

颗珠山大桥主塔施工抗风控制与关键技术

过震文

(上海长江隧桥建设发展有限公司,上海市 201209)

摘要:外海环境施工条件复杂,气象条件恶劣,尤其是须经历夏季台风和冬季季风的影响。如何在施工过程中保证模板系统在风力作用下的稳定性,保证裸塔施工期间施工正常进行,都是外海大跨度桥梁面临的问题。该文针对颗珠山大桥的主塔施工过程中抗风控制及其关键技术研究进行了详细介绍。颗珠山大桥主塔施工的成功实践为我国在外海环境下建桥及海上斜拉桥的施工提供了经验积累。

关键词:主塔;抗风控制;关键技术

中图分类号:U443.38 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)05-0102-03

1 概述

东海大桥是上海国际航运中心的集装箱深水港必不可少的配套工程,大桥起始于上海南汇县芦潮港镇客运码头往东约4 km南汇咀处,直达浙江省嵊泗县崎岖列岛的小洋山岛,长约31 km,经小乌龟、大乌龟、颗珠山和小洋山等岛屿,是我国第一座真正意义上的外海跨海大桥。

颗珠山大桥是东海大桥的重要组成部分,从颗珠山岛跨越深水区段进入小洋山港区,主桥为双塔双索面斜拉桥,跨径组合:50 m+139 m+332 m+139 m+50 m,主塔为Ⅱ型钢筋混凝土结构,塔柱在承台顶面以上塔高为100.5 m,下、中塔柱外形有斜率变化,塔根部尺寸横桥向宽5.5 m,纵桥向宽8.5 m;上塔柱为拉索锚固区,外形不变,横桥向宽4.5 m,纵桥向宽6.0 m,塔内设混凝土牛腿和锚固钢横梁;塔壁厚度0.6~1.2 m。左右幅塔柱设两道横梁,桥面以下设下横梁,为钢筋混凝土结构,截面为箱形薄壁结构;塔顶设上横梁,由3根 $\phi 1\ 800\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 钢管构成。主塔结构示意图见图1。

2 塔柱施工期抗风控制

2.1 风撑设计

主塔高100.5 m,按照拟定的施工方案,主塔施工共分为22节,标准节段施工高度为5 m,是斜拉桥的关键结构,施工周期较长,期间有可能经历夏季台风和冬季季风影响,为确保塔柱在不利气候期间的整体稳定和避免塔柱局部出现裂缝,设计要求裸塔施工时应设置临时风撑。临时风撑布置见图2。

