

# 燃气施工中室外燃气管道连接技术要点分析

朱振华

中国石油天然气销售公司新疆分公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘 要：**本文聚焦燃气施工中室外燃气管道连接技术要点。介绍了按连接方式与管道材质分类的多种连接技术，包括焊接、机械、热熔、电熔连接等。阐述了连接技术关键控制要点，如材料选择、焊接工艺、机械连接细节、热熔/电熔参数控制。分析了常见问题及应对措施，还探讨了环境因素影响及防护。为燃气管道施工提供技术参考，保障燃气管道安全稳定运行。

**关键词：**室外燃气管道；连接技术；焊接连接；机械连接；热熔/电熔连接

引言：燃气作为重要能源，室外燃气管道连接质量关乎燃气输送安全与稳定。随着燃气工程发展，连接技术不断进步，种类日益丰富。不同连接方式适用于不同场景，管道材质差异也带来技术选择考量。在实际施工中，连接技术存在诸多要点需把控，易出现各类问题影响管道质量。深入研究室外燃气管道连接技术要点，分析常见问题并提出应对措施，对保障燃气管道系统稳定运行意义重大。

## 1 室外燃气管道连接技术分类

### 1.1 按连接方式分类

在燃气管道施工中，焊接连接凭借其高密封性和结构强度得到广泛应用。熔化极气体保护焊通过电弧产生的高温熔化金属，并用惰性气体保护熔池防止氧化，从而形成牢固的焊缝。手工电弧焊依靠焊条与焊件间的电弧热完成焊接，尤其适用于复杂环境和不规则部位的连接。这两种方法都能实现管道与管道、管道与管件之间的永久性连接，确保燃气输送的安全。机械连接采用物理紧固方式来实现管道连接。法兰连接利用螺栓将两片法兰盘夹紧密封垫片，适合于大口径且需要频繁拆卸检修的部位。螺纹连接则是利用管道端口加工的螺纹配合密封材料旋紧连接，常用于小口径管道。卡箍连接借助弹性橡胶密封圈和卡箍紧固，安装便捷，可快速完成管道连接，对管道同心度要求不高。对于塑料燃气管道，新型连接技术包括热熔连接和电熔连接。热熔连接通过加热使管道与管件接口处熔融，在冷却后成为一体，提供高强度的连接。电熔连接则是在电熔管件内部预埋电阻丝，通电加热促使管件与管道融合，操作简单，特别适合现场施工，尤其是在难以进行热熔连接的情况下使用。这些连接方式共同保障了燃气管道的安全与稳定运行。

### 1.2 按管道材质分类

钢管连接技术根据钢管类型有所不同。无缝钢管强

度高、耐压性好，常采用焊接连接，保障管道整体强度与密封性；焊接钢管成本相对较低，连接方式包括焊接和法兰连接，可根据工程需求和压力等级灵活选择<sup>[1]</sup>。聚乙烯（PE）管连接技术以热熔对接和电熔套筒连接为主。热熔对接将两根PE管端面加热至熔融状态，通过专用设备施加压力对接，冷却后形成牢固接头；电熔套筒连接则将电熔套筒套在两根PE管连接部位，通电加热使套筒与管道融合，该方法受环境因素影响小，接头质量稳定。复合管连接技术主要针对钢骨架塑料复合管。这类管道结合了钢材的高强度和塑料的耐腐蚀性，连接时可采用电熔管件，利用电熔原理实现可靠连接；也可根据实际情况采用法兰连接，方便与其他管道系统或设备进行对接。不同的连接技术在实际应用中需综合考虑管道用途、工作压力、施工环境等因素，合理选择既能确保燃气输送安全高效，又能兼顾施工便捷性与经济性的连接方式，为室外燃气管道系统的稳定运行奠定基础。

## 2 连接技术关键控制要点

### 2.1 材料选择与匹配

管道与管件材质兼容性是确保连接可靠的前提。金属与塑料材质连接时，因二者热膨胀系数差异显著，在温度变化下易产生应力。例如，钢制管道与塑料管件连接，需采用特制转换接头，该接头通常由金属与塑料复合而成，通过机械过渡结构隔离不同材质，防止因热胀冷缩导致连接部位松动、开裂。不同钢级管道匹配时，需保证强度等级相近，避免因强度差异过大，在连接处形成薄弱环节，造成应力集中，降低管道整体承压能力。密封材料性能对连接密封性起着决定性作用。耐腐蚀性方面，密封材料需能抵御燃气成分及环境介质侵蚀。燃气中可能含有硫化氢等腐蚀性物质，针对此类燃气，需选用抗硫化物腐蚀的密封材料，如氟橡胶材质密封件，以确保在长期使用中不被腐蚀损坏。耐温性则要

