

# 基于全寿命周期的电力建设质量控制方法研究

孙平宇 贾佳美

中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司 山东 济南 250100

**摘要：**电力建设质量对电力系统安全稳定运行至关重要。基于全寿命周期视角，从规划设计至报废拆除各阶段，均存在影响质量的关键要点。通过建立信息化管理平台，强化供应商质量把控，实施全过程监控及开展质量反馈改进等方法，可有效提升电力建设质量，实现电力资产全寿命周期内的高效管理与可靠运行，为电力行业可持续发展提供有力支撑。

**关键词：**全寿命周期；电力建设；质量控制；方法

## 引言

随着电力需求持续增长，电力建设规模不断扩大。电力工程质量不仅关系到项目自身效益，更影响着整个电力系统的稳定性与可靠性。传统电力建设质量控制多侧重施工阶段，忽视全寿命周期各环节关联。本文聚焦全寿命周期，深入剖析规划设计、施工建设、运行维护及报废拆除各阶段质量控制要点，探索创新质量控制方法，旨在提升电力建设整体质量水平，推动行业高质量发展。

## 1 全寿命周期电力建设质量控制概述

全寿命周期电力建设质量控制是现代电力工程管理的重要理念，其核心在于从项目规划、设计、采购、施工到运维的全过程中实施系统性、动态化的质量管控。这一理念突破了传统质量控制仅关注施工阶段的局限，强调以全系统、全费用、全过程的视角优化资源配置，通过科学规划与精细化管理的协同作用，实现电力工程全生命周期成本最优与质量效益最大化。在电力工程全寿命周期中，设计阶段的质量控制具有基础性作用。设计方案需综合考量技术先进性、经济合理性、运行可靠性及环境协调性，通过全寿命周期成本分析技术，量化评估不同方案的运维成本、能耗水平及改造需求，从而在源头上降低质量风险。例如，变电设备选型应遵循成熟可靠、节能环保原则，确保主体部件使用寿命达到60年，以减少全寿命周期内的改造频次。采购环节的质量控制需建立严格的供应商评估体系，通过资质审查、质量认证及履约能力评估，筛选具备全寿命周期服务能力的优质供应商。物资入库前应实施全检与抽检相结合的检验机制，运用无损检测、智能传感等技术手段，确保设备性能参数符合设计标准。施工阶段的质量控制则需构建覆盖人员资质、工艺标准、环境监测的立体化管控网络，通过BIM技术实现施工过程的数字化模拟与实时

纠偏。运维阶段的质量控制重点在于建立预防性维护体系，依托物联网、大数据分析技术，对设备运行状态进行实时监测与故障预警，通过智能诊断系统制定差异化检修策略。全寿命周期质量控制的实施效果需通过持续改进机制进行验证，定期开展质量审计与绩效评估，动态调整管控策略，最终形成涵盖技术标准、管理流程、信息化平台的完整质量管控体系。

## 2 全寿命周期各阶段电力建设质量控制要点

### 2.1 规划设计阶段

(1) 全寿命周期成本(LCC)管理是核心要点，设计方案对施工成本、运行能源消耗、运行维护难易程度、维修费用、环境协调性、项目扩展性及拆除回收难易程度等起决定性作用。可行性分析、初步设计、采购招标、施工图设计完成后，项目寿命周期费用的95%便已确定，因此控制寿命周期费用的最佳时机是工程设计阶段。(2) 电网建设需贯彻全寿命周期管理理念，各电压等级电网按“导线一次选定、廊道一次到位、土建一次建成”原则建设。装备选型围绕智能、高效、可靠、绿色电网要求，遵循“成熟可靠、技术先进、节能环保”原则，采用技术成熟、免(少)维护、低损耗、具备可扩展功能的设备，使设备选型一步到位，利于设备状态检修和不停电作业。(3) 提升设备本体智能化水平，推行功能一体化、设备模块化、接口标准化。优先选用国内外知名企业设备，明确主要电气一次、二次设备及构筑物的使用寿命，实现主要一、二次设备全寿命周期内不改造。应用装配式建筑物，实现“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”<sup>[1]</sup>。

