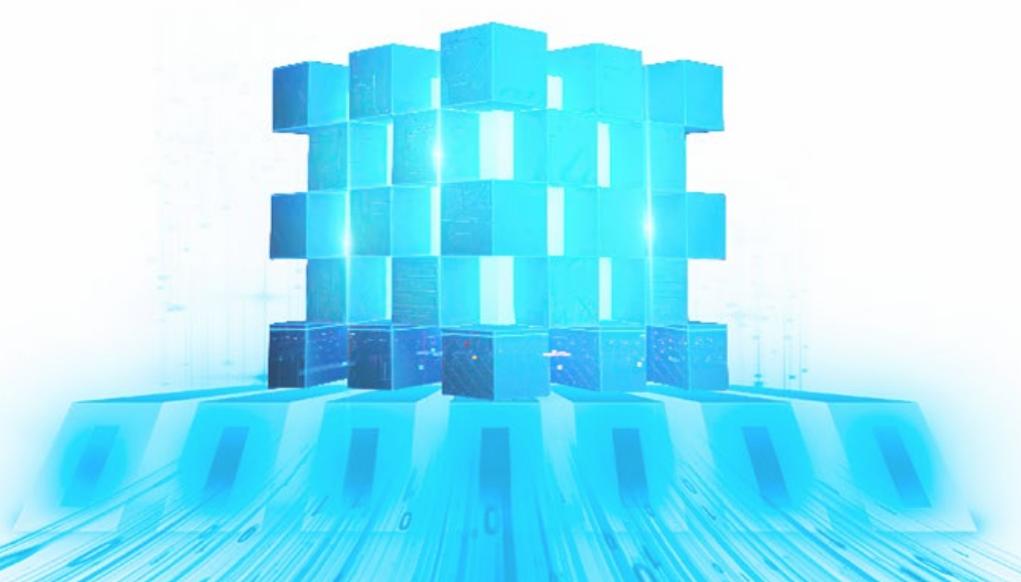




数据中心锂离子电池消防安全 白皮书

2025年2月



中国消防协会

编审工作领导小组

组长：

李引擎	中国消防协会副会长
薛林	应急管理部上海消防研究所所长
闫胜利	中国消防救援学院原院长
尧权	华为数据中心能源领域总裁
金双武	华为数据中心能源及关键供电Marketing与销售服务总裁

副组长：

牛跃光	中国消防协会副会长
马维光	中国消防协会副会长
曹忙根	中国消防协会副会长兼秘书长
杨昀	应急管理部上海消防研究所副所长
张茜	中国消防救援学院科研处副处长
朱国庆	中国矿业大学教授
张帆	华为数据中心能源及关键供电Marketing与解决方案总经理
阳必飞	华为数据中心能源及关键供电产品线产品组合与生命周期管理总经理
马烨	华为数据中心能源产品线营销总经理

成员：

王鹏翔	中国消防协会科技服务部主任
南江林	中国消防协会科技服务部副主任
彭连臣	中国消防协会科技服务部一级注册消防工程师
王敏	中国消防协会科技服务部高级工程师
黄昊	应急管理部上海消防研究所第七研究室副主任
王爽	中国消防救援学院应急救援系副教授
李会永	华为数据中心能源营销支持部部长
陈青	华为中国区数据中心能源解决方案部长
李宝宇	华为数据中心能源产业发展高级总监

主编单位：

中国消防协会、华为数字能源技术有限公司、应急管理部上海消防研究所、应急管理部天津消防研究所、天津市消防救援总队西青支队、中国消防救援学院、中国矿业大学安全工程学院、宁德时代新能源科技股份有限公司、阿里云计算有限公司、北京力坚消防工程有限公司

主编人员：

权晨飞、李日明、田卿、安真、赖兆泽、郑学礼、吕义钢、田珏、陈鑫、史磊、毛颖、马建明、于东兴、朱敬宇、李绍宁、刘泓、彭敏、种晋、徐雷、刘巍、赵海宁、郑明、刘昕、王琼、赵曙光、刘承勇、严章成、关波、武雨茜、李东、罗光洁、向帅、梁海峰、伍容

参编单位（按单位名称首字笔画为序排列）

九江银行股份有限公司、万国数据服务有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、上海航天电源技术有限责任公司、山东水发紫光大数据有限责任公司、广东省电信规划设计院有限公司、广州博大数据科技有限公司、中讯邮电咨询设计院有限公司、中国中元国际设计院、中国长江电力股份有限公司、中国电信集团公司工程处、中国质量认证中心有限公司、中国建筑标准设计院、中国建筑科学研究院有限公司、中国移动通信集团设计院有限公司、中国联通集团公司建设发展部、中通服咨询设计研究院有限公司、中联云港数据科技股份有限公司、中金数据集团有限公司、长鑫存储股份有限公司、世源科技工程有限公司、世源科技工程有限公司武汉分公司、北京火山引擎科技有限公司、北京中科合盈数据科技有限公司、北京世纪互联宽带数据中心有限公司、北京电信规划设计院、北京泰普瑞认证服务有限公司、光大证券股份有限公司、华信咨询设计研究院有限公司、华章数据技术有限公司、交通银行股份有限公司、伊顿电源（上海）有限公司、杭州新纪元消防科技有限公司、国轩高科股份有限公司、南京和本机电设备科技有限公司、信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司、信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司北京分公司、语路科技（深圳）有限公司、烟台创为新能源科技股份有限公司、蓝鲸高领（北京）标准化技术服务有限公司、鹏城实验室、腾讯科技（深圳）有限公司、新源众安（北京）科技有限公司、新源清材科技（北京）有限公司、新源智储能源发展（北京）有限公司

参编人员（按姓氏笔画为序排列）

井汤博、王元月、王月、王玉臣、王向泽、王俊扬、王逸超、王强、王磊、方萍、邓超、叶向阳、兰瑞东、田少岳、巩健、刘兰、刘尧、刘阳迁、刘园园、刘明爽、闫昆、米新锋、许帅、孙俭、杜华锐、杜丽娜、李子豪、李宁、李立、李宏妹、李振江、李翔君、杨玲、杨威、吴晓晖、迟中丰、张丽宝、张杰、张荣军、张海玉、张辉、张佳琪、张瑜、张磊、陆金金、陈凯、周天宇、周钦哲、郑世炜、郑涓、单栋梁、赵利宏、赵峥、赵秀娟、封小云、钟歆、段永辉、侯升凯、俞明翔、徐和民、徐嘉文、高翔、商翌、彭丹、曾显达、葛昕、程中、温晓军、樊婷、滕达

目 录

1. 引言	01
2. 术语	02
3. 数据中心锂离子电池概述	03
3.1. 锂离子电池的工作原理	03
3.2. 锂离子电池的分类	04
3.2.1. 按正极材料分类	04
3.2.2. 按封装形式分类	05
3.3. 数据中心锂离子电池选型	07
3.3.1. 按正极材料选型	07
3.3.2. 按封装形式选型	08
4. 数据中心锂离子电池系统本质安全要求	10
4.1. 电池失效分析	10
4.2. 电池单体安全要求	12
4.2.1. 电池单体产品安全要求	12
4.2.2. 电池单体生产制造安全要求	14
4.3. 电池模块安全要求	15
4.3.1. 电池模块产品安全要求	15
4.3.2. 电池模块生产制造安全要求	17
4.4. 电池系统安全要求	18
5. 数据中心锂离子电池消防安全要求	20
5.1. 火灾特点	20
5.2. 总体要求	21
5.3. 平面布置	22
5.3.1. 概述	22
5.3.2. 部署要求	23
5.4. 自动灭火系统（装置）	25
5.4.1. 概述	25
5.4.2. 灭火剂选择	25

5.4.3. 设计要求	28
5.5. 通风和防排烟	29
5.5.1. 概述	29
5.5.2. 设计要求	29
5.6. 热失控探测报警	30
5.6.1. 概述	30
5.6.2. 设计要求	30
5.7. 排水	31
5.7.1. 概述	31
5.7.2. 设计要求	31
5.8. 紧急断电（EPO）	32
5.8.1. 概述	32
5.8.2. 设计要求	32
5.9. 防爆泄压	33
5.9.1. 概述	33
5.9.2. 设计要求	33
6. 数据中心锂离子电池运输安全要求	35
6.1. 概述	35
6.2. 锂离子电池运输安全条件	35
6.2.1. 通用要求	35
6.2.2. 包装要求	35
6.3. 运载工具	36
6.3.1. 运载工具的选择	36
6.3.2. 车辆/集装箱装载防护要求	36
6.4. 运输过程安全管理要求	37
6.4.1. 申报要求	37
6.4.2. 在途监控	37
6.4.3. 停车管理	37

6.5. 运输过程的应急处置	38
6.6. 临时存储安全要求	38
6.6.1. 存储环境基本要求	38
6.6.2. 存放要求	38
7. 数据中心锂离子电池安装要求	39
7.1. 安装资质要求	39
7.1.1. 资质要求	39
7.1.2. 资格要求	39
7.2. 安装前要求	40
7.3. 安装过程要求	41
7.3.1. 安装准备	41
7.3.2. 安装现场消防安全管理要求	43
7.3.3. 安装工艺及防护要求	43
7.3.4. 安装质量检查	44
7.4. 锂离子电池系统开机（上电）与调试	45
7.4.1. 开机	45
7.4.2. 调试	45
8. 数据中心锂离子电池运维要求	46
8.1. 总体要求	46
8.2. 运维注意事项	46
8.3. 巡检要求	48
8.3.1. 日常巡检	48
8.3.2. 月度巡检	49
8.3.3. 季度巡检	50
8.3.4. 年度巡检	50
9. 应急预案与演练	51
9.1. 总体要求	51
9.2. 应急预案	51
9.2.1. 应急预案流程	51
9.2.2. 应急救援资源	53
9.3. 应急演练	53

10. 灭火救援和应急处置	55
10.1. 灭火前的注意事项	55
10.2. 灭火救援现场的灭火剂选择	55
10.3. 基本处置流程	56
10.4. 与辖区消防救援队伍的联勤联动	57
10.5. 数据中心的灭火物资储备	59
11. 展望未来	60
12. 参考资料	62
附录1 数据中心锂离子电池突发事件应急预案	63
附录1-1 总则	63
附录1-2 应急处置基本原则	64
附录1-3 应急组织机构及职责	64
附录1-4 预防与预警	66
附录1-5 信息报告	67
附录1-6 应急响应	68
附录1-7 应急终止	73
附录1-8 应急物资与装备保障	73
附录1-9 附则	74
附录2 数据中心锂离子电池应急演练	75
附录2-1 总体要求	75
附录2-2 需求计划	76
附录2-3 演练准备	76
附录2-4 过程实施	79
附录2-5 评估总结	85
附录2-6 持续改进	85

1. 引言

数字中国建设整体布局规划，是党中央、国务院推进数字时代中国式现代化的重大战略部署，加快数字中国建设，构筑国家竞争新优势，对于全面推进中华民族伟大复兴具有重要意义和深远影响。

数据中心是数字基础设施的重要组成部分，新型数据中心是汇聚多元数据资源、运用绿色低碳技术、具备安全可靠能力、提供高效算力服务、赋能千行百业应用的新型基础设施。传统数据中心正加速与网络、云计算融合发展，向新型数据中心演进。

锂离子电池作为电化学储能的主流设备，广泛应用于数据中心。由于其能量密度高、热失控后可持续反应，产生高温和有毒、易燃易爆气体，诱发火灾和爆炸的风险较高，对数据中心的安全运行构成了较大威胁，引起了国内、国际业界的高度关注。实际上，由锂离子电池火灾导致数据中心运行事故的间接损失远远大于电池火灾的直接经济损失。国内外的事故案例表明，数据中心锂离子电池的火灾危害不容小觑。

改进数据中心锂离子电池备电、供电的消防安全防护条件，提高消防安全管理水平，增强灭火救援处置能力，是确保数据中心及业务系统整体可靠性的重要保障措施，也是锂离子电池全产业链可持续发展过程中不容忽视、不可或缺的关键安全因素之一。

中国消防协会和相关参研单位认真贯彻落实总体国家安全观，坚持国家利益至上，聚焦数字中国建设的消防安全需求，汇聚数据中心锂离子电池产业各相关方的智慧和创新成果，在广泛调研论证和集中研讨审查的基础上，提出并形成《数据中心锂离子电池消防安全白皮书》，旨在号召各相关方并肩携手落实消防安全保障措施，推动锂离子电池本质安全的技术突破，最大程度地降低锂离子电池的火灾风险和危害程度，确保数据中心的安全稳定运行，为构建以新型数据中心为核心的智能算力生态体系创造良好的消防安全环境。

2. 术语

数据中心

为集中放置的电子信息技术设备提供运行环境的建筑场所，可以是一栋或几栋建筑物，也可以是一栋建筑物的一部分，包括主机房、辅助区、支持区和行政管理区等。

锂离子电池单体

化学能与电能间转化及储存能量的基本单元装置，包括电极、隔膜、电解质、外壳和端子；亦可以是指内部包含一只电池单体或若干只电池单体并联的最小可维护单元。

锂离子电池模块

由多个锂离子电池单体采用串联、并联或串并联连接方式，且有成对正负极输出端子的电池组合体，此外一般包括外壳、管理与保护装置等部件。

锂离子电池簇

由多个锂离子电池模块串联组成的最小系统放电单元，该放电单元还应包括电池管理系统、监测和保护电路、电气和通讯接口等部件。

锂离子电池柜

由多个锂离子电池模块通过串联、并联或串并联连接方式，收容在一个柜体内，为主要的备用电源装置，辅以柜内的电池管理系统（BMS）、监测和保护电路、通讯接口等部件。

锂离子电池系统

由锂离子电池柜通过并联连接方式，且与开关柜或汇流装置连接后实现独立运行的电池组合体。

拉远部署

将锂离子电池系统与主机房所在建筑分离布置的方式。

锂离子电池室

数据中心中专用于布置锂离子电池的房间。

撬装式锂离子电池系统

数据中心布置带有集装箱等围护结构的锂离子电池系统的设施。

紧急断电

通过某一按钮或开关，立即断开电池室内除消防电源外所有电源的输入、输出。

3. 数据中心锂离子电池概述

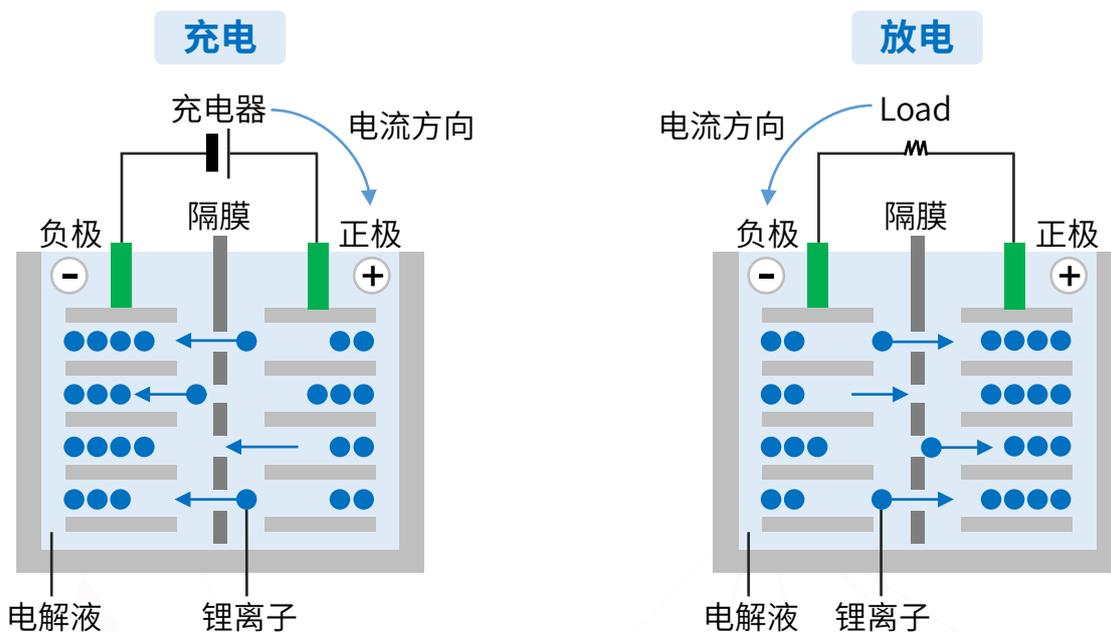
3.1. 锂离子电池的工作原理

锂离子电池的充电和放电是电能和化学能相互转化的过程，其工作原理如下：

充电过程：外部电源施加电压时，正极材料中的锂离子和电子从正极材料中的过渡金属释放，电子通过外接电路流向负极，同时，带正电的锂离子进入电解液，穿过隔膜向负极移动；锂离子在负极表面得到电子，嵌入负极材料（通常为石墨）的层间。当从正极脱出的锂离子在负极嵌满时，电池完成充电，负极处于富锂状态。

放电过程：当电池与外部负载连接时，即进行放电。由于正、负极之间存在电位差，锂离子从负极脱嵌，经过电解液和隔膜回到正极，重新与正极材料结合。同时，负极的电子也通过外电路流向正极，形成电流，为负载提供电能。

在这个过程中，锂离子在正、负极之间往返嵌入和脱出，像在正负极之间“摇摆”一样，因此被形象地称为“摇椅电池”。整个充放电过程隔膜起到了至关重要的作用，它将电池的正极和负极隔开，防止内短路的发生，同时允许电解液中的锂离子自由通过，保证电池内部形成正常的电流回路。



3.2. 锂离子电池的分类

一般情况下，锂离子电池的种类按照正极材料和封装形式进行分类。

3.2.1. 按正极材料分类

目前，按照正极材料，行业中主要有磷酸铁锂离子电池（LFP）、三元锂离子电池（NCM或NCA）、锰酸锂离子电池（LMO）和钴酸锂离子电池（LCO）等几类。

(1) 磷酸铁锂离子电池（LFP）

优点：能量密度较高，常温高温性能优异，环境友好，安全性较好。磷酸铁锂材料具有较好的循环稳定性和热稳定性，使得储能型电池循环寿命能达到10000次以上。目前在新能源乘用车、商用车及储能市场应用较多，同时也是国内数据中心储能电源电池主要采用的电池材料。

缺点：磷酸铁锂正极材料颗粒度小，压密低，电池能量密度略低于高镍三元锂离子电池。

(2) 三元锂离子电池（NCM或NCA）

优点：工作电压平台高，能量密度高，同时具有较好的功率性能，契合电动汽车对续航里程和动力性能的要求。相比纯镍酸锂、锰酸锂，高镍三元结构稳定性更好，且克容量较高。

缺点：安全性差于磷酸铁锂，其结构热稳定性相对较差，在高温或过充过放等情况下容易发生热失控；钴元素成本较高且有一定污染；镍元素成本高，高比例会提高正极材料的成本。国内数据中心场景的电池极少应用该类材料。

(3) 锰酸锂离子电池（LMO）

优点：锰酸锂原材料锰的资源相对丰富，成本较低，对环境友好，锰酸锂的高低温充放电性能较好。在电动工具、低速电动车和医疗器械等对成本敏感且对能量密度要求不高的领域有应用。

缺点：能量密度和循环寿命相对较低，高温循环稳定性差，在使用过程中，由于Jahn-Teller（杨-泰勒）效应锰元素溶出导致结构破坏，电池性能衰减较快。国内数据中心场景的电池极少应用该类材料。

