

湖北省劳动和社会保障厅 组编

# 当代技师手册

—— 数控车床 ——

湖北长江出版集团  
湖北人民出版社

湖北省劳动和社会保障厅 组编

# 当代技师手册

—— 数控车床 ——

湖北长江出版集团

湖北人民出版社

**鄂新登字 01 号**  
**图书在版编目(CIP)数据**

当代技师手册/湖北省劳动和社会保障厅组编.  
武汉:湖北人民出版社,2009.3

ISBN 978 - 7 - 216 - 05587 - 1

- I. 当…
- II. 湖…
- III. 工业技术—技术手册
- IV. T-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 054098 号

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 当代技师手册                            | 湖北省劳动和社会保障厅 组编                |
| 出版发行: 湖北长江出版集团<br>湖北人民出版社         | 地址:武汉市雄楚大街 268 号<br>邮编:430070 |
| 印刷:湖北民政印刷厂                        | 经销:湖北省新华书店                    |
| 开本:787 毫米×1092 毫米 1/16            | 印张:76.25                      |
| 字数:1 572 千字                       | 插页:5                          |
| 版次:2009 年 3 月第 1 版                | 印次:2009 年 3 月第 1 次印刷          |
| 书号:ISBN 978 - 7 - 216 - 05587 - 1 | 定价:180.00 元(共五册)              |

本社网址:<http://www.hbpp.com.cn>

# 序

湖北省劳动和社会保障厅组织编写了《当代技师手册》，用于职业技术规范总结和教学指导，在当前，具有十分重要的意义。

我国是制造业大国，正在向制造业强国迈进。在这个过程中，需要大批研究开发型人才，也需要大批将设计思想和工程图纸转化为合格产品的技术工人。从生产制造的整体要求看，工程技术人员是人才，掌握娴熟技艺的高技能劳动者也是人才。发达国家的历史经验表明，一个国家的经济能否快速发展，与技能劳动者的素质和规模密切相关，与职业教育水平密切相关。近年来，国家高度重视技能型人才的培养，把发展职业教育作为经济社会发展的重要基础和教育工作的一个战略重点，提出培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才的目标，并制定了一系列政策来推动这项工作。湖北省劳动和社会保障厅适应形势发展的要求，组织编写了这套手册，对于培养造就千百万熟练技术工人，提高企业在岗生产人员的技能水平，将起到积极的促进作用。

该手册成书历时两年多，编写人员绝大多数来自职业院校的高级教师、高级实习指导教师和企业高层技术管理

人员，具有坚实的专业理论基础和丰富的实践教学经验。手册从技术应用的角度出发，采用当代成熟的实用技术规范，强调教学与生产实际的对接，内容丰富，分类清楚，表述简明，易学易用，可作为职业教育和职业培训的教学参考和辅导读物，也可供专业技术人员参考使用。

希望本手册的出版，给广大职业技术教育工作者的教学实践提供指导，给职业院校的青年学生和企业技术工人的技能提升带来帮助，也希望有更多的有识之士来关注和支持职业教育和技能人才培养事业，有更多优秀的适用图书面世，推动我国技能人才队伍建设不断地向前发展。

中国科学院院士



2008年9月19日

## 编写委员会

主任委员：邵汉生

副主任委员：张建平

执行委员：龙一民 韩俊桥

委员：(排名不分先后)

