

基于“双碳”目标的售电企业节能改造服务策略研究

李 锋, 刘宇明, 李彦圣, 仰文林, 孙 嘉

(山东电力交易中心有限公司, 山东 济南 250000)

摘要: 为解决当下能源供应与能源需求匹配度差、传统化学燃料污染排放量大等生态保护问题,我国坚持走能源转型发展道路,建设适应高占比可再生能源发展的电力系统已加速提上日程。为此,从减少煤炭燃料资源使用量出发,提出售电公司进行节能改造,推出“煤改电”增值服务的基本理念。首先,考虑设备购置、工程施工、日常运维等多项费用,对“煤改电”节能改造成本进行全面核算;然后,分析了“煤改电”节能改造给售电公司以及客户带来的效益;最后,通过算例对所提节能改造服务的可行性进行验证,结果表明“煤改电”节能改造方案能够有效减少碳排放量,在减少了用电成本的同时,又能极大地提升用电产值,对“双碳”目标的实现具有一定意义。

关键词: 煤炭; 双碳; 节能改造; 碳排放

Research on energy saving transformation service strategy of electricity selling enterprises based on “double carbon” target

LI Feng, LIU Yuming, LI Yansheng, YANG Wenlin, SUN Jia

(Shandong Electric Power Trading Center Co., Ltd., Jinan 250000, China)

Abstract: In order to solve the problems of ecological protection, such as the poor match between energy supply and energy demand, and the high emission of pollution from traditional chemical fuels, China sticks to the path of energy transformation and accelerates the construction of a power system that can adapt to the development of high proportion of renewable energy. Therefore, starting from reducing the consumption of coal fuel resources, this paper puts forward the basic concept of energy saving transformation and value-added service of “coal to electricity”. First of all, considering the equipment purchase, engineering construction, daily operation and maintenance and other expenses, the energy saving transformation cost of coal to electricity is comprehensively accounted for. Then, the paper analyzes the benefits of energy saving transformation from coal to electricity to electricity selling companies and customers. Finally, the feasibility of the proposed energy-saving transformation service is verified by a numerical example. The results show that the energy-saving transformation scheme of “coal to electricity” can effectively reduce carbon emissions, reduce the electricity cost and greatly improve the electricity output value, which has a certain significance for the realization of the dual-carbon goal.

Key words: coal; double carbon; energy saving transformation; carbon emission

0 引言

电力作为能源领域排放第一大户,加快提升

电力系统低碳转型速度,有助于大大推进能源转型进程,助力碳达峰工程尽早完工^[1-3]。售电企

业通过积极促进“电力经济性、环保性以及社会公益性”理念深入用户，积极为用户设计替代传统燃料发电的解决方案，深度优化用户的能源消费结构，改善用电行为，减少能源成本^[4-6]。

当前已有不少文献对促进节能减排、早日实现“双碳”目标进行了研究。文献[7-8]充分考虑新能源发电技术和传统发电技术的结合，考虑多级聚合商和用电负荷的相互性，建立了考虑碳排放的虚拟电厂调控模型，通过高低碳能源装置的协同作用，降低总碳排放量；文献[9]基于深度学习法建立了低碳排放均衡计算模型，充分展示了不同灵活性资源以及电力市场各类激励政策的作用力；文献[10]对现有碳交易机制以及售电企业主流的节能减排方式进行分析，并对其相关性进行探究，提出了一种基于市场推动减排措施落地的方案，实验结果有力论证了所提方案的有效性；文献[11]指出做好环境保护工作才能实现煤炭企业的长远发展，通过对传统煤炭经济结构体系进行分析，制定煤炭企业节能减排工作的对策和目标，推进煤炭企业的转型；文献[12]对火力发电能耗较高的问题进行分析，应用高压变频技术对火电厂高压变频器进行改造，应用结果充分证明了其在减少能耗方面的有效性。

本文对“煤改电”节能改造技术展开研究，通过对“煤改电”节能改造成本进行全面核算，分析了“煤改电”节能改造给售电公司以及客户带来的效益，最后，通过算例验证其可行性。本文的研究内容能够实现“双碳”目标、助力文明友好电力系统建设提供一定的理论支撑依据。

1 节能改造的基本理念

随着我国工业化进程的加速，能源消耗问题日益严峻，引发的环境污染问题受到广泛关注，降低温室气体排放量是各行业领域的重点。在日常生产中，工业用户消耗大量的煤炭，排放出大量污染气体，尤其是近年来用能需求剧增，环境负担更加严重。

