

天然气管道自动化调压控制研究

彭 晨（江西省天然气集团有限公司管道分公司，江西 南昌 330096）

摘 要：随着天然气需求的不断增长，天然气输送和供应系统的安全稳定运行变得尤为重要。天然气输送过程中，由于管道长度、气压变化等因素的影响，天然气的压力也会发生变化。为了保证天然气输送系统的安全运行和稳定供应，需要对天然气进行调压控制。目前，天然气调压控制主要依靠人工操作，存在着操作不及时、精度不高、安全隐患大等问题。因此，研究天然气自动化调压控制技术，实现对天然气压力的自动监测和调节，具有重要的现实意义和应用价值。

关键词：自动化；调压控制；自动监测

1 天然气调压控制技术综述

1.1 天然气调压控制原理

天然气调压控制原理是指在天然气输送和利用过程中，通过对天然气压力进行调节，以确保管道内的天然气压力稳定在设定的范围内，从而满足不同用户和设备对天然气压力的需求。在天然气输送过程中，由于管道长度、高度差、流量变化等因素的影响，天然气的压力会发生波动。为了保证管道内的天然气压力稳定，需要通过调节装置对天然气压力进行调节。压力调节原理主要包括两种方式，一种是通过调节天然气流量来实现压力的调节，另一种是通过调节阀门的开度来实现压力的调节。通过对天然气流量或阀门开度的调节，可以实现对天然气压力的精确控制，从而满足不同用户和设备对天然气压力的需求。在天然气调压控制系统中，调压装置是实现天然气压力调节的关键设备。调压装置主要包括调压阀、调压器和压力传感器等部件。调压阀通过对天然气流量的调节来实现对天然气压力的调节，调压器则通过对调压阀的控制来实现对天然气压力的调节。同时，压力传感器可以实时监测管道内的天然气压力，并将监测到的压力信号反馈给控制系统，从而实现对天然气压力的闭环控制。

1.2 现有调压控制技术

天然气调压控制技术是指通过对天然气管道中的压力进行监测和调节，以确保管道内的天然气压力稳定在设定的范围内，从而满足用户需求和管道安全运行的技术。目前，现有的调压控制技术主要包括以下几种：

1.2.1 手动调压控制技术

手动调压控制技术是最早应用的一种调压控制技术，其原理是通过人工操作调节调压阀或其他调压装

置，以实现天然气压力的控制。这种技术简单易行，但存在调节精度低、响应速度慢、对操作人员要求高等缺点，已逐渐被自动化调压控制技术所替代。

1.2.2 自动调压控制技术

自动调压控制技术是目前主流的调压控制技术，其原理是通过传感器对管道内的天然气压力进行实时监测，然后通过控制算法计算出调节阀的开度，从而实现对天然气压力的自动调节。这种技术具有调节精度高、响应速度快、操作便捷等优点，已广泛应用于天然气输配系统中。

1.2.3 智能调压控制技术

智能调压控制技术是在自动调压控制技术的基础上发展起来的一种高级调压控制技术，其原理是通过引入先进的控制算法和智能化的控制器，实现对天然气压力的智能化调节。这种技术具有适应性强、稳定性好、能耗低等优点，能够更好地满足复杂管网系统的调压控制需求。

1.3 天然气自动化调压控制现状分析

天然气自动化调压控制技术发展水平直接关系到天然气输配系统的安全、稳定和经济运行。目前，国内外对天然气自动化调压控制技术已经取得了一定的进展，但仍存在一些问题和挑战。国外发达国家在天然气自动化调压控制技术方面已经取得了较大进展，系统性能稳定可靠，具有较高的自动化程度和智能化水平。而国内在这方面的研究和应用相对滞后，存在着技术水平不高、设备老化、系统运行不稳定等问题。天然气自动化调压控制技术在实际应用中存在一些技术难题。

例如，传感器技术方面，目前存在着传感器精度不高、抗干扰能力差等问题；执行机构技术方面，执行机构的响应速度和控制精度有待提高；控制算法方

面, 现有的控制算法在应对复杂工况和突发事件时存在一定的局限性。此外, 天然气自动化调压控制在安全性和可靠性方面还有待提高。天然气输配系统是一个高压、高危的系统, 一旦发生故障可能会造成严重的后果。因此, 天然气自动化调压控制系统的安全性和可靠性是至关重要的, 需要加强对系统的监测和故障诊断能力, 提高系统的应急处理能力。

