

天然气长输管道站场工艺设计分析

杨洪梅¹ 沈蓉² 严琬璐³

1. 陕西新园州生态建设有限公司四川分公司 四川 成都 610213
2. 四川岚强石油天然气工程勘察设计有限责任公司 四川 成都 610213
3. 重庆泰格石油天然气工程有限公司天府分公司 四川 成都 610213

摘要：随着全球能源结构的调整与环保意识的提高，天然气作为一种清洁高效的能源。天然气输送主要采用增压管道输送和天然气液化储存运输，天然气站场是长输管道系统的核心部分，站场工艺设计在管输系统中显得尤为关键。本文深入分析了天然气长输管道站场工艺设计的核心原则与要求，并探讨了天然气成分与特性、输送压力与流量控制、管道防腐与安全保障以及环境因素等关键因素对工艺设计的影响。同时，本文还提出了工艺流程优化、智能化技术应用、绿色环保理念体现等优化措施，以期对未来站场工艺设计的发展提供理论与实践指导。

关键词：天然气长输管道；站场工艺；设计

引言：天然气作为清洁高效的能源，在能源领域具有重要地位，其长输管道站场工艺设计是确保天然气安全、平稳、高效输送的关键环节。随着能源需求的日益增长和环保要求的不断提高，站场工艺设计面临着新的挑战 and 机遇。本文旨在深入剖析天然气长输管道站场工艺设计的原则、要求和关键因素，探讨其优化措施与未来发展趋势，以期提升天然气长输管道站场的安全性、经济性和环保性提供理论支持和实践指导。

1 天然气长输管道站场工艺设计概述

1.1 站场工艺设计的基本原则与要求

站场工艺设计应遵循以下基本原则与要求：（1）安全性原则。站场工艺设计应确保在整个输送过程中，天然气不发生泄漏、爆炸等安全事故，保障人员和设备的安全。因此，在设计中应充分考虑管道材料的选取、工艺设备的布置、安全阀门的选取、安全仪表系统的设置等因素，以提高系统的安全性。（2）高效性原则。站场工艺设计应优化工艺流程，减少不必要的能耗和物耗，提高整个系统的运行效率。例如，在设备选型上，应优先考虑高效节能的设备；在管道设计上，应合理布置管道，减少压降和摩擦损失。（3）灵活性原则。站场工艺设计应具有一定的灵活性，以适应天然气市场的变化和输送量的调整。这要求在设计中充分考虑系统的可扩展性，预留足够的接口和空间，便于未来的改造和扩建。（4）环保性原则。站场工艺设计应符合环保要求，减少对环境的污染。例如，在设计中应采用低噪声、低排放的设备；在废气处理上，应设置有效的废气处理装置，确保废气达标排放。

1.2 主要工艺流程与设备

天然气长输管道站场的主要工艺流程包括清管、过滤、计量、加热、调压、流量控制等环节。（1）清管。清管装置除满足正常输送情况下的长输管道的清管作业外，还应考虑利用智能清管器对管道的腐蚀及管道壁厚进行检测，了解长输管道的使用状况及管道存在的缺陷隐患。（2）过滤。天然气主要由甲烷等烃类气体组成，但其中也会夹杂着一定的杂质和颗粒物，如水、硫化物、二氧化碳、氢气等。这些杂质和颗粒物会给下游设备和环境带来一定的危害。为保障下游设备安全平稳运行和减少环境污染，通常采用过滤器对天然气中的杂质和颗粒物进行过滤。常用设备有高效过滤器、卧式过滤分离器、旋风分离器等。（3）计量。在天然气输送过程中，需要对输送量进行准确计量。计量设备通常采用流量计，能够实时监测天然气的流量，确保计量的准确性。（4）调压/流量控制。由于分输支路对流量和压力的不同需求，通常采用调压阀进行压力和流量的控制。（5）加热。天然气经过调压阀节流后将产生温降，天然气输送温度过低会产生诸多不利影响，如形成水合物堵塞管道，导致埋地管道周围土壤冻胀，从而造成站内设备和管线的损坏^[1]。在设备选型上，应根据实际需求和工艺特点进行选择。例如，在清管环节，应选用发送和接收智能清管器的清管装置；在过滤和计量环节，应选用精度高、可靠性强的过滤器和流量计。

2 天然气长输管道站场工艺设计关键因素分析

2.1 天然气成分与特性对工艺设计的影响

天然气的成分与特性是天然气长输管道站场工艺设计的重要基础，它们直接影响着站场工艺设计的选择和效果。由于不同地区的天然气来源和生成条件不同，

其成分和性质往往存在较大的差异,这些差异在工艺设计中必须得到充分的考虑。(1)甲烷作为天然气的主要成分,其含量的高低直接决定了天然气的热值和燃烧性能。在站场工艺设计中,我们需要根据甲烷含量的不同,精确调整输送设备和储存设施的参数,以确保天然气在输送过程中的高效性和稳定性。高甲烷含量的天然气可以提供更高的热值,从而满足各种用气需求;而低甲烷含量的天然气则需要在设计中特别注意其燃烧性能,以避免出现燃烧不充分或燃烧不稳定的问题。

