

# 龙溪口航电枢纽现浇钢筋混凝土排架结构应用

王 虎<sup>1</sup>, 符业晓<sup>1</sup>, 徐 洋<sup>2</sup>

(1. 中交四航局第四工程有限公司, 四川 成都 610000;

2. 四川岷江港航电开发有限责任公司, 四川 乐山 614000)

**摘要:** 针对钢筋混凝土排架结构与附属设备安装联合施工时出现的精度控制差、质量难以保障的问题, 依托龙溪口航电枢纽工程泄洪闸启闭机房钢筋混凝土排架结构工程, 进行了钢筋混凝土排架结构施工工艺标准化和施工质量控制要点的研究。通过优化施工组织、施工工艺, 提出工期、质量优化措施, 明确排架结构施工过程中支架搭设和模板组装为主要控制要点, 为同类航电枢纽工程中的排架结构应用提供参考。

**关键词:** 泄洪闸; 现浇混凝土排架; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: U64; TV61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0094-05

## Application of cast-in-place reinforced concrete shelving structure in Longxikou Navigation-power Junction

WANG Hu<sup>1</sup>, FU Yexiao<sup>1</sup>, XU Yang<sup>2</sup>

(1. The Fourth Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd., Chengdu 610000, China;

2. Sichuan Minjiang Port & Shipping & Electricity Power Development Co., Ltd., Leshan 614000, China)

**Abstract:** In view of the problems of poor precision control and difficult quality assurance in the joint construction of reinforced concrete shelving structure and auxiliary equipment, the standardization of construction technology and the key points of construction quality control of reinforced concrete shelving structure are studied based on the reinforced concrete shelving structure project in the spillway gate opening and closing room of Longxikou navigation and power hub project. The methods of optimizing construction organization and construction technology are adopted to put forward the optimization measures of construction period and quality, and make it clear that the erection of bracket and template assembly are the main control points in the construction process of shelving structure, it provides reference for the application of shelving structure in similar navigation and power hub projects.

**Keywords:** spillway gate; cast-in-place concrete rack; construction technology; quality control

现浇钢筋混凝土排架结构作为由柱、梁、基础组成的框架结构形式, 多应用于工业厂房、剧场和图书馆等大型构筑物, 而随着航电枢纽工程的发展, 泄洪闸作为以宣泄洪水并调节控制水位的工作闸位, 部分兼具冲砂功能, 其启闭机闸室需要结构简单、大空间、尺寸统一等特点的结构形式, 与现浇钢筋混凝土排架结构完美契合, 但由于设备尺寸限制, 排架结构形式多采用多层、

多排框架形式, 一般在泄洪闸预制梁安装完成、验收合格后施工, 施工过程中启闭机排架与工作闸门槽、检修闸门槽交叉作业, 应满足后续设备安装精度。

本文依托岷江龙溪口航电枢纽工程右岸泄洪闸排架施工, 针对泄洪闸启闭机排架结构施工工艺、施工过程管控要点、施工精度控制等方向进行研究。

收稿日期: 2023-06-07

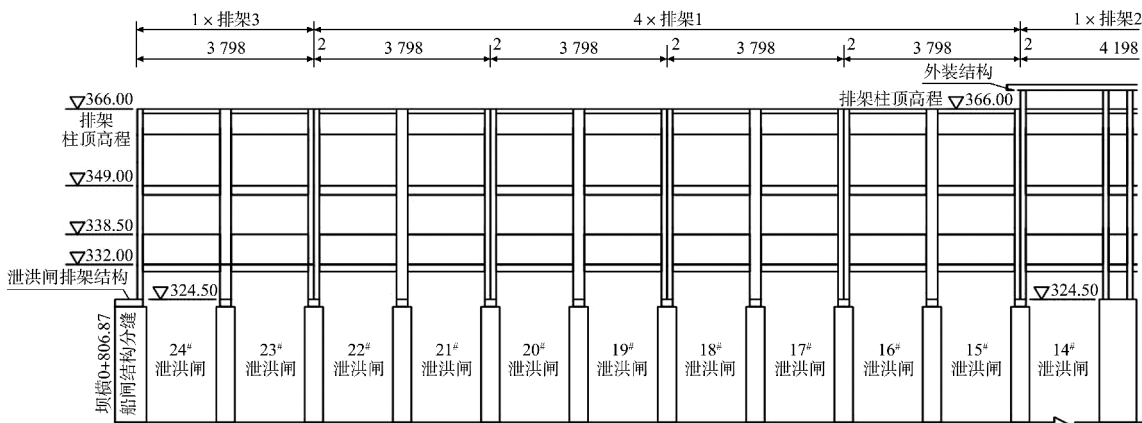
作者简介: 王虎 (1992—), 男, 硕士, 工程师, 从事建筑、市政、水利工程等施工技术管理。

