

全国高等教育自学考试指定教材

# 机械制造技术自学辅导

全国高等教育自学考试指导委员会 组编

董海森 编写

机械工业出版社

本书是全国高等教育自学考试课程《机械制造技术》的学习辅导用书。全书分为两部分：第一部分内容是《机械制造技术》的学习辅导，第二部分内容是夹具课程设计指导。

第一部分共分为七章，即：金属切削机床、液压传动、机械加工工艺规程制订、机械加工精度、机械加工表面质量、机器装配工艺基础和机床夹具设计。第二部分是夹具课程设计指导，包含有设计实例和相关参考资料。

本书重点突出，取材精练。能给自学者启发和引导。是自学考试课程《机械制造技术》教学和自学的必备用书。

本书也可供高等工科院校机械类专业师生参考使用。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造技术自学辅导/董海森编写. —北京: 机械工业出版社, 2002.1

全国高等教育自学考试指定教材

ISBN 7-111-09802-1

. 机... . 董... . 机械制造工艺-高等教育  
-自学考试-自学参考资料 .TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 097312 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 孙本绪 版式设计: 张世琴 责任校对: 吴美英

封面制作: 鞠 杨 责任印制: 郭景龙

北京京丰印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 10.25 印张 · 251 千字

0 001— 册

定价: 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

## 出版前言

为了完善高等教育自学考试教育形式，促进高等教育自学考试的发展，我们组织编写了全国高等教育自学考试自学辅导书。

自学辅导书以全国考委公布的课程自学考试大纲为依据，以全国统编自考教材为蓝本，旨在帮助自学者达到学习目标，顺利通过国家考试。

自学辅导书是高等教育自学考试教育媒体的重要组成部分，我们将根据专业的开考情况和考生的实际需要，陆续组织编写、出版文字、音像等多种自学媒体，由此构成与大纲、教材相配套的、完整的自学媒体系统。

全国高等教育自学考试指导委员会  
1999年10月

# 前 言

本书是受全国高等教育自学考试指导委员会的委托而编写的自学考试课程《机械制造技术》的学习辅导用书。编写目的是为了满足不同课程教学与自学的参考需要。

本书第一部分是《机械制造技术》的学习辅导。共分为七章：金属切削机床、液压传动、机械加工工艺规程制订、机械加工精度、机械加工表面质量、机器装配工艺基础和机床夹具设计。本书依据大纲，对教材中重点章节的内容作了条理性归纳，便于自学者对教材内容的理解和掌握。并针对教材中的重点、难点、考核知识点精选了大量的自测练习题。这些练习题内容覆盖面大、重点突出，并且题型与大纲规定的试题题型保持一致。编者认为，通过大量习题的训练，不仅有利于自学者对教材内容的深入理解，而且更有利于提高自学者的应试信心。为了方便自学者学习，自测练习题均附有参考解答。为了避免不必要的重复，教材中某些章节的内容在自学辅导书中没有列出，不等于说这些内容不重要、不考核。

本书第二部分是夹具课程设计指导，包含了钻床夹具与铣床夹具的设计实例，具有启发性和引导性。并附有部分课程设计选题零件图及相关资料。

本书是《机械制造技术》教材的配套用书。也是教学和自学的必备参考书。本书由上海理工大学董海森编写。限于编者的学术水平，本书难免存在错误和疏漏，恳请各位读者在使用过程中能予以批评、指教。谢谢！

编 者

2001.10.1

# 目 录

## 第一部分 《机械制造技术》学习辅导

第一章 金属切削机床 .....	1	第四节 工艺系统的热变形 .....	72
第一节 机床基础知识 .....	1	第五节 加工误差的统计分析 .....	74
第二节 CA6140 型卧式车床传动系统 .....	7	自测练习题 (四) .....	78
第三节 Y3150E 型滚齿机传动系统 .....	11	自测练习题 (四) 参考答案 .....	82
自测练习题 (一) .....	14	第五章 机械加工表面质量 .....	86
自测练习题 (一) 参考答案 .....	17	第一节 机械加工表面质量含义及对零件使用性能的影响 .....	86
第二章 机床液压传动 .....	20	第二节 影响表面粗糙度的工艺因素及控制 .....	87
第一节 液压传动概述 .....	20	第三节 影响表面物理、力学性能的因素及其控制 .....	88
第二节 液压泵 .....	21	第四节 机械加工振动简介 .....	89
第三节 液压缸与液压马达 .....	23	自测练习题 (五) .....	93
第四节 液压控制阀 .....	24	自测练习题 (五) 参考答案 .....	95
第五节 液压系统中的调速 .....	28	第六章 机器装配工艺基础 .....	97
自测练习题 (二) .....	34	第一节 装配精度与装配工艺方法 .....	97
自测练习题 (二) 参考答案 .....	41	第二节 装配尺寸链 .....	98
第三章 机械加工工艺规程的制订 .....	46	第三节 装配尺寸链的解算 .....	99
第一节 工艺过程的基本概念 .....	46	自测练习题 (六) .....	104
第二节 定位基准的选择 .....	47	自测练习题 (六) 参考答案 .....	106
第三节 工艺路线的拟订 .....	48	第七章 机床夹具设计基础 .....	109
第四节 工序尺寸的计算 .....	49	第一节 工件定位原理 .....	109
第五节 工艺尺寸链 .....	51	第二节 定位误差的分析和计算 .....	114
自测练习题 (三) .....	56	第三节 工件的夹紧 .....	120
自测练习题 (三) 参考答案 .....	61	第四节 基本夹紧机构 .....	121
第四章 机械加工精度 .....	66	自测练习题 (七) .....	125
第一节 加工精度概述 .....	66	自测练习题 (七) 参考答案 .....	129
第二节 工艺系统的几何误差 .....	67		
第三节 工艺系统的受力变形 .....	70		

## 第二部分 夹具课程设计指导

参考文献 .....	158
------------	-----

# 第一部分 《机械制造技术》学习辅导

## 第一章 金属切削机床

金属切削机床是机械制造的主要加工设备，它用切削方法将金属毛坯加工成具有一定表面形状、尺寸精度和表面质量的合格零件。机床的种类繁多，功能各异，它们的结构也是千变万化的。本章通过对典型机床传动系统的学习，可以为各种类型机床的学习奠定一个良好的基础，起到触类旁通的作用。本章辅导以机床基础知识、CA6140型车床传动系统和Y3150E型滚齿机传动系统三个方面的内容为主，教材中本章的其它内容则通过练习题的方式，达到进一步领会和加深理解的目的。

