

# AutoCAD 支持下的数控车床自动编程系统

北京航空航天大学 王剑 郇极

**摘要** 本文提出一种直接利用 AutoCAD 系统完成数控车床自动编程的方法。利用作者开发的“数控工艺处理模块”(NCTP),可以将来自 AutoCAD 系统的几何数据通过图形交换文件(DXF 文件)转换成数控加工程序。

**主题词:** 数控编程 DXF 文件 AutoCAD 系统

## 1 概述

传统的数控自动编程系统(如 APT 系统、EXAPT 系统)大多数是以几何形状处理为主体的语言型编程系统。编程人员需要在理解零件设计、分析加工工艺的基础上按照严格的格式编写描述零件的几何尺寸和加工参数的源程序。由于缺少图形工具的支持,使编程不够直观,容易出错。

面向车间(WOP)的数控编程方法是 80 年代末和 90 年代初兴起的一种新的编程方法。它与常规编程方法的主要区别在于编程数据的输入方式。按照 WOP 的编程方法,数据是由编程人员根据待加工零件的形状尺寸,通过图形交互输入方式输入系统,直至生成 NC 程序。编程人员仅进行零件的描述,具体的数控程序由 WOP 自动生成。以上两种

方法均需要经过专业培训的技术人员操作。

AutoCAD 系统是美国 Autodesk 公司开发的计算机辅助设计的通用 CAD 软件,是一套功能较强的绘图工具,目前已发展到第 12 版本。该软件具有绘图功能强、开放性好及支持微机平台等特点,在机械制造领域获得广泛应用。今后,将有越来越多的技术人员掌握 AutoCAD 系统的开发及应用技术。

本文提出一种方法,可以将 AutoCAD 系统直接用于数控车床自动编程。系统工作原理如图 1。使用作者开发的“数控工艺处理模块”(NC-Technology Processing Model 简称 NCTP)可以将 AutoCAD 输出的几何数据转换成 NC 程序。利用这种方法掌握 AutoCAD 操作的技术人员无需专门技术训练,即可完成数控车床编程任务。

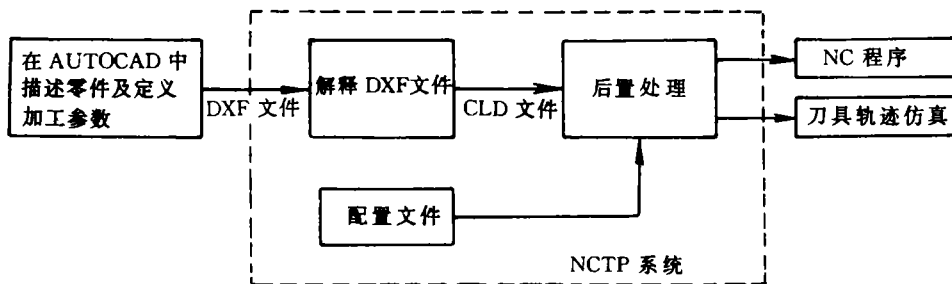


图 1 数控工艺处理模块(NCTP)工作原理

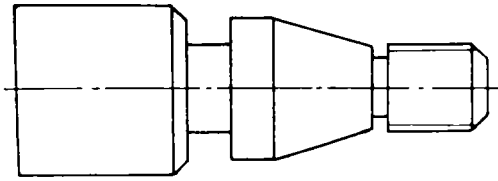


图2 典型零件

## 2 NCTP 系统工作原理

### 2.1 工艺参数定义方法

利用 AutoCAD 完备、丰富的图形功能及其很有特色的“层”定义功能,通过交互式绘图方式能够方便地描述零件的外形尺寸和加工刀心轨迹。首先,需要将零件图形根据设计要求绘制在一个图形文件(DWC 文件)的“0 层”上,然后,依照工序的顺序将每个工序的加工刀心轨迹分别绘制在不同的“层”上,在每一层分别定义与该工序相关的工艺参数。

AutoCAD 本身并没有定义工艺参数的功能,但可以巧妙地利用其他功能来进行工艺参数的定义,如可以使用“TEXT”、“DTEXT”等命令。NCTP 系统对工艺参数的定义有如下一些规定:

(1)用“1~n 层”表示“1~n”号加工刀具

(2)用一些特殊的字符串表示工艺参数的数据,如:

@M8 [冷却液开]

@M9 [冷却液关]

@S \* \* \* [主轴转速]

@F \* \* \* \* [进给率]

@T \* \* \* \* [刀具号]

@G \* \* \* \* [加工类型,如:粗车、车槽、精车等]

@P \* \* \* \* [螺距]

