

# 《锂离子电池储能系统功能安全规范》（送审稿）

## 编制说明

### 一、项目背景

随着全球对清洁能源的需求日益增长以及能源转型的加速推进，储能技术作为支撑可再生能源大规模接入、提升电力系统稳定性与灵活性的关键手段，其重要性愈发凸显。锂离子电池储能系统凭借能量密度高、循环寿命长、响应速度快等优势，在电力储能领域得到了广泛应用。

近年来，政府颁布了一系列鼓励储能产业发展的政策。在国家层面，《关于促进储能技术与产业发展的指导意见》明确了储能产业发展的目标与重点任务，为储能技术创新、应用示范及商业化推广指明方向，强调要提升储能系统安全性、可靠性等关键性能指标。《“十四五”新型储能发展实施方案》进一步细化了储能产业在“十四五”期间的发展路径，要求各地加大储能项目建设力度，完善储能标准体系，加强储能安全管理。

深圳市积极响应国家号召，结合自身产业优势与能源发展需求，制定多项配套政策。《深圳市能源发展“十四五”规划》将储能列为重点发展领域之一，规划建设一批大型储能示范项目，鼓励本地企业加大研发投入，突破储能系统关键技术瓶颈，同时着重强调要建立健全储能系统安全标准规范，保障储能项目安全稳定运行。在《深圳市支持电化学储能产业加快发展的若干措施》（深发改〔2023〕82号）中，明确指出支持企业参与储能领域国际标准、国家标准、行业标准、地方标准的制定和修订，其中储能电池安全也是重点推进标准之一。

深圳作为我国高新技术产业的聚集地，储能市场呈现蓬勃发展态势。在政策支持和产业基础优势双重加持下，龙头企业纷纷布局落子。目前，深圳聚集着比亚迪、华为数字能源、欣旺达、奥特迅、华宝新能、正浩创新、科陆、盛弘、贝特瑞、德方纳米、星源材质、新宙邦、格林美等代表企业，共拥有储能相关产业近 7000 家，上市公司近 51 家。截止至 2024 年 7 月，深圳市电化学储能产业年产值已突破 3000 亿元。

尽管市场发展迅猛，但锂离子电池储能系统的安全性问题不容忽视。随着储能系统应用场景日益多样化、规模化，火灾、爆炸等安全事故时有发生，引发社会广泛关

注。造成这些事故的原因既包括电池本体的热失控风险、电池一致性差异导致的过充过放问题，也涉及储能系统的电气设计不合理、散热管理不到位以及缺乏有效的安全防护与预警机制等因素。这些安全隐患不仅威胁到人民生命财产安全，也制约了储能产业的健康可持续发展，迫切需要一套完善的功能安全规范来加以引导与约束。

综上所述，在政策大力推动与市场蓬勃发展的背景下，为填补深圳市锂离子电池储能系统功能安全标准的空白，保障产业高质量发展，编制《锂离子电池储能系统功能安全规范》具有极其重要的现实意义。

## 二、工作简况

### （一）任务来源

2019年12月，团体标准 T/SPSTS 010—2019《锂离子电池储能系统功能安全规范》由深圳市电源技术学会正式发布。该团体标准经过实施应用，基于充分的实施应用和行业发展需求，2023年2月，由清华大学深圳国际研究生院、深圳市清新电源技术学会、欣旺达电子股份有限公司共同向深圳市市场监督管理局申报深圳市地方标准，2023年5月，深圳市市场监督管理局发布了《关于下达 2023 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》，深圳市地方标准《锂离子电池储能系统功能安全规范》成功立项（项目序号 7）。

### （二）主要编制过程

#### 1. 前期准备

按照《深圳市地方标准管理办法》及本标准制修订计划进度的要求，深圳市电源技术学会秘书处组织成立了标准起草工作组，组织调研了锂离子电池储能系统现有技术和行业市场，收集了有关资料，在团体标准 T/SPSTS 010—2019《锂离子电池储能系统功能安全规范》实施应用基础上，对锂离子电池储能系统安全功能进行了分析、比较和验证等，为标准编制奠定良好的工作基础。

#### 2. 立项阶段

2023年2月，本文件标准起草工作组向深圳市市场监督管理局申请立项。

2023年5月8日，深圳市市场监督管理局发布了《关于下达 2023 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》，本文件正式立项。

