

# CAXA 在国产汽车主模型与检具设计制造中的应用

北京华诚应用技术公司 张延亮 沈亮  
北航海尔软件有限公司 谢小星 鲁君尚

## 一、前言

北京华诚应用技术公司是以汽车模型与检具设计制造为主的一家高科技民营企业，在全国汽车车身行业，特别在车身检具项目上，一直处于领先地位。近两三年来市场上推出的各款国产新车，除了从国外直接照搬进来的以外，像英格尔、中华轿车、羚羊、飞羚、大发、北极星、汉江、江陵等等国产新车，其车身模型特别是车身检具，基本上都是由华诚基于CAXA-CAD/CAM系统实现设计和制造的。

国产汽车基本上走的是仿制和改型设计相结合的道路。因此在华诚这些年所承接的国产车项目中，几乎全部是按厂家提供的实物样车/件、部分图纸和少许3D数字模型等多种混合形式的技术要求进行车身模型与检具的混合设计和制造的，参见图1。这种设计与制造一般都需要有：大行程自动三坐标测量仪、反向工程系统、三维造型设计与二维绘图系统、强大的数据接口系统、数控铣削加工自动编程及后置系统、三轴数控铣床或加工中心机床等基本的装备条件与技术能力。



图1 实物、图纸及数字模型混合技术要求

## 二、基于数控仿型铣床与CAXA制造工程师的应用平台

根据企业的具体实际情况，华诚确定了以Digimill-40L数控仿型铣床与国产CAXA制造工程师系统为核心的应用方案，如图2所示。

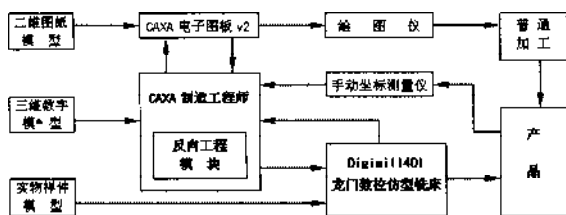


图2 基于数控仿型铣床和CAXA制造工程师系统的应用方案

使用数控仿形铣床代替高成本的三坐标测量仪，实物来源先由数控仿形铣床进行仿形，得到该机床控制系统Fidia的后置代码，如图3所示。



图3 使用Digimill-40L数控仿形铣床代替三坐标测量仪

应用CAXA制造工程师反向工程模块，将测量数据按加工轨迹方式读入，再将刀具轨迹处理为NURBS曲面，同时进行优化去除缺陷，按图纸或数字模型进行三维修正(包括产品改型)后，生成NC代码再传到数控仿形铣床进行加工。

数字模型的读入采用CAXA制造工程师系统的强大IGES接口。

图纸模型中需要数控加工的直接在CAXA制造工程师软件中进行三维造型；不需要的由CAXA电子图板软件绘制二维工程图；两者都有的，先用CAXA电子图板软件绘制工程图，将二维电子文档一部分转入CAXA制造工程师软件，使用二维线框进行三维造型；其余由CAXA电子图板软件绘图输出，转普通加工。

反向工程处理后，不需要数控加工的部分，转到CAXA电子图板中，按照国家标准标注尺寸、设置图框、标题栏、填写技术要求，出二维工程图，转到普通加工。其中手动坐标测量仪为检测用。

## 三、CAXA反向工程模块的处理过程

CAXA反向工程是建立在CAXA制造工程师平台上的应用模块，图形、接口完全依赖CAXA制造工程师。CAXA反向工程模块包含工具箱模块与反向工程模块两部分。

目前国外的反向工程系统大多采用对点云进行处理。大量散乱的点云，其边界的识别、测量噪声消除等处理过程复杂，处理时间长且效果不是很理想。

因为一般测量数据的数据量非常巨大，一个1m左右的汽车覆盖件，数据量达到800k以上。这些数据如果采用单纯点的方式读入，将形成巨大的点云。手工逐个编辑是不现实的。

CAXA 反向工程系统没有直接对点云进行处理，而是处理有序点，并提供了两种读入方式，一种是通过DAT数据接口读入，另一种是用加工代码方式读入。

CAXA 反向工程模块首先将有序点变为有序线段、将有序线段转化为有序样条曲线，再将有序样条曲线按放样面方式生成曲面。在生成曲线和区面的过程中，系统都提供了对数据进行修正功能，用以消除测量噪声。

