

ICS 35.240.01
CCS L 60



中华人民共和国电子行业标准

SJ/T 11798—2022

锂离子电池和电池组生产安全要求

Safety requirements for lithium-ion cell and battery production

2022-04-24 发布

2022-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基础设施	2
4.1 区域规划	2
4.2 建筑安全要求	3
4.3 厂房仓库要求	3
4.4 建筑配套设施	5
4.5 消防设施	6
4.6 生产设施	8
5 选材与设计安全	9
5.1 电池组的组成	9
5.2 电池组的设计	9
6 过程与工艺安全	10
6.1 一般要求	10
6.2 配料	10
6.3 涂布	10
6.4 极片制备	10
6.5 注液	10
6.6 化成分容	10
6.7 电池组/系统的组装	11
6.8 成品试验	11
6.9 存储和搬运	11
6.10 废弃产品的控制	11
7 安全管理要求	11
7.1 管理体系	11
7.2 机构和职责	12
7.3 安全教育和培训	12
7.4 规章制度	12
7.5 事故应急管理	13
7.6 生产安全审核	13
7.7 调查改进	13
附录 A (规范性) 锂离子电池企业常见物品的火灾危险管理要求	14
附录 B (规范性) 锂离子电池主要工艺火灾危险管理要求	15
附录 C (资料性) 自动化立体仓库降低火灾风险的措施	17

SJ/T 11798—2022

附录 D (资料性) 通风降低危险等级的措施及浓度计算	19
附录 E (资料性) 锂离子电池企业典型职业危害防治措施	21
附录 F (资料性) 使用甲乙类气体、液体或爆炸性粉尘的设备的安全措施	23
附录 G (资料性) 应急指南	24
参考文献	31

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由中国电子技术标准化研究院归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、东莞新能源科技有限公司、欣旺达电子股份有限公司、惠州亿纬锂能股份有限公司、深圳市比亚迪锂电池有限公司、曙鹏科技(深圳)有限公司、惠州市豪鹏科技有限公司、浙江超威创元实业有限公司、惠州市德赛电池有限公司、惠州锂威新能源科技有限公司、维科技术股份有限公司、珠海冠宇电池有限公司、深圳赛西信息技术有限公司。

本文件主要起草人：何鹏林、陈朝阳、桑田、刘冉冉、项鹏、黄华英、郭玉杰、廖兴群、项海标、李载波、周明明、孔祥鹏、杜晨树、张毅、郭佩、王晓冬、周辉。



锂离子电池和电池组生产安全要求

1 范围

本文件规定了锂离子电池和电池组生产企业在建筑、设施、选材、设计、工序及管理的安全要求。

本文件适用于锂离子电池或电池组制造企业的生产安全评估。设置有锂离子电池或电池组生产线的其他企业可参照执行本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 4943.1 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求
- GB 15562.2 环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场
- GB 15603 常用化学危险品贮存通则
- GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
- GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
- GB/T 33000 企业安全生产标准化基本规范
- GB/T 33579 机械安全 危险能量控制方法 上锁挂牌
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50116 火灾自动报警系统设计规范
- GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
- GB 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范
- GB 50974 消防给水及消火栓系统技术规范
- GB 51251 建筑防烟排烟系统技术标准
- GB 25201 建筑消防设施的维护管理
- AQ/T 9007 生产安全事故应急演练指南
- AQ/T 9009 生产安全事故应急演练评估指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

（锂离子）电池 (lithium ion) cell

依靠锂离子在正极和负极之间移动实现化学能与电能相互转化的装置。通常包括电极、隔膜、电解质、容器和端子等，并被设计成可充电。

3.2

（锂离子）电池组 (lithium ion) battery

由任意数量的锂离子电池组合而成且准备使用的组合体。包括适当的封装材料、连接器，也可能含有电子控制装置。

3.3

中间仓库 transit warehouse

为满足日常连续生产需要,在厂房内存放从仓库或上道工序的厂房(或车间)取得的原材料、半成品、辅助材料的场所。

[来源:GB 50016—2014, 3.3.6]

3.4

保护堤 protection dike

危险化学品发生泄漏或火灾时,防止液体外流或火灾蔓延的构筑物。

[来源:GB 50160—2008, 2.0.22有修改]

3.5

老化 aging

通过环境温度应力使电池性能加速均匀并筛选早期失效的过程。

3.6

隔开储存 cut-off storage

同一建筑物内,用防火隔墙将其与禁忌物料分离开的储存方式。

[来源:GB 15603—1995, 3.2有修改]

3.7

干燥环境 low dew point environment

工作环境的空气露点低于 -34°C 并采取一定气密措施的注液、补锂车间或设施。

3.8

电池组装 cell assembly

将极板、电解质、容器、极端、隔膜等零部件装配成单体电池的生产过程。

3.9

电池组装配 battery assembly

将单体电池与其所必需的装置(如外壳、端子、标志及其保护装置等)装配成电池组的生产过程。

3.10

荷电状态 state of charge

SOC

电池剩余放电容量与其完全充电状态的容量的比值,常用百分数表示,也叫剩余电量。

3.11

职业接触限值 occupational exposure limit

劳动者在职业活动过程中长期反复接触,对绝大多数接触者的健康不引起有害作用的容许接触水平,是职业性有害因素的接触限制量值。

3.12

爆炸下限 lower explosive limit

可燃的蒸气、气体或粉尘与空气组成的混合物,遇火源即能发生爆炸的最低浓度。

[来源:GB 50016—2014, 2.1.19]

3.13

禁忌物料 Incompatible material

化学性质相抵触或灭火方法不同的化学物料。

[来源:GB 15603—1995, 3.4]

3.14

高架仓库 high rack storage

货架高度大于7m且采用机械化操作或自动化控制的货架仓库。

[来源:GB 50016—2014, 2.1.5]

4 基础设施

4.1 区域规划

锂离子电池和电池组生产企业的新建、改建、扩建的总体布置应符合:

a) 选址应符合有关城乡规划。

- b) 选址城区的，距消防站的直线距离不宜大于 1.8 km；选址近郊区的，距消防站的直线距离不宜大于 2.7 km。如距消防站直线距离不符合上述要求，每个厂区应设立至少 1 座微型消防站，一座微型消防站的辖区不宜大于 30 000 m²；大于时，宜配置消防应急车辆或增设微型消防站。
- c) 厂内建（构）筑物之间、厂内建（构）筑物与厂外相邻建（构）筑物之间的距离应满足 GB 50016 的有关防火间距的规定。在门窗的面积和设置形式满足 GB 50016 的要求时，丁、戊类建（构）筑物与厂外相邻建（构）筑物的防火间距可按不小于 4 m 设置。

4.2 建筑安全要求

厂内建（构）筑物应符合以下要求：

- a) 厂房和仓库的耐火等级不应低于二级。厂房和仓库的防火分区面积应按照物品和工艺的火灾危险性确定。锂离子电池和电池组企业常用物品的火灾危险管理要求应符合附录 A、锂离子电池主要工艺的火灾危险管理要求应符合附录 B 的规定。
- b) 同一座厂房或厂房的任一防火分区内有不同火灾危险性生产时，厂房或防火分区内的生产火灾危险性类别应按火灾危险性较大的部分确定。当火灾危险性较大的生产部分占本层或本防火分区建筑面积不大于 20%，且火灾危险性较大的生产部分采取了有效的防火、防爆措施，可按火灾危险性较小的部分确定。
- c) 厂房、仓库、堆场、储罐区等建（构）筑物应按照 GB 50016 要求设置消防车道。
- d) 周围存在妨碍消防车操作的树木、管线等障碍物的建筑，每个楼层每 20 m 至少设置一个消防救援入口，可利用楼梯间、卷帘门、防火门、可供救援人员进出的窗户等。
- e) 内部装修应采用难燃、不燃建筑材料，保温材料及通风和空调系统管道的燃烧性能不应低于 B1 级。
- f) 建筑物安全出口、疏散走道不得被占用，疏散指示标志、应急照明应完好。

4.3 厂房仓库要求

4.3.1 原材料仓库

原材料仓库应符合：

- a) 一般情况下，原材料仓库宜为独立建筑；若受条件限制，丙、丁、戊类原材料仓库设置在厂房内部时，可采用耐火极限不低于 2.00 h 的防火隔墙和 1.00 h 的楼板与厂房其他部位分隔。
- b) 仓库应采取防止小动物侵入的措施。
- c) 电动叉车、电动托盘车等仓库充电设施应设置在室外或室内通风良好的充电间。

4.3.2 危险化学品仓库

4.3.2.1 总则

厂内设置的危险化学品仓库应符合以下要求：

- a) 不应毗邻办公区、生活区和厂外敏感点。
- b) 符合 GB 50016、GB 15603 的要求，由有资质的单位设计、施工。
- c) 禁忌物料储存在同一仓库时，应设置防火墙将其隔开储存，并各自设出入口。

4.3.2.2 锂金属仓库

存储锂金属的地点还应符合：

- a) 应为单层独立仓库，总面积最大不超过 180 m²，每个防火分区面积不超过 60 m²。
- b) 具有良好的防雨防潮防水措施，且不布设水管和接头。
- c) 地坪应高出其他部位的地坪 0.25 m 或设置合适的截水、防水浸设施。
- d) 墙壁有防水涂层或沥青隔断。

4.3.2.3 地面

危险化学品存放场所的地面还应符合以下要求：

- a) 应防潮、防腐、防渗、平整、坚实、易于清扫。
- b) 宜用无火花的地面。

4.3.2.4 防泄漏设施

危险化学品存放场所应设置防泄漏设施。防泄漏设施应按以下要求确定：

- a) 容积应满足一次事故最大泄漏量，或 20 min 消防洒水喷头用水量。
- b) 采用二次容器防泄漏时，二次容器的容积应大于所有化学品包装容积之和的 10% 且大于单个最大化学品包装容积的 1.5 倍。
- c) 危险化学品其他存放场所可设围堰、防护堤或集液池、收集沟。危险化学品储罐区应设保护堤，高度不应低于 0.5 m，保护堤保护范围内不应有雨水设施集水口。
- d) 禁忌化学品的集液池的收集沟不应连通。
- e) 集液池及其收集沟不应与厂区事故废水设施直接连通。
- f) 收集沟、集液池应使用耐腐蚀材料。
- g) 酒精、油墨分装区域宜设置金属材质二次容器或防泄漏卡板。
- h) 工厂应配置事故应急池。

4.3.3 电池老化场所、电池仓库

设在厂房内的电池老化场所或电池仓库应符合以下要求：

- a) 面积不应超过 GB 50016 规定的仓库的一个防火分区的最大允许建筑面积，且与厂房面积之和不应超过 GB 50016 规定的厂房的一个防火分区的最大允许建筑面积。
- b) 电池老化场所、电池仓库内部宜采用防火隔墙、楼板、防火门等分隔。
- c) 仓库入口处宜设置伸出外墙不小于 1 m 的防火挑檐。
- d) 采用自动化立体仓库的电池老化场所可见附录 C。
- e) 应采用甲级防火门。
- f) 出入口、附近交叉路口或立柱等应悬挂应急灯照明和疏散指示标志，地面应设置疏散指示标志。

