

石化工业园区高压燃气管网 规划设计及技术要点

朱冬银 莫小浪

中海油（海南）燃气有限公司

摘要: 随着石化工业的快速发展, 天然气作为关键能源和化工原料, 其供应保障显得尤为重要。本文以海南省某沿海城市港口附近的石化工业园为例, 深入探讨高压燃气管网的规划设计及其技术要点。通过对管网规划、压力分级、调压计量站设计、紧急放空系统、双气源及环状管网设计、管道支架、防雷、防腐以及数字化建设等多个方面的详细分析, 旨在提供一套系统、科学的高压燃气管网设计方案, 确保燃气供应的可靠性和安全性, 降低投资运营成本, 促进石化工业园区的可持续发展。

关键词: 石化工业园; 高压燃气管网; 规划设计; 技术要点; 安全性

石化工业作为国民经济的重要支柱,其生产过程对能源和原材料的需求量大且稳定。天然气作为清洁能源和重要的化工原料,在石化工业中的应用广泛,涵盖了炼厂、分布式能源、电厂以及新材料等多个领域。随着海南省某沿海城市港口附近石化工业园区的发展,园区内天然气用量激增,亟需科学合理的高压燃气管网规划设计,以保障燃气供应的稳定性和安全性^[1]。合理的管网设计不仅能满足当前的用气需求,还需具备应对未来扩展和突发情况的能力。本文将结合实际案例,系统阐述高压燃气管网的规划设计及其技术要点,为类似工业园区的燃气管网建设提供参考和指导。

1 管网规划设计要点

1.1 同步规划与合理布局

基础设施同步规划,天然气管道的规划设计应与园区内的道路、水电气等基础管线同步进行,避免后期建设过程中因管线冲突导致的设计变更和施工难题。合理布局燃气管道,不仅能提高

施工效率,还能确保管网的安全性和稳定性。在规划阶段,应详细绘制各类基础管线的走向和布局,确保燃气管道与其他管线之间保持合理的间距,避免互相干扰。还需考虑管道的维护和检修便利性,预留足够的空间和通道,以便日后的维护和管理工作进行顺利。同步规

划还应考虑管道的扩展性,预留未来可能的扩展需求,确保管网具备良好的可持续发展能力。某石化工业园区高压管网如图1所示^[2]。

公共架空管廊建设,如图2所示,为了有效利用园区内的空间资源,降低地下管道的占用量,园区内建设了多层

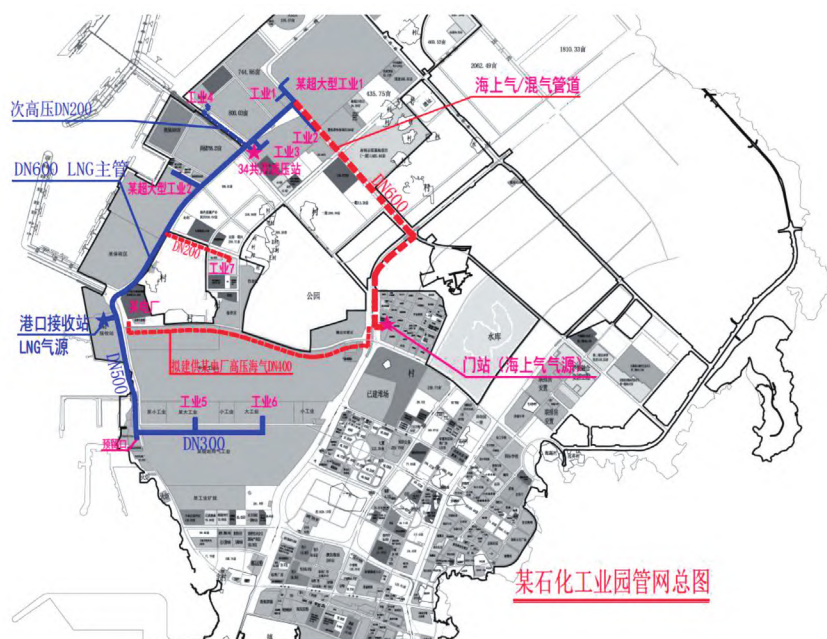


图1 某石化工业园区高压管网

公共架空管廊。多层架空管廊不仅为燃气管道提供了充足的布置空间，还能容纳其他类型的管线，如电力管线、通信管线等，实现多种管线的有序共存。架空敷设燃气管道的另一个重要优势是提高了管道的安全性，减少了因地下管道受损导致的燃气泄漏风险。架空管廊便于管道的日常检查和维护，提升了管网的管理效率。通过合理设计架空管廊的层数和布置方式，可以最大限度地利用垂直空间，确保各类管线的有序排列，避免交叉干扰，提升整体管网的运行效率和安全性^[3]。

