



露天开采工艺学

第6章 露天开采境界

主讲：胡建华 教授

露天开采境界

- 概述
- 经济合理剥采比的确定
- 露天开采境界的设计原理与准则
- 境界剥采比的计算方法
- 露天开采境界的确定方法
- 露天开采境界智能优化与案例分析

6.1 概述

- 6.1.1 露天开采境界的组成及其影响因素

- 露天开采境界概念

- 指露天矿开采某一时期或终了时所形成的采场空间的边界，它由露天采场的地表境界、底部境界和周围边坡组成。

- 露天开采境界设计

- 合理地确定露天矿的底部边界、最终边坡和开采深度。
- 合理确定露天开采境界不仅是一个技术问题，也是一个经济问题。
 - 露天矿的开采储量和剥离岩量
 - 开采境界的位置及其演化与露天矿开拓、采剥程序、生产能力以及基建工程量密切相关，直接影响矿床开采的总体经济效益。

6.1 概述

- 6.1.1 露天开采境界的组成及其影响因素

- 露天开采境界影响因素

- (1) 自然因素

- 矿体埋藏条件，勘探程度及储量等级，矿岩物理力学性质，工程和水文地质条件，矿区地形等

- (2) 经济因素

- 矿石的质量和价格，原矿和精矿的成本及售价，基建投资和建设期限，国家及地区经济发展的方针及政策。

- (3) 技术组织因素

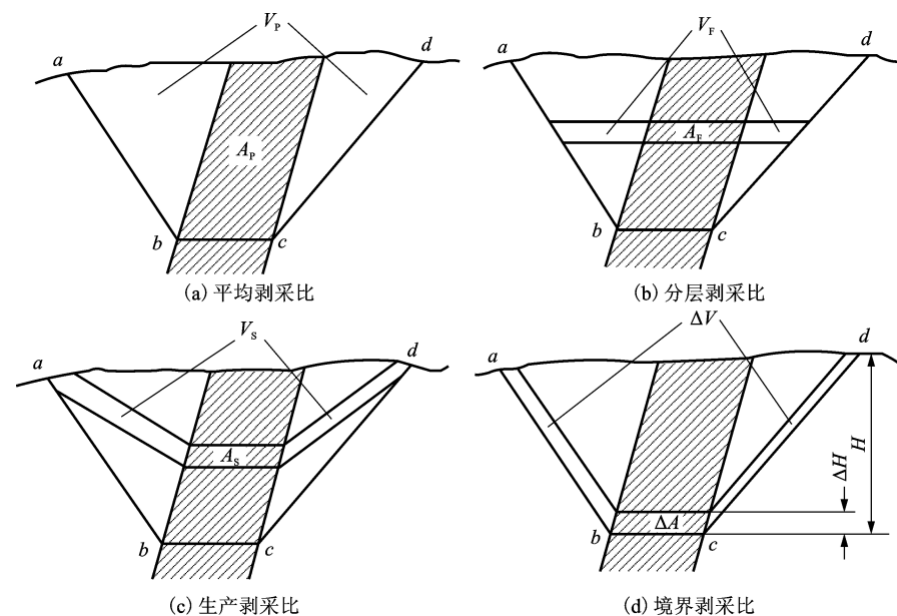
- 露采与地采的技术水平、装备水平和发展趋势，以及制约和促进其应用推广的技术与组织条件。

6.1 概述

• 6.1.2 剥采比的定义

- 露天矿剥离的岩石量与采出的矿石量之比称为剥采比，常用的单位为 m^3/m^3 、 t/t 或 m^3/t 。
- 不同的剥采比反映不同的开采空间或开采时间的剥采关系，设计、生产和研究中经常涉及到以下几种剥采比。

- 平均剥采比 n_P
$$n_P = \frac{V_P}{A_P}$$
 - 反映露天矿总体经济效果，衡量境界设计的质量
- 分层剥采比 n_F
$$n_F = \frac{V_F}{A_F}$$
 - 反映了逐水平开采时剥采比变化，分层矿岩量是计算平均剥采比和估算均衡生产剥采比基础数据。



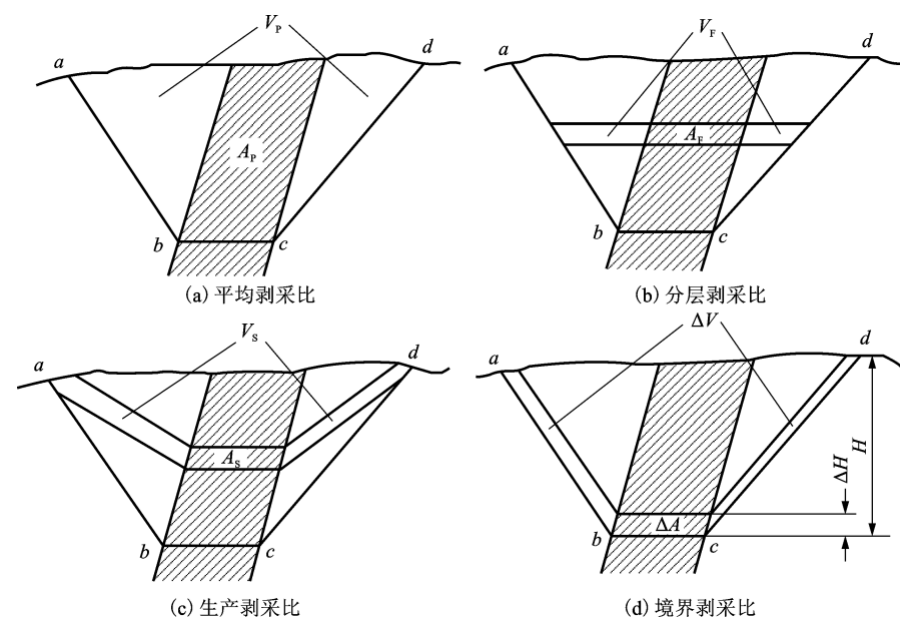
6.1 概述

• 6.1.2 剥采比的定义

- 生产剥采比 n_s
$$n_s = \frac{V_s}{A_s}$$
 - 分析和反映露天矿生产中各种可能的剥采关系，按统计报表中的年、季、月来计算。

- 境界剥采比 n_j
$$n_j = \frac{\Delta V}{\Delta A}$$
 - 露天开采境界的一种边际值，设计中用于露天开采境界的经济分析

- 经济合理剥采比 n_{JH}
 - 当前的技术经济条件下，经济上允许的最大剥采比，是确定露天开采境界的主要依据。



6.1 概述

- 6.1.2 剥采比的定义

- 储量剥采比和原矿剥采比

- 储量剥采比 n 是露天开采境界内依据地质勘探报告所计算的岩石量与矿石储量之比

$$n = V_0 / A_0$$

- 原矿剥采比 n' 是同一范围内考虑开采损失和贫化后得出的剥离岩石量与采出原矿量之比

$$n' = V' / A'$$

- 储量剥采比 n 和原矿剥采比 n' 可以互相换算

6.2 经济合理剥采比的确定

- 经济合理剥采比，是露天开采设计中确定露天矿最终境界的重要依据。
 - 确定经济合理剥采比的方法可分成比较法和价格法两类。
 - 比较法
 - 实质是将露天与地下开采的经济效果进行比较来确定经济合理剥采比，用以划分矿床露天开采和地下开采的界线
 - 常用的有产品成本比较法和储量盈利比较法等
 - 价格法
 - 实质是将露天开采的成本与矿石销售价格进行比较来确定经济合理剥采比
 - 用于矿床只宜露天开采的场合

6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.1 比较法

➤ 原矿成本比较法

- 露天开采原矿成本由纯采矿成本和分摊的剥离成本2部分组成

$$C_L = a + \frac{n'}{\gamma} b$$

- 原理：将原矿地采成本作为露采成本上限，并以此作为依据来确定经济合理剥采比

$$a + \frac{n'}{\gamma} b \leq C_D \quad \longrightarrow \quad n' \leq \frac{\gamma}{b} (C_D - a)$$

- 经济合理剥采比

$$n_{JH}' = \frac{\gamma}{b} (C_D - a)$$

C_L —露天开采的原矿成本，元/t。

b —露天开采的剥离成本，元/m³；

r —矿石的密度，t/m³；

n' —原矿剥采比，m³/m³。

C_D —地下开采的原矿成本，元/t。

6.2 经济合理剥采比的确定

- 6.2.1 比较法

- 原矿成本比较法

- 关键：正确合理选取 C_D 、 a 和 b 值。
- 优点：计算简单，要求的基础数据少，数据来源也比较方便。
- 缺点：该法没有考虑露天开采和地下开采两者在损失、贫化方面的差别。实际上，露天开采的损失、贫化小于地下开采，经济上具有一定优越性，有利于价值较高的有色、稀有金属矿。
- 适用条件：原矿成本比较法确定经济合理剥采比通常适用于露天和地下开采的矿石损失和废石混入率相差不大、矿石不贵重且地下开采有盈利的情况。

