

# 焊接机器人自动化焊接的实现与探究

梅卫平

江铃汽车股份有限公司 江西南昌 330000

**摘要:** 焊接就是在我国制造行业中非常重要的一种加工方法, 在工业生产中获得广泛地应用。随着目前制造行业逐渐地朝向智能化方向的转型, 对焊接自动化需求也越来越高。基于此, 本文首先说明焊接机器人自动化焊接技术的概述, 再叙述焊接机器人研究现状, 最后对焊接机器人自动化焊接系统的实现进行探究。

**关键词:** 焊接机器人; 自动化焊接系统; 实现与探究

## Realization and Research of Automatic Welding of Welding Robot

Weiping Mei

Jiangling Motors, Nanchang, Jiangxi, 330000

**Abstract:** Welding is a very important processing method in China's manufacturing industry, which has been widely used in industrial production process. With the manufacturing industry gradually towards the intelligent direction of the transformation of welding automation demand is higher and higher. Based on this, this paper first describes the overview of welding robot automatic welding technology, then describes the status of welding robot research. Finally, the realization of welding robot automatic welding system is explored.

**Keywords:** Welding robot; Automatic welding system; Realization and research

### 引言:

目前, 我国焊接工业生产过程中, 对焊接机器人的运用大多数都是示教编程和离线编程, 此种示教系统不可以实时地按照焊接信息, 从而应对进行调节, 因此, 对环境一致性的要求比较严格, 没有办法应对焊接过程的变化, 难以实现高质量的自动化焊接工作。针对以上存在的问题, 本文主要探究焊接机器人自动化焊接系统的实现, 最大限度地提升焊接过程的智能化水平。

### 1 焊接机器人自动化焊接技术的概述

机器人技术是一门综合型技术, 涉及到机械设计、正逆运动学、传感器技术、控制理论以及人工智能等多种知识的交叉融合。自二十世纪五十年代, 世界上第一台工业机器人UNIMATE在美国诞生以来, 机器人技术水平得到了飞速的发展。在此基础上, 焊接加工领域的焊接机器人也应运而生, 从其诞生以来, 焊接机器人发展历程大致可分为三个阶段。第一代为人工示教型焊接机器人, 通过执行人工存储的运动轨迹来执行任务, 这种方法操作简单, 应用广泛, 但是缺乏鲁棒性、柔顺性。

第二代在传感器技术的发展下, 具备了一定的感知能力, 较第一代焊接机器人有了明显的性能和适用性的提升。第三代焊接机器人在多种传感器技术以及智能控制技术等的不断发展基础上, 不仅提升了感知能力, 而且能够根据不同的环境执行不同算法实现更加复杂的任务。焊接机器人正逐步向着智能化和多样化方向发展。

### 2 焊接机器人研究现状

随着视觉传感器技术及计算机技术的发展, 自动焊接机器人有了更广阔的发展空间, 针对自动化焊接机器人, 国内外都展开了非常广泛的研究。

国外对于焊接技术的研究较早, 上世纪八十年代初, 日本和美国开发了一套焊缝跟踪系统, 该系统主要应用于弧焊机器人, 跟踪精度可达到0.4mm, 但并没有完全的实现自动化, 只是通过示教的方式依据视觉提取的信息对路径进行校正。之后, 欧美许多国家都有焊缝跟踪的商业化产品应用于生产中, 如英国MetaMachines公司设计的LaserPilot系列、LaserProbe系列、VistaWeld系列、LaserVision等焊缝跟踪系统, 其中LaserPilot系列

跟踪系统定位精度小于0.1mm, LaserVision高速焊缝跟踪系统具有自动实时跟踪焊缝、参数可编程等多种优点。瑞典ASEA公司研制的LaserTrack跟踪系统焊接精度为0.4mm, 可以自主寻找焊缝初始点并对其进行跟踪。美国Automatix公司生产的实时焊缝跟踪系统Robovision II跟踪速度达到1m/min。

除了众多应用于工业生产的商业产品外, 国外众多高校在焊接视觉、焊缝跟踪领域也开展了广泛的研究。英国WhiteR.A等人针对坡口焊缝采用主动视觉系统, 使用全局搜索法寻找焊缝拐点, 该系统可以处理5-20mm宽的焊缝, 但由于图像处理耗时长, 实时性不高。美国Wei Huang等人提出基于结构光的主动视觉系统, 大大提高了实时性。韩国首尔国立大学的Doyoung Chang, DonghoonSon等人利用了激光位移传感器, 提高了结构光焊缝识别精度, 为了检测单对接焊缝的非零间隙, 开发了一种基于焊接路径规划的焊缝跟踪算法。基于激光的机器人主动视觉精度高、易于实现, 但是对于焊缝的宽度和类型等要求较高, 不易于灵活的使用, 其鲁棒性大大降低。

