

天然气在长距离输送过程中的输差原因研究和改善

姜 贞（山西国化能源有限责任公司，山西 太原 030600）

摘要：天然气是一种重要的清洁能源，在长距离输送过程中，输差问题一直是制约其运输效率和经济性的重要因素。目前，在天然气长距离输送的过程中，由于管道运输特性、环境因素以及技术限制等多种原因，往往会导致输差问题的出现。正是基于此展开一系列研究，期望能为今后天然气在长距离输送过程中的输差改善，提供些许借鉴和参考。

关键词：天然气；长距离输送；输差原因；研究改善；相应措施

中图分类号：TE832 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)020-088-03

Study and improvement of the causes of poor transmission of natural gas during long-distance transportation

Jiang Zhen (Shanxi Guohua Energy Co., Ltd., Taiyuan Shanxi 030600, China)

Abstract: Natural gas is an important clean energy source, and in the process of long-distance transportation, the transmission gap problem has been an important factor restricting its transportation efficiency and economy. At present, in the process of long-distance natural gas transportation, due to the pipeline transportation characteristics, environmental factors and technical limitations and other reasons, often lead to the emergence of the transmission gap problem. Based on this, a series of researches are carried out, which are expected to provide some reference for the improvement of the transmission gap in the process of long-distance natural gas transportation.

Keywords: natural gas; long-distance transmission; causes of poor transmission; research for improvement; corresponding measures

天然气输差不仅会增加天然气输送成本，影响经济效益，还可能造成能源资源的浪费和环境污染。因此，研究天然气输送过程中的输差原因，并提出相应的改善措施，具有重要的理论和实践意义。

1 天然气输差的定义和分类

天然气输差(Gas Loss)是指在天然气长距离输送过程中，由于多种因素导致的气体损失或能量损失现象^[1]。输差是天然气运输过程中不可避免的问题，会直接影响天然气的经济性和运输效率^[2]。其理论计算公式为： $Q_5=(V_1+Q_1)-(Q_2+Q_3+Q_4+V_2)$ 。式中：Q5—某一时间输气管道内平衡输气量之差值， m^3 ；Q1—同一时间内的输入气量， m^3 ；Q2—同一时间内的输出气量， m^3 ；Q3—同一时间内输气单位的生产、生活用气量， m^3 ；Q4—同一时间内放空气量， m^3 ；V1—计算时间开始时，管道计算段内的储存气量， m^3 ；V2—计算时间终了时，管道计算段内的储存气量， m^3 。

1.1 定义

天然气输差指在其运输过程中，因压缩、减压、温度变化、泄漏等因素所造成的气体损失或能量损失^[3]。输差可以分为两类：可控输差和不可控输差。

①可控输差：可控输差是指可以通过技术手段和管理措施来减少或避免的输差。这包括压缩站的优化运行、管道的维护管理、泄漏检测与修复等措施。可

控输差通常可以通过合理的工程设计和运营管理进行有效控制，对其进行管理可以有效提高输送效率。

②不可控输差：不可控输差是指无法通过技术手段完全避免或减少的输差，例如由于管道老化、地质条件变化或意外事件等不可预见因素引起的输差。不可控输差通常需要通过提高设备的安全性和可靠性来尽量减少其影响。

