

青岛海湾大桥国际桥梁论坛 论文集



2008. 青岛

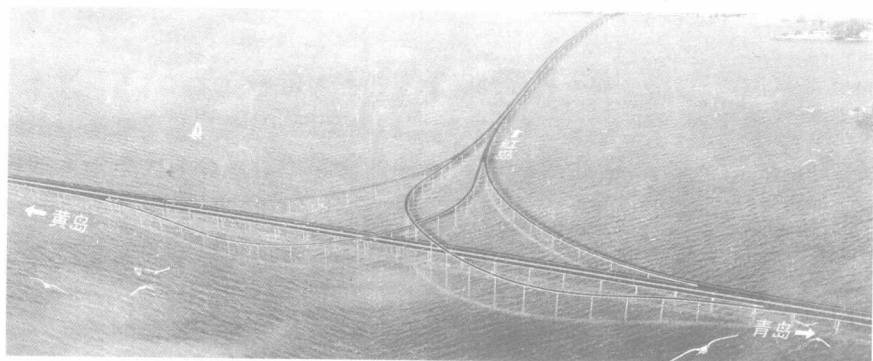
《桥梁》杂志编辑部 编
山东高速集团有限公司



人民交通出版社
China Communications Press

青岛海湾大桥国际桥梁论坛论文集

Qingdao Haiwan Daqiao Guoji Qiaoliang Luntan Lunwenji



2008. 青岛

《桥梁》杂志编辑部 编
山东高速集团有限公司



人民交通出版社
China Communications Press

图书在版编目(CIP)数据

青岛海湾大桥国际桥梁论坛论文集/《桥梁》杂志编辑部,
山东高速集团有限公司编. —北京:人民交通出版社,2008.10
ISBN 978-7-114-07423-3

I. 青… II. ①桥…②山… III. 桥梁工程—国际学术会议—文集 IV. U44—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 150837 号

书 名: 青岛海湾大桥国际桥梁论坛论文集
著 作 者: 《桥梁》杂志编辑部, 山东高速集团有限公司
责任编辑: 刘永芬
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010)59757969, 59757973
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京密东印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 32.25
字 数: 826 千
版 次: 2008 年 10 月 第 1 版
印 次: 2008 年 10 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-07423-3
印 数: 0001~1000 册
定 价: 80.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

青岛海湾大桥是我国北方冰冻海域首座超大型海上桥梁集群工程,是国家规划的青(岛)兰(州)高速公路的起点段,全长 35.4km,一期工程长 28.880km,其中跨海大桥长 27.089km。大桥批复概算投资 95.3 亿元,预计 2010 年底建成通车。

为充分借鉴国内外大型桥梁设计、施工、管理等方面的成熟经验和技术创新,力争在世界级关键技术难题上有所突破,努力提升我国建桥技术和管理水平,《桥梁》杂志编辑部组织编辑了青岛海湾大桥国际桥梁论坛论文集。论文集分为设计、研究、施工和其他四个部分。这些论文是作者从事设计、施工、科学试验与工程实践等方面的探索与总结,反映了我国现阶段桥梁建设科技发展的先进水平,有较高的学术性、实用性和参考价值。

本论文集得到了山东高速集团有限公司的大力支持。在此谨向参加论文评审的各位专家、论文作者,以及对论文征集、编辑、审稿、出版等工作给予帮助、支持的同志们表示衷心地感谢!

《桥梁》杂志编辑部

二零零八年九月

目 录

一、设 计

- 1 青岛海湾大桥设计特点 孟凡超 杨晓滨 王 麒 邵新鹏(1)
- 2 青岛海湾大桥红岛航道桥索塔钻孔平台设计与验算 吴 健 彭卫东(12)
- 3 泰州长江公路大桥三塔悬索桥钢中塔设计 华 新 郑修典 周彦锋 邹敏勇(28)
- 4 泰州长江大桥设计中风荷载的确定 陈 策 钟建驰 冯兆祥(36)
- 5 通南桥主桥计算分析及关键部位设计 陈洪涛 冯克岩 刘旭锴 刘文江(41)
- 6 鄂东长江公路大桥关键技术及特点 胡明义 唐守峰(46)
- 7 荆岳长江公路大桥工程设计 姜友生 丁望星(56)
- 8 大跨径钢桥面铺装设计理论与方法 黄 卫 钱振东 张 磊 陈团结(76)
- 9 客运专线四线双桁钢桁连续梁桥面系设计 戴胜勇 艾宗良 杨善奎(97)
- 10 下承式四肋拱梁组合桥梁的设计实践 曹一山 周海智(103)
- 11 京津二通道五环立交钢—混凝土组合箱梁新技术应用
..... 潘可明 张利斌 杨 冰 吴 杰 张 为 苏云平(107)
- 12 桥梁板式支座设计与更换 张永宏 周 军 张成凯(117)

二、研 究

- 13 中央稳定板对大跨桁架梁悬索桥颤振稳定性影响
..... 陈政清 欧阳克俭 牛华伟 刘 钊(124)
- 14 MSCGA-NN 在大桥深基础施工变形预测中的应用研究 熊孝波 彭 霞(133)
- 15 独塔自锚式悬索桥纵桥向减震方法研究 张 超 房贞政 郑则群 陈永健(144)
- 16 多梁式斜连续梁桥地震响应的简化计算公式 魏 东 黄新艺(149)
- 17 上海闵浦二桥索梁桥锚箱锚固区应力分析 ... 周 良 胡 洋 邓玮琳 杨允表(157)
- 18 外倾式钢结构系杆拱桥的空间稳定分析 陈 晖 秦大航 李 东 应伟强(164)
- 19 钢桥面板疲劳荷载谱模拟的一种简化方法 张 磊 吴 冲(169)
- 20 鄂东大桥结构安全综合管理系统研究 田晓彬 胡明义 唐 亮 李 乔(177)
- 21 船撞桥设计模糊决策初步研究 林 辉(188)
- 22 正交异性钢桥面板顶板疲劳应力幅计算方法 吴 冲 丁文俊(194)
- 23 钢管混凝土组合高墩技术 牟廷敏 庄卫林 范碧琨 谢邦珠(199)

