



数控编程实例精讲丛书

数控铣削编程



SIEMENS系统



◎ 王占平 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数控编程实例精讲丛书

数控铣削编程实例精讲 (SIEMENS 系统)

王占平 编著

机械工业出版社

本书是作者结合多年的数控编程经验,在收集大量生产实际中的编程案例并进行归纳和总结的基础上编写而成的。

本书分为两部分,第一部分为数控铣削编程基础,主要介绍了编程指令的使用方法和技巧;第二部分为编程实例,精选了31个实例,每个实例都具有典型性、代表性和实用性。本书内容由浅入深,图文并茂,可使初学者快速掌握西门子数控系统编程知识及技能,进而成为编程高手。

本书不仅可供广大数控编程人员使用,还可供职业技术学院、技工学校的数控专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削编程实例精讲:SIEMENS 系统/王占平编著. — 北京:机械工业出版社,2014.3

(数控编程实例精讲丛书)

ISBN 978-7-111-46049-7

I. ①数… II. ①王… III. ①数控机床-铣床-程序设计 IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第040382号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊 宋亚东

版式设计:常天培 责任校对:纪敬

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京市四季青双青印刷厂印刷

2014年6月第1版第1次印刷

140mm×203mm·6印张·158千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-46049-7

定价:19.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

PREFACE

前言

目前市场上关于数控编程的图书有很多,但大都理论性过强,与生产实际结合得不够紧密,因此并不真正适合广大数控编程人员使用。基于此种现状,本书作者在收集大量生产实际中的编程实例的基础上,结合自身多年的数控编程经验编写了本书。

本书分为两部分,第一部分为数控铣削编程基础,主要介绍了编程指令的使用方法和技巧;第二部分为编程实例,精选了31个实例,每个实例都具有典型性、代表性和实用性。本书内容由浅入深,图文并茂,可使初学者快速掌握西门子数控系统编程知识及技能,进而成为编程高手。

本书具有如下特点:

1) 本书内容由浅入深,图文并茂,在实例中采用了大量的三维立体图,更加形象直观。

2) 本书很好地把数学知识、刀具知识和工艺知识结合起来,有利于编程人员快速理解和掌握编程方法。

3) 本书从生产实践中精选了31个编程实例,每个实例都具有典型性、代表性和实用性,可帮助编程人员提高综合分析能力。

4) 本书通过“小提示”等小栏目,将作者多年积累的编程经验和技巧展示出来,可帮助读者少走弯路,尽快地从新手变为高手。

本书不仅可供广大数控编程人员使用,还可供职业技术学院、技工学校的数控专业师生参考。

本书由齐齐哈尔一重技师学院王占平副教授编著,在编写过程中得到了中国一重高级技师李振武和高级工程师李之龙的指导,同时得到了李雪薇、王冰石和那丽等同事的大力协助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目录

前言

第一部分 数控铣削编程基础

1.1	坐标轴概述.....	2
1.2	数控铣削加工编程基础知识	5
1.2.1	主程序、子程序及其调用	5
1.2.2	数控加工指令.....	6
1.2.3	加工平面的选择.....	9
1.3	编程方式设定指令.....	9
1.3.1	绝对尺寸与增量尺寸编程指令.....	9
1.3.2	极坐标指令.....	10
1.3.3	坐标地址的数值赋值.....	12
1.4	直线移动基本指令.....	13
1.4.1	快速移动点定位指令 G00.....	13
1.4.2	直线插补指令 G01	13
1.4.3	轮廓倒角、倒斜边和倒圆指令 (CHR、CHF、RND).....	15
1.5	圆弧插补指令.....	16
1.6	螺旋插补指令.....	23
1.7	攻螺纹指令.....	27
1.7.1	螺纹切削指令 G33	28
1.7.2	带补偿夹具攻螺纹指令 G63.....	30
1.7.3	刚性攻螺纹指令 G331/G332	31
1.8	刀具补偿指令.....	31
1.8.1	刀具半径补偿的基本概念及应用.....	31
1.8.2	在 NC 程序段中调用和修改刀具偏置.....	34

