

复杂环境下双壁钢围堰拼装施工关键技术

巩明¹ 齐志²

1. 中铁大桥局集团有限公司第二工程分公司 江苏 南京 210015

2. 广西柳梧铁路有限公司 广西 贵港 537306

摘要: 目前, 针对大跨度斜拉桥水上主墩承台结构尺寸大、水深较深的特点, 一般多选用双壁钢围堰作为挡水结构施工。本文结合新建柳梧铁路盘龙柳江特大桥主墩钢围堰拼装施工, 叙述承台位于岩溶地质条件的河床以下时, 总结比选先围堰后平台施工工艺的钢围堰运输拼装方案。

关键词: 钢围堰; 岩溶地质; 拼装; 斜拉桥

引言

目前国内在修建桥梁跨越江河湖海时, 出于对航道通航安全及远期规划的角度考虑, 往往采用一跨过江的设计形式, 多采用斜拉桥或悬索桥的型式。因此水中主墩承台一般尺寸大、入水深, 在面临环境局限性大, 采用先围堰后平台施工时需要选用最安全最经济的施工方案。

1 工程概况

新建柳梧广铁路为双线 I 级铁路, 设计速度为 160km/h, 其中盘龙柳江特大桥为全线重点控制性工程, 桥长孔跨式样为 30×32+(51.4+100+326+86.5+63.1) 斜拉桥+66×32m, 桥梁全长为 3787.424m, 其中主桥长 629m, 设计为主跨 326m 钢-混凝土混合梁斜拉桥, 钻石型索塔。为跨越柳江而设, 按规划 I 级航道等级进行设计。桥梁全线与柳北高速公路平行, 无交叉点, 两者最近相距 50m^[1]。

2 水文地质环境情况

2.1 水文情况

该桥横跨柳江, 桥址上距柳江红花水利枢纽约 84km, 该水库正常蓄水位为 77.64m, 为低水头径流式日调节水电站, 距象州县城 12.8km; 下距石龙三江口 16km, 距大藤峡水利枢纽约 129km, 该水库正常蓄水位 61.14m。

根据现场实际测量, 桥墩围堰范围内河床水位约 48m。根据水利部门关于该桥的防洪评价报告, 该桥基础设计时考虑承台顶标高不高于河床底标高为原则即可, 拟建大桥跨越航道技术应按内河 I 级航道及西部陆海新通道(平陆)运河通航标准确定, 桥位所在河段河床稳

定, 附近无易变洲滩, 航道水深充裕, 水流条件较好。拟建桥梁设计最高通航水位采用洪水重现期 20 年水位 70.70m, 设计最低通航水位取 48.03m。

2.2 地质情况

根据资料分析、现场调查及钻探揭示, 围堰处地质自上而下为卵石土、弱风化灰岩, 卵石土厚度约 1 米。地层岩性为, 承台范围下岩溶极其发育, 根据地勘显示 32#、33#墩在承台范围内均有溶洞。

3 总体设计方案

因承台位于深水中, 并且埋入河床以下, 所在在确定承台施工方案中选用双壁钢围堰作为挡水结构, 考虑到承台体积大, 水下深度大, 围堰的封底厚度随之变大, 直接导致围堰埋入河床以下的深度越深。又由于河床基岩基本上都是硬岩, 且岩体较完整, 为方便桩基及承台施工, 方案比选后决定采用先围堰后平台的施工方案。

盘龙柳江特大桥主桥 32#、33#主墩围堰与承台结构形式一致为圆端棱形六边形, 平面尺寸均为 35.97m×18.9m, 其中 32#墩围堰高 36m, 竖向分为三节, 每节高 12m; 33#墩围堰高 33m, 竖向分为三节前两节高 12m, 第三节高 9m。围堰设防水位为柳江十年一遇水位 +70.8m, 围堰顶标高均为 +73.667m。围堰采用双壁钢围堰结构形式, 由面板、加劲板、水平环板组成, 壁厚 1.5m。围堰底部设置 3.5m 厚封底混凝土。第一节底部设置 1.1m 高的刃脚, 便于围堰下沉及着床。围堰竖向节段采用焊接形式接高, 为便于接高在节段顶部设置法兰盘。

