

焊接接头坡口参数化建模及矢量图形绘制

沈春龙^{1,2}, 于景宝², 彭 勇², 王克鸿²

(1. 泰州师范高等专科学校 机电工程学院, 泰州 225300; 2. 南京理工大学 材料科学与工程学院, 南京 210094)

摘 要: 焊接接头坡口的参数化描述及图形绘制对焊接工艺设计软件开发非常重要。提出基于双面双边 U 形坡口的接头类型及坡口图形参数化模型, 分析了接头坡口图形参数化驱动原理, 实现接头坡口图形几何参数动态标注, 阐述面向对象的图元绘制类设计及其使用方法, 给出了接头参数化模块绘制过程中图元数据的存储结构, 运用图元对象的鼠标拾取方法解决了图元属性修改问题, 论述了接头图形中性矢量 WMF 文件的生成及数据库序列化过程。结果表明, 焊接接头坡口参数化模型及图形矢量化绘制能够有效解决接头参数标注及嵌入式图形失真问题。

关键词: 接头坡口; 参数化建模; 矢量图形; 参数驱动

中图分类号: TG115.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2012)11-0017-04



沈春龙

0 序 言

焊接工艺信息化是焊接智能化发展的必然环节, 焊接接头工艺的信息表达和组织是重要的初始步骤, 包括反映接头形式和坡口几何参数的接头图形信息及焊层焊道工序图形信息, 图形信息的描述、组织和处理是焊接工艺设计过程的难点。从目前国内外研究文献及商业化软件看^[1,2], 接头图形表达主要有两种: 第一种是采用位图方式来描述接头信息和坡口参数, 该方法需要枚举大量接头坡口位图, 且不可在图形中进行坡口参数的及时标注, 同时在嵌入到输出工艺报表文档时随着位图显示区域变化可能会产生失真现象; 第二种是利用第三方矢量图形绘制平台, 绘制完接头坡口图后, 利用 OLE(object linking and embedding, 对象链接和嵌入) 技术导入工艺设计平台, 在修改时再回到矢量图形绘制平台, 该寄生方式在标注坡口参数和图形输出时均不方便。文中对焊接接头坡口图形进行参数化建模并通过尺寸数据驱动实现图形及时绘制和尺寸参数动态标注, 达到接头坡口图形和尺寸标注的柔性设计, 实现图形数据和坡口参数的数据库存储, 以矢量图形方式输出避免图形失真, 即当图形显示区域发生变化时图元不会产生断续现象。同时建立参数化模型可以进一步计算整体部件焊材消耗^[3]。

1 接头类型及坡口图形参数化建模

参数化几何建模方法适用于拓扑结构相同、尺寸参数不同的图形描述, 其是将图形模型中的定量信息变量化, 使之成为任意调整的参数, 在程序中将变量和参数建立关联关系, 程序变量的变化导致对应参数变化, 即可绘制不同大小和几何形状的图形, 该方法可以显著提高图形生成速度。

焊接接头常见类型主要有对接、角接和搭接三种, 坡口形式比较多样。下面以对接类型双面双边 U 形坡口为例来进行模型表达及坡口形式演变, 如图 1 所示。在此情形下接头类型参数为对接接头, 先焊面边数为双边, 后焊面边数为双边, 其余为坡口几何尺寸参数。 E 为先焊面坡口单双边特征系数, $E=2$ 为双边坡口, $E=1$ 为单边坡口, 设上坡口为先焊面, 下坡口为后焊面, h 为后焊面的坡口深度, $h=0$ 表示坡口为单面, δ 为整个坡口厚度, α_1, α_2 分别为上下坡口角度, R_1, R_2 为上下坡口半径, P 为钝边厚度, C 为组对间隙。一些常见的单双面、对称坡口形式可以通过双边坡口形式参数变化演变而来。图 1a 为双面双边对称 U 形坡口, 参数表示为 $E=2, h \neq 0, \alpha_1 \neq 0, \alpha_2 \neq 0, R_1 \neq 0, R_2 \neq 0$, 在图 1a 基础上当 $R_2=0$ 时演变为双面双边 UX 形坡口, 如图 1b, 在图 1b 基础上当 $R_1=0, R_2=0$ 时演变为双面双边对称 X 形坡口, 如图 1c; 当 $h=0, \alpha_2 \neq 0$ 及 $R_2=0$ 时, 演化为双边单面 U 形坡口, 如图 1d, 在图 1d 的基础上 $R_1=0$ 时演变为双边单面 X 形坡口, 如图 1e, 在图 1e 的基础

