

# 第5章 链传动

## § 5—1 概述

### 一、链传动工作原理与特点

- 1、工作原理：两轮（至少）间以链条为中间挠性元件的啮合来传递动力和运动
- 2、组成：主、从动链轮、链条、封闭装置、润滑系统和张紧装置等。
- 3、特点：  
优点：①平均速比 $i_m$ 准确，无滑动 ②张紧力小，轴上压力 $Q$ 小 ③传动效率高  $\eta = 98\%$  ④承载能力高  $P = 100\text{KW}$  ⑤可传递远距离传动  $a_{\max} = 8\text{m}$  ⑥可在高温，多灰尘环境下工作 ⑦成本低。  
缺点：①瞬时传动比不恒定 ②传动不平稳 ③传动时有噪音、冲击，不适合于高速传动 ④对安装精度要求较高。 ⑤只能用于平行轴间传动

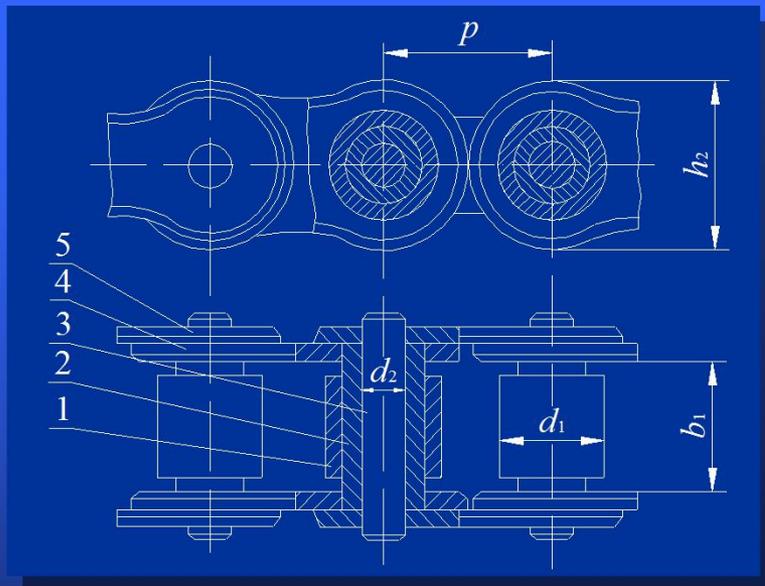
## 4、应用：

适于两轴相距较远，工作条件恶劣等，如农业机械、建筑机械、石油机械、采矿、起重、金属切削机床、摩托车、自行车等。**中低速传动**：传动比 $i \leq 8$ ， $P \leq 100\text{KW}$ ， $V \leq 20\text{m/s}$ ，齿形链（无声链）最大线速度可达 $40\text{m/s}$ （不适于在冲击与急促反向等情况）

## 二、链传动的主要类型

按工作特性分：起重链，牵引链，**传动链**，专用链

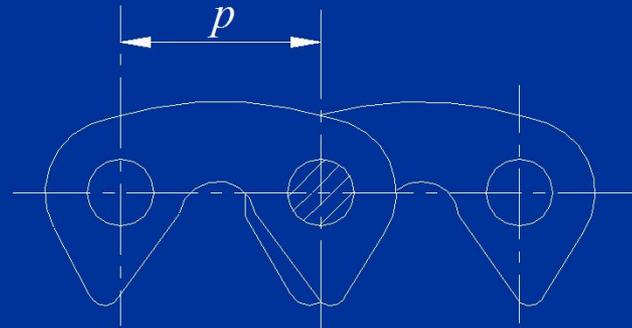
传动链按形式分：套筒链；套筒滚子链（滚子链）；**齿形链**等（p157）



滚子链 (p 1 54)

