

个人计算机的CAD/CAM

—在机械加工中的应用—

〔日〕 竹内 芳美 著

刘 昌 祺
阎 太 忱 译
范 洪 云



机械工业出版社

个人计算机的CAD/CAM系统, 价格低廉, 易于掌握, 使用维护方便。
本书所采用的是我国技术人员所熟悉的 BASIC 语言, 机种也是常用的 8
位或16位微型计算机。书中附有大量完整的程序, 很有实用价值。本书通
过制作接口的介绍, 把个人计算机和数控车床或加工中心联系起来, 形成
CAD/CAM系统。对把普通机床改装成数控机床也有重要参考价值。

本书主要供从事机械制造的技术人员及从事微型计算机应用的技术人
员使用, 也可供从事机床改装的技术人员及有关大专院校师生参考。

パソコンCAD/CAM
——機械加工への応用——

竹内 芳美 著

工業調査会

1984

个人计算机的CAD/CAM
——在机械加工中的应用——

〔日〕 竹内 芳美 著

刘昌祺

阎太忱 译

范洪云

责任编辑: 孙本绪

封面设计: 刘 代

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 21·字数 507 千字

1988年4月北京第一版·1988年4月北京第一次印刷

印数 0,001—4,350·定价: 5.45 元

ISBN 7-111-00493-0/TP·29

目 录

序

第一章 利用个人计算机的CAD/CAM	1
1.1 通用CAD/CAM和个人计算机的CAD/CAM	1
1.2 个人计算机的CAD/CAM系统	2
1.3 个人计算机的CAD/CAM系统ITSYS和MCSYS的开发	7
1.3.1 ITSYS 的开发	7
1.3.2 MCSYS的开发	8

第一部分 数控车床的CAD/CAM系统(ITSYS)

第二章 数控车床的CAD/CAM	11
2.1 工件的形状描述	11
2.2 切削条件	12
2.3 使用刀具	12
2.4 刀具路线更改点的计算	13
2.5 刀具选择与刀具路线	24
2.6 数控指令的形成	26
2.7 程序的组成	28
2.7.1 形成数控指令的程序	28
2.7.2 显示数控指令的程序	33
2.7.3 刀具路线的模拟程序	33
2.7.4 数控指令的执行程序	33
2.7.5 建立文件的程序	33
2.7.6 删除存储的程序	33
2.7.7 结束程序	33
2.8 ITSYS的具体实例	34
第三章 利用 ITSYS 系统的自动测量	40
3.1 自动测量方法	40
3.2 测量路线的形成	40
3.3 自动测量程序的组成	42
3.4 利用自动测量系统进行测量	44
第四章 数控装置的 DNC 改造	49
4.1 系统的构成	49
4.2 个人计算机和数控装置的DNC组合	51
4.3 接口装置的制作	53
4.3.1 可编程序的通用 I/O 器件 8255	53
4.3.2 DNC接口装置	55
4.3.3 自动测量用的接口装置	57
4.3.4 外围设备用的接口装置	67

第五章 ITSYS 的实际应用	67
5.1 形状数据的输入	67
5.2 数控指令的作成	74
5.3 刀具路线的模拟与数控指令的表示	76
5.4 DNC运行	80
5.5 测量用的数控指令形成与自动测量程序	82
Intergrated Turning System	91
车削系统	
(Automatic Programming, DNC Running and Automatic Measurement)-File	
(自动编程, DNC运行和自动测量)——文件	
Name: ITSYS	
名称: ITSYS	
Automatic Programming	91
自动编程	
Part 1-File Name: APROS 1	
部分 1 文件名: APROS 1	
Part 2-File Name: APROS 2	97
部分 2 文件名: APROS 2	
Part 3-File Name: APROS 3	102
部分 3 文件名: APROS 3	
Display of NC Commands-File Name: NCDATA	107
数控指令文件名的显示: NCDATA	
Drawing of Tool Path by X-Y Plotter-File Name: NCPATH	109
x - y 绘图机绘制刀具路线文件名: NCPATH	
DNC Running-File Name: NCGO	113
DNC运行, 文件名: NCGO	
Data File Management-File Name: NCFILE	114
数字文件管理, 文件名: NCFILE	
Memory Clear-File Name: MEMCLR	117
存储器消除, 文件名: MEMCLR	
Automatic Measurement	118
自动测量	
(Generation of NC Commands for Measurment)-File Name: sok 2	
(测量数控指令的形成)文件名: sok 2	
Automatic Measurement	122
自动测量	
(Actual Measurment by DNC)-File Name: dat 2	
(DNC的实际测量)文件名: dat 2	
Automatic Measurement	126
自动测量	
(Drawing of Measured Data)-File Name: gra 2	
按测量数据画图, 文件名: gra 2	

第二部分 加工中心的CAD/CAM系统(MCSYS)

