

# 团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

## 浸没式液冷锂电池储能系统技术规范

Technical specification for submerged liquid cooled lithium battery energy storage system

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布



## 目 次

前 言 .....	III
引 言 .....	IV
1 范围 .....	5
2 规范性引用文件 .....	5
3 术语和定义 .....	5
4 正常工作条件 .....	6
5 外观、尺寸和防护等级 .....	6
5.1 外观 .....	6
5.2 尺寸 .....	6
5.3 防护等级 .....	7
6 浸没式液冷锂电池储能系统冷却技术原理与要求 .....	7
6.1 技术原理 .....	7
6.2 浸没式液冷锂电池储能系统设计技术要求 .....	7
6.3 浸没冷却单元腔体技术要求 .....	7
6.4 液冷控制系统技术要求 .....	8
6.5 管路技术要求 .....	8
6.6 液体基本性质要求 .....	8
6.7 液体性能要求 .....	8
6.8 液体安全要求 .....	9
6.9 液体环境要求 .....	9
6.10 液体处置要求 .....	9
6.11 接地 .....	9
6.12 防雷 .....	9
6.13 热失控扩散 .....	9
7 浸没式液冷锂电池储能系统冷却功能与设备 .....	9
7.1 概述 .....	9
7.2 散热能力要求 .....	10
7.3 密封要求 .....	10
7.4 冷却液控制与监测要求 .....	10
7.5 节能要求 .....	10
7.6 预制舱体 .....	10
8 安全要求 .....	10
8.1 一般规定 .....	10
8.2 冷却液泄露防护 .....	10
8.3 电气控制和安全保护 .....	10
8.4 布线安全 .....	10
9 运维要求 .....	10
9.1 一般规定 .....	10
9.2 岗位资质 .....	11
9.3 个体防护 .....	11
9.4 技术文档 .....	11
9.5 工具与备件管理 .....	11
9.6 设备搬运 .....	11

9.7 液体补充.....	11
10 试验方法.....	11
10.1 一般要求.....	11
10.2 测量仪器.....	12
10.3 外观.....	12
10.4 尺寸.....	12
10.5 防护等级.....	12
10.6 接地.....	13
10.7 浪涌冲击抗扰度.....	13
10.8 热失控扩散.....	13
11 检验规则.....	14
11.1 检验分类.....	14
11.2 出厂检验.....	14
11.3 型式检验.....	14
11.4 抽样检验.....	15
12 标志、包装、运输、贮存.....	16
12.1 标志.....	16
12.2 包装.....	16
12.3 运输.....	16
12.4 贮存.....	17

## 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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会×××(\*\*专业\*\*)工作组归口。

本文件起草单位：山东电工时代能源科技有限公司、壳牌（中国）有限公司、宁德时代新能源科技股份有限公司、华北电力大学、齐鲁中科光物理与工程技术研究院、山西潞安安易电气有限公司、祥博传热科技股份有限公司。

本文件主要起草人：于建斌、秦伟、魏丁、王国岩、巨星、杨振元、庞延庆、张艺海、吴英杰、张丰、王秦龙、徐斌、谌效全、张晨熙、孙培翔、田国强、洪灏、唐楚楚。

本文件为首次发布。

## 引　　言

随着国家双碳战略的实施，以光伏、风电为代表的新能源发电装机容量占总装机比重不断提高，装机容量的迅速增长带来了电网频率和安全风险增大、电压和功率越限、无功平衡和电压控制难度上升、电能质量水平下降等一系列问题，加之新能源发电具有随机性、间歇性和波动性的特点，将会导致发电出力不连续、功率波动等问题，对电力系统的稳定性造成影响。

电力储能技术可有效解决上述问题，储能是未来电力生产消费方式变革与能源结构转变的关键技术，储能电站的容量和规模将不断扩大，目前已迈入百兆瓦级并向吉瓦级发展阶段。随着储能电站规模的不断扩大，对储能电站热管理和安全性的要求快速提升。为了保证对电网的快速响应与支撑，储能电站的热流密度和发热量不断攀升，传统的风冷、液冷板等散热形式在高倍率充放电、频繁充放电、极端气候等应用场景下已无法满足需求。浸没式液冷可以提供更高的散热能力与能源使用效率以应对上述问题，不仅如此，经过试验验证，浸没式冷却还具备优异的消防性能，使储能系统达到更高的安全水平。

目前，国内外针对储能系统的标准已涵盖电化学储能、电池热管理、液冷系统等领域。GB/T 36276《电力储能用锂离子电池》、GB/T 44026—2024《预制舱式锂离子电池储能系统技术规范》、GB/T 36558《电力系统电化学储能系统通用技术条件》等是行业内较为重要的技术规范，为储能系统的设计、安装及运行提供了基础指导。然而，针对浸没式液冷锂电池储能系统的标准尚属空白。本标准在浸没式液冷技术的适用范围、技术要求及试验方法等方面给出了相关要求，在浸没式液冷技术的规范性指导下具有创新性和实用性，为行业发展提供了技术支持。

