

# 工业机器人在焊接技术的应用分析

李 天

枣庄学院城市与建筑工程学院 山东 枣庄 277160

**摘 要:**现阶段,焊接已成为使用最为普遍的连接方案,在航空航天行业、电子产品制造行业、机械加工制造行业及船舶制造行业获得了广泛的应用。由于焊接作业的工作情况通常比较恶劣,焊接过程中焊枪发出的有毒有害气体及随之带来的非常刺眼的弧光,极易使现场焊接工作人员的健康及安全受到严重的影响。所以,相关企业需要降低在焊接过程中对现场人员的健康和安全带来的危险及改善工作现场的劳动环境。

**关键词:**机器人;焊接技术;工作安全;

**引言:**焊接是一项工作环境恶劣、工作强度大、对工作熟练程度要求高且对操作人员会产生潜在危害的工作<sup>[1,2]</sup>。进入 21 世纪 20 年代,伴随国家经济的发展,人民生活水平不断提升,同时我国社会老龄化不断加剧,一线焊工人数呈现减少趋势<sup>[3]</sup>。而根据国家统计局公布的我国焊接材料的产量数据显示,从 2006 年到 2014 年我国焊材产量在逐年增加,这就意味着焊接工作量在逐年增加。焊接机器人的出现有效解决了这种供需矛盾,并且可以使更多人把工作时间投入到更具创造力的工作上。同时焊接机器人的使用可以提高焊接生产效率,改善工作人员的劳动条件,稳定和保证产品质量,易于实现产品的差异化生产,并能够推动相关产业自动化升级改造。

焊接机器人技术发展几乎和典型关节机器人技术发展同步。各种机器人技术的开发、研究及应用推动着我国工业的快速发展。尤其是焊接机器人在各类机器人中占据非常重要的地位,约占工业机器人的 1/3,对我国经济发展转型发挥了至关重要的作用。

## 一、焊接机器人智能化关键技术

机器人智能化焊接是通过视觉传感、电弧传感、声学传感等多种传感手段,使机器人能够感知焊接过程变化,并进行推理和决策,实现焊接质量的控制<sup>[3]</sup>。目前智能化焊接技术的研究重点主要集中在焊接初始位置引导、焊缝跟踪、熔池监测、熔透控制及缺陷识别等各个环节,如图 3 所示。

### (一) 机器人焊接中的传感技术

传感技术在机器人智能化焊接中发挥着重要的作用,目前,视觉传感、声音传感、电弧传感、光谱传感及温度场传感等传感手段正被用于焊接过程实时监控中,图 4 为一个典型的多传感器智能化焊接监控系统。

在这些传感器中,电弧声音传感器利用焊接电弧的能量变化,可以灵敏地感知熔池状态和焊接质量变化,常用于监控电弧变化、预测熔滴过渡类型等。由于电弧传感器采集到的焊接电流与电压电弧信号直接影响着焊缝成形质量,因此这些电信号普遍用于预测焊接熔透,分析焊接缺陷等;此

外,机器人 TIG 焊中电弧电压与弧长的对应关系,可用于实时焊缝跟踪控制。温度传感器可以直接获取焊接过程中的温度分布状态,获取的熔池信息不易受弧光影响,在熔透状态预测、焊接质量监控等方面都具有较大的应用前景。电弧光谱具有信息丰富、与电弧不接触的优良特性,是焊缝缺陷分析最具前景的新方法。

视觉传感器以非接触特性、信息丰富、精度高、检测速度快及适应性强等优点,成为最受重视的传感技术,被广泛用于焊接导引、焊缝跟踪、焊接过程监控中。根据是否使用辅助光源,可以将视觉传感器分为主动视觉传感和被动视觉传感<sup>[2]</sup>。被动视觉直接使用电弧作为光源,具有图像信息丰富,传感器结构简单等优点,主要在焊接环境识别、熔池监控中应用。而主动视觉是利用结构光等作为辅助光源,其受焊接过程影响较小,具有图像质量稳定、精度高、焊缝特征明显等优点,常用于焊接寻位和焊缝跟踪控制中。

### (二) 焊接导引与寻位

焊接导引技术是根据传感器恢复的空间坐标引导机器人到焊接初始点。杨雪君等人基于被动视觉传感器,采用一目多位的方式恢复特征点空间坐标,如图 5a 所示根据主动视觉传感器的测量模型获取特征点的三维坐标,如图 5b、图 5c 所示。视觉导引技术为机器人提供了应对加工、装配误差等导致的起弧点偏离的问题。

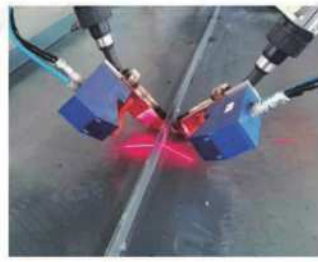
近年来,视觉导引技术也常用于解决焊接示教复杂的问题。利用主动视觉控制器获取工件点云,并自动生成焊接路径,实现了一定程度上的自主焊接,如图 6 所示。