第六章 加工中心的 CAD	131
6.1 零件的形状描述和表现方法	131
6.2 基本立体元素和平面	133
6.3 曲线定义	136
6.3.1 2 维曲线定义语句	136
6.3.2 3 维曲线定义语句	138
6.3.3 曲线定义语句和文法	138
6.4 自由曲面	139
6.4.1 自由曲面形式 0 (Bezier 曲面)	139
6.4.2 自由曲面形式 1 (连接)	143
6.4.3 自由曲面形式 2 (平行)	143
6.4.4 自由曲面形式 3 (法线)	144
6.5 零件形状合成的方法	146
6.5.1 和的合成计算	146
6.5.2 差的合成计算	149
6.5.3 零件形状合成实例	149
6.6 数字结构	151
第七章 加工中心的 CAM	157
7.1 从线示模型到刀具路线	157
7.2 数控指令的作成	158
7.3 数控指令的实行	167
7.4 系统结构	171
7.5 加工中心的加工实例	180
第八章 MCSYS 的实际应用	183
8.1 主程序的启动	184
8.2 零件形状的作成与合成	184
8.3 刀具路线和数控指令的作成	187
8.4 代码转换和数控指令的传送	190
8.5 加工中心的加工	190
程序	192
Machining Center CAD/CAM System (MCSYS) -File Name: main	192
加工中心的 CAD/CAM 系统(MCSYS), 文件名: main	
Generation of Prismatic Shape-File Name: prs	192
棱柱形状的形成, 文件名: prs	
Generation of Pyramid Shape-File Name: pyr	199
棱锥形状的形成, 文件名: pyr	
Generation of Sphere Shape-File Name: sphr	206
球体形状的形成, 文件名: sphr	
Generation of Rotational Body Shape-File Name: rev	209
旋转体的形成, 文件名: rev	
Generation of Plane-File Name: plane	220

平面的形成, 文件名: plane

Generation of 2D-Curve-File Name: curve 2224

二维曲线的形成, 文件名: curve 2

Generation of 3D-Curve-File Name: curve 3230

三维空间曲线的形成, 文件名: curve 3

Generation of Sculptured Surface (Bezier Surface) -File Name: ss 0237

自由曲面(Bezier曲面)的形成, 文件名: ss0

Generation of Sculptured Surface by the Connection of two curves-File Name: ss 1244

由两条曲线连接的自由曲面的形成, 文件名: ss 1

Generation of Sculptured Surface by the Parallel Movement of Drive Curve along Basic
Curve-File Name: ss 2254

动曲线沿基曲线平行移动的自由曲面的形成, 文件名: ss 2

Generation of Sculptured Surface by the Movement of Drive Curve normally to Basic
Curve-File Name: ss 3264

动曲线垂直基曲线移动的自由曲面的形成, 文件名: ss 3

Synthesis of Shapes by the Operation of Addition-File Name: add274

形状合成文件名: add

Synthesis of Shapes by the Operation of Subtraction-File Name: sub285

形状相减, 文件名: sub

Generation of Tool Path on the Basis of Wire Model-File Name: cpath296

刀具路线形成, 文件名: cpath

Generation of NC Commands on the Basis of Wire Data-File Name: nc307

线示模型的数控指令形成, 文件名: nc

Transformation of NC Commands from ASC II to EIA-File Name: eia312

ASCII码到EIA码的数控指令的形成, 文件名: eia

Transformation of NC Commands from ASCII to ISO-File Name: iso315

ASCII码到ISO码的数控指令的形成, 文件名: iso

Transfer NC Commands from PC-9801 to Machining Center-File Name: mc317

PC-9801到加工中心的数控指令的传输, 文件名: mc

Load Wire Data from Disk Unit:2-File Name: load 2318

由磁盘2读出线条数据, 文件名: load 2

Display NC Commands on CRT-File Name: listnc319

在CRT上显示数控指令, 文件名: listnc

Display Tool Path on CRT Based on Generated NC Commands-File Name: dispnc320

在CRT上显示刀具路线, 文件名: dispnc

Display Wire data on CRT-File Name: disp323

在CRT上显示线条数据, 文件名: disp

第一章 利用个人计算机的CAD/CAM

1.1 通用CAD/CAM和个人计算机的CAD/CAM

为了实现设计工作省力化, 缩短设计周期和生产过程高效化, 研究开发了各种各样的CAD/CAM系统, 其中大多数正投放市场。CAD为Computer Aided Design (计算机辅助设计) 的缩写; CAM为Computer Aided Manufacturing (计算机辅助制造) 的缩写。两者均要应用计算机高效率地完成从设计到制造加工的全过程。

CAD/CAM系统的应用是始于汽车和船舶为中心的制造业, 此后, 随着日趋发展的形势, 不仅在工业机械方面的机械设计, 即使在印刷电路板设计、IC $\ominus$ 及LSI $\ominus$ 设计、建筑土木设计和机械设备设计等领域中CAD/CAM系统也得到广泛应用。

生产工厂是千差万别的, 从中小型企业到大型企业, 职工人数及规模大不相同。因此, 工种繁多, 不尽一致, 然而, 其基本状况如图1.1所示^{[1][2]}。其中设计程序正如该图左上方所示, 是从提供设计的技术规格开始的。在重新设计和改进设计时, 首先从方案设计入手, 使设计对象模型化, 之后进行分析工作乃至总图设计。一旦结构和性能分析等工作已结束, 那么就与所要求的设计规格加以比较, 并确定最后参数。在尚未满足设计参数的情况下, 还得进行修改总图设计的工作。如果反复进行这一系列步骤, 并满足了总图设计要求之后, 那么就在此基础上转向零件设计和产品设计。

有助于这些设计工作顺利进行的是CAD系统^[3]。包括在本系统中的软件, 有关于设计用的各种情报的数据库及其管理系统和三维零件形状的模拟系统。尤

其是通过计算机的制图软件, 把设计对象显示在显示器上, 将使你看到实物般的视觉图象。

此外, 作为分析用的专用和通用模拟装置, 大多数是采用了有限元法和边界元法。通过对照形状模型可以直接进行结构分析和热分析, 而且能图示出输出结果。所以CAD系统非