1.8.3	刀具长度补偿.....	35
1.9	坐标变换指令.....	36
1.9.1	平面坐标系平移指令 (TRANS 和 ATRANS)	36
1.9.2	平面坐标系旋转指令 (ROT 和 AROT)	38
1.10	参数编程.....	42
1.10.1	R 参数说明及应用.....	42
1.10.2	数学运算函数及符号	43
1.10.3	程序跳转指令.....	44
1.11	常用循环指令.....	46
1.12	其他常用指令.....	47
1.12.1	暂停指令 (G04)	47
1.12.2	进给速度控制指令.....	48
1.12.3	轮廓过渡指令.....	48
1.12.4	主轴转速极限功能指令	49
1.12.5	连续路径进给功能指令	49
1.12.6	准确定位指令.....	50
1.12.7	主轴定位控制指令.....	50

第二部分 编程实例精选

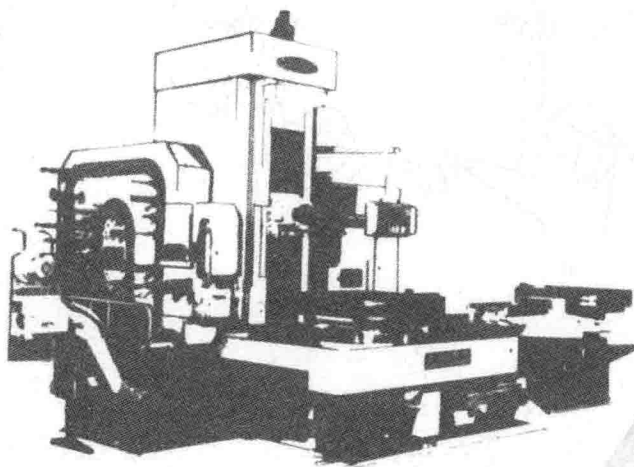
实例 1	浅孔钻削.....	70
实例 2	深孔钻削.....	74
实例 3	极坐标应用.....	77
实例 4	样式循环.....	80
实例 5	斜线下刀粗加工封闭槽.....	86
实例 6	铣螺纹	89

实例 7 铣孔	94
实例 8 倒圆角和倒斜角	98
实例 9 开口槽的加工与编程	99
实例 10 不规则轮廓倒圆角	101
实例 11 斜孔加工	106
实例 12 框架指令应用	110
实例 13 齿沟螺旋面的加工	119
实例 14 指针圆锥面的加工	122
实例 15 圆锥内螺纹的加工	125
实例 16 钢板上加工曲面	131
实例 17 压板上加工圆角和斜角	137
实例 18 封闭键槽的加工	140
实例 19 螺旋刀路与平行刀路铣平面	143
实例 20 凸圆弧面的加工	147
实例 21 键上圆弧面的加工	150
实例 22 圆角凹槽的加工	153
实例 23 键上倒斜角	156
实例 24 连续圆弧面的加工	158
实例 25 矩形槽口倒斜角	161
实例 26 吊耳上曲面的加工	163
实例 27 托盘上圆锥面的加工	168
实例 28 连杆上圆角的加工	173
实例 29 T 形槽内圆角的加工	176
实例 30 公式曲线编程	181
实例 31 铣螺旋沟槽	184

第一部分

数控铣削编程基础

SHUKONG XIXUE BIANCHENG JICHU



在数控编程之前, 编程人员首先应了解所用数控机床的规格、性能、数控系统所具备的功能及编程指令格式等, 再根据加工路线计算出刀具运动轨迹数据并确定工艺参数及辅助动作, 最后逐段编写出零件的加工程序。

※ 1.1 坐标轴概述

数控加工需要精确控制机床主轴上刀具的运动位置, 因此, 各运动部件的运动方向必须在一个坐标系内进行规定, 为了简化编程的方法和保证程序的通用性, 对数控机床的坐标和方向的命名制定了统一的标准。

