

石油技工学校试用教材

# 机械基础

(输油专业)

东北输油管理局技工学校 谭振兴 主编



石油工业出版社

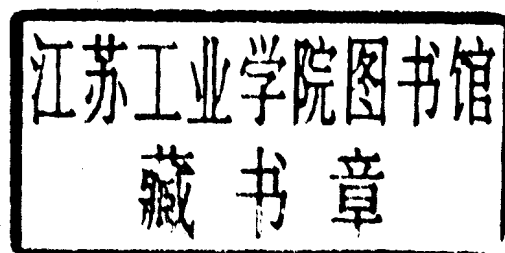
87  
TH11  
54  
3

# 机 械 基 础

(输 油 专 业)

东北输油管理局技工学校 谭振兴 主编

627.118



石 油 工 业 出 版 社

## 内 容 提 要

本书主要是将输油各工种专业课中有关机、液方面的共性基础理论部分集中在一起，为学习专业课和新技术打下良好基础。

本书共四章，内容包括：机械传动；常用机构；机械润滑；液压传动等。

本书除作为输油技工学校试用教材外，也可供职工培训、职业高中和现场工程技术人员参考。

## 机 械 基 础

(输 油 专 业)

东北输油管理局技工学校 谭振兴 主编

石油工业出版社出版发行  
(北京安定门外外馆东后街甲36号)

妙峰山印刷厂排版印刷

787×1092毫米 16开本 14<sup>3</sup>/<sub>4</sub>印张 353千字 印—3,850

1987年7月北京第1版 1987年7月北京第1次印刷

书号：15037·2824 定价：2.20元

## 前 言

本书根据石油部劳资司1984年审定的输油专业《机械基础》的教学大纲编写而成。

在编写过程中，力求适合输油技工学校的教学特点，贯彻“少而精”原则，在不破坏知识的完整性、系统性前提下，删繁就简。在内容上既注意结合输油工种，同时也注意到供其它工种选用；对一些必要计算公式，则着重于阐述其物理意义和应用。

本书由东北输油管理局技工学校谭振兴任主编，参加编写的还有中原石油技工学校李彩生。

本书初稿由东北输油管理局技工学校召开会议进行集体审阅和修改，参加审稿的有王祥昌、李彩生、谭振兴。

本书第三章、第四章的部分插图由刘长清绘制。

由于编写时间仓促，加之编写人员水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

一九八六年三月

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第一章 机械传动 .....                  | 1   |
| 第一节 引言 .....                    | 1   |
| 第二节 摩擦传动 .....                  | 5   |
| 第三节 带传动 .....                   | 8   |
| 第四节 链传动 .....                   | 23  |
| 第五节 齿轮传动 .....                  | 28  |
| 第六节 螺旋传动 .....                  | 56  |
| 第七节 轮系 .....                    | 61  |
| 第八节 联轴器与离合器 .....               | 70  |
| 第二章 常用机构 .....                  | 81  |
| 第一节 平面连杆机构 .....                | 81  |
| 第二节 凸轮机构 .....                  | 92  |
| 第三节 间歇运动机构 .....                | 100 |
| 第三章 机械润滑 .....                  | 110 |
| 第一节 润滑的意义 .....                 | 110 |
| 第二节 润滑的作用 .....                 | 110 |
| 第三节 润滑剂 .....                   | 111 |
| 第四节 润滑方式和润滑装置 .....             | 115 |
| 第四章 液压传动 .....                  | 119 |
| 第一节 引言 .....                    | 119 |
| 第二节 液压传动的基础知识 .....             | 122 |
| 第三节 液压泵和液压马达 .....              | 130 |
| 第四节 液压缸 .....                   | 143 |
| 第五节 控制阀 .....                   | 154 |
| 第六节 辅助装置 .....                  | 171 |
| 第七节 液压基本回路 .....                | 181 |
| 第八节 典型液压传动系统 .....              | 200 |
| 第九节 液压传动系统的使用维护与故障排除 .....      | 206 |
| 附录 .....                        | 216 |
| 一、液压传动系统图图形符号(GB786—76摘录) ..... | 216 |
| 二、液压图形符号的典型组合示例 .....           | 229 |
| 三、中、低压液压元件型号说明 .....            | 231 |
| 四、常用单位与国际单位换算表 .....            | 232 |
| 参考文献 .....                      | 232 |

# 第一章 机械传动

## 第一节 引言

### 一、机器和机构

#### (一) 机器

“机器”一词的概念，人们在生产实践和日常生活中已经形成。例如，缝纫机、汽车、各种机床、机泵等，都是机器。在生产中，人们广泛地使用着各种机器，这些机器尽管构造、用途和性能各不相同，但却存在着以下三个共同的特征：

1)任何机器都是人类劳动的产物，也就是人工的物体组合。或者说，任何机器都是由许许多多的构件组合而成的。如图 1-1 所示的内燃机，它是由曲轴1、连杆 2、活塞 3 和汽缸 4 等组成的。

2)组成机器的各个部分之间具有确定的相对运动。如图1-1所示，活塞 3 在汽缸体 4 中的往复直线运动，曲轴 1 在轴瓦中的旋转运动等。

3)能作出有效的机械功或转换机械能。例如，金属切削机床能够改变工件的形状；运输起重机器可以改变物体在空间的位置；发电机可以把机械能变为电能；离心泵可以把机械能转换成液体的势能等等。

根据上面分析，我们可以对机器得到这样一个明确的概念：机器就是人工的物体组合，它的各部分之间具有一定的相对运动，并能用来作出有效的机械功或转换机械能。

#### (二) 机构

机器中的机构类型很多，以内燃机为例，由齿轮机构、曲柄连杆机构、凸轮机构等组成。

机构的定义与机器有所不同，它仅具有机器的前两个特征，而不具备最后一个特征。即机构也是人工的物体组合，各部分之间也具有一定的相对运动，但它不能做机械功，也不能转换机械能。