(4) 钴酸锂离子电池（LCO）

优点：放电电压高，性能稳定且易于合成，是最早实现商业化的锂离子电池材料。常用于手机、笔记本电脑等对体积要求较高的消费类电子设备，能提供较高的能量密度和稳定的电压输出。

缺点：钴资源稀少，价格较高，且钴元素有毒，对环境有一定污染，同时其安全性相对较差，过充时容易引发安全问题。一般不用于数据中心电池的正极材料。

3.2.2. 按封装形式分类

目前，行业中主要分方形、圆柱和软包等封装形式的电池。

(1) 方形电池

方形电池是一种以矩形状为特征的电池。这些电池采用堆叠的电极材料，封装在方形壳体中，通常由铝或其他轻质材料组成。

优点：①空间优化。方形电池采用扁平的矩形设计，因此在空间效率方面表现出色；②提高成组效率。紧凑的袋状结构中的堆叠电极材料有助于电池模块内的高效包装，优化大型电池组（如电动汽车或储能系统中使用的电池组）的空间利用率；③易于制造。方形电池的制造过程涉及均匀堆叠层，有助于简化生产线，从而可能降低制造复杂性和成本。

缺点：①形式灵活性有限。方形电池的固定、刚性形状可能会对适应设备内的不规则或定制形状空间构成挑战，从而限制它们在某些产品设计中的使用；②缺乏标准化。种类繁多，标准化具有挑战性。

(2) 圆柱电池

圆柱电池是一种以圆柱状为特征的电池，外部是铝制或钢制圆柱形外壳，内部是以螺旋结构缠绕的电极材料，可高效利用壳体内部空间。

优点：①工艺成熟且成本低。圆柱形电池，制造工艺成熟，生产效率高；②高能量密度。圆柱形电池能量密度高；③坚固耐用的结构。圆柱形外壳提供了结构完整性，使这些电池更能抵抗物理冲击。

缺点：①外形尺寸限制。固定圆柱形可能不适合某些需要灵活性或特定外形尺寸的设备设计。这种限制可能会在空间限制或自定义形状至关重要的应用中带来挑战；②容易受到机械应力的影响。在某些情况下，圆柱形电池内的绕组结构可能容易受到机械应力或变形的影响；③容量有限。圆柱形电池的径向导热性限制了绕组层数，导致单个电池容量较小。

(3) 软包电池

软包电池是指灵活的软包状包装，没有刚性外壳，这些电池由堆叠的电极材料组成，封装在一个由铝和聚合物层压板等材料制成的柔性包装内。

优点：①可定制的外形尺寸。软包单元具有出色的适应性，提供灵活的外形尺寸，可定制以适应各种形状和尺寸。这一特性使它们非常适合空间优化和独特设计至关重要的应用场景；②增强安全性。软包电池采用铝塑料复合膜制成的包装，与其他电池类型中使用的刚性外壳相比，可有效降低爆炸的可能性；③高能量密度。与传统电池形式相比，没有刚性外壳，软包电池更轻、更节省空间；重量比同等容量的钢壳电池轻 40%，比铝壳电池轻 20%，具有更高的能量密度。

缺点：①有限的结构支撑。没有刚性外壳会减少软包电池的结构支撑，对制造和装配工艺控制提出更高的技术要求；②标准化和成本挑战。软包电池在实现标准化方面面临困难，导致成本更高。

3.3. 数据中心锂离子电池选型

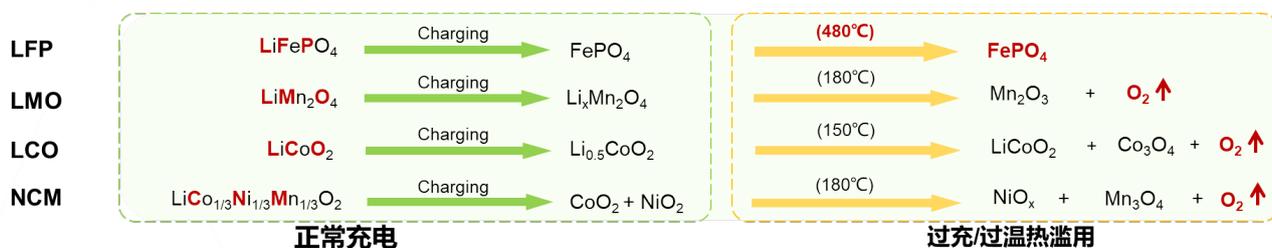
数据中心场景的锂离子电池系统，主要为供电设备（如UPS、HVDC、SST等）提供备用电源，确保数据中心供电连续性和可靠性，保障用电设备，如服务器、存储设备和网络设备能够持续运行，避免因断电导致的数据丢失和业务中断。

针对数据中心锂离子电池的选型，除满足基本的备电功率、备电时间、工作温度、温升等要求外，对于电池单体的选择一般如下考虑：

3.3.1. 按正极材料选型

数据中心场景对安全要求极高，如出现重大事故，损失难以估量，波及范围广。因此在进行电池类型选择的时候，安全性是首要考虑因素。

磷酸铁锂相对于其他锂离子电池正极材料，如镍钴锰三元锂，具备更高安全性和更长循环寿命；磷酸铁锂的高温稳定性优于其他锂离子电池正极材料，磷酸铁锂具有橄榄石型结构，其晶体结构中的磷酸根（ PO_4^{3-} ）能够提供较强的结构稳定性，不易发生晶格坍塌等严重结构变化。磷酸铁锂高温分解起始温度比镍钴锰三元锂要高出 200°C ；另外，磷酸铁锂在高温下不易发生剧烈的氧化还原反应，产生的热量较少，热失控的风险相对较低。三元锂等其他正极材料，其中含有多种过渡金属元素，高温下反应活性高，会产生大量热量和气体，安全性较差。因此，磷酸铁锂是数据中心锂离子电池的首选正极材料。



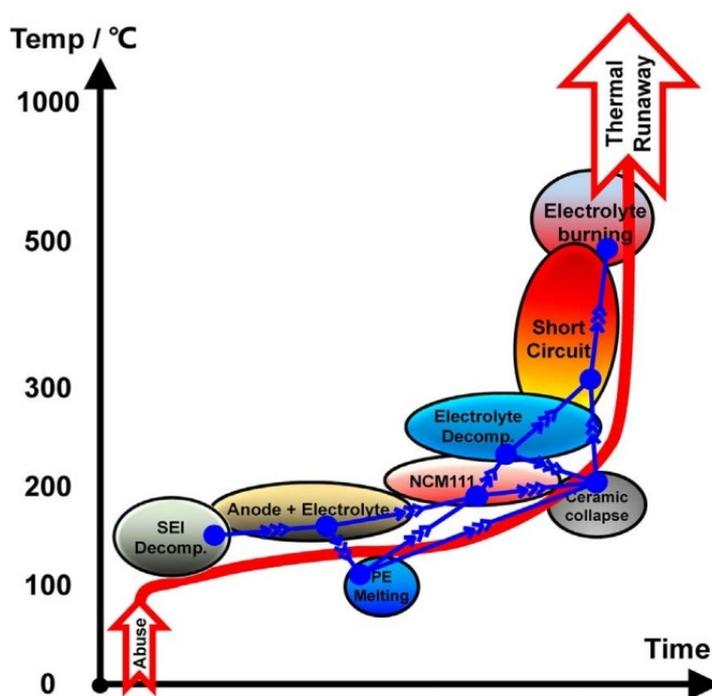
*以下正文所提到的“数据中心锂离子电池”特指磷酸铁锂电池。

3.3.2. 按封装形式选型

选型在兼顾安全性和防护性的同时，还应考虑到散热性能优良，并且易于成组和生产制造，空间利用率高等要求。

(1) 安全性较高

清华大学冯旭宁博士等人研究指出，锂离子电池热失控可以通过链式反应如下图所示。短路等滥用工况发生，电池的温度升高，引发副反应，例如，在整个热失控演变过程中，温度升高、电解液气化挥发、SEI分解、负极与电解液发生反应、电解液分解放热、正极与电解液反应、粘结剂分解等副反应随着温度的升高依次发生。而且上述副反应释放出更多的热量，形成自加热循环，温度持续上升，最终引发电池发生热失控。因此，电池材料体系的热稳定性、隔膜热稳定性是影响电池热失控反应起始温度的关键。与此同时，优化电池的壳体结构、通流能力设计、N/P比、对齐度，制程工艺控制电池内部缺陷，可有效降低电池失效率。



(2) 散热性能良好

方壳及软包表面积大，为电池的散热提供了有利条件。在电池充放电过程中，产生的热量能够更快地通过外壳传递到外部环境中，从而有效地降低电池内部的温度，保证电池在适宜的温度范围内工作，提升电池的性能和寿命，利于高功率场景。圆柱由于外壳表面积较小，在高功率应用中温升较大，当前行业内通过全极耳技术等降低高倍率充放电的焦耳热。

(3) 空间利用率高

方形和软包的外形设计使得电池内部空间能得到更有效的利用，可以更好容纳电极材料等组件。考虑电池在Pack中热扩散及绝缘防护，电池成组时需增加绝缘隔热材料，在一定程度上会影响电池组体积比能量密度；圆柱电池在装配时通过电芯间的间隙满足绝缘及隔热要求；基于安全考虑，三种封装的电池成组后体积比能量密度无明显差异。

(4) 易于组装和集成

铝壳方形和软包电池形状规整，在电池模块的组装和集成过程中具有优势，能够更方便地进行排列和组合，节省空间，提高电池模块的空间利用率。在数据中心锂离子电池应用场景中，规整形状有助于实现高效的空间布局，连接方便。电池的正负极通常位于电池的一侧或相对的两侧，便于进行电极的连接和布线，降低电池模块的组装难度和成本，提高生产效率。同时绝缘膜机械强度差，在成组过程中易刺穿，在模组装配工艺上需加强成组及焊接时的异物管控。

(5) 生产工艺成熟

铝壳方形电池的生产工艺经过多年的发展和优化，已经成熟和稳定。生产过程中的各个环节，如电池单体的制造、外壳的加工、封装等，都有较为完善的技术和设备支持，能够保证电池的质量和性能的稳定性的。

4. 数据中心锂离子电池系统本质安全要求

优秀的数据中心锂离子电池系统安全设计能够极大提升其本质安全，因此在设计过程中需要充分识别各种安全失效风险，并考虑在电池单体、电池模块和电池系统设计中，最大程度满足锂离子电池在数据中心场景应用的安全性和可靠性。

4.1. 电池失效分析

锂离子电池的失效模式主要分为两类：一类为性能失效，即锂离子电池的性能无法满足使用要求，主要包括容量衰减快、内阻增大、自放电大等；另一类为安全性失效，即锂离子电池由于使用不当或滥用而产生一定安全风险，主要包括绝缘失效、鼓胀、开阀、热失控等。本节对安全性失效模式进行说明。

(1) 绝缘失效

指由于电池单体外壳破损，带电铝壳与Pack金属外壳搭接导致绝缘失效的现象。电池单体绝缘失效的主要原因之一是外部绝缘介质破坏，如极柱与盖板导通、电池单体绝缘膜受损等导致绝缘失效。此外，电池单体漏液也会造成绝缘失效。由于电池单体制程不良或受损导致壳体破裂，电解液泄露，会导致电池单体和外壳间绝缘失效，工作过程中可能引发电池单体短路，电池损毁或者热失控引发火灾。

(2) 异常鼓胀

当电池内部压力过高时，电池单体壳体表面会异常鼓起。直接原因是某些异常状况下电解液氧化分解，在密封的电池内部产生气体，造成电池鼓胀，鼓胀电池存在开阀及爆炸风险。

(3) 开阀

在滥用工况下，电解液氧化分解或受热汽化产生大量气体，内部压力持续升高，超过电池安全阀阈值时，安全阀会自动开启，释放气体和汽化电解液，可见烟雾冒出，一般无明火。

(4) 热失控

指电池温度异常上升，导致一系列自加热副反应，使得电池温度急剧升高，最终导致电池起火甚至爆炸的现象。电池的热失控诱因主要分为电滥用、热滥用、机械滥用以及电芯自身内部故障。

a) 电滥用

外短路：外短路是造成电池热失控的重要原因，由于异物入侵导致变形或绝缘失效，造成电池外部正负极短路，短时间内放出大量热量，引发热失控。

内部短路：电池单体在制造过程中可能存在金属杂质、毛刺和隔膜孔洞等缺陷，或使用过程中受到外力撞击、挤压等，导致正负极之间发生短路。短路点会产生大量热量，引发热失控。锂枝晶生长也可能导致内部短路，在充电过程中，锂离子在负极表面不均匀沉积，形成树枝状的锂金属晶体，枝晶可能穿透隔膜，引起正负极短路。

过充：过充电时，正极材料中的锂离子过度脱出，导致结构不稳定，可能发生分解反应。同时，负极材料可能会过度嵌入锂离子，形成锂金属沉积，增加短路风险。过充会产生大量热量，容易引发热失控。

b) 热滥用

热滥用包括过热、热冲击、火灾暴露等，电池最佳工作温度范围一般为20-30°C。当温度过高时，电池内部的化学反应速率加快，副反应增多进而放出大量的热量。当放热速率大于散热速率时，热量不断累积，隔膜融化造成内短路，内部自加热反应释放大量热量，引发热失控。

c) 机械滥用

机械滥用包括挤压、碰撞、穿刺和弯曲等。机械滥用通常造成电池形变，引发内部结构变化，严重情况造成隔膜刺穿、外部正负极搭接，内/外短路产生大量热量，引发电池材料副反应，生成气体，最终导致热失控。

基于锂离子电池安全失效模式分析，需要对电池单体、电池模块和电池系统进行安全设计要求约束。

4.2. 电池单体安全要求

4.2.1. 电池单体产品安全要求

电池单体产品安全设计需满足系统要求、制造、运输和应用等多方面约束，这决定了锂离子电池单体安全性的基因。从前述锂离子电池失效模式可得出，常见涉及安全的失效有绝缘失效、异常鼓胀、开阀、热失控等。因此电池单体安全设计需要从材料选型、容量选型、极片设计、结构设计和应用限制等方面进行考虑。

(1) 材料选型

涉及正极材料、负极材料、隔膜、绝缘膜等。正极材料应选择热稳定性更好的磷酸铁锂；负极材料应选择动力学能力更好和反弹小的石墨；隔膜应具备高抗穿刺强度和热收缩性好的特性，PE基材隔膜应增加陶瓷涂层；绝缘膜材质对温度的耐老化性能需满足电池单体寿命要求，通过150°C/0.5h测试。

(2) 容量选型

电池单体选型需要选择容量合适的电池，以确保数据中心的供电可靠性、能效以及运维成本得到优化。随着电芯技术的不断升级迭代，在满足安全条件下，建议综合评估电芯容量的选型策略。

(3) 极片设计

包含对极片尺寸、活性物质面密度和压实密度的设计，其中极片绕制成卷芯后应小于电池单体内部结构件预留的空间，防止存在干涉现象导致卷芯变形，从而导致极片析锂或电池单体内短路；活性物质面密度设计需满足电池单体充电能力，否则可能引发活性锂离子析出导致电池单体内部短路。

(4) 结构设计

涉及裸电池单体尺寸及结构、绝缘膜尺寸、极柱与壳体的绝缘电阻、连接片和极柱/极耳的通流能力、泄压结构等设计。

裸电池单体可选择卷绕结构和叠片结构，根据电池单体内部空间、极片反弹水平和制造能力设计裸电池单体的长度、宽度和厚度。

绝缘膜尺寸包含电池单体内绝缘膜和电池单体外绝缘膜。电池单体内绝缘膜设计需考虑

裸电池单体尺寸，应实现全覆盖，避免极片与壳体搭接。电池单体外绝缘膜需满足绝缘膜绝缘耐压能力和抗穿刺强度需求，防止电池单体外壳短路腐蚀漏液。

负极柱塑胶选择绝缘型，正极塑胶可选择绝缘型和大电阻型，选择正极大电阻型主要是避免铝壳腐蚀。

连接片、极柱和极耳尺寸主要考虑大倍率过流能力，数据中心5~10min备电能力对应电池单体放电6~12C，在大电流下连接片和极柱需保持较低温度，避免烧蚀隔膜和绝缘塑胶。

泄压结构选择基于电池单体全生命周期产气量和失效产气速率。

(5) 应用限制

指在系统产品中定义电池单体的应用边界，支撑电池单体的电性能和安全性能，需要明确清晰，如限制结构可支持的最大膨胀力需明确，电池单体大面可支持的预紧力范围需定义。

4.2.2. 电池单体生产制造安全要求

电池单体设计到实物，依靠电池单体高质量的过程管控来实现。要避免前述各种安全失效模式，需从人、机、料、法、环五个维度对电池单体制造的每个工序的单一参数进行合理定义和严密管控。开发流程中，电池单体在C样阶段应完成PFMEA（过程失效模式及后果分析），需覆盖电池单体制造可识别到的所有潜在失效风险点，支撑制造工程师定义和优化工艺流程和工艺参数。

在电池单体完成密封前的所有工序，要求大环境的粉尘度小于10W级，对于完全密封设备所处环境洁净度可适当放宽至不大于100W级；对于关键工序，设备设置小环境，加装气体过滤装置（FFU），将小环境的粉尘度提升至1W级。

电池单体制造根据形态和功能分为三段：

（1）前工序极片段

涉及物料混合、涂覆、辊压和分切等工序，侧重材料的混合均匀度、涂覆均匀度和厚度高一致性。制造管控重点参数有磁性物质含量和分切毛刺尺寸等，避免不良品的产生。常见严重失效为负极削薄区面密度低、负极满充析锂。

（2）中工序组装段

涉及卷绕、整形、超声焊接和激光焊接等工序，侧重零部件的组装，依靠高精度设备。中工段重点管控切断位毛刺、绝缘阻值、焊印面积、熔深熔宽、胶带覆盖效果和焊接翻边高度等参数，以避免不良品的产生。常见严重失效有，焊接过程中顶盖与铝壳间存在缝隙，导致激光穿过缝隙损伤卷芯，导致内部绝缘膜失效，出现腐蚀漏液。

（3）后工序测试段

涉及烘烤、注液、化成、老化、分容和自放电等工序，重点管控水含量、化成容量、分容容量、自放电率等参数，对不良品进行拦截。常见严重失效有负极耳未被覆盖、露出部分与铝壳搭接导致漏液。在后工序测试段，通过负壳电压检测能够识别该问题。

4.3. 电池模块安全要求

4.3.1. 电池模块产品安全要求

电池模块产品安全设计应综合考虑制造、运输、存储、安装、运行、维护、回收等全生命周期的失效场景，从机械、电气、热等方向进行设计，规避可燃物、助燃物和引火源燃烧三要素中的一种或多种，保障在正常使用或合理可预见滥用时的产品安全，不起火、不爆炸、不造成或减少人身伤害/财产损失。

(1) 制造

电池模块产品安全设计应匹配自动化产线的要求，预留机械抓手操作空间、视觉定位标识等，避免生产过程中的人工操作质量不可控，破坏产品的安全特性。

电池单体串并联连接应采用自动激光焊接工艺，确保焊接可靠，防止松动脱落，汇流排与电池单体极柱焊接面积满足通流要求。

(2) 运输/存储

电池模块产品本体或通过包装应能适应运输、存储等过程的极端环境，具备防淋雨、防静电、耐冲击振动、防凝露等功能，可使用干燥剂或粘贴倾倒检测等异常检测标签，避免产品损坏，或提醒客户不要继续使用可能损坏的产品。