收稿日期: 2011-09-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60875001); 国家自然科学基金资助项目(51075214)

上 $\alpha_1=0$ 时演变为双边单面 I 形坡口,如图 1f. 上述表征长度和角度的参数单位分别为 mm 和度,通过

对接接头模型几何参数的取值和变化改变坡口的几何形状和尺寸大小.

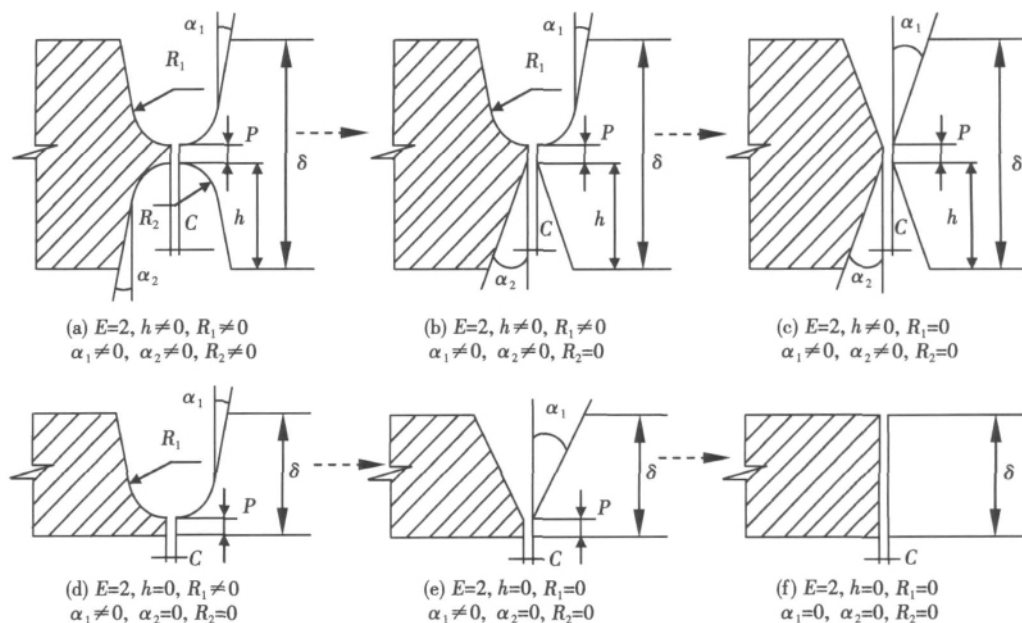


图 1 对接接头变参数模型及坡口形状演变

Fig. 1 Variant parameter model and groove shape evolution for butt joint

2 接头坡口矢量图形绘制

2.1 基于模板的参数化设计

在接头坡口参数化模型表达基础上,需要通过参数化设计技术来完成坡口图形的绘制,参数化设计是指在原始图形和修改后图形的拓扑结构保持不变的基础上,建立模型参数与接头坡口设计尺寸变量之间的关联关系.在具体接头坡口图形绘制过程中,需要预先设计默认参数的接头坡口参数,称之为参数模板,保证开始都能绘制对应接头类型的坡口图形.绘制过程中的参数变更都是基于模板进行的.对接接头坡口图形是以双面双边 U 形参数为绘制模板的,随着接头类型参数和坡口几何参数变化会绘制相应的接头坡口图形.

