

焊接坡口特征设计与焊缝特征提取方法

刘 永¹, 王克鸿¹, 杜姗姗², 徐越兰¹

(1 南京理工大学 材料科学与工程系, 南京 210094;

2 南京理工大学 计算机科学与技术学院, 南京 210094)

摘 要: 分析了数字化 CAD/CAPP/ROBOTICS 集成焊接对焊接坡口设计的要求, 设计了满足在设计环境和工艺规划环境双向数据流动和共享的焊接坡口特征设计的总体方案, 提出了基于坡口特征库的典型焊接坡口造型和改进的基于 CAD/CAM 平台二次开发程序驱动的通用焊接坡口特征造型实现方法, 给出了基于坡口特征设计解决坡口信息提取及焊缝特征识别与提取的方法, 并实例验证了坡口特征造型方法的正确性。

关键词: 焊接坡口; 特征设计; 特征提取

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2006)10-061-04



刘 永

0 序 言

有关焊接特征信息在 CAD 图纸上已经作为附属信息标注或体现。但这些设计信息不能在后续的 CAPP、CAM 中使用, 往往需要重复输入。焊接工件特征建模^[1,2]不仅可以建立焊接工件的 CAD 几何造型, 而且可以获取 CAD 中焊接工件的特征信息, 为焊接 CAPP/CAM 所共享。它是解决机器人焊接 CAD 与 CAPP、CAM 系统集成的有效技术途径^[3]。焊接坡口的特征设计是焊接工件接头特征设计的重要内容, 它包含了坡口的特征信息, 实现了坡口的特征造型, 而这些特征也完好保存, 可以为焊接 CAPP/CAM 所共享, 反过来, 在 CAPP 中可以规划坡口并保证 CAD 中坡口特征的一致性, 从而实现 CAD/CAPP 数据信息的双向流动。另外, 焊接工艺中坡口的特征设计隐含着焊缝的几何特征, 它决定了机器人的运动路径, 坡口的几何造型不仅增加实体造型的真实性, 而且在机器人焊接过程计算机图形仿真中提供很大益处。因此, 焊接坡口的特征造型的研究是非常必要的。

1 焊接坡口特征设计概述

坡口形状特征主要有 I 形、V 形、双 V 形、单边 V 形、K 形、Y 形、U 形、J 形、双 U 形等。

传统情况下, 工件焊接设计包含坡口的设计, 这是在焊接工艺已经知道的前提下使用计算机辅助画图。而在 CAD/CAPP/ROBOTICS 集成的开发环境下, 仅实现坡口的单向设计是不够的, 这就要求坡口设计能够实现 CAD/CAPP 信息的共享和数据的双向流动。具体来说坡口特征设计系统具有智能化, 应实现以下功能^[3]。

(1) CAD 环境下具有焊接坡口的三维造型功能。

(2) 基于专家系统的坡口自动设计、诊断功能。

(3) 焊接坡口的 CAD 信息能够自动传送到 CAPP 中。

(4) CAPP 中产生的坡口尺寸参数自动传送到 CAD 中, 并自动对 CAD 中相应坡口重新造型。也就是保证数据的双向一致性和自动更新。

要实现上述功能, 要求坡口特征设计至少可以提供特征造型及坡口特征的管理等操作。

(1) 基于特征的查找和访问。在 CAD 环境中或外部(如 CAPP、PDM 等)对建立的坡口特征进行遍历, 查找某一类或某个具体坡口特征, 并获取该特征的属性等信息。

