

本资产评估报告依据中国资产评估准则编制

平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金
定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的
杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值
资产评估报告

银信评报字（2026）第 010028 号

（共 1 册 第 1 册）

银信资产评估有限公司

2026 年 03 月 27 日

中国资产评估协会

资产评估业务报告备案回执

报告编码:	3131020026202600477
合同编号:	HT2026-010034
报告类型:	法定评估业务资产评估报告
报告文号:	银信评报字(2026)第010028号
报告名称:	平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值资产评估报告
评估结论:	9,038,000,000.00元
评估报告日:	2026年03月27日
评估机构名称:	银信资产评估有限公司
签名人员:	余敏 (资产评估师) 正式会员 编号: 31140020 郝韵 (资产评估师) 正式会员 编号: 31190074
余敏、郝韵已实名认证	
	
(可扫描二维码查询备案业务信息)	

说明: 报告备案回执仅证明此报告已在业务报备管理系统进行了备案, 不作为协会对该报告认证、认可的依据, 也不作为资产评估机构及其签字资产评估专业人员免除相关法律责任的依据。

备案回执生成日期: 2026年03月27日

ICP备案号京ICP备2020034749号

目 录

声 明	- 2 -
摘 要	- 3 -
正 文	- 5 -
一、委托人、产权持有单位和其他资产评估报告使用人	- 5 -
二、评估目的	- 7 -
三、评估对象和评估范围	- 7 -
四、价值类型	- 9 -
五、评估基准日	- 9 -
六、评估依据	- 9 -
七、评估方法	- 12 -
八、评估程序实施过程 and 情况	- 15 -
九、评估假设	- 16 -
十、评估结论	- 18 -
十一、特别事项说明	- 18 -
十二、资产评估报告使用限制说明	- 19 -
十七、资产评估报告日	- 21 -
十八、资产评估机构印章	- 21 -
附 件	- 22 -



声 明

一、本资产评估报告依据财政部发布的资产评估基本准则和中国资产评估协会发布的资产评估执业准则和职业道德准则编制。

二、委托人或者其他资产评估报告使用人应当按照法律、行政法规规定及本资产评估报告载明的使用范围使用资产评估报告；委托人或者其他资产评估报告使用人违反前述规定使用资产评估报告的，本资产评估机构及其资产评估专业人员不承担责任。

三、本资产评估报告仅供委托人、资产评估委托合同中约定的其他资产评估报告使用人和法律、行政法规规定的资产评估报告使用人使用；除此之外，其他任何机构和个人不能成为资产评估报告的使用人。

四、资产评估报告使用人应当正确理解和使用评估结论，评估结论不等同于评估对象可实现价格，评估结论不应当被认为是对其评估对象可实现价格的保证。

五、资产评估报告使用人应当关注评估结论成立的假设前提、资产评估报告特别事项说明和使用限制。

六、本资产评估机构及其资产评估专业人员遵守法律、行政法规和资产评估准则，坚持独立、客观、公正的原则，并对所出具的资产评估报告依法承担责任。

七、评估对象涉及的资产、负债清单由委托人、产权持有单位申报并经其采用签名、盖章或法律允许的其他方式确认；委托人和其他相关当事人依法对其提供资料的真实性、完整性、合法性负责。

八、本资产评估机构及资产评估师与资产评估报告中的评估对象没有现存或者预期的利益关系；与相关当事人没有现存或者预期的利益关系，对相关当事人不存在偏见。

九、资产评估师已经对资产评估报告中的评估对象及其所涉及资产进行现场调查；已经对评估对象及其所涉及资产的法律权属状况给予必要的关注，对评估对象及其所涉及资产的法律权属资料进行了查验，对已经发现的问题进行了如实披露，并且已提请委托人及其他相关当事人完善产权以满足出具资产评估报告的要求。



银信资产评估有限公司
地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼
电话：021-63391088 传真：021-63391116
电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金 定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的 杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值 资产评估报告

银信评报字（2026）第 010028 号

摘 要

一、项目名称：平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值评估项目

二、委托人：平安基金管理有限公司、宁波市杭州湾大桥发展有限公司

三、其他资产评估报告使用人：

资产评估报告仅供资产评估委托合同约定的和法律、行政法规规定的使用人使用，其他任何机构和个人不能成为资产评估报告的使用人。

四、产权持有单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

五、评估目的：根据《公开募集基础设施证券投资基金指引(试行)》等办法的要求，需披露平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告。本次需对该定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估，为上述经济行为提供价值参考。

七、评估对象：杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值

八、评估范围：产权持有单位申报的截至评估基准日杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组，具体包括固定资产、在建工程、无形资产及长期待摊费用，账面价值合计 870,271.84 万元。

九、价值类型：市场价值

十、评估基准日：2025 年 12 月 31 日

十一、评估方法：收益法

十二、评估结论：截至评估基准日，经采用收益法，杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值评估结论为 **903,800.00 万元**（大写：人民币玖拾亿叁仟捌佰万元整），较资产



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

组评估基准日账面价值增值 33,528.16 万元，增值率 3.85%。

十三、资产评估报告有效期：

本评估结论仅对本次平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告之经济行为有效。并仅在资产评估报告载明的评估基准日成立。资产评估结论使用有效期自评估基准日起一年内（即 2025 年 12 月 31 日至 2026 年 12 月 30 日）有效。当评估基准日后的委估资产状况和外部市场出现重大变化，致使原评估结论失效时，资产评估报告使用者应重新委托评估。

十四、对评估结论产生影响的特别事项：

（一）关于引用其他机构出具报告结论的情况特别说明

1、本次资产评估杭州湾跨海大桥交通量、通行费收入预测主要参考施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》，评估人员对预测数据进行了审核分析，结合项目实际运营情况、政策变化等与产权持有单位管理层进行了沟通、核实及合理性调整，杭州湾跨海大桥自 2026 年至 2033 年 4 月通行费收入合计为 1,628,847 万元（含税）。本次评估是在假设预测期通行费收入与实际收入不会产生较大的差异的前提下做出的。

2、本次资产评估杭州湾跨海大桥养护成本预测主要参考中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》，评估人员对预测报告中采用的工程方案、规划周期及参数选取情况进行了审核分析，结合项目实际情况、产权持有单位 2026 年年度预算进行了合理性调整，杭州湾跨海大桥自 2026 年至 2033 年 4 月养护成本 222,764 万元。若期后养护成本的预测数据发生变化，将影响评估结论。

（二）本报告评估结果以产权持有单位和相关当事人提供必要的资料并保证所提供资料的真实性、合法性、完整性为前提。对产权持有单位存在的可能影响资产评估结果的有关瑕疵事项，在企业委托时未作特殊说明，而评估人员根据从业经验一般不能获悉的情况下，评估机构和评估人员不承担相应责任。

资产评估报告使用人在使用本报告时，应关注以上特别事项说明及期后重大事项对评估结论以及本次经济行为可能产生的影响。

以上内容摘自资产评估报告正文，欲了解本评估业务的详细情况和正确理解评估结论应当阅读纸质版资产评估报告正文，同时提请评估报告使用者关注评估报告中的评估假设、限制使用条件以及特别事项说明。



银信资产评估有限公司
地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼
电话：021-63391088 传真：021-63391116
电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金 定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的 杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值 资产评估报告

银信评报字（2026）第 010028 号

正文

平安基金管理有限公司、宁波市杭州湾大桥发展有限公司：

银信资产评估有限公司接受贵单位委托，按照法律、行政法规和资产评估准则的规定，坚持独立、客观和公正的原则，采用收益法，按照必要的评估程序，对平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组在 2025 年 12 月 31 日的市场价值进行了评估。现将资产评估情况报告如下：

一、委托人、产权持有单位和其他资产评估报告使用人

（一）委托人

委托人之一名称：平安基金管理有限公司（简称“平安基金”）

统一社会信用代码	9144030071788478XL	名称	平安基金管理有限公司
类型	有限责任公司（中外合资）	法定代表人	罗春风
注册资本	130000 万人民币	成立日期	2011/1/7
住所	深圳市福田区福田街道益田路 5033 号平安金融中心 34 层		
营业期限自	2011/1/7	营业期限至	无固定期限
经营范围	基金募集、基金销售、资产管理和中国证监会许可的其他业务。		

注：摘自营业执照副本。

委托人之二名称：宁波市杭州湾大桥发展有限公司（简称“项目公司”）

统一社会信用代码	91330200732104147F	名称	宁波市杭州湾大桥发展有限公司
类型	有限责任公司(自然人投资或控股的法人独资)	法定代表人	李华平
注册资本	61000 万元人民币	成立日期	2001/10/17
住所	浙江省宁波市江北区长阳东路 169 号 1 幢（6-20）		
营业期限自	2003/12/25	营业期限至	无固定期限



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

经营范围

杭州湾跨海大桥的投资、建设、运营、管理；本项目附属设施的经营和综合开发；附属设施及设备的租赁；广告服务；工程技术、经济信息咨询服务；实业项目投资。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

注：摘自营业执照副本。

（二）其他资产评估报告使用人

资产评估报告仅供资产评估委托合同约定的和法律、行政法规规定的使用人使用，其他任何机构和个人不能成为资产评估报告的使用人。

（三）产权持有单位

1、产权持有单位名称：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

2、产权持有单位股权结构

产权持有单位成立于2001年10月17日，由宁波杭州湾大桥投资开发有限公司和嘉兴市杭州湾大桥投资开发有限公司共同出资组建，成立时注册资本为人民币2.4亿元。之后经多次股权变更及增资。2024年12月，平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金已认购“平安-宁波交投杭州湾跨海大桥资产支持专项计划”（简称“专项计划”）全部份额，专项计划管理人平安证券股份有限公司代表专项计划取得宁波市杭州湾大桥发展有限公司全部股权，有关权属变更工商登记手续已完成。

2025年6月经增资后，截至评估基准日产权持有单位股东及股权情况如下：

投资者名称	币种	出资金额（万元）	持股比例（%）
平安证券股份有限公司（代表“平安宁波交投杭州湾跨海大桥基础设施资产支持专项计划”）	人民币	61,000.00	100.00
合计		61,000.00	100.00

3、产权持有单位历史财务资料

宁波市杭州湾大桥发展有限公司经审计后近两年的资产负债情况见下表：

金额单位：人民币元

项 目	2024年12月31日	2025年12月31日
总资产	5,525,761,148.14	4,755,876,293.19
负 债	2,122,684,830.76	3,593,348,104.37
所有者权益（或股东权益）合计	3,403,076,317.38	1,162,528,188.82

宁波市杭州湾大桥发展有限公司经审计后近两年的经营状况见下表：

金额单位：人民币元

项 目	2024年度	2025年度
一、营业收入	2,259,696,151.05	2,187,304,411.71
减：营业成本	851,218,251.40	919,423,407.06
税金及附加	8,217,410.87	6,961,193.02



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

项 目	2024 年度	2025 年度
管理费用	32,137,424.13	1,366,856.17
财务费用	69,564,206.26	133,832,566.28
加：其他收益	2,138,339.35	1,111,416.63
投资收益		234,231.20
信用减值损失（损失以“-”号填列）	-3,880.61	3,880.61
二、营业利润（亏损以“-”号填列）	1,300,693,317.13	1,127,069,917.62
加：营业外收入	291,513.00	1,205,121.20
减：营业外支出		
三、利润总额（亏损总额以“-”号填列）	1,300,984,830.13	1,128,275,038.82
减：所得税费用	327,321,161.71	282,070,810.03
四、净利润（净亏损以“-”号填列）	973,663,668.42	846,204,228.79

上表中 2024 年度和 2025 年度产权持有单位财务数据均摘自经立信会计师事务所（特殊普通合伙）审计并出具的标准无保留意见的审计报告（信会师报字[2026]第 ZA20566 号）。

4、委托人与产权持有单位关系

平安基金管理有限公司系平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金的基金管理人，宁波市杭州湾大桥发展有限公司系上述基金投资的项目公司。

二、评估目的

根据《公开募集基础设施证券投资基金指引(试行)》等办法的要求，需披露平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告。本次需对该定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估，为上述经济行为提供价值参考。

三、评估对象和评估范围

评估对象为杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值。

评估范围为产权持有单位申报的截至评估基准日的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组，具体包括固定资产、在建工程、无形资产及长期待摊费用。具体资产类型和账面价值见下表：

金额单位：人民币万元

序号	科目名称	账面价值
1	固定资产	413.38
2	在建工程	3,489.28
3	无形资产	860,993.20



银信资产评估有限公司
地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼
电话：021-63391088 传真：021-63391116
电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

序号	科目名称	账面价值
4	长期待摊费用	5,375.98
5	资产合计	870,271.84

本次委托评估对象和评估范围与经济行为所涉及的评估对象和评估范围一致。资产组账面价值为平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金合并层面的账面值，已经容诚会计师事务所（特殊普通合伙）审计。

（一）杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组所涉及资产情况：

纳入本次评估范围的主要资产为杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组所涉及的独立桥梁（公路）、构筑物及机器设备等资产。

杭州湾跨海大桥位于钱塘江河口与杭州湾交汇处，起于嘉兴乍浦郑家墩，通过北岸连接线与沪杭高速公路和乍嘉苏高速公路连接，跨越杭州湾，终于宁波市慈溪水路湾，通过南岸连接线、宁波绕城公路与甬台温高速公路相连。工程起点桩号为 K49+000，终点桩号为 K85+000，工程全长 36 公里，其中：引道长 327 米，北通航孔桥长 908 米，为双塔双索面钢箱梁斜拉桥；南通航孔桥长 578 米，为单塔双索面钢箱梁斜拉桥；非通航孔桥长 18670 米，为 70m 和 50m 跨径整孔预制安装箱梁；滩涂区引桥长 11279 米，为 50m 跨径整孔预制安装箱梁及现箱梁；陆地区引桥长 4238 米，为 30m、50m、60m、80m 不等跨径现浇箱梁。杭州湾跨海大桥采用双向六车道高速公路标准建设，设计行车速度 100 公里/小时，桥面宽度 33 米。大桥由引桥和航道桥组成，在 K66+120 处设置海中平台，以满足大桥监控、海上救援等需求。

杭州湾跨海大桥于 2003 年 11 月开工建设，2008 年 3 月 30 日完工，2008 年 4 月 17 日竣工验收通过。2008 年 5 月开始试运营，2008 年 10 月开通货车全面通车试运营。大桥收费期为 2008 年 5 月 1 日至 2033 年 4 月 30 日。

委估实物资产均处于正常使用且受控状态，未发现其存在抵押、担保、诉讼等他项权利状态。

上述列入评估范围的资产与委托评估时确定的范围一致。

（二）引用其他机构出具的报告结论所涉及的资产类型、数量和账面金额（或者评估值）

1、本次资产评估杭州湾跨海大桥交通量、通行费收入预测主要参考施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》，评估人员对预测数据进行了审核分析，结合项目实际运营情况、政策变化等与产权持有单位管理层进行



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

了沟通、核实及合理性调整，杭州湾跨海大桥自 2026 年至 2033 年 4 月通行费收入合计为 1,628,847 万元（含税）。

2、本次资产评估杭州湾跨海大桥养护成本预测主要参考中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》，评估人员对预测报告中采用的工程方案、规划周期及参数选取情况进行了审核分析，结合项目实际情况、产权持有单位 2026 年年度预算进行了合理性调整，杭州湾跨海大桥自 2026 年至 2033 年 4 月养护成本 222,764 万元。

四、价值类型

本报告评估结论的价值类型为市场价值。

市场价值是指自愿买方和自愿卖方在各自理性行事且未受任何强迫的情况下，评估对象在评估基准日进行正常公平交易的价值估计数额。

五、评估基准日

根据资产评估委托合同的约定，本次评估的评估基准日为 2025 年 12 月 31 日。

评估基准日是由委托人根据有利于经济行为实现的原则，并考虑与审计时点相衔接，以及考虑到资产评估是对某一时点的资产提供价值参考，选择会计期末作为评估基准日，能够全面反映评估对象资产的整体情况等因素综合确定。

本次评估中所采用的取价标准是评估基准日有效的价格标准。

六、评估依据

（一）行为依据

1、《公开募集基础设施证券投资基金指引（试行）》（2023 年 10 月 20 日，证监会公告[2023]55 号，中国证监会）；

2、《上海证券交易所公开募集基础设施证券投资基金（REITS）业务办法（试行）》（2021 年 01 月 29 日，上海证券交易所）；

3、《上海证券交易所公开募集基础设施证券投资基金（REITS）业务指南第 2 号--存续业务》（2021 年 6 月 17 日，上海证券交易所）。

（二）法律法规依据

1、《中华人民共和国企业国有资产法》（2008 年中华人民共和国主席令第五号）；

2、《中华人民共和国资产评估法》（2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议通过）；



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

- 3、《中华人民共和国公司法》（2023年12月29日第十四届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修订）；
- 4、《中华人民共和国证券法》（2019年12月28日中华人民共和国主席令第37号）；
- 5、《中华人民共和国公路法》（2017年11月4日第十二届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修正）；
- 6、《中华人民共和国证券投资基金法》（2015年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议修正）；
- 7、《中国证监会国家发改委关于推进基础设施领域不动产投资信托基金（REITs）试点相关工作的通知》（2020年4月24日，证监发〔2020〕40号，中国证券监督管理委员会）；
- 8、《关于进一步做好基础设施领域不动产投资信托基金（REITs）试点工作的通知》（2021年7月2日，发改投资〔2021〕958号文，国家发展和改革委员会）；
- 9、《公开募集基础设施证券投资基金指引（试行）》（2020年8月6日，证监发〔2020〕54号，中国证券监督管理委员会）；
- 10、《中华人民共和国增值税法》（2024年12月25日第十四届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议通过）；
- 11、《中华人民共和国增值税法实施条例》（2025年12月25日国务院令第826号）；
- 12、《关于深化增值税改革有关事项的公告》（财政部、税务总局、海关总署公告2019年第39号）；
- 13、《资产评估行业财政监督管理办法》（财政部令第97号，2019）；
- 14、《基础设施和公用事业特许经营管理办法》（2015年4月25日国家发展改革委、财政部、住房城乡建设部、交通运输部、水利部、人民银行令第25号）；
- 15、《收费公路管理条例》（2004年8月18日国务院令第417号）；
- 16、《中华人民共和国道路运输条例》（2019年3月2日国务院令第709号）；
- 17、《收费公路权益转让办法》（2008年8月20日交通运输部、国家发展和改革委员会、财政部令2008年第11号）；
- 18、《中华人民共和国民法典》（2020年5月中华人民共和国主席令第45号）；
- 19、《企业会计准则》；
- 20、其他有关的法律法规和规章制度。

（三）评估准则依据



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

- 1、《资产评估基本准则》（财资〔2017〕43号）；
- 2、《资产评估职业道德准则》（中评协[2017]30号）；
- 3、《资产评估执业准则——资产评估程序》（中评协[2018]36号）；
- 4、《资产评估执业准则——资产评估报告》（中评协[2018]35号）；
- 5、《资产评估执业准则——资产评估委托合同》（中评协[2017]33号）；
- 6、《资产评估执业准则——资产评估档案》（中评协[2018]37号）；
- 7、《资产评估执业准则——利用专家工作及报告》（中评协[2017]35号）；
- 8、《资产评估执业准则——无形资产》（中评协[2017]37号）；
- 9、《资产评估执业准则——不动产》（中评协[2017]38号）；
- 10、《资产评估执业准则——资产评估方法》（中评协[2019]35号）；
- 11、《资产评估执业准则——机器设备》（中评协[2017]39号）；
- 12、《资产评估机构业务质量控制指南》（中评协[2017]46号）；
- 13、《资产评估价值类型指导意见》（中评协[2017]47号）；
- 14、《资产评估对象法律权属指导意见》（中评协[2017]48号）；
- 15、《中国资产评估协会资产评估业务报备管理办法》（中评协[2021]30号）；
- 16、《资产评估专家指引第8号——资产评估中的核查验证》（中评协[2019]39号）；
- 17、财政部、中评协发布的其他相关资产评估准则、资产评估指南和资产评估指导意见。

（四）产权依据

- 1、收费收益权相关批复文件；
- 2、其他权属证明文件。

（五）取价依据

- 1、《资产评估常用数据手册》北京科学技术出版社；
- 2、经立信会计师事务所（特殊普通合伙）审计并出具的标准无保留意见的审计报告（信会师报字[2026]第ZA20566号）；
- 3、施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》；
- 4、中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》；
- 5、产权持有单位2026年年度预算；
- 6、中国人民银行公布执行的评估基准日存贷款利率；



- 7、全国银行间同业拆借中心授权公布的最新贷款市场报价利率（LPR）；
- 8、国家有关部门发布的统计资料和技术标准资料；
- 9、评估人员现场勘查收集的资料和市场调查及询价资料；
- 10、与产权持有单位资产的取得、使用等有关的各项合同、会计凭证、账册及其他会计资料；
- 11、产权持有单位提供的《资产评估盈利预测申报明细表》；
- 12、委托评估的各类资产和负债清查明细表；
- 13、经实地盘点核实后填写的委估资产清单；
- 14、评估人员收集的各类与评估相关的佐证资料；
- 15、同花顺 iFind 金融资讯平台。

七、评估方法

（一）评估方法的概述

评估基本方法包括成本法、收益法和市场法，要根据评估目的、评估对象、价值类型、评估时的市场状况及在评估过程中资料收集情况等相关条件，分析三种评估基本方法的适用性，恰当选择一种或多种评估基本方法。

成本法：是指以申报的评估基准日的资产和负债为基础，合理评估范围内的各项资产、负债价值，确定评估对象价值的评估方法。

收益法：是指将预期收益资本化或者折现，确定评估对象价值的评估方法。

市场法：是指将评估对象与可比交易案例进行比较，确定评估对象价值的评估方法。

（二）评估方法的选择

由于本次评估对象为杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组，所涉收费收益权对应的是位于海域之上的高速公路，目前不存在活跃的交易市场，在公开信息市场上无法找到与评估对象类似、数量足够的可比案例交易信息，故不宜采用市场法。

由于收费公路对应的收费收益权所在资产组价值主要体现在资产组的未来收益能力，本次评估所涉资产组价值与其取得成本对应性较弱，相关程度较低，故不适宜采用成本法。

杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组具有独立获利能力，杭州湾跨海大桥已通车多年，盈利能力较好，历史年度车流量较为稳定，且项目公司管理层能够提供公司的历史经营数据和未来年度的盈利预测数据，预期收益可以量化、预期收益年限可以预测、与折现密切相关的预期收益所承担的风险可以预测，因此本次评估适宜采用收益法。



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

根据上述适应性分析以及资产评估准则的规定，结合本次评估目的以及委估资产的具体情况，本次采用收益法对委估资产组的价值进行评估。

（三）收益法具体方法和模型的选择

1、收益法简介及适用的前提条件

收益现值法是指通过估算委估资产的未来预期收益并折算成现值，借以确定委估资产价格的一种资产评估方法。

所谓收益现值，是指将委估企业或资产在未来特定时期内的预期收益按适当的折现率折算成当前价值（简称折现）的总金额。

收益现值法的基本原理是资产的购买者为购买资产而愿意支付的货币量不会超过该项资产未来所能带来的期望收益的折现值。

收益现值法的适用前提条件为：

- （1）委估资产必须是能够用货币衡量其未来期望收益的单项或整体资产。
- （2）产权所有者所承担的风险也必须是能用货币来衡量的。

2、评估思路及模型

本次采用税前净现金流折现模型对资产组价值进行评估。

（1）计算公式

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} - A$$

其中：NCF_i：第 i 年预计资产未来现金流量

r：税前折现率；

n：详细预测期。

A：不在资产组范围内的期初营运资金

NCF=EBITDA－资本性支出－营运资金增加额+期末营运资金回收额+期末固定资产回收额

EBITDA=营业收入－营业成本－税金及附加－管理费用+折旧摊销

（2）预测期的确定

杭州湾跨海大桥收费期为 2008 年 5 月 1 日至 2033 年 4 月 30 日，故评估预测期限为自 2026 年 1 月 1 日起至 2033 年 4 月 30 日。

（3）折现率的确定



按照收益额与折现率口径一致的原则，本次评估折现率选取税前加权平均资本成本（WACCBT）。

$$\text{公式：WACCBT} = K_e / (1 - T) \times [E / (E + D)] + K_d \times [D / (E + D)]$$

式中：K_e：股权资本成本；

K_d：债务资本成本；

T：所得税率；

E / (D + E)：股权占总资本比率；

D / (D + E)：债务占总资本比率；

其中：K_e = R_f + β × ERP + R_c

R_f = 无风险报酬率；

β = 企业风险系数；

ERP = 市场风险溢价；

R_c = 企业特定风险调整系数。

注：本次评估对 WACCBT 的计算是采用可比公司目标资本结构进行计算。

（四）与前次评估相比重要评估参数的变动情况

1、路费收入

（1）受浙江省交通运输厅、浙江省发展和改革委员会、浙江省财政厅于 2025 年 6 月发布《关于优化省内国资控股高速公路 ETC 货车通行费优惠政策有关事项的函》，涉及省属及市、县(市、区)属国有全资和控股的高速公路路段，对安装并使用电子不停车收费(ETC)车载装置的合法装载货运车辆实行通行费八五折优惠(不再叠加其他优惠政策)；

（2）通苏嘉甬高铁预期延迟 6 个月开通，对不动产项目未来经营期路费收入进行了调整预测。

调整后本不动产项目 2026-2033 年路费收入（含增值税，下同）预测数为 162.88 亿元，较最近一次评估报告预测数（同口径）下调 0.03%。

2、成本费用

平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金上市以来，基金管理人与运营管理机构积极采取措施降本增效，一定程度上节省了养护费用。但基于谨慎性考虑，本次评估时将 2025 年未发生的部分重大专项养护在 2026 年及以后年度考虑，调整后的不动产项目 2026-2033 年维修养护费用预测数为 22.28 亿元，较最近一次评估预测数（同口径）下调 1.12%。



3、折现率

折现率调整系最新评估基准日相关参数如无风险报酬率、市场风险溢价、 β 系数等变化所致，本次评估折现率取值 9.95%。

八、评估程序实施过程和情况

本公司选派资产评估专业人员，组成评估项目小组，历经评估前期准备工作、正式进驻企业，开始评估工作、完成现场工作、出具评估报告书，具体过程如下：

（一）明确评估业务基本事项

承接评估业务时，通过与委托人沟通、查阅资料或初步调查等方式，明确委托人、产权持有单位、其他资产评估报告使用人等相关当事方、评估目的、评估对象和评估范围、价值类型、评估基准日、评估假设和限制条件等评估业务基本事项。

（二）签订资产评估委托合同

根据评估业务具体情况，综合分析专业胜任能力和独立性，评价项目风险，确定承接评估业务后，与委托人签订资产评估委托合同。

（三）编制资产评估计划

根据本评估项目的特点、规模和复杂程度，编制合理的资产评估计划，并根据执行资产评估业务过程中的具体情况及时修改、补充资产评估计划。

（四）现场调查

根据评估业务的具体情况对评估对象进行必要的勘查，指导产权持有单位清查资产、准备评估资料，核实资产与验证资料，包括将资产评估申报表与产权持有单位有关财务报表、总账、明细账进行核对，并对相关资料进行验证，采取必要措施确信资料来源的可靠性，对其他实物资产进行必要的现场勘查，了解资产的使用状况及性能。

（五）确定评估方法并收集资产评估资料

通过对评估对象和评估范围内资产的调查了解，确定适当的评估方法，同时收集与资产评估有关的市场资料及信息，根据评估项目的进展情况及时补充收集所需要的评估资料。

（六）财务经营状况分析及盈利预测的复核

分析业务的历史经营情况，分析收入、成本和费用的构成及其变化原因，分析其商业模式、获利能力及发展趋势，分析产权持有单位的综合实力、管理水平、盈利能力、发展能力、



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

竞争优势等因素。根据产权持有单位财务计划和发展规划，结合经济环境和市场发展状况分析，对企业编制的盈利预测进行复核。

（七）评定估算及内部复核

整理产权持有单位提供的资料、收集到的市场资料及信息，在对产权持有单位财务经营状况分析的基础上，根据评估基本原理和规范要求恰当运用评估方法进行评估形成初步评估结论，对信息资料、参数数量、质量和选取的合理性等进行综合分析形成资产评估结论，按评估准则的要求撰写资产评估报告，资产评估机构进行必要的内部复核工作。

（八）出具资产评估报告

与委托人及资产评估相关当事人进行必要的沟通，听取各方对资产评估结论的反馈意见并引导委托人及其他资产评估报告使用人合理理解和使用资产评估结论，出具资产评估报告并以恰当的方式提交给委托人。

九、评估假设

（一）基础性假设

1、交易假设：假设评估对象处于交易过程中，评估师根据评估对象的交易条件等模拟市场进行估价，评估结果是对评估对象最可能达成交易价格的估计；

2、公开市场假设：假设评估对象及其所涉及资产是在公开市场上进行交易的，在该市场上，买者与卖者的地位平等，彼此都有获取足够市场信息的机会和时间，买卖双方的交易行为都是在自愿的、理智的、非强制条件下进行的；

3、收费运营期内持续经营假设：持续经营假设是假设项目公司在现有的资产资源条件下，在收费运营期内，其经营业务可以合法地按其预计规模持续经营下去，其经营状况不会发生重大不利变化；

4、收费运营期内持续使用假设：是对资产拟进入市场的条件以及资产在这样的市场条件下的资产状态的一种假定。首先被评估资产正处于使用状态，其次假定按目前的用途和使用方式在收费运营期内继续使用下去，没有考虑资产用途转换或者最佳利用条件。

（二）宏观经济环境假设

1、国家现行的经济政策方针无重大变化；

2、银行信贷利率、汇率、税率无重大变化；

3、项目公司所在地区的社会经济环境无重大变化；



4、项目公司所属行业的发展态势稳定，与项目公司经营有关的现行法律法规、经济政策保持稳定。

（三）评估对象于评估基准日状态假设

1、除评估师所知范围之外，假设评估对象及其所涉及资产的购置、取得或开发过程均符合国家有关法律法规规定；

2、除评估师所知范围之外，假设评估对象及其所涉及资产均无附带影响其价值的权利瑕疵、负债和限制，假设评估对象及其所涉及资产之价款、税费、各种应付款项均已付清；

3、除评估师所知范围之外，假设评估对象及其所涉及设备等有形资产无影响其持续使用的重大技术故障，该等资产中不存在对其价值有不利影响的有害物质，该等资产所在地无危险物及其他有害环境条件对该等资产价值产生不利影响。

（四）收益法预测假设

1、一般假设

（1）假设产权持有单位按评估基准日现有（或一般市场参与者）的管理水平继续经营，不考虑该等企业将来的所有者管理水平优劣对企业未来收益的影响；

（2）未来的收益预测中所采用的会计政策与产权持有单位以往各年及撰写本报告时所采用的会计政策在所有重大方面基本一致；

（3）税收政策和执行税率无重大显著变化；

（4）资金的无风险报酬率保持为目前的水平；

（5）收益的计算以中国会计年度为准，均匀发生；

（6）无其他不可预测和不可抗力因素对产权持有单位经营造成重大影响。

2、特别假设及主要参数

（1）除评估基准日有确切证据表明期后经营能力将发生变动的固定资产投资外，假设产权持有单位未来收益期不进行影响其经营的重大固定资产投资活动，高速公路正常运营所需资产以评估基准日状况进行估算；

（2）本次评估杭州湾跨海大桥交通量、通行费收入预测主要参考施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》，评估人员对预测数据进行了审核分析，结合项目实际运营情况、政策变化等与产权持有单位管理层进行了沟通、核实及合理性调整，杭州湾跨海大桥自2026年至2033年4月通行费收入合计为1,628,847万元（含税）。假设预测期通行费收入与实际收入不会产生较大的差异；



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

(3) 本次评估杭州湾跨海大桥养护成本预测主要参考中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》，评估人员对预测报告中采用的工程方案、规划周期及参数选取情况进行了审核分析，结合项目实际情况、产权持有单位 2026 年年度预算进行了合理性调整，杭州湾跨海大桥自 2026 年至 2033 年 4 月养护成本 222,764 万元。假设预测期养护成本与实际发生情况不会产生较大的差异；

(4) 假设评估范围内主要资产在寿命期内不出现重大意外事件；

(6) 假设产权持有单位未来收益期保持与历史年度相近的应收款项和应付款项周转情况，不发生与历史年度出现重大差异的拖欠工程款情况；

(7) 假设产权持有单位未来收益期经营现金流入、现金流出均匀发生，不会出现年度某一时点集中确认收入的情形；

(8) 假设产权持有单位期末运营资金回收额、期末固定资产回收额于期末时点统一流入；

(9) 杭州湾跨海大桥收费期为 2008 年 5 月 1 日至 2033 年 4 月 30 日，本次评估未考虑未来可能出现的高速收费期限延长情况。

(五) 限制性假设

1、假设由项目公司提供的法律文件、技术资料、经营资料等评估相关资料均真实可信。评估机构亦不承担与评估对象涉及资产产权有关的任何法律事宜；

2、除非另有说明，假设通过可见实体外表对评估范围内有形资产视察的现场调查结果，与其实际经济使用寿命基本相符。本次评估未对该等资产的技术数据、技术状态、结构、附属物等进行专项技术检测。

十、评估结论

经按照收益途径，采用现金流折现方法（DCF）对杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估，在评估基准日 2025 年 12 月 31 日，杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值为 **903,800.00 万元**（大写：人民币玖拾亿叁仟捌佰万元整），较资产组评估基准日账面价值增值 33,528.16 万元，增值率 3.85%。

十一、特别事项说明

(一) 关于引用其他机构出具报告结论的情况特别说明

1、本次资产评估杭州湾跨海大桥交通量、通行费收入预测主要参考施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》，评估人员对



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

预测数据进行了审核分析，结合项目实际运营情况、政策变化等与产权持有单位管理层进行了沟通、核实及合理性调整，杭州湾跨海大桥自2026年至2033年4月通行费收入合计为1,628,847万元（含税）。本次评估是在假设预测期通行费收入与实际收入不会产生较大的差异的前提下做出的。

2、本次资产评估杭州湾跨海大桥养护成本预测主要参考中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》，评估人员对预测报告中采用的工程方案、规划周期及参数选取情况进行了审核分析，结合项目实际情况、产权持有单位2026年年度预算进行了合理性调整，杭州湾跨海大桥自2026年至2033年4月养护成本222,764万元。若期后养护成本的预测数据发生变化，将影响评估结论。

（二）本报告评估结果以产权持有单位和相关当事人提供必要的资料并保证所提供资料的真实性、合法性、完整性为前提。对产权持有单位存在的可能影响资产评估结果的有关瑕疵事项，在企业委托时未作特殊说明，而评估人员根据从业经验一般不能获悉的情况下，评估机构和评估人员不承担相应责任。

资产评估报告使用人在使用本报告时，应关注以上特别事项说明及期后重大事项对评估结论以及本次经济行为可能产生的影响。

十二、资产评估报告使用限制说明

（一）资产评估报告使用说明

1、若按规定资产评估报告需经国有资产监督管理部门核准或备案，本资产评估报告应在完成核准或备案手续后方可正式使用。

2、本资产评估报告仅供资产评估报告使用人在资产评估报告载明的评估目的和有效期内使用。

3、委托人或者其他资产评估报告使用人未按照法律、行政法规规定和资产评估报告载明的使用范围使用资产评估报告的，资产评估机构及其资产评估师不承担责任。

4、本报告是关于价值方面的专业意见，尽管我们对评估范围内有关资产的权属及财务状况进行了披露，但评估师并不具备对该等法律及财务事项表达意见的能力，也没有相应的资格。因此，若资产评估报告使用人认为这些法律及财务事项对实现经济行为较为重要，应当聘请律师或会计师等专业人士提供相应服务。

（二）限制说明



银信资产评估有限公司

地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

1、除委托人、资产评估委托合同中约定的其他资产评估报告使用人和法律、行政法规规定的资产评估报告使用人之外，其他任何机构和个人不能成为资产评估报告的使用人。

2、除法律法规规定以及相关当事方另有约定外，未征得本公司的同意，评估报告的内容不得被摘抄、引用或披露于公开媒体。

3、资产评估报告使用人应当正确理解和使用评估结论，评估结论不等同于评估对象可实现价格，评估结论不应当被认为是对其评估对象可实现价格的保证。

（三）评估结论的使用有效期

本评估结论仅对本次平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告之经济行为有效。并仅在资产评估报告载明的评估基准日成立。资产评估结论使用有效期自评估基准日起一年内（即 2025 年 12 月 31 日至 2026 年 12 月 30 日）有效。当评估基准日后的委估资产状况和外部市场出现重大变化，致使原评估结论失效时，资产评估报告使用者应重新委托评估。



银信资产评估有限公司
地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼
电话：021-63391088 传真：021-63391116
电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

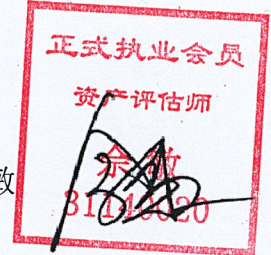
十七、资产评估报告日

本资产评估报告日为2026年03月27日。

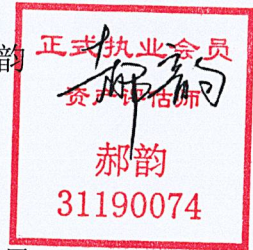
十八、资产评估机构印章



资产评估师：余敏



资产评估师：郝韵



2026年03月27日



银信资产评估有限公司

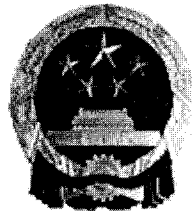
地址：上海市汉口路99号久事商务大厦9楼

电话：021-63391088 传真：021-63391116

电子邮箱：valuer@yinxincpv.com

附 件

- 1、委托人、产权持有单位营业执照复印件；
- 2、立信会计师事务所（特殊普通合伙）出具的“信会师报字[2026]第 ZA20566 号”审计报告复印件；
- 3、施伟拔咨询（深圳）有限公司出具的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》复印件；
- 4、中交公路规划设计院有限公司出具的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》复印件；
- 5、资产组涉及的主要权属证明文件复印件；
- 6、平安宁波交投 REIT（508036）关于杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值采用第二种方法验证的说明；
- 7、委托人承诺函；
- 8、产权持有单位承诺函；
- 9、资产评估师承诺函；
- 10、中国资产评估协会单位会员证书复印件；
- 11、评估人员资质证书复印件；
- 12、资产评估机构营业执照复印件；
- 13、收益法评估明细表。



国家企业信用信息公示系统

NATIONAL ENTERPRISE CREDIT INFORMATION PUBLICITY SYSTEM

企业信用信息公示报告

企业名称 平安基金管理有限公司

报告生成时间 2026/3/27 12:42:31

(报告内容仅供参考，具体内容请以国家企业信用信息公示系统查询页面为准)

政府部门公示信息

照面信息

统一社会信用代码：9144030071788478XL

企业名称：平安基金管理有限公司

类型：有限责任公司（外商投资、非独资）

法定代表人：罗春风

注册资本：130000.000000万人民币

成立日期：2011年01月07日

营业期限自：2011年01月07日

营业期限至：5000年01月01日

登记机关：深圳市市场监督管理局

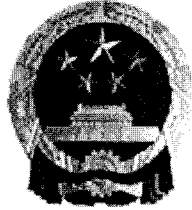
核准日期：2025年11月03日

登记状态：存续（在营、开业、在册）

住所：深圳市福田区福田街道益田路5033号平安金融中心34层

经营范围：一般经营项目：基金募集、基金销售、资产管理和中国证监会许可的其他业务。许可经营项目：无。

（以上信息仅供参考，具体内容请以国家企业信用信息公示系统查询页面为准）



国家企业信用信息公示系统

NATIONAL ENTERPRISE CREDIT INFORMATION PUBLICITY SYSTEM

企业信用信息公示报告

企业名称 宁波市杭州湾大桥发展有限公司

报告生成时间 2026/3/27 12:44:57

(报告内容仅供参考，具体内容请以国家企业信用信息公示系统查询页面为准)

政府部门公示信息

照面信息

统一社会信用代码：91330200732104147F

企业名称：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

类型：有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）

法定代表人：李华平

注册资本：61000.000000万人民币

成立日期：2001年10月17日

营业期限自：2003年12月25日

营业期限至：9999年09月09日

登记机关：宁波市市场监督管理局

核准日期：2025年06月18日

登记状态：存续

住所：浙江省宁波市江北区长阳东路169号1幢（6-20）

经营范围：杭州湾跨海大桥的投资、建设、运营、管理；本项目附属设施的经营和综合开发；附属设施及设备的租赁；广告服务；工程技术、经济信息咨询服务；实业项目投资。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

（以上信息仅供参考，具体内容请以国家企业信用信息公示系统查询页面为准）

宁波市杭州湾大桥发展有限公司

审计报告及财务报表

二〇二五年度

您可使用手机“扫一扫”或进入“注册会计师行业统一监管平台 (<http://acc.mof.gov.cn>)”进行查验。

报告编码:沪26CKKRL56



宁波市杭州湾大桥发展有限公司

审计报告及财务报表

(2025年01月01日至2025年12月31日止)

	目录	页次
一、	审计报告	1-3
二、	财务报表	
	资产负债表	1-2
	利润表	3
	现金流量表	4
	所有者权益变动表	5-6
	财务报表附注	1-40



审计报告

信会师报字[2026]第 ZA20566 号

宁波市杭州湾大桥发展有限公司全体股东：

一、 审计意见

我们审计了宁波市杭州湾大桥发展有限公司（以下简称大桥发展公司）财务报表，包括 2025 年 12 月 31 日的资产负债表，2025 年度的利润表、现金流量表、所有者权益变动表以及相关财务报表附注。

我们认为，后附的财务报表在所有重大方面按照企业会计准则的规定编制，公允反映了大桥发展公司 2025 年 12 月 31 日的财务状况以及 2025 年度的经营成果和现金流量。

二、 形成审计意见的基础

我们按照中国注册会计师审计准则的规定执行了审计工作。审计报告的“注册会计师对财务报表审计的责任”部分进一步阐述了我们在这些准则下的责任。按照《中国注册会计师独立性准则第 1 号——财务报表审计和审阅业务对独立性的要求》和中国注册会计师职业道德守则，我们独立于大桥发展公司，并履行了职业道德方面的其他责任。我们在审计中遵循了对公众利益实体审计的独立性要求。我们相信，我们获取的审计证据是充分、适当的，为发表审计意见提供了基础。

三、 管理层和治理层对财务报表的责任

大桥发展公司管理层（以下简称管理层）负责按照企业会计准则的规定编制财务报表，使其实现公允反映，并设计、执行和维护必要的内部控制，以使财务报表不存在由于舞弊或错误导致的重大错报。



在编制财务报表时，管理层负责评估大桥发展公司的持续经营能力，披露与持续经营相关的事项（如适用），并运用持续经营假设，除非计划进行清算、终止运营或别无其他现实的选择。

治理层负责监督大桥发展公司的财务报告过程。

四、注册会计师对财务报表审计的责任

我们的目标是对财务报表整体是否不存在由于舞弊或错误导致的重大错报获取合理保证，并出具包含审计意见的审计报告。合理保证是高水平的保证，但并不能保证按照审计准则执行的审计在某一重大错报存在时总能发现。错报可能由于舞弊或错误导致，如果合理预期错报单独或汇总起来可能影响财务报表使用者依据财务报表作出的经济决策，则通常认为错报是重大的。

在按照审计准则执行审计工作的过程中，我们运用职业判断，并保持职业怀疑。同时，我们也执行以下工作：

（一）识别和评估由于舞弊或错误导致的财务报表重大错报风险，设计和实施审计程序以应对这些风险，并获取充分、适当的审计证据，作为发表审计意见的基础。由于舞弊可能涉及串通、伪造、故意遗漏、虚假陈述或凌驾于内部控制之上，未能发现由于舞弊导致的重大错报的风险高于未能发现由于错误导致的重大错报的风险。

（二）了解与审计相关的内部控制，以设计恰当的审计程序，但目的并非对内部控制的有效性发表意见。

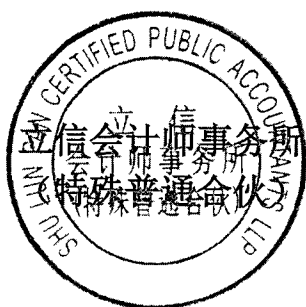
（三）评价管理层选用会计政策的恰当性和作出会计估计及相关披露的合理性。

（四）对管理层使用持续经营假设的恰当性得出结论。同时，根据获取的审计证据，就可能对大桥发展公司持续经营能力产生重大疑虑的事项或情况是否存在重大不确定性得出结论。如果我们得出结论认为存在重大不确定性，审计准则要求我们在审计报告中提请报表使用者注意财务报表中的相关披露；如果披露不充分，我们应当发表非无保留意见。我们的结论基于截至审计报告日可获得的信息。然而，未来的事项或情况可能导致大桥发展公司不能持续经营。



(五) 评价财务报表的总体列报(包括披露)、结构和内容,并评价财务报表是否公允反映相关交易和事项。

我们与治理层就计划的审计范围、时间安排和重大审计发现等事项进行沟通,包括沟通我们在审计中识别出的值得关注的内部控制缺陷。



中国注册会计师:

屠朝辉



中国注册会计师:

金天易



中国·上海

二〇二六年三月二十六日






宁波市杭州湾大桥发展有限公司
资产负债表
2025年12月31日
(除特别注明外, 金额单位均为人民币元)

	附注五	期末余额	上年年末余额
货币资金	(一)	109,097,885.90	262,412,454.65
交易性金融资产			
衍生金融资产			
应收票据			
应收账款	(二)	46,491,445.49	43,494,538.10
应收款项融资			
预付款项	(三)	32,944,133.72	24,379,586.86
其他应收款	(四)	1,080,889.64	13,142,927.06
存货			
合同资产			
持有待售资产			
一年内到期的非流动资产			
其他流动资产			
流动资产合计		189,614,354.75	343,429,506.67
非流动资产:			
债权投资			
其他债权投资			
长期应收款			
长期股权投资			
其他权益工具投资			
其他非流动金融资产			
投资性房地产			
固定资产	(五)	4,455,410,351.88	5,073,494,086.26
在建工程	(六)	34,892,796.69	
生产性生物资产			
油气资产			
使用权资产			
无形资产	(七)	22,198,951.96	24,501,380.20
开发支出			
商誉			
长期待摊费用	(八)	53,759,837.91	75,552,914.19
递延所得税资产	(九)		956,636.82
其他非流动资产	(十)		7,826,624.00
非流动资产合计		4,566,261,938.44	5,182,331,641.47
资产总计		4,755,876,293.19	5,525,761,148.14

后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人:  主管会计工作负责人: 

会计机构负责人: 





宁波市杭州湾大桥发展有限公司

资产负债表(续)

2025年12月31日

(除特别注明外, 金额单位均为人民币元)

负债和所有者权益	附注五	期末余额	上年年末余额
流动负债:			
短期借款			
交易性金融负债			
衍生金融负债			
应付票据			
应付账款	(十一)	5,797,485.55	
预收款项	(十二)		685,666.63
合同负债	(十三)	116,036.28	
应付职工薪酬	(十四)	4,454.48	
应交税费	(十五)	69,666,528.94	115,440,221.01
其他应付款	(十六)	1,891,487,853.22	7,910,449.47
持有待售负债			
一年内到期的非流动负债	(十七)	250,678,917.31	262,041,758.33
其他流动负债	(十八)	15,084.72	
流动负债合计		2,217,766,360.50	386,078,095.44
非流动负债:			
长期借款	(十九)	1,219,280,000.00	1,559,690,000.00
应付债券			
其中: 优先股			
永续债			
租赁负债			
长期应付款			
长期应付职工薪酬			
预计负债			
递延收益	(二十)	7,215,066.69	3,822,666.67
递延所得税负债	(九)	149,086,677.18	173,094,068.65
其他非流动负债			
非流动负债合计		1,375,581,743.87	1,736,606,735.32
负债合计		3,593,348,104.37	2,122,684,830.76
所有者权益:			
实收资本	(二十一)	100,000,000.00	1,935,000,000.00
其他权益工具			
其中: 优先股			
永续债			
资本公积	(二十二)	1,870,500.00	1,870,500.00
减: 库存股			
其他综合收益			
专项储备			
盈余公积	(二十三)	829,453,460.03	629,453,460.03
未分配利润	(二十四)	231,204,228.79	836,752,357.35
所有者权益合计		1,162,528,188.82	3,403,076,317.38
负债和所有者权益总计		4,755,876,293.19	5,525,761,148.14

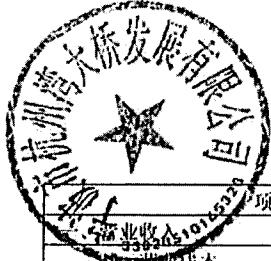
后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人:

主管会计工作负责人:

会计机构负责人:

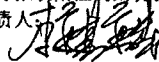


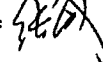



宁波市杭州湾大桥发展有限公司
利润表
2025年度
 (除特别注明外, 金额单位均为人民币元)

项目	附注五	本期金额	上期金额
一、营业收入	(二十五)	2,187,304,411.71	2,259,696,151.05
减：营业成本	(二十五)	919,423,407.06	851,218,251.40
税金及附加	(二十六)	6,961,193.02	8,217,410.87
销售费用			
管理费用	(二十七)	1,366,856.17	32,137,424.13
研发费用			
财务费用	(二十八)	133,832,566.28	69,564,206.26
其中：利息费用		139,211,403.51	78,478,365.82
利息收入		5,379,914.43	8,919,998.97
加：其他收益	(二十九)	1,111,416.63	2,138,339.35
投资收益（损失以“-”号填列）	(三十)	234,231.20	
其中：对联营企业和合营企业的投资收益			
以摊余成本计量的金融资产终止确认收益			
净敞口套期收益（损失以“-”号填列）			
公允价值变动收益（损失以“-”号填列）			
信用减值损失（损失以“-”号填列）	(三十一)	3,880.61	-3,880.61
资产减值损失（损失以“-”号填列）			
资产处置收益（损失以“-”号填列）			
二、营业利润（亏损以“-”号填列）		1,127,069,917.62	1,300,693,317.13
加：营业外收入	(三十二)	1,205,121.20	291,513.00
减：营业外支出			
三、利润总额（亏损总额以“-”号填列）		1,128,275,038.82	1,300,984,830.13
减：所得税费用	(三十三)	282,070,810.03	327,321,161.71
四、净利润（净亏损以“-”号填列）		846,204,228.79	973,663,668.42
（一）持续经营净利润（净亏损以“-”号填列）		846,204,228.79	973,663,668.42
（二）终止经营净利润（净亏损以“-”号填列）			
五、其他综合收益的税后净额			
（一）不能重分类进损益的其他综合收益			
1. 重新计量设定受益计划变动额			
2. 权益法下不能转损益的其他综合收益			
3. 其他权益工具投资公允价值变动			
4. 企业自身信用风险公允价值变动			
（二）将重分类进损益的其他综合收益			
1. 权益法下可转损益的其他综合收益			
2. 其他债权投资公允价值变动			
3. 金融资产重分类计入其他综合收益的金额			
4. 其他债权投资信用减值准备			
5. 现金流量套期储备			
6. 外币财务报表折算差额			
7. 其他			
六、综合收益总额		846,204,228.79	973,663,668.42

后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人： 

主管会计工作负责人： 

会计机构负责人： 





宁波市杭州湾大桥发展有限公司

现金流量表

2025年度

(除特别注明外, 金额单位均为人民币元)

项目	附注五	本期金额	上期金额
一、经营活动产生的现金流量			
销售商品、提供劳务收到的现金		2,250,348,204.65	2,316,839,219.02
收到的税费返还			
收到其他与经营活动有关的现金		26,768,348.54	20,210,202.02
经营活动现金流入小计		2,277,116,553.19	2,337,049,421.04
购买商品、接受劳务支付的现金		279,146,797.35	140,489,636.24
支付给职工以及为职工支付的现金		680,659.19	38,141,827.52
支付的各项税费		423,556,428.77	416,274,718.50
支付其他与经营活动有关的现金		5,769,970.17	47,795,193.07
经营活动现金流出小计		709,153,855.48	642,701,375.33
经营活动产生的现金流量净额		1,567,962,697.71	1,694,348,045.71
二、投资活动产生的现金流量			
收回投资收到的现金		30,000,000.00	417,435,075.88
取得投资收益收到的现金		234,231.20	
处置固定资产、无形资产和其他长期资产收回的现金净额			298,828.35
处置子公司及其他营业单位收到的现金净额			
收到其他与投资活动有关的现金			
投资活动现金流入小计		30,234,231.20	417,733,904.23
购建固定资产、无形资产和其他长期资产支付的现金		28,523,784.67	32,587,606.37
投资支付的现金		30,000,000.00	
取得子公司及其他营业单位支付的现金净额			
支付其他与投资活动有关的现金			
投资活动现金流出小计		58,523,784.67	32,587,606.37
投资活动产生的现金流量净额		-28,289,553.47	385,146,297.86
三、筹资活动产生的现金流量			
吸收投资收到的现金			2,440,100,000.00
取得借款收到的现金			
收到其他与筹资活动有关的现金			
筹资活动现金流入小计			2,440,100,000.00
偿还债务支付的现金		351,410,000.00	3,077,220,000.00
分配股利、利润或偿付利息支付的现金		1,341,577,712.99	897,659,826.61
支付其他与筹资活动有关的现金			372,874,956.65
筹资活动现金流出小计		1,692,987,712.99	4,347,754,783.26
筹资活动产生的现金流量净额		-1,692,987,712.99	-1,907,654,783.26
四、汇率变动对现金及现金等价物的影响			
五、现金及现金等价物净增加额	(三十四)	-153,314,568.75	171,839,560.31
加: 期初现金及现金等价物余额	(三十四)	262,412,454.65	90,572,894.34
六、期末现金及现金等价物余额	(三十四)	109,097,885.90	262,412,454.65

后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人:

王勤

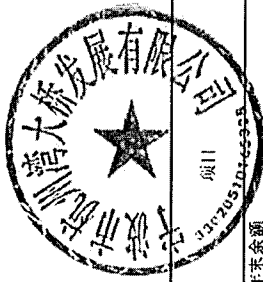
主管会计工作负责人:

张成

会计机构负责人:

刘昕





宁波市杭州湾大桥发展有限公司
所有者权益变动表
2025 年度
(除特别注明外, 金额单位均为人民币元)

	实收资本				其他权益工具		资本公积	其他综合收益	专项储备	盈余公积	未分配利润	所有者权益合计
	实收资本	优先股	永续债	其他	其他权益工具	其他						
一、上年年末余额	1,935,000,000.00					1,870,500.00				629,453,460.03	836,752,357.35	3,403,076,317.38
加: 会计政策变更												
前期差错更正												
其他												
二、本年年初余额	1,935,000,000.00					1,870,500.00				629,453,460.03	836,752,357.35	3,403,076,317.38
(一) 本期增减变动金额(减少以“-”号填列)	-1,835,000,000.00									200,000,000.00	-605,548,128.56	-2,240,548,128.56
(二) 综合收益总额											846,204,228.79	846,204,228.79
(三) 所有者投入和减少资本	-1,835,000,000.00											-1,835,000,000.00
1. 所有者投入的普通股	-1,835,000,000.00											-1,835,000,000.00
2. 其他权益工具持有者投入资本												
3. 股份支付计入所有者权益的金额												
4. 其他												
(四) 利润分配												
1. 提取盈余公积										200,000,000.00	-1,451,752,357.35	-1,251,752,357.35
2. 对所有者(或股东)的分配										200,000,000.00	-200,000,000.00	
3. 其他												
(五) 所有者权益内部结转												
1. 资本公积转增资本												
2. 盈余公积转增资本												
3. 盈余公积弥补亏损												
4. 设定受益计划变动额结转留存收益												
5. 其他综合收益结转留存收益												
6. 其他												
(六) 专项储备												
1. 本期提取												
2. 本期使用												
(六) 其他												
四、本期末余额	100,000,000.00					1,870,500.00				829,453,460.03	231,204,228.79	1,162,528,188.82

后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人:

主管会计工作负责人:

会计机构负责人:





宁波市杭州湾大桥发展有限公司
所有者权益变动表(续)
2025年度
(除特别注明外,金额单位均为人民币元)

	上期金额				所有者权益	其他综合收益	专项储备	盈余公积	未分配利润	所有者权益合计
	实收资本	其他权益工具	资本公积	其他综合收益						
一、上年期末余额	2,935,000,000.00		1,870,500.00				532,087,093.19	885,513,758.13	4,354,471,351.32	
二、本年期初余额	2,935,000,000.00		1,870,500.00				532,087,093.19	885,513,758.13	4,354,471,351.32	
三、本期增减变动金额(减少以“-”号填列)	-1,000,000,000.00						97,366,366.84	-48,761,400.78	-951,395,033.94	
(一)综合收益总额							97,366,366.84	973,663,668.42	973,663,668.42	
(二)所有者投入和减少资本	-1,000,000,000.00							-107,035,362.20	-1,107,035,362.20	
1.所有者投入的普通股	-1,000,000,000.00							-107,035,362.20	-1,107,035,362.20	
2.其他权益工具持有者投入资本										
3.股份支付计入所有者权益的金额										
4.其他										
(三)利润分配										
1.提取盈余公积							97,366,366.84	-915,389,707.00	-818,023,340.16	
2.对所有者(或股东)的分配							97,366,366.84	-97,366,366.84		
3.其他								-818,023,340.16	-818,023,340.16	
(四)所有者权益内部结转										
1.资本公积转增资本										
2.盈余公积转增资本										
3.盈余公积弥补亏损										
4.设定受益计划变动额结转留存收益										
5.其他综合收益结转留存收益										
6.其他										
(五)专项储备										
1.本期提取										
2.本期使用										
(六)其他										
四、本期期末余额	1,935,000,000.00		1,870,500.00				629,453,460.03	836,752,357.35	3,403,076,317.38	

后附财务报表附注为财务报表的组成部分。

公司负责人:

(Signature)

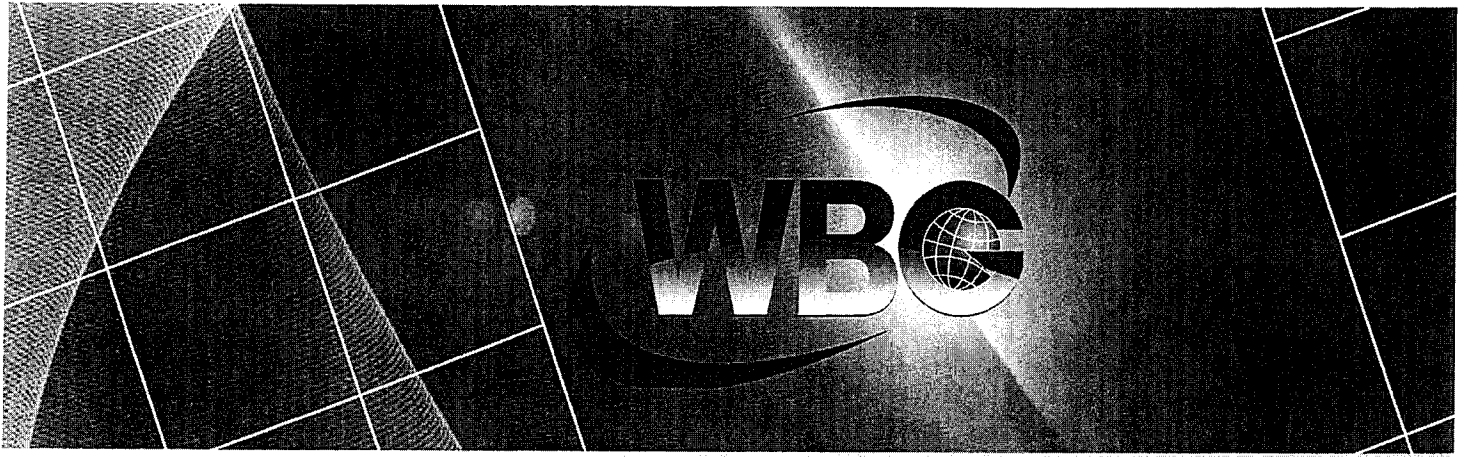
主管会计工作负责人:

(Signature)

会计机构负责人:

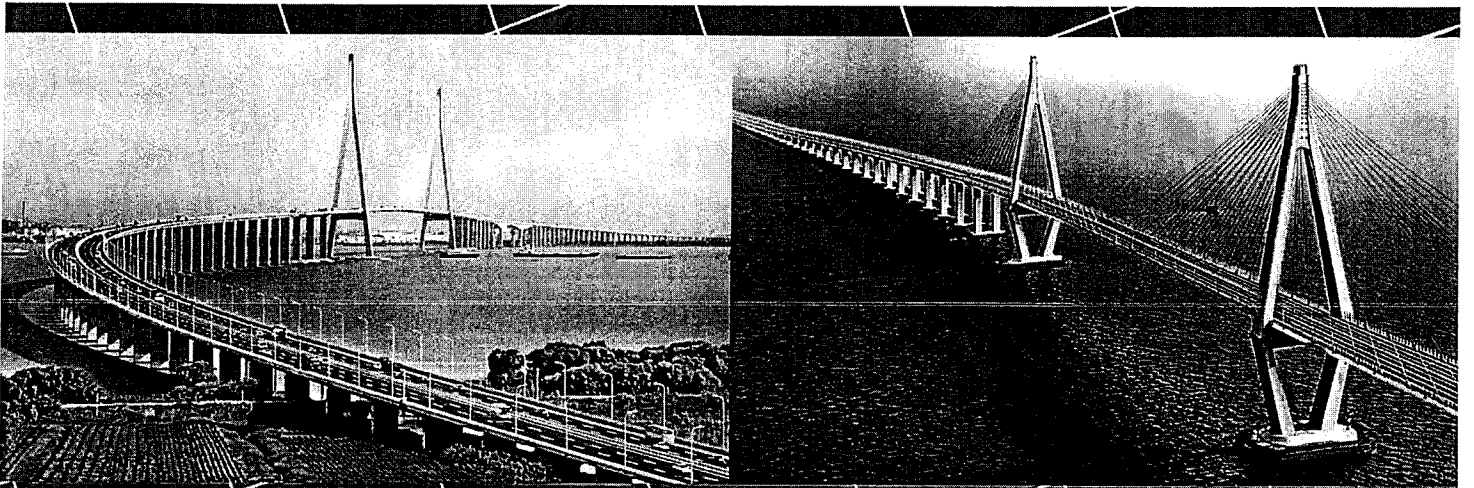
(Signature)





浙江省杭州湾跨海大桥 交通量和通行费收入预测

评估报告（终稿）



施伟拔咨询（深圳）有限公司
WB Group International

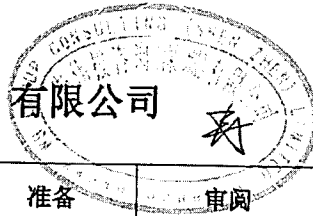


浙江省杭州湾跨海大桥
交通量和通行费收入预测

评估报告（终稿）

2024年10月17日

施伟拔咨询（深圳）有限公司



版本	报告类别	日期	准备	审阅	批核
06	终稿	2024年10月17日	JZ	JZ/DL	DL
05	终稿	2024年8月30日	JZ	JZ/DL	DL
04	终稿	2024年3月20日	JZ	JZ/DL	DL
03	终稿	2023年11月14日	JZ	JZ/DL	DL
02	终稿	2023年9月26日	JZ	JZ/DL	DL
01	终稿	2023年8月28日	JZ	JZ/DL	DL
0A	初稿	2023年8月10日	JZ	JZ/DL	DL

RT-231303-01/06



目录

章	标题	页
1	概述.....	1-1
1.1	项目大桥介绍.....	1-1
1.2	研究技术路线.....	1-4
1.3	本次预测的依据.....	1-5
1.4	报告架构.....	1-6
2	项目大桥沿线地区发展现状.....	2-1
2.1	浙江省社会经济发展状况.....	2-1
2.2	嘉兴市社会经济发展状况.....	2-4
2.3	宁波市社会经济发展状况.....	2-7
2.4	江苏省社会经济发展状况.....	2-10
2.5	上海市社会经济发展状况.....	2-14
2.6	项目大桥沿途产业发展规划.....	2-18
3	项目大桥交通和收费情况.....	3-1
3.1	历史断面交通量.....	3-1
3.2	项目大桥历史通行费收入.....	3-5
3.3	项目大桥历史减免比例.....	3-7
3.4	免费车和 ETC 比例.....	3-8
4	模型技术路线.....	4-1
4.1	经济分析模型.....	4-1
4.1.1	经济分析区域.....	4-1
4.1.2	经济指标相关性分析.....	4-3
4.1.3	经济指标未来发展趋势.....	4-5
4.1.4	未来年各区域交通量增长率.....	4-7
4.2	交通预测模型.....	4-8
4.2.1	路网.....	4-8
4.2.2	流量延误函数 (VolumeDelayFunctions).....	4-9
4.2.3	小汽车转换系数 (PassengerCarUnit, PCU).....	4-10
4.2.4	项目大桥收费假设.....	4-10
4.2.5	未来年路网假设.....	4-12
4.2.6	通行能力.....	4-19
4.2.7	出行分配过程.....	4-20
4.2.8	车型比例预测.....	4-21
4.2.9	养护作业影响分析.....	4-22
4.2.10	项目大桥 OD 出行模式.....	4-23
5	交通量与收入预测结果.....	5-1
5.1	方案假设阐述.....	5-1
5.2	新开通道路交通影响情况.....	5-1
5.2.1	2024 年宁波前湾新区十一塘高速开通影响.....	5-3
5.2.2	2025 年杭绍甬高速全线开通和乍嘉速高速改扩建影响.....	5-5
5.2.3	2026 年苏台高速开通影响.....	5-5
5.2.4	2028 年通苏嘉甬高铁开通和嘉绍大桥停止收费影响.....	5-6
5.3	交通量和通行费收入预测结果.....	5-9
5.3.1	基本方案.....	5-9



5.3.2	保守方案.....	5-11
5.3.3	乐观方案.....	5-12
5.4	预测收费减免比例分析.....	5-14
5.5	预测结果和工可对比.....	5-15
5.6	预测结果通行能力验证.....	5-16
5.7	恶劣天气因素对预测影响.....	5-17
5.8	项目大桥和同行业可比项目的竞争优势和劣势.....	5-18
6	总结.....	6-1

目录 (续)

图表	标题	页
图表 1-1	项目大桥位置图.....	1-2
图表 3-1	项目大桥现状断面车型构成比例.....	3-4
图表 3-2	项目大桥历年通行费收入增长情况.....	3-6
图表 4-1	模型技术路线.....	4-1
图表 4-2	经济分析区划分图.....	4-2
图表 4-3	杭州市未来 GDP 增长趋势图.....	4-6
图表 4-4	浙江省路网模型.....	4-9
图表 4-5	未来年新建道路位置.....	4-14
图表 4-6	沪甬跨海通道建设位置示意图.....	4-16
图表 4-7	沪甬跨海通道.....	4-17
图表 5-1	项目大桥和可比项目位置示意图.....	5-19

目录（续）

表格	标题	页
表格 2-1	浙江省历年常住人口.....	2-1
表格 2-2	浙江省历年 GDP 增长情况表.....	2-1
表格 2-3	浙江省历年民用汽车保有量.....	2-2
表格 2-4	浙江省公路客货运输量.....	2-3
表格 2-5	嘉兴市历年常住人口.....	2-4
表格 2-6	嘉兴市历年 GDP 增长情况表.....	2-5
表格 2-7	嘉兴市历年民用汽车保有量.....	2-5
表格 2-8	嘉兴市公路客货运输量.....	2-6
表格 2-9	宁波市历年常住人口.....	2-7
表格 2-10	宁波市历年 GDP 增长情况表.....	2-7
表格 2-11	宁波市历年民用汽车保有量.....	2-8
表格 2-12	宁波市公路客货运输量.....	2-8
表格 2-13	宁波舟山港货物和集装箱吞吐量.....	2-9
表格 2-14	江苏省历年常住人口.....	2-11
表格 2-15	江苏省历年 GDP 增长情况表.....	2-11
表格 2-16	江苏省历年民用汽车保有量.....	2-12
表格 2-17	江苏省公路客货运输量.....	2-12
表格 2-18	上海市历年常住人口.....	2-14
表格 2-19	上海市历年 GDP 增长情况表.....	2-15
表格 2-20	上海市历年民用汽车保有量.....	2-15
表格 2-21	上海市公路客货运输量.....	2-16
表格 2-22	上海港货物和集装箱吞吐量.....	2-17
表格 2-23	环杭州湾高新技术产业分工.....	2-19
表格 3-1	项目大桥历年折算全程日均交通量.....	3-2
表格 3-2	2023 年项目大桥客货比变化.....	3-4
表格 3-3	项目大桥历年通行费收入.....	3-6
表格 3-4	项目大桥通行费减免比例.....	3-7
表格 3-5	项目大桥免费车比例.....	3-9
表格 3-6	项目大桥客车 ETC 比例.....	3-9
表格 3-7	项目大桥货车 ETC 比例和集装箱比例.....	3-9



表格 4-1	经济分析区区域划分情况表.....	4-3
表格 4-2	交通预测模型系数.....	4-4
表格 4-3	未来年时间调整系数.....	4-4
表格 4-4	各城市“十四五”规划 GDP 增长目标.....	4-5
表格 4-5	未来年各经济分析区 GDP 年增长率假设.....	4-7
表格 4-6	未来年各区域交通量增长率.....	4-8
表格 4-7	小汽车转换系数.....	4-10
表格 4-8	分车型收费标准.....	4-11
表格 4-9	未来年路网建设情况表.....	4-13
表格 4-10	同类公铁大桥、跨海大桥建设进度.....	4-14
表格 4-11	沪甬跨海通道规划建设情况.....	4-16
表格 4-12	沪甬通道大洋山至岱山段跨海大桥规划建设情况.....	4-18
表格 4-13	沪甬跨海铁路通道规划建设情况.....	4-18
表格 4-14	沪甬通道最新建设进度.....	4-18
表格 4-15	高速公路服务水平及最大服务量关系.....	4-20
表格 4-16	项目大桥车型比例变化情况.....	4-21
表格 4-17	项目大桥未来车型比例变化.....	4-21
表格 4-18	项目大桥客车 OD 出行比例表.....	4-24
表格 4-19	项目大桥货车 OD 出行比例表.....	4-25
表格 5-1	各方案假设.....	5-1
表格 5-2	新开通道路交通影响情况.....	5-2
表格 5-3	十一塘高速至宁波新区西站收费额占出行总收费额的比例分布.....	5-4
表格 5-4	“新区北枢纽至庵东枢纽段”和“大桥主线段”交通量差异.....	5-4
表格 5-5	2024 年宁波前湾新区十一塘高速影响因素分析.....	5-4
表格 5-6	2025 年杭绍甬高速开通和乍嘉速高速改扩建影响因素分析.....	5-5
表格 5-7	2026 年苏台高速影响因素分析.....	5-6
表格 5-8	2028 年通苏嘉甬高铁开通和嘉绍大桥停止收费影响因素分析.....	5-8
表格 5-9	通苏嘉甬高铁分流影响延长分析.....	5-9
表格 5-10	项目大桥分车型折算全程日均交通量（基本方案）.....	5-10
表格 5-11	项目大桥各年通行费收入预测结果（基本方案）.....	5-10
表格 5-12	项目大桥分车型折算全程日均交通量（保守方案）.....	5-11
表格 5-13	项目大桥各年通行费收入预测结果（保守方案）.....	5-12
表格 5-14	项目大桥分车型折算全程日均交通量（乐观方案）.....	5-12
表格 5-15	项目大桥各年通行费收入预测结果（乐观方案）.....	5-13

表格 5-16	预测收费减免比例.....	5-14
表格 5-17	实际/预测结果和工可报告对比.....	5-15
表格 5-18	项目大桥历年恶劣天气天数.....	5-17



1 概述

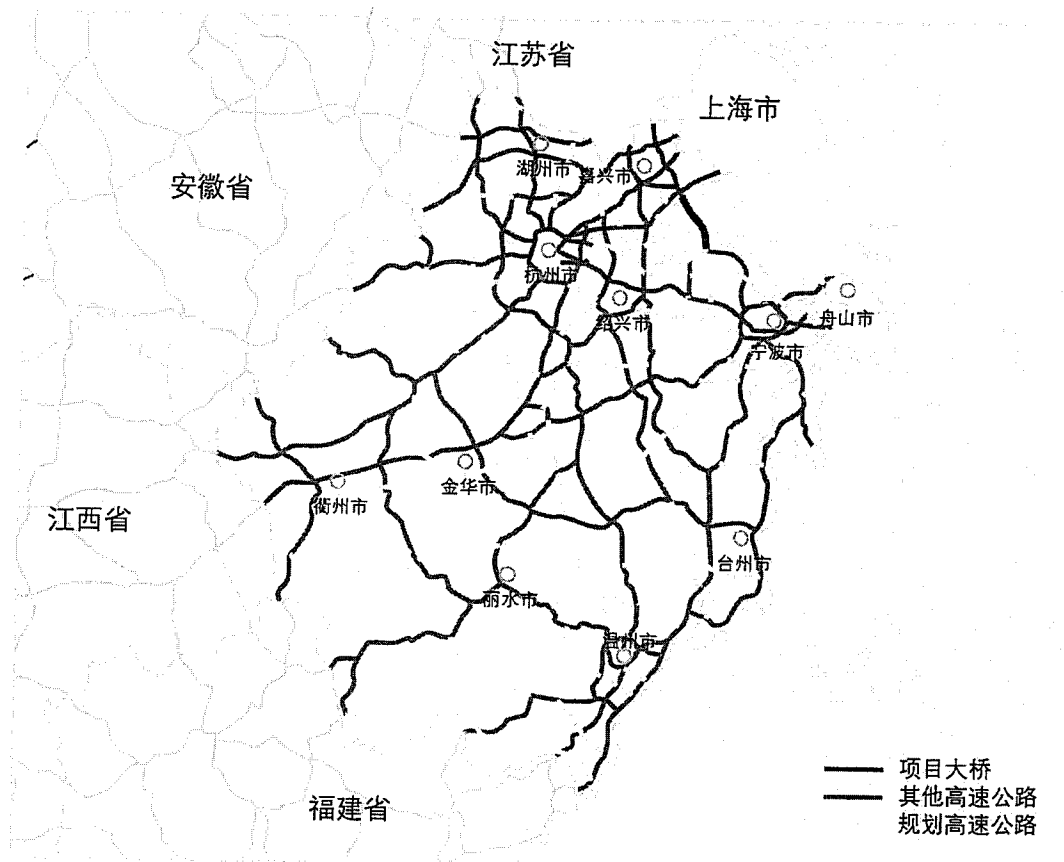
1.1 项目大桥介绍

平安基金管理有限公司和平安证券股份有限公司拟分别作为基金管理人和资产支持证券计划管理人，以宁波市杭州湾大桥发展有限公司杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组作为底层资产，申请发行公开募集基础设施领域不动产投资信托基金项目（简称“基础设施 REITs”）。施伟拔咨询（深圳）有限公司（“顾问公司”）针对宁波交通投资集团有限公司（“宁波交投”）所有的浙江省杭州湾跨海大桥（以下简称“项目大桥”）提供交通量和通行费收入预测。

项目大桥北起嘉兴市海盐枢纽，跨越杭州湾海域后止于宁波市庵东枢纽，是国家高速主干网规划中沈（阳）海（口）线（编号：G15）的重要组成部分。项目大桥向北通过乍嘉苏高速、常嘉高速、杭浦高速和沪杭高速等通往浙江省嘉兴市、湖州市和上海、江苏、山东等东部沿海经济发达地区；向南通过甬台温高速公路、上三高速和甬莞高速等通往浙江省沿海的宁波、舟山、台州、温州和东南沿海广大经济发达地区。项目大桥的建成通车充分发挥了上海的经济辐射和聚集功能，促进了上海浦东的开放与开发，进一步加强了上海在长江三角洲的“龙头”地位，带动和促进了浙江、上海、江苏等地的经济快速持续发展。

项目大桥总长度 36 公里，其中北引线长 15.5 米，南引线长 311.5 米，桥梁长度为 35.673 公里。桥面为双向六车道，设计车速 100 公里/小时。项目大桥于 2003 年 11 月开工建设，2007 年 6 月全线贯通，2008 年 5 月 1 日建成通车，收费期至 2033 年 4 月 30 日。项目大桥位置见图 1-1。

图表 1-1 项目大桥位置图



来源：顾问公司，2023

终点和重要连接点

- **嘉兴市**：上海大都市圈重要城市、环杭州湾大湾区核心城市、杭州都市圈副中心城市，位于浙江省东北部，长江三角洲杭嘉湖平原腹地。嘉兴处江河湖海交汇之位，扼太湖南走廊之咽喉，与上海、杭州、苏州、宁波等城市相距均不到百公里，作为沪杭、苏杭交通干线中枢，交通便利。
- **宁波市**：宁波是首批沿海开放城市、长三角五大区域中心之一，是浙江省经济中心。宁波地处中国大陆海岸线中段，长江三角洲南翼，东有舟山群岛为天然屏障，北濒杭州湾，西接绍兴市的嵊州、新昌、上虞，南临三门湾，并与台州的三门、天台相连，地理位置得天独厚。全市海域面积 8,232.9 平方公里，岸线总长 1,594.4 公里，2023 年宁波舟山港完成货物吞吐量 13.2 亿吨，居全球第一，完成集装箱吞吐量 3,530.1 万标箱，位于全球第三位。

- **乍嘉苏高速（编号：G1522）**：是国家高速公路网常（熟）台（州）高速公路（编号：G1522）的重要组成部分，起自平湖市东南乍浦港，经平湖、嘉兴两市由北跨大港进入江苏省境内。双向四车道，设计车速 120 公里/小时。2024 年乍嘉苏高速南湖互通至浙苏省界段将进行“四改八”改扩建，预计 2027 年 6 月建成。
- **杭浦高速（编号：G15 和 G92）**：是国家高速公路网沈海高速公路（编号：G15）和杭州湾环线高速公路（编号：G92）的重要组成部分，是连接杭州市和上海浦东的最便捷通道。双向六车道，设计车速 120 公里/小时。杭浦高速与项目大桥在海盐枢纽衔接，项目大桥车辆需要经由杭浦高速往来上海市。
- **常嘉高速（编号：G1521）**：与国家高速公路网杭州湾环线高速公路（编号：G92）相接于步云枢纽。与杭州湾环线高速公路和项目大桥共同构成了连接江苏南部、嘉兴和宁波的快速通道。常嘉高速双向六车道，设计车速 120 公里/小时。它的建成有效缓解了乍嘉苏高速的交通压力，使项目大桥往来江苏的通道更加畅通。

现有竞品道路

- **杭州湾环线高速公路杭州至宁波段**：杭州湾环线高速公路杭州至宁波段（编号：S2）全长约 145 公里，双向八车道，设计车速 120 公里/小时。它是浙江省内首条建成通车的高速公路，于 1996 年全线通车，并于 2007 年 6 月全线完成“四改八”拓宽改造。杭州湾环线高速公路杭州至宁波段一类客车的收费标准为 0.45 元/公里，比浙江省统一的高速公路收费标准高 0.05 元/公里，其他类型车采用浙江省统一高速公路收费标准。杭州湾环线高速公路杭州至宁波段 2023 年全线平均交通量约为 8.8 万辆/天，它与杭州湾跨海大桥主要竞争湖州、南京、宣城往来宁波方向的交通。
- **嘉绍大桥**：嘉绍大桥是常州至台州高速公路（编号：G1522）跨钱塘江部分，全长 10.137 公里，约为杭州湾跨海大桥的 1/3 长度，双向八车道，设计车速 100 公里/小时。嘉绍大桥于 2008 年 12 月 14 日开工建设，2013 年 7 月 19 日正式建成通车。嘉绍大桥采用“里程费 + 叠加费”收费模式，里程费按照浙江省统一收费标准计收，叠加费一类客车 30 元/次，六类货车 125 元/次。杭州湾跨海大桥的收费标准是嘉绍大桥的 2.24-2.35 倍。2023 年嘉绍大桥交通量约为 5.0 万辆/天，它与杭州湾跨海大桥主要竞争嘉兴、苏州往来宁波方向的交通。

未来竞品道路

- **通苏嘉甬高铁：**通苏嘉甬高铁全长 310.4 公里，其中新建线路长度 301.3 公里，设南通西、张家港、常熟西、苏州北、汾湖、嘉兴北、嘉兴南、海盐西、慈溪、庄桥 10 座车站，其中浙江段新建线路长度为 166.1 公里，包括嘉兴市境内的 92.8 公里和宁波市境内的 73.3 公里。该铁路速度目标值为 350 公里/小时。2019 年 4 月 19 日，通苏嘉甬高铁预可研在北京通过审查。2022 年 11 月底，通苏嘉甬高铁江苏段开工建设，2023 年 3 月 10 日，通苏嘉甬高铁杭州湾跨海铁路桥首根桩基在浙江海盐开钻，标志着世界最长跨海高速铁路桥海上工程全面开工，预计 2027 年底建成通车。通苏嘉甬高铁与杭州湾跨海大桥主要竞争南通、苏州、嘉兴和宁波之间往来的客车交通。

1.2 研究技术路线

顾问公司经过数据收集、基础年流量特征分析、交通模型建立、社会经济评估、交通量和收入分析等几个阶段的工作，完成了整个交通量和通行费收入预测工作任务。具体工作步骤和内容如下所述：

步骤一：工作动员及资料收集 — 顾问公司首先搜集一切有关项目大桥的资料，包括浙江省、江苏省、上海市及项目大桥邻近地区等区域的经济增长趋势、运输发展规划和未来产业发展规划。

步骤二：基础年交通情况的分析 — 根据收集所得的数据，对项目大桥周边地区的现状经济及产业发展进行总结。通过分析历史数据和收集到的特征流水数据，推算得到项目大桥的 2023 年平均日交通量。时间价值及营运成本也会一并在这阶段估算。

步骤三：交通模型的路网建立 — 此项目工作是为了建立一个计算机仿真程序去展现现在交通走廊的情况。该计算机仿真程序软件（EMME/3 交通模型）系统会被用作路网的建立及其后的调校和评估。顾问公司深信未来年路网会有决定性的影响，所以亦收集及检讨政府拟建道路及基建项目数据，见下文第 4.2.5，路网假设及最终路网确定对预测工作极为重要。

步骤四：社会经济评估 — 浙江省及周边省份的社会及经济预测是另外一个重要的研究元素。顾问公司对最新的政府公布资料进行分析及评估。这项工作的目的是要从历史交通量和社会经济统计资料找到相互关系，如果资料越多越细、得到的函数关系就越好。

步骤五：交通模型的建立 — 步骤二至四提供了最基本的要素去建立一个交

通模型。剩下的工作是设计一个运算系统进行典型的收费公路交通分配法。调校完成的模型可以产生接近现实的交通量及类似现况的交通情况。在未来年研究中，交通量分配表会根据步骤五所得结果进行调整。

步骤六：交通量及收入研究 — 当未来年路网假设、社会经济元素、经济增长及收费表完成后，可以进行详细的交通量及收入研究。顾问公司使用最终校核的交通预测模型进行详细的交通和收入预测工作。

1.3 本次预测的依据

顾问公司从浙江省高速公路收费结算系统获取了 2023 年项目大桥站到站交通流水数据，以及 2019 年 12 月 1 日至 7 日全省站到站交通流水数据。这些数据记录了该时间段内使用项目大桥所有车辆的信息，包括：入口时间和入口站、出口时间和出口站、车型、收费类型、通行费费额、客/货车、收费类别等。这些数据显示出一个正常周中最新的交通情况，并帮助我们了解项目大桥的交通构成、车辆的来源和目的地、周变化等。

利用公路收费信息的站到站数据来获得高速公路车流分布的做法具有如下优点：

- 信息由电子设备记录，无需现场调查，消除对现场交通秩序的干扰和影响；
- 信息直接由结算系统取得，避免了由人手输入数据造成的 OD 错误记录、编码错误问题，提高了基础数据的准确性；
- 信息为 24 小时全天候记录，取样率为 100%（除去未领卡车辆）；
- 免除了调查的样本偏差问题，也不存在人手调查造成的重复抽样。

除了浙江省站到站交通数据外，顾问公司还从宁波杭州湾大桥发展有限公司（“大桥公司”）收集到了以下数据，这些数据都将帮助顾问公司分析项目大桥交通量的历史演变，并指导未来年的预测。

- 1) 项目大桥各段里程、车道数、收费站进出车道数；
- 2) 项目大桥 2008 年至 2024 年 6 月通行费收入；
- 3) 项目大桥 2008 年至 2024 年 6 月断面分车型交通量；

顾问公司收集到的项目大桥站到站数据能够准确反映交通出行的格局和特征，根据项目大桥历史交通量的演变和历史经济增长建立的增长率模型是交通预测的

传统方法，从该模型得出的交通和收入预测结果是可信的。

1.4 报告架构

第一章对项目大桥交通量和收入预测工作的总体情况进行介绍，明确本次研究技术路线和依据；第二章说明项目大桥沿线社会经济发展水平；第三章详细论述研究过程中开展的数据采集情况，并据此做出的数据特征分析；第四章说明建立的交通预测模型关键技术；第五章为未来项目大桥的交通量和通行费收入的预测结果；第六章总结。

2 项目大桥沿线地区发展现状

2.1 浙江省社会经济发展状况

浙江省地处中国东南沿海长江三角洲南翼，东临东海，南接福建，西与江西、安徽相连，北与上海、江苏接壤，是全国最具经济发展活力的省份之一。自改革开放以来，浙江省人民面对现实，抓住机遇，深化改革，扩大开放，促进发展了“经济大省”地位，综合实力明显增强。

浙江省人口

2023 年末，全省常住人口 6,627 万人，比上年末增加 50 万人。详细情况见表格 2-1 所示。

表格 2-1 浙江省历年常住人口

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
常住人口 (万人)	5,890	5,985	6,072	6,170	6,273	6,375	6,468	6,540	6,577	6,627

来源：浙江省统计局网站

浙江省国内生产总值（GDP）

2023 年全年实现地区生产总值 82,553 亿元，比上年增长 6.0%。其中，第一产业增加值 2,332 亿元，增长 4.2%；第二产业增加值 33,953 亿元，增长 5.0%；第三产业增加值 46,268 亿元，增长 6.7%。全省人均生产总值 125,043 元。产业结构不断优化。三次产业增加值比例调整为 2.8:41.1:56.1。详细情况见表格 2-2 所示。

表格 2-2 浙江省历年 GDP 增长情况表

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2014	40,023.48	7.7%	1,726.57	19,580.72	18,716.19	68,569
2015	43,507.72	8.0%	1,771.36	20,606.55	21,129.81	73,276
2016	47,254.04	7.5%	1,890.43	21,571.25	23,792.36	78,384
2017	52,403.13	7.8%	1,933.92	23,246.72	27,222.48	85,612

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2018	58,002.84	7.1%	1,975.89	25,308.13	30,718.83	93,230
2019	62,462.00	6.8%	2,086.70	26,299.51	34,075.77	98,770
2020	64,689.06	3.6%	2,166.26	26,361.50	36,161.30	100,738
2021	74,040.78	8.5%	2,211.70	31,173.99	40,655.09	113,839
2022	77,715.36	3.1%	2,324.77	33,205.17	42,185.42	118,496
2023	82,553.00	6.0%	2,332.00	33,953.00	46,268.00	125,043

来源：浙江省统计局网站

浙江省汽车保有量

浙江省近几年民用汽车保有量快速增长，根据经济发展预测，未来几年浙江省民用汽车保有量仍将保持较高的增长速度。至 2022 年末，全省民用汽车保有量已达到 2,049 万辆，历年详细情况见表格 2-3 所示。

表格 2-3 浙江省历年民用汽车保有量

年份	载客汽车（辆）	载货汽车（辆）	其它汽车（辆）	汽车合计（辆）
2014	8,959,921	1,115,620	56,595	10,132,136
2015	10,124,578	1,039,966	51,739	11,216,283
2016	11,403,051	1,128,714	51,693	12,583,458
2017	12,668,371	1,245,274	52,845	13,966,490
2018	13,913,234	1,367,849	56,193	15,337,276
2019	15,083,021	1,474,716	62,160	16,619,897
2020	16,059,633	1,614,079	66,716	17,740,428
2021	17,444,560	1,732,263	65,105	19,241,928
2022	18,684,021	1,738,976	68,459	20,491,456

来源：浙江省统计年鉴（2023 年）

注：2023 年浙江省民用汽车保有量数据未公布



浙江省公路客货运输量

2023 年全省公路旅客运输周转量为 178 亿人公里，比上年增长 27.9%；全省公路货物运输周转量 3,142 亿吨公里，比上年增长 18.6%。表格 2-4 显示了浙江省 2014 至 2023 年公路运输量。

表格 2-4 浙江省公路客货运输量

年份	客运量 (万人)	旅客周转量 (亿人公里)	货运量 (万吨)	货物周转量 (亿吨公里)
2014	112,915	558.06	117,070	1,419.43
2015	92,304	544.76	122,547	1,513.92
2016	83,033	465.12	133,999	1,626.78
2017	80,099	431.56	151,920	1,821.21
2018	72,013	402.80	166,533	1,964.10
2019	72,799	378.39	177,683	2,082.11
2020	38,861	204.84	189,583	2,209.95
2021	24,246	176.87	213,653	2,636.97
2022	17,939	139.23	205,935	2,650.38
2023	--	178.00	--	3,142.00

来源：浙江省统计局网站

注：2013 年按新口径统计。客运量和客运周转量统计范围为：由道路运输管理机构颁发道路运输证，依法从事营业性公路客运的车辆。不包括出租车和公共电汽车；公路养护、卫生救护、公安消防等工作专用车辆；在机场、港口作业区、车站为内部换乘而进行旅客运输的各种运输车辆。在高速公路中主要对应三型和四型客车，不包括一型和二型客车。

浙江省产业发展

浙江省是中国经济最为发达地区之一，其第二、三产业占比非常高，2023 年已经分别达到 41.1%和 56.1%。按照工业产值计算，占比较高的有：电气机械和器材制造业，化学原料和化学制品制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，通用设备制造业，汽车制造业，电力、热力的生产和供应业，纺织业，金属制品业，非金属矿物制品业，橡胶和塑料制品业。未来新能源产业、装备制造业和战略性新兴产业将会快速发展，成为拉动浙江省经济发展的新增长极。

第三产业中占比较高有：住宿和餐饮业、信息传输软件和信息技术服务业、租赁和商务服务业、金融业，2023 年增加值分别增长 13.8%、11.5%、11.2%和 9.5%。浙江省有国内最大购物平台阿里巴巴，有世界著名的义乌小商品市场，2023 年商品销售额 28,888 亿元，增长 5.9%；限额以上单位商品零售额中，中西药品类、烟酒类、服装鞋帽针纺织品类等生活类商品零售额分别增长 10.2%、9.8%和 8.4%；通讯器材类、金银珠宝类、化妆品类、家用电器和音像器材类分别增长 37.5%、14.5%、8.4%和 8.1%；汽车类增长 4.2%，其中新能源汽车增长 40.8%；石油及制品类增长 0.6%。未来物流交通会成为项目大桥流量的一个重要构成部分。

对外经济方面，2023 年浙江省货物进出口总额 48,998 亿元，比上年增长 4.6%，其中出口和进口分别为 35,666 和 13,332 亿元，分别增长 3.9%和 6.7%；规模分别居全国第三、第二和第五位，占全国份额分别为 11.7%、15.0%和 7.4%，均比上年提高 0.5 个百分点；对全国的增长贡献均居首位。浙江省拥有全球最大港宁波舟山港。省内嘉兴、湖州，省外江苏、上海往来宁波舟山港车辆均需通过项目大桥，项目大桥现状集卡车占货车总数的 10.8%，未来还会有较大增长。