2.2 面向对象的图元类设计及绘制

图元是绘制图形的基本元素.总体上看,接头坡口图形构成并不复杂,主要由母材面板、坡口及相关尺寸标注组成,为了绘制接头坡口图形,采用面向对象的方法设计图元绘制类,在 VC 集成开发环境中,设计纯虚类 CEntity 并从 MFC 的基类 COBJECT 继承,其它图元绘制类从 CEntity 类继承. CEntity 的声明如下:

```
class CEntity : public COBJECT
```

```
{
public:
    CEntity() { }
    virtual ~CEntity() { }
    virtual void Draw( CDC* pDC) = 0;
    virtual BOOL CanBePick( );
protected:
    int m_nWidth; //图元线宽
    BOOL m_bSlected;
    //图元是否能选中,供鼠标拾取控制点
};
```

其中纯虚函数 Draw(CDC* pDC) 供所有派生图元类重载,其负责所有图元类的对象绘制工作;纯虚函数 CanBePick() 提供图元鼠标拾取功能.设计的主要图元类有 CLine, CPolyLine, CArc(圆弧)、CBezier(贝塞尔)、CEllicite(引出线)、CMark(文字标注)、CSpline(样条)、CArrow1(单箭头)、CArrow2(双箭头)、CArrow3(曲线箭头)等.图元的参数设计和绘制函数类似于宏语言的使用,例如:

```
strTemp.Format( "α = % f", m_fGrooveJointSizeAlpha);
CMark * pMark = new CMark( CPoint( 180, 140),
                             CPoint( 220, 140), strTemp);
m_EntityList.AddTail( pMark);
```

上述语句序列的作用是绘制坡口角度文本标注,变量 $m_fGrooveJointSizeAlpha$ 与坡口角度相关联,文本走向从视图坐标 $(180, 140) \sim (220, 140)$,动态创建的文本标注类对象指针是通过 $CEntity$ 类链表对象 $m_EntityList$ 来管理的。

当设计人员选择不同接头类型参数时,模块选择相应的参数模板进行接头图形绘制,不同的图元绘制时,将遍历整个 $m_EntityList$ 的图元对象指针对象并调用对应图元类虚函数 $Draw(CDC* pDC)$ 根据面向对象编程的多态性原理,将各个图元分别进行绘制并组合成接头坡口图形。

在程序运行时,用户只需在人机界面上输入或变更相关变量,程序通过消息发送和响应机制通知视图区按照变量更新关联模型参数,视图区图形立即随参数变化重新绘制图形,实现“所设即所见”的功能。

2.3 接头坡口图形图元编辑

在完成图形绘制及参数标注后,图形尺寸或标

注还需要随参数的变化进行局部调整,需要通过对图元属性进行编辑,图元属性主要包括图元大小及图元在视图中的位置,该操作是通过交互式方式来实现,首先进行图元对象的选定操作,即在视图选定图元对象,同时操作选定图元对象的数据内存区域,实现视图图元对象和内存数据联动的一致性。

选定操作是图形交互式绘制的关键技术,其与图元对象的内存数据组织密切相关。该模块以单链表的方式来组织图元内存数据,选用单链表的好处是可以动态添加、删除图元对象及改变图元对象次序,同时可以方便进行遍历操作。具体的数据结构如图 2 所示:鼠标选定图元是通过图元的包容盒属性来进行,图元的包容盒是由图元的形状控制点序列组成的多边形区域构成,当鼠标在视图上鼠标左键单击点落在某图元对象包容盒内,则该图元被选中,选中时控制点会以矩形方式高亮显示,控制点亦能被鼠标单击选中。

