

新能源在油田领域的应用

新吉勒图¹ 楚玉浩² 郑福临² 梁英奇² 孙泽江²

1. 通辽市农牧业装备发展中心, 内蒙古 通辽 028000

2. 内蒙古民族大学 工学院, 内蒙古 通辽 028000

[摘要]随着新一轮科技革命和产业变革的深入发展, 新能源技术已成为推动油田行业绿色转型和可持续发展的重要力量。文中首先分析新能源技术的基本特点及其在油田领域应用的必要性, 阐述其对油田节能减排和提质增效的战略意义; 继而概述太阳能、风能、地热能等主流新能源技术在油田生产中的具体应用形式, 突出其在驱动设备、供热供电和优化工艺等方面的技术优势。在此基础上, 指出现阶段油田领域应用新能源技术仍面临系统整合不足、经济性不高和政策依赖性强等问题, 进而提出以多能互补为核心、智能协控为手段的清洁能源系统构建路径。该路径依托源网荷储一体化技术架构, 融合智慧能源管理平台与多元储能技术, 建立协同优化与动态平衡的运行机制。最后, 通过典型油田新能源应用案例验证该体系在提升清洁能源占比、降低碳排放和增强能源韧性方面的实际效果, 表明其对推动油田行业绿色低碳转型、构建现代化能源体系具有重要的实践价值和推广意义。

[关键词]新能源技术; 油田; 节能减排; 绿色转型; 多能互补系统

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19780

中图分类号: TE4

文献标识码: A

Application of New Energy in Oilfield Field

XINJI Letu¹, CHU Yuhao², ZHENG Fulin², LIANG Yingqi², SUN Zejiang²

1. Tongliao Agricultural and Animal Husbandry Equipment Development Center, Tongliao, Inner Mongolia, 028000, China

2. School of Engineering, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao, Inner Mongolia, 028000, China

Abstract: With the deepening development of a new round of technological revolution and industrial transformation, new energy technology has become an important force in promoting the green transformation and sustainable development of the oilfield industry. The article first analyzes the basic characteristics of new energy technology and the necessity of its application in the field of oil fields, and elaborates on its strategic significance for energy conservation, emission reduction, quality improvement, and efficiency enhancement in oil fields; Subsequently, the specific application forms of mainstream new energy technologies such as solar energy, wind energy, and geothermal energy in oilfield production are outlined, highlighting their technological advantages in driving equipment, heating and power supply, and optimizing processes. On this basis, it is pointed out that the current application of new energy technologies in the oilfield field still faces problems such as insufficient system integration, low economic efficiency, and strong policy dependence. Therefore, a path for building a clean energy system with multi energy complementarity as the core and intelligent coordination as the means is proposed. This path relies on the integrated technology architecture of source network load storage, integrates smart energy management platform and diversified energy storage technologies, and establishes a collaborative optimization and dynamic balance operation mechanism. Finally, the practical effects of this system in increasing the proportion of clean energy, reducing carbon emissions, and enhancing energy resilience were verified through typical oil field new energy application cases, indicating its important practical value and promotion significance in promoting the green and low-carbon transformation of the oil field industry and building a modern energy system.

Keywords: new energy technology; oil field; energy-saving and reduce emissions; green transformation; multi energy complementary system

引言

近年来,在全球应对气候变化和化石能源约束趋紧的背景下,推动能源结构转型已成为各国共识。新能源以其清洁低碳、可再生等优势,在包括油田在内的多个领域加速应用。作为传统高耗能产业,油田正通过引入新能源技术破解发展瓶颈,而国家政策在其中起到关键引领作用。例如,2023年2月国家能源局发布的《加快油气勘探开发与新能源融合发展行动方案(2023—2025年)》,首次系统部署油气与新能源融合路径,提出建设低碳/零碳油气田目标,并明确到2025年通过绿电三次采油实现增产原油200万t。2024年5月国务院办公厅印发的《2024—2025年节能降碳行动方案》进一步提出非化石能源消费占比达20%左右的目标,推动绿氢炼化、油气伴生资源利用等项目落地。在这一系列政策推动下,新能源正为油田绿色转型注入持续动力,推动传统生产模式向清洁化、低碳化加速演进。

