

跨临海水道钢栈桥及钢平台设计、施工研究

杨振兵

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 45000

摘要: 文章以某工程跨临海水道大桥为案例, 该大桥全长812m, 结合潮汐、气候、地形等特征, 阐述适应该大桥施工用临时钢栈桥及钢平台设计及施工方案, 通过数据收集、选择参数验算, 探究施工工艺及方法。通过施工现场长时间验证及结构监测, 确保钢管桩承载力、贝雷梁结构整体稳定性及运行期间的可靠性, 为同条件下工程施工提供工程实例。

关键词: 临海水道; 钢栈桥; 钢平台; 设计; 施工

引言

该临海水道特大桥是某高速的一段, 位于珠江口岸, 起讫里程为: K2+291.21 ~ K3+103.21, 总长812m, 与水道正交, 水道宽度约为730m。设计时速100km/h, 双向6车道, 桥梁段宽度33m; 本桥在第8、9跨越横门西航道, 为I级航道, 双孔通航, 设计通航净空131×18m。大桥设计最高通航水位3.8m, 最低通航水位-0.5m。桥梁上部结构为: (35+33)+4×35+(79+145×2+79)+(3×36)+48, 引桥采用柱式墩, 桩基为钻孔灌注桩基础。

桥区地处亚热带海洋性季风气候区, 光热充足, 雨量充沛; 受台风侵袭, 极端最大风速超过12级。受潮汐影响, 该河段属双向流河段。最大流速达1.56m/s, 平均流速为1.45m/s; 整个南海的风浪大于涌浪。一年中以3、4级浪为最多, 最大浪一般不超过7级。

地层岩性主要为淤泥、淤泥质粉质粘土、粉质粘土、粘土、粉砂、细砂、粗砂、砾砂等, 第四系全新统残积层(Q4e1)地层岩性主要为砂质粘土。

一、钢栈桥和钢平台设计

(一) 钢栈桥设计

东岸1#栈桥拉通至8#主墩处, 全长约为405m; 西岸2#栈桥拉通至9#主墩处, 全长约276.8m, 水上部分长约198m, 引桥长78.8m; 栈桥设计荷载为: 混凝土罐车55t, 履带吊75t。

8#至9#主墩间的预留通航孔施工期间预留宽度为129m, 栈桥一般段桥宽6.0m, 主墩处3跨为加宽段, 桥宽9m, 跨径12m。栈桥桥面标高6.0m, 底部标高4.029m。设计标高参数为洪潮水位20年一遇为标高2.994m。

栈桥采用上承式结构, 由下向上分别为: $\phi 529$ 、 $\delta = 8\text{mm}$ 钢管支墩(桥台)+双拼I40a工字钢横梁+纵向贝雷梁+I20a工字钢横向分配梁+[20a槽钢间隔面板。

钢管支墩采用三排钢管桩, 打入河床最深的地方约28m。栈桥管桩的横向均采用[20a槽钢作剪刀撑; 双排加强桩的纵、横方向采取[20a槽钢作为剪刀撑, 以提升其稳定性。每5跨为一联, 设复式制动墩进行增强; I20a工字钢横向分配梁间距45cm, 横桥面[20a槽钢净距5cm。

栈桥桥面护栏采用 $\Phi 48\text{mm} \times 3\text{mm}$ 钢管制作, 竖杆采用[10槽钢焊接在桥面[20a槽钢上, 扶手横杆纵穿过[10槽钢, 栏杆高度1.2m, 槽钢间距1.8m, 横杆表面涂红白相间反光漆, 底部安装高度不小于180mm的拦脚板, 走线槽位于栈桥的南侧, 净宽为320mm, 采用2根边宽为80mm的角钢, 纵向间距为1.8m, 角钢与角钢采用焊接, 角钢另一端与[10槽钢焊接, 焊接长度不小于10cm。角钢之上放置宽度为30cm槽式电缆桥架。

两侧沿护栏交错安照明灯, 间距15m, 栈桥收尾及每间隔20m悬挂红色闪烁警示灯, 栈桥及钢平台外侧每隔30m配置一个救生圈, 两侧错开布置; 外侧每隔15米左右挂设一个轮胎作为临时防撞设施。

