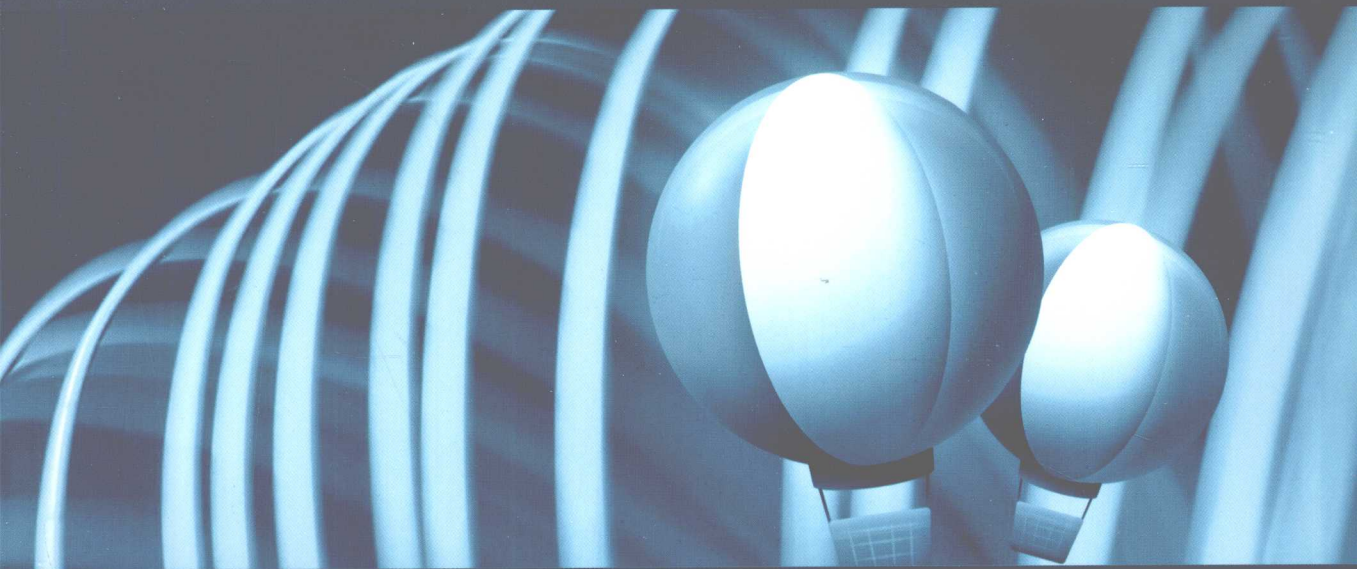




普通高等教育“十二五”规划教材



# 输配电线路施工机械 概论



NLIC2970887987



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

# 输配电线路施工机械 概 论

李光辉 编

甘凤林 主审



NLIC2970887987



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书共分七章,较系统地介绍了输配电线路工程建设广泛使用的各种施工机械器具的基本结构、工作原理、主要性能常识、应用范围和选用方法。主要内容包括机械基础知识、液压传动技术和输配电线路基础施工器具,杆塔组立施工常用器具,架线施工常用工机具及现代放线施工技术用器具,以及张力架线施工机械(牵引机、张力机)及其配套的辅助机具(钢丝绳卷车),输配电线路检修和维护、电缆敷设、光缆架设用器具等。

本书内容针对输配电线路工程建设的实际,介绍了应用广和具有代表性的输电线路工程建设用器具,并在书中配有大量的结构插图,内容丰富,系统全面,叙述简捷,通俗易懂,实用性强。

本书可作为高等院校输电线路工程专业的教材,也可作为从事输配电线路施工、运行和检修的工程技术人员与管理 人员的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

输配电线路施工机械概论/李光辉编. —北京:中国电力出版社, 2013.2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3941-5

I. ①输… II. ①李… III. ①输配电线路—工程施工—机械设 备—高等学校—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 315312 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 3 月第一版 2013 年 3 月北京第一次印刷  
787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 304 千字  
定价 23.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

目前电力工业迅速发展,需要大批输电线路工程方面的专业技术人才。同时,随着大容量、超高压以及特高压输电线路的出现,对输电线路工程技术人才的要求也越来越高。为此,各电力高等院校也相继增设了输电线路工程专业,为电力建设培养高级技术人才。

编者根据输电线路工程专业教学大纲的要求,并充分考虑输电线路工程专业学生学习输电线路建设施工机械概论课程的特殊要求,主要针对输电线路施工机器具的基本结构、工作原理和实际应用,概论性地介绍输电线路施工机械基本概念、选用和应用实践。

全书共分七章。第一章输配电线路施工机械基础知识,第二章输配电线路基础施工机器具,第三章杆塔组立施工机器具,第四章输配电线路架线施工常用工机具,第五章张力架线施工机器具,第六章输配电线路检修与维护工机具,第七章电缆、光缆线路施工机具。

本书编写的基本原则是力求图文并茂,通俗易懂,并实现理论基础扎实,兼顾实际运用的特点,基本全面地反映了近年来我国输电线路(电缆线路)施工、运行与检修用工机具。全书由李光辉编写。

本书承蒙东北电力大学甘凤林教授审稿,在此表示深深感谢。

本书在编写过程中,查阅、收集、整理了相关生产厂家的网站及产品样本提供的相关资料,在此一并谨致最诚挚的谢意。

由于编者经验不足,写作水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大同行和读者批评指正。

编 者

2012年7月

## 目 录

前言	
<b>第一章 输配电线路施工机械基础知识</b> .....	1
第一节 机械传动.....	1
第二节 轴和轴系.....	8
第三节 液压传动 .....	14
思考题 .....	20
<b>第二章 输配电线路基础施工机器具</b> .....	21
第一节 输电线路施工测量仪 .....	21
第二节 混凝土基础施工机器具 .....	23
第三节 钢筋制作工机具 .....	38
第四节 土石方基础施工用工机具 .....	40
第五节 灌注桩基础施工机具 .....	45
第六节 打桩机械、抽水设备 .....	49
思考题 .....	52
<b>第三章 杆塔组立施工机器具</b> .....	54
第一节 杆塔组立用抱杆 .....	54
第二节 杆塔组立配套滑车 .....	64
第三节 杆塔组立配套绳索 .....	71
第四节 杆塔组立用卸扣 .....	80
第五节 杆塔组立用绞磨机和卷扬机 .....	83
第六节 双钩紧线器、起重葫芦 .....	88
第七节 锚固工具 .....	91
第八节 输电线路机械化组塔 .....	97
思考题.....	100
<b>第四章 输配电线路架线施工常用工机具</b> .....	101
第一节 导地线放线滑车.....	101
第二节 输配电施工用放线架.....	109
第三节 压接及断开工机具.....	111

