

# 团 体 标 准

T/JES XXX-XXXX

## 电化学储能电站参与电网辅助服务的状 态监测技术规范

Technical specifications for condition monitoring of electrochemical energy  
storage power stations participating in grid ancillary services

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省电工技术学会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号、代号和缩略语 .....	2
5 分类 .....	2
5.1 按储能电池技术特性的分类 .....	2
5.2 按额定容量规模分类 .....	2
5.3 基于分布和电气特征的分类 .....	2
6 总体要求 .....	3
7 电化学储能电站运行状态指标 .....	3
7.1 一般规定 .....	3
7.2 监控系统参量 .....	3
7.3 并网状态参量 .....	4
7.4 电气性能指标 .....	6
7.5 能效指标 .....	6
7.6 可靠性指标 .....	7
8 电化学储能电站运行状态评价 .....	7
8.1 一般规定 .....	7
8.2 综合评价 .....	7
8.3 运行状态分级 .....	11
9 电化学储能电站参与电网辅助服务基本要求 .....	12
9.1 一般规定 .....	12
9.2 调峰服务技术要求 .....	12
9.3 调频服务技术要求 .....	12

## 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。

本文件由江苏省电工技术学会提出并归口。

本文件起草单位：国网江苏省电力有限公司苏州供电分公司、苏州科技大学、南通大学。

本文件主要起草人：李亚飞、顾菊平、钱科军、张新松、程天宇、黄杰杰。

本文件为首次发布。

# 电化学储能电站参与电网辅助服务的状态监测技术规范

## 1 范围

本文件规定了电化学储能电站运行状态监测的指标体系、综合评价方法、状态分级，以及基于状态评价结果参与电网调峰、调频等辅助服务应满足的基本技术要求。

本文件适用于并入电网运行的电化学储能电站，其他类型的储能电站可参照执行。

## 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/T 36549 电化学储能电站运行指标及评价
- GB/T 34131 电力储能用电池管理系统
- GB/T 42726 电化学储能电站监控系统技术规范
- GB/T 44134 电力系统配置电化学储能电站规划导则
- GB/T 44111 电化学储能电站检修试验规程
- GB/T 42717 电化学储能电站并网性能评价方法
- GB/T 36276 电力储能用锂离子电池
- GB/T 32509 全钒液流电池通用技术条件
- GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
- GB/T 40595 并网电源一次调频技术规定及试验导则
- GB/T 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 36547 电化学储能电站接入电网技术规定
- GB/T 36548 电化学储能电站接入电网测试规程
- GB/T 33593 分布式电源并网技术要求
- GB 38755 电力系统安全稳定导则
- GB/T 31464 电网运行准则
- DB50/T 1729 分布式电化学储能电站运维技术规范
- T/CIET 767 集中式共享储能电站参与电网调度控制通用技术要求
- NB/T 42090 电化学储能电站监控系统技术规范
- DL/T 2922 新型储能电站统计技术导则
- DL/T 1815 电化学储能电站设备可靠性评价规程
- DL/T 2528 电力储能基本术语

## 3 术语和定义

GB/T 36547、DL/T 2528 界定的及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**运行状态指标** operational state indicator

一组用于从监控系统、并网性能、电气特性、能效水平和可靠性等多维度，量化表征电化学储能电站实时运行状况的参数集合。

### 3.2

#### 运行状态评价 operational state evaluation

依据预设的指标体系和评价模型，对电化学储能电站的各项运行状态指标进行综合计分和分析，以量化评定其整体运行健康水平的系统性过程。

### 3.3

#### 运行状态分级 operational state classification

根据运行状态评价的综合得分和关键指标表现，将电化学储能电站的整体运行状况划分为健康运行、关注运行、故障运行、严重故障等预设等级的过程，其结果作为运维决策和辅助服务资格判定的依据。

## 4 符号、代号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BMS 电池管理系统 (Battery Management System)

SOC 荷电状态 (State of Charge)

SOH 健康状态 (State of Health)

AGC 自动发电控制 (Automatic Generation Control)

AVC 自动电压控制 (Automatic Voltage Control)

## 5 分类

### 5.1 按储能电池技术特性的分类

电化学储能电站根据技术特性可分为：锂离子电池储能、钠离子电池储能、铅酸（炭）电池储能、液流电池储能、水电解质氢/燃料电池储能等。

### 5.2 按应用场景分类

根据电化学储能电站在电力系统中的主要用途和部署位置，分为：

- 电源侧储能电站：与发电厂（如风电、光伏、火电）联合运行，主要用于平滑发电出力、提升可再生能源消纳、提供一次调频等；
- 电网侧储能电站：作为独立主体直接接入输配电网，主要用于参与电网调峰、调频、备用、黑启动等辅助服务，或缓解电网阻塞；
- 用户侧储能电站：部署在工商业或居民用户内部，主要用于峰谷价差套利、需量管理、提升供电可靠性和电能质量。

### 5.3 基于分布和电气特征的分类

电化学储能电站依据分布和电气特征可分为分布式储能和集中式储能，应符合表 1 的规定。

表 1 电化学储能电站类型

类型	定义	典型特征	接入要求
分布式储能电站	分散部署于电力系统末端，靠近负荷或电源点，以低压配电网或用户侧为主	-单站容量≤10MWh； -接入电压等级≤35kV（低压配网或用户配电系统）； -所有权主体为用户、园区、第三方运营商等	接入需满足低压配网安全运行要求，配置符合 GB/T 33593 规定的并网检测装置，具备本地保护与远程监控接口；符合 DB50/T1729 规定的分布式电化学储能电站运维技术规范；
集中式储能电站	集中部署于电力系统枢纽节点，如输电网或高压配电网，作为系统级调节资源	-单站容量≥10MWh； -接入电压等级≥35kV（通常 110kV/220kV） -多由电网公司或大型能源集团投资；	接入需通过电网安全稳定校核，配置满足 T/CIET767 要求的调度控制接口，具备 AGC/AVC 自适应调节能力

