

T/CUPC

团 体 标 准

T/CUPC XXXX—XXXX

电力储能系统建设与运行管理规范

Specification for the construction and operation management
of power energy storage systems

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国城镇化促进会 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 2

4 基本要求 2

5 前期准备 3

 5.1 规划与选址 3

 5.2 设备选型 3

6 设计 3

 6.1 布局 3

 6.2 系统设计 4

 6.3 消防设计 4

 6.4 土建设计 4

 6.5 供暖、通风与空气调节 5

 6.6 给水和排水 5

7 施工 5

 7.1 施工准备 5

 7.2 土建工程 6

 7.3 电气工程 6

 7.4 供暖通风、给排水 6

 7.5 消防工程 7

 7.6 施工环境与保护 7

8 调试要求 7

 8.1 系统联调 7

 8.2 性能测试 7

 8.3 安全验证 7

 8.4 合格判定标准 8

9 竣工验收 8

 9.1 验收条件 8

 9.2 验收流程 8

 9.3 并网验收 8

 9.4 试运行验收 8

 9.5 资料归档 9

10 运行维护 9

 10.1 人员管理 9

 10.2 运行规程 9

 10.3 运行监控 9

10.4 充放电管理 9

10.5 维护保养 9

10.6 检修处理 10

11 安全管理 10

11.1 安全制度 10

11.2 安全设施 11

11.3 热管理 11

11.4 防爆防尘 11

12 环保与节能 11

12.1 噪声控制 11

12.2 废液处理 11

12.3 能耗限额 12

13 应急处置 12

13.1 应急处置准备 12

13.2 应急处置响应 12

13.3 应急处置结束、恢复重建 12

13.4 应急处置后评估 12

14 退役处置 12

14.1 储能单元回收 12

14.2 设备拆解 13

14.3 场地修复 13

附录 A（资料性）应急演练组织与评估 14

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。

本文件由湖南省柘溪电力集团有限公司提出。

本文件由中国城镇化促进会归口。

本文件起草单位：湖南省柘溪电力集团有限公司。

本文件主要起草人：刘亲任。

电力储能系统建设与运行管理规范

1 范围

本文件规定了电力储能系统建设与运行的基本要求、前期准备、设计、施工、调试要求、竣工验收、运行维护、安全管理、环保与节能、应急处置、退役处置。

本文件适用于额定功率100kW及以上或额定容量100kWh及以上的储能系统的建设运行，其他或混合类型的储能系统可参照执行。

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 2894 安全色和安全标志
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 12523 建筑施工噪声排放标准
- GB 14050 系统接地的型式及安全技术要求
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
- GB/T 36548 电化学储能电站接入电网测试规程
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB/T 42312 电化学储能电站生产安全应急预案编制导则
- 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 50053 20kV及以下变电所设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB 50060 3~110kV高压配电装置设计规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50147 电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范
- GB 50148 电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范
- GB 50166 火灾自动报警系统施工及验收标准
- GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
- GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- GB 50171 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
- GB 50207 屋面工程施工质量验收规范
- GB 50209 建筑地面工程施工质量验收规范
- GB 50210 建筑装饰装修工程施工质量验收标准
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB 50242 建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范
- GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范

GB 50254	电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范
GB 50255	电气装置安装工程 电力变流设备施工及验收规范
GB 50263	气体灭火系统施工及验收规范
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB 50300	建筑工程施工质量验收统一标准
GB 50303	建筑电气工程施工质量验收规范
GB 50348	安全防范工程技术标准
GB 50601	建筑物防雷工程施工与质量验收规范
GB 50981	建筑机电工程抗震设计规范
GB 55001	工程结构通用规范
GB 55002	建筑与市政工程抗震通用规范
GB 55003	建筑与市政地基基础通用规范
GB 55006	钢结构通用规范
GB 55008	混凝土结构通用规范
GB 55020	建筑给水排水与节水通用规范
GB 55030	建筑与市政工程防水通用规范
GB 55036	消防设施通用规范
GB 55037	建筑防火通用规范
DL/T 5222	导体和电器选择设计规程
DL/T 5344	电力光纤通信工程验收规范
DL/T 5352	高压配电装置设计规范
JGJ/T 46	建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准
JGJ 120	建筑基坑支护技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电力储能系统 electrical energy storage system

由一个或多个储能装置构成，能够独立实现电能存储、转换及释放功能的系统，通常以储能电站或分散式储能装置形式提供服务。

3.2

储能电站 energy storage station

由若干集中布置的储能装置以及配套生产、生活辅助建筑组成的电站。

3.3

储能装置 energy storage equipment

集成安装储能载体实现电能存储、转换及释放的固定式设备。

3.4

电池管理系统 battery management system (BMS)

监测电池电压、电流、温度等状态参数，并提供保护、均衡、通信等功能的电子装置。

3.5

储能变流器 power conversion system (PCS)

实现储能装置与电网之间双向电能转换的电力电子设备。

3.6

能量管理系统 energy management system (EMS)

