

燃气管道穿跨越工程抗震技术

金 鑫（大连红昇工程设计有限公司，辽宁 大连 116000）

摘要：为解决地震灾害对燃气管道穿越工程造成的严重破坏问题，本文探讨燃气管道穿跨越工程抗震技术。通过工程地质勘察技术确定穿越区域的地质条件，采用先进的管道焊接技术确保焊接接头的强度和韧性，运用管道敷设调整技术如直埋方式和弹性铺设来提高管道的抗震性能。同时，引入气液联动的直通式球阀技术和SCADA系统应用技术，以增强管道的控制精度和可靠性。针对活动断裂带，采用架空铺设和弹性连接等抗震技术。在这些方法共同作用下，能够显著提升燃气管道的抗震等级，确保其在地震发生后依然保持完好，从而保障燃气供应的安全性。

关键词：燃气管道；穿越工程；抗震技术

地震作为严重的自然灾害，其产生的危害性比较大，其产生严重的地表震动和断层破坏，导致燃气管道穿越位置发生破裂、错动，进而给燃气管道网络系统产生毁灭性损坏。如果燃气管道受到地震作用而发生损坏现象，导致燃气泄漏无法满足正常供应需求，也会引发火灾、爆炸等灾害造成人员伤亡和财产损失。虽然现代科学技术发展速度不断加快，但我国在地震预测方面还存在着较多的欠缺，依然无法精准预测地震灾害的发生。因此，燃气管道穿越工程施工中采用抗震技术极为重要，提升燃气管道的抗震等级，避免地震发生后产生严重损坏问题。燃气管道穿越工程中采用先进抗震技术能够抵抗地震产生的破坏影响，保证燃气管道完整性，切实提高其运营的安全性以及可靠性，为城市天然气资源供应提供有力支持。

1 地震灾害的特点

1.1 瞬时性

地震灾害的发生，具备较强的毁灭性且有瞬时性特点。地震灾害发生往往十分突然，持续时间比较短，通常为几秒至几十秒。但在这非常短的时间内，地震所释放的能量巨大，产生的破坏极为严重。由于地震发生具备突发性，所以不会有充足时间做好准备，这也导致地震灾害的预防和减轻工作难以顺利开展。燃气管道穿越工程实施时分析地震的瞬时性特性，采取必要抗震措施保证地震发生后燃气管道依然具备完好性。

1.2 强灾害性

地震灾害具备强灾害性，主要是因为其影响范围大、损失严重。地震发生时产生强烈的地震波，其传播时造成建筑物倒塌、道路断裂、桥梁损坏，极大威胁人们生命财产安全。燃气管道穿越施工中，地震灾害发生后极易引发管道破裂、泄漏等事故，也会出现

火灾、爆炸等次生灾害。上述灾害的发生引发严重人员伤亡和财产损失事件，对社会稳定与和谐发展产生巨大影响^[1]。

2 地震对燃气管道设施影响

2.1 直接影响

2.1.1 地表震动导致管道破裂

地震灾害发生后产生强烈的地表震动，影响燃气管道运营的安全性。地震波在地壳内传输时形成巨大的震动和剪切力，这些能量的存在会给燃气管线产生巨大物理损伤。燃气管道受到地震持续作用，受到地震能量产生的震动以及挤压作用快速发生裂纹、断裂、变形等，尤其是管道连接、弯头、三通等应力较高的区域发生的损伤更加严重。如果燃气管道出现破裂，燃气通过破口位置快速泄漏到周边环境中，进而引发火灾、爆炸等事故威胁人们生命健康，也会导致环境污染危害^[2]。

2.1.2 地表震动导致管道阀门错动

地震灾害发生后，产生强烈的地表震动对燃气管道运营的安全性产生巨大影响。燃气管道中阀门安装数量较多，其作为重要的控制部件，对保证燃气管道运营安全性、稳定性有直接影响。但在地震发生后，巨大的震动作用使阀门和管道连接位置出现松动或错位，导致阀门本体变形或损坏。由于阀门损坏或变形的情况导致其密封性下降而引发燃气泄漏，无法正常的开启或关闭，也会对燃气系统控制响应能力产生不利影响。地震灾害发生后，尤其是引发火灾或爆炸事故时，阀门不能及时关闭，其损害程度会更加严重。

2.2 次生影响

2.2.1 燃气泄漏引发的火灾

地震灾害发生后出现燃气管道破裂或阀门活动，

进而出现严重燃气泄漏现象。燃气泄漏后，尤其是天然气等易燃性气体和空气接触后，燃气和氧气混合达到规定浓度，再遇到明火、电火花或高温被点燃直接引发火灾事故。火灾发生后对燃气管道产生更加严重的破坏，导致火灾直接蔓延到周边建筑物以及植被中，极大危害人们生命财产安全。此外，燃气管道泄漏引发的火灾事故产生大量的烟雾和有毒有害气体，直接损伤人们呼吸系统导致救援难度升高。

