

水利水电工程金属结构安装质量控制方法研究

唐 鑫

中国水电基础局有限公司 天津 300000

摘要：水利水电工程中，金属结构安装质量关乎工程安全与运行效能。本文围绕安装质量控制展开研究，阐述前期准备中图纸审核、材料检验等基础要素把控，分析温度、湿度等环境因素影响。探讨构件组装、焊接、吊装等关键环节的质量控制方法，介绍实时监测与偏差调整策略，提出人员设备管理、责任体系构建及后期维护等保障措施，为工程实践提供参考。

关键词：金属结构安装；质量控制；焊接施工；偏差调整；后期维护

引言：水利水电工程作为基础设施建设的关键部分，金属结构安装质量直接影响工程整体性能与长期稳定性。金属结构涵盖闸门、压力钢管等众多部件，其安装涉及多环节、多因素。从前期准备到施工过程，再到后期维护，每个阶段的质量控制都至关重要。随着工程技术不断发展，对金属结构安装质量提出更高要求，深入探究有效质量控制方法，成为保障工程安全运行的迫切需求。

1 金属结构安装质量控制的基础要素

1.1 前期准备的质量把控

安装前对设计图纸的审核需聚焦结构尺寸与工程现场的匹配度，核查构件各部位尺寸标注是否清晰，关键节点的连接方式是否符合安装工艺要求，判断图纸设计的结构形式在实际作业中是否存在操作障碍^[1]。同时需核对构件与预埋件的位置对应关系，确保预留孔洞、螺栓间距等细节与安装需求一致，避免因设计与现场的偏差影响后续工序。材料进场检验需覆盖金属构件的多项指标。检查构件外观是否存在变形、裂纹、锈蚀等缺陷，表面涂层的均匀性和附着强度是否达标。验证构件材质证明文件与设计要求的一致性，通过外观检查和简单的工具测量确认构件关键尺寸是否在允许偏差范围内。对于防腐处理部分，需查看防腐层的厚度是否均匀，连接处的防腐处理是否到位，确保材料本身质量符合安装标准。施工方案的合理性评估需综合考量安装流程的逻辑性，各工序的衔接是否顺畅，是否存在交叉作业冲突。评估选用的施工设备是否与构件重量、安装高度等参数匹配，设备的性能状态是否满足连续作业需求。检查人员配置是否覆盖安装所需的各专业岗位，作业人员的技能水平是否与岗位要求相符，确保方案中的人员分工和设备安排能够支撑安装过程的质量控制。

1.2 施工环境的质量影响

温度变化对金属构件的伸缩会产生直接作用，高温环境可能导致构件膨胀，低温则可能引发收缩，这种尺寸变化会影响安装精度，尤其在多段构件拼接时容易产生缝隙或应力集中。湿度较高的环境会增加焊接过程中的氢致裂纹风险，影响焊缝的成形质量和力学性能，潮湿条件还可能加速未防护金属表面的锈蚀。应对露天作业的防雨防晒需求，需搭建临时防护棚，避免雨水直接冲刷正在安装的构件和焊接作业面，防晒措施可采用遮阳网降低构件表面温度，减少温度骤变对安装精度的影响。高空安装时的防风控制需设置稳固的作业平台，加装防风缆绳固定构件，根据风力等级调整作业安排，当风力超过安全阈值时暂停高空吊装和拼接作业。针对狭窄空间的安装环境，需提前规划构件吊装路径，确保吊装过程中不会与周边结构发生碰撞，同时改善空间内的通风条件，避免焊接烟尘积聚影响作业人员判断和构件质量。对于水下安装环境，需提前探测水流速度和水质情况，采取止水措施控制作业区域的水位稳定，确保水下连接部位的清洁度和安装定位的准确性。

2 关键安装环节的质量控制方法

2.1 构件组装的精度控制

构件对接时需采用基准线对齐法，以预先标记的轴线和高程控制线为参照，通过水平仪和经纬仪实时监测对接部位的偏差值^[2]。调整构件位置时采用渐进式微调方式，避免因大幅度移动导致的二次偏差，确保对接处的轴线重合度和高程差处于设计允许范围。对于大型构件，可借助临时支撑装置固定初步对位后的位置，再通过千斤顶进行精细调整，直至各方向误差均符合标准。连接节点处理需遵循特定工艺要求。螺栓紧固需按照从中间向两侧对称分布的顺序进行，避免因单边受力导致的节点变形，紧固过程中采用扭矩扳手控制力度，确保每个螺栓的预紧力均匀一致。焊接接头的坡口加工需保

