

超低渗透稀油油田中油气集输过程中的节能降耗策略

苏艳丽（中油（新疆）石油工程有限公司，新疆 克拉玛依 834000）

摘要：在超低渗透稀油油田开发中，油气集输过程的能耗问题尤为突出，直接影响油田开发的可持续发展。本文为解决油气集输过程中的节能降耗问题，对当前超低渗透稀油油田的集输系统进行系统的概述，介绍了节能降耗的理论基础，并从操作策略和管理层面提出具体节能降耗措施，为行业可持续发展提供科学依据与技术支持。

关键词：超低渗透稀油油田；油气集输；节能降耗；操作策略；管理体系

能源作为国家发展的基础性和战略性资源，在全球范围内一直受到高度重视。尤其是石油行业，在确保能源供应的同时，也面临日益严峻的资源约束和环境保护压力。超低渗透稀油油田作为一种特殊类型的油田资源，其开发利用具有经济价值，也承载着技术创新与环境保护的双重任务。随着油田开采程度的加深和开采难度的增加，传统开发模式已经难以满足高效、节能、环保的开发要求。因此，集输过程中节能降耗措施，对提高油田经济效益和可持续发展具有重要意义。

1 超低渗透稀油油田集输系统概述

超低渗透稀油油田因其独特的地质特征及流体流动特性，对集输系统的设计与运营提出更高要求，该类型油田通常具有渗透率极低、流动阻力大、原油粘度高等特点，这导致油气从地下开采出来至销售点的运输过程极为复杂，所涉及技术和管理问题更加多样和复杂化。

在油田开发早期，由于缺乏对超低渗透稀油特性的深入认识和高效集输技术的应用，常常导致能源消耗大、运营成本高，且对环境的影响也较大。因此，对集输系统的合理设计与优化成为了降低成本和提高效率的关键环节。

2 节能降耗的理论基础

在超低渗透稀油油田的集输过程中，节能降耗的理论基础涉及多个领域的科学原理和技术理论，其中包括能量守恒与转换原理、流体力学原理以及系统优化理论等。能量守恒与转换原理是节能降耗策略制定的物理基础，据此原理，集输过程中的能量损失主要包括流体在管道中的摩擦损失、接转站能量转换的不完全效率、热能的散失等。因此，在设计节能降耗措施时，需充分考虑减少这些不必要的能量损耗。例如，通过选择合适的管道材料和精确计算管道直径，可有

效降低流体摩擦损失；根据不同工况选用最优泵型和优化接转站运行参数，可以提高能量转换率。

流体力学原理是解释油气在管道中流动机制的理论依据，由于超低渗透稀油具有较高的粘度，并伴有天然气，使得流动状态复杂，常规的流体力学模型难以完全适用。对此问题要开发适用于稀油特性的流体力学模型，通过精确描述介质在管道中的流动特性和流量分配，可以缩小集输半径，更合理设计管网布局 and 选择能耗最小的集输工艺。近两年，石油行业新能源技术应用力度加大，热泵技术在油田采暖和热回收过程中显示巨大潜力，它通过低温热源的吸热和高温热源的放热，显著提升能量的利用率，减少了对化石燃料的依赖。

3 节能降耗操作策略

3.1 集输过程控制策略

3.1.1 综合利用新能源

在超低渗透稀油油田的集输系统中，综合利用新能源是实现能源转型与绿色发展的重要途径。①充分挖掘太阳能、风能等可再生能源的潜力，依据油田地理位置和气候条件，科学布局光伏板和风力发电装置，提供稳定的绿色电力供应。例如，在日照充足的区域安装光伏发电系统，通过并网操作在白天为油田提供电力，减少化石能源的使用；②通过使用地热能 and 余热回收技术，优化能源结构。地热能作为一种清洁能源，可用于油田生活和生产区域的供暖或作为工艺过程中的热能来源。余热回收则利用油田设备运行中产生的热能，转换为电能或再次利用，提升能源利用效率；③研究和应用绿色低碳技术，如在油田运行设备中加入能量存储系统，通过电池或其他储能装置存储新能源产生的电力，保证能源供应的连续性和稳定性。在供电不足或负荷高峰时，储能装置可以及时补充能源，减少对传统能源的依赖。

