

数字程序控制

线切割XY语言

国防工业出版社

223

数字程序控制线切割 XY 语言

北京市计算中心线切割小组 著

国防工业出版社

内 容 简 介

XY语言是一种计算机专用语言。本书介绍如何使用XY语言，借助于TQ-16型数字电子计算机，使数字程序控制线切割机的程序编制自动化。第一章介绍描述工件几何形状的作图语句；第二章介绍指示切割路线和加工方式的切割语句；第三章介绍上机实习必要的知识和技能；第四章介绍XY语言中较为高级的语句；第五章介绍切割非圆曲线的程序。书中例题大部分是从用XY语言自动编程的3000多套模具中选出来的。附录以图表的形式给出了在编写程序和上机计算过程中经常需要查阅的内容。

本书可供从事数字程序控制线切割加工的工人和技术人员阅读和使用，也可作为机械仪表行业的技术人员学习使用数字电子计算机的一本入门读物。

JS/23/18

数 字 程 序 控 制 线 切 割

XY 语 言

北京市计算中心线切割小组 著

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

兰州新华印刷厂印装

787×1092^{1/16} 印张 8^{3/8} 190千字

1979年3月第一版 1979年3月第一次印刷 印数：00,001—35,000册

统一书号：15034·1767 定价：0.71元

前 言

数字程序控制线切割机是加工模具的一种主要设备，使用这种机床加工模具，需要事先编制一份加工程序。近几年来，这种机床的数量大大增加，被加工的模具的几何形状日趋复杂，加工的精度要求日益提高，这就使得手工编程已经不能适应这一新的形势，迫切需要采用数字电子计算机实现自动编程。

为解决生产实际中的这一问题，自 1976 年以来，我们开展了数字程序控制线切割机的自动编程工作，在国产 TQ-16 型电子计算机上，研制了解决这一问题的专用语言——XY 语言。举办了六期普及推广班，参加学习的有各工厂数字程序控制线切割机的操作工人和编程人员。目前，初步收到了一些效果：各工厂用 XY 语言编制了三千多套模具的加工程序。此外，我们还为北京和外地工厂编制了二百多个具有非圆曲线的工件加工程序。

为进一步普及推广自动编程，我们小组在工人和技术人员大量编程实践的基础上，在计算中心数学二组全体同志的共同努力下，最后由洪加威、王卜、潘达俊执笔写了这本书。限于水平，难免有些缺点和错误，恳切希望读者指正。

北京市计算中心线切割小组

1978 年 2 月

目 录

引言	1
第一章 作图语句	4
第一节 标定语句	4
1.1.1 几何元素和数	4
1.1.2 坐标系	4
1.1.3 标定点	5
1.1.4 标定圆	5
1.1.5 标定线	5
1.1.6 标定语句	6
第二节 作点语句	7
1.2.1 作圆周上一点	7
1.2.2 求交点	8
1.2.3 交点的唯一确定	9
第三节 作线语句	9
1.3.1 点(圆)斜式作线	10
1.3.2 点(圆)线斜式作线	10
1.3.3 作公切线	12
1.3.4 作平行线	13
1.3.5 作角平分线	14
第四节 作圆语句	14
1.4.1 已知圆心和半径作圆	15
1.4.2 已知圆心作圆(一切圆)	15
1.4.3 已知半径作圆(两切圆)	16
1.4.4 作三切圆	18
第五节 运动语句	20
1.5.1 平移	20
1.5.2 转动(旋转)	21
1.5.3 反射(对称)	22
1.5.4 作图语句小结	24
第六节 局部坐标语句	25
第二章 切割语句	27
第一节 路线元素	27
第二节 路线的反射与加倍	29
2.2.1 路线反射	29
2.2.2 路线加倍	31
第三节 圆弧连接与尖点修圆	34
2.3.1 圆弧连接	34
2.3.2 尖点修圆	36
第四节 方式短语	38
2.4.1 加工间隙	38
2.4.2 穿丝孔、近似起切点	39
2.4.3 带间隙补偿切割	40
2.4.4 切割语句的整体结构	42

