加工中心上用CAXA/CAM加工零件

■ 新疆工程学院 （乌鲁木齐 830013） 柳鹏旭 朱峰刚

摘要：本文利用公司生产的较复杂零件，针对在加工中心采用的CAXA/CAM加工方法，从零件特点、工艺等方面进行了叙述，并进行了实物的加工以验证其精度及可靠性。

如图1所示，是我公司在模具加工中遇到的一个比较复杂的零件，毛坯尺寸长158mm、宽128mm、高35mm，材质是45钢，上面有内轮廓、曲线凸凹台、复杂曲面、曲线槽、螺纹、内孔及齿轮等较全面的加工要素，它的CAXA制造工程加工方法具有一定的代表性。该软件编程准确性高、容易掌握，可以生成世面上常用数控系统的G代码，有丰富的粗、精加工命令，同时还具有通信功能。

1. 零件的结构特点

如图2所示，零件正面上端有*R*50mm和2个*R*4mm组成的曲面，并且曲面边界还有一周*R*5mm圆弧倒角，心部有*R*20mm和4个*R*5mm组成的曲面，根部有4个*R*3mm的倒角，这些结构要素使得造型和加工都有一定的难度。

正面心部的齿轮参数是：模数m=4，齿数z=9，齿顶高系数h_a=1，齿顶隙系数C=0.25，径向变位系数X=0.4，跨齿数K=2，公法线W_n=19.5+0.2 +0.1（mm），CAXA没有提供专业的齿轮造型命令，能通过函数曲线造型，但是该方法较繁琐且有变位系数后造型更困难。

