

# 固态锂离子电池在通信机房应用的热安全性因素分析

## Thermal Safety Factor Analysis of Solid-state Lithium-ion Battery Applied in Communication Room

王一帆<sup>1</sup>,朱清峰<sup>1</sup>,祝华<sup>2</sup>,刘宝庆<sup>1</sup>(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007;2. 中国联通上海分公司,上海 200000)

Wang Yifan<sup>1</sup>,Zhu Qingfeng<sup>1</sup>,Zhu Hua<sup>2</sup>,Liu Baoqing<sup>1</sup>(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch,Zhengzhou 450007,China;2. China Unicom Shanghai Branch,Shanghai 200000,China)

### 摘要:

相较于传统的锂电池,固态锂电池凭借能量密度高、体积小等优点已在新能源汽车等行业得到一定的应用,固态锂电池作为锂电池的升级产品,其安全性一直备受关注。目前无论是传统锂电池,亦或固态锂电池,其安全性问题主要集中在热失控方面。从通信局(站)应用环境出发,结合固态锂电池内部热失控诱因,对影响固态锂电池热失控的问题进行分类剖析,探讨通信用固态锂离子电池的安全防控点。

### 关键词:

热失控;通信局(站);锂电池;固态锂电池  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.12.015  
文章编号:1007-3043(2022)12-0071-04  
中图分类号:E968  
文献标识码:A  
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

Compared with traditional lithium batteries, solid-state lithium batteries have been used in new energy vehicle industry due to their high energy density and small size. As an upgrade product of lithium-ion battery, the safety of solid-state lithium-ion battery has been paid much attention. At present, whether it is traditional lithium battery or solid-state lithium battery, its safety mainly focuses on the thermal runaway. Starting from the application environment of Communication Bureau (station), combined with the inducement of thermal runaway inside solid-state lithium battery, it classifies and analyzes the problems affecting thermal runaway of solid-state lithium batteries, and discusses the safety points of solid-state lithium-ion battery for communication.

### Keywords:

Thermal runaway; Communication bureau (station); Lithium battery; Solid lithium battery

引用格式:王一帆,朱清峰,祝华,等. 固态锂离子电池在通信机房应用的热安全性因素分析[J]. 邮电设计技术,2022(12):71-74.

## 1 概述

2020年发布的《国务院政府工作报告》提出将重点支持“两新一重”(新型基础设施,新型城镇化,交通、水利等重大工程)建设<sup>[1]</sup>,其中新型基础设施建设包括5G基站建设、大数据中心建设等通信局(站)的建设。电源基础设施属于通信局(站)的基石,供电安全

是通信电源技术研究的永恒主题。影响供电安全的因素较多,本文从通信备电的角度对供电安全进行探讨。

通信备电应用最广泛的是蓄电池备电,蓄电池应用场景可分为通信机房和通信基站两大类。通信机房按局址内安装的通信设备的重要性进行区分,包括数据中心、省级枢纽机房、省级核心机房、核心节点机房、汇聚机房和综合业务接入点6种场景;通信基站按建设形式进行区分,包括室内型基站和室外型基站2

收稿日期:2022-10-10

种场景。目前锂离子电池凭借其能量密度高、体积小、充放电性能好等优点已在通信基站尤其是室外型基站等场景下得到了大量应用,但是局限于安全性问题,锂离子电池仅在少部分作为试点的通信机房进行应用。随着技术的发展,在锂电池的基础上发展而来的固态锂电池技术已逐渐得到众多行业的关注。2022年8月18日,科技部等九部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2022—2030年)》提出研究固态锂离子、钠离子电池等更低成本、更安全、更长寿命、更高能量效率、不受资源约束的前沿储能技术;2022年8月25日,工信部公开征求对《关于推动能源电子产业发展的指导意见(征求意见稿)》的意见。在新型储能方面提出开发安全经济的新型储能电池,加快研发固态电池、钠离子电池、氢储能/燃料电池等新型电池。

