

点焊机器人的工作原理及其结构 CAD 技术

李艳君, 甄恒洲

(大连大学 机械工程系, 辽宁 大连 116622)

摘 要: 本文在机构学、机械设计的基础上, 根据点焊机器人的工作原理和技术特点, 论述了其机构的焊接运动过程, 以及此类机器人机械结构 CAD 系统的主要技术构成。

关 键 词: 工业机器人; 点焊; 机械结构 CAD

中图分类号: TP391.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-2395(2002)04-0014-04

机器人是在人员难以工作的环境, 如有害于人身健康的环境下, 部分代替人工操作的自动化装置, 适合于完成简单和重复性的操作, 在制造业中得到越来越广泛的应用; 其优点是: 定位准确度高、重复精度高、持久耐用、负荷重量大、在有害的环境下可以替代人工作业等。成为自动化生产线上不可缺少的装置。

近些年来, 焊接机器人在焊接领域的应用已逐步向柔性化和集成化的方向发展, 这不仅要求机器人操纵准确、性能稳定、精度高, 还要求机器人应对作业环境和作业对象有一定的适应性, 从而向达到和其它系统(如 CAD/CAM/CIMS)或生产过程的无缝集成发展。因此, 在对此类机器人进行设计时, 应对机器人机构进行运动解析及综合分析, 同时由于此类机器人在结构上采用开式链, 其设计的出发点又不同于一般的机械。因此, 首先应当依据机器人整机结构的几何模型, 进行点焊操作过程的运动模拟分析, 检查机器人的运动轨迹是否满足使用要求、能否实现适时控制, 以及在运动过程中是否会与周围装置和物体产生干涉; 在此基础上, 进行整机机械结构和传动机构的选择与设计、以及控制系统设计计算。本文从系统的易用性和实用性的角度出发, 以机械制造行业中自动生产线上用的点焊操作机器人的机械结构设计过程为例, 说明其 CAD 系统的构成及其设计概要。

1 点焊机器人操作的技术原理与特点

点焊机器人被广泛用来焊接薄板材料, 点焊作业占汽车工厂的车体组装工程的大半, 点焊机器人手臂上所握焊枪包括电极、电缆、气管、冷却水管及焊接变压器, 焊枪相对比较重, 要求手臂的负重能力较强。现在采用直流后交流伺服电机驱动方式已满足要求, 其重复定位精度可达到 $\pm 0.30 \sim \pm 1 \text{ mm}$, 质量保证一致, 因此在工业机器人中仍占有较大的比例。

附图所示为点焊机器人示意图, 该机器人运动轴为六轴关节式, 电动机 M1 驱动回转

收稿日期: 2001-12-19

作者简介: 李艳君(1959-), 女, 高级工程师。

台旋转, 实现第一轴的运动; 电动机 M2 推动臂架 2 的摆动, 实现第二轴的运动; 电动机 M3 带动驱动臂架 12 的摆动, 实现第三轴的运动; 电动机组 M4、M5、M6 通过实轴或空心轴, 实现驱动手腕的动作。为了保证结构在运动过程中保持尽可能无间隙和一定的刚性, 避免大的惯性扭矩, 并一直保持高速, 直至传递到工作端才进行减速, 第一轴采用了摆线针轮减速器, 第二轴、第三轴使用了滚珠丝杠, 手腕部件的各驱动轴均采用了谐波齿轮减速器。此外, 为了抵消惯性力影响, 在第二轴、第三轴上设置了平衡汽缸。