机构与机器的区别是：机构的主要功用在于传递或转变运动，而机器的主要功用则在于为了生产目的而利用或转换机械能。例如，内燃机中的曲柄连杆机构，就是把汽缸体内活塞的往复直线运动转变为曲柄的连续转动，而整个内燃机则为机器，因为它能把燃料的化学能转换为机械能。

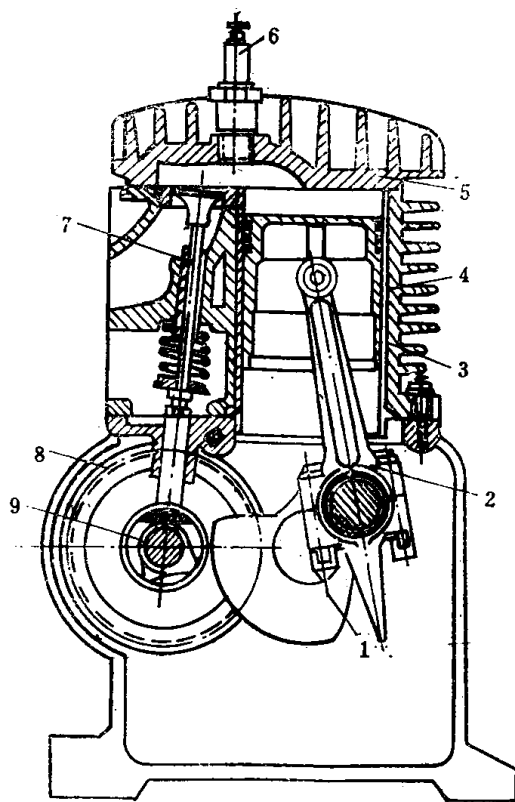


图 1-1 内燃机

1—曲轴；2—连杆；3—活塞；4—缸体；5—缸盖；6—火花塞；7—气门；8—齿轮；9—凸轮轴

### (三) 机械

机械就是机器和机构的总体。

所谓“机械原理”，就是“机构和机器原理”的简称。顾名思义，它是一门以机构和机器为研究对象的基础科学。

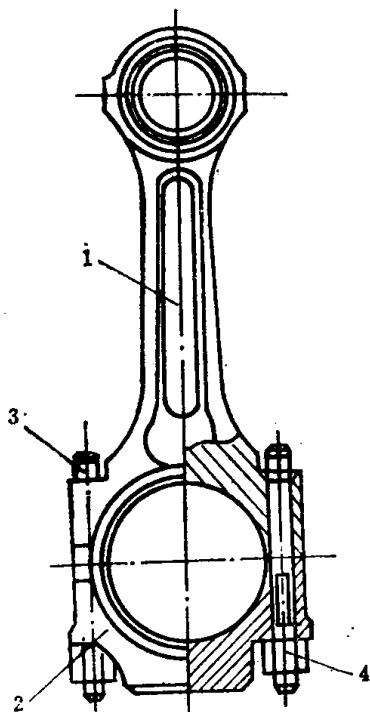


图 1-2 连杆构件  
1—连杆体，2—连杆盖，3—螺栓，4—螺母

### (四) 构件

组成机构，并且相互之间能作相对运动的物体，叫做构件。例如图1-1所示的曲柄连杆机构，它的曲柄1、连杆2、活塞3、汽缸体4等都是构件。

构件除了上面讲的刚性体的、固体的之外，还有挠性体的（如带、绳、链条等）、液体的和气体的。

构件可以是单一的零件，也可以由若干个零件联结成的刚性结构，如连杆（见图1-2）。

### (五) 零件

零件是构件的组成部分。机构运动时，属于同一构件中的零件，相互之间没有相对运动。图1-2所示的连杆是一个构件，它是由连杆体、连杆盖、螺栓和螺母等零件组成的。

通常将零件又分为专用零件和通用零件两种：

1) 专用零件。专用零件一般只能适用于特定型式的机器上，并且形成这类机器所具有的特殊性。如内燃机的曲轴、连杆，油泵上的叶轮、密封等。

2) 通用零件。具有同一功用及性能的零件。如螺栓、螺母、垫圈、键、铆钉、轴、轴承、齿轮、带轮等。通用零件一般按国标做成一定的规格和尺寸，所以又称为标准零件（俗称标准件）。

## 二、运动副

构件是由若干个物体组合而成的（或有若干个零件联接在一起），这时有的是坚固的联接，彼此没有相对运动，即属刚性联接。如内燃机中的汽缸体与汽缸盖，输油泵中的泵体与泵盖，阀门中的阀体与支架等。而大量的则是活动的组合，即在相互联接的两构件间仍存在一定的相对运动。

