

储能测试与评价



以安全高质量应用为导向的储能锂离子电池综合性能评价标准

官亦标, 沈进冉, 刘家亮, 渠展展, 高 飞, 刘施阳, 郭翠静, 周淑琴, 付珊珊
(可再生能源并网全国重点实验室(中国电力科学研究院有限公司), 北京 100192)

摘 要: 作为支撑智能电网和能源转型发展的关键技术, 储能受到广泛关注, 其中以锂离子电池为代表的电池储能成为大规模储能的首选储存载体之一。然而随着电池储能应用规模逐渐增加, 暴露出储能系统在质量和安全方面存在诸多问题和风险, 电池储能系统作为电气设备整机产品目前还不成熟, 储能电站的整体安全与质量状态存在不确定性, 导致目前大量已建储能电站利用率偏低。由于设备整机产品还处于不成熟、不断迭代发展过程中, 为提升现阶段锂离子电池储能电站的应用水平, 以安全高质量应用为导向, 围绕储能用锂离子电池这个核心部件开展综合性能评价显得尤为重要。本文主要梳理了国内储能锂离子电池相关标准的最新进展, 对锂离子电池储能核心标准的重要内容和该标准对行业发展的作用进行了详细分析。结合电池储能特性评价和检测技术研究积累, 提出了涵盖型式试验、等级评价、到货抽检、并网检测及运行考核检测的电池储能全流程检测评价整体解决方案, 通过对各个环节的详细分析表明该方案可以实现对投运的涉及电网运行的电网侧、电源侧、用户侧储能设备全链条全环节闭环管理, 对于提升电池储能设备投运前的标准化规范化水平、提高储能电站运行可靠性、降低储能电站安全风险具有重要意义。

关键词: 储能锂离子电池; 综合性能; 储能标准; 整体解决方案

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2023.0493

中图分类号: TM 912

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2023) 09-2946-08

Comprehensive performance evaluation standards for energy storage lithium-ion batteries guided by safe and high-quality applications

GUAN Yibiao, SHEN Jinran, LIU Jialiang, QU Zhanzhan, GAO Fei, LIU Shiyang,
GUO Cuijing, ZHOU Shuqin, FU Shanshan

(National Key Laboratory of Renewable Energy Grid-Integration (China Electric Power Research Institute),
Beijing 100192, China)

Abstract: Energy storage has attracted considerable attention as a key technology enabling the development of smart grids and energy transformation, with battery energy storage represented by lithium-ion batteries becoming one of the preferred storage carriers for large-scale energy storage. However, with the gradual increase in the scale of battery energy storage applications, new challenges and risks in the quality and safety of energy storage systems have emerged. The battery energy storage system is not yet mature as a complete

收稿日期: 2023-07-17。

基金项目: 国家电网有限公司科技项目“电池储能系统性能等级评价技术及实证研究”(DG71-21-002)。

第一作者及通讯联系人: 官亦标 (1980—), 男, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为储能特性与检测评价技术、新型储能技术, E-mail: guanyb@epri.sgcc.com.cn; 共同第一作者: 沈进冉 (1989—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为储能电池检测与评价技术, E-mail: shenjinran@epri.sgcc.com.cn。

引用本文: 官亦标, 沈进冉, 刘家亮, 等. 以安全高质量应用为导向的储能锂离子电池综合性能评价标准[J]. 储能科学与技术, 2023, 12(9): 2946-2953.

Citation: GUAN Yibiao, SHEN Jinran, LIU Jialiang, et al. Comprehensive performance evaluation standards for energy storage lithium-ion batteries guided by safe and high-quality applications[J]. Energy Storage Science and Technology, 2023, 12(9): 2946-2953.