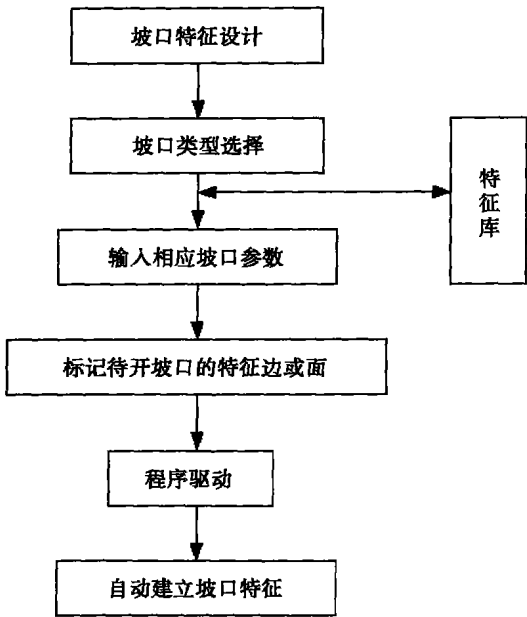
(2) 对坡口特征的编辑操作。在 CAD 环境中或外部(如 CAPP、PDM 等)找到该工件中某类或某个建立的坡口特征, 并修改坡口特征参数, 保证数据的一致性。

(3) 对坡口特征的删除操作。从实践中发现, 要实现特征造型有多种途径可以解决, 但还要保证建立的特征能够在 CAD 环境中和外部(如 CAPP、PDM 等)进行管理, 并且是协调一致的数据管理, 这

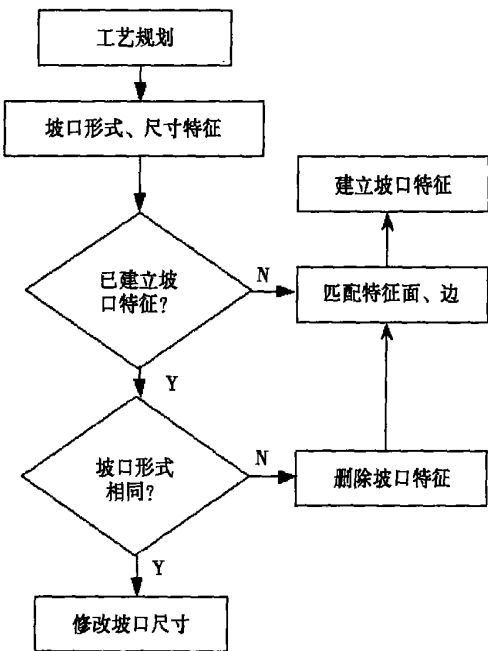
是比较困难的。因为, 建立的特征能否进行管理取决于这些特征是否提供访问接口, 或者说受限于开发平台的开放程度。

2 坡口特征设计总体方案

为实现 CAD/CAPP 信息的共享和数据的双向流动, 文中基于 CAD/CAM 平台 Solid Edge 设计了坡口特征设计的方案, 实现流程如图1。对焊接工件的



(a) 在特征造型环境中



(b) 在工艺规划中

图 1 坡口特征设计流程框图

Fig. 1 Flow diagram of groove design based on feature

坡口特征设计提供以下两种途径。

一种是在零件或部件造型环境中, 进行坡口设计。如图 1a, 用户选择坡口形式, 输入坡口参数, 并标记坡口的依附边或面, 自动建立坡口特征, 这适合于焊接工艺设计人员已经有成熟焊接工艺的情形。

另一种是在工艺规划中, 如图 1b, 根据某接头工艺规划获得的坡口形式及参数, 若已经建立坡口特征并且坡口形式相同, 则直接修改坡口参数, 若坡口形式不同, 则删除该特征, 并匹配坡口特征依附边或面并自动建立坡口特征造型。这也使坡口设计具有一定的智能诊断和修改功能, 当诊断得出在特征造型环境中的坡口设计不合理时, 在工艺规划环境中直接修改坡口特征。

3 基于特征库的坡口设计

3.1 坡口特征库的建立

实现坡口特征库的一个途径是利用 Solid Edge 提供的特征库模块, 但该图形库中的特征是固定不变的, 一方面特征的形状是特定的形状, 另一方面特征定形尺寸是所复制特征的尺寸。