4.3.4 固体废物仓库

厂内应设置储存一般工业废物（不含废电池）、危险废物和废电池的仓库，且应符合：

- a) 危险废物仓库、废电池仓库宜为独立建筑，确需设置在厂房、仓库内部时，危险废物和废电池的储存间应采用耐火极限不低于 3.00 h 的防火隔墙、耐火极限不低于 1.50 h 的楼板、甲级防火门与厂房其他部位分隔。
- b) 一般工业废物仓库应符合 4.3.1 的要求，存放非危险废物粉体、液体的场所，应采取防渗漏、防泄漏、防雨、防扬散措施。
- c) 危险废物仓库应符合 GB 18597 的要求，并按照 GB 15562.2 的要求设置危险废物标志、警示标志和货物标签。
- d) 废电池仓库应符合 4.4.4 的规定，且应按照 4.5 设置消火栓系统、自动灭火系统、火灾自动报警系统。

4.3.5 试验场所

电池安全性试验场所应符合：

- a) 设置在丙类车间的试验场所应有独立机械通风，且联锁到风机故障报警或烟雾探测器报警，事故通风换气能力应不低于 12 次/h，电池释放的烟雾在该空间的浓度应不超过 5% 的爆炸下限。
- b) 装载电池的设备所在房间和人员停留房间宜采取难燃材料分隔。
- c) 宜将各个安全测试分别放在不燃或难燃墙壁隔开的小房间里减少蔓延。
- d) 应充分使用摄像头监控、远程操作等方式操作。
- e) 密封类型的安全测试如高温炉、冷热冲击炉和冷热冲击综合测试室、盐雾实验室等有气体爆炸风险的设备，应在顶部或者侧面人员较少处采取泄压措施，宜采用的泄压措施有：
 - 1) 顶部或侧面设置膜片或配重装置；
 - 2) 使用改造过的设备门担当泄压装置，如改造门使用不锈钢合页、增加合页数量、增加防脱落链条、用限制强度的配重或磁力吸合密封门开口处、增加链条限制门打开宽度等；
 - 3) 设备的金属管连接伸缩铝箔管道。

4.4 建筑配套设施

4.4.1 电气设施

电气装置、电气设备、电气器具等应符合以下要求：

- 存在爆炸性气体或蒸气、爆炸性粉尘的工作场所及危险化学品仓库、中间仓库的电气设施，应采用防爆电气设施，并采取隔离电气火花和电气发热的措施。当采用监测预警设施与通风设施联锁，使得爆炸性气体或蒸气、爆炸性粉尘可能出现的最高浓度不超过爆炸下限值的 5% 时，该工作场所为非爆炸危险区域。
- 存在易燃液体或腐蚀性物品的场所的电气线路应采用金属穿管或封闭式金属槽盒，并采取隔绝电气火花、隔热、防腐蚀的措施。例如增加金属挡板或缠绕软包装锂电池用的复合包装铝箔。
- 厂房各楼层的总配电箱宜设置在靠近安全出口的不同位置，且宜设在疏散楼梯间；仓库的配电箱和开关宜设置在仓库外。
- 如仓库中用到了落地式空调、除湿机，其周边 0.5 m 应无可燃物。
- 消防用电、事故通风用电、监测预警设施用电应有备用电源。

4.4.2 防静电设施

用于输送存储酒精、油墨、N-甲基吡咯烷酮等的管路或设施应设置防静电积蓄或静电消除设施。

4.4.3 防雷设施

厂内建（构）筑物应按照 GB 50057 的要求设置防雷系统，并可靠接地。应定期检查防雷设施及其接地情况并保留记录。

避雷设施的接闪器与排放浓度超过爆炸下限 25% 的有机溶剂、可燃粉尘的排放口的距离应符合 GB 50057 的要求。

4.4.4 通风设施

工作场所应按照 GB 50019 的要求设置通风设施。通风设施还应符合以下要求：

- 存在粉尘、有害气体、可燃蒸气的场所应设置工作通风设施，通风量应使得粉尘和有害气体或蒸气浓度低于 10% 的职业接触限值且低于 5% 的爆炸下限。
注：通风降低危险等级的措施可见附录 D，锂离子电池企业典型职业危害防治措施可见附录 E
- 存在粉尘、有害气体、窒息性气体、可燃蒸气的场所应设置事故通风设施，事故通风次数不应小于 12 次/h。
- 通风设施应有故障报警功能。
- 通风管道在穿越防火墙和防火隔墙处应设置阻火阀和防止回流的设施，同时用防火材料对空隙进行有效封堵。
- 通风管道与室内外连通处应采取防止小动物侵入的措施。

4.4.5 监测预警和联锁设施

工作场所应根据存在的有害因素，设置相应的可燃气体、粉尘浓度或氧气浓度报警装置等监测预警设施。监测预警设施应符合以下要求：

- 储存或使用锂、易燃液体、可燃气体的场所有害因素浓度超过 10% 的职业卫生限值和 5% 的爆炸下限时，应按照 GB 50493 的要求设置可燃气体报警装置。
- 使用窒息性气体且有人作业的干燥车间应设置氧气浓度报警装置。
- 储存或使用锂、易燃液体、可燃气体、窒息性气体、粉尘的场所，应按照 4.4.4 的规定设置通风设施。
- 报警装置的声光报警器应设置在工作场所的显著位置，报警声声压级应不低于 60 dB，环境噪声高于 60 dB 的场所，报警声声压应高于背景噪声 15 dB。
- 报警装置宜与其保护区的事故通风设施及消防控制装置联动。
- 电池仓库、注液、化成分容、老化、危险化学品仓库、危险废物仓库、废电池仓库等部位应设置视频监控设备。

- g) 可燃气体、有毒气体、粉尘浓度或氧气浓度报警装置等监测预警设施应与事故通风设施联动，并宜与产生有害气体、粉尘的设备的动力电源开关联锁。

4.4.6 排烟设施

工作场所应按照 GB 51251 的要求设置排烟设施。排烟设施应符合以下要求：

- a) 电池仓库、电池中间仓库、电池化成分容场所、电池老化场所的每个防火分区、电池组装配车间、涂布车间、电池安全性试验场所应设置排烟设施。
- b) 注液场所、大型电池系统充放电场所、电池安全性试验场所、电池环境适应性试验场所可在设备或设施上设置局部排烟设施。
- c) 排烟设施应达到事故换气能力不低于 12 次/h，保护区域的捕获风速应不低于 0.5 m/s，可以使用墙壁风机、移动鼓风机或带伸缩管的移动风机等。
- d) 非防爆型风机仅限用于烟雾浓度不超过爆炸下限 5% 的场所。相关计算可参考附录 F。

4.4.7 泄压设施

划分防爆分区的场所的安全要求如下：

- a) 范围包括电解液仓库、油墨存储仓库、锂粉仓库、锂带仓库、使用甲乙类液体的生产线、超过闪点的加热温度的烘干生产线、安全滥用测试实验室、激光工艺配套的金属粉尘的除尘装置等。
- b) 在这些场所如果不能保证燃气或粉尘不超过爆炸下限的 5%，应进行爆炸分区划分，对设备和建筑都应采取合理的防爆泄爆措施。
- c) 上述场所如果采取了独立通风措施且带故障报警功能，在通风作用下这些场所的燃气或爆炸性粉尘的浓度不超过爆炸下限的 5%，则建筑物可不采取泄压措施；但直接使用这些甲乙类气体、液体或爆炸性粉尘的设备本身应采取合理的安全措施，可选用的合理安全措施可见附录 F。

4.5 消防设施

4.5.1 消防给水和消火栓系统

企业应按照 GB 50016、GB 50974 的要求设置消防给水和消火栓系统。消防给水和消火栓系统还应符合以下要求：

- a) 应设置室外消火栓、室内消火栓、消防水池、消防水泵。
- b) 有电池和危险化学品的场所的消火栓箱内，宜增设消防软管卷盘。
- c) 危险化学品仓库、电池仓库、电池老化场所和电池组放电场所宜设置固定消防炮或早期抑制快速响应喷头。
- d) 消防水池应能在水位不足时自动补水或报警。
- e) 消火栓系统的最不利点的栓口动压不应小于 0.35 Mpa，且消防水枪充实水柱不应小于 13 m。消火栓系统栓口动压不宜大于 0.5 MPa，大于 0.7 MPa 时应设置减压装置。
- f) 宜用阀门锁防止消防给水管道阀门非预期的关闭或开启。
- g) 宜监测消防水液位、水压、稳压泵和消防泵启动信号。

4.5.2 自动灭火系统

4.5.2.1 一般要求

企业应按 GB 50016 的要求配置自动灭火系统，选用的自动灭火系统还应符合以下要求：

- a) 应选择适合的自动灭火系统或自动灭火装置，除不宜用水保护或灭火的场所外，宜优先采用水作为灭火剂。自动灭火系统可采用建筑自动喷水灭火系统、设备局部自动喷水灭火装置等，自动灭火装置可采用悬挂式自动干粉灭火器、悬挂自动泡沫灭火器或火探管灭火装置、联动喷水装置等。
- b) 设备上可设置自动灭火装置。
- c) 电池老化场所、高温工作场所的喷头，其公称动作温度应高于环境最高温度 30℃。
- d) 高架仓库设置的自动喷水灭火系统宜采用早期抑制快速响应喷头。
- e) 大型储能或动力电池系统的充放电设备内，应设置局部自动灭火装置。

4.5.2.2 化成房间或设备要求

锂离子电池化成房间或设备的自动灭火系统还应符合以下要求：

- a) 采用敞开可视的设备进行化成时，应设置自动灭火系统；如能同时满足以下条件时，可不设置自动灭火系统：
 - 1) 设备内每个电池都被隔开充放电；
 - 2) 设备内每个电池都可直接观察，且电池热失控时工作人员能及时处置；
 - 3) 按 4.5.4 的要求配置应急器材。
- b) 采用独立的小型设备进行化成时，应设置自动灭火系统；如能同时满足以下条件时，可不设置自动灭火系统：
 - 1) 设备内电池热失控不会蔓延到其他设备；
 - 2) 设备如有气体排放口且在排放口安装了火灾探测器和现场报警灯，报警信号与消防控制中心联动；
 - 3) 按 4.5.4 的要求配置应急器材。
- c) 采用货架式化成，应设置自动灭火系统，宜采用先气体灭火再喷水灭火的方式灭火。

4.5.3 火灾自动报警系统

火灾自动报警系统应按 GB 50116 的要求设置，还应符合以下要求：

- a) 宜选择集中报警系统，并设置消防控制中心、图形显示器、消防广播。
- b) 有人作业的干燥车间内应设置手动火灾报警按钮。
- c) 应能使常开式防火门在发生火灾时自动关闭。
- d) 使用易燃或可燃有机溶剂的搅拌、涂布、注液工序，操作带电锂离子电池的化成、高温老化、常温老化、烘烤、测试、存储等车间和仓库，宜采用感烟型火灾探测器或分布式线型感温火灾探测器。
- e) 下列场所或设备应设置局部火灾探测器，火灾探测器宜与生产设备、设施连锁，并在显著位置设置声光报警器：
 - 1) 电池老化场所的每个最小防火分区、干燥车间、电池和危险化学品中间仓库；
 - 2) 自动化立体仓库的存放电池的每个货位；采用高架仓库型式的化成分容、老化工序的每一个货位；
 - 3) 电池老化、化成、烘烤、测试、存储等工序场所或设备内部。

