

机架双机器人焊接工作站计算机 仿真技术研究

周方明¹,周涛¹,郭勇²,何天刚²

(1.江苏科技大学 先进焊接技术省级重点实验室,江苏 镇江 212003;2.成都焊研科技有限责任公司,四川 成都 610051)

摘要:针对船用柴油机H型构件生产过程中的生产效率不高、焊接质量人为因素影响大、生产工人劳动强度高问题,提出了双机器人焊接工作站系统的焊接技术方案。应用KUKA SIM Pro软件,建立了H型构件、三维滑轨、变位机、机器人模型,开展了H型构件双机器人工作站系统的焊接模拟研究,获得了组成系统的结构型式与有效尺寸,系统可有效地防止机器人发生碰撞和保证其手臂具有良好的可达性。为适应H型构件“L”型焊缝成形控制要求,提出了焊枪姿态控制方法,并经焊接实践得到了良好的“L”型焊缝成形。

关键词:H型构件;机器人焊接工作站;仿真;路径优化;焊缝成形

中图分类号:TG409 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2303(2008)12-0011-05

Study on computer simulation for two robot welding workstation of H-component

ZHOU Fang-ming¹, ZHOU Tao¹, GUO Yong², HE Tian-gang²

(1.Provincial Key Lab of Advanced Welding Technology, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China; 2.Chengdu Hanyan Technology Co., Ltd, Chengdu 610051, China)

Abstract: Considering the low production efficiency, poor welding quality and bad work environment in the marine diesel engine H-component production process. By the modeling of H-component Robot, application of KUKA SIM Pro software, designed a welding robot Simulation System for improving welding efficiency and welding quality, Implemented welding robot's analog simulation and path planning. Established the mathematics model of minimum running angle and distance between nozzle and work piece, combine the models with control equations to realize controlling appearance of weld before corner, established the relation equation to calculate welding gun pose before corner and after corner, proposed controlling theory for appearance after corner and realize good appearance of "L" weld.

Key words: H-component; robot welding workstation; simulation; path optimization; welding forming

0 前言

随着世界造船业竞争的日益激烈,将焊接机器人应用于工程焊接中,不仅可以实现焊接生产自动化,大幅提高焊接质量和效率,改善产品的品质和可靠性,而且可以提高应用企业的知名度和形象,增加企业的竞争能力,降低劳动强度^[1-2]。随着机器人应用到中小批量生产以及所完成任务的复杂程度

增加,用示教方式编程很难满足要求。基于多传感器、多媒体的虚拟现实技术,可以实现机器人的虚拟遥控操作和人机交互。虚拟现实技术还可以模拟焊接过程,在计算机上先完成焊接过程,实现将工艺转化为数字化操作,再由数字化操作指导实际生产,从而实现对生产系统性能进行有效的预测评价^[3]。随着机器人学和计算机技术的不断发展,目前已经形成了高度自动化的生产系统,这些系统和CAD/CAM技术的结合已形成了不可避免的趋势,这就是所谓的CAD/CAM/ROBOTICS一体化^[4]。在这样的CAD/CAM/ROBOTICS一体化系统中,由于机器

收稿日期:2008-09-03

作者简介:周方明(1964—),男,江苏高淳人,教授,博士,主要从事焊接设备与工艺、焊接数值模拟与质量控制的研究与教学工作。

人工作环境的复杂性,对机器人及其工作环境乃至生产过程的计算机仿真是必不可少的。机器人仿真系统的任务就是在不接触实际机器人及其工作环境的情况下,通过图形技术,提供一个和机器人进行交互作用的虚拟环境。

本研究在总结前人的基础上,曾利用软件 3dmax 对焊接过程进行仿真,但不能有效的模拟机器人与工件的碰撞和机器人的可达性问题。

根据 H 型构件焊接机器人工作站课题要求,在此结合虚拟制造技术,在 Pro/E 中建立所需要的三维模型,将模型导入 KUKA SIM Pro 中,对所建立的模型添加约束,使模型能够按照所要求的方式运动,也就是在计算机上将机器人和 H 型构件“制造”出来。在仿真环境下,运用 KUKA SIM Pro 软件对 H 型构件焊装工位的机器人加工路径进行离线规划,并通过仿真加工进行验证,从而达到指导实际生产的目的。

