

绿色节能理念下水利水电工程施工质量的控制对策

杨鲁佐

513423*****3737

摘要: 随着可持续发展战略的深入推进,绿色节能理念已深度融入现代工程建设领域。水利水电工程作为国家基础设施和清洁能源供给的基石,其施工过程不仅关乎工程实体质量与安全,更对生态环境与资源消耗产生深远影响。本文聚焦于绿色节能理念与水利水电工程施工质量控制的内在耦合关系,探讨在规划、材料、工艺、管理及监测等全环节中,如何系统性地贯彻绿色原则并保障工程品质。研究表明,通过构建贯穿项目生命周期的绿色质量控制体系,创新节能施工技术与管理模式,能够有效实现工程内在质量、长期效益与生态环境效益的统一,推动水利水电行业向高质量、可持续发展转型。

关键词: 绿色节能; 水利水电工程; 施工质量控制; 可持续发展; 生态环境; 全生命周期

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.040

引言

水利水电工程是调控水资源、保障防洪安全、提供清洁电力、促进区域发展的关键基础设施,其建设规模宏大、技术复杂、周期漫长,且往往位于生态敏感区域。传统的施工管理模式虽在长期实践中形成了较为成熟的质量控制体系,但其聚焦点主要集中于工程结构的安全性、可靠性和功能实现,对施工过程中资源(如能源、水资源、原材料)的高消耗、废弃物的产生、生态环境的扰动以及工程全生命周期综合能效等问题关注相对不足。这种模式在追求工期与成本目标的同时,可能伴随较高的环境代价,与全球可持续发展的主流趋势存在一定张力。

当前,应对气候变化、推动绿色低碳转型已成为全球共识与国家战略。中国明确提出“碳达峰、碳中和”目标,并将生态文明建设置于突出地位。在此背景下,“绿色节能”理念已超越单纯的环保要求,演进为一种涵盖资源高效利用、环境污染最小化、生态保护与修复、以及提升建筑能效的综合发展哲学。对于水利水电工程而言,将绿色节能理念深度嵌入施工质量控制体系,并非是对传统质量标准的削弱或替代,而是对其内涵的深化与外延的拓展。它要求我们在确保工程实体质量符合设计规范与安全标准的前提下,同步考量施工活动的生态友好性与资源节约性,追求工程质量、环境质量与管理质量的协同优化。

因此,探究绿色节能理念下水利水电工程施工质量的控制对策,具有重要的理论价值与实践紧迫性。这不仅是响应国家政策导向、履行行业社会责任的必然要求,

也是提升工程综合效益、增强工程长期韧性、推动水利水电建筑业自身转型升级的内在需要。本文将系统分析绿色节能理念对施工质量控制提出的新要求、带来的新挑战,并从系统性视角出发,探讨覆盖工程策划、实施到验收的全过程控制对策,以期对相关实践提供参考。

1 绿色节能理念与施工质量的内在统一性与新要求

绿色节能理念下的水利水电工程施工质量控制,是一个多维、动态、系统的工程。它要求打破质量、环境、能源管理之间的壁垒,构建一体化的管控框架。其核心在于,将绿色节能的目标与指标,有机地转化为施工过程中可执行、可监控、可验证的具体质量控制措施,实现从“符合性质量”向“适应性质量”与“卓越性质量”的跃升。

首先,必须认识到绿色节能与施工质量并非割裂甚至对立的目标,而是具有深刻的统一性。高质量的工程意味着更长的使用寿命、更低的维护需求、更好的性能稳定性,这本身就减少了全生命周期内的资源消耗和环境影响。例如,一项混凝土坝体,若其密实度、抗渗性、耐久性指标优异,不仅能确保结构安全,还能减少运行期的渗漏损失和修补加固带来的材料与能源消耗。反之,绿色节能措施也常常直接或间接地提升工程质量。例如,采用精准温控技术防止大体积混凝土产生有害裂缝,既是节能(减少冷却能耗)的要求,更是保证结构整体性和耐久性的关键质量措施。

然而,绿色节能理念的融入,确实对传统质量控制体系提出了新的、更广泛的要求:

质量目标的双重化：除了传统的强度、尺寸、功能等物理质量目标，必须明确增加资源消耗强度（如单位产值能耗、水耗）、排放控制（如扬尘、废水、噪音、固体废弃物）、生态影响（如水土保持、生物多样性保护）以及工程自身能效（如电站能量转换效率、渠系输水效率）等绿色质量目标。