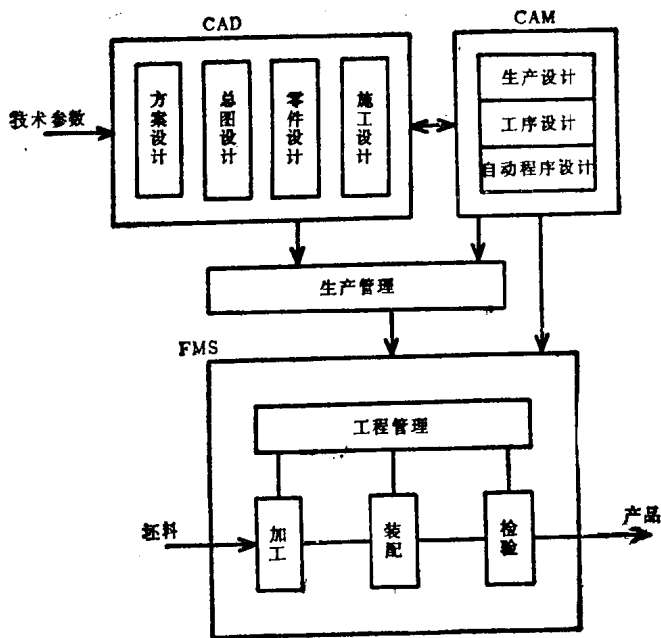


图1.1 用于生产工厂的CAD/CAM

⊖ Integrated Circuit的缩写, 集成电路——译者注。

⊖ Large Scale Integrated的缩写, 大规模集成电路——译者注。

常有利于评价设计结果和修改设计方案。

这样一来,如果我们借助 CAD 系统,就可实现设计工作高效化和省力化。这就是我们引用 CAD 系统的主要目的。

从图 1.1 右上方开始至中央部分的下方示出了整个生产程序。该生产程序是由生产设计、工序设计和自动程序设计等部分组成^[5]。生产设计是以设计情报为依据,从综合角度出发来规划生产方法的步骤和生产规模,工序设计是规划生产机械的种类,数量和顺序;自动程序设计是根据工序设计情报获得加工程序的技术情报。据此,我们可求出生产机械、刀具、夹具、安装等的数据和刀具路线的数据。

在从 CAD 获得的设计情报的基础上,借助计算机处理与上述生产有关情报的系统,我们称为 CAM。

为了确保产品的数量和质量,这些情报与将进行的生产资料规划,日程安排,生产进度管理和质量管理等的生产管理系统相配合,可控制实际生产程序。

就目前的生产过程而言,正从少品种大批量的生产形式向多品种中小批量的生产形式转变,其具体系统可视为柔性制造系统(FMS)^①来加以理解^[6]。我们可以这样来定义柔性制造系统,就是在以机械加工为对象的场合,数控机床群和自动输送装置与机器人等有机地结合成的,整个系统通过计算机控制而合理地进行生产^[7]。

我们把设计过程中产生出来的情报作为公用数据,把包括 CAD, CAM 和 FMS 等在内的生产体系视为生产工厂合理化的最终状况。然而,在目前的生产工厂中,综合应用 CAD, CAM 和 FMS 的时候还尚未达到。这是由于缺乏一种把从设计到制造作为连续化的情报流程来掌握的观点。因此,今后有必要在系统之间建立一个通用数据库,从而使这些系统有机地联系起来。

为了充分发挥上述功能,目前在主要通用的 CAD/CAM 系统中,其主计算机一般采用通用计算机和超小型计算机^{[9][10]}。以小型计算机为主体的主机,因为硬件和应用软件已实现插件化,所以原则上只要插入键即可工作,故而称作总控键系统^[11]。

由于总控键系统价格昂贵,所以只用于拥有一定资金和技术力量的某些大、中型企业。另外,随着电子技术飞跃发展,如果能廉价获得高性能的微型计算机和个人计算机的话,那么就与中小规模用户想引用 CAD/CAM 系统的形势正式结合起来,从而大大促进了既能制图又能形成数控情报的低成本版本的 CAD/CAM 系统应用,并使之投放市场,该系统亦称个人计算机的 CAD/CAM。

1.2 个人计算机的 CAD/CAM 系统

无论是通用 CAD/CAM 系统,还是个人计算机的 CAD/CAM 系统,其机器的组成基本是相同的。但最大的不同之处是把计算机分为个人计算机和通用计算机。由于这一差别,虽然个人计算机确实廉价,但出现了处理速度慢,容量小、应用软件不充足等约束的问题。然而,与通用系统相比较,个人计算机价格非常低廉,因此它向中小规模用户渗透的速度是相当惊人的。

