长输管道全位置自动焊工艺对比分析

■ 任国强，张先龙，郭建明

摘要：在我国各类石油化工长输管道工程建设中，长输管道工程建设朝着“更长距离、更节能、更安全环保”的方向发展。管道全位置自动焊具有焊接效率高、焊接质量高、劳动强度低等特点，已逐渐成为焊接施工的主要工艺。文章针对长输管道全位置自动焊施工情况进行总结对比，形成不同管径和材质的性价比最优、操控性最强的管道全位置自动焊工艺选择。

关键词：管道全位置自动焊；根焊；性价比；一次合格率

1．概述

管道全位置自动焊是一种借助于机械、电气等方法，使整个焊接过程实现自动化、程序化的焊接施工技术，具有效率高、质量稳定、焊缝成形美观、劳动强度低、焊接速度快、焊接过程受人为因素影响小等优点，在欧美发达国家得到了广泛的应用。而在我国各类石油化工管道工程中，管道全位置自动焊应用的比例相对较低，随着大口径、厚壁钢、高钢级长输管道的大量建设，管道全位置自动焊已逐渐成为我国管道施工的主要焊接方法。

本文针对目前国内施工的长输管道典型管径采用的管道全自动焊工艺及设备进行性价比分析，形成不同管径和材质的管道采用最优的管道全自动焊工艺匹配。

2．管道全位置自动焊工艺使用情况

自2016年开始，中俄原油管道二线、陕京四线、中靖联络线和中俄天然气东线的开

（5）不锈钢地铁侧墙单元电磁吸附压紧工装研究　根据焊接工艺试验结果表明，电磁场的加入有利于激光焊接焊缝性能的提升，现车生产具备使用电磁吸附压紧工装完成侧墙单元激光焊接的条件。根据现车激光焊缝特点，结合电磁吸附工装原理，针对现有侧墙单元激光焊接结构，研究可应用于现车的新型侧墙单元装配压紧工装结构及规格参数，进行侧墙单元电磁吸附工装概念设计。

3.结语

通过设计制作的电磁吸附式平台进行激光焊接工艺试验，试验结果表明，电磁场加入后，在相同焊接参数条件下，拉伸强度变化不大，激光焊缝熔深增大，熔宽减小，具有更好的接头形状，有利于激光焊接焊缝性能的提升，并应用于车体不锈钢的焊接，取得了较好的效果。

参考文献：

[1] 包刚，王成. 激光焊接过程中电磁场控制等离子体的研究[J]. 激光技术，2002，26（2）.

[2] 张新戈，王群. 电、磁场辅助激光焊接研究现状[J]. 材料导报，2009.

[3] 杨德才. 外加磁场对激光焊接熔深的影响[J]. 激光技术，2001，25（5）.

作者简介：唐淑勤等，中车青岛四方机车车辆股份有限公司。

MW 20180816

表1 管道全位置自动焊施工汇总

项目	管径/mm	总长度/km	材质	自动焊长度/km	占比（%）
中俄原油二线	813	953	X65	711	74.6
陕京四线	1219	1125	X80（1090km）	431	38.3
	1016		X70（35km）		
中靖联络线	1219	370	X80M	187	50.5
合计	—	2448	—	1329	54.3

表2 管道全位置自动焊焊接工艺汇总

项目	工艺类型	焊材类型	焊接方向	典型设备
中俄原油二线	内焊机根焊+双焊炬填盖	实芯	下向	P625、CPP-W2
	内焊机根焊+单焊炬填盖	实芯	下向	P260、CPP-W1
	RMD/STT根焊+单焊炬填盖	药芯	上向	A-300
	单枪根焊+单焊炬填盖	实芯	下向	M-300C
陕京四线	内焊机根焊+双焊炬填盖	实芯	下向	P625、CPP-W2、A610
中靖联络线				
中俄天然气东线				

工建设，除中俄天然气东线（ϕ1422mm）正在建设中，其余三条长输管道已全部施工完毕。已建设完毕的三条长输管道自动焊施工及工艺情况如表1和表2所示。

从表1可以看出，管道全位置自动焊综合使用比例达到50%以上，根据目前长输管道焊接工程对管道全位置自动焊的使用要求，不仅可在主线路施工中进行应用，同时也可在支线管道进行大面积推广应用。

3．管道全位置自动焊工艺特点

根据表2中各工程采用的管道全位置自动焊工艺，目前采用的工艺按照根焊方式分为两大类，一是内焊式根焊，二是外焊式根焊，其中外焊式根焊分为自动和半自动焊两种。填充盖面时采用单焊炬或双焊炬焊接。本文仅对根焊方式的区别进行对比分析，结合填充盖面时采用的工艺进行性价比对比。

（1）内焊式根焊　内焊式根焊采用内焊机进行管内部根焊，根据管径不同，内焊机的焊炬数量存在不同，其中ϕ813mm内焊机为4焊炬和6焊炬两种，图1为4焊炬内焊机，图2为6焊炬内焊机。ϕ1219mm和ϕ1422mm内焊机为8焊炬（见图3）。内焊机具有以下优缺点。优点：①焊接效率高，完成根焊纯焊接时间为1.5～2.0min。②操作简单，对焊接操作人员要求不高。③成形美观，焊接一次合格率高，不受人为因素干扰。④对口间隙要求0.5mm以内，对口效率相对较高。⑤坡口角度小，焊材使用量少。缺点：①适用范围小，仅适用于单一管径的管材焊接。②设备一次投入高。③设备复杂，维修及保养难度及成本高。④需配套坡口机进行坡口加工，增加了施工工序，同时对坡口质量要求较高。