第五节 指令格式语句	43
第三章 上机实习	46
第一节 程序的书写和穿孔	46
3.1.1 程序书写格式	46
3.1.2 编码与穿孔	47
第二节 上机操作	47
3.2.1 TQ-16型电子计算机简介	47
3.2.2 控制台面板	48
3.2.3 算题操作	49
第三节 程序正常运行时的排印形式	50
3.3.1 语言程序的排印形式	50
3.3.2 作图语句追踪的排印形式	51
3.3.3 加工程序单的排印形式	51
第四节 程序错误的打印与查找	51
3.4.1 第一类语法错	51
3.4.2 第二类语法错	52
3.4.3 作图语句语义错	53
3.4.4 切割语句语义错	55
第五节 语言程序的修改	58
3.5.1 修改指示和修改部分	58
3.5.2 纸带修改和电传修改	59
第四章 其它语句	61
第一节 计算语句	61
4.1.1 名字与说明	61
4.1.2 程序结构	63
4.1.3 表达式与计算语句	63
第二节 输入、输出语句	67
4.2.1 输入语句	67
4.2.2 输出语句	69
第三节 循环语句	70
4.3.1 单重循环	70
4.3.2 多重循环	72
4.3.3 成套模具的切割	73
4.3.4 封闭图形的旋转加倍	75
4.3.5 不规则图形的旋转	76
4.3.6 几何迭代	78
4.3.7 公式的计算与打印	80
第四节 条件语句	81
第五节 过程语句	87
4.5.1 无参过程	87
4.5.2 有参过程	88
第六节 库过程语句	96
4.6.1 切齿轮	96
4.6.2 切图案	92
第五章 非圆曲线	94
第一节 曲线的参数方程	94
5.1.1 参数方程	94
5.1.2 常见曲线的参数方程	96

第二节 给出动点坐标作曲线——第一种作曲线语句.....	98
5.2.1 给出动点坐标作曲线	98
5.2.2 用动点作曲线的典型例子	100
第三节 给出若干定点作曲线——第二种作曲线语句.....	109
5.3.1 给出若干定点作曲线	109
5.3.2 用定点作曲线的典型例子	112
附录一 作图语句图表.....	121
附录二 符号对照表.....	126
附录三 CFX-5型穿复校机键盘.....	127
附录四 TQ-16型计算机使用控制台面板布局图.....	128
附录五 55型电传打字机键盘.....	128

引言

什么是XY语言？怎样使用XY语言在电子计算机上，为数字程序控制线切割机自动编制加工程序？让我们结合一个例题，介绍一下这一工作的概况。

加工程序 使用数控线切割机加工一个工件，必须事先根据工件的形状编出一串加工指令，线切割机床的控制器才能根据每道指令控制机床切割一段圆弧或一段直线，指令顺序执行完毕，工件也就切割出来了。这串指令就称为切割这一工件的加工程序。比如，图1所示工件，按圆弧和直线段来分，共有32个切割段，那么，它的加工程序将由32道指令组成。

线切割语言 每道指令，除指明是切割圆弧还是线段外，还必须给出圆弧的起点坐标或线段的终点坐标，以及其它参数，控制器才能根据这些参数执行这道指令。所以，编制加工程序，首先要依据图纸上标注的尺寸，设法计算出各切割点的坐标来。

人工进行这种计算是很繁杂的，且容易出错，于是，希望由电子计算机来做这件事，实现程序编制的自动化。然而，计算机并不会看图，这就需要某种特定的语言，把工件的几何形状以及加工方式告诉计算机。用来描述被切割工件的几何形状及加工方式的特定语言，叫作线切割语言。

语言程序 从数学角度来看，线切割机切割的每一个工件都是一个平面几何图形。这使我们想到，能不能用类似于中学几何作图的术语，把工件形状描述清楚呢？这是办得到的。以图1为例，先在一张方格纸上定好坐标系。然后

