

煤矿高等院校教学参考书

矿井提升设备习题集

杨家驹 主编

阜新矿业学院 编

一九八二年

前 言

长期以来，一直缺少一本矿井提升设备习题集。为了配合教学，也兼顾现场设计人员的需要，我们试编了这本习题集。

本集基本上按照煤矿高等院校矿山机械化专业《矿井提升设备》课程的教学大纲要求，配合《矿井提升设备》（中国矿业学院主编）的章节和内容编写而成。凡超越大纲者都注明“*”号。

本集共九章，每章都由两部分组成，其一：“问答题”主要目的是加深对主要理论概念的理解，明确各种主要设计计算的方法步骤，也写出了一些国外有关的设计方法及编者对某些理论、计算方法的不同看法。其二：“计算题”主要是问答题的具体化。总共编入问答题104个，计算题35个。

王灏、姜林奇、杨正义等同志参加了前章部分题目的编写工作。

由于水平和时间所限，缺点错误在所难免，敬请读者指正、批评。

编 者

1982年10月

文中“书[X]”指参考文献第X份。

目 录

第一章 提升容口 二节 §1-2	
问答题	1
计算题	6
第二章 提升钢丝绳 三节 §1-3	
问答题	18
计算题	24
第三章 缠绕式提升机 四节 §1-4	
问答题	34
计算题	38
第四章 矿井提升机制动系统 §5	
问答题	55
计算题	60
第五章 提升机与井筒相对位置	
问答题	85
计算题	90
第六章 矿井提升系统的运动规律	
问答题	103
计算题	121
第七章 斜井提升	
问答题	139
计算题	144
第八章 缠绕式提升机主要承力部件的强度计算	
问答题	178
计算题	181

第九章 多绳摩擦提升

问答题

218

计算题

223

第一章 提升容器

问答题

1. 矿井提升设备由哪几部分组成？
2. 试解释下列提升容代号中各符号的意义：GDS-5×1(1.5×4)/195×4、JL-8、JDS-4/55×4、GLGY-3×1/2。
3. 罐笼阻车口是如何实现“放行”、“阻车”的？(参阅教材图1-1、1-2。“碰块联动式阻车口”杠杆8的端部为什么做成L形，而不做成L形？弹簧5和6各起什么作用？弹簧锁应该是什么结构才能起到应有的作用？当需要进罐笼时矿车前轮碰到解锁档子之后，阻车爪将抬起，此时，该爪会不会钩住出罐矿车的后轮轴？为什么？
4. 我国常用制动绳防坠口有几种类型？各有何特点？
5. 制动绳防坠索环，为什么采用制动绳、缓冲绳两股中间用一个连接口相连的方式，而不采用全长用一条绳代替的简单方式？
6. 试分析楔块式抓扑口的受力，从而说明其安全性，楔块外侧增设滚子后有何优点？会不会降低可靠性？
7. 何谓抓扑口“二次抓扑”？可断绳程和果装置如何避免“二次抓扑”？
8. 解释防坠口制动时罐笼减速度 $\gamma = \left(\frac{F_1}{Q_0} - 1\right)g$ 计算式。
9. 对于防坠口为什么要求罐笼制动减速度不小于 γ ，罐笼制动减速度不大于 5γ ？
10. 罐笼承接装置有几种型式？各有何特点？分别使用在什么条件？
11. 试述抓台工作原理(看图叙述)。
12. 制动绳防坠口试验项目中，检查性试验，静负荷试验和脱钩试验各有何特点？试验的方法和内容？
13. 调整缓冲口时，若先将下部螺杆松开，待上部螺杆松紧度调好后，再紧下部螺杆可否？有何问题？

14. 箕斗提升比罐笼提升效率高，应从哪些方面解释？什么情况下用罐笼提升？

(提示：1. 罐笼自重大，因而静张力大，它将引起一系列什么后果？
 2. 罐笼质量大将引起什么后果？
 3. 罐笼运矿时，装卸时间长，将引起什么后果？
 4. 从罐笼适应多品种运送角度，分析何时需要用罐笼提升。)