对储能系统进行数据采集、监视控制、优化调度和能量管理的计算机系统。

4 基本要求

4.1 电力储能系统的建设与运行应遵循“安全第一、预防为主、高效利用、环境友好”的原则，保障

人身、设备和电网安全。

4.2 电力储能系统应从选址、设计、设备选型、施工、调试、运行、维护到退役实施全生命周期管理，各阶段责任界面清晰，衔接有序。

4.3 储能系统的设计寿命、循环效率和可用率等性能指标应满足合同及接入电网的技术要求，宜采用经第三方检验认证的设备与系统集成方案。

4.4 建设与运行单位应建立健全安全管理体系，强化电池热失控等火灾风险防控，配置完善的消防、通风和事故应急设施，并定期开展演练。

4.5 鼓励应用数字化、智能化技术，提升储能系统状态感知、故障诊断和智慧运维水平。

5 前期准备

5.1 规划与选址

5.1.1 储能系统建设应符合国家及地方能源发展规划、电力系统发展规划，满足电网接入与调峰调频、备用支撑等功能定位要求。选址应满足下列要求：

- a) 避开地震活动断层、滑坡、泥石流、洪水等自然灾害易发区域，避开易燃易爆品生产储存区域、重要环境保护区域；
- b) 与周边居民区、公共建筑的距离应符合 GB 55037 的安全防护要求；
- c) 满足防洪标准要求，站址场地标高应高于设计洪水位 0.5m 以上；
- d) 靠近电网接入点，减少输电损耗，满足电力送出通道规划要求；
- e) 站区地质条件满足承重、沉降要求，地下储能设施应专项评估地质稳定性与地下水影响。

5.1.2 场地布局应划分储能单元区、电气设备区、辅助设施区，各区域之间设置明显隔离标识及安全间距，疏散通道宽度不应小于 4m，且保持畅通无遮挡。

5.1.3 户外储能系统应采取防风、防雨、防晒、防冻措施，室内储能系统应保证通风良好，通风量不应低于每小时 6 次换气次数。

5.1.4 选址阶段应开展电磁环境、噪声影响、生态环境敏感性评估，位于居民区附近的储能系统应进行社会稳定性风险评估。

5.1.5 对于地下或半地下储能设施，应进行地下水文地质条件专项调查，评估渗漏风险，并设计多层防渗结构。

5.2 设备选型

5.2.1 储能电池、储能变流器（PCS）、电池管理系统（BMS）、能量管理系统（EMS）等核心设备，应通过国家产品认证，其技术参数应满足系统设计容量、充放电效率、使用寿命等要求。

5.2.2 储能电池应具备过充、过放、过温、短路保护功能，循环寿命不低于 8000 次（或设计使用年限不低于 10 年），单体电池一致性误差不超过 $\pm 3\%$ ；储能变流器转换效率不低于 96%，具备低电压穿越、无功调节等功能。

5.2.3 辅助设备（如冷却设备、消防设备、监控设备等）应与核心设备适配，性能稳定可靠，且符合环保、节能相关标准。

5.2.4 电气设备和导体选择应符合 DL/T 5222 的规定。

5.2.5 配电装置设计应符合 GB 50060 和 DL/T 5352 的规定。接入电压在 20kV 及以下的还应符合 GB 50053 的规定。

5.2.6 电气设施抗震设计应符合 GB 50981 的规定。

5.2.7 储能系统核心设备（电池、BMS、PCS、EMS）应具备数据接口标准化的能力，支持 Modbus TCP/IP、IEC 61850、MQTT 等主流通信协议，满足与调度、监控、运维平台的数据互联互通要求。

5.2.8 所选用的电池单体应提供由 CNAS 认可的第三方检测机构出具的型式试验报告，报告中应包含热失控测试、针刺测试、过充测试等安全性能数据。

6 设计

6.1 布局

6.1.1 储能电站总体布局应根据工艺布置要求以及施工、运行、检修和生态环境保护需要，结合站址自然条件按最终规模统筹规划，近远期结合，以近期为主。分期建设时，应根据远期发展要求合理规划，分期或一次征用土地，并合理规划进出线走廊，满足近远期进出线条件要求。

6.1.2 储能电站总体布局应与城市规划及专项规划相协调，充分利用就近的电力、交通、消防、给排水及防洪、防涝等公用设施。新建、扩建、改建的储能电站区域布局、道路、水源、给排水设施、站用外引电源、防排洪设施、消防设施、安防设施等配套设施应统筹安排，合理布局。

6.1.3 储能电站站区应在合理工艺布置的前提下，结合自然地形布置和环境条件，尽量减少土（石）方量。场地宜采用平坡式布置，当地形高差较大时，可采用阶梯布置方式。

6.1.4 储能电站宜预留二期扩建的接口位置及场地，扩建区与现有区之间应设置临时防火墙或物理隔离措施，确保扩建施工期间运行安全。

6.2 系统设计

6.2.1 系统容量、电压等级、并网方式、功率响应特性应匹配接入电网条件及项目应用场景。

6.2.2 整体架构应采用模块化、标准化设计，具备扩容便捷、维护简单、替换灵活的特性。

6.2.3 设计应具备冗余备份能力，关键电气设备、管控系统、电源回路宜配置冗余，降低单点故障风险。

6.2.4 接入系统设计应根据储能系统的额定功率、运行方式、功能定位，明确接入电压等级、接入方式、继电保护、调度通信、电能质量控制等技术要求。

6.2.5 系统设计应充分考虑扩展性与兼容性，预留不少于系统总容量 10% 的电气接口、通信接口及安装空间，便于未来容量扩展、设备替换或技术升级。

6.2.6 对于提供辅助服务（一次调频、二次调频、调压、备用等）的储能系统，应设计相应的控制策略和响应时间测量接口，响应时间不应超过 1s。

6.3 消防设计

6.3.1 储能系统消防设计应符合 GB 55037、GB 55036 的规定，根据储能类型配置相应消防设施：

a) 电化学储能系统应配置早期探测装置（温度、烟雾、气体传感器）及灭火系统（水喷淋、气体灭火或干粉灭火），单个储能舱应设置独立灭火分区；

b) 机械储能、电磁储能系统应针对电气火灾配置相应灭火设施。

6.3.2 电化学储能系统应设置电池舱温度、烟雾、可燃气体（如氢气）检测装置，检测信号应接入火灾自动报警系统，报警响应时间不超过 30 s；灭火系统可采用水喷雾、气体灭火或干粉灭火系统，灭火范围应覆盖所有储能单元，且具备自动启动和手动启动功能。