### 第一节 机床基础知识

#### 一、机床的运动和传动

##### (一) 机床的运动

机床在加工过程中完成的各种运动，按其功用不同可分为表面成形运动和非成形运动两类。

表面成形运动是指直接参与切削过程，使之在工件上形成一定几何形状表面的刀具和工件间的相对运动。表面成形运动是机床上最基本的运动。

表面成形运动又可分为简单成形运动和复合成形运动。如果一个表面成形运动是由各自独立的旋转运动和直线运动构成，它们之间没有严格的传动比关系，则称此为简单成形运动。例如车削工件的外圆柱面时，工件的旋转运动与刀具沿纵向的直线运动构成简单成形运动。如果表面成形运动是由两个或两个以上的单元运动（旋转或直线运动）按照某种确定的运动关系组合而成，它们之间相互依存，并有着严格的传动比关系，则称此为复合成形运动。例如，车削螺纹过程中，工件的旋转运动与刀具沿纵向的直线运动，它们之间构成复合成形运动。因为它们之间不能彼此独立，必须保持严格的传动比关系，即工件每旋转一圈，刀具必须准确地移动工件螺纹一个导程的距离。

机床上除了表面成形运动以外的各种运动都是非成形运动。

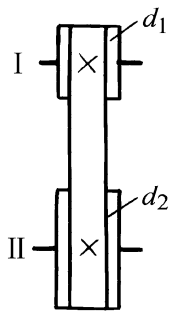
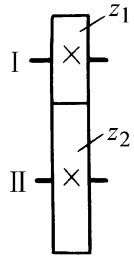
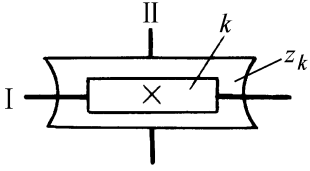
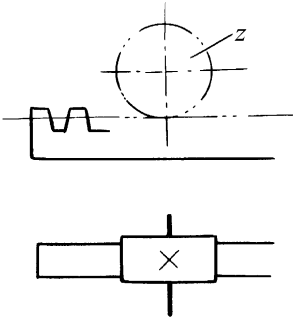

##### (二) 机床的传动

为了实现加工过程中所需的各种运动，机床必须具备三个基本部分，即动力源（指电动机）、执行件（指主轴、刀架、工作台等）和传动装置。这里的传动装置指机械传动装置，包括齿轮、带轮、离合器、齿条、丝杠螺母等。

#### 1. 常用传动副的传动比及其运动计算

表 1-1 列出了几种常用传动副的传动比及运动速度计算式。

表 1-1 常用传动副的传动比及其运动速度计算式

传动副名称	简 图	传 动 比	运动速度计算式
带 传 动		$u = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n}{n_1}$ $u = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n}{n_2}$	$n_1 = n u = n \frac{d_1}{d_2}$ $n_2 = n u = n \frac{d_2}{d_1}$
齿 轮 传 动		$u = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n}{n_2}$ $u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n}{n_1}$	$n_2 = n u = n \frac{z_1}{z_2}$ $n_1 = n u = n \frac{z_2}{z_1}$
蜗 杆 蜗 轮 传 动		$u = \frac{k}{z_k} = \frac{n}{n_2}$ $u = \frac{z_k}{k} = \frac{n}{n_1}$	$n_2 = n u = n \frac{k}{z_k}$ $n_1 = n u = n \frac{z_k}{k}$
齿 轮 齿 条 传 动			运动距离 $s = n m z$
丝 杠 螺 母 传 动			运动距离 $s = n S$

表中符号说明如下:

$n$ 、 $n_1$ 、 $n_2$  —— 为相应传动轴的转速;

$d_1$ 、 $d_2$  —— 带轮直径;

$z_1$ 、 $z_2$  —— 齿轮齿数;

$z_k$  —— 蜗轮齿数;

$k$  —— 蜗杆头数;

$m$  —— 齿轮和齿条的模数;

$S$  —— 丝杠螺母的导程;

$s$  —— 直线运动的位移量;

$u_{1-2}$  ——轴 I 至轴 II 的传动比;

$u_{2-3}$  ——轴 II 至轴 III 的传动比。

对于由一系列顺序排列的传动副组合而成的传动系统, 同样可按上述方法进行运动计算。

例如图 1-1a 所示的传动系统, 轴 I 至轴 V 间的传动比为:

$$u_{1-5} = \frac{n_1}{n_5} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{k}{z_k}$$

或

$$u_{1-5} = \frac{n_5}{n_1} = \frac{z_k}{k} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{d_1}{d_2}$$

