

数字程序控制线切割机

自动编程

(SXZ-1)



国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书介绍一种小型简易数控编程语言，用以在电子计算机上自动编制数字程序控制线切割机的加工程序。全书共分八章：第一章至第六章介绍源程序的编制方法，主要包括作图语句、切割语句、转移语句和输入、输出语句；第七章介绍在 DJS-6 型电子计算机上的操作方法；第八章选编了 32 个实例。书末附录列出了各种参考表格。

书中内容通俗易懂，结合实际。本书可供从事数控线切割机编程的工人和技术人员参考使用。

### 数字程序控制线切割机自动编程

(SXZ-1)

北京工业大学计算站  
北京有线电厂合编

\*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
上海商务印刷厂排版 国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张 8 1/2 217 千字

1978 年 7 月第一版 1978 年 7 月第一次印刷 印数：00,001—32,000 册

统一书号：15034·1690 定价：0.86 元

(限国内发行)

## 前 言

数字程序控制线切割机的使用和推广，近年来得到了迅速的发展。关于数字程序控制线切割机编程方法的研究，对于提高机床效率，减轻劳动强度，有着极为重要的作用。

本书介绍的“SXZ-1”自动编程方案，是利用电子计算机编制数字程序控制线切割机加工程序的一种方法，在 DJS-6 型电子计算机上实现，目前用以编制“三 B 型”数字程序控制切割机加工指令。

本书力求通俗易懂，技术人员或工人经过自学，即可掌握，并可在生产实践中应用。

在制定方案、推广、修改以及本书的编写定稿过程中，得到了许多兄弟单位的大力支持和帮助，在此谨致谢意。

由于编者水平有限，经验不足，本书难免存在很多缺点、错误和不足之处。热忱地欢迎广大读者批评指正。

# 目 录

绪论 .....	1
第一章 基本概念 .....	6
第一节 编程实例 .....	6
第二节 几何元素 .....	11
第三节 数 .....	15
第四节 修饰字与定义符 .....	16
第二章 作图语句 .....	18
第一节 直接作图语句 .....	19
第二节 主要的间接作图语句 .....	23
第三节 辅助的间接作图语句 .....	35
第三章 间接作图语句的成组形式 .....	50
第一节 作点语句的成组形式 .....	52
第二节 作线语句的成组形式 .....	57
第三节 其他语句的成组形式 .....	59
第四章 切割语句 .....	64
第一节 切割加工语句 .....	66
第二节 切割闭合语句 .....	66
第三节 自动圆滑符号 .....	69
第四节 切割起点语句与切割暂停语句 .....	76
第五节 开图形的加工 .....	80
第六节 切割加工语句的简化 .....	83
第五章 转移语句 .....	91
第一节 循环转移语句 .....	91
第二节 子程序 .....	98
第三节 源程序的结构 .....	111
第四节 源程序的简化 .....	113
第六章 输入输出语句 .....	115

第一节	输入语句	115
第二节	输出语句	125
第三节	输入和输出语句的成组形式	131
<b>第七章</b>	<b>上机操作</b>	<b>133</b>
第一节	DJS-6 型电子计算机简介	133
第二节	源程序的书写和检查	135
第三节	源程序 and 数据的穿孔	140
第四节	将编译程序送入内存	145
第五节	基本操作步骤	147
第六节	出错信息	152
第七节	其他电传命令	155
第八节	开关跳	159
第九节	其他操作	160
<b>第八章</b>	<b>生产实践实例选编</b>	<b>163</b>
第一节	一般图形	163
第二节	圆弧连接	173
第三节	自动圆滑	181
第四节	对称图形	188
第五节	转移语句	201
第六节	子程序	208
第七节	特殊圆	224
第八节	非圆曲线	229
第九节	跳步模与复合模	236
<b>附录</b>		<b>244</b>
附录 1	本语言的小结	244
附录 2	55 型电传机编码与字符对照表	247
附录 3	电传操作命令表	248
附录 4	开关跳的功能	250
附录 5	出错信息表	251
附录 6	DJS-6 机控制台面板图	253