1 机器人工作站的建模

几何造型是图形仿真建模的基础,造型的准确性、直观性直接影响仿真过程的显示效果和结果的可信度。本系统选用实体建模作为几何造型的方法^[5]。实体模型可以完全描述一个几何体,即能表示几何体的真实形状,这对校验机器人在运动过程中是否与周围障碍物发生碰撞和干涉是很重要的。

机器人是一个外形较为复杂的空间多连杆机构。要在计算机上以图形方式输出机器人的外形图,就必须对机器人的实际几何形状进行适当简化,并将其转化为计算机所能接收的信息。在本系统中采用了最简单的两种体素:圆柱体和长方体。弧焊机器人的三维造型,根据实际的弧焊机器人系统的参数,在 Pro/E 中进行弧焊机器人系统的三维造型。为完成这项任务而建立的工作环境包括^[6]:一般计算机、Windows XP 操作系统、Pro/E 三维实体建模软件、KUKA SIM Pro 动态仿真软件等。

H 型构件机器人焊接工作站主要由两台焊接机器人、两架龙门式滑轨、一台翻转变位机和两套焊接电源组成,系统布局如图 1 所示,工作站的模拟参数如表 1 所示。

2 焊接工作站仿真

整个工作循环如下:在变位机上装夹 H 型构件完毕之后,由操作人员在控制台上按下焊接起动作

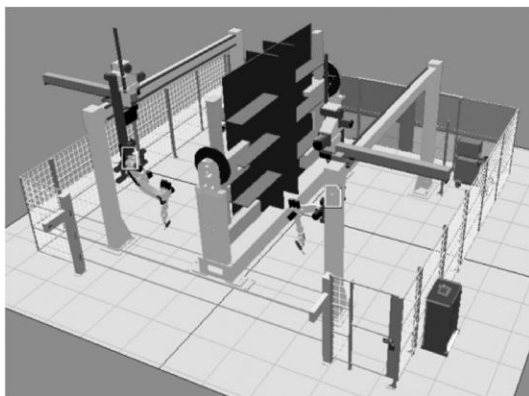


图 1 机器人焊接工作站模型

Fig.1 Model of robot welding workstation

表 1 机器人工作站模拟参数表

Tab.1 Simulated parameter of robot workstation

工作站尺寸/m	机器人型号	重复精度/mm	焊枪型号	滑轨长度/m
12×6	KR6	±0.1	Torch 22.5	5

钮,由控制柜发出焊接开始信号给主从机器人控制器,机器人控制器在接到信号后,控制焊接机器人由原点移动到第一道焊缝的初始位置,调用焊机工作 job,开始焊接;在完成一面的焊接后,机器人控制器移动机器人到清枪剪丝位置,运行清枪剪丝程序,同时由控制柜控制变位机翻转,翻转完毕后机器人到焊接位置开始另一面的焊接;焊接完毕后,再次运行清枪剪丝程序,清枪完毕机器人回原点,工作循环结束。

2.1 机器人空间约束的添加

仿真的基础是几何模型的建立,建立模型后,如果不添加任何约束,仅仅是几何模型的堆积,并不能完成所需要的运动,因此需要对所建立的模型添加特定的约束来完成所需要的运动。KUKA SIM Pro 动态仿真软件提供了一个很好的创建平台,可以给机器人工作站添加各种复杂约束。

首先添加变位机本身的约束,以完成所需要的旋转运动。未添加约束前变位机由主体部分和旋转头架两部分组成。图 2 中 a 表示变位机主体,b 表示旋转头架部分。为了将主体与旋转头架组成一个整体,并能按所要求的方式运动。在 KUKA SIM Pro 中可以按如下操作实现。