2.2.2 燃气泄漏爆炸

地震灾害发生后出现严重的燃气泄漏，如果燃气泄漏在密闭或半密闭空间中，当燃气浓度逐步增大，和空气充分混合后形成可燃性混合物，一旦遇到点火能量就会立即发生爆炸。燃气发生爆炸后产生强烈的冲击波以及高温高压气体，瞬间摧毁周边建筑物，带来严重财产损失和人员伤亡。而在地震发生后，尤其是引发火灾以及爆炸事故后，现场救援难度升高，增加人员伤亡风险，产生的损失不可估量。

3 燃气管道穿跨越工程抗震技术

3.1 工程地质勘察技术

燃气管道穿越施工的过程中采用工程地质勘察技术，需要对穿越区域的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件展开全面勘察，掌握穿越施工地带地壳运动活跃度、地震活动历史记录以及潜在活动断裂带风险。工程地质勘察技术应用的过程中利用钻探、物探、化探等多样化手段，采集不同深度下岩土样本，由实验室人员进行数据分析确定工程地质条件，掌握物理特性、承载力、变形模量等参数。同时，对燃气管道穿越施工区域周边的软弱土层、液化土层、滑坡、泥石流等不良地质条件展开分析。不良地质条件在地震作用下受到地震能量的影响而引发湿稳或变形情况，引发的事故更加严重。基于此，对燃气管道穿越工程所在地质条件精确分析，从稳定性分析、变形预测等方面展开，掌握地震作用下产生的影响，并采取抗震设计方案。此外，经过对勘察结论进行分析，判定其软弱土层或液化土层区域，结合实际情况采取必要加固措施，利用桩基加固、注浆加固等方式提高燃气管道抗震性能。燃气管道施工过程中极易遇到穿越断裂带的情况，需考虑到现场地质条件因素确定最为适宜的管道铺设施工方式，利用增加管道壁厚、设置柔性接头、安装减震装置等方式降低地震对管道产生的影响^[3]。

3.2 管道焊接技术

燃气管道作为城市内部重要基础设施，连接过程中以焊接方式为主，主要采用手工电弧焊、自动焊以及半自动焊等几种。自动焊和半自动焊通过设备快速完成焊接作业，其具备高效、稳定、焊接质量好的优势，已经在燃气管道工程中广泛应用。该类型焊接技术提高焊接速度，避免人为操作不当而引发焊缝质量缺陷，提高焊接接头位置力学性能和密封性。为确保燃气管道穿越工程抗震性合格，燃气管道设计和施工过程中确保焊接接头位置强度和韧性合格。焊接接头强度性能是其能够抵抗外力破坏的能力，而韧性则是受到外力冲击或震动时吸收能量而不发生脆性断裂的能力。为确保焊接接头的抗震性能达到目标，施工过程中选择合适焊接材料和工艺方案，使得焊接金属和母材之间有较高的匹配性以及协调性。此外，焊接接头施工后进行检测与评估，利用外观检测、无损检测等方式保证抗震性达标。

3.3 管道敷设调整技术

3.3.1 直埋方式敷设

燃气管道穿越施工过程中采用直埋方式敷设比较普遍，主要操作方法是将管道直接埋设在地下空间，再利用回填土壤的方式达到固定与保护的效果。直埋敷设燃气管道施工阶段加强埋设深度、土壤覆盖层厚度、土壤物理化学性质方面检测，使燃气管道运行具备较高的安全性和稳定性。为确保直埋式敷设的燃气管道具备较强的抗震性能，应结合地质勘测结果确定管道埋设深度、土壤覆盖厚度等关键参数。同时，分析土壤条件以及周边土壤的相互作用，防止土壤沉降、挤压、剪切变形等给管道产生损害。直埋方式敷设燃气管道施工阶段还要采取必要的防腐蚀措施，确保其在埋设土壤结构内满足稳定性要求，延长使用寿命，避免地震引发土壤应力而导致管道腐蚀严重^[4]。

3.3.2 弹性铺设方式

弹性铺设方式主要是在燃气管道和支撑结构部件之间安装弹性元件，从而确保地震发生后使燃气管道具备要较高的抗震性以及柔韧性。燃气管道采用弹性铺设施工方式，需结合实际情况选择适宜的弹性元件，以橡胶支座、弹簧支座、滑动支座方式为主。通过弹性元件的铺设施工，即使发生地震也能吸收地震能量，避免地震作用力过强而给燃气管道产生应力以及变形。为确保弹性铺设效果合格，管道施工过程中应分析地震作用力影响，确定适宜的弹性元件类型以及参数。同时，弹性铺设施工时对铺设精度、支撑稳定