### 3. 起草研讨阶段

2023年5月—9月，标准起草工作组在前期准备工作基础上，充分调研需求，结合锂离子电池储能系统安全功能实际情况，经过多次修改及讨论，形成标准研讨第一稿。

2023年10月24日，标准起草工作组在深圳市电源技术学会理事单位中国人民财产保险股份有限公司深圳市分公司成功召开深圳市地方标准《锂离子电池储能系统功能安全规范》编制启动会暨第一次工作会议。会上，标准起草工作组负责人就编制情况进行汇报，与会专家对标准内容进行了深入探讨。

2023年11月—2024年5月，标准起草工作组根据会议讨论情况，同步调研相关电池与储能企业储能系统功能安全技术现状，修改完善形成标准研讨第二稿。

2024年5月—2024年12月，标准起草工作组定向征求了深圳市吉阳智能科技有限公司、深圳市科陆电子科技股份有限公司、北京燕开新源科技有限公司、中国质量认证中心（CQC）、深圳天溯计量检测股份有限公司、TÜV南德意志集团、中国汽车工程研究院股份有限公司、深圳卧龙储能技术有限公司等单位专家意见，根据专家反馈情况，多次组织内部研讨会，修改完善形成标准征求意见第一稿。

2025年1月14日，深圳市电源技术学会在清华大学深圳国际研究生院能源与环境大楼403会议室组织召开了深圳市地方标准《锂离子电池储能系统的功能安全规范》第二次研讨会。来自清华大学深圳国际研究生院、欣旺达电子股份有限公司、中国人民财产保险股份有限公司深圳市分公司、深圳海辰储能科技有限公司、禹创半导体（深圳）有限公司、中国矿业大学深圳研究院、国家防爆设备质量监督检验中心、深圳市标准技术研究院、交通运输部水运科学研究院、东莞新能源科技有限公司、深圳市科陆电子科技股份有限公司、深圳天溯计量检测股份有限公司等10余家单位专家代表参与本次会议。根据会议提出意见，修改完善形成标准征求意见第二稿。

### 4. 征求意见阶段

2025年1月23日—2月22日，标准起草工作组通过深圳市电源技术学会微信公众号平台面向社会公开征求意见，共征集到2条意见，全部采纳。

2025年1月24日—2月28日，标准起草工作组通过深圳市科技创新局门户网站将征求意见稿面向社会公开征求意见，共征集1位专家反馈的8条意见。

2025年1月24日—2月7日，深圳市科技创新局向市发展和改革委员会、市工业

和信息化局、市规划和自然资源局、市市场监督管理局、市生态环境局、市住房和城乡建设局、市交通运输局、市商务局、市应急管理局、市人民政府国有资产监督管理委员会、深圳市消防救援局、市前海深港现代服务业合作区管理局、各区（新区、深汕特别合作区管委会）政府征求意见，征集到 6 条意见，其中采纳 5 条，部分采纳 1 条。市发展和改革委员会、市工业和信息化局、市规划和自然资源局、市市场监督管理局、市交通运输局、市商务局、市应急管理局、市人民政府国有资产监督管理委员会、深圳市消防救援局、市前海深港现代服务业合作区管理局、各区（新区、深汕特别合作区管委会）政府无意见。

### 三、地方标准主要内容的依据以及与国内领先、国际先进标准的对标情况

#### （一）地方标准主要内容的依据

本文件规定了锂离子电池储能系统的功能安全目标、功能安全设计验证、风险分析、功能安全保障措施和安全信息提示的内容。本文件适用于家用储能、集装箱式移动储能、电网储能等锂离子电池储能系统。标准主要技术内容依据如下：

GB/T 4888 故障树名词术语和符号

GB/T 7829 故障树分析程序

GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分：设计通则

GB/T 16855.2—2015 机械安全 控制系统安全相关部件 第 2 部分：确认

GB/T 20438（所有部分） 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全

GB/T 36276—2018 电力储能用锂离子电池

DL/T 2528 电力储能基本术语

SJ/T 11798 锂离子电池和电池组生产安全要求

#### （二）与国内领先、国际先进标准的对标情况

经查询，功能安全相关标准主要是 GB/T 20438（所有部分） 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全，该标准由 IEC 61508 等同采用转化为国家标准，是基础通用的功能安全标准；GB/T 16855（所有部分） 机械安全控制系统安全相关部件，由 ISO 13894 等同采用转化为国家标准，是在机械行业领域的功能安全标准；GB/T 34590（所有部分） 道路车辆 功能安全，由 ISO 26262 修订采用转化为国家标准，是汽

车行业领域的功能安全标准。

本文件基于 GB/T 20438 和 GB/T 16855 的技术要求，起草锂离子电池储能系统的功能安全的技术规范。下表为本文件和 GB/T 20438 和 GB/T 16855 关于安全完整性等级或所需性能等级和残余风险的对应关系。

