

天然气管网压力能的回收及利用

马 震（高唐天马燃气有限公司，山东 聊城 252800）

摘要：本文主要研究天然气管网压力能的回收及利用。概述了国内外压力回收利用项目的研究应用情况，包括国内和国外的压力回收利用情况。以压力能发电项目实例，分析其基本情况、工艺流程以及城市燃气调压站的运行情况。针对当前存在的问题与解决措施进行探讨，包括压力能利用进展慢、效率低、压差和供气温度低于标准要求以及政策支持力度不够等问题。提出改进工艺及设备、合理建设压力能利用项目、改进压差和供气温度以及依托政府扶持政策等解决措施，旨在为天然气管网压力能的回收及利用提供参考。

关键词：天然气；管网压力能；回收及利用

引言

随着能源需求的不断增长，天然气作为一种清洁、高效的能源，在全球能源结构中扮演着越来越重要的角色。天然气管网中的压力能是一种潜在的清洁能源，其大小取决于管道内的气体压力和流量。这种能量若能得到充分利用，不仅可以提高天然气的输送效率，还可以降低能源消耗，减少对环境的影响。此外，压力能的回收利用还有助于减轻天然气输配系统的能耗，提高整体运行效率^[1]。当前，全球能源结构正朝着更加绿色、低碳的方向发展，天然气作为清洁燃料的重要组成部分，其在能源转型中的地位日益凸显，但传统天然气输送系统普遍存在压力能回收率低的问题，不仅造成了能源的浪费，还增加了环境负担。因此，开发高效、可行的压力能回收技术，对于推动天然气行业的可持续发展具有重要意义。通过回收利用压力能，不仅可以提高天然气的利用效率，还可以促进能源结构的优化，实现环境保护和社会经济的双重效益^[2]。本文将探讨天然气管网压力能的回收及利用方法，以期为相关领域的研究和应用提供参考。

1 概述

随着我国经济的快速发展，能源需求不断增加，天然气作为一种清洁、高效的能源，在能源结构中的地位越来越重要。然而，目前我国长输天然气主要采用高压管输方式，这种方式虽然具有气量大、供应稳定、连续不断等优点，但其成本较高，沿线需要增设加压站和调节站，这种方式将输送的高压天然气经过调压站降至中压标准，然后进入城市燃气管网。接着，通过与调压箱或调压柜相连，将压力进一步降低至低压，以满足用户需求。天然气管道输送具有气量大、供应稳定、连续不断等优点，已成为目前天然气输送的主要方式，但这种方式的成本较高，沿线需要增设

加压站和调节站。当高压天然气到达各门站后，需要根据用户的供气压力要求进行调压，此过程中，会产生很大的压力降，释放大量的能量。以日处理 50 万立方米的门站为例，压力从 4.0MPa 降至 0.4MPa，压力能损失每小时大约有 24.3 万大卡，年直接经济损失价值达 2652 万人民币。不仅如此，高压天然气在降压过程中还产生大量的噪音，同时急剧降温会对管道及调压设备的运行造成危险。天然气在调压过程中将损失大量的压力能，若能采取适当的措施回收压力能，将提高能源利用率，减少资源浪费，对提高天然气管网运行的经济性具有重大意义。为了克服这些问题，近年来，我国科研人员致力于研究如何回收高压天然气在调压过程中的压力能，经过多年努力，目前已经取得了一定的进展，如采用先进的变频调速技术，可实现对调压过程的精确控制，从而降低压力损失。同时，利用储气罐对降压过程中产生的压力能进行储存，可在需要时释放压力能，进一步提高能源利用率。

2 国内外压力回收利用项目研究应用情况

2.1 国内压力回收利用

在全球范围内，天然气压力能回收综合利用技术的研究已经取得了显著的进展。欧美国家的一些公司已经开始尝试将膨胀机技术与其他先进技术相结合，以实现在天然气调压过程中回收压力能的目标。这些研究成果为天然气压力能的高效利用提供了新的思路和方向。2008 年 10 月，北美 Enbridge 公司成功地将膨胀机与燃料电池组合在一起，形成了一种名为 DFC-ERG 的系统，该系统在加拿大多伦多的门站进行了现场试验，结果显示其具有较高的效率和稳定性，这一创新性的技术突破为天然气压力能回收利用技术的发展提供了有力支持。此外，英国某公司提出了在伦敦东部的百客顿地区天然气管道上安装微型膨胀机