第四节	卡线器、防捻器、牵引板及配套绳索·····	113
第五节	架线附件安装机具·····	121
第六节	现代放线施工机器具·····	124
	思考题·····	133
<b>第五章</b>	<b>张力架线施工机器具·····</b>	<b>134</b>
第一节	概述·····	134
第二节	张力架线常用施工机具·····	136
第三节	张力架线施工组织设计·····	145
	思考题·····	155
<b>第六章</b>	<b>输配电线路检修与维护工机具·····</b>	<b>156</b>
第一节	绝缘杆·····	156
第二节	绝缘梯·····	158
第三节	带电作业工具·····	161
	思考题·····	175
<b>第七章</b>	<b>电缆、光缆线路施工机具·····</b>	<b>177</b>
第一节	电缆线路施工机具·····	177
第二节	光缆线路施工机具·····	190
	思考题·····	193
<b>参考文献</b>	·····	<b>194</b>

## 第一章 输配电线路施工机械基础知识

### 第一节 机械传动

在机械传动系统中,经常采用带传动、链传动、齿轮传动及蜗轮蜗杆传动来传递运动和动力。

#### 一、带传动

带传动一般是由主动带轮(固连在主动轴)、从动带轮(固连在从动轴)和紧套在两主从动带轮上的传动带(皮带)组成,如图1-1所示。当连接动力在主动轴上时,由于套在主动带轮上的带和带轮间摩擦力的作用而拖动从动带轮一同转动,并传递动力。

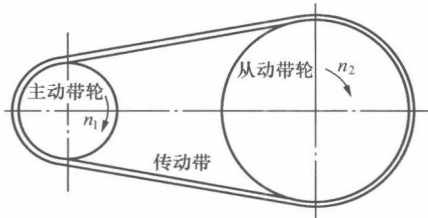


图1-1 带传动

##### 1. 带轮的传动比

根据物理原理,物体之间的摩擦运动,会有打滑现象,但在一般传动中,因滑动率并不大(1%~2%),所以可不予考虑,即主动带轮与从动带轮之间的传动比*i*为

$$i = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{D_2}{D_1} \quad (1-1)$$

式中: $n_1$ 、 $n_2$ 分别为主动带轮、从动带轮的转速; $D_1$ 、 $D_2$ 分别为主动带轮、从动带轮的计算直径。

**【例1-1】** 已知电动机从动带轮直径为125mm,与减速器连接的主动带轮直径为300mm。试问此时的传动比*i*是多少?

**解** 根据式(1-1)可知

$$i = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{D_2}{D_1} = \frac{125}{300} = \frac{5}{12}$$

##### 2. 带传动中带的类型

在带传动中,常用的传动带分平形传动带和三角形传动带,以及圆形传动带。传动带具有弹性、可缓冲、吸振、噪声小、结构简单、传动平稳的特点,过载可打滑,但传动比不准确。

为适应传动需要,出现了同步齿形传动带。

(1) 平形传动带。常用的平形传动带有橡胶布带、缝合棉布带、棉织带和毛织带等。应用最为广泛的是橡胶布带,其规格查阅现行相关标准。平形传动带的优点是结构简单,带轮比较容易制造,多用于中心距较大的情况。

为了适应高速传动,已研制了一种复合平带,是一种值得推广使用的新型平形传动带。复合平带(也称尼龙片基平带、聚酰胺片基平带),用经过热稳定伸长后的尼龙薄片(聚酰胺片)作抗体,其表面层采用铬鞣皮革、高耐磨合成橡胶或聚氨酯等材料,用胶接接头接成

环形。复合平带单位带宽抗拉强度可达  $1000\text{N/cm}$  以上，具有伸长小、摩擦系数大、带轻而薄、挠性好等优点。

(2) 三角形传动带（也称 V 形传动带）。它被广泛应用在一般机械传动中，如输电线路施工用搅拌机、机动绞磨机等机械传动连接。

三角形传动带的横剖面是梯形的（见图 1-2），带轮上也做出相应的轮槽。传动时，三角形传动带只和轮槽的两个侧面接触，即以两侧面为工作面。根据槽面摩擦的原理，在同样的张紧力下，三角形传动带要比平形传动带产生的摩擦力大，且其允许的传动比也较大，结构较紧凑以及标准化批量生产，因此应用比平形传动带广泛得多。

标准化 V 形传动带都制作成无接头的环形，其结构有帘布芯结构和绳芯结构。帘布芯结构的 V 形传动带，制造方便，而绳芯结构的 V 形传动带柔性好，抗弯强度高，可用于转速较高、荷载不大和带轮直径较小的场合。

