

燃气管道入地下综合管廊综合分析

张友国（济南能源工程集团有限公司，山东 济南 250101）

摘要：燃气管道作为城市基础设施的重要组成部分，其运行效率直接关系到公共安全。随着城市化进程加速，地下综合管廊成为集成化管理的重要载体，燃气管道入地下管廊能够有效避免传统管道的诸多问题。鉴于此，本文分析燃气管道入地下综合管廊的优势，并提出优化防腐层设计、合理布局管廊结构以及精确调节温补器应用策略，提高管道的长期可靠性，为城市发展提供更加安全高效的基础设施保障。

关键词：燃气管道；管道；管廊；综合分析

0 引言

传统的燃气管道多采用直埋方式，面临土壤腐蚀、外力损伤及维护难度等问题。随着地下综合管廊的建设，管道的敷设方式得以改进，燃气管道得以集中管理，减少管道腐蚀风险。综合管廊作为多功能管道，具备延长管道寿命的潜力。因此，如何优化防腐层设计，提高入廊技术，确保管道在多变的环境条件下仍能长期稳定运行仍是管廊设计中的核心挑战。

1 燃气管道入地下综合管廊的优势

1.1 提升燃气管道维护效率，优化城市施工环境

传统的直埋管道常常因为铺设深度以及位置不便，导致在维修时需要大规模开挖，这不仅增加施工难度，还极大影响市区的交通以及居民生活质量。而管廊的设计可以便捷管道的管理工作。在综合管廊内，管道的布局清晰可视，所有管线一目了然，故障或损坏部位可以快速定位，大幅缩短抢修时间。此外，管廊内部的智能化设施，管道的运行状态与潜在故障能够实时监控，检测人员可以利用远程监控技术对管道进行实时数据分析，及早发现潜在隐患。整体来看，燃气管道入地下综合管廊有效减少施工的频率，还为管理管廊提供更高效率的解决方案，优化城市的施工环境。

1.2 降低管道腐蚀风险，延长管道使用周期

燃气管道的腐蚀问题一直是城市燃气供应系统面临的重要挑战，土壤中的杂散电流、湿气以及化学物质，常常加速管道的腐蚀速度，缩短管道的使用寿命。与传统的直埋管道相比，燃气管道入地下综合管廊降低能减少外部腐蚀的影响。管廊内部采用密封式设计，管道与外界环境隔离，有效避免直接接触可能带来的化学侵蚀。这种相对封闭且可控的环境，减缓管道表面因土壤化学物质与湿气的影

响，从而显著降低电化学腐蚀的发生频率。除此之外，管廊的设计还可以根据

1.3 促进投资回报，推动管廊建设可持续发展

燃气管道入地下综合管廊一方面显著提升安全性，另一方面在可持续发展方面同样具有不可忽视的作用。与传统的分散敷设方式相比，管廊模式具有更高的空间利用率，能集中设置多个管道系统，降低土地使用成本并提高城市地下空间的综合承载能力。利用燃气管道与其他市政管网集成管理，管廊能够实现多管共建、共享，从而提高基础设施的投资效率。这种集成化设计降低单独建设各类管道的重复投资，形成更具成本效益的建设模式。另外，综合管廊的建设有效提升燃气管道的运行效率，同时也对城市基础设施的整体发展起到促进作用。随着管廊规模的不断扩展，燃气管道的入驻为整个管廊系统带来稳定的收益来源。长远来看，管廊的高效管理为投资方带来可观的回报，进一步推动城市基础设施的现代化。为加速管廊建设，可以采用公私合营（PPP）模式吸引社会资本，利用企业的资金与技术优势，共同承担管廊建设与运营管理责任。这种模式可以加快资金的流动，还能保证项目的长期效益。除此之外，管廊建设的经济效益既体现在直接投资回报上，也为投资者带来更多的机会。高效的管廊建设促进城市的经济发展，同时也提高城市的环境质量以及提升城市的管理水平。综合管廊所带来的经济、社会及环境效益，进一步巩固管道入管廊建设模式的长远价值。

2 燃气管道入地下综合管廊的施工策略

2.1 优化防腐层施工，延长管道寿命

燃气管道长期埋设在地下，面临土壤腐蚀、湿气

侵蚀以及电化学作用等多种腐蚀源。管道防腐层的施工对于提高管道的耐久性至关重要。在传统的直埋管道系统中,防腐层的材料多采用环氧树脂、聚乙烯等材料。但是,随着管道使用环境的变化,单一的防腐材料无法有效抵御所有类型的腐蚀。因此,综合管廊为燃气管道提供一个封闭、可控的环境,进一步优化防腐层的设计。