6.3.3 消防水源应保证充足、可靠，消防用水量应满足火灾延续时间内的灭火需求；消防通道应与场外道路直接连通，满足消防车通行要求，消防车道宽度不小于 4 m，转弯半径不小于 12 m。

6.3.4 对于锂离子电池储能系统，应配置专用的防爆型可燃气体（CO、H₂、VOC 等）探测器，报警阈值不宜高于爆炸下限的 20%，并与消防主机联动。

6.3.5 户外预制舱式储能系统，舱体之间防火间距不应小于 3m，舱体面向道路一侧应设置便于消防员破拆的紧急入口。

6.4 土建设计

6.4.1 地基基础设计应根据地质勘察报告，满足设备承重、抗倾覆、抗震要求，抗震设防烈度应符合当地建筑抗震设计规范，建（构）筑物的承载力、稳定、变形、抗裂、抗震及耐久性等，应符合 GB 55001、GB 55003、GB 55008、GB 55002 和 GB 55006 的规定。

6.4.2 储能电站内建筑物设计应满足储能系统运行工艺要求及城市规划、环境景观、噪声控制、消防安全、节能环保等方面的要求。厂界环境噪声应满足 GB 12348 限值要求。

6.4.3 屋面防水应根据建筑物的性质、重要程度、使用功能要求采取相应的防水等级，并满足 GB 55030 的要求。设有储能系统和重要电气设备的厂房应采用 I 级防水，屋面排水宜采用有组织外排水方式，排水坡度不宜小于 3%。

6.4.4 室内地面应做防静电、防滑处理，墙面、顶棚采用不燃材料装修。

6.4.5 室外场地应设置排水系统，排水坡度不小于 2%，避免雨水积聚；围墙、围栏等防护设施高度不低于 2.2 m，采用坚固、耐腐蚀材料，具备防攀爬功能。

6.4.6 户外储能舱基础应高出室外地面不小于 300mm，防止积水，舱体固定装置应能承受 8 级地震烈度及 10 级风力荷载。

6.4.7 电缆沟、管沟设计应符合 GB 50217 的规定，设置排水、防火、防水措施，电缆沟盖板承载力不应低于 5kN/m^2 。

6.4.8 储能电站的围墙或围栏应设置电子围栏或红外对射入侵探测装置，并与安防监控系统联动。

6.4.9 户外电池舱基础应设置防撞设施，应对可能出现的车辆撞击风险。

6.5 供暖、通风与空气调节

6.5.1 供暖、通风与空气调节设计应符合 GB 50019、GB 50016 和 GB 55037 的规定。

6.5.2 冬季运行环境温度有要求的储能装置应设置供暖设施，夏季运行环境温度要求不大于 30°C 的宜设置空调。有可燃气体析出风险的区域应采用不循环使用的热风供暖，并采用防爆型设备，严禁采用明火或电热散热器供暖。

6.5.3 电池布置区域内，电池设备正上方不应布置空调设备或空调送风口。

6.5.4 电池布置区域通风系统应符合下列规定：

- a) 采取有效措施防止可燃气体积聚；
- b) 排风系统不应与其他通风系统合并设置，排风管道应直接引至室外；
- c) 当顶棚被梁分隔时，每个分隔处均应设吸风口，吸风口上缘距顶棚平面或屋顶的距离不应大于 0.1 m ；合理设置进风口、排风口位置，严禁产生气流短路；
- d) 事故排风系统应与可燃气体探测器联锁自动运行，并分别在室内外设置电气开关；
- e) 排除或输送电池室、电池预制舱（柜）内空气的通风机及其电机应为防爆型，并直接连接。

6.5.5 配电装置布置区域宜设置机械通风系统，并宜维持夏季室内温度不超过 40°C 。通风量应满足配电装置室内排除设备发热量的要求，进排风设计温差不应超过 15°C 。通风系统可兼做事故排风用。

6.5.6 有可燃气体产生风险的区域符合下列要求：

- a) 应采用防爆电气、照明设备，且不应安装易产生电弧或电火花的电气开关设备；
- b) 应设置独立的事故通风系统，火灾危险性为甲、乙类的储能装置，户内设置时事故排风量换气次数应不少于 12 次/h，户外设置时换气次数应不少于 60 次/h，户外设置时事故排风量可按空间容积减去储能装置的净容积计算；
- c) 当空气中可燃气体浓度达到爆炸下限 5% 时，事故排风机应能自动开启；
- d) 排风管道严禁穿过防火墙；
- e) 不宜设置地沟，确需设置时，其盖板应严密，应采取有效措施防止可燃气体等在地沟积聚；
- f) 与其他区域连通的通道、夹层、管沟等应采用防火封堵措施，下水道应设置隔油设施。

6.6 给水和排水

6.6.1 给水和排水设计应符合 GB 55020 的规定。

6.6.2 给水水源应根据供水条件综合确定，宜选用市政给水，且应满足生产、生活和消防用水要求。

6.6.3 生活用水水质应符合 GB 5749 的规定。

6.6.4 储能电站生活污水、雨水、生产废水应采用分流制，生活污水、生产废水应处理达标符合相关标准后排放或回用。

7 施工

7.1 施工准备

7.1.1 建设单位应组织完成施工图纸设计与审核，办理工程建设相关审批手续，完成施工现场“四通一平”（通水、通电、通路、通讯、场地平整），对施工单位、监理单位进行技术交底，明确工程质量、安全、进度管控要求。