1. 机床坐标轴

按照德国标准 DIN66217 的规定, 对于机床应用右手螺旋定则和笛卡儿直角坐标系确定机床坐标轴。

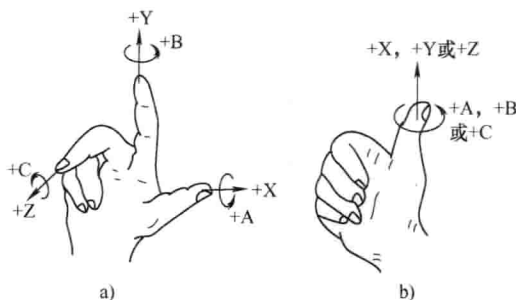


图 1-1 右手螺旋定则

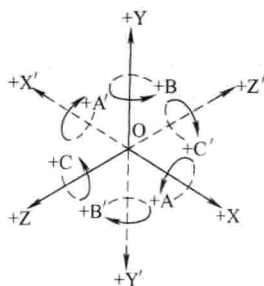


图 1-2 笛卡儿直角坐标系



图 1-1a 所示大拇指的指向为 X 轴的正方向，食指的指向为 Y 轴的正方向，中指的指向为 Z 轴的正方向。

(1) 基本直线轴 X、Y、Z 三个轴为机床的基本直线轴。

(2) 基本旋转轴 A、B、C 为机床的基本旋转轴。围绕 X、Y、Z 轴旋转得到的坐标轴分别为 A、B、C 轴。方向根据右手螺旋定则，图 1-2b 所示大拇指指向为 +X、+Y、+Z 方向，其余四指的指向为圆周运动的旋转轴 A、B、C 轴的正方向。

(3) 附加直线轴 如果在基本的直角坐标轴 X、Y、Z 轴之外，另有分别平行于它们的直线轴，则称为 U、V、W 附加坐标轴。

2. 机床坐标系 (MCS)

机床坐标系是用来确定工件坐标系的基本坐标系。机床坐标系的原点也称为机床原点或机床零点。该原点的位置在机床出厂前已经由机床制造厂家进行了设定，它是一个固定的点。

为了正确建立机床坐标系，通常在每个坐标轴的运动范围内设立一个机床参考点。机床参考点与机床原点的相对位置由机床参数设定。因此，机床开机后必须先进行回机床参考点的操作。机床回参考点后，才能实现：

- 1) 激活 (建立) 机床坐标系。
- 2) 螺距补偿数据生效。
- 3) 各坐标行程软限位生效。

3. 工件坐标系 (WCS)

工件坐标系实际上是机床坐标系中的一个局部坐标系，在编制加工程序时，用于描述刀具运动的位置。工件坐标系的原点称为工件原点，它的位置由编程人员确定。通常工件原点设定在工件上某一特定的点。需要注意的是，工件坐标系的各坐标轴必须平行于机床坐标系中的相应坐标轴。



小提示：以工件坐标系为基础编写的程序，可以在不同的机床上运行，也可以在同一台机床上反复应用。

4. 刀具运动原则 (坐标轴正方向判定原则)

由于机床的类型不同,有的是刀具在运动,有的是工作台运动而刀具不运动。然而,在 NC 编程时,总是认为工件是不动的,只是刀具在运动。这样做的好处在于操作者可以不必区分各坐标轴的实际运动部件,NC 程序可以在不同的机床上运行。

实例 1

如图 1-3 所示,站在机床前面,竖直向上为 Z 轴正方向;面对立柱,向右水平伸出右手,方向为 X 轴正方向;用右手定则, Y 轴正方向指向立柱。

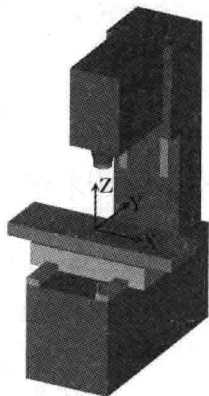


图 1-3 数控立式铣床机床坐标系

实例 2

如图 1-4 所示,面向机床正面,判断左立柱与右立柱,站在右立柱右侧面,并面向左立柱,向右水平伸出右手,方向为 X 轴正向;竖直向上为 Z 轴正向,用右手定则判断 Y 轴正向为

