

روشهای استخراج معادن سطحی

دکتر معین بهادری



- کتاب روشهای استخراج معادن سطحی (دو جلدی)
 - نوشته دکتر مرتضی اصانلو، انتشارات دانشگاه امیرکبیر تهران
- عملیات و تحلیل های اقتصادی در معادن روباز
 - نوشته دکتر محمد عطایی- سیدمحمدعلی حسینی، جهاد دانشگاهی
- اصول مهندسی معدن
 - ترجمه مهدی یاوری شهرضا، دانشگاه صنایع و معادن
- طراحی و برنامه ریزی معادن روباز
 - ترجمه دکتر علی اصغر خدایاری ؛ مهدی یاوری شهرضا، دانشگاه تهران
- مجموعه تست های آزمون کارشناسی ارشد سنوات گذشته

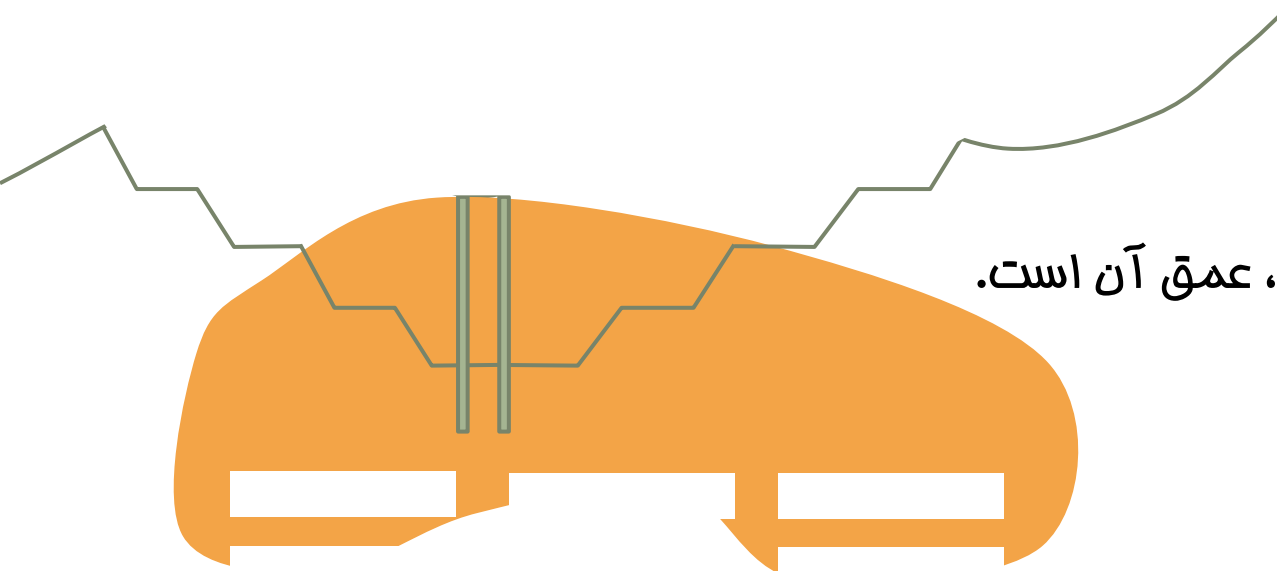




□ هندسه ذخیره معدن و تعیین روش استخراج

- روش استخراج سطحی
- روش استخراج زیرزمینی

■ حداکثر عمق کانسار برای روش‌های سطحی ۱۵۰ متر است



- اولین نکته در تعیین
- روش استخراج کانسنگ، عمق آن است.



روش‌های محاسبه منابع

4

□ مراحل عمر معدن شامل موارد ذیل هستند:

□ پیمجویی (Prospecting)

□ اکتشاف (Exploration)

□ آماده‌سازی (Development)

□ بهره‌برداری (Mining)

□ بازسازی (Reclamation)



روش‌های محاسبه منابع

5

□ اکتشاف:

- نتیجه این مرحله تعیین کمیت (تناژ) و کیفیت (عیار) ذخیره Mineral Deposit
- یعنی ارزش مالی کانسار تعیین می‌شود (ارزیابی کانسار).
- در اثر عملیات اکتشاف بخشی یا تمام منبع (Resource) به ذخیره (Reserve) تبدیل می‌شود.

