

数控编程知识简介

➤ 数控编程定义

根据被加工零件的图纸和技术要求、工艺要求等切削加工的必要信息，按数控系统所规定的指令和格式编制成加工程序文件。

➤ 常用编程方法

- 手工编程
- 自动编程（图形交互式）

手工编程

利用一般的计算工具，通过各种数学方法，人工进行刀具轨迹的运算，并进行指令编制。

这种方式比较简单，很容易掌握，适应性较大。适用于中等复杂程度程序、计算量不大的零件编程，对机床操作人员来讲必须掌握。

手工编程

➤ 编程步骤

人工完成零件加工的数控工艺

- 分析零件图纸
- 制定工艺决策
- 确定加工路线
- 选择工艺参数
- 计算刀位轨迹坐标数据
- 编写数控加工程序单
- 验证程序

手工编程

➤ 优点

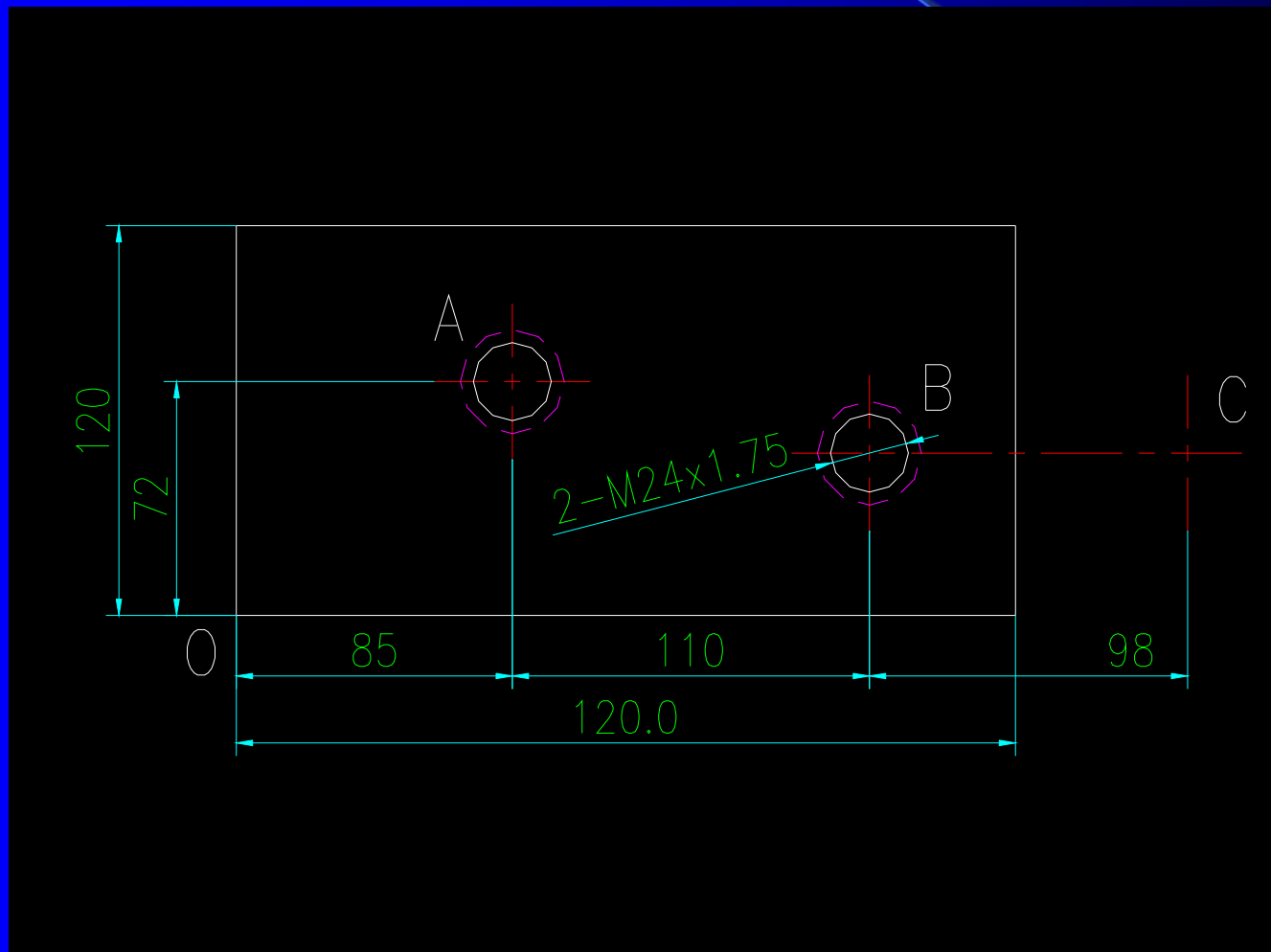
主要用于点位加工（如钻、铰孔）或几何形状简单（如平面、方形槽）零件的加工，计算量小，程序段数有限，编程直观易于实现的情况等。

