

ICS XXXXX
CCS X XXX

团 体 标 准

T/CIECCPA XXX—20XX

电化学储能电站综合效益评估技术标准

Comprehensive Performance Evaluation Technology Standard of
Electrochemical Energy Storage Station

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

目 次

前言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 3

5 储能电站运行评价指标 3

 5.1 电量指标 3

 5.2 能效指标 4

6 储能电站电网支撑评价指标 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 有功出力系数 7

 6.3 无功出力系数 7

 6.4 暴露率 7

 6.5 应急有功出力系数 8

 6.6 应急无功出力系数 8

 6.7 应急能量系数 8

 6.8 调频里程 8

 6.9 调频电量贡献率 8

 6.10 调度响应成功率 8

 6.11 AVC 指令合格率 8

 6.12 并网点电压合格率 9

7 储能电站可靠性评价指标 9

 7.1 一般规定 9

 7.2 储能电站计划停运系数 9

 7.3 储能电站非计划停运系数 9

 7.4 强迫停运系数 9

 7.5 强迫停运率 9

 7.6 等效强迫停运率 9

7.7 计划停运率	9
7.8 非计划停运率	9
7.9 强迫发生停运率	10
7.10 平均计划停运间隔时间	10
7.11 平均非计划停运间隔时间	10
7.12 平均计划停运小时	10
7.13 平均非计划停运小时	10
7.14 平均连续可用小时	10
7.15 平均无故障可用小时	10
7.16 启动可靠度	10
7.17 应急启动可靠度	11
7.18 能量可利用率	11
7.19 电池簇年平均可用小时	11
7.20 储能单元电池失效率	11
7.21 储能单元电池（堆）簇相对故障次数	11
8 储能电站经济性评价指标	11
8.1 一般规定	11
8.2 单位容量运行维护费	11
8.3 度电年收益	12
8.4 度电老化折损	12
9 储能电站环境影响评价指标	12
9.1 大气环境现状评价指标	12
9.2 地表水环境现状评价指标	12
9.3 地下水环境现状评价指标	12
9.4 土壤环境现状评价指标	12
9.5 声环境现状评价指标	12
9.6 电磁环境现状评价指标	13
9.7 生态环境现状评价指标	13
10 储能电站运行量化评价	13
10.1 一般规定	13

10.2 充放电能力评价 13

10.3 能效评价 13

10.4 可靠性评价 13

10.5 经济效益评价 14

10.6 社会效益评价 14

10.7 综合评价 14

表 1 权重划分表 14

表 2 指标 i 得分计算标准 15

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：国网冀北电力有限公司电力科学研究院、南方电网电力科技股份有限公司、深圳市广前电力有限公司。

本文件主要起草人：徐彭亮、吴林林、赵尚程、余菲、刘兴和、何帝文。

电化学储能电站综合效益评估技术标准

1 范围

本文件规定了电化学储能电站综合效益评估的总体要求、电化学储能电站运行评价指标的内容和统计方法，以及运行效果、可靠性、经济性评价的原则和要求。

本标准适用于通过10(6)kV及以上电压等级并网且以锂离子电池、液流电池、铅酸/铅炭电池、钠离子电池、水电解制氢/燃料电池为储能载体的电化学储能电站的综合效益评价。

2 规范性引用文件

- 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 24337 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 36547 电化学储能系统接入电网技术规定
- GB/T 36548 电化学储能系统接入电网测试规范
- GB/T 36549-2018 电化学储能电站运行指标及评价
- GB/T 36558 电力系统电化学储能系统通用技术条件
- GB/T 40595 并网电源一次调频技术规定及试验导则
- GB/T 42717-2023 电化学储能电站并网性能评价方法
- 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

