

浅谈储能电站电池系统安全环保管理要求

张强

永州界牌协合风力发电有限公司北京咨询服务分公司, 北京 100048

[摘要] 电化学储能电站在我国新能源领域不断涌现, 其技术水平不断探索和提升, 安全性能尚未确定, 在总结国内外储能电站事故中发现火灾事故、电解液泄漏频发, 为此采用预先危险源分析法确定蓄电池火灾危险和有害因素, 在设计和运维阶段提出安全措施, 从本质安全管提升储能电站安全可靠能力。

[关键词] 储能电站; 蓄电池; 火灾; 风险管控

DOI: 10.33142/hst.v7i7.12852

中图分类号: TM614

文献标识码: A

Brief Discussion on Safety and Environmental Protection Management Requirements for Battery Systems in Energy Storage Power Stations

ZHANG Qiang

Beijing Consulting Service Branch of Yongzhou Jiepai Xiehe Wind Power Generation Co., Ltd., Beijing, 100048, China

Abstract: Electrochemical energy storage power stations are constantly emerging in the field of new energy in China, and their technical level is constantly exploring and improving. The safety performance has not yet been determined. In summary, frequent fire accidents and electrolyte leakage have been found in domestic and foreign energy storage power station accidents. Therefore, the pre hazard source analysis method is used to determine the fire hazards and harmful factors of batteries, and safety measures are proposed in the design and operation stages to enhance the safety and reliability capabilities of energy storage power stations from the perspective of intrinsic safety.

Keywords: energy storage power stations; battery; fire; risk control

1 储能电站的发展及火灾事故案例分析

随着储能电站的发展, 电池储能逐步成为新能源领域主流, 蓄电池主要集中在钠硫、液流和锂电池, 从安全性、充放电次数及经济性考虑, 锂电池在我国储能电站中被广泛应用, 但尚未形成规模性发展, 处于不断更新、变革之中。

随着储能电站不断发展, 其规模越来越大, 安全问题也日益凸显。其中, 火灾是储能电站最常见的安全事故。如: 2023 年美国加州山谷中心 (Valley Center) 139MW/560MWh 储能设施起火、法国西南部 105MW 储能电站的一个锂电池储能柜火灾; 澳大利亚昆士兰州 Bouldercombe 电池储能项目中, 特斯拉 Megapack 2.0 储能系统火灾; 纽约州东汉普顿 Cove Hollow Road 变电站的 5MW 东汉普顿储能中心锂离子电池储能系统火灾。美国爱达荷州梅尔巴附近的 Idaho Power 变电站储能设施发生火灾; 瑞典哥德堡附近的一个工业园, 一个重 9000 公斤的锂电池集装箱中一个电池单元火灾; 香洲区屏北二路广通物流园内储能柜火灾; 台湾省台中市龙井区路旁集装箱储能站火灾, 2021 年北京丰台储能电站火灾等等。

总结、分析历次火灾事故原因: 一是蓄电池火灾, 如由锂、镍、锰和钴组成的 LG 电池、锂离子电池等, 是储能电站火灾的主要原因, 因蓄电池火灾引起周边其他设备设施火灾风险小; 二是火灾持续时间长、有复燃的可能性、彻底灭火难度大、同时伴有可燃气体爆炸的可能;

三是火灾在施工、调试和运行阶段均有发生, 其中运行阶段居多; 四是电池液泄漏引起火灾的同时造成环境影响; 五是储能电站位于人员密集场所时, 会造成一定程度的人员伤亡事故。

2 电池系统火灾、爆炸及环保风险分析

储能电站火灾事故案例给我们敲醒了安全警钟, 在现阶段我国国内储能电站发展不是很完善, 采用预先危险性分析法对电储能系统进行危险源分析, 确定危险有害因素, 及其发生的可能性和严重性。

表 1 预先危险性分析表

序号	危险源	危险和有害因素	存在的风险	是否可控	危险性等级
1					

表 2 预先危险性分析法危险等级

序号	危险性评价结果	危险性等级
1	会造成人员死亡或多人重伤, 或造成严重设备设施损坏, 或重大财产损失, 或严重环境破坏, 或达到 GB18218 中规定的危险化学品种类和数量。	重大危险源
2	会造成人员重伤或多人轻伤, 或造成较大设备设施损坏, 或较大财产损失, 或较大环境破坏。	I 级危险源
3	会造成人员轻伤或健康损害, 或一定设备设施的损害, 或一定财产损失, 或一定环境破坏。	II 级危险源
4	不会造成人员伤害或健康损害, 有造成较小设备设施损坏, 或较小财产损失, 或较小环境破坏。	III 级危险源

表 3 电池预制舱与周边建构筑物防火间距检查表 (单位: m)

构筑物	方位	建构筑物	依据	要求间距	实际间距	是否符合要求
储能电池风冷预制仓	北	围墙	《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》(T/CEC 373—2020) 第 4.6.4 条	5	10.83	符合
	南	围墙		5	9.68	符合
	东	围墙		5	9.85	符合
	西	围墙		5	9.85	符合