零件正面下端的曲线槽尺寸

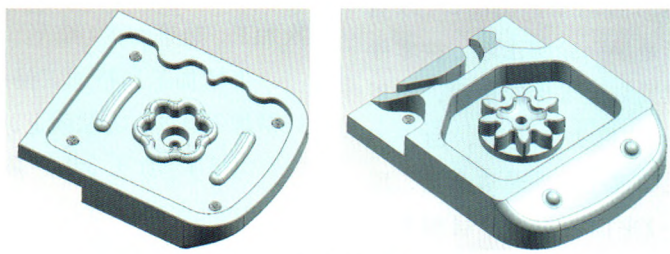

图1 零件三维图

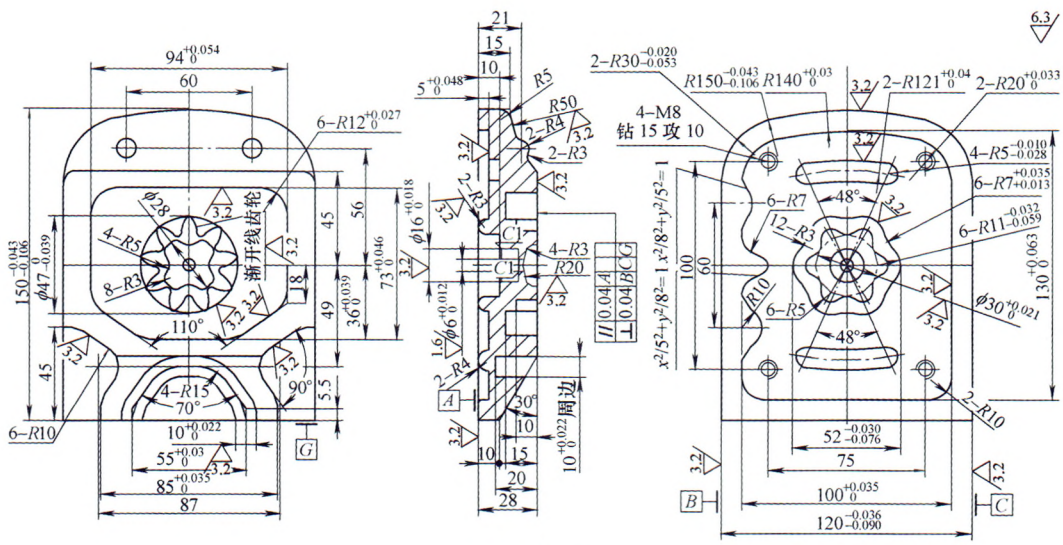

图2 零件图

不易保证，两个90°的缺口不封闭，要做辅助线封闭才能编程加工。

背面内轮廓边上有两个不同方向的椭圆，中心有圆弧组成的内外六方花瓣，上下有两个圆弧曲线岛屿，这些要素在加工中还要倒圆角，要选择合理的造型才比较方便。

2. 零件加工工艺分析

使用CAXA制造工程加工零件，无须画出完整零件再加工，第一这样停机时间长，浪费加工时间；第二在选择局部加工时，零件之间的各要素会有干涉，反而不方便出程序轨迹。

该软件在加工平面轮廓要素时，支持只划出零件轮廓线进行粗、精加工。曲面加工可以通过实体或曲面进行编程加工。实现局部加工必须用曲面，有些精加工命令只能用曲面选取加工。其粗加工命令不但可以实现粗加工，也可以当精加工命令使用。精加工命令可以使用轨迹平移形成多个层次，连接轨迹变成一个整体的粗加工命令；粗加工命令可以通过设置层高，将一层加工轨迹变成精加工命令。

“CAXA制造工程师”的平面轮廓要素，可以使用平面区域粗加工和轮廓线精加工完成零件粗精加工，也可以使用轮廓线精加工做粗加工使用。曲面粗加工可以使用等高粗加工，也可以用参数线精加工和三维偏置面两个精加工命令作粗、精加工使用。

由于图中的尺寸精度较高，决定采用粗加工、半精加工及精加工达到尺寸精度，半精加工和精加工采用相同的刀具和切削参数，可修正刀具各种几何误差及零件的弹性变形，容易保证尺寸，对重要的底面也需进行精加工。

该零件使用FANUC数控加工中心进行加工，所有刀具轨迹按发那科后置格式生成程序，传输使用CAXA自带通信功能按FANUC设置传输，对较大的曲面程序使用在线加工；后面的加工编程以出刀具轨迹为结束。

3. 零件的加工工艺

（1）加工正面外轮廓：用机虎钳装夹夹持150mm的两面，露出虎钳面30mm，底面垫垫铁，用面铣刀铣光顶面，立铣刀加工四周。如图3所示，黑色是毛坯线框图，蓝色是零件轮廓曲线，咖啡色是刀具轨迹线，粉红色是刀具进刀线轨迹，红色是刀具退刀线轨迹。由图1可以看出外形是平面轮廓图形，按零件装夹位置划出零件轮廓线，采用ϕ18mm的机夹立铣刀，由于刀具直径超过了零件单边余量，所以在X-Y平面内不用分层加工。使用轮廓线精加工命令，在层高中设置－28～0mm的深度加工范围，层间螺旋进刀以保持加工平稳。强制在毛坯外下刀，精加工余量留1mm，转速2 000r/min，垂直下刀1.5mm，进给速度600mm/min，生成轨迹如图3所示。

半精加工、精加工采用同样的命令和刀具，半精加工在余量中把参数设置为0.5mm，转速2 400r/min、吃刀深度为Z向5mm、进给速度300mm/min。精加工按检测的实际尺寸调整余量参数，用相同的切削参数加工成形。

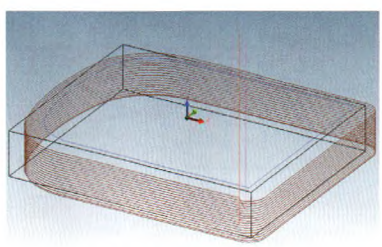

图3　加工外轮廓轨迹

（2）加工正面两边缺口：打开CAXA界面，按零件装夹画出一个缺口图形，因采用平面区域粗加工命令必须有一个封闭的轮廓线，为了在三个直角边处不留残料，必须把两个直角边平移出一个刀具半径后形成封闭轮廓才能产生刀轨。