尹海香 曾伏珠 郭发友 任万伦

张军平 孙照军 张永国 范华儒

余争鸣 孙楚强 叶振华 夏卫东

马燕峰 刘景岗 陈俊军 黄延平

叶春元 傅永光 吕汉华 胡颂桥

肖 平 张惠民 程立新

## 执 行 编 委

主 编：高万新

副主编：任道斌 毛江华 刘 义

编 者：蔡伍军 刘 文 周友奎 袁明杰 叶广明

孙洪东 张 军 叶祥凤 钱慧玲 周家萍

黄宗保 游长姣 陈家燕

# 目 录

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第 1 章 数控车床编程基础            | (1)   |
| § 1.1 数控车床的坐标系统           | (1)   |
| 一、机床坐标轴                   | (1)   |
| 二、机床坐标系、机床原点和机床参考点        | (2)   |
| 三、工件坐标系、工件原点、对刀点和换刀点      | (4)   |
| § 1.2 数控车床对刀              | (5)   |
| 一、刀位点                     | (5)   |
| 二、刀补的测量                   | (6)   |
| 三、试切法对刀的步骤                | (9)   |
| 四、建立工件坐标系                 | (10)  |
| § 1.3 NC 程序的结构            | (11)  |
| 一、程序的结构                   | (11)  |
| 二、程序段的格式                  | (11)  |
| § 1.4 数控车削相关数学知识          | (12)  |
| 第 2 章 常见数控系统              | (15)  |
| § 2.1 广州数控 980T 数控系统编程与操作 | (15)  |
| 一、基础知识                    | (15)  |
| 二、G 功能                    | (19)  |
| 三、数控系统的操作                 | (46)  |
| § 2.2 华中世纪星数控系统编程与操作      | (51)  |
| 一、数控系统的编程                 | (51)  |
| 二、数控系统的操作                 | (74)  |
| 三、车床实例                    | (77)  |
| § 2.3 FANUC 0 型数控系统编程与操作  | (80)  |
| 一、G 代码命令                  | (80)  |
| 二、FANUC 常用 M 功能           | (94)  |
| 三、FANUC 0 MDI 键盘操作        | (94)  |
| 四、FANUC 0 标准车床面板操作        | (99)  |
| 五、车削实例                    | (107) |
| § 2.4 FANUC 0I 型数控系统编程与操作 | (110) |
| 一、FANUC 0I 型数控系统操作面板      | (110) |
| 二、FANUC 0I 车床标准操作面板       | (117) |

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| 三、车削实例·····                        | ( 125 ) |
| § 2.5 SIEMENS 802D 型数控系统编程与操作····· | ( 130 ) |
| 一、G 代码命令·····                      | ( 130 ) |
| 二、支持的 M 代码·····                    | ( 132 ) |
| 三、其他指令·····                        | ( 133 ) |
| 四、SIEMENS802D 标准车床面板操作·····        | ( 136 ) |
| 五、车削实例·····                        | ( 162 ) |
| § 2.6 SIEMENS 802S 型数控系统编程与操作····· | ( 165 ) |
| 一、数控机床面板说明·····                    | ( 165 ) |
| 二、机床操作·····                        | ( 167 ) |
| 三、车床实例·····                        | ( 177 ) |
| 第 3 章 典型数控系统加工编程实例·····            | ( 181 ) |
| §3.1 华中数控系统编程·····                 | ( 181 ) |
| §3.2 FANUC 系统编程·····               | ( 194 ) |
| §3.3 西门子 802S 系统·····              | ( 204 ) |
| 第 4 章 复杂零件加工实例·····                | ( 216 ) |
| §4.1 华中数控系统·····                   | ( 216 ) |
| §4.2 法拉科系统·····                    | ( 227 ) |
| §4.3 西门子 802S 系统·····              | ( 243 ) |
| 第 5 章 数控车床常见故障诊断·····              | ( 250 ) |
| § 5.1 数控车床安全操作规程·····              | ( 250 ) |
| § 5.2 数控车床的日常维护和保养·····            | ( 251 ) |
| § 5.3 数控车床常见的操作故障·····             | ( 253 ) |

# 第1章 数控车床编程基础

数控车床是当今应用最广泛的数控机床之一，主要用于旋转体零件的加工。一般能自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧、圆柱螺纹、圆锥螺纹等工序的切削加工，并进行切槽、钻、镗、扩、铰、攻螺纹等工作。现代数控车床都具备刀具位置和刀尖圆弧半径的补偿功能，以及加工固定循环功能。