首先,建立 Frame,只有建立了 Frame 才能显示工作的原点。建立 Frame:Create-Geometry-feature-frame,则会在右下框的 root 下出现 frame。移动 frame:选中右下框中的 root-frame 后点击工具栏中的 trans,


 专题讨论——船舶焊接技术与设备

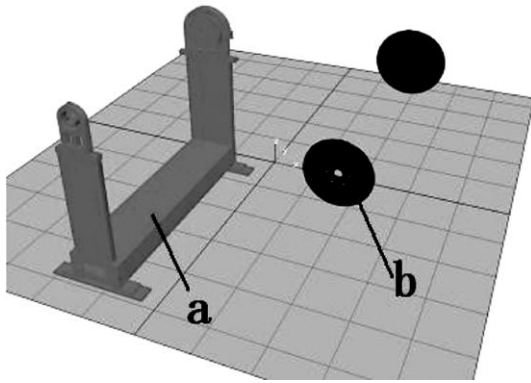


图 2 添加约束前的变位机

Fig.2 Unrestricted positioner

便可以移动坐标系。坐标系所到的位置就是要求的联动点,各部分之间由联动点之间产生联动。在 Behavior 下建立新的伺服控制器(Servo Controller), 点击 Joints 后面的详情,新建一个 Joint,命名为 A, 设定各种参数如图 3 所示。

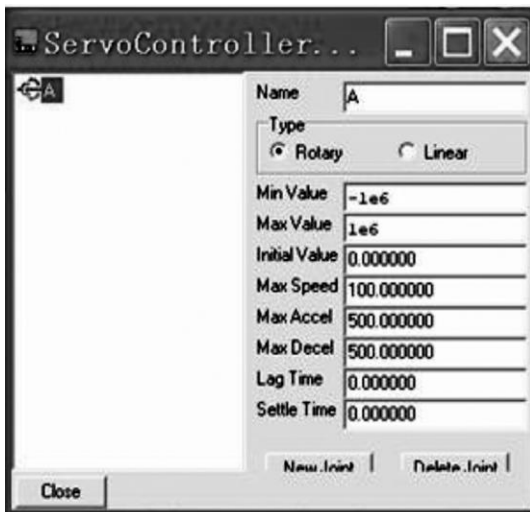


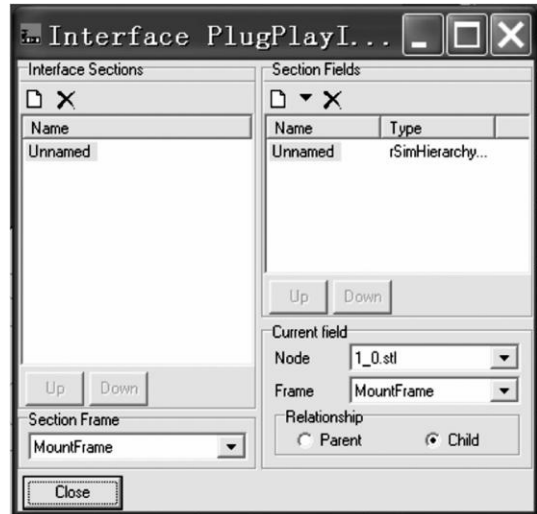
图 3 新建旋转 Joint 参数设置

Fig.3 Parameter of the new whirling joint

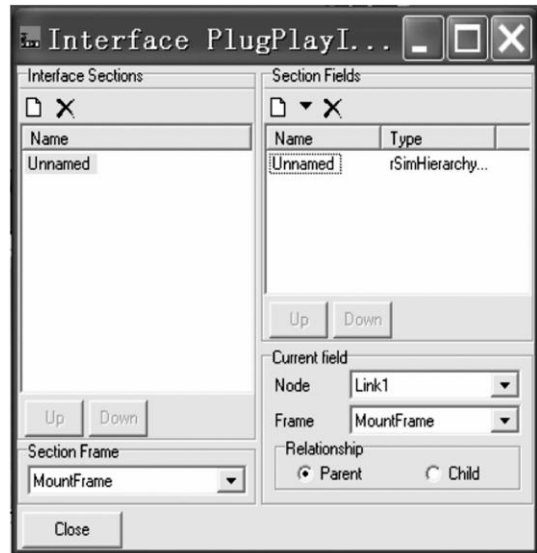
在 Behavior 下建立每个模型面之间的连接,选择 One to One Interface,将 Is Abstract 后面的小方框中划勾,这样才能使变位机随机器人联动。选择 Sections 后面的详情,分别建立各部件参数,如图 4 所示。

