

引用格式: 杨小甜, 郭金川, 周钰. 电化学储能电站并网前安全风险评估的思考 [J]. 南方能源建设, 2024, 11(增刊 1): 106-110. YANG X T, GUO J C, ZHOU Y. Thinking of grid-connected security risk assessment for electrochemical energy storage power station [J]. Southern energy construction, 2024, 11(Suppl. 1): 106-110. DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.16.

# 电化学储能电站并网前安全风险评估的思考

杨小甜<sup>1,2,✉</sup>, 郭金川<sup>1</sup>, 周钰<sup>1</sup>

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663;

2. 广州新源企业管理有限公司, 广东 广州 510080)

**摘要:** [目的]从能源角度看, 发展新质生产力的本质就是支撑清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型能源体系。新型储能是新型能源体系中不可缺少的一环, 其中电化学储能的应用最为广泛, 伴随着电化学储能产业快速发展和储能电站装机容量不断提升, 国内外的电化学储能安全事故频发, 电化学储能安全成为制约储能大规模发展应用的关键因素, 因此有必要开展电化学储能安全风险评估, 识别储能电站安全风险隐患。[方法]针对电化学储能电站并网这一重大节点, 在储能电站并网前通过对设计资料、产品检验报告等资料的核查, 系统性评估储能系统安全、储能电站站区安全、储能系统接入电网安全条件, 核实储能电站是否满足并网安全要求, 识别储能电站安全风险隐患。[结果]在此基础上总结出对于电化学储能电站并网前安全风险评估的一套方法或标准, 以此进一步丰富电力储能标准体系中安全环保模块, 填补国内对于电化学储能电站并网前安全评估要求的空白。与此同时, 规范电化学储能电站并网前安全风险评估的范围及内容深度, 指导建设方、第三方等机构更加规范地实施并网前的评估工作, 整体提升电化学储能电站并网的安全性。[结论]研究成果可指导电化学储能安全性评价, 为电化学储能安全标准体系建设提供有价值的参考。

**关键词:** 新型储能; 电化学储能; 储能电站; 安全风险; 标准体系

中图分类号: TM7; TM63

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2024)S1-0106-05

DOI: 10.16516/j.ceec.2024.S1.16

OA: <https://www.energychina.press/>



论文二维码

## Thinking of Grid-Connected Security Risk Assessment for Electrochemical Energy Storage Power Station

YANG Xiaotian<sup>1,2,✉</sup>, GUO Jinchuan<sup>1</sup>, ZHOU Yu<sup>1</sup>

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China;

2. Guangzhou Xinyuan Enterprise Management Co., Ltd., Guangzhou 510080, Guangdong, China)

**Abstract:** [Introduction] From the perspective of energy, the essence of developing new quality production forces is to support a new energy system that is clean and low-carbon, safe and abundant, economical and efficient, supply-demand coordinated, flexible, and intelligent. New energy storage is one of the indispensable parts of the new energy system, and electrochemical energy storage is the most widely used. Considering frequent electrochemical energy storage safety accidents at home and abroad in the rapid development of the electrochemical energy storage industry and the continuous growth of installed capacity of energy storage power stations, electrochemical energy storage safety has become a key factor restricting the large-scale development and application of energy storage. [Method] The grid connection of an energy storage power station is a major node of electrochemical energy storage, so, before grid connection, it is important to verify whether the energy storage power station meets the safety requirements for grid connection and identify the potential safety risks of the energy storage power station through the verification of design data, product inspection reports and other data, on-site inspection of the energy storage power station, and systematic safety evaluation of the energy storage system, the energy storage power station area and the to-be-connected power grid by the energy storage system. [Result] On this basis, a set of methods or standards for assessing grid connection safety risks of electrochemical energy storage stations is summarized. It enriches the safety and environmental

收稿日期: 2024-05-16 修回日期: 2024-06-11

基金项目: 中国能建广东院科技项目“超大规模电化学储能电站工程设计关键技术研究”(EV11001W)

protection modules in the standard system for power energy storage and fills China's gap in requirements for safety assessment before the grid connection of electrochemical energy storage stations. It standardizes the scope and content depth of safety risk assessment before grid connection of electrochemical energy storage power stations and can be used as a guide for employers, third parties, and other interested parties to conduct assessments prior grid connection in a more standardized manner and improve the overall safety of grid connection of electrochemical energy storage power stations. [Conclusion] The research result provides a valuable reference for building a safety standard system for electrochemical energy storage and applying energy storage in new scenarios.

