

# 浅谈大（一）型泵站双主梁桥式起重机安装与试验

魏新

安徽省引江济淮集团有限公司，安徽省合肥市，230601；

**摘要：**大（一）型泵站作为水利工程与城市供排水系统的核心枢纽，其内部立式斜流泵、同步电机等大型设备的安装与检修，高度依赖高性能起重设备。双主梁桥式起重机凭借结构刚性强、承载冗余充足、运行平稳性高的优势，成为泵站主厂房的关键设备，其安装质量直接决定泵站建设效率与长期运行安全性。本文以引江济淮二期合肥水源工程为实践案例，系统阐述 QD50/10t-15.5m 电动双主梁桥式起重机在“土建交叉作业、吊装空间受限、高空组装精度要求高”工况下的安装全流程，重点剖析轨道偏差控制、重型部件吊装、电气系统调试及负荷试验等关键环节的技术要点与解决方案，为同类大型泵站起重设备安装工程提供兼具实操性与参考性的技术范式。

**关键词：**双主梁桥式起重机；泵站安装工程；吊装工艺优化；负荷试验；质量安全管控

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.11.049

## 1 工程概况与设备核心参数

### 1.1 工程背景

引江济淮二期合肥水源工程是保障合肥市主城区 200 万人口供水的关键项目，设计日供水能力 60 万立方米。泵站主厂房为钢筋混凝土框架结构，长 68m、宽 18m、檐口高程 48.5m，内部需安装 6 台套立式斜流泵机组（单台重量 85t）及配套立式同步电机（单台重量 42t）。由于工程总工期仅 18 个月，桥式起重机安装需与厂房屋面浇筑、墙面砌筑、管线预埋等土建工序交叉进行，现场作业面临三重限制：一是吊车回转空间受限，主厂房南侧紧邻输水管渠，北侧为材料堆放区，仅东侧出口可布置吊装设备；二是高空作业间隙狭窄，厂房牛腿与主梁吊装路径的最小净距仅 0.8m；三是地面组装空间不足，小车等重型部件临时组装区域仅 20 m<sup>2</sup>，对施工组织提出极高要求。

### 1.2 设备关键参数

本工程选用的 QD50/10t-15.5m 电动双主梁桥式起重机，由专业厂家定制生产，核心参数如下：

- 基本性能：主钩额定起重量 50t，副钩 10t，跨度（两轨道中心距）15.5m，主钩起升高度 22m（轨顶至吊钩最低位），副钩 30m，轨顶高程 46.2m，驾驶室底高程 43.5m，最大轮压 320kN，满足 6 台机组的垂直提升与水平转运需求；

- 运行参数：主钩起升速度≤5.9m/min（额定负荷下），副钩≤13.3m/min；小车运行速度≤59.4m/min（沿厂房纵向），小车≤39.0m/min（沿主梁横向）；轨道采用 QU80 重型吊车轨，总长 2×58m，电源线为安全型铜导体滑触线（额定电流 400A），操作方式为司机室集

中控制+无线遥控（遥控距离≤100m，含紧急停止功能）；

- 结构件规格：主梁为 Q355B 箱型焊接结构，尺寸 15500×2542×904.5mm，单重 10.224t；副梁尺寸 15500×1442×904.5mm，单重 5.38t；小车总成（含车架、主副起升机构、运行机构）尺寸 6580×3680×1460mm，重量 10.76t，为整机最重单件部件；端梁尺寸 4800×800×600mm，单重 2.15t，共 4 根。

## 2 安装施工关键工艺与技术难点突破

### 2.1 施工总体流程设计

结合工程实际工况，起重机安装遵循“先静态后动态、先主体后附件、先单机后联动”原则，分 6 个阶段有序推进：

1. 施工准备阶段：完成《吊装专项方案》《负荷试验方案》审批，设备开箱验收（核对部件数量与外观质量），测量仪器标定（全站仪、水准仪需经计量检定合格），吊车站位区场地硬化（浇筑 150mm 厚 C30 混凝土，承载力≥250kPa），以及作业人员技术交底与安全培训；

