

# 承插型盘扣式脚手架在泵站桥机安装中的应用

康路明, 阮佳磊, 迪科庆

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

**摘要:**引江济淮蜀山泵站主厂房中的 QD75/20 t-19 m 双主梁桥机安装时正值主厂房顶部梁板柱结构浇筑施工, 桥机小车距离其结构底部的距离仅为 0.5 m, 若采用常规的吊装方法, 桥机主梁与小车将无法吊装到位。阐述了该工程将“承插型盘扣式脚手架与汽车吊”相结合, 通过搭设支撑平台、铺设临时轨道等在厂房外部进行桥机安装的方式, 有效地解决了主厂房桥机吊装因空间不足、对土建结构施工干扰大、占用直线工期等难题。

**关键词:**引江济淮; 蜀山泵站; 承插型盘扣式脚手架; 桥机安装

**中图分类号:** TV7; TV52; TV53+2

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2023)03-0086-04

## Application of Socket-type Disc-buckle Scaffold in Installation of Pump Station Bridge Crane

KANG Luming, RUAN Jialei, DI Keqing

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610066)

**Abstract:** The double main beam bridge crane QD75/20 t-19 m in the main workshop of Shushan Pumping Station is installed during the concrete construction of beam-plate-column structure at the top of the main workshop. The distance between the trolley of the bridge crane and the bottom of the structure is only 0.5 m. If conventional hoisting method is adopted, the main beam and the trolley of the bridge crane cannot be hoisted in place. This paper expounds that the project combines "socket-type disc-buckle scaffold and truck crane", and installs the bridge crane outside the workshop by setting up the supporting platform and laying the temporary track, which effectively solves the problems of the bridge crane hoisting in the main workshop due to the lack of space, great interference to the civil structure and occupying the linear construction period.

**Key words:** Yangtze-to-Huaihe River Water Transfer Project; Shushan Pumping Station; socket-type disc-buckle scaffold; bridge crane installation

### 1 概述

引江济淮工程是一项以城乡供水和发展江淮航运为主、结合灌溉补水和改善巢湖及淮河水生态环境为主要任务的大型跨区域调水工程。自南向北分为引江济巢、江淮沟通、江水北送三段, 输水线路总长度为 723 km, 其中新开河渠 88.7 km、利用现有河湖 311.6 km、疏浚扩挖 215.6 km、压力管道 107.1 km。蜀山泵站枢纽工程位于江淮沟通段, 为引江济淮工程第三级提水泵站枢纽。

该泵站整体采用肘形进水流道、斜直管出水流道并筒式安装的立式导叶混流泵<sup>[1]</sup>, 总装机容量为 60 000 kW, 单机容量为 7 500 kW, 其中机组

电机转子直径为 4.4 m, 励磁电压为 206 V, 励磁电流为 358 A, 建成后 8 台机组的总提水流量为 340 m<sup>3</sup>/s, 为亚洲装机容量、流量最大的混流式泵站。该泵站主厂房设置双主梁桥式起重机(简称“桥式起重机”)一台, 其主梁跨距为 19 m, 主钩起重量为 75 t, 副钩起重量为 20 t, 主梁单根重量为 8.97 t, 小车重量为 22.5 t。QD75/20 t-19 m 双主梁桥式起重机性能参数见表 1。

### 2 安装难点分析

根据制造生产厂家提供的桥式起重机图纸, QD75/20 t-19 m 双主梁桥式起重机轨道至最高点的距离为 3.5 m, 而轨道顶部距离厂房顶底部的距离为 4 m, 双主梁桥式起重机的最高点距离厂房顶底部的距离为 50 cm, 其空间不足以完成小