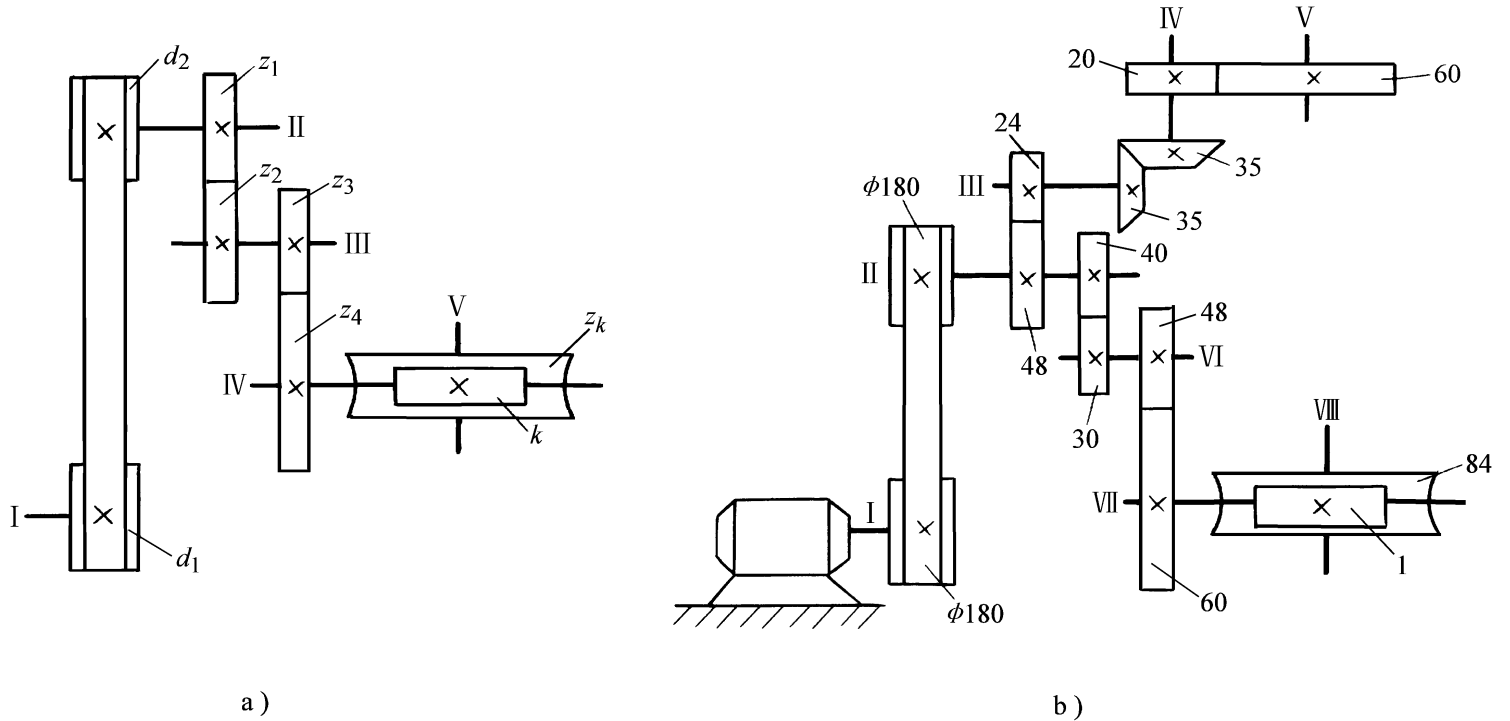


图 1-1 机械传动系统

若已知轴 I 的转速, 则轴 V 的转速可按下式计算:

$$n_5 = n_1 \cdot u_{1-5} = n_1 \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{k}{z_k}$$

又如图 1-1b 所示传动系统, 轴 I 和轴 VIII 都由电动机驱动旋转, 如果需计算轴 I 转 1 转时轴 VIII 的转数, 可按下式直接计算:

$$n_8 = n_1 \cdot u_{1-8} = 1 \times \frac{60}{20} \times \frac{35}{30} \times \frac{24}{48} \times \frac{40}{30} \times \frac{48}{60} \times \frac{1}{84} = \frac{2}{105}$$

## 2. 机床上常用的变速机构

图 1-2 所示为机床上常用的变速机构。

图 1-2a 为塔轮变速机构, 改变平带位置可获得三种不同传动比:

$$u_{1-2} = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_3}{d_3}$$

图 1-2b 为滑移齿轮变速机构, 三联滑移齿轮以花键与轴 I 联接, 改变轴向的啮合位置, 可得三种不同传动比:

$$u = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_2}{Z_3}$$

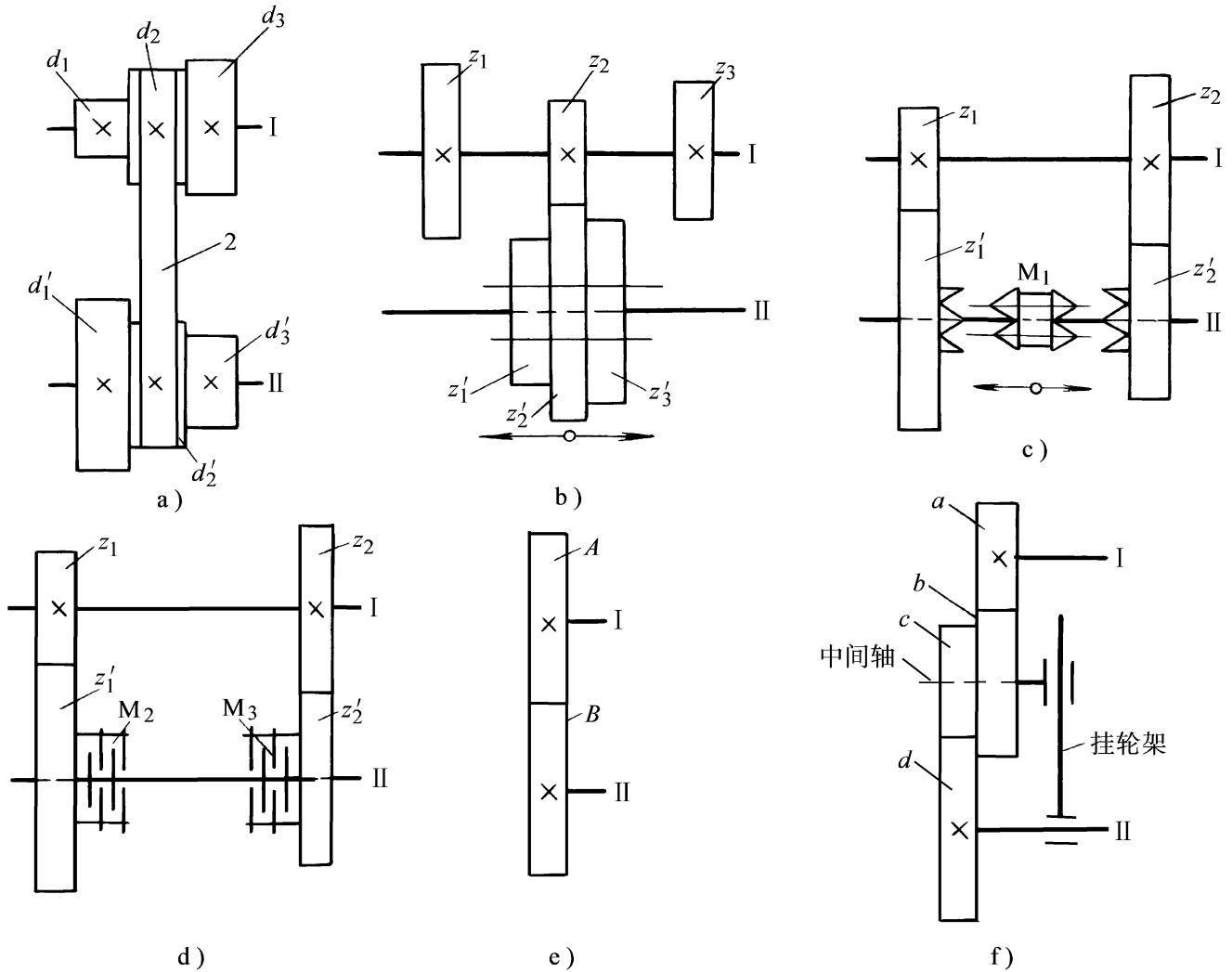


图 1-2 常用分级变速机构

图 1-2c 为齿嵌式离合器 ( $M_1$ ) 变速机构,  $M_1$  与左端齿轮啮合时, 传动比为:  $u = \frac{Z_1}{Z_2}$ ,

$M_1$  与右端齿轮啮合时, 传动比为:  $u = \frac{Z_2}{Z_2}$ ; 当  $M_1$  处于中位时, 轴 不转, 而  $z_1$  与  $z_2$  空转。

图 1-2d 为摩擦片式离合器, 情况与上述相同。

图 1-2e 为一级交换齿轮变速机构, 配换不同齿数的交换齿轮 A、B 时, 可得到不同传动比:  $i = \frac{A}{B}$ 。由于轴 、 的中心距是固定不变的, 装上的每对齿轮的齿数和必须为一常数。

图 1-2f 为二级交换齿轮变速机构。a、b、c、d 为交换齿轮, 通常根据需要的传动比或转速要求, 计算齿轮齿数, 进行配置, 达到变速的目的。轴 至轴 的传动比为

$$u = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$$

当  $b = c$  时, 则  $u = \frac{a}{d}$ , 由于轴 位置可变换, 齿数和可不相等。

## 二、分级变速传动系统与转速图

机床的主运动通常采用分级变速传动结构，利用转速图可以非常直观地表示出分级变速传动过程中各传动轴和传动副的转速情况及运动输出轴获得各级转速时的传动路线等，是认识和分析机床变速传动系统有用的工具。

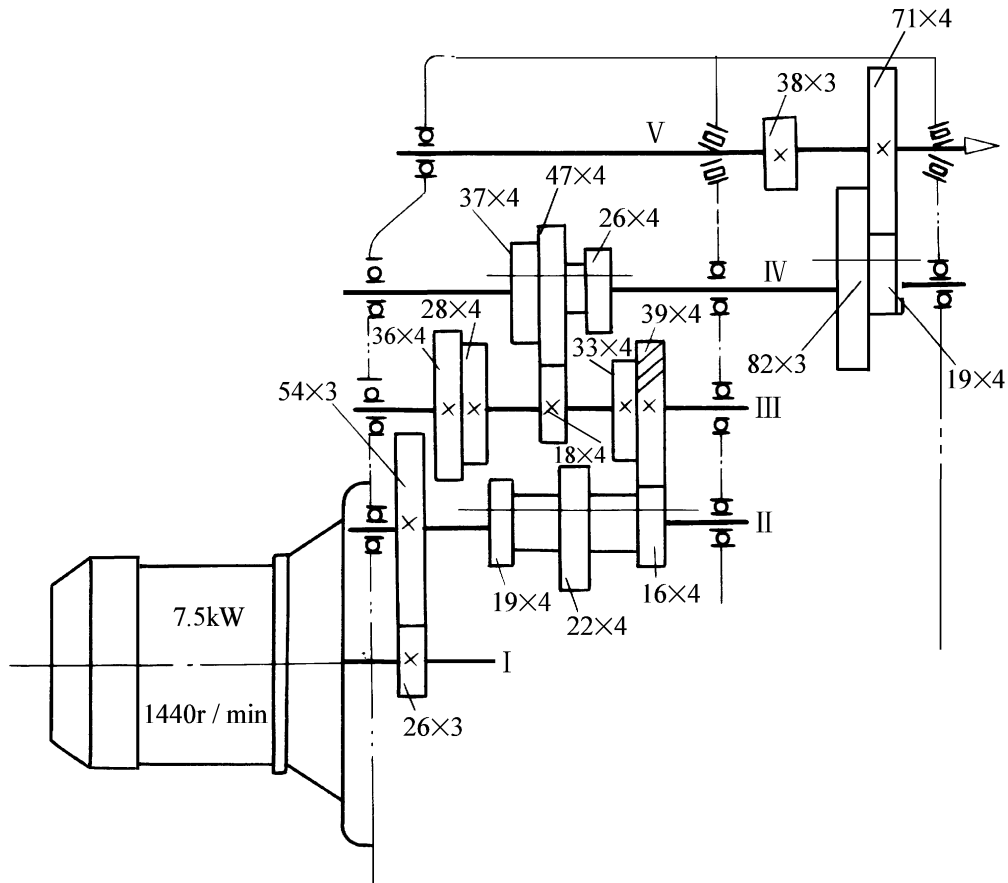


图 1-3 铣床主运动传动系统图

图 1-3、图 1-4 所示分别为某铣床的主运动传动系统图和转速图。传动系统通过三个滑移齿轮变速机构使主轴获得 18 级转速。

$$3 \times 3 \times 2 = 18$$

从转速图中可以看出主轴在各级转速时的传动路线、各传动轴的转速和齿轮副的啮合状态。例如，当主轴转速  $n = 300\text{r/min}$  时的传动路线为：

$$n = 1440 \times \frac{26}{54} \times \frac{19}{36} \times \frac{18}{47} \times \frac{82}{38} = 302$$

机床主运动转速图的表达方法和涵义如下：

下：

- (1) 竖直线——表示各传动轴，用罗马数字、 、 ... 表示。
- (2) 横线——表示转速值。
- (3) 圆点——表示各轴实际具有的转速值。
- (4) 竖线之间连线——表示传动副的传动比；
  - 下斜——降速传动比，即  $u < 1$ ；
  - 上斜——升速传动比，即  $u > 1$ ；
  - 水平——平速传动比，即  $u = 1$ 。

