

同行专家业内评价意见书编号: 20250858273

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名: 路诗梦

学号: 22260164

申报工程师职称专业类别（领域）: 能源动力

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

通过课堂学习、文献阅读、行业交流和专业实践等方式，我系统学习了稀油田智慧能源领域的知识。

在基础理论知识方面，深入学习了智慧能源系统工程、产业技术发展前沿、高阶工程认知实践、工程技术创新前沿等课程，并能够在面临实际工程问题时运用相关理论知识。同时，通过参与学术会议及论坛，与同领域学者、专家交流，持续学习行业前沿技术，不断更新知识体系。

在专业技术方面，掌握了油田生产系统调研方法，并具备能耗计算及多能互补系统设计技术，积累了丰富的油田企业实践经验。能够独立完成稀油处理站系统能耗的分析计算及多能互补系统方案的设计，并运用python等专业软件进行仿真分析与优化设计。此外，积极参与中国石油天然气集团有限公司卓越工程师创新项目研究——

《稀油处理站多能互补系统模拟及运行优化研究》，解决了多项卡点难题，提升了油田生产的效率与质量。

未来，我将继续深化专业学习，紧跟技术发展趋势，进一步提升理论水平和实践能力，为稀油田智慧能源相关领域贡献力量。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在新疆油田开展工程实践过程中，我围绕稀油处理站多能互补低碳能源系统的设计与优化开展了深入研究。通过现场调研，我系统分析了稀油处理站的生产工艺和能耗特性，采集了稀油脱水、采出水处理及注水系统的生产数据，计算了热、电负荷并结合当地太阳能、风能及余热资源禀赋，提出了多能互补系统优化设计方案。在研究过程中，我建立了稀油处理站能耗计算模型，提出了基于熵权-TOPSIS的稀油处理站多能互补系统多维综合评价方法，并构建了双层优化模型，利用NSGA-II算法求解了经济性与减碳性最优的系统配置方案。结果表明，优化后的系统碳排放量可降低至0.53万吨/年，经济性目标函数可优化至940.28万元/年。此外，我还进行了余热资源利用的分析，研究了水源热泵与电锅炉的容量配置比例问题。上述实践经历不仅提升了我的工程设计能力，也让我深刻认识到智慧能源相关技术在油田低碳转型中的重要性。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

案例名称：新疆油田稀油处理站多能互补系统优化设计

(1) 项目背景与问题

在“双碳”目标背景下，传统稀油处理站的高能耗与高碳排放问题日益突出。西北戈壁地区某稀油处理站(A站)的年耗电量达 1.8679×10^7 kWh，年耗热量达 2.7608×10^7 kWh，主要依赖外部电网供电和燃气加热炉供热，碳排放量高且能源利用效率低。同时，该地区丰富的太阳能、风能及余热资源尚未有效利用。如何设计一套经济高效、低碳环保的多能互补系统，成为亟待解决的复杂工程问题。

（2）现场调研与数据采集

为准确掌握A站的系统原理及用能特性，我到稀油处理站现场，开展调研。通过分析稀油脱水、采出水处理和注水系统的工艺流程，采集了全年逐日及典型日逐时的生产数据，如来液量、来液温度、含水率和设备运行数据等，通过计算，得到了热负荷与电负荷数据，如峰值热负荷3850 kW、电负荷2832 kW。此外，我还评估了当地可再生资源潜力，包括年太阳辐射总量1430.4 kWh/m²、年平均风速5.17 m/s，以及采出水余热资源，现场余热温度16~28℃，可利用功率3483 kW。这些数据为后续优化设计提供了坚实基础。

（3）研究方法与技术路线

针对上述问题，我综合运用了以下方法：①能耗计算：基于生产工艺分析，建立了涵盖热能与电能需求的能耗计算模型，量化了各环节的用能特性。②多维评价：提出熵权-TOPSIS方法，从经济性、环境性、技术性 etc 6个维度对13种多能互补方案进行综合评价，优选出包含光伏、风电、光热及余热水源热泵的系统架构。③双层优化：构建上层容量配置与下层运行调度的协同优化模型，采用NSGA-II算法求解帕累托最优解集，平衡经济性与减碳性目标。

