

水工钢闸门制造监造质量控制

李步一 卢天昊

郑州国水机械设计研究所有限公司 河南 郑州 450000

摘要:水工钢闸门是水利水电工程挡水控流的核心金属结构,制造质量直接决定工程长期运行的安全性与稳定性。钢闸门整套生产工序环节繁杂,不同施工阶段存在差异化的管控重点,质量波动来源涵盖材质状态、工艺操作、防护施工及现场作业行为等多个层面。本文梳理当前监造工作中存在的构件精度偏差、工艺施工缺陷与流程管控漏洞,依托制造工序特征明确各阶段工艺管控重点,搭建包含原材料核验、工序标准化管控、关键工艺旁站监督、全流程动态巡检在内的质量控制体系,为水工钢闸门制造监造质量提升提供可落地的实操参考。

关键词:水工钢闸门;制造工艺;监造管控;质量控制;金属结构

引言:水利水电工程的安全平稳运行,离不开各类金属结构设施的可靠支撑,水工钢闸门作为挡水、泄洪与水流调节的核心控制性设施,长期承受高压水冲击、泥沙磨损与复杂水环境侵蚀,其制造精度与结构强度直接决定工程的运行效能与服役寿命。近年来水利工程建设规模持续扩大,钢闸门的大型化、复杂化特征愈发明显,对制造环节的精细化管控要求也不断提升。传统的事后核验模式难以覆盖全流程质量隐患,亟需构建全链条的监造管控体系,从生产源头到成品出厂的各环节落实质量把控,切实筑牢钢闸门的制造质量防线。

1 水工钢闸门制造工艺与监造管控要点

1.1 水工钢闸门主流制造工艺流程

水工钢闸门制造遵循循序渐进的工序逻辑,整体流程具备较强的系统性与连贯性。生产开展初期需要完成原材料筛选、核验与预处理工作,剔除材质不达标的原材料,消除板材表面锈蚀、氧化皮与杂质。预处理结束后进入板材切割、下料与塑形阶段,按照设计尺寸完成构件粗加工,形成闸门主体、肋板、连接板等基础构件。粗加工构件经过精细调平、矫正处理后,进入拼装与焊接工序,逐步成型完整闸门结构。结构成型后开展整体尺寸校核、焊缝修整与表面打磨作业,为后续防腐施工创造条件^[1]。表层除锈、涂装防护作业完成后,开展整体外观与形体核查,落实制造阶段的各项质量把控工作,形成完整的生产作业链路。

1.2 钢闸门构件加工工艺管控重点

构件加工是保障钢闸门成型精度的基础环节,工艺管控聚焦尺寸精度与形体稳定性。板材下料阶段需要严控切割平整度,规避切口毛刺、缺角、形变等加工瑕

疵,保证构件基础形体规整。机械矫正与火焰矫正作业需要把控作业力度与作业范围,避免过度加温、外力挤压引发的板材二次变形。构件开孔、坡口加工环节需要对照设计标准把控加工角度与深度,保证后续拼装对接的紧密程度。各类构件加工过程需要保持统一的精度标准,减少单件构件形体偏差,规避累积误差对后续整体组装质量造成的负面影响。

1.3 钢闸门组装与焊接工艺管控重点

组装与焊接决定钢闸门整体结构强度与形体稳定性,是制造管控的核心环节。构件拼装阶段需要把控对位精度与拼接缝隙,做好临时固定与支撑限位,防止拼装过程出现偏移、错边问题。结构拼装成型后开展细致核查,修正形体偏差,保证整体结构规整统一。焊接作业需要结合板材材质与构件厚度匹配施焊方式,把控施焊顺序、焊接温度与焊缝成型厚度。重点关注交叉焊缝、受力焊缝等关键部位,减少气孔、夹渣、未焊透等内部缺陷。焊后及时开展焊缝清理与构件矫正,消除焊接应力带来的结构变形,维持闸门整体结构稳定性。

1.4 制造全过程监造管控关键内容

制造监造工作覆盖钢闸门生产所有工序环节,以过程管控把控整体制造质量。监造工作针对原材料质量状态开展前置核查,从源头杜绝劣质材料投入生产。构件加工阶段重点监督下料精度、矫正质量与形体控制,规范各类加工操作细节。组装焊接环节聚焦工序规范性与成型质量,排查各类工艺缺陷与操作疏漏。后期防腐、修整、校核阶段,重点监督作业精细度,把控表层防护质量与整体成型精度。全程跟进各工序作业状态,及时发现并整改不规范作业行为,让每一项制造环节贴合质

量管控标准, 稳固钢闸门成品制造质量。

2 水工钢闸门制造环节质量影响因素

2.1 原材料质量对闸门制造的影响

原材料直接关系水工钢闸门的成型精度与结构稳定性, 材质状态好坏对各道制造工序的施工质量起着决定性作用。钢板、型材、焊材及防腐涂装辅料的性能波动, 都会干预闸门整体承载强度与长期抗腐蚀能力。钢板内部材质分布不均、组织结构杂乱, 会弱化构件承载性能, 构件加工成型后易留存不易察觉的结构缺陷^[2]。钢材表层锈蚀厚重、氧化皮堆积过多, 会加大前期清理作业难度, 残留的杂质污渍会干扰后续焊接成型与涂层附着效果。焊材、防腐涂料等辅助用料性能不达标, 会造成焊缝密实度不足、防护涂层附着不牢固等问题。原材料验收与筛查工作存在疏漏, 各类材质缺陷就会带入生产流程, 逐步累积为成品质量隐患, 降低钢闸门长期服役的稳定程度。

