

矿井提升设备选型设计资料

(机电系)

焦作矿业学院

一九八二年

多绳摩擦提升设备选型设计

某煤矿采用一对立井开发，矿井设计年产量为90万吨/年，工作制度为300天，两班生产，一班检修，主井采用箕斗提升，每日净工作14小时，井筒深度为490米，一个水平生产，箕斗装载在井底水平以下25米，箕斗卸载在井口水平以上20米，凡的松散比重为1.15吨/米³，试确定主井的提升容口，井筒直径及提升机设备型号、规格。

设计选型计算步骤如下：

一、提升容口的确定

由于本矿井只有一个生产水平，决定采取双箕斗提升。

提升高度： $H_t = H_z + H_s + H_j$

$$= 25 + 490 + 20 = 535 \text{ 米}$$

最大提升速度：

$$V_m = 0.4 \sqrt{H} = 0.4 \sqrt{535} = 9.22 \text{ 米/秒}$$

每次提升的循环时间：

$$\begin{aligned} T_{\text{总}} &= \frac{V_m}{a} + \frac{H_t}{V_m} + u + 0 \\ &= \frac{9.22}{0.7} + \frac{535}{9.22} + 10 + 10 \\ &= 91.2 \text{ 秒} \end{aligned}$$

考虑在井底设置机仓，取 $C_1 = 1.15$

矿井能力富裕系数，取 $C_2 = 1.2$

计算箕斗一次提升量 Q ，

$$Q = \frac{C_1 C_2 A_n \cdot T_g}{3600 \cdot T \cdot b_r} = \frac{1.15 \times 1.2 \times 900000 \times 91.2}{3600 \times 300 \times 14}$$
$$= 7.49 \text{ 吨}$$

根据上述计算结果，从表中选择多绳提斗箕斗，采用 JDG-6/75×4 型多绳提斗箕斗。

箕斗的有效装载量

$$Q_m = \gamma_m V_H = 1.15 \times 6.6 = 7.59 \text{ 吨} > 7.49 \text{ 吨}$$

式中 $\gamma_m = 1.15 \text{ 吨/米}^3$ ， $V_H = 6.6 \text{ 米}^3$

考虑装载不均匀的因素，一次装载量按 7.5 吨计算。

每次提升循环允许的提升时间：

$$T'_g = \frac{3600 T b_r Q_m}{A_n C_1 C_2} = \frac{3600 \times 300 \times 14 \times 7.5}{900000 \times 1.15 \times 1.2}$$
$$= 91.3 \text{ 秒}$$

按下式计算提升机的最大速度：

$$V_m = \frac{a(T'_g - u - \theta) - \sqrt{[a(T'_g - u - \theta)]^2 - 4QH_t}}{2}$$

$$= \frac{0.7 \times (91.3 - 10 - 8) - \sqrt{[0.7 \times (91.3 - 10 - 8)]^2 - 4 \times 0.7 \times 53}}{2}$$

$$= 8.81 \text{ 米/秒}$$

式中：取 $a = 0.7 \text{ 米/秒}^2$ ， $u = 10 \text{ 秒}$ ， $\theta = 8 \text{ 秒}$

根据箕斗的装载量，初步选用绳径提升机采用 JK M — 2.8/4 型多绳提升机，其主要技术规格如下：

主导轮直径

$$D_g = 2800 \text{ 毫米}$$

导向轮直径

$$D_d = 2500 \text{ 毫米}$$

提升机允许的最大静张力

$$F_T = 30 \text{ 吨}$$

提升机允许最大静张力差

$$F_R \begin{cases} \text{单电机 } 9 \text{ 吨} \\ \text{双电机 } 9.5 \text{ 吨} \end{cases}$$