@D \* \* \* \* [每次加工螺纹的深度]

@A \* \* \* \* [加工螺纹的侧向切入角度]

### 2.2 编程实例

以图 2 所示比较简单的典型零件说明整个过程。根据设计要求,它由粗车外圆、车槽、

精车外圆、车螺纹退刀槽、车螺纹等工序组成,如图 3。

在 AutoCAD 中编制加工过程的方法如图 4。零件几何数据的输入及工艺参数的定义方法如下:

(1)新建一个图形文件(DWC 文件),根据待加工零件的几何数据,将零件图绘制在“0 层”,并且使用“POINT”命令在该层定义一个换刀点 P(X,Y),如图 4a。

(2)粗车:根据设计要求,在“1 层”中使用“LINE”命令做一条水平直线,使用“ARRAY”命令向零件方向“拷贝”该直线,使用“BREAK”命令剪掉多余的线段,通过一系列 AutoCAD 常用命令的使用,便定义了该工序的刀心轨迹。最后,使用“TEXT”命令在图中合适的位置上定义工艺参数。其中@GROUGH 表示粗车;@S100 表示主轴转速为 100r/min;@F1300 表示进给速度为 1300mm/min;@T01 表示刀具号为 1。如图 4b。

(3)车槽:根据设计要求,在“2 层”中用类似(2)中的方法定义刀心轨迹及工艺参数,只是将水平直线改为垂直直线。直线的数目根据刀具的宽度和槽宽来决定,其中@GSLOT 表示车槽,其余标记与(2)相似。如图 4c。

(4)精车:根据设计要求,将“0 层”中零件的轮廓线“拷贝”到“3 层”中,形成一次精加工轨迹。也可进行多次“拷贝”形成多次精加工轨迹。其工艺参数定义类似(2)。其中@GFINISH 表示精车,其余标记与(2)相似。如图 4d。

(5)车螺纹退刀槽:根据设计要求,在“4 层”中用类似(3)中的方法定义刀心轨迹及工艺参数。如图 4e。

(6)车螺纹:根据设计要求及螺纹标准,在“5 层”中用类似(2)中的方法,在螺纹的外径和内径位置分别做两条水平直线,表示螺纹深度。其工艺参数定义类似(2)。其中@GTHREAD 表示车螺纹;@D0.4 表示每次