1.2 压力分级与阀门预留

保证连续供气，在高压燃气管网的设计中，保证 24 h 不间断供气是至关重要的。这不仅关系到园区内企业的正常生产运营，也直接影响到整体经济效益和安全性。为实现这一目标，管网设计需考虑多种应急供气方案，如设置备用气源、采用环状管网结构等，以应对突发情况导致的主气源中断。阀门预留，阀门在高压燃气管网中起着至关重要的控制和保护作用。在管道规划时，需根据每个地块的用地性质，在园区规划路口和目标用气企业围墙外预留燃气支管及阀门位置。为了实现有效的能量隔离和安全运行，每隔 1 km 左右设置截断阀，或每隔 2 km 设置双截断阀。在发生事故或需要维修时，这些预留的阀门能够快速切断燃气供应，减少气体泄漏和事故扩大的风险^[4]。

2 设计注意要点

2.1 调压计量站设计

企业内部调压，在石化工业园区内，多数企业的用气压力在 0.4 MPa 以下，属于中压 B 级。高压管网向中压 B 级的调压通常需要多级调压，以确保稳定的燃气供应。调压设备通常包括调压阀、计量设备和控制系统，这些设备占地面积较大，尤其是高中压调压撬与其他构建设施需保持较大安全间距。区



图 2 公共架空管廊及天然气管道

域调压制，对于石化工业园区内用气量较小且布局紧凑的下游企业，单独设置调压站不仅占用大量土地资源，还难以满足安全间距的规范要求。此时，可采用区域调压制，即在小型企业片区设置公共调压站。公共调压站通过燃气用地划拨的方式，集中管理和调节多个企业的用气需求，节省用地投资，降低建设和运营成本^[5]。

2.2 线路紧急放空设计

在高压燃气管道的日常运营过程中，维修、改线碰口、投产置换及紧急抢修等操作均需进行燃气放空作业。为了确保放空过程中对环境 and 生产的影响降到最低，必须设计科学合理的防空系统。首先，应在管网的末端或分支处设置放散管，采用冷放空方式，以减少燃气放空时产生的热辐射和扩散半径。冷放空方式不仅安全性高，还能有效控制燃气泄漏范围，降低对周边环境和人员的危害。其次，放散管的设计应参考天然气长输管道地放空管方法，结合园区的具体情况，合理布置放散管的位置和数量。为了提高放空过程的安全性，还需在放散管路上安装阻火器，防止火源进入管道引发爆炸。同时，设计中应考虑放空管道的维护和检修便利性，确保在需要时能够迅速启动放空作业，保障燃气管网的安全运行。

2.3 双气源设计

为了增强气源供应的稳定性和可

靠性，园区应考虑采用双气源设计。本工业园区选择进口 LNG 和海上自产海气作为双气源，旨在实现气源的多元化采购。进口 LNG 作为稳定的大规模气源，能够满足园区内用气量庞大的企业需求，同时提供良好的调峰能力；而海上自产海气则依托当地丰富的海洋资源，具有成本优势和灵活性。双气源设计不仅提高了气源的供应可靠性，确保在某一气源出现问题时，能够通过另一气源进行补充，保障燃气供应的连续性和稳定性。双气源还能够根据不同负荷条件下灵活调节气源供应，优化燃气采购成本，提升燃气公司的抗风险能力和价格竞争力。通过科学合理的双气源设计，能够有效应对气源供应的各种不确定性，提升整个管网系统的稳定性和经济效益。

2.4 环状管网设计

环状管网结构在高压燃气管网设计中具有显著的优势，尤其在提高供气的稳定性和连续性方面表现突出。环状管网的主要特点是管道形成闭环结构，任何一个节点的维修或改线作业都不会导致整个系统的停气，能够最大限度地减少停气范围，提升供气的连续性和稳定性。相比之下，枝状管网在进行节点维修或管道改造时，可能需要关闭大量管道，影响范围广泛，给园区内的生产和运营带来不便。尽管环状管网在初期建设时投资较高，但其长期效益和运营