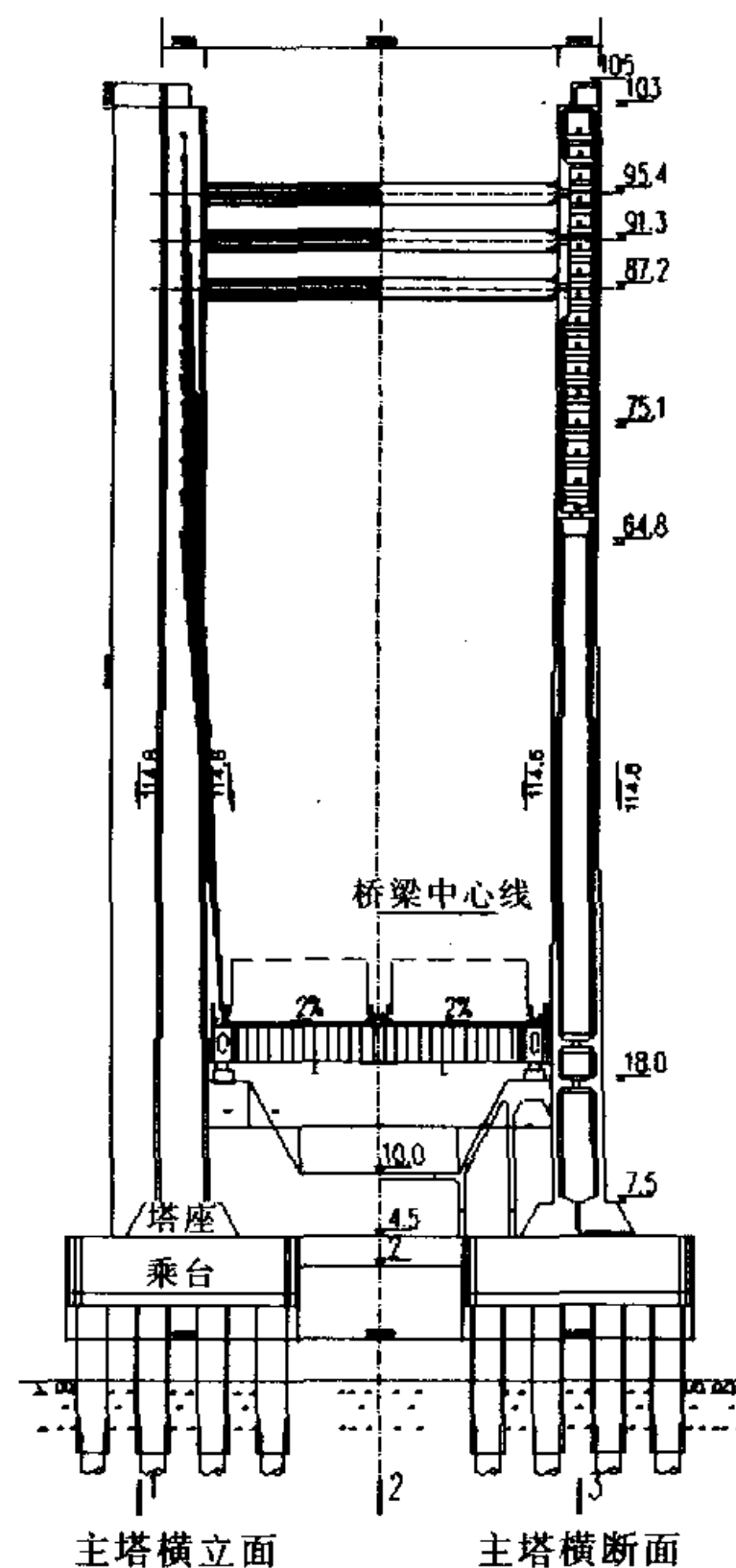


图1 主桥主塔示意图

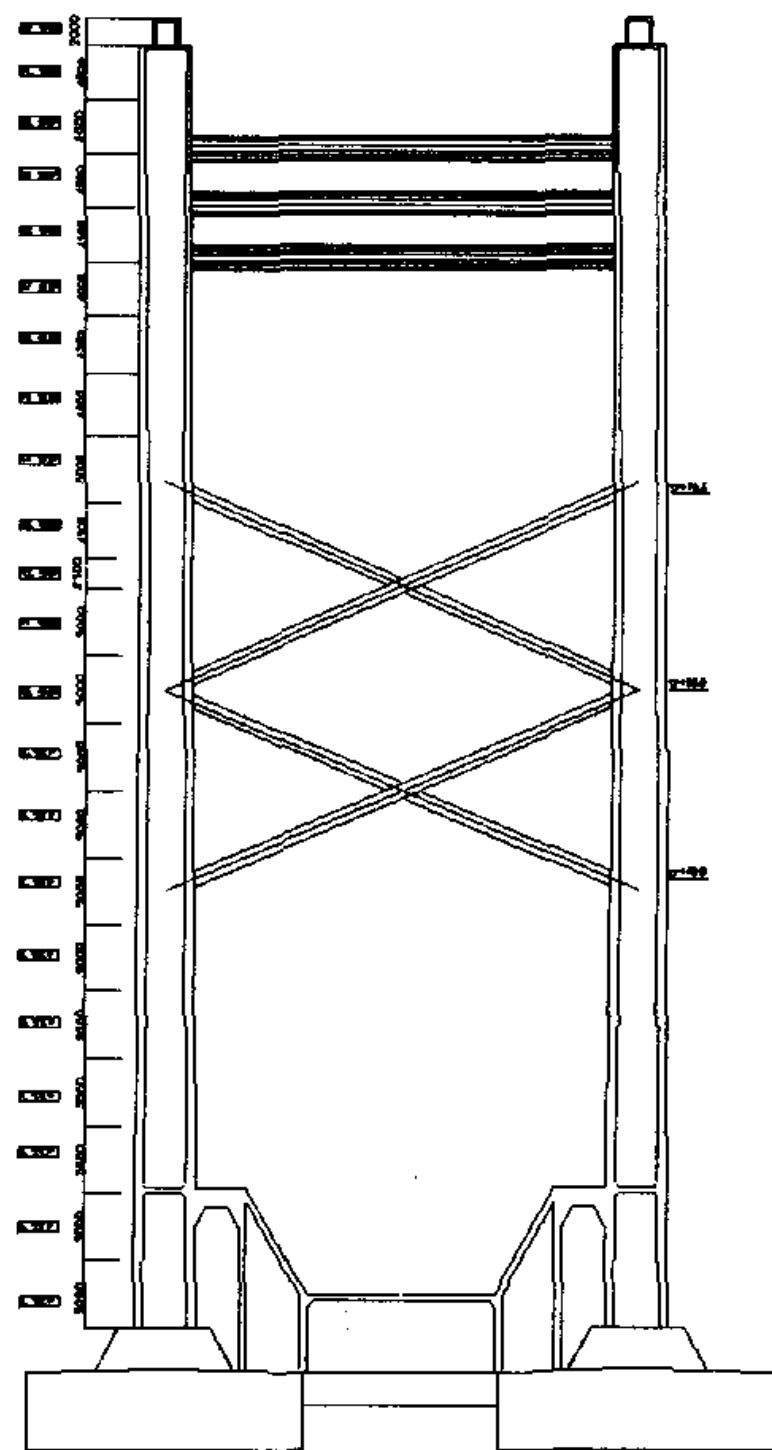


图2 临时风撑布置示意图

收稿日期:2006-07-17

作者简介:过震文(1967-),男,江苏无锡人,高级工程师,从事桥梁施工管理工作。

主塔临时风撑设计为一个剪刀斜撑,临时风撑标高为+40.0 m、+70.5 m,风撑采用直径为 $\phi 1\ 000$ mm,壁厚为12 mm钢管。钢管与塔柱间连接采用精轧螺纹钢筋,单个支撑钢板上的锚固钢筋数量为24根。

2.2 施工方案比较

根据现场环境条件,有以下几种方法施工主塔。

方法一:常规施工方法。

在设计允许风速范围内,不采取任何措施,主塔施工到顶,然后进行钢梁施工。

方法二:塔梁结合施工方法。

当风速超过设计允许、塔柱施工至一定高度时,安装钢主梁及斜拉索,然后再依次进行塔梁施工。

方法三:采取抗风措施的施工方法。

即采用临时风撑的施工方法。根据最不利工况,在塔柱中上部设置临时风撑,塔柱施工到顶后,进行钢主梁施工。

裸塔施工方法便于组织生产,无论是工程质量、还是施工安全均较易控制,总体工期排定亦较为直观。这也是希望采用的一种方案。

塔梁结合的施工方法对于工期较紧的工程项目,在风季保持连贯作业,也是一种较好的施工手段,但是塔梁施工存在空间交叉作业,施工组织难度显然增大,安全隐患亦随之增加。

临时风撑的设置对于无法避开风季的裸塔施工无疑是最优方案,但耗时长、成本高,吊装设备缺乏,尤其是大量的高空作业增加了施工安全风险,预埋件的设置避免不了工程外观质量的缺陷。

