

输送链的结构与齿形探讨(一)

杜康宁

(机械系)

链传动是一种具有中间挠性件的啮合传动,它兼有齿轮传动和带传动的一些特点。因其结构简单,使用方便,且能长距离传动,在轻工、纺织、食品工业中广泛应用。其中不少是作为传动速度不大,受力小的输送链,带动执行件或被加工件,保证构件之间的动作或位置协调和准确。

一般结构的链条和链轮的啮合,均属非共轭啮合,其链条中心线(指链条拉直时,铰链中心的连线)位置存在着周期性的变化,它与链轮上以分度圆为半径的圆,在运动中交替地呈相切和相割位置(所谓链传动中的多边形效应)。每个链节与链轮齿的接触与脱离是在一瞬间完成的,链条的线速度和从动轮的角速度是变化的,它损害了传动的同步性和均匀性,直接影响传动的平稳性和工作性能。

为彻底消除链传动中的多边形效应的影响,实现完全共轭啮合的链传动尚在探索中。现已有一些实用的结构和方法来减弱或消除多边形效应的影响^[1]。如:利用传动比为1,紧边长度为链节距的整数倍,使主动轮与从动轮的瞬时传动比不变,但链条速度的不均匀性并没有消除,链条在垂直中心线方向上时上时下的横向移动并没有克服;利用附加小节距链传动装置来降低链条线速度的变化幅度,但链条在垂直中心线方向上的时上时下的横向移动也没有克服;利用专门机构改变主动链轮的运动规律,实现链条沿中心线方向的匀速运动,但这种机构不能同时补偿从动轮的角速度的不均匀及链条的横向移动;利用多挂单排链同具有交错齿的多排链轮啮合来减轻多边形效应的影响;……。唯有变节距的齿形链条减弱和缓和多边形效应效果显著。例如: H_y-V 。链条是一种变节距的齿形链条。铰链的销轴是二个相同剖面的滚销组成,传动中由于滚销接触点的移动,引起相邻滚销接触点之间距离(节距)的变化,以保证工作的链条中心线的位置稳定,使它与分度圆相切,从而能够使链条在啮入过程中象齿条那样作直线运动。在此基础上,按照共轭啮合原理设计链轮的齿廓曲线和链板的侧边啮合,这就可能使链条传动与同齿轮齿条传动一样成为共轭啮合传动。由于这种齿形链条的铰链销轴结构尺寸及传动中节距变化等原因,还不能用在定节距且带有随行夹具的输送链中。

本文着重讨论:1)在变节距情况下,设计专用链结构及齿形,使之克服多边形效应;2)在定节距情况下,设计链结构及齿形,完全消除多边形效应。

一、变节距链结构及齿形设计

输送链是由链轮4,链条齿片1,链片2和销轴3构成(图1)。内外链片结构尺寸完全

本文1987年2月17日收到

相同,用销轴把齿片与链片连接,齿片与销轴固定连接。两销轴的中心距为 $p(p=R_j \times 2\pi/Z, R_j$ 为链轮的节圆(分度圆)半径, Z 为链轮的齿数)。在链轮的转动过程中,前一对齿到最后啮合点 A 时,共同围绕链轮旋转中心回转。后一对齿早已啮合,(或在前链节拉力共同作用下)继续推(拉)齿片作平动(链的传动结构设计上,在链齿与链条齿片作一道旋转之前,链条齿片只能作平动。在前一对齿一道旋转时,链片围绕 O_1 点转动,使链节 OO_1 拉长。齿片上的销轴在链片的曲线槽内相对滑动,直到链轮转过 $2\pi/Z$ 角度,销轴与曲线的槽下半圆完全吻合为止。

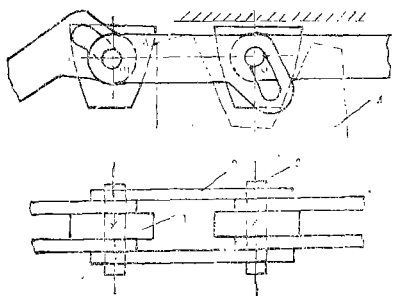


图1 变节距输送链

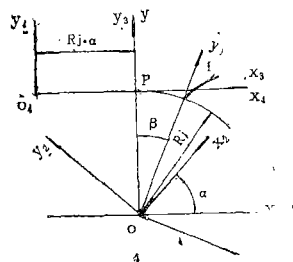


图2 一般方程坐标系

1. 建立方程

图2中 O 是铰链的中心,空间固定坐标系 (x, O, y) 的原点。节圆半径为 R_j ,节点为 p 。以 p 点为原点,作空间的另一个固定坐标系 (x_3, p, y_3) , y_3 轴与 OP 方向一致, x_3 轴则与它垂直,即与链条的节线重合。再作一个与链条固联并随之一道移动的坐标系 (x_4, O_4, y_4) ,在起始位置 (x_3, P, y_3) 与 (x_4, O_4, y_4) 重合。 Oy 轴与 Py_3 轴重合, Ox 轴与 Px_3 轴平行。再作与链轮固联并随之转动坐标系 (x_1, O, y_1) ,其中有一条链轮齿的齿廓曲线参数方程 $f[x_1(t), y_1(t)]$ 。