(3) 安装

电池模块产品安全设计应匹配本体重量，设计宜方便搬抬、转运，避免砸伤人员或对电池造成内伤，并粘贴安全警示标签，提醒远离明火/热源、禁止踩踏/淋雨/翻滚/碰撞/跌落/倒置，工作时避免触摸防烫伤/电击，避免安装和运维时因滥用出现安全问题。电池模块应能耐受短路故障电流或采用防短路设计，在安装、运维、调试时可能出现短路场景，熔丝I₂T熔断曲线应小于电池单体短路安全边界，额定分断能力应大于电路中最大故障电流，实现快速分断，避免电池模块短路起火或避免熔丝分断失败炸裂。

(4) 运行

电池模块产品设计在模块内部，应在电池单体和电池单体之间、电池单体与端板/外壳等其他金属件之间、电池单体与功率/监控等单板之间设计足够的安全距离，使用耐高温、抗穿刺、隔热、阻燃的绝缘材料或进行分仓设计，避免因异物、凝露、漏液等导致电池单体与电池单体间形成短路回路、绝缘失效、单板拉弧打火等安全扩散问题。

采样线束应采用耐高温绝缘防护设计，或使用耐高温、防打火熔丝的集成母排等采温、采压方案，避免由于采样线缆压线绝缘失效或线缆搭接等问题导致电池单体短路。对每个电池单体和总正负功率铜排直接采温，以便出现异常后及时上传系统采取措施，保障电池单体工作在安全范围内，或启动隔离装置避免失效进一步扩散。

电池模块设计需要考虑抑制因电芯零星失效导致局部起火的情况，可通过配置模块内局部灭火子模块，在电芯零星失效起火的情况下，快速自动启动扑灭明火，防止火势蔓延至整个系统；也可通过电池模块高防护设计和阻氧设计方案，使得电芯失效产气后，隔绝氧气，从源头阻断起火的发生。

对于电池模块内部塑胶材料，包括塑胶结构件和线缆外皮，其阻燃等级应该符合《塑料燃烧性能的测定水平法和垂直法》（GB/T 2408-2021）要求，其中水平燃烧达到HB级，垂直燃烧达到FV-0级。

(5) 维护

电池模块产品应配置单个或多个模块补充电设备，并粘贴补充电警示标签，提醒操作人员在电池长期存储或放电完毕后，及时按照手册补充电，避免因过放导致漏液损坏，出现安全问题。

(6) 回收

电池模块产品应设计生命末期退出管理提醒或限流方案，并在产品资料中进行明示，提醒客户更换老旧电池，避免电池超期使用出现析锂、漏液等安全问题。

4.3.2. 电池模块生产制造安全要求

电池模块生产制造安全设计应综合考虑来料、存储、制造、周转、装配、测试、出货、返修、不良报废等场景，分析人员、设备、物料、方案、环境五个影响产品质量的主要因素，提高批量生产直通率，拦截避免有安全风险的产品流出，保障在正常使用或合理可预见滥用时的产品安全，不起火/爆炸，不造成或减少人身伤害/财产损失。

(1) 来料

电池模块生产制造应对来料的关键安全类规格实施检验，包括耐温、耐压、I2T熔断曲线、电池单体安全边界等，非破坏性测试应全检，破坏性测试应抽检，保障来料质量满足产品安全设计要求，从源头规避风险。

(2) 存储

电池模块生产制造应配置存储和生产环境控制设备，包括对温度、湿度和洁净度等关键参数的控制，避免高低温、凝露、灰尘等对电池单体、搭接面、绝缘耐压/阻抗等安全设计造成影响。

(3) 制造

电池模块生产制造应严格控制其他对产品有影响的环境，包括腐蚀性或有机物质、阳光、火源、热源、电源等，并配置相关消防灭火装置，避免外部环境对电池模块的影响。

(4) 周转/装配/测试

电池模块生产周转、装配、测试时应使用自动化工具和设备，包括机械手、自动堆叠/装配、焊接机、智能电批、绝缘耐压测试/一体化性能测试设备等，管控和回传记录关键过程参数，保障生产质量稳定性，降低人工操作带来的问题，并设计至少三面护栏防护或容器防护，以防止产品跌落及撞击。

(5) 出货

电池模块生产出货前应对关键安全类规格实施检验，包括绝缘耐压、大倍率放电老化温升测试或DCR测试等。非破坏性测试应全检，破坏性测试应抽检，保证出货质量满足产品安全设计要求。

(6) 返修

电池模块生产不良品返修应与正常良品区分和隔离，并做好记录，需配置工装以确保返修过程中不会引入异物等风险点，此外，所有返修后的电池模块都应全量完成生产测试。

(7) 不良报废

电池模块生产不良品报废应尽快处理，电池单体、受应力变形、老化测试不良产品等经安全判定有火灾隐患的，需要隔离单独房间存储，并配置消防灭火装置。

4.4. 电池系统安全要求

电池单体和电池模块安全设计是保证电池本质安全的关键，但锂离子电池系统运行过程中，会因为应用不当导致电池热失控甚至起火，因此锂离子电池系统也应当具备安全设计约束，确保电池系统应用安全。

a) 锂离子电池系统应内置BMS，用于监控电池系统内每节电池单体的电压和温度状态，以及电池簇充电和放电电流状态。BMS应对电池系统进行分层、分级、统一的管理，根据各层级特性对电池（单体、模块、系统）的电压、电流、温度及SOC等运行状态进行实时监测，并进行优化控制及全面管理，确保电池系统安全稳定运行。BMS应包括三级，第一级为电池模块监控单元，第二级为电池柜管理系统，第三级为多台电池柜的并机管理系统。

b) 电池系统应具备独立接入网管系统和云管理系统的功能。设备侧BMS应具备同网管系统、云管理系统等上位机系统通信与交互的能力，组成更高等级的BMS，保护电池安全和进行长期故障分析，提前识别电池单体隐患进行预警。

c) 电池系统发生过压、欠压、过流、短路、高温、低温等异常情况时，应具备快速切断电池充放电回路的保护功能，就地隔离故障点，并且将告警信号上传监控系统和UPS。

d) 电池系统内保护装置应包含断路器和熔断器，在电池系统出现短路场景时，实现双重保护，确保BMS系统和电池单体不损坏，包括不打火、不变形、不漏液、不冒烟、不起火和不爆炸。

e) 电池系统应能够保证电池单体、电池模块、电池簇的电压电流不超出设计规格。例如，可针对每簇电池配置功率控制单元，精确控制每一簇电池的充放电的电压和电流。

f) 锂离子电池柜应具备功率线缆反接保护功能，功率线缆接反不应当导致电池损坏，建议增加电池柜功率线缆反接的检测功能，检测到功率线缆反接则报警并限制电池柜开关闭合。

g) 锂离子电池柜应具备顶部防滴水能力，防止滴水进入柜内导致电池损坏；建议锂离子电池柜至少按照IP20防护等级进行设计和认证测试。

h) 电池系统应设置EPO干接点，配合在电池室外安全区域设置EPO按钮，在锂离子电池发生开阀、冒烟、起火等极端场景下能够对电池系统进行远程紧急关机，防止故障扩散；在启动水消防之前，应实施EPO将电池系统紧急关机；锂离子电池柜宜配置火灾探测报警和灭火装置，实现热失控火情的早期控制。

i) 电池柜客户接线功率端子/铜排应具备温度检测和过温保护功能，用于异常状态监测报警和保护，防止接线不良导致的过温和起火。

j) 电池柜应标配对地绝缘监测电路，在电池柜上电开关没有闭合、电池系统没有接入供电系统之前，进行电池系统内部的对地绝缘检测，检测出对地绝缘阻抗偏低的情况，则报警不允许闭合电池柜开关，防止由于对地绝缘失效导致电池系统拉弧起火。

k) 电池柜宜具备运行状态下实时检测系统绝缘失效的能力。例如，可配备漏电流检测装置，实时检测系统工作漏电流，当检测到漏电流大于设定阈值时，则报警并主动进行保护（开关脱扣），防止电池系统持续漏电流导致拉弧起火。

5. 数据中心锂离子电池消防安全要求

5.1. 火灾特点

近年来，锂离子电池凭借高能量密度、长寿命和低自放电率等显著优势，在数据中心备电系统中得到广泛应用。整体而言锂离子电池安全性较高，但由于其高能量密度和热失控后持续反应等会导致火灾特征较为复杂。

在电滥用、热滥用等的情况下，锂离子电池可能发生热失控，引发火灾甚至爆炸事故的发生，锂离子电池的安全性问题也随之成为行业关注的焦点。因此，研究锂离子电池火灾的有效扑救方法具有重要的现实意义，不仅能够减少企业的财产损失，更能保障员工的生命安全和数据中心的稳定运行。

与传统火灾相比，锂离子电池热失控火灾有其自身的独特性。

(1) 温升速率高，热释放速率大

锂离子电池在滥用条件下会自发发生放热反应。出现热失控后，电池内部放热反应剧烈，短时间内产生大量热量，使电池温度急剧升高。热失控时，电池泄压阀处喷出大量可燃气体、电解液及材料颗粒，被高温点燃后产生剧烈的射流火，具有极高的热释放速率。快速温升和热释放使得锂离子电池火灾控制复杂，并可能迅速蔓延至整个电池模块或系统。

(2) 火灾蔓延速度快

为增加系统能量密度，一般将模块内电池单体紧密布置。当电池模块中某一电池单体失效而触发热失控时，由于紧密排列布置将热量迅速传递到邻近电池单体，造成电池模块内热蔓延，火灾蔓延迅速。

(3) 灭火复杂，火灾易复燃

热失控过程中，大部分放热反应均发生在电池内部。而由于外壳的阻碍，灭火剂不易进入电池内部阻断热失控链式反应。灭火过程中，若无法彻底降低电池温度，消除热源，内部化学反应无法抑制，温度会持续升高，可能引发复燃。

(4) 产生易燃、有害气体

磷酸铁锂电池热失控过程中电解液会产生大量气体，包括氢气、一氧化碳、甲烷、电解液蒸汽等。当可燃气体在密闭空间集聚超过燃爆浓度时，有燃爆风险。同时，热失控产生的气体有较高的毒害性，威胁人身安全。因此，在扑救锂离子电池火灾时，需要采取适当的通风和排气措施，以减少有害气体的危害。

5.2. 总体要求

本节贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，深刻吸取近年来我国重特大火灾事故教训，认真总结国内外建筑防火中锂离子电池室的设计实践经验和消防科技成果，深入调研了工程建设发展中出现的新情况、新问题和规范执行过程中遇到的疑难问题，认真研究借鉴发达国家经验，开展了大量课题研究、技术研讨和必要的实体火灾试验，广泛征求了有关设计、生产、建设、科研、教学和消防监督等单位意见。

在满足上述强制性规范的前提下，鼓励合理选用相关团体标准、企业标准，使项目功能、性能更加优化或达到更高水平。但需注意，推荐性工程建设标准、团体标准、企业标准要与强制性工程建设规范协调配套，各项技术要求不得低于强制性工程建设规范的相关技术水平。

根据锂离子电池的失效模式，锂离子电池室存在的安全风险可分为直接风险及间接（次生）风险两大类。

直接风险主要为锂离子电池失效释放的热量、烟雾、可燃气体等引起的火灾、燃爆，进而造成锂离子电池室内所有设备的损坏、烧毁。

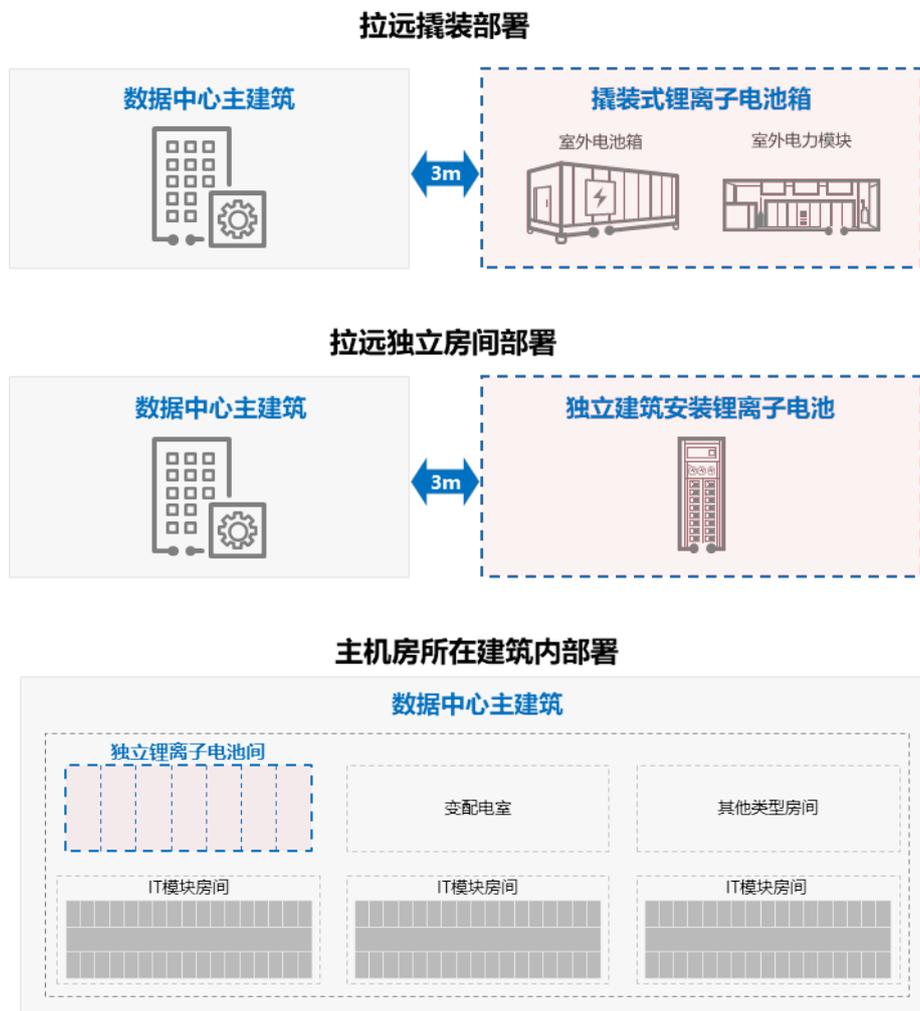
间接（次生）风险主要为锂离子电池失效后引起火灾或扑灭火灾过程中对相邻房间、建筑带来的影响，如火灾无法有效控制后扩散蔓延到相邻的房间、建筑，锂离子电池产生的烟雾、可燃气体无法及时排走，会扩散至相邻房间并存在燃爆风险，对周围人员、设备及建筑产生破坏。火灾扑灭过程中可能用到的消防水无法及时排走，导致蔓延到周围房间，造成不必要的损失等。

为了最大限度降低直接风险、间接（次生）风险造成的安全隐患，需要从锂离子电池的平面布置、自动灭火系统、通风和防排烟、热失控探测报警、排水、紧急断电、防爆泄压等方面进行消防设施设计，从而提前规避风险。

5.3. 平面布置

5.3.1. 概述

数据中心的锂离子电池部署应结合整体的经济性、安全性等综合考虑，优先采用拉远撬装部署，宜设计成独立箱/柜形态；其次采用拉远独立构筑物或建筑形式部署。在拉远条件不具备时，可部署在主机房所在建筑靠外墙的独立房间内。具体示意如下：



数据中心锂离子电池室在建筑内部署应遵守《建筑设计防火规范》（GB 50016）、《建筑防火通用规范》（GB 55037）、《消防设施通用规范》（GB 55036），其承重结构宜采用钢筋混凝土或钢框架、排架结构。

数据中心锂离子电池在建筑内部署时，不应设在厕所或其他经常有水并可能漏水场所的正下方，不宜与上述场所贴邻；如果贴邻，相邻隔墙应做无渗漏、无结露等防水处理。为防止水管爆裂或漏水损害电气设备，数据中心锂离子电池室内不应布置有压的热水管、蒸汽管道或空调水管。

5.3.2. 部署要求

数据中心锂离子电池室的部署，应合理确定锂离子电池室的方位、建筑间的相互关系与间距、消防车道与内外部道路、消防水源等要求，减小拟建建筑和周围建（构）筑物火灾的相互作用，确保消防车可达并能有效进行喷水救援，防止引发次生灾害，为消防救援提供便利条件。

5.3.2.1. 拉远部署

在拉远部署场景下，数据中心锂离子电池室要根据自身高度或所处建筑的高度、耐火等级及火灾危险性等要素，合理确定防火间距。防火间距应保证任意一侧建筑外墙受到的相邻建筑火灾辐射热强度均低于其临界引燃辐射热强度。数据中心锂离子电池室拉远部署时，防火间距及耐火等级建议如下：

a) 拉远撬装箱体、构筑物或建筑整体耐火极限不小于1h时，拉远撬装箱体、构筑物或建筑与其他建筑的防火间距不应小于3m。

b) 拉远撬装箱体、构筑物或建筑与其他建筑相对面的箱（墙）体的耐火极限不小于2h时，其余面的箱（墙）体的耐火极限不小于1h时，拉远撬装箱体、构筑物或建筑与其他建筑的防火间距不应小于1m。

5.3.2.2. 主机房所在建筑电池室部署

数据中心锂离子电池室部署在主机房所在建筑时，单个锂离子电池室容量不宜大于600kWh。数据中心锂离子电池室应部署在靠外墙的房间，此房间的耐火时间不应低于《建筑设计防火规范》（GB 50016）相关要求：梁、柱、墙、孔洞封堵的耐火极限不应小于2h，顶底楼板耐火极限不应小于1.5h，疏散门应采用甲级防火门。楼梯间、室外楼梯或有爆炸危险的区域与相邻区域连通处，应设置门斗等防护措施。门斗的隔墙应为耐火极限不应小于2h的防火隔墙，门应采用甲级防火门并应与楼梯间的门错位设置。

防火间距要根据建筑的耐火等级、外墙的耐火性能与防火构造、建筑的高度与火灾危险性、建筑外部的消防救援条件等影响防火间距的主要因素，按照防止相邻建筑发生火灾后相

互蔓延和方便消防救援的原则确定。数据中心锂离子电池室在主机房所在建筑内部署时的相关耐火等级要求，不应低于《建筑设计防火规范》（GB 50016）的乙类厂房的相关耐火等级要求。

数据中心锂离子电池室部署高度，最高不宜超过地面24m且不应设置在地下室或半地下室，超过24m时应与当地消防救援装备条件匹配。数据中心锂离子电池室应与其他关联空间的电缆桥架、空调、防排烟等管道进行有效的封堵隔离，防止火灾、热害、有毒有害气体、可燃蒸汽、伴随流淌火、消防水等次生灾害与其他建筑空间相互蔓延。

数据中心锂离子电池室应设置安全出口、防火门、泄压防爆、应急照明、明显清晰的“锂离子电池室”永久性标识以及容量告知牌等应急设施，并配备呼吸面罩、推车式水基型灭火器、拆卸工具、绝缘手套等器材。

数据中心锂离子电池室在主机房所在建筑靠外墙部署时，消防扑救方向预留扑救口，扑救口在室内和室外应设置可识别的永久性明显标志（扑救口按本地消防规范设计，建议部署在锂离子电池室外墙中部区域，下沿位置距离锂离子电池室底部楼板高度不应低于2m，宽度及高度不应小于1m；当利用外窗扑救时应选用安全玻璃；当利用门扑救时净宽度不应小于0.8m）。

5.4. 自动灭火系统（装置）

5.4.1. 概述

关于锂离子电池发生火灾的有效灭火方式，国内外火灾实体试验及相关标准认为水是抑制锂离子电池火灾的首选灭火剂，干粉、二氧化碳和惰性气体无法给热失控的锂离子电池有效降温，存在复燃风险。新加坡在2023年更新了消防规范，强制要求锂离子电池间配置自动喷水灭火系统。

