

# 水利水电工程闸门安装精度控制方法研究

刘约杯

河南轩尚人力资源服务有限公司 河南 郑州 200030

**【摘要】**：闸门作为水利水电工程的核心调节设施，其安装精度直接关系到工程运行的可靠性、安全性与耐久性。本文系统梳理了闸门安装精度的核心技术要求与控制体系，深入分析了平面闸门与弧形闸门在埋件安装、门体组装、焊缝质量控制及止水系统调试等环节的关键精度控制方法。研究表明，埋件安装精度控制是闸门安装质量控制的关键环节，二期混凝土浇筑工艺的规范性执行对埋件定位精度具有决定性影响。焊接变形的控制与消除应力处理是保证闸门几何精度的核心技术手段。测量技术方面，以全站仪、水准仪及精密传感器为代表的现代测量设备为安装精度提供了技术保障。本文还探讨了闸门安装精度控制的系统化质量管理措施，包括施工准备阶段的精度预控、安装过程中的动态监控以及安装完成后的综合检测与调试，旨在为同类工程提供理论与实践参考。

**【关键词】**：水利水电工程；闸门安装；精度控制；埋件安装；焊接变形；二期混凝土

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.083

## 1 引言

水利水电工程是国家基础设施建设的重要组成部分，在防洪、灌溉、供水、发电及生态保护等方面发挥着不可替代的作用。闸门作为水工建筑物的关键控制设备，承担着调节流量、控制上下游水位、保障工程安全运行的重要功能。闸门安装质量的好坏，尤其是其安装精度的控制水平，直接影响水工建筑物的运行效果、结构安全和使用寿命。

闸门的安装精度控制涉及多专业、多工序的系统工程。从埋件预埋到门体吊装，从焊接组装到止水调试，每个环节的误差累积都可能导致闸门运行卡阻、止水失效甚至结构损伤等严重后果。因此，深入研究闸门安装精度控制方法，对于提升水利水电工程施工质量具有重要的理论价值和工程实践意义。

当前，我国水利水电工程闸门安装主要依据《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》（GB/T 14173—2008）等国家和行业标准进行质量控制和验收。然而，在实际施工过程中，由于工程规模、结构形式、施工环境及技术水平等因素的差异，安装精度控制的难度和重点各有不同。本文从工程技术角度出发，系统论述闸门安装精度控制的核心方法，旨在为水利水电工程建设提供参考。

## 2 闸门安装精度控制的总体要求

闸门按结构主要分为平面与弧形两大类。平面闸门含定轮、滑动、链轮及升卧式等；弧形闸门含竖轴、反向、偏心铰及充压式等。结构上，闸门由门叶和埋件组成，其中埋件安装精度直接决定运行的顺畅性与密封性。按功能划分，包括工作、事故、检修、露顶及潜孔闸门，不同类型对安装精度要求各异，尤以工作闸门的止水与运行精度要求最高。

精度控制以《水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范》（GB/T 14173—2008）为核心。该规范整合了多项旧标准，适用于水利水电工程钢闸门的全流程管控。安装前需备齐设计图、技术文件及出厂合格证；闸门须标志厂名、名称、许可证号、日期、中心位置及总重量。出厂前必须进行总装检查，核验尺寸偏差与配合精度。

## 3 埋件安装精度控制方法

### 3.1 埋件安装的基本工艺

埋件安装是闸门安装精度控制的首要环节。闸门埋件包括底槛、主轨、侧轨、反轨、门楣及铰座等部件，其安装质量直接影响闸门运行的安全性和可靠性。常规工艺采用二期混凝土浇筑方式，也可根据具体情况选择一期混凝土一次成型。大型闸门因埋件自重较大，难以固定在模板上，通常采用二期混凝土工艺，而中小型闸门则可一次浇筑成型。

埋件安装的典型工艺流程为：埋件清点检查→底槛测量控制点设置→底槛吊装就位→调整固定→底槛二期混凝土浇筑→主、侧、反轨测量控制点设置→主、侧、反轨吊装、调整、固定→检查验收→二期混凝土浇筑→接头焊接、磨平→清理、复查测量→防腐涂装。该流程反映了从测量控制点到最终防腐涂装的完整工序链条，其中测量、调整和固定是保证精度的核心环节。

### 3.2 埋件安装的精度要求

埋件安装的精度要求具有严格的量化指标。根据 GB/T 14173—2008 的规定，平面闸门埋件安装公差需符合相应的标准表格要求，主轨承压面接头处错位不得超过 0.2mm，且需磨成缓坡。对于弧形闸门，铰座基础螺栓中心偏差不得超过

1mm, 止水座基面中心线至孔口中心线距离偏差应控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内, 曲率半径偏差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。