15. 竖井主井提升岩口箕斗的选择方法有几种？其具体步骤是怎样的？

(答：主井提升设备不论是缠绕式提升机还是摩擦式提升机，箕斗的选择方法大致可分为两种：

(1). 第一种方法——验算法：

以矿井《选型成套设备》和《成套设备补充部分》两份材料为依据，根据年产量和提升高度，选定一种岩口和提升速度 (V_m)，然后按下式计算以保证年产量的一次提升时间 T_x

$$T_x = \frac{3600 b t Q}{a_f C A_n} \quad (\text{秒})$$

式中 a_f ——富裕系数，主井提升设备对第一水平， a_f 取 1.2；
 b ——年工作日数，取 300 天；
 t ——每日提升小时数，取 14 小时；
 Q ——所选岩口的一次提升量，吨；
 C ——不平衡系数，井底有矿仓时取 1.10 ~ 1.15，井底无矿仓取 1.2；
 A ——年产量，吨。

再按下式估算实际每次提升时间 T_x' ：

$$T_x' = \frac{V_m}{Q} + \frac{H}{V_m} + t' + \theta \quad (\text{秒})$$

式中 a ——加速度，未进行运转系数计算前，暂取 $a = 0.8$ 米/秒²；
 t' ——岩口爬行估算时间，暂取 10 秒；
 θ ——装卸载时间，根据 Q 值，自设计规范 74 页可查出。

如果 $T'_x < T_x$ ，则认为实际一次提升循环时间小于保证年产量的一次提升循环时间，该容口满足需要。

如果 $T'_x > T_x$ ，则需选取更大规格的容口，或者选用较大的运行速度 (V_m)、加速度 a 。注意 V_m 、 a 过大不经济，会增加运行费用 (即增大电耗)，但增大 Q 值势必加大钢丝绳直径，如果因此而使提升机规格提高一级，即加大投资费用，则需慎重对待，必要时需进行经济比较。习题 1-1 即用此法选定容口。

(2) 第二种方法——计算法：

从选用经济速度出发进行计算。

当矿井条件与《定型成套设备》所给条件相差较大时用此法。《定型成套设备》中容口的确定也是以此方法为基础的。

a. 计算经济速度 V_j

$$V_j = (0.4 \sim 0.5) \sqrt{H} \quad (\text{米/秒})$$

式中 H —— 提升高度，米。

b. 将经济速度 V_j 作为提升最大速度，估算经济的一次提升循环时间 T_x'' ：

$$T_x'' = \frac{V_j}{a} + \frac{H}{V_j} + t' + \theta \quad (\text{秒})$$

式中 θ —— 因尚未选定容口，故此装卸载时间估计取值，10 秒。

c. 根据年产量 A_n 和一次循环时间 T_x'' ，确定一次经济提升量 Q'

$$Q' = \frac{a_f \cdot C \cdot A_n \cdot T_x''}{3600 \cdot b \cdot t} \quad (\text{吨})$$

d. 根据 Q' 自容口规格表中选取最接近者 (注意并非选取稍大者) 作为选定容口。选定原则见问答题 19。

对于多水平生产的矿井，以上两种方法所得结论不一定最佳，应综合几个水平，选择各种不同型号的容口、钢丝绳、提升机，进行对比择优确定。实例见第三章计算题 3-2。

16. 竖井罐笼应如何选择？

(提示：

(1)、如果是主井提升，则按前一题给出的方法计算。注意由一次经济提升另选择具体罐笼型号时，要综合考虑全矿井对矿车型号的要求，罐笼中的车数是具有独立选择自由的。

(2)、选择付井提升罐笼时应考虑以下三个因素：a、全矿井对矿车型号的要求，(如系改造提升系统，则需根据已有矿车型号选择)。b、所选罐笼能在40分钟之内将最大班全部工人送下井。c、每班运送日研石量、支架及材料的50%所需时间，连同工人下井时间在内，一般不超过5小时。

根据以上三条，决定罐笼型号、(车数、层数)，注意：当运送人员是主要问题而采用双层罐笼时，如果运送物料并不需要双层，则需选用上层无轨道的双层罐笼，以便减少最大提升重量，从而可减小钢丝绳规格，有可能使提升机尺寸降低一级。(见习题1-2)。