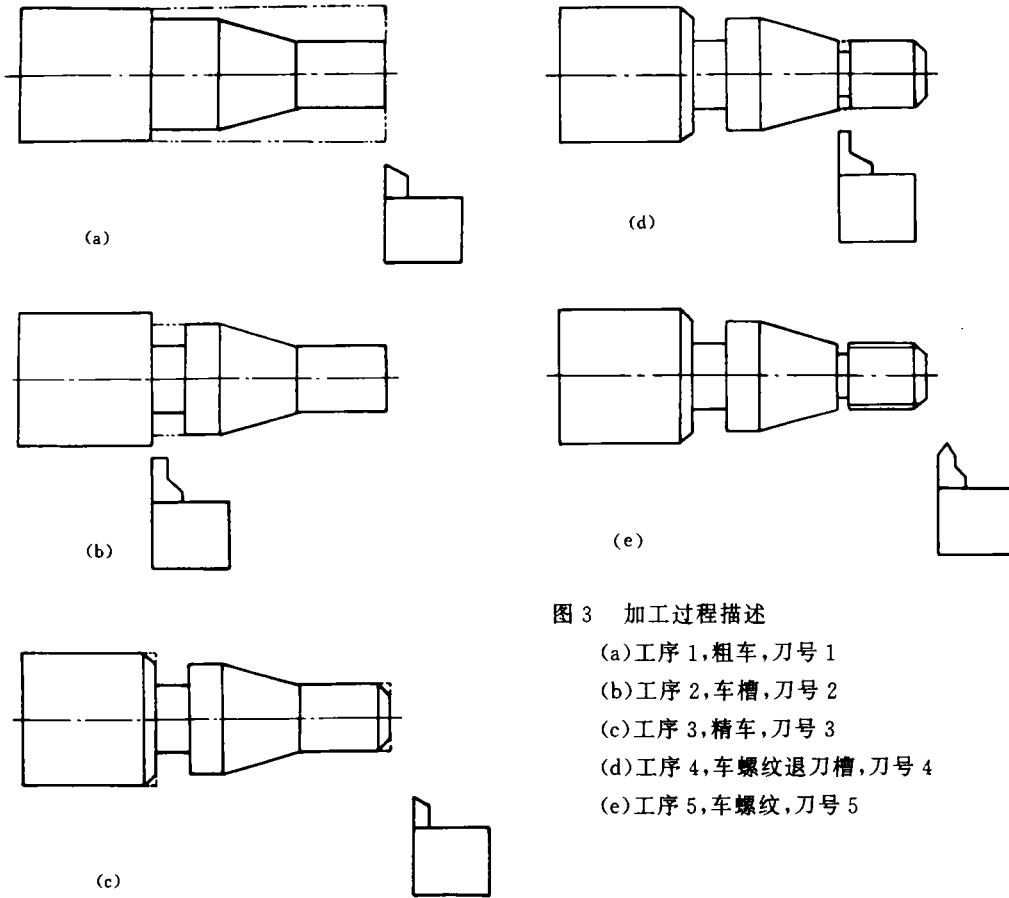


图3 加工过程描述

- (a) 工序 1, 粗车, 刀号 1
- (b) 工序 2, 车槽, 刀号 2
- (c) 工序 3, 精车, 刀号 3
- (d) 工序 4, 车螺纹退刀槽, 刀号 4
- (e) 工序 5, 车螺纹, 刀号 5

X 向切入量(mm);@A30 表示侧向切入角度;@P3 表示螺距(mm),其余标记与(2)相似。如图 4f。

在对某一层进行操作时,除“0 层”即零件所在层始终处于“打开(ON)”状态外,其余各层都处于“关闭(OFF)”状态,使刀具轨迹描述得清晰、准确。

上述数据输入工作完成之后,利用“DX-FOUT”命令输出“DXF”文件。

### 3 NCTP 系统的主要功能

#### 3.1 读取并解释 DXF 文件

##### 3.1.1 读取 DXF 文件

DXF 文件是 AutoCAD 提供的图形存储与交换的格式文件,是一种特别格式的

ASCII 码文件,它对每幅图形的描述可分五个组成部分:

\* HEADER:[该图形的一般信息]

\* TABLES:[各线型、表层、字型表等各项命令的定义]

\* BLOCK:[在图中组成每个块的各个实体的定义]

\* ENTITIES:[该图形的实体信息和各种引用块]

\* END OF FILE:[文件结束]

NCTP 系统只需使用“ENTITIES”段的数据,该段包括“TEXT”、“POINT”、“LINE”、“CIRCL”、“ARC”等实体的定义及实体的说明。以“LINE”实体为例,其格式如下:

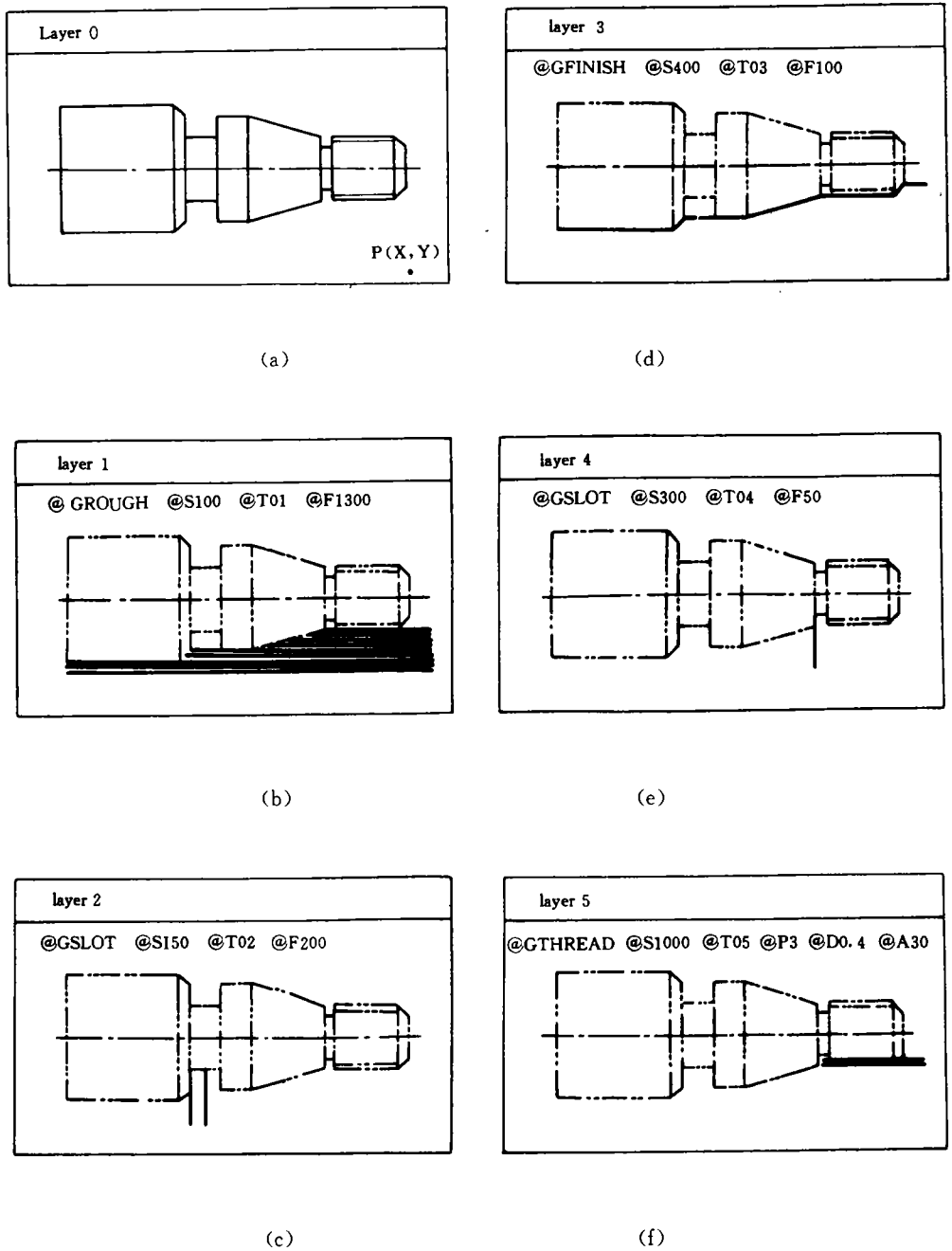


图 4 用 AutoCAD 描述零件和加工过程

|       |       |                |
|-------|-------|----------------|
| 0     | XXXXX | [直线的起点坐标 Y 的值] |
| LINE  |       | [实体的类型]        |
| 8     |       |                |
| XXXXX |       | [实体所在的层]       |
| 10    |       |                |
| XXXXX |       | [直线的起点坐标 X 的值] |
| 20    |       |                |
|       | 30    |                |
|       | XXXXX | [直线的起点坐标 Z 的值] |
|       | 11    |                |
|       | XXXXX | [直线的终点坐标 X 的值] |
|       | 21    |                |
|       | XXXXX | [直线的终点坐标 Y 的值] |

XXXXX [直线段的终点坐标 Z 的值]

NCTP 系统通过读取“ENTITIES”段的这些实体信息来识别零件图形的几何信息及其工艺参数,并存入缓冲区中。

### 3.1.2 描述刀具运动

NCTP 系统可以依据每层定义的加工类型自动描述所需要的加工循环并设定循环中各段的进给速度,以图 3 中的工序 1(粗车)和图 5 为例说明该过程。

图 5 中:

运动 1(粗线)是刀具 X 向切入零件的运动,即 G01。

运动 2(粗线)是刀具加工 Z 向进给运动,即 G01。

运动 3(虚线)是 X 向退刀的运动,即 G00。

运动 4(虚线)是 Z 向退刀的运动,即 G00。

运动 5(虚线)是刀具 X 向空切入的运动,即 G00。

其中,运动 2 取自 AutoCAD 中的几何定义。运动 1、运动 3、运动 4、运动 5 都是由 NCTP 系统根据加工类型自动生成的运动。

### 3.1.3 生成刀位数据文件

NCTP 系统根据加工类型在前置处理中自动生成刀位数据文件(CLD 文件),并存盘,以提供给后置处理。NCTP 系统的刀位数据文件(CLD 文件)格式如下:

#### (1) 刀具运动的描述:

\*\*\* [程序的行号]

\*\*\* [插补类型“LINE”、“CIRCLE”]

\*\*\* [绝对坐标编程“GOTO”或相对坐标编程“GODLTA”]

0/1[快进“0”或工进“1”]

X

\*\*\* [坐标 X 的值]

Z

\*\*\* [坐标 Z 的值]

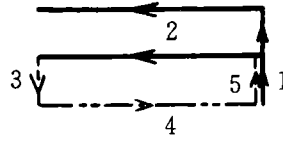


图 5 粗车过程中刀具运动的生成

#### (2) 辅助功能的描述:

\*\*\* [程序的行号]

AUXIL \_ FUNCTION [辅助功能  
“AUXIL \_ FUNCTION”]

\*\*\* [辅助功能的类型“SPIN-  
DLE”、“CUTTER”、“FEDRAT”、  
“COOLNT”]

\*\*\* [辅助功能的值]

\*\*\* [补充说明辅助功能]

#### (3) 程序结束:

\*\*\* [程序的行号]

