

T/CIEP

中国工业环保促进会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

浸没式储能系统设计要求

Design Requirements for Immersed Energy Storage Systems

草案版次选择

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国工业环保促进会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	错误! 未定义书签。
4 浸没式储能系统外观、尺寸和质量	2
5 浸没式储能系统技术原理与设计的要求	3
6 安全要求	4
7 运维要求	5
8 设备及部件	6
9 检验规则	9
10 包装、运输和贮存	11

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这些专利的责任。

本文件由中国工业环保促进会提出并归口。

本文件起草单位：××××

本文件主要起草人：××××

引 言

在国家“双碳”战略深入推进的背景下，以光伏、风电为代表的新能源发电装机容量占比持续攀升。新能源装机规模的快速扩张，引发了电网频率稳定性风险加剧、电压与功率越限问题频发、无功平衡及电压调控难度增大、电能质量下降等一系列挑战。加之新能源发电固有的随机性、间歇性与波动性特征，易导致发电出力中断、功率大幅波动，对电力系统安全稳定运行构成显著威胁。

电力储能技术是化解上述难题的核心手段，亦是推动未来电力生产消费模式变革与能源结构转型的关键支撑。当前，储能电站已迈入百兆瓦级规模化发展阶段，并逐步向吉瓦级应用方向演进。随着储能电站容量与规模的持续提升，其热管理与安全防护标准面临更为严苛的要求。为保障储能电站对电网的快速响应与稳定支撑能力，电池模组的热流密度与发热量呈不断攀升态势，传统风冷、液冷板等散热方案，在高倍率充放电、频繁循环充放电、极端气候等严苛应用场景下，已难以满足高效散热与安全防护需求。浸没式储能系统是以电化学储能技术为核心，通过绝缘冷却液直接浸没电池模组，实现一体化散热与安全防护的新型储能技术路线，是适配大型储能电站、数据中心备用电源、工商业储能等高功率、高密度储能场景的关键技术方向。

目前，国内外已发布的储能系统相关技术标准，主要覆盖电化学储能系统通用技术要求、电池组安全规范、液冷系统设计等领域。其中，GB/T 36276《电力储能用锂离子电池》、GB 44240-2024《电能存储系统用锂离子电池和电池组安全要求》、GB/T 36558《电力系统电化学储能系统通用技术条件》等标准，为电化学储能系统的设计、安装及运行维护提供了基础性技术依据。然而，针对浸没式储能系统的专项设计规范与技术要求仍处于空白状态。本标准聚焦浸没式储能系统的适用范围、核心技术指标及试验验证方法等关键内容，提出系统性规范要求，在行业内首次实现了对浸没式储能系统设计的标准化指导，兼具技术创新性与工程实用性，可为浸没式储能产业的规范化发展提供重要技术支撑。

浸没式储能系统设计要求

1 范围

本文件规定了浸没式储能系统的外观、尺寸和防护等级、技术原理与设计的要求、设备及部件、功能要求、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100kW且额定容量不小于200kW·h的浸没式储能系统的设计、制造、试验、检验、运行、维护和检修。

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/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB 6067.1 起重机械安全规程 第1部分：总则
- GB 12514.1 消防接口 第1部分：消防接口通用技术条件
- GB/T 34131 电力储能用电池管理系统
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB/T 36548-2018 电化学储能系统接入电网技术规定
- GB/T 40090-2021 储能电站运行维护规程
- GB/T 42288 电化学储能电站安全规程
- GB/T 44026 预制舱式锂电池储能系统技术规范
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50311 综合布线系统工程设计规范
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- NB/T 47003.1 钢制焊接常压容器
- TSG 81 场（厂）内专用机动车辆安全技术规程
- 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

3.1

浸没式预制舱体 immersion prefabricated cabin

采用浸没式绝缘冷却液系统，集成安装电池阵列、电池管理系统和辅助系统的预制舱体

3.2

绝缘冷却液 insulating cooling liquid

具有良好绝缘性能和散热性能，用于直接浸没电池模组并实现热量传递的液体介质。

3.3

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。对于单相浸没式储能系统，主要包含密闭箱体、电气元件、温度、液位监控传感器等。

