

第十章 带传动与链传动

◆本章学习目标

带传动的工作原理、特点、类型、工作情况分析、传动设计、张紧、使用和维护；链传动的特点、类型、布置。

◆本章学习要求

掌握：带传动和链传动的类型、工作情况分析、传动设计。

了解：工作原理、标准、特点、润滑、布置及维护。

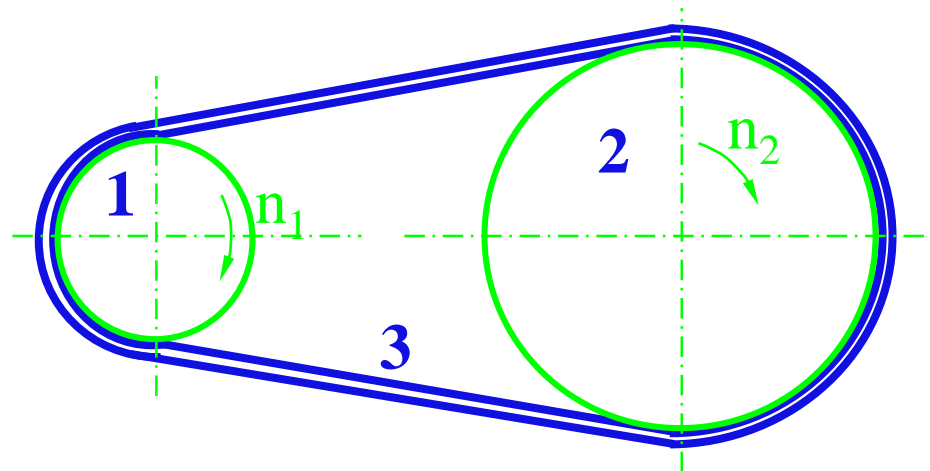
10.1 带传动概述

10.1.1 带传动的类型

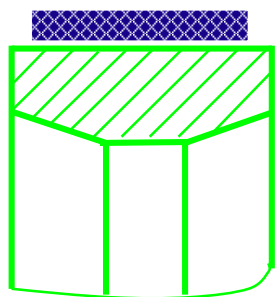
组成：主动轮1、从动轮2、环形带3。

工作原理：

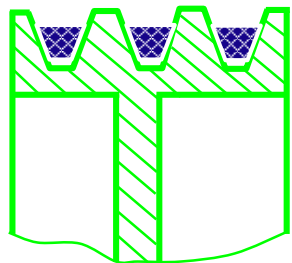
主动轮转动时，依靠摩擦力拖动从动轮一起同向回转。



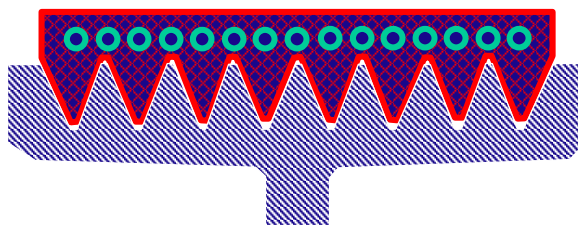
带的类型	平带	
	V 型带	----摩擦牵引力大
	多楔带	----摩擦牵引力大
	同步齿形带	----牵引力小，用于仪器



