

水利工程水闸大模板施工技术及其质量控制分析

赵玉贵 张雪源

淮河水利水电开发有限公司 安徽蚌埠 233000

[摘要] 水利工程对社会经济发展至关重要,水闸是其关键部分,大模板施工技术应用广泛但质量控制面临挑战。本研究详细阐述水闸大模板施工技术,包括模板设计制作依据结构与环境选材料保精度、安装调试各环节精心操作、混凝土浇筑养护多方面精细管理。提出从原材料到人员培训及管理体系的质量控制策略。通过实例验证策略有效,为水闸施工提供指导,推动水利工程发展,保障工程安全高效运行。

[关键词] 水利工程;水闸;大模板施工;质量控制

水利工程是基础设施建设的重点领域,近年来国家大力推进水利建设,如《“十四五”期间推进智慧水利建设实施方案》等政策文件的出台,凸显其重要性。水闸在水利工程中功能关键,其施工质量影响深远。大模板施工技术虽有优势,但施工复杂。因此,深入研究其技术与质量控制,对保障水利工程质量,实现水资源合理利用,推动水利事业发展意义重大。

1 水闸大模板施工技术

1.1 模板设计与制作

1.1.1 依据结构特性定制

水闸结构包含闸室、闸门、启闭机等多种形式。闸室模板设计需考虑承受的水压力与土压力,构建合理支撑结构,确定合适的面板厚度,以确保在复杂受力情况下的稳定性。弧形闸门处模板则要精准满足弧形轮廓要求,保证弧度精度,从而保障混凝土成型后的外观质量与结构性能^[1]。例如,在大型泄水闸工程中,闸室模板需根据最大水位差计算水压力,设计高强度的支撑框架。弧形闸门模板采用数控加工技术,确保弧度误差控制在极小范围内。

1.1.2 考虑场地与气候因素

施工场地宽窄、吊运设备能力等条件对模板设计影响显著。狭窄场地需设计便于吊运安装的模板尺寸与重量,如采用模块化设计,便于拆卸和组装。同时,结合气候因素,高温地区选择耐高温材料,防止模板变形。潮湿地区注重防锈处理,避免受潮生锈腐蚀。如在南方湿热地区的水闸工程中,模板选用耐腐蚀的镀锌钢材,并增加涂层防护。

1.1.3 材料选择与质量要求

模板材料质量决定其性能,钢材是常用材料之一。Q235钢材用于模板结构时,屈服强度不低于235MPa,其抗拉强度、伸长率等力学性能指标必须符合设计要求。复合材料模板如GFRP,要严格控制纤维、树脂含量等参数,保证刚度与强度满足施工需求。每批次钢材检测时,严格按照国家标准规定的抽样方法(抽样比例不少于10%)进行,对化学成分也需分析,防止有害元素(如硫、磷)超标影响质量。对于GFRP材料,纤维含量偏差应严格控制在±3%以内,树脂含量符合设计要求,通过精确检测保证材料质量。

1.1.4 制作工艺与精度控制

制作时采用高精度加工设备工艺,如激光切割、数控折弯等,保证模板边缘平整。拼接处用密封胶条或止水带密封,防止漏浆,确保混凝土外观与结构强度。例如,在模板拼接处采用定制的橡胶止水带,既能有效防止漏浆,又能适应一定的变形。

1.2 模板安装与调试

1.2.1 场地准备与基础处理

施工场地平整度与清洁度影响模板安装精度。安装前需

彻底清理杂物、积水与松散土石,保证安装基础坚实平整。软土地基需加固,如铺设碎石垫层、打设木桩等,防止地基不均匀沉降导致模板变形^[2]。在某软土地基水闸工程中,通过铺设30cm厚的碎石垫层,并在关键部位打设木桩,有效提高了地基承载力,为模板安装提供了稳定基础。

1.2.2 安装过程中的测量与调整

安装过程中,利用全站仪、水准仪等高精度测量仪器精确测量调整模板位置。闸室模板每隔一定距离设控制点,拉钢丝线保证直线度,垂直方向模板用铅垂线或激光垂准仪校正垂直度,确保误差在允许范围。如在中型水闸施工中,闸室模板每3m设置一个控制点,通过全站仪测量坐标,调整模板位置,使直线度偏差控制在±5mm以内,垂直度偏差控制在±3mm以内。

