



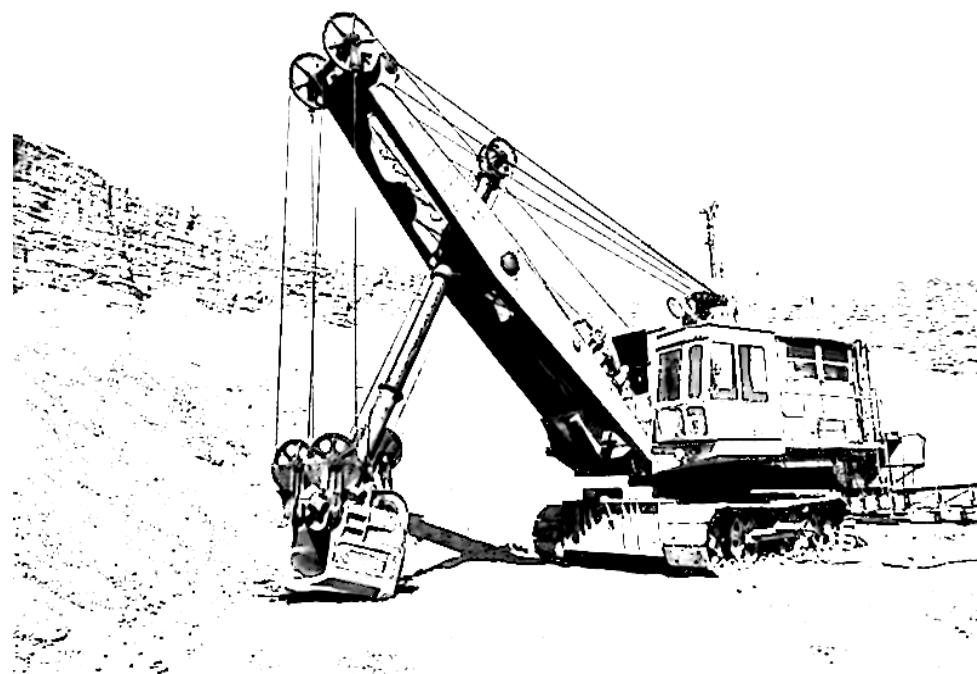
露天开采工艺学

第三章 露天采装工艺

主讲：胡建华 教授

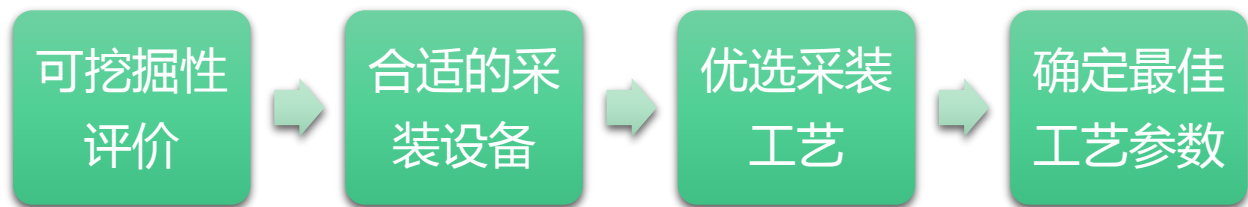
露天采装工艺

- 采装工艺基本原理
- 单斗挖掘机铲装工艺
- 前装机、铲运机和推土机采装



概述

- 采装工艺, 是指在露天采场中用某种设备和方法把处于原始状态或经爆破破碎后的矿岩挖掘出来, 并装入运输设备或直接倒卸至一定地点的作业, 采装工作是露天矿生产的中心环节之一。
 - 岩石的可挖性
 - 采装设备
 - 采装工艺



3.1 采装工艺基本原理

• 3.1.1 岩石的可挖性

➤ 岩石的可挖性是指岩石抗挖掘的特性，是一个多因素构成的岩石铲挖阻念。

• 岩石的松散程度：松散性好——阻力小

• 块度大小：块度大——阻力大

• 岩块的强度：强度高——阻力大

• 岩块的容重：容重增大——阻力大

➤ 两种状态：

• 原岩可挖性

• 爆破破碎后岩石的可挖性

挖掘阻力 F_z

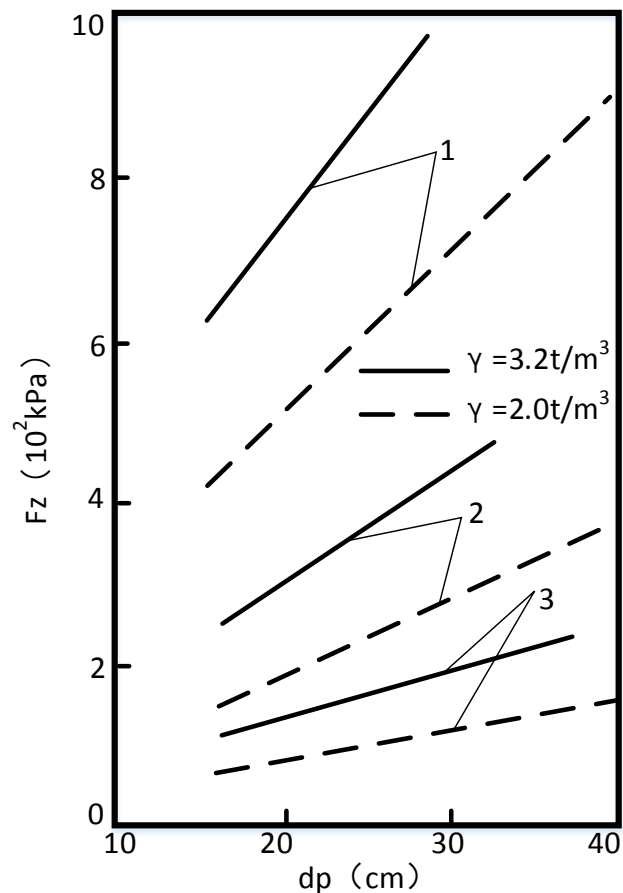


图 F_z 与经爆破后的岩块块度 dp 的关系

1: $K_s=1.05$; 2: $K_s=1.2$; 3: $K_s=1.4$

3.1 采装工艺基本原理

● 3.1.1 岩石的可挖性

➤ 可挖性分级函数（理论上）

$$W = 0.022 \left(A + \frac{10A}{K_s^9} \right)$$

式中： $A = \gamma d_p + 10^{-3} \sigma_k$
 d_p : 爆堆中岩块的平均块度，cm;
 σ_k : 岩石抗剪强度，kPa。



等级	不同块度时的松散系数K _s					指标，W
	很小的	小的	中等的	大的	很大的	
I	1.05~1.40	1.20~1.45	1.30~1.50	1.50~1.60	—	0~3
	1.10~1.15	1.25~1.30	1.35~1.40	—	—	
	1.20~1.25	1.35~1.50	1.50~1.60	—	—	
II	1.01~1.03	1.10~1.15	1.15~1.25	1.25~1.40	1.35~1.60	3~6
	1.01~1.10	1.10~1.25	1.20~1.35	1.30~1.60	1.50~1.60—	
	1.10~1.20	1.20~1.40	1.25~1.60	1.35~1.60	—	
III	—	1.02~1.05	1.10~1.15	1.15~1.20	1.25~1.30	6~9
	1.01~1.03	1.05~1.15	1.10~1.20	1.20~1.30	1.30~1.50	
	1.02~1.10	1.10~1.20	1.15~1.25	1.25~1.40	1.35~1.60	
IV	—	1.01~1.02	1.03~1.05	1.10~1.15	1.20~1.25	9~12
	—	1.02~1.05	1.05~1.10	1.15~1.20	1.25~1.30	
	1.01~1.05	1.05~1.10	1.10~1.15	1.20~1.25	1.20~1.40	
V	—	—1.01~1.03	1.01~1.03	1.05~1.10	1.10~1.20	12~15
	—	1.03~1.05	1.02~1.05	1.10~1.15	1.15~1.25	
	1.01~1.02	—	1.05~1.10	1.15~1.20	1.25~1.30	
VI	—	—	—1.01~1.03	1.03~1.05	1.05~1.15	15~18
	—	—1.00~1.05	1.03~1.10	1.05~1.12	1.15~1.20	
	1.00~1.01	—	—	1.10~1.15	1.20~1.25	
VII	—	—	—1.00~1.02	1.02~1.03	1.03~1.08	18~21
	—	—1.00~1.03	1.02~1.08	1.03~1.10	1.05~1.15	
	—	—	—	1.08~1.15	1.15~1.20	
VIII	—	—	—	1.01~1.02	1.02~1.05	21~24
	—	—	—1.00~1.05	1.02~1.08	1.03~1.10	
	—	—	—	1.05~1.12	1.08~1.15	
IX	—	—	—	—1.01~1.05	—	24~27
	—	—	—1.00~1.02	1.02~1.08	1.01~1.08	
	—	—	—	—	1.05~1.12	
X	—	—	—	—1.01~1.02	—	27~30
	—	—	—	1.01~1.05	1.01~1.03	
	—	—	—	—	1.02~1.10	

