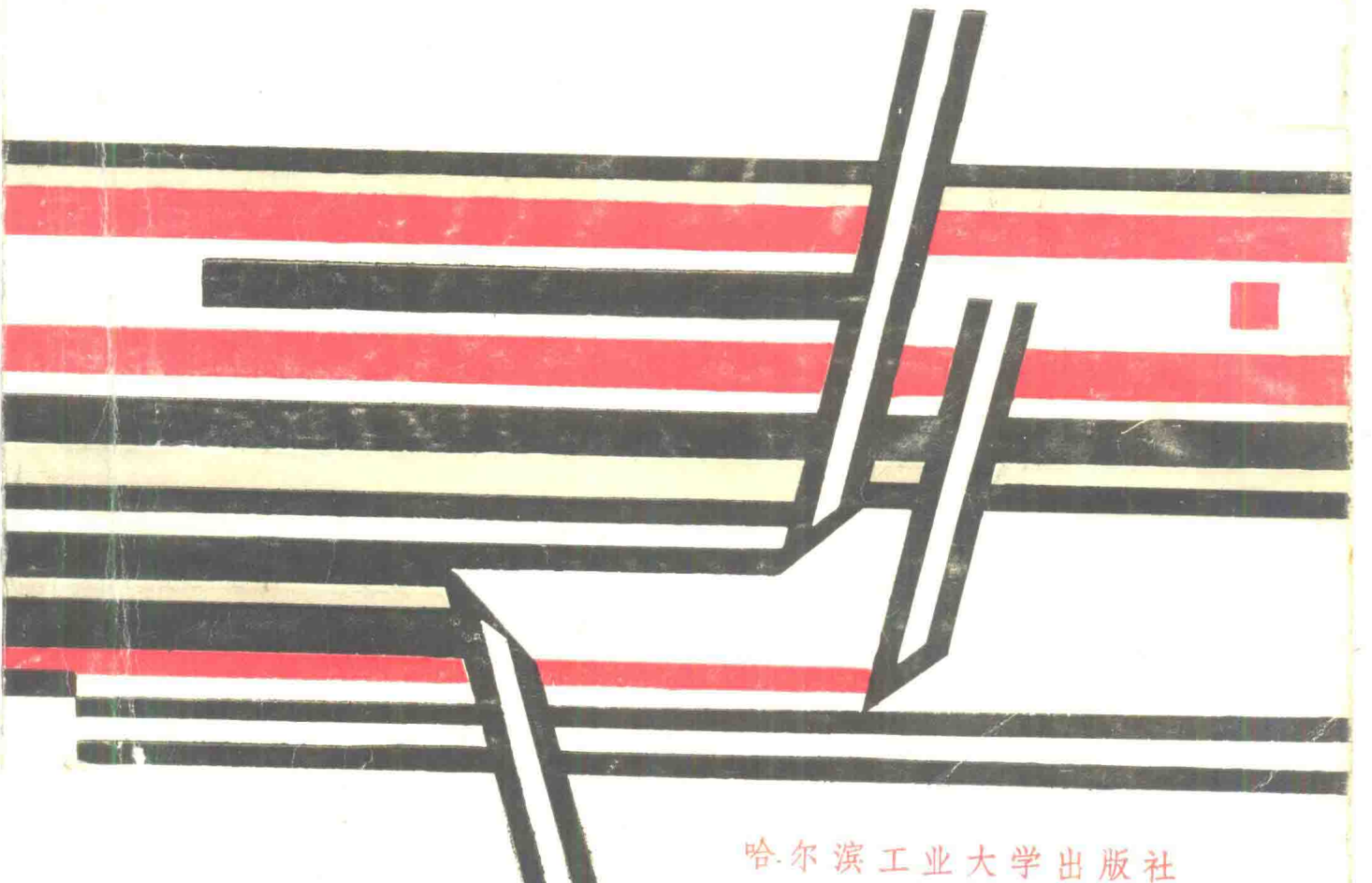


机械设计CAD教程



哈尔滨工业大学出版社

机 械 设 计 CAD 教 程

杨凤巢 孙 立 主 编

宋万良 李继康 副主编

哈 尔 滨 工 业 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书主要介绍计算机辅助设计的基本方法及其在机械设计中的应用。

