

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.05.021

引用格式:徐霞飞,模块式无封底双壁钢围堰施工方法探讨[J].公路与汽运,2024,40(5):119-123.

Citation:XU Xiafei.Discussion on construction method of modular unsealed double-wall steel cofferdam[J].Highways & Automotive Applications,2024,40(5):119-123.

模块式无封底双壁钢围堰施工方法探讨*

徐霞飞

(湖南省益常北线高速公路建设开发有限公司,湖南 益阳 413000)

摘要:以湖南沅辰(沅陵—辰溪)高速公路辰溪沅水特大桥主桥 5[#]主墩钢围堰施工为工程背景,提出模块式无封底双壁钢围堰施工方法,模块式单元间采用高强螺栓连接,提高围堰周转率。建立考虑围堰施工 3 种工况的有限元仿真模型,进行变形、应力和围堰抗浮验算,结果表明,围堰刚度、强度和抗浮稳定性均满足施工要求;进行围堰锚固与防渗试验,验证围堰锚固的稳定性及止水效果;介绍模块式无封底双壁钢围堰施工工艺,提出刃脚锚固成槽、围堰拼装下放、锚固混凝土灌注等主要工序的施工措施和要求。

关键词:桥梁;双壁钢围堰;无封底混凝土;模块式设计;低桩承台;深水基础

中图分类号:U443.16

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2024)05-0119-05

双壁钢围堰常用于桥梁深水承台施工,可根据现场地质和水文条件、施工设备等,对施工工艺和方法进行适应性调整,确保深水基础安全和高效施工^[1-2]。裸岩河床低桩承台施工时,常采用水下爆破法开挖至设计标高后进行围堰拼装、下放、着床就位,最终灌注水下封底混凝土^[3],该方法满足深水围堰抽水工况抗浮稳定性要求。但不利于环境保护,无法有效降低工程材料消耗,且围堰构件类型多^[4-6]、结构复杂、焊接工作量大,由于现场施焊条件差,焊接质量无法保证;围堰拆除时水下切割工作量大、施工时间长、施工环境恶劣,施工安全风险较高。为倡导绿色低碳施工,针对该类应用场景,有必要对钢围堰进行优化,在保证安全和质量的前提下,提高钢围堰结构回收周转率,减少施工临时材料投入^[7-9]。为提高施工效率,提高围堰周转率,优化封

底混凝土设计,确保围堰施工安全,本文以湖南沅辰(沅陵—辰溪)高速公路辰溪沅水特大桥主桥 5[#]主墩钢围堰施工为工程背景,根据河床地质特点,设置无封底模块式双壁钢围堰结构,对围堰进行模块化设计,优化传统设置封底混凝土层的抗浮方法,提出模块式无封底双壁钢围堰施工技术,优化双壁钢围堰拼接方法,提高拼装工效和施工安全性。

1 工程背景

1.1 项目概况

辰溪沅水特大桥位于辰溪县城东侧,为沅辰高速公路控制性工程。主桥横跨沅水,为(100+2×180+100)m 预应力混凝土连续刚构桥,桥梁长度 560 m,主桥立面总体布置见图 1。桥位区以山地和丘陵为主,总体地势东南高、西北低,河沟内地形起

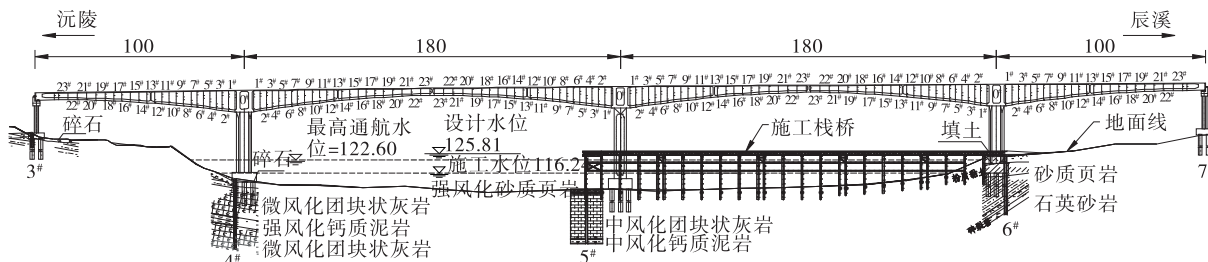


图 1 沅水特大桥主桥立面总体布置(单位:m)