2.2 嘉兴市社会经济发展状况

嘉兴市位于浙江省东北部、长江三角洲杭嘉湖平原腹心地带，是长江三角洲重要城市之一。东临大海，南倚钱塘江，北附太湖，西接天目之水，大运河纵贯境内。城市处于江、海、湖、河交汇之位，扼太湖南走廊之咽喉，与沪、杭、苏、湖等城市相距均不到百公里，区位优势明显。下辖嘉善、平湖、海盐、海宁、桐乡、秀城和秀洲等 7 个县（市、区）。全市总面积 3,915 平方公里，常住人口 558.4 万人。嘉兴市主要社会经济数据如表格 2-5、表格 2-6、表格 2-7 和表格 2-8。

嘉兴市人口

2023 年末，嘉兴市常住人口 558.4 万人，出生率 5.9‰，死亡率为 6.8‰，全年自然增长率为-0.9‰。过去 2014 至 2023 年嘉兴市的常住人口增长情况如表格 2-5 所示：

表格 2-5 嘉兴市历年常住人口

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
常住人口 (万人)	486.5	493.6	501.4	512.6	523.1	533.5	541.1	551.6	555.1	558.4

来源：嘉兴市统计年鉴（2023年），嘉兴市国民经济和社会发展统计公报（2023年）

嘉兴市国内生产总值（GDP）

2023年嘉兴市地区生产总值（GDP）7,062.45亿元，按可比价格计算，比上年增长6.3%。分产业看，第一产业增加值141.16亿元，增长3.8%；第二产业增加值3,776.84亿元，增长6.2%；第三产业增加值3,144.45亿元，增长6.4%。表格2-6显示了2014至2023年嘉兴市历年国内生产总值。

表格 2-6 嘉兴市历年 GDP 增长情况表

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2014	3,493.97	7.7%	128.24	1,915.68	1,450.06	72,287
2015	3,696.62	7.2%	121.76	1,969.31	1,605.54	75,434
2016	3,979.04	7.2%	118.58	2,126.66	1,733.80	79,981
2017	4,500.26	8.0%	116.33	2,425.01	1,958.92	88,763
2018	5,018.38	7.7%	115.93	2,755.69	2,146.76	96,908
2019	5,423.58	7.1%	119.32	2,906.03	2,398.23	102,661
2020	5,563.58	3.5%	125.02	2,887.63	2,550.93	103,547
2021	6,355.28	8.5%	131.97	3,453.75	2,769.56	116,323
2022	6,739.45	2.5%	144.01	3,719.61	2,875.83	121,794
2023	7,062.45	6.3%	141.16	3,776.84	3,144.45	126,851

来源：嘉兴市统计局网站

嘉兴市汽车保有量

表格 2-7 总结了嘉兴市 2014 至 2022 年汽车保有量的状况。嘉兴市汽车保有量高速增长的趋势逐渐放缓，汽车保有量在未来几年预计与 GDP 增速接近。

表格 2-7 嘉兴市历年民用汽车保有量

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
汽车保有量 (万辆)	79.19	91.60	105.27	119.51	133.11	147.81	158.84	169.40	180.80	191.4

来源：嘉兴市统计局网站

嘉兴市公路运输量

2023 年公路客运量 511 万人，增长 85.4%；公路货运量 18,036 万吨，增长 10.4%。表格 2-8 显示了嘉兴市 2014 至 2023 年公路运输量。

表格 2-8 嘉兴市公路客货运输量

年份	客运量 (万人)	客运周转量 (万人公里)	货运量 (万吨)	货运周转量 (万吨公里)
2014	9,594	316,692	9,861	1,040,555
2015	8,822	304,305	9,933	1,077,812
2016	3,000	210,159	11,306	1,195,865
2017	2,984	215,691	12,832	1,352,562
2018	2,971	212,152	13,864	1,415,003
2019	2,971	216,103	14,534	1,484,774
2020	1,359	81,579	16,934	1,629,731
2021	673	80,404	18,153	1,748,602
2022	276	48,258	16,338	1,531,493
2023	511	88,837	18,036	1,790,934

来源：嘉兴市统计局网站

注：2014、2016 年按新口径统计。客运量和客运周转量统计范围为：由道路运输管理机构颁发道路运输证，依法从事营业性公路客运的车辆。不包括出租车和公共电汽车；公路养护、卫生救护、公安消防等工作专用车辆；在机场、港口作业区、车站为内部换乘而进行旅客运输的各种运输车辆。在高速公路中主要对应三型和四型客车，不包括一型和二型客车。

嘉兴市产业发展

2023 年嘉兴市三次产业增加值结构为 2.0:54.2:43.8。与浙江省情况不同，嘉兴市还是以第二产业为主。2023 年装备制造业、数字经济核心制造业、高端装备制造业、高新技术制造业和战略性新兴产业增加值分别增长 12.3%、10.3%、9.8%、9.2%和 7.9%，占规上工业增加值比重分别为 44.5%、21.7%、26.6%、71.9%和 44.5%。第二产业为主的经济结构对货运的需求要高于全省的平均水平，能够为项目大桥流量增长提供足够货源。

进出口方面，2023 年嘉兴市进出口总额 4,409.9 亿元，比上年增长 0.3%。其中，出口 3,337.5 亿元，增长 3.8%；进口 1,072.4 亿元，下降 9.3%。其中机电产品、高新技术产品分别出口 1,721.0 亿元、697.6 亿元，增长 3.6%、1.9%，占全

市出口的比重分别为 51.6%、20.9%；光伏、锂电池、新能源汽车“新三样”出口增长 40.9%。对共建“一带一路”沿线国家进出口总额 1,615.8 亿元，增长 5.6%，其中，出口 1,185.7 亿元，增长 12.8%。嘉兴市进出口货物其中很大部分都会通过宁波舟山港，必然要经过项目大桥。

2.3 宁波市社会经济发展状况

宁波市位于浙江省东北部、大陆海岸线中段、北濒杭州湾，总面积 9,816 平方公里。下辖海曙区、江北区、北仑区、镇海区、鄞州区、奉化区、象山县、宁海县、余姚市、慈溪市。宁波市主要社会经济数据如表格 2-9、表格 2-10、表格 2-11、表格 2-12 和表格 2-13。

宁波市人口

2023 年末，宁波市常住人口 969.7 万人，比上年末增加 7.9 万人。过去 2014 至 2023 年宁波市的常住人口增长情况如表格 2-9 所示：

表格 2-9 宁波市历年常住人口

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
常住人口 (万人)	841.6	858.2	872.8	890.3	911.5	929.4	942.0	954.4	961.8	969.7

来源：宁波市统计局网站

宁波市国内生产总值（GDP）

2023 年宁波市生产总值（GDP）16,452.8 亿元，按可比价格计算，比上年增长 5.5%。分产业看，第一产业增加值 383.8 亿元，增长 4.7%；第二产业增加值 7,540.5 亿元，增长 5.7%；第三产业增加值 8,528.5 亿元，增长 5.3%。表格 2-10 显示了 2014 至 2023 年宁波市历年国内生产总值。

表格 2-10 宁波市历年 GDP 增长情况表

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2014	7,904.81	7.6%	267.60	4,108.26	3,528.95	95,055
2015	8,295.35	8.0%	275.13	4,210.91	3,809.31	97,604
2016	8,972.83	7.2%	290.72	4,463.78	4,218.33	103,672
2017	10,146.55	7.9%	297.05	5,119.01	4,730.49	115,099

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2018	11,193.14	7.0%	302.33	5,507.15	5,383.66	124,244
2019	12,035.11	6.8%	323.14	5,686.34	6,025.63	130,752
2020	12,599.22	3.4%	338.52	5,793.11	6,467.59	132,614
2021	14,594.92	8.2%	356.16	6,997.17	7,241.59	153,922
2022	15,704.30	3.5%	382.0	7,413.50	7,908.80	163,911
2023	16,452.8	5.5%	383.8	7,540.5	8,528.5	170,363

来源：宁波市统计局网站

宁波市汽车保有量

表格 2-11 总结了宁波市 2014 至 2023 年汽车保有量的状况。宁波市汽车保有量高速增长的趋势逐渐放缓，汽车保有量在未来几年预计与 GDP 增速接近。

表格 2-11 宁波市历年民用汽车保有量

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
汽车保有量 (万辆)	159.7	180.4	238.0	228.9	254.0	277.0	297.1	316.6	335.7	351.1

来源：宁波市公安局网站

宁波市公路运输量

2023 年公路客运量 1,953 万人，增长 76.7%；公路货运量 50,679 万吨，增长 11.8%。表格 2-12 显示了宁波市 2014 至 2023 年公路运输量。

表格 2-12 宁波市公路客货运输量

年份	客运量 (万人)	客运周转量 (万人公里)	货运量 (万吨)	货运周转量 (万吨公里)
2014	12,144	779,567	21,918	3,355,532
2015	9,430	649,976	22,906	3,677,986
2016	4,813	552,732	25,635	3,952,549
2017	4,302	498,688	29,002	4,317,400
2018	3,858	466,171	32,424	4,717,941

年份	客运量 (万人)	客运周转量 (万人公里)	货运量 (万吨)	货运周转量 (万吨公里)
2019	3,829	434,149	35,757	4,970,802
2020	2,426	251,154	38,860	5,625,885
2021	1,427	206,791	43,923	6,577,087
2022	1,105	126,782	45,310	7,133,771
2023	1,953	--	50,679	8,102,000

来源：宁波市统计年鉴（2023），宁波市国民经济和社会发展统计公报（2023）

注：客运量和客运周转量统计范围为：由道路运输管理机构颁发道路运输证，依法从事营业性公路客运的车辆。不包括出租车和公共电汽车；公路养护、卫生救护、公安消防等工作专用车辆；在机场、港口作业区、车站为内部换乘而进行旅客运输的各种运输车辆。在高速公路中主要对应三型和四型客车，不包括一型和二型客车。

宁波舟山港货物吞吐量

宁波舟山港是全球首个年货物吞吐量突破 10 亿吨的大港，也是世界集装箱运输发展最快的港口，是我国大陆重要的集装箱远洋干线港、国内最大的铁矿石中转基地和原油转运基地、国内重要的液体化工储运基地和华东地区重要的煤炭、粮食储运基地，是我国的主枢纽港之一。2023 年宁波舟山港货物吞吐量完成 13.2 亿吨，同比增长 4.9%，连续第 15 年位居全球港口第一；完成集装箱吞吐量 3,530 万标箱，同比增长 5.8%，连续六年居全球港口第三。表格 2-13 显示了宁波舟山港 2014 至 2023 年货物和集装箱吞吐量。

表格 2-13 宁波舟山港货物和集装箱吞吐量

年份	货物吞吐量 (万吨)	增长率	集装箱吞吐量 (万 TEU)	增长率
2014	87,346	7.9%	1,945	12.1%
2015	88,929	1.8%	2,063	6.1%
2016	92,209	3.7%	2,156	4.5%
2017	100,933	9.5%	2,461	14.1%
2018	108,439	7.4%	2,635	7.1%
2019	112,009	3.3%	2,754	4.5%

年份	货物吞吐量（万吨）	增长率	集装箱吞吐量（万 TEU）	增长率
2020	117,240	4.7%	2,872	4.3%
2021	122,405	4.4%	3,108	8.2%
2022	126,134	3.0%	3,335	7.3%
2023	132,370	4.9%	3,530	5.8%

来源：宁波市统计局网站

宁波市产业发展

2023 年宁波市实现地区生产总值 16,452.8 亿元，三次产业比例为 2.3:45.8:51.9。全市规模以上工业企业按产值排序，前五位分别是：汽车制造，化学原料和化学制品制造业，电气机械和器材制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，石油、煤炭及其他燃料加工业。宁波市主要工业行业发展态势良好，其中化学原料、汽车制造和电气机械制造业 2023 年增加值分别增长 17.8%、13.9% 和 13.0%。主要行业良好发展态势能够有利支撑项目大桥货车交通量稳定增长。

宁波市第三产业占比超过第二产业。2023 年实现零售总额 5,212.6 亿元，比上年增长 6.5%。全年全市完成网络零售额 3,411.4 亿元。实现跨境电商进出口额 2,301.8 亿元，增长 14.8%。全年全市完成旅游总收入 877.4 亿元，同比增长 8.8%。接待国内游客 6,579.5 万人次，增长 27.8%；完成国内旅游收入 874.0 亿元，增长 8.4%。接待入境游客 15.5 万人次，完成入境旅游收入 4757.5 万美元。

2023 年宁波口岸完成进出口总额 23,984.5 亿元，比上年下降 3.7%。全市完成自营进出口总额 12,779.3 亿元，增长 0.9%，其中出口总额 8,287.8 亿元，增长 0.7%；进口总额 4,491.5 亿元，增长 1.1%。进出口总额占全国比重为 3.06%。依托规模庞大的贸易和旅游业，保证了项目大桥的货车和客车交通量的稳定增长。

2.4 江苏省社会经济发展状况

江苏省际陆地边界线 3,383 公里，面积 10.72 万平方公里，占全国的 1.12%，人均国土面积在全国各省区中最少。江苏地形以平原为主，平原面积达 7 万多平方公里，占江苏面积的 70%以上，比例居中国各省首位。

江苏省人口

2023 年末，全省常住人口 8,526 万人，比上年末增加 11 万人，增长 0.1%。

在常住人口中，男性人口为 4,322 万人，女性人口为 4,204 万人。全年人口出生率为 4.8‰，人口死亡率为 7.6‰，人口自然增长率为 -2.7‰。详细情况见表格 2-14 所示。

表格 2-14 江苏省历年常住人口

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
常住人口 (万人)	8,281	8,315	8,382	8,424	8,446	8,469	8,477	8,505	8,515	8,526

来源：江苏省统计局网站

江苏省国内生产总值（GDP）

2023 年全年实现地区生产总值 128,222.2 亿元，比上年增长 5.8%。其中，第一产业增加值 5,075.8 亿元，增长 3.5%；第二产业增加值 56,909.7 亿元，增长 6.7%；第三产业增加值 66,236.7 亿元，增长 5.1%。全省人均生产总值 150,487 元。产业结构不断优化。三次产业增加值比例调整为 4.0:44.4:51.6。详细情况见表格 2-15 所示。

表格 2-15 江苏省历年 GDP 增长情况表

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2014	65,088.3	8.7%	3,634.3	31,057.5	30,396.5	81,874
2015	70,116.4	8.5%	3,988.0	32,043.6	34,084.8	87,995
2016	76,086.2	7.8%	4,078.5	33,855.7	38,152.0	95,259
2017	85,900.9	7.2%	4,076.7	38,654.8	43,169.4	107,189
2018	93,207.6	6.7%	4,141.7	42,129.4	46,936.5	110,508
2019	98,656.8	5.9%	4,297.2	43,507.5	50,852.1	116,650
2020	102,719.0	3.7%	4,536.7	44,226.4	53,955.8	121,231
2021	116,364.2	8.6%	4,722.4	51,775.4	59,866.4	137,039
2022	122,875.6	2.8%	4,959.4	55,888.7	62,027.5	144,390
2023	128,222.2	5.8%	5,075.8	56,909.7	66,236.7	150,487

注：GDP 增长率按可比价格计算

来源：江苏省统计局网站

江苏省民用汽车保有量

江苏省近几年民用汽车保有量快速增长，根据经济发展预测，未来几年江苏省民用汽车保有量仍将保持较高的增长速度。至 2023 年末，全省民用汽车保有量已达到 2,456.3 万辆，历年详细情况见表格 2-16 所示。

表格 2-16 江苏省历年民用汽车保有量

年份	载客汽车（辆）	载货汽车（辆）	其它汽车（辆）	汽车合计（辆）
2014	9,911,322	971,682	156,761	11,039,765
2015	11,435,703	903,860	139,037	12,478,600
2016	13,267,338	941,706	136,112	14,345,156
2017	14,997,212	1,056,452	140,966	16,194,630
2018	16,521,036	1,162,403	148,849	17,832,288
2019	17,778,933	1,260,241	153,021	19,192,195
2020	18,879,017	1,400,034	164,911	20,443,962
2021	20,101,800	1,519,982	172,201	21,793,983
2022	21,164,923	1,480,251	171,818--	22,816,992
2023	--	--	--	24,563,000

来源：江苏省统计局网站

江苏省公路运输量

2023 年全省公路旅客运输量为 38,904 万人次，旅客运输周转量为 257.3 亿人公里，分别比上年增长 19.1%和 26.4%；全省公路货物运输量为 183,485 万吨，货物运输周转量 3,459.5 亿吨公里，分别比上年增长 14.7%和 7.9%。表格 2-17 显示了江苏省 2014 至 2023 年公路运输量。

表格 2-17 江苏省公路客货运输量

年份	客运量 (万人)	客运周转量 (亿人公里)	货运量 (万吨)	货运周转量 (亿吨公里)
2014	137,270	852.00	114,449	1,978.50
2015	134,553	835.00	113,351	2,072.96

年份	客运量 (万人)	客运周转量 (亿人公里)	货运量 (万吨)	货运周转量 (亿吨公里)
2016	113,493	779.98	117,166	2,140.33
2017	104,566	746.89	128,915	2,377.90
2018	97,025	716.64	139,251	2,544.35
2019	94,475	698.19	164,577	3,234.82
2020	67,664	414.22	174,624	3,524.51
2021	43,789	301.60	186,708	3,687.80
2022	32,653	203.50	159,936	3,207.60
2023	38,904	257.3	183,485	3,459.50

来源：江苏省统计局网站

注：据 2015 年度全国公路水路运输量小样本抽样调查结果，对 2015 年公路客货运输量、周转量统计值有所修正，与 2014 年值不具可比性。根据 2019 年道路货物运输量专项调查，对 2019 年公路货物运输量统计口径进行了调整，与之前年份的统计口径不可比。客运量和客运周转量统计范围为：由道路运输管理机构颁发道路运输证，依法从事营业性公路客运的车辆。不包括出租车和公共电汽车；公路养护、卫生救护、公安消防等工作专用车辆；在机场、港口作业区、车站为内部换乘而进行旅客运输的各种运输车辆。在高速公路中主要对应三型和四型客车，不包括一型和二型客车。

江苏省产业发展

2023 年江苏省地区生产总值 128,222.2 亿元，按不变价格计算，比上年增长 5.8%。三次产业结构比例为 4.0:44.4:51.6。2023 年规模以上工业增加值比上年增长 7.6%，其中采矿业增加值增长 8.8%，制造业增长 7.6%，电力、热力、燃气及水生产和供应业增长 7.3%。全年规模以上装备制造业增加值比上年增长 7.8%，占规模以上工业增加值比重达 53.4%。分行业看，汽车、电气机械、铁路船舶行业增加值分别增长 15.9%、15.9%、15.2%。新能源、新一代信息技术相关产品产量增长较快，其中新能源汽车、汽车用锂离子动力电池、太阳能电池、智能手机、服务器产量分别增长 46.3%、18.7%、45.6%、48.9%、9.8%。江苏省占工业重头的制造业发展势头良好，能够为项目大桥货车交通提供充足的货运需求。

2023 年江苏省社会消费品零售总额 45,547.5 亿元，比上年增长 6.5%。全年限额以上单位商品零售额中，粮油食品类、饮料类、烟酒类、服装鞋帽针纺织品类分别增长 7.9%、19.9%、8.3%、8.1%；金银珠宝类、体育娱乐用品类、通讯器材类分别增长 9%、12.2%、19.2%；石油及制品类、汽车类分别增长 7.3%、5%。

智能手机比上年增长 39%；能效等级为 1 级和 2 级的商品、智能家用电器和音像器材类、可穿戴智能设备类分别增长 6.4%、18%、15.5%；新能源汽车增长 49.3%，占限上汽车类零售额比重 25.7%，比上年提高 9 个百分点。全年实物商品网上零售额 11,156.2 亿元，比上年增长 6.5%，占社会消费品零售总额比重为 24.5%。

2023 年进出口总额 5.2 万亿元，同比下降 3.2%，占同期全国进出口总额的 12.6%。从贸易方式看，一般贸易进出口 3 万亿元，占比 57.3%；加工贸易进出口 1.7 万亿元，占比 31.6%。商品贸易的快速增长，必然带来物流快速增长，也将为项目大桥货车交通量稳定增长提供保障。

2023 年旅游业强劲复苏，全年境内外游客 9.4 亿人次，比上年增长 81.2%；旅游总收入 12,022.7 亿元，增长 45.7%。入境过夜游客 145 万人次，增长 198.9%。其中，外国人 99.2 万人次，增长 217.7%；港澳台同胞 45.8 万人次，增长 164.8%。旅游外汇收入 27.6 亿美元，增长 205.5%。国内游客 9.4 亿人次，比上年增长 81.1%；国内旅游收入 11,832.1 亿元，增长 44.5%。旅游业强劲复苏也对项目大桥的客车交通量稳定增长提供了有力支撑。

2.5 上海市社会经济发展状况

上海，中国第一大城市，四大直辖市之一，中国国家中心城市，中国的经济、科技、工业、金融、贸易、会展和航运中心。上海位于中国大陆海岸线中部的长江口，拥有中国最大的外贸港口和最大的工业基地。隔海与日本九州岛相望，南濒杭州湾，西部与江苏、浙江两省相接。上海市主要社会经济数据如表格 2-18、表格 2-19、表格 2-20、表格 2-21 和表格 2-22。

上海市人口

2023 年末，上海市常住人口 2,487.5 万人，比上年末增加 11.6 万人。详细情况见表格 2-18 所示。

表格 2-18 上海市历年常住人口

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
常住人口 (万人)	2,425.7	2,415.3	2,419.7	2,418.3	2,423.8	2,428.1	2,488.4	2,489.4	2,475.9	2,487.5

来源：上海市统计年鉴（2023 年），上海市国民经济和社会发展统计公报（2023 年）

上海市国内生产总值（GDP）



2023 年全年实现地区生产总值 47,218.66 亿元，比上年增长 5.0%。其中，第一产业增加值 96.09 亿元，下降 1.5%；第二产业增加值 11,612.97 亿元，增长 1.9%；第三产业增加值 35,509.60 亿元，增长 6.0%。详细情况见表格 2-19 所示。

表格 2-19 上海市历年 GDP 增长情况表

年份	GDP (亿元)	增长率	第一产业 (亿元)	第二产业 (亿元)	第三产业 (亿元)	人均 GDP (元)
2014	25,269.75	7.1%	131.96	8,633.25	16,504.54	102,800
2015	26,887.02	7.0%	125.53	8,408.65	18,352.84	109,200
2016	29,887.02	6.9%	114.34	8,570.24	21,202.44	121,400
2017	32,925.01	7.0%	110.78	9,525.89	23,288.34	133,500
2018	36,011.82	6.8%	104.78	10,360.78	25,546.26	145,700
2019	37,987.55	6.0%	107.06	10,193.60	27,686.89	153,300
2020	38,963.30	1.7%	107.68	10,258.57	28,597.05	156,800
2021	43,214.85	8.1%	99.97	11,449.32	31,665.56	173,600
2022	44,652.80	-0.2%	96.95	11,458.43	33,097.42	179,900
2023	47,218.66	5.0%	96.09	11,612.97	35,509.60	--

来源：上海市统计局网站

上海市汽车保有量

上海市近几年民用汽车保有量快速增长的趋势逐渐放缓，根据经济发展预测，未来几年上海市民用汽车保有量增速将与 GDP 增速接近。至 2022 年末，上海市民用汽车保有量已达到 504.56 万辆，历年详细情况见表格 2-20 所示。

表格 2-20 上海市历年民用汽车保有量

年份	载客汽车 (万辆)	载货汽车 (万辆)	其它汽车 (万辆)	汽车合计 (万辆)
2014	228.58	19.56	7.05	255.19
2015	256.26	19.49	6.57	282.32
2016	293.85	21.86	7.23	322.94
2017	328.17	30.81	2.04	361.02

年份	载客汽车 (万辆)	载货汽车 (万辆)	其它汽车 (万辆)	汽车合计 (万辆)
2018	358.37	32.87	2.18	393.42
2019	378.50	33.07	2.30	413.86
2020	408.14	31.79	2.45	442.38
2021	429.39	33.58	2.87	465.84
2022	466.83	34.76	2.97	504.56

来源：上海市统计年鉴（2023年）

注：上海市2023年汽车保有量数字未公布

上海市公路客货运输量

2023年全市公路旅客发送量为6,326万人，比上年增长1.2倍；全市公路货物运输量50,436万吨，比上年增长12.5%。表格2-21显示了上海市2014至2023年公路运输量。

表格 2-21 上海市公路客货运输量

年份	客运发送量 (万人)	旅客周转量 (亿人公里)	货运量 (万吨)	货物周转量 (亿吨公里)
2014	3,754	124.34	42,848	301
2015	3,766	125.45	40,627	290
2016	3,402	114.98	39,055	282
2017	3,419	116.67	39,743	298
2018	3,151	105.81	39,595	299
2019	3,168	108.49	38,750	297
2020	1,332	44.47	46,051	685
2021	1,479	49.68	52,899	1037
2022	2,860	33.43	44,846	844
2023	6,326	70.25	50,435	895

来源：上海市统计局网站

注：客运量和客运周转量统计范围为：由道路运输管理机构颁发道路运输证，依法从事营业性公路客运的车辆。不包括出租车和公共电汽车；公路养护、卫生救护、公安消防等工作专用车辆；在机场、港口作业

区、车站为内部换乘而进行旅客运输的各种运输车辆。在高速公路中主要对应三型和四型客车，不包括一型和二型客车。

上海港货物吞吐量

上海港位于我国海岸线与长江“黄金水道”交汇点，毗邻全球东西向国际航道主干线，以广袤富饶的长江三角洲和长江流域为主要经济腹地，地理位置得天独厚，集疏运网络四通八达。2023 年上海港货物吞吐量完成 8.43 亿吨，同比增长 15.1%；完成集装箱吞吐量 4,916 万标箱，同比增长 3.9%，连续十四年居全球港口第一。表格 2-22 显示了上海港 2014 至 2023 年货物和集装箱吞吐量。

表格 2-22 上海港货物和集装箱吞吐量

年份	货物吞吐量（万吨）	增长率	集装箱吞吐量（万 TEU）	增长率
2014	75,529	-2.6%	3,529	5.0%
2015	71,740	-5.0%	3,654	3.5%
2016	70,177	-2.2%	3,713	1.6%
2017	75,051	6.9%	4,023	8.3%
2018	73,048	-2.7%	4,201	4.4%
2019	72,031	-1.4%	4,330	3.1%
2020	71,670	-0.5%	4,350	0.5%
2021	77,635	8.3%	4,703	8.1%
2022	73,227	-5.7%	4,730	0.6%
2023	84,253	15.1%	4,916	3.9%

来源：上海市统计局网站

上海市产业发展

2023 年上海市实现地区生产总值（GDP）47,218.66 亿元，比上年增长 5.0%，三次产业占比为 0.2:24.6:75.2，服务业成为上海市产业结构的主体，一、二产业占比进一步萎缩。

2023 年上海市实现工业增加值 10,846.16 亿元，比上年增长 1.1%。全年完成规模以上工业总产值 39,399.57 亿元，下降 0.2%。其中新能源、高端装备、生物、

新一代信息技术、新材料、新能源汽车、节能环保、数字创意等工业战略性新兴产业完成工业总产值 17,304.61 亿元，占全市规模以上工业总产值比重达到 43.9%。上海市工业增长速度较为缓慢，但其体量较大，货运需求巨大。

2023 年上海市实现批发和零售业增加值 5,094.52 亿元，比上年增长 2.3%。全年实现商品销售总额 16.38 万亿元，比上年下降 0.4%。其中，零售业销售额 1.44 万亿元，增长 9.7%。全年完成电子商务交易额 3.73 万亿元，比上年增长 11.7%。其中，B2B 交易额 2.08 万亿元，增长 4.6%；网络购物交易额 1.65 万亿元，增长 22.2%。网络购物交易额中，商品类网络购物交易额 9,112.8 亿元，增长 8.8%；服务类网络购物交易额 7,353.4 亿元，增长 44.4%。全年上海市货物进出口总额 42,121.61 亿元，比上年增长 0.7%。其中，进口 24,743.67 亿元，增长 0.1%；出口 17,377.94 亿元，增长 1.6%。高新技术产品出口占全市比重为 33.2%。国内外贸易稳定增长，将带动交通运输尤其货运稳定增长，必然为项目大桥的货车交通量增长提供有力支撑。

2.6 项目大桥沿途产业发展规划

根据《浙江省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》。“十四五”时期，浙江省将以数字经济为引领的新经济快速发展注入新活力，构建新发展格局释放新需求，“一带一路”、长江经济带、长三角一体化发展等战略红利加快转化为新动能。到 2035 年，全省将基本实现高水平现代化，成为新时代全面展示中国特色社会主义制度优越性的重要窗口，力争地区生产总值、人均生产总值、居民人均可支配收入比 2020 年“翻一番”。

2003 年浙江省政府发布《浙江省环杭州湾产业带发展规划》提出浙江省环杭州湾地区是长江三角洲地区的重要组成部分，包括杭州、宁波、绍兴、嘉兴、湖州和舟山六市，2022 年环杭州湾地区的人口达到了 3,717.3 万人，占全省 56.8%，国内生产总值达到 51,203 亿元，占全省 69.6%。

十七年后浙江省政府提出《环杭州湾高新技术产业带发展规划》，力争把环杭州湾高新技术产业带建设成为数字经济为主导的具有全球重要影响力的创新创业高地。浙江将聚焦数字技术、生命技术、材料技术，瞄准未来布局，以数字经济为引领，先进制造、新材料、生命健康、海洋高技术、创意设计 5 大特色产业为支撑，前瞻布局一批未来产业，推进各区域产业错位分工、产业链协同发展。

表格 2-23 环杭州湾高新技术产业分工

地区	高新技术产业分工
杭州市	云计算、大数据、物联网、人工智能、通信与网络、集成电路、新型显示、高端软件、数字创意、数字安全、数字旅游、数字教育、数字物流、高档数控机床、汽车制造、轨道交通、关键基础零部件、航空产业、智能专用装备及终端产品、智能机器人、智能系统解决方案、电子硅材料、高性能纤维材料、新能源汽车材料、3D 打印材料、医疗装备制造、医疗器械、新药研发、特色原料药及药物制剂、健康信息服务、数字健康、数字养老、工业设计、时尚设计、量子信息、柔性电子、区块链
宁波市	物联网、人工智能、通信与网络、集成电路、新型显示、高端软件、数字创意、数字旅游、数字物流、数字港口、高档数控机床、汽车制造、轨道交通、关键基础零部件、智能专用装备及终端产品、智能机器人、智能系统解决方案、稀土磁性材料、高性能金属材料、化工新材料、海洋新材料、新能源汽车材料、高性能膜材料、3D 打印材料、石墨烯、材料基因组工程、医疗装备制造、医疗器械、新药研发、健康信息服务、数字健康、数字养老、高技术船舶与海洋工程装备、海水淡化及综合利用、海洋生物资源利用、海洋大数据服务、港航物流服务、工业设计、时尚设计、柔性电子、区块链
嘉兴市	物联网、人工智能、通信与网络、数字旅游、高档数控机床、汽车制造、航空产业、智能机器人、智能系统解决方案、稀土磁性材料、高性能纤维材料、光伏材料产业、化工新材料、电子信息与智能材料、港航物流服务、工业设计、时尚设计、量子信息、柔性电子
湖州市	物联网、人工智能、集成电路、高档数控机床、汽车制造、智能专用装备及终端产品、智能机器人、智能系统解决方案、高性能金属材料、新药研发、时尚设计
绍兴市	集成电路、数字旅游、高档数控机床、航空产业、智能系统解决方案、高性能纤维材料、化工新材料、新药研发、特色原料药及药物制剂、时尚设计
舟山市	数字旅游、数字物流、数字港口、航空产业、智能系统解决方案、化工新材料、海洋新材料、新药研发高技术船舶与海洋工程装备、海水淡化及综合利用、海洋生物资源利用、海洋能、海洋大数据服务、港航物流服务、航运金融服务

来源：《环杭州湾高新技术产业带发展规划》

大桥影响的其他地区

江苏省是中国经济发展和富裕程度最高的省份，全省工农业门类齐全，发展水平高，江苏省传统有四大支柱产业：机械工业、电子通信设备制造业、化学工业、交通运输设备制造业。改革开放以来该区域已经发展成为我国综合实力最强区域之一。

《江苏省“十四五”制造业高质量发展规划》提出：“十四五”时期，聚焦新兴

领域、突出特色优势，全力打造 6 个综合实力国际领先或国际先进的先进制造业集群，培育 10 个综合实力国内领先的先进制造业集群，推动全产业链优化升级，不断增强产业体系国际竞争力、创新力、控制力。

1) 新型电力和新能源装备集群。落实碳达峰碳中和发展要求，以高端化、智能化、清洁化为方向，大力发展特高压设备、智能安全电网设备、绿色高效新能源装备等，支持建设光伏、海上风电等清洁能源基地，打造综合实力国际领先的新型电力和新能源装备集群。

2) 工程机械和农业机械集群。以高效、智能、绿色为方向，重点发展大型施工机械、大型起重机械、高空作业机械和大马力动力机械、智慧农场装备、农用特色机器人等，推动新一代信息技术和工程机械、农业机械的高效融合，加强无人化场景应用，打造综合实力国际先进的工程机械和农业机械集群。

3) 物联网集群。深化物联网与人工智能、大数据、区块链等新一代信息技术的融合，以产业数字化、生活智慧化、治理智能化为方向，扩大物联网在智慧城市、车联网、工业互联网、智能家居、智慧医疗等重点领域的规模化应用，加快部署窄带移动物联网（NB-IoT）、5G、新一代低轨道卫星等移动物联网网络，构建泛在安全的物联网网络基础设施，高水平推进无锡国家传感网创新示范区建设，办好世界物联网博览会，打造综合实力国际先进的物联网集群。

4) 高端新材料集群。面向以新一代信息技术、高端装备、新能源、智能制造、生物医药等先进制造业快速发展需求，以高端应用为牵引，加强碳纤维、石墨烯等先进碳材料、生物医用和节能环保等纳米新材料研发应用，加快电子高纯材料、第三代半导体等先进电子材料的关键技术突破，推动高品质特殊钢材、化工新材料、稀土功能材料等提升发展，打造综合实力国际先进的高端新材料集群。

5) 高端纺织集群。聚焦纺织纤维新材料研发、先进纺织制品开发、创意设计、品牌提升等高附加值环节，大力发展高品质品牌服装、功能性高档家纺、功能性纺织品、智能纺织品、产业用纺织品，突破高性能纤维、纺织绿色加工、再生纤维等技术，高水平建设国家级先进功能纤维创新中心，提升化纤、纺纱织造、印染、服装家纺等环节智能化、绿色化水平，打造综合实力国际先进的高端纺织集群。

6) 生物医药集群。面向人民生命健康需求，持续巩固我省化学药领先优势和生物药产业化优势，大力发展大分子药物和基因及细胞治疗药物等生物药、化学创新药和高质量仿制药、中医优势病种创新药物和名优中成药，布局建设一批共性技术研发、合同研发生产、产业中试、药物非临床研究机构、临床试验机构

等平台载体，推进江苏自贸试验区生物医药全产业链开放创新发展试点，打造综合实力国际先进的生物医药集群。

7) 新型医疗器械集群。以高端化、智能化、特色化为方向，大力发展超声成像、离子束放射治疗等高性能诊疗设备、全自动生化分析仪等体外诊断设备、康复等医用机器人、无机材料 3D 打印及可降解的高分子材料等高端植介入医用耗材、呼吸麻醉急救及体外心肺支持辅助等生命支持设备，支持可穿戴式健康评测设备研发和产业化，发展远程医疗、移动医疗、互联网医疗等新模式新业态，建设 5G 智慧医疗平台和大数据中心，打造综合实力国内领先的新型医疗器械集群。

8) 集成电路与新型显示集群。面向新一代智能硬件、工业互联网、物联网、智慧家居等数字经济新需求，大力提升设计业发展水平，稳步提高制造工艺和能力，加快发展集成电路关键设备和专用材料，加快 TFT-LCD 产业链配套能力建设，持续推进 AMOLED 产品技术不断完善和产业化，推动 Micro-LED、硅基 OLED 等新一代显示技术的关键技术突破和产业化进程，统筹优化产业布局，推进集成电路产业链协同发展，打造综合实力国内领先的集成电路与新型显示集群。

9) 信息通信集群。以做强新一代通信、光传输、未来网络为重点，大力发展服务定制网络架构与系统、5G 核心通信器件，重点突破网络操作系统、高性能网络芯片、5G 毫米波多通道一体化芯片、高性能介质波导滤波器、高端激光器芯片，开展面向国家重点行业的创新应用与示范推广，发挥网络通信与安全紫金山实验室等科研单位技术优势，打造综合实力国内领先的信息通信集群。

10) 新能源（智能网联）汽车集群。顺应汽车低碳化、信息化、智能化发展趋势，支持新能源（智能网联）汽车发展成为集成新技术、承载娱乐消费的平台级工业品，持续加大新能源汽车推广应用力度，完善新能源充换电、智能路网、加氢体系等基础设施，培育整车知名品牌和生态主导型企业，打造综合实力国内领先的新能源（智能网联）汽车集群。

11) 高端装备集群。坚持智能化、成套化、服务化、高附加值方向，重点发展高档数控机床、智能机器人、智能仪器仪表等智能制造装备，高速列车整车及关键配套件、智能运维等轨道交通装备，发动机关重件、航电设备、通用航空等航空航天装备，提升纺织、轻工等优势专用装备发展水平，提升具有自主知识产权的仪器设备和成套装备生产能力，打造综合实力国内领先的高端装备集群。

12) 高技术船舶和海洋工程装备集群。加快发展大型化、绿色化、智能化的集装箱船、散货船和油船等三大主力船型，突破邮轮、大型液化天然气运输船、

特种工程船舶等高端船型，重点发展海上生产类平台、风电类海工产品、海上和陆地大型专业化模块等高端海工装备，鼓励深海采矿、风浪能利用等海洋资源开发装备研发，大力推进智能制造等总装制造模式，培育自主研发设计机构，形成自主可控的关键配套能力，支持建设无锡深海技术科学太湖实验室，开展深海运载安全（深潜）、深海通信导航（深网）、深海探测作业（深探）等方向重大任务攻关，打造综合实力国内领先的高技术船舶和海洋工程装备集群。

13) 节能环保集群。围绕节能、低碳、资源综合利用、环境治理等重点领域，加快高效节能、水污染防治、大气污染防治、固体废弃物处理等装备和产品研发制造和推广，推进研发设计和生产过程智能化，提升节能环保产品标准化、模块化、智能化水平，促进节能环保装备制造与服务融合发展，培育一批高水平的节能环保综合解决方案供应商，打造综合实力国内领先的节能环保集群。

14) 绿色食品集群。以生物技术创新为引领，以绿色、健康、安全为方向，巩固提升酿造食品质量和品牌竞争力，加快肉制品生产智能化和产品高端化升级，大力发展功能性食品，增强大宗粮油米面制品、乳制品、果蔬制品、水产品等优质民生食品供应能力，引导创制高效、健康和高附加值食品，加快国民精准营养供给和智能健康管理。鼓励发展中央厨房、冷链物流等线下资源线上配置的新型生产方式，高水平举办中国（淮安）国际食品博览会等，打造综合实力国内领先的绿色食品集群。

15) 核心软件集群。以自主化、高端化、融合化为方向，重点提升工业软件、基础软件、安全软件等自主可控水平，推进信息技术应用创新，推广开源技术、软件开发云、软件订阅、计次收费等软件开发运营新模式，引导工业企业软件化转型，举办中国（南京）国际软件产品与信息服务交易博览会，打造综合实力国内领先的核心软件集群。

16) 新兴数字产业集群。面向数字中国建设，顺应数字技术与实体经济深度融合趋势，以融合赋能、创新应用为重点，大力发展大数据、云计算、人工智能、区块链等新兴数字产业，打造综合实力国内领先的新兴数字产业集群。

上海是中华人民共和国直辖市、国家中心城市、超大城市、上海大都市圈核心城市，国务院批复确定的中国国际经济、金融、贸易、航运、科技创新中心。上海重点工业行业包括电子信息产品制造业、汽车制造业、石油化工及精细化工制造业、精品钢材制造业、成套设备制造业和生物医药制造业；截至 2020 年上海全年节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备、新能源、新能源汽车、新材料等工业战略性新兴产业产值占全市规模以上工业总产值比重达到 40.0%。

《上海市先进制造业发展“十四五”规划》提出：以集成电路、生物医药、人工智能三大先导产业为引领，大力发展电子信息、生命健康、汽车、高端装备、先进材料、时尚消费品六大重点产业，构建“3+6”新型产业体系，打造具有国际竞争力的高端产业集群。

集合精锐力量，落实集成电路、生物医药、人工智能三个“上海方案”，建设世界级产业集群，三大先导产业力争在 2019 年“上海方案”的基础上实现规模倍增。

1) 集成电路。以自主创新、规模发展为重点，提升芯片设计、制造封测、装备材料全产业链能级。芯片设计，加快突破面向云计算、数据中心、新一代通信、智能网联汽车、人工智能、物联网等领域的高端处理器芯片、存储器芯片、微处理器芯片、图像处理芯片、现场可编程逻辑门阵列芯片(FPGA)、5G 核心芯片等，推动骨干企业芯片设计能力进入 3 纳米及以下，打造国家级电子设计自动化(EDA)平台，支持新型指令集、关键核心 IP 等形成市场竞争力。制造封测，加快先进工艺研发，支持 12 英寸先进工艺生产线建设和特色工艺产线建设，争取产能倍增，加快第三代化合物半导体发展；发展晶圆级封装、2.5D/3D 封装、柔性基板封装、系统封装等先进封装技术。装备材料，加强装备材料创新发展，突破光刻设备、刻蚀设备、薄膜设备、离子注入设备、湿法设备、检测设备等集成电路前道核心工艺设备；提升 12 英寸硅片、高端掩膜板、光刻胶、湿化学品、电子特气等基础材料产能和技术水平，强化本地配套能力。充分发挥张江实验室、国家集成电路创新中心等“1+4”创新体系的引领作用，加强前瞻性、颠覆性技术研发和布局，联合长三角开展产业链协作。加快建设上海集成电路设计产业园、东方芯港、电子化学品专区等特色产业园区载体，引进建设一批重大项目。到 2025 年，基本建成具备自主发展能力、具有全球影响力的集成电路创新高地。

2) 生物医药。以全链协同、成果转化为重点，聚焦生物制品、创新化学药、高端医疗器械、现代中药以及智慧医疗等领域，推动全产业链高质量发展。提升创新策源能力，建设生物医药领域重点实验室，布局一批基础研究和转化平台，形成重大基础设施群；聚焦脑科学、基因编辑、合成生物学、细胞治疗、干细胞与再生医学等前沿生物领域，开展重大科技攻关，推进关键原材料、高端原辅料、重要制药设备及耗材、精密科研仪器等装备和材料的研发创新。推动产医深度融合，提升临床研究能力和转化水平，支持医企联合建设高水平研究型医院，建设若干产医融合创新示范基地，促进创新药物、创新医疗器械的应用推广。促进创新成果产业化，建立市-区-园区、区-区生物医药产业对接制度，深入实施“张江研发+上海制造”行动，推动“1+5+X”生物医药产业园区特色化发展，加强药品医

疗器械许可持有人/注册人制度下的合同委托模式(CMO/CDMO)发展,提高创新成果在本市转化率。加强与国家药监局药品医疗器械技术审评检查长三角分中心合作对接,协同长三角生物医药产业发展。强化医疗物资应急保障,加强疫苗、治疗性药物、应急体外诊断试剂(IVD)检测、高端诊疗设备等公共卫生应急物资的研发与产业化。到2025年,基本建设成为具有国际影响力的生物医药创新高地。

3) 人工智能。以创新策源、广泛赋能为重点,推动人工智能与实体经济深度融合。推进前沿基础研究,支持开展人工智能数学基础、类脑智能、认知智能、群体智能、小样本学习、安全可信人工智能、量子智能等前沿理论研究,推动计算机视觉、自然语言处理、知识图谱、自主智能无人系统等通用技术突破,重点建设若干具有标志意义的大规模算法模型,形成一批原创性、引领性重大成果。加快创新平台建设,围绕基础理论、算法开源、算力开放、数据融合、应用转化等关键环节,建设上海人工智能实验室、自主可控开源算法平台、超大规模开放算力平台等高水平开放式创新平台,推动人工智能技术创新和产品落地应用。大力发展核心产业,发展智能芯片、智能软件、智能驾驶、智能硬件、无人系统等产业,自主研发通用智能芯片、高性能专用智能芯片、框架软件等,培育和引进一批重大项目、优势企业、关键平台。促进全面赋能应用,推动人工智能全面赋能制造业,支持企业引进开发人工智能产品和系统,提供可推广的标准化解决方案;围绕医疗、教育、交通、商贸、金融、城市管理等重点领域,持续开展场景应用“揭榜挂帅”,打造一批标杆性应用示范。加快建设人工智能创新应用先导区,建设浦东张江、徐汇滨江、闵行马桥、临港新片区等产业创新集聚区,构建东西集聚、多点联动的“4+X”产业布局。到2025年,基本建成具有国际竞争力的人工智能创新高地。

推动制造向服务延伸发展,提升电子信息、生命健康、汽车、高端装备、先进材料、时尚消费品六大重点产业对全市经济发展的支撑作用。

1) 电子信息。重点发展集成电路、下一代通信设备、新型显示及超高清视频、物联网及智能传感、智能终端等制造领域,延伸发展软件 and 信息服务、工业互联网等服务领域。加强核心基础元器件技术攻关,加快突破影响产品性能和稳定性的关键共性技术。推进电子信息制造高端化发展,进一步向研发设计、中高端制造、市场营销等价值链高端环节延伸,引导大型电子信息制造企业提升技术水平和产品附加值,提高产业链主导能力。大力发展电子信息终端产品,探索适应市场需求的新一代智能消费终端,着力打造技术先进、安全可靠、自主可控的电子信息产业高地。

2) 生命健康。重点发展生物医药、高端医疗器械、智能健康产品等制造领域，延伸发展健康服务、医药流通等服务领域。把握全球大健康产业发展机遇，强化制造业基础支撑作用，发挥本市生物医药产业体系完善、研发能力强、临床资源丰富等优势，推动核心技术、关键装备材料、成果转化等环节链式突破；面向人民生命健康，适应多元化的健康需求，加快新型健康养老产品和设备的研发和产业化。促进生命健康和信息技术融合发展，提升产品智能化水平，发展智慧引领、普惠民生的健康服务新业态、新模式，着力打造具有全球竞争力的生命健康全产业链。

3) 汽车。重点发展新能源汽车、智能网联汽车、整车及零部件等制造领域，延伸发展智慧出行、汽车金融等服务领域。抓住全球汽车产业变革调整的窗口期和机遇期，推动汽车产业新能源化、智能化、共享化、国际化、品牌化发展，提升研发设计、试验试制、智能制造、出行服务等全产业链能级；支持本市汽车龙头企业加快战略转型，增强自主品牌核心竞争力，拓展国际主流市场，培育壮大新势力车企；促进汽车与 5G 通信、物联网、智能交通等融合发展，实现万亿级产业规模，着力打造世界级汽车产业中心。

4) 高端装备。重点发展航空航天、船舶海工、智能制造装备、高端能源装备、节能环保装备、轨道交通装备、先进农机装备等制造领域，以及系统集成、智能运维等服务领域。促进整机和核心零部件协同发展，支持企业开展关键技术联合攻关和协作配套，提升核心部件、基础部件、加工辅具、仪器仪表及控制系统等配套水平，提高自主设计、制造和系统集成能力。加强人工智能、工业互联网等新一代信息技术与高端装备的融合发展，提升产品智能化与生产智慧化水平，鼓励装备制造企业进一步开放智能制造应用场景，建设智能产线、智能车间、智能工厂，持续加强装备首台突破的政策支持，着力打造具有全球影响力的高端装备制造基地。

5) 先进材料。重点发展化工先进材料、精品钢材、关键战略材料、前沿新材料等制造领域，延伸发展设计检测、大宗贸易等服务领域。推动先进材料高端化、绿色化发展，加强材料基础研究、工程化转化和产业化应用衔接，系统性开展材料综合性能评价、质量控制工艺及工程化研究，加快布局公共研发转化平台和中试基地，提升材料企业创新和产学研联合转化能力。建设新材料应用中心，强化集成电路、生物医药、航空航天等重点领域关键材料的自主保障，完善本市新材料产业重点指导目录，着力打造与战略性、基础性、高技术竞争性地位相匹配的现代化材料产业体系。

6) 时尚消费品。重点发展时尚服饰、特色食品、智能轻工等制造领域，延

伸发展创意设计、时尚体验等服务领域。加强消费品原创设计能力，针对不同消费群体和消费场景，增加产品个性化、时尚化、智能化特征；鼓励消费品企业加强产品更新迭代和商业模式创新，拓展线上线下营销渠道，促进新消费提质扩容。支持本市历史经典品牌企业焕新发展活力；聚焦智能、健康、时尚等潮流，培育市场竞争力强的新锐品牌。开展时尚引领企业创建，推进“上海时尚 100+”和“上海品牌 100+”评选，提升消费品供给侧水平，为国际消费城市建设提供优质高端产品，着力将上海打造成为品牌荟萃、市场活跃、消费集聚、影响广泛的国际时尚之都、品牌之都。

港口规划发展

《宁波舟山港总体规划（2020 年修订版）》提出，未来宁波舟山港将建设以集装箱、大宗散货运输为主的国际枢纽海港；打造长三角及长江沿线大宗商品中转储运基地和江海联运服务中心；打造浙江海洋经济临港产业集群和现代航运服务基地；实现港口绿色、智慧、平安高质量发展；建设世界一流强港，积极探索建设自由贸易港。《上海港总体规划修订》提出，未来上海港将建设成为全球卓越的国际航运枢纽，国际领先的现代化高质量港口。上海港是我国国际枢纽港、主要港口和集装箱干线港，是国家综合立体交通网的国际性综合交通枢纽，是构建新发展格局实现国际国内双循环的战略链接点，是长三角港口群的核心港口，长江流域江海转运最便捷的门户港。

2023 年，宁波舟山港完成集装箱吞吐量 3,530.1 万标准箱，同比增长 5.85%；完成货物吞吐量 13.24 亿吨，同比增长 4.94%。上海港完成集装箱吞吐量 4,915.8 万标准箱，同比增长 3.9%，连续 14 年位居世界第一；完成货物吞吐量 8.43 亿吨，同比增长 15.1%。2023 年杭州湾跨海大桥主要服务于港口的集卡车占比约为 3%~4%，从货车交通起终点分析，通行货车较少往来上海港，有部分往来宁波舟山港。按照项目大桥通行货车的 OD 分布统计，往来杭州湾大桥的货车中起终点是宁波舟山港区的占比约为 15.3%，其中以货 5 和货 6 占比为 56.7%，货车往来的所有港区中，以北仑港区、大榭港区和岑港港区占比最高，约占总数的 81.9%。

预测到 2035 年，宁波舟山港总吞吐量将达到 18 亿吨，集装箱吞吐量将达到 6,000 万 TEU，2022 至 2035 年货物吞吐量和集装箱吞吐量年均增速为 2.8%和 4.6%。上海港货物吞吐量将达到 8.5 亿吨，其中，集装箱吞吐量 6,500 万 TEU。宁波舟山港货物吞吐量及集装箱吞吐量持续增长，能够较好支撑本项目集卡车的增长。上海港口货物吞吐量及集装箱吞吐量稳中有升，对本项目影响较小。

综上，宁波舟山港、上海港货物吞吐量和集装箱吞吐量未来将持续增长，能够保障杭州湾跨海大桥货车交通量的稳步增长。

3 项目大桥交通和收费情况

3.1 历史断面交通量

项目大桥全线于 2008 年开通至今已经超过 15 年，其交通构成、模式和交通流量已趋于稳定。顾问公司从大桥公司收集了项目大桥开通以来每年、每月、每种车型的流量数据，通过分析发现项目大桥开通以来的流量成长有如下特点：

- 项目大桥于 2008 年 5 月 1 日正式通车，初期禁止货车通行。2008 年 10 月开放货车通行，2009 至 2011 年是项目大桥开通的前三年，流量迅速增长，复合增长率达到 21.5%。
- 2012 年 5 月 15 日开始，浙江省高速公路开始实施按实际行驶路径收费（“按实收费”），由于项目大桥为嘉兴至宁波之间的最短路径，“按实收费”以后拆分给大桥的流量比按照“二义性”收费方案下有所减少。2012 年 5 月 15 日至 2015 年 5 月 19 日，项目大桥在基本费率基础上，对各类型车分别给予一类车 5 元、二类车 10 元、三类车 15 元、四类车和五类车 20 元的优惠，2012 年流量增长为 1.4%。由于优惠政策出台的时机具有不确定性，未来预测时只考虑现阶段的优惠政策的延续，不额外增加新的优惠政策。
- 2013 年 7 月 19 日嘉绍大桥的客车正式通车，2013 年 11 月 28 日嘉绍大桥的货车正式通车，2014 年 4 月 16 日钱江通道正式通车。嘉绍大桥和钱江通道与杭州湾跨海大桥平行，其开通分流了项目大桥部分车流，故 2013 年和 2014 年流量增长率分别是-5.5%和-8.4%，2015 年流量出现小幅度增长，增长率为 1.8%，2012 年至 2015 年流量复合增长率为-4.1%。项目大桥核心影响区（上海、嘉兴、宁波）2013 年至 2015 年 GDP 增速平均值约 7.5%，故假设项目大桥 2013 年至 2015 年流量的复合增长率为 7.5%，按此计算得到嘉绍大桥和钱江通道开通对项目大桥的流量累计分流影响为-33.0%。嘉绍大桥和钱江通道开通距今已经近十年，其流量转移已经完成，如果路网没有较大改变的情况下，未来预测不需考虑嘉绍大桥和钱江通道的分流影响。本次预测中考虑了苏台高速南浔至桐乡段开通带来的路网变化影响，其分流实质为钱江通道的进一步分流影响。
- 2015 年至 2019 年流量正常增长，2015 年至 2019 年复合增长率为 7.6%。其中，2017 年由于宁波杭州湾新区大规模开发，该年流量和通行费收入增长比较高。

- 2020年至2022年，受公共卫生安全事件影响交通量大幅减少。2020年春节小客车免费通行增加14天，高速公路免费通行79天。2022年受上海市公共卫生安全事件影响，上海市、浙江省实施严格的人员出行管控。
- 2023年公共卫生安全事件特殊管控解除，项目大桥客车交通量迅速恢复，同比增长达到75.1%，货车交通量增长达到5.4%。2019年至2023年交通量复合增长率为8.0%。由于突发的安全事件没有可预测的规律，且具有偶发性，故未来预测时不做该方面考虑。
- 2024年1-6月交通量同比增长为3.5%，所有车型中客3、客4、货1、货2和货6增长比较大，其它车型有所下降。这是由于十一塘高速开通以后，部分从桥北过来的车辆会选择从十一塘高速离开，少走新区北枢纽至庵东枢纽段，对项目大桥的交通造成了分流。
- 纵观项目大桥客货比变化，基本趋势是客车占比逐步缓慢增加，虽然2020至2022年爆发的新冠疫情打破了该变化趋势，但是疫情管控结束以后又延续了该变化趋势。究其原因，主要因为江浙沪地区经济相对比较发达，小客车增长速度较快导致。
- 从2023年客货车交通量在全年分布来看，见表格3-2，项目大桥客车高峰出现在8月，主要是暑假期间外出旅游的交通量增多；货车全年之中除了1、2月因为春节而偏低外，其它月份较为均匀，最高峰一般在9月或者12月。客货比在1、2月由于春节原因，客车占比比较高；6-8月由于暑假，旅游出行人次较多，客车占比也比较高。
- 项目大桥2023年全年的客货车占比分别是69.3%和30.7%，相对来说小客车比例较高，其中比重较高的车型是客1、货6、货1和货2，分别占68.2%、10.5%、7.8%和6.0%。

项目大桥开通以来折算全程日均交通量如表格3-1所示；现状各车型之间的比例如图表3-1所示，其所体现的特征如上所述。

表格3-1 项目大桥历年折算全程日均交通量¹

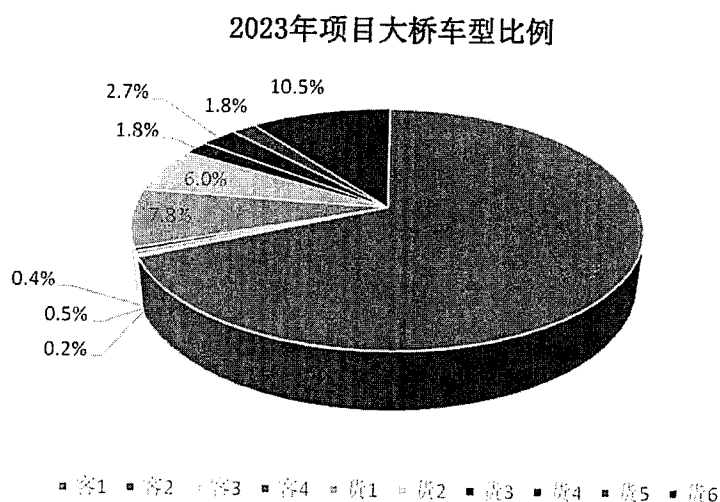
年份	客车				货车							自然车合计 (辆/天)	增长率	客货比	标准车合计 (pcu/day)
	客1	客2	客3	客4	货1	货2	货3	货4	货5	货6	货7				
2008年	14,364	1,062	1,135	--	--	--	--	--	--	--	--	16,560	--	--	17,128

¹折算全程日均交通量：各断面日均交通量乘以其路段里程数的积的和，除以各路段里程数的和。

年份	客车				货车							自然车 合计 (辆/ 天)	增长率	客货比	标准车 合计 (pcu/ day)
	客1	客2	客3	客4	货1	货2	货3	货4	货5	货6	货7				
2009年	16,122	1,947	1,854	--	--	--	--	361	2,078	59	420	22,842	32.1%	--	31,982
2010年	20,751	2,724	2,412	--	--	--	--	540	3,479	76	496	30,479	33.4%	--	44,651
2011年	23,455	2,669	2,128	--	--	--	--	564	4,192	86	603	33,699	10.6%	--	50,255
2012年	20,228	443	711	460	4,573	1,894	1,220	288	3,684	89	587	34,178	1.4%	64:36	51,054
2013年	18,803	339	620	620	4,567	1,768	1,151	427	3,422	93	491	32,302	-5.5%	63:37	48,192
2014年	18,054	299	545	473	4,125	1,543	1,014	353	2,676	103	401	29,586	-8.4%	65:35	42,457
2015年	19,234	296	510	457	3,643	1,537	1,119	387	2,513	88	346	30,130	1.8%	68:32	42,484
2016年	20,958	293	491	439	3,856	1,632	1,212	423	2,906	98	320	32,628	8.3%	68:32	46,333
2017年	24,084	315	499	408	3,202	1,503	1,558	630	3,786	122	457	36,563	12.1%	69:31	54,144
2018年	25,765	305	457	371	3,250	1,382	1,593	700	4,165	142	482	38,613	5.6%	70:30	57,527
2019年	27,040	288	456	358	3,305	1,307	1,487	776	4,709	145	545	40,417	4.7%	70:30	61,067
2020年	30,537	212	292	228	3,867	3,110	1,710	1,778	990	5,744	--	48,469	19.9%	65:35	75,718
2021年	28,716	133	279	204	3,966	3,238	1,275	1,791	1,357	5,865	--	46,823	-3.4%	63:37	74,946
2022年	21,517	64	100	96	3,418	2,958	1,083	1,575	1,273	5,696	--	37,779	-19.3%	58:42	64,250
2023年	37,495	122	286	236	4,273	3,320	1,012	1,463	1,014	5,793	--	55,014	45.6%	69:31	81,069
2024年 1-6月	38,310	111	307	250	4,433	3,241	856	1,326	995	5,674	-	55,503	3.5%	70:30	80,682

来源：大桥公司，2024年

注：2008年大桥开通初期禁止货车通行，同年10月开放货车通行，2012年之前数据无法区分客货车，表中所列“客1、客2、客3”数字为客车和货车的合计。2024年1-6月交通量增长率为同比2023年1-6月交通量得到。

图表 3-1 项目大桥现状断面车型构成²比例

来源：大桥公司，2024年

表格 3-2 2023年项目大桥客货比变化

月份	客车（辆/天）	货车（辆/天）	合计（辆/天）	客货比
1月	36,466	9,774	46,240	79:21
2月	40,525	15,971	56,496	72:28
3月	36,409	17,296	53,705	68:32
4月	38,192	16,571	54,763	70:30
5月	36,997	16,536	53,533	69:31
6月	40,501	17,102	57,603	70:30
7月	42,489	17,390	59,879	71:29
8月	47,820	18,222	66,042	72:28
9月	37,944	19,096	57,040	67:33
10月	35,021	17,555	52,576	67:33
11月	33,889	18,946	52,835	64:36
12月	31,580	18,101	49,681	64:36

来源：大桥公司，2024年

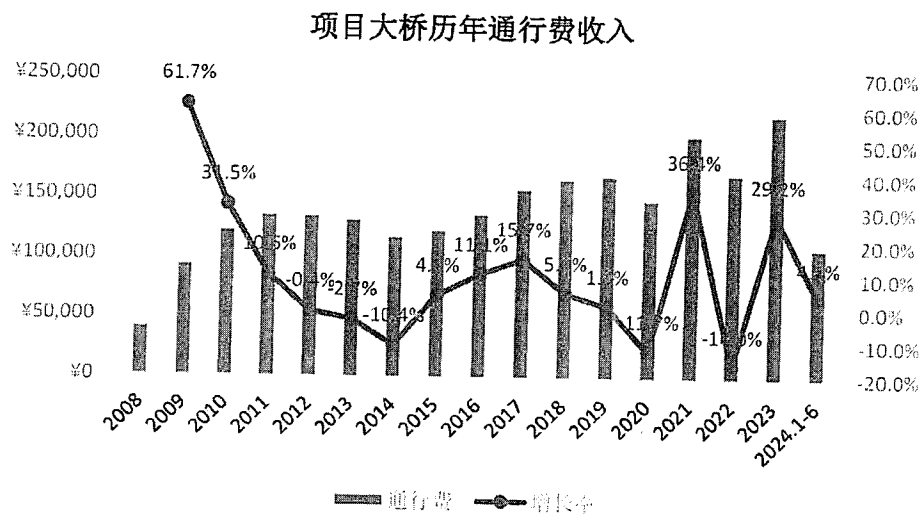
²断面交通量客货车的车型划分与表格 4-6 一致。

3.2 项目大桥历史通行费收入

与交通量变化情况类似，项目大桥开通以来的通行费收入也呈现快速增长的势头，总结历史收入，它具有如下特点：

- 项目大桥 2008 年 5 月 1 日通车，2008 年初期禁止货车通行，2008 年 10 月开放货车通行，因此 2009 年的通行费收入同比增长达到 61.7%。
- 2010 年和 2011 年通行费收入增长与交通量增长基本保持一致。
- 2012 年 5 月 15 日至 2015 年 5 月 19 日，项目大桥在基本费率基础上，对各类型车分别给予一类车 5 元、二类车 10 元、三类车 15 元、四类车和五类车 20 元的优惠。因此 2012 年交通量增长虽然有 1.4%，但通行费收入增长为-0.4%。
- 2013 年和 2014 年通行费收入增长与交通量增长基本保持一致，2013 年 7 月 19 日嘉绍大桥的客车正式通车，2013 年 11 月 28 日嘉绍大桥的货车正式通车，2014 年 4 月 16 日钱江通道正式通车。嘉绍大桥和钱江通道与杭州湾跨海大桥平行，其开通分流了项目大桥部分车流，故 2013 年和 2014 年通行费收入呈下降趋势。2013 年和 2014 年通行费收入增长分别是-2.7%和-10.4%。
- 2015 年 5 月 20 日以后，项目大桥优惠取消，恢复原基本费率，因此当年通行费收入增长率比交通量增长率高。
- 2016 年至 2019 年，通行费收入基本与交通量保持同步增长。
- 2020 年由于全球公共卫生安全事件爆发，春节小客车免费通行增加 14 天，高速公路免费通行 79 天，该年通行费收入增长为-11.7%。
- 2022 年由于上海市公共卫生安全事件爆发，上海市、浙江省实施严格的人员出行管控，该年出现了交通量和通行费收入的双双下降。但公共卫生安全事件防控主要限制人员出行，因此客车交通量减少较多，通行费收入下降幅度小于交通量下降幅度。
- 2023 年疫情管控解除以后，客车交通量迅速恢复，同比增长达到 75.1%，货车交通量同比增长达到 5.4%，全年通行费收入同比增长达到 29.2%。
- 2024 年 1-6 月由于受十一塘高速开通影响，部分车辆少走了杭州湾新区北枢纽至庵东枢纽段，通行费收入同比增长只有 4.4%。

图表 3-2 项目大桥历年通行费收入增长情况



来源：大桥公司，2024年

注：历史通行费收入为含税收入。2009年的通行费收入增长率为2009年5-12月通行费收入同比2008年5-12月通行费收入得到。2024年1-6月的通行费收入增长率为同比2023年1-6月通行费收入得到。

表格 3-3 项目大桥历年通行费收入

年份	日平均收入(元)	年收入(万元)	年收入增长率
2008年	¥1,640,010	¥40,180	
2009年	¥2,526,629	¥92,222	61.7%
2010年	¥3,322,523	¥121,272	31.5%
2011年	¥3,673,231	¥134,073	10.6%
2012年	¥3,649,579	¥133,575	-0.4%
2013年	¥3,560,919	¥129,974	-2.7%
2014年	¥3,189,272	¥116,408	-10.4%
2015年	¥3,339,789	¥121,902	4.7%
2016年	¥3,699,326	¥135,395	11.1%
2017年	¥4,290,877	¥156,617	15.7%
2018年	¥4,529,555	¥165,329	5.6%
2019年	¥4,604,013	¥168,046	1.6%

年份	日平均收入(元)	年收入(万元)	年收入增长率
2020年	¥5,169,663	¥148,369	-11.7%
2021年	¥5,544,767	¥202,384	36.4%
2022年	¥4,655,299	¥169,918	-16.0%
2023年	¥6,015,001	¥219,548	29.2%
2024年 1-6月	¥5,968,476	¥108,626	4.4%

来源：大桥公司，2024年

注：历史通行费收入为含税收入。2009年的通行费收入增长率为2009年5-12月通行费收入同比2008年5-12月通行费收入得到。2024年1-6月的通行费收入增长率为同比2023年1-6月通行费收入得到。

3.3 项目大桥历史减免比例

大桥公司遵照国家和浙江省高速公路通行费减免政策对部分车辆进行减免，历史上减免政策主要有以下一些。

- 鲜活农产品运输“绿色通道”免费通行政策。
- 国际标准集装箱运输车辆通行费六五折优惠。
- 浙江省ETC货车通行费八五折优惠。
- 所有ETC车辆通行费九五折基本优惠。
- 重大节假日高速公路小型客车免费通行。
- 2023年三、四类客车八五折优惠。

大桥公司统计项目大桥历史通行费减免金额和比例如下表所示。

表格 3-4 项目大桥通行费减免比例

单位：万元

序号	年份	2021年	2022年	2023年	2024年1-6月	前三年平均值
(一)	通行费收入(万元)	202,384	169,918	219,548	108,626	197,283
	客车	81,564	60,607	88,481	53,021	76,884

序号	年份	2021年	2022年	2023年	2024年1-6月	前三年平均值
	货车	120,820	109,311	131,067	55,605	120,399
(二)	减免费用（万元）	33,400	34,443	42,584	24,081	36,810
1	客车	15,796	9,299	16,958	11,938	14,018
1.1	节假日小型客车减免金额	12,632	8,149	14,426	10,742	11,736
1.2	客车通行费优惠政策减免金额	3,143	1,133	2,532	1,196	2,269
1.3	年其他政策减免金额	21	17	0	0	13
2	货车	17,604	25,144	25,626	12,143	22,792
2.1	年绿色通道减免金额	3,548	2,949	3,249	1,453	3,249
2.2	年货车通行费优惠政策减免金额	14,056	22,195	22,377	10,690	19,543
(三)	含减免费用的通行费收入	235,784	204,361	262,132	132,707	234,093
1	客车	97,360	69,906	105,439	64,959	90,902
2	货车	138,424	134,455	156,693	67,748	143,191
(四)	减免费用占收入（含减免费用）的比例	14.2%	16.9%	16.2%	18.1%	15.7%
1	客车减免费用占客车收入（含减免费用）的比例	16.2%	13.3%	16.1%	18.4%	15.4%
1.1	客车减免费用（不含重大节假日小型客车减免）占客车收入比例	3.2%	1.6%	2.4%	1.8%	2.5%
2	货车减免费用占货车收入（含减免费用）比例	12.7%	18.7%	16.4%	17.9%	15.9%

来源：大桥公司，2024年

3.4 免费车和 ETC 比例

通过站到站流水数据，顾问公司总结了大桥免费车的比例，该免费车比例包含节假日期间使用 ETC 的免费小客车，以及按照政策免费的车辆，如军车、警车、消防、救护、公务车和绿色通道车辆，但不含节假日期间直接放行的车辆。节假日免费小客车会在小客车收费天数中考虑。

节假日小客车由于很大一部分既没有安装 ETC，也没有领取通行卡，因此这些车辆在基础年的数据中不存在，按照 2023 年每日交通量数据统计，节假日期

间免费放行（无 ETC 和通行卡）小客车约为全年日均小客车的 1.4 倍。模型考虑未来年按照全年日均小客车交通量收费天数减少 22 天计算通行费收入，2024 年节假日小客车免费通行减免加上客车 ETC 九五折减免金额占客车总收入（含减免费用）的比例为 15.8%，与历史数据吻合。

表格 3-5 项目大桥免费车比例

项目	客 1	客 2	客 3	客 4	客车合计	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6	货车合计
免费车	0.06%	--	--	--	0.05%	1.3%	5.2%	2.8%	4.0%	0.3%	0.3%	2.0%
收费车	99.94%	100.0%	100.0%	100.0%	99.95%	98.7%	94.8%	97.2%	96.0%	99.7%	99.7%	98.0%
合计	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

来源：顾问公司，2024 年

除了免费车比例外，顾问公司还通过站到站流水数据总结了项目大桥当前 ETC 比例，ETC 比例分成省内 ETC 和省外 ETC，以及货车中的集装箱比例。模型假设未来货车 ETC 使用比例会逐年上升，到 2030 年达到 ETC 使用比例占 90% 的目标，增加的 ETC 按比例分解到省内 ETC、省外 ETC 和集装箱中。

表格 3-6 项目大桥客车 ETC 比例

项目	客 1	客 2	客 3	客 4	客车合计
非 ETC	34.3%	22.5%	7.7%	11.5%	33.8%
ETC	65.7%	77.5%	92.3%	88.5%	66.2%
合计	100%	100%	100%	100%	100%

来源：顾问公司，2024 年

表格 3-7 项目大桥货车 ETC 比例和集装箱比例

项目	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6	货车合计
非 ETC	43.6%	18.1%	15.0%	13.5%	3.2%	4.2%	18.3%
省外 ETC	20.7%	32.8%	16.0%	31.3%	3.0%	14.4%	20.2%
省内 ETC	35.7%	48.2%	65.2%	35.8%	10.2%	70.5%	50.7%
集装箱	0.0%	0.9%	3.8%	19.4%	83.6%	10.9%	10.8%
合计	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

来源：顾问公司，2024 年

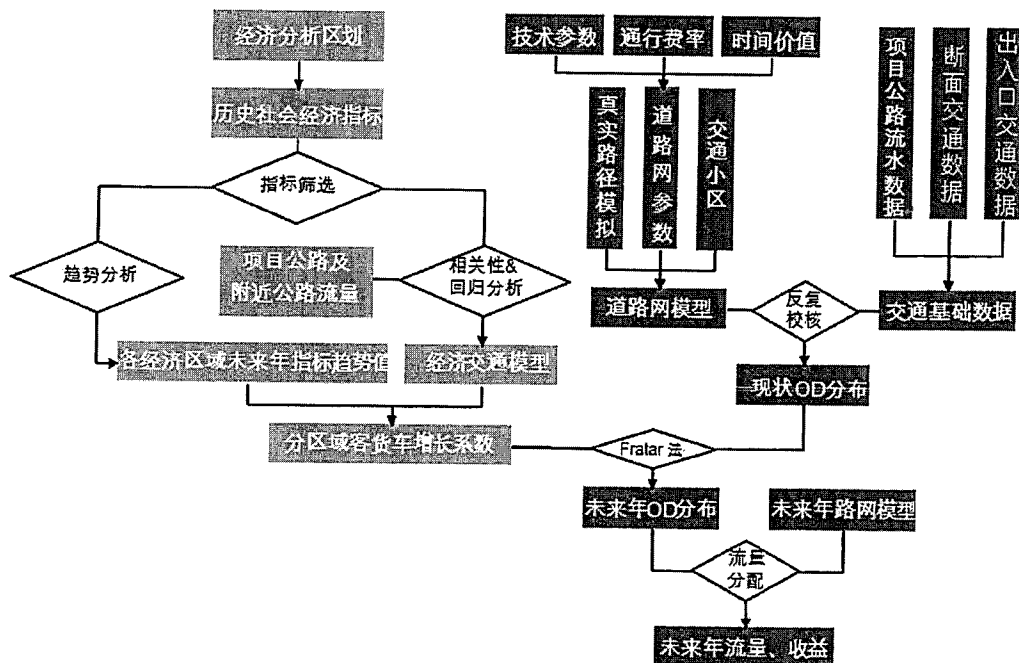
2024 年货车减免包括“绿色通道减免、省外 ETC 九五折优惠、省内 ETC 八五折优惠、集装箱货车六五折优惠”，所有货车减免金额占货车收入（含减免费用）比例为 15.7%，与历史数据吻合。

4 模型技术路线

为了对项目大桥未来的交通量和收入的增长进行准确预测，顾问公司建立了一个复杂的社会经济-交通模型，该模型可以分成两个互相联系的子模型，分别是：

- 经济分析模型：用于确定交通增长的驱动因素；
- 交通预测模型：用于校核及分配交通流量，分析分流及诱增情况。

图表 4-1 模型技术路线



4.1 经济分析模型

4.1.1 经济分析区域

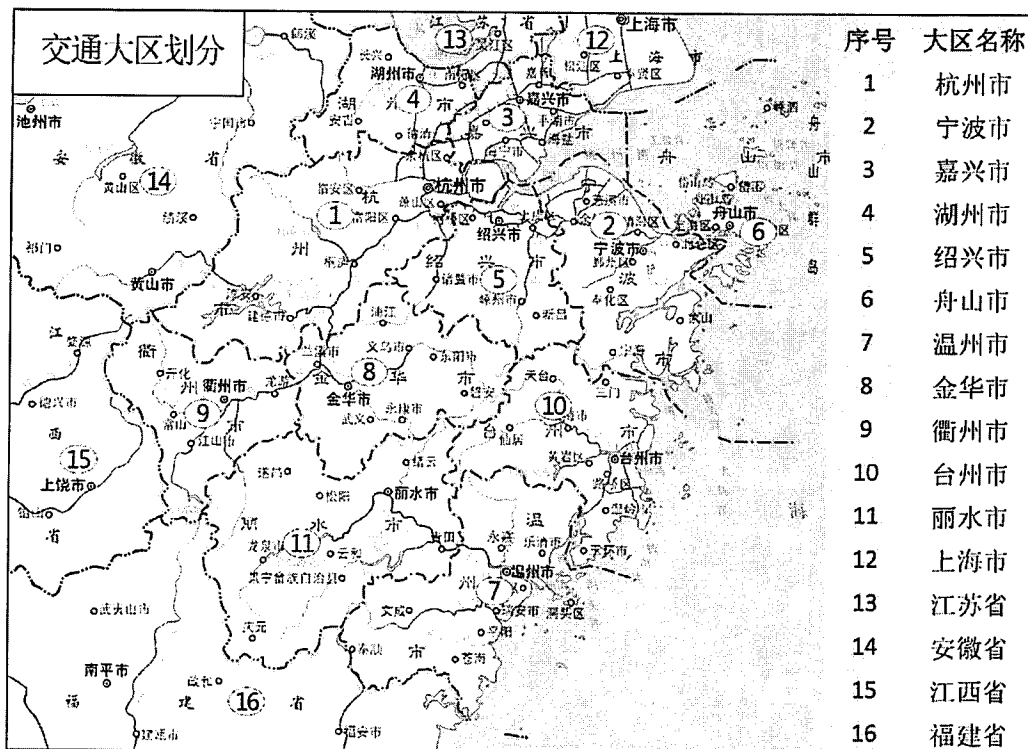
经济分析模型旨在标定一个交通量增长和经济指标增长之间的数学函数，并通过经济指标未来增长的假设，计算交通量未来的增长。在本次研究中，顾问公司对比了众多的社会经济驱动因素，建立比较综合的经济-交通模型。因此，在经济分析中，将主要包括以下几个部分：

- 与交通有关的社会经济指标的选取；
- 经济指标与交通产生增长之间的相关性及回归分析；

- 经济指标与交通产生增长的弹性系数分析；
- 经济指标增长的未来趋势分析。

在经济分析中，需要对每个经济分析区（TrafficAnalysisZone, TAZ）进行经济分析，建立 TAZ 交通产生量与经济指标的回归模型，并运用到每个 TAZ 中。但是面对 561 个 TAZ，其数据量及分析难度极大，因此，顾问公司将这些 TAZ 归编成了 16 个大区（经济分析区），分析得出这 16 个大区的经济指标增长，并运用到对应的 TAZ 中。顾问公司收集了项目大桥以及附近的各高速公路的历史交通量，将这些交通产生量与项目大桥关系最密切区域的经济指标建立关系模型，即经济-交通模型。将各个 TAZ 的经济指标增长预测值代入到经济-交通模型中，即可得到每个 TAZ 未来年份车型的交通出行增长。各经济分析区划分如下图表 4-2 及表格 4-1 所示：

图表 4-2 经济分析区划分图



来源：顾问公司，2024 年

表格 4-1 经济分析区区域划分情况表

大区编号	大区名称	范围
1	杭州市	杭州市区及下辖各县
2	宁波市	宁波市区及下辖各县
3	嘉兴市	嘉兴市区及下辖各县
4	湖州市	湖州市区及下辖各县
5	绍兴市	绍兴市区及下辖各县
6	舟山市	舟山市区及下辖各县
7	温州市	温州市区及下辖各县
8	金华市	金华市区及下辖各县
9	衢州市	衢州市区及下辖各县
10	台州市	台州市区及下辖各县
11	丽水市	丽水市区及下辖各县
12	上海市	上海市区及下辖各区
13	江苏省	江苏全省及以北区域
14	安徽省	安徽全省及以北区域
15	江西省	江西全省及以西区域
16	福建省	福建全省及以南区域

来源：顾问公司，2024年

4.1.2 经济指标相关性分析

传统上公路交通量预测一般都会选取 GDP 作为社会经济指标，根据交通量增长和 GDP 增长之间进行回归分析，从而找到区域交通量增长和 GDP 增长之间的数学关系。

在分析区域经济指标值对各类车型的影响过程中，通过项目大桥客货历史流量与核心区域内各经济指标历史值的相关性分析，对经济指标进行排序筛选，分别选出（注：在指标选取时，也考虑各个区域指标获得的可行性）：

- 客车增长最相关指标：GDP；
- 货车增长最相关指标：GDP。

在确定客货车增长的相关经济指标后，分别进行回归分析和相关性分析，得到客货车的社会经济模型。

$$Y_n = b \cdot (a \cdot X_n)$$

注：因变量 Y_n -各地区交通量的增长率；

自变量 X_n -项目直接影响区域历史社会经济指标 GDP 的增长率；

a-回归弹性系数。

b-时间调整系数

通过回归分析，确定经济-交通预测模型中的各系数如下表格 4-2 所示：

表格 4-2 交通预测模型系数

车型	a	X_n	b^3
客车	1.15	GDP	0.85-0.95
货车	0.88	GDP	0.85-0.95

来源：顾问公司，2024 年

国内外经验表明，经济与交通的弹性系数在一定时期内（3-5 年）是相对稳定的。当经济处于较低水平时，运输需求较大，经济对运输的依赖程度高，则弹性系数较大；当经济发展到一定水平，运输弹性系数呈下降趋势，这是由于经济到一定水平后，高技术含量的产业和第三产业快速发展，单位产值的运输量下降，对运输的依赖程度有所下降，运输弹性系数变弱，表现为运输强度有所下降，交通运输在总量上基本适应国民经济的发展。项目大桥未来年的时间调整系数如表格 4-3 所示。

表格 4-3 未来年时间调整系数

时间	2024-2025	2026-2030	2031-2035
时间调整系数 (b)	0.95	0.90	0.85

来源：顾问公司，2024 年

³ 时间调整系数 b 在用历史交通量 and 经济数据进行回归分析时取 1，在对未来进行预测时按照逐渐递减的原则取值，整个预测期的取值为 0.85-0.95。

4.1.3 经济指标未来发展趋势

一般来说，社会经济参数的未来增长率预测具有很大的不确定性，单一的趋势预测缺乏合理性，因此，作为非经济专业部门，顾问公司对未来趋势的把握参考了多个方面，主要依据如下：

- 历史增长趋势：对历史数据进行收集判断；
- “十四五”规划：参考规划中对未来增长的目标和要求；
- 城市总体规划：参考规划中对未来增长的目标和要求；
- 同比国内/国际城市发展经验：同比参考国内外发达城市发展进程中的阶段性指标值；
- 其他行业规划：参考规划中对未来增长的目标和要求。

未来经济指标增长分析

本项目划分的各TAZ未来的经济指标增长判断的主要依据各地“十四五”规划的经济发展目标预计未来的经济发展趋势，以经济转变增长方式、稳健的发展政策和未来五年的经济指标增长率作为未来趋势的控制点。

表格 4-4 各城市“十四五”规划 GDP 增长目标

时间	“十四五”规划目标	2023年政府工作目标	2023年实际	2024年政府工作目标	2024年上半年实际
杭州市	6.0%	5.0%	5.6%	5.5%	4.8%
宁波市	6.5%	5.5%	5.5%	6.0%	5.4%
嘉兴市	7.0%	6.0%	6.3%	6.0%	5.7%
湖州市	--	6.0%	5.8%	6.0%	6.5%
绍兴市	7.0%	6.5%	7.8%	6.5%	7.0%
舟山市	8.0%	7.0%	8.2%	6.5%-7.0%	5.6%
温州市	6.5%	6.0%	6.9%	6.0%	6.2%
金华市	6.5%	6.0%	6.8%	6.0%	6.4%
衢州市	7.0%	7.0%	6.8%	7.0%	6.5%

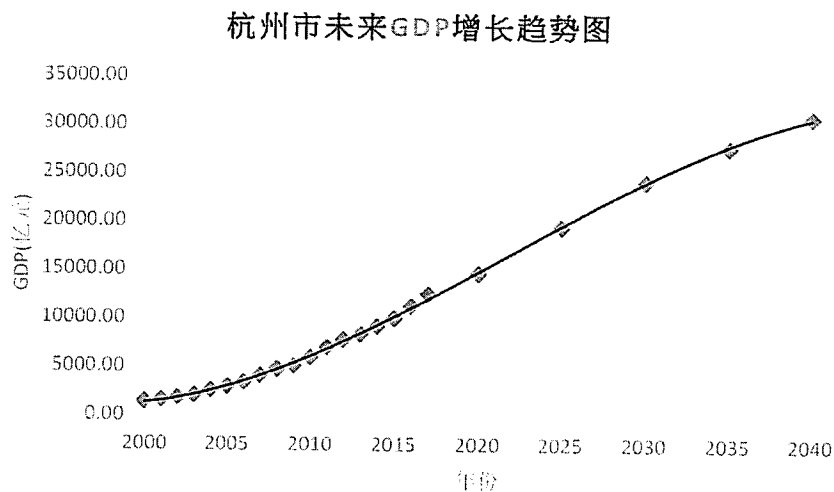
时间	“十四五”规划目标	2023年政府工作目标	2023年实际	2024年政府工作目标	2024年上半年实际
台州市	6.5%	6.0%	4.5%	5.5%	6.2%
丽水市	--	6.0%	7.5%	6.5%	6.9%
上海市	5.0%	5.5%	5.0%	5.0%	4.8%
江苏省	5.5%	5.0%	5.8%	5.0%	5.8%
安徽省	6.5%	6.5%	5.8%	6.0%	5.5%
江西省	7.0%	7.0%	4.1%	5.0%	4.5%
福建省	6.3%	6.0%	4.5%	5.5%	5.6%

来源：顾问公司，2024年

注：历史和未来GDP增长率均为实际GDP增长率，是用从前某一年作为基期的价格计算出来的当年全部最终产品的市场价值相对上一年全部最终产品的市场价值的增长率。它衡量在两个不同时期经济中的产品产量的变化，以相同的价格或不变金额来计算两个时期所产生的所有产品价值增长率。交通量是和经济活动规模呈正比的，所以均采用实际GDP增速。

各TAZ历史-未来的发展趋势判断将根据各地的“十四五”规划及部分城市总体规划对近期、中远期经济目标的预期，如浙江省过去五年GDP年均增长率大都在6%-9%之间，而未来的经济发展趋势将以平稳代替快速增长。如图表4-3为杭州市经济指标增长趋势图，其他分区的经济分析类似。考虑到近期国内经济形势，顾问公司对每个分区的经济指标预测时，特别考虑了近几年的增长情况。

图表4-3 杭州市未来GDP增长趋势图



来源：顾问公司，2023年

通过以上各种规划及参考依据对选取经济指标值未来趋势的判断（控制值），并结合各经济分析区历史数据的回归分析（趋势曲线），得到 16 个大区的未来经济指标增长总结如下表格 4-5 所示，并将这些增长运用到之前确定的经济-交通模型中，可计算出每个对应 TAZ 的未来年交通出行增长率。

表格 4-5 未来年各经济分析区 GDP 年增长率假设

地区	2024	2025	2026-2030	2031-2033
杭州市	4.8%	5.5%	4.5%	3.5%
宁波市	5.4%	5.5%	4.5%	3.5%
嘉兴市	5.7%	6.0%	5.0%	4.0%
湖州市	6.5%	6.0%	5.0%	4.0%
绍兴市	7.0%	6.0%	5.0%	4.0%
舟山市	5.6%	7.0%	6.0%	5.0%
温州市	6.2%	6.0%	5.0%	4.0%
金华市	6.4%	6.0%	5.0%	4.0%
衢州市	6.5%	7.0%	6.0%	5.0%
台州市	6.2%	5.5%	4.5%	3.5%
丽水市	6.9%	6.0%	5.0%	4.0%
上海市	4.8%	5.0%	4.0%	3.0%
江苏省	5.8%	5.5%	4.5%	3.5%
安徽省	5.5%	6.0%	5.0%	4.0%
江西省	4.5%	5.0%	4.0%	3.0%
福建省	5.6%	5.5%	4.5%	3.5%

来源：顾问公司，2024 年

注：参照诸如经济合作与发展组织（OECD）等其它全球经济预测来源，2020 年以后的 GDP 增长率是根据 2019 至 2020 年的增长率假设，按照每五年递减 1.0% 进行预估的。

4.1.4 未来年各区域交通量增长率

根据相关性分析确定的交通量增长模型，以及未来年 GDP 增长率的假设，

未来年各区域的交通量增长率计算如下表所示。

表格 4-6 未来年各区域交通量增长率

地区	2024		2025		2026-2030		2031-2033	
	客车	货车	客车	货车	客车	货车	客车	货车
弹性系数	1.09	0.84	1.09	0.84	1.04	0.79	0.98	0.75
交通量增长率								
杭州市	5.24%	4.01%	6.01%	4.60%	4.66%	3.56%	3.42%	2.62%
宁波市	5.90%	4.51%	6.01%	4.60%	4.66%	3.56%	3.42%	2.62%
嘉兴市	6.23%	4.77%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
湖州市	7.10%	5.43%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
绍兴市	7.65%	5.85%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
舟山市	6.12%	4.68%	7.65%	5.85%	6.21%	4.75%	4.89%	3.74%
温州市	6.77%	5.18%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
金华市	6.99%	5.35%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
衢州市	7.10%	5.43%	7.65%	5.85%	6.21%	4.75%	4.89%	3.74%
台州市	6.77%	5.18%	6.01%	4.60%	4.66%	3.56%	3.42%	2.62%
丽水市	7.54%	5.77%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
上海市	5.24%	4.01%	5.46%	4.18%	4.14%	3.17%	2.93%	2.24%
江苏省	6.34%	4.85%	6.01%	4.60%	4.66%	3.56%	3.42%	2.62%
安徽省	6.01%	4.60%	6.56%	5.02%	5.18%	3.96%	3.91%	2.99%
江西省	4.92%	3.76%	5.46%	4.18%	4.14%	3.17%	2.93%	2.24%
福建省	6.12%	4.68%	6.01%	4.60%	4.66%	3.56%	3.42%	2.62%

来源：顾问公司，2024年

4.2 交通预测模型

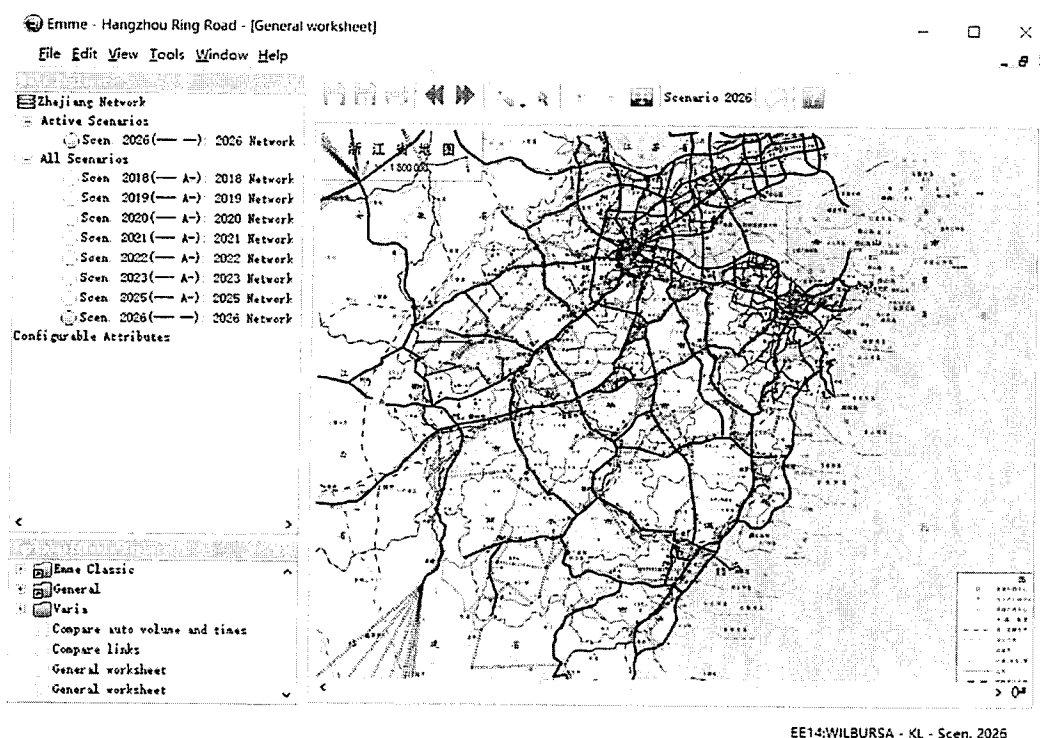
4.2.1 路网

在本项目模型基本年路网的建立过程中，顾问公司采用了从浙江省高速公路

收费结算系统中的路网资料和浙江省交通运输厅官方网站的高速公路与规划路网图作为基本参照依据，将道路网络输入EMME/3中以建立交通供给模型。主要道路都包括在模拟路网中，当中有高速公路和国道等主要干道。

