

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

第五节 吊挂管状带式输送机

吊挂管状带式输送机是日本的发明专利。目前已在 12 个国家取得了专利许可证(中国专利号: CN 87104999·6)。该产品国内现由机械工业部北京起重运输机械研究所、北京市运输机械厂和日本日中 S.C 株式会社三方共同兴办合作经营的北京东方输送机有限公司进行生产。

国内使用时间最长的吊挂管状带式输送机在广州水泥厂(1992 年 7 月 21 日投入使用)。该机带宽 600mm,带速 1.3m/s,机长 237m,提升高度 24m,每小时输送 60t 燃煤,每日实际运行时间在 16h 左右(三班制作业)。

一、概 述

(一)基本原理

(1)本机的输送带,其断面如图 4-5-44 所示。在输送带的两边有凹槽和凸榫,当输送带卷成管状时,两端的榫、槽相互楔入,以保持密封。输送带另一侧的凸块使吊具能勾住并吊起输送带。

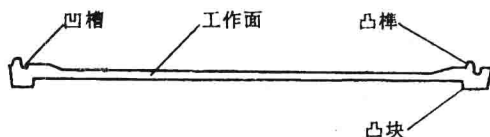


图 4-5-44 输送带断面图

(2)在输送机的头尾滚筒上,输送带是完全展平的。当物料装上输送带后,输送带逐渐由平形变成管状,并被吊具吊起。吊具每隔 1.2m 一组,沿轨道运行。吊具之间用钢丝绳相联,也形成一个与输送带类似的封闭回路,如图 4-5-45 所示。吊具回路没有驱动装置。各个吊具之所以能移动,是由于吊具吊住输送带后,输送带带动它们运行的。

(3)输送机中段的断面见图 4-5-46。输送带承载分支与回空分支的两根轨道,一般处于同一平面上,并保持一定的间距。特殊情况下,这两个分支也可一上一下布置。两轨道焊在中间支架上。中间支架的间距一般为 7.5m,当需要跨越公路、铁路、河流等时,间距可加大,但此时应在轨道上方另设桁架梁,对轨道予以加强。

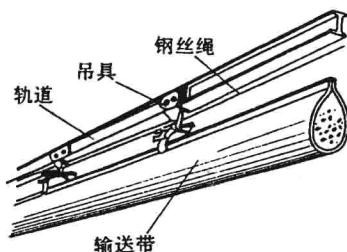


图 4-5-45 中段断面图

如果将轨道以符合表 4-5-93 的半径制成弧形,那么输送机就能沿曲线运行。

(4)吊具是输送机的重要部件之一,其结构见图 4-5-47。在支架上有四个滚轮,滚轮沿工字钢制成的轨道下翼缘运行。滚轮的材质有钢和增强尼龙两种。支架下方吊着由夹臂、止动臂组成的吊具夹子。当吊具运行至输送机加料点之后的位置时,闭合装置的导轨将尼龙套管压下,继而带动夹臂转动,夹住输送带。此时,止动臂顶住夹臂,使夹臂不能自行张开(图 4-5-48)。当吊具运行至输送机卸料点之前的位置时,开启装置的导轨将尼龙套管抬起,使止动臂转动,继而使夹臂打开。在夹臂打开以后,承载分支的轨道沿曲线

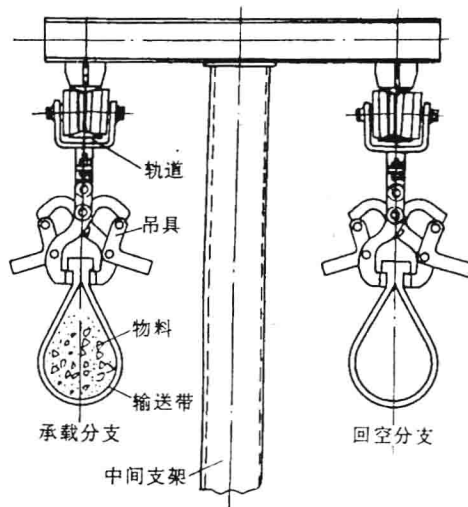


图 4-5-46 输送机中段断面图

上升,于是吊具也随之上升而与输送带脱离(图 4-5-49)。

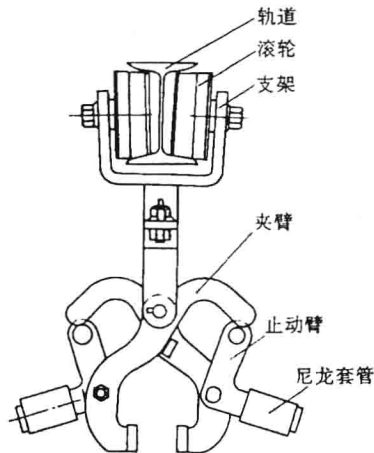


图 4-5-47 吊具结构

(5)在输送机的卸料处(机头),输送带逐渐展平,在传动滚筒处卸料,继而翻转 180° ,再经过几个改向滚筒导向后进入回空分支。吊具与输送带脱离后,绕过吊具改向装置也进入回空分支。于是和承载分支相同的过程又一次发生,即输送带逐渐卷成管状,吊具夹臂张开,夹住输送带运行,在机尾处吊具再次打开,与输送带脱离。

