

天然气长输管道自动分输技术现状及发展方向探讨

陈博宇（国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司济南作业区，山东 济南 250000）

摘要：长输管道运输是天然气运输的普遍模式，为提高天然气的分输效率，当前天然气长输管道开始普遍采用分输技术取代原有的人工分输模式完成最后阶段的天然气输送。天然气分输作为一种自动技术，显著提高了天然气分输的效率以及安全性，该技术在我国具备积极使用以及推广价值。鉴于天然气长输管道自动分输设备的敏感度以及精度均相对较差，分输过程中输送的准确性难以满足，我国自动分输系统必须完善现有的监测设备，进一步提高监测以及控制效率，进而提高长输管道自动分输的准确性以及可靠性。

关键词：天然气；长输管道；自动分输技术

0 引言

我国天然气市场的发展不仅体现在天然气管道的长度增加较快，也体现在我国天然气用户数量增加同样较快，新增用户中远程用户增加极快。天然气长输管道远程用户的增加，对长输管道分输技术提出更高的要求，利用自动分输技术长输管道的经济效率能够显著提升，天然气供给的稳定性同样能够保证。我国天然气自动分输技术虽然已经取得长足发展，但在控制精度以及天然气供应稳定性等方面依然存在需求解决的问题。

1 天然气长输管道自动分输技术发展现状

1.1 国外长输管道分输技术发展现状

中亚、美国以及欧洲等天然气开采以及应用较为成熟的国家和地区长输管道体系更加成熟，天然气长输管道的自动分输技术同样较为成熟。目前欧美国家大多数长输管道自动分输技术均来自美国，美国自动分输技术已经较为成熟，长输管道分输使用的大部分设备大多由美国生产。

如 NPS 公司生产的多功能流量计以及压力变送器等适用范围较广，这在我国长输管道自动分输体系中使用也较为普遍。美国自动分输技术分析模型的建立相对较早，20 世纪 70 年代到 80 年代 M.Pappas 公司为降低分输成本、提高分输效率，最早开始常见建立分输的分析模型。T.F.Edgar 等其他企业同样从这个阶段开始尝试建立长输管道自动分输的数学模型，目前长输管道的分输模型大都是企业根据成本控制需求建立的模型。

1.2 国内长输管道分输技术发展现状

我国天然气体系进入快速发展阶段后，长输管道在短时间内成为天然气输送的主要模式，长输管道的优势同样得到充分凸显。用以长距离输送天然气的长

输管道数量不断增加、运输长度进一步增长后管道之间彼此交叉并形成了局域范围的天然气网络体系。天然气局域网络形成后，早期网络主要由人工进行调整，天然气管道参数的计算以及调节阀的控制均需要人工控制。我国天然气管理系统引入 SCADA 系统后，在信息技术的支持下我国天然气网络实现了自动控制，这个阶段我国天然气的控制以自动化而并非智能化的控制为主。

目前我国天然气长输管道的自动分输技术包括基于流量实现的分输以及基于压力实现的分输，两种分输技术均存在下述主要问题：

- ①由于流量计的计量精度较低，因此分输控制的效果相对较弱；
- ②压力分输使用的压力传感器灵敏度相对较弱，发出的信号并不稳定；
- ③分输系统较为复杂，分输监管控制困难，系统存在的问题难以及时发现和解决。

近年来我国天然气市场发展速度较快，天然气用户的数量增加较快、类型更加多样，天然气长输管道采用的分输技术在分输效果方面效果较为有限，需要通过技术以及管理的升级优化天然气长输管道的分输效果。

2 天然气长输管道自动分输技术存在问题及解决策略

2.1 天然气长输管道自动分输技术存在问题

自 2011 年左右自动分输技术在我国天然气输送体系中已经得到小范围运用，如陕京线小汴庄站、西气东输刘巷子分输站等输送压力较大、需求较高的线路均较早应用该技术。而随着自动分输技术的发展完善，更多天然气输送线路开始引入该技术，并逐步成为我国天然气分输的主要技术。虽然我国天然气输送

系统中自动分输技术的应用范围不断扩大，但目前天然气输送系统使用的自动分输技术，仅能认定为自动化技术，而并非智能技术。认为天然气长输管道的自动分输技术智能化程度不足，目前依然存在下述主要问题。

