

大直径底轴翻板闸门制作及安装施工方法

夏洪涛 陈丽霞 郑嘉

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310051

[摘要]大直径底轴翻板闸门单体尺寸大,吨位重,整体精度要求高,吊装难度大,现场拼装和焊接工程量大,现场施工条件紧张。为减轻现场安装施工的压力和难度,确保整体施工工期按期完成。技术部门多次调整制造、安装方案,根据设计对闸门底轴的分节要求和底轴、轴承总成、水封结构的制造、安装精度要求,通过采取将底轴与轴承总成和水封结构在厂内进行预组装,底轴与轴承总成整体运输至现场吊装就位;底轴对接环缝焊接采用全位置智能焊机焊接等措施,提高了闸门安装质量,确保闸门安装如期完成。

[关键词]大直径; 闸门; 施工

DOI: 10.33142/ec.v4i8.4270

中图分类号: TV34

文献标识码: A

Fabrication and Installation Method of Large Diameter Bottom Shaft Flap Gate

XIA Hongtao, CHEN Lixia, ZHENG Jia

Zhejiang JiangNeng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract: The large-diameter bottom shaft flap gate has large single size, heavy tonnage, high overall accuracy requirements, difficult hoisting, large quantities of on-site assembly and welding, and tight on-site construction conditions. In order to reduce the pressure and difficulty of on-site installation and construction and ensure that the overall construction period is completed on schedule. The technical department has adjusted the manufacturing and installation scheme for many times. According to the sectional requirements of the gate bottom shaft and the manufacturing and installation accuracy requirements of the bottom shaft, bearing assembly and water seal structure, the bottom shaft, bearing assembly and water seal structure are pre assembled in the factory, and the bottom shaft and bearing assembly are transported to the site as a whole and hoisted in place. All position intelligent welding machine is adopted for the butt circumferential seam welding of the bottom shaft, which improves the installation quality of the gate and ensures the completion of the gate installation on schedule.

Keywords: large diameter; sluice gate; construction

1 施工特点

(1) 翻板闸门的大部分布置在水下,底轴及门叶采用热喷涂锌(160 μm)+涂料+阴极保护方案,紧固件全部采用不锈钢材料,避免闸门生锈。

(2) 将底轴与轴承总成和水封结构在厂内进行预组装,整体运输至现场吊装就位,减少在运输和安装时不会发生移位和损坏,提高安装效率。

(3) 闸门高度高、重量大,翻板门门叶与底轴水平分节拼装(门叶全开状态),确保闸门安装精度。

(4) 底轴分段对接,并使用经纬仪、水准仪和钢弦线对每段底轴进行空间位置定位,使用API激光跟踪仪进行全位置尺寸复核,确保底轴安装精确。

(5) 自主研发一种智能焊机,施工现场焊接翻板门大直径底轴的对接环缝,同一道环缝由2台焊接对称焊接;焊接分为三道程序进行确保焊接质量。

(6) 为控制闸门变形,进行分段、分边、对称焊接门叶,焊接顺序由中至边,并在焊接过程中监测焊接变形。

(7) 底轴中间段采用焊接连接,左右两头各预留一节与中间段采用法兰连接,并适时调整,确保底轴在同一条轴线上,并对准两台启闭机中心线。

2 适用范围

本施工方案适用于大型底轴翻板闸门的制造及安装作业,尤其适用于大部分布置在水下的翻板闸门。

3 工艺原理

根据设计对闸门底轴的分节要求,和底轴、轴承总成、水封结构的制造、安装精度要求,将底轴与轴承总成和水

封结构在厂内进行预组装，整体运输至现场吊装就位。首先在制造厂里将穿墙水封结构、机房内底轴轴承总成和跨中闸墩侧底轴轴承总成按照设计图纸要求整体安装在底轴定位节上，作初步调整后进行定位固定和保护，确保在运输和安装时穿墙水封结构和轴承总成不会发生移位和损坏，其余底轴跨中底轴轴承总成也按设计图纸要求预装在相对应的底轴管上定位、固定。底轴采用钢板卷制的焊接结构，段间采用40Cr抗剪套连接，翻板闸门门叶与底轴之间采用螺栓连接。底轴在现场分节安装，定位焊接。

