

焊接机器人的研究动态

贾宙辉

(南京市第十三中学, 江苏 南京 210000)

工业 4.0 的时代大背景下, 继《中国制造 2025》战略实施以来, 我国制造行业发展迅猛, “机器人换人”已成为大势所趋。目前, 面向工业生产的机器人应用在我国制造行业得到快速发展, 并出现在企业日常生产制造中。焊接机器人的普及, 给我国制造业带来了巨变, 大幅度提升工业生产效率和产品的质量, 提高工人在工业生产中的安全保障, 减少工人生产作业的劳动强度以及生产成本, 同时使得我国制造行业对于焊接机器人的需求出现井喷式上升。

焊接机器人是被广泛用于汽车制造、机械加工、电气电子等诸多行业。伴随着电气自动化进程的不断推进, 以机器人为载体的应用开发蓬勃发展, 但在对其应用开发阶段, 往往会发现由于前期考虑不周而引发后期的各种不良问题。目前, 我国工业自动化水平整体处于较低水平, 与国外发达的自动化式工业制造仍存在差距。在我国大多数从事低端劳动密集型的中小型企业中, 焊接机器人仍未得到普及, 这种现象在我国焊接工艺这一低端劳动密集型产业中尤为突出。

焊接工艺是现代机械制造技术中一种必要的工艺。机器人焊接生产线优点显著与传统人工焊接相比生产效率更高、产品一致性好、安全、故障率低等典型优点。但是, 机器人焊接生产线投资较高。对前道工序的加工精度提出了更加严格的要求。这时, 焊接机器人不仅可以提高生产线效率, 而且能够降低生产过程中的返工率、报废率, 实现产能的最大化。

基于现实环境尺寸及焊接工艺数据, 通过仿真模拟, 对设备

布局进行规划, 模拟真实工厂的机器人焊接操作情况, 规划机器人坐标系及路径, 模拟机器人运动速度及轨迹对焊接质量的影响。同时, 通过其对焊接对象的捕捉, 实现对不同焊接对象的自动轨迹规划和跟踪, 满足定制化需求。目前, 通过焊接机器人的焊接已经成为焊接自动化的主要标志, 在相应的焊接作业领域, 对于焊接产品的生产率、焊接质量的提高、焊接劳动力条件的改善等方面都发挥着重要作用。

一、焊接机器人的研究意义

随着我国经济的飞速崛起, 焊接在我国工业领域中得到越来越多的运用, 人们越来越了解它的优越性。焊接作为一种以现代工业为基础的制造技术, 它满足工业生产的发展要求, 从而适应于机械制造的的生产。它是决定生产产品优劣的关键, 也是影响制造业发展速度的快慢的重要因素。

提起焊接, 四溅的火花、高温的车间、全副武装的焊接工人映入眼帘, 自从焊接机器人进入车间开始, 这样的传统时代已经结束。如今, 焊接过程的高效性、自动机械、智能性已是先进焊接生产的必然发展趋势, 焊接机器人也正由简单的单机示教向智能化的柔性机器人焊接工作站的趋势过渡与发展。

智能化机器人焊接工作站主要是将焊接机器人作为核心, 再通过和多自由度的焊接变位机和一些传感控制器配合, 基于机器人应用开发软件对其运动路径进行离线编程, 在综合控制下, 模拟焊接轨迹并且及时改正焊缝位姿。如下图 1 所示。

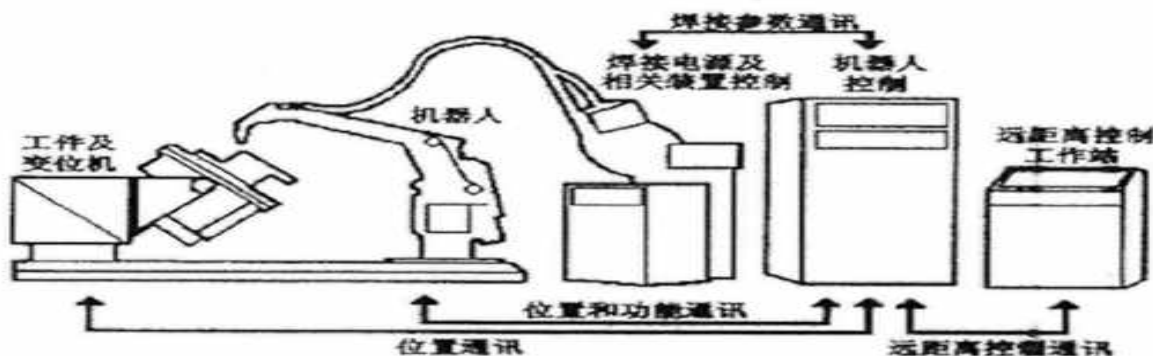


图 1 机器人焊接工作站

其中, 焊接变位机是重要的焊接工艺设备, 也是自动焊接工作站和柔性自动生产线上的关键因素, 通过回转和倾斜运动, 不停改变焊缝的位置, 通过类似增加附加随动轴的方式, 从而使得工件上的焊缝处于水平、船形方位来确保焊接的精度和品质。与此同时, 应用变位机能够减少焊接的时间, 减少工人劳