6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.1 比较法

➤ 精矿成本比较法

- 以精矿（或矿产品）作为计算基础，使露采的精矿成本不大于地采精矿成本，确定经济合理剥采比，考虑了露天与地下开采在贫化率上的差别。

$$\frac{D_L}{K_L} + \frac{n'b}{rK_L} \leq \frac{D_D}{K_D}$$

D_L 、 D_D —露采和地采每吨原矿所分摊的采矿、选矿费用，元/t；

- 经济合理剥采比

$$n_{JH}' = \frac{r}{b} \left(\frac{K_L}{K_D} D_D - D_L \right)$$

K_L 、 K_D —露采和地采每吨原矿的精矿产出率。

ε —选矿回收率，%；

β —精矿品位，%。

- 考虑精矿产出率时：

$$n_{JH}' = \frac{r}{b} \left\{ \frac{[\alpha_0(1-\rho_L) + \alpha''\rho_L]\varepsilon_L}{[\alpha_0(1-\rho_D) + \alpha''\rho_D]\varepsilon_D} D_D - D_L \right\}$$

6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.1 比较法

➤ 储量盈利比较法

- 将单位工业储量的地下开采盈利作为露天开采盈利的下限。

$$\eta_L' u_L - \frac{\eta_L'}{r} n' b \geq \eta_D' u_D$$

u_L 、 u_D — 露采和地采每吨原矿的最终盈利。

- 经济合理剥采比

$$n_{JH}' = \frac{r}{b} (u_L - \frac{\eta_D'}{\eta_L'} u_D)$$

P_L' 、 P_D' — 露采和地采的原矿销售价格，元/t；

α_L' 、 α_D' — 露采和地采的原矿品位，%。

- 最终产品为原矿

$$u_L = P_L' - a$$

$$u_D = P_D' - C_D$$

- 最终产品为精矿：

$$u_L = K_L P_L - D_L$$

$$u_D = K_D P_D - D_D$$

P_L 、 P_D — 分别为露采和地采所获精矿的销售价格，元/t；

β_L 、 β_D — 分别为露采和地采的精矿品位，%。

6.2 经济合理剥采比的确定

- 6.2.1 比较法

- 储量盈利比较法

- 适用条件：

- 露采和地采的回收率和贫化率有显著差别的矿床，特别是资源稀缺和高价值矿床；
- 产品价格与价值背离不大和价格基本稳定；
- 所需数据多，宜在矿床勘探程度较好和矿石加工试验资料比较详细可靠条件下采用，多用于可行性研究和初步设计阶段以及现有生产的矿山中。
- 储量盈利比较法是理论上最合理的 n_{JH} 计算方法。实际应用缺点：要求基础数据多，且数据来源不尽可靠，计算较繁琐；受产品价格的影响，如价格背离实际的价值，为计算带来困难。

6.2 经济合理剥采比的确定

● 6.2.1 比较法

➤ 比较法的评价

- 储量盈利比较法比精矿成本比较法来说，它全面地考虑了露天开采和地下开采两者在损失和贫化的差异。
- 精矿成本比较法适用于露采与地采两者回收率差别不大而贫化率差别较大的情况。
- 通常情况下，三种比较法的计算结果中，储量盈利比较法所得的经济合理剥采比最大。



6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.2 价格法

➤ 用于那些能够明显判定在经济上和技术上只能采取露天开采的矿床，没必要和地下开采进行比较，而只需选择适当最低价格或允许最高成本的矿产品作比较的基础，来计算经济合理剥采比。

- 价格法要求露采的矿产品成本不得超过其销售价格

$$\eta_L' u_L - \frac{\eta_L'}{r} n' b \geq 0 \quad \text{注意事项：}$$

- 经济合理剥采比

$$n_{JH}' = \frac{r}{b} u_L$$

- 单位工业储量的盈利可以计算到原矿、精矿或金属。
- 若要求预定的最低利润，式中引入单位工业储量露采最小利润。
- 若考虑投资回收，可按单位工业储量矿石生产费与分摊的额定投资回收值之和不超过产品销售价格的原则进行计算。

6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.3 方法间相互关系及适用条件

➤ 储量盈利比较法是确定经济合理剥采比的基本方法, 上述的比较法和价格法都是该方法的特殊形式。

• 计算方法及其分类依据见表

计算方法	计算公式		分类依据 (适用条件)
	精矿	原矿	
储量盈利比较法	$\frac{r}{b} \left[(K_L P_L - D_L) - \frac{\eta'_D}{\eta'_L} (K_D P_D - D_D) \right]$	$\frac{r}{b} \left[(P'_L - a) - \frac{\eta'_D}{\eta'_L} (P'_D - C_D) \right]$	产品数量不等 且质量不限
产品成本比较法	$\frac{r}{b} \left(\frac{K_L}{K_D} D_D - D_L \right)$	$\frac{r}{b} (C_D - a)$	产品数量相等 且质量相同
价格法	$\frac{r}{b} (K_L P_L - D_L)$	$\frac{r}{b} (P'_L - a)$	不宜地下开采

经济合理剥采比计算方法的适用条件表

计算方法	适用条件		
	理论条件	技术条件	实际应用条件
原矿成本比较法	$\eta'_L = \eta'_D$ 及 $\alpha'_L = \alpha'_D$	$\eta_L = \eta_D$ 及 $\rho_L = \rho_D$	$\eta_L \approx \eta_D$ 及 $\rho_L \approx \rho_D$
精矿成本比较法	$\eta'_L K_L = \eta'_D K_D$ 及 $\beta_L = \beta_D$	$\eta_L = \eta_D$ 及 $\varepsilon_L = \varepsilon_D$	$\eta_L \approx \eta_D$ 及 $\varepsilon_L \approx \varepsilon_D$
储量盈利比较法	$\eta'_L \neq \eta'_D$ 或 $\eta'_L K'_L \neq \eta'_D K_D$	$\eta_L \neq \eta_D$	$\eta_L > \eta_D$

6.2 经济合理剥采比的确定

• 6.2.4 其他方法

➤ 依据上述各种方法的计算原理，还可以推导出适用于多金属矿床、有副产矿物矿床的经济合理剥采比计算公式。

➤ 盈亏平衡法

- 适用于矿床采用单一露天开采的情况。这时，要求露采的矿产品成本不得超过其销售价格，或者说，不允许单位工业储量的露采最终盈利小于零，以保证矿山不亏损经济合理剥采比。