2.3 实施方案

实际施工中,2004年5月初主墩承台方施工完毕转入塔柱施工,按日历天推算预计可在2004年10月初完成塔柱施工,但是当塔柱施工至82.9 m(15节顶)后将受到台风制约,若不采取措施则必须停止施工。如何解决连续施工成为关键问题。

首先与设计一起进行了验算,验算表明主塔在以下两种工况下不安装临时风撑施工是安全的。

工况一:在基本风速小于29 m/s,塔柱与主梁施工顺序无论怎样安排,塔柱都是安全的。

工况二:在风速超过29 m/s时,塔柱施工至标高82.9 m(15节顶)停止施工,安装1~3#斜拉索后,再施工一节塔柱后安装4~5#斜拉索,然后再进行塔梁施工是安全的。

工况二对应于方案二,也是一种较为繁琐的方案,拟不采用;如何按方案一实施且同时能满足工况一的要求,提出一个设想:8月底将塔柱施工至82.9 m(15节顶)后暂停施工,利用9月份大风季节进行钢箱梁0#块支架的搭设、0#块钢箱梁(LZ0、L0、LB0)的吊装、3段钢梁间的高强螺栓连接和吊装标准段钢梁悬臂吊机的安装,再在10月初进行剩余7节塔柱的施工。

为了验证上述设想,必须对桥位的风速资料进行分析计算。首先从上海市气象局和浙江省气象局了解气象资料情况,并选择了与桥位气象条件相似的浙江省舟山市气象局1964~2003年连续40年8月~2月份的极大风速资料(测点海拔高度为81.2 m)。再将此数值换算为10 m高、10 min平均时距的风速,即对极大风速进行折减换算。折减系数分别为高度系数和阵风系数。

高度系数:根据抗风设计规范, $U_z/U_{10}=(Z/10)^{0.12}$, $U_z=1.286U_{10}$, $U_{10}=0.7778U_z$

阵风系数: $U_z=1.38U_{10}$

折减系数: $U_{10}=0.7246U_z$

综合两个系数取1.77。

通过换算,1964~2003年的基本风速中,超出29 m/s的风速仅出现一次,即1986年8月,极大风速为54.2 m/s,换算基本风速为30.6 m/s。

另从资料分析表明,9月底台风季节以后风力开始逐渐减弱,12月又开始受冬季季风影响风力加大,10~11月应为下半年理想的施工时段。

同时,0#段的安装增加了塔身底部的压应力储备,对塔身施工期的受力状况也将有所改善。

经业主、设计、监理、施工四方认真研究,决定按照上述方案进行实施。实践证明,这样不但很好地保证了塔柱施工的安全和工期,同时在塔柱的施工间隙合理安排钢箱梁穿插施工,避免了上下双层作业存在的危险性,并为以后标准段钢梁的吊装奠定了基础。

3 塔柱施工关键技术

上述方案能否顺利进行,必须考虑计划的周密性,必须对海上施工的特殊环境作充分的研究。一般而言,浇注高度为5 m的一节塔柱平均需有效作业时间4~5 d,在海上施工时,虑及气候的影响,实际天数需6~7 d。根据分析制约施工进度的重要因素还有以下几项关键技术。

3.1 垂直运输设备稳定性

塔吊和电梯是斜拉桥索塔施工垂直运输必不可少的设备,通过比选,最终选择的方案是由两台

塔吊和两部电梯分别依附左右幅塔柱,并服务于各自的塔柱,其中塔吊的起吊能力为 $150\text{ t}\cdot\text{m}$,能够兼顾材料设备和模板系统的提升,施工电梯为单笼电梯,用于运送施工人员和小型物资。

考虑到本海域的气候特征,最大风力有可能达到12级以上,因此要增强塔吊附墙体系的侧向抗风稳定性。为此,改变了传统上一个节点只用一根压杆的方式,在内侧的节点上增加了一根拉杆;还在节点之间设铰接点,以释放变形产生的应力;缩小塔吊附墙间距,限制塔吊工作自由悬高,以满足塔吊抗风的需要。