图元对象选定是图元属性编辑的前提。图元的

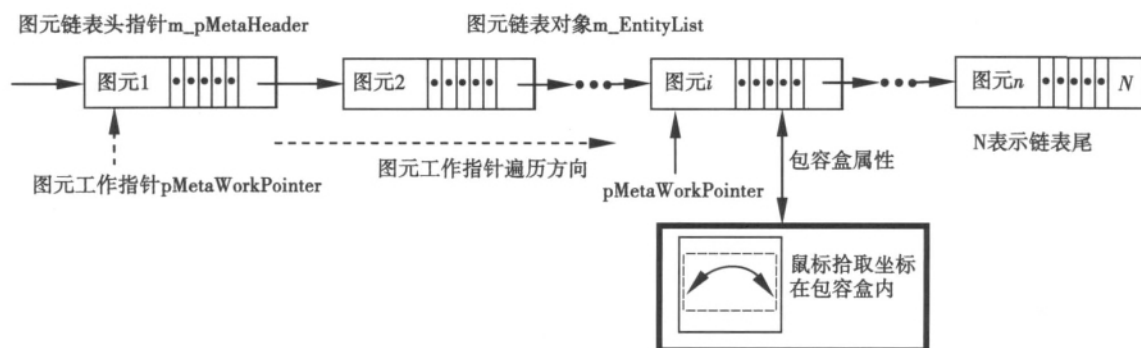


图 2 图元存储结构及图元拾取示意图

Fig. 2 Schematic of primitive store structure and picking

编辑主要包括图元的尺寸更改和其在视图位置的变化,图元的尺寸更新是通过修改图元形状控制点来实现,具体操作是鼠标选中控制点后,进行拖拽,当图形控制点位置发生变化后,对应的图元形状、尺寸亦随之变化。图元位置的变化是通过图元位置控制点的变化来实现,位置控制点取形状控制点的几何中心值,整个图元对象移到新的位置控制点,如图 3 所示。

整体图形创建和编辑的步骤如下:

步骤 1. 构造图元基类链表,设其表头指针为 $m_pMetaheader$,其是整个接头坡口图元链表的标识,在整个图元编辑过程中保持不变。

步骤 2. 新生成图元时,需创建具体图元类实例对象,并在链表尾部插入,同时生成由图元的形状控制点构成的包容盒。

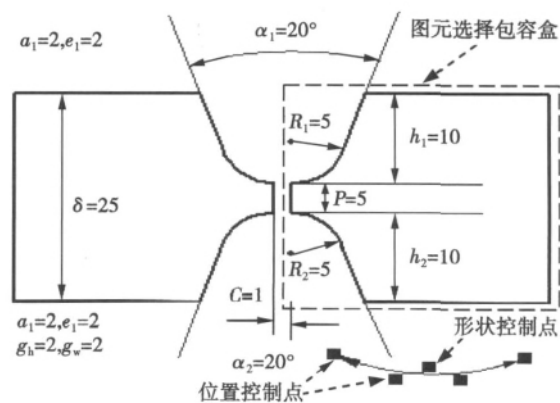


图 3 图元控制点示意图

Fig. 3 Schematic of primitive control point

步骤 3. 当鼠标在图形视图中单击时,需将鼠标

的窗口坐标转换为视图坐标 pt_Mouse ,因为包容盒坐标是用视图坐标描述的。

步骤 4. 设计临时工作指针 $pMetaWorkHeader$,开始指向表头指针 $m_pMetaheader$,若 $pMetaWorkHeader$ 指向的图元包容盒不包含鼠标点 ,则 $pMetaWorkHeader$ 指针后移 ,如 $pMetaWorkHeader$ 指向的图元包容盒包含鼠标点 ,则认为鼠标选定该图元 ,同时该图元的控制点高亮显示 ,表明该图元已选中。

步骤 5. 若在视图中选择的图元不是用户选择的图元 ,说明当前图元的包容盒覆盖了用户欲选择的图元 ,需将当前图元进行置后操作 ,即将该图元对象从链表中删除并插入到链表尾部;

步骤 6. 在选定图元后 ,通过鼠标拖拽形状控制点进行图元的局部修改 ,通过鼠标拖拽图元位置控制点改变图元在视图中的位置。

需要说明的是 ,随着图元的位置、形状控制点数量的变化 ,包容盒也随之变化。当工作指针指向链表尾部时 ,即 $pMetaWorkHeader = NULL$ 时 ,说明鼠标没有选中任何图元对象。

