

YUNSHU JIXIE

运输机械设计 选用与标准实用手册

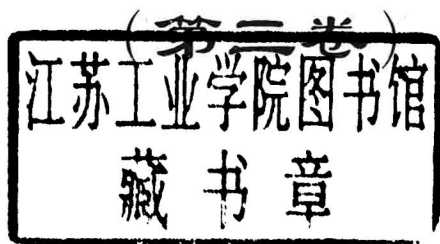
◆ 主编：王振华

安徽文化音像出版社

运输机械设计

选用与标准实用手册

主编:王振华



安徽文化音像出版社

第三节 通用悬挂输送机系统设计

一、概述

(一)设计原始资料

(1)输送机系统的工艺流程图(包括平面图和立面图),图上应标出各工位的标高、工艺要求、装卸地点、装卸方法等。

(2)输送物件的重量、规格种类、外形尺寸及特殊性能(如易燃、易碎、剧毒、腐蚀等)。

(3)输送物件的吊挂方式及吊具的结构要求。

(4)输送机系统的生产率、生产节拍或运行速度及调速范围等。

(5)输送机系统的特殊要求,如成套输送、自动装卸及同步运行等。

(6)输送机的工作条件、环境温度、湿度、粉尘情况及工作制度等。

(7)输送机所在厂房的土建资料及有关设备方位和水、电、风、气管道走向等。

(8)输送机的电控方式及安全要求。

(二)设计程序

(1)根据原始资料综合分析,权衡利弊,初步选取输送机型号,并绘制输送机线路草图。

(2)根据输送物件的重量、外形尺寸及工艺流程,选取滑架类型及物件的吊挂方式,最大限度地满足生产过程的要求。

(3)由物件的通过性分析确定物件的吊挂间距和滑架间距。

(4)由物件的通过性分析选取水平回转段和垂直弯曲段的有关参数。

(5)根据输送机系统的生产率或生产节拍以及吊挂间距确定链条的运行速度。

(6)计算单位长度的移动载荷和运行阻力,概算牵引链的最大张力。初步校核输送机牵引构件的选择是否正确,必要时可更换链条型号和滑架规格,或采用多机驱动。

(7)根据工艺流程图综合分析,确定输送线路的最小张力点,初步选取驱动装置和张紧装置的合理位置。

(8)自最小张力点开始,将输送机全线分段标记,按正常工作状况和最不利的载荷状况(如上下班时的载荷变化情况)逐点计算全线各点的链条张力,进而确定输送机系统所需要的驱动力。同时校核驱动装置和张紧装置的位置选择是否合理,并判断输送机是否超张力运行。

(9)按照相应点的张力和所选用的垂直弯曲半径求出滑架的最大计算载荷,校核滑架是否超载运行。

(10)由驱动装置的驱动力和链条的运行速度确定电动机的功率。

(11)根据逐点张力计算的有关参数确定张紧装置的张紧载荷。

(12)绘制输送机线路图、电控系统图和施工图。

(13)绘制线路展开图、载荷图和张力图。

以上各项的取舍应根据输送线路的具体情况和实际需要而定。

二、输送机的选型

输送机的使用寿命在很大程度上取决于输送机的选型,如果输送机选型合理、线路布置得当、设备维护及时,其使用寿命一般应在6~10年以上。

运行初期输送机轨道踏面高度的磨损量为每月0.15~0.20mm,牵引链的磨损伸长量为线路全长的0.3%~0.5%。经过一段跑合时间,磨损情况明显好转,处于正常磨损阶段。我们的目的在于如何延长正常磨损阶段的时间,而输送机选型合理则是保证其正常磨损的先决条件。

输送机型号的选择主要决定于以下诸因素:

(1)输送物件的重量(包括吊具重量)、外形尺寸及其吊挂方式;

(2)线路长度及其复杂程度,即水平回转段和垂直弯曲段的多少;

(3)输送机的工作环境工作条件及工作班次;

(4)输送机的运行速度及生产率;

(5)特殊的工艺要求。

XT系列输送机选型的基本参数见表6-5-59。

表6-5-59中有以下问题需加以说明:

(1)链条许用张力及滑架许用载荷均为一般工作条件下的常规选取值,就各个线路的具体情况而言,较为精确的设计计算详见第二节的有关内容;

(2)滑架许用载荷是单点吊重,当采用双点吊挂时其值加倍;

表6-5-59 输送机选型的基本参数

牵引链型号	XT 80	XT 100	XT 160	WT 3	WT 4	WT 6
链条节距,mm	80	100	160	76.6	102.4	153.2
链条许用拉力,kN	11	15	30	9	15	27
滑架许用载荷,kN	1.25	2.5	4	1.1	2.3	5
链条运行速度,m/min	0.3~15			0.3~18		
输送线极限长度,m	450	600	750	450	600	750
角驱动弯轨半径,mm	330	413	404	—	—	—
最小水平回转半径,mm	203	317	404	300	450	600
最小垂直弯曲半径,mm	1600	2000	3150	1200	1700	3400
最小吊挂间距,mm	320	400	600	306.4	409.6	612.8

(3)链速为常规选取值,特殊情况下链速可高达25m/min;

(4)输送线极限长度是理想条件下单机驱动时的最大长度,当采用多机驱动时线路长度另作别论;