底轴对接环缝采用管道全位置智能焊机（四轴全封闭式小车）焊接。底轴固定后，焊接小车自主在大直径底轴上爬行的方式实现管道的全位置智能焊接（5G焊接）。管道全位置自动焊接工艺采用混合气体保护，设备具有自动焊接和手动焊接两项功能，对焊接人员技能要求低，工艺先进，效率高，质量控制简单，可实现多焊缝同时施焊，焊接变形较小。底轴与门叶水平分节拼装，整个门叶拼装后，进行分段、分边、对称焊接，控制闸门变形，确保闸门安装质量。

4 施工工艺流程与操作要点

4.1 施工工艺流程

底轴翻板闸门制作→闸门整体预组装→闸门运输→前期准备→底轴安装与焊接→门槽埋件安装→门叶安装→拐臂安装→弧板结构安装→液压启闭机安装及调试

4.2 操作要点

4.2.1 安装前准备工作

- (1) 材料准备：按照设计图纸要求进行备料，焊接材料须具有材料出厂合格证及质保书。
- (2) 编制安装工艺及焊接工艺评定：根据设计图纸的各项技术要求和工艺要求，编制完整的现场闸门拼装及焊缝焊接措施方案。
- (3) 图纸审核：接到安装图纸以后，由项目部的技术部门对安装图纸进行全面的审查和核对，如有疑问，由工程技术人员及时向监理、业主、设计院联系。
- (4) 工器具、仪器量具和施工设备检查校验：用于钢结构闸门安装的工器具、量具、仪器和施工设备均由专职计量室送检，委托具有相应资质的单位进行校检和检测。
- (5) 做好闸门安装前各项辅助临时设施的建设，保证现场安装工作进行顺利。
- (6) 对土建单位移交闸门工作面进行检查，所有工作面必须清理干净，同时复核穿墙套管、底轴轴承埋件、启闭机预埋件尺寸和水平度。
- (6) 检查槽内杂物是否清除干净，门槽外露表面（工作面）是否干净。
- (7) 对翻板闸门底轴各分节、门叶各分节的规格、尺寸逐个检查，与设计要求无误，找到各节在场内制作时的安装定位板、编号和钢字码。
- (7) 做好各临时设施的建设，保证安装现场的电、交通使用。

4.2.2 底轴安装及焊接

水闸底轴安装根据工期计划安排和土建施工进度计划确定安装顺序。

根据设计对闸门底轴的分节要求，和底轴、轴承总成、水封结构的制造、安装精度要求，将底轴与轴承总成和水封结构在厂内进行预组装，整体运输至现场吊装就位。首先在厂里将穿墙水封结构、机房内底轴轴承总成和跨中闸墩侧底轴轴承总成按照设计图纸要求整体安装在底轴定位节上，作初步调整后进行定位固定和保护，确保在运输和安装时穿墙水封结构和轴承总成不会发生移位和损坏，其余底轴跨中底轴轴承总成也按设计图纸要求预装在相对应的底轴管上定位、固定。

4.2.3 同轴度控制

先在门槽及闸室内放出底轴轴线点及在轴线下游一米处设一条辅助轴线点来控制底轴高程和中心位置，再在室内放出底轴轴承总成和拐臂与底轴轴线垂直方向的轴线点，在门槽内放出所有底轴轴承总成与底轴轴线垂直方向的轴线点，来控制底轴轴承总成及拐臂定位，且在闸室穿墙位置放与底轴轴线垂直方向的穿墙水封装置的轴线点，来控制穿墙水封的定位。

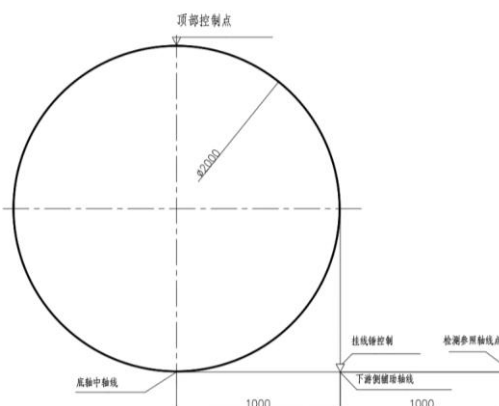


图1 底轴同轴度控制示意图

4.2.4 底轴安装及定位焊接

安装时, 首先将底轴第2节吊装就位, 在第2节两端外壁延圆弧方向上挂线锤, 垂心与辅助轴线重合后, 再在第2节管口和法兰侧外壁顶点挂线锤并用经纬仪检测调整水平度, 用事先制作好的托架及32t 液压千斤顶配合, 进行垂直及水平方向的微调, 垂心与底轴轴线重合后, 在底轴管外壁顶点位置打点做标记, 然后以顶点调整高程, 使之达到同轴度 $\leq 1.0\text{mm}$ 。调整完成后, 将底轴轴承总成固定、锁死, 第2节作为定位节。