动量, 提高生产效率, 并保证焊接质量, 更重要的是, 它能充分发挥不同焊接方法的优点和效能, 所以在生产中, 它的重要性是机械焊接所不可取代的, 具有不可或缺的应用价值和现实意义。

轨迹规划对于焊接机器人而言具有重要意义, 轨迹规划的

实质是研究组成整体机械臂结构的各关节在依据预期任务运动过程中的角度曲线、速度曲线和加速度曲线的变化规律。通过对角度曲线、速度曲线和加速度曲线变化规律的研究,提高机器人焊接的运动平稳性以及准确性,进而适应各种焊接。2014年,ChabiatDamien 等人在文章中提到,整体结构的振动一方面会导致抛光过程的不平滑性,降低产品的生产质量;另一方面会加剧机械臂各零部件之间的相互磨损导致疲劳损坏。在焊接机器人的作业中,在某一时刻从零阶跃至某一速度或者速度在某一时刻突然变为零之类的突变运动,由物理学中的牛顿第一定律可知,在物理条件受限制的情况下这种需要无穷大动力的突变运动是不可能的。所以机器人的轨迹规划就是尽可能的规避关节角度、速度以及加速度的突变,减少机器人运动过程中对整体结构的冲击和振动,使其在焊接过程中运行更加平稳、高效。

焊接机器人自动焊接效率高,可迅速提高焊接的工作效率,特别适合大批量多种类管件生产,提高产品质量,更好的适应市场竞争的需要。由此看来,基于机器人技术的自动焊接的建模与仿真以及对机器人焊接的轨迹规划对其在焊接机器人的焊接过程中的稳定高效运行具有不可或缺的意义。

二、焊接机器人的研究现状

国外机械行业竞争激烈,对产品要求严格,焊接方式也急需由传统的人工焊接转变为机器人焊接。焊接机器人作为先进制造技术,焊接产品制造的自动化、智能化和柔性化给人们的生产和生活带来了很大的便利,受到人们越来越多的重视,也已经广泛运用于新兴技术产业中。据统计,十年前,我国共有焊接机器人九十一万套,其中各类焊接机器人占全部焊接机器人的百分之四十以上,然而绝大多数焊接机器人是进口的。

国内机器人技术起步较晚,集中研究也是近几年才开始的。现阶段国内企业机器人的性能和技术均与国外厂商存在一定差距。旺盛的市场需求有急需研究学者研究出能够满足广大中小企业实际生产需求的经济型稳定型焊接机器人。

对焊接机器人仿真系统多采用于动力学软件(如 Adams)和 Matlab 联合进行仿真研究,重点研究在焊接机器人的动力学、动力学仿真分析、轨迹及路径规划、离线编程、操作机实体的三维几何建模等。在国内,高校研究焊接机器人仿真系统已经具有一定的规模:上海交通大学自主开发的机器人仿真系统 ROSIDY,清华大学热能学院的机器人仿真系统 PCROBSM,哈尔滨工业大学研发的机器人仿真系统 ACADOLP,清华大学计算机系的机器人仿真系统 THROBSM。

目前国内对焊接机器人的离线编程技术研究较少,并主要以二次开发为主。国内进行研究的单位是哈尔滨工业大学,它最早开发了一个机器人弧焊 CAD/CAM 系统—Raw CAD,但该系统功能简单、仿真效果较差。田劲松等对任务级弧焊机器人离线编程做了大量研究工作,采用 ObjectARX 工具基于 Autocad 二次开发构建了机器人实体模型和焊接工件特征建模器,取得了较好的仿真效果。但由于该系统非自主开发,其功能受限于国外 Autocad 公司。

当然,国内一些高校利用离线编程实现焊接功能也已经获得一定显著性成果。如,上海交通大学已经研发出路径机器人 TIG 离线焊接仿真系统,它借助变位机来实现焊件的仿真作业;天津大学的弧焊机器人相贯线仿真系统,适用于尺寸较小的管制工件。

我们先引进焊接机器人变位机系统设备,再消化,然后再进行自主研发。尽管我国在这个领域的研究和运用已经有了非常大的市场,有一些已经处在国际水准,乃至超过了国际优秀的技术。但是在其他方面我们还存在很多不容小觑的问题,比如生产率低,国内没有进口焊接机器的对应零件,缺乏相应的技术支持和维修,使用标准不同适应不了我国企业的生产要求,等。还有一个紧迫的问题就是目前还没有制造高水准、高负载、高精度的整套机器人焊接系统的本领。

早在 1970 年左右,国外的科研机构就开始研究机器人离线编程及仿真技术,并加以应用开发,在九十年代中期实现了仿真系统的商业化。目前,国外离线编程仿真软件的日益广泛,在各个领域投入使用,如机器人的焊接、喷涂、搬运、打磨以及金属加工等。