对于 V 形坡口, 虽然形状相似, 但不同接头的坡口角度和钝边长度等尺寸是不一定相同的。解决的办法是将变量化设计方法应用于特征文件, 即采用基于变量化设计的特征库文件。草图上建立 K 形坡口特征如图 2 所示。具体实现方法如下。

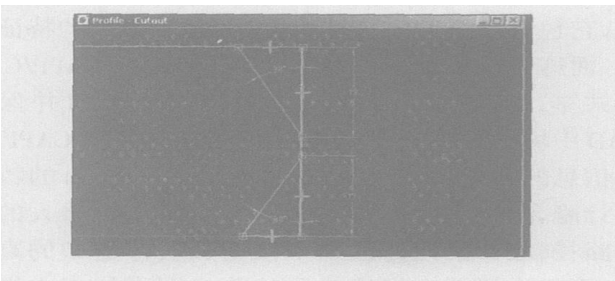


图 2 K 形坡口特征轮廓图
Fig. 2 Feature library of K groove

在实体模型上建立坡口特征, 将该坡口特征在特征库中创建特征文件。在部件图中打开该特征文件, 在变量表建立用户变量, 用户变量与系统变量的对应关系以及约束条件等, 保存该特征文件。

坡口特征的建立, 从造型上看出, 一般坡口特征都可以通过除料特征来实现, 坡口类型的不同反映到除料特征上就是草图上的轮廓不同。具体步骤是, 首先选择拉伸除料特征, 接着在草图上对应建立

各种坡口的二维特征图形, 以及图形各种约束关系。然后标注几何图形尺寸。最后设置拉伸距离和方向。用户可以根据上述步骤建立用户自定义特征。

3 2 坡口特征实例化

当用户建立某种坡口时, 根据输入的特征参数对特征库中的该特征模型实例化, 用户选取该特征的定位面及点, 建立坡口特征, 并可以重定位。用户可以通过特征管理模块对建立的特征实现查找、编辑和删除等操作。基于特征设计实现的 V 形坡口如图 3 所示, 坡口名称为 J0016/V。这里, 坡口特征的名称以接头号及坡口形式命名, J0016 表示接头号, V 表示 V 形坡口。

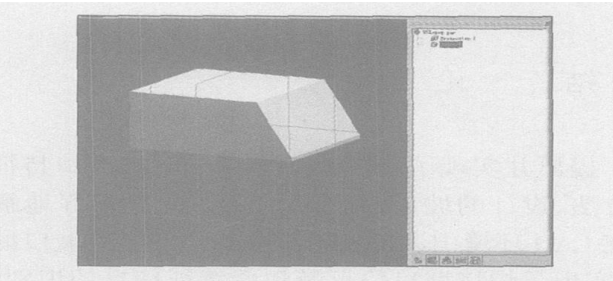


图 3 基于特征设计实现的 V 形坡口
Fig. 3 V-shape groove design based on feature

4 坡口 特征设计的改进方法

参照建立特征库和利用特征库实例化的方法, 能够解决一般坡口的特征造型, 但该方法有以下弊端。

- (1) 要求建立特征的基准面与建立特征库时是一致的。
- (2) 不适应基特征形状复杂多样的场合, 如平行四边形、任意四边形等。而且操作也不够简便。

一种改进的办法是, 针对第一个问题, 主要原因是特征库中所建立的特征是不包含参考面的。反过来说, 包含参考面的特征是不能被复制到特征文件

中的, 也就不能通过该特征实例化了, 比如倒角特征就不能被复制。倒角特征建立时只需选择倒角类型(等边和不等边)和待倒角的边, 这操作也非常方便。可以通过二次开发^[4]建立自己的坡口特征, 用户也只需选择坡口类型和待建立坡口的边。