## 6 总体要求

- 6.1 储能电站应依法取得并网许可，其设计、建设和验收应符合国家及行业现行相关标准规范。
- 6.2 储能电站应配置功能完整、运行可靠的监控数据采集系统，确保运行数据的可获取性。
- 6.3 参与电网辅助服务的储能电站，其通信、控制和安全策略应满足电网调度机构的技术要求。
- 6.4 用于本标准进行运行状态评价的数据应真实、完整、准确、及时。数据采集与测量装置应定期校验，确保其精度满足相关标准要求，且关键数据不应有长时间缺失。
- 6.5 运行状态评价通过监控系统参量、并网状态参量、电气性能指标、能效指标和可靠性指标共五个可量化的数据评价模型，覆盖关键性能维度，能动态反映储能电站因设备衰减、环境变化等因素引起的性能变化。
- 6.6 运行状态评价应为周期性或持续性过程，能够动态反映设备衰减、环境变化、策略调整等因素对储能电站性能的影响。
- 6.7 当监测到 BMS、储能变流器或消防系统触发严重故障告警时，应立即停止参与电网辅助服务，运行状态等级直接判定为“严重故障”，且不可通过其他指标得分修复，直至故障解除并通过安全复核。

## 7 电化学储能电站运行状态指标

### 7.1 一般规定

电化学储能电站运行状态指标包括监控系统参量、并网状态参量、电气性能指标、能效指标和可靠性指标，从五个维度评价运行状态。

### 7.2 监控系统参量

电化学储能监控系统按照 GB/T 42726 的规定，应提供 BMS 参量、储能变流器参量、变配电设备系统参量和辅助系统参量，其数据采集、报警和保护等操作方法应按照 GB/T 34131、GB/T 44111 的规定。

#### 7.2.1 BMS 参量

BMS 参量的数据类型分为模拟量和数字量。BMS 中均应提供直流开关分合状态、保护装置故障、散热风机故障、继电器故障、内部通信故障、断路器分合状态、主正继电器状态、主负继电器状态等数字量，其他信息参量根据电池类型具体如下：

##### 7.2.1.1 锂离子电池储能、钠离子电池储能、铅酸（炭）电池储能

- a) 模拟量包括：电池单体电压、电池单体温度、电池模块正负极端子温度、电池簇电压、电池簇电流、电池簇内单体最高电压、电池簇内单体最低电压、电池簇内单体平均电压、电池簇内单体最高温度、电池簇内单体最低温度、电池簇内单体平均温度、电池簇允许最大充电电流、电池簇允许最大放电电流、电池阵列总电压、电池阵列总电流、电池阵列内单体最高电压、电池阵列内单体最低电压、电池阵列内单体平均电压、电池阵列内单体最高温度、电池阵列内单体最低温度、电池阵列内单体平均温度、电池阵列允许最大充电电流、电池阵列允许最大放电电流、电池阵列内单体最高电压位置、电池阵列内单体最低电压位置、电池阵列内单体最高温度位置、电池阵列内单体最低温度位置、循环次数、电池簇 SOC、电池阵列 SOC、电池簇/阵列累计充电量、电池簇累计放电量、电池阵列累计充电量、电池阵列累计放电量、电池簇 SOH、电池阵列 SOH、电池簇瞬时最大充电功率、电池簇瞬时最大放电功率、电池阵列瞬时最大充电功率、电池阵列瞬时最大放电功率、电池阵列正极对地绝缘电阻、电池阵列负极对地绝缘电阻；
- b) 数字量包括：电池单体电压越限故障/报警、电池模块电压越限故障/报警、电池簇电压越限故障/报警、簇内电池单体温差越限故障/报警、簇内电池单体压差越限故障/报警、电流越限故障/报警、电池单体升速率越限故障/报警、温度越限故障/报警、通信故障/报警、电池阵列充电过流报警、电池阵列放电过流报警、电池阵列过压报警、电池阵列欠压报警、绝缘故障/报警、高压互锁状态/故障、BMS 自检故障、BMS 供电异常；

##### 7.2.1.2 液流电池储能

- a) 模拟量包括：电堆电压、电堆电流、电解液温度、电解液压力、电解液流量、电解液液位、SOC、SOH；
- b) 数字量包括：电堆/模块电压越限故障/报警、电流越限故障/报警、电解液温度越限故障/报警、流量越限故障/报警、压力越限故障/报警、液位越限故障/报警、电堆一致性偏差越限故障/报警、通信故障/报警、正极变频器故障、负极变频器故障、漏液报警、正极罐出口阀开关状态、负极罐出口阀开关状态、正极冷却水阀开关状态、负极冷却水阀开关状态、罐平衡阀开关状态、正极混液阀开关状态、负极混液阀开关状态；