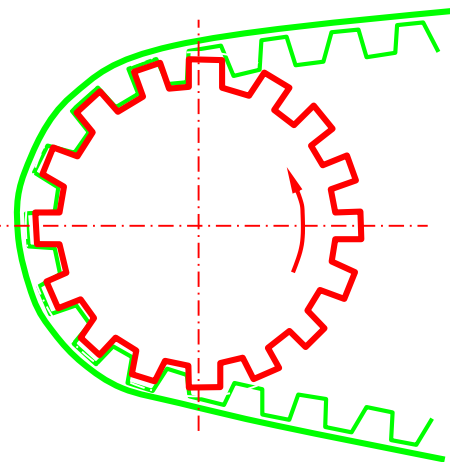
平带传动



V带传动



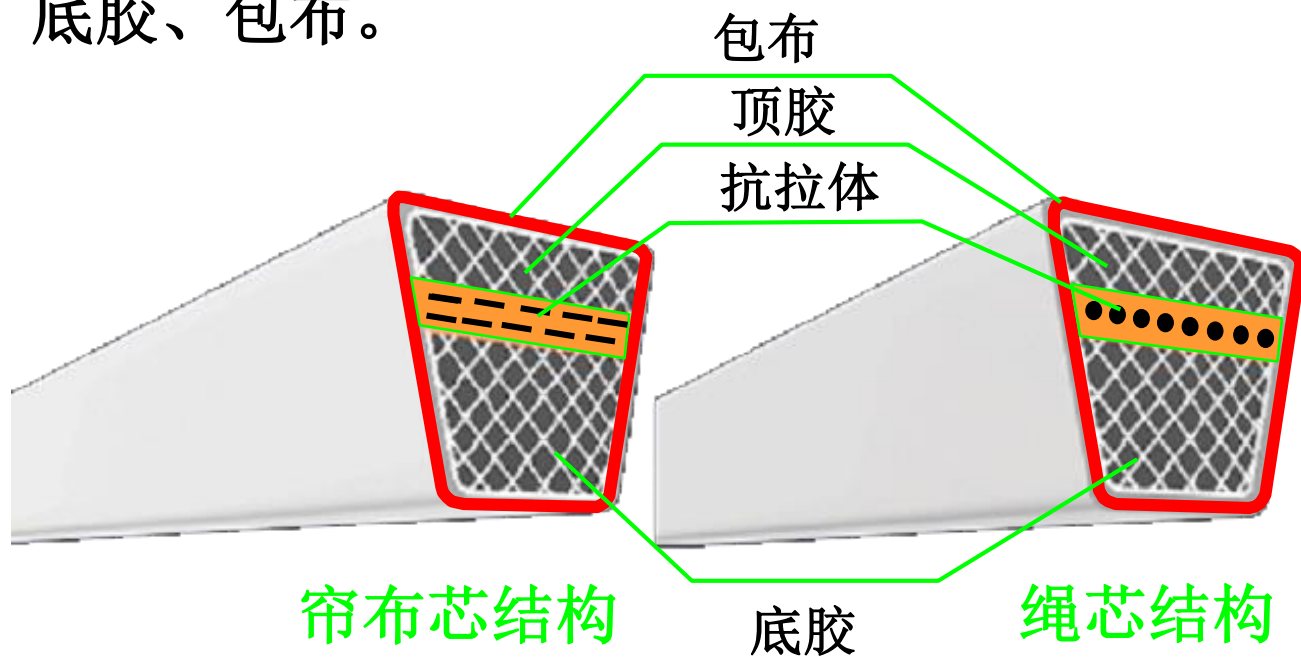
多楔带传动



齿形带传动

10.1.2 V带的结构和类型

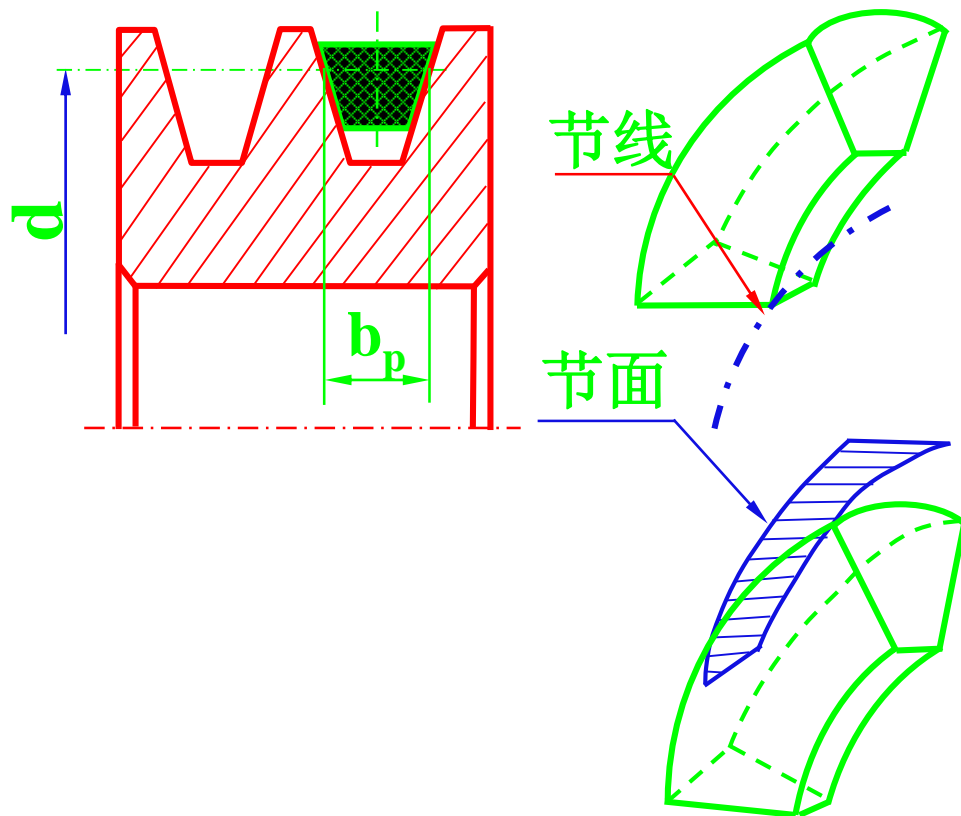
组成：抗拉体、顶胶、底胶、包布。



节线：弯曲时保持原长不变的一条周线。

节面：全部节线构成的面。

在V带轮上，与所配用V带的节面宽度 b_p 相对应的带轮直径称为**基准直径 d** 。V带在规定的张紧力下，位于带轮基准直径上的周线长度称为**基准长度 L_d** 。



10.1.3 带传动的主要几何参数

包角： 带与带轮接触弧所对的中心角

小带轮包角：

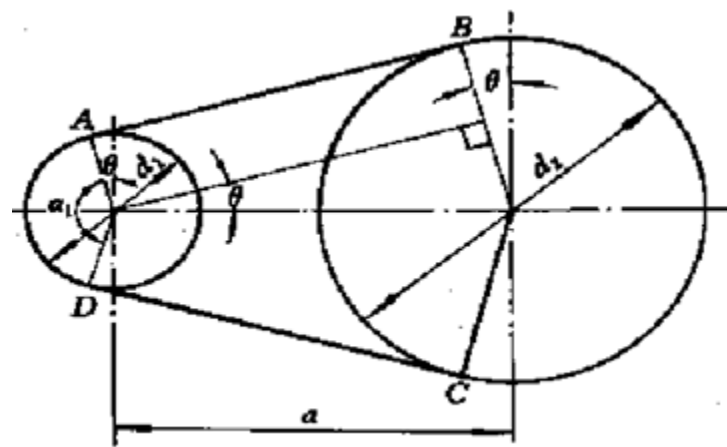
$$\alpha = 180^\circ - \frac{d_2 - d_1}{a} \times 57.3^\circ$$

带长：

$$L_d \approx 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

中心距：

$$a \approx \frac{1}{8} \left[2L_d - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[2L_d - \pi(d_1 + d_2)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right]$$



10.1.3 带传动的特点

1. 主要优点

- (1) 带具有良好的弹性；
- (2) 过载时，带与带轮打滑，避免损坏；
- (3) 适用于中心距较大的传动；
- (4) 结构简单、成本低。

2. 主要缺点

- (1) 不能保证准确的传动比；
- (2) 传动效率较低，带的寿命较短；
- (3) 传动的外廓尺寸大；
- (4) 需要张紧装置，使轴上受力较大；
- (5) 带传动摩擦产生火花，不能用于易燃易爆的场合。