齿形链的铰链形式：圆销式、轴瓦式、滚柱式。链及链轮的基本参数，技术要求及检验方法

**GB/T10855-1989**



齿形链

## § 5—2 滚子链链轮的结构与材料

### 一、链轮齿形

保证链节能自由地进入和退出啮合，在啮合时良好接触，形状应尽量简单，啮合为非共轭啮合，G B/T 1243-1997只规定了链轮的最大齿槽形状和最小齿槽形状（p159图5—22），实际齿槽形状取决于刀具和加工方法，并需处于最小和最大齿侧圆弧半径之间，结构书13章，见本节后

### 二、链轮的主要参数

**节距P:**相邻两销轴中心距离，节距P越大，尺寸及功率越大  
**链的长度 $L_0$** 用链节数 $L_p$ 表示，即链长是链节距p的 $L_p$ 倍, $L_0 \approx L_p \cdot P$

$$\text{节距} = \frac{\text{链号}}{16} \times 25.4mm$$

**齿数Z**

分度圆直径（公称直径）

$$d = P / \sin 180^\circ / Z$$

**齿顶圆直径**

$$D_a = P \left( 0.54 + \operatorname{tg} \frac{180^\circ}{Z} \right)$$

链的长度：链节数表示，一般取偶数，接头处采用联接链节，用开口销或弹簧卡片固定，如为奇数必须用过渡链节

多排链：承载能力与排数成正比，但排数一般不超过3~4

滚子链已标准化，标准号为G B/T 1243-1997，其尺寸系列及极限拉伸载荷见表5-13

滚子链标记方法：链号—排数—链节数及国标号

例如：12A—2—60 G B/T 1243-1997

$$\text{节距} = \frac{\text{链号}}{16} \times 25.4\text{mm}$$

### 三、链轮的材料

要求：1) 强度；2) 耐磨；3) 耐冲击，由于小链轮的啮合次数多，所用材料的强度应优于大链轮  
表5-15



### 四、链轮的结构型式

#### § 5—3 链传动的几何计算

##### 1、链节数

$$L_P = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2} + \frac{2a}{P} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{P}{a}$$

链条的链节数必须为整数，且常为偶数

链节数圆整后理论中心距

##### 2、中心距a

$$a = \frac{P}{4} \left[ \left( L_P - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) + \sqrt{\left( L_P - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

## § 5—4 链传动的运动特性

### 一、链的运动不均匀性

当链轮转速为 $n_1$ 、 $n_2$ 时

$$V_m = V = \frac{Z_1 P n_1}{60 \times 1000} = \frac{Z_2 P n_2}{60 \times 1000}$$

$$i_m = i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \text{const}$$

$$i_{\text{瞬}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = (\neq) \text{const} ?$$

链节在运动中，作忽上忽下、忽快忽慢的速度变化。  
这就造成链运动速度的不均匀，作有规律的周期性的波动。

主动轮:  $\omega_1$   
 节圆圆周速度:

$$V_1 = \frac{\omega_1 d_1}{2}$$

链节进入啮合后

链条速度:

$$V = V_1 \cos \beta = \frac{\omega_1 d_1}{2} \cos \beta$$

链条垂直速度:

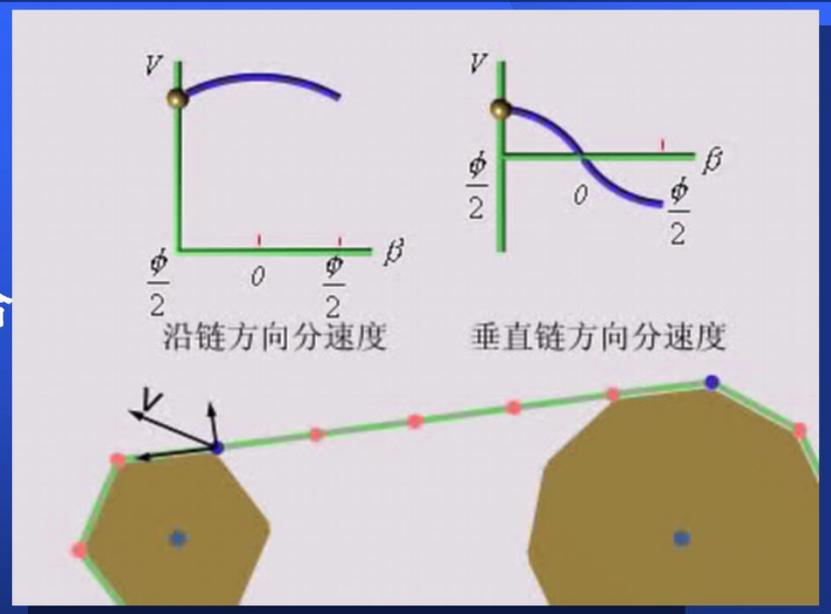
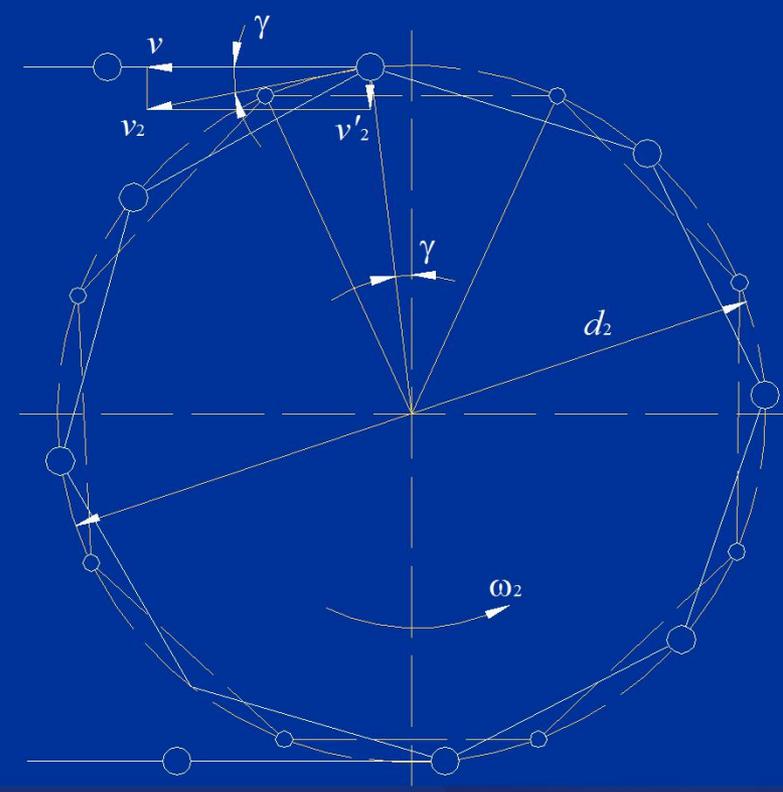
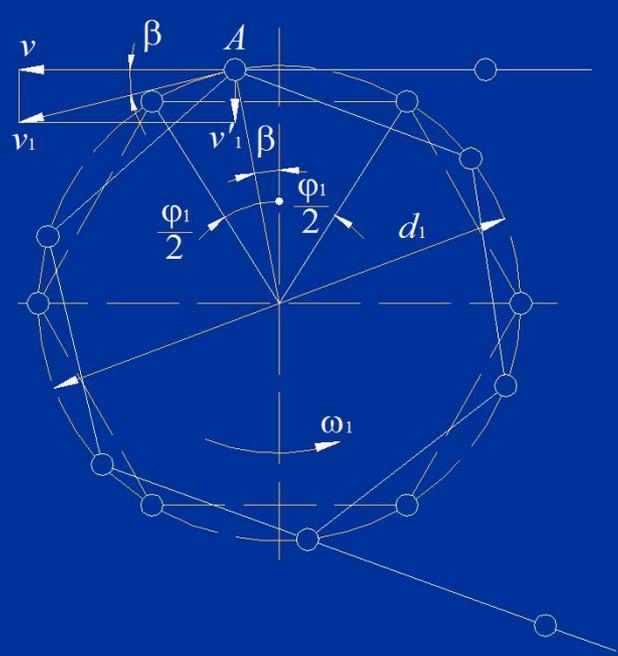
$$V' = V_1 \sin \beta = \frac{\omega_1 d_1}{2} \sin \beta$$