24	抗压桩机理解读——简评规范及自平衡法	李靖森(208)
25	海上施工平台钢管桩竖向承载力性状浅析	李莹炜 刘厚腾(217)
26	青岛海湾大桥承台施工关键技术控制探讨 ... 张志刚 邢昌友 陈人宝	任全刚(221)
27	深水高桩承台大体积混凝土温度控制研究	邹建文 徐 伟 吴加云(227)
28	新疆伊犁河大桥九桩厚承台现场试验研究 ... 过 超 龚维明 卢 波	戴国亮(235)
29	基于静动载试验的某连续刚架拱桥承载能力评定 郭明泉 姜海波 陈荣卓	余朝阳(240)
30	空间斜跨曲梁异形拱桥设计实例研究	彭 霞 杨文见(248)
31	大跨径桥梁中组合结构的应用研究 邢 昕 王 倩 刘玉擎 卢永成	(254)
32	刚架拱桥上部结构加固维修技术研究与应用 解瑄本 张志刚 逢 钊 任全刚 鲍 辉	(260)
33	聚合物对海工高性能混凝土性能影响的试验研究	黄智德 郭保林(267)
34	桥梁高性能混凝土制备技术	牟廷敏 范碧琨 丁庆军 谢邦珠(271)
35	索塔环向预应力张拉施工技术研究	刘吉柱 江向平(282)
36	沪宁高速公路扩建桥梁拓宽关键技术研究 吴文清 叶见曙 华 斌 鞠金荧 郭 涛	(288)
37	后张法预应力钢筋反向摩阻计算分析	张永宏 张成凯 黄 侨(297)
38	桥面防水黏结层病害机理及对策探讨	张志刚 赵连地 孟祥荣 任全刚(303)
39	冲刷对群桩竖向承载力影响的试验研究	于清泉 龚维明 葛建光(308)

三、施 工

40	青岛海湾大桥水下无封底混凝土套箱施工技术	吴 健 彭卫东 欧阳瑰琳(313)
41	青岛海湾大桥航道桥承台套箱整体下放系统分析	王行耐 侯福金(328)
42	浅谈红岛通航孔桥主墩大型防撞钢套箱整套工序监理控制要点 冯泽欢 陈茂久	(333)
43	青岛海湾大桥红岛航道桥索塔大体积承台温控技术 ... 吴 健 彭 江	赵富立(342)
44	青岛海湾大桥非航道桥现浇墩身钢筋整体安装施工工艺	彭卫东 吴 健(352)
45	济南黄河大桥施工技术	杨荣泉 张光桥 范效滨(357)
46	广州市新光快速路工程猎德大桥钢箱梁楔进顶推新技术	张胜林(364)
47	联合 ANSYS 与 MATLAB 进行大跨度多段连续曲线钢箱梁顶推施工过程仿真优化 李传习 王 俊 董创文 张玉平	(376)
48	ZR250A 旋挖钻机在青岛海湾大桥桩基施工中的应用 冀争平 王 昕 赵 斌 赵建刚	(386)
49	海上钻孔灌注桩双钢护筒施工技术	赫利强 赵 斌 赵建刚(398)
50	浅谈 VRS-GPS 网络 RTK 技术在青岛海湾大桥工程中的应用 冯泽欢 张 喆 陈茂久	(402)
51	海上钻孔灌注桩钻孔质量控制及通病防治	刘建国 郑修成(408)

- 52 护筒支承式钻孔平台及钢套箱围堰的研制与应用 吴 巍(412)
- 53 悬浇拱桥挂篮的加工与制作 裴宾嘉 曹 瑞 聂 东 彭劲根(416)
- 54 青岛海湾大桥承台混凝土套箱工法综述 王晓乾 黎建宁 崔 广(423)
- 55 国道 045 线赛果段果子沟大桥索塔与横梁异步施工过程的模拟分析
..... 向学建 孙宪魁 齐铁东 南海军 杨 昀(429)
- 56 复杂山区条件下特大跨度钢管拱吊装技术 王学哲(435)
- 57 沧口航道桥索塔承台大体积混凝土施工技术探讨 王晓乾 黎建宁(441)
- 58 预应力混凝土箱梁短线台节段预制法几何控制 徐冬伟(446)
- 59 现浇旋转箱梁移动模架调整值的计算 李先重 田 浩 田晓阳(450)

四、其 他

- 60 钢结构工程虚拟现实技术的发展与应用 魏 群 孟闻远 魏鲁双 姜 华(454)
- 61 钢混组合索塔的应用与发展 吴 冲 曾 耀(463)
- 62 海工混凝土结构防腐蚀技术研究现状及应用 季 辉(470)
- 63 贵州坝陵河大桥钢桁加劲梁主桁架上弦杆整体节点疲劳试验
..... 刘 高 王天亮 强士中 吴文明 卫 星(475)
- 64 浅谈桥梁美学——有感于 20 世纪的国际最美桥梁评选 魏洪涛 朱玉华(481)
- 65 城市桥梁景观设计 辛丽华 林 飞(489)
- 66 浅谈加拿大安大略省交通厅两本手册的主要内容与特点 石连富 母进伟(494)
- 67 高架桥新型抗震支座设计、分析和测试 闫兴非 周振兴 陈巧珊 周 良(501)

1 青岛海湾大桥设计特点

孟凡超 杨晓滨 王 麒 邵新鹏

(中交公路规划设计院有限公司)

