

全国高等职业技术学院数控加工专业教材
全国高级技工学校数控加工专业教材



数控编程与 操作实训课题

(数控车床 高级、技师模块)



中国劳动社会保障出版社

全国高等职业技术学院数控加工专业教材
全国高级技工学校数控加工专业教材

数控编程与操作实训课题

(数控车床 高级、技师模块)

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与操作实训课题. 数控车床 高级、技师模块/张璐青主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2010

ISBN 978-7-5045-8561-5

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床: 车床-程序设计②数控机床: 车床-操作
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 189537 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 218 千字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

定价: 17.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

前言

随着数控加工技术的迅速发展和普及，企业对数控加工技能人才的知识和能力结构以及相应的职业教育和培训提出了更高、更新的要求，同时，以就业为导向的一体化教学模式改革也取得了进一步的发展。为适应这一新的形式以及推广课程改革成果，更好地满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学的需要，我们在广泛调研的基础上，组织行业专家、职业教育研究人员及学校一线教师共同开发了本套实训课题教材。

本套教材主要包括：《数控编程与操作实训课题（数控车床中级模块）》《数控编程与操作实训课题（数控铣床 加工中心 线切割中级模块）》《数控编程与操作实训课题（数控车床高级 技师模块）》《数控编程与操作实训课题（数控铣床 加工中心 线切割高级 技师模块）》。

在本套教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：

在编写模式方面，力求反映先进的教学理念，突出理论实训一体化教学的原则。根据任务驱动的先进教学理念，对教材内容进行重组，以典型零件的加工为载体，有机融入理论知识和操作技能。每个任务均按照“任务引入”“工作任务”“任务实施”“练习”几大环节展开。同时，在教材中尽可能多地采用图片、照片以及步骤清晰的操作流程，既再现了工作岗位的情景，又激发了学生的学习兴趣。

在内容安排方面，根据国家职业标准《数控车工》《数控铣工》《加工中心操作工》，以及企业对数控加工人员的岗位要求，以够用、实用为度，删除“繁难偏旧”的理论知识，加大技能训练环节教学内容的编写力度。

本套教材的编写得到了湖南省人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持，在此我们表示诚挚的谢意。

人力资源和社会保障部教材办公室

2009年7月

内 容 简 介

《数控编程与操作实训课题（数控车床 高级 技师模块）》的主要内容有：轮廓加工，包括运用宏程序加工非圆曲线轮廓、加工细长轴及薄壁件；加工深孔、梯形螺纹及用宏指令编程加工蜗杆及异形螺纹；加工配合件。本套教材还根据数控车工国家职业标准的要求，加入了数控车床维护保养、精度检测及数控车床故障排除等内容。本书采用任务驱动法组织教学内容，使学生在一个个真实的任务中进行分析、讨论，明确各任务所涉及的知识，最后通过完成任务实现知识的巩固和掌握。

本书由张璐青主编，王定勇副主编。

目 录

项目一 加工轮廓	(1)
任务一 非圆曲线轮廓的编程加工	(1)
任务二 加工细长轴	(9)
任务三 加工薄壁零件	(15)
任务四 加工外球套	(21)
任务五 加工复杂零件	(25)
项目二 螺纹加工	(33)
任务一 加工梯形螺纹 (G76 的应用)	(34)
任务二 加工蜗杆 (宏程序在螺纹加工中的应用)	(41)
任务三 加工变导程螺纹 (G34 的应用)	(47)
项目三 加工深孔	(52)
任务 加工轴套深孔	(52)
项目四 加工配合件	(61)
任务 加工配合件	(61)
项目五 检验零件精度	(84)
任务 检验零件精度	(84)
项目六 数控车床维护与精度检验	(94)
任务一 维修数控车床的准备	(94)
任务二 判断与排除数控车床机械故障	(97)
任务三 对数控车床定期保养	(118)
任务四 检验数控车床精度	(122)
项目七 数控车床操作工高级工考证强化训练	(126)
任务一 强化训练题	(126)

任务二 数控车工高级工操作模拟测试 (1)	(134)
任务三 数控车工高级工操作模拟测试 (2)	(137)
任务四 数控车工高级工理论知识考核模拟测试	(141)