#### 7.2.1.3 水电解质氢/燃料电池储能

- a) 模拟量包括：电解槽电压、电解槽电流、电解槽温度、电解槽出口气体压力、冷却水压力、电解槽液位、电解液循环流量、电解槽压力、电解槽出口气体纯度、纯化系统温度、制氢系统出口气体纯度、燃料电池电压、燃料电池电流、燃料电池温度、空气压缩机出口压力、电堆堆芯入口氢气压力、储氢系统压力、供氢管道氢气流量、环境泄漏气体浓度；
- b) 数字量包括：电解槽电压越限故障/报警、电堆电流越限故障/报警、电解槽温度越限故障/报警、电堆温度越限故障/报警、电解槽流量越限故障/报警、电解槽液位越限故障/报警、电解槽压力越限故障/报警、电堆压力越限故障/报警、电解槽氢中氧浓度越限故障/报警、电解槽氧中氢浓度越限故障/报警、环境氢气浓度越限故障/报警、电解槽出口阀开关动作、电堆开关分合动作；

#### 7.2.2 储能变流器信息

- a) 模拟量包括：有功功率、无功功率、交流侧 A 相电流、交流侧 B 相电流、交流侧 C 相电流、交流侧 A 相电压、交流侧 B 相电压、交流侧 C 相电压、交流侧功率因数、交流侧 AB 相线电压、交流侧 BC 相线电压、交流侧 CA 相线电压、直流电压、直流电流、直流侧功率、额定功率、储能变压器功率因数、储能变压器温度、日发电量、日充电量、累计发电量、累计充电量、当前可充电量、当前可放电量、最大充电有功功率、最大放电有功功率、最大可放电流、最大可充电流、最大可放电压、最大可充电压；
- b) 数字量包括：工作状态（停机、待机、充电、放电、故障、零功率运行等）、报警总信号、故障停机总信号、通信状态、启/停机状态、并/离网状态、远程/现地控制、频率异常、防雷故障、电源故障、过温降载、过温停机、IGBT 组件故障、交流回路过流、直流回路过流、交流电压异常、母线过压、直流接触器异常、交流接触器异常；

#### 7.2.3 变配电设备系统信息

- a) 模拟量包括：交流线路 A 相电流、交流线路 B 相电流、交流线路 C 相电流、交流线路 A 相电压、交流线路 B 相电压、交流线路 C 相电压、交流线路功率因数、交流线路频率、交流线路有功功率、交流线路无功功率、分段母线 A 相电压、分段母线 B 相电压、分段母线 C 相电压、分段母线 A 相电流、分段母线 B 相电流、分段母线 C 相电流、分段母线频率、分段母线功率因数、分段母线有功功率、分段母线无功功率、变压器高压侧/低压侧 A 相电流、变压器高压侧/低压侧 B 相电流、变压器高压侧/低压侧 C 相电流、变压器高压侧/低压侧 A 相电压、变压器高压侧/低压侧 B 相电压、变压器高压侧/低压侧 C 相电压、变压器高压侧/低压侧功率因数、变压器高压侧/低压侧频率、变压器高压侧/低压侧有功功率、变压器高压侧/低压侧无功功率；
- b) 数字量包括：断路器远方操作/就地信号、断路器分合状态、保护动作信号、保护重合闸信号、保护装置故障/异常、检修状态信号、故障信号、母线接地刀闸位置、直流系统异常信号；

#### 7.2.4 辅助系统信息

- a) 模拟量包括：温度、湿度、风速、气体浓度、直流电源电压、直流电源电流；
- b) 数字量包括：直流系统异常信号、火灾报警、火灾报警装置故障、氢气浓度异常、空调/风机运行状态、空调/风机故障报警、环境监测设备状态、环境监测阈值异常报警、门禁状态、不间断电源装置故障信号；

### 7.3 并网状态参量

电化学储能电站的并网状态参量应包括：功率控制、充放电时间、额定能量、额定能量效率、电能质量、一次调频、惯量响应、运行适应性、故障穿越、过载能力、AGC、AVC、紧急功率支持等。

本部分所列指标的测试方法应符合现存标准：

功率控制、充放电时间、额定能量和额定能量效率，服从 GB/T 36548 的测试方法与判定依据。电能质量中，电流谐波的测试方法服从 GB/T 14549 规定；电压谐波的测试方法服从 GB/T 14549 规定；电压间谐波的测试方法服从 GB/T 24337 规定；电压偏差的测试方法服从 GB/T 12325 规定；电压不平衡度的测试方法服从 GB/T 15543 规定；电压波动与闪变的测试方法服从 GB/T 12326 规定；频率偏差的测试方法服从 GB/T 15945 规定。故障穿越、过载能力，服从 GB/T 36547 的测试方法与判定依据。AGC、AVC，服从电网调度机构现行 AGC/AVC 调度管理规范及技术要求。

### 7.3.1 功率控制

电化学储能电站功率控制包括：有功功率控制和无功功率控制，并分别有充电和放电两种状态，测试参量包括：

- a) 有功功率控制参量包括充电状态下和放电状态下，每个功率控制点的电压和电流、以 20ms 为周期的有功功率平均值、响应时间、调节时间和控制偏差；
- b) 无功功率控制参量包括充电状态下和放电状态下，每个无功功率控制点的电压和电流、以 20ms 为周期的无功功率平均值和无功功率偏差。

### 7.3.2 充放电时间

电化学储能电站充放电时间参量包括：充电响应时间、放电响应时间、充电调节时间、放电调节时间、充电到放电转换时间和放电到充电转换时间等。

### 7.3.3 额定能量

电化学储能电站额定能量包括额定充电能量、额定放电能量，以及至少三次充放电能量相对于额定能量的绝对偏差值。

### 7.3.4 额定能量效率

电化学储能电站额定能量效率为额定放电能量与额定充电能量之比，按照 GB/T 36548 的规定，测试至少三次储能电站额定充电能量和额定放电能量，取平均能量效率为额定效率。

