

石油化工大口径管道施工关键技术探究

何晓凯（广州市天河弱电电子系统工程有限公司，广东 广州 510520）

摘要：根据项目现场的实际情况，结合相关的技术要求，对石油化工大口径长输管道工程中的焊接和安装工作进行技术和实践的探索和研究，介绍了大体作业流程和相应措施，以保证工艺管道安装工程质量，确保管道运输的安全和可靠，具有推广应用价值。

关键词：大口径管道；焊接工艺；施工流程；质量控制

随着大口径管网建设规模也随着不断扩大，管道建设在石油、天然气、市政等领域得到快速应用，因此大口径管道的分段作业连接和安装，成为了管道施工作业的重要环节。

本项目管道输送五种不同的石油产品：原油、重油、燃料油、柴油和汽油，从输油码头通过管道输送经过陆上阀站，再分别输送至油罐区。工艺管道施工主要为管道焊接和安装，尺寸主要为：24"、32"、36"等，总长约 15km。

表 1 关于管道相关参数

序号	类型	压力 (MPa)	材质	外径 (mm)	管厚 (mm)
1	原油管道	1.6	API 5L GR.B PSL-1	813	22.2
2	重油管道	1.6	API 5L GR.B PSL-1	813	22.2
3	汽油管道	1.6	API 5L GR.B PSL-1	813	22.2
4	燃料油管道	1.6	API 5L GR.B PSL-1	813	22.2
5	柴油管道	1.6	API 5L GR.B PSL-1	914	23.8

1 管道施工关键技术

1.1 管道焊接工艺

1.1.1 管道下料与坡口加工

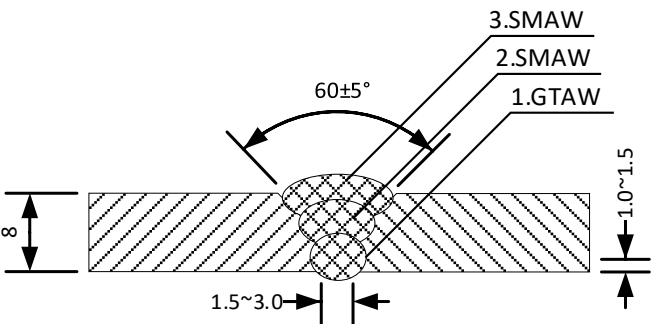


图 1 关于焊接坡口简图

管道下料及坡口的加工，采用磁力管道切割机。管子管件的坡口型式和尺寸，严格按图纸加工。管子

坡口加工完后施焊前，应检查坡口表面质量，不得有裂纹、夹层等缺陷，并对坡口的内外侧清理锈质、污物等。

1.1.2 管道下料与坡口加工

管道进行连接前必须清除管内杂质，作业中断时管口应设置临时封闭。在组对时，首先要检查现有直管的形状质量，一般采用大型游标卡尺、钢卷尺等工具手工测量，以掌握和控制管口的变形量，及时对管材做出调整。为提高组对焊接效率，管内可采用可调式固定支撑法，管外使用对口器，可防止变形量过大。

1.1.3 管道焊接

根据焊接工艺评定选择焊条，焊接设备选用交流电焊机。焊条使用前进行烘焙，在焊条烘干箱内完成，其烘焙温度为：120~150℃，烘焙时间为 1.5~2h。焊条使用时要放入保温筒内。本项目管道定位焊缝的焊接，采用与根部焊道相同的焊条和焊接工艺。施焊前应对定位焊缝进行质量检查，严禁在坡口外的管道母材表面进行引弧及试验电压电流。在施焊过程中，焊工要保证焊接起弧质量和收弧质量。进行多层焊每层施焊时，应对层间进行清理和外观检查，同时焊层间接头要错开。盖面焊道完成后对焊缝表面进行清理，要求清理干净焊缝表面的熔渣、飞溅等，并对过高的焊缝余高应进行打磨，但不得伤及母材。

表 2 关于焊接电特性

焊道 / 焊层	焊接方法	焊条牌号	焊条直径	极性	电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (cm/min)
打底焊	GTAW	ER50-6	Φ 2.0	正接	120~130	22~24	7~8
填充焊	SMAW	J507	Φ 3.2	反接	100~105	22~24	7~8
盖面焊	SMAW	J507	Φ 3.2	反接	90~100	22~24	7~8

为提供焊接预制效率，可对焊接预制区域进行合理规划划分，即对口区、焊接区、无损检测区、防腐区，

保证连续作业。

1.1.4 焊缝检测

焊缝表面质量检验,焊接完毕后立即去除焊渣清理焊缝表面和表面质量检查。接口焊缝表面不能有裂纹、气孔、夹渣等质量缺陷。焊缝与母材表面圆滑过渡,焊缝高度不能低于母材表面并与母材表面齐平为宜。焊缝咬边深度要小于 0.5mm,连续长度不能超过 100mm,总长度不能超过焊缝全长的 10%。焊缝表面质量检查合格后方可进行无损探伤(UT、RT)。