路网的特征包括速度、通行能力和距离，服务状态由数量化的延误和费用函数代表。路网中站到站之间的距离均依据系统中的资料，有关国道和省道的位置和距离，顾问公司参照了《浙江省地图》，以此作为基本年交通数据校核的基础。下图表 4-4 显示了为本项目在 EMME/3 中建立的路网：

图表 4-4 浙江省路网模型



来源：顾问公司，2024 年

4.2.2 流量延误函数（VolumeDelayFunctions）

行车时间基本上由车速决定，而车速又随交通拥挤度变化。项目大桥作为成熟的高速公路，其拥挤度已经比较高，在未来年随着交通量增长，将有必要通过容量约束的交通分配来估计车速。交通分配结果给出的交通量和服务水平储存在数据库中。在模型中所采用的通行力阻碍函数如下：

$$VDF = Len * [60 / Sf + A * (V / C - R1) + B * (V / C - R2)]$$

注：VDF = 通行力阻碍函数
Len = 距离

Sf	=	自由流车速
V/C	=	饱和度
R1, R2	=	参数应用的饱和度范围
A, B	=	模型的参数

4.2.3 小汽车转换系数 (PassengerCarUnit, PCU)

在一般其他的交通量预测研究中，交通模型分析会就不同类型的车辆转换为标准小汽车，表格 4-7 给出了顾问公司采用的小汽车转换系数。

表格 4-7 小汽车转换系数

车型	编号	名称	转换系数
客车	1类客车	≤9座（车长小于6米）	1.0
	2类客车	10-19座（车长小于6米）	1.0
	3类客车	≤39座（车长不小于6米）	1.5
	4类客车	≥40座（车长不小于6米）	1.5
货车	1类货车	2轴（车长小于6米且最大允许总质量小于4500千克）	1.0
	2类货车	2轴（车长不小于6米或最大允许总质量不小于4500千克）	1.5
	3类货车	3轴	2.5
	4类货车	4轴	2.5
	5类货车	5轴	4.0
	6类货车	6轴（含）以上	4.0

来源：《公路工程技术标准（JTGB01-2014）》

4.2.4 项目大桥收费假设

项目大桥具体的收费标准如下述表格 4-8 所示。

表格 4-8 分车型收费标准

类别	客车/集装箱车	全程收费 (元/车次)	分段收费 (元/车次)		
			大桥北起 点-海天 一洲	海天一洲 -新区北	新区北- 大桥南终 点
1类客车	≤9座（车长小于6米）	80	40	26	14
2类客车	10-19座（车长小于6米）	80	40	26	14
3类客车	≤39座（车长不小于6米）	160	80	52	28
4类客车	≥40座（车长不小于6米）	240	120	78	42
1类货车	2轴（车长小于6米且最大允许总质量小于4500千克）	80	40	26	14
2类货车	2轴（车长不小于6米或最大允许总质量不小于4500千克）	160	80	52	28
3类货车	3轴	240	120	78	42
4类货车	4轴	280	140	91	49
5类货车	5轴	320	160	104	56
6类货车	6轴（含）以上	320	160	104	56
集装箱	20/40/45英尺集装箱	280	140	91	49

来源：项目公司，2023年

项目大桥按照定额收费，普通 ETC 客货车（除了以下两种情况：使用浙江省发行的 ETC 车载装置的合法装载货车和合法装载的集装箱运输车辆）按照九五折优惠。

根据《交通运输部办公厅关于大力推动高速公路 ETC 发展应用工作的通知》（交办公路明电[2019]45号），明确自 2019 年 7 月 1 日起，对普通 ETC 客货车用户实施 95 折优惠。

根据《浙江省人民政府办公厅关于继续执行全省收费公路车辆通行费收费政策的通知（浙政办发[2021]77号）》，明确自 2022 年 1 月 1 日起，省属及市、县（市、区）属国有全资和控股的高速公路路段，对安装并使用我省发行的

ETC 车载装置的合法装载货运车辆通行费，继续实行八五折优惠。自 2020 年 2 月 12 日起，对合法装载的集装箱运输车辆通行费不再计收入口费，国际标准集装箱运输车辆通行费优惠政策从 10 个指定收费站扩大到全省高速路网，统一按六五折收取。

在 ETC 使用比例方面，顾问公司假设目前 ETC 使用比例低于 90% 的车型（客 1、客 2、客 4、货 1、货 2、货 3 和货 4）在 2030 年都达到 90%，以后就维持 90% 不变；目前使用比例已经超过 90% 的车型，今后 ETC 使用比例维持不变。

另一方面，根据在 2012 年 7 月 24 日发布的《重大节假日免收小型客车通行费实施方案》（国发[2012]37 号），在春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日，以及当年国务院办公厅文件确定的上述法定节假日连休日将实施小型客车免费通行，免费通行的车辆范围为行驶收费公路的 7 座以下（含 7 座）载客车辆，包括允许在普通收费公路行驶的摩托车。免费通行的收费公路范围为符合《中华人民共和国公路法》和《收费公路管理条例》规定，经依法批准设置的收费公路（含收费桥梁和隧道），包括项目大桥。

根据《关于进一步完善鲜活农产品运输绿色通道政策的紧急通知》（国发[2010]40 号），从 2010 年 12 月 1 日起，全国所有收费公路（含收费的独立桥梁、隧道）全部纳入鲜活农产品运输“绿色通道”网络范围，对符合鲜活农产品“绿色通道”政策的正常装载车辆，免收通行费。

为评估这些优惠方案的影响，顾问公司参考了 2012 年《关于修改〈全国年节及纪念日放假办法〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 644 号），假设未来年春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日的节假日数合共为 22 天，同时考虑了绿色通道政策，将一并作为计算未来年优惠方案对项目大桥流量及收入影响的依据，以得到较精确的预测。

本次预测项目大桥收费标准依据基础年的收费标准，整个预测期内保持不变。

4.2.5 未来年路网假设

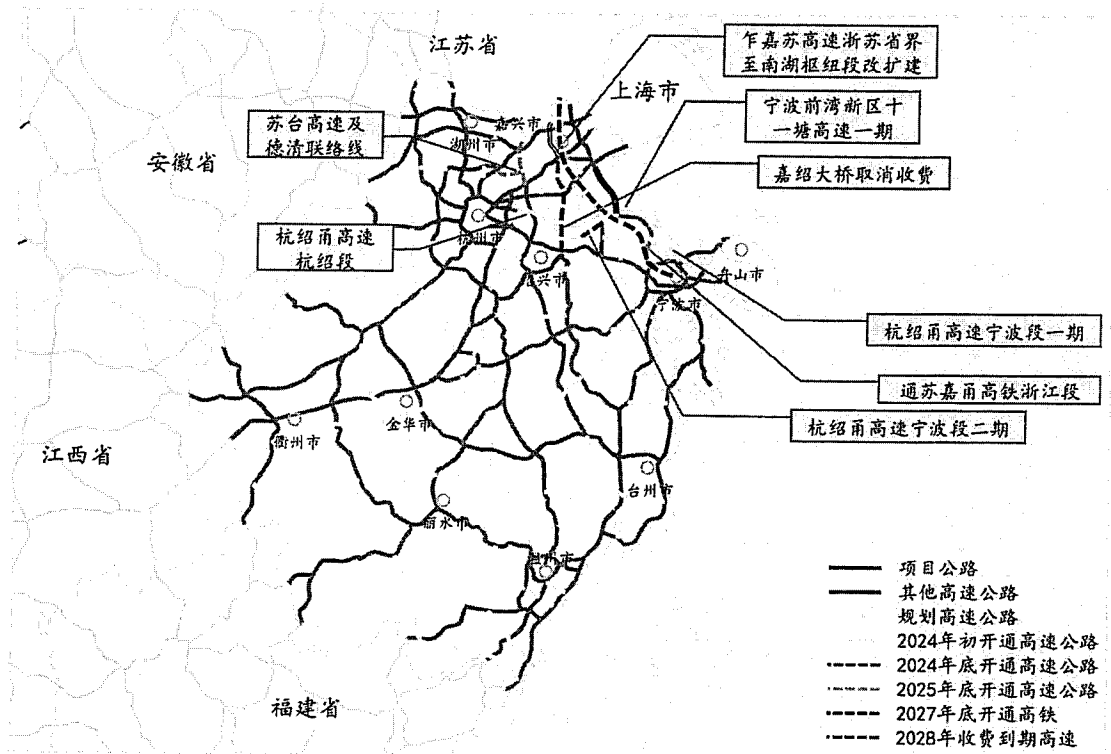
为了分析未来路网的变化对项目大桥的交通流量的影响（诱增或分流），顾问公司收集了周边高速公路建设“十四五规划及近期建设规划，并查看了目前在建公路的进度，总结了浙江省未来路网的变化，如下表格 4-9 和下图表 4-5 所示。

表格 4-9 未来年路网建设情况表

编号	公路名称	开通年份	长度 (公里)	车道 数	设计车速 (公里/小时)	对项目 大桥影响
1	宁波前湾新区十一塘高速一期	2024年初	1.88	6	120	分流
2	杭绍甬高速宁波段一期	2024年初	55.48	6	120	分流
3	杭绍甬高速杭绍段	2024年初	53	6	120	分流
4	乍嘉苏高速浙苏省界至南湖枢纽段改扩建	2025年4月至2027年	25.241	4改8	120	分流
5	杭绍甬高速宁波段二期	2024年底	14.4	6	120	分流
6	苏台高速公路南浔至桐乡段及德清联络线	2025年底	50.6	6	120/100	分流
7	通苏嘉甬高铁浙江段	2027年底	309.8	2	350	分流
8	嘉绍大桥取消收费	2028年7月19日	69.419	6/8	100	分流

来源：顾问公司，2024年

图表 4-5 未来年新建道路位置



来源：顾问公司，2024年

注：此图所示时间为新建道路对项目大桥产生影响的时间，如年初开通则当年即影响，如年底开通，则次年年开始影响。

除了上述模型中已经考虑的路网影响因素之外，还有一些路网变化因素未来存在发生的可能，但经过对宁波交通投资集团有限公司、宁波市交通局、浙江省交通厅和相关单位的访谈，确认发生可能性非常低，本次预测不作为基本方案的假设条件，这些因素主要有以下几点：

➤ 沪甬跨海通道、沪舟甬跨海通道

跨海大桥从启动至通车一般需要经历可行性研究及论证、立项、施工设计与准备、施工、验收和试运行等阶段。本项目同类公铁大桥、跨海大桥的建设进度情况如下：

表格 4-10 同类公铁大桥、跨海大桥建设进度

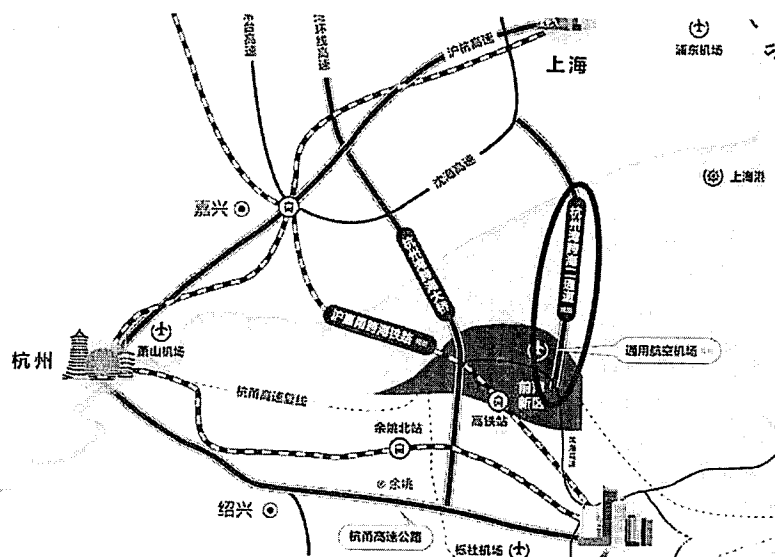
类型	项目名称	投资金额 (亿元)	建设里程 (km)	车道数 (双向)	设计时速 (km/h)	前期时间	工可时间	开工时间	完工时间	开通时间	准备期 (年)	建设期 (年)	验收期 (年)	总耗时 (年)
公铁两用	平潭海峡公铁两用大桥	147	16.323	6	100	2013年5月23日	2014年1月7日	2013年11月13日	2019年9月25日	2020年12月26日	0.5	5.9	1.3	7.6

类型	项目名称	投资金额(亿元)	建设里程(km)	车道数(双向)	设计时速(km/h)	前期时间	工可时间	开工时间	完工时间	开通时间	准备期(年)	建设期(年)	验收期(年)	总耗时(年)
公铁两用	天兴洲公铁两用长江大桥	110.6	4.6571	6	60	1992年	2002年7月21日	2003年12月9日	2008年9月10日	2009年12月26日	11.0	4.8	1.3	17.1
公铁两用	沪苏通长江公铁大桥	150	11.07	6	100	2007年3月	2008年2月	2014年3月1日	2020年1月18日	2020年7月1日	7.0	5.9	0.5	13.3
公铁两用	五峰山大桥	67.9	6.4089	8	100	2008年	2010年5月	2015年10月28日	2019年12月26日	2021年6月30日	7.0	4.2	1.5	12.7
跨海公铁两用	金海大桥	85.38	9.5	6	100	/	/	2018年3月16日	2023年10月	2024年2月3日	/	5.5	0.3	/
跨海	杭州湾跨海大桥	138	36	6	100	1992年至1993年	2000年7月	2003年6月8日	2007年6月26日	2008年5月1日	11.0	4.1	0.8	15.9
跨海	胶州湾大桥	147.92	42.23	6	80	1993年4月	/	2006年12月26日	2010年12月22日	2011年6月30日	13.7	4.0	0.5	18.3
跨海	港珠澳大桥	1269	55	6	100	1998年	2008年	2009年12月15日	2017年7月7日	2018年10月24日	11.0	7.6	1.3	19.9
跨海	舟岱大桥	163	28	4	100	/	2016年9月3日	2017年9月29日	2021年2月4日	2021年12月29日	/	3.4	0.9	/
跨海	金塘大桥	130	21.029	4	100	1993年6月	2003年7月	2005年9月30日	2008年6月25日	2009年12月25日	12.3	2.7	1.5	16.6
跨海	深中通道	460	24	8	100	2002年8月	2013年11月	2016年12月28日	2023年11月28日	2024年6月30日	14.4	6.9	0.6	21.9
跨海	调顺大桥	28.8	1.526	6	80	2012年	2013年11月	2017年12月1日	2021年1月	2021年6月28日	5.0	3.1	0.5	8.6
跨海	黄茅海跨海通道	134.98	31	6	100	/	2019年1月	2020年6月6日	2024年6月	预计2024年	/	4.0	0.5	/

一般不考虑铁路设计功能和地理环境的情况下，跨海大桥的建设标准越高、建设里程越长、技术要求越高，建设周期越长。上表中舟岱大桥、金塘大桥、黄茅海跨海通道在8年内建成，主要系由于其建设标准低于同类大桥、建设里程短于同类大桥。舟岱大桥、金塘大桥建设标准为双向4车道，其他同类跨海大桥为双向6车道或8车道；黄茅海跨海通道全长31公里，跨海部分建设里程仅14公里，低于同类跨海大桥。

沪甬跨海通道，是上海市与浙江省宁波市之间直连直达的跨海通道。该通道是国家沿海通道的重要组成部分，长三角区域一体化世纪性、标志性工程，致力于打造长三角高质量一体化发展交通样板。沪甬跨海通道已经纳入《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》、《长江三角洲地区多层次轨道交通规划》、《国家公路网规划》等一系列国家规划。在地方层面，项目已纳入《上海市城市总体规划(2017—2035年)》、《浙江省推进长江三角洲区域一体化发展行动方案》。

图表 4-6 沪甬跨海通道建设位置示意图



沪甬跨海通道规划建设情况如下：

表格 4-11 沪甬跨海通道规划建设情况

建设项目	沪甬跨海通道
建设标准	全长 70km，跨海部分 48km，公铁两用。
技术要求	采用 G15 杭州湾二桥（沈海高速公路杭州湾二桥）、沪甬城际铁路合建的模式，北岸登陆点为上海金山，南岸登陆点为宁波慈溪。
投资规模	约 1,000 亿元。

根据公开信息整理，沪甬跨海通道的 2024 年最新建设进展情况如下：

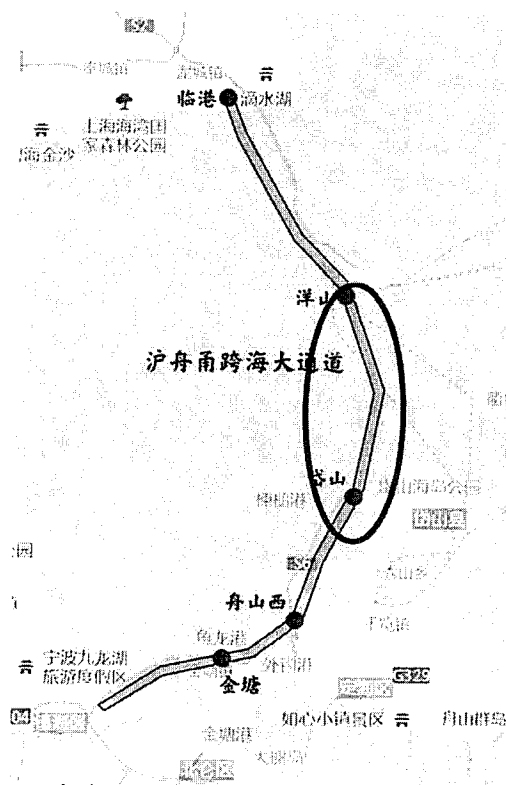
2024 年 3 月，国家发展和改革委员会发布的《关于 2023 年国民经济和社会发展规划执行情况与 2024 年国民经济和社会发展规划草案的报告》中提出“加快推进沪甬跨海通道前期工作。2024 年 4 月，宁波市发改委发出了“沪甬跨海通道重大战略意义及投融资模式研究”政府采购意向，目前期待解决的问题有：沪甬跨海通道的功能定位，构建该通道的战略意义；投融资方案、票价定价机制、投资回报机制和运营补亏机制。

杭州湾区域为江海交汇处，潮汐强、潮差大，施工技术难度要大于一般的跨海大桥。在建的杭州湾跨海铁路大桥位于沪甬跨海通道西侧，为通苏嘉甬铁路的构成部分，与沪甬跨海通道同处于杭州湾区域，在海洋、地质及气候等方面较为相似，可比程度较高。杭州湾跨海铁路大桥设计类型为铁路大桥、设计标准为 350km/h 客运专线，建设长度约 29.2km，项目于 2022 年 11 月开始施工，施工工

期5年。沪甬跨海通道跨海部分建设里程约48km，是杭州湾跨海铁路大桥的1.65倍，且沪甬跨海通道为公铁两用跨海大桥，其建设难度较铁路跨海大桥建设难度更大，施工工期至少为8年。在不考虑可行性研究报告的研究、审查、论证的时间周期情况下，杭州湾跨海铁路大桥的初步设计、施工图设计、施工组织准备的周期约3年，按此计算，沪甬跨海通道从工可报告完成至建成至少需11年。目前，沪甬跨海通道尚未立项、尚未开展工程可行性报告研究工作，其预计建成时间将超出本项目的收费期限。

沪甬跨海通道，是连接中国上海市、浙江省舟山市和宁波市的跨海大通道，是国家沿海运输大通道的组成部分，对打造对外开放桥头堡，实现上海、浙江自由贸易港融合发展具有重要意义。《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》提出了东海二桥将进入规划建设，以完善过江跨海通道布局。

图表 4-7 沪甬跨海通道



沪甬跨海通道包括公路、铁路通道两大工程，均由上海至大洋山段、大洋山至岱山段、岱山至舟山本岛段、舟山本岛至宁波段四个路段组成，总里程177公里。目前，沪甬跨海公路通道尚有大洋山至岱山段未明确开工节点，大洋山至岱山段跨海大桥规划建设情况如下：

表格 4-12 沪甬甬通道大洋山至岱山段跨海大桥规划建设情况

建设项目	大洋山至岱山段跨海大桥
建设标准	全长约 46km（主线全长约 35km，连接线长约 11km）。 双向 6 车道高速公路，设计速度 100 公里/小时。
技术要求	起于岱山双合，顺接在建的宁波舟山港主通道，向北先后跨越岱山北航道、西航路习惯航路、金山航道、漕泾东航道，止于大洋山岛西侧，接上海市规划的东海二桥，并设置大小洋山连接线接东海大桥。

表格 4-13 沪甬甬跨海铁路通道规划建设情况

建设项目	沪甬甬跨海铁路通道
建设标准	全长约 65km，客货共线，设计速度 200 公里/小时。
技术要求	起于甬甬铁路马岙站，向北先后跨越长白西航道、舟山中部港城西航道、岱山南航道、岱山北航道、西航路习惯航路、金山航道、漕泾东航道，止于大洋山岛西侧，接上海市规划的东海二桥。

沪甬甬跨海通道的 2024 年最新建设进展情况如下：

表格 4-14 沪甬甬通道最新建设进度

路段	最新建设进度
好思房至戚家山段	建设工期：4 年；开工年份：2024 年；完工年份：2028 年；通车年份：2029 年。
戚家山至金塘段	建设工期：5 年；开工年份：2025 年；完工年份：2030 年；通车年份：2031 年。
金塘至大沙段	建设工期：5 年；开工年份：2022 年；完工年份：2027 年；通车年份：2028 年。
舟山本岛至岱山段	建设工期：3.3 年；开工日期：2017 年 9 月 29 日；完工日期：2021 年 2 月 4 日；通车日期：2021 年 12 月 29 日。
岱山至大洋山岛段	2023 年 7 月 4 日，《沪甬甬通道工程可行性研究报告咨询招标公告》发布。
上海东海二桥	2023 年 7 月 4 日，《沪甬甬通道工程可行性研究报告咨询招标公告》发布。
沪甬甬跨海通道	2024 年 3 月 5 日宁波市发改委公开了“沪甬甬跨海通道重大战略意

路段	最新建设进度
	义及投融资模式研究”的政府采购意向，计划于 2024 年 4 月进行。

舟岱大桥位于大洋山至岱山段跨海大桥南侧，与大洋山至岱山段跨海大桥同处于东海区域，在海洋、地质及气候等方面较为相似，可比程度较高。舟岱大桥设计标准为双向 4 车道高速公路，全长约 28km（跨海段约 16.347km）。项目于 2017 年 9 月 29 日开始施工，2021 年 12 月 29 日通车，工期约 4 年。大洋山至岱山段跨海大桥跨海段建设里程约 35km，是舟岱大桥的 2.14 倍，且设计标准为双向 6 车道高速公路，其建设难度更大，施工工期至少为 8 年。在不考虑可行性研究报告的研究、审查、论证的时间周期情况下，舟岱大桥的初步设计、施工图设计、施工组织准备的周期约 1 年，按此计算，大洋山至岱山段跨海大桥从工可报告完成至建成至少需 9 年以上。沪甬跨海通道铁路通道技术难度较跨海公路更高，耗时更长。目前，大洋山至岱山段跨海大桥刚开始工程可行性研究，尚未立项、尚未形成工程可行性研究报告，沪甬跨海通道铁路通道尚未立项、尚未开展工程可行性研究，其预计建成时间将超出本项目的收费期限。

综上，沪甬跨海通道、沪舟甬跨海通道在建设标准、建设里程、建设技术难度均高于杭州湾同区域可比的同类大桥，且目前沪甬跨海通道、沪舟甬跨海通道均尚未形成可行性研究报告，尚未完成立项，尚未开展地质勘探、生态评估、桥梁设计等关键项目评审开展工作，车流量预测机构假设基础设施项目收费期内沪甬跨海通道和沪舟甬跨海通道无法建成具有合理性。

➤ 嘉绍大桥停止收费

嘉绍大桥于 2013 年 7 月 19 日开通运营，按照嘉绍大桥政府还贷道路最长收费年限 15 年考虑，将于 2028 年 7 月 18 日到期，虽然根据《收费公路管理条例》第二十一条规定“转让政府还贷公路权益中的收费权，可以申请延长收费期限，但延长的期限不得超过 5 年”，但目前还没有充分明确的依据支持嘉绍大桥到期将会继续收费。因此本项目竞争性道路按照嘉绍大桥到期将停止收费进行预测。

4.2.6 通行能力

对高速公路的通行能力构成影响的因素主要有设计标准（设计车速）、车型构成、交通量时间分布（高峰小时系数）等。针对项目大桥设计车速为 100 公里/小时，根据公路工程技术标准（JTGB01-2014），三级服务水平单车道通行能力为 1600（pcu/车道/小时），项目大桥高峰小时系数采用工可报告 PHF=8.0%，方

向不均匀系数 0.52。项目大桥通行能力可如下计算得到：

$$C_m * N / (K * D) = 1600 * 3 / (0.08 * 0.52) = 115,385 \text{ pcu/day}$$

其中 C_m -一定服务水平条件下，单车道最大服务交通量，我国取 1,600 pcu/(ln*h)； K -设计小时交通量系数，按照周边道路调查当时为 0.08，未来会下降。 D -方向不均匀系数，按照周边道路调查当时为 0.51-0.52。 N -单方向车道数。

表格 4-15 高速公路服务水平及最大服务量关系

服务水平等级	V/C 值	设计时速		
		120	100	80
		最大服务交通量[pcu/(h·ln)]	最大服务交通量[pcu/(h·ln)]	最大服务交通量[pcu/(h·ln)]
一	$V/C \leq 0.35$	750	730	700
二	$0.35 < V/C \leq 0.55$	1200	1150	1100
三	$0.55 < V/C \leq 0.75$	1650	1600	1500
四	$0.75 < V/C \leq 0.90$	1980	1850	1800
五	$0.90 < V/C \leq 1.00$	2200	2100	2000
六	$V/C > 1.00$	0~2200	0~2100	0~2000

来源：《公路工程技术标准（JTGB01-2014）》

4.2.7 出行分配过程

本项目采用综合费用（Generalized Cost）作为道路使用者路径选择的决定因素，以此进行交通流平衡分配。所谓综合费用下的交通流分配，即综合考虑影响道路车辆路径选择的所有成本因素，如行车时间、行车距离和行车成本。后者可进一步细分成汽车运营成本和通行费。某一路段的综合成本可以表示为：

$$GC_{ij} = T_{ij} + [C_{ij} + Tol_{ij}] / VOT$$

- 注：
- GC_{ij} = 出行的综合费
 - T_{ij} = 由交通区*i*到*j*所需的出行时间
 - C_{ij} = 由交通区*i*到*j*所需的出行成本，例如预计的车辆运营成本（Vehicle Operating Cost）
 - Tol_{ij} = 由交通区*i*到*j*所需的路费
 - VOT = 不同车辆类型的时间价值（Value of Time）

顾问公司采用的交通分配方法是用来衡量一般驾驶人愿意付费的程度。在过程中考虑了项目大桥与竞争路线的速度与拥挤程度。在出行矩阵中每两个区之间的出行将被分配到综合成本最低的路径。分配是一个反复的过程，在每一次的循环中，车辆都会选择综合成本最低的路径。综合成本包含行驶时间、行车里程、公路收费及车辆使用成本。假设有两条同级数及里程的公路，但在该循环分配

的交通量不同，则交通量较低的那条公路将被选择。在下次循环，这两条公路的相对综合成本可能又不一样而新的分配就会取决于新的相对综合成本。这个程序会反复进行，直到路网上的交通量达到一个平衡状态为止（Equilibrium）。

4.2.8 车型比例预测

车流量预测模型按照客车和货车分别预测其交通量增长率，这样得到所有客车都按照统一的增长率，所有货车也按照统一增长率，但是从项目大桥历史交通量的车型变化看，其车型比例是一直在变化，下表所示为，项目大桥自 2012 年以来车型比例的变化情况。

表格 4-16 项目大桥车型比例变化情况

年份	客 1	客 2	客 3	客 4	客车合计	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6	货 7	货车合计
2013	92.3%	1.7%	3.0%	3.0%	100%	38.3%	14.8%	9.7%	3.6%	28.7%	0.8%	4.1%	100%
2014	93.2%	1.6%	2.8%	2.4%	100%	40.4%	15.1%	9.9%	3.5%	26.2%	1.0%	3.9%	100%
2015	93.8%	1.5%	2.5%	2.2%	100%	37.8%	16.0%	11.6%	4.0%	26.1%	0.9%	3.6%	100%
2016	94.5%	1.3%	2.2%	2.0%	100%	36.9%	15.6%	11.6%	4.1%	27.8%	0.9%	3.1%	100%
2017	95.2%	1.2%	2.0%	1.6%	100%	28.4%	13.4%	13.8%	5.6%	33.6%	1.1%	4.1%	100%
2018	95.8%	1.1%	1.7%	1.4%	100%	27.8%	11.8%	13.6%	6.0%	35.5%	1.2%	4.1%	100%
2019	96.1%	1.0%	1.6%	1.3%	100%	26.9%	10.7%	12.1%	6.3%	38.4%	1.2%	4.4%	100%
2020	97.6%	0.7%	1.0%	0.7%	100%	22.6%	18.1%	9.7%	10.5%	5.9%	33.2%	0.0%	100%
2021	97.9%	0.5%	0.9%	0.7%	100%	22.7%	18.5%	7.3%	10.2%	7.8%	33.5%	0.0%	100%
2022	98.8%	0.3%	0.5%	0.4%	100%	21.4%	18.5%	6.8%	9.8%	7.9%	35.6%	0.0%	100%
2023	98.3%	0.3%	0.7%	0.7%	100%	25.3%	19.7%	6.0%	8.7%	6.0%	34.3%	0.0%	100%

来源：顾问公司，2024 年

按照车型变化的趋势，预测得到项目大桥未来各车型比例的变化情况如下表所示。

表格 4-17 项目大桥未来车型比例变化

年份	客 1	客 2	客 3	客 4	客车合计	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6	货车合计
2024F	98.5%	0.2%	0.7%	0.6%	100%	25.6%	20.3%	5.1%	8.2%	6.1%	34.7%	100%

2025F	98.6%	0.2%	0.6%	0.6%	100%	25.8%	20.9%	4.3%	7.7%	6.2%	35.1%	100%
2026F	98.7%	0.2%	0.6%	0.5%	100%	26.0%	21.4%	3.6%	7.3%	6.3%	35.3%	100%
2027F	98.8%	0.1%	0.6%	0.5%	100%	26.2%	22.0%	3.1%	6.9%	6.4%	35.6%	100%
2028F	98.9%	0.1%	0.5%	0.5%	100%	26.3%	22.5%	2.6%	6.4%	6.4%	35.8%	100%
2029F	99.0%	0.1%	0.5%	0.4%	100%	26.4%	23.1%	2.2%	6.0%	6.5%	35.9%	100%
2030F	99.1%	0.1%	0.4%	0.4%	100%	26.4%	23.6%	1.8%	5.7%	6.5%	36.0%	100%
2031F	99.2%	0.0%	0.4%	0.4%	100%	26.5%	24.1%	1.5%	5.3%	6.6%	36.1%	100%
2032F	99.2%	0.0%	0.4%	0.4%	100%	26.5%	24.6%	1.3%	5.0%	6.6%	36.1%	100%
2033F	99.3%	0.0%	0.4%	0.4%	100%	26.5%	25.0%	1.1%	4.6%	6.7%	36.1%	100%

来源：顾问公司，2024年

4.2.9 养护作业影响分析

按照《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》，杭州湾跨海大桥主线上涉及的封道作业类型主要包括应急车道养护维修作业、第三车道及应急车道养护维修作业、第一车道养护维修作业、第一、二车道养护维修作业四种形式。从大桥通车运营15年养护过程来看，在桥面作业过程中，极少出现封闭半幅车道或断流的情况；即使出现中断交通，通常也为突发性应急措施或临时性措施。未来养护作业内容众多，但总体上仍按现有4种模式进行桥面交通组织，不会出现大量交通中断的情况。详细养护作业情况见下文养护支出预测分析。

桥面上涉及的重大工程主要为混凝土桥面铺装更换、钢桥面铺装更换、伸缩缝更换、交安设施养护中标线的画设等，这些内容涉及到全部车道范围和全部封道作业方式。虽然采取中断交通、封闭半幅的方式对于养护施工和质量的控制有利，但考虑桥面通行的需要，暂不进行断流作业的考虑，而是通过合理安排施工作业顺序和交通组织方式进行控制。

在未来规划期内，有个别养护作业会存在交通中断的情况。具体如下：

在规划末期（2032年）实施桥梁荷载试验，将可能造成桥梁交通中断封闭550分钟。此外，荷载试验通常安排在夜间（0-5点时段），且需要分2~3天完成，因此总体对交通的影响相对偏低，未来不作考虑。

项目交通量预测中考虑的养护作业模式影响为斜拉索拆除更换工程，从现有工程案例的实施情况来看，如石门嘉陵江大桥、李家沱长江大桥均采用封闭半幅

交通的方式，单索工期分别为 2 天、3 天；大桥斜拉索构造采用桥面销轴进行锚固，较 π 型混凝土主梁斜拉索更换工艺简单。因此，预计更换单根斜拉索的时间周期为 1.5 天。未来斜拉索拆除更换计划如下：

2025 年：更换 12 根（北 8 南 4），按 8 天计，期间半幅限制通行；

2028 年：更换 24 根（北 16 南 8），按 16 天计，期间半幅限制通行；

2031 年：更换 24 根（北 16 南 8），按 16 天计，期间半幅限制通行。

未来交通量预测时考虑在斜拉索拆除更换封闭半幅车道，相应减少日均交通量。

4.2.10 项目大桥 OD 出行模式

浙江省交通需求矩阵在进行分配后，可以了解使用项目大桥的交通量在每个出行小区之间的流量流向情况，顾问公司把 561 个起终点归类成了 16 个大区(跟经济分析一样)，便于观察和阅读。

根据模型分配结果可以看出，客车交通中宁波市、舟山市、嘉兴市、上海市、江苏省之间相关的出行比例达到 93.9%，货车交通中宁波市、舟山市、嘉兴市、上海市、江苏省之间的出行占 92.9%

表格 4-18 及表格 4-19 的项目大桥客货车 OD 出行分布。

表格 4-18 项目大桥客车 OD 出行比例表

OD*	杭州市	宁波市	嘉兴市	湖州市	绍兴市	舟山市	温州市	金华市	衢州市	台州市	丽水市	上海市	江苏省	安徽省	江西省	福建省	合计
杭州市	0.0%	0.7%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.7%
宁波市	0.7%	0.6%	8.3%	0.9%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	16.5%	15.3%	0.4%	0.0%	0.0%	42.7%
嘉兴市	0.0%	8.1%	0.0%		0.0%	0.9%	0.0%	0.0%		0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%
湖州市	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%				0.0%	0.0%	1.1%
绍兴市	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%		0.0%	0.0%	0.0%			0.0%
舟山市	0.0%	0.1%	1.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	3.1%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	7.7%
温州市	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%		0.1%	0.1%	0.0%			0.2%
金华市	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		0.0%				0.0%	0.0%				0.0%
衢州市	0.0%	0.0%	0.0%									0.0%	0.0%				0.0%
台州市	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%			0.0%		0.0%		0.4%	0.3%	0.0%	0.0%		0.7%
丽水市	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%					0.0%	0.0%				0.0%
上海市	0.0%	15.7%	0.0%		0.0%	2.9%	0.1%	0.0%		0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.0%
江苏省	0.0%	14.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%		0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.3%
安徽省	0.0%	0.3%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%			0.0%		0.0%	0.0%				0.3%
江西省		0.0%	0.0%			0.0%	0.0%					0.0%	0.0%				0.0%
福建省	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%						0.1%	0.0%				0.1%
合计	0.7%	41.1%	9.6%	1.1%	0.0%	7.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	20.1%	18.9%	0.4%	0.0%	0.1%	100.0%

来源：顾问公司，2024年



施伟拔咨询（深圳）有限公司

文件名称：231303-01/06

表格 4-19 项目大桥货车 OD 出行比例表

OD*	杭州市	宁波市	嘉兴市	湖州市	绍兴市	舟山市	温州市	金华市	衢州市	台州市	丽水市	上海市	江苏省	安徽省	江西省	福建省	合计
杭州市	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%			0.0%		0.0%	0.0%				0.3%
宁波市	0.3%	0.0%	13.7%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.1%	18.9%	0.6%	0.0%	0.0%	47.6%
嘉兴市	0.0%	12.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	13.4%
湖州市	0.0%	1.1%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%		0.0%			0.0%	1.1%
绍兴市	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%						0.0%	0.0%	0.0%			0.0%
舟山市	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%		0.0%		0.4%	0.7%	0.0%	0.0%		1.5%
温州市	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%			0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.0%			0.4%
金华市		0.0%	0.0%	0.0%			0.0%					0.0%	0.0%				0.0%
衢州市	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%				0.0%				0.0%	0.0%				0.0%
台州市	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%			0.0%		0.3%	0.5%	0.0%			0.9%
丽水市		0.0%	0.0%	0.0%							0.0%	0.0%	0.0%				0.0%
上海市	0.0%	12.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	12.9%
江苏省	0.0%	19.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.2%	0.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	21.0%
安徽省		0.4%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%		0.0%	0.0%				0.4%
江西省		0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%					0.0%	0.0%				0.0%
福建省	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%								0.2%	0.3%	0.0%			0.5%
合计	0.3%	45.8%	14.4%	1.0%	0.0%	1.7%	0.4%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	14.1%	20.5%	0.6%	0.0%	0.4%	100.0%

来源：顾问公司，2024年



施伟拔咨询（深圳）有限公司

文件名称：231303-01/06

5 交通量与收入预测结果

5.1 方案假设阐述

在之前的研究分析基础上，以 2023 年为基础年份，预测 2024 年至 2033 年。后续年份的交通量以基础年的数据为基准，未来年平均日交通量的预测值由计算机交通分配模型计算所得。通行费收入预测是以当年价格为基准，作为非经济专业部门，顾问公司没有对未来各年的通货膨胀率做出假设。

表格 5-1 各方案假设

方案	假设内容
(1) 基本方案	1、根据第 2 章的假设条件； 2、2024 年交通量按照 1-6 月的交通量实际数，与历史数据同比得到全年的交通量。 3、2024 年初宁波前湾新区十一塘高速一期、杭绍甬高速宁波段一期、杭绍甬高速杭绍段开通。 4、2025 年 4 月至 2027 年嘉苏高速浙苏省界至南湖枢纽段改扩建。 5、2024 年底杭绍甬高速宁波段二期开通。 6、2025 年底苏台高速及德清联络线开通。 7、2027 年底通苏嘉甬高铁开通。 8、2028 年 7 月 19 日嘉绍大桥停止收费。 9、全年按照节假日小客车免费通行 22 天计。 10、2025 年、2028 年和 2031 年因斜拉索拆除更换施工，收费天数分别减少 4 天、8 天和 8 天。 11、收费期至 2033 年 4 月 30 日结束。
(2) 保守方案	1、在基本方案的基础上，经济数据下调 20%。
(3) 乐观方案	1、在基本方案的基础上，经济数据上调 20%。

来源：顾问公司，2024 年

5.2 新开通道路交通影响情况

根据模型分析，未来年对项目大桥有较大影响的年份有 2024 年、2025 年、2026 年和 2028 年，这几年新开通道路对项目大桥的影响情况如下表所示。

表格 5-2 新开通道路交通影响情况

名称	日期	对项目大桥产生交通转移/吸引影响	对项目大桥的影响年份和影响程度
宁波前湾新区十一塘高速一期、杭绍甬高速宁波段一期、杭绍甬高速杭绍段开通	2024年初	随着 2024 年初宁波前湾新区十一塘高速一期开通，会在杭州湾跨海大桥中间增加一个出口，大桥的收费分成了两段，大桥北起点至十一塘高速段里程为 29.362 公里，十一塘高速至水路湾里程 6.638 公里，大桥的收费额按照里程拆分成两段。目前往来宁波新区西收费站至大桥北侧的部分车辆会从十一塘高速离开。	2024 年 交通量影响：-2.41% 收入影响：-3.08%
乍嘉苏高速浙苏省界至南湖枢纽段改扩建	2025 年 4 月至 2027 年	乍嘉苏高速浙苏省界至南湖枢纽段 25.241 公里进行改扩建，施工期间会对车辆通行造成影响，按照分析主要影响江苏方向车辆，但目前常嘉高速通行条件良好，能够承担江苏方向车辆转移，因此对项目大桥影响会比较小。	2025 年 交通量影响：-0.82% 收入影响：-1.11%
杭绍甬高速宁波段二期开通	2024 年底	随着杭绍甬高速宁波段二期开通，杭绍甬高速全线贯通，杭州、湖州、南京、安徽方向往来宁波、舟山的车辆多了一条通行条件更好，费用更低的通道，这些车辆约占总数的 7.4%，分流其中的 21%。	2025 年 交通量影响：-1.73% 收入影响：-1.70%
苏台高速南浔至桐乡段及德清联络线开通	2025 年底	随着苏台高速及德清联络线开通，使苏台高速北达浙苏省界，使江苏去往温州和台州的部分车辆会选择苏台高速，这些车辆中客车占 0.6%，货车占 1.4%，整体约分流 33%	2026 年 交通量影响：-0.26% 收入影响：-0.31%
苏嘉甬高铁开通	2027 年底	随着 2027 年底苏嘉甬高铁开通，苏州至宁波通行时间有望缩短至 1 小时（目前是 2.5 小时），费用约减少到 100 元以内（目前是 182 元）。高速铁路开通主要是分流小汽车交通，尤其是单人出行的小汽车。目前江苏、上海、嘉兴	2028 年 交通量影响：-8.40% 收入影响：-6.11% 2029 年 交通量影响：-4.01% 收入影响：-2.89%

名称	日期	对项目大桥产生交通转移/吸引影响	对项目大桥的影响年份和影响程度
		往来宁波、台州、温州的小客车约占总交通量的 55.6%，最终约分流其中的 13%。考虑通苏嘉甬高铁开通的分流与一般平行高速公路开通的分流不一样，高铁分流需要仰赖铁路总公司在该线路上开行几趟列车，如果列车运力和频次不足会抑制分流，如果列车频次和辐射地区增加则会延长分流时间。模型考虑通苏嘉甬高铁持续时间为五年，后一年分流比例是前一年的一半。	2030 年 交通量影响：-1.94% 收入影响：-1.39% 2031 年 交通量影响：-0.96% 收入影响：-0.68% 2032 年 交通量影响：-0.47% 收入影响：-0.34%
嘉绍大桥停止收费	2028 年 7 月 19 日	嘉绍大桥到期停止收费后，目前使用项目大桥的车辆会选择使用免费的嘉绍大桥，尤其是货车对于费用更加敏感。主要分流嘉兴、湖州、江苏往来宁波、舟山、温州、绍兴的车辆，嘉绍大桥停止收费总计分流各类车辆 8,400 辆/天，约占总数的 11.9%。	2028 年 交通量影响：-5.59% 收入影响：-6.60% 2029 年 交通量影响：-6.78% 收入影响：-8.01%

来源：顾问公司，2024 年

下面就针对具有较大影响的年份做进一步分析。

5.2.1 2024 年宁波前湾新区十一塘高速开通影响

随着 2024 年初宁波前湾新区十一塘高速一期开通，会在杭州湾跨海大桥中间增加一个出口，大桥的收费分成了两段，大桥北起点至十一塘高速段里程为 29.362 公里，十一塘高速至水路湾里程 6.638 公里，大桥的收费额按照里程拆分成两段。目前往来宁波新区西收费站至大桥北侧的部分车辆会从十一塘高速离开，确定分流比例时，主要考虑十一塘高速至宁波新区西收费站之间的收费额占车辆出行总收费额的比例，比例较大的车辆更倾向于选择从十一塘高速离开，转而选择地方道路出行。按照流水数据统计，十一塘高速至宁波新区西收费站之间的收费额占车辆出行总收费额的比例分布情况如下表所示。

表格 5-3 十一塘高速至宁波新区西站收费额占出行总收费额的比例分布

比例	客 1	客 2	客 3	客 4	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6
<10%	14.1%	13.8%	14.5%	21.6%	4.7%	2.2%	2.6%	2.5%	1.2%	3.7%
10%-12%	24.6%	19.4%	12.3%	3.9%	2.8%	3.7%	2.5%	1.5%	6.9%	4.2%
12%-14%	23.9%	21.9%	35.5%	41.0%	30.9%	2.3%	1.1%	21.2%	1.0%	3.6%
14%-16%	29.4%	19.4%	27.7%	27.9%	42.9%	67.0%	63.8%	52.3%	66.5%	56.8%
>16%	8.0%	25.5%	10.1%	5.5%	18.7%	24.8%	30.0%	22.5%	24.4%	31.8%

来源：顾问公司，2024 年

从十一塘高速开通 6 个月的情况看，“新区北枢纽至庵东枢纽段”交通量比“大桥主线段”交通量明显偏小，并且随着时间推移，其差异还在进一步拉大，估计需要一年的时间分流才能彻底完成。下表所示为“新区北枢纽至庵东枢纽段”交通量和“大桥主线段”交通量的差异。

表格 5-4 “新区北枢纽至庵东枢纽段”和“大桥主线段”交通量差异

月份	客 1	客 2	客 3	客 4	货 1	货 2	货 3	货 4	货 5	货 6	合计
1 月	-4.4%	-4.3%	-1.2%	-1.9%	-3.8%	-6.3%	-7.2%	-6.0%	-6.5%	-2.1%	-4.4%
2 月	-4.1%	-1.8%	-0.5%	-0.8%	-4.1%	-7.6%	-10.1%	-11.3%	-11.0%	-2.6%	-4.3%
3 月	-5.8%	-2.4%	-1.1%	-5.7%	-4.9%	-8.4%	-11.5%	-10.9%	-9.5%	-3.7%	-5.9%
4 月	-6.2%	-1.6%	-1.9%	-7.1%	-5.2%	-10.0%	-12.5%	-11.4%	-9.5%	-4.5%	-6.4%
5 月	-6.1%	-4.3%	-2.3%	-5.5%	-5.3%	-10.5%	-13.3%	-13.2%	-9.0%	-5.0%	-6.6%
6 月	-6.1%	-2.9%	-2.3%	-6.3%	-5.4%	-10.9%	-14.2%	-13.6%	-8.9%	-5.2%	-6.6%

来源：顾问公司，2024 年

表格 5-5 2024 年宁波前湾新区十一塘高速影响因素分析

单位：辆/天、万元

影响因素	交通量		通行费收入	
	数量	影响程度	数量	影响程度
无影响因素	58,042	--	¥230,923	--

有宁波前湾新区十一塘 高速开通	56,643	-2.41%	¥223,822	-3.08%
--------------------	--------	--------	----------	--------

来源：顾问公司，2024年

注：与基础年（2023年）不一样的条件均为特殊影响因素，单一因素影响程度分析按照逐项累加的方式，通过比较累加前后的交通量和通行费收入计算得到。

5.2.2 2025年杭绍甬高速全线开通和乍嘉速高速改扩建影响

随着2024年底杭绍甬高速宁波段二期开通，杭绍甬高速全线贯通，杭州、湖州、南京、安徽方向往来宁波、舟山的车辆多了一条通行条件更好，费用更低的通道，这些车辆约占总数的7.4%，分流其中的21%。杭绍甬高速宁波段二期开通对项目大桥的影响在2025年表现出来。

除此之外，按照计划2025年4月至2027年乍嘉苏高速浙苏省界至南湖枢纽段进行四改八改扩建，施工期间会对车辆通行造成不良影响，但是该影响主要针对江苏方向车辆，目前常嘉高速通行条件良好，完全能够承担江苏方向车辆通行，对项目大桥不会造成太大影响。

表格 5-6 2025年杭绍甬高速开通和乍嘉速高速改扩建影响因素分析

单位：辆/天、万元

影响因素	交通量		通行费收入	
	数量	影响程度	数量	影响程度
无影响因素	59,592	--	¥233,295	--
有杭绍甬高速开通	58,559	-1.73%	¥229,331	-1.70%
有杭绍甬高速开通 + 乍嘉苏高速改扩建施 工	58,081	-0.82%	226,790	-1.11%
有杭绍甬高速开通+ 乍嘉苏高速改扩建施 工+斜拉索更换	57,417	-1.14%	¥224,232	-1.13%

来源：顾问公司，2024年

注：与基础年（2023年）不一样的条件均为特殊影响因素，单一因素影响程度分析按照逐项累加的方式，通过比较累加前后的交通量和通行费收入计算得到。

5.2.3 2026年苏台高速开通影响



随着 2025 年底苏台高速南浔至桐乡段开通，苏台高速可以北达沪渝高速，江苏往来温州、台州的车辆可以经由“苏台高速+沈海高速”出行，从里程上虽然比经由杭州湾跨海大桥的沈海高速通道要远 30 公里左右，但是在费用上少，客车一型差不多要少 40 多元。目前使用杭州湾跨海大桥，往来江苏和台州、温州的客车占 0.6%，货车占 1.4%，整体约分流 33%。苏台高速南浔至桐乡段及德清联络线开通对项目大桥的影响在 2026 年表现出来。

表格 5-7 2026 年苏台高速影响因素分析

单位：辆/天、万元

影响因素	交通量		通行费收入	
	数量	影响程度	数量	影响程度
无影响因素	60,720	--	¥235,724	--
有苏台高速南浔至桐乡段及德清联络线开通	60,561	-0.26%	¥235,003	-0.31%

来源：顾问公司，2023 年

注：与基础年（2023 年）不一样的条件均为特殊影响因素，单一因素影响程度分析按照逐项累加的方式，通过比较累加前后的交通量和通行费收入计算得到。

5.2.4 2028 年通苏嘉甬高铁开通和嘉绍大桥停止收费影响

通苏嘉甬高铁预计 2027 年底开通，目前从苏州、嘉兴至宁波已经有高速铁路，只是现有的高速铁路需要绕经杭州，嘉兴至宁波耗时约 1.5 小时，苏州至宁波耗时 2.5 小时。随着 2027 年底通苏嘉甬高铁开通，苏州至宁波通行时间有望缩短至 1 小时（目前是 2.5 小时），费用约减少到 100 元以内（目前是 182 元）。

根据原中国铁路总公司计划统计部《关于深化铁路建设项目经济评价工作的通知》的规定，时速 350 公里/小时动车组综合运价率为 0.52 元/人公里，2024 年 6 月高铁票价上调 20% 后，平均票价约为 0.624 元/人公里，按照小客车每车 2 个人计算；普通高速公路通行费约 0.4 元/公里，油费约 0.64 元/公里，合计 1.04 元/公里。在时间方面，高铁平均车速约 250 公里/小时，高速公路约 100 公里/小时；根据居民收入水平模拟考虑时间价值，按照 2022 年全国规模以上企业就业人员年平均工资为 92,492 元，合单位小时收入为 33.6 元；高铁和高速公路的综合成本分别为 1.517 元/公里和 1.712 元/公里。

高速铁路开通主要是分流大客车和小汽车中单人出行的部分。目前江苏、上

海、嘉兴往来宁波、台州、温州已经有高铁，未来高铁的竞争力进一步加强。

分配模型逻辑是按照综合成本最优，见 4.2.7。通过综合成本公式将高铁的票价、车辆运行费用、高速公路和大桥的收费统一换算成时间，在高铁的线路中，模型给出发站和终点站增加了 1 小时和 0.5 小时的到站时间。模型会最终确定选择高铁的车辆。

通过模型分析，目前选择杭州湾跨海大桥的江苏、上海、嘉兴往来宁波、台州、温州的客车约占总交通量的 55.6%，模型计算最终约分流其中的 13%。其造成的影响如下表所示。

通苏嘉甬高铁开通同时会在慈溪市增加高铁站，结束慈溪市不通高铁的历史。高铁站设立后将对现有经杭州湾跨海大桥往来慈溪市的小客车产生分流影响，本项目车流量预测时对新设慈溪高铁站具体分流影响分析如下：

从 OD 组成来看，2023 年经杭州湾跨海大桥往来慈溪市小客车交通量约为 10,100 辆/天。其中，浙江省内通行车辆约 2,900 辆/天，主要为慈溪市往来嘉兴市、湖州市车辆，高铁吸引力较小。其中，跨省通行车辆约 7,200 辆/天，主要为慈溪市往来上海市、江苏省车辆，高铁分流影响较大。

经路网模型测算，往来慈溪的车辆分流比例高于整体 OD 的分流比例，约占总交通量的 16%，其中分流省内车辆约 11%，分流跨省车辆的 18%。

顾问公司类比了邻近区域高铁开通分流案例。沪宁高速铁路于 2010 年 6 月 30 日通车，沪宁高铁的建成通车对沪宁高速公路客运产生一定的影响。2010 年沪宁高铁开通后，沪宁高速公路客车均呈现不同程度的回落，就 2010 年至 2011 年看，一类客车增速明显较 2010 年前降低，降低约 6%。就 2011-2012 年看，一类客车增速继续回落，降低约 5%。2012 年后受全国高速公路节假日免费影响，及 2013 年 ETC 车辆计入的影响，客车增速出现较大波动。随后客车增速基本稳定。由此可见沪宁高铁在开通后的前两年对沪宁高速公路的客车转移较大，基本达到 10%至 15%之间，随后随着出行方式的基本稳定，转移率明显回落。

除了沪宁高速铁路外，2012 年 7 月汉宜高铁开通，与之平行的汉宜高速公路当年客车交通量增幅为 1.8%，与上一年增幅 15.7%相比大幅回落，2013 年客车交通量同比下降了 13.8%，2014 年客车交通量恢复正常增长，达到 9.1%，据此判断汉宜高铁开通分流了汉宜高速公路客车交通量超过 20%。汉宜高铁开通时社会经济环境和周边的交通现状与目前通苏嘉甬高铁有较大差异，主要有以下几方面：（1）汉宜高速铁路是汉宜区间当时唯一的一条高速铁路通道，相对既有的普速铁路和高速公路出行时间而言，其出行时间具备显著优势；而通苏嘉甬高铁开

通之前，所在区域已经有高速铁路。（2）2012年及以前汉宜区间的高速公路客运出行中，客运班车所占比例显著高于当前，目前杭州湾跨海大桥很少客车班车。综上所述，通苏嘉甬高铁开通分流应该小于汉宜高铁开通对平行高速公路的分流影响。

2028年除了通苏嘉甬高铁开通对项目大桥的分流外，还有2028年7月18日嘉绍大桥收费到期对项目大桥的分流影响。嘉绍大桥包括北接线全长69.416公里，一型客车的里程费加大桥叠加费为： $69.416 \times 0.4 + 30 = 57.8$ 元，六型货车的收费为： $69.416 \times 1.747 + 125 = 246$ 元。嘉绍大桥免费通行对货车的吸引力比较大。按照模型测算，嘉绍大桥免费通行主要会分流杭州-宁波、嘉兴-宁波、湖州-宁波、嘉兴-舟山、湖州-舟山、嘉兴-温州、嘉兴-台州、上海-宁波、江苏-宁波、安徽-宁波、上海-舟山、江苏-舟山、安徽-舟山、上海-温州、江苏-温州、上海-台州、江苏-台州、上海-福建、江苏-福建这些方向的OD。以嘉兴-宁波为例，目前一型客车选择项目大桥的里程为160公里，通行时间2小时，通行费132元；选择嘉绍大桥的里程为170公里，通行时间2.15小时，通行费102元。如果取消嘉绍大桥收费57.8元，则选择嘉绍大桥的通行费变为44.2元，但是由于大量车辆会转移到嘉绍大桥，造成其通行时间极大延长至3小时以上，模型测算嘉绍大桥取消收费对项目大桥合计造成分流影响为12.62%。

表格 5-8 2028年通苏嘉甬高铁开通和嘉绍大桥停止收费影响因素分析

单位：辆/天、万元

影响因素	交通量		通行费收入	
	数量	影响程度	数量	影响程度
无影响因素	66,572	--	¥256,785	--
有嘉绍大桥停止收费	62,853	-5.59%	¥239,831	-6.60%
有嘉绍大桥停止收费+通苏嘉甬高铁开通	57,573	-8.40%	¥225,179	-6.11%
有嘉绍大桥停止收费+通苏嘉甬高铁开通+斜拉索更换	56,261	-2.28%	¥220,111	-2.25%

来源：顾问公司，2024年

注：1、与基础年（2023年）不一样的条件均为特殊影响因素，单一因素影响程度分析按照逐项累加的方式，通过比较累加前后的交通量和通行费收入计算得到。

2、2028年因为斜拉索更换，减少收费8天。

通苏嘉甬高铁开通的分流与一般平行高速公路开通的分流不一样，高铁分流需要仰赖铁路总公司在该线路上开行几趟列车，如果列车运力和频次不足会抑制分流，如果列车频次和辐射地区增加则会延长分流时间。基本方案为类比同类型高铁的分流结果，如果通苏嘉甬高铁后续增加列车频次和辐射地区，则分流时间有可能延长，模型考虑通苏嘉甬高铁持续时间为五年，后一年分流比例是前一年的一半。2029至2032年通苏嘉甬高铁对项目大桥的响如下表所示。

表格 5-9 通苏嘉甬高铁分流影响延长分析

年份	影响因素	交通量		通行费收入	
		数量	影响程度	数量	影响程度
2029年	无通苏嘉甬高铁开通	55,881	--	¥213,893	--
	有通苏嘉甬高铁开通	53,639	-4.01%	¥207,704	-2.89%
2030年	无通苏嘉甬高铁开通	55,762	--	¥214,768	--
	有通苏嘉甬高铁开通	54,679	-1.94%	¥211,788	-1.39%
2031年	无通苏嘉甬高铁开通	56,647	--	¥218,652	--
	有通苏嘉甬高铁开通	56,105	-0.96%	¥217,163	-0.68%
2032年	无通苏嘉甬高铁开通	58,044	--	¥224,554	--
	有通苏嘉甬高铁开通	57,769	-0.47%	¥223,796	-0.34%

来源：顾问公司，2024年

5.3 交通量和通行费收入预测结果

5.3.1 基本方案

按照表格 5-1 的假设条件，顾问公司通过第 4 章所完成的经济及交通模型，预测得到基本方案的交通量和通行费收入如表格 5-10 和表格 5-11 所示。

表格 5-10 项目大桥分车型折算全程日均交通量（基本方案）

单位：自然车/天、pcu/day

年份	客一	客二	客三	客四	货一	货二	货三	货四	货五	货六	自然车合计	增长率	标准车合计
2024	39,199	100	278	232	4,361	3,364	838	1,374	1,017	5,880	56,643	3.0%	82,589
2025	40,083	79	264	224	4,403	3,463	709	1,298	1,032	5,939	57,494	1.5%	83,393
2026	42,490	65	259	224	4,612	3,701	622	1,271	1,089	6,228	60,561	5.3%	87,444
2027	44,575	53	252	222	4,808	3,934	544	1,239	1,142	6,496	63,265	4.5%	91,058
2028	38,830	37	204	183	4,522	3,774	427	1,089	1,080	6,115	56,261	-11.1%	82,201
2029	37,276	27	181	166	4,265	3,629	339	960	1,025	5,771	53,639	-4.7%	77,964
2030	37,824	21	171	158	4,412	3,830	294	929	1,066	5,974	54,679	1.9%	79,713
2031	37,877	17	159	150	4,448	3,938	247	877	1,082	6,027	54,822	0.3%	79,959
2032	39,981	14	155	149	4,678	4,223	218	862	1,145	6,344	57,769	5.4%	84,120
2033	41,439	11	149	147	4,804	4,424	188	827	1,183	6,519	59,691	3.3%	86,680

来源：顾问公司，2024年

表格 5-11 项目大桥各年通行费收入预测结果（基本方案）

年份	年收入（万元）	日均收入(元)	日均收入增长率
2024	¥223,822	¥6,115,355	1.7%
2025	¥224,733	¥6,157,068	0.7%
2026	¥235,003	¥6,438,438	4.6%
2027	¥244,066	¥6,686,740	3.9%
2028	¥220,111	¥6,013,962	-10.1%
2029	¥207,704	¥5,690,521	-5.4%
2030	¥211,788	¥5,802,411	2.0%
2031	¥212,262	¥5,815,397	0.2%
2032	¥223,796	¥6,114,645	5.1%



年份	年收入（万元）	日均收入(元)	日均收入增长率
2033	¥74,664	¥6,222,000	1.8%
2024年至2033年合计	¥2,077,949	--	--

来源：顾问公司，2024年

- 1) 通行费收入预测结果是缴税之前的毛收入。
- 2) 通行费收入预测结果已剔除了免费车。
- 3) 预测数据亦同时考虑到在春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日7座以下(含7座)载客车辆将免费通行，预测未来年免费通行日数为每年22天。
- 4) 2025年、2028年和2031年因斜拉索拆除更换施工，收费天数分别减少4天、8天和8天。
- 5) 收费期至2033年4月30日结束。

5.3.2 保守方案

按照表格 5-1 的假设条件，顾问公司通过第 4 章所完成的经济及交通模型，预测得到保守方案的交通量和通行费收入如表格 5-12 和表格 5-13 所示。

表格 5-12 项目大桥分车型折算全程日均交通量（保守方案）

单位：自然车/天、pcu/day

年份	客一	客二	客三	客四	货一	货二	货三	货四	货五	货六	自然车合计	增长率	标准车合计
2024	38,762	98	275	230	4,324	3,334	831	1,362	1,008	5,828	56,052	1.9%	81,769
2025	39,216	77	258	219	4,329	3,406	698	1,276	1,016	5,839	56,334	0.5%	81,802
2026	41,175	63	251	217	4,502	3,612	607	1,241	1,063	6,078	58,809	4.4%	85,044
2027	42,799	50	242	213	4,660	3,813	527	1,201	1,106	6,296	60,907	3.6%	87,839
2028	36,950	35	194	174	4,353	3,633	412	1,049	1,040	5,887	53,727	-11.8%	78,700
2029	35,168	25	171	156	4,078	3,472	324	919	981	5,519	50,813	-5.4%	74,077
2030	35,391	20	159	148	4,193	3,640	279	883	1,014	5,678	51,405	1.2%	75,198
2031	35,174	16	147	139	4,203	3,721	233	829	1,023	5,695	51,180	-0.4%	74,931
2032	36,860	12	143	138	4,396	3,970	205	810	1,076	5,962	53,572	4.7%	78,334
2033	37,940	10	136	134	4,491	4,135	176	773	1,106	6,094	54,995	2.7%	80,221

来源：顾问公司，2024年



表格 5-13 项目大桥各年通行费收入预测结果（保守方案）

年份	年收入（万元）	日均收入(元)	日均收入增长率
2024	¥221,595	¥6,054,508	0.7%
2025	¥220,423	¥6,038,986	-0.3%
2026	¥228,530	¥6,261,096	3.7%
2027	¥235,408	¥6,449,534	3.0%
2028	¥210,700	¥5,756,831	-10.7%
2029	¥197,308	¥5,405,699	-6.1%
2030	¥199,740	¥5,472,329	1.2%
2031	¥198,858	¥5,448,164	-0.4%
2032	¥208,348	¥5,692,568	4.5%
2033	¥69,086	¥5,757,167	1.1%
2024年至2033年合计	¥1,989,996	--	--

来源：顾问公司，2024年

- 1) 通行费收入预测结果是缴税之前的毛收入。
- 2) 通行费收入预测结果已剔除了免费车。
- 3) 预测数据亦同时考虑到在春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日7座以下(含7座)载客车辆将免费通行，预测未来年免费通行日数为每年22天。
- 4) 2025年、2028年和2031年因斜拉索拆除更换施工，收费天数分别减少4天、8天和8天。
- 5) 收费期至2033年4月30日结束。

5.3.3 乐观方案

按照表格 5-1 的假设条件，顾问公司通过第 2 章所完成的经济及交通模型，预测得到乐观方案的交通量和通行费收入如表格 5-14 和表格 5-15 所示。

表格 5-14 项目大桥分车型折算全程日均交通量（乐观方案）

单位：自然车/天、pcu/day

年份	客一	客二	客三	客四	货一	货二	货三	货四	货五	货六	自然车合计	增长率	标准车合计
2024	39,638	101	281	235	4,400	3,394	846	1,386	1,026	5,931	57,238	4.0%	83,412



年份	客一	客二	客三	客四	货一	货二	货三	货四	货五	货六	自然车合计	增长率	标准车合计
2025	40,961	81	270	229	4,478	3,522	721	1,320	1,050	6,040	58,672	2.5%	85,014
2026	43,833	67	268	232	4,725	3,791	638	1,301	1,116	6,379	62,350	6.3%	89,889
2027	46,404	55	263	231	4,960	4,058	560	1,278	1,178	6,702	65,689	5.4%	94,362
2028	40,785	39	215	192	4,697	3,919	444	1,132	1,122	6,351	58,896	-10.3%	85,842
2029	39,488	29	192	176	4,458	3,794	354	1,004	1,071	6,032	56,598	-3.9%	82,025
2030	40,400	23	182	169	4,640	4,028	309	977	1,122	6,284	58,134	2.7%	84,471
2031	40,760	18	171	162	4,705	4,165	261	928	1,145	6,375	58,690	1.0%	85,283
2032	43,334	15	168	162	4,975	4,492	232	917	1,218	6,748	62,261	6.1%	90,294
2033	45,227	12	163	159	5,137	4,730	201	885	1,265	6,971	64,750	4.0%	93,613

来源：顾问公司，2024年

表格 5-15 项目大桥各年通行费收入预测结果（乐观方案）

年份	年收入（万元）	日均收入(元)	日均收入增长率
2024	¥226,063	¥6,176,585	2.7%
2025	¥229,117	¥6,277,178	1.6%
2026	¥241,604	¥6,619,288	5.5%
2027	¥252,957	¥6,930,329	4.7%
2028	¥229,902	¥6,281,475	-9.4%
2029	¥218,573	¥5,988,301	-4.7%
2030	¥224,476	¥6,150,027	2.7%
2031	¥226,455	¥6,204,247	0.9%
2032	¥240,293	¥6,565,383	5.8%
2033	¥80,649	¥6,720,750	2.4%
2024年至2033年合计	¥2,170,089	--	--

来源：顾问公司，2024年



- 1) 通行费收入预测结果是缴税之前的毛收入。
- 2) 通行费收入预测结果已剔除了免费车。
- 3) 预测数据亦同时考虑到在春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日 7 座以下(含 7 座)载客车辆将免费通行，预测未来年免费通行日数为每年 22 天。
- 4) 2025 年、2028 年和 2031 年因斜拉索拆除更换施工，收费天数分别减少 4 天、8 天和 8 天。
- 5) 收费期至 2033 年 4 月 30 日结束。

5.4 预测收费减免比例分析

大桥公司遵照国家和浙江省高速公路通行费减免政策对部分车辆进行减免，未来年项目大桥的减免政策主要包含以下一些。

- 鲜活农产品运输“绿色通道”免费通行政策。
- 国际标准集装箱运输车辆通行费六五折优惠。
- 浙江省 ETC 货车通行费八五折优惠。
- 所有 ETC 车辆通行费九五折基本优惠。
- 重大节假日高速公路小型客车免费通行。

按照预测，未来年项目大桥收费减免情况如下表所示。

表格 5-16 预测收费减免比例

年份	含优惠金额（万元）			含优惠金额（万元）			优惠金额占比		
	客车收入	货车收入	合计	客车收入	货车收入	合计	客车收入	货车收入	合计
2024	¥111,920	¥111,902	¥223,822	¥132,992	¥132,679	¥265,671	15.8%	15.7%	15.8%
2025	¥113,582	¥111,151	¥224,733	¥135,335	¥131,944	¥267,279	16.1%	15.8%	15.9%
2026	¥119,867	¥115,136	¥235,003	¥143,159	¥136,836	¥279,995	16.3%	15.9%	16.1%
2027	¥125,222	¥118,844	¥244,066	¥149,901	¥141,405	¥291,306	16.5%	16.0%	16.2%
2028	¥108,970	¥111,141	¥220,111	¥130,697	¥132,389	¥263,086	16.6%	16.0%	16.3%
2029	¥103,898	¥103,806	¥207,704	¥124,947	¥123,792	¥248,739	16.8%	16.1%	16.5%
2030	¥105,028	¥106,760	¥211,788	¥126,594	¥127,457	¥254,051	17.0%	16.2%	16.6%
2031	¥105,022	¥107,240	¥212,262	¥126,611	¥128,029	¥254,640	17.1%	16.2%	16.6%

年份	含优惠金额（万元）			含优惠金额（万元）			优惠金额占比		
	客车收入	货车收入	合计	客车收入	货车收入	合计	客车收入	货车收入	合计
2032	¥111,012	¥112,784	¥223,796	¥133,808	¥134,646	¥268,454	17.0%	16.2%	16.6%
2033	¥36,765	¥37,899	¥74,664	¥46,763	¥45,245	¥92,008	21.4%	16.2%	18.9%
合计	¥1,041,286	¥1,036,663	¥2,077,949	¥1,250,807	¥1,234,422	¥2,485,229	16.8%	16.0%	16.4%

来源：顾问公司，2024年

5.5 预测结果和工可对比

项目大桥本次预测的交通量和通行费收入和工可报告的对比如下表所示。

表格 5-17 实际/预测结果和工可报告对比

年份	交通量（辆/天）					通行费收入（万元）		
	实际/预测	实际/预测 客货比	工可报告	工可报告 客货比	差异	实际/预测	工可报告	差异
2008	17,287	--	23,966	33:67	-27.9%	¥40,180	¥81,934	-51.0%
2010	30,479	--	32,218	36:64	-5.4%	¥121,272	¥114,020	6.4%
2015	30,130	68:32	43,862	38:62	-31.3%	¥121,902	¥172,759	-29.4%
2016	32,628	68:32	33,463	40:60	-2.5%	¥135,395	¥134,549	0.6%
2020	48,469	65:35	42,914	40:60	12.9%	¥125,728	¥189,549	-33.7%
2027F	63,265	71:29	53,961	42:58	17.2%	¥244,066	¥272,335	-10.4%

- 工可报告假设杭州湾跨海大桥于2008年建成，实际情况是2008年5月1日开通，并且2008年初期禁止货车通行，直到当年10月份开放货车通行，因此2008年实际交通量和通行费收入远低于工可报告。
- 2010年工可报告预测交通量和通行费收入与实际情况较为吻合，实际交通量比工可报告少5.4%，实际通行费收入比工可报告多6.4%。这是因为工可报告假设的大桥费率比实际要低（工可报告假设小客车为55元/车次，实际为80元/车次）导致。

- 2015 年实际交通量和通行费收入远低于工可报告预测，原因是工可报告假设嘉绍大桥 2016 年开通，对项目大桥造成分流影响，实际情况是嘉绍大桥于 2013 年开通，分流在 2013 和 2014 年就完成。
- 2016 年工可报告预测交通量和通行费收入与实际情况较为吻合，差异小于 5%。
- 2020 年因受公共卫生安全事件影响，实际收费天数减少 79 天，实际交通量是按照恢复收费以后的 5 月 6 日至 12 月 31 日平均，因此虽然实际交通量比工可报告大，但实际通行费收入比工可报告少。
- 2023 年实际交通量达到 55,014 辆/天，客货比为 69:31。2027 年的预计交通量客货比为 71:29，工可报告预测 2027 年的客货比为 42:58，因此本次预测交通量比工可报告大，而通行费收入比工可报告小。

5.6 预测结果通行能力验证

工可报告按照《公路工程技术标准》(JTJ001-97) 计算大桥的设计通行能力，该标准是基于当年道路普遍的车辆性能、驾驶员的安全意识和技术水平、道路车辆混行状况制定。按照 C 级服务水平考虑 $V/C=0.72$ ， $K=0.08$ ， $D=0.52$ ， $C_b=2000\text{pcu}/(\ln^*\text{h})$ ，则通行能力计算如下：

$$C_b \cdot (V/C) \cdot N / (K \cdot D) = 2000 \cdot 0.72 \cdot 3 / (0.08 \cdot 0.52) = 103,846 \text{pcu/day}$$

其中 C_b -理想条件下一个车道基本通行能力，我国取 $2000\text{pcu}/(\ln^*\text{h})$ ； V/C -饱和度； K -设计小时交通量系数，按照周边道路调查当时为 0.08，未来会下降。 D -方向不均匀系数，按照周边道路调查当时为 0.51-0.52。 N -单方向车道数。

按照新的《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)，设计车速为 100 公里/小时的高速公路，三级服务水平单车道最大服务交通量为 $1600\text{pcu}/(\ln^*\text{h})$ ，则大桥的承载力上限为 $115,385\text{pcu/day}$ 。

从大桥实际交通量承受能力看，2024 年 5 月 1 日至 5 日，大桥日均交通量 121,690 辆/天，换算标准车为 $135,860\text{pcu/day}$ ，最高交通量为 141,894 辆/天，换算成标准车 $153,236\text{pcu/day}$ 。本次车流量预测峰值为 2027 年的 $93,908\text{pcu/day}$ ，比工可报告计算的大桥承载力上限低 9.6%，比新标准计算的大桥承载力上限低 18.6%，比大桥实际通行的交通量低 38.7%。大桥车流量预测峰值低于工可预测及实际承载能力上限，预测余量能够满足大桥正常通行能力。

5.7 恶劣天气因素对预测影响

项目大桥所在区域为东海海域，海上天气相比陆地要更为严峻，每年都会有下雨、台风、大雾、雨雪、冰冻等恶劣天气的影响。从项目公司收集的营运日志可以看到，大桥自开通以来的恶劣天气总结如下表所示。

表格 5-18 项目大桥历年恶劣天气天数

年份	雨天	雾霾	大风	雪天	冰冻	高温	总天数
2008	13	9	4	1	1	0	28
2009	115	24	39	1	10	12	201
2010	139	30	31	5	23	26	254
2011	65	18	23	8	5	7	126
2012	117	8	32	5	18	4	184
2013	103	22	33	9	17	30	214
2014	114	15	24	5	4	1	163
2015	149	18	28	1	1	11	208
2016	129	27	22	7	10	18	213
2017	120	6	9	1	4	38	178
2018	110	7	14	6	15	5	157
2019	128	11	14	1	0	11	165
2020	125	4	37	1	1	12	180
2021	123	8	6	0	4	18	159
2022	96	8	25	2	3	37	171

来源：项目公司，2024年

项目大桥自开通以来的恶劣天气天数没有明显的规律，并没有受全球变暖导致的异常天气增多的影响。并且即使是异常天气，其持续的时间也不会是整天，大桥也不会异常天气中就封闭，所以异常天气对大桥整体的交通影响不大。车流量预测的基础是历史交通量，历史交通中已经含有异常天气造成的影响，所以未来的预测不需要额外再考虑异常天气的影响。

5.8 项目大桥和同行业可比项目的竞争优势和劣势

1) 项目大桥与可比项目的竞争优势与劣势分析

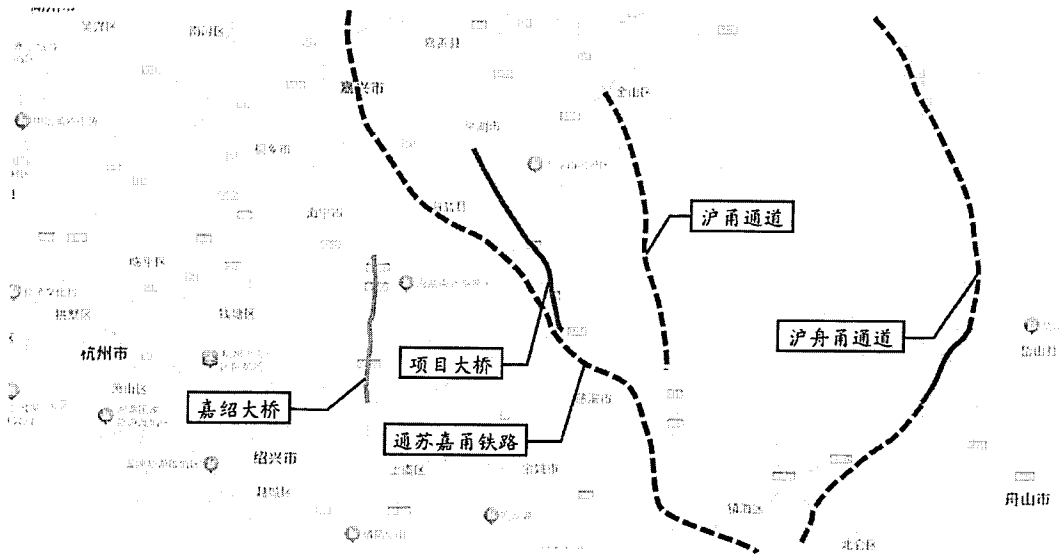
项目大桥所在的地理位置决定了周边可比项目数量较少，目前跨钱塘江的通道除了项目大桥外，还有嘉绍大桥、钱江通道和下沙大桥，其中嘉绍大桥距离项目大桥距离最近，辐射的区域有一定重合，2013 年嘉绍大桥开通，项目大桥 2013 和 2014 年交通量增长为-5.5%和-8.4%，因此以嘉绍大桥做竞争优势和劣势对比分析。

线路区位。项目大桥更加靠近上海、宁波，因此其服务的 OD 以“苏南、上海、嘉兴往来宁波、台州、温州”为主，而上海市是华东地区的核心城市，城市体量和经济规模都非常庞大，同样宁波市也是浙江省核心城市，2023 年常住人口近 970 万，GDP 占浙江省的近五分之一，并且有全球最大港口。而嘉绍大桥服务的 OD 以“苏南、上海、嘉兴-绍兴、台州、金华”为主，城市体量和经济规模没有项目大桥服务区域大，因此虽然嘉绍大桥是双向 8 车道，但是其交通量不及项目大桥。

收费标准。项目大桥按车次收费，一类客车 80 元/车次，六类货车 320 元/车次；而嘉绍大桥采用“里程费 + 叠加费”收费模式，里程费按照浙江省统一收费标准计收，一类客车 0.4 元/车公里，六类货车 1.747 元/车公里，叠加费一类客车 30 元/次，六类货车 125 元/次。因此，项目大桥一类客车和六类货车收费分别是嘉绍大桥 2.35 倍和 2.24 倍。收费标准比较高的优势就是相同交通量的情况下，其通行费收入比较高；劣势就是对收费比较敏感的车辆（如货车）可能不会选择项目大桥，2023 年项目大桥的客货比是 69: 31，同期嘉绍大桥的客货比是 60: 40。

客货车占比。项目大桥目前客车占比稳定在 70%左右，比嘉绍大桥高 10%。客车交通量增长较少受外部环境和外贸形势的影响，波动性较货车更低。客车占比高对于稳定项目大桥的通行费收入具有较大优势。

图表 5-1 项目大桥和可比项目位置示意图



来源：顾问公司，2024年

2) 项目大桥与未来区域内新增可比项目的影 响分析

未来该区域内将新增两条跨杭州湾通道，分别是沪甬跨海通道和沪舟甬跨海通道。按照规划，沪甬跨海通道总里程 70 公里，总投资 1,000 亿，拟建位置为项目大桥以东约 20 至 40 公里的杭州湾海域，北岸为上海金山区，南岸为宁波慈溪市。沪舟甬跨海通道规划采用公铁合建方案，通道起于岱山双合，顺接在建的宁波舟山港主通道，向北先后跨越岱山北航道、西航路习惯航路、金山航道、漕泾东航道，止于大洋山岛西侧，接上海市规划的东海二桥，并设置大小洋山连接线接东海大桥，总里程 160 公里，总投资 1,000 亿元。目前沪甬跨海通道和沪舟甬跨海通道还处在前期专题研究阶段，受制于技术难度、资金规模和回报，在项目大桥的收费期内，两跨海通道预计无望建成。

沪甬通道和沪舟甬通道都是在杭州湾上新建通道，以期直线连接北岸的上海和南岸的宁波、舟山，其功能定位和路网线位都和项目大桥构成直接竞争关系，从空间上看，沪甬通道较为靠近项目大桥，其分流强度会更大。

目前“上海往来宁波、舟山、台州、温州”的交通量客车占 39.1%，货车占 33.0%，若沪甬跨海通道和沪舟甬跨海通道的收费水平与项目大桥相近，预计该部分交通量绝大部分会被分流。

3) 项目大桥与其他运输方式的竞争分析

除了同行业可比的高速公路大桥外，未来年该区域还将新增一条跨杭州湾铁路大桥——通苏嘉甬高铁大桥。通苏嘉甬高铁预计 2027 年底开通，目前从苏州、

嘉兴至宁波已经有高速铁路，但是需要绕经杭州，嘉兴至宁波耗时约 1.5 小时，苏州至宁波耗时 2.5 小时。随着 2027 年底通苏嘉甬高铁开通，苏州至宁波通行时间有望由 2.5 小时缩短至 1 小时，费用约由 182 元减少到 100 元以内。

与高速公路相比，高铁具有速度快、综合费用低、乘坐舒适的优势，但是也有时间固定、需要换乘、中途无法更换目的地的缺点。模型综合考虑费用、时间、换乘的成本，计算得到，2028 年通苏嘉甬高铁开通将分流“江苏、上海、嘉兴往来宁波、台州、温州”客车的 13%，对总交通量的影响为-8.40%。

6 总结

杭州湾跨海大桥是国家高速公路 G15（沈阳—海口）的重要一段，大桥将强化上海与浙江沿海深水良港的联系，支持上海国际航运中心的建设，进一步加强上海在长江三角洲的“龙头”地位，带动和促进了浙江、上海、江苏等地的经济快速持续发展。

本次交通量及通行费收入预测的预测年限为 2024 年至 2033 年 4 月 30 日，本次研究根据收集到的最新数据，结合顾问公司的专业技能和对收费道路的多年经验基础上作出的。基本方案预测结果如下：

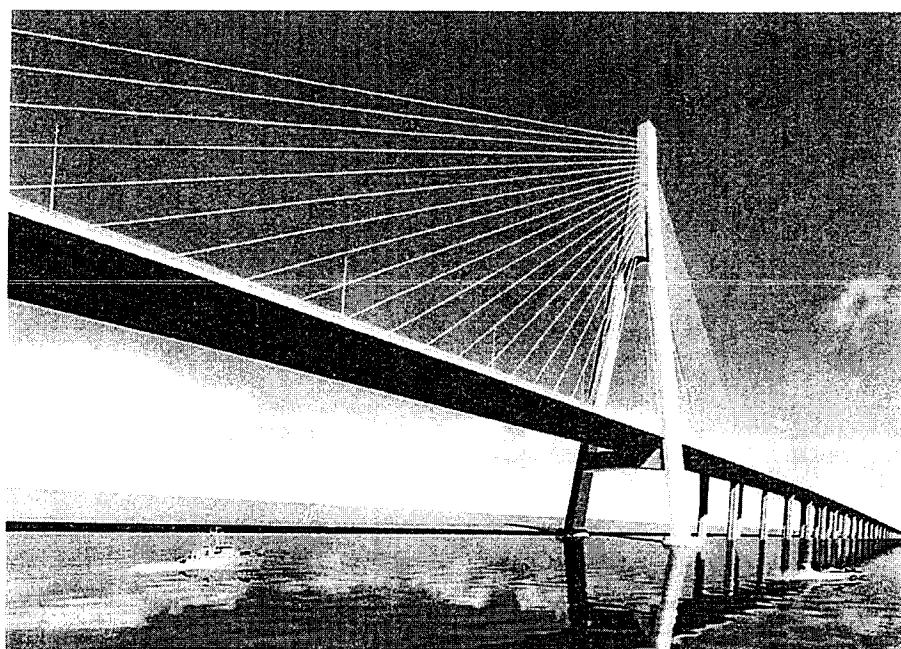
1) 项目大桥从 2024 至 2033 年，日均总车流量从 56,643 辆/天增长到 59,691 辆/天，期间增长了 5.4%，复合年均增长为 0.58%；标准车从 2024 年 82,589pcu/天增长到 2033 年 86,680pcu/天，累计增长 5.0%，复合年均增长率为 0.54%。

2) 同期项目大桥的通行费收入从 2024 年人民币 611.54 万元/天增长 2033 年的人民币 622.20 万元/天，复合年均增长为 0.19%。2024 年至 2033 年间的收入总额达到人民币 207.79 亿元。

本次研究的预测过程运用了最新的技术方法与业内惯例。然而基于各种原因，对于任何收费公路的交通量与收入的预测都有不确定性。由于预测者无法完全掌握所有可能发生的变化，预测值与实际结果之间一定会有出入。此外，此报告中所提出的交通量与收入预测主要是反映整体的长期趋势，在任何一特定年中预测值与实际结果也可能由于其它因素而导致差异。因此，本研究公司虽竭力确保所提供数据的技术性，但本公司不保证所提供数据的准确性或可靠性，且概不会就因有关资料所带来的任何损失或损害负上任何责任。

杭州湾跨海大桥中长期养护规划

(正文 修订稿)



中交公路规划设计院有限公司

2024年10月

中交公路规划设计院有限公司
200000266215

杭州湾跨海大桥中长期养护规划
(正文 修订稿)



前 言

为了更好地开展杭州湾跨海大桥养护管理工作,宁波市杭州湾大桥发展有限公司于2012年5月编制了《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》。规划采用“顶层设计、制度建设”的理念,对未来30年内的杭州湾跨海大桥养护工作进行了总体规划。在“十二五”至“十三五”养护期内,宁波市杭州湾大桥发展有限公司依据规划中的养护目标、准则以及养护计划,合理安排桥梁检查和养护项目,保障了杭州湾跨海大桥安全、适用、耐久,并积极开展科研创新和管养规范化提升,进一步提升了养护管理水平。

近年来,众多国家及行业制度、规范、标准等发生了变化,同时杭州湾跨海大桥各项养护工程的开展积累了丰富的数据和经验,管养水平不断提升,新技术、新设备应用逐渐成熟。为进一步响应行业制度、规范的要求,适应桥梁养护与管理发展的需要,提升杭州湾跨海大桥养护管理水平、维持大桥技术状况和运营使用功能,编制单位于2023年开展了对《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》的修编工作。

在修编过程中,编制单位总结我国近年来公路长大缆索结构桥梁和跨海桥梁养护经验和科技成果,借鉴国内外先进管养技术方法,按照“预防为主、防治结合”的养护理念,对杭州湾跨海大桥的养护目标、养护准则、养护管理科学决策、管养规范化建设、养护科研、桥梁检查与养护维修等方面进行重点修订,同时广泛征求了杭州湾跨海大桥的建设、设计、养护、管理等有关单位和专家的意见,力求使本规划技术先进、内容合理、可操作性强。

目 录

1. 规划概述	1
2. 工程背景	3
2.1 工程概况	3
2.2 主要技术指标	3
2.3 结构构造	5
3. 大桥养护及营运状况	9
3.1 大桥管养机构	9
3.2 大桥养护管理现状	10
3.3 大桥技术状况等级及主要病害	12
3.4 大桥交通量分析及预测	22
4. 规划期内大桥养护目标	25
4.1 战略方向	25
4.2 大桥养护总体目标	25
4.3 大桥主体结构养护目标	27
4.4 大桥机电系统及健康监测系统维护目标	30
4.5 大桥营运服务目标	31
4.6 大桥环境保护目标	33
4.7 大桥养护队伍建设目标	34
5. 规划期内大桥养护准则	35
5.1 规划期内大桥养护总体要求	35
5.2 规划期内大桥主要构件使用寿命维护准则	35
5.3 规划期内大桥养护依据	37
5.4 规划期内大桥养护制度建设准则	38
5.5 规划期内大桥养护工作划分准则	39
5.6 养护工作分级准则	42
5.7 规划期内管养辅助系统升级改造准则	42

5.7.1 规划期内大桥健康监测系统升级改造准则	42
5.7.2 规划期内大桥资产系统升级改造准则	43
5.8 规划期内大桥科研准则	44
5.9 风险管控与应急管理准则	44
6. 规划期内大桥养护体系.....	46
6.1 规划期内大桥养护模式	46
6.2 规划期内大桥养护体系	49
6.3 规划期内大桥养护机构	50
7. 规划期内大桥风险事件评估与应急管理.....	53
7.1 规划期内大桥风险事件等级评估	53
7.2 规划期内关键风险事件分析	55
7.2.1 船舶撞击导致桥墩或主梁刮擦事件	55
7.2.2 火灾导致大桥构件损毁	56
7.2.3 基础冲刷导致大桥桩基变位或承载能力不足	57
7.2.4 采集地下水导致地面不可控沉降	57
7.2.5 无节制围涂导致导致桩基变位或承载能力不足	58
7.2.6 拉索异常振动事件	60
7.3 规划期内大桥应急检查方案的制定	61
7.4 规划期内应急预案的制定	62
8. 规划期内大桥养护工作总体概述.....	64
8.1 规划期内养护内容分类	64
8.2 日常性养护	64
8.3 检查与检测	65
8.3.1 日常巡查与经常检查（小修保养范畴）	65
8.3.2 定期检查与专项检查	67
8.3.3 综合评估	70
8.4 维养设施维护	72
8.5 养护专项工程	72
8.5.1 预防性养护	72
8.5.2 专项类养护工程	73
8.6 机电类养护	75
8.6.1 关键机电设备寿命年限	75

8.6.2 机电系统评估方法	78
8.6.3 规划期内机电系统的维护与升级	82
8.6.4 数字化、智慧化大桥建设	87
8.7 养护试验研究	88
8.7.1 原规划各阶段已完成的养护试验研究项目	89
8.7.2 养护试验研究思路	92
8.7.3 后续建议开展的养护试验研究项目	92
9. 未来规划期内养护工作详细规划.....	101
9.1 日常性养护	101
9.1.1 大桥小修保养工程	101
9.1.2 航标养护工程	105
9.2 检查检测（定检、特检、评估）	106
9.3 维养设施维护	113
9.4 养护专项工程	114
9.4.1 混凝土路面养护	114
9.4.2 交安设施养护	115
9.4.3 伸缩缝养护	116
9.4.4 斜拉索系统养护	118
9.4.5 混凝土结构养护	119
9.4.6 钢箱梁结构养护	121
9.4.7 钢桥面铺装养护	123
9.4.8 防撞护栏养护	125
9.4.9 钢管桩养护费用	127
9.4.10 水上防撞设施维护	128
9.4.11 维养设施升级改造	130
9.4.12 易损构件更换	141
9.5 机电类养护	142
9.5.1 日常机电养护	142
9.5.2 专项机电养护	143
9.5.3 数字化、智慧化建设的提升	144
9.6 养护试验研究	148
9.7 重大维修养护	148

9.7.1 重大维修养护工程风险说明	148
9.7.2 斜拉索拆除与更换（结构劣化风险）	151
9.7.3 全桥支座拆除与更换（结构劣化风险）	154
9.7.4 桥墩局部冲刷防护工程（自然环境风险）	156
9.7.5 桥墩沉降处置工程（自然环境风险）	160
9.7.6 防撞护栏升级改造（政策风险）	164
9.8 其他	165
9.8.1 养护工程设计与监理	165
9.8.2 养护备用金	165
9.9 养护工程数量汇总	166
9.10 养护作业对桥面通行的影响分析	168
9.10.1 桥面封道作业方式	168
9.10.2 未来养护作业对通行的影响	172
10. 规划期内大桥养护档案管理	178
10.1 大桥养护档案分类	178
10.2 规划期内大桥养护档案管理制度的建立	179
11. 规划期内大桥资产管理	180
11.1 大桥现有资产情况	180
11.2 规划期内固定资产管理制度的建立	181
12. 规划期内大桥养护投资估算	184
13. 规划更新管理办法	186
13.1 更新管理概述	186
13.2 规划更新触发条件	186
13.3 规划更新研究内容	188
13.4 规划更新流程管理	189
14. 附录	191
14.1 其他跨海桥梁养护经费情况	191
14.2 其他长大桥梁健康监测及数字化建设情况	192
14.3 专家审查意见	193

1. 规划概述

杭州湾跨海大桥北起浙江嘉兴海盐郑家埭，南至宁波慈溪水路湾，全长 36 公里，是一座世界著名的跨海大桥。大桥 2003 年 11 月 14 日动工兴建，2008 年 5 月 1 日通车运营。大桥的建成对促进长江三角洲经济区的发展，实现浙江省经济发展总战略，完善我国国道主干线系统具有重要意义。

