

天然气管道运行中输气量预测方法及其应用

王学奎 李杰华 许宏启 (国家管网集团北京管道有限公司, 北京 100000)

摘要:天然气管道是天然气输送的重要装置,输气量预测对保证能源供应安全,市场供需平衡以及管道运行优化具有十分重要的意义。文中全面论述了以历史数据为基础,统计学为手段,人工智能为手段,仿真模型为手段等4种天然气管道输气量预测方法。根据历史数据进行预测有赖于对时间序列的分析,统计学预测方法运用了概率论与数理统计原理。人工智能预测方法特别是深度学习技术已经成为一种在准确性和效率方面都有优势的新工具。该仿真模型是通过建立管道物理,数学模型实现预测。这些方法广泛应用于天然气管道运行优化,供需平衡,市场预测及安全监测中,推动天然气行业智能化高效运行。

关键词:天然气管道;输气量预测;历史数据;统计学方法

0 引言

随着世界能源结构的不断变化,天然气在能源市场上占据着越来越重要的位置。管道输气量作为天然气生产和消费之间的关键联系环节,其精确预测对行业运营者具有十分重要意义。既涉及经济效益又与能源安全、市场稳定等相关。近年来传统预测方法已逐步和现代技术融合在一起,发展出各种高效预测模型。文章将对各种预测方法原理及应用进行详细说明,以期对天然气管道管理及决策提供科学的依据。

1 天然气管道输气量的重要性

天然气管道输气量的大小,直接影响天然气供应链运行的稳定性与效率。天然气作为清洁能源在世界能源消费中所占的比重不断增加,天然气的稳定供给对保证经济发展与环境保护有着十分重要的意义。输气量预测既涉及天然气产,储,销,又是能源管网安全管理中最核心的部分。管道输气时,精确预测输气量可显著提高管道运输经济性。运营天然气管道需花费大量资金进行维修与运营,而输气量直接影响运营成本分摊。若预测出的输气量过低,则有可能使管道系统不能正常工作而造成资源的浪费;相反,若对输气量进行过高预测,则有可能造成管道压力过高、安全风险加大、能耗附加等问题。对天然气管道输气量进行精确预测,对确保供应链可靠性同样至关重要。天然气应用范围很广,主要有居民生活用气,工业生产,发电等等,在这些方面天然气需求都是及时而持续的。输气量预测有助于运营商对天然气资源进行合理安排,并对市场变化做出及时反应,保障用户正常使用。另外,准确地预测输气量对市场供需平衡也有一定指导意义。通过预测分析天然气供应商能够较好的拟定购销合同,合理安排生产计划,调整存储容量

和价格策略。科学地预测不同季节、不同市场环境的输气量有利于避免因过剩或者短缺而引起价格波动、维护市场稳定。从环境保护的角度来看,合理地预测输气量有利于降低温室气体的排放量。通过准确控制输气量可减少天然气无谓的燃烧与泄漏,进而降低环境影响,使能源生产绿色化。

2 天然气管道运行中输气量预测方法

2.1 基于历史数据的预测方法

利用以往输气数据可采用时间序列等分析方法对未来输气趋势及其量值进行预测。时间序列分析主要是对数据点按照时序进行排序所生成的序列进行研究,对这些数据进行历史模式分析,能够挖掘其中可能存在的周期性,趋势性和季节性等要素。回归分析是根据历史数据建立输气量和一个或几个因变量关系模型对未来输气量进行预测的常用方法。如通过回归分析以往天气条件,经济增长率和能源价格与输气量的关系,就能构造一个反映输气量和上述各要素关系的数学模型。移动平均是另一种简单而有效的历史数据预测方法,它通过计算一定时间窗口内的平均输气量来预测短期内的输气趋势。该方法可以平滑历史数据的随机波动并用于预测输气量在未来短时间内的变化。指数平滑法是预测历史数据较为细致的方法之一,尤其适合在数据有明显趋势或者季节性时使用。其通过给历史数据分配不同权重使最近数据在预测结果中发挥较大作用。这种方法的变体之一就是 Holt-Winters 季节性指数平滑法,尤其适合季节性变化明显的输气量资料。

