

基于 CAD/CAPP 结构的回转体图形显示处理技术研究

陈智渊¹, 石鑫²

(1. 青海师范大学民族师范学院, 海南藏族自治州 813000;
2. 中航工业江西洪都航空工业集团有限责任公司, 南昌 330024)

[摘要] 为更好地实现工程图形文件的读取与数据共享, 促进 CAD/CAPP 模块工艺信息的表达与集成, 现在车削加工自动编程系统中, 以车削回转体图形文件为研究对象, 主要通过 CAD 软件系统完成图形输入, 并利用 VC 语言开发应用程序, 编程实现文件的数据读取与数据处理, 变成 CAPP 模块需要的基于特征的数据结构, 最后结合 OpenGL 图形处理技术, 完成对输入图形的三维绘制以及其他渲染处理, 最终实现了 CAD/CAPP/CAM 的正确集成, 为 CAD/CAM 系统集成提供了新的技术支持。

关键词: CAD/CAPP; 车削加工; 回转体; 数据处理; 数据结构; OpenGL

Research on Display Processing Technology of Revolving Part Graph Based on CAD/CAPP Structure

CHEN Zhiyuan¹, SHI Xin²

(1. Minority Normal College, Qinghai Normal University, Hainan Tibetan Autonomous Prefecture 813000, China;
2. AVIC Jiangxi Hongdu Aviation Industry Group Corporation Ltd., Nanchang 330024, China)

[ABSTRACT] For better implementation of engineering graphic file reading and data sharing, and promoting the expression and integration of CAD/CAPP process information, now in lathe turning processing automatic programming system, we take the revolving part as the research object, mainly use CAD software system to complete the graphic input, and use the VC language to develop the application program, and make file reading and data-process turned into data structure, which CAPP module needs based on the feature. Then combining with OpenGL graphics processing technology, the 3D drawing of the input patterns and other rendering process are done, finally achieving the correct CAD/CAPP/CAM integration, and providing a new technology support for the integration of CAD/CAM system.

Keywords: CAD/CAPP; Lathe turning processing; Revolving part; Data-process; Data structure; OpenGL

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2016.11.099

当前,随着 CAD/CAPP 技术的深入应用以及应用领域不断扩大,特别是在计算机辅助的机械制造加工领域的运用,极大地加速了机械加工过程自动化的进程,促进了三维 CAD 的无缝集成,提高了工艺决策的可靠性与灵活性,保证了零件设计与工艺设计的可行性^[1-2]。虽然 CAD/CAPP 技术拥有上述诸多优点,但是,市面上的各种典型 CAD/CAM 系统却不具备完善的 CAPP 功能,这中断了 CAD 到 CAPP 的转变进程,不能将 CAD 处理后的几何信息转化为 CAPP 所需的基于特征的数据结构而加以利用。

通常,在计算机辅助车削自动加工系统中,基于 CAD/CAPP 结构的回转体图形文件是系统的主要数据来源,关系到数据传递过程能否顺利进行,是整个自动加工系统能否正常运行的关键环节。为了获得 CAPP

模块所需的特征信息,就需要对 CAD 回转体的几何信息进行转换,以确认转换文件的正确性。为此,本文通过 OpenGL 对转换后的 CAPP 特征信息进行三维数据重构,绘制三维立体效果图,亦包含其他显示处理内容,以期 CAD/CAM 系统集成提供新的技术支持。

1 CAD/CAPP 结构设计

本系统采用文本格式(.txt)进行数据的存储。文本格式的数据文件是最终提供给下一模块使用的数据文件,是根据系统统一的文件数据结构建立的,包含全部的拓扑信息和几何信息。根据回转体零件工程图信息进行加工特征的定义和零件特征模型的描述,建立的系统文件数据结构如图 1 所示。