# 浸没式液冷锂电池储能系统技术规范

## 1 范围

本文件规定了浸没式液冷锂电池储能系统的正常工作条件、外观、尺寸和防护等级、技术原理与要求、功能与设备、安全及运维要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于额定功率不小于 100 kW 且额定能量不小于 200 kW·h 的浸没式液冷锂电池储能系统的设计、试验、检验、运维等环节的技术指导。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T261	闪点的测定
GB/T4208	外壳防护等级（IP 代码）
GB6067.1	起重机械安全规程 第 1 部分：总则
GB/T7307	55 度非密封管螺纹
GB12514.1	消防接口 第 1 部分：消防接口通用技术条件
GB/T 17626.5	电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T20626.1	特殊环境条件 高原电工电子产品 第 1 部分：通用技术要求
GB/T29044	采暖空调系统水质
GB/T34131	电力储能用电池管理系统
GB/T36276	电力储能用锂离子电池
GB/T42288	电化学储能电站安全规程
GB/T44026	预制舱式锂电池储能系统技术规范
GB50016	建筑设计防火规范
GB50057	建筑物防雷设计规范
GB50311	综合布线系统工程设计规范
GB50343	建筑物电子信息系统防雷技术规范
NB/T47003.1	钢制焊接常压容器
TSG81	场（厂）内专用机动车辆安全技术规程
T/CCSA 269	数据中心液冷服务器系统总体技术要求和测试方法
T/CCSA 272	数据中心浸没式液冷服务器系统技术要求和测试方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 液冷 liquid cooling

一种采用液体带走发热器件热量的冷却方式，液冷分为接触式及非接触式液冷两种，接触式液冷是指将冷却液体与发热器件直接接触的一种液冷实现方式，包括浸没式和喷淋式液冷等具体方案。非接触式液冷是指冷却液体与发热器件不直接接触的一种液冷实现方式，包括冷板式等具体方案。

### 3.2 冷却液 coolant

用于储能系统中冷却设备元件的液态冷却工作介质。

### 3.3 浸没式液冷 Immersion liquid cooling

一种以液体作为传热介质，将发热器件完全浸没在液体中，发热器件与液体直接接触并进行热交换的冷却技术。按照热交换过程中传热介质是否存在相态变化，可分为单相液冷和相变液冷两类。

### 3.4 冷板式液冷 cold plate liquid cooling

通过冷板（通常为铜铝等导热金属构成的封闭腔体）将发热期间的热量间接传递给封闭在循环管路中的冷却液体，通过冷却液体将热量带走的一种实现形式。

### 3.5 单相液冷 single-phase liquid cooling

作为传热介质的液体在热量传递过程中仅发生温度变化，而不存在相态转变，过程中完全依靠物质的显热变化传递热量。

### 3.6 浸没冷却单元 liquid cooling unit

承载电池设备包含电芯、换热器和冷却液等，为电池设备提供安全冷却环境，一个电池模组即为一个浸没冷却单元。对于单相液冷系统，主要包含密闭箱体、电气元件、温度、液位监控传感器等。

### 3.7 浸没式预制舱体 immersion prefabricated cabin

采用浸没式液冷系统，集成安装电池阵列、电池管理系统和辅助系统的预制舱体。

### 3.8 浸没式液冷锂电池储能系统 immersion liquid cooled lithium battery energy storage system

在预制舱体中集成安装采用浸没式液冷系统锂电池阵列、电池管理系统和辅助系统，结合布置在该预制舱体内部或外部的储能变流器、变压器等设备，能够独立实现电能存储、转换及释放的设备组合。

### 3.9 一次侧冷源系统 primary side cooling subsystem

为二次侧冷却系统散热，其形式可以是液冷机组、冷却塔、干冷器、余热回收机组等，包含冷却液、循环泵、管道、冷却液过滤系统等。

### 3.10 二次侧冷却系统 monitor system

为浸没腔体内电器元件散热的装置。对于单相液冷系统，主要包含浸没式箱体、冷却液、管道、冷却液循环泵、液冷板、冷却液过滤系统、阀门、液面观测装置、泄压装置、液体质量检测传感器、水泄露检测传感器等。

## 4 正常工作条件

浸没式液冷锂电池储能系统在下列条件下应正常工作：

- a) 环境温度：-20°C~+40°C；
- b) 空气相对湿度：≤95%，无凝露；
- c) 海拔高度：≤2000 m；当>2000m 时，符合 GB/T 20626.1 的规定。

## 5 外观、尺寸和防护等级

### 5.1 外观

浸没式预制舱体外观应满足下列要求：

- a) 外观完整，无结构形变、剥落、锈蚀及裂痕等现象；
- b) 舱门和开关操作灵活；
- c) 铭牌、标志、标记完整清晰。
- d) 电池舱体内冷却液无泄漏。

### 5.2 尺寸

浸没式预制舱体尺寸相对于标称值的偏差应满足表 1 的要求。

表 1 外形尺寸偏差

单位为毫米

产品外形尺寸范围	尺寸偏差
≤6000	±5
>6000	±10

### 5.3 防护等级

浸没式预制舱体的防护等级应不低于 GB/T 4208 规定的 IP54。

## 6 浸没式液冷锂电池储能系统冷却技术原理与要求

### 6.1 技术原理

间接换热单相浸没式液冷系统：通过冷却液直接与电芯热负载接触来吸收热量，冷却液温度升高后，经过换热器将热量传递给换热器的冷却介质，然后由舱外的冷源设备将换热器冷却介质中的热量释放到外部环境，从而完成电池系统的散热过程。原理图见附录 A 中图 A.1。

直接换热单相浸没式液冷系统：通过冷却液直接与电芯热负载接触来吸收热量，冷却液温度升高后，由舱外的冷源设备将冷却液中的热量释放到外部环境，从而完成电池系统的散热过程。原理图见附录 A 中图 A.2。