2.2 基于统计学的预测方法

统计学方法是输气量预测的重要组成部分,它通过量化分析与推断统计,揭示出数据内在规律,从而

为输气量预测工作提供科学依据。这类方法一般都要在严格统计假设检验的基础上建立在资料的独立性、同分布性以及平稳性之上。方差分析是统计学中常用的方法,它通过对不同组(比如在不同的区域,不同的季节)输气量进行对比,对输气量的影响因素进行分析。有助于预测分析师确定哪一个变量对于输气量有显著影响,然后将其集中于模型。协方差及相关分析是评价输气量等变量间关系强弱及方向的一种手段。通过计算输气量与其他变量之间的协方差和相关系数,可以判断哪些因素与输气量呈正相关或负相关,这对于建立更加准确的预测模型具有重要意义。多元回归分析作为一种先进的统计学方法,使多种自变量在输气量上的作用得以兼顾。通过建立输气量和多个预测变量的数学模型并进行多元回归分析,可以揭示出不同变量在输气量预测中的共同作用,从而促进了预测准确度。概率密度函数与累积分布函数在统计学上都是刻画随机变量概率分布规律的一种工具。

2.3 基于人工智能的预测方法

就天然气管道输气量的预测方面而言,人工智能技术为其提供一系列高级预测工具。人工神经网络预测方法主要依赖于机器学习模型,机器学习模型能够从大量数据中学习得到输气量与各因素之间的复杂关系,并对其进行预测。神经网络尤其是深度学习模型由于具有较强的非线性关系处理能力,在输气量预测中得到了广泛的应用。通过建立含有多个隐藏层神经网络模型实现深度学习捕获复杂数据模式准确预测输气量。例如,卷积神经网络和循环神经网络由于在图像识别和时序数据处理方面的优势,被用于识别输气数据中的时空依赖关系。支持向量机是另一种应用于输气量预测的人工智能方法。支持向量机在高维空间搜索最佳决策边界以实现数据分类或者回归分析,这种技术对于小样本数据集预测性能特别优异。

2.4 基于仿真模型的预测方法

该仿真模型对天然气管道输气量的预测具有模拟复杂系统的行为功能。通过建立虚拟管道网络,对天然气流动过程进行仿真,该仿真模型能够对输气量进行评价与预测,且对实际操作没有影响。系统动力学仿真常被用来通过建立输气系统动力学模型对输气过程进行仿真。该方法涉及建立存储,流动与控制之间的动力学关系并考虑时间延迟的作用,因此可以对各种条件下输气量进行预测。代理模型仿真又称元模型仿真,它通过对复杂系统数学模型的简化而迅速做出

预测。这些代理模型通常都是根据细致的物理模型进行训练而获得,但是操作起来所需计算资源较少,适合快速预测与实时决策支持。计算流体动力学模拟,尤其注重流体流动与传热过程。通过对管内气体流动的模拟计算流体动力学能够准确地计算出各种情况下压力和温度的分布情况,同时还能对管内流速进行分析,进而对输气量进行预测。

3 天然气管道运行中输气量预测方法的应用

3.1 天然气管道运行优化

天然气管道系统的最佳运行取决于输气量预测方法能否准确应用。在对输气量进行精确预测的情况下,有利于提高运输效率与经济性。预测方法一般考虑了历史数据统计,季节性波动,消费者行为和经济指标等诸多因素。利用高级统计与机器学习技术可以预测未来输气需求,在调整运行策略,优化能源分配,降低运营成本中发挥着重要的作用。管道系统运行优化需根据预测结果综合调节气源,管网及用户端。当预测将来需求会增大时,该系统可提前提高输气量来避免高峰期供应不足。同时对预测数据进行分析,运营者能够对管道内部压力进行优化管理,保证管道处于安全压力状态,降低泄漏及事故发生风险。另外,采用预测方法也有利于保持装置稳定工作。以预测数据为支撑,可计划维修与保养时间表以避免高峰时段设备停修,以降低供应冲击及可能造成经济损失。预测结果也有助于运营商在运行优化过程中能更准确地制定气量购买计划和避免需求估计不准导致资源浪费。运行优化的最终目的就是要使天然气在输送时成本和效率达到最优平衡。预测方法的应用不断升级,从简单的线性模型发展到现在的混合动态模型,综合考虑了时间序列分析、气候模式、市场动态等多种复杂因素,为天然气管道运行提供了有力的决策支持。

3.2 天然气供需平衡

保持天然气供需平衡,离不开对输气量进行精确预测。这一挑战包括跨越气源,输送网络 and 用户这三方面复杂的相互作用。市场供需动态变化要求运营商迅速反应维持平衡,输气量预测为其提供数据基础。利用该预测方法运营商可以对未来市场需求进行评估,进而对天然气生产情况进行调整并对输气量进行调度。这种调整可保证需求高峰期天然气供应充足,而需求低谷期又可避免过剩。准确的预测使运营商能够在保证符合市场需求和维持价格稳定的前提下,用最低的代价来调节生产。供需平衡问题中,运用预测