3 接头坡口参数及图形存储

在完成接头参数的绘制之后 ,需要将接头坡口参数信息和接头图形保存到数据库 ,供后续工艺信息进一步处理使用。接头参数信息通过数据库元数据保存到数据库表字段中 ,接头图形以中性元文件矢量格式 WMF (microsoft meta file) 保存到数据库中 ,一方面减少图形文件大小 ,同时矢量图形文件加载到应用程序中能够进行参数标注和图形属性修改 ,同时可作为嵌入式图形对象输出到工艺报表文件中 ,在显示区域无级缩放时不会产生锯齿或图元断续等失真情况^[4]。而位图不能实时完成参数变更以及在报表输出时会产生失真。

4 结 论

(1) 建立接头类型及坡口图形的参数化模型 ,

设计了图形绘制的参数化模板 ,通过模块变量绑定模板参数实现几何参数的标注及更新。

(2) 基于面向对象的方法设计图元类 ,说明了图形绘制的存储结构并说明具体图元的选择和编辑方法 ,实现图元属性的修改。

(3) 接头坡口图形以中性矢量 WMF 文件方式进行数据库序列化 ,同时作为报表的嵌入式图形不会产生失真现象。

参考文献:

- [1] 朱志明,张崇柯,陈丙森. 焊接结构件装焊 CAPP 系统的研究与开发[J]. 焊接学报, 2001, 22(4): 87-92.
Zhu Zhiming, Zhang Chongke, Chen Bingsen. Study and development of Assembly welding CAPP system for welded structures [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2001, 22(4): 87-92.
- [2] 魏艳红. 焊接工艺文件管理与编制[J]. 焊接, 1999, (10): 11-13.
Wei Yanhong. Management and preparation of welding document [J]. Welding and Joining, 1999, (10): 11-13.
- [3] 沈春龙,王克鸿. 基于变参数坡口模型分层焊材消耗计算[J]. 焊接学报, 2008, 28(4): 53-57.
Shen Chunlong, Wang Kehong. Calculation of layered welding material dosage based on model of variant parameter groove [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2008, 28(4): 53-57.
- [4] 钱晓军,沈春龙,王克鸿. 面向 WCAPP 的工艺数据处理[J]. 焊接学报, 2007, 28(4): 53-57.
Qian Xiaojun, Shen Chunlong, Wang Kehong. Research on technology of processing of process data based on WCAPP [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2007, 28(4): 53-57.

作者简介: 沈春龙,男,1970 年出生,博士,副教授. 主要从事焊接 CAD/CAPP/CAM 应用软件开发,图形图像工程等研究. 发表论文 30 余篇. Email: njshenchunlong@163.com

通讯作者: 王克鸿,男,博士,教授,博士研究生导师. Email: wkh1602@126.com

remelted sample had higher hardness ,better wear resistance than the as-sprayed coating.

Key words: laser remelting; plasma spraying; Ni-based coating; WC particles reinforced

Parametric modeling and vector graphics plotting for welding joint groove SHEN Chunlong^{1,2}, YU Jingbao², PENG Yong², WANG Kehong²(1. Dept. Mechanical & Electrical Engineering , Taizhou Teacher College , Taizhou 225300 , China; 2. School of Material Science & Engineering , Nanjing University Science & Technology , Nanjing 210094 , China) . pp 17-20

Abstract: Parametric description and graphics plotting of welding joint groove play an important role for software development of welding process design. Parametric model of joint type and groove graphics is presented based on double U-groove. Principle for joint groove graphics parameter-driven is analyzed and the function of geometry parameter dynamic labeling for groove graphics is realized. The classes for primitives plotting object-oriented are presented. The primitives-data storage structure of parameter plotting process is showed. The use of picking primitive object with mouse resolves the question of modifying the primitive properties. The generation of neutral vector WMF file and serialization process for joint graphics are discussed. The results show that parametric model and vector plotting for joint groove graphics can handle labeling for joint parameter and embed graphics distortion in report form.