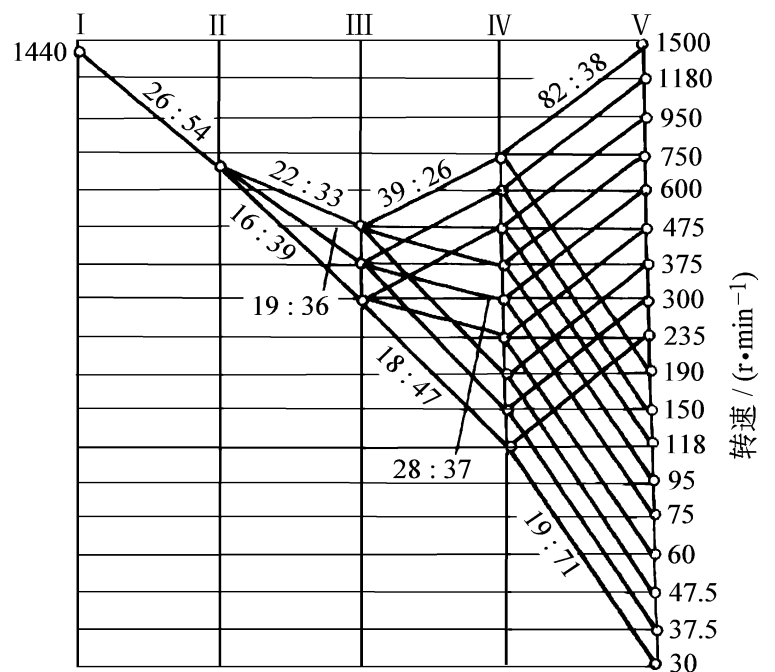


图 1-4 铣床主运动转速图

### 三、机床传动系统图与传动原理图

#### 1. 传动系统图

各种传动元件用规定的符号表示并按照运动传递顺序以展开图形式表示机床全部运动传动关系的示意图。

传动系统图的表达方法如下：

- (1) 按传动先后顺序以展开图形式绘制。
- (2) 绘制在机床外形轮廓的投影线内。
- (3) 不表达各元件的空间关系和结构情况。
- (4) 应注明带轮直径、齿轮、蜗轮齿数、蜗杆线数、丝杠螺距等有关运动计算的参数。
- (5) 各传动轴用罗马字母 I、II、III... 等表示。

#### 2. 传动链

连接运动源和某个执行元件，或者连接一个执行元件与另一执行元件，使它们彼此间保持传动联系的这一部分传动装置称传动链。

传动链中通常有两类传动机构。即固定传动比的定比传动机构和可变传动比的换置机构。机床有多少个运动，相应就有多少条传动链。

根据传动联系性质的不同，传动链可区分为内联系传动链和外联系传动链。

内联系传动链：当表面成形运动为复合成形运动时，联系复合成形运动内部两个单元运动执行件间的传动链。称为内联系传动链。两执行件间保持有严格的传动比关系。

外联系传动链：联系运动源和执行件的传动链，使执行件获得运动，但不要求运动源与执行件之间保持有严格的传动比关系。

#### 3. 传动原理图

用一些简单的符号表示运动源与执行件或执行件与执行件之间传动联系的示意图称为传动原理图。它仅表示形成某一表面所需的表面成形运动直接有关的运动及其传动联系。

### 四、机床运动的调整计算

机床运动的调整计算是按每一传动链分别进行的。其步骤如下：

- (1) 确定传动链两端的末端件。
- (2) 根据两末端件的运动关系确定计算位移量。例如电动机  $n_{电}$  主轴  $n_{主}$ ；或主轴转 1 转 刀架位移量  $T$  (mm) 等。
- (3) 列出运动平衡式。

(4) 根据运动平衡式，计算执行件运动速度或位移量，或者整理出换置机构的换置公式，然后确定交换齿轮齿数。

现以图 1-5 为例进行计算：根据图示计算主轴转速  $n_{主} = ?$  设加工工件螺纹导程  $S = 9\text{mm}$ ，则齿轮 a、b、c、d 的齿数各为多少？

#### 1. 计算主轴转速

两端件为：电动机 主轴

计算位移量；电动机  $960\text{r/min}$  主轴  $n_{主} \text{ r/}$

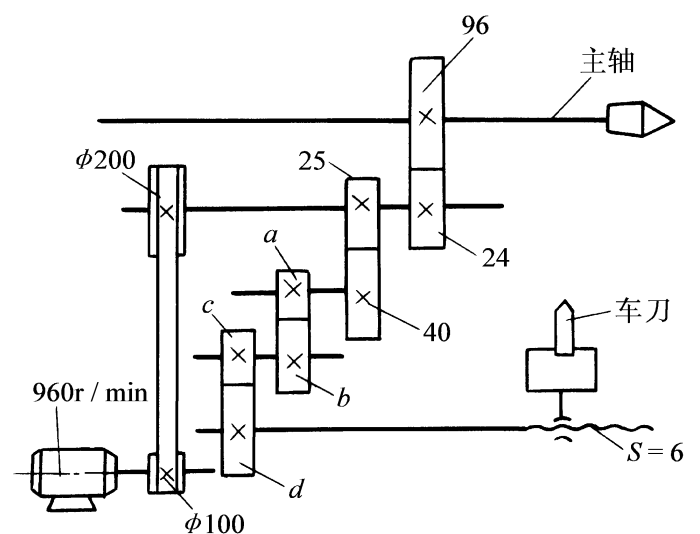


图 1-5 机床运动调整计算

$$\text{运动平衡式: } 960 \times \frac{100}{200} \times \frac{24}{96} = n_{\pm}$$

主轴转速为:  $n_{\pm} = 120 \text{r/min}$

2. 确定齿轮 a、b、c、d 齿数

两端件: 主轴 刀架

计算位移量: 主轴 1 转 刀架位移量 1 个导程 ( $T_{\text{mm}}$ )

$$\text{运动平衡式: } 1 (\text{转}) \times \frac{96}{24} \times \frac{25}{40} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = 9$$

$$\text{得换置公式: } \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{3}{5}$$

$$\text{确定齿轮齿数: } \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{30}{40} \times \frac{40}{50} = \frac{3}{5}$$

$$\text{或者} \quad \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{20}{30} \times \frac{45}{50} = \frac{3}{5}$$