electrical equipment product, and there is uncertainty in the overall safety and quality status of energy storage power stations, resulting in low utilization rates of many existing energy storage power stations. Due to the immaturity and continuous iterative development process of the entire equipment product, it is particularly important to conduct a comprehensive performance evaluation around the core component of lithium-ion batteries for energy storage to improve the application level of lithium-ion battery energy storage power stations at the current stage, guided by safe and high-quality applications. This research reviews the latest progress of domestic standards related to energy storage of lithium-ion batteries. It provides a detailed analysis of the core standard for lithium-ion battery energy storage and its role in industry development. Based on the evaluation of battery energy storage characteristics and research accumulation of testing technology, a comprehensive solution has been proposed for the full process testing and evaluation of battery energy storage, including testing type, evaluation level, sampling arrival, testing grid connection, and operation assessment testing. It is demonstrated through detailed analysis of each link that the scheme can achieve closed-loop management of the entire chain of energy storage equipment on the grid side, power supply side, and user side involved in grid operation, which is of great significance for enhancing the standardization level of the battery energy storage equipment before the operation, improving the operation reliability of the energy storage power station, and reducing the safety risks of the energy storage power station.

Keywords: lithium ion batteries for energy storage; comprehensive performance; energy storage standards; overall solution

新型储能是建设新型电力系统、实现“双碳”目标的重要支撑，在电力系统不同场景的应用价值具有多样性，是优质的灵活性调节资源和潜在的主动支撑资源，对促进新能源消纳、保障电力供应、提升电网安全具有重要意义^[1-4]。预计到2025年末，我国新型储能在电力系统中的装机规模将超3000万千瓦。其中，以磷酸铁锂电池为代表的锂离子电池储能因其能量密度高、寿命长等特点^[5-9]，成为大规模储能的首选储载体之一。近年来锂离子电池储能在关键技术领域持续提升，面向电力系统应用的技术标准体系和应用管理体系日趋完善，在可控安全应用等方面的问题也在逐步改善，成为“双碳”进程中发展速度最快、应用前景最广的一种储能技术。而以飞轮储能、压缩空气储能为代表的其他新型储能技术虽然在部分指标方面具有相对优势，但在综合技术经济性指标方面离电力系统实际应用需求还有较大的差距，对应的技术标准体系和应用管理体系方面尚不够完善，其并网性能、电网适应性等实际应用效果仍然需要进一步验证和评估。

目前锂离子电池储能初步具备了规模化应用的

条件，储能电站的建设规模越来越大，从最初的十兆瓦级发展到当前的百兆瓦级，未来还将出现吉瓦级的超大规模储能电站^[10]，储能电池及其管理系统集中使用的数量呈几何级增长，对储能电站的安全风险有效管控构成了极大的挑战，一旦发生安全事故后不仅经济损失巨大，社会影响更大^[11-13]。近几年国内外公开报道了40多次储能电站火灾事故^[14-15]表明大规模集中使用锂离子电池构建储能电站还是一个新生事物，电池储能电站的安全管控具有不同于其他行业领域的特殊性和复杂性，是一个依赖于全产业链全流程闭环管理的特殊领域。尤其北京“4·16”储能电站事故^[16-17]以后，国家能源局主管部门发布了一系列电化学储能规范化管理文件，例如：2023年1月4日印发的《2023年能源监管重点工作》，明确把储能电站的质量检查列入质监工作的范畴。2023年5月8日印发的《全国电力安全生产重大事故隐患专项排查整治2023行动方案》明确提出要落实《国家能源局综合司关于加强电化学储能电站安全管理的通知》等文件要求，进一步强调了储能电站的质量管理和安全监测的重要性。

储能电站安全涉及储能电池及系统设计制造、电池管理、安全预警与消防、运行管理等多个方面^[18]，其中储能电池系统的质量是关键和核心，其质量直接与整站安全相关联。然而电池储能系统作为电气设备整机产品目前还不成熟、标准化程度低，同时储能电站建设过程粗放，全流程安全与质量管控措施不到位，实际投运时存在储能设备可靠性不佳造成“不好用”，功能性能达不到设计目标造成“不能用”，安全隐患大造成“不敢用”等问题，储能电站的整体安全与质量状态存在不确定性，导致目前大量已建储能电站利用率偏低。由于设备整机产品还处于不成熟、不断迭代发展过程中，为提升现阶段锂离子电池储能电站的应用水平，以安全高质量应用为导向，围绕储能用锂离子电池这一核心部件开展综合性能评价显得尤为重要。本文主要梳理了储能锂离子电池相关标准的最新进展，对锂离子电池储能核心标准进行了解析，详细介绍了锂离子电池储能全流程检测评价整体解决方案。

