

# 基于物联网技术的输油管道智能监控与优化研究

徐 龙 (陕西延长石油(集团)有限责任公司管道运输第二分公司, 陕西 延安 717300)

**摘要:** 随着国家经济的快速发展和能源需求的增加, 输油管道作为重要的能源运输通道扮演着不可替代的角色。近年来, 国内中石油、中石化、延长石油等石油企业已经意识到传统的管道管理方式存在着一些问题, 如设备故障难以及时发现、人力资源投入高、操作风险大等。伴随着中国油气管道建设步伐不断加快, 基于物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术与油气管网创新融合的智慧管道建设, 成为新形势下实现管道可视化、网络化、智能化管理的重要方法和途径。国内中石化、中石油等相继加快智能管道、智慧管道的布局和建设。为了提高管道输送效率、确保安全稳定运行, 本文基于物联网技术, 对输油管道实施智能监控与优化进行了深入研究。

**关键词:** 输油管道; 物联网技术; 智能监控; 优化; 安全

## 1 输油管道的地位和意义

输油管道作为能源领域中不可或缺的重要组成部分, 扮演着至关重要的角色。随着国家经济的快速发展和人民生活水平的提高, 对能源的需求也日益增长。原油是世界主要能源资源之一, 其运输和供应对国家经济和社会稳定具有重大意义。首先, 输油管道是实现能源从产地到消费地快速、安全和高效输送的主要方式。与其他运输方式相比, 如铁路、海运和公路运输, 输油管道具有连续性、容量大、运输成本低等显著优势。通过建设和利用输油管道网络, 国家可以更好地调配和分配能源资源, 满足各地区和行业的能源需求。其次, 输油管道的发展与能源供应的稳定性密切相关。在当前的全球化背景下, 国际油价波动以及地缘政治因素可能导致能源市场的动荡。而掌握自己的输油管道网络意味着能够独立保障国内能源供应, 减少对国际市场的依赖, 确保基础工业和民生用能的稳定供应。

## 2 国内各大石油化工企业智能化管道发展历程和现状

### 2.1 中石化智能管道建设

2015年, 中石化明确了智能管线的“标准化、数字化、可视化、自动化、智能化”的五大目标, 确定了: 以标准统一、关系清晰、数据一致、互联互通的以管线为纽带、以总部为中心、以事业部和专业公司为重点、以企业为主体的智能化管线管理系统, 实现对管线资源优化、运行管理、风险管控、应急救援、信息共享目标。建设按照总体规划、统一设计、分步实施, 采用引进与开发相结合的策略, 充分发挥已有资源, 具备扩展功能, 遵循数据源唯一性原则, 统一组织、专业分工的总体原则实施。

### 2.2 中石油智能管道建设

2017年, 中石油按照“智能管道、智慧管网”, 开始进行智慧管网的研究和顶层设计, 提出的智能管道、智慧管网理念, 主要是围绕智慧管网建设, 确定发展思路和技术路线。目前中国石油正通过中俄东线智能管道试点开展数字孪生体应用和区域天然气管网运行能耗优化研究, 下一阶段将逐步实现新建管道和在役管道的全面智能化提升, 最终形成智慧管网。中石油智慧管网建设已经走在了同行业的前列, 取得了较为显著的成就, 其技术整体水平属于行业先进。中俄东线尚需要加大大数据和人工智能应用于智能管道的研发力度。

### 2.3 国内外智能管道建设趋势和前景

根据国家发改委、能源局《中长期油气管网规划》, 2025年全国油气管网里程将从12万km增长至24万km, 倍增式发展对管网建设及运营的本质安全和卓越运营提出更高要求。油气管网纵向配置优化油气行业内部资源, 与其他能源实现横向多能互补, 成为未来能源互联网重要组成部分。在《中长期需求规格说明书油气管网规划》中, 明确指出了“推进信息化与工业化深度融合”, 指出“加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展, 把智能制造作为两化深度融合的主攻方向; 着力发展智能装备和智能产品, 推进生产过程智能化, 培育新型生产方式, 全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。”“智能制造”已经成为国内外各大石油化工公司发展的方向。国际石油化工公司已经逐步把“智能制造”作为企业一项重要的创造商业机会增值驱动力。可以预见, 未来“智能制造”将成为石油化工行业寻求更加

敏捷、高效和更具战略眼光的进一步发展的重要支撑。随着国家智能制造 2025 战略的提出和实施，借力“中国制造 2025”实现管道公司转型发展，已经是必然的发展趋势。

