

# 水利水电工程弧形闸门安装控制技术要点

马贺龙

中国水电基础局有限公司 天津 301700

**摘要:** 水利水电工程在水资源综合利用与能源开发中占据核心地位,而弧形闸门作为水利枢纽的关键控制设备,其安装质量直接关乎整个工程的安全稳定运行与效益发挥。本文详细阐述了水利水电工程中弧形闸门安装控制技术要点。介绍了弧形闸门结构与工作原理,包括门叶、支臂和铰座的结构组成及在承受水压力和启闭过程中的力学原理。从施工场地、设备材料、技术等方面说明了安装前准备工作。重点论述了铰座、支臂、门页和止水装置安装技术要点,还涵盖了安装质量控制标准、检测方法、工具、质量问题处理措施,以及安装过程中的安全风险分析和控制措施。旨在确保弧形闸门安装质量和运行安全,保障水利水电工程功能正常发挥。

**关键词:** 水利水电;工程弧形;闸门安装;控制技术;要点

引言:水利水电工程在国民经济发展中占据重要地位,而弧形闸门作为水利水电工程中的关键设备,其安装质量直接影响工程的防洪、灌溉、发电等功能的实现。在弧形闸门安装过程中,涉及众多复杂的技术环节,包括前期准备、安装控制要点、质量检测以及安全管理等。任何一个环节出现问题都可能导致闸门安装质量不佳,进而影响整个水利水电工程的正常运行。因此,深入研究弧形闸门安装控制技术要点具有重要的现实意义。

## 1 弧形闸门的结构与工作原理

### 1.1 弧形闸门的结构组成

弧形闸门主要由门叶、支臂、铰座、止水装置、吊耳等部分构成。门叶是直接承受水压力并起挡水作用的主体部件,通常由钢板焊接而成,其形状为弧形以更好地适应水流形态和受力分布,具有一定的厚度和强度来抵抗水压。支臂一般为空腹式或实腹式结构,连接门叶与铰座,将作用在门叶上的水压力传递给铰座,其设计需满足强度和稳定性要求,确保能有效支撑门叶。铰座固定在闸墩等基础结构上,使弧形闸门能够绕其转动实现开启和关闭动作,它具备良好的承载能力和转动灵活性。止水装置安装在门叶与闸墩、门叶与门槽等接触部位,多采用橡胶止水材料,通过压缩变形来阻止水流渗漏,保证闸门的止水效果。吊耳设置在门叶上,用于连接起吊设备,以便实现闸门的升降操作。

### 1.2 弧形闸门的工作原理

弧形闸门工作时,主要依靠铰座作为转动中心。当需要关闭闸门挡水时,通过起吊设备放下门叶,门叶在自身重力和水压力作用下,绕铰座转动至指定位置,与闸墩、门槽等紧密贴合,此时止水装置被压缩,形成密

封,有效阻挡水流通过。开启闸门时,起吊设备施加向上的拉力,克服门叶自重、水压力以及摩擦力等,使门叶绕铰座反向转动上升,逐渐开启通道让水流通过。由于弧形结构特点,在水压力作用下,门叶所受的力能较为均匀地传递至支臂和铰座,且弧形与水流流线较为吻合,可减少水流冲击和振动,使闸门运行更为平稳、顺畅,能更好地适应不同水位和流量变化的工况,在水利水电工程中有效地调节水位、控制流量,保障工程的安全运行和水资源的合理调配<sup>[1]</sup>。

## 2 弧形闸门安装前的准备工作

### 2.1 施工场地准备

首先,要进行场地清理工作,将安装现场的杂物、障碍物等清理干净,包括拆除场地上原有的废弃建筑物、清理地表的杂草和垃圾等,确保场地整洁无阻碍。同时,对场地进行平整处理,利用推土机、平地机等机械设备将场地的地面修整到合适的坡度和高程,保证有足够且平坦的空间用于闸门部件的堆放和安装操作。在基础处理方面,对于安装弧形闸门的混凝土基础,要严格按照设计要求进行浇筑。在浇筑前,对基础的模板安装精度进行检查,包括模板的平整度、垂直度等,确保其符合标准。在浇筑过程中,控制混凝土的配合比、浇筑速度和振捣质量,防止出现蜂窝麻面、孔洞等质量问题。浇筑完成后,还要对基础进行养护和强度检测,保证其承载能力满足闸门安装及后续运行的要求。

### 2.2 设备和材料准备

对于弧形闸门的各个部件,在安装前需进行全面细致的检查与验收。对门叶的面板、梁格等部件,检查其尺寸精度,使用量具测量其长度、宽度、厚度等是否符合设计图纸规定,同时查看有无裂缝、变形等质量缺

陷。支臂部件要检查其直线度和几何形状,确保其在安装后能准确传递力。铰座的尺寸和表面质量也需严格把控,保证其安装精度。安装所需的机械设备必须准备齐全且性能良好。起重机是重要的吊装设备,要根据闸门部件的重量和安装高度选择合适的起重机型号,并在安装前对其起重能力、钢丝绳、制动系统等进行检查和调试。电焊机用于部件之间的焊接连接,要保证其焊接电流、电压等参数稳定且符合焊接工艺要求。