构件之间直接接触而又能产生一定形式相对运动的联接，称为运动副。

在运动副中，构件与构件的接触不外乎是点、线和面三种型式。

按两个构件接触形式不同，运动副可以分为低副和高副。

### (一) 低副

两构件通过面接触组成的运动副称为低副。

低副按其构件的运动情况可分为以下三种型式：

#### 1. 回转副

若运动副只允许两构件作相对转动，则称该运动副为回转副，也称铰链。如图1-3a所示的轴与轴瓦、图1-3b所示的铰链等就是回转副。

#### 2. 移动副

若运动副只允许两构件沿某一直线作相对移动，则称该运动副为移动副。如图1-1所

示的内燃机中活塞与汽缸、图1-4所示的滑块与导槽等就是移动副。



图 1-3 回转副

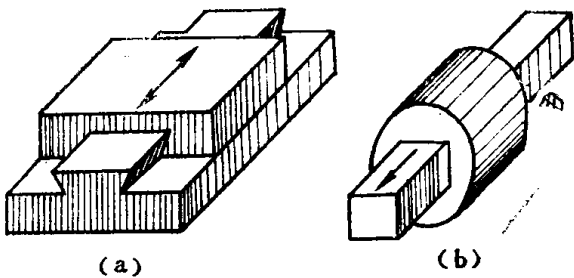


图 1-4 移动副

### 3.螺旋副

若运动副中两构件作转动和移动的复合运动，则称该运动副为螺旋副，也称空间运动副。如图1-5所示的螺母与螺栓的联接。

#### (二)高副

两构件通过点或线接触构成的运动副称为高副。如图1-6a所示的滚动轴承，图1-6b所示的凸轮机构，图1-6c所示的齿轮传动等都是高副。

低副与高副由于其直接接触部分的几何特点不同，在使用上各有其不同的特点。

高副的特点。能传递较复杂的运动，但因属点、线接触，在承受载荷时接触处单位面

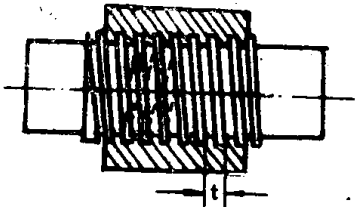


图 1-5 螺旋副

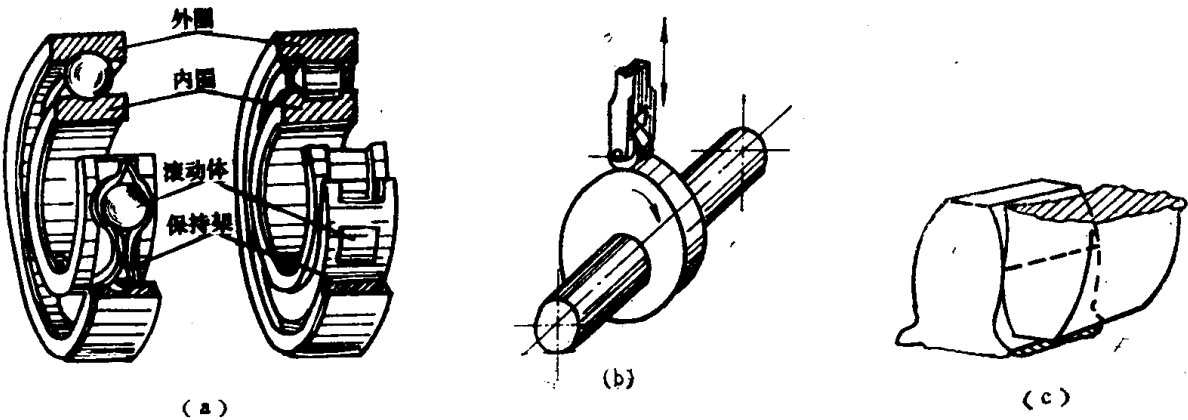


图 1-6 高副



积上的压力较高，因此高副的构件易磨损，寿命低。

低副的特点。低副由于面接触，承受载荷时单位面积所受压力较低，因此比高副的承载能力大。另外，低副的接触表面一般都是圆柱面或平面，容易制造和维修。但是，低副不能传递较复杂的运动。又因为低副系滑动摩擦，故摩擦损失比高副大，效率低。

### 三、机械传动基本知识

#### (一) 机器的组成

机器通常由原动机、传动和工作机三部分组成。

原动机(也叫动力机)是将各种形态的能转换为机械能的机器。如内燃机和蒸汽机可以将化学能、热能转换为机械能；电动机可以将电能转换为机械能；水轮机可以将液体的位能转换为机械能。其运动的输出形式通常为转动。它的主体机构比较简单，由于经济上的原因，其运转速度一般较高。

工作机(也叫执行机构)是利用机械能来改变材料或工件的性质、状态、形状或位置，以进行生产或达到其它预定目的的机器。如压缩机、泵、机床、起重机、汽车等。其特点是机构的运动比较复杂多样，运转速度受生产性质的限制，一般低于原动机，并按不同的工况作相应变化。

#### (二) 传动装置

**传动装置是指把原动机的机械能传送到工作机上去的中间装置(也常称为传动)。**

传动的任务是实现下列各项中的某些项：

- 1) 把原动机输出的速度降低或增高，以适合工作机的需要。
- 2) 用原动机进行调速不经济或不可能时，采用变速传动来满足工作机的经常变速要求。
- 3) 把原动机输出的等速旋转运动，转变为工作机所需要的、其速度按某种规律变化的旋转或非旋转运动。

