

金工实习参考教材

(机、钳工部分)

北京航空学院金属工学教研室

一九八〇年六月

目 录

第一章 基本知识

第一节 质量指标	1
第二节 切削加工运动及切削用量的概念	1
第三节 常用量具	3
思考题	6

第二章 车削加工

第一节 车床简介	7
第二节 传动符号及传动比	9
第三节 C618K—1 普通车床	13
第四节 车床附件	17
第五节 车 刀	20
第六节 车削加工方法	25
思考题	33

第三章 铣削加工

第一节 铣床简介	34
第二节 X62W 万能铣床	35
第三节 铣床附件	37
第四节 铣 刀	41
第五节 铣削加工方法	44
思考题	48

第四章 刨削加工

第一节 刨床简介	50
第二节 B665 牛头刨床	52
第三节 刨 刀	55
第四节 刨削加工方法	56
思考题	60

第五章 磨削加工

第一节 磨削的特点	61
第二节 砂 轮	62
第三节 外圆磨削方法	66
第四节 内圆及平面磨削方法	69
思考题	71

第六章 钳 工

第一节 錾 削.....	72
第二节 銼 削.....	74
第三节 锯 削.....	77
第四节 钻孔、铰孔、绞孔.....	78
第五节 攻絲及套扣.....	84
第六节 划 线.....	86
第七节 研 磨.....	90
第八节 刮 削.....	91
思 考 題.....	94

第一章 基本知识

金属切削加工是指在机床上用刀具切除毛坯上多余的金属层，使其达到所需的尺寸、形状和表面光洁度的生产过程。

第一节 质量指标

金属切削加工的质量指标主要包括精度和光洁度等方面。精度可分为尺寸精度、形状精度和位置精度。我国国家标准规定尺寸精度分为1、2、3、4……12共12级，其中1级精度最高，12级精度最低，航空工业中一般采用7级以内的精度。每一级精度都规定了一定的公差。公差就是允许零件实际尺寸的变动量。例如：图纸上标注 25 ± 0.13 ，那么加工好的工件测量所得实际尺寸，最大不得大于25.13毫米，最小不得小于24.92毫米。

光洁度分为 $\nabla 1$ 、 $\nabla 2$ 、 $\nabla 3$ 、 $\nabla 4$ 、 $\nabla 5$ 、 $\nabla 6$ 、 $\nabla 7$ 、 $\nabla 8$ 、 $\nabla 9$ 、 $\nabla 10$ 、 $\nabla 11$ 、 $\nabla 12$ 、 $\nabla 13$ 、 $\nabla 14$ 共14级。 $\nabla 1$ 最粗糙， $\nabla 14$ 最光洁。 $\sim$ 表示毛坯表面，不必加工。上列符号通常标注在工件的被加工面上。一般最常见的光洁度是 $\nabla 3$ — $\nabla 7$ 。

形状精度和位置精度在图纸上都有专门的符号和数字表示，在此不详细说明。

第二节 切削加工运动及切削用量的概念

一、切削运动 (图1—1)

机械加工常用的加工方法有车削、铣削、刨削、磨削、钻削等，这些加工方法都是建立在工件和刀具之间的相对切削运动的基础上。图1—1中表示：

车削：工件作旋转运动 (v)，车刀作直线移动 (s)，可车出外圆柱面。

刨削：刀具相对工件作纵向往复直线运动 (v)，工件作间歇的横向直线移动 (s)，可刨出平面。

铣削：铣刀作旋转运动 (v)，工件作直线移动 (s)，可铣出平面。

磨削：砂轮快速旋转 ($v_{\text{轮}}$)，工件慢速旋转 ($v_{\text{工}}$) 及轴向移动 ($s_{\text{纵}}$) 磨出外圆柱表面。

钻削：钻头作旋转 (v) 及直线移动 (s)，可钻孔。

在切削运动中，速度最高，消耗机床功率最大的运动称为主体运动 (图1—1中的 v 和 $v_{\text{轮}}$)。使待加工的金属层连续或逐步进入切削的运动称为送进运动 (图1—1中的 S 、 $S_{\text{工}}$ 、 $v_{\text{纵}}$)。这两种运动的适当配合，就可以加工出零件上的各种表面。

二、切削用量 (图1—1)

