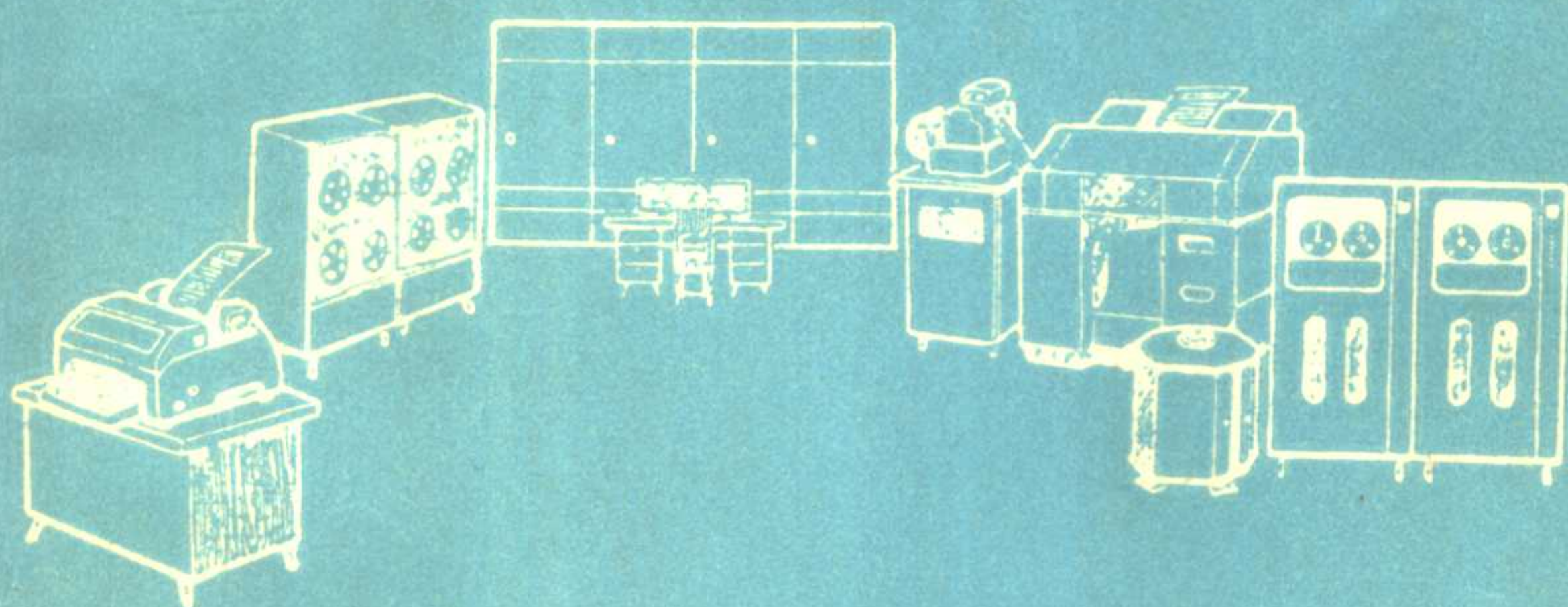


数控自动编程

“零件程序”的编制

(SKC-1)



国外航空编辑部

1 6 7 6 . 1 2 .

数控自动编程
“零件程序”的编制
(SKC-1)

目 录

前言	6
第一章 绪论	7
§ 1-1 自动编程的意义	7
§ 1-2 什么是数控自动编程	9
§ 1-3 SKC-1 自动编程系统及其功能简介	14
第二章 数控自动编程中的数控工艺	16
§ 2-1 概述	16
§ 2-2 选择适于数控加工的零件及其加工 内容	18
§ 2-3 对零件图纸作“数控工艺性”的分析	20
§ 2-4 数控工艺路线的设计	24
§ 2-5 数控工序的设计	29
§ 2-6 数控工序的调整	35
§ 2-7 数控加工的误差	38
第三章 最低限度的 SKC-1 功能	39
§ 3-1 练习	39
§ 3-2 向零件程序过渡	42
§ 3-3 零件程序的基本结构	45
第四章 几何定义和几何定义语句的书写	50
§ 4-1 几何定义的意义	50
§ 4-2 几何定义的形式	51

