

文章编号: 1674—8247(2024)01—0074—05

DOI: 10. 12098/j. issn. 1674 - 8247. 2024. 01. 014

兰张高速铁路土地与新能源融合开发研究

栗振坤

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 西安 710043)

摘要:绿色发展理念与“双碳”目标加快了轨道交通产业的生态转型和创新布局。铁路作为长大带状工程,其路网规模不断扩大,因此将沿线土地综合开发与绿色低碳经济相结合,以减少常规能源的消耗,对我国整体节能减排目标的实现具有重要意义。本文以兰张三四线武威至张掖段高速铁路为例,介绍了铁路开发与新能源融合发展的场景和方式,总结了该项目的实际新能源开发效益。基于资源开发效益,提出了土地与能源融合开发的建议。研究成果对土地资源价值相对较小的西部地区具有重要的借鉴意义。

关键词:双碳; 高速铁路; 新能源; 综合开发

中图分类号: U238 ; TM615 ; U223

文献标志码: A

Study on Integrated Development of Land and New Energy for Lanzhou-Zhangye High-speed Railway

LI Zhenkun

(China Railway First Survey and Design Institute Group Co., Ltd., Xi'an 710043, China)

Abstract: The concept of green development and the “dual carbon” goals have accelerated the ecological transformation and innovative layout of rail transit industry. A railway is usually a long and large belt project. As the railway network is continuously expanding, combining the comprehensive development of lands along railways with green and low-carbon economy and reducing the consumption of conventional energy play an important role in China's overall goal of energy conservation and emission reduction. Taking Wuwei-Zhangye Section of Lanzhou-Zhangye No. 3 & No. 4 Line High-speed Railway as an example, this paper introduced the scenarios and methods of integrated development of railway and new energy, and summarized the benefits of new energy development in this project. It raised suggestions for integrated development of land and energy based on the benefits of resource development. The findings have important reference significance for the western China with relatively less value of land resource.

Key words: dual carbon; high-speed railway; new energy; comprehensive development

为积极应对全球气候变化,践行绿色低碳发展的目标,我国先后下发了《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》,提出双碳经济是着力解决资源环境约束突出问题,是实现中华民族永续发展的必然选

择,也是构建人类命运共同体的庄严承诺^[1]。

随着我国“八纵八横”建设的加快,路网规模逐步扩大,采用先进绿色节能技术,努力建设与铁路沿线生态环境相协调的绿色高速铁路是我国绿色交通发展的重要趋势^[2]。

收稿日期: 2023-12-17

作者简介: 栗振坤(1995-),男,工程师。

引文格式: 栗振坤. 兰张高速铁路土地与新能源融合开发研究[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(1): 74-78.

LI Zhenkun. Study on Integrated Development of Land and New Energy for Lanzhou-Zhangye High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(1): 74-78.

开发利用铁路带状沿线充足的空间资源,大力推广新能源和可再生能源开发技术,将有助于促进绿色低碳、环境友好型交通运输系统的发展,弥补铁路建设与运营资金支撑铁路建设可持续发展,对我国履行应对气候变化责任、确保国家能源安全和推动交通强国建设是极其必要的。

20世纪80年代,铁路新能源开发就已经得到了国内外的广泛研究与试验。东京地铁9号站台上安装了453 kWp太阳能电池板,为3号线列车服务;智利运营商于2017年建造了两座太阳能光伏电站,为地铁供应60%的电能,可再生能源利用率达到76%。在国内,铁路行业不断研究、推广新能源解决开发技术,在铁路道口、信号、通信及偏远地区铁路职工生活方面取得了较好的效果^[3]。上海铁路局蚌埠铁路医院进行复合平板式太阳能热水器试验,解决了锅炉补热、职工生活用热水等问题。郑州铁路局推广太阳能集热面积12 899.5 m²,平均投资1 575元/m²,减少了生产生活锅炉用煤量,改善了生产生活条件;杭州东站在天篷和屋顶上安装了10 MWp的太阳能发电装置^[4];济青高速铁路利用沿线车站屋顶、站台雨棚等闲置空间安装光伏发电项目,取得了显著的节能减排效果^[5]。2022年国务院下发《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》,鼓励在公路、铁路沿线布设光伏设施。张舜^[6]等结合不同区域的铁路新能源发电潜力,综合推算出光伏发电在铁路全生命周期内的发电总量达1.57万亿kW·h,投资收益率可达144%。然而,现有文献中针对铁路沿线发展较慢、经济较东部地区落后的西部地区或开发条件受限地区的铁路新能源开发的研究较少。

