NH—WAPS1.0 线切割自动编程系统研究与开发

南京航空航天大学机电学院 (江苏 210016) 翟洪军 汪 炜 安鲁陵

电火花线切割加工（WEDM）技术自问世以来获得了迅速的发展和广泛的应用，作为一种数控加工技术，其数控编程问题一直受到人们的重视，历经手工编程、语言式自动编程、交互式自动编程和图形化自动编程等重要发展阶段。随着制造业的不断发展，国内对慢走丝线切割机床需要日益增强。为了满足市场的需求，我们正在和企业联合开发具有自主知识版权的慢走丝线切割数控机床，并为其开发了配套的开放式的自动编程系统 NH－WAPS1.0。在开发中我们选用了开放式的三维几何引擎 ACIS 作为几何开发平台。结合笔者的开发经验，本文阐述了基于 ACIS 几何平台开发 WEDM 自动编程系统的一些相关技术。

ACIS 是美国 Spatial Technology 公司推出的组件化三维几何造型引擎，具有开放的体系结构和强大的图形处理能力，并在诸如大型 CAD/CAM 系统 Solid Modeler、TurboCAD、IronCAD 中得到了应用。

1. NH-WAPS1.0 的开放式体系结构

线切割自动编程系统通常由三部分组成：CAD 系统、CAM 系统和工艺子数据库。CAD 系统负责零件图形的输入和编辑；CAM 系统按用户的要求查询工艺库、计算电极丝中心轨迹并产生有效的数控代码；工艺库保存机床的脉冲电流的脉宽、脉间、峰值电流、峰值电压、电极丝张力等工艺规准。WAPS1.0 线切割编程系统具有图 1 所示的体系结构。

应用系统通过 ACIS 提供的编程接口调用 ACIS 功能组件（动态连接库），ACIS 组件通过 ACIS 几何总线与 ACIS 实现数据库实现几何实体信息交换。此外，NH－WAPS1.0 为用户提供了扩展系统功能的编程接口，该接口是一组在 ACIS 基础上开发的用户级 API 函数、动态连接库、功能模块开发模板和相应开发规范组成。在遵循开发规范的前提下，以开发模板为基础，通过调用用户级 API 函数，用户可以开发系统的扩展模块。

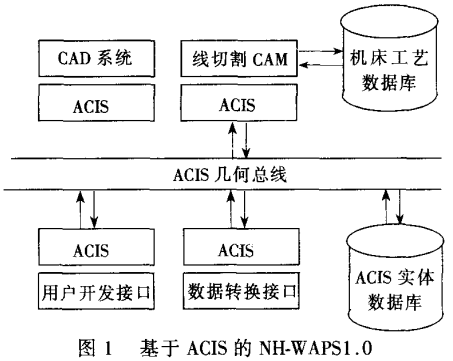


图 1 基于 ACIS 的 NH-WAPS1.0

按功能模块，NH－WAPS1.0 系统主要由文件管理（含文件传输）、图形编辑（dxf 等数据接口、齿轮、文字、数学曲线等）、平面加工、锥度加工、上下异型体加工、动态仿真、用户二次开发接口和工艺数据库等模块组成。

3. NH—WAPS1.0 系统中的关键技术

（1）用户二次开发规范 为了便于开发人员升级 WAPS 系统和用户扩展系统功能，NH－WAPS1.0 提供了一些用于用户二次开发的开发规范，该规范遵循四条原则：①用户必须在开发模板提供的程序框架的基础上建立自己功能模块。②功能模块必须编译链接成动态连接库（DLL）文件，并且每个 DLL 文件只能保存一个 DLL，该 DLL 必须具有指定的入口函数，以便系统访问。③建议用户将其开发的系统功能模块（DLL 文件）放入 NH－WAPS1.0 系统文件所在的文件夹中。④用户还应当修改 NH－WAPS1.0 的资源配置文件，增加相应的配置信息以便反应编程系统功能的变化。

（2）电极丝中心轨迹生成及处理 电火花线切割加工是电极丝的展成放电加工。WEDM 数控编程就是根据工件的待加工轮廓、放电间隙、加工余量和电极丝直径计算出电极丝的中心轨迹，并将其转化为相应的数控代码。电极丝中心轨迹是待加工工件轮廓的一条等距线，等距距离由放电间隙、加工余量和电极丝直径共同决定。

