

以输送链松边长度的附加变化量 计算链轮中心距的变动值

许 介 卫

(机 械 系)

输送链不仅广泛用于输送工件、物品及材料等的运输机械上,而且也常用在某些产品的连续测试上。如电扇测试线和电饭锅测试线。一般输送链的节距较长,链轮的齿数少,并且链条的滚子在导轨上滚动同时受导轨的约束,因此在低速传动时往往会产生链条松紧不一致的周期变化。这表明传动过程中两轮之间的理论中心距存在着明显的变化。如果两轮各进出边所移动的距离都相等,则就不存在中心距变动值。但是在松边链条上主动链轮出端链条滚子的移动量与被动链轮进端链条滚子的移动量是不相等的,其差值称为附加变化量。本文就从附加变化量来计算理论中心距的变化值。

一、传动情况的分析

设主动链轮 O 以一定的角速度回转(图1)。导轨中心线的距离 H 等于链轮分度圆半径 R 。链条中心线与链轮分度圆相切于 A , A 为滚子的中心。链条滚子 A_1 、 A_2 被约束在异轨上。链轮转动后,链条移动,滚子 A_1 脱离导轨的约束。当滚子从 A 点被驱动到 B 点时,滚子 A_1 开始与链轮 C 点啮合,此时链条就由链轮 C 点驱动。当滚子 A_1 被驱动到切点 A 时,就相当于链轮转过一个齿($2\pi/Z$ 弧度),而链条刚好移过一个节距的距离。如此周而复始就形成链传动。

由于导轨的约束, B 、 C 两点为链轮驱动链条滚子的极限位置, OB 、 OC 半径线与链轮水平中心线相应的夹角 β 、 β_1 为极限角,并且 BC 和 CD 的长度均等于节距 P 。图1下面部分为出边链条的传动情况,传动过程与上相反。 B' 、 C' 为出边驱动极限位置。如果链轮齿数为偶数,首先链轮齿驱动链条滚子由 A' 点至 C' ,再由下个齿从 B' 驱动到 A' 。如果链轮齿数为奇数,出边的传动情况如图2所示。 F 、 G 为链轮齿槽, F 点与链条滚子相啮合,而链条滚子已脱离 G 点。其驱动次序由 $F \rightarrow A' \rightarrow C'$,再由 $B' \rightarrow F$,与偶齿数情况不同,并且传动开始点 F 与偶齿数相比,相差一个相角 φ 。被动链轮传动情况与主动链轮传动情况的区别在于驱动方式是由链条滚子带动链轮,同时进出边的位置也相反。

由于链条滚子移动受到导轨的约束,因此每当主动链轮转过 α 角时,主动链轮出边链条滚子所移动距离不等于进边滚子所移动的距离。同样情况,被动链轮进边链条滚子所移动的距离,不等于出边链条滚子所移动的距离。并且在同步条件下(即主动轮进边链条滚子移动距离等于被动链轮出边链条滚子所移动距离),被动链轮进边链条滚子所移动的距离不等于

本文1987年5月8日收到。

主动链轮出边链条滚子所移动的距离,其差值就是松边链条长度的附加变化量。根据这变化量就能计算两链轮中心距的变化值。

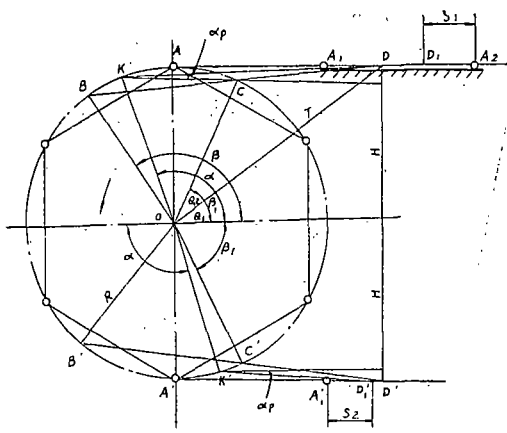


图 1 链传动原理图

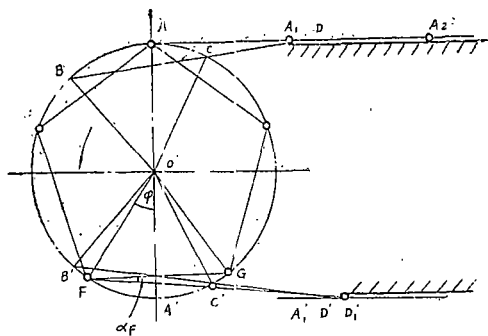


图 2 链轮齿数为奇数

二、计算方法

主动链轮进边链条滚子和出边链条滚子随链轮转角 α 变化的移动距离 S_1 和 S_2 的计算。

1. 计算 S_1

当链轮由A点转到K点时(见图1),其链条滚子所移动的距离 S_1 为:

$$S_1 = AA_2 - AD_1$$

$$\text{而 } AA_2 = 2P$$

$$AD_1 = 2P \cos \alpha_p + R \cos \alpha$$

$$\therefore S_1 = 2P - (2P \cos \alpha_p + R \cos \alpha)$$

由于驱动点到第一个约束滚子之间的距离与驱动点所处的位置有关,驱动点在 $\widehat{AB}$ 段时此距离为2倍链条节距;而在 $\widehat{CA}$ 段时则等于链条节距。因此 S_1 的计算公式应按 α 值的大小而有所不同。

$$\text{当 } \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \beta \text{ 时}$$

$$S_1 = 2P - (2P \cos \alpha_p + R \cos \alpha) \quad (1)$$

$$\text{当 } \beta < \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{Z}{2\pi} \text{ 时}$$

$$S_1 = 2P - \left[P \cos \alpha_p + R \cos \left(\alpha - \frac{2\pi}{Z} \right) \right] \quad (2)$$

α ——驱动半径与链轮中心线的夹角,设链轮转动起始点为A,则 α 角的取值范围为

$$\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{Z} \right)$$

β ——极限角

α_p ——驱动点同第一个约束滚子的连线与水平线的夹角, 简称为倾斜角

P ——链条(链轮)的节距

Z ——链轮齿数

极限角 β 按下列公式计算(见图1)

$$\beta = \beta_1 + \frac{2\pi}{Z} \quad (2-1)$$

$$\beta_1 = \theta_1 + \theta_2 \quad (2-2)$$

$$\text{其中 } \sin \theta_1 = \frac{H}{T}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{T^2 + R^2 - P^2}{2RT}$$

$$\text{而 } T = \frac{P}{2\sin\left(\frac{\pi}{Z}\right)} \sqrt{1 + 8\sin^2\left(\frac{\pi}{Z}\right)}$$

$$= R \sqrt{8\sin^2\left(\frac{\pi}{Z}\right) + 1}$$

式中

H ——导轨离两轮中心线的距离

R ——链轮分度圆半径

倾斜角 α_p 计算公式

与 α 所在区域有关

$$\text{当 } \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \beta \text{ 时}$$

$$\sin \alpha_p = \frac{M_A}{2P}$$

$$\text{其中 } M_A = H - R \sin \alpha$$

$$\text{当 } \beta < \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{Z} \text{ 时}$$

$$\sin \alpha_p = \frac{M_A}{P}$$

其中 M_A 的计算同上

2. S_2 的计算

与链轮齿数的奇或偶数有关

链轮齿数为偶数(见图1)时

公式的推导方式与 S_1 相同

$$\text{当 } \frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \pi - \beta_1 \text{ 时,}$$

$$S_2 = P \cos \alpha_p - R \cos \alpha - P \quad (3)$$

当 $\pi - \beta_1 < \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{Z}$ 时,

$$S_2 = P \cos \alpha_p - R \cos \left(\alpha - \frac{2\pi}{Z} \right) - P \quad (4)$$

式中

β_1 ——为滚子极限角

$$\beta_1 = \theta_1 + \theta_2 \quad [\text{见式}(2-2)]$$

链轮齿数为奇数(见图2)时

由于相位差 φ 和驱动点所处的位置不同,因此 S_2 须分三个区段进行计算:

在 $\widehat{FA'}$ 段, $\frac{\pi}{2} - \varphi \leq r \leq \frac{\pi}{2}$

$$S_2 = 2P \cos \alpha_p - R \cos r - L \quad (5)$$

在 $\widehat{A'C'}$ 段, $\frac{\pi}{2} < r < \pi - \beta_1$

$$S_2 = P \cos \alpha_p - R \cos r + P - L \quad (6)$$

在 $\widehat{B'F}$ 段, $\pi - \beta_1 < r \leq \frac{2}{\pi} - \theta + \frac{2\pi}{Z}$

$$S_2 = 2P \cos \alpha_p - R \cos \left(r - \frac{2\pi}{Z} \right) + T - L \quad (7)$$

