

技术指南 | 2023 年 4 月

欧洲预充电和化成设备消防安全

本文档概述了西门子电池生产消防安全产品组合，尤其是预充电和化成过程中使用的消防安全产品组合。本文档旨在为欧洲电池电芯生产过程中涉及原始设备制造商 (OEM) 的项目提供指南。

目录

简介	3
背景	4
规范划分	5
根据 EN ISO 19353:2019 进行风险评估	6
电芯化成的技术说明	7
消防安全解决方案	11
建筑安全	12
机械安全	12
工艺消防安全	13
操作性消防安全	16
附录	17
联动关系图	17
消防安全系统配置示例	17
锂电池电芯火灾测试结果	22
产品选择	25

简介

本文档概述了西门子针对电池生产过程中所用预充电和化成设备提出的消防安全解决方案。本文档旨在为保护生产线的最佳做法提供指南，重点强调了风险评估和消防保护。

背景资料!

技术报告：基于风险的锂离子电池电芯生产消防保护策略原则



摘要

本文档的第一章介绍了与锂离子电池电芯相关的火灾风险。本章首先引入了火灾发展循环图，其中显示了火灾与蔓延效应的相关性，蔓延效应可能会在发生热失控后导致多个电芯着火。为了更深入地了解火灾发展循环图，附录一章总结了从位于瑞士阿尔滕莱茵的西门子实验室进行的真实火灾试验中获得的知识。

第 2 章总结了生产消防安全的规范划分，并解释了建筑保护与机器保护的区别。本章还介绍了过程保护和操作性消防安全的概念，并应用了标准 EN ISO 19353:2019。

第 3 章提供了需要保护的设备的说明。结合图文说明了预充电和化成腔体、托盘和化成塔布局，之后应用了标准 EN ISO 19353:2019。

第 4 章介绍了可用于保护这些化成腔体和化成塔的消防安全解决方案。目标是使用多传感器点型探测器和吸气式感烟探测器在发生排气事件时尽早探测到火灾。探测到火灾后，火灾控制盘发出信号停止设备工作，随后触发自动灭火系统。灭火系统旨在防止形成爆炸性环境并将热失控限制在一个电芯中。

灭火系统使用惰性气体。必须考虑化成腔体的气密性和通风系统内的气流。化成腔体应有限制火势蔓延的机械解决方案，化成塔必须有带超压释放系统的紧急排气通风系统。成功灭火后，应将电芯的托盘留在化成腔体中，直到电芯冷却下来。然后，安全取出这些托盘并放在防火箱中运输。

附录提供了两个连接模型以及需使用的西门子产品列表。

本文档的限制

请注意，本文档给出的是通用示例，不涉及任何特定的电芯制造商。此外，我们没有考虑特定的电芯化学物质或材料。在开展每个新项目时，必须通过火灾测试对电芯设计的防火性能单独进行检查和评估，并根据本文档提供的指南制定具体的风险评估和消防安全解决方案。

背景

本章讨论了可能在锂离子电池电芯生产过程中出现的火灾风险。本章介绍了建筑和机器消防安全、工艺安全以及运营和组织消防措施。本章还介绍了 EN ISO 19353:2019 风险评估。

在锂电池电芯生产过程中，预充电和化成等多个关键生产环节都可能发生火灾。但是，所有火灾的起因都是某种电池失效行为。

电池失效示例如下：

- 电气（过度充电或过载）
- 机械（例如渗透）
- 热（将电池加热到超出设计极限）

上述失效行为可能会导致称为“热失控”的放热过程。

如果不采取任何消防措施，热失控可能会导致连锁反应，通过火灾、爆炸和有毒气体释放高能量和高热量，并迅速蔓延到生产的其它电芯和/或部件。

务必避免电芯之间的热失控蔓延。

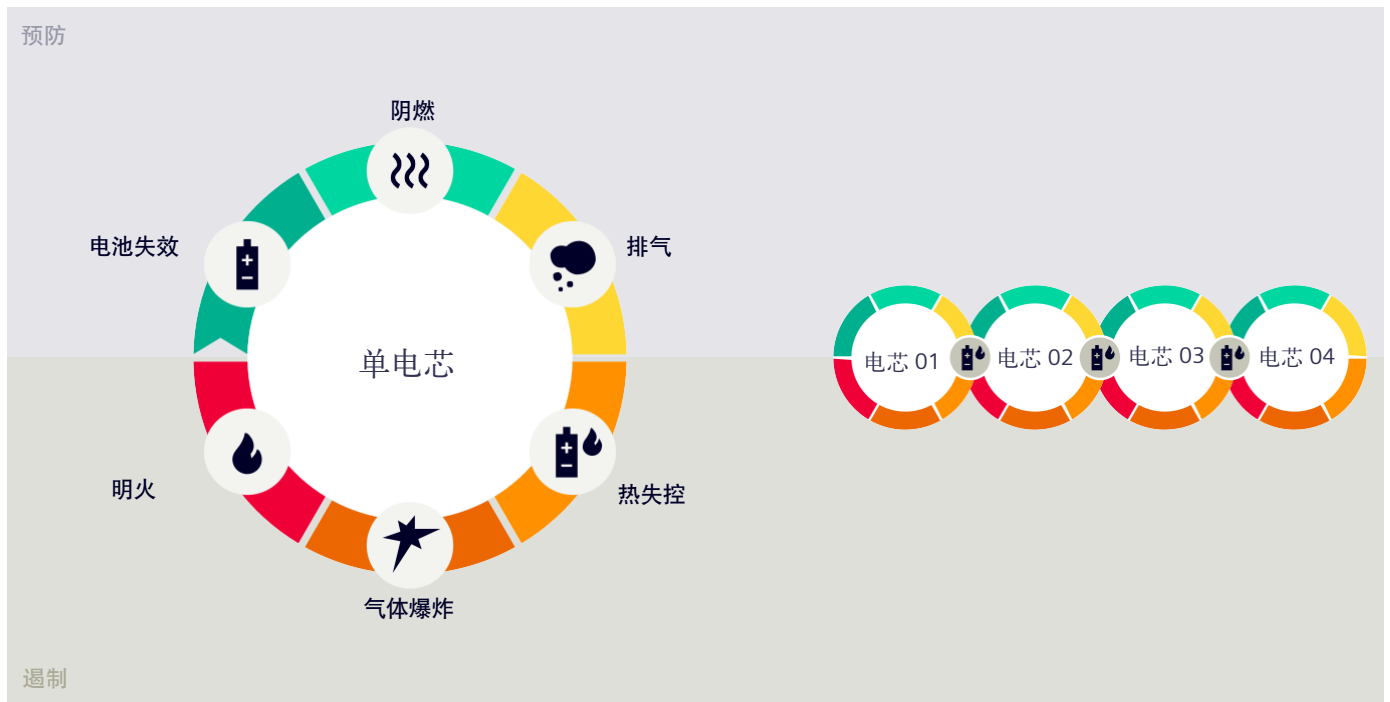


图 1：
火灾发展循环图以及电芯间可能发生的蔓延效应

左侧的火灾发展循环图显示了一个电芯从失效到完全起火的不同阶段，以及火势从一个电芯蔓延到另一个电芯的后果。有关每个阶段的更多信息，请参阅附录。

规范划分

在保证电池生产现场安全时，必须考虑两种主要法律法规：一种适用于建筑保护，另一种适用于生产过程中使用的机器。

建筑安全、火灾探测和灭火产品必须符合建筑产品法规 (CPR)。同样，机器内置的消防安全产品必须符合欧盟 (EU) 机械指令，但不受 CPR 约束。

欧洲 EN54 系列标准是欧洲对于火灾报警系统的产品标准。这些标准根据火灾报警系统组件的有效性和可靠性定义了产品特性、试验方法和性能标准。在欧洲，与 EN54 系列中最相关的产品标准是建筑产品法规 CPR 中的相关协调标准。

