

# 天然气损耗控制技术

马世伟

内蒙古西部天然气股份有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

**摘要：**天然气作为重要的能源资源，其损耗问题对能源利用效率和企业经济效益有着显著影响。本文首先阐述了天然气损耗的定义，涵盖从开采到终端使用各环节的散失与浪费，并分为计量误差、管网损耗等类型。深入分析了损耗的多方面影响，包括成本增加与资源浪费等。接着详细探讨了管线设计优化、气体调节、压缩及净化处理等控制技术，以及计量器具误差、管网问题等损耗因素。进而提出加强计量管理、优化管网、检测修复泄漏及提升抄表人员素质等针对性控制措施，旨在为天然气行业高效运营与损耗控制提供全面的理论与实践参考。

**关键词：**天然气；损耗；控制技术

引言：随着全球能源需求的持续增长，天然气在能源结构中的地位愈发关键。然而，天然气从生产源头到最终用户的输送过程中，不可避免地会出现损耗现象。天然气损耗不仅导致能源的浪费，还使企业运营成本大幅增加，对企业经济效益产生不利影响，同时也不符合可持续能源发展的理念。因此，深入研究天然气损耗控制技术具有极为重要的现实意义。本文将全面剖析天然气损耗的相关概念、分类、影响因素，详细阐述各类损耗控制技术与措施，以期为天然气行业的健康稳定发展提供有益的参考与借鉴，助力提升天然气的利用效率，减少不必要的损耗。

## 1 天然气损耗概述

### 1.1 天然气损耗的定义与分类

天然气损耗是指在天然气生产、输送、储存以及分配等一系列环节中，由于各种因素导致的天然气数量的减少或质量的下降，最终造成可有效利用的天然气能量降低的现象。从损耗产生的原因角度可分为技术性损耗和非技术性损耗。技术性损耗包括因计量误差产生的损耗，如计量仪表不准确、计量环境干扰等；管网输送过程中的损耗，像管道泄漏、压力降、储存设施的蒸发等。非技术性损耗则主要源于管理不善，例如抄表失误、数据记录错误以及部分非法用气行为等，这些不同类型的损耗共同影响着天然气的有效利用。

### 1.2 天然气损耗的影响

在经济层面，损耗直接增加了天然气生产与供应企业的运营成本，减少了企业的利润空间。例如，管道泄漏导致大量天然气白白散失，需要企业投入更多资金用于资源补充与管道维修。从能源利用角度看，损耗意味着能源浪费，降低了能源整体利用效率，不利于能源的可持续发展战略实施。在环保方面，天然气的泄漏等

损耗会加剧温室气体排放，对大气环境造成不良影响，尤其在全球应对气候变化的大背景下，这一问题更为突出，也不利于社会节能减排目标的达成<sup>[1]</sup>。

## 2 天然气损耗控制技术

### 2.1 管线设计优化

合理规划管线走向，需综合考虑地理环境、人口分布及用气需求等因素，减少不必要的管道长度与弯曲，降低摩擦损失。例如，在山区避免大落差和频繁转向，可使天然气顺畅输送。精准计算管径，依据预期输气量、压力要求等确定合适尺寸，避免管径过大造成建设成本增加与气体流速过慢引发的沉积损耗，或管径过小导致压力降过大。采用先进的防腐涂层与阴极保护技术，防止管道内外腐蚀，延长使用寿命，减少因腐蚀穿孔引发的泄漏损耗，考虑管道的保温设计，降低环境温度对气体输送的影响，维持稳定的输送状态，有效减少天然气在管线输送过程中的损耗。

### 2.2 气体调节技术

压力调节方面，通过安装精密的压力调节阀，根据不同的输送环节和用气需求，精确控制天然气压力，既能保证稳定供气，又能避免压力过高造成泄漏风险增加或压力过低影响输送效率。例如在城市配气网络中，分区域设置压力调节站，使气体压力适配各区域用户设备要求。温度调节同样关键，利用换热器等设备对天然气进行加热或冷却，以补偿因环境温度变化或输送过程中产生的温降或温升，防止因温度变化导致的气体体积变化和管道应力变化，减少因管道损坏引发的损耗。

### 2.3 压缩技术

在长距离输送中，采用高效的压缩机组对天然气进行增压，提高气体压力以克服管道摩擦，确保天然气能够稳定地在管道中流动。现代先进的压缩机具备高压缩

比、低能耗的特点,如离心式压缩机,其通过高速旋转的叶轮对气体做功,提高气体压力,同时利用先进的流体力学设计优化气流通道,减少能量损失。在天然气储存方面,压缩技术可将天然气压缩至高压状态储存于储气罐或地下储气库中,提高储存容量与效率。通过精确控制压缩过程中的压力、温度等参数,减少压缩过程中的能量消耗与气体泄漏风险,并且在解压使用时,也能精准调控,使天然气能够以合适的压力和流量供应给用户,从而有效降低整个天然气系统中的损耗。