全书共分十四章，主要内容有：典型机械零件的程序设计方法及实例，典型机构的计算机辅助设计实例，典型刀具的计算机程序设计，现代设计方法之一——优化设计及其在机械设计中的应用，计算机绘图等。

本书内容论述简明清晰，辅助设计方法实例说明详细具体。各部分的典型例题均附有 BASIC 语言的程序清单。

书中给出有关内容的设计源程序，均属通用程序，可供读者直接调用。无论对初学者的上机实习或者用于基本的 CAD，都是适用的。

本书可作为工科院校教师、研究生、高年级学生的机械计算机辅助设计的教学用书，也可供从事“CAD”的科研和工程技术人员参考。

机 械 设 计 CAD 教 程

杨凤巢 孙 立 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

吉林科技大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 385 000

1987年1月第1版 1987年1月第1次印刷

印数 1—3000

书号 15341·52 定价 2.85元

前 言

由于计算机技术的不断发展,特别是随着微机 CAD 系统的大量出现,为 CAD 的推广和应用提供了可靠的保证。目前,微机 CAD 的研究和应用正在迅速发展着。可以预言,在不久的将来,CAD 将象常规设计那样,在工程技术界获得推广和普及,为了加速这一进程,我们编写了《机械设计CAD教程》一书。

本书共分十四章,内容包括五个部分:第一部分为典型机械零件的程序设计方法及实例;第二部分为典型机构的计算机辅助设计实例;第三部分为典型切削刀具的程序设计实例;第四部分为现代设计方法之一——优化设计及其在机械设计中的应用;第五部分为计算机绘图。

各部分设计实例均附有 BASIC 语言的源程序。

书中的某些内容,直接取自编者的科研成果,全部源程序均经过运行验证。例如,在第一部分中给出包括链传动、蜗杆传动、直齿传轮动、斜齿—直齿轮传动及动压液体摩擦向心滑动轴承在内的计算机辅助程序设计的论述中,都逐次分段地给出了有关表格及线图的程序化处理“段程序”,并在此基础上给出了设计内容的会话式通用源程序,最后给出包括输入信息及输出结果在内的程序运行实例。特别是,所举实例分别取材于濮良贵主编《机械零件》(人民教育出版社,1982);许镇宇、邱宣怀主编《机械零件》(人民教育出版社,1981);曹仁政主编《机械零件》(冶金工业出版社,1985);天津大学机械零件教研室编《机械零件》(天津科学技术出版社,1983)等。同时还给出了数据文件及其数据文件在辅助程序设计中的应用实例。

本书由杨凤巢、孙立主编,宋万良、李继康副主编。第一章由孙立编写;第二章由孙立、杨凤巢编写;第三章、第四章、第十四章由杨凤巢编写;第五章由胡杰峰、杨凤巢编写;第六章由李继康编写;第七章由杨凤巢、孔繁镕编写;第八章、第十三章由刘兵编写;第九章由宋万良编写;第十章由宋春礼、刘兵编写;第十一章由孔繁镕、刘兵编写;第十二章由孙立、刘兵编写;其中第三、四、五、六、七章通用辅助设计源程序及第十四章 APPLE—II—CP/M 系统 BASIC 二维“子元素”绘图链接程序包由杨凤巢设计;第九、十三章辅助设计源程序由杨凤巢、刘兵设计;第八、十、十一章通用辅助设计源程序由刘兵设计。

