

杭州湾跨海大桥

技术创新与应用

TECHNOLOGICAL INNOVATION AND APPLICATION OF
HANGZHOU BAY SEA-CROSSING BRIDGE

王仁贵 主编



浙江科学技术出版社

ISBN 978-7-5341-3282-7



9 787534 132827 >

定价：120.00 元

杭州湾跨海大桥

技术创新与应用

TECHNOLOGICAL INNOVATION AND APPLICATION OF
HANGZHOU BAY SEA-CROSSING BRIDGE

王仁贵 主编

浙江科学技术出版社



图书在版编目(CIP)数据

杭州湾跨海大桥技术创新与应用 / 王仁贵主编. —杭州:
浙江科学技术出版社, 2008. 5
ISBN 978-7-5341-3282-7

I. 杭… II. 王… III. 跨海大桥—桥梁工程—工程技术
—杭州市 IV. U448.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 029711 号

书 名 杭州湾跨海大桥技术创新与应用
主 编 王仁贵

出版发行 浙江科学技术出版社
杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006
联系电话: 0571-85152719
E-mail: qj@zkpress.com

排 版 杭州兴邦电子印务有限公司
印 刷 浙江印刷集团有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本	889 × 1194 1/16	印 张	21
字 数	640 千字	插 页	4
版 次	2008 年 5 月第 1 版		2008 年 5 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5341-3282-7	定 价	120.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题,本社负责调换)

责任编辑 钱 珺 封面设计 孙 菁
责任校对 张 宁 责任印务 田 文

编辑委员会

主任委员	周海涛	王 勇				
副主任委员	王仁贵	孟凡超	吕忠达	朱瑶宏	黄燕庆	
委 员	王梓夫	吴伟胜	王东晖	董 孟	方明山	
	林国雄	秦体达	谢汉林	林 原	赵剑发	
	毛志坚	李学民	刘 谦	李 涵		

编 写 组

主 编	王仁贵					
副 主 编	孟凡超	吕忠达	王梓夫	朱瑶宏	黄燕庆	
编写组成员	吴伟胜	查雅平	王东晖	赵 毅	陈晓东	
	方明山	陈 涛	侯 凯	孙国强	冯永明	
	叶俊能	张燕飞	林 昱	程德林	刘 谦	
	熊绍隆					

前 言

杭州湾跨海大桥是目前世界上最长的跨海大桥,是我国“五纵七横”国道主干线和国家高速公路沈(阳)海(口)高速公路跨越杭州湾的特大型桥梁,通车后可缩短宁波至上海间的陆路距离约 120km,对于完善国道、省道网络具有重大意义,对长江三角洲经济一体化和产业结构的升级和调整起到极大的促进作用,社会效益、经济效益显著。

杭州湾跨海大桥历经 10 年论证,于 2003 年 11 月 14 日开工。经近 5 年艰苦奋战,于 2008 年 5 月 1 日竣工通车,实现了几代宁波人的百年梦想。数以万计的宁波人赶在第一时间欣赏大桥的英姿,使大桥通车首日交通流量就超出预期,24 小时通过大、小客车 82816 辆。

杭州湾跨海大桥气势雄伟、技术先进,建设过程中克服了潮差大、潮流急、冲刷深、风浪高、工程地质条件差、水下地形复杂、台风频袭等不利因素影响,通过设计理念创新,确立了“施工决定设计”的原则,提出了“大型化、工厂化和机械化”的设计理念,最大限度地减少海上施工作业的工作量,变海上作业为陆上作业。采用了多项新技术、新工艺、新材料、新设备,以提高工程质量、加快施工进度、降低海上施工风险、节省工程造价,创造了一项又一项工程奇迹,取得了海工耐久混凝土技术、大吨位 70m 预应力混凝土箱梁整体预制、海上运输吊装成套技术、大吨位 50m 预应力混凝土箱梁整体预制、梁上运梁架设技术、大直径超长钢管桩整体制作沉桩技术、海上墩身整体预制安装技术等代表了我国当今桥梁建造技术水平的关键技术成果。另外,杭州湾跨海大桥建设还创造了“百亿元产值零死亡”的施工安全新纪录,交通运输部和国家安监总局为此于 2008 年 4 月 25 日正式发文,对杭州湾大桥工程指挥部和各参建单位给予表彰。在杭州湾跨海大桥通车仪式上,交通运输部周海涛总工程师接受记者采访时兴奋地说:“杭州湾