设链条齿与链轮齿在与 Oy 轴相距 β 角的 Oy_1 轴上链轮齿廓曲线起点处开始啮合,并旋转 α 角。可建立与链轮齿相啮合的链条齿形曲线方程。链轮齿廓曲线方程转换到 (x, o, y) 坐标中:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\beta - \alpha) & \sin(\beta - \alpha) \\ -\sin(\beta - \alpha) & \cos(\beta - \alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$$

(x_3, O_4, y_4) 与 (x, o, y) 坐标系之间转换:

$$\begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -R_j \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_j \cdot \alpha \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$= \left[\begin{pmatrix} \cos(\beta - \alpha) & \sin(\beta - \alpha) \\ -\sin(\beta - \alpha) & \cos(\beta - \alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -R_j \end{pmatrix} \right] + \begin{pmatrix} R_j \cdot \alpha \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} x_4 = x_1 \cos(\beta - \alpha) + y_1 \sin(\beta - \alpha) + R_1 \cdot \alpha \\ y_4 = -x_1 \sin(\beta - \alpha) + y_1 \cos(\beta - \alpha) - R_1 \end{cases}$$

依包络原理, 链条齿廓曲线方程应再加上一个关系式:

$$\frac{\partial x_4}{\partial t} \cdot \frac{\partial y_4}{\partial \alpha} - \frac{\partial x_4}{\partial \alpha} \cdot \frac{\partial y_4}{\partial t} = 0$$

展开后得:

$$x_1 x_1' + y_1 y_1' + R_1 x_1' \sin(\beta - \alpha) - R_1 y_1' \cos(\beta - \alpha) = 0$$

因 $v = \arctg \frac{y_1'}{x_1'}$, 用 $\sqrt{y_1'^2 + x_1'^2}$ 除二边

得:

$$x_1 \cos v + y_1 \sin v + R_1 \sin(\beta - \alpha - \gamma) = 0$$

$$\alpha = \arcsin \frac{x_1 \cos v + y_1 \sin v}{R_1} + \beta - v$$

当链轮齿廓曲线为 $f[x_1(t), y_1(t)]$ 时, 与之相啮合的链条齿形方程为:

$$\left. \begin{aligned} x_4 &= x_1 \cos(\beta - \alpha) + y_1 \sin(\beta - \alpha) + R_1 \cdot \alpha \\ y_4 &= -x_1 \sin(\beta - \alpha) + y_1 \cos(\beta - \alpha) - R_1 \\ \alpha &= \arcsin \frac{x_1 \cos v + y_1 \sin v}{R_1} + \alpha - \gamma \end{aligned} \right\} (1)$$

其中 $v = \arctg \frac{y_1'}{x_1'}$

由共轭啮合原理知: 在 (x_3, p, y_3) 固定坐标系中的 (x_3, y_3) 值, 是共轭齿形相互啮合点的坐标。它的啮合线方程为:

$$\left. \begin{aligned} x_3 &= x_1 \cos(\beta - \alpha) + y_1 \sin(\beta - \alpha) \\ y_3 &= -x_1 \sin(\beta - \alpha) + y_1 \cos(\beta - \alpha) - R_1 \\ \alpha &= \arcsin \frac{x_1 \cos v + y_1 \sin v}{R_1} + \beta - \gamma \end{aligned} \right\} (2)$$

其中 $\gamma = \arctg \frac{y_1'}{x_1'}$

(1)、(2)式为已知链轮齿形曲线, 求与之啮合产生平动时的链条齿形曲线及啮合线的一般方程式。

由(2)式解出链轮与链条最后啮合点的坐标, 转换到 (x, o, y) 坐标系中(见图3)。A $(-x, y)$ 为最后啮合点。铰链中心定在链条齿中心线上 $o_2(-x - \Delta x, y - \Delta y)$ 点, 只要 $\angle D + \angle \beta > P/R_1 \times \pi/180^\circ$ 即可保证链齿连续啮合。

$$\angle D = \arctg \frac{|x|}{y},$$

$$\angle C = \arctg \frac{|x + \Delta x|}{y + \Delta y} - \arctg \frac{|x|}{y}$$

在链轮齿与链条齿一同转动中, O_2 点在以 O_2O 为半径的圆弧上移动到 O_1 点, 此时链片上 O_3 点移到链条铰链中心连线 O_3O_2 上的 K 点, O_1K 与 O_2O_3 成夹角 F 。在 O_2 点建立 (x_2, O_2, y_2) 坐标系, O_1 点建立 (x_1, O_1, y_1) 坐标系, y_1 、 y_2 轴与轴平行, x_1 、 x_2 轴与 x 轴平行。链轮转动角度 G 时, O_2 点移到 O_1 点