4) 把原动机输出的转矩，变换为工作机所需要的转矩或力。

5) 实现由一个或多个原动机驱动若干个相同或不相同速度的工作机。

#### (三) 传动的类型

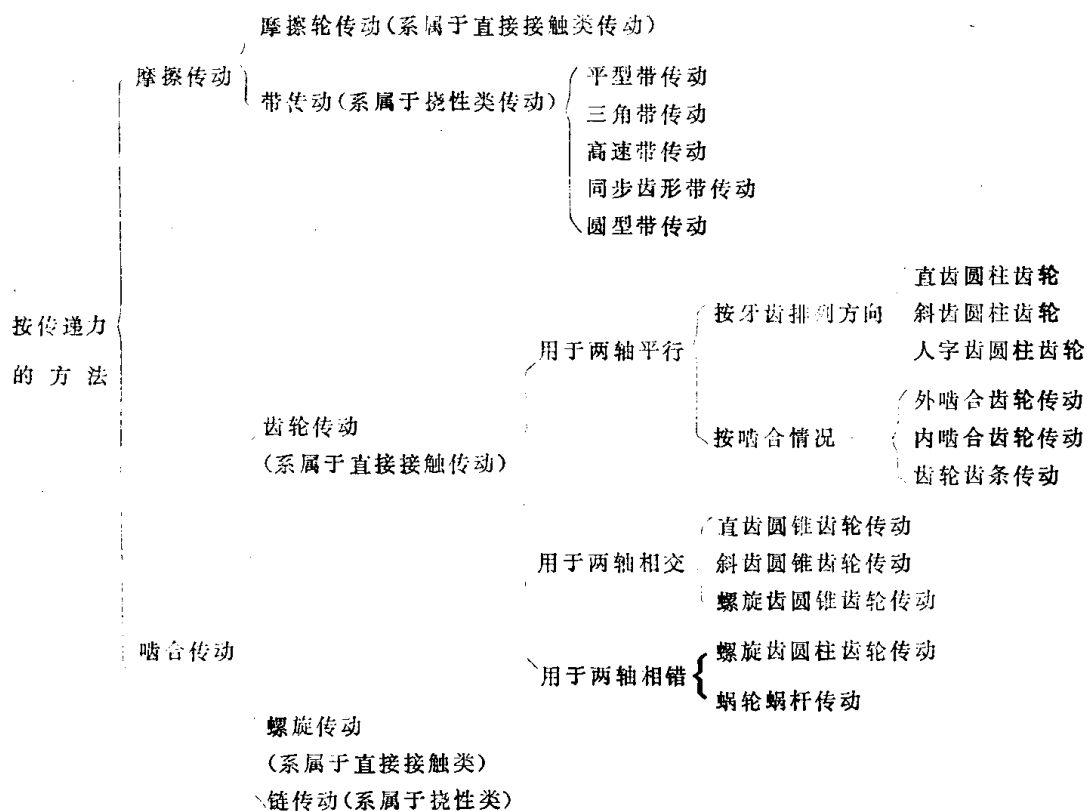
在现代工业中，主要应用以下四种：

- 1) 机械传动。采用轴、轮等机械零件组成的传动装置来进行能量的传递。
- 2) 液压传动。采用液压元件，利用液体作为工作介质，以其压力进行能量的传递。
- 3) 气压传动。采用气压元件，利用气体作为工作介质，以其压力进行能量的传递。
- 4) 电气传动。采用电力设备和电气元件，利用调整其电参数(电压、电流、电阻)，来实现能量的传递。

#### (四) 机械传动的分类

随着现代工业的发展，在机械行业中，除了机械传动之外，越来越广泛地采用电气传动、液压传动和气压传动，或者几种传动综合使用。不过，目前还是机械传动应用得最多，最普遍。

机械传动的类型，按传动的工作原理分类如下：



## 第二节 摩擦传动

### 一、基本原理

摩擦传动是在两轴相距较近，利用两轮的直接接触所产生的摩擦力来传递动力的（图 1-7）。

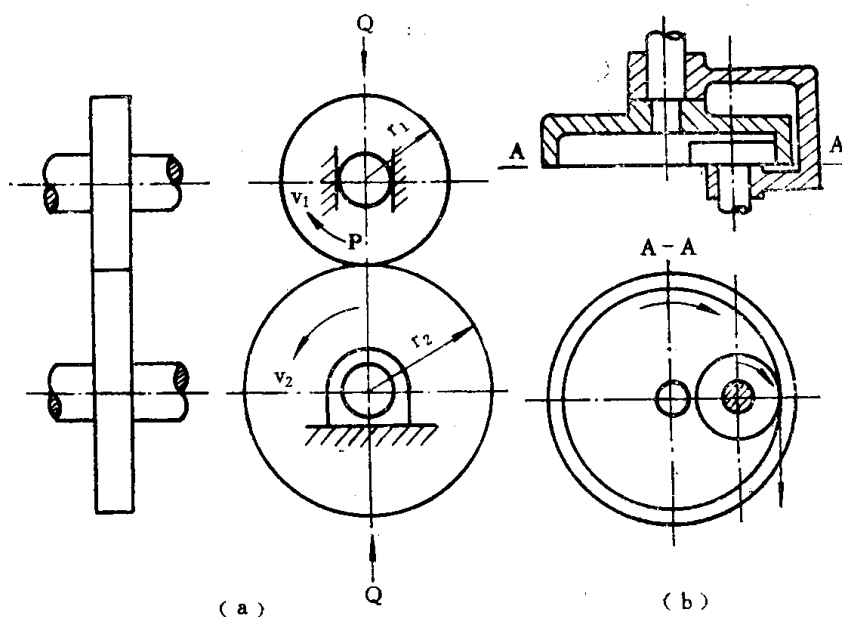


图 1-7 两轴平行的摩擦轮传动

为了使两轮在传动时不会发生相对滑动，两轮接触处必须具有足够大的摩擦力，即摩擦力应足以克服从动轮上的阻力。

因为摩擦力  $F = fN$ （式中  $N$  为两摩擦面之间的正压力， $f$  为摩擦系数），所以要增大摩

擦力就必须从两个方面着手进行,即增大正压力 $N$ 或增大摩擦系数 $f$ 。

增大正压力,可以在摩擦轮上装弹簧(见图1-8a)或压缩空气装置,但这样会增大作用在轴和轴承上的力,因而增大了摩擦的损失和降低传动效率。并且在这种情况下,不得不增大传动件的尺寸,从而使机械笨重,因此只能适当增加正压力。更有效的办法是在增加正压力的同时,增大摩擦系数,在轮的接触处必须选用适当的材料,例如将其中一个摩擦轮用钢或铸铁制成,另一个摩擦轮表面衬上一层石棉、皮革、橡胶、塑料或纤维材料等。

## 二、传动比

如图1-7所示,如果要使两个摩擦轮接触处 $P$ 点不产生滑动,则 $P$ 点的圆周速度应该相等,即 $v_1 = v_2$ 。

根据运动学  
则

$$v_1 = r_1 \omega_1; \quad v_2 = r_2 \omega_2$$

$$r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

又

$$v_1 = \frac{\pi r_1 n_1}{30}$$

$$v_2 = \frac{\pi r_2 n_2}{30}$$

所以

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

那么

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{d_2}{d_1} = u \quad (1-1)$$

式中:  $v_1$ 、 $v_2$ ——主动轮和从动轮的线速度,米/秒;