(6)本机具有勾带报警装置、夹歪及掉带报警装置和输送带出轮槽报警装置等保护装置,分别在机头和机尾各装一套,属于机头和机尾部件。这些保护装置组成一个保护系统。

(二)特点

- (1)可实现封闭输送。物料不污染环境,也不会受环境影响而变质。
- (2)输送机可在水平面内以一定的曲率半径拐弯。
- (3)可实现大倾角输送,缩短机长,减少占地。
- (4)在气候不太恶劣的地区,不需要架设输送机走廊,可节约土建费用。
- (5)沿线不会有撒料情况,不需要进行场地清理工作。

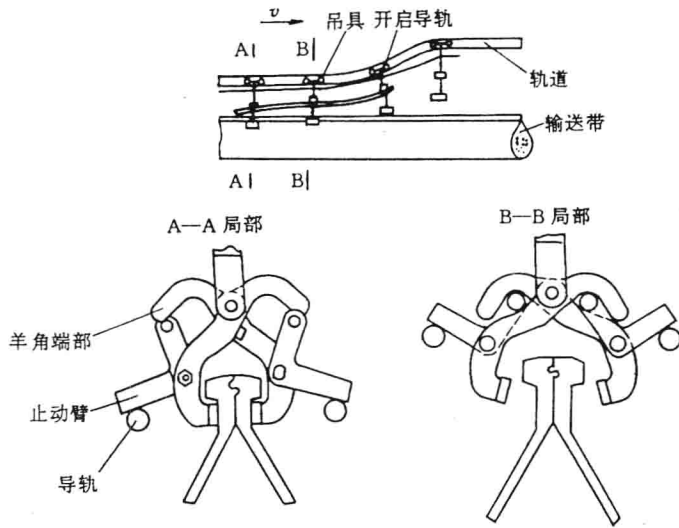


图 4-5-48 闭合装置

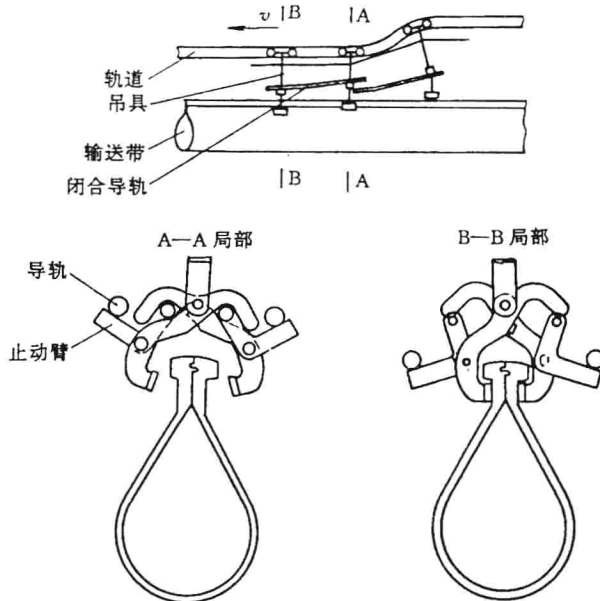


图 4-5-49 开启装置

(6) 便于跨越河流、道路、居民区、工业建筑, 给企业的总体设计带来方便。

(7) 可实现单机同时或交叉地向两个方向输送不同物料。

(三) 使用范围

(1) 本机主要用于: 需要水平拐弯的场合; 需要大倾角输送的场合; 需要跨越河流、铁路、公路、居民区、工业建筑的场合; 对环境保护有较高要求的场合; 输送受环境影响易变质物料的场合。

(2) 本机适于输送粉状、粒状、小块状物料, 如散装水泥、散装化肥、电厂粉煤灰、炉渣、矿粉、粮食、经破碎的煤、经破碎的矿石、煤灰、碎木片等。

(3) 本机不适用于多点卸料及卸料点要经常变动的场合; 输送大块料的场合; 给料量不能控制的场合; 需要在本机上精确计量的场合; 输送距离较短的场合。

二、规格与性能

(一)带宽、带速系列及输送能力

表 4-5-89 输送能力

带宽,mm	带速,m/s					带宽,mm	带速,m/s				
	0.80	1.00	1.25	1.60	2.00		0.80	1.00	1.25	1.60	2.00
600	36	45	56	70		1400			396	496	
750	60	75	94	117		1600				656	819
900		119	149	186		1800				831	1039
1050		174	217	271		2000				1027	1284
1200			290	363							

注:用户选用带宽 1600、1800、2000mm 时须与生产单位联系。

(二)允许输送的物料最大粒度(表 4-5-90)

表 4-5-90 允许输送的物料最大粒度

带宽	600	750	900	1050	1200	1400	1600	1800	2000
料块大小均匀时	40	50	60	70	80	100	110	120	130
料块大小不匀,最大块小于 20%时	90	112	135	157	180	210	240	270	300

(三)各种物料的最大输送倾角(4-5-91)

表 4-5-91 最大输送倾角

物料	干砂	天然砂	湿砂	卵石	均匀碎石	不均匀碎石	块煤	原煤	粉煤	焦炭	干粘土
倾角	46°	51°	54°	45°	48°	50°	48°	48°	53°	41°	45°
物料	干土	砾石	干灰	大豆	麦类	谷物	原盐	化肥	木屑	干水泥	混凝土(流度值 10cm)
倾角	51°	47°	46°	35°	38°	42°	59°	45°	55°	42°	51°

(四)满载水平输送时的最大单机长度(表 4-5-92)

表 4-5-92 最大单机长度

带宽, mm	600	750	900	1050	1200	1400	1600	1800	2000
输送带最大层数	3	3	3	4	4	4	5	5	6
输送带许用张力, kN	30	37.5	45	70	80	93.3	133.3	150	200
满载水平输送最大机长, m	1747	1632	1545	1813	1715	1529	1602	1522	1670