以下就是在数控仿型铣床与CAXA制造工程师搭建的应用平台上读入的Fidia格式代码：

```

N1 G90G00Z150.000
N2 S1200M03
N3 X63.387Y-49.122Z150.000
N4 Z100.000
N5 Z10.097
N6 G01Z0.097F60
N7 X59.177Y-49.116Z0.211F300
N8 X55.119Y-49.089Z0.616
N9 X51.336Y-49.021Z1.380
N10 X47.899Y-48.884Z2.560
N11 X44.551Y-48.716Z4.186
N12 X41.178Y-48.554Z6.200
N13 X37.721Y-48.427Z8.533
N14 X34.131Y-48.354Z11.104
N15 X30.363Y-48.345Z13.825
N16 X26.370Y-48.399Z16.596
N17 X22.103Y-48.508Z19.308
N18 X17.581Y-48.638Z21.836
N19 X12.913Y-48.754Z24.102
.....
N8430 X-47.395Y48.683Z24.604
N8431 X-52.055Y48.566Z22.342
N8432 X-56.571Y48.439Z19.813
N8433 X-60.932Y48.301Z17.043
N8434 X-65.125Y48.153Z14.059
N8435 X-69.139Y47.993Z10.885
N8436 X-72.964Y47.819Z7.547
N8437 X-76.587Y47.630Z4.069
N8438 Z100.000F4000
N8439 G00Z150.000
N8440 M05
N8441 M30
    
```

根据CAXA制造工程师的机床后置设置，选择Fidia后置格式，读入为加工轨迹方式(带有各种加工参数)，系统将生成代码按轨迹方式读入CAXA制

造工程师，轨迹如图4所示。

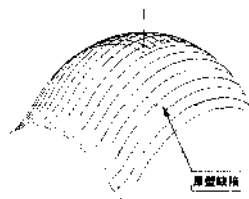


图4 将代码按轨迹方式读入CAXA 制造工程师

将轨迹逆变为曲面的过程：轨迹 Pline Spline Loft (Skin) 加工轨迹实际是测量得到的三维空间坐标点。将这些空间点滤去加工参数后按测量顺序以直线方式串合在一起，便形成了Pline。在生成Pline时，必须对往复的轨迹折返点进行处理，形成单一方向的Pline组。在Pline生成过程中，折返点的处理主要是通过机床测量时界定的行距、步长来判断的，这种判断方法相对采用曲率判断要简单可行，速度也相对提高，再将这些Pline组，转换为NURBS：

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i} = \sum_{i=0}^n R_{i,p}(u)P_i$$

曲线拟合 (curve fitting) 选择采用插值法 (interpolation) 和逼近算法 (approximation) 两种方式。采用逼近法，曲线比较光滑，但是有误差，必须根据实际零件情况判断采用何种拟合方法。在系统中逼近法拟合曲线，设置了精度控制。可以根据需要误差进行调整。实际处理过程要比叙述的复杂得多。这里还包含了区域划分、曲线延伸 (Curve-extension) 曲线的裁剪 Curve-trim 等技术。采用反向工程模块中的‘轨迹 曲线’功能，将图4所示轨迹转换为 SPLINE 曲线，如图5所示。



图5 轨迹转换为 SPLINE 曲线

曲面的构造，系统采用放样面 (Loft-Surface) 构造方法。在构成过程中一般要考虑曲线选取的方向性，因为Loft-Surface曲面是由剖面曲线 (section curves) 拟合的。否则会因为曲线方向不一致而导致曲面扭曲。在反向工程模块中，对于曲线的方向选择，根据用户坐标轴的方向作了自动处理。