注：各等级中，三行从上到下分别为经爆破后的密实岩石、中硬岩石和坚硬岩石的K_s值。

3.1 采装工艺基本原理

● 3.1.1 岩石的可挖性

➤ 可挖性分级函数（实际上）

$W_s = K_l K_g W$

K_l :与爆破后的岩石性状及采装设备类型有关的参数；

K_g :与采装设备类型及规格有关的系数。

	采掘设备	当W值如下时的 K_l 值			
		至3	3~6	6~10	11~15
$K_l \rightarrow$	拖拉铲运机	1.25	1.30	1.40	1.60
	推土机	1.20	1.25	1.35	1.50
	前装机	1.00	1.05	1.10	1.15
	单斗挖掘机	1.00	1.00	1.00	1.00
	索钎挖掘机	1.05	1.10	1.15	1.25

设备类型及规格	铲斗容积（ m ³ ）或功率（ kW ）			
	采矿型		剥离型	
机械铲	<2	3-5	8~12.5 16~20	10~20 30~50 80~100 >100
	1.10~1.15	1.00	0.95~0.90 0.90~0.85	0.90~0.85 0.75 0.70 0.65
拉铲	4~6	10~15	20~30	50~100
	1.00	0.95~0.90	0.85~0.75	0.70~0.60
前装机	2~3	4~6	7.5~12.5	15~28
	1.10~1.05	1.00	0.95~0.90	0.90~0.85
铲运机	3~5	8~12	15~20	>20
	1.00	0.97~0.93	0.90~0.85	0.80~0.70
推土机	功率<75kW	功率100~135kW	功率150~220kW	功率>300kW
	1.08~1.03	1.00	0.97~0.92	0.90~0.80

3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.2 采掘设备类型

➤ 露天矿常用的采掘设备按照功能区分有采装设备及采运设备

- 单斗挖掘机
- 多斗挖掘机
- 吊斗铲

采装设备



- 铲运机
- 推土机
- 前装机

采运设备



3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.2 采掘设备类型

- 单斗挖掘机分为采矿型和剥离型两种

- 采矿型：

- 履带行走
- 铲斗容积： $2 \sim 23\text{m}^3$
- 适宜台阶高度： $6 \sim 20\text{m}$
- 通常适用于平装车

- 剥离型：

- 铲斗容积在 100m^3 以上的，主要用于采空区倒堆剥离
- 铲斗容积小于 15m^3 的，也可用于上装车



3.1 采装工艺基本原理

● 3.1.2 采掘设备类型

➤ 单斗挖掘机分为采矿型和剥离型两种

- 液压单斗挖掘机：斗容一般为 $6.5 \sim 8\text{m}^3$ ，最大为 30m^3

- 索斗铲

 - 挖掘软岩和爆破碎的岩石

 - 修筑路堤和掘沟

➤ 前装机、铲运机、推土机

- 前装机：适用于生产能力为 $100 \sim 150 \times 10^4\text{t/年}$ 的露天矿

- 铲运机：挖软岩和经破碎后岩石，运距为 $2 \sim 3\text{km}$ 时是经济的，用于大型露天矿的剥离工作

- 推土机：辅助作业



3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.2 采掘设备类型

- 铲运机

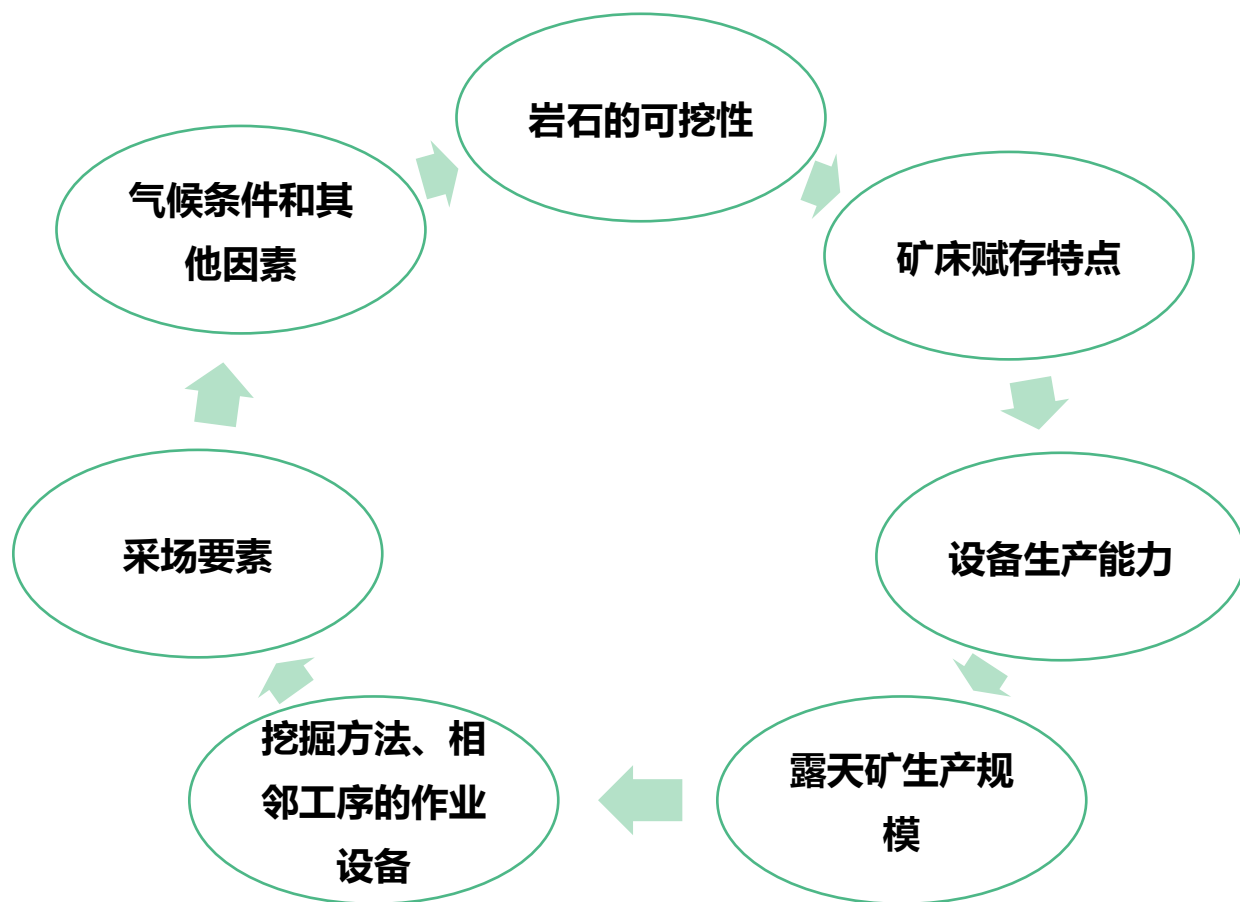
升运式铲运机型号介绍

制造厂家	型号	斗容		最大铲装		机重 (t)		功率 (kW)		最大速度 (km/h)
		(m³) (t)		深度	宽度	重载	空载	前	后	
				(mm) (mm)						
卡特皮勒	633B	26	34	419	3500	81.6	47.5	336	35	
菲亚特阿利斯	261B	17.6	24	240	3213	52.5	28.5	240	55	
卡特皮勒	623B	16.8	22.7	330	3150	55.2	32.5	246	50	
卡特皮勒	615	12.2	17.4	414	2890	40.5	23.4	186	47	
约翰迪尔	862B	12.2						198	46	
菲亚特阿利斯	161	11.5	17	300	2700	37.8	20.3	175	51	
卡特皮勒	613C	8.4	12	160	2350	26.6	14.7	131	45	
德雷斯	412B	8.4	11.9	230	2440	27	15.2	125	46	
约翰迪尔	762B	8.4	11.9					134	46	

3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.2 采掘设备类型

- 采掘设备在技术上的适用性和利用率影响因素分析



3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.3 采掘设备的生产能力

- 生产能力

- 理论生产能力（额定生产能力）
 - 理论生产能力（额定生产能力）一是选择确定不同类型与规格的采掘设备时计算生产能力并进行比较、评价的基础。
- 技术生产能力
- 实际生产能力



3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.3 采掘设备的生产能力

- 理论生产能力（额定生产能力）

- 额定生产能力的大小主要取决于设备结构的因素，并且必须和一定的采掘工艺条件相适应。

- 电动机的功率

- 工作机构的线性尺寸

- 挖掘机构(铲斗、犁板)的计算容积和形状

- 工作机构传动系统和运动速度等

- 计算公式

$$Q_L = En_w = \frac{3600}{t_{wc}} \cdot E$$

E —铲斗的计算容积， m^3 ；

n_w —挖掘机构1小时的装卸次数；

t_{wc} —一个采掘循环的理论持续时间， s 。

3.1 采装工艺基本原理

• 3.1.3 采掘设备的生产能力

➤ 技术生产能力

- 开采技术条件一定时，采掘设备可能达到的最大小时生产能力。

$$Q_J = Q_L \cdot K_k \cdot K_c$$

K_k —岩石的可挖性影响系数;

K_c —工作而参数影响系数。

- 由于 K_k 、 K_c 不易确定，故从矿山地质条件和技术因素对采掘作用的循环时间的影响出发

$$\begin{aligned} Q_J &= Q_L \cdot K_k \cdot K_c = Q_L \cdot K_w \cdot K_t \\ &= E \cdot \frac{3600}{t_{wc}} \cdot \frac{K_M}{K_S} \cdot K_g \end{aligned}$$

K_w —铲斗的挖掘系数;

K_M —铲斗的满斗系数;

K_S —铲斗中岩块的松散系数;