(五) 输送机最小曲率半径(表 4-5-93、图 4-5-50)

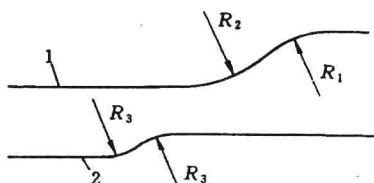


图 4-5-50 在水平、垂直平面内的曲率半径

1—输送机中心线在垂直面内的曲率半径;

2—输送机中心线在水平面内的曲率半径

表 4-5-93 最小曲率半径

带宽, mm		600	750	900	1050	1200	1400	1600	1800	2000
在垂直面内	R_1	30	37.5	45	52.5	60	70	80	90	100
	R_2	50	65	75	90	100	120	135	150	170
在水平面内 R_3		30	37.5	45	52.5	60	70	80	90	100

三、设计要点及计算

(一) 线路设计要点

(1) 尽管输送机可以水平拐弯运行,但从延长输送带及吊具的寿命考虑,还是尽量少弯曲。

(2) 由于机头和机尾部分比较复杂,有多种电气保护装置,而且输送带在机头、机尾是敞开的,为了防止风吹、雨淋、日晒损及物料与设备;也为了使操作,维护人员有较好的工作环境,故机头和机尾应设于室内。

(3) 输送机采用重锤式张紧装置,设在靠头部处。张紧行程可取为机长的 1.5%,但当机长较大时,张紧行程可能达到 15~30m,给总体布置带来困难。这时可采用以下几种办法。

a. 在安装时,先将机尾滚筒用手拉葫芦拉住,向机头方向送 0.5% 倍的机长。在此状态下硫化输送带,待带子接成环形后,将机尾滚筒拉至预定位置。用此法可在带内产生预张力,消除一部分弹性伸长,可使张紧行程缩短 1/3 左右。

b. 在机头增加一个固定的改向滚筒,使输送带多绕一个往返(图 4-5-51)。从而使张紧行程又缩短一

半,当然此时的重锤也增加一倍。

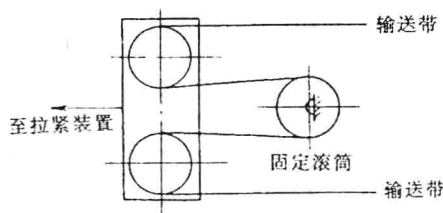


图 4-5-51 在机头增设固定滚筒

采取以上两种措施后,张紧行程可缩短为机长的 0.5% 左右。

如果机头的高度不便于布置重锤,可选用绞车式张紧装置。重锤式或绞车式张紧装置可以选用 DT II 型或 DX 型的带式输送机标准设计。

(4) 各种带宽的输送机,其承载分支轨道与回空分支轨道的距离 Q 见表 4-5-94。

表 4-5-94 轨道间距

带宽	600、750	900、1050	1200、1400	1600、1800	2000
Q	1150	1500	2000	2500	2750

(5) 当轨道弯成曲线时,在垂直平面内曲率半径为表 4-5-93 中的 R_1 和 R_2 (承载分支与回空分支轨道相同, R_1 与 R_2 是指工字钢的上翼缘平面);在水平面内两轨道的曲率半径分别为表 4-5-93 中的 $R_3 + Q/2$ 及 $R_3 - Q/2$ (指工字钢腹板中心线)。

(6) 在线路设计时,除非确有必要,应避免轨道在垂直面内和水平面内同时弯曲,以使制造、运输、安装得以简化。

(7) 在线路设计时,应保证各轨道的曲线段与曲线段之间,曲线段与直线段之间相切,保证曲线光滑。原则上应使各段轨道的接头位于中间架或塔架处,以便于焊接。各段轨道焊接后应将内表面打磨平整。

(8) 各种带宽输送机的轨道断面见表 4-5-95。

表 4-5-95 轨道型式及断面

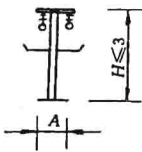
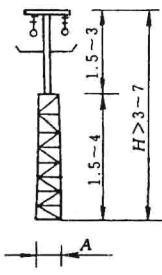
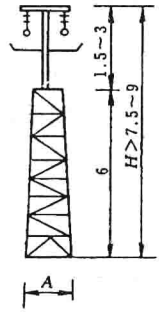
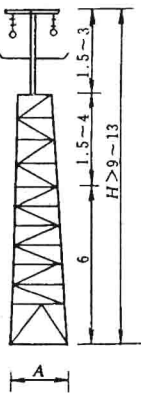
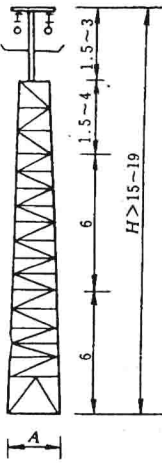
带宽	600 750	900 1050	1200 1400	1600 1800 2000
型式				
尺寸	承载 回空 用两根 100×68×4.5 工字钢	承载 回空 用三根 100×68×4.5 工字钢	承载 回空 用两根 100×68×4.5 工字钢及一个箱形梁	承载 回空 用两根 168×88×6 工字钢及一个箱形梁
每米机长轨道总重	$2 \times 11.2 = 22.4\text{kg}$	$3 \times 11.2 = 33.6\text{kg}$	$2 \times 11.2 + 60 = 82.4\text{kg}$	$2 \times 20.5 + 86.4 = 127.4\text{kg}$