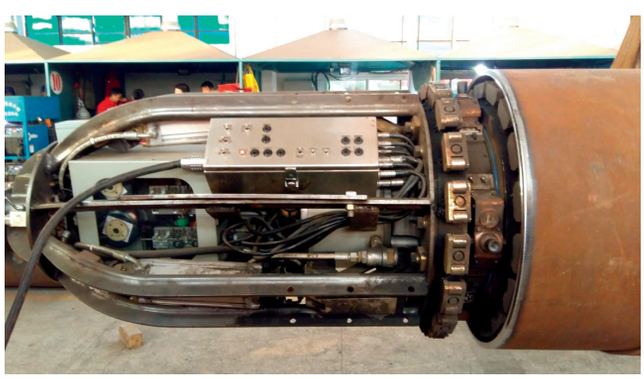


图1 ϕ813mm4焊炬内焊机



图2 ϕ813mm6焊炬内焊机

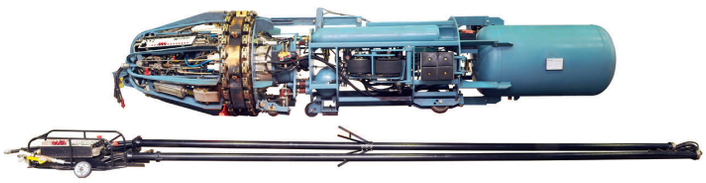


图3 ϕ1219mm8焊炬内焊机

（2）外焊式根焊 自动式外焊式根焊是采用单焊炬自动焊接小车在管外部进行根部焊缝焊接，填充盖面采用单焊炬实芯向下焊接或双焊炬实芯向下焊接，典型设备如图4、图5所示。

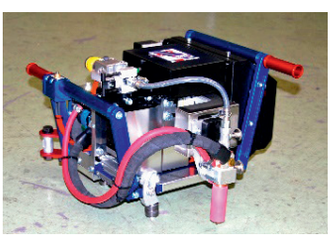


图4 PWT单焊炬



图5 熊谷A-300X单焊炬

优缺点如下所述：

优点：①适用范围大，可适用于管径≥508mm以上管道的根焊焊接。②设备投资较内焊机相比，节省投资约50%以上，同时根焊设备可作为热焊、填盖设备使用，进一步降低设备投资。③根焊成形美观。④对口间隙要求0.5mm以内，对口效率相对较高。缺点：①焊接操作较内焊机复杂，操作人员需具备一定焊接基础，并经过近一个月的培训方可熟练掌握设备的焊接。②焊接效率为内焊机的70%左右，以焊接ϕ813mm管径为例，根焊纯焊接时间约为4~5min。③设备复杂，维修及保养难度及成本高。④需配套坡口机进行坡口加工，增加了施工工序，同时对坡口质量要求较高。⑤焊接一次合格率相比较低。

半自动外焊式根焊是采用RMD或STT在管外部进行根部焊缝焊接，是长输管道目前最常用的根焊焊接方式，填充盖面采用药芯气保向上焊接，是中俄原油管道二线中X65管线钢焊接合格率最高的管道全位置自动焊工艺，优缺点如下所述。

优点：①适用范围大，可适用于任意管径的长输管道的根焊焊接。②与自动焊根焊相比大大降低设备一次性投资。③可用管道原始坡口进行焊接，减少坡口加工工艺和工序，大大降低了施工成本。④外焊可采用药芯气保向上焊工艺，设备操作简单、价格低廉，焊接一次合格率高。缺点：①根焊为半自动焊，焊接效率较其他根焊方式低50%以上。②操作人员需具备较好的焊接技术，并经过不少于一个月的培训方可熟练掌握工艺操作。③内部成形不如其他工艺美观，但满足施工技术要求。

表3 工艺对比结果分析

工艺类型	适用范围	设备投资	工艺操作	工序特点	外观成形	焊接效率	一次合格率	培训成本	焊材消耗量	焊缝性能	操作稳定性
内焊机根焊	单一管径	高	低	难	好	高	高	高	低	高	高
自动式外焊式根焊	≥ϕ508mm	中	中	难	较好	中	中	高	低	高	中
半自动外焊式根焊	任意管径	低	高	易	较好	中	高	低	高	高	高

对以上三种根焊方式的优缺点进行总结对比，结果如表3所示。

4．结语

根据对内焊机根焊、自动式外焊式根焊和半自动外焊式根焊三种管道全位置自动焊工艺的优缺点进行总结对比分析，结合采用管道全位置自动焊工艺的长输管道施工情况，综合性价比、操作性及焊接效率等要素进行工艺对比分析，结果表明，半自动外焊式根焊综合性价比最高，依次为自动式外焊式根焊和内焊机根焊。但由于自动式外焊式根焊焊接一次合格率较低，在长输管道施工中应用较少，故长输管道全位置自动焊施工中可针对不同材质、管径按照以下建议进行选择。

（1）对于管径＞813mm，材质为X70及更高钢级管线钢的主线路焊接，因管径大且壁厚，可优先采用内焊机根焊，单枪或双枪实芯气保焊丝向下自动焊。

（2）对于管径≤813mm，材质为X65及低钢级管线钢的主线路焊接，可优先采用半自动外焊式根焊，单枪药芯气保焊向上自动焊。

作者简介：任国强等，大庆油田工程建设公司。

MW 20180918