在管廊中,防腐层应根据不同土壤类型、环境湿度、酸碱度以及外部电流的影响进行精细化定制。采用双层或多层复合防腐材料,可以有效隔离外界腐蚀因子,提高防腐层的抗磨损能力。管道外部的防腐层常采用钢带、环氧树脂或聚乙烯复合材料,这些材料能抵抗长时间的腐蚀作用并具备一定的自修复能力。对于管道接口处的焊缝,应使用专用的防腐带进行密封,保证无死角防护,避免焊缝处因防腐层薄弱而发生腐蚀。此外,考虑到不同地区的环境条件,防腐层设计还应考虑温差变化以及土壤活动性等因素,使管道能够在多种复杂环境下长期稳定运行。

在燃气管道进入地下综合管廊的施工中,施工人员需要先依据管道铺设地区的环境特征进行现场勘察,评估土壤的酸碱度、湿度、含盐量等因素,这些条件直接影响防腐层的选择与施工方法。在湿气较重或盐碱地带,施工人员可能会选择双层环氧树脂涂层或高分子聚乙烯包覆层等耐腐蚀性更强的材料,以增强防腐层的保护能力。施工人员会按照最新的《石油天然气工程管道防腐涂层设计规范》(SY/T 0413-2017)及相关规范进行施工,保证管道的防腐层厚度、材质符合要求。

同时,环氧树脂涂层的厚度一般控制在 300-400 μm ,这样能够有效抵御水汽及酸性物质的侵蚀。施工时,防腐层的涂覆需要分层进行,施工人员应严格控制每一层的涂布厚度,以确保无漏涂或薄弱点。对于管道接口处,特别是焊缝与接头部位,施工人员会使用高强度的防腐胶带或缠绕带进行加固处理,让焊缝处的防腐效果达到与管道相同的标准,避免因为接口处的防腐层不足而导致腐蚀问题。为使防腐层达到长期稳定的效果,施工人员还应采用抗紫外线、抗氧化的材料,以应对管廊内外环境的温度变化。施工过程中,防腐层的施工质量尤为重要,施工人员将进行每一阶段的防腐层厚度检测,保证涂层无气泡、无裂纹,符合设计要求。完成施工后,防腐层将进行检验,使用超声波厚度测量仪检测涂层厚度是否达标,从而

提高管道的防腐效果,延长其使用寿命。

2.2 合理布局管廊结构,提升空间利用

综合管廊作为城市基础设施的集成平台,其结构布局直接影响管道的运行安全性与管理效率。合理的管廊布局能够有效利用有限的地下空间,减少不同管线之间的交叉干扰,提高整体管道的稳定性。优化管廊结构要求管道之间保持一定的间距,并且还需合理安排电力、通信、供水等其他管线的位置,使管廊在维护及扩容时不互相干扰。管廊内的空间利用还涉及管道的层次设计,一般采用多层结构布局,使不同管道各司其职。燃气管道可布设在管廊的底层,以避免与电力或通信管道发生电磁干扰。在一些高密度城市区域,空间限制较大,合理设计管道层次并且合理分配管廊面积,能有效解决管道交叉的问题,减少管道施工与运营过程中的风险。因此,管廊应预留适当的空间,并考虑到后期的维护与替换便利,加强管道管理的可持续性。

在燃气管道入地下综合管廊的建设过程中,施工人员根据《地下综合管廊规划设计规范》(GB/T 51251-2017)中的相关标准,使管道的布设在最优位置,保证各类管道之间保持合适的间距。通常,燃气管道与电力、通信、热力等其他管道之间的距离要控制在 300mm 以上,以减少管道之间的相互干扰。此外,为提升管廊的空间利用效率,施工人员应根据管廊的设计容量,合理安排管道的弯曲半径,让管道布局紧凑且不影响后期维护工作。在施工时,管廊的内部结构会依据管道的种类、运行特性以及维护需求进行科学分区布局。

燃气管道通常布置在管廊的底层,这样可以最大限度减少与其他管线的交叉干扰,同时降低因高温或电磁辐射带来的潜在安全隐患。施工人员需要在布置燃气管道时,特别考虑管道可能受到的温度变化影响,并在设计中预留一定的膨胀空间,避免管道因膨胀而发生相互挤压或形变。为提高管道的稳定性,施工人员应严格按照国家标准《燃气工程项目规范》(GB55009-2021)规定的要求,将燃气管道的支撑间距控制在 2m 以内,局部压力较大的区域可能缩短至 1.5m,提高管道在长期使用中的稳定性。除此之外,为保障管廊内燃气管道的通行性,施工人员可以依据《城市综合管廊工程技术规范》(GB50838-2015),让管廊内的通风量保证达到每小时 6 次换气的标准,以维持空气流通并及时排出可燃气体。施工人员必须

在管廊的每个区域安装轴流风机，单台风机的排风能力设置为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，并在关键位置布设可燃气体检测器。当检测器检测到可燃气体浓度达到安全预警值（如 0.5%），风机会立即启动强制排风，让燃气浓度降至安全范围内。