(9)在线路设计时,应确保在距机头(机尾)吊具改向装置中心 25m 的范围内轨道不得水平拐弯,也不得有凹弧;在 10m 范围内不得有凸弧。

(10)中间支架的间距,在直线段为 7.5m;在曲线段为 5m 左右。如超出此数,应在轨道上方另设加强梁。

(11)中间支架的高度,依线路布置酌情况而各不相同。当采用 T 型支架时,推荐的结构型式见表 4-5-96。中间支架各杆件的断面,要从强度、刚度、稳定性三方面进行校核。应该考虑的载荷有:吊具、输送带、物料、轨道产生的垂直力及物料产生的弯矩;在水平拐弯处由输送带张力产生的向心水平力;在轨道凸弧(或凹弧)段由于输送张力而产生的向下(或向上)垂直力;风载荷(包括作用到轨道、输送带上而传至中间支架的风荷载);地震荷载(随使用地区的地震烈度、抗震等级不同而变)等等。

表 4-5-96 中间支(塔)架的型式

H	≤3	>3~7	>7.5~9	>9~13	>15~19
型 式					
	$A = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) H$	$A = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) H$	$A = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) H$	$A = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) H$	$A = \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{8} \right) H$

(12)轨道及中间支架由选用者自行设计。

(13)在跨越道路、居民区、通航河流的地段,应在输送带下方架设防护网,以确保安全。

(14)当高度小于 7m 时,亦可设计成“门”形支架。当输送机靠建筑物布置时,可利用固定在房柱上的三角架来悬吊轨道。

(二)张力及驱动功率计算

1. 阻力计算

(1)承载分支运行阻力

$$F_{Lk} = C f L g (q + q_B + q_C) + H g (q + q_B + q_C) + F_{r1} + F_{C1} \quad (4-5-66)$$

式中 F_{Lk} ——承载分支运行阻力, N;

C ——考虑物料加速、导料槽阻力、改向滚筒轴承,输送带僵性等阻力的系数,见表 4-5-97;

f ——阻力系数,取 $f = 0.02$;

L ——输送机在水平面内的投影长度, m;

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$;

q ——每米物料质量, kg/m,

$$q = \frac{Q}{3.6v} \quad (4-5-67)$$

Q ——输送能力, t/h;

v ——带速, m/s;

q_B ——每米输送带质量, kg/m, 见表 4-5-109;

q_c ——每米吊具质量, kg/m, 当 $B \leq 1400\text{mm}$ 时, 钢轮吊具 $q_c = 11.17\text{kg/m}$, 尼龙轮吊具 $q_c = 8.08\text{kg/m}$; 当 $B \geq 1600\text{mm}$ 时, 钢轮吊具 $q_c = 16.67\text{kg/m}$, 尼龙轮吊具 $q_c = 12.50\text{kg/m}$;

H ——提升高度, m, 由下往上运料取正值, 由上往下运料取负值;

F_{r1} ——包括夹紧输送带、闭合与开启吊具、清扫输送带等项的阻力, N, 当 $B \leq 1400\text{mm}$ 时 $F_{r1} = 2200\text{N}$, 当 $B \geq 1600\text{mm}$ 时 $F_{r1} = 3000\text{N}$;

F_{C1} ——承载分支曲线运行的附加阻力, N, 依水平曲线段的实长(m)乘以表 4-5-98 中的系数 K_1 算出。

表 4-5-97 C 值

机长 L , m	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500
C	1.85	1.75	1.65	1.58	1.50	1.42	1.34	1.31	1.28	1.26	1.24
机长 L , m	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
C	1.20	1.16	1.14	1.12	1.10	1.09	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06

表 4-5-98 水平曲线段运行阻力系数

带宽 B , mm	600 ~ 900	1050 ~ 41400	1600 ~ 1800	2000
K_1	50	70	88	105
K_2	16	20	25	30

(2) 回空分支运行阻力

$$F_{u2} = C f L g (g_B + g_c) - H g (q_B + q_c) + F_{r2} + F_{C2} \quad (4-5-68)$$

式中 F_{u2} ——回空分支运行阻力, N;

F_{r2} ——包括夹紧输送带、闭合与开启吊具等项的阻力, N, 当 $B \leq 1400\text{mm}$ 时, $F_{r2} = 1200\text{N}$, $B \geq 1600\text{mm}$ 时, $F_{r2} = 1800\text{N}$;

F_{C2} ——回空分支曲线运行的附加阻力, N, 依水平曲线段的实长(m)乘以表 4-5-98 中的系数 K_2 算出。

(3) 所需驱动圆周力

$$F_u = C f g L (q + 2q_B + 2q_c) + H g q + F_r + F_C \quad (4-5-69)$$

式中 F_u ——所需驱动圆周力, N;

F_r —— F_{r1} 与 F_{r2} 之和, 即 $F_r = F_{r1} + F_{r2}$, 当 $B \leq 1400\text{mm}$ 时, $F_r = 3400\text{N}$, $B \geq 1600\text{mm}$ 时, $F_r = 4800\text{N}$;

$$F_C = F_{C1} + F_{C2} = (K_1 + K_2) L_c \quad (\text{N}) \quad (4-5-70)$$

L_c ——水平曲线段的输送机理论中心线实长, m。

2. 驱动功率计算

(1) 传动滚筒轴功率

$$P_0 = \frac{F_u v}{1000} \quad (\text{kw}) \quad (4-5-71)$$

式中 F_u ——驱动圆周力, N, 见式(10-4);

v ——带速, m/s。

(2) 驱动电机功率

$$P \geq \frac{P_0}{\eta} \quad (\text{kW}) \quad (4-5-72)$$

式中 η ——传动系统总效率,由于输送机采用无级变速的电磁调速电机驱动,故 η 取为 0.78(当 $P \leq 15\text{kW}$ 时)及 0.82($P > 15\text{kW}$ 时)。