摘 要 青岛海湾大桥是跨越胶州湾东、西岸的重要通道,连接青岛、黄岛和红岛,主线全长约 26.707 km。该项目由沧口航道桥、红岛航道桥、大沽河航道桥、非通航孔桥、陆域引桥、红岛连接线、李村河互通及红岛互通等组成。本文较为详细地介绍了该桥的设计特点,重点介绍了该桥设计的创新点。

关键词 跨海大桥 设计 创新

青岛海湾大桥位于胶州湾北部,是青岛市交通规划中东西岸跨海通道的“一路、一桥、一隧”中的“一桥”,是青岛市道路交通网络布局中胶州湾东、西岸跨海通道的重要组成部分,也是山东省“五纵四横一环”公路网主框架的重要组成部分。

青岛海湾大桥是我国北方寒冷海域第一座超大型海上桥梁集群工程,主线全长约 26.707km,其中跨海大桥长 25.881km,黄岛侧接线长 0.827km,红岛连接长 1.3km。本项目包括沧口、红岛、大沽河航道桥,海上非通航孔桥,陆域引桥,黄岛接线,红岛连接线,李村河互通,红岛互通以及青岛、红岛和黄岛三个主线收费站及管理设施等。该桥于 2006 年 12 月动工,预计 2010 年建成通车。

1 建设条件

1.1 桥址的地质、水文、气象

青岛市属季风气候区,工程位于胶州湾北部,属滨海堆积区水下浅滩,地势平坦,平均水深约 3m,最大水深约 11m,西侧有近 5km 的滩涂区。海域平均潮差约 4m,最大流速约 110cm/s。多年平均气温 12.7℃,极端最高气温 38.9℃,极端最低气温 -14.3℃。最大风速 34.8m/s。海域一般年份 12 月下旬开始结冰,2 月中旬消失,100 年重现期冰厚约 20~27cm。无活动断裂,无滑坡、陡坎、岩溶等不良地质现象,场地较稳定。场区地层为第四纪松散层和白垩系基岩,松散层岩性主要为淤泥、淤泥质(亚)黏土、(亚)黏土、中粗砂、砾砂,基岩埋深 30~40m,岩性主要为角砾岩、泥岩、流纹岩和凝灰岩,其特点为软质岩和硬质岩相间分布,其中泥岩和角砾岩等容许承载力为 500~800kPa,玄武岩等容许承载力为 1 500~2 000kPa。

1.2 设计技术标准

(1)技术等级:双向六车道城市快速路兼高速公路;

- (2)设计行车速度:80km/h;
- (3)路基宽度:35m(图1);
- (4)设计荷载:城—A级;公路—I级;
- (5)地震基本烈度:Ⅵ度;
- (6)通航等级:沧口、大沽航道 10 000 吨级杂货船,红岛航道 300GT 渔船;
- (7)设计基准期:100 年。

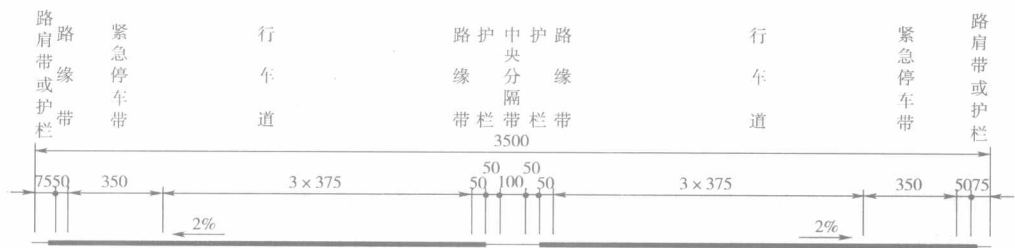


图1 路基标准横断面(尺寸单位:cm)

2 全桥总体布置

青岛海湾大桥是一项现代化桥梁集群工程,沧口航道桥采用主跨 260m 双塔平行稀索钢箱梁斜拉桥,红岛航道桥采用主跨 120m 独塔平行稀索钢箱梁斜拉桥,大沽河航道桥采用主跨 260m 独塔独柱自锚式钢箱梁悬索桥,海上非通航孔桥采用跨径 60m 整孔吊装施工连续梁,西岸滩涂区采用跨径 50m 移动模架浇筑施工连续梁,基础均采用钻孔灌注桩。全桥桥位总平面布置如图 2 所示。

