

能源强国调研纵深行

紧抓“机”遇 “焊”接未来

国内首台九轴全位置智能焊接机器人投用，迈出了中国石化管道焊接技术从自动化向智能化提升的第一步

□田元武 文/图

日前，炼化工程集团十建公司和南京理工大学共同研发的国内首台九轴全位置智能焊接机器人在扬子石化炼油结构调整项目中投入使用。这是中国石化工程建设史上首次应用智能焊接机器人，填补了国内石油化工制造安装行业

设计研发

石油化工、煤化工、油气储运等装置设施的容器、管线形式复杂，规格、型号、材质种类众多，存在深冷、高温、高压、有毒、可燃等各类服役工况。在制造、安装这些装置设施的过程中，海量的焊接工作只能依靠传统的手工焊接完成，不仅员工劳动强度大，而且存在安全质量风险。

为落实国家智能制造2025发展战略，2020年7月，十建公司与南京理工大学达成合作，共同研发全位置智能焊接机器人。十建公司负责焊接工艺开发，南京理工大学提供技术支持。

历经8个阶段的技术攻关、研发试验，国内首台九轴全位置智能焊接机器

此项工艺技术的空白，实现了管道焊接技术从自动化到智能化的转变。

如今，在近1000平方米的管道预制车间里，伴随着规律的焊接声，只有两三个焊工来回走动查看，与以往数十人同时焊接、万朵火花绽放的场面形成了鲜明对比。这正是九轴全位置智能焊接机器人投入使用带来的最直观改变。

人终于研发成功，并在扬子石化炼油结构调整项目首次应用，进一步丰富了管道工厂化预制的应用场景，使传统管道施工从“二维”向“三维”深度预制中的自动焊得以实现，是管道预制工作中自动焊应用的进一步拓展。

九轴全位置智能焊接机器人的成功研发，实现了视觉识别、逆向重构、轨迹规划、软件算法、数据应用等行业前沿方向的技术储备，为后续设备封头弧形焊缝机器人、打底焊机器人、变位机+N轴机器人技术耦合等系列研发工作奠定了坚实基础，也为当前石化工程行业的自动焊、自动焊向智能焊迈进开拓了思路。

实际应用

自动焊设备对焊工的依赖度较高，现有的工业焊接机器人仅限于在水平位置的单层焊接，无法焊接工业装置中的非标准管道。

九轴全位置智能焊接机器人打破了自动化焊接的惯常思维，实现了一键式智能焊接，在一定程度上缓解了用工紧张矛盾、降低了用工成本，并突破了目前国内工业焊接机器人“水平位置、单层焊接”的局限，实现了全位

置焊接，具有更广泛的适应性。此外，该智能焊接机器人的使用还减少了焊接烟尘和弧光对人体的损害，充分体现了本质安全和环保的理念。

据十建公司焊接主任技师刘建国介绍，目前一名焊工可操作4台机器人同时进行焊接，工效是手工焊接的3~4倍，而且焊接质量非常稳定，焊接过程中也不需要人工操作或监控，大幅降低了员劳动强度。

新闻会客厅

为什么要研发九轴全位置智能焊接机器人？

●十建公司副总经理 宋相华

随着物联网、云计算、大数据、人工智能等技术发展，工业机器人已在焊接、搬运、涂装、加工、组装等生产制造环节中大显身手，应用场景日益丰富，对行业整体效率提升和产业模式变革起到了举足轻重的作用。

从2018年开始，十建公司对国内外自动焊技术及未来发展趋势进行了广泛调研。我们认为，目前的自动焊方法仍然对焊

工的依赖度较高，焊接过程中的工件吊运、机具调整也比较频繁，现在的工业焊接机器人仅限在水平位置的单层焊接，适用于批量、标准化部件的加工生产，对于工业装置中管径和厚度不一、材质不同的非标准管道无法实现自动化焊接。要解决这些问题，只能在智能化焊接方面寻求突破。经过充分酝酿，2020年7月，十建公司与南京理工大学达成合作，共同研发全位置智能焊接机器人，迈出了管道焊接技术从自动化向智能化提升的第一步。

九轴全位置智能焊接机器人的智能化主要体现在哪些方面？

●十建公司第一安装分公司总经理 王银飞

九轴全位置智能焊接机器人具有超长臂展，能实现多自由度精准控制，拥有自适应轨迹规划系统、三维点云视觉系统、软件高精度补偿、自主学习能力等功能优势，是国内首次实现基于视觉三维逆向重构技术的智能化焊接机器人。它的智能化主要体现在具有三维扫描功能，能确定焊件坡口的位置和轮廓，软件自主规