1.2 管道安装工艺

1.2.1 埋地管道

项目主管廊进罐区段为埋地管道,管道需经道路及防火堤进入罐区。穿越道路时,提前预留好通道,并开挖至设计标高后开始箱涵的制作,同时开始管道整体预制。在管沟完成后立即吊装,把道路通道中断时间控制在最短时间。接着完成管道焊缝拍片、水压试验、防腐、保温和电伴热后,回填需回填至原来标高,并完成道路的硬化。

1.2.2 陆上架空管道

项目的架空管道架设于钢结构上,在地面上进行完成组对焊接工作,再将其进行吊装至管道支架上。考虑吊车吊装性能及现场情况,对于两条及以上拼接好的管道,采用两台吊车抬吊。管道按 12m/条计算,则质量分别为 1693.44kg、3007.8kg、3387.48kg。根据施工现场船机设备配备情况,拟采用 55t 履带吊对管道进行吊装。为了避免管道遭到划伤或碰伤,工作人员应当提前做好防护工作,如在管道两端增加胶圈保护装置,防止运输过程中受到碰撞。

1.2.3 海上架空管道

位于码头钢桁架长 35m,由于钢桁架为在陆上拼装好后整体运输吊装,安装在钢桁架内部的工艺管道,需要利用船吊卸至平台,在利用滚轴、手动葫芦、卷扬机等工具将管道平移至桁架内部进行管道就位、安装。管道吊装就位后,进行管道的焊接作业,完成最后的管道接长。

1.3 管道系统试验

进行管道系统试验前,应按设计要求完成所有管道施工安装,焊缝部位不得进行刷漆和保温。本项目管道系统的压力试验(强度和严密性试验)采用水压试验,试验介质为洁净水,设计压力 1.8MPa,试验压力 2.34MPa,试验参考 ASME B31.4 规范。管道系统注水时,应打开高处的排气阀,注水期间将管内空气排

尽。待水注满管内后,关闭对应的排气阀,用电动试压泵加压,压力应缓慢逐级上升达到规定试验压力时,稳压 4h,对管道系统进行整体检查,管道无泄漏、目测无变形为合格。强度试验合格后进行严密性试验,试验期间用涂刷肥皂水的方法检查焊缝等,稳压 1h,无泄漏、保持压力不降为合格。

管道水压试验压力和温度变化曲线,总体趋势为随着温度升高对应的压力会随着上升;温度下降,对应温度会随着下降;温度差越大,压力变化值越大。

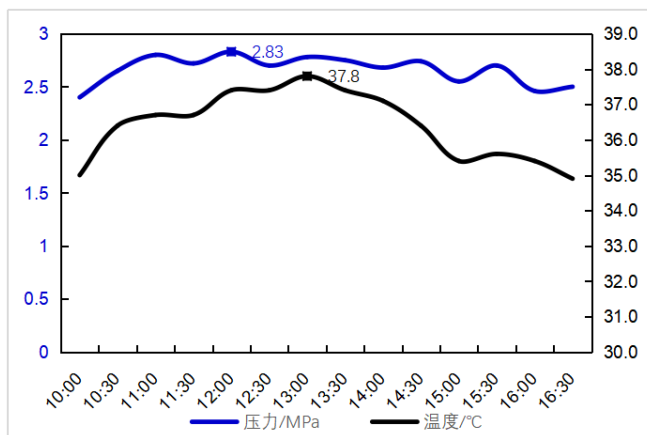


图2 管道水压试验压力与温度变化曲线

1.4 管道吹洗、防腐与保温

工艺管道安装完毕,应采用压缩空气对管道进行吹扫。吹扫顺序为先主管、后支管,间断吹扫,吹扫压力在 5bar。管道吹扫时,尽量顺管线流向朝下或水平吹扫。吹扫合格标准为管线出口排放的气体无杂物、灰尘、水分、铁锈等。

项目的管道出厂已完成防腐,因此管道接头或者表面破坏需要补漆的,表面预处理须达到 Sa2.5。表面预处理完成后,采用空气喷涂进行外表面喷漆,用测厚仪进行测厚。对于埋地管道,采用 3LPE 防腐和阴极保护的方法进行防腐保护。为了提升对长输管道的防腐蚀保护效果,需认真检查管道连接位置的实际情况,保证管道防腐蚀处理效果能够充分发挥出来。对于重油和原油,因其粘度较大,需要进行保温和电伴热。

1.5 管道通球试验

项目管道在施工过程中因口径较大,因此管道内部会有残留较多的污物或者铁锈,污物会加剧内部的腐蚀并可能会造成堵塞从而造成降低输送能力。为保证整条管道的平稳正常运行,需进行清管器清管作业。