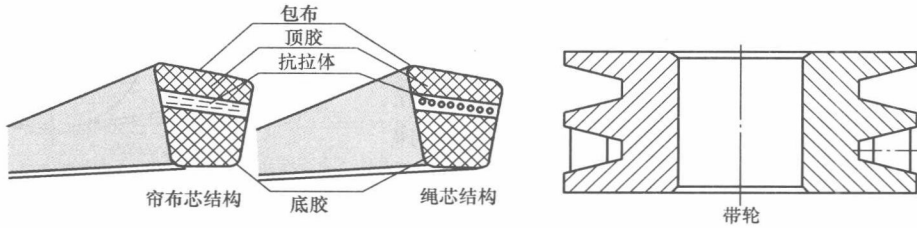


图 1-2 V 形传动带基本结构及带轮结构

V 形传动带可分为普通 V 带、窄 V 带、宽 V 带、联组 V 带、接头 V 带等。其中，普通 V 带应用最广。

联组 V 带（见图 1-3）又称多槽带，由一层胶布将数根相同的 V 形传动带在顶面连接而成，适用于转速高、振动大和有严重冲击荷载的多根 V 形传动带传动的场合。

除以上所述三角形传动带外，还有一种活络三角形传动带（见图 1-4）。它是将数个相同的硫化多层挂胶帆布用铆钉或螺栓连接而成，其楔角为  $40^\circ$ ，最大特点是长度尺寸可以任意加长或截短。若活络三角形传动带局部损坏，则可拆除损坏部分，进行更换而继续使用。活络三角形传动带仅适用于轻型、低速的动力传递。根据顶宽和带高不同，活络三角形传动带有 Z、M、3L、4L、A、B、C、D、E、SPA、SPB、SPC、AA、BB、CC 等多种型号。

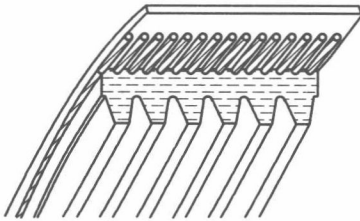


图 1-3 联组 V 带

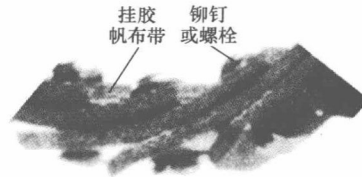


图 1-4 活络三角形传动带

(3) 同步齿形传动带（见图 1-5）。同步齿形传动带传动是综合了带传动、链传动和齿轮传动等优点的新型带传动。带的工作面呈齿形，与带轮的齿槽做啮合传动，带的抗拉层承受荷载，以保持带的节线长度不变，故带与轮间没有相对滑动，从而使主、从动带轮间能做无滑动差的同步传动。同步齿形传动带传动的速度范围从每分钟几转到线速度为  $40\text{m/s}$  以



上, 速比可达到 10, 传动效率可达 99.5%, 传动功率从几瓦到数百千瓦。

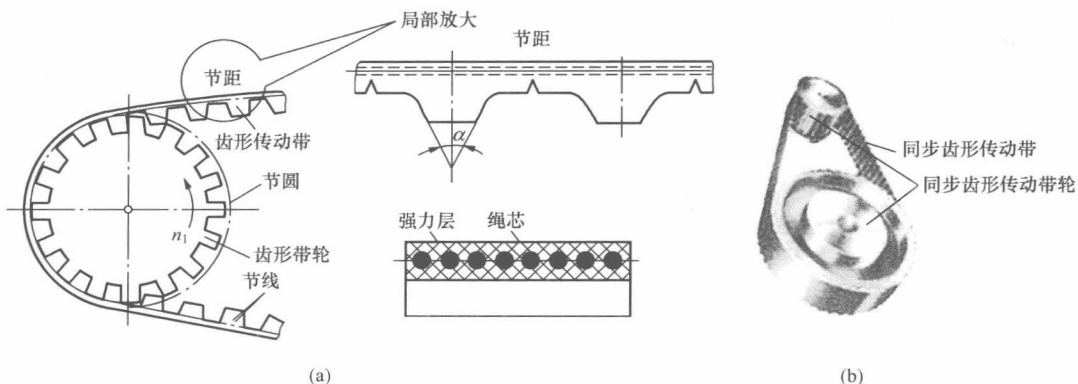


图 1-5 同步齿形传动带局部及带轮的安装

(a) 同步齿形传动带; (b) 同步齿形传动带与带轮安装实景

### 3. 带轮的张紧装置

常见的带轮的张紧装置有定期张紧装置、自动张紧装置和张紧轮张紧装置。

定期张紧装置, 有几种方式。一种是将装有带轮的电动机安装在滑道上, 通过调节螺栓, 使电动机在底座的滑道上左右来回移动调节到所要求拉力, 即实现张紧的目的, 如图 1-6 (a) 所示。另一种是将电动机装在可调节的摆动架上, 通过调节螺栓实现张紧的目的。这种定期张紧装置多用于垂直传动或接近垂直传动的布置方式中。

自动张紧装置, 即将装有带轮的电动机安装在浮动的摆动架上, 利用电动机的自重, 使带轮随同电动机绕固定轴摆动, 达到自动保持张紧的效果, 如图 1-6 (b) 所示。

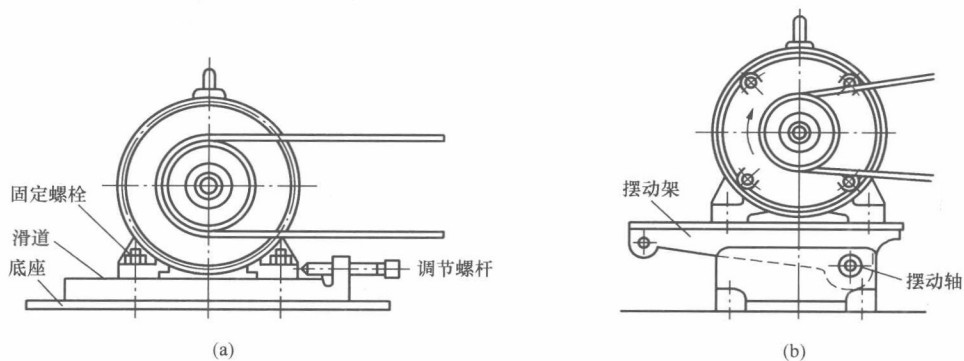


图 1-6 常用张紧装置

(a) 定期张紧装置; (b) 自动张紧装置

张紧轮张紧装置, 是将张紧轮放在松边的内侧 (传动带仅受单向弯曲), 多用在中心距不能调节的布置方式中, 并使张紧轮尽可能地靠近大轮安装, 以免过分影响传动带在小轮上的包角。