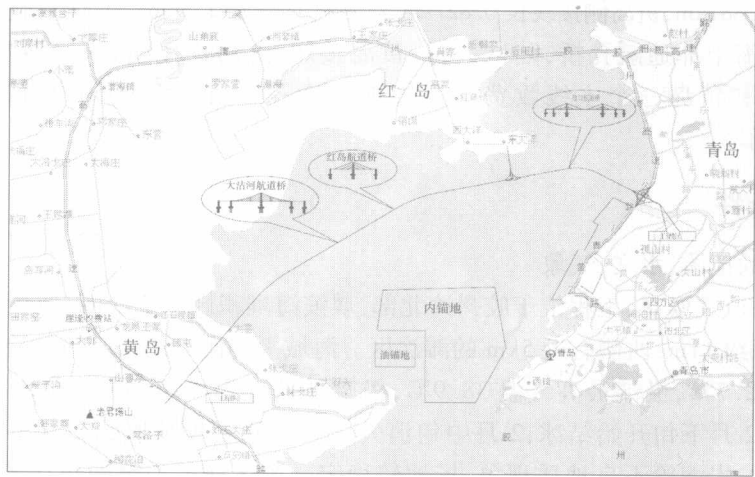


图2 全桥桥位总平面布置

3 沧口航道桥

3.1 桥型设计

沧口航道桥为双幅分离双塔双索面钢箱梁斜拉桥(图3),桥跨布置为 80m + 90m + 260m +

90m + 80m = 600m, 边跨设置辅助墩, 采用五跨连续半飘浮结构体系, 斜拉索采用平行索布置。

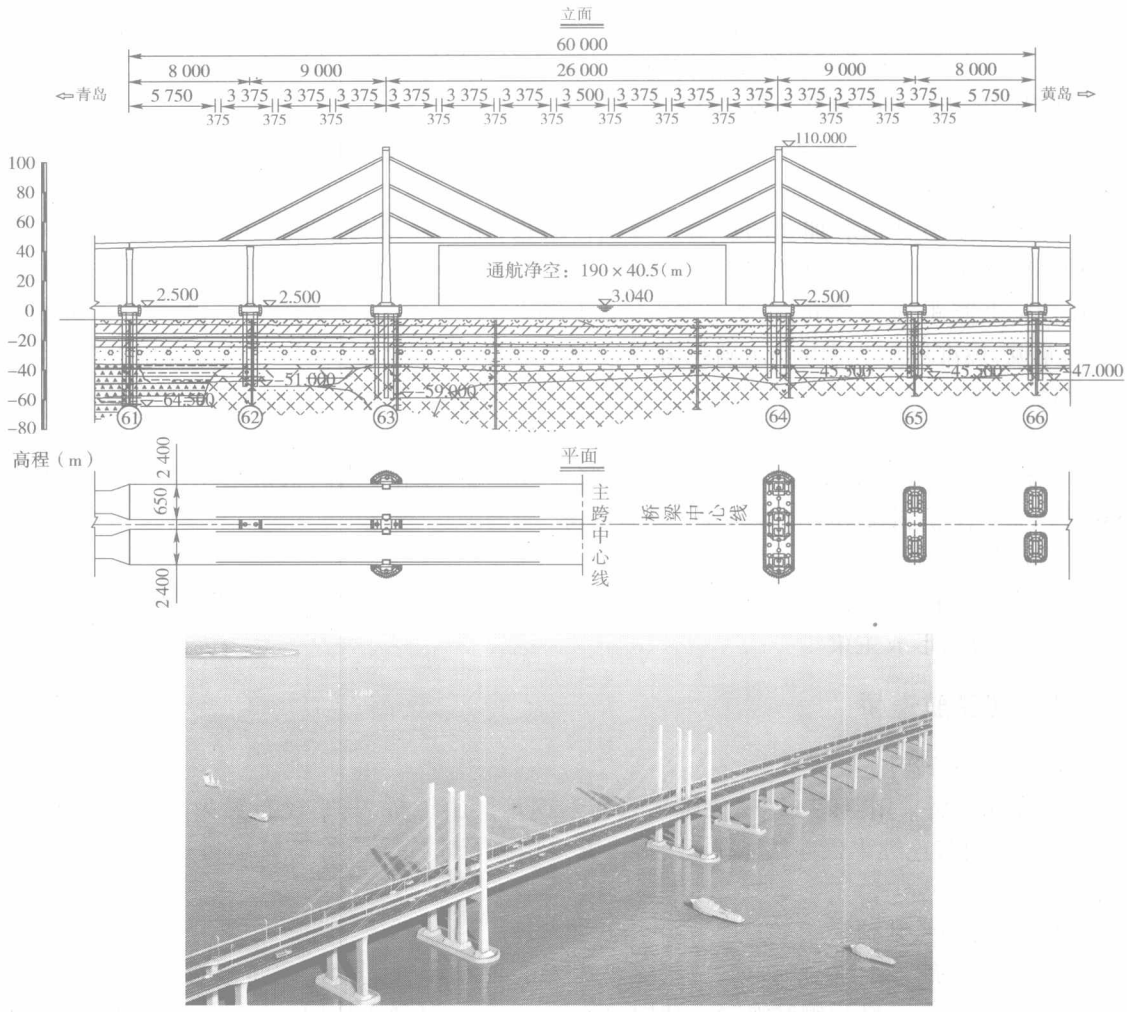


图3 沧口航道桥桥型布置(尺寸单位:cm)

3.2 索塔及基础

沧口航道桥两幅桥索塔分离,单幅索塔为 H 形结构。分离索塔的间距为 30.5m,索塔塔柱间距为 20.6m,索塔高 105m,索塔为混凝土结构。

塔柱断面为倒角的矩形断面,塔底断面为 4.5m(横)×6.0m(顺),塔柱标准断面为 3.0m(横)×4.5m(顺)。斜拉索在索塔上采用交叉锚固形式。

索塔基础为双幅桥整体基础,采用 28 根直径 2.5m 的钻孔灌注桩。承台为圆倒角的矩形承台,长 67.5m、宽 17.0m、厚 5m,外设防撞消能设施。

3.3 辅助墩、过渡墩及基础

辅助墩及过渡墩墩身为空心墩。墩身断面为倒角的矩形断面,墩底尺寸为 7m(横)×3.6m(顺),墩顶尺寸为 9m(横)×4.5m(顺)。

辅助墩为双幅桥整体基础,采用 14 根直径 2.5m 的钻孔灌注桩。过渡墩为分离基础,采用 6 根直径 2.5m 的钻孔灌注桩。

3.4 钢箱梁

分离式主梁均采用抗风性能良好的扁平流线型封闭钢箱梁。钢箱梁含风嘴全宽 24m,不含风嘴宽 19.9m,中心线处高度 3.5m。

钢箱梁在索塔处变窄至 17m(不含风嘴),梁段长 9m,两端各设一个长 15m 的变化段。主梁底板水平,顶板设有 2% 的横坡。

桥面板采用 U 形肋加劲的正交异性钢桥面板,顶板厚度为 16mm,U 形肋厚度为 8mm。底板厚度为 12、16mm,U 形肋厚度为 8mm。腹板厚度为 16、20mm,拉索处腹板厚度 30mm。横隔板标准间距为 3.75m,为板式横隔板,标准厚度为 10mm。钢箱梁内设置了二道板式纵向隔板,标准厚度为 10mm。斜拉索通过锚箱锚固在箱梁上,锚箱布置在腹板外侧,与箱梁焊接。