$$\Delta x_1 = OO_1 \sin(G+C+D) - OO_2 \sin(C+D)$$

$$\Delta y_1 = OO_2 \cos(C+D) - OO_1 \cos(G+C+D)$$

$$O_1K = \sqrt{\Delta y_1^2 + (P + \Delta x_1 - R_j \cdot G)^2}$$

把 (X_1, O_1, Y_1) 坐标系平移到 (X_2, O_2, Y_2) 坐标系, 顺时针转动 F 角, 得 K 点坐标值:

$$\begin{cases} x_2 = O_1K \cos F \\ y_2 = -O_1K \sin F; \text{ 其中 } F = \arctan \frac{\Delta y_1}{P + \Delta x_1 - R_j \cdot G} \end{cases}$$

链片上曲线槽中心轨迹方程式:

$$x_2 = O_1K \cos F$$

$$y_2 = -O_1K \sin F$$

$$\text{其中: } F = \arctan \frac{\Delta y_1}{P + \Delta x_1 - R_j \cdot G}$$

$$O_1K = \sqrt{\Delta y_1^2 + (P + \Delta x_1 - R_j \cdot G)^2}$$

$$\Delta x_1 = OO_2 [\sin(G+C+D) - \sin(C+D)]$$

$$\Delta y_1 = OO_2 [\cos(C+D) - \cos(G+C+D)]$$

(3)

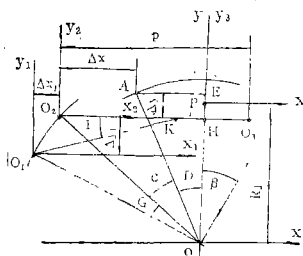


图3 曲线槽中心线坐标系

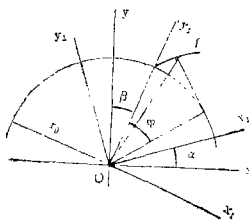


图4 渐开线齿形坐标系

2. 链轮齿为渐开线齿形

在 (x_1, O, y_1) 坐标系中(图4), 齿形曲线 f 方程为:

$$\begin{cases} x_1 = \gamma_o (\sin \varphi - \varphi \cos \varphi) \\ y_1 = \gamma_o (\cos \varphi + \varphi \sin \varphi) \end{cases}$$

将上式代入(1)式中:

$$x_4 = \gamma_o \sin(\varphi + \beta - \alpha) - \gamma_o \varphi \cos(\varphi + \beta - \alpha) + R_j \cdot \alpha$$

$$y_4 = \gamma_o \cos(\varphi + \beta - \alpha) + \gamma_o \varphi \sin(\varphi + \beta - \alpha) - R_j$$

$$\therefore \nu = \arctan \frac{y_1'}{x_1'} = 90^\circ - \varphi$$

$$\alpha = \arcsin \frac{x_1 \sin \varphi + y_1 \cos \varphi}{R_j} + \beta - 90^\circ + \varphi = \arcsin \frac{\gamma_o}{R_j} + \beta - 90^\circ + \varphi$$

$$\therefore \varphi = \arccos \frac{\gamma_o}{R_j} - \beta + \alpha$$

因链齿廓为标准的渐开线齿形, $\gamma_o/R_j = \cos 20^\circ$, $\beta = 20^\circ$

则: $\varphi = \alpha$

与标准渐开线齿形相啮合的链条齿形方程为:

$$\left. \begin{aligned} x_4 &= \gamma_o \sin \beta - \gamma_o \varphi \cos \beta + R_j \cdot \alpha \\ y_4 &= \gamma_o \cos \beta + \gamma_o \varphi \sin \beta - R_j \\ \varphi &= \alpha \end{aligned} \right\} (4)$$

从(4)式中消除参变量 φ , 可得到链条齿形方程: $x_4 = y_4 \cdot \tan \beta + R_j \cdot \tan \beta$ 。这是一条与 X 轴夹角为 70° 的直线方程, 在 X 轴上截距为 $R_j \cdot \tan \beta$ 。

链轮渐开线齿形与直廓齿形链条相啮合的啮合线方程:

$$\left. \begin{aligned} x_3 &= \gamma_o \sin \beta - \gamma_o \varphi \cos \beta \\ y_3 &= \gamma_o \cos \beta + \gamma_o \varphi \sin \beta - R_j \\ \varphi &= \alpha \end{aligned} \right\} (5)$$