2. 轨道安装阶段：涵盖吊车梁清理、测量放线、轨道吊装就位、压板初步固定、偏差精细调整、轨道加固与接头处理，最终通过监理验收；

3. 主体结构吊装阶段：按“主梁→端梁→小车”顺序吊装，重点控制主梁平行度、端梁连接精度与小车轨道对正度；

4. 辅助结构安装阶段：安装司机室（重量 0.6t，出口右装）、检修平台（布置于司机室对侧）、爬梯、栏杆等辅助部件，确保防护设施完整；

5. 电气系统安装阶段：进行电气屏柜安装、电缆敷设（强弱电分开）、滑线系统安装与调试、控制系统

接线,完成电气回路通断与绝缘测试;

6. 试运转与验收阶段:依次开展空载试验、静负荷试验、动负荷试验,整理试验数据与安装记录,组织建设、施工、监理、厂家四方联合验收。

## 2.2 轨道安装工艺与偏差控制

轨道是起重机稳定运行的基础,其安装精度直接影响大车啃轨风险与小车运行平顺性,本工程严格依据《起重设备安装工程施工及验收规范》(GB50278-2010),采用“精准放线、分段调整、动态加固”工艺:

1. 基础清理与放线:先清理吊车梁顶面浮浆与杂物,用水平仪检测梁面高程偏差(允许 $\pm 5\text{mm}$ );采用全站仪按设计坐标放出轨道中心线,沿吊车梁每2m设1个放线控制点,红漆标识,确保轨道中心线与厂房纵向轴线平行度 $\leq 3\text{mm}$ ;

2. 轨道吊装与初固定:轨道单根长12m、重0.8t,用25t汽车吊配合外包橡胶垫的专用夹具吊装,避免轨道变形;就位后安装M20压板螺栓(每2m1组),初步紧固预留1-2mm调整间隙;

3. 偏差精细调整:用全站仪与水准仪联合检测,重点控制三项关键指标:①平面位置偏差:每10m $\leq 1\text{mm}$ ,全长 $\leq 5\text{mm}$ ;②立面高程偏差:每10m $\leq \pm 1\text{mm}$ ,两轨相对高差 $\leq 1\text{mm}$ ;③跨度偏差:实测值与15.5m设计值偏差 $\leq \pm 3\text{mm}$ ,同一截面间距偏差 $\leq 2\text{mm}$ ;调整时用0.5-2mm薄钢板垫于轨道与吊车梁间,严禁敲打轨道;

4. 加固与验收:偏差合格后,按80-100N·m扭矩紧固压板螺栓,安装轨道桩头(每轨两端各1个),桩头与轨道间隙用环氧树脂砂浆填充;处理轨道接头时,顶面高差 $\leq 0.5\text{mm}$ ,侧面错位 $\leq 0.3\text{mm}$ ,留2-3mm热膨胀间隙,用鱼尾板连接<sup>[1]</sup>。

技术难点突破:针对轨道跨度偏差累积问题,采用“双控制点放线法”,在吊车梁两侧设基准线,全站仪双向校核中心线,避免单侧放线误差;对轨道接头高差超标,用角磨机打磨至2m靠尺检测间隙 $\leq 0.1\text{mm}$ ,确保平顺过渡。

## 2.3 主体结构吊装工艺优化

主体结构吊装含主梁、端梁、小车,其中小车吊装需穿过牛腿间隙,难度最大,本工程通过精准计算与顺序优化保障安全精度。

### 2.3.1 吊装设备选型与工况计算

选用QY100K-I型100t汽车吊为主吊,核心参数计算如下:

• 小车吊装:重量10.76t+吊索0.3t+吊钩0.2t+溜尾绳0.1t=11.36t,动载系数1.1,计算荷载12.496

t;

• 吊车工况:站位东侧出口(半径22m),主臂27.2m、倾角 $50^\circ$ ,查性能表起吊能力 $18.5\text{t} > 12.496\text{t}$ ,起升高度 $19.2\text{m} > \text{所需 } 9.96\text{m}$ (轨顶46.2m-地面37.7m+小车高1.46m),满足要求;

• 主梁吊装:单梁 $10.224\text{t} + \text{附件 } 0.5\text{t} = 10.724\text{t}$ ,计算荷载 $11.796\text{t}$ ,同工况起吊能力充足。