除建筑和机械安全外的工艺安全

除建筑和机械消防安全外，还必须通过工艺安全考虑发生事件时的业务连续性和经济损失等方面。

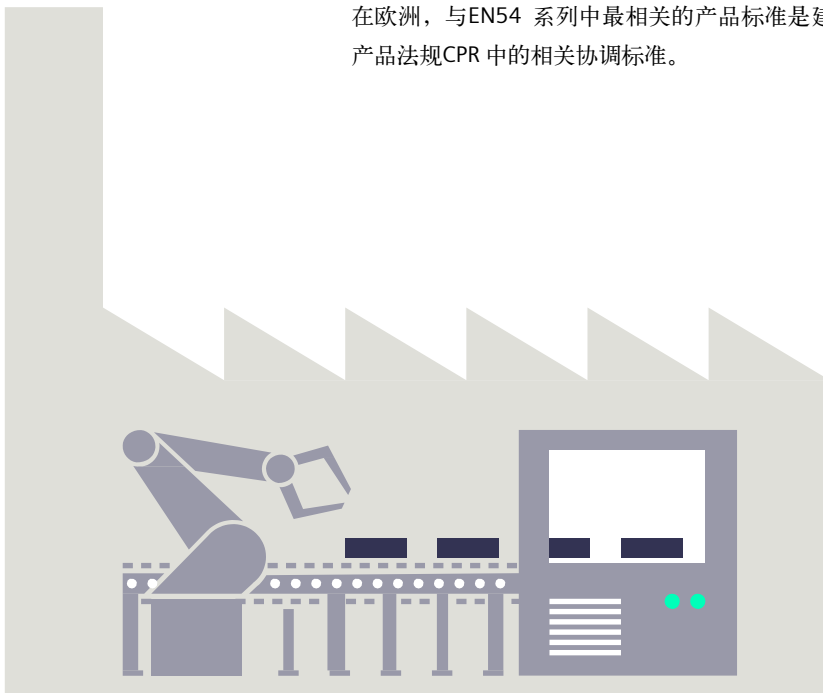
过程消防安全的目标如下：

- 在发生火灾时保证最长正常运行时间
- 限制停机时间
- 限制物理损坏
- 限制业务中断
- 保持数据可用
- 限制声誉风险

除建筑、机器和工艺安全外的运营和组织消防安全

最后，除工艺安全外，还需要考虑运营和组织消防措施。其中包括并非结构或技术性质的所有预防性措施和火灾后措施。

图 2：
规范划分的建筑和机器方面很重要。



建筑：建筑产品法规

机器：2006/4 2/EC 欧洲机器指令

根据 EN ISO 19353:2019 进行风险评估

拓展阅读!

每个项目都需要进行风险评估。电池生产可以使用标准 EN ISO 19353:2019。该标准详细说明了一些要素，并应成为火灾风险评估的一部分。

↗ 技术报告:

基于风险的锂离子电池电芯生产
消防保护策略原则中的第 5 章“风
险分析”

在讨论项目时，需分析以下各项内容：

1. 是否存在易燃材料和/或爆炸/有毒产品？
2. 在生产过程和/或电化学反应中，是否可能会因足够的引燃能量而导致着火？
3. 如果发生火灾/爆炸/有毒气体释放，是否仅限于工厂的可控部分或不会蔓延到其它部件/电芯？

电芯化成的技术说明

电池化成包括电池电芯的初始充放电，这样可为电池电芯赋予生命。在此过程中，通常先进行预充电，然后进行多次充放电，可能需要数天或更长时间才能完成。此过程中之前步骤的生产误差可能会影响最终产品，在最坏的情况下，可能会在通电时引起火灾。

单个化成腔体

在化成腔体中进行化成过程，先将电池电芯放在托盘上，然后将它们放入化成腔体中。通常，化成腔体附近有大功率供电装置和通风管。这些化成腔体既可以完全打开，也可以设置窗口系统。通常使用装卸系统自动将托盘装入化成腔体和从中取出。

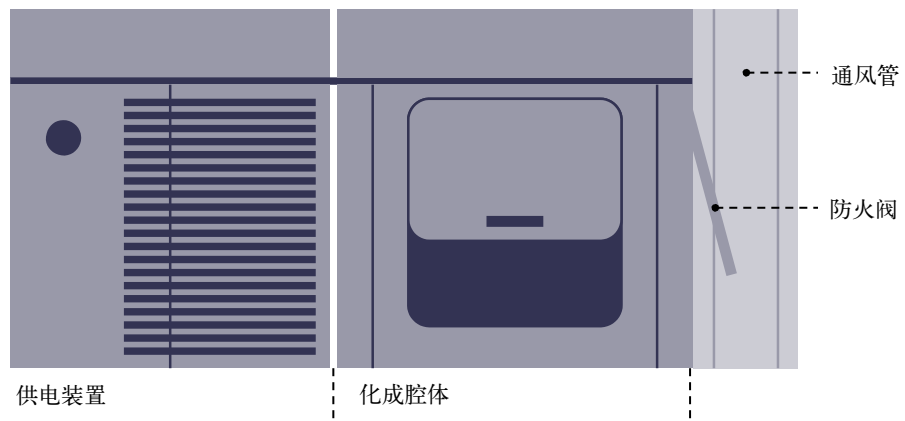


图 3：
化成腔体布局示例

与 EN ISO 19353:2019 相关的问题

为了更好地了解与预充电和化成设备相关的火灾风险，应解决以下与单个化成室相关的问题：

A) 存在易燃材料和/或爆炸/有毒产品

- 生产的是什么样的电芯？
- 采用的是哪种电芯化学物质？
- 化成腔体采用什么样的尺寸和设计？
- 化成腔体内的工作温度是多少？
- 化成腔体的开口有多大？
- 是否有自动门？
- 自动门是如何触发的？
- 是否对电芯进行火灾测试？它们的排气和防火性能如何？
- 托盘采用什么样的材质制成？托盘的布局如何？