1 储能锂离子电池相关标准最新进展

2013 年我国开始电力储能相关标准的编制，

目前针对锂离子电池储能电站的主要设备及系统并网已经发布实施了一系列国家(行业)标准^[19-20]，详细规定了质量与安全方面的技术要求及检验要求，基本能够满足现阶段储能设备质量把关的需求。主要包括《电力储能基本术语》(DL/T 2528—2022)、《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)、《电力储能用电池管理系统》(GB/T 34131—2023)、《电化学储能系统储能变流器技术规范》(GB/T 34120)、《储能变流器检测技术规程》(GB/T 34133)等。其中《电力储能基本术语》(DL/T 2528—2022)作为目前最契合国内储能应用实际情况的术语行业标准，明确了实际应用中许多关键术语的定义，例如储能的额定功率、额定能量以及安全性能是指全寿命周期内都要满足的保证值等，为储能设备及试验类标准相关内容的更新提供了依据。基于储能技术和市场尚处于快速发展成熟阶段的现状，对应的储能电池系统作为整机产品的标准也在同步补充完善的过程中，以国家标准《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》为代表的系统级产品标准正在编制中。目前锂离子电池储能标准的进展情况如表 1 所示。

表 1 锂离子电池储能标准的进展情况

Table 1 Progress of energy storage standards for lithium ion batteries

标准名称	标准类型	标准编号	状态
电力储能基本术语	行业标准	DL/T 2528—2022	已发布
电力储能用锂离子电池	国家标准	GB/T 36276	修订完，已报批
电力储能用电池管理系统	国家标准	GB/T 34131—2023	已发布
电化学储能系统储能变流器技术规范	国家标准	GB/T 34120	修订中
储能变流器检测技术规程	国家标准	GB/T 34133	修订中
电化学储能电站接入电网技术规定	国家标准	GB/T 36547	修订中
电化学储能电站接入电网测试规范	国家标准	GB/T 36548	修订中
预制舱式锂离子电池储能系统技术规范	国家标准	—	编制中

从电池储能的结构层级角度，电池单体串并联组成电池模块，电池模块串并联组成电池簇，电池簇并联组成电池储能系统，电池储能系统并联组成电池储能电站，各个层级扮演不同的角色和作用，层层严格检验并确保电池工作参数和性能指标符合正确逻辑地逐级传递，是一个有机的整体，缺一不可，是保障电池储能系统符合相关标准要求以及从根本上提升电池储能电站整体质量和安全的关键。现阶段针对储能电池系统的质量检验主要围绕组成系统的电池单体、电池模块、电池簇、储能变流

器、电池管理系统等核心部件来开展，依据相关标准从根源上确定能反映电池系统质量与安全的边界及运行参数，待系统级产品标准完成后，再从系统整机检验的角度对通过系统设计和集成实现电池高效及可控安全应用的效果进行确认，实现对储能核心设备及系统质量与安全检验的全链条闭环。

2 锂离子电池储能核心标准解析

作为电池储能系统核心部件，电池性能水平是电池储能电站整体质量和安全的基石。发布于

2018年6月的《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276—2018)国家标准与动力电池等其他行业标准相比具有鲜明的储能应用特色^[21],从电力储能实际应用需求的角度明确了对锂离子电池综合性能的技术要求,对保障电池储能应用的质量与安全起到了关键作用。随着锂离子电池储能市场迅速发展,技术水平和应用需求迭代更新较快,该标准于2022年初开始修订,进一步提出了与电力储能实际运行条件匹配的储能电池技术要求,对于提升电池储能设备投运前的标准化规范化水平、提高储能电站运行可靠性、降低储能电站安全风险具有重要意义。

2.1 标准内容

《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)将电力系统对电力设备的总体质量与安全需求层层分解到储能电池这一核心元件,关注从电池单体、电池模块到电池簇层级的关键工作参数以及性能的逐级传递和正确的逻辑关系,对电池各个层级都提出了明确要求。