➤ 缺点

对于具有空间自由曲面、复杂型腔的零件，刀具轨迹数据计算相当繁琐，工作量大，极易出错，且很难校对，有些甚至根本无法完成。

手工编程举例

● 数控钻床编程举例



手工编程举例

● 数控钻床编程举例

➤ 图纸分析工艺处理

钻孔——攻丝，确定“对刀点O”和“换刀点C”

加工路线：对刀点O—A—B—C（换刀）—B—A—O

脉冲当量： $\delta = 0.01\text{mm}/\text{脉冲}$

切削参数(S)：钻孔880r/min，攻丝170r/min

进给速度(F)：钻孔

$0.125\text{mm}/\text{r} = 0.125 \times 880 = 110\text{mm}/\text{min}$

空行程600mm/min

攻丝 $1.75\text{mm}/\text{r} = 1.75 \times$

$170 = 297.5\text{mm}/\text{min}$

手工编程举例

- 数控钻床编程举例

- 数学计算

$O(0, 0)$, $A(+85, +72)$

$B(+195, +50)$, $C(+293, +50)$

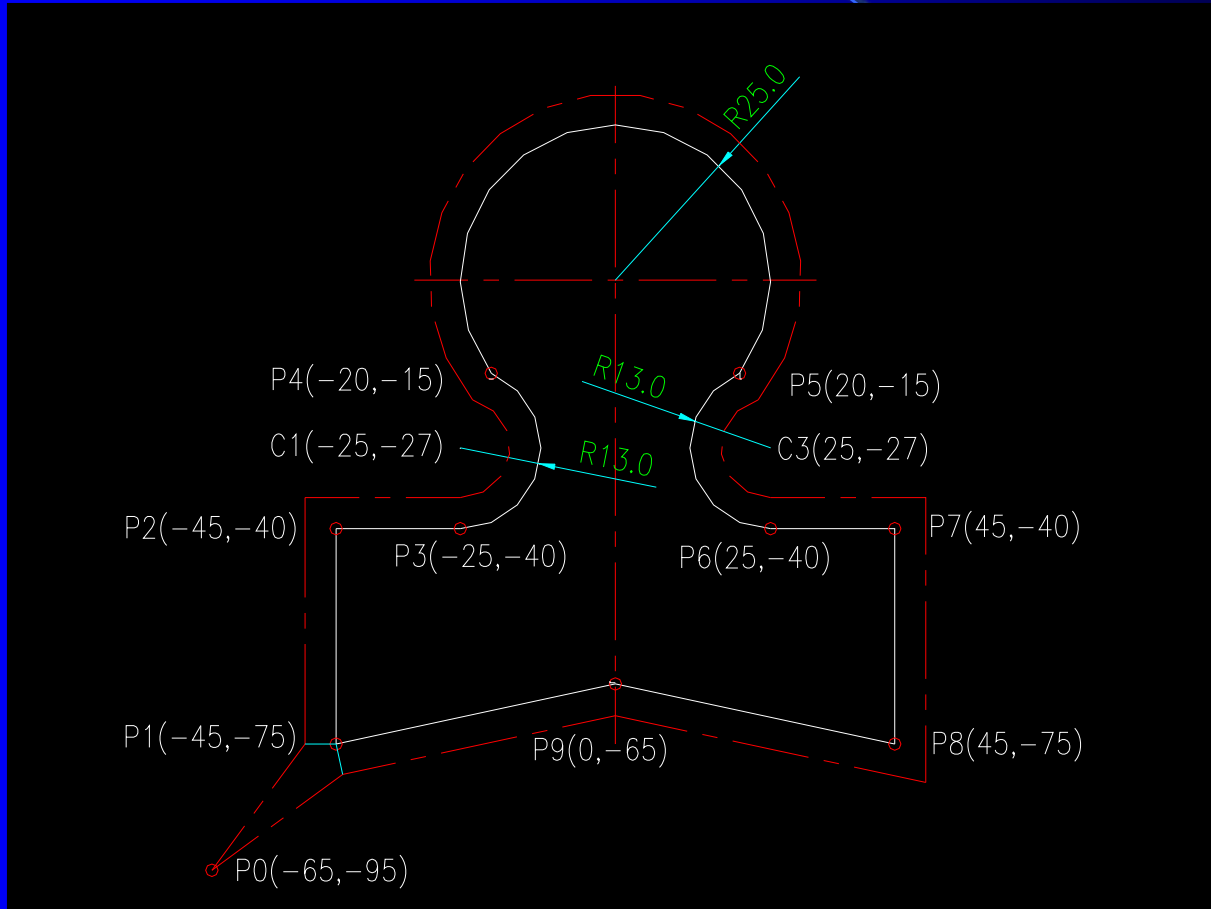
- 编程

手工编程举例

序号	G	X	Y	Z	R	F	S	T	M	备注
N001	G00 G90	X0	Y0							对刀点
N002	G81	X8500	Y7200			F600	S880	T01	M03	走到A
N003				Z-17400	R-14800	F110				钻孔A
N004		X19500	Y5000			F600				走到B
N005				Z-17400	R-14800	F110				钻孔B
N006	G80	X29300	Y5000			F600				走到C
N007								T02	M00	换刀
N008	G84	X19500	Y5000			F600	S170		M03	走到B
N009				Z-17400	R-14800	F297.5				攻丝B
N010		X8500	Y7200			F600				走到A
N011				Z-17400	R-14800	F297.5				攻丝A
N012	G80	X0	Y0						M02	回到O