§ 4-3	几何定义语句的书写	54
§ 4-4	嵌套定义语句	81
§ 4-5	书写定书语句的技巧	82
第五章	刀具运动轨迹的描述和运动语句的书写	88
§ 5-1	概述	88
§ 5-2	与描述刀具运动轨迹有关的几个基本 概念	89
§ 5-3	初始运动和定向语句的书写	101
§ 5-4	明显位置与其语句的书写	105
§ 5-5	刀具连续运动和“走刀语句”的书写	108
§ 5-6	走控制点的走刀语句的书写	115
第六章	后置处理与后置处理语句的书写	118
§ 6-1	关于SK-1504控制机 SK X-1303 数 控铣床 的简要说明	118
§ 6-2	后置处理语句及其书写	120
§ 6-3	后置处理中的一些限制	122
第七章	控制语句	127
§ 7-1	语句的标号和转句语句	127
§ 7-2	条件语句	128
§ 7-3	复合语句	131
§ 7-4	循环程序的结构	132
§ 7-5	多重检查语句（几何转移语句）	135
第八章	扩充功能的应用	141
§ 8-1	点位加工	141
§ 8-2	内槽加工	145
§ 8-3	整体壁板加工	149

§ 8-4	刀位变换	153
§ 8-5	坐标传送	156
第九章 完整的零件程序的书写		159
§ 9-1	分析零件图, 选择编程坐标系	160
§ 9-2	确定有关几何元素的标识符号	163
§ 9-3	书写几何定义语句	163
§ 9-4	选定对刀点	168
§ 9-5	选定容差、刀具和切削平面	168
§ 9-6	书写刀具运动语句	168
§ 9-7	插入后置处理语句	171
§ 9-8	对零件程序的静态检查	175
§ 9-9	关于编写操作说明和建立数控加工工艺卡 问题	176
第十章 上机、诊断与改错		179
§ 10-1	DJS-21 数字电子计算机的概略介绍	180
§ 10-2	上机前的准备工作	182
§ 10-3	上机与系统的诊断功能	188
§ 10-4	下机后的工作	197
§ 10-5	划线检查	208
附录:		
外部代码表		217
各类语句语法简表		218
几何定义语法简表		220
思考练习题:		
(附于各章最后)		
参考资料		224

前 言

随着我国数控技术的日益发展，自动编程的问题很自然地提到议事日程上来，在毛主席的“**独立自主、自力更生**”的方针指引下，我国自行设计的数控自动编程系统 SKC-1 已开始在几个航空工厂应用。

为了使广大的工人、技术人员能在比较短的时间内应用 SKC-1 数控语言来编写数控加工的“零件程序”，我们编写了这本数学用书。

本书主要解决编“零件程序”。关于上机操作，我们仅作了一些概略介绍。如果想要达到既编程序又上机。光看本书是不够的，还要实践并参考其它书籍和资料。

需要说明的一点是任何数控自动编程系统都和所采用的语言 and 使用的计算机紧密有关。因此本书主要提供给直接使用 SKC-1 数控语言的同志。至于用其它数控语言及自动编程系统的同志则可用它来作为一种参考。

本书由西北工业大学顾亚声同志和北京航空学院杨光熏同志合编。

我们衷心地感谢在本书编写和出版过程中给予指导和帮助的同志们，尤其是 625 所五室程编组的同志，他们给本书提供了主要内容。

编 者

第一章 绪 论

§ 1-1 自动编程的意义

现在，数控机床已经逐步地在工业生产中使用起来了。在航空工业中，零件形状复杂，加工对象又经常要变换，生产批量很小，甚至经常是单件生产，在这些条件下，数控机床的使用有着更加重要的意义。毫无疑问，在这种条件下，用数控机床来加工零件，质量上是有保证的，经济上也往往是花得来的。