17. 斜井串车提升几车组数 n_M ，是如何确定的？

(答：(1)、根据年产量确定车组数 n'_M

$$n'_M = \frac{C a_f A_n}{3600 b t q} T_x \quad (\text{个})$$

式中 q — 矿车载重；

T_x — 一次提升循环时间，秒。此值需要根据不同提升方式(甩车场、平车场、双钩、单钩提升)，采用不同的方法计算之。其中最大提升速度受安全规程限制，不得超过5米/秒，此速度较小，因此，对在不同规格的提升机，减速比和电机转速，实际可以采用的最大速度较少，故有的书籍中已对几种速度和不同提升方式列出了计算图表和近似公式(如参考书[2]中109页)只要确定了速度和斜长则可求出循环时间。

(2)、计算矿车挂钩强度允许的串车数 n''_M ：

$$n''_M \leq \frac{Q_g}{(q + q_c)(\sin \alpha + f \cos \alpha)} \quad (\text{个})$$

式中 Q_g — 矿车挂钩强度，公斤；
 q_c — 矿车自重，公斤；
 α — 井筒最大坡度；
 f — 矿车阻力系数。

最后根据 $n'_m \leq n_m \leq n''_m$ 确定串车数 n_m 。

见例题 7-1。

18. 斜井箕斗是如何选择的？

(提示：斜井箕斗的选择与竖井箕斗相近，一般 a 取 0.5 米/秒²， t' 取 8 秒， θ 取 8 秒， $V_m < 7$ 米/秒) 见例题 7-3。

19. 由经济速度求出一项经济提升量之后，应如何选择标准箕斗？

(答：选择标准箕斗应注意选择接近经济提升量者，而不一定是选择大于经济提升量的标准箕斗。至于两个接近者选择哪一种，其依据是：

(1)、如果根据所选两种卷筒计算选出的提升机相差一个等级，则应选择用较小卷筒，而节省提升机的投资。

(2)、如果根据所选两种卷筒计算出的提升机为同一型号，那么就应选择用较大卷筒，这样，可以降低运转费。

实例见例题 3-3 和 3-4。

计算题

1-1. 按《选型成套设备》选择箕斗，并验核。

已知条件：某矿年产量 150 万吨；第一水平井深 520 米；第二水平井深 670 米；装载水平低于井下运矿水平 20 米；卸载水平高于井口水平 18 米。

解：《选型成套设备》中规定 150 万吨井型第一水平、第二水平分别为 500、700 米时，主井第一水平采用 16 吨箕斗。本矿第一水平井深 520 米，加上装卸载距离大于 500 米，16 吨箕斗能否选用，验核如下。

(1). 保证年产量的一次提升循环时间 T_x ：

$$T_x = \frac{3600 b t Q}{a_f C A_n} = \frac{3600 \times 300 \times 14 \times 16}{1.2 \times 1.15 \times 150 \times 10^4} = 116.87 \text{ (秒)}$$

- 式中 b — 年工作日，300 天；
 t — 每日提升工作小时数，14 小时；
 Q — 一次提升量，16 吨；
 C — 提升不平衡系数，取 1.15；
 A_n — 年产量 150×10^4 吨；
 a_f — 富裕系数，取 1.2。

(2). 第一水平提升高度 H

$$H = H_{s1} + H_2 + H_x = 520 + 20 + 18 = 558 \text{ (米)}$$

- 式中 H_{s1} — 第一水平井深；
 H_2 — 装载高度，20 米；
 H_x — 卸载高度，18 米。

(3). 第一水平提升时经济速度 V_m

$$V_m = 0.4 \sqrt{H} = 0.4 \sqrt{558} = 9.45 \text{ (米/秒)}$$

根据《选型成套设备》规定，选用最大速度 $V_m = 9.55$ 米/秒是合理的。

此值小于《风矿安主规程》的允许值 $0.6 \text{ m/s} = 14.17 \text{ 米/秒}$ 。

(4) 估计一次提升实际时间 T_x' ：

$$\begin{aligned} T_x' &= \frac{V_m}{a_1} + \frac{H}{V_m} + t' + \theta \\ &= \frac{9.55}{0.8} + \frac{558}{9.55} + 10 + 16 = 96.37 \text{ (秒)} \end{aligned}$$

