

团 体 标 准

T/CIECCPA 134—2026

混合储能系统经济性评价导则

Guidelines for economic evaluation of hybrid energy storage system

2026 - 03 - 23 发布

2026 - 03 - 27 实施

中 国 工 业 节 能 与 清 洁 生 产 协 会 发 布

CLECCRA

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 评价总则	2
5 评价内容	2
6 评价方法	8
7 评价报告	9
附录 A（资料性）评价报告样例	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：国家能源集团新能源技术研究院有限公司、华电江苏能源有限公司、国电电力大连庄河发电有限公司、华电青岛发电有限公司、浙江工业职业技术学院、北京绿碳循环信息技术咨询有限公司。

本文件主要起草人：陈彦桥、赵璐璐、苏新凯、李伯奎、陆盛昌、高贺、李冬明、么敏、郝宗鹏、石德胜、邓向辉、惠相君、柯良、张文婷、梁晓苏、李成功。

混合储能系统经济性评价导则

1 范围

本文件规定了能量型与功率型混合储能系统经济性评价总则、评价内容、评价方法与评价报告。
本文件适用于含有两种及以上储能类型的电力混合储能系统经济性评价。

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 20001.8	标准起草规则 第 8 部分：评价标准
GB/T 36549	电化学储能电站运行指标及评价
GB/T 42313	电力储能系统术语
GB/T 42318	电化学储能电站环境影响评价导则
GB/T 43512	全钒液流电池可靠性评价方法
GB/T 43687	电力储能用压缩空气储能系统技术要求
GB/T 44934	电力储能用飞轮储能单元技术规范
DL/T 2919	电化学储能电站经济评价导则
T/CNESA 1101	电力储能项目经济评价导则

IEC TS 62933-2-2 ELECTRICAL ENERGY STORAGE (EES) SYSTEMS - Part 2-2: Unit parameters and testing methods - Application and performance testing

3 术语和定义

GB/T 42313 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

储能系统 energy storage system

由一个或多个储能单元构成，能够独立实现电能存储、转换及释放功能的系统。

3.2

混合储能系统 hybrid energy storage system

由功率型储能设备（如超级电容、飞轮）与能量型储能设备（如锂离子电池、液流电池）通过动态功率分配策略集成，实现高频响应与长时调节互补的系统。

注：不包含同类设备扩容组合（如锂离子电池与铅酸电池混合）。

3.3

功率型储能设备 power-type energy storage equipments

适用于短周期、高功率密度场景的储能设备，一般循环时长小于 1h。

3.4

能量型储能设备 energy-type energy storage equipments

适用于长周期、高能量密度场景的储能设备，一般循环时长大于 1h。

3.5

经济性评价 economic evaluation

运用科学的方法和指标体系，对混合储能系统在全生命周期内的成本投入、收益产出以及相关设备性能等方面进行综合分析和评估，利用内部收益率（IRR）等经济性评价指标，判断其经济可行性和合理性的过程。

3.6

全生命周期 life cycle

从储能系统的规划设计开始，到设备退役处置为止的完整过程。

3.7

全生命周期成本 life cycle cost

混合储能系统从规划设计、设备采购、建设安装、运营维护到退役处置整个生命周期内所发生的全部成本总和，包括初始投资成本、运行维护成本、设备更换成本、退役处置成本等。

3.8

全生命周期收益 life cycle profit

混合储能系统在全生命周期内通过提供电能与辅助服务、延缓电网升级、新能源消纳等业务所获得的全部收益总和。

4 评价总则

4.1 评价目的

通过对混合储能系统进行经济性评价，为项目投资决策、技术方案比选、运营策略优化提供数据支持和理论依据，促进混合储能系统资源的合理配置和高效利用，提高项目的经济收益和社会收益。