4 围堰制造方案确定

4.1 围堰制造场地比选

根据对墩位附近的可利用的场地、码头、道路以及吊装设备进行调查, 围堰的吊装运输是决定制造场地最主要的原因。因采用的是先围堰后平台的施工方案, 水文地质情况较为复杂, 桥墩处不具备墩位处拼装下放的

通讯作者: 巩明; 出生年月: 1989.08, 民族: 汉; 性别: 男; 籍贯: 江苏南京; 单位: 中铁大桥局集团有限公司第二工程分公司; 职位: 项目副总工; 职称: 工程师; 学历: 本科; 邮编: 210015; 研究方向: 铁路桥梁施工。

条件，选择分节段拼装利用浮吊吊装整体浮运至墩位吊装下放的方案最为方便快捷。经过周边场地调查后，选择位于柳江岸边的场地对钢围堰施工有进一步的优势，主要体现如下：①江边既有工厂场地最直接的优点就是不占用基本农田或林业用地，对节约用地有着积极的作用；②方便节段围堰整体吊装运输，增加水上运输的多

样运输方式，同时也减少了单元块段倒运次数；③采用整体吊装和浮运的方案，可直接在场地内将板单元制造并拼装，道路对平板车运输的约束影响降至最低，板单元的分块尺寸就可最大限度的放大，减少拼装的块段数量，降低拼装时间，对工期有着积极的影响。