3.5 斜拉索

本桥斜拉索采用稀索体系,三对拉索呈竖琴形布置,每组索由两根索组成,共 $2 \times 3 \times 16 = 96$ 根拉索。本桥斜拉索采用高强平行钢丝拉索。

3.6 施工方案

主梁架设采用临时墩大节段吊装法。搭设墩旁支架及临时墩,利用浮吊吊装大节段就位,完成梁段焊接,形成主梁。

4 红岛航道桥

4.1 桥型设计

红岛航道桥采用主跨 120m 独塔平行稀索钢箱梁斜拉桥,其跨径布置为 $120\text{m} + 120\text{m} = 240\text{m}$,采用两跨连续半飘浮结构体系,斜拉索采用平行索布置。红岛航道桥桥型布置如图 4 所示。

4.2 索塔及基础

红岛航道桥两幅桥索塔分离,单幅索塔为 H 形结构。分离索塔的间距为 30.5m,索塔塔柱间距为 20.6m,索塔为钢筋混凝土结构,横梁为预应力混凝土结构,塔柱断面为倒角的矩形断面,塔柱标准断面 3.0m(横) $\times$ 3.5m(顺)。索塔斜拉索采用耳板销接锚固。

索塔基础采用 27 根直径 2.2m 的钻孔灌注桩,承台为圆倒角的整体式矩形承台,长 68.5m、宽 15.1m,厚 5m,外设防撞消能设施。

4.3 钢箱梁

分离式主梁采用抗风性能良好的扁平流线型封闭钢箱梁。主梁高 3.1~3.5m,顶宽 20m(不含风嘴),底宽 4.8m。主梁底板水平,顶板设有 2% 的横坡。

桥面板采用 U 形肋加劲正交异性钢桥面板,桥面板厚度为 16mm,斜底板和底板厚度为 12mm,横隔板间距为 3.6m,纵隔板采用实体式和桁架式。斜拉索通过锚箱锚固在箱梁上,锚箱布置在腹板外侧,与箱梁焊接。

4.4 斜拉索

本桥斜拉索采用稀索体系,3 对索呈竖琴形布置,共 $2 \times 2 \times 6$ 根拉索。本桥斜拉索采用成

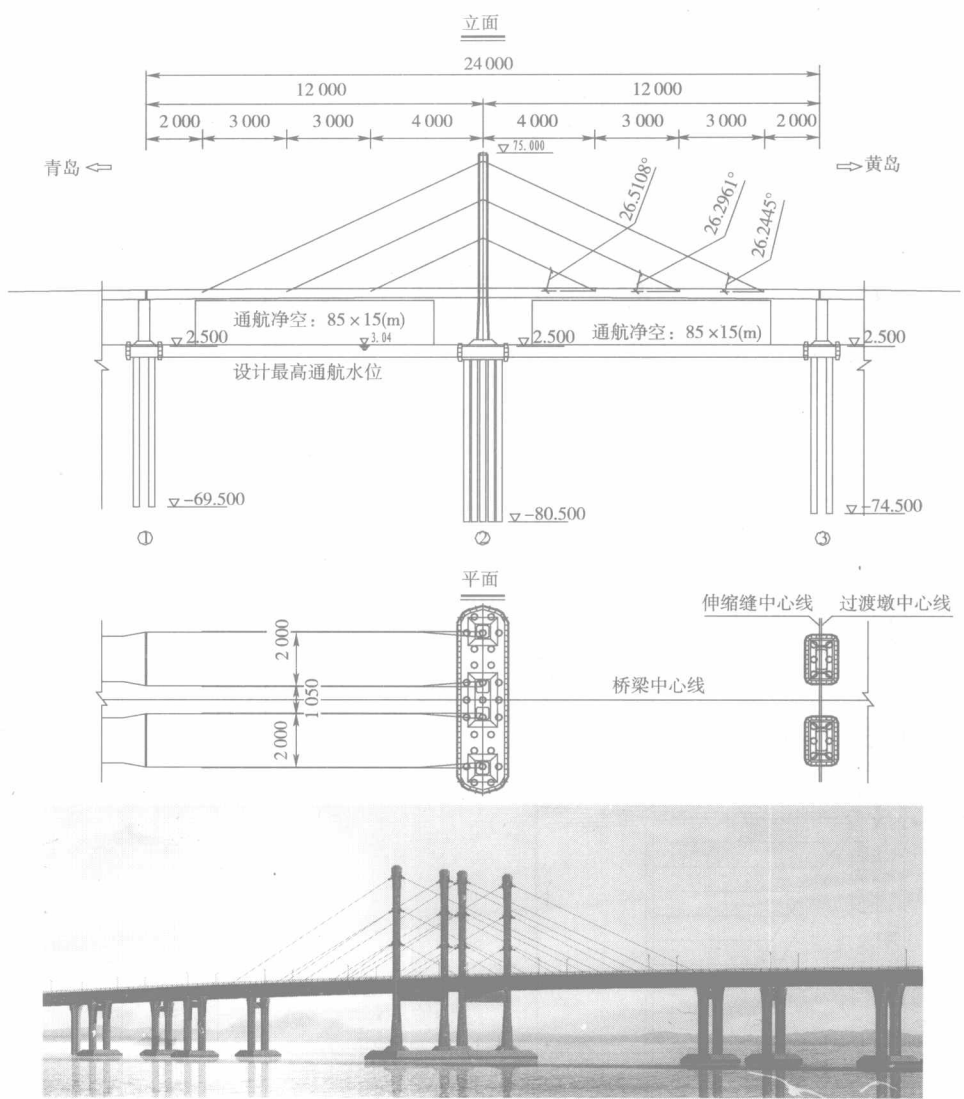


图4 红岛航道桥桥型布置(尺寸单位:cm)