表 4 电化学储能系统火灾预先危险性分析表

序号	危险源	危险和有害因素	存在的风险	是否可控	危险性等级
1	磷酸铁锂蓄电池	电池发生内短路故障, 引发电池热失控起火	火灾/爆炸	可控	II
2		因过压或过流导致设备温度过高, 形成引燃源。	火灾/爆炸	可控	II
3		蓄电池在充放电过程中热失控喷射出含有易燃易爆组分(氢气、甲烷、一氧化碳、碳酸甲乙酯等)的混合物, 喷射物中易燃易爆成分与空气混合形成爆炸性气体, 一旦达到爆炸极限遇到静电、火花等会发生爆炸或火灾。	火灾/爆炸/中毒窒息	可控	II
4		电池受到外界挤压、刺穿导致电解液泄漏, 污染环境, 同时对人员造成健康损害。	环境污染	可控	II
5	电力电缆	储能电池预制舱、PCS 升压一体机预制舱等场所均存在电缆, 因电缆老化、绝缘强度不够、电缆击穿、机械伤害等原因均可造成电缆火灾。	触电/火灾	可控	II
6	防雷接地装置	未设防雷设施或防雷设施安装不符合要求或失效, 遭雷击产生火源电气设备短路, 接触不良、接地及漏电等引起的火灾	触电、火灾、设备损坏	可控	II
7	PCS 升压一体机故障	(1) 内部电气接线连接不良, 导致过热引起火灾。 (2) 元器件、电路等出现故障, 如输入直流极性接反、交流输出短路、过热、过载等。	火灾	可控	II

3 储能电站示例

本文选取湖南某磷酸铁锂电池储能电站为例, 采用预先危险性分析表辨识危险源。

典型储能电站选择湖南永州某 100MW 储能电站, 运行方式以调峰为主, 容量 100MW/200MWh, 配套建设 1 座 110kV 储能电站, 安装 2 台容量为 63MVA 有载调压变压器, 以 1 回 110kV 架空线路接至储能电站北边的已建成的 220kV 变电站。

储能电站内主要布置储能电池风冷预制仓、PCS 预制舱、一次预制舱、二次预制舱、主变压器、站用变、综合楼、水泵房、危废暂存间等建(构)筑物。

储能系统主要由 40 个 2.5MW/5MWh 储能单元并联组成, 每个 2.5MW/5MWh 储能单元由 1 台 20 尺 2.5MW PCS 升压变预制舱和 2 台 40 尺 2.5MWh 风冷电池预制舱组成。

2.5MW PCS 升压变预制舱采用一个 20 尺集装箱, 配备 4 台 630kW 储能双向变流器, 1 台 2.5MVA 双分裂干式变压器(35kV)及其保护测控装置, 高压进线配置断路器, 1 面通讯动力柜。拥有独立的自供电系统、温度控制系统、隔热系统、阻燃系统、火灾报警系统、门控照明、安全逃生系统、应急系统、消防系统等自动控制和安全保障系统。

2.5MWh 锂电池单元中每个电池簇由电箱和开关盒组成, 每个电箱组由电芯通过串并联构成。5MWh 锂电池划分为 2 个电池单元, 每个电池单元通过电池控制柜进行汇流, 汇流后接入储能变流器的直流侧。

储能电池单元采用 3.2V 磷酸铁锂电芯, 共由 9 个电池簇组成, 含开关盒、BMS 系统等。

储能模块分别由 4 组电缆接入 110kV 储能电站 35kV 两段母线, 35kV 母线采用单母线分段接线。如表 3 所示。

电池预制舱采用单层布置, 长边端距离 3.9m, 短边距离 36.06m。储能电站内道路宽 4m, 转弯半径 9m, 设环形消防车道, 符合安全距离要求。如表 4 所示。

4 安全环保管控措施

针对储能电站电池系统火灾事故存在的危险和有害诱因进行控制, 从人、机、物、环及管理几方面提出如下要求:

4.1 设计阶段安全环保管控措施

(1) 电池管理系统(BMS 系统)采用能够实时监控、采集储能电池的状态参数(包括但不限于单体电池电压、电池极柱温度、电池回路电流、电池组端电压、电池系统绝缘电阻等), 并对相关状态参数进行必要的分析计算, 并根据特定保护控制策略实现对储能电池本体的有效管控, 保证整个电池储能单元的安全可靠运行。

(2) PCS 升压变预制舱拥有独立的自供电系统、温度控制系统、隔热系统、阻燃系统、火灾报警系统、门控照明、安全逃生系统、应急系统、消防系统等自动控制和安全保障系统。

(3) 储能电站内设置 6 根 35 米高独立避雷针, 1 根 35 米高的构架避雷针。储能电站的接地网为以水平均压

网为主,并采用部分垂直接地极组成复合环形封闭式接地网。接地电阻按 $R \leq 0.5 \Omega$ 进行设计,若接地电阻没有达到要求,可采用加大接地网面积和使用离子电解地极的方式以降低接地电阻,直至储能电站接地电阻达到要求。