3.4

浸没式储能系统 immersed energy storage system

在预制舱体中集成安装采用绝缘冷却液直接浸没电池模组，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。

3.5

冷却均匀性 cooling uniformity

浸没式储能系统运行过程中，电池模组各部位及不同电池模组之间的温度分布均匀程度。

3.6

流阻与流量 flow resistance and flow balance

流阻指绝缘冷却液在冷却循环系统及电池模组间隙流动时受到的阻力；流量指冷却循环系统内各支路、各电池模组周围的绝缘冷却液流量。

3.7

热平衡 thermal balance

浸没式储能系统在运行过程中，通过冷却系统散热、系统外壳散热及保温措施等，使电池模组及系统其他部件产生的总发热量与系统散出的总热量达到动态平衡，确保系统温度稳定在规定范围内的状态。

3.8

单相浸没式储能系统

传热介质仅发生温度变化、无相态转变，依靠显热传递热量的浸没式储能系统。

3.9

相变浸没式储能系统

传热介质通过相态变化（如液 - 汽）传递热量的浸没式储能系统。

3.10

冷却液兼容性

冷却液与系统接触材料（金属、密封件、绝缘件等）在长期运行中不发生腐蚀、溶胀、降解等不良反应的特性。

3.11

热失控扩散抑制

单个电池单体热失控后，通过结构设计或冷却液特性阻止热失控向其他单体、模组蔓延的能力。

4 浸没式储能系统外观、尺寸和防护等级

4.1 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。

4.2 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

产品外形尺寸范围/mm	尺寸偏差/mm
≤6000	±5
>6000	±10

4.3 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。

5 浸没式储能系统技术原理与设计技术要求

5.1 技术原理

间接换热浸没式储能系统：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。

直接换热浸没式储能系统：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。

5.2 浸没式储能系统设计技术要求

浸没式储能系统中宜采用定制化设计，具体包含以下内容：

- a) 浸没式储能系统整体形状和尺寸应符合安装现场的空间要求，便于运输、安装和维护；
- b) 为了充分发挥浸没式储能系统的优势，应采用高功率密度的设计；
- c) 电池模组应采用结构定制化设计以强化液体与发热器件的热交换，排列方式和间距应合理，确保绝缘冷却液能够顺畅流动，同时满足冷却均匀性和结构强度要求。

5.3 冷却单元要求

5.3.1 一般要求

冷却单元各组成部件（冷却泵、换热器、过滤器、阀门等）应选用符合相关标准的合格产品，部件之间连接牢固、密封可靠，材质应与绝缘冷却液兼容，具备良好的耐腐蚀性、耐高温性。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。

5.3.2 腔体要求

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。

5.3.3 冷却均匀性要求

额定工况下，电池单体表面最大温差不大于 2°C ，同一模组内电池温差不大于 3°C ，不同模组间温差不大于 5°C ；极端充放电（2C倍率）工况下，温差不超过额定工况1.5倍。

5.3.4 冷却管路布局要求

主管道流速控制在 $1.5\text{m/s} \sim 3\text{m/s}$ ，支路流速偏差不大于10%；管路弯头曲率半径不小于管径的3倍，避免直角弯；关键节点设置流量监测接口。

5.3.5 流阻与流量平衡要求

系统总流阻不大于 50kPa （额定流量下）；各支路流量分配偏差不大于8%；通过仿真优化流道截面积，确保电池间隙流速不小于 0.2m/s 。

5.3.6 腔体压力控制

正常运行压力范围 $0.1\text{MPa} \sim 0.15\text{MPa}$ ；超压时安全阀开启压力设定为 $0.2\text{MPa} \pm 0.02\text{MPa}$ ，泄压速率不小于 0.05MPa/s 。