### 7.3.5 电能质量

电化学储能电站电能质量包括：电流谐波、电压谐波、电压间谐波、电压偏差、电压不平衡度、电压波动与闪变和频率偏差，这些参量应分别在充电状态和放电状态下检测。

电流谐波，检测电流谐波参量；

电压谐波，检测电压总谐波畸变率和奇偶次谐波电压含有率；

电压间谐波，检测间谐波电压含有率；

电压偏差，检测电压偏差；

电压不平衡度，检测电压不平衡度；

电压波动与闪变，检测电压波动值和短时闪变值；

频率偏差，检测频率偏差并计算频率合格率。

### 7.3.6 一次调频

电化学储能电站一次调频参量包括：频率逐级上绕、下绕过程中有功功率规律变化时刻的频率值，频率阶跃上绕、下绕过程中电压、电流、频率以及有功功率值，以及一次调频控制响应时间、调节时间、控制偏差和调差率。

### 7.3.7 惯量响应

电化学储能电站惯量响应参量包括：频率变化后测试点的电压、电流、频率以及有功功率值，以及有功功率响应时间和控制偏差。

### 7.3.8 故障穿越

电化学储能电站故障穿越参量包括：低电压故障穿越时，故障期间的电流、电压、功率、动态无功电流、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流退出时间和有功功率恢复速率；高电压故障穿越时，故障期间的电流、电压、功率、有功功率变换量、动态无功电流增量、响应时间、调节时间以及故障结束后的动态无功电流退出时间和有功功率恢复速率；连续低-高电压故障穿越时，故障期间的电流、电压、功率、每次电压跌落和抬升的持续时间以及最后一次有功功率恢复速率。

### 7.3.9 过载能力

电化学储能电站过载能力为储能系统过载充放电运行时的电流、电压和功率。

### 7.3.10 AGC

电化学储能电站 AGC 参量包括：AGC 接口信息，以及通过 AGC 系统向储能电站下发放电指令后的储能电站测试点电流、电压、功率、有功功率的响应时间、调节时间和控制精度。

### 7.3.11 AVC

电化学储能电站 AVC 参量包括：AVC 接口信息和并网点电压。

## 7.4 电气性能指标

电化学储能电站的电气性能指标包括上网电量、下网电量、站用电量、充放电电量、调频里程、无功电量、AVC 电量、备用容量、黑启动次数、并网运行小时数、电站利用时间指数、电站等效利用指数；对于电源侧储能系统还应包括调峰响应达标率、备用容量响应速度；对于用户侧储能系统还应包括一次调频响应达标率；

本部分所列指标的测试方法应符合现存标准：

上网电量、下网电量、站用电量、并网运行小时数、电站等效利用指数，服从 GB/T 36549 的计算方法与判定依据。充放电电量、调频里程、无功电量、AVC 电量、备用容量、黑启动次数、电站利用时间指数，服从 DL/T 2922 的计算方法与判定依据。调峰响应达标率、备用容量响应速度，服从 GB/T 36547 的计算方法与判定依据。一次调频响应达标率，符合 GB/T 40595 的计算方法与判定依据。

电气性能指标的定义具体如下：

- a) 上网电量，取统计周期内储能电站向电网输送的电量总和；
- b) 下网电量，取统计周期内储能电站从电网接受的电量总和；
- c) 站用电量，取统计周期内维持储能电站运行的监控系统、照明动力及暖通空调等所耗的电量总和；
- d) 充放电电量，充电量应为评价周期内储能单元交流侧充电量的总和；放电量为评价周期内储能单元交流侧放电量的总和；  
全钒液流电池和钠硫电池的储能单元充电量和放电电量统计应考虑电池充电、放电过程中辅助设备的能耗，充、放电量为扣除辅助设备能耗的净电量。全钒液流电池辅助设备包括电解液循环泵、冷却装置等；钠硫电池辅助设备包括电池加热装置等；
- e) 调频里程，取统计周期内储能电站响应调频指令的调整里程总和；
- f) 无功电量，取统计周期内储能电站发出、吸收的无功电量总和；
- g) AVC 电量，取储能电站可调节容量与统计周期内投运时间的乘积。
- h) 备用容量，为统计周期内可提供的最大热备用容量；
- i) 黑启动次数，为统计周期内储能电站提供黑启动服务的次数；
- j) 并网运行小时数，指在统计周期内，储能电站处于并网运行状态（包括充电、放电、待机、浮充等工况）的总时长；
- k) 电站利用时间指数，取统计周期内电站充放电小时数与并网运行小时数之比；
- l) 电站等效利用指数，取统计周期内储能电站实际充放电能量与额定功率运行理论产能的比值；
- n) 备用容量响应速度，取统计周期内备用容量响应时间的均值；

## 7.5 能效指标

电化学储能电站的能效指标应包括以下内容：

- a) 电站能量效率，指在统计周期内，储能电站向电网输送的总电量（上网电量）与从电网吸收的总电量（下网电量）的比值，以百分比表示。该指标是衡量电站整体能量转换性能的综合性指标；
- b) 电站储能损耗率，指储能电站在评价周期内，电站充电、放电和能量储存过程总的电能损耗与下网电量的比值；
- c) 电站变配电损耗率，指在统计周期内，储能电站的升压变压器、站用变压器、开关设备、汇流电缆等变配电系统所消耗的电能，与流经该系统的总电能（充电电量与放电电量之和）的比值，以百分比表示；
- d) 能量保持率，指储能电站在特定环境条件下，从某一荷电状态（SOC）静置预定时间后，其剩余可放出电量与静置前电站内部存储电量的比值，以百分比表示。该指标主要用于衡量储能系统的自放电特性；
- e) 站用电率，指在统计周期内，储能电站的站用电量与同期从电网吸收的总电量（下网电量）的比值，以百分比表示；
- f) 电站充放电能量转换效率，指在统计周期内，电站在交流侧测得的总放电电量与总充电电量的比值，以百分比表示。