### 2.3 技术准备

首先,施工人员要对安装图纸和技术文件进行深入研究,组织技术交底会议。在会议中,由技术负责人详细解读安装图纸中的各个细节,包括闸门的结构形式、部件连接方式、安装尺寸标注等内容,使每个施工人员清楚了解安装流程和要求。同时,对技术文件中的质量标准、验收规范等进行讲解,明确安装质量的把控要点。根据工程实际情况制定详细的安装施工方案。在方案中明确安装顺序,比如先安装铰座,再安装支臂,最后安装门叶和止水装置等,合理安排各工序之间的衔接。施工进度计划要考虑到天气、设备供应等因素,科学安排每日、每周的工作内容和目标,确保安装工作按时完成。质量控制措施要具体且可操作,例如对焊接质量制定探伤检测计划,对安装尺寸偏差规定允许范围和调整方法。安装前的测量放线工作至关重要<sup>[2]</sup>。

## 3 弧形闸门控制技术要点

### 3.1 铰座安装技术要点

在安装铰座前,要对铰座基础进行精确处理。基础的水平度控制至关重要,使用高精度水准仪进行测量,误差应控制在极小范围内,一般不超过设计允许值,以确保铰座安装后不会因基础不平而产生额外应力。垂直度方面,利用铅垂线或全站仪进行检测和调整,保证铰座在垂直方向上的精准度,避免影响闸门转动的顺畅性。对于中心位置,通过测量放线确定的基准点来定位,偏差不得超过规定值。在铰座安装过程中,若采用地脚螺栓固定,要严格按照设计要求控制拧紧力矩。使用力矩扳手进行操作,防止因力矩过大导致螺栓损坏或过小使铰座固定不牢。安装完成后,需进行全面的检查与复核。使用全站仪、水准仪等仪器再次测量铰座的各项安装参数,与设计值进行对比,如有偏差及时调整。同时,检查铰座的活动部件,确保其转动灵活,无卡滞现象,为后续支臂和门叶的安装及闸门的正常运行创造良好条件。

### 3.2 支臂安装技术要点

支臂的拼装环节,要保证各部分在同一平面内,使用测量工具实时监测其直线度。对于拼接处的焊接,严

格按照焊接工艺执行,控制焊接电流、电压和焊接速度,确保焊缝质量,防止出现焊接缺陷影响支臂强度。焊接完成后,对支臂的几何尺寸进行复核,偏差必须在设计允许范围内。支臂与铰座连接时,要注意连接精度。确保支臂的铰轴与铰座孔的配合精度,采用合适的安装工艺,如使用导向装置辅助安装,使支臂能够准确地插入铰座孔中,并保证支臂能绕铰座灵活转动。在安装过程中,为防止支臂因自重或外力作用而产生变形或位移,需设置可靠的临时固定措施。可采用临时支撑或拉索等方式,将支臂稳定在合适的位置,直到与门叶连接完成,从而保证支臂安装位置的准确性和结构的稳定性。

### 3.3 门页安装技术要点

在吊装门叶时,要根据门叶的尺寸、重量和现场条件选择最佳的吊装方法。对于大型门叶,可能需要多台起重机协同作业或采用大型履带式起重机。在吊装前,要对起重机的性能进行全面检查,包括起重量、起升高度、工作半径等参数,确保满足吊装要求,对吊具如钢丝绳、吊钩等进行检查,保证其安全可靠。门叶与支臂的连接安装过程中,要保证连接螺栓的拧紧力矩符合设计要求。使用力矩扳手逐个拧紧螺栓,使门叶与支臂紧密连接,同时要注意螺栓的安装顺序,避免因受力不均导致门叶变形。连接完成后,检查门叶安装后的平整度。利用水准仪、全站仪等测量工具,测量门叶表面不同位置的高程和水平度,通过调整支臂或在门叶与支臂之间增加垫片等方式来调整平整度。此外,还要调整门叶与闸室之间的间隙,确保其满足止水要求,保证闸门关闭时的密封性。

### 3.4 止水装置安装技术要点

止水橡胶的安装工艺要求严格,在切割止水橡胶时,要使用专用刀具,保证切割面平整、光滑,尺寸准确。粘结止水橡胶时,选择合适的粘结剂,按照粘结工艺要求进行操作,确保粘结牢固,无气泡、脱胶等现象。固定止水橡胶时,要保证其安装位置准确,使用专用的固定夹具或螺栓将其固定在门叶或闸室相应位置上。止水装置与门叶和闸室的配合精度控制是关键。在安装过程中,要不断检查止水橡胶与门叶、闸室之间的贴合情况,保证两者之间的间隙均匀一致,防止出现局部间隙过大导致漏水的问题。对于止水橡胶的压缩量,要按照设计要求进行控制,一般通过调整门叶的位置或在止水橡胶安装部位设置合适的调节装置来实现。安装完成后,要进行止水装置的检查与调试。通过充水试验等方法,观察止水部位是否有漏水现象。若发现漏水,及时分析原因,如止水橡胶损坏、安装位置偏差等,并