Key words: joint groove; parametric modeling; vector graphics; parameter-driven

Effect of premelting oxide layer on AA-TIG weld shape

FAN Ding^{1,2}, KANG Zaixiang², HUANG Yong^{1,2}, Yan Liqin², WANG Xinxin², HAO Zhen²(1. State Key Laboratory of Gansu Advanced Non-ferrous Metal Materials , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China; 2. Key Laboratory of Non-ferrous Metal Alloys , The Ministry of Education , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China) . pp 21-25

Abstract: AA-TIG welding is a new and efficient welding process before which pre-melting oxide layer was prepared on weld position by low current assisting arc with Ar+O₂ as shield gas. As a result , a deep and narrow weld bead can be obtained. In this experiment , through turning the assisting arc parameters to change the thickness of oxide layer , the influence of the thick of oxide layer on stainless steel weld formation was analyzed. The results show that the parameters of assisting arc have great effect on the thickness of oxide layer , the oxide layer becomes thicker when the oxygen gas flow rate or the heat input of assisting arc increase. And the thickness of oxide layer influences the weld depth/width ratio , the weld depth/width ratio climbs up at first and then declines with the increase of the thickness of oxide layer.

Key words: stainless steel; AA-TIG welding; oxide layer; weld shape

Effect of temperature on CO₂ corrosion of dissimilar weld joint

WANG Jing¹, LU Minxu¹, YANG Ping¹, ZHANG

Lei¹, CHANG Wei²(1. School of Materials Science and Engineering , University of Science and Technology Beijing , Beijing 100083 , China; 2. China National Offshore Oil Corp. (CNO-OC) Research Center , Beijing 100027 , China) . pp 26-30

Abstract: To study the effect of temperature on CO₂ corrosion behavior of dissimilar weld joint , dissimilar weld joint of X70 pipeline steel and 2250 duplex stainless steel welded by metal inertia gas welding was used experimentally. Microstructure of X70/weld joint interface and CO₂ corrosion morphologies in weld joint at different temperatures were observed and analyzed. The results showed that dendritic structure appeared in weld joint. Narrow fusion zone and type II boundary existed between micro-alloy steel and weld joint , and obvious concentration gradient of Ni and Cr elements was observed. Serious corrosion occurred in HAZ of micro-alloy at high temperature other than at low temperature. Corrosion product on surface of micro-alloy was shown loose while that on surface of weld joint was shown compact. Such different corrosion tendency of micro-alloy and weld joint was probably caused by the different ionic migration ratios as a result of different corrosion potentials of metals and different temperatures.

Key words: temperature; dissimilar weld joint; micro-structure; corrosion rate; mechanism

Weld appearance behavior in welding pool of stainless steel by ultrahigh frequency pulse GTAW process

YANG Mingxu-an¹, QI Bojin¹, CONG Baoqiang¹, LI Wei^{1,2}, YANG Zhou¹(1. School of Mechanical Engineering and Automation , Beihang University , Beijing 100191 , China; 2. Beijing Institute of Petrochemical Technology , Beijing 100191 , China) . pp 31-34

Abstract: Based on ultrahigh frequency pulse gas tungsten arc welding process for stainless steel , appearance of weld and the influence of pulse current to flow in welding pool were carried out. The experimental results show that the welds penetration increased with the increasing of pulse frequency. When the pulse frequency $f=80$ kHz , the weld penetration rose by 24.6% at least with the depth increased by 88.7% at most. It could also be found that the width and depth of weld had the similar trend with the changed pulse frequency. Based on the data from experiments , the flow movement in the pool was investigated with effect of electromagnetic force to weld appearance and forced flow as the main purpose.

Key words: ultrahigh frequency pulse GTAW process; appearance of weld; flow behavior of welding pool

A new weld shaping method with trailing impact rolling and tensile and fatigue properties for equal load-carrying capacity joints

WANG Jiajie^{1,2}, YANG Jianguo³, ZHANG Jingqiang¹, DONG Zhibo¹, FANG Hongyuan¹, GANG Tie¹(1. State Key Laboratory of Advanced Welding and Joining , Harbin Institute of Technology , Harbin 150001 , China; 2. School of Materials and Chemical Engineering , Heilongjiang Institute of Technology , Harbin 150050 , China; 3. Institute of Process Equipment and Control Engineering , Zhejiang University of Technology , Hangzhou 310014 , China) . pp 35-38