5.4 冷却液要求

冷却液分类主要包括碳氢类冷却液、有机硅类冷却液、氟碳类冷却液，具体应分别符合表1、表2、表3中要求。

表 1 碳氢类浸没液控制指标

序号	试验项目	单位	试验标准	控制指标
1	化学体系	/	GB/T 6040	以矿物油或合成油为基础油的碳氢化合物
2	微水测试	mg/kg	GB/T 7595	不超过 25
3	外观	/	目测	清澈透明, 无杂质、无絮状物、无沉淀
4	密度/20 °C	kg/m ³		不高于 900
5	运动粘度/40 °C	mm ² /s	GB/T 265	不高于 30
6	运动粘度/-30 °C	mm ² /s		低于 500
7	击穿电压(电极距离 2.5 mm)	kV	GB/T507	大于 30
8	体积电阻率/30°C	Ω·m	GB/T 5654	大于 1.0×10 ¹⁰
9	水分(卡尔费休库伦法)	mg/kg		低于 50
10	导热系数/30 °C	W/(m·°C)		大于 0.11
11	比热容/30 °C	J/(kg·°C)		大于 1900
12	闪点(开口)	°C	GB/T 3536	静态浸没, 闪点不低于 120; 动态浸没, 闪点不低于 110。
13	燃点	°C	GB/T 3536	大于 130
14	自燃点	°C	GB/T 21860	大于 200
15	倾点	°C	GB/T 3535	低于-45
16	酸值	mg KOH/g	GB/T 264	低于 0.03
17	氧化安定性	min	NB/SH/T 0811	90°C环境下, 总酸值不大于 1.2mgKOH/g; 油泥质量分数, 不大于 0.8%; 介质损耗因子不大于 0.500。
18	铜腐	1-4级		不高于 1级
19	燃烧安全性能	/	/	离火 60 s 内自熄
20	材料兼容性	/		测试浸泡前后试样的质量、体积、拉伸强度、硬度、绝缘强度、缺口冲击强度、剪切强度、百格法附着力、压缩永久变形等的变化。

表 2 有机硅类浸没液控制指标

序号	试验项目	单位	试验标准	控制指标
1	化学体系	/	GB/T 6040	硅碳化合物
2	微水测试	mg/kg	GB/T 7595	不超过 25
3	外观	/	目测	清澈透明, 无杂质、无絮状物、无沉淀
4	密度/20 °C	kg/m ³		不高于 1050
5	运动粘度/40 °C	mm ² /s	GB/T 265	不高于 30
6	运动粘度/-30°C	mm ² /s		低于 500
7	击穿电压(电极距离 2.5 mm)	kV	GB/T 507	大于 30
8	体积电阻率/30°C	Ωm	GB/T 5654	大于 1.0×10 ¹⁰
9	水分(卡尔费休库伦法)	mg/kg		低于 50
10	导热系数/30°C	W/(m·°C)		大于 0.11
11	比热容/30°C	J/(kg·°C)		大于 1500
12	闪点(开口)	°C	GB/T 3536	不低于 150
13	燃点	°C	GB/T 3536	大于 200

14	自燃点	°C	GB/T 21860	大于 250
15	倾点	°C	GB/T 3535	低于 -45
16	酸值	mg KOH/g	GB/T 264	低于 0.03
17	氧化安定性	min	NB/SH/T 0811	90°C环境下, 总酸值不大于 1.2mgKOH/g; 油泥质量分数, 不大于 0.8%; 介质损耗因子不大于 0.500。
18	铜腐	1-4级		不高于 1 级
19	燃烧安全性能	/	/	离火 60 s 内自熄
20	材料兼容性	/		测试浸泡前后试样的质量、体积、拉伸强度、硬度、绝缘强度、缺口冲击强度、剪切强度、百格法附着力、压缩永久变形等的变化。 除浸泡材料做定量测试和定性评估外, 兼容性测试前后的油品取样, 进行主要物性测试对比, 包括外观、运动粘度、酸值、水分含量、比热容、导热系数、击穿电压、元素分析等。

表 3 氟碳类浸没液控制指标

序号	试验项目	单位	试验标准	控制指标
1	外观	/	目测	清澈透明
2	密度/25°C	kg/m ³	SH/T 0604	不高于 2000
3	运动粘度/25°C	mm ² /s	NB/SH/T 0870	不大于 10
4	击穿电压(电极距离2.5 mm)	kV	GB/T 507	不低于 30
5	体积电阻率/30°C	Ωm	GB/T 5654	大于 1.0×10 ¹⁰
6	水分	mg/kg	试验室方法水分仪	不高于 100
7	导热系数	W/(m·°C)		不低于 0.05
8	比热容	J/(g·°C)		不低于 0.85
9	倾点	°C	JY/T 0589.3	不高于 -45
10	介质损耗因数	/	GB/T 5654	不高于 10 ⁻⁴
11	酸值	mg KOH/g	GB/T 264	不高于 20
12	兼容性	/	55°C,336h 23°C,30min	测试浸泡前后试样的质量、体积、外观、拉伸强度、邵氏硬度、表面电阻率、体积电阻率、耐化学试剂、180°剥离强度
13	禁限令物质	/	RoHS、REACH	提供三方检测报告

5.5 热平衡设计要求

应符合以下要求:

- 充放电倍率 1C 时, 系统稳态温度控制在 25°C ~ 35°C;
- 2C 倍率充放电时, 稳态温度不超过 45°C;