品斜拉索。

4.5 施工方案

主梁架设采用临时墩大节段吊装法。搭设墩旁支架及临时墩,先利用浮吊吊装支架顶施工梁段就位,再吊装中间施工梁段,并完成梁段焊接,形成主梁。

5 大沽河航道桥

5.1 桥型设计

本桥为自锚式悬索桥,桥跨布置为 $80\text{m} + 260\text{m} + 190\text{m} + 80\text{m} = 610\text{m}$,为克服主缆锚固处加劲梁的支座的一部分上拔力,该桥采用自锚和边跨两侧各布置了 80m 跨度的辅助跨,主跨和边跨为悬吊体系,主跨矢跨比为 $1/12.53$,边跨矢跨比为 $1/18$ 。大沽河航道桥桥型布置如图5所示。

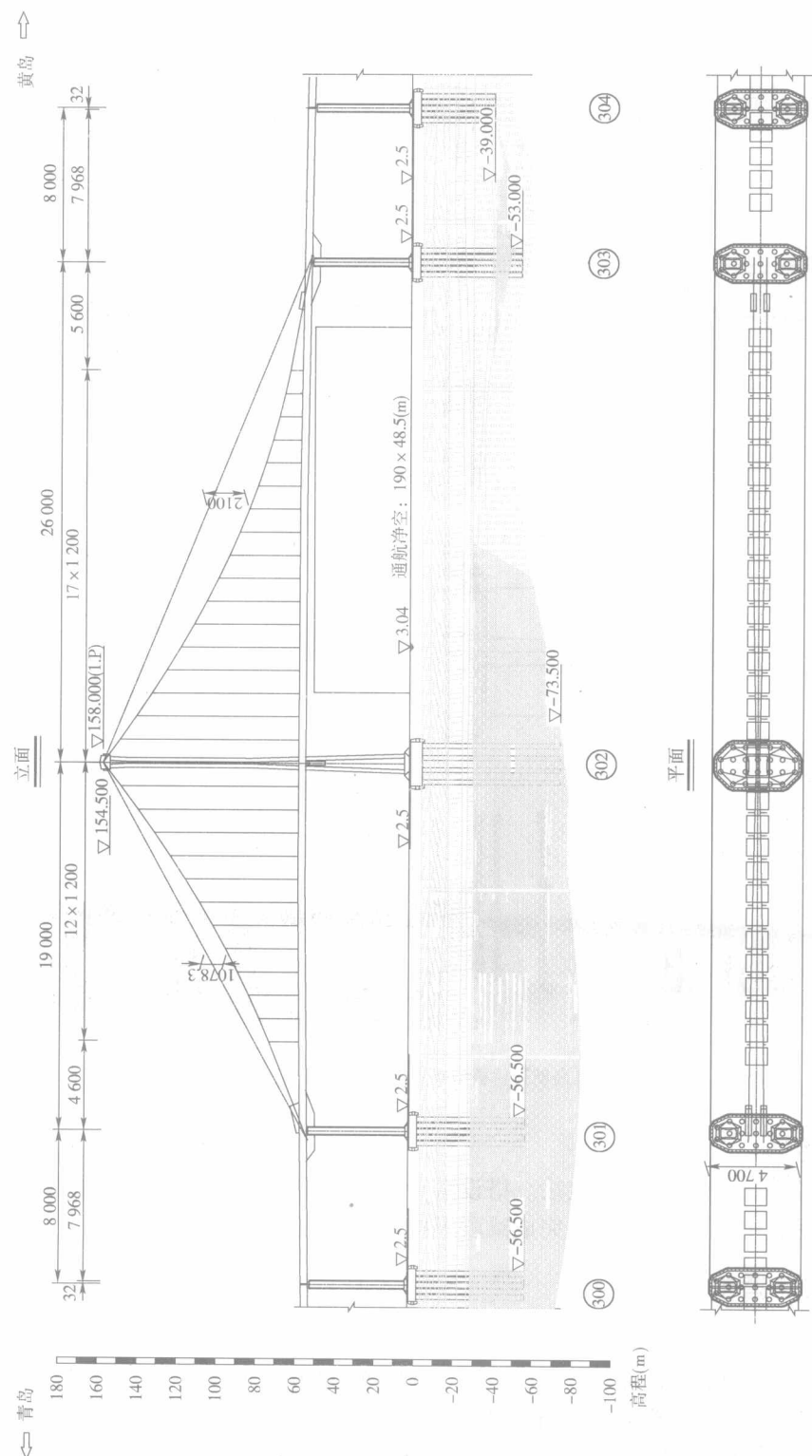


图 5



图5 大沽河航道桥桥型布置(尺寸单位:cm)

5.2 索塔及基础

索塔采用独柱混凝土塔,塔高 149m。塔身截面采用哑铃形变截面,底部截面尺寸为 $10\text{m} \times 10\text{m}$,从下向上截面尺寸逐渐缩小,至 93m 高度处截面尺寸缩减为 $5\text{m} \times 5\text{m}$,等截面至塔顶下 15m 处,之上逐渐再加大截面尺寸,至塔顶截面尺寸为 $7\text{m} \times 7\text{m}$,以满足塔顶主索鞍构造尺寸的要求。