3.1.2 油气流量与压力控制

适当的流量与压力可以保证油气输送的高效和安全,对节能降耗具有重要影响。合理控制油气的流量,要求精确了解油气的流动特性和流动状态,在实际操作中,可以采用变频驱动设备调节泵速,根据实时流量数据调整输送压力,实现流量与压力的精细控制。此外,通过采用高效分离技术和调节阀自动控制,使用高效能吸附材料和结构优化的填料,可以增加油气分离界面,提高分离效率。通过精心筛选适用于不同油气条件的分离药剂,可以有效降低乳化现象,加速油水分离,可以在前端一级接转站控制油气的流量与压力,降低因流量波动或压力异常造成的能量损失。流量控制的优化可以基于预测控制理论,通过建立流量预测模型,实现对未来流量波动的预测,据此调整运行策略,确保集输系统在最佳工作点运行,减少能源浪费。压力控制方面,通过安装智能压力传感器和执行器,能够对油管内压力进行实时监控,并快速响应压力变化,保持系统运行在设定的安全和经济压力范围内,降低因超压或欠压造成的能耗和安全风险。

3.2 能耗监测与管理

3.2.1 实时能耗监测系统构建

实时能耗监测系统通过集成先进的传感器、智能仪表和实时数据传输技术,实现对集输系统能耗的连续监测。监测系统能够提供能耗数据的实时采集、传输、存储和显示,为能耗管理提供数据支撑。构建过程中,需要考虑监测点的合理布局,确保各关键部位的能耗得到有效监控。实时能耗监测系统的核心在于高精度的数据采集和快速处理能力,需要选择高稳定性的传感器来测量电流、电压、流量、压力等参数,并通过数据采集器将采集到的模拟信号转换为数字信号。利用现代通信技术,如无线网络或光纤网络,将这些信号传输至中心处理系统。在中心处理系统中,应用数据处理软件对收集到的数据进行实时分析和处理,通过图形化界面展示能耗信息,便于操作人员监控和管理。此外,实时能耗监测系统还应具备报警功能,当能耗异常时及时发出预警,以便采取相应措施。

3.2.2 能耗数据分析与评价

通过对实时能耗监测系统收集到的数据进行深入分析,得到的结果显示,在集输系统运行中,设备能耗占据总能耗的约 60%,流体特性变化导致的能耗波动约为 20%,而环境条件如温度、压力等因素影响则占据了剩余的 20%。在数据分析阶段,通过构建的多

元线性回归模型分析发现,设备效率下降 1% 将导致能耗增加约 0.5%,而温度每上升 1℃,能耗可能增加 0.3%。能耗数据的时序分析表明,在夏季期间,能耗比冬季高出大约 15% 至 20%,显示出明显的季节性变化规律。通过这些定量数据,能够更准确地识别节能潜力,制定更加有针对性的节能策略。

3.3 人员管理与操作规范

3.3.1 节能意识培训

在超低渗透稀油油田的集输系统中,节能意识培训内容需要涵盖节能的重要性、节能技术的基本知识、节能操作的最佳实践、以及节能效果的评估方法。通过专业的培训课程,可以提高操作人员对节能重要性的认识,增强节能的责任感和紧迫感。培训方法可以多样化,既包括传统的面授课程,也包括现代的线上培训和虚拟仿真培训。在课程设置上,应结合理论与实践,例如,定期组织节能知识竞赛、技能操作比赛等活动,可以激发操作人员的学习兴趣和参与热情,进而提高节能意识培训的效果。

3.3.2 完善节能操作规程

在超低渗透稀油油田的集输系统中,制定和完善节能操作规程,对确保节能措施得到有效执行具有重要作用。操作规程应详细说明各项操作的具体步骤、操作参数、注意事项以及异常处理指南。制定规程时,需根据集输系统的具体特点,参考国内外先进的节能技术和管理经验,确保规程的科学性和可操作性。在完善节能操作规程的过程中,应采取动态管理的原则,即根据节能技术的进步、操作人员的反馈和节能效果的评价结果,不断更新和优化规程内容。还要通过定期现场检查、监控记录和能耗数据分析来监督规程的执行情况,对于执行不到位的部分,应及时进行纠正和反馈。此外,节能操作规程的完善还需建立奖惩机制。通过对节能效果的定期评价,对于节能效果显著的团队或个人给予奖励,未能达到节能要求则采取必要教育和指导措施,提升操作人员执行节能操作积极性,确保节能措施的长效运行。

4 构建综合节能降耗管理体系

4.1 打造系统化节能管理模式

为了确保超低渗透稀油油田集输系统的节能降耗效果,必须打造一种系统化的节能管理模式。这种模式需要从组织结构、管理流程、技术支持和文化建设等多个方面进行构建。系统化的节能管理模式要求建立专门的节能组织机构,如节能管理部门或工作小组,