7.1.2 施工单位应在正式施工前完成下列准备工作：

- a) 施工组织体系完成组建并有效运行；
- b) 各项规章制度、应急处置方案制定完备并正式发布；
- c) 各专业技术人员完成项目图纸会审，领会设计意图；

- d) 工程质量计划编制完成，明确特殊工序、关键工序、重点工序质量控制措施；
 - e) 全体参建人员完成安全培训、制度培训及风险交底，未参与培训的人员不应参与项目建设；
 - f) 进入现场的器械、工具、特种车辆、安全防护设施设备已完成检查并处于合格有效期内。
- 7.1.3 施工单位应编制施工总平面布置（土建、水、电）方案。按现场平面布置要求，做好施工场地围护墙和施工三类用房的施工以及水、电、消防器材的布置和安装。
- 7.1.4 施工应做好下列过程记录：
- a) 工程概况；
 - b) 建设单位执行基本建设程序情况；
 - c) 对工程勘察、设计、施工、监理等方面评价；
 - d) 竣工验收时间、程序、内容及组织形式；
 - e) 工程验收意见；
 - f) 施工许可、图纸文件、审核批准文件、竣工质量验收要求等其他文件。

7.2 土建工程

- 7.2.1 土建工程施工应满足 GB 50300 的相关规定，并分别满足下列要求：
- a) 土方工程施工应按 GB 50202 执行；
 - b) 深基坑基础支护工程施工应按 JGJ 120 执行；
 - c) 混凝土结构工程施工应按 GB 50204 执行；
 - d) 钢结构工程施工应按 GB 50205 执行；
 - e) 屋面工程施工应按 GB 50207 执行；
 - f) 地面工程施工应按 GB 50209 执行；
 - g) 建筑装饰装修工程施工应按 GB 50210 执行；
 - h) 建筑物防雷工程施工应按 GB 50601 执行。
- 7.2.2 储能项目施工用电应符合 JGJ/T 46 的规定。
- 7.2.3 安装程序应保证结构的稳定性，结构变形满足规范要求。
- 7.2.4 钢结构安装前，应对钢构件的质量进行检查，钢构件的变形、缺陷超出允许偏差时应进行处理。

7.3 电气工程

- 7.3.1 电气工程施工应符合 GB 50303 的规定。
- 7.3.2 防雷和接地应严格按施工图纸施工，并应符合 GB 14050、GB 50057 和 GB/T 50065 的规定。接地系统施工应符合 GB 50169 的规定。
- 7.3.3 电气设备安装满足下列要求：
- a) 变压器安装应位置正确，附件齐全，安装应满足 GB 50148 的要求；
 - b) 储能变流器防护等级应满足户外安装的要求，安装布置应有利于通风、散热，各个进出线孔应堵塞严密，以防小动物进入箱内发生短路，且应符合 GB 50255 相关规定；
 - c) 高压电气设备安装应符合 GB 50147 的相关规定；
 - d) 低压电器安装应符合 GB 50254 的相关规定；
 - e) 电缆敷设与安装应符合 GB 50168 的规定。
- 7.3.4 电气二次设备安装应满足下列要求：
- a) 继电保护、自动化、通信及计量设备安装及二次回路接线除应符合 GB 50171 的规定；
 - b) 安防监控设备安装应符合 GB 50348 的规定；
 - c) 通信光缆敷设与连接应符合 DL/T 5344 的规定。
- 7.3.5 储能电站设备安装应与周围墙体留有适当的距离，以保证开关门、插拔模块、正常散热和用户操作有足够的空间。
- 7.3.6 设备安装完毕后，建筑物中的预留孔洞及电缆管口应做好防火封堵。

7.4 供暖通风、给排水

- 7.4.1 供暖与给排水施工应满足 GB 50242 的要求。
- 7.4.2 储能电站供暖通风系统施工应符合 GB 50019、GB 50243 的规定。
- 7.4.3 给排水工程施工应符合 GB 50268 的规定。

7.4.4 供水源应根据供水条件综合比较确定，应优先选用已建供水管网供水。对使用原有建筑的给排水需要进行改造施工的，应明确水量的核算、管道设计与施工、管道防止渗漏等施工要求。

7.5 消防工程

7.5.1 施工现场的临时消防措施应符合 GB 55037 的规定。

7.5.2 火灾自动报警系统施工应符合 GB 50166 的规定。气体灭火系统施工应符合 GB 50263 的规定。

7.5.3 锂离子电池/钠离子电池储能电站应先期布置电池设备场地消防系统，确保电池安装调试环节具备充足的消防用水。

7.6 施工环境与保护

7.6.1 站内生活排水、生产废水应处理达标后复用或排放。位于城市的储能电站，生活污水可排入城市污水系统，其水质应符合 GB/T 31962 的有关规定。

7.6.2 对外向水体排水应符合受纳水体的水域功能及纳污能力条件的要求，防止排水污染受纳水体。

7.6.3 储能电站的水土保持应结合工程设计采取临时弃土的防护、挡土墙、护坡设计及风沙区的防沙固沙等工程措施。

7.6.4 新建储能项目建设时所用含挥发性有机化合物（VOC）物料施工应满足国家和地方 VOC 含量限值要求。

7.6.5 施工应落实有关降噪隔尘措施并满足 GB 12523 的相关规定，对施工场地产生的噪声加以控制，宜推广低噪声施工工艺和设备，实施施工厂界新型格挡、全封闭围挡等降噪措施。在噪声敏感建筑物集中区域宜采用装配式施工模式。