#### 2.4 天然气净化处理技术

首先是脱硫处理,通过化学吸收法或物理吸附法去除天然气中的硫化氢等含硫化合物,一方面防止含硫气体对管道和设备的腐蚀,减少因腐蚀导致的泄漏损耗;另一方面,避免燃烧含硫天然气时产生二氧化硫等有害气体污染环境并影响燃烧效率。脱碳工艺可去除二氧化碳,降低气体酸性,减少对管道的侵蚀,同时减轻二氧化碳在低温条件下形成干冰堵塞管道的风险。脱水处理利用分子筛吸附或甘醇吸收等方法去除天然气中的水分,防止水合物生成堵塞管道和设备,确保天然气输送的连续性和稳定性。

### 3 天然气损耗因素分析

#### 3.1 计量器具误差

一方面,计量仪表自身的精度局限性会引起误差。例如,传统的涡轮流量计在低流量工况下可能出现较大的测量偏差,其机械结构和传感元件的精度随使用时间和工况变化而下降,导致计量数据不准确。另一方面,计量器具的选型不当也会产生误差。若在大流量输送管道中选用量程较小的计量仪表,会使仪表长期处于过载状态,造成测量结果偏高;反之,小流量管道选用大量程仪表,则会因分辨率不足而使计量偏低。此外,环境因素对计量器具的影响不容忽视。温度、压力的波动会改变天然气的体积和密度,而部分计量仪表若缺乏有效的温度、压力补偿功能,就无法准确测量实际的天然气量,从而造成计量误差,导致天然气在贸易交接和企业内部统计过程中出现损耗数据的偏差<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 使用条件变化引起的误差

在温度方面,天然气的体积与温度呈正相关,当环境温度或输送过程中的温度发生较大变化时,若没有相应的温度补偿措施,会使计量的气体体积与实际使用体积存在偏差。例如在冬季寒冷地区,天然气温度降低,其体积收缩,如果仍按照常温下的计量标准,会导致用户实际使用量多于计量量,造成企业损耗。压力变化同样重要,随着压力的降低,天然气的体积膨胀,若在低

压区域计量时未考虑压力修正,会使计量结果不准确。此外,天然气气质组分的变化也会引发误差。不同的组分具有不同的物理性质,如热值、密度等,当气源发生切换或气质不稳定时,若计量设备未根据组分变化进行调整,会导致计量的能量值与实际不符,从而在贸易结算和使用过程中产生损耗。

#### 3.3 输配管网设计与布局问题

管网布局若未充分考虑用户分布和用气需求,可能导致部分管道过长、分支过多或管径不合理。例如,一些偏远地区的支线管道因用户稀少而管径过大,使气体流速过低,容易造成天然气在管道内的滞留和压力损失,增加输送过程中的损耗。此外,缺乏对地形地貌的细致考量也会引发问题。在山区或地势起伏较大的区域,如果没有合理设计管道坡度和压力调节设施,可能出现局部压力过高或过低的情况,压力过高易引发泄漏风险,压力过低则影响供气效率,导致额外的能量损耗。

#### 3.4 管网泄漏与老旧问题

随着管网使用年限的增长,管道材料会逐渐老化、腐蚀,尤其是在潮湿、酸碱土壤环境或存在杂散电流的区域,管道外腐蚀速度加快,管壁变薄,强度降低,容易出现穿孔泄漏,大量天然气泄漏到环境中造成损耗。同时,管道连接处的密封件也会因长期使用而老化、失效,如法兰连接处的垫片老化后失去密封作用,导致气体泄漏。在一些老旧城区,早期铺设的管网可能存在施工质量不高的问题,如焊接缺陷、管道埋深不足等,这些隐患在后期运行中逐渐暴露,引发泄漏事故。

### 4 天然气损耗控制措施

#### 4.1 加强计量器具的管理与维护

(1) 在计量器具的选型上,应依据天然气的流量范围、压力等级、气质特性等因素,精准选择适配的仪表,例如对于大流量且压力稳定的管道可选用超声波流量计,其精度高、压损小。在安装环节,严格按照操作规程进行,确保安装位置正确、管道连接稳固,同时做好安装后的校准与调试工作,保证初始计量的准确性。

(2) 日常运行中,建立定期巡检制度,安排专业人员检查计量器具的运行状态,查看仪表读数是否正常、有无异常声响或振动等,及时发现潜在问题。定期开展维护保养,对仪表的传感器、阀门、传动部件等进行清洁、润滑、紧固等操作,防止因部件磨损或脏污影响计量精度。(3) 对于计量器具的校准,要制定严格的周期计划,采用高精度的标准装置进行校准,确保其误差在允许范围内。一旦发现计量器具超出误差标准,应及时进行维修或更换,建立完善的计量器具档案,记录其