K_g —考虑辅助作业时间后的采掘工艺影响系数。

3.1 采装工艺基本原理

- 3.1.3 采掘设备的生产能力

- 实际生产能力（台班、台月、台年生产能力）

- 挖掘机的台班生产能力

$$Q_S = Q_J \cdot T \cdot \eta_B = E \cdot \frac{3600}{t_{wc}} \cdot K_g \cdot T \cdot \eta_B$$

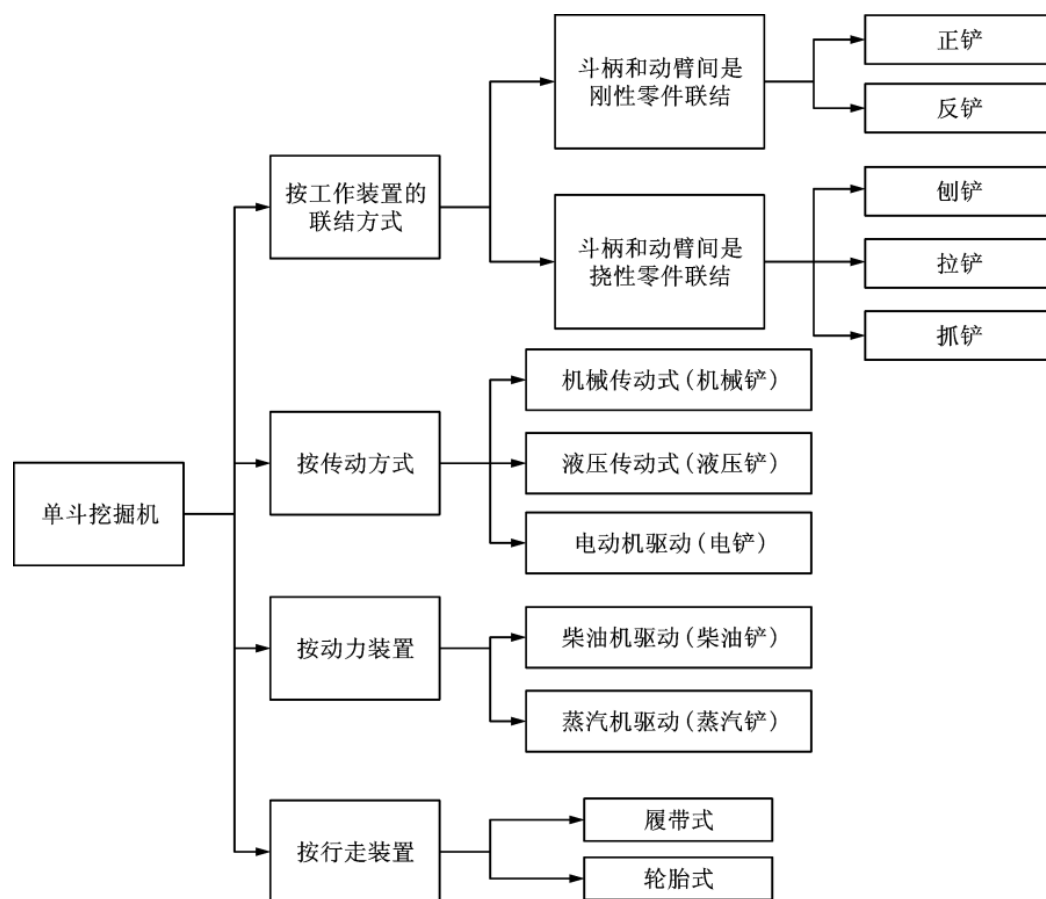
T—班工作小时数，h；

η_B —班工时利用率，%。



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

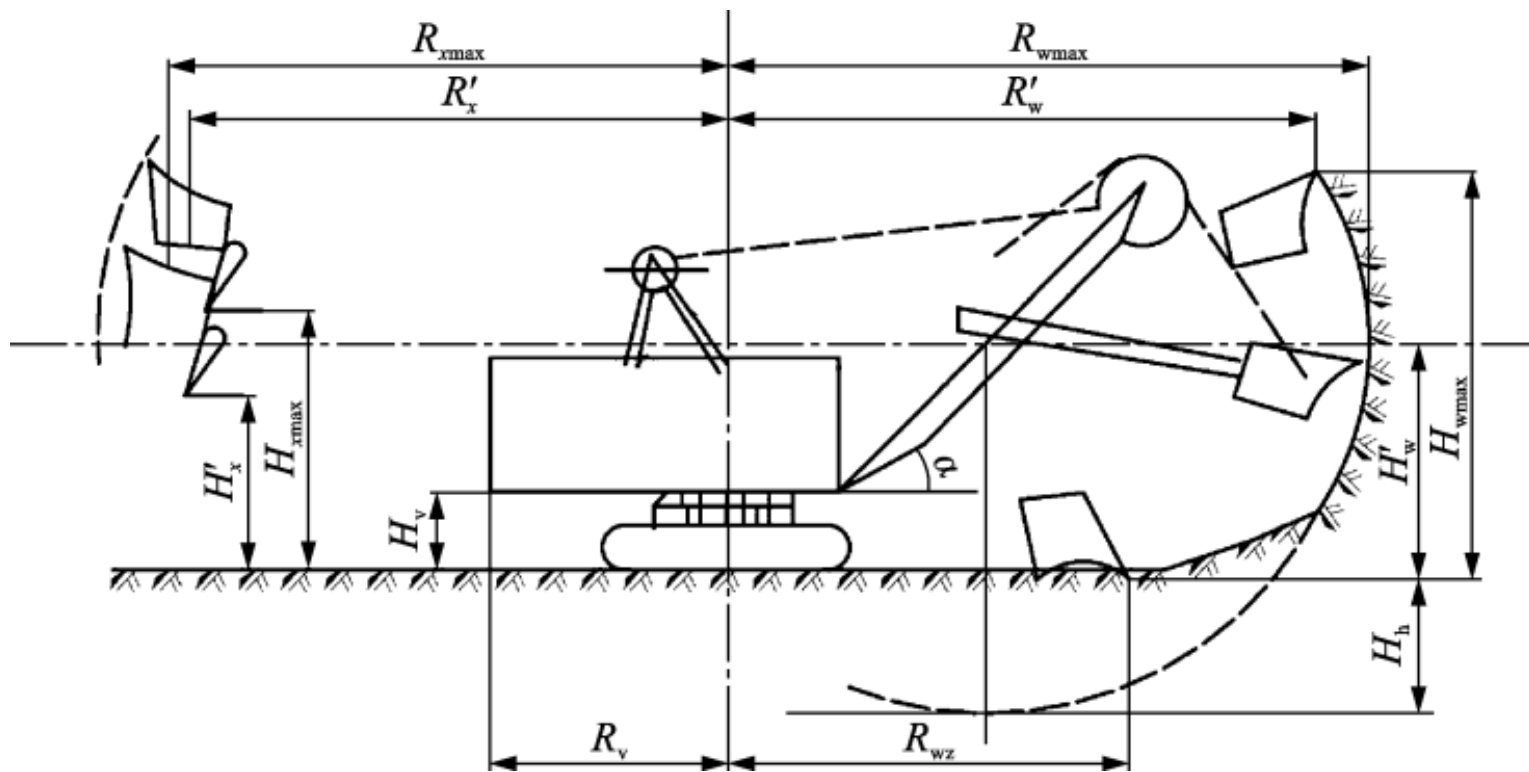
• 3.2.1 单斗挖掘机类型



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.2 单斗挖掘机工作参数

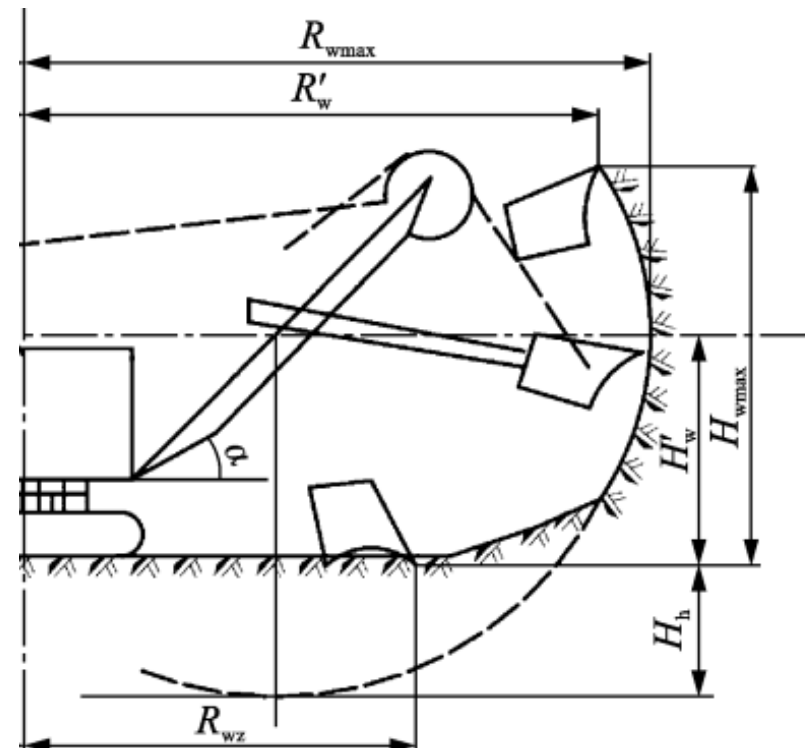
- 挖掘半径 R_w
- 挖掘高度 H_w
- 下挖深度 H_h
- 卸载半径 R_x
- 卸载高度 H_x