□ انواع منابع:

- مسجل (Measured resources): هم کمیت و هم کیفیت معلوم است
- مدلل (Indicated resources): دقت برآورد کمیت و کیفیت کم است.
- استنباطی (Inferred resources): صرفاً از شواهد و قرائن زمین شناسی شناسایی شده است.



روش‌های محاسبه منابع

6

□ اکتشاف:

- نتیجه این مرحله تعیین کمیت (تناژ) و کیفیت (عیار) ذخیره Mineral Deposit
- یعنی ارزش مالی کانسار تعیین می‌شود (ارزیابی کانسار).
- در اثر عملیات اکتشاف بخشی یا تمام منبع (Resource) به ذخیره (Reserve) تبدیل می‌شود.

□ انواع ذخایر:

- قطعی (منابع مسجل)
- محتمل (منابع مدلل)
- ممکن (منابع استنباطی)



روش‌های محاسبه منابع

7

روش‌های محاسبه منبع

- دستی

- آماري و زمين آماري

اصول محاسبه ذخيره

- تقسيم‌بندی کانسار به بلوک

- تعیین وزن هر بلوک

- تخصیص عیار به بلوک

- محاسبه وزن و عیار کانسار



روش‌های محاسبه منابع

8

روش‌های دستی محاسبه منبع

پلان: تصویر افقی کانسار

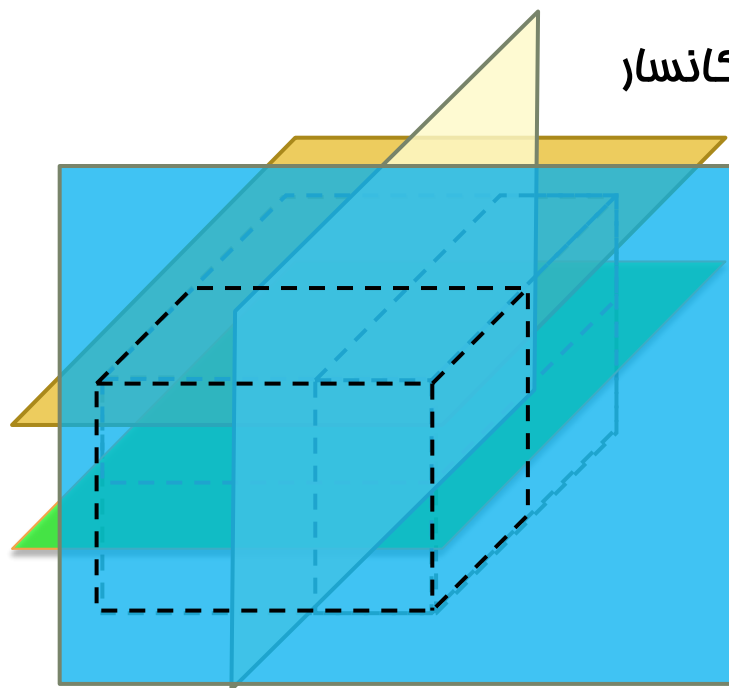
مقطع افقی: تصویر کانسار در سطح افق و در ترازهای مختلف

مقاطع قائم: فصل مشترک تقاطع سطوح قائم با کانسار

طول

عرض

مقاطع شعاعی





روش‌های محاسبه منابع

9

□ روش‌های دستی محاسبه منبع

□ محایب روش دستی

□ تخمین‌ها و محاسبات با خطای زیاد همراه هستند.

□ فروچی‌ها غالباً نامنظم هستند.

□ احتمال خطای انسانی بالاست.