(2)硫化氢是腐蚀性有毒气体,对天然气工艺设计构成挑战。为确保安全稳定输送,集输站场或净化厂常进行脱硫脱水处理,使得进入长输管道的天然气硫化氢含量极低或无。尽管如此,工艺设计仍需充分考虑硫化氢的潜在风险,选择耐腐蚀性能强的管道材料,并采取有效防腐措施。同时,建立定期检查维护制度,及时发现并解决腐蚀问题,保障天然气输送的长期稳定运行^[2]。

(3)天然气的露点也是工艺设计中需要重点关注的一个因素。露点过低可能导致天然气在输送过程中产生水合物,这些水合物会堵塞管道和设备,严重影响天然气的输送效率。因此,在站场工艺设计中,我们需要对天然气的露点进行合理控制,采取有效的脱水措施,确保天然气的干燥度符合要求。通过优化上游脱水工艺和设备选型,我们可以有效避免水合物生成的问题,提高天然气输送的安全性和可靠性。

2.2 输送压力与流量的调控策略

在天然气长输管道站场工艺设计中,输送压力与流量的调控策略占据核心地位。这不仅关乎输送效率,更直接决定了整个天然气输送系统的安全性和经济性。因此,制定合理、有效的调控策略至关重要。(1)关于输送压力的调控,必须充分考虑管道的材质、直径和壁厚等物理特性。这些特性决定了管道能够承受的最大压力范围。在此基础上,根据天然气输送的具体需求,结合沿线地形、地貌等自然条件,制定出合适的输送压力范围。这样既能保证天然气的高效输送,又能避免因压力过高导致的管道破裂等安全事故。(2)在调控输送压力时,还应关注管道沿线的压力变化。由于地形起伏、管道弯曲等因素,输送压力可能会产生波动。因此,需要设置相应的压力监测点和调控设备,实时监测压力变化,并根据实际情况进行及时调整。通过精细化、智能化的压力调控,可以确保管道在各种工况下都能保持稳定的运行状态。(3)在流量调控方面,同样需要根据市场需求和输送能力进行合理安排。一方面,要根据市场需求的变化,灵活调整输送量,确保天然气供应的稳

定性;另一方面,要考虑管道的输送能力限制,避免因流量过大而造成管道流速过高、计量不准或设备损坏。为了实现流量的精确控制,需要运用先进的调控技术和设备。例如,通过调整压缩机的工作状态、阀门开度等参数,可以实现对流量的精准调节。同时,建立流量监测系统,实时监测流量变化,并通过数据分析和预警机制,及时发现并处理异常情况。

2.3 管道防腐与安全保障措施

在天然气长输管道站场工艺设计中,管道的防腐与安全保障是确保输送系统稳定运行的基石。由于天然气本身的特性和外部环境的复杂多变,管道的防腐与安全工作显得尤为重要。(1)管道防腐是确保管道长期稳定运行的关键。天然气中的腐蚀性物质、水分以及土壤中的化学物质都可能对管道造成腐蚀。因此,在管道材料的选择上,应优先考虑具有优良耐腐蚀性的材料,如优质碳钢、合金钢钢管。此外,采用成熟的防腐涂层技术也是有效的防腐手段,如三层PE外防腐层、无溶剂液态环氧涂层、聚乙烯、聚丙烯、氟碳漆、丙烯酸聚氨酯涂层等涂层能够隔绝埋地或露天管道与腐蚀介质的直接接触。同时,为延长站内管道的使用寿命,区域阴极保护技术也广泛应用于站内埋地管道阴极保护中,区域阴极保护有强制电流保护和牺牲阳极保护两种方式^[3]。(2)安全保障措施的完善同样不可或缺。建立全方位的监测和预警系统是确保管道安全的重要一环。通过安装传感器和监测设备,可以实时监测管道的运行状态、压力、流量等关键参数,一旦发现异常,便可迅速启动预警机制,通知相关人员进行处理。此外,定期对管道进行巡检和维护也是确保安全的重要措施,通过定期检查管道的腐蚀情况、焊缝质量等,及时发现并处理潜在的安全隐患。除了硬件设施的完善,人员培训和应急演练同样重要。加强对管道运维人员的安全培训和技能培训,提高他们的安全意识和应急处理能力。同时,定期组织应急演练,模拟各种可能的安全事故场景,锻炼人员的应急响应速度和处理能力。