1.2.3 安装后的调试与检查

安装完成后,调试重点检查模板紧固程度,确保螺栓、卡扣等连接部件拧紧,防止浇筑时因振捣等外力发生位移变形。同时检查支撑系统稳定性,调整支撑点受力情况,保障模板整体结构稳定。采用力矩扳手检查螺栓紧固力矩,确保符合设计要求。对支撑系统进行加载试验,模拟混凝土浇筑时的受力情况,检查支撑点变形情况。

1.3 混凝土浇筑与养护

1.3.1 浇筑前模板湿润处理

混凝土浇筑前,湿润模板可减少与混凝土摩擦力,避免蜂窝麻面。采用喷雾或浇水方式,避免积水,吸水性强的模板适当增加湿润次数。例如,对于木模板,浇筑前提前2-3小时进行浇水湿润,每小时浇水一次,确保模板充分湿润但无积水。

1.3.2 浇筑过程中的关键控制

浇筑时,浇筑速度与振捣力度对质量至关重要。速度过快会使模板侧压力增大导致变形,振捣不足则致内部空洞影响强度。需依模板承载与混凝土性能确定速度,分层浇筑控制厚度,用合适振捣棒按规定间距时间振捣,保证混凝土均匀密实。如采用分层厚度为30-50cm的分层浇筑方式,振捣棒插入间距为30-40cm,振捣时间为15-30秒,确保混凝土振捣密实。

1.3.3 浇筑后的养护措施

浇筑后及时养护可防裂缝脱落。夏季高温覆盖保湿膜洒水降温防蒸发,冬季低温覆盖棉被保温,依季节环境选择合适养护方法,提高混凝土强度与耐久性。在夏季高温施工时,每2-3小时洒水一次,保持混凝土表面湿润。冬季施工时,采用双层棉被覆盖保温,确保混凝土养护温度不低于5℃。

2 水闸大模板施工质量控制策略

2.1 加强原材料质量控制

2.1.1 模板材料质量检测

对于模板钢材，除基本力学性能检测外，对其化学成分进行分析至关重要。硫、磷元素含量过高会降低钢材韧性，每批次钢材严格按国家标准抽样（不少于 10%）检测，确保各项指标符合要求。对于复合材料模板，使用专业设备检测纤维含量、树脂含量、密度等指标，以 GFRP 为例，纤维含量偏差控制在±3%以内，（见表 1）。

2.1.2 混凝土原材料质量把关

水泥作为混凝土关键成分，其强度等级、安定性、凝结时间等指标必须符合要求。不同工程环境选用合适水泥，大体积水闸混凝土优先选用低热硅酸盐水泥^[3]。硅酸盐水泥 3 天抗压强度不低于 22.0MPa，28 天抗压强度不低于 42.5MPa。砂石骨料粒径、级配、含泥量等参数严格控制，石子粒径偏

差±5%以内，含泥量不超过 1%，砂细度模数符合设计。外加剂检测减水率、含气量等性能指标。对于不符合质量标准的原材料坚决退场处理，（见表 2）。

表 1 模板钢材检测数据对比表

检测项目	标准要求	实测值	偏差范围	是否合格
屈服强度（MPa）	≥235	245	10	是
抗拉强度（MPa）	≥370	385	15	是
伸长率（%）	≥26	28	2	是
硫含量（%）	≤0.05	0.03	-0.02	是
磷含量（%）	≤0.045	0.035	-0.01	是

表 2 混凝土原材料检测数据表

原材料	检测项目	标准要求	实测值	偏差范围	是否合格
水泥	3 天抗压强度（MPa）	≥22.0	25	3	是
水泥	28 天抗压强度（MPa）	≥42.5	48	5.5	是
石子	粒径（mm）	/	19 - 21（设计 20mm）	-1 - +1（偏差范围内）	是
石子	含泥量（%）	≤1	0.5	-0.5	是
砂	细度模数	/	2.6（设计 2.3 - 3.0）	符合要求	是
外加剂	减水率（%）	/	20（设计≥18）	2	是

