

DOI:10.3969/j.issn.2097-0706.2022.12.010

零碳视角下电气化码头源网荷储协同优化研究

Study on source-grid-load-storage cooperative optimization of an electrified quay from the perspective of zero carbon

敦文斌¹, 陈业², 王大伟¹, 马晓慧^{3*}

DUN Wenbin¹, CHEN Ye², WANG Dawei¹, MA Xiaohui^{3*}

(1.天津港电力有限公司,天津 300450;2.天津港(集团)有限公司,天津 300450;3.天津大学 电气自动化与信息工程学院,天津 300110)

(1.Tianjin Port Power Company Limited, Tianjin 300450, China; 2.Tianjin Port (Group) Company Limited, Tianjin 300450, China; 3. School of Electrical and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300110, China)

摘要:港口运输系统的深度电气化与智能微电网的多元融合,是当前“双碳”背景下交通能源互联互通的趋势。以电气化码头为背景,建立以购电费用最小为目标,考虑功率平衡约束、购售电约束、风光出力约束、储能出力约束、可转移负荷约束等条件的源网荷储协同优化调度模型;以天津港C段码头为例,通过选取源荷近似、源远大于荷、源远小于荷的3类典型日,设置仅调控储能、仅调控负荷和储荷协同调控方案验证运行效果。仿真结果表明:3种方案均能实现码头源网荷储的时序调控并起到降费增收的目标,其中储能占主导,在源荷近似场景下协同调控方案较原始费用下降了15.34%,效果最佳。最后对降碳减排结果进行讨论,并提出码头“零碳排放”,受源荷时序特性、分时电价、购售电量、核算边界等多因素影响,不与购电费用最小化呈严格的正相关性。

关键词:电气化码头;零碳;源网荷储协同;碳排放;时序仿真;智能微电网;“双碳”目标

中图分类号:TM 74;TK 89;U 65 **文献标志码:**A **文章编号:**2097-0706(2022)12-0068-07

Abstract: On the way to achieve "dual carbon" target, deep electrification of port transportation systems and multi-element integration of smart microgrids are the results of transportation and energy interconnection. A source-grid-load-storage cooperative optimization model of an electrified quay aiming at minimizing the purchase cost of electricity is constructed. The model takes power balance constraint, power purchase-sale constraint, wind-PV power output constraint, energy storage output constraint and transferable load constraint into consideration. Taking the Section C quay of Tianjin Port as the example, three typical days with the source approximately equals to load, larger than load and smaller than load are selected for the case study. And the operation performances under three regulation schemes, regulating energy storage only, regulating transferable load only and cooperatively regulating storage and load, are verified. The simulation results show that the three schemes can realize the source-grid-load-storage timing regulation, reduce the cost and increase the revenue of the quay. Energy storage plays the dominant role in operation regulation. In the scenario that the source approximately equals to load, the cooperative regulating scheme can cut the original cost by 15.34%, showing the best performance. Finally, the results of carbon emission reduction are discussed. It is concluded that "zero carbon emissions" of a quay is affected by multiple factors, such as time-series characteristics of source and load, time-of-use price, quantity of purchased and sold and accounting boundary, but it is not strictly positively correlated with the minimization of power purchase cost.

Keywords: electrified quay; zero carbon emissions; source-grid-load-storage collaboration; carbon emissions; timing simulation; smart micro-grid; "dual carbon" target

0 引言

在“双碳”目标的驱动下,能源交通互联互通、

深度融合已成为当下港口能源转型的主要趋势。2022年6月,国家发展改革委等9部门联合发布《关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知》,提出到2025年,可再生能源发电量达3.3 PW·h左右,能源转型加速向低碳、零碳方向演进^[1],其中,分布式能源开发是当前响应“绿色港口”建设^[2]的主要方

向,然而,以随机性和间歇性为特征的清洁能源势必会对港口微电网控制带来挑战,应用于码头场景的智能微电网技术日渐受到广泛关注^[3-5]。

国内外学者关于“零碳码头”的研究还处于探索起步阶段,主要以建模仿真、纲领展望为主。在建模仿真方面,文献[6]提出全球约有15%的能源消耗用于港口制冷系统,并以英国米尔福德港为例,建立光储仿真模型,论述零碳港口的可行性。文献[7]基于HOMER Pro软件对希腊米洛斯港口场景进行仿真,并提出通过采用可再生能源与储氢可实现港口零碳排放。文献[8]以最小全生命周期成本、系统网损、功率偏差、电压为目标,建立电-氢混合储能系统,实现零碳园区多目标优化配置。文献[9]通过建立海上风电与多堆氢能系统优化调度模型,并对其优化调度方案进行仿真验证。在纲领展望方面,文献[10]回顾了全球针对海洋空气污染的政策,为“零碳码头”的政策制定提供借鉴。文献[11]提出建设集碳捕集电厂为一体的零碳港口微电网的思路,建立考虑碳交易机制的能源管理模型。文献[12-13]对港口能源侧和交通侧的建模方法进行汇总,并提出港口能源交通融合规划、运行和评估指标体系的发展前景。