划机器人运行轨迹和焊枪姿态。该智能焊接机器人可通过扫描数据逆向重构，形成坡口形状，通过软件进行层道数分配、参数的自动匹配和调用，实现管道的360度、多层多道焊接。在整个焊接过程中，它可将焊接数据全部数字化，并自动保存、上传，同时，整个焊接过程可远视，实现了焊接质量的可视化。此外，该机器人的数据库设计具备一定的AI功能，还能自主设置焊接工艺参数。

九轴全位置智能焊接机器人的成功研发在技术上有哪些重大突破？

●南京理工大学教授 王克鸿

在研发九轴全位置智能焊接机器人的过程中，我们主要取得了4项重大技术创新突破：一是串联九轴机器人技术，解决了串联机器人坐标变换算法难题；二是双CCD（电荷耦合器件）协同传感

技术，解决了预制管道区域摆放焊缝精准感知与路径规划难题；三是坡口尺寸实时感知与多层多道规划焊接技术，解决了厚壁管道自适应焊接难题；四是实现机器人全位置智能焊接工艺技术，解决了机器人360度全位置连续高质量焊接难题。

九轴全位置智能焊接机器人实际应用效果如何？

●十建公司焊接主任技师 刘建国

管道焊接仅仅实现自动化是远远不够的，还要向智能化发展靠拢。在扬子石化炼油结构调整项目建设中，1台九轴全位置智能焊接机器人已完成工

艺管道焊接5398寸径，焊接效率是传统手工焊技术的3~4倍，为高质量推进集团公司重点项目建设提供了强有力技术保障。若九轴全位置智能焊接机器人实现大规模应用，可节约75%的用工数量。

中国石化“机器人总动员”

随着科技的快速发展，许多不同类型和作用的机器人逐渐应用于石油石化行业。在中国石化，机器人“同事”也越来越多。



■实验用机器人



■电力运维机器人



■智能巡检机器人



■智能加油机器人

胜利油田首台核磁共振自动进样采集一体化机器人由勘探开发研究院自主设计，填补了国内同行业实验设备的空白。该机器人投入运行后，岩芯样品测试由过去的每天6块次增加到64块次。同时，技术人员也可对前一天的测试数据及时进行运算处理，极大地优化了人力资源，加快了分析测试进度，提高了工作效率。

电力运维机器人在天然气分公司天津LNG接收站总变电站投入使用，每天可巡视整个总变电站12遍，能有效减轻变电站值班人员的劳动强度，降低变电站运维成本，提高正常巡检作业和管理的自动化和智能化水平，实现变电站全天候、全方位、全自主智能巡检和监控。

青岛炼化智能巡检机器人5G模组调试工作完成后，可通过高清成像相机、红外热成像仪、超声波传感器等对储罐设备进行巡视检查，实现了传感器数据和视频影像的实时高速传输，有效提升了巡检效率及设备可靠性。

国内首款智能加油机器人在广西南宁石油南站西加油站投用，由中国石化自主研发，结合了人机交互、人脸识别、北斗卫星定位、动态监控、自动识别等多项技术，拥有仿真操作、实时反馈、信息共享等八大功能，能自动识别车辆油箱的大小、位置、打开方式，实现自动定位开关油箱内外盖，并自动插拔加油枪，给车主带来更便利的加油体验。

装备工程

责任编辑:魏佳琪
电 话:59963398
邮 箱:
审 校:张春燕
版式设计:王强

扫码看现场
见证机器人

知识链接

使用焊接机器人的优势

- 稳定和提高了焊接质量，保证其均一性。焊接参数对焊接结果起到决定作用，机器人焊接可确保每条焊缝的焊接参数恒定。
- 改善了劳动条件。采用机器人焊接，工人只需装卸工件，远离了焊接弧光、烟雾和飞溅等。对于点焊来说，工人无须搬运笨重的手工焊钳，从高强度的体力劳动中解脱出来。
- 提高劳动生产率。机器人可24小时连续生产。
- 焊接周期明确，容易控制产品产量。机器人的生产节奏是固定的，因此安排生产计划非常明确。
- 缩短产品改型换代的周期，减少相应的设备投资。机器人与专机的区别就是可通过修改程序适应不同工件的生产，可实现小批量产品的焊接自动化。

十建公司焊接技术发展史

- 1953~1996年 传统手工电弧焊接技术
- 1997年 半自动气体保护焊接技术在茂名石化球罐安装焊接中得到应用
- 2014年 埋弧全自动焊接工艺在福建联合石化新建EO/EG项目建设中应用
- 2018年 全位置自动焊在恒力(大连)石化2000万吨/年炼化一体化项目建设中得到推广应用
- 2019年 吸附式管道全位置自动焊实芯焊丝焊接、轨道式垂直固定口全位置自动焊、镍基合金自动焊等3项焊接新工艺，在恒力(大连)石化2000万吨/年炼化一体化项目蜡油加氢装置建设中研发成功
- 2023年5月6日 九轴全位置智能焊接机器人研发成功，并在扬子石化炼油结构调整项目投用