1 工程概况

岷江龙溪口航电枢纽工程右岸 14<sup>#</sup>~24<sup>#</sup>孔泄洪闸坝共计 11 个坝段, 总长度 211.79 m, 桩号为 0+595.08—0+806.87 m。泄洪闸坝顶高程 324.50 m, 闸孔净宽 15.0 m, 闸墩厚度 4.0 m, 每孔设上游检修闸门槽、下游检修闸门槽及中间工作门槽, 闸段分缝线设在闸孔中心, 每个坝段长 44 m。上部结构为启闭机钢筋混凝土排架结构, 排架底高程 324.5 m, 顶部高程 366.0~370.0 m, 共分 6 榀

排架(1 榀排架 3, 1 榀排架 2, 4 榀排架 1), 结构抗震设防烈度Ⅶ度, 排架板、梁、柱混凝土强度等级均为一级配 C35 混凝土。

排架柱自右岸往左岸划分为: 1 榀排架 3, 长 37.98 m; 4 榀排架 1, 长 4×37.98 m; 1 榀排架 2, 长 41.98 m, 有小半部分长度与左岸排架结构相连接; 右岸排架总长度为 214.19 m。结构布置和施工现场见图 1。



a) 结构布置(高程: m; 尺寸: mm)



b) 施工现场

图 1 右岸 14<sup>#</sup>~24<sup>#</sup>孔泄洪闸排架

2 施工组织安排

2.1 前置工序完成情况

泄洪闸坝顶交通工程采用预制梁和槽形结构, 包括闸坝面梁 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub>、电缆沟 L<sub>3</sub>、滑线电缆沟 L<sub>4</sub>、

门机梁 L<sub>5</sub>。其中最小预制梁为 L<sub>2</sub>, 质量为 26.585 t; 最大预制梁为 L<sub>5</sub>, 质量为 70.592 t。本工程共 11 跨, 每跨 25 片预制梁, 共 275 片梁。预制吊装完成后尺寸偏差控制见表 1。

表 1 排架下部梁、板尺寸控制

检查项目	中心偏差/mm		梁(板)顶面纵向高程/mm	相邻梁(板)顶面高差/mm
	梁	板		
规定值及允许偏差	≤5	≤10	±10	≤10
检查方案和频率	尺量:每跨测 8 个支撑处,不足 6 个时全测		水准仪:每跨测 6 处,跨中、桥墩(台)处应布置测点	尺量:测每相邻梁(板)高差最大处

2.2 施工条件

1) 启闭机排架施工材料和机械的运输通道由右岸 2#施工道路经泄洪闸上部施工临时道路、右岸船闸(设贝雷桥)到达泄洪闸排架施工区域。

2) 启闭机排架的施工用电由船闸进水口顶的变压器供给,每个班组安装 3 个配电箱。

3) 施工用水取用施工范围内的岷江水,主要是混凝土养护及基础面清理用水。集水箱布置在 13#墩墩顶左上游侧,供水主管沿 13#墩顺水流方向布置至电缆沟,沿电缆沟布置 1 条 DN100 的供水主管,在每个排架柱位置设置阀门,供每组排架及梁板养护用水。