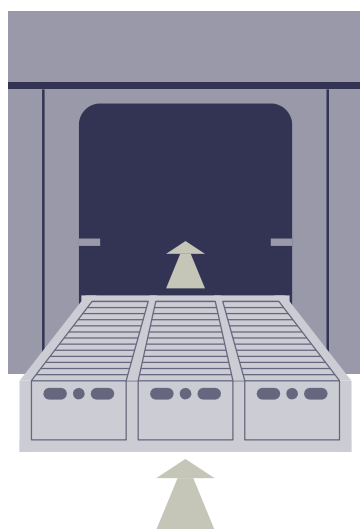
B) 生产过程和/或电化学反应中因足够的引燃能量而导致着火的可能性

- 化成腔体中有什么样的电力/风险？
- 如何对电芯充电？采用什么样的电流？
- 如何控制电流？如何测量电流？

C) 如果发生火灾/爆炸/有毒气体释放，仅限于工厂的可控部分或不会蔓延到其它部件/电芯

- 如果发生热失控，会释放出哪些有毒气体？
- 气流组织是怎么样的？化成腔体中的空气速度是多少？如何控制空气速度？

图 4：
将装有多个电芯的托盘放入化成腔体中



多个化成腔体堆叠形成化成塔

超级工厂通常会将化成腔体相互堆叠形成化成塔。由于同时对数以千计的电芯进行充放电，这些化成塔会因大量电芯和易燃材料而增加火灾风险。

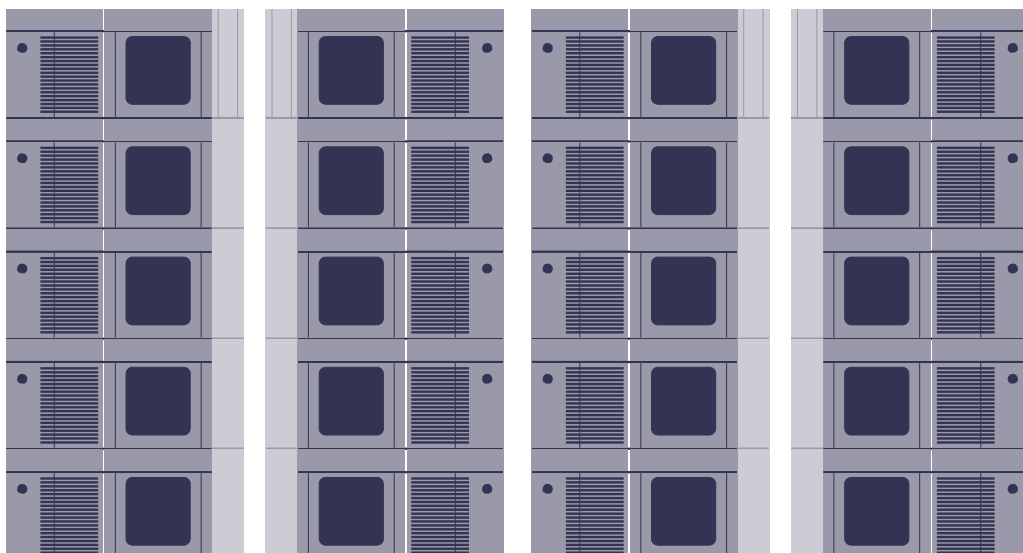


图 5:
两个化成腔体的布局示例，其中
每个化成塔有五个化成腔体相互
堆叠

与 EN ISO 19353:2019 有关的化成塔布局相关问题

A) 存在易燃材料和/或爆炸/有毒产品

- 相互堆叠多少个化成腔体？
- 塔高是多少？
- 化成塔附近是否存放其它任何易燃材料？

B) 生产过程和/或电化学反应中因足够的引燃能量而导致着火的可能性

- 整个化成塔有什么电气风险？
- 化成塔的全部火灾荷载是多少？



C) 如果发生火灾/爆炸/有毒气体释放，仅限于工厂的可控部分或不会蔓延到其它部件/电芯。

- 化成塔的气流组织是怎么样的？
如何控制通风？
- 如何对化成塔进行风冷？
- 多久清洁一次化成塔的通风系统？
通道中是否有积尘风险？
- 化成塔是否有防火阀？防火阀如何进行工作？

检查清单

为制定适当的消防安全解决方案而需要讨论的方面

- ✓ 化成腔体布局（尺寸、有无易燃材料、有无电气设备）
- ✓ 化成塔布局（相互堆叠的化成腔体数量/高度/气流/电源）
- ✓ 气流组织（排气/气密性/风冷/风道布局/前表面和格栅表面的翻板阀）
- ✓ 托盘（设计/尺寸/材料/电芯间距）
- ✓ 消防水系统方案（供水和排水）
- ✓ 供电单元
- ✓ 堆垛机（用途、操作和冗余）
- ✓ 与其它系统的连接（危险管理、布局、使用的通信标准、输入输出模块）

消防安全解决方案

拓展阅读!

附录显示了两个连接模型。其中一个与本页的模型类似，符合 EN54 和 EN12094 的规定，另一个中的火灾探测器通过了 SIL2 认证，并与 PLC 直接相连

本章介绍了消防安全的四个方面，即建筑安全、机械安全、工艺安全和操作性消防安全。目标是结合使用多传感器点型探测器和吸气式感烟探测器尽早探测故障锂电池排气。此外，还使用惰性气体自动灭火系统避免爆炸性环境的产生并控制火势蔓延。

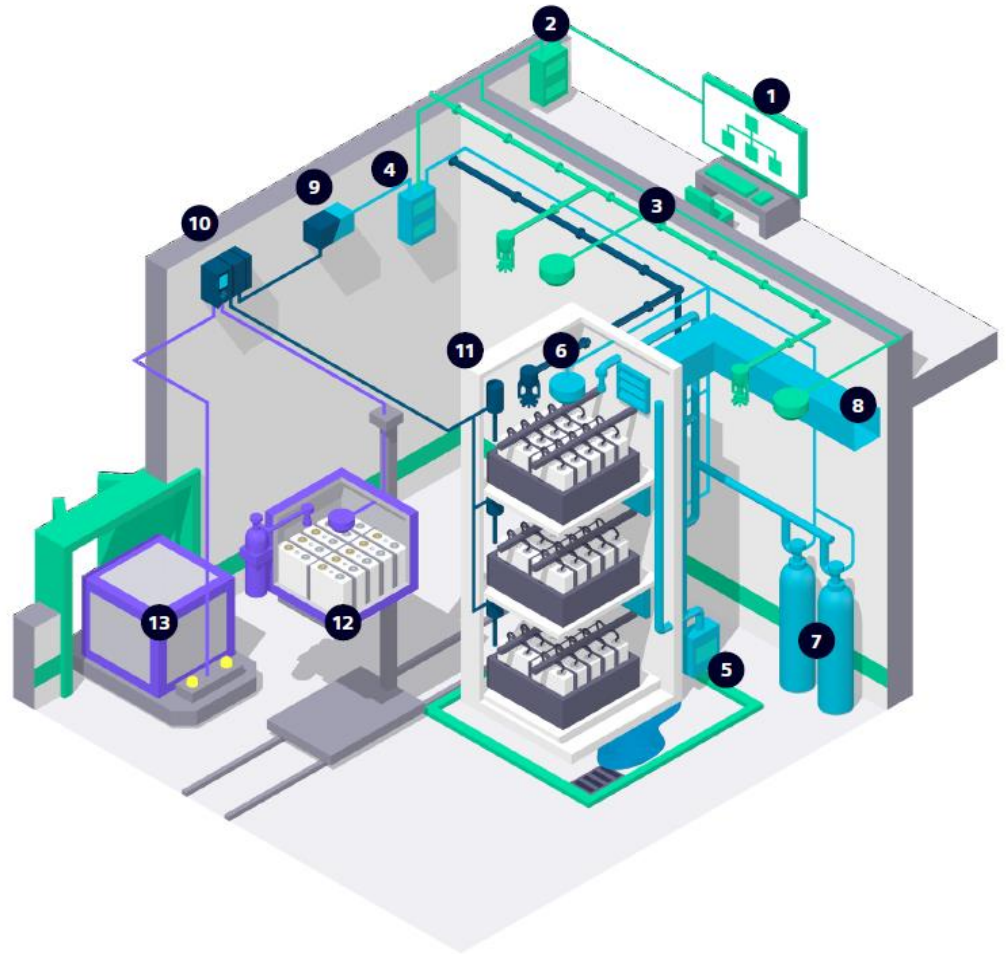


图 6
四个保护类别的概览：建筑安全、机械安全、工艺安全和操作性消防安全

1. 指令与控制系统
2. 建筑火灾报警控制器
3. 建筑水喷淋和火灾探测系统
4. 工艺火灾报警盘
5. 吸气式感烟探测器
6. 火灾探测器和灭火气体喷头
7. 灭火剂钢瓶
8. 泄压口和排烟装置
9. 网关
10. PLC
11. 温度和电压测量装置以及水喷淋头
12. 带消防安全系统的堆垛机
13. 安全箱

类别

- 建筑安全
- 机械安全
- 工艺安全
- 操作性安全

安全措施

符合 EN54 消防安全产品标准。
符合欧洲法律 2006/42 欧盟机械指令。
在发生火灾时尽量延长正常运行时间，并尽量减少经济损失。
实施操作和组织预防性措施以及灾后措施。

建筑安全

拓展阅读!