$$\eta_L' U_L - \frac{\eta_L'}{\gamma} n' b \geq 0$$

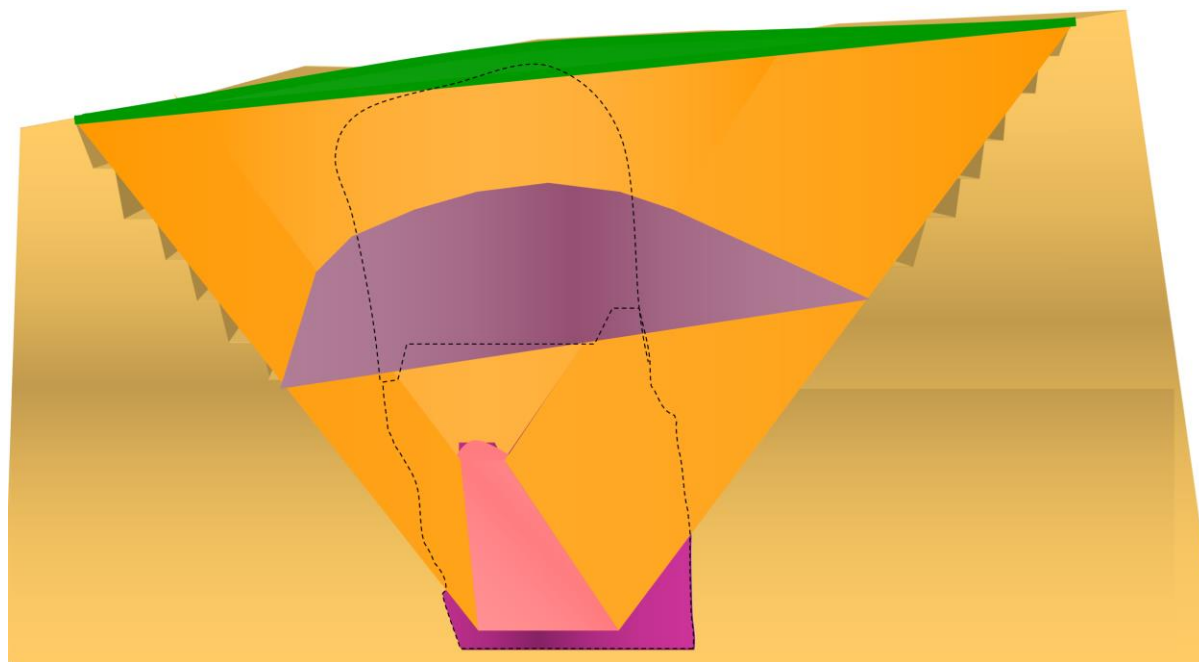
- 经济合理剥采比

$$n_{JH}' = \frac{\gamma}{b} U_L$$

6.3 露天开采境界的设计原理与准则

➤ 露天开采境界的确定，实质是对剥采比大小的控制，使之不超过经济合理剥采比。主要有：

- 控制境界剥采比
- 平均剥采比
- 生产剥采比



6.3 露天开采境界的设计原理与准则

● 6.3.1 境界剥采比不大于经济合理剥采比原则

➤ 实质：露天开采境界向下延深时，露天开采的边界经济效益不劣于地采经济效益，技术经济目标是使整个矿床的开采盈利最大。

- 开采盈利表示为露采境界深度H的函数 $u(H)$

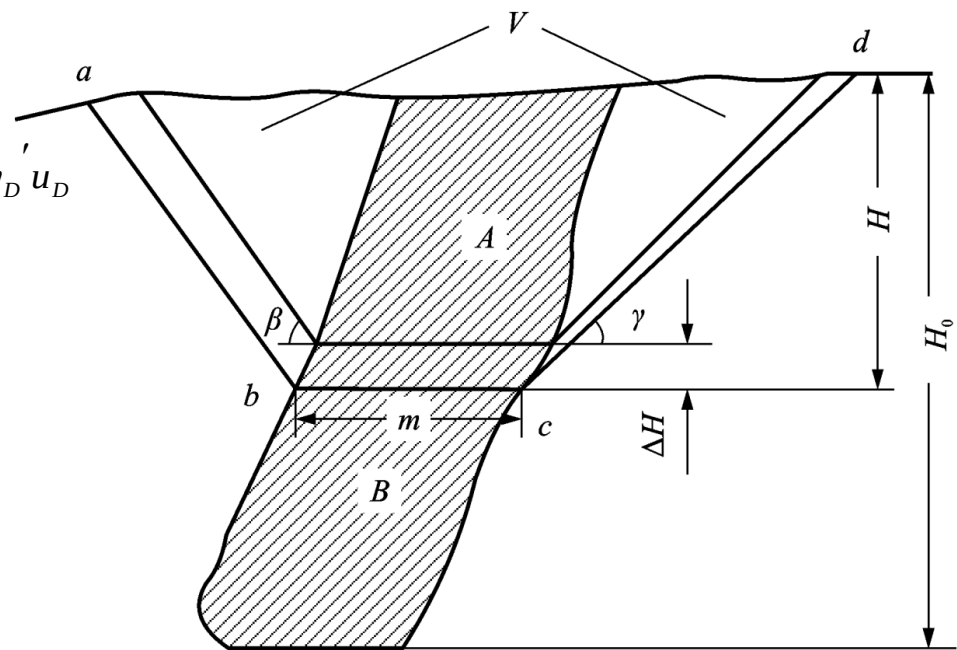
$$u(H) = mHr\eta_L' u_L - \left[(\cot \gamma + \cot \beta)H^2 / 2 + (1 - \eta_L')Hm \right] b + (H_0 - H)mr\eta_D' u_D$$

- $u(H)$ 达到最大值的露采境界最佳深度

$$H = \frac{mr\eta_L' u_L - mr\eta_D' u_D - (1 - \eta_L')mb}{(\cot \gamma + \cot \beta)b}$$

- 开采境界最佳深度所对应的技术经济条件

$$\frac{(\cot \gamma + \cot \beta)H + m}{m\eta_L'} - 1 = \frac{r}{b} \left(u_L - \frac{\eta_D'}{\eta_L'} u_D \right)$$

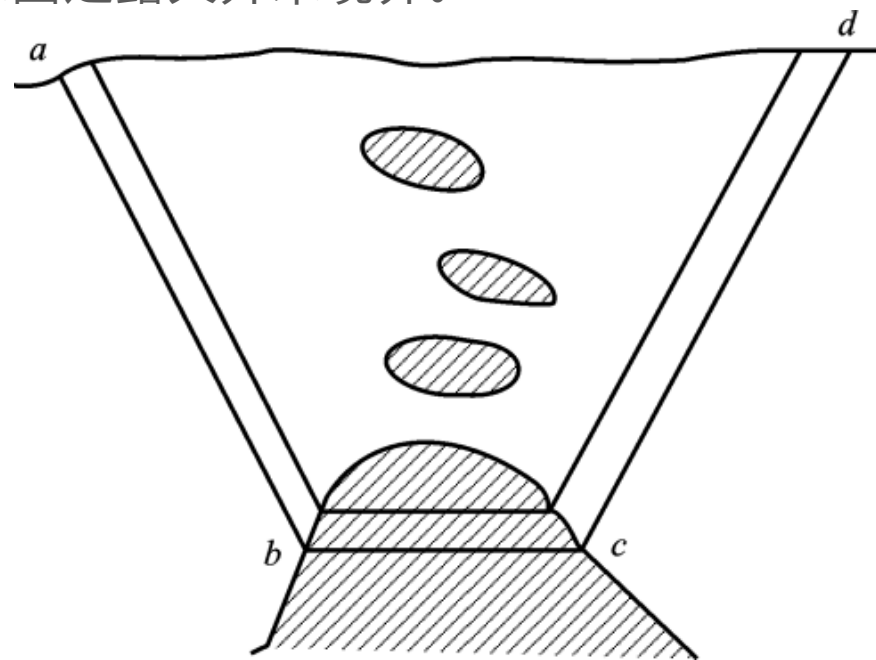


6.3 露天开采境界的设计原理与准则

● 6.3.1 境界剥采比不大于经济合理剥采比原则

➤ 这一原则具有使整个矿床开采的总经济效益最佳这个含义，获得了广泛的赞同，加之运用起来简单方便，因而，国内外普遍运用 $n_J \leq n_{JH}$ 原则来圈定露天开采境界。

- 但是，对于某些覆盖层较厚或不连续的矿体，这一原则不适用。如图所示的矿体，abcd是按这一原则确定的露天开采境界，但其平均剥采比大于经济合理剥采比，这意味着该境界在经济上明显不合理。



6.3 露天开采境界的设计原理与准则

• 6.3.2 平均剥采比不大于经济合理剥采比原则

➤ 要求露天开采的总体经济效果不劣于地下开采。

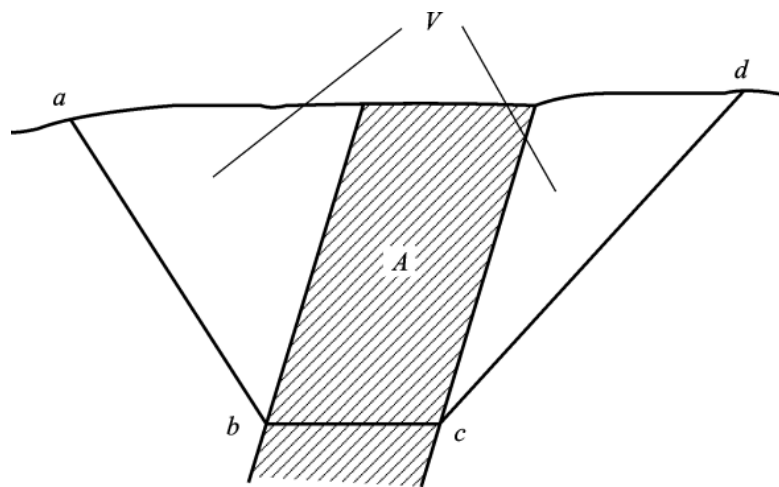
• 成本比较法计算

$$Ara + Vb \leq ArC_D$$

• 原则

$$\frac{V}{A} = \frac{r}{b}(C_D - a)$$

- 平均剥采比不大于经济合理剥采比原则的技术经济目标是：在满足露采的平均经济效果不劣于地采的条件下，使划归露天开采境界的矿石储量最大。



6.3 露天开采境界的设计原理与准则

- 6.3.2 平均剥采比不大于经济合理剥采比原则

- 原则是采用算术平均的方法，因此难免使露天开采某些时期的经济效果劣于地下开采。

- 两点注意

- 某些贵重或稀有矿物的高价值矿床或小型矿山，为了尽量采用露天开采以减少矿石的贫化损失，可以运用这个原则来确定开采境界，以扩大露天开采范围。
- 平均剥采比不大于经济合理剥采比原则与境界剥采比不大于经济合理剥采比原则联合使用，对于某些覆盖层厚度大或不连续的矿体，按境界剥采比原则圈出开采境界后，还要核算该境界内的平均剥采比，看它是否满足原则。

