

新型储能电站建设工程项目质量管控措施研究

张 赛

中国华电科工集团有限公司 北京 100160

【摘 要】随着储能技术的不断发展,储能电站在能源转型和可持续发展中的重要性日益凸显。然而,储能电站建设过程中面临着技术复杂性、设备协调性、质量管理等多方面的挑战。基于此,文章从不同类型储能电站的质量管理措施入手,分析了各类储能技术在建设过程中可能出现的质量问题,并提出了相应的管理对策。研究旨在为储能电站建设项目提供可行的质量控制框架,确保其高效、稳定运行,推动储能技术的广泛应用。

【关键词】储能电站;质量管理;技术挑战;设备协调;风险评估

引言

新型储能电站作为现代能源系统中的重要组成部分,正逐渐成为应对能源转型和提高能源利用效率的关键技术。在可再生能源广泛应用的背景下,储能电站不仅在平衡电力供需、调节电网波动、提升电力系统灵活性方面发挥着重要作用,还在推动低碳经济和绿色能源应用中具有不可替代的地位。新型储能技术涵盖机械储能、化学储能、电化学储能、热能储能、压缩空气储能等多种形式,每种技术在工作原理、性能特点及应用领域上均有所不同,且在实际建设和运行过程中,面临不同的质量管控挑战。如何确保不同类型储能电站在建设过程中的质量管理,保障其运行的安全性、稳定性和高效性,已成为亟待解决的问题。因此,文章旨在深入探讨各类新型储能电站的质量管控措施,结合当前储能技术的发展现状与工程管理经验,提出针对性的质量管理策略,为储能电站的建设与运维提供理论依据与实践指导,推动储能技术的可持续发展。

一、新型储能电站类型及其特点

(一) 机械储能电站

机械储能电站通过物体的运动储存能量,常见形式有抽水蓄能、电梯储能和飞轮储能等。其主要优势为高能量转换效率、低运行成本和成熟技术。抽水蓄能利用水位差储能,待需时通过水流驱动涡轮发电,但受限于地理环境。飞轮储能通过旋转飞轮储存动能,响应速度快,适用于瞬时负荷波动,但存储时间较短。质量管控的难点在于设备的耐用性、稳定性及能量高效转化^[1]。

(二) 化学储能电站

化学储能电站利用化学反应储存和释放能量,主要包括锂电池、铅酸电池和钠硫电池等。锂电池因高能量密度和

长寿命广泛应用,但高负载运行时的安全性和稳定性是挑战。铅酸电池成本较低,适用于大规模储能,但能量密度低,寿命有限。钠硫电池在高温环境下表现良好,适用于特殊场景。质量管理主要关注电池性能、电池组均衡性和电池管理系统(BMS)的可靠性。

(三) 电化学储能电站

电化学储能电站通过电池或超级电容器储能,常用于大规模储能。锂离子电池以高效率 and 长寿命广泛应用于电力调度和电网调节。质量管控需重点关注电池老化、充放电效率、热管理系统和安全性。随着技术发展,固态电池等新技术为电化学储能的质量管理带来新方向。

(四) 热能储能电站

热能储能电站将电能转化为热能储存,常见方式有熔盐储能和热水储能等。熔盐储能通过高温熔盐储存热量,具备较高能量密度和良好热储存效率。质量管控关注储热介质的稳定性、热交换系统效率及耐高温材料的性能,特别是如何提升系统可靠性并延长设备寿命。

(五) 压缩空气储能电站

压缩空气储能电站通过压缩空气储存能量,释放空气通过涡轮发电,具有大规模储能和较高能量转换效率的优势。然而,储气容器的压力安全、压缩机效率和密封性是面临的挑战。同时,热管理系统需确保压缩空气温度稳定,防止能量损失。质量管控重点在于设备的压力承受力、密封性、压缩效率和容器稳定性。

二、储能电站建设中的质量管理关键环节

(一) 项目规划与设计阶段

储能电站的规划与设计决定了电站的结构、功能及质量保障基础。设计过程中需根据储能技术的特性,综合考虑

能源需求、地理环境、经济效益和技术可行性。合理的系统配置和设备选型是确保后续质量管理的关键。机械储能电站需要关注设备的载重能力和耐用性，而电化学储能电站则要确保电池组配置、容量设计和电池管理系统（BMS）的功能。设计阶段的质量管理应以系统可靠性为核心，通过计算和模拟分析，确保设计方案的可行性和系统组件的匹配性^[2]。