- c) 静置状态下,环境温度-20℃时,系统自保温能力使电池温度不低于 0℃;环境温度 40℃时,无制冷工况下电池温度不超过 50℃。

5.6 压力控制要求

系统应配置压力传感器和安全阀监测控制压力,定期检查设备确保可靠性。

5.7 温度监测与控制要求

系统应设置温度监测系统,通过温度传感器实时监测,调整冷却介质参数,结合自动控制算法构建温度控制系统,确保系统在安全温度范围运行。温度监测精度应不低于 $\pm 1^\circ\text{C}$,监测数据应实时传输至控制系统,并具备数据存储、查询和导出功能。

5.8 故障诊断与预警要求

系统应建立实时监测分析的故障诊断系统,异常时及时预警,制定应急预案保障系统安全。

5.9 防泄漏要求

应符合以下要求:

- a) 密封结构采用双密封设计(主密封+辅助密封),密封件材质与冷却液适配性应通过 1000h 浸泡试验验证;
- b) 每年泄漏量不大于总冷却液量的 0.5%;
- c) 关键管路接头采用焊接+快接双重固定,接头爆破压力不小于系统最大工作压力的 3 倍。

5.10 维护便利性要求

系统应设置必要的检修口、观察窗和操作平台,检修口尺寸应满足维护人员进出和零部件更换的需求,观察窗应便于观察系统内部运行状态。关键零部件(如泵、阀门、传感器等)应可拆卸且设置在便于拆卸和更换的位置,且有明显的标识。

5.11 外部防护要求

系统外壳应具备足够的机械强度,能够承受运输、安装和使用过程中的冲击和振动,设计防尘、防潮、防雨、防鼠害等措施,兼顾对系统性能和成本的影响。

6 安全要求

6.1 一般规定

浸没式储能系统的防火和灭火系统设计除了应符合GB 50016的要求之外,在消防方式的选择上还应符合冷却绝缘液体的化学品安全说明书的要求。

6.2 冷却绝缘液体泄漏防护

冷却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。对于冷却绝缘液体大量溢漏来说,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。

6.3 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 $2\text{M}\Omega$,热态不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。机组接地端子与机组电源的输入端的泄漏电流不大于 10mA 。

6.4 布线安全

浸没式储能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，建议依据实际应用需求而定）、冷却绝缘液体不泄露，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。

6.5 热失控防控要求

应符合以下要求：

- a) 冷却液闪点不小于 190℃，自燃点不小于 310℃，热失控场景下不助燃、不释放有毒气体；
- b) 浸没腔体设置独立泄压通道，泄压方向避开人员通道及关键设备；
- c) 系统应具备热失控预警功能，当监测到电池温升速率不小于 0.5℃/min 时，自动启动强化冷却模式；温升速率不小于 3℃/s 时，触发应急泄压与消防联动。

7 运维要求

7.1 一般规定

浸没式储能系统的维护需要考虑对冷却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。

浸没式储能系统需要做到单个冷却单元可维护，浸没式储能系统需要定期检查，对冷却液的挥发、泄漏等进行补充，以便满足设备维护要求。

在进行冷却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。

7.2 岗位资质

在对浸没式储能系统运维前，对运维人员进行浸没式储能系统运维相关知识的培训，包括但不限于：冷却机组运行原理、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。

7.3 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。

7.4 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：浸没式储能系统的规划设计资料及竣工图纸、反映浸没式储能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、浸没式储能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。

7.5 工具与备件管理

浸没式储能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、冷却系统压力测试、噪声测试、水分测定、击穿电压检测等仪器仪表。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。

7.6 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、不易颠覆。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。