质量控制范围的延伸：从主要关注工程实体本身，延伸到施工临时设施、施工工艺链、原材料供应链以及施工迹地的生态恢复。例如，对砂石骨料的开采加工方式、混凝土生产运输的能耗与排放、施工营地的废弃物管理等，都需纳入质量控制视野。

评价标准的动态化与综合化：需要引入生命周期评价（LCA）思想，不仅评价施工阶段的“绿色度”，还要前瞻性地考虑材料生产、未来运行维护乃至拆除回收阶段的环境影响。质量控制标准需综合技术规范、环保法规、节能设计标准等多重要求。

技术与管理方法的革新：依赖传统经验与粗放管理难以达成新的质量目标，必须广泛采用节能型施工设备、低碳建筑材料、数字化监控技术和精细化管理系统。

2 基于全生命周期的绿色施工质量策划与设计控制

质量控制始于策划。在项目可研与设计阶段，就应注入绿色基因，为施工阶段的绿色质量控制奠定基础，此即“源头控制”。

绿色选址与生态化设计：在工程规划和初步设计中，应进行深入的生态环境影响评价，优化枢纽布置和施工总布置，尽量避开生态敏感区，减少永久和临时占地。倡导“生态工法”设计，如采用有利于鱼类洄游的鱼道设计、生态护坡、透水路面等，将这些生态设施的施工质量纳入核心控制内容^[1]。

节能与资源节约型工程设计：设计阶段应优化结构形式，在保证安全的前提下减少材料用量；优先选用高强、高性能、可再生或可循环利用的建筑材料；优化水力机械和电气设备选型，提高能效标准。设计文件应明确关键部位、关键工序的绿色施工技术要求、材料环保性能指标和验收标准。

施工组织设计的绿色转型：施工组织设计是施工的纲领。必须在其中专章编制“绿色施工专项方案”，详细规划节能、节地、节水、节材和环境保护的具体措施。例如，规划预制装配式构件以减少现场湿作业和废弃物；优化土石方平衡，减少借土弃渣；设计雨水收集系统和

循环用水系统；规划清洁能源（如太阳能、风能）为施工营地供电等。该方案的质量，直接决定了后续施工绿色控制的可行性与效果。

3 施工过程中的绿色节能质量控制关键环节

这是控制对策的核心实施阶段，涉及人、机、料、法、环、测（5M1E）各要素的绿色化改造与协同管控。

3.1 绿色建材与资源的高效利用控制

材料采购控制：建立绿色供应链管理制度，优先采购具有环保认证、本地化生产的材料，降低运输能耗。对水泥、钢材、外加剂等主要材料的化学成分、放射性、有害物质含量等环保指标进行严格进场检验和复验，杜绝不合格材料。

材料节约与循环控制：实施精确的物料需求计划和限额领料制度。推广钢筋专业化加工配送、模板脚手架标准化与工具化周转使用。对施工产生的废钢筋、废模板、废混凝土等进行分类收集与资源化利用（如破碎后作为回填料或制作建材）。控制混凝土浇筑损耗率，优化配合比，推广使用矿物掺合料（如粉煤灰、矿渣）部分替代水泥，降低碳足迹。

3.2 节能低碳施工工艺与设备控制

工艺优化：研究和应用低能耗、低排放的施工工艺。例如，在大坝填筑中优化碾压参数，减少碾压遍数以节约燃油；在混凝土施工中，推广智能温控养护技术，利用循环水冷却或自然蓄热，替代大功率电热或蒸汽养护^[2]。

设备管理：逐步淘汰高能耗、高排放的老旧设备。选用符合国三及以上排放标准的柴油动力设备，推广使用电能、氢能等清洁能源驱动设备。加强施工机械的日常维护和调度管理，减少空载运行时间，提高设备综合能效。对大型施工用电设备（如拌和楼、制冷系统）安装独立计量装置，实施用能监控。

3.3 环境保护与生态影响的过程控制

水污染控制：对砂石料加工系统、混凝土拌和系统产生的废水，必须建设沉淀、中和、过滤等处理设施，实现达标排放或循环利用。对基坑排水、隧道施工排水进行收集处理。严格管理施工机械的油料泄漏，防止污染水体。