电动机最大转速

$$750 \text{ 转/分}$$

提升机的最大提升速度

$$V_m = 11.8 \text{ 米/秒}$$

提升机实际最大速度的选定：

决定选用减速机的速比为 11.5，电动机的转速为 740 转/分，相应的最大提升速度为 9.43 米/秒。

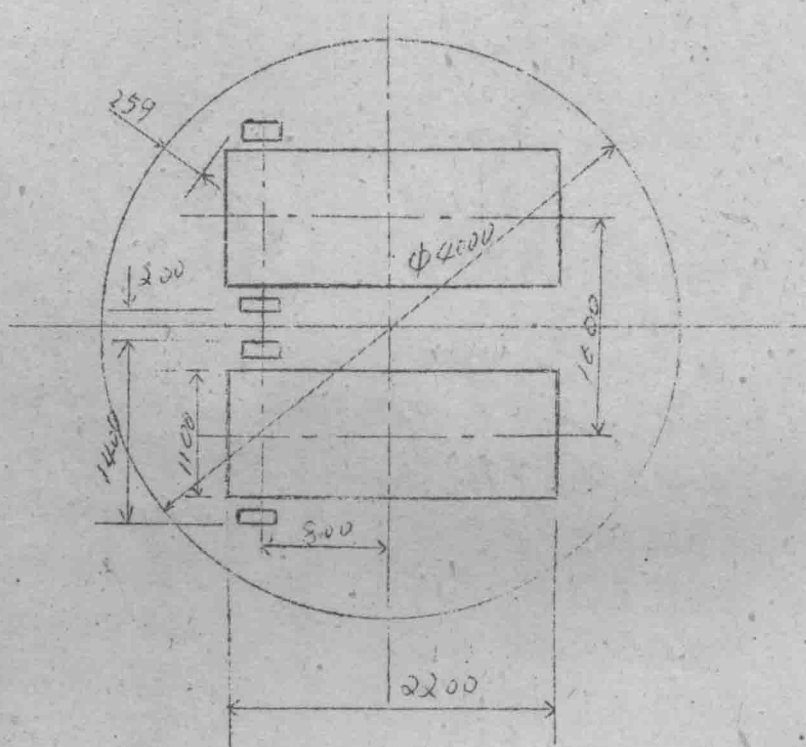
二、提升钢丝绳在主导轮上的围抱角计算

根据箕斗尺寸，绘制该矿井筒断面图。

由图上可以得到：在井筒中的提升容器中心距 $S = 1600$ 毫米。

对于 JK M — 2.8/4 型多绳提升机， $H_{2\alpha} = 5 \text{ 米}$ 。

主导轮与导向轮间相对关系见图。



已知: $R=400$ 毫米; $r=1250$ 毫米; $S=600$ 毫米 $H_{2x}=5000$ 毫米。

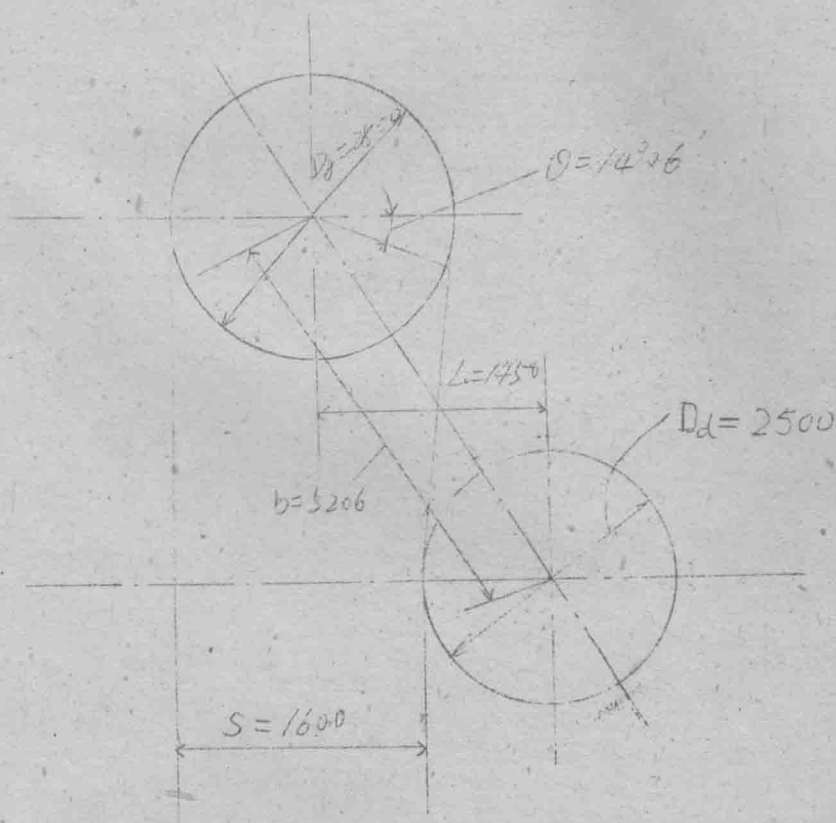
$$L_0 = S + Y - R = 1600 + 1250 - 1400 = 1450 \text{ 毫米}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{R+r}{b} - \tan^{-1} \frac{L_0}{17.2x}$$