7.7 液体补充

根据浸没式储能系统规定的充液量上下限，对浸没式冷却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。

8 设备及部件

8.1 预制舱体

- 8.1.1 预制舱体机械碰撞性能应不低于 GB/T 20138 中规定 IK10 等级。
- 8.1.2 预制舱体顶板集中载荷达到 3kN/0.18 m²、平均载荷达到 3kN/m²时应无塑性形变或损坏。
- 8.1.3 在地面水平加速度 0.2g、垂直加速度 0.15g 作用下，预制舱体不应出现明显形变。
- 8.1.4 预制舱体舱壁传热系数应不大于 2.5W/(m²·℃)。
- 8.1.5 预制舱体支撑结构材料和围护结构材料耐火极限应不小于 1h。
- 8.1.6 步入式预制舱体内各功能区域间应设置隔板，隔板的耐火极限应不小于 1h。
- 8.1.7 预制舱体使用的保温材料、通风系统与空调系统中的风管、风口、阀门等，燃烧性能等级应符合 GB 8624 中 A 级的规定，铺地材料、装饰材料燃烧性能等级应符合 GB 8624 中 B1 及以上等级的规定。
- 8.1.8 预制舱体用防火封堵材料的燃烧性能、耐火性能、理化性能应符合 GB 23864 的规定。
- 8.1.9 预制舱体外表面耐腐蚀性能应符合 GB/T 30790.2 中 C3 等级的规定。
- 8.1.10 预制舱体外部绝缘部件耐紫外线能力应符合 GB/T 7251.1 的规定。
- 8.1.11 预制舱体通风口、孔洞、门、线缆端口等与舱外相通部位应设置防止小动物进入的设施。
- 8.1.12 预制舱体舱门应向舱外侧打开，开启角度宜不小于 90°。
- 8.1.13 预制舱体舱门应设置锁紧装置和定位装置，锁紧装置和定位装置在限位状态下应能承受风速 20m/s 时所产生的静载荷。
- 8.1.14 预制舱体舱门应配置锁具。
- 8.1.15 步入式预制舱体应设置 2 个疏散门，净宽度应不小于 0.9 m，应选用符合 GB 30051 规定的推闩式逃生门锁。
- 8.1.16 预制舱体与地面支撑点宜选用螺栓固定方式，螺栓固定点与预制舱体的非功能性导电导体可靠连通。
- 8.1.17 预制舱体内电池支架与电池单体或电池模块应具备可靠连接和缓冲限位，满足运输的振动要求，电池支架与电池模块外壳间应至少有 1 个等电位连接点。
- 8.1.18 预制舱体内电池支架与预制舱应可靠连接。电池支架与预制舱采用螺栓连接时，应至少配备 1 个等电位连接点。

8.2 锂离子电池

- 8.2.1 锂离子电池的外观、尺寸和质量、电性能、环境适应性、耐久性能和安全性能应符合 GB/T 36276 的规定。
- 8.2.2 电池模块间正、负极接口应具备防呆和绝缘保护功能。
- 8.2.3 电池模块宜支持现场拆卸维护。

8.3 电池管理系统

- 8.3.1 电池管理系统的信息采集、通信、报警和保护、控制、能量状态估算、均衡、绝缘电阻试验、绝缘耐压、电气适应性、电磁兼容应符合 GB/T 34131 的规定。
- 8.3.2 电池管理系统宜支持与电池模块同时安装及拆卸。
- 8.3.3 电池管理系统应具备消防系统、通风系统、热管理系统、水浸传感器、预制舱室内环境温湿度传感器等辅助系统信息接入功能。

8.4 储能变流器

储能变流器的启停机、功率控制、并离网切换、报警和保护、绝缘电阻试验、通信、运行信息监测、统计、数据显示和存储功能、电气性能、安全性能宜符合GB/T 34120的规定。

8.5 变压器

8.5.1 交流舱应选用干式变压器,干式变压器的性能参数,技术要求应符合 GB/T 1094.1、GB/T 1094.11 和 GB/T 10228 的规定。

8.5.2 变压器额定容量应不小于预制舱式储能系统中储能变流器额定功率的 1.05 倍。

8.6 线缆

8.6.1 线缆标识应完整、正确、清晰。

8.6.2 线缆载流量应符合 GB/T 16895.6 的相关规定。

8.6.3 线缆阻燃性能应不低于 GB/T 19666 规定的 C 类阻燃要求。

8.6.4 通信线缆宜选用具备抗干扰能力的屏蔽线缆。

8.6.5 裸露在预制舱体外的连接器防护等级应不低于 GB/T 4208 中 IP67 的规定。

8.7 辅助系统

8.7.1 辅助供电系统

8.7.1.1 浸没式储能系统的辅助供电系统功率应不低于电池管理系统、热管理系统、通风系统、消防系统、照明、通信等设备全负荷功率之和。

8.7.1.2 浸没式储能系统应配置不间断电源,不间断电源的输出功率应不低于电池管理系统和通信设备全负荷功率之和,不间断电源的容量应满足电池管理系统和通信设备连续工作 2h。不间断电源功能、主要性能、环境适应性、电磁兼容性、安全、能效宜符合 GB/T 14715 的规定。