切削用量是指切削速度 v ，送进量 s 和切削深度 t 。切削用量表示单位时间内从毛坯上切下切屑量的多少。

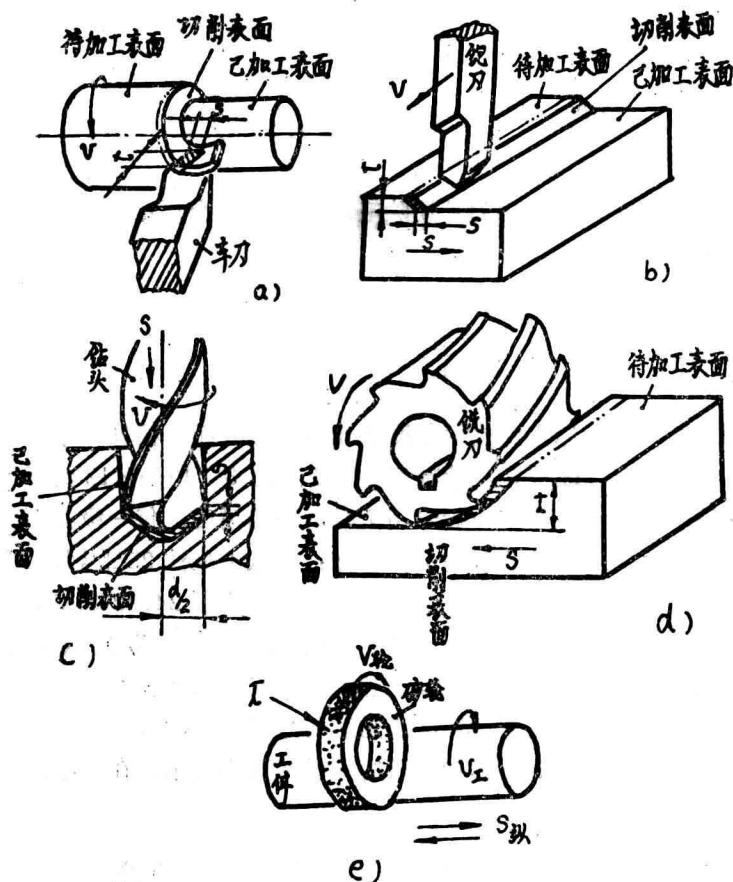


图1—1 切削加工运动及切削用量的表示方法

1. 切削速度 v ：即主体运动的线速度，一般以米/分计算。其计算公式为：

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ 米/分}$$

式中： D —工件或刀具的直径（车削为工件直径，铣削、钻削等为刀具直径）。

n —工件或刀具每分钟转数（车削为工件转数，铣削等为刀具转数）。

磨削加工因其砂轮转速较高，单位为米/秒。

如果主体运动为往复运动（如刨削），则它们的切削速度为

$$V = \frac{2 L n}{1000} \text{ 米/分}$$

式中： L —刨刀往复运动冲程长度。

n —刨刀每分钟往复次数。

2. 送进量 (S)：单位时间里刀具（或工件）在送进方向的移动量。表示方法各种切削加工有所不同。

车削：毫米/转（工件）

刨削：毫米/往复一次

铣削：表示方法有三种即

毫米/分、毫米/转（铣刀）、毫米/齿（铣刀）。

磨削：磨外圆时

V_E —工件圆周速度 米/分

$S_{纵}$ —工件纵向送进量 毫米/转（工件）或 米/分。

钻削：毫米/转（钻轴）

3. 切削深度（ t ）：待加工表面和已加工表面之间的垂直距离（毫米）。

$$\text{车外圆时： } t = \frac{D-d}{2} \text{ (毫米)}$$

式中： D —待加工表面的直径（毫米）

d —已加工表面的直径（毫米）

$$\text{钻削： } t = \frac{D}{2} \text{ (毫米)}$$

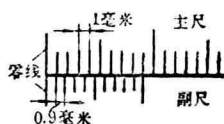
第三节 常 用 量 具

一、游 标 尺

测量轴径、高度、深度时，如果它们的尺寸公差较大（例如 12 ± 0.5 毫米），基本上可用钢板尺测量，也就是说钢板尺只能用于准确度为半毫米的场合。如果尺寸为 12 ± 0.1 ， 12 ± 0.05 ， 12 ± 0.02 等，就不能用钢板尺测量了，要用游标尺来测量（如游标卡尺、游标深度尺等）。游标尺有三种准确度，分别可读出 0.1 毫米，0.05 毫米，0.02 毫米。

关于游标尺的构造和正确使用方法，可在实际使用中去学习，以下说明游标尺为什么有的可读出 0.1，有的可读出 0.05。

图1—2是精度为 0.1 毫米的游标卡尺上的刻度。主尺刻度和普通钢板尺一样，每格为 1



a) 主尺上 9 格长度 = 副尺上 10 格长度，

主尺与副尺每格差 0.1 毫米



b) 示例： $90 + 4 \times 0.1 = 90.4$ 毫米

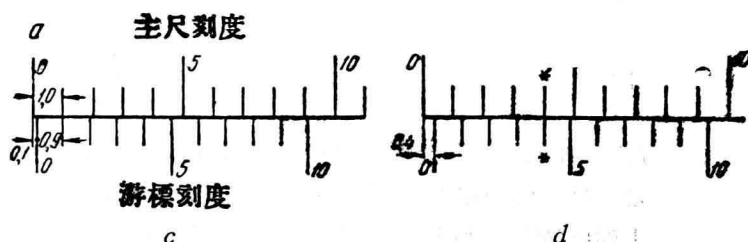


图1—2 游标卡尺（精度 0.1 的刻度）

毫米。游标上刻度由0线至10的长度并不是10毫米，而是9毫米，不过分成10格而已，因此游标上每格的宽度为9/10毫米（0.9毫米），也就是，主尺上的一格与游标上的一格相差0.1毫米（图中c）。在测量时，如看到上、下两排刻度中的第四根线重合（如图d中所示），其它线都不重合，那么游标向右移动了4×0.1毫米。读数时先看主尺上的毫米整数是多少（游标零线前面的主尺刻线值——图b中的90），把主尺数值和游标数值相加就是所测得的数值（图b，90+4×0.1=90.4毫米）。