$$= \sin^{-1} \frac{1400 + 1250}{5206} - \arctan \frac{1450}{5000} = 30.36^\circ$$

$$-16^\circ 10' = 14^\circ 26'$$

$$\alpha = 180^\circ + 14^\circ 26' = 194^\circ 26'$$



主导轮和导向轮相对关系图

三、钢丝绳的计标选择

1. 提升钢丝绳的计标选择

提升钢丝绳的总垂长度 H_c 计标

$$H_H = H_g + 1.5S = 9.43 + 1.5 \times 1.6 = 9.43 + 2.4$$

$$= 11.83 \text{ 米} \quad \text{取 } H_H = 12 \text{ 米}$$

式中: H_g 取 9.43 米 ($\because V < 10$ 米/秒, 取 $H/g = V_m$)

$$H_K' = H_e + H_g + H_f + h_1 + H_{2\alpha}$$

$$= 8.7 + 9.43 + 3.9 + 1.5 + 5 = 28.53 \text{ 米}$$

式中: $H_e = 8.7$ 米, $H_f = 4000$ 毫米
 $h_1 = 1500$ 毫米 (JKM-2.8/4 型多绳提升机,
 这个数值是可以根据需要进行适当的调查)。

决定取 $H_K' = 28.5$ 米

$$H_C = H_H + H_t + H_K' = 12.0 + 535 + 28.5$$

$$= 575.5 \text{ 米}$$

提升箕斗的最小自重计算, 决定采用的加速度 $a_1 = 0.7$
 米/秒², 最小自重应按动布肩条件计算。

$$Q_2 \geq B_1 Q_m + B_2 G_t - n_1 p_K H_C$$

查曲线得: $B_1 = 2.195$, $B_2 = 0.217$

决定选用: 6△(34) 三角股钢丝绳。按 $\frac{Q_2}{d_t} = 100$,
 选用 $d_t = 28$ 毫米; $H_C = 550$ 米时, $n_1 p_K H_C =$
 7070.8 公斤; $H_C = 250$ 米时, $n_1 p_K H_C = 3214$ 公
 斤; $H_C = 500$ 时, $n_1 p_K H_C = 6428$ 公斤。则可以得到:
 $H_C = 575.5$ 米 ($550 + 25 + 0.5 = 575.5$ 米) 时,
 $n_1 p_K H_C = 7070.8 + 321.4 + 6.43 = 7398.6$ 公斤。

$$\therefore Q_2 = 2.195 \times 7.5 + 0.217 \times 2.38 = 7.399$$

$$= 16.46 + 0.52 = 7.4 = 9.58 \text{ 吨}$$

从表查出 JTG-6/75×4 型提斗箕斗的自重为 7920 公斤。故需增加配重为 $9580 - 7920 = 1660$ 公斤。在增加配重后，提升钢丝绳端下荷重为：