8 调试要求

8.1 系统联调

8.1.1 联调前应完成单个设备的单体调试，确保设备运行正常，且完成设备间的通信链路测试，通信成功率不低于 99.9%。

8.1.2 联调内容应包括：控制系统与储能单元、PCS、电网的联动试验，充放电模式切换试验，故障模拟试验（过载、短路、过温等），数据通信稳定性试验。

8.1.3 联调过程中应记录各设备运行参数、通信状态、控制指令执行情况，确保各设备协同工作正常，无指令冲突、数据丢失等问题。

8.2 性能测试

8.2.1 测试项目应包括：额定容量测试、充放电效率测试、功率响应速度测试、调节精度测试、备用时间测试等。

8.2.2 额定容量测试：在额定充放电电流下，系统实际充放电容量与额定容量的偏差不应超过 $\pm 3\%$ 。

8.2.3 充放电效率测试：系统循环充放电效率（AC-AC）不低于 90%（电化学储能系统）或 95%（机械储能系统）。

8.2.4 功率响应速度测试：系统从接收功率调节指令到达到目标功率的时间不超过 2 s。

8.2.5 调节精度测试：实际输出功率与目标功率的偏差不应超过 $\pm 2\%$ 额定功率。

8.2.6 测试仪器应经校准合格，测试环境应满足设备运行的额定条件。

8.2.7 系统应进行连续 72h 的稳定性运行测试，测试期间不得出现非计划停机、异常报警或性能下降，测试数据应完整记录并纳入验收报告。

8.2.8 对参与电网调频的储能系统，应增加一次调频响应速度测试，响应滞后时间不应大于 200ms。

8.3 安全验证

8.3.1 安全验证内容应包括：过充过放保护验证、过温保护验证、短路保护验证、漏电保护验证、应急停机验证、消防系统联动验证。

8.3.2 过充过放保护验证：当电池电压达到过充或过放阈值时，BMS 应立即发出保护指令，PCS 应在 1s 内停止充放电操作。

8.3.3 过温保护验证：当电池舱温度超过设定阈值（一般不超过 55℃）时，冷却系统应自动启动，温度持续升高至报警阈值（一般不超过 60℃）时，系统应启动应急停机。

8.3.4 应急停机验证：触发应急停机按钮后，系统应在 3s 内切断所有充放电回路，设备停止运行，且报警系统启动。

8.3.5 消防系统联动验证：模拟火灾场景（如释放烟雾、升高温度），火灾自动报警系统应及时报警，灭火系统应在 60 s 内启动并实施灭火。

8.4 合格判定标准

8.4.1 系统联调无通信故障、控制逻辑正常，各设备协同运行稳定。

8.4.2 性能测试各项指标均满足设计要求。

8.4.3 安全验证所有项目均通过，保护功能、应急功能可靠有效。

8.4.4 调试记录完整、准确，相关测试报告经调试单位、建设单位签字确认后，系统方可通过调试验收。

9 竣工验收

9.1 验收条件

储能系统竣工验收应满足以下条件：

- a) 所有建设内容按照设计文件完成，所有调试项目合格；
- b) 完成并网检测，检测结果符合设计要求；
- c) 完整的工程资料整理归档，包括设计文件、施工记录、设备说明书、检测报告、调试记录等；
- d) 安全设施、消防设施、环保设施通过专项验收。

9.2 验收流程

竣工验收由建设单位组织，邀请设计单位、施工单位、监理单位、电网企业、第三方检测机构等相关方参加，按照以下流程开展：

- a) 建设单位汇报工程建设整体情况，提交工程竣工验收资料；
- b) 验收组现场核查工程建设内容与设备安装质量；
- c) 验收组核查工程资料完整性与合规性，抽检关键性能指标；
- d) 形成竣工验收意见，明确是否通过验收，提出需要整改的问题与整改期限。

9.3 并网验收

9.3.1 并网验收应制定并网验收方案和相应的安全措施。正式测试前储能电站各设备应先完成现场调试及储能消防工程调试。

9.3.2 电化学储能电站应按 GB/T 36548 开展测试验收，飞轮储能电站、压缩空气储能电站可参考开展测试。

9.4 试运行验收

9.4.1 建设单位应在储能电站设备及其附属装置检验合格且并网验收通过后开展试运行验收。对接入公共电网的储能电站应在试运行申请通过后开展试运行验收。

9.4.2 建设单位应针对不同类型的储能电站，编制试运行方案和现场处置方案。

9.4.3 试运行前应建立安全制度，编制安全操作手册，确保消防设施已齐全就绪。

9.4.4 储能电站应在下列工况开展试运行测试：

- a) 单机试运行：储能电站在空负荷或单台储能设备进行模拟负荷试运行，对其进行就地控制，检测系统功能及保护逻辑；
- b) 联动试运行：储能电站及上位控制系统联合启动，采用就地、远程方式，对储能电站进行联动控制，检测系统功能及保护逻辑；
- c) 联机负荷试运行：储能电站并网运行，检测除寿命指标外的全部功能和性能。

9.4.5 建设单位应对下列内容进行试运行验收：

- a) 储能电站设计方案、设计审查报告、施工完工确认单、监理工作报告、设备调试报告、并网运行记录等验收文件；
- b) 储能电站安全措施；
- c) 储能电站并网运行记录；
- d) 储能电站关键设备及零部件型式试验报告、检验记录和安装质量；
- e) 接地连续性、接地电阻、绝缘等储能电站安全测试及噪声测试；
- f) 充电、放电、功率调节、模拟故障和保护功能、监控功能、远程及本地控制功能等储能电站功能测试；
- g) 充放电能量、电能效率、辅助功耗及待机功耗等储能电站性能测试。

9.5 资料归档

竣工验收完成后，建设单位应将所有工程资料整理归档，归档资料应包括：立项文件、审批文件、设计图纸、施工记录、监理报告、设备资料、调试报告、验收意见等，保存期限不低于储能系统设计使用年限。