表 1 安全完整性等级和残余风险对应关系表

功能安全目标		残余风险的失效概率	
安全完整性等级 <sup>a</sup>	所需性能等级 <sup>b</sup>	最小值	最大值
—— <sup>c</sup>	a	10 <sup>-5</sup>	——
1	b, c	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>
2	d	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>
3	e	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>
4	——	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-8</sup>
<sup>a</sup> 安全完整性等级按 GB/T 20438.1 分类，残余风险失效概率对应 GB/T 20438.1 中高要求或连续运行模式下安全功能的每小时危险失效平均频率。			
<sup>b</sup> 所需性能等级按 GB/T 16855.1 分类，与安全完整性等级之间的关系见 GB/T 16855.1-2008 中表 3。			

四、主要条款的说明以及主要技术指标、参数、试验验证的论述

本文件基于标准起草组总结的“德国豪华汽车品牌的电动汽车的电池包的功能安全”“国内电网储能系统示范工程的产品安全”等项目经验，以及各公司储能系统产品的功能安全验证项目等实践经验基础上，结合编写过程中调研和征集到的意见修改撰写而成，目标是形成可复制改造到储能系统的功能安全管理方法，即分析计算造成锂离子电池储能系统安全失效的模式、诊断方法、测试验证、控制残余风险到可接受水平的方法。

（一）第 1 章 范围

本文件规定了锂离子电池储能系统的功能安全目标、功能安全设计验证、风险分析、功能安全保障措施和安全信息提示的要求。

本文件适用于户用储能、商业和工业储能、电网储能等锂离子电池储能系统的功能安全验证。

（二）第 2 章 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/T 4888 故障树名词术语和符号

GB/T 7829 故障树分析程序

GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则

GB/T 20438.1—2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第1部分：一般要求

GB/T 20438.4—2017 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第4部分：定义和缩略语

DL/T 2528 电力储能基本术语

SJ/T 11798 锂离子电池和电池组生产安全要求

### （三）第3章 术语和定义

DL/T 2528 和 GB/T 20438.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件，并给出了“锂离子电池储能系统”“交叉审核”“安全完整性等级”“所需性能等级”4项术语的解释。“锂离子电池储能系统”参考了 DL/T 2528-2022 中 3.1.2 储能系统，进一步明确系统的组成部件。“交叉审核”定义为“在功能安全设计与验证过程中，对硬件、软件、系统等项目采取由不同人员或两种诊断方法进行验证的活动。”。“安全完整性等级”和“所需性能等级”分别修改引用 GB/T 20438.4-2017 中 3.5.8 条和引用 GB/T 16855.1—2018 中 3.1.24 条，并对二者的关系和区别进行说明。

### （四）第4章 功能安全目标

本章给出了确认功能安全目标需要考虑的一般要求、残余风险失效概率、特定要求和功能安全目标确定方法。

#### 1. 一般要求

规定了确定功能安全目标需要供需双方考虑的因素，包括储能系统的类型、使用环境、装机容量等要素。给出了功能安全目标由安全完整性等级或所需性能等级进行表征，以及等级表征应符合的标准。

#### 2. 残余风险失效概率

给出了功能安全目标转换为残余风险失效概率，其对应关系基于高要求模式下安全功能的平均失效频率。

### 3. 特定要求

针对不同安全完整性等级（SIL1～SIL4）提出具体技术指标。品质级别的异常缺陷（SIL1）适用于对安全要求较低的储能系统；预制舱式储能系统遇到撞车等异常情况断电时间小于 0.1s（SIL2）适用于工商业储能和电网储能；储能系统表面温度不超过 100℃（SIL3）适用于高密度城市储能电站；储能系统释放到环境的可燃蒸气不超过爆炸下限的 10%（SIL4）核电站备用储能、军事设备等场景。

### 4. 确定方法

功能安全目标的确定需结合定性分析与定量计算，本节详细阐述技术路径及实施要点。

## （五）第 5 章 功能安全设计验证

本章规范了功能安全验证设计的一般要求包括功能安全设计验证流程，以及在设计阶段、制造阶段和售后服务阶段功能安全设计验证应考虑的事项和开展的验证工作。

### 1. 一般要求

本章规定了锂离子电池储能系统全生命周期（设计、制造、售后服务）功能安全验证的总体框架，要求制定覆盖各阶段的验证方案与计划，并明确验证流程的规范性。全生命周期验证符合 GB/T 34590 中的相关要求。