4) 临时设置小型移动式空压机供风,供基础面凿毛及清理用风。

2.3 进度安排

启闭机排架柱共分 7 层施工,施工工期见表 2。

表 2 启闭机排架柱施工工期

层号	管架 搭设	钢筋 绑扎	模板 安装	混凝土 浇筑	模板 拆除	合计
1	2	2	1	1	1	7
2	2	2	3	1	1	9
3	2	2	1	1	1	7
4	2	2	3	1	1	9
5	2	2	1	1	1	7
6	2	2	1	1	1	7
7	2	2	3	1	2	10

1) 14#~24#闸孔启闭机排架高程为 324.50~349.00 m,计划施工时间 56 d,分 2 个班组进行作业,一个班组施工 13#墩顶至 14#孔排架、15#~16#孔,17#~18#孔共 3 个单元;另一班组施工

19#~20#孔、21#~22#孔、23#~24#孔 3 个单元以及右侧楼梯及电梯井。计划进度时间为 2022 年 6 月 22 日—8 月 16 日。

2) 349.00 m 高程以下支架在试块抗压强度达到混凝土强度设计值的 100%后方可拆除,拆除时间共计 15 d。

3 排架结构主要施工工艺

3.1 工艺流程

工作闸门及检修闸门孔洞封闭→测量放线→盘扣式钢管满堂脚手架搭设→模板安装加固及钢筋绑扎→质量验收→混凝土浇筑→模板拆除→混凝土养护→盘扣式钢管满堂脚手架拆除。

3.2 闸门孔洞封闭

启闭机排架采用搭设满堂脚手架的方式施工,工作闸门、检修闸门孔洞及上游电缆沟位于满堂脚手架搭设范围内,需将孔洞临时封闭,待启闭机排架施工完成后恢复。根据承载要求,满堂架立杆基础全部落在工字钢或预制梁顶面上。工作闸门部位工字钢布置主要考虑梁板浇筑时盘扣架、模板、钢筋、混凝土等的自重及相应施工过程中的活荷载,相应盘扣架搭设高度为 22.5 m。

工作闸门孔洞封闭措施:用 I24B 型工字钢沿闸门门槽中心线方向间隔 0.9 m 布置,考虑到楼板顺水流方向有 4 根纵向的 600 mm×1 200 mm 梁全部跨过工作门槽,每根梁布置 2 根间距 0.6 m 的 I24B 型工字钢。安装后在工字钢上部沿长度方向每间隔 0.5 m 焊接一根 20 mm 钢筋,将所有的工字钢连接成整体。在钢筋网上除开盘扣架位置,先满铺一层竹夹板,用铁丝将竹夹板与钢筋网紧密绑扎,竹夹板面层再满铺一层 40 mm×80 mm 的木枋。

检修闸门孔洞封堵措施:用 I22B 型工字钢沿闸门门槽中心线方向间隔 0.9 m 布置,铺设布置方法同上。按满堂盘扣架搭设布置,最上游侧立杆落在电缆沟梁的腹板顶上,因此先用 2.0 m×3.0 m 钢模板将电缆沟封闭,钢模板须垫平固定,再在上面安装盘扣架。

3.3 盘扣式钢管满堂脚手架搭设

本排架结构采用承插型盘扣式钢管脚手架作为安装钢筋、模板的操作平台,与满堂支架同步搭设,连接成整体,搭设范围为建筑物外轮廓外延 1.2 m,高度 324.5~349.0 m。主要构配件见图 2,

规格型号见表 3。搭设流程:设置可调底座→放置标准基座→立杆安装→纵、横向扫地杆安装→纵、横向水平杆安装→调直、调平架体→安装上部杆件→安装双向斜杆→安装端横杆、斜杆→安装可调顶托和主次龙骨→检查验收<sup>[1]</sup>。

