

新能源电站配套储能盈利分析及全寿命周期经济效益评估

张梦婷

南京东博智慧能源研究院有限公司 江苏南京 210000

摘要: 在双碳目标推动的能源转型行动中,以光伏、风电为代表的新能源发电技术进一步发展并大规模应用。储能是应对可再生能源发电的间歇性和不稳定性,提高电力供应的可靠性和电网稳定运行的有效手段。本文分析新能源配套储能在现有机制下的成本和盈利情况,基于全寿命周期理论,进一步评估常用电池储能的经济效益。结果表明,在当前市场机制下选择建设投资成本更低的储能具有相对较高的经济性,在投资能力充足的前提下,长期来看,随着新能源配套储能参与电力市场的相关机制的完善和成本的进一步下降,建设配套储能比容量租赁更具备经济性。

关键词: 新能源电站; 储能; 全寿命周期; 经济效益

引言

储能作为应对太阳能、风能等可再生能源发电的间歇性和不稳定性的重要手段^[1],可以进一步确保电力系统稳定可靠运行,促进清洁能源高效利用,并支持国家能源结构转型和双碳目标的实现^[2]。

近年来,储能技术取得了快速发展,成本逐渐降低,性能不断提升,新型储能可分为新能源配储、电网侧独立储能及用户侧储能三类^[3],目前超 20 个省份出台了具体的新能源配储政策要求^[4]。相较于国外而言,国内对储能的相关政策支持和补贴仍有一定差距,事实上新能源配套储能的应用场景远不及独立储能电站多,整体利用率偏低^[5]。

目前,因电力市场机制的进一步完善,相较于新能源配套储能,电网侧及用户侧储能具有更多商业模式^[6-8],如独立储能可以参与多种电力辅助服务,用户侧储能可以峰谷套利^[9-10]。从储能技术类型上看,考虑技术成熟度、应用规模、成本等多因素,电化学储能经济效益更为突出^[11],而针对新能源配储的经济分析则相对较少,文献^[12]应用系统动力学构建新能源发电侧配置储能的经济效益演化仿真模型,表明通过加速完善市场机制等手段驱动储能进一步发展其经济性将有效提高。

本文基于江苏省某新能源电站为例,结合新能源电站实际运行数据测算配套储能的理论收益,分析储能项目全寿命周期内逐年的成本和盈利情况,评估全寿命周期下储能整体经济效益水平。

1. 新能源配套储能基本情况

以江苏省某新能源电站为例,该新能源电站功率规模 400MW,按照功率 10% 及以上比例配套建设新型储能,最少需要配套 40MW 的储能。2023 年典型日下该新能源电站的出力曲线及上报的出力计划如图 1 所示。

不同储能技术性能及投资成本不相同,本文以建设周期短、技术成熟度高、成本相对较低的电化学储能为例,选取铅炭电池、磷酸铁锂电池、钠硫电池与全钒液流电池四类储能,首先测算新能源电站配备储能后的日盈利收入,基于典型日盈利收入估算年收益,结合储能的成本评估全寿命周期下的经济效益情况。

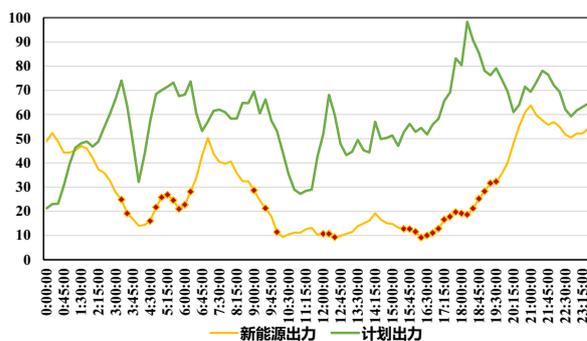


图 1 典型日下某新能源电站出力及计划出力曲线

江苏电网对新能源每 15 分钟的出力进行考核,超出或低于出力计划的 10% 视为不合格点,以 2 元 /MW 的标准月度汇总后罚款。图 1 红色标记点为典型日出力的不合格点,共计 33 个。