3.1

电化学储能电站electrochemical energy storage station

采用电化学电池作为储能元件，可进行电能存储、转换及释放的电站，由若干个不同或相同类型的电化学储能系统组成。

注：除储能系统外，还包括并网系统、监控系统、消防系统及辅助设施。

3.2

电化学储能系统electrochemical energy storage system

以电化学电池为储能载体，通过储能变流器进行可循环电能存储、释放的系统。

注：一般包含电池系统、储能变流器及相关辅助设施等。对于接入10(6)kV及以上电压等级的电化学储能系统，通常还包括升压变压器、汇集线路等。

3.3

电化学储能单元 electrochemical energy storage unit

由电化学电池、电池管理系统及与其相连的功率变换系统、热管理系统、消防系统组成的，能独立进行电能存储、释放的最小储能系统。

3.4

储能电站额定功率rated power of energy storage station

电站内各储能单元额定功率的总和。

3.5

储能电站额定能量rated energy of energy storage station

电站内各储能单元额定能量的总和。

3.6

上网电量on-grid energy

电化学储能电站向电网输送的电能量。

3.7

下网电量off-grid energy

电化学储能电站从电网接受的电能量。

3.8

储能损耗率 rate of energy lose for energy storage system

储能系统运行过程的电能损耗占储能电站下网电量的比值，损耗包括电池充电、能量储存和放电过程的电能损耗，以及功率变换系统的电能损耗。

3.9

变配电损耗率 rate of energy lose for power distribution and transmission

储能电站内为储能系统配套的输变电设备在运行中的电能损耗占储能电站下网电量的比值。

3.10

调度响应成功率success rate of power grid dispatching response

一定周期内储能电站对电网调度指令实际执行成功次数与指令下达次数的比值。

3.11

运行维护费operation and maintenance cost

储能电站为实现其安全稳定运行和正常的电力充放和能量存储功能，所投入的人力、物力等引起的直接支出费用主要包括修理费、材料费、购电费及生产管理人员薪酬等。

3.12

启停机 start-stop

储能电站由停机状态转换为充电、放电或热备用状态，或者由充电、放电或热备用状态转换为停机状态的过程。

3.13

调度响应成功率success rate of power grid dispatching response

一定周期内，储能电站对电力调度指令实际执行成功次数与调度指令下达次数的比值。注：一定周期指年、季度或月。

3.14

等效运行小时数 equivalent operating hours

一定周期内，储能电站充电电量与电站额定充电功率的比值加上放电电量与电站额定放电功率的比值的和。

3.15

非计划停运系数unplanned outage factor

一定周期内，储能电站非计划停运时间与统计时间的比值。

注：一定周期指年、季度或月。

3.16

储能度电成本 levelized cost of storage (LCOS)

储能的全生命周期成本即平准化储能成本，考虑储能系统的投资成本、运营和维护成本以及储能系统的寿命周期，并将其平均分摊到每单位存储的能量上，以得出每单位能量的平均成本。

4 总体要求

- 4.1 独立全面：评价须由独立第三方实施，覆盖经济、社会、环境、电网四维效益，并动态跟踪投运后至少12个月的运行数据。
- 4.2 范围明确：适用于10(6)kV及以上电压等级并网、含锂离子电池、钠离子电池等主流技术的储能电站。
- 4.3 指标体系：定量计算内部收益率（IRR）、储能度电成本（LCOS）、碳减排量、电压质量改善等核心指标；辅以专家评议、敏感性分析。
- 4.4 数据与方法：以电站监控、调度记录和第三方检测报告为数据源，采用对比法、现金流折现估值模型（DCF）、层次分析法（AHP）等模型，每3年～5年滚动复评，技改后即时更新。
- 4.5 结果闭环：评估结果用于指导设备技改、运行策略优化，并与电力市场规则、碳交易及储能补贴政策联动，支撑后续投资决策。

5 储能电站运行评价指标

5.1 电量指标

5.1.1 一般规定

5.1.1.1 电量指标应包括储能电站上网电量、下网电量、站用电量、运行小时数、等效利用系数，以及储能单元充电量和放电量等。

5.1.1.2 储能电站下网电量应等于上网电量与站用电量、储能系统损耗电量及配套输变电设施损耗电量的总和

5.1.2 电站上网电量、下网电量

5.1.2.1 上网电量应为评价周期内储能电站向电网输送的电量总和，下网电量应为评价周期内储能电站从电网接受的电量总和。

5.1.2.2 上网电量和下网电量应从储能电站与电网之间的关口计量表计取。

5.1.3 站用电量

站用电量应为评价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，可通过监控系统从站用电回路中的计量表计取。

5.1.4 电站运行小时数

储能电站运行小时数应分别统计评价周期内各储能单元的运行时间，并按照各储能单元的额定功率加权平均，按（1）计算：

$$UTH = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^N P_i \times UTH_i \dots \dots \dots (1)$$

式中：

UTH ——储能电站评价周期内运行小时数，单位为小时（h）；

P ——储能电站额定功率，单位为千瓦（kW）；

P_i ——第 i 个储能单元的额定功率，单位为千瓦（kW）；

UTH_i ——第 i 个储能单元评价周期内的运行小时数，单位为小时（h）。

5.1.5 电站等效利用小时数

储能电站等效利用系数应分别统计评价周期内各储能单元的等效利用系数，再按额定功率加权平均，按式（2）计算：

$$EAF = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^N P_i \times EAF_i \dots\dots\dots (2)$$

式中：

EAF ——储能电站等效利用系数，%；

P ——储能电站额定功率，单位为千瓦（kW）；

P_i ——第 i 个储能单元的额定功率，单位为千瓦（kW）；

EAF_i ——第 i 个储能单元的等效利用系数，%，按式（3）计算。

$$EAF_i = \frac{E_{Ci} + E_{Di}}{P_i \times PH} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

E_{Ci} ——第 i 个储能单元在评价周期内的充电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{Di} ——第 i 个储能单元在评价周期内的放电量，单位为千瓦时（kW·h）；