由于编者水平所限,书中难免有不当乃至错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

1986.10

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 CAD 应用简介及基本的微机 CAD 系统	(1)
第二章 辅助设计中“派生外存数据文件程序系统”的设计	(3)
§ 2-1 派生外存数据文件程序系统及其设计的基本要求	(3)
§ 2-2 “DYFC”派生外存数据文件程序系统的设计	(4)
§ 2-3 派生外存数据文件程序系统的应用	(16)
第三章 辅助设计中表格和线图数据信息的程序化处理	(30)
§ 3-1 表格和线图的分类及处理方法	(30)
§ 3-2 表格和线图的程序化处理实例	(31)
第四章 齿轮传动的程序设计	(44)
§ 4-1 圆柱齿轮传动程序设计的过程和要求	(44)
§ 4-2 直齿圆柱齿轮传动设计中线图及表格的程序化处理	(46)
§ 4-3 程序流程图	(65)
§ 4-4 直齿圆柱齿轮传动的设计程序	(66)
§ 4-5 程序运行及其输出结果	(81)
§ 4-6 直、斜齿圆柱齿轮传动的通用程序设计	(84)
§ 4-7 程序运行及其输出结果	(102)
第五章 蜗杆传动的程序设计	(106)
§ 5-1 蜗杆传动程序设计的过程和要求	(106)
§ 5-2 蜗杆传动设计中线图及表格的程序化处理	(108)
§ 5-3 程序流程图	(114)
§ 5-4 蜗杆传动的程序设计	(114)
§ 5-5 程序运行及其输出结果	(123)
第六章 链传动的程序设计	(125)
§ 6-1 链传动程序设计的过程和要求	(125)
§ 6-2 链传动设计中线图及表格的程序化处理	(126)
§ 6-3 程序流程图	(131)
§ 6-4 链传动设计程序	(131)
§ 6-5 程序运行及其输出结果	(137)
第七章 动压液体摩擦向心滑动轴承的程序设计	(139)
§ 7-1 动压液体摩擦向心滑动轴承的设计过程和要求	(139)
§ 7-2 滑动轴承设计中线图及表格的程序化处理	(141)
§ 7-3 程序流程图	(150)

§ 7-4 动压液体摩擦向心滑动轴承的设计程序	(151)
§ 7-5 程序运行及输出结果	(161)
§ 7-6 “外存数据文件”在辅助设计中的应用	(164)
第八章 弹簧的程序设计	(180)
§ 8-1 圆柱压缩弹簧的设计计算	(180)
§ 8-2 弹簧的程序设计	(182)
第九章 杆机构的计算机辅助设计	(190)
§ 9-1 建立机构的位置方程和运动方程	(190)
§ 9-2 杆机构的计算机辅助设计	(192)
第十章 蜗轮滚刀的程序设计	(200)
§ 10-1 蜗轮滚刀的设计基础	(200)
§ 10-2 蜗轮滚刀的程序设计	(203)
第十一章 圆孔拉刀的程序设计	(213)
§ 11-1 圆孔拉刀的设计基础	(213)
§ 11-2 圆孔拉刀的程序设计	(217)
第十二章 无约束优化设计方法	(226)
§ 12-1 梯度法	(226)
§ 12-2 坐标轮换法	(228)
§ 12-3 共轭方向法	(229)
§ 12-4 牛顿法	(232)
§ 12-5 最小二乘法	(233)
第十三章 约束优化设计方法	(235)
§ 13-1 内点惩罚函数法	(235)
§ 13-2 外点惩罚函数法	(237)
§ 13-3 混合惩罚函数法	(240)
§ 13-4 复合形法	(241)
第十四章 计算机绘图	(253)
§ 14-1 概述	(253)
§ 14-2 二维绘图软件的结构、绘制图谱及其调用说明	(253)
§ 14-3 绘图软件与机械传动辅助设计程序的链接应用	(261)

第一章 绪 论

§1—1 概 述

近年来,由于计算机技术迅速发展,特别是体积小、功能强、价格低的微机CAD系统的大量出现,为计算机辅助设计方法的推广和应用提供了可靠的保证。目前,计算机辅助设计已广泛地应用于工程设计。

计算机辅助设计(简称CAD)是指人们利用以计算机为中心的一整套系统完成设计对象的全部设计工作。其中包括数据信息的检索,设计计算方法的应用,结构尺寸的确定与控制,产品图样的自动绘制等。因此,可以简单地说,CAD技术就是使计算机按着设计者的意图进行科学分析、计算,并迅速输出数据及其相应的图样。这将使设计者从大量繁琐的数据计算和手工绘图中解脱出来。

由于电子计算机不仅能自动迅速地进行大量的数据处理和运算,而且可以方便地实现“数”、“图”转换,因此,一般来说,凡具有数与图的设计对象都可以由CAD技术来完成。

使用CAD技术,可以使设计结果最佳化,这将使人们有可能从传统的设计方法向新的现代设计方法迈进。例如,在某些传统的机械设计中,往往一开始总是按常规顺序设计计算,设计结果只要求满足某些条件(如强度条件,安全系数条件等)。然而,若我们在设计开始就首先拟定对设计对象的某些性能指标取最佳值,并以获得最佳指标的参数为相应的设计参数的初选值,从而进行设计对象的顺序设计,则设计结果有可能既满足某些条件,又具有最佳性能指标,显然这是由于设计参数的初选值借助于最优值的缘故。因此含有初选参数优化选择的辅助设计有可能为设计提供最佳方案。