4.2 评价原则

4.2.1 科学性原则

采用科学合理的评价方法和指标体系，确保评价结果真实、准确、可靠。

4.2.2 全面性原则

综合考虑混合储能系统全生命周期内的成本、收益和设备性能等各个方面，进行全面系统的评价。

4.2.3 可比性原则

在评价过程中，统一评价标准和方法，保证不同项目之间的评价结果具有可比性。

4.2.4 动态性原则

充分考虑市场环境、技术发展、政策变化等因素对混合储能系统经济性的影响，进行动态分析和评价。

4.3 评价周期

混合储能系统经济性评价周期应涵盖项目全生命周期，一般从项目规划设计阶段开始，到项目退役处置结束，宜在项目投资决策、规划、投产、关停等关键时间节点开展专项评价，并于运营阶段开展常规定期评价。对于特殊项目，可根据实际情况适当调整评价周期，但需在评价报告中明确说明调整原因和依据。

5 评价内容

5.1 成本指标

5.1.1 初始投资成本

初始投资成本 C_{init} 为混合储能系统建设阶段发生的全部一次性投入，包括储能设备购置费用、建筑工程费用、安装工程费用、配套设施建设费用、设计咨询费用、融资费用以及其他相关费用，元。计算公式如下：

$$C_{init} = C_{eq} + C_{con} + C_{ins} + C_{att} + C_{des} + C_{fin} + C_{oth} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

—— C_{eq} ：储能设备购置费用（如锂离子电池、超级电容器、飞轮等直流侧设备，以及变流器、变压器等交流侧设备的采购费用），元；

—— C_{con} ：建筑工程费用，含设备基础、配套生产楼等建设费用，元；

—— C_{ins} ：安装工程费用，含设备运输、安装、调试等费用，元；

—— C_{att} ：配套设施建设费用，能量管理系统、保护装置等配套设备的购置、安装和调试费用，元；

—— C_{des} ：设计咨询费用，含项目规划设计、技术咨询、并网实验等服务费用，元；

—— C_{fin} ：融资费用，含贷款利息、债券发行费用等，元；

—— C_{oth} ：其他相关费用，含如土地征用费、青苗补偿费等，元。

独立储能项目需单独核算土地征用费、独立计量结算设备购置费用，全额计入初始投资成本；非独立储能项目可依托主体的土地、计量设施，相关费用按储能资产占比、工作量分摊等因素计入初始投资成本。

5.1.2 运行维护成本

运行维护成本 C_{ope} 为混合储能系统运营阶段年度常态化发生的全部费用，包括日常运维费用、人员成本、保险费用，元。计算公式如下：

$$C_{ope} = C_{dai} + C_{per} + C_{insu} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

—— C_{dai} ：日常运维费用，含厂用电、设备维护保养、故障维修等费用，元/年；

—— C_{per} ：人员成本，含运维人员的工资、福利、培训等费用，元/年；

—— C_{insu} ：保险费用，为保障储能系统安全运行而购买的各类保险费用等，元/年。

独立储能项目按全流程独立核算人员、运维费用，全额计入年度运行维护成本；非独立储能项目可与依托主体共享运维人员，人员成本按储能运维工作量分摊计入。

5.1.3 设备更换成本

设备更换成本 C_{rep} 指在混合储能系统生命周期内，由于储能设备老化、性能下降等原因需要进行设备更换所产生的费用，包括新设备购置费用、旧设备拆除费用以及设备更换过程中的相关服务费用，元。计算公式如下：

$$C_{rep} = \sum_{n=1}^N (C_{eq-new,n} + C_{dem,n} + C_{ser,n}) \times (1+i)^{-t_n} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