从(5)式中消除参变量 φ , 得到 $y_3 = -x_3 \tan \beta$, 可见啮合线也是一条直线, 它与 X 轴夹角为 -20° , 是与链条齿廓相垂直的一条直线。

(4)、(5)式是渐开线齿形的链轮在正常啮合情况下得出的。相当于渐开线的齿轮与齿条啮合。而它的啮合基本条件是基圆上齿距必须相等。那么对于已定的齿轮, 会有许多形状(齿形角)不同的齿条能和它啮合, 只要这些齿条的基圆齿距等于该轮的基圆上齿距。因而不同节圆的齿轮, 就相应有不同齿形角的齿条与之相啮合。相应的齿条齿廓方程为:

$$\left. \begin{aligned} x_4 &= \gamma_o \sin(\varphi + \beta - \alpha) - \gamma_o \varphi \cos(\varphi + \beta - \alpha) + R_j \cdot \alpha \\ y_4 &= \gamma_o \cos(\varphi + \beta - \alpha) + \gamma_o \varphi \sin(\varphi + \beta - \alpha) - R_j \\ \alpha &= \varphi + \beta - \arccos \frac{\gamma_o}{R_j} \end{aligned} \right\} (6)$$

从(6)式中消去参变量 φ , 可以得到方程式:

$x_4 = y_4 \cdot \tan \alpha_j + R_j [\tan \alpha_j + \beta - \alpha_j]$ 这是一条与 X 轴的夹角为 $90^\circ - \alpha_j$ 的直线, 在 X 轴上的截距为 $R_j [\tan \alpha_j + \beta - \alpha_j]$ 。

相应的啮合线方程:

$$\left. \begin{aligned} x_3 &= \gamma_o \sin(\varphi + \beta - \alpha) - \gamma_o \varphi \cos(\varphi + \beta - \alpha) \\ y_3 &= \gamma_o \cos(\varphi + \beta - \alpha) + \gamma_o \varphi \sin(\varphi + \beta - \alpha) - R_j \\ \alpha &= \varphi + \beta - \arccos \frac{\gamma_o}{R_j} \end{aligned} \right\} (7)$$

从(7)式中消去参变量 φ , 得到方程 $y_3 = -x_3 \tan \alpha_j$, 这是一条与 X 轴成 $-\alpha_j$ 夹角, 且与齿廓

直线相垂直的一条直线。(式中 α_j 为齿轮渐开线在半径为 R_j 处的压出角)

3. 链轮齿为直廓齿形

已知链轮齿的齿形角 A , 顶圆半径 R_3 , 底圆半径 R_2 , 链轮齿数 Z 。在 (x_1, O, y_1) 中建立左侧直廓齿方程式:

$$\frac{x_1}{y_1 - R_2} = \operatorname{tg}\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)$$

式中: $y_1 = R_3 \cdot \cos \theta$

$$\angle \theta = 180^\circ - \angle N - \angle E,$$

$$\angle N = 180^\circ - \left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)$$

$$\angle E = \arcsin \frac{R_2 \cdot \sin N}{R_3}$$

因 $y_1 = f(x_1)$ 是一条直线, 依包络原理, 它的直线族方程由 $y_1 = f(x_1, \alpha)$ 表示, 我们可把它当作参数方程:

$$\begin{cases} x_1 = x_1 \\ y_1 = f(x_1, \alpha) \end{cases}$$

将直线方程 $y_1 = f(x_1)$ 代入(1)式

$$x_4 = x_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + R_1 \cdot \alpha$$

$$y_4 = -x_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) - R_1$$

$$\alpha = \arcsin N \frac{x_1 \cos v + y_1 \sin v}{R_1} + \frac{\pi}{Z} - v$$

将已知 $y_1 = \frac{x_1}{\operatorname{tg}\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)} + R_2$, 则 $y_1' = \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}$, $v = 90^\circ - \left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)$ 代入,

$$\text{可得 } \alpha = \frac{2\pi}{Z} + \frac{A}{2} - \arccos \frac{y_1 - R_2 \sin^2\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}{R_1 \cos\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}$$

直廓齿形 $y_1 = f(x_1)$ 的链轮, 与之相啮合的链条齿形方程为:

$$x_4 = x_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + R_1 \cdot \alpha$$

$$y_4 = -x_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) - R_1$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{Z} + \frac{A}{2} - \arccos \frac{y_1 - R_2 \sin^2\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}{R_1 \cos\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)} \quad (8)$$

$$\text{其中: } x_1 = (y_1 - R_2) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)$$