6.3 露天开采境界的设计原理与准则

- 6.3.3 生产剥采比不大于经济合理剥采比原则

- 生产剥采比可反映露天矿生产的实际剥采比。因此按 $n_s \leq n_{JH}$ 原则确定开采境界，可以使露天矿任何生产时期的经济效果都不劣于地下开采。
- 该原则生产剥采比的含义，可以是均衡生产剥采比，或非均衡的生产剥采比（时间剥采比）。
- 这个原则很少采用，原因
 - 按该原则圈定的露天开采境界比按 $n_J \leq n_{JH}$ 原则圈定的小，而较按 $n_P \leq n_{JH}$ 原则圈定的要大。
 - 初始剥离量和基建投资也较大。
 - 另外生产剥采比的概念不易明确界定，加之它与采深的关系较为复杂而不易把握，因而与该原则相应的设计方法的可操作性较差。

6.4 境界剥采比的计算方法

- 境界剥采比计算方法多，分别适用于不同技术特征的矿床。教材只讨论地质横剖面图计算法和平面图算法。
- 6.4.1 地质横剖面图算法
 - 适应性：常用于长宽比大于4的长露天矿，且厚度变化较小的倾斜、急倾斜矿体。
 - 计算方法：面积比法和线段比法，本教材只讨论投影线段比法
 - 本部分内容按照2个标准案例进行分析。

6.4 境界剥采比的计算方法

• 6.4.1 地质横剖面图计算法

➤ Case 1：开采倾斜及急倾斜矿床的长露天矿，在横断面图上计算其境界剥采比。

- 基本条件：地形平坦的规则矿体的水平厚度为 m ，倾角为 α ，露天开采境界的顶、底帮边坡角分别为 γ 和 β ， $abcd$ 和 $a_1b_1c_1d_1$ 分别是深度 H 和 $H-\Delta H$ 的境界， ag 和 dh 为 cc_1 的平行线。

• 面积计算

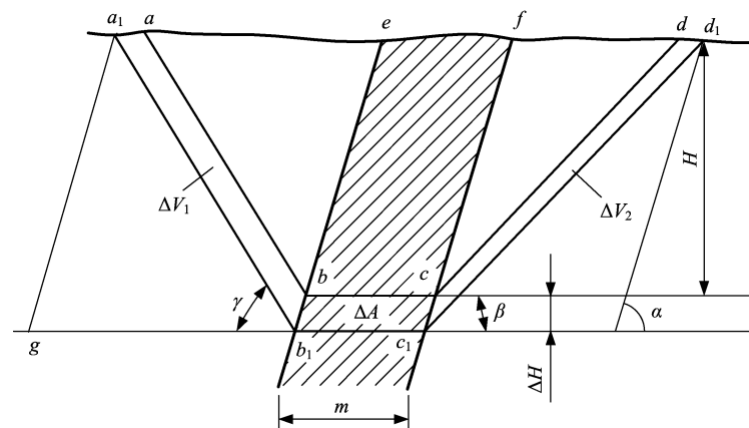
- 四边形 b_1c_1cb 、 aa_1b_1b 和 d_1dcc_1 的面积 ΔA 、 ΔV_1 和 ΔV_2 。

$$\Delta A = m \cdot \Delta H$$

$$\Delta V_1 = \Delta abe - \Delta a_1b_1e$$

$$= \frac{1}{2} H^2 (\cot \gamma + \cot \alpha) - \frac{1}{2} (H - \Delta H)^2 (\cot \gamma + \cot \alpha)$$

$$= H \cdot \Delta H \cdot (\cot \alpha + \cot \gamma) - \frac{1}{2} \Delta H^2 (\cot \alpha + \cot \gamma)$$



6.4 境界剥采比的计算方法

• 6.4.1 地质横剖面图算法

• 面积计算

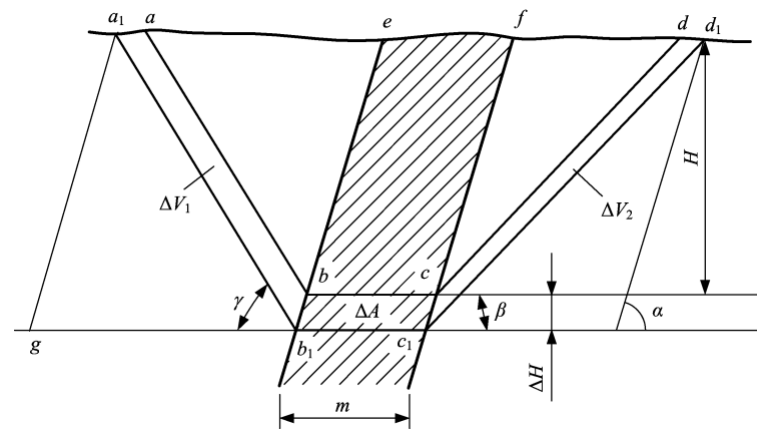
$$\begin{aligned}\Delta V_2 &= \Delta dcf - \Delta d_1 c_1 f \\ &= \frac{1}{2} H^2 (\cot \beta - \cot \alpha) - \frac{1}{2} (H - \Delta H)^2 (\cot \beta - \cot \alpha) \\ &= H \cdot \Delta H \cdot (\cot \beta - \cot \alpha) - \frac{1}{2} \Delta H^2 (\cot \beta - \cot \alpha)\end{aligned}$$

• 剥采比计算

$$\begin{aligned}\frac{\Delta V}{\Delta A} &= \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{\Delta A} \\ &= \frac{(\cot \gamma + \cot \alpha)H + (\cot \beta - \cot \alpha)H - (\cot \gamma + \cot \beta)\Delta H / 2}{m}\end{aligned}$$

• 境界剥采比计算 当 $\frac{\Delta V}{\Delta A} \rightarrow 0$ 时

• 境界剥采比 n_j 可用线段 (gb+ch) 与 bc 的长度之比来确定



$$\begin{aligned}n_j &= \frac{(\cot \gamma + \cot \alpha)H + (\cot \beta - \cot \alpha)H}{m} \\ &= \frac{ae + df}{bc} \\ &= \frac{gb + ch}{bc}\end{aligned}$$

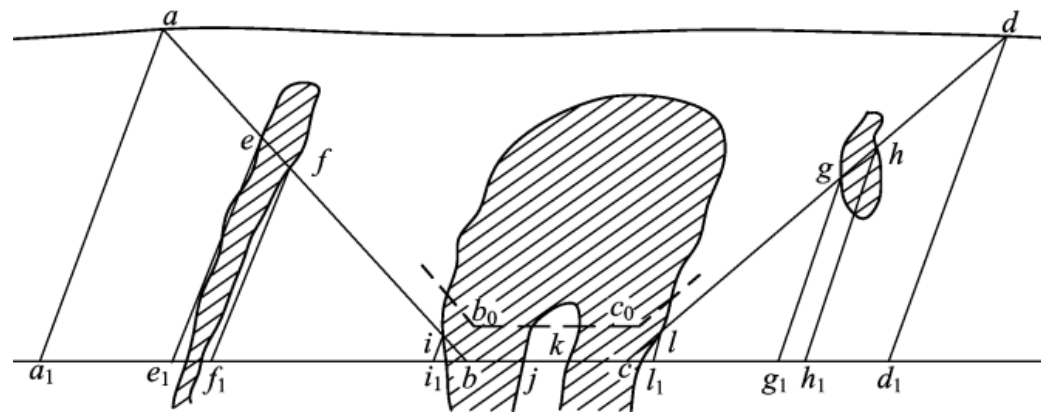
6.4 境界剥采比的计算方法

• 6.4.1 地质横剖面图计算法

➤ Case 2：开采多个矿体共生的长露天矿

• 计算步骤

- 首先绘出深度H的露天开采境界abcd，与地表交a、d两点，交分支矿体于e、f、g、h诸点；
- 其次确定境界底部的延深方向，即将本水平一侧下部境界点c与上水平同侧下部境界点 c_1 相连，得投影方向线 cc_1 ；
- 再次依次从a、e、f、g、h和d作 cc_1 的平行线，交水平线 bc 于 a_1 、 e_1 、 f_1 、 g_1 、 h_1 和 d_1 。