(5)角型驱动装置的弯轨半径是供校核物件通过性的参考数据,当角驱动物件通过性有问题时,可酌情改用直线驱动装置。

三、输送线通过性分析

输送机正常运行时,各物件之间必须留有一定的间隙。由于输送机运行过程中各物件之间的运动间隙是一变量,所以在垂直弯曲段和水平回转段(包括角型驱动装置的水平回转段)必须进行通过性校核。

另外尚需指出,当输送线穿过楼层或通过辅助梁桁架时,也必须满足物件最小运动间隙的要求。

(一)物件的运动间隙

物件的运动间隙由其运动摆幅决定。

1.水平直线段紧急停机时物件的纵向摆幅(图6-5-70)

$$A_x = 2\Delta_x = \frac{v}{g} \sqrt{4gL - v^2} \quad (\text{m}) \quad (6-5-41)$$

式中 Δ_x ——物件的纵向摆动量,m;

v ——牵引链运行速度,m/s;

g ——重力加速度, $g=9.8\text{m/s}^2$;

L ——物件重心到吊挂点的距离,m。

2.水平回转段正常运行时物件的径向摆幅

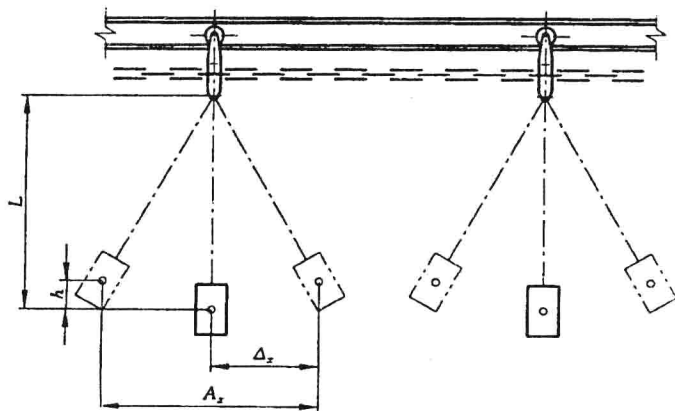


图 6-5-70 物件的纵向摆动

$$A_r = 2\Delta_r = \frac{2v^2 L}{\sqrt{R^2 g^2 - v^2}} \quad (\text{m}) \quad (6-5-42)$$

式中 Δ_r ——物件的径向摆动量, m;
 R ——水平回转半径, m。3. 水平回转段紧急停机时物件的最大摆幅

$$A_{\max} = \sqrt{A_x^2 + A_r^2} \quad (\text{m}) \quad (6-5-43)$$

4. 物件的最小运动间隙

$$e_{\min} = \sqrt{A_x^2 + A_r^2} + (0.05 \sim 0.1) \quad (\text{m})$$

通常情况下物件的最小运动间隙可直接取近似值 $e_{\min} = 200 \sim 300\text{mm}$, 当工艺要求较为严格时, 可按上述计算方法获得准确值。

表 6-5-60 是物件纵向摆幅的部分计算值, 表 6-5-61 为 $L = 1\text{m}$ 时物件径向摆幅的部分计算值, 供设计参考。

(二) 垂直弯曲段通过性校核

为了保证物件在垂直弯曲段爬坡轨道上顺利通过, 物件的实际运动间隙 e 必须满足如下条件(图 6-5-71):

$$e = T_{\min} \cos \beta_{\max} - b_{\max} \geq e_{\min}$$

式中 $T_{\min}$ ——物件的最小吊挂间距, mm;
 $\beta_{\max}$ ——垂直弯曲段爬坡轨道的最大倾角, ($^\circ$);
 $b_{\max}$ ——物件纵向尺寸的最大值, mm;
 $e_{\min}$ ——物件的最小运动间隙, mm。

表 6-5-60 物件的纵向摆幅 A_x mm

$v, \text{m/min}$ L, m	2	4	6	8	10	12	14
0.5	15	30	43	56	67	90	105
1.0	21	43	64	85	102	127	149
1.5	26	51	71	105	130	156	182
2.0	30	60	90	108	147	181	211

表 6-5-61 $L=1\text{m}$ 时物件径向摆幅 A_r

mm

$\begin{matrix} \text{m/min} \\ R, \text{m} \end{matrix}$	2	4	6	8	10	12	14
0.3	0.8	3.0	6.8	12.1	19	27	37
0.4	0.6	2.3	5.1	9.1	14	20	28
0.5	0.5	1.8	4.1	7.3	11	16	22
0.6	0.4	1.5	3.4	6.0	9	14	18
0.7	0.3	1.3	2.9	5.2	8	12	16
0.8	0.2	1.1	2.6	4.5	6	10	12