通球清管作业需结合技术要求及现场条件,本项

目采用的清管作业工艺流程,主要通过进气阀、发球筒、发球阀、收球阀、收球筒、排气阀、排污阀和通球指示仪等的配合实现。对清管器皮碗的过盈量要求,一般取过盈量 4%~8% 能达到较好的效果。

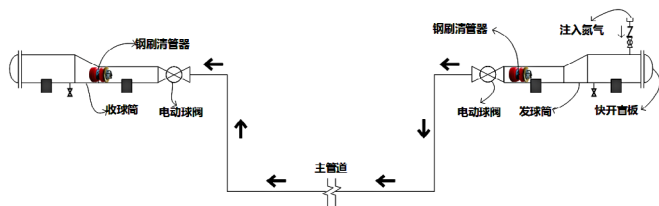


图 3 发球收球流程示意图

进行清管作业时,先进行钢刷清管器操作,再进行聚氨酯泡沫清管器操作,氮气作为工作介质,工作压力 4 bar。因各个项目对于通球的要求不尽相同,在本项目实践中,通球清管操作顺利完成,也获得业主以及当地机构的认可。

1.6 管内氮气置换

项目采用氮气对未投入正式使用的管道进行氮气置换,采用液氮进行制氮,使其管内充满氮气。完成注氮置换后,可打开排气阀,使用可燃气体检测仪对出气口进行检测,检测氧气浓度,合格标准为含氧量 $\leq 2\%$ 。

液氮汽化过程中会吸收热量,本项目当地日常温度平均在 26°C ,属于正常范围。为避免造成氮气浪费,进行注氮作业前应确定液氮使用量进行计算,1t 的液氮转化成 1 个标准大气压、 5°C 的气体体积,约为 700m^3 ,根据管道长度进行注入管内气体体积计算,因操作及环境影响,实际用量可以取理论用量的 1.5~2 倍。向管道系统中加压注入氮气,当压力达到 0.1~0.2MPa 时停止增压,静置 30min,然后排气。重复上述操作,直到管道系统含氧量小于或等于 2%。含氧量检测合格后,投入正式运行前应定期进行含氧量测试,若超过 2%,应及时进行管道内部氮气补充,确保含氧量合格。

2 技术难点与质量控制

①管道采购应选择具有资质和良好信誉的供应商,同时应做好管道进场验收,包含外观检查、化学成分、焊缝无损检测报告、机械性能试验等,并进行合理存放和标识,避免管道发生电化学腐蚀和变形;

②现场焊接须采取防风措施,防止气孔的产生。焊接过程中,应严格控制焊缝厚度,将各层次的焊缝厚度控制在 2~3mm 范围内。应加强焊接所处环境进

行控制,主要对于湿度温度以及风速,做好焊前预热焊后热处理工作;

③依据大口径管道轴测图,进行深化和管段尺寸进行分解,根据走向确定组对方案,结合现场条件和机具性能,优化管段分段预制的制作,实现预制流程化和程序化,提高焊接和安装效率,进一步提高施工质量;

④在项目的具体实施过程中,应根据项目现场具体情况,结合实际的环境条件,选择技术可行、经济合理、先进科学、适宜高效的施工技术方案。例如本项目油管跨越铁路时,采用顶管法还是架空跨越法,根据现场和运行要求,最终选择架空跨越铁路最合适;

⑤关于大口径管道焊缝接口处防腐工作,可从手动防腐逐步推广自动补口作业,提高补口的工作效率和防腐质量。进行管口组对目前较多为人工测量法,因此可推动管口参数仪的现场的采用,可管道进行精确的测定,提高对口效率,实现管道管口组对自动化。

3 结束语

综上所述,在开展石油化工大口径的管道安装施工作业时,良好成熟的施工工艺和高效的质量控制,能够使安装施工事半功倍。通过对项目施工作业进行合理规划和实践应用,总结了经济有效、操作性强、应用性广的通用安装工艺,对相关问题进行合理质控,保障大口径管道的安装效率,推动我国工业化进程中具有推广意义。

参考文献:

- [1] 张垒,王进,牛志勇.长输管道机械化施工装备研究与应用[J].石油工程建设,2018,44(S1):130-133.
- [2] 刘光年,张贺.大口径管道直管段制作技术应用[J].工艺装备,2020,44(3):43-46.
- [3] 李苍.大口径长输管道焊接施工工艺简介[J].广东化工,2016,43(15):110-111+122.
- [4] 管成.天然气长输管道施工关键技术[J].工程技术研究,2021,6(18):98-99.
- [5] 胡光.某成品油管道的外加电流阴极保护技术应用[J].全面腐蚀控制,2019(6):33-35.
- [6] 马国武,马军,龙志宏,刘凯,张传隆.天然气管道通球扫线和氮气置换难点及对策[J].石油工程建设,2017,43(1):60-63.

作者简介:

何晓凯(1990-),男,中级工程师,主要从事化工管道及设备的设计和安装。