发电的设想，该方案旨在利用天然气管网的压力能作为动力，实现能源的高效利用。这种分布式发电方式不仅可以降低对传统能源的依赖，还可以提高能源利用效率，减少环境污染。

2.2 国外压力回收利用

在国内，福州大学李学来等学者对天然气压力能回收利用装置进行了深入研究。他们提出了一种采用热分离机对天然气进行脱水的装置，该装置充分利用了天然气管网的压力能作为动力，通过加热、蒸发和冷凝等过程，实现了天然气中水分的高效去除。此外，李学来等学者还针对不同工况下的天然气脱水需求，对热分离机进行了优化设计，使得装置在提高脱水效率的同时，也降低了运行成本。除了福州大学外，大连理工大学气波制冷研究推广中心也在天然气脱水净化领域取得了显著成果。他们开发了多套气波制冷天然气脱水净化装置，并在经过严格的运转考核后，均达到了设计要求，这些装置在操作压力下天然气露点最低可达 -40°C ，远低于国家环保标准，为天然气的高效利用提供了有力保障。上述装置在天然气脱水方面都取得了显著成效，但它们在工作原理、适用范围等方面存在一定差异，福州大学的热分离机装置主要利用加热和蒸发原理，适用于压力较高的天然气输送管道；而大连理工大学的气波制冷装置则通过气波制冷技术，实现对天然气中水分的深度去除，适用于低压或常压条件下的天然气处理。

3 某压力能发电项目实例

3.1 基本情况

某燃气集团压力能示范项目为高压/次高压站，该项目，天然气利用流量为 $1.53 \times 10^4 \text{Nm}^3/\text{h}$ ，膨胀机进口压力、出口压力分别为 4MPa 、 1.6MPa ，发电 200kW ，此项目经天然气膨胀做功带动发电机，该电能用于制冰，规模约为 80t/d 。

3.2 工艺流程

充分利用天然气压力能的方案是将透平膨胀发电机与天然气相结合，从而回收其压力能，该过程涉及多个关键设备，包括透平膨胀发电机、制冰机、制冷储罐、压缩机、换热器以及其他辅助泵浦，当天然气通过喷嘴和工作轮时，其压力能得到释放，进而驱动工作轮旋转来带动发电机产生电能，其中一部分电能被送往门站供用户使用，而剩余的电能则用于驱动制冷压缩机进行制冰。在此过程中，天然气膨胀后的温度降低，使低温天然气能够与冷媒进行有效热交换，

之后，冷媒与水进行进一步的热交换，最终实现制冰的目标，该工艺完整的流程其核心目标便是最大限度地发挥天然气压力能的潜在价值。

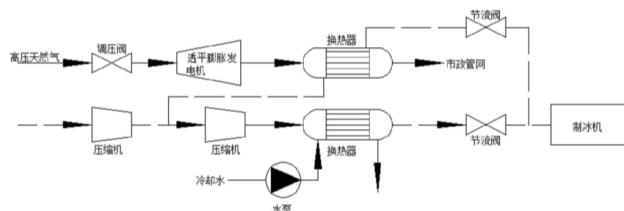


图 1 项目工艺流程图

此压力能回收利用项目（如图 1）不仅实现了发电与制冰的完美结合，展现了极高的工艺灵活性，该项目可根据不同电、冷需求，灵活调整天然气的流量，精确控制阀门的开度以及泵的参数，有效消除用气量差异对压力发电装置发电效率和运行稳定性的影响。此举最大限度地实现了天然气压力能的充分利用，为能源利用提供了高效、可靠的解决方案。

4 当前存在的问题与解决措施

4.1 存在的问题

4.1.1 压力能利用进展慢

压力能作为一种独特的能源形式，其利用的进展速度缓慢，工程实施也面临着严重的滞后问题。虽然压力能利用的研究领域相当广泛，涵盖了压力能发电、制冰、冷库、轻烃分离、橡胶粉碎、天然气液化以及水合物调峰等多个方面，但大部分的研究仍停留在理论探讨的阶段。这其中的原因，在于压力能利用项目的实际实施涉及到燃气、电力、制冷等多个领域，要实现这些产业之间的利益平衡，是一个具有挑战性的现实问题，每一个领域都有其独特的运作方式和利益诉求，如何将这些不同的元素有机地结合起来，来达到共同推进压力能利用的目的，是一项复杂而艰巨的任务。

4.1.2 压力能利用效率低

当前压力能的利用遭遇了多重挑战，因工艺流程的复杂性，即使认识到可以通过工艺手段来利用这些压力能，但在实际的建设过程中，其可行性往往较小。这是由于技术实施的成本高、操作复杂或者对特定设备和技术的依赖性过强，这种实际操作上的困难成为了压力能利用效率低下的一个重要原因。

此外，即便工艺流程得以实施，也常会出现压力能回收不完全的问题，不仅仅是技术操作上的疏忽，更可能是因为能量匹配上的差异，每一种压力能都有其独特的能量特性和转换规律，若无法精确地匹配这