$$\beta \in \left(-\frac{\phi_1}{2}, +\frac{\phi_1}{2}\right) \text{ 作周期性变化}$$

变化情况 → 刚进入啮合 → 达顶点 → 退出啮合

$$\beta \quad \beta = -\frac{\phi_1}{2} \quad \beta = 0 \quad \beta = +\frac{\phi_1}{2}$$

链前进  $V$        $V_{\min}$     →     $V_{\max}$     →     $V_{\min}$



对从动轮讲: 
$$V_2 = \frac{d_2 W_2}{2} = \frac{V}{\cos \gamma} = \frac{d_1 W_1 \cos \beta}{2 \cos \gamma}$$

瞬时传动比: 
$$i_t = \frac{W_1}{W_2} = \frac{d_2 \cos \gamma}{d_1 \cos \beta} \neq \text{const}$$

即使主动轮角速度 $W_1$ 恒定, 而 $W_2$ 随 $\gamma, \beta$ 而变化,  $\therefore i_t$ 不恒定

## 二、链传动的动载荷

①链条和从动轮角速度的周期变化, 产生了附加动载荷和惯性力, 从而引起冲击

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d_1 W_1}{2} (-\sin \beta) \frac{d\beta}{dt} = -\frac{d_1 W_1^2}{2} \sin \beta$$

$$\beta = \pm \frac{\varphi_1}{2}$$

$$a_{\max} = \pm \frac{d_1 W_1^2}{2} \sin \frac{\varphi_1}{2} = \pm \frac{d_1 W_1^2}{2} \sin \frac{180^\circ}{Z_1} = \pm \frac{W_1^2 P}{2} \quad \beta = 0 \quad a_{\min} = 0$$

结论: 链轮转速越高, 节距越大, 齿数 $Z_1$ 越少, 动载冲击越严重, 噪音越大。

当 $P, Z$ 一定, 则必须限制 $n$   $n_L$ —极限转速

②链节和链轮啮合的瞬间, 链节和轮齿以一定速度相啮合, 使链和轮齿受到冲击并产生附加动载荷。

结论: 链速越高, 链的节距越大, 啮合瞬间的相对速度越大, 冲击、噪声也越大。

③链在垂直方向的速度周期变化，从而引起垂直方向的加速度，引起了链在垂直方向的动载荷，它使链产生横向振动。

④张紧不适当，松边垂度过大，起动、制动、反向、突然卸载或超载必出现惯性冲击，增大了动负荷。

链在传动过程中，由于链在多边形运动，链条速度和瞬时传动比发生周期性波动，所以造成传动不平稳性现象，同时，链节与轮齿啮合瞬间的相对速度，也要引起冲击和噪音——**链传动的多边形效应**

## § 5—6 链传动的受力分析

链传动中主要作用力有：

1、工作拉力  $F_e = \frac{1000P}{V}$

2、离心拉力  $F_c = qV^2$

3、垂度拉力  $F_f \approx \frac{1}{f} \left( \frac{qga}{2} \frac{a}{4} \right) = \frac{qga}{8 \left( \frac{f}{a} \right)} = k_f qga$  **P163式(5-36)**