2. 新能源配套储能的盈利分析

2.1 应用场景

新能源电站配置储能系统后可以有效应对新能源出力间歇性问题，储能系统可以在新能源发电功率高时储存电能，在发电功率低时释放电能，使输出到电网的电力更加稳定。新能源出力波动较强使得功率下降时则可以通过及时的补充电能，避免电网电压和频率的大幅波动，减少功率波动对电网的冲击。

进一步，新能源配储通过参与调峰、调频等电力市场辅助服务，可以配合火电机组帮助电网平衡负荷，减轻传统发电方式在高峰时段的供电压力，快速响应频率变化，有效辅助电网进行频率调节。

储能系统通过合理充放电策略，在电网消纳能力有限或新能源发电功率过高，新能源出力无法全部接入电网时，配置储能系统能够先行储存电能，避免弃风弃光现象吗，提高新能源的利用率和经济效益，优化电网资源配置。

2.2 盈利分析

基于上述应用场景分析，新能源电站配置储能后将具有以下盈利：

(1) 减少考核罚款

新能源配套储能可以在低于出力计划时放电，高于出力计划时充电，减少不合格点，具体可见图 2，经过储能的合理充放电，可以最大限度下减少 20 个不合格点，约节省 1.6 万。

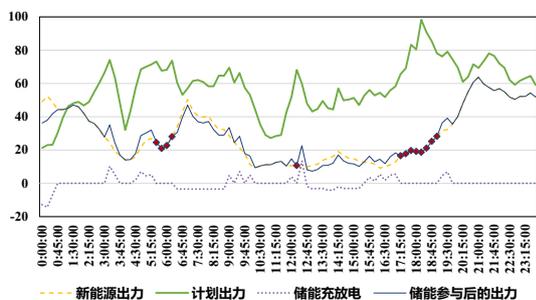


图 2 典型日下某新能源电站储能参与后的出力曲线

(2) 参与调峰辅助服务

若没有储能参与调峰，该区域电力系统火电等常规机组深度调峰能力不足，具体见图 3。

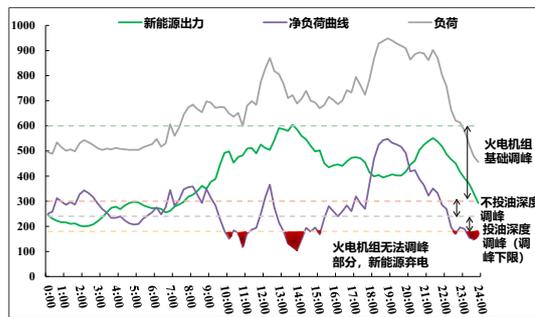


图 3 某新能源电站所在区域调峰需求示意图

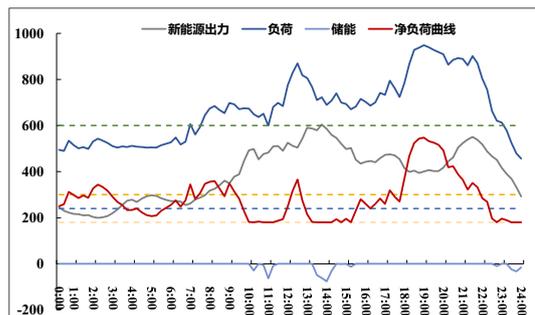


图 4 储能参与调峰示意图

配置储能后，可满足调峰需求并消纳多发电量 105.185MWh，其中该新能源电站消纳 59.635MWh，调峰补偿标准 160 元 /MWh 获得调峰补偿约 0.95 万元，具体储能参与调峰过程可见图 4 所示。江苏新能源以燃煤基准价 0.391 元 /kWh 上网，可获得新能源消纳收益约 2.33 万元。

(3) 参与调频辅助服务

江苏调频基本补偿 2 元 /MW，调用补偿根据调频里程和里程单价计算，里程单价根据市场申报价格确定，补偿标准上下限为 0.1 元 /MW~1.2 元 /MW。根据某新能源场站的具体调频响应情况，典型月度有效调用里程为 48176.2MW、调频系数 0.6，按最高标准计算月度调频收益约 9.35 万元。

年度新能源场站出力不合格点占比约 18%，配套储能约能减少 60% 的不合格点，按照典型日、典型月与其他月份的负荷比例估算年度调峰电量和调频里程，分别约 15297.69MWh、38.98 万 MW，则理想年度盈利总收入约 1218.449 万元。