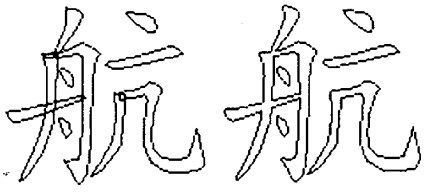
ACIS 提供了一个比较完善的环（WIRE）等

距函数，该函数提供了一些开关选项以便自动对等距后的环进行裁剪和过渡处理，生成非自交环。其函数声明如下：

```
outcome api _ offset _ planar _ wire (
  BODY * givenwire,          //待等距的环
  law * offsetlaw,           //等距距离
  law * twist _ law,         //圆角过渡时半径
  const unit _ vector&
    wire _ normal,           //等距方向矢量
  BODY * & offsetwire,       //等距后生成的环
  int gaptype = 2,           //过渡类型
  logical trim = TRUE,       //去除自交环
  logical overlap = FALSE,   //是否重叠
  );
```

在上述函数中，开关变量 gaptype 提供了自然过渡、圆弧过渡和直线过渡等三种过渡方式来处理等距环中相邻等距线之间的过渡和连接。将工件的待加工轮廓理顺后就可以用它求出电极丝的中心轨迹。利用 bounded-curve 的帮助，用选用的曲线逼近算法可以方便地实现非常规曲线的直线或圆弧逼近处理。

(3) 汉字及字符处理　随着 WEDM 技术的发展和普及，对字符及汉字字模的切割需求日益增强。WEDM 加工的工艺要求编程中不允许出现图 2a 中的轮廓交叉，在现有的 WEDM 自动编程软件中，当遇到这种问题时，编程人员必须对交叉轮廓进行手工裁剪。手工裁剪不仅麻烦，还时常造成疏漏，影响数控代码的正确性。以 ACIS 总线为中心，通过蒙面处理，NH－WAPS 解决了汉字字体轮廓的交叉。



(a) 处理前　　(b) 处理后

图 2　楷书 GB2312 字体轮廓交叉及处理

在数控编程系统中，对字符和汉字的处理，通常是基于 Windows 系统的 True Type 字体。在该字体中，字形轮廓由一系列直线和曲线组成的封闭环的集合以及一些其他描述信息组成。函数 GetGlyphOutline 可以提取字体的轮廓，但某些汉字字体存在轮廓交叉，为此我们借助 ACIS 平台对提取的字体轮廓作了进一步的处理。

首先，将提取的字体轮廓（封闭环的集合）转化为 ACIS 的几何实体 WIRE（环），再以各 WIRE 为边界通过蒙皮运算生成多个 FACE（双向面），最后对生成的多个面进行布尔并运算，形成一张轮廓单一的双向面并取出其轮廓即可。具体算法如下：

①首先建立环（WIRE）链表，将由函数 GetGlyphOutline 取得的待处理汉字的轮廓转化为 WIRE 环放入该链表中。

②分别调用函数 api _ cover _ wires 和 api _ body _ to _ 2d，对上述链表中的各环进行蒙皮处理，并将其转化为 ACIS 双向面。

③调用 ACIS 函数 api-unite，对上述全部双向面进行布尔并处理，得到一张轮廓单一的双向面。

④调用 api _ uncover _ face 剔除上述单一轮廓上的蒙皮（即：双向面），通过函数 api _ separate _ body 取出不含蒙皮的 BOBY 上的轮廓环 WIRE，最后取出 WIRE 中的 EDGE 并将它们加载到 ACIS 总线，便实现了该模块与整个系统无缝的集成。

经过上述处理即可解决轮廓交叉问题，见图 2b 所示。大量测试结果表明，该方法具有稳定、高效的优点，是一种处理数控编程中轮廓交叉的统一算法，完全可以应用于其他基于 ACIS 的数控编程系统中。

(4) 锥度及上下异型切割　具有四轴联动的 WEDM 机床具有加工锥度和上下异型等复杂三维直纹曲面的能力，NH－WAPS 系统具有锥度和上下异型体编程功能。在现有的四轴联动 WEDM 机床中，最典型的坐标系统是 Charmilles 公司的 OXYUVZ 系统和 Agie 公司的 OXYQRZ 系统，基于 OXYUVZ 系统的机床能同时满足二维和三维加工要求，所以得到了广泛应用。NH－WAPS 系统就针对于采用 OXYUVZ 坐标系统的 WEDM 数控机床。

(5) NC 代码验证　WEDM（尤其是慢走丝 WEDM）的加工成本非常高，所以在正式加工前要检验 NC 代码的正确性，查看加工结果是否合乎需要、加工中有无干涉以及是否存在运动参数超过机床最大限制等问题。限于篇幅，下面只讨论 WAPS1.0 中的加工结果的查看和加工中电极丝最大倾斜角的求取。