1 新能源在油田领域应用的现状

1.1 太阳能的应用

太阳能在油田中的应用呈现多元化发展态势,已逐步从辅助性供电扩展至核心生产环节。在物探作业中,太阳能光伏系统开展了初步应用探索,依托光伏板将太阳能高效转换为电能。这一过程清洁、无污染,加之太阳能资源分布广泛、可就地获取,显著降低了能源供给成本与复杂度。

韩东颖等重点研究了光伏发电技术在抽油机系统中的应用。通过设计并网光伏供电系统,实现了抽油机节能运行,并验证了其经济可行性,为油田领域推进节能减排提供了实践依据^[1]。侯松伟指出,光伏发电已广泛应用于油气管道监控、设施阴极保护、输油管线运行及油井道路照明等多个领域,体现出显著的经济与环境效益^[2]。陈健进一步提出,光伏系统可集成于油气自控监控、LED绿色照明及生产区域安防报警系统中,从而全面提升油田设施的低碳化与智能化水平^[3]。

综上所述,太阳能光伏发电技术已成为推动油田绿色转型的重要力量,其在多个应用场景中的实践均表明,该技术不仅提升了能源利用效率,也助力油田行业实现经济效益与低碳目标的协同发展。随着技术持续进步与系统集成能力增强,太阳能将在油田可持续发展中扮演更为关键的角色。

1.2 风能的应用

在全球能源体系低碳转型与气候治理不断深化的背景下,油田行业作为高能耗生产部门,正积极探索以可再

生能源替代传统能源的绿色发展路径。风能凭借其清洁性、可再生性和资源广泛性等优势,在油田生产运营中的应用规模持续扩大,已从早期试点逐步走向规模化部署,为油田减排降耗、控制成本及实现可持续发展提供了关键技术支持。

在风能应用初期,油田主要将其用于解决偏远井站、分散设施的低功率用电需求。这些区域往往远离主电网,供电困难且成本较高,小型风力发电机的引入有效缓解了此类问题。当前,风能在油田中的应用已逐步扩展至风能直接驱动抽油机、风-网互补供电及风力发热等多个方向,形成较为多元的技术体系。

郑茂盛等人系统评估了我国主要油田的风能资源潜力与用热需求,并以辽河油田加热炉为例,提出了风力发热技术的功率计算模型^[4]。孙尚宏创新性地将风机液压传动与机械-液压混合动力技术相结合,实现在10~15MPa压力区间内风机-泵系统与动力系统协同高效运行,节电率最高可达62%,显著提升了风能利用效率^[5]。

张春友等进一步引入人工智能方法,提出基于支持向量回归的风速估计模型,并结合粒子群算法优化控制参数,实现了风能捕获与功率控制的精准化和智能化^[6]。

综上,风能利用技术已在油田中展现出显著的节能降耗效果和良好的经济性。未来应持续优化风能系统整体效能与运行可靠性,深化智能控制技术应用,以推动油田行业在绿色低碳转型中实现更高质量发展。

1.3 地热能的应用

地热能油田领域的应用具有独特优势,主要体现在稠油开采和清洁发电两个方面。一方面,通过注入高温地热水以降低稠油黏度,可有效提升其流动性和采收率;另一方面,地热发电利用地下热水或蒸汽驱动涡轮发电,为油田生产提供清洁电力,兼具环境效益与运行效率。

在相关研究方面,王社教等指出,地热能原油管道加热中具备显著的节能潜力,应用前景广阔^[7]。王敏梳理了中国石油自20世纪初以来在地热能领域的探索历程,强调其在科技与规划部门支持下持续开展关键技术攻关,为地热开发提供了坚实基础^[8]。王社教等进一步提出,石油企业可依托其在地质数据、钻完井和压裂技术方面的积累,推动地热资源勘查、改造与回灌等关键环节的发展^[9]。何东博等介绍了冀东油田创新采用砂岩储层无压回灌技术,成功实现规模开发,形成可推广的“冀东模式”,为传统油企开发地热资源提供了重要实践参考^[10]。