2 天然气自动化调压控制关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术作用是实时感知和监测天然气管道中的压力、流量、温度等参数, 为系统的自动调压提供准确的数据支持。传感器技术在天然气自动化调压控制系统中的应用主要包括压力传感器、流量传感器和温度传感器。压力传感器用于实时监测管道中的气体压力变化, 流量传感器用于测量气体的流动速度和量, 而温度传感器则用于监测管道中的气体温度变化。这些传感器通过将物理量转换为电信号, 实现了对天然气管道参数的实时监测和数据采集, 为系统的自动调压提供了准确的输入。天然气自动化调压控制系统中常用的传感器技术包括压电传感器、电容传感器、热敏传感器等。这些传感器具有高精度、高灵敏度和抗干扰能力强的特点, 能够满足天然气管道环境复杂、工作条件苛刻的要求, 保证了系统的稳定性和可靠性。此外, 传感器技术的发展也为天然气自动化调压控制系统的智能化提供了有力支持。通过引入智能传感器技术, 系统可以实现对天然气管道参数的智能识别和自适应调节, 提高了系统的自动化水平和智能化程度, 为天然气调压控制系统的安全运行提供了更加可靠的保障。总之, 传感器技术作为天然气自动化调压控制系统中的关键技术, 对系统的性能和稳定性具有重要影响。

2.2 执行机构技术

执行机构技术主要作用是根据控制算法的指令, 实现对调压阀门的精确控制, 从而实现天然气的稳定供应。执行机构技术的选择和设计直接影响着系统的性能和稳定性。在天然气自动化调压控制系统中, 执行机构通常采用电动执行机构或气动执行机构。电动执行机构通过电动机驱动, 能够实现对阀门的精确控制, 具有响应速度快、控制精度高的优点, 适用于对阀门位置要求较高的场合。而气动执行机构则是通过气源压力驱动, 具有结构简单、成本低的特点, 适用于一些对控制精度要求不高的场合。在执行机构的选

择上, 需要考虑系统的实际工况和控制要求, 综合考虑其控制精度、响应速度、可靠性和成本等因素, 选择合适的执行机构技术。此外, 执行机构的设计也需要考虑到阀门的特性和工作环境, 确保其能够稳定可靠地工作。在天然气自动化调压控制系统中, 执行机构技术的研究和应用对系统的稳定性和可靠性具有重要意义。未来的研究方向可以是针对不同工况下的执行机构性能优化和改进, 以及新型执行机构技术的研发和应用。

2.3 控制算法

控制算法设计和实现直接影响着系统的性能和稳定性。在天然气自动化调压控制系统中, 控制算法主要包括 PID 控制算法、模糊控制算法和模型预测控制算法等。PID 控制算法是一种经典的控制算法, 它通过比例、积分和微分三个部分来调节控制系统的输出, 以实现对被控对象的稳定控制。在天然气自动化调压控制系统中, PID 控制算法可以根据实时的压力变化情况, 及时调整阀门的开度, 以维持系统的稳定运行。模糊控制算法是一种基于模糊逻辑的控制方法, 它能够处理系统模型不确定或难以建立的情况, 具有较强的鲁棒性和适应性。在天然气自动化调压控制系统中, 模糊控制算法可以根据模糊规则库和输入输出的模糊化处理, 实现对阀门开度的智能调节, 以适应不同工况下的压力控制需求。模型预测控制算法是一种基于系统动态模型的控制方法, 它通过对系统未来状态的预测, 来优化控制器的输出, 以实现系统的精确控制。在天然气自动化调压控制系统中, 模型预测控制算法可以根据系统的动态特性和约束条件, 预测未来压力变化趋势, 并调整阀门的开度, 实现对系统压力的精确控制。

3 天然气自动化调压控制系统设计与实现

3.1 系统架构设计

系统架构设计需要确定系统的整体结构, 包括主控制单元、执行机构、传感器等各个组成部分的布局 and 连接方式。在天然气自动化调压控制系统中, 主控制单元通常采用工控机或嵌入式控制器, 执行机构包括调压阀、阀门等, 传感器则包括压力传感器、流量传感器等。这些组成部分的合理布局 and 连接方式对系统的稳定性和可靠性具有重要影响。在硬件选择方面, 需要考虑系统的实时性、稳定性和扩展性, 选择性能稳定、可靠性高的硬件设备; 在软件选择方面, 需要选择适合系统需求的控制算法和通讯协议, 以确保系

