

基于 UG 的弧焊机器人离线编程系统的设备建模

冯胜强, 胡绳荪, 杜乃成  
(天津大学 材料科学与工程学院, 天津 300072)

摘 要: 通过对弧焊机器人的结构以及各连杆的几何参数分析后, 运用 UGNX4. 0 强大的三维建模功能, 对 Motoman HP6 型弧焊机器人进行了三维建模。所建立的模型是整个离线编程系统的基础。在 UGNX4. 0 环境下, 弧焊机器人的设备建模包括三个重要的模块, 即零件建模模块、装配建模模块以及运动学模块。其中, 零件建模模块是基础, 装配建模模块和运动模块都是在此基础上进行的。以 VC++ 作为二次开发工具, 成功地进行了弧焊机器人和变位机的三维建模, 从而为 UG 环境下的二次开发研究打下了良好的基础。

关键词: 弧焊机器人; 离线编程; 建模; 二次开发

中图分类号: TP242 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2008)04-0089-04



冯胜强

0 序 言

在弧焊机器人的使用中, 以往的在线编程方式仅适用于大批量、单一产品的生产。然而, 随着人类文明程度以及生活水平的提高, 社会产品的多样性也随之提高, 单一的产品已经远远不能满足人们的需要。不仅如此, 在线编程的另一缺点是编程时需要机器人停止工作, 这不但降低了效率, 而且增加了生产的成本。除此之外, 在线编程的精度往往取决于操作人员的工作经验, 人为的因素导致精度下降。解决这一问题就需要采用离线编程的方法。而离线编程的关键就是对设备进行建模, 这是整个离线编程系统的基础。

以 UGNX4.0 作为开发平台, 以 VC++ 作为开发工具, 给出了该系统的建模方法, 成功地进行了弧焊机器人和变位机的三维建模, 从而为 UG 环境下的二次开发研究打下了良好的基础。

1 UG 平台的选择

UG 软件起源于世界著名的麦道公司, 并于 20 世纪 90 年代初并入全球最大的信息技术服务公司 EDS(electronic data system)电子资讯系统有限公司。选择 Unigraphics(以下简称 UG)作为系统的开发平

台, 主要是因为 UG 有着其它 CAD 软件无法比拟的优点: 首先, 它基于完全的实体复合建模、特征建模、装配建模技术, 已经成为航空航天、汽车、机械、计算机及外设、家用电器等领域的首选软件, 是目前应用最为广泛的软件之一; 其次, UG 软件提供了 CAD/CAE/CAM 业界最先进的编程工具集(图 1), 这组工具集称之为 UG/Open, 是一系列 UG 开发工具的总称, 它以开放性架构面向不同的软件平台提供灵活的开发支持; 再次, 利用 UG/Open 提供的应用程序和开发工具, 用户可以在其提供的平台上开发出适合自己需要的 CAD 产品; 最后, UG/Open 封装了近 2000 个函数, 以满足用户二次开发的需要。

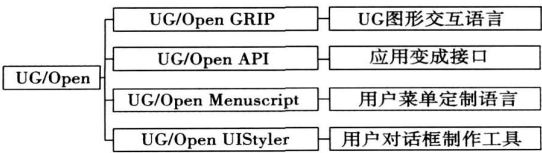


图 1 UG/ Open 二次开发工具集

Fig. 1 Aggregation of UG/ Open second development

UG/Open 包括的几个部分为 UG/Open Manuscript 开发工具, 对 UG 软件操作界面进行用户化开发, 无须编程即可对 UG 标准菜单进行添加、重组、剪裁或在 UG 软件中集成用户自己开发的软件功能; UG/Open UIStyle 开发工具是一个可视化编辑

器,用于创建类似 UG 的交互界面,利用该工具,用户可为 UG/Open 应用程序开发独立于硬件平台的交互界面;UG/Open API 开发工具,提供 UG 软件直接编程接口,支持 C, C<sup>++</sup>, fortran 和 java 等主要高级语言;UG/Open GRIP 开发工具是一个类似 APT 的 UG 内部开发语言,利用该工具用户可生成 NC 自动化或自动建模等用户的特殊应用<sup>[1]</sup>。