项目一 加工轮廓

教学目标

1. 能运用变量编程编制含有非圆曲线零件的数控加工程序；熟悉固定循环和子程序的编程方法；熟悉变量编程的规则和方法。
2. 能进行细长轴、薄壁零件加工，掌握其加工的特点及装夹、车削方法，并达到以下要求：
 - (1) 轴径公差等级：IT6。
 - (2) 孔径公差等级：IT7。
 - (3) 形位公差等级：IT8。
 - (4) 表面粗糙度 R_a 值：1.6 μm 。

任务一 非圆曲线轮廓的编程加工

任务说明

◎ 通过对宏程序的介绍和对典型非圆曲线轮廓零件的编程和加工，使学生掌握宏程序编程思路和常见非圆曲线（椭圆等）的编程方法，具备灵活应用 B 类宏程序进行编程加工的能力。

能力点

- ◎ 掌握宏程序的编程思路、循环形式和对典型非圆曲线轮廓工件的编程及加工方法。
- ◎ 能熟练应用宏程序进行非圆曲线的加工。
- ◎ 初步明确在工程实践中解决实际问题的基本思路（明确问题——分析问题——收集信息——优化信息——探寻解决问题的有效方法——试验或实践——处理信息——解决问题——总结分析思考）。

知识点

- ◎ 宏程序的种类、表达式和常用的运算符。
- ◎ 宏程序的控制语句。
- ◎ B 类宏程序的编写方法。
- ◎ 在数控车床上加工典型的非圆曲线轮廓零件。

工作任务

编制如图 1—1 所示零件的加工程序，试解决以下问题：

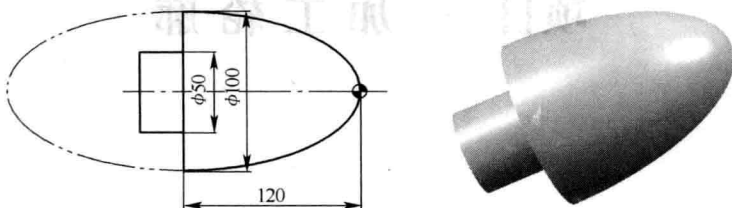


图 1—1 椭圆零件图（蘑菇状）

1. 分别用 IF 语句及 WHILE 语句编写加工程序。
2. 如果该图零件为抛物线（ $Z = -X^2/20.83$ ）形状，则编程与椭圆零件有何不同？

任务实施

一、分析加工与编程方法

该零件结构简单，由一个圆柱体和椭圆球体组成。可先加工左部，而后掉头夹持左部，车削右部椭圆。加工难点在于椭圆球体椭圆面轨迹的控制，在普通车床上无法准确加工椭圆面。在数控车床上利用插补功能，刀具的轨迹只有直线及圆弧曲线两种，但利用宏程序编程能有效地解决此类非圆曲线的加工问题。

二、宏程序及其应用

宏程序包括 A、B 两类，B 类宏程序简单易行、通俗易懂，在数控车床上经常使用，下面介绍有关宏程序的知识。

1. 宏程序的定义

在 FANUC 系统中，包含变量、转向、比较判别等功能的指令称为宏指令，包含有宏指令的子程序称为宏程序。

2. 宏程序的特征

- (1) 可以在宏程序主体中使用变量。
- (2) 可以在变量之间进行数值运算。
- (3) 可以用宏程序命令对变量进行赋值。

3. 宏程序的变量引用及类型

变量是指可以在宏主体的地址上代替具体数值，在调用宏主体时再用引数进行赋值的符号： $\#i$ （ $i=1、2、3\cdots$ ）。使用变量可以使宏程序具有通用性。

(1) 变量的形式

变量是在符号 # 后面加上变量号码所构成，即 $\#i$ （ $i=1、2、3\cdots$ ）。

例如：#5，#109。

也可以用#<表达式>的形式来表示，如：# [#100]、# [#33-1]、# [#6/2]。

(2) 变量的引用

在地址符后的数字可以用变量来置换。

例如：若写成F#33，当#33=1.5时，与F1.5相同；Z-#18，当#18=20.0时，与Z-20.0指令相同。

但需要注意，作为地址符的O、N、/等不能引用变量，如O#27、N#1等都是错误的。

(3) 变量的类型

按变量号码可将变量分为局部(local)变量、公用(common)变量、系统(system)变量3种。

1) 局部(local)变量(#1~#33)。局部变量是一个在宏程序中局部使用的变量。

2) 公用(common)变量(又称全局变量，#100~#149、#500~#509)。公用变量贯穿整个程序过程，包括多重调用。若宏A与宏B同时调用#100，则A中的#100与B中的#100是同一个变量。