两岸均采用混凝土桥台, 桥台尺寸为 $6\text{m} \times 1.4\text{m} \times 1.2\text{m}$ 的C20现浇混凝土基础, 桥台四周布置钢筋石笼, 防止河水冲刷桥台; 在桥台顶面设置型钢预埋件, 用于固定栈桥贝雷梁主纵梁。

(二) 钢栈桥细部结构设计

1. 分联及双排加强桩布置

为了增强整体稳定性, 每5跨为一联, 每联设伸缩缝, 且每联设一个双排加强桩作为制动墩, 加强桩之间的间距为3m。

2. 钢管桩基础

采用 $\Phi 529 \times 8\text{mm}$ 型号钢管，同排三根，6m 宽栈桥段间距 2.4m，9m 宽栈桥段为 3.6m。采用打入桩形式，除加强桩外不设纵向平联。栈桥管桩的横向均采用 [20a 槽钢作剪刀撑，以增强其稳定性。

3. 主横梁

主横梁采用双拼 I40a 型钢，长 6.0m/9.0m。主横梁与钢管桩之间采用嵌入式连接方式，即在钢管桩顶部开 U 形槽口，将主横梁放置其中，进行焊接连接，此外在 I40a 工字钢与钢管桩的连接处焊接 2 块 8mm 厚的加强钢板。

4. 主纵梁

主纵梁采用 321 型贝雷梁，每两片由定型花架连接成一组，各组间设置角钢剪刀撑，保证稳定性。

5. 桥面板体系

桥面板体系由横向分配梁、钢面板组成。贝雷梁上铺设 I20a 作横向分配梁，间距 45cm；桥面板采用 [20a 槽钢，净间距 5cm，在栈桥南侧铺设 1m 宽 2mm 厚的防滑钢板作为人形走道。

6. 附属设施

附属设施包括桥面栏杆、电缆架、照明设施等。桥面板铺设定后架立栈桥栏杆，高 1.2m，采用 [10 槽钢焊接焊在栈桥 [20a 上，立柱 [10 槽钢间距 1.8m，横向间隔 0.6m 焊接两道扶手，钢管采用 $\Phi 48 \times 3\text{mm}$ 。每隔 30m 安放一个救生圈，每隔 15m 设置夜间警示灯。

(三) 钢平台结构设计

1. 平台构造

钢管支墩、工字钢横梁、纵向贝雷梁、工字钢横向分配梁、槽钢反扣；在桩位处设孔口进行桩基施工，具体布置详见钢平台平面图。

2. 承重梁

承重梁采用 I40a 工字钢，横向主梁上架设纵向贝雷梁，横向分配梁采用 I20a（主墩钻孔平台采用 I22a），间距 45cm，分配梁上铺 [20a 槽钢，净间距 5cm，作为桥面板，形式与栈桥一致。

3. 主墩钢

主墩钢平台尺寸为：39.0m \times 23.15m，过渡墩钢平台尺寸为：33.0m \times 20.1m，引桥桥墩钢平台尺寸为：36.0m \times 13.5m。

主墩钢平台最大施工荷载为左幅 7# 主墩钢筋笼吊装，钢筋笼最大重量 43.64t，需采用 75t 履带吊进行吊装，因此吊装部位需承受的最大荷载为：61+43.64=104.64t，按 110t 进行设计验算。