P_i ——第 i 个储能单元的额定功率，单位为千瓦（kW）；

PH ——评价周期内统计时间小时数，单位为小时（h），当评价周期为 1 年时，PH 取为 8760h。

5.1.6 单元充电量和放电量

5.1.6.1 充电量应为评价周期内储能单元交流侧充电量的总和。

5.1.6.2 放电量应为评价周期内储能单元交流侧放电量的总和。

5.1.6.3 全钒液流电池和钠硫电池的储能单元充电量和放电量统计应考虑电池充电、放电过程中辅助设备的能耗，充、放电量应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。

5.2 能效指标

5.2.1 一般规定

储能电站能效指标应包括电站综合效率、储能损耗率、站用电率、变配电损耗率以及储能单元充放电能量效率等。

5.2.2 可用系数

储能电站可用系数应为评价周期内，电站可用时间和统计时间的比值，按式（4）计算：

$$AF = \frac{AH}{PH} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

AF ——储能电站可用系数，%；

AH ——评价周期内可用小时数，单位为小时（h）；

PH ——评价周期内统计时间小时数，单位为小时（h），当评价周期为 1 年时，PH 取为 8760 h。

5.2.3 运行系数

储能电站运行系数应为评价周期内，储能电站运行时间与统计时间的比值，按式（5）计算：

$$SF = \frac{SH}{PH} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

SF ——储能电站运行系数，%；

SH ——评价周期内运行小时数，单位为小时（h）；

PH ——评价周期内统计时间小时数，单位为小时（h），当评价周期为1年时， PH 取为 8760 h。

5.2.4 利用系数

储能电站利用系数应为评价周期内储能电站运行时间与统计时间的比值，按式（6）计算：

$$UTF = \frac{UTH}{PH} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

UTF ——储能电站利用系数，%；

UTH ——评价周期内运行小时数，单位为小时（h）；

PH ——评价周期内统计时间小时数，单位为小时（h），当评价周期为1年时， PH 取为 8760 h。

5.2.5 电站综合效率

储能电站综合效率应为评价周期内，储能电站生产运行过程中上网电量与下网电量的比值，按式（7）计算：

$$\eta_{EES} = \frac{E_{on}}{E_{off}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

η_{EES} ——储能电站综合效率，%；

E_{on} ——评价周期内储能电站的上网电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{off} ——评价周期内储能电站的下网电量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.6 电站储能损耗率

储能损耗率应为储能电站在评价周期内，各储能单元充电、放电和能量储存过程总的电能损耗与下网电量的比值，按式（8）计算：

$$R_{ES} = \frac{\sum E_C - \sum E_D}{E_{off}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

R_{ES} ——电站储能损耗率，%。

$\sum E_C$ ——评价周期内各储能单元的充电量总和，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum E_D$ ——评价周期内各储能单元的放电电量总和，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{off} ——评价周期内储能电站的下网电量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.7 站用电率

储能电站站用电率应为评价周期内，站用电量占下网电量的百分比，按式（9）计算：

$$R_S = \frac{\sum E_S}{E_{off}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中：

R_S ——站用电率，%；

$\sum E_S$ ——评价周期内储能电站总的站用电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{off} ——评价周期内储能电站的下网电量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.8 电站变配电损耗率

变配电损耗率应为评价周期内，储能电站中为储能系统配套的输变电设备在运行过程中的电能损耗占下网电量的百分比，可按式（10）或者式（11）计算：

$$R_i = \frac{(E_{on} - \sum E_S - \sum E_C) + (\sum E_D - \sum E_{on})}{E_{off}} \times 100\% \quad (10)$$

$$R_i = 1 - \eta_{EES} - R_{ES} - R_S \quad (11)$$

式中：

R_i ——变配电损耗率，%；

$\sum E_{on}$ ——评价周期内储能电站的上网电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum E_S$ ——评价周期内储能电站总的站用电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum E_C$ ——评价周期内各储能单元的充电量总和，单位为千瓦时（kW·h）；

$\sum E_D$ ——评价周期内各储能单元的放电量总和，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{off} ——评价周期内储能电站的下网电量，单位为千瓦时（kW·h）；

η_{EES} ——储能电站综合效率，%；

R_{ES} ——电站储能损耗率，%；

R_S ——站用电率，%。

5.2.9 储能单元充放电能量转换效率

5.2.9.1 铅酸电池和锂离子电池

充放电能量转换效率应为评价周期内，储能单元总放电量与总充电量的比值，按式（12）计算：

$$\eta_{ESU} = \frac{E_D}{E_C} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

η_{ESU} ——储能单元充放电能量效率，%；

E_D ——评价周期内储能单元总的放电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_C ——评价周期内储能单元总的充电量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.9.2 全钒液流电池

全钒液流电池储能单元的充放电能量转换效率应为评价周期内，储能单元净放电量与充电量加上充电过程辅助能耗之和的比值，按式（13）计算：

$$\eta_{ESU} = \frac{E_{SD} - W_{SD}}{E_{SC} + W_{SC}} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

