

大数据分析在天然气管道运输效率提升中的作用

崔 虎（中国石油天然气股份有限公司天然气销售新疆分公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘要：随着能源需求不断攀升，天然气作为清洁能源在能源结构中地位日益凸显，在这一背景下，如何有效提升天然气的管道运输效率，成为保障能源稳定供应、推动能源行业可持续发展的关键。基于此，本文基于天然气管道运输的特点和现状，对大数据分析在天然气管道运输中的应用情况进行了探讨，然后论述了大数据分析在天然气管道运输中的应用作用，以期有效推动行业智能化发展，保障能源安全，并为相关领域的深入研究提供理论基础。

关键词：大数据分析；天然气管道运输；运输效率；预测性维护；智能化发展

Abstract: With the continuous increase in energy demand, natural gas, as a clean energy source, has become increasingly prominent in the energy structure. Against this backdrop, how to effectively improve the pipeline transportation efficiency of natural gas has become the key to ensuring stable energy supply and promoting sustainable development of the energy industry. Based on this, this article explores the application of big data analysis in natural gas pipeline transportation based on its characteristics and current situation. Then, it discusses the role of big data analysis in natural gas pipeline transportation, in order to effectively promote the development of industry intelligence, ensure energy security, and provide theoretical basis for in-depth research in related fields.

Keywords: big data analysis; Natural gas pipeline transportation; Transportation efficiency; Predictive maintenance; Intelligent development

0 引言

随着全球对能源需求的日益增长，天然气作为一种清洁、高效的能源，在世界范围内所占的比重越来越大。天然气管道输送作为天然气的主要运输方式，对于保障能源供应具有重要意义。然而，随着天然气需求的不断变化和管网结构的复杂化，传统的运输管理模式面临着效率低下、运营成本高和安全风险难以控制等问题，而大数据分析技术的兴起，为解决天然气管道运输所面临的上述难题提供了契机。大数据分析技术能够挖掘管线运输大数据中的有用信息，可以为天然气管道运输决策提供支持，通过对管道运行状态的实时监测和分析，可以及时发现管道存在的隐患，并能提供有效的预防和治理措施。

1 天然气管道运输概述

1.1 天然气管道运输的特点

1.1.1 连续性强

天然气管道输送是一种连续输送的管道，它一旦投入使用，就可以不受天气、交通等外界因素的影响，进而持续、稳定地向用户输送天然气，这不仅可以保证天然气的稳定供应，而且可以保证工业生产和生活用气的连续供应^[1]。

1.1.2 运输量大

天然气管道的输送能力大，单位时间内的输气量大，与其他运输方式如公路和铁路相比，管道运输具有明显的优越性。一条直径较大的天然气管道可以承担大规模的天然气输送任务，为该地区甚至整个国家的能源供应提供保障。

1.1.3 安全性较高

天然气管道普遍采用地埋管敷设，这样既可以减少外界因素对管道的破坏，又可以降低泄漏的风险。同时，利用先进的监测和安全保护装置，可以实时监测管道的运行状况，及时发现和消除安全隐患。另外，管道内的气体为密闭气体，减少了与空气的接触，降低了发生火灾和爆炸的可能性。

1.2 天然气管道运输的现状

1.2.1 管道网络不断扩张

随着天然气需求的增长，世界范围内天然气管网规模不断扩大。为了满足日益增长的天然气需求，世界各国和地区纷纷加大了对天然气的投资力度，新建了大量的长输输气管线和城市燃气管线。例如，一些能源大国纷纷修建跨越国界的输气管道，实现了天然气跨境输送和能源的互联互通。

1.2.2 技术水平逐步提高

天然气管道输送技术也得到了长足的发展，如：新型钢管的开发和应用，极大地提高了管道的抗压性和耐腐蚀性，延长了管道的使用寿命；利用光纤传感技术、智能检测设备等先进监测技术，可以实时监测管道运行状态，及时发现管道泄漏、腐蚀等问题；采用自动化控制技术，实现了管道的远程监控和自动调度，提高了运输效率和管理水平。

2 大数据分析的内涵

2.1 大数据的定义与特征

2.1.1 定义

“大数据”是需要新处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化能力来适应海量、高增长率和多样化的信息资产^[2]。麦肯锡全球研究所给出的定义是：一种规模大到在获取、存储、管理、分析方面大大超出了传统数据库软件工具能力范围的数据集合，具有海量的数据规模、快速的数据流转、多样的数据类型等特征。