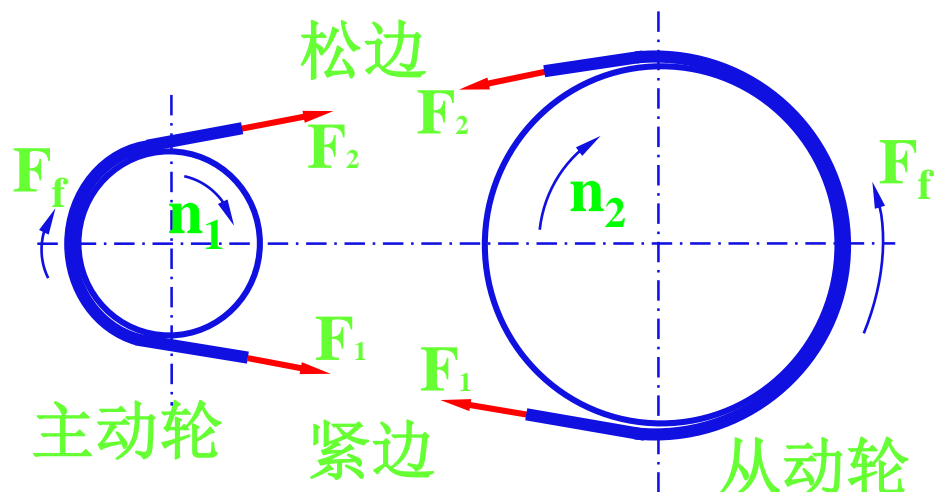
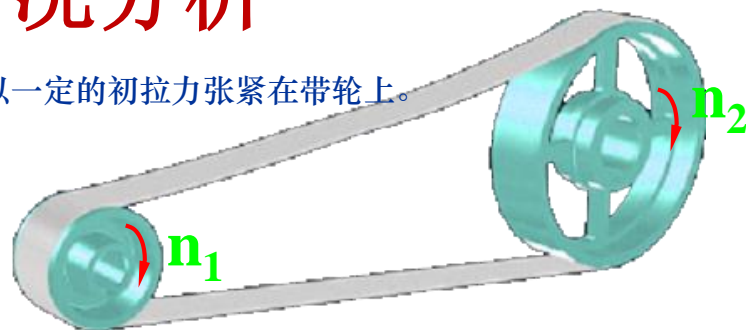
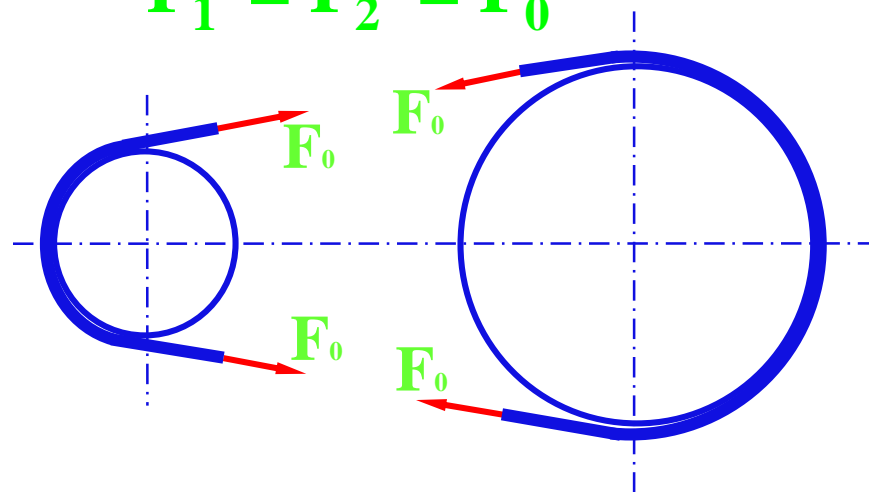
10.2 带传动的工作情况分析

为了可靠工作，带必须以一定的初拉力张紧在带轮上。

10.2.1 带传动的受力分析

静止时，带两边的初拉力相等：

$$F_1 = F_2 = F_0$$



传动时，由于摩擦力的作用，带两边的拉力不再相等：

$$F_1 \neq F_2 \quad F_1 \uparrow, \text{紧边} \quad F_2 \downarrow \text{松边}$$

设带的总长不变，则紧边拉力增量和松边的拉力减量相等：

$$F_1 - F_0 = F_0 - F_2 \quad \Rightarrow \quad 2F_0 = F_1 + F_2 \quad (1)$$

称 $F_1 - F_2$ 为有效拉力，即带所能传递的圆周力：

$$F = F_1 - F_2 \quad (2)$$

由(1)、(2)得： $F_1 = F_0 + F/2$ $F_2 = F_0 - F/2$ (3)

且传递功率与圆周力和带速之间有如下关系： $P = \frac{Fv}{1000}$

当圆周力 $F > \sum F_f$ 时，带与带轮之间出现显著的滑动，称为打滑。打滑使带的磨损加剧、传动效率降低，导致传动失效，应当避免。

平带传动：紧边和松边的拉力之比为： $\frac{F_1}{F_2} = e^{f\alpha_1}$ (4)

上式中： f -摩擦系数，对于V带传动，为当量摩擦系数 $f_v = f / \sin \frac{\varphi}{2}$

联立求解(3)、(4)，得V带传动的最大有效拉力：

$$F = 2F_0 \left(1 - \frac{2}{e^{fa_1} + 1} \right) \quad (5)$$



$$F_1 = F \cdot \frac{e^{fa_1}}{e^{fa_1} - 1}$$

$$F_2 = F \cdot \frac{1}{e^{fa_1} - 1}$$

上式表明，带的最大有效拉力 F_{\max} 与下列因素有关：

(1) F_0 增大， F_{\max} 增大。但 F_0 过大时，会降低带的使用寿命，同时会产生过大的压轴力。

(2) 包角 α_1 α_1 增大， F_{\max} 增大。包角 α_1 越大，带和带轮的接触面上所能产生的总摩擦力就越大，传动能力也就越大。故带轮包角不宜过小，要加以限制。

(3) 摩擦系数 f f 增大， F_{\max} 增大。因为 $f_v = f / \sin \frac{\varphi}{2}$ ，所以V带比平带承载能力大。

10.2.2 带传动的应力分析

1. 拉应力

紧边拉应力:

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{A} \quad MPa$$

A为带的横截面积

松边拉应力:

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{A} \quad MPa$$

2. 离心拉应力

由于带本身的质量，带绕过带轮时随着带轮作圆周运动将产生离心力。离心力将使带受拉，在截面产生离心拉应力。

离心应力:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} = \frac{qv^2}{A} \quad MPa$$