注意,两相联部分在 Relationship 一栏中必定是一个 Parent 和一个 Child 相对应。最后,新建 Link 参数,如图 5 所示。

其中 Joint 后面的 $R_y(A)$ 表示的是绕 Y 轴转动,连接点为 A,中心点(Pivot)后面的 $T_z(2875)$ 表示中心点的位置在 Z 轴方向上高度为 2 875 mm。通过以上各参数的设定,就定义了变位机的旋转运动约束。按



a 旋转头架参数



b 变位机主体参数

图 4 旋转头架和变位机主体的参数

Fig.4 Parameters of the positioner

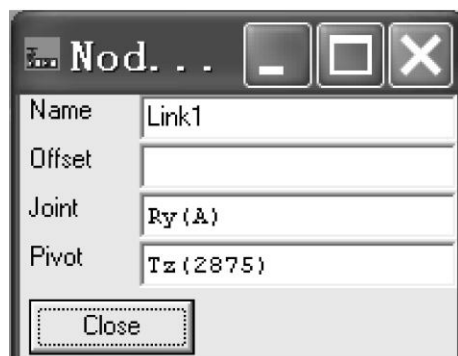


图 5 新建 Link 参数设定

Fig.5 Parameter of the new link

照以上方法将 H 型构件与变位机以及变位机与机

专题讨论——船舶焊接技术与设备

器人建立联动。

2.2 机器人工作站安全空间的设置

焊接制造工艺由于其复杂性、劳动强度、产品质量、批量等要求,使焊接工艺对于自动化、机械化的要求极为迫切。传统的机器人焊接路径规划方法是根据设计人员提供工位上的焊缝长度与焊接顺序,由工艺人员根据经验或类似工艺离线编制机器人加工程序,来设计加工工艺。将编写程序输入到相应设备中,在试验室里进行预操作。记录下每次偏差位置,重新编程、设计直至满足生产要求。这不仅耗时、费力,同时对于多机器人加工的碰撞问题无法解决。一旦涉及多机器人协同加工,则往往在试验室中采用步进式逼近法配合专家经验加以解决,以免发生碰撞损坏设备^[7]。

碰撞检测指运动物体与静止物体或运动物体之间干涉情况的判断,它在弧焊机器人离线编程系统的环境建模、位置示教、路径规划和作业调试中起到重要的作用。实现弧焊机器人离线编程的关键环节是在仿真过程中实现弧焊机器人与环境设备的碰撞检测。

精确的碰撞检测对提高虚拟环境的真实感起着至关重要的作用,而虚拟环境自身的复杂性和实时性对碰撞检测提出了更高的要求。在碰撞检测这一领域已经提出了很多算法,这些算法可归结为两大类:第一类算法是检验两个凸多面体是否相交。这类算法的计算量比较大,但可计算出两个碰撞检测模型的交集,精确知道发生碰撞的部分;第二类算法是用两个凸多面体间的距离来处理碰撞检测。KUKA SIM Pro 为碰撞检测提供了很好的接口,将 H 型构件、夹具、运输装置、支撑装置、辅助加工设备,以及其他机器人与机器人定义为障碍,实现了运动过程的实时检测并可计算出两个被检测模型发生碰撞的交集部分的体积。在实体图形的每个位姿点,进行两个被检测实体图形的交集计算,很容易得到碰撞检测的结果。交集为空,表明被检测的两个实体图形没有发生碰撞,否则就发生了碰撞。可以实现当机器人与障碍碰撞时,工作站发出变色报警(见图 6),且机器人停止运动。