## 第二节 CA6140 型卧式车床传动系统

图 1-6 所示为 CA6140 卧式车床的传动系统图。构成车床传动系统的主要传动链有以下几条:

(1) 主运动传动链, 是外联系传动链, 两端件为: 电动机 主轴。

(2) 车螺纹运动传动链, 是内联系传动链两端件为: 主轴 (即工件) 刀架 (刀具); 计算位移量为: 主轴 (工件) 转 1 转 刀具准确地移动工件 1 个导程距离。

(3) 纵、横向进给运动传动链, 是外联系传动链, 两端件为: 主轴 (工件) 刀架; 计算位移量为: 主轴 (工件) 转 1 转 刀具纵向 (或横向) 的位移量 (mm)。

(4) 刀架快速移动传动链是外联系传动链, 两端件为: 快速电动机 刀架。

### 一、主运动传动链

(1) 轴 上的双向片式摩擦离合器  $M_1$  向左接合时, 通过双联滑移齿轮  $\frac{56}{38}$  使轴 可获  $\frac{51}{43}$  得二种正转,  $M_1$  向右接合时, 运动经  $\frac{50}{34}$  轴  $\frac{34}{30}$  轴, 轴 可获得一种反转。

(2) 轴 经 轴上的三联滑移齿轮将运动传递至轴, 轴 可获得六种正转 (或三种反转)。

(3) 轴 后的运动传递分为二条路线, 即:

1) 轴 直接传动主轴 当主轴上的滑移齿轮  $Z_{50}$  (即  $M_2$ ) 向左与  $Z_{63}$  (轴) 啮合时, 主轴可获得六种高速。

2) 分支传动 通过背轮变速机构。 $M_2$  (齿轮离合器) 啮合时, 轴 轴 轴 轴 (主轴)。由于轴 上有两个双联滑移齿轮, 处于不同啮合位置时, 轴 至轴 的传动比有四种。其中二种相等均为  $\frac{1}{4}$ , 实际可得三种: 即

$$u = \frac{1}{16}, \frac{1}{4}, 1$$

走分支传动路线时主轴可获得 18 种中低转速。

(4) 主轴转速级数 按传动比计算的级数为:

$$2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2) = 30$$

由于分支传动中轴 到轴 间的传动比出现重叠  $\frac{1}{4}$ 。实际转速级数为:

$$2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2 - 1) = 24$$

主轴反转时, 可获 12 级不同转速。

## 二、车螺纹运动传动链

这是一条内联系传动链, 要求主轴 (工件) 1 转时, 刀架 (刀具) 应均匀准确地移动 1 个导程的距离。

### (一) 车削公制螺纹

车削公制右旋螺纹时, 各有关传动件状态如下:

(1) 轴上的  $Z_{33}$  与 轴上的  $Z_{33}$  啮合 (右旋螺纹)。

(2) 离合器  $M_3$ 、 $M_4$  脱开,  $M_5$  接合 (注意: 车削各种螺纹过程中,  $M_5$  始终处于接合状态)。

(3) 轴 上的滑移齿轮  $Z_{25}$  右移与轴 上的空套齿轮  $Z_{36}$  啮合。

(4) 轴 为主动轴而轴 为被动轴,  $u_{\cdot} = u_{基}$ 。

(5) 交换齿轮为  $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ 。

(6)  $u_{\cdot} = u_{倍}$ 。

根据以上的传动路线列出的运动平衡式如下:

$$S = 1 \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{25}{36} \times u_{基} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25} \times i_{倍} \times 12$$

化简上式得:  $S = \frac{63}{75} \times \frac{25}{36} \times 12 \times u_{基} \times u_{倍} = 7 \cdot u_{基} \cdot u_{倍}$

其中:  $u_{基} = \frac{6.5}{7}, \frac{7}{7}, \frac{8}{7}, \frac{9}{7}, \frac{9.5}{7}, \frac{10}{7}, \frac{11}{7}, \frac{12}{7}$

$$u_{倍} = \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$$

将  $u_{基}$ 、 $u_{倍}$  分别代入计算式中, 可得出  $8 \times 4 = 32$  种基本导程值, 其中符合米制螺纹标准的有 20 种。

### (二) 车削英制螺纹

英制螺纹的参数是以每英寸长度上的牙数 (扣数)  $a$  来表示的, 如果换算成螺距表示则有:

螺距:  $P = \frac{1}{a} \text{ in} = \frac{25.4}{a} \text{ mm}$

导程:  $S_a = k \cdot P = k \cdot \frac{25.4}{a}$

车削英制螺纹时各有关元件的状态如下:

(1)  $M_3$ 、 $M_5$  接合,  $M_4$  脱开。

(2) 轴上的  $Z_{25}$  (移换机构) 移至左边与轴 上的固定齿轮  $Z_{36}$  啮合。

(3) 轴 为主动轴, 轴 为被动轴, 通过  $\frac{36}{25}$  传动轴 。这时轴 至轴 的传动比为:

$$u = \frac{1}{u_{基}}$$

(4) 交换齿轮仍然为  $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ 。

根据以上传动路线列出的运动平衡式为：

$$S_a = k \cdot \frac{25.4}{a} = 1 \times \frac{58}{58} \times \frac{33}{33} \times \frac{63}{100} \times \frac{100}{75} \times \frac{1}{i_{基}} \times \frac{36}{25} \times u_{倍} \times 12$$

化简上式得：
$$k \cdot \frac{25.4}{a} = \frac{63}{75} \times \frac{36}{25} \times 12 \times \frac{1}{u_{基}} \times u_{倍}$$

其中：
$$\frac{63}{75} \times \frac{36}{25} = \frac{25.4}{21} \quad (25.4 \text{ 的误差小于 } 0.00006)$$

代入后可得：
$$k \cdot \frac{25.4}{a} = \frac{25.4}{21} \times 12 \times \frac{u_{倍}}{u_{基}}$$

$$a = k \cdot \frac{7}{4} \cdot \frac{u_{基}}{u_{倍}}$$

当  $k = 1$  时：
$$a = \frac{7}{4} \cdot \frac{u_{基}}{u_{倍}}$$

### (三) 车大导程螺纹

当加工大螺距多线螺纹或开油槽时，导程值大到标准中没有时，可采用扩大螺距机构来满足加工需要。

扩大螺距机构在主轴箱内，位于主轴至轴之间。将轴上的  $Z_{58}$  齿轮右移与轴的  $Z_{26}$  相啮合，(图示虚线位置)  $M_2$  处于右啮合位置。这时的传动路线如下：

$$\text{主轴} - \frac{58}{26} - \frac{80}{20} - \frac{50}{80} - \frac{44}{44} - \frac{26}{58}$$