主墩钢平台履带吊吊装部位贝雷片间距采用 45cm，贝雷梁间使用 45# 支撑架固定，其他部位贝雷片间距采用 90cm，贝雷梁间使用 90# 支撑架固定。

(四) 典型断面图

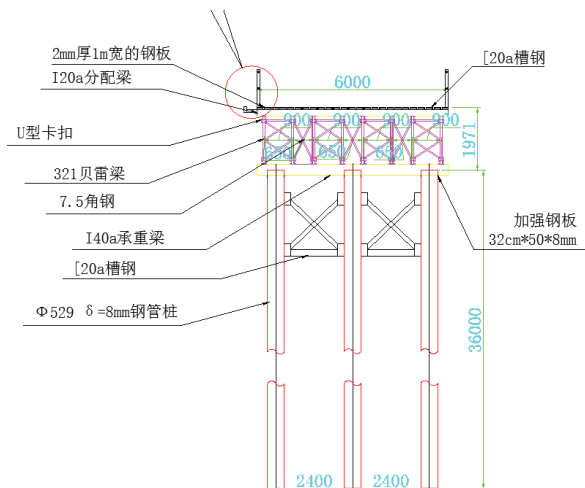


图1 6m宽栈桥结构剖面图

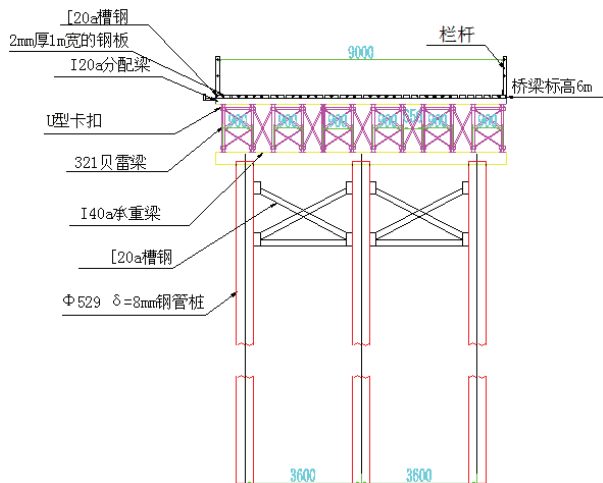


图2 9m宽栈桥结构剖面图

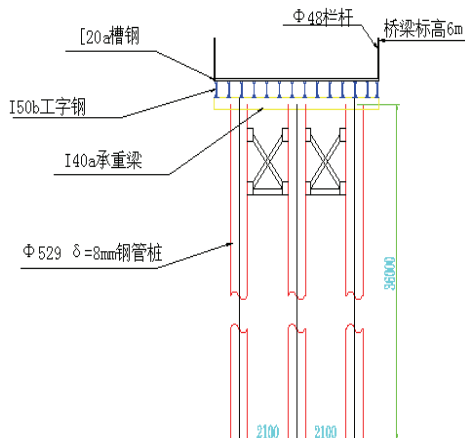


图3 跨堤岸栈桥截面图

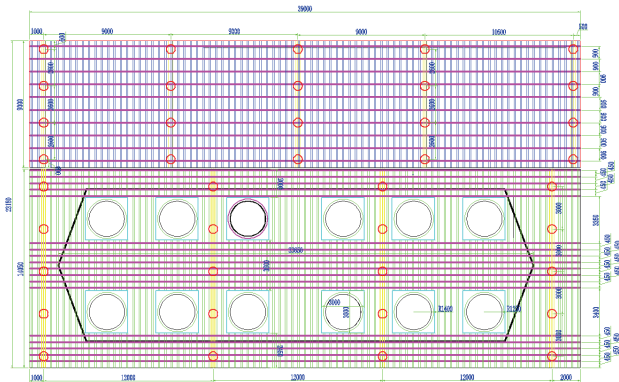


图4 主墩钢平台平面图

二、施工工艺流程

施工准备→测量放样→钢管桩定位→振动沉桩→安装剪刀撑至桩顶处→横向主梁整体吊装架→纵向贝雷梁吊装架设→桥面铺装→安装防护栏杆。

(一) 施工前准备

(1) 工程开工前, 对场区水准点及坐标点进行全面复测。

(2) 钢管桩定位: 采用全站仪进行现场测量放样, 使用对讲机了解、掌握打桩机调整钢管桩的垂直度和纠正平面偏位。利用已经打好的钢管桩进行预打的钢管桩进行桩位核对。

(3) 高程控制: 高程使用水准仪及附近河岸上设置水准点控制, 按三、四等水准测量控制。

(4) 试打2根, 核对水文、地质情况、选择的施工工艺基本吻合设计文件。

(5) 沉桩完成后, 测量人员应根据轴线测出桩的平面偏位值, 认真作好记录。施工总的测量工作归纳为: 桩位测量; 贯入度观测; 成桩平面位置和标高复测; 梁定位测量及复测; 梁的挠度观测。

