

管输天然气的节能降耗建议

钱一冰（中国石油天然气股份有限公司天然气销售分公司，北京 100101）

摘要：随着全球能源需求的增加，天然气作为一种清洁能源在能源结构中扮演着越来越重要的角色。在长距离运输和高压输送过程中。为提高天然气管输系统的能效，节能降耗成为了亟需解决的关键问题。本文提出了管输天然气的节能降耗建议，显著提高管输天然气的运输效率，降低能源损失，为天然气行业的可持续发展提供参考。

关键词：天然气管输；节能降耗；管道优化；能源效率；智能调度

0 引言

随着全球经济和能源消费的持续增长，天然气作为一种低碳清洁的能源，逐渐成为替代煤炭和石油的重要能源来源。天然气的消费逐年增长，尤其在城市燃气、工业生产和电力领域的应用日益广泛。然而，天然气的运输环节尤其是在管输过程中，往往伴随着能量损失和资源浪费，成为了制约行业可持续发展的瓶颈之一。管输天然气的过程涉及长距离、高压输送，管道损失、压缩机能效低、热力损失等问题普遍存在，严重影响了系统的整体效能。

1 优化压缩机组选型与驱动方式

1.1 合理选择压缩机组的类型和规格

根据管道的长度、输送压力、天然气流量以及气候条件等因素，选择合适的压缩机组类型（如轴流式、离心式或螺杆式压缩机）。不同类型的压缩机在工作原理、效率、稳定性和适用场景上有所差异，选择合适的压缩机类型可以在保证系统稳定运行的同时，降低能量消耗^[1]。例如，轴流式压缩机适用于大流量、低压力的情况，而离心式压缩机适用于高压、高流量的需求。螺杆式压缩机则适合于中等流量和压力的输气系统。对于压缩机的额定功率，应避免过度配置或低效配置，合理匹配输气系统的实际需求，从而减少能源浪费。

1.2 压缩机的驱动方式选择

目前，压缩机组通常采用电动机或燃气轮机驱动。电动机驱动压缩机具有较高的效率，尤其适合电力供应稳定的地区。而在一些电力供应不稳定或需要远程供气的地区，燃气轮机驱动则具有更大的优势，因为其不仅可以为压缩机提供动力，还能利用天然气作为燃料，减少外部能源的依赖。在选择驱动方式时，需要充分考虑地区的能源供应条件、经济性及环境影响等因素，以最大限度地提高系统的整体运行效率。

1.3 优化压缩机组的运行方案

在实际运行过程中，压缩机的负荷波动较为频繁，因此需要灵活调整压缩机的运行状态以适应流量和压力的变化。通过智能化的控制系统，实时监测管道气压、流量、温度等参数，动态调整压缩机的工作状态，可以有效避免压缩机过载或低负荷运行，从而提高能源利用效率^[2]。比如，使用变频调速技术（VFD），根据管道压力和流量的需求，自动调节压缩机转速，避免不必要的能量消耗。在多个压缩机组并行运行的情况下，可以通过优化调度，确保压缩机组运行在最佳工作点，以避免多个压缩机同时运行或闲置。

1.4 定期维护保养

压缩机在长时间的运行过程中，往往会受到磨损、腐蚀、积尘等因素的影响，这不仅会降低其效率，还可能导致设备故障或停机。通过制定科学的维护保养计划，可以确保压缩机的正常运转，减少能量浪费。维护工作包括定期检查和更换过滤器、清理冷却系统、检查密封件和轴承、确保润滑系统正常工作等。此外，定期对压缩机的性能进行检测，特别是对效率下降的压缩机进行调试或更新，也是确保压缩机组高效运行的必要措施。安装传感器和实时数据采集装置，监控压缩机的运行状态，可以实现故障早期预警，避免设备出现大规模故障。同时，智能化系统可以通过数据分析预测设备的使用寿命，合理安排维护周期，进一步减少不必要的停机时间和维护成本。

2 降低管道摩阻损失

2.1 采用高压输气

提高管道内的输气压力，天然气在输送过程中所受到的摩擦阻力相对较小，这有助于提升整体输气效率^[3]。在高压环境下，气体的流动速度增加，同时，气体的密度变化较小，使得管道的输送能力得到更好的发挥。因此，管道压力的提高不仅能够减少摩阻损

失，还能有效提升管道的输送能力。

2.2 降低输气温度

天然气在较低温度下的流动性更好，气体的粘性系数降低，从而减小了流动过程中的摩擦阻力。为了实现这一目标，通常采用冷却设备对天然气进行温度调节，使气体进入管道时处于适宜的低温状态。降低温度的同时，还可以进一步提高管道的输气效率，减少能源消耗。此外，低温输气还可以减少管道内水分的凝结，有助于提高管道的安全性和长期稳定性。