收稿日期: 2023-03-18

发明专利: 一种泵站主厂房桥机主梁安装方法, CN114701949A

表1 QD75/20 t-19 m 双主梁桥式起重机性能参数表

项 目	起升机构		项 目	运行机构	
	主起升	副起升		小车	大车
起重量 /t	75	20	轨距 /m	4.7	19
起升速度 /m·min <sup>-1</sup>	0.3~3	1~10	运行速度 /m·min <sup>-1</sup>	1.2~12	3~30
工作级别	M3		工作级别	M4	
最大起升高度 /m	38	39	缓冲行程 /mm	75	150
各机构电机功率之和 /kW	102.4		最大轮压 /kN	266	264.6
电源			380 V	50 Hz	

车吊装,在其安装过程中面临以下难点:

(1)泵站主厂房结构混凝土施工采用满堂式脚手架,若桥机选择在主厂房安装间结构封顶前安装,将存在满堂式脚手架二次搭拆、土建作业需暂停配合的问题。

(2)若桥机选择在主厂房安装间结构封顶后安装,桥机小车最高点距离厂房顶底部的距离为50 cm,其吊装设备展臂空间不足,导致主梁与小车无法吊装就位。

(3)若桥机安装采用“预埋锚钩+卷扬机+电动葫芦”方式进行,锚钩预埋质量要求高、混凝土待强时间久,并在安装时需借助满堂式脚手架作为施工平台,占压周转材料体量大。同时,安装施工结束后、装饰装修施工前的预埋件处理工作繁琐。

综上所述,将“承插型盘扣式脚手架与汽车吊”相结合,通过搭设支撑平台、铺设临时轨道等方式在主厂房外部进行桥机的安装,可以有效解决其吊装空间不足、对土建结构施工干扰大、占用直线工期等难题。

### 3 工艺流程与操作要点

桥式起重机安装工艺流程见图1。

#### 3.1 搭设支撑平台

首先进行支撑体系基础的处理。在泵站安装间回填土上采用C20混凝土浇筑15 cm厚支撑体系基础,其横轴线与泵站安装间横轴线一致,基础一侧与安装间结构混凝土外轮廓相接,其余三侧均按照向外扩展0.5 m为界,以确保支撑平台脚手架安全稳定<sup>[2]</sup>。具体实施方式为:基础面采用液压反铲整平,然后采用18 t振动平碾碾压压实,其行走速度 $\leq 4$  km/h、搭接宽度为0.3 m错距碾压、碾压遍数为6遍、压实度不小于95%;垫层混凝土施工时模板采用 $[10$  mm槽钢制作,混凝土采用混凝土罐车直接运至施工现场,混凝土