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(52078486)

1.5 m 高刃脚块。围堰竖向分 2 节,长边 10 块,短边 5 块,单元块间设置 1.0 cm 厚止水橡胶条,采用 8.8 级 M20 mm×60 mm 高强螺栓连接。标准块围堰设计见图 4。

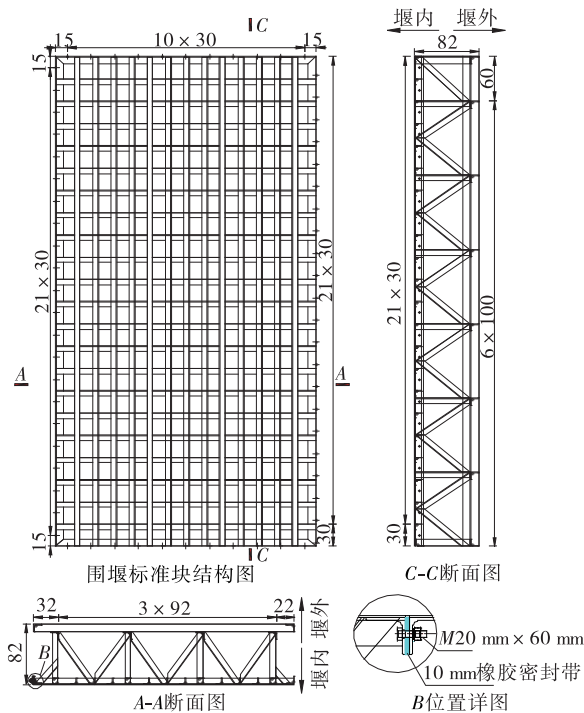


图 4 围堰标准块设计(单位:cm)

2.2 模块式围堰结构计算

2.2.1 计算工况及荷载计算

针对模块式无封底双壁钢围堰施工过程中的 3 种工况分别建立有限元计算模型,计算工况及对应施工步骤见表 1,图 5 为工况一的有限元模型。

围堰面板采用板单元模拟,内支撑等采用梁单元模拟,共划分梁单元 80 745 个、板单元 34 980 个、节点 49 100 个。边界条件为围堰刃脚底部固结。按照设防水位+115.00 m,最大水流速度取 3.76 m/s。最不利荷载组合为(1.2×自质量+1.2×静水压力+1.05×流水荷载)×1.1。

表 1 模块式无封底双壁钢围堰的计算工况

| 工况编号 | 施工步骤 |
|------|------------------------------|
| 工况一 | 抽水形成干作业面 |
| 工况二 | 第一次体系转换(第三层内支撑在承台上,第二层内支撑拆除) |
| 工况三 | 第二次体系转换(回填承台与围堰间空隙,拆除第一层内支撑) |

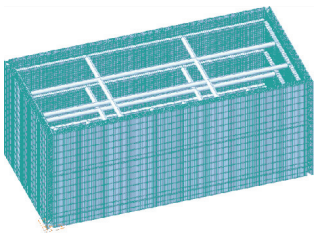


图 5 工况一模块式围堰有限元计算模型

2.2.2 围堰计算结果

各工况下模块式无封底双壁钢围堰各构件的结构应力见表 2。从表 2 可看出:钢围堰构件的最大正应力为 87.91 MPa,小于 Q235 钢材容许设计值,壁板最大变形为 21.5 mm<L/400=33 000/400 = 82.5 mm,强度和刚度均满足要求。