（二）设备采购与制造质量管理

设备采购与制造质量直接影响储能电站的整体质量和运行稳定性。采购阶段需确保设备符合技术规范和质量标准，满足必要的认证要求。制造阶段要严格控制生产工艺、材料选择及设备性能，尤其在储能电池系统中，需重视电池单体检测、组装均衡性及热管理设计。设备出厂前应进行性能验证，确保其满足质量要求，以避免后期设备质量问题影响电站运行。

（三）安装与施工质量控制

安装与施工质量决定储能电站的稳定性与安全性。施工团队应严格按照设计方案操作，确保设备安装精度和系统协调性。在电化学储能电站中，需保证电池组连接方式和电气线路布局合理，避免短路和过载问题；在机械储能电站，飞轮与电机的对接及冷却系统的安装要精准。施工质量控制应加强现场管理，确保每个环节的规范性和设备验收严格性。安装后，需进行全面检查和调试，确保设备性能符合要求^[3]。

（四）系统集成与调试阶段的质量保障

系统集成与调试是储能电站建设中的关键环节，涉及各子系统的协同与优化。确保系统模块顺利对接，避免因接口不匹配或信息流不畅导致故障。在电化学储能系统集成中，电池管理系统（BMS）需与充放电设备和电力电子设备紧密配合，确保充放电效率和电池安全。调试阶段应严格按照设计要求进行性能测试，确保各环节正常运行，及时发现潜在问题。同时，还需测试系统的应急响应能力、自动化控制和稳定性，为后期运营打下基础。

（五）运营维护阶段的质量监控与管理

运营维护阶段确保储能电站长期稳定运行。质量管理重点在于设备日常检查与故障预防。电池系统需定期检查电池单体状态、放电效率和温度管理，延长电池使用寿命并及时发现故障风险。机械储能电站则需关注设备的运行噪声、振动和冷却系统。质量管理还应结合远程监控与数据分析，通过大数据实时监测设备健康状态，预测潜在问题并进行预防性维护。同时，完善的应急预案和故障处理机

制对保障安全运营和提高应急响应速度至关重要。长期的质量监控有助于确保电站高效运行，提高整体运营效益。

三、储能电站建设中的质量管理措施

（一）质量管理体系的建立与完善

储能电站建设中，建立完善的质量管理体系至关重要，涵盖设计、采购、施工、安装、集成、调试和运营等环节。设计阶段需审查设计图纸和技术规范，确保安全、稳定和经济要求。设备采购阶段要严格筛选供应商，确保设备符合标准。施工阶段要按标准进行管理，确保设备安装准确，避免质量隐患。质量管理体系需通过定期检查和评估及时发现并改进问题，确保项目质量保障。

（二）质量控制计划的制定与执行

每个建设阶段都应制定质量控制计划，包括质量目标、标准、控制方法和责任分工。在采购阶段，控制计划明确设备性能和验收标准；施工阶段详细列出施工技术要求、安装方法及质量检查节点，并明确各方责任。质量控制计划应根据施工进度调整，并结合现场实际情况进行抽查、巡检和试运行，确保质量风险得到及时控制。

（三）设备验收与测试管理

设备验收与测试直接影响储能电站的稳定性。验收应根据设计要求和标准进行，确保设备符合技术规范。对于电池系统，重点检查容量、放电效率和循环寿命；机械设备需关注结构强度和运行平稳性。验收包括功能性、耐久性和环境适应性测试，任何不符合标准的设备应拒绝验收并要求整改。试运行后，确保设备在实际环境下稳定运行，达到预期性能。

（四）施工质量监控与现场管理

施工质量监控是确保储能电站建设质量的关键。项目管理团队应确保施工人员遵守规范，避免操作不当或工艺不规范引发质量问题。现场管理要加强监督，及时纠正问题，特别是材料的管控，确保符合设计要求。施工时要确保设备安装精度，避免安装偏差影响后续运行。合理控制施工进度，确保各项工作按时完成，不影响项目整体进度。

（五）风险评估与应急预案管理

建立有效的风险评估与应急预案体系对于储能电站建设至关重要。项目团队需在设计、施工及运营阶段评估可能的风险，包括设备故障、自然灾害、施工事故等，并制定应急预案。应急预案要具备可操作性，涵盖人员疏散、设备维修和环境保护等措施。定期组织应急演练和风险评估会议，不断提升项目的风险管控能力，确保项目顺利推进^[4]。

（六）质量审核与持续改进

质量审核和持续改进是确保储能电站长期稳定运行的重要手段。项目各阶段要进行定期质量审核,检查是否按质量管理体系执行,并评估管理的有效性。审核过程应覆盖设计、采购、施工等环节,及时发现并纠正问题。质量审核结果应提出改进建议,推动项目管理团队优化质量管理措施,不断完善质量控制,确保储能电站的长期高效运营。