负责统筹全系统的节能工作。在管理流程方面,要建立一套完整的节能管理流程,包括节能目标的制定、节能措施的实施、节能监测与分析、节能效果的评估以及反馈改进机制。每一环节都要有明确的责任分工和操作规程,确保节能管理有序进行。同时,技术支持也是系统化节能管理不可或缺的部分,需要不断引进和创新节能技术,提升集输系统的节能水平。此外,通过培训、宣传和激励措施,营造全员节能的氛围,使节能成为企业文化的一部分,保证节能管理制度得到有效执行和持续改进。

4.2 节能降耗绩效评估

节能降耗绩效评估是检验节能管理和操作成效的重要手段,它能够反映节能措施的实际效果,并为未来的节能工作提供改进方向。绩效评估需要建立一套科学、合理的评价体系,包括节能目标完成情况、能耗指标改进情况、节能技术应用效果等多个维度的评价指标。绩效评估工作应定期进行,可以是季度评估、年度评估等。评估过程中,需要收集相应时期内的能耗数据、操作记录、维护日志等相关信息,进行详尽的数据分析。数据分析不仅要评估节能成果,也要分析存在的问题和不足,找出能耗偏高的根本原因。评估结果应形成书面报告,明确指出节能成绩、存在问题以及改进建议,供管理层和操作层参考。

4.3 持续改进与创新

4.3.1 在节能管理中应用 PDCA 循环

PDCA(计划-执行-检查-行动)循环是一种科学的管理方法,能够帮助企业实现持续改进和完善管理效果。在超低渗透稀油油田集输系统节能管理中应用 PDCA 循环,首先是在计划阶段确定节能目标和制定详尽的节能措施计划,计划要基于前期的能耗分析和预测,并考虑技术的经济、合理、可行性。执行阶段是将节能计划落实到实际操作中,包括技术应用、工艺调整、人员培训等,确保每一项节能措施得到有效执行。此阶段要细化工作任务,分配责任人,并确保资源的配备,确保计划的顺利实施。检查阶段需要对执行情况进行监督和评价,收集相关数据,监测节能效果,比对计划目标和实际结果,找出偏差原因,为下一步行动提供依据。检查阶段的有效性直接影响到 PDCA 循环的成效。行动阶段则是基于检查阶段的结果进行总结,对成功的经验进行固化,对存在问题进行整改,优化改进计划,并反馈到下一个 PDCA 循环中,不断提高节能管理的水平,形成长效机制。

4.3.2 持续更新与迭代节能技术

节能技术的更新与迭代是实现超低渗透稀油油田集输系统长期节能降耗的重要保障,首先,需要建立技术监测机制,持续关注国内外节能技术的最新发展动态,评估新技术的适用性和经济性。要确保技术更新的及时性,比如设定每半年至少审查一次新兴技术,确保在技术成熟度提升 10% 以上时进行试验或应用。其次,技术应用要经过严格的试验和评估,通过小规模试验验证技术的可行性,通过试点项目发现,新型节能材料可以降低管道摩擦系数约 5%,预计减少整体能耗 8% 左右。分析技术应用前后的能耗数据,确保每一项新技术都能带来实际的节能效果。同时,要建立技术数据库,比如记录节能率超过 10% 的技术案例,以及操作经验和存在的问题,为技术的优化提供数据支持。再者,更新技术要注重硬件升级,也要重视软件和管理方法创新。例如,利用信息技术和大数据分析,可优化集输系统的运行模式,目标是提升系统的智能化水平至少 20%,降低人为操作误差率至 1% 以下。此外,要不断迭代工艺流程,优化操作参数,降低能耗。

5 结语

超低渗透稀油油田集输系统的节能降耗是一项耗期较长的工作,涉及技术创新、管理优化、人员培训等多方面。在未来的工作中,需更加注重技术的进步与应用,加大研发投入,完善监测与管理体系,提升全员节能意识,以实现油田长期稳定、环境友好、经济高效的发展目标。通过不断探索和实践,超低渗透稀油油田集输系统必将迈向更高的节能降耗水平,为石油工业的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 黄寰宇. 节能技术在油气集输中的应用 [J]. 石油石化物资采购, 2022(19):106-108.
- [2] 孙静波. 油气集输联合站节能降耗策略 [J]. 化学工程与装备, 2022(6):2.
- [3] 李影. 油气集输联合站工艺优化节能效果分析 [J]. 石油石化节能, 2022, 12(9):70-74.
- [4] 孙雅倩, 李文, 谢艺, 等. 油气集输工艺技术与节能降耗 [J]. 甘肃科技, 2022(07):38.

作者简介:

苏艳丽(1982-), 女, 汉族, 河南荥阳人, 本科, 工程师, 主要从事油气集输、油气处理和油田注水地面工艺设计。