综上所述,以零碳为目标的电气化码头已逐渐受到广泛关注,然而在电气化码头“源网荷储”优化协同仿真分析上研究较少。因此,本研究旨在建立以购电费用最小为目标,考虑风光储功率平衡约束、储能充放电功率约束、风光出力约束、负荷约束等条件,构建零碳码头智能微电网源网荷储协同优化运行模型,并以天津港C段码头场景为例进行实证分析。

1 电气化码头“源网荷储”特性分析

电气化码头从“荷侧”实现了能耗转型,将传统的燃油、燃气等直接排放全部更替为对外购买电力的间接排放。同时,通过在码头采用分布式风电和光伏供电,从“源”侧为绿色港口提供电源支撑,并且通过“储”侧调节^[14-15],实现削峰填谷电力平衡。“零碳码头”概念应运而生,当码头实现“源荷储”功率平衡后,不再产生间接碳排放,即码头能源消耗所产生的碳排放总量为零,最终达到就地消纳、零碳排放的目标。具体研究框架如图1所示。

其中,码头“荷侧”按照可调控灵活性可分为基准负荷、可平移负荷和可转移负荷。基准负荷指调节灵活性差的刚性负荷;可平移负荷为用能时长及电量相对固定且可灵活平移的负荷,如船舶装卸工序调整等负荷^[16];可转移负荷为在单位时间内(如

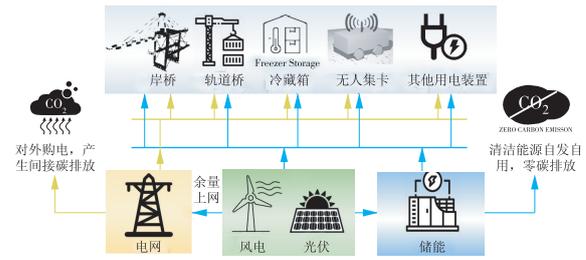


图1 电气化码头源网荷储研究框架

Fig. 1 Source-grid-load-storage framework of the electrified quay

24 h)可进行转移,但用电总量保持不变的负荷,如码头电动集卡^[17]或温控负荷等。值得注意的是,负荷的灵活调控除了要响应源侧波动外,还需要满足码头物流侧约束^[18-19]。考虑物流侧涉及船舶停靠岸等作业计划,对各部门及船舶公司间实时信息交互要求高,因此本文仅选择电动集卡、交通车、清扫车等电动汽车(EV)作为可转移负荷调控。

2 电气化码头源网荷储优化调度模型

本节旨在建立电气化码头源网荷储数学模型,并从优化运行角度出发,以验证实实现码头零碳排放的可行性。

2.1 目标函数

在零碳视角下,以码头对外购电费用最小为目标,从而实现对外购电最小化和风电消纳最大化,即

$$\min C = P_{\text{buy},t} C_e - P_{\text{sell},t} C_{\text{wind}}, \quad (1)$$

式中: C 为码头从电网购电的费用; $P_{\text{buy},t}$ 为 t 时刻电网购电功率; C_e 为分时电价; $P_{\text{sell},t}$ 为 t 时刻多余风电上网功率; C_{wind} 为风电上网电价。由于本算例中光伏容量较小,均能就地消纳,在此不考虑其余量上网。

$$E_{\text{CO}_2,T} = \alpha_{\text{CO}_2} \times \sum_{t=0}^T (P_{\text{buy},t} - P_{\text{sell},t}) \times t \times I_t, \quad (2)$$

式中: $E_{\text{CO}_2,T}$ 为1个调度周期 T 内的碳排放量; α_{CO_2} 为碳排放系数,按照生态环境部提供的全国电网碳排放因子 $0.5810 \text{ t CO}_2/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 为准^[20-21]; I_t 为 t 时刻是否产生碳排放的示性函数。

$$I_t = \begin{cases} 1, & P_{\text{buy},t} > P_{\text{sell},t} \\ 0, & P_{\text{buy},t} \leq P_{\text{sell},t} \end{cases} \quad (3)$$

2.2 约束条件

2.2.1 功率平衡约束

$$P_{\text{wind},t} + P_{\text{PV},t} + P_{\text{buy},t} + P_{\text{Dis},t} = L_{\text{base+other},t} + L_{\text{EV},t} + P_{\text{Ch},t} + P_{\text{sell},t}, \quad (4)$$