随着众多国家政策的支持,目前已有部分固态锂电池应用于新能源汽车等行业,但其能否保证通信备电安全仍是一个未知数,故如何分析归纳固态锂电池的安全性因素将对固态锂电池在通信局(站)的应用具有重要意义。固态锂电池的安全性因素较多,但最主要的是热失控问题,热失控的诱因主要分为电池内

部因素和外部环境因素,本文将结合通信行业现状,从诱发固态锂电池热失控的内部因素和外部因素进行剖析,为固态锂电池在通信行业的推广应用提供参考。

## 2 固态电池分类

固态电池是指采用固态电解质的锂离子电池,在工作原理上,固态锂电池和传统锂离子电池并无区别。传统锂离子电池的电解质为液态的,通过锂离子在电解质中的迁移来完成正负极间的穿梭,从而实现电池的充放电功能,而固态锂电池的电解质为半固态或者全固态<sup>[2]</sup>。与传统锂电池相比,固态电池最突出的优点是安全性<sup>[3]</sup>,固态电解质是固态电池的核心,电解质材料很大程度上决定了固态锂电池的各项性能参数。

固态电解质研究是储能领域非常热门的研究领域,报道的材料体系繁多,性能各异,目前最具市场化或商业化前景的固态电解质材料主要有三大类:聚合物、无机氧化物以及硫化物<sup>[4]</sup>。各类固态电解质的优缺点如表1所示。

聚合物电解质具有诸多独特的优势,包括力学柔

表1 各类固态电解质的优缺点

电解质类型	离子电导率/(S/cm)	优点	缺点
聚合物	25 °C: $10^{-7} \sim 10^{-5}$ 65 °C~78 °C: $10^{-4}$	易大规模制备,不与锂金属反应	离子电导率低
氧化物	$10^{-6} \sim 10^{-3}$	化学、电化学稳定性高,机械性能好,电化学氧化电位高	界面接触差
硫化物	$10^{-7} \sim 10^{-2}$	电导率高,机械性能好,高界阻抗低	易氧化

性、对电极材料的黏附性、对金属锂电极的稳定性、易加工性以及低成本等,但其电导率低的缺点也是显而易见的。若想提高聚合物电解质的电导率,通常需要将环境温度维持在60 °C~70 °C,但升温后电池的温度将距离热失控温度临界点较近,存在一定的安全隐患。

氧化电解质在25 °C下离子电导率可超过 $10^{-4}$  S/cm,且对空气和水分相对稳定、对电化学窗口宽、锂负极兼容性强,被认为是最有吸引力的固态电解质材料之一。制约氧化电解质发展的重要因素是电解质和电极之间的界面阻抗较大,界面反应造成电池容量衰减。

硫化物电解质25 °C下离子电导率最高可达到 $1.2 \times 10^{-2}$  S/cm,因硫化物电解质与锂电极的界面稳定

性较差,研究难度相对较大,但同时开发潜力也是最大的。目前国内硫化物电解质产业发展还有很大空间。

总体来说,目前最具潜力的固态电解质材料有聚合物、硫化物和氧化物,其中聚合物电解质、氧化物电解质的半固态电池已经进入商业化应用阶段,而全固态电池以及硫化物电解质固态电池仍有一段路要走。本文就已商用的聚合物电解质和氧化物电解质半固态电池在通信行业的应用进行分析。

## 3 通信机房供电模式及环境要求

为研究固态电池在通信行业的应用,首先需要明确通信行业的供电现状,通信机房的供电模式主要分为集中式供电和分散式供电<sup>[5]</sup>。

集中式供电是将UPS系统、开关电源系统、油机、蓄电池组等安装在电力室和电池室,多个通信机房的电源都从电力室中的交流(或直流)配电屏中取得。按照集中式供电方式,蓄电池组单独具备蓄电池室,蓄电池室环境要求见表2<sup>[6]</sup>。