虽说是个人计算机的 CAD/CAM 系统,但是 CAD 和 CAM 组合起来的,目前尚属少

① FMS: Flexible manufacturing system(柔性制造系统)的缩写——译者注。

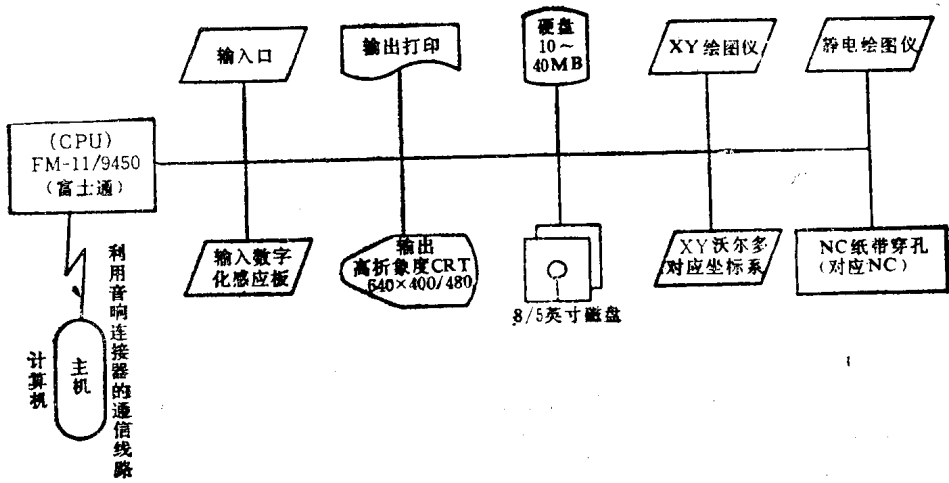


图1.2 图形处理系统EDS的硬件构成
(线路图形研究所)

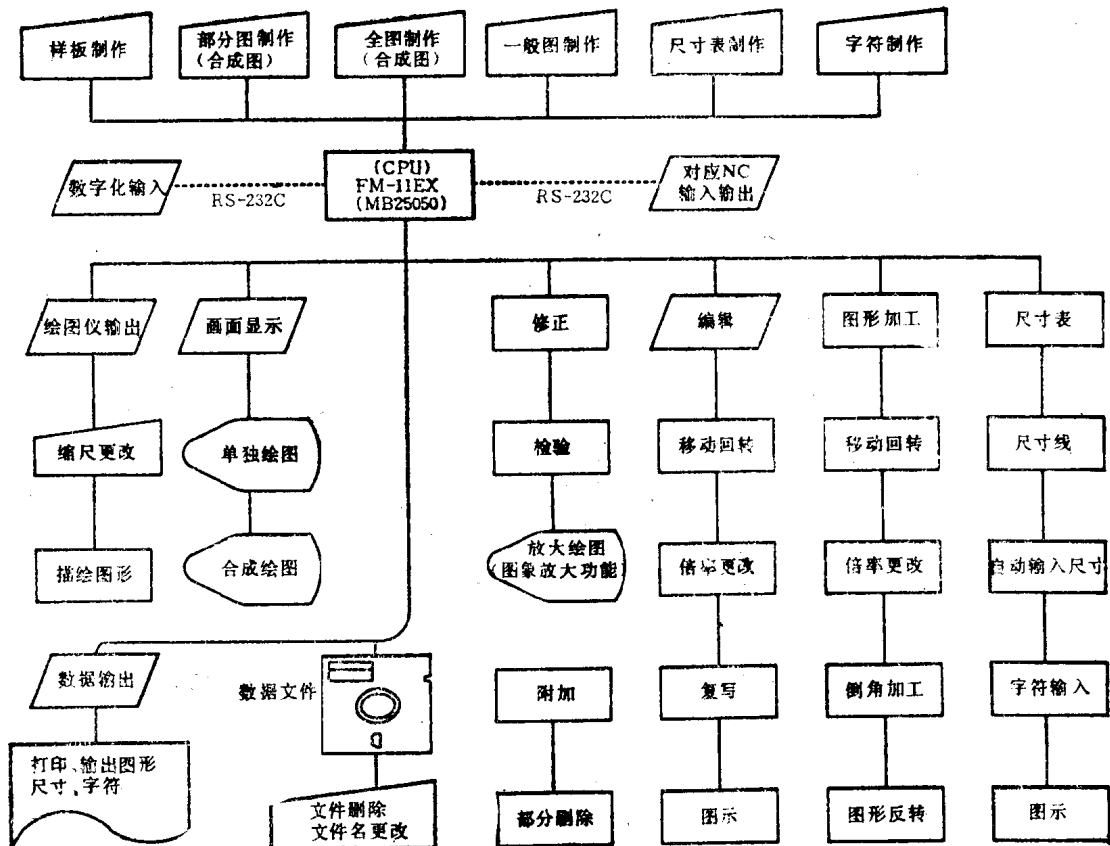


图1.3 EDS的软件系统

见,两者均以独立系统的形式投放市场,即个人计算机的CAD系统和个人计算机的CAM系统。

个人计算机的CAD系统示例见表1.1。虽然这些系统适用于机械、电气、建筑、配管和住宅等各个领域,但其重点总是放在制图自动化方面。一般认为,这是由于在通常的设计工作中制图工作量占的比重较大的缘故。因此,在通用CAD/CAM系统中,几乎没有完整的形状模型和模拟装置,与其说是设计,不如说是绘图(Drawing)或者制图(Drafting)更恰如其分。

制出的图,分为新制的图和重新使用旧图两个方面。但在后者的情况下,因为只从文件中调用需要的图加以修改即可结束制图工作,所以可望实现制图高效率比。只要图本身仍可以应用,个人计算机的CAD系统就可调用。

我们例举一个个人计算机的CAD的例子。在线路图形研究所的EDS系统中,其硬件构造如图1.2所示。在此,市场出售的个人计算机仍采用原硬件,并以独自开发的应用软件组成系统。但亦有用专用个人计算机组成系统的。

如图1.3所示,软件系列的主要功能是制图。该功能包括:绘制二维图形的几何功能,可记入各种尺寸和尺寸线等的表示功能,图形的删除、移动、旋转、放大、缩小和反转等编辑功能,以及图面取出和存入的文件功能。此外,还具有与主机的通信功能。图1.4为EDS的制图示例。