如果将19毫米长的游标分成20格（图1—3a），那么游标每格宽度为19/20毫米（即0.95毫米），因此在这种情况下主尺上的一格与游标上的一格相差为1-0.95=0.05毫米，这就是精度0.05毫米的游标刻线法。图1—3b表示读数为33.40毫米的游标位置。

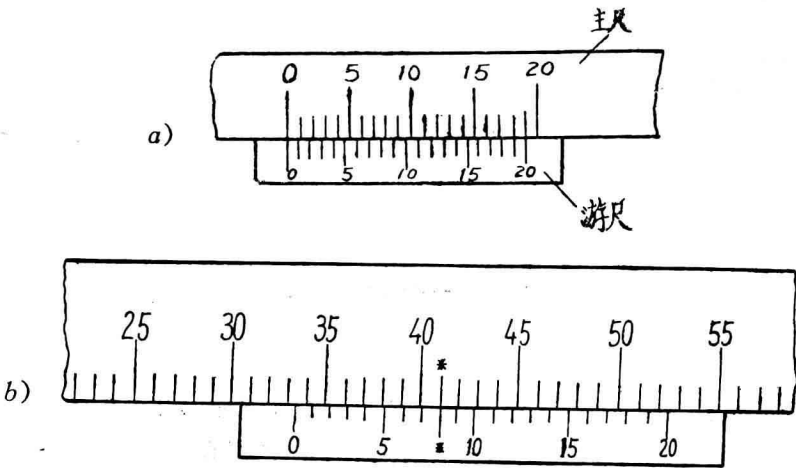


图1—3 游标精度的刻线法

目前使用的卡尺一般都是0.05精度，它带有测量内、外直径的量爪（有的还带有测量深度的测杆），使用情况见图1—4。

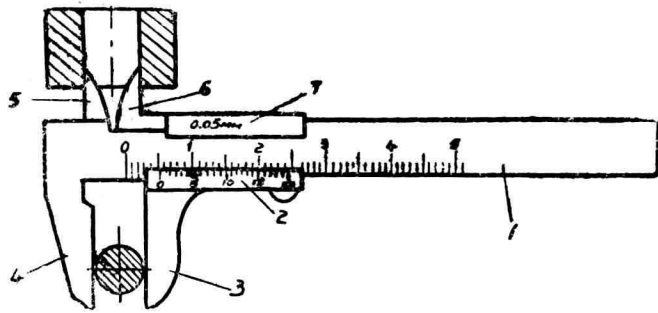


图1—4 用0.05精度游标卡尺测量内外径

用上述游标的刻线方法，如取游标长度为49毫米，将其分为50格，则每格宽度为49/50毫米，即0.98毫米，于是游标上的一格与主尺上一格（1毫米）相差0.02毫米。读数时和其它卡尺一样，把主尺上的整数部分加上游标重合部分的数值就是测量结果。0.02的卡尺已属精密量具，当使用0.05已能满足要求时，就不要用0.02的。

二、千分尺（分厘卡）

普通千分尺可读出百分之一毫米，应当称为百分尺，但长期习惯上都称为千分尺（分厘卡）。图1—5是外径千分尺，测量范围0~25毫米。其螺杆和活动套筒是连在一起的，旋转活动套筒可使螺杆向左或向右移动。当砧座与螺杆端面贴合时，固定套筒上零线应与活动套筒上零线相重合，它表示尺寸的零点。当砧座与螺杆端面之间放入工件，旋动活动套筒保持工件与端面良好接触，从两套筒的刻度就可以读出工件的尺寸，也即砧座与螺杆端面之间距离。固定套筒上沿轴向每一格为0.5毫米，活动套筒上沿圆周每一格代表0.01毫米，而在活动套筒的圆周上共有50格，合计一周为 $50 \times 0.01 = 0.5$ 毫米，也就是说，活动套筒转一圈，则螺杆移动0.5毫米，这正好相当于固定套筒上的一格。这种测量方法是把轴向的一定距离（目前是0.5毫米），利用圆周的等分（50份）来实现细小的划分（ $\frac{0.5}{50} = 0.01$ ）。读数时，将固定套筒上的数值加上活动套筒上的数值（见图1—6的读数示例）。

