

含油气管道施工切割与焊接风险分析及方法探讨

孙 启（中国航空油料有限责任公司东北公司，辽宁 沈阳 110000）

摘要：含油气管道是石油和天然气运输的重要基础设施，其施工质量直接关系到油气资源的安全、高效运输。切割与焊接是含油气管道施工中的关键工序，然而由于油气的易燃易爆性以及施工环境的复杂性等因素，这两个工序存在诸多风险。对这些风险进行深入分析并探讨有效的应对方法具有重要意义。

关键词：含油气管道施工；切割与焊接；风险分析；方法探讨

近年来，随着油田规模不断扩大，涉及油田老区站场改造、扩建的施工工程量也逐年增加。在施工改造过程中，所涉及的管道施工多为含油气工艺管道。目前，在管道改造施工中，切割与焊接方式通常为采用乙炔火焰割枪及普通电焊设备进行。而对于长期服役的油气管道、含油污水管道而言，一旦前期扫线、冲洗时对管线清洗不彻底，或能量隔离失效、工艺流程存在问题，就很可能会出现回火现象，进而引发火灾和爆炸，作业风险极大^[1,2]。

1 含油气管道施工切割与焊接的重要性

1.1 构建管道系统的基础操作

在含油气管道施工中，切割与焊接是构建整个管道系统不可或缺的基础操作。切割能够精准地将管道原材料按照设计要求进行尺寸调整。例如，对于不同管径、壁厚的管道，需要精确切割以适配特定的工程布局，像在复杂的城市地下管网建设中，管道需要绕过众多既有设施，切割出合适的管段才能顺利布局。焊接则将这些切割后的管段连接起来，形成连续的管道网络。如果没有精确的切割和高质量的焊接，管道系统将无法成型，无法实现油气从生产地到使用地的传输。

1.2 确保管道密封性

油气具有挥发性和流动性，管道的密封性至关重要。切割与焊接的质量直接影响管道的密封性。在切割过程中，如果切割面不平整，会给后续焊接带来困难，导致焊接处容易出现缝隙。焊接时，通过合适的焊接工艺，如采用氩弧焊等方法，可以使管道接口处形成牢固的连接，防止油气泄漏。例如，在高压油气输送管道中，哪怕是微小的泄漏都会造成油气资源的浪费、环境污染以及安全隐患。良好的焊接能够承受管道内的压力，确保油气在封闭的管道内安全运输。

1.3 适应不同施工环境

含油气管道施工往往面临各种复杂的施工环境，

切割与焊接技术能使管道适应这些环境。在山区，管道可能需要穿越崎岖的地形，切割可以将管道调整为合适的长度和形状，便于在复杂地形中铺设。焊接则可以将不同走向的管道段连接起来，绕过山体障碍。在海洋环境下，切割和焊接技术同样重要。例如，海上平台与海底管道的连接，需要在水下进行切割和焊接操作，通过特殊的水下切割和焊接设备，确保管道连接牢固，适应海洋的高压、高腐蚀环境，保障油气从海底到海上平台再到陆地的顺利运输。

1.4 保障管道结构强度

管道在运输油气过程中需要承受多种外力作用，如内部油气的压力、外部土壤的压力、地震等自然灾害产生的应力等。切割与焊接的质量直接关系到管道的结构强度。切割时保证切割面的质量，为焊接提供良好的基础。焊接过程中，通过合理的焊接顺序和工艺参数，可以使焊接接头的强度与管道本体相匹配。例如，在大口径、高压力的油气管道中，焊接接头必须能够承受巨大的内部压力，防止管道破裂。只有切割与焊接操作得当，管道才能具备足够的结构强度，确保在长期的油气运输过程中安全可靠。

2 含油气管道施工切割与焊接风险分析

2.1 火灾爆炸风险

在切割和焊接含油气管道时，如果管道内的油气没有被彻底清除干净，切割或焊接产生的高温很容易引发油气燃烧甚至爆炸。例如，当采用火焰切割时，火焰温度可达1000–3000℃，足以点燃残留的油气。焊接过程中会产生大量的火花飞溅，这些火花如果落在周围的易燃物上，如防护不当的油气管道防腐材料、周围的干草等，就可能引发火灾。在野外施工环境中，这种风险更为突出。

2.2 中毒风险

管道内残留的油气可能含有硫化氢等有毒气体。在切割和焊接过程中，这些有毒气体可能会泄漏出来，

对施工人员造成中毒危害。硫化氢是一种剧毒气体，低浓度时可刺激呼吸道，高浓度时可导致人员昏迷甚至死亡。焊接过程中会产生大量的烟尘，这些烟尘中可能含有锰、镍等重金属以及氟化物等有害物质。如果施工人员长期暴露在高浓度的焊接烟尘环境中，可能会引起呼吸道疾病、金属烟热等中毒症状。