手工编程举例

● 数控铣床编程举例



手工编程举例

● 数控铣床编程举例

➤ 图纸分析工艺处理

由直线和圆弧段组成，O为定位中心，选 $\Phi 10\text{mm}$ 铣刀

加工路线：对刀点 $P_0—P_1—P_2—P_3—P_4—P_5—P_6—P_7—P_8—P_9—P_1—P_0$

脉冲当量： $\delta = 0.001\text{mm/脉冲}$

切削参数： $S=300\text{r/min}$ ， $F=150\text{mm/min}$

刀补：建立、取消

手工编程举例

● 数控铣床编程举例

➤ 数学计算： 取 $P_0 (-65, -95)$

$P_1 (-45, -75)$, $P_2 (-45, -40)$, $P_3 (-25, -40)$

$P_4 (-20, -15)$, $P_5 (20, -15)$, $P_6 (25, -40)$

$P_7 (45, -40)$, $P_8 (45, -75)$, $P_9 (0, -65)$

加工圆弧时，需要计算圆心相对于圆弧起点的坐标(I,J)

C_1 圆弧相对于点 P_3 的坐标 $x=0$, $y=13$

C_2 圆弧相对于点 P_4 的坐标 $x=20$, $y=15$

C_3 圆弧相对于点 P_5 的坐标 $x=5$, $y=-12$

手工编程举例

N1 G90 G54 G00 X-65000 Y-95000 Z30000

N2 G91 Z-32000 S300 M03

N3 G90 G17 G01 G41 D07 X-45000 Y-75000 F150

N4 G01 X-45000 Y-40000

N5 X-25000 Y-40000

N6 G03 X-20000 Y-15000 I0 J13000

N7 G02 X20000 Y-15000 I20000 J15000

N8 G03 X25000 Y-40000 I5000 J-12000

N9 G01 X45000 Y-40000

N10 X45000 Y-75000

N11 X0 Y-65000

N12 X-45000 Y-75000

N13 G00 G40 X-65000 Y-95000

N14 G91 Z32000 M05

N15 M02

快速移动到P₀点上方

下降到Z

建立刀补

走P₀P₁

加工P₁P₂

加工P₂P₃

加工P₃P₄

加工P₄P₅

加工P₅P₆

加工P₆P₇

加工P₇P₈

加工P₈P₉

加工P₉P₁

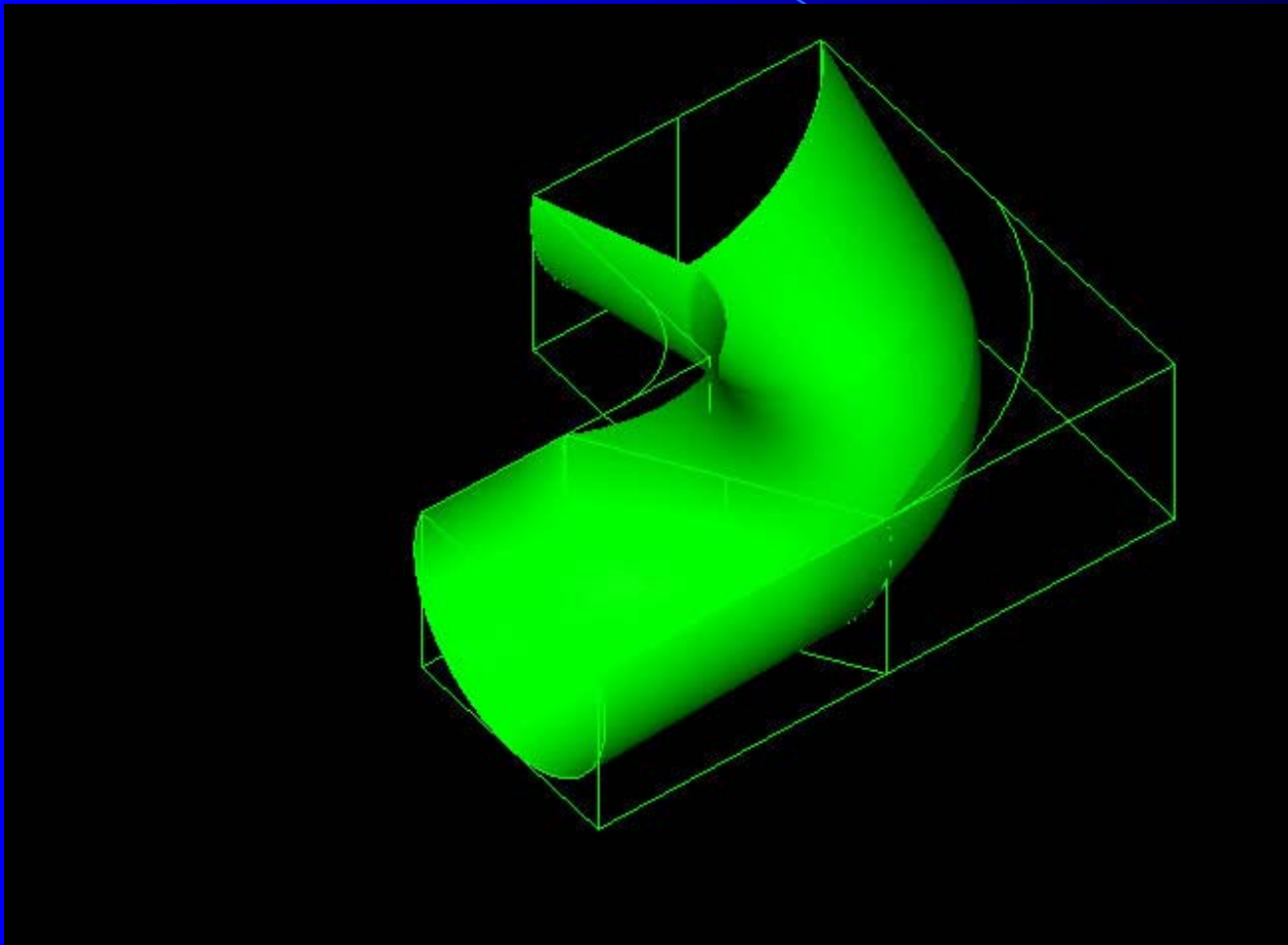
取消刀补

快速回到P₀点

上升到P₀点上方

结束

自动编程



自动编程

利用通用的微型计算机及专用的自动编程软件，以人机对话方式确定加工对象和加工条件自动进行运算和生成指令。

➤ 常用自动编程软件

- UG
- CATIA
- PRO / E
- CIMATRON
- MasterCAM
- DELCAM
- CAXA 制造工程师
- EdgeCAM

UG

Unigraphics 是美国**Unigraphics Solution**公司开发的一套集**CAD、CAM、CAE**功能于一体的三维参数化软件，是当今最先进的计算机辅助设计、分析和制造的高端软件，用于航空、航天、汽车、轮船、通用机械和电子等工业领域。