粗加工参数设置，采用ϕ18mm的机夹立铣刀，从外向里环切加工。层高设置为－15～0mm的深度加工范围，切削参数同上。通过镜像生成另一缺口的刀具轨迹，连接两个轨迹实现一次加工，轨迹如图4所示。

半精加工和精加工使用轮廓线精加工命令，方法同上。

（3）加工30°斜面和R50mm的曲面：加工中使用实体造型，再通过实体表面命令把实体表面转换为曲面进行加工，也可以直接造曲面进行加工。使用粗加工和精加工两道工序。

30°斜面采用参数线命令粗、精加工，参数线是精加工命

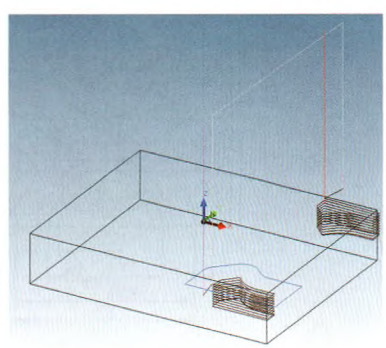

图4　加工两边缺口的轮廓轨迹

令，无法分层加工。所以用曲面侧铣法，在Z向切削量可以达到刀具直径的1～1.5倍，在*X*-*Y*向即行距吃刀量0.1～0.5mm，不用分层就可以粗加工。粗加工中设置转速2 000r/min、进给速度1 000mm/min、行距0.3mm，留余量0.5mm完成粗加工。精加工使用同样命令、参数设置，刀具为*R*5mm的球头铣刀，转速3 600 r/min，进给速度1 500mm/min，行距0.3mm，留余量0mm，完成斜面精加工，刀轨如图5所示。

*R*50mm的曲面使用三维偏置面精加工命令来进行粗、精加工，粗加工可以把不分层的刀轨向上平移五层后，通过轨迹连接形成一个完整轨迹，但空刀较多。所以通过在切削参数中加大进给速度、在空刀时调节机床进给倍率开关快速走完空刀，切削时调回正常速度的方法解决。在粗加工中设置三维偏置面加工命令的参数，ϕ18mm机夹立铣刀，转速2 000r/min，进给速度4 000mm/min，行距1.5mm，层高1.5mm，留余量0.5mm，完成粗加工。

精加工使用同样的命令、参数设置。由于受到零件中*R*3mm内圆弧的制约，刀具选择*R*2mm的球头铣刀，转速4 500 r/min，进给速度2 000mm/min，行距0.3mm，留余量0mm，完成*R*50mm精加工，刀轨如图5所示。

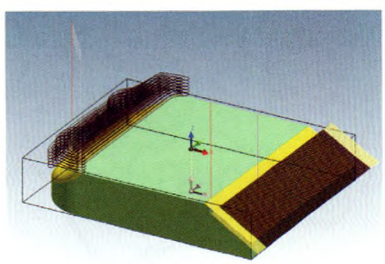

图5　加工*R*50mm的曲面和30°斜面轨迹图

（4）加工正面94mm宽的凹台：使用线框造型加工，把齿轮先铣成ϕ47mm的圆，凹台中最窄处为13mm，加上两边留余量，只能使用ϕ10mm的刀具加工。粗加工使用平面区域命令，环切加工从里向外，加工高度为－15～0mm，层高0.5mm，行距5mm，下刀方式选择螺旋半径2mm，节距0.5mm，切削参数为转速3 000r/min、进给速度2 000mm/min，刀具轨迹如图6所示。