选型、安装、校准、维护、维修等信息，以便追溯和分析，从而有效减少因计量器具误差导致的天然气损耗。

#### 4.2 优化输配管网设计与布局

在管网规划初期，需运用先进的地理信息系统（GIS）和大数据分析技术，精准评估区域内的用气需求分布、地理地形以及未来发展趋势。根据分析结果，设计出科学合理的管网拓扑结构，减少不必要的管道迂回与分支，使天然气能够以最短路径、最经济的方式输送至用户。对于管径的确定，要依据不同区域的用气流量预测进行精确计算，避免管径过大造成建设成本和气体滞留损耗增加，或管径过小导致压力降过大影响供气稳定性。在地势起伏较大的区域，合理设计管道坡度，并配套安装压力调节装置，确保天然气在不同高程处均能保持稳定的压力和流速，有效减少因地形因素导致的压力损失和泄漏风险。此外，考虑到城市的发展与扩张，管网布局应具备前瞻性和灵活性，预留一定的扩容空间和接口，以便在未来用气需求增长时能够便捷地进行管网延伸与升级改造，避免因频繁改造而增加损耗和运营成本，从而实现天然气输配管网长期高效、低损的运行目标。

#### 4.3 加强管网泄漏检测与修复

第一，应综合运用多种先进的泄漏检测技术，如压力波检测法，通过监测管道内压力微小波动来判断是否存在泄漏；声波检测法，利用高精度声学传感器捕捉气体泄漏时产生的特定声波信号，实现精准定位；以及先进的激光甲烷遥测技术，能够在远距离快速扫描大面积区域，检测出微量甲烷泄漏。第二，建立定期巡检制度，结合无人机巡检、智能巡检机器人等新兴手段，对管网进行全方位、无死角的排查，尤其是对人口密集区、穿越河流、铁路等重点地段加大检测频率与力度。一旦检测到泄漏，立即启动高效的修复流程。对于微小泄漏，可采用带压堵漏等临时修复技术，快速制止气体泄漏；对于较大泄漏或管道损坏严重的情况，及时组织专业维修队伍，采用换管、焊接修复等永久性修复措施。第三，修复完成后，还需对修复部位进行严格的压力测试与质量检验，确保管道恢复正常运行状态且无再次泄漏风险。同时，建立泄漏事故数据库，对泄漏原因、位置、修复方法等信息进行详细记录与分析，以便总结经验，不断优化泄漏检测与修复技术及管理策略，有效降低天然气因管网泄漏造成的损耗。

#### 4.4 提高抄表人员的素质与责任心

（1）应加强专业知识培训，使抄表人员深入了解天然气计量原理、仪表类型与特性，熟悉各类可能影响计量准确性的因素，如温度、压力补偿机制以及不同工况下的读数修正方法。通过培训，抄表人员能够准确识别计量仪表的异常状态，及时发现潜在的计量误差问题，为后续的损耗分析与控制提供可靠依据。（2）注重职业道德教育，强化抄表人员的责任心与敬业精神。建立完善的监督考核机制，明确抄表工作的标准与规范，对抄表数据的准确性、及时性以及抄表过程中的操作合规性进行严格考核。对于工作表现优秀、数据精准且能及时发现异常情况的抄表人员给予奖励，激励其积极履行职责；而对工作疏忽、数据错误或存在违规行为的人员进行相应处罚，以杜绝人为因素导致的计量失误与损耗数据偏差。（3）借助现代信息技术，如智能抄表系统的应用，减少人工抄表的工作量与误差风险，但仍需抄表人员具备一定的技术操作能力与数据分析能力，以便更好地监控与管理天然气计量数据，从而在源头上保障天然气损耗统计的可靠性，为整个损耗控制体系奠定坚实基础<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

综上所述，天然气损耗控制技术涵盖了从管线设计到计量管理等多方面内容。通过优化管线设计、采用先进的气体调节与压缩技术以及净化处理技术，能有效减少技术性损耗。加强计量器具管理维护、合理规划输配管网并强化泄漏检测修复工作，可降低因设备及管网问题导致的损耗。同时，提高抄表人员素质与责任心也不容忽视。持续推进这些损耗控制技术的研究与应用，对提升天然气利用效率、降低企业运营成本、保障能源供应稳定以及推动天然气行业可持续发展具有极为关键的意义。

#### 参考文献

- [1]吴基荣,毛红艳.高含硫天然气净化新工艺技术在普光气田的应用[J].天然气工业,2011,31(5):99-102.
- [2]裴爱霞,张立胜,于艳秋等.高含硫天然气脱硫脱碳工艺技术在普光气田的应用研究[J].石油与天然气化工,2012,41(1):17-23.
- [3]张晓刚,范冬立,刘新岭等.特大型高含硫天然气净化厂安全放空与火炬系统设计解析[J].天然气工业,2012,32(1):90-93.