### 2.2 施工建设阶段

(1) 施工准备阶段需实施精细化管理。施工单位组建专业勘查团队，运用无人机测绘、地质雷达探测等技术对现场三维建模分析，为设计提供数据支撑。结合火

电工程复杂性编制专项施工组织设计,制定关键环节作业指导书。组织专项培训,以虚拟仿真强化人员技能与安全意识。材料管理上与供应商合作,驻场监造、进场复验确保材料达标。(2)施工过程阶段构建全流程质量管控体系。以煤电项目主厂房建设为例,采用BIM技术模拟施工,优化土建与设备安装交叉作业流程,规避冲突。燃机基础浇筑时,运用智能监测系统实时监控混凝土温、强度变化。锅炉受热面焊接建立焊工指纹识别档案,数字化记录追溯焊接参数。汽轮机扣缸作业采用激光对中仪找正轴系,误差控制在0.02mm内。设立火电工程质量巡检小组,每日对高空作业等危险环节专项检查,移动终端实时上传问题并跟踪整改。(3)施工验收阶段执行高标准质量评定。组建由火电专家、设计代表、监理单位构成的验收团队,运用超声波探伤、光谱分析等先进检测手段,对主蒸汽管道焊接、压力容器密封性等进行全方位检测。针对煤电项目脱硫脱硝系统,开展72小时满负荷试运行测试,验证设备运行稳定性。建立质量缺陷整改台账,采用PDCA循环管理模式,确保工程质量全面达标。

### 2.3 运行维护阶段

(1)建立完善的设备监测与评估系统。引入物联网技术,对设备温度、振动、压力等参数实时采集与分析,实现对设备早期预警,降低故障发生可能性。例如,选定适合监测设备并安装,确保覆盖所有关键设备,定期分析监测数据制定维护计划,建立设备健康档案记录运行和维护历史,实现设备故障预警率达90%,提高设备可靠性。(2)加强运维人员培训。制定年度培训计划,涵盖新技术、新设备使用和维护知识,开展应急演练模拟突发事件处理过程,引入外部专家分享行业前沿技术和经验,确保每位运维人员每年至少接受一次专业培训,提升技能水平和应急处理能力。(3)优化运维管理流程。梳理现有流程,识别冗余环节并简化,引入信息化工具实施数字化管理,提升信息传递效率,定期评估管理流程有效性并根据反馈调整优化,使运维管理工作效率提升30%以上,缩短故障处理时间。(4)制定合理维护计划。确定设备维护周期,结合运行情况定期检修和保养,对重要设备专项检查,建立维护记录总结经验改进措施,使设备故障率降低20%,延长设备使用寿命<sup>[2]</sup>。

### 2.4 报废拆除阶段

(1)在报废拆除阶段,需制定全面的拆除计划,涵盖拆除范围、时间节点、拆除方法和工艺、安全防护措施、环境保护措施以及责任分工等内容。拆除前要对拆

除建筑进行结构稳定性评估,明确潜在风险,同时对参与拆除的人员进行系统安全培训,确保其掌握必要的安全知识和操作规程。现场设置专门的安全管理人员,负责安全监督,采用安全警示标识和隔离措施,防止非相关人员进入拆除区域。(2)拆除过程中,选用低噪声设备并采取隔音措施减少噪声污染,制定建筑垃圾分类处理方案及时清理垃圾。设立专门的质量监督小组,对拆除过程全程监控,确保按设计方案和标准操作,定期进行质量检查,及时纠正问题。拆除产生的粉尘浓度控制在国家标准以下,噪声控制在规定分贝范围内,保障周边居民生活不受影响。(3)拆除完成后,进行严格的验收工作。检查拆除效果,确保场地平整、建筑残渣清理干净,符合后续施工要求;对拆除现场进行安全隐患排查,确保无遗留安全风险;评估拆除对周边环境的影响,确保符合环保规定。建立反馈与改进机制,总结经验教训,为后续拆除项目提供参考依据,持续提高拆除项目质量水平。

## 3 基于全寿命周期的电力建设质量控制方法

### 3.1 建立全寿命周期管理信息化平台

全寿命周期管理信息化平台是电力建设项目质量控制的核心理念,旨在通过数字化手段实现从设计、采购、施工到运维各阶段的质量数据集成与动态管控。该平台需构建多维度数据模型,涵盖设备技术参数、施工工艺标准、质量检验记录等全要素信息,通过BIM(建筑信息模型)技术实现三维可视化协同管理,确保各参与方在统一的数据环境下开展工作。平台应集成物联网感知设备,实时采集设备运行状态、环境参数等动态数据,结合大数据分析技术建立质量预警模型,对潜在质量风险进行提前研判。通过建立质量知识库与案例库,实现历史经验与最佳实践的数字化沉淀,为质量决策提供数据支撑。在平台功能设计上,需强化全流程追溯能力,确保质量责任可定位、质量数据可回溯,同时开发移动端应用实现现场质量信息的即时上传与审核。平台建设需遵循标准化接口规范,预留与ERP(企业资源计划)、PMS(生产管理系统)等既有系统的数据交互通道,通过系统集成打破信息孤岛,形成覆盖全寿命周期的质量管理闭环,为电力工程提供智能化、精准化的质量管控解决方案。