2.3 管内壁涂减阻内涂层

通过涂覆专用的内涂层，可以大大减少管道内气体与管道壁之间的摩擦，从而降低摩阻损失。常见的减阻涂层包括环氧树脂、聚氨酯、氟化物等，这些涂层具有优异的耐腐蚀性和减摩性能，能够有效提高管道的使用寿命和输气效率。内涂层的施用通常需要定期检查和维护，以确保其持续发挥减阻效果。

2.4 合理的设备和管道路由设计

对于管道的布局和管径选择，应根据输气量、地形、气候等多方面因素进行优化设计^[4]。选择合适的管径和管道路径，不仅可以避免不必要的压力损失，还能提高气流的稳定性，减少由于管道过长或弯道过多引起的摩阻增大。例如，通过合理规划管道走向，避免过多的曲折和高低不平的地形，能够减少气流在管道中的损失。此外，定期检查管道是否存在泄漏、腐蚀等问题，也能确保管道的摩阻损失保持在较低水平。

3 减少天然气放空和泄漏事故

3.1 气体检测和监测技术

实时监控管道系统的运行状态，及时发现泄漏问题。目前，气体泄漏检测技术已得到了显著发展，包括红外线泄漏探测技术、声学泄漏监测技术等，这些技术能够高效地检测到微小的气体泄漏。通过在管道关键部位安装智能传感器和监测设备，可以实现 24 小时不间断监控，确保管道系统的安全运行。一旦发现泄漏，相关工作人员可以立即采取措施，降低天然气的放空和损失。

3.2 采用智能化调度系统

在管道气体输送过程中，天然气的放空往往发生在设备维护或故障修复时。通过引入先进的自动化控制系统，能够在发生故障时迅速调整管道内的压力、流量等参数，避免因系统调整不及时导致大量天然气放空^[5]。例如，通过压力调节阀和气体回收装置的配合使用，能够在设备修复时将天然气重新引导至其他管道或储气罐中，避免不必要的气体浪费。

3.3 定期的检维修和设备更新

随着管道的长期运行，管道材质和连接部位可能会发生老化、腐蚀等问题，导致泄漏的发生。为此，应加强对管道系统的定期巡检和维护，特别是在老旧管道和易发生泄漏的接头、阀门等部位。通过引入内窥镜检查、超声波检测等高精度检测手段，可以早期发现管道隐患，及时进行修复，避免泄漏事故的发生。此外，针对管道老化问题，企业还应积极进行技术升级和设备更换，确保管道的安全性和运行效率。

3.4 采取先进的防泄漏设计

采用高品质的密封材料和防泄漏技术，可以有效减少设备因磨损或老化而引起的泄漏。此外，对于天然气存储设施的维护也应引起足够的重视，定期检查储气罐、调压站等设施的安全性和气密性，避免在存储和调度过程中发生天然气泄漏。

4 融合人工智能技术优化管输系统

4.1 大数据分析技术

天然气管道作为一个复杂的能源输送系统，涉及到的运营数据庞大且繁杂。通过采集管道各个环节的数据（如气流量、压力、温度、阀门状态等），并通过大数据分析技术进行实时处理，能够准确识别出管道系统的运行状态、潜在问题以及效率瓶颈。例如，通过对历史数据的分析，可以找出哪些管道段存在较高的能量损失，或者在哪些时段发生能效较低的现象。进一步通过数据挖掘与模式识别，能够揭示影响管道能效的关键因素，为后续优化措施的制定提供科学依据。

4.2 天然气管网仿真技术

利用仿真技术，对管道的气流动态、压力变化、温度分布等进行模拟，预测不同工况下系统的运行表现。仿真技术能够提前识别管道中的潜在风险点，如泄漏点、压力不均、气流分布不合理等问题，从而为管道的调度和维护提供提前预警。例如，仿真可以模拟不同气流量和风速条件下管道的运行状态，评估优化方案的效果，避免在实际运营中出现高能耗或设备故障的情况。此外，仿真技术还可以用于评估新技术、新设备应用后的管道效能，帮助决策者在进行技术改造或系统优化时做出最合适的选择。

4.3 人工智能技术的引入

AI 技术，尤其是机器学习和深度学习算法，对海量历史数据和实时数据的学习，建立起准确的预测模型。这些预测模型能够根据系统当前的运行状况，智能地调节管道参数，以实现能效优化。例如，AI 可以根据风速、气温、需求波动等因素，预测天然气需求量的变化，并

调整输气管道的流量、压力等参数，以确保管道系统的高效运行。此外，AI 还可以在管道出现异常时进行实时分析，及时发现潜在故障，并智能制定修复方案，减少人工干预，提高反应速度和准确性。