表 3 主要构配件规格型号

名称	主要用途和连接方式	规格
标准基座	与可调底座横杆连接,可使基础稳固稳定,让后续搭设动作更加快捷	管径:φ60 mm×3.2 mm,上、下各超出圆盘 100 mm
主架立杆	圆管内连接棒连接或外套管式连接,为脚手架系统的主要支撑和受力构件	长度:1.0、1.5、2.0、3.0 m; 管径:φ60 mm 水平斜杆 3.2 mm; 圆盘间距:0.5 m
水平杆	以标准铸钢连接件和楔式自锁插销固定横杆头与圆盘,使各主架间相互支持、平均受力,减少弯曲变形	长度:0.6、0.9、1.2、1.5 m; 管径:φ42 mm×2.5 mm
竖向斜杆	抵挡水平力,增强稳定性,分散各杆件、节点间负荷,使圆盘架发生不扭曲变形	截面:0.9 m×2.0 m、1.2 m×2.0 m; 管径:φ33 mm×2.3 mm
水平斜杆	限定圆盘架成为正方形,使水平力受力均匀,尤其是对排架结构高层支撑架,稳定作用极好 <sup>[2]</sup> ; 搭接方式与横杆相同,采用水平对角连接	截面:0.9 m×0.9 m、0.9 m×1.2 m; 管径:φ42×2.5 mm

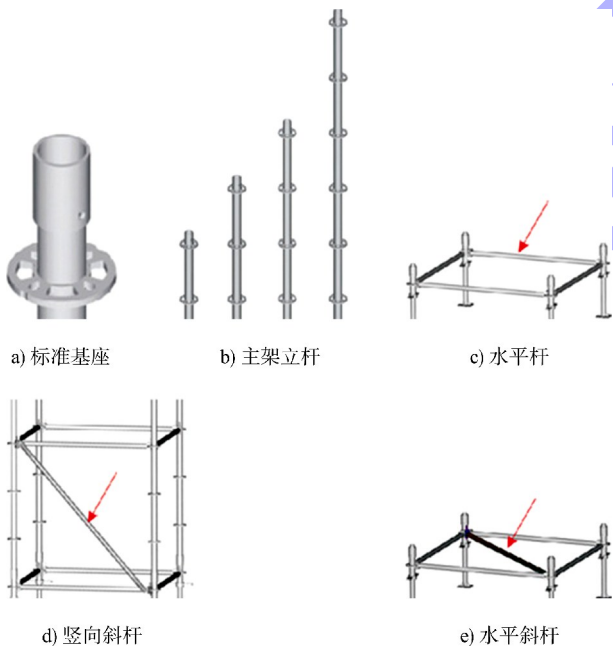


图 2 主要构配件

3.4 排架模板安装及加固

排架柱采用新型方柱卡箍加固优质清水模板的形式,方柱卡箍由 4 个弯头单片镀锌卡板组成,卡板单侧折弯,且沿长度方向设有规定数量、间隔相同的固定孔,卡板和限位套通过楔形固定销固定。卡箍由单臂弯板和固定销组成,数量各 4 个,单臂弯板存在并列的双排卡孔,方圆扣加固的方

柱尺寸通过调节单臂弯板上固定销的位置来确定<sup>[3]</sup>。柱和梁模板由人工拼装就位,主要加固方案如下。

1) 排架柱加固方案。柱子模板采用厚度 15 mm 的覆面木胶合板拼装而成;柱和梁模板由人工拼装就位,柱模板分别利用 40 mm×50 mm (KZ-1)、40 mm×80 mm (KZ-2) 方木作为竖向围檩,采用 10#钢抱箍加固;柱宽度方向设置 8 个竖楞,柱长度方向分别设置 8 个 (KZ-1)、15 个 (KZ-2) 竖楞,立面抱箍第一道间距分别为 100、150 mm,其它位置抱箍间距设置为 200 mm 一道。

2) 排架梁加固方案。底模、侧模和梁面板同样采用厚度 15 mm 的覆面木胶合板拼装而成,梁侧主楞采用双钢管布置,间距 500 mm,钢管尺寸为 φ48 mm×3.5 mm,底面和侧面次楞采用 50 mm×100 mm 的方木,梁底次楞间距分别为 100 mm (KL-1、KL-3)、200 mm (KL-2),梁侧次楞间距 200 mm (KL-1、KL-2)、150 mm (KL-3),在梁两侧立杆设置双槽钢托梁,采用高强螺栓连接,在生根件内插入梁底顶托。梁顶托根据不同梁的界面宽度均分布置,每个双槽钢托梁上设置 4 根梁底