2.3 焊接质量风险

焊接工艺不当、焊工技能不足或焊接设备故障等因素都可能导致焊接缺陷的产生。常见的焊接缺陷有气孔、夹渣、未焊透等。例如，当焊接电流过大或过小、焊接速度过快时，很容易产生气孔，这会降低焊接接头的强度和密封性，在油气管道运行过程中可能导致油气泄漏。

焊接过程中，由于局部加热和冷却不均匀，会产生焊接应力，进而导致管道变形。过大的焊接应力和变形可能会影响管道的安装精度，甚至导致管道在运行过程中发生破裂等严重后果。

3 含油气管道施工切割与焊接风险防范方法

3.1 严格的施工前准备

在含油气管道施工切割与焊接之前，必须进行全面且严格的准备工作。

首先，要对施工环境进行详细的勘察，包括地形、周边设施以及可能存在的危险因素等。例如，在靠近居民区的施工区域，需要考虑施工噪音、火灾风险对居民的影响。

其次，对管道进行彻底的清理，采用多种清理方法相结合，如先用化学清洗剂去除油污，再用高压水枪冲洗管道内部，确保管道内无残留油气。

同时，要对施工设备进行全面检查和调试，包括切割设备和焊接设备，检查切割刀具的锋利程度、焊接电源的稳定性等。还要对施工人员进行详细的技术交底和安全培训，使他们熟悉施工流程、风险点以及应对措施，提高施工人员的安全意识和操作技能。

3.2 有效的通风与气体检测

通风在含油气管道切割与焊接过程中起着关键作用。在施工场地，应设置完善的通风系统，根据施工环境的不同，选择合适的通风方式。在封闭或半封闭空间内，如管道内部施工，必须采用强制通风，如安装通风机，保证空气的有效循环。通风量要根据空间大小、油气浓度等因素进行计算确定。

同时，要配备专业的气体检测设备，实时监测施工环境中的油气浓度、氧气含量以及有毒气体含量。

例如，采用便携式可燃气体检测仪和有毒气体检测仪，每隔一定时间进行检测并记录数据。一旦检测到油气浓度接近爆炸下限或者有毒气体超标，应立即停止施工，采取加强通风等措施，直至气体浓度恢复正常后再继续施工。

3.3 专业的人员资质与管理

含油气管道施工切割与焊接需要专业的施工人员，因此人员资质管理至关重要。施工人员必须具备相应的专业资格证书，如焊工要取得国家认可的焊接资格证书，并且证书要与所从事的焊接工作类型相匹配，如高压管道焊接资格等。在施工过程中，要对施工人员进行严格的管理。建立施工人员档案，记录其培训经历、工作业绩以及违规情况等。

定期对施工人员进行技能考核和安全知识再培训，确保他们的技能水平能够满足施工要求并且安全意识不松懈。例如，每季度组织一次焊接技能竞赛，激励施工人员提高自身技能。同时，对于违规操作的人员要进行严肃处理，如警告、暂停工作直至取消从业资格等，以保证施工人员严格按照操作规程进行切割与焊接作业。

3.4 完善的防火防爆措施

由于油气的易燃易爆性，防火防爆是含油气管道切割与焊接风险防范的重要内容。在施工场地周围设置防火隔离带，清除周边的易燃物，如干草、木材等。对于无法清除的易燃物，要采用防火材料进行覆盖保护。在焊接作业时，要使用防火罩，防止焊接火花飞溅到周围区域。

同时，配备充足的灭火设备，如灭火器、灭火砂、灭火毯等，并合理分布在施工现场。例如，在每 $50m^2$ 的施工区域至少配备一个灭火器。施工人员要熟练掌握灭火设备的使用方法，定期进行灭火演练。另外，在切割和焊接过程中，要严格控制火源，如采用防爆型的切割和焊接设备，避免产生明火引发火灾爆炸事故。

3.5 严格的质量监控与检验

在含油气管道切割与焊接过程中，质量监控与检验是确保施工质量和防范风险的重要环节。建立严格的质量监控体系，从切割操作开始，对切割尺寸、切割面平整度等进行实时监控。例如，采用激光测量仪对切割尺寸进行精确测量，误差控制在规定范围内。对于焊接过程，要监控焊接参数，如焊接电流、电压、焊接速度等，确保焊接参数符合工艺要求。在焊接完