### (三) 焊缝跟踪技术

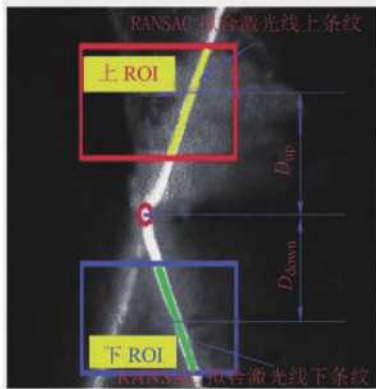
焊缝跟踪技术是在焊接过程中实时调整机器人轨迹,使机器人能适应热变形等导致的轨迹偏差,可以有效地保证焊接质量,已逐渐用于各焊接生产线中。采用被动视觉传感器提取焊缝边缘及熔池区域图像的特征,实现了过程中的焊接轨迹自动纠正,其焊接系统及典型图像如图 7 所示。通过处理主动视觉传感器采集到的激光条纹图像,获得焊缝特征点三维坐标实现焊缝跟踪,如图 8 所示。这些传感器在保持



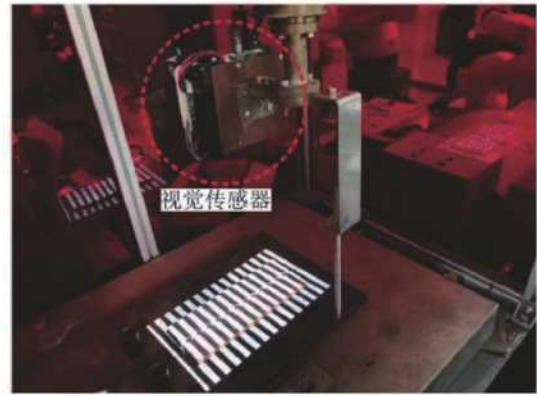
a) 被动视觉焊接导引



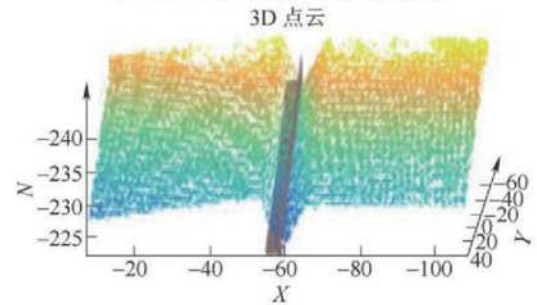
b) 主动视觉焊接导引



c) 主动视觉起始点检测



a) 主动视觉焊接路径自动生成系统



b) 工件点云及焊接路径

较高精度的同时，对焊接过程中的弧光、飞溅、烟尘等抗干扰性能强。

## 二、我国焊接机器人应用和发展现状

### (一) 焊接机器人的应用

焊接机器人在工业生产领域表现出的高效益、高可靠性、高灵活性的特点为世人瞩目，从第一台焊接机器人的诞生迄今 50 多年的发展中，焊接机器人已从最初的点焊机器人扩展到熔化极气体保护焊、钨极氩弧焊、埋弧焊、搅拌摩擦焊、激光焊、等离子焊、气焊等十多种焊接领域，作业范围已从室内延伸到野外、水下、太空、核环境等<sup>[1]</sup>。焊接机器人正逐步将焊接工人从高疲劳、高危险的劳动环境中解放出来。

### (二) 焊接机器人及工业机器人的应用情况

通过表 1 可知，近 10 年我国焊接机器人的销量呈现波浪式增长，焊接机器人在工业机器人中所占的比重在 2012 年达到顶峰，近几年焊接机器人在工业机器人中所占比重呈下降趋势。这与焊接机器人在万名焊工中的拥有量要远远高于我国工业机器人的平均密度（即制造业万名工人中工业机器人拥有量）有关<sup>[2]</sup>。根据行业统计，我国 2014 年焊接材料产量为 568 万 t，扣除出口部分，按照国内自身消耗焊材数量，保守估算 2014 年我国焊接工人数 200 万人左右。参照此数据，2014 年我国焊接机器人的行业密度约为 352 台，远远高于同期我国工业机器人的密度 36 台。而同期全球工业机器人密度最大的国家韩国，其工业机器人密度为 478 台。据不完全统计，服务于焊接加工领域的焊机机器人占全球在役工业机