四、储能电站建设质量管理中的难点与挑战

(一) 技术难题与创新挑战

储能电站建设面临技术挑战,尤其是新型储能技术的引入增加了复杂性。例如,电化学储能中的锂电池,尽管具有高能量密度和长寿命,但热管理和循环稳定性问题仍是质量管理的难点。机械储能如飞轮储能和抽水蓄能在设计和安装时要求高强度、高效率 and 安全性,增加了技术难度。因此,储能电站建设不仅需要强大的技术研发能力,还需推动技术创新,提升系统集成效率和稳定性。

(二) 质量管控人员的培训与管理

质量管控人员的专业水平直接影响项目质量。储能电站建设涉及多个专业领域,需要质量管控人员具备较高的技术知识和项目管理能力。然而,储能技术的复杂性使得现有技术人员往往缺乏行业特定的知识。为应对这一挑战,需要加强人员培训,提升其专业能力,同时优化质量管理团队的结构,确保每位成员能够发挥优势,形成精细化管理体系。

(三) 多元化设备与系统的协调性问题

储能电站涉及多种设备和技术的集成,不同储能方式的设备在技术原理和运行方式上存在差异。确保设备协调性和兼容性是质量管理中的重要难点。例如,电池组与电池管理系统(BMS)的兼容性直接影响系统的安全性和效率。设备间的协调性要求设计人员深入了解设备特性,确保精确配合和测试,避免系统瓶颈问题。设备供应商之间也需密切协作,确保设备高效协同。

(四) 环境与安全因素的影响

储能电站需要在不同环境条件下运行,极端环境(如高温、潮湿等)可能影响系统性能与安全性。例如,电池在高温下可能出现过热、膨胀等问题,机械储能系统可能产生振动或磨损。储能电站通常位于偏远或特殊环境中,因此需进行全面的环境评估,并设计应对方案。同时,安全问题如火灾、电气故障等需要重点关注,建立完善的监控和应急响应系统以保障项目安全^[5]。

(五) 法规与政策的适应性问题

储能电站建设面临法规和政策的适应性问题。由于储能技术发展迅速,各国政策不断更新,部分地区尚未形成完整的法律框架,给项目实施带来不确定性。例如,环保法规、储能电网接入政策等可能随政策变化而调整,影响项目计划和实施。项目团队需要密切关注政策变化,及时调整方案,并与地方政府和监管部门保持有效沟通,确保项目合规推进。

(六) 投资与经济可行性挑战

储能电站建设需要大量投资,回报周期长,经济可行性是推进项目的关键。初期投资高,尤其是电池系统的采购费用和维护成本,使得部分项目面临经济压力。市场需求和政策支持的变化也可能带来投资风险。为解决这一挑战,项目团队应进行详细的经济分析,预测回报期,并通过多元化融资方式缓解资金压力。同时,推动技术成本降低和效率提升也是解决经济可行性问题的关键。

结论

储能电站建设中的质量管理是确保系统安全、稳定运行的关键,涉及多个环节的协调与精细化管理。从项目规划与设计阶段到设备采购、施工安装、调试和运营,每一阶段都需严格把控质量,以确保储能电站的高效性与长期稳定性。技术创新、人员培训、设备协调、环境适应性及法规政策的变化等多重因素构成了质量管理的挑战。面对这些挑战,构建完善的质量管理体系、强化技术攻关、优化施工与管理流程,以及加强风险评估与应急预案的实施,都是保障项目顺利实施的必要措施。随着储能技术的不断进步,未来在质量管理方面的研究仍需关注新的技术与行业标准的完善,以实现更加高效、低成本的储能电站建设,推动储能技术在能源转型中的更广泛应用。

参考文献:

- [1] 于洪涛,张蓉,赵越超. 储能电站系统安全管控体系研究[J]. 电力安全技术, 2023, 25 (2): 7-9.
- [2] 李云松,蔡天亮,崔健,等. 电化学储能电站安全风险及防控措施[J]. 电力安全技术, 2023, 25 (12): 1-3.
- [3] 廖长风. 面向新型电力系统的弹性评估、规划与运行方法研究[D]. 湖南大学, 2023.
- [4] 许一丹. M电化学储能电站并网工程项目风险管理研究[D]. 山东大学, 2023.
- [5] 李相俊,赵珊珊,惠东. 面向新型电力系统的大型储能电站关键技术发展趋势分析与展望[J]. 供用电, 2022, 39 (07): 2-8+24.