3. 弯曲应力

设 y 为带的中心层到最外层的垂直距离；

E 为带的弹性模量； d 为带轮直径。

弯曲应力为：

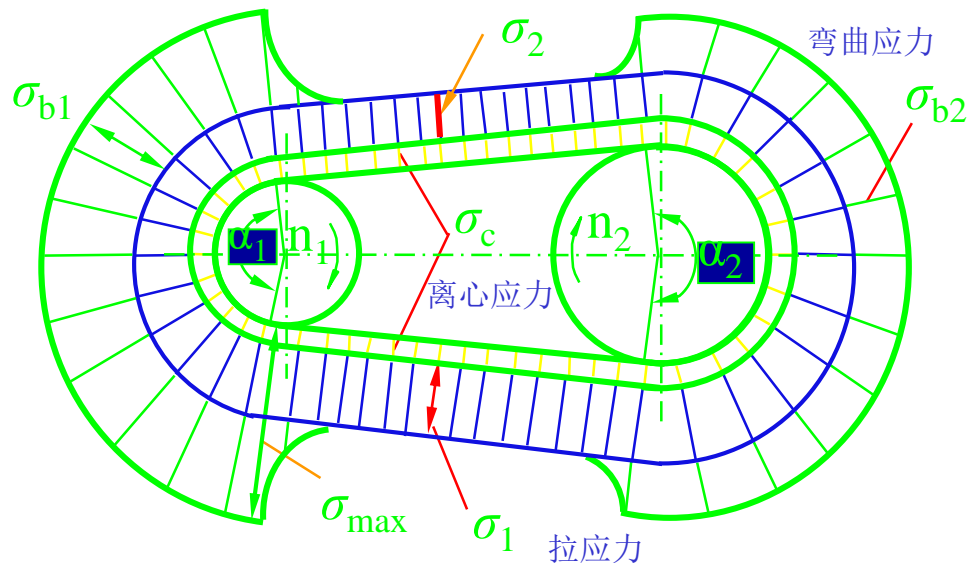
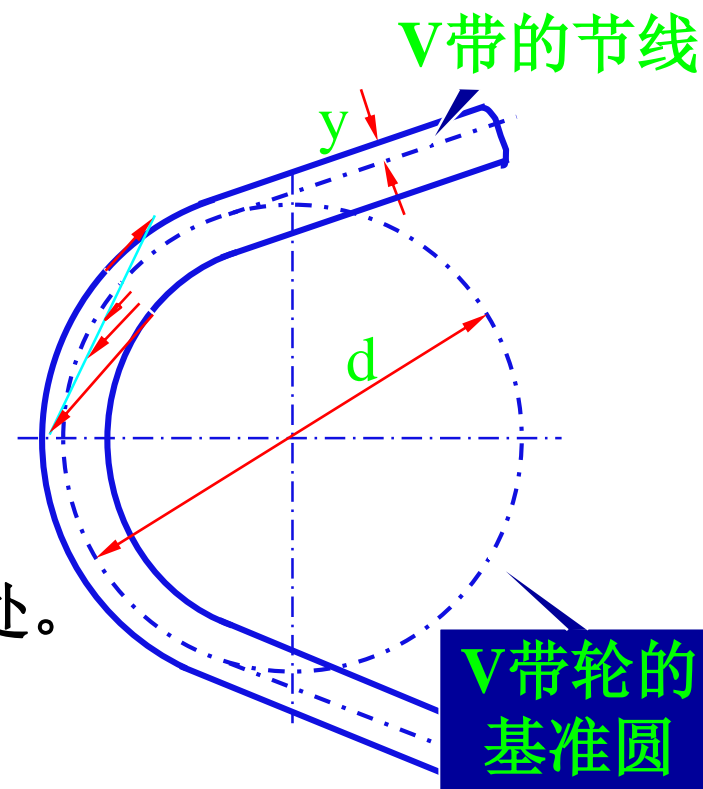
$$\sigma_b = \frac{2Ey}{d} \text{ MPa}$$

最大应力 σ_{max} 出现在紧边与小轮的接触处。

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{b1} + \sigma_c$$

最小应力 σ_{min} 出现在松边上。

$$\sigma_{min} = \sigma_2 + \sigma_c$$



10.2.3 带传动的弹性滑动和传动比

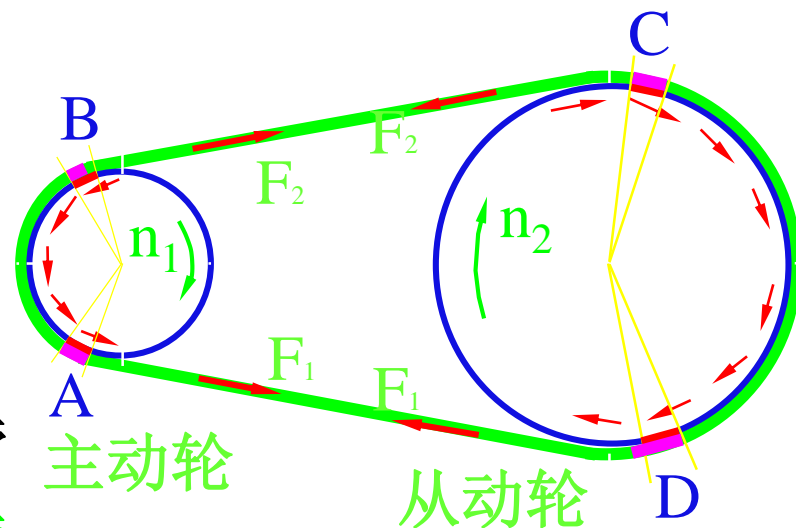
1. 带传动的弹性滑动

带绕过主动轮时，所受拉力减小，带的伸长量相应减小，带沿轮面向后滑动，使带速小于主动轮的圆周速度 ($v_{\text{带}} < v_1$)。

带经过从动轮时，所受拉力增大，带向前伸长，带沿轮面向前滑动，使带速大于从动轮的圆周速度 ($v_{\text{带}} > v_2$)。

弹性滑动——因带的弹性及紧边与松边的拉力差引起的相对滑动现象。不可避免。

提问：弹性滑动与打滑有何区别？



2.传动比

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 1000} \quad m/s$$

$$v_2 = \frac{\pi d_2 n_2}{60 \times 1000} \quad m/s$$

滑动率:

带传动中, 由于带的弹性滑动引起的从动轮圆周速度的降低率

$$\varepsilon = \frac{v_1 - v_2}{v_1} = \frac{d_1 n_1 - d_2 n_2}{d_1 n_1}$$

带传动的传动比:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1 (1 - \varepsilon)}$$

V带传动的滑动率 $\varepsilon=1\% \sim 2\%$, 一般可忽略不计。

10.3 普通V带传动设计

10.3.1 设计准则和许用功率

1. 带传动的主要失效形式和设计准则

主要失效形式：打滑、疲劳破坏。

设计准则：在保证不打滑的前提下，具有一定的疲劳寿命。

2. V带传动设计计算和参数选择

已知条件：传动用途、工作条件、传递功率、带轮转速以及对传动的外廓尺寸的要求等。

设计任务：选择合理的传动参数、确定V带型号、长度和根数；确定带轮材料、结构和尺寸。

1. 确定计算功率

计算功率： $P_c = K_A P$

P -传动的额定功率（kW）

K_A -工作情况系数（表5-5）

2. 选择V带型号

根据 P_c 和小带轮的转速 n_1 ，由选型图确定。临近两种型号的交界线时，一般选小型号，或按两种型号同时计算，分析比较后决定取舍。

<- 点击按钮

小带轮的转速

n_1 (r/min)

普通V带选型图

0.8 1 1.25 2 3.15 4 5 8 10 16 20 30 40 50 63 80 100 200 250

计算功率 P_c (kW)

