

# 石油化工复杂管网的管道设计探讨

李宗雷（河北寰球工程有限公司，河北 涿州 072750）

**摘要：**本文主要探索石油化工领域复杂管网系统的管道设计以及技术的展开分析，结合产业转型和工程安全，探究管网作为石油化工工程装置的重要价值，分析石油化工管网在工程过程中的重要性。同时，阐述管道设计的基本原则和要求，并结合实际情况探索管道设计的关键技术，针对在日常应用过程中存在的挑战，探究应对策略，强调新技术、新工艺应用对当前环保要求以及可持续发展的重要意义。

**关键词：**石油化工管网；管道设计；流体特性；新技术

中图分类号：TE973.1 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)023-0096-03

## Discussion on the pipeline design of the complex pipe network in petrochemical industry

Li Zonglei (Hebei Huanqiu Engineering Co., Ltd., Zhuozhou Hebei 072750, China)

**Abstract:** This article mainly explores the pipeline design and technical analysis of complex pipeline systems in the petrochemical industry. Combining industrial transformation and engineering safety, it explores the important value of pipeline networks as petrochemical engineering equipment and analyzes the importance of petrochemical pipeline networks in the engineering process. At the same time, elaborate on the basic principles and requirements of pipeline design, and explore the key technologies of pipeline design based on actual situations. In response to the challenges that exist in daily application, explore coping strategies, and emphasize the importance of new technologies and processes in meeting current environmental requirements and sustainable development.

**Keywords:** Petrochemical pipeline network; Pipeline design; Fluid characteristics; new technology

从目前石油化工行业发展过程中，由于应用场所越来越多样化，复杂管网的设计具有非常重要的作用。本文探讨管网设计的背景和意义以及在整个工程中的地位和作用。近年来，随着石油化工行业的发展，管道设计面临着越来越多的挑战和机遇，想要有效应对应用过程中存在的问题，应加强对设计原则的了解。并通过关键技术、新技术的分析，了解可能存在的挑战和应对策略，通过不断分析探究，为石油化工管道设计提供有力的支持，助力行业向更安全高效的方向转型发展。

### 1 管道设计的背景与意义

#### 1.1 石油化工复杂管网的重要性

在石油化工行业中，复杂管网系统是连接各个生产环节的重要纽带，承接着将原油从开采地高效、安全运输到炼油厂，以及将冶炼过程中产生的各类产品输送到市场的重要作用。这些管网不仅需要处理原油、成品油等主产品，还需要对废气、废水等生产服务产品进行排放和处理，其设计的合理性会直接关系到整个生产链的稳定运行以及生产能效。科学合理的管道系统能够确保原料能够及时供应，与产品顺畅流通，并可以有效避免因管道堵塞、泄露等问题产生，导致生产中断以及安全事故，进而提升整体生产性能，降低生产过程中可能造成的附加成本。与此同时，充分

考虑到石油化工行业处理介质往往具有较高的挥发性、腐蚀性以及易燃易爆性，管道系统的安全性设计具有非常重要的意义。通过选用高质量材料，合理布局管道走向、设置安全阀以及泄漏装置等，可以有效降低安全事故的发生概率，从而保障人员安全以及生产环境不受到污染<sup>[1]</sup>。此外，经济性和环保性也是衡量管道设计优劣的重要指标，合理的管道设计能够很好优化资源配置，减少能源消耗以及废物排放，从而实现经济和经济效益和环境效益的协同发展，获得两者双赢。

#### 1.2 管道设计在整个工程中的地位和作用

作为工程项目基础设施的核心环节，管道设计不仅会直接关系到建筑的安全、高效运输，还会影响项目的可行性、安全性、先进性以及环保性等。总而言之，管道设计是确保工程项目顺利实施的重要前提，要求设计人员综合考虑工艺流程、介质特性、操作条件、安全规范以及生产环境因素等，进行多方考量，通过合理的设计和分析，确定管道的走向、直径、壁厚连接方式、使用材料等关键参数，从而构建一个既符合生产需求又满足安全环保标准的复杂管道系统。在此过程中，不仅要求设计人员要具备扎实的专业知识，还应具备丰富的实践经验和敏锐的洞察力来应对此过程中可能发生的多样化挑战。此外，管道设计还应与其他工程环节紧密连接，例如设备安装、土建工程、

定期控制等，要确保设计人员与其他设计团队协调沟通，确保各个环节之间无缝高效协同。管道设计在整个石油化工工程中扮演着非常重要的作用，是保障项目成功实施以及长期稳定运行的关键因素，需要综合考量，提升设计的规范性、合理性以及科学性。