第2节在穿越一期埋件墙体就位安装时, 调整第2节与预埋管相应轴线位置, 缓慢旋转起重机主吊臂, 将机房内轴承座段穿入预留孔, 在机房内侧底轴管穿过墙体后采用自制扁担梁进行跨墙吊装, 以便底轴管快速安装就位和作业安全。

调整好同轴度后将法兰侧作为起始位置, 调整底轴法兰外侧距拐臂垂直方向轴线位置, 为起始位置。其余底轴安装方法与定位节相同, 每节底轴安装调整时都会用托架进行微调, 拼装对接过程中控制底轴高程和中心位置, 及时复测调整整体轴线偏差, 每节底轴管安装完成后, 均检测底轴同轴度、里程、高程, 在满足设计单节同轴度 $\leq 1.0\text{mm}$ 、整体同轴度 $\leq 3.0\text{mm}$ 要求后, 进行下一节轴管安装; 整体拼装完成后, 用手拉葫芦进行调节, 完成后再次检测底轴管同轴度, 使之满足同轴度 $\leq 3.0\text{mm}$ 后, 再进行后续焊接工作。安装顺序以下图为例。

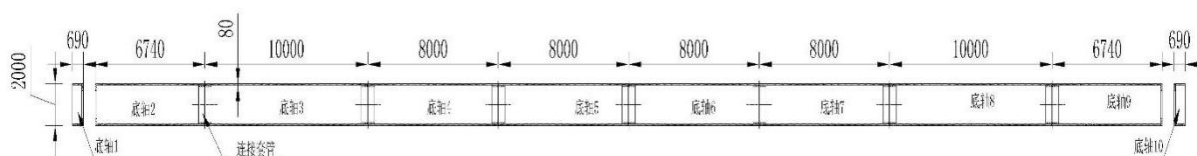


图2 水闸底轴分节安装图

焊接工作分为: 定位焊接→打底焊接→中间层焊接(第一阶段)→表面覆盖层焊接(第二阶段)。

同轴度检查将在底轴焊接全过程监测。定位焊接在底轴内套管与底轴管内壁进行分段焊接, 焊接同时需保持对轴线度监测和调整。打底焊完成后进行一次同轴度检测调整; 第一阶段焊接完成后进行一次同轴度检测调整, 探伤检查; 第二阶段焊接完成后进行探伤和同轴度检测调整。

底轴第1节与第2节和底轴最后一节与倒数第2节与拐臂采用法兰孔(抗剪套)连接, 两节法兰孔对准后装进抗剪套(抗剪套与轴孔一一配对编号, 对称顺序安装), 安装连接螺栓。使用经纬仪、水准仪和钢弦线对底轴再次进行空间位置同轴度轴线复核, 紧固连接螺栓。

底轴全部安装完按设计要求对底轴进行全面检查, 使用API 激光跟踪仪进行全位置尺寸复核, 符合设计要求后安装底止水。轴承、底止水安装后, 采用临时设施, 使底轴进行 90° 转动, 检查有无阻滞现象, 并检测底轴与底轴水封结构的间隙, 底轴及轴承总成的安装精度, 确保底轴安装后能灵活转动, 无卡阻现象。

4.2.5 底轴对接环缝焊接

底轴管分段组装后, 定位焊对称并均布。对底轴管上所带的轴承座初步就位, 满足同轴度的要求, 同时满足与翻

板闸门、液压启闭机的联接及定位要求，各项检查完成后，对底轴环焊缝进行焊接，焊后再次进行检查并校正，满足设计要求后进行轴承座调整加固、拐臂及门叶等的安装。

底轴对接环缝焊接采用管道全位置智能焊机焊接，同一道环缝由 2 台焊接对称焊接，一侧焊机 500mm 后，另一侧焊接开始焊接；首先进行打底焊接，焊接厚度 3mm，完成后根据焊接施工情况作磁粉探伤，合格后进行第一阶段中间层焊接，焊接厚度 30-40mm，智能焊接单层焊接厚度约 5mm，交替往返，达到焊接厚度时，停止该环缝焊接，并进行保护降温处理即采用岩棉包裹降温，达到常温后，进行探伤、同轴度检测，合格后再进行第二阶段（表面覆盖层）焊接，焊接完成冷却后，进行探伤检测，合格后进行退火效应处理，完成后再次进行同轴度检测。