求密封材料在燃气输送温度范围内保持良好的弹性与密封性能,高温下不软化变形,低温下不硬化脆裂,从而在不同气候条件下都能保证密封效果。

## 2.2 焊接连接技术要点

焊接工艺参数直接决定焊缝质量。电流大小影响熔深与熔宽,电流过大易导致烧穿、咬边等缺陷,电流过小则会出现未焊透现象;电压需与电流相互匹配,过高的电压会使焊缝变宽、余高不足,过低的电压则会导致焊缝窄且余高;焊接速度影响熔池冷却速度,过快的焊接速度易产生气孔、未熔合等问题,过慢则会造成焊缝过热、晶粒粗大,降低焊缝强度。施工时需依据管道材质、壁厚和焊接方法,通过工艺评定试验确定最佳参数组合,以保障焊接质量。焊缝质量需满足严格标准。无损检测通过射线检测、超声检测等手段,能够发现焊缝内部的气孔、裂纹、未熔合等缺陷,确保焊缝在运行过程中不会因内部隐患而失效;外观检查要求焊缝表面平整,无咬边、焊瘤、凹陷等缺陷,焊缝余高需符合设计规范,以保证焊缝的外观质量和结构强度。焊接缺陷预防需从多方面着手<sup>[2]</sup>。焊接环境对焊接质量影响较大,湿度高易导致水分进入熔池产生气孔,风速大则会使保护气体吹散,影响焊接保护效果,需控制焊接环境湿度与风速。选择与母材成分匹配的焊条或焊丝,能够保证焊缝金属的化学成分与性能符合要求;焊前预热和焊后热处理可降低焊接应力,减少裂纹产生的可能性;多层多道焊时,严格清理每层焊渣,避免出现未熔合现象,确保焊缝质量。

## 2.3 机械连接技术要点

法兰连接中,密封面平整度是实现良好密封的基础。安装前需仔细检查密封面,若存在划痕、凹坑等缺陷,需采用研磨或更换的方式确保表面光洁度。螺栓紧固力矩需均匀一致,过大的力矩易损坏密封面,过小的力矩则会导致密封不严,施工时需使用力矩扳手按规定顺序分次紧固,保证法兰连接的密封性和可靠性。螺纹连接对加工精度要求极高。螺纹牙型、螺距需严格符合标准,加工后需检查螺纹完整性,避免出现断扣、乱扣现象。密封填料的选择要适配介质特性,如燃气管道常用聚四氟乙烯生料带,缠绕时方向需与螺纹旋紧方向一致,确保密封效果,防止燃气泄漏。卡箍连接需精准控制预紧力。预紧力不足会导致密封失效,引发燃气泄漏;预紧力过大则可能损坏管道或卡箍。安装时需使用专用工具均匀拧紧卡箍螺栓,同时采取防松措施,如加装弹簧垫片或使用防松胶,防止在管道运行过程中因振动等因素导致螺栓松动,影响连接稳定性。

## 2.4 热熔/电熔连接技术要点

PE管热熔对接关键在于温度与时间控制。加热温度需达到材料熔融温度范围,温度过低无法使管道与管件充分熔融,导致连接强度不足;温度过高则会使材料分解碳化,破坏管道性能。加热时间根据管径和壁厚确定,确保接口处熔融均匀。焊接时需保持管道对中,避免错边,冷却过程中防止外力扰动,保证接头在自然冷却过程中形成牢固的连接,获得理想的强度。电熔套筒焊接参数设置直接影响熔接质量。电压需符合电熔管件要求,过高的电压会使管件过热变形,过低的电压则会导致熔合不充分。焊接时间根据管件规格确定,确保电阻丝发热能够使管件与管道充分融合。焊接前需清理熔接面油污、杂质,保证接触良好,同时控制管道插入深度,确保熔接效果。无论是热熔还是电熔连接,熔接面清洁度与对中精度均为核心要素<sup>[3]</sup>。熔接面存在油污、杂质会导致杂质混入熔合面,降低连接强度;对中偏差则会使熔接不均匀,形成薄弱环节。施工时需使用专用工具清理熔接面,并采用对中夹具保证管道同轴度,确保连接质量稳定可靠,为燃气管道安全运行提供保障。

## 3 连接技术常见问题与应对措施

### 3.1 焊接缺陷

焊接过程中,裂纹、夹渣、未焊透是威胁焊缝质量的主要问题。裂纹产生与材料特性、焊接工艺密切相关。低合金钢焊接时,若冷却速度过快,焊缝金属在脆性温度区间易形成冷裂纹;焊接应力集中、焊缝存在气孔等缺陷,也可能诱发裂纹扩展。修复时需采用机械方法清除裂纹区域,选用低氢型焊条,通过多层多道焊填充,焊后进行消除应力热处理。夹渣通常因熔渣未充分浮出熔池导致。坡口清理不彻底、焊接电流过小、熔池温度低,都会使熔渣滞留于焊缝内部。处理时需使用碳弧气刨或砂轮打磨清除夹渣部位,调整焊接参数后重新焊接。焊接电流需适当增大,保证熔池有足够温度使熔渣上浮,同时控制焊接速度,确保熔渣充分排出。未焊透主要由坡口角度过小、钝边过厚、焊接电流不足或焊条角度不当引起。管材对接时,若坡口角度小于标准值,电弧无法深入根部,易造成根部未焊透。修复时需重新加工坡口,调整焊接电流和焊条角度,确保电弧能够充分熔合根部金属,必要时采用打底焊工艺保证底层焊缝质量。

