

水利水电工程施工质量控制关键技术分析

魏万成

云南建投第一水利水电建设有限公司

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19674

[摘要] 水利水电工程建设对于提升水资源调配能力,应对防洪供水需求十分关键,而施工质量控制属于水利水电工程的重要组成部分,该控制效果会左右工程整体结构的稳定以及运行安全。水利水电工程由于建设工况复杂,地质条件多变,施工标准也存在差异,所以极易出现质量缺陷和稳定性问题,这成了工程质量控制的重点与难点,文章先分析水利水电工程施工质量病害的产生机理,接着全面论述不同的质量控制技术体系以及全过程动态管控体系的新应用情况,最后归纳出技术应用的主要原则及其后续发展走向,从而给水利水电工程项目赋予技术支持。

[关键词] 水利水电工程; 施工质量控制; 病害机理; 控制技术; 全过程管控

引言

水资源需求不断增多,防洪抗旱标准所占比例也有所上升,既有的水利设施其调配能力和承载能力已无法适应发展需求,所以水利水电工程建设就成了水利升级的主要途径,施工质量控制属于水利水电工程的关键步骤,要达成工程结构的安全达标,不过由于地质条件,材料性能,建设环境等方面的差别,施工部位极易产生质量不达标、渗漏、失稳之类的病害,这些病害极大地影响到水利水电工程的使用品质及其使用寿命,以往的控制技术往往只是采取单一管控手段,并不能准确地符合水利水电工程不同工况的需求,因而很难从根本上解决质量缺陷和稳定性的问题。打破传统控制思路,形成适合水利水电工程复杂特性的技术体系,更新全过程管控模式,这对改善水利水电工程建设质量,保证水利工程安全运行有着重要意义。

1 水利水电工程施工质量病害机理与工况特性解析

1.1 施工质量病害的多维度演化路径

从地质,材料,荷载这三维角度去分析水利水电工程施工质量病害的发生及其变化情况,地质方面,工程区域岩土体的物理力学性质存在差别,造成应力分布和渗流路径不均衡,从而致使局部发生变形。材料方面,施工结构的结合强度比较低,受水压力以及自然因素影响很容易出现渗漏,而且进一步发展成开裂、沉降量差异之类的病害状况,荷载方面,长时间承受水压力、动水荷载不断作用这个区域,使得施工范围内的应力聚集现象更为严重,促使病害更快恶化,最终影响到水利水电工程整体结构的稳固性。

1.2 水利水电工程的核心工况特性识别

准确识别水利水电工程的工况特性,是制订针对性控制技术的基础,关注地质条件的差别,剖析岩土体在承载力,含水率,抗剪强度等指标上的差别;关注材料状态的差别,考量工程材料的性能指标,拌合质量,结构完好性等状态参数;关注荷载反应的差别,比较不同结构在水压力、动水荷载作用下应力应变反应的规律,找出施工区域受力的薄弱之处。

1.3 工况特性对施工质量的影响机理

水利水电工程存在工况特性,这些工况特性会影响施工质量,其影响机理如下:地质条件存在差异,这会造成施工处应力传递不连续,局部会出现应力集中现象。材料性能也有所不同,施工结构的成型质量和耐久性能有所差别,从而产生质量缺陷,荷载响应存在差异,会加重施工区域变形不协调的情况,还可能引发渗漏、失稳之类的病害,给控制技术的研发给予理论依照。

2 适配工况特性的水利水电工程施工质量控制技术体系

2.1 地基加固型控制技术

创建地基加强型控制技术体系来解决水利水电工程地基承载力不够的情况,使用新型地基固化材料,可以加强岩土体之间的整体粘结力,做到应力的均匀传递,研发台阶式加固施工工艺,经由设置多级加固层和加筋材料,加强地基区域抵抗变形的能力,运用注浆加固技术,对地基薄弱部位实施注浆改良,从而加强其整体强度和稳定性。

2.2 材料改良型控制技术

针对工程施工材料性能存在差异的情况, 研发出材料改良型控制技术, 对混凝土、砂浆等拌合材料执行原位改良, 向其中加入外加剂, 纤维材料等物质, 从而改善其物理力学性能, 减小施工质量波动, 采取梯度材料填筑工艺, 在过渡部位设置改良层, 达成不同结构材料性能的平滑过渡, 减轻应力突变现象, 并推行环保型改性建材, 综合考虑控制效果和生态环保需求。