对于偏心铰弧形闸门的铰座制造精度, 左右两铰座四个轴孔的圆度和圆柱度公差应小于轴孔公差的一半, 铰座底板至轴孔中心尺寸的绝对偏差不应大于 $\pm 0.5\text{mm}$ , 左右两铰座底板至轴孔中心尺寸的相对偏差不应大于 $0.05\text{mm}$ 。这些精密要求充分体现了闸门安装精度控制的技术高度。

## 4 闸门门体安装精度控制

### 4.1 平面闸门门体安装精度控制

平面闸门门体安装前应对主要尺寸进行复查, 尺寸应符合设计要求及 GB/T 14173 的规定。分节组装成整体后, 节间采用螺栓连接时应均匀拧紧螺栓, 节间止水橡皮压缩量应符合设计要求。

闸门主支承部件的安装应在门叶结构焊接完毕, 经测量校正合格后进行。对于闸门门体安装的质量标准, 止水橡皮与滚轮或滑道面距离的允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ 。闸门安装完成后, 应在无水情况下做全行程启闭试验, 启闭时应应对橡胶水封浇水润滑, 同时检查滚轮等转动部位的运行状态和闸门升降时有无卡阻, 检查启闭设备左右两侧是否同步, 以及检查橡胶水封有无损坏。

### 4.2 弧形闸门门体安装精度控制

弧形闸门的安装具有更高的技术要求。弧形闸门的安装应遵守 GB/T 14173—2008 的有关规定, 弧形闸门左右铰座轴孔同心度检查合格后, 才允许将弧形闸门的支臂与支铰座进行连接。

弧形闸门各节面板拼装完毕后, 应用样板检查其弧面的准确性, 样板弦长不得小于 1.5 米, 检查结果符合施工安装图纸要求后, 才能进行安装焊缝的焊接或连接螺栓的紧固。弧形闸门安装完毕后, 应拆除所有安装用的临时支撑, 修整好焊缝, 清除埋件表面和门叶上的所有杂物, 在各转动部位按照施工图纸要求灌注润滑脂。

弧形闸门在出厂前必须进行总组装检查, 左右两个铰链轴孔的同轴度不应大于 $1.0\text{mm}$ , 铰链中心至门叶中心距离的偏差不应超过 $\pm 1.0\text{mm}$ , 支臂中心与铰链中心的偏差不应大于 $2.0\text{mm}$ 。铰链轴孔中心至面板外缘的曲率半径偏差不应超过 $\pm 3.0\text{mm}$ , 且左右支腿相对差不应超过 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

### 4.3 焊接精度控制与变形处理

焊接是闸门制造和安装过程中影响精度的关键因素。焊接变形控制直接关系到闸门的几何尺寸精度和运行平稳性。根据

《水工金属结构焊接通用技术条件》的规定, 焊件的变形宜采用机械方法矫正, 也可采用局部加热法矫正。对于抗拉强度大于等于 $600\text{MPa}$ 的低合金高强度结构钢, 加热区的温度应控制在 $600^\circ\text{C}$ 以下, 其他钢的加热区温度应控制在 $650^\circ\text{C}$ 以下。

消除应力热处理对保证焊接精度具有重要意义。焊件宜作整体热处理, 炉温低于 $300^\circ\text{C}$ 时进炉, 升温至 $300^\circ\text{C}$ 后允许最大加热速度不得超过规定值, 加热至规定温度后进行保温。对于不能进行整体热处理的焊件, 允许采用电加热器进行局部热处理, 加热宽度为焊缝两侧大于等于 4 倍板厚且不小于 $200\text{mm}$ 。

焊接缺陷的返工也是精度控制的重要内容。同一部位的焊缝返工次数不宜超过 2 次, 超过 2 次应经焊接技术负责人批准。返工后的焊接接头, 应按原焊缝的质量要求和无损检测方法进行 100% 检验。

## 5 安装精度测量控制技术

### 5.1 传统测量方法与精度保证

闸门安装精度的实现依赖于科学的测量控制体系。传统的测量方法主要包括水准仪、经纬仪和钢尺等常规测量工具的配合使用。在闸门水力学及流激振动模型试验中, 使用水准仪、经纬仪、钢尺测量时, 模型高程和宽度误差应小于 $0.3\text{mm}$ , 长度误差小于 $5\text{mm}$ 。

在埋件安装过程中, 精度测量控制点的设置至关重要。底槛、主轨、侧轨、反轨等埋件的安装均需在测量控制点的基础上进行定位和调整。采用样尺配合测量是弧形闸门侧轨安装的常用方法, 通过设置垂直平面控制点, 结合预埋钢筋和预留槽, 实现埋件的精确定位。

### 5.2 现代精密测量技术应用

随着测量技术的发展, 全站仪等现代精密测量设备已在闸门安装精度控制中得到广泛应用。全站仪可实现高精度的测角和测距, 高精度全站仪的高程测量精度可达 $0.5$  秒, 测距精度为 $0.5\text{mm}$  (固定误差)  $+0.3\text{mm}$  (比例误差)。采用全站仪进行三角高程测量可以代替水准测量, 方法简单、测量速度快, 能够灵活选择测站点位置, 降低劳动强度。