$d_1=50\sim71$

$d_1=80\sim100$

$d_1=80\sim100$

$d_1=112\sim140$

$d_1=125\sim140$

$d_1=160\sim200$

$d_1=200\sim315$

$d_1=355\sim400$

$d_1=450\sim500$

Z

A

B

C

D

E



3.选择带轮基准直径和验算带速

(1)选择带轮基准直径

小带轮直径愈小,传动所占空间愈小,但弯曲应力愈大,带愈易疲劳。设计时,应使小带轮基准直径 $d_1 \geq d_{\min}$,并符合直径系列。大带轮直径由式 $d_2 = id_1$ 求得,并按直径系列(表5-6)圆整。

(2)验算带速

带速:

$$v = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \times 10^3} \text{ m/s}$$

一般在5~25m/s范围内

4.确定中心距 a 和V带的基准长度 L_d

1)初定中心距 a_0

推荐范围: $0.7(d_1 + d_2) < a_0 < 2(d_1 + d_2)$

2)确定带的基准长度 L_d

计算近似基准长度 L_{d0}

$$L_{d0} \approx 2a_0 + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a_0}$$

按教材表5-3选取标准长度 L_d

3)确定中心距 a

$$a \approx a_0 + \frac{L_d - L_{d0}}{2}$$

考虑到安装和张紧的需要, 中心距在 $(a - 0.015L_d) \sim (a + 0.03L_d)$ 范围内可调。

5.验算小带轮包角

小带轮包角:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_2 - d_1}{a} \times 57.3^\circ$$

一般应使 $\alpha_1 \geq 120^\circ$, 否则可加大中心距或增加张紧轮。

6.确定V带根数

计算公式:

$$Z = \frac{P_c}{[P_0]} = \frac{P_c}{(P_0 + \Delta P_0) K_\alpha K_L}$$

P_0 -单根普通V带的基本额定功率（表5-7）（kW）

ΔP_0 -功率增量（表5-7）（kW）

K_α -包角修正系数（表5-8）

K_L -带长修正系数（表5-9）

7.确定初拉力

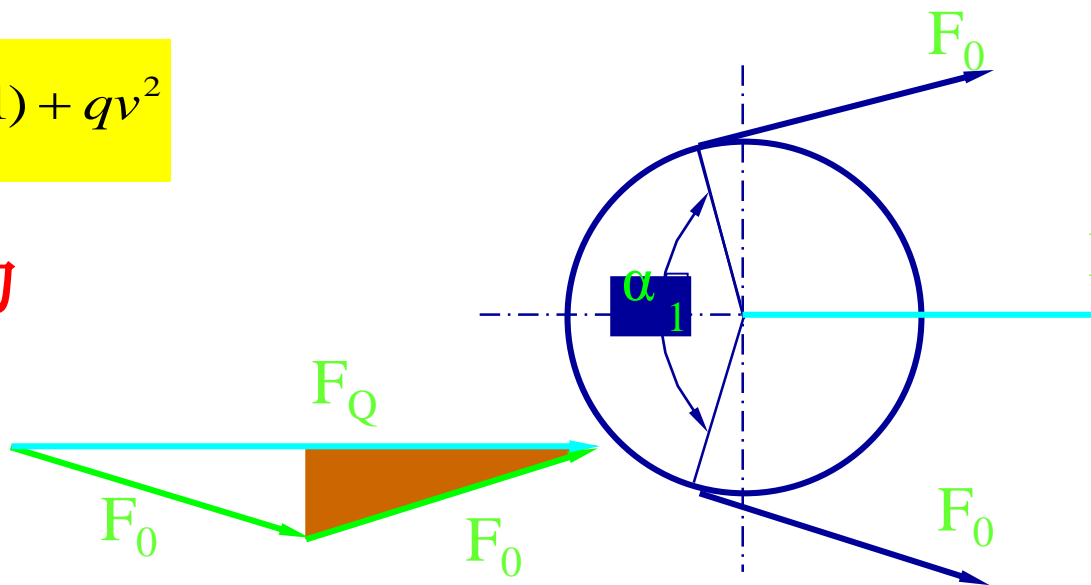
保持适当的初拉力是带传动工作的首要条件。初拉力不足，会出现打滑，初拉力过大将增大轴和轴承上的压力，并降低带的寿命。

计算公式:

$$F_0 = \frac{500 P_c}{Z v} \left(\frac{2.5}{K_\alpha} - 1 \right) + q v^2$$

8.计算作用在轴上的压力

$$F_Q = 2 Z F_0 \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

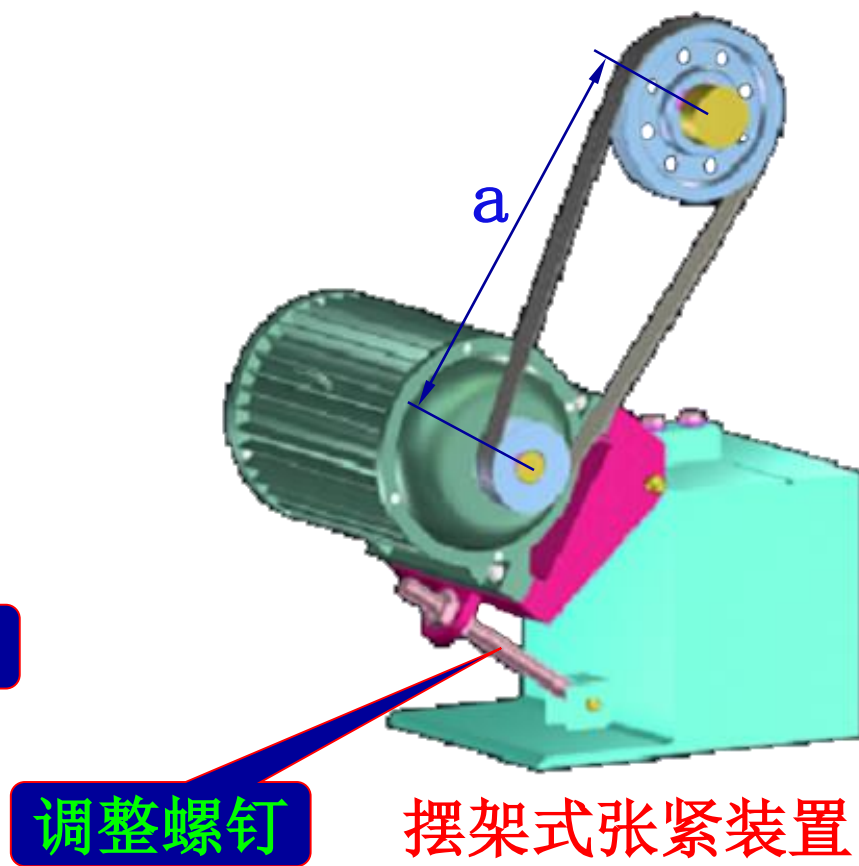
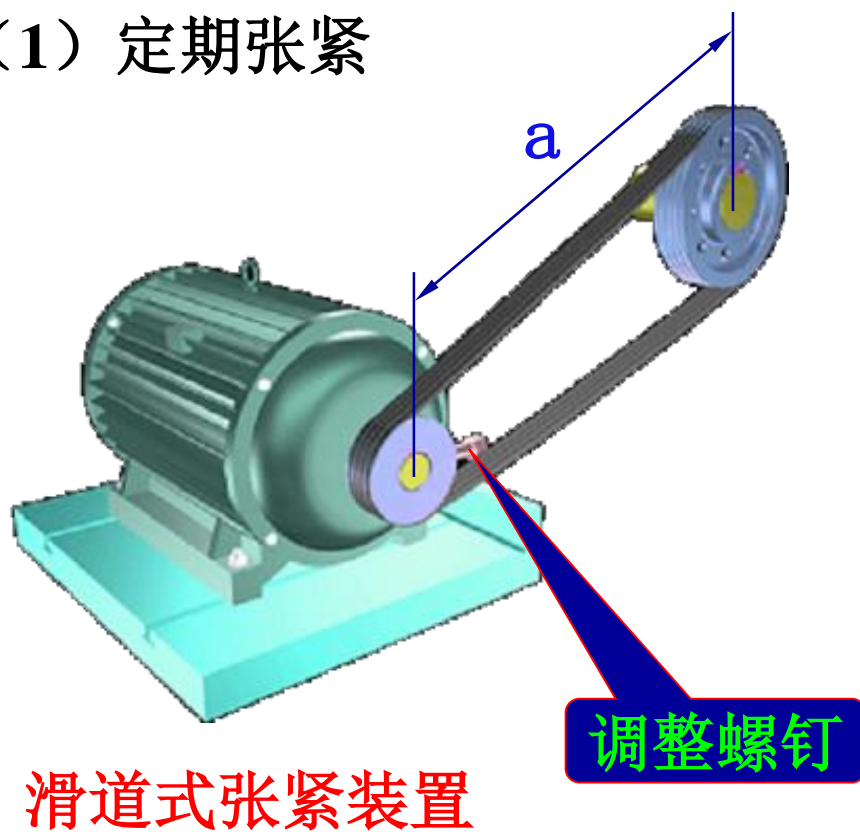


10.4 带传动的张紧、安装和维护

10.4.1 带传动的张紧

1.调整中心距

(1) 定期张紧



(2) 自动张紧

2. 利用张紧轮

10.4.2 带传动的安装和维护

1. 带传动的安装

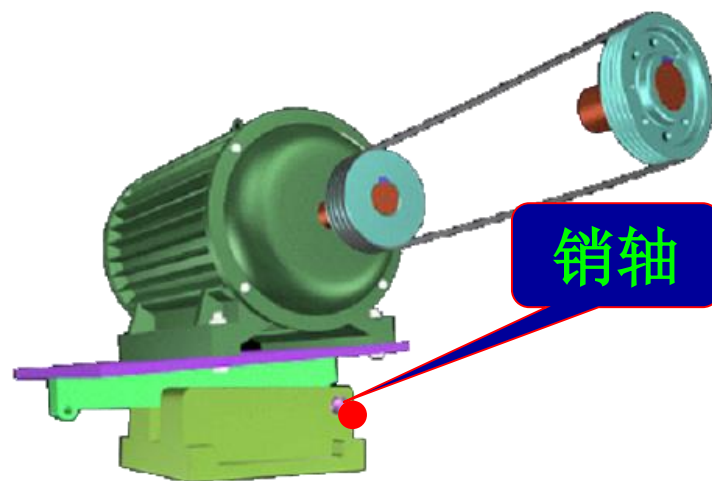
(1) 带轮的安装

平行轴传动时，各带轮的轴线必须保持一定的平行度。

(2) 传动带的安装

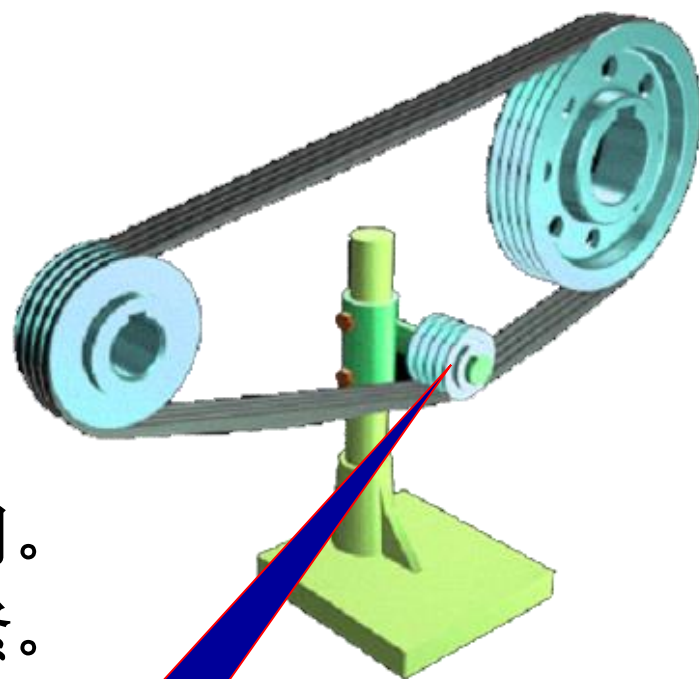
- ①调整中心距，切忌硬拔硬撬。
- ②同组V带，型号、长度相等；不同厂家、新旧不同V带不能同组使用。
- ③安装V带时，应按规定初拉力张紧。