**Key words:** new energy storage; electrochemical energy storage; energy storage power station; safety risk; standard system

2095-8676 © 2024 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI.

This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 0 引言

储能对于促进能源转型方面起着重要的支撑作用<sup>[1]</sup>,“十四五”时期,我国已开启全面建设社会主义现代化国家新征程,为实现“碳达峰、碳中和”这个宏伟目标,国内相继出台多项储能支持政策,将发展新型储能作为提升能源电力系统调节能力、综合效率和安全保障能力的重要一环。

电化学储能在新型储能中占据了重要地位,它主要包含锂离子电池储能、钠离子电池储能、液流电池储能和铅蓄电池储能等。

随着电化学储能的快速发展,安全问题也随之而来,国际上,韩国、美国、澳大利亚、日本等国家都曾发生多起电化学储能电站火灾事故<sup>[2]</sup>。2024年5月15日,美国加利福尼亚州圣地亚哥市 Otay Mesa (奥泰梅萨) Gateway 储能电站发生火灾,该站装机容量为 250 MW,占地 7432.2 m<sup>2</sup>,是加州乃至全世界范围内的大规模储能电站之一。该电站使用的是三元锂电池电芯,尽管三元锂电池具有更高的能量密度,但存在电池热失控等风险。

国内电化学储能产业发展迅速,储能的安全问题在我国也同样存在,2021年4月16日,北京市某 25 MWh 直流光储充一体化电站发生了起火事故,根据事故调查报告得知,起火的直接原因是磷酸铁锂电池发生内部短路故障,引发电池热失控起火,产生的易燃易爆组分通过电缆沟扩散,与空气混合形成爆炸性气体,遇电气火花发生爆炸。

从国内外的储能安全事故来看,这些储能电站火灾事故涉及多种储能类型,其中以锂离子电池为主。这些事故暴露出目前在储能电站的安全管理、安全保障方面存在不足,包括储能主要部件和设备的安全质量把关不严、储能电站安全防护措施不足、

人员现场操作不规范和管理制度不完善等问题。

为了提升电化学储能电站的安全性,应针对并网前的电化学储能电站开展专项安全风险评估,主要基于电站安全要素的识别及现有标准规范的要求,针对储能本体、储能站区以及待接入电网安全风险开展评估工作,核实储能电站是否满足并网安全要求,识别储能电站安全风险隐患。

## 1 电化学储能电站安全风险评估工作现状

电化学储能电站的安全问题涉及设计、生产制造、集成组装、施工、运行维护等各环节,每个环节都需要遵照相关标准和规范的要求开展工作。

国际上,国际电工委员会(IEC)于2012年底正式批准成立 IEC TC 120,主要负责研究制定电力储能系统及相关部件的国际标准,其中的 WG5 工作组是负责制定与储能系统相关的安全性技术标准,目前发布的 IEC 62933 是关于储能系统的标准,该标准涵盖了储能系统的各个方面,包括定义、分类、性能要求、测试方法等内容。其他国际标准组织也制定了储能安全相关现行规范和标准<sup>[3]</sup>,涉及储能系统建筑环境、消防、安装、部件等,已初步建立起储能安全相关的标准体系。然而,该标准体系尚有不足,主要表现为标准体系中的标准多为沿用通用性标准,这些通用标准多数与传统电气安全要求相关,仅有少部分内容是针对电化学储能特性而制定的。

2013年,我国开始电力储能国家标准的编制,并于2014年成立了全国电力储能标准化技术委员会(SAC TC550),归口管理电力储能领域国家标准、行业标准和中电联团体标准。

国内目前已有的电力行业储能标准体系如图 1 所示:

国家能源局 2020 年 1 月印发《关于加强储能技术标准化工作的实施方案》,提出深入贯彻能源安全

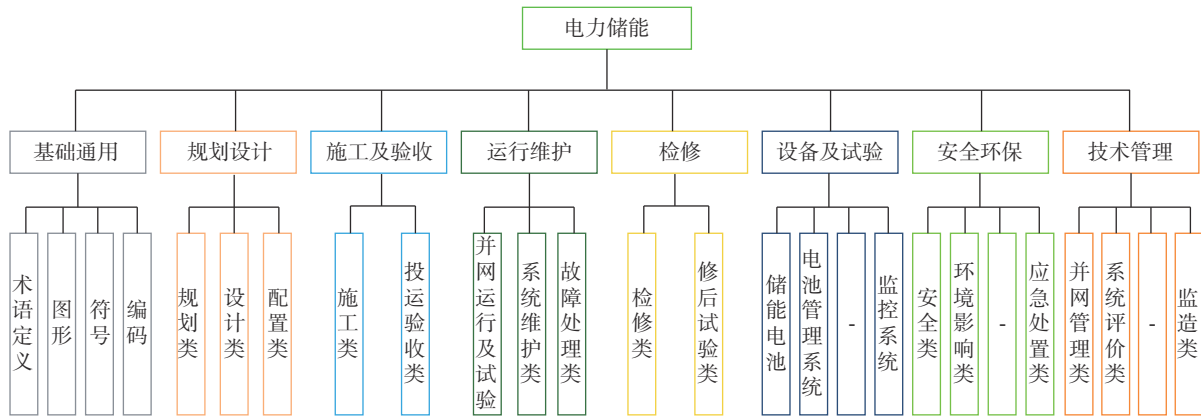


图 1 电力储能标准体系

Fig. 1 Standard system of electric energy storage

新战略,科学建设储能标准体系,有力支撑储能技术与产业发展,十四五”期间形成较为科学、完善的储能技术标准体系。当前,电化学储能安全环保部分的标准规范正在完善中,2023年7月1日开始实施的国家标准《电化学储能电站安全规程》(GB/T 42288),规定了电化学储能电站安全评价的总体要求,以及安全规章制度、设备设施、电站运行维护、检修的安全性评价要求。另有一项关于电化学储能电站安全性评价的规范,目前正在编制中。除此之外,还有地方组织编制的地方标准,如2023年11月14日发布的陕西省地方标准《电化学储能电站安全风险评规范》<sup>[4]</sup>。

除标准、规范外,国家电网、南方电网等电力公司还发布了电化学储能电站建设、管理等安全要求。

本文通过分析电化学储能电站并网发展新形势下对标准的需求,根据标准体系构建原则和方法,提出电化学储能电站并网安全评估的标准体系明细表,为后续标准的制定提供指导和参考依据。

## 2 电化学储能电站并网安全评估的必要性

从国家层面来看,随着电化学储能建设的快速发展,为防范化解重大安全风险,全面排查整治电化学储能电站安全风险隐患,国务院安委会办公室于2021年发布了《电化学储能电站安全风险隐患专项整治工作方案》,其中要求电化学储能电站并网前要对储能电站的安全条件予以评估确认。

从市场需求来看,电化学储能电站建设方及相关方也非常重视储能站的安全情况,制定了与电化学储能电站并网安全相关的管理办法和 workflows,

对储能电站并网提出了更高的要求。据了解,南方电网范围内的南方五省以及国家电网的河南、江苏、湖南、浙江、江西等地建设和管理部门,要求在电化学储能电站并网前,开展专项安全评估。

从电化学储能电站自身特点来看,其安全性涉及电化学储能电站包含的所有电力储能系统及设备,以及相关附属设施,比如电池管理系统、储能变流器、接入系统、继电保护及监控系统、辅助设施等,这些设备设施的故障或操作失误都可能引发电池本体的安全问题。根据美国电力研究所(EPRI)2024年5月15日发布的《来自EPRI电池储能系统(BESS)故障事件数据库的见解:故障根本原因分析》,其将故障事件分为根本原因和故障元件,根本原因包括设计、制造故障、集成、装配和施工、运行;故障元件包含电池/模块、控制装置和系统平衡。因此,要想减少或避免储能电站事故,就要想办法从故障源头出发解决问题。电化学储能电站并网是个关键节点,如果在并网前通过专项安全评估,发现设计缺陷、设备故障等问题,就能很大程度避免运行后安全事故的发生。

## 3 电化学储能电站并网安全风险评估工作内容及方法

### 3.1 评估内容

对于电化学储能电站并网安全的评估是一项系统性工作,除了对储能系统等容易导致故障的因素进行评估之外,在电力系统中相关联的新能源场、电厂、对侧变电站、储能站自身及周边建筑及设施,以及网络安全等,都应划归安全评估的范围之内。