## 绪 论

什么是自动编程？它与人工编程有什么区别？电子计算机是怎样实现自动编程的？这一系列的问题，将在这一部分介绍。

### 一、什么是自动编程

要了解什么是自动编程，首先必须了解人工编程的步骤。人工编制数控线切割机的加工程序时，通常需要经过以下五个步骤：

1. 分析图形 确定工件各部分的形状、尺寸以及各部分间的关系。为了分析清楚，常常需要在加工图纸的基础上画出几何草图。这一步通常称为“解图”。

2. 条件转换 对于图形中的各个基本部分，如直线、圆、点等，寻找或推导出它们的几何条件，并化为便于计算的形式。

3. 计算 根据上一步中所得的各种条件，逐步计算出加工路线上各点的坐标值。

4. 编程 根据各点坐标和机床的要求，编制出工件的加工程序单。

5. 穿孔 把程序单在穿孔机上穿成加工纸带，即可在机床上进行操作，加工出所需要的工件。

使用电子计算机自动编程，也可分成以下五个步骤：

1. 分析图形 与人工编程相同。

2. 条件转换 与人工编程相同。

3. 描述 用计算机所规定的格式，描述出工件的作图过程和切割过程。描述上述过程的书面材料叫做“源程序”。

4. 输入 把源程序采用穿成纸带或直接用电传机打字等方式输入到电子计算机中去。

5. 计算 命令计算机根据输入的源程序进行计算，得到各点

坐标值、加工程序单和加工纸带。

根据上面的对比，可以看出自动编程是指利用计算机“自动”地完成人工编程中的计算、编程、穿孔三项工作。但是，对工件图形的分析和几何条件的归纳转换，还需要由人工完成。

## 二、自动编程的优缺点

自动编程的优点是：可以提高编制程序的速度，减少发生错误的可能，减轻脑力劳动的强度。

例如，我们曾经遇到一个工件，它的加工程序共有三百六十多条。这个工件，曾由熟练的编程人员人工编制加工程序，费时一个月以上。而采用自动编程后，在计算机上仅用了不到十分钟的时间就得到了凸、凹模的两份数据、程序单和加工纸带，连同编制源程序及各项辅助工作在内共用两天时间。

为什么自动编程具有上述的优点呢？这是因为：

1. 使用自动编程，只需对工件的作图和切割过程进行描述，完全免去了繁琐的计算，并且减少了出错的可能，便于检查和修改。

2. 同一张图纸需要加工凸模、凹模、卸料板等不同的工件，或几张图纸形状相象、尺寸不同时，采用自动编程，只要根据名义尺寸编写一份源程序即可，避免了重复计算。

3. 由于自动编程避免了具体计算，同时，在条件转换时所能使用的几何条件也可以比人工编程规定得更丰富，使之能适应更多的情况，所以，自动编程要比人工编程更容易掌握，对编程人员的数学知识和运算熟练程度的要求可以降低一些。

4. 最后，编制加工程序和穿孔的工作改由计算机去做，也是提高效率、减少错误的一个重要因素。

但是，自动编程和人工编程相比，特别是在现阶段，也还具有一定的局限性，主要是自动编程必须依靠电子计算机和各种外部设备来实现。除此以外，对于编程中的各种各样的情况、条件和问题，通常也要先经过人工编程的探索，逐渐积累经验，才能总结归纳成自动编程的方案。

随着我国社会主义革命和社会主义建设的发展，随着四个现代化的逐步实现，自动编程这一具有强大生命力的新技术，必将在与人工编程的互相促进中扩充到更广阔的范围和发展到更高级的阶段。

### 三、自动编程和数控语言

在电子计算机上进行自动编程，可以有多种方法。从国内外的实践经验和发展趋势来看，比较受欢迎、使用比较普遍的方法，要算是数控专用程序设计语言。

所谓程序设计“语言”，简单地说，是指一种书写格式。不同的语言或格式，可以用来描述各式各样的问题，例如数学计算、数据处理、翻译、绘图等等。这些语言，一方面要便于人们的使用，接近人们的表达和书写习惯；另一方面要使计算机能够认识，能根据它去进行计算。各种语言中，专门用来表达和处理数控问题的，简称为数控专用语言。

把上述这种格式叫做“语言”，还包含这样的意思：这类格式里，总是规定有一些“字”、“词”和“标点”，用它们组成“语句”；并且总是附有一系列“语法”、“语义”规定，象一门简单的语言一样。

举例来说，假定图纸中有图1中所画的一条直线和一段圆弧，要求它们的交点。如果把直线记做  $S_1$ ，圆弧记做  $C_{10}$ ，而且它们的数值都已给出。如果把要求的交点记做  $P_4$ ，可以这样来描述  $P_4$  的位置：