(二) 钢管桩制作、加工及运输

钢管桩在厂家加工, 接桩在现场进行。钢管桩构件运输最大长度12m, 利用挂车运至施工现场, 底部做好支垫。采用柔性或刚性对钢管桩进行临时固定。

(三) 振打钢管桩施工方法

(1) 由施工放样人员乘坐船只在航道中利用全站仪设置浮标坐标, 由东、西两岸向航道中心推进栈桥架设, 履带吊配合DZ90振动锤悬打沉桩。

(2) 在全站仪测量和定位后, 使用履带吊将钢管桩吊起, 然后使用DZ90振动桩锤将钢管桩插打到设计深度。在插打过程中, 同时使用全站仪和吊锤观测管桩的垂直度, 通过对讲机通信及时调整, 以确保钢管桩的垂

直度保持在1%以内。

(3) 先从岸边插上钢管桩, 利用吊车启动, 连同钢管桩一起将振动锤移到桩上, 准确地将位置调正, 然后再使用震荡下沉的方法。每一桩操作都要一气呵成, 中途不要停顿过久, 以免造成土阻力复原, 沉下去的难度较大。从上游往下游依次插打, 并记入深度, 以此方法进行, 直到钢管桩全部完成施工, 并及时利用槽钢在每排钢管桩完成插打后进行临时衔接。以稳定的栈桥、平台为保障。

(4) 剪刀支撑和水平支撑应在各班完成前及时焊接。钢管桩插打时定位偏差 ≤ 0.1 米, 倾斜度 ≤ 1 。

(四) 钢管桩的接长及切割

钢管桩所需长度在12米以上, 需要接桩时先将打桩时造成弯曲的部分进行切割, 然后测量此时桩的顶标高度, 在经过岸上加工后, 将所需的接桩长度计算在打好的钢管桩上进行焊接。

在连接长钢管时, 除了确保桩与桩的充分焊接外, 还需在四周使用四块尺寸不小于20cm \times 20cm的加固钢板进行帮助焊接, 以增强连接稳定性。焊接时必须确保加固板与钢管壁密合, 所有焊接缝的高度不得少于6毫米; 桩基施工完成:

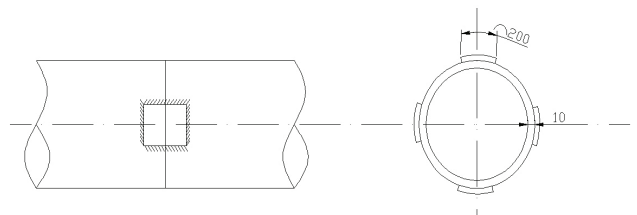


图5 钢管桩接长焊接示意图

钢管桩搭设完成后及时用剪刀撑连接, 横撑和剪刀撑均采用槽钢制作, 与钢管桩间满焊, 焊缝高度为5mm。钢管桩插打时定位顺桥向偏差 ≤ 0.1 m, 倾斜度 $\leq 1\%$ 。

(五) 钢管桩防腐

设计时, 应于先对土的腐蚀性和周围情况等进行调查, 在判明腐蚀程度的基础上, 施加必要的防腐材料, 如用涂刷防腐材料等。

(六) 上部结构施工

1. 工字钢主梁

完成打桩施工后, 在钢管桩之间安设型钢剪刀撑, 检查桩的偏斜和入土深度, 使之整体性成型。同时根据设计尺寸将气槽口设计在桩顶, 并保证平整的底部表面; 将2根140A工字钢主梁吊起并与钢管桩进行焊接固定, 在主梁和钢管的顶部进行全焊处理, 在保证工字主梁稳

定的情况下，两侧用钢板进行焊接固定。

2. 贝雷梁纵梁

贝雷梁沿横桥方向布置，贝雷桁架梁吊装就位偏差不大于5cm。注意贝雷桁架梁的支撑点部位如没有位于贝雷片的端部节点时，每片贝雷片都要用双[10的槽钢加强支点，以提高贝雷桁架梁的抗剪性能。贝雷梁之间采用45#、90#支撑架连接，以增加贝雷梁的整体稳定性。贝雷梁安放好以后，采用U型卡口将贝雷梁固定于2I40a型钢主梁。