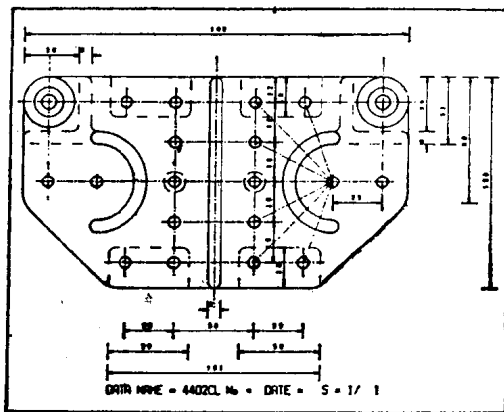


图1.4 利用EDS的制图示例

此外,虽然我们介绍了个人计算机的CAM系统,但按此名称投放市场的确很少。一般是以自动程序设计系统的名称出现的。自动程序设计并不等于CAM,而只能说是CAM一部分的数控带制作系统。

用重复加工性的优劣来评价数控机床时,如果一次制成数控纸带的话,那么通过反复使用数控带就可以实现较高的生产能力,而且自动程序设计系统的必要性就不大了。但是,随着多品种中小批量生产趋势的发展,由手工制作数控带就十分困难。因此,就研制出了与此相对应的内装有坐标计算功能和纸带穿孔功能的自动程序设计系统。由此可见,目前,甚至包括对应于图1.1所示的CAM的生产程序综合控制系统是完全没有的。

表1.1 利用微型计算机和个人计算机的CAD系统示例

系 统 名 称	使用的计算机	特 点
图形处理系统EDS (线路图形研究所)	16位个人计算机FM11/ FACOM9450(富士通)	利用光标或原尺寸值的对话式输入二维设计支援系统。具有倍率更改、移动、回转、倒角、反转和复制等功能,还有修正图形、编辑、文件、尺寸说明和荧光屏显示等功能。此外,还可以更改标准图面和绘制新图面
3D 校对规(NEC)	16位个人计算机PC-100 型30(NEC)	具有定义和显示三维物体形状机能的小型图形处理系统。由于其表现形式是利用线框的投影变换显示的,所以也可移动和回转物体。通过窗口、感应板与微型计算机对话的三维信息输入,可由光标和三面图输入三维坐标

(续)

系 统 名 称	使用的计算机	特 点
GRAPHMASTER (微型) (日立制作所)	16位个人计算机 MB-16005 A (日立制作所)	一面监视显示器, 一面只操作感应板上的“菜单”即可制图、登录、附加和编辑的二维图形处理系统 登录后的图面无论几张, 均可合并。多次使用的制图符号可作为工件库登记。可适用于土木建筑, 机械, 电气和电子等各个领域
岡村CAD系统 (岡村计算机系统)	16位个人计算机 IBM5550(IBM)	具有会话式二维制图和三维制图功能(通过操作感应板), 亦可自动制作展开图和透视图。可从独立型扩大到应用通信功能的信息终端型CAD。该系统适用于机械设计, 建筑设计, 住宅商店和总布置图设计等
YIS-LOGiC (雅玛哈)	8 位个人计算机 YISPU-1--20E (雅玛哈)	一面监视彩色显示器, 一面通过感应板的输入反复进行图形的追加、修正、删除和复制等, 从而制出线路图的逻辑电路设计系统 通过分色线防止配线错误和检测输出信号彼此间的短路及检测输出负载的极限值, 可使工作高效率化。可实现已制线路图的自动变换数据和程序库化
印刷线路板 个人CAD	8 位/16位专用个人计算机	利用8位个人计算机可进行数据输入和修正, 利用16位个人计算机可进行自动布线设计。在基本格子上进行搜索。可把各标准电子元件和IC内部连接图作为图形数据库登录。可采用PASCAL语言
微型CADI-系统	8 位个人计算机IF800型30 (冲电气)	由数字化仪输入坐标数据而进行制图、记忆和编辑的二维系统。通过绘图仪的输出可绘制出与画面相同的图形。采用FD标准软件。价值为16.2万日元
MINICAD (IL系统)	8 位, 16位专用个人计算机	富有设计, 制图用的二维CAD功能的独立式辅助系统 操作为对话式的, 系用C语言编制程序。可用于建筑、机械、配管、排水、住宅设备和商店设计等
图形用简易语言 GRAPHIC TOOL (日本计算机设计公司)	8 位个人计算机PC8801 (NEC)16位个人计算机 PC9801(NEC)FM-11 (富士通公司)	由GT指令显示出图和汉字等之后, 在BASIC的程序中模拟转换实际动作, 并以BASIC模拟程序生成实际BASIC 程序。生成的程序为应用软件。应用于配色模拟, 建筑透视图和图形资料等

适用于CAM的简易式自动程序设计系统的例子如表1.2所示。现在个人计算机种类很多, 有的作为商用投放市场, 有的是专用的。但是, 由于内装有计算机, 所以可保存和管理数控数据以及进行各种编辑。此外, 在更高一级机种中, 还有一种具有代替数控磁带输出而直接把数控信息传送给数控装置的DNC(Direct Numerical control, 直接数控)功能和进行远程文件传输功能的计算机^[12]。

表1.2 利用微型计算机和个人计算机的自动程序设计系统示例

系 统 名 称	使用的计算机	特 点
NEDAC-AP1 NEDAC-AP2	8 位个人计算机 PC8001(NEC) 系统软件已ROM化	具有从金属线切割、车削、凹处加工和金属膜曲面加工等由平面形状到曲面形状的加工处理能力, 并且保持着LANC语言功能。内装有后置信息处理系统。可输出由 $x-y$ 绘图仪制作的图面
NC3000系列 S、R、P型(IBM)	专用个人计算机	该系统是车床, 铣床, 金属线切割机床和木工机床用的完全二维自动程序设计系统。采用对话方式, 通过阅读器可直接向数控装置输入数据。S型的价格为198万日元