10 运行维护

10.1 人员管理

10.1.1 储能系统运行维护人员应经过专业培训，考核合格后方可上岗，熟悉储能系统结构原理、操作规程、应急处置流程，掌握触电急救、消防逃生基本技能。

10.1.2 运行单位应配备足够的运维人员，10MW 及以上储能系统应配置不少于 2 名专职运维人员，实行 24h 值班制度。

10.2 运行规程

运行单位应根据设备厂家说明书等要求，制定本单位储能系统运行规程，明确启停操作、正常运行监控、异常工况处置等流程，主要内容包括：

- a) 启停操作步骤，并网、离网切换操作要求；
- b) 正常运行参数控制范围，包括 SOC 区间、电池温度、充放电功率、直流电压等；
- c) 调度指令执行流程，按照电网调度要求调整充放电功率与运行方式；
- d) 运行数据记录要求，每日记录主要运行参数，定期生成运行分析报告。

10.3 运行监控

10.3.1 储能系统应建立完善的在线监控系统，实时采集以下运行参数：

- a) 电池单体电压、电池簇总电压、单体温度、簇平均温度；
- b) 充放电功率、累计充放电量、SOC、SOH；
- c) 变流器输出电压、输出电流、功率因数；
- d) 环境温度、环境湿度、烟雾浓度、可燃气体浓度。

10.3.2 监控系统应具备超限报警功能，参数超过阈值时自动发出声光报警，并推送信息给运维人员。运行人员应每 2h 对监控数据进行一次巡检，每日生成运行日志。

10.4 充放电管理

储能系统充放电运行应满足以下要求：

- a) 正常运行 SOC 控制范围一般为 10%~90%，避免过充过放，长期闲置时 SOC 应保持在 40%~60%；
- b) 电池温度控制范围为 0℃~35℃，温度超过 45℃或低于-20℃时应停止充放电，采取温控措施；
- c) 根据电网调度指令与市场交易要求调整充放电计划，响应电网调峰、调频需求，提高系统运行效益。

10.5 维护保养

10.5.1 制定维护保养计划，应根据设备说明书及运行情况，明确维护保养周期、内容及要求；定期对电池、PCS、BMS、冷却系统、消防系统等设备进行维护保养。

- 10.5.2 日常维护应每日开展，主要包括：
- a) 清理站区卫生，保持电池舱、设备间清洁，通风散热良好；
 - b) 检查监控系统运行状态，确认报警信息全部处置完毕；
 - c) 检查消防器材、应急器材完好性，确保随时可用；
 - d) 检查电缆接头、接线端子温度，确认无过热现象。
- 10.5.3 电池维护应包括：
- a) 定期检查电池单体电压一致性，当一致性误差超过 5% 时，进行均衡处理；
 - b) 定期清理电池舱内灰尘，检查冷却通道是否畅通；每半年进行一次电池容量校准测试。
- 10.5.4 电气设备维护应包括：
- a) 定期检查开关设备、互感器、电缆等电气设备的运行状态，紧固松动的连接螺栓，清理设备表面灰尘；
 - b) 每年进行一次电气设备绝缘测试，绝缘电阻值不应低于 1 MΩ。
- 10.5.5 辅助设备维护应包括：
- a) 定期检查冷却系统的水泵、风机、散热器等部件，确保运行正常，冷却液液位符合要求；
 - b) 定期检查消防设备的压力、有效期，确保灭火器材完好有效；
 - c) 定期测试应急照明、疏散指示标志，确保正常工作。
- 10.5.6 维护保养记录应完整留存，包括维护保养时间、内容、结果、维护人员等信息，作为设备运行档案的重要组成部分。
- 10.5.7 储能系统投入运行后，每 3 年应开展一次全面性能评估，评估内容包括：容量保持率、功率特性、循环寿命剩余量、安全性能，评估结果作为运行调整、扩容改造、退役处置的依据。当 SOH 低于 80% 时，应评估系统可用性，必要时进行电池更换。
- 10.5.8 运维单位应建立设备健康档案管理系统，记录每台电池簇、PCS 模块、BMS 单元的运行数据、故障记录、维护记录，作为设备寿命评估与更换决策的依据。档案保存期不应低于 20 年。
- 10.5.9 每年应至少开展一次全容量充放电效率测试，并将结果与初始值对比，如效率下降超过 3 个百分点，应分析原因并安排检修。

10.6 检修处理

- 10.6.1 定期检修分为季度检修、年度检修，检修内容应符合表 1 规定。

表 1 检修内容

检修级别	检修内容	要求
季度检修	检测电池簇内阻、容量一致性；检查绝缘电阻；校验报警装置；清理通风过滤网	容量偏差不超过 5%，绝缘电阻符合要求
年度检修	全容量充放电测试；检测 SOH；校验监控系统采集精度；检查消防系统功能；紧固所有电气连接螺栓；检测接地电阻	SOH 不低于设计值的 80%，采集精度误差不超过 2%

- 10.6.2 储能系统发生故障后，应立即停运故障单元，记录故障现象，分析故障原因，按照厂家维修规范进行处理，故障处理完成后进行测试，合格后方可恢复运行。常见故障处理要求如下：
- a) 单体电压异常：退出故障单体，更换一致性符合要求的电池单体；
 - b) BMS 通讯故障：检查通讯线路与接口，重新配置通讯参数，故障无法排除时更换模块；
 - c) PCS 过流跳闸：检查输出回路绝缘与负载情况，排除故障后重新合闸，频繁跳闸时排查设备内部故障；
 - d) 热失控预警：立即降低充放电功率，检查电池温度，温度持续升高时启动应急处置流程。

11 安全管理

11.1 安全制度

- 11.1.1 运行单位应建立完善的安全管理制度，包括：安全生产责任制、消防安全制度、带电作业制度、

隐患排查治理制度、应急管理制度等，明确各级人员的安全职责，定期开展安全培训与应急演练。

11.1.2 隐患排查应每月开展一次全面排查，重点排查电池热失控风险、电气绝缘隐患、消防设施失效隐患，排查出的隐患应建立台账，限期整改，闭环管理。

11.2 安全设施

11.2.1 储能站区应按照 GB 2894 要求设置明显的安全标志，在高压设备区域、电池舱区域设置警示标识，划定安全隔离区域，无关人员不得进入。站区应配备足量的应急救援器材，包括绝缘手套、绝缘靴、急救药箱、呼吸器等。