3. 桥面系铺装

桥面系由I20a工字钢分配梁和铺[20a槽钢，净距5cm组成，分配梁间距45cm，工字钢与贝雷梁间采用U型卡口将贝雷梁固定，在已架设好的分配梁上铺设桥面[20a槽钢，净距5cm，采用焊接固定。

4. 栏杆安设

栈桥桥面护栏采用Φ48mm×3mm钢管制作，竖杆采用[10槽钢焊接在桥面[20a槽钢上，扶手横杆纵穿过[10槽钢，栏杆高度1.2m，槽钢间距1.8m，横杆表面涂红白相间反光漆，底部安装高度不小于180mm的拦脚板。

5. 钢管桩间斜撑、桩顶分配梁等施工

①在完成钢管桩振桩施工处后，马上进行平联、斜撑、桩顶分配梁的该墩钢管桩间施工。

②先测量放样，平联，斜撑在钢管桩上。现场施工技术人员对桩间平联长度进行实测，并在桩后下料，平联加工、斜撑焊接、分配梁桩顶等工序同步进行。

③平联、斜撑用起吊设备进行起吊，电焊工在就位后进行平联、斜撑的焊接。现场技术人员及时对焊缝质量进行了检查，合格后才进行了竖向分配梁的架设工作。而平联焊接则需要最低水位的情况下进行选择。

④电焊工将牛腿按测量放样位置焊接好后，将吊纵梁或横梁安装好并简单固定，焊缝全部符合设计要求。

⑤群桩的制动墩，在纵梁上测量放样后，将横梁吊起，置于纵梁顶端，电焊工将纵梁与横梁结合起来进行焊接。

(七) 钢栈桥的拆除

1. 拆除工艺流程图

拆除施工流程：施工准备→拆除栏杆→拆除面板→拆除分配梁梁→拆除贝雷梁及承重梁→拆除平联、斜撑

→振动锤拔钢管桩→材料转移。

2. 拆除方法

栈桥与钢平台拆除工作同搭设工作基本相反，桥面设施、桥面板、型钢分配梁、桩顶分配梁、钢管桩依次拆除，拆除方法与搭设方法基本相同，但同时要注意的是，在拆除钢管桩时，应使用履带吊配合振动锤。

拆除栈桥及钢平台时，使用钓鱼法，后退到起点的拔出方式拆除，边拆除，边利用栈桥运送材料到岸上仓储位置。对周围水域进行拆除保护，防止造成航道水流污染。

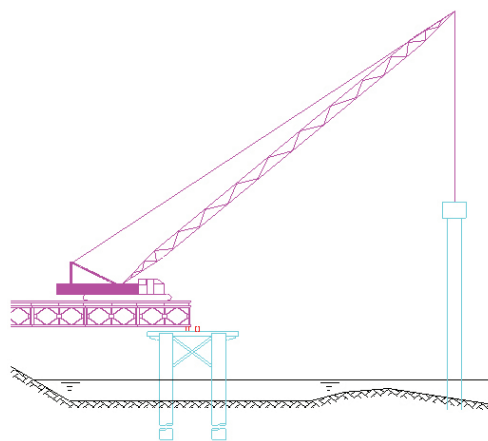


图6 “钓鱼法”拔除钢管桩

结束语

目前，该高速公路已通过竣工验收，栈桥自施工以来共使用约4年，经历了多次台风的吹打及长时间海水浸泡侵蚀，始终结构稳定，保证了工程的顺利完成，该栈桥及钢平台的结构设计及施工工艺、日常维护为类似工程提供了同条件下施工的参考。

参考文献

- [1] 卢振有, 曾云峰, 邓海常, 莫峰. 基于有限元分析的重载钢栈桥及钢平台施工技术研究[J]. 大众科技. 2023.
- [2] 邱永胜. 钢栈桥、钢平台设计与施工技术[J]. 交通建设. 2018.
- [3] 张广昆. 跨江钢栈桥及平台设计与施工技术研究[J]. 企业科技与发展. 2019.