$$Q_d = Q_m + Q_z = 7500 + 9580 = 17080 \text{ 公斤}$$

从表查出 6Δ(34) 三角股钢丝绳的结构系数： $\varphi = 1.163$ 。

从表查出： $H_c = 575.5$ 米时，提升钢丝绳的安全系数 $m \geq 6.95$ 。

当决定采用抗拉强度 $\sigma_b = 140$ 公斤/毫米² 的钢丝绳，则可求 Q_g 。

$$Q_g = \frac{m \varphi \sigma_b Q_d'}{\varphi \sigma_b - m H_c} = \frac{6.95 \times 1.163 \times 14000 \times 17080}{1.163 \times 14000 - 6.95 \times 575.5}$$

$$= 157356.9 \text{ 公斤}$$

提升机是使用四根提升钢丝绳组成的 ($n = 4$)，故每根钢丝绳的破断拉力应为 $\frac{1}{4} Q_g$ ，

$$\text{即: } Q_g' = \frac{1}{4} Q_g = 0.25 \times 157356.9$$

$$= 39339.2 \text{ 公斤}$$

所选用的钢丝绳品种规格是：YB 829-73-6Δ(34)-

$\phi 28-140$ —I型钢丝绳, $P_k=3.214$ 公斤/米; 全平
 钢丝破断拉力的总和: $Q_g=46350$ 公斤。采用同向左
 捻和同向右捻各两根。

2. 平衡尾绳的选择:

决定选用同股钢丝绳作平衡尾绳, 采用 2 根规格相同的
 钢丝绳作平衡尾绳, 每根尾绳的单重应为:

$$q_k = \frac{4P_k}{2} = 2P_k = 2 \times 3.214 \\
 = 6.428 \text{ 公斤/米}$$

从钢丝绳的用途推荐表中, 取其中单重与上述数值相近,
 以 6×24 , 6×37 两个品种的钢丝绳与提升钢丝绳的单重
 差较小, 用作平衡尾绳较其他品种更合适些。设计上考虑到:
 6×37 品种的柔软性能较 6×24 好, 且货源较容易解决,
 平衡尾绳的单重略大于提升钢丝绳, 对提运动力学也较为有利,
 因此决定采用 GB 1102-74- $6 \times 37-\phi 43-140$ —I 型
 交互捻钢丝绳作平衡尾绳 (交互左捻和交互右捻各一根)。

四. 提升机的校验:

主导的直径:

$$D_g \geq 100 d_k; \quad d_k = 28 \text{ 毫米}$$

$$\therefore D_g \geq 100 \times 28 = 2800 \text{ 毫米 (符合要求)}$$

提升钢丝绳作用在主导轮上的最大静张力;

$$\begin{aligned}
 F_T &= Q_d + n_1 P_k (H_k' + H_t) + n_2 q_k H_H \\
 &= 17080 + 4 \times 3.214 \times (28.5 + 53.5) + \\
 &\quad + 2 \times 6.533 \times 12 \\
 &= 24482 \text{ 公斤} < 30000 \text{ 公斤}
 \end{aligned}$$

若按所选提升钢丝绳及平衡尾绳的实际重量计算， F_T 应为 24615.4 公斤，与上式计算结果相差 133.8 公斤，差值占总数值的 0.547%，可忽略不计；并不影响计算的精度。

提升钢丝绳作用在主导轮上的最大静张力差

$$\begin{aligned}
 F_R &= Q_m + |\Delta H_t| = 7500 + 2 \times 0.125 \times 535 \\
 &= 7500 + 133.8 = 7633.8 \text{ 公斤} < 9500 \text{ 公斤}
 \end{aligned}$$

经过验算，所选用的多绳提升机是能够满足实际使用的需要。

如按平衡的提升系统计算，则 $F_R = 7500$ 公斤（相差 133.8 公斤，差值占总数值的 1.78%，也不会影响计算结果）。鉴于平衡尾绳与提升钢丝绳的差垂在 3% 以内，以下按平衡的提升系统计算。