（4）关键技术与创新点

①余热资源高效利用：针对采出水余热温度低的特点，在多能互补系统配置余热水源热泵，实现节能余热利用。②风光互补与储能配置：结合当地资源特性，优化光伏与风电容量配比，配置储电和储热设备，平抑出力波动，降低弃风弃光率。③余热水源热泵与电锅炉协同：考虑不同余热资源情况，研究了电锅炉与燃气锅炉的配置比例，在保障系统可靠性的同时，尽量利用余热资源，降低碳排放量并提高系统经济性。

（5）成果与效益

通过方案实施，A站多能互补系统实现了显著效益，年化综合成本最低940.28万元，碳排放量最低0.52万吨/年。系统供电/供热可靠率高，故障恢复时间小于4小时。在该项目中，始终坚持绿色发展理念，注重资源合理利用与生态保护。例如，利用稀油处理站闲置水罐改造为储热装置以降低成本，可再生能源建设用地考虑西北地区戈壁、荒漠等地。该项目不仅提升了油田资源与能源利用效率，还能兼顾建设的经济效益与减碳效益。

（6）总结与展望

该案例让我认识到多学科知识融合的重要性。未来，我将进一步探索油田全场景多能互补系统设计、智慧调度等技术，推动油田能源系统向零碳化、智能化方向转型。

（二）取得的业绩（代表作）【限填3项，须提交证明原件（包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等）供核实，并提供复印件一份】					
1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】					
成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Simulation Modeling Analysis of Light Oil Treatment Station Based on Aspen Plus	会议论文	2024年12月12日	2024 IEEE 4th International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI)	1/4	EI会议收录
基于稀油水处理和注水开采可调节生产过程的电力需求响应方法	发明专利申请	2024年05月16日	申请号：CN 202410609308	1/4	
零碳地热能综合利用技术研究进展	CSCD期刊	2025年05月14日	《发电技术》	1/9	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩: 86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间: 1 年(要求1年及以上) 考核成绩: 83 分
本人承诺	
个人声明: 本人上述所填资料均为真实有效, 如有虚假, 愿承担一切责任, 特此声明!	
申报人签名: 路诗梦	

22260164



二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒优秀 ☐良好 ☐合格 ☐不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：_____ 2025年5月26日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐通过 ☐不通过（具体原因：_____） 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）：_____ 年 月 日

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260164	姓名：路诗梦	性别：女	学院：工程师学院	专业：能源动力	学制：2.5年
毕业时最低应获：26.0学分	已获得：30.0学分	入学年月：2022-09	毕业年月：		
学位证书号：	毕业证书号：	授予学位：			
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	智慧能源工程案例		2.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	94	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	87	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	新能源发电与变流技术		2.0	91	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	工程管理		2.0	85	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	研究生论文写作指导		1.0	85	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	智慧能源系统工程		2.0	92	专业学位课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	80	专业学位课
2022-2023学年春季学期	数学建模		2.0	81	专业选修课
2022-2023学年春夏学期	工程伦理		2.0	82	公共学位课
2022-2023学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	78	公共学位课
2022-2023学年春夏学期	高阶工程认知实践		3.0	86	专业学位课
2022-2023学年夏季学期	工程师创新创业思维		2.0	95	专业选修课
2023-2024学年春季学期	高级健康心理学		2.0	通过	公共选修课
2023-2024学年春季学期	研究生英语应用能力提升		2.0	84	公共学位课
	硕士生读书报告		2.0	通过	

说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：
成绩校核人：张梦依
打印日期：2025-06-03

一、代表作一证明材料

1、网络搜索页截图

https://ieeexplore.ieee.org/document/10778864

网页链接

IEEE Xplore

Search

点此搜索

Conferences > 2024 IEEE 4th International C...