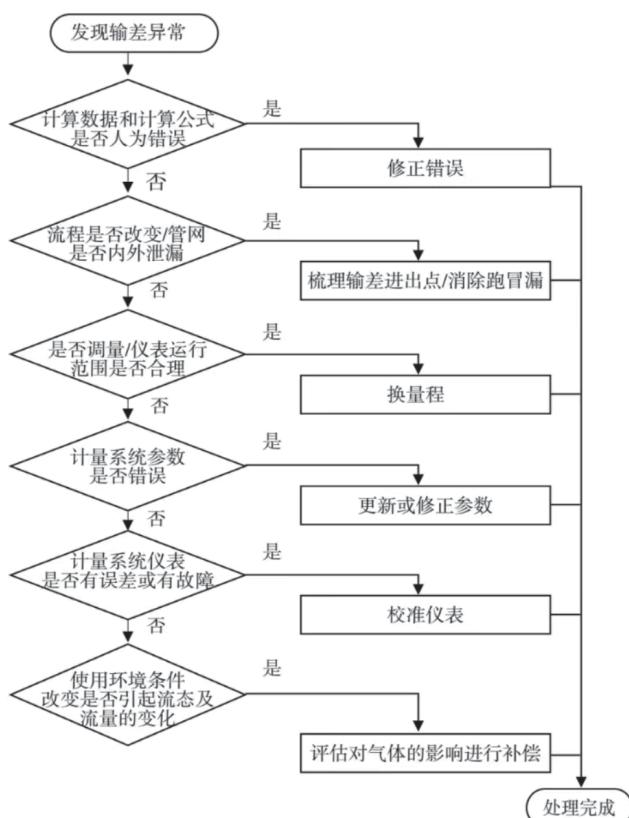
1.2 分类

天然气输差可以按照其发生的阶段和原因进行分类，主要包括以下几种类型：①压缩损失：在天然气输送过程中，为了保持管道中的气体压力，通常需要使用压缩机将天然气压缩到一定的压力。然而，压缩过程会导致能量损失，这部分损失被称为压缩损失。②摩擦损失：天然气在管道内流动时会受到管壁摩擦的影响，从而导致能量损失。这种摩擦损失随着管道长度的增加而增加，同时也受到管道材料、管径、气体流速等多种因素的影响。③泄漏损失：管道系统中存在泄漏的风险，可能由于管道损坏、接头松动、地质条件变化或施工质量问题等原因导致气体泄漏。泄漏损失不仅造成了天然气的能量浪费，还可能对环境造成污染，甚至对人员和设施造成安全威胁。④温度损失：天然气输送过程中，气体的温度会受到外界环境和管道自身温度的影响，从而影响气体的体积和压

力。温度的变化会导致能量损失，特别是在压缩、膨胀过程中，温度损失会更加显著。

1.3 天然气输差异常的诊断

通过对天然气输差的定义和分类，可以更好地识别和理解输差的成因，为采取相应的管理和技术措施提供指导。有效减少输差不仅可以提高天然气输送的经济性和效率，还可以减少能源浪费，降低环境风险，推动清洁能源的可持续发展。当输差监控系统发生异常报警时，就需要进行诊断，具体步骤如图1所示。



图一：天然气输差异常诊断流程示意图

2 天然气输差的主要影响因素

天然气输差是指在天然气从生产地点到消费者之间的运输过程中，由于各种因素而导致的气体损失或能量损失现象。这些因素可以是技术性的、操作性的、环境性的或人为性的，它们共同影响着天然气输送的效率和经济性。

①操作不当：操作人员的工作疏忽或不当操作也可能导致天然气输差。例如，不正确的阀门操作、压缩机调节不当、管道维护不及时等操作失误都会造成能量损失。

②设备故障：设备故障也会导致输差，例如，压缩机、阀门、管道等设备的损坏或故障会导致气体流失或能量损失。

③管道老化和腐蚀：长期运行的管道可能会因为

腐蚀、磨损或老化而造成破损或泄漏，从而导致能量损失。

④地质条件变化：天然气输送线路经过的地质条件可能会发生变化，例如地震、地裂缝、矿物采空塌陷区、高陡边坡滑坡等地质灾害，都可能导致管道破损或泄漏，进而导致输差^[4]。

⑤非法操作和盗窃：非法操作和盗窃行为也是天然气输差的一种因素。例如，擅自开启管道阀门进行盗窃，或者篡改计量设备等行为都会导致天然气的损失；输送气质不合格的天然气（SO₂、H₂S、NH₃和CO₂等杂质超标），这些酸/碱性物质会腐蚀管道，造成管道穿孔泄露。

⑥环境因素：天然气输送过程中的环境因素也可能导致输差，例如气候变化、自然灾害等因素都可能影响管道系统的运行稳定性，进而导致能源损失。

如果出现输差异常情况，可以依据输差模版进行排查，如表一。

3 天然气在长距离输送过程中的输差改善

为减少天然气输差并提高输送效率，需要采取一系列改善措施，涵盖技术、管理、监测和法规等方面。

3.1 管道技术改进

使用先进的管道材料和技术，例如采用 Alloy625 管道，其含有镍、铬、钼和铌等元素，具有高强度、耐腐蚀特点；同时优化管道设计，如减少弯头、提高管内光滑度等措施减少摩擦损失和泄漏风险。此外，采用先进的防腐蚀技术和管道保护措施，能够有效减少管道老化和腐蚀带来的输差^[5]。

3.2 压缩技术改进

采用如 L-12/5-250 型，6HOS2-1 型往复式，DPC-2804 等节能型压缩机和智能控制系统，实现压缩过程的能量回收和优化运行，降低能源消耗。如南堡油田采用的 DPC-2804 天然气压缩机，通过将 30kW 单体电机改为 15kW 双电机，可根据夏/冬环境温度调度电机运转，全年可节约 1.3×10⁵ 度电；增加空冷器旁通阀门改造。与此同时，加强国际合作与经验交流，借鉴和吸收国际先进经验和技术，促进天然气输送行业的国际化发展和技术水平的提升。