(三) 水平回转段通过性校核

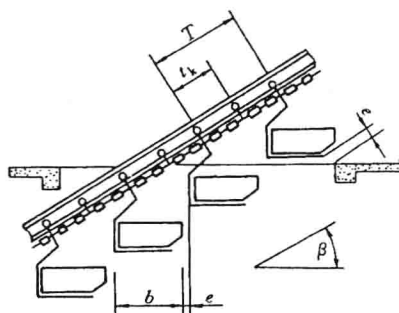
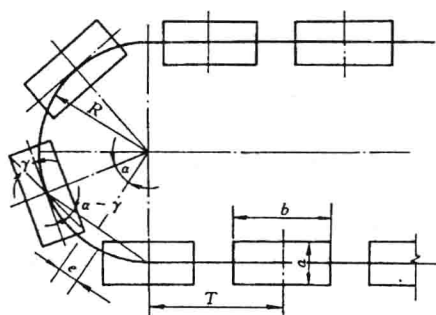
1. 180° 水平回转段通过性校核

图 6-5-71 垂直弯曲段通过性校核

图 6-5-72 180° 水平回转段通过性校核

保证物件在 180° 水平回转段顺利通过的条件(图 6-5-72)是:

$$e = 2R \sin \alpha - \sqrt{a^2 + b^2} \cos(\alpha - \gamma) \geq e_{\min}$$

(6-5-45)

式中 R ——水平弯轨半径, mm;

α ——相邻物件所对圆心角之半,

$$\alpha = \frac{T}{\pi R} \times 90^\circ$$

T ——物件吊挂间距, mm;

a ——物件的横向尺寸, mm;

b ——物件的纵向尺寸, mm;

γ ——物件纵向尺寸与其对角线的夹角,

$$\gamma = \arctg \frac{a}{b}$$

式(6-5-45)的特殊情况有以下三式:

(a)当物件旋转时

$$e = 2R \sin \alpha - \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6-5-46)$$

(b)当物件为圆形截面时(d 为物件直径)

$$e = 2R \sin \alpha - d \quad (6-5-47)$$

(c)当物件为正方形截面时(a 为正方形边长)

$$e = 2R \sin \alpha - \sqrt{2} a \cos(\alpha - 45^\circ) \quad (6-5-47)$$

2. 90° 水平回转段通过性校核

(1)当 $T > \frac{1}{2} \pi R$ 时, 保证物件在 90° 水平回转段顺利通过的条件(图 6-5-73)是:

$$e = \sqrt{2} [0.5T + (1 - 0.25\pi)R] - \sqrt{a^2 + b^2} \cos(45^\circ - \gamma) \geq e_{\min}$$

或

$$e = \sqrt{2} (0.5T + 0.2146R) - \sqrt{a^2 + b^2} \cos(45^\circ - \gamma) \geq e_{\min} \quad (6-5-49)$$

式(6-5-49)的特殊情况有以下三式:

(a)当物件旋转时

$$e = \sqrt{2} (0.5T + 0.2146R) - \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6-5-50)$$

(b)当物件为圆形截面时

$$e = \sqrt{2} (0.5T + 0.2146R) - d \quad (6-5-51)$$

(c)当物件为正方形截面时

$$e = \sqrt{2} (0.5T + 0.216R - a) \quad (6-5-52)$$

(2)当 $T \leq \frac{1}{2} R$ 时, 物件在 90° 水平回转段的通过性校核与 180° 水平回转段情况相同, 用式(6-5-45)~(6-5-48)校核。

以上所介绍的是水平回转段通过性校核的计算方法。当然, 方便的话, 也可以用图解分析法进行通过性校核。另外还需要说明一点: 由于水平回转段各链节的中心线外切于轨道半径的圆弧线, 故物件的实际运动间隙略小于上述计算值, 其计算误差通常很小(1.5~16mm), 可略去不计。

