

水利工程水闸金属结构施工方法研究

廖承彬 吴阳锋

浙江省水利水电工程质量与安全管理中心 浙江 杭州 310050

摘要：文章深入探讨水利工程水闸金属结构的施工方法，涵盖从材料选择、构件加工、组装焊接到安装调试的全过程。通过对闸门埋件、闸门与启闭机、轨道系统与门槽埋件的安装方法进行详细阐述，结合质量控制与检测技术，旨在提供一套科学、系统的施工方法论。本文强调施工过程中的精度控制、安全管理和环境保护，为水利工程水闸金属结构的施工提供理论指导和实践参考，有助于提升水闸工程的整体质量和运行效率。

关键词：水利工程；水闸；金属结构；施工方法

1 水闸金属结构的组成与特点

1.1 金属结构主要部件

水闸金属结构主要由以下主要部件组成：闸门；是水利工程中常见的水闸设备，用于调节水流量和防洪。闸门通常由钢结构构成，包括钢制闸门本体、钢闸槽和钢闸座等部分。闸门的设计灵活多变，可根据不同的工程需求进行定制，如大型水库的进出水口或中小型河流的防洪闸门。预埋铁件；是水闸金属结构中的固定部分，用于连接和支撑闸门等活动部件。活动部分；对于某些特殊类型的水闸，如钢坝闸，活动部分包括门叶、支臂、支铰和止水装置等。门叶是钢坝闸的承重结构，支臂连接门叶与启闭机械，支铰使门叶能够绕其旋转，止水装置则用于保证门叶在关闭时能够紧密贴合，防止水流泄漏。埋固部分；包括轨道、铰座和止水座等。轨道用于支撑门叶的移动，铰座是支臂与门叶的连接点，止水座则是门叶关闭时与水封接触的部位。启闭机械；是控制水闸启闭的设备，通常采用卷扬式、油压式、螺杆式或移动式机械。启闭机械需要满足启闭力大、操作简便、安全可靠等要求。

1.2 水闸金属结构的特点

水闸金属结构的特点主要体现在几个方面：第一、高强度与耐久性：钢材作为主要的构造材料，具有优异的抗拉、抗压和抗剪强度，能够承受巨大的水压力和外部荷载，钢材经过防腐处理（如热镀锌、喷涂防腐漆等），能有效抵御水流的侵蚀和氧化，延长使用寿命。第二、灵活性与适应性：水闸金属结构的设计灵活多变，可根据不同的工程需求进行定制，水闸金属结构还具备良好的适应性，能够应对水位变化、水流速度波动等复杂环境条件^[1]。第三、启闭便捷与自动化控制：现代水闸普遍采用电动、液压或气动等自动化启闭系统，实现远程控制和智能化管理。这种设计不仅提高闸门操

作的便捷性和效率，还降低人工操作的风险和成本。第四、密封性能优越：为了确保闸门在关闭时能够有效阻挡水流，防止渗漏和冲刷，水闸金属结构通常采用橡胶止水带、金属止水片等密封装置。这些密封材料具有良好的弹性和耐磨性，能够在长时间使用过程中保持稳定的密封效果。第五、安全性高、可靠性强：水闸金属结构的设计充分考虑安全性和可靠性。关键部件如门叶和支臂等采用高强度材料制造，具有足够的强度和刚度，启闭机械也采用先进的安全保护措施，如过载保护、限位保护等，确保水闸的安全可靠运行。

2 水利工程水闸金属结构施工前期准备

2.1 施工图纸与方案设计

在水利工程水闸金属结构施工的前期准备阶段，施工图纸与方案的设计是至关重要的。这一步骤需要由专业的水利工程师根据工程的具体需求、地理位置、水流条件以及预期的功能要求进行精心策划。施工图纸应详细标注出水闸金属结构的各个组成部分，包括闸门、预埋铁件、活动部分、埋固部分以及启闭机械等的位置、尺寸和规格，施工方案应明确施工顺序、工艺方法、质量要求以及安全措施等，以确保施工过程的顺利进行。

2.2 施工材料与设备准备

施工材料与设备的准备是水利工程水闸金属结构施工前期准备的重要组成部分。根据施工图纸和方案的要求，需要精心挑选和采购所需的金属材料、密封材料、连接件等。这些材料的质量直接关系到水闸金属结构的强度、耐久性和密封性能。同时还需要准备施工所需的机械设备，如起重机、焊机、切割机等，以及必要的检测仪器，如经纬仪、水准仪等。在施工前，应对所有材料和设备进行严格的质量检查，确保其符合设计和规范要求，还需要合理安排材料和设备的运输和储存，以确保施工过程的连续性和高效性。