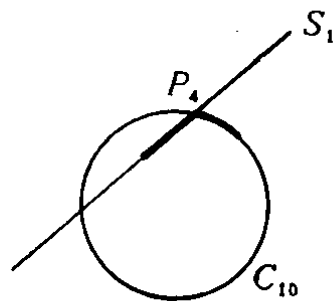


图 1

$$P_4 = S_1 / C_{10} A$$

这就是一个语句，它表示  $P_4$  是  $S_1$  和  $C_{10}$  的交点。字母  $A$  是一个“修饰字”，含意是“上方”，用来表示  $P_4$  是  $S_1$  与  $C_{10}$  的两个交点中偏上方的一个。源程序就是由这样一批语句构成的。计算机将根据各个语句自动算出各种数值，例如  $P_4$  的坐标，并且编制程序单。

数控专用语言种类繁多，专门用来编制数字程序控制线切割



机程序的专用语言也有很多种,本书所介绍的“SXZ-1”语言只是其中的一种,其特点是:

1. 规模较小,程序结构简单;
2. 编写源程序的过程接近于人工编程的思考过程;
3. 形式比较通俗易懂。

它比较容易掌握和使用。但是,由于规模小,在处理很复杂的工件时,会遇到不同程度的困难。

#### 四、电子计算机怎样自动编程

每台电子计算机都有自己的一套代码。使用这些代码编出各种程序输入计算机,计算机就会根据它们进行运算。一般地说,代码内容有加、减、乘、除、比较等四则运算和逻辑运算。每种型号的计算机,只能认识和执行它本身规定的代码。

要使计算机学会自动编程,首先要为它编制一套“编译程序”。编译程序是用计算机代码编制的,它的任务是:

1. 把源程序翻译成为用计算机代码编出的程序,叫做“目标程序”。
2. 指挥计算机根据目标程序去计算,求出所需要的结果。

编译程序是由专业人员编制的,事先已经存在计算机里。任何一份源程序,不论它描述的是什么工件,输入计算机以后,编译程序都要做以上两步工作,直到编程结束为止。工作的流程见图2。

一位工人做过一个生动形象的比喻:源程序好象一份电报稿,计算机代码好象一种“密电码”,而编译程序就是报务人员。任何

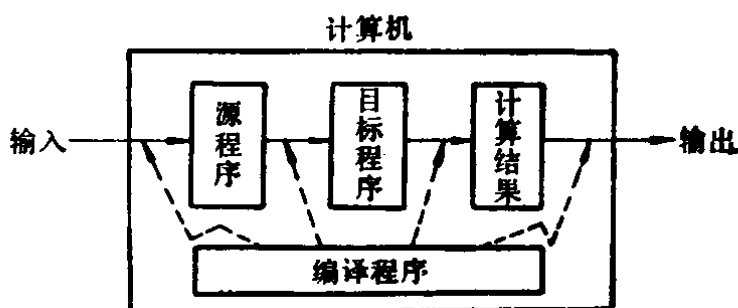


图 2

一份电报,都要由报务员先翻译成用密电码表示的形式(这就是目标程序)发给计算机,计算机才能根据它的指示进行工作。

自动编程既不困难,也不神秘。它比人工编程更易于掌握。根据实践,具有中学文化程度的工人,完全可以在较短的时间内掌握这门新技术。

# 第一章 基本概念

## 第一节 编程实例

对于要加工的工件,对照图纸,使用规定的语言格式,把以下两个过程描述一遍:

### 一、作图过程

图形中有哪些直线、圆弧、点等?它们的几何条件各是什么?怎样根据给定的几何条件画出草图?……

### 二、切割过程

在数控线切割机上,从哪个点开始切割?每一步是加工直线还是圆弧?起点、终点、圆弧的方向各是什么?加工到什么地方为止?工艺孔选在那里?……

描述上述两项内容所得到的结果,就叫做一份源程序。

下面通过两个例子说明源程序的一般形式。

**例 1** 工件图形如图 1-1 所示,编写源程序。

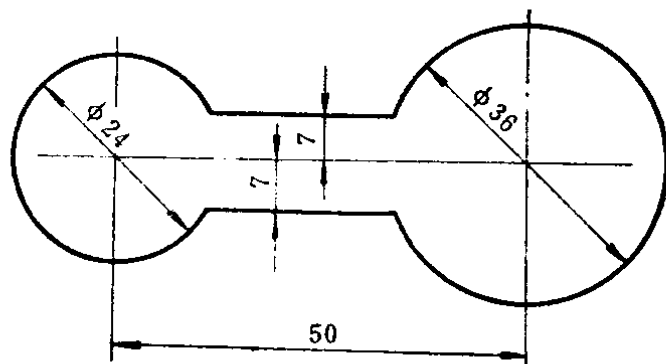


图 1-1

### 一、描述作图过程

先选定一个直角坐标系。再根据图纸要求画出一张草图(见图 1-2)。画草图的每一个步骤都用一句话叙述出来,再翻译成规定的语言格式:

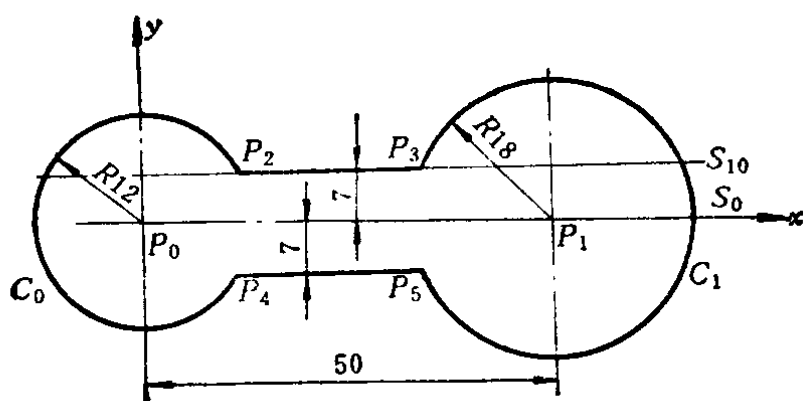


图 1-2

## 作图步骤

作点  $P_0$ , 坐标是  
(0, 0), 就是原点。

作圆  $C_0$ , 圆心是  
 $P_0$ , 半径为 12 毫米。

作点  $P_1$ , 坐标是  
(50, 0), 单位毫米。

作圆  $C_1$ , 圆心是  
 $P_1$ , 半径是 18 毫米。

作直线  $S_0$ , 方程是  $y=0$ ,  
或  $0x+1y=0$  即  $x$  轴。

作直线  $S_{10}$ , 与  $S_0$  平行,  
距离为 7 毫米, 上方。

作点  $P_2$ , 是  $S_{10}$  与  
 $C_0$  的交点, 右方。

作点  $P_3$ , 是  $S_{10}$  与  
 $C_1$  的交点, 左方。

作点  $P_4$ , 是  $P_2$   
对  $S_0$  的对称点。

作点  $P_5$ , 是  $P_3$  对  
 $S_0$  的对称点。

## 语言格式

$$P_0=0/0,$$

$$C_0=P_0/12),$$

[“)”表示“毫米”]

$$P_1=50)/0,$$

$$C_1=P_1/18),$$

$$S_0=0/1/0,$$

$$S_{10}=S_0/7)A,$$

(“A”表示“上方”)

$$P_2=S_{10}/C_0R,$$

(“R”表示“右方”)

$$P_3=S_{10}/C_1L,$$

(“L”表示“左方”)

$$P_4=P_2/S_0,$$

$$P_5=P_3/S_0,$$

以上一段源程序叫做“作图部分”或“定义部分”。

## 二、描述切割过程

假设从  $P_2$  开始, 沿  $P_3 \rightarrow P_5 \rightarrow P_4 \rightarrow P_2$  的方向切割。

切割步骤	语言格式
从 $P_2$ 开始切割。	Q 2, (“Q”: 开始)
沿直线到 $P_3$ 。	3,
沿圆弧 $C_1$ , 顺时针。	$C_1R$ , (“R”: 顺圆)
到 $P_5$ 。	5,
沿直线到 $P_4$ 。	4,
沿圆弧 $C_0$ , 顺。	$C_0R$ ,
到 $P_2$ 。	2,
切割完。	E, (“E”: 切完)
图形闭合。	B, (“B”: 闭合)
程序完。	;