## 2 离线编程系统中主要的设备模型

在离线编程系统中,国外比较成熟的商品化软件,都可以对系统单元中的弧焊机器人、变位机、导轨以及夹具等各种设备进行建模,而国内的离线编程软件只能对简单的弧焊机器人进行建模<sup>[2]</sup>。国外商品化离线编程软件所能进行建模的弧焊机器人基本上有两种类型,如图 2 所示。图 2a 为含有闭环机械结构的机器人;图 2b 为树状结构的机械系统<sup>[3]</sup>。含有闭环机械结构的弧焊机器人模型要比树状机构的弧焊机器人模型复杂得多,前者的建模方法完全可以体现后者的建模方法。因此,着重讲述带有闭环机械结构的弧焊机器人建模方法。

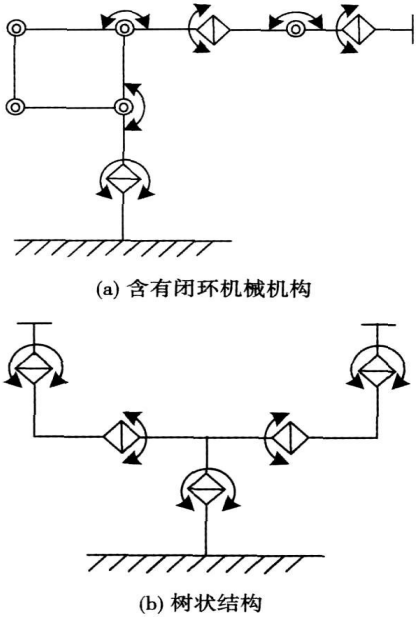


图 2 国外离线编程系统支持的机器人模型  
Fig.2 Robot models supported by foreign off-line programming system

## 3 弧焊机器人设备建模模块

所谓的弧焊机器人设备建模,就是要在计算机

上首先“绘制”出机器人的 3D 模型,然后分别定义模型的各个关节的属性,通过定义这些属性,就可以控制机器人的模型,使之成为离线编程所需要的实体。设备建模具体可以分为零件(part)建模模块、装配(assembly)建模模块、运动学(motion)模块。

### 3.1 零件(part)建模模块

在整个的设备建模系统中,零件建模是最为基本的模块。一个零件就是一个独立的刚体,没有任何的自由度,它的属性也是最少的。弧焊机器人的建模模块,就是由数个零件模块组成。设备建模的过程,就是各个零件建模的过程。例如,要建立一个 3 mm×2 mm×1 mm 的长方体模块,就需要在 UG 提供的函数库中,找到创建长方体的函数,然后加入该长方体的参数,就完成了该长方体的编程,该程序如下。

```
#include<stdio.h>
#include<uf.h>
#include<uf_modl.h>
#define UF_CALL(X) (report(_FILE_, _LINE_, #X
                        (X)))

static int report(char *file, int line, char *call, int irc)
{
    if (irc)
    {
        char msg[133];
        printf(" %s line %d: %s\n", file, line, call);
        (UF_get_fail_message(irc, msg))
        printf(" returned a %d\n", irc);
        printf(" returned error %d: %s\n", irc, msg);
    }
    return(irc);
}

... ..
... ..
void ufusr(char *param, int *retcode, int paramLen)
{
    if (!UF_CALL(UF_initialize()))
    {
        do_ugopen_api();
        UF_CALL(UF_terminate());
    }
}

int ufusr_ask_unload(void)
{
    return (UF_UNLOAD_IMMEDIATELY);
}
```