—— N ：全生命周期内设备更换总次数，次；

—— $C_{eq-new,n}$ ：第 n 次更换的新设备购置费用，单位：元；

—— $C_{dem,n}$ ：第 n 次旧设备拆除及处置费用，单位：元；

—— $C_{ser,n}$ ：第 n 次设备更换的安装、调试等配套服务费用，单位：元；

—— i ：基准贴现率，%；

—— t_n ：第 n 次设备更换时对应的运营年份，年；

独立储能项目按单类设备设计寿命独立核算更换周期与成本；非独立储能项目设备更换周期宜与依托主体设备大修、更换周期同步，成本按储能占比、工作量分摊等单独核算。

5.1.4 退役处置成本

退役处置成本 C_{ret} 为混合储能系统退役后，对储能设备（特别是电池）进行回收、拆解、处理以及环境恢复等过程中发生的费用，元。计算公式如下：

$$C_{ret} = C_{tra} + C_{rec} + C_{env} \quad (4)$$

式中：

—— C_{tra} ：退役设备运输费用，元；

—— C_{rec} ：退役设备回收、拆解、无害化处理费用，元；

—— C_{env} ：退役后场地环境治理、恢复费用，元。

5.1.5 全生命周期总成本

全生命周期总成本 C_{LCC} 为将全生命周期内所有年度成本折算至基准年的现值求和，元。计算公式如下：

$$C_{LCC} = C_{init} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{ope,t}}{(1+i)^t} + C_{rep} + \frac{C_{ret}}{(1+i)^T} \quad (5)$$

式中：

—— T ：项目全生命周期总年限，年；

5.2 收益指标

5.2.1 电能量与辅助服务收益

5.2.1.1 调峰收益

调峰收益 R_{peak} 为混合储能系统通过参与电力系统调峰服务，根据调峰电量和调峰电价所获得的收益，元。对于独立储能项目，以电网企业或电力交易公司结算数据为准；对于非独立储能项目，可按如下公式测算：

$$R_{peak} = Q_{peak} \times P_{peak} \quad (6)$$

式中：

—— Q_{peak} ：年度调峰电量，kWh；

—— P_{peak} ：项目核定峰谷电价差，元/kWh。

5.2.1.2 调频收益

调频收益 R_{freq} 为混合储能系统向电力系统提供调频服务，按照调频里程、调频容量等指标计算获得的收益，元。对于独立储能项目，以电网企业或电力交易公司结算数据为准；对于非独立储能项目，与依托主体联合参与调频的，收益按储能调频贡献度分摊核算。

5.2.1.3 备用容量收益

备用容量收益 R_{backup} 指混合储能系统作为电力系统备用容量，根据备用容量大小和备用时长获得的补偿收益，元。主要适用于独立储能项目，以电网企业或电力交易公司结算数据为准；非独立储能项目

仅在依托主体无法满足电网备用要求时，单独核算储能备用收益。

5.2.1.4 黑启动收益

黑启动收益 R_{black} 指混合储能系统为电力系统提供黑启动服务，根据黑启动次数和容量大小获得的补偿收益，元。独立储能项目和对外提供黑启动服务的非独立储能项目均使用，以电网企业或电力交易公司结算数据为准；对内提供黑启动服务的非独立储能项目，可按如下公式测算：

$$R_{black} = N_{black} \times S_{black} \times P_{black} \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- N_{black} ：年度提供黑启动服务次数，次；
- S_{black} ：黑启动核定容量，kW；
- P_{black} ：单次黑启动服务单位容量补偿标准，元/kW。

5.2.1.5 电能质量改善收益

电能质量改善收益 R_{pq} 通过改善电能质量（如电压稳定、频率稳定、谐波抑制等），减少因电能质量问题带来的损失，从而获得的收益，元。主要适用于非独立储能项目。计算公式如下：

$$R_{pq} = C_{loss,0} - C_{loss,1} \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- $C_{loss,0}$ ：未配置储能时，依托主体年度因电能质量问题产生的经济损失，元/年；
- $C_{loss,1}$ ：配置储能后，依托主体年度因电能质量问题产生的经济损失，元/年。

5.2.2 延缓电网升级收益

延缓电网升级收益 R_{grid} 指混合储能系统通过提高电网供电可靠性、降低电网峰值负荷，延缓电网升级改造需求而节省的电网建设投资费用，元。计算公式如下：

$$R_{grid} = C_{grid,0} \times \eta_{es} \dots\dots\dots(9)$$

式中：

- $C_{grid,0}$ ：无储能时，对应供电区域电网升级改造的预计总投资费用，元；
- η_{es} ：储能系统对电网升级的贡献率，由属地电网企业核定，%。