综上所述,地热能油田中的应用已取得实质性进展,

未来应进一步加强资源潜力评估、经济性分析和核心技术研发,推动地热产业迈向高质量、可持续发展新阶段。

2 新能源技术在油田节能减排中的应用

2.1 节能技术的发展与应用

节能技术在油田领域的应用与发展是实现能源高效利用与环境保护协同并进的重要研究方向。我国在该领域已取得系统性进展,尤其在工艺优化、设备节能及能源回收方面成果显著,但仍面临设备老化、腐蚀结垢等实际工程挑战。陈由旺等全面梳理了我国油气田节能技术的发展脉络,指出在系统整体优化、抽油机节能技术改造、放空天然气回收利用等方面已实现较大突破,为油田能效提升提供了坚实基础^[11]。

近年来,随着新能源技术与传统节能手段的深度融合,油田节能呈现出多技术耦合、智能化发展的新趋势。孙尚宏等提出将风机液压传动技术与机械-液压混合动力系统相结合,实现了风能高效转化与电能节约的统一,在 10~15MPa 工况下节电率最高可达 62%,为油田绿色化运行提供了创新思路^[5]。

宋曙光等强调,应通过源网荷储一体化协同调控和储能技术集成,系统性解决油田高耗能环节的节能减排问题,推动节能策略从单点设备改造向系统级智慧用能转变^[12]。孙阳等进一步构建了多元储能容量优化模型,提升了“源-荷”动态互动效率,为新能源在油田中的规模化、经济化应用提供了关键理论支撑与工程实践指导^[13]。

节能技术在油田中的应用不仅显著提高了能源利用效率、降低环境污染,也增强了油田生产的经济效益与社会效益。未来应持续推进节能技术与新能源系统的深度融合,加强关键装备研发与全流程优化调控,为实现油田绿色、低碳和可持续发展提供坚实技术支撑。

2.2 源网荷储一体化技术

源网荷储一体化技术作为一种综合性能源管理解决方案,通过整合电源、电网、负荷与储能四大关键环节,实现能源的高效利用与系统动态平衡。该技术以智能化控制为核心,深度融合现代信息技术与能源技术,显著提升了电力系统的灵活性、可靠性和经济性。

在油田新能源应用领域,源网荷储一体化技术已取得多项研究进展。张洪阳等设计了一套电储热系统,采用多级可调加热电阻与变频器控制一次侧循环水泵的双重控制策略,实现了高电热功率的平衡与系统安全性的提升^[14]。宋曙光等提出应用“源网荷储”一体化技术,系统分析高耗能环节存在的问题,并提出综合性节能减排解决方案,

有效提高了电力系统的整体效率^[12]。王川等构建了涵盖光伏发电、风力发电和蓄电池储能的多元互补系统,通过优化调控模型提升了可再生能源利用率,同时降低了运行成本^[15]。王建等采用微电网集群智能协控系统,解决了高比例新能源接入导致的消纳不均问题,实现了集群内能量平衡与集群间能量互济,增强了系统安全性与经济性^[16]。

综上所述,源网荷储一体化技术凭借其优化调度与智能控制能力,在油田新能源应用中显著提高了能源利用效率与系统稳定性,为油田领域实现节能减排目标提供了有效的技术路径。

2.3 储能系统优化配置

储能系统优化配置是指通过科学方法和技术手段,对储能系统的容量、功率、类型选择、空间布局及运行策略等多个维度进行全面合理的规划与设计,旨在满足特定应用场景需求的同时,实现系统整体性能的最优。该过程不仅涵盖技术层面的精细调控,还需统筹经济性与可靠性,是一项多目标协同的系统工程。

张洪阳等设计了一套适用于油田环境的电储热系统^[14]。该系统创新采用多级可调加热电阻结构,并结合变频器对一次侧循环水泵进行精准控制,通过双重控制策略实现了电热功率的高效平衡,提升了系统运行的安全性与经济性。

进一步地,孙阳等提出了面向油田井场的“源网荷储”一体化新能源高效利用方案。该研究制定了系统化的功率控制策略,构建了多类型储能容量优化配置模型,并深入分析了不同储能容量配置对系统运行可靠性和经济性的影响^[13]。基于仿真与实验验证,该方案被证明可显著提升新能源开发利用的综合效益。

综上,储能系统优化配置在提升油田新能源系统运行经济性与可靠性方面展现出重要价值,同时也为构建低碳、清洁、高效的能源供应体系提供了关键理论支撑与技术路径,对推动能源绿色转型具有积极意义。