另外,该文本格式的数据文件包含 3 种存储格式,

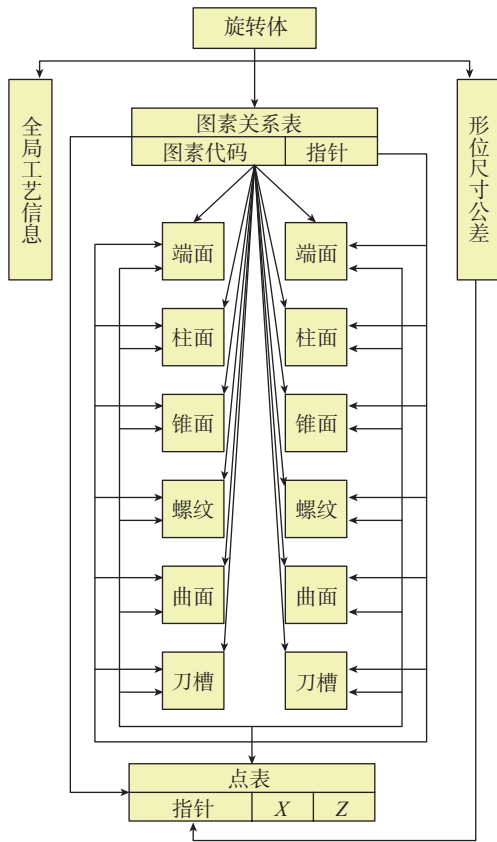


图1 系统文件数据结构

Fig.1 System file data structure

即零件图点数组、零件几何关系表、各几何数据表。具体解释如下(文本格式数据文件解释时 Z 值为相对坐标下 X 坐标值, X 值为相对坐标下 Y 坐标值)。

(1) 零件图点数组: ppon (nr, 2)。

1	Z 值	X 值	面号
2	...	...	...
...
nr	...	...	...

表中每一个点 (Z, X) 代表了某个图素的终止点, 对应的面号即为 rela() 中该图素的指针; 共有 nr 个点数组, 按照左逆时针从 1~nr 依次对零件图进行排列。

(2) 零件几何关系表: rela[np, 1]

1	属性码	指针
2	...	...
...
nr	...	...

属性码表示图素的特征:

1—外腔圆柱面, 2—外端面, 3—外锥面, 4—外螺纹面, 5—外圆弧面, 6—外空刀槽, 7—内腔圆柱面, 8—内端面, 9—内锥面, 10—内螺纹面, 11—内圆弧面, 12—内空刀槽。

指针: 图素对应几何数据的指针。

rela() 的行号 1~np 对应各图素的编号。

外、内指将零件图从左到右看作两个部分, 外形即

是外腔, 内形即是内腔。

(3) 各几何数据表(以外腔为例)。

外腔圆柱面: OCYLG[, 3]。

	直径	Z 左	Z 右	特征值
1	...	...	...	1/2
2	...	...	...	...
...

其中, 特征值 1—外圆柱面; 2—内圆柱面。

外腔端面: OEDFG[, 3]。

	Z	X 上	X 下	特征值
1	...	...	...	1/2
2	...	...	...	...
...

其中, 特征值 1—左端面; 2—右端面。

外腔锥面: OCONG[, 5]。

	Z 左	X 左	Z 右	X 右	特征值	锥角
1	...	...	...	...	1/2	...
2	...	...	...	...	...	...
...

其中, 特征值 1—外腔外锥面; 2—外腔内锥面, 锥角用弧度度量。

外腔螺纹面: OTHRG[, 4]。

	外直径	Z 左	Z 右	螺距	类型
1	...	...	...	...	1/2
2	...	...	...	...	...
...

其中, 特征值 1—普通螺纹; 2—细牙螺纹。

外腔圆弧面: OCURG[, 7]。

	Z 始	X 始	Z 终	R	Oz	Ox	旋向
1	...	...	...	...	...	...	1/2
2	...	...	...	...	...	...	...
...