对于第二个问题, 既然我们自行开发坡口特征命令, 就可以智能判断待开坡口基特征的形状, 相应建立坡口形状, 因此也可以相应解决。

开发坡口特征命令的实现流程如图 4, 具体二次开发程序代码略。该命令响应鼠标事件, 程序算法过程: 获取待开坡口的定位边和面对象, 基于定位面, 垂直于定位边建立参考平面, 在轮廓集中增加轮廓, 获取定位边的起点三维坐标, 并转换计算该点在轮廓中的二维坐标, 以该坐标为基准, 根据坡口特征计算各个几何点的坐标, 并程序驱动建立坡口草图, 然后利用双向拉伸基特征建立坡口特征。将建立坡口特征命令程序模块在工具条中通过添加宏实现向 Solid Edge 加载。

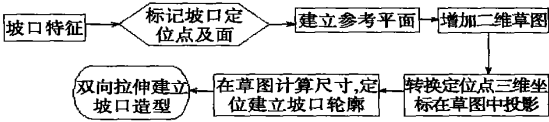
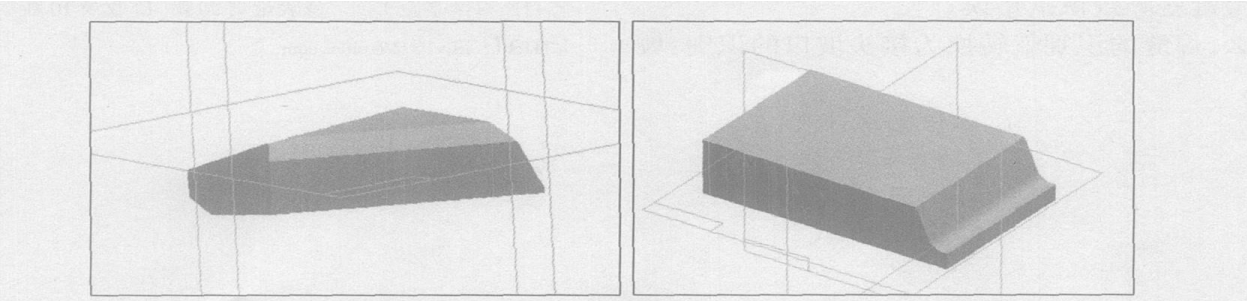


图 4 改进的坡口特征设计的实现流程
Fig. 4 Flow diagram of better way of groove design based on feature

设计人员点击坡口特征命令, 则弹出对话框选择坡口的形式及参数, 鼠标标记坡口定位点及面, 程序驱动自动建立坡口特征造型。该方法不仅使用方便, 且适应任何零部件, 也为焊接工艺规划中坡口自动特征设计奠定了基础。

采用坡口特征命令建立的坡口特征如图 5, 分别为在任意形状多面体上建立 V 形坡口和在方体上建立 J 形坡口。



(a) 任意多面体 V 形坡口 (b) 方体 J 形坡口
图 5 坡口特征命令建立的坡口特征

Fig. 5 Sample of groove design based on feature command

5 焊缝的识别及特征提取

由于坡口采用特征设计, 因此, 坡口的特征如坡口形式及参数是很容易提取出来的, 但焊缝的特征隐含在焊接接头坡口特征中, 焊缝特征的提取方法分为如下两种情形。对于不开坡口的情形, 焊缝的识别及特征提取过程描述如下。

焊缝特征的识别通过接头边的参考键(reference key)与该边绑定(bind key to object)获得该边对象。焊缝特征提取则通过几何关系获得边的位置及切线方向, 通过拓扑关系(get faces)获得与边关联的匹配面及面的法线矢量, 两各接头边对应位置的中点为焊缝原点位置坐标, 两个法线矢量之和为特征坐标系的 z' 轴。边的切线方向是特征坐标系的 x' 轴。薄板对接接头焊缝特征坐标示意图如图 6。