解决数控机床应用于生产，程序编制是个首当其冲的问题。通常编制数控机床的程序可以采用以下方法：

- 一、手工编程；
- 二、自动编程。

手工编程遇到的问题

在一定的情况下，手工编程会遇到一些问题。例如，被加工零件形状复杂，手工的计算工作量就非常大，随之而来的穿孔、校对等工作不仅工作量大，而且，由于这些工作过程中，“人”大量地干预进去，这样往往造成出错的可能。编一个中等复杂的零件的数控机床程序，常常以周、月来计。举一个例来说：一个中等复杂程度的框类飞机零件，长约为700毫米，宽约为150毫米，由二名程编人员用手工编程共花了三个星期，而在机床上加工时这个工序仅为几十分钟。

有人统计，手工编程的时间，大体上和数控加工时间的比例是 30:1。显然，这对于数控加工的推广使用是一个障碍，因为它使数控机床的优点得不到充分的发挥，尤其是对于那些复杂的零件，手工编程的效率更低，必须要用效率更高的方法来编程。

数控自动编程的提出

从上述内容可以看出，手工编程主要的缺点是计算效率低，易出错。对于简单的零件，这种方法还勉强可以使用，对于复杂零件这种手工编程方法就显得满足不了要求。随着计算机技术的发展，人们就逐步采用电子计算机来替代手工编程中的手工工作。在电子计算机上通过子程序汇编（如求基点、节点、增量脉冲转换、十一二转换等）的方法来代替原先的手工编程，实际上这工作是编程工作自动化的一种过渡形式。但是由于这种方法手工辅助工作仍然很多，而且不直观，因此推广使用仍受到限制。当人们联想到能否用类似算法语言的形式，按照加工的语言形式来描述数控加工过程，然后通过电子计算机的处理与计算，最后直接得到一条数控机床所需要的控制带，这样的想法经过多年实践证明，它是完全能实现的。这便是我们通常所说的数控自动编程或者称为计算机辅助编程。

数控自动编程的意义

显然，程序编制的方法会直接影响到编出程序的质量和生产率。因此只要条件许可，尽量采用比较先进的自动编程除非是零件比较简单或者条件不许可才采用手工编程。

采用自动编程的意义首先在于它快速而准确。有人作了这样一个统计，手工编程与自动编程所花时间的比例平均亦是30:1。而用电子计算机来工作则比手工计算、穿孔要准确得多。此外就自动编程本身来说，除去它直观的优点外，还有一个重要优点，即它使得最熟悉产品制造过程的工人、工程技术人员不致因为对电子计算机不熟悉而不能应用自动编程。相反，只要经过一番不费力的了解，他就可以很快地掌握用数控语言来编写零件程序。

随着科学技术的发展，电子计算机技术广泛地应用于各行业，在机械制造方面，用电子计算机辅助编程是它的一个重要分支。发展数控自动编程技术进一步把编程人员从大量繁琐的手工劳动中解放出来，对于合理使用设备，有效使用人力，都有明显的意义。

我们国家虽然在数控自动编程方面发展得比较晚一些，但是在毛主席革命路线指引下，近年来有了较大的进展，现在我们已经有了我国自己的数控语言。SKC-1自动编程系统的研制成功，标志着我国在自动编程的领域内进入了一个新的阶段，它是“独立自主，自力更生”方针的伟大胜利。

§ 1-2 什么是数控机床用的程序

这一节着重说明一个问题：数控自动编程是怎么回事。有人这样来形容它：自动编程就是用电子计算机编程序，或者说用电子计算机利用计算机的程序来编制数控机床用的程序。

为了对这个问题有一清楚的认识，我们通过自动编程和加工的全过程来进一步作分析。下面的框图描绘了从零件图

纸一直到在数控机床上加工的全过程。(图 1-1)

