

水利水电工程施工质量控制要点分析

魏 力

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要: 水利水电工程作为国家重要的基础设施,其施工质量直接关系到工程的安全性、耐久性、经济效益乃至人民生命财产安全。本文立足于现代工程管理理念,系统性地剖析了水利水电工程施工全过程中的质量控制核心要点。文章首先阐述了施工质量控制的基础理论与重要性,继而从施工准备、主体工程施工到竣工验收三大阶段展开深入论述。在施工准备阶段,重点强调了设计文件审查、施工组织设计优化、原材料与设备质量把关以及测量控制网建立等前置性工作;在主体工程施工阶段,针对土石方开挖与填筑、混凝土工程、灌浆工程、金属结构与机电设备安装等关键分部工程,详细解析了各自独特的质量控制技术与管理措施;在竣工验收阶段,则着重探讨了单元工程、分部工程及单位工程的验收程序与质量评定标准。

关键词: 水利水电工程;施工质量;控制要点;全过程管理;信息化

引言

水利水电工程施工过程充满了诸多不确定性与挑战。一旦施工质量出现纰漏,轻则导致工程返工、投资超概、工期延误,重则可能引发溃坝、渗漏、结构失稳等灾难性事故。近年来,随着《水利水电工程施工质量检验与评定规程》(SL 176)、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准》等一系列规范标准的修订与完善,以及BIM(建筑信息模型)、物联网、大数据等新一代信息技术的深度应用,水利水电工程施工质量管理的理念与方法正经历着深刻的变革。传统的“事后检验、被动纠偏”模式已难以满足现代大型复杂工程的精细化管理需求。在此背景下,系统梳理并深入分析水利水电工程施工各环节的质量控制要点,不仅具有重要的理论价值,更对指导工程实践、提升行业整体建设水平具有迫切的现实意义。

1 施工准备阶段的质量控制

良好的开端是成功的一半。施工准备阶段的质量控制工作核心在于“预控”,即通过周密的策划和严格的审核,将潜在的质量隐患消除在萌芽状态。

1.1 设计文件的深度审查与交底

设计是施工的蓝图,设计质量从根本上决定了工程质量的上限。施工单位在进场前,必须组织技术骨干对施工图纸、技术规范、设计变更等全套设计文件进行深度会审。审查的重点不应局限于图纸的错、漏、碰、缺,更应关注设计方案的可施工性、技术措施的合理性以及现场实际地质、水文条件的契合度。例如,对于高边坡开挖支护设计,需复核其稳定性计算是否充分考虑了最不利工况;对于大体积混凝土温控方案,需评估

其冷却水管布置密度与通水流量是否足以控制内外温差。通过设计交底会议,施工单位应与设计、监理、业主四方充分沟通,澄清所有疑问,形成书面纪要,确保各方对设计意图和技术要求达成高度共识,为后续精准施工扫清障碍。

1.2 施工组织设计的优化与审批

施工组织设计(或施工方案)是指导现场施工的纲领性文件,其质量直接决定了施工过程的有序性和高效性。一份优质的施工组织设计,必须紧密结合工程特点、合同要求和现场条件,对施工部署、进度计划、资源配置、主要施工方法、质量安全保证措施等进行科学规划。尤其对于关键工序和特殊工艺(如深基坑开挖、大坝碾压混凝土施工、高压帷幕灌浆等),必须编制专项施工方案,并组织专家论证^[1]。方案中应明确质量控制点、检验方法、验收标准及应急预案。该文件需经过施工单位内部三级审核(项目技术负责人、公司技术部门、公司总工),并报监理工程师审批后方可实施。任何未经批准的方案不得用于指导现场施工,这是确保施工行为规范化的首要前提。

1.3 原材料与工程设备的质量把关

优质的原材料和可靠的工程设备是构筑精品工程的物质基础。水利水电工程常用的水泥、钢材、骨料、粉煤灰、外加剂、止水材料、土工合成材料等,均须严格执行进场报验制度。每一批次材料进场时,必须核查其出厂合格证、质量检验报告等质量证明文件,并按照规定要求进行见证取样和送检。对于涉及结构安全和使用功能的关键材料(如大坝用低热水泥、压力钢管用高强度钢板),其检测项目和频次应更为严格。只有经监理

工程师签认合格的材料,方可用于工程实体。同样,大型施工设备(如塔吊、缆机、拌合楼)和永久性工程设备(如水轮发电机组、闸门启闭机)在进场安装前,也需对其规格型号、技术性能、出厂检验报告等进行严格核查,确保其满足设计和规范要求。