4.5.4 应急器材

工作场所应配备应急器材，应急器材的品种和数量应根据有关标准规范以及事故场景、影响范围、持续时间、人员数量、人员能力等确定，并符合以下要求：

- a) 应按 GB 50140 的要求配置充足的灭火器材。
- b) 灭火器材应按照规定定期检查，保持有效。
- c) 应保持使用水的灭火设施水源充足。
- d) 储存和使用锂、铝粉的场所，可见附录 G 配置干燥石墨粉、D 类干粉灭火器、干燥食盐、干燥氯化钾粉末等。
- e) 有带电电池的的场所和设备可配置火钳、隔热手套、消防桶、水源、二氧化碳灭火器、水基灭火器、喷雾器、泡水桶、防爆桶、消防砂、事故水箱、消防钩等器材，用于快速处置发热、冒烟和热失控的电池和初起火灾。
- f) 企业应建立应急器材和装备型式目录，规定应急器材和装备配备标准。工作场所应急器材和微型消防站应急装备的配备可见附录 G。
- g) 应建立应急通讯系统。电池仓库、危险化学品仓库、电池老化场所、涂布、易燃电解质质制备车间、干燥车间、单体电池组装车间、电池组装配车间、消防控制室、微型消防站等重点部位应配备应急对讲机或手机等，宜配置手机信号放大器。
- h) 建筑首层安全出口处宜设置应急器材储备柜，应急器材的储备可见附录 G。
- i) 有危险化学品、粉尘、危险废物的工作场所，应设置洗眼器、淋洗器。洗眼器、淋洗器的服务半径不宜大于 15 m，且保证工作人员能在 10 s 内得到冲洗。

- j) 危险化学品库、危险废物仓库、注液车间等存在危险化学品泄漏的场所，应配置抢险、堵漏和吸附器材等。
- k) 应急器材应设置在显眼、不被遮挡、便于取用的位置，并按照有关标准设置指示标志。

4.6 生产设施

4.6.1 加热设施

加热设施应符合以下要求：

- a) 应设置至少二套相互独立的温度传感器及其温度控制装置，温度传感器及其温度控制装置应与热源动力开关和声光报警器连锁。
- b) 加热易燃、可燃介质的设施应按 4.4.5 的要求设置可燃气体监测预警和连锁设施。
- c) 应采取通风措施消除设施内部的有害气体和粉尘。
- d) 应具有控制加热时间的程序或装置。
- e) 注液后的回转式、隧道式、链式等加热设施应有应急装置，当传输系统故障时，宜能迅速将受热工具、产品从加热区取出。
- f) 电池老化场所的发热部件应设置在老化场所外，宜采用热空气鼓风的加温方式。
- g) 电加热器临近应采用高温线缆，宜套瓷环强化绝缘保护和断开不短路。
- h) 电加热器的风道如果使用了保温材料，宜将风机电缆直接穿出保温层。
- i) 电加热器工作功率应不超过 80% 的额定功率。
- j) 除湿机的加热器风扇，宜配置备用电池或第二路供电来避免停电后余热起火。

4.6.2 除湿设施

干燥车间设置除湿设施，并符合以下要求：

- a) 在加热部件前方应安装金属滤网以阻止可燃异物非预期的进入。
- b) 除湿机的密封材料应采用 B1 级以上的难燃或不燃材料。
- c) 电加热部件及其前后 1 m 的部位，应内衬 A 级不燃材料隔热、防止火灾蔓延。
- d) 除湿机的电加热部件应与通风机连锁，当除湿机加热部件停止加热后，通风机应继续运转直至温度降至 60℃ 以下。

4.6.3 涂布设施

使用电加热有机溶剂涂布的设备应符合以下要求：

- a) 烘道内的电气装置、电气设备、电气器具应符合 4.4.1 的要求。
- b) 烘道内应按照 4.4.5 的要求设置可燃气体监测预警和连锁设施，连锁停机阈值宜设在爆炸下限的 50%。
- c) 烘道电加热部件前方应安装金属滤网以阻止可燃异物非预期的进入。
- d) 烘道加热部件应具有超温保护功能，宜有多重超温保护。
- e) 烘道保温材料的燃烧性能不应低于 B1 级，保持烘道所在的车间温度不超过 60℃。
- f) 采取附录 D 规定的降低危险等级的措施后，涂布车间建筑物可不采取泄爆措施。

4.6.4 化成分容设施

化成分容设施应符合：

- a) 应按照 4.4.3、4.4.4 的规定设置排烟设施和通风设施。采用开口化成工艺的，还应按照 4.4.5 规定设置可燃气体监测预警和连锁设施。
- b) 长期在化成和分容工序运行的设备和设施的燃烧性不应低于 A 级。
- c) 应耐高温、阻燃，接触电池的部位应绝缘，表面绝缘电阻不应小于 10 MΩ。
- d) 应有防止电池爆炸、起火后蔓延的措施。
- e) 设备接触电池的部件应采取防止电池短路的措施。

4.6.5 电池组充放电设施

充放电设施应：

- a) 符合 GB 4943.1 或其替代标准中关于电击安全防护的要求。
- b) 充放电设备及其附件应耐高温、难燃或不燃，接触电池的部位表面绝缘电阻不应小于 10 MΩ。
- c) 当充放电的电压、电流、样品温度、容量、时间等参数超过规定的安全限值时，设备应能自动终止充放电程序、切断电流并发出声光报警。
- d) 新能源汽车、储能电池系统或模组充放电过程宜设置充放电舱，充放电舱应由不燃材料构成，舱内宜设置消防排烟、火灾探测器和自动喷水灭火装置。

4.6.6 试验设施

试验使用的设备和其他设施应符合：

- a) 安全试验设备的试验装置和操控台应分开，试验装置置于试验场，操控台置于控制室。试验设备应有紧急停止按钮。
- b) 大型封闭安全试验设备的试验装置上宜安装自动灭火抑爆装置，灭火抑爆装置的人工启动开关应设在控制室内。
- c) 应采用防止短路的装夹装置。
- d) 宜安装可监控试验过程的视频设备，如在控制室内安装朝向试验场的观察窗和摄像头，观察窗尺寸应小于 200 mm × 200 mm，安装防爆型安全玻璃和钢丝网。
- e) 用到液压油来提供挤压、针刺的测试设备，应符合：
 - 1) 采取隔离油罐和电池装载部位的安全措施；
 - 2) 设备电池装载部分宜自带局部灭火装置；
 - 3) 周边有独立机械通风且故障联锁报警；
 - 4) 事故通风能力不低于 12 次/h；
 - 5) 在消火栓保护范围内。
- f) 滥用测试、燃烧测试，应符合：
 - 1) 应将燃料罐超过 6 m 远程布置或布置物理安全隔离；
 - 2) 应通过阀门管道自留输送，阀门应可远程手动关闭；
 - 3) 在消火栓保护范围内；
 - 4) 应采取保护措施保护燃料管道在使用中被损伤；
 - 5) 燃气管道应设置止火阀，管道应使用不燃材料。
- g) 设备断电、应急抢险等用到的设备断路器、开关箱、风机开关、移动消防器材位置等应在设备操作手册中明确标注，且让安全滥用测试人员熟悉掌握。

5 选材与设计安全

5.1 电池组的组成电池

锂离子电池组组装使用的锂离子电池，应符合：

- a) 锂离子电池的安全性应满足 GB 31241《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全要求》、GB 38031《电动汽车用动力蓄电池安全要求》等相关的国家或行业标准要求。通过检查产品的认证证书、检验报告来确认其符合性。
- b) 通过采购其他生产企业供应的电池组装成电池组的企业，应制定对电池供应商的选择、评定和日常管理的程序，以确保供应商具有保证组成电池满足要求的能力。
- c) 使用企业自身或关联公司生产的电池组装成电池组的企业，应对组成电池实施定期确认检验或者按批次进行抽样检验来满足品质标准。
- d) 除非经过了相关测试认证，证明符合梯次利用电池的相关要求，否则应禁止使用报废设备的旧电池来重新组装新电池组使用。

5.2 电池组的设计

锂离子电池组的设计环节，应符合锂离子电池组安全设计相关的国家或者行业标准要求。

6 过程与工艺安全

6.1 一般要求

电池和电池组生产企业的生产过程和工艺应符合：

- a) 企业应按照附录 A 和附录 B 的规定分别确定物料和工艺的火灾危险性，选择合理的安全措施。
- b) 生产设备设计、安装和验收时，企业应进行设备风险评估，识别存在的机械伤害类型和风险程度。风险评估可按 GB/T 15706 的规定执行，企业应根据风险评估的结果确定相应的控制措施。
- c) 生产设备存在风险的运动部件，应安装符合相关国家标准的防护装置，例如护罩、围栏、护栏、安全开关、光栅、急停开关等。适用时，防护装置应与危险能量源联锁。
- d) 生产设备存在风险的部位，应设置安全标志、安全色、警示语。
- e) 应制定设备安全操作规程，并向劳动者公开。
- f) 应确认生产、测试设备的软件满足预期的要求。
- g) 检维修作业宜按 GB/T 33579 的要求执行上锁挂牌制度。
- h) 应定期检查设备的安全装置、安全功能，防止非预期的损坏和更改。
- i) 生产辅助用的危险化学品应采用合适的分装容器，不用时应暂存在专用储存柜。

6.2 配料

配料应符合：

- a) 对甲乙类易燃液体、丙类可燃液体和爆炸性粉尘的场所，应充分使用通风降低危险等级措施，将蒸气或粉尘浓度控制到不超过爆炸下限的 5% 和不超过职业健康限值的 10%。
- b) 比较职业健康限值时，应依照物质含量配比或元素成分、颗粒物大小来合理确定检测数据，可将监测到的总尘数量剔除超过粒径 10 μm 的大颗粒，将剩余部分再乘以特定元素比例来计算该元素的浓度。

6.3 涂布

涂布过程应符合：

- a) 涂布中 N-甲基吡咯烷酮管道、导热油管道应采取防范液体溅射、滴落、泄漏的措施，如在法兰、阀门处使用金属接漏盘、缠绕复合包装铝箔等措施。
- b) 应做好导热油的维护和保养，及时清理导热油的阀门和接口少量泄漏油脂避免结焦，法兰、阀门应合理设置保护罩避免导热油泄漏。

注：导热油泄漏可能引起电线损伤。

6.4 极片制备

锂离子电池生产中的极片制备工艺，应符合：

- a) 激光气化烟尘如铝粉、铜粉有爆炸性，应采取粉尘防爆措施如添加惰性粉尘且与金属粉尘重量比例超过 5:1。
- b) 极片料卷应使用专门的升降搬运小车来辅助装卸搬运，其吊装金属链条或钢丝绳应有安全冗余。
- c) 极片制备中使用激光工艺时，应设置设备门与激光设施的安全联锁装置。

6.5 注液

注液过程应符合：

- a) 在丙类车间进行注液时，注液车间占本层或本防火分区建筑面积应不大于 20%，且应采取有效的密封、设备局部负压、监控浓度或抑爆措施。
- b) 丙类电解液的存储、使用工序与明火工艺的距离不应小于 9 m，或采用规定的防火隔墙分隔。
- c) 有电解液场所的激光焊接工艺应确保独立机械通风且有故障报警联动停机，事故通风能力不低于 12 次/h，控制浓度始终低于爆炸下限的 5%。