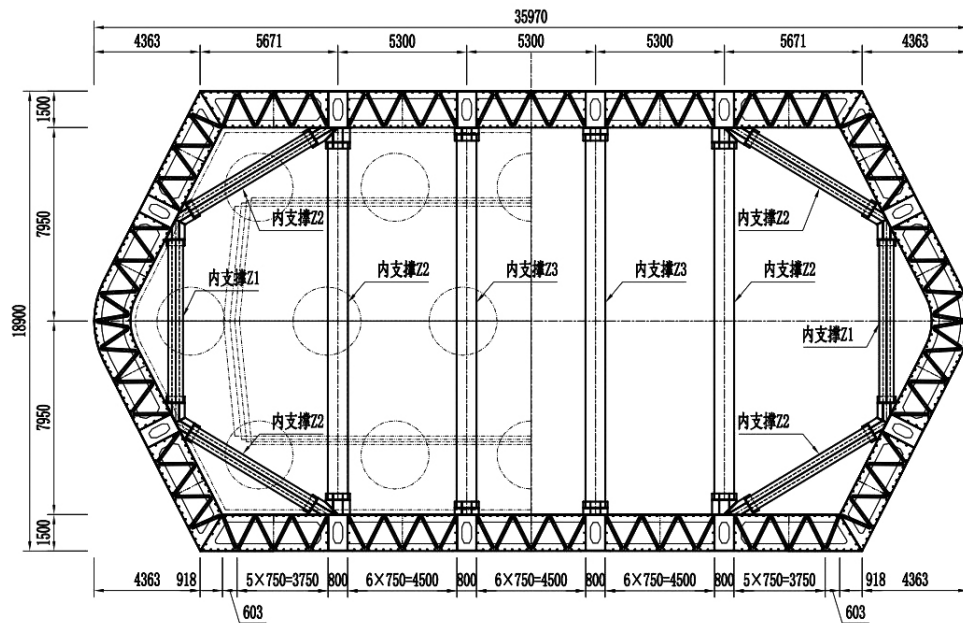


图1 围堰平面示意图

4.2 围堰拼装方案比选

前文介绍了墩位处的施工环境较为复杂，墩位处不具备吊装下放的方案，所以择优采用浮吊吊装下放的方案，围堰运输根据现场实际情况和施工经验考虑滑道入水浮运至墩位或浮吊整体吊装的方式。围堰滑道入水一般采用气囊下水或钢轨滑道入水，不管哪种方式下水，都需配置围堰托架、钢凳、后锚、卷扬机、下水坡道等设施，根据现场地形情况，要考虑围堰开始入水后围堰的角度因浮力导致的围堰的形态变化造成刃脚轮廓与轨道的冲突，现有地形坡度需按下水工况重新开挖调整，对坡道的角度要求十分严格，并且单个节段的围堰尺寸大重量重，对后锚及卷扬机的安全性能要求非常高，每一道工序均体现出技术难度高，施工周期长。在反复方案比较后，可因地制宜的利用江边有利条件，利用浮吊整节吊装再通过平板驳船运输至墩位，操作简单、节约工期并且在钢围堰运输过程中能对航道安全影响降至最低。

根据水文涨水水位信息，结合浮吊的吊距和钢围堰的尺寸情况，选择在制造场地靠近江边的位置搭建一座拼装平台，简单方便。

4.3 围堰总体施工方案

围堰在距离桥位下游4.5Km处加工场地制作，钢围堰均分块制造，钢围堰平面分为A、B、C、D、E五种类型节块：其中A块段2块、B块段4块、C块段4块、D块段4块、E块段4块。竖向单节总计18个块段。钢围堰由板材、型材下料，矫正后焊接成单元片，在胎架平台上将单元片组装成单元块，在拼装平台上组装成节段。围堰在船厂码头设立的拼装平台分节组拼成整体，先将第一节12m通过660t浮吊吊至1艘1200t平板驳上运输至墩位处，利用锚碇系统定位后浇筑刃脚混凝土，再将第二节围堰、第三节围堰通过同样的方式拼装、运输至墩位处，利用浮吊接高后钢围堰注水下沉，精确定位后着床，搭设钢护筒插打导向平台（兼做封底平台）后利用浮吊整体下放钢护筒同时浇筑壁舱混凝土，而后安装封底导管进行围堰封底，完成围堰整体施工。

5 围堰拼装技术

5.1 拼装场地施工

利用部分既有硬化场地+新搭设码头组成。硬化场地及管桩基础地基承载力均大于150kpa。拼装平台采用扩大基础+820钢管桩+2HM588型式，扩大基础尺寸为1.5m×1.5m×0.4m，管桩通过与基础上预埋件焊接。

5.2 拼装施工

(1) 块段运输。将完成的块段通过平板车运输至拼装场地。

(2) 摆放钢凳。在钢套箱的底部均铺设钢凳，钢凳摆放时要有测量人员进行定位，底节围堰按水平摆放拼装，在布置钢凳时顶面要抄平，标高误差小于5mm。

(3) 侧板拼装顺序及方法。在拼装过程中，为防止钢凳的位置发生变化，需将钢凳与地面进行固定。将侧板的位置线投到钢凳上，并做好明显的标记。钢凳限位处预先焊好。按照拼装方案开始拼装第一块侧板，选择先拼装块段C，后沿着长边方向进行围堰拼装。侧板定位好后，应检查侧板的倾斜度和端头的垂直度。在吊机松钩前应拉设加缆风防止倾倒。为保证围堰的结构尺寸，应随时检查每块侧板的相对位置和倾斜角度，使误差控制在允许范围内。

由于侧板较高，为保证侧板拼装时自身稳定与安全，并且根据围堰侧板分块的设计，首先拼装侧板C节块（转角块段），再向两侧依次拼装。

①放样：以设定的围堰中心轴线为基准，在地面上放出围堰侧板的位置线，和壁板隔舱板的位置线，在地面标识出侧板各单元块的分块对接点位置。

②抄垫：根据地面标示出的侧板单元块对接位置摆放侧板支撑钢凳，此时注意钢凳的上顶面与底隔舱钢凳的上顶面高度差，所有的侧板下钢凳应在同一水平面内。由于地面的高低不平，所有的钢凳均必须抄垫到位。