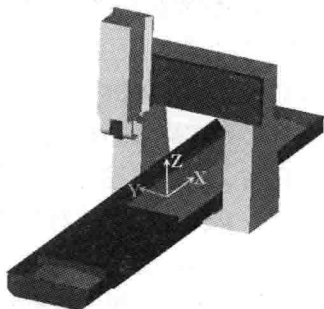


图 1-4 数控龙门铣床机床坐标系

面对的方向。工作台上有时会标注方向,表示工作台运动的正方向,与 X 轴或 Y 轴正方向相反。



实例 3

如图 1-5 所示, 站在机床前面, 面向立柱, 向左水平伸出左手, 方向为 X 轴正方向; 面对立柱的方向为 Z 轴正方向; 用右手定则判断 Y 轴正向为竖直向上。

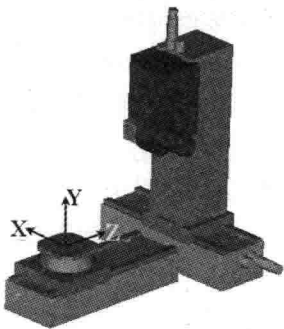


图 1-5 数控镗床机床坐标系

※ 1.2 数控铣削加工编程基础知识

1.2.1 主程序、子程序及其调用

1. 主程序

(1) 程序名称 每个程序都有一个程序名, 主程序的扩展名为 .MPF。程序的命名规则如下:

- 1) 开始的两个字符应是字母。
- 2) 字母的后面可以是字母、数字或下划线。
- 3) 最多为 16 个字符。
- 4) 不得使用分隔符。

例如: ACD123。

(2) 程序结构

- 1) 每个单独的指令可作为一个程序段。
- 2) 一个程序段可由一个或多个指令组成。
- 3) 一个程序段内不得有两个相同的地址出现, 如不得同时出现 G00 和 G01 指令。

4) 最后一个程序段包含程序结束符: M30、M02 或 M17。

2. 子程序

(1) 子程序的主要应用 用子程序编写经常重复进行的加工

内容,如某一确定的轮廓形状。子程序位于主程序中适当的地方,在需要时可进行调用、运行。

(2) 子程序结构与子程序名

- 1) 子程序的扩展名为 .SPF。
- 2) 程序名的开头应是字母。
- 3) 其他符号为字母、数字或下划线。
- 4) 最多为 8 个字符且没有分隔符。

通常子程序中使用地址 L 加数字的形式作为子程序名的定义方式,其后可以有 7 位数字。注意:地址字 L 之后的每个零均有意义,不可省略。将该程序保存到子程序文件夹中,这样会在程序名后自动加上后缀 .SPF。

例如: L128。

3. 子程序调用

子程序可以被主程序调用,同时也可以调用另一个子程序。在一个程序(主程序或子程序)中可以直接用程序名调用子程序,子程序调用要求占用一个独立的程序段。

例如: N10 L128 ; 调用子程序 L128,默认调用 1 次

N20 L678 P3 ; 调用子程序 L678,调用次数为 3 次

最多可调用 9999 次,书写时子程序与调用次数之间须加空格分开。子程序可以多层嵌套,最多可达到 4 层。子程序结束时可以使用 M02、M30、M17 和 RET 指令,并单独占一个程序段。其中 RET 指令不会中断 G64 连续路径运行方式。

1.2.2 数控加工指令

常用数控加工指令包括 G 指令和 M 指令等。准备功能也叫 G 功能或 G 指令,是用于使数控机床做好某些准备动作的指令。它由地址 G 和后面的两位数字组成,但目前有的系统已采用三位数的功能指令。常用准备功能指令 G 指令在不同的系统所代表的含义不完全一样,但对于常用的 G01~G04、G17~G19、G40~G42 指令的定义基本相同。使用中,必须遵照所选用的数控机床的使