跨海大桥取得了多项自主知识产权的技术创新成果，是我国跨海桥梁建设最新技术成果的标志性工程，是我国海湾桥梁建设的里程碑。”

本书着重介绍杭州湾跨海大桥设计、施工中的关键技术的创新和应用，以期即将规划建设的跨海桥梁或其他类似工程提供有益的借鉴，为我国由桥梁大国向世界桥梁强国跨越贡献力量。

杭州湾大桥工程指挥部总指挥

2008年5月于宁波

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of two main characters, '王' and '勇', written in a cursive, calligraphic style.

目 录

概述	1
第一章 总体设计与设计理念创新	10
第一节 总体设计原则	10
第二节 平、纵线形设计	11
第三节 桥跨布置与桥型方案设计	14
第四节 桥梁景观设计	19
第五节 设计理念创新	27
第二章 设计理论突破	29
第一节 往复流下的冲刷计算理论	29
第二节 波流力计算理论	44
第三节 通电流的阴极保护计算理论	57
第四节 结构耐久性设计理论初探	63
第三章 70m 箱梁的设计与施工成套技术	71
第一节 70m 箱梁结构设计	72
第二节 70m 连续箱梁施工控制	82
第四章 50m 箱梁的设计与施工成套技术	159
第一节 南岸滩涂区引桥结构设计	159
第二节 50m 箱梁整孔预制、运输和架设施工技术	165
第三节 50m 预制箱梁梁上架梁临时支座结构与施工技术	175
第四节 50m 连续箱梁支架法现浇施工技术	182
第五章 预制墩身的设计与施工成套技术	184
第一节 概述	184
第二节 水中区引桥下部结构设计	185
第三节 预制墩身施工技术	188
第四节 墩身安装施工测量	198

第五节 湿接头裂缝控制技术	206
第六章 大直径钢管桩的设计与施工成套技术	213
第一节 水中区引桥基础及下部结构设计	213
第二节 钢管复合桩抗剪及抗压试验研究	217
第三节 超长不等厚钢管桩制造技术	226
第四节 钢管桩制作及出运	231
第五节 外海沉桩施工技术	233
第六节 钢管桩施打过程中超高桩的处理	250
第七节 钢管桩荷载试验研究	253
第七章 海上平台匝道桥的设计与施工成套技术	260
第一节 弯坡斜钢箱梁的设计与施工成套技术	260
第二节 海上单桩独柱墩身设计与施工成套技术	267
第八章 结构耐久性的设计	283
第一节 概述	283
第二节 混凝土结构耐久性措施	285
第三节 钢管桩防腐措施	295
第九章 索塔锚固区钢锚箱的设计	315
第一节 概述	315
第二节 设计方案研究	316

概 述

项目背景

杭州湾跨海大桥是我国“五纵七横”国道主干线中同江—三亚高速公路(以下简称同三高速)和国家高速公路沈阳—海口高速公路(以下简称沈海高速)跨越杭州湾的最便捷通道(图1),向北通过沈海高速、乍嘉苏等高速公路通往浙江省的嘉兴、湖州和上海、江苏、山东、天津等东部沿海经济发达地区;向南通过甬台温高速公路(沈海高速)、上三线等高速公路通往浙江省的宁波、舟山、台州、温州和东南沿海广大经济发达地区。杭州湾跨海大桥的建成,可以更充分地发挥上海的经济辐射和聚集作用,促进上海浦东的开发与发展,进一步加强上海在长江三角洲的龙头地位,带动和促进浙江、上海、江苏经济的快速持续发展。杭州湾跨海大桥也是浙江省2010年规划建成的“两纵、两横、十连、一绕、一通道”公路网主骨架的重要组成部分,它的建成可以有效地将宁波、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“经济金三角”和“交通金三角”。