四、吊挂间距与弯轨半径

(一)吊挂间距的选择

输送物件的吊挂间距 T 是根据物件在垂直弯曲段和水平回转段的通过性来决定的, 而且吊挂间距必须是链条节距 φ 的偶数倍, 即

$$T = 2ip$$

式中 i ——正整数($i=1, 2, 3, \dots$)。

当需要在吊具上完成一定的工艺操作时, 除校核物件在垂直弯曲段和水平回转段的通过性外, 还应根据工艺要求校核吊挂间距的选取是否合理。

吊挂间距一般采用 $T = (4 \sim 16)p$, 当吊挂间距 $T \geq 10p$ 时, 则应在二负载滑架之间设置空载滑架, 以作为

牵引链条的支承构件(图 6-5-74)。

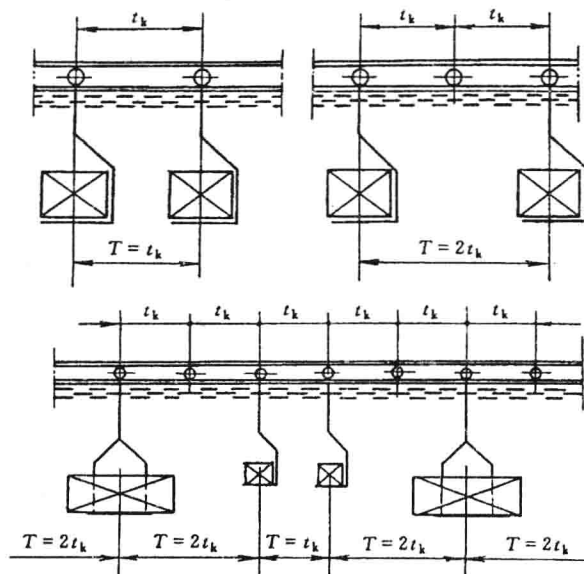


图 6-5-74 吊挂间距的选择与滑架布置

滑架间距通常采用 $t_k = (4 \sim 8)p$ (包括空载滑架), 常用的吊挂间距和滑架间距见表 6-5-62。

表 6-5-62 吊挂间距与滑架间距

吊挂间距 t	42	6t	8t	10t	12t	14t	16t
滑架间距 t_k	4t	6t	8t	4t、6t	6t	6t、8t	8t

(二) 弯轨半径的选择

水平弯轨半径的选择主要是由物件的通过性决定的, 水平弯轨半径系列见第二节。

由于角型驱动装置的水平弯轨半径是一定值, 其通过性必须进行校核。

垂直弯轨半径的选择主要是由滑架间距 t_k 和牵引链在铅垂方向的回转角度 φ 所决定:

$$R = (1.5 \sim 2.5) \frac{t_k}{2\sin(\frac{3}{2})} \quad (6-5-53)$$

XT 系列输送机垂直弯轨半径的推荐值见表 6-5-63, WT 系列输送机垂直弯轨半径的推荐值见表 6-5-64。

表 6-5-63 XT 系列垂直弯轨半径

链条节距 p, mm	垂直弯曲段链条张力与许用张力之比								
	50%			75%			100%		
	滑架间距 $t_k = (4 \sim 8)p$ 时垂直弯轨半径的推荐值 R, m								
	$4p$	$6p$	$8p$	$4p$	$6p$	$8p$	$4p$	$6p$	$8p$
80	1.6	2.0	2.5	2.0	2.5	3.15	2.5	3.15	4.0
100	2.0	2.5	3.15	2.5	3.15	4.0	3.15	4.0	5.0

链条节距 p, mm	垂直弯曲段链条张力与许用张力之比								
	50%			75%			100%		
	滑架间距 $t_k = (4 \sim 8)p$ 时垂直弯轨半径的推荐值 R, m								
	$4p$	$6p$	$8p$	$4p$	$6p$	$8p$	$4p$	$6p$	$8p$
	160	3.15	4.0	5.0	4.0	5.0	6.3	5.0	6.3

表 6-5-64 WT 系列垂直弯轨半径

牵引链 型 号	滑架间距 $t_k = (4 \sim 8)p$ 时垂直弯轨半径的 最小值和推荐值, m					
	$4p$		$6p$		$8p$	
	最小值	推荐值	最小值	推荐值	最小值	推荐值
X-348	1.2	1.5	1.2	2.0	2.0	2.4
X-458	1.7	2.4	2.1	3.0	2.7	3.6
X-678	3.4	4.6	4.9	6.0	—	—

五、弯轨几何尺寸

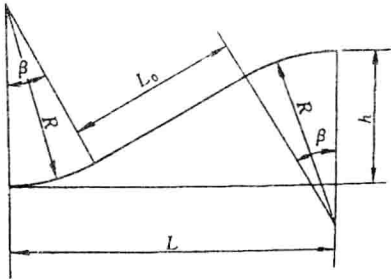


图 6-5-75 垂直弯轨几何尺寸

(一)垂直弯轨几何尺寸计算(图 6-5-75)

1. 垂直弯轨水平投影长度

$$L = \frac{h}{\text{tg}\beta} + 2R\text{tg}\frac{\beta}{2} \tag{6-5-54}$$

式中 h ——垂直弯曲段轨道高度差, mm ;
 β ——爬坡角度, $(^\circ)$;
 R ——垂直弯轨半径, mm 。

若垂直弯轨上拱段和下挠段的弯轨半径不等, 则

$$L = \frac{h}{\text{tg}\beta} + (R_1 + R_2)\text{tg}\frac{\beta}{2}$$

式中 R_1 ——上拱弯轨半径, mm ;
 R_2 ——下挠弯轨半径, mm 。

2. 垂直弯轨爬坡直段长度

$$L_0 = \frac{h}{\sin\beta} - 2R\operatorname{tg}\frac{\beta}{2}$$

由上式可以看出:

- (1) 当 $L_0 = 0$ 时, 垂直弯轨二圆弧相切;
- (2) 当 $L_0 < 0$ 时, 垂直弯轨二圆弧相交;
- (3) 为了避免牵引链在通过垂直弯曲段时双向弯曲, 通常取 $L_0 \geq t_k$ 。

3. 垂直弯轨展开长度

$$L_s = \frac{h}{\sin\beta} + 2R\left(\frac{\pi\beta}{180^\circ} - \operatorname{tg}\frac{\beta}{2}\right) \quad (6-5-56)$$

4. 垂直弯轨的最小水平投影长度

$$L_{\min} = 2R\sin\beta + t_k\cos\beta \quad (6-5-57)$$

5. 垂直弯轨的最小高度差

$$h_{\min} = 2R(1 - \cos\beta) + t_k\sin\beta$$

6. 垂直弯轨的最小爬坡角度

$$\beta_{\min} = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta}{2} + t_k} \quad (6-5-59)$$

式(6-5-59)直接计算比较困难, 可采用迭代法逐步逼近, 求得计算结果。

例如 XT100 输送机, 当 $R = 2500\text{mm}$ 、 $h = 300\text{mm}$ 、 $t_k = 400\text{mm}$ 时, 最小爬坡角度可如下求解:

假定 $\beta_0 = 20^\circ$ (任意角度), 则

$$\beta_1 = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_0}{2} + t_k} = \arcsin \frac{300}{2R\operatorname{tg}\frac{20^\circ}{2} + 400} = 13.54^\circ$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_1}{2} + t_k} = \arcsin \frac{300}{2R\operatorname{tg}\frac{13.54^\circ}{2} + 400} = 17.58^\circ$$

$$\beta_3 = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_2}{2} + t_k} = \arcsin \frac{300}{2R\operatorname{tg}\frac{17.58^\circ}{2} + 400} = 14.82^\circ$$

$$\beta_4 = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_3}{2} + t_k} = \arcsin \frac{300}{2R\operatorname{tg}\frac{14.82^\circ}{2} + 400} = 16.60^\circ$$

$$\beta_5 = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_4}{2} + t_k} = \arcsin \frac{300}{2R\operatorname{tg}\frac{16.60^\circ}{2} + 400} = 15.40^\circ$$

.....

$$\beta_n = \arcsin \frac{h}{2R\operatorname{tg}\frac{\beta_{n-1}}{2}} = 15.87^\circ = 15^\circ 52' 12''$$

(二) 水平弯轨几何尺寸计算

1. 水平弯轨(基本型)

展开长度

$$L_s = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} \quad (6-5-60)$$

式中 R ——水平弯轨半径, mm;

α ——回转角度, $(^\circ)$ 。

2. 水平 S 轨段

水平 S 轨段由两段水平弯轨和一段水平直轨组成(图 6-5-76), 其几何尺寸计算与垂直弯曲段类似。

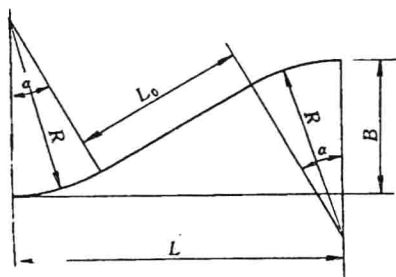


图 6-5-76 水平 S 轨段

$$(1) \text{投影长度} \quad L = \frac{B}{\operatorname{tg} \alpha} + 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (6-5-61)$$

$$(2) \text{斜段长度} \quad L_0 = \frac{B}{\sin \alpha} - 2R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (6-5-62)$$

$$(3) \text{展开长度} \quad L_s = \frac{B}{\sin \alpha} + 2R \left(\frac{\pi \alpha}{180^\circ} - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \quad (6-5-63)$$

式 B——水平 S 轨段端点的横向距离, mm。

3. 水平 Ω 轨段

(1) 三弯轨间无直线段的 Ω 轨段

(a) 弯轨回转角度

$$\alpha_1 = 90^\circ + \arccos \frac{R_1 + \frac{1}{2}B}{R_1 + R_2} \quad (6-5-64)$$

$$\alpha_2 = 2\alpha_1$$

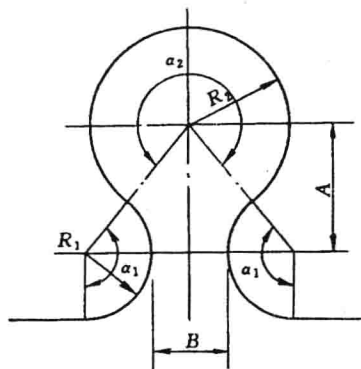
(b) 弯轨中心距

$$A = (R_1 + R_2) \sin(\alpha_1 - 90^\circ) \quad (6-5-65)$$

(c) Ω 轨段展开长度

$$L_s = \frac{\pi \alpha_1}{90^\circ} (R_1 + R_2) \quad (6-5-66)$$

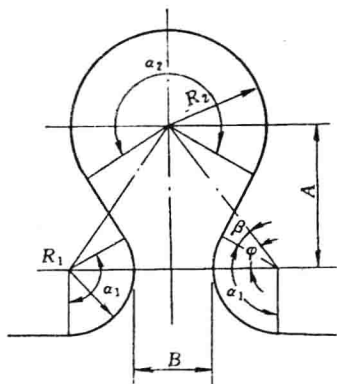
(2) 三弯轨间有直线段的 Ω 轨段(图 6-5-78)。

图 6-5-77 水平 Ω 轨段(一)

(a) 弯轨回转角度

$$\alpha_1 = 90^\circ + \varphi - \beta$$

$$= 90^\circ + \operatorname{arctg} \frac{A}{R_1 + \frac{1}{2}B} - \arccos \frac{R_1 + R_2}{\sqrt{A^2 + \left(R_1 + \frac{1}{2}B\right)^2}} \quad (6-5-67)$$

图 6-5-78 水平 Ω 轨段(二)

式中 B ——喉径宽度, mm。

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{A}{R_1 + \frac{1}{2}B}$$

$$\beta = \arccos \frac{R_1 + R_2}{\sqrt{A^2 + \left(R_1 + \frac{1}{2}B\right)^2}}$$