性展开检测，使得弹性元件发挥出良好的作用。此外，对于燃气管道的长距离、大口径情况还要分析温度对燃气管道产生的影响。

3.4 气液联动的直通式球阀技术

燃气管道穿越施工中采用气液联动的直通式球阀技术，利用高压天然气或液压动力作为动力源，驱动球阀开启与关闭。该技术应用过程中通过复杂的传动结构和控制装置快速响应外部控制信号，到球阀。开启和关闭精准、快速控制的效果。直通式球阀内部组成结构相对简单，流阻较小，并且密封性能优越，在高温高压等恶劣条件下保持长期稳定运行。同时，气液联动的直通式球阀具备手动、自动启动和遥控多种操作方式，根据现场实际情况灵活选择，从而提高阀门控制的精度以及可靠性，也能保证操作更具便捷性。此外，气液联动的直通式球阀技术具备较高的控制性能，使整个燃气管道工程运行更加稳定，也能有较高的抗震性能。

3.5 SCADA 系统应用技术

燃气管道穿越施工中采用 SCADA 系统能够实现系统精准控制，其主要包含控制中心、远程终端单元以及通信网络等部件组成。控制中心作为该系统的核心组成部分，主要作用是进行数据处理、程序执行以及人机对话，利用高性能服务器实现远程控制，并通过互联网发送控制指令提高燃气管道控制水平。远程终端系统安装在管道沿线的关键节点，如泵站、阀站等，其作用是采集燃气管道运行数据并完成数据处理，再将处理后的数据传输到控制中心，与控制中心完整通话。通讯系统的作用是进行信息传输，采用有线或无线方式传输数据，达到实时性、可靠性的效果。SCADA 系统在应用后，使整个燃气管道系统控制达到集成化、模块化的标准。该系统投入使用过程中实时监控燃气管道运行各项数据，掌握压力、流量、温度等参数，并将其传输到终端控制系统内，再通过图形界面和报警系统保证燃气管道运营的安全性。同时，SCADA 系统支持多种通信协议和现场总线协议，使设备和系统集成化程度得到提升，数据共享和交换更加顺畅。此外，SCADA 系统的数据分析和处理能力强，全面分析历史数据信息预测管道运行状态，以便及时调整控制策略。而在燃气管道施工阶段发挥 SCADA 系统优势，对系统进行精准化控制具备较高的抗震能力，即使发生地震灾害也能实时监控燃气管道运行状态采取应对措施。

3.6 活动断裂带抗震技术

3.6.1 架空铺设

燃气管道穿越施工中采用架空铺设技术，主要是针对活动断裂带等复杂地质条件进行管道铺设施工。该技术应用时将燃气管道放置在专门的支撑架结构上，防止和地面接触进而有效隔离地震波对燃气管道产生的破坏影响。架空铺设施工方式选择的支撑结构极为关键，使用强度高、耐腐蚀性好的材料制作形成，进而提高其稳定性和耐久性。架空铺设技术应用阶段需精准测量和计算支撑结构、间距以及高度，确保地震作用下保证燃气管道运营的安全性。此外，燃气管道采用架空铺设施工方式，还要分析风荷载、雪荷载等自然因素影响，采用科学合理加固措施保证其抗震效果达到目标。

3.6.2 弹性连接

针对活动断裂带的不良地质条件，燃气管道穿越施工中采用弹性连接方式能够应对地震灾害的持续作用。弹性连接的管道连接方式，管道之间、管道与支撑结构之间设置弹性元件，通过橡胶隔震支座、弹簧支座等方式吸收地震能量。弹性元件吸收地震能量后具备一定的柔韧性和恢复能力，地震作用后快速变形并恢复原形，从而减少燃气管道受到的应力以及变形。弹性连接方式设计阶段应分析地震波的频率、振幅以及管道动力特性，从而保证其满足燃气管道运营安全性。

4 结语

燃气管道穿越施工具备一定的复杂性，现场施工难度较高，极易导致管道工程运营安全性不合格。根据燃气管道穿越施工需求，加强地质勘察、管材选择、焊接工艺确定、管道敷设、阀门控制、远程监控的多项技术应用，切实提高燃气管道穿越施工水平，具备较高抗震能力，即使受到地震灾害依然能够保证其完整性，以满足燃气管道运营安全性标准。

参考文献：

- [1] 潘长满. 关于燃气管道穿跨越工程抗震技术应用分析 [J]. 化工管理 ,2018(01):162.
- [2] 宋志强. 论抗震支架在工程应用中的重要性 [J]. 住宅与房地产 ,2019(34):235.
- [3] 申晋益. 高层和超高层建筑燃气管道应力控制措施 [J]. 煤气与热力 ,2023,43(11):19-23.
- [4] 冯涛. 综合管廊内燃气管道抗震计算分析 [J]. 煤气与热力 ,2023,43(03):23-25.