轴以后的传动路线与正常螺距传动路线相同。由以上的传动结构式可见，调整后轴至轴的传动比不再是 1，而是 4 或者 16，即： $u = \frac{4}{16}$ ，于是使被车削螺纹的导程比原来的

扩大了 4 倍或 16 倍。注意：轴至轴间的  $\frac{50}{51}$  不用。

扩大螺距机构利用了主运动传动链的齿轮副，因此，使用时主轴的转速受到限制。扩大 16 倍时，主轴转速为： $n_{\pm} = 10 \sim 32r/min$  六级，扩大 4 倍时主轴转速为： $n_{\pm} = 40 \sim 125r/min$  的六级。

### (四) 车削非标准螺纹及较精密螺纹

当车削非标准螺纹和较精密螺纹时，为了减少传动系统的传动误差，要求尽量缩短传动链，以提高加工螺纹的螺距精度，可将进给箱中的内齿式离合器  $M_3$ 、 $M_4$ 、 $M_5$  全部接合，于是把进给箱内的轴、轴、轴、丝杠连成一条轴，这样就最大限度地缩短了传动路线，从而提高了车削螺纹的精度。在车削不同

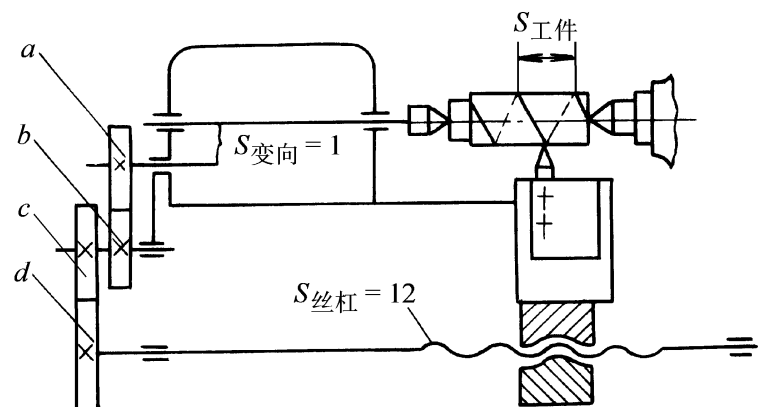


图 1-7 直联丝杠车螺纹的交换齿轮传动示意图

螺距的螺纹时，其螺距则借调整交换齿轮  $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$  得到。图 1-7 所示为直联丝杠传动示意图。

### 第三节 Y3150E 型滚齿机传动系统

在滚齿机上用滚刀加工齿轮的过程，相当于一对螺旋齿轮的啮合运动过程。蜗杆实质上是单线或多线的螺旋齿轮，因此它可以和蜗轮及各种圆柱齿轮啮合。将蜗杆制成滚刀则可以加工出渐开线齿廓的各种齿轮。

#### 一、滚切直齿圆柱齿轮的三条传动链

滚切直齿圆柱齿轮时，工件的表面成形运动有三个，即：滚刀的旋转运动，工件的展成运动和滚刀沿工件轴向的进给运动。分别由三条传动链来实现这三个运动。

##### (一) 主运动传动链——外联系传动链

两端件：电动机——滚刀

计算位移： $n_{电}$  (r/min) ——  $n_{刀}$  (r/min)

运动平衡式：(参阅图 1-8Y3150E 滚齿机传动系统图)

$$1430 \times \frac{115}{165} \times \frac{21}{42} \times u_{.} \times \frac{A}{B} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{20}{80} = n_{刀}$$

化简后得换置公式：

$$u_{.} = u_{.} \times \frac{A}{B} = \frac{n_{刀}}{124.583}$$

式中  $u_{.}$  ——轴 至轴 间的可变传动比，共三种；

$$u_{.} = \frac{27}{43}, \frac{31}{39}, \frac{35}{35}$$

$\frac{A}{B}$  ——主运动变速交换齿轮齿数比，共三种： $\frac{A}{B} = \frac{22}{44}, \frac{33}{33}, \frac{44}{22}$

主轴转速 9 级：40 ~ 250r/min。

首先根据切削用量确定滚刀转速，并由此决定变速齿轮的啮合位置和变速交换齿轮齿数。

##### (二) 展成运动传动链——内联系传动链

展成运动是形成渐开线齿廓的主要成形运动，由工件的旋转运动与滚刀的旋转运动共同实现。

两端件：滚刀——工件（工作台）

计算位移：滚刀 1 转——工件转过  $\frac{k}{z}$  转（ $k$  为滚刀线数， $z$  为工件齿轮齿数）

运动平衡式（参阅图 1-8）：

$$k \times \frac{80}{20} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{28} \times \frac{42}{56} u_{合} \times \frac{e}{f} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{1}{72} = \frac{k}{z}$$

滚切直齿圆柱齿轮时，运动合成机构传动比： $u_{合} = 1$ 。化简后得展成运动传动链换置公式：

$$u_x = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{f}{e} \times \frac{24k}{z}$$

式中的  $\frac{e}{f}$  为结构性交换齿轮，用于工件齿数  $z$  在较大范围内变化时调整交换齿轮的传动比，使其适中以便于选取交换齿轮。

### (三) 轴向进给运动传动链——外联系传动链

两端件：工作台——刀架（滚刀沿工件轴向移动）

计算位移：工作台 1 转——刀架轴向进给量  $f$  (mm)

运动平衡式（参阅图 1-8）：

$$\times \frac{72}{1} \times \frac{2}{25} \times \frac{39}{39} \times \frac{a_1}{b_1} \times \frac{23}{69} \times u_{\cdot} \times \frac{2}{25} \times 3 = f$$

化简后得换置公式：

$$u_f = \frac{a_1}{b_1} \times u_{\cdot} = 0.6908f$$

式中  $u_{\cdot}$  ——进给箱轴 至轴 之间的可变传动比，共三种： $u_{\cdot} = \frac{49}{35}, \frac{30}{54}, \frac{39}{45}$ ；