以上一部分源程序叫做“切割部分”。“作图部分”和“切割部分”合起来就是一份完整的源程序。把它输入计算机后, 计算机就会根据它算出各点坐标, 并编出程序单。

**例 2** 工件图形如图 1-3 所示, 编写源程序。

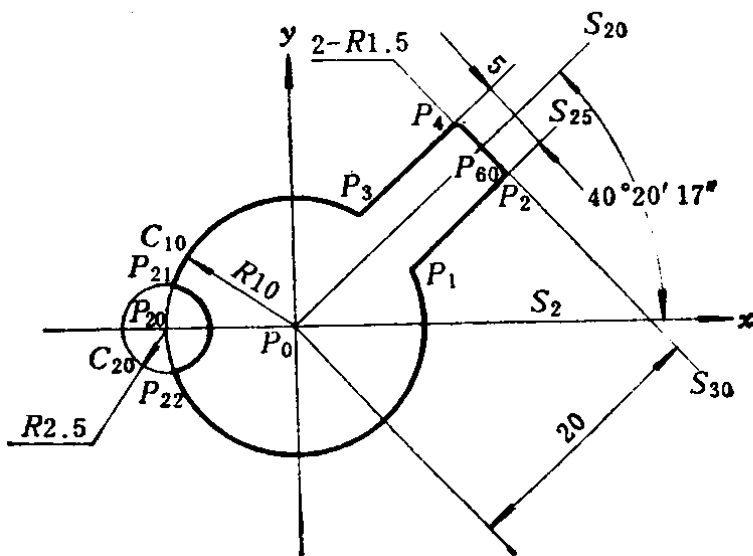


图 1-3

这个工件的图形比上一个要略为复杂些,但是,根据图纸,逐步分析作图和加工的过程,同样可以迅速写出对应的源程序。为了节省篇幅,在下文中,除特别复杂的图形以外,对一般的工件不再画出草图,而将各个点、线、圆等名字直接标注在图纸上。

作图步骤	语言格式
作点 $P_0$ , 坐标 (0, 0)。	$P_0=0/0,$
作圆 $C_{10}$ , 圆心 $P_0$ , 半径 10 毫米。	$C_{10}=P_0/10),$
作直线 $S_2$ , 方程为 $0x+1y=0$ ( $x$ 轴)。	$S_2=0/1/0,$
作直线 $S_{20}$ , 经过 $P_0$ , 与 $S_2$ 夹角 $40^\circ 20' 17''$ 。	$S_{20}=P_0/S_2/40:20'17'',$ (“:”表示度)
作直线 $S_{25}$ , 平行于 $S_{20}$ , 距离 2.5 毫米, 下方。	$S_{25}=S_{20}/2.5)B,$ (“B”表示“下方”)
作点 $P_1$ , 是 $S_{25}$ 与 $C_{10}$ 的交点, 右方。	$P_1=S_{25}/C_{10}R,$
作点 $P_{60}$ , 在 $S_{20}$ 上, 到 $P_0$ 的距离是 20 毫米, 右方。	$P_{60}=S_{20}/P_0/20)R,$
作直线 $S_{30}$ , 经过 $P_{60}$ , 与 $S_{20}$ 夹角 $90^\circ$ (垂直)。	$S_{30}=P_{60}/S_{20}/90:,$
作点 $P_2$ , 是直线 $S_{25}$ 与 $S_{30}$ 的交点。	$P_2=S_{25}/S_{30},$
作点 $P_3$ 、 $P_4$ , 分别是 $P_1$ 、 $P_2$ 对于 $S_{20}$ 的对称点。	$P_3=P_1/S_{20},$ $P_4=P_2/S_{20},$
作点 $P_{20}$ , 坐标 $(-10, 0)$ 。	$P_{20}=-10)/0,$
作圆 $C_{20}$ , 以 $P_{20}$ 为圆心, 半径 2.5 毫米。	$C_{20}=P_{20}/2.5),$
作点 $P_{21}$ 、 $P_{22}$ , 分别是 $C_{10}$ 与 $C_{20}$ 的 交点中偏上方和偏下方的一个。	$P_{21}=C_{10}/C_{20}A,$ $P_{22}=C_{10}/C_{20}B,$

