

· 水工建筑物设计与施工 ·

大花水水电站厂房上部钢—混凝土柱结构 施工技术综述

田德智, 杨文

(中国水利水电第九工程局, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 大花水水电站主厂房上部采用新型焊接箱型钢—混凝土排架柱结构, 屋顶采用下弦柱点支撑、螺栓球节点正放四角锥网架结构形式, 其工程量大、结构复杂、现场安装难度高、施工工期极紧张。为此, 采取了对高达20.7 m的构架柱整柱吊装、对柱内混凝土一次回填完成的施工措施, 这不仅节约了施工工期, 还取得了一定的经济效益, 并为类似工程的施工提供了一定的实践经验。

关键词: 水利水电工程施工; 厂房钢—混凝土结构; 施工技术; 大花水水电站

中图分类号: TV52 **文献标志码:** B **文章编号:** 1007-0133(2007)02-0065-03

0 概述

大花水水电站厂房位于大坝左岸下游, 紧接压力管道末端, 厂房内布置有2台100 MW的混流式水轮发电机组。厂房由主副厂房、尾水渠等组成, 其中主厂房尺寸为55.0 m × 23.0 m × 58.3 m(长 × 宽 × 高), 主厂房排架柱为焊接箱型钢—混凝土柱结构。沿主厂房和安装间上下游两侧分别布置9榀排架柱(共6跨18根柱), 箱型构架柱高20.7 m, 其中上柱高8.5 m, 截面为1 100 mm × 1 100 mm; 下柱高12.7 m, 截面为2 100 mm × 1 100 mm。单根箱型构架柱重约25 t, 柱内回填混凝土的设计标号为C40-I。厂房桥机吊车梁为预应力混凝土T型梁, 吊车梁最大跨距为10.3 m, 桥机额定起重量为2 × 250 t。厂房屋顶采用螺栓球节点正放四角锥网架结构形式, 屋面材料为50 mm厚EPS夹心板。

厂房上部钢结构包括构架柱、焊接H型钢梁和柱间支撑共约550 t, 工程量大, 结构复杂, 现场安装难度高, 施工工期极紧张。故要求生产、运输、安装同步协调交叉进行, 并确保工程工期与质量。

1 构架柱制作安装施工

1.1 构架柱制作

1.1.1 原材料及设备

构架柱制作材料采用Q345B型钢板, 翼缘板厚28 mm, 腹板厚20 mm, 加劲肋及盖板厚14 mm。原材料由业主负责采购, 所有进厂钢材必须有出厂合格证及原始资料, 且经复试合格后方可使用。所有加工设备要求功能齐全、性能良好, 焊条应具有出厂合格证或材质报告。电焊条使用前应用烘干箱进

行烘干, 且焊丝及焊剂必须与所用的母材相配套。

1.1.2 钢板下料焊接

构架柱的钢板下料采用数控火焰切割机进行切割, 开坡口方法为碳弧气刨切割单面坡口, 下料完成后进行调直校正。所有焊缝均为Ⅱ级焊缝, 柱身主体焊接采用手工电弧焊, 部分焊接采用电渣压力焊接的方法进行; 焊接时设置引弧板, 先焊对接焊缝再焊角焊缝, 对接焊缝须作超声波探伤试验, 检测等级为二级。

1.1.3 构架柱组装

组装在钢板铺设的操作平台上进行, 装配前须检查操作平台和腹板的平直度, 以腹板作为组装基准, 在其组装面上按施工图分别放出隔板及加劲肋板装配线, 并用样冲标志。构架柱组装要先组装加劲肋与隔板, 装配好后须施焊完毕方可进行下道工序; 其后的构架柱整体组装在U型结构全部完成后进行, 先将U型结构腹板边缘矫正好, 使其不平度不大于L/1000, 然后在下盖板上放出腹板装配定位线, 翻转与U型结构组装, 定位点焊采用对称施焊法。

1.1.4 防腐处理

钢构件在加工、运输、存放等过程中, 表面往往带有氧化皮、铁锈制模残留的型砂、焊渣、尘土以及油和其他污物, 在涂装前必须对工件表面进行清理。大花水水电站厂房构架柱钢板表面主要采用喷丸机械处理法, 即利用离心力将弹丸加速, 抛射

收稿日期: 2007-02-16

作者简介: 田德智(1972-), 男, 贵州省印江县人, 工程师, 国家一级注册建造师, 从事水利水电施工技术及管理工

至钢板表面进行除锈清理,相关部位配合钢丝刷和砂轮手工处理,除锈等级达到 Sa2.5 级。钢板内侧与柱内混凝土接触部位进行涂苛性钠水泥浆防腐处理并达到 st1.5 级,先喷厚 120 μm 的镉,再涂厚 30 μm 的环氧富锌底漆和厚 80 μm 的氯化橡胶面漆。经验收各项防腐处理指标均符合设计要求。