用说明书进行。常用准备功能指令见表 1-1。

表 1-1 常用准备功能指令

G 指令	组别	功能	程序格式及说明
G00	01	快速点定位	G00 IP ₁ ;
G01 ▲		直线插补	G01 IP ₁ F ₁ ;
G02		顺时针圆弧插补	G02 (G03) X ₁ Y ₁ CR= F ₁ ;
G03		逆时针圆弧插补	G02 (G03) X ₁ Y ₁ I ₁ J ₁ F ₁ ;
G04 *	02	暂停	G04 F ₁ ; 或 G04 S ₁ ;
G17 ▲	06	选择 XY 平面	G17 ;
G18		选择 ZX 平面	G18 ;
G19		选择 YZ 平面	G19 ;
G25 *	03	主轴低速限制	G25 S ₁ S ₂ = ;
G26 *		主轴高速限制	G26 S ₁ S ₂ = ;
G33	01	螺纹切削	G33 Z ₁ K ₁ SF ₁ ;
G331		攻螺纹	G331 Z ₁ K ₁ ;
G332		攻螺纹返回	G332 Z ₁ K ₁ ;
G40 ▲	07	刀具半径补偿取消	G40 ;
G41		刀具半径左补偿	G41 G01 IP ₁ ;
G42		刀具半径右补偿	G42 G01 IP ₁ ;
G53 *	09	解除零点偏置	G53 ;
G54	08	选择工件坐标系 1	G54 ;
G55		选择工件坐标系 2	G55 ;
G56		选择工件坐标系 3	G56 ;
G57		选择工件坐标系 4	G57 ;
G505~G599		调用 5~99 零点偏置	
G60 ▲	10	准停	G60 IP ₁ ;
G63	02	攻螺纹方式	G63 Z ₁ F ₁ ;
G64	10	轮廓加工方式	
G70	13	英制	G70 ;
G71 ▲		米制	G71 ;
G90 ▲	14	绝对值编程	G90 G01 X ₁ Y ₁ Z ₁ F ₁ ;
G91		增量值编程	G91 G01 X ₁ Y ₁ Z ₁ F ₁ ;
G94		每分钟进给 (mm/min)	G94 ;
G95		每转进给 (mm/r)	G95 ;
G96		恒线速度	G96 S ₁ LIMS= ;
G97		每分钟转数	G97 S ₁ ;
G110 *	03	相对于不同点为极点的 极坐标编程	G110 X ₁ Y ₁ Z ₁ ;
G111 *			G111 X ₁ Y ₁ Z ₁ ;
G112 *			G112 X ₁ Y ₁ Z ₁ ;
G158 *		可编程平移	G158 X ₁ Y ₁ Z ₁ ;

(续)

G 指令	组别	功能	程序格式及说明
G450 ▲	18	圆角过渡拐角方式	G450 DISC= ;
G451		尖角过渡拐角方式	G451 ;
TRANS	框架 指令	可编程平移	TRANS X Y Z ;
ATRANS			ATRANS X Y Z ;
ROT		可编程旋转	ROT RPL= ;
AROT			AROT RPL= ;
SCALE		可编程比例缩放	SCALE X Y Z ;
ASCALE			ASCALE X Y Z ;
MIRROR		可编程镜像	MIRROR X0 Y0 Z0 ;
AMIRROR			AMIRROR X0 Y0 Z0 ;

注：1. 标注“▲”符号的指令为开机默认代码。

2. 标注“*”符号的指令为非模态代码。

3. 循环指令在本章的 1.11 节介绍。

辅助功能也叫 M 功能或 M 指令。它由地址 M 和后面的两位数字组成，从 M00~M99 共 100 种。M 指令的标准化程度也不高，但 M00~M05 及 M30 指令的含义是一致的。辅助功能主要完成机床或系统的开、关等辅助动作，如开、停冷却泵，主轴正、反转，程序的结束等。有很多 M 指令最好以单独的程序段编写，以免影响程序的正确执行。常用 M 指令见表 1-2。

表 1-2 常用 M 指令

序号	代码	功能	序号	代码	功能
1	M00	程序暂停	7	M30	程序结束
2	M01	程序选择停止	8	M06	刀具交换
3	M02	程序结束	9	M08	切削液开
4	M03	主轴正转	10	M09	切削液关
5	M04	主轴反转	11	M40	自动换挡
6	M05	主轴停转	12	M17	子程序结束

进给功能字 F 指定刀具或工件的进给速度，单位是 mm/min。主轴转速功能字 S 指定刀具的转速，单位是 r/min。刀具功能字的地址符是 T，所以又称 T 功能或 T 指令。例如：T05 D02 表示选择第 5 号刀具，使用刀具偏置表中的 5 号刀具；D02 表示使用 5 号刀具的刀沿表中 02 号刀沿地址中的刀具几何尺寸数据。