### 6.2 浸没式液冷锂电池储能系统设计技术要求

浸没式液冷系统中的电池模组设备宜采用定制化设计

- a) 为了充分发挥浸没式液冷技术的优势，应采用高功率密度的设计；
- b) 应采用结构定制化设计以强化液体与发热器件的热交换，提高浸没式液冷环境下电池模组设备的运维效率。

### 6.3 浸没冷却单元腔体技术要求

#### 6.3.1 一般要求

在浸没腔体系统里，浸没腔体宜设计成一种容器，其特征为一个上部开盖、由四个壁面和一个底面围成的具有一定内部容积的结构，要求电池设备所有的发热组件都必须浸没在腔体内的液体中，且保证所有的发热器件在运行时的温度不超过其最高允许工作温度。

#### 6.3.2 详细要求

本节要求应包括

##### a) 强度要求

浸没冷却单元的强度应大于满配情况下的强度要求。

注：浸没冷却单元的满配重量=冷却单元腔体净重+冷却液充注量+电池设备重量。

##### b) 密封性要求

浸没腔体应密封性良好，确保冷却液无泄漏。

浸没腔体的设计、测试和验收应符合 NB/T47003.1 的要求。

##### c) 泄压装置

液冷系统运行过程中，如果冷却系统故障，密封腔体可以通过机械泄压装置，保证系统安全性。

##### d) 腔体材质

兼容性良好塑料材质、304 不锈钢、316 不锈钢、高强度铝合金材质等，需依据实际使用的冷却液选择兼容性良好的腔体材料。

##### e) 液相区要求

对于单相系统，应采用有效措施确保液相区的液体温度场均匀，无局部热点，建议温差 $<3^{\circ}\text{C}$ 。

## 6.4 液冷控制系统技术要求

### 6.4.1 一般要求

控制系统应符合现行国家标准的相关规定，使用标准的通讯协议。控制系统应对液冷设备的运行状态、能耗、报警进行监控，液冷设备的通讯协议应满足监控系统的要求；监测和控制液冷设备内冷却液温度、流量、压力、液位、漏液等运行参数，当参数偏离设定值 $>10\%$ 时，应报警并记录。

液冷机舱内可能发生冷却液泄漏的设备和管道应设置漏液检测和报警装置，宜通过液位、压力等参数检测冷却液的泄漏。

### 6.4.2 浸没腔体

对于浸没式液冷锂电池系统，浸没腔体系统的监控对象为压力、温度、液位，确保各参数在预设范围内。一旦参数偏离设定值时，应有报警、记录以及应急处理措施。

### 6.4.3 冷却系统

冷却系统的监控对象包括：冷却各级管路的压力、温度及流量，制冷机组的功耗等。冷却的供冷量应可调节，并与浸没腔体的发热量动态匹配，及时响应，以节省能耗。一旦各监控参数偏离设定值时，应有报警、记录以及应急处理措施。

### 6.4.4 故障检测

液冷系统需要考虑针对系统漏液进行监控。液冷系统需要针对液冷运行故障进行监控，当故障发生时，需要具备防止故障扩散的能力。

## 6.5 管路技术要求

管路接口宜采用螺纹接口、法兰接口、快接头等形式。管道材料应避免使用可以生锈和污染水冷循环的普通碳钢硬件。管径设计应参考 GB/T7307 的要求。

## 6.6 液体基本性质要求

液冷所采用的液体介质与应用模型（接触式或非接触式）直接相关。非绝缘性液体介质一般较绝缘性介质具有较高的比热和导热系数，可以用于非接触式液冷应用，介质可参考 T/CCSA 269 的要求。具备绝缘性和对离子型导电物质的不溶性的液体可以用于对泄漏安全性要求较高的间接式液冷应用，但更适于液体介质直接与元器件接触的应用，如浸没式和喷淋式，典型绝缘性液体介质见附录 B 中。

## 6.7 液体性能要求

### 6.7.1 总体要求

应具有良好的热力学性能，包括同类物质中相对较高导热系数、高液体比热值、低粘度。相对电子系统寿命周期和指定工作温度应具有较好的化学和热力学稳定性。

### 6.7.2 非绝缘性液体要求

液体本身应具有绝缘性，系统设计中应考虑液体对离子类物质的溶解性，如所选择液体可溶解离子类物质并降低自身绝缘性，应尽量避免接口等有泄漏风险的部位靠近敏感器件，防止发生液体泄漏后，造成系统短路或腐蚀。

液体应与整个循环系统，包括循环管路、驱动泵、冷板、换热器及附属密封材料具有良好的兼容性，在系统的寿命周期内不产生腐蚀等潜在风险。

### 6.7.3 绝缘性液体要求

外观无色、透明、无异味、无沉淀及悬浮物。应与大多数金属和硬质无机物相容，其中包括电气系统中常用的：不锈钢、铜、铝、二氧化硅、三氧化二铝等，保证对外观、体积和物理性质（力学，电学）

影响小于 1%。对有机物及弹性体，应通过索式萃取试验确认，应保证与系统中使用有机物萃取后，有机物体积重量变化小于 3%，同时使用性能可以接受，且萃取产品对液体介质和其他通过液体传递能达到部位的器件无影响。液体本身应不与有可能接触到的任何材料发生化学反应，导致液体发生改性或分解。

液体与接触材料的物理反应，包括溶解、萃取等，不应影响液体和系统材料的相应功能。比如浸没液体萃取线缆绝缘层的增塑剂，导致线缆硬化开裂，或系统中的物质溶于接触液体中，导致液体粘度上升等性能劣化等。