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.2 单斗挖掘机工作参数

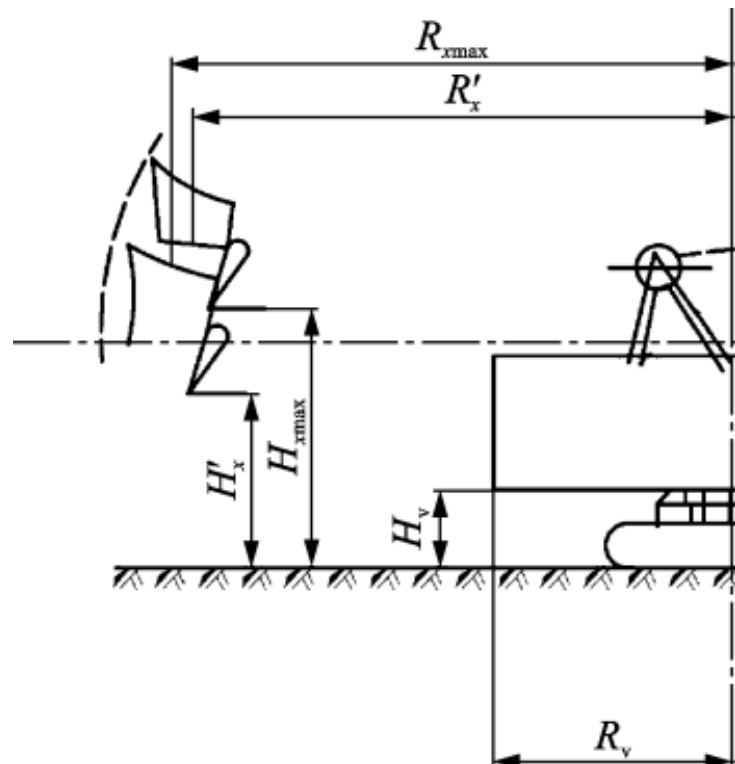
- 挖掘半径 R_w ：挖掘时挖掘机回转中心至铲斗齿尖的水平距离
 - 最大挖掘半径 R_{wmax} ：斗柄最大水平伸出时的挖掘半径
 - 站立水平挖掘半径 R_{wz} ：铲斗平放在站立水平面的挖掘半径
 - 最大挖掘高度时的挖掘半径 R'_w 。
- 挖掘高度 H_w ：挖掘时铲斗齿尖距站立水平的垂直距离
 - 最大挖掘高度 H_{wmax} ：挖掘时铲斗提升到最高位置的垂直高度
 - 最大挖掘半径的挖掘高度 H'_w
- 下挖深度 H_h ：铲斗下挖时由站立水平至铲斗齿尖的垂直距离



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.2 单斗挖掘机工作参数

- 卸载半径 R_x ：卸载时由挖掘机回转中心至铲斗中心的水平距离
 - 最大卸载半径 $R_{x\max}$ ：斗柄最大水平伸出时的卸载半径
 - 最大卸载高度时的卸载半径 R'_x 。
- 卸载高度 H_x ：铲斗斗门打开后，斗门的下缘距站立水平的垂直距离
 - 最大卸载高度 $H_{x\max}$ —斗柄提到最高位置，打开斗门后，斗门的下缘距站立水平的垂直距离
 - 最大卸载半径时的卸载高度 H'_x



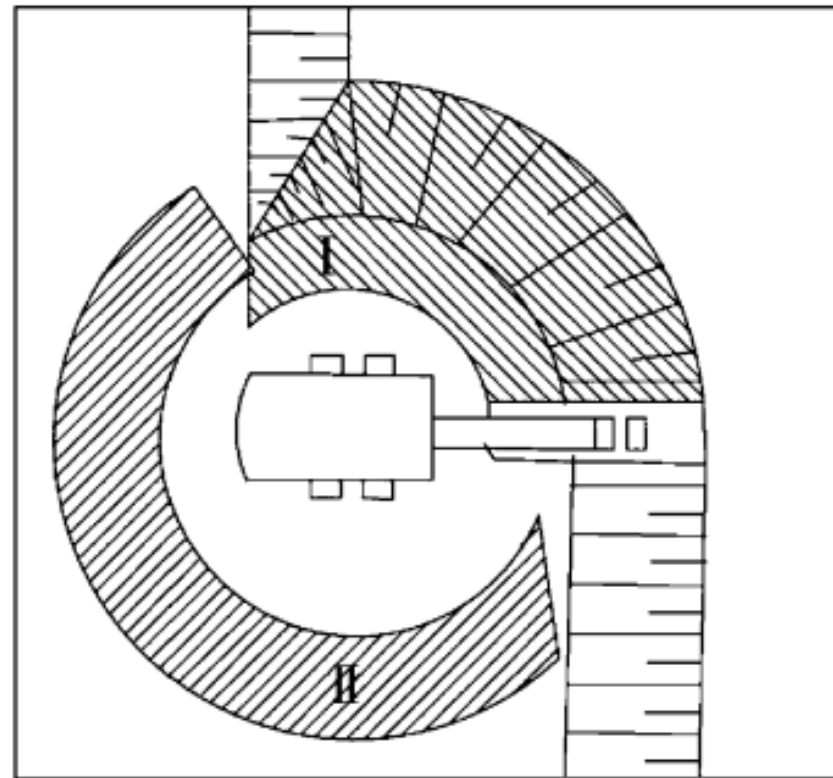
3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.2 单斗挖掘机工作参数