作点：横、纵坐标为 $(0, 0)$ ，即原点，

起名为 D_0 ；

作圆：以点 $(25, 0)$ 为圆心，以5为半径，

起名为 Y_1 ；

作圆：以 D_0 为圆心，50为半径，

起名为 Y_2 ；

作线：通过 D_0 与 X 轴的夹角为 0°

(即 X 轴)，起名为 X_0 ；

作线：通过点 $(25, 5)$ 与 X 轴的夹角为 180°

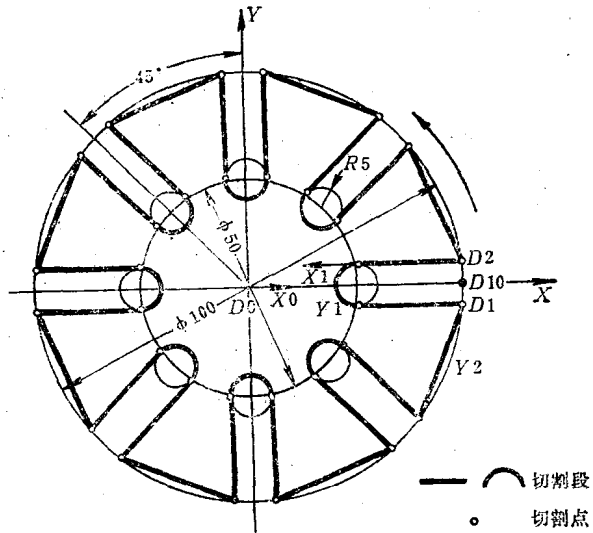


图 1

$$\oplus D(0, 0) \Rightarrow D_0;$$

$$\oplus Y(25, 0, 5) \Rightarrow Y_1;$$

$$\oplus Y(D_0, 50) \Rightarrow Y_2;$$

$$\oplus X(D_0, 0) \Rightarrow X_0;$$

(即与 X 轴反向), 起名为 $X1$;
 作点: $X1$ 和 $Y2$ 的交点, 起名为 $D2$;
 作反射: 以 $X0$ (即 X 轴) 为轴, 将 $D2$
 反射 (对称) 过去, 起名为 $D1$;
 作点: 横、纵坐标为 $(50, 0)$, 起名为 $D10$;
 ($D10$ 作为穿丝孔)

$\oplus X(25, 5, 180) \Rightarrow X1$;
 $\oplus D(X1, Y2) \Rightarrow D2$;
 $\oplus FS(D2, X0) \Rightarrow D1$;
 $\oplus D(50, 0) \Rightarrow D10$;

至此, 可以认为图 1 基本上被描述清楚了, 因为只需把已作出的 $D1$ 、 $Y1$ 、 $D2$, 每旋转 45° 重复作一次, 共作 8 次, 就会得到确定该图形的 8 个小圆和 16 个点。而这些有规律的重复作图, 不必一一描述, 只在下面的切割语句中给出一个‘旋转加倍’的信息, 计算机就会自动完成。

切割路线的描述, 采取‘挂皮带’的方法。形象地说, 将图 1 里圈的 8 个小圆看成是 8 个皮带轮, 将外圈 16 个点看成是 16 根细轴, 从轴 $D1$ 挂起, 挂到轮 $Y1$ 上, 再挂到轴 $D2$ 上, 然后, 按这种挂法, 依次挂到其它 14 根细轴和 7 个轮子上, 那么, 皮带的走向恰恰就是这一工件的切割路线。由此可知, 只须顺序指出切割路线经过的圆弧 (8 个小圆) 和路线拐弯处的尖点 (外圈的 16 个点), 其他随之确定的切割点 (8 个小圆上的 16 个切点) 和切割直线段 (共 24 段) 则不必指明, 也无须作图, 而由计算机自动补出。这样, 就提高了编程的自动化程度, 也使程序的书写简捷明快。

如图 1 所示工件, 若加工间隙取为 0.06 毫米, 在 $D10$ 穿丝, 从 $D1$ 起切, 切割一个凸模, 它的切割路线和加工方式, 只需一句话来表达:

$\phi D1, Y1, D2, \times 8(-D0, 45), \leftarrow 0.06(D10, D1)$;

其中 $\times 8(-D0, 45)$ 的含义是将前面已指出的切割路线 $D1, Y1, D2$, 以 $D0$ 为中心, 按逆时针方向旋转加倍 8 次, 每次旋转 45° 。

用以上九个语句, 把工件的形状及加工方式完全描述清楚了。然而, 竖线左面的语句含有许多汉字, 规格也不尽统一, 如果把一些常用的词汇符号化:

作	\oplus	圆	Y	线	X
点	D	起名为	\Rightarrow	反射	FS
切割	ϕ	加倍	\times	路线闭合	\leftarrow
逆	$-$				

那么, 就可以简单统一地写成竖线右边的线切割语句。把九个语句顺序写下来, 就构成切割该工件的一份完整的语言程序。将它穿孔输入机内, 计算机就会自动排印出一份加工程序单, 并输出一条加工用的程序纸带。

数控线切割 XY 语言 计算机是怎样完成这一复杂的过程呢? 说来并不神秘, 事前, 专业人员在总结线切割手工编程的基础上, 早已编好并存入机内一个相当庞大的程序——编译程序。这一程序首先翻译、识别输入机内的语言程序的意思; 然后, 根据各语句的含义, 通过复杂的计算, 把各切割点的坐标及其他参数算出; 最后, 根据切割路线及加工方式逐段编出加工指令, 并指挥计算机排印加工程序单、输出加工纸带。数控线切割程序编制自动化的流程图见图 2。

