

# CAD/CAM 一体化技术在空间遥感相机重要零件 NC 加工中应用

王延凤

(中国科学院长春光学精密机械研究所 长春 130022)

**摘要** 论述了 CAD/CAM 系统的功能特点。通过 CAD/CAM 技术在空间遥感相机重要件加工中应用实例,说明 CAD/CAM 一体化技术在产品设计制造中的作用,并展望了 CAD/CAM 一体化的发展趋势。

**关键词** CAD/CAM CIMS NC 加工

## 1 引言

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)已成为航空航天、汽车、船舶及各种机械工业改造传统生产过程实现现代化的必由之路,CAD/CAM 一体化技术使数控机床能加工出许多以前传统加工手段无法精确加工的零件,同时显著缩短产品研制周期,提高生产效率。CAD/CAM 一体化技术也是加速产品的更新换代的有效手段,是实现有效的计算机集成制造系统(CIMS)的前提条件。因此,任何一个企业和研究机构要保持设计和制造的竞争能力,就必须努力研究、开发或使用 CAD/CAM 技术。

数控机床及其加工编程技术是计算机辅助制造系统的基础。数控编程技术和数控程序的质量是影响数控机床的加工质量和使用效率的重要因素。数控编程技术至今已经历了手工编程、基于语言的计算机的自动编程、基于图形的 CAD/CAM 三个阶段。对于几何形状不太复杂的较简单零件,计算较简单,加工程序不多,手工编程较容易实现。但是,形状复杂或程序量很大的零件,手工编程难于胜任。基于语言的计算机自动编程是目前 CNC 编程的主要方法之一,与手工编程相比,极大提高了编程效率。但是,它必须对要加工的每一个几何体作精确的描述和定义,而某些复杂的几何图形几乎是难以用语言来精确描述的,在三维加工领域更是这样。特别是当今 CAD 技术的蓬勃发展更衬托出这种编程方法明显的不适应性,于是 80 年代

的后期就进入了基于图形的 CAD/CAM 阶段。现在 CAD/CAM 一体化技术已经是工业界最有力的制造工具之一,传统的编程技术得到了彻底的改观。

我们在空间遥感相机的重要零件数控加工中应用 CAD/CAM 一体化技术,使用在 CAM 方面出类拔萃的 Unigraphic CAD/CAM 软件,开发了针对 UWF1202H 加工中心的后置处理文件,实现了重要零件复杂几何形状的数控编程,解决了 NC 加工中的实际问题。