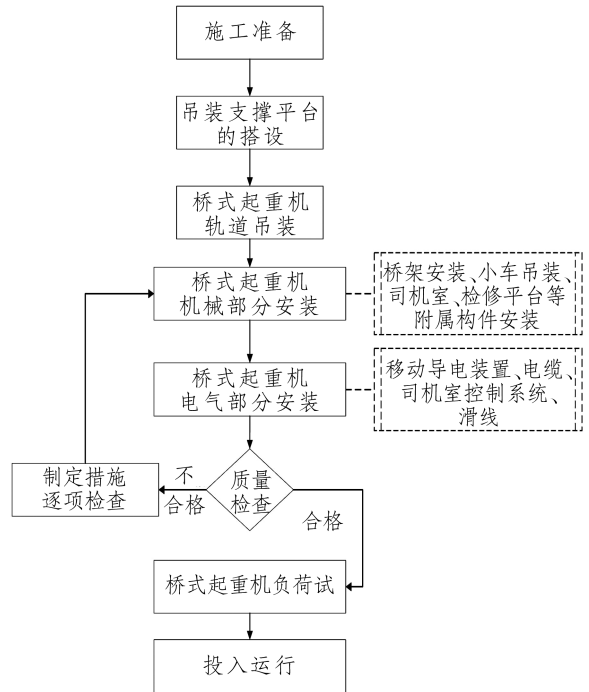


图1 桥式起重机安装工艺流程图

采用长臂反铲入仓,人工平仓,最后利用振平尺振捣收面。

其次进行支撑体系的受力分析。桥机主要构件的重量 $Q = \text{桥机主梁} + \text{小车} + \text{桥机轨道梁} = 8.97 \times 2 + 22.5 + 2.02 \times 2 = 44.48$  (t)。考虑其行走、起升机构、检修平台及其他附属构件,计算时架体顶部重量取46 t进行计算。由于上下游桥机轨道梁采用分开支撑的方式,其单边重量为23 t且单跨桥机轨道梁靠近安装间端支撑在混凝土牛腿上,根据桥机梁与行走机构的特点,计算时单个支撑架体承受的重量按两端平分重量乘以不均匀系数0.6考虑,则单个支撑架体上承受的重量 $q = 23 \times 0.6 = 16.1$  (t)。桥机轨道梁底部的宽度为35 cm,支撑体系上的桥机轨道梁支撑长度为

4.5 m, 则桥机轨道梁沿长度方向上的荷载大小为  $16.1 \times 9.8 \div 4.5 = 35.062 (\text{kN}/\text{m}^2)$ 。其可变荷载主要为桥机轨道梁安装人员及物料堆放荷载, 故在理论验算阶段取  $4 \text{ kN}/\text{m}^2$ 。

最后确定支撑体系的搭设参数并予以实施。支撑体系采用品茗安全计算软件按模板支撑体系进行架体安全验算, 计算时将荷载换算为混凝土重量加载在支撑体系上, 基本风压按照  $0.35 \text{ kN}/\text{m}^2$ 、风荷载高度系数按照 1.083、结构重要性系数按照 1.1 取值。经计算: 支撑平台选用直径 60 mm、厚 3.2 mm 的 A 型承插型盘扣式脚手架搭设<sup>[3]</sup>, 架体搭设尺寸为  $5.4 \text{ m} \times 4.5 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ , 立杆横向间距为 0.9 m, 纵向间距为 0.9 m, 步距为 1.5 m, 顶层设置加强层, 水平杆步距为 1 m。

### 3.2 临时轨道梁的安装与固定

桥机轨道梁支撑体系搭设完成后, 将顶托调平后在其上部放置、固定 I140 mm 工字钢。为防止工字钢滑动, 将工字钢与顶托采用焊接连接。待工字钢安装固定完成后吊装轨道梁, 轨道梁与支撑工字钢采用角钢焊接连接, 角钢的一端焊接在轨道梁肋板上, 另一端焊接在工字钢上, 两侧按 1.5 m 对称连接以防止轨道梁倾倒、侧移。临时轨道梁安装与固定情况见图 2。

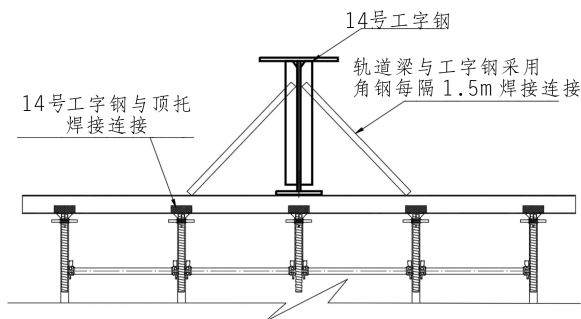


图 2 临时轨道梁安装与固定示意图

由于外部轨道梁与安装间轨道梁的高差为 10 cm, 故将外部连接轨道梁端(牛腿支座)底部采用 I100 mm 工字钢垫高, 工字钢与连接板焊接, 连接板与轨道梁采用螺栓连接, 其侧面采用角钢焊接在安装间柱体预埋板上, 再采用螺栓与轨道梁连接。同时, 在靠近厂房安装间牛腿处轨道端头安装好车轮定位块。临时轨道梁与安装间轨道衔接情况见图 3。

### 3.3 主梁与配套设备、构件的吊装

主梁与配套设备、构件吊装的主要步骤如下:

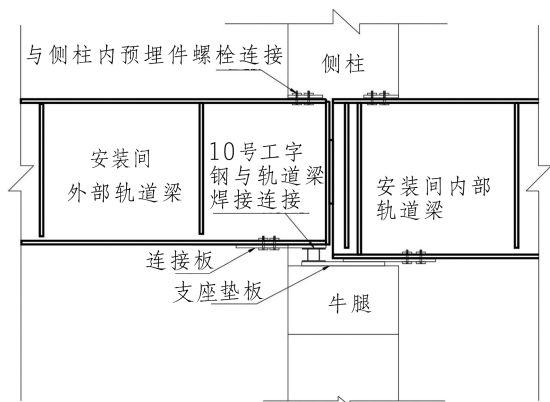


图 3 临时轨道梁与安装间轨道衔接示意图

(1) 鉴于大桥行走机构与主梁已在制造生产厂内组装, 到货后直接运输至现场待起吊区域。为防止桥式起重机在吊运和安装过程中出现扭曲现象, 在其上下游轨道同一断面按照制造生产厂家提供的轮距测放出车轮的位置(均从轨道右侧桩头位置向左测量 2.5 m)。

(2) 采用 100 t 汽车吊首先吊装第一根主梁, 然后利用小型机具(手动葫芦)由人工将主梁向左侧拖运 3 m, 将手动葫芦的一头采用钢丝绳固定在钢梁上的螺栓孔上, 另一头固定在主梁上, 两侧同步出力平稳拖运, 要求将其拖运至不影响右侧主梁的吊装位置、采用楔铁塞紧车轮与轨道之间的间隙, 以防车轮在轨道上滚动发生危险<sup>[4]</sup>。

(3) 第一根主梁吊装完毕, 吊装安装间下游侧的边端梁并采用连接螺栓与第一根主梁连接牢固, 同时采用千斤顶支撑牢靠, 继而松下钩吊装上游侧边端梁, 同样与已吊装完毕的第一根主梁连接完毕并支撑牢靠。

(4) 边端梁安装完毕, 吊装第二根主梁(右侧主梁), 采用手动葫芦由人工缓慢将其拖运至与端梁的连接位置, 然后穿入连接螺栓并拧紧数颗螺栓, 最后在两根主梁之间搭设临时操作平台并铺设脚手板, 用铁丝捆绑牢固, 主要用于主梁和边端梁连接螺栓的安装施工。在吊装主梁过程中, 要求在主梁两端栓上稳定绳(材质为麻绳), 以防止在其吊运过程中主梁出现旋转现象。桥架组装完毕, 组织并进行对大桥跨度、跨度相对差、主梁平面度偏差、主梁上拱度、小车轨距以及小车的吊装位置等方面的检测工作。

(5) 小车为桥式起重机最重的单件, 其重量达 22.5 t, 采用整体吊装方式。主要包括: 小车架、

小车运行机构和主起升机构(不含吊钩和钢丝绳)、副起升机构(不含吊钩和钢丝绳)等部件,钢丝绳绕穿和吊钩的安装均待电气部分安装调试完毕、接通临时电源后安装。当小车吊运至桥架上时缓慢下落,当下落距离轨道 200 mm 时,稍作停顿并稳定小车使其轮子与轨道对正后方可缓慢下落,待小车吊装就位后,将桥机拖至安装间里面采用楔铁将小车轮与轨道之间的间隙塞紧,以防止小车发生移动伤人。安装小车其他部件时,利用 25 t 汽车吊将栏杆、走线架等提前吊装至主梁上,依据制造生产厂家的设计图纸确定安装位置,将栏杆焊接牢固后补漆。

(6)桥式起重机电气部分的安装按照一般电气设备、小车移动导电装置、起重机电缆、司机室控制系统、滑触线的先后顺序依次进行,通电前对全线组织一次复查,确认其安装无误且满足标准和要求后将无关人员撤离现场,开展安全滑接输电装置的调试。

(7)机械与电气部分全部安装完毕并调试合格、正式投运前开展空载试验、静负荷试验和动载试验<sup>[5]</sup>。试验方法和程序如下:

①空载试验:分别开动各机构电动机并保证其运转正常,三相电流平衡;各制动器、限位开关及安全装置能够准确、及时动作;大车和小车分别以不同档位往返行走三次,无啃轨现象,车挡及限位可靠,同时检查大车在不同档位的速度、制动距离;起升机构上升和下降三次,检查上限位和下限位装置动作是否灵敏可靠,测量不同档位的上升、下降速度和不同档位的下降制动距离。

②静负荷试验:按照额定负荷 75 t 的 75% (56.25 t)、100% (75 t)、125% (93.25 t) 荷载进行静负荷试验。首先安置用于测量桥式起重机大梁挠度的监测仪器,其次将小车置于大梁中部,依次吊起重物距离地面约 200 mm,停留时间不少于 10 min,监视抱闸和电源状态,同时检查抱闸和各部位有无异常,待负载电流和大梁挠度测量并完成记录后,卸去负荷。

③动负荷试验:按额定负荷的 110% (82.5 t) 进行动负荷试验。吊起负荷时,将小车分别运行到两跨端,使大车车轮承受最大轮压,开动大车全行程往返三次,检查所有行走机构、联轴器、齿轮等传动部分、各部件的外观和焊缝等有

无异常现象。

#### 4 效果评价

通过实践验证,文中所述的方法具有以下优点并取得了有益效果:

(1)创新提出了采用轮式起重机与承插型盘扣式脚手架在厂房外部进行桥机安装的方法。该方法解决了厂房安装间空间受限导致的难以进行起吊作业的问题,同时也是对常规依靠锚固点与卷扬系统结合安装方法的革新,有效降低了泵站厂房桥机安装与土建施工交叉干扰的影响,安全且高效。

(2)该方法中的脚手架支撑体系混凝土基础亦可作为后期通往泵站安装间的永久道路基础,架体与工字钢等材料及构配件使用完毕仍可将其周转用于其他项目建设中,此种“永临结合”的技术管理方式缩短了桥机吊装及其对土建施工造成的影响工期约 15 d,节约了施工成本,达到了绿色施工的目的。

#### 5 结语

引江济淮蜀山泵站工程采用的“承插型盘扣式脚手架与汽车吊”相结合、通过搭设支撑平台、铺设临时轨道等在厂房外部进行桥机安装的方式,既解决了不便进行天锚和地锚预埋、安装间框架结构净空不能满足吊车吊臂伸展的问题,又提升了桥机安装与土建交叉同步施工的作业效率和安全性。

文中所述方法改变了传统的施工工艺,保证了泵站机组设备的安装进度,为机组如期安装完成创造了条件,得到了央视、省级等十余家主流媒体宣传和业主方等相关方的广泛赞誉,为后续引江济淮工程二期市场开发奠定了坚实的基础,社会效益显著。同时,该方法形成的关键技术《一种泵站主厂房桥机主梁安装方法》发明专利申请于 2022 年 7 月 5 日获得了发明公布,公布号为 CN114701949A,对于后续双主梁桥式起重机吊装工程项目具有重要的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 陆雪涛.引江济淮工程蜀山泵站机组机型选择[J].江淮水利科技,2018,13(2):10-11,36.
- [2] 建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准,JGJ/T 231-2021[S].
- [3] 承插型盘扣式钢管支架构件,JG/T 503-2016[S].

(下转第 98 页)

### 4.3 关键部位的质量控制要求

由于埋弧自动横焊机系首次应用到水电站如此复杂且空间受限的作业环境,因此而对竖井压力钢管焊接质量的要求格外严格<sup>[5]</sup>,在正式焊接、过程焊接及焊后等工序过程中,必须按照相关规范要求的焊接施工工艺进行。竖井压力钢管焊接关键部位的质量控制要求为:

(1)焊接坡口清理:利用砂轮片或钢丝刷清理对接缝两侧各 25 mm 范围内的油污、氧化物及其他杂质,坡口处理后需见母材光泽;