式中

γ ——链轮转角减相位差角 φ 即

$$r = \alpha - \varphi$$

$$\text{而 } \sin \varphi = \frac{P}{2R}$$

L ——起始位置时,导轨上第一个滚子至切点 A' 的距离即为 $A'D'$

$$L = A'D' = 2P \cos \alpha_F - R \sin r$$

其它符号意义同前述

3. 被动链轮进边链条移动距离 S_3 的计算

首先应按主动链轮进边链条滚子移动距离 S_1 作为被动轮出边链条滚子的移动距离来计算被动轮应转过的角度 α_1 ,然后再按 α_1 计算被动链轮进边链条滚子移动距离 S_3 。 S_3 的计算公式与链条节数和链轮齿数的奇、偶数有关,即被动链轮的驱动点与主动链轮驱动点有无相位差有关。如果链轮齿数和链条节数都为偶数,则两轮的驱动点无相位差。根据 S_1 求出被动链轮转角 α_1 后,即可用类似(1)和(2)公式计算 S_3 。

被动链轮出边传动情况如图3所示,(设链轮齿数和链条节数都为偶数), B, C 点为极限

位置, 首先链条滚子从A点带动链轮转动至C点, 然后由下一节链条滚子使链轮再从B点转到A点。

当链条滚子 J_1 移动 S_1 时, 链轮由A被驱动到A', 从图中可知根据 S_1 可求出 θ 、 ε 角。

设 $M = P + S_1$

$$u^2 = R^2 + M^2$$

$$\angle Do'W = \theta$$

$$\angle A'o'D' = \varepsilon$$

则

$$\sin \theta = \frac{H}{u} \quad (8)$$

并从 $\triangle A'O'D'$ 中得

$$P^2 = (u - R \cos \varepsilon)^2 + R^2 \sin^2 \varepsilon$$

$$\therefore \cos \varepsilon = \frac{R^2 + u^2 - P^2}{2Ru}$$

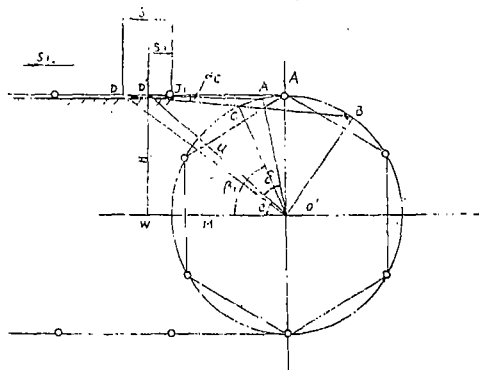


图3 链传动原理图

但链条滚子 J_1 通过D点后, 链条滚子驱动链轮改为从B点转到A, 因而计算 $\cos \varepsilon$ 的公式与上式略有不同。滚子 J_1 移到D点的距离为 S_c , 可由

$$S_c = AD - P = P \cos \alpha_c + R \cos \beta_1 - P \quad \text{求得}$$

式中

β_1 ——C点的极限角

$\beta_1 = \theta_1 + \theta_2$ 可按(2-2)进行计算

α_c ——C点倾斜角, 可用

$$\sin \alpha_c = \frac{H - R \sin \beta_1}{P} \quad \text{计算}$$

现将 $\cos \varepsilon$ 的计算公式和其适用范围归纳如下:

$0 \leq S_1 \leq S_c$ 时,

$$\cos \varepsilon = \frac{R^2 + u^2 - P^2}{2Ru} \quad (9)$$

$S_c < S_1 \leq P$ 时,

$$\cos \varepsilon = \frac{R^2 + u^2 - 4P}{2Ru} \quad (10)$$

从公式(8)和(9)或(10)可计算 θ 和 ε 值。

将求得的 θ 、 ε 值代入下式则可求得 α_1 值

$$\alpha_1 = \pi - (\theta + \varepsilon)$$

将 S_3 代替式(1)和(2)中 S_1 , α_1 代替 α , 即得 S_3 的计算公式

$$\frac{\pi}{2} \leq \alpha_1 \leq \beta$$

$$S_3 = 2P - (2P \cos \alpha_p + R \cos \alpha_1) \quad (11)$$

$$\beta \leq \alpha_1 \leq \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{Z}$$

$$S_3 = 2P - (P \cos \alpha_p + R \cos \alpha_1) \quad (12)$$

至于其他情况,如链轮齿数为偶数,链条节数为奇数;链轮齿数为奇数,链条节数为偶数;链轮齿数和链条节数都为奇数,其 α_1 和 S_3 计算公式的推导方法与上述方法类似。图4中各图是用计算机按上述方法所推导的公式进行计算和绘制出的图形。经大量计算和作图表明,图形按链轮的齿数和链条节数的奇偶可分四类(如图4所示)。随着齿数的增加,曲线包围的面也跟着减小,即松边长度的附加变化量变小。现将链轮齿数为奇数,链条节数为偶数的 $S-\alpha$ 图形作进一步分析。