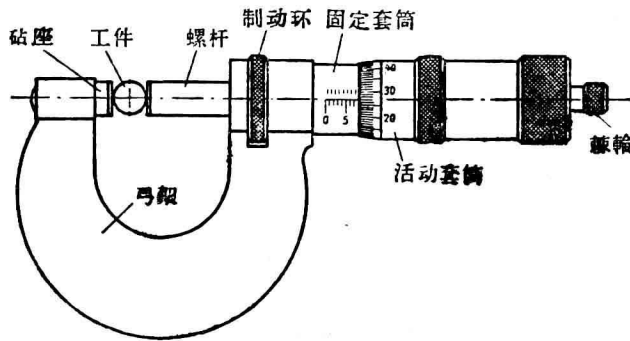
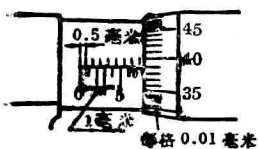
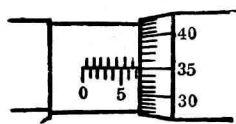


图1—5 外径千分尺



$$7 + 0.39 = 7.39 \text{ 毫米}$$



$$7 + 0.35 = 7.35 \text{ 毫米}$$

图1—6 千分尺的读数示例

三、百分表

常用于测量几何形状误差及表面相互位置误差，在车床及磨床上安装工件时，也常用它找正。

图1—7是百分表外观图，刻度值0.01毫米。

表的大针刻度，每格代表0.01毫米，共有100格，所以大针转一圈代表1毫米。小针的刻度每格代表1毫米，当大针转一圈，小针才转一格，所以小针是记录大针所转的圈数的。测

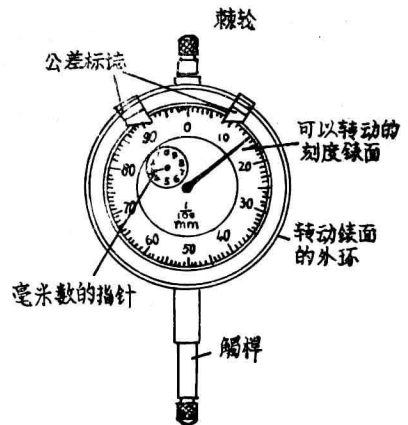


图1—7 百分表

量时，触杆被工件推向管内，触杆移动的距离为小针读数（测出的整数部分）加上大针的读数（小数部分）。

四、量 规

量规有各种形式，测量轴的为卡规；测量孔的为塞规。它不能量出零件的实际尺寸，只能检查零件尺寸是否在公差范围以内，因为它的两端是分别按照零件的最大、最小极限尺寸制造的。量规的两端分别称为通端及止端。例如塞规，按孔的最小极限尺寸制造的一端为通端，在测量时必须通过零件的孔；另一端为止端，按零件的最大极限尺寸制造，测量时不应通过。图1—8a)为测量轴的卡规，b)为测量孔的塞规。

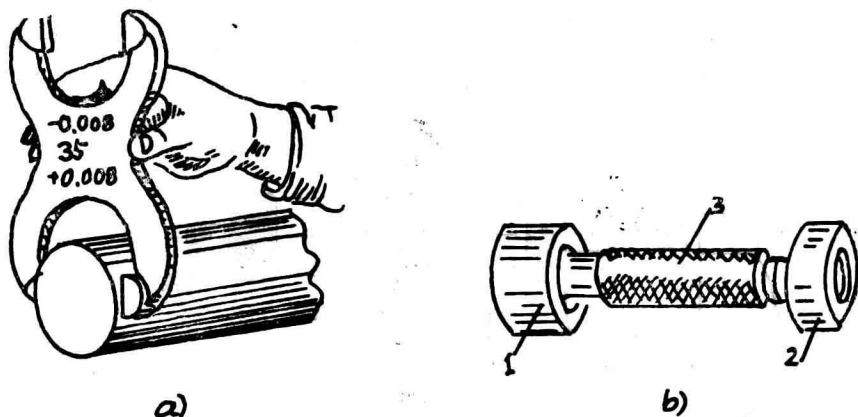


图1—8 卡规和塞规

思 考 题

1. 零件尺寸精度和表面光洁度在图纸上如何表示？
2. 在切削加工中，什么是机床的主体运动？什么是送进运动？举例说明。
3. 什么是切削用量， v 、 s 、 t 表示什么？计算单位是什么？
4. 如何正确使用量具？

第二章 车削加工

车削是切削加工中最基本的一种加工方法，应用很广，一般在机械加工车间，车床往往要占机床总数的30%~50%。在车削加工时，工件作旋转运动（称主体运动），刀具作直线或曲线移动（称送进运动）。在车床上可以进行车外圆、车端面、切槽、打中心孔、钻孔、镗孔、铰孔、车锥体、车螺纹、车成型表面、滚花以及绕弹簧等工作（见图2—1）。

