

管道自动焊作业在石油化工 安装工程中的组织模式和应用研究

杨珠芬（中石化南京工程有限公司，江苏 南京 210046）

摘要：随着社会经济发展，全球对能源资源、化工产品需求量增加，加上能源资源分布不平衡，开始进行大量的管道建设，用于石油、天然气等资源输送和化工产品的再加工，为生活和生产提供充足的能源和资源。其中，石油化工生产在国民经济发展过程中发挥着至关重要的作用，石化项目建设规模、数量也在不断的提升。工艺管道安装是石化安装工程的重要组成部分，随着工艺施工的变化，对焊接技术提出更高要求，导致传统手工焊及半自动技术无法适应工艺管道建设质量、安装工期等方面的要求，且其焊接施工质量直接影响着整体工程的运行安全、稳定与高效，甚至还会造成严重的生命财产损失。基于此，文章对自动焊在石化安装工程中的工艺管道施工组织模式和应用进行了研究、分析，希望能对广大同行有所助益。

关键词：自动焊接技术；工艺管道；石化生产；组织模式

在市场经济体制形成后，国内经济发展速度提升，加上日益增长的人口，物质基础生活保障，对能源产品消耗量逐年上涨。石化工程的建设历年投资呈现上升趋势，且随着我国能源使用方向的转变，炼油化工的装置建设逐渐也增多，而国内石化装置的施工工期要求一再被提升。在此情况下，传统的管道焊接方式不能满足发展要求，必将手工焊及半自动等焊接方式进行创新，推出了管道自动焊作业，提高管道作业工效，保障项目施工工期。

1 管道机械化施工的背景及意义

在社会经济发展中，各类环境污染问题和安全事故的增多，加上资源不合理使用，国家制定了一系列相关的法律法规和政策方针，要求各行业应该加大科学技术应用，发挥创新精神的作用，实现生态文明建设，达到经济的可持续发展。在《质量发展纲要》中，明确指出在建筑施工、交通运输、能源开采等重要工程领域应该增强核心技术研发，加快实现节能环保、安全质量，加大信息技术使用^[1]。面对国家宏观政策导向，石油化工行业也实现了转型发展，逐步加快了石化管道建设，强化技术、工艺、材料研发，降低资源投入，节约建设资金。

我国对于能源转换起步较晚，但发展较快，从炼油装置，到化工产品装置，不管是管道材料，还是应用方式，与发达国家差距变得越来越小。石化装置建设年产量不断的提升，如PTA装置由最初的25万t/a提升到了200万t/a，相同的使用的管道口径由最初的

以159、273mm等小口径发展到630、1016mm等大口径。石化装置内产品的提升到相应管道的变化给预制安装施工造成了严峻的挑战，主要体现在三个方面。一是，管道材料质量强度的提升，手工可焊性和以往相比大幅度降低。二是，管道口径逐步扩大，传统的焊接方式实用性不足，既不能保障焊接质量，也无法在规定时间内完工，甚至会造成更多安全隐患。1422mm管道在焊接过程中需要借助梯子才能实现全方位的焊接。手工焊速度只能保持在10cm/min；半自动焊接速度在25cm/min，由起始点焊接到中点位置基本上超过20min，焊接口无法进行均匀受热，部分区域温度过高，很容易在长期使用中产生裂缝，增强了管道运输的风险隐患。三是，管道钢性级别得到大幅度提升，且口径以及压力系数也显著提高，增大了管壁厚度。如果采用手工焊或半自动焊接方式，只能投入更多的人力以及设备，而且焊接长度也得到增长，出现质量问题的风险概率也随之增大，难以保障焊接质量达标率。基于这样的情况存在，在大口径、厚壁管道实施自动化焊作业非常必要。

2 管道自动焊作业的组织模式

2.1 国外自动焊作业的组织形式

国外管道建设施工企业在采用自动焊作业中，一般情况下都是流水作业，全部由焊接工作组从起始点开始进行流水作业，不同焊接设备只负责其中一道焊接面，不管是加热时间，还是内焊、盖面焊等所有时间基本相同，可以实现有序的焊接工作，充分体现了

国外国家高水平的组织方式。施工企业整个焊接组，一般有1台内焊、2台外焊、1台坡口机以及一定数量的轨道作为备用设备。这是源于，国外施工企业预算资金非常多，将备用设备费用进行了综合考虑，而且大部分施工企业都热衷于租用设备，所带来了备用设备成本非常小，可以确保焊接作业的连续性。