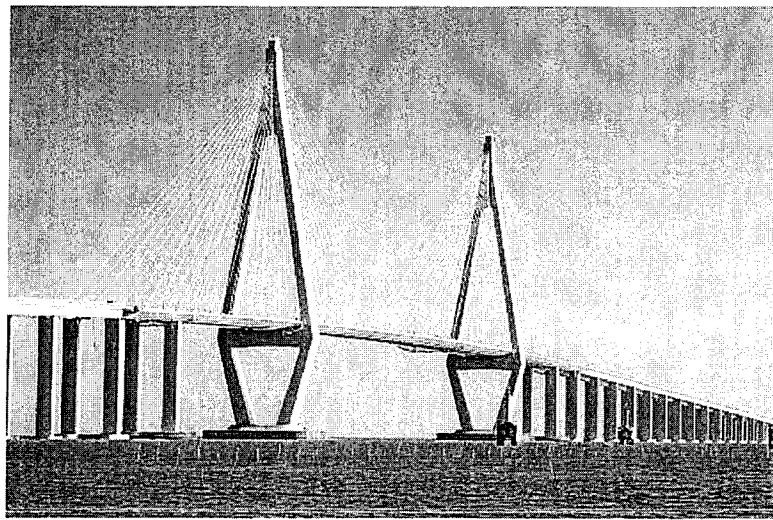


图 1-1 杭州湾跨海大桥

大桥在运营过程中，始终处于良好的技术状态。但随着运营时间增长和交通量的与日剧增，加上大桥规模巨大、结构型式复杂、现场条件恶劣，其养护管理工作存在相当大的难度。为了更好地进行全寿命管理，有必要制定杭州湾跨海大桥中长期养护规划。

本规划涉及的工程范围为杭州湾跨海大桥全线，共计 36km。本规划规划期为 2012 年-2041 年，共计 30 年。2012 年-2021 年为规划初期，2022 年-2031 年为规划中期，2032 年-2041 年为规划后期。其中对初期（2012 年-2021 年）进行较为详细的规划。为此，又将规划初期划分为规划初期第一阶段（2012 年-2016 年）和规划初期第二阶段（2017 年-2021 年）。

（修编说明：对规划期的说明）

本次修订，对原规划中设定的规划期限不进行调整，对已经完成的阶段进行总结，评价规划的执行情况；对后续阶段的规划，结合大桥管养现状和需求，对原规划的内容进行调整，且重点对未来规划期内（2023-2033 年）进行详细规划。

本规划的目的是指导大桥在规划期内建立完善的养护制度体系和先进的信息化管养平台；促进大桥在规划期内积极开展养护科研工作；确保大桥养护资金在规划期内的有效支配；最终保障大桥良好的服务水平和技术状况，并使大桥养护工作逐步达到世界先进水平。

（修编说明：补充了进行修订的必要性）

本次修订，是在杭州湾跨海大桥通车运营和规划使用一段时间后的基础上，结合国内桥梁养护管理发展要求和杭州湾跨海大桥运营管理需要，及时更新、调整中长期养护规划的内容，使之适应后续养护年份的工作需要；维持大桥技术状况等级、延长结构及构件使用寿命、保障结构安全和一流服务功能；进一步提升管养单位养护管理科学化、标准化、规范化，确保养护资金合理分配。

2. 工程背景

2.1 工程概况

杭州湾跨海大桥是我国“五纵七横”国道主干线中沈阳~海口高速公路跨越杭州湾的最便捷通道。大桥也是浙江省 2010 年规划建成的“两纵、两横、十八连、三绕、三通道”公路网主骨架的重要组成部分。它的建设可便捷有效地将宁波、舟山等浙东南地区与上海连接起来，与沪杭、杭甬高速公路一起构成沪、杭、甬 2 小时交通圈。

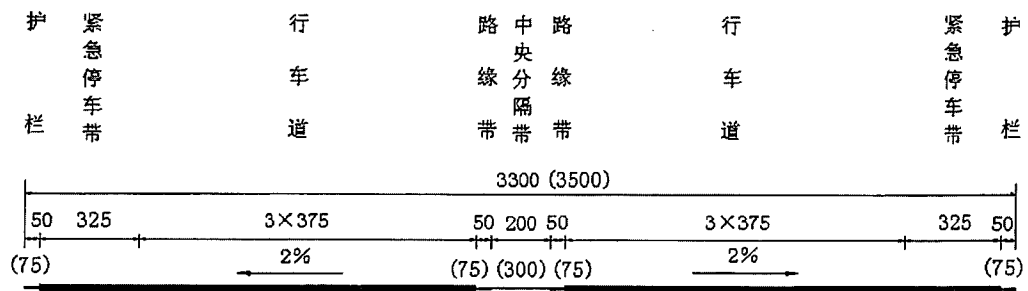
杭州湾跨海大桥起自嘉兴市郑家埭，跨越杭州湾海域后止于宁波市慈溪水路湾，见下图所示。大桥工程包括北引线、北引桥、北航道桥、中引桥、南航道桥，海中平台及匝道桥、南引桥和南引线及交通工程等沿线设施。



图 2.1-1 杭州湾跨海大桥地理位置

2.2 主要技术指标

- (1) 道路等级：双向六车道高速公路。
- (2) 计算行车速度：跨海大桥计算时速 100km/h，两岸引线计算时速 120km/h。
- (3) 路基宽度：大桥宽 33m（不含锚索区），两岸引线宽 35m。见下图。



注：括号外数字为桥梁宽度，括号内数字为引线路基宽度

图 2.2-1 路基与桥梁宽度（单位：cm）

(4) 设计荷载：汽车—超 20 级，挂车—120。

(5) 最大纵坡： $\leq 3\%$ 。

(6) 桥面横坡：2%。

(7) 设计洪水频率：1/300（大桥），1/100（引线）。

(8) 设计基准期：南、北航道桥采用 100 年，引桥采用 60 年并采用全预应力结构。

(9) 抗风设计标准：运营阶段设计重现期 100 年，施工阶段设计重现期 30 年。

(10) 地震基本烈度为 VI 度。

(11) 通航标准：通航净高按设计最高通航水位 5.19m（1985 国家高程基准）起算，北航道的主通航孔按 3.5 万吨级海轮标准及建设深水港条件设计，通航净空为 325×47m，两侧副通航孔按 1000 吨级海轮标准设计；南航道的主通航孔按 3000 吨级海轮标准设计，通航净空为 125×31m，两侧副通航孔按 300 吨级海轮标准设计，通航净空为 50×20m。

(12) 船舶撞击力

表 2.2-1 船舶撞击力表

通航孔		代表船	撞击速度 (m/s)	船撞力 (MN)	
				横桥向	顺桥向
北航道	主通航孔	5000t 多用途船	4.0	30.0	15.0
	边通航孔	1000t 沿海货轮	4.0	9.4	4.7
南航道	主通航孔	3000t 沿海油轮	4.0	15.2	7.6
	边通航孔	300t 渔政船	4.0	3.4	1.7
水中引桥		26m 沿海渔船	2.0	2.35	1.2

2.3 结构构造

(1) 全线桥跨布置

杭州湾跨海大桥全桥桥跨布置如下表所示。全线工程分为北引线，北岸陆地、滩涂区引桥，北航道桥北侧高墩区引桥，北航道桥，北航道桥南侧高墩区引桥，中引桥，南航道桥北侧高墩区引桥，南航道桥，南航道桥南侧高墩区引桥，南引桥水中低墩区，南岸滩涂区引桥，南岸陆地区引桥，南引线等工程。

表 2.3-1 桥跨布置一览表

区域位置	桥跨布置 (m)	结构形式	主要实施方案	
			下部结构	上部结构
北引线	15.5	软土路基	道路工程	
北岸陆地、滩涂区引桥	3.5+15×30+10×50+3×60+50+50+80+50+24×50	预应力混凝土连续箱梁	D1.0m、D1.5m、D2.0m 钻孔桩，旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	30m 梁满布支架现浇施工，50m 梁移动模架现浇施工，其余各跨挂篮悬臂施工
北航道桥北侧高墩区引桥	7×70	预应力混凝土连续箱梁	D2.5m 钻孔桩，旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	整孔预制、浮吊整孔吊装施工
北航道桥	70+160+448+160+70	五跨连续半漂浮体系钢箱梁斜拉桥	D2.5m、D2.8m 钻孔桩，旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	桥面吊机架设
北航道桥南侧高墩区引桥	14×70	预应力混凝土连续箱梁	D1.6m 钢管桩，打桩船插打，承台墩身现浇	整孔预制、浮吊整孔吊装施工
中引桥	134×70	预应力混凝土连续箱梁	D1.6m 钢管桩，打桩船插打、承台现浇，墩身预制安装	整孔预制、浮吊整孔吊装施工
南航道桥北侧高墩区引桥	10×70	预应力混凝土连续箱梁	D1.6m 钢管桩，打桩船插打，承台墩身现浇	整孔预制、浮吊整孔吊装施工
南航道桥	100+160+318	三跨连续半漂浮体系钢箱梁斜拉桥	D2.5m、D2.8m 钻孔桩，旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	桥面吊机架设
南航道桥南侧高墩区引桥	10×70	预应力混凝土连续箱梁	D1.6m 钢管桩，打桩船插打，承	整孔预制、浮吊整孔吊装施

			台墩身现浇	工
南引桥水中低墩区	86×70	预应力混凝土连续箱梁	D1.5m、D1.6m 钢管桩,打桩船插打、D2.5m 钻孔桩,承台现浇,墩身预制吊装	整孔预制、浮吊整孔吊装施工
南岸滩涂区引桥	202×50	预应力混凝土连续箱梁	D1.5m 钻孔桩,旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	整孔预制、梁上运梁架设
南岸陆地区引桥	50+80+50+4×50+60×30+50+34×30+3.5	预应力混凝土连续箱梁	D1.0m、D1.5m 钻孔桩,旋转钻机成孔、承台、墩身现浇	满布支架、现浇施工
南引线	311.5	软土路基	道路工程	

(2) 北航道桥

北航道桥为长 908m 的双塔双索面钢箱梁斜拉桥。桥跨布置为 70m+160m+448m+160m+70m, 结构体系采用半漂浮体系。塔处设置竖向支座和横向限位支座, 纵向设置阻尼限位支座, 边跨设置辅助墩, 五跨连续体系。

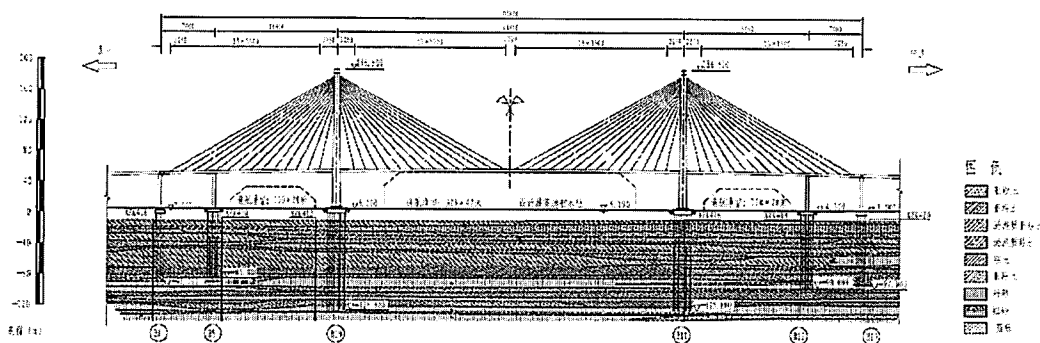


图 2.3-1 北航道桥总体布置图 (单位: cm)

索塔采用钻石形塔, 桥面以上为三角形结构, 以利于提高结构刚度和抗风稳定性; 桥面以下两塔柱收腿, 使整个塔呈钻石形。基础采用 2.8m 直径的钻孔桩+承台的整体基础, 承台外周设防撞消能设施。斜拉索在索塔上通过整体钢锚箱进行锚固。

主梁采用扁平钢箱梁, 梁高为 3.5m, 梁宽 37.1m, 钢箱梁采用工厂预制成组件, 组拼场组拼成节段, 标准节段长 15m, 斜拉索与钢箱梁采用耳板式锚固。

斜拉索采用平行钢丝成品斜拉索, 斜拉索采用塔上张拉方式。

辅助墩和过渡墩采用矩形倒圆角断面, 基础采用直径为 2.5m 的钻孔桩+承台

基础。

(3) 南航道桥

南航道桥为长 578m 的单塔双索面钢箱梁斜拉桥。桥跨布置为 100m+160m+318m，结构体系采用半漂浮体系。塔处设置竖向支座和横向限位支座，纵向设置阻尼限位支座，边跨设置辅助墩，三跨连续体系。

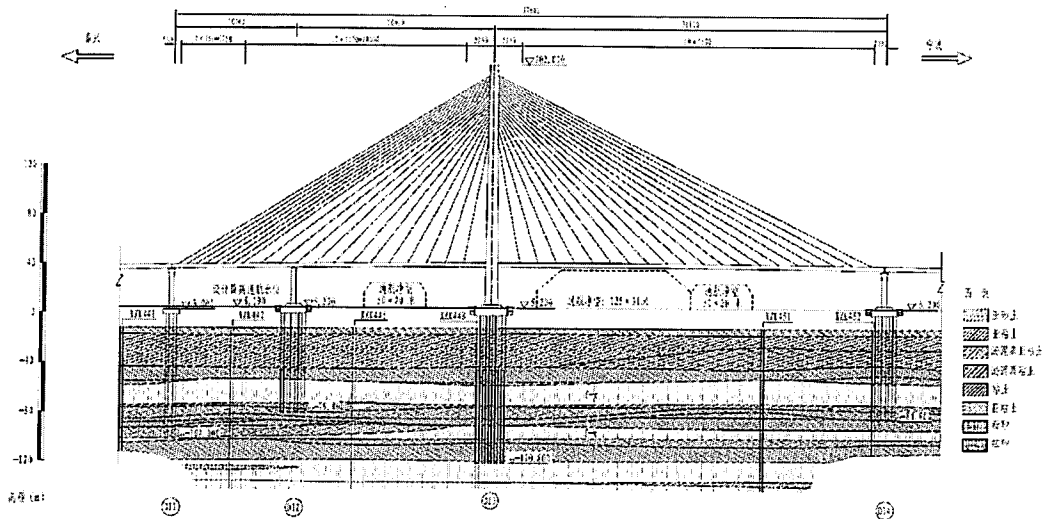


图 2.3-2 南航道桥总体布置图 (单位: cm)

索塔采用 A 形塔，以利于提高受力性能和结构刚度及抗风稳定性。结构舒展和谐，风格独特，造型优美，景观效果好。基础采用 2.8m 直径的钻孔桩+承台的整体基础，承台外周设防撞消能设施。斜拉索在索塔上通过整体钢锚箱进行锚固。

主梁采用扁平钢箱梁，梁高 3.5m，梁宽为 37.1m，钢箱梁采用工厂预制成组件，组拼场组拼成节段，标准节段长 15m，斜拉索与钢箱梁采用耳板锚固。

斜拉索采用平行钢丝成品斜拉索，斜拉索采用塔上张拉方式。

辅助墩和过渡墩采用矩形倒圆角断面，基础采用直径为 2.5m 的钻孔桩+承台基础。

(4) 水中区引桥

水中区引桥采用 70m 跨径整孔预制吊装的连续箱梁结构，一片预制梁的吊装重量为 2260t，墩身采用矩形倒圆角断面，基础采用钢管桩+承台基础。

(5) 滩涂区引桥

滩涂区引桥采用 50m 跨径整孔预制梁上运梁的连续箱梁结构，一片预制梁的重量为 1350t，墩身采用矩形倒圆角断面，基础采用钻孔桩+承台基础。

(6) 陆地区引桥

陆地区引桥受控因素较多，根据控制地物跨越要求和经济性要求分别选择 80m、60m、50m、30m 跨径的连续箱梁结构，墩身采用矩形倒圆角断面，基础采用钻孔桩+承台基础。

(7) 海中平台

海中平台位于杭州湾跨海大桥 K1397+120 处下游 150m 位置，一层平台面积 12000m²。大桥施工时，作为海上作业人员生活基地、海上救援、测量、通信、海事监控平台；大桥建成通车后，作为大桥监控、海事监控、海上紧急救援基地。

海中平台主要建筑物包括：海中平台一层以上建筑、观光塔和连接栈桥。与杭州湾跨海大桥的主线桥、匝道桥、一层平台与基础、平台码头一起构成一个有机整体，相辅相成、相得益彰。

海中平台平面为椭圆形，其中长轴半径为 147.614m，短轴半径为 99m。一层平台及基础采用桩柱一体钢管桩+叠合梁结构，一层以上为钢框架+整体现浇混凝土板结构。一、二层为停车场，三、四、五、六层为管理办公用房和用于娱乐、餐饮、商业等的服务设施。

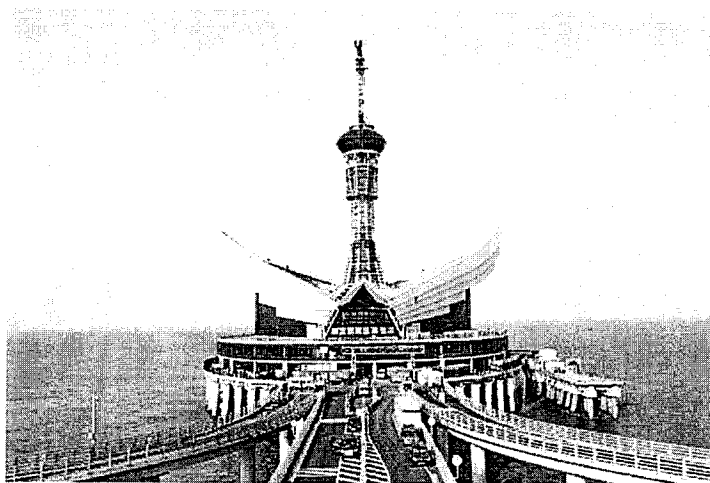


图 2.3-3 杭州湾跨海大桥海中平台（单位：cm）

海中平台观光塔基础采用承台+桩基组合基础，其中承台直径为 38m，厚为 4.5m，桩基采用直径为 2.5m 的钻孔灌注桩。观光塔总高度为 146.5m。

3. 大桥养护及营运状况

3.1 大桥管养机构

(修编说明：对管养机构组成的调整。结合目前大桥管养现状，对大桥管养机构的组成情况进行调整。)

从2008年5月1日通车以来，在建设期先进管理理念的基础上，大桥确立了“一流大桥、一流管理、一流服务”的理念和“安全畅通、和谐高效”的管理目标，有效整合各类资源、充分调动各方积极性，使得大桥运营管理持续保持安全高效的局面。通过组建了杭州湾跨海大桥管理局，履行大桥运营安全、养护监管和综合协调等职责，充分调动运营各方的积极性，探索出适合杭州湾跨海大桥的“以管理局为主导、业主为主体、各监管单位作保障”的管理体制，形成了和衷共济、协调联动、齐抓共管的良好运管局面。

杭州湾跨海大桥管理局受宁波市人民政府、嘉兴市人民政府委托负责对大桥投资主体安全责任落实情况进行监督管理，协调大桥各行政管理部门的有关职能，对大桥应急状况的处置进行统一协调等行政管理职能，并履行大桥的路政、治安、消防和安全保卫、安全生产、水利、环境保护及与大桥海中平台区有关的旅游、卫生、工商等方面的部分管理职责。各相关行政执法部门应加强对杭州湾跨海大桥管理局履行有关管理职责的指导和监督。

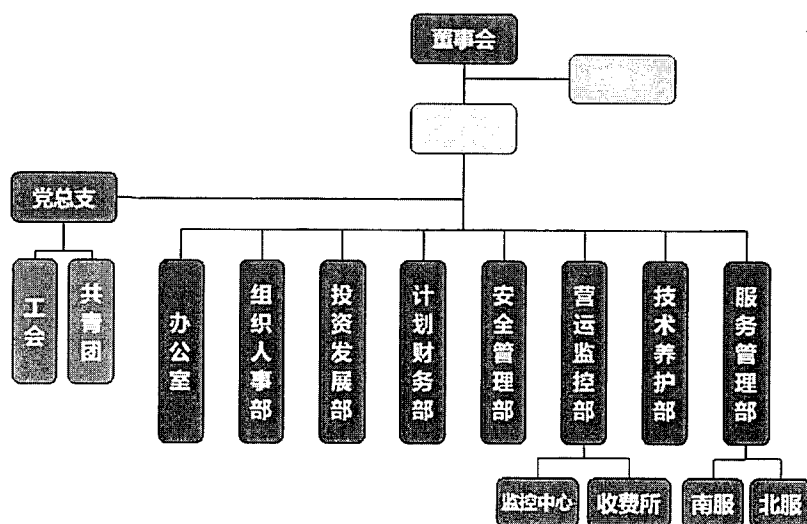


图 3.1-1 管养单位—宁波市杭州湾大桥发展有限公司组织架构

3.2 大桥养护管理现状

(修编说明：对大桥养护现状的分析和调整。结合目前大桥养护现状，重新归纳、总结大桥的养护工作。)

回顾几年来大桥养护管理工作的发展实践，公司严格落实交通运输部“桥梁安全运行十项制度”，总结了五条基本经验。一是先进理念是做好养护管理工作的思想保障，立足服务是做好养护管理工作的根本宗旨。“建设是发展，养护管理也是发展”和“以人为本，以车为本”的理念，指明了大桥养护管理工作的价值所在。二是各级领导的高度重视是做好养护管理工作的基本前提。大桥养护管理工作是一项社会系统工程，需要多部门紧密协作。大桥严格执行“明确责任划分”，发生桥梁安全责任事故的，按相关规定追究相关单位和个人责任。三是资金保障是做好养护管理工作的关键因素。没有资金保障，对养护管理的重视就只能停留在口头上，保证资金投入始终是做好大桥养管工作的关键所在。四是队伍建设是做好养护管理工作的牢固基石。铺身基层、干事创业的一流养护队伍是大桥养护管理事业不断发展的中坚力量，无论是在日常养管工作中，还是在应急抢险、防汛抗台的第一线，“铺路石”精神始终是激励我们前行的精神动力。五是执行到位是做好养护管理工作的重要保证。严格按照规定频率开展日常巡查、经常检查、定期检查和特殊检查工作，及时更新完善桥梁数据库，将桥梁定期检查情况纳入年度目标考核内容；严格执行“分类处置制度”，合理安排养护管理计划。根据桥梁定期检测报告，在公司年度计划、资金统筹安排的前提下，按照先重后轻、先急后缓的原则，分类采取不同的养护措施。

杭州湾跨海大桥始终以“安全、畅通、和谐、高效”为总体目标，以中长期养护规划为纲领，以“小修保养、检查检测、综合评定、专项维修、科学研究”为主线，在管理模式、信息公开、制度建设、应急救援、档案管理以及“四个交通”等方面进行了深入地探索和实践，坚持“规范化养护、专业化养护、科技化养护”路线，积极应用四新技术、贯彻预防性养护、开展课题研究、促进行业交流，实现了大桥养护内外业工作的不断提升。

管理模式方面，独创了“以管理局为主导，业主为主体、各监管单位为保障”的运营管理模式。实践证明，该模式符合杭州湾跨海大桥的实际，创新了我国跨海长桥运营管理模式空白，已在行业内推广应用。

信息公开方面，严格按交办公路〔2021〕20号“关于修订印发《公路桥梁信息公示牌设置要求》和《公路桥梁限载标志设置要求》的通知”合理设置桥梁信息公示牌。做到“一桥一牌”、“一桥一档”，桥名、线路编号、桥型、养护单位等信息全公开。

制度建设方面，随着大桥养护工作的不断深入和变化，制定了“五位一体”的跨海大桥运维体系及资产信息数据标准。严格落实养护工程师等制度，确保人员到位，逐步提升桥梁养护专业化水平；修订了大桥养护工作管理办法，建立了年终专家评审制度，形成了一套健全的大桥养护规范化管理标准，制定了31项比较全面、系统的养护工作管理程序、制度和规定。

应急救援方面，独创了“1+22”应急预案体系和重点构件应急处置方案。针对大桥独特气候和环境，建立了规范、科学、高效的“1+22”应急预案体系，制定了《杭州湾跨海大桥突发事件应急预案》。预案涵盖了紧急事件分类、组织体系、预防预警机制、应急响应机制、信息管理机制、持续改进机制等重要内容。特别是交通事故预案、大雾天气紧急预案、冰冻天气紧急预案、大交通流量紧急预案等，在预警级别、应急物资分配和储备、梯队带队作业、交通管制和分流方案等方面汇集了联勤执法丰富经验，是建设应急救援管理体系成果的精华。

档案管理方面，建有大桥专用档案室，传承大桥文化。现室藏各类档案共计14个门类的档案20000余卷（件），是大桥建设以来设计、施工、监理、咨询以及养护工作中形成的真实记录。另有参考资料1000卷（册），电子照片2000张，录音、录像、影片、磁带、磁盘等音像资料1800余盒。

综合交通方面，独创了全国唯一的联勤执法机制。大桥管理局在高速公路管理体制上整合了监管资源，率先在国内建立了由高速路政、交警、海事、消防、特警、治超等联勤执法部门组成的联勤联动管理机制，是我国新型高速公路管理模式。

智慧交通方面，打造了融合全资产、全业务、全过程要素的数字跨海大桥。该数字平台实现“全资产、全业务、全过程”运维管理，包含“智能感知+移动互联传输+云平台”，将BIM+GIS技术有机融合，并进行了基于多源数据驱动的养护科学决策，有利于桥梁养护管理人员及时发现病害、及时掌握信息并及时作出处理，最终实现预防性养护，延长桥梁使用寿命。

平安交通方面，坚持“一岗双责”，管生产必须管安全。重心下移、工作下沉，

健全完善科学规范、运行有效的安全生产责任体系，加强督促检查、严格考核奖惩，对有章不循、有章不依的问题不放过、严查处，切实把安全责任落实到一线、落实到岗位、落实到人头。

3.3 大桥技术状况等级及主要病害

（修编说明：基于当前大桥技术状况等级和病害，对原内容进行修订。本节内容主要基于2023年杭州湾跨海大桥综合检测与评估结论。）

通过对杭州湾跨海大桥的病害复查，以及最新的外观检查和各专项检查报告的总结，按照《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）和《公路桥梁技术状况评定标准》（JTGT H21-2011）的规定，杭州湾跨海大桥总体技术状况良好，总体桥梁技术状况等级为2类。各区段及桥梁部件技术状况评分、评级如下：

表 3.3-1 桥梁技术状况评定结果汇总表

一、分幅评定						
序号	桥名	桥型	左幅（上海方向）		右幅（宁波方向）	
			技术状况评分	技术状况等级	技术状况评分	技术状况等级
1	北引桥	预应力混凝土梁桥	95.89	1	95.40	1
2	北航道桥高墩区引桥	预应力混凝土梁桥	96.33	1	96.36	1
3	中引桥	预应力混凝土梁桥	94.05	2	94.08	2
4	南航道桥高墩区引桥	预应力混凝土梁桥	95.25	1	95.15	1
5	南引桥水中区	预应力混凝土梁桥	95.08	1	95.10	1
6	南引桥滩涂区	预应力混凝土梁桥	94.34	2	94.02	2
7	南引桥陆地区	预应力混凝土梁桥	96.25	1	96.63	1
二、不分幅评定						
序号	桥名	桥型	技术状况评分		技术状况等级	
1	北航道桥	钢箱梁斜拉桥	92.70		2	
2	南航道桥	钢箱梁斜拉桥	92.85		2	
3	匝道桥	A 匝道	96.06		1	
4		B 匝道	95.59		1	
5		C 匝道	95.37		1	
6		D 匝道	97.08		1	
7		E 匝道	96.61		1	
三、全桥技术状况等级						
2类						

表 3.3-2 北引桥（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	91.80	91.96
	2	上部一般结构	0.18	93.80	
	3	支座	0.12	90.10	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.31	94.98	98.44
	5	桥台	0.31	100.00	
	6	墩台基础	0.29	100.00	
	7	河床	0.07	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	调治构造物	0.02	100.00	97.97
	9	桥面铺装	0.44	100.00	
	10	伸缩缝装置	0.28	95.20	
	11	栏杆护栏	0.11	96.30	
	12	排水系统	0.11	97.50	
	13	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.75

表 3.3-3 北引桥（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	91.00	90.81
	2	上部一般结构	0.18	91.30	
	3	支座	0.12	89.00	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.31	94.51	98.30
	5	桥台	0.31	100.00	
	6	墩台基础	0.29	100.00	
	7	河床	0.07	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	调治构造物	0.02	100.00	98.01
	9	桥面铺装	0.44	100.00	
	10	伸缩缝装置	0.28	95.30	
	11	栏杆护栏	0.11	97.40	
	12	排水系统	0.11	96.50	
	13	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.25

表 3.3-4 北航道桥高墩区引桥（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	93.30	93.18
	2	上部一般结构	0.18	94.30	
	3	支座	0.12	90.80	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	100.00	97.65
	5	墩台基础	0.43	94.31	
	6	河床	0.11	100.00	

桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					96.33

表 3.3-5 北航道桥高墩区引桥（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	92.50	92.63
	2	上部一般结构	0.18	92.60	
	3	支座	0.12	93.40	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	100.00	98.29
	5	墩台基础	0.43	95.79	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					96.36

表 3.3-6 北航道桥技术状况评定表

部位	类别	评价部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	斜拉索系统	0.40	100.00	87.60
	2	主梁	0.25	74.32	
	3	索塔	0.25	80.09	
	4	支座	0.10	89.96	
下部结构 (SBCI)	5	桥墩	0.46	87.13	94.15
	6	墩台基础	0.43	100.00	
	7	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	9	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	10	栏杆、护栏	0.11	100.00	
	11	排水系统	0.11	100.00	
	12	照明、标志	0.06	100.00	
桥梁总体评分					92.70

表 3.3-7 中引桥（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	92.50	92.77
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	91.00	

下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	91.47	92.36
	5	墩台基础	0.43	91.18	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					94.05

表 3.3-8 中引桥（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	92.50	92.77
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	91.00	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	91.48	92.43
	5	墩台基础	0.43	91.33	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					94.08

表 3.3-9 南航道桥高墩区引桥（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	92.50	92.46
	2	上部一般结构	0.18	92.30	
	3	支座	0.12	92.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	94.23	95.66
	5	墩台基础	0.43	95.89	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.25

表 3.3-10 南航道桥高墩区引桥（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构	1	上部承重结构	0.70	93.10	92.99

(SPCI)	2	上部一般结构	0.18	92.90	94.89	
	3	支座	0.12	92.50		
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	92.56		
	5	墩台基础	0.43	95.89		
	6	河床	0.11	100.00		
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00		100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00		
	9	栏杆护栏	0.11	100.00		
	10	排水系统	0.11	100.00		
	11	照明系统	0.06	100.00		
桥梁总体评分						95.15

表 3.3-11 南航道桥状况评定表

部位	类别	评价部件	调整后 权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	斜拉索系统	0.40	100.00	89.23
	2	主梁	0.25	75.45	
	3	索塔	0.25	84.69	
	4	支座	0.10	91.91	
下部结构 (SBCI)	5	桥墩	0.46	84.40	92.89
	6	墩台基础	0.43	100.00	
	7	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	9	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	10	栏杆、护栏	0.11	100.00	
	11	排水系统	0.11	100.00	
	12	照明、标志	0.06	100.00	
桥梁总体评分					92.85

表 3.3-12 南引桥（水中区）（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	93.10	93.37
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	92.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	92.19	94.34
	5	墩台基础	0.43	95.00	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.08

表 3.3-13 南引桥（水中区）（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	93.10	93.37
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	92.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	92.40	94.37
	5	墩台基础	0.43	94.85	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.10

表 3.3-14 南引桥（滩涂区）（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	91.50	92.25
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	92.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	91.04	93.59
	5	墩台基础	0.43	94.50	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					94.34

表 3.3-15 南引桥（滩涂区）（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	90.50	91.55
	2	上部一般结构	0.18	95.00	
	3	支座	0.12	92.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.46	90.83	93.49
	5	墩台基础	0.43	94.50	
	6	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	7	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	8	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	9	栏杆护栏	0.11	100.00	
	10	排水系统	0.11	100.00	
	11	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					94.02

表 3.3-16 南引桥（陆地区）（左幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	93.40	93.23
	2	上部一般结构	0.18	95.20	
	3	支座	0.12	89.30	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.31	91.58	97.39
	5	桥台	0.31	100.00	
	6	墩台基础	0.29	100.00	
	7	河床	0.07	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	调治构造物	0.02	100.00	98.24
	9	桥面铺装	0.44	100.00	
	10	伸缩缝装置	0.28	95.10	
	11	栏杆护栏	0.11	96.50	
	12	排水系统	0.11	100.00	
	13	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.90

表 3.3-17 南引桥（陆地区）（右幅）技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	上部承重结构	0.70	94.20	94.16
	2	上部一般结构	0.18	97.80	
	3	支座	0.12	88.50	
下部结构 (SBCI)	4	桥墩	0.31	90.81	97.15
	5	桥台	0.31	100.00	
	6	墩台基础	0.29	100.00	
	7	河床	0.07	100.00	
桥面系 (BDCI)	8	调治构造物	0.02	100.00	98.54
	9	桥面铺装	0.44	100.00	
	10	伸缩缝装置	0.28	96.90	
	11	栏杆护栏	0.11	94.60	
	12	排水系统	0.11	100.00	
	13	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					96.23

表 3.3-18 海中平台 A 匝道桥桥技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	钢箱梁	0.85	100.00	98.44
	2	支座	0.15	89.62	
下部结构 (SBCI)	3	桥墩	0.46	94.67	94.62
	4	墩台基础	0.43	93.00	
	5	河床	0.11	100.00	
桥面系	6	桥面铺装	0.44	100.00	94.15

(BDCI)	7	伸缩缝装置	0.28	85.00	
	8	栏杆护栏	0.11	100.00	
	9	排水系统	0.11	85.00	
	10	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					96.06

表 3.3-19 海中平台 B 匝道桥桥技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	钢箱梁	0.85	100.00	98.70
	2	支座	0.15	91.32	
下部结构 (SBCI)	3	桥墩	0.46	100.00	94.98
	4	墩台基础	0.43	88.13	
	5	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	6	桥面铺装	0.44	78.62	90.59
	7	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	8	栏杆护栏	0.11	100.00	
	9	排水系统	0.11	100.00	
	10	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.59

表 3.3-20 海中平台 C 匝道桥桥技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	钢箱梁	0.85	100.00	99.00
	2	支座	0.15	93.32	
下部结构 (SBCI)	3	桥墩	0.46	94.93	95.17
	4	墩台基础	0.43	94.00	
	5	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	6	桥面铺装	0.44	73.91	88.52
	7	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	8	栏杆护栏	0.11	100.00	
	9	排水系统	0.11	100.00	
	10	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					95.37

表 3.3-21 海中平台 D 匝道桥桥技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	钢箱梁	0.85	100.00	98.70
	2	支座	0.15	91.32	
下部结构 (SBCI)	3	桥墩	0.46	94.93	94.01
	4	墩台基础	0.43	91.31	
	5	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	6	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	7	伸缩缝装置	0.28	100.00	

	8	栏杆护栏	0.11	100.00	
	9	排水系统	0.11	100.00	
	10	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					97.08

表 3.3-22 海中平台 E 匝道桥桥技术状况评定表

部位	类别	部件	权重	部件得分	部位得分
上部结构 (SPCI)	1	钢箱梁	0.85	100.00	98.70
	2	支座	0.15	91.32	
下部结构 (SBCI)	3	桥墩	0.46	93.83	92.82
	4	墩台基础	0.43	89.72	
	5	河床	0.11	100.00	
桥面系 (BDCI)	6	桥面铺装	0.44	100.00	100.00
	7	伸缩缝装置	0.28	100.00	
	8	栏杆护栏	0.11	100.00	
	9	排水系统	0.11	100.00	
	10	照明系统	0.06	100.00	
桥梁总体评分					96.61

具体评估结论如下：

1、大桥宏观受力专项评估

(1) 南、北航道桥历年上、下游两侧主梁挠度变形基本一致，挠曲变形包络图形态与理论计算结果相符，变形量在合理范围内。

(2) 南、北航道桥历年上、下游两侧主梁挠度变形基本一致，挠曲变形包络图形态与理论形态相符，变形量在合理范围内。表明南、北航道桥结构总体性能较好，能够适应当前运营荷载水平。

2、大桥耐久性专项评估

(1) 混凝土结构耐久性指标均处于理想范围，当前大桥混凝土耐久性良好。

(2) 钢管桩防腐涂层和阴极保护系统运行良好，钢管桩冗余壁厚未进入工作，钢管桩得到有效的保护。

3、大桥易损性专项评估

(1) 南、北航道桥钢箱梁裂纹数量和长度持续发展，部分 U 肋疲劳裂纹发展较为显著。随着运营年限增长和交通荷载的增加，钢箱梁疲劳裂纹问题逐渐突出，需持续、加强关注并采取处置措施。

(2) 南、北航道桥斜拉索阻尼器经过维修更换后，拉索异常振动情况得到明显改善。南航道桥少部分斜拉索尚存在一定程度的异常振动；

(3) 南、北航道桥斜拉索索力分布规律和大小变化不大, 偏差均在 10% 以内, 处于正常良好工作状态并有足够的安全储备。

(4) 北岸陆地区引桥范围近 7 年以来首次出现沉降趋势; 在 2023 年 3 的半年时间内, 出现了整体性沉降, 平均沉降量约为 10mm。南岸陆地区引桥在 2019 年发生整体沉降后, 其沉降变化具有一定的复杂性; 2023 年度该区域总体表现为沉降趋势, 平均下沉 2mm 左右, 最大沉降 9mm。G61 墩累计沉降量相对较大, 经计算尚未影响结构安全。

(5) 杭州湾跨海大桥主墩冲刷最低高程虽均有一定的富余, 但部分墩冲刷深度变化较大。

4、大桥使用性能专项评估

(1) 杭州湾跨海大桥梳齿板伸缩缝总体状况良好, 但属于易损性构件, 运营期间需要对梳齿板单元进行较多的养护维修和更换; 南、北航道桥梁端位移的变化量与温度呈现明显的线性相关, 表明伸缩缝变形性能基本良好。

(2) 2023 年度杭州湾跨海大桥桥面技术状况检测整体情况良好, 部分路段路面损坏状况 PCI 评价为良, 路面存在坑槽及路面划痕, 小坑槽数量较多; 且存在裂缝修补, 块状修补及横纵裂缝等。

(3) 经升级改造后的除湿系统工作性能总体较好, 能够维持结构内部湿度处于设计要求范围; 索塔锚固区部分时段湿度偏高。

5、养护工作建议

根据本年度综合检测与评估结论, 建议在下一阶段开展如下工作:

1) 检查/检测工作

(1) 对混凝土结构检测项目的工作内容、频率进行优化, 补充结构材质检测项目和典型测区数量, 并采用更为先进的无损检测手段或设备。

(2) 持续加强对南、北航道桥钢箱梁疲劳裂纹的检查和跟踪观测。

(3) 对北岸陆地区整体沉降情况进行加密观测和跟踪, 并排查周边范围是否存在工程建设、开采地下水等情况; 对南岸整体沉降和局部累计沉降较大的桥墩加强跟踪观测。

(4) 匝道墩 ZB14 突破历史最低高程, 应重点观测。

2) 养护维修

(1) 加强桥梁日常养护和预防养护, 及时修复出现耐久性病害的部位。

- (2) 持续对钢箱梁疲劳裂纹进行维修处置，并对处置效果进行跟踪观测。
 - (3) 尽快采取措施，消除 G61 承台处的隐患，防止基础的持续、不均匀沉降。
 - (4) 调节航道桥异常振动斜拉索外置减振器的阻尼，并对后续振动情况进行跟踪观测。
 - (5) 对该环氧粉末复合涂层发生脱落的钢管桩及时进行修补。
 - (6) 及时清除索塔内积水，加强索塔、钢箱梁的经常检查和进出口管理。
- 3) 对升级改造后健康监测系统的建议
- (1) 统一各监测单位监测项和数据分析的深度；
 - (2) 对升级改造后的系统加强维护和数据分析，加强监测系统数据的利用，做到监测数据真正指导养护决策。

3.4 大桥交通量分析及预测

(修编说明：参考施伟拔咨询(深圳)有限公司提供的《浙江省杭州湾跨海大桥交通量和通行费收入预测评估报告》(终稿)，2024年10月17日，对该部分内容进行更新，并补充交通流量变化对大桥养护的影响分析。)

本规划中，利用现有的大桥交通量统计数据，对大桥的交通量现状以及未来的发展趋势进行了分析和预测。这些数据来源于大桥自身的车流量检测设备、浙江省高速公路联网结算中心的收费数据拆分以及大桥动态称重系统的视频录像人工统计。主要结论如下。

本次交通量及通行费收入预测的预测年限为2023年~2033年4月30日，本次研究根据收集到的最新数据，结合报告提供单位的专业技能和对收费道路的多年经验基础上做出的。基本方案预测结果如下：

1) 项目大桥从2024至2033年，日均总车流量从56,643辆/天增长到59,691辆/天，期间增长了5.4%，复合年均增长为0.58%；标准车从2024年82,589pcu/天增长到2033年86,680pcu/天，累计增长5.0%，复合年均增长率为0.54%。

2) 同期项目大桥的通行费收入从2024年人民币611.54万元/天增长2033年的人民币622.20万元/天，复合年均增长为0.19%。2024年至2033年间的收入总额达到人民币207.79亿元。

表 3.4-1 项目大桥分车型折算全程日均交通量 (基本方案)

年份	客一	客二	客三	客四	货一	货二	货三	货四	货五	货六	自然车合计	年增长率	标准车合计
2024	39,199	100	278	232	4,361	3,364	838	1,374	1,017	5,880	56,643	3.0%	82,589
2025	40,083	79	264	224	4,403	3,463	709	1,298	1,032	5,939	57,494	1.5%	83,393
2026	42,490	65	259	224	4,612	3,701	622	1,271	1,089	6,228	60,561	5.3%	87,444
2027	44,575	53	252	222	4,808	3,934	544	1,239	1,142	6,496	63,265	4.5%	91,058
2028	38,830	37	204	183	4,522	3,774	427	1,089	1,080	6,115	56,261	-11.1%	82,201
2029	37,276	27	181	166	4,265	3,629	339	960	1,025	5,771	53,639	-4.7%	77,964
2030	37,824	21	171	158	4,412	3,830	294	929	1,066	5,974	54,679	1.9%	79,713
2031	37,877	17	159	150	4,448	3,938	247	877	1,082	6,027	54,822	0.3%	79,959
2032	39,981	14	155	149	4,678	4,223	218	862	1,145	6,344	57,769	5.4%	84,120
2033	41,439	11	149	147	4,804	4,424	188	827	1,183	6,519	59,691	3.3%	86,680

单位：自然车/天

表 3.4-2 项目大桥各年通行费收入预测结果（基本方案）

年份	日平均收入（元）	年收入（万元）	年收入增长率
2024	¥223,822	¥6,115,355	1.7%
2025	¥224,733	¥6,157,068	0.7%
2026	¥235,003	¥6,438,438	4.6%
2027	¥244,066	¥6,686,740	3.9%
2028	¥220,111	¥6,013,962	-10.1%
2029	¥207,704	¥5,690,521	-5.4%
2030	¥211,788	¥5,802,411	2.0%
2031	¥212,262	¥5,815,397	0.2%
2032	¥223,796	¥6,114,645	5.1%
2033	¥74,664	¥6,222,000	1.8%
2024年至 2033年合计	¥2,077,949	--	--

注：

- ◆ 通行费收入预测结果是缴税之前的毛收入。
- ◆ 通行费收入预测结果已剔除了免费车。
- ◆ 预测数据亦同时考虑到在春节、清明节、劳动节、国庆节等四个国家法定节假日 7 座以下(含 7 座)载客车辆将免费通行，预测未来年免费通行日数为每年 22 天。

- ◆ 2025年、2028年和2031年因斜拉索拆除更换施工，收费天数分别减少4天、8天和8天。
- ◆ 收费期至2033年4月30日结束。

根据交通流量变化趋势，预计在未来规划期内，交通流量对大桥的养护的影响主要体现在以下几个方面：

(1) 日益增长的交通量与大桥养护工作之间的矛盾增加增大。从未来交通流量预测结果看，大桥通行车辆将持续增长；由于大桥运营已有16年时间，后续为保障结构的性能和使用功能，将开展更多的养护工程，而这些工程许多需要对交通进行管制，对桥面通行产生影响；另一方面，较大的车流量也将增加桥面养护作业的安全风险。

(2) 较大的车流量对桥面铺装的性能和使用提出较高要求。为保障行车安全、舒适，必须确保大桥桥面铺装的各项使用性能指数满足规范的要求，并处于优良的水平上，因此未来规划期内对铺装的养护、维修需要进行重点考虑和规划。

(3) 持续增长的大型货车对钢箱梁疲劳裂纹的发展构成不利影响。虽然后续规划期内货车比例有所降低，但货车绝对数量仍持续增加。较多的货车（特别是六轴重车）将对钢箱梁疲劳裂纹的发展产生影响，预计未来规划期内，针对钢箱梁疲劳裂纹的检查、维修处置是需要重点关注和持续开展的内容。

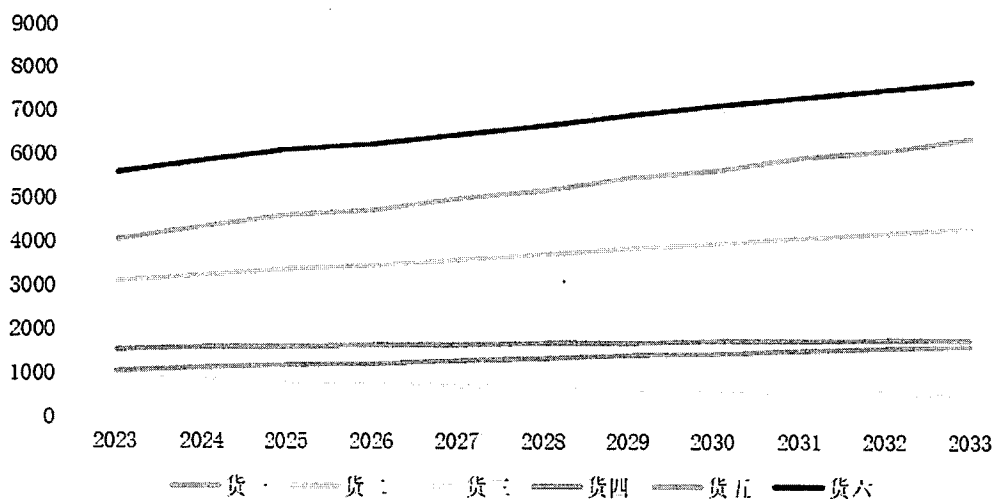


图 3.4-1 六类货车未来流量变化情况

4. 规划期内大桥养护目标

4.1 战略方向

(修编说明：新增大桥养护管理工作的战略方向规划)

2020年12月，交通运输部颁布了《关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》(后文简称“意见”)，要求：“到2035年，公路桥梁建设养护管理水平进入世界前列，公路桥梁结构健康监测系统全面建立，安全风险防控体系基本完善，创新发展水平明显提高，标准化、智能化水平全面提升，平均服役寿命明显延长，基本实现并不断完善管理体系和管理能力现代化”。

基于此，本次修编应对杭州湾跨海大桥进行桥梁养护管理和养护技术能力提升、维持桥梁安全耐久和运营使用性能的总体战略方向，具体要点包括：

- ① 对标世界一流桥梁养护国家，养护管理水平达到世界先进；
- ② 全面建立针对跨海桥梁的结构健康监测系统；
- ③ 完善运营期跨海长大桥梁风险防控体系；
- ④ 桥梁养护管理实现标准化、智能化，进行多层次、全面创新；
- ⑤ 桥梁安全可靠，耐久性和使用寿命显著提高，以百年大桥为目标。

4.2 大桥养护总体目标

(修编说明：结合近年来规范修订情况和交通运输相关行业规划、制度的要求，对养护工作的总体目标进行修编。)

安全、经济、适用、美观作为我国公路桥梁设计的总体目标，在《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004)中修订为技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理。以上目标贯穿工程可行性研究、初步设计、施工图设计的全过程。目前，桥梁全寿命的设计理念逐渐在我国桥梁工程界得到了推广。根据这一理念，桥梁设计工作在传统设计的基础上，向桥梁后期的管理养护进行了拓展和延伸。从而，技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理这一总体目标的实现也就不仅依赖于传统桥梁设计阶段，而且依赖于桥梁管理养护阶段。

因此，规划期内对于杭州湾跨海大桥养护工作总体目标仍然是“技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理”，其含义如下：

(1) 技术先进。在规划期内，大桥管养单位应该努力学习并运用国内外科学的养护理念和方法来不断完善大桥的养护制度。在大桥检查、检测、保养、维修等各方面积极吸取先进的技术手段，提高大桥养护的质量和效率。

(2) 安全可靠。在规划期内，大桥管养单位应时刻将大桥使用者的安全通行作为养护工作的首要目的，竭尽全力减少人员伤亡，避免结构损毁。

(3) 适用耐久。在规划期内，大桥管养单位应依靠优质的养护工作来保证大桥良好的技术状况和服务水平；积极落实预防性养护，保障大桥达到预期的使用寿命。

(4) 经济合理。在规划期内，大桥管养单位应以“全寿命管养”理念为基础，合理安排养护资金，在保证质量的前提下，创造最大的经济效益。

《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2004) 在 2015 年进行了修订，其中对于我国公路桥梁设计的总体目标进行了调整。结合近年来桥梁运营阶段发生的各类安全事故，使桥梁工程设计者和管理者认识到结构物的安全、耐久是最基本的要求。在保障安全和耐久的前提下，桥涵设计要优先考虑满足功能需求，即要满足“适用”的要求，再根据具体情况考虑环保、经济和美观的要求（环保问题关系到社会的可持续发展，要给予高度重视）。以上目标贯穿工程可行性研究、初步设计、施工图设计的全过程。因此，将原规范中“技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理”的目标修改为“安全、耐久、适用、环保、经济和美观”。目前，桥梁全寿命的设计理念逐渐在我国桥梁工程界得到了推广。根据这一理念，桥梁设计工作在传统设计的基础上，向桥梁后期的管理养护进行了拓展和延伸。因此，“安全、耐久、适用、环保、经济和美观”这一总体目标的实现也就不仅依赖于传统桥梁设计阶段，而且依赖于桥梁管理养护阶段。

在近年来的交通运输行业相关规划和制度方面，对桥梁养护管理工作的相关目标也提出了相关要求。《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》（交公路发〔2018〕35 号）中提出，“长大桥隧养护管理和安全运行工作应当坚持‘预防为主、科学养护、安全运行、保障畅通’的原则”；交通运输部《“十三五”公路养护管理发展纲要》中着重介绍了养护管理体系的新要求，主要包括以下七个方面：“推行养护决策科学化、推进养护管理制度化、实行养护作业标准化、促进养护工程精准化、倡导养护生产绿色化、强化桥隧养护规范化、实现人才队伍专业化”。中共中央、国务院 2019 年 9 月印发的《交通强国建设纲要》中，对交通基础设施强

调“本质安全”，要“强化交通基础设施养护，加强基础设施运行监测检测，提高养护专业化、信息化水平，增强设施耐久性和可靠性”。

2020年，交通运输部发布《关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》，提出：“到2035年，公路桥梁建设养护管理水平进入世界前列，公路桥梁结构健康监测系统全面建立，安全风险防控体系基本完善，创新发展水平明显提高，标准化、智能化水平全面提升，平均服役寿命明显延长，基本实现并不断完善管理体系和管理能力现代化”的养护目标。

综合以上，本次修编中将原规划“技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理”的养护工作总体目标调整为“本质安全、耐久适用、科学决策、技术先进、绿色环保、经济合理”。具体要求如下：

(1) **本质安全**：在规划期内，大桥管养单位应时刻将大桥使用者的安全通行作为养护工作的首要目的，竭尽全力减少人员伤亡，避免结构损毁；并持续加大桥梁安全防护投入，提升通行安全防护能力。

(2) **耐久适用**：在规划期内，大桥管养单位应依靠优质的养护工作来保证大桥良好的技术状况和服务水平；积极落实“预防养护”、“全寿命周期”和“特桥特养”理念，保障大桥达到预期的使用寿命。

(3) **科学决策**：规划期内，大桥管养单位应加强养护科学决策，加强桥梁运营养护的数据采集和分析评定，对桥梁结构损伤或病害未来发展的趋势进行预测，并作为科学、合理编制养护工程计划和方案的依据。

(4) **技术先进**：规划期内，大桥管养单位应不断吸取检查、监测、养护、维修、管理、运营等各方面的先进技术手段，积极采用“四新”技术，加强科学研究工作，提高养护标准化、专业化、精细化、信息化水平。

(5) **绿色环保**：规划期内，大桥管养单位应大力提高养护生产效率，合理配备养护机械设备，积极应用快速养护及修复技术；积极推广隐蔽工程无损检测、全寿命周期成本养护设计技术和施工工艺。

(6) **经济合理**。在规划期内，大桥管养单位应以“全寿命管养”理念为基础，合理安排养护资金，在保证质量的前提下，创造最大的经济效益。

4.3 大桥主体结构养护目标

杭州湾跨海大桥主体结构包括全线桥梁、海中平台、观光塔及其附属设施。

其技术状况的划分方式参照《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)的规定。桥梁总体技术状况评定等级如下表所示。

表 4.3-1 桥梁总体技术状况评定等级

技术状况 评定等级	桥梁技术状况描述
1类	全新状态, 功能完好
2类	有轻微缺损, 对桥梁使用功能无影响
3类	有中等缺损, 尚能维持正常使用功能
4类	主要构件有大的缺损, 严重影响桥梁使用功能; 或影响承载能力, 不能保证正常使用
5类	主要构件存在严重缺损, 不能正常使用, 危及桥梁安全, 桥梁处于危险状态

按照《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)的规定, 对于本桥来说, 斜拉索(包括锚具)、主梁、索塔、桥墩、桥台、基础、支座、海中平台、观光塔属于主要部件, 其技术状况评定标度如下表所示。

表 4.3-2 桥梁主要部件技术状况评定标度

技术状况 评定标度	桥梁技术状况描述
1类	全新状态, 功能完好
2类	功能良好, 材料由局部轻度缺损或污染
3类	材料有中等缺损; 或出现轻度功能性病害, 但发展缓慢, 尚能维持正常使用功能。
4类	材料有严重缺损, 或出现中等功能性病害, 且发展较快; 结构变形小于或等于规范值, 功能明显降低。
5类	材料严重缺损, 出现严重的功能性病害, 且有继续扩展现象; 关键部位的部分材料强度达到极限, 变形大于规范值, 结构的强度、刚度、稳定性不能达到安全通行的要求。

对于本桥来说, 伸缩缝、桥面铺装、标志标线、防撞护栏、防撞设施等其它部件属于次要部件。其技术状况评定标度如下表所示。

表 4.3-3 桥梁次要部件技术状况评定标度

技术状况 评定标度	桥梁技术状况描述
1类	全新状态, 功能完好; 或功能良好, 材料有轻度缺损、污染等
2类	有中等缺损或污染
3类	材料有严重缺损, 出现功能降低, 进一步恶化将不利于主要部件, 影响正常交通
4类	材料有严重缺损, 失去应有功能, 严重影响正常交通; 或原无设置, 而调查需要补设

(修编说明:根据近年来杭州湾跨海大桥定期检查报告以及 11 评定规范中对于 1 类部件的等级划分,各区段桥梁上部结构达到 1 类一般较为困难。因此,本次将原等级目标中的等级要求降低,在规划期内通过保养和维修,应保持 2 类的技术状况,并以 1 类技术状况等级为努力目标。)

按照以上原则,后续规划期内杭州湾跨海大桥总体技术状况等级不得低于 2 类,各区段桥梁技术状况等级不得低于 2 类,各部件技术状况等级不得低于下表的要求。

表 4.3-4 规划期内主体结构技术状况目标

桥梁	技术状况	部位	技术状况	部件	技术状况
杭州湾跨海大桥	总体不得低于 2 类,各区段桥梁不得低于 2 类	上部结构	≥2 类	斜拉索系统	≥2 类
				钢箱梁	≥2 类
				混凝土箱梁	≥2 类
				索塔	≥2 类
				支座	≥2 类
		下部结构	≥2 类	桥墩、桥台	≥2 类
				墩台基础	≥2 类
				河床	≥2 类
		桥面系	≥2 类	桥面铺装	≥2 类
				伸缩缝装置	≥2 类
				栏杆、护栏	≥2 类
				排水系统	≥2 类
				照明标志	≥2 类

注:海中平台和观光塔没有相关评定标准,在养护手册中应对其评定方法的规定。其技术状况目标应与《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011) 1 类标准类比。

(修编说明:路况养护目标方面,按最新《公路技术状况评定标准》(JTG 5210-2018) 要求和规定进行修订。)

高速公路的技术状况评定依照《公路技术状况评定标准》(JTG 5210-2018) 进行,公路技术状况指数 MQI 包含了路面使用性能指数 PQI (评分权重 0.70)、路基技术状况指数 SCI (评分权重 0.08)、桥隧构造物技术状况指数 BCI (评分权重 0.12) 和沿线设施技术状况指数 TCI (评分权重 0.10) 等项目,能够反映公路总体技术状况。因此,本次将用 MQI 指数目标作为量化标准,对规划期内的养护目标进行规定。具体如下表所示:

表 4.3-5 路况工程养护目标

项目	规划期目标（技术状况等级目标）
公路技术状况指数 MQI	MQI \geq 90
路面使用性能指数 PQI	PQI \geq 90
路基技术状况指数 SCI	SCI \geq 90
桥隧构造物技术状况指数 BCI	BCI \geq 90
沿线设施技术状况指数 TCI	TCI \geq 90
注：其中每公里路面行驶质量指数 (RQI) 应当保持在 92 及以上、路面损坏状况指数 (PCI) 应当保持在 94 及以上。	

桥墩局部冲刷、船撞和地面沉陷是需要重点关注的风险事件。规划期内，应采取针对性措施，做到相关工程事故零发生。

4.4 大桥机电系统及健康监测系统维护目标

大桥机电系统主要包括监控系统、通信系统、收费系统、供电系统、照明设备、除湿机设备、阴极保护系统、电梯等。

机电系统设备完好率不但是机电系统运行状况的评价和考核指标，也是维护工作的一项评价和考核指标，因此设备故障时，应及时进行维护和修理。规划期内大桥机电系统年完好率应符合下表要求。

表 4.4-1 规划期内机电系统年完好率目标

系统	系统主要组成部分	年完好率 (%)
收费系统	车道设备	95
	收费站内设备	96
监控系统	交通数据采集设备	96
	交通诱导设备	96
	闭路电视子系统（外场部分）	98
	外场其他控制设备	98
	监控中心、分中心设备	99
通信系统	通信光、电缆	99
	数字传输设备	99
	数字程控交换机	99
	紧急电话总机、分机	98
照明系统	照明设施	95
	景观照明系统	98
	配电和控制设备	98
供配电系统	供电设备	99

	配电设备	99
	供电电缆	99
消防与救援设施	消防设施	100
	救援设施	98
其他	航空灯和航道灯	99
	除湿系统	95
	外加电流阴极保护系统	98

$$\text{注：设备完好率} = \left(1 - \frac{\sum \text{故障设备数量} \times \text{故障时间} (d)}{\text{总数量} \times \text{检查周期内日历年数} (d)} \right) \times 100\%$$

大桥健康监测系统目前包括 GPS 变形监测系统、连通管变形监测系统、振动测试系统、应变测试系统、斜拉索力测试系统、预应力索力测试系统、倾斜测试系统等。上述系统均分布于大桥南北通航孔桥、部分引桥、海中平台以及观光塔上。规划期内，应迅速而准确地排除各种障碍，保证健康监测系统各设备运行正常。大桥健康监测系统年完好率应符合下表要求。

表 4.4-2 规划期内健康监测系统年完好率目标

系统	年完好率 (%)	备注
GPS 变形监测系统	95%	系统完好是指所有 GPS 测点均能正常工作。
连通管变形监测系统	95%	系统完好是指所有连通管变形监测测点均能正常工作。
振动测试系统	90%	系统完好是指振动监测数据能够用于当时结构振型的识别和频率阻尼比的计算，且损坏测点数量不大于总数量的 10%。
应变测试系统	90%	系统完好是指应变监测系统工作正常，结构整体应力监测不受影响，且损坏测点数量不大于总数量的 10%。
斜拉索力测试系统	95%	系统完好是指所有规格的斜拉索振动数据都能准确采集，且损坏测点不大于总数量的 5%。
预应力索力测试系统	90%	系统完好是指损坏测点不大于总数量的 20%。
倾斜测试系统	95%	系统完好是指所有倾斜测点均能正常工作。

$$\text{注：设备完好率} = \left(1 - \frac{\text{故障时间}(d)}{\text{检查周期内日历年数} (d)} \right) \times 100\%$$

4.5 大桥营运服务目标

“畅、安、舒、美”是我国公路行业内对公路结构所能提供的优良服务水平的共识，这也是大桥营运服务的总目标。为了实现以上总目标，对规划期大桥各类营运服务提出以下目标要求。

(1) 实时掌握当地气象台(官方)异常气候预警信息,根据大桥气象监测数据,对照安全通行管理规定,在5分钟内通知相关决策者,并采取相应的控制预案。如需关闭交通,需在15分钟内在与当地有关单位共同协调发布交通控制资讯的时间,共同发布交通控制信息。

(2) 对危及大桥安全的船舶,进行预警警示,并在1分钟内通知海事安全巡逻单位,由其视情况采取拦截或其它处理措施,消除船撞事故隐患。

(3) 大桥通畅与通行效率

$$\text{通畅率} = \left(1 - \frac{\sum \text{因运营管理(事故处理等原因)造成关闭交通时间(小时)}}{\text{一年(小时)}} \right) \times 100\%$$

$$\text{通行效率} = \left(1 - \frac{\sum \text{日均区间车速低于平均通过速度的时间(小时)}}{\text{一年(小时)}} \right) \times 100\%$$

①大桥全年安全通畅率: $\geq 98\%$ (灾害性气候造成封闭交通除外)。

②大桥全年通行效率: $\geq 98\%$ (大桥设计时速为100km/h,按平均区间行车速度90km/h计算)。

③高峰时间段开道率达100%,无因擅自关闭车道引发的车辆拥堵现象。

(4) 突发事件检测率:

$$\text{突发事件检测率} = \frac{\text{一年检测到的实际发生的突发事件(次)}}{\text{一年实际发生的突发事件(次)}} \times 100\%$$

大桥全年突发事件检测率100%。

(5) 突发事件误检率:

$$\text{突发事件误检率} = \left(\frac{\text{一年突发事件报警次数(次)}}{\text{一年实际发生的突发事件(次)}} - 1 \right) \times 100\%$$

大桥全年突发事件检测率: $< 10\%$ 。

(6) 桥面事故和现场清障(施救、洒落物等)到达时间合格率90%以上:从发现或接警后,就近巡逻车和责任单位白天20分钟以内,夜间25分钟以内到现场处理(同一时间内连续发生多起事件除外),中型救助车辆一般在30分钟内到达,大型救助车辆一般在50分钟内到达。

(7) 监控(指挥)中心电子巡逻事件发现率在65%以上,力争达到70%,无责任事故;

(8) 大桥运营、安全设施(备)齐全、完好。对路产损坏要及时修复,并做

好现场示警工作。路产损坏案件发现率 98%以上，查处率 95%以上，结案率 95%以上，修复率 100%；

(9) 55 吨以上车辆超限率达到省级规定要求，卸载率 100%；

(10) 不发生因人为事件导致的 2 公里以上堵车事件；

(11) 不发生群体性治安事件；

(12) 行政监管单位和业主单位无有效投诉、无行政复议败诉案件、无违法违规违纪、无责任事故。

(13) 对需要封闭交通或长时间占用行车道施工的桥梁养护工程，除紧急情况外应在项目开工前 15 天，发布相关信息。

(14) 对路政信息做到“五快”，即：对问题要发现快；分析问题原因快；问题处理的快；措施落实的快；处理后信息反馈快。

(15) 全面推行作业现场安全达标工作，安全管理综合达标率 100%。

(16) 全年不发生工伤死亡事故、重大设备事故、多人急性中毒事故，防止重伤事故，事故月均频率 \leq 1‰。

(17) 施工现场、固定场所环境整治达标率 100%。

4.6 大桥环境保护目标

(1) 规划期内，采取有效的环境控制体系，确保大桥通行环境质量优良，做到视觉效果舒适、低噪音、高能见度、空气无异味；

(2) 规划期内，通过科学的维护管理，实现大桥桥面平整、安全设施齐备、大桥自然景观协调的目标。

(3) 规划期内，禁止出现以下作业和行为。

①桥址区域的采砂、取土、挖掘、爆破等活动；

②桥址区域堆放、储存易燃易爆物品；

③桥址海域捕鱼、系缆、泊船等行为；

④由于大桥营运而出现破坏海洋生态安全的事件；

⑤由于管理松懈而出现危害公共安全的恐怖事件；

(4) 大桥运营期间，应注意绿化工作。绿化保存率应不低于 98%，绿化种植成活率 100%。

4.7 大桥养护队伍建设目标

规划期内大桥管养单位应采取“社会化养护”的策略，参与大桥养护的养护队伍主要由合作团队成员组成。大桥管养单位负责管理工作。规划期内，大桥养护队伍的建设目标如下表所示。

表 4.7-1 规划期内健康监测系统年完好率目标

规划阶段	教授级高工	高级工程师	所有养护人员
规划初期第一阶段	40	60	300
规划初期第二阶段	60	90	450
规划中期、规划后期	70	120	550

规划期内，大桥管养单位应建立相对固定的专家顾问团队。专家顾问团队主要由大桥建设人员、大桥管养分包单位专家等组成。其中，固定的专家顾问团队在规划初期应不少于 40 人，在规划中、后期应不少于 60 人。

5. 规划期内大桥养护准则

5.1 规划期内大桥养护总体要求

(1) 规划期内大桥的养护工作应紧紧围绕第4章中的总体目标和分项目标展开，其核心要素是百年大桥、安全为本。

(2) 规划期内大桥的养护工作应坚持走“社会化养护、专业化养护”的道路，根据大桥自身的特点，有针对性的依靠社会优势资源来进行大桥的养护。

(3) 规划期内应在风险评估的基础上，建立“预判、预警、预案、预演”的应急处治策略，将突发事件的不利影响降至最低。

(4) 规划期内大桥养护应以构件易损性分析为基础，突出养护重点。养护工作应以理念科学、质量优良、操作安全、作业快捷、方法智能、机具先进为执行标准。

(5) 规划期内应积极做好大桥机电系统、健康监测系统、人工巡检系统及其它管养系统的升级改造工作，以技术进步促养护进步、以技术创新促养护创新。

(6) 规划期内应本着“桥梁养护是桥梁设计的延伸”这一理念积极开展养护科研工作，实现对设计意图的验证、修正和拓展。

(7) 规划期内应加强大桥档案管理的电子化程度，档案管理应做到真实完整、分类有序、安全可溯。

(8) 规划期内应以“全寿命使用成本最低”的理念为指导，以预防性养护为宗旨，做好大桥资产管理和养护投资工作，实现大桥资产的保值增值。

5.2 规划期内大桥主要构件使用寿命维护准则

(修编说明：原规划中提到，“因为沥青铺装使用寿命的不确定因素较多，在本规划中不做强制规定。原则上，沥青铺装寿命不应低于8年”。结合近年来国内相关沥青混凝土铺装的运营使用情况，以及钢桥面铺装养护维修相关规范的颁布，对于桥面铺装的设计使用寿命有了较为明确的认识。本次修编将钢桥面铺装使用寿命确定为10年，并单独列出混凝土桥面铺装的寿命，与钢桥面铺装进行区分，为15年。)

杭州湾跨海大桥是由多个构件组成的结构系统，它们由于功能及材料性能的

不同在使用寿命及维护管理要求上有很大的差异。本规划中，将桥梁构件按其耐久性特征分为以下四类，即：

(1) I类构件：在整个桥梁的设计使用寿命期间需要正常检查、维护或养护小修、特殊情况下进行中修，不需要经过大修或更新即可维持正常使用的构件；此类构件在设计使用期间的管养费用不高，而初始建设费用一般较高；

(2) II类构件：通过周期性的维修和养护（例如钢箱梁周期性的涂漆等防锈措施）能够达到设计使用寿命的构件，此类构件在设计使用期间的管养费用很高；

(3) III类构件：使用寿命较短，无法使用到桥梁设计寿命终结，需要简单维护、周期性更换的重要受力或传力构件；

(4) IV类构件：使用寿命较短，无法使用到桥梁设计寿命终结，需要周期性更换的次要构件。

大桥的养护方案应以全寿命成本分析为基础制定。通过规划期的养护工作，大桥主要构件预期使用寿命应符合下表中的要求。

表 5.2-1 杭州湾跨海大桥主要构件预期使用寿命目标

构件名称	预期寿命	构件耐久性类别	是否可更换
桩基	100年	I	不可更换
承台	100年	I	不可更换，局部可修复
桥墩、索塔	100年	I	不可更换，局部可修复
箱梁	100年	I	可修补、不可更换
支座垫石	100年	I	可修补、不可更换
承台系梁	100年	I	不可更换，局部可修复
钢箱梁	100年	II	不可更换
钢管桩	100年	I	不可更换，局部可修复
钢锚箱	100年	II	不可更换，局部可修复
斜拉索	25年	III	25~30年更换1次
预应力束	100年	I	不可更换
钢护栏	100年	IV	可更换
支座	50年	IV	可更换
伸缩装置	15年	IV	可更换，局部可修复
混凝土桥面铺装	15年	IV	可更换，局部可修复
钢桥面铺装	15年	IV	可更换，局部可修复

5.3 规划期内大桥养护依据

规划期内杭州湾跨海大桥主体结构和机电系统的养护工作均须参照最新的规范和标准执行。在目前情况下，主要养护依据如下。

(1) 桥梁主体结构的养护应以《公路桥涵养护规范》(JTG 5210-2021)、《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》(交公路发〔2013〕321号)、《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发〔2018〕35号)和《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)的规定执行。建议日常巡查、经常检查、小修保养等频率较高的工作择优选择固定的养护单位承担；定期检查、特殊检查、专业性较强的预防养护、修复养护(中、大修级别)、专项养护工程按照实际情况有针对性的选择专业性较强、有相关资质和优势的单位承担。应急检查与养护工作可按公司内部相关应急流程实施。

(2) 大桥加固设计与施工应分别按照《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22-2008)、《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23-2008)等规范执行。

(3) 大桥主体结构的技术状况评估应按照《公路桥涵养护规范》(JTG 5210-2021)、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)执行，周期为1年1次。(21规范属于强制性标准)

(4) 大桥主体结构技术状况为4类或以下、需要通过特殊重型车辆荷载或遭受重大自然灾害或意外事件时应进行承载能力评估，按照《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21-2011)执行。

(5) 大桥公路技术状况指数评估应按照《公路技术状况评定标准》(JTG 5210-2018)执行，周期为1年1次。

(6) 机电系统的维护应按照《公路机电系统维护技术指南》(交公便字〔2005〕330号)、《公路隧道养护技术规范》(JTG H12-2015)执行，建议小修保养等频率较高的工作择优选择固定的维护单位承担；专项工程按照实际情况有针对性的选择优势单位承担。

(7) 大桥档案管理应按照部颁《公路桥梁养护管理工作制度》(交公路发〔2007〕336号)和《科学技术档案案卷构成的一般要求》(GB/T11822-2008)、《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》(交公路发〔2013〕321号)、《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发〔2018〕35号)执

行。

(8) 大桥养护费用计算应按照《公路桥梁养护工程预算定额》(JTG 5612-2020)、《杭州湾跨海大桥养护定额》等执行。

5.4 规划期内大桥养护制度建设准则

(修编说明: 修编各制度的修订周期)

杭州湾跨海大桥管养单位应在 5.3 节中的养护依据基础上建立针对本大桥的养护制度。规划期内需要建立并不断修编的养护制度如下。

(1) **大桥中长期养护规划。**应对大桥 30 年内的养护工作进行规划。内容应包括规划期内的养护目标、养护准则、养护计划、投资估算等。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(2) **大桥健康监测系统应用规程。**应对健康监测系统的采集频率、预警指标、响应方法、评估方法、评估成果等作出详细规定。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(3) **大桥专用养护标准。**应包括大桥主体结构的养护标准和大桥机电系统的养护标准两大部分。养护标准应以现行的养护规范、评估规范为基础, 结合杭州湾跨海大桥的结构特点制定。标准应包含检查标准、养护维修标准、评估标准等。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(4) **大桥养护手册。**应包括大桥主体结构的养护手册和大桥机电系统的养护手册两大部分。养护手册的编制应以风险评估和构件易损性分析为基础, 并应符合大桥中长期养护规划和大桥专用养护标准的规定。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(5) **大桥应急预案。**应在风险评估的基础上制定大桥面临的各类突发事件的应急处治方法。规划期内, 应每年组织对应急预案的演习工作。一般情况下, 修编周期为 3 年。

(6) **大桥档案管理规程。**应对大桥基础资料、管理资料、检查资料、养护维修资料、特殊情况资料等的建档、维护作出详细规定。该规程也包含对电子化档案管理系统建立和维护的要求。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(7) **大桥固定资产管理规程。**应对大桥固定资产投资、编码、调拨、清查、报废、核算、折旧等方面的管理作出详细规定。该规程也包含对固定资产管理平台系统的建立和维护要求。一般情况下, 修编周期为 5 年。

(8) 大桥专用养护定额。应根据大桥实际情况对检查、养护、维修、加固等养护工作的取费标准作出详细规定。一般情况下，修编周期为5年。

以上所有养护制度，在相关法律、规范、标准修编，或大桥状况发生重大改变时也应立即进行相应修编。

5.5 规划期内大桥养护工作划分准则

(修编说明：按照部2018年35号文和近年来相关规范制定情况，应加桥梁日常巡查工作纳入到检查工作类型中，并按规定频率开展。)

大桥主体结构的养护工作可分为检查和养护工作两大类，具体如下。

1、检查工作

按照《公路桥涵养护规范》(JTG 5210-2021)和《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发〔2018〕35号)的规定，大桥主体结构的检查分为日常巡查、经常检查、定期检查和特殊检查，具体如下表所示：

表 5.5-1 桥梁结构检查类型

检查类型		内容	频率
日常巡查	日巡查	主要是对桥梁可视范围内的构件及附属设施进行的日常性巡视	不少于1次/日
	夜巡查	巡查桥梁照明系统是否正常工作，夜间行车的标志、标线是否缺损、失效。	不少于1次/周
经常检查		对桥面设施、上部结构、下部结构及附属结构物的技术状况进行的检查。	不少于1次/月
定期检查		为评定桥梁使用功能，制定管理养护计划提供基本数据，对桥梁主体结构及其附属构造物的技术状况进行的全面检查，它为桥梁管理系统搜集结构技术状态的动态数据。	1次/年
特殊检查	专门检查	根据经常检查和定期检查的结果，对需要进一步判明损坏原因，缺损程度或使用能力的桥梁，针对病害进行专门的现场试验检测、验算与分析等鉴定工作。	视具体情况而定
	应急检查	当桥梁受到灾害性损伤后，为了查明破损状况，采取应急措施，组织恢复交通，对结构进行的详细检查和鉴定工作。	

按照养护维修的规模，并结合《公路桥涵养护规范》(JTG 5210-2021)和《公路养护工程管理办法》(交公路发〔2018〕33号)的规定，大桥主体结构的养护维修工作可分为以下几种。

表 5.5-2 桥梁结构养护维修工作分类表

养护工程	养护工程定义	主要工程	具体作业内容
预防养护	针对公路路基路面、桥隧构造物在结构强度充足、功能性能保持良好或有较轻病害的情况下,以预防性能过快衰减,延长使用寿命为目标而采取的主动防护工程。	路基预防工程	整段加固路肩; 整段开挖边沟、截水沟或铺砌边沟; 集中加固维修涵洞进出口铺砌结构; 生态防护、网格防护; 增设或完善排水设施,如拦水带、泄水槽等; 集中修理挡土墙、护坡、抗滑桩、锚固结构等防护及支挡结构物的轻微病害;其它在不增加结构强度的前提下,对路基病害进行的集中处治。
		路面预防工程	恢复路面使用功能的封层技术; 直接加铺厚度 $\leq 4\text{cm}$ 的表层处治沥青路面的病害; 涉及上面层功能性恢复的铣刨重铺;现场热再生技术;板底脱空处治、接缝材料集中清理更换; 当破碎板比例 $\leq 10\%$ 时,对整段水泥混凝土路面病害的集中处治。
		桥梁预防工程	桥梁预防养护是指桥梁整体性能现状良好,但有轻微病害,为延缓性能过快衰减、保证桥梁预期使用寿命而预先采取的主动防护工程(即除了日常保养和维修加固外,防止结构快速退化的养护措施)。
修复养护	在路基路面或桥隧构造物已出现明显病害或部分丧失服务功能的情况下,以恢复技术状况为目标,针对路基路面或桥隧构造物发生的不同程度损坏而进行的功能性、结构性修复、加固、改造或重建,并配套完善公路沿线设施。 按工程规模分为小修、中修、大修。 小修 < 500 万元 500万元 \leq 中修 < 5000 万元	路基修复工程	维修加固路基的沉陷、侧滑等病害;大范围的边坡削坡、处治冲刷病害; 增设、重设或加固路基防护及支挡结构物; 局部路基的加高、加宽、裁弯取直;沉降、桥头跳车;集中更换安装路缘石、硬化路肩、修复排水设施;重建、新建、接长涵洞。
		路面修复工程	针对路面结构采用的直接加铺厚度 $> 4\text{cm}$ 的路面结构;涉及中面层、下面层或基层结构性恢复的整段铣刨重铺; 当破碎板比例 $> 10\%$ 时,对整段水泥混凝土路面病害的集中处治;水泥路面的“白改黑”工程。
		桥梁修复工程	桥梁的维修加固或重建。
		绿化修复工程	更换、新植行道树及花草,开辟苗圃等;公路景观提升、路域环境治理等。
		交安设施	整段护栏新增; 整段隔离栅更换;大段落标线划设。设置声屏障。

养护工程	养护工程定义	主要工程	具体作业内容
	大修≥5000万元	沿线设施	收费站、服务区场地维修
专项养护	以恢复、保持和完善公路附属设施服务能力为目标,而集中实施的各类专项修复、定期更换和完善增设等工程。	交安设施、绿化养护工程、交安设施和沿线设施完善工程	根据国家、省委等相关要求,开展的专项型养护改造项目,如:高速公路标志调整完善工程,“五清三化”工作等。
应急养护	在突发情况下造成公路设施损毁时,以最快速度恢复公路安全通行为目标,针对造成公路中断、严重影响公路安全通行或者产生重大风险隐患的损害而实施的应急性抢通、保通、抢修及灾毁修复工程。	应急抢通工程	对台风、暴雨、山体滑坡、严重交通事故等造成的大规模路面障碍物的清理;对台风、暴雨、山体滑坡等造成的路基塌方或中断的清理、抢修;撞击、火损、超载造成垮塌桥涵隧的抢通、抢修。
		灾毁修复工程	整路段路面损毁的修复;对台风、暴雨、山体滑坡等造成的路基塌方进行的修复;边坡出现崩塌、落岩等严重威胁安全通行的病害时进行的修复;撞击、火损、超载造成垮塌桥涵隧的修复。

(修编说明:与一般跨径桥梁不同,杭州湾跨海大桥由于规模较大,运营养护功能及设施数量众多,因此其机电系统的养护管理不能按常规的方式进行。原有规划中,主要参照《公路机电系统维护技术指南》(交公便字〔2005〕330号)的相关规定制定了工作准则,内容较不全面。本次修编,将结合《公路隧道养护技术规范》(JTJG H12-2015)中有关机电设施养护的相关规定进行工作准则的确定。)

大桥机电系统的维护应按照《公路隧道养护技术规范》(JTJG H12-2015)中机电设施的相关内容执行。建议日常巡查、清洁维护、机电检修与评定中的经常检修等频率较高的工作择优选择固定的维护单位承担;机电检修与评定中的定期检修、专项工程等内容按照实际情况有针对性的选择专业性较强、具有优势的单位承担。应急检修工作可按公司内部相关应急流程实施。

按照《公路隧道养护技术规范》(JTJG H12-2015)的规定,大桥机电系统的维护工作分为日常巡查、清洁维护、机电检修与评定、专项工程等,具体如下表所示。

表 5.5-3 机电系统维护工作分类表

类别	定义	
日常巡查	在巡视车上或通过步行目测以及其他信息化手段对机电设施外观和运行状态进行的一般巡视检查，并对检查结果及时记录。	
清洁维护	对机电设施外观的日常清洁，以经常保持机电设施外观的干净整洁	
机电检修与评定	经常检修	通过步行目测或使用简单工具，对设施仪表读数、运转状态或损坏情况进行的检查并对检查结果定性判断，对损害零部件应及时进行维修更换。
	定期检修	通过检测仪器对机电设施运转状态和性能进行的全面检查、标定和维修。
	应急检修	相关机电设施发生异常事件、重大事故或自然灾害后对机电设施进行的检查和维修。
专项工程	对机电设施进行的集中性、系统性维修，使其满足原有技术标准。专项工程可根据设备运行状态启动。	

5.6 养护工作分级准则

(修编说明：按《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021) 要求新增。)

根据《公路桥涵养护规范》(JTG 5120-2021) 规定：

3.1.1 公路桥梁养护检查等级应分为 I、II、III 级，分级标准应符合下列规定：

1 单孔跨径大于 150m 的特大桥、特别重要桥梁的养护检查等级为 I 级。

2 单孔跨径小于或等于 150m 的特大桥、大桥，以及高速公路或一、二级公路上的中桥、小桥的养护检查等级为 II 级。

3 三、四级公路上的中桥、小桥的养护检查等级为 III 级。

4 技术状况评定为 3 类的大、中、小桥应提高一级进行检查。

5 技术状况评定为 4 类的桥梁在加固维修前应按 I 级进行检查。

根据上述规定，杭州湾跨海大桥全桥养护检查等级应确定为“ I 级”。

5.7 规划期内管养辅助系统升级改造准则

5.7.1 规划期内大桥健康监测系统升级改造准则

规划期内，杭州湾跨海大桥的健康监测系统在升级时应以统一性、经济性、可靠性、实用性、前瞻性、安全性、分步性为准则。

(1) 系统的统一性：即本项目的南北航道桥、引桥、海中平台、观光塔统一

服务于一条高速公路系统，应采用统一规划、统一研究、统一模式和标准的监控管理方案，统一安装、集成、调试，建成后统一维护和管理。

(2) 系统的经济性：即采用有代表性、少而精的监测信息包含最多的结构状态信息，能够高效地用于结构安全状态的受力把握。

(3) 系统的可靠性：系统应具有能真实反映桥梁所处自然环境、运营环境以及结构响应的信息的可靠性；

(4) 系统的实用性：系统能够真正用于保障行车安全和结构安全承载，能够真正用于指导结构运营养护以及设计验证；

(5) 系统的前瞻性：系统应充分考虑桥梁健康监测技术以及大桥其他数字化、信息化建设管理技术的进步，并适时对系统进行扩展和升级。

(6) 系统的安全性：系统设计实施与结构设计紧密结合，在确保系统的建设不对结构相关构件或区域的耐久性、安全性有影响的前提下，系统稳定安全运行。

(7) 系统的分步性：杭州湾跨海大桥根据桥龄的不同，会有不同的需要关注的问题。系统应根据监测侧重点的不同、养护计划以及资金情况分步实施。

5.7.2 规划期内大桥资产系统升级改造准则

规划期内，杭州湾跨海大桥的巡检养护系统的升级改造应以**规范化、网络化、协同化、流程化、开放化、直观化、便捷化**为准则。

(1) 系统的规范化：巡检养护系统中巡检制度、评估方法、养护维修措施等都必须以最新的规范为基础。

(2) 系统的网络化：巡检养护系统应实行网络化的架构，其各模块，如地理信息系统、信息管理系统等应支持网络化的办公。

(3) 系统的协同化：巡检养护系统应体现出协同化办公的理念，支持多用户按不同岗位登陆系统，协同完成相关工作，以提高巡检养护工作效率。

(4) 系统的流程化：巡检养护系统应通过流程化的报批和审查制度体现出大桥管养单位对于巡检养护工作的管理模式，以提高巡检养护工作质量。

(5) 系统的开放化：巡检养护系统的病害库、措施库等关键数据库应为用户提供开放的接口，以适应大桥养护工作可能发生的各种变化。

(6) 系统的便捷化：巡检养护系统应充分吸收最新的移动终端、数据传输等技术，使巡检养护工作能够方便快捷的完成。

5.8 规划期内大桥科研准则

规划期内科研工作应做到有的放矢。科研工作应主要围绕运营环境、结构响应、养护技术、养护标准、桥梁耐久性等五个方面展开。

(1) 运营环境。主要包括腐蚀环境、风环境、基础冲刷、交通荷载等的科研工作。

(2) 结构响应。主要包括大桥变位、大桥疲劳开裂、大桥振动特性变化等方面的科研工作。

(3) 养护技术。主要包括桥梁检测、监测技术，桥梁养护、维修技术等方面的科研工作。

(4) 养护标准。主要包括养护规范、养护手册、应急预案等方面的研究工作。

(5) 桥梁耐久性。主要包括桥梁性能退化、桥梁全寿命养护策略、桥梁耐久性防护等方面的科研工作。

5.9 风险管控与应急管理准则

(修编说明:依据《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发〔2018〕35号)中有关桥梁应急管理相关的工作要求,在本次修编中对杭州湾跨海大桥规划期内的应急管理工作相关要求补充、完善。)

规划期内,杭州湾跨海大桥应急管理工作应满足下列基本规定:

(1) 完善安全风险识别制度。完善桥梁检查类别和频率规定,重要桥梁单独制定检查制度,强化安全风险辨识和评估。加强桥梁例行检查、专项检查,及时开展特殊检查,健全桥梁安全分级监管机制,完善桥梁信息分级报送机制。

(2) 提升应急处置能力。完善公路应急处置预案体系,及时有效处置公路桥梁突发事件。跨江跨海跨峡谷等特殊桥梁按照“一桥一策”完善应急处置预案,并纳入属地应急预案体系。加强桥梁应急抢险装备物资配备及队伍建设,定期开展应急演练,强化应急保障关键技术研发应用。

(3) 杭州湾跨海大桥养护管理单位应当按照交通运输主管部门应急预案要求,针对长大桥隧特点制定专项安全运行应急预案(包括突发事件和结构损伤类),并与地方人民政府应急预案相衔接。

(4) 杭州湾跨海大桥养护管理单位应当根据应急工作需要,配置必要的应急

人员和设备，加强应急设备维护和应急救援队伍的业务培训，提高应急处置能力。应急救援队伍和物资应通过公司发文的形式进行明确。

(5) 杭州湾跨海大桥养护管理单位应加强与地方公安交通管理、反恐、消防、交通运输、安监、海事、航道和卫生医疗等单位的联动协调，确保应急状况下反应迅速、协调有序。对于经常进行联勤的单位，应建立相关的联动协调工作制度。

(6) 杭州湾跨海大桥养护管理单位应当每年组织针对火灾、交通事故、自然灾害等突发事件的专项应急演练。应急演练应有专项资金保障，并保障演练过程得到有效实施，演练方案、过程资料、总结文件齐全；在演练结束后及时对应急预案进行修编、完善。

(7) 当遇有导致大桥交通中断、重要受力构件损坏或其他易引发重大伤亡的突发事件时，杭州湾跨海大桥养护管理单位应当立即启动应急预案，采取相应措施，会同有关单位迅速疏散车辆和人员，尽可能保证车辆、人员安全和长大桥隧安全，并为进一步开展应急救援和处置工作创造有利条件。

(8) 杭州湾跨海大桥养护管理单位应将突发事件情况按规定上报，并跟踪事件发展和处置情况，及时续报。

(9) 影响大桥安全运行的突发事件处置结束后，杭州湾跨海大桥养护管理单位应当对应急处置工作进行总结评估，完善应急预案和应对措施。总结评估情况按相关规定报有关部门。

(10) 在规划期内，杭州湾跨海大桥养护管理单位应当按照有关规定建立健全风险管理和隐患排查工作制度，编制风险辨识手册，建立风险动态监控机制，定期开展隐患排查工作，对发现的隐患应及时采取相应的处治措施。

6. 规划期内大桥养护体系

6.1 规划期内大桥养护模式

在本规划编制过程中，对于国内十几座跨江跨海特大桥的养护模式做了调研。调研发现各桥管养单位依据自身管养水平的实际情况，在社会化养护方面进行了积极的尝试。但各大桥检查工作社会化程度有所不同。

有的大桥保留有一定规模的养护队伍，完成全部经常检查工作，而定期检查和特殊检查则采取分包方式，如江阴大桥、青州闽江桥。江阴大桥成立了自己专业化的养护大队，除了完成桥梁本身的经常性检查外，还承担检测和维修的监理工作。青州闽江桥的管养队伍仅有 10 多人，但由于仅管理主桥部分，且巡检通道较为完善，除定期检查和特殊检查外，所有检查养护工作均自行承担。

有的大桥则主要依托社会力量来进行检查工作，如厦门海沧大桥参与检查的本公司人员数量就很少，主要借助社会力量。大桥管养人员在大桥构件状况良好时自己完成经常检查工作。一旦大桥某构件出现明显损伤，则委托专业单位对该类构件进行经常检查。

在定期检查和委托方式上，各大桥也有不同。天津滨海桥管养单位委托一家检测单位负责桥梁所有构件的定期检查工作，管理方便，责任明确。南京长江二桥管养单位则将检查工作进行切割分包，如钢箱梁分包给一家单位，斜拉索分包给一家单位，这样可以根据检查内容委托更为专业的队伍来完成检查工作，保证了检查的质量和深度。

对于规划期内杭州湾跨海大桥的养护模式，应该结合自身特点，吸收其它各个大桥的优点。根据开展的业务范围和特点，大桥管理公司有两种模式可供选择。

(1) 管理型

管理型的大桥运营管理公司的主要特点是管理人员组成精干队伍，内部机构精简，组织灵活，主要从事管理工作。作业层的工作，则通过合同与社会上各个专业公司建立关系。目前大多数大桥管理公司采取这种模式。

(2) 实体型

实体型的大桥运营管理公司区别于管理型的大桥运营管理公司的特点是拥有

其专业的作业层队伍，如养护队伍、巡查队伍等，能够为管理委托方提供从管理到操作的各方面的服务，它对资源的要求比较高。

显然，目前杭州湾跨海大桥管养单位的养护模式属于“管理型”。大桥四年的养护实践表明，“管理型”的养护模式符合大桥的实际情况，在规划期内仍应选用该模式。建议管养单位在规划期内逐渐建立“分项养护、总体评估”的专业化养护体系和多层次的专家顾问体系。

(1) “分项养护，总体评估”的专业化养护体系

杭州湾跨海大桥属于特大型复杂结构，有许多桥梁构件具有构造复杂、养护困难的特点。比如伸缩缝、斜拉索、阻尼器、钢管桩等。对如此复杂的结构体系，很难单靠一两家单位来实现高质量的养护。在规划期内应逐步实现分构件由相对固定的专业单位承担养护工作。这些专业单位可以是具有资质的检测单位，科研机构或是生产厂家。但应具有以下条件：