国内《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC 373）及《数据中心锂离子电池室设计标准》（T/CABEE 056）认为锂离子电池室应配置能够有效灭火且抑制复燃的自动灭火系统，推荐配置水喷雾或自动喷水灭火系统。

综合国内外规范要求、相关实验验证及消防扑救经验，针对数据中心锂离子电池室的消防设施提出以下要求。

5.4.2. 灭火剂选择

当锂离子电池发生热失控后，热失控将在短时间内蔓延整个电池模块，热失控传播迅速，在电池持续降温效果不佳的情况下容易发生复燃，甚至相邻的电池模块直接在热量传导作用下引发火灾事故。

因此，扑灭锂离子电池火灾，一方面要求快速扑灭电池明火，另一方面则需要灭火剂具有较强的降温散热能力，避免电池发生复燃现象。灭火介质根据物理状态可大致分为三类：气体灭火剂、干粉灭火剂和水灭火剂。

（1）气体灭火介质

气体灭火剂具有不导电、无腐蚀、无残留和流动速度快的优势，可在密闭空间内发挥更好的灭火效果。

二氧化碳灭火剂：具有价格低廉、制备方便、易液化、储存方便、无污染等特点。二氧化碳释放进火区后立即蒸发，产生大量的气态二氧化碳，降低可燃物周围的氧气浓度，窒息火焰。但是二氧化碳只有物理抑制作用，冷却作用有限，难以扑灭锂离子电池火灾，且易复燃。

七氟丙烷灭火剂：灭火机理包括物理抑制和化学抑制。七氟丙烷气化和分解可以吸收周围热量，降低火区温度，稀释氧气浓度。同时高温下分解产物可以捕获燃烧性的游离自由基，中断燃烧的链式反应，抑制火焰。但是其具有明显的温室效应，且对于锂离子电池火灾的冷却效果有限，存在复燃风险。

全氟己酮灭火剂：具有优异的灭火性能，不导电等特点，主要通过物理抑制和化学抑制作用扑灭电池火灾。全氟己酮室温下为液体，沸点约49℃，具有较高的汽化潜热，且在高温下分解产物，可以清除燃烧过程中的自由基，中断燃烧链式反应。因此，全氟己酮灭火剂释放进入着火封闭空间后可以吸收大量的热量，降低火场温度，同时隔绝氧气窒息火焰。

虽然全氟己酮具有优异的灭火性能和较好的冷却性能，但难以持续降低锂离子电池温度，有复燃的可能。此外，在灭锂离子电池火灾时会产生氢氟酸，使用时需要考虑防护措施。

气溶胶灭火剂：气溶胶是指悬浮在气体介质中的固态或液态颗粒所组成的气态分散系统，颗粒可以长时间悬浮在空气中，不受障碍物影响。气溶胶颗粒由气溶胶形成剂燃烧产生，不需要耐压容器。气溶胶分解产生的金属离子可以消除维持燃烧所需的自由基，从而中断了连锁反应。同时，金属氧化物和碳酸盐分解产生的蒸汽和二氧化碳会降低氧气浓度，窒息火焰。凭借其优异的灭火效率、低残留和不导电性，广泛应用于高风险场所。但是气溶胶灭火剂冷却效果较差，对锂离子电池复燃的抑制效率较差。

(2) 干粉灭火剂

干粉是通过干燥、粉碎和混合具有灭火效率的无机盐和少量添加剂而形成的固体粉末。ABC干粉适用于扑灭A类、B类和C类火灾，适用范围最广。

ABC干粉的主要成分是磷酸铵，可以通过隔离、窒息、冷却和化学抑制来熄灭火焰。干粉释放进火焰区后，在高温下的分解产物可捕获燃烧自由基，中断燃烧连锁反应。同时，干粉的分解将吸收热量并产生氨和水蒸汽，稀释火焰区的氧气浓度。此外，干粉落在高温可燃物的表面，熔化形成玻璃覆盖层，隔离氧气并使可燃物窒息。但干粉无法对锂离子电池进行有效降温，即使扑灭明火，电池仍有极大可能复燃。

(3) 水灭火剂

水灭火剂凭借水极大的热容和汽化潜热，在火场中通过相变吸收大量热量，产生水蒸气后体积膨胀可以降低氧气浓度，拥有优异的灭火和冷却性能，又因成本低廉，使用方便，应用范围十分广泛。

根据液滴粒径，基于水灭火剂的常用灭火系统可分为自动喷水灭火系统（水喷淋）、水喷雾灭火系统和细水雾灭火系统。

自动喷水灭火系统（水喷淋）：水滴粒径较大，喷射后液滴有足够的动量和喷淋强度穿透火焰和高温烟气到达火焰根部和可燃物表面，从而直接对电池进行有效的降温，对锂离子电池火灾具有较好的灭火和冷却效果。但水喷淋具有导电性，可能造成电池系统绝缘失效。因此灭火前要及时切断电源，灭火后及时检查并做好绝缘防护，减少水喷淋的负面影响。

水喷雾灭火系统：水喷雾喷头在一定水压下，利用离心或撞击原理将水流分解成细小水雾滴进行灭火或防护冷却。水雾喷头喷出粒径小于1mm的雾状水，除可用于扑救固体火灾，还可用于扑救闪点高于60°C的液体火灾和油浸式电气设备的火灾。灭火时能形成大量的水蒸气，在锂离子电池火灾灭火过程中能起到冷却灭火、窒息灭火、乳化灭火、稀释灭火等多种作用。

细水雾灭火系统：雾滴直径很小，相对同样体积的水，其表面积剧增，从而加强热交换效能，起到良好的降温效果。细水雾吸收热量后迅速汽化，使得体积急剧膨胀，降低了空气中的氧气浓度，抑制燃烧中的氧化反应速度，起到窒息作用。

此外，细水雾具有非常优越的阻断热辐射传递的效能，可有效地阻断火焰及高温物体对外的热辐射。细水雾具有绝缘性、优异的灭火、冷却和环保性能，对锂离子电池火灾有较好的抑制效果。但是，细水雾颗粒尺寸和动量较小，易受通风和障碍物影响，并且当热释放速率较高时，受热浮力影响，细水雾颗粒难以到达电池表面，冷却效果会被削弱。

综上所述，数据中心锂离子电池室灭火系统应选择水作为灭火剂。

5.4.3. 设计要求

数据中心锂离子电池室应设置采用水作为灭火剂的灭火系统，具体选型宜参考《自动喷水灭火系统设计规范》（GB 50084）、《水喷雾灭火系统技术规范》（GB 50219）、《细水雾灭火系统技术规范》（GB 50898）等相关国家标准，锂电柜正上方不宜设置水管及喷头，根据相关实验数据，优先推荐水喷雾自动灭火系统，其次自动喷水灭火系统，再者细水雾灭火系统。

水喷雾灭火系统的喷水强度不应小于 $20\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ，园区消防储水量不应小于2h。喷头应根据《水喷雾灭火系统技术规范》（GB 50219）全保护设计及布局。

自动喷水灭火系统的喷水强度宜采用 $12\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ，园区消防储水量不应小于2h。喷头布局采用全覆盖设计，水管及喷头应布局于电池柜前方，喷头最大高度不应大于7.8m。

细水雾灭火系统的工作压力不应小于5MPa，喷水强度不应小于 $1.2\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ，喷头应根据《细水雾灭火系统技术规范》（GB 50898）全淹没设计及布局。

数据中心锂离子电池室应设置消防给水系统，消防给水量、消火栓设计流量和适用火灾延续时间等，应符合《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB 50974），在既有建筑内改造锂离子电池室应遵从《既有建筑维护与改造通用规范》（GB 55022）。周边水源（消防车、园区自备水或市政水）具备10h连续供水能力。

数据中心锂离子电池室应配置灭火器，灭火器的配置应符合《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）的相关规定。锂离子电池室灭火器宜按A类火灾（固体物质火灾）及中危险级进行配置。

5.5. 通风和防排烟

5.5.1. 概述

基于锂离子电池在正常工作下不会产生可燃气体，但在热失控开阀和喷水灭火阶段，会释放氢气、一氧化碳及少量氟化氢等气体。国标《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB 50058）、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019）、《电化学储能电站设计规范》（GB 51048）和《数据中心锂离子电池室设计标准》（T/CABEE 056）均对事故通风换气次数做了明确要求，保障可燃气体及时排出室外。

5.5.2. 设计要求

数据中心锂离子电池室应设独立的环境温湿度控制系统、防爆型通风装置，空间外应设置排风手动开关，事故通风系统应与可燃气体探测报警装置和环境温湿度控制系统连锁。

数据中心锂离子电池室与空调系统中的风管、风口、阀门及保温材料等应采用难燃或不燃材料，事故通风量应符合相关规定，事故通风换气次数不应小于12次/h。

当采用房间级气体灭火系统时，气体灭火系统启动后事故风机应停止动作。当采用水喷雾自动灭火系统、自动喷水灭火系统或细水雾灭火系统时，水消防系统启动后事故风机应常开，但当采用室外撬块（箱）拉远场景时不强制要求启动事故风机。

事故风机应采用防爆型，事故通风系统的设备不应布置在地下室、半地下室内，进风口与排风口的设置应满足《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50019）相关要求，且单个防火分区的事事故通风系统应隔离。风管穿防火分区应设置不小于150°C的防火阀，如直排室外可不设置防火阀，同时不应与主业务房间通风系统共用。

5.6. 热失控探测报警

5.6.1. 概述

数据中心锂离子电池室应设置火灾自动报警系统。火灾自动报警系统设计、施工及验收标准应符合《火灾自动报警设计规范》（GB 50116）、《建筑设计防火规范》（GB 50016）的相关规定，可单独设置火灾自动报警系统，也可接入所处建筑的火灾自动报警系统内集中管理。火灾报警控制器应符合《火灾报警控制器》（GB 4717）的规定，设置火灾探测器的类型应符合《火灾自动报警设计规范》（GB 50116）、《建筑设计防火规范》（GB 50016）的相关规定。

鼓励使用专门针对锂离子电池火灾研发、取得强制性认证的专用火灾探测报警系统。

锂离子电池仅在热失控开阀情况下会释放氢气、一氧化碳等可燃气体或蒸气，事故风机正常情况下不运行，当探测器检测可燃气体达到告警及动作阈值时联动事故风机开启，及时将可燃气体排出电池室。相关标准要求告警阈值为10%LFL（着火下限），动作阈值为25%LFL。《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》（T/CEC 373）及《数据中心锂离子电池室设计标准》（T/CABEE 056）均要求应能探测氢气或一氧化碳气体浓度值，应能设定两级可燃气体浓度动作阈值。

5.6.2. 设计要求

数据中心锂离子电池室内应设置可燃气体探测器、感温探测器、感烟探测器等火灾探测器。数据中心锂离子电池室应配置至少一种可燃气体探测器，宜采用一氧化碳或氢气探测器，每种探测器数量不应少于2个/房间。气体探测器应与通风系统、火灾自动报警系统、气体浓度显示、提示报警装置联动。选择的可燃气体爆炸下限标定应与锂离子电池的热失控特征宣告书相符。

气体探测器应根据不同类型的气体特征、气流速度、有效覆盖范围、探测器原理性能、检修标定等要求进行合理安装。一氧化碳探测器根据安装规范布置于电池柜附近，一氧化碳探测器为柜级时布置于电池柜内，氢气探测器需吸顶安装（如有吊顶则吊顶上下均需安装）。

数据中心锂离子电池室除配置可燃气体探测器外，也可利用复合式火灾探测器、主动束管式气体探测装置、热成像等可靠先进的手段进行早期热失控报警。

5.7. 排水

5.7.1. 概述

当数据中心锂离子电池室设置了水喷雾自动灭火系统、自动喷水灭火系统或细水雾灭火系统时，排水系统设计需同步考虑启动喷水后的消防水能及时排走，避免积水、溢水、漏水等次生危害蔓延到周围相邻功能房间，造成不必要的损失。

5.7.2. 设计要求

数据中心锂离子电池室应对地面、墙壁、门、电缆桥架进行防水处理。锂离子电池室内采用重力排水时，设置的挡水围堰高度不应小于50mm，宜按100mm设置。当采用其它排水方式时，需满足对应的排水量要求。当灭火设计为漫灌式破坏性水灭火时，排水口位置应高于安装最高的电池，应预留取水用的消防栓接口。

排水设计可采用水泵，也可使用自然排水设计。排水能力不应小于自动灭火系统的喷水强度，余量系数不应小于10%。

5.8. 紧急断电（EPO）

5.8.1. 概述

针对EPO的设置，国内标准《数据中心锂离子电池室设计标准》（T/CABEE 056）明确“锂离子电池柜应具备独立的紧急停机干接点，并联系统中各电池柜的紧急停机干接点应并联后与机房的紧急停机开关联动”。

《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116）的4.10.1相关联动控制设计要求明确“消防联动控制器应具有切断火灾区域及相关区域的非消防电源的功能，当需要切断正常照明时，宜在自动喷淋系统、消火栓动作前切断”。

5.8.2. 设计要求

消防联动控制器应具有切断火灾区域及相关区域的非消防电源的功能，当需要切断正常照明时，宜在自动喷淋系统、消火栓动作前切断。应在锂离子电池室外设置消防救援和灭火时使用的专用EPO按钮，并设置保护措施，防止误操作。

事故风机应采用消防电源供电，非消防设备从配电箱取电的，前级配电箱建议配置分励脱扣器，实现对断路器远程下电。数据中心锂离子电池室内的锂离子电池柜应具备独立的EPO干接点，支持一键断开电池室内锂离子电池设备。

5.9. 防爆泄压

5.9.1. 概述

锂离子电池在热失控开阀情况下会释放易燃易爆成分（氢气、甲烷、一氧化碳、碳酸甲乙酯等），如果无法及时排出室外，当浓度达到爆炸下限时，一旦有火星点燃，会引发燃爆风险。燃爆会产生冲击波，会从锂离子电池室的耐压薄弱处首先冲破，瞬间释放压力，对建筑体、周围人员造成损伤与破坏。

5.9.2. 设计要求

锂离子电池室宜设计配置泄压防爆装置或等效面积的泄压通道（如玻璃窗、电磁锁门等），如采用侧面泄压，需在泄压通道外侧设置防护围栏或防护围墙，泄压用的防火门粘贴对应的火灾警示标签。当锂离子电池室内可燃气体浓度可控制在燃爆下限25%以内，或通过实体试验证明房间抗爆能力大于燃爆内压时可不设置。

根据数据中心锂离子电池室的结构布局、电池类型、室内空间等参数，可利用数值仿真的方式构建数据中心的燃爆数值模型，并优化泄爆口的位置和面积，从而为缓解电池室的爆炸后果提供安全保障。

数据中心锂离子电池室应采用不产生火花的地面。若采用绝缘材料时，应采取防静电措施。不宜设置地沟，如确需设置时，其盖板应严密，地沟应采取防止可燃气体、可燃蒸气和粉尘、纤维在地沟积聚的有效措施，且应在与相邻建筑连通处采用防火材料密封。

综上所述，拉远撬装、拉远独立房间、主机房所在建筑内电池室的消防安全要求见下表。

分类	子项	消防安全要求	拉远撬装部署	拉远独立房间部署	主机房所在建筑内部署
平面布置	部署	锂离子电池独立房间	可	宜	应
		锂离子电池房间靠外墙部署，消防扑救方向的墙体可外部应急破拆或预留扑救口	—	应	
		锂离子电池室设置高度	不高于24m，且不应设置在地下室或半地下室		
	耐火等级	与其他建筑间距 $\geq 3m$ ，整体耐火时间	不应小于1h	—	
		与其他建筑间距 $\geq 1m$ ，相对面的耐火时间	不应小于2h	—	
		梁柱、四面墙体耐火时间	—	不应小于2h	
		顶底楼板耐火时间	—	不应小于1.5h	
		孔洞防火封堵耐火时间	不应小于所在墙体的耐火时间		
		防火门耐火时间	不应小于90min		
	外围要求	外围道路消防车可到达	应		
自动灭火系统	灭火模式	采用水喷雾灭火系统、自动喷水灭火系统或细水雾灭火系统	宜	应	
	自动喷水/水喷雾灭火系统设计要求	周边水源（消防车、园区自备水或市政水）具备10h持续供水能力	宜	应	
		自动喷水灭火系统喷水强度及喷水时间	宜采用 $12L/(min \cdot m^2)$ ，持续喷水时间不应低于2h		
		水喷雾喷水强度及喷水时间	不应小于 $20L/(min \cdot m^2)$ ，持续喷水时间不应低于2h		
		喷头布局	间距不应大于3m，采用水喷淋时喷头最大高度不应大于7.8m		
	细水雾灭火系统设计要求	周边水源（消防车、园区自备水或市政水）具备10h持续供水能力	宜	应	
		细水雾工作压力	不应小于5MPa		
		细水雾喷水强度及喷水时间	不应小于 $1.2L/(min \cdot m^2)$ ，持续喷水时间不应低于4h		
通风和防排烟	事故通风	锂离子电池室事故通风换气次数	不应小于12次/h		
	联动要求	与可燃气体探测器报警联动	应		
热失控探测报警	探测器数量	可燃气体探测器（氢气或一氧化碳）	不应少于2个/房间或2个/柜		
	安装要求	一氧化碳探测器安装位置	就近电池柜安装		
		氢气探测器安装位置	贴顶安装（如有吊顶则吊顶上下均需安装）		
排水	排水流量	排水能力不小于自动灭火系统的喷水强度，余量系数不小于10%	应		
	扩散性预防	锂离子电池室挡水围堰高度	—	不应小于50mm，宜按100mm设置	
紧急断电	下电要求	具备远程一键断开非消防用电设备功能（EPO）	应		
防爆泄压	泄爆设置	配置泄压防爆装置或等效面积的泄压通道（如玻璃窗、电磁锁门等）	宜		
		如采用侧面泄压，需在泄压通道外侧设置防护围栏或防护围墙，泄压用的防火门粘贴对应的火灾警示标签	应		

6. 数据中心锂离子电池运输安全要求

6.1. 概述

锂离子电池及其设备的交付运输，根据国内法规及标准，危险性分类属于第9类杂项危险品，联合国编号以UN3480、UN3481为主，产品需满足运输安全设计、测试要求，产品包装、标签、标记及运载工具的选择，需满足法规中对于UN3480及UN3481的相关要求，有助于预防火灾事故发生并做出正确的应急处置。

6.2. 锂离子电池运输安全条件

6.2.1. 通用要求

- a) 每个型号电池均需要通过UN38.3测试并按承运人要求提供相应报告。
- b) 每个电池均装有安全排气装置，或设计上能防止在运输过程中发生破裂。
- c) 每个电池均有防止外部短路的有效装置。
- d) 每个运输的电池模块都有防止反向电流的设计。
- e) 锂离子电池需要在其表面标注瓦时数。
- f) 出厂SOC不宜高于50%，以降低运输过程中锂离子电池热失控风险。

6.2.2. 包装要求

6.2.2.1. 货物包装的选择和使用

根据危险性分类第9类杂项危险品及联合国编号UN3480，确定适用的包装导则并选用UN包装箱，包装箱需要通过跌落、堆码测试等相应的强度测试。

6.2.2.2. 锂离子电池包装件的标记、标签

针对锂离子电池包装件的标记，根据法规、标准要求，在托运前需要在其外包装上加贴合适的标记，主要包括：UN编号和正确运输名称（PSN）。此外，锂离子电池及其相关产品都需要加贴危险性标签并满足最小尺寸要求。

