

用户综合能源系统一体化规划设计研究及应用

李小仕, 王雅婷

浙江云碳科技有限公司, 浙江 宁波 315000

摘要 : 本文研究了萧山区作为能源输入城市, 在面临短时电力紧缺和新能源波动增大的问题背景下, 通过实施“光储充一体化”综合能源服务项目, 提升了能源利用效率和安全供应。研究分析了不同类型的充电站规模和需求, 详细讨论了“光储充”系统的运行策略, 并通过实际案例对储能系统配置和经济效益进行了评估。通过实证分析表明, 该一体化系统不仅能满足电动车高效充电的需求, 还能实现电力系统的优化运行和成本节约, 特别是利用退役动力电池的再利用, 进一步提高了项目的经济和环境效益。

关键词 : 光储充一体化; 综合能源系统; 电动汽车充电站

Research And Application Of Integrated Planning And Design Of User Integrated Energy System

Li Xiaoshi, Wang Yating

Zhejiang Cloud Carbon Technology Co., LTD., Ningbo, Zhejiang 315000

Abstract : In this paper, Xiaoshan District, as an energy-importing city, is faced with the problem of short-term power shortage and increased fluctuation of new energy. Under the background of the implementation of the integrated energy service project of “optical storage and charging integration”, the energy utilization efficiency and security supply are improved. The study analyzes the scale and demand of different types of charging stations, discusses the operation strategy of the “optical storage” system in detail, and evaluates the configuration and economic benefits of the energy storage system through practical cases. The empirical analysis shows that the integrated system can not only meet the demand for efficient charging of electric vehicles, but also realize the optimal operation and cost saving of the power system, especially the reuse of decommissioned power batteries, which further improves the economic and environmental benefits of the project.

Keywords : optical storage and charging integration; integrated energy systems; charging stations for electric vehicles

引言

萧山区是典型的能源输入城市, 能源消费超90%依赖于外部输入, 十四五期间萧山面临短时电力紧缺、新能源波动增大、外来电影响显著等问题。而对于用户来说, 其用能需求正逐步趋向“清洁、节约、安全”, 即用能形式清洁、用能成本节约、用能需求安全。因此, 为保障能源电力安全供应, 支撑新型电力系统建设, 同时为用户提供更加高效的用能服务方案, 开展本项目研究工作。

一、光储充一体收益模式分析

光储充一体化综合能源服务项目通过将光伏、储能和充电站有机结合建设, 在白天利用分布式光伏发电为电动汽车充电站负荷进行供电, 提升分布式光伏发电消纳率, 同时利用电池储能系统在用电低谷时段充电, 在用电高峰时段放电, 以减小充电站负荷峰谷差, 乃至减小上级配电变压器负荷需求。通过光伏发电、储能优化能源配置, 结合充电站提供充电服务, 综合减少用户用电成本, 支撑绿色能源和交通发展。^[1]

工业园区一般会有一些闲置土地或已建停车棚资源, 另一方面, 存在大批量通勤电动大巴、摆渡电动车、巡视电动车和员工

自有电动车的充电需求。通过园区光储充一体化充电站建设, 可以达到以下目的:

①充分利用园区内已有的空闲场地或停车棚, 通过优质清洁能源和储能技术为园区充电站乃至低压配电网提供安全、可靠、稳定和优质电力供应, 通过储能削峰填谷, 减小充电站负荷峰谷差, 为企业带来稳定可观的绿色经济效益;

②全面挖掘节能环保潜力, 通过清洁能源接入、电动汽车配套设施, 发展绿色能源建设, 提升新能源发电消纳, 为后续更多的清洁能源接入以及未来电动汽车的发展提供支撑解决园区及周边绿色出行的用能需求。

“光储充”一体化充电站汇聚了光伏发电、储能、充电桩建

设等多项技术，既可以为电动汽车充电供给清洁能源，又能达到削峰填谷、缓解用电压力等多项辅助服务功能，在很大程度上提高系统运行效率。光储充系统中的储能系统的主要作用在于充电设施运营商可以在电价低谷时段利用储能装置充电存储电能，在充电负荷高峰时段将存储的电能释放用以满足充电负荷需求，从而避免直接在电价高峰时段从电网购电，以此减少充电设施运营企业的运营成本，实现峰谷电价套利为充电站带来显著地经济效益。^[2-4]

此外，对于建设传统充电站而言，充电设施场地以及电网接入是长期以来亟待解决的两大难题。而“光储充”一体化充电设施可以通过电力存储和优化配置等措施，实现电力就地生产消纳，能够按照自身需要与大电网灵活互动或独立运行，减少充电设施接入对电网的冲击。在电力能源消耗上，通过储能系统供给动力电池充电需求，在一定程度上提高能源转换效率，在充电设施规划、运营阶段减少了成本支出等，变相增加了收益。^[5]