3 焊接机器人路径规划

机器人是严格按照计算机运用机器人运动学计算出的运动方式运动的,其中主要包括机器人手臂的旋转角度。而手臂的旋转角度又直接影响着机

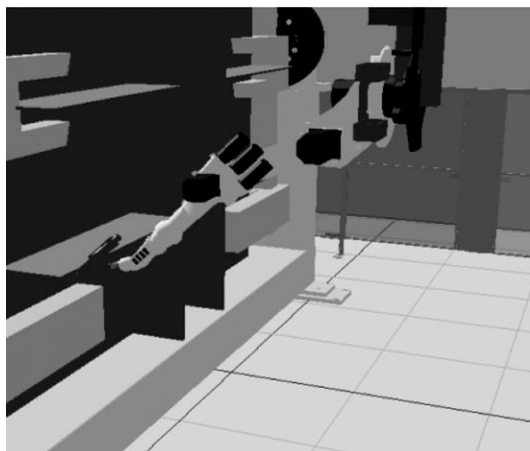


图 6 发生碰撞时的报警

Fig.6 Warning when collision occurred

器人焊接时的焊枪姿态及可达性和焊接路径的规划。

3.1 拐角时焊枪姿态的规划

焊枪姿态在拐点前后发生了突变,若不调整焊枪角度,得到的焊缝会严重隆起变形。拐角后焊接质量的保证,需要靠调整焊枪的行走角度来控制,为完成后续平角焊工作,须将焊枪角度调整至较佳平角焊的焊枪角度。并为得到良好的拐角后焊缝成形,提出“L”型焊缝焊的焊接方法,如图 7 所示。

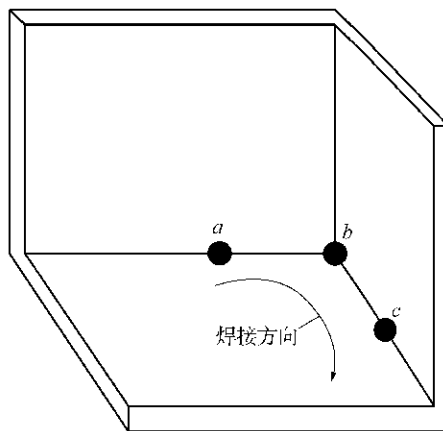


图 7 “L”型焊缝焊接方法

Fig.7 Welding method for “L” weld

图 7 中标注了具有关键意义的三点 a 、 b 、 c 与规划的焊接方向,规划的焊接方法如下: a 点以前,焊枪按照平角焊的焊枪姿态进行焊接,焊枪运动到 a 点后,开始调整焊枪至 H 型构件的距离至 b 点,此时焊接对象将会突变为以 bc 连线为焊缝中心线的角接缝,故焊枪将继续调整姿态至 c 点, c 点以后焊枪以平角焊姿态进行焊接^[8]。