6.3. 运载工具

6.3.1. 运载工具的选择

运载工具的选择，需根据法规要求，选择有危险品运输资质的企业、车辆、驾驶员、押运员等，确保合法合规。

6.3.2. 车辆/集装箱装载防护要求

锂离子电池及其相关产品在装车/柜时，需要注意以下几点：

- a) 必须与易燃易爆的其它危险货物做好隔离，避免混装混运。
- b) 在装运过程中不要暴露在高温环境中；如果必须在高温环境中运输，建议采取有效的制冷措施。
- c) 包装件在搬运时，需轻拿轻放，避免受到物理冲击或挤压，造成电池短路或损坏；装车时要求含危险品的包装件放在车尾，危险性标签、标记朝外。
- d) 包装件在装运时，建议使用托盘装载，避免搬运过程受到强烈振动，托盘的各垂直和水平边使用护角保护。

e) 包装件在装运过程中必须远离火源和可燃物。

f) 在运输过程中需要进行定期检查，以确保其包装件外表面正常，内外温度正常，无明显的温度升高、包装件泄漏或冒烟等异常情况；如发生异常情况，应及时采取合适的处置措施。

g) 每车/柜分别针对空车/箱、装车/箱中、装车/箱后、标识标记悬挂完成后的等不同状态分别拍照。

h) 盛装锂离子电池危险货物包装件的运输组件需要在其外表面加贴合适的标记（UN编号）和标牌（Placard），并满足最小尺寸要求。

6.4. 运输过程安全管理要求

6.4.1. 申报要求

托运人在交货前需要向承运人如实提供所运危险货物的UN编号、正确运输名称、危险类别、包装类别、包装件数、包装重量等，并按不同运输方式对应法规填写相应申报资料及文件并存档。

6.4.2. 在途监控

运输途中确保车门关闭并保持上锁，全程封闭运输，严禁未经授权人员进入运输车辆。整个运输履行过程保持双向沟通，车辆配置GPS、动态跟进车辆状态，视当地法规及管理基础，建议每4h与供应商确认车辆及货物状态。

6.4.3. 停车管理

按规定路线行驶，禁止违规停车，禁止急停急刹。如需载货过夜，车辆需停靠于正规停车场地（具备视频监控系统CCTV、围栏和出入管控等措施）。严禁路边随意停放，严禁停在学校、医院、加油站、化工企业、易燃易爆危险品运输车辆附近。

6.5. 运输过程的应急处置

如发现包装破损或发生作业事故时，应将货物进行单独隔离（距离其他货物/墙/6m以上）、并设置警戒线，同步上报。物流经理联系项目组、供应链主管等给出处理意见，并快速落实。对于重大异常事件，如发生泄漏、冒烟、起火等，参照化学品安全技术说明书（MSDS）立即进行应急处置。对于坏件出库报废或检测等，需提前安排特殊车辆运输，无特殊说明，禁止在途拆托、拆包。

6.6. 临时存储安全要求

6.6.1. 存储环境基本要求

锂离子电池需存储于室内，无阳光直射或雨淋，存储环境保持干燥、通风、温度适宜，四周环境清洁，不存在大量红外线等放射线辐射，无有机溶剂或腐蚀气体，无金属导电型尘埃等，距离周边可燃物不小于3m。如电池出现故障（碳化、漏液、膨胀、进水等），须及时转运至危险品库房单独存储，并尽快报废处理。

存储环境相关指标如下：

最佳存储温度：15°~25°，极限温度：0°C~60°C

最佳存储湿度：45%~75%，极限湿度：5% RH~95% RH（无凝露）

6.6.2. 存放要求

电池存储时，需单独存放，避免和其他设备混合存放，避免电池堆叠过高，不推荐货架存储。同时，电池模块包装箱应完整无损坏，应按照包装箱标识正确放置，严禁倒放、侧放、倾斜放置，叠放时符合外包装上的码放要求，避免超高堆叠。距离上次充电时间起算若临近补充电周期，需及时进行补充电。

7. 数据中心锂离子电池安装要求

安装是数据中心锂离子电池系统安全应用的重要组成部分，需通过专业化交付团队安装。主要安装要求包括资质要求、安装前要求、安装过程要求、开机与调试。

在安装设备前需仔细阅读厂家提供的产品文档，了解产品信息及安全注意事项。

7.1. 安装资质要求

数据中心锂离子电池安装资质要求主要包括团队资质与安装人员资格要求。设备所有操作必须由具备作业资格的人员进行。操作人员应充分熟悉整个系统的构成、工作原理及项目所在国家/地区的相关标准。

7.1.1. 资质要求

数据中心锂离子电池安装团队资质要求包括技术资质、安全证书、环境管理认证、消防安全证书、工商营业执照和税务登记证。其中技术资质要求团队成员需具备一定的电子技术和锂离子电池知识，能够熟练掌握锂离子电池系统的安装、维修和检测技术。

7.1.2. 资格要求

数据中心锂离子电池安装要求现场作业人员需具备有效期内的资格证书，包括低压电工证、企业职业认证或专业认证等。无证书人员禁止进入施工场地、禁止触碰设备，避免人员、物料等损伤。锂离子电池安装人员需具备专业的技能和知识，包括锂离子电池的工作原理、安装流程、安全规范等，以确保安装过程的安全性和准确性。

相关资格证书参考信息：

证书名称	操作项目	工作内容	认证机构
特种作业操作证	低压电工作业	对低压电气设备进行运行、维护、安装、检修、改造、施工、调试等作业。	中华人民共和国应急管理部
登高证	登高作业	作业场景：锂离子电池柜顶部布线作业等需要登高高度大于2m（含2m）的场景。	中华人民共和国应急管理部
厂家产品服务认证证书	厂家设备操作作业	通过锂离子电池厂家认证，能够对锂离子电池产品进行安装、开机调试及维护的作业人员。	锂离子电池厂家或厂家委托的专业培训机构

7.2. 安装前要求

在安装前需要熟悉锂离子电池安全须知，安全须知包括人员及环境要求、搬运要求、存储要求、安装要求等。

(1) 人员作业要求

电池安装、带电作业、临电作业等风险作业场景，现场至少配置两名电工，一人进行操作，一人负责监护和记录。作业人员必须全程佩戴专用防护用具，电气作业过程中必须使用专用绝缘工具。

(2) 环境要求

安装环境应干燥、通风，避免高温高湿，且远离易燃易爆物品，以防电池短路或过热。电池室消防系统投入使用前应按照施工安全规范配置临时消防设施。

(3) 搬运要求

轻拿轻放，严禁磕碰和倾倒。

(4) 存储要求

严禁室外存储；严禁水汽、雨水和灰尘侵蚀；严禁置于易燃和易爆物体周边；距离上次充电时间起算若临近补充电周期，需及时进行补充电。更多要求可参见6.6临时存储安全要求章节。

(5) 安装要求

禁止安装在存在漏水风险的管路下方；禁止异物进入设备；禁止暴力插拔模块或单元；电气连接必须使用专用绝缘工具；按照力矩要求紧固螺钉，采用红蓝标识进行双重检查；完成电池与机柜的绝缘测试，确认绝缘良好；封堵过线孔；上电前请勿拆除防尘罩或防尘膜等。

(6) 其他要求

在机房易产生粉尘的操作完成后再安装电池模块，避免设备积尘导致设备损坏。

锂离子电池系统通电前，电源设备应已完成检查可正常工作，且电池室内消防设备应能正常工作，如不具备，应有临时消防方案，以应对锂离子电池起火风险。

针对新旧混用场景，锂离子电池应支持智能均压、主动均流功能。

7.3. 安装过程要求

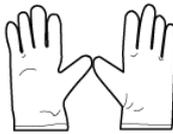
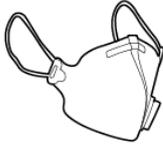
安装过程中需要从安装准备、安装现场消防安全管理要求、安装工艺要求、安装质量检查等方面进行保障，确保过程中安装动作满足厂家安全要求，最大化降低风险。

7.3.1. 安装准备

(1) 专用工具

使用专用充电器和防爆工具，确保充电过程安全，防止因工具不当引发火灾或爆炸。

安装前需要保证防护用具准备齐全（详见下图），其他施工工具请参考厂家提供的锂离子电池设备用户手册。

			
安全帽	护目镜	劳保鞋	反光背心
			
防静电手套	绝缘手套	防护手套	安全带
			
防尘口罩	绝缘鞋		

(2) 安装空间要求

机柜周围需维持一定的操作及通风空间。具体可参考厂家要求，需满足安装要求，满足散热要求。

a) 机柜前门的前方需留有850mm及以上的通风及操作空间。

b) 锂离子电池柜维护通道宽度不宜小于1m，侧面与墙净距应大于100mm。可靠墙安装的锂离子电池柜，柜后与墙的净距不应小于50mm。

机柜顶部走线架和进线槽需要一定的高度，顶部需预留至少500mm的操作空间。如多个机柜共用一个进线槽，进线槽尺寸和折角需满足布放电缆的最小折弯半径要求，最小折弯半径参考电缆技术规格书。

(3) 电池检查

安装前严格检查电池，禁止使用破损、漏液、变形严重的电池，以防内部短路引发危险。

(4) 安全措施

操作人员必须穿戴适当的防护装备，如绝缘手套和护目镜。

(5) 应急预案

在启动交付前，需要针对交付过程中可能发生的消防隐患、事故来制定合适的应急演练方案，并基于方案进行演练。具体方案需根据锂离子电池厂家提供手册中的应急演练方案内容进行定制。详细应急预案可参考附录1《数据中心锂离子电池突发事件应急预案》。

7.3.2. 安装现场消防安全管理要求

锂离子电池安装过程中的消防安全管理至关重要，以下是关键措施：

(1) 灭火器

锂离子电池施工时，必须保证施工现场配备符合要求的灭火器，如水基型灭火器。

(2) 应急物资

配备必要的应急装备，如灭火毯、耐高温手套等，以便在紧急情况下迅速应对。

7.3.3. 安装工艺及防护要求

锂离子电池安装时，必须保证电池螺丝紧固牢靠。需要根据厂家用户手册内规定的力矩拧紧铜排或线缆的紧固螺钉，定期检查是否拧紧，是否有腐蚀或其他异物，并处理干净，否则螺钉虚连将导致连接压降过大，甚至在电流较大时大量发热将电池烧毁。

安装电池过程中严禁在电池上放置安装工具、金属零件及杂物。

安装电池时，按照从下到上、从左到右的顺序水平安装固定，以防重心过高倾倒。

安装完成后，及时清理电池上及电池周边物品。

安装完成后如不上电使用，做好防尘处理（如使用防尘罩遮盖），避免设备内部积尘导致设备损坏。投入运行时，拆除防尘罩。

安装完成后，做好防凝露处理，保持空调开启，避免长时间存放于温湿度不可控的情况下产生凝露导致设备损坏。

安装完成后，锂离子电池系统测试验收之前和交付使用之前，需要先将电池系统充满（SOC达到100%），投入使用后非电池故障问题不建议更换电池模块。

7.3.4. 安装质量检查

数据中心锂离子电池安装后需要对电池系统进行全面检测。

a) 采用力矩工具固定螺丝，并采用红蓝标识进行双重检查。安装人员确认螺丝拧紧后，在螺丝上涂蓝色标识；检查人员确认拧紧后，涂红色标识（画线标识需要跨越螺丝边缘），确保机柜、电缆及铜排连接安装紧固。

b) 检查电源线和信号线间隔安全距离满足厂家要求，确保无交叉。

7.4. 锂离子电池系统开机（上电）与调试

数据中心锂离子电池在开机前，应确保环境满足要求，产品状态正常，设备接线正确，电池室消防系统正常。

7.4.1. 开机

开机前需要使用专用防护用具和专用绝缘工具，避免发生电击伤害或短路故障。

开机要严格按照设备用户手册中的对应步骤进行操作，确保数据中心锂离子电池系统的安全开机与运行。

开机过程中，如发现异常现象，立即对电池柜进行下电操作，待查明原因并解决问题后方可继续上电。

7.4.2. 调试

数据中心锂离子电池调试完整性和正确性，对锂离子电池生命周期内稳定运行至关重要，不能出现人员带病工作。

数据中心锂离子电池调试需严格按照厂家提供的调试说明进行。调试内容主要包括设备运行状态、通信状态、浅放电检测、充电测试、UPS对接及BMS接入等。调试完成后确保相关功能正常，如运行状态正常、通信状态正常等，确保无相关告警。

8. 数据中心锂离子电池运维要求

8.1. 总体要求

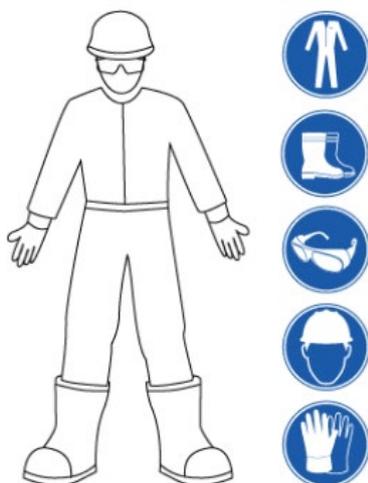
锂离子电池生命周期长，持续运维对于提升锂离子电池安全运行至关重要。通过专业的维护和管理，能够确保锂离子电池在安全性、可靠性以及寿命方面的表现，保障数据中心持续稳定运行。

数据中心锂离子电池运维内容包括锂离子电池巡检与维护、充放电管理、容量检测与评估、故障处理、清洁与保养、数据采集与分析、备件管理以及安全管理等多方面内容，具体运维方式按照日常巡检、月度巡检、季度巡检、年度巡检计划开展，确保锂离子电池运行安全。

除此之外，在锂离子电池巡检过程中，还需要对数据中心锂离子电池室消防系统进行巡检，具体巡检方案需统一制定。

8.2. 运维注意事项

在维护过程中必须使用专用的防护用具，如穿防护服、绝缘鞋，戴护目镜、安全帽、绝缘手套等，如下图。



运维过程中需遵守操作规范与禁止事项如下：

序号	操作规范与禁止事项
1	必须由有资质的人员进行电池设备的安装、操作和维护。
2	必须穿戴适当的个人防护装备（PPE），如：绝缘手套、绝缘鞋、护目镜等，同时摘下手表、戒指或其他金属物件。
3	必须使用绝缘类型的或经过绝缘处理的工具。
4	严禁佩戴手表、手链、手镯、戒指、项链等易导电物体作业。
5	严禁在未断开电池回路的情况下进行连接或断开电池接线端子、校验螺钉力矩等操作。
6	严禁将工具或金属零件放在电池上或电池端子附近。
7	严禁触碰或以其他方式形成的电池正极和负极短接，否则可能产生触电危险和高强度短路电流。
8	严禁未完成电池安装和线缆连接检查就接通电池回路。
9	严禁在电池开关跳闸或合闸失败、未查明原因和排除故障情况下强行合闸。
10	禁止在电池组附近吸烟或者使用明火。
11	禁止使用湿抹布清洁裸露的铜排或其他可能导电的部位。
12	禁止带电维护电池。

8.3. 巡检要求

数据中心锂离子电池巡检的主要内容包括检查电池模块的荷电状态、电压和温度、放电电流等，以确保电池模块的均衡一致状态，防止过度充电或放电，从而提高电池的利用率。

此外，巡检还需要对机房各区域的温湿度统计、设备运行情况检查、故障统计和处理等。

数据中心锂离子电池运维过程需要按照厂家手册规范要求巡检。

8.3.1. 日常巡检

定期对数据中心锂离子电池进行巡检，是保障其安全稳定运行、延长电池寿命、降低维护成本的有效手段。通过巡检，可及时发现潜在隐患，并采取预防性维护措施，避免突发故障对数据中心造成重大影响。

数据中心锂离子电池每天的巡检频率建议不少于2次，具体巡检次数可能会根据数据中心的级别、锂离子电池的重要性以及数据中心的运维策略等多种因素而有所不同。

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	环境温度	实测温度_____°C（正常0°C~40°C内，推荐20°C~25°C）	日常巡检
2	环境湿度	实测湿度_____% RH（5% RH~95% RH内，无凝露）	日常巡检
3	锂离子电池工作状态	锂离子电池显示屏上显示运行状态为充电或放电，在显示的记录内没有出现任何故障和告警信息	日常巡检
4	电池控制单元面板指示灯状态	绿灯亮，无黄灯（ALARM）和红灯（FAULT）	日常巡检

8.3.2. 月度巡检

数据中心锂离子电池月度巡检需覆盖工作环境检查、产品部件检查、运行状态检查、锂离子电池间消防检查。

8.3.2.1. 工作环境检查

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	机房环境	机房防火门常闭、空调正常不间断工作、机房内无积尘、无易燃杂物。	月度
2	防鼠检查	机房有防鼠措施，如防鼠板、防鼠夹等。	月度
3	机房消防检查	检查电池机房内已安装消防报警系统和灭火装置。	月度
4	安装位置检查	锂离子电池柜上方无空调出风口，无空调冷媒铜管，无其它漏水风险。	月度
5	机房照明设施检查	检查机房照明设施正常开启与关闭。	月度

8.3.2.2. 产品部件检查

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	机柜外观检查	机柜外观无积尘（防尘网，风扇）、生锈、形变等现象。	月度
2	电池外观检查	a) 电池外观表面整洁，无污渍； b) 电池接线端子完好； c) 电池外壳完好无损、无变形、膨胀，四周无碰伤； d) 电池无漏酸、漏液现象（电解液漏液时会有刺鼻气味）。	月度
3	机柜出线防护检查	锂离子电池柜走线孔已使用出厂标配的密封片或格兰头封堵，防鼠措施到位。	月度
4	机柜出风口遮挡检查	锂离子电池柜上出风口无阻挡。	月度
5	机柜内金属碎屑检查	机柜内无金属碎屑或其它导电异物。	月度

8.3.2.3. 运行状态检查

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	锂离子电池容量检查	连续充电至少1周时间记录电池SOC（正常SOC=100%）	月度

8.3.3. 季度巡检

数据中心锂离子电池除了日常巡检还需要进行季度巡检，主要进行浅放电测试。

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	浅放电测试	浅放电测试过程中，在UPS和锂离子电池显示屏上无任何故障和告警信息。	季度
2	电池模块检查(下电检查)	下电检查电池模块绝缘状态。	季度

8.3.4. 年度巡检

数据中心锂离子电池系统需要每年进行一次全面检查和维护，延长锂离子电池的使用寿命，提高使用安全性，主要包括产品部件检查、运行状态检查、防火检查。

8.3.4.1. 产品部件检查

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	机柜接地线检查	锂离子电池柜接地线可靠连接到配电接地排，螺钉紧固无松动。	年度
2	功率线缆和端子检查	螺钉紧固无松动，电缆绝缘层无破损，功率线缆连接点无发黑、无打火痕迹。	年度
3	电池连接可靠性检查	a)在电池模块断电情况下，按照从正极到负极的固定顺序，逐一检查每个电池模块连接铜排及通信/采样端子的可靠性； b)铜排紧固检查需采用力矩扳手逐个校验每个电池螺钉的扭力矩是否满足电池厂家要求；电池螺钉校验合格后，要求在电池螺钉上划线标记，便于后续检查。	年度

