

大规模储能电站安全监控系统设计与应用分析

张保云

四川电力设计咨询有限责任公司 四川 成都 610041

【摘要】：大规模储能电站在推动能源结构转型和保障电网稳定运行中具有关键作用，但其运行安全性问题逐渐凸显。为应对电池热失控、系统故障及外部环境风险等挑战，亟需构建科学高效的安全监控系统。本研究围绕储能电站的运行特点，提出以多层次传感监测、智能数据分析和预警处置机制为核心的系统设计思路。通过在电池单体、机柜及站级层面建立实时监控网络，实现数据采集、故障诊断与风险预测的有机结合。结合人工智能与大数据技术，提升异常识别与响应的及时性与准确性。应用分析表明，该系统可有效降低安全事故发生率，增强储能电站的稳定性与经济性，为行业安全运行提供实践参考。

【关键词】：储能电站；安全监控；风险预警；智能分析

DOI:10.12417/2811-0528.26.01.014

引言

大规模储能电站的建设与应用已成为新能源并网和电力系统调控的重要支撑，其运行安全直接关系到电网稳定和社会能源供给的可靠性。然而，电池热失控、短路、环境干扰等潜在隐患频繁发生，给储能电站的安全性提出了严峻挑战。传统监控手段往往存在实时性不足、数据孤岛及响应滞后的问题，难以满足复杂运行条件下的安全需求。为解决这一矛盾，亟需构建一套覆盖多层次、具备智能化和前瞻性的安全监控系统。本文立足于大规模储能电站的运行特点，探索系统设计思路，并结合应用案例进行效果分析，以期对储能行业提供切实可行的安全管理路径。

1 大规模储能电站运行风险的表现与成因分析

大规模储能电站在能源转型中占据关键地位，其运行风险日益受到关注。运行过程中风险表现多样，其中电化学储能单元热失控尤为突出。高功率充放电与长期运行易导致电池过热，冷却不足时可能引发火灾或爆炸。除热管理隐患外，短路、电弧放电、逆变器失灵等电气故障常引起电压波动与保护误动作，影响电网稳定。在极端气候下，高温、低温、雷击及洪水也会造成绝缘损坏、结构受损和信号干扰，使运行风险进一步增加。

造成这些风险的成因具有复杂性和多层次特征。电池单体质量差异是基础性因素，部分产品在制造工艺和材料选用上存在缺陷，导致性能衰减快、耐受能力低。在长期充放电循环过程中，电池内部的锂沉积、隔膜老化、电解液分解等现象也会积累成安全隐患。系统集成层面，电池管理系统如果在采集精度和算法优化方面存在不足，就无法全面掌握电池状态，从而在电压过高、温度异常或电流突变时未能及时采取措施。电站运行涉及多种电力电子设备，如变流器、继电保护装置、直流配电系统等，其设计和安装环节的瑕疵、元器件老化以及外部

电磁干扰，都会成为潜在风险源。人员操作不规范、运维管理不到位等人因因素，同样在事故成因中占据重要比例。

在综合分析中可以发现，大规模储能电站的运行风险不仅仅是单一环节的问题，而是电池技术、电力电子系统、环境适应性和运维管理等多个方面共同作用的结果。系统复杂性和能量密度的提升，使得风险一旦发生就会呈现出快速扩散和严重后果的特点。电站事故往往导致大面积停电，甚至引发连锁反应，对电网和社会造成巨大损失。只有全面识别风险表现，深挖其内在成因，才能为安全监控系统的科学设计提供坚实的理论和实践依据。

2 安全监控系统的设计原则与关键技术路径

安全监控系统的构建应当立足于大规模储能电站的运行特性和风险特征，遵循科学性、前瞻性和可靠性的设计原则。科学性要求系统在架构上覆盖电池单体、机柜以及站级三个层次，确保风险监控的全覆盖。前瞻性强调要借助人工智能、大数据分析和物联网技术，使系统具备预测性和自适应能力，而不仅仅是事后告警。可靠性则体现在硬件冗余和软件容错机制，确保在极端情况下仍能维持核心功能运行。系统设计必须兼顾实时性和准确性，通过高速数据采集模块和高精度传感器，实现电压、电流、温度、湿度、气体浓度等多维度参数的监控，为后续智能分析提供完整数据支撑。