- ①有充分证据证明该单位对被养护构件的构造非常了解；
- ②该单位曾有对类似桥梁构件进行检查和养护维修的经验。

但由此带来的一个负面效应就是参与大桥检查的单位众多，且都专注于对某些构件的检查，不能胜任对全桥的技术状况评估。因此，在规划期内应该由一家专业单位来实现对于全桥技术状况的评估。该单位应该对大桥的结构特点有充分的了解，并有能力把握和整合各个检测单位提供的检测报告。

(2) 多层次的专家顾问体系

管理型的养护模式注定了要充分利用社会资源来为大桥的养护工作服务。这既包括借助专业单位来实现有针对性的养护，也包括借助有经验的专家团队来为大桥的养护工作进行评价、建议和指导。对于大桥管养单位来说，只有充分借助专家团队的力量，才能实现对养护方案和养护效果的有效把控。

规划期内，大桥应逐渐建立以下三个层次的专家顾问团队：

①分包单位专家组。这部分专家主要由分包单位的相关专家组成。这些专家对自己所在单位分包的养护工作较为熟悉，能够为管养单位提供最及时的专业咨询。

②大桥技术专家组。这部分专家是管养单位长期聘用的相对固定的专家团队。该团队应主要由参与大桥建设的相关专家组成。如大桥的建设管理人员、设计人员、施工人员等。该团队的专家对大桥结构状况最为熟悉，能够对大桥各分包单

位提供的养护成果进行综合判断，进而在大桥的整体评估、养护计划安排、养护方案改进等方面提供意见和建议。

③特邀技术顾问。特邀技术顾问主要由行业内相关领域的知名专家组成，成员相对不固定。管养单位应根据所要解决的问题的具体类型，有针对性的邀请具有相关研究经验的专家参与到养护工作中来。

在建立了上述专业化的养护体系和专家顾问体系后，规划期内大桥的养护工作模式如下图所示，描述如下：

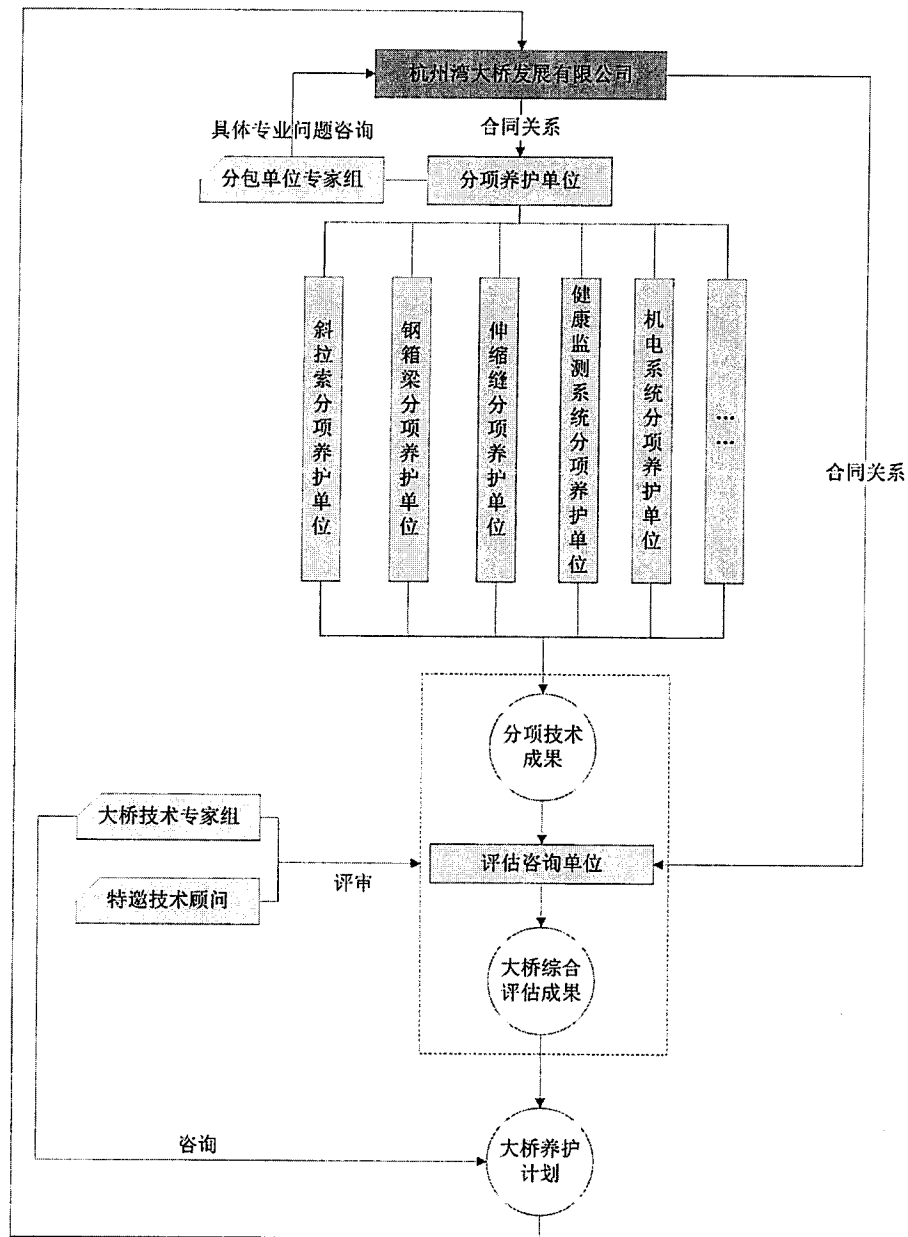


图 6.1-1 规划期内杭州湾跨海大桥养护工作模式

①管养单位按照大桥的实际情况，将养护工作切割分包给具有优势的专业养护单位。

②养护实施过程中，对于养护中出现的问题，管养单位及时咨询分包单位专家组的意见，以保证养护工作顺利实施。

③各分项养护单位定期形成各自的养护技术成果。由管养单位组织大桥技术专家组进行评审。管养单位可根据实际情况特邀行业内的其他专家参与评审。

④评审后的养护技术成果交由管养单位选定的评估咨询单位进行综合评估，实现对全桥状况的把握。由管养单位组织大桥技术专家组进行评审。管养单位可根据实际情况特邀行业内的其他专家参与评审。

⑤管养单位根据综合评估的结果和分项养护技术成果制定下阶段的养护计划。在制定过程中充分听取大桥技术专家组的意见。

⑥根据养护计划，按①~⑤执行下一阶段的养护工作。

规划期内，以上养护流程一般以1年为周期。

6.2 规划期内大桥养护体系

(修编说明：补充大桥“五位一体”养护体系内容)

跨海大桥运维体系是指那些为维护大桥运行安全、稳定、高效而进行的一系列管理活动和技术应用。这个体系通常包括桥梁的日常巡检、设备保养、损坏维修、故障应急处理、工程改造等环节。在具体实施过程中，需要根据桥梁的结构特点、使用状况、外界环境等因素，制定出科学合理的运维策略，并采取有效措施，以确保大桥的正常运行。

为了更好地进行桥梁的全寿命管理，促进桥梁积极开展养护工作，确保桥梁养护资金在规划期内的有效支配，最终保障桥梁良好的服务水平和技术状况，有必要制定完备的养护体系。此养护体系主要包括**养护规划、养护手册、养护标准、养护定额、综合评估**5方面内容。养护手册现已得到各大桥养护单位重视，大部分养护单位制定了通用或者专用的养护手册。养护规划、养护标准、养护定额、综合评估也是跨海大桥养护体系的重要组成部分，其内容针对大桥不同养护需求进行，是专业化养护的必然要求。

通过将管养工作从前期准备到末端监督管理所涵盖的全部环节进行系统梳

理，搭建了“五位一体”运维体系，使传统的“点式管理”转变为“链条式管理”，如图所示。

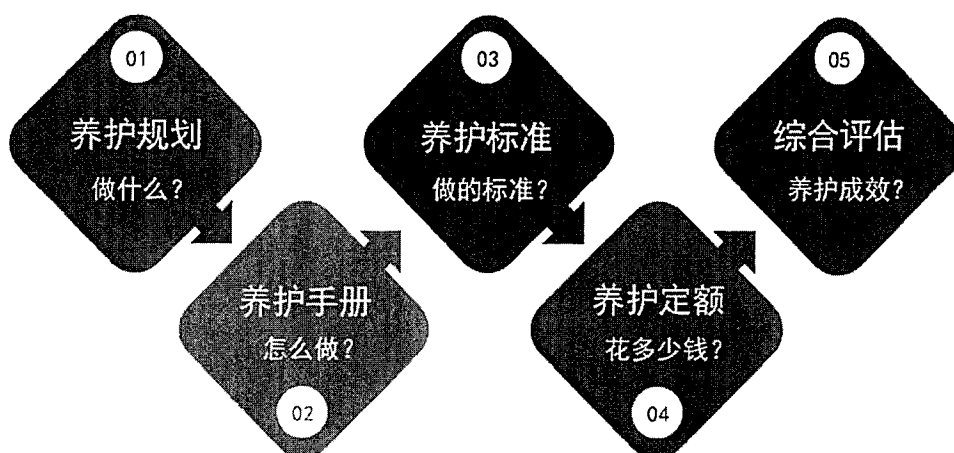


图 6.2-1 跨海桥梁“五位一体”运维体系

此外，还建立了形成了高度契合跨海大桥管养特征的成套标准知识库和数据体系。跨海大桥的资产信息数据标准主要是关于大桥各项资产的详细数据和信息，包括桥梁的设计参数、施工数据、运营数据、维护记录等。这些数据需要按照统一的标准进行收集、记录、存储和管理，以便于进行有效的信息查询、数据分析和决策支持。同时，通过统一的数据标准，也可以实现不同系统、不同部门之间的信息共享和数据交换，提高整个运维体系的工作效率。

6.3 规划期内大桥养护机构

大桥的养护工作主要由技术养护部负责管理。因此，对大桥养护机构的规划主要围绕该部门展开。

(1) 分设工程科和养护科

随着大桥运营时间的增长，大桥养护工作将日益繁重。目前，大桥已度过了缺陷责任期。今后，大桥的维修工作也将由管养单位承担。技术养护部的组织架构应根据未来养护工作的需要进行调整。

为了应对规划期内的各类维修加固任务，大桥技术养护部需要完成从目前的养护到未来的养护、维修兼顾的职能转变。因此，建议在技术养护部下分设工程科和养护科。工程科主要负责大桥各类维修加固工作，养护科主要负责大桥的检查保养工作。无论是工程科和养护科，都必须配备足够的结构和机电方面的人才。

(2) 成立技术研发科

杭州湾跨海大桥在建设期取得了一系列的科研成果，在运营期也开展了多项专题研究工作，包括与浙江大学、宁波工程学院合作进行了耐久性技术研究，与浙江省河海测绘院合作进行桥墩局部冲刷研究，并自主进行钢构件防腐处理技术研究，可继续加强与养护管理和结构安全密切相关的研究工作。但在养护维修新工艺、新材料、新技术的研发上可借鉴其他大桥的经验，大力研发适用于杭州湾跨海大桥特点的工艺和技术。技术研发科即主要负责规划期内大桥科研的管理工作。

针对大桥的养护模式，对于技术的研发工作仍应以外包为主。管养单位可考虑成立大桥综合试验室，由技术研发科负责该试验室的管理工作。该试验室主要为科研分包单位提供相关科研支持，配合科研单位完成相关科研工作。

除此之外，随着养护工作的深入开展，将有大量的养护资料需要归档。而这些资料又与技术研发密切相关，因此可考虑将技术养护部的档案室设在技术研发科。

调整后的技术养护部组织架构如下图所示。

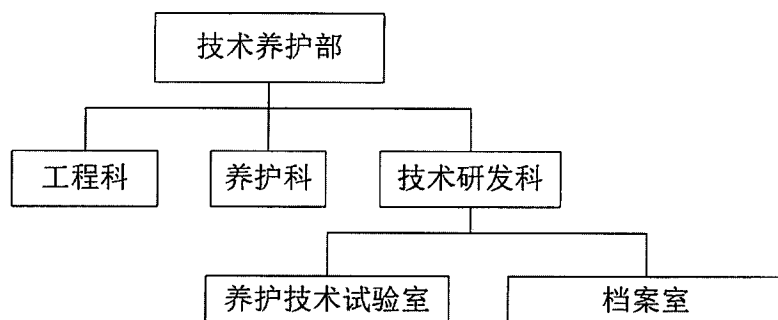


图 6.2-1 调整后的技术养护部组织架构

目前，与大桥合作的专业团队共有 20 余家，参与大桥养护的分包单位人员有近 300 人。预计在规划期内，该规模还将上升。因此，需要对大桥管养单位自身的养护队伍进行适当的扩充。根据杭州湾跨海大桥的规模，参考其它工程项目，对大桥技术养护部编制规划如下表所示。

表 6.2-1 技术养护部人员编制规划

部门	规划初期第一阶段 (2012-2016 年)	规划初期第二阶段、规划中期、规划后期 (2017-2041 年)
部门领导	经理 1 人，总工 1 人	经理 1 人，总工 1 人
工程科	工程师 1 人，技术人员 2 人	高级工程师 1 人，工程师 2 人，技术员 3 人

养护科	检测师 1 人, 检测员 1 人 技术员 2 人	检测师 1 人, 检测员 2 人 技术员 3 人
技术研发科	工程师 1 人, 研究人员 2 人, 档案员 1 人	高级工程师 1 人, 工程师 1 人, 研究人员 3 人, 档案员 1 人
合计	13 人	20 人

7. 规划期内大桥风险事件评估与应急管理

(修编说明:根据《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发〔2018〕35号),“当遇有导致长大桥隧交通中断、重要受力构件损坏或其他易引发重大伤亡的突发事件时,长大桥隧经营管理单位应当立即启动应急预案,采取相应措施,会同有关单位迅速疏散车辆和人员,尽可能保证车辆、人员安全和长大桥隧安全,并为进一步开展应急救援和处置工作创造有利条件”。因此,本次修编除了对原规范中的风险事件进行分析评估外,还将从桥梁重要受力构件损坏的角度对相关风险进行分析。)

7.1 规划期内大桥风险事件等级评估

大桥在运营期将面临大量风险事件。按照《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南》的规定,对于大桥运营期的风险事件等级分为四类,如下表所示。

表 7.1-1 风险水平接受准则

风险等级	要求
I	风险水平可以接受,当前应对措施有效,不必采取额外技术、管理方面的预防措施
II	风险水平有条件接受,工程有进一步实施预防措施以提升安全性的必要
III	风险水平有条件接受,必须实施削减风险的应对措施,并需要准备应急计划
IV	风险水平不可接受,必须采取有效应对措施将风险等级降低到III级及以下水平

在规划编制过程中,对大桥运营期的主要风险事件进行了评估,评估综合考虑了风险事件发生的概率和风险事件产生的损失两个方面的影响。按照《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南》的规定,风险概率和风险损失各自分为五个等级,采用风险矩阵的方式,组合确定风险等级。风险概率和风险损失等级划分方法参照指南中的规定,风险矩阵如下表所示。

表 7.1-2 风险水平等级矩阵表

风险损失	风险概率				
	1	2	3	4	5
1	I	I	II	II	III
2	I	II	II	III	III
3	II	II	III	III	IV

风险损失	风险概率				
	1	2	3	4	5
4	II	III	III	IV	IV
5	III	III	IV	IV	IV

风险水平等级的评价结果结果如下表所示。对于下表中总体风险等级为III类的风险事件在养护管理中要特别注意。

表 7.1-3 杭州湾跨海大桥运营期风险总体评估结果

序号	代号	风险事件	风险等级	
1	R-1-1	地震风险	发生 6 度及以下地震	II
2	R-1-2		发生 7 度地震	II
3	R-1-3		发生 8 度及以上地震	II
4	R-2-1	风致灾害风险	发生 8 级及以下大风事件	I
5	R-2-2		发生 9 级至 11 级台风事件	II
6	R-2-3		发生 12 级及以上超强台风事件	II
7	R-3-1	船撞风险	发生桥墩擦伤或梁底擦刮事件	III
8	R-3-2		大型船舶撞击导致桥墩折断或主梁刮落事件	II
9	R-4-1	火灾风险	火灾导致大桥构件损毁	III
10	R-5-2	暴雨灾害风险	暴雨对桥面通行产生不利影响事件	II
11	R-6-1	冰雪灾害风险	冰雪灾害对桥面通行产生不利影响事件	II
12	R-6-2		冰雪冻融不利影响事件	I
13	R-7-1	大雾灾害风险	能见度小于 50 米的强浓雾事件	II
14	R-7-2		能见度大于 50 米小于 500 米的浓雾事件	I
15	R-8-1	基础冲刷风险	基础冲刷导致大桥桩基变位或承载能力不足	III
16	R-9-1	采集地下水导致地面不可控沉陷风险	地面不可控沉陷事件	III
17	R-9-2	无节制围涂风险	围涂引起冲刷变化并导致桩基变位或承载能力不足	III
18	R-10-1	车辆超载风险	车辆超载导致结构垮塌	II
19	R-10-2		车辆超载导致结构疲劳破坏	II
20	R-11-1	危险品运输	危险品泄露导致结构受损	II
21	R-12-1	结构损伤风险	桥梁垮塌	II
22	R-12-2		拉索断索	II
23	R-12-3		拉索异常振动	III
24	R-12-4		主梁异常振动（涡振）	II
25	R-12-5		混凝土结构重大损伤	II
26	R-12-6		钢结构重大损伤	II

27	R-12-7		梁体或下部结构偏位	II
28	R-12-8		基础冲刷导致大桥桩基变位或承载能力不足	II
29	R-12-9		伸缩缝梳齿板翘齿/脱落	II
30	R-12-10		护栏严重损伤	II

注：表中的风险等级综合反映了概率和损失两大因素。因此，部分风险事态虽然损失较大，但因发生概率较低，其风险等级也相对较低。

7.2 规划期内关键风险事件分析

7.2.1 船舶撞击导致桥墩或主梁刮擦事件

从 1960 年以来，国内外每年平均有 1~2 座大型桥梁因船舶撞击而倒毁或遭受严重破坏。由于杭州湾跨海大桥跨越海上通航水域，大风、狂潮、涌浪、浓雾、机械故障、人为失误等因素都可能导致船舶与大桥发生碰撞。

其中，嘉兴引航锚地距离大桥的最近处约为 0.7 海里，平均每个月有 350 艘船舶在此锚泊，同时大桥车辆通行密度大，一旦发生碰撞事故，往往后果非常严重。根据调查，仅在大桥建设期间，就发生了两起通航船舶撞击大桥的事故（2005 年 4 月发生的船舶锚泊时发生走锚而撞击 C22 桥墩事故，2006 年 8 月新加坡籍船舶发生触碰大桥事故，使得大桥桥墩、梁板不同程度损坏）。

从船撞造成的损失来看，对于杭州湾跨海大桥而言，由于船撞导致结构垮塌的可能性比较小。但由于船撞造成桥墩或主梁刮擦的可能性却很大。特别是，如果船舶撞击到大桥钢结构，往往会造成钢结构开裂或变形，带来很大的维修加固困难。

例如，我国长江上某特大型钢箱梁桥就发生过船舶撞击箱梁底板事件，导致箱梁变形、开裂。如下图所示。

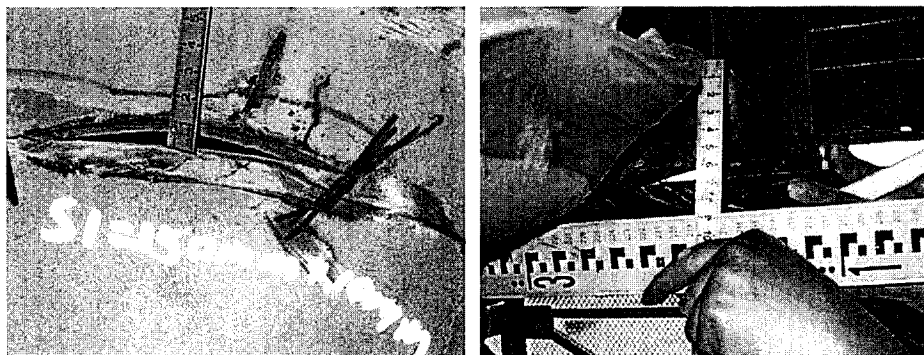


图 7.2.1-1 船舶撞击导致的钢箱梁开裂（左）和变形（右）

大桥管养单位应对通航安全预警处理采用主动式桥梁防撞拦截方案。和地方海事局联合成立杭州湾跨海大桥桥区通航安全管理站，通过 VTS 船舶通行监视系统和 AIS 海事自动识别系统，实时掌握桥区内船舶行驶状况。并对可能撞击桥梁的船舶提前预警。

7.2.2 火灾导致大桥构件损毁

就所见报道来说，无论是桥梁工程的施工过程还是运营期间，由于可燃堆积物管理不当引起的火灾事故案例很多，数不胜数。由于交通车辆引起的桥梁火灾事故则相对较少。这主要是因为虽然公路交通事故造成的火灾事故发生频繁，但是由于桥梁里程相对较短，发生在桥梁上的概率比较低。

但对于杭州湾跨海大桥这样的长大桥梁而言，由于交通车辆引起的桥梁火灾同样不可忽视。类似长大桥梁上已经发生多起由交通车辆引起的火灾事故。例如，2011 年 10 月，一辆满载易拉罐的大型货车在行驶过程中突然发生自燃，货车驾驶员紧急将货车停靠在某斜拉桥斜拉索旁的应急停车带内，随后火势急增且无法控制，车体在桥面发生剧烈燃烧，导致该斜拉桥一根斜拉索和周边区域的桥面烧损严重。

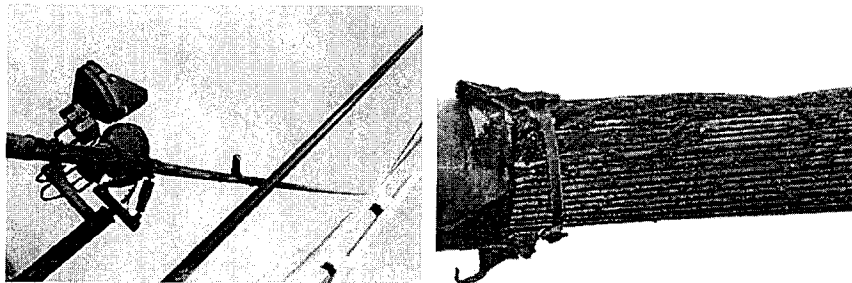


图 7.2.2-1 某斜拉桥火灾现场及遭烧损的斜拉索

经调研，杭州湾跨海大桥在施工及运营过程中，已发生过 3 起火灾事故。2010 年 3 月，由于工人违规进行电焊作业，导致杭州湾跨海大桥海中平台在建工程发生火灾。火灾共烧毁 300 平方米挤塑保温板及部分安装的管线和正在施工的吊顶，过火面积达到了 800 余平方米，由于扑救及时，未造成人员伤亡。但火灾事故在短时间内引起各界媒体和广大群众的广泛关注，社会影响较大。

2011 年 11 月初，一辆运输蜡烛的汽车经过大桥混凝土箱梁段时发生火灾。燃烧的蜡烛油沿桥面排水管顺着悬臂板进行了燃烧，翼缘板混凝土损坏严重。

2012年2月,一辆运输纱布、纸箱等易燃物品的货车在大桥上发生自燃,造成大桥栏杆烧损。

规划期内,发生火灾的风险应引起管养单位的充分重视。钢结构发生火灾后,如处理不当(如用冷水浇灭)还会引起钢结构力学性能的变化。**建议管养单位将大桥主要构件烧损过程及处治策略作为一个专题进行研究。**火灾应急预案的制定应以研究成果为基础。

7.2.3 基础冲刷导致大桥桩基变位或承载能力不足

钱塘江河口受自东海经杭州湾传入的潮波影响,水位每日两涨两落,由于河宽急剧收缩和河床迅速抬高,潮波剧烈变形,使得潮流、潮差和涌潮都十分剧烈。杭州湾跨海大桥桥址区所在的尖山河段河床宽浅、潮强流急、涌潮汹涌、潮差很大,涨落潮流速强劲。

杭州湾跨海大桥主体结构在开工前做了局部冲刷试验。但由于历史原因,大桥桥墩局部冲刷试验中,并未考虑海中平台墩与大桥之间的相互影响,加之海中平台墩的建设方法跟建模之初的设计方案相比,有所改变,桩数增多、间距减小,平台下部两侧涨潮流明显加强,并对上游左右匝道墩影响较大,运行条件更差。

根据浙江省河海测绘院的测量报告,由于海中平台及其前端观光塔塔基的阻水挤压作用,平台两侧的水流得到加强,形成条带状冲刷坑,加上主桥桥墩对水流的挤压,水流对 ZE10、ZC12 等匝道墩形成强烈冲击。在不利河势、常规水文条件,不利河势、遭遇到不利水文条件及不利河势、遭遇不利水文条件等情况下,匝道墩的局部冲刷富裕深度均较小,甚至小于设计值。

在本规划中,将基础冲刷导致大桥桩基变位或承载能力不足定为III风险。大桥管养单位应继续加强对基础冲刷的观测,必要时采取抛石防护等处治措施。有关冲刷防护工程的分析详见 8.4 章。

7.2.4 采集地下水导致地面不可控沉降

地面沉降是一种可由多种因素引起的地面标高缓慢降低的环境地质现象,严重时会成为一种地质灾害。人类活动和地质作用是造成地面沉降的主要原因,其中过量抽取地下水是最主要的原因。我国和世界上主要的地面沉降区都是由过量采集地下水造成的。出现地面沉降的地区一般范围大,沉降过程缓慢,所以早期一般不易察觉,也不易引起人们的重视。鉴于采集地下水导致地面沉降的严峻性,

2002年10月1日时任副总理的温家宝曾批示“超采地下水造成地面沉降在许多地方呈加剧趋势，已给经济建设和人民生活带来大的损失和危害，并成为影响生态环境和可持续发展的一个重大问题，必须引起足够重视并采取综合措施加以解决”。

杭州湾跨海大桥所在的长江三角洲地区是我国采集地下水引起地面沉降的最突出的三大区域（长江三角洲、环渤海区、西安地区）之一。上海是我国最早发生地面沉降，也是危害最大的城市之一。20世纪60年代起，苏锡常、杭嘉湖平原、南通等地相继出现地面沉降，差不多整个长江三角洲都出现了地面沉降。

根据监测数据，杭嘉湖平原地面累计沉降量超过100毫米的沉降面积已达2500平方公里，约占整个平原区面积的40%；宁波市地区地面沉降面积约150平方公里，城区沉降中心累计沉降量约489毫米。

目前苏锡常、上海、杭嘉湖三地无论是地下水位降落漏斗，还是地面沉降区彼此都还是孤立的，互不联系。但地面沉降发展迅速，如不采取有效措施，整个三角洲地区的地下水位降落漏斗、地面沉降区有迅速连成一片的趋势。

地面沉降引起地层和桥梁变形主要为竖向变形，表现为桥梁结构连同桩基与地层一同整体下沉。如果各桥桥墩出现不均匀沉降现象，则沉降将引起结构受力变化，对结构产生较为不利的影晌。同时，地面沉降还会导致桩基出现负摩阻力，使得桩基承载能力减小。

具体来说，由于超采地下水导致的地面不可控沉陷，可能对杭州湾跨海大桥结构造成危害的典型型式，可归纳如下几个方面：

- ①不均匀沉降导致桥面开裂或错台；
- ②沉降降低桥梁通航净空；
- ③不均匀沉降导致桥梁结构开裂破坏；
- ④沉降导致桩基产生负摩阻力，引起桥梁桩基承载能力下降。

因此在大桥实际运营过程中，应密切注意和严格防范大桥沿线局部差异沉降较大的地段，如地面沉降中心区域、集中抽水区域及新增井点附近，由于开采地下水造成局部的水位快速下降而引起不均匀地面下沉，可能对大桥产生的影响。

7.2.5 无节制围涂导致导致桩基变位或承载能力不足

伴随着我国经济实力的迅速发展以及城市化进程的不断加快，城市建设用地

需求量增加，而城市用地大都不能满足急剧增长的用地需求，以至于用地矛盾日益突出。二十世纪 60 年代起，杭州湾地区确定了治江与围涂相结合的原则，展开了全河段比较系统的治江围涂工程。

近年来杭州湾跨海大桥周边围垦等人类活动加剧，南岸围垦进展情况如下图所示。图中以不同颜色标注了 2001 年以前（大桥河工模型与桥墩局部冲刷研究）、2002-2007 年（大桥施工期）、2008 年（大桥通车）以及近三年的围垦施工情况。可以看出，2008 年以来大桥附近，尤其是南岸下游侧的围垦工程建设规模较大。

围涂会导致水流潮汐动力的变化。这必然引起杭州湾的床面产生相应的变化。这种情况下，一方面可能引起桥梁通航净空减小，另一方面也可能导致桥墩局部冲刷发生较大变化。图中黑色虚线为拟议中的围垦规划指导线，按此拟议的围垦规划指导线实施围涂，可能导致南深槽北移，在对应区域引起更大冲刷，进而引起该区域部分桥墩局部河床的更深冲刷。

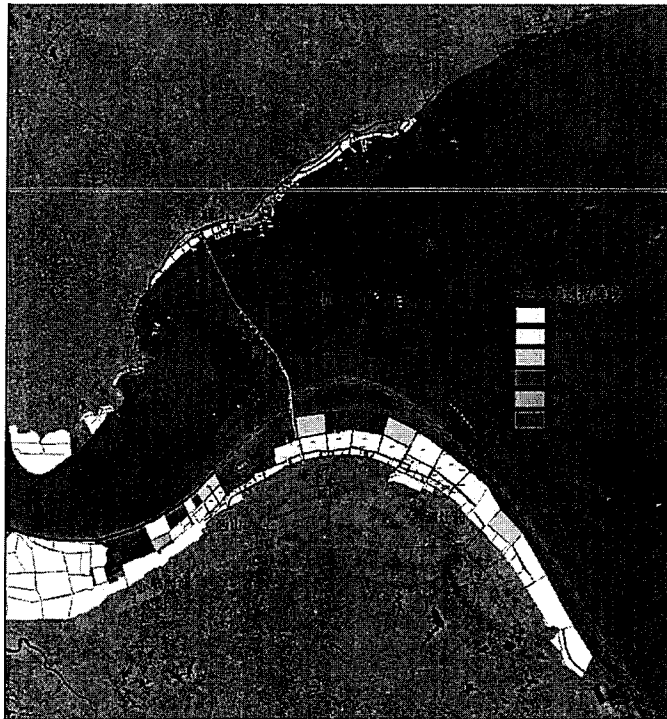


图 7.2.5-1 大桥附近围涂进展

围涂往往还会导致桥梁基础土压力发生变化，并在桥墩附近产生压力差，甚至导致桥桩发生沉降，如果绝对沉降或差异沉降过大，就会影响桥梁的正常使用与安全。

另外，围涂会产生侧压力，土压力作用对墩柱有一定影响，尤其是围涂过程

中对桩基一侧产生的不平衡土压力，使得桩柱可能产生偏位，有的出现裂缝，甚至可以将桩柱直接推倒。国内已有因围涂造成造成桥墩偏位的情况出现。如下图所示，是某跨海桥梁因围涂造成墩柱偏移，进而引起的支座偏位。

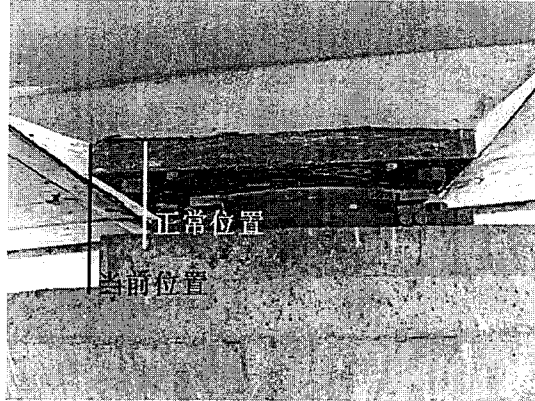


图 7.2.5-2 围涂导致的某跨海桥梁墩柱偏移

对于杭州湾跨海大桥而言，目前的围涂工程导致大桥土侧压力发生变化还不是主要问题。重点应该关注围涂导致的冲刷变化。因此，需要合理控制围涂规模，并对重点区域的冲刷情况定期进行测量和评估。

7.2.6 拉索异常振动事件

风雨振是在风雨共同作用下引起的桥上拉索的振动，是在强风伴随降雨出现时产生的一种强烈的空气动力现象。雨水沿斜拉索流下，在某种风向和风速时在缆绳的表面形成水路，拉索的截面形状变成了空气动力学上的不安定的截面形式，所以产生风雨振现象。

风雨振严重影响结构的安全，为了研究风雨振机理，各国开展了大量的风洞试验，认为风雨振主要是雨水在结构的上表面形成的上水线在风激励下产生的不稳定振动而引起。

2018年，因受18号台风“温比亚”影响，导致苏通大桥五根斜拉索的阻尼器连接螺栓滑丝脱落，造成阻尼器与斜拉索脱离。网传视频以为苏通大桥拉索断裂，造成了一定负面影响。虽然斜拉索本身并未断裂，但较大幅度的振动对拉索本身的使用性能造成的影响难以评估，长期大幅度振动可能造成拉索钢丝的疲劳，对结构安全性能造成严重影响。

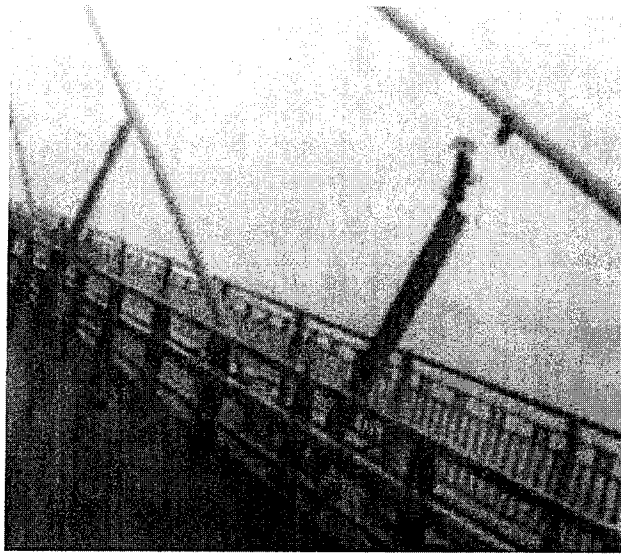


图 7.2.7-1 苏通大桥斜拉索风雨振导致阻尼器断裂

本次规划修编中，新增斜拉索风雨振风险事件，主要是考虑斜拉索风雨振对拉索本身产生的不利影响，以及明显的振动可能造成的社会恐慌与不良舆论，因此将风险等级确定为 III 级。

7.3 规划期内大桥应急检查方案的制定

大桥管养单位应制定地震、风灾、火灾、超重车过桥、船撞及大型漂流物撞击、有害化学品污染桥面等风险事件的应急检查方案。

应急检查方案应包括应急检查启动的条件、应急检查的介入时机、应急检查应关注的构件及相应损伤等。对以上风险事件的应急检查，建议将下表中的要求细化后加入检查方案中。

表 7.3-1 应急检查规定

风险事件	介入时机	建议要求
地震	发生后	<p>①地震发生后，马上对健康监测系统记录的加速度、结构幅值等结构效应数据妥善备份，以防丢失。</p> <p>②地震过后，应立即将记录到的地震反应(如加速度或位移)时程曲线送至专业机构进行分析。</p> <p>③地震，特别是烈度在6度及其以上的地震，斜拉桥的塔、索、梁各部位处在一个强烈的耦合振动过程，常常会使斜拉桥的有些部位损坏。因此，每当地震过后，一定要认真全面查看杭州湾跨海大桥各部位的完好性</p> <p>④地震过后应立即对防震设施进行检查，看其是否已经破坏。如已破坏，则应及时进行修复或更换。</p>

风灾	发生前、中、后	<p>①接到8级及以上大风即将到来的预报时，应该启动设在南、北航道桥上的风速仪，自动记录风速随时间变化的历程曲线。</p> <p>②大风到来后确保健康监测系统的正常工作，以记录下风灾期间结构的响应。</p> <p>③大风过后，必须对桥梁各结构进行详细检查，检查完后应立即对损坏的构件进行维护。</p>
火灾	发生后	<p>①查清火灾原因，确定受火灾影响的范围和部位。</p> <p>②如果火灾发生处的斜拉索系统损坏严重，还要进一步查看斜拉索的钢丝是否也受到损伤。</p> <p>③如果火灾发生在引桥，火灾过后应对预应力体系的损伤程度进行检查。</p>
超重车过桥	发生前、中、后	<p>①超重车辆过桥，事先必须经过有关部门的检算、批准，应该单独过桥，按指定的路线行进。在超重车辆行进过程中和通过以后都必须进行必要的观测。</p> <p>②在行进过程中，主要应当对主桥挠度、桥面线形变化和裂缝开展情况进行跟踪测量。</p> <p>③超重车辆驶离桥半小时后，首先应当对桥面线形监测数据进行分析，确定是否留下残余挠度。然后对关键构件进行详细检查。</p>
船撞及大型漂流物撞击	发生后	<p>①首先调查肇事船只或大漂浮物的吨位、撞击速度、方向和高度，估算撞击力的大小。</p> <p>②利用加速度传感器记录撞击历程，应用记录结果并根据估算的撞击力对桥墩及防撞设施结构进行空间分析，判断结构有无功能降低的迹象。检查范围从被撞部位逐渐扩散至整体。</p>
有害化学品污染桥面	发生后	<p>当有害化学液体污染桥面时应引起高度重视。应首先查清其化学成份，并经研究用合适的清洗剂及时清洁，以免损坏、腐蚀桥面及钢箱梁或引起火灾。</p>

7.4 规划期内应急预案的制定

杭州湾跨海大桥应急预案编制的目的在于能迅速、有序、高效地组织应急行动，最大限度地减少桥梁运行事故及其造成的人员伤亡和财产损失，提高大桥运行的整体防护水平和抗风险能力，保障安全运行。在规划期内应至少制定包括防汛抗台、大雾天交通、冰雪天交通、设备抢修、化学危险品泄漏、火灾、爆炸、治安保卫突发事件、重大交通事故、超重车辆误入大桥等突发事件的处治预案。

应急预案的编制应包括以下 12 个核心要素。

①预案启动：确定预案启动条件及启动程序。

②现场指挥与控制：以事故发生后确保公共安全为主要目标，按照应急预案的相应程序指挥、协调救援行动，合理使用应急资源，使事故迅速得到有效控制。

③预警与通知：是应急救援迅速启动的关键，接到报警后初步分析，筛选掉不正确的信息，落实事故的地点、时间、类型、范围，初步分析事故趋势。

④警报系统与紧急通告：事故被确认后立即通报应急指挥中心，及时向公众和各救援单位发出应急警报，建立通信程序。

⑤通信：确保报警和通信器材完好，并能正确使用报警和通信器材，保持信息渠道 24 小时畅通。

⑥事态监测：监测和分析事故造成的危害性质和程度，以便提高或降低应急警报级别，并采取相应的对策进行评估。

⑦人员疏散与安置：应使所有公众熟悉警报系统、逃生路线、避难所和总体疏散程序，准确估计事故影响范围、人员影响区域，以便组织疏散、撤离，积极搜寻、营救受伤及受困人员，建立现场危险品泄露时，人员的避难所。

⑧警戒与治安：为保障救援工作顺利开展，救援现场要有警戒区域设定，实施交通管制，保障救援队伍、物资供应、人员疏散的交通畅通。

⑨医疗与卫生服务：应急救援中的医疗与卫生服务，由专业和接收过紧急和心脏恢复培训的人员，事先组成医疗救援小组，在当地卫生部门的配合下，及时提供应急需要的医疗设备和急救药品。

⑩应急人员安全：应急救援行动的原则应是有限确保公众和救援人员的安全，严禁冒险指挥，防止造成次生灾害。

⑪公共关系：在重大事故中应明确应急过程中的媒体及公众发言人，协调外部机构，及时与各部门和相关社会服务机构联系。

⑫在应急救援完成后，应尽快组织善后复原工作。

在研究确定以上 12 个核心要素的内容后，需通过预案的推演，将这些要素合理组成一个可执行的应急计划。

8. 规划期内大桥养护工作总体概述

(修编说明：本章修编内容较原版规划存在较大调整和变动。原版规划从桥梁各部位、部件的角度，对每类部件在规划期内的检查、养护规定进行了说明；本次修编，将对桥梁土建结构和机电设施的养护内容进行全面梳理和重新分类，便于在后续运营阶段进行管理和实施。)

8.1 规划期内养护内容分类

在本规划中，将杭州湾跨海大桥的养护工作分为：

(1) 日常维修养护类：在大桥运营养护过程中日常性、周期性开展的常规性工作，以及按年度开展的养护维修专项工程。具体包括日常类、检查检测、维养设施维护、养护专项、机电类以及养护科研。

(2) 重大维修养护：区别于日常维修养护类项目，具有较高的不确定性、需要详细论证后方可开展的养护工程。具体内容详见本规划第 9.7 节。

8.2 日常性养护

桥梁结构日常性的保洁和保养，是规划期内持续性、周期性开展的工作内容，通过日常保洁保养的实施，能够有效提高桥梁结构和设施的技术状况，降低病害数量，提高结构耐久性和实用性，是规划期内的重要工作内容。杭州湾跨海大桥主要构件保洁频率和保洁要求细则目前参照《杭州湾跨海大桥小修保养技术标准》执行，通过每年建立齐全、完善的日常养护作业清单，明确养护作业标准和考核要求，以保障实施质量。

规划期内，结合目前相关养护规范、制度及同类桥梁的典型做法，对关键性日常养护的内容及频率做出如下调整：

1) 斜拉索的日常养护

斜拉索日常养护应以斜拉索构件的清洁为主要内容，每季度应不少于 1 次。斜拉索构件的清洁应以拉索锚固系统及周围环境为主要工作内容，定期清理锚固系统附近的杂物、积水；锚具及护筒内应保持清洁、干燥。

2) 索塔的日常养护

斜拉桥索塔日常养护应以为清洁和保养为主要内容。索塔内部清洁的频率每年不少于 1 次；塔内机电设备的保养频率按各自产品说明书规定执行，保障其功能正常。索塔清洁应对结构表面的松散混凝土、杂物、积水与生物附着物进行清除。

3) 桥墩基础的日常养护

斜拉桥桥墩与基础的日常养护应以墩台清洁为主要内容。实施墩台清洁的频率每年不少于 1 次，并应符合下列要求：清除桥墩、桥台、承台表面的青苔、杂草、灌木和污物；清除桥墩顶部或盖梁顶部的垃圾和施工遗留物。

8.3 检查与检测

规划期内，桥梁主体结构的检查/检测工作主要包括日常巡查、经常检查、定期检查（含技术状况评估）和特殊检查（含专门检查与应急检查）。本节将根据剩余规划期内杭州湾跨海大桥的养护目标，并结合风险评估、结构易损性以及结构现状，对规划期桥梁主体结构的检查/检测工作进行规划。其中，专项检查工作是规划的重点内容。

8.3.1 日常巡查与经常检查（小修保养范畴）

杭州湾跨海大桥严格按照《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）中养护检查等级为“Ⅰ级”的要求，设置相应的频率对杭州湾跨海大桥开展各项检查工作。

杭州湾跨海大桥日常巡查与经常检查工作均由小修保养单位承担。在《杭州湾跨海大桥养护标准》和《杭州湾跨海大桥小修保养技术标准》中，均对日常巡查、经常检查的频率、工作内容和要求、提交成果进行了规定，并在《杭州湾跨海大桥小修保养工程考核管理办法》中规定了检查作业的考核的标准。相较规范要求，增加高温天气、低温天气、台风天气等特殊天气的巡查，并加强陆地区巡查的相关规定。

日常巡查是指对桥面设施和桥面系以上结构构件的技术状况进行日常巡视检查。其检查对象主要包括斜拉索、索塔、桥面、伸缩缝、泄水孔、栏杆、防撞护栏、照明等设施。在检查中应重点关注可能由结构病害反映到桥面设施上的病害表现，以及明显的病害或异常。日常巡查以目测为主，现场将巡查结果上传到信息化系统，登记所检查缺损类型和缺损的程度。巡检过程中发现设施明显损坏，

影响车辆和行人安全时，及时采取相应维护措施，并立即向监控中心报告。

目前，大桥日常巡查属于日常养护工作范畴，由日常养护单位按《杭州湾跨海大桥小修保养技术规范》相关要求实施。规划期内，对于日常巡查主要是加强对巡查工作的考核，保障其实施效果，对巡查内容和频率结合实际需要进行优化和调整。

经常检查是对桥面设施、上部结构、下部结构及附属构造物的技术状况进行的检查。经常检查以目测为主，现场将检查结果上传至信息化系统。检查周期一般为一个月，如遇恶劣天气、汛期、雨季、冰冻等特殊情况，缩短周期。

目前，大桥经常检查属于日常养护工作范畴，由日常养护单位按《杭州湾跨海大桥小修保养技术规范》相关要求实施。由于杭州湾跨海大桥规模大、里程长、桥梁众多，按现行规范实施经常检查难以满足要求。因此，在规划期内，对于经常检查工作，主要重点是优化、调整其作业模式，结合桥梁特点分构件安排检查频率，在保障检查深度的基础上，确保全面覆盖桥梁主要构件，保障结构安全。

对于杭州湾跨海大桥南、北航道桥这样的大跨径斜拉桥，按照现行养护规范中要求的频率和内容进行经常检查，深度、质量无法保证，因此在规划中提出适用于南、北航道桥斜拉桥构件的经常检查频率要求，供管养单位进行参考，如下表所示。

表 8.3-1 斜拉桥经常检查频率要求

部件	检查项目	技术状况等级			
		1类	2类	3类	4类及以上
斜拉索	索体及护套	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	拉索外置阻尼器	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	拉索下锚头	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	拉索上锚头	1次/6月	1次/4月	1次/2月	1次/月
主梁	钢箱梁内表面、桁梁可视部位	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	梁体底面	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	索锚固构造	1次/6月	1次/3月	1次/2月	1次/月
	梁内机电、照明系统	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
索塔	混凝土塔体内部	1次/6月	1次/4月	1次/2月	1次/月
	索塔根部	1次/6月	1次/4月	1次/2月	1次/月
	索锚固构造	1次/6月	1次/4月	1次/2月	1次/月
	塔内检修通道	1次/6月	1次/4月	1次/3月	1次/月
	塔内机电、照明系统	1次/4月	1次/3月	1次/2月	1次/月
其他		1次/3月		1次/月	

备注	表中“技术状况等级”为按现行《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21)确定的部件技术等级;对技术状况评定为4类及以上的已经采取封闭交通的可根据情况减少检查频率和内容或终止检查。
----	--

8.3.2 定期检查与专项检查

基于杭州湾跨海大桥采用的“分项养护、综合评估”模式,桥梁定期检查与特殊检查工作与常规桥梁定期检查模式有所不同,各检查项目中包含桥梁外观检测与和专项检测内容。此外,还持续性开展了多项针对跨海桥梁特点的专项检测和研究工作。此外,为有效对杭州湾跨海大桥桥梁结构及构件进行全面、深入的检查,消除养护盲区,及时开展养护维修工作,管养工作人员采用了多项技术先进的检查、检测、监测技术或设备,确保桥梁检查作业高效、无死角。

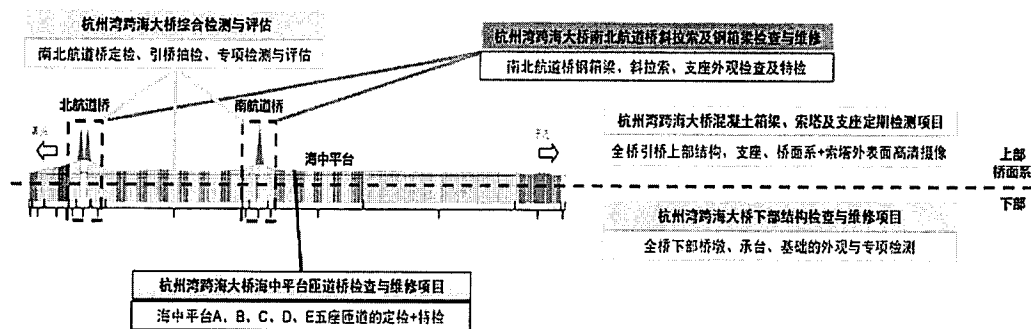


图 8.3-1 杭州湾跨海大桥定期检查+特殊检查项目示意

定期检查是为了评定桥梁使用功能,制定管理养护计划提供基本数据,对桥梁主体结构及其附属构造物的技术状况进行全面检查,它为桥梁养护管理系统搜集结构技术状态的动态数据。检查人员对桥梁主体结构及附属结构物的技术状况进行检查,对所有跨所有构件进行详细检查,检查时必须接近构件表面(借助桥检车、支架、折叠梯、登高车、船舶等设备与工具)。定期检查是及时发现桥梁安全隐患的主要手段,所以定期检查是工作重点,检查手段主要采用目测结合仪器观测的方法。

定期检查的主要作用为现场校核桥梁基本数据,将检查结果上传到信息化系统,并对各部件缺损状况做出技术评定,实地判定缺损原因,确定维修范围和方式,对难以判断损坏原因和程度的部件,提出特殊检查的要求;对于损坏严重、危及安全运行的危桥,提出限制交通或改建的建议。

杭州湾跨海大桥目前定期检查模式与常规桥梁不同,未采用按桥梁区段划分的模式,而是由相关单位对某几类部件进行检测后,再有一家专业单位对部件技

术状况进行汇总，得到全桥技术状况等级，具体划分如下：

- 南、北航道桥钢箱梁、斜拉索系统、支座、阻尼器由 1 家单位检测；
- 全桥引桥混凝土上部结构、支座、桥面系，及索塔由 1 家单位检测；
- 全桥下部结构（桥墩、承台、桩基础）由 1 家单位检测；
- 海中平台 5 座匝道桥相对独立，有 1 家单位进行检测并对平台匝道桥进行技术状况评定。
- 1 家单位对各单位结果进行复核，并对全桥技术状况进行汇总和评定。

上述定期检查模式实施已有 8 年左右的时间，在一定程度上能够适应杭州湾跨海大桥里程长、构件多、检查难度大等特点，另外检测以同类型部件为基础，与专项检查项目相结合，各单位专业性较强，对掌握桥梁构件病害、准确评估构件性能有较好的作用。但是，上述模式目前也存在一定问题：

- （1）各检测单位检查标准、规范性上不统一；
- （2）部分检测单位检查深度较其他单位有所不足，出现漏检的情况；
- （3）检测报告与一般的定期检查报告有所区别，在资料审查和迎检时需要检测模式进行解释。

定期检查是全面、准确反应桥梁病害分布和技术状况水平的重要工作。杭州湾跨海大桥目前采用分部位进行定检的方式，多家检测单位参与其中，在定期检查的深度、规范性等方面存在一定的差异。结合上述问题，在规划期内，针对大桥定期检查工作，提出以下发展要求：

- （1）进一步深化桥梁定期检查和技術状况评定工作，加强对各定期检查单位的工作复核和质量把控，确保定检结果的全面、准确；
- （2）加强各检测项目中检测范围的复核，增加以往遗漏的构件或部位，保障结构上不存在盲区；
- （3）建议统一的定期检查标准，约束检测单位作业行为，提高检测结果和报告的规范性和统一性；推动资产管理系统在定期检查中的应用。

专项检查工作是杭州湾跨海大桥养护管理工作中最为重要且核心的内容之一。由于杭州湾跨海大桥具有规模大、特殊易损构件众多、运营养护环境条件复杂等特点，为了能够全面掌握桥梁技术状况和运营使用情况，安排相应的专项检查是十分必要的。

目前，在杭州湾跨海大桥上固定开展的专项检查项目主要包括以下内容：

表 8.3-2 杭州湾跨海大桥固定开展的专项检查项目

序号	项目名称
1	杭州湾跨海大桥南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查与维修项目
2	杭州湾跨海大桥海中平台匝道桥检查与维修项目
3	杭州湾跨海大桥混凝土箱梁、索塔及支座定期检测项目
4	杭州湾跨海大桥下部结构检查与维修项目
5	杭州湾跨海大桥综合检测与评估项目
6	杭州湾跨海大桥桥墩局部冲刷跟踪观测研究
7	杭州湾跨海大桥运营测控监测

上述专项检测项目中，1~5 还包括了桥梁的定期检查部分的工作，1~7 项专项检测基本涵盖了杭州湾跨海大桥主要的结构构件和评估项目。另外，在每年度的养护管理工作中，结合实际需要也可能会单独安排一些独立的专项检测项目，具体结合养护需求确定，例如：2020 年杭州湾跨海大桥梁底检查车检查与维护服务项目、2020 年杭州湾跨海大桥钢桥面铺装跟踪观测及维护工程等。

规划期内，将重点对既有专项检查项目设置的检查内容和技术标准进行优化和调整，补充以往遗漏或需要新增检查的项目，优化部分项目的实施频率；加强对各专项检查单位的工作复核和质量把控，确保检查结果的全面、准确。

由于既有专项检测项目包含内容较多，在规划期间，应对以下项目的专项检查进行重点关注：

- (1) 钢箱梁疲劳裂纹的专项检查；
- (2) 钢结构防腐涂装的专项检查；
- (3) 斜拉索锚头的专项检查；
- (4) 钢管桩及其防腐配套体系的专项检查；

另外，结合杭州湾跨海大桥结构现状，在规划期内，建议针对以下项目开展专项检查：

(1) 杭州湾跨海大桥水中区承台无损检测

在“十三五”养护过程中，发现部分下部桥墩承台存在较为明显的剥落、开裂等情况，表层混凝土有一定程度劣化。为进一步掌握水中区承台状况，在期间安排大桥水中区承台无损检测。

本项目针对选定的重点桥墩，通过无损检测方法检测承台内部混凝土质量情况，是否存在内部空洞和不密实区的位置和范围，检测承台为椭圆形和圆形两种

结构。对选定的承台进行混凝土无损检测，应用无损检测技术探查承台内部混凝土质量状况，实现检测结果数字化、图像化、可视化，进行混凝土内部质量数据分析并形成技术报告。通过无损检测，综合分析受检区域混凝土主要病害、缺陷特征，确定病害、缺陷范围及程度，给出检测结论及建议，为加固设计和管理养护提供技术支持。

(2) 杭州湾跨海大桥伸缩缝专项检查

杭州湾跨海大桥全桥采用梳齿板伸缩缝。近年来，其他采用梳齿板伸缩缝的桥梁在运营使用过程中，出现了高低错台、异响、齿板脱落、断裂等病害。其中，部分病害是由于施工时缺陷或偏差所致，另外也有由于组件老化导致局部位置发生变化导致的病害。

伸缩缝属于桥面系构件，其结构完好性关系到桥面行车的安全性，因此需要对伸缩缝进行全面、详细的专项检查，及早发现病害预兆并及时进行维修处置。建议每年实施一次，选择部分病害相对严重的伸缩缝进行检查，或根据运营使用实际情况，适时安排该项工作。

(3) 杭州湾跨海大桥混凝土结构裂缝监测

随着桥梁结构使用年限的增加、结构使用性能劣化和交通量的影响，索塔、锚碇等混凝土结构将有可能产生受力裂缝。为评估结构安全性，规划期内，有必要选择典型裂缝进行实时监测。

杭州湾跨海大桥除主桥的索塔、桥墩等混凝土结构外，其余区段均为预应力混凝土结构。因此，应加强对混凝土结构裂缝的监测工作。若检测中发现了典型受力裂缝或超限裂缝，也可考虑进行裂缝的监测工作。实施时选择混凝土结构上典型受力裂缝或超限裂缝进行裂缝宽度监测。

8.3.3 综合评估

杭州湾跨海大桥属于特大型复杂结构，有许多桥梁构件具有构造复杂、养护困难的特点，如伸缩缝、斜拉索、阻尼器、钢管桩等。对如此复杂的结构体系，很难单靠一两家单位来实现高质量的养护。目前，大桥即采取了“分项养护”的架构体系，分构件由相对固定的多个专业单位承担养护工作，同时由一家专业单位来实现对于全桥技术状况的综合评估，以便把握和整合各个检测单位提供的检测报告。

自通车以来，杭州湾跨海大桥即采取了“管理型”的架构体系。在整个养护过程中，采用了“分项养护、总体评估”的养护策略，为国内其它跨海、跨江特大型桥梁的养护工作创立了样板。每年根据大桥具体情况开展有针对性的综合评估工作既符合《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》要求，也有利于大桥的安全运行。同时，综合评估工作也是下一年度养护计划安排的基础。

下一阶段，应对“分项养护、总体评估”的模式进行提升，以进一步适应大桥的养护管理现状。通过提升“总体评估”的内容，将对桥梁检查检测的综合评估提升为桥梁检查与评定、桥梁及附属设施评估和交安设施评估，使养护理念覆盖大桥全部管养工作。综合评估的重点关注内容分别如下：

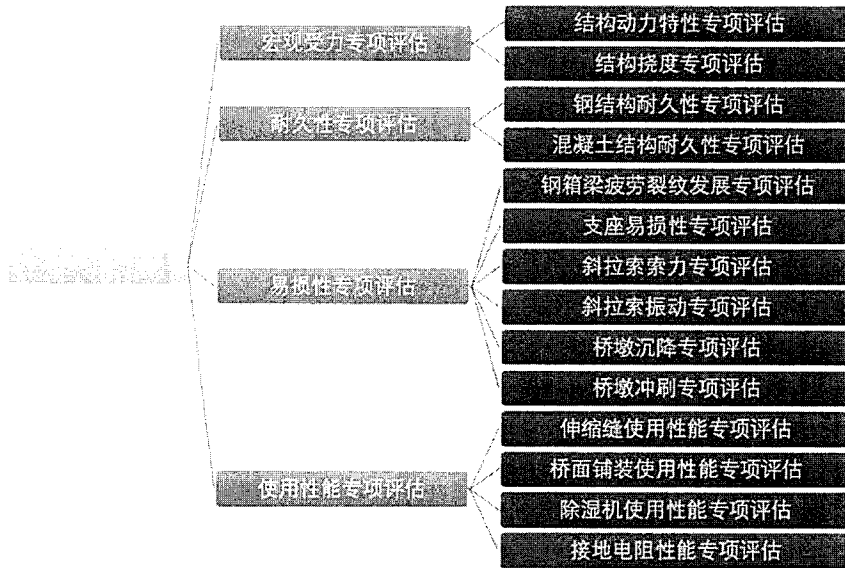


图 8.3-2 杭州湾跨海大桥综合评估主要内容

1) 结构宏观受力专项评估

杭州湾跨海大桥结构宏观受力专项评估主要是从桥梁结构整体的角度出发，通过识别宏观结构上的关键参数，与桥梁设计时的各项指标进行对比分析，以此评价桥梁的结构性能及运营状况。宏观受力专项评估可以从结构的空位变位、动力特性、刚度等方面进行分析。

2) 耐久性专项评估

杭州湾跨海大桥所处位置为海洋环境，较高的湿度及氯离子浓度对结构将产生较强的腐蚀作用，因此需要对桥梁的耐久性开展专项评估工作。根据大桥的主要材料，评估内容包括钢结构与混凝土结构的耐久性评估。对于钢结构耐久性，主要关注钢箱梁涂层的耐久性；对于混凝土结构，主要从混凝土结构强度、碳化

深度、氯离子含量、钢筋锈蚀情况等几个方面进行分析。

3) 结构易损性专项评估

结构易损性专项评估主要针对杭州湾跨海大桥桥梁上的各类易损结构及构件进行。大桥的易损构件主要包括钢箱梁、支座、斜拉索、桥墩等，评估内容主要包括对各类易损结构及构件的现状、病害类型、成因及发展趋势的分析，预测易损构件的使用寿命，并提出相应的处治措施。

4) 使用性能专项评估

使用性能专项评估主要针对杭州湾跨海大桥上与桥梁运营使用功能相关的各类功能性结构或系统进行评价。大桥的使用性能主要可从桥梁交通量、伸缩缝运营工作性能、桥面铺装使用性能、除湿系统使用性能等方面进行分析，主要研究各结构及系统的工作运营情况，讨论结构及系统中存在的问题及对桥梁运营使用的影响，并提出相应的解决措施。

8.4 维养设施维护

除桥梁结构外，大桥上还设有若干维养设施。这些设施为大桥检查和养护提供相应的检查通道（检修爬梯、平台、索塔电梯等），或是为大桥正常的运营适应提供支持（钢箱梁内除湿系统），或是为采集数据和关键参数并辅助管养决策（健康监测系统等）。

上述维养设施与桥梁结构相同，需要开展日常性、周期性的巡检以及保养维护，才能确保其发挥正常功能。当设施不能满足原有功能需求、寿命达到设计年限时，需要进行升级改造，这属于养护专项工程的范畴。

8.5 养护专项工程

专项类养护工程是针对大桥某类结构、构件或设施，开展的集中性、专业化养护维修，也是大桥运营养护阶段需要进行重点规划、管理和实施的养护项目。

8.5.1 预防性养护

规划期内，应贯彻“预防性养护”理念，将小修保养等日常养护工作与经常检查结合在一起进行，对经常检查中发现的轻微损坏进行及时修复。

1、钢箱梁疲劳裂纹预防养护

1) 实施必要性:

结合杭州湾跨海大桥钢箱梁疲劳裂纹现状,对于早起细微裂纹,有必要事先开展相应的预防养护措施,降低钢箱梁构造上局部疲劳应力水平,延缓裂纹的开展,提高钢结构的疲劳寿命,也有助于节约养护经费。

2) 计划年份:

目前,针对钢箱梁疲劳裂纹处置的先期研究已有开展。对于疲劳裂纹预防处置,主要采用锤击振动的方式。基于目前大桥疲劳裂纹数量,建议在规划期内,每年均开展疲劳裂纹的预防性处置工程。

3) 养护范围:

根据检查检测结果,对加劲梁进行预防养护评定,并根据评定结果确定预防养护的实施范围。

2、桥面铺装预防养护

1) 实施必要性:

大桥通车运营已有 15 年时间,桥面沥青铺装使用性能相比通车时会有明显的降低,特别是抗滑能力和铺装平整度;另外,随着运营使用年限的继续增长,沥青混合料老化进一步加剧,也会使得铺装各类病害发展速度逐渐加快。因此,有必要对铺装进行预防养护以提升其性能,一方面改善铺装使用性能、提高行车舒适性和安全性,另一方面掩护铺装老化、损伤的速度,提高铺装使用寿命。

2) 计划年份:

铺装预防养护主要针对混凝土桥面铺装进行。由于大桥里程长,针对铺装的预防养护工程建议每年分区域、分车道进行。

3) 养护范围:

具体需要对铺装进行性能指数测试,可优先选择 PQI 指数偏低的路段实施性能提升工程。

8.5.2 专项类养护工程

专项类养护工程是针对大桥某类结构、构件或设施,开展的集中性、专业化养护维修,也是大桥运营养护阶段需要进行重点规划、管理和实施的养护项目。典型专项类养护项目如下:

表 8.5-1 以往实施的典型专项类养护项目

序号	养护项目名称
1	杭州湾跨海大桥北岸服务区匝道及场区路面维修工程
2	杭州湾跨海大桥北航道桥钢桥面铺装维修工程
3	杭州湾跨海大桥南航道桥及海中平台匝道桥钢桥面铺装维修工程
4	杭州湾跨海大桥混凝土裂缝维修工程
5	杭州湾跨海大桥钢结构防腐维修工程
6	杭州湾跨海大桥伸缩缝维修工程
7	杭州湾跨海大桥交安设施改造工程
8	杭州湾跨海大桥平台匝道桥抗倾覆加固改造工程
9	杭州湾跨海大桥路面维修工程
10	杭州湾跨海大桥钢箱梁疲劳裂纹试验性维修处置项目

此外，“十三五”期间相关专项类养护项目目前也处于正在实施的状况，包括除湿系统升级改造、检修通道及防护设施改造、桥墩局部冲刷防护工程(动态监测专题)等。

规划期内，应结合桥梁技术状况和运营使用情况，合理进行养护决策，科学安排专项类养护项目。从现阶段已确定开展的项目来看，在规划期内应重点关注以下项目：

(1) 钢箱梁疲劳裂纹试验性维修处置项目

目前，大桥南、北航道桥疲劳裂纹已有一定程度的发展，针对典型疲劳裂纹开展试验处置方案研究、对发展明显裂纹进行修复处置目前已迫在眉睫。规划期，应将钢箱梁疲劳裂纹试验性维修处置项目作为核心、重点工作内容，做好顶层设计与方案策划，充分联合相关技术单位，在杭州湾跨海大桥上开展疲劳裂纹处置工作。

(2) 桥梁构件耐久性提升项目

包括混凝土构件的裂缝维修、涂装修复以及钢结构的涂装修复项目。杭州湾跨海大桥规模大、构件数量众多，经过 15 年的运营，部分构件耐久性已有一定程度的退化。在海洋环境的影响下，为了保证构件耐久性良好，延长使用寿命，应持续性开展针对混凝土构件和钢结构的耐久性提升项目。建议在期间，每年均安排相应的项目，依据上一年度检测和评估结果，合理确定养护工程量和内容。对于钢结构涂装修复，应考虑对全桥护栏涂装进行逐步修复，以满足景观要求；同时，对横梁连接部位、地脚螺栓等异型钢构件加强防腐。

(3) 桥面铺装养护维修项目

桥面铺装性能直接关系到行车舒适性和安全性，在期间，针对全桥桥面铺装的维修应持续性进行。桥面铺装养护维修的重点应为混凝土桥面铺装，钢桥面铺装由于进行过集中维修更换，在期间主要以局部病害的修复和施工质量问题的处置。具体应结合每年路况检测结果，确定桥面铺装养护维修的范围。

(4) 支座维修更换

支座在使用过程中，容易发生由于四氟滑板挤出或过度磨耗导致的支座滑动不畅等病害，在规划期内存在支座更换的可能。目前，主桥横向抗风支座有一定程度损坏，引桥个别支座由于施工质量问题存在一定问题。期间，可安排专项工程，对全桥支座进行统一维修。

(5) 主墩防撞套箱拆除更换

南、北航道桥桥墩防撞套箱目前钢结构锈蚀较为显著，进行涂装修复成本高且效果一般。规划期内，应考虑对主墩防撞套箱进行拆除和更换。

此外，诸如交安设施改造、伸缩缝维修等专项工程，仅通过一次实施无法解决全部问题，在规划期内，应科学合理将维修工程量分散到相应年份中，逐步进行养护和完善。

8.6 机电类养护

8.6.1 关键机电设备寿命年限

(修编说明：新增内容)

机电系统设备运行有年限要求，对于在使用中注意加强设备的预防性和经常性维护，长期具有正确的使用方法，保持良好的工作环境，机电设备可以延长自身的使用寿命。但是机电设备的使用寿命是有限的，当机电设备运行进入临界值，尤其电子元器件的崩溃有其突发性和不可预见性。一般而言，机电设备的故障频率与使用时间之间的关系符合“浴盆曲线”。在设备投入使用的早期，一般为 0~1 年，由于系统运行的稳定性等因素，容易发生较高的故障率；在设备投入使用一段时间后，设备故障率较低，一般仅为随机故障；在设备使用寿命的末期，随着使用时间的延长，设备出现磨损和老化的问题，故障率将提升。

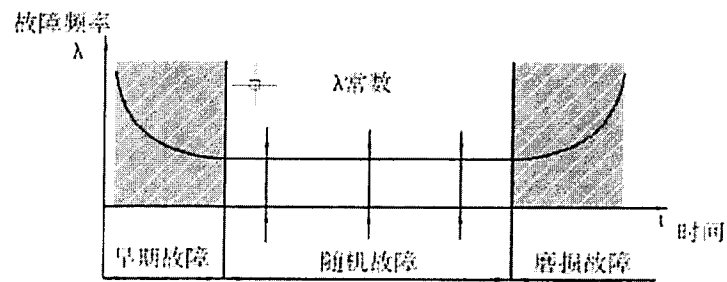


图 8.6-1 隧道机电设备浴盆曲线

本规划主要通过以下措施确定供配电系统机电设备使用寿命的依据（后续章节机电其他分项系统设备使用寿命依据与此一致）：

- ① 交通运输部公路司发布的《公路机电系统维护技术指南》；
- ② 上海、山东、山西等地的地方标准、规程；
- ③ 向机电设备生产厂家售后人员进行咨询；
- ④ 结合对设备的运行隐患调研，确定机电系统设备和部件的使用年限。

表 8.6-1 供配电系统主要设备和部件的正常使用年限及已用年限表

序号	设备或部件	正常使用年限	备注
1	高压开关柜	整体 20 年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》
2	低压开关柜	整体 20 年	《市政道路机电系统维护技术规程》
3	电力变压器	整体 20 年	《电力变压器选用导则》
4	照明电源稳压柜	整体 15 年	专家咨询
5	直流屏主机	整体 15 年	专家咨询
6	直流屏蓄电池	6 年	专家咨询
7	交流屏	20 年	专家咨询
8	地埋式变压器	20 年	《电力变压器选用导则》
9	UPS、EPS 系统主机	10 年	专家咨询
10	UPS、EPS 蓄电池	3~5 年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》
11	电力电缆	20~30 年	专家咨询
12	应急柴油发电机组	20 年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》
13	开关柜内真空断路器	贮存期 20 年	专家咨询
14	氧化锌避雷器	20 年	专家咨询
15	综合保护测控装置	12 年	专家咨询
16	35KV 变电站电度表屏	15 年	专家咨询
17	高压电缆接头	30 年	专家咨询
18	通信柜	8 年	专家咨询

序号	设备或部件	正常使用年限	备注
19	智辅柜	8年	专家咨询

表 8.6-2 照明系统主要设备和部件的正常使用年限表

序号	设备或部件种类	正常使用年限	备注	
1	LED 照明灯	LED 光源	50000h	查询规范
2		LED 灯具(除光源及控制装置外)	20年	专家咨询
3		LED 灯驱动电源	在 50000h 使用寿命期间内失效率不应超过 5%	查询规范
4	照明配电箱	箱体	15年以上	专家咨询
5		元器件	10年以上	专家咨询
6	照明调光控制箱	元器件	10年以上	专家咨询

表 8.6-3 监控及通信系统主要设备正常使用年限

系统名称	主要设备	正常使用年限	备注	
高清视频监控 监控系统	云台摄影摄像机	6年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》	
	球机摄像机			
	枪机摄像机			
	交换机	10年		
	监控大厅 LED 液晶屏	5年		
	视频监控光端机箱	5~8年		专家咨询
	数字光纤直放站远端机	7年		上海《市政道路机电系统维护技术规程》
	视频传输专线设备	7年		
	视频分配器	5~8年		厂家咨询
	视频事件检测器	5~8年		厂家咨询
交通监控 系统	超高检测器	10年		
	可变情报板、可变限速板	5年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》	
	交通信号灯	10年	专家咨询	
	车道指示器	10年		
	视频电子卡口	5年		
	网络交换机	10年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》	
	信号灯分线盒	5年	专家咨询	

系统名称	主要设备	正常使用年限	备注
	ACU 箱	10 年	
	车辆检测器	10 年	
中央计算机系统	服务器, 工作站	5 年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》
	显示器	5 年	专家咨询
	工业以太网交换机	10 年	
	交换机、光端机	10 年	
	视频存储硬盘录像机	5 年	
	存储服务器	5 年	上海《市政道路机电系统维护技术规程》
	磁盘阵列	5 年	

8.6.2 机电系统评估方法

(修编说明: 新增内容)

杭州湾跨海大桥由于桥梁长度长、运营养护功能要求高, 因此在桥梁上各类机电系统也占有相当的比重, 包括供配电系统、防雷接地系统、照明系统、监控系统、通信系统等。各类机电系统的完好运营情况也是大桥关注的重点内容。可根据《公路隧道养护规范》(JTG H12-2015) 中机电设施评定的相关内容, 以设备完好率为基础, 对各分项设施技术状况等级进行评定。

《公路隧道养护规范》(JTG H12-2015) 5.8.6 条规定, 机电设施及状况应采用设备完好率进行评定, 其计算方法应按下式计算。各种机电设施可分系统并对运营安全的重要度建立设备完好率考核指标。

$$\text{设备完好率} = \left(1 - \frac{\text{设备故障台数} \times \text{故障天数}}{\text{设备总台数} \times \text{日历天数}} \right) \times 100\%$$

利用这种方法进行计算时, 设施完好率受时间和人为因素影响显著, 统计工作量大; 对于桥梁, 一般无通风设施, 消防设施也与隧道存在较大差异, 采用规范方法进行评定需要重新调整权重。因此, 在《公路隧道养护规范》(JTG H12-2015) 的基础上, 可采用分项设施检测指标权重的方法对机电系统技术状况进行评估。

采用各分项设施检测指标权重进行考核, 分项设施检测项目得分按下式计算。各分项设施检测指标权重按对运营安全和维护运营的功能重要度建立, 分项设施各检测指标根据符合程度取 0~1 分, 完全符合按 1 分取值。若分项设施检测抽样

数量大于 1，检测得分为该分项设施检测项目平均分。

$$\text{分项设施检测项目得分} = \frac{\sum \text{分项设施检测指标得分} \times \text{该指标的权重}}{\sum \text{各指标的权重}} \times 100$$

表 8.6-4 机电设施检测指标评分权重表

分部设施名称	分项设施名称	序号	主要检查内容	权重
供配电系统	高压设施	*1	高压设施能否正常供电	2
		2	高压断路器柜各元器件是否正常工作	1
		3	高压互感器与避雷器柜各元器件是否正常工作	1
		4	高压计量柜各元器件是否正常工作	1
		5	高压计量柜各仪表否正常显示	1
		6	高压隔离开关和负荷开关各元器件否正常工作	1
		7	电力变压器各元器件否正常工作	1
		8	是否有防止小动物进入的措施	1
		9	外观检查	0.2
	箱式变电站	1	外观检查	0.2
		*2	箱式变电站能否正常供电	2
		3	电缆进出线孔封堵是否密实	1
		4	箱体周围接地电阻是否符合要求	2
		5	各电器连接是否可靠，有无松动、发热	1
	电力电容器柜	1	外观检查	0.2
		*2	在负载感性变化时能正常投入或退出	2
		3	有无烧损痕迹	1
		4	引线接头有无污染、松动	1
		5	仪表能否正常显示	1
	低压开关柜	1	外观检查	0.2
		*2	能否正常配电	2
		3	有无明显噪声	1
		4	绝缘是否良好	1
		5	引线接头有无污染、松动	1
		6	仪表能否正常显示	1
		7	输出电压是否正常	1
		8	照明供电回路三相电流不平衡检测	1
		9	监控供电回路三相电流不平衡检测	1
	配电箱、插座箱、控制箱	1	外观检查	0.2
		*2	各元器件是否正常工作	2
		3	绝缘是否良好	1
		4	接线是否松动	1
电力线缆及支	1	外表损伤检查	0.5	
	2	电缆线间、相间和对地绝缘是否正常	2	

分部设施名称	分项设施名称	序号	主要检查内容	权重
	撑件	3	接头处是否正常, 有无烧焦痕迹	1
		4	支架与桥架安装是否稳固	1
	综合微机保护装置	1	外观检查	0.2
		*2	系统监测与报警功能检查	2
		3	主站硬件设备运行状况是否正常	1
		4	子站硬件设备运行状况是否正常	1
		5	监测数据准确性、完整性	1
		6	数据备份与查阅功能是否正常	1
	UPS 电源、EPS 电源	1	外观检查	0.2
		2	测量显示输入输出电压、电流功能是否正常	1
		3	接地是否良好	1
		*4	进行市电停电试验, 能否正常供电且输出电压符合要求	2
		5	进行市电停电试验, 供电维持时间是否符合要求	2
	自备发电设备	1	外观检查	0.5
		*2	启动、停止功能及输出电压是否正常	2
		3	连接是否可靠	1
		4	启动时间是否满足设计要求	1
		5	有无异响	1
	变配电室	1	高低压室功能是否独立	1
		2	高低压室地面是否铺静电地板或绝缘胶垫	1
		3	基础槽钢是否稳固、锈蚀	1
		4	通风散热是否良好	1
		5	通风散热口是否有防小动物进入措施	1
		6	电缆进出线孔封堵是否密实	1
		7	整体布局是否合理	1
	防雷接地设施	1	电源和信号输入端的浪涌保护器是否完好	1
		2	外部防雷装置安装是否牢固, 连接导线绝缘良好	1
3		有无腐蚀	1	
*4		接地电阻是否正常	2	
5		接地连接是否紧固	1	
照明系统	箱梁、索塔内灯具	1	安装件有无松动、腐蚀, 灯具内是否有尘埃、积水	1
		2	损坏灯具占灯具总数的比例	2
		3	灯具能否正常开关	2
		*4	照度是否符合设计要求	2
		5	各回路控制的准确性检查	2
		6	照明控制方案与现场实际情况的适应性检查	1
	桥面路灯	1	灯杆外观有无裂纹、焊接及连接不稳状况; 灯杆有无损伤、涂装破坏、明显倾斜; 灯杆接地端子有无松动	1
		2	基础设置状况是否稳定; 基础有无开裂、损伤; 基础锚具、螺栓有无生锈、松动	1

分部设施名称	分项设施名称	序号	主要检查内容	权重
		3	灯具能否正常开关	1
		*4	照度是否符合设计要求	2
		5	灯具有无损坏, 亮度目测是否正常	1
消防设施	桥面灭火器	*1	灭火器的数量及其有效期	2
		2	设备箱体及标识检查	1
监控与通信设施	能见度检测器	1	外观有无污染、损伤	0.5
		*2	设备功能是否正常	1
		3	对比测试指示值是否正确	1
	风速风向检测器	1	外观有无污染、损伤	0.2
		*2	设备功能是否正常	1
		3	对比测试指示值是否正确	1
	车辆检测器	*1	设备功能是否正常	1
		2	测试数据准确性检查	1
	闭路电视监控系统	1	摄像机外观有无污染、损伤	0.5
		*2	摄像机基本功能检查	2
		3	摄像机动作功能检查	1
		1	视频切换、控制是否正常	1
		2	与紧急电话等的联动试验	1
		3	与防灾控制的联动试验	1
		4	进行图像质量评价	2
		5	硬盘录像机录像功能检查	1
	视频事件检测器	*1	功能检查	1
	大屏幕系统	1	外观检查	0.2
		*1	大屏图像显示功能检查	2
		2	对视频信号的调用、切换功能检查	1
		3	窗口缩放、移动、多视窗显示等功能检查	1
	地图板	1	外观检查	0.2
		2	显示各类环境监测仪器数据功能是否正常	1
		3	显示各类交通控制设施状态信息是否正常	1
		4	紧急电话摘、挂机信息显示是否正常	1
	紧急电话	1	分机外观检查	0.2
		*2	分机能否一键呼叫主机	2
3		分机处语音是否清晰、音量适中、无噪音、无断字等缺陷	2	
4		控制台有无自动录音功能	1	
5		中心是否可自动立即显示故障信息	1	
6		控制台是否可取消呼叫	1	
7		主机是否能检测到线路连接、电池、传输故障等情况	1	
广播	1	行车接听试验(无线广播)	1	

分部设施名称	分项设施名称	序号	主要检查内容	权重
		2*	能否向隧道广播语音	2
		3	环境噪声 $\leq 90\text{dB}$ 时, 语音是否清晰, 隧道中能否听清广播内容	2
		4	有无音区多路切换选择广播功能, 是否可进行单、多音区广播	1
		5	是否可播放已事先录好的节目, 是否也可由监控员实时广播	1
		6	是否可对广播喇叭音量的大小进行调节	1
		7	是否可对指定的节目源循环广播	1
		8	是否可对广播内容进行实时录音	1
		本地控制器	1	外观检查
	*2		按照指令控制相应设施功能是否正常	2
	3		独立运行功能测试	1
	4		断电恢复功能检查	1
	交通控制和诱导设施 (可变标志、车道指示器、交通信号灯)	1	外观检查	0.2
		2	查找不良像素管	1
		*3	按指令显示功能是否正常	2
		4	按指令显示的及时性检查	2
		5	亮度检查	2
		6	净高检查	1
		7	悬挂设施基础稳定性检查	2
	通信设施	1	光缆、电缆线路巡视检查	1
		2	尾纤(缆)、终端盒、配线架外观检查	1
	监控室设备及系统	1	外观检查	0.2
		2	设备功能与工作状态检查	1
		3	数据保存、备份设备检查	1
		4	监控室温湿度检查	1
	软件应急预案	1	火灾、危化品车事故控制预案软件是否符合设计或养管单位备案的应急预案	1
		2	突发交通事故控制预案软件是否符合设计或养管单位备案的应急预案	1

8.6.3 规划期内机电系统的维护与升级

1) 系统维护

杭州湾跨海大桥机电系统包括监控系统、通信系统、收费系统、供电设备、照明设备、除湿机设备、阴极保护系统、电梯等。设备清单见附录 D。

与大桥主体结构不同, 机电系统的故障具有偶发性和零散性的特点。因此, 机电系统的维护主要是日常性的维护工作。

规划期内, 机电系统的维护工作应符合以下基本要求。

①应对机电系统进行预防性、经常性和周期性维护, 应根据机电系统的实际

运行情况制订常规保养和维护计划，做好进度安排，确保维护工作的正常实施。对于使用时间较久、接近或已到使用年限的设施的维护，应根据实际使用状况，及时安排大、中修和改建工程。

②应加强技术管理，做好相关竣工资料和工程技术档案工作，为大桥机电系统的维护提供可靠的技术依据。

③机电系统的维护和管理应依靠科技进步，积极应用新设备、新技术、新材料和新工艺，保障大桥机电系统的正常运行。

④机电系统的维护必须贯彻安全生产的方针，制订安全技术措施、加强安全教育和技术培训，安全操作、文明施工，确保维护安全和系统安全。

目前，管养单位分别编制了大桥弱电系统和强电系统的维护手册。从机电系统运营情况来看，目前的维护频率能够满足规划期的目标，故在规划期内可仍然按照目前的维护频率执行。具体如下。

表 8.6-5 杭州湾跨海大桥弱电系统设备维护频率

项目	内容		维护频率
机房内设备	计算机设备	设备工作状态检查(监控软件、防病毒与防火墙、计算机主机等设备检查)	3次/月
		服务器后台服务及日志检查	3次/月
		设备保洁及温、湿度检查(计算机硬件设备检查)	3次/月
		监控信息查询、报表打印等(打印机、公共信息查询终端、车辆信息采集主机检查)	3次/月
	等离子显示设备	等离子显示单元除尘、亮度检查(面板的现实状况;显示器亮度、对比度、色饱和度等;屏体保洁处理)	1次/月
		大屏幕应用软件日志文件的检查(各应用软件是否正常使用)	1次/月
	闭路电视设备	云台功能性检查(云台是否可控、各个方向动作是否灵活)	3次/月
		雨刷功能性检查(雨刷是否可控、镜面是否能清洁)	3次/月
		摄像机进行功能性检查(变焦摄像机焦距是否正常可调)	3次/月
			光传输设备定量检查(节点光端机)
机房内设备	闭路电视设备	中控室 CCTV 矩阵控制器功能性检查(是否能正确切换各路矩阵)	3次/月
		中控室录像机功能性检查(是否能正确录制、调用、回放各路图像)	3次/月
		交换机网络功能检查(数据是否交换正常)	3次/月

		视频光端机传输功能检查(视频与数据传输是否正常)	3次/月	
		字符叠加器和分配器功能检查(是否正常运行)	3次/月	
	可变情报标志、车道标志	面板、信道的检查(面板的显示是否正常;发送命令是否正常对应显示,并有反馈信号至上位机)	3次/月	
	气象检测器	信道的检查(发送命令是否准确对应显示,并有反馈信号至上位机)	3次/月	
		气象数据的检查(检测的气象参数是否正确可用)	3次/月	
	称重检测系统	称重数据检查(检测到的图像数据是否正确可用)	3次/月	
	有线广播系统、紧急电话系统	设备工作状态检查(各设备是否可正常使用)	3次/月	
		广播、通话质量检查(检查与控制室主机的通话是否正常,并且通话质量是否良好)	3次/月	
	机房内设备	航空保障系统	灯亮检查(航空保障灯的闪烁状态是否正常)	3次/月
			控制程序检查(是否能正常控制保障灯的闪烁状态)	3次/月
车辆检测设备		流量、测速精度的检查(人工检测与仪器检测结果误差是否在正常范围内)	3次/月	
以太网交换机		设备工作状态检查(工业以太网交换机CPU指示灯是否正常、各串口、光口、电口的指示灯是否有收发正常信号指示)	3次/月	
		网络通道检查(通信是否正常)	3次/月	
光端机设备		设备工作状态检查(光端机是否正常使用;有无报警现象)	3次/月	
		光模块通道检查(图像传输是否清晰;数据是否正确)	3次/月	
除湿机		通信是否正常	3次/月	
车道设备		设备工作状态检查[收费计算机系统的检查(同监控系统);收费系统中心数据库系统检查;通信计算机的检查;车道控制器是否正确控制车道设备;雾灯、车道通行信号灯、黄色闪光报警器等是否正常受控制;IC卡读写是否正确;电动栏杆是否正常受控制;费额显示是否正确]	3次/月	
		数据交互检查、日志检查(通信串口转换器的工作收发灯是否显示正常;各数据传输是否准确可靠)	3次/月	
机房内设备	二义性设备	工作站运行状态、外场设备监控状态	3次/月	
外场	二义性设备	蓄电池、摄像机、标识站工作状态,外观、接地等	1次/月	

设备	称重检测系统	设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，路面传感器工作状态检查，传感器精度、线圈检查（是否准确并符合指标），光端机以及接地工作状态检查	1次/月
	航空保障系统	设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，索塔内集控装置工作状态及接地检查	1次/月
	车辆检测设备（微波、线圈车检器）	设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，线缆、串口通信线及所有插头、座、接线端子检查，接地检查	1次/月
	结构健康	各传感器有无脱落、损坏现象	1次/月
	阴极保护	各线路及保护管有无脱落、损坏现象	1次/月
外场设备	除湿机	线缆、串口通信线及所有插头、座、接线端子检查，空气滤芯检查，光端机工作状态检查	1次/月
	通信设备	交换机、服务器、光电转换器数据、故障判断、检查告警系统（各设备是否正常运行、通信站之间、收费分中心通信是否正常）	1次/月
		检查网管系统并及时处理故障（网管计算机文件、目录、硬盘空间及其周围设备接口状态等）	1次/月
		UPS设备电源及负载监视记录及检查（UPS是否处于正常充电状态；面板状态、故障灯是否处于正常状态；告警蜂鸣器是否长鸣）	1次/月
		设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，线缆、串口通信线及所有插头、座、接线端子检查，光端机、交换机工作状态检查，卫生情况及接地检查	1次/月
	可变情报标志、车道标志	龙门架、情报板、车道标志牢固度，腐蚀性检查，现场设备箱内线缆、串口通信插头是否牢固，通信模块及光端机工作状态检查	1次/月
气象检测器	设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，各传感器工作状态检查，光端机以及接地工作状态检查	1次/月	
外场设备	车道设备	雾灯、车道通行信号灯、黄色闪光报警器等是否正常受控制；IC卡读写是否正确；电动栏杆是否正常受控制；费额显示是否正确	1次/月
	闭路电视设备	摄像机云台、防护罩、现场设备箱、安装支架的牢固度、密封性、腐蚀性检查，避雷器、光端机以及接地工作状态检查	1次/月
	有线广播系统、紧急电话系统	设备牢固度、密封性、腐蚀性检查，广播、通话质量检查以及接地工作状态检查	1次/月
	箱梁内、陆地区光电	巡视线路周围环境变化，光缆及接头盒、进局引入线路	1次/月

表 8.6-6 杭州湾跨海大桥强电系统设备维护频率

序号	设备名称	维护频率
1	开闭所	1次/天
2	高低压开关柜（服务区）	1次/天

序号	设备名称	维护频率
3	干式变压器(服务区)	1次/周
4	柴油发电机组(服务区)	1次/周
5	低压配电柜	1次/月
6	高压避雷器	1次/月
7	监控配电箱	1次/月
8	电力监控系统	1次/月
9	电缆分支箱、环网柜	1次/季
10	埋地变、箱变	1次/季
11	单灯控制系统	1次/季
12	高压电缆	1次/半年
13	路灯	1次/周
14	雾灯	1次/周
15	投光灯	1次/月
16	照明配电箱、插座箱	1次/月
17	箱梁塔柱照明灯具	1次/月
18	照明配电柜	1次/月
19	照明电缆	1次/半年
20	电梯	1次/月

2) 系统升级

机电系统的升级改造工作，并不是一个在短时间完成的集中性的、大规模的工作；而是一个长时间的，点滴不断的，持续性的工作，它是贯穿于整个设备运行期的。升级改造工作主要基于以下几个原因：

①设备故障：这是最常见的一种情况，设备的故障率会随着使用时间增加而日渐上升。

②系统扩展：在原有的系统平台基础上增加新的设备和系统。

③系统升级：原系统老化或者与新设备无法匹配，那么就需要优化升级。

机电系统的升级改造包括设备级改造和系统级改造。设备级改造一般与单个设备的使用寿命有关。规划期内，管养单位可根据以往的经验及设备说明书估计设备改造升级的时间。这部分内容可含在系统维护工作中。

系统级改造的时机很难预测。它需要综合考虑维护工作量、设备故障率、维护费用以及技术发展等四个方面的内容。经调研，大桥机电系统一般应在 5~8 年内进行一次系统级的升级改造。系统级升级改造的触发条件可归纳如下：

①在正常维护下，机电设备频繁损坏。设备年完好率明显达不到规划期内的目标。

②随着技术的进步，大桥现有机电系统技术水平远远落后于时代先进水平。表现为：机电系统自动化程度低、维护工作量大、可靠性差等。

③按照产品说明书或实际经验，判定大桥机电设备即将集中达到使用寿命。

8.6.4 数字化、智慧化大桥建设

“十四五”阶段，国家、行业层面颁布了多项有关桥梁养护领域的政策制度，先汇总、说明如下：

(1)《交通强国建设纲要》中“科技创新富有活力、智慧引领”板块明确指出：完善科技创新机制，建立以企业为主体、产学研用深度融合的技术创新机制，鼓励交通行业各类创新主体建立创新联盟，建立关键核心技术攻关机制，构建适应交通高质量发展的标准体系，加强重点领域标准有效供给。

(2)《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021—2035年）》指出**加强在役基础设施智慧维养技术研究**。围绕在役基础设施智慧维养，纲要明确了交通领域科技创新发展目标：2025年，初步构建适应加快建设交通强国需要的科技创新体系；2030年，交通运输科技创新能力明显提升，交通运输科技创新体系进一步完善；2035年，交通运输科技创新水平总体迈入世界前列，基础研究和原始创新能力全面增强，关键核心技术自主可控，前沿技术与交通运输全面融合，基本建成适应交通强国需要的科技创新体系。

(3)《公路“十四五”发展规划》坚持“服务大局、共享发展，统筹协调、融合发展，深化改革、创新发展，绿色集约、安全发展”四个基本原则，进一步明确了“补短板、优供给、强服务、增动能”的“十二字”发展思路，为“十四五”时期公路交通高质量发展指明了方向和主要着力点。《规划》指出，坚持创新驱动发展战略，注重科技创新赋能，促进**公路交通数字化、智能化**，推动公路交通发展由传统要素驱动向更加注重创新驱动转变，增强发展新动能。到2025年，安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化公路交通运输体系建设取得重大进展，到2035年，基本建成安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化公路交通运输体系。

(4)《“十四五”公路养护管理发展纲要》指出以数字化引领公路养护管理转型升级，结合改扩建、养护工程推进高速公路数字化升级改造，逐步实现对高速公路网全要素动静态信息的数字化呈现和精细化管理，为车路协同、北斗应用、自动驾驶等提供支持；加快公路技术状况检测监测及养护装备研发，重点是公路