### 2.3.2 吊装操作要点

1. 主梁吊装:①吊左侧主梁至轨上200mm,水平仪调平(偏差 $\leq 0.5/1000$ )后落位,用Q235楔铁(5-10mm厚)塞紧车轮与轨道间隙防滑动;②同流程吊右侧主梁,确保两梁平行度偏差 $\leq 2\text{mm}$ ;

2. 端梁连接:①25t吊吊装下游端梁,与左侧主梁法兰对接,穿10.9级M24螺栓,按“对称预紧(150N·m)→分次终紧(350N·m)”紧固;②吊上游端梁连接后,用 $\Phi 159 \times 8$ 无缝钢管设临时支撑,避免端梁变形;

3. 小车吊装:①两侧拴 $\Phi 16\text{mm}$ 尼龙稳定绳,专人牵引防摆动;②吊至主梁上方1m处,调整车轮与轨道对正(偏差 $\leq 1\text{mm}$ ),距轨200mm停顿确认后落位;③推动小车沿轨往返10m,检查车轮接触印痕均匀度,无局部挤压。

技术难点突破:小车吊装穿牛腿间隙时,两侧装10mm厚不锈钢导向板,控制与牛腿间隙50mm避碰撞;主梁平行度超标时,用5t手拉葫芦配合花篮螺栓微调,设两端及中部3个调整点保障精度。

## 2.4 电气系统安装与调试要点

电气系统是起重机“神经中枢”,重点控制屏柜安装、滑线调试两大环节:

### 2.4.1 电气屏柜安装

1. 基础型钢:用10#槽钢制作,水平仪调平(误差 $\leq 1/1000$ ),膨胀螺栓固定(每米1组);

2. 屏柜就位:单柜重0.5t,用2t手动葫芦吊装,垂直度偏差 $\leq 1.5/1000$ ,相邻柜间隙 $\leq 2\text{mm}$ ;

3. 接线施工:按图选用电缆(动力YJV-0.6/1kV-3×50+1×25,控制KVV-450/750V-4×1.5),端子螺栓扭矩8-10N·m,导线绝缘层剥切露出端子1-2mm,避免损伤芯线。

### 2.4.2 滑线系统调试

滑线负责向小车供电,安装调试要点:

1. 支架安装:∠50×5角钢支架间距 $\leq 3\text{m}$ ,全站仪放线确保与小车轨中心线平行度 $\leq 5\text{mm}$ ,焊后刷防锈漆2遍+面漆1遍;

2. 导管连接:铜导管(120×60mm)每根6m,接头涂导电膏,留10-20mm膨胀缝,直线度每10m偏差 $\leq 3\text{mm}$

m;

3. 集电器调试: 与小车螺栓固定, 导电刀片弹簧压力 25-30N, 手动推小车全程移动, 无跳弧、卡滞;

4. 通电测试: ①绝缘测试 $\geq 5\text{M}\Omega$ ; ②接临时电源测电压  $380\text{V} \pm 5\%$ ; ③小车慢速运行 ( $5\text{m}/\text{min}$ ), 导管摆动大则调支架, 异响则打磨接头毛刺。

技术难点突破: 滑线热膨胀问题通过中部设伸缩节解决, 伸缩量 $\pm 50\text{mm}$ ; 集电器跳弧则在刀片表面镀  $0.1\text{mm}$  银层降电阻, 清理导管氧化层保障导电。

### 3 负荷试验方案与实施规范

负荷试验验证安装质量, 依据 GB/T5905-2019、GB/T14405-2011 开展, 分三阶段实施。

#### 3.1 试验前准备与检查

##### 3.1.1 全面检查

1. 机械部分: 螺栓紧固无松动, 制动器间隙  $0.5\text{--}1\text{mm}$  (制动轮无油污), 钢丝绳排列整齐 (固定螺栓扭矩达标), 润滑点油脂 (齿轮箱 L-CKC220 油, 轴承 3 号锂基脂) 充足;

2. 电气部分: 回路通断正常无短路, 接地电阻 $\leq 4\Omega$ , 安全装置 (起升限位、行程开关) 动作灵敏;

3. 场地与轨道: 轨道无杂物, 压板紧固, 试验区设置警示围挡 (承载力 $\geq 300\text{kPa}$ )。

##### 3.1.2 试验准备

1. 配重:  $2.5\text{t}$  混凝土块, 组合  $37.5\text{t}$  (75%)、 $50\text{t}$  (100%)、 $55\text{t}$  (110%)、 $62.5\text{t}$  (125%) 配重, 钢丝绳捆绑于重心;