$\frac{a_1}{b_1}$  ——轴向进给交换齿轮传动比，共四种： $\frac{a_1}{b_1} = \frac{26}{52}, \frac{32}{46}, \frac{46}{32}, \frac{52}{26}$

刀架的轴向进给量为 12 级，从 0.4 ~ 4mm/r 供选用。

### 二、滚切斜齿圆柱齿轮时的附加运动传动链

滚切斜齿圆柱齿轮时，除了需要上述的三条传动链之外，还必须增加一条附加运动传动链。因为在滚切斜齿轮时，齿长线是一条螺旋线（直齿轮是一条直线）。

附加运动传动链：

两端件：刀架——工件。

计算位移：刀架轴向移动 1 个导程  $S$  (mm) ——工件附加转过  $\pm 1$  转（指在原展成运动基础上附加转过  $\pm 1$  转）

运动平衡式：

$$\frac{S}{3} \times \frac{25}{2} \times \frac{2}{25} \times \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{d_2} \times \frac{36}{72} \times u_{\text{合}} \times \frac{e_1}{f_1} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{1}{72} = \pm 1$$

式中  $u_{\text{合}2} = 2$

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = - \frac{f}{e} \cdot \frac{24k}{z}$$

$$S = \frac{m_n z}{\sin \alpha} \quad (\text{参阅原教材})$$

代入化简后得换置公式：

$$u_y = \frac{a_2}{b_2} \times \frac{c_2}{b_2} = \pm 9 \frac{\sin \alpha}{m_n \cdot k}$$

### 三、运动合成机构传动比的确定：

(1) 滚切直齿圆柱齿轮时运动合成机构在展成运动传动链中的传动比为 1，即： $u_{\text{合}1} = 1$

(2) 滚切斜齿圆柱齿轮时，运动合成机构在展成运动传动链中的传动比为 -1。即： $u_{\text{合}1} =$

- 1

(3) 滚切斜齿圆柱齿轮时，运动合成机构在附加运动传动链中的传动比为 2，即： $u_{\text{合}2} = 2$

#### 四、滚刀安装角的调整

滚齿时，为了保证滚刀和工件处于正确的啮合位置，应使滚刀切削齿的运动方向与被加工齿轮的齿向一致。为此，应使滚刀轴线与工件顶面安装成一定的角度。

(1) 加工直齿轮时，滚刀的安装角等于滚刀的螺旋升角，即： $\delta = \lambda$ 。其方向遵循“右顺左逆”。即右旋滚刀向顺时针方向偏转；左旋滚刀向逆时针方向偏转。见图 1-9。

(2) 加工斜齿轮时，滚刀的安装角除要考虑滚刀的螺旋升角外，还应考虑工件齿轮本身的螺旋角。应遵循以下原则：

当滚刀与工件的螺旋方向相同时（即用右旋滚刀滚右旋齿轮或用左旋滚刀滚左旋齿轮时），滚刀的安装角为：

$$\delta = \lambda - \beta$$

当滚刀与工件的螺旋方向相反时，滚刀的安装角为：

$$\delta = \lambda + \beta$$

方向的确定：加工右旋齿轮时，刀架逆时针方向偏转。加工左旋齿轮时，刀架向顺时针方向偏转。

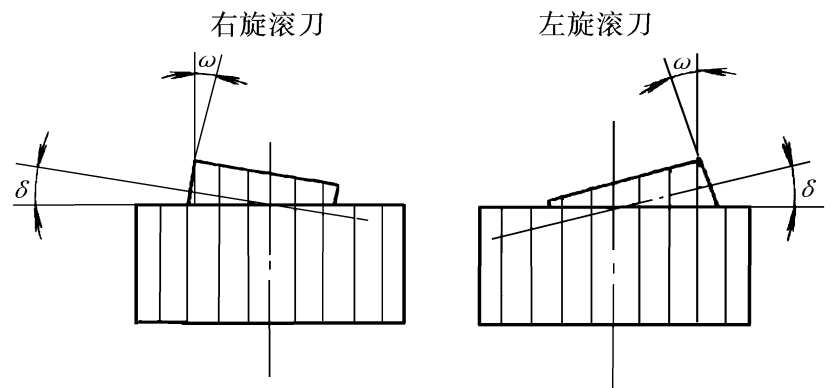


图 1-9 加工直齿圆柱齿轮时滚刀的安装角

#### 自测练习题（一）

##### 一、单项选择题

- 在车床上车制螺纹的运动过程中，联系主电动机与主轴之间的传动联系是一条\_\_\_\_\_。  
A. 外联系传动链； B. 内联系传动链； C. 不确定。
- 在 Y3150E 滚齿机上滚切斜齿圆柱齿轮时，附加运动传动链是：\_\_\_\_\_传动链。  
A. 外联系； B. 内联系； C. 不确定。
- 用一些简单的符号来表示机床表面成形运动及其传动联系的示意图是\_\_\_\_\_。  
A. 传动原理图； B. 传动系统图； C. 简化结构示意图。
- 在车床上车制螺纹时，应该严格保证主轴每转一转，刀架同时纵向移动\_\_\_\_\_距离。  
A. 一个螺距； B. 一个导程； C. 不能确定。
- 金属切削机床中，没有进给运动的机床是\_\_\_\_\_。  
A. 刨床； B. 滚齿机； C. 拉床； D. 不存在。
- CA6140 型车床的主轴转速排列是按\_\_\_\_\_分级的。  
A. 等差数列； B. 等比数列； C. 无规律。
- CA6140 型车床，进给箱中的增倍组有\_\_\_\_\_传动比。  
A. 8 种； B. 4 种； C. 2 种。
- CA6140 型车床主轴的 24 级转速中，回转精度较高的是：\_\_\_\_\_。  
A. 高六速； B. 低六速； C. 中十二速。
- CA6140 型车床、加工非标准螺纹时，移换机构的操纵手柄应处于\_\_\_\_\_位置。  
A. 公制螺纹； B. 英制螺纹； C. 任意。
- CA6140 型车床，加工英制螺纹时应使用交换齿轮是：\_\_\_\_\_。  
A.  $\frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ ； B.  $\frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$ ； C. A、B 两种均可。