1.4 施工测量控制网的建立与复核

测量是工程建设的“眼睛”,其精度直接决定了建筑物的空间位置和几何尺寸是否准确。在主体工程开工前,必须依据勘测设计单位提供的基准点、基准线,建立覆盖整个施工区域的高精度平面和高程控制网。该控制网的等级和精度应满足《水利水电工程施工测量规范》(SL 52)的要求。控制网点应选择在稳固、不易受施工干扰的位置,并做好醒目标识和保护。所有关键部位的放样(如大坝轴线、厂房轮廓线、隧洞进出口)都必须基于此控制网进行,并实行“双人复核、换手复测”制度,杜绝因测量错误导致的工程返工。同时,应定期对控制网进行复测,特别是在经历洪水、地震等重大外部事件后,以确保其长期稳定性。

2 主体工程施工阶段的质量控制

主体工程施工是将设计蓝图转化为实体建筑的核心阶段,也是质量控制任务最繁重、挑战最严峻的时期。此阶段的质量控制必须聚焦于各关键分部、分项工程,实施精细化的过程管理。

2.1 土石方开挖与填筑工程

2.1.1 岩土开挖的质量控制

对于大坝基础、地下厂房、引水隧洞等部位的岩土开挖,质量控制的核心在于“精准”与“稳定”。开挖轮廓线必须严格按设计要求控制,采用光面爆破或预裂爆破等控制爆破技术,最大限度地减少对保留岩体的扰动,确保建基面完整、无松动岩块和爆破裂隙。开挖后的建基面应及时清理,并由地质工程师进行地质编录和验收,确认其岩性、风化程度、断层破碎带等是否与设计预期相符。若发现不良地质现象,必须及时提出处理方案,严禁未经处理就进行下道工序^[2]。对于高边坡开挖,必须遵循“自上而下、分层开挖、及时支护”的原则,边坡的坡比、马道宽度、排水系统等均需符合设计要求,并加强施工期的安全监测。

2.1.2 土石方填筑的质量控制

土石坝、堤防等填筑工程的质量,直接决定了其防渗和抗滑稳定性。质量控制的关键在于“压实”与“均匀”。填筑料的级配、含水率必须严格控制在设计允许的范围内。施工中应划分作业单元,采用“进占法”或“后退法”卸料,避免物料分离。碾压是填筑的核心工

序,必须根据碾压试验确定的参数(如铺土厚度、碾压遍数、行进速度、振动频率)进行标准化作业。每层填筑完成后,必须进行干密度、含水率等指标的检测,只有检测合格并经监理签认后,方可进行上一层填筑。对于心墙、斜墙等防渗体,其与坝壳料的接缝处理尤为关键,必须保证结合紧密,防止形成渗漏通道。

2.2 混凝土工程

2.2.1 混凝土生产与运输的质量控制

商品混凝土或现场集中拌合站生产的混凝土,其质量稳定性至关重要。必须对水泥、骨料、掺合料、外加剂的计量系统进行定期校准,确保配料精度。拌合时间、投料顺序、出机口温度(特别是夏季高温或冬季低温季节)都需实时监控并记录。混凝土运输过程中,应采取措施防止离析、泌水和温度损失(如搅拌车罐体保温、运输时间控制)。到达浇筑地点后,必须进行坍落度(或扩展度)检测,合格后方可入仓。

2.2.2 混凝土浇筑与养护的质量控制

浇筑是混凝土成型的关键环节。模板及其支撑系统必须具有足够的强度、刚度和稳定性,接缝严密不漏浆,表面平整光滑。钢筋的规格、数量、间距、保护层厚度必须符合设计要求,并通过隐蔽工程验收。浇筑时应分层、分段进行,振捣要密实,避免欠振(产生蜂窝、空洞)和过振(造成离析)。对于大体积混凝土,必须严格执行温控防裂措施,包括预冷骨料、加冰拌合、埋设冷却水管、表面保温保湿等,将内外温差和降温速率控制在安全范围内^[3]。浇筑完成后,必须立即开始覆盖保湿养护,养护时间不少于14天,以确保水泥充分水化,防止早期塑性收缩和干缩裂缝的产生。

2.3 灌浆工程

2.3.1 钻孔与冲洗的质量控制

灌浆孔的孔位、孔深、孔斜必须严格按照设计图纸施工。成孔后,必须进行彻底的孔内冲洗,直至回水澄清,以清除孔壁上的岩粉和松散物,确保浆液能有效注入裂隙。压水试验是灌浆前的关键步骤,用以了解岩体的透水性和裂隙发育情况,为确定灌浆参数(如灌浆压力、浆液浓度)提供依据。