统的高效运行和数据传输的可靠性。在天然气自动化调压控制系统中,各个模块之间需要进行实时的数据交换和通讯,以实现系统的协调运行。因此,需要选择合适的通讯协议和数据传输方式,确保系统的稳定性和可靠性。

3.2 控制策略设计

控制策略设计直接影响着系统的稳定性和性能。在控制策略设计中,首先需要确定合适的控制目标,即确定系统需要达到的压力值和流量值。其次,需要选择合适的控制算法,常见的控制算法包括PID控制、模糊控制和神经网络控制等。针对天然气调压控制的特点,需要考虑系统的非线性、时变性和不确定性,选择合适的控制算法以保证系统的稳定性和鲁棒性。天然气是一种易燃易爆的气体,因此在控制策略设计中需要考虑系统的安全保护措施,如过压保护、过流保护等。同时,还需要考虑系统的可靠性,选择合适的控制策略以应对可能出现的故障和异常情况,保证系统的正常运行。天然气是一种宝贵的能源资源,因此在控制策略设计中需要尽可能减少能源的浪费,提高系统的能源利用率。

3.3 系统实现

系统实现包括了天然气自动化调压控制系统的具体设计和实际搭建。系统架构设计是整个系统实现的基础,它包括了系统的硬件和软件部分。在硬件方面,我们将选择合适的传感器技术和执行机构技术,确保系统能够准确地感知和控制天然气的压力。在软件方面,我们将设计合适的控制算法,以实现对天然气压力的自动调节。此外,我们还将考虑系统的可靠性和稳定性,确保系统在各种工况下都能够正常运行。控制策略设计是系统实现的关键环节,它直接影响着系统的性能和效果。我们将根据天然气的特性和调压控制的要求,设计合适的控制策略,包括了开环控制和闭环控制等。我们将考虑系统的动态响应和稳定性,确保系统能够快速而准确地响应外部环境的变化。在系统实现的过程中,我们将按照系统架构设计和控制策略设计的要求,选择合适的硬件和软件设备,并进行系统的搭建和调试。我们将对系统进行各种工况下的测试,以验证系统的性能和稳定性。同时,我们还将对系统进行安全性和可靠性的评估,确保系统在实际应用中能够安全可靠地运行。

4 研究展望

天然气自动化调压控制技术在能源行业中具有广

阔的应用前景,但目前仍存在一些问题和挑战。未来的研究可以从以下几个方面展望:

①天然气自动化调压控制系统的智能化发展。随着人工智能和大数据技术的不断发展,未来可以将这些技术应用于天然气自动化调压控制系统中,实现系统的智能化和自适应控制,提高系统的稳定性和安全性;②天然气自动化调压控制系统的节能环保化。随着全球能源环境问题的日益突出,未来的研究可以致力于开发更加节能环保的调压控制技术,减少能源消耗和环境污染,推动天然气行业的可持续发展;③天然气自动化调压控制系统的网络化发展。随着物联网技术的不断成熟,未来可以将物联网技术应用于天然气自动化调压控制系统中,实现系统的远程监控和智能化管理,提高系统的运行效率和管理水平;④天然气自动化调压控制系统的安全可靠化。天然气是一种易燃易爆的气体,系统的安全性和可靠性是至关重要的。未来的研究可以致力于提高系统的安全性和可靠性,采用先进的安全控制技术和设备,确保系统的安全运行;⑤天然气自动化调压控制系统的应用拓展。除了在传统的天然气输配领域,未来的研究还可以将天然气自动化调压控制技术应用用于新能源领域,如天然气发电、天然气汽车等,拓展系统的应用范围,推动天然气产业的发展。

5 结论

综上所述,天然气自动化调压控制技术具有重要的应用价值和发展前景,传感器技术、执行机构技术和控制算法是其关键技术,系统设计与实现是其关键环节,而案例分析和实验验证为其可行性和有效性提供了有力支撑。未来,我们将进一步深入研究和探索天然气自动化调压控制技术,不断完善和提升其在能源行业的应用效果和社会经济效益。

参考文献:

- [1] 杨宇星.PLC控制器在天然气管道运输中的应用[J].化工管理,2022(15):111-113.
- [2] 孔长青.天然气管道输送自动化技术的应用[J].石油石化物资采购,2021(34):91-93.
- [3] 沈国良.天然气自动化调压控制研究[J].中国战略新兴产业,2018(42):9.
- [4] 文健杰.江油公司胶东天然气管输项目经济评价研究[D].西安:西安石油大学,2019.
- [5] 王翠平.长输天然气管道泄漏模拟与风险控制措施研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2021.