8.7.1.3 浸没式储能系统的低压辅助配电系统应符合 GB/T 7251.1 的规定。

8.7.2 液冷热管理系统

8.7.2.1 液冷热管理系统宜具备制冷与制热功能。

8.7.2.2 液冷热管理系统应控制预制舱内环境满足舱内设备正常工作要求。

8.7.2.3 液冷热管理系统宜具备与电池管理系统及储能变流器通信的功能。

8.7.2.4 液冷热管理系统应具备冷却液漏液监测功能。

8.7.3 消防系统

8.7.3.1 浸没式储能系统应配置火灾自动报警系统与自动灭火系统。

8.7.3.2 浸没式应设置手动火灾报警按钮、消防系统紧急启停按钮。

8.7.3.3 火灾自动报警系统宜配置点型感烟或吸气式感烟探测器、感温探测器、可燃气体探测器,探测器的配置数量应根据探测器的保护面积及保护半径确定。

8.7.3.4 自动灭火系统的灭火介质和最小保护单元应符合 GB/T 42288 的规定。

8.7.3.5 浸没式储能系统宜配置水消防管网和舱外消防接口,消防接口规格应符合 GB 12514.1 的规定。

8.7.3.6 消防系统应配置不间断电源,不间断电源的输出功率应大于火灾自动报警系统和消防联动控制器全负荷功率之和的 120%,不间断电源的容量应满足火灾报警系统和消防联动控制器同时连续工作 3h。

8.7.3.7 消防系统宜具备与电池管理系统进行信息交互的功能。

8.7.3.8 火灾自动报警系统应与直流开断设备、储能变流器、热管理系统等设备联动。

8.7.3.9 预制舱体内可燃气体浓度达到爆炸下限的 10%时,预制舱储能系统应自动启动通风系统、关闭风冷热管理系统、断开直流开断设备。

8.7.3.10 气体自动灭火系统启动时,通风系统应关闭。

8.7.4 照明

8.7.4.1 浸没式储能系统应配置防爆型灯具,灯具防爆等级应不低于 GB/T 3836.1 中 IIC 类的要求。

- 8.7.4.2 浸没式储能系统工作面照度应不低于 100 lx。
- 8.7.4.3 浸没式储能系统交流舱内应在出入口的顶部、壁面上部或顶棚设置应急照明灯。
- 8.7.4.4 浸没式储能系统疏散通道两侧布置电池阵列时,应急疏散指示装置应设置在疏散通道的上方,应急疏散指示装置指示方向应指向疏散方向,并导向安全出口。
- 8.7.4.5 浸没式储能系统疏散通道的地面最低照度应不低于 1.0 lx。

8.7.5 视频监控

预制舱式储能系统宜配置视频监控系统,并具备对外通信接口。

9 检测规则

9.1 检验分类

检验分为出厂检验、型式检验及抽样检验。

9.2 出厂检验

9.2.1 出厂检验要求

出厂检验应满足下列要求:

- a) 冷却液兼容性抽检(每批次抽检 3 组样品,进行 500h 浸泡试验);
- b) 冷却均匀性测试(1C 充放电工况下,采用红外测温仪检测电池表面温度分布);
- c) 泄漏试验(系统充压至 0.15MPa,保压 30min,压降不大于 0.005MPa);
- d) 热管理系统控温精度测试。

9.2.2 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。

9.3 型式检验

9.3.1 需进行型式检验的情形

有下列情况之一应进行型式检验:

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

9.3.2 型式检验要求

型式检验应满足下列要求:

- a) 提供各部件信息以及型式检验报告;
- b) 型式检验的产品数量为 1 套;
- c) 型式检验项目符合 GB/T 44026-2024 的规定。

9.3.3 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。

9.4 抽样检验

9.4.1 需进行抽样检验的情形

有下列情况之一应进行抽样检验:

- a) 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;
- b) 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;

c) 合同约定。

9.4.2 抽样检验要求和样品数量

抽样检验应满足下列要求：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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；
- e) 抽样检验要求符合 GB/T 44026-2024 规定，其中防护等级试验只需试验防水性能。

9.4.3 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。

10 标志、包装、运输、贮存

10.1 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；
- f) 冷却液信息；
- g) 制造商、型号、填充量。

10.2 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) b) 浸没式储能系统提供的文件符合表 2 的规定。

表 2 浸没式储能系统文件

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、储能系统附近区域预防闪弧、电击的特殊防护措施的说明

10.3 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，预制舱体上应具有锂电池标志、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。

10.4 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。