对因液体对流或驱动流动带来的溶解物质不应对液体接触的其他材料或器件产生影响，如线缆析出的增塑剂通过累积会降低发热器件表面的换热效率。液体的化学分解温度应远大于系统工作温度及潜在局部过热温度。具体性能参数见附录 C 中表 C.1。

## 6.8 液体安全要求

冷却液体应具有较高闪点和自燃温度，直接接触式要求液体闪点大于 190°C 或无闪点；闪点测定参照 GB/T261。对满足闪点大于 190°C 的可燃性液体用于直接接触式应按消防相关要求配置相应防爆设施和系统安全监控措施。

对单相应用和间接密闭循环应用，冷却液体应属于实用无毒范畴。物质安全技术说明书同时应标明液体使用中的防护措施和紧急处理方法。应考虑恶劣条件下（如过热、燃烧及电弧击穿等）分解产物的毒性影响，配置相应监控和液体过滤措施。

## 6.9 液体环境要求

冷却液体应不含政策标准限制使用物质(包括环境保护标准和废弃排放及降解管控标准等)。对废弃物和排放物的管理符合国家相关规定。

## 6.10 液体处置要求

废弃的冷却液应按当地法规处理，水处理的时候，需要注意当地法规对排污水质的要求。废弃处理由有资质的化学品处理机构完成。受冷却液污染的包装物应送至许可的废弃物处理场所循环利用或处置。

## 6.11 接地

预制舱式储能系统接地应满足下列要求。

- a) 预制舱体外部至少提供 2 个沿对角线布置的接地端子。
- b) 预制舱体内设置一次回路保护接地铜排。
- c) 预制舱体内部等电位连接采用下列连接方式之一：
  - 通过金属部件可靠接触；
  - 通过使用时不会被拆卸的其他导电部件连接；
  - 通过专用等电位保护连接导体连接。
- d) 可接触导电部件通过等电位连接到预制舱体保护接地极的电阻不超过 0.1 Ω。
- e) 预制舱体内设置独立的二次回路接地铜排，接地铜排截面积不小于 100 mm<sup>2</sup>。
- f) 其他要求应按照 GB 50057、GB 50343 等执行。

## 6.12 防雷

直流舱直流端口应配置浪涌保护器，其他要求应按照 GB 50057、GB 50343 等执行。

## 6.13 热失控扩散

预制舱式储能系统内电池单体发生热失控后，不应起火、不应爆炸、不应触发其他电池模块发生热失控，电池模块绝缘性能应满足 GB/T 36276 的要求。

# 7 浸没式液冷锂电池储能系统冷却功能与设备

## 7.1 概述

浸没式液冷冷却系统为浸没腔体系统提供制冷，设计时应考虑散热能力以及密封要求，同时应采用节能措施。

## 7.2 散热能力要求

冷却系统提供冷量的能力应超过浸没腔体系统的最高发热量，且应留有 20%的冷却余量，应保证电芯之间温差小于 2℃。

## 7.3 密封要求

管路连接的密封设计应符合对应的规范要求，在选择密封材料时应考虑材料与冷却液的兼容性，建议使用寿命：8 年~10 年。

## 7.4 冷却液控制与监测要求

保持清洁：监测和维持 PH 值、导电率、细菌计数和腐蚀抑制剂浓度。建议每季度或每半年定期检测。

## 7.5 节能要求

应采取有效措施节能，如制冷量与发热量的动态匹配、充分利用自然冷源等实现节能。具体节能要求可参考 T/CCSA 272。

## 7.6 预制舱体

预制舱体的机械性能、保温性能、耐腐蚀性能、产品编码、锂电池、电池管理系统、热管理系统、通风系统、消防系统、视频监控系统等要求应参考 GB/T 44026 的要求。

# 8 安全要求

## 8.1 一般规定

液冷系统的防火和灭火系统设计除了应符合 GB50016 的要求之外，在消防方式的选择上还应符合冷却液的化学品安全说明书的要求。

## 8.2 冷却液泄露防护

液冷机组放置位置及电池舱内冷却液管道经过的区域宜设置独立的冷却液排液系统，对泄漏的冷却液进行收集，冷却液禁止直接排放。对于冷却液大量溢漏来说，应进行围挡或采用其他恰当的防漏措施以免液体扩散。可以用泵抽排被围挡的液体，并将回收的液体存放在合适的容器中。

电池舱存在排水、排冷却液共用排放系统时，排放系统中应设有防止受污染的废水直接外排的措施。冷却液轻度溢漏宜用惰性材料吸收，并用适当的清洁剂或吸收剂清理残留的溢漏液体。

## 8.3 电气控制和安全保护

断开控制板和电源的连接线，强制闭合所有的接触器。绝缘电阻值冷态应不低于  $2M\Omega$ ，热态不低于  $0.5M\Omega$ 。机组接地端子与机组电源的输入端的泄露电流不大于 10mA。

## 8.4 布线安全

浸没液冷系统应根据实际情况，因地制宜进行布线设计，但应确保线缆穿壁密封良好（不同介质的损失量有区别，建议依据实际液冷应用需求而定）、冷却液不泄露，且充分考虑设备运维和布线操作的便利性，其它应参照 GB 50311 的有关规定。