2.4 环境因素对站场工艺设计的挑战

在天然气长输管道站场工艺设计的过程中,环境因素是一个不容忽视的重要考量因素。各地区迥异的气候、地质和生态环境条件,对站场工艺设计提出了独特的挑战,也要求我们采取相应的策略进行应对。(1)气候条件对站场工艺设计的影响最为直接。在寒冷地区,冬季的低温会导致管道内液体冷凝,甚至产生冻裂的风险。因此,在设计过程中需要充分考虑保温措施,采用高效的保温材料和结构,确保管道在低温环境下稳定运

行。而在炎热地区，高温则可能导致管道膨胀、设备过热等问题，这就需要在设计中加强对设备的散热和冷却性能，防止过热现象的发生。（2）地质条件同样是影响站场工艺设计的重要因素。在地震多发地区，管道的抗震能力尤为重要。设计中应加强管道的抗震结构设计，采用地震波防护措施，以提高管道在地震时的稳定性和安全性。（3）生态环境保护也是现代工艺设计中不可或缺的一环。在站场工艺设计过程中，我们应始终坚持绿色、环保的理念，尽可能减少对环境的破坏。选用环保材料、优化工艺流程、降低能耗和排放，都是实现可持续发展的重要途径。

3 天然气长输管道站场工艺设计的优化措施与发展趋势

3.1 工艺流程优化与设备选型建议

工艺流程的优化是提高站场运行效率的关键。首先，应对现有的工艺流程进行全面评估，识别潜在的瓶颈和不合理环节，制定针对性的优化方案。通过改进管道布局、优化管道直径和壁厚，可以降低输送过程中的阻力损失；采用成熟可靠的阀门和流量计，提高流量控制的精确度；引入高效的净化和分离设备，减少杂质对管道和设备的影响。在设备选型方面，应充分考虑设备的性能、可靠性、维护成本及运行效率。优先选用技术成熟、性能稳定的设备，同时注重设备的兼容性和可扩展性，以适应未来输送量增长的需求。此外，通过引入模块化设计思想，便于设备的快速安装、调试和维修，降低运营成本，如计量橇、调压橇、自用气橇。

3.2 智能化与自动化技术在站场工艺设计中的应用

智能化和自动化技术是提高站场管理水平和运行效率的重要手段。通过应用传感器、物联网、大数据等技术，实现对站场运行状态的实时监控和数据分析。借助先进的控制系统，可以实现对输送压力、流量等关键参数的自动调节，确保管道运行在安全、经济的范围内。此外，通过建立预警系统和故障诊断系统，及时发现和处理潜在的安全隐患，提高站场的稳定性和可靠性。自动化技术的应用还可以降低人工操作的误差和成本，提高工作效率。通过引入机器人和无人机等智能设备，实现巡检、维修等作业的自动化，减少人员投入和风险。

3.3 绿色环保与可持续发展理念在站场工艺设计中的体现

随着环保意识的加强，绿色环保和可持续发展已经成为天然气行业的重要发展方向。在站场工艺设计中，应充分考虑环保要求，采用低能耗、低排放的工艺和设备。通过优化管道埋设方式、减少土地占用和破坏，降低对生态环境的影响。同时，加强废水、废气等污染物的治理和排放控制，确保站场运行符合环保标准。此外，还应注重资源的循环利用和节能减排。通过采用节能型设备、优化运行模式和加强能源管理，降低站场的能耗和排放。同时，加强废弃物的回收和处理，实现资源的再利用和减少对环境的影响。

3.4 未来发展趋势与研究方向

未来，天然气长输管道站场工艺设计将继续朝着更加智能化、绿色化和高效化的方向发展。随着物联网、云计算和人工智能等技术的不断发展和应用，站场工艺设计将更加注重数字化和智能化水平的提高。同时，环保和可持续发展理念将更加深入地融入站场工艺设计中，推动天然气行业的绿色发展。此外，随着天然气市场的不断扩大和多样化，站场工艺设计也将面临更多新的挑战 and 机遇。因此，未来的研究方向可以包括探索新的工艺流程和设备选型方案、研究更加智能和高效的控制系统、开发新型的环保材料和技术等，以适应不断变化的市场需求和行业发展趋势。

结束语

经过对天然气长输管道站场工艺设计的全面分析，我们深入了解了其设计原则、关键影响因素以及优化措施。随着技术的不断进步和市场需求的变化，站场工艺设计将更加注重智能化、绿色化和高效化的发展。未来，我们期待通过持续的创新与优化，推动天然气长输管道站场工艺设计达到更高的水平，为天然气的安全、高效输送提供有力保障，同时促进能源结构的优化和环境保护的提升。

参考文献

- [1]张明,刘阳.天然气长输管道站场工艺设计优化研究[J].油气储运,2022,41(6):658-665.
- [2]李华,王刚.天然气长输管道站场智能化设计探讨[J].管道技术与设备,2021,5(2):57-61.
- [3]陈晓红,赵鹏.天然气长输管道站场安全设计与环保措施分析[J].环境与发展,2020,32(10):136-139.