[↗ 技术报告：基于风险的锂离子电池电芯生产消防保护策略原则中的第 5 章“制定消防安全解决方案的要素”](#)

建筑安全涉及防火的结构措施、技术措施和组织措施，同时考虑火灾荷载以及生产过程、货物储存和正在使用的机器等各种因素。目标是尽量降低火灾爆发风险并限制火势和烟气的蔓延，在疏散和灭火期间确保员工和救援队的安全。这些措施的具体设计取决于建筑类型、规模和用途，并且必须符合当地建筑规范以及适用的规则 and 标准。在欧洲，火灾报警系统必须符合 EN54 标准。

机械安全

在欧洲使用的机器必须符合 2006/42/EC 欧盟 (EU) 机械指令。该指令规定了机器的法定健康和安全管理要求。简而言之，该指令规定机器的设计方式不得对环境造成危害。

在机器使用寿命的所有阶段和所有工作模式下，必须考虑包括火灾风险在内的潜在危险，其中还包括维护和维修。通常根据标准 EN ISO 12100:2010 (机械安全) 进行风险评估。风险评估的目标是尽可能降低风险，并识别机器可能造成的所有危害。

将水用作锂离子电池电芯机器的消防安全措施时，必须确保设备设计中用于排水的内部组件能够耐受混有氟化氢 (HF) 的水。这是因为氟化氢的腐蚀性很高，可能会导致设备严重损坏或泄漏。另外，还建议定期监测主排水管和设备之间的连接，尤其是在安装后，以确保没有泄漏或其它可能影响消防安全系统作用的问题。

检查清单

您是否能够回答以下问题？

- 机器是否符合欧盟机械指令？
- 消防安全系统是否会集成到更先进的消防安全系统中？

工艺消防安全

工艺消防安全是一个附加功能层，应在考虑建筑安全和机械安全后进行处理。目标如下：

- 在发生火灾时确保最长正常运行时间
- 限制停机时间
- 尽量减轻物理损坏
- 减少业务中断
- 确保数据可用性
- 降低声誉风险

锂电池排气事件中的火灾探测

关键是结合使用带一氧化碳传感器的多传感器点型探测器（例如 FDOOTC241/OOHC740）和吸气式感烟探测器（例如 FDA221/241）尽早准确探测火灾排气事件，以尽快作出反应。这些探测器将在预防区内作出反应。

尽早尽快作出反应是锂离子电池电芯着火的最重要目标，务必避免电芯间的火势蔓延。



图 7：
突出显示的工艺保护组件

- 建筑安全
- 机械安全
- 工艺安全
- 操作安全

设备工艺控制系统提供的其它输入信号

在预充电和化成腔体中，每个电芯都连接到设备工艺控制系统。该系统测量电芯阴极区域周围的温度，如果电芯达到特定的临界温度，探头将断开停止充电工艺，并且供电将停止。

这意味着设备工艺控制系统可以读取两种信号：温度和充电电压。超过临界值可能会导致请求释放灭火剂。

连接界面、消防控制盘和 PLC

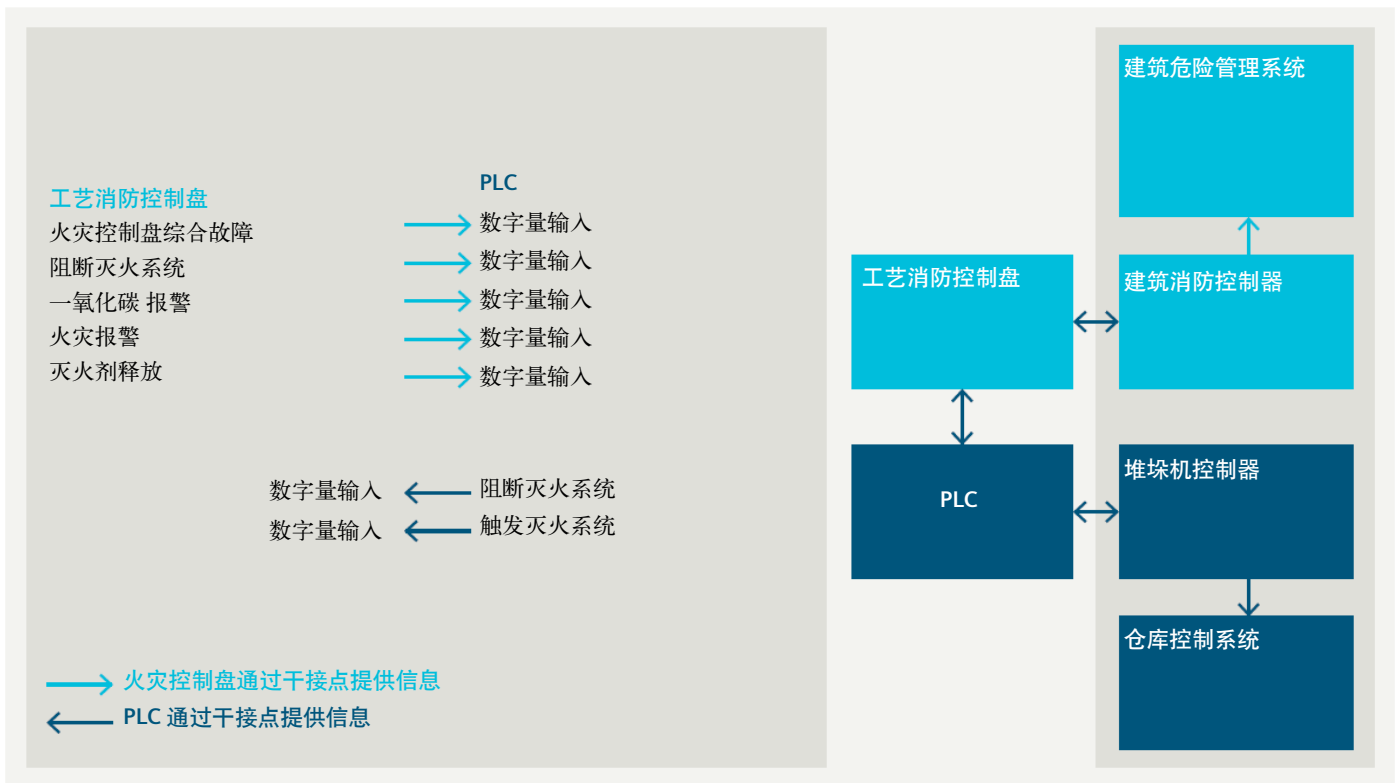


图 8: 消防控制盘和过程控制盘 (PLC) 之间的通信示例图

在火灾探测器探测到火灾时，消防控制盘发出信号以关闭设备过程（停止充电）同样重要。一旦探测到火灾（在电芯上测量到温度升高、温度快速增加或通过火灾探测器探测到火灾），应触发自动灭火系统。如图 8 的连接图所示。

使用惰性气体自动灭火系统快速作出反应

释放灭火剂的目的是防止形成爆炸性环境，并将热失控限制在一个电芯中，因此托盘上的电芯之间不会出现蔓延效应。自动灭火系统必须通过 EN 12094 认证，并且系统必须由通过 EN54 认证的火灾报警控制器或故障安全工艺控制单元激活。

锂离子电池电芯着火时，应使用氮气或二氧化碳用作灭火剂。在设计灭火系统时，必须注意腔体的气密性和整个塔的通风系统内的气流。这两项要求都是设计有效系统的必要前提条件。

若可能，机器应有机械解决方案（防火阀），以限制在释放灭火剂时的火势蔓延。化成设备还必须具有带泄压的紧急排气通风装置，以去除锂电池排气和火灾中产生的有毒气体。

成功灭火后，必须小心地取出托盘。这是因为当打开腔体时，灭火后产生的气体将与环境空气混合，此时正确的设计灭火浓度无法保持。如果仍有足够的引燃能量，则始终有重新起火的风险。