η_{ESU} ——储能单元充放电能量效率，%；

E_{SD} ——评价周期内全钒液流电池储能单元总的放电量，单位为千瓦时（kW·h）；

W_{SD} ——评价周期内全钒液流电池储能单元放电过程辅助设备的能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{SC} ——评价周期内全钒液流电池储能单元总的充电量，单位为千瓦时（kW·h）；

W_{SC} ——评价周期内全钒液流电池储能单元充电过程辅助设备的能耗，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2.9.3 钠硫电池

钠硫电池储能单元的充放电能量转换效率应为评价周期内,储能单元净放电量与充电量加上充电过程辅助能耗之和的比值,按式(14)计算:

$$\eta_{ESU} = \frac{E_{nD} - H_{nD}}{E_{nC} + H_{nC}} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

式中:

η_{ESU} ——储能单元充放电能量效率, % ;

E_{nD} ——评价周期内钠硫电池储能单元总的放电量,单位为千瓦时(kW·h);

H_{nD} ——评价周期内钠硫电池在放电过程中加热所耗电量的总和,单位为千瓦时(kW·h);

E_{nC} ——评价周期内钠硫电池储能单元总的充电量,单位为千瓦时(kW·h);

H_{nC} ——评价周期内钠硫电池在充电过程中加热所耗电量的总和,单位为千瓦时(kW·h)。

6 储能电站电网支撑评价指标

6.1 一般规定

6.1.1 电化学储能电站设备可靠性基础数据由电化学储能电站管理企业记录和统计,并按电力行业可靠性管理归口部门规定的报送时间和审核程序上报。

6.1.2 报告若需修改,应以文件形式逐级上报,说明更改内容和变更原因;各级主管部门对上报的报告应认真核实后进行转报;修改已报出“基础数据”应在下次报告时一并完成。

6.1.3 对于报送“中心”的储能设备可靠性基础数据报告范围仅限于500kW及500kWh以上的储能系统。

6.1.4 可靠性基础数据报告分为四种,即储能设备注册内容报表、储能设备月度计划检修报表、单位储能系统月度充/放电量报表、储能设备月度事件数据报表,参见DL/T 1815。

6.1.5 跨月事件应拆成两条记录,迄于上月末记录和始于下月初记录。两条记录应保持时间连续、状态、编码等一致。

6.1.6 每个单元储能系统每月均需填写实际月放电量。若单元储能系统当月未运行,即实际月放电量填写为“0”。发电量的单位为“kWh”。

6.2 有功出力系数

有功出力系数(AOF)的数学表达式为式(15)或式(16):

$$AOF = \frac{\text{实际放电量}(ADE) + \text{实际充电量}(ACE)}{[\text{充电小时}(CH) + \text{放电小时}(DCH)] \times \text{最大容量}(MC)} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

$$AOF = \frac{\text{充电小时}(CH) + \text{放电小时}(DCH)}{\text{利用小时}(UTH)} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

6.3 无功出力系数

无功出力系数(ROF)的数学表达式为式(17):

$$ROF = \frac{\text{实际无功补偿量}(GARC)}{\text{调相小时}(PMH) \times \text{最大容量}(MC)} \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

6.4 暴露率

暴露率(EXR)的数学表达式为式(18):

$$EXR = \frac{\text{运行小时}(SH)}{\text{可用小时}(Ah)} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

6.5 应急有功出力系数

应急有功出力系数（*EAOF*）的数学表达式为式（19）：

$$EAOF = \frac{\text{应急传输有功能量 (ETAP)}}{[\text{应急运行时间(ESH)} - \text{应急调相时间(EPMH)}] \times \text{最大容量 (MC)}} \times 100\% \dots\dots\dots (19)$$

6.6 应急无功出力系数

应急无功出力系数（*EROF*）的数学表达式为式（20）：

$$EROF = \frac{\text{应急传输无功能量 (ETAP)}}{\text{应急调相时间 (EPMH)} \times \text{最大容量 (MC)}} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

6.7 应急能量系数

应急能量系数（*EPF*）的数学表达式为式（21）：

$$EPF = \frac{\text{应急传输无功能量 (ETAP)}}{\text{实际放电量 (ADE)} \times \text{实际充电量 (ACE)}} \times 100\% \dots\dots\dots (21)$$