FINI [程序结束]

例如:

```
%0 Cutter Location Data File < for
user>
```

```
      :      :      :
```

```
00 * * AUXIL _ FUNCTION SPINDL 1000
      CLW
```

["1000"说明主轴转速为 1000r/min,  
"CLW"或"CCLW"说明主轴的顺逆  
转]

```
00 * * AUXIL _ FUNCTION CUTTER 03
      ["03"中说明刀号]
```

```
00 * * AUXIL _ FUNCTION COOLNT ON
      ["ON"或"OFF"说明冷却液的开或  
关]
```

```
00 * * AUXIL _ FUNCTION FEDRAT 100
      ["100"说明进给速度为 100mm/  
min]
```

```
00 * * LINE GOTO 0 X 70.000 Z 380.000
      [快进到 X=70mm,Z=380mm]
```

```
00 * * LINE GODLTA 1 X 0.000 Z -300.
      000
```

[工进增量  $\Delta X=0, \Delta Z=-300\text{mm}$ ]

```
      :      :      : (下转第 17 页)
```

夹次数越多,加工误差越大,找正的时间越长,尺寸精度、形位公差都不易保证。建成了导向套加工单元后,从平面布置图(图2)和导向套工艺过程卡中可以看出,精车导向套是在自动化程度高的数控车床上加工的。从工艺过程卡工序20可以看出,除平大端面、车 $\varnothing 240$ 外圆及倒角、车内圆 $\varnothing 192^{+0.2}$ 、内槽 $\varnothing 209H9$ 尺寸在CA6150车床上加工外,其余尺寸在数控车床上一次车成。因为数控车床有上下两个刀架,14个工位可供选择,精车导向套需12把不同车刀,这样加工既保证了尺寸精度、形位公差、粗糙度等要求,又减少了装夹次数,缩短了找正时间,提高了产品质量和生产效率。

### 3 取得的效益

我厂从1991年试点采用成组技术,在4年多的时间里,取得了很明显的技术经济效益。

(1)技术方面:实现了工艺文件标准化,统一了零件加工方法和相似件的加工工艺,缩短了工艺准备时间,同时提高了产品设计质量。传统的设计方法,设计人员的随意性设计因素多,易出差错,标准化程度低。成组技术提高了零件标准化、通用化、系列化水平。

(2)产品质量方面:在没有建立生产加工单元之前,废品率5%~10%,有时甚至出现

批量废品。导向套各尺寸之间同轴度保证不了,装配时导向套与缸体联接不上,发生干涉,结果把缸体与导向套联接部位给研磨坏,不但给厂里造成了直接的经济损失,而且影响了生产进度。建立了生产加工单元之后,就导向套来说,合格率为100%。

(3)生产方面:推行成组技术之后,缩短了生产准备周期,提高了生产效率,改善了生产和组织管理面貌,使生产过程趋向合理化。由于减少了运输工作量,实现了物流合理化。简化了生产管理,加工类型固定,工具占用量减少,改善了生产环境,使生产现场工位整洁,道路畅通,变脏、乱、差的混乱管理为洁、净、美的现代化管理。工作秩序、人、物、场所之间关系达到了科学结合,促进了企业效益的提高。

### 4 结束语

随着国内、外市场竞争的日益加剧和科学技术的飞速发展,特别是机械制造行业,要在这剧烈竞争的市场上有立足之地,要想使企业不断发展,必须依靠技术的进步,只有不断地采用新的科学技术、新的工艺方式进行科学的现代化生产,才能增加企业的活力,增强产品在市场上的竞争力。

(本文1995年11月28日收到) (编辑 张学)

(上接第6页)

00 \* \* \* FINI  
[程序结束]

### 3.2 后置处理

NCTP系统根据刀位数据文件(CLD文件),通过后置处理文件生成NC程序。在后置处理过程中,NCTP系统根据用户在命令行中输入的参数,利用一个配置文件可以控制后置处理文件生成针对几种不同数控系统指令格式的NC程序,其中包括各种辅助功能。NCTP系统本身具有刀具加工轨迹仿真输出的功能,以检验生成的NC程序。

### 参 考 文 献

- 1 许耀昌等. 微机CAD软件工具与接口. 清华大学出版社,1994
- 2 C H CHANC, M A MELKANOFF. Nc Machine Programming And Software Design. PRENTIC-HALL-INC,1993
- 3 叶连恩. AutoCAD 12.0高级应用技术与范例. 学苑出版社,1993
- 4 毕承恩,丁乃建. 现代数控机床(上、下册). 机械工业出版社,1991

(本文1996年1月17日收到) (编辑 张学)