式中: $P_{\text{wind},t}$ 为 t 时刻风电功率; $P_{\text{PV},t}$ 为 t 时刻光伏功率; $P_{\text{Dis},t}$ 为 t 时刻储能放电功率; $L_{\text{base+other},t}$ 为 t 时刻基准负荷与其他可平移和可转移负荷; $L_{\text{EV},t}$ 为 t 时刻

EV 负荷; $P_{Ch,t}$ 为 t 时刻储能充电功率。

2.2.2 购电和售电约束

$$0 \leq P_{buy,t} \leq P_{buy,max} \times U_{buy}, \quad (5)$$

$$0 \leq P_{sell,t} \leq P_{sell,max} \times U_{sell}, \quad (6)$$

$$U_{buy} + U_{sell} \leq 1, \quad (7)$$

式中: $P_{buy,max}$ 为最大购电功率; $P_{sell,max}$ 为最大售电功率; U_{buy} 为向电网购电的状态变量; U_{sell} 为向电网售电的状态变量。式(7)表示码头微电网和电网之间最多只有 1 种状态。

2.2.3 风光出力约束

风光出力采用日前预测功率,按照一定置信容量设置功率上下限。

$$P_{min w,t} \leq P_{wind,t} \leq P_{max w,t}, \quad (8)$$

$$P_{min PV,t} \leq P_{PV,t} \leq P_{max PV,t}, \quad (9)$$

式中: $P_{min w,t}$ 为 t 时刻最小风电功率; $P_{max w,t}$ 为 t 时刻最大风电功率; $P_{min PV,t}$ 为 t 时刻最小光伏功率; $P_{max PV,t}$ 为 t 时刻最大光伏功率。

2.2.4 储能出力约束

$$0 \leq P_{Dis,t} \leq P_{Dis,max} \times U_{Dis}, \quad (10)$$

$$0 \leq P_{Ch,t} \leq P_{Ch,max} \times U_{Ch}, \quad (11)$$

$$U_{Dis} + U_{Ch} \leq 1, \quad (12)$$

$$S_{OC,start,t=0} = S_{OC,end,t=T}, \quad (13)$$

$$S_{OC,min,t} \leq S_{OC,t} \leq S_{OC,max,t}, \quad (14)$$

$$S_{OC,t+1} = S_{OC,t} \times \gamma + P_{Ch,t} \times \eta_{Ch} - P_{Dis,t} / \eta_{Dis}, \quad (15)$$

式中: $P_{Dis,max}$ 为储能放电功率上限; $P_{Ch,max}$ 为储能充电功率上限; U_{Dis} 为储能放电状态变量; U_{Ch} 为储能充电状态变量; $S_{OC,min,t}$ 为 t 时刻储能最小储存电量 (SOC); $S_{OC,max,t}$ 为 t 时刻储能最大 SOC; γ 为储能的自放电率; η_{Ch} 为储能的充电效率; η_{Dis} 为储能的放电效率。式(12)表示储能在 t 时刻最多只有 1 种工作状态; 式(13)表示在 1 个调度周期 T 内, 储能的起始荷电状态与终止状态相同。

2.2.5 可转移负荷约束

$$0 \leq \Delta P_{EV,t} \leq \Delta P_{max EV,t}, \quad (16)$$

式中: $\Delta P_{EV,t}$ 为 t 时刻码头 EV 的转移功率; $\Delta P_{max EV,t}$ 为 t 时刻码头 EV 的最大转移功率。

2.3 模型求解

依据 2.1 和 2.2 节所建立的电气化码头源网荷储优化调度模型是典型的混合整数线性规划模型, 本文采用 Matlab 2021a 进行数学建模, 并调用 Cplex 求解器进行优化求解。

3 典型算例分析

3.1 算例参数设置

本算例中采用 2 台 4.5 MW 的风电机组、0.44 MW_p 光伏, 设置仿真步长为 1 h, 所设发电及用电数

据均来自码头变电站侧。储能装置选用商业化成熟的电化学储能, 按照源测 20% 4 h 设计, 额定容量为 7.2 MW·h, 额定功率为 1.8 MW, 最小 SOC 容量设为 20%, 令 γ 为 0.99, η_{Ch} 和 η_{Dis} 均为 0.95, 设储能起始 SOC 为 50%。EV 可转移负荷上限功率设为 20% 的 EV 功率最大值。

