

天然气管道输送自动化技术的运用及研究

徐 磊（国家管网广东运维中心汕头作业区海丰站，广东 汕尾 516400）

倪 凯（国家管网广东运维中心深圳作业区求雨岭站，广东 深圳 518110）

赵恺锋（国家管网广东运维中心生产部，广东 广州 510700）

林焕明（国家管网广东运维中心阳江作业区崖门站，广东 江门 529152）

摘 要：随着我国能源结构向低碳转型的不断推进，天然气在我国一次能源消费结构中占据愈发重要的地位。天然气管道的保障能力是天然气行业发展的基石。目前，我国已建成由油气田、LNG接收站、跨境管线、主干线与区域联络线、互联互通工程、区域管网、市市通专线、城市配气网与大工业直供管线构建的全国性天然气管网，已初步形成“横跨东西、纵贯南北、联通境外”的格局。2021年，中国首次超过日本成为世界上最大的LNG进口国，截止2022年10月12日，我国已建成接收站24座，年设计接收能力达1.0957亿t，储罐能力达到1398万m³。2022年冬季能源保供工作启动以来，国家管网集团充分发挥“全国一张网”集中调控优势，5万km天然气管道日输气量已突破8.4亿m³，创我国主干天然气管网输气量历史新高。这个供暖季，国家管网集团5万km天然气管道累计输气量已超过500亿m³。管道运输是天然气最主要的运输方式，2023年世界天然气发展外部环境不确定性增加，能源安全面临新挑战，能源强国建设对天然气行业高质量发展提出新要求，要实现天然气管网的安全高效运行，提高和普及管道行业自动化程度刻不容缓。

关键词：天然气管道；输送；自动化技术

1 天然气管道输送自动化控制的发展现状

1.1 自动化控制与管理意义

天然气管道的输送是整个天然气行业发展的重要环节，并且随着近年来自动化技术的不断发展，天然气管道在输送过程中也实现了对各种不同自动化技术的高效应用，合理利用自动化技术的优点，能够确保在整个天然气输送过程中的有效管控，同时能够有效控制天然气在输送过程中的安全性和可靠性，提高了整个天然气运输的工作效率，充分满足人们的日常工作需求，天然气管道输送的工作主要包括采集、加工、加热以及天然气储存等多个工作环节。由此可以看出天然气管道的输送是一个相对复杂的过程，同时加上天然气管道输送的环境非常恶劣，各地区的地质差异较大，因此天然气管道在输送过程中会遇到不同的问题，进而影响到天然气管道的输送质量，如果采用传统的人工监测手段，无法实现对天然气管道的高效监测，最终导致在输送过程中受到多方面因素的影响，造成安全事故的发生。由于天然气的成分非常特殊，在进行天然气管道输送过程中具有一定的风险性，因此只有全面发挥自动化技术的应用，将自动化控制技术和管理技术进行高效应用，改变传统的控制模式，

提高天然气管道输送的检测水平，才能够在真正意义上提高管道的输送效率，确保天然气管道在输送过程中的安全性和可靠性。

1.2 当前应用的自动化控制技术

现阶段我国天然气管道输送过程中已经合理利用了自动化控制技术，而传统的自动化控制系统主要是依靠SCADA系统来进行操作，该系统主要是依靠计算机信息技术为基础实现对天然气整个开发和运输过程的有效控制，能够有效增强天然气在输送过程中的效率，满足自动化控制系统的需求。SCADA全称为Supervisory Control and Data Acquisition，即数据采集与监督控制系统，是以计算机为基础的实时分布式系统，可对现场设备进行远程控制和监控，并为安全生产、调度、管理、优化和故障诊断提供依据。SCADA系统支持各种规模的网络，可远程控制和监控从本地网络到拥有数万台套设备，主要用于生产过程中的数据采集监控、生产管理、生产调度及运行维护协调。

SCADA系统在运行过程中会采用三级控制的方式，分别为：

①调控中心控制级——有调控中心对全线集中监视和控制；②站场控制级——由各工艺站场的远程监

控站对所在站和阀室进行自动或者是手动控制；③就地控制级——有站场单体设备的执行机构对阀门进行有效控制。

1.2.1 调控中心

调控中心主要负责管道生产运行数据的处理分析以及调度管理决策。具备的远程监控功能是基于管道沿线各站场和监控阀时预先设定的控制逻辑来进行操作的。

1.2.2 站场控制级

SCADA 系统在运行过程中主要是以站控系统来作为重要的应用基础，并且该系统为重要监控级别。在实际运行过程中，站控系统不会单独完成对数据的采集与控制。在信息收集之后，需要输送至调控中心完成处理，并需接受调控中心下达的指令方能实现对设备设施的有效控制。站场以 PLC 为核心的控制系统，站场的安全连锁保护由站控系统来完成，其控制器具有 SIL 安全完整性等级认证，主要的工作内容是安全连锁保护的 I/O 卡件独立设置，并具有 SIL2 安全完整性等级认证。