式中 a_1 —— 加速度，暂取 0.8 米/秒^2 ；

t' —— 箕斗在卸载曲轨内运行的估计时间，根据 书0199 取 $V_4 = 0.5$

$$h_4 = 5 \text{ 米}，\text{ 则 } t' = \frac{h_4}{V_4} = 10 \text{ 秒}；$$

θ —— 箕斗装卸时间，根据设计规范 74 页，当 $Q = 16$ 时， $\theta = 16 \text{ 秒}$ 。

结果 $T_x' < T_x$ ，16 吨箕斗能完成第一水平的提升任务。

1-2：付井罐笼的选择

已知条件：矿井年产量 $A_n = 120 \text{ 万吨/年}$ ；含矸率 10% ，考虑到运矿不平衡，取最大班出矿量为 250 吨/班 ，最大班下井人数 800 人 ；坑木消耗为 $10 \text{ 米}^3/\text{千吨}$ ；料石每班 25 吨 。采用 1 吨 固定式矿车（本矿系老矿改造）矿车自重 0.6 吨 ，装矸石量为 1.3 吨 ，装料石量为 1.65 吨 。提升高度 $H = 520 \text{ 米}$ 。

解：

由于本矿系单水平生产，所以采用双罐笼多绳摩擦提升。《选型成套设备》规定该型矿井应采用双钩双层单车多绳罐笼。因本矿未采用 3.3 米^3 矿车，所以上述罐笼不宜采用。下面按提人，提升能力计算选择再罐笼型式。

(1) 经济提升速度 V_j

$$V_j = 0.4\sqrt{H} = 0.4\sqrt{520} = 9.12 \text{ (米/秒)}$$

(2) 估计经济的提升一次循环时间 T_c ：

$$T'_{x1} = \frac{V_j}{a_1} + \frac{H}{V_j} + t' + \theta$$

$$= \frac{9.12}{1.0} + \frac{520}{9.12} + 12.5 + 15 = 93.63 \text{ 秒}$$

式中 a_1 —— 加减速度，取 1.0 米/秒^2 ；

t_1 —— 爬行阶段运行时间，根据书 [1] 99页

$$t_1 = \frac{h_4}{V_4} = \frac{5.0}{0.4} = 12.5 \text{ 秒}；$$

θ_1 —— 休止时间，规定为单层双车罐笼，2车两侧进出车， $\theta = 15 \text{ 秒}$ 。

(3). 估算提人一次循环时间 T'_{x2}

$$T'_{x2} = \frac{V_j}{a_2} + \frac{H}{V_j} + t' + \theta_2$$

$$= \frac{9.12}{0.75} + \frac{520}{9.12} + 12.5 + 26 = 107.67 \text{ (秒)}$$

式中 a_2 —— 提人时的加减速度，暂取 0.75 米/秒^2 ；

θ_2 —— 提人休止时间，估计每次提 50 人， $\theta = 20 + \frac{50-20}{5} =$

26 秒。

(4). 计算罐笼载人数 Z ：

根据规范规定：40 分钟之内应使最大班工人全部下井，因此。

$$Z \geq N \div \frac{40 \times 60}{T'_{x2}}$$

$$= 800 \div \frac{40 \times 60}{107.67} = 35.89 \text{ 人}$$

矿井提升设备习题集

式中 N —— 最大班下井工人数, 800人。

(5). 根据 $Z > 35.89$, 查多绳罐笼规格表 (书 [3] 51页) 查得应采用1吨矿车双层四车多绳罐笼。可载人62人。

(6). 根据运送物料时间, 确定双层罐笼的上层需铺轨道否, 即双层四车还是双层双车。

先按双层双车计算:

(a). 提研石时间 T_1 :

$$T_1 = n_1 \frac{T_{x1}'}{60} = 70 \times 93.63 / 60 = 109.24 \text{ (分)}$$

式中 n_1 —— 提研石次数, 本矿班出研石 250吨, 矿车载研石 1.8吨, 所以, $n_1 = 250 / (2 \times 1.8) = 69.44$ 次, 取 70次。