大气与扬尘控制：对易产生扬尘的作业面（如开挖、爆破、道路）、堆料场采取洒水、喷雾、覆盖等措施。对运输车辆进行冲洗和覆盖。拌和站、沥青站等应配备

高效除尘装置^[3]。

噪音与振动控制：选用低噪音设备，合理安排高噪音作业时间。对固定噪音源采取隔声屏障等措施。在靠近居民区施工时，需进行振动监测与控制。

固体废弃物控制：实施垃圾分类管理，设置专门的废弃物堆放场。危险废弃物（如废机油、废化学试剂）必须交由有资质的单位处理。推动建筑垃圾减量化和资源化。

水土保持与生态修复：施工中采取截排水沟、挡渣墙、边坡防护等水保措施，减少水土流失。对临时占地区域，施工结束后必须按计划进行土地复垦和植被恢复，其成活率、覆盖度应作为重要的质量验收指标。

3.4 基于数字化的精细化过程监控与检测

利用建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、无人机、智能传感器等数字化技术，构建智慧工地管理平台。该平台不仅能监控施工进度、结构应力应变等传统质量参数，还能实时监测重点区域的能耗、水耗、扬尘、噪音、废水排放等绿色指标。

通过物联网设备自动采集数据，与预设的绿色施工目标值进行对比分析，一旦超标即自动预警，实现从“事后处理”到“事中控制”的转变。例如，通过安装在搅拌站和主要用电回路的智能电表，实时分析单位产量混凝土的能耗水平。

利用无人机进行施工迹地生态恢复效果的定期航拍与影像分析，客观评估植被恢复质量。

4 组织、管理与文化保障体系

再好的技术对策也需要有效的组织管理来落实。

构建一体化管理体系：整合质量管理体系（QMS）、环境管理体系（EMS）和能源管理体系（EnMS），形成一体化的“绿色施工质量管理手册”和程序文件，明确各部门、各岗位在绿色质量控制中的职责与接口。

强化人员培训与绿色文化培育：对管理人员、技术人员和一线作业人员进行分层次、有针对性的绿色施工培训与考核，使其理解绿色要求，掌握绿色技能。通过宣传、激励（如设立绿色施工专项奖励）等手段，在项目全员中培育节能环保意识，营造绿色文化氛围^[4]。

实施全过程绩效评价与改进：建立涵盖绿色与质量双重指标的绩效评价体系。不仅进行最终验收，更要在施工过程中定期开展绿色施工自查、评价与审核。将评价结果与合同履约、工程款支付、评优评奖挂钩。建立

持续改进机制，通过 PDCA 循环，不断优化绿色质量控制措施。

5 结语

在生态文明建设与“双碳”战略目标的时代背景下，将绿色节能理念系统性、深层次地融入水利水电工程施工质量控制，已从一种倡导性的先进理念，转变为行业可持续发展的必然选择和紧迫任务。本文的探讨表明，这绝非简单的技术叠加或管理修补，而是一场涉及理念更新、目标重构、技术革新、管理升级的系统性变革。

其核心路径在于：首先，在认识上确立工程质量与绿色节能内在统一、相辅相成的哲学观；其次，在行动上构建覆盖项目全生命周期的整合控制框架，从策划设计源头即植入绿色基因；再次，在实施中牢牢抓住“资源高效利用”、“工艺设备低碳化”、“环境保护精细化”和“监控手段数字化”等关键环节，将宏观理念转化为微观工序的可控参数；最后，通过一体化的管理体系、专业化的人才队伍和持续改进的文化氛围，为绿色质量控制提供坚实保障。

唯有如此，水利水电工程建设才能超越单纯的功能实现，蜕变成为一种与自然和谐共生的创造性活动，在贡献清洁能源与水资源安全保障的同时，最大程度地减少自身的生态印迹，真正铸就经得起时间检验、对生态环境负责的“绿色质量丰碑”，为行业的未来发展和全球的可持续发展贡献中国智慧与实践。未来的研究可进一步聚焦于绿色施工质量成本的量化分析、基于大数据和人工智能的智能控制算法、以及更广泛的新型低碳建材在复杂工况下的应用性能与质量控制标准，持续推动这一领域的理论与实践深化。

参考文献

- [1] 张焕爱. 水利工程施工中的绿色施工技术与实践研究[J]. 散装水泥, 2025, (02): 7-9.
- [2] 魏莉. 绿色节能理念下水利水电工程施工质量的控制对策[J]. 中国轮胎资源综合利用, 2024, (12): 88-90.
- [3] 贵雪燕, 董晓莉. 节能环保技术在水利工程建设中的应用分析[J]. 低碳世界, 2021, 11(10): 56-57.
- [4] 黄姿慧. 水利水电工程施工过程中环保新技术的运用价值探析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(06): 83-84.