2.2 加工工艺操作的质量影响因素

构件加工的工艺管控水平, 直接决定闸门零部件的形体精度与装配适配效果。板材下料切割把控不严, 容易出现切口粗糙、尺寸偏差、边角缺损等问题, 破坏构件基础形态精度。板材矫正过程中, 温度调控失衡、外力施加不均, 会造成板材形变回弹, 难以维持构件平整的标准形态。坡口加工的角度、深度把控出现偏差, 会改变构件对接适配度, 引发拼装缝隙超标、构件错位等装配问题。单一部件加工产生的细微误差, 会在多构件装配过程中不断叠加放大。加工环节各类细节管控缺失, 都会降低钢闸门整体成型精度, 影响整体结构装配的贴合度与规整度。

2.3 焊接与涂装工序的质量干扰因素

焊接与涂装是钢闸门结构成型、防腐防护的核心工序, 施工过程极易受到各类工艺条件干扰。焊接参数调配不合理、施焊节奏混乱, 会产生气孔、夹渣、未熔合等焊缝缺陷, 破坏焊缝整体密实性与结构完整性。焊接区域温度失衡、施焊次序混乱, 会形成分布不均的焊接应力, 诱发构件弯曲、扭曲等结构性变形。涂装施工前, 钢材表面的锈蚀、油污、粉尘清理不彻底, 会阻碍涂层与基体钢材的有效结合。涂料配比失衡、喷涂厚度把控不均、作业环境粉尘超标, 都会造成涂层起皮、脱落、厚薄不一等质量问题。两类工序产生的工艺偏差, 会分别损害闸门结构承载性能与长期防腐耐久性能。

2.4 现场作业人员操作行为影响因素

现场作业人员的操作熟练度与规范意识, 深刻影响

钢闸门整体制造质量。作业人员对各工序工艺标准掌握不透彻, 施工中随意调整工艺参数、简化操作步骤, 都会产生各类工艺瑕疵。精细化加工、精细焊接等工序中, 细节把控不严, 容易忽视构件微小偏差、表层损伤及隐蔽部位的质量隐患。面对复杂构件加工、特殊点位焊接等施工场景, 作业经验不足会导致操作尺度把控不准, 大幅增加质量偏差的出现概率。质量管控意识淡薄, 会让工序自检、互检工作流于形式, 细微质量问题无法及时排查整改。不规范的作业行为会持续拉低各工序施工质量, 成为影响钢闸门制造品质提升的主要人为诱因。

3 水工钢闸门制造监造现存质量问题与成因

3.1 构件加工精度偏差问题

水工钢闸门构件加工阶段容易出现各类精度偏差, 对后续整体装配质量造成不良影响。下料切割阶段存在尺寸把控不严的情况, 构件长宽尺寸超出允许浮动范围, 切口粗糙不平整、边缘缺损等问题频繁出现。矫正作业管控不到位, 板材形变矫正不彻底, 残余形变会留存于构件内部。坡口加工角度、深度存在偏差, 构件对接端口形态不够规整, 装配拼接缝隙难以控制在合理区间。各类单一构件的精度缺陷会在组装过程中持续累加, 造成整体结构错位、形体不规整等问题。加工阶段精度管控力度不足、工序校验不够细致, 是构件精度偏差持续存在的主要原因^[3]。

3.2 焊接工艺施工质量缺陷

焊接施工是钢闸门结构成型的关键环节, 现场施工会出现多种类型的工艺缺陷。施工参数把控不够严谨, 电流、电压及施焊速度匹配不合理, 焊缝内部容易形成气孔、夹渣、未焊透等缺陷。局部焊缝熔合深度不足, 成型纹路杂乱, 焊缝表层存在高低起伏、宽窄不均的现象。施焊顺序缺乏科学规划, 局部受热过度引发不均匀应力分布, 构件成型后出现弯曲、扭曲变形。部分关键受力焊缝施工细致度不足, 成型稳定性较差。缺陷问题得不到及时处理, 会弱化钢结构整体连接强度, 降低闸门主体结构的承载稳定性。

3.3 表面防护与涂装施工瑕疵

表面涂装施工质量直接决定钢闸门防腐耐久能力, 实际作业阶段容易出现多处施工瑕疵。前期基面清理不够彻底, 钢材表面残留锈蚀斑点、油污与粉尘杂质, 涂层附着牢固度大幅下降。涂料调配比例把控不严格, 稀释程度不符合施工要求, 涂料粘稠度失衡会造成喷涂效果不均匀。喷涂作业层数与厚度把控随意, 局部涂层偏