独立储能项目按电网核定贡献率单独核算收益；非独立储能项目：收益计入依托主体电网升级收益，按储能贡献度分摊。

5.2.3 新能源消纳收益

新能源消纳收益 R_{new} 为混合储能系统通过存储并调节风能、太阳能等间歇性新能源电力，避免其因电网消纳能力不足而产生弃风、弃光现象，从而获取的经济收益和社会收益，元。计算公式如下：

$$R_{new} = Q_{new} \times P_{new} \dots\dots\dots(10)$$

式中：

- Q_{new} ：储能系统投运后，年度新能源弃电量减少量（新增消纳量），kWh；
- P_{new} ：新能源上网标杆电价，元/kWh。

主要适用于依托新能源电站的非独立储能项目，全额核算消纳增量收益；独立储能项目参与新能源消纳服务的，按市场交易合同价格核算收益。

5.2.4 碳减排收益

碳减排收益 R_{carbon} 是混合储能系统在全生命周期内,通过促进新能源消纳、替代火电完成调峰等电力服务、降低化石能源消耗等方式减少碳排放,进而参与全国、区域碳市场交易所获得收益,元。计算公式如下:

$$R_{carbon} = Q_{carbon} \times P_{carbon} \dots\dots\dots(11)$$

式中:

—— Q_{carbon} : 净碳减排量, tCO_2 ;

—— P_{carbon} : 全国碳市场交易均价, 元/ tCO_2 。

净碳减排量 Q_{carbon} 可按式核算:

$$Q_{carbon} = (Q_{new} + Q_{peak}) \times f_{coal} - Q_{cf} \dots\dots\dots(12)$$

式中:

—— f_{coal} : 项目属地电网碳排放系数,按国家或当地生态环境部门最新公布值取定, tCO_2/kWh ;

—— Q_{cf} : 混合储能系统全生命周期碳足迹总量, tCO_2 。按设备生产、建设安装、运营维护、退役处置四个阶段全流程核算,核算方法遵循国家温室气体排放核算与报告相关标准,各类储能设备碳排放因子按行业权威公开值取定。

独立储能项目可独立参与碳市场交易,全额核算碳减排收益;非独立储能项目与依托主体联合核算碳减排量,收益按碳排放贡献度分摊。

5.2.5 其他收益

其他收益 R_{other} 包括政府补贴(如国家和地方政府为鼓励混合储能技术发展而给予的财政补贴、税收优惠等)、设备回收收益(如有)等,元。计算公式如下:

$$R_{other} = R_{sub} + R_{rec} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

—— R_{sub} : 政府补贴收益,含国家和地方财政补贴、税收优惠折算收益,元;

—— R_{rec} : 设备残值回收收益,含退役设备可回收材料变卖收益,元。

独立储能项目与非独立储能项目均适用,补贴标准按项目所属类型对应的国家、地方政策执行。

5.2.6 全生命周期总收益

全生命周期总收益 R_{LCP} 为将全生命周期内所有年度收益折算至基准年的现值求和,元。计算公式如下:

$$R_{LCP} = \sum_{t=1}^T \frac{R_{peak} + R_{freq} + R_{backup} + R_{black} + R_{pq} + R_{new} + R_{other}}{(1+i)^t} + R_{grid} + R_{carbon} \dots\dots\dots(14)$$

5.3 设备指标

5.3.1 设备性能指标

5.3.1.1 额定能量

额定能量 E_{hess} 为混合储能设备所存储的能量,反映储能设备的能量存储能力。该指标作为混合储能系统的基础核定指标,不参与综合评分,需在评价报告中明确列明设计值与实测值, kWh 。

5.3.1.2 额定功率

额定能量 P_{hess} 为混合储能设备能够输出的最大功率，体现储能设备的功率输出能力。该指标作为混合储能系统的基础核定指标，不参与综合评分，需在评价报告中明确列明设计值与实测值，kW。

5.3.1.3 充放电效率

充放电效率 η_{hess} 为混合储能设备在充放电过程中，输出能量与输入能量的比值，衡量储能设备能量转换效率，%。计算公式如下：

$$\eta_{hess} = \frac{Q_{dis}}{Q_{cha}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- Q_{dis} ：评价周期内总放电量，kWh；
- Q_{cha} ：评价周期内总充电量，kWh。