在实际测量作业中, 确保全站仪测量精度的关键在于仪器定期校准与维护、环境因素控制、正确操作与设置以及操作人员技术水平的保障。采用正倒镜测量和对向观测等方法可以有效减小控制测量误差。

此外, 闸门安装精度检测还可采用位移传感器 (用于运行过程中变形量的连续监测)、水下摄像检测系统 (用于拍摄和检查水下安装部分的实际状态)、温度传感器 (用于轴承等运

动部位温度监控)以及数据采集与分析系统(用于记录并分析各项检测数据)等多种先进技术手段。

### 5.3 精度检测与验收

闸门安装精度检测应依据国家标准和行业规范进行系统化检测。检测内容包括埋件安装几何尺寸复测、门体主要尺寸复查、止水橡皮安装质量检查以及焊缝质量检验等。根据水利部2023年版《水利建设项目稽察常见问题清单》的规定,止水橡皮安装质量不合格的常见问题包括破裂、扭曲、接头错位等,其依据标准为GB/T 14173—2008第8.2.7、8.2.8等条款。

闸门安装后的试验是验收的重要环节。闸门需进行静平衡试验、启闭试验等,试验前对工作闸门应做动水启闭试验,对事故闸门应做动水关闭试验。闸门安装试验不合格的,需查明原因并整改后重新试验,直至符合规范要求。

## 6 安装精度控制的系统化措施

### 6.1 施工准备阶段的精度预控

施工准备阶段的质量预控是保证闸门安装精度的基础。安装单位应在施工前编制详细的施工组织设计方案,明确精度控制目标和技术措施。金属结构焊接前应进行焊接工艺评定,确保焊接工艺参数的科学性和合理性。埋件安装前,应认真检查预埋锚栓或锚板位置的准确性。

对于弧形闸门等结构复杂的部件,应在工厂进行预组装和总装检查。分节制造的埋件同样应在工厂进行预组装,经过加工的工作面接头错位不应大于0.5mm,非加工的工作面接头错位不应大于1.0mm,且均应作过渡处理。支铰应在工厂进行总组装,单个支铰铰轴的倾斜度应小于0.2mm,左右支铰的同轴度应小于0.1mm,且要求两铰轴倾斜方向一致。

### 参考文献:

- [1] 党延赞.水利工程金属结构钢闸门制造及安装技术研究[J].模具制造,2024,24(6):250-252.
- [2] 全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会.2025年版全国一级建造师执业资格考试用书——水利水电工程管理与实务[M].北京:中国建筑工业出版社,2025.
- [3] 康世杰.弧形闸门安装技术与质量控制研究[J].水电站机电技术,2025,48(11):115-117.
- [4] 迟晓平,彭小明.水利水电工程金属结构制作安装细节质量控制[J].水利水电快报,2023,44(S2):24-26.
- [5] 苏灏.水工金属结构制造及安装质量控制要点研究[J].水电站机电技术,2021,44(5):45-47.

### 6.2 安装过程的动态监控

闸门安装过程中的动态监控是精度控制的核心环节。安装单位应建立从埋件安装到门体组装的全程测量监控体系,对每个关键工序进行实时测量和数据记录。埋件安装完毕后,应对安装精度进行复测,清理和复测记录应提交监理人。

在混凝土浇筑过程中,应采取有效措施保护埋件精度。埋件经检查合格后应在5天至7天内浇筑二期混凝土,混凝土振捣应选用小直径插入式振捣器,不得直接振捣埋件、钢筋和模板。对于门槽埋件处混凝土的浇筑,应严格控制一次投料量,防止混凝土架空和蜂窝狗洞的形成。

### 6.3 安装完成后的综合检测与调试

闸门安装完成后,应对其进行全面的精度调整和测试。首先,检查闸门门叶的高度、宽度、厚度等尺寸是否符合设计要求,确保闸门在运行过程中能够与其他部件配合良好。其次,对闸门的止水性能进行测试,确保闸门能够严密关闭,不出现漏水问题。最后,对闸门的开启和关闭动作进行测试,确保动作灵活、无卡阻和异响现象。

对于止水系统,需进行止水橡皮螺栓孔位置精度控制、止水橡皮表面平整度检查、止水橡皮接头胶合工艺控制等多道工序的质量把关。止水座面的局部平面度应不大于1.0mm,止水压板螺栓孔与止水座的螺孔应同心,位置度不应大于 $\phi 0.5\text{mm}$ 。

闸门及埋件安装经最终检查合格后,还应进行防腐处理。防腐蚀涂装前必须进行表面处理,将金属表面的氧化皮、油污、锈蚀物及其他污染物清除干净。闸门安装完毕并验收合格后,挡水前应对全部检修门槽用共用闸门逐孔试槽。