图1 杭州湾跨海大桥地理位置图

根据 2000 年 10 月进行的环杭州湾 24 小时 OD 调查,杭州湾南北往来的自然车交通量已达 23000 辆/日,其中上海及苏南地区往返宁波及浙江东南沿海地区的车辆已达万辆以上,且大部分需绕行杭州。杭州湾跨海大桥的建成,将缩短上海至宁波的陆路距离约 120km,大大降低运输成本和节省旅客在途时间,同时可使沪杭甬高速公路的交通量分布更趋合理,缓解其交通压力,促进浙江省经济的持续快速发展。

各特征年交通量预测结果见表 1。

表 1 各特征年交通量预测结果

(单位:辆/日)

年 份	趋势交通量	诱增交通量	铁路转移交通量	水运转移交通量	总 计
2008	48637	0	470	782	44889
2010	53374	4426	562	1031	50393
2015	71730	6149	712	1318	79909
2016	54403	4535	701	922	60561
2020	69896	5699	726	1089	77410
2027	87035	7044	916	1495	96490

注:交通量预测结果已考虑到 2015 年以后在杭州湾、钱塘江另辟一个新的通道。

建设条件

1. 气象特征

桥位处属典型的亚热带季风湿润气候区,温和、湿润、多雨,季风显著,四季分明。常年平均气温在 16℃ 左右,7 月份最高,平均约 28℃;1 月份最低,平均约 4℃。年平均降水量为 1200~1300mm,多集中在 5~10 月。该地区冬季主导风向为 NW 风,夏季主导风向为 SE 风,全年平均风速在 3m/s 左右。另外,杭州湾南北两岸灾害性天气主要有台风(2~3 次/年)、龙卷风(较少出现)、雾(2h 以上大雾 2~4 次/年)、雷暴(多发生于 7~8 月份)等。

2. 地形地貌

桥位处南北两岸为广阔的平原地形。岸滩为河口边滩及潮滩,其中南岸宽 7.3km,北岸宽 1.46km。湾底地形由东往西逐渐抬升,海水由深变浅,一般水深 10m 左右,最大水深 13.6m;由潮流冲刷槽和潮流脊构成,呈不对称 U 形,北深南浅。

3. 水文特征

杭州湾为典型的喇叭形海湾,属于非正规半日潮海区,每日两涨两落,涨潮历时略短于落潮历时,潮流运动为典型的往复流。实测最大潮流速度达 5m/s,最大潮差近 8m,潮流量约 $1 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。桥位处平均含沙量为 1.25 kg/m^3 ,平均含盐度为 10.787g/kg。

杭州湾在桥位处总体上处于整体比较稳定的状态,冲淤特点为:冬冲夏淤,北冲南淤。

桥位处受波浪影响较大,常浪向为 E 和 NW,春、夏季的常浪向为 E,秋、冬两季为 NW;强浪向为 E 和 ESE。年平均波高为 0.2m,年平均周期为 1.2s,全年 1.5m 以上波高仅占 0.6%。多年最大波高大干 2.5m 出现的方位分别在 E~ESE,出现在夏季,而 W~N 向的浪较小。“9711”号台风过程中,实测最大波高为 3.5m,对应周期为 7.2s,波向为 ESE,相应风速为 26m/s。桥区水域的波浪基本上为风浪,涌浪比例仅占 1.4%。

桥位处冲刷较大,最大冲刷线标高:北航道桥主塔处为 -33.4m,南航道桥主塔处为 -31.5m,引桥在南岸深槽处为 -34.7m。

4. 工程地质

桥位处的地层以第四系覆盖层为主。北岸除孤山残丘外,第四系地层分布广、厚度大。南岸第四系地层沉积了较厚的松散堆积物,厚度多在 130~220m,主要地层为亚粘土、亚砂土、淤泥质亚粘土、粉砂、细砂、砾砂、中细砂等,属滨海平原混合型地层。北岸基岩为熔结凝灰岩,南岸主要为泥岩。大桥工程地质纵断面见图 2。

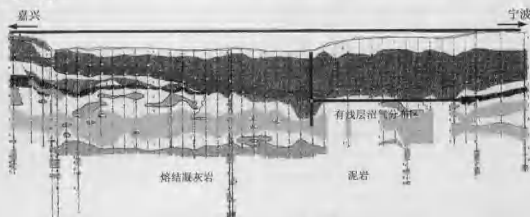


图 2 大桥工程地质纵断面

桥位处的主要不良地质有软土层和浅层沼气。软土层埋深为 8~45m,具有高含水量、高压缩性、易触变、抗剪强度低、承载能力低、浅部砂层易液化等特征。浅层沼气主要存在于南岸近 10km 的滩涂区,分布于 40~60m 深的砂层内,呈透镜体状分布。