3) 系统(system)变量。系统变量是根据用途而被固定的变量。

4. 运算符与表达式

(1) 运算符

常用的运算指令和运算符见表1-1。

表 1-1 运算指令和运算符

类型	功能	运算符	格式	说明
算术运算符	和	+	#1=#2+#3	
	差	-	#1=#2-#3	
	积	*	#1=#2*#3	
	商	/	#1=#2/#3	
条件运算符	等于	EQ	#1 EQ #3	#1=#3
	不等于	NE	#1 NE #2	#1≠#2
	小于	LT	#2 LT #3	#2<#3
	小于或等于	LE	#1 LE #3	#1≤#3
	大于	GT	#2 GT #3	#2>#3
	大于或等于	GE	#2 GE #3	#2≥#3
逻辑运算符	或	OR	#1 OR #3	
	与	AND	#2 AND #3	
	异或	XOR	#2 XOR #3	
函数	正弦	SIN	#2=SIN [#3]	角度用角度单位指令，如：90°30'为90.5°
	余弦	COS	#2=COS [#3]	
	正切	TAN	#2=TAN [#3]	
	反正切	ATAN	#2=ATAN [#3]	
	平方根	SQRT	#2=SQRT [#3]	
	绝对值	ABS	#2=ABS [#3]	

(2) 表达式

1) 循环控制语句 (WHILE 语句)

编程格式:

WHILE [条件表达式] DO m (1、2、3);

⋮

END m ;

当条件表达式的条件满足时, 执行 WHILE 到 END 当中的程序段, 否则转到下一条执行。DO 和 END 后的 m 数值是指定执行范围的识别号, 可以使用 1、2、3; 非 1、2、3 时报警。

当使用多重循环控制语句的时候, 循环的格式如下, 最多 3 重, 且执行的顺序是从内往外, 也就是说执行完 END3 再执行 END2, 最后执行 END1。

WHILE [条件表达式] DO1;

⋮

WHILE [条件表达式] DO2;

⋮

WHILE [条件表达式] DO3;

⋮

END3;

⋮

END2;

⋮

END1;

2) 条件判别语句 (IF 与 GOTO 语句)

编程格式:

IF [条件表达式] GOTO n ;

其中 n 为程序段号, 条件成立时转到 n 段处执行, 条件不成立时顺序执行。

三、编制零件加工程序

1. 推导关系式

$$X^2/50^2 + Z^2/120^2 = 1$$

以 Z 作自变量, 其值变化范围为 $Z=120$ 变化到 0 (椭圆方程坐标系中), X 作变量, 则 $X=50 \times [\sqrt{120^2 - Z^2}] / 120$ 。

令自变量 Z 为 #101, 变量 X 为 #103, 则当自变量 Z 变化时, 变量 X 随之变化, 故有:

$$\#103 = 50 * [\text{SQRT} [120 * 120 - \#101 * \#101]] / 120$$

但上述方程显得有些长, 也可找一个中间变量 #102, 将方程写成:

$$\#102 = \text{SQRT} [120 * 120 - \#101 * \#101]$$

变量 X 为:

$$\#103 = 50 * \#102 / 120$$

2. 编程

(1) 编程方法一: 用 IF 语句编程。

如图 1—1 所示的零件其编程原点取工件的右端面, 精加工程序如下:

O0001;	程序号
N01 G00 G40 G97 G99 M03 S400 T0303;	指定进给、速度模式并调用 3 号刀具
N05 X0 Z2.0;	调刀至离工件右端面 2 mm 处
N10 #101=120.0;	Z 轴起始尺寸
N15 IF [#101LT0] GOTO45;	判断椭圆是否走到 Z 轴终点, 到终点则跳出循环
N20 #102=SQRT [120*120-#101*#101];	
N25 #103=50*#102/120;	X 轴变量
N30 G01 X [2*#103] Z [#101-120.0] F0.15;	椭圆插补
N35 #101=#101-0.2;	Z 轴步距, 每次 0.2 mm
N40 GOTO15;	
N45 G00 U20.0 Z2.0;	退刀

IF 语句的特点是当条件不满足时则执行循环程序内容, 如在 N15 中 #101 不小于 0, 即当 #101 大于或等于 0 时, 程序顺序往下执行到 N40 返回 N15, 重新判断确定是否继续执行。

(2) 编程方法二: 用 WHILE 语句编程。

WHILE 语句与 IF 语句相反, 当条件成立时则执行循环程序内容, 如图 1—1 所示零件用 WHILE 语句编写的宏程序如下:

O0002;	程序号
N01 G00 G40 G97 G99 M03 S400 T0303;	指定进给、速度模式并调用 3 号刀具
N05 X0 Z2.0;	调刀至离工件右端面 2 mm 处
N10 #101=120.0;	Z 轴起始尺寸
N15 WHILE [#101GE0] DO1;	判断椭圆是否走到 Z 轴终点
N20 #102=SQRT [120*120-#101*#101];	
N25 #103=50*#102/120;	X 轴变量
N30 G01 X [2*#103] Z [#101-120.0] F0.25;	椭圆插补
N35 #101=#101-0.2;	Z 轴步距, 每次 0.2 mm
N40 END1;	
N45 G00 U20.0 Z2.0;	退刀

以上两种方法所编程序只可完成单次走刀精加工。对于单件加工, 若要完成粗加工, 可将刀具沿 X 方向移出, 通过刀具改变磨损值来实现多次走刀的粗加工及精加工。但此法要调刀多次, 较为烦琐。

(3) 编程方法三：用子程序调用形式编程。

FANUC 系统通常采用子程序调用形式完成非圆曲线工件的粗加工和精加工，如图 1—1 所示零件从粗加工到精加工完整的加工程序如下：

O0003;	程序号
N01 G97 G99 G00 M03 S600 T0101 F0.25;	
N05 X55.0 Z2.0;	
N10 #150=50.0;	最大切削余量 50 mm
N15 IF [#150LT1] GOTO35;	若毛坯余量小于 1 mm，跳到 N35
N20 M98 P0001;	调用椭圆子程序
N25 #150=#150-2.0;	每次切削深度 1 mm
N30 GOTO15;	
N35 G00 X55.0 Z2.0;	退刀
N45 S1500 F0.15;	精加工提高转速
N50 #150=0;	精加工毛坯余量设为 0
N55 M98 P0001;	调用椭圆子程序精车
N60 G00 X100.0 Z50.0;	退刀
N65 M05;	
N70 M30;	程序结束

子程序如下：

O0001;	
N10 #101=120.0;	Z 轴起始尺寸
N15 IF [#101LT0] GOTO45;	判断椭圆是否走到 Z 轴终点，到终点则跳出循环
N20 #102=SQRT [120*120-#101*#101];	
N25 #103=50*#102/120;	X 轴变量
N30 G01 X [2*#103+#150] Z [#101-120.0];	椭圆插补
N35 #101=#101-0.2;	Z 轴步距，每次 0.2 mm
N40 GOTO15;	
N45 G00 U20.0 Z2.0;	退刀
N50 M99;	

任务拓展

一、编程能力拓展

若将如图 1—1 所示的椭圆变成 $Z=-X^2/20.83$ 的抛物线形状，精加工程序如下：

O0004;	程序号
N01 #101=0;	X 轴变量

N05 IF [#101GE50.2] GOTO35;	判断抛物线是否走到 X 轴终点
N15 #102=-#101*#101/20.83;	Z 轴变量
N20 G01 X [2*#101] Z#102 F0.3;	抛物线插补
N25 #101=#101+0.2;	X 轴步距, 每次 0.2 mm
N30 GOTO05;	
N35 G00 U20.0 Z2.0;	退刀

思考:

- (1) 宏程序与子程序有什么区别?
- (2) 宏程序能否加工一般轮廓曲线工件?
- (3) 编写用户宏程序的必要知识储备是什么?