本算例以天津港 C 段码头为例, 分时电价和风电上网电价以天津市一般工商业及其他用电的结算电价为准, 如图 2 所示。

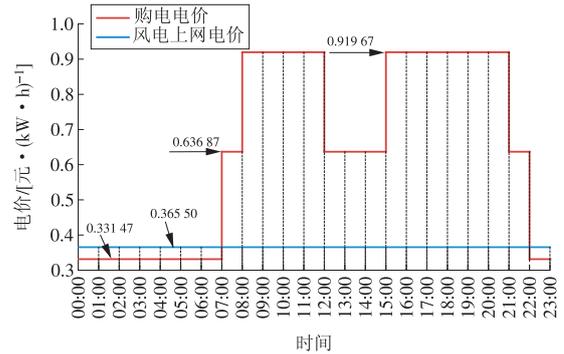


图 2 分时电价和风电上网电价

Fig. 2 Time-of-use price and wind power feed-in tariff

3.2 源荷时序分析

通过对码头 2022 年 6 月逐日风电、光伏发电量和耗电量进行对比分析, 码头源荷曲线呈现源近似于荷 (如 6 月 6 日)、源远大于荷 (如 6 月 11 日)、源远小于荷 (如 6 月 30 日) 3 种类型, 如图 3 所示。

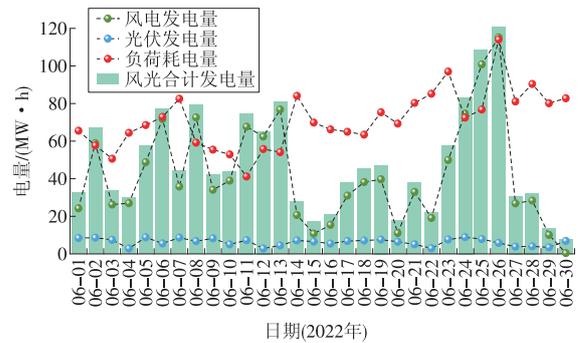


图 3 电气化码头源荷数据曲线

Fig. 3 Data at source and load end of the electrified quay

3.3 方案设置

依据该码头源荷时序分析结果, 为了验证本文提出的模型对电气化码头源荷储协同优化的运行效果, 分别对 3 个典型日实施 3 种运行方案, 见表 1。

3.4 结果分析与讨论

3.4.1 不同优化方案的运行结果

将 3 种方案应用在不同典型日的运行结果, 如图 4 所示, 得出结论如下。

(1) 通过优化, 以 6 月 6 日为例, 全天风电出力

表 1 运行方案设计

Table 1 Conceptual design of operation

方案	分时电价	储能调控	可转移负荷
1:仅调控储能	√	√	×
2:仅调控负荷	√	×	√
3:储荷协同调控	√	√	√

注:√表示考虑该因素,×表示未考虑该因素。

主要集中在 00:00—14:00 之间,储能系统在电价低谷时段进行充电,如 05:00, 22:00 和 23:00;也在源大于荷时段充电,如 11:00, 13:00 和 14:00。EV 负荷也随源侧出力大而集中在 11:00, 12:00, 14:00 和电价低谷时段 21:00。显示储能系统与 EV 可转移负荷能随着源侧波动和分时电价进行时序响应。

(2)在分时电价基础上,从电网购电、电池放电和电池充电等指标可以看出,方案 1 和方案 3 的优化结果近似,说明在当前参数配置下储能调控起主要作用, EV 可转移负荷起次要作用。

3.4.2 购电费用对比分析结果

根据目标函数式(1),分别汇总计算出 3 种方案在不同典型日的购电费用,如图 5 所示。

(1)对于源荷近似(如 6 月 6 日)而言,3 种优化方案的累计购电费用均有所下降,其中方案 3 的降费效果最佳,较原始费用下降了 15.34%。

(2)对源远大于荷(如 6 月 11 日)而言,其累计购电费用均为负值,代表当日实现余电上网盈利,方案 1 和方案 3 的售电费用最高,均为 1.29 万元,较原始售电费用上升了 2.63%。