## 二、链传动

链传动, 由装在平行轴上的链轮和跨绕在两链轮上的环形链条所组成 (见图 1-7), 以链条作中间挠性件, 靠链条与链轮轮齿的啮合来传递运动和动力。它属于带有中间挠性件的

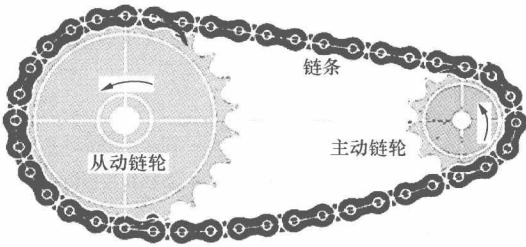


图 1-7 链条传动装置

啮合传动。与带传动相比，链传动没有弹性滑动和打滑的技术问题，因而能保持准确的平均传动比，传动效率高，不需要配置张紧装置。与齿轮传动相比，链传动安装容易，成本低；在远距离传动（中心距最大可为十多米）中，其结构比齿轮传动轻便得多。链传动不足之处是两根平行轴间只能同向回转传动，运转时不能保持恒定的瞬间传动比，有噪声，不能用于荷载很大和急速反向的传动中。

### 1. 链传动的类型

链传动中常用的链条可分为滚子链、齿形链，如图 1-8 所示。

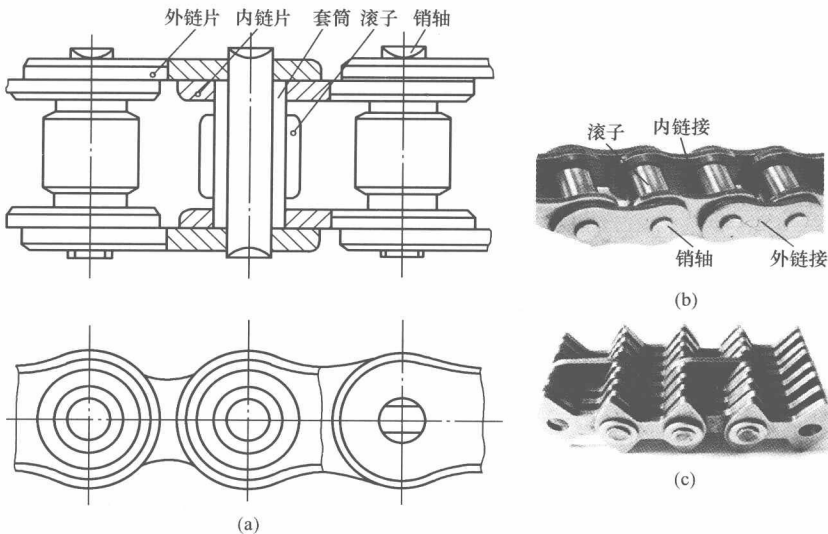


图 1-8 链条组成结构及常用链条（滚子链、齿形链）

(a) 滚子链轴线结构剖面图；(b) 滚子链实物图；(c) 多排齿形链实物图

(1) 滚子链。它由滚子、套筒、销轴、内链片、外链片组成。链片一般制成 8 字形。当链节数为偶数时，接头可用开口销或弹簧卡片固定；当链节数为奇数时，需采用过渡链节。

套筒滚子链和链轮啮合的基本参数是节距  $D_p$ 、滚子直径  $d$  和内链片内宽  $b$ ，其中节距  $D_p$  是滚子链的主要参数，节距  $D_p$  增大时，链条中各零件的尺寸也要相应地增大，相应的传动功率也增大。

(2) 齿形链，也称无声链。齿形链根据链铰结构可分为圆销式、轴瓦式、滚柱式三种。这些齿形链，由一组带有两齿的链片左右交错并列铰接而成，工作时，通过链片的两直边夹角为  $60^\circ$ ，链齿与链轮相啮合实现传动。

齿形链与滚子链相比，更具有传动平稳、无噪声、承受冲击性能好、工作可靠等特点，传动效率可达  $0.95 \sim 0.98$ ，润滑良好时可达  $0.98 \sim 0.99$ ；适宜于高速传动、传动比大及中心距小的场合。但它的结构比滚子链复杂，价格要高一些，制造困难，因此用在高速或运动

精度要求较高的传动装置中比较理想。

## 2. 链传动的传动比

链传动的传动比  $i$  可按式 (1-2) 计算, 即

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1-2)$$

式中:  $n_1$ 、 $n_2$  分别为主动链轮、从动链轮的转速;  $z_1$ 、 $z_2$  分别为主动链轮、从动链轮的齿数。

应注意, 用式 (1-2) 计算出的传动比  $i$  仅表示的是平均传动比。实际上, 根据链传动的特性, 链传动瞬时速度和瞬时传动比都是在不断地、周期性地变化的。

## 三、齿轮传动

齿轮传动是利用两齿轮的轮齿相互啮合传递动力和运动的机械传动, 具有结构紧凑、效率高、寿命长等优点。

### 1. 齿轮传动类型

根据两轴的相对位置和轮齿的方向, 齿轮传动基本类型有外啮合传动、内啮合传动、圆柱斜齿啮合传动、圆柱斜齿啮合传动、齿轮与齿条传动、圆锥直齿轮传动、蜗轮蜗杆传动、准双曲面齿轮传动、交错轴斜齿轮传动、人字齿轮传动, 如图 1-9 所示。