3 新能源在油田领域应用的发展趋势

3.1 新能源技术推动油田绿色转型

未来,油田能源系统将朝着风光热储多能协同与综合能源体系的方向发展。通过多种能源形式的互补与融合,如太阳能与风能在时空维度上的补充、地热能供热供电中的协同作用,以及储能系统对波动性能源的调节,可实现能源的稳定供应与高效利用。周蕊等以玉门油田为例,探讨了传统油田通过发展光伏发电等新能源项目实现绿色低碳转型的路径,展现了风光电布局优化在推进清洁能

源替代方面的示范意义^[17]。张洪伟系统分析了油田电网绿色转型面临的关键问题,提出应推进新型电力系统建设、深化市场化机制与专业化运营,以实现低碳发展目标^[18]。

在智慧油气田建设中,借助大数据、人工智能等信息技术,可实现能源的智能调控与优化调度。宋曙光针对油田高耗能环节的突出问题,提出采用源网荷储一体化与储能等技术手段,系统解决能效提升和减排难题^[12]。王川等通过构建涵盖光伏、风电与储能的仿真模型,以运行成本最低为目标,建立了油田多能互补系统的优化调控模型^[15]。

针对高比例新能源接入导致的消纳难题,王建等提出采用微电网集群智能协控系统,通过协同控制实现不同微电网间能量互济与时空平衡^[16]。综上所述,新能源技术在油田中的应用不仅有效推进节能减排,也为油田绿色转型提供了关键技术支撑,未来应进一步加强多能协同、智能调控与系统优化方面的研究与实践。

3.2 多能互补系统优化

持续的技术创新正推动新能源在油田领域实现更深度应用。太阳能光伏转换效率与风力发电机性能的持续提升,增强了清洁能源供给能力;储能技术的突破,特别是低成本、高能量密度固态电池等新型储能系统的研发,显著提升了系统调节能力与运行稳定性;而地热能开发也逐步向深层地热开采及地热-油气协同开发等一体化方向拓展。李浩光等提出的风网互补公共直流母线抽油机群控系统,通过公共直流母线实现多台抽油机能量互馈与循环利用,在提升风能利用效率的同时降低了变压器配置需求与污染物排放^[19]。徐晓峰等介绍的河南油田“多能互补”模式,通过统筹新能源与油气主业发展,推进分布式光伏与风电建设,并探索“余热+光热(光电)”技术在联合站加热系统中的应用,构建了高效协同的综合能源体系^[20]。王川等则以油田联合站为对象,构建了含光伏、风电与储能的多能互补仿真模型,以实现综合运行成本最低为目标,验证了该系统在提升可再生能源利用率与降低运行成本方面的显著效果^[15]。由此可见,多能互补系统优化已成为推动油田绿色低碳转型与可持续发展的有效技术路径。

3.3 微电网集群智能协控系统

微电网集群智能协控系统是一种基于先进计算技术与智能化管理策略的能源调度与控制平台。该系统通过整合多个微电网单元,实现跨区域、多层级的能量协同优化与综合管理,其核心功能涵盖实时数据采集与分析、分布式能源协调、负荷预测与动态平衡、故障诊断与自愈控制等。借助人工智能与大数据技术,该系统能够根据用户需

求、天气变化和电价信号动态调整运行策略,从而提升可再生能源消纳能力,降低系统运营成本,并增强供电可靠性和韧性。同时,系统支持多种通信协议,确保各子系统间信息互联与协调控制的高效性。

微电网集群智能协控系统在工业园区、城市社区和偏远地区等场景中已取得广泛应用,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供了关键技术支撑。例如,李浩光等开发了一种以风能优先利用为特征的共直流母线抽油机群控系统^[19]。该系统通过公共直流母线实现多台抽油机之间倒发电能量的互馈与循环利用,有效提高了风能利用率,降低了网电依赖和污染物排放。王建等针对油田配电场景提出了一套微电网集群智能协控系统^[16]。该系统通过分析井区用电负荷特性,利用协控装置协调多个微电网之间的能量流动,有效解决了新能源发电与用电负荷在时空上的不匹配问题,实现了集群内功率平衡及系统间能量互济,显著提升了供电安全性与经济性。