系 统 名 称	使用的计算机	特 点
NC-PETMark5G	8 位专用个人计算机	该系统为对话形式, 根据CRT显示器的信息进行输入。通过输入 图面数据和切削条件, 从数控带上可获得程序单。配有车削、钻孔、 金属线切割、轮廓加工和凸轮加工用的外部输入输出接口。系统的 价格为450日元
AMACOM2200系统	16位专用个人计算机	该系统具有CNC①回转头压力机、冲切L形剪切机和激光切割机 等的自动程序设计功能和制图及检验功能。可进行对应于FA②的 联机控制和DNC③控制。此外, 还有金属膜加工用的CAD/CAM 系统“DIECOM”
KRS系统V-1	8 位个人计算机	该系统采用了加工中心, 凹形加工用和车床用的软件。利用简易 语言进行输入。通过数据库进行文件管理。该系统价格为310万日 元
TM-APT-CP、G1	专用微型计算机 CAMPUS5000	输入形式是以APT④为基础的简易语言的对话形式。用于车削、钻 孔和轮廓加工。可自动检验刀具与工件之间的相互干涉。该系统本 身可自动确定加工顺序和加工条件等
APX-1	8 位个人计算机	该系统是加工中心用的数控带自动制成和管理系统。输入为对话 形式。根据加工内容指出, 可自动选择加工方法和条件、使用刀具 和切削条件。全套价格为450万日元
YCS系统	8 位个人计算机PC8801	该系统为对话式简易自动程序设计系统。具有车床和加工中心的 软件。标准套价为175万日元

① CNC: Computerized Numerical control(计算机数字控制)的缩写——译者注。

② FA: Final Address register(终地址寄存器)的缩写——译者注。

③ DNC: Direct numerical control(直接数控)的缩写——译者注。

④ APT: Automatically programmed tooLS(自动编程系统)的缩写——译者注。

作为个人计算机的CAM示例, 如图1.5所示。即利用托铭机床公司的NEDAC AP-1系统进行模具型腔加工的示例。如果我们用图1.5(b)所给出的语言来描述形状如图1.5(a)所示的工件, 那么就可以建立刀具路线。由绘图仪绘制的刀具轨迹如图1.5(c)所示。无论是个人计算机的CAM还是其中一部分的自动程序设计系统均具有图形处理功能。但与CAD有所不同, 绘图并非是其目的, 而真正的目的在于通过视觉确定刀具的路线轨

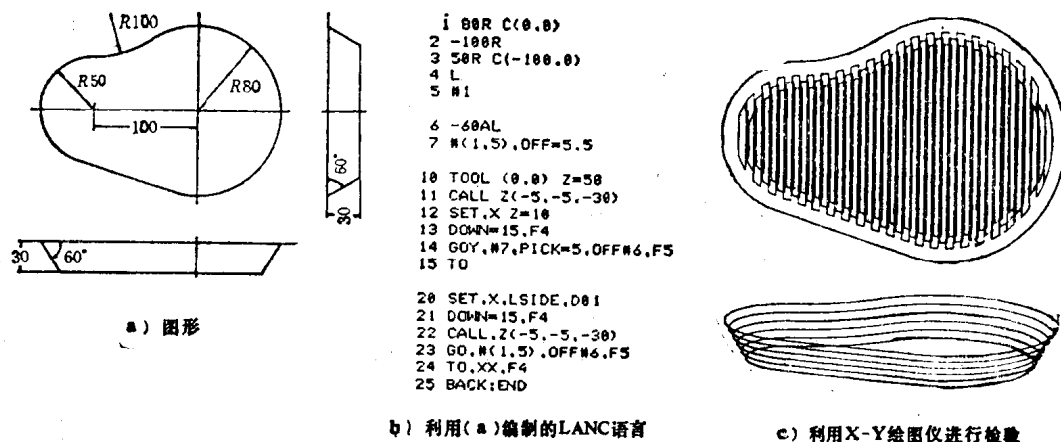


图1.5 利用数控自动程序设计系统NEDAC AP-1进行模具型腔加工例

迹。就 CAD 而言,其目的是产生零件形状和制图,并通过它可获得理解图形的难易性和修改工作响应性的优劣程度、尺寸线和尺寸的描述。

就个人计算机的 CAD 和个人计算机的各自开发的现状来看,马上组成一个把两者综合化的个人计算机的 CAD/CAM 系统,还是较之困难的。正如用一般计算处理,转变为分散处理那样,在两个系统间应具备完整的文件系统和通信功能,由公共数据连接双方而实现个人计算机的 CAD/CAM 系统,这将是 CAD 和 CAM 的主要发展方向。

1.3 个人计算机的CAD/CAM系统ITSYS和MCSYS的开发

目前,已研制了两种适用于机械设计与加工的 CAD/CAM 系统,这两种系统均采用个人计算机。关于两种系统的详细情况,我们将在下一章予以说明,但在这里概括地介绍一下,并研究其可能性和局限性。