# 9 运维要求

## 9.1 一般规定

液冷系统的维护需要考虑对液冷关键部件进行定期维护，检查关键部件的运行状态，并制定合理的维修及更换计划。例如：针对可能发生故障的设备进行停机检修和更换等。

液冷系统需要做到单个液冷单元可维护，液冷系统需要定期检查，针对冷却液体的挥发、泄露等进行补充，以便满足设备维护要求。

在进行液冷单元运维的过程中应小心冷却液溢出、浪费，并尽量防止将其排放到环境中，做好冷却液的收集和回收。严禁在冷却液中进行强电的带电作业，操作前必须断开设备电源。

## 9.2 岗位资质

在对浸没式液锂电池储能系统运维前，对运维人员进行浸没式液冷系统运维相关知识的培训，包括但不限于：液冷机组运行原理、组成部分、运维工装使用、冷却液补充、冷却液泄漏回收及处理等。

## 9.3 个体防护

在运维的过程中应采取必要的职业健康防护措施，操作人员应佩戴必要的个人防护装备。此方面应遵循冷却液化学品安全技术说明书中关于安全处置和个人防护装备的建议。

## 9.4 技术文档

完整并准确的技术文档是后期运行、维护、维修、故障诊断、优化改造的基础。运维值班室，应有场地基础设施的全套相关文档，包括但不限于：液冷系统的规划设计资料及竣工图纸、反映液冷系统最近一次改造后真实现状的图纸、全套设备的清单及相关操作文档和保养保修资料、液冷系统自动操作系统的逻辑图及说明文档、监控系统的点表、验收测试文档等。

## 9.5 工具与备件管理

浸没式液冷系统运维宜遵循工具专用原则，不宜与其它工具混用，运维完成后工具应及时清理。运维团队应根据资产分类清单制定最低备件库存清单并及时补充备件。

测试分析仪器仪表方面可配备进行电气性能参数测试、电池测试、接地电阻测试、绝缘性能测试、设备运行温度测试、液冷系统压力测试、噪音测试、水分测定、击穿电压检测等的仪器仪表。仪器仪表应定期校准。应制定相关规定，对操作工具、仪器仪表实行人员负责制或者交接班负责制等管理制度。备件和工具应定期进行盘点。

## 9.6 设备搬运

应使用专用起重设备进行电池设备的上下架操作。起重设备牢固、可靠、不宜颠覆。起重设备尺寸设计合理，满足使用功能的同时，便于在有限空间内移动。起重设备底部有刹停功能，确保在非移动状态时可完全固定。

应使用专门的搬运车搬运带有冷却液的电池设备。搬运车具备盛装液体的功能，避免冷却液滴落地面。搬运车设计合理，在搬运过程中稳定、无明显震动，且不易于倾覆。搬运车尺寸设计合理，满足使用功能的同时，便于在有限空间内移动。搬运车底部应有刹停功能，确保在非移动状态时可完全固定。

## 9.7 液体补充

根据浸没式液冷系统规定的充液量上下限，对浸没式液冷单元的液面情况进行观察。当液面低于指定刻度，例如液面低于液冷单元内焊接铝疤 2mm，或液位传感器触发低液位告警时，根据实际情况进行液体补充作业。

补充冷却液前，核实冷却液种类、型号，严禁混用不同种类、型号的冷却液。根据系统功能设计及现场情况，选择手动补液或通过补液系统进行补液，补液程序严格遵守操作文档。

## 10 试验方法

### 10.1 一般要求

10.1.1 试验前应制定安全措施，编制应急方案，并应配备灭火装置和应急物资。

10.1.2 试验前应对预制舱式储能系统的规格参数、保护整定值等进行核查。

10.1.3 除另有规定外，预制舱式储能系统试验前应进行预充电或预放电，能量状态宜为额定放电能量的 30%~80%。

10.1.4 试验应在具备安全保护的环境条件下进行,试验场地应配置消防设备。试验人员应配备防毒面具、手套、防护眼镜、防护服等安全防护用品。安全防护用品应符合 GB39800.1 规定并经国家相应的质检部门试验,具备生产许可证及编号标志、产品合格证者,方可使用。

10.1.5 试验人员应具备必要的电气知识和业务技能，熟悉储能设备和电气设备的工作原理及结构、测试方案和安全工作规程，能正确使用工器具、仪器仪表和安全防护设备。

10.1.6 试验设备应经过检定或校准，并在有效期内，测试仪器外壳可靠接地。

10.1.7 吊装作业应符合 GB6067.1 的规定, 操作人员应具备相关作业资质。试验人员不应在预制舱受力方向停留, 试验人员不应进入吊装作业范围。

10.1.8 叉车作业应符合 TSG81 的规定, 操作人员应具备相关作业资质。

## 10.2 测量仪器

测量仪器主要技术指标应满足表 2 的要求。

表2 测量仪器主要技术指标要求

名称	精度
量具	0.2 级
温度计	± 0.5°C
湿度计	± 3%
电流传感器	0.2 级
电压传感器	0.2 级
声级计	±1dB
数据采集装置	0.2 级
全站型电子速测仪	I 级

### 10.3 外观

在良好光线条件下，预制舱式储能系统的外观检查按照下列步骤进行：

- a) 检查外观的形变、剥落、锈蚀及裂痕现象;
  - b) 检查柜门、开关的灵活性;
  - c) 检查铭牌、标志和标记的完整性和清晰度;
  - d) 检查电池舱体内冷却液有无泄漏。

## 10.4 尺寸

尺寸测量按照下列步骤进行：

- a) 用量具测量预制舱体外部的最大尺寸;
  - b) 记录预制舱体长度、宽度、高度数值;
  - c) 按公式(1)计算测量结果与预制舱体尺寸标称值的差值作为尺寸偏差。