## 2 CAD/CAM 一体化技术及其应用开发

### 2.1 CAD/CAM 系统流程

图 1 为 UG 典型的 CAD/CAM 系统的流程图

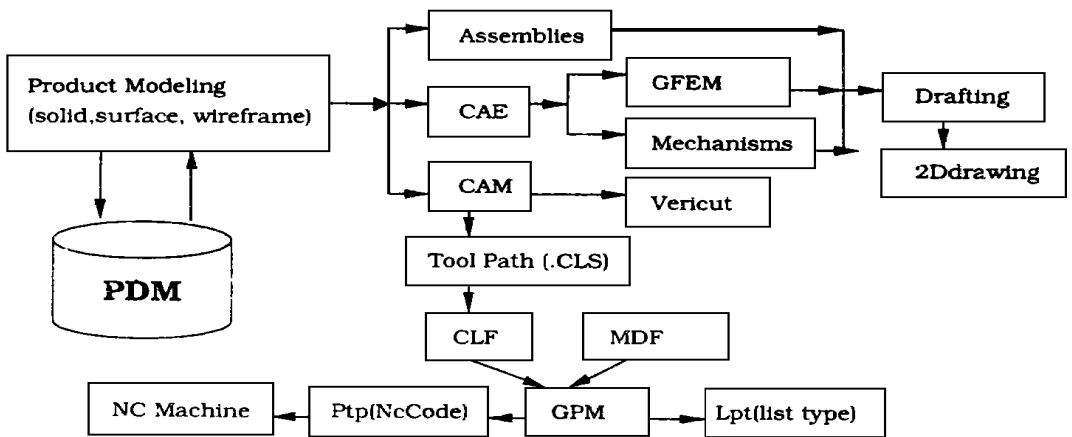


Fig. 1 CAD/CAM technological process

### 2.2 CAD/CAM 系统功能特点

一个典型的 CAD/CAM 系统包括虚拟产品制作即形成产品的屏幕样机,主要从三维实体模型出发,进行概念设计,由三维实体模型提取零件的几何物理参量。在构造三维实体模型基础上并行开展装配建模,机构运动分析仿真,有限元力学分析,详图设计,CAM,以并行工程的作业方式进行综合设计评价。CAM 技术可从 CAD 得到的零件模型(实体模型,曲面模型,曲线或线框模型)中直接识别和提取加工特征信息,选择合适的加工操作方式、加工工艺参数,自动生成数控加工程序,经后置处理可转换成机床识别的 NC 代码,并可进行 NC 加工仿真。

UG-CAM 有如下功能特点:

#### 1、基本加工

基本加工模块是开展 CAM 工作的基础。它包含刀具管理,形成和处理所有图形加工模块输出的刀具轨迹的通用工具。即时的刀轨模拟和刀轨运动的文本检验,可省去昂贵的非生产性的“术证”工作。刀具库,加工控制命令组,使用户不必对每个任务都逐一地建立与加工操作相关的参数,而只需简单地从库中或已完成的其它刀轨操作中恢复它们,因此减少了编辑人员所需要的输入量。而且如果加工零件的形状改变了,与部件一起储存的加工参数会自动更新,刀轨可以很快生成并反映那个变化。

## 2、平面铣加工

平面铣模块包括完成 2 轴至 2.5 轴零件加工的各种铣操作程序。如多程轮廓加工、仿型铣加工和三种不同的往复切削,平面铣还能进行起点的自动预钻孔及多个小岛的自动避让和清理。

## 3、曲面铣加工

曲面铣加工提供了一套用以生成复杂的 3~5 轴运动刀轨的功能广泛的工具。任何复杂的曲面它都能实现加工。它提供对光洁度和余留的全面控制,还提供了对进给速度、主轴转速、零件进刀退刀和机床辅助指令的全面控制。

曲面加工有已下几种操作方式:曲面轮廓加工、参数线加工、往复曲面加工、顺序曲面加工、粗加工到深度。

## 4、型腔铣加工

可利用型腔本身的曲面或曲线加拔模角来实现加工,专门用于粗加工一个或几个型腔和绕任意形状特征移去大量材料,在模具加工、阴模、阳模制造中特别有用。

## 5、切削仿真(VERICUT)

该模块是 CGTech 公司开发的内嵌于 Unigraphics 的软件。它采用人机交互方式可模拟,检验和显示 NC 刀具在毛坯上切削零件的真实过程,观看刀具是否切伤零件或碰撞夹具,在工作站上显示出加工后并着色的零件模型,提前发现刀轨错误,是一种花费少、效率高,不用机床就能验证数控程序的好方法。由于省去了试切样件,可节省机床调试时间,减少刀具磨损和机床清理工作,克服了在机床上试切的缺点,增加了安全性、可靠性,缩短了生产周期。

## 2.3 CAD/CAM 一体化技术应用开发

1995 年我所引进了美国 EDS 公司的 CAD/CAM 软件,具有强大的 CAD 建模和 CAM 功能,这是我们现在进行 CAD/CAE/CAM 集成化所用的主要软件。1996 年我所从德国引进了铣镗类四轴四联动加工中心(UWF1202H),它配置有 46 刀位的刀库,立卧加工自动转换,可自动换刀,并具有 CNC 数控系统,利用人机对话交互编程产生 CNC 程序,比较适合 2 轴、2.5 轴二维加工编程,对于 3 轴以上尤其是难于用公式表达的复杂曲线、曲面的编程非常困难,甚至难以实现。