不仅如此，很多“光储充”一体化充电站配备的储能系统来自电动汽车退役的动力电池，相比于普通的储能电池其成本更低，在实现对动力电池的梯次利用的同时又能进一步提升盈利空间。^[6]

二、光储充一体化收益计算模型

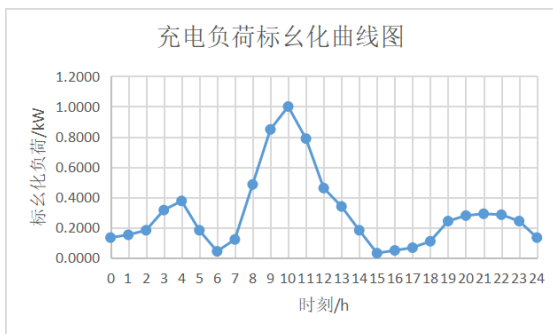
1. 类型归纳

光储充一体化主要以充电站规模为基础，需调研区域内新能源汽车行车轨迹及使用频率，并进行分析，得出充电需求曲线，从而确定充电站的规模，以及充电站内充电桩的数量及车位数量。不同场景充电桩规划设计情况如下图。



> 图1 不同场景充电桩规划设计情况

研究主要以商业和大工业用户典型充电桩负荷标么化曲线为基础，研究不同场景充电站与光伏、储能建设规模的关系，商业、大工业用户充电桩充电负荷标么化曲线如下：



> 图2 商业用户充电桩充电负荷标么化曲线



> 图3 大工业用户充电桩充电负荷标么化曲线

2. 光储充运行策略分析

相较于传统的单体充电桩，光储充一体化充电设施可以实现生产电力、存储电力和就地消纳。

运行策略为：电价低谷时段时，储能电池处于充电状态；电价处于尖峰或高峰时段时，储能电池处于放电状态，作为光伏组串的补充，共同为电动汽车充电。同时，光伏组串和蓄电池也可视为备用电源，当外部电源退出运行时，可利用光伏组件所发电量为充电桩提供电能；当光照条件充足，充电负荷低时，储能电池同时存储光伏发电余电；当光照条件不佳时，储能电池可继续为充电桩提供2h 电能，满足车辆应急充电的需求。^[7]

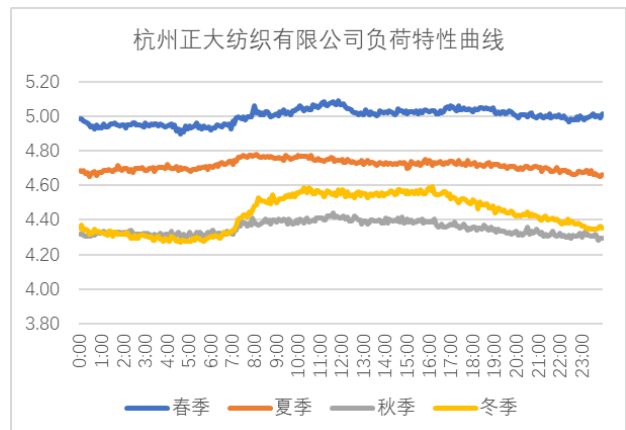
3. 充电站光伏、储能配置方案

确定充电站规模后，可确定充电桩和车位数量，从而确定雨棚面积，确定光伏规模，拟合充电站充电负荷曲线和光伏出力曲线，根据单体储能约束条件，确定储能规模。^[8-10]

三、平峰型用户综合能源配置方案

水平型用户典型特征为全天生产用电负荷基本在一条水平线上，无明显高峰和低谷。

以杭州正大纺织有限公司为例，其配备装机容量为6840 kVA，最大用电负荷达到5088kW（春季4月22日11:50），最大负载率达到74.39%，属于大工业用户。该用户春夏秋冬四季负荷特性曲线如下图所示，用户四季尖峰电价时段和中午低谷时段负荷功率如下表所示。



> 图4 典型“双峰型”用户负荷特性示意图

表1 四季尖峰电价时段和中午低谷时段负荷功率表

季节	分类	负荷	单位
春季	尖峰时段最小功率	5001	kW
	低谷时段最大功率	5088	kW
夏季	尖峰时段最小功率	4700	kW
	低谷时段最大功率	4761	kW
秋季	尖峰时段最小功率	4358	kW
	低谷时段最大功率	4440	kW
冬季	尖峰时段最小功率	4497	kW
	低谷时段最大功率	4577	kW

该用户基本电费缴纳模式为容量电费，因此结合其负荷特性曲线，最优储能配置规模为 $P_{\text{储}} = \min(P_{\text{上午尖峰 min}}, P_{\text{下午尖峰 min}}, S_{\text{变}} - P_{\text{中午谷电 max}}) = 6840 - 5088 = 1752\text{kW}$ 。因此按照该用户配置储能1700kW/3400kWh考虑，计算其经济收益指标如下。