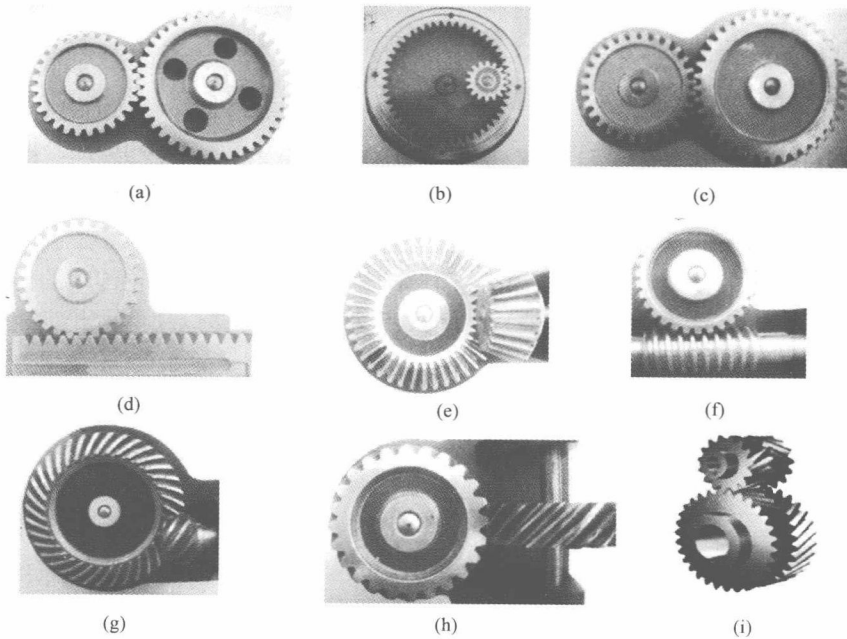


图 1-9 齿轮传动的类型

- (a) 外啮合传动; (b) 内啮合传动; (c) 圆柱斜齿啮合传动;  
 (d) 齿轮与齿条传动; (e) 圆锥直齿轮传动; (f) 蜗轮蜗杆传动;  
 (g) 准双曲面齿轮传动; (h) 交错轴斜齿轮传动; (i) 人字齿轮传动

### 2. 齿轮传动的传动比

在齿轮传动中, 两轮的转速与它们的齿数成反比, 即一对啮合齿轮的传动比  $i$  可按式 (1-3) 计算, 即

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1-3)$$

式中： $n_1$ 、 $n_2$  分别为主动齿轮、从动齿轮的转速； $z_2$ 、 $z_1$  分别为从动齿轮、主动齿轮的齿数，其转动方向外啮合相反、内啮合相同。

#### 四、蜗轮蜗杆传动

蜗轮蜗杆传动，是由蜗杆与蜗轮互相啮合组成的交错轴间（通常两轴的交错角为  $90^\circ$ ）的齿轮传动，如图 1-9 (f) 所示。该传动多数做减速传动，一般蜗杆为主动件，蜗轮为从动件。

蜗杆有右旋和左旋之分，分别称为右旋蜗杆和左旋蜗杆，一般为右旋蜗杆。

蜗杆上只有一条螺旋线的称为单头蜗杆，即蜗杆转一周，蜗轮转过一个齿；若蜗杆上有两条螺旋线，称为双头蜗杆，即蜗杆转一周，蜗轮转过两个齿。通常用得最多的是蜗杆上有 2~4 条螺旋线。

与齿轮传动相比，蜗轮蜗杆传动具有传动比大（在动力传递中传动比为 8~100，在分度机构中传动比可以达到 1000），传动平稳、噪声低，结构紧凑，在一定条件下可以实现自锁等优点，因而得到广泛应用。自锁，就是在外力作用下蜗轮上不可能反过来驱动蜗杆传动。

蜗轮蜗杆传动的传动比  $i$  计算方法与齿轮传动相同，若蜗轮上有  $z_2$  个齿，则传动比  $i$  为

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1-4)$$

式中： $z_1$  为蜗杆上的螺旋线数。此时蜗杆的“齿”以螺旋线数表示，当有  $z_1$  根螺旋线的蜗杆每转一圈时，将驱动蜗轮（蜗轮的齿数为  $z_2$ ）也同样转过  $z_1$  个齿。

#### 五、轮系

由两个齿轮组成的传动称为轮系，是最简单的轮系。为了增大齿轮传动的传动比，常在主动轴和从动轴（动力输入轴与输出轴）之间采用多级齿轮传递运动，由此组成的轮系可分为定轴轮系和周转轮系两类。

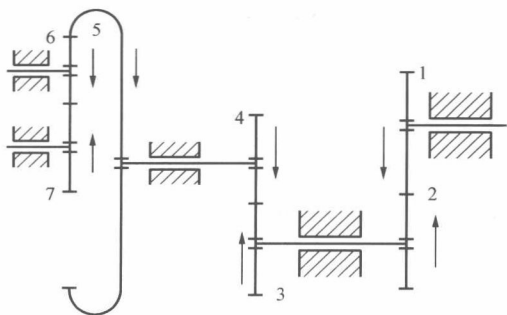


图 1-10 多级齿轮传动系统

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}, \quad i_{34} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3}, \quad i_{56} = \frac{n_5}{n_6} = \frac{z_6}{z_5}, \quad i_{67} = \frac{n_6}{n_7} = \frac{z_7}{z_6}$$

得总传动比为

$$i_{17} = i_{12} i_{34} i_{56} i_{67} = \frac{n_1 n_3 n_5 n_6}{n_2 n_4 n_6 n_7} = (-1)^3 \frac{z_2 z_4 z_6 z_7}{z_1 z_3 z_5 z_6} \quad (1-5)$$

由此可见，定轴轮系的传动比为各对齿轮传动比的连乘积，等于轮系中各对齿轮从动齿轮齿数的乘积与各对齿轮主动齿轮齿数的乘积之比；传动比的符号则取决于外啮合齿轮的对

##### 1. 定轴轮系

当采用多级齿轮所组成的齿轮传动轮系时，各齿轮轴线均固定不动，称为定轴轮系（见图 1-10）。其功用是可做较远距离传动，可改变从动轴的转向，获得多种传动比。

根据上述介绍的一对啮合齿轮的传动比  $i$  的计算方法，分别计算出图 1-10 中各对齿轮的传动比，进而算出定轴轮系的传动比，由

数（用  $n$  表示），即定轴轮系的传动比为

$$i_{1k} = \frac{n_1}{n_k} = (-1)^n \frac{\text{各对齿轮从动齿轮齿数的乘积}}{\text{各对齿轮主动齿轮齿数的乘积}} \quad (1-6)$$