专题讨论——船舶焊接技术与设备

经试验证明,用此方法焊接的“L”型焊缝融合良好,飞溅较少,可以达到工程要求的焊接质量。实际“L”型焊缝成形如图 8 所示。

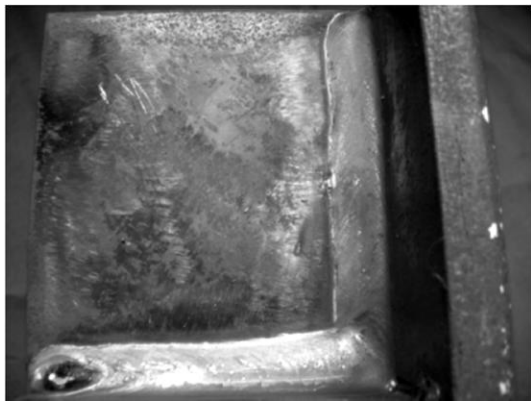


图 8 “L”型焊缝成形

Fig.8 Welding appearance of “L” weld

3.2 焊接机器人的路径规划

焊接机器人的轨迹规划是指将焊接路径变成机器人各关节的空间坐标,形成运动轨迹并生成机器人程序。在焊接机器人轨迹规划中,主要目标是使机器人避开关节极限和机器人退化区等运动限制,并保持机器人运动的灵活性与平稳性。机器人轨迹规划是根据作业要求,关于末端执行器在工作过程中位姿、速度和加速度的设定。它的实现取决于机器人动力学特性,系统控制策略和机器人编程语言。比较直观的方法是在运动轨迹上取一些关键点,记录这些点所对应的坐标,当示教再现时,机器人即可按照期望的轨迹运动^[9]。

将整个焊接过程分成重复的三部分,每部分包括四组,每组又包括 6 条焊缝,6 条焊缝由两台机器人完成焊接过程。完成 H 型构件的装夹固定后,关闭防护门,开起起动按钮,开始焊接。焊接过程中接受反馈并检查有没有焊接变形并且判断如何变形的,进一步做出决定下一步应该对哪条焊缝进行施

焊,焊缝之间是相互独立的,可以自由的被调取,进行焊接。不仅仅考虑路程最短,还考虑变形最小。在其工作空间中,为完成 H 型构件的焊接提供一条安全高效的运动路径。

4 结论

(1)结合虚拟制造技术,在仿真环境下,运用 KUKA SIM Pro 软件,开发了一个 H 型构件的焊接机器人工作站。对在机器人工作站中可能出现的碰撞和机器人手臂可达性问题进行了有效模拟,这对机器人工作站中机器人的选型、滑轨变位机的设计、产品更新的适应性等工作具有预测和指导作用。

(2)提出控制 H 型构件“L”型焊缝成形的方法,并经过实际焊接检验得到了良好的焊缝成形质量。

参考文献:

- [1] 蒋力培,薛龙,邹勇,等.钢结构全位置焊接机器人研究与开发[J].电焊机,2008,37(8):23-26.
- [2] 张正兵,李小娜.机器人在焊接中的应用[J].电焊机,2008,38(6):44-47.
- [3] Noruk J,Boillotz J P,Li R.智能化和自动化在造船焊接中的应用[J].电焊机,2007,37(6):19-27.
- [4] Zhu S,Liang Y Y.Path planning for MIG surfacing of robot-based remanufacturing system[J].China Welding,2006,4(15):1-5.
- [5] 邓宇,梁飞华,岑健,等.焊接机器人图形仿真系统中的三维建模[J].湛江海洋大学学报,2004,24(6):41-44.
- [6] 鄢月,符朝兴,张秀俐.大客车车架的 Pro/E 建模及不同工况受力分析[J].辽宁工学院学报,2006,26(1):40-42.
- [7] 林尚扬,陈善本,李成桐.焊接机器人及其应用[M].北京:机械工业出版社,2000:246-254.
- [8] 谭一炯.柴油机零件焊接机器人工作站设计及焊缝成形质量控制[D].江苏科技大学先进焊接技术省级重点实验室,2007:7-9.
- [9] 王玮,严隽琪,范秀敏.仿真环境下多机器人焊接路径的优化[J].上海交通大学学报,2001,37(7):1011-1014.

钨极氩弧焊如何引弧

钨极氩弧焊有三种引弧方法:

(1)接触短路引弧法。不能直接在焊件上将钨极与焊件直接接触进行短路引弧,因为钨极端部的钨会污染熔池,形成夹钨。通常可利用引弧板或在焊口附近设置铜皮、碳块,在这些引弧板上用接触短路法引弧,然后将电弧移至焊接部位。这种引弧法的缺点时引弧时钨极损耗大,钨极端部形状容易被破坏,所以仅当焊机没有高频引弧装置时才使用。

(2)高频高压引弧法。利用装在焊机控制箱内的高频振荡器所产生的高频高压击穿钨极与焊件之间的间隙(2~5 mm)而引燃电弧。

(3)高压脉冲引弧法。在钨极和焊件之间加一高压脉冲,使两极间气体介质电离而引弧。