3.2 施工模板

该桥Ⅱ型主塔的塔柱斜率较小,塔柱结构上下变化不大。塔柱的外形尺寸只在下、中塔柱($+7.5\sim+64.8\text{ m}$)范围内按照一定的倾斜度(横向尺寸按1:114.6倾斜度缩小,纵向尺寸按1:45.84的倾斜度缩小)逐渐变化,上塔柱外形不变。因此,适合采用爬模法施工。该桥主塔不是很高,塔吊的起重能力又满足模板分块提升的需要,从经济性和实用性出发,选择塔吊提升爬模法施工。

爬模系统由内、外模板系统及爬架两部分组成。爬架通过锥形螺母与已浇塔柱连接固定,包括2个上部平台,1个主工作平台和1个下部清理、修复平台。同层平台间连成一条贯穿的通道,上下层平台间采用固定扶梯相连。内、外模板系统由竹胶面板、木工字梁、钢围檩组成,其中外模分8块,内模分9块。

模板的竖向倾斜度变化通过专门加工的造型木调节,截面尺寸通过可调宽度模板调整,钢围檩上根据横断面在浇注高度上改变的尺寸设置孔道,用以调整模板的横断面尺寸。内模通过对拉螺栓与外模固定,模板高度设计为 5.5 m ,每次浇注高度最高为 5.0 m 。

该系统爬升预埋件用锥型套筒取代了常规的直套筒,用直径为 16 mm 的精轧螺纹钢加PVC套管取代了以前常用的对拉拉杆。用完后易取出,不易形成腐蚀通道,满足海上施工质量要求,且能反复利用,节约成本。

3.3 劲性骨架

劲性骨架在目前的斜拉桥施工中得到广泛应用,它对钢筋和模板具有定位、调整作用,对控制主塔的线形非常有利,对严重受季台风影响的海上施工安全起到保证作用。

特别是在上塔柱施工时,需预埋斜拉索索管,索管可在加工厂直接初安装在劲性骨架上,周围设置微调螺栓,在劲性骨架定位焊接好后,再利用

微调螺栓对索管进行精确定位。利用劲性骨架经过初装和精调两次控制定位安装索管,可以简化索管安装工序,减少索管定位时间,确保索管的空间位置的准确性。劲性骨架采取分节整体加工、整体吊装的方法,分节高度同塔柱施工节段一致。通过在工厂预制时控制好骨架的外形尺寸,每个节段的劲性骨架现场安装一般只需 $1\sim 2\text{ h}$ 。劲性骨架平面图如图3。