6.4 境界剥采比的计算方法

• 6.4.1 地质横剖面图计算法

➤ Case 2：开采多个矿体共生的长露天矿

• 计算步骤

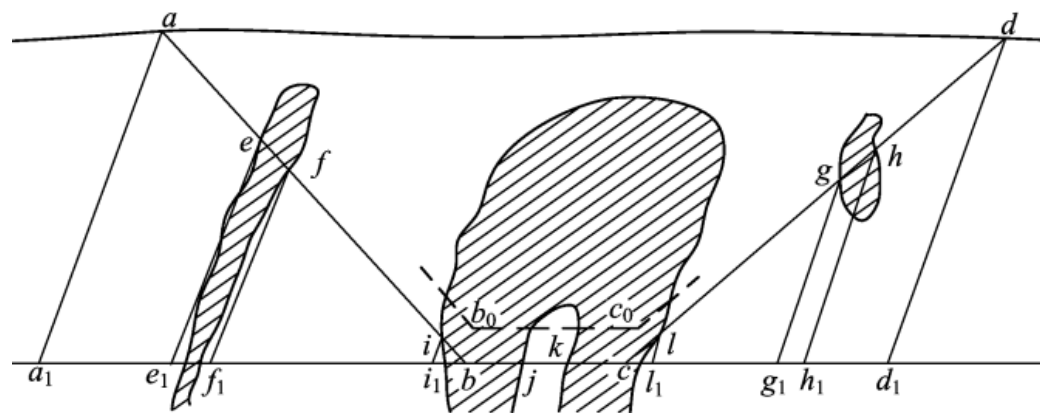
• 计算深度H的境界剥采比

$$n_J = \frac{a_1 e_1 + f_1 b + c g_1 + h_1 d_1}{e_1 f_1 + g_1 h_1 + b c}$$

简化后储量境界剥采比 $n_J = \frac{(\cot \gamma + \cot \beta)H}{m}$

• 最后根据换算公式计算原矿境界剥采比

$$n_J' = \frac{(\cot \gamma + \cot \beta)H + m}{m \eta'} - 1$$



6.4 境界剥采比的计算方法

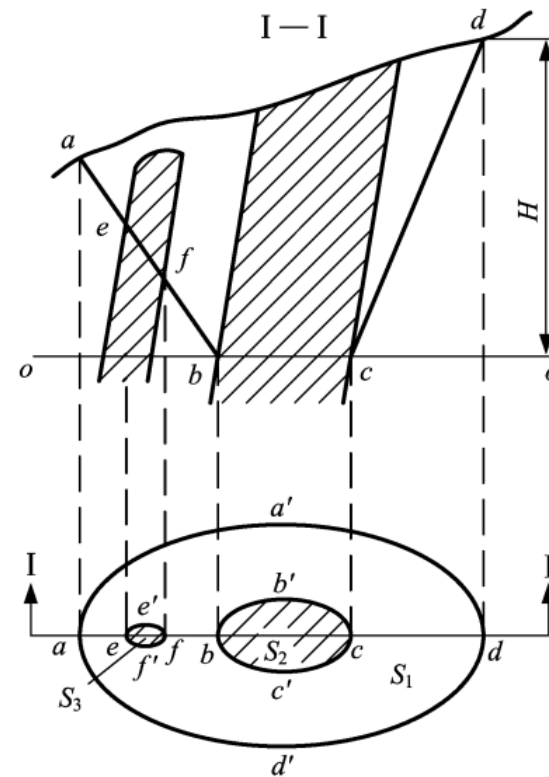
• 6.4.2 平面图算法

➤ Case 3：长宽比小于4的短露天矿

• 计算步骤

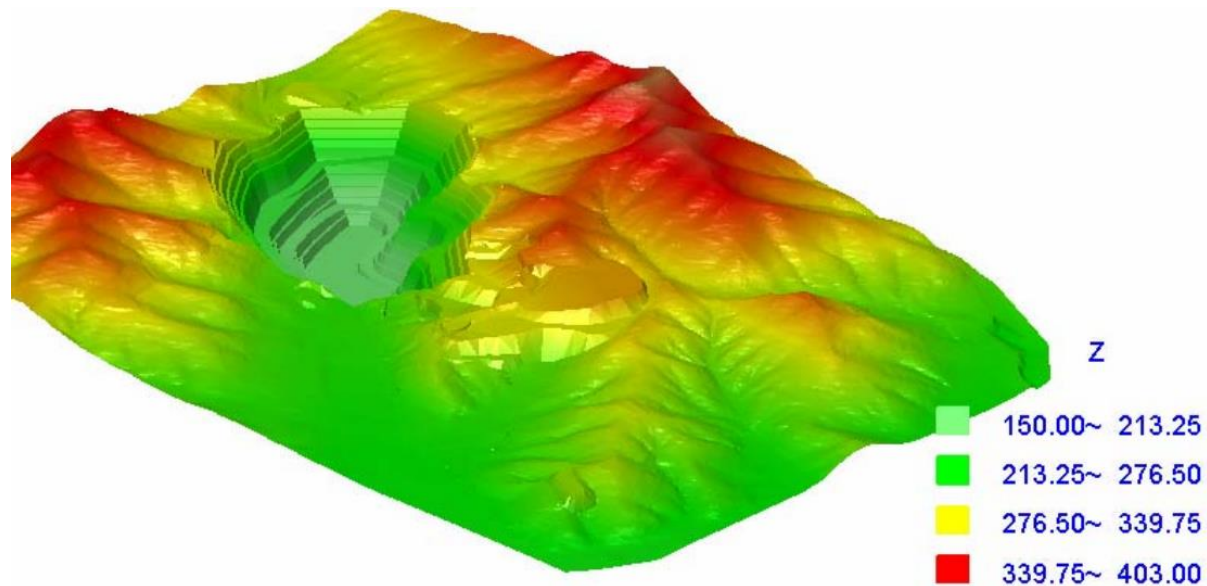
- 确定露天开采境界边界线abcd
- 深度为H的分层平面图上，绘出露天矿底平面周界bb'cc'。
- 将露天矿地表边界、边坡面与分支矿体的交面ef垂直投影到平面图。
- 计算 S_1 、 S_2 、 S_3 的面积，然后用面积比法计算境界剥采比

$$n_j = \frac{S_1 - S_2 - S_3}{S_2 + S_3} = \frac{S_1}{S_2 + S_3} - 1$$



6.5 露天开采境界的确定方法

- 确定露天开采境界是在露天矿主要的生产设备、生产工艺及工艺参数、露天矿剥采程序、开拓运输方式、线路参数等初步拟定以后进行的。
- 按 $n_J \leq n_{JH}$ 原则确定露天开采境界的方法和步骤。
- 确定露天开采境界的方法，因矿床赋存条件不同而异。
- 主要参数
 - 露天矿最终边坡角
 - 露天矿底部宽度和位置
 - 露天矿开采深度
 - 露天矿底部周界



6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.1 露天矿最终边坡角的选取

- 露天矿最终边坡角对露天矿的生产、安全与经济效果都有很大影响。
 - 过小的边坡角，将增加剥岩量，使剥采比增大，经济效果差。
 - 过大的边坡角将导致边坡失稳，严重影响矿山正常生产，安全性不好。
 - 露天矿的最终边坡角，要同时满足安全稳定条件和开采技术条件的要求，并尽可能地加陡。
- 安全稳定条件是指根据边坡岩体的性质、工程地质和水文地质条件，通过稳定性分析计算，确定能保证边坡稳定的边坡角。在境界设计阶段，一般采用类比法。
 - 类比法：根据工程实践，按照组成边坡岩体的地质条件、水文地质条件，边坡高度及其形状、存在年限等因素，在大量的统计资料和经验数表基础上结合设计者的经验选取边坡角的方法。