站控系统在实际运行过程中的主要实际应用：

①对站场内部的生产数据进行收集；②工艺流程动态化显示，实现人机对话窗口设计；③提供工艺参数变化量，实现报警系统一体化管理；④流量计量数据采集与监视；⑤实现动态化曲线显示；⑥数据处理和收集；⑦逻辑控制；⑧连锁保护；⑨报警事故统计，制作统计表；⑩执行指令下达，发送实时数据；⑪数据通信管理等。

1.2.3 就地控制

占控制系统故障或者检修过程中，设备可以采用就地控制的方式进行操作。但是在实际使用过程中需要注意以下几点事项：第一，在正常检修过程中，不是所有阀门切到就地后不代表就可以了。ESD 功能和爆管功能应当优先于就地控制模式功能，即便是切换到就地模式下，相应的功能也不会受到影响。第二，检修 ESD 和报管功能的相关压力变送器，需要提前进行休眠或者是屏蔽功能，避免触发错误操作。

1.3 目前 SCADA 系统存在的问题

①不具备 GIS (Geographic Information System, 地理信息系统) 功能；②数据采集速度较慢，需要新一代的数据传输协议以适用高速传输；③缺少高效的控制能力和系统自诊断能力；④系统汉化差。虽然部分系统已经推出中文版，但是与中国市场中一些行业的特

殊需求，依然难以满足需求；⑤成本昂贵。从国外采购的 SCADA 系统，一般需要数万美元，很多公司难以接受。虽然国内的系统具有较高的性能价格比、汉化能力较强，但是控制效率低，自诊断能力缺乏等不完善程度更严重，依然需要投入大量的人力和资金完善系统功能、修复系统漏洞、开发新型系统；⑥ SCADA 系统的安全问题严峻。工业控制系统受到黑客制造的恶意代码攻击，SCADA 系统的信息安全问题认识存在认识偏差。随着信息技术的发展和 SCADA 系统通信的网络化，SCADA 的通信也有可能被黑客攻击。

2 提升天然气管道输送自动化控制技术的应用对策

2.1 智能化控制技术的应用

为了能够全面提高天然气管道输送的控制效果，工作人员应当在现有的自动化控制技术基础上，不断强化智能化的工作理念，同时在自动化技术中引入人工智能技术和遥感监测技术，能够进一步提高天然气管道的自动化管理水平，减少人工监测成本和人为操作风险，运用智能化控制技术，可以有效降低的安全事故的发生率，提高天然气管道在输送过程中的安全性和可靠性，利用仿真技术可以有效规划天然气管道系统的建设，融入多样化的动态模拟技术，能够实现天然气管道在输送过程中的全过程监测，不但增强了天然气管道输送的自动化管理水平，同时又能够及时发现天然气在运输过程中所出现的问题，并及时做出相应的应对措施，避免天然气管道泄漏所造成的重大事故。

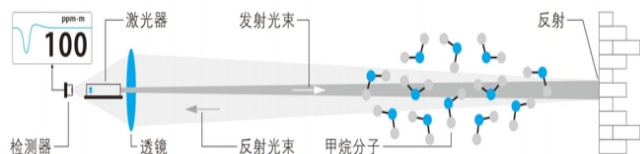
2.2 加强 PLC 技术的应用

PLC 技术可以称作为可编程逻辑控制器，能够有效发挥逻辑运算的能力，可以根据长输管道的实际情况来选择 PLC 技术储存设备，该技术在油气长输管道运营管理过程中有非常重要的地位，PLC 技术在自动化传输管道运营管理中的操作性比较强，可以在原有的设备上构建系统，操作过程比较简单能够实现及时更换，为天然气的运输管理提供了很大的便利，因此需要加强 PLC 技术的应用，从而实现油气在运输过程中的安全性和稳定性。