(b) 弯轨间直线段长度

$$L_0 = (R_1 + R_2) \operatorname{tg} \beta \quad (6-5-68)$$

(c) Ω 轨段展开长度

$$L_s = \left(\frac{\pi \alpha_1}{90^\circ} + 2 \operatorname{tg} \beta \right) (R_1 + R_2) \quad (6-5-69)$$

(三) 垂直弯轨和水平弯轨的连接

输送机运行过程中, 为了避免牵引链螺旋形弯曲, 并保证牵引链与回转装置的链轮或光轮正确啮合, 垂直弯轨和水平弯轨之间的连接长度必须保证大于或等于滑架间距的 1.5 倍(图 6-5-79)。

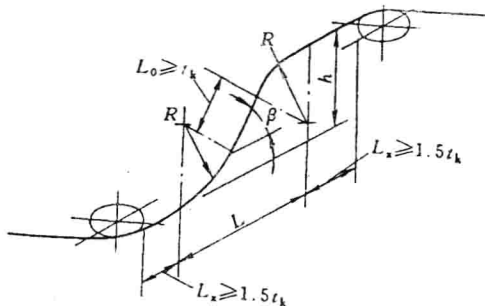


图 6-5-79 垂直弯轨和水平弯轨的连接

六、链速与生产率

(一) 由数量生产率确定链速

(1) 当输送同一种物件, 且每一吊具上物件的数量相等时, 牵引链的运行速度为

$$v = \frac{ZTK}{60m} \quad (\text{m/min})$$

(6-5-70)

式中 Z ——物件的数量生产率,即每小时输送的件数,件/h;

T ——吊挂间距,m;

m ——每个吊具上的物件数量,件;

ϕ ——工时利用系数,考虑到检修及其他停工时间,通常取 $\phi = 0.85 \sim 0.95$;

K ——输送能力储备系数,由输送物件的生产性质决定,通常取 $K = 1.05 \sim 1.20$ 。

(2)当输送几种物件,且每一吊具上物件的数量不等时,牵引链的运行速度为

$$v = \frac{KT}{60\phi} \sum \frac{Z_i}{m_i} \quad (6-5-71)$$

式中 Z_i ——每种物件的数量生产率,件/h;

m_i ——每一吊具上各种物件的吊挂数量,件。

(3)当成套输送几种物件时,应按一组滑架进行计算,牵引链的运行速度为(图 6-5-80)

$$v = \frac{ZnTK}{60} \quad (\text{m/min}) \quad (6-5-72)$$

式中 Z ——物件的成套生产率,即每小时输送物件的套数,套/h;

n ——每套物件所占的滑架间距数。

(二)由质量生产率确定链速

$$v = \frac{QTK}{0.06G} \quad (\text{m/min}) \quad (6-5-73)$$

式中 Q ——物件的质量生产率,即每小时输送的质量,t/h;

G ——每个吊具上的物件质量,kg。

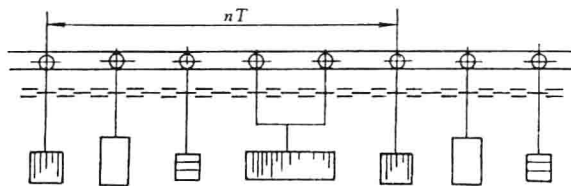


图 6-5-80 物件的成套输送

(三)由生产节拍确定链速

生产或输送一个物件所需要的时间称之为生产节拍。数量生产率 Z 与生产节拍 A 的关系式为

$$Z = \frac{60}{A} \quad (\text{件/h}) \quad (6-5-74)$$

当给定生产节拍时,可换算成数量生产率,然后确定牵引链的运行速度。

(四)由特定的工艺要求确定链速

$$v = \frac{L}{t_0} \quad (\text{m/min}) \quad (6-5-75)$$

式中 L ——工艺操作段长度,m;

t_0 ——工艺操作时间,min。

七、驱动装置和张紧装置的布置

(一)驱动装置的布置

驱动装置的合理位置应使驱动装置的驱动力及牵引链的全线张力为最小,但不应出现负张力。驱动装置合理位置的选择原则是:

(1)选择在重载段几经水平回转或经较大的上坡段的前面(沿输送机运行方向);

- (2)选择在紧接最大张力段的前面;
- (3)选择在输送机全线的最高点。

(二)张紧装置的布置

张紧装置的合理位置,不仅应保证牵引链在驱动装置的绕出端和驱动链轮或驱动爪脱离啮合时具有一定的初张力,而且应保证整机系统运行时全线牵引链均处于张紧状态。张紧装置合理位置的选择原则是:

- (1)选择在全线最小张力点的前面(沿输送机运行方向);
- (2)选择在全线的最低点;
- (3)选择在紧接驱动装置的绕出端。

八、牵引链的张力计算

(一)牵引链的线载荷及运行阻力

作为输送机线路设计的基本参数,在牵引链张力计算之前,必须首先计算输送机各类计算区段的单位长度移动载荷(或称为线载荷)及单位长度的运行阻力。以下分三种情况讨论,见表 6-5-65。

表 6-5-65 牵引链的线载荷及运行阻力计算公式

计算区段	单位长度移动载荷 q_i , N/m	单位长度运行阻力 f_i , N/m
空载段	$q_1 = q_0g + \frac{1}{T}(P_0 + P_1 + P_2)g$	$f_1 = C_{q1}$
负载段	$q_2 = q_1 + \frac{1}{T}Qg$	$f_2 = C_{q2}$
装卸段	$q_3 = \frac{1}{2}(q_1 + q_2)$	$f_3 = C_{q3}$