(3)对源远小于荷(如 6 月 30 日)而言,虽当日风电几乎为零,可控区有限,但 3 种优化方案均实现降费,其中方案 3 较原始费用下降 3.32%。

3.4.3 碳排放对比分析结果

为验证优化方案对码头节能减排的实例效果,按照式(2)汇总计算得出 3 种方案下的典型日碳排放,以 1 h 为步长进行计算,当 t 时刻售电功率大于

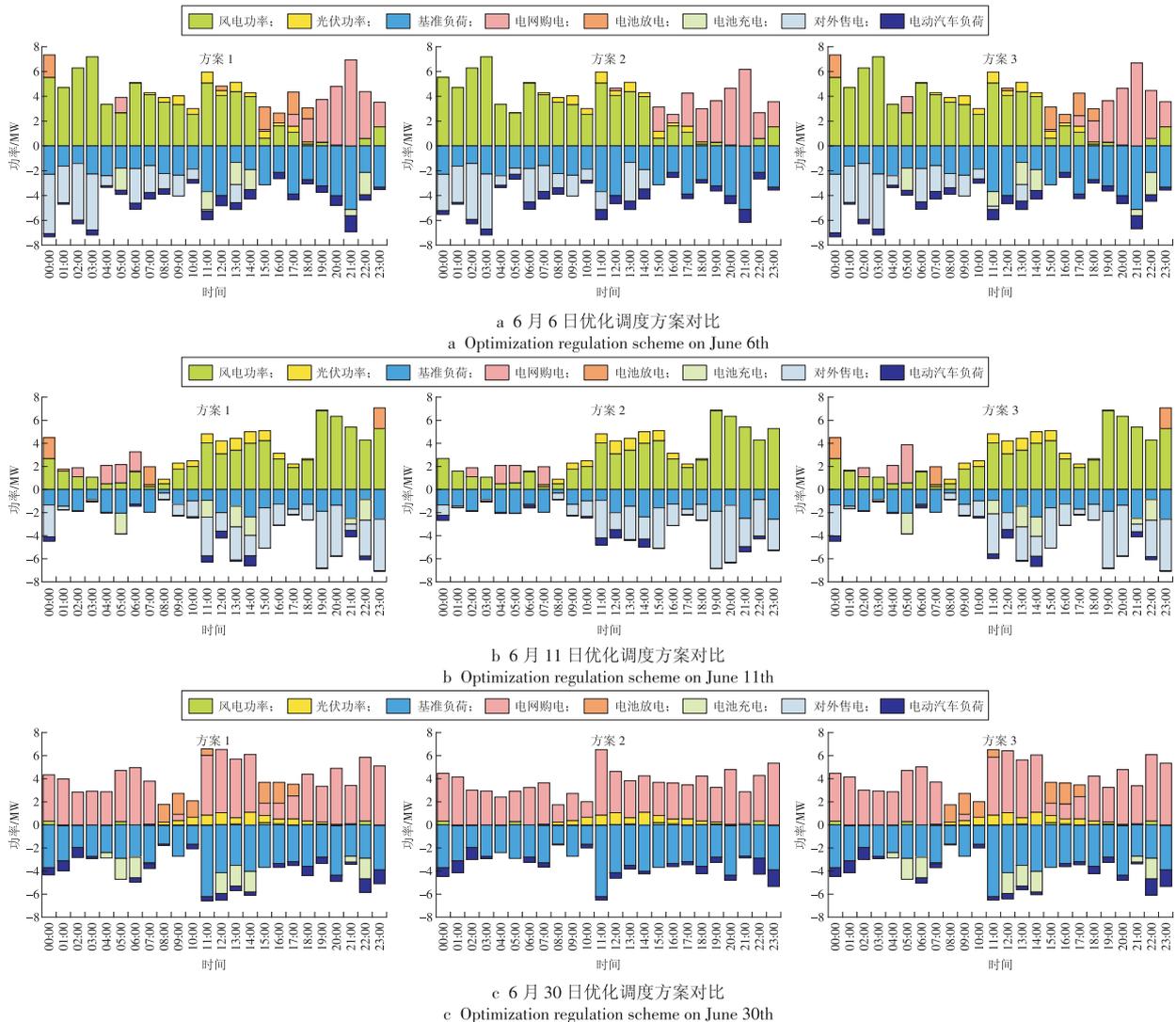


图 4 3 种方案在不同典型日的运行结果

Fig. 4 Operation results of the three schemes on different typical days

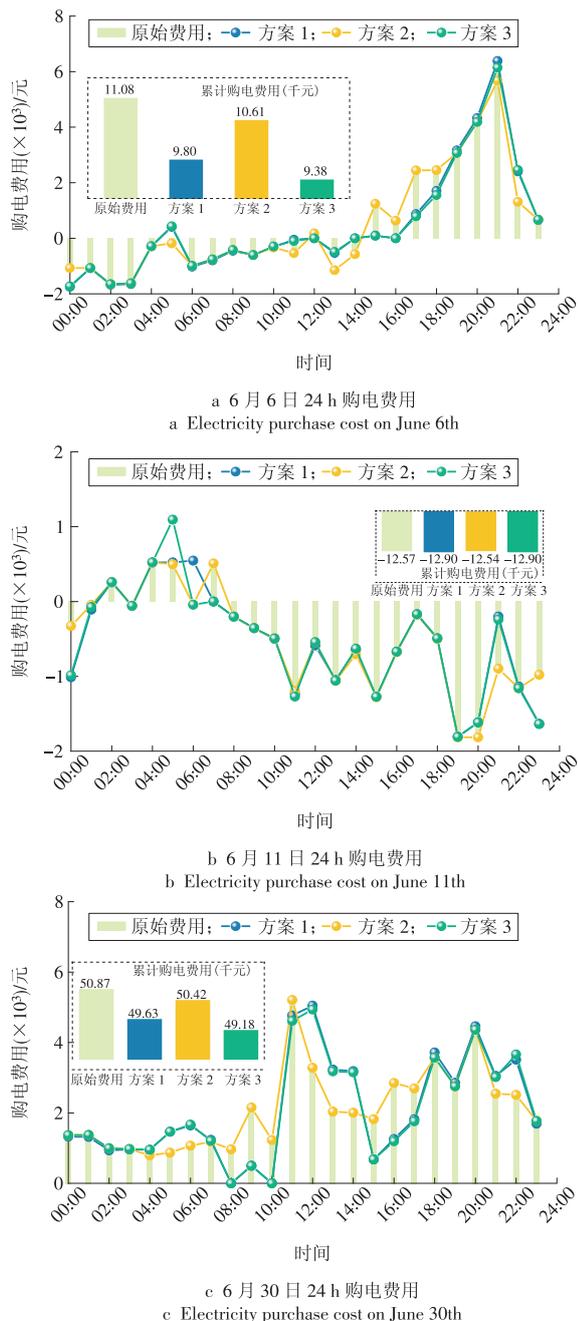


图 5 3种方案在不同典型日的购电费用

Fig. 5 Costs of electricity purchase on typical days under three schemes

零时,则对应的碳排放记为零;反之将购电电量乘以碳排放因子 $0.581\text{ t CO}_2/(\text{MW}\cdot\text{h})$, 求出 3 种方案下典型日的碳排放量,如图 6 所示。结果表明:

(1)对于源荷近似(如 6 月 6 日)而言,3 种优化方案的碳排放量均实现下降,其中方案 3 为 14.21 t CO_2 ,其减排效果最佳,较原始碳排放量下降了 9.78%。

(2)对源远大于荷(如 6 月 11 日)而言,虽然当日累计售电费用高于购电费用,但结合图 4 和图 5 可知,在当日 03:00—06:00 期间仍存在向电网购电的情况,由此未能实现严格意义上的零碳排放,3 种

方案与原始碳排放量接近,平均值为 3.19 t CO_2 。