6.6 化成分容

化成和分容的生产操作应符合：

- a) 应将电池逐个固定在装载工具中，将装载工具逐层固定在转运工具里。
- b) 电池不应在操作工位上堆积，应有防止电池倾倒、翻落、意外接触金属物的措施。
- c) 不应用可燃材料包裹化成、分容中的电池。
- d) 及时发现和处置破损、鼓胀、漏液、发热、起火、爆炸等安全故障的电池。
- e) 定期检查化成、分容设备的电压、电流、温湿度、时间控制等影响电池安全性能的参数。
- f) 设备连续运行时，应有专人值守。
- g) 不宜使用尖锐工具。

6.7 电池组/系统的组装

电池组、电池模块或电池系统的组装应在受控的生产条件下进行，其生产操作应符合：

- a) 应采用锂电池装载工具和厂内储存运输工具固定、隔离电池，防止电池倾倒、短路。
- b) 应避免短路极端、外力冲击、跌落、振动、高温、外部电流等可能损伤锂电池的因素。
- c) 严格控制工作现场的焊料、工具等金属物品；工作人员不应佩戴金属饰品，避免金属物品短路电池。
- d) 不宜使用尖锐工具。
- e) 在装配前检测单体锂离子蓄电池的外观和性能，确保电池极端绝缘良好、外壳完整、性能满足预期的要求。
- f) 应避免直接在电池壳体或极端上焊锡；焊锡操作时，应对电池采取有效的隔热措施。
- g) 应用绝缘材料至少包覆电池极端引出线的一端。
- h) 不合格的成品电池的拆解操作应遵守安全操作规程的指导，并由培训合格的人员进行。
- i) 充电上限电压大于 60 V 的电池组、电池模块或电池系统，应采取防电击的措施。

6.8 成品试验

锂离子电池和电池组的成品试验操作应符合：

- a) 样品应该隔离放置。
- b) 破坏性测试操作控制台应与设备分开设置，操作控制台宜在试验区域外，试验开始前人员应离开试验区域。

6.9 存储和搬运

电池的存储和搬运应符合以下要求：

- a) 使用采用了不燃或难燃材料的装载工具。
- b) 使用装载工具搬运时应可靠固定电池。
- c) 应不超过装载工具的承重能力。
- d) 堆码包装箱应符合包装箱的限高标志要求。
- e) 电池与可燃物品不应同仓储存。
- f) 成品仓库存储的锂离子电池 SOC 不宜超过 70%。

6.10 废弃产品的控制

企业应针对实验室试验后产品、不合格产品、装运受损产品等建立废弃电池和电池组控制程序。应包括废弃产品的标识、隔离和处置及采取的纠正、预防措施，以妥善处置包括实验室试验后产品、不合格产品、装运受损产品等。

返工产品应重新检测，重要部件或组件的返修应保持记录。

外壳破裂、鼓胀、漏液、发热的废弃电池和注入电解质后未密封的废弃电池可浸入 5% 碳酸氢钠水溶液中或氯化钠溶液中至放电反应完全，密封的废弃电池应放电完全。放电完全的废弃电池可交由一般工业废物回收单位处置。应保持废弃电池和电池组的处置记录。

废弃危险化学品应按危废要求进行标示和收集，暂存在危险废物仓库。禁忌危险废物不应同库存放。

7 安全管理要求

7.1 管理体系

锂离子电池和电池组生产企业应建立和保持质量、环境、职业健康安全管理体系，并取得管理体系认证。

锂离子电池和电池组生产企业应按照 GB/T 33000 的要求开展安全生产标准化建设，建立以安全生产标准化为基础的企业安全生产管理体系，应至少通过三级企业安全生产标准化评审。

7.2 机构和职责

企业应落实安全生产组织领导机构，成立安全生产委员会，设置相应的专职或者兼职安全生产管理人员或机构。企业主要负责人全面负责安全生产和职业卫生工作，并履行相应责任和义务。

企业建立厂、车间（职能部门）、班组三级安全生产组织，确定各级组织的专（兼）职安全生产管理人员，按照 GB 25201 的要求配备消防控制室值班人员和消防设施巡查人员。人员的数量应满足持续安全生产要求的需要。

企业应确保各级人员具备与其工作职责相适应的安全生产的知识和能力。

7.3 安全教育和培训

对安全生产有影响的人员应具备适宜的教育经历、经过安全生产培训、具备适宜的技能 and 经验。

应加强对电池仓库、成品仓库、危险化学品仓库、注液、化成分容、老化、充放电、大型电池系统组装、安全测试等重点防火部位的工作人员的安全生产培训和考核。

企业宜根据工作场所的规模、职业危害因素的特点，按照 0.1%~5% 的比例配备急救人员，并对急救人员进行相关知识和技能的培训。有条件的企业，每个工作班次宜至少安排 1 名急救人员。

企业应制定安全生产教育和培训大纲，规定培训内容、对象、频率和合格标准等。安全教育和培训宜包括以下科目：

- a) 全体员工实际操作和使用消防砂、灭火毯、手提式灭火器、推车式灭火器、泡水桶/洗车器/喷雾器/火钳水桶等水类灭火装置、室内消火栓、消防软管卷盘。
- b) 各种危险物品初起火灾灭火操作规程的实际操作。
- c) 疏散逃生方法，包括但不限于应急避险、自救器材的使用。
- d) 常见事故征兆及其处置方法。
- e) 事故报告、报警方法。
- f) 电解液泄漏处置方法。
- g) 志愿消防队、专职消防队战术训练。

7.4 规章制度

企业应按有关法律法规、标准规范的要求建立安全生产规章制度，并向劳动者公开。企业还应至少建立以下规章制度和操作规程：

- a) 电池厂内运输、储存、老化、使用和报废安全管理制度。
- b) 工作场所危险化学品使用安全管理制度。
- c) 危险化学品仓库及其中间仓库、危险废物安全管理制度。
- d) 干燥车间安全管理制度。
- e) 夜班、节假日领导带班制度。
- f) 应急救援队伍管理制度。
- g) 重点部位每日防火巡查制度。
- h) 消防设施维护保养管理制度。
- i) 消防控制室管理制度。
- j) 危险作业审批管理制度。
- k) 电池生产安全操作规程。
- l) 各种危险物品初起火灾灭火操作规程，包括但不限于锂、电池、电池组、大型电池系统、易燃液体等；
- m) 消防设施中断管理制度。

7.5 事故应急管理

企业应具备生产安全事故的应急管理能力和建立覆盖主要危险源、常见事故场景和各级组织的应急预案体系，按照 GB/T 29639 的规定编制综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案，并向劳动者公开。常见事故的应急预案编制和应急救援程序可见附录 G。

企业应建立应急指挥机构和 24 h 执勤的专兼职应急救援队伍，见附录 G 的要求配备应急器材和应急装备。

企业应制定年度应急演练计划，按 AQ/T 9007 的要求组织演练，按 AQ/T 9009 的要求评估演练效果。其中，灭火和火灾疏散应急预案每半年至少演练一次。

7.6 生产安全审核

企业应建立文件化的安全生产审核程序，确认企业生产安全各体系运行有效性，记录审核结果。

锂离子电池和电池组的生产企业应定期进行安全生产审核，确保安全生产相关要求的有效落实。应根据企业生产安全实际情况策划审核方案，制定审核计划，应确认审核频次覆盖企业明显的生产行为变更，如扩产、停复产、工序场地调整等。

对审核中发现的问题，责任部门应及时采取纠正措施，企业应组织对纠正措施的实施结果及其有效性进行验证。对发现的重大问题，可从问题的性质和对生产安全的影响程度上来考虑，确定预防措施的需求。

7.7 调查改进

企业出现安全生产事故后，应按照问题的性质(如个别、批量、偶然性、安全项目)进行不同程度的原因分析，及时采取相应的纠正措施。

对于审核发现的生产安全问题，若无法当场进行解决，则企业应采取控制措施，对安全风险进行标识和控制，直至该风险消除为止。

企业应根据评审获得或在日常生产中获知的相关信息的分析，判断可能发生生产安全问题的趋势，并制定相应预防措施。



附录 A
(规范性)

锂离子电池企业常见物品的火灾危险管理要求

表 A.1 规定了锂离子电池企业常见物品的火灾危险管理要求。

表 A.1 锂离子电池企业常见物品的火灾危险管理要求

编号	原料/半成品/成品/包装材料	名称	物品火灾危险管理要求
01	原料	正极粉料：钴酸锂粉料、磷酸铁锂粉料、锂镍钴锰粉料等	参考戊类
02	原料	负极粉料：石墨、硅、钛酸锂	参考戊类
03	原料	羧甲基纤维素钠	参考
04	原料	金属材料：铜箔、铝箔、铜条、铝条、镍条、导电铜牌、铝镍复合带、铜镍复合带、不锈钢壳、铝壳、铝钉、铝框架、金属紧固件、金属底托板	参考戊类
05	原料	饱和蒸汽压条件下，蒸汽浓度低于爆炸下限时的电解液	参考丙类
06	原料	饱和蒸汽压条件下，蒸汽浓度超过爆炸下限的电解液；喷码油墨；清洁用酒精；碳酸二甲酯	参考甲类或乙类（按闪点确定）
07	原料	存储或车辆运输的金属锂带；锂粉	参考甲类
08	原料	隔离膜、胶带、复合包装铝箔、导线、电路板、丁苯橡胶乳液、聚偏氟乙烯胶粒、N-甲基吡咯烷酮溶剂、AB 环氧树脂胶	参考丙类
09	包装材料	铁卡板（不可燃材质）	参考戊类
10	包装材料	纸皮、塑料盒、卡板（可燃材质）	参考丙类
11	半成品	膜片：正极膜片、负极膜片；极片：正极极片、负极极片；极组；未注液的电池	参考戊类
12	半成品	水剂浆料：负极浆料、隔离膜浆料、凹版水剂浆料；水剂极片：负极极片、带水剂涂层的隔离膜膜片、带涂层的金属箔材膜片	参考戊类
13	半成品	激光形成的金属烟尘、或焊接打磨形成的金属粉尘、纳米碳粉等	参考乙类
14	成品	正常出货或正常使用的锂离子电池、锂离子电池组	参考丙类
15	成品	泡水放电完毕的锂离子电池、破坏外壳泡水处理的不带电锂离子电池	参考戊类
16	成品	安全异常的带电电池或电池组，安全异常电池包括生产线发现的安全异常电池、有意的设计制造的用于工程研究的安全缺陷样品、客户退货的安全异常电池、事故后损伤的安全异常电池、破坏性安全滥用测试的电池等	参考甲类