证角度和深度符合设计标准，边缘的钝边尺寸需精准控制以避免未焊透现象。层间清理需在每道焊缝完成后及时进行，清除焊渣和飞溅物，必要时采用角磨机打磨焊缝表面，确保后续焊接层与基层结合紧密。

2.2 焊接施工的质量保障

焊接参数的选择需结合构件材质和厚度确定，低碳钢构件可采用较大电流配合中等焊接速度，高强度钢则需适当降低电流并减缓焊接速度以减少热影响区。电压需与电流保持适配，确保电弧稳定燃烧，避免因电压波动导致的焊缝成形不良。不同焊接位置需调整参数，平焊时可适当提高焊接速度，立焊和仰焊则需降低电流以防止熔滴坠落。在进行异种钢焊接时，需根据两种钢材的性能差异选择过渡性焊接材料，调整参数以平衡熔合效果，避免因材质不同产生的焊接应力集中。焊接过程中需持续观察焊缝成形状态，检查熔宽和余高的均匀性，发现焊缝宽窄不一或高低不平时及时调整焊接速度和运条方式。保持焊接区域的清洁干燥，避免杂质进入熔池形成气孔，通过控制电弧长度减少裂纹产生概率。焊后处理需进行消应力处理，采用局部加热或整体保温的方式降低焊接残余应力，处理完成后对焊缝进行外观检查，必要时采用无损检测手段验证内部质量，确保无隐藏缺陷。对厚板焊接部位，需进行后热处理，缓慢冷却以减少淬硬组织，提升焊缝的抗裂性能。

2.3 起重吊装的安全与精度控制

吊装方案设计需以构件重心位置为基础确定吊点，确保多个吊点的合力方向与构件重心垂线重合，避免吊装过程中产生扭矩导致构件扭曲。对于细长型构件，需增设辅助吊点以控制挠度，防止因自重产生过度弯曲变形。核算吊装机械的承载能力时需预留安全余量，考虑构件重量、吊具自重及可能的附加荷载，确保机械性能满足吊装需求。根据构件形状和安装高度选择合适的吊装角度，避免因角度过大导致的吊索受力超限。吊装过程中采用分步起吊方式，先将构件吊离地面一定高度检查平衡状态，调整至稳定后再继续提升。通过牵引绳控制构件摆动幅度，在接近安装位置时减缓起吊速度，采用全站仪监测构件的空间位置，确保各吊点的升降速度同步。对于大型组合构件，可采用分段吊装、空中对接的方式，对接过程中需设置临时支撑平台，为精准对位提供稳定支撑。吊装到位后立即实施临时固定，采用刚性支撑或临时螺栓将构件与基础或已安装结构连接，检查固定点的受力状态，确保临时支撑的刚度和稳定性能够承受构件自重及后续作业的附加力，为后续安装工序提供安全稳定的作业条件。

3 安装过程中的质量监测与调整

3.1 实时监测的实施方式

安装过程中的实时监测需结合多种工具与技术。全站仪可用于对构件三维位置进行精准测量，通过多点定位确定构件的空间坐标，与设计值比对计算偏差量^[3]。应力传感器安装在关键连接节点和受力部位，持续采集受力数据，反映结构在安装过程中的应力变化情况。对于大型复杂结构，可配合水准仪监测高程变化，确保整体安装高程符合设计标准。监测数据的记录需按时间顺序和工序阶段分类整理，详细标注每次测量的构件编号、监测点位置及对应数值。分析流程需先比对实测值与设计允许偏差范围，识别超出标准的异常数据，再结合施工进度判断偏差产生的阶段和可能原因。对连续监测的数据进行趋势分析，预测偏差发展方向，为制定调整方案提供依据。发现显著偏差时及时通报相关人员，共同评估影响范围，确保调整措施的针对性。

3.2 偏差调整的方法与原则

针对构件位置偏移，若偏差较小可采用千斤顶进行局部微调，通过缓慢施加外力推动构件回归设计位置，调整过程中需同步监测相邻构件的状态，避免引发连锁偏移。对于尺寸误差，轻微超差可通过打磨或补焊进行处理，补焊时需选用与母材匹配的焊接材料，控制焊接范围以防过度加热导致新的变形。若偏差涉及多个构件的协同关系，需制定整体调整方案，按先主后次的顺序逐步校正，确保各部分偏差同步减小。调整过程中需遵循逐步递进原则，每次调整量控制在允许范围内，避免因单次调整幅度过大产生新的应力集中。保持调整工具与构件接触部位的稳固，防止打滑造成构件损伤或人员安全风险。调整完成后需重新监测确认偏差是否已修正至允许范围，同时检查相关联的其他部位是否出现新的偏差，确保调整效果稳定可靠。对涉及结构受力状态的调整，需验证调整后的整体稳定性，避免因局部调整影响结构整体性能。

