

焊接机器人在建筑钢结构制造中的应用探究

刘传印

中建钢构天津有限公司 天津西青 300383

摘要: 建筑钢结构制造行业虽然焊接工作量很大,但由于目前我国建筑钢结构多是非标设计、构件品种多、单件小批量生产、工艺复杂,再加上前道工序下料、组装精度不高等特点,实现全自动化焊接存在着较大困难;但是钢结构制造行业先进焊接技术的不断革新及高效智能焊接设备的应用,正逐步提升着钢结构的质量。

关键词: 钢结构; 焊接机器人; 柔性轨道; 刚性轨道

引言:

随着国家“十三五”规划的大力推进,高效钢结构便携式焊接机器人技术集成与应用的工作日趋紧迫。近些年来,针对高层钢结构车间制造焊接复杂、大型构件挠度易变形、现场高空作业风险大、焊接量大且板厚、焊接变形难以控制、狭小空间操作难及人工焊接质量稳定性差等一系列问题,国内的一些研发机构对钢结构焊接自动化的研究进行了大胆的探索,并取得了突破性的进展。其中,以唐山开元集团和北京石油化工学院为代表的一批研发机构,针对钢结构制造和安装方面的难题,研制出一批焊接性能优良的钢结构焊接机器人,并在国内许多大型超高层项目上应用。本文简要分析焊接机器人在超高层钢结构行业的应用现状进行综述,总结近我国焊接设备自动化的发展,为其他类似项目提供经验。

一、我国建筑钢结构焊接机器人研究方向

通过对日本池田工业株式会社、中央铁骨株式会社、驹井富津工厂、神户制钢研究所焊接事业部及2018年日本国际焊接展览等日本钢结构加工情况的调研获悉,目前在日本焊接机器人应用普遍,其提高了焊接精度、缩短了组装时间、降低了加工成本^[1]。分析认为:日本主要是攻克了三大难关:

1.日本的焊接机器人技术大多应用于建筑钢结构“梁贯通”的节点上,“梁贯通”部分解决了钢结构设计标准化的问题,使钢结构标准构件批量加大,为自动化生产(焊接)提供了关键的技术支持,由此提高了焊接机器人应用范围和工作效率,焊接机器人技术赢得了发

展机会;

2.应用了焊接机器人最成熟的角焊缝焊接技术,焊接机器人在“梁贯通”的熔透和局部熔透角焊缝的焊接中发挥了很大作用,焊接质量和生产效率赢得了社会承认;

3.正在攻克机器人焊接中厚板的焊接技术,已取得一些成效,中厚板对接焊缝清渣工艺日渐成熟。这3个技术关键同样也是我国建筑钢结构焊接机器人技术发展的桎梏!而且,我国高速发展的经济形势,同日本有很大的差异,上述技术难关比日本的更加复杂,因此,推广机器人焊接技术比日本更加困难。

二、焊接机器人的技术基础

在建筑行业结构件焊接中,因受到板厚、工件尺寸、坡口加工等因素影响,加工精度可能与实际值有所偏差。为了提高焊接效果可将机器人引入其中,它具有较强的感知功能,与人类的视觉、触觉十分相近。该系统可用于电弧传感设备、激光跟踪、接触设备等,完成焊接起始点定位和焊缝跟踪等任务。

1.视觉感知”的智能焊接技术

是当前最热门的研究方向。该技术的基本原理是利用激光扫描识别构件特征和待焊部位,视觉系统捕捉的信息分别传达至控制系统和焊接工艺数据库,控制系统根据接收到的信息(基于龙门式焊接机器人三维模型定位与识别)规划焊接路径并实时纠偏,焊接工艺数据库根据接收到的信息调用最匹配的焊接工艺数据供机器人执行。该技术是当前智能化程度最高,且被业内公认为最有希望解决非标构件焊接作业的智能技术,但限于钢结构尺寸大、规格多且作业环境复杂,该技术尚未取得实质性突破^[2]。

2.电弧跟踪功能

该项功能是在焊接中摆动焊接的同时,以电流值为

作者简介: 刘传印、男、汉族、1980.2.14、籍贯:山东省菏泽市、学历:本科、职称:工程师、毕业院校:南开大学、研究方向:钢结构制造、邮箱: 1670078384@qq.com。

依据明确焊接中点,尽可能的纠正焊接偏差,特别是在多层多道焊接中,根据首层焊接时工件变化情况,对系统整理和控制后,将结果直接应用到后续焊接中。电弧跟踪主要分为以下两种:一是焊接线跟踪,待起始点位置确定后采用该项技术控制偏差,机器人系统可利用软件实时监控电压、电流变化情况,计算电弧长度变化,利用软件对机器人姿态进行调整,对焊缝偏移情况进行纠偏,使焊缝位置得到实时跟踪;二是坡口宽度测量,在正式焊接前选取不同点位测验,采用先进软件得出坡口宽度值,了解该项指标的变动情况。在焊接阶段,通过自动调整焊接速度的方式获得与成型标准相同的焊缝,使焊接质量得到显著提升。

三、建筑钢结构制造中焊接机器人的应用

1. 无轨道式焊接机器人

无轨道式焊接机器人分为轮式和履带式,多用于特种钢结构的作业,因轮式和履带式的独有属性,能跨越各种小起伏障碍,适用于空间狭小、结构复杂的小尺寸钢结构焊接,但其焊接行走时的不稳定性以及钢构件长直粗大的特性决定其不适合高层及超高层钢结构的焊接,所以在此不重点介绍^[3]。