$n_1$ 、 $n_2$ ——主动轮和从动轮的转速,转/分;

$\omega_1$ 、 $\omega_2$ ——主动轮和从动轮的角速度;

$d_1$ 、 $d_2$ ——主动轮和从动轮的直径,毫米。

由公式(1-1)表明,主动轮与从动轮的转速之比,或从动轮与主动轮的直径之比称为传动比,也叫传动速比。用符号 $u$ 表示。

## 三、摩擦轮传动的种类和应用

### (一)摩擦轮传动的种类

#### 1.两轴平行的摩擦轮传动

在这种情况下常采用圆柱形摩擦轮传动,如图1-7所示。如果需要两轴的旋转方向相反,可采用外接圆柱形的摩擦轮传动(图1-7a);如果需要两轴的旋转方向相同,则采用内接圆柱形的摩擦轮传动(图1-7b)。其传动比为:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

#### 2.两轴相交的摩擦轮传动

在两轴相交时,可采用圆锥形摩擦轮传动,同样也有外接圆锥摩擦轮传动(图1-8a)和内接圆锥摩擦轮传动(图1-8b)。在安装时,两轮的锥顶必须重合,这样才能使两锥面避免滑动,保持同一接触点在两轮上的线速度相等。

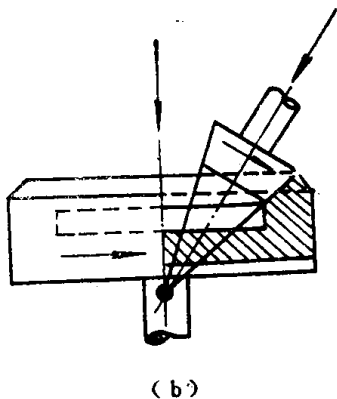
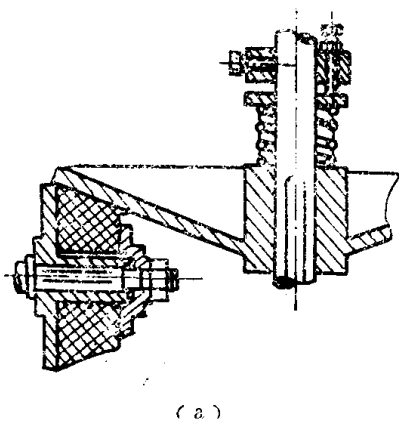


图 1-8 两轴相交的摩擦轮传动

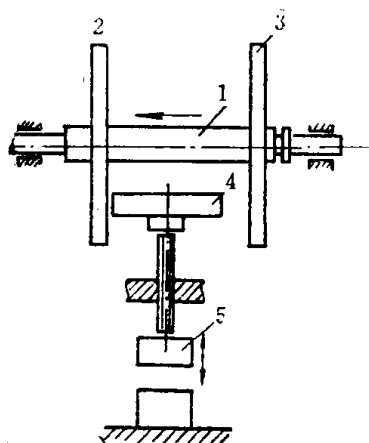


图 1-9 摩擦压力机

1—主动轴；2—摩擦盘；3—摩擦盘；4—从动盘；5—压块

两相交的摩擦轮传动的传动比 $u$ 的计算方法与上面所说的相同，即

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

## (二) 摩擦轮传动的应用

摩擦轮传动一般应用在锻压设备、起重运输设备、减速器、金属切削机床和各种仪器中，它更广泛地应用在无级变速的机械中。

图1-9所示是一台应用摩擦轮传动原理制成的摩擦压力机。轴1为主轴，轴1上装有两个能够同时作轴向移动的摩擦盘2和3。4是从动盘，下面连有一螺杆，螺杆下端装有压块5，压块5可随着螺杆在机架的导向槽内上下滑动。盘3与盘4接触时，盘2与盘4即分开。当轴1以恒定的方向和转速转动时，盘3即带动盘4和螺杆，从而使螺杆和压块5逐渐向下移动。在螺杆下移的过程中，由于盘4和盘3的接触处逐渐远离轴1的轴心线，所以盘4的转速也逐渐增大，因而使压块5加速度下降。压块5完成冲压工作以后，利用另一套机构使盘2和3向右移动，而使盘2与4接触，盘3与盘4分离，这时螺杆反方向旋转，并带着压块5以减速上升。压块5的这种变速运动，通常称为无级变速运动。

## 四、摩擦轮传动的特点

### 摩擦轮传动的优点

- 1) 摩擦轮的形状简单，成本低。
- 2) 运转平稳无噪声。
- 3) 在机器运转时可平稳地变速，而且起动、停止和变向都很方便。
- 4) 传动过载时，两轮接触处即产生滑动，因而可以防止机件损坏，起保险作用。
- 5) 可获得无级变速。

### 摩擦轮传动的缺点

- 1) 在两轮接触处有时会出现滑动现象，所以不能保持准确的传动比。
- 2) 不宜传递较大的扭矩(因为在传递大扭矩时，一定需要较大的压紧力，这样就要增大机构的尺寸)。