## §1.1 数控车床的坐标系统

### 一、机床坐标轴

数控机床坐标系是为了确定工件在机床中的位置、机床运动部件的特殊位置（如换刀点、参考点等）以及运动范围（如行程范围）等而建立的几何坐标系。标准的坐标系采用右手笛卡儿坐标系，如图 1-1 所示。图中大拇指的指向为 X 轴的正方向，食指指向为 Y 轴的正方向，中指指向为 Z 轴的正方向。围绕 X, Y, Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A, B, C 表示，根据右手螺旋定则，如图 1-1 所

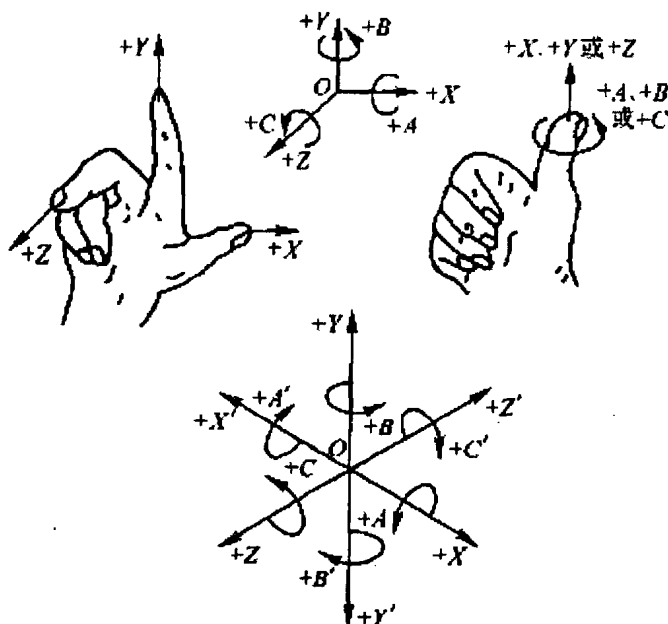


图 1-1 数控机床坐标系

示,以大拇指指向  $+X$ ,  $+Y$ ,  $+Z$  方向,则食指、中指等的指向是圆周进给运动的  $+A$ ,  $+B$ ,  $+C$  方向。

数控机床的进给运动,有的由主轴带动刀具运动来实现,有的由工作台带着工件运动来实现。上述坐标轴正方向,是假定工件不动,刀具相对于工件做进给运动的方向。如果是工件移动则用加“ $''$ ”的大写拉丁字母表示,按相对运动的关系,工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反,同样两者运动的负方向也彼此相反。

机床坐标轴的方向取决于机床的类型和各组成部分的布局。对车床而言: $Z$ 轴与主轴轴线重合,沿着 $Z$ 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离; $X$ 轴垂直于 $Z$ 轴,对应于转塔刀架的径向移动,沿着 $X$ 轴正方向移动将增大零件和刀具间的距离如图 1-2 所示。 $Y$ 轴(通常是虚设的)与 $X$ 轴和 $Z$ 轴一起构成遵循右手定则的坐标系。