➤ 工作参数随动臂倾角 α 调整而变更

- 一般在 30° - 50° 范围内调整，通常 $\alpha=45^\circ$ 。
- 增大 α 值时，挖掘高度随之增大，但挖掘半径和卸载半径均随之减小。

I 装载区
II 卸载区



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

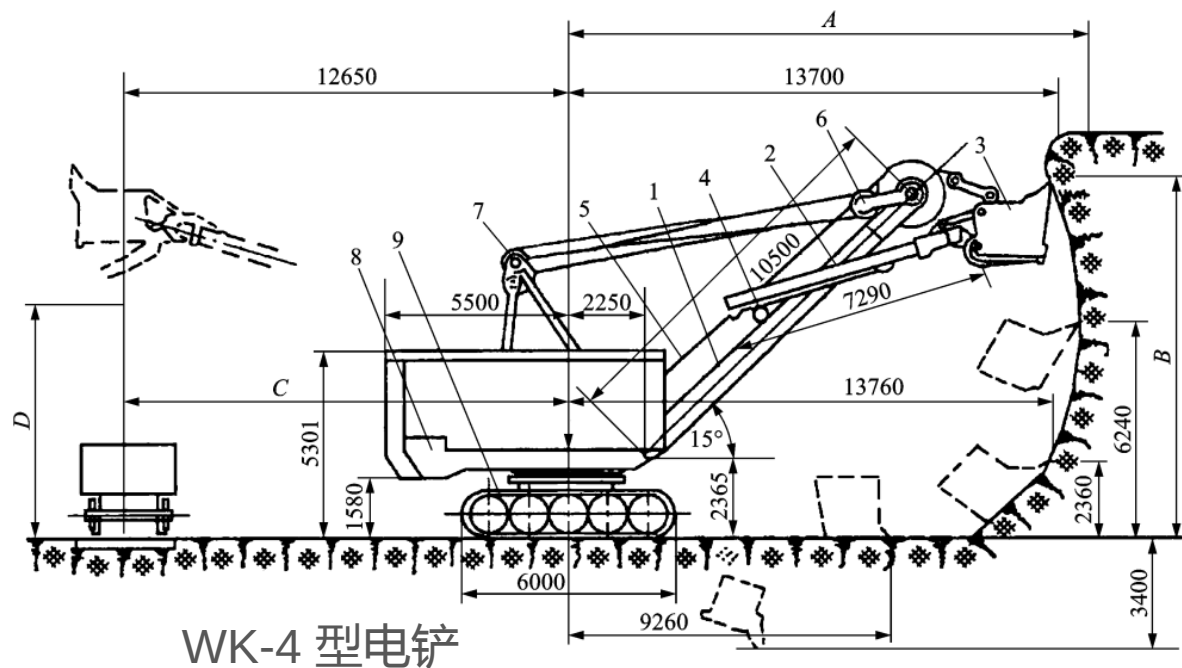
● 3.2.3 电铲

➤ 电动机驱动、机械传动的大型单斗挖掘机—电铲成为目前露天矿山主要采装设备。

- 电铲的结构坚固, 效率和可靠性高, 主要电力控制设备在司机室内, 操作性高于其他装载设备。

➤ 主要结构

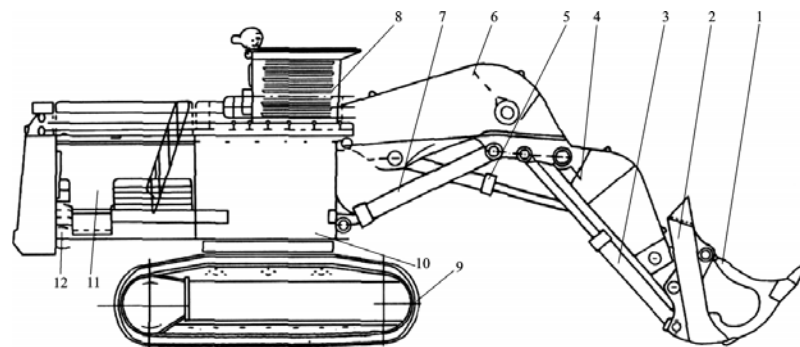
- 行走结构
- 工作装置
- 回转机构
- 动力装置



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.4 液压铲

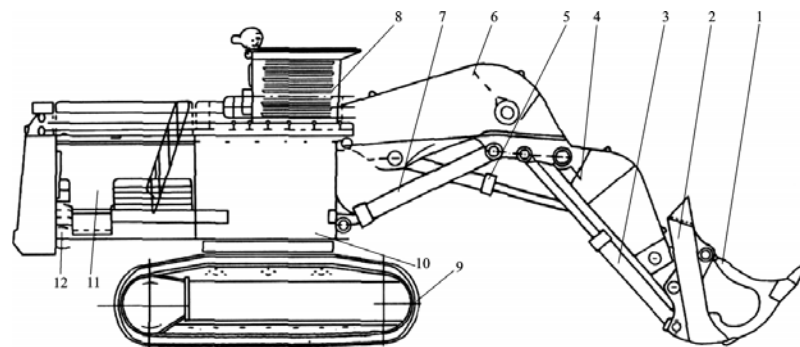
- 液压铲斗容小、重量轻, 主要用于装载松软矿岩。
- 液压铲对比分析
 - 在动力装置和工作装置之间采用容积式液压传动, 与机械传动相比, 应用液压传动的液压铲结构更简单、操纵更便捷且更准确、挖掘力与牵引力更大、作业率更高;
 - 与前装机相比, 液压铲生产能力更高、能达到更高的台阶面;
 - 与电铲相比, 液压铲机身更轻、挖掘力更大。
 - 但是液压元件制造的精度要求很高, 维修较为困难, 且液压系统容易漏油、过热。



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.5 采掘工作面主要参数

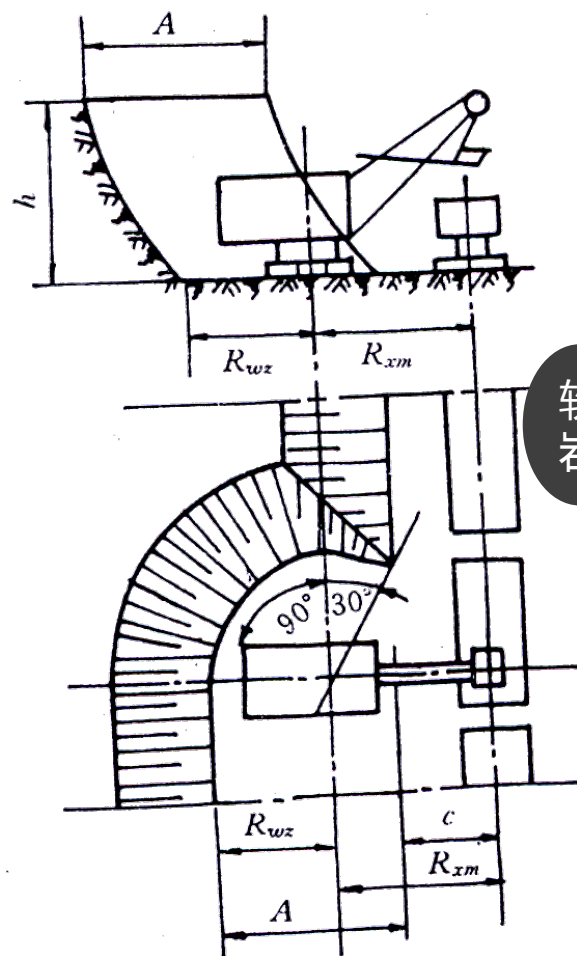
- 液压铲斗容小、重量轻, 主要用于装载松软矿岩。
- 液压铲对比分析
 - 在动力装置和工作装置之间采用容积式液压传动, 与机械传动相比, 应用液压传动的液压铲结构更简单、操纵更便捷且更准确、挖掘力与牵引力更大、作业率更高;
 - 与前装机相比, 液压铲生产能力更高、能达到更高的台阶面;
 - 与电铲相比, 液压铲机身更轻、挖掘力更大。
 - 但是液压元件制造的精度要求很高, 维修较为困难, 且液压系统容易漏油、过热。



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

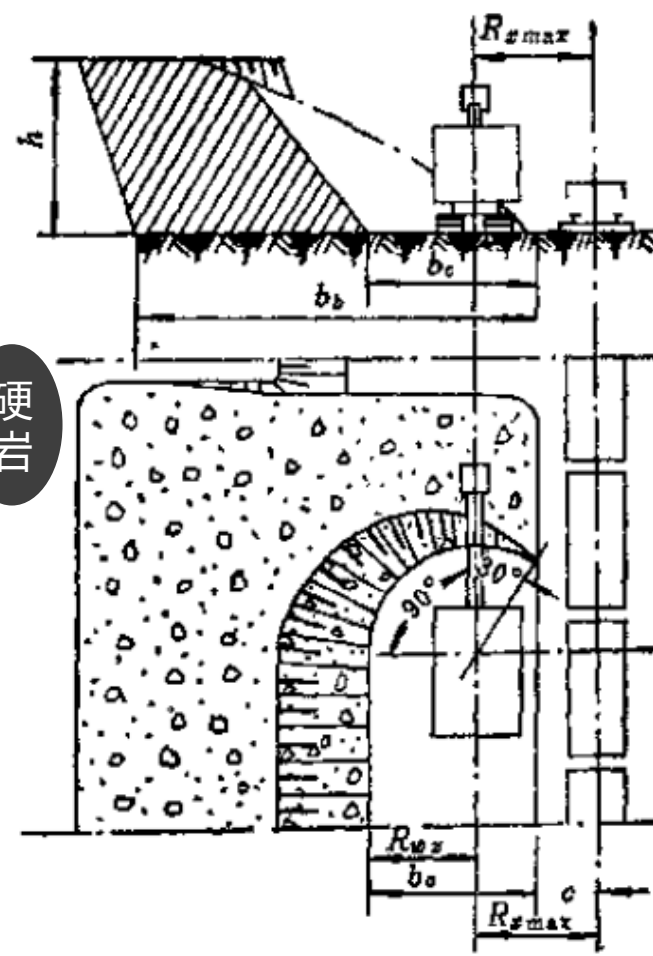
● 3.2.5 采掘工作面主要参数

- 台阶高度 h
- 采掘带宽度 b
- 采区长度 L_c
- 工作平盘宽度 B



软岩

采掘工作面



硬岩

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.5 采掘工作面主要参数

➤ 台阶高度 h （影响台阶高度的因素）

● 采掘设备的工作条件与穿爆要求

- 既要保证安全，又要有利于提高采装效率

- 平装车时的台阶高度：当挖掘不需预先爆破的岩土和坚硬矿岩爆堆时，为保证安全台阶高度一般不大于挖掘机的最大挖掘高度，以及提高采装效率不应低于挖掘机推压轴高度的2/3。当爆后矿岩块度不大，无粘结性，且不需要分采时，爆堆高度可为最大挖掘高度的1.2~1.3倍。

- 上装车时的台阶高度：为使矿岩有效地装入运输设备，台阶高度以挖掘机最大卸载高度和最大卸载半径来确定。

$$h \leq H_{x\max} - h_c - e_x$$
$$h \leq (R_{x\max} - R_{wz} - c) \operatorname{tg} \alpha$$

$H_{x\max}$ ——最大卸载高度；

h_c ——台阶上部平盘至车辆上缘高度，m；

e_x ——铲斗卸载时，铲斗下缘至车辆上缘间隙，一般 $e_x \geq 0.5 \sim 1.0$ m；

$R_{x\max}$ ——最大卸载半径；

R_{wz} ——站立水平挖掘半径；

c ——铁路中心线至台阶坡顶线的间距，m；

α ——台阶坡面角，(°)。

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

- 3.2.5 采掘工作面主要参数

- 台阶高度 h （影响台阶高度的因素）

- 矿岩性质与埋藏条件

- 矿岩松软时，台阶高度取值较小，矿岩坚硬时取值较大

- 具体确定台阶高度标高时，应考虑每个台阶尽可能由同一性质的岩石组成，有利采掘并减少矿石损失贫化

- 矿床开采强度

- 台阶高度增加时，露天矿台阶水平推进速度与垂直延深速度均有所降低。因此，在矿山基建时期，应采用较小的台阶高度，以加快水平推进速度、缩短新水平准备时间，尽快投入生产。