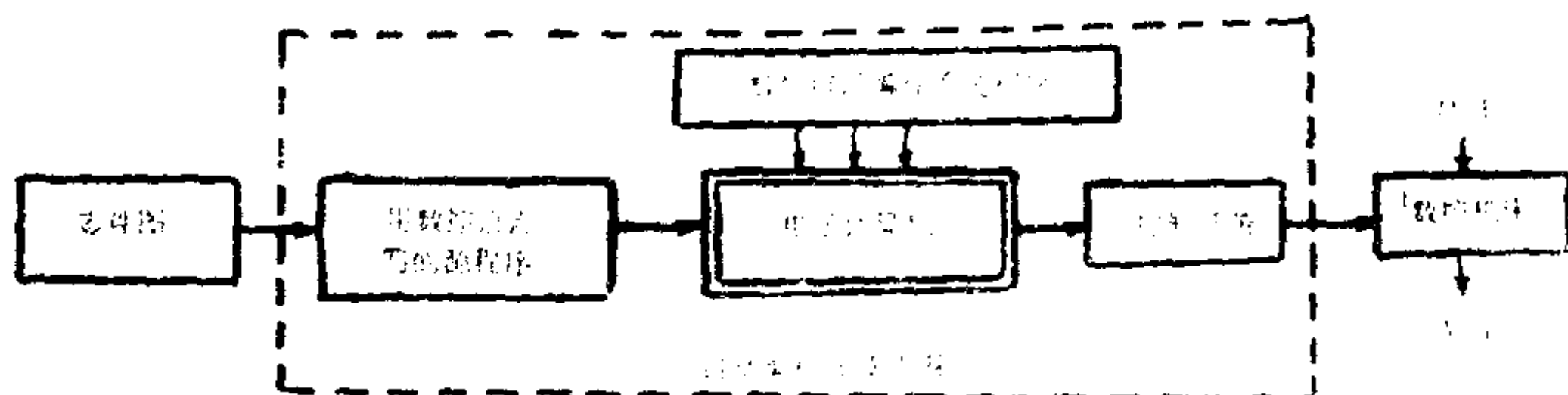


图 1-1

当编程人员拿到零件图纸以后，和手工编程时一样，需要首先作工艺分析，搞工艺方案，然后，根据某种专用的数控程序语言的规定书写零件程序*。应当指出，这种用语言写的程序因为尚未经过电子计算机处理，所以它和手工编程所编出的程序有着本质上的区别。手工编程所编出的程序，就是数控机床用的程序，它能直接驱动机床，而这里所说的零件程序，却只是提供电子计算机处理的一个依据，根本不能拿去直接加工。这个差别必须注意到。

下一步是由电子计算机来处理零件程序。电子计算机也是按照人的意志来进行工作的。为了对零件程序进行处理，就必须事先针对一定类型加工对象预先编好一套程序存放在电子计算机内，当所编零件程序输入后，预先编好的一套程序即发挥作用使零件程序得到处理。处理后最终得到的程序才是数控机床上所需要的程序。一般情况下电子计算机可以直接输出纸带。但也有的机器输出结果记在磁带上，再通过带孔转换设备变成纸带。有时计算机没有直接输出的穿孔设

* 零件程序从整个编程系统来说相当于编源程序。

备，那就只能把结果打印出来，然后由人工穿孔。

以上的过程，就是前面所说的电子计算机利用计算机的程序来编制数控机床用的程序的过程。和手工编程对比一下：自动编程主要通过电子计算机而不是其他那些简单计算工具；自动编程在编程过程中使用了二个程序：一是用专用语言写的零件程序；一是供处理零件程序用的自动编程系统程序。有了电子计算机，有了上述程序原来手工编程时不少计算、穿孔、书写等工作均由机器来作了。应该看到，自动编程的系统程序亦就是通常人们把它称之为“软件”的那个程序，在编制过程中需要耗费很多人力，一套系统程序常常要花几百个人年才能编成。当然，它是一次投入劳动，能供长期使用，虽然在预先准备这套程序时花费时间投入人力比较多，但却换来了以后编零件程序时的方便，编零件程序的工作量要比手工编控制机床程序工作量少得多，而且由于编程过程减少了“人”的干预，出错机会减少，提高了编程的质量和工作效率，对于编程人员的技术要求也可以适当放低，这些好处都是手工编程所不能比的。