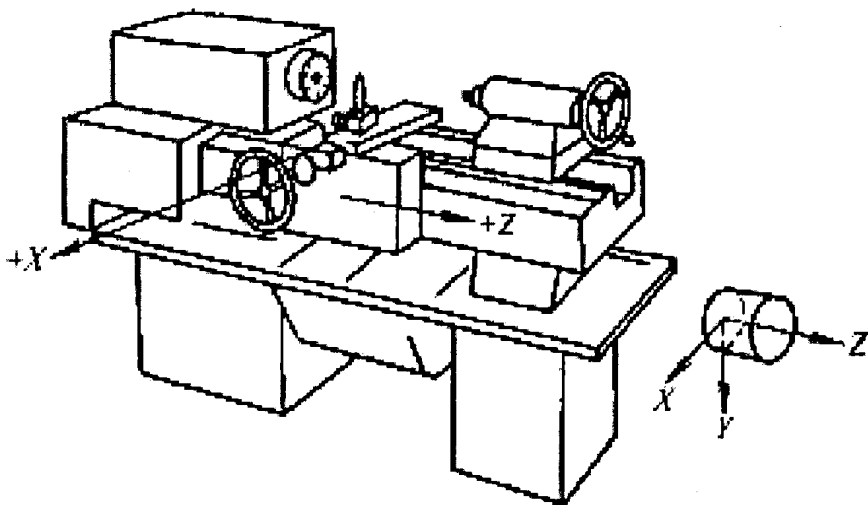


图 1-2 数控车床坐标系

## 二、机床坐标系、机床原点和机床参考点

机床坐标系是机床固有的坐标系,机床坐标系的原点称为机床原点或机床零点。在机床经过设计、制造和调整,这个原点便被确定下来,它是机床上固定的一个点。数控车床一般将机床原点定义在卡盘后端面与主轴旋转中心的交点上,如图 1-3 所示的  $O$  点。

机床坐标系一般有两种建立方法,第一种坐标系建立的方法是: $X$ 轴的正方向朝上建立,如图 1-3a 所示,适用于斜床身和平床身斜滑板(斜导轨)的卧式数控车床,这种类型的数控车床刀架处于操作者的外侧,俗称上手刀。另一种坐标系建立的方法是: $X$ 轴的正方向朝下建立,如图 1-3b 所示,适用于平床身(水

平导轨)卧式数控车床,这种类型的数控车床刀架处于操作者的内侧,俗称下手刀。机床坐标系 X 轴的正方向是朝上或朝下建立,主要是根据刀架处于机床的位置而确定。这两种刀架方向的机床,其程序及相应设置相同。

数控装置通电时并不知道机床零点位置,为了正确地在机床工作时建立机床坐标系,通常在每个坐标轴的移动范围内(一般在 X 轴和 Z 轴的正向最大行程处)设置一个机床参考点(测量起点)。机床起动时,通常要进行机动或手动回参考点,以建立机床坐标系。

机床参考点可以与机床零点重合,也可以不重合,通过参数设定机床参考点到机床零点的距离。机床回到了参考点位置,也就知道了该坐标轴的零点位置,找到所有坐标轴的参考点。CNC 就建立起了机床坐标系。图 1-3 中  $O'$  为数控车床参考点。

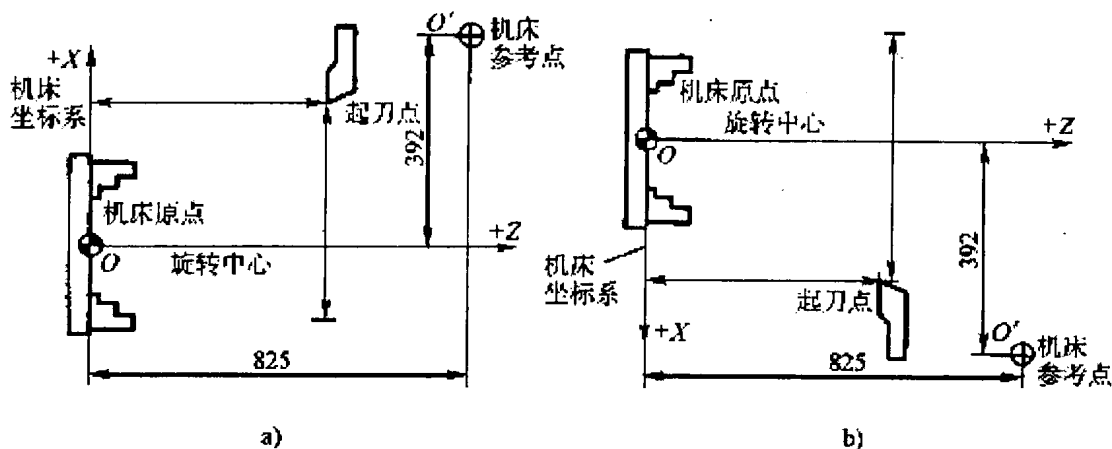


图 1-3 数控车床机床坐标系的建立

a) 上手刀,刀架在操作者的外侧 b) 下手刀,刀架在操作者的内侧

机床参考点的位置由设置在机床 X 向、Z 向滑板上的机械挡块的位置来确定。当刀架返回机床参考点时,装在 X 向和 Z 向滑板上的两挡块分别压下对应的开关,向数控装置发出信号,停止刀架滑板运动,即完成了“回参考点”的操作。