f—悬索垂度

f/a—许用垂度。许用垂度和 $k_f$ 见书p163

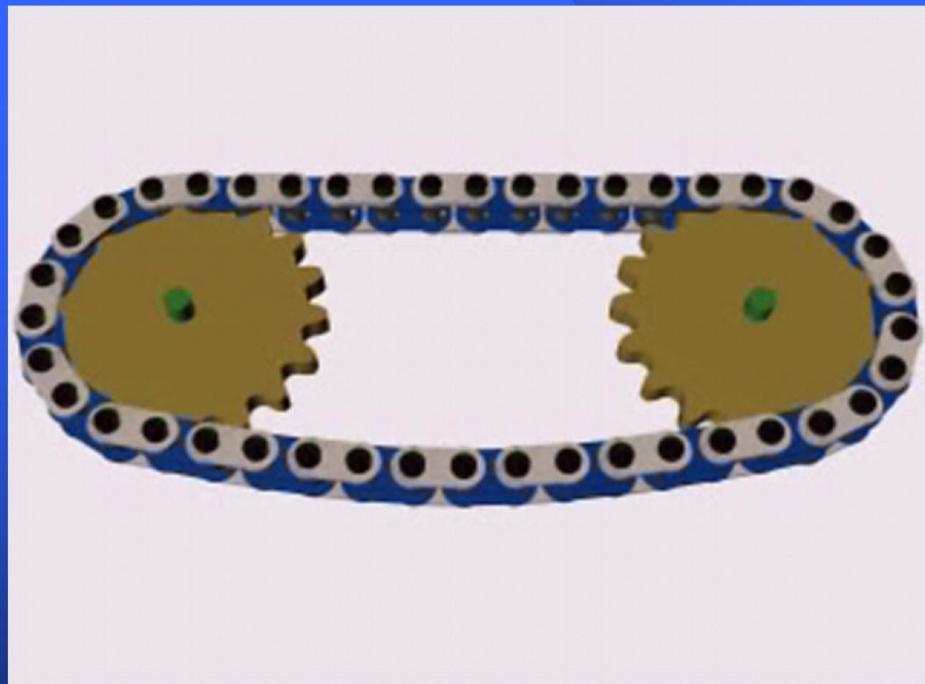
4、紧边拉力  $F_1 = F_e + F_c + F_f$

松边拉力  $F_2 = F_c + F_f$

5、作用于轴上载荷

$$F_Q \approx F_1 + F_2 \approx F_e + 2F_c + 2F_f \approx K_Q F_e$$

$K_Q$ :压轴向系数，一般取1.2~1.3

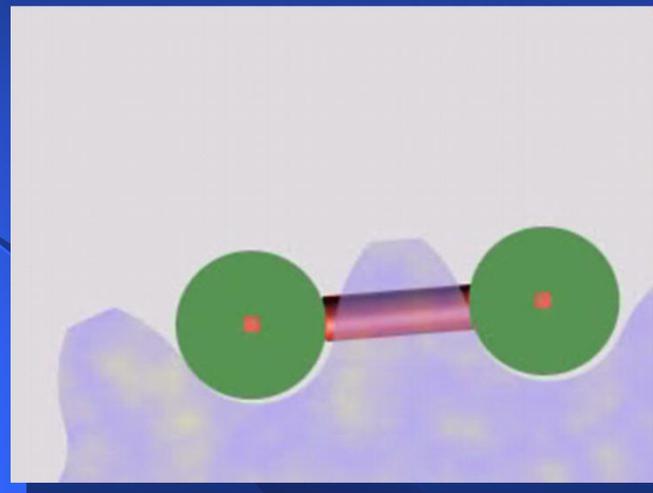


# § 5—7 链传动的失效形式及承载能力

## 一、链传动的失效形式

- 1) 链板、销轴、套筒、滚子的疲劳破坏
- 2) 链条的磨损
- 3) 链条的销轴和套筒的胶合
- 4) 冲击破坏
- 5) 轮齿过度磨损
- 6) 过载拉断(静强度破坏)