第一，自动分输技术使用的调节阀调节能力较弱，控制水平不足。目前长输管道分输调节阀大都采用单闭环 PID 预选控制策略对分输的压力以及流量等进行控制，该策略的控制效率较高，并且对技术的要求较低，能快速完成计算并辅助调节阀完成压力以及流量的调节，但该策略在优势显著的同时，劣势同样较为明显。使用该策略进行调节时，管道当中天然气的压力以及流量短时间内变化量较大，因此导致天然气的压缩程度同样存在较大的变化，且天然气的变化本身存在明显的非线性特征。这一表现是单闭环 PID 预选控制策略导致的问题，只有改变策略该问题才能解决。

第二，用户分析数学模型并未形成，用户分析能力较弱。天然气自动分输技术需要根据数学模型确定如何进行天然气的分输，包括如何控制用户天然气输送的压力以及流量，用于分析的数学模型越准确则分输的精度越高，自动分输技术的经济效益越高。由于用户天然气的使用需求存在较大的差异，不同用户用气高峰时间、用气量等相关因素均存在较大的差异性，建立分析模型对用户用气情况进行分析较为困难。在数学模型并不完善、精度较低的情况下，自动分输技术的分输精度同样相对较低，甚至天然气用户的用气安全难以得到充分保障。

第三，自动分输技术需要使用信息平台进行管控，目前我国天然气长输管道系统大都应用数据采集与监视控制系统（SCADA 系统）对自动分输进行控制，然而目前 SCADA 系统由于各级分输站的分输逻辑并不一致因此无法在统一的逻辑下构建，内在逻辑高度一致的 SCADA 系统监督以及管控的有效性较高，内部逻辑不一致则使得 SCADA 系统难以形成有效的控制，尤其在长输管道自动分输的工况发生变化后，工况变化的影响下 PID 参数难以自动调整，分输系统的稳定性将受到较大的影响。

第四，长输管道自动分输系统无法实现压力以及流量的同时调节，系统的调节能力相对较弱。天然气的工业生产用户用气的压力以及流量都需要根据使用情况进行调整，大部分情况下工业用户的压力以及流量需要同时进行调整。而目前长输管道的调节系统仅

能调节分输的压力或流量，两者无法实现同时调节，但在压力以及流量均需要调整时，由于调节不及时可能导致管道压力或流量变化过大，用户使用时可能触发 ESD 紧急刹车，并引起自动分输系统的停输。

第五，站场的改造不到位，导致分输的监管存在较大的不足。自动分输系统建设过程中应用自动技术的站场必须安装对应的监督设备，以实现对站场天然气分输情况的有效监督。在站场等级需要安装以及完善的基本设备包括主要根据远程控制要求进行调节的球阀，球阀能够对调节阀进行调控；管道的站场以及下级用户的站场需要安装单独的计量设备，以实现对输气数据的监督，监督设备系统应当具备远程数据传输的功能，能够将监测的数据远程上传至控制中心；站场需要配置 PLC/DCS 系统，以计算用户的需求以及当前天然气的分输情况。

2.2 天然气长输管道自动分输技术存在问题解决策略

天然气长输管道自动分输系统包括流量计、计量站、调节阀以及压力变送器。流量计安装在分输计量站内部，根据对分输阀的监测结果实现自动调整，以满足自动分输的需求，在天然气长输管道的自动分输系统中流量计直接参与自动分输的控制，因此在系统中流量计的影响较大、该设备的精度以及合理性必须得到保证。以流量计以及流量计所属系统的优化为基础完善天然气长输管道自动分输系统，需要通过下述措施实现。

第一，通过增加串联控制设备优化调节阀的控制效果。调节阀的非线性变化使得大部分设备在调节阀控制方面控制效果均较为有限，为提高调节阀的控制效果，需要将原本单一的控制设备转化为串联式的设备，串联设备能够根据上一级的调节效果确定下一级的调节目标和需求，完善串联控制体系，调节阀的稳定性以及灵敏度能够得到大幅提升。

第二，分析用户的数学模型构建较为困难，根据用户分析模型的建设需求，构建模型时需要根据用户反馈的数据，充分利用仿真分析等技术对用户的用气量变化情况以及用户的用气特征进行分析。数学模型的构建以及完善需要反复试验、长时间的试错才能获得较为准确的结果。确定分析模型基本符合用户实际情况后，可以将模型引入管理应用中，根据应用的结果不断优化模型，并提高模型的分析精度。

第三，PID 控制器应当利用神经网络模型等进行优化，提高控制器的控制灵活性以及自主性，对 PID

控制器的训练可以让控制器由原本的机械式自动控制转变为智能化程度更高的控制。从原本的机械式控制向智能化控制转变，能够让 PID 控制器的控制稳定性得到提升，并避免压力以及流量调节时管道内的天然气过度压缩。