曲面生成过程中，设置数据过滤、数据加密、

数据有序化的功能，用以修改样条曲线参数点的密度和排列秩序。使用反向工程模块的曲面生成功能，将SPLINE自动转化为NURBS 曲面，如图6所示。

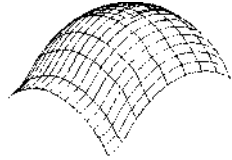


图6 SPLINE 曲线转换为 NURBS 曲面

从图6看出，由此生成的曲面仍然带有缺陷。在测量到的数据中，本身就存在很多缺陷。缺陷产生的原因很多，一般有原始测量物本身缺陷，测量系统误差缺陷(多产生于几何体的陡坡边缘)，还有测量方法自身的缺陷。测量方法的缺陷一般从测量工艺上解决，它取决于操作人员的水平，是不可控因素。实际上，测量方法产生的误差是最主要的误差，但本文由于篇幅限制，在测量工艺上不作论述。其他缺陷的消除，主要靠软件来解决。对于测量噪声很小的缺陷，在本系统中使用曲面降阶的方法消除(在反向工程模块中命名为曲面光顺)，如图7、图8、图9、图10所示。

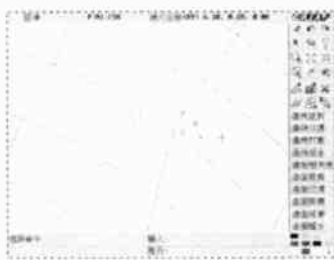


图7 降阶前局部放大

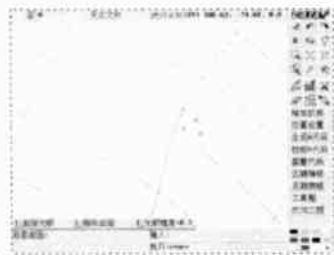


图8 一次降阶后局部放大

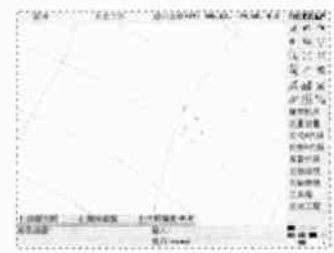


图9 二次降阶后局部放大

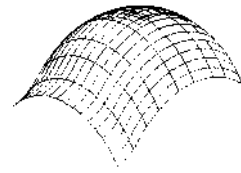


图10 光顺处理后的曲面

对于曲面缺陷很大，或通过降阶会超出精度范围而不允许的情况，应当采用曲面重构方式解决。方法是：取出缺陷曲面的边界线和数条参数线。最好是取出过缺陷处的曲面参数线。编辑有缺陷的参数线，使其在缺陷处光顺(这时可采用样条逼近算法重新处理)。然后，再用这些边界线和参数线生成网格曲面(MESH)。在曲面重构时，必须注意保证重构精度，否则失真太大，失去意义。

#### 四、CAXA-CAD/CAM 系统的基本应用流程

如图11所示，以CAXA 制造工程师为核心的CAXA - CAD /CAM 系统的基本应用流程主要包括6个环节。

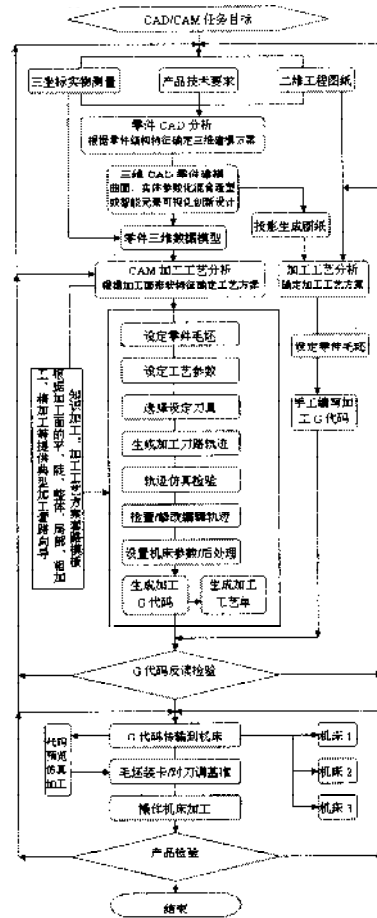


图11 CAXA 的基本应用流程

### 1. 建模设计、绘制图纸

针对多种混合形式的设计与制造要求完成产品建模与图纸绘制。

实物样件通过Digimill-40L数控仿型铣床与CAXA制造工程师应用平台的反向工程系统读入测量数据并生成三维模型。

设计要求一般是二维图纸的形式，可根据图纸建立三维加工模型，作为计算机自动完成数控编程的依据。加工模型的建立以交互方式进行。CAXA制造工程师提供了包括直线、圆弧、样条曲线等线架造型功能，强大的曲面造型功能，实体特征造型功能，曲面实体混合造型功能等强大的三维几何建模功能