在计算出带速 v 、驱动功率 N 后,可在表 4-5-106 中选择驱动装置。

3. 输送带张力计算

吊挂管状带式输送机与普通带式输送机的传动原理相同,可以简化成图 4-5-52。

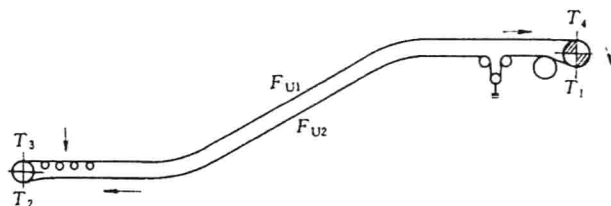


图 4-5-52 张力系统图

(1) 在图 4-5-52 中,各点张力存在以下关系:

$$T_2 = T_1 + F_{U2}$$

$$T_3 = T_2 = T_1 + F_{U2}$$

$$T_4 = T_3 + F_{U1} = T_1 + F_U$$

(2) 为了保证输送带与传动滚筒间不打滑,下列关系应予保证:

$$T_1 \geq \frac{\zeta F_U}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad (4-5-73)$$

式中 ζ ——考虑启动时惯性力的系数,取 $\zeta = 1.5$;

e ——自然对数底, $e = 2.718$;

μ ——输送带与传动滚筒间的摩擦系数,由于输送机采用包胶滚筒,且布置于室内,故取 $\mu = 0.35$;

α ——输送带在传动滚筒上的围包角,rad,取 $\alpha = 3.49\text{rad}$ 。

因而

$$T_1 \geq 0.6269 F_U \quad (\text{N}) \quad (4-5-74)$$

所以

$$T_4 = T_{\max} = 1.6269 F_U \quad (\text{N}) \quad (4-5-75)$$

$$T_3 = 0.6269 F_U + F_{U2} \quad (\text{N}) \quad (4-5-76)$$

(3) 为了使输送带在机尾装料处不过分挠曲,应保证:

$$T_3 \geq T_3' = 12.5(q + q_B)gl \quad (\text{N}) \quad (4-5-77)$$

式中 l ——装料处的托辊间距,m,取 $l = 0.6\text{m}$ 。

$$T_3 \geq 73.6(q + q_B) \quad (\text{N}) \quad (4-5-78)$$

若公式(4-5-76)求出的 T_3 小于公式(4-5-78)的值,应按式(4-5-78)选定 $T_3 = T_3'$,这时各点张力为: $T_4' = T_3' + F_{U1}$; $T_1' = T_4' - F_{U2}$ 。

(4) 张紧装置重锤重量 G

$$G = 2T_1 - G_1 \text{ 或 } G = 2T_1' - G_1 \quad (4-5-79)$$

式中 G_1 ——重锤吊架重。

(5) 根据算出的输送带所受的最大张力 T_4 或 T_4' ,从表 4-5-103 中选择输送带的芯层层数及输送带型号。

四、部件选用

(一) 机头

机头外形及其主要尺寸见图 4-5-53、图 4-5-50 和表 4-5-99。机头部件包括清扫器、头部护罩、头

部漏斗在内,不包括驱动装置及拉紧装置。

(二)机尾

机尾外形及其主要尺寸见图 4-5-55、图 4-5-56 和表 4-5-100。图中尺寸 L 和 C 可根据装载点的要求而加大。机尾部件包括导料槽在内,当 L 加大时,导料槽还可能增加。

表 4-5-99 机头部件尺寸

B	A	C	D	D_1	E	E_1	F	G	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
600	0	1900	800	800	400	400	1580	1020	2632	665	868	1405	1555	1815
750		2000	1300	1300	900	400			2657					
900	1500	2000	1750	1250	500	750	730		3125	850	1104	1735	1905	2230
1050									3150					
1200	2200	2200	2000	1500	600	900	1130		3735	1060	1380	2170	2380	2790
1400									3765					
B	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	J	K	L	L_1	M	N	P	Q
600	2242	1435	480	1565	1815	2442	1020	1372	3000	3750 ~ 7750	3100	600		1150
750	2267		505			1020	930							
900	2707	1765	615	1915	2230	2907	1175	1250	3000	5250 ~ 12750	4050	630	172	1500
1050	2732		640			2932	1325							
1200	3317	2200	790	2390	2790	3517	1515	1290	3500	7000 ~ 14500	4500	650	2000	
1400	3347		820			3547	1715							
B	R	S	T	U	W	Y	a	b	m	n	重量, kg		图 号	
600	5000	2350	1600	900	800	1020	300	150	M30	16	5432		SC ₁ ·1·00	
750				1050		1050					5711		SC ₂ ·1.00	
900			1890	1250	1000	1175				20	8847		SC ₃ ·1·00	
1050				1400		1325					9246		SC ₄ ·1·00	
1200			2490	1600	1100	1515			M36		13282		SC ₅ ·1·00	
1400				1800		1715					14012		SC ₆ ·1·00	