基于此,本文以兰张三四线武威至张掖段高速铁路为例,介绍了铁路开发与新能源融合发展的场景和方式,总结该项目新能源开发效益,并基于资源开发效益,提出了土地与能源融合开发的建议。

1 兰张三四线高速铁路新能源开发方案

兰张三四线武威至张掖段高速铁路位于甘肃省西部、河西走廊经济带。受地区发展因素影响,沿线房地产、商业开发市场规模小,开发条件受限。该区域风、光自然资源丰富,年太阳总辐射5 950~6 300 MJ/m²,属于太阳能资源一类及二类地区,发展太阳能产业优势明显。因此,本项目对沿线可开发资源进行初步摸查,制定“以传统土地综合开发为主,以

绿色铁路为核心,大力开发沿线光伏新能源”的开发思路,提出“土地+光伏”的融合开发形式,依托河西走廊清洁能源基地,合理划分盈亏责任、共享开发收益。

1.1 建设形式

太阳能光伏发电系统在电气化铁路系统中的应用形式可分为非牵引领域和牵引领域^[7]。

非牵引领域主要利用铁路沿线站房、雨棚、房屋屋面或利用铁路沿线路基边坡设置分布式光伏发电系统,产生的电能为铁路沿线设施提供动力、照明供电。铁路站房、编组站使用太阳能、风能提供电气照明也有长足的应用潜力^[8]。

牵引领域主要利用铁路沿线路基边坡、太阳能资源较好的闲置地块设置大功率集中式光伏电站,充分考虑铁路牵引供电设施位置分布,就近接入牵引变电所、AT所等为电力机车提供牵引供电。

铁路沿线新能源开发选址为站房、雨棚、区间路基、沿线闲置空地、光伏声屏障、光储充一体化电站等。

1.2 铁路沿线光伏开发建设方案

1.2.1 铁路沿线车站分布式光伏发电系统的设置

近年来,分布式光储直柔技术发展迅猛,是光伏发电、储能技术、直流配电、柔性用电于一体的新型系统性能源技术,是能源革新的一种新技术^[9-10]。

利用铁路车站客运站房、雨棚以及工区房屋等屋顶资源设置车站分布式光伏发电系统。通过对车站建(构)筑物顶光伏可利用面积进行统计,确定车站分布式光伏发电装机容量及接入方案。为保证获得最大用电收益,优先推荐采用自发自用,余电上网模式,尽可能保证光伏发电就地完全消纳。依据各站平面布置情况,以及各建筑物光伏发电系统输出功率,拟将各站站房和雨棚设计为一套独立的分布式发电系统。将工区房屋设计为另一套分布式发电系统。经初步测算,全线站房、雨棚及工区房屋可供设置光伏发电系统的面积约为3.2万m²,沿线屋顶分布式光伏发电系统装机容量约为6.5 MWp。

1.2.2 铁路区间分布式光伏发电系统的设置

该铁路线路基较多,长度约150 km,其中路堤区段约140 km;边坡总面积约250万m²,其中可利用面积约150万m²,这为光伏发电系统在铁路区间的应用提供了有利条件,可利用铁路区间路基边坡设置区间分布式光伏发电系统,理论总装机容量可达100 MWp,利用区间10/0.4 kV箱式变电站两侧各150 m左右范围内沿路基两侧边坡设置太阳能光伏组件,按区间10/0.4 kV箱式变电站消纳能力,确定

全线区间分布式光伏发电系统装机容量约为 6 MW_p。为保证获得最大用电收益,该方案光伏发电系统输出的电能就近接入区间 10/0.4 kV 箱式变电站 0.4 kV 母线段,优先自我消纳。如有多余电量,通过贯通线