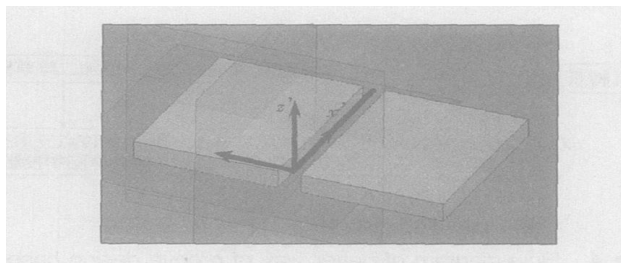


图 6 薄板对接接头焊缝特征坐标示意图

Fig. 6 Character coordinate of butt weld

对于开坡口的情形, 焊缝特征隐含在坡口特征中, 且随着坡口的变化而相应变化。此时, 形成焊缝的两条边不适合采用标记的方式获得参考键。原因如下。

(1) 一般坡口设计在焊接工件 CAD 设计之后, 在工艺规划时设计坡口, 也就没有坡口边来标记。

(2) 随着坡口特征的改变, 焊缝边也随着改变, 使用参考键就导致识别错误。

那么, 焊缝的识别就转换为接头坡口的识别, 坡

口采用特征设计, 坡口通过属性设计唯一标识。另外, 焊缝在坡口特征中的几何拓扑信息是确定的。因此, 只需要匹配属性识别到该坡口就很容易通过几何拓扑关系获得焊缝特征。焊接坡口特征识别和提取步骤如下。

(1) 搜寻装配特征模型中相应接头焊接特征。

(2) 属性匹配, 提取接头特征。从数据库中提取已识别的焊接特征。

(3) 搜寻零件特征模型中相应零件焊接特征。

(4) 属性匹配, 提取零件焊接特征。

(5) 特征匹配, 通过拓扑、几何关系获取几何数据。

(6) 特征转换及存储。

6 结 论

提出并实现了基于程序驱动的焊接坡口特征设计方法, 设计的坡口特征设计总体方案很好地解决了在 CAD 环境中和 CAPP 中双向设计焊接坡口的问题, 实现了焊接坡口信息及焊缝特征信息的识别、提取及共享。为机器人焊接工件特征造型研究及任务级离线编程系统提供了技术支持。

参考文献:

- [1] Legoff O, Hascoet J Y. From CAD to computer aided welding[J]. Int. J. Prod. Res. 1998, 36(2): 417—436
- [2] 田劲松. 任务级机器人弧焊离线编程系统研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2002
- [3] 刘 永, 王克鸿, 徐越兰, 等. 基于特征设计的焊接工件造型系统[J]. 焊接学报, 2005, 26(10): 35—38
- [4] 李启炎. Solid Edge 二次开发高级指南[M]. 上海: 同济大学出版社, 2000.

作者简介: 刘 永, 男, 1973 年 12 月出生, 博士, 讲师。研究方向: 机器人离线编程, 过程自动控制技术。完成省部级课题 4 项, 主持省自然科学基金 1 项。发表论文 20 篇, EI 收录 10 篇。

Email: liuy1602@sina.com

navitics, Nanjing 210016, China; 2. The 14th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210013, China). p53—56

Abstract: Wetting times and wetting forces of Sn-Cu-Ni lead-free solder for different temperatures and three kinds of substrates including Cu, Au/Ni/Cu and SnBi/Cu, were measured by means of wetting balance method. The effects of soldering temperature on wettability of Sn-Cu-Ni lead-free solder on different substrates were also studied. The results indicate that with the increase of temperature, the surface tension of the lead-free solder decreases and the wetting times are reduced observably, and the wetting forces are increased evidently. The wettability of solder on Au/Ni/Cu or SnBi/Cu substrate is better than that on Cu substrate owing to the decrease of the interfacial tension between solder and substrate by way of plating Ni/Au or SnBi coating.