2. 带传动的维护



销轴

自动张紧



张紧轮

张紧轮装置

10.5 同步带传动简介

组成：同步带（同步齿形带）是以钢丝为抗拉体，外包聚氨脂或橡胶。

结构特点：横截面为矩形，带面具有等距横向齿的环形传动带，带轮轮面也制成相应的齿形。

传动特点：靠带齿与轮齿之间的啮合实现传动，两者无相对滑动，而使圆周速度同步，故称为同步带传动。

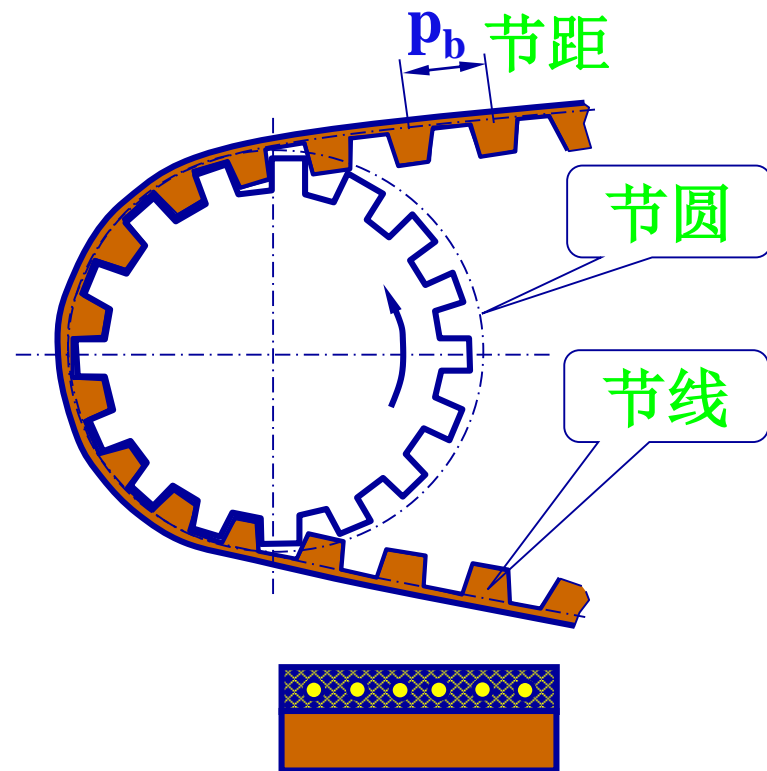
优点：1.传动比恒定；

2.结构紧凑；

3.由于带薄而轻，抗拉强度高，故带速高达40 m/s，传动比可达10，传递功率可达200 KW；

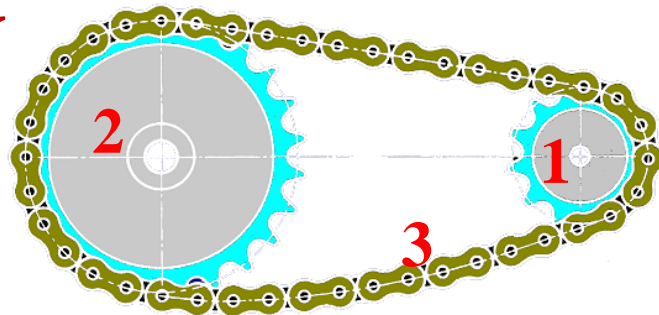
4.效率高，高达0.985。

缺点：成本高；对制造和安装要求高。



10.6 链传动概述

组成：主动轮1、从动轮2、环形链条3。



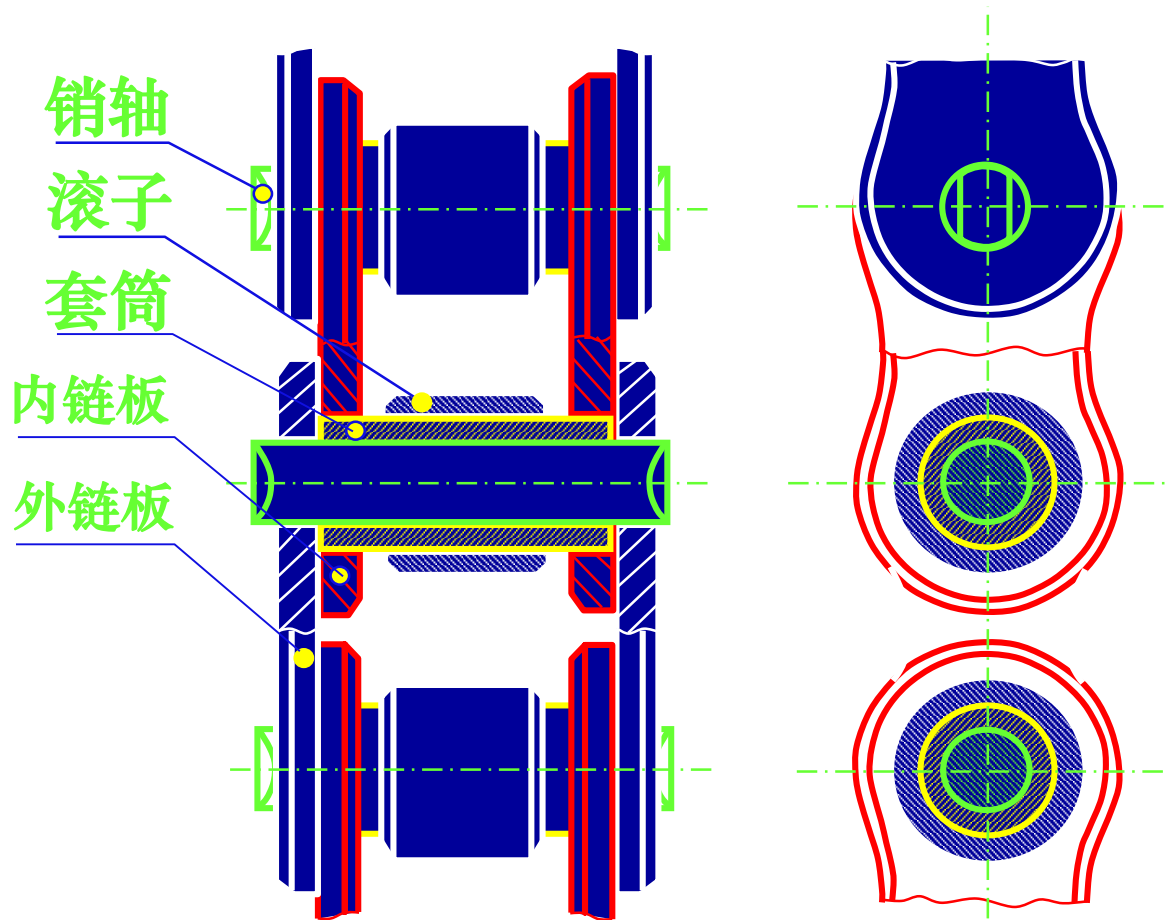
8.6.1 链的类型和结构

类型 { 滚子链
齿形链



滚子链的组成：

滚子、套筒、
销轴、内链板、
外链板。

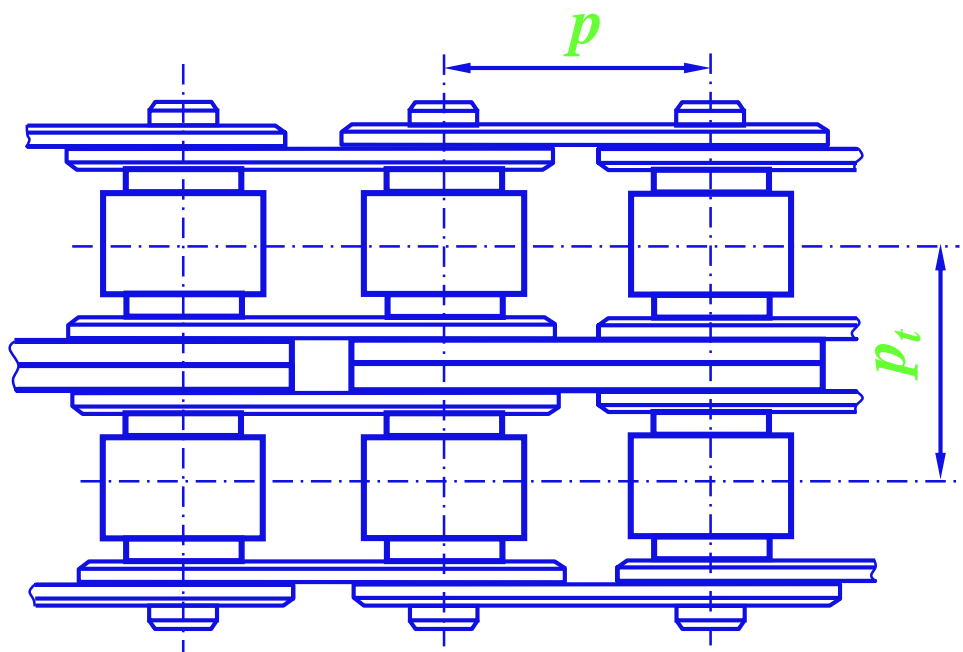


链条的主要参数节距 p :

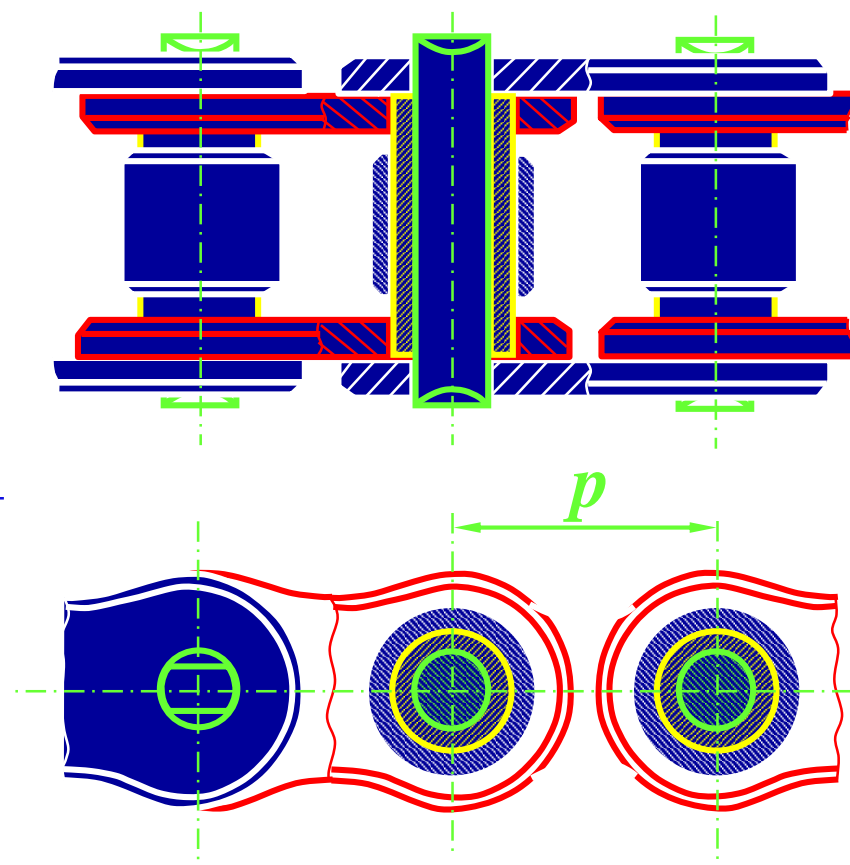