在电性能方面,规定了电池单体、电池模块、电池簇初始充放电性能要求,电池单体和电池模块功率特性、倍率充放电性能、能量保持与能量恢复能力等要求,从根源上保障电池储能电站整体性能;在环境适应性方面,规定了电池单体和电池模块高温适应性、低温适应性要求,电池单体高海拔初始充放电性能要求,保障电池在不同环境条件下的适应能力;在耐久性能方面,规定了电池单体和电池模块贮存性能和循环性能要求,为保障电池在全寿命周期都能满足循环性能指标,首次提出了关联额定功率、额定能量、循环次数的循环性能技术要求和试验方法;在安全性能方面,规定了电力储能用锂离子电池电气安全性能、机械安全性能、环境安全性能、热安全性能、安全保护功能的要求,从根源上保障电池储能电站整体的质量与安全。为验证工程最终使用产品与对应型式检验产品关键性能的一致性,保障电池储能系统各项功能和性能指标的实现,规定了抽样检验规则。

2.2 标准作用

该标准为工程应用的电池质量把关提供统一的标准化工具,解决了储能电池作为一种新的电力系统元件在应用初期面临的几大问题和痛点。

(1) 解决了电池规格标注及其标定测试条件与实际应用脱节的问题。该标准按照电力系统实际运

行的能量(W/Wh)标注电池技术规格,改变了传统的电流/容量(A/Ah)标注方式,并对电池编码的规则统一了要求,明确用于电力储能的锂离子电池需要标示出标称电压、额定充放电功率、额定充放电能量等关键的规格参数信息。同时该标准以实际运行的额定功率条件标定能量、效率、寿命等关键电性能指标,并以此作为安全性能评判的基础前提条件,避免技术标准要求及其测试评价条件与实际应用条件之间产生脱节。

(2) 解决了关键工作参数设定不明确问题。该标准明确了电池实际运行时的电压、温度、电流等关键工作参数的限值设定值应与型式试验的设定值保持一致,且应唯一,避免实际供货的产品与检测时的产品运行条件和性能不一致,确保电池工作参数及性能在电池单体、电池模块、电池簇不同层级中逐级传递且符合正确的逻辑关系。电池工作参数设置原则如表2所示。

(3) 解决了循环寿命统一评判问题。按照最严苛的满充满放条件评价,首次将额定功率、额定能量和标称循环次数关联,可向下兼容浅充浅放条件的寿命期望,以电池单体、电池模块层级的循环性能要求作为电池寿命的统一评判标准,满足对系统寿命的期望,在一定程度上约束了目前盲目宣称循环次数的问题。同时增加了电池单体循环后热失控性能要求,强化安全性能是指全寿命周期内都要满足的保证值,引导电池制造企业在电池安全设计和生产工艺控制方面持续进步。

(4) 明确了储能电池抽样检验规则,为开展储能电池到货抽检提供了标准依据,对于提高储能电站可靠性、降低储能电站安全风险具有重要意义。

3 锂离子电池储能全流程检测评价整体解决方案

储能电站的安全和质量是密不可分的,近年来普遍存在的电池储能电站安全隐患存忧、质量问题堪忧的现状,主要体现在实际可用能量、实际使用寿命、系统能量效率、连续运行安全可靠性等关键技术指标达不到承诺值,归根结底在于储能电站主要设备及系统的质量状态无法确认、性能指标模糊。若储能电池等核心设备的设计制造技术水平不过关、初始质量不合格或质保期内储能电池质量非正常衰减,达不到标准的安全技术要求,则电化学