5. 水文地质

桥位处地下水主要为第四系松散岩类孔隙水,分别为潜水、微承压水及承压水。潜水主要分布于海底表层亚砂土中。微承压水埋深 50m 左右,含水介质为亚砂土、粉细砂。承压水埋深 80m 左右,含水介质为中粗砂。地下水及海水对结构具有弱腐蚀性。

项目特点与建设规模

1. 项目特点

(1) 主要工程特点

①工程规模浩大。大桥工程全长 36km,海上桥梁长度达 35.673km,无论给大桥施工组织管理,还是给将来的运营管理都带来许多新的难题。

②自然条件较差。水文、气象条件复杂,潮流流急,有效作业时间短,年均 180d 左右。工程地质条件较差,软土层厚达 50m,南岸浅滩区近 10km 范围内存在浅层沼气,对大桥基础施工有影响。

③施工条件差,制约因素多。南岸滩涂区长达 9km 多,施工作业条件受到限制。

④建设工期紧。大桥计划于 2008 年建成,由于海上 18.27km 长的引桥采用 70m 整孔预制吊装方案,受船机设备限制;南岸滩涂区 10.1km 引桥采用 50m 整孔预制梁上运梁方案,仅有一个工作面,海上作业距离长、工作量大,要按期完成大桥建设,必须重视施工方案和施工组织设计。

⑤结构耐久性和景观要求高。大桥处于海洋强烈腐蚀环境,对大桥结构耐久性影响很大。另外,大桥地处我国经济高度发达的长三角地区,对大桥景观要求很高。

(2) 项目难点

根据杭州湾跨海大桥的具体建设条件,本项目的最大难点是如何在 4~5 年的建设工期内,高质量、高水平、高起点、高速度、高效率地将杭州湾跨海大桥建成一座代表 21 世纪建桥水平的现代化海湾

大桥。

长达 30km 多的引桥的施工组织管理是本项目的难点之一。要在规定工期内建成通车,控制性工程是引桥,必须根据水深条件、地质条件和水文条件将引桥分成若干标段,设计时可按照各段具体条件合理选择跨度、桥型、施工方法,并创造多标段同时开工建设的条件。在施工设备上,尽可能考虑多样化,以充分利用现有资源。建设单位宜组建一个强有力的大桥建设指挥系统,有序组织、协调、调配各标段的建设资源,做好进度计划控制和质量监督与保证措施,以便经济、快速、高效、优质建成杭州湾跨海大桥。

南岸滩涂区引桥的设计和施工是本项目的又一难点。该区段的特点是既非陆地,也非水上,同时在初期时发现该区段普遍存在浅层沼气,而且有一定的压力,给基础施工增加了技术难度和不确定性。因此,该段引桥设计应紧扣上述特点,选择合理的结构形式和可行的施工方案,以确保大桥建设进展顺利。

因南航道桥以南部分水域水深、流急、浪大,该区段又属于非通航孔桥,所以桥轴线应尽量与水流方向正交。又由于涨、落潮时水流方向有一定变化,因此桥轴线法线应与水流流向夹角控制在 5° 以内。桥跨布置时应在考虑经济性的基础上,适当放大大桥梁跨度,以减小对水环境的影响。另外,在考虑施工方案时要重视该区段水深、流急、浪大的具体情况,尤其是在冬季,该区段风力较大。所以,解决好桥设计与施工方案是本项目的难点之三。

南航道桥地处海域中间,距南、北两岸均有十多千米,承台、塔身等施工具有大量的现场工作量,需要解决好生产场地、生活场地、后勤供应等问题。否则,施工时航途时间过长,生产的有效时间过少,加上受风浪停航之阻碍,工效就更低。所以,如何采用合理的方案提高南航道桥施工工效是本项目的难点之四。