从上述优缺点中得出：摩擦传动主要用于转速较高，传递功率较小(传递功率一般在10马力以下)，但对保持恒定传动比无严格要求的场合。

### 第三节 带 传 动

#### 一、概述

##### (一)带传动的工作原理

带传动（俗称皮带传动）是由主动轮 1、从动轮 2 和紧套在两轮上的带 3 所组成，如图 1-10 所示。

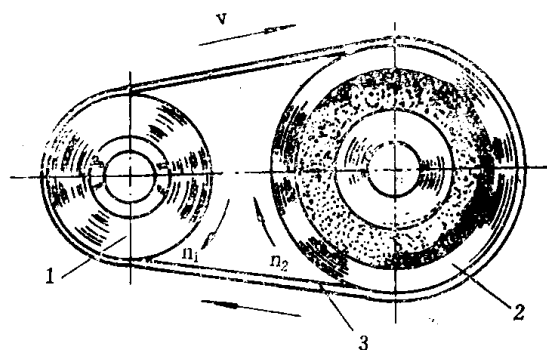
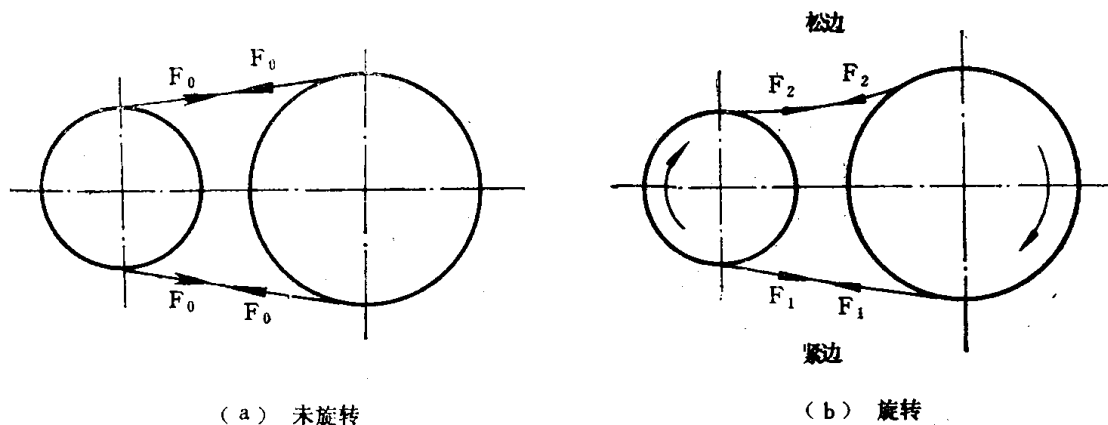


图 1-10 带传动

1—主动带轮；2—从动带轮；3—带

将闭合的带 3 张紧在主动轮 1 和从动轮 2 上，带与两轮的接触面就产生了正压力。当主动轮旋转时，带轮 1 利用其轮缘与带之间的摩擦力使带运动，带又依靠它与从动轮之间的摩擦力而带动从动轮 2 运动，这样就把主动轮的运动和动力传给了从动轮 2。实质上带传动是两带轮借助于中间挠性件——带的摩擦传动。

不工作时，带在带轮两边的拉力是相等的，如图 1-11a 所示，初拉力均为  $F_0$ 。工作时，由于带和带轮接触面上的摩擦力作用，而两边的拉力不相等。拉力大的一边称为带的主动边或紧边，其拉力为  $F_1$ ；拉力小的一边称为带的从动边或松边，其拉力为  $F_2$ ，如图 1-11b 所示。



(a) 未旋转

(b) 旋转

图 1-11 带传动的拉力

示。紧边与松边拉力之差  $F_1 - F_2 = P$ ，称为有效拉力，即带传动所能传递的圆周力，其数值等于带与带轮间摩擦力的总和，即  $P = \sum F_m$ 。摩擦力越大，有效拉力就越大，传递的动力也就越大。

圆周力  $P$  与所传递的扭矩  $M_1$  和功率  $N$  的关系：

$$P = \frac{2M}{D} = \frac{102N}{v}, \text{公斤力} \quad (1-2)$$

式中：N——带轮传递的功率，千瓦；

M——带轮传递的扭矩，公斤力·厘米；

D——带轮直径，厘米；

v——带的速度，米/秒。

(二)带的种类及应用

带的剖面形状有扁平矩形、梯形、圆形等。其中圆形带常用于传递功率不大的场合，如缝纫机、仪表等。扁平矩形带即平型带，最早它用牛皮制作，后来用橡胶夹帆布制作。平型带的宽度和厚度已有标准规格（见GB524-74），平型带传动如图1-12所示。

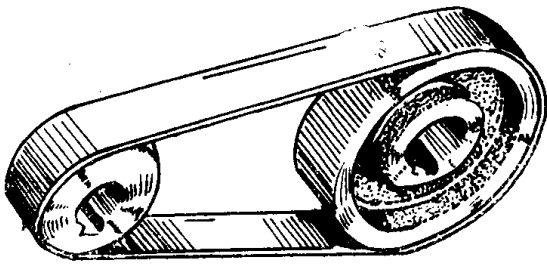


图 1-12 平型带传动

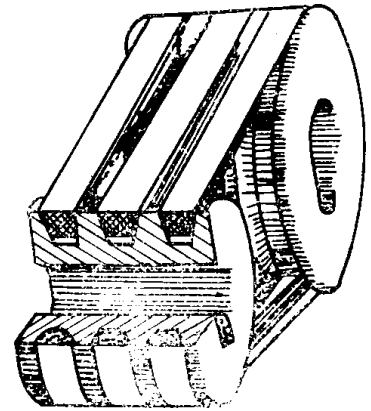


图 1-13 三角带传动

在机械传动中，主要采用剖面为等腰梯形的三角带传动，如图1-13所示。三角带两侧边形成楔角 $\varphi = 40^\circ$ 。它与轮槽的两个侧面接触，有两个工作面。当三角带与平型带传动承

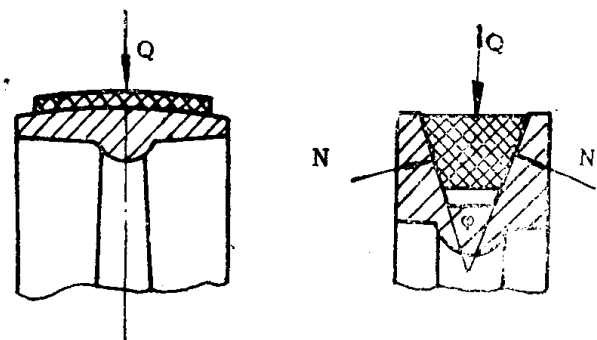


图 1-14 正压力的分析

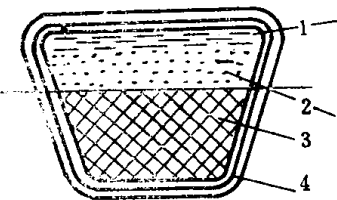


图 1-15 三角带的断面结构

1—伸张层；2—强力层；3—压缩层；4—包布层

受相同张紧力时（图1-14），带压紧在带轮上的力同样是Q，三角带上的力Q可以分解为两个垂直于工作侧面的压力N。也就是说，三角带由两个压力N所产生的摩擦力做功，其实际摩擦力相当于平型带的三倍左右，所以三角带传动能传递较大的功率。