3. 基于全寿命周期理念新能源配套储能的经济效益评估

3.1 成本构成分析

成本分为储能的一次性投资建设成本和运维成本两大部分。一次性投资成本是储能项目前期土建、设备购置、系

系统集成等成本投入总和，为方便测算按照储能单位容量投资成本进行估算，单位容量投资成本由调研所得。运维成本是储能系统投运后维护正常运行所需要的人工维护、检修、设备更换、退役出力等支出总和，为方便测算按一次性投资成本的一定比例进行折算。

表 1 给出常用四类电化学储能的计算成本和经济性所需的基本参数。

表 1 储能基本参数参考表

储能类型	单位投资成本 (万元/MW)	单位年度运维成本 (万元/MW)	折现率 (%)	寿命 (年)
铅炭电池	120	3.6	6	7
磷酸铁锂电池	150	4.5	6	9
钠硫电池	170	5.1	6	10
全钒液流电池	500	15	6	20

3.2 经济效益评估

从新能源电站投资角度出发，配套储能的经济性体现在可获得的直接收益与成本的关系。选择投资收益率、投资回收期以及净现值三个指标衡量全寿命周期下新能源配套储能的经济性，分别表征储能的盈利能力、成本回收时长及

储能运行期间资金流动。具体计算如下：

$$HPV = \sum_{t=1}^T (CA_t - CA_o)_t (1+i)^{-t} \quad (1)$$

HPV 为净现值；t 为第 t 个年份；T 为项目计算期即项目投运期，本文取项目理论寿命；CA_t、CA_o 为项目每年的资金流入流出值，即储能项目每年的流入资金和支出资金；i 为行业基准收益率即折现率，本文取 6%。

$$ROI = \frac{EBITDA}{C_1} \times 100\% \quad (2)$$

ROI 为总投资收益率，EBITDA 为项目正常年份的息税前利润或运营期内年平均息税前利润。

$$P_t = T' - 1 + \frac{\sum_{t=1}^{T'-1} (CA_t - CA_o)_t}{(CA_t - CA_o)_T} \quad (3)$$

P_t 为投资回收期，T' 为各年累计净现金流量首次为正值或零的年数。

参照表 1 的基本参数和经济性指标公式测算四类储能的总投资、运维成本及全寿命周期下的经济效益指标，具体见表 2 所示，其中详细给出了铅炭电池理论寿命下每年的经济效益测算过程。

表 2 新能源配套储能的经济效益测算表

指标	铅炭电池								磷酸铁锂电池储能	钠硫电池储能	全钒液流电池储能
	初始	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年			
一次性投资成本 / 万元	-4800	-	-	-	-	-	-	-	-6000	-6800	-20000
年运维成本 / 万元	-	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-144	-180	-204	-600
盈利收入 / 万元	-	1218.45	1218.45	1218.45	1218.45	1218.45	1218.45	1218.45	-	-	-
净现金流量 / 万元	-4800	1074.45	1074.45	1074.45	1074.45	1074.45	1074.45	1074.45	-	-	-
净现值 (折算) / 万元	-4528.3	956.26	902.13	851.06	802.89	757.44	714.57	674.12	-	-	-
总净现值 / 万元					1130.17				1003.03	628.71	-12175.89
投资回收期 / 年					5.36				7.31	8.83	-
投资收益率 / %					23.55				16.72	9.25	-60.88

由表 2 及图 5 可知，储能可获得的盈利主要由新能源出力情况和调峰调频需求确定，假理想收入不变则储能的成本投入越低其经济性越好。其中铅炭电池储能的经济性最好，储能项目投入第 6 年即可实现净现值转正，总收益率达 20% 以上。磷酸铁锂电池储能及钠硫电池储能由于成本的变高其经济性有所下降，分别要在投入第 8 年和第 9 年才能得到盈余，而全钒液流电池储能由于成本较高，现有盈利机制下投资建设储能无法在理论寿命内回收成本。

综合来看，假理想年收入不变的情况下，储能项目

的经济效益与成本呈明显的负相关，四类电池储能中，铅炭电池和磷酸铁锂电池储能均具备较高的经济性，投资收益率均高于 15%，考虑到目前山东各省推进探索新能源配套储能参与电力现货市场机制，磷酸铁锂电池技术性能较高优于铅炭电池，长期来看，新能源配套储能仍建议优先考虑磷酸铁锂电池储能。