为了使 Unigraphic CAD/CAM 软件与 UWF1202H 加工中心完美结合,实现对复杂曲面的多轴联动加工,我们以一个较复杂曲面零件三轴联动加工为例子,从 CAD 建模出发,对模型进行分析、优化,满足设计要求,通过 CAM 模块,应用平面铣、型腔铣、轮廓加工等操作方式,在曲面轮廓加工中灵活运用驱动几何和投射矢量(本例中选平面铣形成的刀轨作驱动几何),选择合理刀具及最优走刀方式生成刀位源文件.CLS,并经 Vericut NC 仿真检验刀轨程序准确无误。然后经后置处理可将刀位源文件处理成对应数控系统所要求的指令和格式。UG 具有自己特有的后处理工具 GPM。GPM 需配一个针对用户机床的机床数据文件(MDF)。针对 UWF1202 加工中心机床和控制系统的特特点,对于立卧两种加工方式分别开发了 MDF 文件,编好的 MDF 文件经过实际生产的各种检验。最后将 CAD/CAM 系统的刀轨文件经 GPM 处理成机床可执行的 NC 代码,通过 CAD/CAM 工作站与加工中心联网,将文件传到 CNC 微机里,然后通过机床的 RSC—232 接口传入机床数控系统,在正式加工前,为确保加工准确性和精度,运用数控系统的仿真功能,单步执行程序,经检验准确无误,开始真正加工,得到了

CAD/CAM 一体化零件,实现了多轴联动加工。

在已开展的 CAD/CAM 工作并获得一些实践经验基础上,现将 CAD/CAM 一体化技术应用到空间遥感相机重要零件加工中,已成功加工出精度较高的零件,解决了 NC 加工编程的实际问题。

### 3 应用实例

主镜室、校正镜室、中筒及片盒是空间遥感相机的重要件,要求具有较高的刚度和强度,而且质量要轻;同时还要求较高的定位和加工精度,需要采用数控加工中心加工,由于加工供、收片盒下体的圆弧形凹槽时,须采用立式刀轴加工,此时刀轴与圆弧所在面平行,刀具补偿之后形成的刀具轨迹是一个很复杂难于用公式表达的曲线,采用数控加工系统的 CNC 编程很困难,在主镜室、校正镜室、中筒的半圆弧凸台 NC 加工时,由于立轴加工会碰伤工件,必须用卧轴方式加工,同样也遇到了类似的问题。因此采用 UG 的 CAD/CAM 系统,对主镜室、校正镜室、中筒和供收片盒进行了 CAD 建模,有限元力学分析计算及优化设计,通过 UG—CAM 形成刀具轨迹,生成数控加工代码并进行 NC 仿真。其过程如下:

#### 3.1 CAD 几何建模

应用 UG 灵活的复合建模系统和强有力的图形编辑手段,构造零件的三维实体模型,得到数控加工的基础。图 2 为供片盒下体实体模型,图 3 为主镜室实体模型。

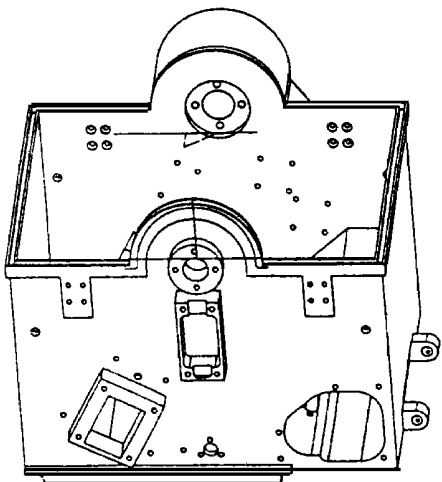


Fig.2 Film box solid model

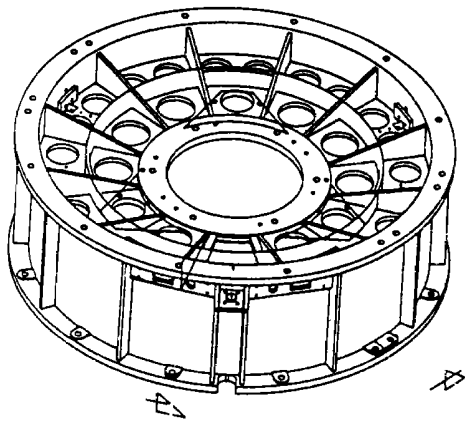


Fig.3 Primary mirror frame solid model

#### 3.2 CAE 工程分析

在几何模型基础上,建立有限元力学模型,进行工程分析、优化,满足设计要求。

#### 3.3 CAM 产生刀具轨迹

采用固定轴轮廓铣操作方式,合理地定义驱动几何体和投射矢量来解决复杂刀具轨迹的生成。驱动几何体往往是初学者最感为难和束手无策的事,然而,恰恰是“驱动几何体”和“投射