器人的一半左右，通过以上数据可以预测焊接机器人在我国还有很大的发展空间。

### (三) 各类型焊接机器人的应用情况

目前，我国工业领域应用最多的焊接机器人是弧焊机器人，其主要应用于汽车、工程机械、摩托车、铁路、船舶、航空航天、军工、自行车、家电等行业；其次是点焊机器人，点焊机器人主要应用于汽车行业，包括汽车车身、零部件的焊接；然后就是激光焊接机器人，由于激光焊接具有功率密度高、焊缝深宽比大、热影响区小，且容易实现自动化等特点，近几年发展迅速，在汽车车身制造领域应用十分广泛。在其他焊接机器人领域，摩擦搅拌焊机器人在铝及铝合金焊接领域发展迅速。目前 ESAB 研制的空间曲线 Rosio TM 摩擦搅拌焊机器人系统可对不大于 5 mm 的铝合金进行优质高效焊接，图 1 为截止到 2013 年我国各类焊接机器人累计装机情况。

## 三、焊接机器人技术未来发展方向研究

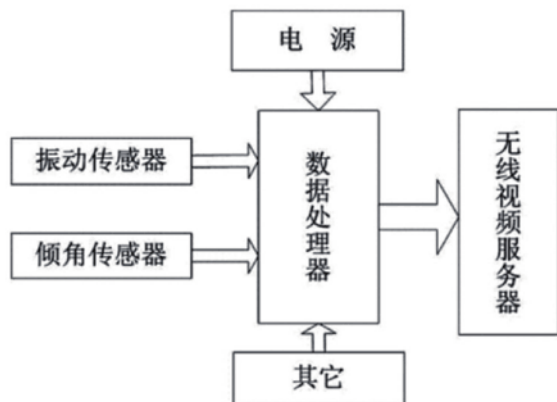
### (一) 焊接机器人自动化技术

焊接机器人自动化技术主要包含模糊控制技术、视觉控制技术及神经网络控制技术，每一类控制技术在零件的焊接过程中都起到相应的作用<sup>[4]</sup>。视觉控制技术一般指的是借助视觉传感装置对于焊接机器人操作的区域进行深入处理，之后再把捕捉到的视频影像和参数信息随时记入电脑系统，为广大相关焊接机器人数控编程技术人员提供进一步的技术支持，通过针对相关参数信息的研究精准定位焊接机器人的位置。神经网络控制技术指的是计算机对人类思维进行模拟的一种方法，由于在焊接机器人的焊接过程中，经常会发

生某些意外状况，而借助神经网络控制技术可以迅速应对焊接机器人工作过程中遇到的状况，然而把神经网络控制技术有机地应用在焊接机器人控制系统中，最后取得符合相关技术标准焊接效果。

### (二) 多传感装置信息结合技术和虚拟现实技术

多传感装置信息结合技术是焊接机器人领域比较多见的一类技术，该技术可以全方位符合相关企业的生产要求，也能够把焊接机器人相关技术全方位普及和推广。此外，焊接机器人中通常会配备超声波传感装置，用来保证焊接机器人工作过程中的安全平稳性，让其可以快速接收准确的数据信息。多传感装置信息结合技术原理见图 3。虚拟现实技术一般指的是借助电脑编程的方式，把相关的参数信息转化成一种模拟现实环境的技术，从而为焊接机器人焊接过程提供相关技术支持。使用该项技术还能够为相关焊接机器人数控编程技术人员提供真实的使用感受，最大程度上提升焊接零件的品质及焊接机器人的工作效率<sup>[5]</sup>。与此同时，相关技术人员还需要在电脑上实现对应的焊接机器人焊接操作步骤，用以提升整个焊接操作的实效性。



### (三) 焊缝自动识别与跟踪技术

对焊接机器人进行视觉传感的初始焊位识别及焊接过程中的焊缝跟踪研究，是焊接机器人实现高效优质焊接的关键技术之一。焊缝的自动识别是实施焊接动作的第一步，并且对于提高焊接机器人的智能化程度，实现焊接机器人的智能化自主焊接是十分必要的。由于加工和装配上的误差，以及焊接过程中产生的不均匀温度场导致的焊接变形等会造成焊缝形状及位置的变化，因此在焊接过程中采用焊缝跟踪技术实时检测焊缝状态，以调整焊接路径，对保证焊接质量至关重要。

结论：综上所述，焊接机器人在将来智能制造技术领域中的作用相当重要，焊接机器人在相关企业生产制造过程中起到了至关重要的作用，相关焊接机器人数控编程技术人员在零件的焊接过程中可以大幅提升相关产品的质量及总体焊接制造效率。相关研发队伍对于焊接机器人相关技术的开发研究最大限度地促进了工业制造业领域的发展。

#### 参考文献：

- [1] 费存华. 焊接机器人技术研究与应用现状探讨 [J]. 现代制造技术与装备, 2018,258(5):65+67.
- [2] 靳全胜, 李杰. 焊接机器人技术研究与应用现状 [J]. 轻工科技, 2018,34,231(2):39-40+62.
- [3] 谢小宝, 林健力. 焊接机器人应用现状与研究发展趋势 [J]. 海峡科技与产业, 2018,228(6):90-92.
- [4] 闫河江. 焊接机器人的应用现状和发展趋势 [J]. 华东科技(综合), 2018(9):3.