## 2 管道设计的基本原则与要求

### 2.1 流体特性分析

要综合考量运输流体的物理性质、化学性质和流体性质。物理性质方面，需要精准了解流体的密度、粘度比、热容等相关参数，这些参数会直接影响流体在管道中的流动形态，例如压力损失、流速分布等，进而对管道系统的设计参数，例如壁厚、管道直径起到决定性影响。在化学性质方面，需要综合考虑流体的腐蚀性、稳定性以及其他物质的反应性，以确保所选管道材料能够耐受流体的侵蚀，确保系统能够长期稳定运行。流体性质方面，需要综合分析流体的流态、流速变化以及压力波动等特性，通过合理设计管道布局，优化流体输送路径，减少能量损失，提高输送效率。通过细致的流体特性分析，能够制定出更为科学合理的管道设计方案，确保管道系统既能满足工艺需求，又具有良好的经济性和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.2 管道系统的设计参数

设计参数的确定需要综合考量多个方面，其中包括管道直径、壁厚、材料、支撑方式、布局连接方式、腐蚀防护以及安全措施等。管道直径的选择需要根据流量需求和流体特性进行选择，确保流体在管内稳定流动，同时平衡建设成本和运输效率，最后需要根据工作压力、温度、流体腐蚀性等进行精准计算，从而承受内部压力并抵御外部腐蚀，保障管道系统的长期可持续运行。材料选择方面需要根据流体性质、工作条件以及经济要求选择合适的管道材料，例如不锈钢、碳钢或者特种合金等。布局设计需要优化管道走向，减少弯头和阀门数量，减少流体阻力与能量与能耗。支撑方式需要确保管道稳定，减少振动与应力集中，连接方式需要兼顾密闭性、强度与可维护性。此外，腐蚀防护与安全措施也不可或缺，通过涂层、里衬或者添加腐蚀材料等全方位保障管道系统的安全运行，并通过配置安全阀、紧急切断阀等设施，提升管道运行的稳定性。

### 2.3 安全性与可靠性要求

在石油化工复杂管网管道设计中，安全性与可靠性是贯彻设计过程的核心准则。设计人员需要严格遵循国家和行业的相关标准，对管道系统进行全面的风险评估，识别并分析可能潜在的危险源和危险事项，例如压力泄漏、化学品泄漏以及机械损坏等，并制定

相应的预防和防范措施。为了确保管道系统在各种工况下稳定运行，设计人员需要综合考虑材料的耐腐蚀性、耐温性、耐压性，选用经过严格测试和验证的优质材料。与此同时，合理布局管道走向，优化支撑结构，并减少应力集中和振动，从而延长管道的使用寿命。此外，设计还需要包含完整的安全防护设施，例如紧急切断阀、压力释放阀以及泄漏检测设备等，便于在异常情况下做出迅速反应，避免事故扩大造成严重损失。通过实施严格的设计审查、施工监督以及后期维护管理，确保管道系统在整个生产周期就能满足安全性和可靠性的需求，为石油化工生产的稳定性提供坚实的保障作用。

## 3 管道设计的关键技术与方法

### 3.1 管道布置与优化设计

在石油化工负责管网的管道设计中，管道布置和优化设计是确保系统高效安全运行的关键。在此过程中，要求设计人员综合考量工艺流程、介质特性、操作条件、安全规范以及环境因素等，通过合理计算和分析，确保管道的最佳走向和布局以及连接方式。首先，设计人员需要根据工艺流程和介质流向合理规划管道的走向，确保介质能够顺畅高效地送到指定位置，同时还需要综合考虑管道的空间结构，避免与其他设备与结构发生干涉，确保施工和维护的便利性。其次，在管道部署过程中，设计人员需要特别关注管道的长度、弯头数量以及阀门设置等因素，减少流体在输送过程中的压力损耗以及能量耗用等。通过优化管道布局，可以缩短管道长度，减少弯头阀门的使用，从而降低流体阻力，提高运输的效率。然后，设计人员还需要综合考虑管道的安全性和可靠性，在布置管道时，需要确保管道具有足够的支撑和固定力，防止因振动或者外力作用发生移位或者损坏。与此同时，还应合理设置安全阀、紧急切断阀等安全装置，以便在异常情况下迅速切断介质传播，避免造成事态扩大。最后，在管道布置和优化设计过程中，设计人员需要综合利用现代化技术手段以及模拟软件对管道系统进行三维建模和仿真分析，从而验证设计的合理性和可行性，通过模拟分析，及时发现存在的问题并进行优化解决，确保管道系统在实际运行中可以达到预期的效果<sup>[3]</sup>。

### 3.2 材料选型与管道标准

在石油化工复杂管网管道设计中，材料选型以及管道标准是确保管道系统长期稳定运行、安全可靠的关键。材料选择需要综合考量介质的物理性质、操作条件、环境因素以及经济性等多方面等多个方面。针对介质腐蚀性，设计人员需要选择具有良好腐蚀性的材料，例如合金钢、不锈钢、特殊或特殊防腐涂层处