2. 视觉识别焊接机器人

当前各行各业应用的焊接机器人基本都是通过在线编程或者离线编程技术将焊接指令传至焊接机器人,即通过示教编程的功能,通过手动操控示教器来指引焊枪到起始点,然后在系统内选择焊枪的摆动方式、焊接工艺参数等,以此来生成焊接程序,实现焊接功能。在钢结构行业应用焊接机器人,示教编程必然会成为一大阻碍,对于结构复杂、构件形式不一的焊缝,示教编程必然会耗费大量时间,且需要专业人员进行编程。

随着行业的发展,市场上出现的视觉识别焊接机器人,研发者是将当下时兴的视觉拍照、激光扫描与焊接机器人结合在一起,在电脑端通过视觉拍照选取所要焊接的起始点和结束点,并在系统内对焊缝形式进行定义,定义完成后机器人接收指令进行实际焊缝位置的激光扫描来自动纠偏,最终实现焊缝的自动焊接。此种方式的一大优势即是省略了人工示教的程序,大大节约了在线操作编程的时间。但同时对于激光扫描采集的信息准确性也提出了更高的要求。目前,我国已有多家企业正在焊缝的三维扫描、实时跟踪反馈、不同焊缝形式的自动焊接等方面进行研发,致力于焊接机器人在钢结构中的应用。

3. 柔性轨道式焊接机器人

柔性轨道式跟刚性轨道式的区别在于,前者采用可任意定制的柔性轨道,并装备有电磁铁,使机器人可以紧紧地固定在母材表面,采用摩擦传动,装配灵活、拆卸方便,可适应多种复杂钢结构现场安装的要求。

4. Mini型弧焊机器人

目前,在钢结构制造行业中应用性比较高的是Mini型焊接机器人,在日本钢结构的制作中应用较为广泛。Mini型焊接机器人由焊接电源、控制箱、机器人本体、示教器、送丝装置、焊枪及线缆组成;其借助直线型轨道可以实现多种焊接位置及焊接坡口形式的自动焊接,主要适用于一些平直构件主焊缝的焊接,在钢结构件的制造厂及安装现场均可应用。Mini型焊接机器人最大的优点是在丰富的焊接数据库的前提下,机器人可以自动识别实际的坡口信息,并根据数据库,自动生成焊接层道次及焊接参数,此种方式大大提高了焊接的智能化及效率。但它也存在着焊前调试及参数库填充耗时间长的不足^[4]。

5. 刚性轨道式焊接机器人

刚性轨道式焊接机器人的组成与摇臂式类似,由机器人本体、控制箱、示教器、导轨、焊接电源、送丝装置等部分组成,不同的是轨道式具有铝制轻型轨道,通过齿轮齿条进行传动。

6. “鸟巢”项目

“鸟巢”是当时中国规模最大、科技含量最高、施工难度最大的体育场馆,虽然不是超高层建筑,但它是国产焊接机器人的首次成功应用之作,开创了国内自动化焊接设备应用于现场钢结构安装的先河,对于推进我国具有自主知识产权的创新性研究成果应用于重大工程领域起到了重要的示范作用,并为企业实践自主创新探索了一条可行之路。北京石油化工学院研发的GDC-1型焊接机器人成功应用在北京奥运会“鸟巢”主体育馆工程上。这是一台具有焊接工艺参数程控、焊缝轨迹在线示教、焊接电源联动控制等功能的智能化焊接机器人。“鸟巢”项目建筑面积2518万m²,建筑顶面呈马鞍形,可同时容纳10万人观看比赛,是当时我国设计规模最大、科技含量最高的体育场馆。其钢结构具有以下特点:焊接工作量大,超过4万吨;交货工期短,2006年11月全部完工;结构尺寸大,焊接变形难以控制;技术要求和验收规范高。

GDC-1型焊接机器人在“鸟巢”项目的成功应用,不仅证明了焊接机器人能完成平、仰、立、横等全位置的焊接操作,还对我国建筑行业焊接自动化的发展起到

了示范化的推动作用，是我国钢结构焊接现代化的里程碑^[5]。

四、应用效果

在项目中利用焊接机器人实现了伸臂桁架、阻尼器质量箱的焊接目标，在位置与条件相同的情况下，与传统焊接模式相比优势显著，应用效果主要体现在：一是焊接质量较高，外表成型美观，焊缝与母材平滑，无损检定结果符合标准；二是焊接效率高，在焊接过程中还可自动清渣，实现连续作业，与以往手工焊接相比效率提高一倍；三是极大减轻人工作业强度，技术人员只需对焊接参数进行调整，完成焊缝示教活动后，机器人便可自动反复焊接，十分便利。

五、结束语

综上所述，结构焊接机器人已经由示教型发展到智能型，具备智能化的自动示教、焊缝自动跟踪矫正、全自动多层多道焊、成套专家数据库系统等强大集成功能，

是人工焊接效率的一倍以上。需要研发企业慢慢地改进，以及进行多个项目的现场实践。我国建筑行业自动化设备的发展潜力巨大，相信未来可期！

参考文献：

- [1]戴为志，陈杰，曾祥文，等.建筑钢结构应用焊接机器人技术发展趋势[J].金属加工（热加工），2015（12）：12-14.
- [2]蒋力培，邹勇，薛龙，等.奥运（鸟巢）工程焊接机器人研究与应用[J].电焊机，2008（04）：84-89.
- [3]赵云龙，张朝，潘宏旭.超高层主体结构机器人现场常温焊接[C]//2014年全国建筑钢结构行业大会.2014：406-409.
- [4]梁亚军，薛龙，邹勇，等.柔性轨道全位置焊接机器人研究[J].电焊机，2008（06）：23-26.
- [5]孟凡全.超高层建筑钢结构焊接机器人技术应用[J].金属加工（热加工），2014（18）：16-18.