索塔基础采用 24 根钻孔灌注桩,桩径 2.5m,承台为圆倒角的八边形,横向长 42m,顺桥向宽 23.25m,厚 6m。

为提高全桥结构的抗扭刚度,改善结构的动力特性,在索塔两侧设有三角撑,在其上设置钢箱加劲梁的竖向支座。采用轻型的钢结构桁架,桁架的水平杆及斜杆采用焊接箱形结构,箱形结构高 1.2m、宽 2m,板厚采用 40mm。三角撑与塔柱的连接,通过预埋在塔身内的由钢板和型钢组成的桁架结构在塔身外侧采用高强螺栓连接。

5.3 辅助墩、过渡墩及基础

辅助墩、过渡墩墩身均采用空心墩,墩底设置了墩座,墩座为多面体结构。基础采用 19 根直径 2.5m 的钻孔灌注桩,承台尺寸为长 43.75m、宽 17m、厚 4m。

5.4 钢箱加劲梁

本桥加劲梁采用钢箱梁。因索塔采用独柱,加劲梁采用分离式双箱断面,两个封闭钢箱梁之间用横向连接箱连接,横向连接箱顺桥向间距为 12m,宽度为 3m。

加劲梁标准节段长度为 12m,全宽 47m(含中央横向连接箱),梁高 3.6m,加劲梁在主缆锚固区域采用整体式箱梁,因锚固面的构造要求,在横向中间位置梁高加高到 8.0m。加劲梁沿纵向每隔 3m 设置一道板式横隔板,在梁内设置两道板式纵隔板。

根据受力需要,主梁在不同区段采用了不同的钢板厚度。标准梁段顶板厚度为 25mm,底板厚度为 18mm,其他梁段根据受力需要进行局部加强。梁段划分须同时考虑吊索的受力情

况、规格选用以及运输架设时的起吊能力。

标准吊索间距采用 12m,标准梁段长度为 12m。全桥共划分 55 个梁段。标准梁段重量约为 350t。

主缆锚固在加劲梁上,巨大的缆力通过锚固构造传递到箱梁断面,因此锚固构造为本桥的关键。为明确受力,本桥主缆在梁上的锚固构造采用格构式钢结构。所有的索股锚固在一厚度 100mm 且垂直于主缆轴线的钢锚板上,钢锚板上焊有平行于索股方向布设的加劲板,主缆的拉力直接作用在钢锚板上,通过锚固构造传递至整个加劲梁断面。

5.5 缆索系统

(1) 主缆

全桥共两根主缆,呈空间布置。主缆在塔顶横桥向间距 2.5m,主缆后锚面中心间距在主跨侧为 6.5m,边跨侧为 7.8m。主缆由工厂预制的高强镀锌平行钢丝索股(PPWS)组成,主缆钢丝的直径为 5.1mm,抗拉强度不小于 1 670MPa,每根索股含 127 根钢丝,每根主缆共 61 股。主缆索夹内直径为 496mm,索夹外直径为 502mm。

(2) 主索鞍

采用两个全铸式主索鞍,两个主鞍横向倾斜地安装在塔顶隔栅上,倾斜角度为 1.925° ,横桥向两个索鞍上 IP 点间的距离为 2.5m。采用斜向安装,使得索鞍鞍槽的平面为直线,大大降低了索鞍的制造难度。

为增加索鞍受力的整体性,两个索鞍内侧横肋上采用 9 对钢板将两个索鞍连接成一体,通过螺栓将连接钢板与索鞍肋板连接。

(3) 散索套

散索套采用上、下对合的结构形式,上下两半块采用 2×11 根 M48 $\times$ 5 高强螺栓连接,壁厚采用 40mm,喇叭形的出口锥角为 17.92° ,过渡圆弧半径 7 963.3mm。

(4) 索夹

吊索与索夹采用销接式连接。除吊索索夹外,还有夹紧主缆的索夹和安装缆套的锥形封闭索夹。各索夹的设计壁厚均为 40mm。采用上下对合的结构形式,上、下两半索夹用螺杆相连并夹紧于主缆上。

(5) 吊索

采用平行钢丝吊索,钢丝直径 5.0mm,吊索设置于主跨和边跨,水平间距 12m。每一吊点(一个索夹)设 2 根吊索。吊索上端与索夹采用销接式连接,吊索下端与加劲梁的连接通过分析比较采用套筒承压式。

5.6 施工方案

采用临时墩大节段吊装法。在塔侧和两个辅助墩侧搭设支架,在边跨和主跨分别搭设 1 个和 2 个临时墩,利用大型浮吊将已拼装好的大节段加劲梁段(单幅)吊装至支架和临时墩上,先进行两幅箱梁间的横向连接,然后完成节段间的纵向连接。最大吊装节段长 72m、宽 21m,重约 10 482kN。

安装塔顶的主索鞍并精确定位,架设猫道,将预制的主缆索股分批运至施工现场;利用牵引系统将索股从一侧牵引至另一侧,在夜间温度稳定时,调整索股矢度,并最终锚固;待索股安装完成,用紧缆机将主缆紧成圆形并用钢带箍紧;将猫道面层转载于成型的主缆上,放松猫道

两端承重索;精确测量索夹的位置,安装索夹和吊索。

本桥为自锚式悬索桥,先加劲梁架设,后安装吊索。加劲梁架设线形为成桥线形,吊索在索夹上安装后,须进行张拉才能和加劲梁进行连接。吊索的张拉顺序采用从索塔向两侧进行,分批逐次张拉,以控制张拉力,确保张拉过程安全顺利进行。

6 非通航孔桥

非通航孔桥全长 24.191km,占总规模 90% 以上。海上非通航孔桥采用跨径 60m 整孔吊装施工的连续梁,西岸滩涂区采用跨径 50m 移动模架浇筑施工连续梁。本文仅介绍 60m 整孔预制连续梁。