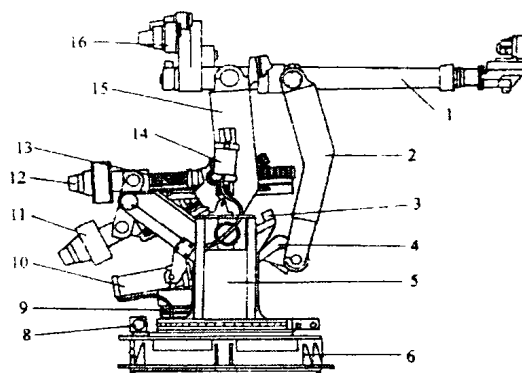
在确定了点焊机器人机械结构的几何模型后, 就可以进行其机构运动的仿真分析, 既能比较真实地模拟机器人所完成的点焊操作的运动过程, 又可进行点焊动作的运动分析和确定合理的运动范围。为使焊点轨迹不发生偏离, 以实现正确焊接, 在进行点焊操作作业时, 机器人首先是进行平移的动作, 完成焊枪和焊点间的位置修正; 然后进行焊枪和焊点间的角度误差修正, 实现点焊过程的规范操作。此类机器人回转机械臂类似于人的手臂, 在水平方向具有顺应性, 可吸收点焊操作中的平移误差和角度误差; 而在垂直方向具有较大的刚性, 便于点焊操作。如果在手部施加水平方向的作用力, 会使机械臂作微小的转动, 进行微调点焊操作。从而实现自动纠正并减小位置与角度误差, 使点焊操作能顺利地完成。

上述用于点焊操作的机器人主要技术指标是: ① 重复定位精度达 $\pm 0.30 \text{ mm}$; ② 自由度数为 6 个; ③ 各轴运动速度为 $80^\circ \sim 120^\circ / \text{sec}$ 或 $1.25 \sim 1.45 \text{ m/sec}$; ④ 柔性手臂转角范围为 $\pm 90^\circ$ 。通过选用不同型号的控制器, 可用于点焊和连续轨迹焊接作业; 调配手腕部所夹持的相应工具, 也可进行加工、装配等其他多种操作。

2 点焊机器人机械结构 CAD 技术的要点

机器人的设计、计算过程复杂, 涉及机械设计、机构学、传感技术、计算机应用、自动控制、仿生学、信息技术、人工智能等各个学科领域, 以及设计者长期的工作经验, 是跨学科的综合设计, 应从总体出发研究其系统内部各组成部分之间和外部环境与系统之间的相互关系; 本文仅依据机构运动学与动力学、机械设计的理论, 重点讨论点焊机器人机械系统的设计技术要点。

点焊机器人机械系统 CAD 技术的主要内容包括: ① 点焊作业机械人的总体机械结



1. 手臂及手腕; 2. 臂架; 3. 橡皮缓冲器; 4. 肘形节杆; 5. 回转台;
6. 机座; 7. 联接电缆; 8. 转台的缓冲器; 9. 第一轴(转台)电机(M₁);
10. 14. 平衡汽缸; 11. 第二轴(臂架)电动机(M₂);
12. 第三轴(驱动臂架)电动机(M₃); 13. 第三轴螺杆;
15. 驱动臂架; 16. 电动机组(M₄, M₅, M₆)

附图 点焊机器人工作原理示意图

构设计; ② 机器人基本组成机构的运动学和动力分析与验算; ③ 机器人内部机构的结构设计 (包括关节结构、传动机构、驱动方式等); ④ 机器人机械系统的优化设计; ⑤ 设计用的数据库和知识库建立; ⑥ 良好的人机交互界面设计。因此, 依据该设计系统, 只要将机器人进行作业操作的有关各技术参数 (如: 自由度、工作空间、额定负载、运动速度、分辨率、操作手位姿、轨迹准确度和重复性等) 作为设计条件输入, 便可自由地选择机器人的总体设计、运动学与动力学仿真、结构设计、零部件选择、优化设计等子程序, 进行点焊机器人的设计和输出计算结果。

设计系统的各组成部分 (子程序) 简要说明如下:

(1) 机器人本体结构设计: 由机器人的技术参数、现场作业位置和工艺操作要求, 选择其结构构形、机械结构 (手臂配置类型)、坐标形式、自由度、关节运动副形式。

(2) 终端效应器 (工件) 的运动轨迹创成: 可根据机器人作业要求, 创成末端工件位姿的轨迹函数 $f[X(t), Y(t), Z(t), \alpha(t), \beta(t), \gamma(t)]$, 求出其随时间变化的机器人各运动构件 (角) 位移、(角) 速度、(角) 加速度, 并在此基础上求出它们的最大值。

(3) 运动学仿真分析: 建立机器人各杆件的连杆坐标系, 利用齐次坐标变换方法, 进行机械手臂位置姿态的解析及综合、各关节的角速度和角加速度解析, 求出各连杆质心点、关节处的速度与加速度; 在此基础上确定其操作空间范围、速度与加速度的变化极值, 并进行运动仿真演示, 检验设计是否合理。

(4) 内部机构的初设计: 进行机器人连杆构件、关节、终端效应器的结构选择, 初步估算其几何参数与力学参数, 并确定传动构造 (各关节副的驱动形式)、传动部件的重量和驱动功率等。

(5) 机构动力学分析: 根据机器人各连杆构件的重量和惯量, 计算其各关节的驱动力 (矩) 及其最大值, 并进行机器人机构的加、减速性能验算。

(6) 结构的详细设计: 根据各种传动机构的性能, 从有关的 ISO、国家标准、行业规格标准 (数据库、知识库) 中, 选择有关机械零部件及参数, 确定机器人各组成部分的详细结构尺寸和联结尺寸, 完成该点焊机器人的总体设计。

(7) 结构优化设计: 从机构稳定性、动平衡的角度出发, 在满足操作工艺要求的条件下, 进行点焊机器人的动态优化设计, 以期在原设计的基础上获得性能较佳的机器人机械系统。优化设计大体可分三个部分: ① 结构参数、运动参数、动力学参数的确定; ② 有效工作空间、速度范围、加速度范围的确定; ③ 运动机构和机械结构的最优平衡设计。

(8) 设计结果的输出: 输出所设计的点焊机器人机械结构的总装配图、组成零部件图, 及其有关标准件、通用件的名细表。

3 结束语

采用工业机器人进行点焊操作, 可用于比较复杂的、恶劣的工作环境, 以及不易实现自动化、劳动生产率比较低的场合, 可以在一个工位完成几种操作, 实现提高生产率和降低产品成本的目的; 特别是代替人类在各种不适合人体工作的特殊环境下更显示出了它的优越性, 可大大提高人类的创造性劳动能力, 扩展人类的生产和活动范围。

(下转第 21 页)

参考文献:

- [1] 洪锦魁研究室. Jack 刻录机疑难解答[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [2] 施威铭研究室. 光盘刻录玩家实战[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999.
- [3] 林达, 等. Premiere5.0 创作效果百例[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.

The accomplishment of digital video editing and recording technology

FENG Hai-ping, SUN Yu-hua

(Foreign Language College, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: With the rational utilization of software and hardware, the digital image high-speed editing and recording can be fulfilled. This thesis focuses on the method of the fulfillment, the perfect combination of software, the rational outfit of hardware and the digital image making.

Key words: digital image collecting; digital image making; digital image recording

(上接第 16 页)

参考文献:

- [1] 熊有伦. 机器人学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [2] KORAN YARAN. Robotics for Engineers [M]. McGraw Hill, 1987.
- [3] SUGIMOTO K, et al. Special Configurations of Special Mechanism and Robot Arms [J]. Mech. Mach. Theory, 1982, 17(2): 119-132.

The working principle of a melting robot and mechanical system CAD techniques

LI Yan-jun, ZHEN Heng-zhou

(Department of Mechanics Engineering, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: On the basis of mechanism and machine theory, the main techniques and functions of a precision point melting robot are introduced, and its CAD system are established for further design and manufacturing.

Key words: industrial robot; point melting; mechanical structure CAD