附 录 B
(规范性)
锂离子电池主要工艺火灾危险管理要求

表 B.1 规定了锂离子电池主要工艺火灾危险管理要求。

表 B.1 锂离子电池主要工艺火灾危险管理要求

编号	工艺	工艺描述	工艺的火灾危险管理要求
01	水剂搅拌（负极浆料搅拌、隔离膜浆料搅拌、金属膜浆料搅拌）	以去离子水为主要溶剂（重量比例超过30%）将其他戊类粉料、丙类胶粒溶剂混入制成浆料。	参考戊类
02	水剂涂布	将去离子水为主要溶剂的浆料涂布在基材上面且烘干形成极片	参考戊类
03	油剂搅拌	以丙类有机溶剂为主要溶剂（重量比例超过30%）将其他戊类、丙类粉料颗粒混合形成浆料；且采取抽气措施确保丙类有机溶剂的蒸气浓度低于爆炸下限，采用了防爆设备，且厂房通风良好	参考丙类
04	油剂涂布	将丙类有机溶剂为主要溶剂的浆料涂布在基材上面且烘干形成极片，采用了防爆设备，且厂房通风良好	参考丙类
05	冷压	轧钢机的辊子压薄极片	参考戊类
06	分切	用机械切刀将极片分开	参考戊类
07	分切	用激光将极片分开	参考丁类
08		用机械切刀将极片分开	参考戊类
09	模切	用激光将极片分开	参考丁类
10	卷绕	在机器上将正极极片、负极极片、隔离膜卷绕在一起形成极组	特殊工艺参考丙类，如果周边有明火工艺参考丁类
11	热压	用气缸将极组压实	参考戊类
12	软连接焊接	用超声波焊接或电阻焊接将导电的金属片极耳和极片焊接起来	参考戊类
13	软连接焊接	用激光焊接方式将导电的金属片极耳和极片焊接起来	参考丁类
14	上支架+入壳	用机械手将不锈钢支架、极组装入铝壳中	参考戊类
15	顶盖焊接	采用激光将不锈钢支架和铝壳焊在一起	参考戊类
16	真空烘烤	在真空炉/箱中一定温度下对未注液电池、膜片、极片烘干	参考戊类
17	注液	在密封设备的干燥环境下注入电解液，监控湿度、浓度，独立风机且故障报警联动，有备用风机，达到事故风机能力不低于12次/h能力；有可能配有激光焊接盖帽工艺（圆柱电池）	符合6.5a款规定的参考丙类，若使用激光焊接盖帽工艺且采取了措施将燃气浓度降低到低于爆炸下限的5%，参考丁类要求

表 B.1 (续)

编号	工艺	工艺描述	工艺的火灾危险管理要求
18	老化静置	在干燥房间,一定温度下,对未封口的电池进行开口电池静置,或者闭口电池在一定高温静置(温度通常不超过60°C),促进电解液吸收;有可能在老化静置时刻对每个电池的注液口抽真空	在密封的房间存放,有火灾探测器,有浓度监控,有独立事故风机连锁,事故风机能力达到12次/h,有现场灭火喷淋设施,则参考丙类;否则依照电解液闪点参考甲类或乙类要求
19	化成	对锂离子电池充放电,形成固体电解质界面(SEI)膜的工艺	①密封的低湿度房间且没有对电池抽真空,没有控制浓度,没有事故排烟则参考甲类; ②在密封的低湿度房间生产,但是采取了电池每个抽真空措施或房间采取浓度控制不超过爆炸下限的5%;房间采取了独立事故通风连锁且达到12次/h换气能力,周边有消火栓保护,参考丙类; ③在敞开的车间和敞开的设备,电池闭口化成,每个电池都可看见和易于拿取,周边有手提灭火器或泡水桶处理异常电池,有通风设计,控制浓度不超过爆炸下限的5%,参考丙类
20	二次封装	对化成后的电池进行称量重称,必要时补充电解液	无激光焊接工艺则参考丙类; 有激光焊接且采取了措施将可燃气体浓度降低到低于爆炸下限的5%的明火工艺参考丁类
21	密封钉焊接	采用激光焊机对注液口进行焊接	激光焊接且采取了措施将可燃气体浓度降低到低于爆炸下限的5%的明火工艺参考丁类
22	气密性检测	采用真空设备对电池进行气密性监测	参考丙类
23	表面清洗	常温下采用溶剂对电池表面进行清洗	依溶剂闪点确认
24	容量、开路电压、阻抗、自放电率测试	对锂离子电池的容量充放电测试、开路电压、阻抗、自放电率测试	参考丙类
25	非破坏性电池测试	非破坏性测试包括:容量、循环寿命、高低温冲击、高温高湿、真空模拟、运输震动等测试	参考丙类
26	破坏性电池测试	破坏性测试包括:短路、跌落、碰撞、挤压、针刺、火烧、泡水等测试	无通风设计参考甲类;有通风设计参考丙类

附录 C
(资料性)
自动化立体仓库降低火灾风险的措施

C.1 自动化立体仓库采取适当的安全措施和安全策略后，可以较好的平衡危险物品数量限制与危险物品能量密度。电池仓储或电池老化采用自动化立体仓库时，以下安全组件和安全功能适用：

- a) 仓库或老化场所设有自动喷水灭火系统，采用早期抑制快速响应喷头。
- b) 每二列货架设一个事故应急水箱或沙箱，水箱或沙箱尺寸能保证一个货位的电池完全浸入。
- c) 每个货位、堆垛机货叉、水箱或沙箱均设置火灾探测器，火灾探测器与仓库控制系统、堆垛机、堆垛机货叉自动灭火装置、声光报警装置分别联动。
- d) 堆垛机货叉设置自动灭火装置，或每个货位设置局部自动灭火装置。
- e) 货位的火灾探测器、仓库控制系统、堆垛机接入消防用电。

C.2 用于电池仓储或老化的自动化立体仓库参考图 C.1 和图 C.2 规定的火灾处置程序。

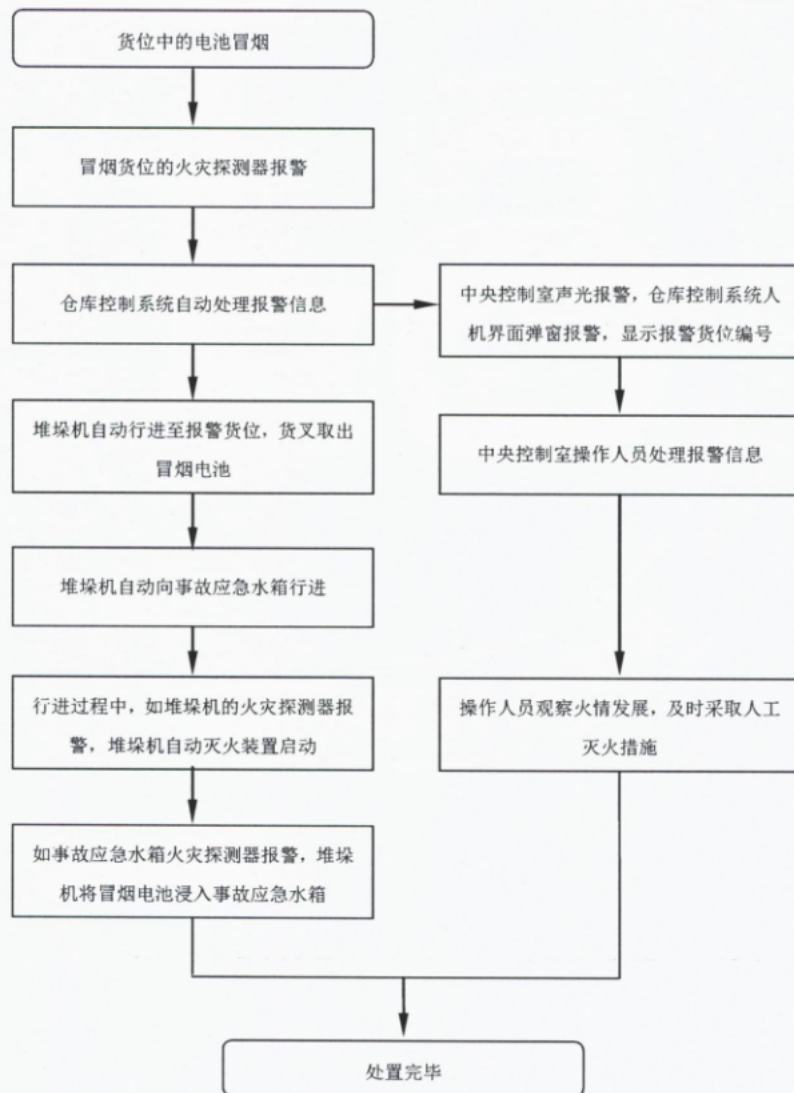


图 C.1 自动化立体仓库火灾处置程序（一）

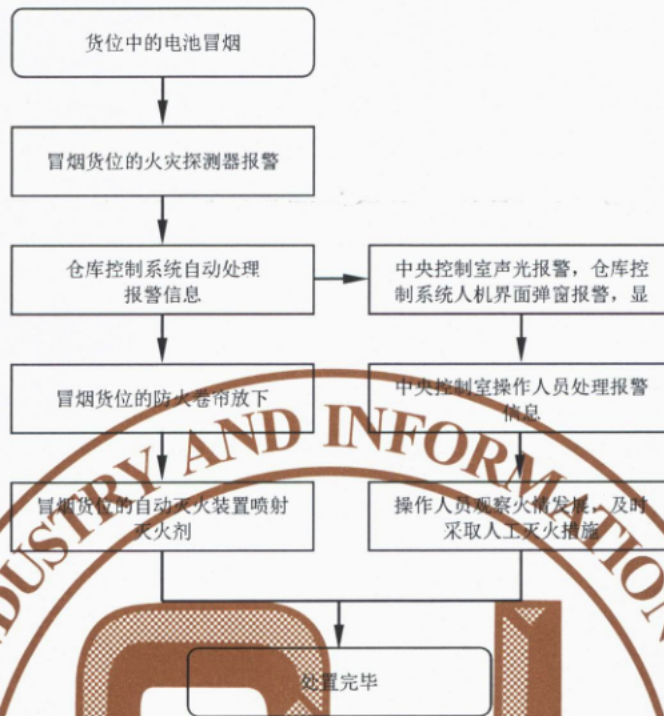


图 C.2 自动化立体仓库火灾处置程序（二）

附录 D

(资料性)

通风降低危险等级的措施及浓度计算

D.1 不计机械通风故障影响

采用机械通风,当通风设备发生故障时,设置自动报警或停止工艺流程等确保能阻止可燃物质释放的预防措施或使设备断电的预防措施,可不计机械通风故障的影响。例如,工艺设备、车间、仓库安装独立通风风机,并且风机联动自动报警或联动断电停机,风机断电停机不会造成热失控风险。

D.2 通风降低危险等级

通风降低危险等级的安全措施是指,使用了满足“不计机械通风故障影响”的通风风机,能够有效降低设备、车间、仓库的可燃气体或气溶胶等浓度,可降低危险等级。

典型浓度限制为:爆炸下限的 50% 为联动断电停机的浓度限值(二级报警设定值),爆炸下限的 25% 为首次浓度报警不停机的浓度限值(一级报警设定值),爆炸下限的 5% 为不记为危险区域的浓度限值。

注:通风降低危险等级的措施对于明火、电弧直接加热液体的情形不适用。使用不计机械通风故障影响的安全措施可鼓励企业用工程方法的强化局部通风,降低可燃气体浓度,实现源头安全。

D.3 不同风速下挥发气体浓度计算

计算在风速下有机溶剂的蒸发量的公式,原型为马扎克公式,见公式(D.1)。

$$G = (5.38 + 4.1 \times u) \times P_v \times S_L \times \sqrt{M} / 133.32 \dots \dots \dots (D.1)$$

式中:

G ——蒸发速率,单位为克每时(g/h);

U ——风速,单位为米每秒(m/s);

P_v ——有机溶剂在室温时的饱和蒸气压,单位为帕(Pa),1 mmHg=133.32 Pa;