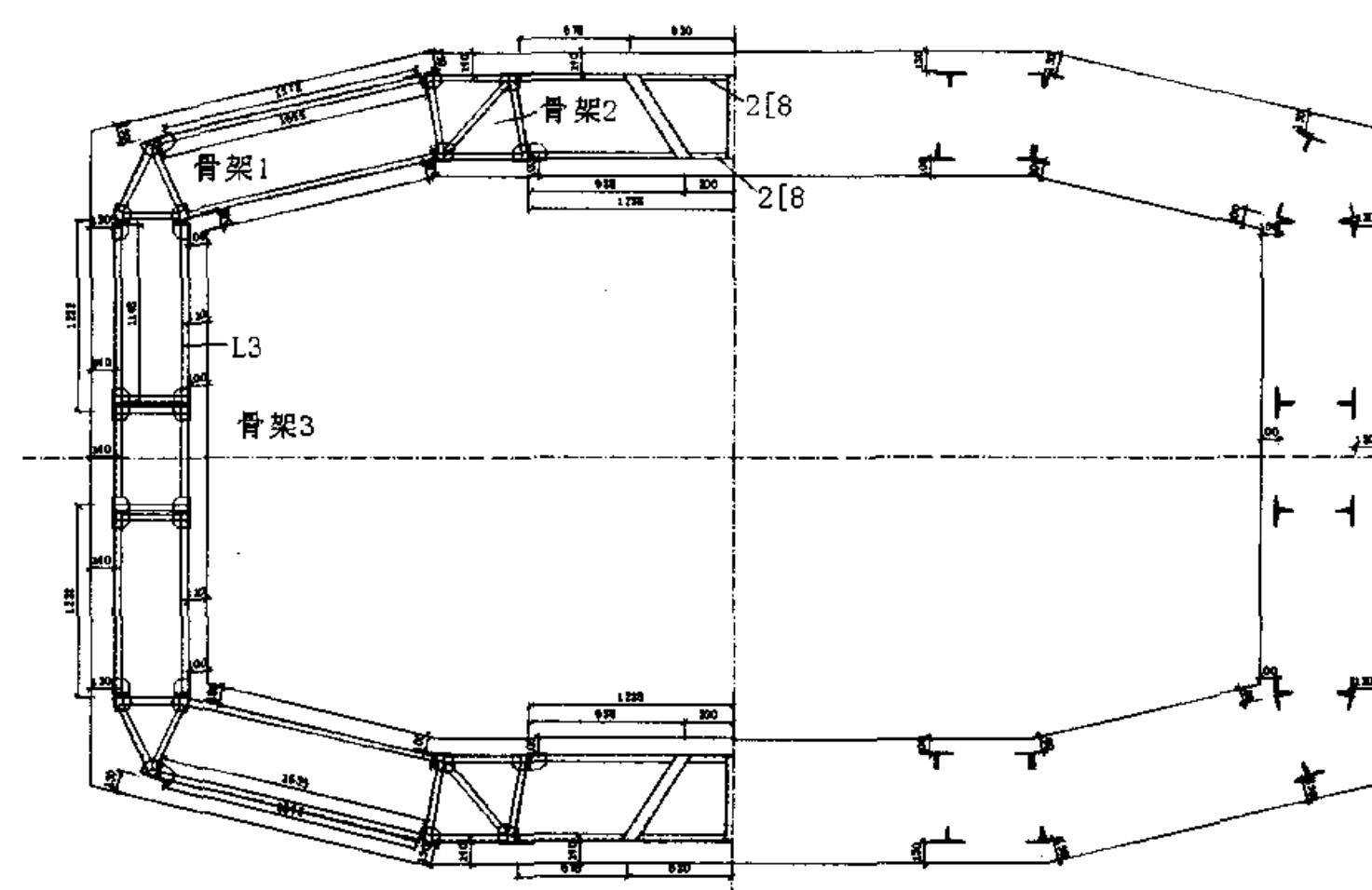


图3 劲性骨架平面布置图

3.4 混凝土供应

塔柱采用泵送混凝土入模,泵送混凝土采用高性能海工混凝土,坍落度要求为 $18\sim 22\text{ cm}$,坍落度损失控制在 2 cm 内。因此混凝土的品质要求可泵性强、缓凝高强、流动性好。为此,专门设计了混凝土供应方案:9#主墩紧邻岛侧,采用岛上混凝土工厂供应混凝土;10#主墩为水中墩,结合前期的钻孔施工,在主墩处设置了一个 $18\text{ m}\times 60\text{ m}$ 的墩侧加宽水上施工平台,在平台上设置了混凝土搅拌站以及施工人员生活区。

输送泵的选择是泵送混凝土施工成败的关键,也决定了塔柱施工的成败。根据塔高和施工需要,选择了混凝土输出压力为 15.7 MPa ,最高垂直输送高度可达 250 m ,输送能力 $43\text{ m}^3/\text{h}$ 的混凝土输送泵。输送泵管沿塔吊塔身布置。

通过对以上关键技术的认真研究和严格落实,有效地控制了总体工期并保证了主塔的施工质量。

4 结语

颗珠山大桥主塔施工的成功实践,不仅节约了临时风撑制造、安装、拆除所需的费用,并且将总工期提前了1个月左右,创造了可观的经济效益和良好的社会效益,为我国在外海环境下建桥提供了有益的经验积累。