式中：

$\Delta L$ —尺寸偏差, 单位为毫米(mm);

$L_1$ — 测量数值, 单位为毫米(mm);

L— 标称数值, 单位为毫米(mm)。

## 10.5 防护等级

防护等级试验按照下列步骤进行：

- a) 关闭预制舱式储能系统的门、翻板、进风口等部件，使用盖板封堵线缆进出口；
  - b) 利用防尘试验装置按照 GB/T 4208 规定的方法，对预制舱式储能系统进行防尘试验；

c) 利用防水试验装置按照 GB/T 4208 规定的方法, 对预制舱式储能系统进行防水试验。

## 10.6 接地

接地试验按照下列步骤进行:

- 将预制舱式储能系统可接触导电部位、预制舱体保护接地极连接至接地电阻试验装置;
- 施加 30 A 直流电流, 持续 1 min, 记录电阻数值;
- 断开接地电阻试验装置与预制舱式储能系统的连接。

## 10.7 浪涌冲击抗扰度

预制舱式储能系统可在轻载下运行, 按照 GB/T 17626.5 的规定, 试验在下列条件下进行:

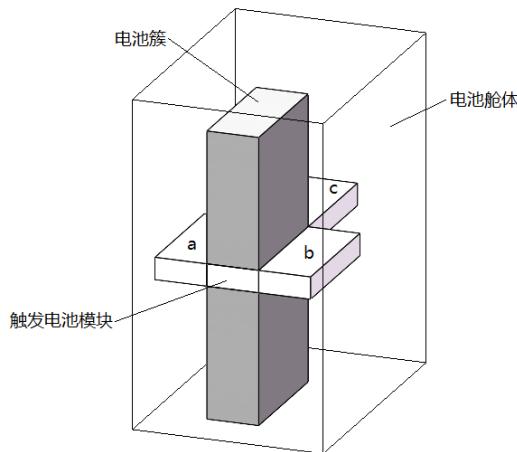
- 试验电压:  $\pm 2 \text{ kV}$ (线-地),  $\pm 1 \text{ kV}$ (线-线);
- 试验部位: 直流舱辅助供电系统端口、信号和控制端口;
- 极性: 正负;
- 试验次数: 正负极性各 5 次;
- 重复率: 每分钟一次。

## 10.8 热失控扩散

### 10.8.1 试验布置

试验布置应满足以下要求:

- 选取电池舱体中 1 个电池簇, 按照电池簇在电池阵列中的布置方式放置于电池舱体中部位置;
- 选取电池簇中心位置的电池模块作为触发模块, 选取触发模块中心位置的电池单体或最小并联单元作为热失控触发对象;
- 选取与电池簇内电池模块结构相同的电池模块作为监测模块, 布置于触发电池模块周围, 其布置方式与电池阵列中布置方式一致, 参照图 1。



注: a、b、c 位置用于放置监测电池模块。

图 1 监测电池模块水平布置示意图

### 10.8.2 能量状态调整

能量状态应满足以下要求:

- 利用充放电装置以电池簇额定充放电功率进行充放电, 调整电池簇的能量状态为额定充电能量的 50%;
- 利用充放电装置以触发对象额定充放电功率进行充放电, 调整触发对象的能量状态为额定充电能量的 95%;
- 利用充放电装置以电池模块额定充放电功率进行充放电, 调整监测电池模块的能量状态为额定充电能量的 100%。

### 10.8.3 传感器布置

传感器布置应满足以下要求:

- a) 触发电池模块内温度传感器布置在触发对象以及与触发对象相邻的电池正负极柱所在表面且与正负极柱等距的位置;
- b) 监测电池模块内温度传感器布置在与触发对象距离最近的电池正负极柱所在表面且与正负极柱等距的位置。

#### 10.8.4 试验步骤

热失控扩散试验按照下列步骤进行:

- a) 按图 2 连接电池簇与充放电装置, 连接电池管理系统与充放电装置, 屏蔽电池管理系统对触发对象的电压报警和保护功能, 屏蔽电池管理系统的温度报警和保护功能, 闭合开关 S;
- b) 利用充放电装置将电池簇以额定功率与其标称电压的比值作为电流值对电池簇进行恒流充电, 设定连续监测到 3 个温升速率值均  $\geq 3^{\circ}\text{C}/\text{s}$  或起火或爆炸为发生热失控的判定条件; 记录触发对象的电压、温度、温升速率, 记录试验现象, 包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸以及外壳破裂位置;
- c) 当触发电池模块内最高温度达到  $300^{\circ}\text{C}$  或试验时间达到 4h 或任一电池单体达到发生热失控的判定条件时, 停止充电, 观察 24h, 记录触发电池模块与监测电池模块的电压、温度、温升速率, 记录试验现象, 包括膨胀、漏液、冒烟、起火、爆炸以及外壳破裂位置;
- d) 断开电池簇与充放电装置的连接;
- e) 按照 GB/T36276 规定的方法对触发电池模块和监测电池模块进行绝缘性能试验, 记录测试电压、绝缘电阻数值。