分散式供电是指把整流器、蓄电池组及相应的配电单元都安装在通信机房内部,并直接向该通信机房供电。按照分散式供电方式,蓄电池组和通信机房共

表2 特殊通信机房环境要求

机房名称	温度/°C	相对湿度/%
IDC 机房	20~25	40~70
蓄电池室	15~30	20~80
发电机组机房、变配电机房	5~40	-

用一个机房,不同类型通信机房的环境要求如表3所示。

表3 各类通信机房环境要求

环境分类	主要机房类型	温度/°C	相对湿度/%
一类环境	DC1、DC2长途交换、骨干/省内转接点、骨干/省内智能网SCP、一二级干线传输枢纽、骨干/省内骨干数据设备、国际网设备、省际网设备、省网网络设备、全国(CMNET)数据业务骨干网、光传送一极干线设备的机房及动力机房	10~26	40~70
二类环境	汇接局、关口局、本地智能网SCP、本地传输网骨干节点、本地数据骨干节点(含城域网核心层设备)、VIP基站、传输设备、数据通信设备机房及动力机房	10~28	20~80
三类环境	市话端局通信机房,城域网汇聚层数据机房及所属动力机房,长途传输中继站、普通基站、边缘网基站、网优基站	10~30	20~85

注:同一机房内安装的不同等级设备,按照高环境分类标准要求。

除上述环境外,随着5G业务发展,部分基站电池挂靠室外。在此类环境下,蓄电池组的环境和室外环境保持一致,一般温度范围为-30°C~40°C。

综上所述,无论采用何类供电方式,安装在室内机房中的蓄电池组的工作环境温度都不超过30°C,而室外环境中蓄电池组的工作环境温度有可能达到

40°C。

通信局站的备电时长将直接影响其电池组的放电倍率,电池组放电倍率越大,其发热越大,也将给电池的热失控带来一定的风险。通信机房、数据中心和基站的蓄电池组备电时长分别如表4、表5和表6所示<sup>[7-8]</sup>。

表4 通信机房蓄电池备电时长

单位:h

市电类别	省级枢纽机房、省级核心机房		核心节点机房		汇聚机房	综合业务接入点
	自动化切换配电系统	手动启动或切换配电系统	自动化切换配电系统	手动启动或切换配电系统		
一类市电	0.5	1	0.5	1	-	-
二类市电	1	1~2	1	1~2	1~3 <sup>①</sup>	1~3 <sup>①</sup>
三类市电	-	-	2~3	2~3	2~4 <sup>①</sup>	2~4 <sup>①</sup>

注:①未配置固定油机且位置偏远的汇聚机房和综合业务接入点,蓄电池放电时间可适当延长。

表5 数据中心蓄电池备电时长

项目	等级分类			备注
	A	B	C	
电池后备时间	15 min	7 min	根据实际需求确定	指电池设计寿命终止时仍能保证的时间

分析表4、表5和表6可知,根据使用场景的不同,数据中心的备电时间一般为7 min~15 min,即电池放电倍率为4 C~9 C;通信机房的备电时间一般为0.5 h~4 h,即电池放电倍率为0.25 C~2 C;基站备电时间一般为0.5 h~5 h,即电池放电倍率为0.2 C~2 C。

表6 基站蓄电池备电时长

单位:h

市电类别	无线设备	传输设备	5G AAU 基站	备注
一类	1	2~4	0.5~1	行业应用等特殊业务点,5G AAU 基站蓄电池保证时间为1 h~5 h
二类	1~3	12	0.5~1	
三类	2~4	20	0.5~1	
四类	3~5	24	0.5~1	

## 4 热失控分析

固态电池热失控的诱因来源于2个方面:一方面是电池材料以及生产工艺的问题;另一方面是电池应



用过程中的问题。电池材料中掺杂金属杂质和电池生产过程中的极片毛刺、正负极错位、电解液分布不均、隔膜表面导电粉尘等都会给日后的应用留下安全隐患。在电池应用过程中热失控的原因主要分为电滥用及热滥用两大类。

#### 4.1 电滥用

电滥用主要是由电池的使用不当造成的,有外部短路、过度充电和过度放电几种类型。

其中过度充电和过度放电的主要原因为电池管理系统(Battery Management System, BMS)及其传感器故障导致的测量信号不准或执行器无动作等异常。在电池充、放电过程中,当电压上升或下降至截止电压时,若仍无法及时断电,就会导致过度充电、过度放电情况的出现。