### 3.2 强化供应商质量管理

在电力建设项目全寿命周期中,供应商作为关键参与方,其提供的设备、材料及服务的质量直接影响整个工程的可靠性与耐久性。需构建完善的供应商质量管控体系,从源头保障质量。第一,建立严格的供应商准入

机制,通过资质审查、技术能力评估及历史业绩考察等多维度筛选,确保合作方具备稳定的质量保障能力。第二,实施全流程质量跟踪,涵盖合同签订、生产制造、出厂检验及物流运输等环节,要求供应商提供可追溯的质量记录,确保产品符合设计标准与技术规范。第三,引入第三方质量认证与检测服务,对关键设备进行独立抽检,验证其性能参数与安全指标。第四,建立供应商绩效评价体系,定期从交货准时率、产品合格率、售后服务响应速度等维度量化评估,依据评估结果实施分级管理,对优质供应商给予长期合作激励,对存在质量缺陷的供应商采取整改、淘汰等措施,形成动态优化的供应链质量生态。通过以上举措,可有效降低外购环节的质量风险,为电力工程建设奠定坚实的质量基础<sup>[3]</sup>。

### 3.3 实施全过程质量监控

在电力建设项目全寿命周期内,实施全过程质量监控是确保项目质量达标、提升设备可靠性与运行效率的核心举措。通过构建覆盖设计、采购、施工、调试及运维各阶段的质量监控体系,可实现对关键环节的精准把控。设计阶段需重点审查技术方案合理性、参数匹配性及标准符合性,确保设计质量满足工程需求;采购环节应建立严格的供应商评估与材料检验机制,对设备材料进行全批次抽检,杜绝不合格品流入现场。施工阶段的质量监控需强化过程管控,通过现场巡检、隐蔽工程验收、关键工序旁站监督等手段,实时纠正施工偏差。利用数字化技术建立质量追溯系统,记录施工参数与操作记录,为后续质量分析提供数据支撑。调试阶段需制定专项调试方案,对设备性能进行系统性测试,确保参数达标、功能完备。运维阶段则需建立定期巡检与状态监测机制,结合大数据分析预测设备劣化趋势,提前制定维护策略。全过程质量监控还需注重质量信息的动态共享,通过信息化平台实现设计、施工、运维各环节的数据互通,推动质量问题的协同解决。通过持续优化监控流程与技术手段,可有效降低质量风险,保障电力建设项目的长期稳定运行。

### 3.4 开展质量反馈与改进

在电力建设全寿命周期中,质量反馈与改进是持续

提升项目质量的关键环节。通过建立高效的质量信息反馈机制,能够及时收集项目各阶段的质量数据与问题报告,确保质量问题得到迅速响应。具体而言,可利用信息化平台对现场质量检查记录、设备运行数据、用户反馈意见等进行整合分析,精准定位质量缺陷与潜在风险点。在此基础上,应组织跨部门协作团队开展质量根因分析,运用统计工具识别系统性问题,并制定针对性的改进措施。对于设计缺陷,需协调设计单位优化技术方案;针对施工工艺问题,应通过工艺评审与现场指导强化标准执行;设备材料质量问题则需追溯供应商责任并完善验收流程。改进措施实施后,应建立闭环验证机制,通过阶段性复盘评估改进效果,确保质量指标持续提升。需将质量改进经验纳入知识管理体系,形成标准化案例库与最佳实践指南,为后续项目提供参考。应构建质量改进激励机制,对在质量提升中表现突出的团队或个人给予表彰奖励,激发全员参与质量管理的积极性,形成持续改进的质量文化<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,基于全寿命周期的电力建设质量控制,对保障电力系统安全稳定运行意义重大。通过明确各阶段质量控制要点,采用建立信息化平台、强化供应商管理等方法,能显著提升电力建设质量。未来,需进一步完善该体系,积极融入大数据、人工智能等前沿新技术,从规划设计到项目交付全流程持续优化各环节质量控制,以适应不断变化的电力建设需求,为电力行业稳健发展筑牢根基。

### 参考文献

- [1]周新.基于全寿命周期的城市电力管沟规划建设模式研究[J].魅力中国,2020(28):313.
- [2]庞小明.基于全寿命周期成本的电力变压器检修决策研究[J].电力设备管理,2023(5):298-300.
- [3]李斯琴.基于全寿命周期造价管理的电力工程造价管控研究[J].城市情报,2024(6):282-283.
- [4]祝瑞,赵乐乐.电力工程造价管理中全寿命周期造价的应用分析[J].石河子科技,2024(6):47-49.