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.5 采掘工作面主要参数

➤ 台阶高度 h （影响台阶高度的因素）

• 运输条件

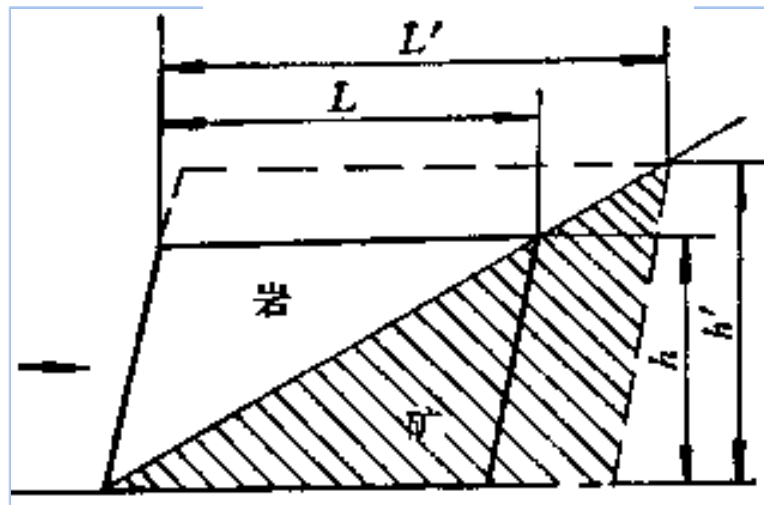
- 台阶高度增加时，可减少露天矿台阶总数，简化开拓运输系统。

• 矿石损失与贫化

- 开采矿岩接触带时，在矿体倾角和工作线岩推进方向一定的情况下，矿混采宽度随台阶高度增加而增加，矿石的损失与贫化也随之增大。

台阶高度增加时的混采增量

$$\Delta S = L'h' - Lh \quad m^2$$



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.5 采掘工作面主要参数

➤ 采掘带宽度b

- 挖掘机侧向装车时垂直采掘带移位一次的最大宽度
- 铁路运输：合理采掘带宽度应保持挖掘机向里侧回转角 $\leq 90^\circ$ ，向外侧的回转角 $\leq 45^\circ$ ，其值

$$b_c = (1 \sim 1.7) R_{wz}$$

但不超过 $b_c \leq R_{wz} + f R_{x\max} - c$

R_{wz} ——站立水平挖掘半径；

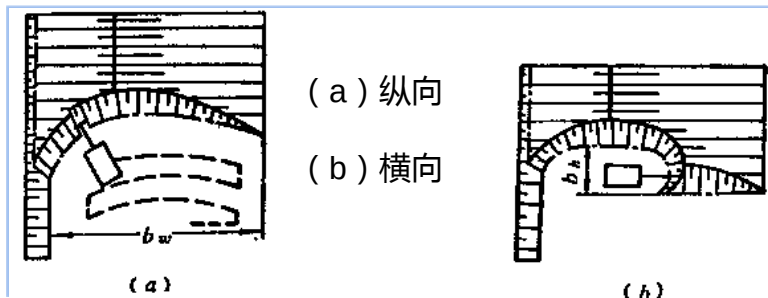
f ——斗柄规格利用系数, $f=0.8 \sim 0.9$;

$R_{x\max}$ ——最大卸载半径；

c ——外侧台阶坡底线或爆堆坡底线至铁路中心线距离, $c=3 \sim 4$ m。

- 汽车运输：挖掘机工作参数与运输线路间无固定联系，宽度可大可小。

- 汽车位于挖掘机两侧装车。
- 敞通式纵向宽采掘带($b_w=40 \sim 80$ m)
- 独头式横向窄采掘带($b_h=0.7 \sim 1.0 R_w$)

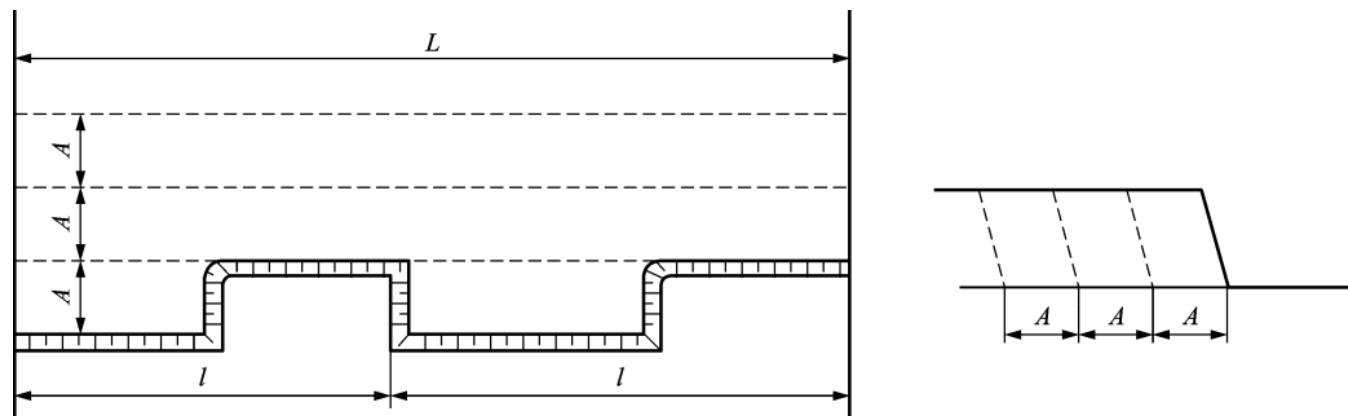


3.2 单斗挖掘机铲装工艺

• 3.2.5 采掘工作面主要参数

➤ 采区长度 L_c

- 划归一台挖掘机采掘的那部分台阶工作线长度
- 汽车运输时，工艺灵活，采区长度可以缩短，一般不小于150~200m。
- 铁路运输时，采区长度一般不得小于列车长度的2~3倍，即不小于400m。



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.5 采掘工作面主要参数

➤ 工作平盘宽度B

- 工作平盘宽度主要取决于爆堆宽度、运输设备规格、动力管线的配置方式以及作业的安全宽度等。
- 按布置采掘运输设备和实现正常采装运输作业考虑所必需的工作平盘宽度，称为最小工作平盘宽度（ $B_{\min}$ ）。

$$B_{\min} = b + c + d + t + e$$

b ——爆堆宽度，m；

c ——爆堆坡底线至汽车边缘的距离，m；

t ——车辆运行宽度，m；

d ——线路外侧至动力电杆的距离，m；

e ——动力电杆至台阶稳定边界线的距离，m。

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.6 挖掘机生产能力及所需台数计算

➤ 挖掘机生产能力

- 挖掘机生产能力是单位时间内从工作面采出并装入运输容器或倒入内排土场的实方矿岩体积或重量。

$$Q_B = \frac{3600 \cdot E \cdot K_m}{t_{wc} \cdot K_s} K_g \cdot T \cdot \eta$$

• 采掘机工艺影响系数

$$K_g = \frac{t_m}{t_m + t_a}$$

t_m-采装作业时间，s；
t_a-挖掘机采装时，总的辅助时间（喊挖掘机一栋、挑大块等），s。

指标	挖掘机的铲斗容积										
	采矿型				长臂型			剥离型			
	<2	3~5	8~12.5	16~20	<2	3~5	6~8	10~20	30~50	80~100	>100
挖掘时间/s	6~8	8~9	9~10	10~12	10~12	13~14	12~18	17~20	20~23	23	23
回转时间/s	14	15~16	19~22	22	14~15	16~19	19~22	28~30	30~32	32	32
挖掘工作循环时间/s	20~22	23~25	28~32	32~34	24~27	29~33	31~40	45~50	50~55	55	55
设备结构的每分钟循环次数	3.0~2.75	2.6~2.4	2.15~1.9	1.9~1.75	2.5~2.2	2.05~1.8	1.9~1.5	1.33~1.2	1.2~1.09	1.09	1.09
岩石可挖性额定值	5~5.2	5.4~6.0	6.2~6.5	6.8~7.0	2.6~4	4.2~4.6	4.8~5.2	5.6~6.0	6.5~7.0	7.5~8.0	8.5~9.0
挖掘机规格影响系数K（挖爆破后岩石）	1.1~1.15	1.0	0.95~0.9	0.9~0.85	1.1~1.05	1.0	0.97~0.92	0.9~0.85	0.75	0.70	0.65

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

- 3.2.6 挖掘机生产能力及所需台数计算

- 挖掘机台数计算

- 挖掘机的类型应根据矿山规模、矿岩性质以及穿爆、运输的配合等因素加以选定。
- 挖掘机选型的一般原则是：特大型矿山可选用6~20m³挖掘机，大型矿山选用4~6m³挖掘机为主，中型矿山一般选用2~6m³挖掘机，小型矿山选用0.2~ 2m³挖掘机。

$$N=A/q_p$$

N ——露天矿山所需挖掘机台数；

A ——设计矿山矿岩采剥总量，m³/a；

q_p ——挖掘机的平均生产能力，m³/(台·年)。

3.2 单斗挖掘机铲装工艺

- 3.2.6 挖掘机生产能力及所需台数计算

- 提高采掘设备生产能力的措施

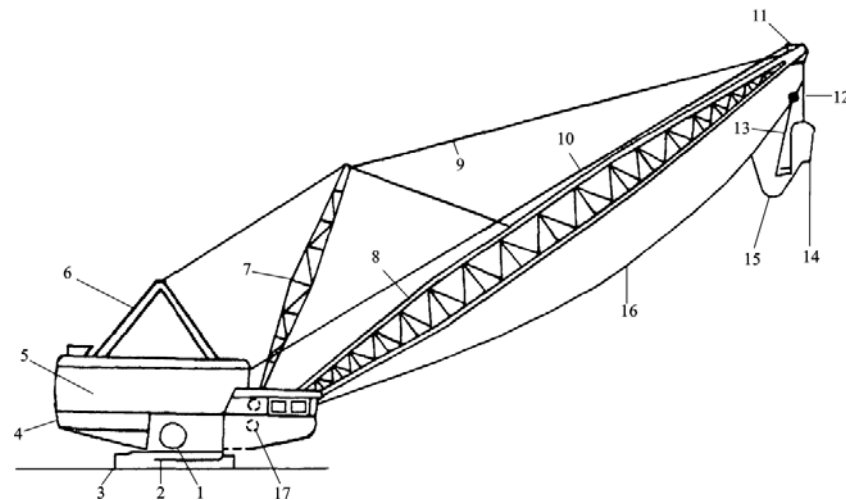
- 缩短挖掘机的工作循环时间
- 提高满斗系数
- 提高班工作时间的利用系数
- 改善爆破质量，保证穿爆储备量
- 加强设备维修，提高出勤率
- 提高电铲司机操作水平