□ قواعد حاکم بر روش دستی

□ قانون تخییرات تدریجی

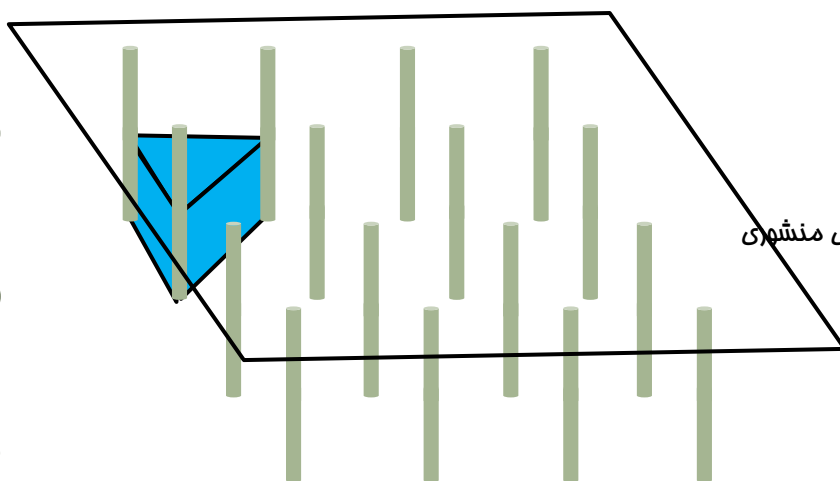
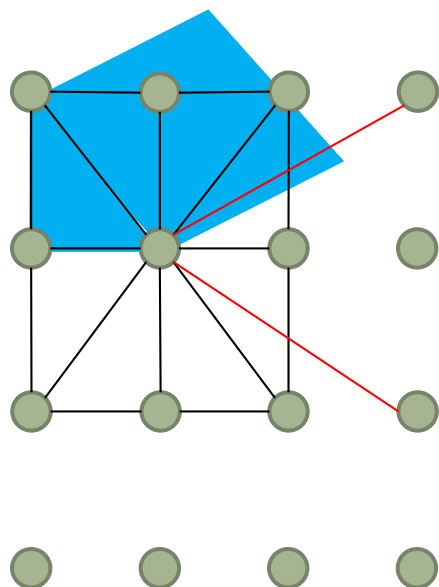
□ قانون موزه تأثیر یکسان یا نزدیکترین نقاط

□ استفاده از ضرایب تصحیح برای محاسبات قبلی (اصل تعمیم)



روش‌های محاسبه منابع

10

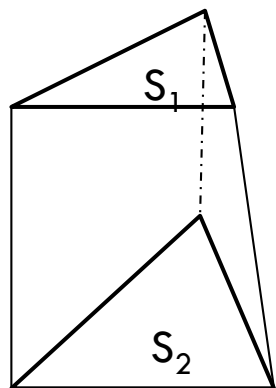


□ قواعد ماکم بر روش دستی

□ قانون تخمیرات تدریجی

□ برای مقاطع افقی:

□ روش مثلث بندی یا روش منشوری



$$h = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

$$V = \begin{cases} \frac{S_1 + S_2}{2} \times h \\ \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} \times h \end{cases}$$

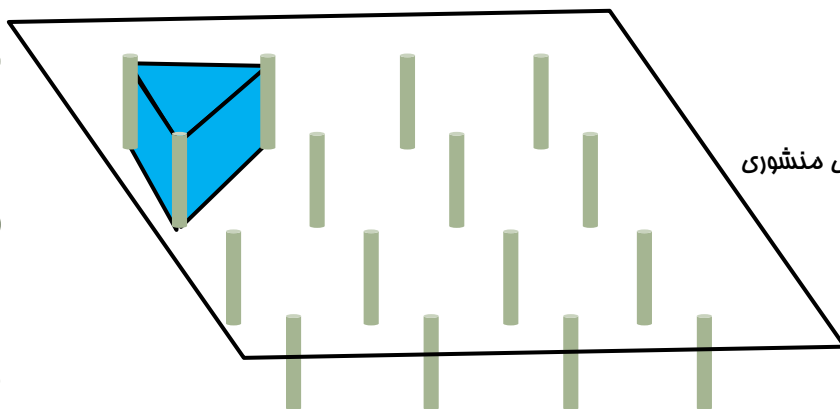
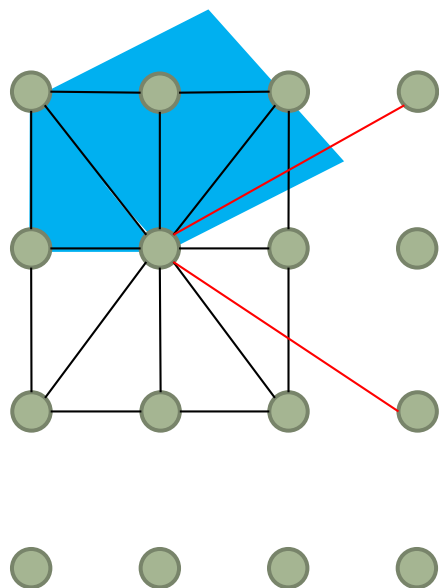
$$\frac{S_1}{S_2} \leq 1.5$$