2.3.2 灌浆过程的质量控制

灌浆施工必须遵循“分序加密、由稀到浓、控制压力、限量灌注”的原则。整个过程应采用自动化灌浆记录仪,实时、连续地记录灌浆压力、注入率、浆液密度等关键参数,并绘制P-Q-t(压力-注入率-时间)曲线。监理工程师应全程旁站,对异常情况(如串浆、冒浆、压力突变)及时指令施工单位采取相应处理措施。灌浆结

束标准必须严格执行规范要求,不得随意终止。灌浆结束后,应对检查孔进行压水试验或取芯检查,以验证灌浆效果是否达到设计要求的透水率或结石强度。

2.4 金属结构与机电设备安装工程

2.4.1 金属结构安装的质量控制

安装前,必须对埋件(如门槽、锚栓)的位置、高程、平整度进行精确复测。闸门、启闭机等设备的拼装和吊装,必须严格按照制造厂的说明书和安装规范进行。焊缝质量是金属结构安全的生命线,所有一、二类焊缝必须进行无损探伤(如超声波、射线)检测,合格后方可进入下道工序。闸门的启闭试验应在无水和充水两种工况下进行,检验其运行的平稳性、同步性和止水效果。

2.4.2 机电设备安装与调试的质量控制

机电设备安装是一个多专业交叉、精度要求极高的系统工程。基础埋件的安装精度(如高程、水平度、中心线)是后续设备安装的基准,必须严控。设备吊装就位后,需进行精细的调整和找正。电缆敷设、管道连接、接地系统等辅助工程也必须规范施工。调试是检验安装质量的最终环节,应分阶段进行单机调试、分系统调试和整组启动试运行。所有调试数据和结果都需详细记录,并形成完整的调试报告,作为竣工验收的重要依据。

3 竣工验收阶段的质量控制

竣工验收是对工程施工质量的最终检验和全面评价,标志着工程从建设阶段正式转入运行管理阶段。

3.1 单元工程与分部工程的验收

水利水电工程的验收遵循“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的原则。验收工作以单元工程为基础,逐级向上汇总。施工单位在完成一个单元工程后,应首先进行自检,自检合格后向监理单位申请验收。监理工程师组织施工单位、设计代表等共同对单元工程的施工质量进行现场检查和资料核查,依据《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准》进行评定,形成验收结论^[4]。若干个单元工程构成一个分部工程,其验收程序类似,但需由项目法人(或委托监理)主持,并邀请更多相关方参与。

3.2 单位工程验收与竣工验收

单位工程验收由项目法人主持,是对工程整体形象面貌、主要功能实现情况、档案资料完整性等进行的综

合检查。它是竣工验收前的最后一次全面预演。最终的竣工验收由政府主管部门或其委托的机构主持,是对工程建设全过程(包括前期工作、建设实施、生产准备、档案管理、财务决算等)的全面考核。验收委员会将根据各项专项验收(如消防、环保、水保、档案等)的意见和现场查验结果,做出工程是否通过竣工验收的决定。只有通过竣工验收的工程,才能正式交付使用。

3.3 质量缺陷的处理与质量保修

在验收过程中发现的质量缺陷,无论大小,都必须按照“三不放过”(原因未查清不放过、责任未明确不放过、处理措施未落实不放过)的原则进行处理。对于一般缺陷,由施工单位限期整改;对于重大质量事故,则需成立专门调查组,查明原因,追究责任,并制定科学的加固补强方案。工程通过竣工验收后,施工单位仍需履行合同约定的质量保修义务,在保修期内对因施工原因造成的质量问题负责无偿修复。

4 结语

本文通过对施工准备、主体实施、竣工验收三大阶段的系统梳理,明确了各环节的核心控制要点,强调了从设计审查、材料把关到关键工序控制、再到最终验收评定的全链条闭环管理的重要性。展望未来,水利水电工程施工质量管理将朝着更加智能化、数字化的方向发展。BIM技术将在设计、施工、运维全生命周期中发挥集成管理平台的作用;物联网传感器将实现对混凝土温控、大坝变形、渗流等关键参数的实时在线监测;大数据分析将帮助管理者从海量数据中洞察质量趋势,实现预测性维护。然而,无论技术如何进步,人的因素始终是质量管理的核心。培养一支高素质、负责任的施工和管理队伍,营造“质量第一”的企业文化,才是确保每一座水利水电工程都能成为百年精品的根本保障。

参考文献

- [1]陈亭亭.水利水电工程施工质量控制与技术创新分析[J].城市建设,2025,(28):29-31.
- [2]米磊.水利水电工程施工质量控制分析[J].城市建设,2025,(07):77-79.
- [3]张矩.水利水电工程管理及施工质量控制分析[J].城市建设,2025,(05):37-39.
- [4]胡伟.水利水电工程施工质量控制措施分析[J].工程技术研究,2024,9(11):161-163.