表2 相关参数选取表

相关参数		
项目	数据	单位 / 说明
低谷电价	0.3533	(元 / kWh)
高峰电价	1.1051	(元 / kWh)
尖峰电价	1.3231	(元 / kWh)

相关参数

项目	数据	单位 / 说明
上网电价	0.4153	(元 / kWh)
现有变压器容量	6840	(kVA)
负载率	74.39%	%
现有基本电费缴费方式	1	1. 选用容量电费，容量 * 30元 / kVA / 月 2. 选用需量电费，功率 * 40元 / kW / 月
最大负荷	5088	kW
变压器功率因数	1	
储能造价	2	(元 / Wh)
储能折旧	3.25%	(收益)
储能运行成本	1.00%	(建设成本)
储能补贴	0.3	投资补贴，年利用小时不低于600小时，一次性付清 (元 / W)
储能单向效率	92.50%	%
储能放电深度	100.00%	%
储能运行天数	300	天
折现率	6%	%
电池衰减率	2.50%	%

表2 全寿命周期收益计算明细表

计算周期 1		建设期	营运期									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
年利润	万元 / 年		172	167	159	147	132	116	99	81	65	50
1、现金流入	万元 / 年		172	167	159	147	132	116	99	81	65	50
2.1 储能成本	万元	680										
2.2 储能运维成本	万元 / 年	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
2、现金流出	万元 / 年	-680	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
3、净现金流量	万元 / 年	-680	165	161	152	140	126	109	92	74	58	44
4、累计净现金流量	万元	-680	-515	-354	-202	-62	64	173	265	339	397	448
净现金流量现值 (6%)	万元 / 年	-680	165	152	136	118	100	82	65	50	37	26
累计净现金流量现值	万元	-680	-515	-363	-228	-110	-11	71	136	185	222	247

表3 收益指标计算结果表

计算结果		
分类	值	单位
储能建设功率	1700	kW
占现有变压器容量比	24.85	%
年充电量	220.54	万 kWh
年放电量	188.70	万 kWh
一次性建设成本	680.00	万元
储能运行成本	6.80	万元 / 年
折旧成本	22.10	万元 / 年

计算结果		
分类	值	单位
投资总额	748	万元
年利润	171.75	万元 / 年
年净利润	142.85	万元 / 年
累计净利润	448	万元
静态投资回收期	5.49	年
投资回报率 (ROI)	25.01	%
财务内部收益率 (IRR)	13.14	%

结论

萧山区作为典型的能源输入型城市，其能源供应主要依赖外部输入，面临短时电力供应不足和新能源波动增大的问题。随着

社会对能源需求的转变，人们逐渐倾向于选择清洁、节约、安全的能源利用方式。因此，本研究旨在通过“光储充一体化”技术的应用，优化能源利用结构，提高能源供应的安全性和效率，同时也满足现代用能需求的多样化。

参考文献:

- [1] 成飞, 陈佳, 陈辉. "光储充"一体化电站的商业模式演化动态研究——基于商业模式画布模型的分析 [J]. 现代商业, 2020(15):2.
- [2] 邢雅贤, 谢志辉, 刘恋. 新桥光储充一体化充电站能量管理策略的研究和应用 [J]. 电力与能源, 2023, 44(1):10-14.
- [3] 李欣璇, 张钟平, 王世朋, 等. 园区级光储充一体化系统关键技术研究 [J]. 能源与节能, 2023(12):46-48.
- [4] 邵祥, 刘梓洪. 光储充一体化电站设计方案及效益分析 [J]. 通信电源技术, 2022, 39(9):4.
- [5] 曹希桓. 光储充一体化充电站配置优化方法研究 [D]. 兰州理工大学, 2021.
- [6] 刘子博. 光储充一体化微网优化运行策略研究 [D]. 江南大学, 2023.
- [7] 丁雨昊, 吕干云, 刘永卫, 等. 考虑碳排放目标约束和需求侧响应的综合能源系统日前优化调度 [J]. 南方电网技术, 2022, 16(8):11.
- [8] 何佳, 闫娜, 张健, 等. 电动公交车充电站光伏储能系统容量配置优化 [J]. Journal of Central South University, 2023, 30(12):4268-4284.
- [9] 冯悦鸣, 陆水锦, 仇群辉, 等. 一种光储充一体化微网能量管理系统及方法: CN202010473552.X [P]. 2020-08-11.
- [10] 孟国情, 邱晓燕, 张明珂, 等. 计及柔性负荷和换电站的综合能源系统优化调度 [J]. 电子测量技术, 2023, 46(14):138-145.