表2 电池工作参数设置原则

Table 2 Principles for setting battery operating parameters

电池层级	工作参数类型	工作参数要求
电池单体	—	与电池单体规格参数表一致
	电压限值	充电电压一级报警值>充电电压二级报警值>充电电压三级报警值>充电截止电压
		放电电压一级报警值<放电电压二级报警值<放电电压三级报警值<放电截止电压
	温度限值	高温一级报警温度>高温二级报警温度>高温三级报警温度>高温截止温度
		低温一级报警温度<低温二级报警温度<低温三级报警温度<低温截止温度
电池模块	—	与电池模块规格参数表一致
	额定充放电功率	≤电池单体型式检验报告中额定充放电功率×电池模块中电池单体个数
	额定充放电能量	≤电池单体型式检验报告中额定充放电能量×电池模块中电池单体个数
	电压限值	充电电压限值<电池单体充电电压限值×电池模块中电池单体串联个数
		放电电压限值>电池单体放电电压限值×电池模块中电池单体串联个数
		充电电压一级报警值>充电电压二级报警值>充电电压三级报警值>充电截止电压
		放电电压一级报警值<放电电压二级报警值<放电电压三级报警值<放电截止电压
	电池单体工作参数	与电池单体规格参数表一致
电池簇	—	与电池簇规格参数表一致
	额定充放电功率	≤电池模块型式检验报告中额定充放电功率×电池簇中电池模块个数
	额定充放电能量	≤电池模块型式检验报告中额定充放电能量×电池簇中电池模块个数
	电压限值	充电电压限值<电池模块充电电压限值×电池簇中电池模块串联个数
		放电电压限值>电池模块放电电压限值×电池簇中电池模块串联个数
		充电电压一级报警值>充电电压二级报警值>充电电压三级报警值>充电截止电压
		放电电压一级报警值<放电电压二级报警值<放电电压三级报警值<放电截止电压
	电流限值	充电电流一级报警值>充电电流二级报警值>充电电流三级报警值>充电电流截止值
		放电电流一级报警值>放电电流二级报警值>放电电流三级报警值>放电电流截止值
	电池模块电压极差限值	电池簇充电电池模块电压极差一级报警值>电池簇充电电池模块电压极差二级报警值>电池簇充电电池模块电压极差三级报警值>电池簇充电电池模块电压极差截止值
		电池簇放电电池模块电压极差一级报警值>电池簇放电电池模块电压极差二级报警值>电池簇放电电池模块电压极差三级报警值>电池簇放电电池模块电压极差截止值
	电池单体电压极差限值	电池簇充电电池单体电压极差一级报警值>电池簇充电电池单体电压极差二级报警值>电池簇充电电池单体电压极差三级报警值>电池簇充电电池单体电压极差截止值
		电池簇放电电池单体电压极差一级报警值>电池簇放电电池单体电压极差二级报警值>电池簇放电电池单体电压极差三级报警值>电池簇放电电池单体电压极差截止值
	电池单体温度极差限值	电池簇充电电池单体温度极差一级报警值>电池簇充电电池单体温度极差二级报警值>电池簇充电电池单体温度极差三级报警值>电池簇充电电池单体温度极差截止值
		电池簇放电电池单体温度极差一级报警值>电池簇放电电池单体温度极差二级报警值>电池簇放电电池单体温度极差三级报警值>电池簇放电电池单体温度极差截止值
	绝缘电阻限值	电池簇一级报警绝缘电阻<电池簇三级报警绝缘电阻
	电池模块工作参数	与电池模块规格参数表一致
	电池单体工作参数	与电池单体规格参数表一致

储能电站运行过程中安全风险和安全隐患极大，因此依据相应的标准对锂离子电池储能设备质量与安全的检验应贯穿于储能应用的全部环节并覆盖不同层级的设备或系统形态，且相互关联形成闭环，才能从根源上提高储能电站运行可靠性，降低储能电站安全风险。

中国电力科学研究院有限公司(简称中国电科院)从电力储能应用的实际需求出发，结合深厚的

电池储能特性评价和检测技术研究积累，提出了涵盖型式试验、等级评价、到货抽检、并网检测及运行考核检测的电池储能全流程检测评价整体解决方案。具体分为事前、事中、事后三个大的过程。事前包括型式试验和等级评价，用于检验设备制造企业是否具备批量生产满足标准要求产品的能力以及技术水平等级；事中包括到货抽检和并网检测，用于检验实际供货批次产品与型式试验产品在关键性

能方面的一致性以及电池实际运行参数与检测参数的一致性；事后包括运行考核检测，用于检验电池储能系统运行过程中的充放电能量和效率的衰减情况。通过该方案可以实现对投运的涉及电网运行的电网侧、电源侧、用户侧储能设备全链条全环节闭环管理，引导储能行业走向严格执行储能标准的规范化健康可持续发展之路。