S_L ——有机溶剂敞露面积,单位为平方米(m^2);

M ——有机溶剂分子量。

每秒蒸发质量为 G/3600,等于有机溶剂体积浓度与溶剂分子量 M、每秒蒸发摩尔量(以 L 为单位的蒸发体积除以 22.4)的乘积,每秒蒸发气体体积(以 L/s 为单位)为泄漏面积 S_L (以 m^2 为单位)乘以风速 u(以 m/s 为单位)乘以 1000,即:

$$G / 3600 = RH \times M \times S_L \times u \times 1000 / 22.4 \dots \dots \dots (D.2)$$

式中:

RH ——蒸气的体积浓度,以百分比表示。

假设每摩尔可燃物质燃烧消耗的氧气分子量为 n,空气中氧气的大约含量为 21%,即 4.76 份空气中含有 1 份氧气和 3.76 份氮气,则每摩尔可燃物质燃烧消耗的空气重量为 $4.76 \times 2n$,即可计算物质的爆炸下限值,见公式(D.3):

$$LEL = 1 / [4.76 \times (2 \times n - 1) + 1] \times 100\% \dots \dots \dots (D.3)$$

式中:

LEL ——爆炸下限,以百分比表示。

以爆炸下限 LEL 为单位来代表蒸汽的相对浓度 RH,将公式(D.2)、公式(D.3)代入公式(D.1),马扎克公式变形为公式(D.4),即求解达到风速下以爆炸下限为单位的蒸汽浓度计算方程。

$$D = 4.67 \times 10^{-8} \times (5.38/u + 4.1) \times \frac{P_v}{\sqrt{M}} * [4.76 \times (2 \times n - 1) + 1] \dots \dots \dots (D.4)$$

式中:

D ——以爆炸下限为单位的蒸汽浓度,值为浓度 RH 与爆炸下限 LEL 的比值。

混合溶剂的饱和蒸气压计算见公式 (D.5)，可用于计算电解液混合物、混有水分的酒精等的饱和蒸气压。

$$P_v = \sum(P_{v,i} \times X_i) \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

$P_{v,i}$ ——混合溶剂中第*i*种成分的饱和蒸气压；

X_i ——混合溶剂中第*i*种成分的摩尔比例。

混合溶剂中每种成分，其饱和蒸气压和温度之间的关系由安托因(Antoine)方程计算，见公式(D.6)：

$$\text{Log}_{10} P_{v,i} = A - B/(T + C) \dots\dots\dots (D.6)$$

式中：

P ——物质在特定温度下的饱和蒸气压，单位为帕 (Pa)；

A ——针对特定物质的方程式常数；

B ——针对特定物质的方程式常数；

C ——针对特定物质的方程式常数常数；

T ——热力学温度，单位为开尔文 (K)。

使用公式 (D.6)，可以查参数表获得不同物质的 A, B, C 常数值。也可以按如下进行近似计算，将 $1/(T+C)$ 作为横坐标， $\text{Log}_{10} P_{v,i}$ 作为纵坐标，可以得到线性方程式，其中 A 为直线的截距， B 为直线的斜率。使用物质的熔点和沸点对应的两点坐标 [(熔点温度, 0.1 KPa) 和 (沸点温度, 101.3 KPa)] 代入到方程式，就可以确定线性方程的常数 A 和 B 的近似值。在近似求解 $P_{v,i}$ 时，忽略 C 值，根据确定常数后的公式 (D.6) 即可计算出某个温度下，物质的饱和蒸气压，代入公式 (D.4) 即可求知不同风速下可燃蒸气的浓度，判断是否超过爆炸下限。

综合使用以上公式，计算列出常见可燃化学品在室温的饱和蒸气压、不同风速下的蒸气浓度见表 D.1。

表D.1 常见溶剂不同风速下的蒸气浓度

测量单位				%	Pa	m/s	爆炸下限 LEL
物质名称	充分燃烧方程式	每摩尔燃烧消耗氧分子量 n	分子量 M	计算的爆炸下限	室温和蒸气 蒸气压 P_v	风速 u	风速下蒸气浓度 D
酒精	$C_2H_6O+3O_2=2CO_2+3H_2O$	3.0	46	4.0%	5.80×10^3	0.12	4.88%
						0.20	3.09%
						0.50	1.48%
油墨的丁酮	$C_4H_8O+5.5O_2=4CO_2+4H_2O$	5.5	72	2.1%	9.49×10^3	0.35	4.97%
						0.40	4.48%
						0.50	3.80%
油墨的丙酮	$C_3H_6O+4O_2=3CO_2+3H_2O$	4.0	58	2.9%	2.47×10^3	0.50	7.77%
						1.00	4.96%
						2.00	3.55%
NMP, N-甲基吡咯烷酮	$C_5H_9NO+7.75O_2=5CO_2+NO_2+4.5H_2O$	7.75	99	1.4%	4×10^3	0.01	0.72%
						0.02	0.36%
						0.50	0.02%
电解液的 DEC 碳酸二乙酯	$C_4H_{10}O_2+4O_2=3CO_2+3H_2O$	6.0	118	1.9%	1.33×10^3	0.04	4.26%
						0.10	1.78%
						0.50	0.46%

附录 E

(资料性)

锂离子电池企业典型职业危害防治措施

E.1 职业危害因素(化学有害因素)的控制原则

E.1.1 对工作场所化学有害因素接触的控制,根据工作场所实际情况,按照 GBZ 1 的要求采取综合控制措施并遵循以下原则:

- a) 消除替代原则。优先采用有利于保护劳动者健康的新技术、新工艺、新材料、新设备,从源头控制劳动者接触职业性有害因素。原料和辅助材料应尽量采用无毒或低毒物质,用无毒原辅材料代替有毒原辅材料、低毒原辅材料代替高毒原辅材料。
- b) 工程控制原则。对生产工艺、技术和原材料达不到卫生学要求的,应根据生产工艺和化学有害因素的特性,采取相应的防尘、防毒、通风等一切合理可行的预防控制措施,使劳动者的接触或活动的工作场所化学有害因素的浓度符合卫生要求。
- c) 管理控制原则。通过制定并实施管理性的控制措施,控制劳动者接触职业性有害因素的程度,降低危害的影响。采取合理的生产布局,将有害作业与无害作业分开;工作场所与生活场所分开,工作场所不得住人;饮水设施和器具不应设置在危险化学品场所;开展职业危害告知和警示、定期进行工作场所职业病危害因素检测、定期组织员工进行职业健康监护。
- d) 个体防护原则。当采取消除替代措施、工程措施、管理措施仍不能实现对接触的适宜控制时,应联合使用其它控制措施和适当的个体防护装备;个体防护用品通常在其他控制措施不能理想实现控制目标时使用。

E.2 良好实践

E.2.1 粉尘和有害蒸气

应对粉尘和有害蒸气的有效实践如下:

- a) 积极采用机械化和自动化设备,避免员工在作业过程中直接接触粉尘和有害蒸气。
- b) 保证车间的新风量满足 GBZ/T 194—2007 的要求。
- c) 对于逸散粉尘和有害蒸气的生产过程,安装多级除尘系统和通风设施。在正负极搅拌投料、分切、叠片、卷绕、注液等有粉尘、有害蒸气的工序,应采取密闭产生产害设备和尘源点的措施,设置设备局部通风,及时抽尘、抽风,车间洁净度控制后,使粉尘、有害蒸气的浓度不超过职业健康限值的 10%;激光焊接,卷绕,分切产生粉尘设备的除尘管道距离明火工艺 1m 内应使用不燃材质。
- d) 保证操作人员处于新鲜风正压状态。
- e) 正负极搅拌投料采取负压吸料,减少扬尘。
- f) 安装事故通风装置以及与事故排风系统相连锁的泄漏报警装置。

E.2.2 噪声

应对噪声的有效实践如下:

- a) 叠片和卷绕工序撕开胶带的设备,采取局部密封降噪。
- b) 设备的气动部件,采用金属消音器取代塑料消音器、排气管接入专门的密封降噪装置等措施。
- c) 设备的往复撞击部件采用缓冲垫、缓冲弹簧。
- d) 将震动设备安装在减震基座上,震动部件采取局部密封降噪装置。

E.2.3 激光

应对激光的有效实践如下:

- a) 光源低于人眼高度,避免人眼直视。

- b) 激光设备应采用门机联锁装置。当打开光源设备门时，设备自动停止发射激光。
- c) 为光源安装滤光防护罩，使得工作人员在任何位置接触的激光不超过 1 类。
- d) 宜采用摄像头观察激光焊接效果，替代人眼直接观察激光。
- e) 宜用导引定位红光来辅助定位调机。
- f) 设置合理的警示标志和说明标志。

E.2.4 辐射

E.2.4.1 优先采用获得政府环保主管部门批准豁免的射线装置和放射源，豁免是对辐射安全的全部豁免，批准豁免的装置或源不再作为辐射装置或辐射物质管理。

E.2.4.2 对射线装置采取适当的屏蔽防护措施，以保证当源套安装在分析仪的机壳或防护罩内时，在下列任一条件下，距源套外表面 5 cm 的任何位置，射线的空气比释动能率不得超过 25 $\mu\text{Gy/h}$ ：

- a) X 射线管处于最高管电压、最大功率。
- b) 源套内密封源不超过产品说明书给定的最大活度。

E.2.4.3 在下列位置，射线的空气比释动能率均不得超过 2.5 $\mu\text{Gy/h}$ ：

- a) 人体可能到达的距闭束型分析仪一切外表面（包括高压电源、分析仪外壳等）5 cm 的位置。
- b) 距敞束型分析仪的防护罩、遮光器外表面 5 cm 的任何位置。

E.2.4.4 对密封放射源采取适当的屏蔽防护措施，使非放射工作人员可能到达的任何位置上的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

E.2.4.5 以固定在辐射设备表面的个人剂量计或工作人员佩戴的个人剂量计表征，任何工作人员的照射水平不超过年平均有效剂量 20 mSv/a。

E.2.4.6 在设备自带的屏蔽防护装置的基础上，企业宜进一步加强屏蔽防护装置，以取得以下更好的实践：

- a) 低于调查水平，不超过 5 mSv/a。
- b) 使任何工作人员所受到的年有效剂量与公众照射所受到的年有效剂量一致，不超过 1 mSv/a。

E.2.5 个人防护用品

根据工作岗位存在的职业危害因素，为劳动者配发适宜的头面部防护、眼部防护、躯干防护、足部防护、呼吸防护或听力防护等个人劳动防护用品。一般来说，当工作岗位职业危害因素不超过职业健康限值的 10% 时，劳动者可不佩戴个人防护用品。

附录 F

(资料性)

使用甲乙类气体、液体或爆炸性粉尘的设备的安全措施

F.1 使用甲乙类可燃气体(包括液体蒸汽)、可燃粉尘的场所包括电解液仓库、油墨存储仓库、锂粉仓库、锂带仓库、使用甲乙类液体的生产线、工艺温度超过物质闪点的烘干生产线、安全滥用测试实验室、激光工艺配套的金属粉尘的除尘装置等。在以上场所,可综合采取抑爆、抗爆、泄爆、隔爆的防爆安全措施。