2.1.2 特征

海量：输气管道系统在运行过程中产生的数据量很大，如管线中安装有各种传感器，随着管线的延伸，需要采集的数据也越来越多，这些数据不仅包括管道本身的运行数据，还包括天然气的生产和销售。**高速：**快速生成海量数据。在天然气管道输送过程中，需要通过各种传感器实时采集各种数据，然后将这些数据传输到数据中心，并对这些数据进行实时处理和分析，以便及时发现管线运行中出现的问题，从而采取相应的措施。当管道压力出现不正常时，需要在短时间内对数据进行分析，以确定是否存在泄漏或其他安全隐患。**多样：**大数据呈现出结构化（表型）、半结构化（日志型）、非结构化（文本、图像、视频等）等。在天然气管道输送过程中，传感器采集到的数据主要是结构化的，而维修记录、故障报告等数据则是非结构化的。

2.2 大数据分析的方法与技术

2.2.1 数据挖掘

数据分析，就是从大量数据中，找出潜在的规律和变化，数据挖掘技术可以用于天然气管道运输过程，通过分析管道的运行数据，找出管道运行的异常模式，进而实现设备的故障预测。例如，从设备的历史故障数据和运行数据中，挖掘设备运行参数和设备故障之间的内在联系，以便及早采取预防措施。

2.2.2 机器学习

机器学习是一门允许计算机从数据中学习和改进性能的技术，采用机器学习方法，可以实现输气管道运行状态的预测。例如，通过训练管道的压力、流量、温度等历史数据，预测未来管道的运行状况，及时调整生产计划。

2.2.3 数据分析工具

目前已经出现了以 Hadoop、Spark 等为代表的大数据分析工具，Hadoop 是一个开放源码的分布式计算平台，能够处理海量数据的存储和运算；Spark 是一个快速、多功能的大数据处理引擎，利用这些仪器，可以对管线输送过程中采集的大量数据进行处理和分析。

3 大数据分析在天然气管道运输中的应用

3.1 管道运行状态监测

3.1.1 实时数据采集与分析

通过在管道内安装压力、流量、温度等传感器，实现对管道的实时监控，利用大数据分析技术，对数据进行实时分析，如当管道压力超过设定值时，系统能及时报警，使操作人员及时处理，避免了管道的断管等事故发生^[3]。

3.1.2 异常检测与故障诊断

通过对管线运行数据的分析，能够找出管线运行过程中出现的一些不正常现象，例如，分析管道的流量数据时，如果发现管道流量突然下降，就有可能是管道发生了泄漏、堵塞等情况，再与压力、温度等相关数据相结合，进行故障诊断，确定故障的具体位置和原因。

3.2 优化调度

3.2.1 需求预测

需求预测，即通过分析历史需求数据、天气数据、经济数据等多种因素，建立需求预测模型，如通过历史数据分析北方冬季居民用气需求显著上升的特征，并结合未来天气预报和经济发展趋势，对未来一段时间内天然气需求进行预测，从而为制定合理的调度方案提供依据。

3.2.2 调度方案优化

在天然气管道运输中，根据需求预测结果和管道的运行状态，利用大数据分析技术优化天然气的调度方案。以此为基础，综合考虑输气能力、压力限制及气源供应等因素，建立优化调度模型，如在满足用户要求的前提下，对输送线路和流量进行合理安排，减

少管道压力波动，提高输送效率，降低成本。

3.3 预测性维护

3.3.1 设备状态评估

在天然气管道运输中，通过对天然气管道输送装置（压缩机、阀门等）运行数据的分析，评价其运行状态。利用大数据分析技术，对设备的振动、温度和压力等参数进行实时监测，判断设备是否存在磨损和故障。例如，分析压缩机的振动数据，如果出现异常的振动频率，可能是压缩机轴承磨损，或者是其他部件出现故障，要及时进行维修和更换，避免设备出现故障，影响管道的输送。

3.3.2 维护计划制定

在天然气管道运输中，利用大数据分析技术，对设备运行状态进行评估，制定合理的维护计划。通过对设备历史维护和故障数据的分析，预测设备的剩余寿命，提前制定维修计划^[4]。例如，为避免因突发故障导致的管道运输中断，以及过度维护所带来的资源浪费，可以对关键设备进行定期维护规划。

4 大数据分析在天然气管道运输中应用的作用

4.1 提高运输效率

4.1.1 优化调度减少输送时间

在天然气管道运输中，通过大数据分析预测天然气需求，优化调度方案，能够更准确地掌握天然气需求情况，合理安排运输线路和流量。能够避免因调度不当而造成的气体滞留时间过长和路径迂回等问题，从而达到缩短输送时间，提高输送效率的目的，如通过对管道运行状态的实时监测，可以及时调整输送方向，实现天然气的快速输送。

4.1.2 实时监测快速响应问题

在天然气管道运输中，运用大数据分析技术监测管道运行状况，能够及时发现管道运行中存在的问题。当管道出现压力、流量波动等异常情况时，能迅速报警，并给出故障诊断信息。根据这些数据，操作员可以快速地采取措施，排除故障，减少管道故障对运输效率的影响，如发现泄漏，可快速定位检修，避免浪费燃气和运输中断。