3.1 型式试验

型式试验是为了检验制造企业研发设计制造满足标准技术要求产品的能力，型式试验合格是产品进入市场的基本前提和底线要求。型式试验的对象主要包括电池单体、电池模块、电池簇、电池管理系统、储能变流器。型式试验可为用户提供全面且准确的数据支撑，为电池技术选型、设备采购评审提供唯一可信的标准化技术信息，解决储能电池应用过程中的有效信息不足、信息不对称等痛点问题。储能电池型式试验标准依据为《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)，电池管理系统型式试验标准依据为《电力储能用电池管理系统》(GB/T 34131—2023)，储能变流器型式试验标准依据为《储能变流器检测技术规程》(GB/T 34133)、《电化学储能系统储能变流器技术规范》(GB/T 34120)。

3.2 等级评价

产品性能等级评价是在国标型式试验检验合格的基础上，结合对制造商进行生产线产品抽检的形式，针对大量储能电池产品型式试验数据研究分析，识别储能电池关键性能和技术指标，以性能等级划分的形式结合详实的性能数据全方位展现和辨识电池产品的质量和安全技术水平，直接体现储能电池产品不同维度技术水平的区分度。等级评价的对象主要包括电池单体、电池模块、电池簇、电池管理系统、储能变流器、电池储能系统。产品性能等级评价为从根源上解决储能电池应用时的有效信息不足、信息不对称和技术比对筛选困难等痛点提供了一个更加便利的技术工具，引导储能电池技术升级与转型，促进电池储能行业健康可持续发展。

3.3 到货抽检

到货抽检是为了避免实际供货批次品质控制不过关的产品进入储能工程现场，是电化学储能电站安全管理的最关键一环，抽检的对象主要针对能够直接影响电化学储能电站安全运行的储能电池及其

管理系统等核心部件产品，具体产品包括电池单体、电池模块、电池管理系统等。

由于储能电池的特殊性和复杂性，需要通过实际测试来保障实际供货批次的产品品质符合要求，确保每个储能电站实际使用的电池单体、电池模块、电池管理系统这些直接影响电化学储能电站安全运行的核心部件产品与其对应的型式试验产品在物理状态、电性能、安全性能、工作参数以及功能等方面的一致性，在承诺的质保期内，储能电池均应满足标准的全部安全技术要求。因为无法做到全检，所以虽然抽检并不是万能的，但也能达到将标准要求反馈到产品的安全设计和生产品控，大幅降低安全风险概率的目的。储能电池及其管理系统的抽检试验项目及检验规则在修订的《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)和已发布的《电力储能用电池管理系统》(GB/T 34131—2023)国家标准中已经予以明确。

3.4 并网检测

依据《电化学储能系统接入电网技术规定》(GB/T 36547)、《电化学储能系统接入电网测试规范》(GB/T 36548)等标准检验储能电站整体功能的可用性与性能可靠性，需要将储能系统中电池实际运行参数设定值与型式试验报告记载的对应工作参数的一致性核查作为并网检测的前置条件，确认各个层级储能电池的质量与安全状态，在此基础上重点检验储能电站的能量、效率、寿命、安全等承诺指标以及电池工作参数是否符合从电池单体、电池模块、电池簇等部件层级到储能系统/储能电站性能的逐级传递，检验储能系统/储能电站的电网适应性、功率控制、高低电压穿越、电能质量、保护功能、充放电响应时间、充放电调节时间、充放电转换时间、整站能量及效率等整体性能是否能依据标准方法，在标准认定以及技术约定的电池等设备工作参数条件下，达到标准技术要求值和承诺值。

3.5 运行考核检测

电池储能电站运行考核测试的前提是核查系统运行过程中电池实际运行参数与型式试验参数的一致性，在此基础上检验核查电池储能电站的充放电能量衰减率、能量效率等关键指标是否满足相关约定，是对供应商主动保证电池质保期内质量与安全的关键约束手段，直接影响储能系统集成设计与投入。