2.3 精确调节温补器，防止管道变形

温度变化是影响燃气管道长期稳定运行的重要因素，尤其是在地下管廊中，管道会受到外部温度波动的影响。温度变化会引起管道的膨胀与收缩，若未及时调节，管道可能发生变形、开裂或泄漏。因此，调节温补器至关重要。温补器可以吸收管道的热胀冷缩，防止管道发生不必要的变形，保证燃气管道在长时间运行中的结构安全。温补器一般安装在管道的弯头、接头或管道较长段的中部，运用设计合理的补偿器结构，管道在不同温度下的变化可以得到有效缓解。温补器的类型选择需根据管道的长度、运行温度以及负荷情况来决定。设计时，应根据管道可能遭遇的最大温差来选择适当的补偿量，使管道在极端温度下不会因膨胀或收缩过度而导致管道损坏。

在燃气管道进入地下综合管廊的施工中，施工人员可以根据管道的长度、热膨胀系数、管道材质等因素，选择适合的温补器型号。一般来说，燃气管道的温补器安装在管道的弯头或直管段中，这些位置易发生膨胀。施工人员根据最新的设计标准《埋地钢质管道防腐技术规范》（SY/T 0413-2017），将计算出管道的最大膨胀量，并选择能够承受该膨胀量的温补器进行安装。在安装过程中，施工人员需要把补偿器与管道的连接处密封完好，避免因连接不严造成漏气等安全隐患。安装后，施工人员应调试温补器的调节装置，使其能够在温度变化时准确吸收膨胀或收缩产生的应力。调试过程中，施工人员会利用高精度测量设备（如激光位移传感器）对补偿器的伸缩性能进行实时监测，并根据管道的材料特性以及实际温差对补偿器的调节装置进行多次优化。对于一段长度为 50m 的燃气管道，当温差变化范围为 -20°C 至 50°C 时，施工人员需要让补偿器能够吸收至少 15mm 的膨胀位移，以避免因温差波动造成管道变形或损坏。在施工过程中，温度补偿器的选择需要考虑当前的温差变化，以及管道在未来可能面临的极端天气条件，让管道在各种环境下均能平稳运行。

2.4 细节化检修，精准维护燃气管道

精细化检修强调使用高精度检测手段，对燃气管

道进行系统化、微观层面的检查，以识别潜在的隐患及早期问题。在理论层面，精细化检修主要依赖于先进的检测技术，深入管道内部，精准识别裂纹、腐蚀、沉积等微小损伤，有效提高故障发现的及时性。这种方法既能对管道的表面进行检测，还能对管道内壁的腐蚀程度、应力分布等关键参数进行全面分析，从而为后续的维修措施提供科学依据。

在维修操作中，精细化检修要求工作人员根据检测结果，结合管道的实际运行情况，制定相应的维护策略。常见的维修措施包含局部更换受损管段、修复焊接接头、加强管道防腐层保护以及进行局部加固等。对于轻微的腐蚀或裂纹问题，一般采用补焊或涂覆防腐涂料进行修复，而对于损伤较严重的管段，则需要进行更换或进行结构加固。

在实际操作中，还需要结合管道的工作环境，精确评估管道在不同运行阶段的应力与温度变化，制定个性化的维修计划。对于长时间使用的管道段，可能会出现老化或腐蚀问题，针对这些管段，需要定期进行检修并加强防护措施。精细化检修要求维修过程中采用内窥镜检查、超声波检测等先进的技术手段，同时还需要维护人员具备较强的专业知识，能根据管道的具体状况灵活调整检修方法，提高维修的精准性。

3 结束语

燃气管道入地下综合管廊代表城市基础设施建设向集约化、智能化及高效化方向迈进的重要一步。采用科学规划，既提升其安全性，也显著优化空间利用效率。应用精细化的技术使管道在多变环境下的长期稳定，体现现代工程技术与实际需求的有机结合。每一环节的实施都注重细节与全局的协调统一，为燃气管道的运行奠定坚实基础，同时推动城市综合管廊在功能集成上的持续发展。

参考文献：

- [1] 曾格华. 基于抗震性能的燃气管道廊外敷设方位优化分析 [J]. 现代隧道技术, 2020, 57(05): 177-183.
- [2] 杨远, 王尉军, 苟华新, 盛兴隆. 城市地下综合管廊管线的数据采集及故障诊断研究 [J]. 粘接, 2020, 42(06): 184-188.
- [3] 王薇, 魏立明. 城市地下综合管廊管线的数据采集及故障诊断 [J]. 北方建筑, 2019, 4(01): 21-24.
- [4] 宋晨怡. 组团式城市地下综合管廊规划布局研究——以四川省宜宾市（中心城区）为例 [J]. 给水排水, 2018, 54(02): 110-114.