效率的提升不容忽视。环状管网能够更好地分配气源，减少管道的压力损失，提高燃气输送效率，从而降低运营成本。环状管网还具备更强的抗灾能力，能够在面对自然灾害或其他突发事件时，迅速调整气源供应路径，确保燃气供应的连续性和安全性。因此，在管网规划之初，应充分考虑采用环状管网结构，并通过详尽的经济论证，确保投资的合理性和效益最大化。

3 其他重要设计考虑

3.1 高压管道管径及强度试验

根据 GBT51455—2023《城镇燃气输配工程施工及验收标准》的要求，高压燃气管道的强度试验需使用洁净水。在工业区架空管廊架上明敷的天然气管道充满水时，管道的重力骤增，会对金属管廊架产生较大的应力。

根据某项目建议书及某燃气专项规划结论，乙烯区用气压力 ≥ 2.1 MPa，结合建设单位意见本项目拟建管道管径均为 D610，按照此管径，依据输配气系统设置、区域市场分布、工程建设时机及用户需求按照最不利工况进行管径校核，计算结果见表 1。

乙烯区考虑其检修，检修按照其开工初期工况进行核算；一期延长线管径核算按照对区域用气预留 20×10^4 m³/h 计算。计算数据为 0.4MPa\1.6MPa\2.5MPa 系统、乙烯区检修工程用气高峰小时需求、远期一期延长线周边预留用气需求。表 1 中管道的输气量为极限工况，特别是乙烯区考虑为检修工况，设计规模是按照正常工况进行确定。经计算校核可知：某项

目拟建管道选用 D610 管径可满足输配气系统极限恶劣工况的用气需求，同时管道最大流速在 5.67 ~ 12.1 m/s，管道系统输气能力在区域极限恶劣工况时得到充分的发挥，因此本次设计管径方案推荐选用 D610 方案。

因此，在设计阶段，必须严格核算管廊架的受力情况，确保其在充水状态下仍能保持结构的安全性和稳定性。设计单位需出具详细的应力计算书，涵盖管道的重量、管廊架的承载能力以及可能的应力集中区域，确保在强度试验过程中不会发生结构破坏。还需选择合适的管廊材料和结构形式，提高管廊架的耐久性和抗应力能力。通过科学合理的强度试验设计，可以有效避免在管道充水时发生安全事故，确保管网建设和运营的整体安全性。

3.2 管道支架设计

在高盐、高湿环境下，传统的管托设计容易因焊接质量问题导致电化学腐蚀，影响管道的耐久性和安全性。经过实践验证，改进后的管托设计能够有效减少腐蚀情况，提高管道的使用寿命。改进后的管托不直接与母管焊接，而是通过其他连接方式固定，避免焊接过程中打磨除锈破坏管道原有的防腐层。这样设计不仅减少了腐蚀的发生，还便于管托的更换和维护，提升了管网的整体维护效率。改进后的管托设计还具备更好的强度和稳定性，能够有效承受管道的重量和运行中的振动，确保管道的安全运行。通过优化管道支架设计，能够显著提升管网的耐久性和安全性，减少维护成本，延长管道的使用寿命，原始管支架和改进后管支架图片如图 3 所示。

表 1 工艺计算表

管道名称	输气规模 ($\times 10^4$ m ³ /h)	长度 m	接管点 /MPa	管径方案	终点 /MPa	管道最大流速 /(m/s)
一期管道	42.4859	5 230	3.50	D610	3.39	12.1
一期延长线	20.0	2 500	3.39	D610	3.3	5.67
二期 LNG	42.4859	940	3.50	D610	3.46	11.47
二期海上气	3.18	940	3.50	D610	3.47	0.86
二期管道	38.6667	5 000	3.46	D610	3.30	10.99

3.3 防雷设计

架空燃气管道由于其金属结构和高处敷设，容易受到雷击的影响，特别是直击雷和侧击雷。在石化工业园区内，燃气管道通常架设在公共架空管廊上，架设高度较高，雷击风险较大。因此，防雷设计必须严格按照 15D502《防雷与接地安装》的要求进行。