作为供电服务商，售电公司应迅速、高效地

为电力用户提供优质的节能减排策略及措施。针对大型工业用户而言，能源改造是有效的服务策略之一，随着用户对用电需求的认识不断提升，本文对售电企业向工业用户提供的“煤改电”增值服务以及改造效益分配方案进行研究。

2 “煤改电”节能改造成本计算

由于售电公司前期承担了所有的设备投入，因此成本支出主要在售电公司。“煤改电”单台设备改造成本 C_{single} 有五大组成部分，节能改造方案的成本计算公式为

$$C_{\text{single}} = C_p + C_h + C_a + C_b + C_{\text{other}} \quad (1)$$

$$C_{\text{total}} = C_{\text{single}} n \quad (2)$$

式中， C_p 为单台锅炉设备采购价格； C_h 为单台储热设备采购价格； C_a 为单台辅助设备采购价格； C_b 为单套设备基建费用； C_{other} 为单套设备年运维成本； n 为锅炉设备的数量。

3 “煤改电”节能改造效益分析

由于用户侧没有成本支出，成本主要由售电公司承担，因此用户需要在节能改造后与售电公司按照合约要求收益共享，寻求合适的改造效益分配方案。对用户而言，在合同期内，节能改造效益分配方案的收入应满足不小于改造前收入的基本要求，同时，售电企业的收入应为正。

假设节能改造效益分配方案中用户的节能收益分红比例为 α_i ($\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$)，合约期限为 $T_1 + T_2 + T_3$ 个月，见表1。改造后合约期内，用户侧的产值 Q_a 为

$$\begin{cases} Q_a = \sum Q_i \times (1 - \alpha_i) \\ Q_a > Q_b \end{cases} \quad (3)$$

式中， Q_b 为改造前的产值； Q_a 为改造后的产值； Q_i 为不同区段产值； α_i 为不同区段分红比例。

表1 节能改造效益分配方案基本参数

Tab. 1 Basic parameters of benefit distribution scheme of energy saving renovation

合同周期 T_i	T_1	T_2	T_3
分红比例 α_i	α_1	α_2	α_3

改造后合约期内，售电公司的累计收益 Q 为

$$\begin{cases} C_{\text{total}} = (C_p + C_h + C_a + C_b + C_{\text{other}})n \\ Q = \alpha_i Q_i + P_s E_a - C_c - C_{\text{total}} \end{cases} \quad (4)$$

式中， P_s 为分时电价； E_a 为改造后的总用电量； C_c 为购电费用。

4 算例分析

以某大型工业园区的电锅炉为例，对其“煤改电”节能改造方案进行规划，工业园区主要配置参数及相关成本见表2。

表2 工业园区主要配置参数

Tab. 2 Industrial park main configuration parameters

园区主要参数	数值
煤炭锅炉数量 / 台	100
单台锅炉设备采购价格 / 万元	22
单台储热设备采购价格 / 万元	20
单台辅助设备采购价格 / 万元	3.3
单套设备基建费用等 / 万元	4.7
单套设备年运维成本 / 万元	2.328

将表2中的数据代入式（1）、式（2），对设备改造相关成本进行计算。可得单台设备每年改造的总成本约为52.328万元，其中固定资产投资费用约50万元，每年可变维护费用约为2.328万元。该园区所有设备改造的总成本约为5 000万元，每年可变维护费用约为232.8万元。

国家补贴政策规定，用户开展“煤改电”后，则减免其电锅炉额定容量所需支付的基本电费，超过范围的分时电价也可以获取一定的补偿。补偿力度如图1所示，改造前后各分时用电量、电价信息以及负荷变化情况见表3，参与改造的用户占地面积约5.3 km²。

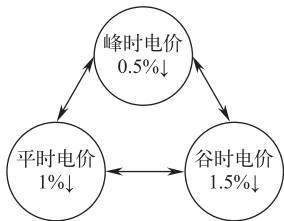


图1 改造前后分时电价政策

Fig. 1 Time-of-use electricity price policy before and after transformation

表3 改造前后工业园区的基本情况

Tab. 3 Basic situation of industrial park before and after transformation

园区用电参数值	数值	
	改造前	改造后
峰时用电量 / MW·h	25.73	32
峰时用电电价 / [元 / (MW·h)]	924	919.5
平时用电量 / MW·h	15.2	21.8
平时用电电价 / [元 / (MW·h)]	601	595
谷时用电量 / MW·h	12.1	21.6
谷时用电电价 / [元 / (MW·h)]	318	313
总电费 / 万元	4.54	5.34
单位产值 / (元 / m ²)	14 414	14 416