由上面程序所能产生的长方体模块如图 3 所示。

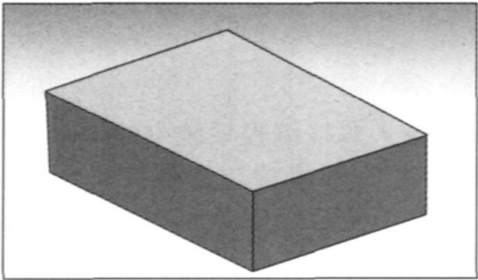


图 3 长方体模型  
Fig. 3 Rectangular model

3.2 装配(assembly)建模模块

当把所有的零件模块通过程序“绘制”出来以后,就需要对这些零件模块进行装配了。因为各个零件的复杂程度不一样,所以装配关系也不尽相同,用户可以选择任意一种情况。一般来讲,通常选用比较复杂的一个零件作为父部件,通过这个父部件连接多个子部件。一旦各个零件之间建立了装配关系,随动关系也就同时建立了,即父部件运动时,就可以带动其它的子部件一起运动。此系统可以使任何复杂的零件之间实现装配,并且如果用户指定了一个错误的父部件时,部件的正确运动方式就会自动进行调解,以保证模型能够正确地运动。

3.3 运动学(motion)模块

运动学模块是弧焊机器人运动学分析与几何造型、图形仿真间的桥梁,用它可以定义运动机构,比如弧焊机器人或者变位机等设备。用户只需要输入机器人的关节号、关节类型、关节轴线位置、关节连杆的主从关系以及关节活动范围等参数,系统就会自动生成机器人运动学模型。

由于弧焊机器人是具有关节的并且带有闭环机械结构的设备,对于这种模型来说,构成关节的部件必须进行运动变换定义。在操作手中零件模型的运动决定了该零件相对于其基坐标系所定义的关节运动量。因此,就可以确定关节运动的正方向,从而可以定量描述个关节之间的关系。关节变量可以用 Denavit—Hartenberg(DH)参数来描述,用来确定操作臂的状态,每个关节有一个关节变量;笛卡儿变量则用来描述末端执行器的位姿。机器人运动学包含两类问题,第一个是正运动学问题(direct kinematic problem, DKP),第二个是逆运动学问题(inverse kinematic problem, IKP)。前者给定操作臂的关节变量,求解相应的末端执行器的位姿,而逆运动学与之相反,已知末端执行器的位姿,则可以求解此状态下的关节变量<sup>[4]</sup>。

4 弧焊机器人模型的生成

系统所用的弧焊机器人是日本安川电机株式会社生产的 Motoman HP6 型弧焊机器人,该设备具有六自由度,实际弧焊机器人工作单元(其中包括弧焊机器人、变位机等设备),如图 4 所示。

根据上面所述方法,对实际的弧焊机器人进行了建模,并且仿真验证了其正确性,如图 5 所示。

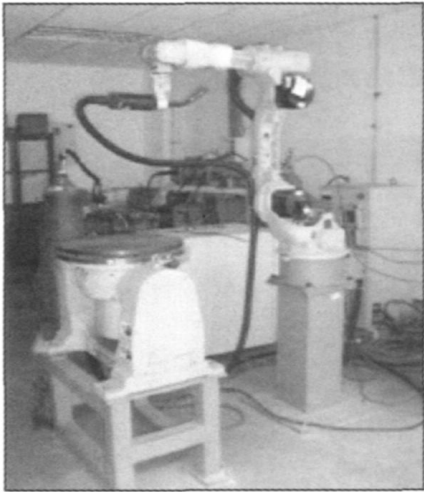


图 4 实际弧焊机器人工作单元  
Fig. 4 Practical arc welding robot work cell

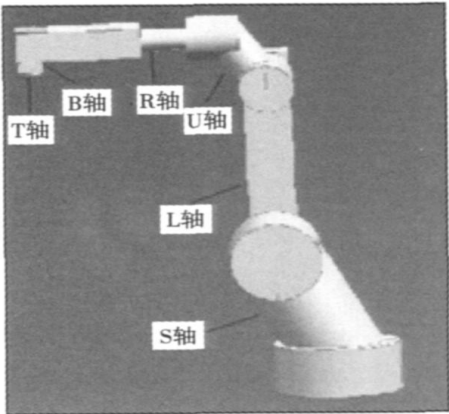


图 5 具有六自由度的弧焊机器人模型  
Fig. 5 Model of arc welding robot with six degrees of freedom

需要注意的是,在进行仿真验证时,一定要根据机器人厂家提供的有关数据参数,否则将会出现各个关节的干涉以及超出各关节的运动范围等错误<sup>[9]</sup>。表 1 分别给出了 Motoman HP6 型机器人 6 个轴的运动范围以及最大的运动速度。