表 2 模块式无封底双壁钢围堰结构验算结果

| 工况编号 | 构件最大正应力/MPa | | 杆件最大轴压力/kN | | | 壁板最大变形/mm |
|------|-------------|--------|------------|-------|-------|-----------|
| | 壁板 | 围檩 | 长边内支撑 | 短边内支撑 | 壁板间腹杆 | |
| 工况一 | 48.09 | -87.91 | -416 | -929 | -112 | 5.6 |
| 工况二 | 72.93 | -86.59 | -352 | -802 | -124 | 6.3 |
| 工况三 | 80.94 | -86.92 | — | — | -145 | 21.5 |
| 最大值 | 80.94 | -87.91 | -416 | -929 | -145 | 21.5 |

2.2.3 围堰抗浮验算

围堰内抽水完成后,双壁钢围堰底部锚固于岩层,钢壳结构自质量 $G_c=580$ t,围堰内降水完成后所受浮力为:

$$F_w=\gamma_w h_w A_n=39\,230.4\text{ kN}$$

式中: γ_w 为水的密度(kN/m³), $\gamma_w=10$ kN/m³; h_w 为围堰内外最大水位差(m), $h_w=8.0$ m; A_n 为围堰

内降水面积(m²), $A_n=490.38$ m²。

抗浮安全系数为:

$$K_f=G_c/F_w=0.145<1.1$$

根据验算结果,围堰刃脚需提供不小于 37 469.44 kN 的锚固力,以满足抗浮要求。

2.2.4 围堰锚固与抗渗试验

在桩基施工阶段对河床裸岩锚固力、岩层渗透

系数进行试验,采用地质钻机成孔,设置 3 个由精轧螺纹钢、混凝土形成不同锚固深度 L_1 、 L_2 、 L_3 的破坏试验模型,3 个模型的试验最大张拉力分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 ,基岩破坏直径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 。通过

冲孔,在河床设置钢护筒并灌注护筒锚固混凝土,再对护筒内进行降水,观察护筒内水位上升速率,确定围堰锚固的稳定性及止水效果。图 6 为基岩锚固力试验模型。

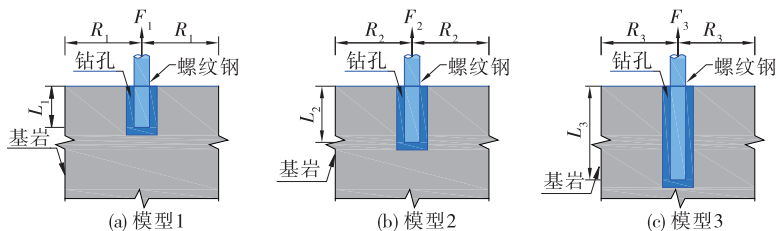


图 6 基岩锚固力试验模型

3 模块式围堰施工

3.1 施工工艺

在河道枯水期进行围堰施工。将工厂加工并检验合格的围堰模块运输至施工现场,刃脚冲槽验收合格后,拆除钻孔区施工平台,在桩基施工用护筒上设置拼装牛腿,测量定位模块后竖向连接螺栓紧固,并检查螺栓扭矩、止水橡胶条受压情况。平台顶面布置吊挂下放系统,将首节围堰下放就位后吊挂系统持力,灌注刃脚混凝土,待混凝土强度发展后(以下简称等强),拆除吊挂下放系统,继续接高第二节围堰并安装支撑体系,进行首次试抽水,符合要求后继续进行堰内抽水,施工承台及墩身。由于 5# 主墩施工区域岩石工程特性良好,根据下放、抽水后围堰内实际状况,采用钢花管注浆止水对河床进行处理。总体施工工艺流程见图 7。