杭州湾跨海大桥地处海洋性环境,而大桥建设是百年大计,因此大面积、大范围的结构耐久性与防腐设计是本项目的难点之五。

(3) 项目重点

设计是工程建设的首要环节,是整个工程建设的灵魂。科学合理的设计,对于缩短工期、节约投资、提高效益起着关键性的作用。杭州湾跨海大桥工程设计的关键是通过桥型方案比较,选择适合本项目的经济合理的桥型方案。

桥型方案设计的重点是杭州湾跨海大桥工程设计工作的精髓,按照“施工决定设计”的原则,选定合理可行的施工方案和相应的设计方案。同时,设计时认真贯彻国家有关方针政策,按现行的设计文件编制办法和有关标准、规范,紧扣建设条件和项目特点,通过必要的科学试验与研究,进行充分的结构分析和比较论证,使桥型方案的确定科学化。

杭州湾跨海大桥工程设计工作的重点除桥型方案设计外,还全面贯彻落实“实用、经济、安全、美观、环保”的技术方针,按“立足国内、自主建设”的经济建设原则,抓紧、抓好勘察勘测和关键技术研究工作(包括结构耐久性研究与防腐设计、大构件预制拼装工艺研究、体外预应力技术研究、航道桥抗风研究、试桩等),积极处理好与相关行业和专业的关系,高水平、高质量、高标准、高速度地完成项目的设计工作。

2. 建设规模

根据 OD 调查和交通量发展预测,大桥按六车道高速公路设计,桥面宽 33m,设计行车速度为 100km/h,设计荷载标准为汽车—超 20 级、挂车—120。大桥起点位于杭州湾北岸的东西大道和乍嘉苏高速公路交点以南的海盐县郑家埭,跨越杭州湾宽阔海面 and 南岸十塘海堤,到达大桥终点慈溪市水路湾。大桥设计起点桩号为 K49+000.000,设计终点桩号为 K85+000.000。大桥平、纵面线形根据航道表流迹线、曲线要素、潮位、排水及地物等控制因素设计。大桥从北至南,分为北引线、北引桥、北航道桥、中引桥、南航道桥、南引桥和南引线等七部分(全桥总布置分区见图 3)。工程全长 36km,引线长 $(15.5+311.5)\text{m}=327.0\text{m}$,海上桥梁长度达 35673m,其中北航道桥为跨度 $(70+160+448+160+70)\text{m}$ 的结

石形双塔双索面钢箱梁斜拉桥,南航道桥为跨度 $(100+160+318)\text{m}$ 的A形独塔双索面钢箱梁斜拉桥。海上引桥跨度均为70m(总长18.27km),南岸滩涂区引桥跨度为50m(总长10.1km),50m和70m梁均为预制预应力混凝土箱梁,先简支后连续。两岸陆地和北岸滩涂采用30~80m跨现浇连续箱梁。全桥主要工程数量见表2,总工期5年,总投资117.8亿元。



图3 全桥总布置分区图

表2 全桥主要工程数量表

名称	单位	数量
混凝土	m^3	2.5×10^4
各类钢材	t	8.2×10^3
钢管桩	根	5474
钻孔桩	根	3550
各类现浇箱梁	孔	157
50m 预制预应力混凝土箱梁	片	404
70m 预制预应力混凝土箱梁	片	540

重大事件

1994年4月,浙江省宁波市人民政府着手进行本项目预可行性研究,并组织了多次大型专家咨询研讨会。

1999年3月~2002年6月,中交公路规划设计院受宁波市委托进行了本项目的预可行性研究工作和工程可行性研究工作,并分别编制完成了预可行性研究报告和工程可行性研究报告。

2001年2月27日~3月2日,中国国际工程咨询公司受国家发展计划委员会(以下简称国家计委)委托在宁波主持召开了杭州湾交通通道项目建议书的评估会,并形成了专家组评估意见。

2001年5月27日~28日,杭州湾大桥工程指挥部邀请了来自国内各地及香港特别行政区和美国的30位知名专家在宁波召开了杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告咨询座谈会。根据本次咨询座谈会的专家咨询意见,对报告初稿进行了补充、调整和完善,2001年9月编制完成了工程可行性研究报告(送审稿)。2001年10月24日~25日,浙江省计委和省交通厅在宁波联合召开本项目工程可行性研究报告预审会,根据与会专家预审意见,按照两岸滩涂、港口规划的最新资料,对工程可行性研究报告(送审稿)的推荐方案线位进行局部调整,并进一步对推荐线位的工程方案和桥型结构进一步深化比选,于2002年6月编制完成本项目工程可行性研究报告。