$$\frac{S_1}{S_2} > 1.5$$



روش‌های محاسبه منابع

11

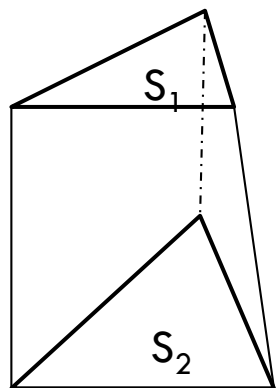


□ قواعد ماکم بر روش دستی

□ قانون تخصیقات تدریجی

□ برای مقاطع افقی:

□ روش مثلث بندی یا روش منشوری



$$\bar{g} = \frac{\sum_{i=1}^3 g_i h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} \xrightarrow{\gamma \propto \bar{g}} M = \gamma \times V$$

$$M_T = \sum_{i=1}^n M_i$$

$$\bar{g}_T = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{g}_i M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$



روش‌های محاسبه منابع

12

□ قواعد ماکم بر روش دستی

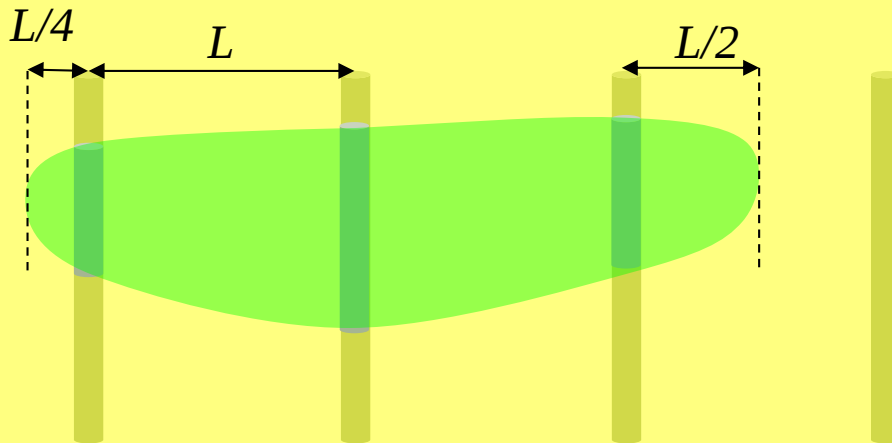
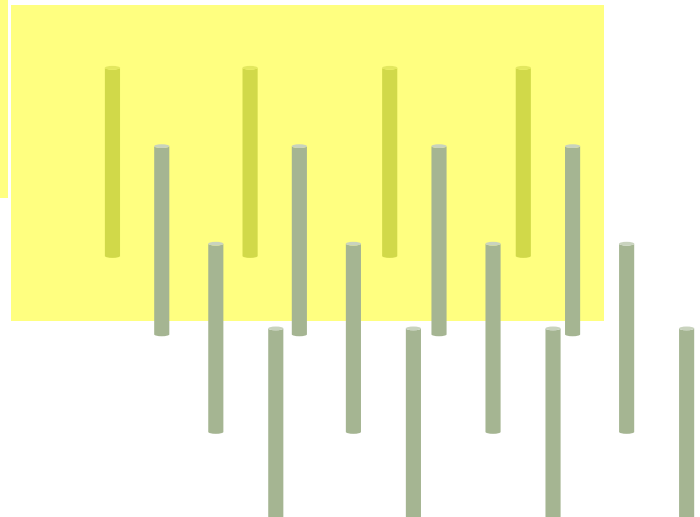
□ قانون تخخیرات تدریجی