对表3进行分析，园区的总用电额上升，但与使用煤锅炉时消耗的煤炭成本相比，其成本花费更少。从单位产能的量级角度来看，能够发现其经济利润的产出提升远超过升级改造所耗费的成本投入。基于成本求解得到新增月产值大概为1 000万元/月，约5个月内可实现成本回收。

根据本文的分析，节能改造效益分配方案的约束条件以用户侧改造后收入大于改造前收入为主，同时考虑到用户对于收益共享的接纳度以及自身的成本因素。节能改造效益分配方案见表4。第一阶段为前六个月，用户每月支付月收入的40%给售电企业，而后几个阶段给售电企业的提成比逐步减少。当满两年时，合约到期，收益100%归为用电用户。

表4 节能改造效益分配方案

Tab. 4 Benefit distribution scheme of energy saving renovation

合同周期 T / 月	1 ~ 6	7 ~ 12	13 ~ 24
分红比例	0.4	0.2	0.12

5 结束语

本文对“煤改电”节能改造技术展开研究，提出了一种售电企业和用电客户双赢的节能改造效益分配方案。通过对“煤改电”节能改造成本以及经济效益进行全面核算，分析了所提方案的可行性。能够为实现“双碳”目标、助力文明友好电力系统建设提供一定的理论支撑依据。

1) 考虑设备购置、工程施工和日常运维等

多项费用，对售电企业在煤改电节能改造方案的成本进行全面核算。

2) 分别从售电公司以及用户角度出发，对“煤改电”节能改造效益分配方案进行分析，并计算客户侧效益。

3) 算例结果表明“煤改电”节能改造方案能够有效减少碳排放量，在减少了用电成本的同时，又能极大地提升用电产值。

参考文献

- [1] 宋雪莹, 陈杰, 刁利, 等. 双碳目标下考虑源荷不确定性多能互补系统优化运行模型[J]. 电测与仪表, 2021, 58(11): 8-15.
- [2] 王娟, 邓良辰, 冯升波. “双碳”目标下, 能源需求侧管理的意义及发展路径思考与建议[J]. 中国能源, 2021, 43(9): 50-56.
- [3] 刘文亮, 郭熠昀, 杨琪, 等. “双碳”目标下数据中心节能运行研究综述[J]. 供用电, 2021, 38(9): 49-55.
- [4] 曾鸣, 王俐英. “双碳”目标下的电力需求侧管理进阶与变革[J]. 中国电力企业管理, 2021(10): 23-25.
- [5] 王伟, 刘敦楠. 面向“双碳”目标的上海虚拟电厂运营实践[J]. 中国电力企业管理, 2022(13): 64-66.
- [6] 祁兵, 赵燕玲, 杜亚彬, 等. 双碳背景下基于需求响应的虚拟电厂调度策略研究[J]. 内蒙古电力技术, 2022, 40(1): 33-37.
- [7] 王珂, 张婧. 多措并举助力“双碳”加快建设新型电力系统[J]. 农村电工, 2021, 29(12): 8.
- [8] 铃恩魁. “双碳”背景下供需互动发展路径及关键技术[J]. 科技风, 2021(33): 196-198.
- [9] 杨俊丽, 李小孟. 新能源光伏发电助力建筑电气

节能减排分析[J]. 中国设备工程, 2022(19): 123-125.

- [10] 张兆成. 碳交易市场对中小企业节能减排的影响研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(18): 175-177.
- [11] 周巧凤. 煤炭企业在绿色经济发展中节能减排对策研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022(14): 157-159.
- [12] 屈永强. 火电厂节能改造中高压变频调速技术的应用[J]. 能源与节能, 2022(1): 76-78.
- [13] 李文杰, 孙博文. 电力系统节能降耗改造技术分析[J]. 清洗世界, 2021, 37(12): 102-103.
- [14] 王敖. 供暖锅炉的节能改造问题核心探索[J]. 科技风, 2020(17): 14.
- [15] 王汉新, 王兆云, 张枫. “双碳”目标下河北电力行业碳达峰路径的情景分析[J]. 河北地质大学学报, 2022, 45(6): 92-97.
- [16] 唐成鹏, 张粒子, 邓晖, 等. 面向双碳目标的灵活性资源及其激励机制均衡分析[J]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2022, 49(4): 52-63.

作者简介

李锋 (1971—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力市场发展规划、电力市场建设。

刘宇明 (1970—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力市场发展规划、电力市场建设。

李彦圣 (1982—), 男, 高级经济师, 主要研究方向为电力市场合规管理。

仰文林 (1987—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电力市场技术、电力市场建设。

孙嘉 (1986—), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事电力交易平台建设与信息化管理工作。

(收稿日期: 2023-11-20)