(4) 围堰内支撑的拼装。在拼装内支撑之前，应对整个围堰的结构尺寸进行测量，保证钢围堰的相对尺寸。为确保围堰吊装过程中结构稳定及变形满足要求，在围堰拼装完成后焊接临时内支撑进行固定。

5.3 围堰运输

钢围堰在造船厂码头拼装完成后，通过660t浮吊将钢围堰吊运至驳运船上，运输至墩位处，钢围堰最重节段为480t。吊装第一节时，浮吊吊杆采用60m长，水平夹角为60°。660t浮吊为双主钩，两钩横向间距为2.5m，每钩下设4根钢丝绳（纤维芯），围堰吊点共8个，焊接于隔舱板处，吊耳倾斜，与吊绳共面。钢丝绳为Φ90mm（8×61），公称抗拉强度 $\sigma = 1770\text{MPa}$ ，最小破断力 $[P] = 5120\text{KN}$ 。吊耳采用20mm钢板外贴30mm厚贴板组成，吊耳开φ95mm孔，穿入85t卸扣（卸扣销轴85mm）。

钢围堰短边长度为18.9m，采用甲板货船进行围堰节段整体运输，船舶长54.6m，船宽12.5m，A区载货量1222t，型深3.6m，满载吃水深度2.5m。

为避免因浮吊吊装转体时钢围堰产生晃动增加浮吊

吊运危险性，将运输驳先纵向平行于码头停放于离浮吊30m处，浮吊吊起围堰垂直缓慢驶离码头，驳运船行驶至围堰下方，浮吊吊运钢围堰调整位置下放至驳运船上。

5.4 钢围堰接高拼装

运输船驳将底节、顶节围堰运输至墩位附近后，停泊在预定位置。

利用660t浮吊起吊底节围堰，浮吊转体顶进至设计位置后，浮吊下放底节围堰下水，围堰浮运至墩位处，连接后拉缆并过边锚，对称收紧前后拉缆和边锚，完成围堰初定位。

割除底节围堰吊耳露出部分，拆除影响顶节围堰就位的临时设施，利用660t浮吊起吊顶节围堰并与底节围堰对位，就位并精确调整后进行节段间环向焊缝施工。对焊缝外观进行检查后，用真空法检验现场焊缝的水密性，合格准备下沉工作。

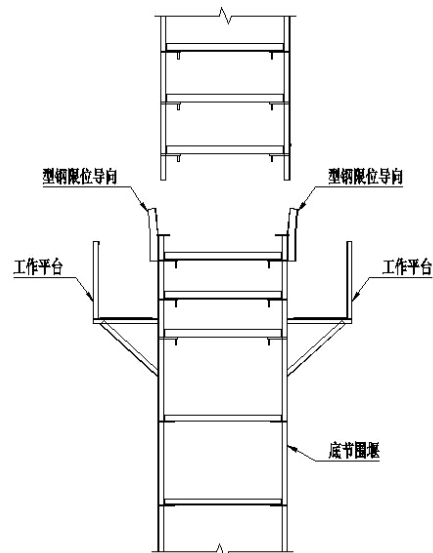


图2 围堰接高拼装示意图

围堰注水下沉后进行精确定位，测量合格后浇筑封底混凝土，完成钢围堰的施工，为后续桩基和承台做好施工准备。

6 结论

在不影响正常通航的前提下，在如此复杂的水文地质深水环境下施工，本方案解决大型钢围堰整节段拼装和整节段下水技术难题，从节约材料、节省工期和降低劳动强度，减少安全隐患的角度解决大型钢围堰在先围堰后平台的条件下确定的施工方案，可为类似桥梁施工提供借鉴与参考。

参考文献

[1]中铁二院工程集团有限公司.新建柳州至梧州铁路施工图[Z].成都: 中铁二院工程集团有限公司, 2022.