注: q_0 —单位长度链条质量, kg/m; T —吊挂间距, m; P_0 —吊具质量, kg; P_1 —空载滑架质量, kg; g —重力加速度, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$; P_2 —负载滑架(包括重载滑架)质量, kg; Q —输送物件质量, kg; C —水平直线段运行阻力系数。

当工作环境温度在 0°C 以上、负载滑架载荷在 1000N 以上时, XT 系列输送机水平直线段运行阻力系数 C 见表 6-5-66。当负载滑架载荷小于 1000N 时, 水平直线段运行阻力系数 C 应乘以修正系数 K , K 值可由图 6-5-81 查得。

表 6-5-66 水平直线段运行阻力系数

输送机工况条件	I 类	II 类	III 类
水平直线段运行阻力系数 C	0.015	0.020	0.027

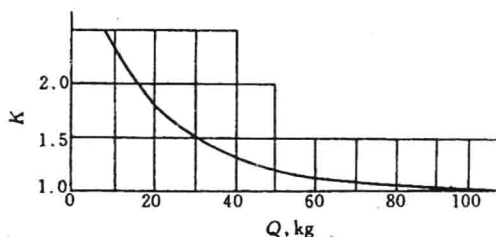


图 6-5-81 阻力系数的修正

(二)牵引链 F 的最大张力概算

通用悬挂输送机牵引链最大张力概算由下式决定:

$$S_{\max} = S_0 \gamma + (f_1 L_1 + F_2 L_2 + F_3 L_3)(1 + K\gamma) + (q_2 - q_1)(H_2 - H_1)(6 - 5 - 76)$$

式中 S_0 ——初张力,通常取 $S_0 = 500 \sim 1000\text{N}$;

f_1 ——空载段单位长度运行阻力, N/m ;

f_2 ——负载段单位长度运行阻力, N/m ;

f_3 ——装卸段单位长度运行阻力, N/m ;

L_1 ——空载段展开长度, m ;

L_2 ——负载段展开长度, m ;

L_3 ——装卸段展开长度, m ;

γ ——局部阻力综合系数,;

——垂直弯曲段的阻力系数;

ξ ——链轮及光轮水平回转段的阻力系数;

λ ——滚子组水平回转段的阻力系数;

x ——全线垂直弯曲段的个数(上拱、下挠段各计一次);

y ——全线链轮及光轮水平回转段的个数;

z ——全线滚子组水平回转段的个数;

K ——局部阻力经验系数,当 $x + y + z \leq 5$ 时 $K = 0.50$,当 $x + y + z > 5$ 时 $K = 0.35$;

q_1 ——空载段的移动载荷, N/m ;

q_1 ——负载段的移动载荷, N/m ;

H_1 ——装载点的线路标高, m ;

H_2 ——卸载点的线路标高, m ,当 $H_2 < H_1$ 时,以 $H_2 - H_1 = 0$ 计。

垂直弯曲段和水平回转段的阻力系数又称为比增系数,也就是说,牵引链每经过一个垂直弯曲段或水平回转段,其增加后的张力值均为原来张力的某一倍数。XT 系列输送机系数 ϕ 、 ξ 、 λ 值见表 6-5-67, WT 系列输送机阻力系数 C 、 ϕ 、 ξ 、 λ 值见表 6-5-68。

表 6-5-67 XT 系列输送机运行阻力系数

阻力系数				转角	输送机工况条件		
					I 类(良好)	II 类(中等)	III 类(恶劣)
垂直弯曲段 ϕ				$\leq 25^{\circ}$	1.010	1.012	1.018
				30°	1.012	1.015	1.020
				35°	1.015	1.020	1.025
				40°	1.020	1.025	1.030
				45°	1.022	1.030	1.035
水平回转段	链轮及光轮 ϵ	滚动轴承	$R \leq 450$	90°	1.025	1.033	1.045
				180°	1.030	1.040	1.055
		$R > 500$	90°	1.020	1.025	1.035	
			180°	1.028	1.036	1.050	
		滑动轴承	$R \leq 450$	90°	1.035	1.045	1.065
				180°	1.040	1.055	1.075
			$R > 500$	90°	1.030	1.036	1.050
				180°	1.040	1.050	1.070
	滚子组 λ			$\leq 30^{\circ}$	1.020	1.025	1.030
				45°	1.025	1.032	1.040
				60°	1.030	1.037	1.045

表 6-5-68 WT 系列输送机运行阻力系数

链条节距	直线段运行阻力系数 C	垂直弯曲段阻力系数 ϕ		
		15°	30°	45°
3"	0.020	1.011	1.021	1.031
4"	0.015	1.008	1.016	1.024
6"	0.011	1.006	1.012	1.017

光轮水平回转段阻力系数 ξ

回转 角度	滚动轴承				石墨合金轴承			
	链条润滑良好		链条无润滑					
	R < 400	R ≥ 450	R < 400	R ≥ 450	R = 300	R = 450	R = 600	R = 750
90°	1.012	1.008	1.025	1.020	1.053	1.038	1.031	1.026
180°	1.015	1.010	1.035	1.028	1.071	1.050	1.039	1.033