链传动中，一般链轮寿命为链条寿命的2倍，因此设计中以链条设计为主



## 二、链传动的承载能力

1) 极限功率曲线（在一定的使用寿命和润滑良好的条件下）

- 1—链条疲劳强度限定
- 3—滚子、套筒冲击疲劳强度限定
- 4—销轴和套筒胶合限定
- 5—良好润滑情况下额定功率曲线，设计时实际使用的功率曲线
- 6—润滑不好或工况恶劣的极限功率曲线，较良好的润滑下低得多。



## 2) A系列套筒滚子链的额定功率曲线图

实验条件：单列,水平布置,载荷平稳,良好润滑,  $Z_1=19, i=3, L_p=100, t_h=15000h$ , 链因磨损引起的伸长量 $\Delta P/P \leq 3\%$ , 滚子链的额定功率曲线如图5-29

1. 当设计的 $Z$ 、 $i$ 、 $t_h$ 、 $L_p$ 等不同时, 应对 $P_0$ 进行修正。

$$P_c = K_A P \leq k_z k_p k_l P_0$$

$P_0$ ——额定功率如图5-29

$P$ ——名义功率

$K_z$ ——小链轮齿数系数表5-16

$K_L$ ——链长系数表5-16

$K_p$ ——多排链的排数系数表5-17

$K_A$ ——工作情况系数表5-18

2. 当润滑不良时: 允许的 $P_0$ 值要下降。

(1) 当 $v \leq 1.5m/s$ . 润滑不良时, 额定功率要下降至  $(0.3 \sim 0.6) P_0$ 。无润滑时, 额定功率要下降至  $0.15 P_0$

(2) 当 $1.5 < v < 7m/s$ . 润滑不良时, 额定功率要下降至  $(0.15 \sim 0.3) P_0$ 。无润滑时, 额定功率要下降至  $0.15 P_0$

(3) 当 $v > 7m/s$ . 润滑不良时, 传动不可靠, 不宜采用

## § 5—8 链传动的设计计算

已知：传动功率、转速和工作要求。

设计要求：链轮齿数、节距、节数、排数、中心距、压轴力

### 一、链传动的主要参数选择及步骤

#### 1、链的节距和排数

计算功率  $P_{ca} = K_A \cdot P$  (KW)

$K_A$ ——工况系数

单排链所能传递的功率

$$P_0 \geq \frac{P_{ca}}{K_Z K_L K_P}$$

$K_Z$ ——小链轮齿数系数

$K_P$ ——多排链系数

$K_L$ ——链长系数

选型：由 $P_0$ 、 $n_1$  图5—29确定链型号和链节距 $P$

★链节距 $P$ 越大，传动的尺寸增大，链的拉能力增大，但速度不均匀性、动载荷、噪声也增大，在满足一定功率条件下， $P$ 越小越好，高速链尤其如此。

★高速重载、中心距小时可选小节距的多排链

★当速度不太高、中心距大、传动比小时选用大节距的单排链较为经济

## 2、链轮齿数 $Z_1$ 、 $Z_2$ 及 $i$

$Z_1$ 过少— 1) 传动不均性和动负荷增大;

2) 链节间相对转角 $\varphi$ 增大, 功率损失增加, 链绕进、出轮磨损加剧

3) 当 $P$ 一定时,  $Z$ 少,  $D$ 小, 圆周力 ( $=2T/D$ )  $\uparrow$ 加速轮与链的破坏

$Z_2$ 过多—外壳尺寸大、重量加大; 容易脱链

必须限制齿数, 两面限制, 最少齿数根据链速来确定书 P 167

$$Z_1 \geq Z_{\min} = 17 \quad Z_2 = iZ_1 \Rightarrow Z_{2\max} \leq 120$$

由于链条的链节数常为偶数, 考虑到磨损均匀,  **$Z$ 应取与链节数互为质数的奇数**

## 3、链节数与中心距

中心距 大小对传动有重要影响, **中心距大小有何利弊?**

初选 $a_0$  一般推荐: 初选 $a_0=(30\sim50)P$ ,  $a_{\max}=80P$

算 $L_p$  (链节数)  $L_p \approx \frac{L_0}{P} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2a_0}{P} + \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 \frac{P}{a_0}$  链节数必须为整数, 且一般为偶数