常用三角带的断面结构，如图1-15所示。它由四部分组成：伸张层1，由胶料组成；强力层2，由胶帘布或胶线绳组成；压缩层3，由胶料组成；包布层4，由胶帆布组成。

根据国标（GB1171-74）规定，我国生产的三角带有O、A、B、C、D、E、F七种型号，其中O型剖面最小，F型最大，其各型号剖面尺寸的大小见图1-16。三角胶带都制成封闭无接头的环状带。其剖面重心所在的周长L，称为计算长度，

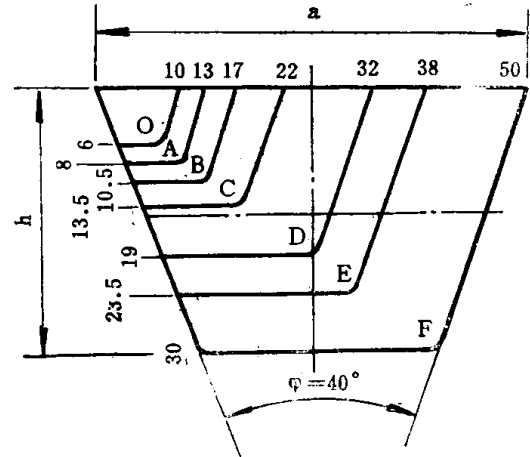


图 1-16 三角胶带的型号

在传动计算中均用计算长度。三角带的内周长度为其公称长度，因制造和测量方便，在选购时用此长度。胶带长度已标准化，见表1-1。

表 1-1 三角胶带长度系列(GB1171-74)毫米 单位：毫米

| 内周 计 算 长 度 L |      |      |      |      |   |   |   | 内周 计 算 长 度 L |   |      |      |      |       |       |       |
|--------------|------|------|------|------|---|---|---|--------------|---|------|------|------|-------|-------|-------|
| 长 度          | O    | A    | B    | C    | D | E | F | 长 度          | O | A    | B    | C    | D     | E     | F     |
| 450          | 469  |      |      |      |   |   |   | 2800         |   | 2825 | 2833 | 2844 |       |       |       |
| 500          | 519  |      |      |      |   |   |   | 3150         |   | 3175 | 3183 | 3194 | 3210  |       |       |
| 560          | 579  | 585  |      |      |   |   |   | 3550         |   | 3575 | 3583 | 3594 | 3610  |       |       |
| 630          | 649  | 655  | 663  |      |   |   |   | 4000         |   | 4025 | 4033 | 4044 | 4060  |       |       |
| 710          | 729  | 735  | 743  |      |   |   |   | 4500         |   |      | 4533 | 4544 | 4560  | 4574  |       |
| 800          | 819  | 825  | 833  |      |   |   |   | 5000         |   |      | 5033 | 5044 | 5060  | 5074  |       |
| 900          | 919  | 925  | 933  |      |   |   |   | 5600         |   |      | 5633 | 5644 | 5660  | 5674  |       |
| 1000         | 1019 | 1025 | 1033 |      |   |   |   | 6300         |   |      |      | 6344 | 6360  | 6374  | 6395  |
| 1120         | 1139 | 1145 | 1153 |      |   |   |   | 7100         |   |      |      | 7144 | 7160  | 7174  | 7195  |
| 1250         | 1269 | 1275 | 1283 | 1294 |   |   |   | 8000         |   |      |      | 8044 | 8060  | 8074  | 8095  |
| 1400         | 1419 | 1425 | 1433 | 1444 |   |   |   | 9000         |   |      |      | 9044 | 9060  | 9074  | 9095  |
| 1600         | 1619 | 1625 | 1633 | 1644 |   |   |   | 10000        |   |      |      |      | 10060 | 10074 | 10095 |
| 1800         | 1819 | 1825 | 1833 | 1844 |   |   |   | 11200        |   |      |      |      | 11260 | 11274 | 11295 |
| 2000         | 2019 | 2025 | 2033 | 2044 |   |   |   | 12500        |   |      |      |      |       | 12574 | 12595 |
| 2240         |      | 2265 | 2273 | 2284 |   |   |   | 14000        |   |      |      |      |       | 14074 | 14095 |
| 2500         |      | 2525 | 2533 | 2454 |   |   |   | 16000        |   |      |      |      |       | 16074 | 16095 |

我国还生产一种有接头的活络三角带，如图1-17所示。它由多片胶布互相重叠，用螺栓或铆钉连接而成，因此，带长度可以调节，适用于中心距不能调整的带传动。一般能代替同型号的三角胶带。但在运转中，因螺栓较重，产生的离心力较大，螺栓孔削弱带的强度，传动稳定性较差，寿命也较短。这种带适于低速轻载运转的机械。

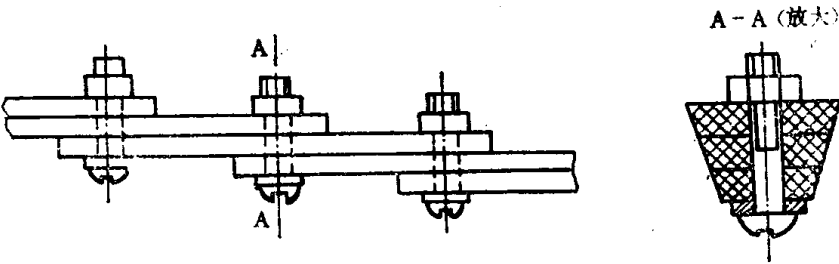


图 1-17 活络三角带

(三)带传动的型式(见表 1-2)