2.2 优化施工工艺

2.2.1 结合工程特点优化流程

不同水闸工程因闸室结构形式、地质条件、水流情况等因素而异，施工工艺流程需针对性优化。在软土地基地区，如采用换填法，将软弱土层挖除换填强度较高的砂石等材料。岩溶地区先处理溶洞，再进行模板安装和混凝土浇筑。有通航要求的水闸，施工顺序安排要考虑通航需求。在某软土地基水闸工程中，通过换填 1.5m 厚的砂石垫层，提高了地基承载力，保证了水闸施工质量。模板拆除时间根据混凝土强度发展确定，避免过早拆除导致结构受损。

2.2.2 施工过程质量监控与检测

建立完善的施工过程质量监控体系。模板安装环节设置平整度、垂直度、连接牢固性等控制点，利用高精度测量仪器和检测工具实时监测，偏差超出允许范围及时调整。混凝土浇筑过程中，每 2 小时用坍落度筒检测坍落度（一般要求 12 - 18cm），利用超声波等无损检测技术检测内部质量，及时发现并处理问题。如在某水闸混凝土浇筑中，通过超声波检测发现一处混凝土内部存在微小空洞，及时调整振捣工艺，重新振捣后经检测质量合格。

2.3 加强施工人员培训

2.3.1 技术培训内容方式

定期组织施工人员技术培训，内容涵盖大模板施工技术原理、操作流程、质量控制要点。培训采用理论讲解与现场实操相结合方式。邀请专家讲座讲解力学原理和关键技术，在施工现场由经验丰富人员示范操作，施工人员亲自实践，同时利用多媒体资料方便学习。例如，在一次培训中，专家详细讲解了模板受力分析原理，现场技术人员示范模板安装步骤，施工人员在操作过程中遇到问题及时得到纠正，培训后施工人员技术水平明显提高。

2.3.2 安全教育与意识提升

安全教育是培训重要组成部分。施工人员要了解施工现场安全风险，如模板吊运坠落、混凝土浇筑触电、高处作业坠落等风险。通过培训增强安全意识，掌握安全防护措施，定期进行安全演练，如火灾逃生、模板坍塌应急演练等，增强应急处理能力^[4]。在某水闸工程施工中，定期组织安全演练，施工人员在演练后熟悉了应急逃生路线和自救方法，在一次突发火灾事故中，施工人员迅速有序疏散，避免了人员

伤亡。

2.4 完善质量管理体系

2.4.1 质量管理职责明确

建立健全质量管理体系，明确各级人员质量管理职责。项目经理全面负责工程质量管理协调，制定质量目标、组织实施质量计划。技术负责人制定施工技术方案和质量控制计划，指导施工解决技术问题。质量检查员对施工环节质量检查验收，发现问题通知整改并跟踪。施工人员严格按规范操作保证质量。如模板安装完成后，质量检查员 24 小时内完成检查并出具报告，内容包括模板安装参数、问题及整改建议。

2.4.2 质量流程规范与问题整改

规范质量流程，从原材料采购、检验、储存到模板制作、安装、混凝土浇筑、养护直至竣工验收，每个环节有明确质量标准 and 操作流程。原材料采购选有资质供应商，按标准采购，检验合格后按规定储存。施工中加强质量问题整改反馈，分析问题根源制定整改措施，复查确保问题解决，整理分析问题总结经验教训，反馈到后续施工优化控制策略。在某水闸工程中，发现混凝土浇筑外观有蜂窝麻面问题，经分析是振捣不密实所致，调整振捣工艺后问题得到解决，后续施工中加强了振捣质量控制。

3 结论

水利工程水闸大模板施工技术与质量控制紧密关联工程质量。施工技术各环节的严格实施，以及全面的质量控制策略，显著提升施工质量与效率。研究成果经案例证实可行有效，为水闸施工提供理论与实践支撑，促进施工技术进步，确保水利工程安全运行，在相关领域发挥借鉴作用。对水闸工程施工的技术改进和质量保障有着不可替代的价值。

[参考文献]

[1]李国儒宋涛. 多卡悬臂模板技术在引淮供水灌溉工程中的应用[J]. 水利水电快报, 2024, 45 (S01): 23-26.
[2]康雄才. 泄水闸堰面大体积混凝土施工技术研究[J]. 中国水运 (下半月), 2024 (9) .
[3]于钢, 袁庆凡. 水闸工程高大模板施工技术应用[J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2022 (4): 4.
[4]胡良凯. 浅议水利水电工程的水闸施工技术[J]. 砖瓦世界, 2022 (6): 172-174.