不同型号的电子计算机配置的编译程序是不同的, 各单位设计的线切割语言的功能和

符号表示也不一样，为区别起见，各种语言及其编译程序都起了名字。我们研制的这个线切割语言及其相应的编译程序，定名为数字程序控制线切割 XY 语言。

线切割专用语句 专门用于线切割自动编程的作图语句、切割语句、局部坐标语句、指令格式语句统称为线切割专用语句。前两章介绍这四种语句，第三章介绍上机实习的必要知识和技能。顺序阅读这三章，再作一两次上机实习，读者即可独立解决大部分工件的编程问题。

XY 语言是用于科学计算的 BCY 语言中嵌入线切割专用语句而成的，换句话说，XY 语言是 BCY 语言的扩充。因此，科学计算语言 BCY 的语句，线切割语言 XY 也基本上具备。第四章结合线切割编程中的一些问题，适当地介绍这些语句。

作曲线语句 作曲线语句也是一种作图语句，专门用于编制具有非圆曲线的工件的程序，这种曲线将在第五章介绍。采用电子计算机自动编程，可以使得切割具有非圆曲线的模具、样板、靠模、凸轮等，变为非常容易的事情。只要在语言程序中写出非圆曲线的参数方程，或者给出非圆曲线上的一组点的坐标，本编译系统即可自动选取总个数接近最少的一批互相吻接的圆弧，在指定的容差范围内去逼近这一非圆曲线。

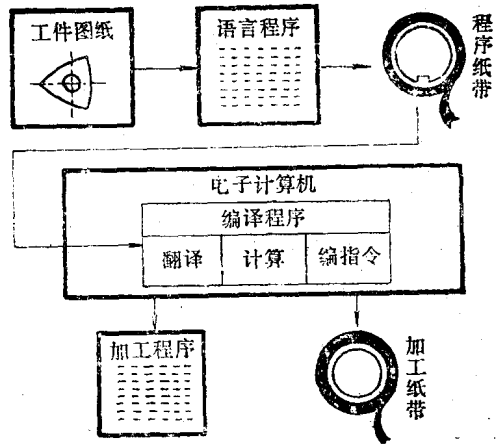


图 2

第一章 作图语句

第一节 标定语句

1.1.1 几何元素和数 作图语句是用来描述工件的几何形状的，而任一张用线切割加工的工件图都可以看成是由若干个点、线、圆组成的平面几何图形。所以，点、线、圆是作图语句描述的基本对象。

点、线、圆统称为几何元素，分别用它们的汉语拼音 DIAN (点)、XIAN (线)、YUAN (圆) 的字头 D 、 X 、 Y 来表示。

为了区别一张工件图中不同的点、不同的线或不同的圆，要给几何元素起名字。本语言中，每种几何元素可以使用的名字均有 101 个。

点的名字 $D, D0, D1, D2, \dots, D99$;

线的名字 $X, X0, X1, X2, \dots, X99$;

圆的名字 $Y, Y0, Y1, Y2, \dots, Y99$ 。

在一张图中，如有必要，一个几何元素可以起几个名字，但是，一个名字绝不能同时代表几个几何元素。然而，如果把作图看作一个过程，在前后两个不同的阶段，名字是可以重复使用的，例如作一个辅助圆起名为 $Y1$ ，当这一辅助圆用完之后， $Y1$ 可以用来代表别的圆。

在引言中图 1 所示的例子中，除了几何元素的名字外，还用到许多数，如 25、5、180 等。在本语言中，用的都是十进制的数，可以按通常习惯来书写，例如：

0.01, -2.1534, 600,

3.1415926536, -2, 14.10,

但下列写法被认为是语法错误，

+2 (不能带正号)，

.1 (应写为 0.1)。

XY 语言中使用的数有两种含义。一种是表示长度，一律以毫米为单位，具体的含义可以是点的横坐标，纵坐标，圆的半径，两平行线的距离，加工间隙等，图 1 所示的例子中第 2 个语句中的 5，含义是 $Y1$ 的半径为 5 毫米；一种表示角度，角度一律以度为单位， $12^\circ 30'$ 应写为 12.5，具体的含义可以是两线间的夹角，一条直线的方向角等。如图 1 所示例子中第 5 个语句中的 180，含义是 $X1$ 与坐标系横轴的夹角为 180° 。在语句中，只写数字，不标单位，计算机可以根据该数在语句中所处的位置，判断它是代表长度还是代表角度。