2.3 结构协同型控制技术

针对水利水电工程结构状态及荷载响应存在的差别, 更新结构协同型控制技术, 利用桩网复合地基技术加固坝基、隧洞基础, 控制其沉降速率, 使之与整体结构沉降状态相契合; 研发装配式施工结构, 凭借预制构件达成工程结构的快速对接, 优化结构整体性和施工效率; 运用动态调平技术, 在施工期间随时调节结构的填筑高度, 积极适应地质条件的变化状况。

3 全生命周期动态质量管控体系

3.1 施工前的质量预判与方案优化

施工前要预判质量并改良方案, 这是水利水电工程施工质量控制的关键步骤, 主要目的是准确预判质量风险, 制订有针对性的控制方案, 从而防止质量缺陷问题发生, 给后续施工和运维阶段的质量控制打下根基, 做质量预判时, 要创建起“多源数据融合 + 多模型耦合”的预判系统, 把地质勘查数据, 岩土体性能资料, 材料性能参数以及工程的设计指标统整合起来, 塑造起完备的预判数据基础。地质勘查数据包含历年来的地层分布记录, 岩土体病害统计情况, 水文地质数据等, 这些数据能精确显示区域在建设期间的稳定规律和地质状态; 地质勘查资料应当覆盖施工区域的地层分布, 土体物理力学性能, 地下水位深度等信息, 清楚表明地质状况对质量产生的影响; 材料性能参数还要对比不同施工材料的拌合比例, 含水率, 抗剪强度, 抗压强度等指标, 量化材料差别给质量带来的影响程度。

在预判方法方面, 采取数值模拟和现场试验关联的办法来改善预判结果的准确性, 利用有限元分析软件创建水利水电工程施工的三维数值模型, 模拟不同施工状况, 荷载条件下的质量情形, 预估工程结构的成型质量, 缺陷风险以及质量问题的分布规律; 而且, 在施工区域展开现场载荷试验和质量检测, 得到真实的质量反应数据, 以此来验证并修正数

值模拟模型, 保证预判结果符合工程实际情况, 凭借精准的质量预判成果, 执行施工控制方案的改良设计。对于预判出存在质量缺陷的重点区域, 要调整控制技术的结合形式, 比如在稳定性较差的地方采用桩网复合地基加固, 在材料性能差别明显的地方设置改良过渡层; 改良施工工艺参数, 明确工程结构的填筑速率, 压实标准, 分层厚度等, 使得施工过程中质量稳定达标; 还要制订质量控制的量化目标, 明确各个施工阶段的质量允许偏差, 给后续施工过程中的质量控制赋予清晰的标准依照。

3.2 施工过程的质量实时监测与动态调控

施工过程对于水利水电工程施工质量控制而言非常关键, 在此期间开展质量的即时检测并执行动态调节, 可以及早察觉质量偏差, 并经由调整施工参数来做到质量的精确控制, 免除因质量缺陷逐步增多而产生的结构病害, 形成起“全域覆盖, 随时感知, 精准提示”的质量即时检测体系, 这是达成动态调节的前提所在。该检测体系应牵涉水利水电工程施工部分, 地质受其影响的范围以及工程结构的核心区域, 要设置各类自动化检测装置, 比如沉降传感器, 位移传感器, 应力传感器等, 从而达成对沉降量, 水平位移, 结构应力的实时监测。

创建智能化的数据分析模型, 对即时监测得来的数据执行即时处理, 比较工程结构的成型质量, 质量指标差异, 以此来判断质量是否达标。设置多级警报阈值, 按照质量偏差的严重程度划分出黄色, 橙色, 红色的警报等级, 一旦监测数据到达警报阈值, 控制平台就会自动发出警报, 通知管理人员及时采取干涉措施, 如果施工质量偏差达到黄色警报值, 就要暂停该部位的施工工作, 探究质量偏差的原因; 而要是达到红色警报值, 那就立刻启动应急预案, 采取加固、返工等手段来阻止质量问题的加剧。根据监测警报结果, 执行施工参数的动态调控, 针对质量偏差产生的原因, 精准调整施工工艺, 如果是因为填筑速率过快造成的质量偏差, 就要减慢填筑速率, 加大质量检测频率, 等到质量稳定之后再继续施工; 如果是由于拌合不够致使质量不达标, 就要改进拌合标准, 使用精准拌合设备执行重新拌合; 要是因为材料性能存在差异引发质量不稳定, 就要调整过渡层材料配比, 加强材料的适配效果, 而且, 还要创建起“监测 - 分析 - 调控 - 验证”的封闭式运作流程, 每次完成调控以后, 不断跟进监