为此，可能建议将受影响的托盘留在腔体内中持续足够长的时间，直到电芯冷却到不太可能发生重新引燃的程度。最后，务必安全地取出托盘并放在防火箱中运输。

检查清单

- 腔体布局（尺寸、有无易燃材料、有无电气设备）
- 塔布局（相互堆叠的腔体数量/高度/气流/电源）
- 气流组织（排气/气密性/风冷/风道布局/前表面和格栅表面的翻板阀）
- 托盘（设计/尺寸/材料/电芯间距）
- 消防水系统方案（供水和排水）
- 供电单元
- 堆垛机（用途、操作和冗余）
- 与其它系统的连接（危险管理、布局、使用的通信标准、输入输出模块）

操作性消防安全

操作或组织消防保护的区域包括所有非结构或技术性质的预防性措施和灾后措施。其中包括：

- 教育、培训和指导
- 制定、更新和发布消防政策和法规
- 任命消防专员和协助人员
- 维护和检修消防设备
- 标记逃生路线并保持畅通
- 在初始火灾事件后操作成功灭火的资源

“操作”和/或“组织”一词表明消防既涉及建筑的运营，也涉及公司的运营。

这意味着该定义还包括安全处理受影响的电芯。如上一章所述，在发生火灾事件后，应使用自动堆垛机取出受影响的电芯，并从受影响的区域移走。通过自动完成此过程，可以将人身伤害的风险降至最低。

此类堆垛机本身应可以防火，还要有自己的火灾探测和灭火系统（例如西门子 al-deco 系统）。

检查清单

您是否在风险分析中考虑了以下问题？

- 您将如何预防火灾爆发？
- 您将如何预防烟气和火势蔓延？
- 您将如何启用短而安全的逃生路线？
- 您将如何保持运输和进出通道畅通无阻？
- 堆垛机的用途是什么？如何使用堆垛机？是否采用冗余设计？
- 堆垛机的消防安全解决方案是什么？

附录

联动关系图

联动关系图对于每个项目都必不可少。联动关系图的中心是受关注的控制结果，起因是按类别或主题整理的动因。该关系图有助于确定原因及其优先级，以改进问题解决和决策。另外，还需要完整的系统描述，并应在单独的关系图中说明灾后管理。

消防安全系统配置示例

下文描述了两种可能的预充电和化成塔消防安全配置，可在规划阶段使用。第一个示例包括通过 EN54 认证的火灾控制器。该控制器可以自动探测火灾并通过网关向工艺控制装置发送信号，还可以与建筑火灾报警系统进行通信。该控制器符合建筑产品法规。

第二个示例不符合建筑产品法规。该示例使用通过 SIL2 认证的火灾探测器。这些探测器以故障安全模式直接连接到 PLC。若需要，PLC 可以通过网关与建筑火灾报警系统通信。

这两个示例都使用置于通风管中的吸气式感烟探测器尽早探测排气事件。第一个示例还使用多传感器点型探测器来探测腔体内内的排气事件并定位起火位置。第二个示例使用感烟探测器在热失控阶段定位腔体内内的起火位置。

这两个示例都使用自动灭火系统，但灭火系统的控制方式不同。第一个示例将使用通过 EN12094 认证的消防控制盘，而第二个示例将直接由 PLC 控制。在发生火灾时，这两个示例都会使用天然灭火剂充满整个化成塔。

这两个系统都配有警报信号灯以显示发出警报的化成塔，还配有用于手动触发灭火系统的手动报警按钮。

示例 #1 – EN54 消防安全系统 (符合建筑产品法规)

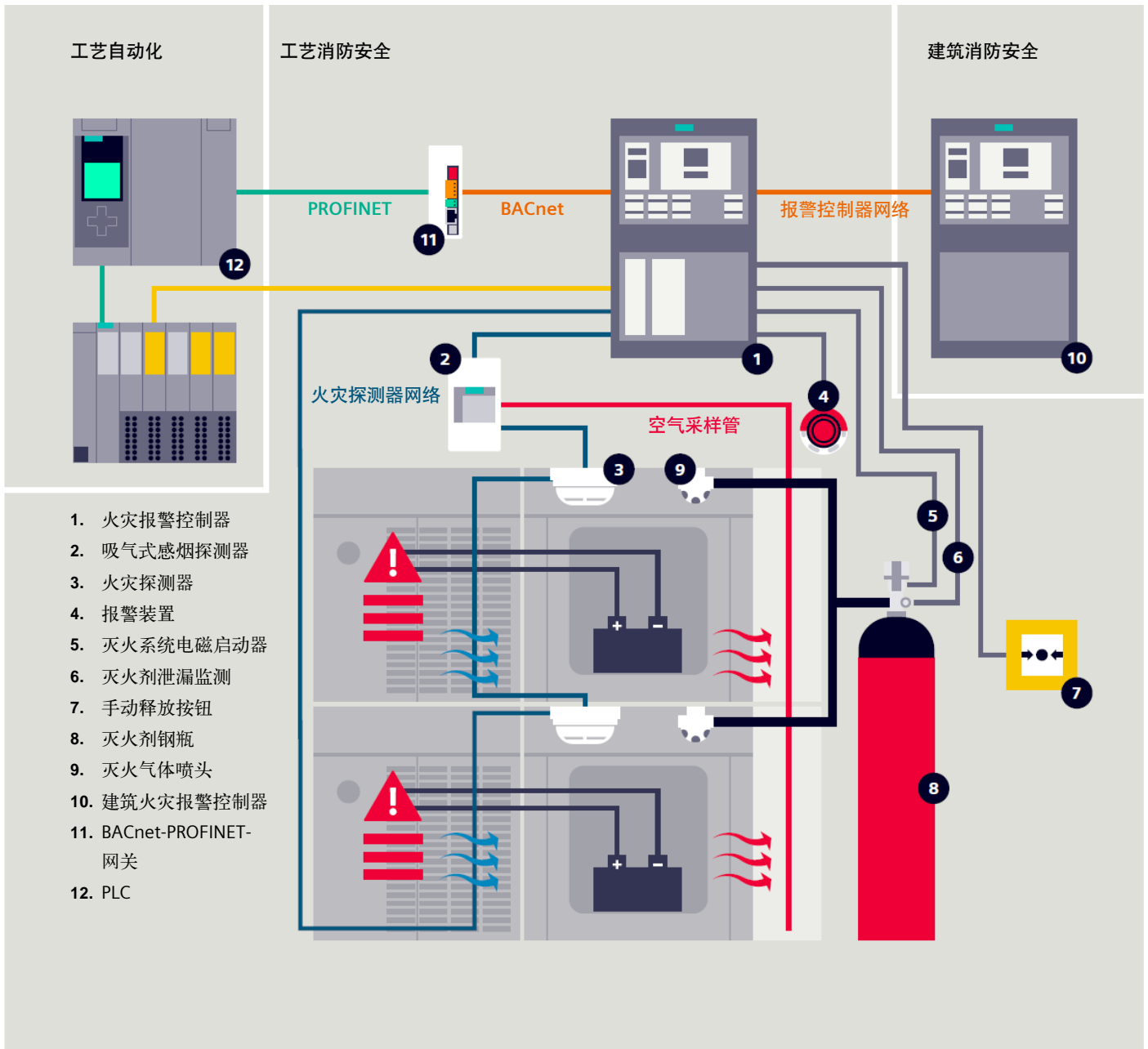


图 9：
侧重于满足建筑安全标准
(EN54、EN12094 和 CPR) 的
可能配置示例

该模型描述了如何使用符合 EN54 标准的火灾控制器自动探测火灾并通过 FDnet 传送信号。在该示例中，火灾报警控制器通过BACnet协议将火灾报警控制器的安全功能和报警或故障详细信息传递到PLC网关，该网关将BACnet协议转换为PROFINET协议后将信息传递至PLC。