在机器设备上还常见塔轮传动，它是有级变速的一种带传动的型式，变速级数一般为 3~5 级。当主动轴 I 作匀速转动，而从动轴 II 必须有几种不同的转速。如图 1-18 所示，当主动轴 I 以恒定的转速  $n$  转动时，从动轴 II 就有三种不同的转速。即

$$n_1 = n \frac{D_1}{d_1}$$
$$n_2 = n \frac{D_2}{d_2}$$

表 1-2 带传动的型式

| 名称   | 简图 | 适用范围                                                              |
|------|----|-------------------------------------------------------------------|
| 开口型  |    | 1.适用于两轴平行，同方向旋转的传动型式；<br>2.带的主动边(紧边)应在下面，而从动边(松边)应在上面             |
| 交叉型  |    | 1.适用于两轴平行，反方向旋转的传动型式；<br>2.在带的交叉处，带面互相摩擦。为避免带的剧烈磨损，中心距a宜增大，带的速度要低 |
| 半交叉型 |    | 1.适用于两轴空间交叉(通常为90°)定方向旋转。当反方向旋转时，带就要脱落；<br>2.带轮宜选宽些               |

$$n_3 = n \frac{D_3}{d_3}$$

这种传动型式传动平稳，结构简单，制造容易，对轴的安装精度要求低。中小功率的

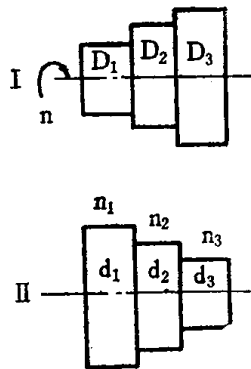
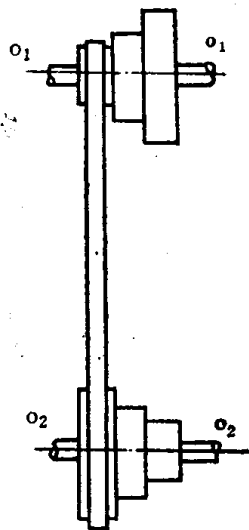


图 1-18 塔轮传动

变速传动中（如磨床的头架、台式车床、台式钻床中）仍有应用，但其变速范围较小，体积较大，调速不便。



确定塔轮直径时应满足以下条件：1)保证传动比要求： $u_1$ 、 $u_2$ 、……；2)保证同一中心距下各级带长 $L$ 相等。

## 二、带传动的工作情况分析

### (一)工作能力和打滑

当带与带轮间的摩擦力增加时，传递的动力也增加。因此，带与带轮间摩擦力的大小反映了带传动的工作能力。但由于受到胶带材料、带速、包角的影响，摩擦力不能无限制地增加，如果传递的圆周力超过摩擦力的最大值时，带就在轮面上滑动，这种现象称为打滑。打滑加剧了带的磨损，发热的增加，使带寿命急剧下降，甚至造成无法正常工作。

### (二)弹性滑动和传动比

工作时带的紧边拉力大，拉伸变形量大些；松边拉力小，拉伸变形量小些。在带与带轮的旋转过程中，在主动轮上，带与轮面开始接触到脱离，拉力从 $F_1$ 减小到 $F_2$ ，而带的变形则从长到短。在被动轮上，在带与带轮接触的表面区域里，带又从短变长。这种带伸长和缩短的现象，称为弹性变形。事实表明，带在轮面上的接触区存在着弹性变形而引起滑动，这种滑动称为弹性滑动。弹性滑动是带传动中一种不可避免的物理现象，它与打滑现象不同。

由于带传动中有弹性滑动，带和带轮接触表面上的线速度就不能保持一致。而弹性滑动的大小是随外载荷变化而变化的。当外载荷增加时，则带两边的拉力差增加，弹性滑动也增大。因此，当外载荷有波动时，带和带轮的瞬时速度比值就不能保持恒定。带传动的瞬时传动比也不能很准确。

### (三)弯曲应力和寿命

带紧套在带轮上工作。带所受应力除了带紧边和松边拉力 $F_1$ 、 $F_2$ 所在带中产生的拉应力外，对带的强度影响最大的是弯曲应力。带中的弯曲应力只有在带绕经带轮时才产生。尤其是小带轮的弯曲应力，因带轮的直径小，弯曲应力值最大。在传动过程中，带旋转一圈，带出现弯曲应力四次，所以带是在变化的应力状态下工作的。当带的应力较大，应力变化次数很多时，胶带常发生疲劳断裂现象。开始是线（或布）与胶脱离，然后就造成该处松散，更严重时，带就在松散处断开，这就是带的“疲劳破坏”。

## 三、带传动的承载能力

在正常工作时带传动的承载能力应该是：

- 1)具有足够的承载能力，在工作中不会发生打滑现象。
- 2)具有足够的使用寿命，在一定工作期限内不会发生断裂（这种带在带轮上打滑和断裂、造成带传动不能正常工作的现象，统称为失效）。

为了提高带传动的承载能力，必须了解带传动的设计方法以及影响承载能力的各种因素。

### (一)影响承载能力的因素

#### 1.初拉力 $F_0$ 。

胶带型号不同，允许的初拉力 $F_0$ 也不同，见表1-3。初拉力 $F_0$ 越大，胶带对轮面的压力也越大，带与轮间的摩擦力也越大，即传递载荷的能力也越大。所以，增大初拉力 $F_0$ 能提高传动的工作能力。但是，当初拉力 $F_0$ 过大时，会降低胶带的寿命，加大轴和轴承的压力。因此，初拉力 $F_0$ 的大小要适当。表1-3为单根三角带的初拉力推荐值。