节距 p : 滚子链上相邻两滚子中心的距离。 p 越大, 链条各零件尺寸越大, 所能传递的功率也越大。

结构类型: 单排链和多排链。

链条长度以**链节数**表示。



多排链



10.6.3 链传动的特点和应用

优点：（与带传动相比）

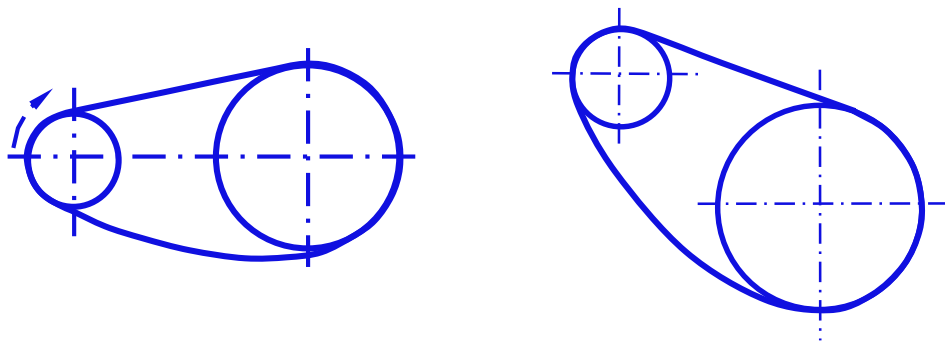
1. 没有弹性滑动和打滑, 能保持准确的平均传动比;
2. 传动尺寸相同时, 传动能力较大;
3. 传动效率较高;
4. 需要的张紧力小, 作用在轴上的压力小;
5. 能在高温, 有油污等恶劣环境下工作;

缺点： 瞬时转速和瞬时传动比不是常数, 传动的平稳性较差, 有一定的冲击和噪声。

应用： 常用于两轴中心距较大、要求平均传动比不变和瞬时传动比不要求严格的场合。

10.7 链传动的布置

- 1) 两链轮轴线必须平行，两链轮应位于同一铅垂平面内；
- 2) 两链轮中心连线最好是水平的或与水平面成45度以下倾角，尽量避免垂直传动。



本章重要知识点

- ◆带传动的类型、特点、主要几何参数；V带的结构和类型；
- ◆带传动的工作原理、受力分析、应力分析及弹性滑动和传动比
- ◆普通V带传动设计
- ◆带传动的张紧、安装和维护
- ◆链传动的类型、特点及应用
- ◆链传动的布置