2001年7月中旬~9月底,杭州湾大桥工程指挥部为了选择最佳施工组织方案和桥型方案,开展了

施工组织和桥型优化方案征集活动,并形成了杭州湾跨海大桥工程施工组织和桥型优化方案评审意见,为杭州湾跨海大桥的设计奠定了良好的基础。

根据宁波市重点建设工程招标投标办公室于2001年12月31日核准的宁波市重点项目中标通知书,在评标专家组综合评议、择优选择的基础上,杭州湾跨海大桥工程设计招标由招标领导小组决标,并报经管理部门核准,选定中交公路规划设计院为第一设计合同段中标单位,中铁大桥勘测设计院与中交第三航务工程设计院联合体(以下简称中铁大桥勘测设计院联合体)为第二设计合同段中标单位。

第一设计合同段负责全桥总体设计、全桥景观设计(包括桥梁结构和景观照明等,不含桥头公园)、全桥交通安全设施工程(包括标志标线、护栏、供配电和照明设施等)设计、北航道桥设计、南航道桥设计、高墩区引桥设计,并负责初步设计文件汇总、汇编初步设计总概算。

第二设计合同段配合第一合同段进行全桥总体设计、景观设计、全桥交通工程设计(含收费、通信、监控系统等)、初步设计文件汇总,并负责低墩区引桥、引线工程设计,编制第二合同段工程概算,配合汇编初步设计总概算。

另外,交通工程由北京交科公路勘察设计院承担,大桥景观设计由厦门高格桥梁景观设计研究中心承担,航道工程由浙江省交通规划设计研究院承担,航标工程由镇海航标区航标设计室承担,环境保护工程由北京交科公路勘察设计院承担。

2002年5月29日,国家计委印发《国家计委关于审批杭州湾跨海大桥工程项目建议书的请示的通知》(计基础[2002]808号文)对本项目的项目建议书进行了批复。

2002年6月1日,交通部邀请了来自全国各地的知名桥梁专家于北京召开了杭州湾公路大桥建设研讨会,就航道桥、引桥在杭州湾特定建设条件下的结构方案和施工方案进行了深入研讨,并提出了很好的建议,为初步设计桥型方案比选奠定了基础。

2002年8月12日~16日,交通部在宁波组织召开了《杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告》评审会。同月27日~28日,中国国际工程咨询公司受国家计委委托,在宁波组织召开了《杭州湾跨海大桥工程可行性研究报告》评估会。

2002年8月16日~19日,在宁波召开了杭州湾跨海大桥初步设计TYLIN公司咨询会,对总体设计、桥型方案、结构耐久性、钢桥面铺装、体外预应力技术、预制节段拼装工艺、钢管桩防腐、波浪力等进行了认真研讨,为后续初步设计方案的完善打下了较好的基础。

2003年3月5日,国家计委印发《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号文)对本项目工程可行性研究报告进行了批复。

在本项目工程可行性研究阶段,为了将杭州湾跨海大桥建设对港口、航道、涌潮的影响研究清楚,为大桥建设顺利实施创造良好的条件,先后开展了几十个专题研究,举办了十几次由各方面专家参加的大型研讨会,提出了很多富有建设性的意见和建议。结论如下:杭州湾跨海大桥的建设对杭州湾沿线港口几乎没有影响;对钱塘江涌潮几乎没有影响。

杭州湾跨海大桥桥址下游的主要港口有乍浦港,乍浦港一期工程位于桥址下游约6km处;桥址上游的主要港口有上虞港和杭州港等。

目前,杭州湾内具有万吨级以上泊位7个。根据规划,乍浦港是地区性港口,主要为杭、嘉、湖地区

服务,将新建多用途、件杂货、煤炭及第三代集装箱泊位。杭州湾沿线在2010年前有可能建设万吨级以上泊位6~7个,其中乍浦港5个、嘉兴电厂1~2个,均位于桥位的下游。上虞港、杭州港及其他中小港口,其规模无法与乍浦港相比。这些港口的内河吞吐量较大,但由于钱塘江水深很浅,只能通行千吨级以下的船舶,海运量相对很小,如上虞港能停泊3000t级船舶,2000年的货物吞吐总量才25万t。因此,杭州湾跨海大桥建设对桥位上游的上虞港、杭州港及其他中小港口几乎没有影响。