桥隧、交安设施等自动化快速检测装备、无人化养护施工装备研发；研制推广公路养护智能化应用，重点是基于人工智能（AI）的自动化巡查、基于物联网的养护工程质量管理等应用；加强公路养护科学决策方法研究，重点研发各类设施养护评价、预测、决策等分析算法与模型，通过算法模型汇集分析数据，提高决策水平，提升公路养护管理工作效能。

（5）《“十四五”交通领域科技创新规划》对“基础设施维养及改造技术”明确了发展方向：①推进交通基础设施长期性能科学观测网建设，开展基础设施全寿命周期性能演化规律等基础理论研究；②攻克基础设施服役状态智能感知、实时监测评估、结构无损检测、服役性能提升与延寿等技术，着力突破工程耐久性提升关键技术；③研发应用基础设施预防性养护、快速维养修复及扩容改造等新技术、新材料、新装备，提升交通基础设施精细化、快速化、智能化维养水平。

（6）《数字交通“十四五”发展规划》推动交通基础实施全要素数字化，推进 BIM、高分辨率对地观测等先进信息技术在交通基础设施项目规划、设计、建造、运维各阶段应用实现建管养一体化；推动全要素、全周期数字化，针对重大交通基础设施工程，采用先进传感、通信、智能识别和大数据分析等技术，实现基于结构反应的采集、传输、存储、分析、评价、预警于一体的基础设施全周期健康性监测；布局重要节点的全方位交通感知网络，让“哑设施”具备多维监测、智能网联、精准管控、协同服务能力。

8.7 养护试验研究

2020 年“公路桥梁安全耐久提升意见”中指出：

（1）加强桥梁工程基础理论研究，完善我国桥梁建设养护理论体系。建设全国范围桥梁长期性能观测网，将桥梁例行检查、专项检查与实时监测相结合，开展桥梁服役状态监测分析，开展桥梁设计、施工、检测、监测等领域关键核心技术和装备攻关。加强桥梁结构状况评估、预防性养护、维修加固方法和技术研究，开展桥梁承载能力快速、智能评估技术研究。

（2）加快智能公路桥梁发展。加快推动大数据、云计算、物联网、人工智能、北斗导航等新技术与公路建管养深度融合，全面开展公路桥梁智能装备、智能建

造、智能检测、智能诊断、智能预警、智能养护研究和推广应用，发挥重大工程科技示范与带动作用，在高性能材料、应用软件、智能装备等方面取得新的突破。

规划期内，杭州湾跨海大桥应按照上述要求，重点开展针对特大型跨海桥梁和缆索结构桥梁方面的相关养护试验研究。

8.7.1 原规划各阶段已完成的养护试验研究项目

(修编说明：该部分有待进一步总结、完善)

1994年以来，杭州湾跨海大桥在前期预可、工可、设计、建设阶段的工作中，围绕建设条件、设计与施工方案、结构安全性与耐久性、运营管理等方面共计开展了148项专题研究，取得了一系列的养护试验研究成果，为大桥最终建设方案的确定提供了科学依据，并为大桥的顺利建设奠定了坚实的基础。

杭州湾跨海大桥建设期开展的148项养护试验研究及咨询专题中，交通部科技攻关计划项目2项，浙江省交通厅科技项目6项，宁波市科技项目10项。这些项目均已顺利完成并直接用于指导大桥工程的设计、施工和运营管理全过程，并发挥了重要的技术支撑作用；同时所开展的科技项目也取得了丰硕的养护试验研究成果。攻克了在强潮海湾建设跨海大桥的技术难题，取得了一批研究成果和技术数据，获得了250多项技术革新成果及一批国家级的科技进步奖项，创造了一批专利、规范、工法乃至多项世界纪录，发表了200多篇论文，科技创新还为大桥节约建设成本约11亿元。2007年7月，在第24届国际桥梁大会上，杭州湾跨海大桥工程在学术交流中受到了国外同行和专家的高度评价。

各个阶段的研究情况如下表：

表 8.7-1 杭州湾跨海大桥各阶段研究内容情况一览表

阶段	项目数 (项)	委托单位	养护试验 研究机构 数量(家)	时间	研究内容
首次预 可行性 研究阶 段	13	浙江省宁 波市人民 政府	12	1994年 -1998年	经济、自然条件、地质、环境、交通、 通道形式、线路走向
深化预 可行性 研究阶 段	15	杭州湾交 通通道工 程筹建处	15	1999年	气象、水位、河势、泥沙、地质、地 震、通航

工程可行性研究阶段	26	杭州湾交通通道工程筹建处	24	2000年-2002年	气象、水文、防洪、地形、地质、地震、通航、船撞、环评、测绘、交通流、环保景观
初步设计阶段	43	杭州湾大桥工程指挥部	33	2002年-2003年	工程测量、气象、水文、水利、抗风、航道稳定性、船舶管理、防洪、地形、地质、地震、通航、船撞、试桩
施工图设计阶段	13	杭州湾大桥工程指挥部	13	2003年-2004年	混凝土结构耐久性、信息管理、紧急救援、索塔锚固区节段模型、预制混凝土构件配合比、涂料体系调研、海水造浆、超长桩试桩
开工建设阶段	38	杭州湾大桥工程指挥部		2004年-2007年	配合施工阶段开展的一批专题研究
通车运营阶段	7	宁波市杭州湾大桥发展有限公司	7	2008年至今	桥面维修技术、混凝土及钢结构耐久性研究、局部冲刷研究

(1) 预可研究阶段

①首次预可行性研究阶段

1994年4月受浙江省宁波市人民政府委托，上海林同炎李国豪土建工程咨询有限公司承担开展杭州湾交通通道预可行性研究工作，由此拉开大桥工程首次预可行性研究阶段养护试验研究工作的序幕。至1998年10月，上海林李公司共委托12家养护试验研究机构，开展13项开拓性的专题研究，涉及经济、自然条件、地质、环境、交通、通道型式及线路走向等近十个领域，初步了解杭州湾特定自然环境；研究分析杭州湾通道的技术标准、线路走向及建设规模、桥型方案、投资估算及资金举措等；初步论证建设杭州湾通道的必要性和技术经济可行性，从而对后续工作的开展具有十分重要的指导意义。

②深化预可行性研究阶段

为了进一步完善杭州湾交通通道工程项目的预可行性研究工作，尽快获得国家主管部门的立项批准，1998年10月杭州湾交通通道工程筹建处正式组建，前期筹备工作步入正轨。1999年3月至1999年10月受筹建处委托，中交公路规划设计院有限公司主持杭州湾交通通道工程项目的深化预可行性研究工作。期间，中交公路规划设计院有限公司在首次预可研究的基础上，委托15家养护试验研究单位开展10项专题和5项论证报告的研究工作，涉及气象、水文、河势、泥沙、地质、

地震、通航等十多个领域，进一步充实了杭州湾交通通道建设的基础资料；比较论证桥隧方案，排除隧道方案，明确采用桥梁方案更为合理；更为系统、深入地分析论证项目建设的必要性、建设规模、技术标准、工程方案、资金筹措、交通量预测、财务评价等；完善并编制预可行性研究报告，为项目建议书提供有力依据。

（2）工可研究阶段

2000年7月，杭州湾交通通道工程筹建处正式委托中交公路规划设计院开展项目工可研究，拉开了杭州湾交通通道工程可行性研究的序幕。从2000年10月至2002年1月，以中交院为总体牵头单位的24家养护试验研究单位参与了这一阶段累计26项的专题研究工作。

这一阶段养护试验研究专题的开展是建立在预可研究基础上，进行了更为广泛、深入的调查研究。研究的范围涉及气象、水文、防洪、地形、地质、地震、通航、船撞、环评、测绘、交通流及环保景观等十多个领域，从建桥条件、社会效益、环境保护、区域交通等方面进行了专题论证，取得了大量富有成效及开拓性的专题研究成果。

在整个大桥前期工作中，这一阶段的养护试验研究专题工作历时长、投入大、成果多，发挥了承上启下的纽带作用。

（3）初步设计阶段

经宁波市政府批准，2001年7月杭州湾大桥工程指挥部正式成立，标志大桥前期工作进入了一个实质性的阶段。2001年12月大桥进入初步设计阶段，至2003年4月结束，历时17个月。这一期间，指挥部在坚持尊重科学、依靠专家和适度超前、交叉进行原则的指导下，一手抓工可报批、一手抓初步设计，并根据设计的需要适时安排了相关养护试验研究专题工作。这一阶段开展的养护试验研究工作，除由指挥部直接委托外，也尝试了设计与部分养护试验研究总承包的做法，使得养护试验研究与设计的结合更为直接、紧密。

本阶段指挥部与两主体设计单位共安排了27项养护试验研究专题，有30家养护试验研究单位参与了专题研究工作。研究内容涉及大桥工程测量、气象、水文、水利、抗风、航道稳定性、船舶管理、防洪、地形、地质、地震、通航、船撞、试桩等多个领域。这些专题的实施，既是对工可阶段工作的延续和深化，也丰富和充实了大桥建桥基础资料，更重要的为解决大桥总体设计方案、桥型比选及基

础选型等初步设计方案中的关键问题提供更为科学准确的设计参数和理论依据。

(4) 施工图设计阶段

自 2003 年 4 月完成初步设计文件部审以后,大桥进入试验段开工筹备阶段,同时也进入了施工图设计阶段。该阶段共完成的专题 13 项,约 13 家养护试验研究单位开展研究工作,涉及混凝土结构耐久性、信息管理、紧急救援、索塔锚固区节段模型试验、预制混凝土构件配合比、涂料体系调研、海水造浆、超长桩试桩等专题。综合而言,主要有三方面的研究:一是针对设计方案可行性问题,如结构耐久性及其索塔锚固区节段模型试验等;二是针对施工工艺可行性问题,如海水造浆工艺研究、桩基压浆工艺、预制混凝土构件配合比研究等;三是针对工程管理问题,如信息管理、紧急救援等。这些专题具有较强的针对性、实践性和指导性,对确保大桥工程施工工期与施工质量发挥了重要作用。

(5) 开工建设阶段

2003 年 11 月大桥全面开工后,大桥养护试验研究转入配合施工建设阶段,为确保大桥工程的质量、进度、安全,在省部技术专家组的指导和帮助下,共计开展了 38 项养护试验研究专题研究,取得了一批高质量的养护试验研究成果,从而为大桥顺利实施提供了强有力的技术支撑。

(6) 通车运营阶段

杭州湾跨海大桥自 2008 年 5 月 1 日通车运营以来,针对前期的一些课题延伸和大桥养护管理开展了一系列的养护试验研究项目。养护试验研究项目采用自主研发与外包相结合的方式(以外包为主)。

8.7.2 养护试验研究思路

规划期内,杭州湾跨海大桥应以特大型跨海桥梁养护示范为目标,力求对行业内特大跨海桥梁的养护管理起到引领和示范作用。养护试验研究规划以杭州湾跨海大桥为依托,并着眼跨海桥梁、特大缆索结构桥梁的管养的需求,通过养护试验研究促进养护工作的发展,提高养护管理水平,探索创新特大桥的养护管理模式,研发推广特大桥管养新技术的应用。具体养护试验研究工作根据杭州湾跨海大桥的实际特点、养护管理的需求及行业内重点难点问题有序开展。

8.7.3 后续建议开展的养护试验研究项目

通过梳理近年来热点养护试验研究项目,并结合《关于进一步提升公路桥梁安

全耐久水平的意见》中的相关要求，对规划期内大桥养护试验研究课题的设置给出了相关建议，具体可结合大桥养护管理实际需要，有针对性地进行选择，具体如下：

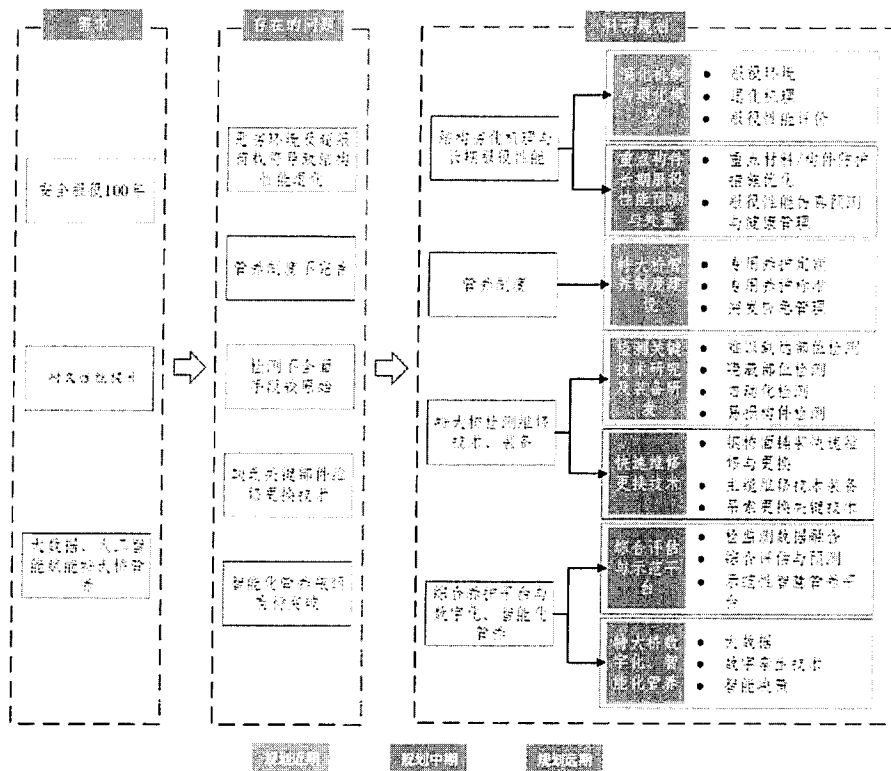


图 8.7-1 规划期内杭州湾跨海大桥的总体养护试验研究思路

基于此，对后续规划期内养护试验研究课题提出如下建议（这些养护试验研究课题仅作为参考，不代表一定执行，具体实施内容应依据养护需求和科学决策结果进行确定）：

1) 钢箱梁疲劳裂纹检测、监测、维修处置综合养护试验研究

针对钢箱梁疲劳裂纹的研究是一个不断积累的过程，在桥梁运营的各个阶段，疲劳裂纹的类型、规模以及相应的处置方法都有较大的差异。因此，本次规划编写中，将钢箱梁疲劳裂纹的研究纳入养护试验研究内容，通过在运营阶段不断积累相关数据，并持续进行探索与研究，才能有效解决这一关键性问题。

杭州湾跨海大桥钢箱梁疲劳问题目前较为突出，建议在规划期内，针对钢箱梁疲劳裂纹的检测、监测、评估、处置方案研究等开展综合性养护试验研究，为后续裂纹维修处置工作提供技术储备和经验积累。

钢箱梁疲劳裂纹综合养护试验研究课题处理包括对现状裂纹的检测、检测、试

验性处置和维修等内容外，也可重点关注以下内容：

（1）钢箱梁顶板长裂纹处治及效果评估

大桥钢箱梁顶板长裂纹增长趋势较快，维修难度较大。据同类桥梁发生案例，不久可能有顶板贯穿出现。目前顶板裂纹无论是否贯穿，均处治难度较大、依据少，实桥维修效果不尽理想。通过研究，提升处治效果，进行技术储备。

（2）钢箱梁病害智能化检测与评估技术

桥梁养护智能化是当前的发展趋势。基于图像识别和深度学习等技术，研究裂纹自动识别和评估，研发病害检测的配套装备和评估系统，实现钢箱梁疲劳病害的智能养护。

2) 海洋钢结构防腐涂装体系及性能研究

杭州湾跨海大桥钢结构、构件较多，并属于海洋环境，钢结构受到一定程度的腐蚀影响，如何确保各类钢结构的防腐涂装能够有效发挥防腐效果，并能够耐受相应的腐蚀环境，也是需要研究的重点内容。在规划期内，杭州湾跨海大桥应结合运营养护实际需要，对钢结构防腐涂装进行相关研究，一方面为后续工作中进行涂装的维修更换进行准备，另一方面也为其他同类桥梁的养护维修提供相关借鉴。

3) 缆索系统检测、监测、养护维修技术综合研究

杭州湾跨海大桥南、北航道桥为斜拉桥，斜拉索是大桥关键受力及传力构件。然而，在海洋环境条件下，拉索系统锈蚀乃至断丝是斜拉桥的主要病害，其断丝隐蔽性强。尽管拉索厂家对拉索提出了30年~50年的寿命指标，但从四川犍为桥、广东九江桥等采用PE防护的平行钢丝索以及柳州壶西大桥等采用钢绞线体系的拉索来看，其换索龄期最短的6年（广东珠海淇澳大桥），最长通常也就14~15年。目前尚无证据证明国内的拉索能够达到设计寿命。

因此，在规划期内，应开展针对缆索系统的检测、监测、养护维修技术综合研究，特别是斜拉索的试验性拆除、更换方案，应作为养护试验研究的重点内容，为后续运营阶段可能的斜拉索更换工程提供依据。

4) 杭州湾跨海大桥火灾仿真分析及应急对策研究

火灾对大桥构件性能影响很大。火灾可造成混凝土、钢材强度的衰减，甚至导致构件的破坏。且桥梁火灾属于突发事件，需要快速做出处治决策。本研究主要是针对杭州湾跨海大桥可能受到火灾影响的关键构件，如索塔、钢箱梁、钢桥面铺

装等，特别是桥面边缘的空间斜拉索，应进行火灾全过程仿真分析，判断在火灾情况下，构件性能的衰减规律，并以此为基础，建立火灾事故应急预案和维修处治措施。

5) 基于视频识别的自由流下车辆荷载效应

桥梁运维的终极目标就是桥梁状态实现全感知，当然目前来看是几乎不可能实现的，可以先从抓主要（车辆）入手，逐步实现精度上不断的前进突破。为此，结合目前发展逐步成熟的视觉识别方法（人工智能、深度学习），结合动态称重系统，捕获自由流车辆荷载在桥上实时空间分布位置。

有了实际的车辆荷载位置，可扩展空间极大，例如可以利用多辆标定重车外加短时限载，实现自由流下不封桥荷载试验。可以实时计算桥梁在自由流受力下理论响应与实际响应指标。可以在微观层面，捕捉焊缝承受了真实的车轮荷载，可以将疲劳寿命预测更加准确。杭州湾跨海大桥交通流量大，封桥进行荷载试验将面临较大的压力，因此有必要研究快速荷载试验的方法，而研究基于视频识别的自由流下车辆荷载效应则为其提供了可靠手段和支撑。

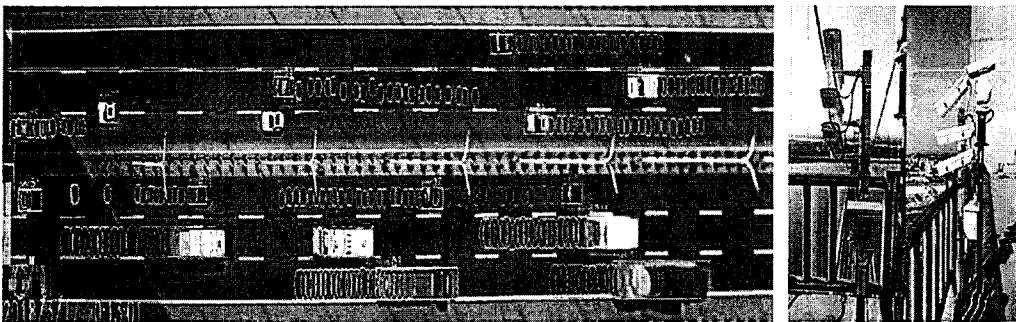


图 8.7-2 车辆位置捕捉配合动态称重系统

6) 基于杭州湾跨海大桥的智慧桥梁管养

安全和畅通是路桥养护运营管理的基础目标，大桥管养单位作为重要的交通运营服务提供商，通过精细化的工程养护保障了大桥结构的安全与耐久，在保障公众出行的畅通方面，利用智慧交通开展智能化服务，还大有可为。

智慧管养充分利用 BIM、物联网、大数据等技术，解决信息孤岛问题，开发桥梁健康监测系统，实时存储检测车、无人机、机器人等智能化检测设备获取的桥梁状态参数，进行海量数据分析、识别与评估，实时掌握桥梁“服役”状态，为管养及病害整治提供智慧化服务。可开展的研究内容如下：

(1) 开发图像识别技术与机器自学技术，建立标准化的病害库，采用图像识别

技术、深度学习技术,通过大量典型病害照的训练建立病害分类和处置人工智能数据模型,实现桥梁病害的智能识别并配套专业 APP,巡查及检测人员发现病害,只需要通过 App 进行识别,系统内置的病害识别算法就可以自动判别病害类型并将结果反馈回公路综合养护管理平台,取代了巡查人员主观判断,真正有利于实现巡查及检测数据的精准、高效采集。

(2) 传统的交通安全设施(如反光交通锥、三角警告牌等)进行物联网化改造,并与 APP 数据平台无缝对接,实现道路施工、事故和封闭管制信息的实时精准采集和发布,提升用户出行效率和安全水平。

(3) 高峰期借道通行的智能化管理,包括借道时机与方式的确定,可借道通行的信息发布与智能化的交通导引等;

(4) 基于 5G 技术的无人机或视频监控在突发事件的现场监测与视频返回技术,为应急指挥处置提供先进手段;

7) 桥面铺装“巡检+修复”一体化养护机器人

目前,桥面铺装养护巡检与维修作业自动化、一体化程度较低,且仍部分依赖于人工。智能化、自动化的桥面铺装巡检与修复设备对提高桥面铺装养护作业效率,减小养护交通干扰,提升桥面铺装养护品质具有重大意义。目前杭州湾大桥桥面铺装养护巡检与维修作业主要存在以下不足:

(1) 桥面铺装巡检设备病害信息采集全面性较差

现有无人机倾斜摄影巡检精度较低,而车载巡检技术往往无法同时获取铺装表层与内部病害情况。

(2) 铺装病害修复机械化程度低

现有铺装病害修复作业仍相当程度上依赖人工,且铺装病害修复机械化设备往往只针对某一工序,技术集成化程度低,无法针对各类病害进行全流程修复。

(3) 巡检、铺装作业一体化程度低

受当下铺装巡检、养护方案生成与病害修复作业效率所限,桥面铺装巡检与维修作业通常需要分两次单独进行,对桥面交通造成两次干扰。

对此,研发一种集“巡检+修复”功能的高效率,一体化桥面铺装养护机器人对提高桥面铺装养护作业效率,减小养护作业对桥面交通干扰,保证桥面结构安全、通行顺畅具有重大意义。

研究内容:

本项养护试验研究主要基于当前车载激光点云扫描仪与探地雷达、冷拌环氧砂浆拌合摊铺技术、智能压实技术，借鉴智能环卫车的吸污装置与高自由度数控机床手，将上述技术集成为“巡检+修复”一体化养护机器人。

(1) 铺装病害多尺度集成检测装置研发

将车载激光扫描仪与车载探地雷达集成于养护机器人中，以同时采集铺装表面于铺装结构内部病害信息。在上述仪器之间设置隔离装置，避免激光与高频电磁波反射信号的相互干扰。同时设定合理的巡检扫描速度以平衡三维激光扫描与车载探地雷达的巡检扫描能力

(2) 铺装表面杂物多功能清理装置研发

在现有桥面铺装转动式毛刷清洁装置基础上加装大功率真空吸泵，以实现除微小灰尘以外的坑槽积水与破碎混合料等大体积杂物的清扫功能，可对病害修复区域进行预先清洁并有助于提高病害扫描精度。

(3) 病害区域多功能切除装置

将高精度、自由度数控机械手附加于现有铺面切除设备中，以实现精确的裂缝开槽、坑洞切除、鼓包打磨功能。

(4) 修复材料自动化填充碾压装置研发

基于智能液压开关实现对修复材料的用量，填充压力自动化控制。基于智能碾压技术实现对修复材料的快速智能压实。

(5) 铺装养护方案快速生成机制

将养护机器人本次巡检所获病害数据通过 5G 网络快速传输至铺装管养平台，基于平台智能养护决策功能与在线专家研判，及时生成养护维修方案并传回位于现场的养护机器人。机器人当场基于养护修复方案进行维修作业。

预期成果：

一款“巡检+修复”一体化铺装养护机器人。其一体化巡检模块可实现铺装养护多尺度巡检，全面获取铺装表层与结构内部病害信息；此外，其一体化病害修复模块可实现病害修复作业从表面清洁、病害区域切割、修复材料填充碾压流程化作业，大大提高了病害修复效率；同时，配套的铺装养护方案快速生成机制可将养护维修方案及时传回现场养护机器人，实现巡检与修复工作在一次养护作业同时完成，减小养护作业对桥面交通的干扰。

8) 暴露试验站预防养护性试件增补设计与研究

由前期杭州湾跨海大桥暴露试验站检测数据可知杭州湾跨海大桥关键部分已存在一定数量的氯离子堆积的现象，随着时间的推移会影响大桥的耐久性安全。同时结构会随着服役时间的增加而不可避免地出现劣化情况，如防护涂层剥落、裂缝出现，劣化情况的出现又会加速氯离子等有害离子的侵入进而加剧混凝土结构的耐久性问题。为了探明劣化对杭州湾跨海大桥混凝土结构耐久性的影响及准确预测杭州湾跨海大桥的耐久性寿命，有必要将劣化试件纳入到暴露试验站试块管理系统中，更加全面地获得实桥的耐久性数据，是系统评估杭州湾跨海大桥耐久性和开展耐久性提升方案决策不可或缺的支撑理论基础。

桥梁混凝土结构在建造及使用过程中因大体积混凝土收缩、施工缺陷、荷载环境作用而出现保护层开裂和外部防腐涂层脱落问题，而混凝土结构的开裂会为外界提供直接相连的传输通道，使得氯离子等有害离子的侵入加速，进而加剧混凝土结构的耐久性问题。同时混凝土表面涂层是提高海洋混凝土工程防腐性能最简单有效的防护措施，涂层剥落和开裂是导致涂层防护性能急剧劣化的主要原因。

考虑混凝土开裂和外部防腐涂层劣化两个实际结构劣化和氯离子超前侵入的不利因素，为提前预测杭州湾跨海大桥的后期劣化特征，为后期大桥养护、决策提供数据理论支持，可以在暴露试验站中加入：开裂、涂层劣化和氯离子超前侵入的试件。

9) 其他中长期养护试验研究内容

由于中长期规划的时期距离现状基准年份较远，因此主要以方向性规划为主要内容。在确定长期规划的内容时，主要参考和借鉴的是行业中有关未来长期的发展政策，例如《交通强国建设纲要》中指出：“到 2035 年，基本建成交通强国。交通科技创新体系基本建成，交通关键装备先进安全，人才队伍精良，市场环境优良；交通国际竞争力和影响力显著提升”，《交通领域科技创新中长期发展规划纲要（2021—2035 年）》中提出：“到 2035 年，交通运输科技创新水平总体迈入世界前列，基础研究和原始创新能力全面增强，关键核心技术自主可控，前沿技术与交通运输全面融合，基本建成适应交通强国需要的科技创新体系”。

基于行业内长远期发展规划、政策的相关要求，长期规划从高性能和智能材料、桥梁数字孪生技术平台、多种缺陷检测与识别的智能算法、智慧能源管控体系 4 个方面对未来研究的方向进行了明确。这 4 个方向均属于行业引领性工作，通过这些工作的实施，能够进一步填补行业空白，引领养护工作的规范化、标准化、

智能化的发展，能使未来跨海大桥创新能力水平和桥梁养护管理技术水平立足于更高的层面。

1) 高性能和智能材料

推进研发并应用适应于桥梁预防性养护、快速维养修复、适应多种极端环境耦合作用下的新型高性能工程材料，加强新型材料与桥梁结构协同全寿命期设计理论和方法研究；加强对智能材料性能、受力机理、耦合效应、材料可靠性与耐久性等方面的研究；研发低能耗、多功能的新型材料及构件，并积极应用于结构健康监测、降噪自适应控制及安全防灾减灾等方面，以实现结构的自感知性、自适应性、自调节性和自诊断性。

另一方面，对于新建桥梁在建造过程中应用各类新材料，诸如 UHPC 超高性能混凝土、高性能钢材、碳纤维等高分子材料等，研究其长期使用和服役性能，加强使用阶段潜在损伤和维修措施的研究和应用，为高性能新材料在桥梁运营养护阶段的养护决策提供技术支撑。

2) 桥梁数字孪生技术平台

稳步推进桥梁数字化建设，开展数字孪生构建理论、方法及标准体系的研究；攻克搭建数字孪生平台的数据统一编码、多源异构融合、视频时空叠加，孪生数字引擎、神经元智能分析模型、AR 技术、AI 人工智能等关键技术；研发应用数字孪生的桥梁运行趋势自动分析与推演平台，研究桥梁关键构件运行状态评估、结构损伤识别与桥梁性能评定方法的孪生应用，提升信息技术创新。

3) 多种缺陷检测与识别的智能算法

进一步完善用于缺陷识别和分析处理的计算机视觉技术和人工智能算法，丰富相应的数据集和数据量，训练更具有鲁棒性的深度网络模型，解决目前大多数算法仅能针对某一种或几种特定的缺陷的问题；建立基于多源数据和深度学习的智能诊断理论，以形成一套统一、普适的结构损伤识别及评价模型为目标，探索能够适用于多种缺陷检测与识别的智能算法。

4) 智慧能源管控体系

适应碳中和、碳达峰目标，建设交通自治能源系统，突破交通能源物联网、交通导向的多源多态能源转换控制与管理、基础设施分布式光伏发电及并网、交通能源产储配用一体化、充（换）能设施网络布局等技术。研发新能源、清洁能源装备与桥梁运营的结合方案，重点突破交通电动化技术方案在桥梁上的应用等交

通新能源的安全应用技术、新型能源系统及牵引供电技术，研发新能源与清洁能源装备的性能监控与保障技术。利用先进的感知技术、智能装备、大数据、移动互联信息等技术，研发新能源、清洁能源的跨海大桥智能能源管控体系，实现能源数字化管控应用，逐渐实现能源自给和低碳化发展目标。

9. 未来规划期内养护工作详细规划

9.1 日常性养护

9.1.1 大桥小修保养工程

杭州湾跨海大桥小修保养工程是大桥养护工作中的重要内容，包含了大桥日常巡查、经常检查、保洁、小修保养等日常性工作内容。其目的为：为确保杭州湾跨海大桥的快速、安全、舒适、畅通，承包人应对公路及其附属设施进行经常性、及时性、周期性和预防性的维修保养，保证其正常使用功能；同时应会同业主等有关部门迅速排除交通阻塞，并及时修复破损设施。做到：结构完好无损，桥面及桥头引道平整，行车平顺舒适，排水通畅，交通管理标志及附属设施齐全完好，全桥外观整洁。建立并不断充实和完善桥梁维修养护档案，重视环境保护和环境综合治理。

经过 15 年养护工作的开展和实施，该项工作已基本形成标准化作业内容和体系，并形成了《杭州湾跨海大桥小修保养技术标准》和清单，其中的内容在规划期内总体上不会发生较大的调整 and 变化。日常小修保养工作内容以年度为单位，在 1 年内完成相应的养护工程量，每年度小修保养内容如下表所示。

表 9.1-1 杭州湾跨海大桥日常小修保养工作内容及清单

细目号	细目名称	计量单位	工程数量
801	桥梁日常巡查		
801-1	大桥常规巡查		
-a	全桥日巡查	天	365
-b	全桥夜巡查	周	52
801-2	特殊天气巡查	天	55
802	桥梁经常检查		
802-1	南北航道桥及索塔、钢箱梁经常检查-1486m	月	12
802-2	海中平台匝道桥及钢箱梁经常检查-2034m	月	12
802-3	引桥经常检查		
-a	北岸陆地、滩涂区引桥-2560m	月	12
-b	航道桥高墩区引桥-3010m	月	12
-c	中引桥-9380m	月	12
-d	南引桥水中低墩区-6350m	月	12
-e	南岸滩涂区引桥-9700m	月	12
-f	南岸陆地地区引桥-3250m	月	12

803	桥梁保洁		
803-1	桥面(路面)保洁	72km·天	365
803-2	中分带保洁	季度	4
803-3	箱梁内部保洁	季度	4
803-4	桥面排水设施清理疏通	72km·次	1
804	日常小修保养		
804-1	桥面(路面)小修		
-a	钢箱梁桥面	m ²	100
-b	混凝土箱梁桥面	m ²	2000
-c	服务区路面修补	m ²	1500
-d	冷料应急修补	t	20
804-2	交通安全设施更换与维护		
-a	交安设施综合保养(保洁、维修)	月	12
-b	锥形路标	个	400
-c	橡胶警示柱 80cm	个	250
-d	防撞桶	个	200
-e	水马	个	500
-f	爆闪灯	个	10
804-3	全桥钢结构防腐及维护	季度	4
804-4	索塔、箱梁进出口管理及维护	月	12
804-5	全桥绿化养护(养护范围内)		
-a	桥面绿化养护	510m·季	4
-b	陆地区绿化养护	36000m ² ·季	4
805	全桥梳齿伸缩缝养护维修		
805-1	伸缩缝日常维护	235条·季	4
805-2	伸缩缝清理	235条·年	1
805-3	伸缩缝梳齿板更换		
-a	RBKF160型	m	8
-b	RBKF240型	m	20
-c	RBKF320型	m	20
-d	RBKF480型	m	1
-e	RBQF1120型	m	1
806	陆地区养护管理		
806-1	陆地区综合管理	月	12
806-2	隔离栅日常养护	年	1
806-3	陆地区巡查	天	365
807	排水系统维护及更换		
807-1	PVC排水管	m	100
807-2	排水口盖板	个	30
807-4	排水沟备品备件		
-a	排水沟沟体	m	100
-b	排水沟盖板	个	50

808	业主提供关键设备保养、维护		
808-1	除雪设备维修费	月	12
808-2	设备保养及其他费	月	12
809	专业封道队伍	台班	150
810	养护设备使用费		
810-1	桥检设备维修费	月	12
810-2	桥检车使用费	台班	50
901	联勤工作经费	月	12
902	应急物资管理	月	12
903	桥面(路面)除冰雪		
903-1	人工费	工日	100
903-2	材料		
-a	黄沙	t	5
-b	小型机具使用费	次	10
-c	土工布	m ²	100
-d	草袋	个	100
-e	除雪车用柴油	t	1
903-3	其他小型设备	台班	15
1101	支座养护		
1101-1	海中平台匝道桥支座保养	个	15
1101-2	引桥支座保养	个	15
1102	交通安全设施保洁		
1102-1	交通安全设施保洁	块	3
1102-2	边护栏清洗	km	10
1102-3	中央护栏清洗	km	10
1102-4	爆闪灯清洗	个	33
1103	桥面特殊污染物处理	m ²	600
1104	防撞护栏维修更换		
1104-1	防撞护栏		
-a	边缘护栏立柱	根	15
-b	中央分隔带护栏立柱	根	15
-c	护栏横梁	m	21
-d	其他钢护栏	m	40
1104-2	防撞护栏基础		
-a	防撞护栏基础(两侧)	m	30
-b	防撞护栏基础(中央挂块)	m	30
1105	风障备件		
1105-1	风障立柱(5档)	个	10
1105-2	风障立柱(4档)	个	10
1105-3	风障立柱(3档)	个	50
1105-4	风障立柱(2档)	个	10
1105-5	风障条	个	200

1106	交通标志维修更换		
1106-1	里程碑	个	36
1106-2	百米标	个	360
1106-3	防眩板	块	300
1106-4	轮廓标	个	7400
1107	标线维修		
1107-1	普通热熔型标线	m ²	750
1107-2	振荡标线	m ²	450
1107-3	普通突起路标	个	90
1108	船型防撞岛头维修	组	3
1109	桥梁结构病害维修（局部）		
1109-1	混凝土裂缝修补	m	3000
1109-2	混凝土缺陷修补	m ²	3000
1109-3	混凝土结构涂装	m ²	3000
1109-4	钢结构防腐涂装		
-a	重度劣化区域	m ²	300
-b	轻度劣化区域	m ²	3000
1110	机械设备使用费		
1110-1	防撞车使用费	台班	30
1110-2	抛丸设备	台班	10
1110-3	平板车	台班	10
1110-4	特殊设备进出场费	次	5

注：年度小修保养实施过程中，还需考虑一定数量的养护设备的采购，包括吹雪车、滚刷车、洒布车等。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，杭州湾跨海大桥历年度小修保养费用总体上在 1400-1500 万元左右（2022、2023 年由于其中安排有全桥排水沟集中改造工程，费用相对较高，接近 1800 万元）。由于工作内容、工程量清单总体固定，选取 2024 年度实际数据作为基准（1500 万元/年）进行后续年度费用的预测。此外，根据 9.7.5 节的相关论述内容，在每年小修保养工作中，额外考虑 80 万的费用，用于处置桥墩不均匀沉降引起的各类混凝土病害。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

该项工作每年度周期性实施。

对于规划期内费用的增长情况，由于该项工作内容相对固定，且费用测算依据于行业定额，一定时间内不会有显著变化，考虑每年 1% 的增长以应对工料机单价上涨的可能。

9.1.2 航标养护工程

杭州湾跨海大桥航标养护工程是大桥养护工作中相对独立的一部分，主要内容是对桥区水域航标进行维护、保养、修理，确保航标正常运行。与小修保养工程一样，航标养护工程以年度为工作周期，每年完成相应的养护工作内容。

经过 15 年养护工作，对于航标养护目前也已形成了相对标准和成熟的工作内容和养护工作量清单。航标养护内容和要求如下：

对航标维护应遵守《沿海浮动视觉航标维护规程》(JT/T 953-2014)的相关要求。航标维护分为岸上维护和现场维护。岸上维护指在陆地保养场对航标进行检测、维修、保养。现场维护指航标设置点对航标实施检测、修复、保养。

当出现下列情况时，应进行岸上维护：

- ① 当航标表面色不符合 GB 17381 的相关要求，且现场无法修复。
- ② 结构不符合《沿海浮动视觉航标维护规程》(JT/T 953-2014)中 4.4 节“浮身水密性符合 JT/T 760 的要求，标志所有部件（组件）及附属设备之间的连接牢固；标志无明显扭曲、倾斜，所显示的形状特征应符合 GB 16161 或 GB 15359 的规定”的相关要求。且现场无法修复。

投标人现场维护应每月进行。出现下列情况之一，也应进行现场维护：

- ① 台风等自然灾害后；
- ② 遭受船舶碰撞、拖带；
- ③ 遭受人为破坏；
- ④ 效能异常。

下表是主要维护设备及频率：

表 9.1-2 航标维护范围

序号	维护项目	数量(座)	频率
1	桥区水上助航标志	18	1次/天
2	桥区水域警戒标志	20	1次/天
3	海中平台禁戒标志	1	1次/天
4	桥涵标中央标志	6	1次/天
5	桥涵标左侧标	6	1次/天
6	桥涵标右侧标	6	1次/天
7	桥涵标禁航标	4	1次/天
8	雷达应答器	3	1次/天
9	桥墩警戒标志	14	1次/天

10	防船撞试验段警示航标	10	1次/天
11	遥测遥控终端设备	85	1次/天

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

2008-2020年，根据行业定额测算养护费用约为600万元/年；2021-2022年，费用约400万元/年（2023年534万元，包含部分桥涵标改造内容，费用增加）。2021年起费用降低的原因为：针对各类通航设施的巡查方式进行了优化和改进，提高了巡查作业的效率，同时降低了每项工作实施的成本，即各项目作业单价有所降低。由于从2021年起工作内容、工程量清单总体固定，选取2024年度实际数据作为基准（420万元/年）进行后续年度费用的预测。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

该项工作每年度周期性实施。

由于该项工作内容相对固定，一定时间内不会有显著变化，考虑每年1%的增长以应对工料机单价上涨的可能。

9.2 检查检测（定检、特检、评估）

检查检测项目主要包括上部结构检查与维修、下部结构检查与维修、钢箱梁斜拉索检查与维修、匝道桥检查与维修、沉降观测、冲刷观测、承台专项检查、钢桥面跟踪观测、综合检测与评估等项目。上述各项目经过多年的开展和实施，也已形成相对稳定的检查项目和内容，典型项目示例如下：

1、海中平台匝道桥检查与维修

本项目主要对杭州湾大桥海中平台匝道桥钢箱梁、支座和桥墩外观进行检查，具体包括下表所示内容：

表 9.2-1 海中平台匝道桥检查与维修检查内容（1年工作量）

检测项目	检测依据	检测频率	备注
钢箱梁内、外部检查	JTG/T H21-2011	1次/年	目视抵近检查
支座检查	JTG/T H21-2011	1次/年	目视抵近检查
恒载线形测量	JTG/T J21-2011	1次/年	水准仪
结构位移监测	JTG/T J21-2011	1次/年	光电挠度仪
独柱墩裂缝检测	JTG/T H21-2011	113个/次·年	位移计等监测传感器
水下桩基检测(人工探摸)	JTG/T H21-2011	20根/次·年	人工探摸
独柱墩横向振动性能评估	JTG/T J21-2011	1次/年	拾振器、加速度传感器等
桥梁定期检查报告	JTG/T H21-2011	1次/年	/

2024 年度预算中，该项工作实际费用 95 万元。

根据年度招标计划和已完成的清单预算，本项目后续为三年期，折算年度费用为 83 万元，故以此为基准（假定 2024 年为 83 万元），进行后续年度检测费用的测算。

2、南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查与维修项目

南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查与维修项目主要是为了掌握杭州湾跨海大桥南北航道桥斜拉索及钢箱梁的缺损情况，评定桥梁的技术状况等级、制订管理养护计划提供基本数据，为桥梁养护管理系统搜集结构技术状态的动态数据而实施。主要作业内容如下表所示：

表 9.2-2 南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查与维修内容（1 年工作量）

子目号	子目名称	单位	数量
201	钢结构涂层表面状况检测	1486m/次·年	1
202	钢结构涂装腐蚀部位测厚	200 处·年	1
203	斜拉索外置式阻尼器状况检查与维护	192 个/次·半年	2
204	斜拉索内置式阻尼器状况检查	192 个/次·月	12
205	斜拉索锚具状况检查与维护	384 个/次·年	1
206	塔梁锚固区耳板状况检查与维护	192 个/次·年	1
207	索塔锚固区钢锚箱状况检查与维护	48 个/次·年	1
208	钢箱梁焊缝及疲劳裂纹检查与跟踪观测	次·半年	2
209	斜拉索 PE 护套检查	192 根/次·年	1
210	高强度螺栓检查与维护	1486m/次·年	1
211	检修车检查与维护	次·年	1
212	裂纹磁粉检测	处	1000
213	焊缝超声相控阵检测	m	900
214	焊缝 TOFD 检测	m	900
215	钢箱梁支座技术状况检查与维护	次·季	4
216	支座处阻尼器状况检查与维护	10 组/次·年	1

2024 年度预算中，该项工作实际费用 167 万元。

根据年度招标计划和已完成的清单预算，本项目后续为三年期，折算年度费用为 167 万元，故以此为基准，进行后续年度检测费用的测算。

3、混凝土箱梁、索塔及支座定期检查项目

杭州湾跨海大桥混凝土箱梁、索塔及支座定期检查项目主要是为了掌握杭州湾跨海大桥混凝土箱梁、索塔及支座的缺损情况，评定桥梁的技术状况等级、制订管理养护计划提供基本数据，为桥梁养护管理系统搜集结构技术状态的动态数

据而实施。主要作业内容如下表所示：

表 9.2-3 混凝土箱梁、索塔及支座定期检查内容（1 年工作量）

子目号	子目名称	单位	数量
201	混凝土箱梁及支座定期检查		
201-1	北岸陆地、滩涂区引桥	5120m/次·年	1
201-2	航道桥高墩区引桥	5950m/次·年	1
201-3	中引桥	18760m/次·年	1
201-4	南引桥水中低墩区	12630m/次·年	1
201-5	南岸滩涂区引桥	19400m/次·年	1
201-6	南岸陆地区引桥	7220m/次·年	1
201-7	大桥南接线主线治超站范围	900m/次·年	1
203	索塔检测（近景摄影技术）	3 座·年	1
204	碳化深度检测	7 处/次·年	1
205	氯离子含量检测	7 处/次·年	1
206	全桥公路技术状况检测与评价	次	1

2024 年度预算中，该项工作实际费用 340 万元。

根据年度招标计划和已完成的清单预算，本项目后续为三年期，折算年度费用为 433 万元，故以此为基准（假定 2024 年为 433 万元），进行后续年度检测费用的测算。

4、下部结构检查与维修项目

杭州湾跨海大桥下部结构检查与维修项目主要针对以下部分进行，具体如下：

- （1）下部结构，包括承台、湿接头、桥墩部位的涂层情况及结构外观。
- （2）下部结构，包括承台、湿接头、桥墩部位的混凝土强度、碳化深度、氯离子含量。
- （3）钢管桩水上可见区域的涂层情况。
- （4）钢管桩牺牲阳极阴极保护系统保护效果。
- （5）防撞设施（套箱、拦截索）状况检查。
- （6）通航孔区域承台、墩座及下部塔柱的钢筋混凝土结构外加电流阴极保护系统。
- （7）大桥接地电阻。

主要作业内容如下表所示：

表 9.2-4 下部结构检查与维修内容（1 年工作量）

子目号	子目名称	单位	数量
201	引桥下部结构检测		
201-1	海中区下部砼外部涂层及结构外观	组	986
201-2	海中区下部砼涂层厚度	组	50
201-3	陆地区下部砼外部涂层及结构外观	组	281
201-4	陆地区下部砼涂层厚度	组	15
202	航道桥下部结构检测		0
202-1	辅助墩、过渡墩外部涂层及结构外观	组	14
202-2	辅助墩、过渡墩涂层厚度	组	14
202-3	索塔承台及塔座	组	3
203	混凝土构件专项检测		0
203-1	混凝土强度检测	组	20
203-2	碳化深度检测	组	20
203-3	氯离子含量检测	组	20
204	钢管桩水上可见区域腐蚀情况检测		0
204-1	主桥钢管桩外部涂层外观	组	260
204-2	主桥钢管桩涂层厚度	组	65
204-3	海中平台钢管桩外部涂层外观	根	70
204-4	海中平台钢管桩涂层厚度	根	18
205	钢管桩涂层修复	根	33
206	防撞设施检测		0
206-1	主墩防撞套箱	处	7
206-2	防船撞拦截系统	处	3
207	钢管桩牺牲阳极块腐蚀情况检测		0
207-1	钢管桩壁厚	根	133
207-2	钢管桩牺牲阳极水下探摸	根	133
207-3	钢管桩牺牲阳极剩余尺寸	根	133
208	钢管桩牺牲阳极系统检测		0
208-1	钢管桩保护电位	组	520
209	通航孔承台、墩座及下部塔柱 ICCP 检测		0
209-1	南北通航孔 ICCP 系统数据检测	年/项	1
210	接地电阻检查/测试	年/项	1

2024 年度预算中，该项工作实际费用 470 万元。

根据年度招标计划和已完成的清单预算，本项目后续为三年期，折算年度费用为 333 万元，故以此为基准（假定 2024 年为 333 万元），进行后续年度检测费用的测算。

5、综合检测与评估

本规划 8.1.3 节说明了综合检测与评估工作的重要性。通过本项目的实施，掌握大桥运营以来结构及构件的真实技术状况和病害分布，然后针对当前病害类型及特点，进行养护维修专项工程设计与咨询工作；再者，进一步完善大桥养护管理体系与制度。通过检测评估与养护咨询，促进大桥养护维修工作采用最优的养护策略开展，节省养护成本，提高养护质量；提高大桥结构耐久性，延长大桥使用寿命，降低大桥全寿命成本，大量节约运营维护成本；降低大桥运营风险，减少因桥梁损伤对公众通行造成的影响。

每一年度，综合评估工作内容相对固定，具体如下表所示。

2024 年度预算中，该项工作实际费用 196 万元。

根据年度招标计划和已完成的清单预算，本项目后续为三年期，折算年度费用为 250 万元，故以此为基准（假定 2024 年为 250 万元），进行后续年度检测费用的测算。

此外，预计于 2032-2033 年左右（通车 25 年），针对南、北航道桥和部分引桥区段安排 1 次桥梁荷载试验，以评估结构整体性能，预计增加费用 200 万元。

表 9.2-5 综合检测与评估工作内容（1 年工作量）

子目号	子目名称	单位	数量
航道桥检查与检测			
201	上部结构		
201-1	斜拉索系统		
-a	斜拉索钢护筒表观	个	192
-b	锚具表观	套	192
-c	耳板、销轴表观	套	192
-d	外置式减振器表观	个	192
-e	斜拉索索力测量	根	192
201-2	钢箱梁		
-a	钢结构表观	m	1486
-b	钢结构疲劳裂纹	m	1486
-c	高强螺栓表观	m	1486
-e	钢箱梁内温湿度	m	1486
201-3	索塔		
-a	混凝土表观	m	1085
-b	砼无损-强度	测区	6
-c	砼无损-碳化深度	测区	6
-e	索塔内温湿度	m	115
201-4	索塔钢锚箱		
-a	钢结构表观	m	115

-b	高强螺栓表观	m	115
201-5	支座		
-a	球型钢支座表观	个	20
-b	抗风盆式橡胶支座表观	个	14
202	下部结构		
202-1	辅助墩		
-a	混凝土表观	个	6
-b	砼无损-强度	测区	6
-c	砼无损-碳化深度	测区	6
-d	砼无损-氯离子含量	测区	6
202-2	过渡墩		
-a	混凝土表观	个	8
-b	砼无损-强度	测区	8
-c	砼无损-碳化深度	测区	8
-d	砼无损-氯离子含量	测区	8
202-3	承台		
-a	混凝土表观	个	10
-b	砼无损-强度	测区	10
-c	砼无损-碳化深度	测区	10
-d	砼无损-氯离子含量	测区	10
203	桥面系		
203-1	钢桥面铺装	m	1486
203-2	梳齿板伸缩缝	条	4
202-3	栏杆、护栏		
-a	防撞护栏表观	m	1486
-b	风障表观	m	1486
202-4	泄水管表观	个	396
203-5	照明、标志		
-a	照明设施表观	项	1
-b	标志表观	项	1
204	附属设施		
204-1	阻尼器表观	个	16
204-2	钢套箱表观	个	7
204-3	防雷设施外观	项	1
204-4	除湿系统运行状态	套	15
混凝土引桥检查与检测			
301	上部结构		
301-1	混凝土箱梁		
-a	混凝土表观	m	4000
-b	砼无损-强度	测区	20
-c	砼无损-碳化深度	测区	20
-d	砼无损-氯离子含量	测区	20

301-2	球型钢支座	个	162
302	下部结构		
302-1	桥墩	个	162
302-2	墩台基础	个	162
303	桥面系		
303-1	混凝土桥面铺装表观	m	4000
303-2	梳齿板伸缩缝	条	162
303-3	防撞护栏表观	m	4000
303-4	排水管(槽)表观	m	4000
303-5	照明、标志		
-a	照明设施表观	项	1
-b	标志表观	项	1
评定与评估			
501	桥梁技术状况评定	项	1
502	桥梁综合评估		
502-1	桥梁宏观受力	项	1
502-2	构件服役性能	项	1
502-3	桥梁功用性	项	1
502-4	桥梁使用环境	项	1

6、冲刷观测项目

本项目主要对杭州湾跨海大桥桥墩开展河势断面扫测及局部冲刷跟踪观测研究，每年度周期性开展，年度检测费用约为 200 万元，并以此为基准进行后续年度检测费用的测算。

7、沉降观测项目

本项目主要包括监测基准网复测/大桥沉降观测/平面位移观测/海中平台变形观测/两岸陆地区桥位地表及墩身沉降观测，每年度周期性开展，年度检测费用约为 140 万元（2024 年实际为 124 万元，但考虑沉降观测工作的重要性和复杂性，建议后续工作仍以 140 万元作为预测基准）。

8、钢桥面铺装跟踪观测及维护

该项目为近年来新增检测项目，并逐步成为年度性、周期性工作内容，每年度检测费用约为 30 万元，并以此为基准进行后续年度检测费用的测算。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，海中平台匝道桥检查与维修、南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查、混凝土箱梁索塔及支座定期检查、下部结构检查与维修、综合检测与评估、冲刷

观测项目、沉降观测项目、钢桥面铺装跟踪观测及维护合计 8 项检测内容，已基本形成固定化工作内容，每项工作的养护费用可按历史运营成本作为测算基准。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

8 项检测工作均为每年度周期性实施。

由于这些检测项目已实施多年，检测内容、频次、要求上总体不会发生明显变化，以此测算后续年度检查检测费用，并考虑每年 1% 的增长以应对工料机单价上涨的可能。

9.3 维养设施维护

维养设施主要是指为大桥养护、检查提供辅助、支持的各类设施和系统，主要包括南、北航道桥梁底检查车（10 台）、除湿系统、结构健康监测系统等。

1、梁底检查车检查与维护

根据以往工作内容，梁底检查车么年度检查与维护工作量和频率如下表所示。每年度维护费用约为 30 万元；2024 年度实际费用 20 万元。

表 9.3 梁底检查车检查与维护（1 年工作量）

子目号	子目名称	单位	数量
201	检查车定期检查	季度	4
202	检查车定期养护与维修		
202-1	预防养护	季度	4
202-2	修复养护	季度	4
203	检查车应急检查维修	次	4
204	检查车行驶操作	次	4

2、结构健康监测系统维护

根据以往工作内容，结构健康监测系统每年度维护费用约为 100 万元。2024 年度由于系统刚改造完成投入试运营，传感器及系统状态总体问题，因此实际中无该项费用。

3、除湿系统维护及其他

根据以往工作内容，除湿系统维护及其他维养设施每年度维护费用约为 160 万元。2024 年度暂未列支该项费用。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

针对维养设施的养护属于周期性内容，工程量及工作内容相对固定，因此

分项成本的测算基准总体参照历史运营成本。后续应考虑传感器更换、设备及系统运行维护等工作，各类维养设施维护费用基准约 290 万元/年（假定从 2024 年开始，2024 年数据按实际发生金额计）。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

3 项养护维修工作均为每年度周期性实施。

由于这些维养项目已实施多年，维养内容、频次、要求上总体不会发生明显变化，考虑每年 1% 的增长以应对工料机单价上涨的可能。

9.4 养护专项工程

养护专项工程是指除杭州湾跨海大桥日常小修保养外，需要结合大桥检查、检测和评定结果，经过养护科学决策后委托专业单位设计，并经招投标流程由专业单位实施的养护项目。养护专项工程具有以下特点：

- （1）养护专业性强，实施难度、技术要求远超日常性养护；
- （2）没有较为固定的实施周期或频率，需要结合桥梁现状和养护需求确定；
- （3）养护费用相对较高。

基于大桥运营 15 年现状，对未来规划期内的养护专项工程规划如下：

9.4.1 混凝土路面养护

杭州湾跨海大桥混凝土路面铺装共 103 万 m²，均为沥青混凝土路面。根据杭州湾跨海大桥建设期设计文件、《公路沥青路面设计规范》（JTG D50-2017）等，对于高速公路沥青混凝土铺装（桥面），其设计使用年限为 15 年。（设计使用年限：设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期。在设计使用年限内，结构和结构构件在正常维护条件下应能保持其使用功能，而不需进行大修。）

在 2008 年通车运营后，针对沥青混凝土路面的养护主要为各类预防性养护措施和小修保养工程（局部裂缝、坑槽的修补等），仅在“路面维修工程（2018-2020 年度）”工程中，对局部车道的混凝土路面进行了铣刨重铺，维修工程量仅为 3800m² 左右，与全桥路面铺装数量相差甚远。

截止本规划修编时，大桥混凝土路面仍保持相对良好的技术状况和服务性能，但由于后续运营将超过 15 年的设计使用年限，全桥沥青混凝土路面面临大修更换

的可能。结合国内外路面铺装案例，随着年限的增长，大桥路面性能势必会面临快速衰减的阶段；当超过设计使用年限后，铺装发生损伤的几率将显著增加，且采用常规的预防性养护和日常修补效果将大打折扣，且养护资金的投入也会明显增加。因此，在此阶段，需要考虑全桥混凝土路面的铣刨重铺。

未来规划期，可结合大桥路面性能指数和技术状况评定结果择期选择全桥混凝土桥面铺装的翻修，工程可在 3-5 年内逐步完成。根据当前双层 SMA 沥青混凝土路面（4cm+6cm）铣刨重铺的单价（约为 270 元/m²），预计未来合计费用约 27400 万元。该工程在规划期内资金安排如下：

① 2024 年：为实际预算费用，1900 万。

① 2025-2027 年：每年安排 1500 万元（2027 年为 1000 万元），对局部区段、路段进行维修；

② 2028-2032 年：每年安排 4500 万元（2028、2029 年为 4000 万元），开展大面积路面翻修工作。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，大桥实施了局部范围或车道的混凝土路面养护维修工程，其维修单价作为该分项未来成本测算的基准。由于混凝土桥面铺装存在使用寿命，因此在未来规划期内需要进行大范围的维修和更换，其分项成本也远超过去 15 年间混凝土路面养护的成本，这是维持桥梁通行服务功能、确保行车安全和舒适的必然需求。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

考虑到全桥混凝土桥面铺装工程量巨大，因此该分项从 2024 年起每年度均进行实施。根据养护资金分配、桥面铺装性能等综合因素，2024-2027 年主要对局部区段、路段进行维修，2028-2032 年开展大面积路面翻修工作。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.2 交安设施养护

杭州湾跨海大桥交安设施包括各类交通标志（标牌和支架）、交通标线、轮廓标、防撞护栏等。运营 15 年过程中，除日常保洁和小修保养外，针对交安设施也

开展了多项专项养护工程，例如：2018年“杭州湾跨海大桥交安设施改造工程”、“杭州湾跨海大桥交安设施改造工程（2021-2022年度）”、“杭州湾跨海大桥附属设施性能提升改造工程（2022-2024年度）”等。这些项目中，主要涉及了大桥标线的画设、标志标牌的更换、护栏的改造及防腐涂装等。

在各类交安设施养护工程中，标线的养护是属于维护周期相对较短的内容。由于国家、行业对道路标线的逆反射系数具有严格的规定，而在标线画设后，大约2年时间左右其逆反射系数就已不能满足规范的要求，需要重新画设。因此，针对标线的养护工程是未来规划期内工作量最大、实施频率最高的内容，需要针对性考虑。针对交安设施中“防撞护栏”的养护，详见8.3.6.8节。

结合桥区环境，将大桥标线综合服役寿命确定为2年，即每2年需对桥区标线进行重新划设。大桥现有车道标线40060m²，文字标线16760m²。共计56820m²，按照双组份标线单价（150元/m²）计算，未来合计费用约4300万元。由于标线画设工程量大、实施频率高，因此在规划期内考虑分阶段、分批次安排一定数量的养护内容，以保障标线始终处于良好的状况、且养护工作不至过于集中：

- ① 第一阶段：2024-2025年：每年实施800万元；
- ② 第二阶段：2028年实施800万元，2029年实施1000万元；
- ③ 第三阶段：2032年实施750万元，2033年实施150万元。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去15年间，大桥实施了多次交安设施养护维修工程，其维修单价作为该分项未来成本测算的基准。由于桥面标线存在使用寿命，因此在未来规划期内间需要进行多次和全面的维修更换。由于近5年来，该项工作已逐渐成为周期性、常态化养护工程，因此养护成本与历史成本总体一致。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

该项养护工作周期性进行，并与标线寿命周期相匹配。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此在各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.3 伸缩缝养护

杭州湾跨海大桥所有桥梁伸缩装置均采用了RB系列单元式多向变位梳形板

桥梁伸缩装置，其中北航道桥采用的为 1120 型骑缝式伸缩装置，海中平台与匝道相接处采用的为特殊结构类伸缩装置，其他均为跨缝式伸缩装置。全桥合计 235 道，主要工程量如下：

表 9.4-1 杭州湾跨海大桥梳齿型伸缩装置型号、数量及更换单价

序号	伸缩装置型号	单位	数量	每 m 更换单价（元）
1	RBKF160	m	97.2	17598
2	RBKF240	m	758.0	42074
3	RBKF240A	m	51.0	42074
4	RBKF240B	m	68.0	42074
5	RBKF320	m	2092.0	46771
6	RBKF320A	m	176.0	46771
7	RBKF320B	m	128.0	46771
8	RBKF320C	m	34.0	46771
9	RBKF320D	m	32.0	46771
10	RBKF480A	m	60	64892
11	RBQF1120	m	60	205794

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)，伸缩缝的设计使用年限为 15 年，因此与混凝土桥面铺装一样，目前大桥伸缩缝也已达设计使用年限，预计后续运营过程中，伸缩装置也将出现性能劣化加速、病害增多的情况。

从以往养护情况来看，大桥梳齿板伸缩缝属于易损性构件，单元板件、连接螺栓和组件众多，日常养护中经常更换局部单元和零件；在 2017 年、2021 年度中，对部分位置的伸缩装置也进行一定程度的中修和大修。

综上，为了应对未来伸缩缝可能出现的加速劣化趋势，在后续 10 年规划期内，计划安排全桥伸缩缝的拆除更换工程。根据当前梳齿板伸缩拆除更换的单价（不同规格的梳齿板伸缩缝，其单价差异较大），预计未来费用约 17100 万元。由于伸缩缝数量、规模庞大，因此建议在规划期内逐步完成，建议在 2024-2026、2028-2029、2031 年份各实施 1 次，每次 3400 万元（2024 实际金额为 1100 万、2025 为 2400 万）。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，大桥实施了多次伸缩缝中修、更换等工程，其维修单价作为该分项未来成本测算的基准。由于伸缩装置存在使用寿命，因此在未来间需要进行

大范围的维修和更换，其分项成本也远超过去 15 年间伸缩装置养护的成本。若仍参照过去 15 年的历史养护方式，伸缩缝的性能不能得到保障，将影响桥梁结构工作性能和行车安全。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

考虑到全桥伸缩装置数量较多，因此在未来规划期内间按照分批维修更换的方式，同时兼顾每年养护经费总体情况进行安排，在 2024-2026、2028-2029、2031 年份各实施 1 次。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.4 斜拉索系统养护

杭州湾跨海大桥南北航道桥共有斜拉索 192 根，目前全桥斜拉索技术状况良好，在历年养护过程中，主要内容包括：斜拉索上下锚头的开锚检测、维护，锚固端减振装置的修复和更换、钢结构防腐涂装等。

受海洋环境下恶劣腐蚀环境的作用和影响，目前南、北航道桥斜拉索 PE 护套已产生龟裂。为延长斜拉索使用寿命，减少封道换索对通行的影响，建议进行缠包带维护，能够有效推迟集中换索的时间和数量。192 根斜拉索缠包带费用约 2000 万元，考虑在 2026、2027 年度分 2 年完成。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，针对斜拉索实施了部分养护工作。本次实施内容为斜拉索缠包带防护，是以往未开展的项目，其养护单价参考自同类型养护维修项目。由于未来规划期内斜拉索 PE 护套防护性能较之前将有一定程度的劣化，需要采取额外的措施提高其耐久性能，需要增加该养护分项，有效推迟集中换索的时间和数量。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

安排在 2026、2027 年的原因主要是综合考虑斜拉索护套现状、国内相关桥梁养护经验、未来规划期内各年度养护经费总体情况后确定的时间段，在此时间实施斜拉索防护能够确保全寿命周期内成本处于优良的状态。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.5 混凝土结构养护

混凝土结构养护主要对承台、墩身、索塔、箱梁等位置的裂缝及锈胀漏筋等病害进行维修。自通车运营后到 2014 年以前，杭州湾跨海大桥上各类混凝土结构裂缝的维修主要以日常养护单位开展的保养、小修为主要工作内容。在日常巡查、经常检查中，发现结构出现裂缝后，根据裂缝开展情况，针对性地进行修补。

2014 年以后，结合大桥定期检查和综合评估结果，对于混凝土结构上的裂缝，开始安排相应的专项工程进行维修处置：

(1) 2014 年，实施“杭州湾跨海大桥混凝土裂缝专项修补工程”工程，由上海申航基础工程有限公司承担。

(2) 2015 年，实施“杭州湾跨海大桥混凝土箱梁裂缝修补工程”工程，由中交第三航务工程局有限公司承担。

(3) 2016 年，委托中铁大桥勘测设计院集团有限公司开展了“杭州湾跨海大桥混凝土套箱梁裂缝等工程”施工图设计，通过招投标实施了“杭州湾跨海大桥主塔、混凝土箱梁及承台套箱裂缝维修工程”，由岩土科技股份有限公司承担。本项目中，主要内容包括：

- ① 维修 50 座承台混凝土裂缝，并对其中 14 个混凝土套箱裂缝进行维修；
- ② 修复索塔混凝土裂缝 2700m，包括表面封闭 1500m、填充密封修补 1200m。

(4) 2019 年，委托中交公路规划设计院有限公司开展了“杭州湾跨海大桥混凝土裂缝维修工程”施工图设计，通过招投标实施了“杭州湾跨海大桥混凝土裂缝维修工程”，由中铁桥隧技术有限公司承担。本项目中，主要内容包括：

- ① 混凝土箱梁裂缝表面封闭处置 15000m，灌浆处置 60m；锈胀露筋维修处置 30m²。
- ② 混凝土箱梁表面防腐涂装 14000m²。
- ③ 65 座混凝土套箱承台结合面裂缝维修处置。
- ④ 下游 F06 承台表面破损、露筋维修处置。

(5) 2021 年，委托中交公路规划设计院有限公司开展了“杭州湾跨海大桥混凝土裂缝维修工程（2021-2022 年度）”施工图设计，并通过招投标，由浙江良和交通建设有限公司承担项目实施。主要内容包括：

- ① 混凝土结构裂缝修复：重点对南陆地区箱梁内表面的裂缝进行了集中处

置，工维修 16500m；修复索塔裂缝 11000m，其他裂缝 1427m。

② 混凝土结构表面涂装：完成箱梁外表面涂装 15000m²，索塔外表面涂装（下横梁及下塔柱区域）10360m²。

③ 混凝土缺陷修复：除了混凝土结构的裂缝处置和涂装修复外，对于检查中发现的混凝土结构缺陷，在本项目中应进行修复，目前大桥混凝土结构缺陷为锈胀露筋。对于混凝土锈胀露筋现象较严重区域，修复方案为对病害处理后涂刷混凝土防护涂装。

由上述养护工程可知，大桥混凝土结构养护已成为运营工作的主要内容，每年都要针对各类混凝土结构缺陷、裂缝进行维修处置。随着大桥使用年限的增长，全桥混凝土耐久性问题引发的病害逐渐增多，尤其是箱梁的锈胀漏筋、混凝土非结构性裂缝等耐久性病害。2017-2022 年，投入养护费用约 600 万元/年，2023 年-2024 年，已计划每年投入超过 800 万元左右的费用来开展混凝土结构养护工程（已计划“混凝土性能维护与提升（2023-2024 年度）”，预算金额 1700 万元，其中包括对墩身湿接头的专项维修，所以导致价格增高）。

此外，除混凝土结构缺陷、开裂等病害外，对于箱梁、桥墩表面的混凝土防腐涂层，由于其设计使用年限为 15 年，因此在规划阶段需要考虑对其进行重新涂装。根据《杭州湾跨海大桥下部结构检查与维修项目 2023 年度报告》（2024 年 4 月，上海港湾工程质量检测有限公司）：“对全桥共计 1281 组混凝土桥墩，检测发现 682 个桥墩存有涂层脱落现象，较上一年度减少 26 组（A 区及 G 区部分桥墩涂层进行了修补维护），其余桥墩涂层外观良好。涂层脱落面积总计约为 17888.5m²，下部结构涂层脱落面积占涂装总面积的 3.98%”；以及相应建议：“由于下部结构涂层已经临近或达到其设计工作年限，建议结合养护需求及要求，各区段选取代表性构件，对涂层进行相关实验或送专业检测单位进行耐久性等性能测试，验证涂层是否失效，根据检测结果，为后续如何进行涂层养护及检测工作提供针对性方案”。基于此，由于全桥混凝土涂料数量极其巨大，因此主要考虑陆地区范围内的结构涂装的重涂，经过测算，南北岸陆地区箱梁、桥墩涂层总费用约为 4000 万元，可分摊到各个年度中，与混凝土养护工程一同实施。

综上，后续可按照每年 1000 万元/年考虑混凝土结构的养护和涂装的维修。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间,特别是近 5 年内,大桥实施了多次混凝土结构的养护维修工程,其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。随着大桥使用年限的增长,全桥混凝土耐久性问题引发的病害逐渐增多,尤其是箱梁的锈胀漏筋、混凝土非结构性裂缝等耐久性病害。因此,未来需要投入更多的养护资金以维持混凝土结构的性能,远高于桥梁刚通车运行、结构处于全新状态的历史运营阶段。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析:

结合混凝土结构病害现状和发展规律,该项工程在未来应进行周期性、常态化考虑,即每年度均进行实施。

本项成本属于大型养护专项工程,所列成本能够涵盖未来工料机的波动,因此各阶段每年度所列养护金额固定,不体现年增长带来的波动。

9.4.6 钢箱梁结构养护

钢箱梁结构养护工程主要包括涂装修复和疲劳裂纹维修 2 方面内容。

(1) 钢箱梁防腐涂装

大桥在 2008 年通车运营后,针对各类钢结构的养护主要以日常性的保养和修复为主。在经常检查、定期检查过程中,发现钢结构存在局部涂层损坏、剥落或钢构件锈蚀等病害时,由日常养护单位进行修复。随着大桥运营使用年限的增长,受到海洋环境的不断影响和材料自身性能的老化,大桥各类钢结构的腐蚀问题逐渐显露,防腐涂层的老化、破损、脱落、锈蚀等病害逐渐增加。

与混凝土结构养护相同,随时运营年限的增长,大桥各类钢结构在海洋环境的强腐蚀作用下,性能开始出现显著劣化。根据设计规范,通常重防腐体系涂层的设计寿命一般为 15 年(长效型),因此大桥的钢结构防腐涂层也基本达到预期寿命,后续运营过程中将面临性能大范围衰减、病害加剧出现的问题。需要在规划期内充分考虑涂层维修的问题,以保障结构的耐久性。

本节钢结构防腐涂层特制南北航道桥的钢箱梁结构,对于防撞护栏、钢管桩等钢结构,在其他部分见考虑。大桥钢箱梁结构包括大桥南北航道桥和匝道桥,结合 19 年涂装维修工程和 20 年至 23 年各养护专项中涂装维修的部分,大桥钢箱梁涂装维修费用平均约 450 万元/年(2024 年度实际无此项内容)。

(2) 疲劳裂纹维修处置

钢箱梁因具有自重轻、强度高、抗风性能好等优点,广泛应用于国内外大跨

径桥梁。但因其构造复杂，焊缝密集交错且相互约束，受力状态复杂，在往复车辆荷载下易发生疲劳损伤，而钢箱梁疲劳损伤裂纹常出现在易产生应力集中效应的连接焊缝处。随着钢桥服役时间的增长，对实桥裂纹的维修加固需求日益迫切。

截止 2022 年度，北航道桥共发现钢箱梁裂纹 1035 条，H-1 类裂纹（横隔板裂纹，萌生自横隔板弧形切口处焊缝端部）823 条，总长 3780.4cm；UMJ-3a（萌生自焊根并裂至焊缝表面）类裂纹 118 条，长 1458.2cm；UMJ-3b（3a 裂纹，沿焊缝扩展后拐向 U 肋母材）类裂纹 76 条，长 2955.9cm，KU-2（U 肋嵌补段内部横隔板裂纹）类裂纹 119 条，长 1872.8cm；南航道桥所有梁段共发现钢箱梁裂纹 876 条，H-1 类裂纹（横隔板裂纹，萌生自横隔板弧形切口处焊缝端部）685 条，总长 3362.4cm；UMJ-3a（萌生自焊根并裂至焊缝表面）类裂纹 105 条，长 1517.9cm；UMJ-3b（3a 裂纹，沿焊缝扩展后拐向 U 肋母材）类裂纹 58 条，长 2177.5cm；KU-2（U 肋嵌补段内部横隔板裂纹）类裂纹 28 条，长 516.5cm。同年，实施了“杭州湾跨海大桥钢箱梁疲劳裂纹处置与维护技术研究”，对各类疲劳裂纹的维修处置方案进行了研究，为后续持续性处置进行准备。

由于基于疲劳裂纹的特性，一旦钢箱梁结构开始出现疲劳裂纹，如果通行的车流量（特别是重载车辆）没有显著减少，则疲劳裂纹将不可避免地持续发展和出现。考虑到大桥交流流量显著和发展趋势，疲劳裂纹数量可能会快速增长。当前，疲劳裂纹每年增长约 60 条。

疲劳裂纹出现后，将显著降低钢箱梁局部刚度，影响钢桥面铺装使用寿命和钢箱梁本身寿命。此外，当钢箱梁还在服役状态，如果腐蚀和疲劳同时产生，就会形成腐蚀疲劳，会明显降低其疲劳寿命，在低于设计养护的情况下发生脆性破坏。因此，在规划期内对于疲劳裂纹必须进行重点关注和处置。基于疲劳裂纹发展现状，未来按修复 1200 条疲劳裂纹进行考虑，每条疲劳裂纹修复费用 2.5 万元，每年投入 300 万元（其中 2024 年实际金额 246 万元，2027 年增加至 450 万元、2029 年增加至 600 万元，为考虑钢桥面维修时对顶板裂纹的集中处置费用），疲劳裂纹修复费用约 3196 万元。钢箱梁养护未来费用合计约 6946 万元。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，特别是近 5 年内，大桥实施了多次钢箱梁结构的养护维修工程，其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。随着大桥使用年限的增长，

钢箱梁耐久性和疲劳开裂问题引发的病害逐渐增多。大桥处于海洋环境，且重载交通数量持续增加，因此未来需要投入更多的养护资金以维持钢箱梁结构的性能，远高于桥梁刚通车运行、结构处于全新状态的历史运营阶段。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

结合钢箱梁结构病害现状和发展规律，该项工程在未来应进行周期性、常态化考虑，即每年度均进行实施。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.7 钢桥面铺装养护

杭州湾跨海大桥钢桥面铺装的养护历程可以分为以下几个阶段：

(1) 2008年~2010年

杭州湾跨海大桥于2008年5月1日建成通车，运营1年后航道桥原铺装层开始出现病害，主要的病害类型为纵横向裂缝、坑槽和局部的界面脱层。

此阶段的钢桥面铺装维修主要依托小修保养单位进行。

(2) 2011年~2012年

2011年，业主单位开始委托上海神科薄层铺装工程有限公司对被北航道桥的钢桥面铺装层进行维修，主要采用改进型环氧碎石混凝土修补及环氧碎石磨耗层铺装技术对裂缝的修补与罩面进行初步整治。

2012年，上海神科薄层铺装工程有限公司继续承担杭州湾北航道桥钢桥面铺装层的维修工作。维修方案为环氧碎石混凝土修补及环氧碎石磨耗层铺装技术进行整体整治，此阶段的钢桥面维修工作以坑洞修补和罩面为主。

(3) 2012年~2015年

2012年9月14日至2012年11月24日，宁波天意钢桥面铺装技术有限公司对杭州湾南航道桥钢桥面铺装层出现病害进行部分挖除维修，采用ER（EBCL+RA13）铺装方案，同时对其中一处维修路面进行了罩面施工，并开始接手南航道桥的日常维修养护工作。

2013年10月9日至2013年12月4日，宁波天意钢桥面铺装技术有限公司对杭州湾北航道桥桥面上海方向的第二车道以及宁波方向的第三车道进行挖除维修，维修采用ER（EBCL+RA13）铺装方案，并对维修路面全部进行了罩面施工。

自 2013 年起至 2015 年，杭州湾大桥南、北航道桥的钢桥面铺装养护维修工作均由宁波天意钢桥面铺装技术有限公司承担，维修采用 EBCL+RA13 结构形式的 ER 铺装方案。

(4) 2016 年

2016 年 9 月至 11 月，业主单位委托山东省路桥集团对北航道桥的桥面铺装进行了维修，主要内容为裂缝修补及部分损坏路面挖补：

①裂缝修补主要选择 COOLCUT K 环氧树脂类灌封胶（用于微裂缝）或 047 型环氧树脂灌封胶（用于较宽裂缝）进行修补。

②小面积的钢桥面局部挖补采用 047 型环氧树混合料，对于稍大破损面积选择高弹沥青 SMA10 混凝土进行修补。

上述措施对缓解钢桥面铺装现有病害、延长铺装使用时间起到了良好的效果。

(5) 2018-2020 年

自 2018 年起，大桥钢桥面铺装经常规修复后仍不能达到预期效果，说明铺装已达使用寿命，病害相对显著，且影响行车舒适性。因此，2018 年以后，开展了对南北航道桥钢桥面铺装的铣刨重铺工程。

(1) 杭州湾跨海大桥北航道桥钢桥面铺装大中修工程施工由山东省路桥集团有限公司承担，工程 2018 年 5 月 2 日正式开工，于 2018 年 10 月 27 日完工，采用日本环氧沥青对北航道桥 2、3 车道进行了整体更换。后续又进行了北航道桥 1 车道的更换，于 2021 年 7 月 14 日开工建设，于 2021 年 9 月 26 日完工。自此，北航道桥全部钢桥面铺装进行了更换。

(2) 杭州湾跨海大桥南航道桥桥面铺装工程施工由宁波路宝科技实业集团有限公司承担。工程开工日期为 2018 年 11 月 13 日，实际完工日期为 2019 年 4 月 18 日，采用聚氨酯混凝土铺装对南航道桥 2、3 车道进行了整体更换。2021 年，对海中平台 D 匝道桥的全部钢桥面铺装进行了铣刨重铺，也采用了聚氨酯混凝土铺装方案。

与混凝土桥面铺装相同，根据杭州湾跨海大桥建设期设计文件、《公路沥青路面设计规范》(JTG D50-2017) 等，对于钢桥面铺装，其设计使用年限也为 15 年。但从国内大量钢桥面铺装使用情况的调研结果来看，即使经过有效的养护，其基本寿命都在 10 年左右，即经过 10 年左右的时间即需要重新更换铺装。

此外，对于钢桥面铺装的养护，还需考虑体系更换的可能性，即将现有的正

交异性钢桥面体系调整为组合桥面体系（如 UHPC 组合桥面），以应对钢箱梁疲劳开裂的问题。若采用此种方式，其费用相较钢桥面铺装的铣刨重铺将有所提高，单价约为钢桥面铺装更换的 1.2~1.3 倍。

在未来规划期内，大桥钢桥面还会进行一次铣刨重铺。参考 18 年和 20 年大桥钢桥面维修费用，北航道桥铣刨重铺费用约为 4390 万元，南航道道桥铣刨重铺费用约为 2380 万元。未来费用合计约 6770 万元，考虑在 2024 年、2027 年、2029 年分别实施，对应金额为 1970 万（实际金额）、2400 万、2400 万。另外，大桥海中平台匝道 ABCDE 五座匝道桥也采用钢桥面铺装，在规划末期也应考虑全部进行一次更换（预计 3300 万元，在 2031 年实施）

若考虑南北航道桥钢桥面铺装体系的改造，其费用将提升至 8500 万元左右（其中南航道桥为 3000 万，北航道桥为 5500 万）。建议按优先更换铺装考虑，若涉及体系变更，可从当年养护备用金中予以考虑。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，特别是近 5 年内，大桥实施了多次钢桥面铺装的养护维修工程，其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。钢桥面铺装属于易损部件，且相比于混凝土桥面铺装更容易发生损坏，寿命较短。2018-2020 年期间已更换一次钢桥面铺装，考虑 10 年左右的寿命，在未来规划期内内仍需要进行 1 次全面更换。总体成本可参考过去历史养护成本进行测算。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

实施钢桥面铺装的年份主要与其使用寿命有关（10 年左右）。2024 年主要是针对以往未更换的铺装部分进行维修更换，2027、2029 年则是针对 2018、2020 年更换的桥面铺装进行维修更换。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.8 防撞护栏养护

防撞护栏是大桥交安设施的重要组成部分，分为边护栏和中央分隔带护栏。防撞护栏是保障行车安全的重要部件，主要由钢结构和地脚螺栓、连接螺栓等连接件组成，因此在海洋环境下必须确保其具有足够的耐久性，避免由于构造锈蚀

造成防撞性能降低。

大桥在 2008 年通车运营后，针对各类钢结构的养护主要以日常性的保养和修复为主。在经常检查、定期检查过程中，发现钢结构存在局部涂层损坏、剥落或钢构件锈蚀等病害时，由日常养护单位进行修复。随着大桥运营使用年限的增长，受到海洋环境的不断影响和材料自身性能的老化，大桥各类钢结构的腐蚀问题逐渐显露，防腐涂层的老化、破损、脱落、锈蚀等病害逐渐增加。

2014 年，委托专业单位，对全桥护栏涂装进行了一次全面的修复，同时对护栏底座地脚螺栓和底板与混凝土底座接缝处进行了防腐处理。

2021 年，实施了“杭州湾跨海大桥钢结构防腐涂装工程（2021-2022 年度）”，包括多项钢结构防腐涂装修复。其中，对全桥护栏中黄色区段（K1405-K1401）的面漆进行了集中修复处理，包括边护栏和中央护栏。

大桥在 2022 年-2023 年对全桥防撞护栏进行整体维护，全部护栏涂装的费用约 4200 万元。全桥约 25 万个地脚螺栓，根据 2016 年地脚螺栓维护合同，全桥地脚螺栓维护费用约 1000 万元。

大桥于 2021-2023 年期间对全桥护栏进行了 1 次整体性涂装，在 2030 年以后大桥移交政府前，由于护栏兼有景观性的作用，同时经过 7 年的时间的运营使用，其性能仍会有一定程度的降低（2023 年重新涂装并非彻底重涂，而是主要针对护栏面漆进行的修复），因此考虑仍需安排 1 次防撞护栏整体维护；地脚螺栓作为保障护栏防撞作用的重要构件，未来规划期内按维护 1 次进行考虑。综上，全桥防撞钢护栏养护费用合计约 9400 万元，计划于规划末期 2030 年、2032 年实施。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

2021-2023 年，大桥实施了防撞护栏的全面养护维修工程，其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

在实施了全面的涂装和修复后，预计在未来规划期内左右，涂装的性能将会达到重新涂装的标准（2021-2023 并非彻底的换新，而是对面层的修复，因此无法确保其达到 15 年的寿命），需要安排养护维修。考虑到维修的体量，分 2030、2032 两年度实施。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因

此在各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.9 钢管桩养护费用

钢管桩在杭州湾跨海大桥中得到了广泛的应用，大桥中引桥和南引桥全部采用钢管桩，桩长 71~88m，总计 5164 根，其中直径 1.5m 的桩 2524 根，直径 1.6m 的桩 1860 根。杭州湾地处亚热带季风气候区，海水及空气中氯离子含量很高，属于强腐蚀地区，所以钢管桩的防腐蚀显得尤为重要。为满足桥梁 100 年正常使用的要求，本桥钢管桩防腐采用高性能环氧涂层+阴极保护+预留腐蚀余量的联合防腐方案。根据最近 1 次检测结果，钢管桩现状如下：

① 通过对钢管桩防腐涂层和阴极保护系统的检查数据进行分析评估可知：钢管桩防腐涂层和阴极保护系统运行良好，钢管桩冗余壁厚未进入工作，钢管桩得到有效的保护。

② 杭州湾大桥钢管桩自投入使用以来保持较高的完好性，满足结构体系的受力要求和安全要求，联合防腐蚀方案发挥了较好的效果，运行情况较好，满足联合防腐设计要求。

③ 结合本年度钢管桩阳极块探摸检测结果，发现下列情况：共发现单个承台脱落阳极块数量超过 10 块（包含 10 块）的承台有 4 个，分别为 B19 上游侧（脱落 21 块）、C19 上游侧（脱落 10 块）、C33 下游侧（脱落 11 块）、C116 下游侧（脱落 11 块）；B 区、C 区域承台下的钢管桩阳极缺失数量占比较其他区域多。

④ 阳极块的数量、大小、表面情况和剩余使用寿命将直接影响钢结构受保护状态及受保护年限长短；因此对于本次探摸发现存在阳极缺失情况的 12 个承台，以及在役阳极剩余服役年限满足率较低（小于 80%）的 27 个承台，建议增加监测频率，以便及时了解钢管桩的阴极保护状态。

运营阶段，钢管桩维护主要包括两项内容，一是涂层脱落的钢管桩修复，二是牺牲阳极块的修复：

（1）钢管桩涂层修复

按照每年的检测数据，全桥钢管桩涂层脱落的数量每年约 100 根，每根钢管桩涂层修复的费用约为 2 万，即未来规划期内钢管桩涂层修复的费用约为 2000 万元。

（2）钢管桩牺牲阳极块的修复

根据防腐体系的设计意图，大桥运营期内钢管桩防腐可以分为三个阶段：

(1) 1~50 年：主要依靠高性能环氧涂层进行防腐，阴极保护作为辅助手段对钢管桩涂层局部失效及破损区域进行防腐；

(2) 51 年~80 年：主要依靠阴极保护进行防护；

(3) 81~100 年：主要依靠预留腐蚀余量保证钢管桩的安全运行。

未来规划期内后，钢管桩防护状态仍应处于第一阶段，这就要求钢管桩上的牺牲阳极阴极保护系统是处置正常状态的。全桥共 2124 根钢管桩上安装了牺牲阳极块，牺牲阳极块设计使用寿命 30 年，2022 年探摸结果显示部分牺牲阳极块已出现不同程度的侵蚀。按照目前价格，单组阳极块重新安装费用 9 万元，按照整体更换 1 次考虑，费用 19116 万元。

未来规划期内钢管桩养护费用合计约为 21116 万元，计划 2025-2026，每年投入 3300 万元；2027 年投入 2600 万，此后每年投入 2300 万（2033 年为 416 万元）对其进行更换。此外，2024 年该项工作实际发生 300 万元。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，针对钢管桩的养护主要以涂装修复为准，其维修单价可作为该分项未来成本测算的基准。但结合 2021-2023 年检测结果，预计其牺牲阳极体系腐蚀速率较快，需要在未来规划期内进行较大范围的更换，因此相比于历史运营成本，未来规划期内内针对钢管桩的养护成本将大幅提升。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

钢管桩极其牺牲阳极数量庞大，因此后续该项工程在未来应进行周期性、常态化考虑，即每年度均进行实施（从 2025 年开始，2024 年通过检测全面确定需要维修更换的牺牲阳极位置、数量）。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此在各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.10 水上防撞设施维护

大桥南北航道桥主墩均安装了防撞设施，其中南航道桥 D12、D13、D14 号 3 个主墩安装了防撞套箱，北航道桥 B9、B10、B11、B12 号 4 个墩安装了防撞套箱，共计 7 个防撞套箱。防撞套箱主体结构由内、外围壁，上下甲板板架结构，护舷

及扶梯等配套结构组成。防撞设施主要材料为钢材和橡胶。南航道桥 D13#、D14# 桥墩防撞船型为 3000 吨级海轮；D12# 桥墩防撞船型为 300 吨级船舶。北航道桥主墩 B10、B11 号墩防撞船型为 5000 吨级船舶，B9、B12 墩防撞船型为 1000 吨级船舶。随着相关标准和环境的变化，大桥原设计的主墩防撞等级，已不满足行业最新通航标准，需尽快实施专项改造工程，费用预估为 20000 万元，计划安排在 2024-2026（北航道桥 14000 万，2024 年实际 2000 万元，2025 年 5000 万元，2026 年 7000 万元）、2028 年（南航道桥，6000 万）实施。

另外，杭州湾跨海大桥高墩区的大桥墩台本身抗撞能力较弱，故必须选择独立于大桥墩台的防撞方案，而由前期研究得出，船舶漂流撞击大桥的高墩区时，撞击角度与大桥桥轴线的法线方向夹角约 42° ，为了更全面地保护高墩区，故设置可拦截船舶漂移角度的体系，拦截漂流船舶，从而达到保护大桥的目的。大桥海中平台及非通航孔桥设有防船撞拦截系统，建设造价约 10000 万元。

拦截体系由独立防撞墩+拦截索链+漂泊浮体+锚锭沉块组成，形成一个拦截区域保护大桥，船舶撞击时，可能会撞击到独立防撞墩、拦截索链或漂泊浮体这三个部分：① 撞击独立墩台时，通过桩基的变形、破断和墩台的破坏、位移等消除船舶撞击能；② 撞击索链或锚泊浮体时，船舶带动锚泊浮体一起移动，通过锚锭沉块的位移消能。

拦截体系由大小不一的锚泊浮体通过拦截锚链和拦截索三层拦截设施与独立防撞墩台连接在一起，共同组成拦截体系保护大桥。

2016 年，杭州湾跨海大桥实施了非通航孔桥防船撞改造维护工程，将南航道拦截体系中原有的钢浮体 E1 更换为新浮体，数量为 4 个；海中平台匝道区拦截体系中原有的钢浮体 E2 更换为新浮体，数量为 12 个，合计更换新浮体数量共 16 个。

根据 2019 年相关检测单位编制的《杭州湾跨海大桥防船撞拦截系统现状及维修保养建议》报告，目前杭州湾跨海大桥防船撞拦截系统主要有以下病害和问题：

(1) 南航道桥区：该区域上下游四处拦截系统钢浮体浮态良好，拦截链工况良好；有 1 根拦截索断裂、2 根旧索（可调节头）磨损、腐蚀严重。

(2) 海中平台匝道区：该区域整体的拦截系统钢浮体浮态良好，拦截链工况良好；有 1 根拦截索断裂、1 根上索磨损严重、2 根旧拦截索（可调节头）磨损、锈蚀严重。

(3) 北航道区：该区域上下游三处拦截系统钢浮体浮态良好，拦截链工况良

好；有 2 根拦截索断裂。

(4) 各区段拦截索：11 根旧索（可调节头）磨损、腐蚀严重；部分拦截索出现端头与胶体脱开现象。

(5) 各区段浮体：透气弯管、透气帽锈蚀严重，有局部锈穿；导门密封圈老化，盖板、螺栓锈蚀，水密性功能下降；旧钢浮体栏杆锈蚀、缺失严重；钢浮体系泊链锈蚀严重；钢浮体表面局部锈蚀。

2020 年度，实施了“杭州湾跨海大桥防船撞拦截系统维护工程”，内容包括：内容为杭州湾跨海大桥北航道、南航道、海中平台防船撞拦截系统设置区域：① 拦截索拆除与安装 15 根；② 透气管和透气帽换新 60 个；③ 钢浮体防护栏杆更换 300m；④ 浮体钢结构除锈与防腐 400m²。

根据历年养护经验及该系统设计使用寿命，未来规划期内，还应对防船撞拦截系统至少进行 3 次专项维修，分别于 2024 年（1000 万）、2027 年（1250 万）、2032 年（2250 万）各实施 1 次，费用总计约 4500 万元。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，针对水上防撞设施进行了部分养护维修工程，其维修单价可作为该分项未来成本测算的基准。但一方面，由于桥梁防撞性能要求的提升，要求现有防撞套箱必须进行升级改造；另外，历史运营中，针对防撞设施的维修主要是局部维修更换为主，但随着使用年限的增长，其性能状态加速劣化，预计在未来规划期内需要进行大规模的维修更换，才能确保其防护功能。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

2024 年针对拦截索系统的维修（基于系统检测结果而确定）；2025-2026 年针对防撞设施的改造，是响应防船撞性能提升的必要性工作，时间固定；2027、2032 是结合历史运营情况，针对拦截系统开展的 2 次维修改造工程。

本项成本属于大型养护专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此各阶段每年度所列养护金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.4.11 维养设施升级改造

桥梁维养设施包括各类检修通道、梁底梁内检查车、除湿系统、健康监测系统等为大桥检查、养护、评估提供辅助支持各类设施。本节以健康监测系统为

例，以论证改造的必要性。

自 2003 年始至 2011 年 6 月，交通部公路科学研究院承担了杭州湾跨海大桥健康监测系统的研究、设计、实施以及缺陷责任期 2 年的系统维护工作。中国公路咨询集团有限公司承担该系统设计、实施期间的监理工作。原监测系统于 2008 年 4 月进入系统试运行，2009 年 5 月完成系统交工验收，并随同大桥主体工程于 2011 年 6 月同步完成系统竣工验收工作。