8.3.4.2. 运行状态检查

序号	检查项目	检查标准	检查周期
1	核对性容量测试	核对性容量测试过程中，在UPS和锂离子电池显示屏上无任何故障和告警信息。	年度

8.3.4.3 防火检查

消防系统维护及检测应符合现行国家标准《数据中心基础设施运行维护标准》（GB/T 51314-2018）、《自动喷水灭火系统施工及验收规范》（GB 50261-2017）、《细水雾灭火系统技术规范》（GB 50898-2013）、《火灾自动报警系统施工及验收标准》（GB 50166-2019）、《火灾探测报警产品的维修保养与报废》（GB 29837-2013）等。

9. 应急预案与演练

9.1. 总体要求

数据中心锂离子电池应急预案与演练对提高应急处理能力、检测应急机制的完整性、增强安全意识、促进团队协作、满足法规要求具有重要意义。企业应制定应急预案与演练计划，根据应急管理部令第2号修正的《生产安全事故应急预案管理办法》第三十三条，生产经营单位每半年至少组织一次现场处置方案演练，这是对现场处置方案演练频次的最低要求。

9.2. 应急预案

数据中心锂离子电池应急预案内容应包括应急组织与领导、监测与预警、应急救援资源准备、应急预案流程，本节重点描述应急预案流程与应急救援资源。

详细应急预案要求可参考附录1《数据中心锂离子电池突发事件应急预案》。

9.2.1. 应急预案流程

数据中心锂离子电池应急预案与演练的场景主要有锂离子电池过温保护、电池模块失效、冒烟火灾事故等，针对不同场景需制定不同应急预案，按照规定频次进行演练。

电池过温保护、电池模块失效等场景属于锂离子电池事故早期阶段，整体风险可控，且不同锂离子电池生产厂家的处置策略存在差异，建议参考厂家提供的应急处置预案进行处置。

针对冒烟火灾场景，不允许人员进入电池室进行处置，具体应急处置预案如下：



总体处理措施：

确保个人人身安全前提下执行下列动作：控制危险源；抢救受害人员；救灾人员防护和无关人员撤离；应急疏散。

消防员达到之后，主动告知现场情况：火源位置、人员伤亡情况、锂离子电池材质、锂离子电池间电源切换情况、火情是否抑制等。参考如下：

火源位置：xx号楼xxx电池间锂离子电池柜起火；

伤亡情况：暂无人员伤亡、人员已疏散到安全区域；

锂电材质情况：磷酸铁锂、xx个锂离子电池柜、已启动水消防；

电池间电源已切断；

消防启动后火情有无得到遏制。

9.2.2. 应急救援资源

数据中心现场应按照《企业应急救援资源要求》准备应急演练物资，以确保演练的真实性和有效性，通过模拟实际应急情况检验物资储备的完备性和有效性，以保障在真正紧急情况下物资能够顺利使用，从而提升应急响应速度和救援效果。

数据中心锂离子电池应急演练前，应复核应急物资和装备数量、质量、检查情况等信息，演练结束后应及时补齐应急物资，并再次核对确认。

9.3. 应急演练

数据中心锂离子电池应急演练应该包括计划编制、工作准备、过程实施、评估总结及持续改进五个阶段。

(1) 计划编制

目的是明确数据中心锂离子电池的应急演练需求，并确定应急演练拟定时间及同步应急演练信息到周边相关单位机构，主要内容包含需求分析、计划制定与计划发布。

(2) 工作准备

主要明确应急演练工作组织结构、人员培训、文件编制。其中文件编制需覆盖应急演练工作方案、事故场景、演练脚本、演练过程安全保障方案、评估方案可行性。

(3) 过程实施

主要对应急演练的备案、现场检查、演练说明、启动、执行、现场管控、演练记录、中断及结束等步骤进行描述。

(4) 评估总结

应急演练结束后，需全面评估演练效果并形成总结报告，归档保存相关资料，同时确保提前向上级及相关方报备演练信息。

(5) 持续改进

针对应急演练过程中的问题，需持续对应急预案进行修订完善，并对应急管理工作持续改进。

详细演练规程可参考附录2《数据中心锂离子电池应急演练》。

企业应急救援资源要求

序号	名称	数量	说明	重要性
一	医疗救助仪器、药品			
1	急救药箱	1个	在突发事故人员中毒或受伤时，能够对伤员进行及时有效的救治，确保人员生命安全。	必要
二	个人防护装备器材			
1	防爆手电筒	2支	应根据具体的事故类型，使用对应的防护装备	必要
2	安全帽	若干	《头部防护—安全帽》（GB 2811-2019）标准	必要
3	绝缘鞋	若干		必要
4	防护服（防火、防腐蚀）	3套/间	《防护服装—隔热服》（GB 38453-2019）标准	必要
5	绝缘手套	3套/间		必要
6	防毒面罩	3套/间		必要
三	消防资源			
1	灭火器	2套/间	现场应储备水灭火剂、全氟己酮灭火剂、干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂、泡沫灭火剂等的一种或几种，优先推荐水灭火剂、全氟己酮灭火剂	必要
2	正压式呼吸器	2套/间		必要
3	防爆罐	1个/间	满足：《防爆罐》（GA 871-2010）重量：50kg	建议
4	防护器材存放柜	1个/间		必要
四	监测仪器设备			
1	红外测温枪/红外热成像测温仪	1个/间	用于检测设备温度	必要
2	可燃气体探测仪	1个/间	用于检测可燃气体	建议
五	应急工具			
	手电筒			必要
1	警戒绳	1个/间	100米	必要
2	小拖车	1个/间	拖拉防爆罐	必要
3	安全锥、担架	/		必要
	手动螺丝刀	1套	常见规格组合套装，杆部自带绝缘	必要
	手持式电动工具	1台	快速拆卸螺丝工具	建议
六	通讯工具			
1	对讲机	若干	对讲机在应急过程要调成统一频道，数量需根据现场应急小组进行配置	必要

10. 灭火救援和应急处置

10.1. 灭火前的注意事项

由于锂离子电池的特殊性质，其火灾往往具有温升速率高、热释放速率大、火灾蔓延速度快、灭火复杂且易复燃等特点，在扑救此类火灾时，需要采取科学有效的策略和技术手段。以下是一些注意事项：

a) 当数据中心发生锂离子电池热失控时，由于锂离子电池热失控产生的烟气中含有大量有毒有害气体，且烟气温度普遍较高，猛烈燃烧阶段有毒气体浓度普遍超过成人致死浓度数倍。加之数据中心属于密闭性建筑结构，事故发生后高温有毒烟气难以及时排出。

因此，在处置锂离子电池热失控火灾事故时，处置人员必须预先做好个人安全防护，在救援过程中坚决杜绝未佩戴空气呼吸器的行为，进入数据中心必须穿戴电绝缘服、绝缘靴、绝缘手套等防护装备，携带漏电检测仪、绝缘胶垫、接地线（棒）等器材。同时，在事故区域内部及时启动固定排烟设施，开展排烟作业，同时及时疏散事故周边工作人员。

b) 在保证安全的前提下远程关断锂离子电池设备，切断与起火电池相连的所有电源。处置开始前，应对事故区域的温度和可燃气体浓度进行不间断检测，出现下列爆炸征兆时，必须立即组织撤退：事故建筑物未见明火，且有烟雾从门、窗冒出；事故区域锂离子电池温度急剧升高，有大量烟雾冒出；可燃气体探测器报警。

c) 了解事故现场的过程中，严禁处置人员单独行动。进入起火建筑物内部侦察前，应对建筑结构强度进行评估，确定无坍塌风险时才可进入。进入起火建筑物内侦察时，设置专人检查个人防护装备情况，在进出口处登记姓名、进出时间、空（氧）气呼吸器压力等情况，遇到突发状况及时发出撤离信号。

10.2. 灭火救援现场的灭火剂选择

针对数据中心锂离子电池灭火救援现场的灭火剂选择，一方面要求快速扑灭电池明火，另一方面则需要灭火剂具有较强的降温散热能力，避免电池发生复燃现象。

水基灭火剂凭借水极大的热容和汽化潜热，在火场中通过相变可以吸收大量的热，产生水蒸气后体积膨胀可以降低氧气浓度，拥有优异的灭火和冷却性能。同时，水基灭火剂使用方便，获取方式多样，因此，水基灭火剂是灭火救援现场最优选择。

10.3. 基本处置流程

(1) 切断电源

在火灾发生时，首要任务为切断电源。通过断开与起火装置相关的所有电源连接，防止故障电池继续加热并引发更多的热失控反应。此项工作通常由事故单位工作人员执行。

(2) 启动事故通风系统

在火灾发生时，自动或手动启动数据中心通风系统可以快速排出起火房间内部的有害气体和热量，降低室内温度，降低热失控蔓延的风险。

(3) 合理选择作业部位

灭火时，应选择正确的进攻路线及方式，在水枪掩护下，倚靠承重墙进入火场内部。设置水枪阵地实施冷却作业时，应与着火点保持10米以上射水距离，并倚靠承重墙、牢固构件作为掩护体，严禁在砖砌墙、货架等非承重墙体周边及吊顶、安装有重物的楼板等下方设置水枪阵地，防止发生倒塌、掉落等突发伤害。

(4) 积极冷却

锂离子电池初期火灾尽量使用微细结构压缩空气泡沫实施有效灭火，充分发挥泡沫的挂壁作用，在有效压制火势的同时，最大限度的充分发挥灭火剂的冷却效果。处置过程中尽量利用灭火机器人、移动遥控水炮、举高喷射消防车等固定灭火或无人操作设备进行远距离灭火。此类设备可在安全距离内对火源进行精准打击，最大限度地保护消防人员的安全。

处置过程中始终坚持“安全防御、控制燃烧”的原则，在事故处置现场形成火场快速分割、热量引流、叠加排烟的密闭空间攻坚战法以及全量浸没、沙土筑堤、逐步翻埋、冷却推进、分割转运的全域战法。

初期处置过程中，尽量将起火原件实施浸泡灭火，必要时可利用沙土、水泥实施筑堤作业或覆盖，防止锂离子电池热失控产生的高温向周边蔓延。对于起火区域周边的精密设施，必要时可通过分割转运措施暂时转移，最大限度降低事故引发的经济损失。

(5) 实时监测和预警系统

处置过程中利用可燃气体探测器、测温仪和其他监测设备，实时监测数据中心锂离子电

池室内部的温升和气体浓度变化。一旦检测到异常，立即发出预警并启动应急响应程序。

(6) 现场清理

由于锂离子电池具备持续反应特性，即使明火熄灭后，应继续利用水枪对火场进行持续冷却1小时以上，并使用测温仪进行实时监测。

在用水实施冷却作业时，应该小心操作，建议从远处向受影响区域喷洒细雾状水流，并保持一定距离以确保安全。除传统水冷方式外，还可以考虑采用其他非导电性的冷却介质作为辅助手段来进一步抑制余热，直至电池温度降至正常环境温度。经评估无复燃、爆炸等风险，方可停止冷却作业。

10.4. 与辖区消防救援队伍的联勤联动

数据中心应当与辖区消防救援队伍应形成一套高效、紧密的联勤联动机制，以确保在火灾等紧急情况下能够迅速响应并有效控制火势。

(1) 建立信息共享平台

数据中心应与辖区消防救援队伍建立实时信息共享平台，平台应涵盖数据中心布局、正常运行过程中锂离子电池数量和类型、固定消防设施位置和状态等关键信息。事故发生后，消防救援队伍可在第一时间通过平台获取数据中心内部的详细情况，从而制定出更加精确的灭火方案。

(2) 定期联合演练

为提高双方应急响应能力，数据中心应当与辖区消防救援队伍应定期进行联合演练。通过模拟数据中心建筑内部各种可能的火灾场景，熟悉双方各自职责和操作流程。通过演练发现并改进应急预案中的不足之处，确保在实际火灾发生时迅速有效应对。

(3) 加强培训与交流

数据中心工作人员应接受专业消防安全培训，了解锂离子电池火灾特点和灭火方法。同时，与辖区消防救援队伍保持密切交流，动态更新消防技术和知识储备，以便火灾发生时能够更好掌握锂离子电池火灾的初期处置方法，有效提高处置效果。

(4) 完善固定消防设施

数据中心应按照国家消防标准设置完善的固定消防设施，包括烟感报警器、自动灭火系统、视频监控装置等。设施应定期进行检查和维护，数据中心内部应配备足够的灭火器材和其他应急装备。

(5) 建立快速响应机制

一旦数据中心内部发生火灾，工作人员应当立即启动快速响应机制，通知辖区消防救援队伍并采取初步灭火措施。消防救援队伍接到通知后，应迅速出动并携带必要的灭火装备前往现场。在灭火过程中，双方应保持密切沟通和协作，共同控制火势并防止复燃。必要时可结合单位实际情况，建立“一键式”调派工作机制。

(6) 后续处理与总结

火灾扑灭后，数据中心工作人员应当与辖区消防救援队伍共同进行现场勘查和总结。通过分析火灾的原因、评估灭火效果，及时、合理的提出改进措施。通过总结经验教训，进一步完善联勤联动机制，并提高未来应急响应能力。

10.5. 数据中心的灭火物资储备

数据中心内部电子设备如服务器、路由器、交换机等在火灾中极易受到损坏，易遭受较大经济损失。灭火物资储备可确保在火灾发生时，能够及时采取措施保护设备免受进一步损害。因此，合理的灭火物资储备工作尤为重要。

数据中心灭火物资储备清单

序号	灭火物资	说明
1	灭火剂储备 水灭火剂、全氟己酮灭火剂等	现场应储备水灭火剂、全氟己酮灭火剂、干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂、泡沫灭火剂等的一种或几种。
2	冷却设备 灭火机器人	灭火机器人可在火灾现场进行冷却操作，防止电池再次复燃和热失控。
	多功能水枪、自动摇摆灭火系统	在火灾初期，可使用水枪或自动摇摆灭火系统进行初期火灾的处置，但需注意避免水分导致电池短路或化学反应引发爆炸。
3	防护装备 防毒面具、绝缘防护服	由于锂离子电池火灾会产生有毒气体，进入数据中心的处置人员需要配备防毒面具和绝缘防护服，在防止中毒窒息的基础上降低触电危险，最大限度的保障自身安全。
	绝缘工具	在火灾现场进行救援时，应使用绝缘工具，避免触电危险。
4	通讯设备 无线对讲机、卫星电话	确保消防救援队伍与数据中心之间的通讯畅通，及时传递火灾信息和救援进展。
5	应急电源 备用发电机、UPS不间断电源	在火灾导致电力中断的情况下，为消防处置工作以及现场的汽车装备提供稳定的电力支持。
6	其他物资 沙袋、防火毯	用于封堵火源、隔离火势，防止火势蔓延。
	医疗急救包	包括止血带、绷带、消毒液等，事故处置过程中，一旦出现人员伤亡，用于伤员伤口的紧急处理。

11. 展望未来

当前锂离子电池在数据中心备电系统上正逐渐占据主流地位，但同时带来的安全风险不可忽视。亟需加快制定锂离子电池消防安全相关标准，为数据中心锂离子电池的设计、建设、运行和维护等全生命周期提供科学、规范的指导，从而降低事故发生概率及危害，保障人员生命和财产安全，提升行业整体发展水平。

在标准建设的国际化方面，随着全球数据中心行业日益互联互通，锂离子电池消防安全标准应积极与国际接轨。建议积极参与国际标准化组织的活动，借鉴国际先进经验，充分考虑数据中心的特殊环境和锂离子电池的特性，深入研究锂离子电池火灾机理、危险因素和防范措施，推动我国数据中心锂离子电池消防安全标准的国际化进程，同时加强与其他国家和地区的交流与合作，共同提升全球数据中心锂离子电池的消防安全水平。

在标准建设的机制方面，随着科技的不断进步和数据中心行业的发展变化，锂离子电池消防安全标准应保持动态更新和持续完善。建议建立标准的动态更新机制，跟踪国内外最新技术和研究成果，对标准进行及时修订和完善。同时，加强对标准实施情况的监督和评估，及时发现问题并采取有效措施，确保标准的科学性和适应性。

在标准建设的内容方面，本白皮书旨在通过给出建筑设计与布局标准、消防设施配置标准、电气安全标准、安装运维管理标准以及应急预案与演练标准等内容，推动相关标准的制定与完善，全面提升数据中心锂离子电池系统的消防安全水平。

建议行业相关标准内容涵盖电池室的防火分隔、疏散通道、消防设施设计要求；锂离子电池火灾扑救的消防设施类型、数量和布置方式；锂离子BMS的过充过放保护、短路保护等电气安全要求；以及锂离子电池的安装、调试、检测、维护等操作流程规范。同时，还应制定数据中心锂离子电池火灾应急预案，明确应急处置流程、人员职责分工和救援措施。

展望未来，在数据中心电化学储能技术和消防防控技术领域，行业仍需不断创新与探索。

在电化学储能技术方面，多种新技术已初露锋芒，但其规模商用仍面临诸多挑战。

例如，钒液流电池以其容量和功率性能的分离、长寿命和高安全性等特点，适合数据中心的室外储能削峰填谷场景。随着产业链的规模化和成熟，其生命周期总成本有望接近锂离子电池。

钠离子电池以其高效率、优异的高低温性能和易回收性，展现出规模化应用潜力。

固态锂电池以其超高安全性、高效和长寿命等优势，解决了传统锂离子电池的易燃易爆问题，但由于固态电池界面为固-固接触，其商业化进程仍需克服离子电导率低和界面稳定性差等技术瓶颈。

在消防防控技术方面，未来需要将消防技术与物联网、大数据和云计算等信息技术深度融合，提升火灾预警和应急响应的精准性与时效性，实现早期预警和精确灭火效果，还应在新型灭火剂上加强研发不断演进，可关注液氮灭火、压缩空气泡沫灭火等技术。

同时，期待更多创新技术应用于数据中心锂离子电池的消防领域，如5G通信技术在智慧消防系统中的应用，进一步从锂离子电池的本质安全机理出发，深入研究其热失控的自发链式反应特性。根据行业数据，自发反应周期通常持续较长时间，新技术需在持续灭火、冷却和抑爆等方面进一步发力。

数据中心锂离子电池消防安全是一项系统性工程，需行业各方共同努力。通过技术创新和管理优化，未来有望进一步提升数据中心锂离子电池的消防安全水平，为数据中心的稳定运行和数字经济的蓬勃发展提供坚实保障。

12. 参考资料

UN3480

UN3481

UN38.3

《头部防护—安全帽》	GB 2811
《火灾探测报警产品的维修保养与报废》	GB 29837
《防护服装—隔热服》	GB 38453
《建筑设计防火规范》	GB 50016
《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》	GB 50019
《爆炸危险环境电力装置设计规范》	GB 50058
《自动喷水灭火系统设计规范》	GB 50084
《火灾自动报警系统设计规范》	GB 50116
《建筑灭火器配置设计规范》	GB 50140
《火灾自动报警系统施工及验收标准》	GB 50166
《水喷雾灭火系统技术规范》	GB 50219
《自动喷水灭火系统施工及验收规范》	GB 50261
《细水雾灭火系统技术规范》	GB 50898
《消防给水及消火栓系统技术规范》	GB 50974
《电化学储能电站设计规范》	GB 51048
《既有建筑维护与改造通用规范》	GB 55022
《消防设施通用规范》	GB 55036
《建筑防火通用规范》	GB 55037
《塑料燃烧性能的测定 水平法和垂直法》	GB/T 2408
《数据中心基础设施运行维护标准》	GB/T 51314
《防爆罐》	GA 871
《预制舱式磷酸铁锂电池储能电站消防技术规范》	T/CEC 373
《数据中心锂离子电池室设计标准》	T/CABEE 056