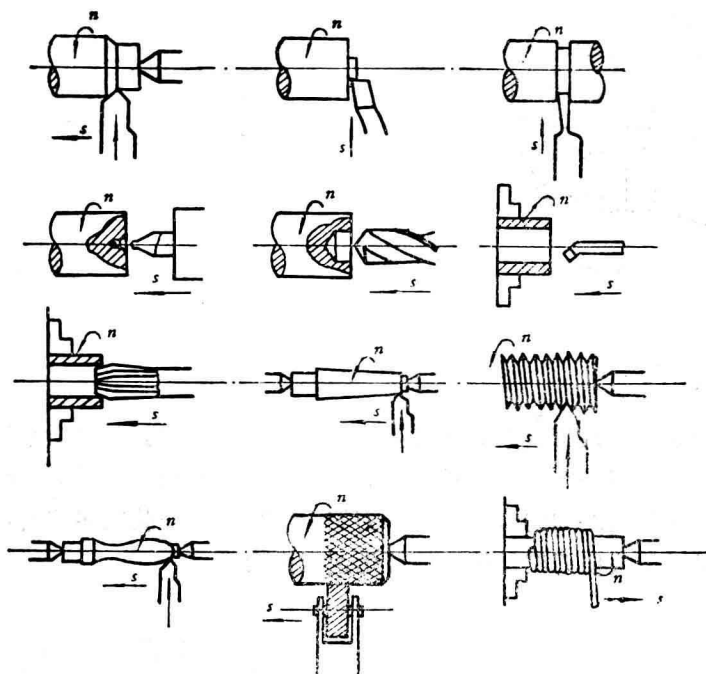


图2—1 车削工作

车削加工用于加工一般精度的零件（3~5级），并为精密零件进行预加工。当精车或精镗时可达2级精度。车削后的零件表面光洁度一般为 $\nabla 3 \sim \nabla 6$ ，精车后可达到 $\nabla 7$ 。

第一节 车床简介

车床的种类很多，其中最常见的是普通车床，此外，还有立式车床、落地车床、六角车床和自动、半自动车床等，现分别简述如下：

一、立式车床

如图2—2所示。这类车床的主轴是直立的，工件安装在主轴的圆转台上，并由主轴带动作旋转运动。刀架可沿横梁作垂直方向和水平方向的送进运动，也可以转一定的角度用来车圆锥表面。立式车床适合于加工直径大而长度较短的大型工件。

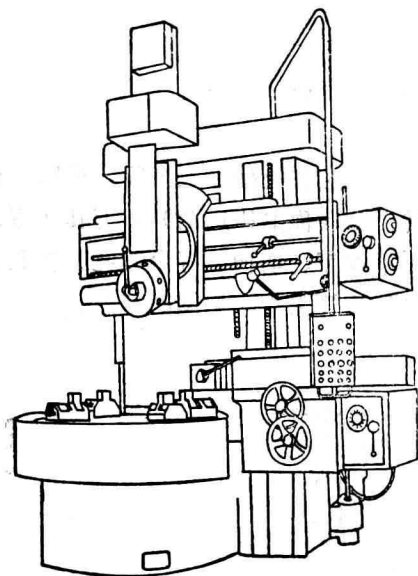


图2-2 立式车床

二、落地车床

如图2—3所示。这类车床也是用来加工直径大而长度短的工件，但其主轴是水平放置的。它没有床身，只有主轴箱和刀架。为了避免主轴中心离地面太高，所以机床的一部分往往降到地平面以下。

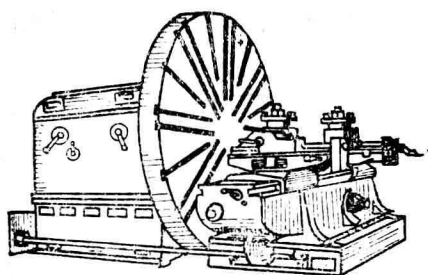
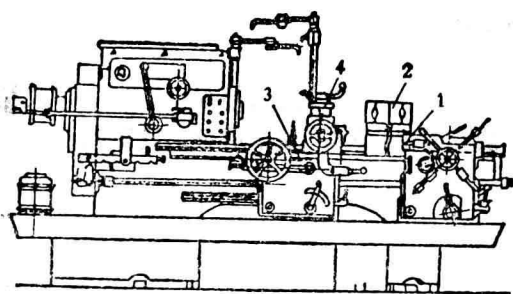


图2-3 落地车床

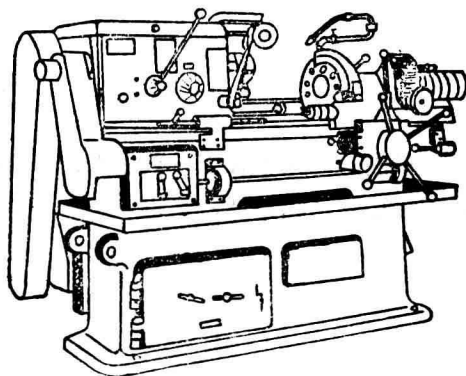
三、六角车床

这类车床适用于加工外形复杂，且而生产批量较大的工件。与普通车床不同之处，是原来车床尾架部分，代之以一个绕垂直轴旋转的六角形转塔刀架（见图2—4a），或绕水平轴旋转的圆形回轮刀架（见图2—4b），在这个刀架上可以同时安装很多刀具，因此在加工一个工件的过程中，只需依次使刀架转位，便可迅速变换刀具。



a

a—转塔式六角车床；



b

b—回轮式六角车床。

图2-4 六角车床

由于刀具位置及行程距离都事先调整好了，在加工时就省去了对刀、测量等操作时间，提高了生产率。

四、自动、半自动车床

凡经调整之后不需人工操作便能连续自动的进行工作的车床称为自动车床。若加工过程是自动的,装卸工件由人工操作的车床称为半自动车床。自动或半自动车床的生产效率很高,但生产前的调整和工具准备工作比较复杂,所以适用于成批、大量生产。图2—5为单轴自动车床的外观图。