5.3.1.4 循环电量

循环电量 Q_{cvcle} 为混合储能设备在规定的充放电条件下，能够保持一定性能指标的放电量，反映储能设备的使用寿命，通过运维台账或能量管理系统统计获得，该指标作为混合储能系统运行情况的核定指标，不参与综合评分，kWh。

5.3.1.5 健康状态

健康状态 SOH 为混合储能系统当前的最大容量与其原始容量的百分比，用于描述储能系统的老化或衰退程度，%。计算公式如下：

$$SOH = \frac{Q_{dis,1}}{Q_{dis,0}} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

式中：

- $Q_{dis,0}$ ：混合储能系统当前 1 个完整充放电周期内放电量，kWh；
- $Q_{dis,1}$ ：混合储能系统投产/并网测试时 1 个完整充放电周期内放电量，kWh。

5.3.2 设备匹配度指标

设备匹配度指标 S_{mat} 指混合储能系统中不同类型储能设备之间在响应速度、使用寿命等方面的匹配程度，判断各储能设备能否协同工作，充分发挥系统整体性能，分。计算公式如下：

$$S_{mat} = 0.5 \times S_v \times 100 + 0.5 \times S_l \times 100 \dots\dots\dots (17)$$

式中：

- S_v ：响应速度匹配度得分，功率型设备、能量型设备响应速度的契合度，为响应最快的储能形式响应时间与响应最慢的储能形式响应时间之比，%；
- S_l ：使用寿命匹配度得分，功率型设备、能量型设备使用寿命的契合度，为衰减最快的储能形式使用时长与衰减最慢的储能形式使用时长，%；

5.3.3 设备可靠性指标

设备可靠性指标 S_{rel} 指混合储能系统中储能设备的可靠性和稳定性，从设备故障率、平均无故障时间、可维护性三个维度加权计算，分。计算公式如下：

$$S_{rel} = 0.4 \times (1 - f) \times 100 + 0.3 \times \frac{MTBF_{real}}{MTBF_{design}} \times 100 + 0.3 \times \frac{FT_{real}}{FT_{design}} \times 100 \dots\dots\dots (18)$$

式中：

- f ：设备年平均故障率，%；
- $MTBF_{real}$ ：设备实际年平均无故障时间，h；
- $MTBF_{design}$ ：设备设计年平均无故障时间，h；
- FT_{real} ：设备平均故障修复时间，h；
- FT_{design} ：设备设计故障修复时间，h；

相关细分指标的计算方面，锂离子电池、超级电容等按照 GB/T 36549 进行；全钒液流电池按照 GB/T 43512 进行；飞轮按照 GB/T 44934 进行；压缩空气储能按照 GB/T 43687 进行。未在上述储能范围中列明的，均应参考 GB/T 36549 中指标进行评价，但可对不相关指标进行删减。

5.3.4 设备综合指标

设备综合指标 S_{eq} 为混合储能系统设备指标的综合得分，分。按下式计算：

$$S_{eq} = 0.3 \times \eta_{hess} \times 100 + 0.3 \times SOH \times 100 + 0.2 \times S_{mat} + 0.2 \times S_{rel} \dots\dots\dots (19)$$

6 评价方法

6.1 概述

6.1.1 评价方法以成本、收益、设备指标体系为基础，分别对三类指标进行归一化处理，消除量纲与数值跨度差异；再结合项目需求赋予差异化权重，最终通过加权求和得出综合评价得分，作为评价核心依据。

6.1.2 成本归一化指标 S_c 计算方法如下：

$$S_c = \frac{C_{LCC,max} - C_{LCC}}{C_{LCC,max} - C_{LCC,min}} \times 100 \dots\dots\dots (20)$$

式中：

- $C_{LCC,max}$ 、 $C_{LCC,min}$ ：对标分析中同类型、同场景储能项目的全生命周期成本最大值、最小值，

取自行业权威数据库，元。

6.1.3 当不进行对标分析时，也可采用下式进行归一化：

$$S_c = \frac{C_{LCC,design}}{C_{LCC}} \times 100 \dots\dots\dots (21)$$

式中：

- $C_{LCC,design}$ ：设计投资估算成本，元。

6.1.4 收益归一化指标 S_R 计算方法如下：

$$S_R = \frac{R_{LCC} - R_{LCC,min}}{R_{LCC,max} - R_{LCC,min}} \times 100 \dots\dots\dots (22)$$