非通航孔桥为分离式双幅桥,单幅主梁采用单箱单室截面,主梁顶宽 17.0m,底宽 6.6m,梁高 3.5m。顶板厚 30cm,底板厚度 25cm,腹板厚度为 45cm,支点附近局部加厚。非通航孔桥箱梁标准横断面如图 6 所示。

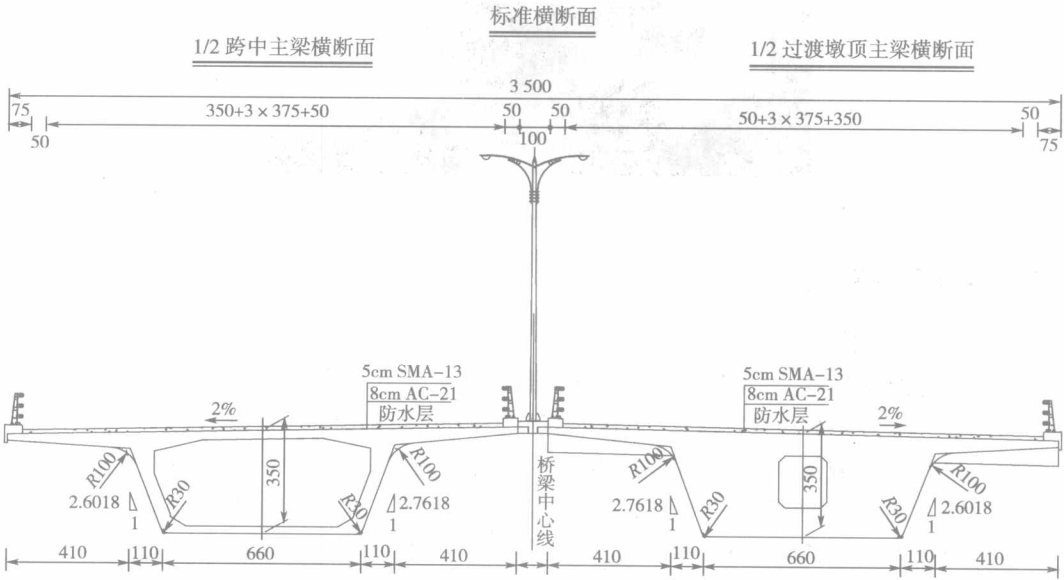


图 6 非通航孔桥箱梁标准横断面(尺寸单位:cm)

相邻的预制梁通过在墩顶设置湿接缝实现结构连续。墩顶湿接缝标准宽度为 90cm。中跨预制梁段重量为 19 350kN,边跨预制梁段重量为 20 210kN。

箱梁采用纵向和横向双向预应力体系,纵向预应力腹板预制束锚固在预制梁两端腹板上,底板预制束锚固在底板或梁端横隔板上。箱梁顶板横向预应力采用单端交错张拉,钢束沿桥轴线按标准间距 0.6m 布置。

海上非通航孔桥采用常规海上平台施工基础,墩身为现浇。箱梁采用整孔预制、整孔吊装方案施工,施工主要分三个步骤进行(图 7~图 9):第一步箱梁预制;第二步箱梁运输和架设(冲击系数不大于 10%);第三步箱梁合龙连接。

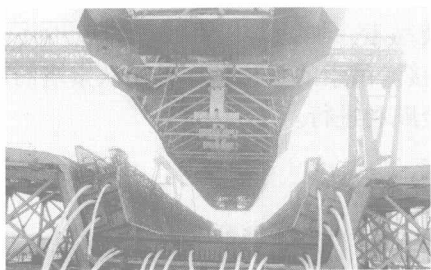


图7 预制箱梁内模吊装施工



图8 预制箱梁移至出海码头

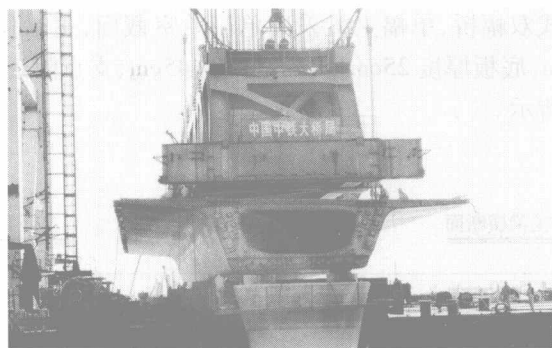


图9 预制箱梁吊装

7 特点及创新点

7.1 本工程的特点

(1)项目地处青岛这一国家级旅游城市,旅游及人文资源十分丰富,大桥必须与环境协调,工程方案应具有突出的景观效果,反映现代化海滨旅游城市的风貌和文化。

(2)大桥跨越海域长,海上工程规模浩大,主线起于青岛李村河口止于黄岛龙泉王家,全长 26.757km;大桥工程建设条件十分复杂、工程量浩大、施工工期紧、受控因素繁多。

(3)海域作业时间长,风、浪、冰冻、盐度大等气候因素对水域施工带来较大困难,北方海域的冰冻对设计施工又是一个极大的挑战。

(4)海洋盐度大,结构易腐蚀,对结构耐久性有较高要求,海工混凝土施工质量是重点、难点。

(5)宽浅海域的长大跨海桥梁施工方案和工艺的选择尤其重要。

(6)长大跨海桥梁的测量控制和施工监控控制也是一个重点、难点。

(7)各航道桥钢箱梁全部采用支架架设施工,海上支架方案、施工安全性、经济性的选择也是重点。

7.2 本工程的创新点

(1)管理创新

本项目是国内长大跨海桥梁第一个 BOT 管理模式,由国内大型企业集团承担其施工、运营和移交管理,本方式可以充分发挥大型企业丰富的管理和施工组织经验,与国际大型项目管