2.3 施工现场勘查与布置

在水利工程水闸金属结构施工前期准备阶段,施工现场的勘查与布置也是必不可少的环节。这一步骤需要对施工现场进行详细的调查和分析,包括地形地貌、地质条件、水文状况以及周边环境等^[2]。通过现场勘查,可以了解施工现场的实际情况,为施工方案的制定和调整提供依据。还需要根据施工图纸和方案的要求,对施工现场进行合理布置,包括施工道路的规划、临时设施的搭建、施工机械的停放以及施工材料的堆放等。施工现场的布置应考虑到施工过程的便利性和安全性,确保施工活动的有序进行,还需要与相关部门和单位进行沟通协调,确保施工过程的合法性和合规性。

3 水利工程金属结构施工方法

3.1 闸门埋件安装

水利工程金属结构施工中的闸门埋件安装是整个工程的关键环节之一,其安装质量直接影响到水闸的稳定性和使用寿命。在进行闸门埋件安装前,首先需要对施工现场进行清理,确保无杂物和积水,以便进行准确的测量和定位。根据施工图纸,使用全站仪或经纬仪精确测量出埋件的安装位置和高程,并在混凝土基础上做好标记。根据标记位置,采用合适的吊装设备将埋件吊装至预定位置,并进行初步固定。在固定过程中,需使用水平尺和千分尺等工具进行精确调整,确保埋件的水平度、垂直度和相对位置满足设计要求。在埋件安装完成后,需进行二次灌浆,二次灌浆的目的是填充埋件与混凝土基础之间的空隙,增强埋件的稳定性和耐久性。灌浆材料通常采用高强度、无收缩的水泥砂浆或环氧树脂等材料,以确保灌浆层与混凝土基础之间形成良好的粘结。灌浆过程中,需严格控制灌浆压力和灌浆速度,避免产生气泡和空腔。灌浆完成后,需进行养护,确保灌浆层充分硬化。闸门埋件安装还需注意几点:一是要严格控制埋件的制造精度和安装精度,确保埋件之间的相对位置和尺寸满足设计要求;二是要加强对埋件的防腐处理,延长其使用寿命;三是在安装过程中要加强对施工质量的监控和检查,确保每一步操作都符合规范要求。

3.2 闸门与启闭机安装

闸门与启闭机的安装是水利工程金属结构施工中的另一重要环节。闸门是水闸的主要工作部件,用于调节水流和防洪;启闭机则是控制闸门开启和关闭的设备。闸门安装前,需对闸门进行仔细检查,确保其制造质量和尺寸满足设计要求。根据施工图纸和现场实际情况,确定闸门的安装位置和角度。在闸门安装过程中,需使用吊装设备将闸门平稳吊装至预定位置,并使用专用工

具进行固定和调整。在固定过程中,需确保闸门的水平度、垂直度和相对位置满足设计要求,还需对闸门的密封装置进行检查和调整,确保其密封性能良好。启闭机安装前,需对启闭机进行仔细检查,确保其制造质量和性能满足设计要求,根据施工图纸和现场实际情况,确定启闭机的安装位置和高度。在启闭机安装过程中,需使用吊装设备将启闭机平稳吊装至预定位置,并进行初步固定。根据启闭机的使用说明书和施工图纸,进行启闭机的调试和安装。调试过程中,需对启闭机的各项性能指标进行检查和测试,确保其运行平稳、可靠。闸门与启闭机安装完成后,需进行联合调试,联合调试的目的是检查闸门与启闭机之间的配合情况和运行效果。在调试过程中,需对闸门的开启和关闭过程进行观察和记录,检查其是否平稳、无卡阻现象。同时还需对启闭机的运行情况进行检查和测试,确保其各项性能指标满足设计要求^[3]。

3.3 轨道系统与门槽埋件安装

轨道系统与门槽埋件的安装是水利工程金属结构施工中的又一关键环节。轨道系统用于支撑和引导闸门的移动,门槽埋件则用于固定和支撑闸门。轨道系统安装前,需对轨道进行仔细检查,确保其制造质量和尺寸满足设计要求,根据施工图纸和现场实际情况,确定轨道的安装位置和高度。在轨道安装过程中,需使用吊装设备将轨道平稳吊装至预定位置,并进行初步固定。使用专用工具对轨道进行精确调整,确保其水平度、垂直度和相对位置满足设计要求。门槽埋件安装前,需对门槽埋件进行仔细检查,确保其制造质量和尺寸满足设计要求,根据施工图纸和现场实际情况,确定门槽埋件的安装位置和角度。在门槽埋件安装过程中,需使用吊装设备将门槽埋件平稳吊装至预定位置,并进行初步固定。使用专用工具对门槽埋件进行精确调整,确保其水平度、垂直度和相对位置满足设计要求。