不仅如此,CAD技术还可以使设计自动化,提高产品的精度和可靠性,特别是设计工作的效率会极大地提高,从而缩短产品的生产周期,为产品的更新换代提供了有利的保证。

目前我国和世界上的许多国家都在进行辅助设计等软件的研究与开发,可以预料,不久的将来,CAD技术将会得到迅速地发展和普及。

§1—2 CAD应用简介及基本的微机CAD系统

一、应用简介

1. 航空工业

世界上第一台大型平台式自动绘图机是由美国航空局制造的,所以计算机绘图在航空工业中是应用最早,发展最快的部门。美国波音飞机公司应用CAD技术设计波音客

机,使生产效率提高了100%;美国麦克唐纳公司应用CAD 技术设计飞机,提高了零件和部件的协调性。

2. 造船工业

在造船工业中,由于CAD 技术的应用,显著地提高了设计质量及速度。特别是船体的各种曲线图、剖面图的绘制,均能由辅助设计中的绘图机完成。这将使船舶的设计中占60%的绘图工作量有可能被辅助设计中的图形绘制功能部分地或全部地替代。

3. 汽车工业

美国通用汽车公司研制成功的CAD 设计系统,用来设计汽车外形,车身结构及各种模具。

4. 仪表工业

苏联仪表工业部研制了锻模的设计程序,从而使该部所需锻模的95%和仪表制造所需模具的42%都使用程序设计。

5. 一般机械工业

英国已使用CAD 技术设计动力机械,如蜗轮机、增压透平机和压缩机等。英国机床工业研究会首先进行了各种机床轴和轴承的设计。日本用有限元法进行结构振动分析和床身结构的优化设计,设计直齿齿轮组,斜齿齿轮组的制造直径,中心距,变速箱轴,并计算轴承在载荷作用下的变形。设计人员对变速箱作出了功能和原理判断,例如,判断输入输出关系,齿轮传动比范围等。最后由计算机控制自动绘图机绘制总装图和零件图,图中有明细表、技术条件等。

二、基本的小型微机 CAD 系统

由微机和图形输入输出设备组合的系统,可以构成最基本的小型微机CAD 系统。

微机CAD 系统的硬件有主机、输入装置、输出装置、外存储器等组成。主机为系统的中心,进行运算、逻辑分析和控制绘图机等。输入装置是向计算机送入数据和各种字符及程序的设备,常用的有键盘、磁盘输入机等。

输出设备是输出最终结果的设备,常用的有绘图打印机、自动绘图机及图形显示器等。

外存储器用来存放程序和数据,常用的有磁盘等。

微机CAD 系统的软件包括程序设计语言、标准化的通用子程序等。程序设计语言用以编写设计对象的设计程序,常用的有FORTRAN 语言、PASCAL 语言和BASIC 语言等。

标准化的通用子程序是提供给不同设计对象的通用程序。它们可以被任何一个设计对象的有关部分所调用。实际上它犹如一个服务程序,适用于不同设计对象的辅助设计程序之中(详见以后各章辅助设计内容)。

除此而外,微机CAD 系统尚包括图形软件。

第二章 辅助设计中“派生外存数据文件程序系统”的设计

随着计算机的广泛应用，各专业的计算机辅助设计已势在必行。这不仅可极大地提高设计效率，更重要的在于使人们获得最佳设计方案。特别是现代设计方法的广泛应用，无疑将把设计引向新的高度和新的水平。在上述的任一设计方法中，无不包括“数据”或“数据文件”的调用，因此，研究“数据文件”的建立，对于辅助设计是十分重要的。

§2—1 派生外存数据文件程序系统及其设计的基本要求

无论是在机械设计专业还是在其它各类专业的计算机辅助设计中，都要用到大量的表格和线图。通常这些表格和线图可以转化为程序中的数据写入程序中，在设计时，由计算机按输入信息自动检索，从而完成辅助程序设计。但这些规范的表格和线图，由于它们转化为辅助设计程序的一部分，因此存在于相应的辅助设计程序中。这样一来，将使数据信息、表格数据信息，线图数据信息的任意调用受到一定的限制，影响它们的使用范围。为了解决这一问题，可以采用将表格和线图转化为文件的形式而存入外存，使其成为一个独立的数据文件，即“派生外存数据文件”。这种派生外存数据文件可以随时被需要该数据的辅助设计程序所调用。