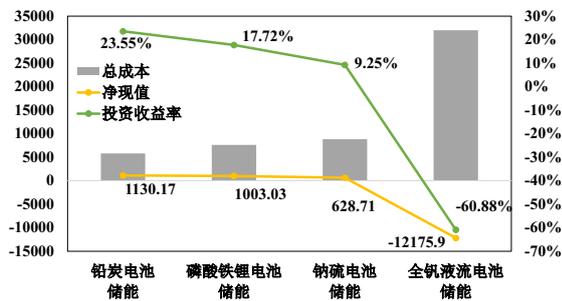


图 5 电池储能全寿命周期经济效益情况

若以容量租赁的方式满足配套储能需求，江苏省容量租赁年价格约 180 元 /kwh，则该新能源电站年支出将达到 1440 万元，高于目前测算的储能可获得年收益，从新能源电站投资的角度来看，容量租赁的方式无法回收支出成本。

4. 结论

本文基于江苏省某新能源电站测算现有机制下的配套储能的具体收入，并评估其全寿命周期下的经济效益，主要有以下结论：

目前新能源配套储能的主要收益来自参与电力辅助服务、消纳电量及减少新能源电站的考核罚款，相较于独立储能电站其盈利机制稍显薄弱。为提高新能源配套储能的利用率和经济性应进一步积极探索新的商业盈利模式。

在储能无法获得更多的收益时应减少储能的成本投入，选用所需投资较少的储能技术类型如铅炭电池储能以获得相对较好的经济性。而考虑到储能盈利机制的完善，磷酸铁锂电池技术性能更优越其获利空间更大，综合来看，电化学储能中仍建议优先考虑磷酸铁锂电池储能。

在投资能力充足时，随着技术市场发展，新能源配套储能有望获得更高收益并伴随着成本进一步下降，以投资角度而言建设配套储能比容量租赁方式更具有经济性。

参考文献：

- [1] 王德卿. 推动新能源发电高质量发展：成效、问题与对策建议 [J]. 价格理论与实践, 2024,(03):44-49.
- [2] 陈海生, 刘畅, 徐玉杰, 等. 储能在碳达峰碳中和目标下的战略地位和作用 [J]. 储能科学与技术, 2021,10(05):1477-1485.
- [3] 张程翔, 丁宁, 尹峰, 等. 新型储能应用场景与商业模式综述 [J]. 分布式能源, 2022,7(01):54-62.
- [4] 李建林, 梁策, 张则栋, 等. 新型电力系统下储能政策及商业模式分析 [J]. 高压电器, 2023,59(07):104-116.
- [5] 叶春, 刘志强, 李云凝, 等. 新能源配储能的现状、挑战及发展建议 [J]. 中国电力企业管理, 2022,(34):47-51.
- [6] 曾鸣, 王雨晴, 张敏, 等. 共享经济下独立储能商业模式及其经济效益研究 [J]. 价格理论与实践, 2023,(01):179-183.
- [7] 陈晓勇, 赵鹏, 黎宇博, 等. 基于实际案例的电网侧储能电站应用场景及经济效益分析 [J]. 太阳能, 2023,(12):5-9.
- [8] 蒙昌州, 刘敏, 陈鑫瑞, 等. 贵州省用户侧储能运行收益模式及效益分析 [J]. 分布式能源, 2023,8(06):11-19.
- [9] 徐灵, 李晨苑, 戴媛媛, 等. 新形势下新型储能商业模式的探索与实践 [J]. 中国电力企业管理, 2024,(04):72-75.
- [10] 杨建林, 黄一超, 费斐, 等. 不同商业运营模式下储能技术经济效益分析研究 [J]. 电气技术, 2018,19(03):80-84.
- [11] 刘阳, 滕卫军, 谷青发, 等. 规模化多元电化学储能度电成本及其经济性分析 [J]. 储能科学与技术, 2023,12(01):312-318.
- [12] 黄逸珺, 王梦怡. 基于政策驱动的新能源侧配储经济性系统动力学研究 [J]. 北京邮电大学学报 (社会科学版), 2023,25(06):20-34.