3.3 泄漏监测和修复

建立定期的泄漏监测系统，采用光纤传感、次声波传感、半导体、电化学、热导式等气体传感器、人工巡检、航空遥感等技术手段对管道进行监测，及时发现和修复泄漏点，减少泄漏损失。

3.4 安全防护措施

加强安全管理，定期进行安全知识与安全演练提高操作人员的安全意识和应急处置能力，防止因操作

表一：天然气输差异常系统诊断的数据核查

| 诊断项目 | | 诊断主要内容 | 诊断过程 | 诊断情况说明 |
|------------|--|--------------------------------|------|--|
| | | | 是 | |
| 数据核查 | 输差链所有进出点气量(含自耗气、放空、回注气) | 数据是否读取错误 | | |
| | | 数据是否录入错误 | | |
| | | 数据是否链接错误 | | |
| | | 数据是否计算错误 | | |
| | | 放空计算的管径、压力变化、距离、时间是否记录完整，并正确计算 | | |
| | | 储气库注气量及气田回注气量是否准确 | | |
| 管存变化量核查 | 对于压力和气量波动较大的，核查管存变化量是否正确计算 | | | 是否按 SY/T 5922—2012《天然气管道运行规范》附录正确计算管存变化量，并在输差公式里计算 |
| 交接双方计量数据比对 | 交接双方都有计量设备的，对比日流量、瞬时流量、气质参数、计量设备、计量系统，双方是否存在较大差异 | | | 交接计量只有一方有计量的，有条件的用核查流量计和现场流量计串联对比 |
| 实时工艺流程梳理 | 输差链进出气点的统计是否完整正确；管网是否存在内外泄漏 | 和调度沟通是否改变工艺流程、是否增减用户 | | |
| | | 是否有倒输、代输或注气等 | | 倒输无计量就需按工况估算 |
| | | 自耗和放空气量是否全部统计进来 | | |
| | | 输差点进出点统计是否完整准确 | | |
| | | 管网是否内、外泄漏 | | 消除跑冒漏 |
| | | 计量旁通、放空阀是否完全关闭 / 是否内漏 | | |

不当或事故导致的能源损失和安全风险。在此基础上，引入先进的远程监控和智能化管理系统，如 SCADA 系统，可形成负荷预测与趋势分析、事故预测及报警、燃气管网模拟仿真与泄漏检测功能、优化调度、故障抢险调度决策等高级应用功能，确保供气管网安全、稳定、经济运行，实时监测管道系统的运行状态和参数。

如将气体报警传感器、声光报警器、摄像头和远程控制单元构建成远程监控系统，多角度，全方位监控管道，并及时上传数据至云端，便于巡检人员及时查看实时数据。

3.5 法规和政策支持

制定和完善相关法规和政策，加强对天然气输送和管道运营的监管和管理，规范管道建设、运营和维护行为，加强对管道安全和环保的监督和保障，促进管道运营单位和相关企业履行社会责任。在政策措施的指引下，加强对天然气输送技术的研究和创新，开发新型管道材料、设备和工艺。鼓励企业加大对技术创新的投入，推动天然气输送行业向高效、智能、绿色发展。

5 结语

天然气长距离输送过程中的输差问题是一个复杂而又具有挑战性的工程技术难题。本文通过对输差原因的深入研究和改善措施的探讨，为解决这一问题提供了一些有益的启示和建议。然而，仍然需要进一步深入的研究和实践探索，以不断完善天然气输送技术和提高运输效率，为能源供应的安全稳定和环境保护作出更大的贡献。

参考文献：

- [1] 常宏岗,段继芹.中国天然气计量技术及展望[J].天然气工业,2020,40(1):110-118.
- [2] 刘朝全,姜学峰.2020年国内外油气行业发展报告[M].北京:石油工业出版社,2021.
- [3] 公维龙,张佳鸿,闫瑞光,等.天然气互联互通管道工程的经济效益评价[J].天然气工业,2019,39(11):132-138.
- [4] 岑康,杨炬,李薇,等.天然气输气干线输差的影响因素及其控制措施[J].工业计量,2008,18(4):5.
- [5] 贾宗贤.天然气管道输送计量输差的控制[J].油气田地面工程,2008,27(6):2.