半精加工、精加工使用轮廓线精加工命令，由于凹台底面尺寸精度不高，不进行底面精加工。加工参数为加工高度－15～0mm，层高2mm，下刀方式选垂直，转速4 000r/min，进给速度450mm/min。尺寸公差保证方法与上面相同，轨迹如图7所示。

（5）齿轮加工：在CAXA电子图版中用齿轮命令划出图形，一定要分解后保存成igs格式，启动同一版本的“制造工程师”在文件中选择并入文件即可。粗加工采用轮廓线精加工命令，加

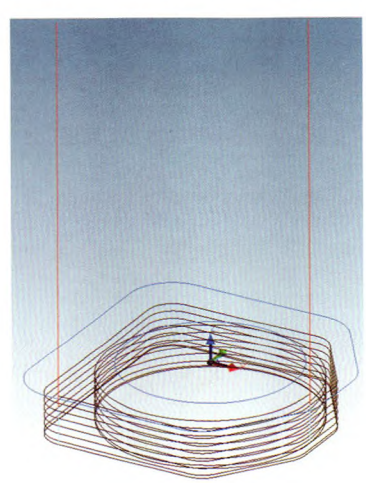

图6　粗加工轨迹

CYBER RC
赛 帕 埃 惜
日本サイバーRC株式会社
日本进口

Tool Regrind Machine
五轴全自动刀具磨床

Tool Regrind Machine
四轴全自动刀具磨床

Automatic Drill–Honing Machine
自动钻头钝化机

对象刀具

刀具种类	钻头、铣刀、丝锥、铰刀、3刃钻头、侧刃、3刃倒角刀、不等分铣刀、雕刻刀、枪钻
刀具材质	高速钢（HSS）、钨钢/硬质合金（carbide）
刀具最大把持直径	φ20（φ26 ※）※φ26规格为选配
刀具长度	45 ～ 200mm

特 征

- 操作简单　自动对刀、自动补正偏心　自动研磨
- 对应多种刀具
- 任意设置刀具参数
- 不需编程、可追加新程序，进行版本升级

◆广告 查询编号：0035

地址：苏州吴中区金枫路216号
东创科技园C幢108
联系人：代女士
手机：13651758961
电话：0512–62695591
QQ：642504730
邮箱：cyberrc_dll@aliyun.com

工参数设置由于受齿形制约，刀具使用硬质合金ϕ4mm立铣刀，加工高度－10～0mm，层高0.1mm，行距2mm，偏移方式为左偏，层间走刀螺旋，刀次2，留余量0.8mm，下刀方式选螺旋，切削参数为转速5 000r/min、进给速度2 000mm/min，产生的刀具轨迹如图8所示。

半精加工、精加工也采用轮廓线精加工命令，刀具硬质合金ϕ4mm立铣刀，参数设置为加工高度－10～0mm，层高1.5mm，刀次为1，下刀方式选垂直，切削参数为转速5 000r/min、进给速度500mm/min，尺寸公差保证方法同上，轨迹如图9所示。

（6）中心曲面加工：采用局部造型拉伸一个圆柱体后造出曲面，便于进行局部选择加工。粗加工选择等高粗加工命令，使用ϕ6mm硬质合金立铣刀，参数设置层高1mm、行距1mm，选择加工边界内侧，连接参数除了接近和返回全部选择直接连接，切削参数可以参照前面设定。轨迹如图10所示。精加工采用三维偏置面命令，使用R2mm球头铣刀，参数设置行距0.3mm，选择与加工边界重合，切削参数可以参照前面设定。轨迹如图11所示。

（7）正面曲线槽加工：在CAXA中按图形位置划出曲线槽，为了让刀具在零件实体外下刀和刀具加工时不留残料，把5.5mm直线延长一个刀具半径，槽加工使用成形键槽铣刀加工易保证精度。粗加工使用轮廓线精加工命令，采用ϕ8mm硬质合金铣刀，留余量1mm，采用小吃刀量0.3mm加工，其余设置同上。精加工同样使用轮廓线精加工命令，参数设置参照同上。使用与槽宽相同的ϕ10mm硬质合金键槽铣刀加工成形，轨迹如图12所示。