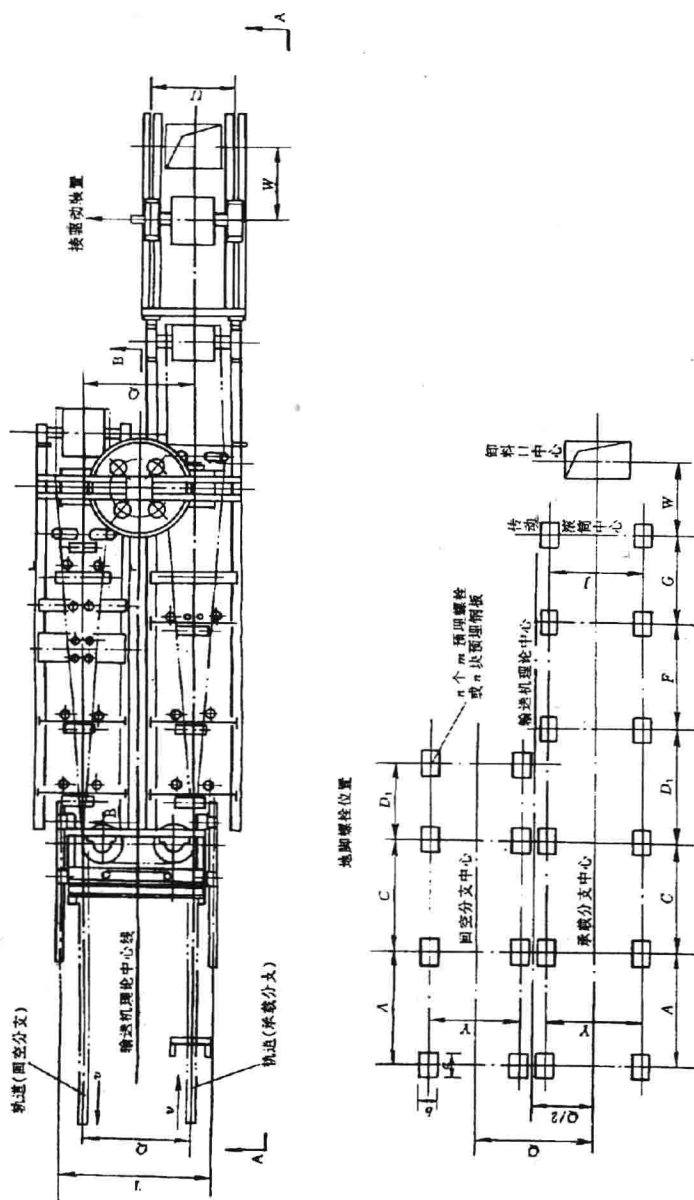


图 4-5-53 机头部件及地脚螺栓位置

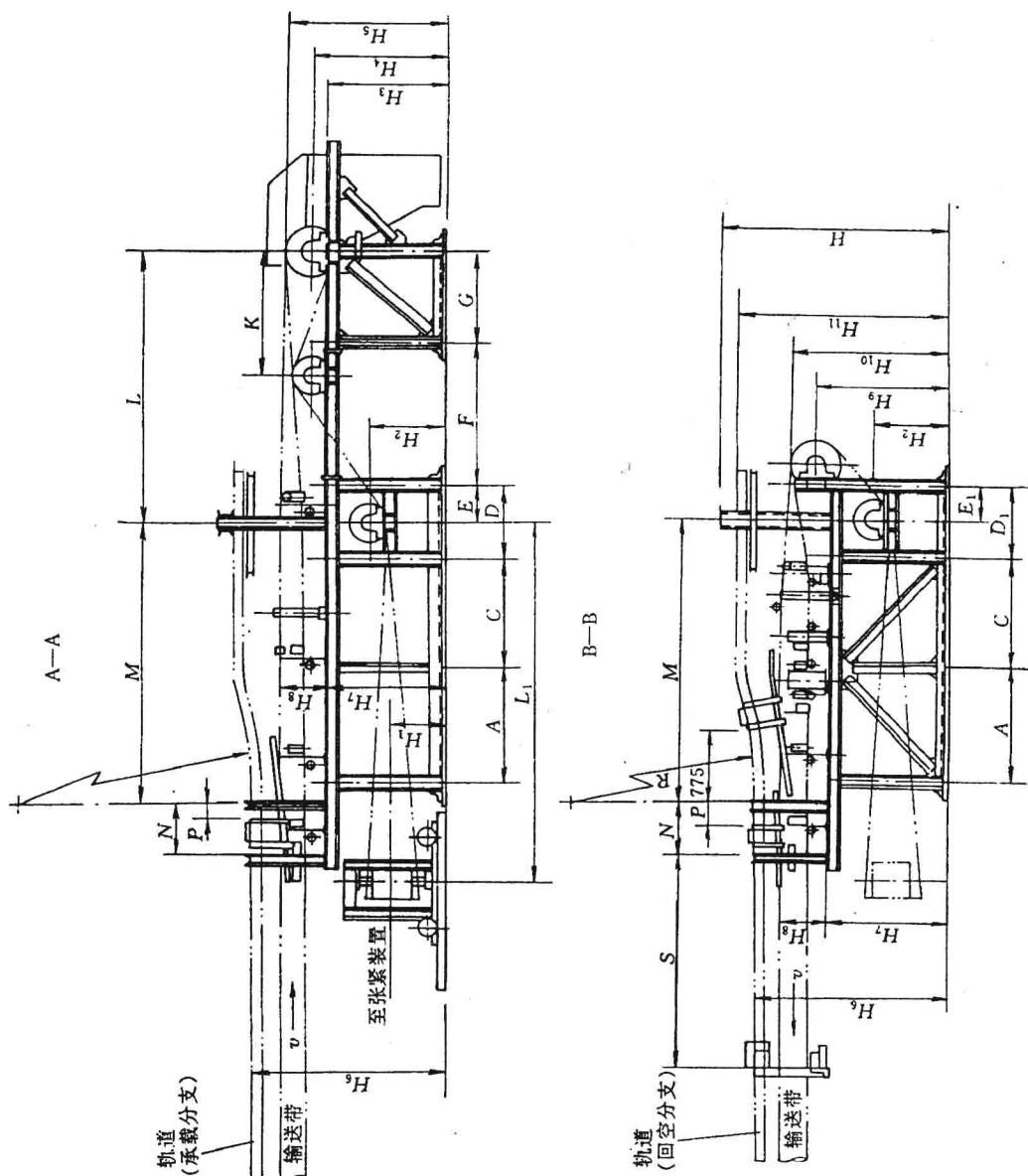


图 4-5-54 机头部件 A-A、B-B 剖视图

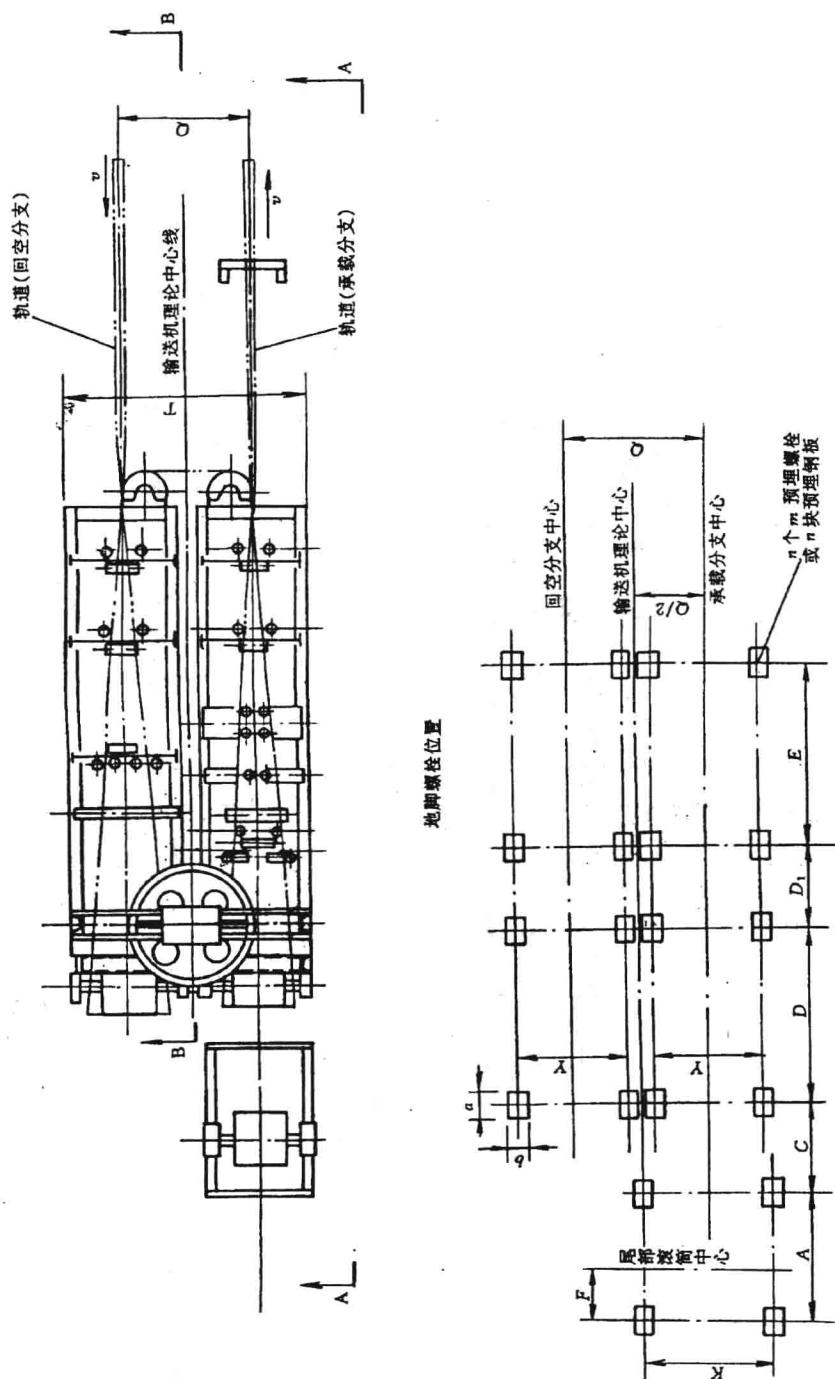


图 4-5-55 机尾部件及地脚螺栓位置

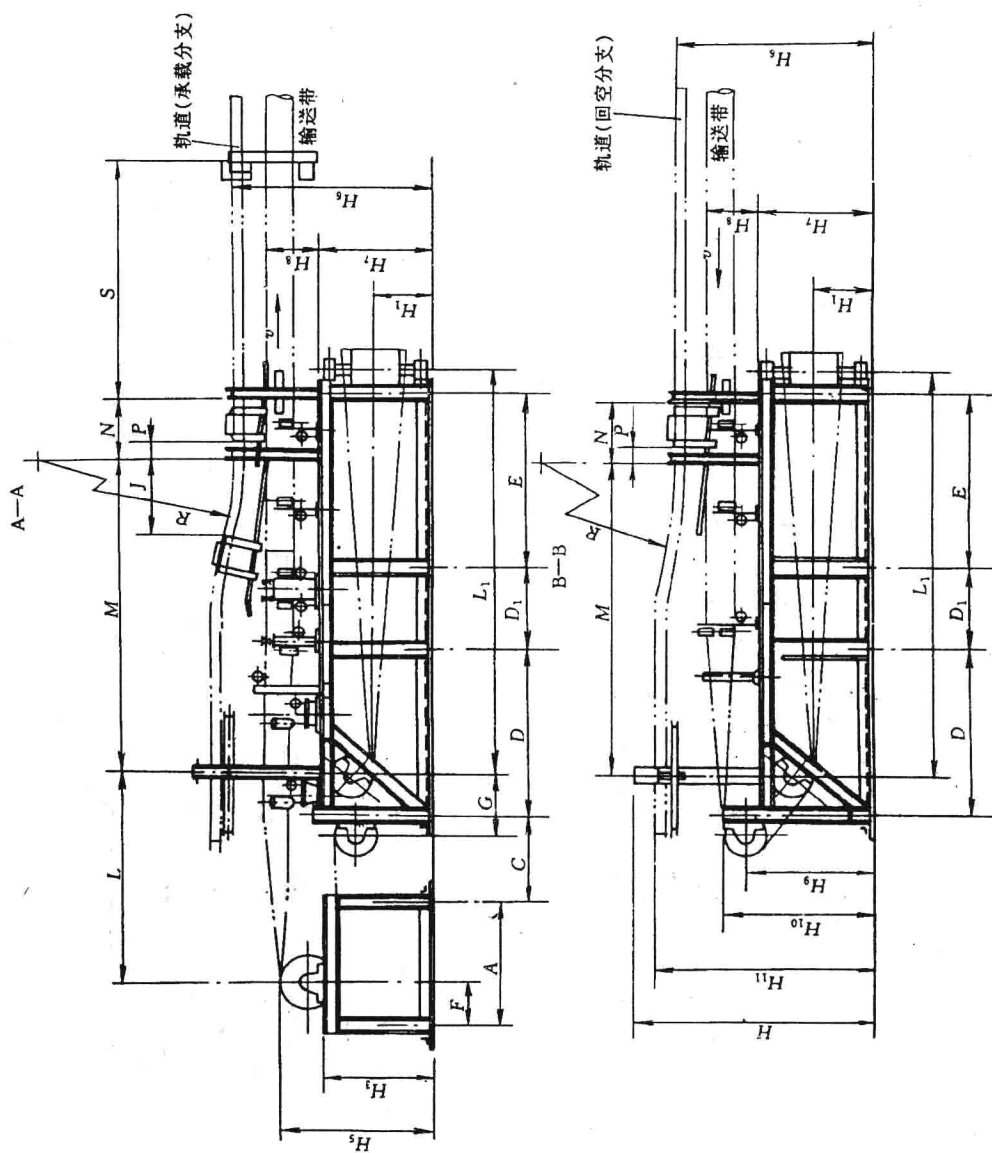


图 4-5-56 机尾部件 A-A、B-B 剖视图

表 4-5-100 机尾部件尺寸

<i>B</i>	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₃	<i>H</i> ₅	<i>H</i> ₆	
600	1200	1828	2100	0	2100	428	600	2417	625	1220	1600	2027	
750								2442				2052	
900	1500	1930	1750	1840		600	900	2950	900	1590	2055	2532	
1050								2975				2557	
1200	1600	2270	2000	3060	2500	700	1100	3605	1100	2070	2660	3187	