### 3.1.1 储能系统安全风险评估

根据电力行业标准《电力储能基本术语》(DL/T 2528—2022)的规定,储能系统是指由一个或多个储能单元构成,能够独立实现电能存储、转换及释放功能的系统。

针对储能系统的安全风险评估,主要包含以下内容:

#### 1) 电池系统

主要评估储能电池是否满足工程的功能定位及运行需求,电池系统的功率参数是否能匹配其额定电流及最大短路电流,电池系统的线缆、开关选型是否满足要求,电池系统部件材料是否按要求采用阻燃材料。针对不同种类的电池系统,如锂离子电池、铅碳电池、液流电池等,需针对其特性开展安全性评估。

#### 2) 电池管理系统

依据《电力储能用电池管理系统》(GB/T 34131—2023)对于电池管理系统的正常工作环境、技术要求、试验方法、检验规则等进行评估,校核电池管理系统的保护配置、定值设定是否与电池系统相匹配,对电池管理系统进行全方位评估。

#### 3) 储能变流器

依据《电化学储能系统储能变流器技术规范》(GB/T 34120—2017)对于待评估的变流器从技术要求、检验等方面进行评估;同时对于变流器与工程相关参数的匹配情况进行评估。

#### 4) 监控系统及消防设施

对监控系统的基本功能、配置等进行评估;网络安全对于电化学储能电站及电力系统影响重大,应根据《电力监控系统网络安全防护导则》(GB/T 36572)的要求,对网络安全进行评估。

依据《电化学储能电站设计标准》(GB 51048),结合《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116)对储能电站的消防给水、灭火设施、建筑防火、火灾探测及消防报警的设计方案进行评估,同时,针对消防设施的交直流电源、备用电源的配置合理性也需进行评估。

除此之外,针对辅助设备、变配电设备、设备保护与配合也需进行安全风险评估。

### 3.1.2 电化学储能电站站区安全风险评估

针对电化学储能电站的安全风险评估主要包含站址安全和站区设计方案评估。对站址安全的评估主要包含站区地质、水文、自然环境、人文环境的分

析评估,以及站址与周边建筑的相互影响的评估。

对于站区设计方案的评估,主要依据《电化学储能电站设计标准》(GB 51048),对站区的规划布置、接入系统、储能系统、电气、建筑与结构、供暖通风与空气调节、给排水、消防、节能环保和水土保持及劳动安全与职业卫生的设计方案进行核实,评估设计方案的安全与风险因素。其中,针对变电站的防火设计,还需结合《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB 50229)的要求,核实建、构筑物和设备火灾危险性类别及耐火等级是否符合安全要求。

### 3.1.3 储能系统接入电力系统的安全风险评估

储能系统接入电力系统对新能源厂站、电厂、变电站及电网都会有影响,因此,储能系统接入电力系统的安全风险评估应包括但不限于以下内容:

#### 1) 对厂站的安全风险评估

评估接入储能的厂站侧变压器容量,分析是否会出现过载及是否满足储能装置充电负荷需求;应核算储能系统对厂用电的消纳情况,分析储能系统充放电时厂变的负荷状态。

评估储能系统接入厂站后对短路电流、继电保护的影响,分析厂站的现有用电系统设备短路耐受水平及断开功能是否满足要求,分析是否会对厂站继电保护装置等造成影响。

评估储能系统接入对厂站的用电系统设备短路耐受水平及开断能力的影响是否可控。

分析储能系统接入后对厂站的控制系统运行的影响,评估储能系统接入后对厂站处理控制是否存在干扰。

#### 2) 对电网的安全风险评估

评估对电网运行控制的安全风险。核实储能电站的充放电策略,分析其运行方式是否符合电网安全要求;核实电站短路电流值是否满足功能需求,分析电网正常运行方式和故障情况下储能电站的安全情况;核实储能电站是否具备一定的过载能力;核实储能电站功率调节、控制精度、调节时间等是否满足并网调度要求。

评估对电网系统保护配置的安全风险。核实储能电站并网点是否具备开断故障电流的能力;核实储能电站的保护配置及整定是否与电网侧保护相适应;核实储能电站是否具备过电压和过电流保护功能;核实储能电站送出线路的电流保护配置是否满

足功能需求等。

评估对电网调度自动化系统安全风险。核实储能电站网络安全防护配置是否满足功能需求;核实储能电站的通信方式是否满足信息通信安全防护要求;核实储能电站与电网调度部门之间通信方式和信息传输协议是否符合《运动设备及系统》(DL/T 634.5601)<sup>[5]</sup>的要求。