像美、德、日以及瑞典等先进工业地区都已拥有完善的焊接机器人系统,例如 UNIMATE、MOTOMAN 和 ASEA 等。并拥有成熟的焊接质量控制系统、焊缝跟踪系统、离线编程系统和人工智能控制算法等,有些已投入使用。

在焊接领域,全球四大机器人家族都推出了自己商用的仿真软件和应用模块。ABB 公司推出了名为 Robotstudio 的商用仿真软件,并针对焊接工艺特性开发了 Robotwarearc 的焊接仿真模块;德国 KUKA 公司推出了名为 SimPro 的商用仿真软件;以日系为代表的安川机器人公司推出了名为 MotoSimEG 的商用离线编程仿真软件;截止 2015 年底,FANUC 机器人的全球装机量已达四十万台,成为全球焊接机器人的龙头,其推出的 Roboguide 软件更是被广泛应用在工业领域,拥有建立、现场布置、编制程序、运动仿真四大模块。同时,该软件提供的 WeldPRO 焊接仿真模块更是被广泛应用于焊接项目前期的建模分析和仿真模拟。以上是三家较为知名的焊接机器人制造厂家,其机器人本体销量占整个机器人市场的一半,其典型机器人代表如图 2 到图 4 所示。



图 2 KUKA 双机器人焊接工作站



图3 ABBIRB460 焊接机器人



图4 FANUCCR-7iA 焊接机器人

国外早在 20 世纪中期就开始探究机器人的仿真技术和离线编程，并且在 20 世纪末将离线编程仿真系统商用化。国外各大机构或技术公司研究的商品化机器人离线编程与仿真软件诸如以色列 Tecnomatix 公司的 ROBCAD，Deneb 公司开发的机器人仿真系统 IGRIP，日本 Speecys 公司开发的机器人仿真系统 RealMotionSystem。RobotStudio 是瑞典 ABB 机器人公司研发的软件，MotoSinEG 是日本安川机器人公司研发的软件，RoboGuide 是日本 FANUC 公司的仿真软件。列表如下表。

国外商品化机器人离线编程与仿真软件列表	
离线编程与仿真软件	各机器人科研单位
GRASP	University of Nottingham
PLACE	Mc Auto Manufacturing
Robot-SIM	Calma Corp
ROBOGRAPHIX	Computer Vision Corp
ROBCAD	Tecnomatix
IGRIP	Deneb
Real Motion System	Speecys
Webots	Swiss federal centre
Robographix	Computervision
ROBSIM	University of Rostock
CimStation	SILMA
Workspace	NACHI Corp
XPROBE	IBM Research Center

三、焊接机器人发展趋势

纵观国内外在自动焊接机器人领域的仿真应用研究，由于国内机器人研究开发起步较晚，机器人自动焊接仿真软件开发滞后，目前很多都处在大学院校实验室开发研究阶段，商业市场的机器人仿真应用开发基本被国外四大机器人家族垄断。就目前工业现场使用来看，由于被加工对象的定制化要求越来越高，产品更新速度越来越快，企业对机器人自动焊接生产线建立之前的技术论证愈发重视，因此，基于机器人仿真软件的项目开发的经济意义更加突出。

从目前焊接机器人的国内外发展现状，其未来发展趋势如下：

（一）精细化发展

高精度、高效率、高质量、高稳定型的趋势必须需要系统的控制器处理速度很高，同时要求其电气机械装置具有很好的控制精度。

（二）模块化运作

模块化运作便于系统功能的扩充、更新和升级。

（三）智能化监测

将传感器、人工智能、大数据分析等技术引入焊接设备就形成了智能化焊接设备控制系统。利用网络实现远程生产管理和焊接控制，实现脱机编程、远程控制、诊断和检修。

（四）标准化

通用机器人的系统结构、硬件芯片以及各个接口。

（五）柔性化设计

焊接自动化设备或生产线的需要形成柔性制造系统，很多中小企业无法承担。

四、结语

工业 4.0 时代大背景下，《中国制造 2025》战略实施以来，我国制造行业发展迅猛，“机器换人”已成为大势所趋。在我国大多数从事低端劳动密集型的中小型企业中，工业机器人仍未得到普及，在焊接行业尤为突出。本文以焊接机器人样机为研究对象。在总结焊接机器人研究意义和研究现状的基础上对焊接机器人的核心关键技术——轨迹优化问题进行了初步的学习。在前述分析的基础上，本文深刻了解到焊接机器人因其标准化、效率化、智能化的优势所具备的广泛的应用前景。

参考文献：

[1] 张秀林 . 基于遗传算法的机械臂时间最优轨迹规划 [D]. 兰州理工大学, 2014.

[2] 程正智, 章家岩 . 基于自适应遗传算法的机器人轨迹规划研究 [J]. 荆楚理工学院学报, 2016, 31 (2) : 51-57.

[3] 司艳伟 . 基于 5 次 B 样条函数的果蔬采摘机器人轨迹规划的研究 [D]. 浙江理工大学, 2017.