F.2 可采取的安全措施种类包括:降低浓度类措施、消弱点火源类措施、隔开点火源到足够浓度环境类措施和消弱爆炸后果类措施。

F.3 典型的降低浓度类措施包括:独立机械通风且带故障报警、联动事故通风、强制通风后浓度不超过爆炸下限的5%、设置圆形管道取代方管减少积尘、设置合理风速避免管道积尘、过滤布袋带压差监控报警装置等。

F.4 典型的消弱点火源类措施包括:两级温度控制避免形成超温热表面;增加除铁器或防范异物进入网格在加热器和风机前方、密封轴承或增加吹风冷却轴承、轴承有温度监控或水套降温;对激光明火工艺出来最初2 m有金属管道不燃降温、采用犬牙交错的简易灭火器熄灭激光熔渣;管制施工明火点燃;防范异种物质遇水遇潮形成原电池电解释放氢气堆积、室外除尘设备的立体防雨措施;贴胶带到不运动的电气缝隙如线槽缝隙、线管接头、插座和插头、接线盒孔洞;贴塑料膜在按钮表面、开关前方,再贴胶带在周边构成在密封薄膜操作的防尘空间;开关电箱要么移动到无尘土的房间,要么采取接干净的压缩空气增压防尘措施或者干净车间风管风机送来的正压风,或门边加密封条+对角有抽风风扇+进风口有过滤棉+电箱内部高发热部件如变频器、固态继电器有内部小风扇对准吹气搅动散热;静电有三种带电模型,能量典型小于1 mJ,不能点燃粉尘(最小点火能 >1 J),可能点燃异种粉尘遇水遇潮气电解产生的氢气、易燃挥发的清洁剂如酒精蒸气,配套采取消除静电措施如门把手处、门金属面、设备金属面和管道、操作金属表面、栏杆接地方便人员接触放电,在导静电粉尘(如钴酸锂、磷酸铁锂、锂镍钴锰、石墨、碳粉、铝粉、铜粉)的管道内部接口后增加金属或者石墨电极接地,将内部大导电粉尘保持零电位;接头少于6颗螺丝的接头处,增加跨接导电带,对运动部件可以增加金属弹簧或重力垂钓导线接地;清灰人员工衣、鞋子、工具要采取防静电措施,典型可以为套棉布鞋套,穿防静电工衣等;对清洁灰尘的工具用非静电和无碰撞金属火花工具如棉布、天然麻、麻袋、带绳子的麻袋在管道随风力清洁数次等标准清洁方法。

F.5 典型的隔开点火源到足够浓度环境类措施包括:高浓度位置不安装电气装置、电箱采用正压通风、使用三防灯或防爆灯照明、增加胶带密封电线线槽、接头、插座等。

F.6 典型的消弱爆炸后果类措施包括:选择专业机构完善对爆炸性粉尘的安全设计和验收,增加设备的泄压片,使用小于1 m长度的伸缩铝箔,使用带轻质保温材料的泄压金属膜,使用特定的帆布当简易泄压材料,使用重量不超过 25 kg/m^2 的轻质材料当泄压材料,在室外除尘器外6 m~8 m安装隔爆阀等。

附录 G
(资料性)
应急指南

G.1 工作场所应急器材

工作人员处置工作场所常见事故所需的自救应急器材可按表 G.1 的要求配置。

表 G.1 工作场所应急器材配置指南

名称	要求	工作场所举例
手提式干粉灭火器	GB 4351.1 手提式灭火器 第1部分：性能和结构要求	无特殊要求的工作场所
消防砂	干燥、过筛	
灭火毯	GA 1305 灭火毯	
消防锹	—	
过滤式消防自救呼吸器	GB 21976.1 建筑火灾逃生避难器材 第7部分：过滤式消防自救呼吸器，宜采用 TZL 30 型	易燃液体危险化学品仓库、注液
急救药箱	GBZ 1 工业企业设计卫生标准	
手提式泡沫灭火器	GB 4351.1 手提式灭火器 第1部分：性能和结构要求	
推车式干粉灭火器	GB 8109 推车式灭火器	
推车式泡沫灭火器	GB 8109 推车式灭火器	仓库、有带电电池的工作场所
消防钎	尖锹，红色涂装	
手提式水基型灭火器	GB 4351.1 手提式灭火器 第1部分：性能和结构要求	有带电电池的工作场所
推车式水基型灭火器	GB 8109 推车式灭火器	
安全桶	—	
耐高温手套	—	
泡水桶	—	
喷水器	—	
火钳	—	锂仓库、有锂的干燥车间
干燥石墨粉	符合 GB/T 3518 鳞片石墨或 GB/T 3519 微晶石墨的要求	
干燥氯化钾粉	符合 GB 6549 氯化钾或 GB/T 7118 工业氯化钾的要求	
D 类干粉灭火器	灭火剂符合 GA 979 D 类干粉灭火剂的要求。 注：不同厂商的 D 类干粉灭火剂灭锂火灾的效果不一，使用者宜进行锂火灾试验评估选型	
应急包装	—	有锂的干燥车间
安全锤	宜采用 QB/T 1290.3 钢锤钳工锤中规定的 0.5A 型钳工锤，红色涂装	干燥车间
化学吸附棉	—	液体危险化学品仓库及其中间仓库、涂布、注液、危险废物仓库等有化学品泄漏的场所

表 G.1 (续)

名称	要求	工作场所举例
全包覆式化学防护服	GB 24539 防护服 化学防护服通用技术要求。有限次使用型, 包含化学防护靴、化学防护手套	危险化学品仓库及其中间仓库、危险化学品储罐
自吸过滤式防颗粒物呼吸器	GB 2626 呼吸防护用品 自吸过滤式防颗粒物呼吸器, 全面罩	正负极投料、锂仓库、有锂的干燥车间
	KN 95 过滤元件	
自吸过滤式防毒面具	GB 2890 呼吸防护 自吸过滤式防毒面具, 全面罩	电解液仓库及其中间仓库、注液、化成分容
	E 型过滤件	
	GB 2890 呼吸防护 自吸过滤式防毒面具, 全面罩	N-甲基吡咯烷酮库及其中间仓库、涂布
	A 型过滤件	

G.2 应急器材储备

建立应急器材储备机制的企业, 一个应急器材储备单元可按表 G.2 的要求配置。应急器材储备柜应分散设置在安全出口, 按照以下要求设置:

- 宜采用红色涂装, 并有明显的指示标志;
- 门和内部结构设计应方便取用内部器材;
- 应采取防止器材丢失的措施;
- 应悬挂简要的操作说明;
- 器材应在柜内分类、整齐摆放。

注: 发生事故时, 工作人员可能采取自救措施, 也可能立即疏散逃生。如事故场所的工作人员未采取自救措施而立即疏散逃生, 则配备在工作场所的应急器材很可能无法发挥作用。因此, 企业应建立应急器材储备, 以便事故场所以外的工作人员、企业应急救援队伍快速获取应急器材, 进入事故现场开展初起事故的第二轮救援。

表 G.2 应急器材储备要求

名称	要求	数量
应急器材储备柜	——	1 个
安全帽	GB 2811 安全帽, 黄色	5 顶
电绝缘鞋	GB 21148 个体防护装备 安全鞋, II 类	5 双
手提式照明灯具	电源宜采用原电池, 可更换	5 个
备用电池	宜采用锂二氧化锰电池或锂二硫化铁电池	10 组
过滤式消防自救呼吸器	GB 21976.7 建筑火灾逃生避难器材 第 7 部分: 过滤式消防自救呼吸器, 宜采用 TZL 30 型	10 具
消防平斧	GA 138 消防斧	1 把
消防锹	尖锹, 红色涂装	1 把
消防钩	——	1 把
自救口哨	——	5 个
消防荧光棒	白光或黄光	10 支
消防水带	GB 6246 消防水带, 宜采用 16-65-20 型涤纶长丝红色聚氨酯水带	6 条
直流水枪	GB 8181 消防水枪	3 支
隔离警示带	——	3 卷

G.3 微型消防站

微型消防站宜设在辖区中间部位，站房面积不宜小于 $3\text{ m} \times 6\text{ m}$ ，站内设置空气呼吸器挂架、消防员灭火防护服挂架、备用气瓶推车等设施。一座微型消防站的器材和装备可按表 G.3、表 G.4 的要求配置。

注：微型消防站是企业志愿消防队的驻地，是企业应急救援力量有效开展初起火灾救援的物质保障，并能保障企业应急救援力量无缝衔接政府消防应急力量。电池火灾、危险化学品火灾的发展速度快，通常情况下，电池火灾发生 5 min 后，缺乏个人防护装备的人员很难在火场的烟雾和热量中组织有效的救援。

表 G.3 消防员个人防护装备配备标准

名称	要求	数量
消防头盔	GA 44 消防头盔	6 顶
佩戴式消防员照明灯具	GB 30734 消防员照明灯具	6 个
消防员灭火防护服	GA 10 消防员灭火防护服	6 套
消防员呼救器	GB 27900 消防员呼救器	6 个
消防手套	GA 7 消防手套	6 双
消防员灭火防护靴	GA 6 消防员灭火防护靴	6 双
消防安全腰带	GA 494 消防用防坠落装备	6 根
消防腰斧	GA 630 消防腰斧	6 把
正压式消防空气呼吸器	GA 124 正压式消防空气呼吸器	6 具
防爆手持电台	—	6 个
备用气瓶	GB 28053 呼吸器用复合气瓶	6 具

表 G.4 志愿消防队应急救援装备配备指南

名称	要求	数量	配备建议
手提式消防员照明灯具	GB 30734 消防员照明灯具	6 具	必备
折叠式担架	—	1 副	必备
导流式直流喷雾水枪	GB 8181 消防水枪	2 支	必备
消防水带	GB 6246 消防水带	12 条	必备
止水器	—	4 具	必备
分水器	GA 868 分水器和集水器	2 具	必备
手持扩音器	—	1 具	选配
移动照明灯组	GB 26755 消防移动式照明装置	1 具	选配
手抬机动消防泵组	GB 6245 消防泵	1 具	选配
移动式泡沫灭火装置	—	1 具	选配
泡沫消防枪	GB 25202 泡沫枪	2 支	选配
移动式消防炮	GB 19156 消防炮通用技术条件	1 具	选配
移动式消防排烟机	GB 27901 移动式消防排烟机	1 具	选配
消防应急车辆	—	1 辆	选配
呼吸空气充气站	—	1 具	选配

G.4 应急预案编制指南

推荐企业制定以下专项应急预案和现场处置方案：

- a) 灭火和火灾疏散应急预案，包括但不限于电池火灾、锂火灾、易燃液体火灾、粉尘火灾、电气火灾、天然气火灾等。
- b) 较大规模危险化学品泄漏应急预案，包括但不限于电解液、N-甲基吡咯烷酮等。
- c) 电池仓库火灾处置方案。
- d) 电池老化场所火灾处置方案。
- e) 大型储能或动力电池系统充放电场所火灾处置方案。
- f) 注液车间火灾处置方案。
- g) 危险化学品仓库火灾处置方案。
- h) 干燥车间火灾处置方案。
- i) 电池化成分容场所火灾处置方案。