6.8 调频里程

调频里程（*D*）的定义为发电单元每次响应 AGC 调频控制指令结束时刻的实际出力值与下发调节指令时刻出力值之差的绝对值；某时间段内总的调频里程为该时段发电单元响应 AGC 控制指令的调整里程之和，数学表达式为式（22）：

$$D = \sum_{j=1}^n P_{des}^j - P_{start}^j \dots\dots\dots (22)$$

式中：

n ——调节次数；

P_{start}^j ——发电单元第 *j* 次调节的起始出力，单位为兆瓦（MW）；

P_{des}^j ——发电单元第 *j* 次调节的目标出力，单位为兆瓦（MW）。

6.9 调频电量贡献率

从频率变化超过一次调频响应死区下限（或上限）开始至一次调频响应动作结束时间内，电站一次调频响应实际贡献电量占理论贡献电量的百分比，调频电量贡献率（*FMPCR*）数学表达式（23）为：

$$FMPCR = \frac{\text{一次调频响应实际贡献电量 (ACFE)}}{\text{一次调频理论贡献电量 (TCFE)}} \times 100\% \dots\dots\dots (23)$$

6.10 调度响应成功率

调度指令响应成功率（*RSR*）数学表达式（24）为：

$$RSR = \frac{\text{调度指令响应成功次数 (ORS)}}{\text{调度指令下达次数 (OG)}} \times 100\% \dots\dots\dots (24)$$

6.11 AVC 指令合格率

电力调度机构 AVC 主站电压指令下达后，机组 AVC 装置在 2 分钟内调整到位为合格，AVC 指令合格率（*AVCSR*）数学表达式为（25）：

$$AVCSR = \frac{\text{AVC 指令执行合格次数 (AEC)}}{\text{AVC 指令下达次数 (AOC)}} \times 100\% \dots\dots\dots (25)$$

6.12 并网点电压合格率

在储能电站最大无功调节能力范围内，并网点电压运行在主站下发的电压曲线范围之内，并网点电压合格率（ VQR ）数学表达式为（26）：

$$VQR = \frac{\text{并网点电压运行在电压曲线范围之内时间 (VQT)}}{\text{升压站带电运行时间 (SOT)}} \times 100\% \dots\dots\dots (26)$$

7 储能电站可靠性评价指标

7.1 一般规定

参考 6.1.1。

7.2 储能电站计划停运系数

计划停运系数（ POF ）的数学表达式为式（27）：

$$POF = \frac{\text{计划停运小时 (POH)}}{\text{统计期间小时 (PH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (27)$$

7.3 储能电站非计划停运系数

非计划停运系数（ UOF ）的数学表达式为式（28）：

$$UOF = \frac{\text{非计划停运小时 (UOH)}}{\text{统计期间小时 (PH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (28)$$

7.4 强迫停运系数

强迫停运系数（ FOF ）的数学表达式为式（29）：

$$FOF = \frac{\text{强迫停运小时 (FOH)}}{\text{统计期间小时 (PH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (29)$$

7.5 强迫停运率

强迫停运率（ FOR ）的数学表达式为式（30）：

$$FOR = \frac{\text{强迫停运小时 (FOH)}}{\text{强迫停运小时 (FOH)} + \text{运行小时 (SH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (30)$$

7.6 等效强迫停运率

等效强迫停运率（ $EFOR$ ）的数学表达式为式（31）：

$$EFOR = \frac{\text{强迫停运小时 (FOH)} + \text{立即等效停运小时 (EUDH}_1\text{)} + \text{延迟等效停运小时 (EUDH}_2\text{)}}{\text{运行小时 (SH)} + \text{强迫停运小时 (FOH)} + \text{立即等效停运小时 (EUDH}_1\text{)} + \text{延迟等效停运小时 (EUDH}_2\text{)}} \times 100\% \dots\dots\dots (31)$$

7.7 计划停运率

计划停运率（ POR ）的数学表达式为式（32）：

$$POR = \frac{\text{计划停运小时 (POH)}}{\text{计划停运小时 (POH)} + \text{运行小时 (SH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (32)$$

7.8 非计划停运率

非计划停运率（ UOR ）的数学表达式为式（33）：

$$UOR = \frac{\text{非计划停运小时 (UOH)}}{\text{非计划停运小时 (UOH)} + \text{运行小时 (SH)}} \times 100\% \dots\dots\dots (33)$$

7.9 强迫发生停运率

强迫停运发生率（ $FOOR$ ）（次/年）的数学表达式为式（34）：

$$FOOR = \frac{\text{强迫停运次数 (FOT)}}{\text{可用小时 (AH)}} \times \text{年日历小时数} \dots\dots\dots (34)$$

7.10 平均计划停运间隔时间

平均计划停运间隔时间（ $MPPTO$ ）（h）的数学表达式为式（35）：

$$MPPTO = \frac{\text{运行小时 (SH)}}{\text{计划停运次数 (POT)}} \dots\dots\dots (35)$$

7.11 平均非计划停运间隔时间

平均非计划停运间隔时间（ $MTTUO$ ）（h）的数学表达式为式（36）：

$$MPPUO = \frac{\text{运行小时 (SH)}}{\text{非计划停运次数 (UOT)}} \dots\dots\dots (36)$$

7.12 平均计划停运小时

平均计划停运小时（ $MPOD$ ）（h）的数学表达式为式（37）：

$$MPOD = \frac{\text{计划停运小时 (POH)}}{\text{计划停运次数 (POT)}} \dots\dots\dots (37)$$

7.13 平均非计划停运小时

平均非计划停运小时（ $MUOD$ ）（h）的数学表达式为式（38）：

$$MUOD = \frac{\text{非计划停运小时 (UOH)}}{\text{非计划停运次数 (UOT)}} \dots\dots\dots (38)$$