1.1.2 坐标系 计算机不会看图，更不能想像在计算机里可以画出一个图来，那么，它是怎样存储和处理这些几何元素呢？这就要在工件图上建立一个统一的坐标系，借助坐标系把图形数量化，数量化以后的一些数或符号，计算机是可以存储和处理的。

在平面上，取定一点 O ，叫作原点，通过原点作两条互相垂直的有向直线（右手系），

如图 1-1 所示。再取定一个长度单位 1，就构成了一个平面直角坐标系 OXY 。在坐标系 OXY 下，平面上任一点都有固定的坐标，如图 1-1 中的 D_1 ，横坐标为 2、纵坐标为 3。反之，作一个坐标为 $(-2, -3)$ 的点 D_2 ，只要由原点出发沿 X 轴向左走 2 个单位，再与 Y 轴平行，向下走 3 个单位，则得到 D_2 。这样，平面上的点和它的坐标（一对实数）就建立起了一一对应的关系。也就是说，把点数量化了。

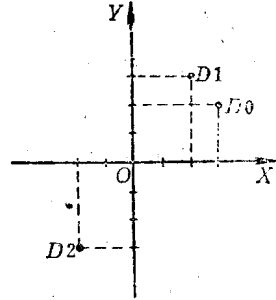


图 1-1

1.1.3 标定点 标定点的语法公式为：

$$\oplus D(\text{数}, \text{数}) \Rightarrow \text{点};$$

其中第一个参数为点的横坐标，第二个参数为点的纵坐标。所以，标定点就是用坐标来定一个点。例如：

$$\oplus D(3, 2) \Rightarrow D_0;$$

可以读成作点：坐标为 $(3, 2)$ ，起名为 D_0 ，意思是把横坐标为 3 毫米、纵坐标为 2 毫米的点记为 D_0 （见图 1-1）。计算机读到这句话，就在存储器中分配给名字 D_0 的两个单元里顺序记入 3 和 2 两个数，表示把这个点在计算机里‘作’出来了。

由此看来，这两个参数的顺序绝不能颠倒，如写颠倒了，就会变成另外一个点。这里着重指出：语句中各参数的顺序很重要，以下各语句中，圆括号里诸参数的顺序均不能随意颠倒。可以颠倒的参数，将在介绍该语句时加以注明。

1.1.4 标定圆 标定一个圆的语法公式为：

$$\oplus Y(\text{数}, \text{数}, \text{数}) \Rightarrow \text{圆};$$

其中前两个参数是圆心的横坐标、纵坐标，第三个参数是圆的半径。例如

$$\oplus Y(1, -1, 3) \Rightarrow Y_1;$$

可以读成作圆：圆心坐标为 $(1, -1)$ 、半径为 3，起名为 Y_1 （见图 1-2）。计算机把这三个数顺序记入存储器中分配给名字 Y_1 的三个单元里去，也就等于把这个圆‘作’出来了，因为这三个数可以把这个圆唯一地确定下来。

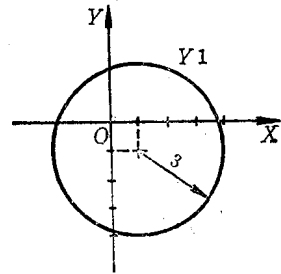


图 1-2

1.1.5 标定线 本语言中所说的‘直线’都是指有向直线。有向直线就是有方向的直线，用一条直线和一个箭头来表示，箭头的指向为直线的正向。从横坐标轴的正向到直线的正向之间的夹角称为这一直线的方向角，逆时针旋转为正，顺时针旋转为负。方向角只能确定直线的方向，不能确定直线的位置，方向角相同的直线可以作出很多，它们彼此平行，如果再