二、知识拓展

用户宏程序可以分为 A、B 两类, A 类宏程序与 B 类宏程序的比较如下:

1. A 类用户宏程序

格式: G65 H P Q R

G65: 调用变量;

H: 宏程序功能, 01~99;

P: 运算结果;

Q: 被操作第一变量名;

R: 被操作第二变量名。

例如:

G65 H02: 对被操作第一变量名和被操作第二变量名求和后存入 P 中;

G65 H03: 对被操作第一变量名和被操作第二变量名求差后存入 P 中。

A 类宏程序较难记忆, 应用较麻烦。

2. B 类用户宏程序

B 类用户宏程序和 A 类用户宏程序的区别在于没有宏程序 G65 功能, 而是通过算术和逻辑运算进行赋值。例如, 同一运算分别用 A、B 两类用户宏程序实现的程序段如下:

A 类: G65 H02 P#1 Q#2 R#3

B 类: #1=#2+#3

它们形式虽然不一样, 但是最后的作用都是实现了 $\#1=\#2+\#3$ 的运算, 只是 B 类用户宏程序更接近使用习惯, 故平时多用 B 类用户宏程序。

任务小结

本任务主要学习了宏程序的概念和有关的基本知识以及简单用户宏程序的编写方法。宏程序编写时要理清思路, 能准确变换非圆曲线标准方程, 熟练掌握关系运算符和表达式。另外在配备华中 21 世纪星数控车削系统的机床上加工非圆曲线时, 可以直接在 G71 等多重固定循环的 ns 与 nf 之间书写子程序 (B 类) 内容, 不需要如 FANUC 系统中那样采用子程序

调用来达到粗、精加工的目的。

练习

1. 在数控车床上加工如图 1—1 所示椭圆零件。

每个学生在数控加工仿真系统上仿真练习，并分小组上机操作。上机操作时，先利用数控系统仿真功能检查运动轨迹是否正确，然后再行加工。教师巡视指导并打分。

注意事项：安装工件时注意各边要有足够的余量。

2. 编程加工如图 1—2、图 1—3、图 1—4 所示零件。

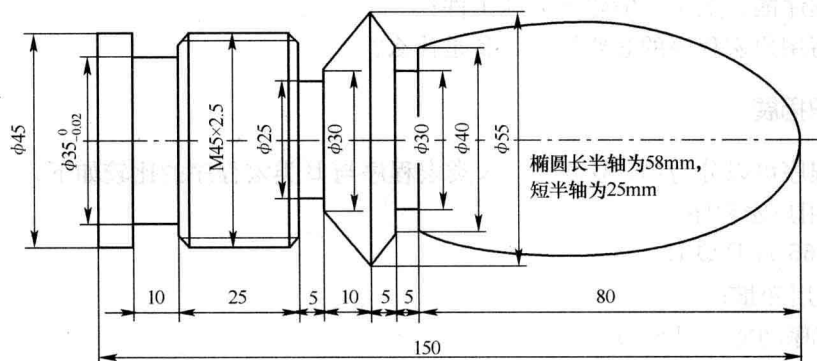
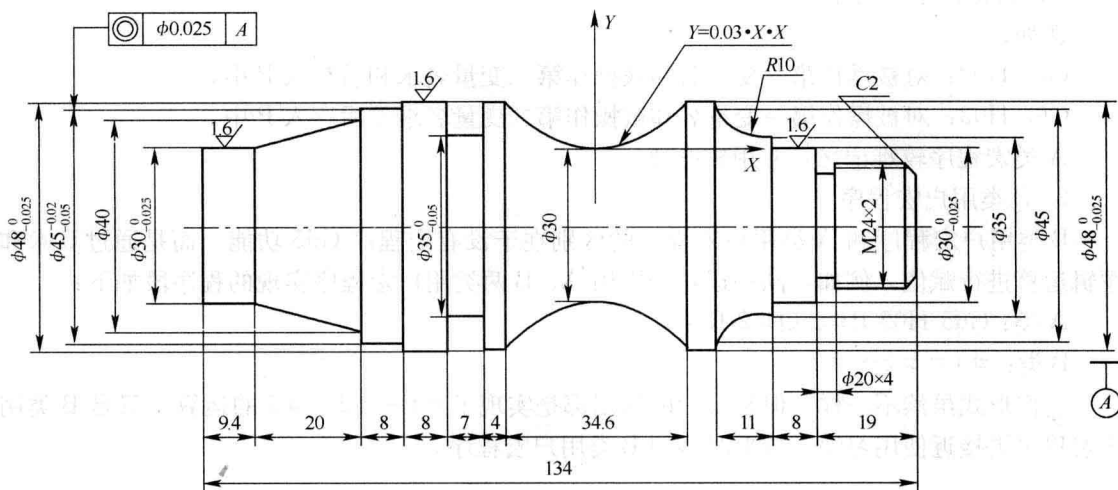