(3)对源远小于荷(如 6 月 30 日)而言,为降低峰时段的购电费用,方案 1 和方案 3 在电价低谷时购入电量多于方案 2,因此碳排放比原始排放略高 2.45%。

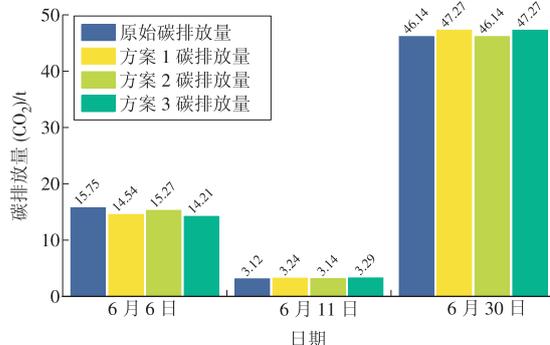


图 6 3种方案在不同典型日的碳排放量

Fig. 6 Carbon emissions on typical days under three schemes

综上所述,实现码头零碳排放与购电费用最小虽在整体上逻辑自洽,但并非呈现严格的正相关性,在不同典型场景下,是否能实现“零碳”取决于源荷时序特性、分时电价、购售电量等多因素的相互作用。当统计时间维度等核算边界不同时,对应的碳排放量也会发生变化。同时,新能源余量上网必然会产生相应的碳排放折减系数,其抵消量也是实现“零碳排放”的必要手段,在后续的研究中应予以持续关注。

4 结论

本文提出了电气化码头源网荷储协同优化运行策略,通过选取天津港 C 段码头典型场景,进行方案验证,主要结论如下。

(1)构建电气化码头源网荷储数学模型,采取仅调控储能、仅调控负荷和储荷协同调控方案对不同典型日进行验证,结果表明,储能调控在协同调控中起主导作用。

(2)3 种方案在不同典型日中均能起到降费增收的作用,其中储荷协同调控方案效果最佳。

(3)码头“零碳排放”受源荷时序特性、分时电价、购售电量、核算边界等多因素作用,不与购电费用最小化呈严格的正相关性。

参考文献:

[1]国家发展改革委,国家能源局,财政部,等.关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知[EB/OL].(2021-10-21)[2022-11-09].https://www.ndrc.gov.cn/xgk/zcfb/ghwb/202206/t20220601_1326719.html?code=&state=123.