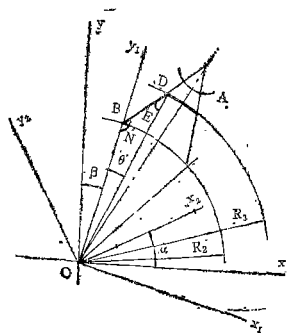


图5 直齿廓方程坐标系

相应的啮合线方程为:

$$\left. \begin{aligned} x_3 &= x_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) \\ y_3 &= -x_1 \sin\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) + y_1 \cos\left(\frac{\pi}{Z} - \alpha\right) - R_1 \\ \alpha &= \frac{2\pi}{Z} + \frac{A}{2} - \arccos \frac{y_1 - R_2 \sin^2\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}{R_1 \cos\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

其中: $x_1 = (y_1 - R_2) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)$

对应不同的 y_1 值, 有相应的 α 值, R_1 是根据已知齿形参数及啮合条件而确定的值。

当 $y_1 = R_2$ 时, $\alpha = 0$, 可得

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot \cos\left(\frac{A}{2} + \frac{\pi}{Z}\right)}{\cos\left(\frac{2\pi}{Z} + \frac{A}{2}\right)} \quad (10)$$

对应不同的 R_2, A, Z 值, 就有不同的 R_1 值。

二、定节距的输送链

1. 工作原理

图6中的链条是由链条齿片1, 链节体2(虚线所示), 在铰链点B、C用圆柱销连接构成(圆柱销不能与齿片1相对转动)。链轮转过 $2\pi/Z$ 角度, 链条移动一个节距 $p (= R_1 \times 2\pi/Z, R_1$ 为节圆半径)。链轮齿与链条齿相互啮合过程中, 只要轮齿廓最外点的压力角大于链轮齿的中心角 $2\pi/Z$, 每时至少有一个齿相互啮合。前一个链轮齿与链节齿在到达最后啮合点时, 链轮齿将同链条齿一道旋转, (或在前链节拉力共同作用下)后一个齿继续向前平推(拉)链条齿。这时链节体2围绕C点旋转。在C点到达B点时, 链条移动一个节距 P , 链轮转过 $2\pi/Z$ 角度, B点沿着半径为 R_4 的圆弧移动到A点。只要 $EC = AB$ 长, 链条就可以实现定节距的匀速输送, 理论上不会产生多边形效应。

从图6中看出, $BC = P = R_1 \cdot 2\pi/Z$ 。BA 是以 R_4 为外接圆的一个正 Z 边形的边长。若 $BA = BC$, $R_1 \cdot 2\pi/Z = 2R_4 \sin \pi/Z$

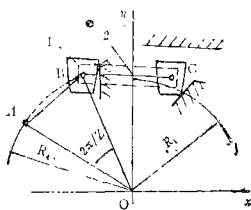


图6 定节距输送链示意图

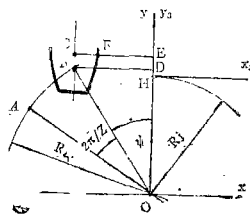


图7 齿片内铰链中心坐标系

$$\therefore R_4 = \frac{R_j \frac{\pi}{Z}}{\sin \frac{\pi}{Z}} \quad (11)$$

2. 链条齿铰链中心坐标

1) 铰链中心点选在链条中心线上 B 点。 $OB = R_4$ (图 7) 由式 (9) 求出啮合线上最后一个啮合点坐标 $F(x_{F3}, y_{F3})$, 转换到 (x, o, y) 坐标系中 $F(x_F, y_F)$ 。 FC 为 F 点到链条齿片中心线距离 $OH = R_j$, $BD = CE$ (由具体结构确定)。 据公式 (11), 得出

$$OB = \frac{R_j \cdot \frac{\pi}{Z}}{\sin\left(\frac{\pi}{Z}\right)}, \quad \angle \psi = \arcsin \frac{BD}{OB}$$

$DE = y_{F3} + R_j - R_4 \cos \varphi$ 。 铰链中心点 B 坐标为 (EC, OD) 。

在 (x_3, p, y_3) 坐标系中, 铰链中心点 B 坐标为 $(x_{F3} + CF, y_{F3} - ED)$ 。

2) 铰链中心点 B 选在 OF 的连线上 (图 8)。 由式 (9) 求出最后啮合点 (x_{F3}, y_{F3}) , 换算到 (x, o, y) 坐标系中为

$$F(x_F, y_F), \quad \angle \psi = \arctg \frac{|x_F|}{y_F}$$

由式 (10) 求出直廓齿形链轮的 R_j , 由式 (11) 求出 R_4 。 则 B 点在 (x, o, y) 坐标系中的坐标为:

$$\begin{cases} x = -R_4 \sin \psi \\ y = R_4 \cos \psi \end{cases}$$

在 (x_3, p, y_3) 坐标系中, 铰链的中心坐标为:

$$\begin{cases} x_3 = -R_4 \sin \psi \\ y_3 = R_4 \cos \psi - R_j \end{cases}$$

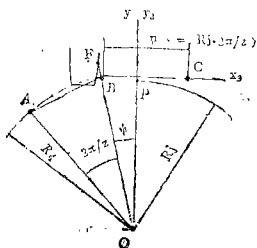


图 8 齿片外铰链中心坐标系

3. 示例

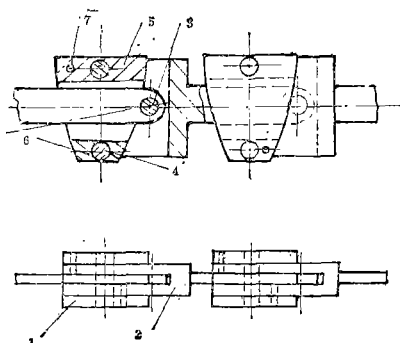


图 9 定节距输送链

图9为定节距输送链条,它是由齿片1,链节体2,铰链轴3,齿片与链节体紧固连接销轴4,上垫块5,下垫块6及小销钉7构成。链轮要作成二个(链轮)齿盘式结构,同时和链条上的内外齿片同步啮合。一对齿在啮合过程中,前一个链条齿的链节体就要围绕铰链轴3回转。这对齿在到达最后啮合点时,它的后一对齿已经啮合,前一个齿的链节体就要围绕后一个齿的前铰链中心进行回转,可实现连续均匀传动。

三、修正齿形的定节距输送链

根据链轮齿形设计出的平动链条齿形,运用到链条回转运动中,不可能实现链条的匀速运动。若要实现链条的匀速运动,其中一个方法是对产生平动的链条齿形进行修正。

1. 工作原理

图10中曲线 a 、 b 是在 (x_s, p, y_s) 坐标系中(见图2),根据已知的链轮求出平动时的链条齿形和它们的啮合线。链条平动时的齿形 a ,若它在转动过程中与链轮齿的啮合点仍然落在平动时的啮合线 b 上,必须对链条的齿形进行修正,才有可能做到链轮齿与链条齿的接触点仍在啮合线 b 上。节距为 p 的链节 AB ,在传动过程中,链节是以后铰链 B 为中心进行转动,前铰链 A 是以 $R_4\left(=p/2/\sin\left(\frac{\pi}{Z}\right)\right)$ 为半径的圆弧上移动,后铰链 B 作平动。链轮转过 α 角,链节铰链 B 平移到 B' 点,移动了 $R_4 \cdot \alpha$ 距离。链节齿上的一点 F ,相对应在啮合线上有一点 F' 。前铰链 A 点在以 R_4 为半径的圆弧上移到 A' 点。 $A'B'$ 直线与 AB 线的夹角为 θ 。相当于链节绕 B' 点转动了 θ 角。把后铰链 B' 与 F' 点连线,以 B' 点为圆心,转动 θ 角, F' 点转移到 F'' 点。这 F'' 点就是修正齿形上的一个点。用此方法即可求出在链节的铰链位置一定时链节上的相应修正齿形。它是用包络原理求出平动时链节齿形和相应的啮合线。在此基础上,找出转动时接触点的移动轨迹,形成新的齿形。为今后文章叙述方便起见,这种方法暂称之为“包络一轨迹”法。

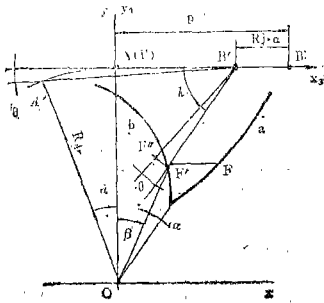


图10 修正齿形工作原理坐标系简图

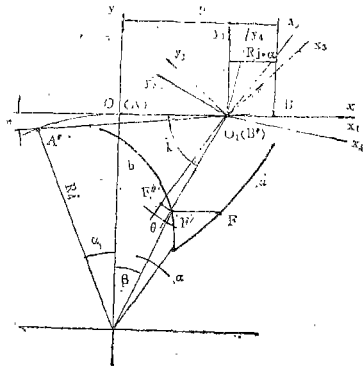


图11 修正齿形坐标转换图

2. 建立方程

如图11建立 (x, o, y) 坐标系,平动时正常链节齿形为 $a(x, y)$,相应的啮合线为 $b(x_s, y_s)$ 。坐标系 (x, o, y) 平移到后铰链点 B' ,新坐标系为 (x_1, o_1, y_1)

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} P - R_i \cdot \alpha \\ O \end{pmatrix}$$

将 (x, o_1, y_1) 坐标系逆时针旋转 K 角 $\left(K = \arctg \frac{y_w}{x_s}\right)$ 到坐标系 (x_2, o_1, y_2) ,

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos K & \sin K \\ -\sin K & \cos K \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$$