3.4 管网防腐设计

高压燃气管道防腐，在高盐、高湿环境下，燃气管道容易受到腐蚀，影响管道的耐久性和安全性。因此，管网防腐设计尤为重要。架空管道通常采用氟碳漆涂料进行防腐处理，氟碳漆具备附着力强、防腐性能优良、耐候性好、不易褪色和装饰性高的特点，能够显著延长管道的使用寿命。地上管道、管件及管托则采用复合型结构防腐层，包括环氧富锌底漆、环氧云铁中间漆和交联氟碳涂料，确保防腐层的总厚度达到 320 μ m 以上。聚脲防腐，高压埋地管道在防腐设计中采用聚脲防腐技术，以提高管道的耐腐蚀能力和使用寿命。外防腐层采用常温型三层 PE 加强级防腐，防腐层的最小厚度 ≥ 3.2 mm。管端裸管部分预留 100 ~ 150 mm 的长度，且聚乙烯层端面应形成 $\leq 30^\circ$ 的倒角，便于焊接。

4 数字化建设

4.1 燃气管网监测

随着信息技术的发展，数字化建设在燃气管网管理中发挥着越来越重要的作用。通过应用无人值守调压计量撬和先进的管网监测技术，可以实现对燃气管网的实时监控与管理。无人值守调压计量撬能够自动调节燃气压力，确保燃气供应的稳定性，同时具备自动计量功能，实时记录燃气用量数据。结合物联网技术，可以将燃气管网的各类运行参数实时传输至监控中心，实现对管网的远程监控和数据分析。这不仅提高了管网的管理效率，还能及时发现和处理

潜在的问题,提升管网的安全性和可靠性。数字化建设还包括管网数据的集成与管理,通过建立统一的管网管理平台,实现管网信息的集中存储、查询和分析,支持科学的决策和优化管理。通过全面推进数字化建设,能够显著提升燃气管网的运营效率和管理水平,为石化工业园区的高效运行提供坚实的技术支持。

4.2 埋地阀门监测终端(DTU)

在高压燃气管网中,阀门是重要的控制和保护设备,其运行状态直接关系到整个管网的安全性。阀井作为天然气输送管线上的重要节点,存在燃气泄漏和进水等风险。传统的阀门检查方式主要依赖人员现场检查 and 手动检测设备,效率低下且存在安全隐患。为提高阀门的监测效率和准确性,建议在石化工业园区的高压埋地阀井内安装监测终端(DTU)如图4所示。DTU监测终端能够实时监测阀井内的燃气浓度、进水情况和井盖位移等信息,确保阀井的安全运行。当监测到异常情况时,DTU系统能够通过PC端或APP端即时通知管理人员,迅速采取相应的处置措施,避免事故的发生和扩大。DTU系统还具备数据记录和分析功能,可以对阀门的运行状态进行长期跟踪和评估,提供科



图4 埋地阀门监测终端

学的维护和管理依据。通过引入DTU监测终端,能够显著提升阀门的监测效率和管理水平,确保燃气管网的安全稳定运行。

5 结语

本文以海南省某石化工业园区高压燃气管网的规划设计为例,系统分析了管网规划、压力分级、调压计量站设计、紧急放空系统、双气源及环状管网设计、管道支架、防雷、防腐及数字化

建设等关键技术要点。通过科学合理的设计,确保燃气供应的可靠性和安全性,降低投资运营成本,促进石化工业园区的稳定发展。未来,随着技术的不断进步和管理水平的提升,高压燃气管网的设计将更加智能化、环保化,为石化工业的发展提供坚实的能源保障。

参考文献:

- [1] 徐太贵. 燃气发电机常见故障及原因分析[J]. 流程工业, 2021(01): 36-37.
- [2] 张志勇, 苏萌. 城市燃气管网规划中的高压次高压管线布局与优化[J]. 中国高新科技, 2024(07): 61-63.
- [3] 荣刚, 董振兴, 魏书远, 等. 燃气管网泄漏工况模拟与用户供气可靠度分析[J]. 煤气与热力, 2024, 44(09): 6-8+15.
- [4] 翟庆振. 济南市高压燃气管网规划探讨[J]. 中国设备工程, 2022(10): 216-218.
- [5] 武艳秋. 老旧燃气管网常见安全隐患及解决办法[J]. 科技资讯, 2024, 22(06): 195-197.



图3 原始管支架和改进后管支架