4.3 门槽埋件安装

放门槽中心线（底轴中心线上游 1600mm 的平行线）和孔口中心线，然后吊车吊装就位，花篮螺栓和千斤顶进行调节，调整好，锚筋与一期插筋焊接定位（搭接长度 $\geq 150\text{mm}$ ），完成后再进行测量复检，合格后开始加固焊接，焊接完成后复检、监理检测合格后，移交土建单位进行二期砼浇筑，尽快进行二期浇筑，拆除模板后，马上进行弧板结构安装。

4.4 门叶安装

翻板门门叶因闸门跨度大，重量重，与底轴分节水平组装。

4.4.1 水闸门叶安装顺序

根据项目实际情况安排分节安装顺序。以下图为例。

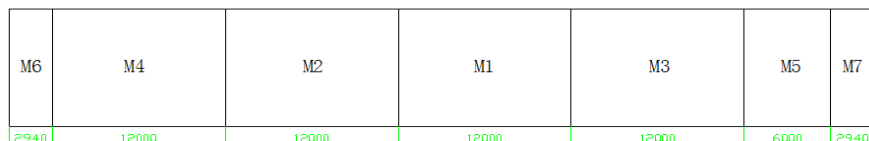


图 3 水闸门叶分节拼装顺序图

4.4.2 安装前准备

- (1) 在底轴上放出门叶中轴线及平行的门叶面板外缘线和后翼板外缘线。
- (2) 在底轴上放出边节止水侧与轴线垂直方向的轴线。
- (3) 在外缘线上相对位置做好定位板，在安装门叶时定位使用。
- (4) 根据现场情况，制作托架。

4.4.3 门叶安装

(1) 根据门叶外形尺寸及现场条件，门叶安装采用水平拼装（门叶全开状态），首先安装定位节门叶，后依次安装中间节，最后安装另一侧止水节门叶。

(2) 定位节门叶在安装时，用吊车就位，用 32t 液压千斤顶和 3t、5t、10t 手拉葫芦进行微调，调整完成后，安装连接螺栓并紧固完成后，进行定位焊接，焊接完成后进行下一节门叶拼装，直到最后一节，在最后一节安装时，该节门叶边梁为现场安装（暂定），根据实际情况来调节边梁位置，在保证门体尺寸及满足止水条件情况下，进行定位焊接，整个门叶拼装完成后，为控制闸门变形，进行分段、分边、对称焊接，焊接顺序由中至边，施焊时焊工 2 人同时进行，按顺序焊接每节门叶边梁腹板，两侧同时进行；再以相同顺序焊接每节门叶边梁腹板；再焊接每节门叶中隔板，焊接顺序雷同；每焊一段就对闸门整体尺寸进行一次检查，来减少和控制闸门变形，最后进行门叶面板焊接，采用分段焊接控制变形，焊接过程中注意监测焊接变形，主要监测了门叶面板变形量，在面板上均布多个测量点，利用水准仪进行测量。

(3) 门叶安装时监测底轴变形，在门叶对称底轴位置布置一条固定的钢琴线，均布多个测点。每天测量 3 次，做好测量记录，每天进行焊接数据统计分析变形情况。整体焊接完成后，对闸门进行整体尺寸复检和探伤，合格后清除闸门、底轴上的定位板、焊疤并进行补焊、磨平，全部完成后进行补漆、附件安装。

4.5 拐臂安装

在底轴完成焊接后，拐臂与门叶安装同时进行，首先根据设计图纸在厂内进行预拼装时，在拐臂和穿墙底轴法兰位置并作出标记（至少 2 处），用吊车将拐臂吊起，根据设计要求（闸门全开状态下），吊起时保证拐臂倾斜方向和大致倾斜度，再用手拉葫芦和大绳配合穿上定位螺栓并锁紧，然后安装法兰螺栓、螺母，再调整拐臂轴线，安装完成后再安装机房内底轴轴承总成。