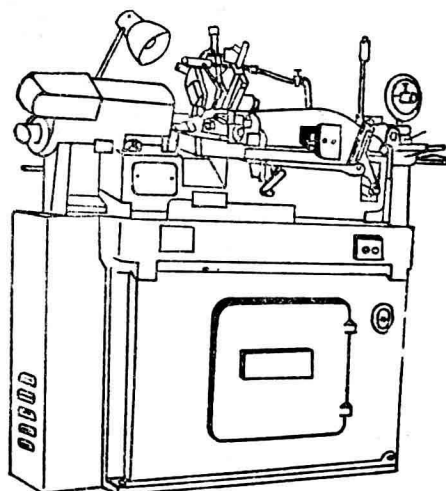


图2—5 单轴自动车床

第二节 传动符号及传动比

一、传动符号

为了便于分析机床的各种运动,常使用传动系统图,来表示机床内部传动的关系。图中采用了许多简单的符号来表示机床的传动件,常用传动件的符号见表2—1。

二、各种简单传动件的传动比

1. 皮带轮传动(图2—6)

D_1 ——主动轮直径;

D_2 ——被动轮直径;

n_1 ——主动轮转速(转分);

n_2 ——被动轮转速(转分)。

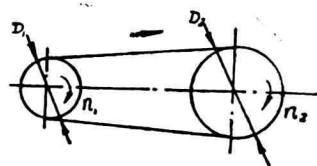


图2—6 皮带转动

若主动轮的直径 D_1 是被动轮的直径 D_2 的 $1/2$ 时,主动轮转两转,被动轮才能转一转。由此可知,两轮转速之比与两轮的直径成反比。

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

i ——传动比

皮带轮传动的传动比,是主动轮直径与被动轮直径之比。

上式可写成

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2}$$

即被动轮(轴)的转速,等于主动轮(轴)的转速再乘以主动轮到被动轮之间的传动比。

如果考虑皮带传动时的滑动则

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{D_1}{D_2} \cdot r$$

r ——皮带传动的滑动系数 ($r=0.98$)

常用传动件的符号

表2—1

项目	名 称	代 表 符 号
1	轴	
2	平皮带传动	
3	三角皮带传动	
4	链条传动	
5	爪式离合器: a—单向的; b—双向的	
6	摩擦离合器: a—一般表示法; b—单向锥形的; c—双向锥形的	
7	圆柱齿轮: a—与轴空套的; b—与轴固定的; c—带锁键的; d—带拉键的	
8	齿条传动	
9	轴承: a—瓦轴承; b、c—滚珠轴承	
10	圆锥齿轮传动	
11	蜗轮传动	
12	丝杠螺母传动: a—整体螺母; b—对开螺母	

皮带传动的优点,是传动时皮带吸收大部分振动,使工作平稳,而且适于长距离的两轴间的传动,其缺点是传动有滑动,不能保证准确的传动比。

2. 齿轮传动

齿轮传动是由摩擦轮传动演变而来,摩擦轮传动相当于皮带轮传动去掉了皮带,使两轮直接接触,利用两轮之间的摩擦力来实现传动(见图2—7)。

$$\text{同样传动比 } i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

摩擦轮传动只能用于传递扭矩不大的装置上,而且这种传动难免有打滑现象。

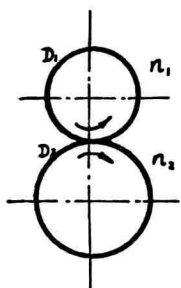


图2—7 摩擦轮传动

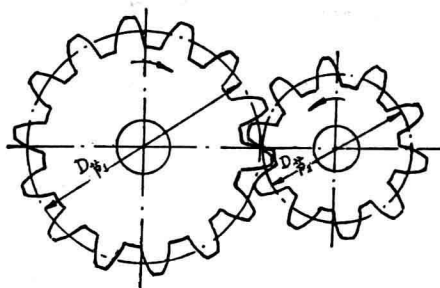


图2—8 齿轮传动

为了获得准确的传动比，采用齿轮传动（见图2—8），两个齿轮啮合时，可以假想是一对摩擦轮传动，摩擦轮的外圆在齿轮中叫节圆，因此在计算齿轮的传动比时，要用节圆直径代替摩擦轮的外圆直径。

$$\text{传动比} \quad i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_{\text{节}1}}{D_{\text{节}2}}$$