7.14 平均连续可用小时

平均连续可用小时（ CAH ）（h）的数学表达式为式（39）：

$$CAH = \frac{\text{可用小时 (AH)}}{\text{计划停运次数 (POT)} + \text{非计划停运次数 (UOT)}} \dots\dots\dots (39)$$

7.15 平均无故障可用小时

平均无故障可用小时数（ $MTBF$ ）（h）的数学表达式为式（40）：

$$CAH = \frac{\text{可用小时 (AH)}}{\text{强迫停运次数 (FOT)}} \dots\dots\dots (40)$$

7.16 启动可靠度

启动可靠度（ SR ）的数学表达式为式（41）：

$$SR = \frac{\text{启动成功次数 (SST)}}{\text{启动成功次数 (SST)} + \text{启动失败次数 (UST)}} \dots\dots\dots (41)$$

7.17 应急启动可靠度

应急启动可靠度（ ESR ）的数学表达式为式（42）：

$$ESR = \frac{\text{应急启动成功次数 (ESST)}}{\text{应急启动次数 (EST)}} \times 100\% \dots\dots\dots (42)$$

7.18 能量可利用率

能量可用率（ EA ）的数学表达式为式（43）：

$$EA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n UC_i \times UH_i}{MC \times PH} \times 100\% \dots\dots\dots (43)$$

式中：

UC_i ——指统计期间第 i 次设备停运时，停运设备总的容量；

UH_i ——指统计期间第 i 次设备停运时，设备经历的停运时间；

n ——指统计期间设备停运的次数。

7.19 电池簇年平均可用小时

电池簇年平均可用小时（ $MHOC$ ）的数学表达式为式（44）：

$$MHOC = \frac{\text{电池簇可用小时 (AHOC)}}{\text{统计期间小时 (PH)}} \times \text{年日历小时数} \dots\dots\dots (44)$$

7.20 储能单元电池失效率

电池失效率（ IRB ）应为评价周期内，铅酸电池、锂离子电池储能单元中失效单体电池数量与单体电池总数的比值，按式（45）计算：

$$I_{RB} = \frac{\text{储能单元内失的电池数量 (N}_{IB})}{\text{储能单元内电池总数量 (N}_B)} \times 100\% \dots\dots\dots (45)$$

7.21 储能单元电池（堆）簇相对故障次数

电池（堆）簇相对故障次数（ $RTOP$ ）（次/簇）应为评价周期内，储能单元中电池（堆）簇故障次数与单元中总的电池（堆）簇数量的比值，按式（46）计算：

$$RTOP = \frac{\text{电池（堆）簇故障次数 (FTOP)}}{\text{单元中总的电池（堆）簇数量 (BPN)}} \times 100\% \dots\dots\dots (46)$$

8 储能电站经济性评价指标

8.1 一般规定

储能电站运维费用指标应包括单位容量收益和运行维护费以及度电运行维护费三个指标。

8.2 单位容量运行维护费

单位容量运行维护费应为评价周期内，储能电站总运行维护费与电站额定功率之比，按式（47）计算：

$$C_{kW} = \frac{C}{P} \dots\dots\dots (47)$$

式中：

C_{kw} ——单位容量运行维护费；

C ——评价周期内储能电站总的运行维护费；

P ——储能电站额定功率，单位为千瓦（kW）。

8.3 度电年收益

单位容量年收益应为储能电站总年度净收益与储能电站额定容量之比，按式（48）计算：

$$R_c = \frac{A_{year} - COPEX}{E_{cap}} \times 100\% \dots\dots\dots (48)$$

式中：

A_{year} ——年总收益（电费+容量+辅助服务+补贴等）；

$COPEX$ ——年运维、充电电费、税费、保险等全部现金流出；

E_{cap} ——储能电站额定容量（kWh 或 MWh）。

8.4 度电老化折损

单位容量/度电老化折损应为容量衰减导致的年化资本损耗与年度累计放电电量之比，按式（49）计算：

$$C_{cap-loss} = \frac{C_{rep} \cdot \Delta E_{loss, yr}}{E_{dis}} \times 100\% \dots\dots\dots (49)$$