Simulation Modeling Analysis of Light Oil Treatment Station Based on Aspen Plus

Publisher: IEEE

Cite This

PDF

作者排序

Shimeng Lu; Yuxin Fan; Wei Zhong; Yi Zhou

All Authors

40

Full

Text Views

Abstract

Document Sections

I. Introduction

II. Analysis of Light Oil Treatment Station Process and Energy-using Equipment

III. Simulation analysis of light oil treatment station

IV. Conclusion

Authors

Figures

References

Keywords

Metrics

Abstract:

In the context of carbon neutrality, oilfield enterprises have the difficult task of increasing the rate at which clean energy is utilized, enhancing electrification, decreasing the unit consumption of production energy, and lowering the carbon emission intensity. This paper examines a simulation model for the low-carbon transformation of a light oil treatment station. Firstly, the process and energy-consuming equipment of the light oil treatment station are examined. Next, a simulation model of the light oil treatment station is constructed using Aspen Plus. Relevant calculations are made for the power and heat consumption. Finally, some suggestions for the multi-energy complementary system of the light oil treatment station are proposed. This model can serve as a guide for oilfield companies looking to reduce their energy consumption and carbon emission levels.

Published in: 2024 IEEE 4th International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPi)

Date of Conference: 18-20 October 2024

DOI: 10.1109/DTPi61353.2024.10778864

Date Added to IEEE Xplore: 12 December 2024

Publisher: IEEE

ISBN Information:

Conference Location: Wuhan, China

SECTION I.

Introduction

Oilfields are major energy producers and consumers, requiring significant amounts of electricity and natural gas for their production process [1]. Under the premise of carbon neutrality, oil and gas companies have developed corresponding carbon peak implementation plans [2], put forth a number of measures for the integrated development of oil, gas and new energy [3] [4], and intend to use structural optimization, clean substitution, Carbon Capture, Utilization, and Storage, and other related measures to achieve their carbon reduction targets.

Regarding electricity, Jilin Oilfield [5] and Yumen Oilfield [6] have built wind and solar power generation projects. Additionally, each oilfield is actively pushing the electrification of energy-consuming machinery, increasing the rate at which drilling, hydraulic fracturing, workover, and other scenarios are electrified, conducting small-scale explorations for wind power and other construction projects, and raising the share of green power supply—all of which have not yet been implemented on a large scale.

In terms of heating supply, oilfields such as Changqing, Xinjiang, and Daqing have embarked on relevant research

More Like This

Collaborative planning of distributed wind power generation and distribution network with large-scale heat pumps

CSEE Journal of Power and Energy Systems

Published: 2019

Use of electricity price to match heat load with wind power generation

2009 International Conference on Sustainable Power Generation and Supply

Published: 2009

Show More

Simulation Modeling Analysis of Light Oil Treatment Station Based on Aspen Plus

Shimeng Lu
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
lushimeng@zju.edu.cn

Yuxin Fan
Research Institute of Oil Production
Technology
PetroChina Xinjiang Oilfield Company
Karamay, China
ptrfxy@petrochina.com.cn

Wei Zhong
Polytechnic Institute
Zhejiang University
Hangzhou, China
wzhong@zju.edu.cn

Yi Zhou*
College of Energy Engineering
Zhejiang University
Hangzhou, China
zhouyi0122@zju.edu.cn

Abstract—In the context of carbon neutrality, oilfield enterprises have the difficult task of increasing the rate at which clean energy is utilized, enhancing electrification, decreasing the unit consumption of production energy, and lowering the carbon emission intensity. This paper examines a simulation model for the low-carbon transformation of a light oil treatment station. Firstly, the process and energy-consuming equipment of the light oil treatment station are examined. Next, a simulation model of the light oil treatment station is constructed using Aspen Plus. Relevant calculations are made for the power and heat consumption. Finally, some suggestions for the multi-energy complementary system of the light oil treatment station are proposed. This model can serve as a guide for oilfield companies looking to reduce their energy consumption and carbon emission levels.