(2)焊前预热:坡口清理合格后进行焊前预热,将加温包沿焊接方向铺设并固定,预热温度为 130℃~160℃,预热过程中间隔 30 min 进行一次测量并记录;

(3)达到预热温度后,采用超小型埋弧自动恒焊机进行钢管内侧焊缝的焊接,焊接方式采用多层多道且必须严格控制焊接热输入的范围为 0.65~2.26 kJ/mm,焊接过程中每层焊缝的接头不允许在同一位置上,必须错开 200 mm 左右;同时需要不断测量层间温度,其层间温度的最大值为 160℃;

(4)内侧焊缝焊接完成后,将加温包移至钢管内侧进行加温,其温度为 130℃~160℃;然后进行背面清根并采用砂轮片或钢丝刷打磨、清理焊缝两侧各 25 mm 范围内的氧化物及其他杂质,焊缝两侧打磨后需见母材光泽,待处理合格后进行外侧焊缝的焊接,焊接过程中必须严格控制焊接热输入的范围为 1.19~2.45 kJ/mm;

(5)当焊缝焊接完成后,采用电加热的方式对焊缝进行热处理,后热温度为 250℃~300℃,持续时间 $\geq 2$  h;当后热温度达到 250℃后,使用红外线测温枪对环缝上的 6 个测温位置每 15 min 测量一次(亦可多测一些点),并详细记录测温时间及温度参数,同时拍摄照片留底备案。

## 5 结 语

中东抽水蓄能电站超深竖井的钢衬最终采用

超小型埋弧自动横焊焊接技术,该焊接新设备、新技术为国内外首次应用在抽水蓄能电站超深竖井压力钢管的焊接施工,其可以减少焊接施工人员的投入,提高施工效率(约 45%),节约人工成本约  $4 \times 5$  万元/月  $\times 12$  个月 = 240(万元),节约聘用当地焊工及其他无形施工成本约 300 万元人民币;超小型埋弧自动横焊机新设备的成功应用,解决了超深竖井井下受限空间作业、焊接工程量大、焊缝质量要求高、焊缝坡口形式不一等难题,是对竖井井内钢管焊接工艺的一次革新,实现了受限空间内自动化焊接作业,保证了中东抽水蓄能电站超深竖井钢衬安装的施工进度及焊接质量的提升,焊缝质量 UT 探伤合格率为 99%;整个焊接过程使用焊剂覆盖焊缝,使整个焊接过程基本上无焊接烟尘的排放和焊接弧光的产生,进而减少了对井内空气环境的污染,改善了井内施工人员的劳动作业环境,使井内作业人员的身体健康得到有效的安全保障,施工全过程未发生任何人身安全或质量事故,所取得的经验可为今后水电工程建设中类似工程的超深竖井压力钢管焊接施工提供技术支撑,具有良好的推广价值。

### 参考文献:

- [1] 欧述生,孙景荣.大型储罐的埋弧自动横焊[J].电焊机,2005,35(1):60-61.
- [2] 吴敢生.埋弧自动焊/实用焊接技术丛书[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2007.
- [3] 宋金玲,马朝晖,侯洪,等.08MnNiVR 高强度钢板埋弧横焊焊接试验研究[J].压力容器,2008,25(9):58-60.
- [4] 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定,GB/T11345-2013[S].
- [5] 水利水电工程压力钢管制作安装及验收规范,GB50766-2012[S].

### 作者简介:

姜如洋(1985-),男,江苏东海人,项目安装工程队副队长,工程师,从事水电工程施工技术工作;

王生瓚(1969-),男,四川广元人,副总工程师,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 89 页)

[4] 大型设备吊装安全规程,SY/T 6279-2022[S].

[5] 通用桥式起重机,GB/T 14405-2011[S].

### 作者简介:

康路明(1989-),男,河北秦皇岛人,工程师,从事水利水电工程施

工技术与管理工作;

阮佳磊(1985-),男,甘肃白银人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

迪科庆(1986-),男,陕西华阴人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)