在实际施工中,要结合设计条件与自然条件,

整体式钢浮箱在跨海大桥桥墩施工中的综合运用

张洪光, 陈礼忠

(上海市基础工程公司, 上海市 200002)

摘要: 在水中进行墩基础和防撞设施施工, 搭设操作平台是关键, 在风大浪急的外海, 施工难度更大。该文结合东海大桥主通航孔辅助墩及其防撞墩施工的成功经验, 为平台设计和搭设、承台吊箱围堰设计和防撞墩施工等提供了一揽子解决方案, 可供类似工程参考和借鉴。

关键词: 跨海大桥; 防撞墩; 钢浮箱; 接高下沉; 有限元分析

中图分类号: U443.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)05-0105-04

1 工程概况

已建成的东海大桥是我国第一座外海大型桥梁, 北起南汇芦潮港, 跨越杭州湾北部海域, 止于洋山岛, 是洋山深水港的重要配套设施, 工程全长30.5km。主通航孔为主跨420m的单索面钢-混结合梁斜拉桥。

辅助墩承台平面尺寸30.6m×16.6m, 高4.0m, 底标高+0.0m, 基础为14根直径2.5m、桩长85m的钻孔灌注桩; 防撞墩基础为12根直径1.3m、长度48m的钢管桩, 防撞结构为实心承台和空心隔栅结构(内灌海砂)。结构均采用高性能海工混凝土(桩基础为水下C30、承台为C40、墩座和墩柱为C50)。辅助墩及防撞墩设计见图1。

工程所在位置海区属非正规半日浅海潮区, 海水深度在9.5m~12.7m左右, 河床面标高-11m, 最大潮差为5.14m, 平均潮位为+0.34m, 年平均浪高0.8m, 区内最大风力一般为7~8级, 最大风速23m/s, 年平均可作业天数不足180d。