输送到别处进行消纳,实现“自发自用、余电上网”,方案如图 1 所示。根据测算,设置太阳能组件后,路基边坡稳定性基本不受影响,仅需在较陡边坡处进行加固措施。

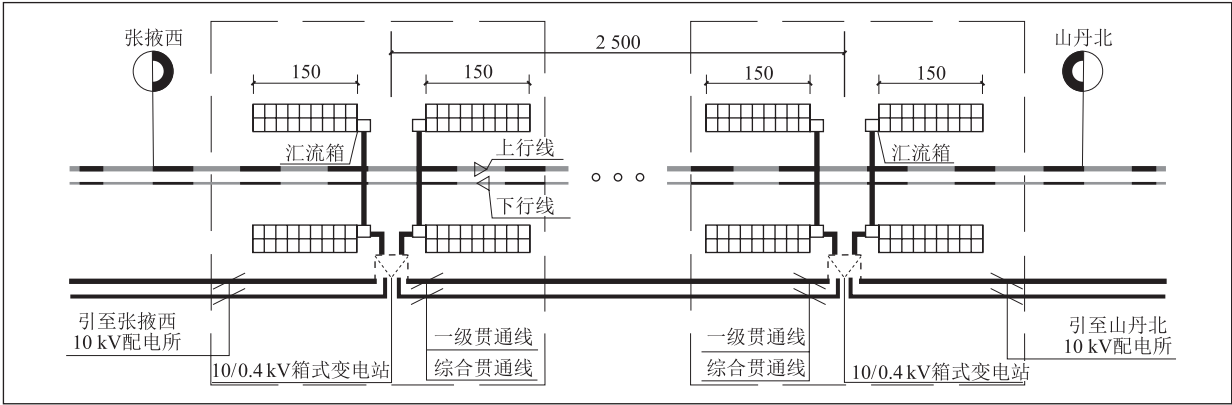


图 1 铁路区间分布式光伏发电分布示意图

1.2.3 铁路区间集中式光伏电站的设置

拟在金昌南、山丹北、红湾车站附近设置集中式光伏电站,结合铁路消纳能力、接入指标、并网政策等因素确定区间设置集中光伏电站的规模为每处约 4 MW_p,合计 12 MW_p。在车站附近闲置地面固定安装光伏组件,经汇流、逆变后引至户外设置的一体化箱体设备内,分别升压至 10 kV、27.5 kV 电压等级,敷设专用电缆线路就近分别接入铁路 10 kV 配电所母线和牵引变电所 27.5 kV 母线,分别为铁路沿线电力负荷和牵引负荷供电,实现就近消纳大功率太阳能,降低铁路站区与沿线用电负荷对公共电网的消耗。

在光伏发电时段有牵引列车通过时,所产生电能由牵引供电系统全部消纳。在光伏发电时段无牵引列车通过时,发电站产生电能向非牵引供电系统供给的同时,可将多余电能存储于储能装置。由此达到稳定牵引网电压、增加系统功率优化调节手段的目的,实现牵引用能更加高效能、低碳化、绿色化。为降低线路损耗、节约专用电缆线路的投资,地面集中式光伏电站与铁路供电所亭的距离尽量控制在 5 km 以内,方案如图 2 所示。

各类光伏发电系统的接入方案如表 1 所示。

2 项目新能源开发经济效益分析

全线分布式光伏发电系统装机容量约为 12.5 MW_p,综合造价约为 5 元/W(包括光伏组件及支架、直流电缆、逆变器、并网屏等),光伏系统总投资约为 6 250 万元。集中式光伏发电系统装机容量约为 12 MW_p,综合

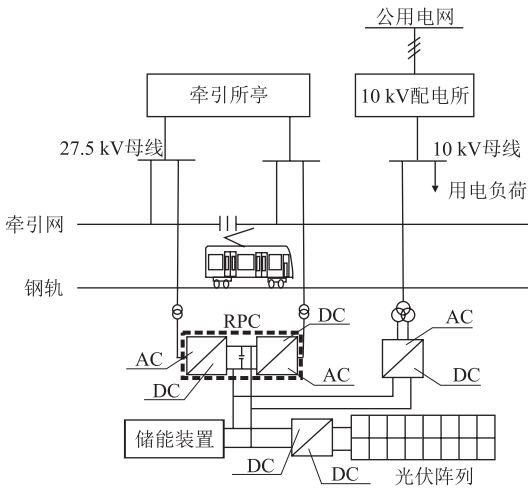


图 2 铁路区间集中式光伏发电分布示意图

造价约为 4.5 元/W,站前增加边坡补强、绿化、排水等工程总投资约 2 100 万元,光伏系统总投资约为 5 400 万元。以上工程总投资约为 13 450 万元。

全线分布式光伏发电系统装机容量约为 12.5 MW_p,年均总发电量约为 1 533 万 kWh。经初步测算,全部消纳年均节省电费约 823 万元,光伏系统运维费用按 0.05 元/W_p 计算,年均维护费用约 62.5 万元,年均节省电费约 761 万元,需要 9.3 年收回建设投资。

集中式光伏发电系统装机容量约为 12 MW,平均每年总发电量约 1 472 万 kWh。经测算,牵引全年用电量 11 075 万 kWh,发电系统产生的电能可供牵引消纳约 662.4 万 kWh,节约年度电费约 351.07 万元,同时基本容量电费减少 171 万元;剩余 809.6 万 kWh