(4) 储能电站设置 1 套视频监控系統,监视对象主要包括储能预制舱、PCS 预制舱及四周等,能与火灾报警控制系统联动。

(5) 电池预制舱内设置事故排风系统。采用自然进风、机械排风的通风方式,事故排风机选用侧墙式防爆型轴流风机。事故通风设置相应的 H₂ 检测报警及控制系统,当室内 H₂ 体积浓度达到 1% 时,连锁启动事故排风机,事故通风机的手动控制装置设置在预制舱外通风机控制箱内。PCS 预制舱内设机械排风系统,采用侧墙式轴流风机,通风系统设备由预制舱厂家配套提供。电池预制舱内工业空调采用防爆型,PCS 预制舱内设置工业空调。危废暂存间内轴流风机采用防爆型。

(6) 储能电站设置 1 套临时稳高压消防给水系统,设置室外消火栓对站内综合楼、储能预制舱等进行保护。针对电池舱设置 1 套七氟丙烷气体灭火系统,灭火管道敷设于电池舱过道顶部,单个电池舱设置 1 个七氟丙烷灭火柜,柜内包含 2 瓶容积 70L 的七氟丙烷存储瓶(一主一备),主用瓶和备用瓶供气路由主备切换装置连接。电池预制舱外设置手动火灾报警按钮,舱内设置有可燃气体探测器、感温探测器和感烟探测器。电池舱体外设置 MFT/ABC50 推车式干粉灭火器。

(7) 电池预制舱隔墙上有管线穿过时,管线周围空隙应采用防火封堵材料封堵,火灾自动报警系统、固定式自动灭火系统等重要消防用电设备的电线电缆选用铜芯耐火或阻燃电缆。对少量电缆时采用涂刷防火涂料或缠绕阻燃包带或穿金属管敷设保护。电缆进入盘、柜、屏、台的孔洞应采用防火封堵堵料、防火隔板和防火涂料等防火材料组合封堵,洞口一侧电缆宜涂刷防火涂料,长度不小于 1m。

(8) 在运维阶段配置至少 2 套正压式空气呼吸器,放置在专用设备柜内,定期检查,确保完好可用。

4.2 运行安全管理

(1) 日常加强对电池系统、PCS 系统、消防、视频监控、通风系统的巡视,特殊极端天气、大修后及电池系统存在隐患或缺陷未消除前应增加巡视巡察。

(2) 典型电站建设在山地,周边山火较多,运行期应加强山火管理,定期开展周边火灾预防工作。

(3) 运行人员/检修人员进行电池预制舱巡视前,应先通风 15 分钟,待气体浓度符合要求后进入。

(4) 日常加强对运维人员的教育培训,重点开展火灾安全意识和消防应急演练,当电池仓发生冒烟、起火等火灾事故征兆时,或电池仓发生电解液大量泄漏、或舱内可燃气体浓度超标等异常时,立即隔离电池仓,启动消防系统和通风系统,断掉除视频监控、火灾报警装置、通风系统及变流器冷却装置以外的电源,疏散周边无关人员,启动相关应急预案。

(5) 电池系统检维修过程中(如电解液泄漏、可燃气体浓度超标等情况时),检修人员应穿戴个人劳动防护用品(佩戴绝缘手套、穿防护服、防护鞋),安全工器具定期检验并在合格有效期内,检修工具进行绝缘包扎;严格执行调度指令,落实各项安全措施,确保不发生触电事故。

(6) 检修设备时应断开一次回路交直流开关,悬挂安全警示牌并进行电气隔离。

(7) 电池电解液泄露处理时,现场采取防止污染源扩大的应急措施,确定危险区域,设置警戒线和安全警示标志,检修设备及地面应采取防腐措施。报废电池和电解液回收处理时,寻找有资质的单位进行处理,危废转移过程中采取安全防护和污染防治措施,工作人员穿戴劳动防护用品,危废处理流程满足“三联单”要求。

5 结语

本文选取国内广泛推广的磷酸铁锂电池储能电站为典型电站,进行危险和有害因素辨识,从人、机、物、法、环方面制定管控措施,控制事故发生概率。危险和有害因素辨识在事故经验教训的基础上只是单方面在储能系统方面进行辨识,未综合分析升压站设备设施对储能系统的影响,具有一定的局限性,需持续不断地改进。

[参考文献]

- [1] 《电化学储能电站安全规程》[Z]. (GB/T42288-2022)
- [2] 《电化学储能电站危险源辨识技术导则》[Z]. (GB/T 42314-2023)
- [3] 《电化学储能电站检修规程》[Z]. (GB/T 42315-2023)
- [4] 《湖南永州江华县 100MW/200MWh 储能电站项目可行性研究报告》[Z]. (2022.1)

作者简介:张强(1982.9—),男,毕业院校:河北农业大学,所学专业:电子信息工程,当前就职单位:永州界牌协合风力发电有限公司北京咨询服务分公司,职务:主管;职称级别:安监高级工程师。