1.3.1 ITSYS 的开发

该系统是通过车床来加工轴类零件的。如图 1.6 所示。该系统是由 8 位个人计算机、旧式数控车床以及把计算机和车床连接起来的接口组成的。最近的数控装置正从一般的硬连接数控装置演变成采用微处理机的 CNC 装置,而且由于大多数 CNC 装置都具有几种通信功能,所以,若利用这种 CNC 装置的话,则可简单的与个人计算机连接起来,并能通过 DNC 装置传递数控指令。但是,在这里在使用的旧式数控车床上,作为数控装置只能配置一个读带机。因此,在与个人计算机连接方面下功夫的话,数控装置就如同阅读数控带那样地接受信息。我们把这种方法称之为 BTR(Behind-the-Tape-Reader)或 DNC。由此,数控指令可不借助于读带机传输给数控装置。

ITSYS 的软件可大致分为形状描述、数控指令的生成和自动测定。关于形状描述,其主要内容是为了使个人计算机识别由零件图等图面所提供的零件形状的数据输入。由于系统是从强度计算等解析后的图面,并求出形状输入数据开始的,由此很难定义个人计算机的 CAD/CAM 的本来含义。这是因为 CAD 的必然性已不存在了。例如,如果有象轧制加工的轧辊和减速器轴之类的具体对象,那么就可建立一个解析系统,并能设计出满足规格要求的形状。如果我们把其形状模型化,然后附加一个存入 ITSYS 的数据文件的软件,就能够生成加工信息。

现用的数控车床可选择四种刀具,根据加工可能性,能够生成从已进行过刀具交换和刀具与工件间干涉检验的粗加工到精加工的数控信息。加工条件由操作人员确定,而不再附加自动确定最佳加工条件的功能。

虽然,也许有人认为,ITSYS 的 CAM 工作性能虽然好,但与车削用的自动程序设计

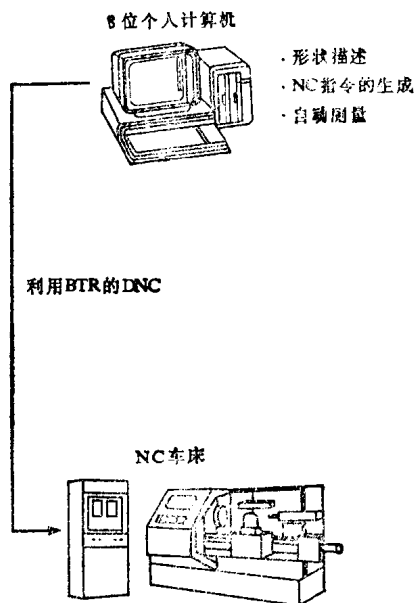


图1.6 ITSYS的构成及其功能

系统相比并非无差异。然而该系统的特点在于通过应用形状数据亦可实现自动测量工件，由形状数据生成测量用的数控指令，并能在车床上测量加工之后的工件，实现这样的系统还是初次。此外，在加工误差评价方面，我们还可以看到它的实用价值。

通过 ITSYS 的研制，即使是加工操作不熟练的初学者，如果掌握了形状输入法，即可进行实际加工，使旧式数控车床面貌一新。

1.3.2 MCSYS 的开发

MCSYS 是利用能够进行钻、镗、铣加工等综合加工的加工中心而进行 2.5 维加工的系统。其机器的组成如图 1.7 所示，是由 16 位个人计算机和卧式加工中心组成的。计算机和数控机床是通过 RS-232C 串联通信线路相互连接成 DNC 的。

MCSYS 的软件是由相当于 CAD 的形状设计部分和相当于 CAM 加工信息的生成部分组成的。

在形状设计方面，是通过对包括棱柱体，棱锥体和球体等基本立体、平面、圆柱和圆锥在内的旋转体曲线的扫描而形成的立体和平滑地通过任意点群而扩展的曲面作为形状要素，并在运算这些要素的同时求出必要的形状。

就通用 CAD/CAM 而言，在模拟形状时一般使用线示模型，表面模型和体积模型等。但在 MCSYS 中，是以称为线纹数据的立体断面曲线的集合来表现形状的。由于断面曲线用圆弧与直线来近似化，节省个人计算机的存储容量，这样即使不采用排列方式也能成为清晰的数据结构。

形状运算备有“和”和“差”运算，利用这两种运算方法，既可对形状要素实施运算，又可合成任意形状。

可对同一断面进行形状运算。如果反复多次运算全部断面数，则可生成合成形状的新的线纹数据。

由于 MCSYS 也没有解析功能，所以，在形状设计过程中，一般采用已设计的图面为基础来合成形状或者边看显示器边考虑产生的形状等两种方法来进行处理。在后者的情况下，即使生成形状也不完全是所要求的必然形状，而且即使更改形状也难以获得理想参数。尽管如此，只把形状作为问题来研究亦是可行的，然而，如果我们从真正的 CAD 观点出发，可以说，没有解析功能的系统还不算是完美的系统。

相当于 CAM 系统的数控信息的生成可以参照线纹数据进行。已进行简单的刀具与工件间相互干涉检验的刀具路线，对粗加工和精加工结束之后，随着加工信息而生成实际数控指令、并传输给数控装置。

MCSYS 是用 BASIC 语言来描述的，按不同的功能来形成文件。它的难点是需要一定的处理时间，但如果根据形状描述指出 DNC 传输，加工和功能差别，那么就可以使之正确工作，并可构成使用简便而又廉价的系统。