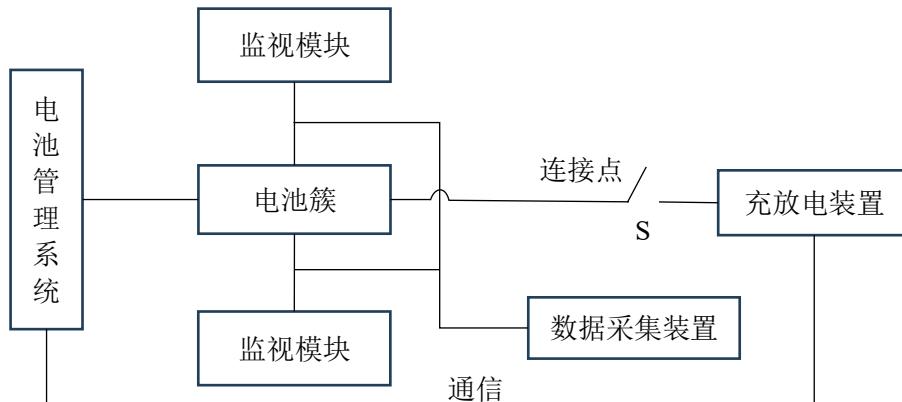


图 2 热失控扩散试验电路示意图

### 11 检验规则

#### 11.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验及抽样检验。

#### 11.2 出厂检验

##### 11.2.1 出厂检验要求

出厂检验应满足下列要求:

- a) 每套产品均应进行出厂检验;
- b) 出厂检验项目应符合表 3, 其中防护等级试验只需试验防水性能。

##### 11.2.2 判定规则

若被检产品存在任何一项检验项目不合格, 则判定为出厂检验不合格。

#### 11.3 型式检验

### 11.3.1 需进行型式检验的情形

有下列情况之一应进行型式检验:

- 新产品投产;
- 厂址变更;
- 停产超过一年后复产;
- 结构、工艺或材料有重大改变;
- 合同约定。

### 11.3.2 型式检验要求

型式检验应满足下列要求:

- 提供各部件信息以及型式检验报告;
- 型式检验的产品数量为 1 套;
- 型式检验项目符合表 3 的规定。

### 11.3.3 判定规则

型式检验中, 预制舱式储能系统进行的试验项目全部满足要求, 则判定为型式检验合格; 若任何一项检验项目不满足要求, 则判定为型式检验不合格。

## 11.4 抽样检验

### 11.4.1 需进行抽样检验的情形

有下列情况之一应进行抽样检验:

- 需检验某个工程实际应用的产品与其对应的型式检验产品在关键性能方面的一致性;
- 需检验某个批次产品与其对应的型式检验产品在关键性能方面的一致性;
- 合同约定;

### 11.4.2 抽样检验要求和样品数量

抽样检验应满足下列要求:

- 抽样检验针对同一型号产品, 若存在多个型号, 则每个型号均单独抽样检验;
- 抽样检验样本额定放电能量不大于 10 MW·h, 抽样检验样本总量的额定能量之和不大于 100 MW·h 的, 抽检 1 套;
- 抽样检验样本额定放电能量不大于 10 MW·h, 抽样检验样本总量的额定能量之和大于 100 MW·h 的, 每 100 MW·h 抽检一套, 不足 100 MW·h 的部分按 100 MW·h 计;
- 抽样检验样本额定放电能量大于 10 MW·h, 每 10 套抽样一套检验, 不足 10 套的部分按 10 套计;
- 抽样检验要求符合表 3 规定, 其中防护等级试验只需试验防水性能。

### 11.4.3 判定规则

抽样检验中, 所有预制舱式储能系统进行的试验项目全部满足要求, 则判定为抽样检验合格; 若有任何 1 个预制舱式储能系统的任何一项检验项目不满足要求, 则判定为抽样检验不合格。

表 3 检验项目

序号	试验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验	抽样检验
1	外观	5.1	10.3	√	√	√
2	尺寸	5.2	10.4	√	√	√
3	防护等级	5.3	10.5	√	√	√
4	接地	6.11	10.6	√	√	√
5	防雷	6.12	10.7		√	

6	热失控扩散	6.13	10.8		√	
---	-------	------	------	--	---	--

## 12 标志、包装、运输、贮存

### 12.1 标志

铭牌应保证字迹在使用期内不易磨灭。铭牌宜放在显著位置，应包含但不限于以下内容：

- a) 产品名称、编码、型号、商标；
- b) 产品主要技术参数：
  - 1) 额定充电功率，单位为千瓦(kW)；
  - 2) 额定放电功率，单位为千瓦(kW)；
  - 3) 额定充电能量，单位为千瓦时或兆瓦时(kW·h 或 MW·h)；
  - 4) 额定放电能量，单位为千瓦时或兆瓦时(kW·h 或 MW·h)；
  - 5) 直流端口标称电压，单位为伏特(V)；
  - 6) 交流端口额定电压，单位为伏特(V)；
  - 7) 防护等级；
  - 8) 制造依据(标准号)；
  - 9) 重量，单位为千克或吨(kg 或 t)；
- c) 出厂编号；
- d) 制造日期；
- e) 制造厂名、厂址。

### 12.2 包装

包装应满足下列要求：

- a) 包装内含产品合格证、产品使用说明书、检验报告等随行文件；
- b) 预制舱式储能系统提供的文件符合表 4 的规定。

表 4 预制舱式储能系统文件

文件名称	包括但不限于以下信息
预制舱式储能系统型式检验报告	产品型式检验报告
设备及部件统计表	产品各设备型号、规格、数量、型式检验报告等
用户手册	设备特性的一般描述、安装说明、调试说明、人机界面控制说明、故障维修与维护、系统退役说明
应急手册	可能导致重大事故的可预见的状态或事件、控制重大事故发生可采取的行动的描述、现场急救员指南、紧急撤离计划、现场工作人员培训计划
快速响应手册	火灾抑制的方法与一般步骤、消防系统运行说明、触发消防系统后的注意事项
个人防护装备指南	执行不同任务所需的个人防护装备的使用与维护说明、储能系统附件区域预防闪弧、电击的特殊防护措施的说明