理的碳钢等，从而有效防止介质对管道内壁的腐蚀，延长管道使用寿命。对于高温高压的工况，材料需要具备足够的强度和热稳定性，例如采用耐热合金或者陶瓷复合材料等。

同时，材料的可焊性、加强性能以及与介质相容性是选择的重要考虑因素。在管道标准方面，设计人员需要严格遵循国家以及行业标准，如 API 标准、ASME 标准等，确保管道设计、制造、安装以及检验都符合规范化要求，这些标准不仅规定了管道的材料、尺度、厚壁厚等管道等基本参数和涵盖管道的连接方式、焊接工艺、检测、实验检测等多方面要求，为管道系统的安全可靠运行提供有力保障。在材料选型和管道标准应用过程中，设计人员需要关注新材料的研发和应用，及时引进具有更高性能、更低成本的新材料，从而提升管道系统的整体特性，同时加强与供应商、制造商以及检测机构的沟通协作，确保所选材料符合标准化要求，管道系统能够顺利通过各项检测和实验，为石油化工生产的连续稳定运行提供有力支持。

### 3.3 管道支吊架设计

在石油化工复杂管网的管道设计中，管道支吊架设计是确保管道系统稳定运行、减少振动与应力集中的关键环节。支调架是管道系统的支撑结构，设计需要综合考量管道的重量、介质特性、操作条件、空间布局以及安全规范等多方面的因素。

首先，设计人员需要综合考量管道的直径、壁厚、材料以及介质密度等，精准计算管道在各种工况下的重量，包括自重、介质重量以及可能产生的附加合重。经过严格计算，选择适合的支吊架类型以及规格，确保能够承受管道的全部重量。

其次，支掉架的布局应合理规划，既要满足管道的支撑需求，又要满足施工和维护的便利性。设计人员需要根据管道的走向、空间布局以及其他设备或结构的相对位置，合理规划资料架的位置和间距，避免造成管道过长或者过重而产生较大的应力集中。

此外，支吊架的设计需要综合考量稳定性和耐久性，在高温、高压、耐腐蚀介质环境下，支吊架材料需要具备良好的耐高温、耐腐蚀性能，确保具有确保长期稳定运行。同时，支吊架的结构设计需要能承受管道在运行过程中产生的振动和回击，减少管道系统的振动和噪音。

### 3.4 管道接头设计与焊接工艺

在石油化工复杂管网的管道设计中，管道接口设计与焊接工艺是确保管道系统密闭性、强度以及可靠性的关键环节。接口是管道连接的重要部件，其设计需要综合考虑介质的特性、操作条件、管道材质以及

安全规范等。

首先，在管道接头设计方面，设计人员需要根据管道的直径、壁厚、材质以及介质、压力、温度等参数选择合适的接头类型，如法兰连接、螺纹连接、承插连接以及焊接接头等。对于高压、高温或腐蚀介质的环境常采用焊接接头，由于其具有较好的连接强度和密闭性，应用更为稳定。在设计焊接接头时，需要精准计算焊接的尺寸和形状，确保焊缝能够承受管道运行过程中产生的各种应力。其次，焊接工艺的选择也非常关键。设计人员需要综合考虑设计的材质、接头类型以及施工现场条件，制定详细的焊接规程，包括焊接方法、焊接材料、焊接参数以及焊后热处理等。在焊接过程中要严格控制焊接质量，确保焊接无裂缝、气孔等缺陷，确保满足相应的强度和密闭性要求<sup>[4]</sup>。然后，在焊接过程中要综合考虑施工的环境，如温度、湿度、风速等，确保焊接质量不受外界环境的影响。对于特殊材质，例如不锈钢、合金钢等，需要采取特殊的焊接工艺以及防护措施，避免在焊接过程中产生裂缝。最后，焊接完成后，需要进行严格的检测和试验，通过无损检测、压力测试等，确保焊接接头的质量以及性能符合设计要求，为后续化工生产连续稳定运行提供保障<sup>[5]</sup>。

### 4 结语

综上所述，石油化工复杂管网管道设计是保障生产系统高效、安全、稳定运行的基础。在设计过程中需要综合考量设计的各个环节，从管道布置与优化设计、材料选型与管道标准、管道支吊架设计以及管道接头与焊接工艺设计等多方面进行综合考量，结合实际需求，落实相应的设计方案，从而满足石油化工运行过程中管道的需求，并通过不断的技术创新提升设计水平。

#### 参考文献：

- [1] 张建昌, 丁妮, 王立涛, 等. 长输原油管道并管混输运行方案研究 [J]. 石油化工应用, 2024, 43(05): 70-73+78.
- [2] 张鹏, 葛子铭. 中国西部地区成品油管网线路规划建议 [J]. 国际石油经济, 2024, 32(02): 85-91+100.
- [3] 陈思雅, 孙源聪, 张晨, 等. 基于人工智能视频分析技术在石油天然气长输管网高后果区分级预警的研究 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2023, 35(21): 145-147.
- [4] 赵振学, 朱海龙, 袁婧, 等. 国家成品油管网独立运营分析及策略研究 [J]. 国际石油经济, 2021, 29(06): 87-93.
- [5] 叶恒. 基于复杂网络理论的天然气管网供气结构分析方法研究 [D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2023.