UG软件在**CAM**领域处于领先的地位，产生于美国麦道飞机公司，是飞机零件数控加工首选编程工具。

UG

➤ 优点

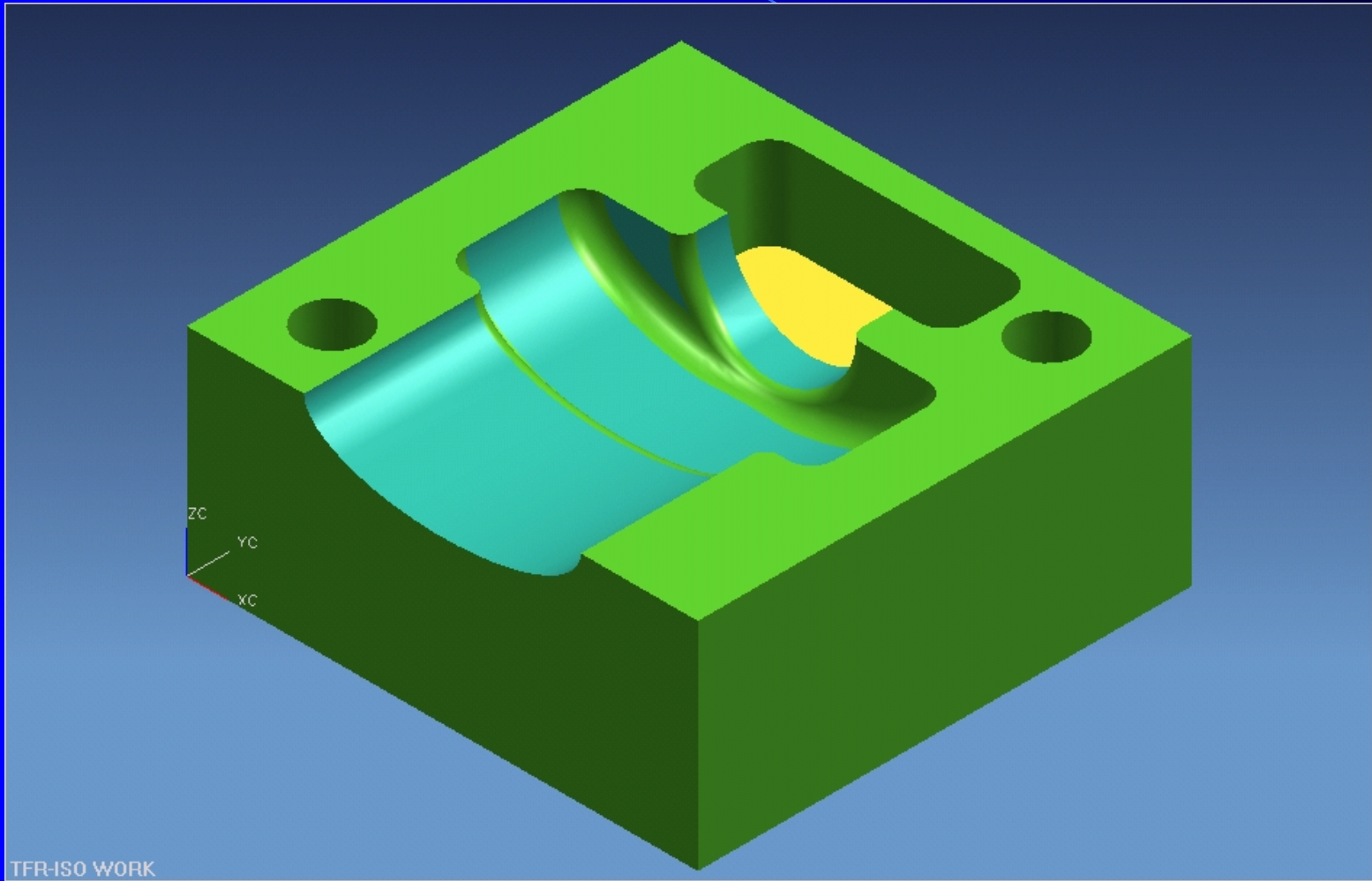
- 提供可靠、精确的刀具路径
- 能直接在曲面及实体上加工
- 良好的使用者界面，客户也可自行化设计界面
- 多样的加工方式，便于设计组合高效率的刀具路径
- 完整的刀具库
- 加工参数库管理功能
- 包含二轴到五轴铣削、车床铣削、线切割
- 大型刀具库管理
- 实体模拟切削
- 泛用型后处理器等功能
- 高速铣功能
- CAM客户化模板