其中, 旋向 1—顺旋; 2—逆旋。

同理易得, 内腔圆柱面 ICYLG[, 3]、内腔端面 IEDEG[, 3]、内腔锥面 ICONG[, 5]、内腔螺纹 ITHRG[, 4] 以及内腔圆弧面 ICURG[, 7], 各数表结构与对应的外腔图素大体相同, 对应数据的存放顺序如图 2 所示。与之相对应的内腔面存放顺序与图 2 结构相同。这样, 刀位点计算模块或后置处理模块只要按上面的数据结构读取数据即可全部取出输入模块的全部信息。

2 文件数据的读取

通过上述分析, 基于特征的零件结构信息主要由对应的特征值和主要属性(如圆心、半径、拱度)构成。针对回转类零件的特点, 并依据数据的相互关系及存储顺序, 采用循环结构将读取的图素数据保存在 VC++ 的动态数组类 (COBArray) 中^[3]。应用程序读取的数据主要包含 3 种类型, 说明如下:

(1) 几何图素的类型都可分为直线或弧线;

(2) 直线段用起止点坐标表示;

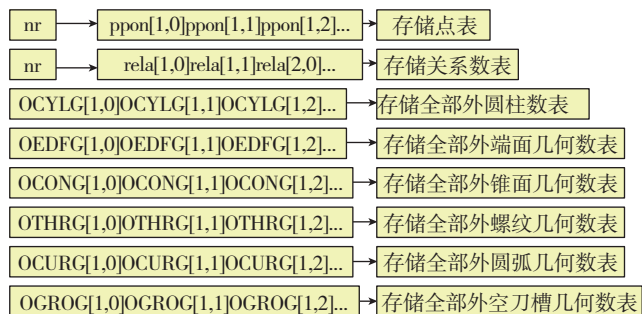


图2 数据存放顺序
Fig.2 Data save order

(3) 弧线段用起止点坐标和拱度表示。

另外,由于车削加工的零件主要是回转体零件,故其沿中心线对称剖面的特征都是相同的,而且剖面上的坐标也是相对中心线对称的。在这样的条件下本系统可将回转体零件视图简化为 1/2 中心线剖面形式。由这个剖面可以换算出该回转体的全部信息,也就是说采用这样的处理不会丢失信息。经这样简化后的零件具有以下特点:零件图是由外轮廓线绕母线旋转构成,是一个封闭的单连域;零件图是一个二维截面图;各几何图素都是由直线、弧线组成,且每个图素具有特定的工艺特征,如空刀槽对应 3 条直线段,需要采用上插值的方法进行数据读取。

3 图形构造算法

在进行回转体零件的构造时,实际上就是利用已知的轴线与母线,来构造对应的旋转曲面,这也是基于回转体零件的圆周对称的特点所决定的^[4]。构造旋转曲面时,需要使用到旋转成形算法,包含两个步骤。

(1) 横向切割。

横向切割是指在已知轮廓线上逐段均匀地分割成若干个分点,并把所有分割点坐标按次序存入所设置的 3 个二维数组 $x[i, j]$, $y[i, j]$, $z[i, j]$ 的过程。程序中横向分割点的个数即为横向切割密度值,其值越大,则所生成的曲线轮廓就越接近于原图形曲线轮廓,与此同时数据的计算量也会相应增大。

(2) 纵向切割。

纵向切割要对横向切割形成的全部点进行三维回转操作,还需对每点的圆周轨迹进行插值点的坐标计算。插值点数就是密度值大小,这就是说,纵向插值点数越多,分割越细,所生成真实感图形横截面越圆滑,但数据的计算量也相应增大。

圆弧纵向切割如图 3 所示。由横向切割得到母线轮廓的全部坐标点数组 $x[i, j]$, $y[i, j]$, $z[i, j]$, 进行纵向切割计算时,假设绕 x 轴作圆周回转操作,要计算圆周轨迹上的 n 个点的坐标,设回转步长 t 为 $2\pi/n$, 可得回转

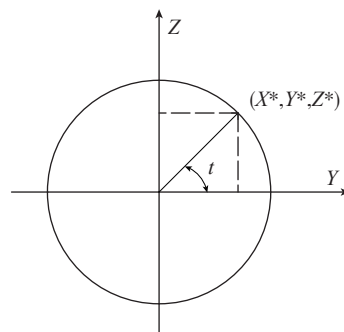


图3 圆弧纵向切割
Fig.3 Arc longitudinal cutting

变换矩阵 T :