图 1—2 宏程序训练题二



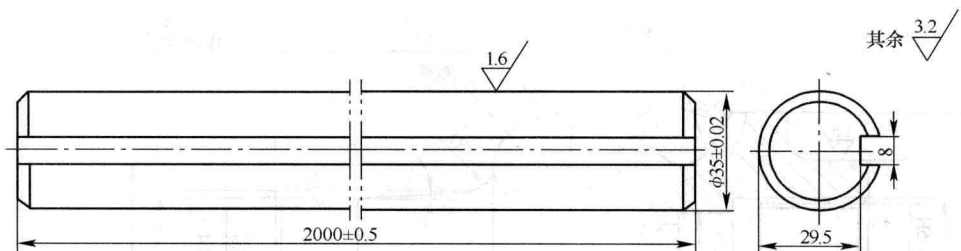
技术要求

- 1 锐边去毛刺。
- 2 未注表面粗糙度处均为 $R_a 3.2\mu\text{m}$ 。

图 1—3 宏程序训练题三

任务二 加工细长轴

分析加工如图 1—5 所示车床光杆的工艺与编程方法, 特别注意相关的技术要求。



技术要求

1. 母线直线度公差值 0.2 mm。
2. 允许两端有中心孔。
3. $\phi(35\pm0.02)$ mm 外圆全长 2 000 mm。
4. 侧母线直线度允差 0.2 mm。
5. 外圆柱面全部 $\sqrt{1.6}$ 。

图号	3—001
名称	光杆
材料	45 钢
毛坯	$\phi 45$ mm $\times$ 2055 mm
工时定额	240 min

图 1—5 车床光杆零件图

任务实施

一、分析工艺、解决加工难点

此光杆实为细长轴类工件 ($L/D>20$)，其形状虽不复杂，但从该零件主要技术要求及零件长度来看，要保证 4 h 按质按量完成零件加工，并非易事。操作者必须仔细考虑各加工环节可能存在或出现的问题，确定正确可行的加工方法，确保加工顺利进行。

1. 此轴细长，具有柔、软、弯的特性。切削时，要充分考虑径向切削分力对加工的影响，合理选择车刀几何角度，适时调整跟刀架支撑爪的支撑力度。

2. 由于该轴比较长，刚度低，受本身重力影响使轴中部下垂，旋转时受离心力作用会产生机械振动，影响正常加工。宜采用三支撑爪跟刀架，如图 1—6 所示。

3. 光杆轴热膨胀性不容忽视。工件加工时切削热和跟刀架、支撑爪与工件间的摩擦热会使工件受热后伸长弯曲变形，造成支撑爪与工件接触不均匀，产生加工振动，应采用合理的工件装夹方法与反向车削法的进刀方式。

4. 加工时，由于刀具进给距离比较长，刀具易磨损，工件容易形成锥度误差。加工时应选择合适的刀具材料和合理的切削用量。

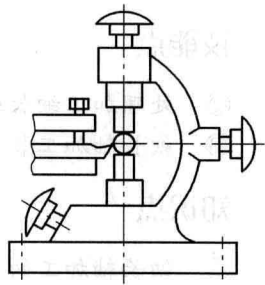


图 1—6 三支撑爪跟刀架

二、选择设备

可选择 CK6140 加长型数控车床或普通车床，普通精度。尾座与主轴旋转中心等高，高度误差不大于 0.10 mm。