给出直线必须通过的一个点，那么直线就完全确定下来了。所以说，用一个点的横坐标、纵坐标和一个方向角，这样三个参数可以确定一条直线。也就是说，把直线数量化了。

据上所述，标定一条直线的语法公式为：

$$\oplus X(\text{数}, \text{数}, \text{数}) \Rightarrow \text{线};$$

其中前两个参数是直线通过的某一点的横、纵坐标，第三个参数是一个方向角。例如：

$$\oplus X(2, 2, 45) \Rightarrow X_1;$$

表示作了一条过点(2, 2)与横轴(X轴)成45°角的有向直线, 起名为X1, 见图1-3。如果想得到与它方向相反的直线, 应写为:

$$\oplus X(2, 2, 225) \Rightarrow X2;$$

X1与X2虽为一条直线, 但方向相反, 在XY语言中被看作是两条不同的有向直线。又如, 下面的语句:

$$\oplus X(0, -3, 0) \Rightarrow X3;$$

意思是作了一条通过点(0, -3), 与X轴平行且方向相同的直线, 起名为X3, 而语句

$$\oplus X(0, -4, 180) \Rightarrow X4;$$

意思是作了一条通过点(0, -4), 与X轴平行但方向相反的直线, 起名为X4,

$$\oplus X(-3, 3, -50) \Rightarrow X6;$$

$$\oplus X(-3, 3, 130) \Rightarrow X5;$$

也被看作是方向相反的两条不同的直线。

1.1.6 标定语句 标定点、标定圆、标定线统称为标定语句。标定语句的特点是用几个已知参数, 把这一几何元素直接标定出来。

例1 切割一个指针, 如图1-4所示。

这个图形由两个圆和两条外公切线组成。根据‘挂皮带’的方法, 两条公切线不必作图, 而由计算机自动补出。如把坐标系原点选在大圆中心, 那么, 容易从图中标注的尺寸推出小圆的圆心坐标为(18, 0)。于是, 语言程序可以这样写:

$$\oplus Y(0, 0, 1.5) \Rightarrow Y1;$$

$$\oplus Y(18, 0, 0.5) \Rightarrow Y2;$$

$$\oplus D(0, 3) \Rightarrow D0;$$

$$\phi Y1, Y2, \leftarrow 0(D0, D0);$$

最后一句话为切割语句, 切割语句是第二章要介绍的主要语句, 但是为了及早地引入完整的例题, 在这里先作一简要介绍。切割语句以符号‘ ϕ ’(读作‘切割’)开始。后面跟一串点和圆的名字, 它们是切割路线中顺次遇到的交点和圆弧, 称为路线元素, 在本例中为Y1和Y2。接下去是闭合号‘ \leftarrow ’, 表示路线闭合。后面的数字0表示加工间隙为0, 即切割时钼丝中心走图纸名义尺寸线。圆括号中第一个D0表示穿丝孔, 第二个D0表示近似起切点, 计算机将从所有切割点中选择一个离它最近的点起切。本题中两圆上四个切点为切割点, 计算机将选择Y1上面那个点作为起切点, 然后, 顺时针切割一周, 最后回到穿丝孔D0。

例2 切割一个六方孔, 如图1-5所示。

由几何知识可知: 正六边形的一边与该边二端点到中心的连线构成一个等边三角形, 于是, 横轴上的顶点坐标为(12, 0)。这一程序只须三个语句:

$$\oplus D(0, 0) \Rightarrow D0;$$

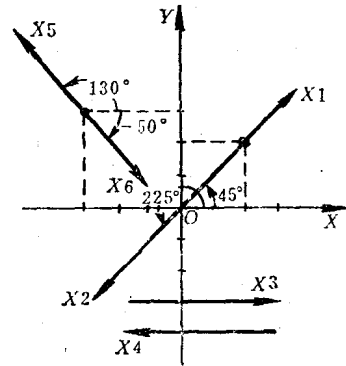


图 1-3

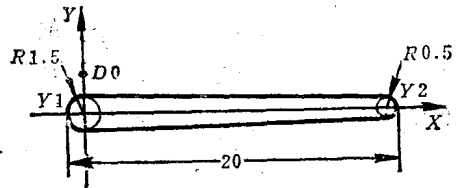


图 1-4

$$\oplus D(12, 0) \Rightarrow D;$$

$$\phi D, \times 6(D0, 60), \leftarrow 0(D0, D0);$$

切割语句中的旋转加倍成分“ $\times 6(D0, 60)$ ”，可以指挥计算机再作出五个顶点，以这六个顶点为轴，挂上一根皮带恰是一个六方。

一张工件图纸，只从标注的尺寸就可以标定出所有路线元素，这种情况是很少的。一般说来，都要经过复杂的作图过程，才能得到切割路线上的点和圆弧。所以，在下面将分节介绍求交点，求切线，求切圆等进一步的作图语句，用它们可以描述十分复杂的作图过程。