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos t & -\sin t \\ 0 & \sin t & \cos t \end{bmatrix} \quad (1)$$

设母线上任一点坐标为 (x, y, z) , 则回转后的点坐标为:

$$[x^* \quad y^* \quad z^*] = [x \quad y \quad z] \times T \quad (2)$$

$$\text{即} \begin{cases} x^* = x \\ y^* = y \cos t + z \sin t \\ z^* = -y \sin t + z \cos t \end{cases} \quad (3)$$

其中 $z=0$, 至此,就获得了回转体零件全部的三维空间坐标。构造算法对应的程序如下:

```
for (int j=1;j<m_m;j++)// 分多少份;
{for (inti=0;i<ver_num;i++)// 横向总点数;
{verx.Add ( verx.GetAt ( i ));
very.Add ( very.GetAt ( i ) *cos ( j*2*PI/m_m ));
verz.Add ( very.GetAt ( i ) *sin ( j*2*PI/m_m ));}}
```

4 OpenGL 对零件图形的处理

图 4 为 CAD 系统输入的回转体二维图形。OpenGL 具备绘制三维图形的所有功能,本系统调用 OpenGL 主要实现功能如下:窗口初始化、回转体旋转造型、坐标变换、光照和材质设置、雾化和纹理贴图^[5]。该应用程序中的各种功能均是通过 ActiveX 有效实现系统集成的。如通过回转体选择造型即可获得回转体零件的三维实体,如图 5 所示;另外,通过设置材质与光照,就可

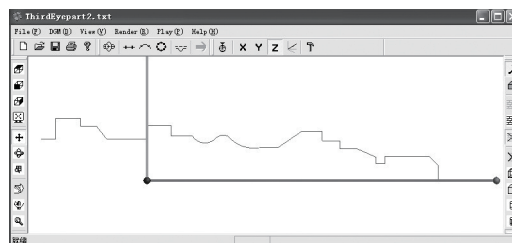


图4 回转体二维图形
Fig.4 Two-dimensional graph of revolving part

更为准确模拟真实的外部光照效果,实现该回转体在计算机辅助应用中的真实感效果,显示处理功能亦包含雾化、纹理贴图等特殊处理效果。

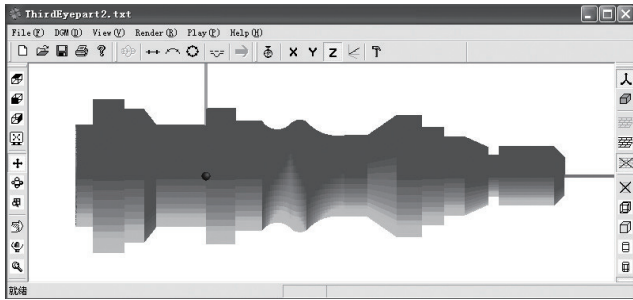


图5 三维造型
Fig.5 3D model

5 结束语

本研究通过设计合理的 CAD/CAPP 回转体零件图形文本结构,采用旋转曲面构造算法,实现了基于母线和外轮廓构造图形零件的目的。结合 OpenGL 技术完成了对回转体零件的交互式显示处理,涵盖材质与光照设置、雾化以及反走样等功能,这样就为 CAD/CAM 系统集成技术提供了新的技术支持,目前已在本校工训实践中得到了有效应用。

参考文献

[1] 舒海生,牟晓伟,余豪华,等.基于加工特性和制造资源约束的 CAD/CAPP 研究[J].制造技术与机床,2012(3):113-117.
SHU Haisheng, MOU Xiaowei, YU Haohua, et al. Study of CAD/CAPP based on manufacturing features and manufacturing resource restriction[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2012(3):113-117.

[2] 李群力,王宗彦,郑江,等.基于三维参数化模型的装配 CAPP 系统研究[J].制造业自动化,2013(19):120-122.
LI Qunli, WANG Zongyan, ZHENG Jiang, et al. The research on assembly CAPP system based on 3D parameter models[J]. Manufacturing Automation, 2013(19):120-122.