5 质量控制措施

(1) 底轴全部安装完按设计要求对底轴进行全面检查及尺寸复核,符合设计要求后安装底止水。轴承、底止水安装后,采用临时设施,使底轴进行 90° 转动,检查有无阻滞现象,并检测底轴与底轴水封结构的间隙,底轴及轴承总成的安装精度,确保底轴安装后能灵活转动,无卡阻现象。

(2) 底轴管环缝及门叶面板与底轴连接焊缝在焊接前,采用高温陶瓷电加热带预热,由 380V/240KW 专用温控箱控制。

(3) 采用石棉垫覆盖保温措施控制降温,保温期间,各部温差不超过 50℃。

(4) 焊接完成后,做退火消应处理,加热温度 300℃ 左右,300℃ 以上时,降温速度不大于 260℃/h。

(5) 预热温度经自检达到要求后,方可进行焊接。焊缝两侧加热宽度不小于 300mm。焊接后应立即进行保温处理,保温时间 2 个小时左右。

(6) 焊缝层间温度不低于预热温度,且不应高于 230℃。多层焊时应连续施焊,每一道焊完后应及时清理焊渣及表面飞溅物,若中断施焊,应采取保温措施,必要时应进行后热处理,再次焊接时重新预热温度应高于初始预热温度。

(7) 焊工必须经验丰富的熟练电焊工,要求每组中 2 个的电焊工焊接速度基本一致,要求两个电焊工都完成对称位置焊缝后,才能进行下一对称点位置的焊接。

6 环保措施

(1) 搭设专用焊接工棚。根据底轴直径大小、所处位置及焊接工艺要求搭设焊接工棚,并配备吸尘装置。

(2) 设置废料存储桶。焊接产生的焊渣、焊丝头、磨光片等废弃物放置在专用存储桶内,转交专业废弃物处理单位处理。

(3) 施工中合理安排施工顺序、工作面,以减少作业区域的机具数量,相邻作业区充分利用共有的机具资源。安排施工工艺时,优先考虑耗电少的或其他能耗较少的施工工艺。

(4) 施工现场采取必要的隔音与隔振措施,控制现场噪音排放不超过《施工场界噪声限值》的标准。

(5) 切割、打磨、碳弧气刨清根和除锈喷漆涂料等施工作业时做好防尘措施,搭设防护棚,做好通风、降尘措施,控制粉尘污染。

(6) 现场设立消防灭火器,按施工现场要求进行布置。生活区及工作区等重点防火部位,每处布置不少于 2 具 5kg 干粉灭火器,制定具体防火制度,并有明显标志。

(6) 电焊作业采取遮挡措施,避免电弧光外泄。

7 应用实例

7.1 北支江综合整治工程

亚运场馆北支江综合整治项目位于浙江省杭州市富阳区,全长 12.5km。工程等级为 III 级,水闸为 2 级建筑物,船闸上、下闸首和闸室为 3 级建筑物。水闸洪水标准采用 20 年一遇设计,50 年一遇校核。水闸采用 3 孔设计,每孔净宽 60.0m,总宽 225.0m,单扇总重 650 吨。船闸布置在水闸的最右侧,为一线单级船闸,水闸与船闸均采用底轴驱动式翻板闸门。

工程采用《大直径底轴翻板闸门制作及安装施工方法》,减轻了闸门现场安装施工的压力和难度,有效控制闸门变形,确保闸门安装质量。

7.2 北仑区梅山水道抗超强台风渔业避风锚地工程第 3 标段

梅山水道抗超强台风渔业避风锚地工程位于北仑区梅山岛与穿山半岛西南部之间的梅山水道。工程区治理南北向总长 11.5km,水面积 9.63km²,库容 5000 万 m³。建设规模为 100 年一遇的挡潮海堤两条,500 吨级海船闸两座,总净孔 80m 水闸两座。

工程采用《大直径底轴翻板闸门制作及安装施工方法》减轻了闸门现场安装施工的压力和难度,有效控制闸门变形,确保闸门安装质量。

[参考文献]

[1] 徐永仁. 底横轴翻板闸门安装施工工艺介绍[J]. 安装, 2016(4): 55-56.

[2] 戴宏波, 李斌, 王胜荣. 底横轴翻板闸门安装施工工艺分析[J]. 中华建设, 2019(13): 168-169.

作者简介: 夏洪涛(1968.7-), 男, 毕业于: 武汉水利电力学院, 所学专业: 水能动力工程; 所在单位: 浙江江能建设有限公司, 职务: 总经理, 职称级别: 高级工程师(水利工程)。