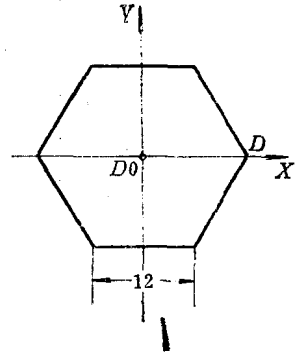


图 1-5

第二节 作点语句

如果点的坐标已知，可以用标定的方法把它作出来，标定一个点的方法已在第一节介绍过。但是，图形中的点，往往是其它几何元素的交点，它的坐标必须经过较复杂的求交点计算才能得到，本节在简单介绍圆周上一点后，着重介绍求交点问题，以及解决多交点问题的办法。

作点语句的语法公式为：

$$\oplus D(\text{参数表}) \Rightarrow \text{点};$$

其中参数表填写作该点所需参数，参数之间用逗号隔开。参数可以是数，也可以是已经作出的几何元素的名字。

1.2.1 作圆周上一点 形式为：

$$\oplus D(\text{圆}, \text{数}) \Rightarrow \text{点};$$

其中第一个参数是一个已经作出来的圆的名字，第二个参数是一个角度。含义是在已知圆周上作了一个点，从圆心到该点的连线的方向角是该已知角度。例如，假定Y1已作出，若写

$$\oplus D(Y1, 30) \Rightarrow D10;$$

则得到Y1上的一个D10，由圆心到D10的连线的方向角为 30° ，若写

$$\oplus D(Y1, -90) \Rightarrow D11;$$

则得到Y1上的D11(见图1-6)。

如果用标定语句和作圆周上一点的语句，写如下七个语句：

$$\oplus D(0, 0) \Rightarrow D0; \oplus Y(0, 0, 20) \Rightarrow Y;$$

$$\oplus D(Y, 0) \Rightarrow D1; \oplus D(Y, 72) \Rightarrow D2;$$

$$\oplus D(Y, 144) \Rightarrow D3; \oplus D(Y, 216) \Rightarrow D4;$$

$$\oplus D(Y, 288) \Rightarrow D5;$$

再写一个切割语句：

$$\phi D1, D3, D5, D2, D4, \leftarrow 0(D0, D1);$$

那么这个图形就是一个五角星。

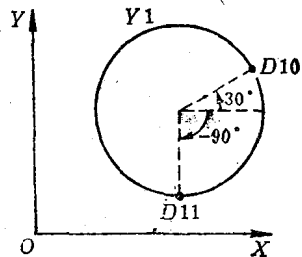


图 1-6

1.2.3 交点的唯一确定 从上一段的实例中可以看出,解决多交点问题,本语言采用了在直线和圆上引入方向的办法。一条直线,一经作出,就有方向;一个圆周,一经作出,本无方向。为解决多交点问题,或是描述切割路线,可以在圆上引入方向,圆名字前带‘-’号者,认为是逆时针方向旋转,称为逆圆;圆名字前不带‘-’号者,认为顺时针方向旋转,称为顺圆。顺圆或逆圆统称为有向圆。使用有向直线、有向圆的概念,可以把求交点语句更为严谨、详细地分解为如下四句话:

作线线交点 $\oplus D(\text{直线}, \text{直线}) \rightarrow \text{点};$

作圆圆交点 $\oplus D(\text{有向圆}, \text{圆}) \rightarrow \text{点};$

作线圆交点 $\left\{ \begin{array}{l} \oplus D(\text{有向直线}, \text{圆}) \rightarrow \text{点}; \\ \oplus D(\text{圆}, \text{有向直线}) \rightarrow \text{点}; \end{array} \right.$

第一句话是求直线与直线的交点,线线相交,交点唯一,不存在多交点问题,所以两参数写为直线,意思是说在求线线交点时,可以不去注意直线的方向,或是说,线线相交,方向无关。

第二句话是求圆与圆的交点,这里存在一个多交点问题,我们规定:前圆(写在第一个参数位置上的圆名字)按其方向旋转起来,进入后圆的那一点即为所求。或是说,圆圆相交,注意前圆,前圆旋转,进入后圆。

第三、四句话是求直线与圆的交点,两句话的作用完全相同,在这种情形下,即求线圆交点时,两参数的顺序允许交换。线圆相交的多交点问题由有向直线解决,规定为沿直线的正向前进,进入圆的那一点。好比一颗子弹,沿有向直线的正向打来,打中该圆的那一点即为所求。或是说,线圆相交,单看直线,沿线向前,打中该圆。

这样,解决多交点的规则,可以编为下列歌诀:

线线相交, 方向无关;

线圆相交, 单看直线,

沿线向前, 打中该圆;

圆圆相交, 注意前圆,

前圆旋转, 进入后圆。

求交点语句自然包括了求切点这一特殊情形。求线圆或圆圆的切点不必注意方向,因为切点被看作是两交点的重合的情形,无论如何,它是唯一确定的。但是,在实际编制模具程序时,往往由于图纸尺寸标注有误差,看上去像是切点的一个点,经计算机的精确计算,其结果不是两圆相离就是有两个十分接近的交点,从而发生错误,这一点要特别注意!