顶托,双槽钢托梁沿立杆纵距进行布置。

3) 排架板加固方案。板下各立杆之间的设计间距为长 900 mm、宽 1 200 mm,采用尺寸为 50 mm×100 mm×3.0 mm 的单层方钢管组合形成主龙骨,坝体长度方向布置;次龙骨尺寸为 50 mm×100 mm 的方木,间隔 150 mm,沿坝体轴线垂直方向布置;200、300 mm 模板分别采用尺寸为 15、18 mm 的厚木胶合板,梁下部支撑采用 M60 盘扣支架<sup>[4]</sup>。

#### 4 排架施工过程管控要点

##### 4.1 脚手架搭设质量保证措施

1) 所有脚手架产品检验合格,具备质量合格证和检验报告等文件。

2) 可调托撑规格和尺寸作为模板水平控制的关键因素,应按规范、标准规定选取,同时结合现场使用要求进行更严格地控制,抗压承载力设计值应 $\geq 40$  kN,外径 $\geq 36$  mm,与螺母旋合长度 $\geq 5$  扣且螺母厚度 $\geq 30$  mm。

3) 可调托撑插入立杆内的长度 $\geq 150$  mm,自由伸出长度 $\leq 200$  mm,顶托底部设置纵横水平拉杆,拉杆距顶托顶部距离 $\leq 300$  mm。

4) 支托板厚度 $\geq 5$  mm,板面要求平整、顺滑、无裂缝、无孔洞,变形应 $\leq 1$  mm。支托板与螺杆之间的焊接要牢固,焊缝高度应 $\geq 6$  mm。

##### 4.2 钢筋绑扎质量保证措施

1) 钢筋的绑扎按设计文件、图集、交底书等指导文件开展,对于柱、梁、板等构件交叉处钢筋,务必保持顶面钢筋在相同平面上并预留振动棒操作空间,且钢筋应布置均匀,扎紧丝的扭结、丝尾倒向骨架内侧<sup>[5]</sup>。

2) 钢筋安装施工前,画模板安装控制线,在箍筋安装过程中,以控制线为准使用红外线水平仪校正钢筋骨架,同时分别在骨架底、中、顶部设置定位钢筋以确保钢筋骨架位置。

3) 保护层要准确,扎紧牢固,立筋、平面筋顺直均匀排列,直筋应贯通,箍筋、附加筋无悬空、各钢筋搭接方式和搭接长度符合设计要求。

4) 梅花形垫块容易受外力偏位失效,使用穿心垫块替换梅花形垫块控制,厚度按设计要求,宽度为厚度的 1.5~2.5 倍,内部安放扎紧铝丝,穿心垫块应牢牢扎紧在主钢筋上,避免松动脱落、位移失效等情况,以便有效控制钢筋保护层厚度。

#### 5 结论

1) 由于受到水流、潮湿环境等影响,排架结构的连接节点、自身裂缝、施工质量等方面面临更加严苛的要求,随着行业发展对建筑物外观质量重视程度日益增加,下一步应针对排架结构表面清水混凝土工艺、抗冲刷处理、连接节点加强措施等方面进行深入研究。

2) 排架结构体系本质上为传统框架结构体系的延伸,在航运工程中推广应用的场景逐渐增加,通过本工程的应用,对排架施工准备、标准化工艺流程、管控要点进行分析,对同类工程建设具有重要的参考意义。

#### 参考文献:

- [1] 王胤清.新型承插型盘扣式支架在高大模板支撑体系中的应用[J].城市住宅,2020,27(3):219-220.
- [2] 符谦.圆盘支撑架在连续刚构桥现浇 0#块中的应用[J].建筑工程技术与设计,2013(8):79-80.
- [3] 闫强.可调节式方柱模板加固件在框架柱施工中的应用[J].建筑工程技术开发,2018,45(8):47-48.
- [4] 刘占龙.预制混凝土排架在水利工程的应用[J].黑龙江水利科技,2014,42(8):53-54.
- [5] 王亚东.高层建筑主体结构施工技术要点及质量控制[J].门窗,2016(10):187.

(本文编辑 王传瑜)