#### 4.2 热滥用

热滥用主要指在电池中的局部过热造成的热失控,主要有以下几部分原因。

a) 大倍率充放电。在通信机房中,电池组在充电过程中,一般为0.1 C小倍率充电,在放电过程中,按照不同机房的备电要求,电池组的放电电流可能会达到4 C甚至更高。这一方面需要警惕大倍率放电情况下的温升问题,另一方面在电池组过度放电后,SEI膜分解,极片受损,负极过放表面析出铜离子形成铜枝晶,隔膜孔隙间存在微短路现象。

b) 局部过热。

(a) 对于聚合物电解质固态电池,为增加其导电率,通常会提高工作环境温度,但同时也将加大其热失控的风险。

(b) 当电池组在室外基站等场景下应用时,因户外环境温度过高,电池组的热失控风险增加。

(c) 由于电池组是由多个电芯并联或者串联形成的,内部各电芯布局不合理产生的散热不均也将导致电池组热失控。

## 5 固态电池热失控防范思考

结合通信行业场景,固态电池在通信行业的应用应更关注以下几点。

a) 材料结构改进。从电芯材料结构上进行改造,从而使锂电池具备更好的耐热、散热性能。以目前的研究热点来说,对正负极材料进行结构改造以及引入安全性更高的隔膜材料都是提升电池热性能的主流方法之一。

b) 固态电池放电倍率选择。聚合物及氧化物电解质固态电池由于电导率较低,从原理上其放电倍率略显不足,故对于如数据中心等场景下的备电,可提高固态电池的容量来降低放电倍率,继而降低因大电流放电导致的热失控风险。

c) 冷却方式的提升。在应用过程中,电力室或者机柜中的电池组被其他电池组包围,电池组出现温升后散热条件不理想的情况。应更有针对性地对电池组、电池室的散热方式进行选择,对散热设计值进行复核计算等。

d) 完善BMS控制策略。BMS在固态电池的全生命周期中起到不可或缺的作用,其采集、控制系统的可靠性以及控制策略的完备性关乎电池组的稳定安全运行,应充分考虑单电池组BMS与电池组系统BMS的协调关系。

e) 消防措施。引入多级消防防控措施,确保电池组、电池柜、电池室等多级消防联动,同时针对不同级别的消防研究制定不同的消防策略。

#### 参考文献:

- [1] 李克强. 2020年政府工作报告——2020年5月22日在第十三届全国人民代表大会第3次会议上[R/OL]. [2022-09-25]. <http://www.gov.cn/guowuyuan/2020zfgzbg.htm>.
- [2] 佚名. 固态电池有望成为电动汽车的下一个理想动力源[J]. 电气技术, 2020, 21(10): 6-7.
- [3] 杜莎. 固态电池步入“军备竞赛”阶段,大规模量产仍待工艺与成本突破[J]. 汽车与配件, 2020(15): 62-63.
- [4] 戴书琪. 软物质科普|全固态锂离子/锂电池的发展与展望[EB/OL]. [2022-09-25]. [http://www2.scut.edu.cn/aismst/\\_t1985/2020/1019/c11008a404777/page.psp](http://www2.scut.edu.cn/aismst/_t1985/2020/1019/c11008a404777/page.psp).
- [5] 工业和信息化部. 通信局(站)电源系统总技术要求: YD/T 1051-2018[S]. 北京: 人民邮电出版社, 2019: 3-4.
- [6] 工业和信息化部. 通信中心机房环境条件要求: YD/T 1821-2008[S]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2008: 1-2.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 通信电源设备安装工程设计规范: GB 51194-2016[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017: 8-10.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 数据中心设计规范: GB 50174-2017[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017: 44.

#### 作者简介:

王一帆, 毕业于郑州大学, 工程师, 硕士, 主要从事电源与节能研究工作; 朱清峰, 毕业于西安理工大学, 教授级高级工程师, 学士, 主要从事电源与节能研究工作; 祝华, 毕业于同济大学, 高级工程师, 学士, 主要从事数据中心的相关建设工作; 刘宝庆, 毕业于华南理工大学, 教授级高级工程师, 学士, 主要从事电源与节能研究工作。