根据杭州湾跨海大桥健康监测系统竣工图资料显示，系统代表性、选择性的对大桥工作环境、南北航道桥、非通航孔桥、海中平台的性能参数进行了监测。监测系统原主要内容框架示意图及系统监测规模和监测仪器汇总表见下图及下表。

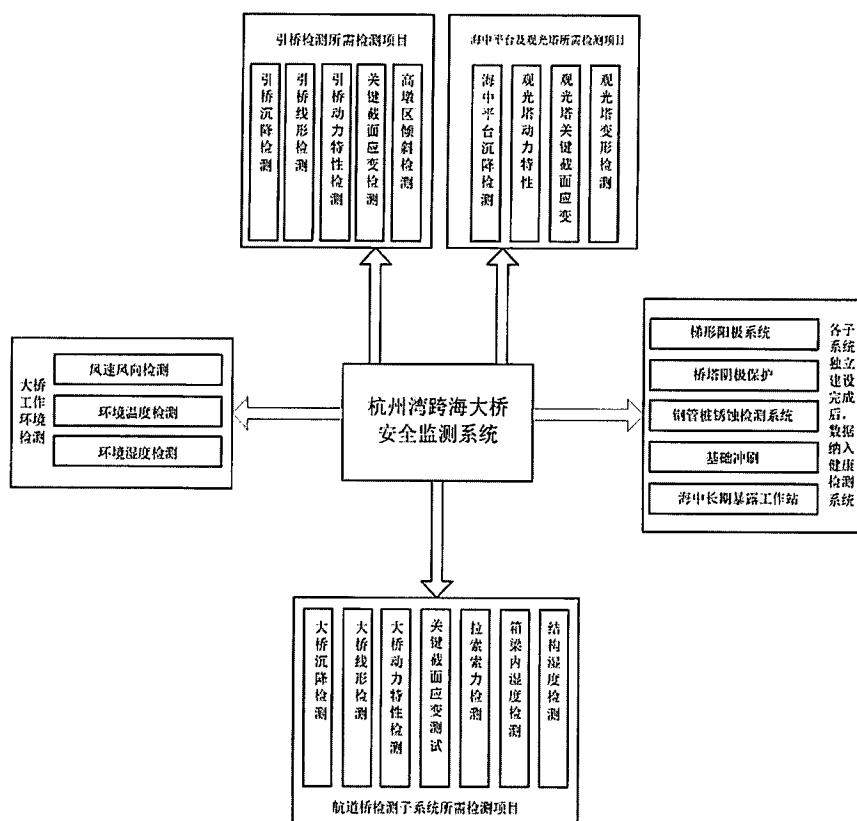


图 9.4-1 杭州湾跨海大桥健康监测系统框架图示意

表 9.4-3 杭州湾跨海大桥健康监测系统监测传感器布设情况汇总示意表

测试项目	传感器类型	数量
航道桥主跨跨中挠度、桥塔位移及通航孔沉降监测	GPS	11
箱梁挠度变形监测	JMDL 系列智能数码静力水准仪	41
桥塔的双向水平振动、主梁的竖向和	GKJC-Z 型加速度传感器	53

横向振动		
桥梁静态（应力）应变监测	JMZX 型智能振弦树码应变计	90
桥梁动态应变测试	TML AWC 型	14
拉索索力、振动水平	GKJC-Z 型加速度传感器	29
高墩区变形、海洋平台墩和观光塔倾斜测量	JMCX 型测斜仪	7
纵向和横向预应力筋预应力监测	CCT 磁通量传感器	12
海中平台环境温度监测	JMT 型温度传感器	2
海中平台观光塔振动监测	GKJC-Z 型加速度传感器	12
合计		271



图 9.4-2 杭州湾跨海大桥健康监测系统维护历程

《交通运输部关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》中指出：“加强桥梁结构健康监测。健全完善公路桥梁基础数据库，完善、更新桥梁档案，落实分级建设、全面完整、规范管理、动态更新工作要求。统一数据标准和接口标准，推进数字化、信息化、智能化，2025 年底前实现跨江跨海跨峡谷等特殊桥梁结构健康监测系统全面覆盖。依托监测系统开展日常管理，健全完善长期运行机制，不断拓展系统功能，持续建设覆盖重要公路桥梁的技术先进、经济适用、精准预警的监测体系，进一步提升监测系统的实效性、可靠性和耐久性”。

交通运输部《公路长大桥梁量结构健康监测系统建设实施方案》中要求：

① 公路在役和在建单孔跨径 500 米以上的悬索桥、单孔跨径 300 米以上，上的斜拉桥、单孔跨径 160 米以上的梁桥和单孔跨径 200 米以上的拱桥，原则上均纳入实施范围。

② 到 2021 年底，完成 11 座试点桥梁系统建设，制定出台《公路桥梁监测技术规范》（以下简称《规范》）。到 2022 年底，基本建成长大桥梁结构数据平台（以下简称数据平台），已建成的单桥系统和省内长大桥梁结构健康监测平台（以下简称监测平台）开始运行并接入数据平台。到 2023 年底，基本建成数据平台、监测

平台和全国统一标准的系统,实现结构状况实时监测、数据自动采集分析、结构状况评估等功能,为桥梁日常运行和养护管理工作提供支撑。

③ 桥梁管养单位要严格落实公路桥梁监测主体责任,保障系统维护资金投入,健全并落实好系统运维和备品备件更换维修制度;将监测工作纳入桥梁养护和运行管理工作中,充分利用监测数据和评估结果提升桥梁养护和运行管理科学性。

基于上述要求,在本次规划的初期阶段(2021年~2025年),需要针对杭州湾跨海大桥现有健康监测系统进行全面的扩建和提升,以满足交通运输部的相关要求。实施的内容和要点如下:

① 对现有系统进行升级改造

目前,杭州湾跨海大桥外场监测设备自安装调试完成至今已有多多年,其常年处于室外高温高湿盐雾环境,腐蚀损耗速度快,随系统使用年限的增加,设备受到电子元器件寿命限制故障率增大,系统的完整性与数据的连续性受到影响。运营过程中,大桥公司委托系统原设计实施单位对系统进行维护,根据需求更换故障设备,设备的更换维持在最低限度,超寿命但完好设备持续保持工作状态。随使用年限增加,将会有一大批设备的电子元器件也会在未来3-4年达到使用寿命,设备出现大批故障,设备完好率直线下降。因此有必要对系统进行一次大规模外场设备更换,将故障设备及超寿命设备更换,保证系统的完好率及所采集数据的高精度。

② 增设监测项目、拓展系统功能

自桥梁安全监测系统投入运行以来,积累了海量的监测数据及分析结果,历年的分析结果凸显出重点部位增补监测点位的必要性,例如个别振动较大拉索需增补索力加速度传感器,加强对重点结构构件的监测,分析异常响应出现原因,提出具有针对性的处理措施,确保桥梁结构的安全运营。另外根据历年的桥梁日常与定期检查结果,加强对病害部位的监测,增加相关设备,将采集的数据接入系统平台,实现对病害的全天候监测,掌握结构实时动态,并对异常情况进行预警,服务于桥梁安全应急管理。另一方面,长期记录病害发展历程,结合其他种类监测数据,分析病害出现原因,为桥梁管养提供科学依据,指导养护人员采取针对性维养手段。

因此有必要在更换外场设备的同时,根据桥梁最新的运营状态,动态调整桥

梁安全监测系统，增补重点部位、未覆盖监测点位桥跨及病害部位的监测，保证监测系统最大程度契合桥梁结构最新状态，实现对桥梁精细化管养。

③ 整合监测系统、统一规范数据形式和接口

未来，交通运输部计划将各特大桥梁监测数据统一接入部级平台，因此要求健康监测系统的数据和接口应是统一的和标准的。另外，对杭州湾跨海大桥工程这样一个规模庞大的桥梁群，也有必要对各座桥梁的健康监测系统进行统一和整合，以便进行管理。

④ 建立监测系统分析、决策和预警机制，有效利用系统数据

对于各座特大桥的监测系统，应合理确定监测项目的阈值；研究并建立监测数据决策和分析标准或机制，让监测系统数据能够与巡查、检查结果有机结合，综合反映桥梁运营情况，有效指导养护工作。

基于上述工作内容，以及从行业对跨海桥梁健康监测系统建设的迫切要求来看，在规划前期阶段应将监测系统的提升工作作为重点内容。具体实施可按以下进度计划开展：

(1) 2021年-2022年：全面策划阶段，对杭州湾跨海大桥中现有的监测系统情况、升级改造需求进行研究，是否有需要补充设置监测系统的桥梁，制定升级改造的方案和计划，申请相关经费。

(2) 2022-2024年：实施阶段，全面开展杭州湾跨海大桥监测系统的扩建、改造和提升工作；同时，对监测数据标准、监测数据应用等方面的内容同步开展研究。

(3) 2025年：总结提升，以跨海桥梁群监测系统为目标，全面整合各桥梁监测系统，形成监测平台；结合改造过程中的研究成果，形成地方或行业的相关标准、制度。

(4) 在实施过程中，应密切关注行业动态和相关要求，对新出台的政策和相关标准规范在实施过程中进行落实。

(5) 在实施过程中，保障系统维护资金投入，健全并落实好系统运维和备品备件更换维修制度；将监测工作纳入桥梁养护和运行管理工作中，充分利用监测数据和评估结果提升桥梁养护和运行管理科学性。

截止规划修编时总体改造进展：2023年12月底前完成项目验收，验收前试运行3个月，8月初完成系统数据上传至省平台。

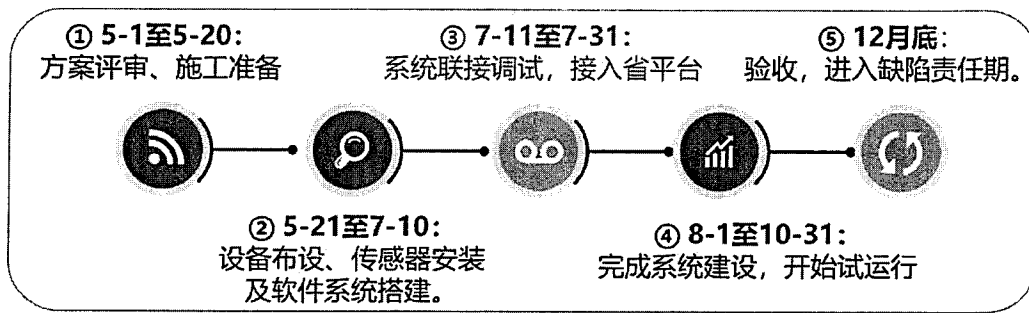


图 9.4-3 杭州湾跨海大桥健康监测系统升级进展 (2023 年)

根据《杭州湾跨海大桥结构健康与安全监测系统改造工程项目招标文件》(2023 年 4 月), 该项目范围及内容如下:

(1) 工程规模: 升级改造费用约 1398 万。其中, I 标段造价约 696 万元, II 标段造价约 702 万元。

(2) 招标范围: 本项目分 2 个标段实施, 其中 I 标段包括南航道桥结构健康与安全监测系统改造系统硬件安装、后期服务及监测系统开发等, II 标段包括北航道桥结构健康与安全监测系统硬件安装、后期服务及监测数据按照标准接入系统软件。

(3) 详细工程量清单:

表 9.4-4 南航道桥结构健康与安全监测系统改造内容

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
1	新增设备		
1.1	南航道桥监测系统		
1.1.1	PT100 温度计	个	18
1.1.2	动态称重系统	套	1
1.1.3	高清摄像机	台	2
1.1.4	GNSS 主机及天线	套	1
1.1.5	双向倾斜仪	台	4
1.1.6	压力变送器	台	3
1.1.7	位移计	台	3
1.1.8	振弦应变计	支	16
1.1.9	动应变计	支	48
1.1.10	索力加速度计	台	18
1.1.11	单向加速度计	台	4
1.1.12	一体化风雨监测	台	1
1.2	南航道桥采集传输设备		
1.2.1	通用信号调理器	台	8
1.2.2	加速度信号调理器	台	8

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
1. 2. 3	动应变解调仪 (24 通道)	台	1
1. 2. 4	振弦采集仪 (16 通道)	台	1
1. 2. 5	信号变送器 (温度计用)	台	6
1. 2. 6	工业以太网交换机	台	3
1. 2. 7	工控机	台	1
1. 2. 8	一体化机柜	台	2
1. 2. 9	配电箱	台	2
1. 2. 10	光纤收发器	台	5
1. 2. 11	串口服务器	台	4
1. 2. 12	直流电源	台	2
1. 2. 13	电源防雷器	台	7
1. 2. 14	信号防雷器	台	40
1. 3	监控中心设备		
1. 3. 1	服务器	台	4
1. 3. 2	磁盘阵列	台	1
1. 3. 3	网络机柜	台	1
1. 4	辅材材料		
1. 4. 1	线管	米	7200
1. 4. 2	线缆桥架	米	200
1. 4. 3	光缆、电缆及信号线缆	项	1
1. 4. 4	支架、保护盒等辅材	项	1
1. 5	安装调试等技术服务	项	1
2	更换设备		
2. 1	传感器设备		
2. 1. 1	环境温湿度仪	台	3
2. 1. 2	螺旋桨风速仪	台	1
2. 1. 3	超声波风速仪	台	1
2. 1. 4	三向加速度计	台	1
2. 1. 5	倾角传感器	个	4
2. 1. 6	拉绳式位移计	台	4
2. 1. 7	光纤光栅温度传感器	个	10
2. 1. 8	光纤光栅应变传感器	个	3
2. 1. 9	索力加速度计	台	8
2. 1. 10	单向加速度计	台	6
2. 1. 11	双向加速度计	台	4
2. 2	采集与传输设备		
2. 2. 1	光纤光栅解调仪	台	1
2. 2. 2	通用调理器	台	3
2. 2. 3	加速度调理器	台	6
2. 2. 4	工业级双环冗余网络交换机	台	5
2. 2. 5	数据采集工控机	台	2

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
2.3	监控中心设备		
2.3.1	服务器	台	5
2.3.2	工作站	台	3
2.4	辅助材料	项	1
2.5	安装调试等技术服务	项	1
3	软件开发集成		
3.1	自动化监测子系统	项	1
3.2	交通监测子系统	项	1
3.3	数据存储与管理子系统	项	1
3.4	预警评估子系统	项	1
3.5	用户界面子系统	项	1
3.6	原监测系统接口	项	1
3.7	其余桥梁数据接口	项	1
3.8	沉降监测接口	项	1
3.9	除湿系统接口	项	1
3.10	冲刷监测接口	项	1
3.11	巡检系统接口	项	1
3.12	GNSS 系统接口	项	1
3.13	全桥气象系统接口	项	1
3.14	省部级平台接口	项	1

表 9.4-5 北航道桥结构健康与安全监测系统改造内容

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
1	新增设备		
1.1	传感器设备		
1.1.1	温湿度仪	台	4
1.1.2	PT100 温度计	个	28
1.1.3	高清摄像机	台	6
1.1.4	GNSS 主机及天线	套	1
1.1.5	GNSS 解算软件	套	1
1.1.6	双向倾斜仪	台	5
1.1.7	压力变送器	台	4
1.1.8	位移计	台	6
1.1.9	振弦应变计	支	32
1.1.10	动应变计	支	48
1.1.11	索力加速度计	台	24
1.1.12	单向加速度计	台	4
1.2	采集传输设备		
1.2.1	通用信号调理器	台	8
1.2.2	加速度信号调理器	台	9
1.2.3	动应变解调仪 (24 通道)	台	2
1.2.4	振弦采集仪 (16 通道)	台	2

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
1. 2. 5	信号变送器（温度计用）	台	9
1. 2. 6	工业以太网交换机	台	5
1. 2. 7	工控机	台	1
1. 2. 8	一体化机柜	台	4
1. 2. 9	配电箱	台	2
1. 2. 10	光纤收发器	台	7
1. 2. 11	串口服务器	台	5
1. 2. 12	直流电源	台	4
1. 2. 13	电源防雷器	台	11
1. 2. 14	信号防雷器	台	60
1. 3	辅材材料		
1. 3. 1	线管	米	10800
1. 3. 2	线缆桥架	米	300
1. 3. 3	光缆、电缆及信号线缆	项	1
1. 3. 4	支架、保护盒等辅材	项	1
1. 4	安装调试等技术服务	项	1
2	更换设备		
2. 1	传感器设备		
2. 1. 1	环境温湿度仪	台	3
2. 1. 2	螺旋桨风速仪	台	1
2. 1. 3	超声波风速仪	台	1
2. 1. 4	三向加速度计	台	1
2. 1. 5	动态称重系统	套	1
2. 1. 6	拉绳式位移计	台	4
2. 1. 7	光纤光栅温度传感器	个	12
2. 1. 8	光纤光栅应变传感器	个	3
2. 1. 9	索力加速度计	台	14
2. 1. 10	单向加速度计	台	8
2. 1. 11	双向加速度计	台	4
2. 2	采集与传输设备		
2. 2. 1	光纤光栅解调仪	台	1
2. 2. 2	通用调理器	台	5
2. 2. 3	加速度调理器	台	8
2. 2. 4	工业级双环冗余网络交换机	台	6
2. 2. 5	数据采集工控机	台	2
2. 3	辅助材料	项	1
2. 4	安装调试等技术服务	项	1
3	软件开发集成		
3. 1	自动化监测子系统	项	1
3. 2	交通监测子系统	项	1
3. 3	原监测系统接口	项	1

序号	项目/设备材料名称	单位	数量
3.4	新监测系统接口	项	1

随着时代的发展与科学技术的进步，结构安全监测系统设计理念迭代更新、新监测设备不断涌现、科学技术迅猛发展，因此有必要在规划中后期阶段（2029年~2031年左右）对监测系统的软件平台及硬件设备进行一次深入而全面的升级，本次升级将依据最新的监测系统设计理念进行点位布置优化，并采用最新监测仪器、数据采集传输装置及数据处理设备，对系统硬件全面升级，实现桥梁安全监测数据的高精度采、集、传、控，并结合最新人工智能、云平台、区块链等技术，构建兼容开放的大数据云平台，实现对软件平台的全方位升级。

（1）监测系统设计理念随着桥梁安全监测行业的发展不断更新。现阶段，桥梁安全监测系统广泛应用，国内大量桥梁已布设安全监测系统，伴随工程应用与实践检验，监测系统设计理念迭代更新，行业规范日趋完善。同时伴随海量数据与分析结果的积累，监测数据的重要性得以区分。因此有必要在规划中后期（2029年~2031年）根据最新监测系统设计理念对系统进行升级改造，进一步优化监测系统设计，提高监测系统的经济性，实现系统在管养过程中的最大化利用。

（2）监测设备的更新与全新设备的出现为桥梁安全监测提供可靠的技术支持。各科研单位及生产厂家经过二十几年的技术积累，将推出更先进、更可靠的监测产品。同时全新传感技术的出现，将推动新监测设备的出现，未来会涌现出一批高精度、高可靠性的监测设备。应用全新的监测设备将为桥梁安全监测提供稳定、可靠、精确的海量数据，有利于结构分析人员深入而细致地掌握桥梁结构状态，通过结构分析人员的专业分析，将为管养人员提供专业化的养护、维修建议。因此应当在规划中后期（2029年~2031年）采用全新的监测设备，保证系统最大程度发挥功效，管养人员可以全面而细致地掌握大桥状态，更好服务于桥梁管养。

（3）全新科学技术的出现为智慧大桥的建设提供了可行的解决方案。现有的桥梁安全监测系统采用物联网思想，结合最新的信息化技术，在桥梁关键部位布设传感器，实现数据采集，然后将这些数据通过通信网络传送到数据中心，实现对桥梁的监测与分析，最终辅助桥梁管养做出科学决策。这种传统的物联网信息流动往往是单向的，即从桥梁监测传感器到数据中心。近年来，物联网的概念在

不同行业得到广泛普及和应用，培育了多样化的物联网。新概念下的物联网实现了信息的双向流动，融合了人或者人工智能的分析与控制，将提升桥梁监测和管理水平。另外即将到来的 5G 移动通信，同样也是由于新的需求和业务环境而促成的。由于云计算的发展日渐成熟，机器学习和人工智能的算法日益完善，庞大数据的传输交互成为大势所趋——无论是图像识别中的特征提取，还是利用各类人工智能算法进行计算分析，都需要庞大的数据量和计算量。而单机的运算处理能力，显然是无法应付如此庞大的数据处理需求的，因此最直接的解决方法就是：由感知层(往往是各种类型的传感设备)接收数据，通过传输层(无线低速网络、移动通信网络和互联网)将数据传递至服务层(分布式数据库存储，分布式处理架构)，最后由应用层(也就是各种机器学习、人工智能算法模型)开展各项应用。将 5G 技术、人工智能、云平台及区块链等技术应用于大桥的安全监测系统的建设，将为大桥科学化、专业化、精细化管养提供新思路与新手段，有力支撑起智慧大桥的建设。

基于以上可以预见的发展和进步，在规划中后期(2029 年~2031 年)，应按照国家新理念、新设备、新技术、新方法对大桥健康监测系统再进行 1 次升级改造。

2023 年度公司已经列支养护计划在 2023 年、2024 年对全桥的检修通道和南北航道桥 3 台检修小车进行维护，同时 2023 年完成了结构健康检测系统的升级改造工程。检修小车和检修通道改造费用 800 万元，结构健康检测系统升级改造费用约 1400 万元。费用合计约 2200 万元。2024 年度实际发生金额为 925 万元。

根据大桥 15 年运营养护经验和其他同类桥梁养护案例来看，预计 10 年以后，各类型维养设施使用功能将不能满足维养的需要，仍需在 10 年规划期的后期阶段考虑 1 次较为全面的升级改造。具体建议如下：

- ① 全桥检修通道性能提升与改造：1000 万元；
- ② 梁底检修桁车升级改造：考虑 10 台车的拆除更换，合计 1000 万元；
- ③ 除湿系统升级改造：包括索塔内、钢箱梁内，合计 800 万元；
- ④ 健康监测系统升级改造：参照 2022-2023 年度项目规模，1400 万元。

综上，对于大桥维养设施升级改造，除 2024 年已发生的 925 万元外，仍需考虑 4200 万元的费用，建议在 2027、2030、2032 年度进行实施。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明:

过去 15 年间,针对维养设施进行了部分养护维修工程,其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。未来养护成本与历史养护成本总体水平相当,是设施经过一段时期使用后进行的整体改造或换新。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析:

各维养设施的升级改造,基本上安排在未来规划的末期阶段,是基于历史运营养护维修的时机和性能变化情况进行的考虑。

本项成本属于大型养护专项工程,所列成本能够涵盖未来工料机的波动,因此各阶段每年度所列养护金额固定,不体现年增长带来的波动。

9.4.12 易损构件更换

桥梁易损构件主要是使用寿命相对较短,在运营过程中需要进行多次拆除和更换、以发挥其使用功能的构件。本节主要指:斜拉索阻尼器、塔梁阻尼器。

大跨径斜拉桥的拉索由于长细比大,因而固有频率和模态阻尼比很低,在外部激励下极易振动,尤其是风雨激振时拉索会发生大幅振动。在拉索的端部安装阻尼器给拉索附加阻尼,可以有效地抑制或减小拉索的振动。杭州湾跨海大桥南、北航道桥斜拉索采用粘滞阻尼器,在通车运营 10 年左右时,阻尼器性能出现衰减,不能有效起到减振作用,因此于 2020-2021 年对全部斜拉索阻尼器进行了更换,采用油阻尼器。国内其他桥梁工程,如苏通大桥,斜拉索阻尼器也基本于通车 10 年左右达到使用寿命,进行了全面拆除和更换。因此,应在 10 年规划期后期考虑对南、北航道桥 192 根斜拉索阻尼器再进行 1 次全面更换。

大桥北航道桥设 4 组纵向粘滞阻尼器与索塔墩横梁上。塔梁连接处设置一定刚度的纵向弹性约束,一方面可减小由活载、纵向静风力和汽车制动力等产生的塔底弯矩和塔梁的水平位移;另一方面,既不像塔梁固结体系那样有较强大的嵌固刚度,又不像飘浮体系那样塔梁处无纵向约束,受力特性介于两者之间。塔梁阻尼器也属于易损性构件,许多桥梁在通车运营一段时间后,塔梁阻尼器就出现了漏油、偏位、变形受限等问题,杭州湾跨海大桥、苏通大桥等在 10 年期左右均对塔梁阻尼器进行了拆除更换。因此,应在 10 年规划期后期考虑对北航道桥 4 处塔梁阻尼器再进行 1 次全面更换。

综上,南、北航道桥 192 根斜拉索阻尼器全部拆除更换,每个单价 2 万元,

合计 384 万元；北航道桥 4 处塔梁阻尼器拆除更换，每个单价 50 万元，合计 200 万元，总计 584 万元，可在 2032-2033 年度实施。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，针对斜拉索阻尼器等易损构件进行过 1 次全面的维修更换工程，其维修单价和总价可作为该分项未来成本测算的基准。未来养护成本与历史养护成本总体水平相当，是设施经过一段时期使用后进行的整体改造或换新。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

斜拉索阻尼器等易损构件的更换，基本上安排在未来规划的末期阶段，是基于历史运营养护维修的时机和性能变化情况进行的考虑。

9.5 机电类养护

未来规划期内，杭州湾跨海大桥机电系统维护工作可概况为以下类别：日常机电养护（常规应急、引流增效、常规机电、常规联网、常规施救）、专项机电养护以及数字化、智慧化建设的提升。

9.5.1 日常机电养护

（1）常规应急

主要包括机电系统方面的应急处置工作（非桥梁结构类），每年度费用相对固定，基本上在 240 万元左右（2024 年度实际为 171 万元）。

（2）引流增效

主要指相关电台宣传内容和部分新增标牌等，每年费用约为 50 万元左右（2024 年度实际为 52 万元）。

（3）常规机电养护

即供电照明、三大系统、网络安全维护+检测、网络安全设备授权、系统运维、收费系统维护等日常性、周期性工作。经过 15 年的运营，上述工作内容已基本形成标准化工作清单，每年度费用总体上较为一致。全部常规机电养护费用每年度约为 930 万元（2024 年度实际为 865 万元）。

（4）常规联网

包括聚合支付、资金结算、不停车收费等内容。每年费用相对固定，约为 440

万元（2024 年度实际为 517 万元）。

（5）常规施救

主要指桥面清障等工作内容。每年费用相对固定，约为 660 万元（2024 年度实际为 260 万元）。

◆ （1）-（5）分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间，（1）-（5）分项工作作为周期性、常态化工作开展，其各年份实施内容、工作数量等基本一致，单价和总价可作为各分项未来成本测算的基准。

◆ （1）-（5）分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

（1）-（5）养护工作每年周期性进行。

与桥梁结构养护类工作不同，对于未来机电（1）-（5）分项成本，在每年固定基准的基础上考虑一定幅度的波动。（1）-（5）项每年详细资金投入见第 14 章。

9.5.2 专项机电养护

指大桥机电系统的维修、改造、更换工程。未来规划期内，主要开展的专项机电工程如下表所示：

表 9.5-1 未来规划期内机电改造工程

实施年份	工作内容	投资（万元）
2024 实际	通讯机电改造 350+数字化改造 450+三大系统管理改造 200+收费站云值守设备 50+景观灯 200+电子围栏 350+情报板 24	¥1,624
2025	景观灯 250+机电基础升级 500+网络提升 100+大屏气象改造 800+灯杆防腐 800	¥2,200
2026	大屏气象 600+摄像机改造 1000+灯杆防腐 500	¥2,100
2027	摄像机改造 1800+路灯雾灯 300+通信改造 400	¥2,500
2028	路灯雾灯 400+通信改造 600+配电房改造 600+收费 400、机房改造 200	¥2,200
2029	配电房 800+收费 600、机房 800+电力监控 300+广播 200	¥2,700
2030	电力监控 200+广播 400+供配电系统 600+情报板 800	¥1,600
2031	供配电 900+情报板 1000+照明系统 400	¥1,800
2032	照明 600+电缆 3000+气象 200	¥3,800
2033	电缆 3000+气象 200	¥3,200
合计		¥23,724

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

过去 15 年间大桥已实施了多项专项类机电养护分项工作，其单价和总价可作为各分项未来成本测算的基准。考虑到机电类设备更新换代的频率较高，以及未来运营方面信息化、数字化建设的要求，未来规划期内专项成本较历史成本将有所提高，特别是对既有供配电设施及系统的更新换代和改造工程，需要在未来规划期内进行考虑。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

每年实施的养护工程内容主要与各机电设施、系统的使用寿命和年限有直接关系。

本项成本属于大型专项工程，所列成本能够涵盖未来工料机的波动，因此在此阶段每年度所列金额固定，不体现年增长带来的波动。

9.5.3 数字化、智慧化建设的提升

为应对大桥管养中认知性能状态、维持资产性能、有效掌控风险、合理分配资金使用等方面的各种压力，结合行业养管知识的积累并采用信息化的手段实施基于 BIM 等技术的资产养护管理信息化系统是十分必要的，从而实现养护数据记录的标准化、养管流程的规范化、养护作业的专业化以及养管数据的可视化。

跨海大桥资产管养数字跨海大桥围绕检查、维护、评估等核心运维活动，以移动互联网、计算机、数据库、BIM 和 GIS 等技术为手段进行信息系统架构，以数据归集、管理、流转、展示和应用为功能主线，以数据资产（全资产静态数据和动态数据体系）为核心，以养护管理为功能核心构建系统体系，以唯一 ID 编号构件作为数据载体，通过业务流程和数据体系规范养护管理。

系统采用本地云端双部署，总体设置三个人机交互终端（全功能 WEB 端数据平台、手持移动终端、BIM 三维可视化管理平台等三个部分），数据同源，功能侧重不同。

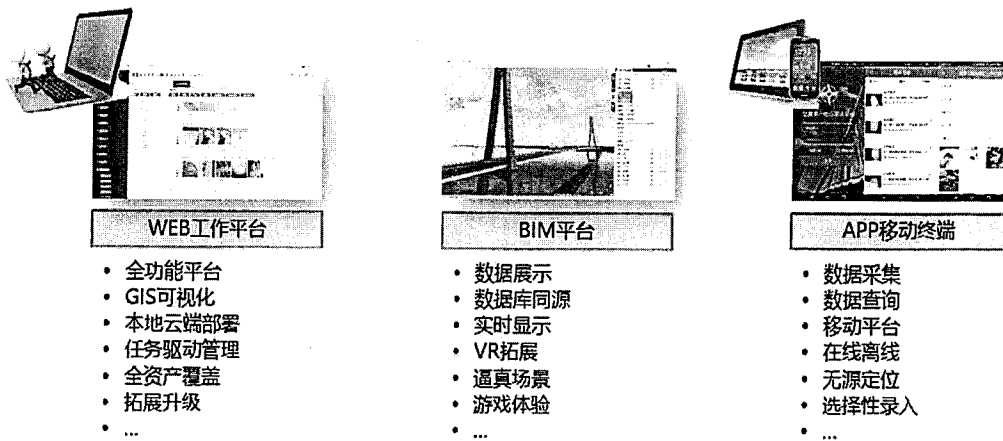


图 9.5-1 系统的组成

其中：

1) WEB 端业务平台为全功能全要素平台。可通过互联网进行访问，主要包括：GIS 可视化、资产管理、项目管理、任务管理、各类资产养护管理（巡查管理、经常检查、定检管理、状态评估、维养管理）、报告报表、应急管理、文档管理、标准知识库等。

2) BIM 平台的核心功能为数据展示、应急管理、任务发布、事件报警等，充分发挥其可视化优势，形成数据标准化集聚和管理平台，通过数据的模型化载体进行基于数据的生产管理。BIM 平台同时支持 VR 等虚拟现实技术。



图 9.5-2 WEB 平台的模块组成

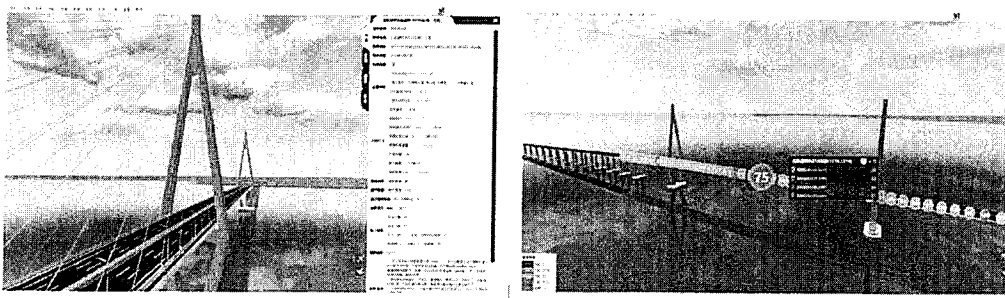


图 9.5-3 BIM 可视化平台

3) APP 的核心功能为任务驱动管理下的各类养管活动的执行(检查维养等)、应急管理、信息查询、紧急事件发布等;基础数据与 BIM 和 WEB 数据同源,实时在线更新;能在离线模式下实现数据采集、管理和记录;能采用 GPS 等多种便捷模式在不同工作场景下快速定位构件。



图 9.5-4 APP 移动终端

《交通领域科技创新中长期发展规划纲要(2021—2035年)》指出加强在役基础设施智慧维养技术研究。围绕在役基础设施智慧维养,纲要明确了交通领域科技创新发展目标:2025年,初步构建适应加快建设交通强国需要的科技创新体系;2030年,交通运输科技创新能力明显提升,交通运输科技创新体系进一步完善;2035年,交通运输科技创新水平总体迈入世界前列,基础研究和原始创新能力全面增强,关键核心技术自主可控,前沿技术与交通运输全面融合,基本建成适应交通强国需要的科技创新体系。因此,在未来阶段,还需考虑大桥数字化、智慧化建设的提升要求。

“十四五”规划期以后续时期,国家、行业对科技引领、创新驱动高质量发展提出了更高的要求,且发展重点在于桥梁养护的数字化、智慧化建设的提升。因此,在杭州湾跨海大桥未来规划期内,也应将相应的内容纳入养护工作中,以相

应国家、行业政策的发展要求。具体建议内容如下：

表 9.5-2 数字化、智慧化建设的提升内容

序号	名称	主要内容	费用核算	实施年度
1	数字化、智慧化提升	杭州湾跨海大桥卫星遥感监测 杭州湾跨海大桥高速公路数字化服务	250 (实际)	2024
2	智能管养平台	1) 数据中心扩容。 2) 监测数据接入; 3) 检监测数据融合分析的综合评估(宏观受力、疲劳等)。	350	2025
3	智能巡检设备		1370	
3.1	桥面智能巡检设备	适用于航道桥,沿巡检通道自动巡查,共4个。 主要功能:机器视觉定位及病害识别;搭载毫米波雷达进行斜拉索索力测量;搭载摄像头和机械臂实现下锚头、护栏、桥面铺装外观检查。	220	2026
3.2	梁底智能巡检设备	适用于航道桥,沿梁底检查车轨道自动巡查,共16个。 主要功能:机器视觉定位及病害识别;搭载毫米波雷达进行主梁挠度测量;搭载摄像头和机械臂实现钢箱梁外表面外观检查。	720	2027
3.3	梁内智能巡检设备	适用于航道桥,沿梁内检查车轨道自动巡查,共4个。 主要功能:机器视觉定位及病害识别;搭载数据通信模块(蓝牙),定期自动收集钢箱梁内智能监测设备数据(疲劳裂纹宽度、温度、湿度),实现对大量疲劳裂纹的跟踪观测和处治后评估,以及温湿度采集。	340	2028
3.4	无人机智能巡检设备	适用于航道桥,共2套(无人机及机场)。 主要功能:机器视觉病害识别;利用航线规划,实现索塔外观、斜拉索索体、斜拉索上锚头的定期自动化巡检。	90	2026
合计			1970	

注：本表部分内容属于桥梁结构养护相关的专项内容。

9.6 养护试验研究

结合近 5 年相关合同执行情况,后续养护试验研究类项目费用约 600 万元/年,2024 年实际费用为 674 万元。该项成本基准与历史运营成本相当,且不考虑未来的波动。

9.7 重大维修养护

9.7.1 重大维修养护工程风险说明

规划 9.1-9.6 节中所列项目,是基于大桥 15 年运营养护工程经验、大桥技术状况现状、类似桥梁工程案例等确定的工作内容,许多属于周期性实施的项目,在历史运营过程中进行了实施,并在未来养护过程中确定需要开展和实施,属于常规养护工程项目。

重大养护工程区别于规划 9.1-9.6 节中所列养护工程。该类养护工程的实施具有一定风险或不确定性,且实施时涉及桥梁构件数量众多、规模和养护投入大、技术难度大、对桥梁通行影响大。此外,这些工程在运营 15 年的历史过程中,基本上未在大桥上进行开展。影响该类工程的因素或风险主要包括以下方面:

(1) 结构性能劣化的不确定性

任何桥梁的服务能力都将随时间而退化,出于安全和经济等因素考虑,在桥梁使用过程中定期对其进行维护和修理。如果能在合适的实际实施养护,就能确保全寿命周期内成本最优,对桥梁的安全、性能的维持也有积极的作用。因此,“在什么时间?以什么方式对桥梁进行维修?”是桥梁养护行业关注的热点问题,即桥梁养护科学决策的内容。

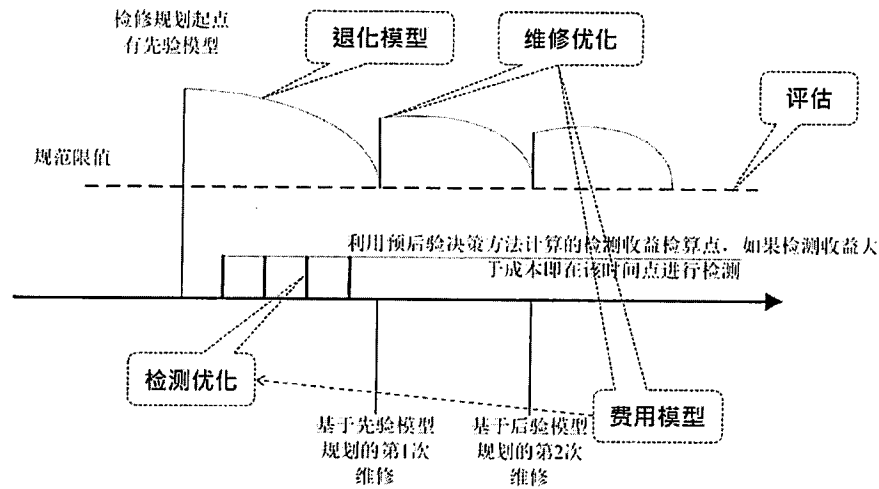


图 9.7-1 桥梁性能劣化曲线与维修实际的选择

从桥梁养护发展现状来看，对于桥梁结构性能衰减劣化规律以及实施养护的时机的认知，仍处于初期的阶段。桥梁许多核心、重要构件的性能劣化无法进行量化、准确的评估。这就造成了养护工程实施的不确定性。8.3 节中所列桥面铺装、伸缩缝等构件的更换，一方面是由于其设计使用寿命较为明确，另一方面是有大量桥梁统计数据作为支撑，对于何时进行更换有较为统一的认知，所以能够进行较为明确的规划。但对于某些构件，由于缺乏工程实践，也没有准确的性能劣化规律，因此难以进行准确规划；例如斜拉索，与杭州湾跨海大桥同时期建设的数座斜拉桥，基本都没有换索的实际案例。

(2) 桥区自然环境条件的不确定性

桥梁结构在设计时，一般采用可靠度理论，规定桥梁的设计基准期（在进行结构可靠性分析时，考虑持久设计状况下各项基本变量与时间关系所采用的基准时间参数），各类环境因素和荷载作用也需要考虑相应的设计基准，如风的作用、地震作用等，其取值是经过大量实测数据进行统计的基础上提出来的。所以，在桥梁工程中经常有“50 年一遇、百年一遇”等的表述，是根据历年统计数据经过分析计算得来的数据，属于统计学的概念。

但在实际运营过程中，特别情况下可能会出现超出设计考虑的事件，特别是自然环境带来的影响，例如历史上从未出现的极端高低温天气、极端台风天气下桥梁位置的风速超过了设计值、桥梁遭遇了超过设计标准的地震或船撞等。这些情况发生概率小，但不代表在桥梁运营中不发生。因此，对于极端自然环境造成

的桥梁结构和构件损坏，无法准确预知，对养护工作的规划也带来了不确定性。

2023年夏季我国气温达到历史次高 国家气候中心回应每经:6-...



同时，贾小龙介绍，2023年6-8月，我国大部地区气温接近常年到偏高，平均气温为22.0℃，较常年同期偏高0.8℃，为1961年以来历史同期第二高，仅次于2022年夏季（22.3℃）。北京、河北、海南、新疆气...

每日经济新闻

图 9.7-2 自然环境变化的不确定性

(3) 行业政策的不确定性

行业政策也是影响桥梁养护的重要因素。在不同时期和阶段，行业出台的政策、制度、法律法规、标准规范等在一定程度上可能会左右养护工程的实施内容和方向，带来较大的不确定性。

2018年10月28日，重庆一辆公交车冲破万州长江二桥桥面护栏坠入长江中。为此，交通运输部和各省市交通运输主管部门高度重视交通安全设施方面的设施规范性和施工质量，在全国范围内开展了专项排查和升级改造工作。2019年4月30日，为有效开展提升公路桥梁安全防护能力专项行动，保障实施效果，交通运输部印发了《提升公路桥梁安全防护能力专项行动技术指南》。该专项行动涉及范围广，许多公路、桥梁的护栏设计标准符合建设时的规范，但不满足新的标准和政策的要求，因此在此次专项行动中进行了拆除更换，养护投入巨大，有许多超过百公里的高速公路进行了护栏改造，投入超过数十亿，且目前仍在实施过程中。此外，诸如危桥改造专项行动、独柱墩匝道桥抗倾覆专项行动等，都是行业层面的政策和要求，对全国公路桥梁的养护工作都有着直接的影响。

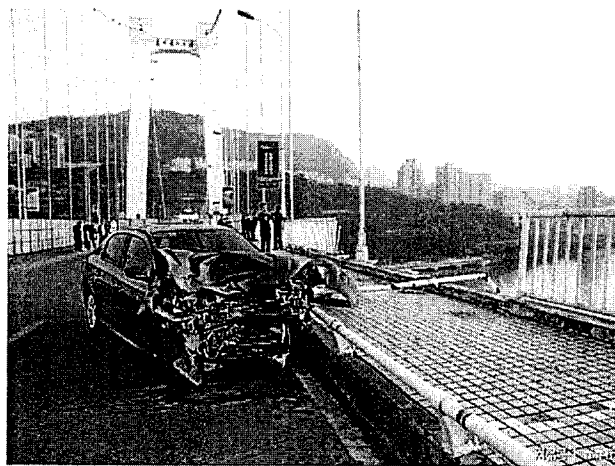


图 9.7-3 重庆公交车冲破桥梁护栏

综上，由于不确定因素的影响，对于重大养护工程，在后续 10 年期中不可能对其实施的内容、时机进行准确的规划，但可以结合大桥技术状况现状、行业养护工程经验等，从降低风险的角度，对相关养护工程内容做出相对合理的安排，避免风险事件发生后带来的影响和损失。

9.7.2 斜拉索拆除与更换（结构劣化风险）

根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)，斜拉索的设计使用年限为 25 年。杭州湾跨海大桥南北航道桥共有斜拉索 192 根，目前全桥斜拉索技术状况良好，在历年养护过程中，主要内容包括：斜拉索上下锚头的开锚检测、维护，锚固端减振装置的修复和更换、钢结构防腐涂装等。

在未来规划期内，大桥斜拉索将达到设计使用年限，需要考虑对其进行拆除和更换。但斜拉索拆除更换是一个较为复杂的问题，对于斜拉索更换时机的判别涉及的因素很多，难以有统一的量化标准。例如：

① 《城市桥梁养护技术规范》(CJJ99-2107) 5.9.10 条规定以 2% 的断丝率或 10% 的锈蚀率作为换索的量化控制指标，存在依据不够充分的问题。

② 《公路缆索结构体系桥梁养护技术规范》(JTG/T 5122-2021) 中对换索时机有如下规定：

- 1 拉索钢丝严重锈蚀或出现断丝，经评估无法继续利用。
- 2 拉索护套损伤严重且无法修复。
- 3 锚具损坏、锈蚀且无法修复。
- 4 荷载增加或其他因素导致索力超出安全限值，且通过调索无法解决。
- 5 拉索使用年限超过设计使用寿命，经评估后需要进行更换。
- 6 重大突发事件造成斜拉索严重损伤的，如桥面火灾、车撞、地震等。
- 7 拉索存在其他严重损伤且无法修复。

另外，对国内近 30 座缆索桥梁进行统计调研发现，换索斜拉桥建成年代以 1980~2000 年为主，从 2005 年开始换索桥梁明显增加，换索的年限集中在通车运营后 10~15 年间。如下表所示：

表 9.7-1 国内换索斜拉桥统计表

序号	桥名	类型	跨径布置 (m)	建成时间	换索时间	使用年限
1	广州海印大桥	双塔单索面	35+85.5+175+85.5+35	1988	1995	7
2	济南黄河大桥	双塔双索面	40+94+220+94+40	1982	1995	13

3	南海九江大桥	独塔双索面	2×160	1988	1998、2000	10
4	柳州红水河铁路桥	双塔双索面	48+96+48	1981	1993	12
5	富密渠首农用桥	双塔双索面	23.08+40.39+23.08	1992	2002	10
6	上海恒丰北路桥	独塔单索面	77.24+73.80	1987	2003	16
7	犍为岷江大桥	双塔双索面	52+66+240+66+52	1990	2001	11
8	上海新五桥	双塔双索面	24+54+24	1975	1991	16
9	南宁白沙大桥	独塔双索面	2×122.5	1995	2006	11
10	上虞章镇斜拉桥	独塔双索面	54.31+72.42	1983	2007	24
11	上虞人民大桥	独塔双索面	2×125	1996	2012	16
12	三原新龙斜拉桥	双塔双索面	39+88.8+39	1987	2007	20
13	珠海淇澳大桥	双塔单索面	176.5+320+176.5	2001	2007	6
14	佛山西樵大桥	独塔双索面	125+110	1987	2007	20
15	柳州壶西大桥	独塔双索面	2×120	1994	2010	16
16	天津永和大桥	双塔双索面	25.15+99.85+260+99.85+25.15	1987	2006	19
17	南昌八一大桥	独塔双索面	(50+2×160+3×50)+(3×50+2×160+50)	1997	2009	12
18	金沙江皎平渡大桥	双塔双索面	70+144+70	1991	2008	17
19	金华金婺大桥	独塔单索面	100+125+35	1997	2000、2006	3
20	三达地怒江大桥	独塔双索面	2×145	1994	2004	10
21	涪陵长江大桥	双塔双索面	149+330+149	1997	2012	15
22	衡山湘江大桥	三塔单索面	3×45+2×90+2×45	1995	2012	17
23	长沙银盆岭大桥	双塔单索面	105+210+105	1991	2012	21
24	李家沱长江大桥	双塔双索面	169+444+169	1997	2013	16
25	克拉玛依友谊桥	独塔双索面	2×40.5	1998	2011	13
26	东莞南阁大桥	双塔双索面	35+108+35	1994	2009	15
27	嘉陵江石门大桥	独塔单索面	200+300	1988	2005、2009	17
28	沙溪庙嘉陵江大桥	独塔双索面	2×180	2002	2014	12

但对上表统计桥梁进行详细分析后，可以发现如下特点：

① 表中所列斜拉桥多为中小跨径斜拉桥（部分属于矮塔斜拉桥，拉索严格上属于体外预应力钢束，从拉索体系上看与常规斜拉桥有所差异）。

② 表中所列斜拉桥建成通车年代基本均在 2000 年之前，尚属于我国桥梁大规模建设的早期阶段，当时设计标准、施工工艺还未成熟，对交通流量的发展预测偏保守，同时对桥梁的养护重视程度与理念的先进性远不及当前水平。综合上述因素，造成斜拉索技术状况水平偏低，病害显著，无法适应运营和安全的需要，以至于必须进行拆除和更换。

基于上述两点，不足以支撑“斜拉索运营超过 15 年或接近设计使用年限后就进行大规模拆除或更换”的观点。

与杭州湾跨海大桥建设年代较为接近的国内众多大跨径斜拉桥和跨海桥梁，目前鲜有斜拉索拆除更换的案例，例如苏通大桥（2008年）、润扬大桥北汉主桥（2005年）、金塘大桥（2009年）等。但这些桥梁在养护规划或未来研究规划过程中，均已将斜拉索更换纳入考虑，计划开展或已开展针对斜拉索更换的相关研究或先期工作。例如，舟山跨海大桥（包含金塘大桥）在制定中长期养护规划时，在5年内考虑实施“拉索试验性更换工程”，5-10年计划对状况较差的拉索进行分批更换。（参考自《舟山跨海大桥中长期养护规划》（2021年修订稿））

另外，以江苏省江阴大桥为例说明行业内对于拉索更换的实际举措。江阴大桥于1999年通车，为悬索桥的结构形式（虽然与斜拉桥不同，但针对拉索的更换可作为参考）。2009年（通车10年），江阴大桥迎来第一批吊索的更换，至2021年（通车22年），已分批完成50多根吊索的更换施工，占全桥248根吊索总数的20%左右。

斜拉索是斜拉桥体系结构的重要承重构件，为确保杭州湾跨海大桥结构的安全、可靠，有必要在未来规划期内，对其更换的方案进行详细考虑。下面从几个方面对拉索拆除更换的方案进行讨论：

表 9.7-2 斜拉索拆除与更换方案的分析

方案序号	方案描述	方案评价	对通行的影响	养护作业风险	工期	养护投入（万元）
1	192根拉索全部更换	无“构件达到设计使用年限”的顾虑，所有拉索均是新的	大，作业期间需要频繁封道、导改	高	1年以上	19200最高
2	192根拉索半数更换（50%）	存在半数斜拉索是旧斜拉索（超过使用年限），有可能后续性能会加速劣化，移交后仍需要进行更换	较大，施工作业期间有影响	偏高	6-8个月	9600中等
3	192根拉索部分更换（20-30%）	与方案2相同，但剩余旧拉索更多，未来性能衰退可能性偏高，移交后仍面临更换；且前序养护中需要加强日常养护和针对性养护，防止拉索性能衰减，延长寿命。	中等，作业时有影响，但持续时间短	中等	3-4个月	4000-6000一般

注：1、从长远角度看，由于斜拉索属于可更换构件，在100年的全寿命周期中，势必要经历几次全部更换。

2、斜拉索更换施工相对复杂，且主要为桥面及桥面上作业，对交通影响大，作业风险大。

3、更换单根斜拉索费用标准按：100万元/根计。

◆ 小结

对于斜拉索拆除更换专项工程，在 3 种比选方案中：

(1) 方案 3 从实施的角度上讲，是在未来规划期内基本确定实施的内容，是确保结构安全、可靠的最基本措施和保底的维修数量。

(2) 方案 1 全部更换方案发生的可能性相对较低，对桥梁养护资金投入、通行情况、作业风险等综合影响大，因此其在进行养护成本测算中不予考虑。

(3) 方案 2 介于两者之间，可视作在方案 3 的基础上预留出一定量的储备，避免由于特殊情况产生额外的斜拉索更换需求。

◆ 养护规划中的考虑

建议将方案 3 纳入 10 年规划进行考虑，按更换 60 根（31.25%）斜拉索进行考虑，总计投入 6000 万元，具体实施时机如下：

- ① 2025 年：更换 12 根，作为试验性工程和经验储备；
- ② 2028 年：更换 24 根，选择技术状况相对偏低的拉索进行集中更换。
- ③ 2031 年：更换 24 根，拉索集中更换。

9.7.3 全桥支座拆除与更换（结构劣化风险）

杭州湾跨海大桥混凝土箱梁支座分别采用球形抗震防腐支座和球形防腐支座。一联桥中墩高有超过 30m 的桥墩，则一联桥中的支座均采用球形抗震防腐支座；对于一联桥中墩高均低于 30m 的桥墩，支座均采用球形防腐支座。全部桥梁支座数量达 3097 个。

在现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）中，规定支座了的设计使用年限至少为 15 年。根据杭州湾跨海大桥原设计文件：“成品支座在采取适当的防护措施后，应保证在杭州湾跨海大桥所处的海洋环境下，支座正常使用寿命 > 50 年”。大桥混凝土桥梁球形钢支座设有防尘罩，一般能够抵挡外部环境中的灰尘进入支座间隙，降低四氟滑板的磨耗，一定程度上能够延缓其使用寿命。但运营过程中，部分防尘罩出现了损坏、缺失的情况，内部支座实际的技术状况水平有待评估。另外，从国内大量桥梁实际运营情况来看，许多支座仅在运营使用 10-11 年左右就进行了更换，很难达到预期的使用年限，属于易损性构件。以同为 2008 年通车运营的苏通大桥为例，该座桥梁于 2021-2022 年间对混凝土桥梁球形支座进行了拆除更换，更换梳理超过 200 个。杭州湾球形支座当前技术状况水平优于苏通大桥，且多数设有防尘罩，但考虑到运营环境远较苏通大桥恶劣，其也面临

着大批量集中更换的可能性。

支座是重要的承重和传力构件，也是确保桥梁正常变形的构件，运营阶段必须确保其使用性能，才能保障桥梁的安全可靠。杭州湾跨海大桥支座数量庞大，需要谨慎考虑其维修更换的数量。

下面从几个方面对支座拆除更换的方案进行讨论：

表 9.7-3 支座拆除与更换方案的分析

方案序号	方案描述	方案评价	对通行的影响	养护作业风险	工期	养护投入(万元)
1	3097 个支座全部更换	无“构件达到设计使用年限”的顾虑，所有支座均是新的	大，作业期间需要频繁封道、导改	高（水中区支座更换风险更高）	预计 10 年规划期内无法实现	61940 最高
2	3097 个支座半数更换（50%）	优先更换：活动支座、缺少防尘罩的支座、四氟滑板磨损较大的支座。存在半数支座是旧支座（超过使用年限），有可能后续性能会加速劣化，移交后仍需要进行更换	较大，施工作业期间有影响	偏高	从 24 年前起，每年均需考虑近 160-170 个支座的更换	30970 中等
3	3097 个支座部分更换（20%）	与方案 2 相同，但剩余旧支座更多，未来性能衰退可能性偏高，移交后仍面临更换；且前序养护中需要加强日常养护和针对性养护，防止支座性能衰减，延长寿命。	中等，作业时有影响，但持续时间短	中等	规划期内安排 3 次，每次换 200 个	12000 一般

注：1、从长远角度看，由于支座也属于可更换构件，在 100 年的全寿命周期中，势必要经历几次全部更换。

2、支座顶升更换的工艺虽不要求中断交通，但由于墩顶基本无平台，需要借助桥检车或其他平台辅助，仍需要长时间封闭部分车道。

3、由于大桥每年有效作业时间仅为 100 天左右，且为保障施工安全，同一方向上不能安排过多养护作业面，因此对于方案 1 全数更换的方案，即便耗时整个规划期也未必能完成。因此，对于支座仅能考虑更换一定数量的方案。

4、单个支座拆除更换的费用标准：19-20 万元/个。

◆ 小结

对于支座的拆除更换专项工程，在 3 种比选方案中：

(1) 方案 1 全部更换方案显然在规划期内无法开展和实现，因此不予考虑。

(2) 方案 3 从实施的角度上讲，是在未来规划期内基本确定实施的内容，是确保结构安全、可靠的最基本措施和保底的维修数量；而且实施的规模和数量也

有同类型桥梁案例予以支撑。该方案的费用应纳入固定养护成本进行考虑。

(3) 方案 2 介于两者之间, 可视作在方案 3 的基础上预留出一定量的储备, 避免由于特殊情况产生额外的支座更换需求。

◆ 养护规划中的考虑

建议将方案 3 纳入 10 年规划进行考虑, 在 2025、2028、2031 年进行实施, 每次实施周期为 2 年。

9.7.4 桥墩局部冲刷防护工程(自然环境风险)

杭州湾跨海大桥所处的杭州湾河口, 潮汐强、潮差大, 悬沙与床沙粒径基本一致, 导致河床泥沙冲淤复杂多变, 海底槽沟的发展变化较快, 桥墩局部冲刷成为大桥安全运行的潜在隐患。近年来大桥南北两岸人类活动加剧, 南岸慈溪围垦和北岸嘉兴港港区建设的加快, 均在一定程度上增加了大桥附近海域潮流地形变化的复杂性。因此, 杭州湾跨海大桥桥墩局部冲刷的观测研究工作, 自大桥可研阶段以来, 就受到了大桥各级管理部门的高度重视。

受杭州湾大桥工程指挥部(2008年)、宁波市杭州湾大桥发展有限公司委托, 浙江省河海测绘院在 2008 年~2017 年, 通过“本底调查(2008 年)”、“跟踪观测研究(2009 年)”、“跟踪观测研究(2010~2012 年)”、“跟踪观测研究(2013 年)”、“跟踪观测研究(2014 年)”、“跟踪观测研究(2015 年)”、“跟踪观测研究(2016 年)”、“跟踪观测研究(2017 年)”、“跟踪观测研究(2018 年)”、“跟踪观测研究(2019 年)”、“跟踪观测研究(2020 年)”、“跟踪观测研究(2021 年)”、“跟踪观测研究(2022 年)”等项目, 先后进行了大桥附近地形、水文等相关要素的观测, 以及部分重点桥墩和海中平台附近的冲刷观测, 并结合浙江省河海测绘院每年三次的杭州湾钱塘江大范围地形测量资料和相关桥墩局部冲刷试验成果, 进行了各年度桥轴线滩槽稳定性分析和桥墩局部冲刷深度评估。各年度观测研究方案均根据上一年度的观测研究成果, 进行了适当调整, 为杭州湾跨海大桥桥墩局部冲刷研究积累了丰富的第一手资料。此外, 2021 年首次委托天津水运工程勘察设计院有限公司开展了“2021 年度杭州湾跨海大桥桥墩冲刷动态监测”项目, 对以往冲刷观测过程中发现的局部冲刷显著的桥墩进行进一步的跟踪观测。

根据多年来冲刷观测结果, 大桥桥墩局部冲刷具有如下特征:

(1) 截止目前，各个墩最低冲刷高程均高于相应桥墩设计值，桥墩局部冲刷有一定富余。

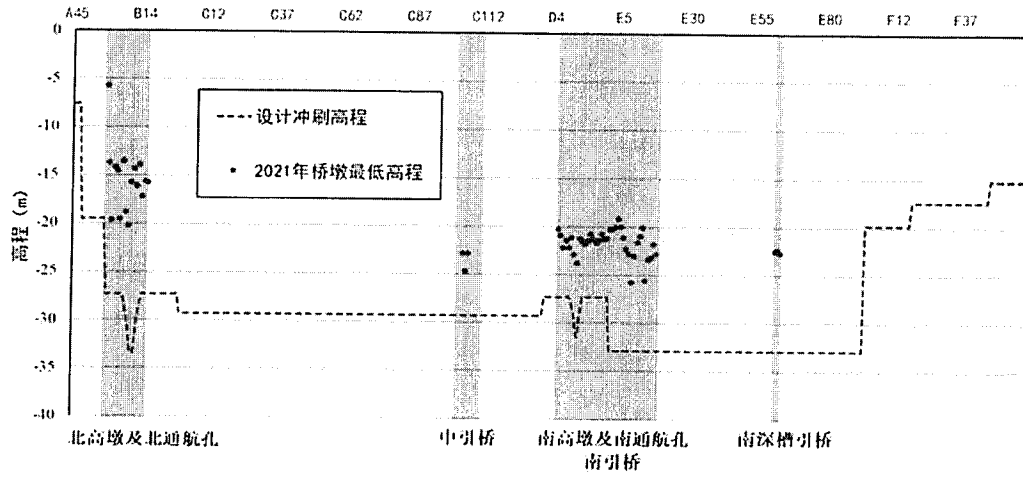


图 9.7-4 主线各桥墩冲刷高程情况

(2) 冲刷高程变化规律复杂，难以预测；以往部分年份中，存在桥墩冲刷加剧、逼近设计高程的情况；但在其他年份，又存在高程回淤的情况，总体上呈现较为复杂的演变规律。

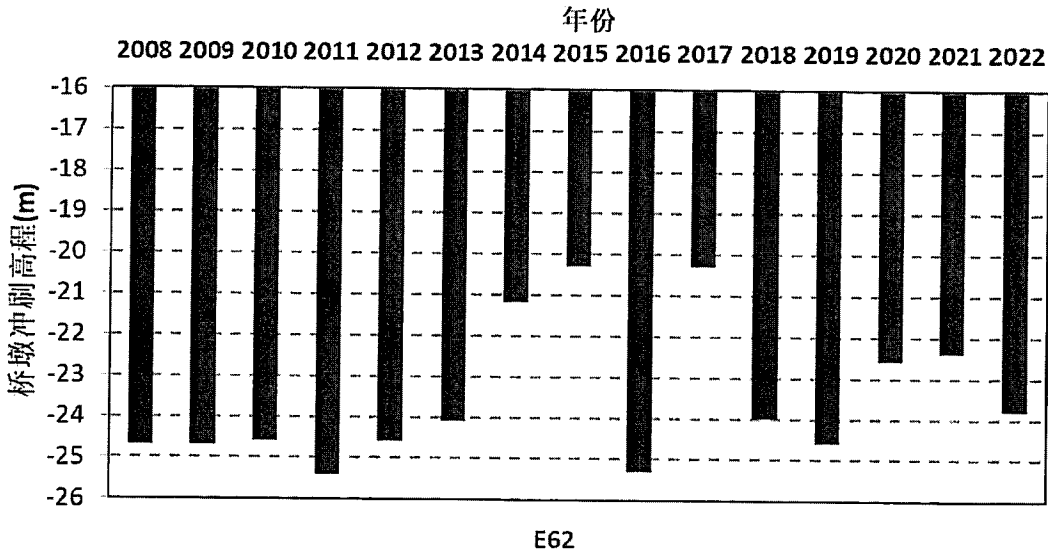


图 9.7-5 主线南引桥 E62 冲刷高程历年变化情况

(2) 冲刷显著的桥墩分布范围广，在北引桥、中引桥、南高墩及南通航孔、南引桥等区段均有分布，往年被列入重点跟踪观测桥梁的数量超过 10 个。

(3) 海中平台匝道桥位置处桥墩冲刷更为显著由于海中平台及其前端观光塔塔基的阻水，对水流特别是涨潮流造成挤压，两侧的水流得到加强，形成条带状

冲刷坑，冲刷槽向上游延伸，部分主墩及匝道墩处于冲刷槽内。

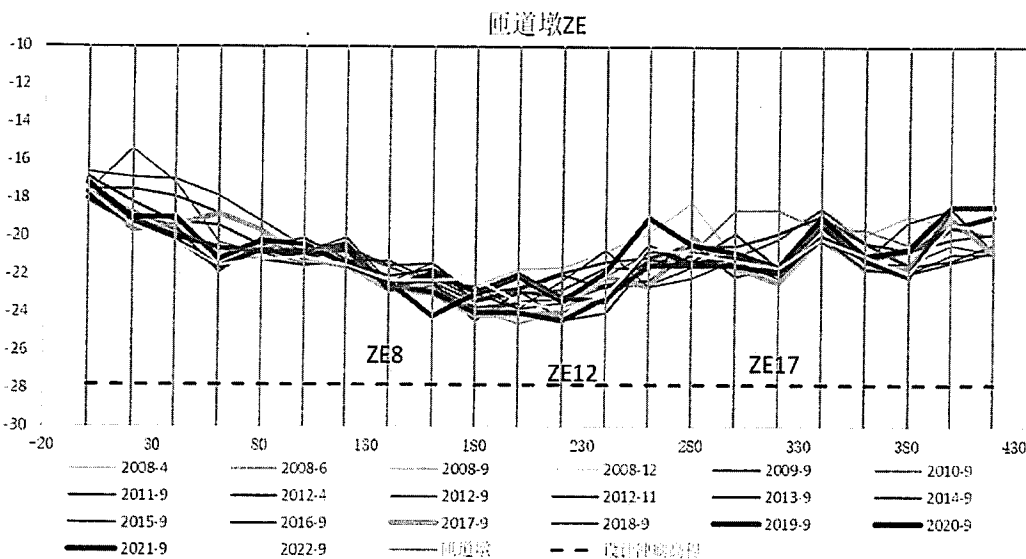


图 9.7-6 E 匝道墩历年实测最低冲刷高程

(4) 在历年观测的部分年份中，经过预测和推演，部分桥墩在不利河势、不利水文条件下，将会超过设计冲刷高程。

表 9.7-4 各主要观测桥墩最不利床面高程(m) (2019 年报告)

桥墩类型	桥墩编号	河床演变不利床面高程	桥墩局部冲刷高程设计值	2019 年实测		现状河势		不利河势		不利河势	
				最低冲刷高程		设计水文条件		常规水文条件		设计水文条件	
				高程	与设计值之差	高程	与设计值之差	高程	与设计值之差	高程	与设计值之差
中引桥	C105	-16.0	-29.3	-22.9	6.4	-25.9	3.4	-26.5	2.8	-29.5	-0.2
南高墩	D8	-16.4	-27.3	-22.7	4.6	-25.5	1.8	-26.4	0.9	-29.2	-1.9
	D24	-16.4	-27.3	-22.8	4.5	-25.6	1.7	-26.8	0.5	-29.6	-2.3
南通航孔	D11	-16.4	-28.0	-21.5	6.5	-24.6	3.4	-25.6	2.4	-28.7	-0.7
	D12	-16.4	-29.4	-22.1	7.3	-24.2	5.2	-26.2	3.2	-28.3	1.1
	D13	-16.4	-31.5	-22.6	8.9	-26.1	5.4	-26.7	4.8	-30.2	1.3
	D14	-16.4	-29.4	-22.5	6.9	-25.9	3.5	-26.6	2.8	-29.1	0.3
南引桥	E9	-16.4	-32.9	-27.1	5.8	-31.1	1.8	-30	2.9	-34	-1.1
匝道墩	ZE12	-16	-27.8	-24.4	2.7	-27.0	0.8	-27.5	0.3	-29.0	-1.2
南引	E62	-19.4	-32.9	-24.6	8.3	-24.9	8.0	-29.8	3.1	-30.3	1.3

桥											
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

杭州湾跨海大桥水中桩基础是大桥的根本，是承受上部全部荷载的重要载体，是保障“百年大桥”的最核心要素。局部冲刷会导致桥梁基础埋深相对减少，增加桩基自由长度，威胁桥梁结构本身安全和稳定，同时使得桥墩周围覆盖层缺失，桩基直接裸露在水流中而遭到冲刷侵蚀，带来严重的安全隐患，甚至直接造成桥梁失稳和破坏。

桥墩局部冲刷的风险是跨海桥梁建成后就一直存在的、不可避免的，而跨海桥梁基础冲刷机理又较为复杂，需要考虑海域条件下水力特性、潮汐往复流、沉积物条件、基础结构形式及布置方式的影响。目前，对于整个桥梁养护行业，重点都在关注桥墩局部冲刷防护，可采用的方法有主动防护、被动防护，而主动防护着眼于冲刷的根源，从长远看也是未来局部冲刷防护的发展方向。

桥梁局部冲刷难以预测，未来规划期内“是否实施冲刷防护”、“实施多少个桥墩的局部冲刷防护”，存在很大的不确定性。而冲刷防护工程一旦实施，则养护投入将十分巨大，以东海大桥为例：东海大桥已于2021年起开展了针对200余个桥墩局部冲刷的防护工程，总费用接近20个亿。下面从几个方面对冲刷防护的方案进行讨论：

表 9.7-5 支座拆除与更换方案的分析

方案序号	方案描述	方案评价	对通行的影响	养护作业风险	工期	养护投入(万元)
1	规划期内不进行冲刷防护	认为未来规划期内桥墩局部冲刷不会超过设计值，不安排相应的费用。但一旦出现冲刷超限的情况，仍必须安排防护工程，保障结构安全。	无 但冲刷超限后，可能要考虑限制一定交通	无	无	/
2	对往年观测中列入重点观测桥墩进行冲刷防护(10个)	优先对往年报告中列为重点观测的桥墩进行冲刷防护处置，避免不利情况下导致这些桥墩出现冲刷超限	较小	中等	半年以上	10000 较大
3	对往年观测中列入重点观测桥墩进行冲刷防护(20个)	同方案2，但范围更加扩大；方案2优先考虑那些逼近冲刷限、预测可能超过冲刷高程的桥墩	较小	中等	1年以上	20000 大

注：1、从桥梁风险的角度来看，一旦冲刷超限将影响结构安全和稳定性，必然对桥面通行造成影响，因此即便未来规划期内冲刷不会超限，也应考虑一定数量的冲刷防护，否则可能陷入被动的局面。

2、冲刷防护工程投资巨大，且大桥全桥桥墩众多，全部进行防护显然不现实。因此，该项目的核心在于“选择多少个桥墩进行冲刷防护”。本规划中，考虑在历年观测中逼近冲刷设计值、预测中可能超过冲刷设计值以及作为重点观测桥墩的这几个因素进行综合考虑，建议以 10 个桥墩为最低标准，结合实际情况可安排更多数量桥墩的防护。

3、对于桥墩冲刷，不仅要考虑其超过冲刷设计值的情况，在短时间内出现较大的冲淤变化，也对桥梁结构的受力不利，因此实施冲刷防护工程，能够将桩基局部土层稳定在一个理想的高程，即便水域环境变化恶劣，也不至于引起过大的冲淤变化，属于主动预防的养护工程。

4、单个桥墩冲刷防护工程的费用标准：1000 万元/个（参考东海大桥）。

◆ 小结

对于桥墩局部冲刷防护工程，在 3 种比选方案中：

（1）方案 1 显然偏于不安全，对未来冲刷发展趋势过于乐观，一旦出现冲刷超限问题，极易陷入被动的态势，因此不予推荐。

（2）方案 2、3 的区别是“究竟选择多少处桥墩进行防护”。方案 2 中确定的 10 处，是基于历年冲刷观测结果，以重点观测桥墩、预测中冲刷超限的桥墩为基准而确定的数量，因此可视为保底的维修数量，在未来规划期内有进行防护的必要性。因此建议该方案的费用应纳入固定养护成本进行考虑。

（3）方案 3 是在方案 2 的基础上，增加了冲刷防护的桥墩数量，主要考虑未来由于特殊情况产生额外的桥墩防冲刷需求。

◆ 养护规划中的考虑

建议将方案 2 纳入 10 年规划进行考虑，按实施 10 处桥墩冲刷防护进行考虑，总计投入 10000 万元，具体实施时机如下：

② 2027 年：实施 5 处；

③ 2030 年：实施 5 处。

9.7.5 桥墩沉降处置工程（自然环境风险）

杭州湾跨海大桥所在的长江三角洲地区是我国采集地下水引起地面沉降的最突出的三大区域（长江三角洲、环渤海区、西安地区）之一。地面沉降引起地层和桥梁变形主要为竖向变形，表现为桥梁结构连同桩基与地层一同整体下沉。如果各桥桥墩出现不均匀沉降现象，则沉降将引起结构受力变化，对结构产生较为不利的影 响。同时，地面沉降还会导致桩基出现负摩阻力，使桩基承载能力减小。

为了解杭州湾大桥运营期的沉降情况，大桥管养单位委托中铁大桥局集团第一工程有限公司每年进行 2 次沉降观测，目前全桥合拢后沉降观测报告已累计至

第 30 期，积累了大量的、连续的沉降观测数据，对评估桥位处的沉降趋势提供了较好的数据支撑。同时，为评估沉降（尤其是不均匀沉降）对结构的影响，大桥管养单位分别于 2013 年~2023 年委托中交公路规划设计院有限公司开展桥墩沉降专项评估工作。

根据《G15 沈海高速 K1380-1416 杭州湾跨海大桥 2023 年度运营测控监测成果报告》（2024 年 1 月），桥区墩位沉降情况汇总如下：

（1）南岸桥墩身（G08~G98）各监测点本年度（2022 年-2023 年）平均变化 -2.5mm，累计平均变化 -32.4mm。

（2）南引桥新增观测墩 F191~F194~G01~G07 各监测点本年度（2022-2023 年）平均变化 4.4mm，累计平均变化 0mm，G99~G103 各监测点本年度（2022-2023 年）平均变化 3.8mm，累计平均变化 3.9mm。

（3）北引桥墩身（A01~A25）各监测点本年度（2022 年-2023 年）平均变化 -6.7mm，累计平均升高 +52.1mm。

结合两岸引桥墩身沉降观测成果比较分析可知，本期南岸墩身整体变化有较小区域沉降，北岸引桥墩身下沉趋缓；从主桥 GNSS 大地高差沉降观测数据统计分析可知，本年度主桥各相邻监测点大地高高差变化基本正常，各监测点无明显沉降。

根据《2023 年杭州湾跨海大桥检查、检测与综合评估报告》，得到如下结论：

（1）北岸陆地区引桥范围近 7 年以来首次出现沉降趋势；在 2023 年 3 的半年时间内，出现了整体性沉降，平均沉降量约为 10mm。建议对北岸陆地区整体沉降情况进行加密观测和跟踪，并排查周边范围是否存在工程建设、开采地下水等情况。

（2）南岸陆地区引桥在 2019 年发生整体沉降后，其沉降变化具有一定的复杂性；2023 年度该区域总体表现为沉降趋势，平均下沉 2mm 左右，最大沉降 9mm。

（3）G61 墩累计沉降量相对较大，左右幅分别达到 51mm、50mm，与相邻墩身的累计沉降差分别为 11mm、9mm、5mm、6mm，未达到设计预警值（约 20mm）；经计算尚未影响结构安全。

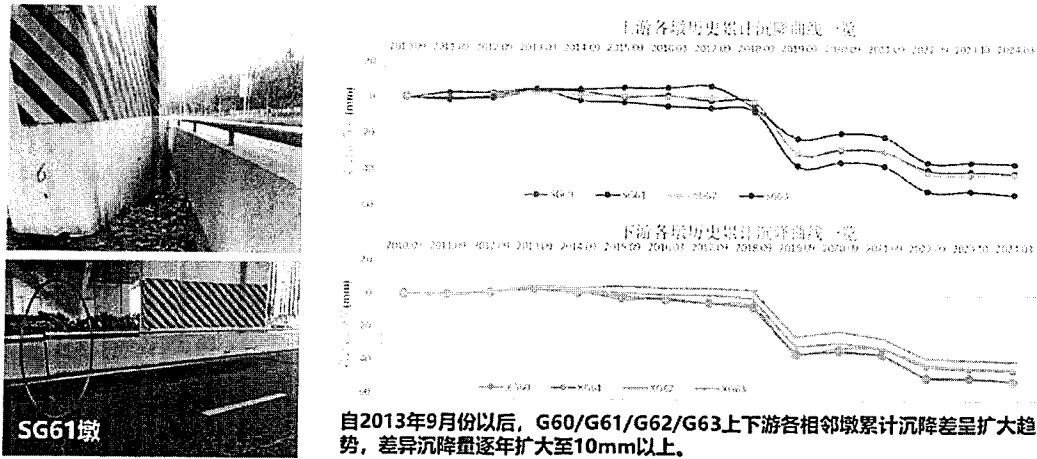


图 9.7-7 上游侧 G61 墩不均匀沉降情况（截止 2023 年）

杭州湾跨海大桥通车运营至今，尚未由于地表沉降或桥墩不均匀沉降造成桥梁结构开裂、损坏或结构偏位，也未有针对桥墩沉降相关的养护维修或加固处置项目的实施。从现状沉降观测结果来看，主要有以下几方面特征：

① 北岸在通车后出现整体沉降是由于地下水开采问题，后续得到管控后，北岸地表处于整体抬升状态；但 2023 年首次出现整体沉降，未来变化趋势复杂，不可预知，具有一定风险。

② 南岸陆地区、滩涂区地表于 2019 年出现的整体性沉降，与周边地下水开采、大规模工程建设有关；后续观测，整体沉降已不再发生，部分区域抬升，但整体变化趋势仍显复杂；2023 年又表现为整体沉降，需要持续关注。

③ 各墩间不均匀沉降未使结构受力超过设计值，也未在现场检查中观测到桥墩不均匀沉降引桥的变形或受力裂缝。根据以往计算分析，不均匀沉降限制为 2cm。G61 墩受滨海二路路线侵入印象，不均匀沉降程度较为显著。

从对桥梁结构的影响来看，桥墩沉降可能带来的风险和后果较为复杂，需要在未来规划期内进行妥善考虑。下面从几个方面对桥墩沉降的影响和处置方案进行讨论：

表 9.7-6 桥墩沉降的影响和处置方案（未来规划期内规划期）

序号	沉降风险描述	发生概率	后果严重程度	对应的养护方案	预估养护投入（万元）
1	局部桥墩沉降超限，引起上部主梁、下部桥墩混凝土结构开裂	中高	低	相比于混凝土养护工程中的维修措施，若裂缝由不均匀沉降引起，除修补裂缝外，还采取一定的加固措施，如粘钢、	可在每年 800 万的混凝土养护工程中，考虑 10% 左右的费用用于沉降病害的加固处置 即每年：80 万元

				粘贴碳纤维布等措施。	
2	沉降相对显著（陆地、滩涂），造成桥墩、主梁偏位，支座损坏	低中	中	主要对支座进行纠偏，以确保上部结构符合线型要求；若沉降持续发展，应考虑对地基进行加固	在方案 1 的基础上，后续 10 年规划期内，考虑 1-2 次可能的纠偏、支座更换工程或地基加固处置，每次费用按 1000 万元考虑。
3	水中区沉降显著造成桥墩、主梁偏位，支座损坏，	低中	中高	基本同 2，但水中区下部结构难以纠偏，沉降无法处置。一旦发生此种情况，较陆地、滩涂区处置难度高。	后续 10 年规划期内，考虑 1 次可能的纠偏、支座更换工程，每次费用按 2000 万元考虑（近处置水上部分）。若考虑处理水下桩基，例如补打桩基等，需要过亿元。
4	地表整体性沉降造成桩基承载力不足	低	高	若地表沉降范围小，仅个别位置桩基承载力不足时，可考虑进行地基处理和加固，但费用较大；若沉降范围较大、引起的桩基承载力不足数量大，则无有效对策措施，但此种可能性不大。	难以预估，根据发生区域、范围的不同，处置费用可能在几千万到几亿元间不等。

◆ 小结

相比于前 3 类专项工程，对于桥墩沉降处置工程的考虑显得更为复杂，主要也是由于对沉降趋势的预测和对桥梁结构的影响的不确定性：

(1) 方案 1 属于保底性处置方案，即针对沉降最容易引起的结构开裂问题，在每年度中按混凝土养护费用的标准，列支一部分比例，用以处置沉降可能产生的结构开裂，并进行加固。该方案的费用应纳入固定养护成本进行考虑，若年度中无沉降影响造成的裂缝，该部分也可转为混凝土结构养护维修的内容。

(2) 方案 2、3 所考虑的是沉降产生的中等程度的影响，即引起的结构偏位、支座损坏等；发生后需要采取的养护维修规模较大，投入费用较多。

(3) 方案 4 属于较低概率事件，也无法准确预估其处置规模和预期的费用，因此不在规划中予以考虑。

◆ 养护规划中的考虑

结合目前杭州湾跨海大桥桥区沉降现状，建议将方案 1、方案 2 同时纳入考虑，即：每年列支固定数目的金额（80 万元）维修不均匀沉降引起的常规、轻微病害，该项费用在年度小修保养工程中考虑（详见 9.1.1 节）；安排 2 次专项工程（每次

1000 万元)，用于处置不均匀沉降明显的联跨，包括支座垫高和纠偏、上下部结构的维修加固等。

9.7.6 防撞护栏升级改造（政策风险）

有关桥梁防撞护栏升级改造的政策风险已在 9.7.1 节中进行论述。根据《杭州湾跨海大桥安全防护设施安全风险评估报告》（2021 年，中交公路规划设计院有限公司）的评估结论：

根据《提升公路桥梁安全防护能力专项行动技术指南》，该桥交通事故严重程度较低，大型车通行比例较高，满足建设时期设计标准，不满足现行标准，本桥梁安全防护设施分类为 II 类；“II”类桥梁安全防护设施，宜结合干线公路改造和公路改扩建工程等，按现行设计标准的规定逐步提升。

根据《提升公路桥梁安全防护能力专项行动技术指南》要求“II”类桥梁安全防护设施，宜结合干线公路改造和公路改扩建工程等，按现行设计标准的规定逐步提升。故根据评估结果，杭州湾护栏现状分阶段改造建议如下。

第一阶段，建议参考国内已有经验及新规范首先对灯柱断开处、过渡段及波形护栏提升改造。

第二阶段建议对护栏横梁连接处，伸缩缝处提升改造，满足新规范要求。

第三阶段建议结合护栏改造工程，按照新规范要求，引桥满足护栏面宜与护栏安全带边缘成一直线、主引桥及匝道桥护栏安全带高度满足规范要求的宜控制在 5~10cm 之间。或者进行实桥碰撞试验等方案，进行方案比选合理提升改造。

因此，在后续 10 年规划期内，杭州湾跨海大桥应考虑针对防撞护栏的改造提升工程，总体费用为 3000 万元。具体建议如下：

① 航道桥作为特殊结构桥梁，按照最新规范，其防撞性能等级应高于引桥区段，因此建议将航道桥护栏改造纳入考虑，全部拆除改造预计费用为：1000 万元。（建议 2029 年）

② 引桥护栏灯杆断开处、伸缩缝位置处应考虑进行加固改造。总体费用预计为：2000 万元。（建议 2026 年）

9.8 其他

9.8.1 养护工程设计与监理

为确保杭州湾跨海大桥各类养护专项工程的有效实施，需要按照《公路养护工程管理办法》（交公路发〔2018〕33号）等文件的规定，进行大桥养护工程设计和监理工作。

2024年养护工程设计与监理实际金额为1004万元（金额较高的原因是预算中包含了以往多个年度的设计和监理费用）。

根据近5年养护工程设计与养护工程监理合同执行情况，结合后续专项养护工程规模，建议2025年及以后每年500万元（2033年为170万元）。

◆ 分项成本历史运营成本对比分析说明：

对于养护工程设计与监理，分项成本的测算基准总体参照历史运营成本；且进入养护中期阶段后，由于养护专项工程体量的增加，养护设计、监理费用应随之提高。

◆ 分项成本在各年份安排的理由及未来年增长波动分析：

养护工程设计与监理每年度随各养护专项工程同步实施。大桥养护工程设计与监理不宜按当年全部养护工程建安费乘以固定费率的方式计算，而建议以包干的形式进行确定，避免养护成本过高（例如，部分设计工作存在重复，不能单纯按费率计）。

9.8.2 养护备用金

为应对各类风险和不可预知的事件，设置年度养护备用金，按5%列。

9.9 养护工程数量汇总

表 9.9 杭州湾大桥未来历年养护项目工程量汇总表

养护项目	年度												备注说明
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033 (120天)			
混凝土路面养护	7万 m ²	6万 m ²	6万 m ²	4万 m ²	15万 m ²	15万 m ²	17万 m ²	17万 m ²	17万 m ²	17万 m ²	17万 m ²	17万 m ²	沥青混凝土路面
交通安全设施养护 (标线)	5.3万 m ²	5.3万 m ²	5.3万 m ²		5.3万 m ²	6.7万 m ²			5万 m ²	5万 m ²	1万 m ²		桥面标线
伸缩缝养护	235m	513m	727m		727m	727m		727m					梳齿板伸缩缝更换
斜拉索系统养护			96根	96根									斜拉索缠包带养护
混凝土结构养护	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	涉及内容多,无法用单一工程量衡量
钢箱梁防腐涂装		22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	22500 m ²	7500 m ²		
钢箱梁疲劳裂纹 处置	98条	120条	120条	180条	120条	240条	120条	120条	120条	120条	40条		钢箱梁疲劳裂纹 处置
钢桥面铺装养护	13133 m ²			16000 m ²		16000 m ²		22000 m ²					
防撞护栏养护 (含地脚螺栓)							17.2km		17.2km		1.6km		桥面双向范围边 护栏及中央护栏
钢管桩养护	344组	344组+100 根	344组+100 根	267组+100 根	233组+100 根	233组+100 根	233组+100 根	233组+100 根	233组+100 根	233组+100 根	46组		阳极块更换+钢管 桩涂层修复

养护项目	年度												备注说明	
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033 (120天)				
水上防撞设施维护-拦截索	/			/										涉及内容多,无法用单一工程量衡量
水上防撞设施维护-套箱	北航4个防撞套箱				南航道3个套箱									
维修设施升级改造		部分检修道			5台检查车+部分通道+部分除湿系统					5台检查车+部分通道+部分除湿系统			全桥监测系统	涉及内容多,无法用具体工程量衡量
易损构件拆除更换													192个拉索阻尼器+4个塔梁阻尼器	
斜拉索拆除更换		12根			24根					24根				
支座拆除更换		100个支座	100个支座		100个支座	100个支座				100个支座			100个支座	
桥墩局部冲刷防护				5处桥墩										
桥墩沉降处置	每年混凝土养护工程中,考虑10%的体量用于沉降相关病害或问题的处置;2027年、2030年两次专项													
桥梁护栏升级改造			/											涉及内容多,无法用单一工程量衡量
数字化、智慧化建设的提升	详见表9.5-2													

重大维修工程

9.10 养护作业对桥面通行的影响分析

根据 9.1-9.7 节所列项目，可以看出在未来规划期内规划阶段，大桥上将开展大量的检测、养护工程，因此有必要论证养护作业对桥面通行的影响程度。

9.10.1 桥面封道作业方式

目前，杭州湾跨海大桥主线上涉及的封道作业类型主要包括四种形式：

(1) 应急车道养护维修作业

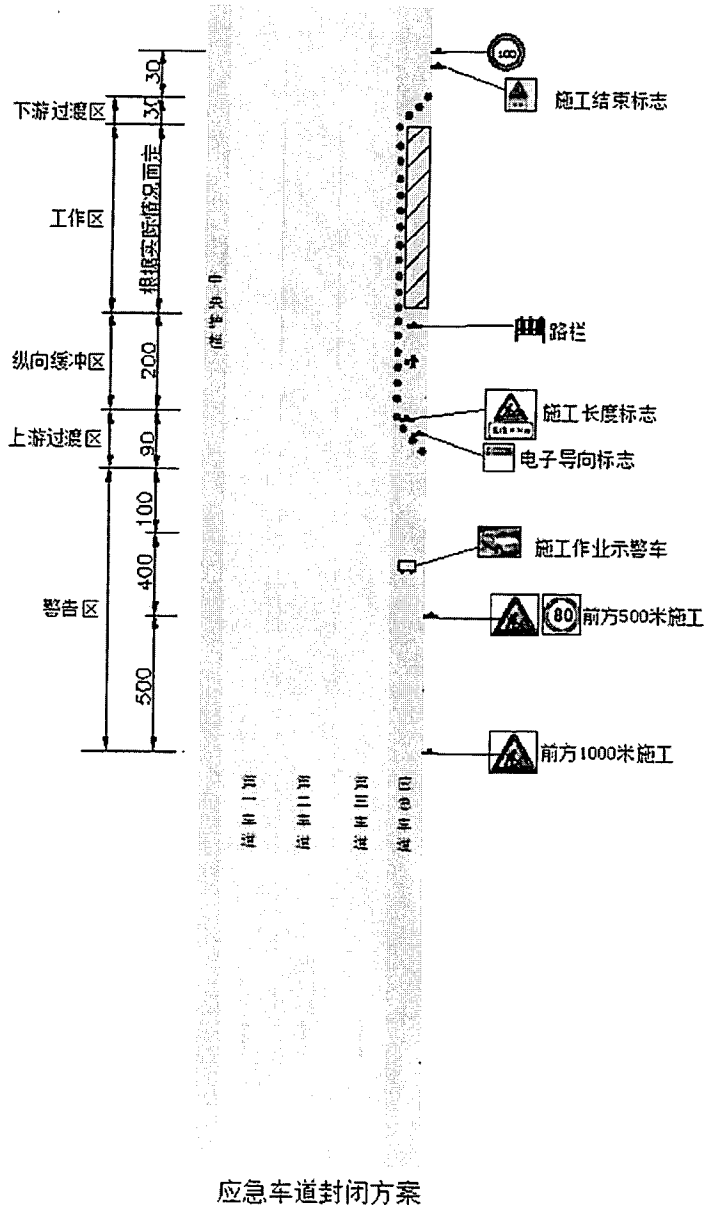
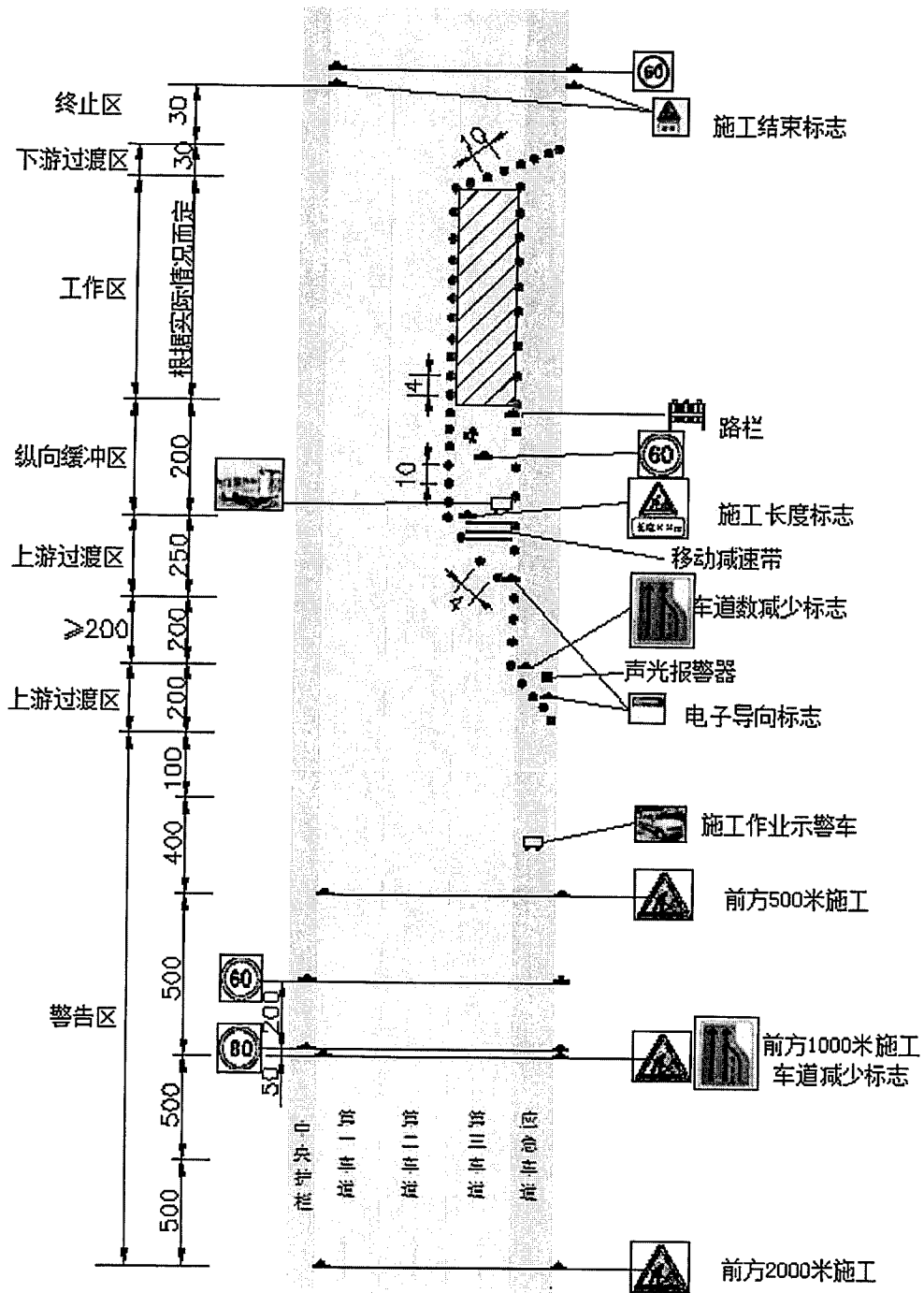