该工程基础施工的主要特点是: 风大浪急, 平台搭设难度大, 施工条件差, 水上施工周期长, 工

期难以保证。

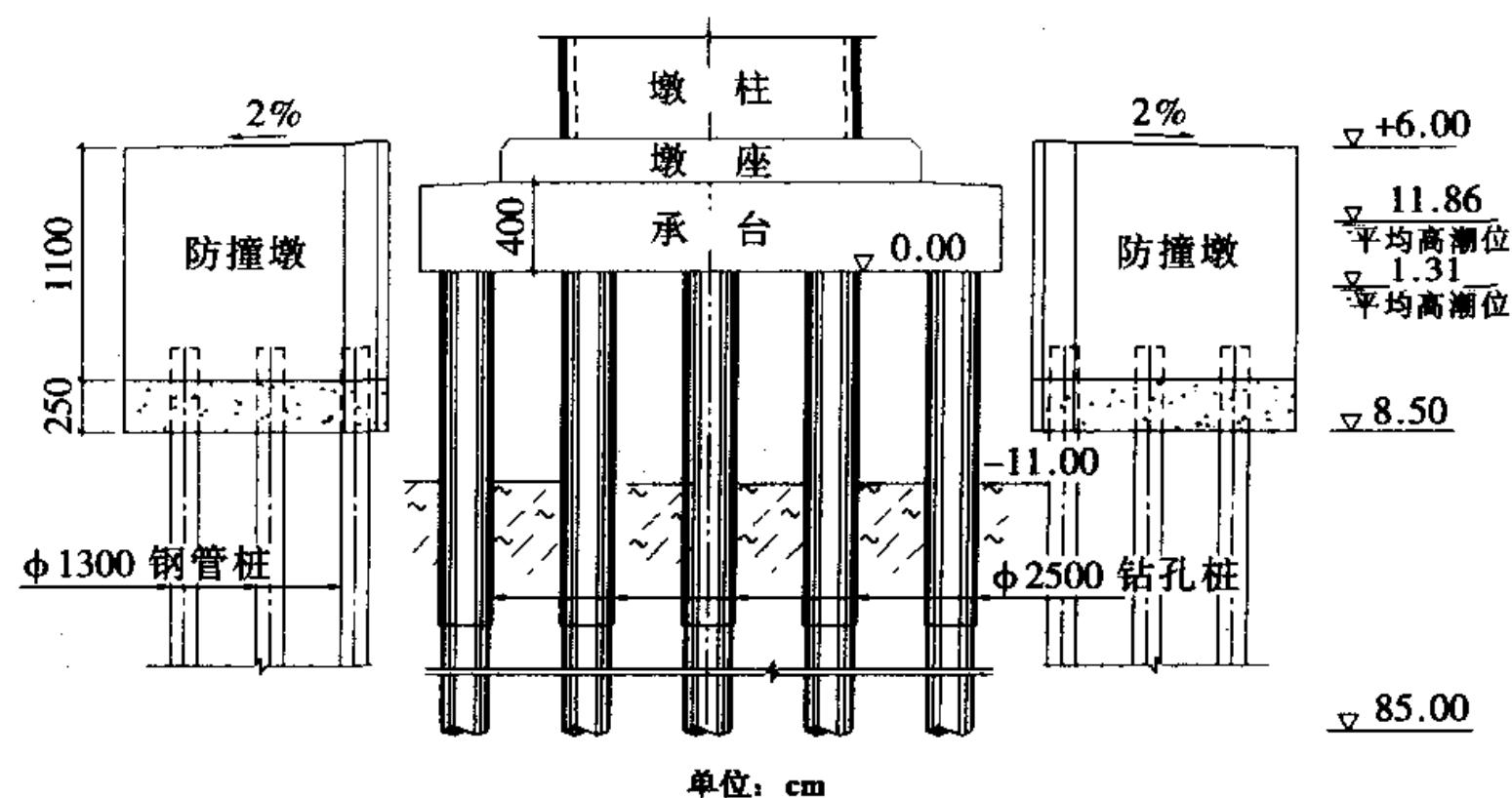


图1 辅助墩及防撞墩设计图

2 技术方案的确定

水中桥墩和防撞墩施工的常规技术方案一般为: 搭设高桩平台→打设钢护筒→钻孔桩施工→部分平台拆除→安装钢套箱围堰→封底混凝土、承台施工→安装防撞墩钢套箱→防撞墩结构施工。通过深入分析和研究后, 意识到常规方案的实施有较大困难:

(1) 在环境恶劣的海区搭设高桩平台施工难度大, 钢护筒打设精度无法保证, 对打桩船设备的要求较高。

(2) 平台拆除和钢套箱围堰安装占用大量时间, 钻孔桩完成后不能迅速转入承台施工, 时间跨拉桥施工工艺更臻成熟。

收稿日期: 2006-07-31

作者简介: 张洪光(1957-), 男, 上海人, 高级工程师, 副总经理, 从事桥梁施工管理工作。

并对总体工期目标进行全面分析, 合理安排每关键节点, 选择最优施工方案, 及时组织施工, 才能做到经济合理、安全可靠。

海上施工条件恶劣, 必须认真抓好每道施工工艺。在主塔施工中, 重点是要保证模板系统在风力作用下的稳定性, 劲性骨架的应用和模板系统的选择尤其重要, 对于裸塔施工期间临时抗风支撑的设置必须根据计算和施工安排确定。

由于海上施工条件复杂, 还需不断摸索, 吸取教训, 总结经验, 进一步优化工艺流程, 使海上斜

参考文献

- [1] 抗风设计规范, JTG/TD60-01-2004[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004
- [2] 路桥国际东海大桥 VII 标项目部. 颗珠山大桥总体施工组织设计[Z]. 2004
- [3] 陈明宪. 斜拉桥建造技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003
- [4] 刘士林, 梁智涛等. 斜拉桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002
- [5] 周孟波. 斜拉桥手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004