机床参考点距机床原点在其进给轴方向上的距离在出厂时已确定,利用系统指定的自动返回参考点 G28 指令,可以使指令的轴自动返回机床参考点。在机床通电后,刀架返回参考点之前,不论刀架处于什么位置,此时 CRT 屏幕上显示的 X、Z 坐标值均为 0。当完成了返回机床参考点的操作后,CRT 屏幕上立即显示出刀架中心点(对刀参考点)在机床坐标系中的坐标值,即建立起了机床坐标系。

在以下三种情况下,数控系统会失去对机床参考点的记忆,须进行返回机床参考点的操作:

1. 机床超程报警信号解除后。
2. 机床关机以后重新接通电源开关时。
3. 机床解除急停状态后。

### 三、工件坐标系、工件原点、对刀点和换刀点

编制数控程序时，首先要建立一个工件坐标系，程序中的坐标值均以此坐标系为依据。工件坐标系是编程人员在编程时使用的，编程人员选择工件上的某一已知点为原点，建立一个新的坐标系，称为工件坐标系（也称编程坐标系）。工件坐标系一旦建立便一直有效，直到被新的工件坐标系所取代。

工件坐标系的原点选择要尽量满足编程简单、尺寸换算少、引起的加工误差小等条件。为了编程方便，将工件坐标系设在工件上，并将坐标原点设在图样的设计基准和工艺基准处，其坐标原点称为工件原点（或加工原点）。

工件原点是人为设定的，从理论上讲，工件原点选在任何位置都是可以的，但实际上为编程方便以及各尺寸较为直观，数控车床工件原点一般都设在主轴中心线与工件左端面或右端面的交点处，如图 1-4 所示。