当制备出控制机床用的纸带以后，以后的过程对于手工编程和自动编程来说又是相同的了。亦即是进行纸带的校验和数控机床的加工等。

通过上面的介绍，对于数控自动编程大致是怎么会事算是有了一个粗略的概念。但是大家一定会进一步提出问题：既然电子计算机能编程序，那末为什么不让它直接编呢？为什么要用语言先编好零件程序，而且还要一套专门配合的系统程序来对它进行处理呢？

要回答以上问题，必须对于通用电子计算机的原理和特

点要有所了解。我们说，首先应该有这么一个概念，电子计算机并不是什么神秘莫测的东西，它不过是人类创造的一个工具而已，人们通过长期的劳动和实践，使得现代的电子计算功能越来越多，但不管怎么样，电子计算机归根到底还要听人使唤。图 1-2 示出了电子计算机的基本构成

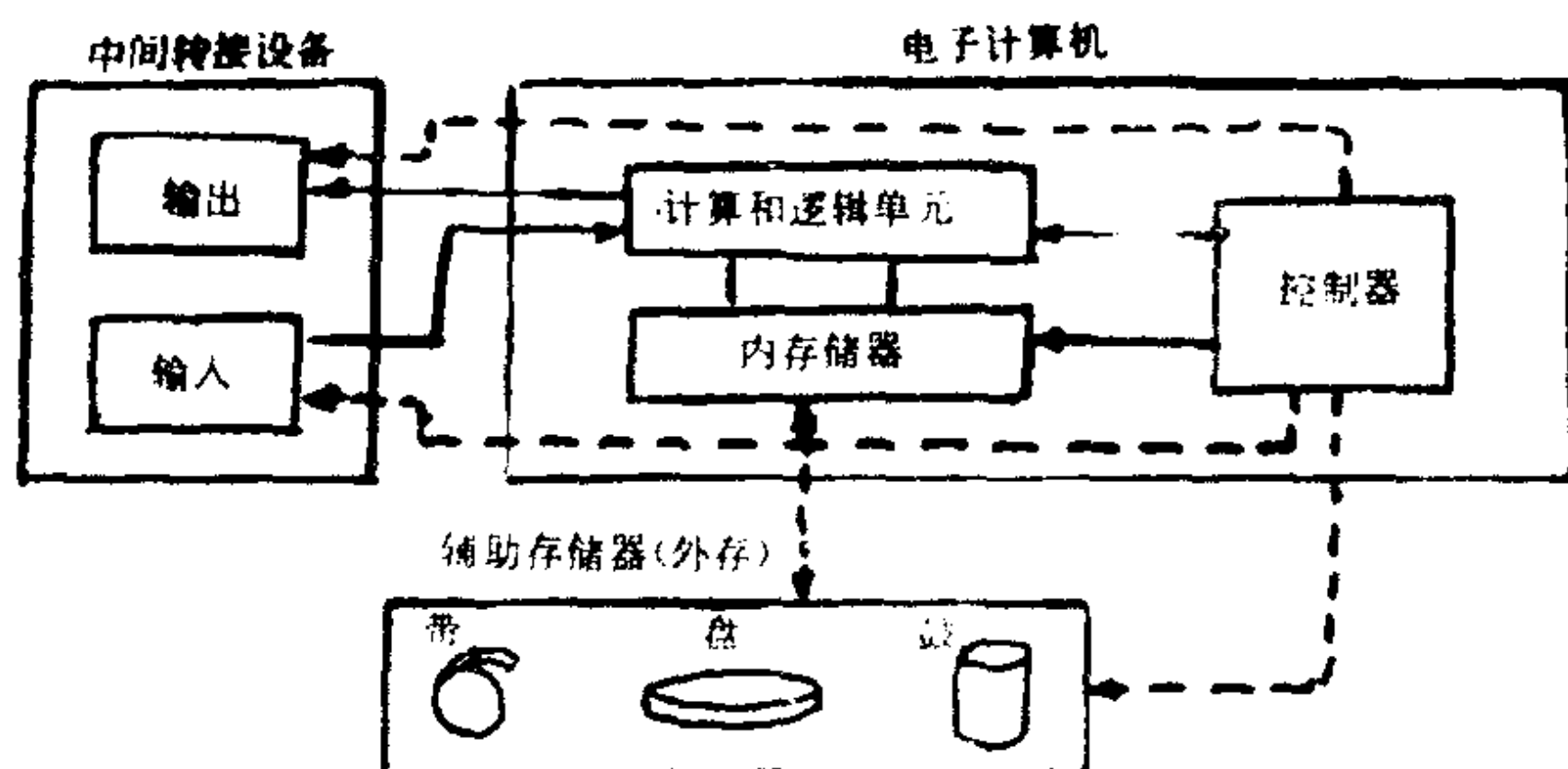


图 1-2

电子计算机首先需要有运算器。它相当于日常计算用的算盘或其他类型的计算机，它是由电子元件组成的。任何复杂的算题到运算器来运算其实都归化为简单的四则运算或逻辑运算，只不过它算得很快。

电子计算机的另一重要组成部分是存储器。它相当于日常用的纸和笔是计算机的记忆部分。现在一般利用磁心、磁盘、磁带、磁鼓等来作为存储器，它们可以记住大量的信息（程序和数据）。工作时由存储器直接与运算器发生关系。内存在不够用时可以调用外存储器的信息，外存储器又称辅助存储器，它的容量很大，可以整批地将信息调进调出，它通过主存储器（内存储器）与运算器发生关系。

电子计算机还需有控制器。当相当于日常生活中的一个

计算员。在它的控制下，计算机进行操作和运算，它按人们事先规定的程序行事。

电子计算机通过输入设备把程序输到计算机里去，而通过输出设备把计算机计算的结果表示出来，使人们接受下来。