UG

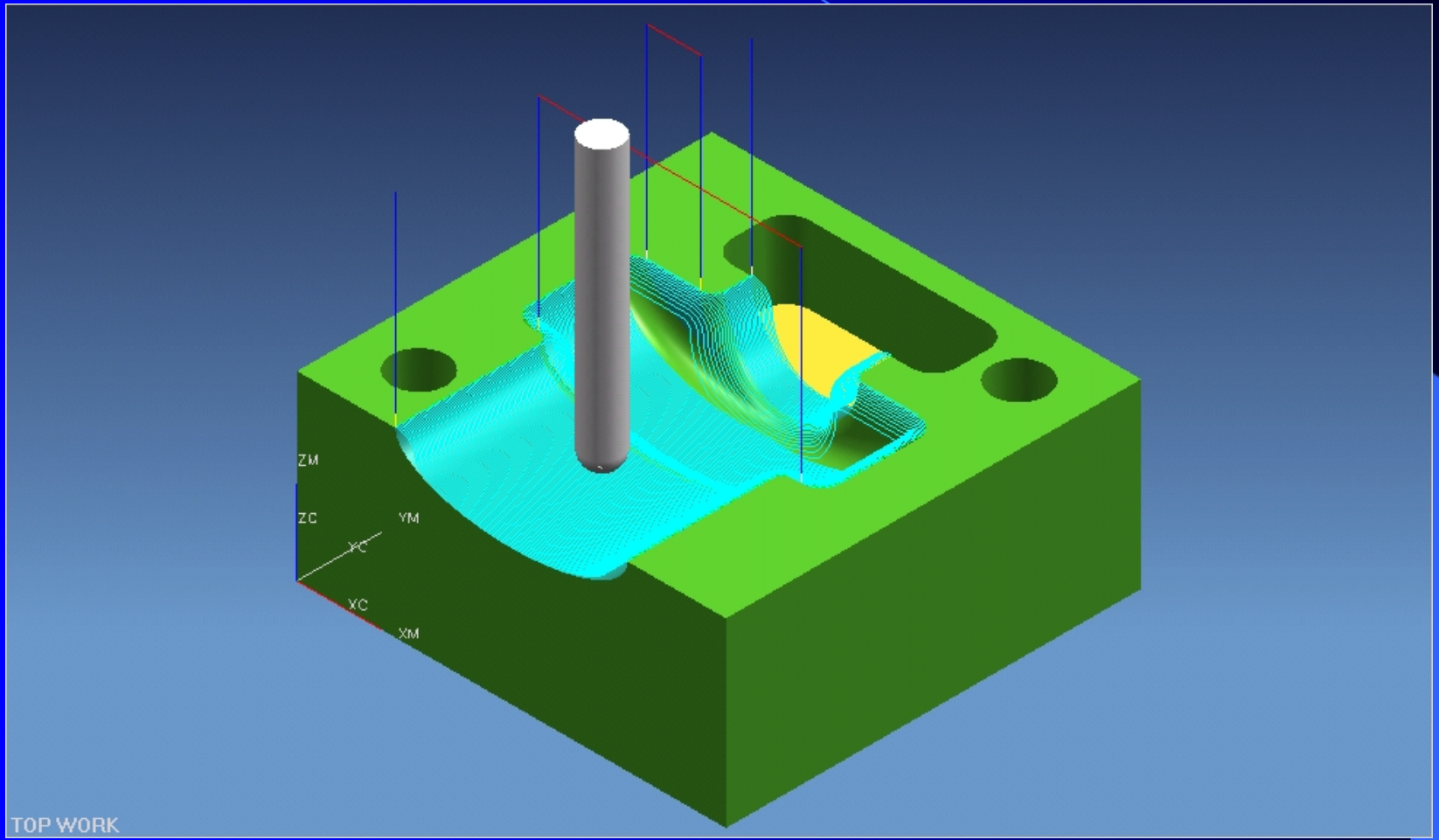
➤ 应用举例

- 建模（零件图纸）
- 加工程序生成（工艺、数控系统）

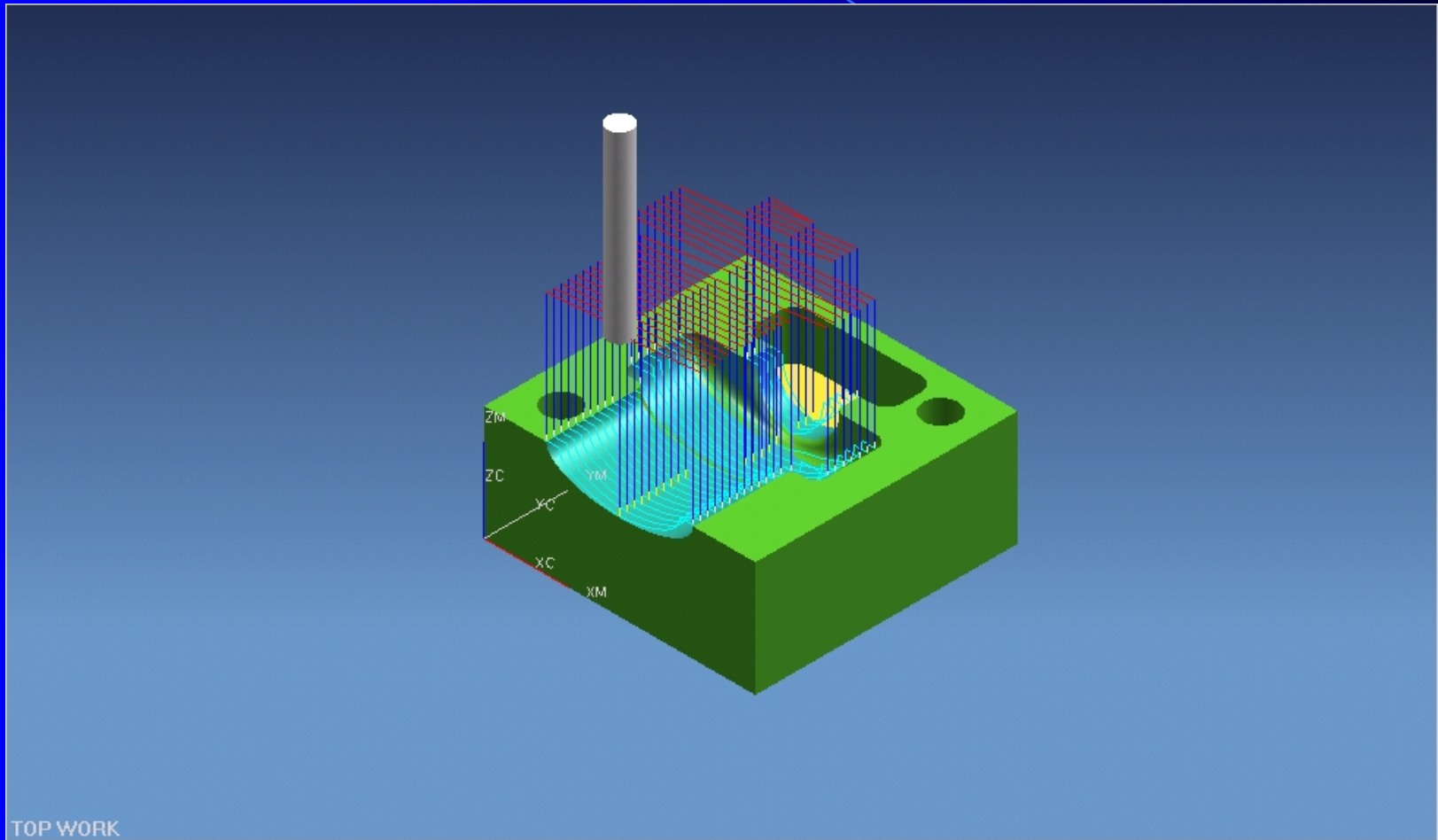
UG



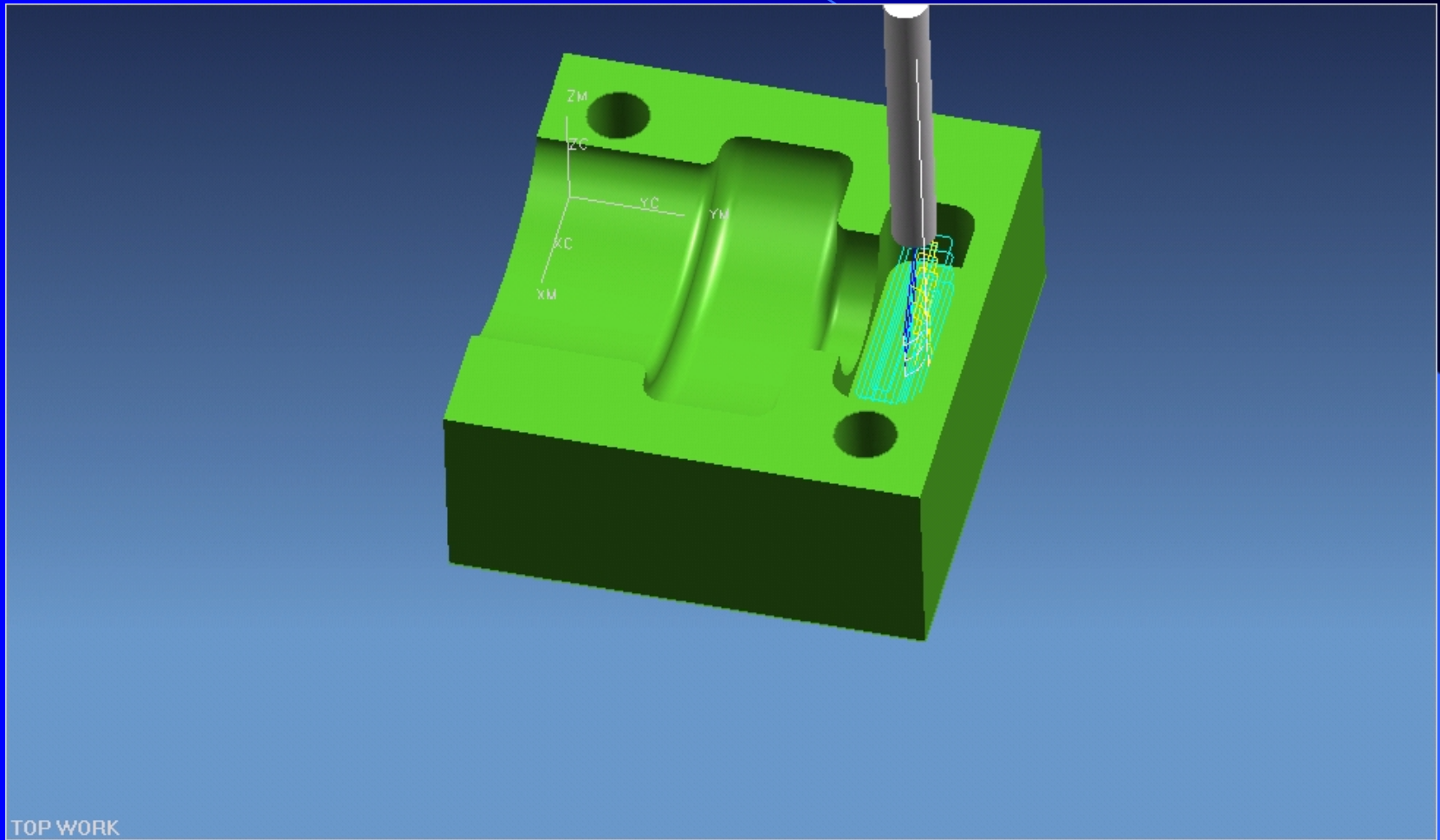
UG



UG



UG



UG

```
%  
O0000  
(PROGRAM NAME - 3D003_3)  
(DATE=DD-MM-YY - 04-04-03 TIME=HH:MM - 20:02)  
N100G21  
N102G0G17G40G49G80G90  
( 10. FLAT ENDMILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 10.)  
N104T1M6  
N106G0G90X94.867Y0.A0.S1527M3  
N108G43H1250.  
N110Z-12.16  
N112G1Z-17.16F3.6  
N114X95.323Z-17.438F305.4  
N116X98.224Z-19.313  
N118X101.075Z-21.267  
N120X103.868Z-23.296  
N122X106.596Z-25.395  
N124Z-25.363  
N126Y1.191  
N128X105.49Z-24.512  
N130X103.857Z-23.264  
N132X102.684Z-22.412  
N134X101.056Z-21.236  
N136X99.817Z-20.387  
N138X98.196Z-19.283  
N140X96.893Z-18.441  
N142X95.281Z-17.405  
N144X93.915Z-16.574  
N146X92.315Z-15.606  
N148X90.886Z-14.788
```