示例 #2 – 消防安全系统 (不符合建筑产品法规)

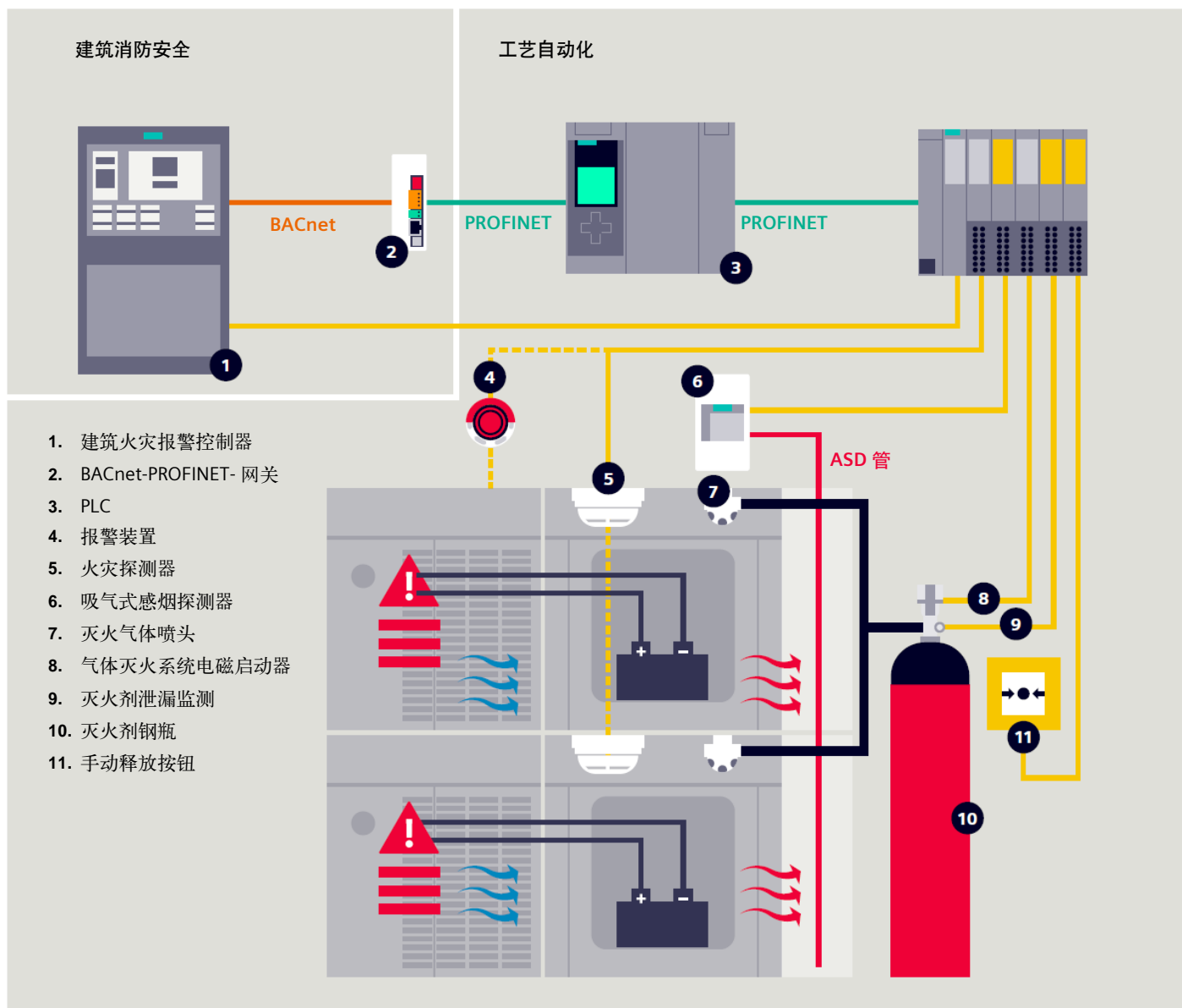


图 10:

侧重于满足 SIL2 等机械安全标准的可能系统组成示例

图 10 所示为第二个可能的配置示例，其中 SIMATIC PLC 以通过 PROFINET 协议 将安全功能和报警或故障详细信息通过网关传递到建筑火灾报警控制器。

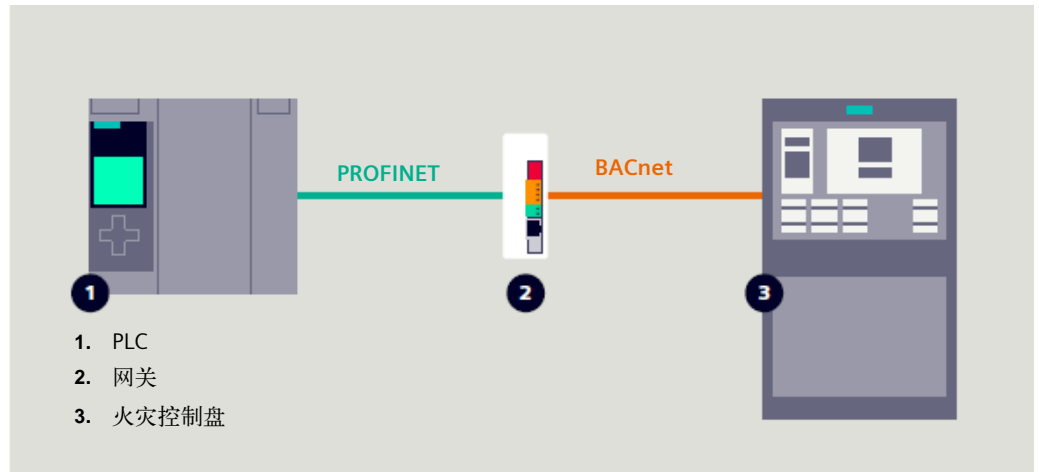
该示例的目的是使用通过 SIL2 认证的火灾探测器，这些火灾探测器以故障安全模式直接连接到 PLC。至少需要从每个火灾探测器引出两根电线连接到 PLC。

在这种配置中，具有 SIL2 认证的吸气式感烟探测器 FDA241/221 用于尽早探测电池排气，结合同样具有 SIL2 认证的点型探测器来定位发生火灾事件的腔体。

在第一个示例中，工艺控制装置可以通过网关与通过 EN54 认证的火灾报警器进行通信。

PLC与火灾控制盘之间的连接

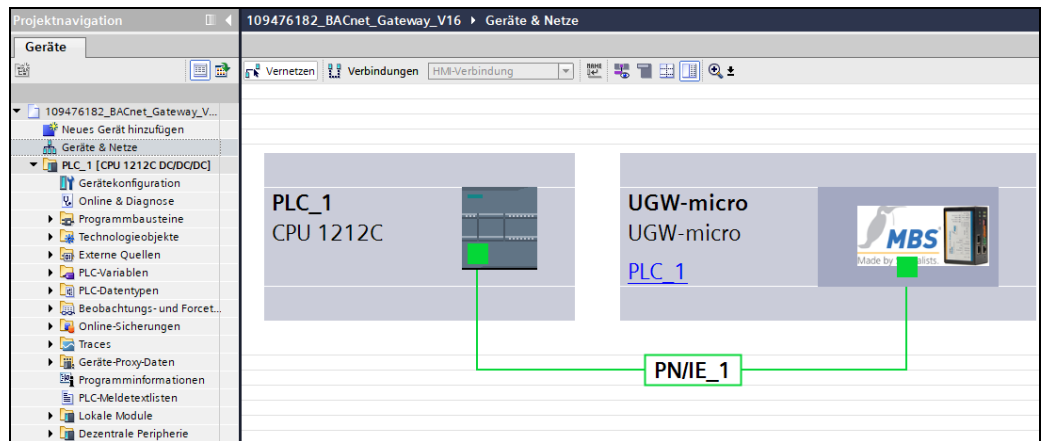
图 11:
PLC 如何通过网关与消防控制盘
进行通信的描述



网关的作用是在使用不同通信协议的网络之间实现通信。BACnet 是专为楼宇自动化和火灾报警技术设计的协议，而 PROFINET 是用于工业以太网的开放标准。

图 11 所示为如何在真实情况下互连两种不同的网络拓扑。第一种网络拓扑由多个 SIMATIC S7 CPU 组成，它们使用 PROFINET 通信协议互连。第二种网络拓扑是使用 BACnet 协议的楼宇设施网络。

图 12:
“真实”情况的设置



拓展阅读!