Keywords—light oil treatment station; light oil dehydration system; produced water treatment systems; Aspen Plus; simulation model

I. INTRODUCTION

Oilfields are major energy producers and consumers, requiring significant amounts of electricity and natural gas for their production process [1]. Under the premise of carbon neutrality, oil and gas companies have developed corresponding carbon peak implementation plans [2], put forth a number of measures for the integrated development of oil, gas and new energy [3][4], and intend to use structural optimization, clean substitution, Carbon Capture, Utilization, and Storage, and other related measures to achieve their carbon reduction targets.

Regarding electricity, Jilin Oilfield [5] and Yumen Oilfield [6] have built wind and solar power generation projects. Additionally, each oilfield is actively pushing the electrification of energy-consuming machinery, increasing the rate at which drilling, hydraulic fracturing, workover, and other scenarios are electrified, conducting small-scale explorations for wind power and other construction projects, and raising the share of green power supply—all of which have not yet been implemented on a large scale.

In terms of heating supply, oilfields such as Changqing, Xinjiang, and Daqing have embarked on relevant research initiatives. Changqing Oilfield has installed a linear Fresnel solar thermal system at a particular transfer station, which is capable of fulfilling 52.4% of the annual heat requirement [7].

Xinjiang Oilfield has conducted a pioneering trial on the coupling of high-temperature photothermal steam generation with steam injection boilers, proposing a new energy supply configuration for steam injection techniques in shallow heavy oil extraction under diverse scenarios [8]. Daqing Oilfield has initiated a photothermal replacement project at a specific hot water station, which, upon completion, is projected to reduce gas consumption by 82% and achieve a photothermal replacement rate of 56%. The photothermal heating temperature range corresponds to the heat demand of the oilfields; however, the substantial discrepancy in heat load between winter and summer poses challenges for seasonal heat storage, and the economic viability is compromised following the installation of large-capacity heat storage systems. Additionally, some oilfields have employed air-source heat pump installations, which exhibit a low coefficient of performance (COP) during winter, making it challenging to meet heating demands and necessitating the coupling of various heating methods.

To delineate the critical energy consumption segments within the oilfield, it is necessary to design a multi-energy complementary system that aligns with the technical requirements of the oilfield operations. It is required to use simulation software such as Aspen Plus to carry out system energy consumption analysis and calculation. Some researchers in the field of petrochemicals utilize Aspen Plus software to conduct related studies. Aspen Plus was utilized by Liu et al. [9] to model the methanol manufacturing processes of direct CO₂ hydrogenation, coal gasification, and natural gas reforming. An Aspen calculation model for CO₂ absorption by high gravity NaOH lye was built by Jing et al. [10], who also looked at the effects of other influencing parameters on the rate of CO₂ removal. Li et al. [11] used Aspen Plus software to calculate the values of CH₄, CO₂ conversion rate, n(H₂)/n(CO), carbon deposit, and reactor heat load for 1331 distinct feed ratios in order to evaluate the thermodynamic process of methane triple reforming. Huang et al. [12] used ethylene glycol as the solvent to simulate the batch extractive distillation process of isopropyl ether-isopropanol-water ternary azeotrope based on the UNIFAC model using the Batch Frac module in Aspen Plus chemical simulation software. Gong et al. [13] used Aspen Plus to model and simulate the integrated heat treatment process for oil sludge. The simulation of the oilfield production process through Aspen Plus can guide the construction of new energy.