图 9.10-1 应急车道养护维修作业

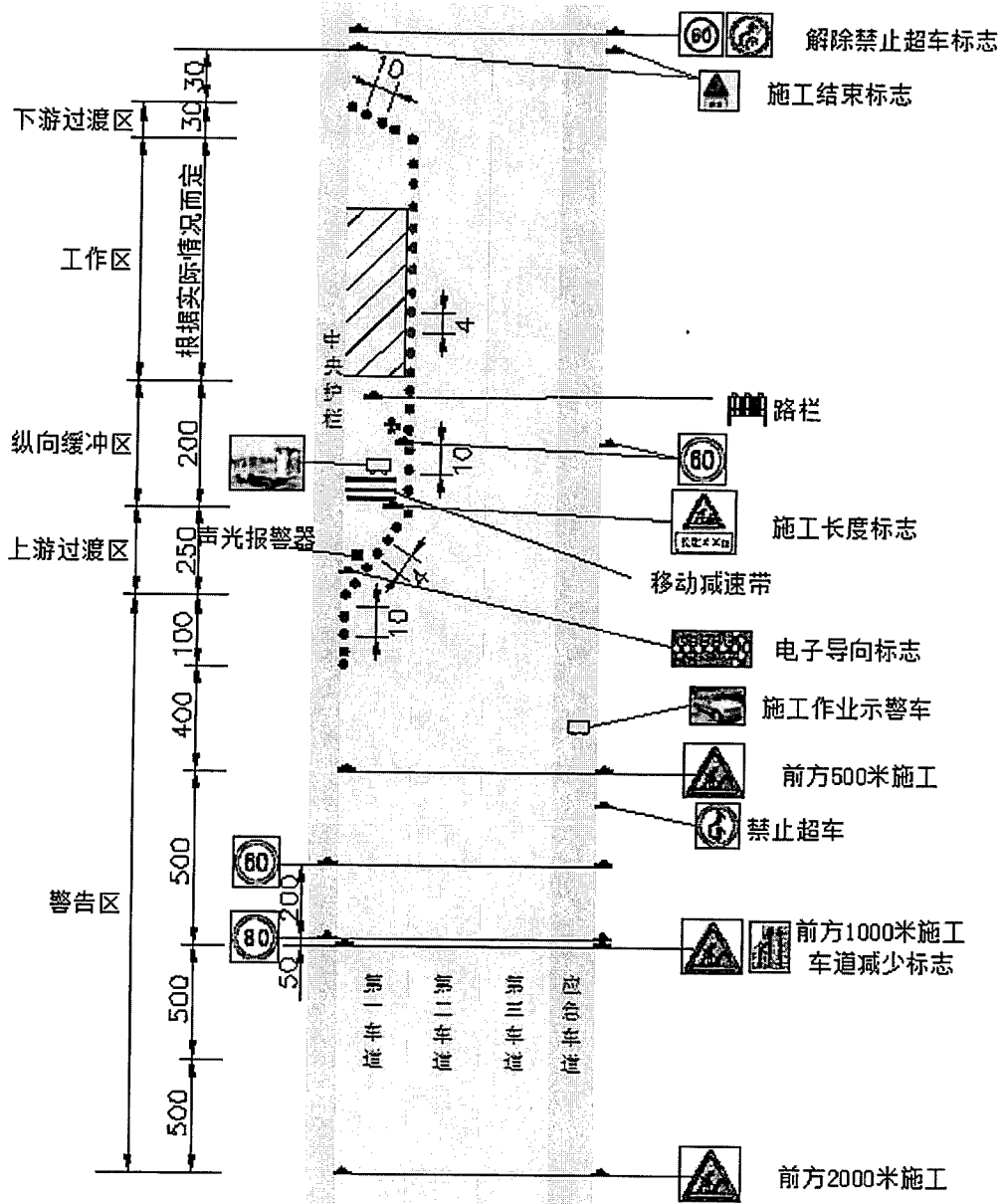
(2) 第三车道及应急车道养护维修作业



第三、应急车道封闭方案

图 9.10-2 三车道及应急车道养护维修作业

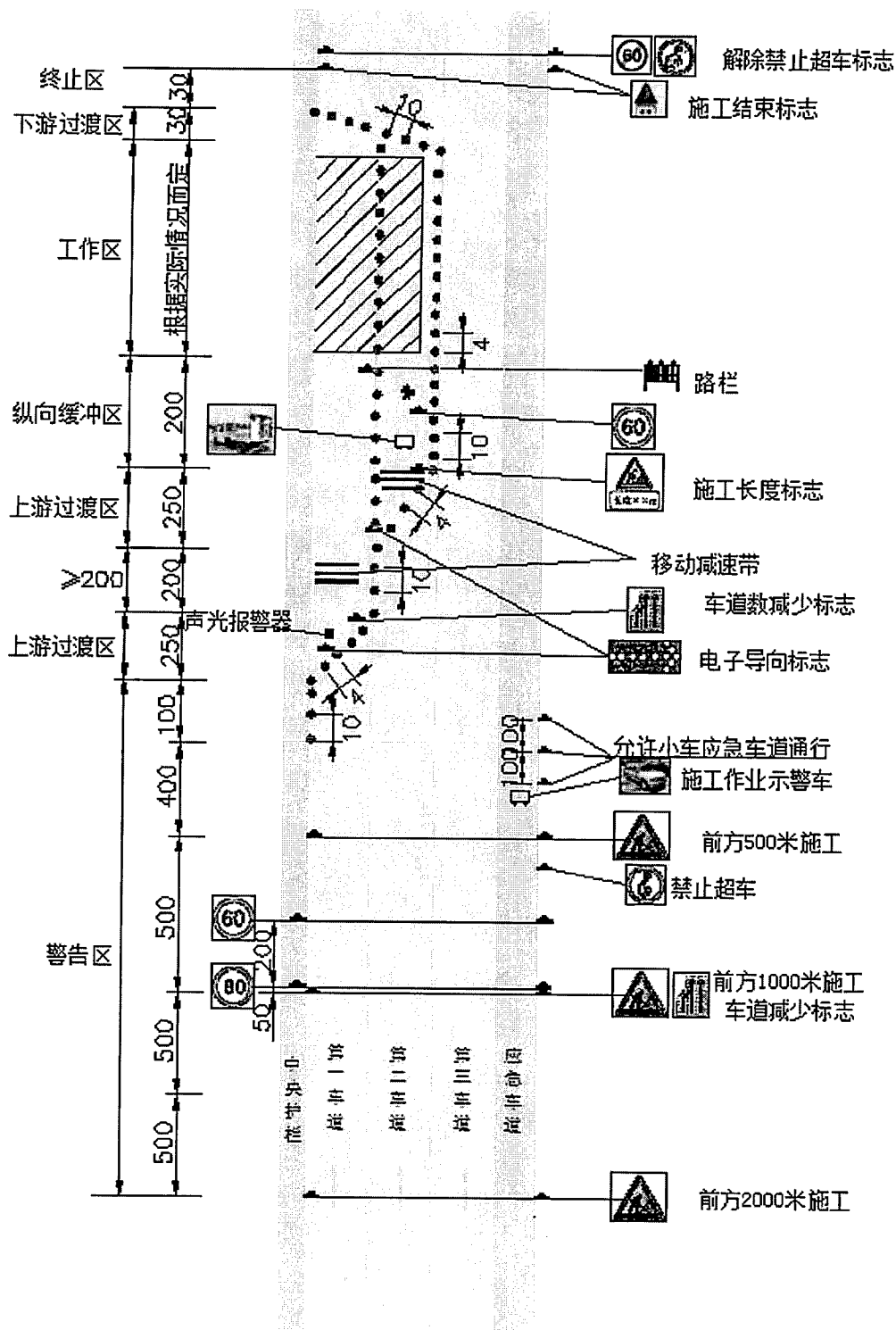
(3) 第一车道养护维修作业



第一车道封闭方案

图 9.10-3 封闭一车道养护维修作业

(4) 第一、二车道养护维修作业



第一、二车道封闭方案

图 9.10-4 第一、二车道养护维修作业

上述四种封道方案中，仅封闭应急车道对桥面通行影响最小，其次为封闭三车道及应急车道，再者为封闭第一车道；封闭一、二车道对通行影响最大，但此时通常会启用应急车道，仍能保障一条小型车辆和一条大型货车的行驶，不会对流量造成明显影响。

从大桥通车运营 15 年养护过程来看，在桥面作业过程中，极少出现封闭半幅车道或断流的情况；即使出现中断交通，通常也为突发性应急措施或临时性措施（几分钟左右）。

9.10.2 未来养护作业对通行的影响

根据规划的养护内容，逐项对其可能的封道作业方式进行了分析，汇总如下表所示。从中可以看出如下特征：

(1) 未来养护作业内容众多，但总体上仍按现有 4 种模式进行桥面交通组织，不会出现大量交通中断的情况。

(2) 桥面上涉及的重大工程主要为混凝土桥面铺装更换、钢桥面铺装更换、伸缩缝更换、交安设施养护中标线的画设等，这些内容涉及到全部车道范围和全部封道作业方式。虽然采取中断交通、封闭半幅的方式对于养护施工和质量的控制有利，但考虑桥面通行的需要，暂不进行断流作业的考虑，而是通过合理安排施工作业顺序和交通组织方式进行控制。

(3) 在未来规划期内，有个别养护作业会存在交通中断的情况。

① 综合检测评估中，在规划末期计划实施桥梁的荷载试验，而荷载试验必须在中断交通的情况下方可进行。预计封闭作业时间如下：

表 9.10-1 南、北航道桥静载工况

空载	加载（二级加载）	稳定测试	下一工况加载	稳定测试	8 个工况	卸载	稳定测试	合计
20 分钟	30 分钟	20 分钟	20 分钟	20 分钟	320 分钟	20 分钟	20 分钟	470 分钟，8 小时

表 9.10-2 南、北航道桥动载工况

跑车 1	跑车 2	跑车 3	跑车 4	合计
20 分钟	20 分钟	20 分钟	20 分钟	80 分钟，1.5 小时

综上，在规划末期（2032 年）实施桥梁荷载试验，将可能造成桥梁交通中断封闭 550 分钟。此外，荷载试验通常安排在夜间（0-5 点时段），且需要分 2-3 天完成，因此总体对交通的影响相对偏低。

表 9.10-1 未来养护作业主要涉及的交通组织类型明细表

养护项目	交通组织方式					备注	
	封应急车道	封应急、第三车道	封第一车道	封第一、二车道	半幅断流		
日常类	小修保养	●	●	●	○	临时	配合对应应急突发事件
	航标养护	○	√	×	×	×	
检查检测	海中平台匝道桥检查与维修	●	○	×	×	×	海中平台封道方式区别于主线
	南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查	●	●	○	√	×	
	混凝土箱梁、索塔及支座定期检查	●	●	√	×	×	
	下部结构检查与维修	○	×	×	×	×	
	综合检测与评估	●	√	×	×	涉及	若进行荷载试验,可能涉及临时断流
	冲刷观测项目	√	×	×	×	×	
	沉降观测项目	○	√	×	×	×	
	钢桥面铺装跟踪观测及维护	●	○	√	×	×	
	梁底检查车检查维护	○	×	×	×	×	
	健康监测系统维护	●	√	×	×	×	
养护设施维护	除湿系统及其他	○	×	×	×	×	
	混凝土路面养护	●	●	●	●	×	合理安排施工顺序,不考虑断流情况
	交安设施养护(标线)	●	●	●	●	×	
	伸缩缝养护	●	●	●	●	×	
养护专项	斜拉索系统养护	●	●	×	×	×	

养护项目	交通组织方式					备注
	封应急车道	封应急、第三车道	封第一车道	封第一、二车道	半幅断流	
混凝土结构养护	●	●	×	×	×	
钢箱梁防腐涂装	○	×	×	×	×	
钢箱梁疲劳裂纹处置	●	○	×	×	×	
钢桥面铺装养护	●	●	●	●	×	合理安排施工顺序, 不考虑断流情况
防撞护栏养护 (含地脚螺栓)	●	√	●	×	×	
钢管桩养护	×	×	×	×	×	
水上防撞设施维护-拦截索	√	×	×	×	×	
水上防撞设施维护-套箱	√	×	×	×	×	
维养设施升级改造	●	●	√	×	×	
易损构件拆除更换	●	√	×	×	×	
斜拉索拆除更换	●	●	×	×	涉及	拉索更换时, 应考虑交通中断的可能性
支座拆除更换	●	○	×	×	×	支座顶升更换不需要中断交通
桥墩局部冲刷防护	×	×	×	×	×	
桥墩沉降处置	●	○	×	×	×	
桥梁护栏升级改造	●	○	●	×	×	

注: ●表示极其频繁的采用, ○表示经常采用, √表示可能会使用到, ×表示基本不涉及

② 斜拉索更换交通组织方式分析

换索施工包含前期准备、斜拉索的制作和运输、斜拉索拆除安装施工、中期转场、场内设施恢复及现场验收等内容。换索前准备工作，主要控制节点为交通组织转换，涵盖人行通道分离、防护棚搭设、加装交通诱导系统和区间照明系统等环节。在此期间，施工电缆的敷设和施工平台措施的搭设也可利用该空窗期进行。斜拉索的材料检测、生产制作都将影响现场更换的进度，故而必须协调并系统把控施工监控、锚具制作等项工序，确保成品索供应按计划稳步推进并适度提前。在换索后半阶段，随着更换的斜拉索长度减小，施工面明显缩减，在经现场论证后可在单个单号索更换周期内，同时更换四根短索以提高更换效率，但须增加场内管控和安全监管投入，确保换索施工过程中各工序安排得当、措施安全可控，以顺利完成全桥换索工作。

重大养护专项中，对于斜拉索更换施工，从现有工程案例的实施情况来看，多采用封闭半幅交通的方式。换索施工原则上应对称同步进行，即实现塔柱两侧对称、上下游对称。如果上、下游同时施工，需要施工单位所投入的人力、机械数量大幅增加，且现场有 8 个作业面同时施工，对于施工单位的现场管理和施工监控指令的计算要求过高，施工事故发生的概率上升。因此，封闭半幅桥面开展换索施工可有效降低施工单位的现场管理难度。

我国现有换索施工典型及交通组织案例如下图所示：

项目	李家沱长江大桥	石门嘉陵江大桥	涪陵长江大桥
拉索数量 (根)	196	180	212
大桥全长 (m)	1288	716	631
塔高(m)	141.5	163	163
总工期(天)	300	510	165
交通管制(天)	246	320	120
单号索工期 (天)	3	2	4
换索年份	2017	2008	2012
交通条件	半幅通车,需转场	半幅通车	全封闭

图 9.10-5 典型换索工程案例及其交通条件、作业时间

下面再以铜陵长江公路大桥斜拉索更换为例，根据《铜陵长江公路大桥斜拉索更换科研项目总报告》相关内容，为保证结构的安全，根据现场实际情况，采取了桥面半幅双向通车（非更换索侧），留半幅作为施工场地（换索侧）。换索顺序采取了先换上游侧索后换下游侧索。换索过程按照设计要求，均采用对称的两根索同时拆换。本次换索为平行钢丝斜拉索更换为平行钢绞线斜拉索，换索工艺复杂。换索期间详细交通组织方案如下：

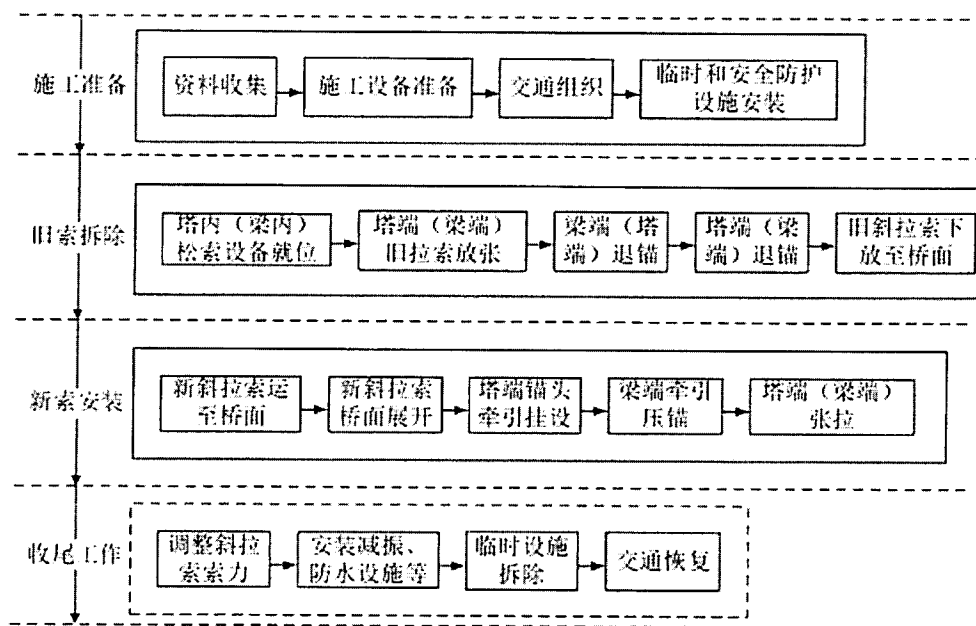


图 9.10-6 铜陵长江公路大桥斜拉索更换流程图

1) 上游换索期间交通组织方案

采取封闭上游半幅交通，将双向四车道改为下游双向单车道通行。拆除 5#主塔（铜陵）上游侧 120m 范围内非机动车道栏杆，封闭上游半幅交通，将下游单向两车道通行改为双向单车道通行。

将上游非机动车和行人改为下游非机动车道通行，在上游上桥口设立“上游施工，绕行下游”标志实现非机动车道人行道的疏导。交通组织方式采用反光交通锥、桥面原有隔离栏杆等进行车道隔离，反光锥间距不大于 5m。

根据大桥现场交通量调查其双向交通量小于 1400 辆/小时，桥面通车时速为 60km/h，所以警戒线设置长度为 1000m。上游过渡区、缓冲区、下游过渡区、终止区距离严格按照规范规定执行。

2) 下游换索阶段交通组织方案

交通组织设计方案与上游换索方式相同，方向相反。

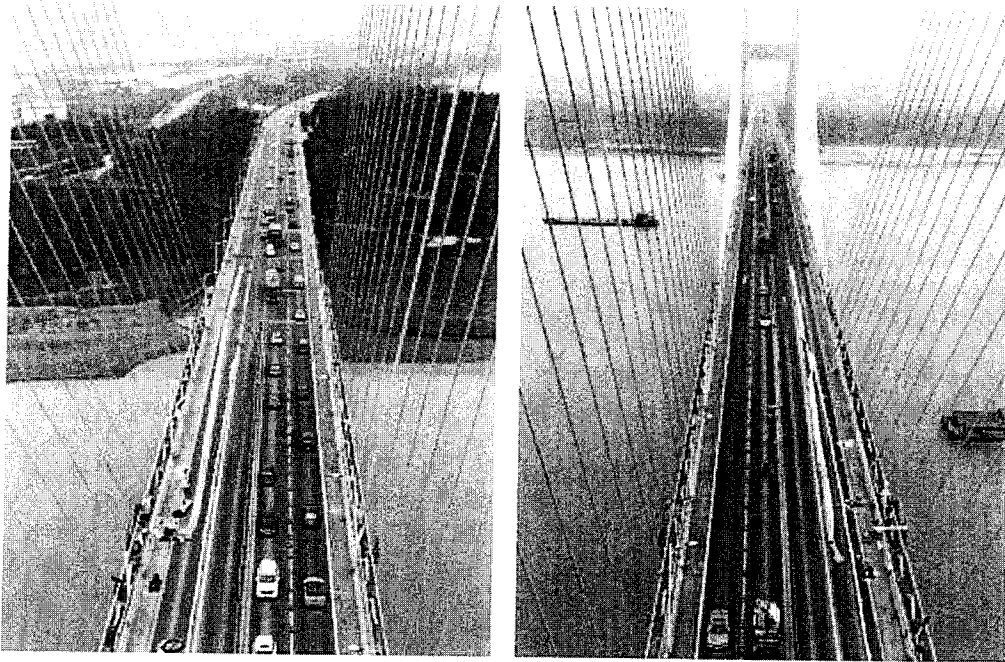


图 9.10-6 铜陵长江公路大桥换索期间半幅封闭交通管制情况

施工期间大桥现场交通量调查：早晨 6:00~8:00 双向共为 865 辆/小时；中午 11:00~13:00 双向共为 883 辆/小时；晚上 18:00~20:00 双向共为 865 辆/小时。平均每根斜拉索拆除更换需要 2 天时间。

本项目中，仅对部分拉索进行拆除更换，且大桥斜拉索构造采用桥面销轴进行锚固，较上述所列桥梁案例的 π 型混凝土主梁斜拉索更换工艺简单；因此，预计更换单根斜拉索的时间周期为 1 天左右（南、北航道桥同时作业，即由北航道桥控制总体时间）。另外，未来应制定了细化到每个工序、精确到每一分钟的施工方案，尽可能降低阻断交通时间。

- ① 2025 年：更换 12 根（北 8 南 4），按 8 天计，期间半幅限制通行；
- ② 2028 年：更换 24 根（北 16 南 8），按 16 天计，期间半幅限制通行；
- ③ 2031 年：更换 24 根（北 16 南 8），按 16 天计，期间半幅限制通行。

10. 规划期内大桥养护档案管理

10.1 大桥养护档案分类

杭州湾跨海大桥的养护档案主要包括基础资料、管理资料、检查资料、养护维修资料、特殊情况资料、固定资产资料等。其详细分类如下表所示。规划期内，以下资料如有缺失，应根据历年检查、养护资料，逐步建立和完善其技术档案。必要时，可专门安排有针对性的检测、试验或特殊检查，补充、完善桥梁技术资料。

表 12.1-1 技术档案分类表

类别	内容
基础资料	①桥梁设计施工图及竣工图，结构计算分析报告。 ②施工过程中的试验检测及科研资料。 ③工程事故处理资料。 ④施工全过程的结构位移或变形测试资料。 ⑤观测或监测点（部件）资料。 ⑥交（竣）工验收资料。
管理资料	管养单位、监管单位，及其分管领导、桥梁养护工程师等的基本资料。养护工程师除应归档个人基本资料外，还应归档其业务考核情况和年度主要工作情况。
检查资料	桥梁经常检查、定期检查结果、养护对策建议、特殊检查建议报告、养护建议计划等技术资料，以及检查的时间、实施人员等基本资料。 特殊检查还应包括检测（试验）方案、检测（试验）报告、照片及多媒体材料，检测（试验）方的资质证书（复印件）、业绩证明（复印件）以及主要检测人员的资格证书（复印件）等。
养护维修资料	小修保养工程的实施技术资料 and 养护质量评定结果，以及工程实施的时间、组织实施人员等。 桥梁的中修、大修、改建工程的设计图纸、竣工图纸、施工资料、监理资料、监控（监测）资料、质量事故处理报告、交（竣）工验收等技术资料，以及设计、施工、监理和监控（监测）等各方的资质证书（复印件）、业绩证明（复印件）及其主要检测人员的资格证书（复印件）等。
特殊情况资料	地质灾害、气象灾害、超限运输等特殊事件的具体情况、损害程度、处治方案等。
固定资产资料	包括固定资产卡片、固定资产铭牌登记、调拨单、租赁合同及报废申请单和报废处理记录等。

10.2 规划期内大桥养护档案管理制度的建立

在规划实施的 1 年内，应制定大桥养护档案管理制度，并在以后每 5 年内修编一次。养护档案管理制度应至少涵盖以下内容。

①归档范围。对大桥养护档案范围的界定，明确哪些档案需要归档。

②档案管理组织方式。对大桥管养单位养护档案主管部门、管理职责、以及管理流程的规定。

③档案级别及相应管理要求。对大桥养护档案的级别划分，以及与此对应的查阅权限、存档期限、备份要求等。

④档案审批流程。包括各类不同的桥梁档案在归档前应进行的相关审批工作。

⑤组卷要求与方法。包括对大桥档案的分类、排序等组织方式，以及与主文件相关的各类审批、变更、函件等的组卷要求。

⑥案卷编目。包括档案编码格式和编码规则。

⑦案卷电子化要求。对档案资料录入电子化管理系统的要求。包括录入范围、数据格式等。

⑧案卷借阅、移交、作废管理规定。

⑨型式要求。包括档案的折叠、摆放、存储等型式的要求。

大桥管养单位应建立电子化档案管理系统。由于该系统相对比较封闭，可将其作为 OA 办公系统、电子化人工巡检系统或桥梁健康监测系统的一个模块。

11. 规划期内大桥资产管理

11.1 大桥现有资产情况

大桥资产按有无实物形态可分为有形资产和无形资产。大桥及其附属设施、机械设备、监控、通讯设施等具有实物形态的固定资产构成了有形资产；大桥公路收费经营权、土地使用权、专利权、专有技术及商誉等不具实物形态的资产构成了无形资产。

杭州湾跨海大桥的管理单位为宁波市杭州湾大桥发展有限公司。根据如下杭州湾跨海大桥资产清单，大桥总资产为 13,454,063,661.47 元。杭州湾跨海大桥资产中主要重点为固定资产，因此本规划的重点是固定资产的管理。

表 13.1-1 杭州湾跨海大桥基本建设项目交付使用资产表（单位：元）

序号	单项工程项目名称	总计
第一部分 独立大桥及沿线设施		13,120,536,020.23
一	独立桥梁工程	11,927,470,967.23
(一)	桥头引道	22,319,503.00
(二)	基础工程	6,856,973,749.89
(三)	下部工程	883,601,172.00
(四)	上部工程	4,164,576,542.34
二	沿线设施	1,193,065,053.00
(一)	安全设施	452,980,582.00
1	防撞护栏及风障	308,414,689.00
2	非通航孔桥防撞工程	121,312,612.00
3	交通安全设施	21,976,044.00
4	防撞活动护栏	1,277,237.00
(二)	管理、养护设施	20,482,813.00
1	桥头标志雕塑	20,482,813.00
(三)	海中平台	553,471,779.00
1	平台基础	267,708,843.00
2	匝道桥	258,330,872.00
3	直升飞机停机坪	1,145,226.00
4	平台码头	26,286,838.00
(四)	服务区管理、养护用房及设施	166,129,879.00
1	北服务区房屋、附属工程	86,095,372.00
2	南服务区房屋、附属工程	70,009,725.00
3	其他附属工程及零星项目等	10,024,782.00

(1)	北岸服务区上、下桥左右通道	3,311,763.00
(2)	南岸服务区上、下桥 M 和 N 匝道	5,203,288.00
(3)	南服务区 DN400 给水管道	442,389.00
(4)	北岸服务区外供电电缆沟管道	1,067,342.00
第二部分 需安装机器、仪设备(含设施)		291,353,750.00
一	监控、通讯、收费系统	80,252,277.00
二	桥梁结构健康与安全监测系统	13,539,856.00
三	变配电设施	85,202,416.00
四	索塔内电梯	6,382,065.00
五	大桥景观、照明系统	55,841,916.00
六	航标工程	22,821,796.00
七	钢箱梁抽湿机	5,466,475.00
八	服务区设备	21,846,949.00
(一)	北服务区设备	5,940,241.00
(二)	南服务区设备	4,486,388.00
(三)	北岸服务区外供电工程	4259000
(四)	南服务区 10KV 开关站、10KV 双回路专线安装	7,161,320.00
第三部分 不需安装设备、工器具及办公家具、无形资产		42,173,891.24
一	养护设备	19,746,841.00
二	VTS 船舶管理系统	19,500,000.00
三	指挥中心监控大屏幕投显系统	1,300,000.00
四	档案信息化管理硬件	607,000.00
五	GPS 测量站	457,600.00
六	建管用固定资产	562,450.24
交付使用资产总计		13,454,063,661.47

11.2 规划期内固定资产管理制度的建立

杭州湾跨海大桥的固定资产管理制度是实现对其科学有效的管理的保障。在规划实施的 1 年内，应制定固定资产管理制度，并在以后每 5 年内修编一次。固定资产管理制度应至少涵盖以下内容。

(1) 固定资产的投资管理。应包括大桥固定资产投资方案编制办法、投资方案审核办法、投资方案决策办法、投资项目招标管理办法、投资方案实施过程中的检查与监督管理办法、投资方案竣工验收管理办法等。

(2) 固定资产编码管理。应包括大桥固定资产编码原则和标准，编码办法的制定。其编写可参照下表要求。

(3) 固定资产调拨的管理。本部分内容主要是对大桥固定资产调拨程序的管理。

表 13.2-1 大桥固定资产信息分类编码标准的一般构成和编写顺序

标准构成	各部分构成内容
概述部分	封面与首页、目次、标准名称、引言
正文部分	主题内容与使用范围、引用标准、术语、符号、代码、分类原则、编码方法、分类与代码表（或代码表）、代码表索引
补充部分	附录、附加说明

(4) 固定资产清查的管理。应包括大桥固定资产清查的组织方式、清查的内容及步骤。建议固定资产清查工作每年进行一次，时间一般安排在办理年终财务决算之前进行。但也可有针对性地安排不定期的专项清查或抽查。

(5) 固定资产报废管理。应包括大桥固定资产报废的审批流程、估价方法、残料入库等管理。

(6) 固定资产核算管理。应包括大桥固定资产的判断标准及确认条件、大桥固定资产的明细分类、大桥固定资产的核算办法等。

(7) 固定资产折旧管理。本部分内容主要是对大桥固定资产折旧的计算方法作出规定，应着重考虑计提折旧基数、固定资产折旧年限、固定资产净残值、折旧方法等主要因素。

(8) 固定资产资产管理的考核与评价办法。本部分内容是对固定资产管理工作的考核评价方法的规定。建议大桥固定资产管理的考核与评价体系分为以下 10 类考核指标、24 项考评内容。

表 13.2-2 大桥资产管理考核内容

序号	项目	考评内容
1	资产管理机构	①是否建立了资产管理机构（领导小组或工作小组）； ②是否履行了管理职责。
2	资产管理人員	①是否配备了专职（兼职）管理人員； ②管理人員是否履行了职责。
3	规章制度	①规章制度是否建立健全； ②是否建立资产保管人、使用人岗位职责； ③规章制度贯彻执行是否到位。
4	基础工作	①是否按要求完善了资产管理基础工作； ②原始记录是否建立健全； ③定额管理是否建立健全。
5	档案管理	①各类资产是否按台（套）建立了资产档案； ②资产档案是否妥善保管、调阅方便； ③维修记录是否完整。

6	资产维修	①是否建立了各类资产维修制度； ②主要设备维修是否按计划和规定程序进修； ③维修记录是否完整。
7	资产编码	①各类资产是否按规定编码； ②资产编码铭牌是否贴、订于对应设备。
8	资产统计	①资产统计报表是否全面、准确和及时报送； ②是否开展了统计分析。
9	资产调拨	是否按规定程序办理资产调拨手续。
10	资产报废	①是否按规定程序办理资产报废手续； ②报废资产残值收入是否解缴； ③报废资产是否及时注销。

12. 规划期内大桥养护投资估算

(修编说明: 本章修编内容较原版规划存在较大调整和变动。原版规划从桥梁各个构件的角度, 首先对规划期内每年开展和实施的內容进行详细罗列, 然后收集、调研各项工作大致的费用标准, 以此测算处每年预计的养护资金投入。经过 15 年的运营, 由于大桥各项检查、养护工作内容、频率基本稳定, 因此本次修订中对相关章节内容进行大幅调整, 不再看各个构件进行规划, 而是按养护工作大类进行规划; 对于相对不确定的专项性工程, 也对未来实施的内容和预计费用进行了估算, 可做为大桥养护投资估算的依据。)

依据规划第 9 章, 杭州湾跨海大桥未来规划期内, 每年度养护项目和成本如下表所示 (2033 年中预测到 4 月 30 号):

表 14 杭州湾大桥 2024-2033 年养护成本预测表

养护项目	年份	年份												项目汇总
		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033 (120天)	2033 (120天)		
日常类	小修保养	1500	1595	1610	1625	1640	1655	1670	1685	1700	545			15225
	航标养护	420	424	428	433	437	441	445	449	454	153			4084
检查检测	海中平台匝道桥检查与维修	95	84	85	85	86	87	88	89	90	30			819
	南北航道桥斜拉索及钢箱梁检查	167	169	170	172	174	175	177	179	180	61			1624
	混凝土箱梁、索塔及支墩定期检查	340	437	442	446	450	455	459	463	468	157			4117
	下部结构检查与维修	470	336	340	343	346	350	353	356	360	121			3375
	综合检测与评估	196	253	255	258	260	263	265	268	270	158			2646
	冲刷观测项目	200	202	204	206	208	210	212	214	216	73			1945
	沉降观测项目	124	141	143	144	146	147	148	150	151	51			1345
	钢桥面铺装跟踪观测及维护	30	30	31	31	31	32	32	32	32	11			292
	梁底检查车检查维护	20	30	31	31	31	32	32	32	32	33			304
	健康监测系统维护		101	102	103	104	105	106	107	108	109			945
维养设施维护	除湿系统及其他		162	163	165	166	168	170	171	173	174			1512
	混凝土路面养护	1900	1500	1500	1000	4000	4000	4500	4500	4500				27400
	交安设施养护 (标线)	800	800			800	1000			750	150			4300
养护专项	伸缩缝养护	1100	2400	3400		3400	3400			3400				17100

13. 规划更新管理办法

13.1 更新管理概述

本规划是基于杭州湾跨海大桥的现状制定的。然而，大桥的情况是处在不断变化之中的，例如大桥损伤的变化、大桥管养机构的变化、大桥环境的变化等。

大桥情况的变化可能会导致本规划不符合大桥的实际情况，从而导致规划失去可操作性。因此，本规划在使用过程中，必须依据大桥情况的变化及时更新，以保证规划时刻能够适应大桥的实际情况。

为了保证规划更新规范有序的开展，在本节中对规划更新的触发条件、各类更新需开展的研究工作以及规划更新流程的管理等分别做出规定。

13.2 规划更新触发条件

中长期养护规划应根据实际情况，每 5 年修编一次。当出现以下情况时，管养单位也应及时更新本规划。

- (1) 当国家、行业或地方法律法规和相关规范发生变化后，本规划部分内容与其发生冲突时；
- (2) 随着管养单位养护技术水平的提高，发现本规划不满足新的养护管理需要时；
- (3) 每次检查完成后，养护工程师认为有必要更新时。
- (4) 大桥完成重大的维修或改建后，养护工程师认为有必要更新时。

各章节更新的典型触发条件如下表所示。

表 15.2-1 杭州湾跨海大桥中长期养护规划内容更新触发条件

章节编号	章节名称	典型触发条件
第 1 章	规划概述	①本规划针对的工程范围发生了变化； ②本规划的规划期发生了变化。
第 2 章	工程背景	①经核实，本章对大桥工程概况的描述与实际情况不符。 ②大桥桩号做了重新规定。 ③大桥经过了较大规模的改、扩建，导致大桥结构形式与本章内容不符。 ④对大桥构件进行了更换，且新换构件的形式与本章内容不符。
第 3 章	大桥养护及现状	①经核实，本章对大桥养护组织架构的描述与实际情况不符。 ②经核实，本章对大桥现有病害的描述与实际情况不符。 ③经核实，本章对大桥现有管养工作的描述与实际情况不符。

		<p>④大桥管养单位的养护组织体系发生了变化。</p> <p>⑤大桥养护的工作流程发生了变化。</p> <p>⑥大桥现有病害发生了发展和变化。</p> <p>⑦大桥出现了新的病害。</p> <p>⑧经过加固维修后，病害得到了处治。</p> <p>⑨经过技术状况评价后，大桥技术状况发生了变化。</p> <p>⑩大桥新进行了检查、检测、系统更新、科研、养护、维修等管养工作。</p> <p>⑪大桥实际交通情况与本章分析与预测的结果明显不符。</p> <p>⑫重新进行了大桥的交通量调查后。</p> <p>⑬由于各种原因，导致大桥的交通量或交通荷载发生了突变。</p>
第4章	规划期内大桥养护目标	<p>①由于管养理念更新、技术进步、大桥状况变化等原因导致管养单位认为现有的管养目标不满足大桥管养的实际需求。</p> <p>②在实际操作后，管养单位认为本章中的管养目标不可实现。</p>
第5章	规划期内大桥养护准则	<p>①大桥的养护目标做了较大的调整。</p> <p>②本章对拟定的主要构件使用寿命被证明与实际情况明显不符。</p> <p>③与本章相关的国家规范、标准进行了更新。</p> <p>④经实践证明，本章规定的管养准则无法实现。</p>
第6章	规划期内大桥养护体系	<p>①由于经济或制度的限制，大桥管养机构发展计划无法实施。</p> <p>②本报告中提出的规划期内大桥养护体系建设不具有可操作性或经实践证明不能促进大桥养护水平的提升。</p>
第7章	规划期内大桥风险事件评估与管理	<p>①实际发生的事件提示出现有的风险评估未能涵盖大桥面临的主要风险。</p> <p>②根据实际情况，管养单位认为有必要对风险应对措施进行调整。</p>
第8章	规划期内大桥主体结构的养护	<p>①与本章相关的国家规范、标准进行了更新。</p> <p>②大桥的管养准则做了较大的调整。</p> <p>③经实践证明，本规划制定的大桥检查、检测、养护、维修计划无法保证大桥的安全运营，或者是耗费的资金过大。</p> <p>④大桥经过了改、扩建，导致本规划中的管养计划无法涵盖所有结构物。</p>
第9章	规划期内大桥机电系统的维护与升级	大桥机电系统进行了大规模的升级改造，系统组成与目前状况明显不符。
第10章	规划期内大桥管养辅助系统的升级	<p>①随着桥梁科技的进步，有更新更好的健康监测系统技术出现；</p> <p>②大桥的状况发生了变化，导致需要增加新的监测项目。</p> <p>③已安装的系统设备过快的出现了损坏。</p> <p>④实践证明，按本章提出的计划进行健康监测系统的升级改造仍无法满足大桥运营和安全监控的需要。</p>
第11章	规划期内大桥科研工作	由于大桥暴露出的新问题，导致需要新增加科研内容。或由于各种数据和资料均表明某些科研内容可以取消。
第12章	规划期内大桥档案管理	<p>①与档案管理相关的国家法律法规发生了变化。</p> <p>②根据实践经验，管养单位认为有必要增加部分档案管理要求，来完善档案管理工作。</p>
第13章	规划期内大桥资产管理	<p>①由于归属权变化、重大灾害或事故、新采购等导致大桥的资产发生变化。</p> <p>②实践证明，大桥资产的管理目标无法实现。</p>

		③随着新的管理技术的发展,管养单位认为有必要对资产管理方法进行改善。
第 14 章	规划期内大桥养护投资估算	①国家定额标准做了修订。 ②管养计划、科研计划、管养辅助系统升级改造计划做了调整。 ③与桥梁养护相关的材料、工艺等价格发生了明显的变化。 ④由于大桥收益的变化导致投资无法实施。 ⑤本章中的投资估算结果与实际明显不符。 ⑥大桥状况的恶化程度超出了本规划判断,导致投资激增。
第 15 章	规划更新管理办法	管养单位认为本章内容不能指导规划的更新工作,需要完善和补充。
附录 A	规划期内大桥交通量分析与预测过程说明	第 4 章相关内容做了修改
附录 B	养护工艺调研	①本章调研的养护工艺不适用于大桥的实际情况。 ②本章调研的某些养护工艺被证明效果较差,不具有比选优势,应当被淘汰。 ③本章调研的养护工艺不全面,遗漏了适用于大桥情况的较好的养护工艺。 ④本章对养护工艺的描述与实际情况不相符。 ⑤随着桥梁科技的进步,有新的养护工艺出现。
附录 C	规划期内大桥主要构件易损性分析	①大桥环境条件发生了明显变化。如冲刷、风、大气环境等的明显变化。 ②大桥实际出现的重要损伤与构件易损性分析的结果不相符。
附录 D	杭州湾跨海大桥机电系统设备清单	机电系统的设备类型与数量发生了变化
附录 E	规划参考资料	规划修编过程中参考了其它资料

13.3 规划更新研究内容

为保证本规划更新的质量,对本规划中的以下章节的更新工作需做相关研究,并提供研究报告。

(1) 第 3 章大桥养护及运营现状

①如因为病害的发展、新病害的出现需对本章内容做更新,则需要提供相应的检查、检测报告。

②如因为技术状况的改变需对本场内容做更新,则需要提供桥梁技术状况评估报告。

③如对交通量分析与预测内容进行更新,需要以新的交通调查报告为基础。

(2) 第 5 章规划期内大桥养护准则

如对本章中的构件使用寿命进行更新,则需提供检查、检测、试验数据,及对相应构件使用寿命的预测分析报告。

(3) 第 7 章规划期内大桥风险事件评估与应急管理

如因实际发生的事件提示出现现有的风险评估未能涵盖大桥面临的主要风险进行更新,则需要提供特殊事件记录文档或报告,并对该特殊事件进行风险评估。

(5) 第 10 章规划期内大桥管养辅助系统的升级

如需要调整大桥健康监测系统和巡检养护系统升级计划,则需要提供相应的项目建议书。

(6) 第 11 章规划期内大桥科研工作

①如需新增科研计划,则需要提供相应的项目建议书。

②如需减少科研计划,则需要提供相应的检查、检测、试验报告。

(7) 附录 C 规划期内大桥主要构件易损性分析

①如因大桥环境条件发生了明显变化需对本章内容进行更新,则需要提供监测报告。

②如因大桥实际出现的重要损伤与构件易损性分析的结果不符而需要对本章内容进行更新,则需要提供检查、检测报告。

13.4 规划更新流程管理

根据本规划各章节的内容,对各章节的更新审批流程分别规定如下。

(1) 以下章节的更新由技术养护部自行执行,技术养护部经理批准。

①第 2 章工程背景

②第 3 章大桥养护及营运现状

③第 13 章规划期内大桥档案管理

④附录 A 规划期内大桥交通量分析与预测过程说明

⑤附录 B 养护工艺调研

⑥附录 D 杭州湾跨海大桥机电系统设备清单

⑦附录 E 规划参考资料

(2) 以下章节的更新由技术养护部提请,技术养护部经理批示,公司总工批准执行。必要时,建议征询大桥设计单位的意见和建议。

①第 5 章规划期内大桥养护准则

②第 7 章规划期内大桥风险事件评估与应急管理

③第 8 章规划期内大桥主体结构的养护

④第 9 章规划期内大桥机电系统的维护与升级

⑤第 15 章规划更新管理办法

⑥附录 C 规划期内大桥主要构件易损性分析

(3) 以下章节的更新由技术养护部提请, 技术养护部经理批示, 公司总工批示, 公司总经理批准执行。必要时, 建议征询大桥设计单位的意见和建议。

①第 1 章规划概述

②第 4 章规划期内大桥养护目标

③第 6 章规划期内大桥养护体系

④第 10 章规划期内大桥管养辅助系统的升级

⑤第 11 章规划期内大桥科研工作

⑥第 13 章规划期内大桥资产管理

⑦第 14 章规划期内大桥养护投资估算

管养单位每次更新本手册后, 应及时备案。备案内容应至少包括以下内容:

①规划更新的日期;

②规划更新的原因;

③规划更新的内容;

④被更新内容存档;

⑤规划更新所做的研究工作;

⑥规划更新的批复存档。

14. 附录

14.1 其他跨海桥梁养护经费情况

舟山跨海大桥（又名舟山大陆连岛工程），是国家高速公路网甬舟高速公路（G9211）的主要组成部分。跨海大桥由浙江省交通投资集团投资建设。舟山跨海大桥跨4座岛屿，翻9个涵洞，穿2个隧道，投资130亿元。2009年12月25日大桥正式通车。

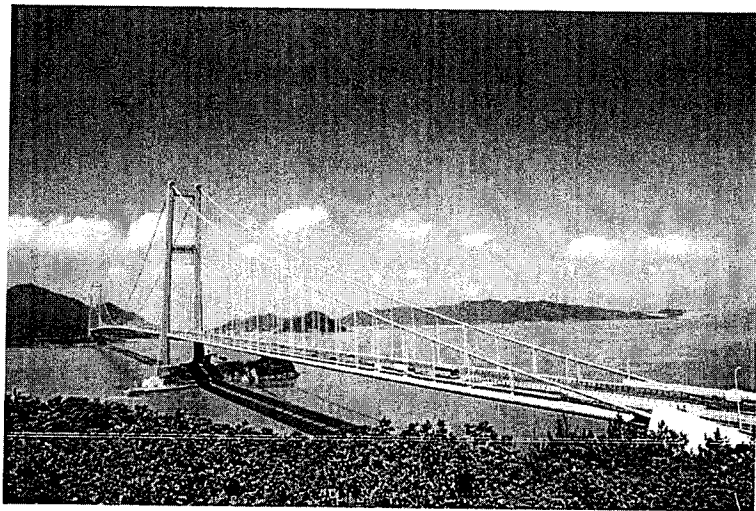


图 16.1-1 舟山跨海大桥（西垵门大桥）

对 2011-2020 年共十年间舟山跨海大桥养护经费投入情况统计如下图所示：

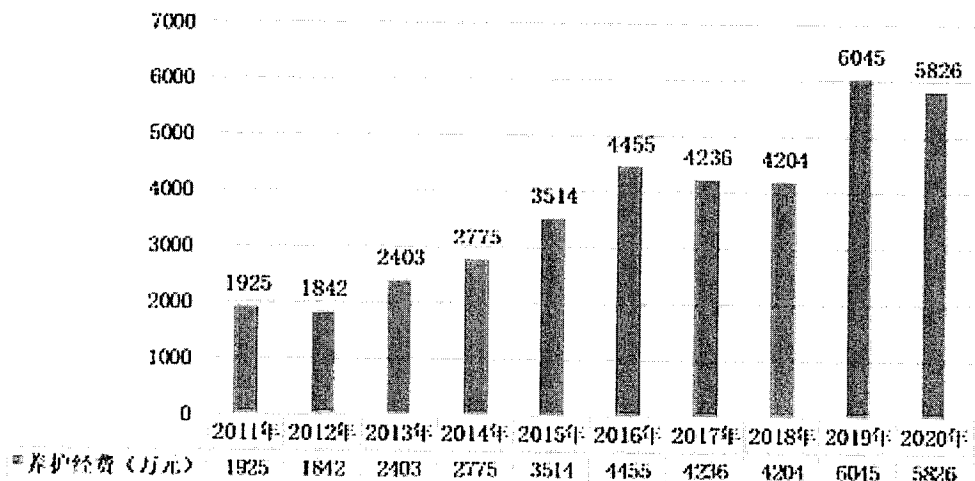


图 16.1-1 舟山跨海大桥 2011-2020 年度养护经费投入

14.2 其他长大桥梁健康监测及数字化建设情况

序号	类型	桥梁名称	实施内容	金额 (万元)
1	数字化	江阴大桥	江阴大桥数字大桥样板工程建设	1645
2	数字化	芜湖长江大桥	芜湖长江大桥数字化改造项目工程	3665
3	数字化	武汉市 17 座桥梁集群	智慧桥梁建设项目	1258
4	健康监测 系统	嘉绍大桥	嘉绍大桥健康监测系统改造与维护	1078
5	健康监测 系统	泰州大桥	泰州大桥 2022 年主桥结构健康监测系统升级改造项目	423
6	健康监测 系统	舟山跨海大桥	舟山跨海大桥健康监测系统升级改造实施项目	668
7	健康监测 系统	润扬大桥	润扬大桥结构健康监测系统升级改造项目	1318

14.3 专家审查意见

杭州湾跨海大桥中长期养护规划修编项目 专家评审意见

2024年4月24日，中交公路规划设计院有限公司在宁波组织召开了杭州湾跨海大桥中长期养护规划修编项目专家评审会，宁波市杭州湾大桥发展有限公司、平安基金管理有限公司、平安证券股份有限公司的相关代表参加了会议。与会专家及代表（名单附后）听取了项目承担单位中交公路规划设计院有限公司的汇报，审阅了相关文件，经质询讨论，形成评审意见如下：

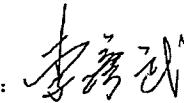
一、杭州湾跨海大桥是国家重大基础设施工程，社会关注度高，对促进区域经济发展具有极其重要的意义。在未来运营管理中，大桥仍面临着复杂多变的各类风险，因此必须持续加强养护管理，确保养护资金投入，加大桥梁的检（监）测和技术状态评估力度，有效实施养护工程，保障大桥安全耐久和高质量运营。

二、项目组修编的《杭州湾跨海大桥中长期养护规划》目标明确、内容全面、重点突出，对杭州湾跨海大桥未来10年养护成本的测算方法合理，测算结果可信。《规划》经修改完善后可作为杭州湾跨海大桥养护管理工作的指导性文件，并可作为杭州湾跨海大桥公募REITs项目中桥梁养护成本测算的依据。

三、建议

1. 进一步细化养护管理经费预算科目，充分考虑养护管理过程中的不确定性因素，适度增加养护管理费用；
2. 加大科技研发力度，稳定和培养技术管理团队。

专家组组长：

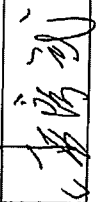

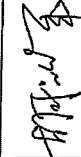
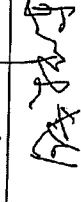
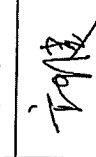


2024年4月24日

杭州湾跨海大桥中长期养护规划修编项目专家评审会 专家签到表

会议时间：2024年4月24日

地点：宁波

姓名	单位	职称/职务	签名
李彦武	交通运输部公路局	教高/原局长	
钟建驰	江苏省交通运输厅	教高/原副巡视员	
胡跃军	宁波市交通运输局	教高/总工程师	
钱振东	东南大学	教授/副院长	
郭健	西南交通大学	教授/博导	

杭州湾跨海大桥中长期养护规划修编项目专家评审会 会议签到表

会议时间：2024年4月24日

地点：宁波

姓名	单位	职称/职务	签名
王金权	宁波市杭州湾大桥发展有限公司	副总经理	王金权
肖 龙	宁波市杭州湾大桥发展有限公司	部门经理	肖 龙
李华平	平安基金管理有限公司	高级运营总监	李华平
唐海龙	平安基金管理有限公司	高级质控经理	唐海龙
任加亮	平安基金管理有限公司	高级产品经理	任加亮
马 赛	平安基金管理有限公司	基金经理	马赛
赵 津	平安证券股份有限公司	高级产品经理	赵 津
胡 斌	中交公路规划设计院有限公司	分公司总经理	胡 斌
王 灏	中交公路规划设计院有限公司	项目负责人	王 灏
潘海锋	中交公路规划设计院有限公司	工程师	潘海锋

浙江省人民政府办公厅文件

浙政办函〔2024〕9号

浙江省人民政府办公厅 关于杭州湾跨海大桥收费期限的复函

宁波市人民政府：

你市《关于要求核定杭州湾跨海大桥工程收费期限的请示》（甬政〔2023〕155号）收悉。根据《收费公路管理条例》及高速公路收费期限测算核定工作有关规定，省政府同意有关测算核定意见，杭州湾跨海大桥收费期限为25年，即从2008年5月1日至2033年4月30日。

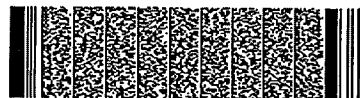


（此件公开发布）

抄送：省委、省人大常委会、省政协办公厅，省发展改革委，省公安厅，
省司法厅，省财政厅，省建设厅，省交通运输厅，省审计厅。

浙江省人民政府办公厅

2024年2月18日印发



关于转发《浙江省人民政府办公厅关于杭州湾跨海大桥收费期限的复函》的通知

宁波市杭州湾大桥发展有限公司：

根据《印发国家计委关于审批杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告的请示的通知》（计基础〔2003〕318号）、《关于印发杭州湾跨海大桥竣工验收鉴定书的通知》（厅公路验〔2011〕6号），你公司为杭州湾跨海大桥业主单位，负责杭州湾跨海大桥的筹资、建设及经营管理，经营期内，收取车辆通行费作为投资回报。浙江省政府同意自2008年5月1日起，对过往杭州湾跨海大桥的车辆收取通行费以来，你公司一直负责大桥的运营管理并收取通行费。

市政府上报的《关于要求核定杭州湾跨海大桥工程收费期限的请示》（甬政〔2023〕155号）已经省政府批复，省政府同意核定杭州湾跨海大桥收费期限为25年，即从2008年5月1日至2033年4月30日。

现将《浙江省人民政府办公厅关于杭州湾跨海大桥收费期限的复函》（浙政办函〔2024〕9号）转发至你公司，你公司严格按上述文件精神执行。

附件：

1. 《印发国家计委关于审批杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告

告的请示》（计基础〔2003〕318号）

2. 《关于印发杭州湾跨海大桥竣工验收鉴定书的通知》（厅公路验〔2011〕6号）
3. 《浙江省人民政府办公厅关于杭州湾跨海大桥收费期限的复函》（浙政办函〔2024〕9号）



附件 1:

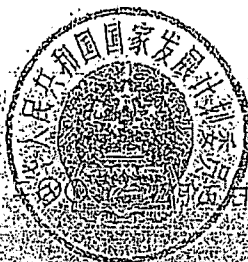
国家发展计划委员会文件

计基础[2003]318号

印发国家计委关于审批杭州湾跨海大桥 工程可行性研究报告的请示的通知

浙江省计委:

《国家计委关于审批杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告的请示》(计基础[2003]213号)业经国务院批准,现印发给你们,请按此办理。在项目建设期间要加强管理,确保工程质量,严格控制项目总投资。



00001

国家发展计划委员会文件

计发改[2003]213号

张国宝 签发
(已经委办公会讨论通过)

国家计委关于审批杭州湾跨海大桥 工程可行性研究报告的请示

国务院：

浙江省计委报来杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告，要求审批。对此，交通部和中国国际工程咨询公司分别进行了审查和评估，均认为可行。经国务院批准，我委已于2002年5月批复了项目建议书。经研究，现将有关情况和我们的意见报告如下：

— 1 —
02082

一、项目建设的必要性

(一)建设本项目是发挥上海龙头作用,加快上海国际航运中心的建设,促进长江三角洲区域经济发展的需要。

建设上海国际航运中心是中央的重大战略决策。上海国际航运中心是以上海为中心,浙江、江苏为两翼,由长江三角洲有关港口共同组成。改革开放以来,该地区经济发展迅速,2001年上海、江苏、浙江三省(市)的GDP总量达21209亿元,约占全国GDP总量的22%。经济的发展对交通基础设施条件提出更高的要求,迫切需要加强中心(上海)与南翼(宁波)的联系、建设新的更便捷的交通通道。本项目的建设,将使上海、杭州和宁波之间形成二小时经济圈,加强南北两岸的经济联系,缩短两岸的时间距离,对发挥上海的龙头和辐射作用,加快上海国际航运中心的建设,促进长江三角洲及浙江省的经济发展具有重要意义。

(二)本项目的建设是满足杭州湾南北两岸往来交通需求,完善干线公路网布局的需要。

目前杭州湾两岸公路走向多为东西向,南北向的较少,特别是跨越杭州湾还没有一条通道,杭州湾两岸车辆往来,都必须绕道杭州或通过湾峡滚装轮渡联结,不仅增加了运输距离,而且加大了杭州市的交通压力,影响了公路主干线效益的发挥及杭州湾南北两岸地区间的经济发展,杭州湾已经成为南北两岸地区交往的交通屏障。根据交通量调查,目前,杭州湾南北往来交通量已达30000辆/日(以小客车计,下同),其中,上海及苏南地区往返宁波及浙东

南沿岸之间的车流量已超过 15000 辆/日,且大部分需绕行沪杭甬高速公路,使沪杭甬高速公路交通量日趋饱和,更无法满足未来增长的交通需求。本项目的建设将使该区域公路网布局更加合理,使杭州湾区域内陆上交通由“V”字型迂回交通变成为“A”字型直达式交通,并形成环形交通布局,使浙东南地区至上海的陆路距离能缩短约 120 公里,运输效益非常明显。

拟建项目也是国家规划建设同江至三亚国道主干线的重要补充和完善,是跨越杭州湾便捷有效的通道。原规划同三国道主干线跨杭州湾段采用滚装轮渡方案(上海金山至宁波北仑),该方案不仅通行能力低(每日仅 2000 辆),而且行驶速度慢,受天气影响大,大部分的过湾交通量仍需绕行杭州湾,已成为同三国道主干线上的瓶颈段。本项目的建设将有助于消除同三线的交通瓶颈障碍,与相关主干线有机衔接,充分发挥国道主干线的整体功能。

综上所述,为促进长江三角洲区域经济发展,完善干线公路网布局,满足交通运输的需求,建设本项目是十分必要的。

二、项目建设方案

项目起自杭州湾北岸嘉兴市乍浦郑家埭,通过北岸连接线,与沪杭高速公路和乍嘉苏高速公路连接,向南跨越杭州湾,止于宁波慈溪~~水塔~~水塔湾,通过南岸连接线、宁波绕城公路连接甬台温高速公路,全长约 36 公里,其中跨海大桥长约 35.67 公里,两岸引线长约 0.33 公里。

根据项目在路网中的功能作用、交通量预测结果及为更好地

适应未来较长时期内经济发展的要求,项目采用八车道高速公路标准建设较为理想。但考虑到本项目建设的紧迫性以及桥型方案、特定海洋环境的施工难度、工程造价、资金筹措等因素,全线拟采用双向六车道高速公路标准建设,其中,大桥计算行车速度采用100公里/小时,桥宽采用33米(不含布索区宽度),桥型和桥跨按通航要求及经济合理性设置;两岸引线计算行车速度采用120公里/小时,路基宽度采用35米。其他技术指标按交通部颁布的《公路工程技术标准》(JTJ001-97)规定执行。

该项目跨越30多公里的杭州湾海面,工程规模大,建桥条件比较复杂,应采取可靠措施,保证大桥施工及运营安全。下一步工程设计中要高度重视抗风、抗震、防撞、防腐措施,进一步研究大桥结构的耐久性。

三、项目总投资及资金来源

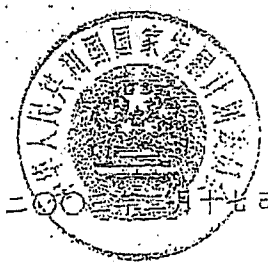
该项目总投资107.7亿元(静态投资97亿元),其中:宁波杭州湾大桥投资开发有限公司出资34.65亿元、嘉兴市杭州湾大桥投资开发有限责任公司出资3.85亿元作为项目的资本金,共计38.5亿元,占项目总投资的35.7%;利用国家开发银行贷款40亿元、中国工商银行贷款20亿元、中国银行贷款5亿元、上海浦东发展银行贷款4.2亿元(银行均已承诺)。

由宁波杭州湾大桥投资开发有限公司与嘉兴市杭州湾大桥投资开发有限责任公司组建宁波市杭州湾大桥发展有限公司,负责项目的筹资、建设及经营管理,经营年限为30年(含建设期)。

营期内,收取车辆通行费作为投资回报,各方按投资比例分配利润。经营期满后,将该大桥及相关配套设施无偿移交地方人民政府。

鉴于杭州湾跨海大桥项目的实施对于完善同三国道主干线,充分发挥大通道的整体功能,缩短杭州湾南北两岸的时间距离,促进长江三角洲及浙江省的经济发展等具有积极意义,且项目的国民经济效益和财务效益较好,建设资金已经落实。因此,建议国务院批准该项目可行性研究报告。

妥否,请示。



主题词:大桥 可行性研究 请示

附件 2:

中华人民共和国交通运输部办公厅 公路工程竣工验收鉴定书

厅公路验〔2011〕6号

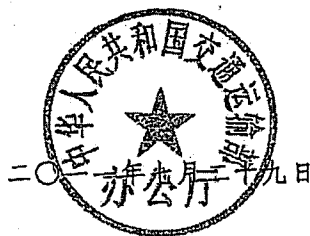
关于印发杭州湾跨海大桥 竣工验收鉴定书的通知

浙江省交通运输厅:

根据《公路工程竣(交)工验收办法》(交通部令 2004 年第 3 号)等有关规定,2011 年 7 月 16 至 17 日,交通运输部组织了杭州湾跨海大桥竣工验收工作。经竣工验收委员会检查和评议,同意杭州湾跨海大桥通过竣工验收,工程质量等级评定为优良。

现将《杭州湾跨海大桥竣工验收鉴定书》印发你厅,请督促有关单位认真落实竣工验收委员会提出的意见和建议,做好大桥的养护和运营管理工作,加强监控检测,保证

大桥安全畅通,不断提高服务和管理水平。



附件 3:

浙江省人民政府办公厅文件

浙政办函〔2008〕22 号

浙江省人民政府办公厅关于 杭州湾跨海大桥收取车辆通行费的复函

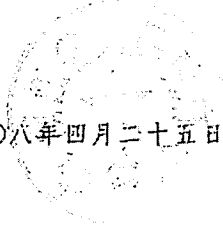
宁波市人民政府,省交通厅、省物价局:

宁波市人民政府《关于要求批准杭州湾跨海大桥收取车辆通行费的请示》(甬政〔2007〕13 号)和省交通厅、省物价局《关于杭州湾跨海大桥收取车辆通行费的意见》(浙交〔2007〕194 号)悉。经研究,省政府同意自 2008 年 5 月 1 日起,对过往杭州湾跨海大桥的车辆收取通行费,收费标准见附件。

附件:杭州湾大桥及南北接线与部分互通里程、车辆通行费收

费标准明细表

二〇〇八年四月二十五日



西类平	马家楼	步云楼组 (步机)	平洲	海安楼组 (步机)	梅兰楼组 (作基茶)	西墩楼	大桥楼点 (北)	梅中平台	大桥楼点 (南)	庵岸	高溪	范塘工	曹起	范斌	浙洋 (宁夏楼组)	宁夏楼组南楼 互通(步机)	宁夏楼组南楼 互通(步机)	宁夏楼组南楼 互通(步机)	宁夏楼组南楼 互通(步机)
	20	35	40	45	50	50	190	330	330	330	350	370	380	400	415	430	440	460	35
																			55
																			60
																			70
																			95
																			100
																			120
																			140
																			145
																			285
																			430
																			435
																			435
																			440
																			440
																			460
																			460

主题词：交通 公路 收费 函

抄送：省委、省人大常委会、省政协办公厅，省财政厅、省公安厅、
省建设厅、省纠风办，嘉兴市人民政府。

浙江省人民政府办公厅

2008年4月25日印发

平安宁波交投 REIT（508036）关于杭州湾跨海大桥收费收益权 所在资产组市场价值采用第二种方法验证的说明

根据《上海证券交易所公开募集不动产投资信托基金（REITs）规则适用指引第6号——年度报告（试行）》中第二章第一节第十五条：基金管理人应当在年度报告中披露评估报告、评估报告摘要、基金管理人聘任评估机构以及评估报告内容的合规性说明，并披露采取其他不同评估方法进行校验的评估结果。

本次评估机构选取市场法作为本次评估校验方法。校验结果如下：

单位：万元

REIT 名称	资产类型	评估方法	评估价值	两种方法 结果差异	两种方法 结果差异率
平安宁波交投 REIT (508036)	杭州湾跨海大桥 收费收益权所在资产组	收益法	903,800.00	56,200.00	6.22%
		市场法	960,000.00		

至评估基准日 2025 年 12 月 31 日，宁波市杭州湾大桥发展有限公司持有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组采用收益法评估结果为人民币 903,800.00 万元，采用市场法校验测算的评估结果为人民币 960,000.00 万元。经校验，两种方法结果差异在 10%之内，综上本次评估结果合理。

资产评估项目委托人承诺函

银信资产评估有限公司：

因平安基金管理有限公司需披露平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告事宜，我方委托贵方对该定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估。为确保资产评估机构客观、公正、合理地进行资产评估，我方承诺如下，并承担相应的法律责任：

- 1、资产评估所对应的经济行为符合国家规定并已获批准；
- 2、监督产权持有单位所提供的企业生产经营管理资料客观、真实、完整、合理；
- 3、纳入资产评估范围的资产与经济行为涉及的资产范围一致，不重复、不遗漏；
- 4、不干预评估机构和评估人员独立、客观、公正地执业；
- 5、按照国家有关评估执业收费的规定支付评估费用；
- 6、我方所提供的资产评估情况公示材料真实、完整。

承诺人平安基金管理有限公司



(法定代表人签字)

二〇二六年三月二十日

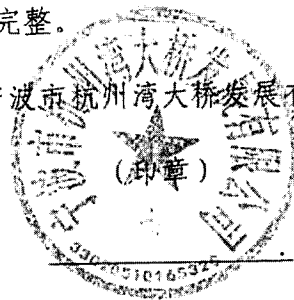
资产评估项目委托人暨产权持有单位承诺函

银信资产评估有限公司：

因平安基金管理有限公司需披露平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告事宜，我方委托贵方对该定期报告涉及的我方拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估。为确保资产评估机构客观、公正、合理地进行资产评估，我方承诺如下，并承担相应的法律责任：

- 1、资产评估所对应的经济行为符合国家规定并已获批准；
- 2、我方所提供的财务会计及其他资料真实、准确、完整、合规，有关重大事项如实地充分揭示；
- 3、我方所提供的企业生产经营管理资料客观、真实、完整、合理；
- 4、纳入资产评估范围的我方资产与经济行为涉及的我方资产范围一致，不重复、不遗漏；
- 5、纳入资产评估范围的我方资产权属明确，我方出具的资产权属证明文件合法、有效；
- 6、纳入资产评估范围的我方资产在评估基准日至评估报告提交日期间发生影响评估行为及结果的事项，我方对其披露及时、完整；
- 7、不干预评估机构和评估人员独立、客观、公正地执业；
- 8、我方所提供的资产评估情况公示材料真实、完整。

承诺人：宁波市杭州湾大桥发展有限公司



(法定代表人签字)

二〇二六年三月二十日

资产评估师承诺函

平安基金管理有限公司、宁波市杭州湾大桥发展有限公司：

受贵方委托，以 2025 年 12 月 31 日为评估基准日，银信资产评估有限公司组织资产评估师余敏、郝韵等人对平安宁波交投杭州湾跨海大桥封闭式基础设施证券投资基金定期报告涉及的宁波市杭州湾大桥发展有限公司拥有的杭州湾跨海大桥收费收益权所在资产组市场价值进行评估，并形成了“银信评报字（2026）第 010028 号”资产评估报告书，在假设条件成立的情况下，我们承诺如下，并承担相应的法律责任：

- 1、资产评估行为严格按照评估准则及规范性文件的要求进行；
- 2、核实评估委托人提供的评估委托范围与资产占有方提供的资产范围相一致，不重复、不遗漏；
- 3、对纳入资产评估范围的各类资产按规定进行合理的抽查、核实，没有发现问题；
- 4、评估方法选用经过相关性分析，恰当、合理，选用依据充足；
- 5、选用的参数、数据、资料等权威、可靠，修正因素考虑得当，可以充分发挥技术支撑的作用；
- 6、影响资产评估价值的主要因素考虑周全，没有遗漏；
- 7、资产评估价值公允、计算准确；
- 8、资产评估工作规范地完成所有程序；
- 9、资产评估工作独立进行，未受任何人为干预；
- 10、接受评估行政主管部门对评估工作的监督检查。

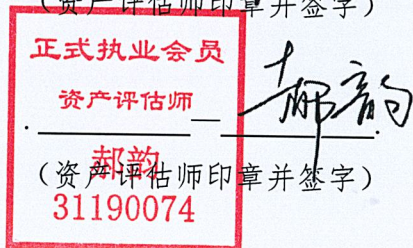


承诺人：余敏、郝韵

余敏

31140020

(资产评估师印章并签字)



正式执业会员

资产评估师

郝韵

31190074

(资产评估师印章并签字)



银信资产评估有限公司

(资产评估机构印章)

(评估机构法定代表人签字)

二〇二六年三月二十日



单位会员证书

(电子证书)

评估机构代码：31020026

设立备案机关：上海市国有资产监督管理委员会

设立公函编号：沪国资评[1999]505号

设立公函日期：2000年03月31日



扫码查看详细信息

机构名称：银信资产评估有限公司

统一社会信用代码：
9131000063026043XD

组织形式：有限责任公司

法定代表人：梅惠民

注册资本：2,000.00 万元

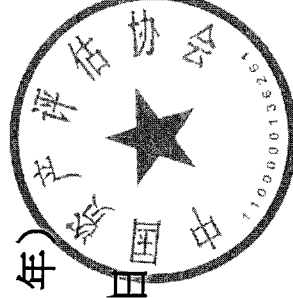
办公场所：黄浦区四川中路 213 号久事商务大厦
9F 银信评估

成立日期：1994 年 11 月 16 日

资产评估师数：135 人

年检信息：通过 (2025 年)

有效期：2026 年 04 月 30 日



序号	资产评估机构名称	统一社会信用代码	通讯地址	联系电话
106	山东正源和信资产评估有限公司	913701026712629690	山东省济南市历下区经十路13777号中润世纪广场18楼11层	0531-81668209
107	山东中恒信土地房地产资产评估有限公司	913701026898321130	山东省中国(山东)自由贸易试验区济南片区齐鲁大道17号中恒信中心2503室	0531-62589797
108	山东中新土地房地产资产评估有限公司	913701046768310074	山东省济南市槐荫区经十路22799号银座中心一号楼3201	0531-80995630
109	山西中新资产评估有限公司	91140106110015748L	山西省太原市万柏林区晋源街89号新大厦1517号	0351-4036273
110	陕西正源资产评估有限公司	91610000695798259E	陕西省西安市经开区凤城四路世纪锦苑5幢1单元11105-11108号	029-87892236
111	上海财通资产评估有限公司	91310114630203857P	上海市市长宁区延安西路1367号	021-62261357-7601
112	上海城多资产评估有限责任公司	91310118132244829E	上海市闵行区北曹公路2001弄2号	021-60833886
113	上海德勤资产评估有限公司	91310101M1F8P8E17E	上海市青浦区延安路222号26楼	021-23064058
114	上海东洲资产评估有限公司	91310120132263090C	上海市市长宁区天山路1717号天山coho-72栋11楼	021-52402821
115	上海富申国有资产评估有限公司	913101041322321197	上海市徐汇区淮海南路438号	021-64741999
116	上海聚联资产评估有限公司	913101106306321232	上海市浦东新区浦东大道360号新上海国际大厦36楼	021-65191788
117	上海加聚资产评估有限公司	913101096957745386	上海市杨浦区国权路510号3楼	021-34699659
118	上海科东资产评估有限公司	913101016M11AD9C6A	上海市静安区临汾路5号3楼403室	021-31837880
119	上海立信资产评估有限公司	91310104132265131C	上海市浦东新区陆家嘴环路1000号8楼	021-68877599
120	上海美孚资产评估有限公司	9131010857111586G	上海市静安区天目西路290号康吉大厦市政楼4楼	021-66286383
121	上海中威资产评估有限公司	913101091329901907	上海市虹口区东体育宫路816号C座	021-31273066-870
122	上海中孚资产评估有限公司	913101041322063184	上海市徐汇区宛平南路381号11楼306-309室	021-62893366
123	深圳道衡资产评估有限公司	91440300715247197A	广东省深圳市前海深港合作区南山街道听海大道5059号前海湾资源中心A座902C	0755-82221353
124	深圳道衡资产评估有限公司(特殊普通合伙)	91440300M45G1D4K75	广东省深圳市前海深港合作区南山街道听海大道5109号前海湾资源中心T7楼7楼1010-X10	0755-27801189
125	深圳立信资产评估有限公司	9144030065597279P	广东省深圳市福田区香蜜湖街道香蜜湖社区香梅路1061号中投国际商务中心A栋14D	0755-82564605
126	深圳山越德信土地房地产评估有限公司	91440300748859253X	广东省深圳市福田区滨河街道深业社区中心西路1号嘉里建设广场12座503A、502B1	0755-25117786
127	深圳市国策资产评估有限公司	9144030061019382D	广东省深圳市福田区新洲路59号深业商业中心16层A、B房	0755-82962821
128	深圳市国策资产评估有限公司	9144030076492888X	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
129	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
130	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
131	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
132	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
133	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
134	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
135	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
136	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
137	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
138	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
139	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
140	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
141	深圳市国策资产评估有限公司	914403007586258562	广东省深圳市福田区福强路360号新洲国际大厦36楼	0755-83779756
142	四川大友房地产土地资产评估有限公司	915101072538708927	四川省成都市武侯区二环路南四段51号聚源都会城7楼5号、6号	028-85580003
143	四川华地房地产土地资产评估有限公司	915101055722591622	四川省成都市青羊区蜀金路1号3楼9层911号	028-61313657
144	四川华地房地产土地资产评估有限公司	915101055722591622	四川省成都市青羊区蜀金路1号3楼9层911号	028-61313657
145	四川华地房地产土地资产评估有限公司	915101055722591622	四川省成都市青羊区蜀金路1号3楼9层911号	028-61313657
146	四川华地房地产土地资产评估有限公司	915101055722591622	四川省成都市青羊区蜀金路1号3楼9层911号	028-61313657
147	天奥国际房地产土地资产评估有限公司	91370500752699556L	山东省济南市历下区解放路111号办公大楼1层	0546-8975050
148	天津华信资产评估有限公司	9112011667596702X	天津市河西区中海国际大厦12层1205室	022-88238816
149	天津中威资产评估有限公司	911201166759671997	天津市和平区小白楼解放路188号信达广场3501-09	022-88232111
150	天津中威资产评估有限公司	911201166759671997	天津市和平区小白楼解放路188号信达广场3501-09	022-88232111
151	同致信德(北京)资产评估有限公司	911101057220937372	浙江省杭州市上城区新业路8号UDC时代大厦A座12楼	0571-88879777
152	同致信德(北京)资产评估有限公司	911101057220937372	浙江省杭州市上城区新业路8号UDC时代大厦A座12楼	0571-88879777
153	万邦资产评估有限公司	91330483781847107P	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0573-88113761
154	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
155	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
156	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
157	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
158	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
159	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
160	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
161	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
162	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
163	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
164	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
165	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
166	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
167	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
168	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
169	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
170	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
171	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
172	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
173	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
174	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
175	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
176	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
177	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
178	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
179	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
180	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
181	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
182	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
183	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
184	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
185	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
186	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
187	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
188	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
189	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
190	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
191	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
192	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
193	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
194	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
195	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
196	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
197	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
198	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
199	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
200	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
201	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
202	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
203	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
204	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228
205	万邦资产评估有限公司	913302037200826149	浙江省嘉兴市桐乡市梧桐街道绿城公寓1幢301室	0571-88729228



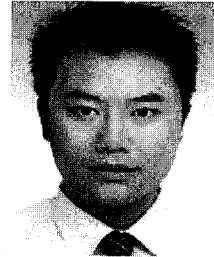
中国资产评估协会 正式执业会员证书

会员编号：31140020

会员姓名：余敏

证件号码：310108*****X

所在机构：银信资产评估有限公司



扫码查看详细信息

年检情况：2025 年通过

职业资格：资产评估师

本人印鉴：



签名：



(有效期至2026-04-30日止)



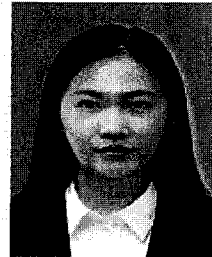
中国资产评估协会 正式执业会员证书

会员编号：31190074

会员姓名：郝韵

证件号码：210902*****0

所在机构：银信资产评估有限公司



年检情况：2025 年通过

职业资格：资产评估师



扫码查看详细信息

本人印鉴：

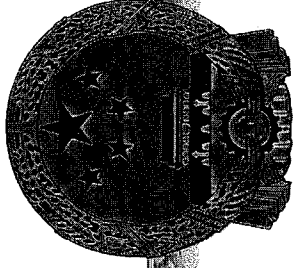


签名：

郝韵



(有效期至 2026-04-30 日止)



营业执照

统一社会信用代码

9131000063026043XD

证照编号: 1400000202105180025

扫描“维码登录”国家企业信用信息公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息。



名称 银信资产评估有限公司
 类型 有限责任公司(自然人投资或控股)
 法定代表人 梅惠民
 经营范围 资产评估、验证、年检、企业经营效益审核、工程核价；资产评估咨询；会计、财务、经济管理业务咨询；税务登记代理；会计、财务、培训、房地产价格估价(准B级)，信用管理咨询、信用评估，计算机软件的开发、销售，涉及许可经营的凭许可证经营。
 【依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动】

注册资本 人民币2000.0000万元整
 成立日期 1994年11月16日
 营业期限 1994年11月16日至 2042年11月15日
 住所 上海市嘉定区曹安公路1615号706室
 二-3



登记机关

2021年05月18日

净现金流量计算表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

项目名称	未来预测						2033-04-30
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	
一、营业总收入	220,513.30	237,087.04	221,068.59	201,785.38	205,752.19	206,212.53	217,411.96
其中：营业收入	220,513.30	237,087.04	221,068.59	201,785.38	205,752.19	206,212.53	217,411.96
二、营业总成本	96,286.74	114,853.75	116,794.30	102,977.27	105,846.24	105,605.93	111,692.04
其中：营业成本	95,404.12	113,777.16	115,885.88	102,122.20	104,840.18	104,720.12	110,762.34
税金及附加	672.11	728.58	682.62	621.18	633.79	634.83	669.67
销售费用	-	-	-	-	-	-	-
管理费用	210.51	348.01	225.80	233.88	372.27	250.98	260.03
研发费用	-	-	-	-	-	-	-
财务费用	-	-	-	-	-	-	-
加：其他收益	-	-	-	-	-	-	-
投资收益（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
汇兑收益（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
净敞口套期收益（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
公允价值变动收益（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
信用减值损失（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
资产减值损失（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
资产处置收益（损失以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
三、营业利润（亏损以“-”号填列）	124,226.56	122,233.29	104,274.29	98,808.11	99,905.95	100,606.60	105,719.92
加：营业外收入	-	-	-	-	-	-	-
减：营业外支出	-	-	-	-	-	-	-
四、利润总额（亏损总额以“-”号填列）	124,226.56	122,233.29	104,274.29	98,808.11	99,905.95	100,606.60	105,719.92
减：所得税费用	-	-	-	-	-	-	-
五、净利润（净亏损以“-”号填列）	124,226.56	122,233.29	104,274.29	98,808.11	99,905.95	100,606.60	105,719.92
1. 归属于母公司股东的净利润（净亏损以“-”号填列）	124,226.56	122,233.29	104,274.29	98,808.11	99,905.95	100,606.60	105,719.92
2. 少数股东损益（净亏损以“-”号填列）	-	-	-	-	-	-	-
加：折旧与摊销	64,207.17	68,555.17	66,225.59	59,449.65	60,308.66	60,438.14	63,442.98
经营现金流	188,433.72	190,788.45	170,499.88	158,257.77	160,214.60	161,044.74	169,162.91
加：税后付息债务利息	-	-	-	-	-	-	-
减：资本性支出	3,283.00	5,008.28	-	-	-	-	-
减：营运资金增加（减少）	-	-	-	1,224.94	-	161.54	-
税后净现金流量	185,150.72	185,780.17	170,499.88	157,032.83	160,214.60	160,883.19	169,162.91
加：所得税费用	-	-	-	-	-	-	-
税前净现金流量	185,150.72	185,780.17	170,499.88	157,032.83	160,214.60	160,883.19	169,162.91
折现年限	0.5000	1.5000	2.5000	3.5000	4.5000	5.5000	6.5000
折现系数	0.9537	0.8674	0.7889	0.7175	0.6526	0.5935	0.5398
税前净现金流量现值	176,578.24	161,145.72	134,507.35	112,671.05	104,556.05	95,484.17	91,314.14
经营资产现值之和（税前）					908,223.49		

评估结果计算表

经营性资产现值之和	908,223.49
含营运资金资产组整体价值	908,223.49
减：铺底营运资金	4,449.22
预计未来现金流量的现值	903,800.00

营业收入分析预测表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

产品/服务名称	未来预测													
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2033年1-4月						
主营业务收入：														
通行费收入	220,388.35	236,957.28	220,938.83	201,654.37	205,619.42	206,079.61	217,277.67	72,489.32						
主营业务收入小计	220,388.35	236,957.28	220,938.83	201,654.37	205,619.42	206,079.61	217,277.67	72,489.32						
其他业务收入：														
基站收入	124.95	129.76	129.76	131.01	132.77	132.92	134.29	45.36						
其他业务收入小计	124.95	129.76	129.76	131.01	132.77	132.92	134.29	45.36						
营业收入合计	220,513.30	237,087.04	221,068.59	201,785.38	205,752.19	206,212.53	217,411.96	72,534.68						

营业成本分析预测表

评估基准日：2025-12-31

编制单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

序号	项目 \ 年份	2024年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2033年1-4月
3.5	养护专项	9,398.00	11,375.00	20,725.00	15,150.00	14,450.00	15,250.00	17,750.00	1,900.00
3.5.1	混凝土路面养护	0.00	0.00	4,000.00	4,000.00	4,500.00	4,500.00	4,500.00	0.00
3.5.2	交通安全养护(标线)	0.00	0.00	800.00	1,000.00	0.00	0.00	750.00	150.00
3.5.3	伸缩缝养护	0.00	0.00	3,400.00	3,400.00	0.00	3,400.00	0.00	0.00
3.5.4	斜拉索系统养护	248.00	1,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.5.5	混凝土结构养护	1,800.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	300.00
3.5.6	钢结构防腐涂装	300.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	150.00
3.5.7	钢结构防腐涂装	150.00	450.00	300.00	600.00	300.00	300.00	300.00	100.00
3.5.8	钢桥面铺装养护	0.00	2,400.00	0.00	2,400.00	0.00	3,300.00	0.00	0.00
3.5.9	防撞护栏养护(含地脚螺栓)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400.00
3.5.10	钢管桩养护	0.00	3,425.00	4,775.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	2,300.00	416.00
3.5.11	水上防撞设施维护-拦航索	0.00	1,250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,250.00	0.00
3.5.12	水上防撞设施维护-套箱	6,500.00	0.00	6,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.5.13	结构健康监测测系统改造	400.00	1,400.00	0.00	0.00	1,400.00	0.00	1,400.00	0.00
3.5.14	检修车及通道改造	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284.00
3.6	重大专项	0.00	7,980.00	4,380.00	2,980.00	6,080.00	4,380.00	1,980.00	0.00
3.6.1	斜拉索拆除更换	0.00	0.00	2,400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.6.2	支腿拆除更换	0.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	0.00	2,400.00	0.00	0.00
3.6.3	桥墩中部冲刷防护	0.00	5,000.00	0.00	0.00	5,000.00	0.00	1,900.00	0.00
3.6.4	桥墩沉井处置	0.00	1,080.00	80.00	80.00	1,080.00	80.00	80.00	0.00
3.6.5	桥梁护栏升级改造	0.00	0.00	1,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.7	机电费	4,498.30	5,813.00	4,974.00	5,046.00	3,918.00	4,098.00	6,082.00	5,479.00
3.7.1	数字化、智能化建设的提升	610.00	720.00	340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.7.2	消防应急	161.50	272.00	281.00	266.00	221.00	209.00	201.00	198.00
3.7.3	引渡闸效	36.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
3.7.4	桥墩机电	824.10	927.00	941.00	954.00	965.00	973.00	979.00	983.00
3.7.5	桥墩联网	599.00	456.00	460.00	443.00	437.00	432.00	429.00	428.00
3.7.6	桥墩急救	489.70	688.00	702.00	683.00	646.00	632.00	623.00	620.00
3.7.7	专项机电	1,778.00	2,500.00	2,200.00	2,700.00	1,600.00	1,800.00	3,800.00	3,200.00
3.8	工程监理与工程设计的费用	489.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	170.00
3.9	养护备用金	916.82	2,701.60	1,768.90	1,415.80	1,481.25	1,447.05	1,563.90	468.25
4	水电费	666.00	674.65	694.69	716.74	737.21	759.32	782.10	268.52
5	保险费	559.33	559.33	559.33	559.33	576.11	593.40	611.20	209.54
6	净利润	3.00	3.09	3.18	3.29	3.39	3.48	3.58	1.23
7	安全生产费用	20.00	20.60	21.22	21.85	22.51	23.19	23.88	8.20
8	折旧及摊销费	64,207.17	68,656.17	60,225.59	59,449.65	60,308.66	60,438.14	63,442.88	20,429.21
8.1	工作票法折旧资产	62,034.05	66,697.81	62,189.00	56,760.88	57,676.95	58,006.48	61,158.47	20,404.01
8.2	年限法折旧资产	113.30	0.70	0.57	0.53	0.65	0.60	0.60	0.00
8.3	无形资产摊销	176.70	75.60	75.60	75.60	75.60	75.60	75.60	25.20
8.4	长期待摊费用摊销	1,881.12	1,781.06	3,360.42	2,612.64	2,356.05	2,356.05	2,208.91	0.00

税金及附加分析预测表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

税种	税率	未来预测									
		2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2033年1-4月		
城建税	5.00%	330.90	355.76	331.73	302.81	308.76	309.45	326.25	108.85		
教育费附加	3.00%	198.54	213.46	199.04	181.69	185.26	185.67	195.75	65.31		
地方教育费附加	2.00%	132.36	142.30	132.69	121.12	123.50	123.78	130.50	43.54		
印花税		10.31	17.06	19.16	15.56	16.27	15.93	17.17	5.15		
合计		672.11	728.58	682.62	621.18	633.79	634.83	669.67	222.85		

管理费用分析预测表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

项目	未来预测									
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2033年度	2033年1-4月	
人工	59.36	62.33	65.44	68.72	72.15	75.76	79.55	79.55	27.84	27.84
业务招待费	5.00	5.15	5.30	5.46	5.63	5.80	5.97	5.97	2.05	2.05
办公费	10.00	10.30	10.61	10.93	11.26	11.59	11.94	11.94	4.10	4.10
差旅费	5.00	5.15	5.30	5.46	5.63	5.80	5.97	5.97	2.05	2.05
中介、诉讼、咨询费用	95.15	228.00	100.94	103.97	237.09	110.30	113.61	113.61	39.01	39.01
广告宣传费	15.00	15.45	15.91	16.39	16.88	17.39	17.91	17.91	6.15	6.15
其他	21.00	21.63	22.28	22.95	23.64	24.34	25.08	25.08	8.61	8.61
合计	210.51	348.01	225.80	233.88	372.27	250.98	260.03	260.03	89.81	89.81

折旧摊销资本性支出计算汇总

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司
一、折旧摊销预测分类汇总

金额单位：万元

类别	项目	未来预测							2033年1-4月
		2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	
生产成本	折旧	62,147.36	66,698.51	62,189.57	56,761.42	57,877.00	58,006.48	61,158.47	20,404.01
	摊销	2,059.81	1,856.66	4,036.02	2,688.24	2,431.65	2,431.65	2,284.51	25.20
	折旧								
销售费用	摊销								
	折旧								
	摊销								
管理费用	折旧								
	摊销								
	折旧								
研发费用	摊销								
	折旧								
	摊销								
合计	折旧	62,147.36	66,698.51	62,189.57	56,761.42	57,877.00	58,006.48	61,158.47	20,404.01
	摊销	2,059.81	1,856.66	4,036.02	2,688.24	2,431.65	2,431.65	2,284.51	25.20
	总计	64,207.17	68,555.17	66,225.59	59,449.65	60,308.66	60,438.14	63,442.98	20,429.21

二、资本性支出预测汇总

项目	未来预测							2033年1-4月
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	
新增资本性支出	3,283.00	5,008.28	-	-	-	-	-	-
更新资本性支出	-	-	-	-	-	-	-	-
合计	3,283.00	5,008.28	-	-	-	-	-	-

营运资金计算表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

一、最低现金保有量预测表

项目	未来预测							2033年1-4月
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	
营业收入	220,513.30	237,087.04	221,068.59	201,785.38	205,752.19	206,212.53	217,411.96	72,534.68
营业成本	95,404.12	113,777.16	115,885.88	102,122.20	104,840.18	104,720.12	110,762.34	35,219.49
税金及附加	672.11	728.58	682.62	621.18	633.79	634.83	669.67	222.85
销售费用	-	-	-	-	-	-	-	-
管理费用	210.51	348.01	225.80	233.88	372.27	250.98	260.03	89.81
研发费用	-	-	-	-	-	-	-	-
财务费用	-	-	-	-	-	-	-	-
所得税费用	-	-	-	-	-	-	-	-
增值税	6,617.90	7,115.21	6,634.65	6,056.18	6,175.22	6,189.04	6,525.04	2,176.95
完全成本	102,904.64	121,968.96	123,428.95	109,033.45	112,021.46	111,794.97	118,217.08	37,709.10
减：折旧/摊销	64,207.17	68,555.17	66,225.59	59,449.65	60,308.66	60,438.14	63,442.98	20,429.21
付现成本	38,697.48	53,413.80	57,203.36	49,583.79	51,712.81	51,356.83	54,774.09	17,279.89
安全资金的月数	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
安全运营现金（最低现金保有量）	1,612.39	2,225.57	2,383.47	2,065.99	2,154.70	2,139.87	2,282.25	2,159.99

二、营运资金预测表

项目	未来预测							2033年1-4月
	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	
流动资产：								
最低现金保有量	1,612.39	2,225.57	2,383.47	2,065.99	2,154.70	2,139.87	2,282.25	2,159.99
Δ应收款项（原值）	3,019.02	3,245.99	3,026.56	2,762.39	2,816.70	2,823.01	2,976.41	3,020.39
其他应收款（原值、经营性）	-	-	-	-	-	-	-	-
存货（原值）	-	-	-	-	-	-	-	-
流动资产合计	4,631.41	5,471.56	5,410.03	4,828.38	4,971.40	4,962.88	5,258.66	5,180.38
流动负债：								
B应付款项	4,536.46	7,460.89	8,747.89	7,030.99	7,356.80	7,184.32	7,799.01	2,331.25
应付职工薪酬	4.95	5.19	5.45	5.73	6.01	6.31	6.63	6.96
应交税费	607.50	653.65	609.77	556.45	567.42	568.66	599.56	599.95
其他应付款（经营性）	418.74	450.22	419.78	383.14	390.68	391.55	412.83	137.73
流动负债合计	5,567.65	8,569.95	9,782.90	7,976.31	8,320.91	8,150.84	8,818.03	3,075.89
营运资本	-936.24	-3,098.39	-4,372.87	-3,147.93	-3,349.50	-3,187.96	-3,559.37	2,104.49
营运资本增加额	-	-	-	1,224.94	-	161.54	-	5,663.86

折现率计算表

评估基准日：2025-12-31

被评估单位：宁波市杭州湾大桥发展有限公司

金额单位：万元

项目	值	说明
经营性资产现值之和	908,223.49	
D		被评估企业债务资本市场价值
E		被评估企业权益资本市场价值
T	25.00%	被评估企业所得税率
βu	0.50433	行业可比公司 βu
D/E	0.3517	可比公司资本结构均值
βL	0.6374	$\beta L = \beta u \times (1 + (1 - T) \times D/E)$
Rf	1.85%	基准日近期十年期国债平均收益率
ERP	6.38%	市场风险超额回报率
企业特定风险	3.25%	企业特定风险=企业关键合同风险+企业关键人风险+其他企业特定风险
权益资本成本Re	9.16%	CAPM
税前债务资本成本	3.50%	基准日5年期贷款利率
税后债务资本成本Rd	2.63%	
D/(D+E)	26.02%	可比公司债务资本权重均值
E/(D+E)	73.98%	可比公司权益资本权重均值
加权平均资本成本	7.46%	WACC
税前折现率	9.95%	税前折现率=WACC/(1-T)