2.2 国内自动焊作业的组织形式

我国管道自动焊所需要的设备基本是自购，一旦焊接设备超过了质保期，焊接人员培训、设备维护保养、服务升级等不能保障，且服务费用非常高，导致我国管道施工企业焊接设备和国外发达国家相比非常落后。为不再依托外部企业，确保管道焊接设备自主权提升，管道研究院自行研发了PAW2000、3000等焊接设备，国内一些知名管道技术科技公司也研发出了MA系列埋弧焊、CPAWM系列氩弧埋弧焊一体以及ART500A系列全位置焊接设备，并且和发达国家主要焊接设备保持一致性^[2]。

我国在进行石化装置的管道施工中，也有采取流水线作业方式，以管道生产工厂化预制为主，主要分为氩弧焊打底、埋弧焊盖面两道工序，将填充焊及盖面焊作为单独作业。石化装置内管道工厂化预制，首先建立管道预制厂房，在厂房内设置单梁桥式起重机，根据预制时口总量及工期，安排自动焊设备的投入。例如某施工装置管道预制总量约30万吋，碳钢、合金钢材质7:3，最大口径为1016mm，最小口径为114mm，以630mm为主，预制工期六个月之内。配置主要设备：带锯机、坡口机及切割坡口一体机共3套，管道等离子切割机4套，管道自动焊设备8套；投入施工技术管理人员8人，施工作业人员约100人。这样的作业方式安排，对组织管理者要求较高，技术管理人员要做好管道数据库的建立、预制口的拆分等，施工管理人员要做好现场的协调分配工作，调度物流组、管道下料机加工组、管道组对点焊、自动焊进行氩弧焊打底和埋弧焊填充盖面等流水作业。

3 管道自动焊应用优势

3.1 有效降低人力成本

在经济与科技的推动下，我国的石化管道施工逐渐呈现出工作压力大、管径大、输送距离远等特点，在此背景下，管道建设用钢强度等级也将不断提高，管径与壁厚逐渐增大。同时，我国的建筑业也在从大规模、低成本的粗放发展模式向高质量和高效率方向转型，因此，管道自动焊技术在石化工程建设领域中

的应用越来越受到重视。手工焊接技术与半自动焊技术将难以满足施工要求，将被逐渐淘汰，就这一角度而言，采用自动焊接代替传统的手工焊接，能够在较大程度上缓解和解决人力资源投入成本过大问题，大量地节约化工项目建设与运行成本。

3.2 有效满足生产需求

经济全球化影响下的企业生产过程也会逐渐形成有机整体，形成完整的生产体系。基于这一背景，管道自动焊接成为了石化项目建设运行市场竞争力重要的衡量标准，传统手工焊在市场经济体制运行中表现出了不适应性，难以满足日益提高生产效率的要求。利用自动化技术代替传统手工焊接，寻求技术上的革新，成为了缓解工期紧张与质量问题的重要方式。通过某石化管道施工的试验对比分析，对管道施工来说，运用管道自动焊技术进行流水线作业方式，其效率是普通手工焊效率的6-10倍，且能有效保证焊接质量。自动焊在满足现代化生产需求方面有着较为重要的应用意义。

3.3 有效提高操作便利性

管道自动焊接的自动化是机械化与程序化的综合应用，通过对操作过程的差异化设计与程序性安排，提高了焊接工作控制的针对性与专一性，大大提高了操作上的便利性，交互式操作界面使得操作人员更加理解功能而进行相应操作，即使是技工学校新毕业生也能快速掌握管道自动焊的操作要领，完成合格试件。同时也因此大大提高了设备仪器的维护与保养的便利性。

4 国内石化装置中管道自动焊作业组织实例分析

近期，在我国石化装置管道焊接施工中，以新建乙烯项目和炼油转化工项目较多，本次选择安庆石化炼油转化工结构调整项目进行分析，以此说明国内自动焊作业的组织过程。该施工项目管道预制的执行安排在预制场管道厂房内的模块化预制生产线，预制总吋口量约22万吋，管道口径从114、168、219、273到813、965、1016、1118等二十多个规格，管壁厚度也6、10到23.83、26.19不等。此施工项目的管道预制由某企业工程公司的管道自动焊接专业项目部承担，设置10个自动焊工作组，使用三种自动焊设备，分别为MA系列双驱动埋弧焊机、CPAWM系列氩弧埋弧焊一体机、SWDN单工位埋弧自动焊机。该项目工艺介质较杂，相应的工艺管道口径与壁厚规格较多，应用多个工评也较为复杂，造成预制施工难度非常大；