C_{rep} ——电池未来单次更换的容量单价（元/kWh）；

ΔE_{loss} ——全年容量衰减量（kWh）；

E_{dis} ——评价周期内累计放电电量（kWh）。

9 储能电站环境影响评价指标

9.1 大气环境现状评价指标

9.1.1 大气环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 2.2 的相关规定进行；

9.1.2 现状评价包括对站址区域及周边环境空气质量进行评价，并说明环境空气受到现有污染源的影响情况。

9.2 地表水环境现状评价指标

9.2.1 地表水环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 2.3 的相关规定进行。

9.2.2 现状评价包括对站址区域及周边地表水水质进行评价，并说明地表水受到现有污染源的影响情况

9.3 地下水环境现状评价指标

9.3.1 地下水环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 610 的相关规定进行。

9.3.2 现状评价包括对站址区域及周边地下水水质进行评价，并说明地下水受到现有污染源的影响状况。

9.4 土壤环境现状评价指标

9.4.1 土壤环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 964 的相关规定进行。

9.4.2 现状评价包括说明站址区域及周边土壤盐化、酸化、碱化和污染现状。

9.5 声环境现状评价指标

9.5.1 声环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 2.4 的相关规定进行。

9.5.2 现状评价包括对站址区域及周边保护目标噪声水平进行评价，并说明其受到现有主要声源的影响情况。

9.6 电磁环境现状评价指标

9.6.1 电磁环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 24 的相关规定进行。

9.6.2 现状评价包括对站址区域及周边保护目标工频电场、工频磁场进行评价，并说明其受到现有电磁场干扰源的影响情况。

9.7 生态环境现状评价指标

9.7.1 生态环境现状评价因子、评价标准、评价方法按 HJ 19 的相关规定进行。

9.7.2 现状评价包括说明站址区域及周边生态环境现状和敏感程度。

10 储能电站运行量化评价

10.1 一般规定

10.1.1 储能电站运行效果评价包括充放电能力、能效水平和设备运行状态三个方面；

10.1.2 电化学储能电站应根据运行数据进行评价，运行数据统计格式参见 GB/T 34569。

10.2 充放电能力评价

10.2.1 能力评价应包括储能电站实际可充放电功率、实际可放电量以及储能单元能量保持率指标。

10.2.2 储能电站实际可充放电功率应为储能电站实际可连续运行 15 min 及以上的最大功率值。

10.2.3 储能电站实际可放电量应为电站中各储能单元实际可放电量的总和，储能单元实际可放电量的测定应符合 GB/T 36558 的规定。

10.2.4 储能单元能量保持率应为评价周期内，储能单元实际可放电能量与储能单元铭牌标识的额定能量的比值，按式（50）计算：

$$\delta = \frac{E_p}{E_f} \dots\dots\dots (50)$$

式中：

δ ——储能单元能量保持率；

E_p ——评价周期内储能单元实际可放电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_f ——储能单元铭牌标识的额定能量，单位为千瓦时（kW·h）。

10.3 能效评价

10.3.1 储能电站能效评价指标包括电站综合效率、储能损耗率和站用电率等。

10.3.2 储能电站综合效率应按日、月、年的上网电量与下网电量统计来进行计算。

10.3.3 电站储能损耗率可按日、月、年的下网电量以及各储能单元充放电过程总电能损耗的统计来进行计算。

10.3.4 储能电站站用电率应按日、月、年的下网电量和站用电量的统计来进行计算。

10.4 可靠性评价

储能电站设备运行状态评价指标包括调度响应成功率、等效利用系数、非计划停运系数、可用系数

等。

10.5 经济效益评价

- 10.5.1 电化学储能电站经济效益评价应包含电站收益分析、成本费用分析和财务分析，费用与收益计算范围应一致。
- 10.5.2 储能电站收益分析应根据不同应用场景和不同功能确定其收益来源，并计算财务内部收益率和财务净现值等指标，评价电站的获利能力。
- 10.5.3 储能电站收益可包括节约新建发电机组投资收益、促进可再生能源消纳收益、跟踪计划出力收益、调频辅助服务收益、调峰辅助服务收益、黑启动收益、备用收益、需求侧响应收益、用户分时电价管理收益、用户基本电费管理收益、容量电费收益、提高供电可靠性收益、提高电能质量收益、延迟或替代电网投资收益以及国家或地方补贴等。
- 10.5.4 储能电站成本费用分析应计算固定成本和可变成本等指标，评价电站的成本控制能力和平准化度电成本。
- 10.5.5 固定成本可包括场地租赁费、折旧费、修理费、材料费、保险费、工资及福利和其他费用等，可变成本应包括电池损耗费用、充电电费和税金等。
- 10.5.6 财务分析应通过储能电站收益和成本费用财务指标，评价电站的投资回收期、盈利能力、偿债能力和财务生存能力。

10.6 社会效益评价

- 10.6.1 电化学储能电站社会效益评价应分析电站对电力系统和区域社会经济发展所产生的影响。
- 10.6.2 电力系统影响评价宜包括电站对电网电力电量平衡能力、电网设备利用水平、电网供电可靠性、电能质量和促进所在区域新能源消纳等方面的作用和影响。
- 10.6.3 社会经济影响评价宜包括储能电站对所在区域增加电能消费、增加投资及就业等方面的作用和影响。