应该特别指出的是，单独调用此类独立数据文件，将会给设计带来许多方便。若干个独立的派生外存数据文件的组合，并使其与前置菜单相匹配，形成一个组合链接系统，将构成电算设计“数据手册”的模式，这对于辅助设计显然是十分需要的。

“派生数据文件”不同于一般的设计源程序，后者可以直接送入计算机内存生成，而前者通常均由运行一个程序文件才能获得，我们称这个程序文件为派生数据文件程序，研究设计这一程序对辅助设计是很有意义的。

由于计算机辅助设计的内容是多种多样的，所以数据文件也就有各种不同的类型，例如，无字符串型，有字符串型等等。因此，对派生数据文件程序的设计，也就附有相应的要求，就其基本要求而言，应该满足以下几点：

1. 具有一定的通用性；
2. 具有适当的多样性；
3. 生成数据文件的数量不受限性。

这样一来，派生数据文件程序系统将能很方便地适用于不同的辅助设计内容，对同一辅助设计内容，可根据需要生成各种类型的数据外存文件，并且，需要多少数据文

件，就生成多少，生成数据文件的数量将不受限制。

§2—2 “DYFC” 派生外存数据文件程序系统的设计

一、链接结构

“DYFC” 是一个满足上述基本要求的派生数据文件程序，具有生成辅助设计数据文件的功能，运行 “DYFC”，就可以在外存获得数据文件。

“DYFC” 的链接结构为开关树状结构，由前置菜单显示、控制分支转移开关、多种派生外存数据文件功能程序及派生外存数据文件的调用程序等四部分组成。链接各子部分均具有自动返回菜单程序的功能，整个系统形成一个闭环分通路连接。