五、井塔高度的确定

多绳提升机主导轮轴中心距地口的高度，

$$H_1 = H_T + H_e + H_g + H_f + h_1 + H_{2x}$$

$$= 20 + 8.7 + 9.43 + 3.9 + 1.5 + 5$$

$$= 48.53 \text{ 米}$$

决定: $H_1 = 48.5 \text{ 米}$ ($H_k = 28.5 \text{ 米}$)

井塔的提升机大厅内设置桥式起重机的能力应为 15~16 吨。选用 SSQ 型能力 16 吨手动双梁桥式起重机。

提升机大厅的建筑面积为 $15 \times 12 \text{ 米}^2$ ，故桥式起重机的跨度为 14 米。

选用上海电梯厂载货电梯: H10A-KP 型电梯 (载重量 1000 公斤)。操纵方式为: 手开自平。作为井塔与井口水平的交通及小件运输之用。

提升钢丝绳每根的长度计算:

$$H_I = 2H_k' + H_t + \frac{\pi}{2} D_g$$

$$= 2 \times 28.5 + 535 + \frac{\pi}{2} \times 2.8$$

$$= 596.4 \text{ 米}$$

平衡尾绳每根的长度计算:

$$H_{II} = 2H_H + H_t = 2 \times 12 + 535$$

$$= 559 \text{ 米}$$

取: $H_I = 595 \text{ 米}$; $H_{II} = 560 \text{ 米}$

六 验 标

(1) 提升钢丝绳的安全系数校核：

$$m = \frac{n_1 Q_q'}{Q_d + n_1 p_k H_c} = \frac{4 \times 46350}{17080 + 4 \times 3.214 \times 575.5}$$

$$= 7.574 > 6.95$$

符合规程及规范的规定。

(2) 主导花衬垫上承受的压强

$$P = \frac{Q_m + 2Q_z + n_1 p_k H_I + n_2 Q_k \cdot H_{II}}{n_1 d_k D_g}$$

$$= \frac{7500 + 2 \times 9580 + 4 \times 3.124 \times 595 + 2 \times 6.553 \times 560}{4 \times 2.8 \times 280}$$

$$= 13.28 \text{ 公斤/厘米}^2 < 14 \text{ 公斤/厘米}^2$$

符合制造厂的规定。

七. 电动机的选择。

预选电动机

$$P_d = \frac{1.15 Q_m V_m}{102 \eta} P$$

$$= \frac{1.15 \times 7500 \times 9.43}{102 \times 0.93} \times 1.15$$

$$= 986 + 5$$

查表选 YR118/54-8 型统缆型电动机一台, 按规格如下:

额定电压	6000 伏
额定功率	1000 千瓦
满载时转速	741 转/分
满载时定子电流	116 安
最大转矩 $M_{\max}$	2.11
额定转矩 M_H	
转子电压	1645 伏
转子电流	594 安
转子飞轮力矩	1300 公斤-米 ² (借用老产品 J12 140/39-8 型数据)

由于采用电机拖动, 相应采用 (I) 型多绳提升机 (速度口带有弹簧机座和恒压阻尼口), 变位重量可以从表查得

提升机的变位重量 $G_J = 11530$ 公斤

导向轮的变位重量 $G_d = 2400$ 公斤

17. 提升系统的运动学和动力学

1) 变位重量的计算:

箕斗自重: $G_2 = 2Q_2 = 2 \times 9580 = 19160$ 公斤

箕斗载重: $G_{1m} = Q_{1m} = 7500$ 公斤

提升钢丝绳的总重:

$$G_p = n_1 p_k H_I = 4 \times 3.214 \times 59.5 \\ = 7649.3 \text{ 公斤}$$

平衡尾绳总重：

$$G_g = n_2 q_k H_{II} = 2 \times 6.553 \times 560 \\ = 7320 \text{ 公斤}$$

提升机（包括导向轮）的变位重量：

$$G_J' = G_J + G_d = 1153 + 2400 \\ = 3553 \text{ 公斤}$$

电动机的变位重量

$$G_d = (GD^2) \times \frac{v^2}{D_g^2} = 1300 \times \frac{11.5^2}{2.8^2}$$

$$= 21929.21 \text{ 公斤}$$

提升系统的变位重量^总和

$$\Sigma G = G_z + G_m + G_p + G_g + G_J' + G_d \\ = 19160 + 7500 + 7649.3 + 7320 + \\ + 3553 + 21929.21$$

$$= 77488.51 \text{ 公斤}$$

提升系统的变位质量总和：

$$\Sigma M = \frac{\Sigma G}{g} = \frac{77488.51}{9.81}$$

$$= 7898.93 \text{ 公斤-秒}^2/\text{米}$$

(2) 速度图计算：

考虑到立井提升机多绳箕斗的曲轨较短，决定采用五阶段的加速度图。

加速段：由于本多绳提升机采用了交流异步电动机拖动，故采用等加速度：

$$\text{取 } a_1 = 0.7 \text{ 米/秒}^2$$

加速时间：

$$t_1 = \frac{V_m}{a_1} = \frac{9.43}{0.7} = 13.49 \text{ 秒}$$

加速段运行距离： $h_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$

$$= \frac{1}{2} \times 0.7 \times 13.49^2$$

$$= 64.04 \text{ 米}$$

爬行段，决定选用微拖动装置，以适应爬行段行的需要，查表得：

气囊离合器图号：B138-23P(2×φ700)

PM减速器图号：B138-51P(PM-750A-IV
-I型)

微拖动电动机：JZR₂64-10型，380伏，600
转/分，65千瓦。

提升机微拖速度： $V_4 = 0.49$ 米/秒

爬行段时间： $t_4 = 10$ 秒

爬行段运行距离：

$$h_4 = V_4 t_4 = 0.49 \times 10 = 4.9 \text{ 米}$$

减速段： a_3 取 0.7 米/秒²

减速时间：

$$t_3 = \frac{V_m - V_4}{a_3} = \frac{9.43 - 0.49}{0.7}$$

$$= 12.77 \text{ 秒}$$

减速段运行距离：

$$h_3 = \frac{V_m + V_4}{2} \times t_3 = \frac{9.43 + 0.49}{2} \times 12.77$$

$$= 63.34 \text{ 米}$$

末减速段：

末减速度： $a_5 = 0.49$ 米/秒²

末减时间：

$$t_1 = \frac{V_4}{a_5} = \frac{0.49}{0.49} = 1 \text{ 秒}$$

末减速运行时间：

$$h_5 = \frac{1}{2} a_5 t_5^2 = \frac{1}{2} \times 0.49 \times 1^2 \\ = 0.245 \text{ 米}$$

等速段

等速度： $V_2 = V_m = 9.43 \text{ 米/秒}$

等速段运行距离：

$$h_2 = H_t - (h_1 + h_3 + h_4 + h_5) \\ = 535 - (64.04 + 63.34 + 4.9 + 0.245) \\ = 402.475 \text{ 米}$$

等速段运行时间：

$$t_2 = \frac{h_2}{V_2} = \frac{402.475}{9.43} = 42.68 \text{ 秒}$$

(3) 提升能力验证：

每次提升时间：

$$T_{\ell} = T_1 + 0 = 13.49 + 42.68 + 12.77 + 10 + 1 + 8 \\ = 87.94 \approx 88 \text{ 秒} < 91.3 \text{ 秒}$$

可见提升能力能够满足矿井的实际需要。

实际的最大提升能力：

$$A_n' = \frac{3600 T b r Q_m}{T_{\ell}} = \frac{3600 \times 300 \times 14 \times 7.5}{88}$$