- [2]交通运输部,发展改革委,财政部,等.关于建设世界一流港口的指导意见[EB/OL].(2019-11-13)[2022-11-09].
http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/13/content_5451577.htm.
- [3]廖凯,张润涛,杨子安,等.交通能源融合大数据平台架构与应用[J].电力系统自动化,2022,46(12):20-35.
LIAO Kai,ZHANG Runtao,YANG Zi'an, et al. Architecture and application of traffic-energy integrated big data platform [J].Automation of Electric Power Systems, 2022, 46(12): 20-35.
- [4]江里舟,别朝红,龙涛,等.能源交通一体化系统发展模式与运行关键技术[J].中国电机工程学报,2022,42(4):1285-1301.
JIANG Lizhou, BIE Zhaohong, LONG Tao, et al. Development model and key technology of integrated energy and transportation system [J].Proceedings of the CSEE, 2022,42(4):1285-1301.
- [5]袁裕鹏,袁成清,徐洪磊,等.我国水路交通与能源融合发展路径探析[J].中国工程科学,2022,24(3):184-194.
YUAN Yupeng, YUAN Chengqing, XU Honglei, et al. Pathway for integrated development of waterway transportation and energy in China [J]. Strategic Study of CAE,2022,24(3):184-194.
- [6]ALZHRANI A, PETRI I, REZGUI Y, et al. Developing smart energy communities around fishery ports: Toward zero-carbon fishery ports[J]. Energies, 2020, 13(11): 2779.
- [7]VICHOS E, SIFAKIS N, TSOUTSOS T. Challenges of integrating hydrogen energy storage systems into nearly zero-energy ports[J]. Energy, 2022, 241: 122878.
- [8]张驰,周骏,赵镔,等.零碳园区电-氢混合储能系统多目标优化配置[J].电力建设,2022,43(8):1-12.
ZHANG Chi, ZHOU Jun, ZHAO Bin, et al. Multi-objective optimal configuration of electricity-hydrogen hybrid energy storage system in zero-carbon park [J]. Electric Power Construction,2022,43(8):1-12.
- [9]李梓丘,乔颖,鲁宗相.计及效率与寿命的海上风电-多堆氢能系统运行优化[J].综合智慧能源,2022,44(5):69-77.
LI Ziqiu, QIAO Ying, LU Zongxiang. Operation optimization of offshore wind-multi-stack hydrogen system considering efficiency and lifetime [J]. Integrated Intelligent Energy, 2022,44(5):69-77.
- [10]GÖSSLING S, MEYER-HABIGHORST C, HUMPE A. A global review of marine air pollution policies, their scope and effectiveness [J]. Ocean & Coastal Management, 2021, 212: 105824.
- [11]SONG J, SHAN Q, ZOU T, et al. Distributed energy management for zero-carbon port microgrid [J]. International Transactions on Electrical Energy Systems, 2022. DOI:10.1155/2022/2752802.
- [12]方斯顿,赵常宏,丁肇豪,等.面向碳中和的港口综合能源系统(一):典型系统结构与关键问题[J/OL].中国电机工程学报:1-22.(2021-12-07)[2022-11-09].<https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.212120>.
FANG Sidun, ZHAO Changhong, DING Zhaohao, et al. Port integrated energy systems toward carbon neutrality (I): Typical topology and key problems [J/OL]. Proceedings of the CSEE: 1-22.(2021-12-07)[2022-11-09].<https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.212120>.
- [13]方斯顿,赵常宏,丁肇豪,等.面向碳中和的港口综合能源系统(二):能源-交通融合中的柔性资源与关键技术[J/OL].中国电机工程学报:1-20.(2021-12-20)[2022-11-09].<https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.2121>.
FANG Sidun, ZHAO Changhong, DING Zhaohao, et al. Port integrated energy systems toward carbon neutrality (II): Flexible resources and key technologies in energy-transportation integration [J/OL]. Proceedings of the CSEE: 1-20. (2021-12-20) [2022-11-09]. <https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.2121>.
- [14]彭占磊,杨之乐,杨文强,等.电化学储能参与电力系统规划运行方法综述[J].综合智慧能源,2022,44(6):37-44.
PENG Zhanlei, YANG Zhile, YANG Wenqiang, et al. Review on planning and operation methods for power system with participation of electrochemical energy storage systems [J]. Integrated Intelligent Energy, 2022, 44(6): 37-44.
- [15]蒋文坤,韩颖慧,薛智文,等.多能互补能源系统中储能原理及其应用[J].综合智慧能源,2022,44(1):63-71.
JIANG Wenkun, HAN Yinghui, XUE Zhiwen, et al. Energy storage technologies and their applications in multi-energy complementary power system [J]. Integrated Intelligent Energy, 2022,44(1):63-71.
- [16]宋天立.计及需求响应的港口综合能源系统研究[D].南京:东南大学,2020.
- [17]杨俊,詹军,余勇.基于多目标优化模型的港口多载AGV调度方法[J].中国航海,2022,45(1):66-72.
YANG Jun, ZHAN Jun, SHE Yong. Multi-objective optimization of multiple loading AGV dispatch in ports [J]. Navigation of China, 2022,45(1):66-72.
- [18]普月,纪历,刘皓明.考虑综合需求响应的港口能源系统优化运行[J].电力需求侧管理,2021,23(1):11-17.
PU Yue, JI Li, LIU Haoming. Optimal operation of port energy system considering integrated demand response [J]. Power Demand Side Management, 2021,23(1):11-17.
- [19]普月,刘皓明,王健,等.考虑多源激励的港口能流-物流全过程协同调度优化[J/OL].中国电机工程学报:1-20.(2022-08-09)[2022-11-09].<https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.221326>.
PU Yue, LIU Haoming, WANG Jian, et al. Whole-process

collaborative scheduling optimization for port energy flows and logistics flows considering multi-source incentives [J/OL]. Proceedings of the CSEE: 1-20. (2022-08-09) [2022-11-09]. <https://doi.org/10.13334/j.0258-8013.pcsee.221326>.