$D_{\text{节}1}$ ——主动齿轮的节圆直径；

$D_{\text{节}2}$ ——被动齿轮的节圆直径；

$$D_{\text{节}1} = m Z_1 \quad D_{\text{节}2} = m Z_2$$

m ——齿轮模数。

Z_1, Z_2 ——分别表示主动齿轮和被动齿轮的齿数。

$$\text{传动比} \quad i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

齿轮传动的传动比，是主动齿轮的齿数与被动齿轮的齿数之比。

上式可写成：

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{Z_1}{Z_2}$$

即被动齿轮（轴）的转速，等于主动齿轮（轴）的转速再乘以主动齿轮到被动齿轮之间的传动比。

例：如图2—9所示，已知电动机转速 $n=1440$ 转/分，皮带轮直径 $D_1=127$ ， $D_2=260$ ，齿轮齿数 $Z_1=35$ ， $Z_2=53$ ， $Z_3=36$ ， $Z_4=56$ 求轴Ⅲ的转速。

解：主动轴——电动机轴 $n=1440$ 转/分

被动轴——轴Ⅲ

$$\text{轴Ⅲ的转速 } n_{\text{Ⅲ}} = n \times \frac{D_1}{D_2} \times \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$n_{\text{Ⅲ}} = 1440 \times \frac{127}{260} \times \frac{35}{53} \times \frac{36}{56}$$

$$= 290 \text{ 转/分。}$$

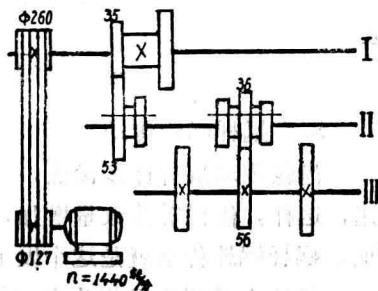


图2—9 简单传动图

齿轮的旋转方向，可用直观的办法加以判断，如图 2—10 所示，其原则是两个啮合传动的齿轮其转向相反。若两轮中间加入一轮，则传动比不变，但其转向却相同了。中间加入的这个齿轮常称“介轮”或“中间轮”，它的功用只是改变齿轮的转向，而不改变传动比。

齿轮传动的优点是结构紧凑，能够传递较大的功率，并能保证准确的传动比，缺点是当制造不准确时，工作不平稳，而且产生噪音。

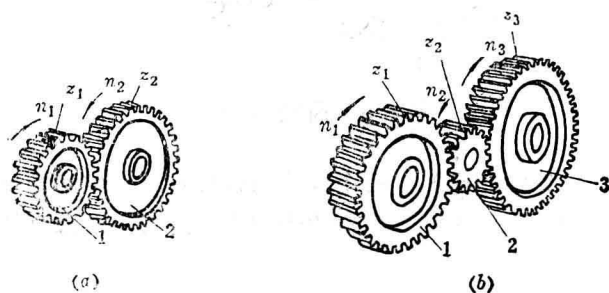


图2—10 介轮的功用

a——一对齿轮的传动； b——加介轮的传动。

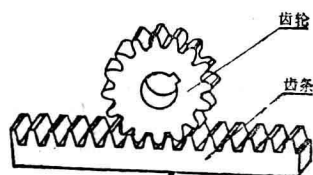


图2—11 齿轮齿条传动

3. 齿轮齿条传动

齿轮齿条传动如图 2—11 所示，用于把旋转运动变成直线运动。或把直线运动变成旋转运动。常用于机床的进给系统中，例如车外圆时，刀具的纵向进给就是通过溜板箱中的小齿轮和床身上的齿条传动来实现的。

设与齿条配合工作的齿轮其节圆直径是 $D_{\text{节}}$ ，齿数为 Z ，当齿轮转一圈时，齿条移动的距离正好等于齿轮节圆的圆周长度，若齿轮转速为 n ，则齿轮节圆的圆周速度

$$V = \pi \cdot D_{\text{节}} \cdot n \text{ 毫米/分}$$

$$V = \pi \cdot m \cdot Z \cdot n \text{ 毫米/分}$$

此时，齿条的移动速度等于齿轮节圆的圆周速度。反之，若齿条固定，齿轮轴的移动速度也等于齿轮节圆圆周速度。

4. 丝杠螺母传动

丝杠螺母传动如图 2—12 所示，可使旋转运动变成直线运动，常用于机床的进给系统中，例如用丝杠、螺母带动溜板加工螺纹，用丝杠、螺母带动刀架作横向进给。

若丝杠螺距是 t ，则丝杠转一转，螺母移动一个螺距 t ，丝杠转速为 n ，则螺母移动速度

$$V = n t \text{ 毫米/分。}$$

5. 蜗杆蜗轮传动

齿轮传动虽有许多优点，但是在减速传动比较大的场合，齿轮传动就必须采取多级减速，这样，使得零件数量增加，机构的体积和重量显著加大，这个矛盾引起齿轮传动的发展。蜗杆蜗轮传动就是这个发展中的一项成果。