成后,要进行全面的质量检验,包括无损检测和外观检查。无损检测如采用X射线探伤、超声波探伤等方法,检测焊接内部是否存在气孔、夹渣等缺陷。外观检查则检查焊接接头的表面质量,如焊缝是否平整、是否有咬边等缺陷。只有通过严格的质量监控与检验,才能保证切割与焊接质量,降低管道运行过程中的风险。

4 含油气管道施工切割与焊接质量保证措施

4.1 人员素质提升

施工企业应招聘具有相关专业背景和经验的人员从事切割与焊接工作。对于新入职的人员,要提供全面系统的岗前培训,包括理论知识学习,如油气管道的材质特性、焊接原理等,以及实际操作技能培训,像不同焊接设备的操作技巧。定期组织技能提升培训课程,邀请行业专家进行授课,分享最新的切割与焊接技术和工艺。例如,学习新型的管道焊接技术,如激光焊接在特定油气管道中的应用。同时,建立激励机制,对在质量控制方面表现优秀的人员给予奖励,鼓励员工不断提高自身素质,从而确保在切割与焊接操作中能够严格按照标准执行,保证施工质量。

4.2 设备与材料管理

在含油气管道施工中,设备与材料的质量直接影响切割与焊接的质量。对于设备,要选用符合行业标准、质量可靠的切割与焊接设备。在设备采购时,要对设备供应商进行严格的资质审查,确保所购设备性能稳定。例如,焊接设备的电流、电压输出要精确且稳定。设备投入使用前,要进行全面的调试和校准,并且定期进行维护保养,如每星期对切割刀具进行检查和更换,每月对焊接设备的电路系统进行检测。对于材料方面,要严格把控管道材料的质量,检查管材的规格、材质是否符合设计要求。

4.3 施工工艺优化

要根据管道的材质、管径、壁厚以及使用环境等因素制定个性化的施工工艺方案。例如,对于大口径、厚壁的油气管道,可能需要采用多层多道焊接工艺,以确保焊接质量。在切割工艺上,要根据管道材质选择合适的切割方法,如对于不锈钢管道可采用等离子切割,以获得较好的切割面质量。在施工过程中,要不断对工艺进行优化调整。通过试验段的施工,收集切割与焊接过程中的数据,如焊接速度与焊接质量的关系等,根据这些数据对工艺参数进行优化。同时,借鉴国内外先进的施工工艺经验,结合实际工程情况

进行改进,确保切割与焊接工艺在保证质量的前提下,提高施工效率。

4.4 质量检测与控制

在施工过程中,要建立严格的质量检测体系。对于切割质量,要检查切割面的平整度、垂直度以及切割尺寸的精度。例如,采用量具对切割后的管道长度进行测量,误差控制在允许范围内。对于焊接质量,要进行多方面的检测。在焊接过程中,实时监控焊接参数,如焊接电流、电压、焊接速度等是否符合工艺要求。焊接完成后,进行外观检查,查看焊缝表面是否有气孔、夹渣、咬边等缺陷。此外,还要进行无损检测,如采用射线探伤、超声波探伤等方法检测焊接内部质量。对于检测出的质量问题,要及时进行整改,建立质量问题追溯机制,分析问题产生的原因,采取有效的预防措施,防止类似问题再次发生,从而确保切割与焊接质量达到高标准。

5 结束语

含油气管道施工切割与焊接工作犹如在危险边缘的精细舞蹈,其风险不容小觑,但通过全面深入的风险分析和有效的防范方法探讨,我们能够在保障施工安全和质量方面迈出坚实的步伐。在未来的含油气管道施工中,我们必须不断总结经验,积极引入新技术、新设备、新工艺,提高施工人员的专业素养和安全意识,持续优化风险防范措施,确保切割与焊接工作顺利进行,从而推动含油气管道建设向着更安全、高效、可持续的方向发展。

参考文献:

- [1] 李长亮.含油气管道施工切割与焊接风险分析及方法探讨[J].现代职业安全,2024,(02):52-55.
- [2] 徐葱葱,姚学军,马江涛,等.油气管道用高强钢在线切割技术国内外对比分析[J].石油工业技术监督,2017,33(05):43-46.
- [3] 王海波,张岚,孟庆鑫,等.水下绳锯机切割油气管道锯切参数优化研究[J].机床与液压,2016,44(07):36-39.
- [4] 肖瑞金.输油气管道的冷切割技术[J].石油化工建设,2014,36(01):93-94.
- [5] 王海波,张岚,孟庆鑫,等.水下绳锯机切割单层油气管道的可靠性研究[J].机床与液压,2013,41(03):152-154+158.
- [6] 童胜宝,王春晖,范原博.磨料射流在输油气管道切割中的应用[J].油气储运,2013,32(01):55-58.