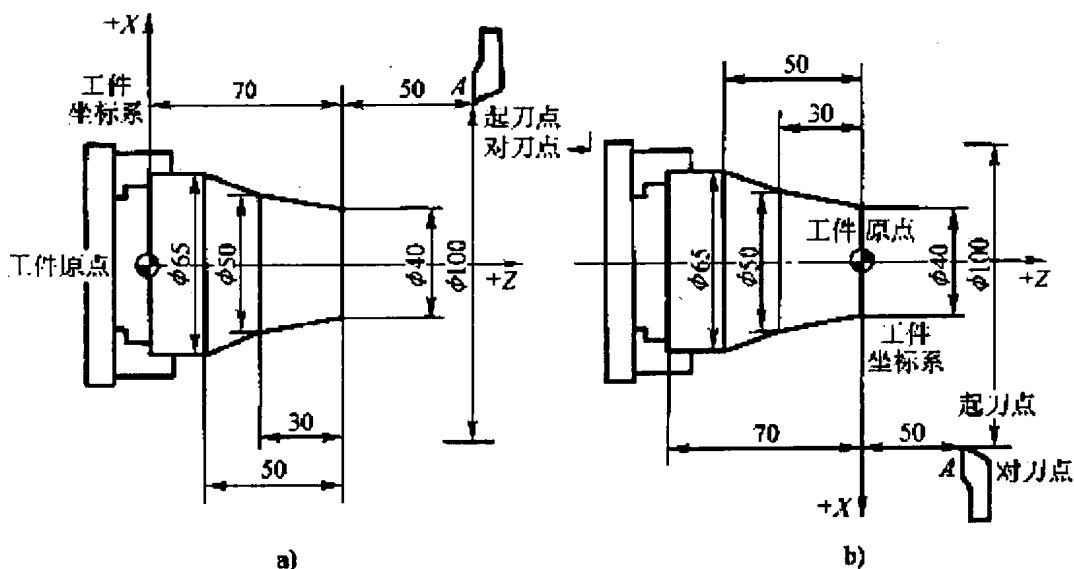


图 1-4 工件坐标系

a) 上手刀，刀架在操作者的外侧

b) 下手刀，刀架在操作者的内侧

设定工件坐标系就是以工件原点为坐标原点，确定刀具起始点的坐标值。工件坐标系设定后，CRT 屏幕上显示的是车刀刀尖相对工件原点的坐标值。编程时，工件的各尺寸坐标都是相对工件原点而言的。因此，数控车床的工件原点也称程序原点。

对刀点是数控加工中刀具相对于工件运动的起点，是零件程序加工的起始点，

所以对刀点也称“程序起点”。对刀的目的是确定工件原点在机床坐标系中的位置,即工件坐标系与机床坐标系的关系。

对刀点可设在工件上并与工件原点重合,也可设在工件外,任何便于对刀之处,但该点与工件原点之间必须有确定的坐标联系。一般情况下,对刀点既是加工程序执行的起点,也是加工程序执行的终点。图 1-4 把对刀点 A 设置在工件外面和起刀点重合,该点的位置可由 G50、G92、G54 等指令设定。通常把设定该点的过程称“对刀”,或建立工件坐标系。

FANUC 系统车床用 G50 (华中系统用 G92) 指令来建立工件坐标系 (用 G54 ~ G59 指令来选择工件坐标系)。该指令一般作为第一条指令放在整个程序的最前面。其程序段格式为:

G50 (G92) X\_\_\_\_\_ Z\_\_\_\_\_

X、Z 分别为刀尖的起始点距工件原点的距离。执行 G50 (G92) 程序后,系统内部即对 (X, Z) 进行记忆并显示在显示器上,这就相当于在系统内部建立了一个以工件原点为坐标原点的工件坐标系。

如图 1-4 所示,若选工件左端面为坐标原点时,则工件坐标系建立指令为“G50 (G92) X100.0 Z120.0”;若选工件右端面为坐标原点时,则工件坐标系建立指令为“G50 (G92) X100.0 Z50.0”。由上可知,同一工件由于工件原点变了,程序段中的坐标尺寸也随之改变。工件原点是设定在工件左端面的中心还是设在右端面的中心,主要是考虑零件图上的尺寸能方便地换算成坐标值,使编程方便。

因为一般车刀是从右端向左端车削,所以将工件原点设在工件的右端面要比设定在工件左端面换算尺寸方便,所以推荐采用图 1-4b 的方案,将工件原点设定在工件右端面的中心。

车床刀架的换刀点是指刀架转位换刀时所在的位置。换刀点的位置可以是固定的,也可以是任意一点。它的设定原则是以刀架转位时不碰撞工件和机床上其他部件为准则,通常和刀具起始点重合。