4 质量控制的保障措施

4.1 人员与设备的管理

施工人员需具备相应的专业技能，金属结构安装人员应熟悉构件连接工艺，掌握吊装作业的基本原理和操作规范，焊接人员需能根据不同材质和焊接位置调整操作手法。培训内容应涵盖安装图纸的识读方法，关键工序的质量标准和控制要点，以及安全操作规范^[4]。针对新型结构或特殊工艺，需开展专项培训，通过实操演练提升人员对复杂工序的处理能力，确保操作过程符合质量要求。培训后需进行技能考核，通过实际操作验证学习

效果，不合格者需重新培训直至达标。设备的维护需按使用频率制定周期计划，焊接设备应定期检查电缆连接是否牢固，焊枪喷嘴是否通畅，电流电压调节装置是否灵敏，发现异常及时维修更换。起重机械需检查吊具的磨损程度，制动系统的灵敏性，以及液压系统的压力是否正常，确保各部件性能处于良好状态。检测设备如全站仪、应力传感器等需定期校准，通过与标准器具比对调整精度，保证测量数据的准确性，校准记录需妥善保存以备查验。长期停用的设备在重新启用前需进行全面检修，确认功能正常后方可投入使用。

4.2 质量责任体系的构建

各岗位的质量职责需明确划分，技术负责人负责审核安装方案和技术交底的完整性，确保施工工艺的可行性。施工班组长需监督工序的执行情况，检查操作人员是否按规范作业，及时纠正不符合要求的操作行为。操作人员对自身完成的工序质量负责，确保每道工序符合质量标准。质量检查人员需对安装过程中的关键节点进行核验，确认各项指标达标后方可进入下道工序。不同岗位间需建立沟通机制，确保质量问题能快速传递并得到处理。质量检查的层级制度需形成闭环，自检由操作人员在工序完成后自行检查，对照质量标准核对操作成果，发现问题及时整改。互检由同一作业组的不同人员交叉检查，从不同角度识别质量隐患，避免自检中的疏漏。专检由专职质量人员进行，依据设计文件和规范要求进行全面检查，重点关注关键部位和隐蔽工程。三级检查的结果需详细记录，上一级检查需验证下一级检查中发现问题的整改情况，确保检查流程衔接顺畅。检查中形成的记录需按工程部位和时间顺序归档，便于追溯质量责任。

4.3 后期维护的质量延续

安装完成后的防护措施需全面到位，金属结构表面需清理干净后涂刷临时防护涂层，覆盖易受碰撞的边角部位，防止运输或后续工序中的物体撞击造成损伤。

对已安装的闸门、启闭机等设备，需关闭操作机构并锁定，避免误操作导致结构位移。露天放置的构件需覆盖防雨布，防止雨水侵蚀引发锈蚀，对精密部件可采用密封罩保护，隔绝灰尘和湿气。在结构周围设置警示标识，禁止无关人员靠近或触碰，减少人为损坏风险。交接验收前的质量复查需覆盖所有安装内容，检查构件的整体位置是否符合设计要求，连接节点的紧固程度是否达标，焊缝表面是否平整无缺陷。验证金属结构的活动部件如闸门的启闭是否灵活，有无卡阻现象，密封部位的严密性是否良好。复查过程中发现的问题需及时通知施工单位整改，整改完成后重新检查确认，确保所有质量指标均符合工程整体质量标准，为后续的运行维护奠定良好基础。同时整理完善安装过程中的质量记录，包括检测数据、整改情况等，形成完整的质量档案，便于后续追溯和查阅。

结束语

水利水电工程金属结构安装质量控制是一项复杂且系统的工程，涵盖前期准备、施工过程及后期维护等多个阶段。通过对基础要素的严格把控、关键环节的精准控制、实时监测与偏差调整以及完善保障措施的实施，能够有效提升安装质量。未来，随着技术持续进步，需不断优化质量控制方法，以适应更高标准的工程需求，推动水利水电工程事业高质量发展。

参考文献

- [1]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(2):24-26.
- [2]侯绍祥.水利水电工程金属结构制作安装细节质量控制[J].中国厨卫,2024,23(11):176-178.
- [3]徐嘉,韩郭峰,李周波.水利水电工程金属结构安装施工质量控制措施探析[J].电脑校园,2024(9):89-91.
- [4]曹醒.水电站金属结构闸门制作及安装焊接技术应用探析[J].现代工程科技,2024,3(3):109-112.