机床上常用蜗杆作为主动件，蜗轮作为被动件，如图 2—13 所示，蜗杆相当于一个短的丝杠，蜗轮相当于一个不完整的螺母。蜗杆旋转推动蜗轮旋转。就相当于丝杠旋转带动螺母

移动一样。若蜗杆是单头的（在蜗杆上有一条螺旋线），那么，当它转一圈时，蜗轮转过一个齿，设蜗杆的头数是 K ，蜗轮的齿数为 Z ，蜗杆、蜗轮的转速分别用 n_1 ， n_2 表示，则

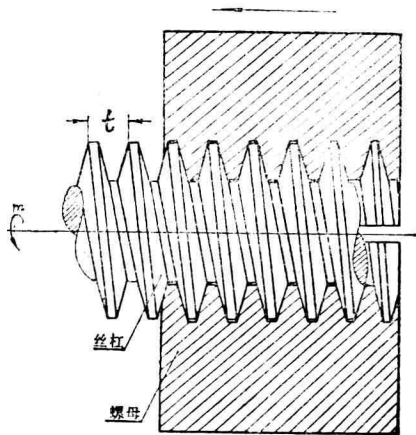


图2—12 絲杠螺母传动

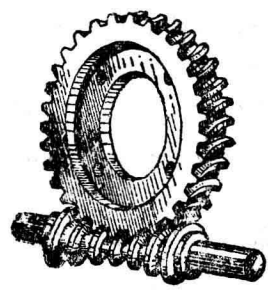


图2—13 蜗杆蜗轮传动

传动比
$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{K}{Z}$$

蜗杆蜗轮传动的传动比，是蜗杆的头数与蜗轮齿数之比。

蜗轮的转速

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{K}{Z}$$

第三节 C618K—1 普通車床

一、主要组成部分

图 2—14 所示，为 C618K—1 车床的外形，车床主要部件有床头箱 2，送进箱 3，溜板箱 4，刀架 5，尾架 6 及床身 1 等。

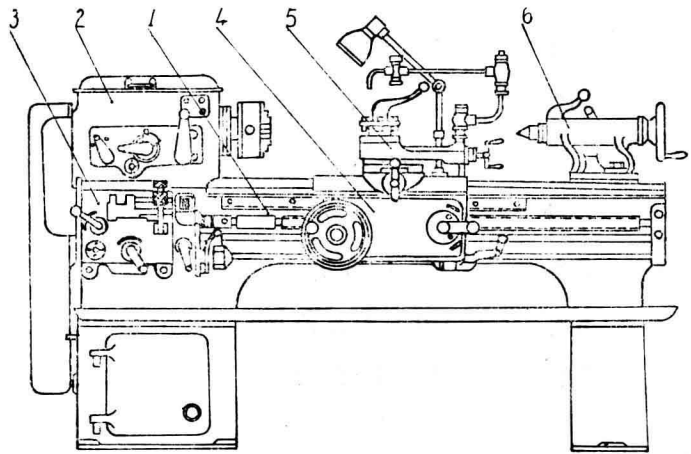


图2—14 C618K—1 车床外形

1. 床头箱（主轴箱）

用于安装主轴及卡盘，通过主轴可带动工件旋转，利用主轴箱内的齿轮变速机构可改变主轴旋转速度。

2. 送进箱（走刀箱）

内装齿轮变速机构，用以改变光杠或丝杠的转速，从而使刀具送进时获得不同的送进量，并可得到各种不同螺距的螺纹。

3. 刀架及溜板箱：

刀架共分四部分。方刀架用来装夹和转换刀具。小刀架与转盘配合可做任意水平方向的手动送进。横刀架可做机动和手动的横向送进。大刀架装在溜板箱上，可随溜板箱一起纵向移动。

溜板箱把光杠或丝杠的运动传给刀架，接通光杠时，使刀架做纵向送进或横向送进。接通丝杠时可车螺纹。

4. 尾 架

用来支顶较长的工件，还可以安装各种孔加工的切削刀具，如钻头、铰刀等。

5. 床 身

用来支承和连接车床上各个部件。床身上有两条精确的导轨，溜板箱和尾架可沿导轨移动。

二、主要规格

主轴中心高	180 毫米
两顶尖间的最大距离	850 毫米
床面上车削最大直径	360 毫米
刀架上车削最大直径	220 毫米
通过主轴孔最大棒料直径	30 毫米

以上规格是限制工件最大尺寸的。

主轴正转	12种	40~1200 转/分
主轴反转	6种	113~1370 转/分
纵向送进量	36种	0.14~1.2 毫米/转
横向送进量	33种	0.09~0.77 毫米/转
车公制螺纹	15种	0.5~6 毫米
车英制螺纹	25种	3 $\frac{1}{2}$ ~48 牙/吋
车模数螺纹	6种	0.25~1.5 毫米
车径节螺纹	7种	14~24 牙/吋
电动机转速		1440 转/分
电动机功率		4.5 瓩