1.2.3 加工平面的选择

数控系统通过坐标系来确认一个两坐标轴的坐标平面，这个平面通常称为加工平面。如图 1-6 所示 G17 指定 XY 加工平面，X 轴是第一轴；G18 指定 ZX 加工平面，Z 轴是第一轴；G19 指定 YZ 加工平面，Y 轴是第一轴。

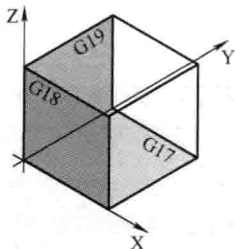


图 1-6 立式铣床加工平面示意图

加工平面的选择会影响圆弧插补时圆弧运动方向的定义，也会影响到刀具长度补偿和半径补偿的计算。

※ 1.3 编程方式设定指令

西门子系统对编程方式规则采取了更加灵活的方法，系统提供了相应的坐标尺寸编程方式指令，可以按照图样实际标注尺寸的方式进行编程。这样省略了尺寸标注转换、尺寸计算工作，特别是尺寸数值表示和计算比较复杂时，其优点更为突出。

1.3.1 绝对尺寸与增量尺寸编程指令

1. 模态调用指令 G90、G91

G90 指令是绝对坐标指令，开机为默认状态，指定以工件坐标系原点作为加工尺寸的基准；G91 指令是增量值坐标指令，编程尺寸总是参照前一点的坐标值。这两个指令不能在同一程序段内同时出现。

2. 非模态尺寸 AC ()、IC ()

非模态绝对尺寸 AC () 与非模态相对尺寸 IC () 可以在同一程序段内同时使用，实现混合编程。在 G90 与 G91 指定的程序段内也可以使用这两个指令。

例如：G90 G01 X20 Y=IC (20)；在绝对编程模式下，尺寸字 Y 采用增量编程

G91 G01 X20 Y=AC (20)；在增量编程模式下，尺寸

字 Y 采用绝对编程

G01 X=AC (20)Y=IC (20); 在当前程序段中, 尺寸字

X 采用绝对编程, 尺寸字

Y 采用增量编程

?

思考题 1: 请思考图 1-7 所示有几种编程方式? 如何编写? (提示: 图 1-7b 所示为绝对编程; 图 1-7c 所示为增量编程, 请读者参照图 1-7b 和图 1-7c 自行编写程序。)

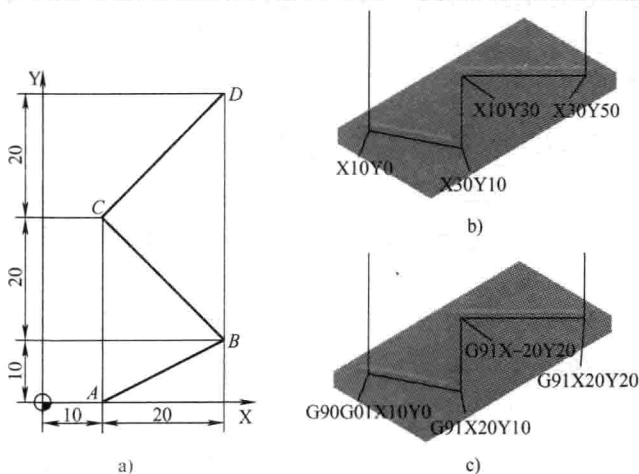


图 1-7 编程简图

a) 简图 b) 绝对编程 c) 增量编程

1.3.2 极坐标指令

通常情况下工件上点的位置一般用直角坐标系表示, 同时也可以由极坐标定义, 如图 1-8 所示。如果一个工件或一个部件中的尺寸以到一个固定点的半径和角度来设定时, 往往要使用极坐标指令。

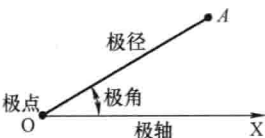


图 1-8 极坐标

1. 极坐标编程的极点定义

1) G110 极点定义: 相对于上次编程的设定位置 (在平面中,