式中：

—— $R_{LCC,max}$ 、 $R_{LCC,min}$ ：对标分析中同类型、同场景储能项目的全生命周期成本最大值、最小值，

取自行业权威数据库，元。

6.1.5 当不进行对标分析时，也可采用下式进行归一化：

$$S_R = \frac{R_{LCC}}{R_{LCC,design}} \times 100 \dots\dots\dots (21)$$

式中：

—— $R_{LCC,design}$ ：设计预期收益，元。

6.2 成本收益分析

计算混合储能系统全生命周期内的总成本和总收益，通过比较两者的大小关系，判断项目的经济可行性。包括全生命周期成本和全生命周期收益。按照 DL/T 2919 计算混合储能的净现值（NPV）、内部收益率（IRR）等财务指标，并进行敏感性分析。

计算时，全生命周期成本、收益均需折算为现值。

6.3 综合评价方法

根据所建立的成本指标、收益指标和设备指标评价体系，按照以下公式进行计算综合评分 S ：

$$S = S_c + S_R + S_{eq} \dots\dots\dots (1)$$

7 评价报告

7.1 基本要求

评价报告应采用规范的文档格式，书写语言应简洁明了，图表清晰准确、标注完整，需包含项目概述、评价依据与方法、成本指标分析、收益指标分析、设备指标分析、经济性评价、敏感性分析、结论与建议等章节，评价报告模板见附录A。

7.2 项目概述

介绍混合储能系统项目的基本情况，包括项目名称、建设地点、建设规模、储能类型及配置等。

7.3 评价依据与方法

说明经济性评价所依据的相关标准、规范、政策文件以及采用的评价方法和指标体系，对评价过程中涉及的评价周期、评价原则、关键参数和假设条件进行详细说明。

7.4 成本指标分析

对混合储能系统全生命周期内的各项成本进行分析和计算，列出成本构成表。

7.5 收益指标分析

分析混合储能系统在全生命周期内的各项收益，计算收益指标，展示收益来源和收益变化情况。

7.6 设备指标分析

对储能设备指标进行分析和评价，说明设备性能对系统经济性的影响。

7.7 经济性评价

运用选定的评价方法，计算混合储能系统的经济性评价指标，给出项目经济性评价结论。

7.8 敏感性分析

分析峰谷价差波动、设备寿命缩短、贴现率等主要因素对评价指标结果的影响，给出系统对各敏感因素的敏感程度结论及风险应对提示。

7.9 结论与建议

总结混合储能系统经济性评价的主要结论，提出优化建议和改进措施，为项目投资决策、规划设计和运营管理提供参考。

附 录 A

(资料性)

评价报告样例

评价报告

(报告编号)

项目名称:

委托单位:

(评价单位)

××××年××月××日

注意事项

1. 未经本单位书面批准不得复制本评价报告（完全复制除外）。
2. 报告无评价单位印章无效。
3. 完全复制报告未重新加盖评价单位印章无效。
4. 评价报告无主评、审核、批准人签字无效。
5. 评价报告涂改无效。
6. 对评价报告若有异议，应于收到报告之日起十五日内向评价单位提出。
7. 评价报告仅对委托评价样品负责。

（评价单位）

评价报告

报告编号：

共 页 第 页

委托单位名称及 联系电话			
委托单位地址			
项目名称			
建设地点		建设规模	
储能类型及配置			
设备型号			
累计充放电量			
生产单位名称及 联系电话			
任务来源			
评价日期		评价人员	
开始时间		结束时间	
评价目标			
评价依据与方法			
数据及处理			
成本指标分析			
收益指标分析			
设备指标分析			
经济性评价			
敏感性分析			
结论与建议	<div style="text-align: right;"> 评价单位公章 签发日期： 年 月 日 </div>		
备注			

批准：

审核：

主评：