对乍浦港发展的影响一直是杭州湾跨海大桥研究工作的重要组成部分。大桥桥位位于乍浦港一期工程上游约5km处,是乍浦港远期规划的乍浦港区与海盐港区的交界处。桥址上游规划的海盐港区为千吨级泊位发展区,自东向西依次为散货作业区、拆修造船区、预留发展区、件杂货作业区,大桥桥位给乍浦港的远期发展留有足够的空间。

大桥设有北航道桥和南航道桥,通过北航道桥的有泰山核电站重件码头3000t级航道。结合海盐港区的规划,北航道将按泰山核电站重件码头近期5000t级改道设在北岸深槽范围内,并按照35000t级海轮控制通航净空。根据交通部(交水发[2001]692号文)对杭州湾跨海大桥通航净空的批复,北航道净宽为325m、净高为47m,而北航道桥设计采用的是主跨448m斜拉桥,给远期桥下通航能力的提高留有较大余地。

形成钱塘江涌潮的两大基本条件:一是杭州湾的喇叭口平面形态使外海潮波急剧变形,能量积聚,潮差增大;二是微涌以上的沙坎堆积,水深急剧变浅。

影响涌潮强弱的因素有:a.潮汐是形成涌潮的直接驱动力,潮汐越大,潮波变形越是剧烈,涌潮相应越强;b.河床地形急剧缩窄,水深急剧变浅,低潮位抬高,涌潮高度减小,低潮位降低,涌潮高度抬高;c.上游流域径流的枯丰间接影响涌潮的大小。

由定床模型试验得知,建桥前后,微涌站高、低潮位及潮差几乎无变化,对盐官涌潮潮头高度的影响仅有0~0.02m。同时,杭州湾的平面形态、海底水下地形及纳潮量不因建桥而改变,由此推得建桥对涌潮基本没有影响,更不会影响钱江涌潮这一天下奇观。

2003年1月10日~12日,浙江省计委和省交通厅联合在宁波主持召开了“杭州湾跨海大桥工程初步设计预审会”,形成了预审意见,为初步设计文件进一步完善奠定了良好的基础。

根据杭州湾跨海大桥工程设计协作书的要求,杭州湾大桥工程指挥部、中交公路规划设计院、中铁大桥勘测设计院、中交第三航务工程设计院、厦门高格桥梁景观设计研究中心等单位,根据杭州湾跨海大桥工程设计进展情况适时召开设计协调会,以研究、协调杭州湾跨海大桥工程设计中的技术问题。初步设计阶段共召开了8次设计协调会,情况如下:

2002年1月10日~12日,在北京召开了第一次设计协调会,讨论了大桥总体设计纲要、工作大纲、设计文件编制格式、专题要求、协作书、详勘等内容。

2002年2月8日,在武汉召开了第二次设计协调会,研讨了大桥总体设计方案、交通工程及沿线设施、景观设计、专题安排等方面的内容。

2002年3月7日~8日,在宁波召开了第三次设计协调会,讨论了大桥初步设计中间成果、各设计合同段界面衔接、有关的专题开展及专项标准制定情况等内容。

2002年5月10日~11日,在北京召开了第四次设计协调会,讨论了大桥总体设计、第一设计合同段设计、第二设计合同段设计、交通工程、景观设计、引桥桩基、专题研究及需进一步协调的有关事宜等内容。

2002年8月19日,在宁波组织召开了第五次设计协调会,就钢桥面铺装、钢护栏、节段拼装、浅层气、VTS系统研究、结构耐久性等专题研究作了部署,并对桥型方案设计作了研讨。