### 3.2 机械连接失效

法兰连接出现泄漏,多因密封面损伤、螺栓紧固不均或密封垫片材质不符。安装时密封面存在划痕,会破坏密封结构的完整性;螺栓未按对角顺序紧固,导致密

封垫片受力不均,容易产生泄漏通道。预防措施包括安装前严格检查密封面平整度,使用力矩扳手按规范顺序分次紧固螺栓,根据介质特性选用适配的密封垫片,如耐油橡胶垫片用于输送燃气。螺纹连接松动常因振动、温差变化或螺纹加工精度不足。燃气管道运行时的振动,会使螺纹间摩擦力减小,导致连接松动。预防需从源头把控,保证螺纹加工精度符合标准,安装时在螺纹表面涂抹螺纹锁固剂,增强连接可靠性;对于振动频繁部位,可加装防松装置,如弹簧垫片、止动垫圈。卡箍连接发生滑脱,主要是预紧力不足或卡箍结构设计缺陷。卡箍预紧力过小,无法提供足够的抱紧力,在管道压力作用下易滑脱。施工时需使用专用工具精确控制预紧力,选择具有防滑齿纹或加强型结构的卡箍,安装后检查卡箍与管道的贴合度,确保连接牢固。

### 3.3 热熔/电熔连接问题

熔接面氧化影响连接强度,多因施工环境暴露时间过长或清理不彻底。PE管热熔对接时,若加热后等待时间超出规定范围,熔接面会与空气接触形成氧化层。识别时可观察熔接面色泽,氧化面呈灰白色且缺乏光泽。处理需使用专用刮刀清除氧化层,重新加热并快速完成对接,缩短熔接面暴露时间。虚焊现象表现为表面看似熔合,实际内部未充分连接。电熔连接中,若焊接电压不足或焊接时间过短,电阻丝产热不足,管件与管材无法完全熔融。识别可通过敲击连接部位,虚焊处声音清脆空洞<sup>[4]</sup>。处理时需切除虚焊部分,重新清理熔接面,严格按参数设置进行焊接,焊接完成后静置冷却,避免外力扰动。过焊会导致材料碳化、结构变脆。热熔连接温度过高或加热时间过长,PE材料分解产生碳化层。观察过焊部位可见焦黑、龟裂现象。出现过焊需报废该连接段,重新截取管材,严格控制加热温度和时间,根据管径和壁厚选择合适的焊接参数。

### 3.4 环境因素影响

在低温环境下,焊接接头容易出现裂纹,热熔或电熔连接的冷却速度过快会导致结晶不良。为避免这些问题,在焊接前应采取预热措施,将焊接区域温度提升

到适宜范围,以减缓冷却速度,确保焊接质量。对于热熔或电熔连接,连接完成后使用保温棉包裹接头,延长冷却时间,有助于保证结晶过程充分进行。低温还可能降低密封材料的弹性,安装时需选择耐低温的密封件,以维持良好的密封性能。潮湿环境对焊接质量的影响不容忽视,焊缝可能出现气孔和氢致裂纹等问题。施工前应对焊接材料进行烘干处理,并控制环境湿度在合理范围内,必要时搭建防风棚来遮挡雨水。如果焊接部位受潮,需用火焰或热风枪干燥,去除表面水分后再进行焊接操作,防止水分进入熔池造成缺陷。为了确保施工质量,在低温和潮湿环境中作业时,必须特别关注上述因素。通过采取适当的防护措施,如预热焊接区域、使用保温材料延缓冷却、选用适合低温环境的密封件以及严格控制湿度和防水保护,可以有效提高燃气管道连接的安全性和可靠性,保障系统的长期稳定运行。这些措施不仅提升了连接部位的质量,也为后续的维护工作提供了便利。

### 结束语

燃气施工中室外燃气管道连接技术涵盖多个方面,从连接方式分类到关键控制要点,再到常见问题应对及环境因素防护,每一环节都紧密相连,共同保障燃气管道的安全与稳定。施工人员需充分掌握各类连接技术要点,严格把控施工质量,针对不同环境条件采取有效防护措施。未来,随着材料科学与施工技术的不断发展,燃气管道连接技术也将不断优化创新,为燃气行业的高效、安全发展提供更有力的支持。

### 参考文献

- [1]包继勇.市政燃气管道施工过程中的质量控制与管理分析[J].建材与装饰,2023,19(4):126-128.
- [2]周立臣,张子雷.城市燃气管道安装技术与施工管理探讨[J].石油石化物资采购,2024(1):208-210.
- [3]徐燕林.论燃气管道工程质量与安全技术管理工作[J].居舍,2022(13):158-160.
- [4]文继樑.市政燃气管道施工过程中的质量控制与策略[J].居业,2021(6):171-172.