2.3 激光云台实时全覆盖扫描验漏系统

天然气站场激光云台实时全面覆盖扫描验漏系统主要包扣：激光气体传感器、数据传输系统、预警监控系统等部分组成，原理是使用一束特定波长的光束去穿透泄漏的甲烷气团，根据光束变弱的程度，就可

以测量被穿过气团中甲烷的浓度，而且只对甲烷有响应（唯一选择性）。原理如下：



该系统可以安装在站场的露天工作区域内，其安装位置应当与天然气管道设备的分布状况进行确定，数据传输系统可以采用“光端机与光缆”的形式进行信号的有效转化，同时传输端的数据传感器所采集的数据信息与预警信息进行有效结合，并发出指令信号，预警系统依靠 PLC 进行开发设计，其中在运行过程中包扣：云台控制、视屏监控、数据采集等模块，实现该数据信息的采集和分析。激光云台实时不间断的扫描，可以大大降低人工检漏的工作量和选择不确定性，全覆盖的扫描更能最大限度提升检漏效果，大大提升天然气站场的自动化程度，另外，其精准度高、稳定性好的特点，能在最短时间发现站场的泄漏点，确保站场的安全平稳。

2.4 仿真模拟技术的应用

提高仿真数据模拟水平随着我国信息化水平的不断提高，网络的应用越来越普遍化，并且互联网技术已经逐渐应用到各行各业，在天然气运输方，也应当合理利用信息化技术，对天然气输送的各个环节实现自动化控制，依靠计算机技术能够实现管理的规范化和信息化，同时还能够实现对数据的仿真处理，制定管理策略过程中能够提出相应的参考数据，同时推动了我国天然气输送行业的良性发展。

2.5 数据库信息集成技术

天然气行业自动化技术的形成主要是以信息集成为载体，而数据库管理则是能够有效确保数据集成得以实现的重要基础，由于化工业有着自身行业的特质，对于数据的处理量非常大，同时能够对数据进行相应的开发和应用，因此加强数据库管理系统，对于天然气行业实现自动化控制有着非常重要的作用，可以促进天然气行业管理系统各项经济指标的有效控制，因此数据库管理系统基于海量信息需求处理的形态下，就需要对数据的产生和加工进行监督和控制，而负责监督和控制的数据库运用载体则为关系数据库与实时数据库两种数据库的有效结合，能够作为系统信息的

处理集散地，并且能够独立完成各项的数据操作，能够实现相互协调进行，通过信息集成化的数据库后台数据加工处理，能够将各种信息进行充分利用，并且能够实现信息的共享功能从而确保了信息的有效价值得以充分利用。

2.6 神经网络算法融合运用

针对现有的神经网络算法进行分析，使用最为广泛的算法就是误差反向传播。反向传播主要由两个方面为信息前馈和误差反向传播，其主要的原理就是调节各层的权值进行网络学习，并把所得到的学习样本集进行组合。

对于天然气管道的输出量可以采用测井曲线形态特征，用已知相对应的风险来作为控制目标。通过多个对比样本进行分析，建立起与地质状况相对应的动态特征，通过这样的方法可以得知神经网络是一个非线性系统，可以把具有多个分量的曲线转换成一个输出矢量。将神经网络调整好后，就可以依靠其他地层信息曲线确定站场风险，将神经网络和自动化技术进行有效融合，可以有效提高天然气输气站场的安全性。

3 结束语

综上所述，随着我国环保政策的不断落实，社会各界已经充分认识到绿色可持续发展的重要性，目前天然气在很大程度上已经代替了传统的化石能源，并且通过自动化技术的有效应用，可以提高天然气运输管道的输送效率和工作质量，在技术层面上，能够有效解决我国天然气资源分布不均匀的状况，同时可以有效降低天然气管道在运输过程中的成本投入，因此自动化技术已经成为天然气管道运输的重要发展方向。

参考文献：

- [1] 韩泽.天然气管道输送自动化技术的应用探讨[J].产城(上半月),2019(1):1-2.
- [2] 刘凯.天然气管道输送自动化与控制技术研究[J].化工设计通讯,2022,48(10):3-4.
- [3] 苟亚军.天然气管道输送中自动化技术的应用[J].化工管理,2022(30):3-5.
- [4] 彭流毅.天然气管道输送自动化与工艺自动化控制技术发展探析[J].石化技术,2021(12):23-24.
- [5] 姜玲玲.我国天然气输送管道发展方向及相关技术问题[J].化工管理,2021(26):212-212.