（8）背面凹台加工：使用线框造型，六方花瓣两面的圆角用曲面造型，两个长腰形凸台只造一个曲面形状。粗、精加工时，由于该部分内孔深度为15mm，而大凹台面深度5mm，分开使用区域粗加工和轮廓线精加工命令，然后通过轨迹连接形成完整的粗加工和精加工刀具轨迹。由于受到内圆弧的制约，使用ϕ12mm硬质合金立铣刀作为粗、精加工用刀，参数设定同上。由于5mm凹台深度尺寸精度较高，所以要对底面精加工，使用区域粗加工命令只加工一层刀具轨迹底面。凹台轮廓粗加工、精加工分别如图13、图14所示，底面精

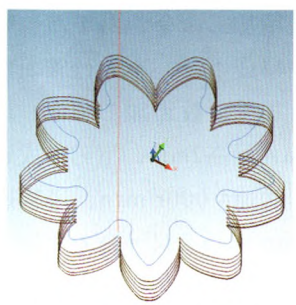

图9　齿轮精加工轨迹图

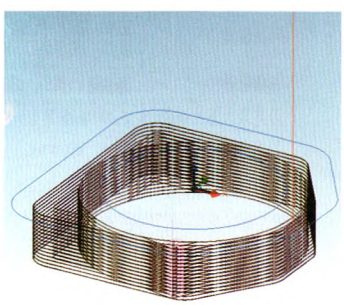

图7　精加工轨迹

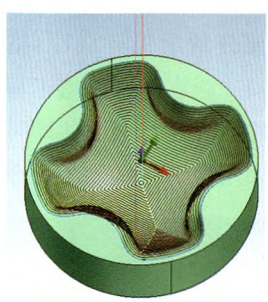

图10　中心曲面粗加工轨迹

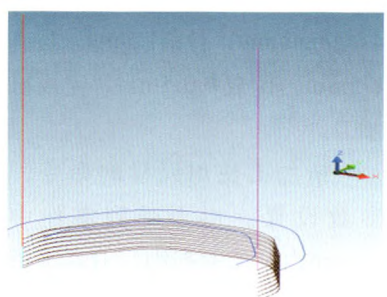

图12　曲线槽加工轨迹

图8　齿轮粗加工轨迹图

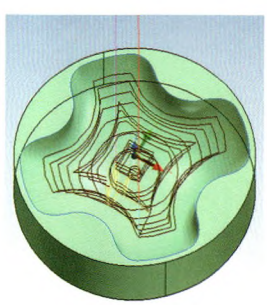

图11　中心曲面精加工轨迹

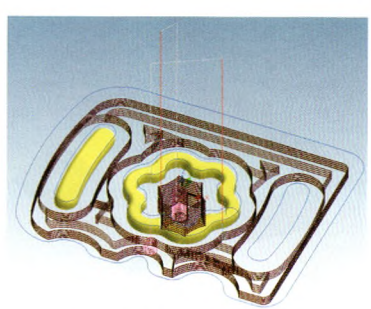

图13　凹台轮廓粗加工轨迹

加工如图15所示。

背凹台中的曲面其实就是圆弧倒角，加工余量较小。使用参数线精加工作为粗加工、精加工命令，粗加工使用ϕ8mm合金立铣刀，步距设为1mm，精加工使用R2mm合金球头铣刀，步距设为0.3mm，以减小精加工余量。因为精加工刀具受到零件的限制，只能使用较小直径的刀具，其余参数参照前面。倒角曲面粗加工、精加工如图16、图17所示。