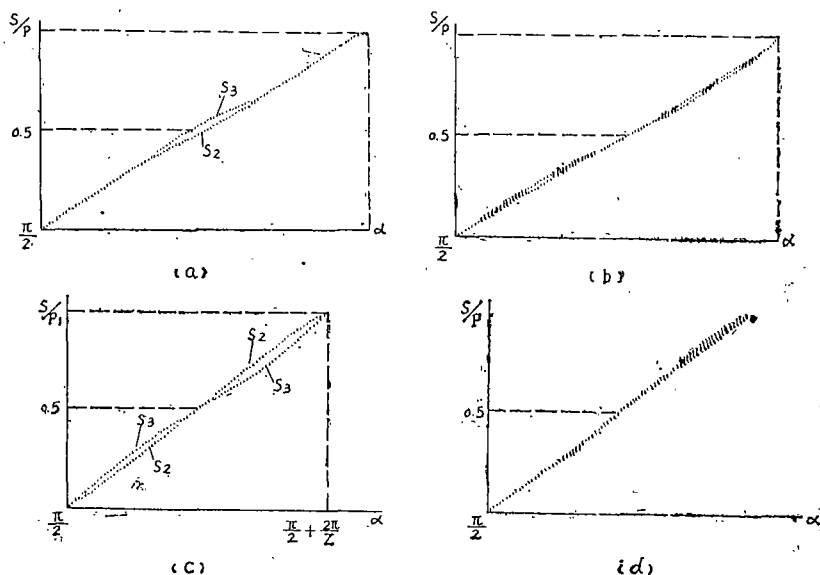


图4 $S/P-\alpha$ 图

- (a) 链轮齿数为偶数, 条节数为偶数
- (b) 链轮齿数为偶数, 条节数为奇数
- (c) 链轮齿数为奇数, 条节数为偶数
- (d) 链轮齿数为奇数, 条节数为奇数

$\Delta S = S_2 - S_3$ 的差值,在前半周期中,由于 $S_3 > S_2$,因此 ΔS 为负值,说明链轮中心距应减小;而在后半周期中,由于 $S_3 < S_2$, ΔS 为正值,说明两中心距应增加。

另外,后半周期曲线所包围的面积比前半周期曲线所包围的面积大,因此后半周期所引起的两轮中心距变化值比前半周期大。

4. 计算链轮中心距变动值 Δa

链条松边附加变化量 ΔS 求出后,两链轮之间中心距变动值就可按下式求得

$$\Delta a = \Delta s / 2 = (S_2 - S_3) / 2 \quad (13)$$

用计算机计算链轮中心距变动值和作图是很方便的。图5为程序框图。图6中四种不同情况的中心距变动值图是由计算机计算和绘制的。纵坐标表示中心距变动值的百分数 $\Delta a/P\%$ ，横坐标表示链轮转角值，单位为周期。转角 α 可按式换算成周期 T