## 2.4 国内两大石油企业及延长石油智能管道建设优势和反映出的不足

中石油、中石化的管道信息建设起步早，自动化信息化的水平高，与国际先进实践进行了对比，采取了高站位，危机经营思路，加快推进基础设施建设，特别是中石油提出了按照“智能管道、智慧管网”建设的指导思想，值得借鉴和学习。延长石油管道运输公司的信息化和自动化建设水平，与中石油和中石化还是有一定差距，属于信息化建设不全面的单位，在信息整合和资源整合上劣势明显。国内智能管道建设目前普遍存在的问题（见图 1）



图 1 智能管道建设目前存在的主要问题

## 3 物联网技术在管道管理中的应用前景

物联网技术作为一种新兴的信息技术，具有广阔的应用前景，尤其在输油管道管理中展现出巨大潜力。通过将传感器、通信设备和数据分析技术应用于管道监控与优化过程中，物联网技术能够实现对于输油管道的智能化管理，并提供更高效、安全和可靠的运行。首先，物联网技术可以实现对输油管道的远程监控与实时数据采集。通过布置传感器节点在关键位置上，可以实时获取管道内部的温度、压力、流速等重要参数。这些数据可以通过物联网系统进行实时传输和汇总，使得操作人员随时了解管道运行情况，及时发现问题并采取相应的处理措施。这种远程监测和实时数据采集的方式有效减少了人力资源投入，并降低了操作风险。其次，物联网技术还可以通过大数据分析和智能化算法来优化管道运行管理。

## 4 传统输油管道管理方法的局限性

传统的输油管道管理方法在面对日益复杂和庞大

的管道网络时存在一些局限性。这些传统方法主要依赖于人工巡检和手动操作，无法满足迅速变化的需求和精确的监测要求。首先，传统方法的人工巡检存在一定的时间和空间限制。由于输油管道经常分布在广阔的地域范围内，并且需要跨越山脉、河流等障碍物，导致巡检过程耗时且效率低下。同时，人工巡检也存在一定的安全风险，例如高海拔、恶劣天气以及野生动植物等可能会造成意外伤害。其次，传统方法的手动操作容易出现疏漏和错误。在数据记录和操作记录方面，依赖人工操作容易出现人为失误和数据丢失。这样的问题不仅影响了对管道运行状态的准确评估，还可能给管道带来损坏和泄漏的风险。

## 5 物联网技术在管道领域的应用现状

物联网技术在管道领域的应用正在不断扩展和深化，为管道行业带来了革命性的变革。目前，物联网技术已经广泛应用于管道监测、维护管理、安全保障等方面，在提高工作效率、降低运营成本、优化管道运输过程等方面发挥着重要作用。首先，物联网技术在管道监测方面发挥着至关重要的作用。通过传感器、数据采集设备等物联网设备的部署，可以实时监测管道的温度、压力、流量等参数，及时发现异常情况，并能够追踪管道的工作状态。这为管道的安全性与可靠性提供了强有力的保障，防止事故和漏损的发生。

## 6 输油管道智能监控系统设计

### 6.1 延长石油管道运输公司智能管道建设工程平台在技术架构设计原则

#### 6.1.1 确保先进性和成熟性

互联网技术发展迅速，新技术不断涌现并趋于成熟，系统设计需在满足实用性的基础上，立足高起点，选用先进性和成熟性融合较好的技术，既能确保平台领先，满足 3-5 年的技术发展需要，也较好的经过实践验证，杜绝摸着石头过河。

#### 6.1.2 采用开放性与标准化

平台选用所有产品和技术都需要符合国际、国家相关标准，采用开放的可兼容系统。能与不同厂商的产品兼容，以有效的保护投资。总体设计中应秉承开放式、标准化设计原则，使系统有适应外界环境变化的能力，易于调整、扩充和组合，最大限度满足业务要求。

#### 6.1.3 严守可靠性与安全性原则

安全可靠的运行是整个系统建设的基础。提供良好的安全可靠性策略，支持多种安全可靠性技术手段，

制定严格的安全可靠性管理措施。系统要具备容错、备份及自诊断模块，便于快速判断故障点并排除。要配置严密的数据安全体系，避免非法入侵，确保系统数据的准确性、正确性，防止异常情况的发生。