4.2 降低运营风险

4.2.1 故障预测预防设备损坏

在天然气管道运输中，通过大数据分析进行预测维护，能够提前发现设备存在的隐患，并及时进行维修和更换，避免设备突发故障对管道运输造成的影响。例如，通过对设备运行数据的分析，预测关键零部件

如压缩机轴承的剩余寿命，从而在设备故障之前实现更换，减少设备故障风险。

4.2.2 安全监测防范安全事故

在天然气管道运输中，利用大数据分析技术监测管道的运行状况，能够实时监测管道的安全状态。通过分析管道的压力、温度、流量等参数，可以发现管道中存在的安全隐患，并采取相应的预防措施。

4.3 增强系统稳定性

4.3.1 合理调度平衡供需关系

在天然气管道运输中，利用大数据分析，对需求进行预测，并对调度方案进行优化，能够更好地实现天然气的供需平衡。针对不同地区、不同时段的燃气需求，合理安排天然气的输送，避免出现供大于求的情况。如在高峰时段增加输送流量，低谷期调整输送方案，减少管道压力波动，保证系统平稳运行。

4.3.2 设备维护保障系统可靠运行

基于大数据的预测维护能够保障设备的正常运行，减少故障对设备造成的影响。定期对设备进行维护保养，及时更换老化或损坏的零部件，提高设备运行的可靠性和稳定性，如要定期检修压缩机等关键设备，确保在各种工况下均能正常运行，以确保天然气管道输送系统的稳定运行。

5 大数据分析在天然气管道运输中的未来发展趋势

5.1 与物联网技术的深度融合

5.1.1 设备智能化升级

随着物联网技术的发展，天然气输送设备的智能化水平越来越高。通过增加传感器和智能芯片，可以实时监测设备状态，如阀门可以根据管道的压力和流量自动调整开度，提高管道的使用效率。同时，通过物联网技术，设备之间可以实现设备之间的协作^[5]。

5.1.2 数据共享与协同分析

利用物联网技术，实现天然气管道输送系统中各个设备和节点之间的数据共享，为天然气管道输送系统的设计提供新的思路；建立统一的数据平台，实现不同设备和系统间数据的整合和分析；通过对管线运营、设备维护和市场需求等多源数据的协同分析，为管道运输优化决策提供更全面的支持。

5.2 人工智能技术的广泛应用

5.2.1 智能决策支持

基于机器学习和深度学习等人工智能技术的天然气管道输送技术将会越来越普及。在此基础上，基于海量历史数据的学习和分析，建立智能决策模型，可

以为管道运输调度、维护等决策提供支撑,如利用深度学习算法对管道运行数据进行分析,预测管道故障概率,自动制定维护计划,提高决策的科学性和准确性。

5.2.2 自动化运行管理

将人工智能技术应用于输气管道输送系统的运行管理中,该系统采用智能控制系统,可实现管道自动调度和设备自动控制,如根据管道运行状态的实时数据,自动调整输送路径和流量,实现管道输送的智能化和自动化。

5.3 数据安全与隐私保护技术的不断完善

5.3.1 加密技术的应用

在天然气管道运输中,为了保证天然气管道输送数据的安全和隐私,必须加强加密技术的应用。它是一种能有效防止窃取和篡改数据的加密技术,举例来说,管线在执行阶段会使用先进的密码演算法进行加密,只有授权的使用者能够阅读或解密资料。

5.3.2 隐私保护机制的建立

在天然气管道运输中,建立完善的隐私保护机制,规范数据收集、使用和共享。收集数据时,应清楚地告知用户数据的用途和保护方式,并征得用户的同意,同时采用匿名技术来保护用户的隐私。

6 结束语

综上,大数据分析是提高天然气输送效率的重要手段,以输气管道输送特点和现状为基础,以大数据分析为手段,对输气管道运行状态进行监测、优化调度、预测维护,对提高输气管道输送效率、降低运行风险、提高系统稳定性具有重要意义。大数据分析是长输管道运输发展的必然趋势,但仍面临诸多挑战,随着大数据技术的发展和完善,大数据分析将在提高天然气管道运输效率、保障能源供应安全、促进能源行业可持续发展等方面发挥越来越重要的作用。

参考文献:

- [1] 郭小真.大数据技术在天然气运输中的应用 [J].信息与电脑,2024,36(3):146-148.
- [2] 王鼎.天然气长距离管道输送中的压力管理与优化 [J].工程管理,2024,5(7):179-180.
- [3] 胡忠良.基于大数据分析的天然气管道输送效率评估与优化研究 [J].中国化工贸易,2024,16(1):78-80.
- [4] 陈宁,黄建成.基于大数据技术的天然气长输管道安全生产监测系统研究 [J].中国化工贸易,2024(18):79-81.
- [5] 路浩.基于大数据技术的天然气管道工程审计研究 [J].中国化工贸易,2023,15(9):109-111.