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.7 索斗铲

- 索斗铲是另一种形式的单斗挖掘机，其工作机构与单斗挖掘机不同，铲斗是一条提升钢绳吊挂在悬臂上，由牵引钢绳和提升钢绳相配合，以控制其铲装和卸载。
- 通常用以挖掘软岩。
- 斗容为8~10m³或更大的索斗铲，可以挖掘爆破后的小块或中等块度的岩石。
- 挖掘爆破后的大块岩石时将导致满斗系数降低，铲斗和牵引钢绳磨损较快。

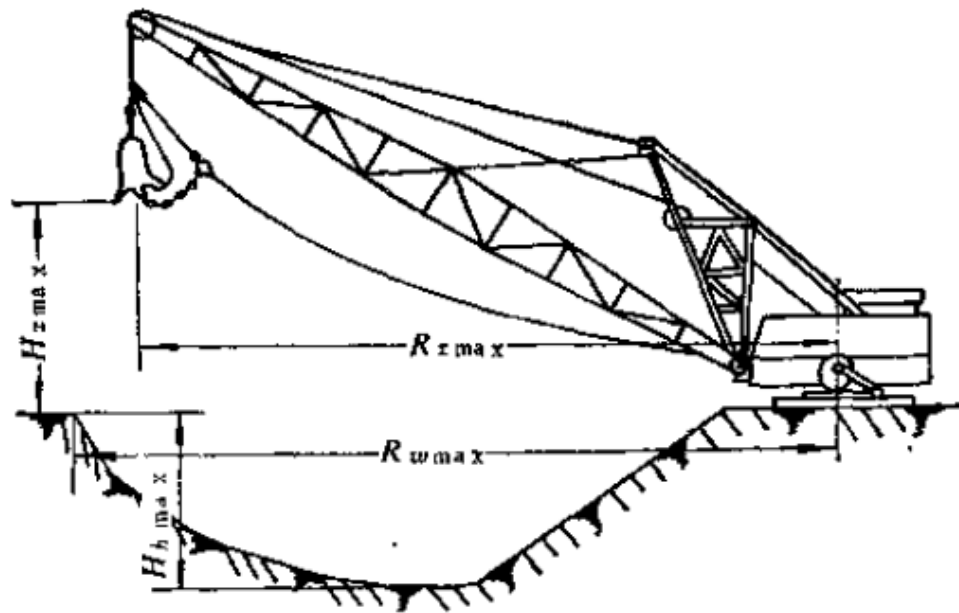


3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.7 索斗铲

➤ 工作参数

- 最大挖掘半径 R_{wmax} 和最大卸载半径 R_{xmax} 由臂架长度及其倾角确定；
- 最大挖掘深度 H_{hmax} ，取决于臂架长度和倾角、索斗铲在工作面的位置、岩石的可挖性、钢丝绳的长度和司机的熟练程度等；
- 最大卸载高度 H_{xmax} ，由臂架长度与倾角确定。
- 索斗铲臂架倾角为 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}$ ，可随工作参数的改变而变化。



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

● 3.2.7 索斗铲

➤ 工作参数

- 大型索斗铲的走行机构为迈步式，小型的为履带式。
爬坡能力小于 $7^{\circ}\sim 12^{\circ}$ ，对地比压为 $(1\sim 2) \times 10^5\text{Pa}$



3.2 单斗挖掘机铲装工艺

- 3.2.7 索斗铲

- 生产能力

- 索斗铲理论生产能力和技术生产能力确定方法与单斗挖掘机相同；

索斗铲生产能力计算参数表

指标	索斗铲的铲斗容积，m³			
	4~6	10~15	20~30	50~100
挖掘时间（满斗）（s）	15~18	18	20	20
回转时间（转角135°）（s）	30~42	42	45	45
挖掘工作循环时间 t_w （s）	45~60	60	65	65
结构计算每分钟循环次数（s ⁻¹ ）	1.0~1.32	1.0	0.92	0.92
岩石可挖性额定值（ W_e ）	3.0~3.5	4.0~4.5	4.8~5.2	5.5~6.0
索斗铲规格影响系数（kg）	1.0	0.95~0.9	0.85~0.75	0.7~0.6

索斗铲生产能力比较系数

挖掘机型号	生产能力系数			
	软岩		破碎岩石	
	压实的	压实的	$d_p \leq 0.4E^{1/3}$	$d_p > 0.4E^{1/3}$
单斗挖掘机	1.00	1.00	1.00	1.00
索斗铲	0.82	0.80	0.77	0.64

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

● 3.3.1 前装机采装工艺

- 前装机是作为露天矿采装、采运或辅助设备使用
- 优缺点
 - 机动灵活、操作简便、设备可靠、单位机体重量的生产能力较大、不受电源限制等优点
 - 缺点是挖掘块度较大的坚硬岩块时较困难
- 发展趋势
 - 国外大型轮胎式前装机部分取代了中、小型机械铲，与汽车联合使用于中小型露天矿采装作业中。



3.3 前装机、铲运机和推土机采装

• 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 前装机类别

- 行走机构有履带式和轮胎式
- 卸载方式分前卸、后卸和侧卸(单侧或双侧)
- 传动系统分为机械传动、电传动和液压传动
- 驱动功率分小功率($<75\text{kW}$)的、中等功率的($75\sim 150\text{kW}$)的、大功率($150\sim 220\text{kW}$)的, 和特大功率($>525\text{kW}$)的
- 操纵系统有钢绳滑轮式或液压式

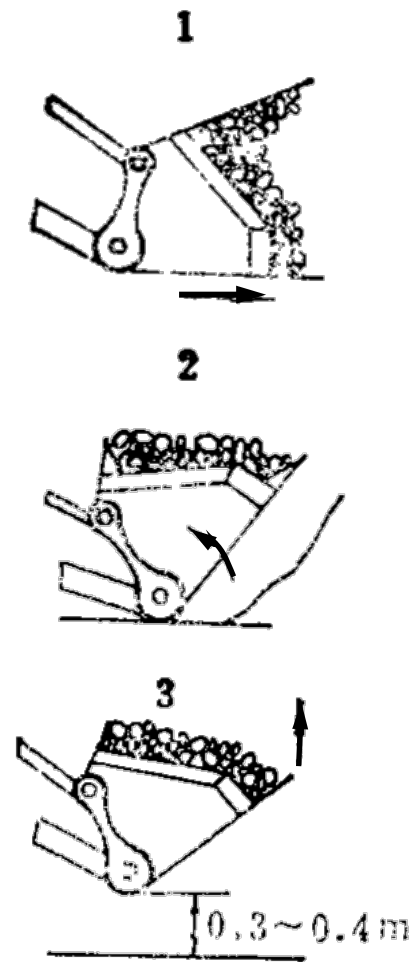


3.3 前装机、铲运机和推土机采装

• 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 装载方式

- 前装机采掘岩块是靠推压力、铲斗的旋转和臂架的提升来完成的。挖掘方式分为分别挖掘、兼并挖掘、铲动挖掘以及分层挖掘。
- 以分别挖掘为例分析：分别挖掘用以从爆堆中挖掘松散岩石。挖掘时要完成三个连续动作
 - 首先以 $0.6-1.1\text{m/s}$ 的速度作直线运动，铲斗沿工作面底部插入岩石、装满铲斗
 - 然后铲斗后仰
 - 前装机退出工作面，并在运输过程中将装满的铲斗提起 $0.3\sim 0.4\text{m}$



3.3 前装机、铲运机和推土机采装

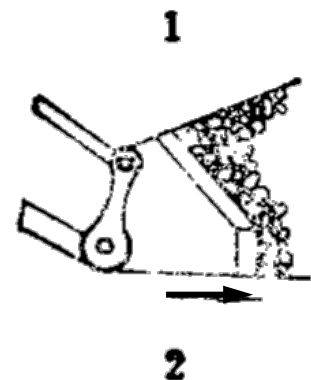
• 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 装载方式

- 前装机采掘岩块是靠推压力、铲斗的旋转和臂架的提升来完成的。挖掘方式分为分别挖掘、兼并挖掘、铲动挖掘以及分层挖掘。

- 以分别挖掘为例分析：分别挖掘用以从爆堆中挖掘要完成三个连续动作

- 首先以0.6-1.1m/s的速度作直线运动，铲斗沿工作面装满铲斗
- 然后铲斗后仰
- 前装机退出工作面，并在运输过程中将装满的铲斗

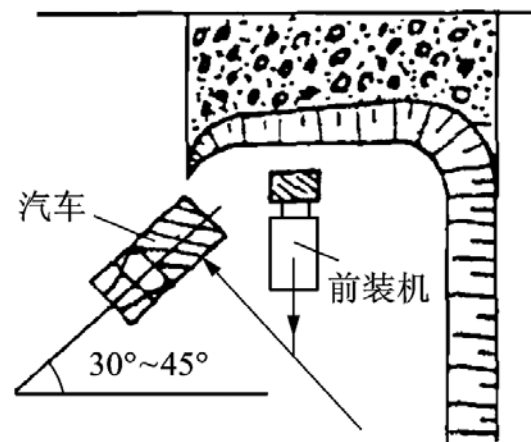


3.3 前装机、铲运机和推土机采装

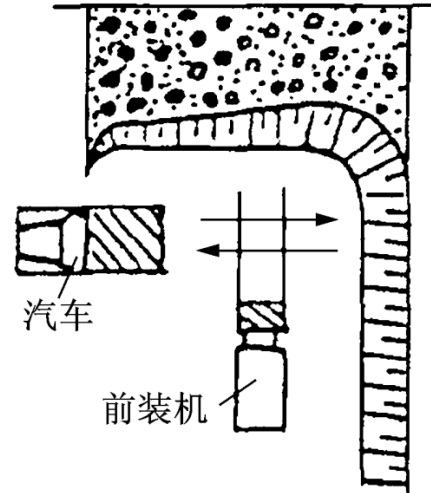
• 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 工作方式