4 水利工程水闸金属结构质量控制与检测

4.1 材料质量控制

水利工程水闸金属结构的质量控制始于材料的选择与检验。材料质量是确保水闸结构安全、稳定及耐久性的基础。首先,所有金属材料,如钢材、铸铁、不锈钢等,需符合相关国家或行业标准,如GB(中国国家标准)、ASTM(美国材料与试验协会标准)等。采购时,供应商应提供材料的质量证明书,包括但不限于化学成分、力学性能、热处理状态等关键信息。在材料入场前,需进行严格的抽检,包括外观检查、尺寸测量、化学成分分析、力学性能测试等。外观检查主要查看材

料表面是否有裂纹、锈蚀、夹杂物等缺陷；尺寸测量确保材料规格与设计图纸一致；化学成分分析通过光谱仪等设备验证材料的元素组成；力学性能测试则通过拉伸试验、冲击试验等评估材料的强度、韧性等关键性能指标。对于特殊要求的材料，如耐腐蚀、耐磨损材料，还需进行专项测试。对于用于关键部位的焊接材料，如焊条、焊丝、焊剂等，同样需进行严格的检验，确保其化学成分、力学性能和焊接工艺性能满足设计要求。所有检验记录应详细记录并存档，以便后续追溯。

4.2 施工过程控制

施工过程控制是水利工程水闸金属结构质量控制的核心环节。在构件加工阶段，应确保切割、打孔、弯曲等工艺操作准确无误，避免产生尺寸偏差和形状畸变。焊接作为金属结构连接的主要方式，其质量控制尤为重要。需制定详细的焊接工艺规程，明确焊接方法、焊接参数、焊材选用、预热温度、层间温度、焊后处理等要求。焊工需持有相应资质，且在实际操作中需严格遵守规程，确保焊缝质量。组装过程中，应严格控制构件的定位精度和组装间隙，采用合适的工装夹具保证组装稳定性^[4]。对于大型复杂结构，还需进行预组装，以检验组装可行性和调整误差。安装阶段，需确保闸门、启闭机、轨道系统、门槽埋件等关键部件的安装位置、高程、角度等满足设计要求。安装过程中，应加强对安装精度的监测和校正，采用全站仪、经纬仪、水准仪等高精度测量工具，确保安装精度控制在允许范围内。

4.3 质量检测与验收

质量检测与验收是水利工程水闸金属结构质量控制的最后一道防线。质量检测分为过程检测和最终验收两个阶段。过程检测贯穿于整个施工过程，包括材料检验、工序检验、隐蔽工程检验等，每道工序完成后，需进行自检、互检和专检，确保质量合格后方可进入下一道工序。对于关键工序和重要部位，还需进行旁站监

督，确保施工质量和安全。最终验收阶段，需对水闸金属结构的整体质量进行全面检查，包括但不限于外观质量、尺寸精度、焊接质量、安装精度、功能性能等。外观质量检查主要查看表面是否有裂纹、锈蚀、油漆脱落等现象；尺寸精度检查通过测量工具验证各部件尺寸是否符合设计要求；焊接质量检查可采用超声波探伤、射线探伤等无损检测技术，确保焊缝内部无缺陷；安装精度检查则通过测量和比对，验证各部件的安装位置、高程、角度等是否满足设计要求；功能性能测试则通过模拟运行，检验闸门启闭是否灵活、密封是否良好等。验收过程中，应邀请设计、监理、施工、业主等相关方共同参与，确保验收结果的公正性和权威性，对于发现的质量问题，应及时整改，直至满足设计要求和质量标准。

结束语

水利工程水闸金属结构的施工方法是一项复杂而精细的工程，需要综合考虑材料、工艺、设备、安全等多个方面。通过本文的研究，不仅对水闸金属结构的施工方法有了更深入的理解，也认识到质量控制与检测在施工过程中的重要性。未来，随着技术的不断进步和工程实践的积累，相信水闸金属结构的施工方法将更加完善，为水利事业的发展贡献更大的力量。

参考文献

- [1]张彬.水利工程水闸金属结构施工方法研究[J].珠江水运,2022(7):89-91.
- [2]李晓东.水利工程中水闸施工的技术要点及其注意事项分析[J].水电站机电技术,2021,(3).DOI:10.13599/j.cnki.11-5130.2021.03.030.
- [3]刘志宏.水利工程水闸除险加固的施工方法研究[J].地下水,2021,(4).DOI:10.19807/j.cnki.DXS.2021-04-104.
- [4]王彦莉,佛芝桦,陈菲菲.引黄水闸工程施工技术[J].河南水利与南水北调,2021,(7).DOI:10.3969/j.issn.1673-8853.2021.07.026.