➤ 通用网关
X 系列手册

为了连接这两个网络拓扑，需使用称为 UGW 的网关设备，见图 12。UGW 通过自身的 PROFINET 接口连接到 PROFINET 网络，并通过自身的 LAN 接口连接到 BACnet 网络。这样可使 PROFINET 网络上的设备与 BACnet 网络上的设备进行通信，反之亦然。

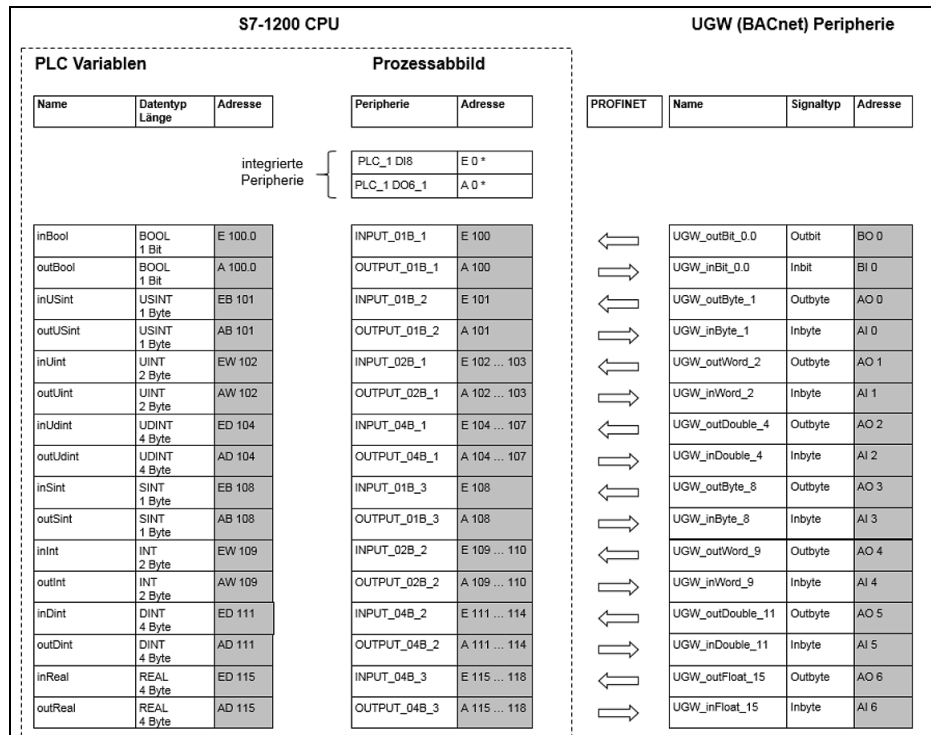


图 13: S7 CPU 和 UGW (BACnet) 的过程映像

图 13 所示为典型数据以及如何根据 UGW (BACnet) 数据点映像到 S7-1200 CPU 的过程。请注意，信号类型输入或输出始终指的是相应设备的视图。

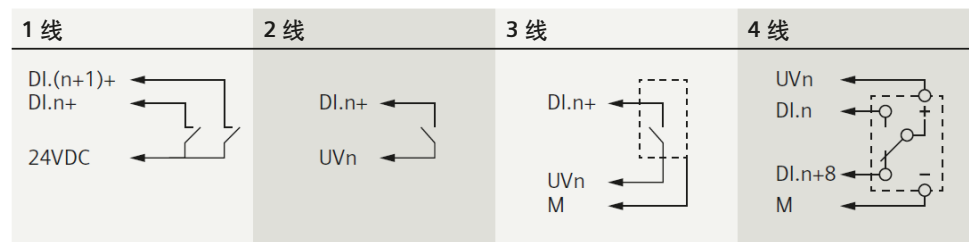


图 14: PLC DI 接线

图 14 所示为如何实施数字量输出增强通过 EN54 认证的火灾报警控制盘的功能安全。数字量输出用于提供全局报警和故障消息。但是，火灾报警控制盘的数字量 I/O 通常未通过机器功能安全的故障安全认证。因此，火灾报警控制盘的输出信号可以实现冗余和反相（相反状态信号），具体取决于安全要求。

根据消防控制盘输出和安全要求的设计，可以对 PLC（可编程逻辑控制器）进行 2 线制到 4 线制连接。通常使用 2 线制或 4 线制连接。

对 M 短路：这项功能是将编码器电源逐个通道连接到 M（可能指接地或公共参考点）。这有助于逐个通道防止编码器接线发生短路。

拓展阅读!

➤ [请访问工业业务领域在线支持网站，了解有关故障安全 I/O 的更多信息](#)

使用故障安全 F-DI 模块时，可以同时监测断线和对地短路。断线保护：这是可选的保护电路，可防止在编码器简单接触的情况下进行断线诊断。该电路的电阻范围为 18 kΩ 至 30 kΩ，典型值为 26 kΩ。该电路逐个通道运行，这意味着它可以检测出编码器每个通道的断线问题。

锂电池电芯火灾测试结果

自 2018 年以来，位于瑞士阿尔滕莱茵的西门子国际能力中心对锂离子电池电芯进行了广泛测试。这些测试为锂电池预充电和化成设备选择合适的火灾探测装置和灭火剂奠定基础。

测试程序包括使用不同国际供应商的电芯，并通过机械故障（针刺）、外部加热或过度充电来使电芯失效。进行火灾测试。

已测试全部三种电芯（圆柱形、棱形和软包电芯）。

测试的主要重点是评估西门子探测器是否可以在早期探测出潜在排气，这对于防止灾难性故障至关重要。为此，使用了多传感器点型探测器 (FDOOTC241/OOHC740) 和吸气式感烟探测器 (FDA241)。在测试过程中，向测试箱充满灭火剂（氮气或二氧化碳）以防形成爆炸性氧气与电解质气体混合物。

锂电池火灾成功的早期探测取决于是否可以在隔膜损坏前探测出锂电池排气。为了评估热失控的蔓延，需记录起始温度以供稍后分析。

圆柱体、棱形和软包电池的火灾表现

众所周知，锂离子电池电芯具有潜在的火灾危险。当锂电池电芯暴露在物理损坏、过度充电或过热等条件下时，电芯会变得热不稳定并进入热失控状态，这是一种自维持反应，可能会导致电芯温度迅速升高，从而导致火灾或爆炸。

下面的图 18 说明了火灾发展循环图以及所有电芯经历的阶段。但是，每个阶段发生的时间以及持续的时间可能会受到各种因素的影响，例如电芯化学物质、设计、充电状态和操作条件。例如，一些电芯化学物质比其它电芯化学物质更容易发生热失控，电芯的尺寸和形状也会影响其着火的倾向。