画在图 1-2 中的方框和线条表示了上述电子计算机各部分内容及相互之间动作联系，但是真正让计算机各部分动作起来做各种运算工作还要靠输进机器的程序，而在这张图上却并没有表示出来。

计算机的程序是用机器规定的一条条指令来写的，一个程序等于执行一条又一条的机器的命令。人们用这种方法局部地解决一些繁琐的计算，然后再用手工编程的方法来编数控机床程序，这在有些已有电子计算机条件、遇到复杂零件繁琐计算的情况下，就是这样来解决问题的。

现在我们希望是直接用语来编程序，这里就遇到一个问题，用语编的程序，计算机根本不认得，因为它并不是机器的一条条指令。因此，为了让计算机懂得语言，并能按照你的意图进行计算和处理组成数控机床需要的信息，就必须另外配制一套计算机的程序，这套程序是专为处理用某种语言编写的程序用的，有了这套东西，用语编的程序才活跃起来，首先是计算机通过翻译能认得它是什么意思了，然后才能让计算机做这样或那样的动作。没有这套程序，用语编的程序是毫无用处的，就象一个人到了外国去，文字语言不通一样。这套计算机的程序就是前面说过的数控自动编程的系统程序，它和所规定使用的语言 and 使用的计算机是配套的，合起来就叫数控自动编程系统。SKC-1 数控自动编程系统就是包括一套以汉语为词汇的数控语言；一套配置在

DJS-21 计算机上的数控自动编程系统程序。完整地写下就是：

SKC-1数控自动编程系统：

1. SKC-1 数控语言；
2. SKC-1 数控自动编程系统程序；
3. DJS-21 数字电子计算机。

SKC-1 数控自动编程系统按照图 1-3 来工作，用 SKC-1 语言写的零件程序，在 DJS-21 机内通过 SKC-1 数控自动编程系统程序的三个阶段把零件程序处理成某一机床所需的程序。应该说明一点是：当数控机床不同，系统程序中的后置处理部分应该更替，而前置处理部分则可继续应用。