最后指出:直线固有的方向,以及为解决多交点问题,某些圆引入的方向,都与工件的切割方向毫无关系。比如例3中本来是顺时针切割的,但是,也可以逆时针切割,此时,切割语句应写为

$\phi -Y1, D7, Y2, D8, -Y1, D4, D3,$

$D0, D1, \leftarrow 0(D, D);$

第三节 作线语句

在第一节已经说过:一条直线可以用它通过的一个点和它的方向角来确定。以坐标系

的横轴为基准，方向角反映了这条直线的倾斜程度。所以，这种确定直线的方法，称为点斜式。此外，通过两点作一直线是确定直线的另一方法，通常称为两点式。本节前三段介绍的直线作图语句，均可以认为是点斜式、两点式的推广，它们的特点是用点或圆以及角度来确定直线。最后两段则是用已知直线来确定要作的直线，主要有作平行线、作角平分线等。

作线语句的语法公式为：

$$\oplus X(\text{参数表}) \Rightarrow \text{线};$$

其中参数表中填写用各种方法作线所需的相应参数。

1.3.1 点(圆)斜式作线 过一定点作一直线，使它的方向角为已知角度，例如

$$\oplus X(D, 45) \Rightarrow X_1;$$

意思是过已知点 D 作一条方向角为 45° 的直线，见图 1-9(a)。

在几何中，点和圆是不同的几何元素，但在某些场合，圆可以蜕化为点，点可以扩充为圆，具有一定的同一性。本语言在许多地方将应用这一普遍原则。

如果把点斜式中的点扩充为一个圆，即用一个已知圆以及直线的方向角来确定一条直线，问题就扩展为沿已知方向作已知圆的切线问题。这样的切线可以作出两条，如图 1-9(b) 中的 X_{10} 和 X_{11} ，这里又产生了多解问题。为区别这两条切线，我们称 X_{11} 和圆 Y 顺切——顺时针方向相切；称 X_{10} 和圆 Y 逆切——逆时针方向相切，仍然是用在圆上引入方向使之成为有向圆的办法解决这一问题。例如：

$$\oplus X(Y, 45) \Rightarrow X_{11};$$

表示 X_{11} 沿 45° 方向与 Y 顺切。

$$\oplus X(-Y, 45) \Rightarrow X_{10};$$

表示 X_{10} 沿 45° 方向与 Y 逆切。

$$\oplus X(Y, -135) \Rightarrow X_{12};$$

表示 X_{12} 沿 -135° 方向与 Y 顺切，见图 1-9(b)。

以上两类作直线语句可以统一为点(圆)斜式作线，语法公式为：

$$\oplus X(\text{点或有向圆, 数}) \Rightarrow \text{线};$$

其中第一个参数是求作直线要通过的已知点，或是要与之相切的一个有向圆，第二个参数是求作直线的方向角。

1.3.2 点(圆)线斜式作线 前面已指出：从坐标系的横轴的正向到某一有向直线的正向之间的夹角，称为这一直线的方向角。一张图纸，本无坐标系，所以，直线的方向角无从谈起，即使是建立了坐标系，也未必能看出图上各直线的方向角，因为，图上标注的角度大部分为两直线的夹角。为此，应把表示直线方向的基准线——坐标系的横轴更换为任意一条已知直线，即用该已知线和求作直线的夹角来表示求作直线的方向。为便于记忆，

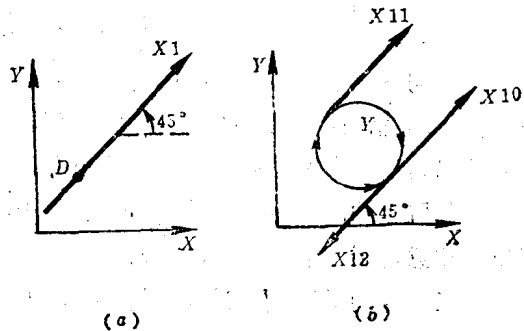


图 1-9