附录1 数据中心锂离子电池突发事件应急预案

附录1-1 总则

1.1. 编制目的

为加强对数据中心可能发生事件/事故的预防，对已发生的突发事件的响应，提高事故应急响应能力，避免或最大程度地减轻突发事件造成的损失，特制定本预案。

1.2. 编制依据

按照《中华人民共和国消防法》（主席令第81号），《突发事件应急预案管理办法》（国办发2024第5号）的规定。

1.3. 适用范围

适用于数据中心锂离子电池工程各阶段、各单位中的突发事件的应急处置工作。

1.4. 定义与缩略语

(1) 火灾分类

A类火灾：固体物质火灾；B类火灾：液体物质火灾；C类火灾：气体火灾；D类火灾：金属火灾；E类火灾：电气火灾；F：厨房烹饪物火灾。

(2) 火灾分级

火灾事故分为特别重大、重大、较大、一般等四个等级。具体如下所述：

1) 特别重大火灾事故：造成30人以上死亡，或者100人以上重伤，或者1亿元以上直接经济损失的火灾事故。

2) 重大火灾事故：造成10人以上30人以下死亡，或者50人以上100人以下重伤，或者5000万元以上1亿元以下直接经济损失的火灾事故。

3) 较大火灾事故：造成3人以上10人以下死亡，或者10人以上50人以下重伤，或者1000万元以上5000万元以下的直接经济损失的火灾事故。

4) 一般火灾事故：造成3人以下死亡，10人以下重伤，或者1000万元以下直接经济损失的火灾事故。

以上所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

附录1-2 应急处置基本原则

遵循“生命优先、先控后灭、先重后轻、预防为主、防消结合”的方针，坚持防御与救援相结合、救人先于处置的原则，组织启动实施本预案。

本预案涉及的数据中心相关处室和现场单位，认真落实各项支持保障措施，尽职尽责、密切协作，确保在处置事故突发事件时做出有效快速反应。

各处室及现场各单位不仅要落实预防事故突发事件的各项措施，更要做好应对事故突发事件发生的思想准备、机制准备和物资准备，建立应对事故突发事件的有效防控措施。

附录1-3 应急组织机构及职责

数据中心消防安全突发事件应急响应体系应与数据中心应急体系相同，由应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、运行支持组、安全防护组、后勤支持组和工程协调组6个专业组组成。

应急指挥部可根据事故/事件情况需要，调用数据中心所有资源，包括人员、物资、设备等。

3.1. 应急总指挥

统一指挥、领导、协调应急响应与处置工作，调配应急力量与资源，做出重大决策；批准向国家、地方应急组织、数据中心发出的支援申请；批准应急响应启动和终止。

3.2. 生产副总指挥

审核职责范围内对外发送的火灾突发事件/事故通告、报告、场外支援申请等；负责组织评价火灾所造成的损坏，组织对次生灾害进行调查，制定应对措施，并在应急总指挥批准后组织实施。

3.3. 工程副总指挥

当突发工程调试相关事件满足消防事故突发事件应急响应分级条件时，向应急总指挥提

出应急响应分级及应急组织启动范围建议；组织实施工程协调组的应急响应行动，协调、指挥工程调试区域的消防资源和力量。

3.4. 运行控制组组长

应急指挥部启动前，临时代替应急总指挥组织实施现场火灾突发事件应急响应，但重大决策应口头征得其同意；负责审批、调整、解除并组织机组安全相关火灾预警的发布，审核对外发送的数据中心相关的事故通告、报告；组织协调生产区域火灾事件的初始响应，并协调支持后续响应；向应急总指挥提出启动消防突发事件专项应急预案的建议，并在获批后组织启动。

3.5. 安全防护组

负责组织专职消防队的灭火响应；负责建立与外部消防力量的联系及沟通；负责火场的外围警戒以及交通管制相关工作，并为外部消防力量进行交通引导。

3.6. 单位各处室

处长作为处室消防安全的第一责任人，全面负责组织实施本处室的消防突发事件应急准备和响应，并对归口管理承包商的应急准备和响应工作进行总体协调和监督指导；负责落实责任范围内的火灾应对措施，负责组织所辖区域内初期火灾的扑救和人员安全疏散、避险等行动，并为后续扑救火灾提供支持；负责报告所辖区域发生的火灾事故，并按照应急指挥部的要求，协助开展火灾突发事件的处置及善后处理，配合事故调查。

3.7. 消防控制中心/主控室/各区消防控制室

负责责任范围内火灾自动报警系统的监视及组织消防事故的确认工作；负责责任范围内火警电话的接听和响应。

附录1-4 预防与预警

4.1. 预防

在数据中心现场，存在设备老化、违章动火作业、火源控制不足、电气短路等引发的消防事故风险，根据（GB/T 4968-2008《火灾分类》）和本单位根据火灾风险调查与评估结果，确定消防安全重点部位。严格控制管理区域的易燃易爆物品及可燃物的数量，尽量避免或减少管理区域内火灾载荷的增加。严格控制火源及动火作业管理。保障防火屏障的完整性和消防设施的可用，实行防火屏障打开许可管理和消防设施隔离许可管理。开展消防安全隐患排查治理工作，定期开展消防检查，及时整改隐患。

4.2. 预警

当收到国家、地方和集团公司的重大以上级别火灾通报或数据中心锂离子电池区域现场出现消防事故未遂事件时，信息接收处室应及时发起状态报告，进行经验反馈。

根据气象局天气预报，对可能引发数据中心火灾的自然气候及时发布预警信息，提前做好预警预控。

根据国家层面重大政治活动、重点保障时段、企业重大作业活动，提前做好预警预控。

预警发布后，责任处室或单位应组织对预警区域进行巡视，消除消防隐患。数据中心整体丧失消防水时，管理处室需及时通知消防控制中心。

附录1-5 信息报告

5.1. 对内通知

常规的应急通知、通告与报告按照《华为集团综合应急预案》执行，常规应急启动的通知原则上应在启动15分钟内发出，对内通知的首选方式为手机和应急与生产值班电话的短信以及发送全厂广播，由值班领导组织发布。

5.2. 对内预警及报告

消防事故目击者或知情人在报告火警后，其报警内容应该包含以下元素：事故发生的时间和地点；事故现场情况；燃烧物质、数量、是否有人被困；已采取的控制措施；报警人姓名与联系电话。数据中心24小时应急值守电话为：****。

工程调试区消防事件/事故，目击者和相关处室或单位向工程副总指挥报告，对于影响数据中心安全的事项，工程副总指挥应通报数据中心值班领导。

控制区内的火灾事件/事故，目击者和相关处室或单位向对应数据中心值班领导报告。

控制区外的火灾事件/事故，目击者和相关处室或单位需拨打专职消防队报警电话(119)。消防队接警人须与值班领导联动，即接警后向其报告相关信息。值班领导、工程副总指挥、生产副总指挥接到消防事件/事故报告后，如不属于其职责范围，应做好与责任人的联动，确保应急响应及时，行动得到有效落实，并向应急总指挥报告。

消防事件/事故的接警人、当事人和责任人应逐级上报，或向数据中心处室负责人报告。

5.3. 对外报告

当事故后果达到一般火灾事故标准时，向数据中心和政府相关部门报告。

报告内容包括但不限于以下:事故发生的时间、地点、信息来源、事件性质；已经造成的伤亡和失踪的人数情况；事件发展趋势和已经采取的应急措施；请求应急支援的事项；其他需要报告的情况。

一般及以上火灾事故自事故首报时间起，每隔2小时向数据中心总部应急值班室报送现场应急处置进展；事故态势得到控制后，每隔8小时报送现场应急处置进展，直至退出应急状态为止。一般火灾事故、较大火灾事故每日至少续报1次；重大火灾事故、特别重大火灾事故每日至少续报2次。

若发生重大、特别重大火灾事故，应在事故发生后1小时内向上级政府机关报告。发生较大火灾事故，应在事故发生后8小时内向上级政府机关报告。发生一般火灾事故，应在事故发生后24小时内向上级政府机关报告。

附录1-6 应急响应

6.1. 响应分级

火灾应急响应分为I级（特别重大）、II级（重大）、III级（较大）、IV（一般）。

6.2. 启动条件及范围

I级响应启动条件：实际或预期发生造成的较大及以上火灾事故；在安全壳厂房或辅助厂房内发生火灾，且15分钟内没有扑灭；响应范围为全部应急组织启动。

II级响应启动条件：实际或预期发生一般火灾事故。启动范围如下：

生产区域火灾：应急总指挥、生产副总指挥、生产指挥助理、应急助理、公众信息助理、运行控制组、安全防护组、技术支持组、后勤支持组；工程调试区域火灾：应急总指挥、工程副总指挥、公众信息助理、工程协调组、安全防护组、技术支持组、后勤支持组；其他区域火灾：应急总指挥、生产副总指挥、公众信息助理、安全防护组、技术支持组、后勤支持组。

III级响应的启动条件：数据中心内部火警响应力量不足以有效处置，需要外部消防力量支援的事故发生。启动范围如下：

生产区域火灾：应急总指挥、生产副总指挥、生产指挥助理、应急助理、公众信息助理、运行控制组、安全防护组、技术支持组、后勤支持组；工程调试区域火灾：应急总指挥、工程副总指挥、公众信息助理、工程协调组、安全防护组、技术支持组、后勤支持组；其他区域火灾：应急总指挥、生产副总指挥、公众信息助理、安全防护组、运行支持组、后勤支持组。

IV级响应的启动条件为发生其它级别的火灾事件。响应范围如下：

生产区域火灾：生产副总指挥、生产指挥助理、应急助理、公众信息助理、运行控制组、安全防护组、技术支持组；工程调试区域火灾：工程副总指挥、公众信息助理、工程协调组、安全防护组、物资供应助理、物资采购助理；其他区域火灾：生产副总指挥、公众信息助理、安全防护组、运行支持组、后勤支持组。

6.3. 应急响应

6.3.1. 总体要求

数据中心所有人员发现火情时应立即报警，在确保自身安全的前提下采取初步灭火行动。事故值班领导/生产副总指挥/工程副总指挥接到报警后，判断是否应启动本预案。各应急专业组接到报警信息通报时，应快速反应，执行消防行动卡及运行规程，专职消防队执行灭火

作战预案，综合检修厂房、仓库区域、办公区域火灾由维修支持处、采购处、行政处执行相应的现场处置方案，涉及到网络安全、危险化学品、恐怖袭击、气象灾害、环境事件、人身伤害等突发事件时，还需参照相应的专项应急预案执行。在应急响应实施过程中，应急指挥部应根据实际需求在事件现场设立前沿应急指挥部，应急总指挥或副总指挥作为指挥长，统筹协调各项处置行动。应急组织各岗位、各相关处室按照应急指挥部的要求参加应急响应行动。各应急专业组和消防救援力量应通力合作，按以下要求采取灭火行动：

(1)严格遵守“安全高于一切”的要求。

(2)坚持“救人第一”的指导思想。同时采取相应的灭火措施；当不控制火势、不排除险情就难以解除对人员威胁时，应当集中力量控制火势排除险情。

(3)积极疏散和保护物资，努力减少损失。根据火场实际需要，合理实施破拆，防止因盲目破拆而造成不必要的损失。

(4)火场供水必须正确使用水源，综合考虑灭火效能、对设备的影响以及废水处理等因素，采取现场保护和污染物控制措施。

(5)按照可燃物类型，各类火灾通常适用以下扑救措施：

可燃固体火灾：可采用水冷却或使用干粉灭火器、二氧化碳灭火等各类移动式灭火器材。

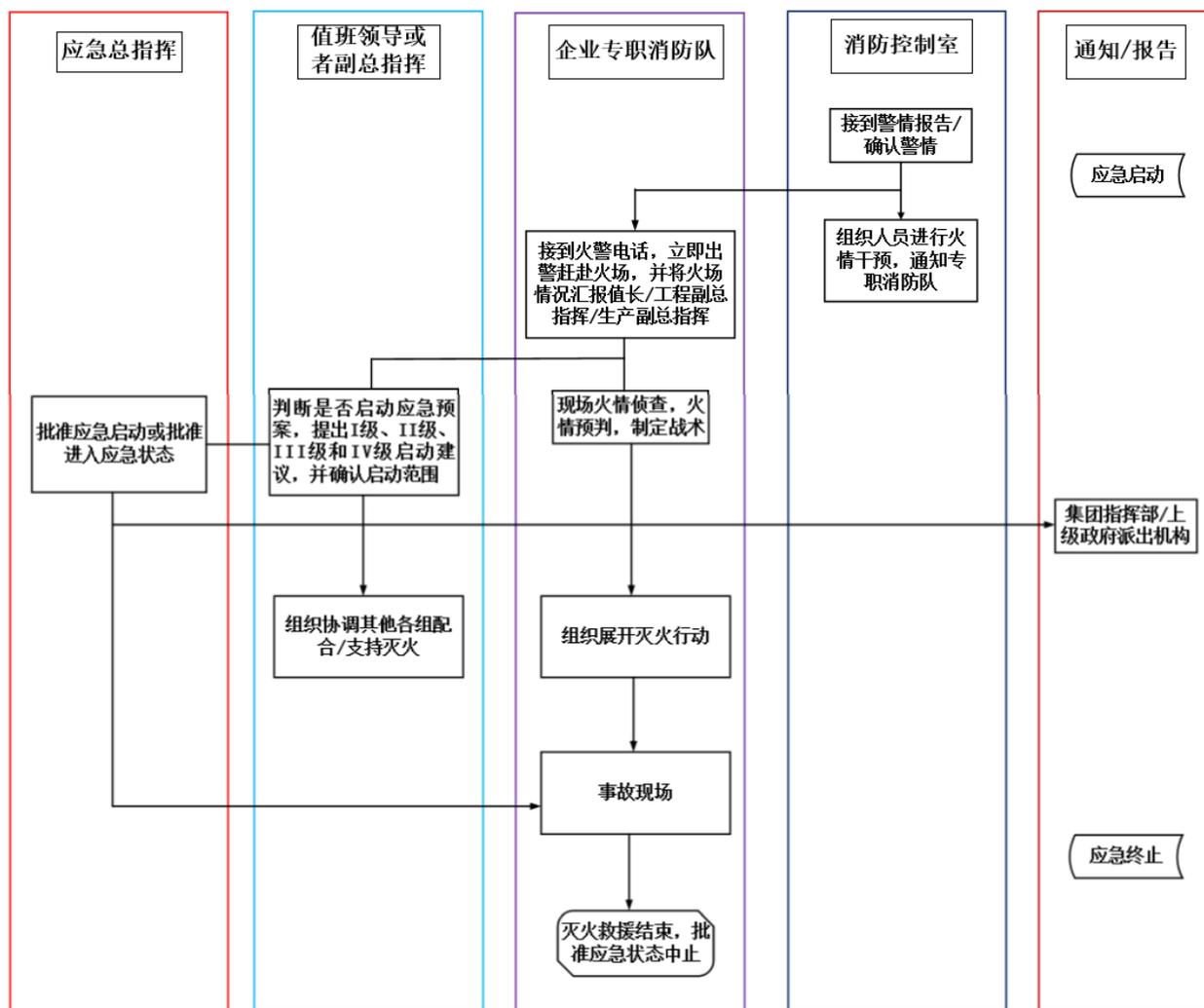
液体火灾：通常采用泡沫灭火剂、干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂等，在扑救的同时，还需要冷却设备。

气体火灾：使用干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂，并设法关闭阀门或堵塞泄漏处，防止气体继续泄漏，或者对起火容器内的可燃气体进行排空置换等措施。

电气火灾：带电灭火，采用干粉灭火剂、二氧化碳灭火剂等；断电灭火，可用泡沫灭火剂和水。

金属火灾：用干燥的沙子或金属灭火器进行扑灭，勿使用水或泡沫等水溶剂及具有较高压力的灭火器材扑救，以防扩大火势或将粉末吹起与空气形成爆炸性混合物而发生爆炸。

火灾事故现场扑救流程为：



6.3.2. IV级响应要求

(1)数据中心各岗位应急值班人员，响应和处理本专业所辖响应行动。

(2)运行现场操纵员根据运行控制室的指令，按照消防行动卡的指引进行报警信息的现场核实。

(3)在火警响应过程中协助专业消防力量开展干预行动。

(4)专职消防队到达火场后，应立即设立现场灭火指挥部，组织灭火救援工作，负责火情了解、侦察，执行灭火战斗命令。并组织建立与事故当天值守领导的联络，保持现场灭火进展信息及时传递。

(5)专职消防队到达火场后，应迅速侦查火情，并预判火情控制所需时间、资源等，通过其它方式告知事故领导。

(6)火情侦察要贯穿于灭火战斗的全过程，主要查明下列情况：火源位置、燃烧物质的性能、燃烧的范围和火势蔓延的主要方向；是否有人受到火势威胁，及时掌握被困人员所在地点和人员数量以及抢救和疏散通道；有无爆炸、毒害、腐蚀、遇水燃烧等物质，及时掌握其数量、存放形式、具体位置；火场内是否有带电设备，及时采取切断电源和预防触电的措施；需要特别保护的重要物资和设备，以及其受火势威胁的程度等；起火的建(构)筑物的结构特点、消防设施的基本情况及其毗连建(构)筑物的状况，确定是否需要采取破拆等措施。

(7)专职消防队现场最高指挥官是火灾现场的灭火指挥员，数据中心管理处室须协助提供灭火支持(如断电、隔离等)，其他组织和人员根据需要提供支持。

(8)在火场战术制定中，主要灭火力量的部署应考虑以下因素：人员受到火势威胁的场所；可能引起爆炸、毒害的部位；重要物资和设备受到火势威胁的地方；火势蔓延猛烈，有可能造成重大损失的方向；有可能引起建(构)筑物倒塌或者变形的方面。

(9)安全防护组组织保卫助理建立火场警戒隔离区，封锁火灾现场及相关厂房、通道的出入口，疏散警戒隔离区内的非火警响应人员，并对进入火场人员检查控制，禁止无关人员进入，必要时应封锁数据中心的通道出入口，实施交通管制。组织对事件性质和后果进行评价，及时开展内外部报告。

(10)保卫助理应组织为专职消防队、医疗救护人员、外部消防救援力量等火警响应人员和车辆提供交通保障，确保他们能够及时到达火场开展救援行动。

(11)生产区域、工程区域、其它区域火灾分别由运行控制组、工程协调组、后勤支持组组织，对可能受到威胁的人员及时有序撤离，保证人员人身安全，避免造成重大人员伤亡。

(12)如出现人员伤亡，安全防护组组织及时救护，必要时请求外部医疗支援，并做好善后处理。

(13)运行控制组负责监控并维持机组稳定运行，对人员和机组安全的威胁，决定人员撤离、系统停运和机组状态后撤，参与火场抢险救援活动，保障消防水、照明、通信、生产车辆等，确保各项操作符合安全运行的要求。

(14)技术支持组负责分析评价受火灾事故影响机组的状态并预测发展趋势，向火场指挥部和当班值班长提出决策和解决方案的建议，建议灭火方案的优先级，参与制定与调整灭火战斗行动方案；必要时与上级或外部技术部门取得联系，及时获得技术支持。