$$T = (\alpha - \frac{\pi}{2}) / \frac{2\pi}{Z}$$

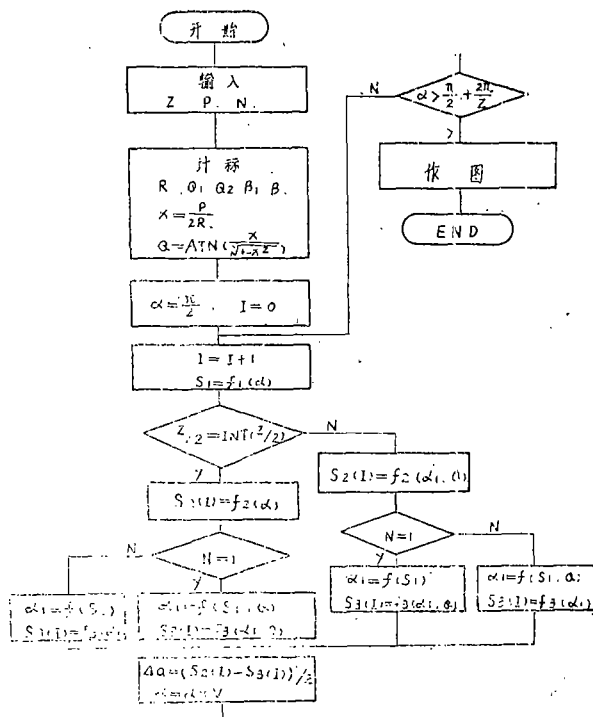
现将不同链轮齿数 ($Z=4\sim 30$) 的中心距变动量 q 的百分数

$$q = \frac{\Delta a_{\max} - \Delta a_{\min}}{P} \%$$

列于附表中。

三、结 论

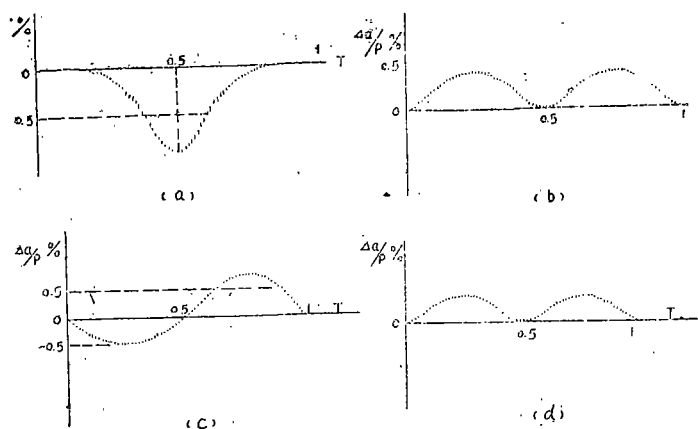
1) 计算结果表明, 链条节数为偶数的中心距的变化值比奇数的大; 在链条节数为偶数, 链轮齿数为奇数时, 中心距变动值要比链轮齿数为偶数的变化大。因此限制中心距的变动量, 就尽可能选链条节数为奇数。如果在客观条件不允许选用奇数的链条时, 就应选用偶数齿数的链轮



注: N 为链条节数的奇偶数, 奇数为 $N=1$, 偶数为 $N=0$

图5 程序框图

2) 从计算链轮中心的变动量的整个过程中表明, 松边的附加变化量直接影响中心距变动量。因此在实际允许的条件下, 可以在松边设计某种类似随动张紧装置来减小其变化量。

图 6 $\Delta a/p-T$ 图

- (a) 链轮齿数为偶数，链条节数为奇数。
 (b) 链轮齿数为奇数，链条节数为偶数。
 (c) 链轮齿数为偶数，链条节数为偶数。
 (d) 链轮齿数为奇数，链条节数为奇数。

附表 中心距变动量

齿数 Z	$q\%$		齿数 Z	$q\%$		齿数 Z	$p\%$	
	链条节数 偶数	链条节数 奇数		链条节数 偶数	链条节数 奇数		链条节数 偶数	链条节数 奇数
4	2.213	0.929	13	0.722	0.075	22	0.063	0.026
5	5.043	0.530	14	0.153	0.065	23	0.229	0.024
6	0.896	0.375	15	0.540	0.055	24	0.052	0.022
7	2.523	0.262	16	0.120	0.049	25	0.193	0.021
8	0.495	0.204	17	0.420	0.044	26	0.046	0.019
9	1.516	0.157	18	0.095	0.039	27	0.165	0.018
10	0.310	0.129	19	0.334	0.035	28	0.038	0.017
11	1.010	0.105	20	0.077	0.032	29	0.139	0.016
12	0.215	0.089	21	0.267	0.028	30	0.028	0.014

参 考 文 献

- [1] 郑志峰等编著,《链传动》,机械工业出版社,1984
 [2] 《机床设计手册》,机械工业出版社,1980
 [3] 《非标准设备设计手册》,(等二册),国防工业出版社,1980
 [4] 《机械设计手册》,(中册),化学工业出版社,1982
 [5] 《机械工程手册》,(第九卷),机械工业出版社,1982
 [6] 余洲生编,《连续输送机械》,上海海运学院学报丛书,1976
 [7] R.C.Binder, *Mechanics of Roller Chain Drives* (1956)
 [8] D.R.Woodley, *Encyclopaedia of Materials. Handling* (1964)