表 1 机器人各轴的运动参数

Table 1 Motion parameters of every axes of robot

| 轴(运动状态) | 运动范围<br>$\theta/ (^{\circ})$ | 最大角速度<br>$\omega/ (\text{rad}^{\circ}\text{s}^{-1})$ |
|---------|------------------------------|--|
| S(旋转)   | $\pm 170$                    | 2. 62  |
| L(俯仰)   | $+155\sim-90$                | 2. 79  |
| U(俯仰)   | $+250\sim-175$               | 2. 97  |
| R(滚动)   | $\pm 180$                    | 5. 93  |
| B(俯仰)   | $+225\sim-45$                | 5. 93  |
| T(扭转)   | $\pm 360$                    | 9. 08  |

利用同样的方法,也可以生成变位机的模型。并且进行了编程仿真,证明了所建模型的正确性。整个工作单元如图 6 所示。

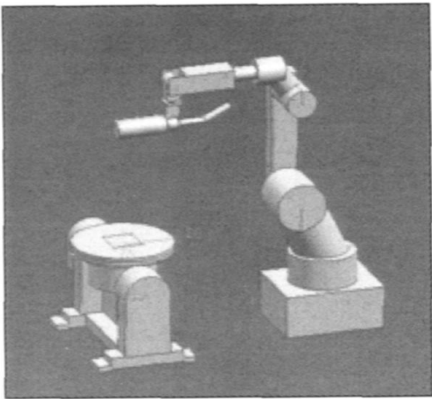


图 6 弧焊机器人及变位机的模型

Fig. 6 Model of arc welding robot and positioner

5 结 论

弧焊机器人离线编程系统中的设备建模是整个系统的基础,建模的成功与否直接关系着后续的所有工作。以 UG 为开发平台,利用编程的方式进行弧焊机器人设备的建模,并且进行了编程仿真,证明了所建模型的正确性。

参考文献:

[ 1 ] 陈献平,樊红丽.关于 UG 软件二次开发工具的研究[ J ]. 华中师范大学学报:人文社会科学版,2006(5): 141—143.

[ 2 ] 何广忠 杨胜群 吴 林 等. ACADOLP 机器人弧焊离线编程系统中的设备建模[ J ]. 焊接学报, 2002, 25(1): 10—13.

[ 3 ] Petruska P, Marcincin J N, Doliak M. ROANS— intelligent simulation and programming system for robots and automated work cell [ C] // 1997 IEEE International Conference on Intelligent Engineering System, 1997, 451—456.

[ 4 ] 陈 愚, 杨向东, 刘 莉, 等. 机器人技术与应用[ M ]. 北京: 清华大学出版社, 2006.

[ 5 ] MitsiK— D S, Bouzakis G, Mansour D, *et al.* Off-line programming of an industrial robot for manufacturing [ C] // Int Avd Manuf Technol, 2005, 262—267.

作者简介: 冯胜强,男,1979 年出生,博士研究生。主要从事焊接过程的自动化及弧焊机器人离线编程工作。发表论文 3 篇。

Email: fsq7980@tju. edu. cn

**Abstract:** It is the key issue for the seam tracking to obtain the high quality images which are convenient to be processed in arc welding process shielded by the gas of CO<sub>2</sub>. Firstly, on the basis of the principle that reflectors with curved surface reflect arc, a structure with the paraboloid of the reflecting mirror was constructed on the welding torch of the robot. The structure can produce parallel light by dint of arc which irradiates the area monitored by the CCD camera. The lum of the area is limited to the extent that is adapt to the camera. Secondly, the usability of the obtained images was discussed according to the characteristics of the welding process of short-circuit transfer and the directions of splash. Based on the algorithm of robot difference-moving, the obtained images were processed. The result of experiments has proved the validity of the method.