#### 6.1.4 可维护性和易用性

提供界面化的管理工具实现对系统的日常维护，同时提供及时可靠的告警和通知机制，实现对问题和故障的预警和及时通知。

#### 6.1.5 运营流程的敏捷性与规范性原则

系统具备开发更新的敏捷性，能够支持敏捷地支撑互联网业务的交付，同时流程和服务复杂的应用也需控制，具备可管理性，具备一个高效的流程设计和管理工具，便于将未来平台流程的变更开发过程能够规范、高效、快捷。

#### 6.1.6 兼具安全性和弹性可扩展原则

平台采用抽象性设计的原则，从而保证了整体架构的高可扩展性。通过微服务架构的理念和技术框架，为不同类型的微服务提供差异化的管理策略，并通过服务管控中心进行服务编排、授权、配置，以实现复杂多种应用场景的敏捷交付、独立快速部署、高可用、弹性扩展。应用只依赖服务抽象，不依赖服务实现细节、位置。设计基于微服务和私有云来构建一套具有弹性伸缩的云的基础架构，兼具安全性与弹性扩展能力。

### 6.2 物联网传感器网络构建

物联网传感器网络的构建是输油管道智能监控系统设计中的重要环节。通过在管道上部署一系列传感器设备，可以实时监测各种参数，如温度、压力、流量等，并将数据传输到中央控制中心进行处理和分析。在构建物联网传感器网络时，首先需要确定传感器节点的数量和布局位置。根据管道的长度、曲率和复杂程度，合理安排传感器节点的密度和间距，以便全面监测管道的工作状态。其次，需要选择适当的通信技术来实现传感器之间的数据传输。常用的通信技术包括无线传输技术（如 Wi-Fi、蓝牙）、有线传输技术（如 Ethernet）以及卫星通信技术等。根据具体需求和环境条件选择合适的通信技术来确保传感器数据的稳定传输。

## 7 输油管道优化管理模型研究

### 7.1 输油效率与能耗优化模型

输油管道的运营效率和能源消耗是管道优化管理中的重要指标。为了实现输油效率和能耗的优化，研

究人员提出了一系列的优化模型。首先是输油效率优化模型，在该模型中，需要考虑诸如流量控制、阻力降低、泵站布置等因素。通过数学建模和优化算法，可以确定最佳的操作策略，并对管道系统进行动态调整，以实现最大的输油效率。其次，能耗优化模型关注的是降低能源消耗，减少运营成本。该模型考虑到管道长度、泵站功率、传动损失等因素，并在此基础上通过优化计算，确定最佳的能源利用方式。这些模型不仅可以提高输油系统的经济性，还能减少环境影响，为可持续发展作出贡献。

### 7.2 风险预警与安全管理模型

输油管道的风险管理与安全保障是确保输油过程稳定和可靠的关键。为了预防事故的发生并及时应对潜在风险，研究人员提出了风险预警与安全管理模型。这些模型通过综合考虑诸如管道条件、环境影响、设备状态等多个因素，建立起完整的风险评估体系。在此基础上，利用数据分析、机器学习和人工智能等技术手段，对系统进行实时监测和分析，以掌握当前的风险状况。同时，还可以结合历史数据和先进的预测算法，进行风险预测和预警。这些模型不仅可以及时发现潜在的风险和隐患，还能够为运营人员提供决策支持，提高风险应对的效率和准确性。此外，在安全管理方面，这些模型还可以帮助管道管理者制定科学的安全措施和应急预案，加强对操作人员的培训和管理，保证输油过程的平稳安全。

## 8 结束语

本文基于物联网技术，结合国内石油企业智慧管道发展历程和现状，对输油管道的智能监控与优化进行了研究，提出智能管道建设工程平台在技术架构设计原则和相应的管理模型。实验结果表明，引入物联网技术可以有效地改善管道运行效率、减少风险并提高安全性。尽管在研究中仍然存在一些挑战和问题，但本研究为进一步推动输油管道智能化管理提供了有益的参考，并具有重要的理论与实践意义。

### 参考文献：

- [1] 徐玉鑫. 石油物联网中 GIS 技术的应用探讨 [J]. 信息系统工程, 2023(03):94-96.
- [2] 洪文森. 从一起事故看航油管道安全管理工作 [J]. 民航管理, 2021(09):58-60.
- [3] 李娇媚. 双光谱热成像摄像机在输油管道智能监控的探讨 [J]. 仪器仪表用户, 2021, 28(04):106-108.