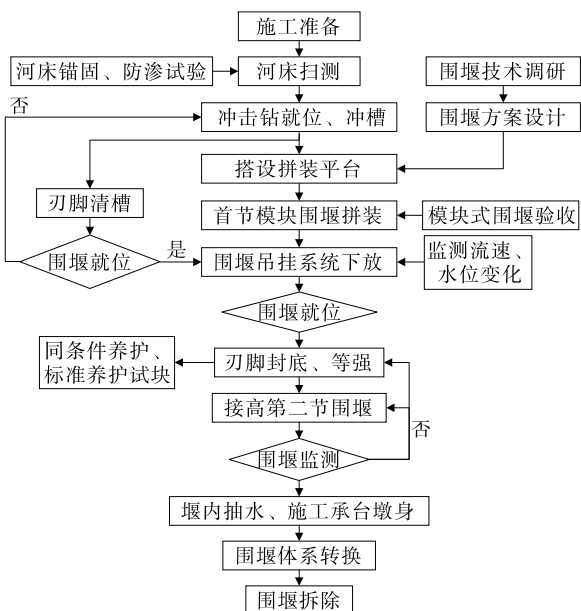


图 7 模块式围堰总体施工工艺流程

3.2 刃脚锚固成槽

将冲击钻机布置于栈桥、平台上,对围堰刃脚进行冲槽,并检测水下成槽宽度和深度,重点检测槽底标高。刃脚设计位置距栈桥平台较远时,搭设导向架为冲击钻机提供作业平台,进行刃脚冲槽,并通过气举反循环对冲击和清渣产生的废弃物进行清理。

3.3 围堰拼装下放

利用桩基施工用护筒为主承重体系搭设双壁钢围堰拼装平台,履带吊吊装堰体进行安装。按设计吊质量将标准块拼宽后整体对称吊装,以减少不对称变形,确保围堰间栓接密贴。首节钢围堰下放悬吊体系由承重托架、千斤顶及同步控制系统、反压梁、精轧螺纹钢、吊耳、垫梁等组成,对称布置吊点。由于水流速度较急,依托桩基钢护筒设置可装卸式平面定位装置进行围堰精准定位。首节围堰拼装和下放分别见图 8、图 9。

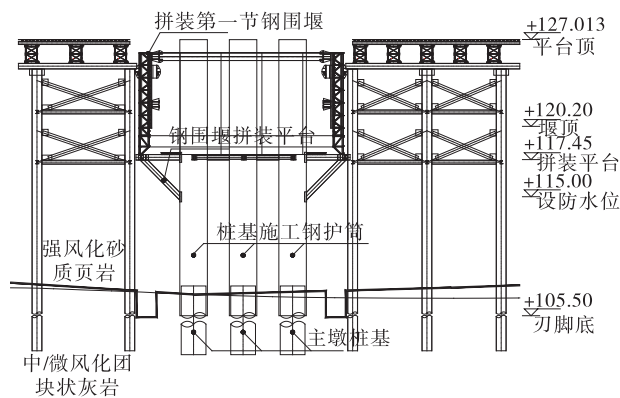


图 8 首节围堰拼装示意图(单位:标高为 m,其他为 cm)

3.4 锚固混凝土灌注

为保证混凝土浇筑时围堰的位置姿态保持平衡,使用混凝土泵车配合 2 根导管(围堰内外侧各 1 根)进行混凝土浇筑。由外侧往内侧反压灌注刃

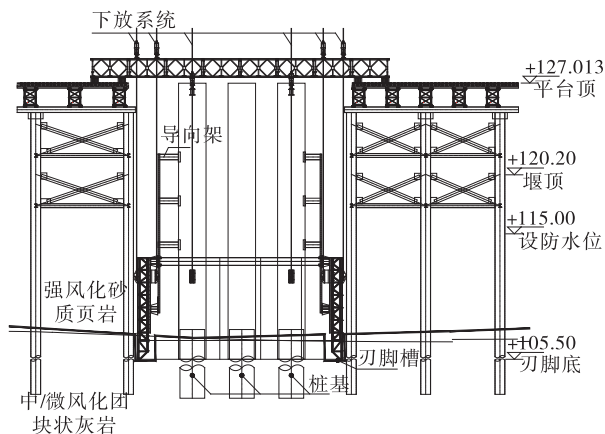


图 9 首节围堰下放示意图(单位:标高为 m,其他为 cm)