2. 仪器: 全站仪、百分表 (量程  $0\text{--}10\text{mm}$ )、钳形电流表 ( $0\text{--}500\text{A}$ ) 等, 主梁跨中与  $1/4$  跨度设挠度测点;

3. 应急: 备对讲机 3 台、千斤顶 2 台, 制定主梁变形超标 (卸荷)、电气故障 (断电) 处置流程, 3 名应急人员待命。

#### 3.2 空载试验 (无配重)

1. 单机试运行: ①主/副钩升降  $5\text{min}$  (查起升限位: 主钩距轨顶  $1.05\text{m}$  停); ②大小车低/中/高速往返 3 次 (查行程限位: 大车距车挡  $1\text{m}$  停), 记录速度 (主钩 $\leq 5.9\text{m}/\text{min}$ , 大车 $\leq 59.4\text{m}/\text{min}$ );

2. 联动试运行: 起升+运行联动  $10\text{min}$ , 查机构协调性, 滑线集电器无跳弧;

3. 综合检查: 电机电流 $\leq 45\text{A}$  (三相不平衡 $\leq 5\%$ ), 轴承温度 $\leq 65^\circ\text{C}$  (红外测温), 无机械异响、齿轮箱渗漏。

#### 3.3 静负荷试验 (逐级加载)

按“加载→停留  $10\text{min}$ →测量→卸荷”流程, 控制起升速度 $\leq 1\text{m}/\text{min}$ :

1.  $37.5\text{t}$ : 测主梁跨中挠度 $\leq 22.14\text{mm}$  ( $L/700=15500/700$ );

2.  $50\text{t}$ : 查制动器溜滑 $\leq 5\text{mm}$ , 复测挠度;

3.  $55\text{t}$ : 观察主梁无永久变形, 轨道无脱开;

4.  $62.5\text{t}$ : 测最大挠度, 卸荷后残余变形 $\leq 0.1\text{mm}$  (仅 1 次加载, 防永久变形)。

3.4 动负荷试验 ( $55\text{t}$ ,  $110\%$  额定负荷)

1. 起升试验: 升降循环 3 次, 制动距离 $\leq 1.5\text{m}$ ;

2. 运行试验: 大小车往返 3 次, 车轮接触印痕均匀无啃轨;

3. 联动试验: 起升+行走持续  $1\text{h}$ , 每  $15\text{min}$  测电流、温度 ( $\leq 45\text{A}/65^\circ\text{C}$ );

4. 试验后检查: 部件无裂纹、螺栓无松动, 主梁无残余变形<sup>[2]</sup>, 整理《试验记录报告》。

### 4 质量安全管理与工程成效

#### 4.1 管控措施落地

1. 质量管控: 建立“班组自检→项目部复检→监理验收”三级体系, 轨道调整、吊装、试验等关键工序实行“作业票”制度, 验收需四方签字确认;

2. 安全管控: 吊装设硬质围挡 (禁非作业人员入内), 高空作业系双钩安全带 (高挂低用), 电气调试执行“停电→验电→挂牌→接地”流程, 临时电源装漏电保护器 ( $30\text{mA}/0.1\text{s}$ ); 同时严格遵循《TSG 51-2023 起重机械安全技术规程》要求, 明确设备后续检验周期, 为长期安全运行奠定基础<sup>[3]</sup>。

### 5 结语

大型泵站双主梁桥式起重机安装需紧密结合工程工况, 以轨道偏差控制为基础、重型吊装精度为核心、电气调试与负荷试验为保障, 通过工艺优化与严管控, 才能实现设备安全稳定运行。本文结合引江济淮工程的实践成果, 可为后续同类泵站起重设备安装提供清晰的技术路径与实操参考, 助力水利工程建设质量与效率双提升。

#### 参考文献

- [1] 李明, 张晓峰. 大型双梁桥式起重机安装与试验规范解读[J]. 建筑机械, 2025(03): 76-80.
- [2] 王健, 刘军. 桥式起重机负荷试验关键技术与质量控制[J]. 起重运输机械, 2024(12): 89-93.
- [3] 国家市场监督管理总局. TSG51-2023 起重机械安全技术规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.