## §1.2 数控车床对刀

对刀是数控机床加工中极其重要和复杂的工作。对刀精度的高低将直接影响到零件的加工精度。

在数控车床车削加工过程中,首先应确定零件的加工原点,以建立准确的工件坐标系;其次要考虑刀具的不同尺寸对加工的影响,这些都需要通过对刀来解决。

### 一、刀位点

刀位点是指程序编制中,用于表示刀具特征的点,也是对刀和加工的基准点。对于各类车刀,其刀位点如图 1-5 所示。

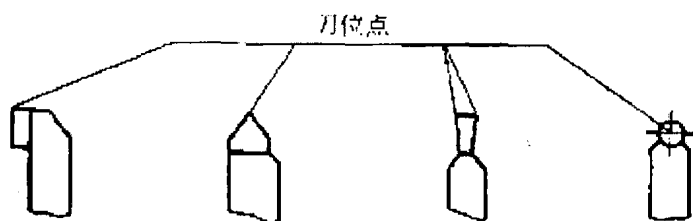


图 1-5 各类车刀的刀位点

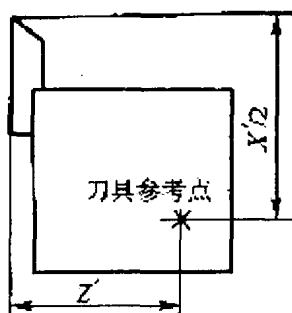


图 1-6 刀补值

## 二、刀补的测量

### 1. 刀补设置的目的

数控车床刀架内有一个刀具参考点（即基准点），见图 1-6 中的“x”。数控系统通过控制该点运动，间接地控制每把刀的刀位点的运动。而各种形式的刀具安装后，由于刀具的几何形状及安装位置的不同，其刀位点的位置是不一致的，即每把刀的刀位点在两个坐标方向的位置尺寸是不同的。所以，刀补设置的目的是测出各刀的刀位点相对刀具参考点的距离即刀补值（ $X'$ ， $Z'$ ），并将其输入 CNC 的刀具补偿寄存器中。在加工程序调用刀具时，系统会自动补偿两个方向的刀偏量，从而准确控制每把刀的刀尖轨迹。

### 2. 刀补值的测量原理与方法

刀补值的测量过程称为对刀操作。对刀的方法常见有两种：试切法对刀、对刀仪对刀。对刀仪又分机械检测对刀仪和光学检测对刀仪；车刀用对刀仪和镗铣类用对刀仪。

各类数控机床的对刀方法各有差异，可查阅机床说明书，但其原理及目的是一致的，即通过对刀操作，将刀补值测出后输入 CNC 系统，加工时系统根据刀补值自动补偿两个方向的刀偏量，使零件加工程序不受刀具（刀位点）安装位置的不同，而给切削带来影响。刀具偏置补偿测量有两种形式：

(1) 试切法对刀 试切法对刀的原理图见图 1-7。以 1 号外圆刀作为基准刀，在手动状态下，用 1 号外圆刀车削工件右端面和外圆，并把外圆刀的刀尖退回至工件外圆和端面的交点 A，将当前坐标值置零作为基准 ( $X=0$ ,  $Z=0$ )。然后向 X、Z 的正方向退出 1 号刀，刀架转位，依次把每把刀的刀尖轻微接触棒料端面和外圆，或直接接触角落点 A，分别读出每把刀触及时的 CRT 动态坐标 X、Z，即为各把刀的相对刀补值。如图 1-7 所示，三把刀的刀补值分别为：

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ 号刀} \begin{cases} X=0 \\ Z=0 \end{cases} \quad \text{基准刀} \\ 2 \text{ 号刀} \begin{cases} X=-5 \\ Z=-5 \end{cases} \\ 3 \text{ 号刀} \begin{cases} X=+5 \\ Z=+5 \end{cases} \end{array} \right.$$