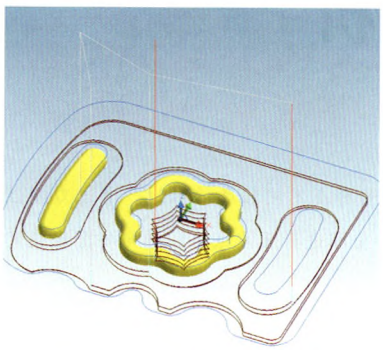

图14　凹台轮廓精加工轨迹

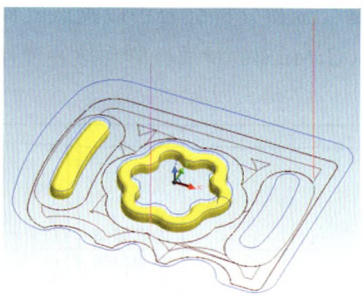

图15　凹台底面精加工轨迹

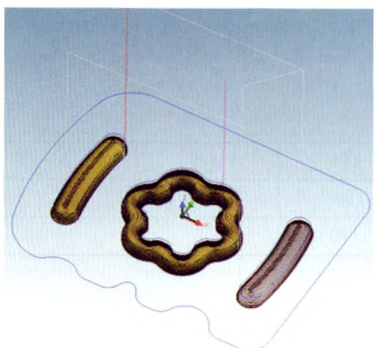

图16　倒角曲面粗加工轨迹

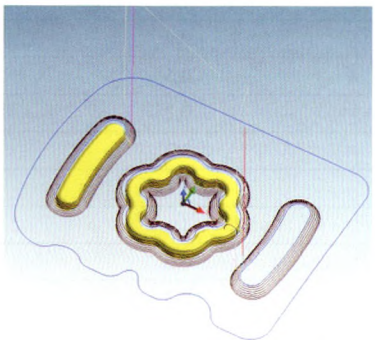

图17　倒角曲面精加工轨迹

（9）零件中的螺纹可以通过自动编程命令的孔加工或固定循环加工，实现钻底孔自动攻螺纹来完成，ϕ6mm内孔可以使用自动编程钻铰出，孔径较大的ϕ16mm内孔采用钻孔、铣孔及镗孔来加工完成，这里不再叙述。

4. 结语

通过上述方法，加工零件完全达到了精度要求。在加工中要灵活使用CAXA制造工程师中的各种造型和加工功能，可以用曲线的不用实体，曲面和实体优先选择造型方便的。要合理选择加工命令，轨迹在满足加工的前提下越简单越好。

参考文献：

[1] 陈明，刘钢，钟敬文. CAXA制造工程师——数控加工[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2006.

[2] 徐海军，王海英. CAXA制造工程师2013数控加工自动编程教程[M]. 北京：机械工业出版社，2014.

[3] 卓良福，张义武. 现代制造技术技能竞赛加工案例集锦:加工中心组合赛项[M]. 湖北：华中科技大学出版社, 2012.

MW（收稿日期：20170207）

CYBERRC

赛 帕 埃 惜

日本サイバーRC株式会社

日本进口

Tool Regrind Machine
五轴全自动刀具磨床

Tool Regrind Machine
四轴全自动刀具磨床

Automatic Drill-Honing Machine
自动钻头钝化机

对象刀具

刀具种类	钻头、铣刀、丝锥、铰刀、3刃钻头、侧刃、3刃倒角刀、不等分铣刀、雕刻刀、枪钻
刀具材质	高速钢（HSS）、钨钢/硬质合金（carbide）
刀具最大把持直径	φ20（φ26※）※φ26规格为选配
刀具长度	45 ~ 200mm

特 征

- 操作简单　自动对刀、自动补正偏心　自动研磨
- 对应多种刀具
- 任意设置刀具参数
- 不需编程、可追加新程序，进行版本升级

◆广告 查询编号：0035

地址：苏州吴中区金枫路216号
东创科技园C幢108
联系人：代女士
手机：13651758961
电话：0512-62695591
QQ：642504730
邮箱：cyberrc_dll@aliyun.com