二、框图（图2—1）

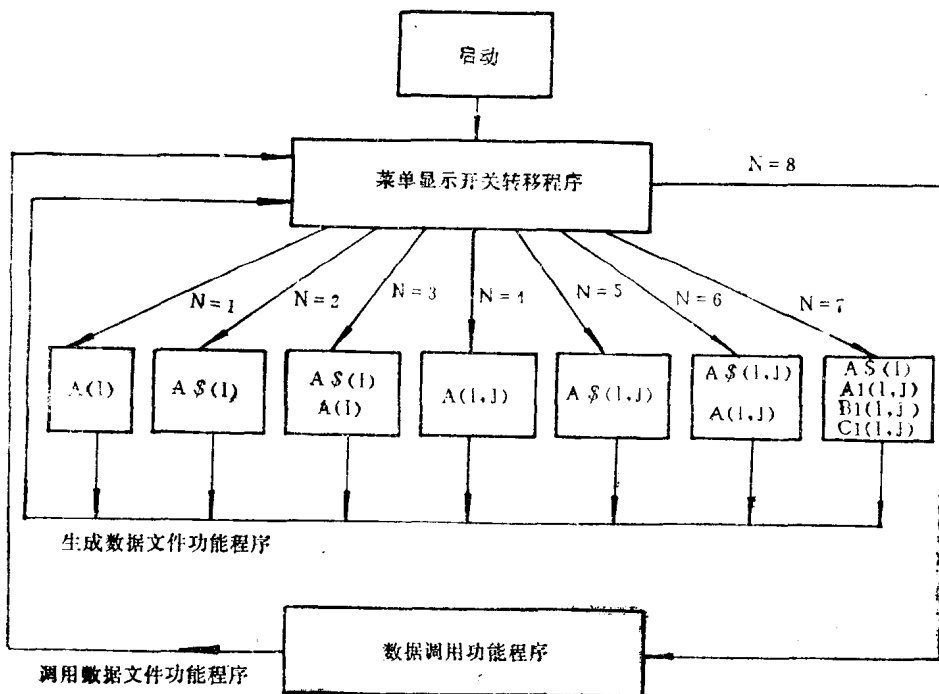


图2—1 “DYFC”框图

三、程序设计示例（DYFC程序库管理及程序设计例段）

1. 前置“菜单”程序

```
10 REM"DATA.BAS"
15 W = 12345
16 W$ = "12345"
21 PRINT"N=1-A(I)"
```

```

22 PRINT"N=2-A$(I)"
23 PRINT"N=3-A(I)-A$(I)"
24 PRINT"N=4-A(I, J)"
25 PRINT"N=5-A$(I, J)"
26 PRINT"N=6-A(I, J)-A$(I, J)"
27 PRINT"N=7-A$(I)-A(I, J)-B(I, J)-C(I, J)"
28 PRINT"N=8-YANG.BAS-RUN"
30 FOR N=1 TO 8
35 READ A$(N)
40 PRINT A$(N)
45 NEXT N
50 INPUT"N="; N
100 COMMON W, W$
101 CHAIN A$(N)
110 END
120 DATA"DATA1", "DATA2", "DATA3", "DATA4", "DATA5", "DATA
6", "DATA7", "YANG"

```

前置“菜单”程序给出了可以派生数据文件的类型，根据不同的要求，可以转入不同的派生数据文件，运行不同的程序，将生成相应的外存数据文件。并能自动返回前置“菜单”程序，准备下一个派生数据文件的运行或已生成数据文件的调用。

2. 派生“A(I)型数据文件”程序

```

10 REM"DATA1"
20 DIM A(100), C$(10)
21 INPUT"P="; P
23 FOR K=1 TO P
25 INPUT"C$(K)="; C$(K)
40 INPUT"N="; N
50 FOR I=1 TO N
60 INPUT"A(I)="; A(I)
80 NEXT I
90 OPEN"O", #3, C$(K)
100 FOR I=1 TO N
110 PRINT#3, A(I)
120 NEXT I
122 CLOSE#3
125 NEXT K
140 RUN"DATA.BAS"

```

程序运行实例:

输入信息	输出结果
1 ↵	
DA1-1 ↵	
2 ↵	
1 ↵	
2 ↵	
	DA1-1

输出信息——派生数据文件DA1-1（在外存中产生）。

A>TYPE DA1-1

1

2

3. 派生“A\$(I)型数据文件”程序

10 REM“DATA2”

20 DIM A\$(100), C\$(10)

21 INPUT“P=”, P

23 FOR K=1 TO P

25 INPUT“C\$(K)=”, C\$(K)

40 INPUT“N=”, N

50 FOR I=1 TO N

60 INPUT“A\$(I)=”, A\$(I)

70 NEXT I

90 OPEN“O”, #3, C\$(K)

100 FOR I=1 TO N

110 PRINT#3, A\$(I)

120 NEXT I

122 CLOSE#3

125 NEXT K

140 RUN“DATA.BAS”

程序运行实例:

输入信息	输出结果
1 ↵	
DA 2-1 ↵	
2 ↵	
A ↵	
B ↵	
	DA2-1

输出信息——派生数据文件DA2—1（在外存中产生）。

A>TYPE DA2—1

A

B

4. 派生“A(I), A\$(I)型数据文件”程序

10 REM“DATA3”

20 DIM A(100), A\$(100), C\$(10)

21 INPUT“P=”, P

23 FOR K=1 TO P

25 INPUT“C\$(K)=”, C\$(K)

40 INPUT“N=”, N

50 FOR I=1 TO N

60 INPUT“A(I)=”, A(I); INPUT“A\$(I)=”, A\$(I)

70 NEXT I

90 OPEN“O”, #3, C\$(K)

100 FOR I=1 TO N

110 PRINT#3, A(I), A\$(I)

120 NEXT I

122 CLOSE#3

125 NEXT K

140 RUN“DATA.BAS”

程序运行实例:

输入信息	输出结果	输入信息	输出结果
1 ↵		A	
DA3—1 ↵		2 ↵	
2 ↵		B ↵	
1 ↵			
			DA3—1

输出信息——派生数据文件DA3—1（在外存中产生）。

A>TYPE DA3—1

1 A

2 B

5. 派生“A(I, J)型数据文件”程序

10 REM“DATA4”

20 DIM A(20, 20), C\$(10)

```

21 INPUT "P="; P
23 FOR K=1 TO P
25 INPUT "C$(K)="; C$(K)
40 INPUT "M="; M
41 INPUT "N="; N
50 FOR I=1 TO M
51 FOR J=1 TO N
60 INPUT "A(I, J)="; A(I, J)
70 NEXT J
71 NEXT I
90 OPEN "O", #3, C$(K)
100 FOR I=1 TO M
101 FOR J=1 TO N
110 PRINT #3, A(I, J)
120 NEXT J
121 NEXT I
123 CLOSE #3
125 NEXT K
140 RUN "DATA.BAS"