在技术路径方面，传感监测是基础环节。通过在电池模组和关键电气设备中布设多点温度传感器、气体传感器以及电压电流传感器，能够实时捕捉局部异常。采集到的海量数据需要通过边缘计算和云平台协同处理，既要保证数据传输的低延时，又要通过算法模型实现异常数据的智能识别。在此过程中，深度学习模型与数据挖掘技术被广泛应用，以识别潜在的热失控征兆、短路风险以及性能退化趋势。预警模块在识别出风险后，能够快速推送报警信息，并结合自动控制策略，驱动冷却

系统、隔离装置或断路器执行相应动作，形成闭环响应机制。

安全监控系统还需要与电网调度和能源管理系统实现互联互通。通过通信协议的标准化和数据接口的统一，可以将储能电站的运行状态实时传输至调度中心，实现对电站群的统一管理。在应急处置方面，系统不仅提供自动化的快速隔离措施，还应具备辅助决策功能，为运维人员提供风险分级、应急预案建议和现场操作指引。随着区块链技术的发展，数据存证和共享也成为重要方向，有助于提升事故追溯与责任划分的透明度。通过多层次、多维度和智能化的技术路径，安全监控系统能够实现对大规模储能电站运行风险的精准感知和高效应对。

3 应用效果与优化方向的综合分析

大规模储能电站安全监控系统的实际应用已展现出显著的安全与运行效益。由南网储能公司研发并已在广东投入使用的吉瓦时级新型储能安全监测平台，是目前具有代表性的实践。该平台成功接入了8座电化学储能站，通过精准采集超过470万个测点数据，并运用云端近1800万个算法进行秒级大数据分析，使对储能设备健康状态诊断的准确率达到了97.6%。其核心突破在于能够集成“声、光、热、力、电、气”六种感知手段进行多维度综合诊断，从而实现对储能装置燃爆或火灾等严重事故的提前预警，预警时间可超过15分钟，为故障处置提供了宝贵的“黄金期”。这种基于海量数据的实时监控和主动预警能力，有效降低了设备故障率和潜在事故风险，提升了电站运行的稳定性。同时，该平台的集中监测模式减少了传统运维对大量现场人工巡检的依赖，通过数据趋势分

析指导维护人员主动介入，优化了运维流程，对降低设备损坏及相关间接成本产生了积极影响。根据规划，到2025年底，该平台将扩展接入我国南方区域共85座规模各异、位置分散的储能电站，其监测规模将超过全国新型储能装机总量的2%，标志着其规模化应用进入新阶段。

然而，此类系统的深入应用仍面临一些技术挑战。在数据处理层面，确保多个电站同时传输数据时不发生“拥堵”是一大难点，这对数据结构的优化和算力分配提出了极高要求。传感器等硬件的精度和可靠性在复杂环境下的长期稳定性，以及数据分析算法在多变工况下的鲁棒性，都需要进一步提升，以降低误报和漏报的可能性，维持运行人员对系统的信任度。此外，数据传输过程中的安全性与完整性也至关重要，需防范通信链路遭受攻击导致监控中断或数据被篡改的风险。在管理层面，部分系统在预警信息的自动化处理和应急响应方面仍有不足，对人工判断的依赖可能影响应急处置的及时性。

4 结语

本文围绕大规模储能电站安全监控系统展开分析，论述了运行风险的多样化表现及成因，提出了科学合理的系统设计原则与关键技术路径，并结合实际应用对系统效果及优化方向进行了探讨。研究表明，构建多层次、智能化的监控体系不仅能有效降低运行事故风险，还能提升储能电站的经济性与可靠性。未来，随着人工智能、大数据与新能源技术的不断融合，安全监控系统将进一步优化，为储能行业的安全与可持续发展提供坚实保障。

参考文献：

- [1] 陈晓东,郑凯.储能电站安全风险特征与防控策略研究[J].电力系统保护与控制,2022,50(14):125-132.
- [2] 刘志宏,孙伟强.大规模储能系统安全监控技术现状与发展趋势[J].电网技术,2023,47(6):1824-1832.
- [3] 黄健,周立新.新能源储能电站运行风险评估与监测体系优化[J].中国电机工程学报,2021,41(18):5972-5984.