求链节圆整后的理论中心距 $a$

$$a = \frac{P}{4} \left[ lp - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left( lp - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2} \right]$$

求中心距a'（实际）

为保证链条松边有一个合适的安装垂度 $f=(0.01\sim 0.02)a$ ，实际中心距a'应较理论中心距小一些，即 $a'=a-\Delta a$

$$\Delta a=(0.002\sim 0.004)a$$

4、轴上压力—— $F_Q=K_Q F_e$        $F_Q\approx 1.2F_e$

5、链的结构设计，本书第13章

## 二、低速链传动的设计

当 $V<0.6\text{m/s}$ 时，主要失效形式：过载拉断 ——按静强度计算

$$S_c = \frac{F n}{K_A \cdot F_1} \geq 4 \sim 8$$

$S_c$ —链的抗拉静强度的计算的安全系数

$F$ —单排链的极限拉伸载荷表5—13

$n$ —链排数

$K_A$ —工作情况系数表5—18

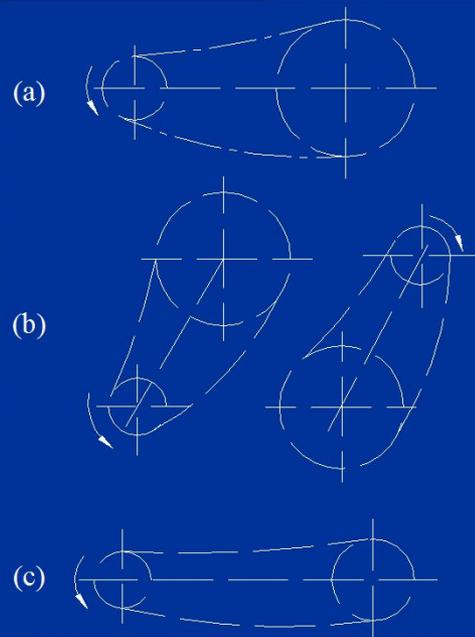
$F_1$ —链的紧边工作拉力

## § 5—9 链传动的布置、张紧与润滑

### 一、布置

- 1.链传动不能布置在垂直平面内，只能布置在水平或倾斜平面内
- 2.两轮中心线最好水平或水平面夹角小于 $45^\circ$
- 3.当属下列情况时，紧边在上：（尽量在主动边上）

$a \leq 30P$ 和 $i \geq 2$ 时（a图）；倾斜角较大时（b图）；  
 $a \geq 60P$ 和 $i \leq 1.5$ 时， $Z \leq 25$ （图c）



### 二、张紧：（方法不同于带）

目的：为了避免垂度太大时的啮合不良和链条振动，同时为了增大啮合角，张紧不取决于工作能力，而是由垂度大小决定

方法：增大中心距、加张紧装置或在链条磨损后从中去掉一二个链节

加张紧轮应装在**松边上靠近从动轮**的地方

张紧装置：带齿链轮、不带齿链轮、压板、托板

自动张紧、定期张紧

### 三、润滑与防护

#### 1) 润滑

开式链传动和不易润滑的链传动，可定期拆下用煤油清洗，干燥后浸入70~80度的润滑油中，在铰链间隙中充满油后再安装使用

闭式链传动润滑方式按表5-20选取，注意链速越高，润滑方式要求也越高。

润滑油牌号为：L—AN32、L—AN46、L—AN68的全损耗系统用油  
温度低时取L—AN32，对于开式及重载低速传动，可在润滑油中加入MoS<sub>2</sub>、WS<sub>2</sub>等添加剂

#### 2) 防护

封闭护罩——安全、环境清洁、防尘、减小噪音和润滑需要