将 (x_2, o_1, y_2) 顺时针转动 θ 角到 (x_3, o_1, y_3) ,

$$\left(\theta = \arctg \frac{R_4(1 - \cos \alpha)}{\sqrt{p^2 - R_4^2(1 - \cos \alpha)^2}} \right)$$

$$\begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

将 (x_3, o_1, y_3) 坐标系顺时针转动 K 角 $\left(K = \arctg \frac{y_w}{x_s}\right)$ 到 (x_4, o_1, y_4) 坐标系,

$$\begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos K & -\sin K \\ \sin K & \cos K \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix}$$

将坐标系 (x_4, o_1, y_4) 平移到 (x, o, y) 坐标系中:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p - R_j \cdot \alpha \\ O \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} (x - p + R_j \cdot \alpha) \cos \theta - y \sin \theta + P - R_i \cdot \alpha \\ (x - p + R_j \cdot \alpha) \sin \theta + y \cos \theta \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} X &= (x - p + R_j \cdot \alpha) \cos \theta - y \sin \theta + p - R_i \cdot \alpha \\ Y &= (x - p + R_j \cdot \alpha) \sin \theta + y \cos \theta \end{aligned} \right\} (12)$$

(12)式即为在铰链位置一定时,正常链节齿形 $a(x, y)$ 由平动过渡到转动过程中,相应的修正齿形的点坐标值。在 (x, o, y) 坐标系可得到一条修正齿形的齿廓曲线。

3. 分析可能出现的几种情况

在链轮参数已定的链传动中,前铰链位于图10所示位置。如果传动中前铰链 A 转过 $2\pi/Z$ 时,后铰链 B 移到前铰链 A 位置。假设链轮齿是从啮合线起始位置开始啮合, $P/R_i \times 180^\circ/\pi$ 为推动链条移动 P 距离所必须转过的角度, $2\pi/Z$ 为链轮转过一个齿的角度(中心角), K 为链轮参数 (R_2, R_3, A, Z) 在一定情况下,链轮从开始啮合到脱离啮合的最大转动角。

若 $K = 2\pi/Z$,理论上实现链条前后二个齿在运动中与链轮齿的啮合是首尾相接,可实现链条的匀速运动。(见图12)

若 $K > 2\pi/Z$ (如图13所示),实际传动时,链轮与链节齿啮合时的起始位置,比啮合的原始起始位置前移了 $(K - 2\pi/Z)$ 角。在这种情况下啮合是从链轮的齿面中间某位置开始的。链

轮要转过 $(K - 2\pi/Z)$ 角度。这可作为前后二个轮齿重迭啮合的角度。保证了链轮连续均匀传动。

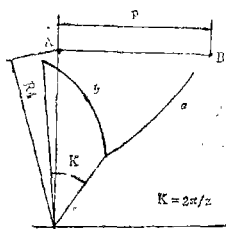


图12 $K = 2\pi/Z$ 啮合关系图

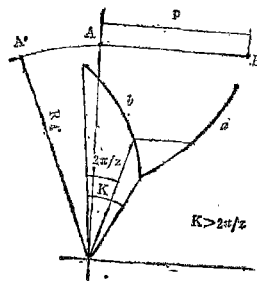


图13 $K > 2\pi/Z$ 啮合关系图

若 $2\pi/Z > K$ (如图14所示), 平动链节齿形与啮合线相交在 f 点, 链轮要反转 $(2\pi/Z - K)$ 角度, 作为啮合的新的起始位置。这在传动结构上是不易实现的。但可以采用修改齿形参数或链轮与链节铰链的相对位置, 使它成为 $2\pi/Z = K$ 或 $2\pi/Z < K$ 的情况。

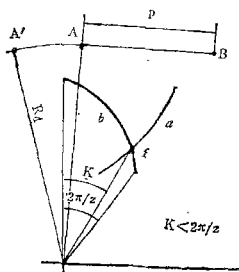


图14 $K < 2\pi/Z$ 啮合关系图

参 考 文 献

- [1] 郑志峰, 王义行, 柴邦衡编著, 《链传动》, 机械工业出版社, 1984

87036

火焰原子吸收法快速测定矿泉水中10种元素《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 火焰;原子光谱;测定;矿泉水

摘要 本文提出用原子吸收法快速测定矿泉水中10种元素含量的方法,对元素间的相互干扰进行了探讨。本法具有快速,简单可靠,样品无需特殊处理等特点。10种元素测定回收率在96—102%,变异系数为0.96—10.0%。

作者:吴保承

87037

金电极阳极溶出伏安法测定河产品中微量砷《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 砷;微量分析;金属电极;阳极溶出伏安法/淡水鱼

摘要 采用金电极阳极溶出伏安法测定食品中微量的砷,以还原蒸馏法分离干扰离子,在静止溶液中富集 As^{3+} ,此法测定范围可从25—400ppb。用本方法分析水质、饮料、植物油、河产品中微量的砷可得到满意结果。