## 2. 周转轮系

传动时，轮系中至少有一个齿轮的几何轴线位置不固定，而是绕另一个齿轮的固定轴线回转，这种轮系被称为周转轮系。

周转轮系可分为行星轮系与差动轮系两种，如图 1-11 所示。

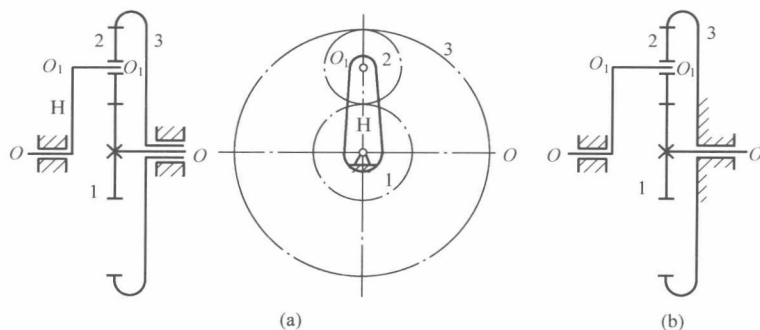


图 1-11 周转轮系

(a) 差动轮系；(b) 行星轮系

周转轮系是由中心轮、行星轮和行星架组成的。外齿轮、内齿轮（齿圈）位于中心位置绕着轴线回转称为中心轮；齿轮同时与中心轮和齿圈相啮合，其既做自转又做公转称为行星轮；支承行星轮的构件称为行星架。

有一个中心轮的转速为零的周转轮系称为行星轮系。

中心轮的转速都不为零的周转轮系称为差动轮系。

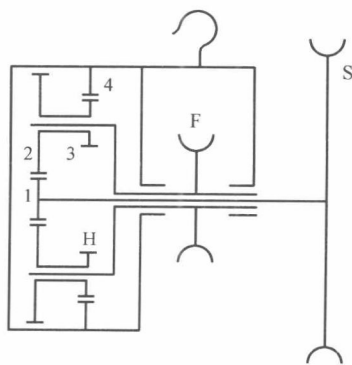
周转轮系的传动比，可根据定轴轮系传动比的方法计算。此时，应假想给整个周转轮系加上一个与行星架  $H$  转速大小相等而方向相反的公共转速  $-n_H$ ，即行星架  $H$  的转速变为  $n_H^H = n_H - n_H = 0$ ，表明行星架  $H$  不动，这时所有齿轮位置都固定不动，该周转轮系便转化为定轴轮系——假想定轴轮系，称为原周转轮系的转化轮系。由于转化轮系是定轴轮系，于是经转化后的转化轮系的传动比（ $i_{13}^H$ ）为

$$i_{13}^H = \frac{n_1^H}{n_3^H} = \frac{n_1 - n_H}{n_3 - n_H} = (-1)^1 \frac{z_1 z_2}{z_2 z_3} = -\frac{z_1}{z_3} \quad (1-7)$$

**【例 1-2】** 手动链轮的传动系统简图如图 1-12 所示。

图中  $S$  为手动链轮， $F$  为起重链轮。当以较小的力转动链轮  $S$  时，通过齿轮 1（ $z_1 = 12$ ）带动齿轮 2（ $z_2 = 28$ ）与齿轮 3（ $z_3 = 14$ ）转动，又由于齿轮 3 与齿轮 4（ $z_4 = 54$ ）内啮合，齿轮 4 与机壳固连在一起不动，从而将带动系杆  $H$  转动，因而固连在系杆  $H$  上的起重链轮  $F$  也随之转动。此时手动链轮  $S$  和起重链轮  $F$  的传动比  $i_{SF}$  为多少？

**解** 由图 1-12 可知，手动链轮是一个周转轮系，故根



据周转轮系传动比的求解方法，可知  $i_{SF} = \frac{n_S}{n_F} = \frac{n_1 - n_H}{n_4 - n_H}$  图 1-12 手动链轮的传动系统简图

$= -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}$ ，又因齿轮 4 与机壳固连在一起不动，则  $n_4 = 0$ 、 $n_S = n_1$ 、 $n_F = n_H$ ，带入已知数据，可求得手动链轮 S 与起重链轮 F 的传动比为

$$\begin{aligned} i_{SF} &= \frac{n_1 - n_H}{0 - n_H} = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} \\ &= -\frac{28 \times 54}{12 \times 14} = -9 \end{aligned}$$

## 第二节 轴 和 轴 系

### 一、轴

轴主要用来支承做旋转运动的零件，如齿轮、带轮等，以传递运动和动力。

#### 1. 轴的类型

轴的类型很多，按轴线形状不同可分为直轴、曲轴和挠性轴。

直轴按结构不同可分为光轴、阶梯轴（剖面直径有变化）、实心轴和空心轴（质量轻，中空部分可用作送料或润滑油等通道，但制造成本高）等。直轴按承载情况不同还可分为转轴、固定心轴和传动轴三类。

(1) 固定心轴。固定心轴工作时只承受弯矩而不传递转矩，可以是转动的也可以是不转动的。图 1-13 (a) 所示为用于输电架线施工的放线架的线盘轴，即为固定心轴，图 1-13 (b) 所示为架线施工用具放线滑车的轴，也是固定心轴。

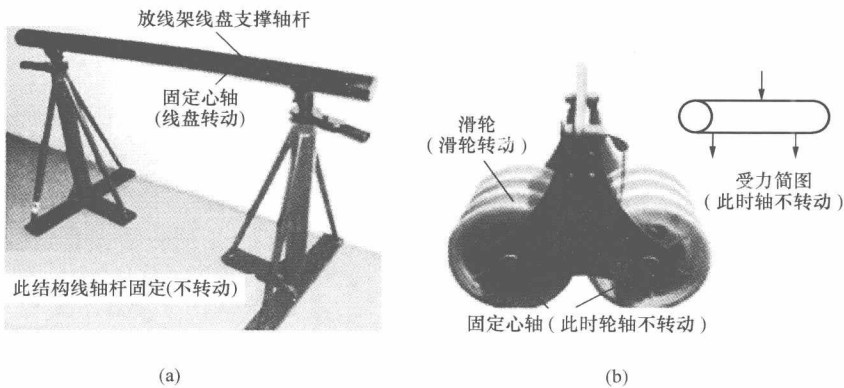


图 1-13 固定心轴

(a) 放线架的线盘轴——固定心轴；(b) 放线滑车的轴——固定心轴

(2) 传动轴。传动轴工作时主要传递转矩，它是不受弯曲作用或受弯曲很小的轴，如图 1-14 所示。

(3) 转轴。转轴工作时能同时承受弯矩和传递转矩，如齿轮轴、带轮轴等。

(4) 挠性轴，也称软轴，如图 1-15 所示。挠性轴用于连接不在同一轴线和不在同一方向或有相对运动的两轴，以传递旋转运动和扭矩，具有很好的挠曲性能，用于混凝土振捣器等传动。