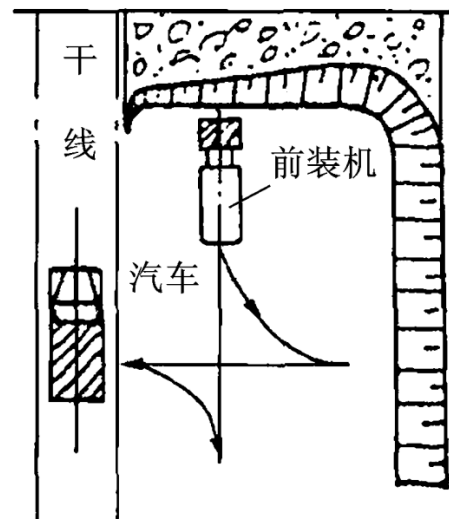
- 前装机工作面为端工作面或纵向工作面，在装满一铲斗之后就退出工作面，把铲斗提升至卸载高度，向自卸汽车卸载。
- 前装机与汽车斜交
- 前装机与汽车直交
- 前装机与汽车平行



(a) 前装机与汽车斜交



(b) 前装机与汽车直交



(c) 前装机与汽车平行

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

• 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 工作参数

- 前装机工作面高度分为低工作面（小于2m），正常工作面(2~5m)和高工作面(大于5m)。当采用斗容大于5m³的前装机采掘时，台阶高度大于6~8m，其生产能力实际上不受影响。最普遍的台阶高度为5~15m。

• 最小采掘带宽度

$$b_{\min} = B_c + c$$

B_c ——前装机铲斗的宽度，m；

c ——前装机与爆堆或台阶坡底线之间的最小距离， $c=0.4\sim0.6$ m。

- 对于大型前装机 $B_c=4$ m，此时， $b_{\min}=4.5\sim5$ m。当采掘带宽度 b_w 为12~15m时，前装机的生产能力可达到最大。

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

- 3.3.1 前装机采装工艺

- 生产能力

- 前装机与单斗挖掘机的台班实际生产能力计算公式相同。

前装机理论生产能力参数

指标	前装机铲斗容积，m³			
	2~3	4~6	7.5~12.5	15~28
挖掘时间（s）	10~12	10~12	10~12	10~12
最小运距往返时间（s）	26~36	30~42	36~48	40~56
工作循环时间（s）	50~52	54~56	57~62	66~70
岩石可挖性额定值（ W_e ）	4.9~5.1	5.2~5.4	5.5~5.7	5.8~6.0
前装机规格影响系数（kg）	1.1~1.05	1.0	0.95~0.9	0.9~0.85

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

- 3.3.1 前装机采装工艺

- 实际应用

- ①作为主要采装设备直接向自卸汽车、铁路车辆、移动式胶带运输机的受矿漏斗装载。
- ②当运距不大时，作为主要采装运输设备取代挖掘机和自卸汽车，将矿石直接运往溜井、铁路车辆的转载平台，以及从储矿场向固定破碎设备运矿或从爆堆中采装矿石运至移动式或半固定式破碎设备。
- ③当剥离工作面距排土场较近或剥离工作量不大时，可用前装机将岩石直接运到排土场。在大型露天矿中，可作高台阶排土场的倒运设备。
- ④用前装机代替挖掘机和自卸汽车掘进露天堑沟，可减少堑沟宽度和掘沟工程量，提高掘沟速度。

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

● 3.3.1 前装机采装工艺

➤ 实际应用

- ⑤在大型露天矿和多金属矿体、多工作面开采时，可用前装机与挖掘机配合工作，以减少装载时间和降低采装成本。例如，用前装机采装爆堆高度小的部分；用前装机将爆破后飞散的矿岩堆集起来并装入汽车，为大型挖掘机创造良好的工作条件。
- ⑥在大型露天矿可用作辅助设备。如代替推土机堆集爆破后飞散的矿岩，从工作面将不合格的大块运往二次破碎地点，建筑和维护道路，平整排土场，向挖掘机和钻机运送燃料、润滑材料和重型零件，清除积雪等。
- ⑦在电铲移动过程中，可以参加辅助作业，移动电缆，移动电杆。在铁路运输的矿山可以用来移道等辅助作业。

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

- 3.3.2 铲运机采装工艺

- 铲运机类别

- 铲运机可按结构、铲斗容积、卸载和控制方式、驱动轴数量等分类。
- 按斗容划分：小型铲运机(斗容小于5m³)，中型铲运机(斗容6~15m³) 和大型铲运机（斗容15~40m³）。斗容小于15m³时，采用强制卸载或自由卸载方式，即使铲斗向前或向后倾倒60°-65 °或铲斗往复卸载、卸载机构为机械传动、工作机构利用钢丝绳控制。
- 按传动动力分液压、机械或电力传动(大型铲运机)

XYWJD-1 电动铲运机工作参数

额定斗容	1m³	行驶速度	0~8km/h (双向)
额定载重量	2t	离地间隙	200mm
最大铲取力	45kN	离去角	15°
最大牵引力	52kN	最大转向角	±38°
最大卸载高度	1050mm	机架摆动角	±8°
最大爬坡能力	20°	电缆有效长度	100m
最小卸载距离	867mm	轮胎规格	10~20
最小转弯半径	外侧4260mm内 侧2540mm	轴距	2200mm
电动机	45kW 300V 50Hz	整机重量	6.8t
外形尺寸	长 6090mm 宽1300mm 高 2000mm		

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

- 3.3.2 铲运机采装工艺

- 生产能力

- 台班生产能力

$$Q=\frac{480V_mK_mK_1}{TK_s}$$

V_m ——铲运机的铲斗容积，m³；
 K_m ——满斗系数，见表 3-10；
 K_s ——岩石松散系数，见表 3-10；
 K_l ——工作时间利用系数，两班取 0.35，三班取 0.7；
 T ——工作循环所需时间，min。

- 所需台数用年物料装运量除以台班生产能力Q

铲运机作业满斗系数及松散系数

土壤类别	岩土容重 /t·m ⁻³	不同作业坡度的满斗系数K _m			松散系数
		-10%	0	5%	
干砂、软碎岩	1.5~1.6	0.6	0.65	0.7	1.1~1.15
湿砂（湿度12%~15%）	1.6~1.7	0.75	0.9	0.9	1.15~1.2
砂土和黏性土（湿度12%~15%）	1.6~1.8	1.2	1.1	—	1.2~1.4
干黏土、铝矾土	1.7~1.8	1.1	1.0	—	1.2~1.3

3.3 前装机、铲运机和推土机采装

• 3.3.2 铲运机采装工艺

➤ 优缺点

• 优点：

- ①对于内燃铲运机来说，通风条件好造成的空气污染更小；
- ②升运式铲运机可以铲运多种矿岩，并能够自行装载；
- ③铲运机的装载工作费用比其它设备都要低；
- ④驾驶视野开阔、方便操控、机动性强；
- ⑤可完成一些修路、清理工作面等辅助工作；
- ⑥能在陡坡上作业；
- ⑦在一些露天转地下开采的矿山中能持续使用。

• 缺点：

- ①作业的有效性指标受气候影响较大；
- ②只能铲松软的和含水量不大的土岩；
- ③运输距离受到一定限制。



3.3 前装机、铲运机和推土机采装

● 3.3.3 推土机采装工艺

- 推土机是装有犁板的履带式或轮胎式行走设备，与铲运机一样，可以进行采掘、移运和堆排岩石以及养护道路等作业，是露天矿重要的辅助设备之一。
- 分类：履带式和轮胎式
 - 轮胎式推土机发展迅速，机动性强、操作方便等优点，但是在陡坡上不适用；
 - 履带式推土机对地比压小、牵引力大，可用于陡坡短距离作业，但是机动性较差。



3.3 前装机、铲运机和推土机采装

● 3.3.3 推土机采装工艺

➤ 工作方式

- 推土机作业时先将刮刀放下，推土机慢速前进，刮刀切入并铲刮物料，在刮刀前的物料达到一定容积后，将物料推运至卸载地点并按要求将物料铺开。大部分推土机的刮刀仅能垂直升降，部分能作水平侧向转动，将物料向旁侧推。

➤ 选型与定量

- 选择推土机需要考虑矿山环境条件、工作方案等因素，如工作面参数、温度、湿度等，针对性选择推土机型号。
- 推土机的数量跟穿孔设备及电铲工作台数有关，需根据工作量需求购置推土机。



谢谢！