6.5 露天开采境界的确定方法

• 6.5.1 露天矿最终边坡角的选取

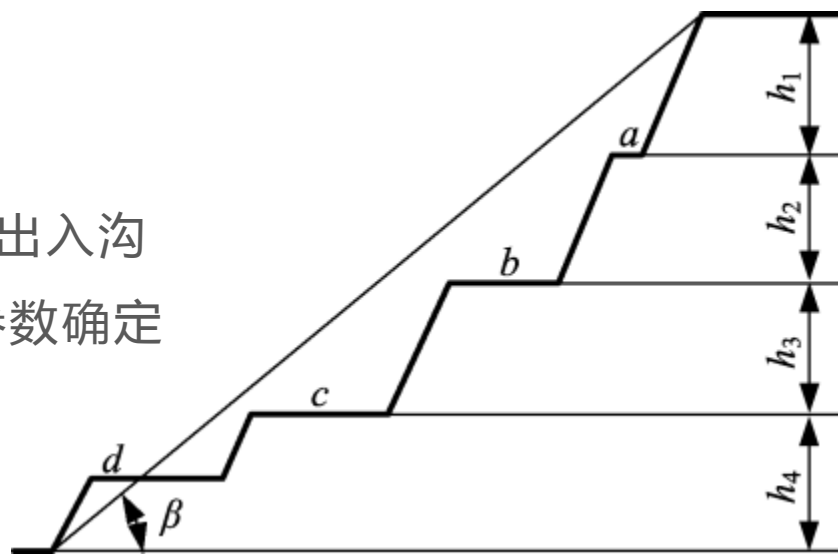
➤ 最终边坡角

- 满足开采技术条件的边坡角是指按边坡的构成要素确定的最终边坡角。露天矿最终边坡由安全平台、清扫平台、运输平台及相应的坡面组成。

➤ 最终边坡角 β 计算

- 最终台阶坡面角 α ，安全平台、清扫平台、运输平台和出入沟的宽度 a 、 b 、 c 和 d ，以及相应平台数，台阶高度 h 等参数确定之后有下式计算

$$\operatorname{tg} \beta = \sum_1^n h / \left(\sum_1^n h \cot \alpha + \sum_1^{n_1} a + \sum_1^{n_2} b + \sum_1^{n_3} c + \sum_1^{n_4} d \right)$$

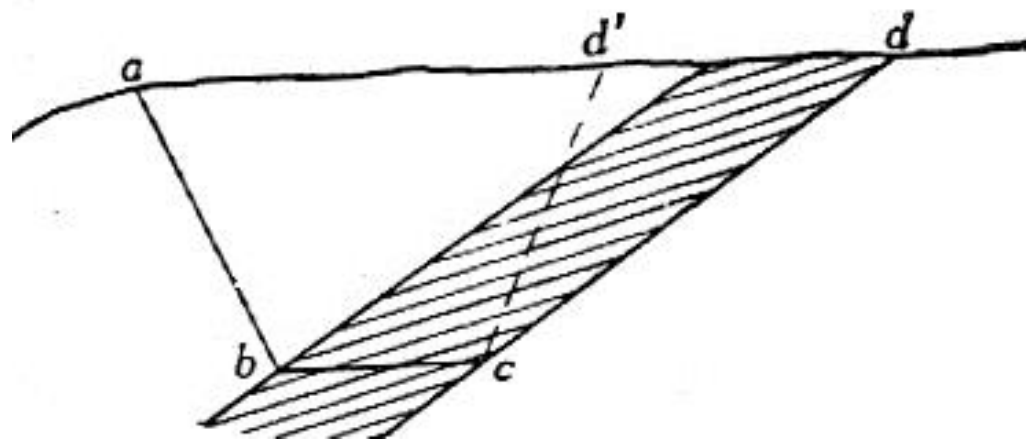


6.5 露天开采境界的确定方法

• 6.5.1 露天矿最终边坡角的选取

➤ 最终边坡角

- 对于急倾斜矿体，按上式计算的边坡角不得大于也不应过分小于按安全稳定条件确定的最终边坡角。
- 对于缓倾斜矿体，若矿体倾角小于安全稳定边坡角，则底帮最终边坡角应等于矿体倾角，以便充分采出靠近下盘的矿石。



6.5 露天开采境界的确定方法

• 6.5.2 确定露天矿底部宽度和位置

➤ 露天矿的最小宽度，应满足采掘运输设备在底部正常运行与安全作业的要求。以汽车为例

- 回返式调车时，露天矿最小底宽

$$B_{\min} = 2(R_{c\min} + 0.5b_c + e)$$

- 折返式调车时，露天矿最小底宽

$$B_{\min} = R_{c\min} + 0.5b_c + 2e + l_c$$

$R_{c\min}$ — 汽车最小转弯半径，m；

b_c — 汽车宽度，m；

e — 汽车距边坡的安全距离，m。

l_c — 汽车长度，m。

- 采用铁路运输时，露天矿的最小底宽为

$$B_{\min} = 2R_{wh} + T + 3e - h_L \cot \alpha$$

$B_{\min}$ — 露天矿最小底宽，m；

R_{wh} — 挖掘机机体回转半径，m；

T — 铁道线路宽度，m；

h_L — 挖掘机机体底盘高度，m；

e — 挖掘机机体、边坡及车辆三者间的安全距离， $e=1.0\sim1.5\text{m}$ ；

α — 露天矿最下一个台阶的坡面角，(°)。

6.5 露天开采境界的确定方法

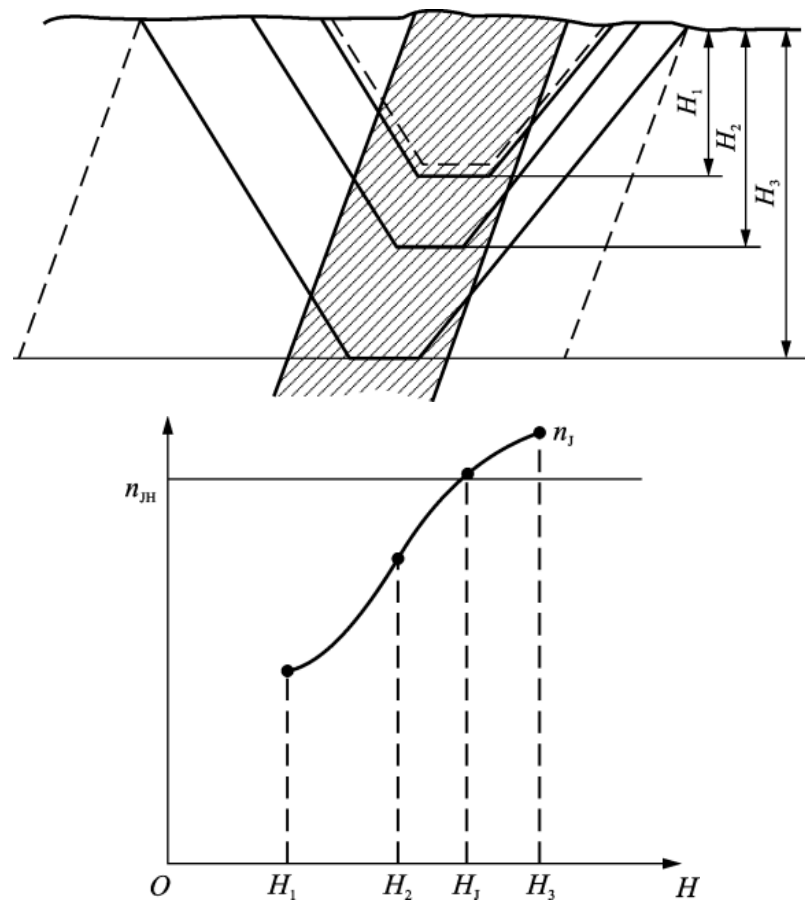
- 6.5.2 确定露天矿底部宽度和位置

- 若矿体厚度小于最小底宽（或矿体厚度远大于最小底宽），则境界底部取最小底宽；若矿体厚度比最小底宽大得不多，则取矿体厚度；
- 上式计算后，还考虑下列因素确定露天矿底位置
 - 使境界内的可采矿量最大而剥岩量最小；
 - 使可采矿量最可靠，通常露天矿底宜置于矿体中间，以避免地质作图误差所造成的影响；
 - 根据矿石品位分布，使采出的矿石质量最高；
 - 根据岩石的物理力学性质调整露天矿底位置，使边坡稳固且穿爆方便。

6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.3 确定露天矿开采深度

- 确定长露天矿合理开采深度，先在各地质横剖面图上初步拟定开采深度，然后用纵剖面图调整露天矿底部标高。
- 地质横断面图上初步拟定开采深度
 - 首先，在各横剖面图上作出若干个深度的开采境界方案。
 - 其次，针对各深度方案，用面积比法或线段比法，计算其境界剥采比。
 - 最后，将各方案的境界剥采比与开采深度绘成关系曲线，再画出代表经济合理剥采比的水平线，两线交点的横坐标 H_J ，就是所要求的开采深度。