脚槽内混凝土,外侧混凝土与内侧混凝土灌注高度一致,内侧混凝土高度不足时在两轮内对内侧进行补灌,防止混凝土浇筑间隔时间过长造成分层;浇筑控制标高为+116.75 m,导管下放间距为 1 m/处,导管悬空控制在 10~15 cm,刃脚混凝土浇筑中采用锤线法进行标高控制,确保内外侧混凝土均浇筑至设计标高。灌注流程为上游侧小里程角点(由小里程往大里程浇筑)→上游侧大里程角点(由上游往下游浇筑)→下游侧大里程角点(由大里程往小里程浇筑)→下游侧小里程角点(由下游往上游浇筑)→在上游侧小里程角点处浇筑合龙。围堰 4 个角点位置均以超灌 5 倍理论混凝土用量控制,围堰刃脚封底混凝土灌注必须保证连续,不可中断。待刃脚混凝土强度达到要求后,对称拆除悬吊系统,以第一节围堰为平台进行围堰接高。

将模块式无封底双壁钢围堰施工方法应用于沅水特大桥 5[#] 主墩承台施工,堰内抽水后无明显渗、漏水现象,节约围堰安装、拆除工期约 20 d,避免了裸岩河床的大面积开挖,减少 C25 水下封底混凝土 980 m³,提高了围堰结构周转率,且有利于现场展开工厂流水线生产。该桥的高质量顺利建成证明了模块式无封底双壁钢围堰施工方法的可靠性和先进性。

4 结语

本文通过对工程特性较好的中风化砂质页岩河床模块化围堰设计进行方案论证与实践,针对深水环境、河床岩性较好裸岩区设计模块化双壁钢围堰方案。辰溪沅水特大桥 5[#] 主墩承台施工的应用结果表明该施工方法可行,模块式单元间采用高强螺栓连接,提高了围堰周转率;有限元计算结果表明围堰刚度、强度和抗浮稳定性均满足施工要求,围堰锚固与防渗试验验证了围堰锚固的稳定性及止水效果。该施工方法可为类似工程施工提供参考。

参考文献:

- [1] 安关峰,梁立农.钢围堰工程技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.钢围堰工程技术标准:GB/T 51295—2018[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [3] 张延河,郑宗昊,徐海云.深水无覆盖层倾斜岩面双壁钢围堰设计与施工[J].中国港湾建设,2019,39(11):46-51.
- [4] 李荣.双壁钢围堰支撑体系优化设计研究[J].中外公路,2018,38(1):187-191.
- [5] 张弛.可回收装配式止水钢围堰的综合对比与设计选型[J].工程与建设,2021,35(5):946-949.
- [6] 刘晓敏,强伟亮,于海力,等.江津白沙长江大桥浅覆盖层桥塔承台无封底组合围堰设计[J].世界桥梁,2021,49(5):9-14.
- [7] 王达,严伟飞,刘旺,等.黄河上游超大型双壁钢围堰结构受力分析[J].公路与汽运,2021(4):135-139+145.
- [8] 吴代生.深水裸岩河床条件下无封底双壁钢围堰的设计问题与施工风险控制[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [9] 李彩霞,陈云辉.深水基础临时设施模块化设计与施工[J].西部交通科技,2016(7):69-72.

收稿日期:2024-02-22

(上接第 102 页)

- [5] 黄华,白豪,周文杰,等.拉索损伤时 V 形双钢拱塔斜拉桥动力特性及抗震性能分析[J].长安大学学报(自然科学版),2021,41(2):114-124.
- [6] 陈治邦,鲁乃唯.斜拉索腐蚀损伤下斜拉桥体系可靠度

研究[J].公路工程,2020,45(1):6-11.

- [7] 刘陈韬,李新生,贾春鑫,等.独塔不对称斜拉桥拉索索力施工监控研究[J].公路与汽运,2022(2):105-109.

收稿日期:2023-03-25