表 1 光伏发电系统接入方案表

序号	系统分类	建设地点	接入方案
1	分布式光伏发电系统	站房	站房及雨棚分布式光伏系统装机容量均在 1 MWp 以上,由于站房消纳能力有限,建议升压后并网于配电所 10 kV 母线,实现“自发自用、余电上网”
		站台雨棚	
		工区房屋	将光伏发电系统输出的电能分解后,建议并网于工区 10/0.4 kV 变电所两段 0.4 kV 母线段,优先在工区变电所 0.4 kV 低压母线侧消纳,如有多余电量,返送至 10 kV 站馈(贯通)线路,随站馈(贯通)线路输送到别处用电负荷进行消纳,实现“自发自用、余电上网”
		区间路基	光伏发电系统输出的电能接入区间 10/0.4 kV 箱式变电站 0.4 kV 母线段,优先自我消纳,如有多余电量,通过贯通线输送到别处进行消纳,实现“自发自用、余电上网”
		其他	利用声屏障及铁路停车场设置分布式光伏发电系统,实现“自发自用、余电上网”
2	集中式光伏发电系统	区间沿线闲置空地	集中式光伏电站所发电量可升压至 10 kV 电压等级,就近接入铁路 10 kV 配电系统,亦或考虑升压至 27.5 kV 电压等级,就近接入铁路牵引供电设施如牵引变电所、分区所、AT 所的 27.5 kV 母线为牵引机车供电

富余电能上网售出,售电收益约为 246.5 万元;年均维护费用约 60 万元,年均节省电费约 708.57 万元。全线拟装机容量为 24.5 MWp,每年可为电网提供电能 3 005 万 kWh,与燃煤电厂 330 g/kWh 的标准煤消耗量相比,本项目建成后每年可为国家节约标准煤 9 916 t,实现铁路土地开发与新能源融合的高弹性、高效能运行。

“土地 + 光伏”的综合新能源开发,可用于铁路车站的房屋及风雨棚、铁路附属设施的建筑物及设施,铁路沿线闲置土地资源,外部主要控制因素为安装场地、阳光资源、并入电网条件,主要适用于广大中西部地区的铁路建设中,因地制宜地推进相应光伏综合开发模式,最大化推进沿线土地利用的经济性^[11]。

3 结论

我国中西部铁路沿线发展较慢、经济较东部地区落后。在一些弱电网、无电网地区,铁路路网与电网布局失配或适配困难。传统的土地开发模式已无法满足收益需求,而铁路自身高度依赖外网的模式也面临巨大挑战。

本项目充分利用丰富的光资源,提出了“土地 + 光伏”的综合新能源开发思路。通过绿色产能与高速铁路建设相融合,构建清洁、绿色的能源系统。这一措施不仅可以促进轨道交通行业能源结构的优化和转型,降低交通行业能源消耗,同时对我国西部资

源经济开发、国家经济可持续发展具有重要的推广意义。

参考文献:

[1] 李张怡,刘金硕. 双碳目标下绿色建筑发展和对策研究[J]. 西南金融, 2021(10): 55 – 66.
LI Zhangyi, LIU Jinshuo. Research on the Development and Countermeasures of Green Building under the Goal of “Carbon Peak and Carbon Neutrality” [J]. Southwest Finance, 2021(10): 55 – 66.

[2] 谢毅,肖杰. 高速铁路发展现状及趋势研究[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(2): 23 – 26.
XIE Yi, XIAO Jie. Research on High-speed Railway Development Status and Trend [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(2): 23 – 26.

[3] 谢汉生,黄茵,马龙. 铁路行业利用新能源和可再生能源状况调研分析[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2010, 37(5): 266 – 269.
XIE Hansheng, HUANG Yin, MA Long. Analysis about the Utilizing of New and Renewable Energy in Chinese Railway [J]. Railway Occupational Safety Health & Environmental Protection, 2010, 37(5): 266 – 269.

[4] 贾利民,程鹏,张蜚,等. “双碳”目标下轨道交通与能源融合发展路径和策略研究[J]. 中国工程科学, 2022, 24(3): 173 – 183.
JIA Limin, CHENG Peng, ZHANG Zhe, et al. Integrated Development of Rail Transit and Energies in China: Development Paths and Strategies [J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(3): 173 – 183.

[5] 贾彦. 济青高铁实施国内首个“高铁+光伏”项目[J]. 山东国资, 2018(S1): 83.
JIA Yan. Jiqing High-speed Railway Implements the First “High-speed Rail + Photovoltaic” Project in China [J]. State-owned Assets of Shandong, 2018(S1): 83.