国内在焊接机器人方向的研究起步较晚, 近年来, 国内众多高校学者在此领域积极探索研究, 进行了大量卓有成效的研究工作。以哈尔滨工业大学1985年成功研制我国第一台焊接机器人HY-1起始, 在随后的二三十年中, 我国各高校、科研院所、高科技公司等针对不同的应用环境、方式等进行了广泛的研究与开发。

哈尔滨工业大学的孔宇等提出了机器人结构光视觉三点接缝定位技术, 运用位姿变换矩阵的数学描述实现了机器人焊缝位置的快速精确定位, 使得弧焊机器人在进行批量生产过程中能针对焊缝位置的变化做出相应的调整。何景山针对TIG焊接, 在焊缝跟踪系统中通过将图像采集频率和焊接电流频率同步控制, 降低了图像干扰并提高了工作的可靠性。清华大学潘际銮院士等研究了弧焊跟踪系统中的控制系统及传感器, 提出了一种基于焊缝CCD图像模式特征的焊缝轨迹识别的新算法。该算法能够快速准确地识别各种坡口并具有自适应噪声等特点。上海交通大学学者针对对接焊缝提出了一种局部到整体的焊缝识别方法。该方法以局部焊缝的两个端点起始不断通过边缘检测和边缘连接来寻找剩余部分的焊缝, 从而完成对焊缝的识别。

华南理工大学提出了一种基于自适应共振理论神经网络的焊缝跟踪算法, 这种算法将神经网络和模糊控制融合到了焊缝跟踪系统中, 将焊缝截面方向的灰度划分开来记忆到神经网络中, 并与实际操作时获得的图像对

比, 得到的偏差作为模糊变量, 以此模糊变量来设计控制器。这种算法具有很强的抗噪声能力。华中科技大学朱六妹、宋国军等提出了利用Log滤波等先对图像预处理, 再利用Roberts算子进行边缘提取, 然后在寻找边界点, 并将斜率变化的极值点作为焊缝特征点。李原等人提出一种基于图像灰度直方图的方法得到图像特征, 该方法针对反光、毛刺等对图像采集的影响, 利用激光条纹的特点来提取焊缝中心线, 提升了可靠性。随后, 李和平提出了先用遗传算法分割图像, 再采用模板匹配来提取焊缝中心线的方法解决对焊缝类型要求较高的缺点。

综上所述, 目前国内外焊接机器人都采用了多样的技术来实现焊接机器人, 但是进行综合性设计的自动化系统方面的研究并不多, 而且在实时性和精度上常常难以平衡, 故而本文针对焊接机器人自动化系统设计并且保证实时性与精度的要求得到满足。

### 3 焊接机器人自动化焊接系统的实现

#### 3.1 软件系统及功能模块

##### 3.1.1 软件系统

焊接软件系统编程环境基于windows10系统, Microsoft Visual Studio 2015平台, 并且结合OpenCV图像处理库、相机SDK以及机械臂UR Script指令等进行整个软件系统的设计, 主要编程语言为C++与python。OpenCV是一个跨平台的计算机视觉库, 轻量且高效, 同时也有多种语言的接口, 包含丰富的成熟图像处理函数, 通过OpenCV来实现图像处理可以提升系统的实时性能。

##### 3.1.2 软件系统中的功能

###### (1) 参数初始化模块

系统主要参数包括图像采集设置参数、通信设置参数等。另外系统工作前需要通过标定步骤获取相机参数。图像采集设置即工业相机设备相关参数, 如曝光设置、触发设置、颜色调整、分辨率等参数的设置, 通过MindVision相机配套的SDK接口函数来进行设置, 通信设置主要是机械臂控制箱同计算机之间的参数, 为建立两者之间的通信连接, 需要进行端口等的设置。

###### (2) 定位检测模块

该模块包括图像预处理、焊点定位、立体匹配及坐标转换等功能, 首先对实时采集的图像进行ROI提取并进行灰度化处理, 然后通过滤波操作降低干扰, 再进行特征点的定位, 特征点定位包括对图像进行霍夫变换拟合直线、边缘检测及角点检测等, 之后结合右相机图像以及初始化的标定参数展开立体的匹配工作之后, 从而得到一个焊点的三维坐标, 并且把坐标通过手眼的关系, 换算到机械臂的坐标系中, 计算的结果能够当作机械臂