Catia

Catia是法国达索（**Dassault**）公司推出的产品，法制幻影系列战斗机、波音737、777的开发设计均采用**Catia**。

CATIA 据有强大的曲面造型功能，在所有的**CAD**三维软件位居前列，广泛应用于国内的航空航天企业、研究所，以逐步取代**UG**成为复杂型面设计的首选。

CATIA具有较强的编程能力，可满足复杂零件的数控加工要求。目前一些领域采取**CATIA**设计建模，**UG**编程加工，二者结合，搭配使用。

Pro/E

Pro/E 是美国 PTC（参数技术有限公司）开发的软件，是全世界最普及的三维 CAD/CAM（计算机辅助设计与制造）系统。广泛用于电子、机械、模具、工业设计和玩具等民用行业。具有零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、造型设计等多种功能。

Pro/E在我国南方地区企业中被大量使用，设计建模采用**PRO-E**，编程加工采用**MASTERCAM**和**CIMATRON**是目前通行的做法。

Cimatron

CimatronCAD/CAM系统是以色列Cimatron公司的CAD/CAM/PDM产品，是较早在微机平台上实现三维CAD/CAM全功能的系统。该系统提供了比较灵活的用户界面，优良的三维造型、工程绘图，全面的数控加工，各种通用、专用数据接口以及集成化的产品数据管理。

CimatronCAD/CAM系统在国际上的模具制造业备受欢迎，国内模具制造行业也在广泛使用。

Mastercam

Mastercam是美国CNC公司开发的基于PC平台的CAD/CAM软件，它具有方便直观的几何造型 Mastercam提供了设计零件外形所需的理想环境，其强大稳定的造型功能可设计出复杂的曲线、曲面零件。

Mastercam具有较强的曲面粗加工及的曲面精加工的功能，曲面精加工有多种选择方式，可以满足复杂零件的曲面加工要求，同时具备多轴加工功能。由于价格低廉，性能优越，成为国内民用行业数控编程软件的首选。

DEL CAM

FeatureCAM是美国DEL CAM公司开发的基于特征的全功能CAM软件，全新的特征概念，超强的特征识别，基于工艺知识库的材料库，刀具库，图标导航的基于工艺卡片的编程模式。全模块的软件，从2~5轴铣削，到车铣复合加工，从曲面加工到线切割加工，为车间编程提供全面解决方案。DEL CAM软件后编辑功能相对来说是比较好的。

近年来国内一些制造企业正在逐步引进，以满足行业发展的需求，属新兴产品。

CAXA制造工程师

CAXA制造工程师是北京北航海尔软件有限公司推出一款全国产化的CAM产品，为国产CAM软件在国内CAM市场中占据了一席之地。作为我国制造业信息化领域自主知识产权软件优秀代表和知名品牌，CAXA已经成为我国CAD/CAM/PLM业界的领导者和主要供应商。

CAXA制造工程师是一款面向二至五轴数控铣床与加工中心、具有良好工艺性能的铣削/钻削数控加工编程软件。该软件性能优越，价格适中，在国内市场颇受欢迎。

EdgeCAM

EdgeCAM是英国Pathtrace公司出品的具有智能化的专业数控编程软件，可应用于车、铣、线切割等数控机床的编程。针对当前复杂三维曲面加工特点，EdgeCAM设计出更加便捷可靠的加工方法，目前流行于欧美制造业。英国路径公司正在进行中国市场的开发和运作，为国内的制造业的客户提供更多的选择。

数控加工仿真软件

VERICUT是美国CGTECH公司出品的一种先进的专用数控加工仿真软件。**VERICUT**采用了先进的三维显示及虚拟现实技术，对数控加工过程的模拟达到了极其逼真的程度。不仅能用彩色的三维图像显示出刀具切削毛坯形成零件的全过程，还能显示出刀柄、夹具，甚至机床的运行过程和虚拟的工厂环境也能被模拟出来，其效果就如同是在屏幕上观看数控机床加工零件时的录像。

编程人员将各种编程软上生成的数控加工程序导入**VERICUT**中，由该软件进行校验，可检测原软件编程中产生的计算错误，降低加工中由于程序错误导致的加工事故率。目前国内许多实力较强的企业，已开始引进该软件来充实现有的数控编程系统，取得了良好的效果。

总结

随着制造业技术的飞速发展，数控编程软件的开发和使用也进入了一个高速发展的新阶段，新产品层出不穷，功能模块越来越细化，工艺人员可是在微机上轻松地设计出科学合理并富有个性化的数控加工工艺，把数控加工编程变得更加容易、便捷。