4.4 技术融合

基于大数据分析，实时监控管道的运行状况并进行数据预测，为优化决策提供数据支持；接着，借助管网仿真技术，可以在虚拟环境中模拟不同情境，预测优化措施的效果，从而在实际应用中减少不确定性；最后，通过人工智能技术，系统能够根据实时数据和历史经验进行智能调节，自动优化运行模式，最大化节能效益。同时，利用大数据分析、管网仿真和人工智能技术的融合，不仅可以优化管道的日常运行，还能够为管道的长期规划和扩展提供战略性支持。例如，随着用户需求的增长，管道可能需要增加输气能力或进行技术改造。通过系统化的分析与预测，这些技术可以帮助决策者准确评估扩容方案，确保能源供应的持续稳定并降低运营成本。

5 回收余能与新能源利用

5.1 回收压缩机组的余热

采用热回收装置，将压缩机组产生的余热用于供暖、加热天然气或预热其他系统的流体，从而减少能源的外部消耗。此外，通过建立热交换系统，可以将热能回收并重新利用，减少对外部热源的依赖，进一步提升系统的能效。例如，将余热引入加热器中，用于加热进入管道的天然气，提高其流动性和输送效率。

5.2 压力能的回收

天然气在压缩机组中被加压后，通常会存在较高的压力差，这个压力差是潜在的能量来源。通过技术手段回收这一压力能，不仅可以减少能源浪费，还能将其转化为有用的机械或电能。例如，可以利用膨胀机或涡轮机技术，将高压气体通过膨胀产生的能量转化为电能，或者用于驱动其他设备。随着管道系统的规模扩大，回收压力能的潜力也越来越大，能够为系统内部的其他能源需求提供支持，进一步降低能源消耗。

5.3 新能源的利用

太阳能和风能作为清洁能源，可以被引入管输系统，尤其是在管道站点、压缩机组及相关设施的能源供应中。例如，安装太阳能电池板为站点供电，利用风力发电设备为辅助设施提供能源，减少对传统能源的依赖。此外，结合储能技术，将太阳能或风能转化为电能进行储存，在需求高峰时段进行使用，可以平衡能源供应，提高系统的稳定性和效率。通过智能化

管理系统，可以对这些新能源进行精准调度，确保能源的高效利用，并实现管道系统的能效最大化。

5.4 结合智能化技术

在管输天然气过程中，余能回收与新能源利用还可以结合智能化技术进行优化。借助先进的传感器和大数据分析技术，实时监测压缩机组、管道压力、温度等参数，优化余热和压力能的回收过程。通过数据分析，系统可以智能调节各项设备的运行状态，以最大化能源回收效果。例如，当压缩机组的余热或压力能较为充足时，系统可以自动调整余热回收量或膨胀机的输出功率，从而减少能源浪费；当新能源供应不足时，系统可以调节传统能源设备的运行，以确保能源的稳定供应。回收余能和利用新能源的措施不仅可以提高管输系统的能源利用率，还能有效降低环境污染。天然气作为一种相对清洁的能源，其运输过程中的能源利用效率提升有助于进一步降低碳排放，助力实现绿色、低碳目标。通过充分回收余能并结合新能源，管道系统的整体能效将得到显著提升，助力推进可持续能源发展。

6 结语

综上所述，通过对天然气管输节能降耗技术的分析，提升管输系统的能效，不仅需要技术创新，还需要完善的管理和政策支持。管道材质的选择、压缩机的优化、热力损失的控制以及调度系统的智能化等方面，都是提高能源效率的重要举措。在实际应用中，必须综合考虑各项技术手段的配合与优化，从而实现能源的最大化利用。随着节能技术的不断发展和创新，天然气管输系统将更加高效、环保，应对能源消耗的问题，为天然气行业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献：

- [1] 刘轩佐, 李斗. 国产离心式管线压缩机在天然气长输管线中的应用与优化研究 [J]. 中国设备工程, 2024,(24):71-73.
- [2] 张雅慧, 张朋岗, 张兴国, 等. 基于天然气压差发电技术的适用性分析与实际运用 [J]. 石油石化节能与计量, 2024,14(12):13-17.
- [3] 周海旭. “双碳”背景下天然气产业节能减排新对策 [J]. 能源与节能, 2024,(11):82-84.
- [4] 李宏强. 石油天然气工程技术节能管理策略 [J]. 石化技术, 2024,31(10):263-265.
- [5] 张振祖, 吕龙, 王计娜, 等. 天然气开采过程中的节能减排技术应用研究 [J]. 能源与节能, 2024,(10):142-144+241.