

锂电池储能系统火灾 危险性及其防范措施

朱江, 张宏亮

(山西省消防总队, 山西太原 030001)

摘要: 集装箱式锂电池储能系统是我国火电 AGC 性能调频项目出现的新技术, 目前国内外尚未制定相关标准。结合锂电池的火灾特性, 系统分析了电厂锂电池储能系统的火灾危险性, 并从消防安全设计及日常管理等方面提出了防范措施, 以便为开展集装箱式锂电池储能系统消防安全技术研究提供参考。

关键词: 集装箱式锂电池; 火灾危险性; 防范措施

中图分类号: TU998.12 **文献标志码**: A

文章编号: 1008 - 2077 (2018) 12 - 0043 - 03

2017年3月7日, 山西某电厂锂电池储能电站1组锂电池集装箱发生火灾。该起火灾过火面积约28 m², 火灾烧毁1号储能集装箱。同年12月21日该锂电池储能电站再次发生火灾, 烧毁2号储能集装箱。两起火灾事故发生后, 引起社会各界广泛关注。因此, 探讨锂电池储能系统的火灾危险性及其防范措施具有现实意义。

一、储能调频系统简介及应用前景

电力系统的频率反映了发电有功功率与负荷之间的平衡关系, 为满足发电厂设备、用户设备和电力系统正常运行的需要, 电力系统设置了频率的控制要求, 例如我国要求电力系统频率控制在 50 ± 0.2 Hz 范围内的时间应达到 98% 以上。在频率发生变化时, 电力系统会调整发电机组功率的基准值, 改变发电机组的输出功率, 从而实现发电机组的功率和负荷实时保持平衡。这一过程即为本文所述的电力系统调频。传统电力系统的调频由火电、水电等常规发电机组提供, 但随着储能技术的出现, 近年来越来越多的电化学储能电池 (主要为锂电池) 系统开始为电力系统提供服务。锂电池储能系统, 能很好地避免传统机组的调节延迟、调节反向、调节偏差大等

缺点, 能快速精确地响应电网的调频指令, 因此近年来在国内外的应用呈上升趋势。据中关村储能产业技术联盟的统计数据, 截至2017年底, 全球范围内储能调频系统累计装机规模达到1005.7 MW, 其中锂电池的装机规模超过90%。我国范围内, 这一规模为35 MW 全部为锂电池储能系统。2018年, 我国新增 (包括新投运、在建、签订合同的系统) 储能调频系统总计超200 MW 呈快速发展态势。

我国的新一轮电力体制改革正在全面推进, 在此过程中, 调频辅助服务市场作为首要的改革领域已经在山西、广东、山东等地开始试点运行, 并且华东、西北等区域电网也正在陆续修改相关市场2规则, 酝酿市场化改革。这一改革过程中, 调频资源性能好坏将是决定其市场竞争力的关键点, 性能优越的调频资源将在市场竞争中获得更多的机会, 这将进一步刺激全国范围内投用储能系统为电网提供调频辅助服务, 会有越来越多的锂电池储能系统进入我国电力调频辅助服务市场。

二、锂电池储能系统的火灾危险性

锂电池储能系统的火灾危险性主要包括锂电池的火灾危险性和电气设备的火灾危险性等方面。

收稿日期: 2018 - 08 - 27

作者简介: 朱江 (1969—, 男, 陕西富平人, 高级工程师, 博士; 张宏亮 (1978—, 男, 山西五台人, 工程师, 博士。

(一) 锂电池的火灾危险性

研究发现,涉及锂电池的火灾主要是电解液分解、燃烧的结果,是一种碳氢化合物气体燃烧火灾。美国消防协会(NFPA)针对锂电池燃烧火灾的研究中指出:锂电池的火灾危险主要来自其构造,与电池的物质组成直接相关,在滥用情况下,比如电池过热、过度充放电、电池设计缺陷及原材料瑕疵造成的短路等导致内部的电池材料之间发生化学反应,电解液分解产生大量的热和气体,引起电池的热失控。研究认为快速释放能量的热失控是引起电解液燃烧的主要原因,一旦发生热失控,电池温度迅速升高,其结果直接导致电池材料燃烧。当锂电池电解液分解、燃烧产生的可燃性气体浓度达到一定程度后,遇明火会发生爆炸。在大型锂电池储能系统中,电池组具有高密度、集中式分布的特点,锂电池模块通过串联形成单个电池组,多个电池组通过并联形成一个大容量储能单元。这样不仅增加了锂电池出现故障的概率,而且一旦发生火灾,也会因为电池之间无法切断电路,而增加火灾蔓延渠道。