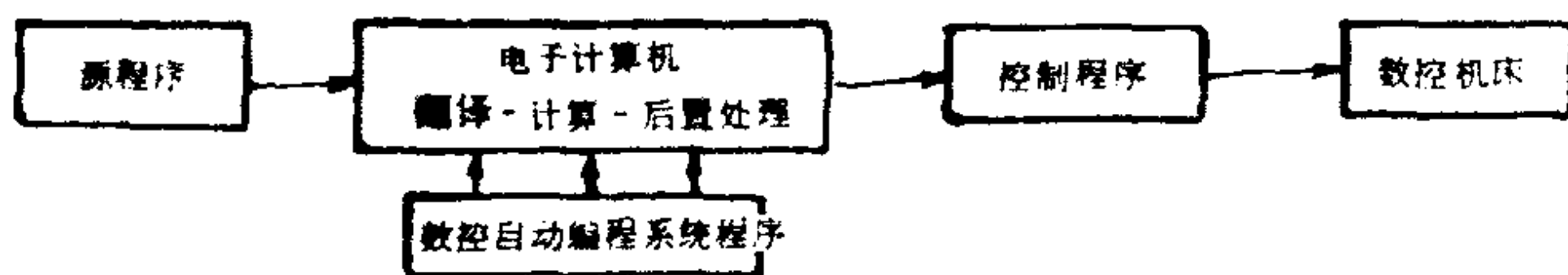


图 1-3

以上就是我们对于什么是数控自动编程的一个全面回答。当然这仅仅是一个概貌介绍，要仔细了解这方面内容，必须查阅有关数控自动编程系统方面的资料，而它并不是本书的重点。

§ 1-3 SKC-1自动编程系统及其功能介绍

SKC-1 自动编程系统是我国自行设计的一个用于数控铣床的自动编程系统，它是贯彻党的“独立自主，自力更生”

方针的产物，虽然它还不很完善，但已经能够开始用来为生产服务。

SKC-1 的功能与适应范围如下：

1. 加工对象：

主要是针对飞机平面零件。组成这些零件的轮廓线条可以是直线、圆弧、也可以是列表曲线(离散点所构成的曲线)由直线、圆弧组成的机身外缘以及后二者的过渡线。

2. 机床和控制器：

系统主要适应于三坐标立式铣床，切削刀具可以是平底刀，也可以是球底刀。

系统在设计时考虑了带有刀具补偿功能的直线插补系统和直线圆弧插补系统。

从程序编制的角度来看，基本上适应于 $2\frac{1}{2}$ 座标。这样一个系统可以在平面内插补运算，也能空间点位移动。它并带有类似宏指令的壁板加工功能；用来加工内槽的专用程序；还允许进行座标传递，这样在不同插补面内 (XY, YZ, ZX) 均可进行二个座标的插补运算；当零件尺寸座标系统不合适时也可以移转座标系。

第二章 自动编程中的数控工艺

§ 2-1 概 述

编程工作一开始首先要进行工艺分析，搞工艺方案。编程过程中还不断地涉及一些工艺问题。所以，本章专门讨论自动编程中的数控工艺问题。

数控工艺的基本特点

如果拿编数控机床的程序和编通用机床零件的工艺规程相比较一下的话，你一定会发现它们之间在许多方面考虑的原则是一致的，使用的方法是类同的。但不能否认，数控机床的编程，尤其是自动编程，有它自己的特点，我们应该把它和通用机床的编程区分开来。

一般来说，数控加工的工序内容要比通用机床加工的内容复杂，因为数控机床很贵，如果只是在上面加工一、两个简单表面，在经济上是不合算的。所以，安排在数控机床上干的话，应是尽可能复杂一些，甚至是通用机床上难以完成的那些工序。

从编程的角度来看，数控机床编程序比通用机床编工艺规程也要来得复杂。尽管由于自动化的程度的增加，它对于操作人员的操作技能要求并不高，但是，对于编程的要求却大大提高了。因为用通用机床加工时，许许多多工艺问题的处理在很大程度上是由操作人员来考虑、决定和掌握的。例