第四，分输调节时，需要实现压力以及流量的同时调整，尤其针对工业用户进行分输调节时，工业用户需求变化较大的实际情况，使得压力和流量同时调节才能满足分输调节的需求。压力以及流量的同时调整，需要建立在 PID 控制器控制效果优化的基础上。

第五，鉴于天然气不同用户的用气需求存在较大的差异，工业用户以及服务行业用户的用气需求，在用户之间同样存在较大的差异。在分输体系改造过程中，需要根据用户的需要首先保证用气量较高且由于用气量较高因此用气过程中使用问题出现概率较高的用户。天然气长输管道的自动分输技术体系改造资金使用时，需要更合理地利用现有资金。

第六，完善现有长输管道的测量体系，提高长输管道分输系统的测量精度。首先，管理单位需要根据分输管道的横截面积等参数对管道的流量以及压力进行计算，以准确计算管道流量以及压力的上限；分输系统的流量计需要增加隔离设备，以提高分输系统测量的准确性；采用管道振动模式进行分输的系统，需要对流量计进行改造并降低振动对流量计精度的影响。管理单位需要定期对流量计等监测设备进行校准，以保证监测的准确性。

3 天然气长输管道自动分输技术发展方向

在天然气长输管道自动分输技术的运行机理以及应用经济效益两个方面，分输技术的主要发展如下。

3.1 在分输技术控制机制的发展方面

根据当前自动分输体系场站架设的基本结构，在自动分输技术控制机理研究加深的基础上，利用现有的仿真模型以及软件对天然气分输情况进行研究分析，确定分输的基本规律后，需要将获取的数据模型与人工神经网络技术、自适应算法技术、抗积分饱和控制算法等更加先进、运算能力更强的算法结合在一起，对天然气自动分输的控制机理进行更加深入且更为全面地分析，并明确天然气长输管道如何进行分输调节阀的控制，通过更有效地消除误差提高长输管道的分输控制能力，并提高分数控制的精度，并缩小分输控制造成的流量波动，让分输的流量更加稳定。天然气长输管道的分输调节阀需要从智能化程度较低的

自动控制全面转向智能化控制，调节控制的智能程度必须不断提升。调节阀控制的有效性以及时效性提升，在保证分输有效性的同时，能够让天然气用户的气压更加平稳，天然气使用的安全性得到提升。

3.2 在天然气分输效益的提升方面

目前天然气分输的主要方法包括到量停输、恒压控制、不均匀系数以及剩余平均法等，上述方法都是基于既往经验形成的方法，使用应用过程中虽然并未表现出显著的问题，但存在应用有效范围狭窄，且使用效果并不明确等普遍问题。由于这些方法的分输控制存在较高的难度，因此采用上述方法进行分输时对分输效益的考量严重不足，在利润的提升方面存在较大的提升空间。在天然气输送体系中引入自动分输技术一个主要目的是通过技术的优化提高天然气输送的效率，并实现效益的优化。因此在坚持自动分输技术的同时，需要根据天然气的销售价格、压缩机能耗等相关因素，形成针对用户的优化模型，在保证天然气用户用气安全的同时，让天然气输送的成本得到更加合理有效地控制，并根据计算的结果确定更加合理有效的分输方案。

4 结语

综合国内外天然气长输管道自动分输技术的发展情况以及主要发展方向，自动分输技术在复杂的天然气运输系统中能够将系统控制与管理的成本控制在更加合理的范围内，在保证天然气供应效率的同时让天然气供应的安全性以及稳定性能够不断提升。在我国天然气市场不断发展的新形势下，天然气长输管道自动分输技术必须不断提升，积极运用新的设备、将更为完善的分析模型引入分输体系，才能进一步优化我国长输管道自动分输技术体系，推动自动分输技术发展。

参考文献：

- [1] 孙晓波. 天然气管道自动分输模式及应用 [J]. 天然气技术与经济, 2019, 13(4):69-73.
- [2] 张东阳. 天然气输气站场 PID 自动分输控制特点分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(17):134-135.
- [3] 刘恒宇. 天然气管道分输用户远控自动分输技术探析 [J]. 天然气技术与经济, 2018, 12(2):59-61.

作者简介：

陈博宇（1988—），男，汉族，河北秦皇岛人，硕士研究生，中级职称，研究方向：成品油运输、输送管道、原油运输方向、天然气管道输送、油气储运等自控相关。