控制模块的目标位置输入。

### (3) 机械臂控制模块

通过机械臂控制箱与计算机之间的通信可以获得机械臂的位姿状态并对其进行指令操控, 通过对 UR 机械臂发送 URScript 指令完成到达指定目标位置的操作。

### 3.2 硬件系统的构成

硬件系统主要以计算机为核心, 其主要的功能部分能够被分为视觉系统以及机械控制体系这两个子系统。与此同时在工作平台的基础上, 为了有助于焊接过程相机的移动, 需要定制滑动的控制架, 通过脉冲控制相机的移动。视觉子系统包括工业相机、镜头、数据传输线、外部光源及计算机等, 本文采用的相机是 MindVision 的 MV-0300 系列工业相机, 利用 USB 传输线与计算机进行通讯, 表 1 所示为部分相机参数。

表 1 工业相机的相关参数

型号	MV-U300
SENSOR 尺寸	2048H × 1536V
有效像素	C/CS 接口
镜头接口	43dB
信噪比	12fps (2048 × 1536)
最大帧率	93fps (800 × 600)
像元尺寸	5.2 μm × 5.2 μm
数据接口	USB2.0

左右双摄相机平行固定于滑动控制架上, 置于工作台中央上方, 方便对完全视野的图像采集。视觉子系统采集的图像信息需要经过 USB 传输线传到计算机进行图像处理。机械臂控制子系统主要包括 UR3 机械臂、机械臂控制箱、示教板、模拟焊枪等, 系统主体 UR3 机械臂是 Universal Robots 的 UR 系列机械臂, 具有六个自由度, 其主要性能指标如表 2 所示。

表 2 UR3 机械臂性能指标

性能指标	参数
有效负载	3Kg
有效工作半径	500mm
关节范围	+/-360° 第六轴无限旋转
通讯	TCP/IP 100Mbit; IEEE802.3u, 100BASE-TX 以太网接口 & Modbus TCP。

该机械臂的编程控制方式主要有三种: ①利用示教板对其进行现场示教编程, 这种方法形象直观, 对于简单的重复动作编程非常方便, 但是对于复杂动作效率极低而且不能远程控制。②通过 UR Script 命令语句进行离线编程, 形成 urp 格式的程序文件对其进行操作。③UR3 机械臂具有多种通讯方式, 可以通过上位机对其发送 UR Script 指令的方式进行操作。

本文首先从自动化焊接机器人系统的搭建开始, 完成了软件以及硬件的选择, 平台的设计以及设备之间的连接。并基于模块化思想设计焊接系统的软件功能模块, 组合实现焊接实验系统的软件模块。

### 3.3 焊接机器人自动化焊接系统实现的效果

由于部分因素的影响, 通过模拟接触进行焊接模拟, 然而没有进行实际焊接操作, 为了验证焊接过程的准确性, 首先以机械臂手动控制到达焊接点时机械臂的反馈坐标作为焊点实际位置, 采样记录焊接过程中机械臂末端的反馈坐标, 并对多次实验的结果进行均值处理, 得到其三个坐标方向的趋近过程。焊接过程中, 机械臂可以快速地到达所识别焊点位置, 同时误差在 ±1mm 内, 证明焊接机器人自动化焊接系统能够完成工程焊接的操作要求。

## 4 结论

综上所述, 焊接是工业生产中一种常见且非常重要的技术, 随着制造业不断地发展, 现阶段对智能工业发展需求的增长, 对机器人焊接自动化的探究有着十分重要的意义。本文主要通过软件系统及功能模块、硬件系统的构成以及焊接机器人自动化焊接系统实现的效果方面, 进一步阐述焊接机器人自动化焊接系统的实现。

### 参考文献:

- [1]何景山, 杨春利. 无辅助光源图像法 TIG 焊缝跟踪传感系统[J]. 焊接学报, 2000, 21(1): 37-40.
- [2]郑军, 刘正文, 马兆瑞, 等. 基于最小误差逼近的轮廓特征点提取[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48(2): 165-168.
- [3]张妮, 马兆瑞, 郑军, 等. 结构光视觉焊缝跟踪传感器光学系统的研究[J]. 电焊机, 2006, 36(3): 22-26.
- [4]Shi F, Zhou L, Lin T, et al. Efficient weld seam detection for robotic welding from a single image[M]. Robotic Welding, Intelligence and Automation. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007: 289-294.
- [5]Wu M, Gao X, Yan W X, et al. New mechanism to pass obstacles for magnetic climbing robots with high payload, using only one motor for force-changing and wheel-lifting[J]. Industrial Robot: An International Journal, 2011, 38(4): 372-380.
- [6]黄石生, 钱迎雪. 基于 ART 人工神经网络的焊缝跟踪检测算法[J]. 机械工程学报, 1994, 30(2): 93-98.
- [7]朱六妹, 宋国军, 王伟, 等. 激光视觉焊缝跟踪实时图像处理研究[J]. 光电子技术, 2002, 22(4): 231-235.
- [8]宋国军, 朱六妹, 王伟, 等. 视觉焊缝跟踪实时图像处理研究[J]. 焊接技术, 2003, 32(1): 10-12.