1.2 构架柱的安装

构架柱高 20.7 m,单件重 25 t,若分节吊装则柱身现场拼接质量难以保证,施工工期也将大大延长;若整柱吊装,则当时上游副厂房还不具备吊车操作条件且施工仓面狭窄,故吊装难度巨大。迫于工期的压力,经理论上反复论证和现场模拟吊装后,最后采用 100 t 汽车吊进行整柱吊装。其中:厂房下游侧构架柱均利用尾水 737.5 m 高程平台作为工作平台一次性吊装;厂房上游侧安装间和 2 号机的构架柱则利用安装间 737.5 m 高程板作为工作平台进行一次性吊装;待上游副厂房 737.5 m 高程板浇筑完成并达到设计强度后即可作为工作平台整体吊装上游侧 1 号机的构架柱。

采取这些措施后,提前 15 d 为桥机安装提供了条件,节约了宝贵的施工工期。

1.2.1 安装准备工作

为确保地脚螺栓的定位准确,采用钢模板孔套进行定位,埋设地脚螺栓时并反复校核土建基础施工的柱脚定位轴线,待无误后方能进行混凝土的浇注施工。地脚螺栓露出地面的部分用塑料布进行包裹保护。

1.2.2 构架柱吊装

构架柱采用 100 t 汽车吊吊装,起吊点位置确定在柱顶,在柱翻转时采用 20 t 汽车吊配合,钢柱起吊后,须以缆风绳控制以确保安全;当柱脚距地脚螺栓约 30~40 cm 时扶正,使柱脚的安裝孔对准螺栓缓慢落钩就位;然后经过初校待垂直偏差在 20 mm 内时拧紧螺栓临时固定,即可脱钩。

1.2.3 构架柱校正

构架柱垂直度校正用经纬仪和吊线锤检验按表 1 的质量要求采用千斤顶进行校正。标高校正用千斤顶将底座少许抬高,然后增减垫板厚度,柱脚校正无误后立即紧固地脚螺栓;待钢柱整体校正无误后在柱脚底板下浇注细石混凝土固定。

1.2.4 钢梁吊装

钢梁吊装在构架柱安装固定且复核完成后进行。钢梁吊装时采用 2 点对称绑扎起吊就位安装。钢梁起吊后当距柱基准面 100 mm 时慢慢就位,待钢梁吊装就位后进行对接调整校正,然后固定连

接。钢梁吊装时要随吊随用经纬仪校正,有偏差需随时纠正。

表 1 厂房构架柱、钢梁的安装质量标准

项目	允许偏差/mm	
	构架柱	钢梁
垂直度或轴线	垂直度 ≤ 5	轴线 ≤ 5
标高	柱顶 ≤ 3	钢梁面 ≤ 3

1.2.5 钢梁校正

钢梁轴线直度和钢梁面高程的测量校正,采用千斤顶和倒锤进行,校正后立即进行固定。

2 构架柱混凝土灌注施工

因构架柱整柱高度较大,在封闭的构架柱中浇灌混凝土能否保证混凝土的密实不离析十分重要。一般钢—混凝土柱中混凝土质量的通病有:不易振捣造成漏振;混凝土在硬化时会出现收缩造成脱空;下料高度较大时容易造成离析;受钢—混凝土柱封闭的特点可能有空气滞留柱内造成施工缺陷(产生气泡或断层)。针对以上质量通病,通过分析比较决定采用泵送混凝土一次浇筑成形的方案。该方案因钢柱内水分不易蒸发具有相当稳定的湿度条件,故可省去浇水养护工序,从而简化了混凝土的养护工艺。

考虑到钢—混凝土柱的密闭性使混凝土中水分无法析出,加上附着式振捣器在柱外振捣粗骨料相对下沉而砂浆上浮,当柱中多余水分上浮至浇筑层面上易形成砂浆层和泌水层;同时混凝土在硬化过程中的收缩易导致管壁与混凝土黏结不紧密造成空鼓,因此在施工过程中必须对钢—混凝土柱施工的各个环节进行控制,并采取如下措施:

(1) 合理设计混凝土配合比:选用较小粒径(5~20 mm)级配良好的优质碎石为粗骨料,选用级配良好的中粗砂(粒度模数 2.6~2.9)为细骨料,水泥选用贵阳水泥有限责任公司生产的“金刚”牌 P. O42.5 水泥,掺合料选用贵州凯里发电厂商品粉煤灰,以保证此混凝土拌合物在 3 h 内均能保持较大的流动性;掺入 0.3% 微膨胀氧化镁,可以使混凝土具备微膨胀性能,防止混凝土收缩脱空;配制出的混凝土拌合物初始坍度在 120~180 mm 之间,使和易性优良,然后再掺入泵送剂,以满足 C40 混凝土强度等级的要求且易于泵送。