## 7.6 可靠性指标

电化学储能电站的可靠性指标应包括以下内容：

- a) 运行小时数，取统计周期内，储能电站处于储能、释能状态的总时长；
- b) 备用小时数，取统计周期内，储能电站处于可用但不在运行状态的总时长；
- c) 充放电响应时间，取统计周期内，储能系统在接收到控制指令后，响应指令并开始调整功率所用的时间的均值；
- d) 计划停运系数，取统计周期内，储能电站累计计划停运小时数与统计周期日历小时数的比值，以百分比表示；
- e) 计划停运次数，取统计周期内，储能电站预先计划安排停运的总次数；
- f) 非计划停运系数，取在统计周期内，储能电站累计非计划停运小时数与统计周期日历小时数的比值，以百分比表示；
- g) 非计划停运次数，取统计周期内，储能电站处于计划停运之外的停运状态的总次数；
- h) 电站可用系数，取统计周期内，储能电站可用于提供服务的时间（即运行小时数）与统计周期日历小时数的比值，以百分比表示。它反映了电站的综合可靠性水平；
- i) 调峰响应达标率，取统计周期内，实际调峰响应次数与指令次数的比值；
- j) 一次调频响应达标率，取统计周期内，一次调频合格次数与总指令次数的比值。
- k) 电池剩余使用寿命，指在规定的充放电条件下，电池容量衰减至 80% 时，所剩余的完整充放电循环次数

## 8 电化学储能电站运行状态评价

### 8.1 一般规定

电化学储能电站运行状态评价是基于监控系统参量、并网状态参量、电气性能指标、能效指标和可靠性指标，对电化学储能电站的运行状态进行多维度综合评价，并对储能电站运行状态进行分级。

### 8.2 综合评价

#### 8.2.1 监控系统评价

监控系统在储能电站发生事故事件时进行报警，报警按严重程度分为一级、二级、三级，其中：1) 一级报警信息需要立即停机或停电处理的报警信息；2) 二级报警信息应为需要立即采取应急处理措施的报警信息；3) 三级报警信息应为需要加强监视及一、二级报警复归的报警信息。电化学储能电站典型的一级、二级、三级报警具体类目应服从 GB/T 42726 的规定，具体判定依据如下：

- a) 一级报警判定依据：直接威胁设备安全、人员安全或电网安全的故障，如电池热失控告警、消防系统故障、高压互锁失效、重大绝缘故障等，触发后需立即停机；
- b) 二级报警判定依据：影响系统核心功能正常运行的故障，如电池单体电压严重越限、变流器核心组件故障、通信中断等，需立即应急处理；
- c) 三级报警判定依据：不影响当前核心功能但存在劣化趋势的异常，如电池单体电压轻微偏差、环境温湿度接近阈值、辅助设备轻微故障等，需加强监视。

### 8.2.2 并网状态评价

- a) 将并网状态的异常或偏离程度分为一、二、三级，用于实时告警和处理。具体如下：
- 1) 一级状态（严重告警）：表示储能电站并网性能出现严重异常，可能或已经对电网安全稳定或电站自身安全构成严重威胁，需要立即与电网解列或执行紧急停机程序。
  - 2) 二级状态（一般告警）：表示储能电站并网性能出现明显偏离，虽未构成严重威胁，但已影响其正常功能或电能质量，需要运行人员立即干预和处理。
  - 3) 三级状态（注意/预警）：表示储能电站并网性能出现轻微偏离或有劣化趋势，应引起关注，加强监视，并可能需要安排后续检修或参数校核。
- b) 当并网状态任一参量的监测值满足某一级别的条件时，即触发对应级别的状态告警。并网状态分级判据可参考表 2。

表 2 并网状态分级判据

并网状态参量	一级状态（严重告警）	二级状态（一般告警）	三级状态（注意/预警）
功率控制	-功率控制完全失效，输出功率与指令长时间（如>1s）严重背离（偏差>10%）。 -出现功率反送或持续振荡。	-有功/无功功率控制偏差超过额定值 5%但小于 10%。 -响应时间或调节时间超过规定值的 150%。 -功率控制出现非指令性频繁波动。	-有功/无功功率控制偏差超过额定值 2%但小于 5%。 -响应时间或调节时间超过规定值的 120%但小于 150%。
充放电时间	-接收指令后，系统无法执行充放电状态转换。	-充放电转换时间超过规定值的 130%。 -无法在规定时间内完成充放电状态切换。	-充放电转换时间超过规定值的 110%但小于 130%。
额定能量与效率	-能量衰减严重，无法完成额定能量的充放电循环。	-单次充放电能量相对额定值的绝对偏差超过 8%。 -能量效率低于保证值的 95%。	-单次充放电能量相对额定值的绝对偏差超过 5%但小于 8%。 -能量效率低于保证值的 98%但高于 95%。
电能质量	-注入电网的谐波严重超标（如超过限值 150%），或引起公共连接点电压严重畸变，影响电网安全。	-任意一项电能质量指标超过 GB 标准限值。	-任意一项电能质量指标（谐波、电压偏差等）接近但未超过 GB 标准限值的 90%。
一次调频	-一次调频功能闭锁或失效，对电网频率变化无响应或响应方向错误。	-响应时间、调节时间或调差率等参数偏离规定值超过 20%。 -频率响应死区或灵敏度不满足要求。	-响应时间、调节时间或调差率等参数偏离规定值 10%-20%。
惯量响应	-惯量响应功能失效，对频率变化率无响应。	-惯量响应的有功功率支撑幅度或响应时间偏离规定值超过 20%。	-惯量响应的有功功率支撑幅度或响应时间偏离规定值 10%-20%。
运行适应性	-电压或频率超出设备允许的运行极限，触发保护。	-电压或频率超出正常运行范围，但仍在允许的短期运行范围内。	-接近电压或频率适应性范围的边界运行。
故障穿越	-在电网故障时，未能按要求实现低/高电压穿越，发生脱网。	-(该项主要通过定期测试评估，实时监测较少)	-(该项主要通过定期测试评估，实时监测较少)
自发电/电压控制(AGC/AVC)	-与调度系统(AGC/AVC)的通信中断或控制功能完全失效。	-AGC/AVC 指令长时间（如>1min）无法执行或执行偏差大（如偏差>10%）。	-AGC/AVC 响应时间或控制精度轻微偏离要求（如偏差>5%）。