2002年8月28日,在宁波召开了第六次设计协调会,明确在初步设计文件中落实“工可”审查意见,

并设置海中平台。

2002年11月14日~16日,在宁波召开了第七次设计协调会,会议对初步设计工作中的有关问题,特别是专家咨询意见进行了讨论和研究,并形成第七次协调会会议纪要。根据会议纪要要求,对高墩区引桥补充60m跨整孔预制(梁)浮吊方案,并建议作为推荐方案。对于南航道桥,要结合海中平台,把景观作为选择方案的重点,主跨在228m的基础上可适当加大,桥型宜对称布置,功能和景观力求统一,经济指标可适当放宽,并要求于11月底提交南航道桥桥型方案设计。对于低墩区复合桩方案,要求在南引桥深水区与滩涂区间及其他局部区段制定钻孔桩备用方案。对于北航道桥桥塔,考虑安全和对水环境影响,宜将钻石形塔作为推荐方案。对于南岸滩涂区引桥,补充全体预应力方案。

2002年12月6日,中交公路规划设计院和厦门高格桥梁景观设计研究中心共同提交《杭州湾跨海大桥南航道桥桥型方案设计》,并在杭州湾大桥工程指挥部会议室向指挥部主要领导详细汇报了南航道桥,包括独塔斜拉桥方案、双塔斜拉桥方案、自锚式悬索桥方案、提篮拱桥方案、桁架拱桥方案和连续刚构方案等8个桥型方案。经过认真研讨,达成以下共识:

斜拉桥方案:采用钢箱梁斜拉桥方案,板件在工厂预制,在组拼场组拼成主梁节段,海运至桥位吊装。此方案现场工作量小,受风、浪、流影响小,工期短,施工风险较小;后期斜拉索可检测、更换,钢箱梁防腐措施有保障,结构耐久性可保证,建设条件适应性较好。独塔斜拉桥具有主题突出、简洁顺畅、刚劲挺拔、雄伟壮观、震撼人心的景观效果,明显优于双塔斜拉桥。

自锚式悬索桥方案:由于结构受力需要,加劲梁需要十分强大,以抵抗其巨大的水平缆力,因而跨径受到限制。此方案施工时需要用满堂支架先将梁架设完成后才能架设缆索系统,工序繁杂,工期较长。施工受风、浪、流和冲刷影响大,且造价昂贵;后期维护工作量大,结构刚度小,对建设条件的适应能力最差。

拱桥方案:受到地质条件限制,只能采用无推力拱式结构。由于位于海域中央,施工条件受到很大限制,且在宽阔的海面上修建拱桥,桥面上拱圈高度有限,加上桥面较宽,景观效果并不理想。另外,拱肋和基础分散,抵抗船舶撞击的能力极其有限,施工风险和运营期间的安全风险均较大,后期养护工作量也很大,因此其建设条件的适应性很差。

连续刚构方案:由于跨径大,只能采用变截面箱梁,与全桥风格不和谐,景观协调性差。采用悬臂浇筑施工,难以避开台风期,施工隐患较大,结构耐久性隐患也较大,且无桥上建筑,不能为行船提供醒目目标,景观效果平淡。但其具有造价最低的优势,同时若施工质量有保证,后期养护费用也最少。

最后,按南航道桥安全性、景观性第一,整体性协调的原则,斜拉桥优于其他桥型,且斜拉桥中独塔斜拉桥可达到景观与结构统一的最佳效果。从海中平台上看,对称与否差别不大,A形塔与钻石形塔区别不明显,建议南航道桥仍维持送审稿独塔钢箱梁斜拉桥方案,取消3号主墩,并推荐采用钻石形塔。

2003年1月12日,在宁波召开了第八次设计协调会,会议对初步设计预审会专家意见及有关问题进行了讨论和研究,明确了南航道桥宜采用A形塔,北航道桥宜采用钻石形塔,海中平台不设加油站,功能以救援、观光为主,并取消主线收费站。

2003年4月8日~12日,由交通部主持的杭州湾跨海大桥工程初步设计审查会在东钱湖畔的启新高尔夫俱乐部举行。

2003年6月8日下午2:16分,杭州湾跨海大桥建设工程奠基仪式在慈溪庵东的杭州湾大桥工程指挥部专用气垫船码头举行。

2003年6月25日,浙江省人民政府和交通部联合下发《关于组建杭州湾跨海大桥技术专家组的通知》(浙政函[2003]91号)。通知指出:杭州湾跨海大桥技术专家组接受浙江省人民政府和交通部的领