```

程序运行实例:

输 入 信 息		输 出 结 果		输 入 信 息		输 出 结 果	
1 ↵				1 ↵			
DA4—1 ↵				2 ↵			
2 ↵				3 ↵			
2 ↵				4 ↵			
DA4—1							

输出信息——派生数据文件DA4-1（在外存中产生）。

A>TYPE DA4-1

1
2
3
4

6. 派生“A\$(I, J)型数据文件”

10 REM "DATA5"

20 DIM A\$(20, 20), C\$(10)

```

21 INPUT "P="; P
23 FOR K=1 TO P
25 INPUT "C$(K)="; C$(K)
35 INPUT "M="; M
40 INPUT "N="; N
50 FOR I=1 TO M
51 FOR J=1 TO N
60 INPUT "A$(I, J)="; A$(I, J)
70 NEXT J
71 NEXT I
90 OPEN "O", #3, C$(K)
100 FOR I=1 TO M
101 FOR J=1 TO N
110 PRINT #3, A$(I, J)
120 NEXT J
121 NEXT I
123 CLOSE #3
125 NEXT K
140 RUN "DATA.BAS

```

程序运行实例:

输入信息	输出结果	输入信息	输出结果
1 ↵		A ↵	
DA5-1 ↵		B ↵	
2 ↵		C ↵	
2 ↵		D ↵	
			DA5-1

输出信息——派生数据文件DA5-1（在外存中产生）。

A>TYPE DA5-1

A

B

C

D

7. 派生“A(I, J), A\$(I, J)型数据文件”程序

```
10 REM "DATA6"
```

```
20 DIM A(10, 10), A$(10, 10), C$(10)
```

```

21 INPUT "P="; P
23 FOR K=1 TO P
25 INPUT "C$(K)="; C$(K)
35 INPUT "M="; M
40 INPUT "N="; N
50 FOR I=1 TO M
51 FOR J=1 TO N
60 INPUT "A(I, J)="; A(I, J)
61 INPUT "A$(I, J)="; A$(I, J)
70 NEXT J; NEXT I; CLOSE #3
125 NEXT K; RUN "DATA.BAS"

```

程序程序运行实例:

输入信息	输出结果	输入信息	输出结果
1 ↵		2 ↵	
DA6-1 ↵		B ↵	
2 ↵		3 ↵	
2 ↵		C ↵	
1 ↵		4 ↵	
A ↵		D ↵	
			DA6-1

输出信息——派生数据文件DA6-1（在外存中产生）。

A>TYPE DA6-1

```

1          A
2          B
3          C
4          D

```

8. 派生“A\$(I), A1(I, J), B1(I, J), C1(I, J)型数据文件”程序

```

10 REM "DATA7"
20 DIM A$(50), A1(10, 10), B1(10, 10), C1(10, 10), C$(10)
30 INPUT "P="; P
40 FOR K=1 TO P
50 INPUT "C$(K)="; C$(K)
60 INPUT "M="; M
70 INPUT "N="; N
80 FOR I=1 TO M

```

```

90 INPUT "A$(I)=", A$(I)
100 FOR J=1 TO N
110 INPUT "A1(I, J)=", A1(I, J)
111 INPUT "B1(I, J)=", B1(I, J)
112 INPUT "C1(I, J)=", C1(I, J)
120 NEXT J
130 NEXT I
140 OPEN "O", #3, C$(K)
150 FOR I=1 TO M
160 PRINT #3, A$(I)
170 FOR J=1 TO N
180 PRINT #3, A1(I, J), B1(I, J), C1(I, J)
190 NEXT J
200 NEXT I
205 CLOSE #3
210 NEXT K
230 RUN "DANA.BAS

```

程序运行实例:

输入信息	输出结果	输入信息	输出结果
1 ↵		5 ↵	
DA7-1 ↵		6 ↵	
2 ↵		B ↵	
2 ↵		7 ↵	
A ↵		8 ↵	
1 ↵		9 ↵	
2 ↵		10 ↵	
3 ↵		11 ↵	
4 ↵		12 ↵	
			DA7-1

输出信息——派生数据文件DA7-1（在外存中产生）。

A>TYPE DA7-1

A

1	2	3
4	5	6