## 8.2.3 电气性能评价

- a) 电气性能评价基于统计周期内的各项电气性能指标参量，采用多维度加权评分模型，对电站的能量价值、服务贡献和运行效率进行综合量化评估。
- b) 综合评分模型采用百分制，按式（1）计算

$$S_{EP} = \sum_{i=1}^n (W_i \times S_i) \quad (1)$$

式中：

$S_{EP}$ —电气性能评价得分；

$W_i$ —第  $i$  个评价维度的权重；

$S_i$ —第  $i$  个评价维度的得分；

$n$ —评价维度的总数；

- c) 电气性能的评价分为三个维度：能量吞吐与贡献、辅助服务能力、运行效率与利用水平。评价维度与权重见表 3。

表 3 电气性能综合评价维度与权重

序号	评价维度	权重	包含的评价指标
1	能量吞吐与贡献	30%	a) 上网电量；b) 下网电量；c) 站用电电量；d) 充放电电量；
2	辅助服务能力	45%	e) 调频里程；f) 无功电量；g) AVC 电量；h) 备用容量；i) 黑启动次数；
3	运行效率与利用水平	25%	j) 并网运行小时数；k) 电站利用时间指数；l) 电站等效利用指数；n) 备用容量响应速度；

- d) 各评价维度内的指标得分，根据其性质采用不同的评分方法。维度得分  $S_i$  为其包含的各指标得分的加权平均值。电气性能各参量评分细则见表 4。

表 4 电气性能各参量评分细则

评价维度	评价指标	关键考量量	评分标准（0-100 分）
能量吞吐与贡献	a) 上网电量；b) 下网电量；d) 充电电量；e) 放电电量；	放电计划完成率 $R_{DS} = (\text{实际放电电量} / \text{计划或指令放电电量}) \times 100\%$	1) 优秀（90-100 分）： $R_{DS} \geq 98\%$ ； 2) 良好（75-89 分）： $95\% \leq R_{DS} < 98\%$ ； 3) 合格（60-74 分）： $90\% \leq R_{DS} < 95\%$ ； 4) 不合格（<60 分）： $R_{DS} < 90\%$ ；
	c) 站用电电量；	站用电率 $R_{SU} = (\text{站用电电量} / \text{充电电量}) \times 100\%$	1) 优秀（90-100 分）： $R_{SU} \leq \text{设计目标值 } 90\%$ ； 2) 良好（75-89 分）：设计目标值 $90\% < R_{SU} \leq \text{设计目标值}$ ； 3) 合格（60-74 分）：设计目标值 $< R_{SU} \leq \text{设计目标值 } 110\%$ ； 4) 不合格（<60 分）：设计目标值 $110\% < R_{SU}$ ；
辅助服务能力	f) 调频里程；	调频完成率 $R_{FM} = (\text{实际响应里程} / \text{指令里程}) \times 100\%$	1) 优秀（90-100 分）： $99\% \leq R_{FM}$ ； 2) 良好（75-89 分）： $97\% \leq R_{FM} < 99\%$ ； 3) 合格（60-74 分）： $95\% \leq R_{FM} < 97\%$ ； 4) 不合格（<60 分）： $R_{FM} < 95\%$ ；
	g) 无功电量；h) 自动电压控制电量；	服务指数 $R_{VA} = (\text{服务可用时间} / \text{统计周期总时间}) \times 100\%$	1) 优秀（90-100 分）： $99.5\% \leq R_{VA}$ ； 2) 良好（75-89 分）： $98\% \leq R_{VA} < 99.5\%$ ； 3) 合格（60-74 分）： $95\% \leq R_{VA} < 98\%$ ； 4) 不合格（<60 分）： $R_{VA} < 95\%$ ；
	i) 备用容量；	备用容量指数 $R_{RS} = (\text{统计周期内平均可用备用容量} / \text{申明的备用容量}) \times 100\%$	1) 优秀（90-100 分）： $R_{RS} \geq 99.5\%$ ； 2) 良好（75-89 分）： $98\% \leq R_{RS} < 99.5\%$ ； 3) 合格（60-74 分）： $95\% \leq R_{RS} < 98\%$ ；