(15)后勤支持组负责应急响应期间后勤保障工作，负责保障应急物资和备品备件供应。

6.3.3. III级响应要求

数据中心各岗位人员在完成IV级响应要求的各项响应要求的同时，还要完成如下任务：

(1)专职消防队队长负责做出是否需要外部地方消防救援队伍支援的决定。

(2)当需要外部地方消防救援队伍支援时，专职消防队队长应将此决定通知值班领导或消防助理，经应急总指挥批准后，安全防护组组长向属地消防救援队伍发出支援请求。

(3)外部地方消防救援队伍到场后，安全防护组负责做好数据中心事故现场的出入控制，专职消防队应与其做好交接，协同展开灭火战斗。

(4)公众信息助理密切跟踪事态发展，开展舆情监控，针对非应急人员及公众做好相关信息沟通。

6.3.4. II级响应要求

数据中心各岗位人员在完成III级响应要求的各项响应要求的同时，还要完成如下任务：

(1)按照要求按时完成对外报告。

(2)应急指挥部密切跟踪事态进展，当达到进入核应急状态的标准时，按照《应急启动与响应》的要求程序开展应急响应。

6.3.5. I级响应要求

各人员在完成II级响应要求的各项响应要求的同时，还要完成如下任务：密切配合上级政府和机构的消防救援与现场处置情况。

附录1-7 应急终止

7.1. 终止条件

当火灾事件紧急处置工作基本完成，现场得以控制，对人员、环境、设施、设备的安全已不再构成威胁；数据中心事发现场处于稳定和安全状态；导致的次生、衍生灾害和隐患已消除或得到有效控制。

7.2. 终止程序

各应急专业组确认专项应急处置达到终止条件，并向应急总指挥报告。应急总指挥综合各专业组应急救援工作的报告，确认达到终止条件时，批准应急处置终止，并报告集团公司及上级主管部门。

解除现场警戒，数据中心各处室按照职责分工清理燃烧灰烬、临时设施、救援过程中产生的废弃物，核实各项损失与保险理赔，组织疏散人员的回撤，恢复现场办公、生活等基本功能，组织或配合组织取证和调查分析、伤亡人员及其家属的安抚慰问和事发后的舆情控制工作，将事件影响尽快消除。

附录1-8 应急物资与装备保障

8.1. 灭火物资与设施保障

数据中心各厂房在设计阶段均已考虑火灾危害辨识与风险评估，设计了自动灭火设施、人工灭火系统等消防设施。

数据中心组建专职消防队，并配置消防车和消防救援装备，专职消防员均配备便携式无线电通讯设备，平时由专人负责定期检测、保养。

8.2. 外援力量

数据中心安全防护处负责与驻地消防救援机构建立联系，为数据中心专职消防队与驻地消防救援机构建立工作接口，用作紧急情况下的场外消防救援力量补充和备用。消防救援大队电话：119。

附录1-9 附则

9.1. 宣传教育、培训和演练

9.1.1. 宣传教育

(1)数据中心要充分利用各种内部媒体、采取多种方式，组织开展应急法律法规和事故预防、避险、避灾、自救、互救常识的宣传工作，无偿开展公益宣传。

(2)各有关部门要结合实际情况，负责本辖区的应急工作宣传教育，提高全民的危机防范意识。

(3)数据中心从业单位与所在地社区、村委会建立互动机制，向周边群众宣传相关应急知识。

9.1.2. 培训

(1)数据中心负责组织事故应急救援管理人员和专业人员的安全知识、专业知识、新技术应用等方面的综合培训。

(2)数据中心负责组织本行业应急管理机构以及专业救援队伍开展相关人员的上岗培训和业务培训。

(3)数据中心可根据自身实际情况，做好专（兼）职应急救援队伍的培训，提高公众自救、互救能力。

9.1.3. 演练

(1)指挥部和有关部门指导、协调事故应急救援演习、演练工作。其中，指挥部办公室负责组织指挥综合应急救援演习。

(2)数据中心根据自身特点，每半年至少组织一次应急救援演练。

(3)演练结束后，将演练、演习总结以书面形式报送专项指挥部办公室和有关部门备案。

9.2. 预案解释

本预案由数据中心负责解释。

9.3. 预案实施时间

本预案自印发之日起实施。

附录2 数据中心锂离子电池应急演练

附录2-1 总体要求

1.1. 演练内容

数据中心演练内容按照演练内容分为综合演练和单项演练，按照演练形式分为实战演练和桌面演练，按照演练目标主要分为火灾事故演练、突发环境事件演练、人身触电事故演练和机械伤害事故演练等，不同类型的演练可相互组合。

1.2. 演练步骤

数据中心应急演练应包括计划编制、工作准备、过程实施、评估总结及持续改进五个阶段。

1.3. 演练次数

数据中心应根据生产安全事故预防重点，每半年至少组织一次火灾事故演练，每三年应完成全部事故场景演练。

1.4. 演练报告

数据中心应急演练工作应提前向电站上级单位及属地政府主管部门报备，并通知周边相关单位，告知应急演练工作的相关信息。

1.5. 演练准备

数据中心应急演练前，应复核应急物资和装备的数量、质量、检验情况等信息；演练结束后，应及时补充应急物资并再次复核确认。

附录2-2 需求计划

2.1. 需求分析

根据GB/T 42312 -2023《电化学储能电站生产安全应急预案编制导则》的要求及自身实际情况编制应急预案，明确数据中心的应急演练需求，分析数据中心锂离子电池的危险因素及运维薄弱环节，确定应急演练的计划等。

2.2. 计划制定与发布

数据中心应在上一年的年末编制下一年的应急演练计划，确定应急演练的事故场景类型、事故区域、参演单位、应急演练各阶段主要任务、应急演练实施的拟定日期等。

数据中心应提前一周时间向本单位人员发布应急演练计划。需要交管、消防等政府主管部门配合的应急演练工作，应提前联系相关单位，告知应急演练的主要目的、类型、形式、时间、内容以及需要配合的部门、人员，并按照相关单位要求提前发布应急演练计划公告。

附录2-3 演练准备

3.1. 组织机构

3.1.1. 总指挥

应急演练应设立总指挥，负责组织领导演练活动筹备和实施工作，总指挥由演练单位主要负责人担任，审定演练工作方案、演练安全保障方案、演练工作经费以及其他需要决定的重要事项，批准演练活动的启动与终止，演练过程中发生紧急事件时，批准演练安全保障方案的启动，指挥紧急事件处理。

3.1.2. 策划与导调组

应急演练的策划与导调组由演练单位设备管理及调度监控人员组成，负责编制演练工作方案、演练脚本、演练安全保障方案，负责演练活动筹备、事故场景布置、演练进程控制、演练秩序维护、参演人员和物资调度以及与相关单位、工作组的联络和协调。

3.1.3. 后勤保障组

应急演练的后勤保障组由演练单位后勤人员组成，负责演练活动中的经费保障、交通运输保障、能源保障、治安保障、技术保障、医疗保障、记录保障及其他后勤相关保障措施。

3.1.4. 演练抢险组

应急演练的演练抢险组由数据中心运维检修人员及消防队员组成，演练活动中根据现场模拟的火灾事故、突发环境事件、设备触电、机械场景，按照应急预案职责分工开展运行监视、设备操作、应急疏散、安全警戒、灭火作业、抢修作业等工作。

3.1.5. 医疗救援组

应急演练的医疗救援组由具备医疗救援资质的消防、医疗人员组成，负责急救器材和药品的准备。演练活动中，负责对受伤人员进行转移急救，必要时负责联系及协助医疗机构进行转移抢救。

3.1.6 演练评估组

应急演练的演练评估组由应急、消防等方面的专家组成，负责对演练准备、组织与实施进行全过程、全方位的跟踪评估。演练结束后，及时向演练领导小组及其他相关专业组提出评估意见、建议，并撰写演练评估报告。

3.2. 演练培训

数据中心应定期对应急演练人员开展培训工作。应急人员应熟悉数据中心设备技术要求、运维要求及数据中心应急预案等内容。

3.2. 演练编制

3.3.1. 工作方案

应急演练工作方案内容应主要包括：

1)应急演练目的与要求：应急演练场景设计，包括按照数据中心突发事件类型，设置相对应情景事件的发生时间、地点、状态特征、波及范围以及变化趋势等要素，进行场景描述；对演练过程中应采取的预警、应急响应、决策与指挥、处置与救援、保障与恢复、信息发布等应急行动与应对措施预先设定和描述。

2)参演单位的人员规模和主要人员的任务及职责。

3)应急演练的评估内容、准则和方法，并制定相关具体评定标准。

4)应急演练总结与评估工作的安排。

5)应急演练技术支撑和保障条件，应急演练安全保障方案，参演单位及相关单位部门的联络工具、联系方式等。

3.3.2. 事故场景

应急演练事故场景应主要包括：

数据中心应急演练前的电气接线图、初始状态;数据中心事故类型，发生的时间、地点以及事故设备故障点;数据中心事故已造成的损失、影响的范围及未来发展趋势预测。

3.3.3. 脚本

应急演练脚本应主要包括：

1)每个步骤的时长及对应的情景内容。

2)处置行动及执行人员。

3)指令与对白。

4)选用的技术设备。

5)演练解说词。

3.3.4. 安全保障方案

应急演练安全保障方案应主要包括：

1)可能发生的意外情况及其应急处置措施

2)应急演练的安全设施、装备及安全保障人员；

3)应急演练非正常终止条件与程序;

4)其他安全注意事项。

3.3.5. 评估方案

应急演练评估方案应主要包括:

1)应急演练目的、情景描述、应急行动与应对措施简介等;

2)应急演练准备、应急演练方案、应急演练组织与实施、应急演练效果等:应急演练目的实现程度的评判指标;

3)应急演练评估报告的格式、内容。

附录2-4 过程实施

4.1. 演练备案

应急演练前应向政府相关部门履行备案手续,并告知相关单位演练的时间、地点、目的、注意事项等内容。

4.2. 现场检查

应急演练前应确认数据中心应急演练所需的工具、设备、设施、技术资料合格以及参演人员到位情况。

4.3. 演练说明

应急演练正式开始前,应对参演人员进行情况说明,使其了解应急演练规则、场景及主要内容、岗位职责、注意事项和各小组负责人的联系方式。

4.4. 启动

应急演练总指挥宣布开始应急演练,参演单位及人员按照设定的事故场景参与应急响应行动,完成全部演练工作。

4.5. 执行

4.5.1. 桌面演练执行

在桌面演练过程中，演练总指挥按照应急预案或应急演练方案发出信息指令后，参演单位和人员依据接收到的信息，以回答问题或模拟推演的形式，完成应急处置活动。桌面演练可按照发布信息、提出问题、分析决策、评估总结四个环节循环往复进行。

1)发布信息。具体包括演练策划与导调组通过多媒体文件、沙盘、消息单等多种形式向参演单位和人员展示应急演练场景，展现生产安全事故发生发展情况。

2)提出问题。具体包括在每个演练场景中，由演练策划与导调组人员在场景展现完毕后，根据应急演练方案提出一个或多个问题，或者在场景展现过程中自动呈现应急处置任务，供应急演练参演人员根据各自角色和职责分工展开讨论。

3)分析决策。具体包括根据策划与导调组人员提出的问题或所展现的应急决策处置任务及场景信息，参演单位和人员分组开展思考讨论，形成处置决策意见。

4)评估总结。具体包括在组内讨论结束后，各组代表按要求提交或口头阐述本组的分析决策结果，或者通过模拟操作与动作展示应急处置活动。各组决策结果表达结束后，总指挥可对演练情况进行简要讲解。

4.5.2. 实战演练执行

4.5.2.1. 火灾事故演练

4.5.2.1.1. 电池火灾事故演练

数据中心应根据不同电池类型的火灾事故特征开展相应的事故演练。数据中心电池火灾事故演练主要包括以下内容：

1)信息发布。由总指挥发布应急演练场景信息，在数据中心演练区域内指定设备上开展应急演练工作。

2)现场警戒。对事故警戒范围进行严格封控，疏散事故设备周围人员，根据火势大小范围选择拨打火灾报警电话，通知周边邻近单位和人群远离警戒范围。

3)侦察断电。根据事故部位、燃烧状态、蔓延情况等灾害研判要素，模拟切断故障电池相关电源设备。

4)启动灭火。模拟确认电池设备区自动或手动灭火装置已启动灭火，模拟对发生火灾的设备外围采取持续冷却降温措施，灭火处置措施应按照应急预案执行。

5)动态监测。对电池等设备加强状态监测，根据火势情况、可燃气体浓度等灾害研判要素变化情况，模拟调整警戒范围、断电设备和冷却保护范围。

6)故障处理。演练抢险组人员穿戴劳动防护用品，模拟进行设备故障处理。

7)控制污染。模拟对现场灭火后的废料进行处置。

8)结束汇报。演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宣布应急演练结束。

4.5.2.1.2. 电气设备火灾事故演练

数据中心电气设备火灾事故演练应按照以下步骤进行。

1)总指挥发布应急演练情景信息，在数据中心演练区域内指定设备上开展应急演练工作。

2)演练抢险组的运维人员接到应急通知后，立即组织前往现场，模拟切断故障设备电源并向策划与导调组通报火情，通知周边邻近单位和人群。

3)演练抢险组的运维人员通知指导站内人员紧急疏散并迅速拉起警戒线，初步判断现场火势影响选择是否向专业消防队发出救援申请并报警；报警者应向消防队说明燃烧物性质、火势状况等相关信息。

4)演练抢险组的人员根据火情和现场情况，佩戴防毒面具或正压式呼吸器进行模拟灭火。模拟当火情得不到控制，立刻停止灭火，控制火势扩大蔓延，撤离至安全区域。

5)演练抢险组中的消防人员在专业人员的密切配合下，穿戴防护服、防护镜等防护用品，佩戴正压式氧气呼吸器，采用绝缘性能好的灭火设备进行设备模拟灭火。当火情初步控制后，演练抢险组的人员穿戴劳动防护用品，模拟故障设备处理。当火情得到可靠控制后，演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宣布应急演练结束。

4.5.2.2. 突发环境事件演练

4.5.2.2.1. 液体泄漏事故演练

液体泄漏事故演练应按照以下步骤进行：

- 1)总指挥发布应急演练情景信息，在数据中心演练区域内指定设备上开展应急演练工作。
- 2)演练抢险组的人员接应急通知后，立即组织前往现场，并向策划与导调组通报泄漏情况，模拟切断故障处电源，并通知周边邻近单位和人群。
- 3)演练抢险组的运维人员迅速拉起警戒线，并保持现场道路通畅。
- 4)演练抢险组的检修人员到达现场后，对站内储能系统停运情况进行复核。
- 5)演练抢险组的消防人员在专业人员指导下，穿戴防护用品前往泄漏现场，勘查现场泄漏情况，确认无安全隐患后，模拟进行堵漏、收集、整理等工作。
- 6)模拟将泄漏废料及周边污染土壤进行回收处理，模拟对受损设备、建(构)筑物等进行泄漏处理。
- 7)演练抢险组的检修人员应穿戴劳动防护用品，模拟进行故障设备处理。
- 8)演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宣布应急演练结束。

4.5.2.2.2. 有害气体事故演练

有害气体事故演练应按照以下步骤进行：

- 1)总指挥发布应急演练情景信息，在数据中心演练区域内指定设备上开展应急演练工作。
- 2)演练抢险组的运维人员接应急通知后，立即组织前往现场，启动通风系统，并向策划与导调组通报泄漏情况，并通知周边邻近单位和人群。
- 3)演练抢险组的运维人员迅速拉起警戒线，并保持现场道路通畅。

4) 演练抢险组的运维人员通过远程后台确认电池舱/室内有害气体的浓度值是否超限，确认电池舱/室内风机等联动系统是否正常启动。当电池舱/室内可燃气体浓度超限时，演练抢险组的运维人员不应远程停运该电池舱/室对应的储能系统，当可燃气体浓度降到安全值后，立刻拟切断相关电源。

5) 演练抢险组的检修人员及消防人员应对数据中心内储能系统停运情况及气体浓度进行复核。

6) 演练抢险组中的消防人员在专业人员的密切配合下，穿戴好劳动防护用品，模拟进行堵漏，同时模拟毒气洗消。

7) 演练抢险组的检修人员穿好劳动防护用品，模拟进行故障设备处理。

8) 演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宣布应急演练结束。

4.5.2.3. 人身触电事故演练

人身触电事故演练应按照以下步骤进行：

1) 总指挥发布应急演练情景信息，在数据中心演练指定区域内开展应急演练工作。

2) 演练抢险组的运维人员接应急通知后，立即组织前往现场，模拟切断所电设备的电源以及在救助过程中有触电风险的设备电源，模拟使用绝缘工具使触电者与电源断开。

3) 当触电者脱离电源后，根据触电者的具体情况，迅速模拟采取对症救护。同时立即报告应急演练医疗救援组，拨打急救电话。

4) 医疗救援组模拟开展触电救护活动，救护措施符合救护要求。

5) 演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宣布应急演练结束。

4.5.2.4 机械伤害事故演练

机械伤害事故演练应按照以下步骤进行：

1) 总指挥发布应急演练情景信息，在电站演练区域内开展应急演练工作。

2) 演练抢险组的运维人员接到通知后，立即前往事故现场，模拟切断所触电设备的电源

以及在救助过程中有触电风险的设备电源，模拟开展机械伤害救护活动。

3)确认无次生伤害后，根据触电者的具体情况，迅速模拟采取对症救护。同时立即报告应急演练医疗救援组，拨打急救电话。

4)医疗救援组模拟开展触电救护活动，救护措施符合要求。

5)演练人员清理演练现场并向策划与导调组汇报情况后，总指挥宜宣布应急演练结束。

4.6. 现场管控

数据中心应急演练过程中应实施现场管控，管控内容主要包括：

1)根据事故严重程度划定警戒范围，疏散周边群众，协调交警部门疏导道路交通。

2)严格管控警戒范围内人员及车辆进出，应安排专人负责救援车辆疏导和定位。

3)演练期间，参演人员使用热成像仪、测温仪、气体检测仪等装备，对现场的温度、气体含量等状态进行不间断监测，并加强对未燃烧爆炸电池模块区域的实时监控，适时调整警戒范围。

4)演练期间，人员和车辆装备应保持与储能电池、线路足够的安全距离；演练过程中不应盲目向未发生燃烧的电池射水。

4.7. 演练记录

数据中心演练实施过程中，后勤保障组采用文字、照片和音像等方式记录演练过程。

4.8. 中断

在数据中心应急演练实施过程中，应急演练总指挥可按照事先规定的程序和指令中断应急演练，主要场景包括：

1)发生真实突发事件，需要参演人员迅速回归岗位履行应急职责。

2)评估组发现可能发生人员伤亡及设备损坏的严重安全风险，且不能及时排除。

3)督导组发现演练出现严重偏差或可能出现人员伤亡的危险情况。出现特殊或意外情况，且短时间内不能妥善处置或解决。

4.9. 结束

完成各项演练内容后，演练总指挥对参演人员进行讲评，宣布演练结束。

附录2-5 评估总结

5.1. 评估

数据中心演练结束后，演练评估组应对应急演练目标制定、准备情况、组织与实施情况、保障情况、演练效果等内容进行评估，并形成演练评估报告。

5.2. 总结

数据中心应急演练结束后，演练评估组应根据演练记录、演练评估报告等材料，对本次应急演练工作的应急物资、实施响应、演练方案等进行全面分析总结，并形成应急演练书面总结报告。

5.3. 资料保存

数据中心应急演练活动结束后，演练组织单位应将应急演练工作方案、应急演练评估报告应急演练总结报告等文字资料以及演练过程中的相关图片、视频、音频等数字资料归档保存。

附录2-6 持续改进

6.1. 方案完善

根据演练评估报告、总结报告中对应急演练方案的改进建议对数据中心应急演练方案进行修改完善。

6.2. 工作改进

根据应急演练评估报告、总结报告提出的问题和改进建议，对应急演练管理工作进行整改。