(2) 为保证混凝土质量和增加泵送管的灵活性,在整根柱的腹板中开 1 个 40 cm \times 40 cm 的方形孔,在离开孔口 1.5 m 处采用同管径软橡胶管,且下料高度亦控制在 1.5 m 内,使混凝土由下至上进行挤

压直至充满整个钢—混凝土柱;浇筑时柱内不得有杂物和积水,浇至柱顶时让混凝土稍有溢出,柱外附着式振捣器和柱内插入式振动器结合使用。

(3) 为确保混凝土连续泵送,试验人员对施工现场要,质检员全程监控并随时反馈现场情况用钢锤进行敲击法检查。检查方法是:沿柱周边取等距离若干点,从柱底敲至柱顶;敲击检查时间不宜过早,以免影响混凝土与钢管壁的黏结。

3 构架柱的质量检测

厂房构架柱的柱身完整性检测采用低应变反射波测桩法,即用小锤敲击桩头,通过观测质点的振动波速分析桩体是否存在缺陷异常。若波速高、波形曲线完整、桩底反射信息清晰,则说明桩体质量完好;若基桩中部反射信息能量较弱,说明桩身可能存在离析缩径等缺陷;若波形曲线严重畸变、桩身某部位反射强,则说明桩身存在断裂夹泥。混凝土的强度可结合桩身纵波波速加以判断。

根据设计单位对厂房构架柱进行低应变反射波法检测的成果(见表 2)分析:a.判定 I 类完整柱为 9 根、占 64.29%,II 类柱为 5 根、占 35.71%,无 III 类、IV 类柱;b.混凝土强度均达到 C40-I。

表 2 基桩低应变无损检测成果表

桩号	桩长/m	波速/ (m·s ⁻¹)	完整性评价	强度参数
Z1-8	20.7	3 790	4.4 m 离析,II 类柱	C40-I
Z2-8	20.7	3 810	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z2-6	20.7	3 750	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z1-4	20.7	3 660	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z2-4	20.7	3 760	14.9 m 离析,II 类柱	C40-I
Z2-2	20.7	3 610	12.8 m 离析,II 类柱	C40-I
Z1-2	20.7	3 670	2.5 m 离析,II 类柱	C40-I
Z3-1	20.7	3 770	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z1-7	20.7	3 650	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z1-5	20.7	3 690	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z2-7	20.7	3 720	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z2-3	20.7	3 720	桩体完整,I 类柱	C40-I
Z2-1	20.7	3 620	6.3 m 离析,II 类柱	C40-I
Z3-2	20.7	3 760	桩体完整,I 类柱	C40-I

4 结语

大花水水电站厂房上部钢结构施工时,严格按各分项工程的工艺对施工过程进行质量控制,使构架柱的平整度、垂直度均达到了规范要求。厂房构架柱施工的提前完成,为桥机的安装提供了工作面,受到了业主及监理单位的好评,同时也取得了一定的经济效益。

Summary of Construction Technology for Structure of Steel-concrete Column on Upper Part of Powerhouse of Dahuashui Hydropower Station

TIAN De-zhi, YANG Wei

(Ninth Engineering Bureau for Conservancy & Hydropower of China, Guiyang, Guizhou, China, 550002)

Abstract: New welding box-shape-steel-concrete-bay structure is used as upper part of powerhouse of Dahuashui Hydropower Station, and bottom chord beard by point, quadrangular taper grid with bolt-ball-node structure as its roof, the structure of powerhouse is very complex, its construction schedule, therefore, is pressing. Some measures were adopted such as that the column with length of 20.7m was wholly erecting by overhang, concrete was putting into column until full. Those measures can shorten construction time, cut down cost, and be as reference for other similar projects.

Key words: conservancy and hydropower engineering construction; steel-concrete structure of powerhouse; construction technology; Dahuashui Hydropower Station

水电科技稿件中的常见错别字(词)

(括号内为正确)

粘度(黏度)	幅射(辐射)	凑和(凑合)
粘土(黏土)	组份(组分)	重迭(重叠)
粘膜(黏膜)	成份(成分)	二迭纪(二叠纪)
松驰(松弛)	水份(水分)	超音波(超声波)
介面(界面)	迳流(径流)	截止目前(截至目前)
渡汛(度汛)	煤碳(煤炭)	征稿启事(征稿启事)
渲泄(宣泄)	几率(概率)	二氧化炭(二氧化碳)