些特性，那么在能量转换和回收的过程中就会产生损失，从而导致能量的浪费。该能量匹配的差异不仅影响了压力能的回收效率，也进一步影响了整个系统的运行效率。

4.1.3 压差和供气温度低于标准要求

当前天然气调压方式虽然有效，但温降问题及其在特定环境条件下可能导致的问题仍需重点关注。针对这些问题，建议采取以下方案优化天然气供应流程。

4.1.4 政策支持力度不够

在当前压力能发电与制冷应用领域中，发电与制冷是两种主要的能源利用方式，因下游冷能用户对于压力能用于制冷项目的需求较大，且其在电力设施建设上的广泛适用性使得压力能发电在发电领域的运用更为广泛，但国家在发电上网方面的政策尚待进一步明确和鼓励，这在一定程度上限制了压力能发电项目的实施和开展。

4.2 解决措施

4.2.1 改进工艺及设备

针对现有压力能利用工艺及关键设备，进行深入研究分析，根据实际情况对工艺进行优化和完善，对设备进行改进，分析各类工艺，综合考量，全面规划，选取最佳的压力能回收方案和最优的设备配置，来提升能量利用效率，推动压力能利用技术的创新发展。

4.2.2 合理建设压力能利用项目

压力能的回收应用尤为关键，涵盖冷库、制冰、天然气脱水、轻烃分离等等方面，具体采用哪种压力能利用手段，需依据实际状况作出判断，如微型透平发电装置可用于回收位于燃气用户附近的中小型调压站的余压，并将其电能直接供应给邻近的楼宇或居民区。在大型调压站附近建立热电联产的燃气调峰发电厂，旨在实现燃气调峰效果，其燃料烧嘴和燃料系统均按照两种燃料的使用需求进行设计。在冬季，若电量需求较低，可减少发电量以增加供热，或将调压站的余能回收电量并入电厂供电系统。对现有压力能利用方式进行优化，探索新的技术经济可行性，对于推动我国压力能利用的发展具有重大意义。

4.2.3 改进压差和供气温度

深入研究并改进现有天然气调压技术，除了使用工作调压阀进行等焓节流外，还可考虑采用先进的温度控制技术，利用智能控制系统精确控制调压过程中的温度变化，确保出站温度符合标准要求。考虑使用更高效的热能回收设备，如高效锅炉热水换热器或电

伴热带等，这些设备不仅能够提前对燃气进行加热，还能有效回收利用压力能，减少能源消耗和浪费。加强管道维护和检修工作，定期对管网进行全面检查和维护，确保管道无泄漏和老化现象，及时发现并修复潜在的安全隐患；对于低温环境下可能出现的问题，应提前做好防范措施，如安装保温材料、设置防霜冻装置等。推广使用智能温控系统，通过安装智能温控系统，实时监测管网的温度变化情况，确保在低温环境下管网的正常运行。

同时，系统可以根据实时监测数据自动调整加热设备的运行状态，确保燃气供应的稳定性和安全性。加强宣传和教育，提高公众对天然气供应安全的认识。通过宣传和教育活动，提高公众对天然气供应安全的认识和重视程度，让用户了解天然气供应过程中的安全注意事项和风险防范措施^[3]。

4.2.4 依托政府扶持政策

除了全力争取政府的支持和帮助，还需挖掘和利用自身独特资源，推动项目快速发展。在政府的统筹规划下，精心策划压力能回收项目，有序地开展招商引资工作，遵循当地的发展规划，确保压力能回收项目与调压站的建设同步进行，来实现最优的资源配置和最大的经济效益。积极争取在用地和融资等方面的优惠政策，与相关部门沟通协调，申请享受国家关于资源综合利用产业的税收减免政策，来减轻企业的税负，为项目的顺利开展提供有力保障。

5 小结

本文对天然气管网压力能的回收及利用进行了详细的研究和分析。综述国内外压力回收利用项目的应用情况并结合具体案例指出了当前存在的问题并提出了相应的解决措施。天然气管网压力能的回收及利用对于节能减排、提高能源利用效率具有重要意义。在未来的发展中，需要进一步加强天然气管网压力能回收及利用的研究和应用，为环境保护和可持续发展做出更大的贡献。

参考文献：

- [1] 王晏亮,向月,黄媛,等.计及天然气管网压力能消纳的电动汽车换电池集中充电-配送策略[J].电力自动化设备,2022,42(10):10.
- [2] 程思杰,赵靓,杨海红,等.天然气管网压力能发电潜力评估模型及应用[J].福建化工,2022(8):50-52.
- [3] 冯雅婷.天然气管网压力能回收利用效益分析[J].节能与环保,2023(3):72-73.