10.7 综合评价

10.7.1 指标权重

电化学储能电站评价指标基本权重划分可按表 1。

10.7.2 评分原则

- 10.7.2.1 电化学储能电站综合得分宜根据指标得分和相应权重系数，按式（51）计算：

$$S=\sum_i K_i \times F_i.....(51)$$

式中：

S ——储能电站综合评价得分；

K_i ——指标 i 所占权重，见表 1；

F_i ——指标 i 得分计算，见表 2。

表 1 权重划分表

序号	准则层	指标层	权重
1	充放电能力	电站实际可充放电功率	15%
2		电站实际可放电量	15%

3	能效水平	电站综合效率	10%
4		电站储能损耗率	10%
5		站用电率	5%
6	支撑电网水平	调频电量贡献率	5%
7		AVC 指令合格率	5%
8		并网点电压合格率	5%
9		电站调度响应成功率	10%
10	设备运行状态	电站等效利用系数	10%
11		电站非计划停运系数	5%
12		电站可用系数	5%

10.7.2.2 电化学储能电站综合得分大于 90 分的为优级；得分为 80 分~90 分的为良级；得分为 70 分~80 分的为中级；得分为 60 分~70 分的为合格；得分低于 60 分的为不合格。

表 2 指标 i 得分计算标准

序号	评价指标	评价内容	满分 分值	得分标准
1	实际可充放电功率	电站评价周期内的实际可放电功率与电站额定功率的比值	100	1)不小于 100%标识额定功率的为满分； 2) 90%标识额定功率的，得 90 分； 3) 80%标识额定功率的，得 80 分； 4) 70%标识额定功率的，得 70 分； 5) 60%标识额定功率的，得 60 分。
2	实际可放电量	电站评价周期内的实际可放电量与电站额定能量的比值	100	1)等于 100%标识额定能量的，为满分； 2) 90%标识额定能量的，得 90 分； 3) 80%标识额定能量的，得 80 分； 4) 70%标识额定能量的，得 70 分； 5) 60%标识额定能量的，得 60 分。
3	电站综合效率	计算电站评价周期内综合能量效率	100	1)综合效率不小于 90%的，为满分； 2)综合效率为 80%的，得 90 分； 3)综合效率为 70%的，得 80 分； 4)综合效率为 60%的，得 70 分。
4	电站储能损耗率	计算电站评价周期内的储能损耗率	100	1)储能损耗率不大于 10%，记为满分； 2)储能损耗率为 20%的，得 95 分； 3)储能损耗率为 30%的，得 90 分； 4)储能损耗率为 40%的，得 85 分。
5	站用电率	计算电站评价周期内站用电效率	100	1)站用电率不大于 5%的，为满分； 2)站用电率为 10%的，得 90 分； 3)站用电率为 15%的，得 80 分； 4)站用电率为 20%的，得 70 分。

6	调频电量贡献率	计算电站评价周期内一次调频响应实际贡献电量占理论贡献电量的百分比	100	1)贡献率不小于95%的, 为满分; 2)贡献率不小于90%的, 得90分; 3)贡献率不小于85%的, 得80分; 4)贡献率不小于80%的, 得70分。
7	AVC 指令合格率	计算电站评价周期内电站响应 AVC 指令合格率	100	1)合格率为100%的, 为满分; 2)合格率不小于99%的, 得90分; 3)合格率不小于98%的, 得80分; 4)合格率不小于97%的, 得70分。
8	并网点电压合格率	计算电站评价周期内电站并网点电压合格率	100	1)合格率为100%的, 为满分; 2)合格率不小于99.5%的, 得90分; 3)合格率不小于99%的, 得80分; 4)合格率不小于98.5%的, 得70分。
9	调度响应成功率	计算电站评价周期内调度响应成功率	100	1)调度响应成功率不小于99%的, 为满分; 2)调度响应成功率为98%的, 得90分; 3)调度响应成功率为97%的, 得80分; 4)调度响应成功率为95%的, 得70分。
10	等效利用系数	计算电站评价周期内等效利用系数	100	1)电站等效利用系数不小于95%的, 为满分; 2)电站等效利用系数为90%的, 得90分; 3)电站等效利用系数为85%的, 得80分; 4)电站等效利用系数为80%的, 得70分。
11	非计划停运系数	计算电站评价周期内的非计划停运系数	100	1)年非计划停运系数为0的, 为满分; 2)年非计划停运系数为5%的, 得90分; 3)年非计划停运系数为10%的, 得80分; 4)年非计划停运系数为15%的, 得70分。
12	可用系数	计算电站可用系数	100	1)电站可用系数为 100%的为满分; 2)电站可用系数为 95%的, 得 90 分; 3)电站可用系数为 90%的, 得 80 分; 4)电站可用系数为 85%的, 得 70 分。
注: 指标得分值要根据评价指标统计结果所在的区间采用线性插入法计算。				