[20] 应对气候变化司.《关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知》解读 [EB/OL]. (2022-03-15) [2022-11-01]. https://www.mee.gov.cn/zcwj/zcjd/202203/t20220315_971493.shtml.

[21] 李惠军, 陆建强, 周霞, 等. 面向智慧园区系统的网络攻击关联分析与防护策略研究 [J]. 综合智慧能源, 2022, 44(7): 1-9.

LI Huijun, LU Jianqiang, ZHOU Xia, et al. Network attack association analysis and attack protection strategy for smart

park systems [J]. Integrated Intelligent Energy, 2022, 44 (7): 1-9.

(本文责编: 张帆)

作者简介:

敦文斌(1970), 男, 高级工程师, 硕士, 从事港口电力市场开发、电力工程建设、电力试验管理等工作, d13702196826@163.com;

陈业(1983)男, 高级工程师, 硕士, 从事电力建设、运行管理、设备管理等工作, 13821606803@163.com;

王大伟(1982), 男, 高级工程师, 硕士, 从事能电力建设、新能源管理等工作, 120590985@qq.com;

马晓慧*(1989), 女, 讲师, 工程师, 硕士, 从事新能源与智能微电网方面的研究, mxh0927@126.com。

*为通信作者。

“双碳”目标下的新型电力系统”专刊征稿启事

能源绿色低碳转型是实现碳达峰、碳中和的关键举措, 在能源转型进程中, 电力供应保障难度大、电网安全控制难度增加、电力市场建设不完善等问题正成为当下的重大挑战。因此, 在“双碳”目标愿景下, 构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统成为重要方向。新型电力系统将激发负荷侧灵活调节和新型储能技术等潜力, 形成源网荷储协同消纳新能源的格局, 适应大规模高比例新能源的开发利用需求, 促进可再生能源发电的消纳, 降低用户用能成本, 也符合未来灵活开放式电力市场体系的高效率电力系统。

为此, 《综合智慧能源》特推出“双碳”目标下的新型电力系统”专刊, 邀请华南理工大学朱继忠教授、新加坡南洋理工大学董朝阳教授、美国 GE 公司 Kwok Cheung 博士担任特约主编, 共同探讨“双碳”目标下新型电力系统的最新学术动态、发展趋势及研究成果, 推动我国能源转型取得切实成效, 欢迎业内同仁踊跃投稿!

一、征稿范围(包括但不限于)

- (1)“双碳”目标下新型电力系统发展战略;
- (2)“双碳”目标下新型电力系统规划;
- (3)面向“双碳”目标的新型电力系统建模;
- (4)新型电力系统调度运行和控制;
- (5)新型电力系统“源荷”预测与协同控制;
- (6)新型电力系统市场机制与交易模式;
- (7)新型电力系统能量管理与市场调度;
- (8)低碳技术与碳中和发展路径;
- (9)新能源发电与并网;
- (10)低碳与综合能源技术;
- (11)电动汽车充放电策略;
- (12)能源互联网与新能源消纳模式;
- (13)碳监测、碳追踪及电碳协同技术。

二、时间进度

专刊拟于 2023 年 4 月 30 日截稿, 择期优先出版。

三、征稿要求

- (1) 专刊只收录未公开发表的论文, 拒绝一稿多投。作者对论文内容的真实性和客观性负责。
- (2) 按照《综合智慧能源》论文格式要求使用 Word 软件排版, 请登录《综合智慧能源》在线采编系统(www.hdpower.net 或 www.ienergy.cn)下载中心下载论文模板。
- (3) 请保留论文图片、曲线和表格原始文件, 并在投稿时按规定提交。
- (4) 论文作者应遵守相关学术不端规定。

四、投稿方式

- (1) 在线投稿(推荐): 登录在线采编系统(www.hdpower.net 或 www.ienergy.cn), 完成在线全文投稿, 欢迎投稿时推荐审稿人。
- (2) 邮箱投稿: zhujz@scut.edu.cn(朱教授); hdjs-chd@vip.163.com(编辑部)。
- (3) 咨询联系: 刘芳 0371-58501060, 13838002988; 杨满成 010-63918755, 13801175292。