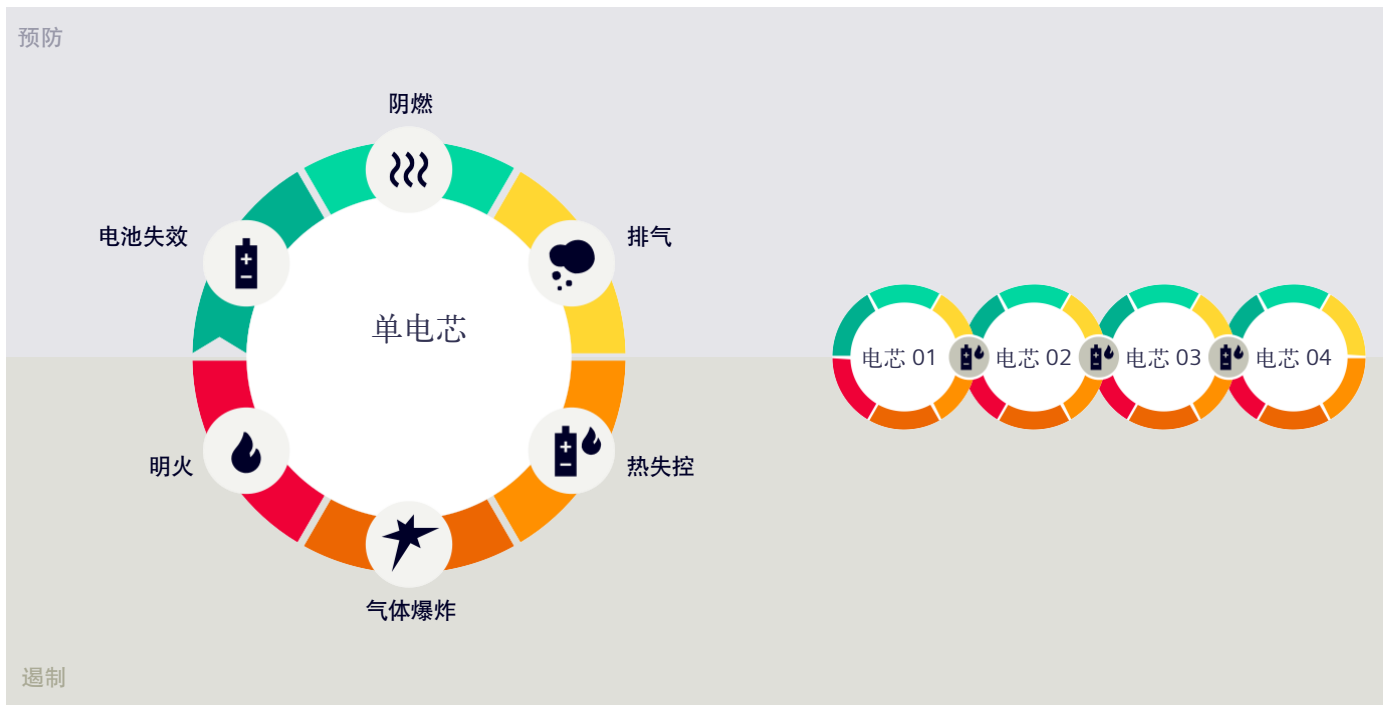


图 15:
锂电池电芯的火灾发展循环图

1. 电池失效（电气、机械或热）

2. 阴燃（通常只有具有相关涂层的电芯会发生阴燃）

在某些情况下，可能会在排气阶段之前出现烟气，例如当电池故障由外部热量导致时。在此类情况下，尽早探测烟气对于及时采取干预措施至关重要。相反，当由于过度充电等其它故障模式而在内部产生热量时，排气通常在观察到烟气和外部高温之前发生。

3. 排气

排气在隔膜损坏之前发生，首先是电池电芯的初始排气，然后在热失控期间及之后的阶段逐渐增加。如果可以在初始阶段探测到排气，会提供最佳的早期干预机会。

随着隔膜损坏，发生故障的电池产生的温度开始超过结构材料的设计极限。该分解过程会因高温而导致烟气产生。

4. 热失控

5. 电芯温度升高

6. 爆炸和明火

随着温度升高、易燃气体和大量烟气的产生，情况极有可能升级为火灾情况，尤其是当热失控蔓延到附近的电芯时，导致温度呈指数上升。

圆柱形电池的典型火灾表现

与棱形和软包电芯相比，圆柱形电芯因其较小的尺寸而通常具有更小的火灾载荷。将圆柱形电芯封装在一起形成模块时，电芯间的接触面较小，这限制了电芯间的热传递并降低了电芯间的蔓延风险。此外，圆柱形电芯通常具有良好的过度充电安全功能。

就火灾表现而言，当发生故障的圆柱形电芯达到临界温度时，将可能开始释放易燃气体和烟气。但是，与较大的电芯相比，较小的电芯尺寸意味着释放的气体和烟气也较少，并且热失控和蔓延到相邻电芯的风险也会降低。

此外，圆柱形电芯通常也会表现出良好的排气性能，这会在排气和隔膜坍塌之间提供缓冲时间，从而提供早期干预机会。

棱形电池的典型火灾表现

棱柱形电芯通常设计有良好的排气口，以在排气阶段释放气体。此功能能够以良好的安全冗余度探测出锂电池初始故障迹象。但是，由于由棱形电芯制成为长方体，单个电芯可能具有更大的接触面积，因此更容易发生蔓延风险。。

软包电池的典型火灾表现

软包电池与圆柱形和棱柱形电池的区别在于，它们没有专用的排气口。相反，这些电池可以膨胀到一定程度以进行某种程度的排气，但设计以爆裂（通常沿着接缝或故意设计的薄弱点）以可预测的方式和位置释放超压。但是，与圆柱形和棱柱形电池相比，这种设计意味着排气和隔膜破裂之间的安全冗余度通常更小。

此外，软包电芯没有外壳，会导致电池模块中的热传递速度非常高，从而难以防止紧密封装的电芯内发生热失控蔓延。排气探测器是否适合探测潜在问题，主要取决于电池电芯的尺寸、被监测化成室的体积以及该空间中的气流。

产品选择



火灾探测，用于在预防区内进行探测

多传感器火灾探测器，FDOOTC241 (Sinteso™) 或 OOH740 (Cerberus™ PRO)

由于对烟气、热量和气体这三项标准进行分析，可尽早可靠地探测到刚刚发生的火灾。对于一氧化碳 (CO) 的快速响应，这对于探测锂电池电芯着火非常重要，使其非常适合此应用。

西门子 吸气式感烟探测器，FDA241

该探测器工作时不断将空气吸入管网的采样孔。空气被送入设计独特的探测室，该探测室使用光散射技术探测是否存在少量烟气。

火灾探测，用于在遏制区内进行探测

多传感器火灾探测器，OOH740 (Cerberus™ PRO)

用于探测由液体和固体物质燃烧引起的明火以及阴燃火。可在存在虚假现象的环境中进行可靠的火灾探测。

灭火

Sinorix™ NXN

选择保护环境的可持续产品是我们所有人都非常关心的问题。Sinorix™ 解决方案几乎可以立即灭火，最大程度减少任何潜在损害。该设备采用一系列对环境无害的天然惰性气体灭火剂，具有出色的防火性能，启动后不会留下任何残留物。

消防控制器

FC2020-AA, Sinteso™ 系列

FC2020-AA (2 回路，可扩展至 4 回路) 是一种集成操作单元的紧凑型消防控制器，可处理来自多达 252 个地址的 Sinteso™ 设备的信号。

FC722-ZA, Cerberus™ PRO 系列

FC722-ZA (2 回路，可扩展至 4 回路) 是一种集成操作单元的紧凑型消防控制器，可处理来自多达 252 个地址的 Cerberus™ PRO 设备的信号。

Siemens Schweiz AG

楼宇科技集团

地址：Gubelstrasse 22

6300 楚格，瑞士

www.siemens.com

保留所有权利。使用的所有商标
归西门子或其各自的所有者拥有。

© 西门子股份公司 2023 年

本白皮书由西门子发布。

© 西门子股份公司 2023 年。保留所有权利