3. 三维编程示例

图 3 是 NH—WAPS1.0 系统的一个上下异型

编程示例，其中：a 为前视图，b 为仰视图，c 为俯视图，d 为 NC 代码的实体仿真效果图（轴测图）。尺寸如图中所示，编程中直线逼近精度为 0.001mm，仿真结果显示其待加工面积为：1 064.608mm。

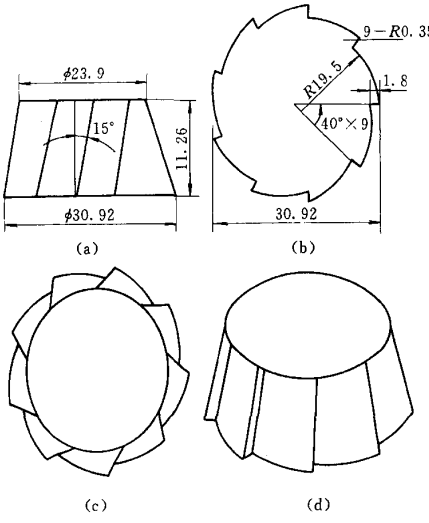


图 3　上下异型编程示例

在指定上下轮廓的切入点后，系统按前面的上下异型体构造规则，找出上下轮廓之间各曲线之间的对应关系，然后按指定的直线逼近精度进行线性化处理，最后 NC 代码输出。仿真结果显示该上下异型体无干涉现象。

4. 结束语

本文介绍了南航电加工数控所开发的电火花线切割自动编程系统 NH－WAPS1.0，阐述了系统开发中用到的一些相关技术。给出了用户二次开发接口的实现规范、ACIS 平台下电极丝中心轨迹的生成方法、汉字轮廓交叉的处理以及锥度和上下异型体编程中对应点的求取、对应曲线的同步线性化等算法。文中阐述的一些技术可作为开发其他基于 ACIS 平台的数控编程软件的技术参考。

（收稿日期：20031119）

信息

第一届西门子 SINUMERIK 数控应用与改造有奖征文

主办单位：西门子工厂自动化工程有限公司（SFAE）
西门子（中国）有限公司自动化与驱动集团运动控制部

■ **征文范围**

西门子 SINUMERIK 数控在各行各业控制及自动化领域应用的典型案例与 SINUMERIK 数控产品改造。

■ **征文要求**

1. 论文内容要点应包括应用背景及新旧系统描述、系统硬件配置图、系统软件编程思路、应用体会和经验，并叙述控制对象的主要特点和难点，以及采用西门子 SINUMERIK 数控应用或数控改造给用户带来的好处。

2. 来稿须未曾公开发表过。论文内容要围绕征文范围，主题突出，论点鲜明，案例翔实。

3. 来稿请注明作者姓名、单位、专业技术职称、现从事的工作及准确联系方式，包括地址、邮编、电话、E－mail 等。

4. 投稿作者可提前与竞赛组联系，竞赛组将及时为您邮寄 SINUMERIK 数控系统及数控改造的最新资料。

5. 征文截止日期为 2004 年 2 月 29 日。

■ **征文评选与刊登**

1. 西门子公司将组织专家对所有来稿进行评审，评选结果将在《机械工人》《制造技术与机床》《航空制造技术》等优秀专业期刊和西门子网站上同时公布。

2. 本次征文设一等奖 2 名，二等奖 10 名，优秀奖若干。获奖论文的第一作者将获得主办单位颁发的获奖证书、奖品（一等奖奖品价值 3000 元，二等奖奖品价值 1500 元，优秀奖奖品价值 300 元）以及专业期刊光盘一套，所有来稿的第一作者均可获得一份纪念品及一期专业杂志。

3. 优秀征文将在《机械工人》等优秀专业期刊上刊登，并将在西门子公司网站 http://www.ad.siemens.com.cn 和西门子内部刊物上发表。

4. 优秀论文将定期制作成论文集及光盘。

■ **参赛方法**

方式一：邮局邮寄，附电子文档及打印稿各一份。

方式二：E－mail（sfae@chinabidding.com；ad.mc@siemens.com）

■ **联系方式**

北京市朝阳区望京中环南路 7 号　西门子（中国）有限公司 自动化与驱动集团运动控制部　邵莹莹　（收）
邮编：100102　电话：010－64721888－3448　传真：010－64732180
北京市朝阳区京顺路 7 号　西门子工厂自动化工程有限公司业务发展部　成　静（收）
邮编：100028　电话：010－64610005－319　传真：010－64675630

本活动最终解释权归西门子工厂自动化工程有限公司 & 西门子（中国）有限公司自动化与驱动集团运动控制部所有。

活动即将截止，请有志者积极参与