4 总 结

本文首先梳理了储能锂离子电池相关标准的最新进展,介绍了电池储能系统各个层级对电池储能电站整体质量和安全的影响。然后针对锂离子电池储能核心标准,从标准内容和标准作用两个方面,详细介绍了《电力储能用锂离子电池》(GB/T 36276)这一电池储能核心标准的特色、关键内容以及该标准对行业发展的作用和解决的问题。最后提出了电池储能全流程检测评价整体解决方案,从型式试验、等级评价、到货抽检、并网检测及运行考核检测五个方面详细介绍了该方案的各个环节发挥的作用,通过该方案实现对投运的涉及电网运行的电网侧、电源侧、用户侧储能设备全链条全环节闭环管理,引导储能行业走向严格执行储能标准的规范化健康可持续发展之路。

随着电池储能电站规模扩大、储能系统能量和电压等级提高、储能系统应用场景多样化,对储能设备的技术水平和安全性也提出了更高的要求。现阶段针对储能锂离子电池的标准主要是对储能设备投运前的安全和质量状态的评价。对储能电站投运后的储能电池系统的寿命预测仍缺乏好的解决方案,储能电池系统的整机安全性和可靠性评测技术还存在缺失。研究解决上述问题不仅是行业的热点难点,也是未来储能锂离子电池综合性能评价发展和攻关的方向。

参 考 文 献

- [1] 陈海生,刘畅,徐玉杰,等. 储能在碳达峰碳中和目标下的战略地位和作用[J]. 储能科学与技术, 2021, 10(5): 1477-1485.
CHEN H S, LIU C, XU Y J, et al. The strategic position and role of energy storage under the goal of carbon peak and carbon neutrality[J]. Energy Storage Science and Technology, 2021, 10(5): 1477-1485.
- [2] 孙玉树,杨敏,师长立,等. 储能的应用现状和发展趋势分析[J]. 高压技术, 2020, 46(1): 80-89.
SUN Y S, YANG M, SHI C L, et al. Analysis of application status and development trend of energy storage[J]. High Voltage Engineering, 2020, 46(1): 80-89.
- [3] 李先锋,张洪章,郑琼,等. 能源革命中的电化学储能技术[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(4): 443-449.
LI X F, ZHANG H Z, ZHENG Q, et al. Electrochemical energy storage technology in energy revolution[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(4): 443-449.
- [4] 杨于驰,张媛. 储能电池技术发展研究浅析[J]. 东方电气评论, 2022, 36(3): 1-4.
YANG Y C, ZHANG Y. Latest technological developments of energy storage batteries[J]. Dongfang Electric Review, 2022, 36(3): 1-4.
- [5] 李相俊,官亦标,胡娟,等. 我国储能示范工程领域十年(2012—2022)回顾[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(9): 2702-2712.
LI X J, GUAN Y B, HU J, et al. Review of energy storage application in China from 2012 to 2022[J]. Energy Storage Science and Technology, 2022, 11(9): 2702-2712.
- [6] GUAN Y B, SHEN J R, WEI X F, et al. LiFePO₄/activated carbon/graphene composite with capacitive-battery characteristics for superior high-rate lithium-ion storage[J]. Electrochimica Acta, 2019, 294: 148-155.
- [7] CHENG L, WAN Y X, ZHOU Y L, et al. Operational reliability modeling and assessment of battery energy storage based on lithium-ion battery lifetime degradation[J]. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2021, 10(6): 1738-1749.
- [8] 吴静云,黄峥,郭鹏宇. 储能用磷酸铁锂(LFP)电池消防技术研究进展[J]. 储能科学与技术, 2019, 8(3): 495-499.
WU J Y, HUANG Z, GUO P Y. Research progress on fire protection technology of LFP lithium-ion battery used in energy storage power station[J]. Energy Storage Science and Technology, 2019, 8(3): 495-499.
- [9] 高平,许钡,王寅. 储能用锂离子电池及其系统国内外标准研究[J]. 储能科学与技术, 2017, 6(2): 270-274.
GAO P, XU T, WANG Y. Research on the standards of lithium ion battery and its system used in energy storage[J]. Energy Storage Science and Technology, 2017, 6(2): 270-274.
- [10] 李建林,武亦文,王楠,等. 吉瓦级电化学储能电站研究综述及展望[J]. 电力系统自动化, 2021, 45(19): 2-14.
LI J L, WU Y W, WANG N, et al. Review and prospect of gigawatt-level electrochemical energy storage power station[J]. Automation of Electric Power Systems, 2021, 45(19): 2-14.
- [11] 程志翔,曹伟,户波,等. 储能用大容量磷酸铁锂电池热失控行为及燃爆传播特性[J]. 储能科学与技术, 2023, 12(3): 923-933.
CHENG Z X, CAO W, HU B, et al. Thermal runaway and explosion propagation characteristics of large lithium iron phosphate battery for energy storage station[J]. Energy Storage Science and Technology, 2023, 12(3): 923-933.
- [12] 徐国栋,王坚嵘,石一峰,等. 电池储能电站安全问题分析与对策[J]. 电力安全技术, 2020, 22(9): 60-63.
XU G D, WANG J R, SHI Y F, et al. Analysis and countermeasures for safety problems of battery energy storage power stations[J]. Electric Safety Technology, 2020, 22(9): 60-63.
- [13] 曹文昊,雷博,史尤杰,等. 韩国锂离子电池储能电站安全事故的分析及思考[J]. 储能科学与技术, 2020, 9(5): 1539-1547.
CAO W J, LEI B, SHI Y J, et al. Ponderation over the recent safety accidents of lithium-ion battery energy storage stations in South Korea[J]. Energy Storage Science and Technology, 2020, 9(5): 1539-1547.
- [14] 霍丽萍,栾伟玲,庄子贤. 锂离子电池储能安全技术的发展态势——从全球专利数据分析我国的发展现状[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(8): 2671-2680.
HUO L P, LUAN W L, ZHUANG Z X. Development trend of lithium-ion battery safety technology for energy storage—Analysis