3、收录证明

《Ei Compendex》收录证明

经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compendex》收录。（检索时间：2025年3月28日）。

<RECORD 1>
Accession number:20250317698107
Title:Simulation Modeling Analysis of Light Oil Treatment Station Based on Aspen Plus
Authors:Lu, Shimeng (1); Fan, Yuxin (2); Zhong, Wei (1); Zhou, Yi (3)
Author affiliation:(1) Polytechnic Institute Zhejiang University, Hangzhou, China; (2) PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Research Institute of Oil Production Technology, Karamay, China; (3) Zhejiang University, College of Energy Engineering, Hangzhou, China
Corresponding author:Zhou, Yi(zhouyi0122@zju.edu.cn)
Source title:Proceedings - 2024 IEEE 4th International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence, DTPI 2024
Abbreviated source title:Proc. - IEEE Int. Conf. Digit. Twins Parallel Intell., DTPI
Part number:1 of 1
Issue title:Proceedings - 2024 IEEE 4th International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence, DTPI 2024
Issue date:2024
Publication year:2024
Pages:514-519
Language:English
ISBN-13:9798350349252
Document type:Conference article (CA)
Conference name:4th IEEE International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence, DTPI 2024
Conference date:October 18, 2024 - October 20, 2024
Conference location:Wuhan, China
Conference code:205125
Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
Number of references:13
Main heading:Produced Water
Controlled terms:Carbon sequestration - Oil field equipment
Uncontrolled terms:ASPEN PLUS - Light oil - Light oil dehydration system - Light oil treatment station - Oil dehydration systems - Oil treatment - Produced water treatment system - Produced water treatments - Simulation model - Water treatment systems
Classification code:1501.4 Net Zero - 1502.1.2 Climate Change - 451.3 Industrial Wastes - 511.2 Oil Field Equipment
DOI:10.1109/DTPI61353.2024.10778864
Database:Compendex
Compilation and indexing terms, Copyright 2025 Elsevier Inc.

- 注：
- 1. 以上检索结果来自 CALIS 查收引系统。
 - 2. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。



二、代表作二证明材料

1、国家知识产权局网站发明专利申请材料

(19)国家知识产权局



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 118508460 A

(43)申请公布日 2024. 08. 16

(21)申请号 202410609308.X

(22)申请日 2024.05.16

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 路诗梦 钟崴 樊玉新 林小杰

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

专利代理师 万尾甜 韩介梅

(51) Int. Cl.

H02J 3/14 (2006.01)

H02J 3/24 (2006.01)

H02J 3/06 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

基于稀油水处理和注水开采可调节生产过程的电力需求响应方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于稀油水处理和注水开采可调节生产过程的电力需求响应方法,该方法针对稀油水处理和注水中存在的变负荷生产过程,利用调储罐、过滤缓冲罐、注水罐,使稀油水处理和注水开发的生产过程和油田可再生能源发电情况及电网电力进行时间调配,使稀油水处理和注水生产过程能在可再生能源弃电严重或电网发电过剩时多消纳能源。该方法可有效减少油田电力系统对储能设备的依赖,增强未来新型电力系统应对大规模可再生能源并网带来的波动性、间歇性等问题的消纳能力,同时助力高能耗企业节省运行成本,提高其对能源和资源的利用率,有助于促进新型电力系统与稀油水处理、注水开发需求侧响应的源荷互动和协同增效。



三、代表作三证明材料

1、网络搜索页截图



2、论文首页



发电技术
Power Generation Technology
ISSN 2096-4528, CN 33-1405/TK

《发电技术》网络首发论文

题目：零碳地热能综合利用技术研究进展
作者：路诗梦，孙建林，曾凡杰，林小杰，吴均湛，马添翼，钟崑，谢立坤，谢伟
收稿日期：2025-01-16
网络首发日期：2025-05-14
引用格式：路诗梦，孙建林，曾凡杰，林小杰，吴均湛，马添翼，钟崑，谢立坤，谢伟. 零碳地热能综合利用技术研究进展[J/OL]. 发电技术.
<https://link.cnki.net/urlid/33.1405.tk.20250513.1404.004>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