Key words: lead-free solder; Sn-Cu-Ni solder; wettability; coating

On-line weld quality inspection based on weld indentation by using servo gun ZHANG Xiao-yun, ZHANG Yan-song, CHEN Guan-long (School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China). p57—60

Abstract: Resistance spot welding (RSW) is the primary joining method for car-body assembly. Control and inspection of weld quality have great importance to improve the performance of car. Based on the position feedback characteristics of servo encoder, on-line weld quality inspection method was proposed by using weld indentation. A spot welding experimental system including robot, robot controller, servo gun and weld controller was integrated. The developed measurement program was used to acquire weld indentation on-line, and the measured results was calibrated by PLC displacement control system. The experimental results showed that the acquired weld indentation can reflect the real indentation on the 0.8mm low carbon steel (GMW2). The weld quality inspection rate can meet the demand for real production. The proposed on-line weld quality inspection method can meet the demand of welded joint measurement in real plant environment.

Key words: resistance spot welding; servo gun; weld indentation; on-line inspection

Method of welding groove feature design and weld feature recognition LIU Yong¹, WANG Ke-hong¹, DU Shan-shan², XU Yue-lan¹ (1. Material Department of Science & Engineer, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China; 2. Computer School of Science & Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China). p61—64

Abstracts: To solve welding workpiece model, it is important to study welding groove feature design. The design requirements of welding groove were analysed in the numeric CAD/CAPP/ROBOTICS integrated welding. The total scheme was designed to realize the data share between CAD design environment and CAPP/ROBOTICS environment. Firstly a method to model typical welding groove based on groove feature library was given, then a better

method to model universal weld groove driving by program developing based on CAD/CAM platform was provided. And the method of welding groove feature and weld feature recognition was put forward. Example proved that it is correct.

Key words: welding groove; feature design; feature recognition

Fracture microstructures and properties of Al-Li alloy brazed joints ZHANG Ling, XUE Song-bai, SHI Huai-jiang, WU Yu-xiu (College of Materials Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China). p65—68

Abstract: Microstructures of base metal and brazed joints were analyzed using metallographic microscope, SEM and microhardness instrument and the changing rule of strength of brazed joints was studied by testing microhardness of brazed joints and chemical composition of fracture micro-section. The results show that shape of reinforcing phase of base metal are changed from particle to strip after brazing; there are few defects such as gas pores, slag inclusions, cracks and so on in brazed joints with N₂ atmosphere, which improves mechanical properties of brazed joints effectively, however there are many defects in brazed joints without N₂ atmosphere, which reduces mechanical properties of brazed joints seriously.

Key words: Al-Li alloy; brazed joint; microstructure; microhardness

Intelligent digital control system for CO₂ short circuiting welding

FENG Yue-hai^{1,2}, LIU Jia², YIN Shu-yan², WANG Ke-hong (1. Department of Materials Science & Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China; 2. College of Mechanical Engineer and Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China). p69—72

Abstract: For the shortage of short circuiting transfer for general CO₂ welding machine, based on the hardware system of digital signal processor and microprocessor control unit, the hierarchical intelligent control theory was applied and the hierarchical intelligent full digital control schematic for CO₂ short circuiting transfer welding was put forward. It integrates the digital PI controller, fuzzy controller and expert system, which make control levels clearer and design scheme easier. The experimental results validate that this system can attain ideal waveform control for CO₂ short-circuit welding and improve CO₂ welding machine performances and control welding process intelligently.

Key words: digital control system; gas metal arc welding; hierarchical intelligent control

Numerical analysis of multi-pass welding residual stress for typical closed weld CHEN Hu, GONG Jian-ming, TU Shan-dong (Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China). p73—76

Abstract: Two typical closed weld, circular patch weld and nozzle weld, were modeled and 3-D multi-pass welding simulation were performed using FEM. User subroutine were used to realized the moving Gauss distribution of welding heat source. The thermal cycle and residual stresses distribution were obtained. The results show that