矢量”这两个选项给编程人员提供了最广阔的驰骋空间,它直接规定了今后所产生的刀轨范围、起始点、走向、步距、跨距等各项工艺参数。然后把这个“驱动几何体”以规定的“投射矢量”投射到要加工的曲面上,从而产生真正所需的加工轨迹。“驱动几何体”可以是二维或三维的几何体,包括点、曲线、曲面和刀轨,也可以是在被加工曲面本身,还可以是被加工曲面以外的辅助几何。这完全由编程人员的经验和灵活运用 CAD/CAM 技术决定的,如图 2~图 5 所示,我们采用投影得到的直线辅助线作为驱动几何体,刀具选择直径合适的球头刀。走刀方式根据材料的切削性、产品的工艺性和设计要求等因素决定,根据工艺经验给出进刀速度、进给量、加工余量、步距等工艺参数。为了提高加工精度,增加表面光洁度,可通过小步距来实现。进行刀轨模拟和刀轨运动文件检验(见图 4、图 5),产生刀位源文件(CLSF),并通过 VERICUT 进行 NC 仿真,检验刀轨准确无误。CLSF 的形式如下:

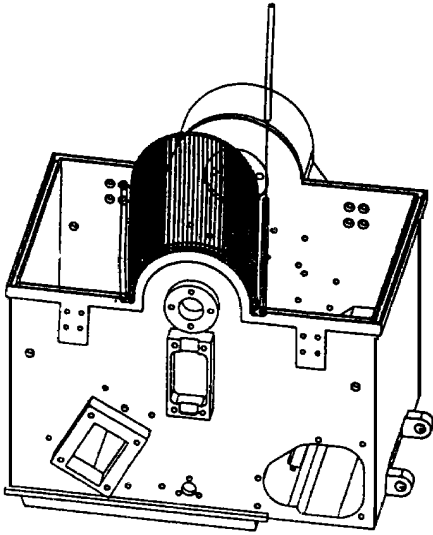


Fig. 4 CAM tool path generation of the slot

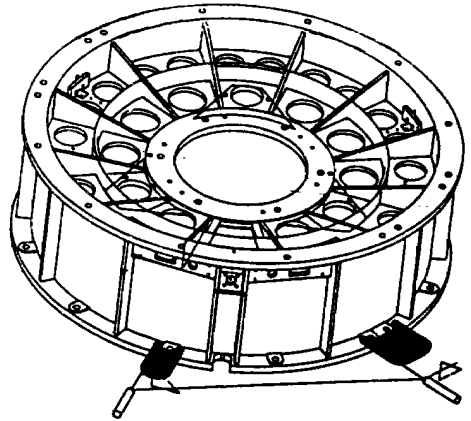


Fig. 5 CAM tool path generation of the boss

```

TOOL PATH/P1, TOOL, T1
TLDATA/MILL, 3.0000, 1.5000, 75.0000, 0.0000, 0.0000
MSYS/103.0000, 1.0000, 130.0000, 0.0000000, 1.0000000, 0.0000000, -1.0000000, 0.0000000
LOAD/TOOL, 1, ADJUST, 1
COOLNT/ON
SPINDL/RPM, 1000, CLW
RAPID
GOTO/0.0000, 40.0000, 120.0000, 0.0000000, 0.0000000, 1.0000000
FEDRAT/MMPM, 250.0000
GOTO/0.000, 35.0000, -3.9995
GOTO/0.0000, 34.6875, -3.8896

```

```
.....  
GOTO/0.0000,40.0000,-4.0000  
RAPID  
GOTO/0.0000,40.0000,120.0000  
COOLNT/OFF  
SPINDL/OFF  
PAINT/TOOL,NOMORE  
END-OF-PATH
```