另外整个焊接过程中使用的焊材也为多样（六种型号的焊材），但自动焊作业的稳定性，使管道接口质量得到有效保证。该项目组为确保焊接工作的有序进行，设立了技术质量部门和设备保障部门，对所有使用的焊接相关设备的运行情况进行掌握，并且结合设备使用期限准备了零部件，可以有效解决设备故障问题。在该项目施工作业前，对整个焊接工作组进行为期 40 天的培训，所有设备进行试机检验，人员收心整顿。并且在自动焊接过程中，结合“百日攻坚创效”、“青年岗位突击能手”等活动对所有焊接人员进行考核，全面提升了焊接工作人员的综合素质。在自动焊实施中，结合管道施工的特点，明确了控制要点，重视对关键环节切割坡口加工、管口组对、焊接工艺、保护气等进行质量控制，采用各焊接工位的管道旋转和变位装置，使焊口在水平旋转状态下完成焊接，且焊接成形内优外美，合格率高（焊接合格率达 99.2% 以上），完成的焊接工作量达到总焊接量的 55% 左右，大大提高了施工效率和质量。

5 提升管道自动焊作业的方法

5.1 合理规划设计，提升设计灵活性

管道自动焊接在石化管道安装中的应用逐渐成为了自动焊接的应用领域代表。在施工设计过程中，通过对管道规格进行明确，利于管道图的拆分，扩大焊接作业的水平以及垂直方向的面积，增大自动化施工的费用预算，能够有效确保自动焊作业方式的实现。操作人员除了注重分析方案的适用性与可执行性方面之外，还应注重对自动焊接技术应用的广泛性与灵活性。结合焊接需求、焊接结构、操作过程进行针对性的程序设计，有效提高焊接效率。同时，在自动焊接技术不断进步推动下，其应用范围也在不断扩大，在促进产业技术不断完善的同时，自动焊接应用的实用性与灵活性得到较大提升，确保系统较高适配水平的前提下提高系统自动转化与矫正能力，提高了焊接操作的灵活性，提高石化生产效益。

5.2 保障物资质量，提升焊接设备的优良化

管道自动焊相对于传统焊接方式来说，对外部环境要求比较高。管道施工中所需要的钢材、焊材、补口材料等规格和质量都会是制约自动焊焊接实现的因素，这就要求自动焊装备逐步朝着功能全面化的方向迈进。在今后的发展方向中提高焊接设备的可行性、可操控性、质量的稳定性以及动态性能的良好性等均为主流趋势^[3]。

5.3 重视系统管理，提升施工效率

在管道自动焊中，侧重焊接过程和补口操作的同时，对自动焊作业的准备和验收工作不能忽视，应采用系统管理的方式，对所有环节进行全方位的把握。管道切割与坡口预制备件、管口打磨组等工作环节是直接影响到焊接质量和效率的，多工艺的自动焊可以对焊缝进行补口、打底填充盖面一气呵成，只要做好前期准备工作，有效保障了施工效率。同时，材料供应的匹配和物流组的工作效率也是保障施工效率提升的关键。首先根据设计图拆分管道与管件，物资保供人员在领料中需特别关注管材与管件的匹配度，亦可利用智能传感和数据采集等智能化物流系统匹配材料，将材料的保供提升到事半功倍的功效；采用拖车、叉车、行吊、移动龙门吊架及悬臂吊等适合场地的设备进行物料运输，确保焊接工作中有充足的材料可以使用。

5.4 优化施工配置，改善组织形式

管道自动焊作业过程和传统焊接存在较大差距，要推进管道作业实现机械化，需要对施工组织方式进行调整和优化，确保提升自动焊应用程度。例如，综合利用自动焊接和传统焊接，对其分别实施考核，以管道口径为 1016mm，厚度 12mm 为例，使用管道自动焊机焊接一道管道口用时 1.5h 完成，传统手工焊接用了一天半（11h）完成，这样势必要提高自动焊预制深度，降低人工作业成本。

6 结束语

综述可知，自动焊接技术在石化管道安装焊接中有着较为关键的应用作用，能显著提高生产效率和质量，促进提高整个石化管道的施工效益，在实践中值得进一步推广和应用，使其在石化装置施工中发挥更大效益。投入充分、创新能力强的企业将在新一轮竞争中获得优势，处于行业的领先地位，使管道自动焊成为管道施工的主流方式。

参考文献：

- [1] 于曦,余小东,杨孟辑,李荣东,舒坛.管道自动焊过程中目标电流与送丝速度的关系[J].焊接技术,2022,51(03):22-26.
- [2] 刘晓文,牛连山,等.单枪自动焊在管道连头口应用中的改进研究[J].电焊机,2021,51(11):82-88+149.
- [3] 王义,韩国军,周文波,杜威.孟加拉单点系泊项目海底管道自动焊焊接工艺研究[J].石油工程建设,2021,47(S1):157-160.