ITSYS 和 MCSYS 亦有按不同加工机种构成系统的，而且在两种系统之间没有数据

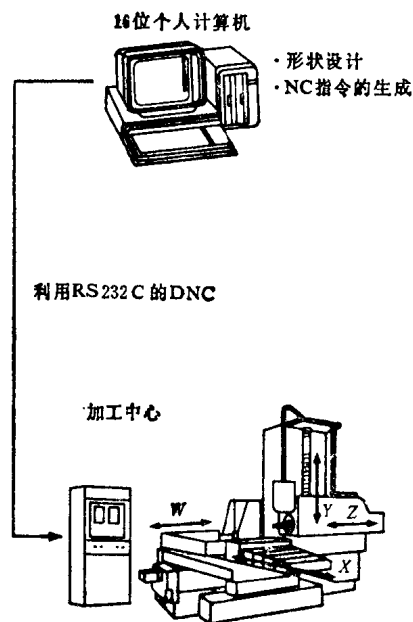


图1.7 MCSYS的组成及其功能

结构的共同性和共有性。此外，两者均无制图功能。由于该系统是作为个人计算机的 CAD/CAM 系统的雏型，所以，考虑今后应在改进数据结构的同时，从解释程序语言变换成编译程序语言，力争提高处理速度，尤其是要附加制图功能和图形处理功能，发展成完善的个人计算机的 CAD/CAM 系统以供实际应用。

参 考 文 献

- 1) 大野栄一：FA における CAD/CAM 技術，日本機械学会誌，86 巻，779 号，(1983) 68
- 2) 島 吉男：生産形態に適合した FA，日本機械学会誌，86 巻，779 号，(1983) 25
- 3) 沖野教郎：CAD/CAM の基礎，CAD/CAM ガイドブック，工業調査会，(1983) 2
- 4) 沖野教郎：自動設計の方法論，養賢堂，(1982) 141
- 5) 岩田一明他：生産システム学，コロナ社，(1982) 123
- 6) 尾崎省太郎，加藤泰雄：FMC におけるトータルシステム，精密機械，49 巻，8 号，(1983) 996
- 7) 岩田一明：多種中少量生産のためのソフトウェアシステム，機械の研究，35 巻，1 号，(1983) 106
- 8) 木村文彦：エンジニアリングデータベース，精密機械，47 巻，11 号，(1981) 1325
- 9) 木下秀範：CAD/CAM，機械技術，32 巻，7 号，(1984) 85
- 10) 小堀研一他：自社開発による CAD/CAM システムの統合化への試み—総合 3 次元 CAD/CAM システム「Kernel-3D」の開発，PIXEL，20 号，(1984) 127
- 11) 鈴木一栄：CAD/CAM の経済性と市場性，CAD/CAM ガイドブック，工業調査会，(1983) 20
- 12) 榊原三知雄，田口秀明：NC 自動プログラミング・システム，機械技術，32 巻，7 号，(1984) 92

第一部分 数控车床的CAD/CAM系统(ITSYS)

第二章 数控车床的CAD/CAM

该系统是由三个系统组合而成的,其一是根据个人计算机 PC8001 的指令,只输入工件的加工形状,使用刀具,切削条件等少数数据,计算出考虑了加工状态和刀尖半径的刀具路线,并且自动生成数控指令的系统;其二是由 DNC 把已生成的数控指令传输给数控车床,然后进行实际加工的系统;其三是自动测量已加工好的工件系统。它是在通用数据条件下进行从数控指令生成到加工和测量一系列操作的实用 CAD/CAM 系统,该系统被命名为 ITSYS。这里,我们将介绍已不包括自动测量的系统。

2.1 工件的形状描述

为了用简单的描述方法就能把毛坯形状和工件形状输入给个人计算机,并能生成数控指令,重点必须放在其形状描述上。这里的前题是工件用圆棒料切削而成的,因而,毛坯形状描述只是其直径和长度的指定。

关于加工形状描述的方法,有把工件分为圆柱部分,圆锥部分和圆弧部分等基本要素,并用其组合形式来表现工件形状的方法^{[1][2]},三维形状模拟的 TIPS-1 形状描述方式和利用形状数据库的方法^[3],等等。但在该系统中,把工件视为以 Z 轴为旋转轴的旋转对称形状,其断面形状建立在 Z-X 坐标系(车床上的坐标系通常如图 2.1 所示)上的二维图形。即如图 2.2 所示,工件的加工形状均已直线模型化,此时构成的各直线交点 P_i 就是为了表现加工形状的形状输入点。

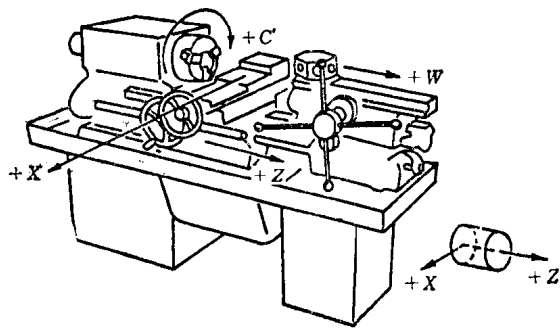


图2.1 车床的坐标系

如果我们用直线把加工形状模型化,那么就可以从图面上易于获得模型,但关于圆弧的情报就丢失了。为此,在形状输入点 P_i 上补充称为如图 2.3 所示的几何形状图形的修饰语句。考虑到直线与圆弧的组合,我们给出了 7 种形状图形,图形号均是输入毛坯半径时所需要的参数。当形状图形 PT 为零时,它表示为直线的交点。所以在此情况下,半径为零。此外,当 $PT=1\sim 4$ 时,表示与两条直线连接的是圆弧。 $PT=5\sim 6$ 时,表示是与一条直线相切,而与另一条直线相交的圆弧。 $PT=7$ 表示 $PT5, 6$ 相组合的图形。关于切槽问题,因为可在精加工之后处理,所以在形状输入时无需指定。