[3] 孙燕华,张臣,周来水.基于 DXF 文件的数控车削编程系统零件信息输入技术研究[J].机械设计与制造,2011(6):211-213.
SUN Yanhua, ZHANG Chen, ZHOU Laishui. Technology of part information input for NC turning programming system based on DXF files[J]. Machinery Design & Manufacture, 2011(6):211-213.

[4] 赵陌.计算可视化的一个快速三维旋转算法[J].系统仿真学报,2008,20(4):938-943.
ZHAO Mo. Rapid 3D rotation algorithm for visualizations of computing processes[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(4):938-943.

[5] 尹海峰,库祥臣.基于 Visual C++ 与 OpenGL 的风电机组仿真系统研究[J].组合机床与自动化加工技术,2013(6):142-144.
YIN Haifeng, KU Xiangchen. Research on wind turbines simulation system based on visual C++ and OpenGL[J]. Modular Machine Tool & Automation Manufacturing Technique, 2013(6):142-144.

(责编 冬月)

(上接第94页)

件装配偏差模型的有效性,为飞机薄壁类结构部件的装配偏差分析及预测提供了理论及技术手段。

参考文献

[1] LIU S C, HU S J. Variation simulation for deformable sheet metal assemblies using finite element methods[J]. Journal of manufacturing science and engineering, 1997, 119(3):368-374.

[2] MERKLEY K G. Tolerance analysis of compliant assemblies[D]. Provo: Brigham Young University, 1998.

[3] BIHLMAIER B F. Tolerance analysis of flexible assemblies using finite element and spectral analysis[D]. Provo: Brigham Young University, 1999.

[4] MORTENSEN A J. An integrated methodology for statistical tolerance analysis of flexible assemblies[D]. Provo: Brigham Young University, 2002.

[5] CAI W, HU S J, YUAN J X. Deformable sheet metal fixturing: principles, algorithms, and simulations[J]. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 1996, 118(3):318-324.

[6] 邢彦锋,赵晓昱,吴伟蔚.基于夹具配置的薄板件装配偏差分析模型[J].计算机集成制造系统,2010,16(2):280-286.
XING Yanfeng, ZHAO Xiaoyu, WU Weiwei. Assembly variation analysis model based on fixture configurations for sheet metal parts[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(2):280-286.

[7] SAADAT M, SIM R, NAJAFI F. Prediction of geometrical variations in airbus wingbox assembly[J]. Assembly Automation, 2007, 27(4):324-332.

[8] LIN J, JIN S, ZHENG C, et al. Compliant assembly variation analysis of aeronautical panels using unified substructures with consideration of identical parts[J]. Computer-Aided Design, 2014, 57:29-40.

[9] 靳思源,沈利冰,金隼,等.飞机壁板件装配偏差的刚柔混合建模方法与应用[J].机械设计与研究,2013,29(3):58-61.
JIN Siyuan, SHEN Libing, JIN Sun, et al. Rigid-flexible hybrid modeling method and application of airplane wall plate assembling deviation[J]. Machine Design and Research, 2013, 29(3):58-61.

[10] CHENG H, LI Y, ZHANG K, et al. Efficient method of positioning error analysis for aeronautical thin-walled structures multi-state riveting[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 55(1-4):217-233.

[11] CHENG H, LI Y, ZHANG K, et al. Variation modeling of aeronautical thin-walled structures with multi-state riveting[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2011, 30(2):101-115.

(责编 冬月)

(上接第98页)

参考文献

[1] 王庆林.飞机构型管理[M].上海:上海科学技术出版社,2012.
WANG Qinglin. Aircraft configuration management[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publisher, 2012.

[2] 范玉青,梅中义,陶剑.大型飞机数字化制造工程[M].北京:航空工业出版社,2011.
FAN Yuqing, MEI Zhongyi, TAO Jian. Large aircraft digital manufacturing engineering[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2011.

(责编 冬月)