(b). 下放料石时间 T_2 :

$$T_2 = n_2 T_{x1}' / 60 = 8 \times 93.63 / 60 = 12.48 \text{ (分)}$$

式中 n_2 —— 下放料石次数, 料石每班 25吨, 矿车载料石 1.65吨, 所以 $n_2 = 25 / (2 \times 1.65) = 7.57$ 次, 取 8次。

(c). 下放坑木时间 T_3

$$T_3 = n_3 \cdot T_{x1}' / 60 = 10 \times 93.63 / 60 = 15.6 \text{ (分)}$$

式中 n_3 —— 下放坑木次数, 坑木消耗量为 $10 \text{米}^3/\text{吨}$, 日耗量为 $10 \times 120 \times 10^4 / 300 \times 10^3 = 40 \text{米}^3$, 每班下井量为 $40/2 = 20 \text{米}^3$, 每罐按 2米^3 计, $n_3 = 20/2 = 10$ 次。

(d). 升降工人时间 T_4

T_4 按工人下井时间 1.5 倍计。

$$\text{工人下井时间 } T_g = \frac{T_{x2}' \cdot n_4}{60} = \frac{107.67 \times 13}{60} = 23.33 \text{ (分)}$$

式中 n_4 —— 工人下井次数,

$$n_4 = N/62 = 800/62 = 12.9 \quad \text{取 } 13 \text{ 次}$$

$$T_4 = 1.5 T_g = 1.5 \times 23.33 = 34.99 \quad (\text{分})$$

(c). 升降其他人员的时间 T_5 , 按工人下井时间的 20% 计

$$T_5 = 0.2 T_g = 0.2 \times 23.33 = 4.667 \quad (\text{分})$$

(f). 估计运送炸药、设备时间 $T_6 = 30$ 分

(g). 下放保健车时间 T_7

$$T_7 = 3 \times T_{x1}/60 = 3 \times 93.63/60 = 4.68 \quad (\text{分})$$

(h). 付井一班全部工作时间 T :

$$\begin{aligned} T &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 \\ &= 109.24 + 12.48 + 15.6 + 34.99 + 4.67 + 4.68 \\ &= 181.66 \quad (\text{分}) = 3 \text{ 小时} \end{aligned}$$

$T < 5$ 小时, 满足设计规范要求, 所以罐笼应采用双层双车多绳罐笼。不必采用双层四车。该罐笼主要因运人需要而选用。

1-3 防坠制动绳、缓冲绳的选择计算

已知条件: 某矿付井选用罐笼型号为 GLG-1X1/1; 一吨矿车的重 $Q_c = 0.65$ 吨; 提升最大速度 $V_m = 7$ 米/秒; 提升加速度 $a = 0.8$ 米/秒²; 井架高 30 米; 井深 460 米。

解:

(1). 计算防坠系统缓冲绳的制动力 F_2 :

根据提凡垂绳制动减速度 δ 不小于重力加速度 g 的要求, 本题取 $\delta = g$ 按下式计算:

$$F_2 \geq K \left(\frac{\delta}{g} + 1 \right) Q_g = 2K Q_g = 2 \times 1.15 \times 4528$$

$$= 10414.4 \text{ (公斤)}$$

式中 Q_g — 空罐笼重量。

$$\begin{aligned} Q_g &= Q_z + Q + q_c = 2878 + 1000 + 650 \\ &= 4528 \text{ (公斤)} \end{aligned}$$

K — 两个缓冲口工作不均匀系数。取 $K=1.5$;

Q_z — 罐笼自重。查书 [1] 表 1-1, $Q_z = 2878$ 公斤;

Q — 砂车装料重量, $Q = 1000$ 公斤;

q_c — 砂车自重, $q_c = 650$ 公斤。

所选制动力 F_z , 应满足空罐笼时, 制动减速度不大于 $5g$ 。按下式检验:

$$\ddot{s} = \left(\frac{F_z}{Q_k} - 1 \right) g = \left(\frac{10414.4}{2938} - 1 \right) g = 2.54g < 5g$$

式中 Q_k — 空罐笼重, 又乘一人。

$$Q_k = Q_z + 60 = 2878 + 60 = 2938 \text{ (公斤)}$$

说明此制动力 F_z 是合适的。

(2). 制动钢丝绳的选择:

每根制动钢丝绳的最大拉力为

$$\begin{aligned} F_{\max} &= \frac{3(1+\alpha)}{2} F_z = \frac{3(1+0.5)}{2} \times 10414.4 \\ &= 23432.4 \text{ (公斤)} \end{aligned}$$

式中 α — 制动钢丝绳摩擦系数, 取 0.5;

λ — 安全系数。

依据 F_{\max} 选 $0 \times 7 - 20.5 - 155$ 型钢丝绳, 直径 $d = 20.5$ 毫米;

破断力 $Q_g = 27100$ 公斤 $> F_{max}$; 制动绳每米重 $P = 1.524$ 公斤/米;

$\sigma_0 = 15500$ (公斤/厘米²); 所有钢丝横断面积之和 $S_0 = 1.5957$ (厘米²)。

$$\begin{aligned} \text{制动绳长 } L &= H + H_j + Hd + 5 \\ &= 460 + 30 + 5 + 5 = 500 \text{ (米)} \end{aligned}$$

式中 H —— 井深;

H_j —— 井架高;

5 —— 试验绳长。

(3). 缓冲绳选择

(a). 缓冲绳直径选用统一规格, 型号为 $6 \times 19 - 43.5 - 155$ 。选较软钢绳, 是因为:

① 缓冲绳不像制动绳那样经常受磨损。

② 缓冲绳要通过缓冲口, 所受弯曲应力很大, 所以不易选用 6×7 硬钢丝绳。

(b). 缓冲绳有效长度 L_h , 由大倍最大工作长度决定。工作长度指一次断绳保险工作过程中, 缓冲绳自缓冲时打过的长度。

① 计算缓冲绳最大工作长度 Z_2 :

根据书 [1] (1-14) 式:

$$\begin{aligned} Z_2 &= \frac{Q_g \cdot S_z}{F_z - Q_g} - \frac{\frac{F_z}{2} - Q_g}{F_z - Q_g} Z_1 \\ &= \frac{4528 \times 4.09}{10414.4 - 4528} - \frac{10414.4/2 - 4528}{10414.4 - 4528} \times 0.256 \\ &= 3.117 \text{ (米)} \end{aligned}$$

式中 F_z —— 制动力, 因书 [1] 中忽略了制动绳重, 所以此处 F_z 仍按 10414.4 公斤计;

S_z —— 在摩擦轮的动能换算为势能所对应的高度,

$$S_2 = \frac{V_{\max}^2}{2g} = \frac{8.962^2}{2 \times 9.81} = 4.09 \text{ (米)};$$

V_{\max} —— 断绳后抓捕前罐笼达到的最大速度，

$$V_{\max} \approx V_m + t_{II}g = 7 + 0.2 \times 9.81 = 8.962 \text{ 米/秒};$$

t_{II} —— 防坠口空行程时间，取 0.2 秒；

Z_1 —— 当岩口在提升加速终了时断绳，抓捕口抓捕制动绳之后，缓冲点至罐笼绞制动绳的弹性伸长量，

$$Z_1 = \frac{F_2 \cdot L_1}{2ES_0} = \frac{10414.4 \times 56.335}{2 \times 720000 \times 1.59} = 0.256 \text{ (米)};$$

L_1 —— 加速终了时，岩口上方制动绳长度，

$$L_1 = H_j - H_y + h_1 = 30 - 4.29 + 30.615$$

$$= 56.335 \text{ (米)};$$

H_y —— 罐笼高，查得 4.29 米；

h_1 —— 加速段运行距离（按三阶段速度图），

$$h_1 = \frac{V_m^2}{2a} = \frac{7^2}{2 \times 0.8} = 30.625 \text{ (米)};$$

E —— 钢丝绳弹性模数，取 $E = 720000$ 公斤/厘米²。

②. 确定缓冲绳有效长度 L_h ：

$$L_h = 6 \times Z_2 = 6 \times 3.117 = 18.7 \text{ (米)}$$

考虑第一次工作前缓冲口下面的缓冲绳有一定长度，取缓冲绳长 20 米。

* * * *

《矿井提升设备》16 页式 (1-13) 由于存在以下问题，所以不尽合理：