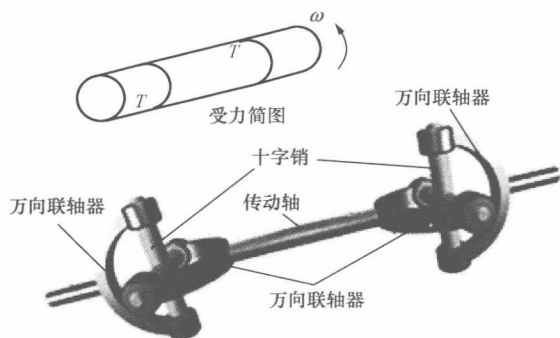


图 1-14 传动轴

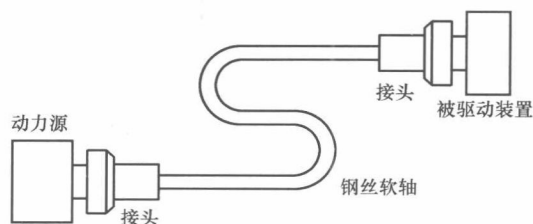


图 1-15 挠性轴

(5) 曲轴。曲轴是指能使直线往复运动与旋转运动相互转换的轴。例如，输电线用牵引机、张力机中的动力源——内燃机（往复活塞式发动机），得到动力并做往复运动的活塞，通过连杆使曲轴做旋转运动以输出动力。在往复式的空气压缩机和水泵等工作机中，动力机的旋转主轴则通过曲轴和连杆带动活塞做直线往复运动。

## 2. 轴与轴毂连接

轴与轴毂连接多采用键连接。键是一种标准件，即键用于连接轴和轴上零件，进行周向固定以传递转矩，如齿轮、带轮、联轴器与轴的连接。键连接可分为松键连接、平键连接和花键连接三大类。

(1) 平键连接。常用于轴和装在轴上的传动件（如齿轮、皮带轮等）的连接，使轴和传动件一起转动，起到传递力和运动的作用。

根据用途不同，平键可分为普通平键、导向平键和滑键三种。普通平键用于静连接，导向平键和滑键用于动连接。

普通平键根据其头部结构的不同可以分为圆头普通平键（A型）、平头普通平键（B型）和单圆头普通平键（C型）三种，如图 1-16（a）～（c）所示。

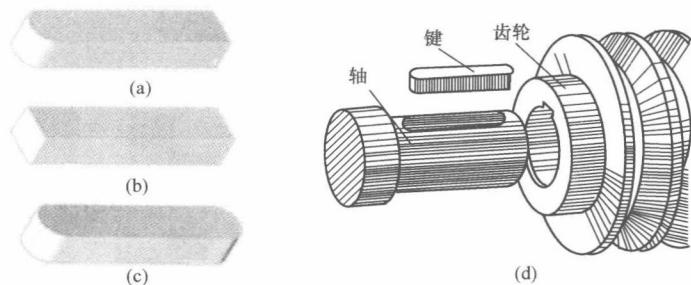


图 1-16 平键的基本类型及键与轴安装示例

- (a) 普通平键（A型）；(b) 平头普通平键（B型）；  
(c) 单圆头普通平键（C型）；(d) 轴与键安装示例

(2) 花键连接。轴和轮毂上有多个凸起和凹槽构成的周向连接件，即花键（见图 1-17）。按齿形不同，花键分为矩形花键、渐开线花键两种。

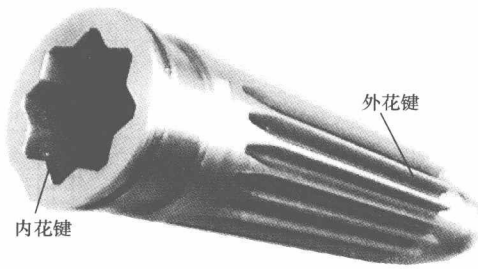


图 1-17 花键(轴)

的半联轴器组成,也称刚性凸缘联轴器。

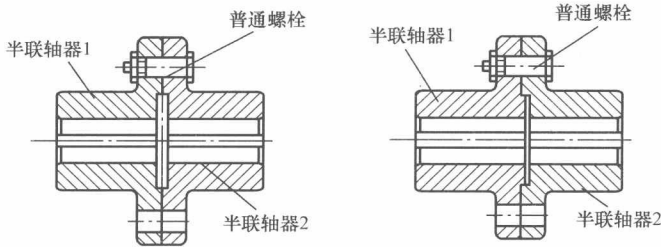


图 1-18 凸缘联轴器

2) 弹性柱销联轴器(见图 1-19),利用一端套有弹性套(橡胶材料)的柱销,装在两半联轴器凸缘孔中,以实现两半联轴器的连接。半联轴器凸缘孔可分为 Y 型轴孔(圆柱形)、Z 型轴孔(圆锥形)。

弹性柱销联轴器结构比较简单,制造容易,不用润滑,不需要与金属硫化黏结,更换弹性套方便,不用移动半联轴器,具有一定补偿两轴相对偏移和减振缓冲性能;适用于安装底座刚性好、对中精度较高、冲击荷载不大、对减振要求不高的中小功率轴系传动。