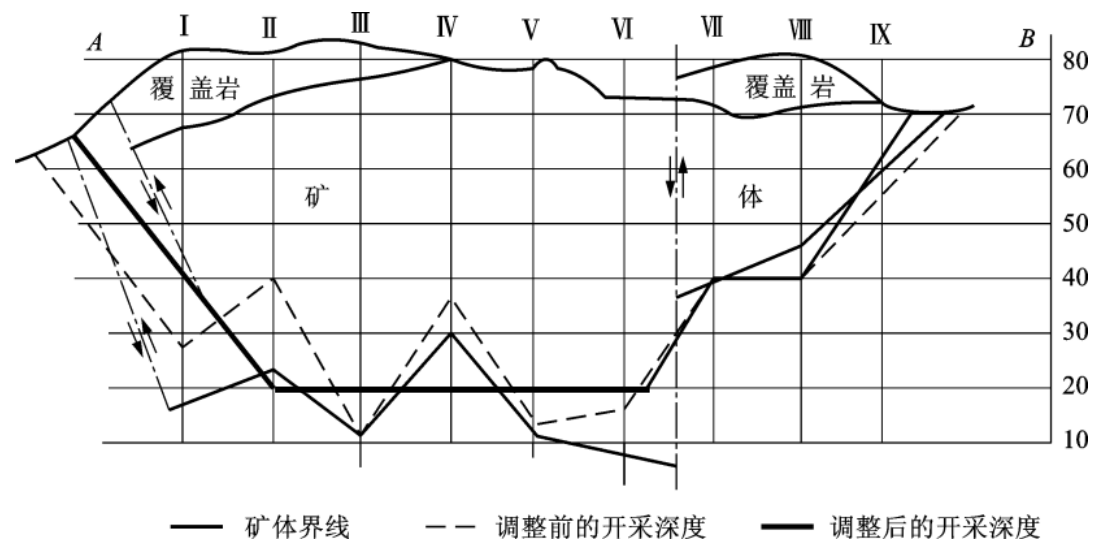


6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.3 确定露天矿开采深度

➤ 在地质纵断面图上调整露天矿底部标高

- 将各剖面图上的深度投影到地质纵剖面图上，连接各点，得出一条不规则的折线(图中的虚线)。
- 为便于开采和运输线路布置，露天矿底平面宜调整至同一标高。调整原则：使少采出的矿石量与多采出的矿石量基本均衡，并让剥采比尽可能小。图中实线便是调整后的设计深度。

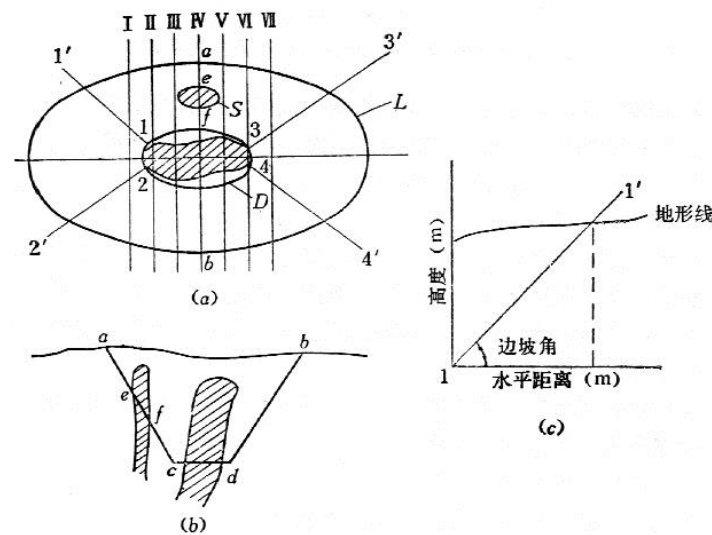


6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.3 确定露天矿开采深度

➤ 短露天矿开采深度的确定：用平面图做整体来考虑

- 根据矿体形状和已确定的经济合理剥采比，选定几个可能深度
- 针对每一个深度方案，在相应的分层平面图上，按选定的最小底宽并参照矿体形状，画出该水平的底部周界D。
- 在同一分层平面图上，进一步确定露天矿地表周界上及边坡上矿岩接触线的垂直投影S。
- 按平面图法计算各深度方案的境界剥采比。
- 绘制境界剥采比 n_j 随深度H变化的关系曲线，在曲线上找出境界剥采比等于经济合理剥采比的深度。这一深度就是露天矿的合理开采深度。

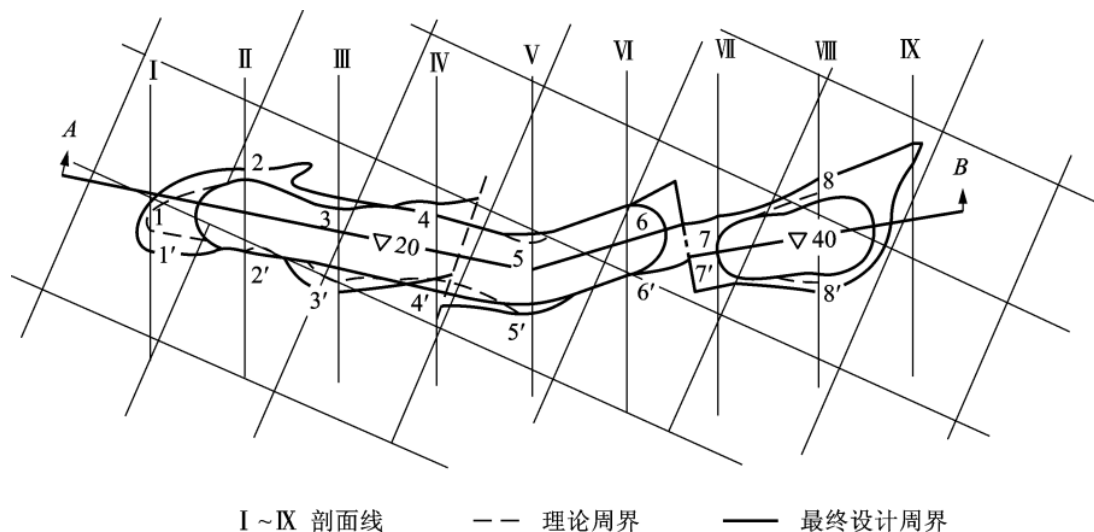


6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.4 绘制露天矿底部周界

➤ 调整后的开采深度不再是最初方案的深度，需要重新绘制底部周界。

- 按调整后的露天矿底部标高，绘制该水平的地质分层平面图。
- 在各横断面、纵断面、辅助断面图上，按确定的设计开采深度，绘制露天开采境界。
- 将各断面图上的露天矿底部位置（底部两侧的端点）分别投影到分层平面图上，依次连接各点，得出理论上的底部边界（图中的虚线）。
- 为了正常进行采装和运输工作，初步得出的理论边界加以修正：底部边界应尽量平直，弯曲部位的曲率半径要适应运输设备的技术性能，底部长度应保证运输道路的展线符合技术标准。

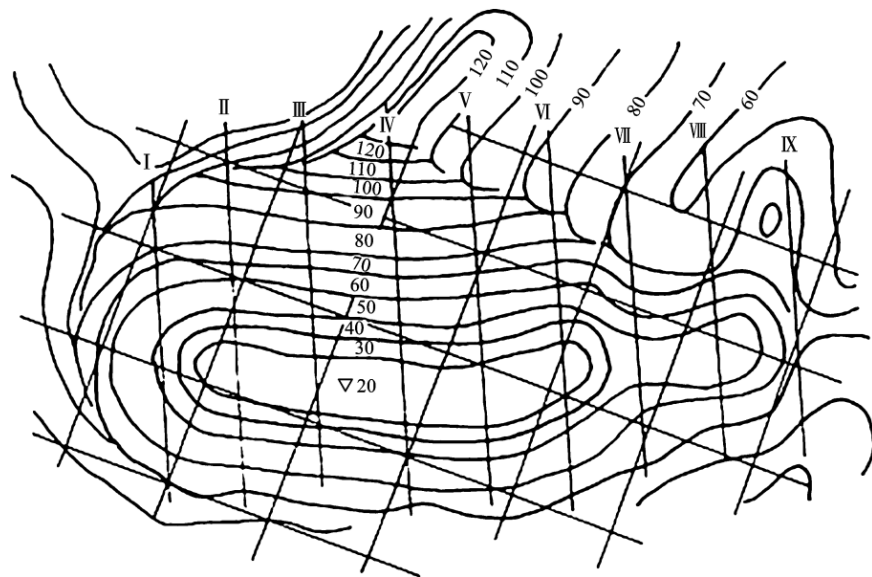


6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.5 绘制露天矿开采终了平面图

➤ 露天开采境界的三个组成要素已全部确定，在此基础上便可绘制露天矿开采终了平面图。

- 将露天矿的设计底部边界绘在透明纸上，标明底平面标高和核准的底平面位置。
- 将绘有底部边界的透明纸覆盖在地形图上，按照边坡组成要素，从底部边界开始由里向外依次绘出各台阶坡底线。凹陷露天矿台阶坡底线在平面图上是闭合的，山坡露天矿的台阶坡底线不能闭合，其末端应与同标高的地形等高线交接。
- 在平面图上布置开拓运输路线，即定线。
- 从底部边界开始，由里向外依次绘出各个台阶的坡面和平台。在布置开拓坑线的边帮上，绘出台阶间相互沟通的倾斜运输平台。