以上是这个工件的作图部分。在作图部分中，没有描述  $P_2$ 、 $P_4$  处的两个过渡圆弧（半径 1.5 毫米）。本语言可以把过渡圆放到切割部分去描述。

另外，对于其中两个语句

$$P_3 = P_1/S_{20}, P_4 = P_2/S_{20}$$

根据它们的特点，还可以合并成为以下的一句：

$$P_3 = P_1]/S_{20}//2$$

这里“//”称为“成组符号”，“]”表示  $P_1$  的下标在两句中要改变。

下面再来写出切割部分：

切割步骤	语言格式
穿丝孔选在 $P_0$ 点。	$K0,$
从 $P_1$ 点开始切割。	$Q1,$
切割到 $P_2$ ，有过渡圆 (半径 1.5 毫米)。	$2Y/1.5),$ (“Y”表示过渡圆)
切割到 $P_4$ ，有过渡圆，半径不变。	$4Y,$
切割到 $P_3$ 。	$3,$
沿圆 $C_{10}$ ，逆圆。	$C_{10}L,$ (“L”表示“逆圆”)
切割到 $P_{21}$ 。	$21,$
沿 $C_{20}$ ，顺圆。	$C_{20}R,$
切割到 $P_{22}$ 。	$22,$
沿 $C_{10}$ ，逆圆。	$C_{10}L,$
切割到 $P_1$ 。	$1,$
切割完。	$E,$
图形闭合。	$B,$
程序完。	;

这就是图 1-3 工件所对应的源程序。

通过以上两个例子，可以了解到：所谓源程序，就是对人工编程中解图和条件转化、计算、编程等步骤进行“翻译”的结果，见表 1-1。

表 1-1 自动编程与人工编程的比较

步 骤	人 工 编 程	自动编程	比 较
解 图	分析几何条件	作图部分	用描述作图步骤代替具体计算
计 算	根据条件算出各点坐标值		
编 程	根据各点坐标编出程序单	切割部分	用描述切割步骤代替具体编程

因此,使用自动编程语言 SXZ-1 来编写源程序,和人工编程时的考虑方式及工作过程是很相似的。也就是说,编写源程序的过程,和人工画出工件图形的过程以及机床加工工件的过程是一致的。因此,这个语言的特点之一,就是接近于人工编程的思考过程。

一份源程序犹如一篇文章。源程序由句子(“语句”)组成,句子又由以下各种基本成分(相当于字、词、标点)组成:

1. 点、直线、圆弧等“几何元素”。
2. 上、下、左、右、顺、逆等“修饰字”。
3. 数。
4. “/”、“=”、“,”等“定义符”。

下面将介绍这些基本成分。

## 第二节 几 何 元 素

几何元素是在图纸中出现的各种基本几何形状的统一称。在本语言中,几何元素包括以下五个方面的内容:点、直线、圆、角度和距离<sup>⊖</sup>。

各类几何元素的表示方法规定如下:

1. 每个几何元素,用一个英文字母开始,这个字母表示此元素的种类。例如凡是点都用字母 *P* 开始。

<sup>⊖</sup> 在本语言中,“距离”这一概念既用于表示两平行直线间的距离,也用于表示一个圆的半径值。



2. 每个字母后加一个序号, 以表示同一类中的不同元素。例如  $P_1$  和  $P_{10}$  表示不同的两个点。

表示方法的具体规定是:

1) 点  $P$  <序号>。

例如  $P_0$ 、 $P_1$ 、 $P_{10}$  等。

2) 直线  $S$  <序号>。

例如  $S_0$ 、 $S_5$ 、 $S_{11}$  等。

3) 圆  $C$  <序号>。

例如  $C_0$ 、 $C_{30}$  等。

4) 距离  $R$  <序号>。

5) 角度  $A$  <序号>。

点、直线和圆的例子, 上节中已经介绍过。在此介绍几个关于距离和角度的例子。

**例 1** 设图 1-4 中点  $P_0$  为已知, 求圆  $C_0$  的表示法。

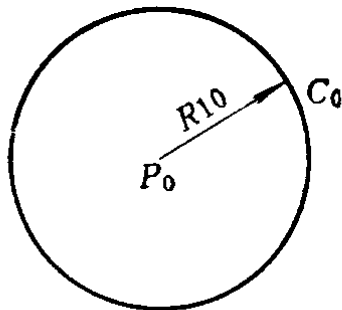


图 1-4

方法一

$$C_0 = P_0 / (10)$$

这种表示法是直接将  $C_0$  的半径值写在语句中。

方法二

$$R_0 = 10),$$

$$C_0 = P_0 / R_0,$$

这种表示法, 首先规定某个距离  $R_0$ , 其值为 10 毫米, 再规定  $C_0$  为圆心  $P_0$ 、半径  $R_0$  的圆。