作者:余槐、李永贞、蒋雄图

87038

摆动从动杆盘状凸轮机构的运动设计——同时考虑许用压力角和最小曲率半径优化的设计《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 凸轮机构;最佳化设计;压力角

摘要 本文对摆动从动杆盘状凸轮机构的最大压力角和最小曲率半径问题进行了详细的讨论。根据优化原理,同时考虑许用压力角和最小曲率半径,对摆动从动杆盘状凸轮机构进行了最优化设计。在仅给出摆杆运动规律、摆杆最大摆角和相应凸轮转角的情况下,直接确定凸轮的最小基圆半径、摆杆长度和摆杆初始位置角。

作者:吕庸厚、周榴明

87039

输送链的结构与齿形探讨《无锡轻工业学院学报》1987年,第6卷,第4期

主题词 链;输送链;变节距;定节距;“包络—轨迹”法修正齿形

摘要 本文讨论了链传动中克服和消除多边形效应的新途径。利用包络原理,求出平动时链传动的齿形。传动中链轮齿和链节齿在啮合点一道旋转,实现变节距或定节距传动。并提出了用“包络—轨迹”对平动齿形进行修正,传动中链节体的前铰链沿圆弧运动,后铰链作平动,完全消除链传动中的多边形效应。最后提出了对结构设计产生影响的几种啮合情况。

作者:杜康宁

87038

THE KINEMATICS OPTIMAL DESIGN of RADIAL CAM MECHANISM with SWINGING ROLLER FOLLOWER —OPTIMAL DESIGN in CONSIDERATION of BOTH the PERMITTED PRESSURE ANGLE and MINIMAL RADIUS of CURVATURE (Journal of the Wuxi Institute of Light Industry) Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Cam mechanisms; Optimization; Pressure angles
ABSTRACT In this paper, the pressure angle and minimal radius of curvature of cam mechanism with swinging roller follower are discussed in details. According to the principle of optimization and considering the permitted pressure angle and minimal radius of curvature at the same time, the kinematics optimal design of radial cam mechanism with swinging roller follower is completed. When given the motion and maximal swinging angle of follower, and the corresponding rotation angle of cam, the minimal prime circle radius of cam, and the length and initial position angle of follower can be determined directly.

Author: Leu Yonghou Zhou Linming

87036

RAPID DETERMINATION of TEN KINDS of ELEMENTS in MINERAL WATER by FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY (Journal of the Wuxi Institute of Light Industry) Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Flame; Atomic absorption spectrum; Determination; Mineral spring

ABSTRACT A method of rapid determination of the amount of ten kinds of elements in mineral water by flame atomic absorption spectrometry is introduced. The interferences among elements are studied. Rapidity, simplicity and reliability are the characteristics of this method. And also samples were not treated specifically. The determination recoveries of the ten elements are 96—102%. The coefficients of variation are 0.96—10.0%.

Author: Wu Baocheng

87039

AN APPROACH to the STRUCTURE and TOOTH SHAPE of TRANSPORT CHAIN (Journal of the Wuxi Institute of Light Industry) Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Chain; Transport chain; Non-constant pitch; Constant pitch; Correction of tooth profile by "envelope-path" method
ABSTRACT A new approach to overcome and eliminate the polygon effect in chain drives is discussed in this paper. Tooth shape of chain drive in parallel motion is determined by the envelope theory. Sprocket and chain turn together on the last point of their line of action to realize chain transmission with constant pitch or with non-constant pitch. The article puts forward a new method, "envelope-path" method, to correct the tooth shape mentioned. During the chain transmission the former joint moves along circular arc, the latter has a parallel motion in order to eliminate fully the polygon effect of chain drives. Finally the article introduces several circumstances which affect the design of chain drives.

Author: Du Kangning

87037

MEASURING MICRO-ARSENIC in RIVER PRODUCTS by GOLD ELECTRODE ANODE STRIPPING VOLTAMMETRY (Journal of the Wuxi Institute of Light Industry) Vol.6, No.4, 1987

SUBJECTWORDS Micro-Arsenic; Gold electrode; Anode stripping voltammetry; River products

ABSTRACT This paper discusses how to use the Gold Electrode Anode Stripping Voltammetry for measuring Micro-Arsenic in the food, and offers the method for separating the disturbing ions by reducing and distilling and collecting arsenic(III) in standstill solution. It has been proved that the reproducibility of the data obtained by the Gold Electrode is in the range of measurement from 25 to 400 ppb. A satisfactory result has been achieved by using the method for analysing the Micro-Arsenic in water, beverage, plant oil, as well as river products.

Author: Yu Hual Li Yongzhen Jiang Xiongtu