### 3.4 后置处理

将刀位源文件(CLSF)经GPM处理。得到机床识别代码指令的加工程序(PTP文件)。在  
后置处理中对于主镜室等的凸台由于采用卧轴加工,故采用开发的针对于机床卧轴加工方式  
的机床定义文件MDF,而对于供收片盒的弧形凹槽,采用开发的立轴MDF文件进行处理。经  
GPM处理的PTP文件形式如下:

```
%N501G71  
N10G30G17X-10Y-37Z-7  
N20G31G90X10Y37Z37  
N30G90  
N40T01  
N50M08  
N60S1000  
N70M03  
N80G00Z120.  
N90Y-40.  
N100G01Z-4.F250  
N110Y-35.0156  
N120Y-34.9941Z-3.9999  
.....  
N11240Y40.  
N11250G00Z120.  
N11260M09  
N11270M05  
N11280M02  
N999999%N501G71
```

### 3.5 NC加工零件

生成的PTP文件由微机通过机床的RSC-232接口传入机床。经TNC控制系统NC仿  
真,验证NC代码准确无误。采用卧轴加工主镜室、中筒、校正镜室的凸台,采用立轴加工供  
收片盒的弧形凹槽。加工结果完全满足技术要求。

## 4 结 束 语

经过将CAD/CAM一体化技术应用于空间遥感相机NC加工的实践,使我们体会到

CAD/CAM 技术提供了非常多的方法和手段来实现技术人员好的规化和设想,可解决传统方法难以解决的实际问题。目前,我们只是在 CAD/CAM 一体化方面刚刚探出一条新路子,迈出可喜的第一步,还有更多的问题等待我们去解决。为充分发挥 UG CAD/CAM 一体化系统和 UWF1202H 加工中心的作用,应在 CAD/CAM 逆向工程方面进行开发。先对外形复杂的实物进行数字化测量,可利用 NC 加工中心机床装上数控系统配备的测量装置,测量并记录数据,通过 Unigraphics CAD/CAM 系统的开发语言 Grip, 编制数据处理和接口程序,将测量数据输入 UG CAD/CAM 系统,进行曲面重建,生成实体模型,然后优化、分析,最后生成三维产品,进而得到模具。再利用 CAM 模块生成 NC 程序,控制数控机床进行加工,可大大缩短模具设计和加工周期。

总之,我们需要不断应用开发提高软件功能,将 CAD/CAE 综合设计评价、产品优化理论、信息技术、CAPP、CAM、CAT 通过计算机网络及分布式产品数据管理 PDM 系统有机地集成,实现一个完整高效的 CIMS 系统,CIMS 是 CAD/CAM 一体化技术发展的必然趋势。

#### 参 考 文 献

- 1 卢镔. CAD/CAE/CAM 技术在空间光学仪器研制与开发中的应用. 光学 精密工程, 1996, 4(6): 1~6
- 2 EDS Unigraphics. Manufacturing User Manual. USA: Electronic Data Systems corporation Unigraphics Division, 1996. Version 11.1
- 3 王延风. CAD/CAM 在光学仪器零部件加工中的应用. 光学 精密工程, 1996, 4(6): 78~82
- 4 任春野. 实现 CAD/CAM 一体化的一次实践. 光学 精密工程, 1997, 5(6): 124~129
- 5 HEIDENHAIN. User Manual ISO Programming. Germany: HEIDNHAN Corporation, 1994.
- 6 葛起文. 驱动几何体和投射矢量. EDS Communication, 1996, (4): 19~22
- 7 张 鹏, 黄剑鸣. 产品 CAD/CAM 逆向工程. 计算机辅助设计与制造, 1997(7): 46~48
- 8 王延风. CAD/CAM 一体化技术在 NC 加工中的应用. 光学 精密工程, 1997, 5(6): 130~135

## Application of CAD/CAM Technology in NC Milling Parts of Space Camera

WANG Yan-Feng

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

#### Abstract

This paper describes primary functions and characters of CAD/CAM. The role of CAD/CAM in design and manufacture is illustrated by application of CAD/CAM technology in NC milling parts of space camera. The development of CAD/CAM integration is promising.

**Key words:** CAD/CAM, CIMS, NC milling

王延风 女, 1964 年 12 月生, 1989 年毕业于长春光机所研究生部“机械制造专业”获硕士学位。副研究员, 现从事光学仪器 CAD/CAE/CAM 工作。主要研究方向: CAD/CAM 一体化、机构运动分析及仿真。