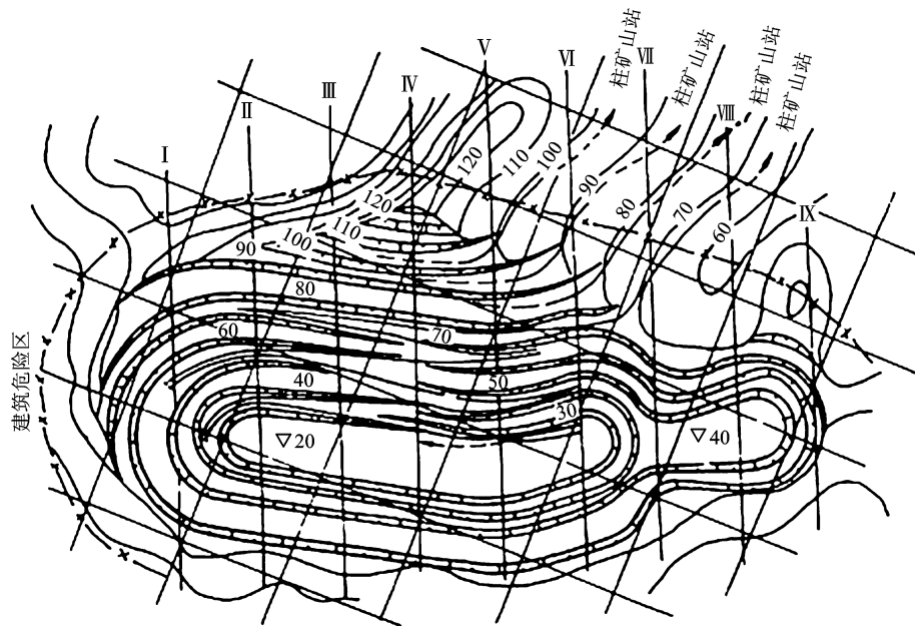


6.5 露天开采境界的确定方法

● 6.5.5 绘制露天矿开采终了平面图

➤ 露天开采境界的三个组成要素已全部确定，在此基础上便可绘制露天矿开采终了平面图。

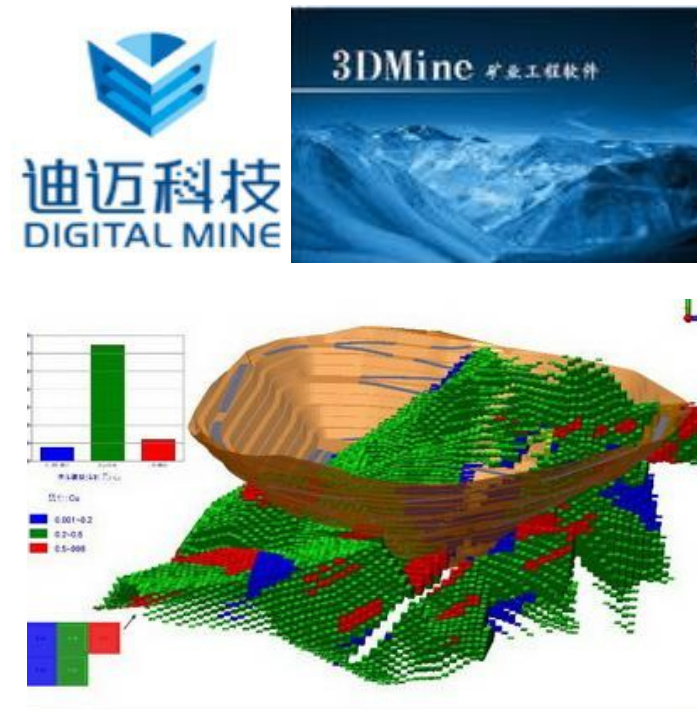
- 以上各步可合并一次完成，即绘出露天矿底部边界后，根据定线方案，自里向外直接绘出各台阶的平台、坡面及出入沟，一步绘出露天矿开采终了平面图。
- 检查和修正绘制的露天矿开采境界。原定露天开采境界，特别是布置开拓坑线的边帮，受开拓运输路线的影响，致使边坡角变缓，剥采比增大。因此，要重新计算和校核其境界剥采比与平均剥采比，若不符合要求，应调整开拓运输系统或采剥程序，进行局部修改，甚至重新确定露天开采境界。



6.6 露天开采境界智能优化与案例分析

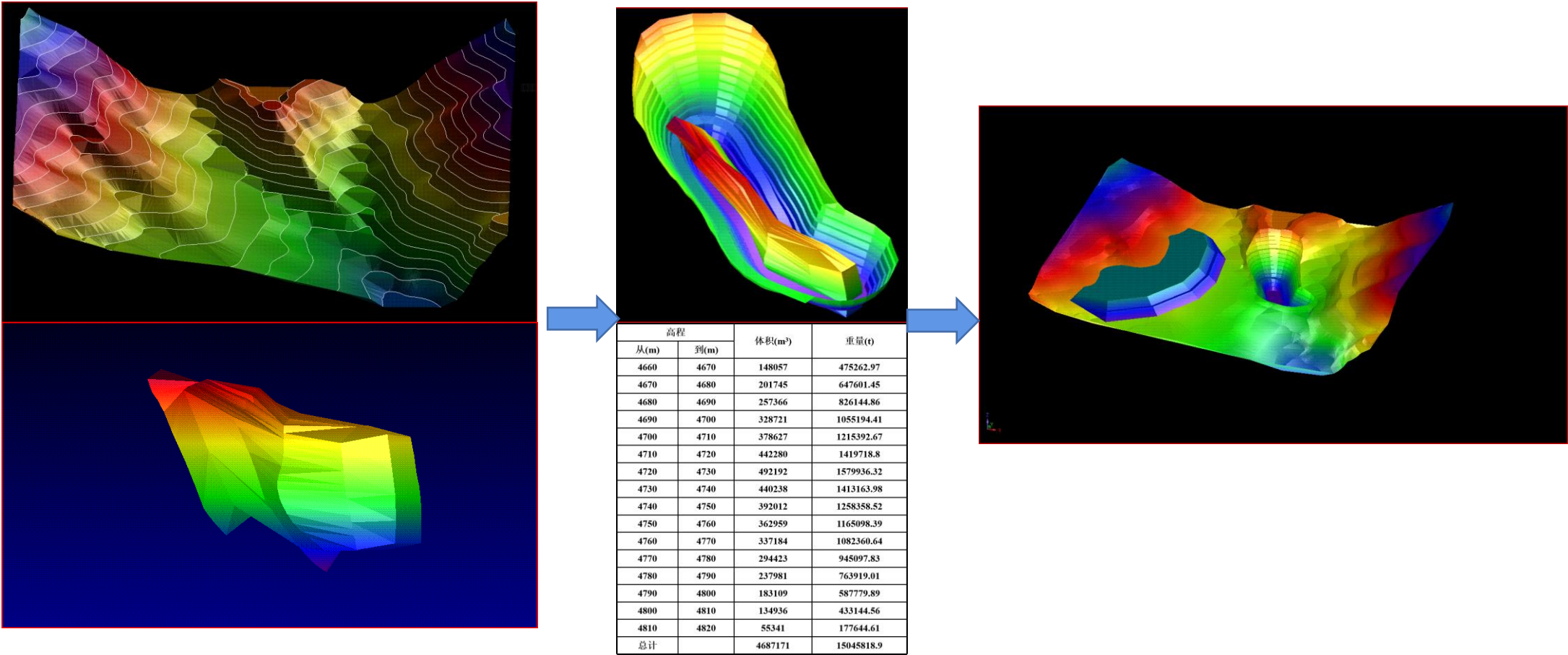
• 概述

- 采用Dmine、3DMine、SURPAC软件，构建矿床地质模型，并在此基础上进行露天矿最终境界的确定。
- 步骤如下：
 - 根据矿山钻孔资料建立矿床地质模型；
 - 根据矿山工程地质条件确定露天开采最终边坡角，台阶高度，台阶坡面角；
 - 根据当前的有用矿物的市场行情确定经济合理剥采比。
- 教材内容通过数字化实验体现



6.6 露天开采境界智能优化与案例分析

➤ 基本步骤



谢谢！