运行效率 与利用水平	j) 黑启动次数;	成功率 $R_{BS}$	4) 不合格 (<60分): $R_{RS} < 95\%$ ; 1) 统计周期内无黑启动任务, 得满分 100 分; 2) 有黑启动任务时, 按成功率评分;
	m) 电站利用系数;	电站利用系数 $I_{AA}$	直接将指标值作为得分;
	n) 电站利用率指数;	电站利用率指数 $C_{UZ}$	该指标受市场和调度影响大。评分应基于与同类电站或历史同期的对比。 1) 优秀 (90-100分): 高于目标值 20%; 2) 良好 (75-89分): 处于对标值的 100%-120%; 3) 合格 (60-74分): 处于对标值的 80%-100%; 4) 不合格 (<60分): 低于对标值的 80%;
	o) 电站等效利用系数;	电站等效利用系数 $C_{EU}$	1) 优秀 (90-100分): $C_{EU} \geq$ 设计保证值 105%; 2) 良好 (75-89分): 设计保证值 $100\% \leq R_{SU} <$ 设计保证值 105%; 3) 合格 (60-74分): 设计保证值 $95\% \leq R_{SU} <$ 设计保证值 100%; 4) 不合格 (<60分): $R_{SU} <$ 设计保证值 95%;

#### 8.2.4 能效评价

- a) 能效评价基于统计周期内的各项能效指标参量, 采用加权评分模型, 评估储能电站的能量转换、存储和利用效率, 识别能效水平。
- b) 综合评分模型采用百分制, 按式 (2) 计算

$$S_{EE} = \sum_{i=1}^n (W_i \times S_i) \quad (2)$$

式中:

$S_{EE}$ —能效评价得分;

$W_i$ —第  $i$  个评价指标的权重;

$S_i$ —第  $i$  个评价指标的得分;

$n$ —评价指标的总数;

- c) 各评价指标根据性质采用不同的评分方法, 各能效指标评分权重和评分细则见表 5。

表 5 能效指标评分权重和评分细则

序号	评价指标	权重	评分标准 (0-100 分)
1	电站能量效率	40%	将指标值作为得分, 如能量效率 85%, 则评分为 85 分;
2	电站变配电损耗率	15%	储能损耗率评分根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): 储能损耗率 $\leq 10\%$ ; 2) 良好 (75-89 分): $10\% <$ 储能损耗率 $\leq 25\%$ ; 3) 合格 (60-74 分): $25\% <$ 储能损耗率 $\leq 40\%$ ; 4) 不合格 (<60 分): $40\% <$ 储能损耗率;
3	能量保持率	15%	能量保持率根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): $97\% \leq$ 能量保持率; 2) 良好 (75-89 分): $92\% \leq$ 能量保持率 $< 97\%$ ; 3) 合格 (60-74 分): $87\% \leq$ 能量保持率 $< 92\%$ ; 4) 不合格 (<60 分): 能量保持率 $< 87\%$ ;
4	站用电率	15%	站用电率评分根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): 站用电率 $\leq 5\%$ ; 2) 良好 (75-89 分): $5\% <$ 站用电率 $\leq 12.5\%$ ; 3) 合格 (60-74 分): $12.5\% <$ 站用电率 $\leq 20\%$ ; 4) 不合格 (<60 分): $20\% <$ 站用电率;
5	储能单元充放电能量转换效率	15%	能量转换效率根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): $90\% \leq$ 能量转换效率; 2) 良好 (75-89 分): $85\% \leq$ 站用电率 $< 90\%$ ; 3) 合格 (60-74 分): $80\% \leq$ 站用电率 $< 85\%$ ; 4) 不合格 (<60 分): 站用电率 $< 80\%$ ;

### 8.2.5 可靠性评价

可靠性评价中，应先计算非计划停运系数得分和可用系数得分，取这两项指标的加权平均得分作为可靠性评价得分，可靠性评价评分细则见表 6。

表 6 可靠性评价评分细则

序号	评价指标	权重	评分标准 (0-100 分)
1	非计划停运系数	50%	非计划停运系数得分根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): 非计划停运系数 $\leq$ 5%; 2) 良好 (75-89 分): 5% $<$ 非计划停运系数 $\leq$ 12.5%; 3) 合格 (60-74 分): 12.5% $<$ 非计划停运系数 $\leq$ 20%; 4) 不合格 ( $<$ 60 分): 20% $<$ 非计划停运系数;
2	可用系数	50%	可用系数得分根据下面的得分区间采用线性插值计算。 1) 优秀 (90-100 分): 95% $\leq$ 可用系数; 2) 良好 (75-89 分): 87.5% $\leq$ 可用系数 $<$ 95%; 3) 合格 (60-74 分): 80% $\leq$ 可用系数 $<$ 87.5%; 4) 不合格 ( $<$ 60 分): 可用系数 $<$ 80%;