11.2.2 消防设施应满足下列要求：

- a) 每个电池舱应配置独立的火灾探测报警系统，具备早期热失控预警功能；
- b) 配置适配的灭火系统，锂离子电池储能系统应采用水基灭火系统或全氟己酮灭火系统；
- c) 消防通道保持畅通，宽度不小于 4m，消防器材定期检验，确保完好有效。

11.3 热管理

11.3.1 系统应配备可靠的热管理系统，控制储能单元运行温度在合理范围（一般为 15℃-35℃），温度均匀性偏差不超过±5℃。

11.3.2 热管理系统应具备自动调节功能，根据电池温度自动启动冷却或加热装置；当热管理系统故障时，应发出报警信号，系统应降低功率运行或停止运行，避免电池过热。

11.3.3 定期检查热管理系统的管路、阀门、散热器等部件，确保无泄漏、堵塞现象，散热效果良好；每年对热管理系统进行一次全面维护保养。

11.3.4 热管理系统应具备与 BMS、消防系统的联动功能，当温度异常升高或温度均匀性严重偏离时，应自动限制充放电功率或触发应急停机流程。

11.4 防爆防尘

11.4.1 防爆区域电气设备应选用防爆型（Ex d II B T4 及以上等级），设备安装、接线应符合防爆要求，严禁擅自更改防爆结构。

11.4.2 储能区域应保持通风良好，设置可燃气体检测装置，当可燃气体浓度超过爆炸下限的 25%时，应立即发出报警信号，启动通风系统，切断电源，禁止人员进入。

11.4.3 粉尘较多的场所（如压缩空气储能进气口）应配置防尘装置及粉尘浓度监测仪，定期清理粉尘，粉尘浓度不应超过 10 mg/m³，防止粉尘爆炸。

11.4.4 防爆、防尘设备应定期检测维护，每年进行 1 次防爆性能检测，确保设备完好有效。

12 环保与节能

12.1 噪声控制

12.1.1 系统运行产生的噪声应符合 GB 12348 的规定，昼间噪声限值不超过 65 dB(A)，夜间噪声限值不超过 55 dB(A)。

12.1.2 应选用低噪声设备，对高噪声设备（如风机、水泵、PCS 等）采取减振、隔声、消声等降噪措施，如设置减振基础、安装隔声罩、配备消声器等。

12.1.3 应定期对噪声控制设施进行维护保养，确保降噪效果；应每年进行一次厂界噪声监测，监测结果应记录留存。

12.2 废液处理

12.2.1 系统运行过程中产生的废液（如电池冷却废液、设备清洗废液等）应分类收集，设置专门的废液储存容器，容器应具备防渗漏、防腐蚀功能，严禁随意排放。

12.2.2 废液处理应符合 GB 8978 的规定，委托具备相应资质的单位进行无害化处理，处理单位应出具废液处理报告，相关记录留存不低于 5 年。

12.2.3 严禁将含有重金属、有毒有害物质的废液直接排放，禁止向土壤、地下水排放废液，防止环境污染。

12.3 能耗限额

- 12.3.1 系统自身能耗应控制在合理范围，储能系统综合能耗不应超过系统额定容量的 5%（年平均）。
- 12.3.2 应优化系统运行策略，提高充放电效率，减少不必要的能耗；应选用节能型设备，降低辅助设备能耗，如采用变频风机、水泵等。
- 12.3.3 应定期监测系统能耗情况，每季度统计一次能耗数据，分析能耗超标原因，采取针对性的节能措施。

13 应急处置

13.1 应急处置准备

- 13.1.1 电化学储能电站建设或运行单位应按 GB/T 42312 相关要求制定应急预案，其他类型储能电站可参照制定。
- 13.1.2 储能电站建设或运行单位应组建专职（兼职）应急队伍，完善应急物资，并对应急处置人员或联动单位关联人员进行应急安全培训。储能电站应与附近的消防救援机构建立协同机制。
- 13.1.3 储能电站建设或运行单位应每半年至少开展 1 次应急演练，应急演练组织与评估见附录 A。

13.2 应急处置响应

- 13.2.1 储能电站建设或运行单位在应急先期处置中应明确信息报送流程、危险区域、撤离路线、防范措施及危害扩大应对相关内容。
- 13.2.2 储能电站建设或运行单位应确定应急响应级别，明确有关人员的应急职责，超出处置能力范围的应及时启动上一级应急预案。
- 13.2.3 储能电站建设或运行单位应按确定的响应级别启动应急响应，按应急职责和流程实施。
- 13.2.4 发生火灾预警后，储能电站建设或运行单位应结合安防监控系统快速确认预警情况。预警确认后及时排除火灾隐患。发生火灾报警后，储能电站建设或运行单位应快速确认火情。火情确认后拨打“119”报警，报告火灾情况，并做好接应和灭火救援协助工作。
- 13.2.5 储能电站火灾救援应通过视频监控、可燃及有毒气体监测等技术，在确保安全情况下进行现场救援处置。
- 13.2.6 储能电站建设或运行单位应结合客观事态发展变化和企业应急处置能力调整应急响应级别，保障应急处置效率。

13.3 应急处置结束、恢复重建

- 13.3.1 储能电站建设或运行单位应在现场得到控制、次生/衍生事故隐患消除、防护措施到位后，结束应急处置。
- 13.3.2 储能电站建设或运行单位应在恢复与重建前，结合应急处置实际情况进行针对性检查，消除安全隐患，必要时开展安全技术鉴定和评估工作。
- 13.3.3 储能电站建设或运行单位应遵循有关事故调查的原则，妥善收集和保管各类数据，保护事故现场，以便后续事故调查、安全评估和改进应急工作。