### 12.3 运输

运输过程满足下列要求：

- a) 预制舱式储能系统能量状态宜为额定能量的 20%~50%;
- b) 运输过程中应断开预制舱式储能系统的直流侧开断设备或交直流侧开断设备,关闭储能变流器、电池管理系统等设备;
- c) 锂电池安装在设备上运输时,预制舱体上宜具有锂电池标志、总能量标识、总重量标识;
- d) 运输过程中宜配置冲击监测标签与防倾倒监测标签。

#### 12.4 贮存

贮存满足下列要求:

- a) 贮存环境温度宜 20°C~35 °C;
- b) 空气相对湿度宜小于 95%;
- c) 若温度超出-30°C~50°C范围、湿度大于 95%或连续贮存时长超出 3 个月,宜开启热管理系统;
- d) 贮存时预制舱式储能系统能量状态宜保持在额定能量的 30%~50%,每超过 6 个月宜进行一次充放电维护。

附录 A  
(资料性)  
单相浸没式液冷系统原理

A.1 (附录的第一层次标题) 单相浸没式液冷系统原理见图 A.1 和图 A.2。

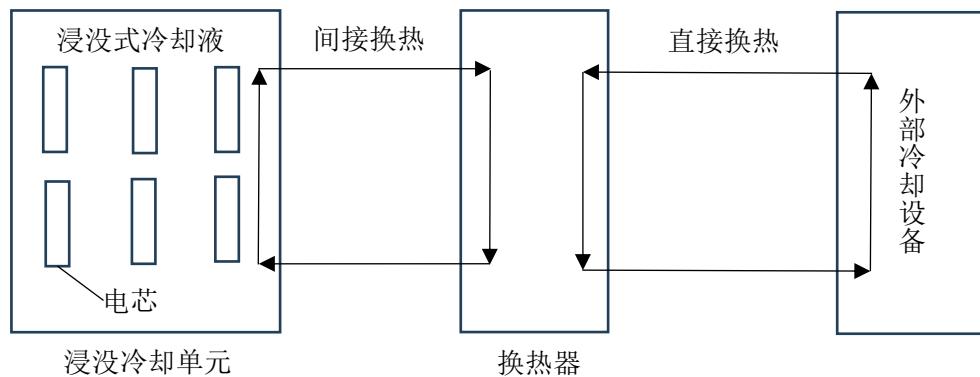


图 A.1 间接换热单相浸没式液冷系统原理图

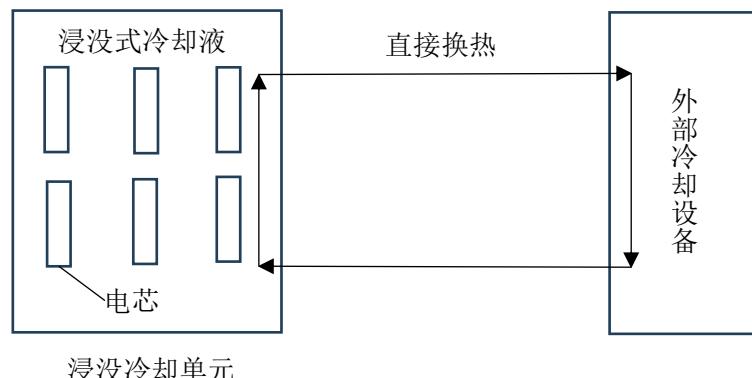


图 2 直接换热单相浸没式液冷系统原理图

附录 B  
(资料性)  
典型绝缘性液体介质

典型绝缘性液体介质如下：

- a) 脂肪族化合物, 或称脂肪类碳氢化物, 主要包括石油烃基或异链烷烃基, 如一般的矿物油等;
- b) 硅酮类物质, 硅酮类物质包括二甲基硅氧烷和甲基硅氧烷, 也就是通常所说的硅油;
- c) 化合物, 主要以氟取代相应碳链氢原子的有机化合物或聚合物, 包括全氟烷烃、全氟氨、氢氟醚、全氟酮、氢氟烃等。

附录 C  
(规范性)  
绝缘性液体性能要求

表 C.1 (绝缘性液体性能要求)

序号	项目	单位	技术要求
1	水含量	ppm	≤50
2	倾点	°C	≤-40
3	自燃点	°C	≥310
4	闪点(开口)	°C	≥190
5	密度(20°C)	kg/m <sup>3</sup>	≤860
6	运动黏度(40°C)	mm <sup>2</sup> /s	≤10
7	运动黏度(-20°C)	mm <sup>2</sup> /s	≤200
8	导热系数(20°C)	W/mK	≥0.14
9	比热容(20°C)	kJ/(kg K)	≥2.0
10	击穿电压(室温)	kV	≥30
11	电导率(室温)	pS/m	≤10
12	介质损耗因数		≤0.05
13	泡沫特性	24°C, mL	≤10/0
		93.5°C, mL	≤50/0
		后 24°C, mL	≤10/0
14	酸值	mg KOH/g	≤0.01
15	总硫含量	ppm	≤5
16	热膨胀系数		≤0.001