1400								3635				3217	
<i>B</i>	<i>H</i> ₇	<i>H</i> ₈	<i>H</i> ₉	<i>H</i> ₁₀	<i>H</i> ₁₁	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>L</i> ₁	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	
600	1220	480	1350	1600	2227	775	1020	3000	4000	3100	600	172	
750		505			2252		1170						
900	1590	615	1740	2055	2732		1305	3500	5250	4050	630		
1050		640			2757		1435						
1200	2070	790	2260	2660	3387		1655	4000	7000	4500	650		
1400		820			3417		1855						
<i>B</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>Y</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	重量, kg	图 号		
600	1150	5000	2350	2100	1020	300	150	M30	16	5077	SC1·2·00		
750				2250	1050					5337	SC2·2·00		
900	1500			2740	1175				20	7871	SC3·2·00		
1050				2890	1325					8240	SC4·2·00		
1200	2000			3580	1515			M36		11904	SC5·2·00		
1400				3780	1715					12829	SC6·2·00		

(三) 吊具

吊具外形及其主要尺寸见图 4-5-57 和表 4-5-101。吊具滚轮材质有铸铁及增强尼龙两种。图号后有(A)者为铸铁轮;有(B)者为尼龙轮。

表 4-5-101 吊具尺寸

B	A	C	D	E	F	C	H	K ₁	K ₂	L	M	N	P	重量 Kg	图 号
600~1400	100	74	82	137	282	28	68	40	114	90	90	60	1110	13.40 9.70	SC1H (A) (B)
1600~2000	160					38	88	56		150	150	70	1050	20	SC7H (A) (B)