### 8.3 运行状态分级

根据 8.2 中各项指标的多维度综合评价，将电化学储能电站的运行状态划分为四个等级，见表 7。

表 7 电化学储能电站运行状态分级

运行状态等级	等级名称	综合状态描述	详细分级判据 (满足任一条件即可触发)
A 级	健康运行	电站各项指标均处于正常或优良水平，无任何活动告警，系统运行稳定、高效、可靠，完全满足设计和并网要求。维持正常监视和例行运维即可。	1) 在不满足 B 级、C 级和 D 级条件的前提下，即同时满足下面所有条件； 2) 监控系统评价：无任何一级、二级、三级报警信息； 3) 并网状态评价：无任何一级、二级、三级状态告警； 4) 电气性能评价：综合得分大于等于 75 分，且所有关键考核量的评分结果均处于良好或优秀等级； 5) 能效评价：综合得分大于等于 75 分，且所有能效指标的评分结果均处于良好或优秀等级。 6) 可靠性评价：综合得分大于等于 75 分，且所有可靠性指标的评分结果均处于良好或优秀等级。
B 级	关注运行	电站整体运行正常，但存在轻微性能偏离、潜在风险或效率下降的趋势。当前无需立即停机处理，但需要运维人员加强监视，分析原因，并纳入后续的维护或优化计划。	1) 在不满足 C 级和 D 级条件的前提下； 2) 监控系统评价：存在任一三级报警信息； 3) 并网状态评价：存在任一并网状态参量处于三级状态（注意/预警）； 4) 电气性能评价：综合得分在 60-74 分之间，或任一关键考核量的评分结果为合格。 5) 能效评价：综合得分在 60-74 分之间，或任一能效指标的评分结果落入合格区间； 6) 可靠性评价：综合得分在 60-74 分之间，即非计划停运系数或可用系数的评分结果为合格；
C 级	故障运行	电站出现明显故障或性能严重劣化，虽未达到最高级别危险，但已无法正常履行其预定功能，或运行在不合规状态。需要运行人员立即干预处理，并上报运维团队安排紧急检修。	1) 在不满足 D 级条件的前提下； 2) 监控系统评价：存在任一二级报警信息； 3) 并网状态评价：存在任一并网状态参量处于二级状态（一般告警）； 4) 电气性能评价：综合得分低于 60 分，或任一关键考核量（如放电计划完成率、调频完成率等）的评分结果为不合格； 5) 能效评价：综合得分低于 60 分，或任一能效指标的评分结果落入不合格区间；

			6) 可靠性评价: 综合得分低于 60 分, 即非计划停运系数或可用系数的评分结果为不合格;
D 级	严重故障	电站处于极端危险或核心功能完全丧失的状态。已对电网安全、设备自身安全或人员安全构成严重威胁, 必须立即采取紧急停机、解列或隔离措施, 并立即启动应急预案。	1) 监控系统评价: 存在任一一级报警信息; 2) 并网状态评价: 存在任一并网状态参量处于一级状态(严重告警); 3) 电气性能评价: 在需要执行黑启动任务时, 成功率为 0%; 4) 关键的辅助服务功能(如紧急功率支持、一次调频等)完全失效或响应错误, 对调度指令无响应;

## 9 电化学储能电站参与电网辅助服务基本要求

### 9.1 一般规定

电化学储能电站作为独立主体参与电网调峰、调频等辅助服务时, 应满足的基本技术性能和运行状态要求。

### 9.2 调峰服务技术要求

电化学储能电站参与电网调峰服务, 主要执行电网调度机构下达的中长期充放电计划, 以消纳低谷电量、支撑高峰负荷。为确保服务质量和电站自身安全经济运行, 应满足以下基本要求:

- a) 运行状态要求: 在接受并执行调峰指令期间, 电站的整体运行状态评价等级应处于 A 级(健康运行)或 B 级(关注运行)状态。严禁处于 C 级(故障运行)或 D 级(严重故障)状态的储能电站参与调峰服务。
- b) 电气性能要求:
  - 1) 计划执行能力: 电站应具备精确跟踪调度计划的能力。其“能量吞吐与贡献”维度下的放电计划完成率(DSR)在统计周期内应不低于 95%, 即达到“合格”等级的上限或“良好”等级。
  - 2) 运行可靠性: 为保障在关键峰、谷时段能够可靠响应, 电站的可靠性评价应达到较高水平。其可用系数评分应不低于 80 分(对应可用系数 $\geq 90\%$ ), 非计划停运系数评分应不低于 80 分(对应非计划停运系数 $\leq 10\%$ )。
- c) 能效性能要求:
  - 1) 能量转换效率: 为保证调峰服务的经济性, 电站的整体能量利用效率不应过低。其电站能量效率指标得分应不低于 85 分(即实际效率不低于 85%)。
  - 2) 站用电控制: 电站的辅助设备能耗应控制在合理范围内。其站用电率指标评分应不低于 74 分(对应站用电率 $\leq 13\%$ ), 以避免过高的自耗电影响调峰效益。

### 9.3 调频服务技术要求

电化学储能电站参与电网一次调频或二次调频(AGC)服务, 需要对电网频率或调度指令进行快速、精准的功率响应。这对电站的动态性能、可靠性和控制精度提出了更高要求, 应满足以下基本要求:

- a) 运行状态要求: 在提供调频服务期间, 电站的整体运行状态评价等级必须处于 A 级(健康运行)状态。任何导致状态等级降为 B 级(关注运行)及以下的因素, 均应使电站暂时退出调频服务序列。
- b) 并网状态要求:
  - 1) 响应性能: 电站的并网状态参量中, 功率控制、一次调频、AGC/AVC 控制等关键指标不应出现任何级别的告警。其响应时间、调节精度等参数必须稳定在正常范围内。
  - 2) 电能质量: 电站频繁调节功率时, 不得对电网友好性造成影响。其电能质量相关指标不应触发三级(注意/预警)及以上告警。
- c) 电气性能要求:
  - 1) 服务完成度: 电站应能高质量地完成调频任务。其“辅助服务能力”维度下的调频完成率(FMR)在统计周期内应不低于 97%, 即达到“良好”及以上等级。
  - 2) 响应一致性: 对于提供无功电压支撑等服务的, 其服务指数(VAR)应不低于 98%, 以确保响应的稳定性和可靠性。

- d) 可靠性要求：调频服务对电站的实时在线率要求极高。其可用系数评分应不低于 90 分（对应可用系数 $\geq 95\%$ ），且非计划停运系数评分应不低于 90 分（对应非计划停运系数 $\leq 5\%$ ）。
- e) 能效性能要求：考虑到调频工况下充放电次数频繁，为减缓电池衰减并维持经济性，对核心部件效率提出要求。其储能单元充放电能量转换效率指标评分应不低于 80 分（即实际效率不低于 87%），以确保在高频次循环下的基础效率。