测数据,考察调控措施是否有效,按照验证结果进一步改良调控方案,保证水利水电工程的施工质量一直维持在达标可控的范围内。

3.3 运营阶段的质量长期跟踪与养护干预

水利水电工程处于运行阶段时,施工结构部位会因水荷载和环境要素长时间作用而出现后期质量衰减现象,如果不展开长期追踪并给予养护干预,就极易造成质量缺陷逐步积累,从而致使结构渗漏、坝体变形等病害发生,进而影响到水利水电工程的使用品质以及运行安全,所以,形成起运行阶段的质量长期追踪及养护干预体系十分关键,这对于保证水利水电工程施工质量具有长久的稳定性而言非常必要。该质量长期追踪体系应包含水利水电工程运行的整个生命时段,而且要制订出科学的追踪检测方案,在运行初期,因为工程结构还未达到稳定状态,所以检测频率应当加大,每月都要做一次质量观察,这样就能及时把握后期质量的变动规律;等到运行3到5年之后,如果质量趋于稳定,就可以酌情减小检测频率,改为每季度或者半年执行一次观察任务;还要创建起长期的检测档案,把所有的检测数据汇集起来,剖析质量会长期存在的趋向,评判施工区域能否长久稳固。

监测内容除了质量指标之外,还要包含结构平整度,渗漏发展状况等,从而全方位了解质量衰减给工程使用性能带来的影响,创建依靠质量状态的病害警报与养护干预机制,做到“尽早察觉,尽早解决”,按照长期监测的数据,并结合工程病害的情况来制定养护干预的触发标准,当质量衰减速度超出允许范围,质量缺陷到达病害发生的临界点或者结构出现明显的渗漏的时候,就要立即采取养护干预措施。针对不同种类的质量病害,采取不同的养护技术。

养护干预期间,要重视技术的适配性与环保性,首先选择绿色环保的养护材料与工艺,缩减对周边环境的影响,还要依照水利水电工程的运行状况,恰当规划养护施工时间,采用半幅施工,夜间施工等方法,最大程度地减轻养护作业对工程运行的影响,也要创建起养护效果评价机制,养护施工完毕之后,持续跟进监测质量变化和工程使用性能,考量养护措施是否有效,归纳养护经验,以保障水利水电工程施工区域长久稳定,工程得以安全运营。

3.4 全周期质量管控的协同管理体系

全时段质量管控要想高效落实,离不开创建“多方协作,

权责明晰,流程闭合”的协同运作体系,达成施工前,施工时,运维阶段质量管控工作的无缝对接和高效互动。该协同运作体系以项目指挥所为关键点,融合设计单位,施工单位,监测单位,养护单位等诸多主体,明确各个参与方的责任与分工,设计单位承担质量预判模型的塑造以及控制方案的改良任务,给予技术支持;施工单位负责执行质量监测及动态调节举措,依照改良后的方案开展施工;监测单位承担全时段的数据收集,分析并发出警报,保证数据的准确性与可靠性;养护单位则在运维期间跟进质量情况并处理病害现象,以维持长久的稳定状态。

形成常态化的协同表达机制,经由定时举办协同会议,搭建线上协同平台等途径,做到各方信息即时共享,并快速商讨问题,对于施工过程中产生的质量异常,技术难点等情况,召集各方一同分析,制订解决办法,防止由于信息不对称引发运作迟缓,稳固水利水电工程施工部分的长期稳定性,改善水利水电工程项目的总体品质。

结语

水利水电工程建设当中,施工质量控制的重点在于解决由工程复杂工况特性引发的质量不适应状况,要想达成此目标,首先要准确识别这些工况特性,然后创建恰当的控制技术体系以及覆盖整个使用期限的质量监测体系。经由采用地基加强,材料改良以及结构协同这三种控制技术并行使用,可以有效地改善水利水电工程施工的质量,缩减病害产生的几率,而全生命时段质量控制体系做到了从施工之前就预先判断,施工期间实施调控一直到运营阶段加以跟进这样一种全方位的控制,保证施工区域的质量保持稳定,日后,伴随着新材料,新技术不断更新换代,水利水电工程施工质量控制技术将会向着智能化,绿色化,高效化的方向去发展,从而给水利水电工程的质量改良给予更为牢靠的技术支撑。

[参考文献]

- [1]毛易达.水利水电工程施工质量控制与动态监管研究[J].中国品牌与防伪,2025,(08):146-148.
- [2]张伟亚.水利水电工程施工质量控制与优化策略研究[J].水利科学与寒区工程,2025,8(05):138-140.
- [3]马宏元,李长青.水利水电工程施工质量控制关键技术研究[J].水上安全,2025,(08):190-192.