方法也有助于运营商发现并减轻潜在供应风险。比如面对极端天气等突发事件造成供应中断时,精确的输气量预测可以帮助运营商发现可能存在的差距并快速采取应对措施,如果启用备用气源或者提高进口量来保证供应持续。该预测方法也能够对天然气市场交易决策进行优化。通过预测未来输气量,交易员能够较好的制定购买策略以降低价格波动所造成的风险。在长期合同与现货市场上,精准的需求预测使交易更高效,从而避免市场供需失衡导致资源浪费或者价格大幅波动。

3.3 天然气市场预测

天然气领域中,市场预测之所以成为关键一环,是因为其直接关系着能源公司战略规划,投资决策和日常经营等。有效地进行市场预测是以历史数据,经济模型,消费趋势以及政策变化多维信息为依据,对这些信息进行综合分析,就能预测出天然气需求与供给未来趋势。市场预测工具采用高级统计分析与人工智能算法相结合的方法,通过对海量数据集进行挖掘,从而预见到市场可能发生的改变。这些手段能够分析出包括天气模式,宏观经济指标,能源替代品价格和政府能源政策在内的因素,进而更精确地预测天然气市场供需情况。在可再生能源不断崛起以及碳排放政策不断出台的背景下,天然气市场的预测也越来越复杂。预测模型需不断顺应能源转型新趋势并兼顾可再生能源对于天然气需求和碳定价机制在天然气市场中的作用。市场分析人员不断地监控这些动态变化就能为今后市场供需情况以及价格走势等提供见解。

3.4 天然气管道安全监测

对天然气管道进行安全监测,是保证能源供应连续性,防止环境事故发生的关键一环。要达到这一目的,必须采用一系列高科技的手段与方法,其中包括但不仅仅局限于传感器监测,数据分析,远程监控及自动报警系统等。安全监测系统利用管道沿线放置的大量传感器进行数据采集,可以对压力,流速和温度等重要参数进行检测。监控系统在监控数据超过正常工作范围后将即时报警至运营中心。这一实时监控能力使运营团队能对可能出现的安全问题做出及时反应,以预防意外。除传统物理传感器外,卫星技术、无人机等技术在管道安全监测中得到了广泛运用。这些高空平台可提供实时管道状态图像,有助于发现渗漏,非法挖掘等可能损害管道完整性的行为。利用卫星图像分析能够对广阔区域尤其是偏僻且难以到达的

路段实施有效监测。数据分析与预测算法对管道安全监测同样起着关键作用。通过对历史数据以及目前从传感器采集到的数据进行分析,利用机器学习模型能够对管道中可能存在的问题进行预测。该预测性维护能显著减少事故风险,保障管道长期安全运行。另外,数字孪生技术开始作用于管道的监测。通过对管道建立数字副本,工程师们能够模拟虚拟环境下的多种情景,对可能存在的风险进行评估和检验不同应对策略。该方法在减少实地测试成本与风险的前提下,提升安全监测效率与效果。

4 结束语

天然气管道输气量精确预测对保障能源供应,优化管道运行,平衡市场供需及保障安全等方面起着关键作用。随着科技的发展,各种预测方法不断地整合和发展,会使预测精度和实用性得到进一步提高。今后,天然气管道输气量预测会不断向智能化和精准化发展,从而为天然气行业持续健康发展提供有力技术支撑。

参考文献:

- [1] 张涛,张旭.天然气用气量预测的深圳方法[J].上海煤气,2022,(05):22-25.
- [2] 张欣豪,刘冬霞,胡冰.商业综合体餐饮类用户天然气用气量预测方法研究[A]中国燃气运营与安全研讨会(第十一届)暨中国土木工程学会燃气分会2021年学术年会论文集(上册)[C].中国土木工程学会燃气分会、《煤气与热力》杂志社有限公司,《煤气与热力》杂志社有限公司,2021:4.
- [3] 孙莉莉.天然气采暖地区城市高峰日用气量预测研究[J].城市燃气,2019,(04):31-35.
- [4] 张士睿.天然气长输管道输气量控制调节与分析[J].化工设计通讯,2018,44(03):42.
- [5] 梁金凤,郭开华,皇甫立霞,李宁.廊坊市天然气用气量预测方法的研究[J].煤气与热力,2015,35(10):36-42.
- [6] 梁颖,方瑞明.基于SCADA和支持向量回归的风电机组状态在线评估方法[J].电力系统自动化,2013(14).
- [7] 苑津莎,张英慧,牛丽仙,等.基于SOFM和支持向量机回归的短期负荷预测方法[J].电力科学与工程,2009(8).
- [8] 孙旋,牛秦洲,徐和飞,等.基于贝叶斯网络的人因可靠性评价[J].中国安全科学学报,2006(8).