采取相应的措施进行处理,如更换止水橡胶或重新调整安装位置,直至止水效果良好<sup>[3]</sup>。

#### 4 弧形闸门安装质量控制与检测

##### 4.1 安装质量控制标准

对于门叶安装,其尺寸偏差有着严格要求,长度和宽度方向的允许偏差通常在 $\pm 5\text{mm}$ 以内,厚度偏差控制在设计厚度的 $\pm 3\%$ 范围内,以确保门叶结构符合设计的几何尺寸,保证其强度和止水效果。门叶的平整度偏差每米不得超过 $2\text{mm}$ ,整体平面度偏差在规定范围内,防止因平整度问题导致水流泄漏或影响闸门运行的顺畅性。支臂安装的质量控制包括支臂的直线度,每米直线度偏差不超过 $1\text{mm}$ ,整体支臂的直线度误差控制在较小值,确保力的正确传递。支臂与铰座、门叶连接部位的中心偏差不超过 $\pm 2\text{mm}$ ,保证连接的准确性和受力均匀。铰座安装的水平度和垂直度偏差分别在 $0.5\text{mm}/\text{m}$ 和 $0.2\text{mm}/\text{m}$ 以内,中心位置偏差小于 $\pm 3\text{mm}$ ,保障闸门转动灵活且稳定。对于隐蔽工程,如焊接质量,焊缝外观应无裂纹、夹渣、气孔等缺陷,焊缝余高符合设计要求。内部质量需通过探伤检测,一级焊缝探伤比例为 $100\%$ ,二级焊缝探伤比例不低于 $20\%$ 。防腐处理质量方面,涂层厚度应达到设计规定值,且均匀无漏涂、剥落等现象,保证闸门的耐久性。

##### 4.2 质量检测方法和工具

全站仪是测量闸门部件安装位置和几何尺寸的关键工具,通过测量不同控制点的坐标,可以精确计算出部件的位置偏差、直线度等参数。例如在检测门叶和支臂的安装位置时,全站仪能够快速准确地获取数据。水准仪则用于测量门叶、铰座等的高程和平整度,通过在不同位置设置水准点,测量高差来判断平整度是否符合标准,其精度可达到 $0.1\text{mm}$ 。对于焊接质量检测,超声波探伤是常用方法之一。它利用超声波在焊缝中的传播特性,检测焊缝内部是否存在缺陷,如未焊透、夹渣等,探伤灵敏度高,能够发现微小缺陷。磁粉探伤则适用于检测焊缝表面和近表面的裂纹,通过在焊缝表面施加磁粉,观察磁粉的聚集情况判断缺陷位置。此外,外观检查使用卡尺、塞尺等工具,检查部件的尺寸精度和表面质量,如用卡尺测量门叶厚度,用塞尺检查门叶与闸室

之间的间隙。

##### 4.3 质量问题处理措施

弧形闸门安装过程中可能出现多种质量问题,针对不同问题需采取相应措施。若安装偏差过大,如门叶位置偏差超出允许范围,首先要分析偏差产生的原因。若是测量放线误差导致,需重新复核基准点和测量数据,然后通过调整支臂或铰座的位置来纠正门叶位置。对于门叶平整度偏差,可在支臂与门叶连接部位增加或减少垫片来调整。焊接缺陷问题,若焊缝出现气孔、夹渣,对于表面缺陷可先使用打磨工具将缺陷处清理干净,然后按照焊接工艺要求重新补焊。对于内部缺陷,如通过超声波探伤发现的未焊透问题,需将有缺陷的焊缝完全清除,重新进行焊接,焊接后再次探伤检测。止水不严问题,若因止水橡胶安装位置不准确,可重新调整止水橡胶位置,保证其与门叶和闸室的贴合紧密。若止水橡胶有损坏,如撕裂或老化,及时更换止水橡胶,并检查其固定情况,确保止水效果良好。对于因门叶或闸室变形导致的止水问题,要分析变形原因,采取相应的矫正措施,如对变形部位进行修复或加固<sup>[4]</sup>。

##### 结束语

综上所述,弧形闸门安装是水利水电工程中的关键环节,其安装控制技术、质量检测与安全管理都至关重要。只有严格把控安装各环节的技术要点,依据高质量控制标准和科学检测方法,同时加强安全风险防范,才能确保弧形闸门安装质量可靠、运行安全稳定,为水利水电工程的防洪、灌溉、发电等功能有效发挥奠定坚实基础,推动水利水电事业的可持续发展。

##### 参考文献

- [1] 郭显强,郑建坤,刘星.超大型潜孔斜支臂弧形闸门设计计及试验研究[J].水利规划与设计,2019(10):105-108,112.
- [2] 李炳源,王小峰.水利水电工程钢闸门振动分析与评价[J].科技资讯,2019,15(33) 113-134
- [3] 周玉.关于水利水电工程弧形闸门安装控制技术要点[J].城市建设理论研究(电子版),2019(07) 136-145
- [4] 吕军.浅谈水利水电工程弧形闸门安装控制技术要点[J].农业科技与信息,2019(22) 155-167