3) 十字滑块联轴器(见图 1-20),由两个端面开有凹槽的套筒及一个两侧具有互相垂直的中间盘组成。中间盘两面的凸肩分别嵌入左右的凹槽中,将两轴连接成一体。如果两轴线不同心或偏斜,运转时,中间盘的凸槽将滑动。

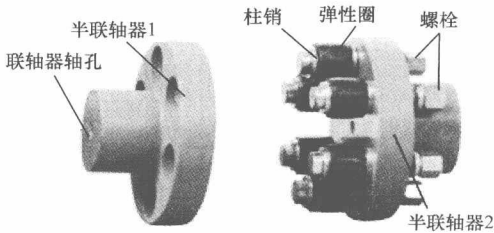


图 1-19 弹性柱销联轴器(三维图)

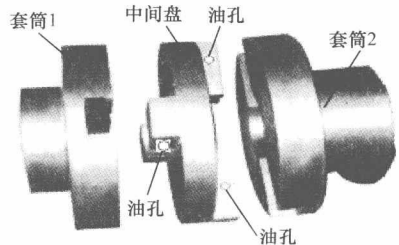


图 1-20 十字滑块联轴器(三维图)

4) 万向联轴器(见图 1-14),用来连接在空间斜交成一定的角度( $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$ )的两轴。它由两个相同的节叉和一个十字轴组成,也称十字联轴器。

(2) 离合器。离合器类似开关,用于主、从动部分在同轴线上传递动力或运动,具有接合或分离功能。

### 3. 轴与轴的连接

连接不同机构中的两根轴(主动轴和从动轴)使之共同旋转以传递扭矩的机械零件,常用的是联轴器和离合器。用于永久连接的称联轴器,用于随时可以连接和分离的称离合器。

(1) 联轴器。常用的联轴器可分为凸缘联轴器、弹性柱销联轴器、十字滑块联轴器和万向联轴器。

1) 凸缘联轴器(见图 1-18)由两个带凸缘



离合器有多种类型,根据工作原理的不同,主要分牙嵌(啮合)式和摩擦式两大类。前者是利用牙齿的啮合传递转矩,后者是依靠工作面的摩擦来传递转矩。对离合器的要求有:接合平稳,分离迅速而彻底;调节和修理方便;外廓尺寸小,质量小;耐磨性好和有足够的散热能力;操纵方便省力。

1) 牙嵌式离合器(见图1-21)。它的两个接合件的端面都有凸起的牙,若将主、从动接合件上的牙相互嵌合或脱开,则能使主、从动轴接合或分离。这种离合器工作时牙间没有相对滑动,能保证主、从动轴严格同步,没有摩擦损失,传动效率高;但接合时冲击较大,应在主、从动轴转速差不大时接合。

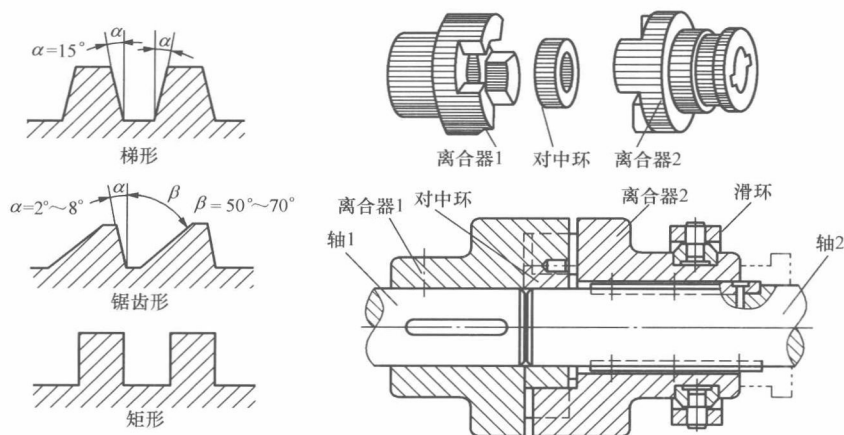


图1-21 牙嵌式离合器及牙形

牙嵌式离合器常用的牙形有:三角形牙,用于传递小转矩的低速离合器;矩形牙,无轴向分力,但不便于接合与分离,磨损后无法补偿,故使用较少;梯形牙,其强度高,能传递较大的转矩,能自动补偿牙的磨损与间隙,从而减少冲击,故应用较广;锯齿形牙,强度高,只能传递单向转矩,用于特定的工作条件处。

2) 摩擦式离合器。圆盘摩擦式离合器,是在主动摩擦盘转动时,由主、从动盘的接触面间产生的摩擦力矩来传递转矩的,有单盘式和多盘式两种。

单盘摩擦式离合器(见图1-22),在主动轴和从动轴上,分别安装摩擦盘1和2,操纵滑环可以使摩擦盘2沿从动轴移动。接合时,以轴向力 $Q$ 将摩擦盘1压在摩擦盘2上,主动轴上的转矩即由两盘接触面间产生的摩擦力矩传到从动轴上。

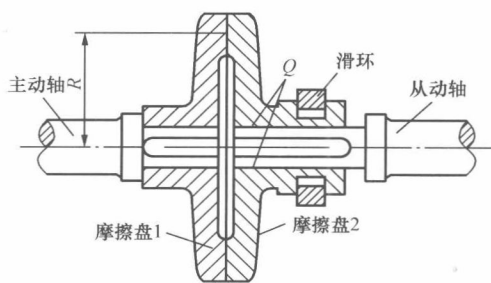


图1-22 单盘摩擦式离合器

设摩擦力的合力作用在平均半径为 $R$ 的圆周上,则可传递的最大转矩 $T_{\max}$ 为

$$T_{\max} = QfR \quad (1-8)$$

式中: $f$ 为摩擦系数,根据摩擦离合器的材料及其性能,查机械设计手册确定。

多盘摩擦式离合器有多个摩擦盘,根据操纵方法有机械的、电磁的、气动的和液压的数种。多盘摩擦式离合器所能传递的最大转矩 $T_{\max}$ 和作用在摩擦盘接合面上的压力 $p$ ,根据