(二) 电气设备的火灾危险性

锂电池储能系统中存在大量的附属电气设备,这些设备的不安全使用也增加了储能系统整体的火灾危险性,如意外的高电压、大电流(雷电、浪涌)侵入。造成锂电池储能系统高电压、大电流侵入,一方面是因为锂电池储能系统中的电子设备高度集成化,从而降低了其对高电压、大电流的抵御能力;另一方面是因为系统中使用的通信线路数量较多,也造成高电压、大电流侵入的渠道增加。同时,保护元件失效也是引发火灾的重要原因之一^[1]。比如,通过对一起锂电池储能系统火灾监控录像的观察发现,在起火后的3 s内多处Rack BMS(电池管理单元)先后发生爆燃,随后蔓延至电池端面发生拉弧爆燃。可以确定电池内过流保护、直流熔断器与电池内过流熔断器未能有效隔离短路故障,是造成火灾蔓延扩大的主要原因。通过对未燃烧的Rack BMS柜勘查发现,长期发热超温造成柜体内部分电气元件氧化腐蚀、部分绝缘材料老化,不能满足其原设计的电阻、绝缘要求,致使锂电池储能系统整体在电气安全方面存在较大隐患。

(三) 火灾对电厂设施的危害

通常情况下,锂电池燃烧时会产生大量气体,主要有氢气、一氧化碳、二氧化碳、甲烷、苯和甲苯等有机气体以及氯化氢、氟化氢等有毒气体。锂电池储

能系统一般安装在电厂主要设备附近,其一旦发生火灾,集装箱内部的锂电池在高温情况下释放的氢气、一氧化碳等可燃气体,得不到有效控制极易造成火势迅速蔓延甚至发生爆炸,危及空冷平台或者主电设备,进而造成巨大财产损失。

三、锂电池储能系统的火灾防范措施

安全性是锂电池制造厂商重点考虑的内容。下面从火灾自动报警系统、自动灭火装置、电气设计、现场设计及消防安全管理等方面探讨锂电池储能系统的火灾防范措施。

(一) 火灾自动报警系统及灭火设施的设置

一般情况下,锂电池储能系统的火灾发生过程可分为初起阶段、发展阶段、猛烈燃烧阶段、熄灭阶段。前两个阶段的时间相对较长,火情还没有蔓延扩散,火灾自动报警系统在此刻及时探测到火情,实现早期报警,可对火灾进行防控。根据《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229—2006)、《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—2013)等行业相关标准及规范,集装箱式锂电池储能系统中每个集装箱为一个报警区域,配备区域火灾自动报警系统。每个报警区域根据集装箱内空间布置设置对应的探测区域,探测区域内设置一定数量的点型火灾探测器。在此基础上,增加吸入式感烟探测器,能够实现早期报警并将该区域的报警信号统一发送至电厂的消防控制中心。根据不同锂电池的特性,有针对性地增设可燃气体探测器,能够提前捕捉到因锂电池故障而扩散出来的可燃气体。在增加报警信号采集的同时还应考虑所采集信号的处理方式,例如增加声光报警器的数量,并将其布置在经常有人员巡逻、值守的场所,并将该区域的报警信号统一发送至电厂的消防控制中心。

根据《气体灭火系统设计规范》(GB 50370—2005),自动灭火系统要求采用无导电性的七氟丙烷为灭火剂,并依据惰化设计浓度来设置七氟丙烷灭火剂配备量,同时利用电厂的氮气生产系统布置一套氮气灭火系统。自动灭火系统应具备自动运行、自动监测、自动灭火功能。七氟丙烷灭火剂喷洒持续时间为10 s,喷洒完毕后使电池集装箱保持10 min密封状态,使灭火剂充分扩散和灭火。当锂电池集装箱内气体灭火装置无法扑灭箱内火灾时,大量、持续喷水是针对锂电池火灾最有效的扑灭方法。通常情况下,锂电池集装箱设备现场水灭火系统可利