零碳地热能综合利用技术研究进展

路诗梦^{1,2}, 孙建林^{1,2}, 曾凡杰¹, 林小杰^{3*}, 吴均湛¹, 马添翼¹, 钟崑³,
谢立坤⁴, 谢伟⁵

(1. 浙江大学工程师学院, 浙江省 杭州市 310015; 2. 中国石油国家卓越工程师学院, 北京市 昌平区 100096; 3. 浙江大学能源工程学院, 浙江省 杭州市 310027; 4. 中国雄安集团智慧能源有限公司, 河北省 保定市 071000; 5. 国网雄安思极数字科技有限公司, 河北省 保定市 071000)

Research Progress on Comprehensive Utilization Technologies of Zero-Carbon Geothermal Energy

LU Shimeng^{1,2}, SUN Jianlin^{1,2}, ZENG Fanjie¹, LIN Xiaojie^{3*}, WU Junzhan¹, MA Tianyi¹, ZHONG Wei³,
XIE Likun⁴, XIE Wei⁵

(1. Polytechnic Institute, Zhejiang University, Hangzhou 310015, Zhejiang Province, China; 2. National Elite Institute of Engineering, CNPC, Changping District, Beijing 100096, China; 3. College of Energy Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang Province, China; 4. China Xiongan Group Smart Energy Company Limited, Baoding 071000, Hebei Province, China; 5. State Grid Xiongan Siji Digital Technology Co., Ltd., Baoding 071000, Hebei Province, China)

摘要:【目的】在“双碳”背景下,推动地热能等零碳区域能源系统中的规模化应用是实现能源转型的重要途径。通过系统梳理地热能开发与利用技术的研究进展,揭示其在多能互补系统中的关键作用,为构建高效、稳定的零碳能源系统提供理论支撑和技术路径。【方法】介绍了直接利用地热能的取热技术、地源热泵技术和发电技术的研究现状,分析了其存在的问题;总结了地热能与碳捕集、利用与封存(carbon capture, utilization and storage, CCUS),太阳能,生物质能,氢能耦合的综合能源系统;分析了零碳园区架构并整理了零碳项目案例,展望了地热能结合人工智能(artificial intelligence, AI)等前沿技术在建设零碳系统方面的发展前景,提出了未来地热能开发与利用技术的研究方向。【结论】地热能技术体系已初步形成,但深层地热开发、增强型地热系统(enhanced geothermal system, EGS)适应性提升等技术瓶颈仍需突破;地热多能耦合系统可显著提升能源利用效率,但系统集成优化和动态协调问题亟待解决;人工智能等数字化技术为地热资源精准开发和系统优化提供了

新思路:零碳园区示范项目验证了地热能等在区域能源系统中的关键作用。未来应重点发展储层改造、多能互补、智能调控等关键技术,同时完善政策支持体系,推动地热能等零碳能源转型中的规模化应用。

关键词:地热能;可再生能源;太阳能;生物质能;氢能;碳捕集、利用与封存(CCUS);人工智能(AI);零碳能源

ABSTRACT: [Objectives] In the context of “dual carbon” goals (carbon peak and carbon neutrality), promoting large-scale application of geothermal energy in zero-carbon regional energy systems represents a critical pathway for energy transition. This study systematically reviews the research progress in development and utilization technologies of geothermal energy, aiming to reveal its critical role in multi-energy complementary systems and to provide theoretical support and technical pathways for building efficient and stable zero-carbon energy systems. [Methods] This study examines the current research status of heat extraction technologies of direct geothermal energy, ground source heat pump systems, and power generation technologies, and analyzes their existing challenges. It summarizes integrated energy systems that couple geothermal energy with carbon capture, utilization and storage (CCUS), solar energy, biomass energy, and hydrogen energy. Additionally, the study evaluates the architecture of zero-carbon industrial parks and compiles

基金项目:国家重点研发计划项目(2023YFE0108600);国家自然科学基金项目(51806190);浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划项目(2024C03247)。

Project Supported by National Key R&D Program of China (2023YFE0108600); National Natural Science Foundation of China (51806190); “Pioneer” and “Leading Goose” R&D Program of Zhejiang Province (2024C03247).