**Key words:** arc light reflecting; seam tracking; arc welding robot; image processing

#### Effect of welding wire compositions on microstructures and mechanical properties of welded joint of 2519 aluminum alloy

LI Huizhong<sup>1,2</sup>, GUO Feifei<sup>1</sup>, LIANG Xiaopeng<sup>1</sup>, LI Zhou<sup>1</sup> (1. School of Materials Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. School of Metallurgy Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China). p77—81

**Abstract** 2519 aluminum alloy was welded using ER4047 and ER2319 welding wire with the method of MIG welding. Mechanical properties and microstructures of welded joint were studied. The results show that the weldability of the 2519 aluminum alloy with ER2319 welding wire is better than that with ER4047 welding wire; the microstructures of weld metal is more refined with ER2319 welding wire than that with ER4047; The mechanical properties of welded joint is worse than that of base metal, the weld zone is the weakest point of welded joint. The soften zone in heat-affected zone(HAZ) is the second weakest zone of welded joint, which is formed due to the overaging of the main strengthening phase particles leading to coarsening.

**Key words:** 2519 aluminum alloy; composition of welding wire; mechanical properties; microstructure

#### Automatic control of open arc surfacing system for the milling roller

LI Zhenying, DAI Liping, HOU Ming, HE Qiong (College of Mechanical Electrical Engineering, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China). p82—84

**Abstract:** The automatic control method of open arc surfacing welding system was studied for the milling roller. The moving system formula was built according to the mechanical structure of the open arc surfacing welding system. The surfacing welding process could be divided into same-arc section and transition-arc section according to its characteristics. Fitting the sunk milling roller as a spherical surface, a moving-track control method was raised and the moving control formulas for the same-arc section and the transition-arc section were derived. The error formula was also built. The error analysis

gained with the aid of MATLAB proves the formulas and it meets the technical requirements.

**Key words:** milling roller; open arc surfacing welding; automatic control

#### Analysis of structure and growth of QCr0.8/TC4 welded reaction layer by electron beam welding

LIU Wei, CHEN Guoqing, ZHANG Binggang, FENG Jicai (State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China). p85—88

**Abstract** QCr0.8/TC4 electron beam welding seam was composed of fusion zone and reaction layer, and the structure, phase composition and extent of reaction played important part in the joint tensile strength. According to the Fick diffusion law, the ratio of elements Cu and Ti diffusion flux can be calculated. In the reaction layer, CuTi was generated firstly, which was continuous and distributed in the reaction layer. The energy spectrum analysis indicated that the reaction layer composition was Cu+Cu<sub>x</sub>Ti zone and CuTi based solid solution zone. And Cu<sub>x</sub>Ti was the mixture of several compounds such as Cu<sub>4</sub>Ti, Cu<sub>3</sub>Ti, and Cu<sub>2</sub>Ti and so on. Due to the rapid cooling, The zone near TC4 fusion line couldn't generate the second phase compound in the weld. Therefore, the continuous intermetallic compound CuTi resulted in high residual stress and hard brittle layer, which was the main factor effecting the joint mechanical properties.

**Key words:** QCr0.8 alloy; TC4 alloy; electron beam welding; weld reaction layer

#### Equipment modeling of off-line programming system of the arc welding robot based on UG

FENG Shengqiang, HU Shengsun, DU Naicheng (School of Materials Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China). p89—92

**Abstract** The modeling could contact the solid model of the robot with its modeling data, which made these solids identified by the off-line programming system, in the off-line programming system of the arc welding robot by the second development. The model was the base of the whole off-line programming system. In the surrounding of UGNX4.0, the equipment modeling of arc welding robot consists of three key module including part motion module, assemble modeling module and motion module. In the three of module, the part module is the base of them, and then the assemble modeling module and the motion module were taken. The models of the arc welding robot and positioner were successfully founded, which grounded the second development in the ground of UG and by using VC++ as the tool of the second development.

**Key words:** arc welding robot; off-line programming; modeling; second development

#### FEA preprocessing system of welding analysis based on VRML

GAO Jiashuang<sup>1</sup>, YANG Jianguo<sup>1</sup>, FANG Hongyuan<sup>1</sup>, SHI Wenrong<sup>2</sup>, SHANG Haibo<sup>3</sup> (1. State Key Laboratory of Advanced Welding Production Technology, Harbin Institute of Technology,