用发电厂或变电站原有消防给水设施,给水压力应保证消防用水总量达到最大时,水枪充实水柱不应小于 13 m 并保证外集装箱端部安全位置喷水灭火时水柱可达箱内各处。

(二)电气设计

针对锂电池储能系统中可能出现的高电压、大电流侵入问题,可以从电气线路防雷防浪涌、通信线路防雷防浪涌、合理的布线与屏蔽、综合接地与等电位连接四个方面综合考虑,合理利用电厂现有的防雷及接地设施,同时增加防浪涌设备器件,以提高其抵御高电压、大电流侵入的能力。针对系统内部可能出现超温失控的元件、部位、场所应增加超温控制系统,及时观察、监测该部位的温度变化情况,发现温度超出预定范围、温度变化速率异常或温度长期处于某处不合理的区域等情况,及时发出警报,采取控制该部位的设备退出工作状态,系统整体停机等措施,以保证系统安全可靠^[2]。

(三)防火间距布置

锂电池集装箱采用户外安装方式,作为电厂或变电站辅助生产设备可满足快速布置需求。目前全球还缺乏针对锂电池集装箱系统的设计规范,因此设计排布方式多种多样。考虑到合格锂电池产品的火灾危险等级不高、集装箱耐火等级高等因素,建议锂电池集装箱与相关储能系统设备间布置距离可按照生产工艺的需求来确定,不做防火间距要求。但锂电池集装箱、双向功率变换装置(PCS)集装箱、配电集装箱(E-House)满足相关户外防护等级、耐火等级要求。单台设备发生火灾时,应注意对其他设备采取喷水等降温措施,避免由于热辐射造成

火灾扩散。锂电池集装箱与电厂或变电站内原有建筑、设备间防火间距建议参照油浸变压器等户外电气设备布置要求,与生产建筑间距应不小于 10 m。在有生产工艺或场地限制等要求时,锂电池集装箱可与电厂或变电站内原有建筑、设备采用相对紧密的布置方式,但应对原生产建筑朝向锂电池集装箱侧的门、窗进行封堵,或设置甲级防火门(窗),墙面与防火门(窗)耐火极限不应小于 1 h^[3]。

(四)加强消防安全管理

应依法建立消防安全责任制,通过建立防火检查巡查制度、应急处置制度,明确各级、各岗位的消防安全职责,负责组织实施日常消防安全管理工作。加强对移动储能电站内用火、用电和易燃可燃物的管理,采取防火措施,有效控制火灾危险源。移动储能电站设备安装区域出入口不应少于 2 个,其周围应设置消防车道,消防车道可利用交通道路实现。要定期开展消防实战演练,不断增强员工消防安全素质。将电厂志愿消防队纳入自动报警体系,进一步提高消防队伍快速反应和联合作战能力。

参考文献:

- [1] 赵于坚.浅析雷电浪涌现象的防护[J].福建建设科技, 2004(4): 65-66.
- [2] 中国电力企业联合会.电化学储能电站设计规范:GB 51048—2014[S].北京:中国计划出版社, 2014.
- [3] 中华人民共和国公安部建筑设计防火规范GB 50016—2014[S].北京:中国计划出版社, 2015.

(责任编辑 李 蕾)

Fire Risk and Preventive Measures of Battery Energy Storage Station

ZHU Jiang, ZHANG Hongliang

(Fire Corps Shanxi Province, Taiyuan 030001, China)

Abstract Li battery energy storage station is a new technology in China's thermal power AGC performance regulation project. There are no relevant national standards, industry standards and enterprise standards at home and abroad. This paper systematically analyzes the fire risk of power plant energy storage station for frequency conversion project from the fire characteristics of lithium battery, and puts forward relevant suggestions to provide a basis for research on fire safety technology of energy storage station.

Key words Li battery energy storage station fire risk preventive measures