滚子组水平回转段阻力系数

轨道半径, mm	30°	45°	60°	90°	180°
450	1.018	1.024	1.030	1.042	1.078
600	1.016	1.022	1.028	1.040	1.076
900	1.015	1.021	1.027	1.039	1.075
1500	1.014	1.020	1.026	1.038	1.074

通常情况下牵引链张力概算的最大值应小于其许用张力,特殊情况下允许超载 25%,但此时必须进行逐点张力校核,确保输送机系统的可靠运行。

(三) 牵引链的逐点张力计算

1. 牵引链逐点张力计算的目的

(1) 为了保证输送机系统的正常运行,必须避免牵引链的折皱和堆积,因此输送机全线各点均不得有负张力产生。

(2) 校核牵引链是否超张力运行,判断输送机选型是否正确。

(3) 在牵引链张力较大的计算段,不得采用较小的弯轨半径。

(4) 由张紧装置计算段起点和终点的链条张力确定张紧载荷。

(5) 校核驱动装置和张紧装置的位置选择是否合理。

(6) 由驱动链轮的绕入张力和绕出张力确定驱动力。

2. 牵引链逐点张力计算程序

(1) 判断牵引链的最小张力点。空间线路的最小张力点往往是在最长下坡段的最低点;水平线路的最小张力点必然是在驱动链轮的绕出端。

(2) 沿着输送机的运行方向,自最小张力点开始,将输送机全线分为直线段、水平回转段和垂直弯曲段等若干个计算段,并分段标记顺序号。

(3) 选取最小张力点的最小张力值 $S_{\min} = 500 \sim 1000\text{N}$,此值由输送机型号和环境工作条件决定。

(4) 自最小张力点开始,沿着输送机运行方向,逐点计算(正算)牵引链各点的张力值,直至驱动链轮的绕入端。

(5)自最小张力点开始,沿着与输送机运行方向相反的方向,逐点计算(逆算)牵引链各点的张力值,直至驱动链轮的绕出端。

驱动链轮绕出端牵引链的绕出张力通常称为初张力。

在计算过程中如遇到某一计算点的链条张力小于最小张力值 $S_{\min}$,或出现负张力,则说明初步选定的最小张力点的位置不正确,应将此点作为最小张力点重排顺序号重新进行计算。

另外,牵引链的逐点张力计算也可以采用试算的方法,即自驱动装置的绕出端开始顺次分段编号,选取一定的初张力值,沿输送机运行方向进行逐点张力计算,直至驱动装置的绕入端。在计算过程中,如果最小张力点张力过小或出现负张力则需重算。试算的方法往往需要具备一定的设计经验和估算能力。

当然,如果采用计算机程序计算,则是最为简捷而方便的计算手段,不仅可以获得准确的计算结果,而且还可以进行不同载荷状况的逐点张力分析,并采取相应的对策。

3. 牵引链逐点张力计算公式

$$\text{水平直线段} \quad S_n = S_{n-1} + f_i L_s \quad (6-5-77)$$

$$\text{链轮及光轮水平回转段} \quad S_n = (S_{n-1} + f_i L_s) \quad (6-5-78)$$

$$\text{滚子组水平回转段} \quad S_n = (S_{n-1} + f_i L_s) \quad (6-5-79)$$

$$\text{垂直弯曲段} \quad S_n = (S_{n-1} + f_i L_s + q_i H)^2 \quad (6-5-80)$$

式中 S_n ——计算段的终点张力, N;

S_{n-1} ——计算段的起点张力, N;

f_i ——单位长度运行阻力, N/m;

L_s ——计算段的展开长度, m;

q_i ——单位长度移动载荷, N/m;

H ——爬坡段高度差(上坡取正值,下坡取负值), m;

ξ ——链轮或光轮水平回转段阻力系数;

λ ——滚子组水平回转段阻力系数;

ϕ ——垂直弯曲段阻力系数。

为了统一,如果视水平直线段阻力系数为 1,各计算段的阻力(比增)系数均用 u 表示,则有如下计算通式:

$$\text{水平段} \quad S_n = (S_{n-1} + f_i L_s) u \quad (6-5-81)$$

$$\text{爬坡段} \quad S_n = (S_{n-1} + f_i L_s + q_i H) u^2$$

4. 超张力问题的解决途径

牵引链张力计算时,往往会碰到计算张力值超过牵引链许用张力值的问题,解决超张力问题可采取如下途径:

(1)重新选取牵引构件,提高其许用张力值;

(2)加大吊挂间距,或减少吊挂重量,降低单位长度移动阻力(作为生产率的补偿可提高链条运行速度或增加生产班次);

(3)缩短线路长度,减少转弯个数及减小爬坡角度;

(4)加大轨道弯曲半径,降低运行阻力系数;

(5)重新布置驱动装置和张紧装置,或增加其数量;

(6)改善工作条件,提高润滑质量。

九、驱动装置的设计参数

(一)驱动链轮的驱动力

张力概算时的驱动力

$$F = K(S_{\max} - S_{\min}) \quad (6-5-82)$$

逐点张力计算时的驱动力