G.5 常见事故应急救援程序

G.5.1 救援人员安全准则

应急救援人员遵守以下安全准则：

- a) 企业应确认救援人员具备能力。
- b) 事故现场有应急指挥机构和应急救援队伍。
- c) 确认救援人员熟知应急预案和现场处置方案。
- d) 救援人员使用的应急救援器材和装备、个人防护装备符合有关要求。
- e) 应保证救援人员安全，当救援人员安全受到威胁时，应尽快撤离事故现场，交由政府消防应急力量和专业救援人员处置。
- f) 救援人员必须2人一组行动，同时进入事故现场，同时撤出事故现场，相互监护。禁止单人进入事故现场，禁止一人丢下小组另一人独自撤出事故现场。
- g) 空气呼吸器低压报警，救援人员必须撤出事故现场。
- h) 禁止个人蛮干、禁止无人指挥。
- i) 禁止无命令擅自行动。

G.5.2 掌握事故情况

应急指挥机构可通过调阅监测预警系统、向事故现场目击者、现场管理人员询问等方式，尽快查明以下信息：

- a) 有无人员被困、受伤。
- b) 起火点准确位置。
- c) 起火物的种类、性质和数量。
- d) 火场内危险物资的种类、性质和数量。
- e) 过火面积、火势大小和发展趋势。

G.5.3 人员疏散

人员疏散遵守：

- a) 发生事故后，消防控制室立即启动消防警铃和消防广播。
- b) 在班组或车间级应急响应时，疏散组就必须疏散受事故影响的人员和无关人员。如事故影响范围不确定，则疏散组应疏散整层建筑内的人员，甚至整栋建筑内的人员。整个疏散工作应在2 min内完成。
- c) 疏散组应将人员引导至疏散集合点集合，并清点、确认全部人员是否安全疏散。

G.5.4 排烟

抢险救灾组在进场救援之前,启动消防排烟风机强制排烟。没有消防排烟风机的场所,打开或破拆门、窗,进行自然排烟。

G.5.5 人员搜救

人员搜救遵守:

- a) 应优先抢救受伤、被困人员。如有人员失踪或困在事故现场,应急指挥机构命令抢险救灾组进入事故现场搜救,医疗组联系 120 准备急救。
- b) 抢险救灾组 2 人一组,携带担架,搜索失踪、受困人员。抢险救灾组应通过询问事故现场管理者、大声呼叫、敲击等方式,确定失踪、受困人员位置。
- c) 发现受困人员后,抢险救灾组立即将其抢运至安全地点,移交医疗组。
- d) 医疗组将伤员送上救护车。就医前,如伤者出现呼吸暂停、大量流血或严重骨折,应现场实施止血、固定或心肺复苏等力所能及的急救。

G.5.6 切断能量源

采取以下方式处置能量源:

- a) 在开展人员搜救和事故处置前,水电抢修组应切断事故楼层或区域的动力和照明用电。情况不明时,可切断整栋建筑的供电,但应保留消防用电正常。
- b) 水电抢修组尽快切断、关闭事故影响范围内的危险设备的能量源,防止事故范围扩大或发生次生灾害。例如,天然气管道、锅炉供热管道、导热油管道、压缩气体储罐和压缩空气管道、液氮或液氩管道、电解液管道、危险化学品罐体阀门。
- c) 可行时,应排空、撤离罐体或管道中的危险物品。无法排空或撤离的,应采取合适的保护措施。

G.5.7 撤离危险物资

采取以下方式撤离危险物资:

- a) 危险物资疏散组应动员有能力的人员,佩戴合适的个人防护用品,在确保人员安全的情况下,将火场周边危险物资撤离至安全地带,防止事故范围扩大或发生次生灾害,应优先撤离金属锂、电解液、酒精、电池、N-甲基吡咯烷酮等物资。
- b) 如事故现场环境恶劣,危险物品无法及时撤离时,金属锂可采用沙土掩埋,电解液、酒精、电池、N-甲基吡咯烷酮可以采取水雾保护。

G.5.8 事故处置

按 G.6 规定的方法处置事故。

G.6 常见事故处置方法

G.6.1 灭火

按如下方式进行灭火:

- a) 在确定事故现场没有忌水物质、确定断电后,经应急指挥机构批准,抢险救灾组应利用室内消火栓、消防炮、室外消火栓等设施喷水灭火。
- b) 一般情况下,2~3 名志愿消防员组成一个战斗组,在起火点周边架设至少 2 支水枪喷水灭火。条件允许时,应组织尽可能多的水枪从不同方向向起火物喷水。
- c) 如起火点周围有可燃物,危险物资疏散组应利用消防钩、消防锹、叉车等工具,撤出未着火的可燃物,或在起火点边界处构建一定宽度的防火隔离带(一般为 6 m~9 m),阻止火势蔓延。
- d) 烟雾很大时,可利用喷雾水枪向空中喷雾驱烟。
- e) 火势很大、视线很差或现场情况复杂时,可组织两个战斗组交替掩护喷水进攻灭火。
- f) 利用消防钩、消防锹,翻动起火物,使消防水进入起火物内部降温,防止复燃。
- g) 水电抢修组分别值守消防泵站、配电房,保证消防供水正常和消防供电正常。

G.6.2 少数几个电池起火

少数几种电池起火如下处置：

- 就近取用消防器材，用足够多的干砂、灭火毯或水基灭火剂完全覆盖起火电池。可行时，也可将电池浸入泡水桶。
- 就近按下手动报警按钮或使用应急对讲机向消防控制室报告。
- 如火势扩大，按 E.6.3 规定的方法处理。

G.6.3 大量电池起火或动力电池系统、大型电池模组火灾

大型电池起火或动力电池系统、大型电池模组起火按如下方式处置：

- 抢险救灾组建立至少三支消防水枪阵地，向起火电池持续喷射大量的、充足的水。宜设置移动式消防炮。
- 组织人员利用消防钩、消防锹、叉车等工具，尽快撤出未起火电池，或在着火电池边界处构建一定宽度的安全地带（一般为 6 m~9 m），阻止火势蔓延。
- 处置大量电池起火或动力电池系统、大型电池模组火灾，必须做好长时间灭火战斗的准备。火灾及灭火时间可能持续 1 h 甚至更久，必须保证稳定、持续的消防供水。
注：一个乘用车的电池系统起火，可能需要超过 10 000 L 水才能扑灭；多个或者大量电池系统火灾，则需要非常大量的消防供水。以一个室内消火栓为例，其常见设计流量为 10 L/s，则一支水枪扑灭该火灾的可能时间约为 17 min，架设更多的水枪能缩短救援时间、提高救援效率、防止次生灾害。
- 灭火过程中，不要强拆、刺穿、破坏动力电池系统或大型电池模组的金属外壳，防止人员触电。
- 火灾扑灭后，应向过火的电池系统继续喷水降温，防止复燃。

G.6.4 大量易燃液体火灾

大量易燃液体起火如下处置：

- 利用推车式干粉灭火器、推车式泡沫灭火器喷射灭火剂覆盖起火物，或利用消防锹在起火物上覆盖大量干砂；扩大应急响应后，可利用消防车喷射泡沫灭火剂覆盖起火物。
- 禁止用直流水枪向地面泄漏物直射喷水，可利用喷雾水枪向火源上方喷雾压制火焰、驱散蒸气。
- 同时，利用活动围堰、灭火砂、灭火毯、沙袋等在起火点边界处构筑围堰，阻止起火液体蔓延形成流淌火。
- 严密监视易燃液体的蔓延范围，防止易燃液体流淌进入下水管道引起管道爆炸。
- 危险物资疏散组尽快撤离未起火的容器和储罐，或对其喷雾降温保护。
- 水电抢修组尽快查明泄漏点，关闭近端阀门或使用吸液棉、灭火毯等封堵漏点。
- 明火熄灭后，抢险救灾组应对过火物或储罐、容器持续喷雾降温，防止复燃或爆炸。
- 救援结束后，救援人员尽快冲洗身体。

G.6.5 金属锂火灾

金属锂起火如下处置：

- 抢险救灾组尽快利用 D 类干粉灭火剂、石墨粉、氯化钾粉等覆盖起火物。缺少合适灭火剂时，也可利用干砂覆盖起火物。
- 危险物资疏散组尽快用应急包装撤离裸露在空气中的金属锂。避免裸露的金属锂接触水、潮湿空气。
- 扩大应急响应后，针对持续较长时间锂火灾，应急指挥机构可下决心调集工程装载机械，将整个起火车间或仓库用干砂、干水泥等整体掩埋。
- 监控建筑物稳定性，防止熔融锂侵蚀建筑构件而导致坍塌。
- 救援结束后，救援人员尽快冲洗身体。

G.6.6 天然气泄漏或起火

天然气泄漏或起火如下处置：

- 疏散和医疗组尽快疏散厂内所有人员至厂外。
- 水电抢修组关闭厂区天然气总阀门。
- 待天然气断气熄灭后，抢险救灾组架设喷雾水枪，驱散起火点残留天然气。

d) 指挥中心监测残留天然气浓度，决定安全范围和恢复日程。

G. 6.7 N-甲基吡咯烷酮蒸气泄漏、起火或爆炸

N-甲基吡咯烷酮蒸气泄漏、起火爆炸如下处置：

- a) 立即启动事故通风和消防排烟风机降低 N-甲基吡咯烷酮浓度。没有消防排烟风机的场所，应打开或破拆门、窗自然排烟。
- b) 架设尽可能多的水枪，降温灭火，并利用喷雾水枪驱散 N-甲基吡咯烷酮蒸气。
- c) 明火熄灭后，抢险救灾组应对过火烘道或储罐、容器持续喷雾降温，防止复燃或爆炸。
- d) 救援结束后，救援人员尽快冲洗身体。



参 考 文 献

- [1] GBZ 1 工业企业设计卫生标准
- [2] GBZ/T 194—2007 工作场所防止职业中毒卫生工程防护措施规范
- [3] GBZ/T 224—2010 职业卫生名词术语
- [4] GB 2626 呼吸防护用品 自吸过滤式防颗粒物呼吸器
- [5] GB 2811 头部防护 安全帽
- [6] GB 2890 呼吸防护 自吸过滤式防毒面具
- [7] GB/T 3518 鳞片石墨
- [8] GB/T 3519 微晶石墨
- [9] GB 4351.1 手提式灭火器 第1部分：性能和结构要求
- [10] GB 6245 消防泵
- [11] GB 6246 消防水带
- [12] GB 6549 氯化钾
- [13] GB/T 7118 工业氯化钾
- [14] GB 8109 推车式灭火器
- [15] GB 8181 消防水枪
- [16] GB 19156 消防炮通用技术条件
- [17] GB 21148 个体防护装备 安全鞋
- [18] GB 21976.7 建筑火灾逃生避难器材 第7部分：过滤式消防自救呼吸器
- [19] GB 24539 防护服装 化学防护服通用技术要求
- [20] GB 25202 泡沫枪
- [21] GB 26755 消防移动式照明装置
- [22] GB 27900 消防员呼救器
- [23] GB 27901 移动式消防排烟机
- [24] GB 28053 呼吸器用复合气瓶
- [25] GB 30734 消防员照明灯具
- [26] GA 6 消防员灭火防护靴
- [27] GA 7 消防手套
- [28] GA 10 消防员灭火防护服
- [29] GA 44 消防头盔
- [30] GA 124 正压式消防空气呼吸器
- [31] GA 494 消防用防坠落装备
- [32] GA 630 消防腰斧
- [33] GA 868 分水器和集水器
- [34] GA 979 D类干粉灭火剂
- [35] GA 1205 灭火毯
- [36] QB/T 1290.3 钢锤 钳工锤