- of China's development status from global patent data[J]. Energy Storage Science and Technology, 2022, 11(8): 2671-2680.
- [15] 北极星储能网. 针对储能电站事故原因韩国提出四大改善措施 (附报告) [EB/OL]. [2019-06-13]. <http://chuneng.bjx.com.cn/news/20190613/985892.shtml>.
- [16] 北京市应急管理局. 丰台区"4·16"较大火灾事故调查报告. [EB/OL]. [2022-03-01]. http://yjglj.beijing.gov.cn/art/2021/11/22/art_7466_470.html.
- [17] 尹康涌, 陶风波, 梁伟, 等. 双层结构预制舱式磷酸铁锂储能电站热失控气体爆炸模拟[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(8): 2488-2496.
- YIN K Y, TAO F B, LIANG W, et al. Simulation of thermal runaway gas explosion in double-layer prefabricated cabin lithium iron phosphate energy storage power station[J]. Energy Storage Science and Technology, 2022, 11(8): 2488-2496.
- [18] 邓啟熙. 锂离子电池储能系统安全技术发展现状[J]. 中外能源, 2022, 27(11): 93-99.
- DENG Q X. Development status of safety technologies of lithium-ion battery energy storage system[J]. Sino-Global Energy, 2022, 27(11): 93-99.
- [19] 胡娟, 许守平, 杨水丽, 等. 电力储能标准体系深化研究[J]. 供用电, 2020, 37(3): 27-33.
- HU J, XU S P, YANG S L, et al. Advanced research on electrical energy storage standard system[J]. Distribution & Utilization, 2020, 37(3): 27-33.
- [20] 唐亮, 尹小波, 吴候福, 等. 电化学储能产业发展对安全标准的需求[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(8): 2645-2652.
- TANG L, YIN X B, WU H F, et al. Demand for safety standards in the development of the electrochemical energy storage industry[J]. Energy Storage Science and Technology, 2022, 11(8): 2645-2652.
- [21] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 电力储能用锂离子电池: GB/T 36276—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- Standardization Administration of the People's Republic of China. Lithium ion battery for electrical energy storage: GB/T 36276—2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.