薄、覆盖不全,部分区域出现漏喷、薄喷问题。施工环境粉尘含量偏高,颗粒物附着未固化涂层表面,形成表层凸起与麻面瑕疵。各类施工瑕疵会破坏防护层整体完整性,削弱钢闸门抵御水环境侵蚀的能力。

3.4 监造过程管控环节漏洞成因

制造全过程的监造管控疏漏,是各类工艺质量问题反复出现的核心诱因。监造工作侧重成品最终核验,对前期加工、焊接、涂装等工序的过程监督力度不足。关键工序的巡检频次不足,隐蔽部位、细微质量缺陷难以被及时发现。监造人员对各类工艺瑕疵的判别标准执行不够严格,部分轻微质量问题未落实整改闭环。工序自检、交叉核验的管控机制落实不到位,质量排查工作不够深入。管控体系缺乏细化的过程约束,各类施工不规范行为得不到有效制止,质量隐患持续留存于制造流程中,影响钢闸门整体制造品质。

4 水工钢闸门制造监造质量优化控制策略

4.1 原材料进场质量管控优化方式

原材料质量把控是钢闸门制造质量管控的前置核心,需要落实精细化进场管控模式。物资进场后开展全方位外观查验,筛查板材表层锈蚀、裂纹、变形等可视缺陷,杜绝残次物料投入生产。针对钢材、焊材、防腐涂料等核心用料,落实性能抽检核验流程,核对材质性能指标是否满足施工生产要求。细化物料分类存放标准,划分独立干燥仓储区域,隔绝潮湿空气与现场粉尘对物料的侵蚀影响^[4]。定期对库存原材料开展状态复查,及时清理变质、老化、性能衰减的物料。完善进场筛查与库存管护机制,从源头切断材质缺陷引发的制造质量问题,为后续工序施工筑牢质量基础。

4.2 各工序标准化施工管控举措

规范各工序施工标准,能够有效规避加工、组装、涂装环节的常见质量偏差。构件加工阶段统一切割、矫正、坡口制作的施工标准,细化尺寸误差允许范围,落实每批次构件的精度核验工作。拼装作业提前校准施工基准,规范构件对位、固定与限位流程,减少拼装错位、缝隙超标等问题。焊接施工明确参数调控标准与合理施焊顺序,约束不规范施焊行为,降低焊接形变与焊缝缺陷发生率。涂装作业固化基面清理、涂料调配、喷涂施工的操作规范,统一涂层厚度与喷涂层数要求。以标准化施工约束现场作业行为,持续提升各工序施工规整度与精度稳定性。

4.3 关键工艺专项监造管控措施

针对焊接、精密加工、防腐涂装等核心工艺,需要搭建专项监造管控模式。重点加工工序实施全程旁站监督,实时把控构件塑形精度与施工工艺落实情况,及时纠正不规范操作。焊接工艺重点核查焊缝成型质量、熔合效果与应力控制状态,对受力关键焊缝开展细致排查,督促施工方及时修补各类焊接缺陷。涂装工艺重点监管基面处理质量、涂料配比精度与喷涂成型效果,严控涂层厚度不均、漏喷、起皮等问题。针对隐蔽施工工序增设专项复检环节,消除常规巡检存在的排查盲区,保障关键工艺施工质量稳定可控。

4.4 全过程常态化监造管控优化路径

常态化全过程监造是提升钢闸门整体制造品质的重要手段,需要完善全流程管控体系。调整监造工作重心,强化施工过程动态监督,弱化单一成品核验的管控模式。合理增加各工序巡检频次,细化质量排查细则,细致捕捉细微工艺瑕疵与隐蔽质量隐患。严格落实质量整改闭环机制,对排查出的施工缺陷登记归档,跟踪整改落实情况,杜绝问题遗留反复出现。健全多级质量核验机制,推动施工自检、专项抽检与监造核查深度结合,补齐流程管控短板,持续提升水工钢闸门制造监造的整体管控效能。

结束语

水工钢闸门的制造监造是一项覆盖全工序的系统性工作,没有任何一个环节可以脱离质量管控独立运行。从原材料的进场筛查到各道工序的标准化落地,从关键工艺的专项监督到全流程的常态化巡检,每一处管控细节的落地都直接关系到最终成品的结构稳定性与耐久性。将质量管控要求嵌入制造生产的每一个操作环节,补齐过往监造工作中存在的流程漏洞,就能持续提升钢闸门的制造品质,为水利水电工程的长期安全运行提供坚实可靠的金属结构支撑。

参考文献

- [1] 李申勇. 水工钢闸门制造与安装的焊接质量控制[J]. 现代制造技术与装备,2022,58(6):141-143.
- [2] 周兵. 水工钢闸门及埋件的制造与安装[J]. 现代制造技术与装备,2022,58(9):104-106.
- [3] 李健. 水工钢结构闸门焊缝质量控制与检测[J]. 现代制造技术与装备,2022,58(6):108-111.
- [4] 李健. 水工钢闸门制造工艺的技术改进[J]. 现代制造技术与装备,2022,58(9):95-97.