可见,微电网集群智能协控系统在油田新能源应用方面展现出良好的优化效果与应用潜力,为油田绿色低碳转型和可持续发展提供了重要技术保障。

4 结论

新能源在油田领域的应用已取得显著进展,太阳能、风能、地热等多种清洁能源正逐步集成于油气生产的多个环节,在驱动设备、供热供电以及提高能源效率等方面发挥了积极作用,为油田实现节能减排与绿色转型提供了有效路径。然而,当前仍面临一系列技术瓶颈、经济性约束以及政策与市场机制不完善等挑战。

展望未来,随着多能协同系统的不断优化、关键技术持续突破以及低碳甚至零碳油田建设目标的推进,新能源在油田领域的应用深度和广度将进一步提升。这不仅有助于油田行业在能源供应保障中兼顾可靠性与清洁化,也将强化其应对气候变化和履行环境保护责任的能力。最终实现这一愿景,需政府、企业与科研机构形成合力,通过加强政策引导、扩大研发投入、健全市场机制,共同推动新能源在油田领域的规模化、高效化和智能化应用。

基金项目:内蒙古自治区科技成果转化引导项目(2020CG0085);内蒙古民族大学科学技术研究项目(KYQD24004)。

[参考文献]

- [1]韩东颖,苏连超,刘佳丽,郭长佳,马鹏飞.太阳能辅助供电节能式抽油机[J].科技创新导报,2015(22):155-156.
- [2]侯松伟.太阳能光伏发电在大庆油田的有效应用[J].化

工管理,2020(36):53-54.

[3]陈健.太阳能光伏发电系统在油田设计中的应用策略[J].中国设备工程,2023(16):81-83.

[4]郑茂盛,滕海鹏,胡军,等.油田风能资源及风力发热技术的应用[J].石油工程建设,2014(1):5-7.

[5]孙尚宏,张晓菊,张春友.风能驱动抽油机节能技术研究[J].现代制造工程,2020(2):6-12.

[6]张春友,王亮,李宏,等.机器学习风速预测及新能源抽油机风功率控制[J].吉林大学学报(工学版),2021(6):1997-2006.

[7]王社教,闫家泓,黎民.石油行业开展地热能节能的发展前景[C].北京:化学工业出版社,2005.

[8]王敏.我国油企与地热利用[J].石油知识,2020(1):11.

[9]王社教,陈情来,闫家泓,等.地热能产业与技术发展趋势及对石油公司的建议[J].石油科技论坛,2020(3):9-16.

[10]何东博,吕博舜,王雨佳,等.中国石油冀东油田地热能开发思考与实践[J].油气藏评价与开发,2024(6):825-833.

[11]陈由旺,余绩庆,林冉,等.油气田节能技术发展现状与展望[J].中外能源,2009(9):88-94.

[12]宋曙光,张翀焱.油田新能源与节能减排技术研究[J].石

油石化节能与计量,2023(9):83-88.

[13]孙阳,张洪阳,王美威.基于储能优化配置的油田新能源利用方法[J].当代石油石化,2024(9):35-41.

[14]张洪阳,时振堂,陶丽楠,等.油田新能源电储热系统设计与实验研究[J].安全、健康和环境,2023(9):47-51.

[15]王川,姚彬,刘昊天,等.基于新能源的油田多能互补系统优化研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024(13):120-122.

[16]王建,李晓庆,任炜,等.油田新能源配电环境微电网集群智能协控系统应用[J].电气应用,2024(5):22-27.

[17]周蕊,马宁,谈俊宏.老油田爱上新能源[J].中国石油石化,2022(10):54-55.

[18]张洪伟.大型油田电网绿色转型发展的思考与实践[J].当代石油石化,2023(1):56-58.

[19]李浩光,张加胜,马睿.基于风网互补风电优先的共直流母线抽油机群控系统研究[J].电气应用,2014(8):86-93.

[20]徐晓峰,杨宇辉.河南油田“多能互补”开发模式助力新能源业务[J].中国石化,2022(3):56-57.

作者简介:新吉勒图(1967—),男,农业技术推广研究员,研究领域为农牧业机械化智能化、农机农艺融合发展。