数据模型由CAXA制造工程师提供的强大数据接口(如DXF、IGES、STEP等)直接读入，很好地解决了厂家所提供数字模型的数据格式兼容问题。

不需要数控加工的部分，投影到CAXA电子图板中按照国家标准标注尺寸、设置图框、标题栏、填写技术要求，出二维工程图，进行普通加工。

### 2. 工艺方案确定

加工工艺的确定目前主要依靠人工进行，其主要内容有：核准加工零件的尺寸、公差、精度等加工要求；设定毛坯；确定装卡方式；选择加工刀具；确定加工方法；设定工艺参数等。

### 3. 加工刀路(刀具轨迹)生成

可以根据所要加工工件的形状特点、不同的工艺要求和精度要求，灵活地选用系统提供的曲面区域、等高、参数线等各种加工方式和加工参数，快速地生成所需要的刀具轨迹即刀具的切削路径。

最新推出的‘CAXA制造工程师XP’还提供了独到的知识加工功能，能够积累和继承自己或他人实践中摸索总结的经验工艺参数，使加工方法的设定更加简易、可靠。

系统能够对生成的刀具轨迹进行编辑修改，并可通过模拟仿真检验生成的刀具轨迹的正确性和是否有过切产生，也可进行加工代码的反读校核，用图形方法直观地检验加工代码的正确性。

### 4. 机床后置设置，G代码与工艺单生成

后置处理的目的是形成数控指令文件，也就是G代码程序或NC程序。CAXA制造工程师系统提供的后置处理功能是非常灵活的，它可以通过修改某些设置而适用各种常见机床及数控系统的要求，或按机床规定的格式进行定制，即可方便地生成和特定机床相匹配的加工代码。

### 5. 代码传输到机床

CAXA提供的DNC通信软件，将数控加工G代码通过计算机标准接口直接与机床连通传输到数控机床。CAXA制造工程师XP最终新增加的独特‘工艺单’功能，为代码文件的管理与识别以及加工工时等的管理提供了极大的便利。同时也可以对G代码文件进行反读预览。

### 6. 机床加工完成产品

以上所有工作完成后即可通过相应的机床，完成对产品的加工。

## 五、结束语

我国加入WTO后，受影响最大的将是汽车制造业。华诚以现有设备条件、应用国产软件技术手段，连续几年顺利完成了以往国内汽车厂家整车模型与检具等项目严重依赖进口、或依赖高昂设备条件与国外大型软件系统才能完成的设计和制造工作，节省了大量设备投资及技术应用成本，创造价值数千万元。仅2002年春节后1个月时间就完成金杯‘中华轿车’及‘汉江’检具的设计制造150多件套，创造了良好经济效益。更为重要的是，它为国内企业，特别是国内汽车整车及零配件制造厂家，在我国加入WTO的新形势下，如何立足企业实际进行技术创新、提升企业竞争实力方面，探索了一条宝贵经验。

本文索引号: 63  
对本文提及的产品感兴趣的读者请拨打: 010-68994816

(上接第32页)

点续传、日志管理等等，这里不再一一赘述，只有通过实际使用才能真正体会到该软件的优越性。

## 五、结束语

通过实施数控机床联网，将所有的数控程序、数控系统参数以及PLC程序(ASCII代码文件)都备份到计算机中，从而保护了系统资源；通过网络传输程序，既保证了数据的准确性又大大地提高了工作效率，并且通过DNC控制，解决了部分系统内存太小的数控机床不能执行较大的数控程序的问题；通过将HUB连接到上位CAD网，使CAD网中的任意一台计算机均可以根据权限管理任意一台数控机床，从而实现CAD/CAM设计和数控加工整个过程的计算机管理。

本文索引号: 64  
对本文提及的产品感兴趣的读者请拨打: 010-68994816