### 2. 设计阶段

设计阶段是功能安全验证的核心环节，本节给出了设计阶段功能安全验证工作的事项清单，通过实施故障树分析系统化分析确定安全目标，并通过交叉审核确保设计的合规性。

### 3. 制造阶段

本节制造阶段功能安全验证工作的事项清单，该阶段需侧重过程控制与质量验证，确保产品符合设计安全目标，并建立异常响应机制。

### 4. 售后服务阶段

本节给出了售后服务阶段设计验证和功能安全验证工作的事项清单，该阶段验证通过预防性维护与动态优化，延长系统安全生命周期，并建立快速响应机制。

## （六）第 6 章 风险分析

本章规范了进行风险分析的数据来源、可使用的失效模式分析、残余风险的计算

方法、补充安全措施以及残余风险再次核算、文档管理的相关要求。

风险分析通过数据采集、失效模式识别及残余风险计算实现系统性风险评估。数据获取部分要求制造商提供测试数据的溯源文件，这一规定源自 IEC 61508-3:2010 第 7.2.4 条，强调数据来源的可信度。失效模式分析中列举的典型场景（如电池泡水引发短路）参考了《锂离子电池热失控机理及防控技术》（张强等，2021 年）中的实验结论，该论文通过电解液与水反应的化学分析，明确了水分侵入对电池内部结构的破坏机制。残余风险计算基于故障树模型，推荐利用布尔代数对故障树模型进行简化，直接引自 GB/T 7829—2017 附录 B，其数学严谨性已通过 IEC 61508-6:2010 的验证。补充安全措施的选择以残余风险失效概率满足功能安全目标为基本原则，确定后需要对残余风险进行再次核算。此外，第三方专家参与的审核机制借鉴了 ISO/IEC 17020:2012 对检验机构的能力要求，确保风险分析的客观性。

#### 1. 数据获取

本节规定了数据获取的来源，包括安全测试、制造商提供、行业案例、第三方数据库等，以及数据适用性和有效性的分析要求

#### 2. 失效模式分析

本节明确了应进行故障树分析的事故场景和失效模式，并给出了常见的事故场景和失效模式。

#### 3. 残余风险计算

本节规定了残余风险计算时分析程序、分析符号的相关要求。给出了故障树分析顶事件下的中间事件分为出厂验证阶段、售后服务阶段事件，并给出了附录 D 作为参考依据。给出了采用布尔代数简化故障树模型以及第三方专家参与验证的相关要求。

#### 4. 补充安全措施

本节规定了残余风险失效概率不满足功能安全目标时，补充安全措施的原则和中心验证的相关要求。

#### 5. 残余风险再次核算

本节规定了更新故障树分析模型及所获取的有效数据后，再次核算残余风险

#### 6. 风险确认

本节规定了风险分析后呈现形式的完整性和有效性进行规定

#### 7. 文档管理



本节规定了对系统设计、制造和售后服务阶段功能安全验证相关资料的内容和保存的要求。

#### **（七）第7章 功能安全保障措施**

本章规范了功能安全保障措施的在设计、制造、运输、存储、运行、维护阶段的功能安全保障措施要求，以及行业实践过程中应重点关注的措施事项。

#### **（八）第8章 安全信息提示**

本章规范了锂离子电池储能系统应说明的事项以及说明途径等内容。

#### **（九）附录A（资料性）功能安全目标确定示例**

本章给出了基于销售规模与质保要求的电池储能系统功能安全目标确定示例。

#### **（十）附录B（资料性）串并联电路模型计算可靠性示例**

本章给出了利用串联和并联电路模型计算锂离子电池储能系统可靠性的示例。

#### **（十一）附录C（资料性）安全测试项目**

本章给出了现有标准和市面上常见的锂离子电池或电池组的安全测试项目。

#### **（十二）附录D（资料性）故障树分析示例**

本章给出了故障树分析示例，包括测量不准导致的起火失效、电气故障侦测错误导致的起火失效、泄漏电解液、冷凝水、外壳破损进水形成电解金属膜导致的短路起火失效、自放电侦测安全措施、运动机械损伤导致的失火失效、存放机械损伤导致的失火失效、导电螺丝松动的失效分析。

#### **（十三）附录E（资料性）消防通风及水系统**

本章给出了标准起草组多年来防范锂离子电池起火的消防方法。

### **五、是否涉及专利等知识产权问题**

本文件的主要技术内容及相关测试方法均不涉及专利。

### **六、重大意见分歧的处理依据和结果**

本文件无重大意见分歧条款。

## 七、实施地方标准的措施建议

拟通过标准宣贯、标准实施监督检查等方式推动标准实施。