[6] 张舜,张蜚. 基于光伏发电的铁路与新能源融合潜力评估[J]. 中国铁路, 2023(11): 64 – 71.
ZHANG Shun, ZHANG Zhe. Evaluation of the Potential Application of New Energy in the Railway Sector Based on PV Power Generation [J]. China Railway, 2023(11): 64 – 71.

[7] 郭明亮,戴朝华,邓文丽,等. 电气化铁路背靠背光伏发电系统及控制策略[J]. 电网技术, 2018, 42(2): 541 – 547.
WU Mingliang, DAI Chaohua, DENG Wenli, et al. Back-to-back PV Generation System and Its Control Strategy for Electrified Railway [J]. Power System Technology, 2018, 42(2): 541 – 547.

[8] 李学刚. 铁路电力设计理念与技术创新综述[J]. 高速铁路技术, 2010, 1(1): 50 – 53.
LI Xuegang. Summary of Railway Power Design Concept and Technical Innovation [J]. High Speed Railway Technology, 2010, 1(1): 50 – 53.

[9] 杨晓玲. 太阳能光伏发电系统在铁路站房中的应用[J]. 硅谷, 2010, 3(23): 133 – 134.

YANG Xiaoling. Application of Solar Photovoltaic Power Generation System in Railway Station Building [J]. Silicon Valley, 2010, 3(23): 133 – 134.

[10] 吴宗臻, 王小锁, 张凌云, 等. 轨道交通光储直柔技术应用及展望 [J]. 现代城市轨道交通, 2022(8): 19 – 22.

WU Zongzhen, WANG Xiaosuo, ZHANG Lingyun, et al. Progress of PDEF Technology and Its Application Prospect in Rail Transit [J].

Modern Urban Transit, 2022(8): 19 – 22.

[11] 康学东. 我国铁路智能建设与运营管理初探 [J]. 铁道工程学报, 2019, 36(4): 84 – 89.

KANG Xuedong. Preliminary Exploration on the Intelligent Construction and Operation of China's High-speed Railway [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2019, 36(4): 84 – 89.



(上接第 73 页)

Twin Model and Its Ten Applications [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(1): 1 – 18.

[3] GLAESSGEN E, STARGEL D. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U. S. Air Force Vehicles [C] // Proceedings of the 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference & 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference & 14th AIAA. Honolulu, Hawaii. Reston, Virginia: AIAA, 2012 : AIAA2012 – 1818.

[4] GABOR T, BELZNER L, KIERMEIER M, et al. A Simulation-based Architecture for Smart Cyber-physical Systems [C] // 2016 IEEE International Conference on Autonomic Computing (ICAC). Wuerzburg, Germany. IEEE, 2016 : 374 – 379.

[5] TUEGEL E J, INGRAFFEA A R, EASON T G, et al. Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin [J]. International Journal of Aerospace Engineering, 2011 : 154798.

[6] LIM K Y H, ZHENG Pai, CHEN C H. A State-of-the-art Survey of Digital Twin: Techniques, Engineering Product Lifecycle Management and Business Innovation Perspectives [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2020, 31(6): 1313 – 1337.

[7] ZHENG Yu, YANG Sen, CHENG Huanchong. An Application Framework of Digital Twin and Its Case Study [J]. Journal of

Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2019, 10(3): 1141 – 1153.

[8] JIANG Hongfei, QU Ting, WAN Ming, et al. Digital-twin-based Implementation Framework of Production Service System for Highly Dynamic Production Logistics Operation [J]. IET Collaborative Intelligent Manufacturing, 2020, 2(2): 74 – 80.

[9] MINERVA R, LEE G M, CRESPI N. Digital Twin in the IoT Context: a Survey on Technical Features, Scenarios, and Architectural Models [J]. Proceedings of the IEEE, 2020, 108(10): 1785 – 1824.

[10] BARRICELLI B R, CASIRAGHI E, FOGLI D. A Survey on Digital Twin: Definitions, Characteristics, Applications, and Design Implications [J]. IEEE Access, 2019, 7 : 167653 – 167671.

[11] CHEREPOV O, ANTROPOV A, KARMATSKIY V, et al. Methodology for Estimating the Resource of the Friction Vibration Damper of a Freight Car Trolley [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2021, 2094(5): 052064.

[12] VAN DINTER R, TEKINERDOGAN B, CATAL C. Predictive Maintenance Using Digital Twins: a Systematic Literature Review [J]. Information and Software Technology, 2022, 151 : 107008.

[13] BERNAL E, WU Qing, SPIRYAGIN M, et al. Augmented Digital Twin for Railway Systems [J]. Vehicle System Dynamics, 2024, 62(1): 67 – 83.