13.4 应急处置后评估

- 13.4.1 应急处置结束后，运行单位应在 15 个工作日内组织应急处置评估，分析应急处置过程的有效性、存在的问题及改进措施。
- 13.4.2 评估报告应包括事件经过、应急响应情况、资源使用情况、人员伤亡与损失、整改措施等内容，并存档备查。

14 退役处置

14.1 储能单元回收

- 14.1.1 系统达到设计使用年限、出现重大故障无法修复或因政策调整需要退役时，应制定退役处置方案，明确储能单元回收流程、责任单位及要求。

14.1.2 储能单元回收应委托具备相应资质的回收企业进行，回收企业应对储能单元进行分类回收，优先回收可再利用的电池、材料。

14.1.3 回收过程中应采取安全防护措施，防止电池短路、起火、爆炸，避免造成人员伤害和环境污染；回收记录应完整留存，包括回收时间、数量、去向等信息。

14.1.4 对退役电池应优先开展梯次利用评估，符合梯次利用条件的应按照 GB/T 34014 等相关标准进行检测、分级、重组，并明确梯次利用用途及安全使用边界。

14.1.5 无法梯次利用的电池应交由具备危险废物经营许可证的单位进行资源化回收，不得随意填埋或拆解。

14.2 设备拆解

14.2.1 设备拆解应在指定场地进行，拆解前应切断设备电源，清理残留能量，确保拆解过程安全。

14.2.2 拆解应按照“先易后难、先外后内”的原则，分类拆解设备部件，对可再利用的部件进行检测、修复后妥善保管，对不可再利用的部件进行无害化处理。

14.2.3 拆解过程中产生的废弃物（如废金属、废塑料、废电池等）应分类收集，严禁随意丢弃；拆解作业应采取防尘、防噪、防泄漏等环保措施，避免环境污染。

14.3 场地修复

14.3.1 退役设备拆除后，应对场地进行环境检测，检测项目包括土壤、地下水、地表水等，检测结果应符合 GB 36600、GB/T 14848 的要求。

14.3.2 若场地存在污染，应制定场地修复方案，委托具备相应资质的单位进行修复，修复方式包括物理修复、化学修复、生物修复等，确保修复后的场地符合相关用途要求。

14.3.3 场地修复完成后，应组织验收，验收合格后方可进行后续土地利用；场地修复记录、环境检测报告、验收报告等相关资料应留存归档，留存时间不低于 10 年。

附录 A
(资料性)
应急演练组织与评估

A.1 演练频次与形式

A.1.1 演练频次

- A.1.1.1 储能电站应每半年至少组织 1 次应急演练。
- A.1.1.2 新投入运行的储能系统，应在投运后 3 个月内完成首次应急演练。

A.1.2 演练形式

- A.1.2.1 桌面演练：以会议形式讨论应急职责、流程和信息沟通，适用于检验预案可行性。
- A.1.2.2 实战演练：模拟真实事故场景，实际操作应急设备，适用于检验队伍响应能力和装备可靠性。
- A.1.2.3 全面演练：联合电网调度、消防、医疗等多方力量，模拟完整应急处置过程，每 2 年至少 1 次。

A.2 演练场景设计

- A.2.1 典型演练场景应至少选中表 A.1 中 3 项。

表 A.1 演练场景

演练主题	事故触发条件	重点检验内容
电池热失控初期预警	BMS 检测到某电池单体温度异常升高	监控报警、人员确认、远程降温、负荷限制
电池舱火灾	热失控导致冒烟、明火	人员疏散、灭火系统启动、报 119、消防协同
PCS 短路故障	输出侧短路，断路器跳闸	故障判断、隔离、备用 PCS 切换、恢复
冷却系统失效	冷却泵故障，电池舱温度持续上升	报警处置、临时通风、系统降功率或停机
通信中断	EMS 与 BMS/PCS 通信全部中断	就地应急操作、通信恢复、数据补录
电网孤网运行	并网点跳闸，储能转为孤网运行	模式切换、电压频率支撑、负荷管理

A.2.2 场景设计要素应包括：

- a) 事故现象描述（报警信号、现场状态）；
- b) 初始条件（天气、负荷、SOC 状态）；
- c) 参演角色（运行值班、维护、安全员、消防、调度）；
- d) 使用的应急物资（灭火器、呼吸器、通信设备等）；
- e) 预期行动和决策点。

A.3 演练评估指标与打分表

应急演练评估见表 A.2。

表 A.2 应急演练评估表

评估项	评估内容	分值	得分	扣分原因
报警与响应	报警接收至第一响应人员到场时间 ≤ 2min	10		
信息通报	5min 内向站内全部人员、上级、调度、消防通报完毕	10		
应急指挥	应急指挥体系 5min 内建立，指令清晰可执行	10		
人员疏散	全部非应急人员 10min 内疏散至集合点，清点人数无误	10		
灭火与抢险	灭火系统正确启动（手动/自动），消防队到达前火势未扩大	20		
设备操作	应急停机、隔离故障设备操作准确，时间符合规程要求	15		

表 A.2 应急演练评估表（续）

评估项	评估内容	分值	得分	扣分原因
防护装备使用	参与抢险人员正确穿戴绝缘鞋、绝缘手套、呼吸器等	10		
后勤与医疗	急救物资齐全，模拟伤员得到及时处置	5		
演练记录	全过程录像、关键节点时间记录完整	5		
总结评估	演练后一周内完成评估报告，问题整改有闭环	5		
总分		100		
评分等级：≥90 分（优秀），75～89 分（良好），60～74 分（合格），<60 分（不合格，应重新演练）。				