评估对电能质量的安全风险。核实储能电站接入公共连接点的谐波是否满足《公用电网谐波》(GB/T 14549)的要求;核实储能电站接入公共连接点的间谐波是否满足《电能质量 公用电网间谐波》(GB/T 24337)的规定;核实储能电站接入公共连接点的电压偏差是否满足《电能质量 供电电压偏差》(GB/T 12325)的规定;核实储能电站接入公共连接点的电压波动和闪变是否满足《电能质量 电压波动和闪变》(GB/T 12326)的规定;核实储能电站接入公共连接点的三相电压不平衡是否满足《电能质量 三相电压不平衡》(GB/T 15543)的规定;核实储能电站接入公共连接点的电能质量监测设备配置是否满足《电能质量检测设备通用要求》(GB/T 19862)的要求,同时,电化学储能电站与电网调度部门之间应具备双向数据通信功能。

除以上内容之外,电化学储能电站并网安全评估还应依据《电化学储能电站危险源辨识技术导则》(GB/T 42314)对危险源进行辨识,并提出措施和建议;针对储能电站故障情况下可能出现的安全隐患,提出预防措施;对储能电站日常运维安全提出要求及措施。

### 3.2 评估方法

针对电化学储能电站并网的安全风险评估方法,主要包含资料性审查和现场检查,可通过查阅资料、现场调查、分析评价、调查问卷、现场询问等方式开展。

## 4 结论

随着新质生产力的发展,以绿色能源为主的新型能源体系和新型电力系统必将是实现新质生产力至关重要的一环,储能产业也将迎来更大的机遇与挑战,因此,储能的安全问题亟待解决。目前,电化学储能电站并网作为储能电站建设的重要节点,其安全评估工作,目前还未有国标、行标的指引,在电力储能标准体系中,还是缺失的一环。

因此,针对电化学储能电站并网的安全评估工作,应参照电力储能相关的国标、行标,制定相应的工作标准,并大量应用于电化学储能电站并网前的安全复核工作,填补国内对于电化学储能电站并网安全评估要求的空白,规范电化学储能电站并网前安全风险评估的范围及内容深度,同时,也指导建设方、第三方等机构更加规范地实施并网前的评估工作,从而整体提升电化学储能电站并网安全性。

目前,除电化学储能外,重力储能、飞轮储能等新型技术路线如雨后春笋陆续落地,针对机械储能、电磁储能、热储能及化学储能等其他新型储能,如何识别其安全影响因素,如何进行安全评估,是未来需要逐步完善的工作。

### 参考文献:

- [1] 惠东,高飞,马达,等. 电力储能系统安全技术与应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2023.  
HUI D, GAO F, MA D, et al. Safe technology and application of electrical energy storage system [M]. Beijing: China Machine Press, 2023.
- [2] 李明,焦春雷,李晓龙,等. 储能安全标准研究及储能在构网型新场景中的应用 [J]. 高压电器, 2023, 59(7): 20-29,38. DOI: 10.13296/j.1001-1609.hva.2023.07.003.  
LI M, JIAO C L, LI X L, et al. Research on energy storage safety standard and application of energy storage system in grid-forming scenario [J]. High voltage apparatus, 2023, 59(7): 20-29,38. DOI: 10.13296/j.1001-1609.hva.2023.07.003.
- [3] 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. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2020.03.005.  
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. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2020.03.005.
- [4] 陕西省市场监督管理局. 电化学储能电站安全风险评估规范: DB61/T 1757—2023 [S]. 北京: 2023.  
Shaanxi Provincial Market Supervision Administration. Safety risk assessment specification for electrochemical energy storage plants: DB61/T 1757—2023 [S]. Beijing, 2023.
- [5] 国家能源局. 运动设备及系统 第 5-6 部分: IEC 60870-5 配套标准一致性测试导则: DL/T 634.56—2010 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.  
National Energy Administration. Telecontrol equipment and system. Part 5-6: Guidelines for conformance testing for the IEC 60870-5 companion standards: DL/T 634.56—2010 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2010.

### 作者简介:



杨小甜

杨小甜 (通信作者)

1983-, 女, 经济师, 学士, 主要从事新能源科技创新与成果转化的研究工作(e-mail)yangxiaotian@gedi.com.cn。

(编辑 赵琪)