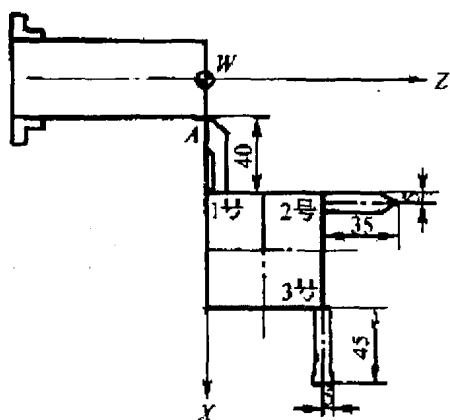


图 1-7 试切法对刀

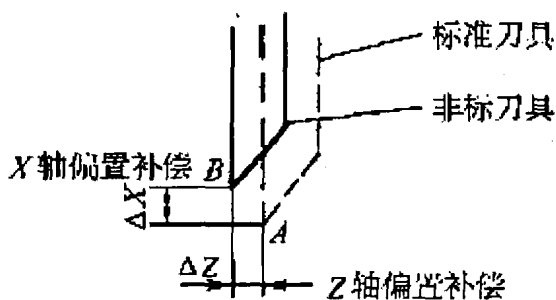


图 1-8 刀具偏置的相对补偿形式

上述刀补的设置方法称相对补偿法,即在对刀时,先确定一把刀作为基准(标准)刀,并设定一个对刀基准点。如图 1-7 中的 A 点,把基准刀的刀补值设为零( $X=0$ ,  $Z=0$ ),然后使每把刀的刀尖与这一基准点 A 接触。利用这一点为基准,测出各把刀与基准刀的 X、Z 轴的偏置值  $\Delta X$ ,  $\Delta Z$ ,如图 1-8 所示。如上述 2 号刀的刀补  $X=-5$ ,表示 2 号刀比 1 号刀在 X 方向短了 5mm;3 号刀的刀补  $X=+5$ ,表示 3 号刀比 1 号刀在 X 方向长了 5mm。

(2) 光学检测对刀仪对刀(机外对刀)图 1-9 为光学检测对刀仪,将刀具随同刀架座一起紧固在刀具台安装座上,摇动 X 向和 Z 向进给手柄,使移动部件载着投影放大镜沿着两个方向移动,直至刀尖或假想刀尖(圆弧刀)与放大镜中十字线交点重合为止,如图 1-10 所示。这时通过 X 和 Z 向的微型读数器分别读出 X 和 Z 向的长度值,就是该刀具的对刀长度。

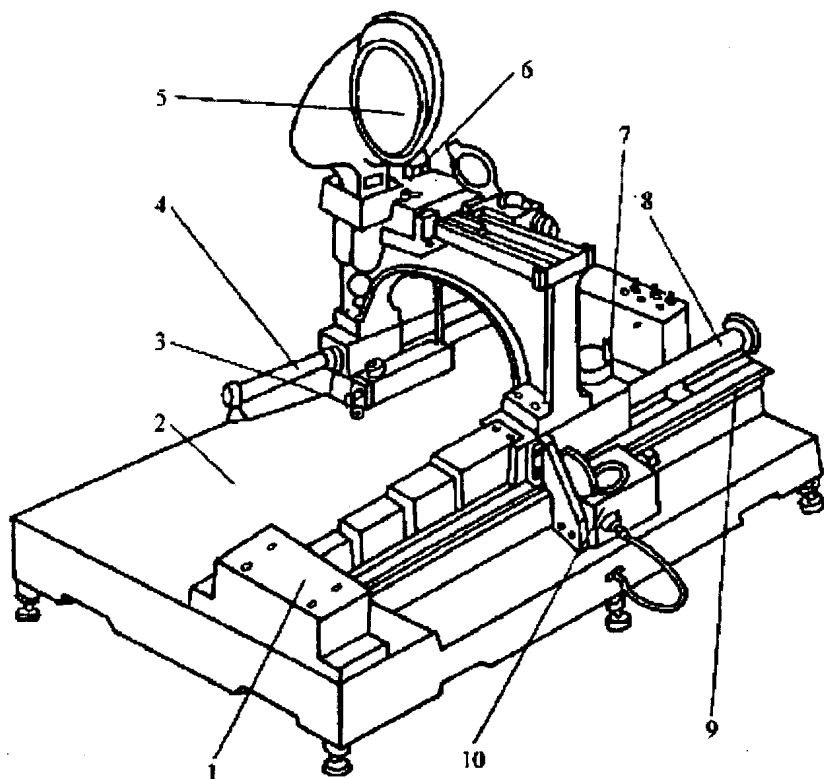


图 1-9 光学检测对刀仪对刀(机外对刀)

- 1—刀具台安装座 2—底座 3—光源 4、8—轨道 5—投影放大镜  
6—X 向进给手柄 7—Z 向进给手柄 9—刻度尺 10—微型读数器