□ برای مقاطع افقی:

□ روش مثلث بندی یا روش منشوری

□ برای مقاطع قائم

□ روش قائم





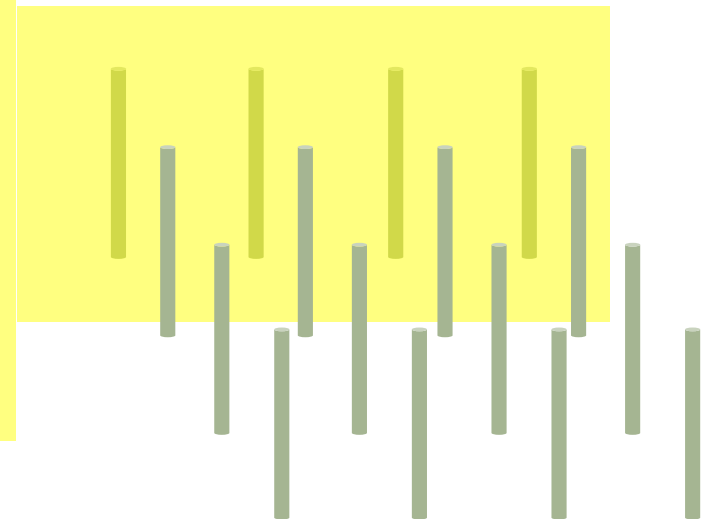
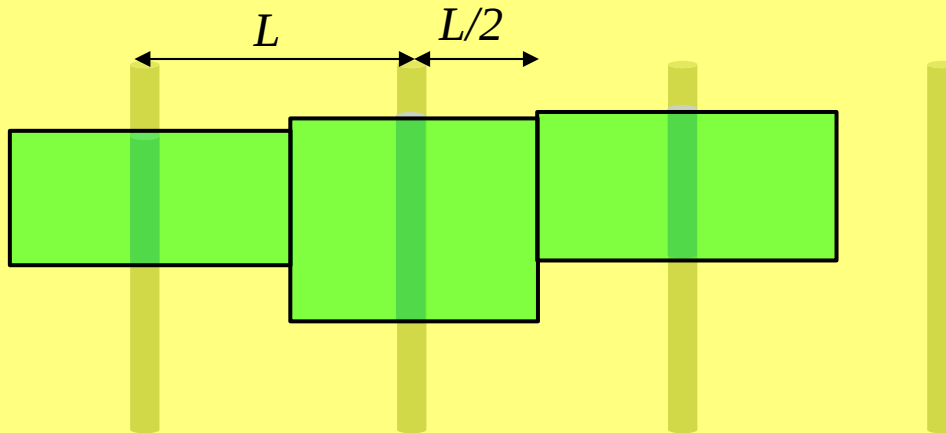
روش‌های محاسبه منابع

13

□ قواعد ماکم بر روش دستی

□ قانون نزدیکترین نقاط

□ ارزش نمونه مجهول بین دو نمونه معلوم مقداری ثابت و برابر ارزش نزدیکترین نقطه است.





روش‌های محاسبه منابع

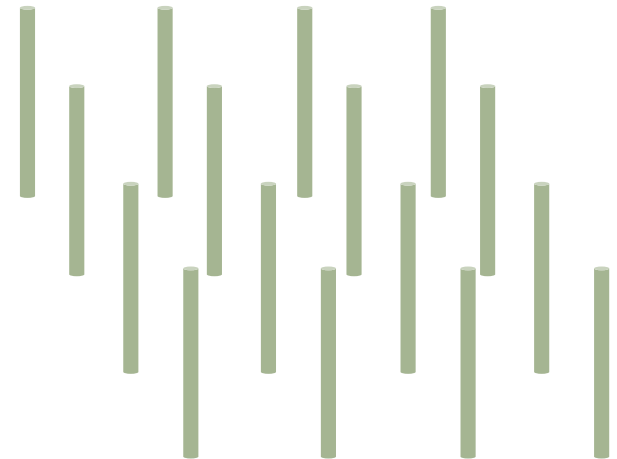
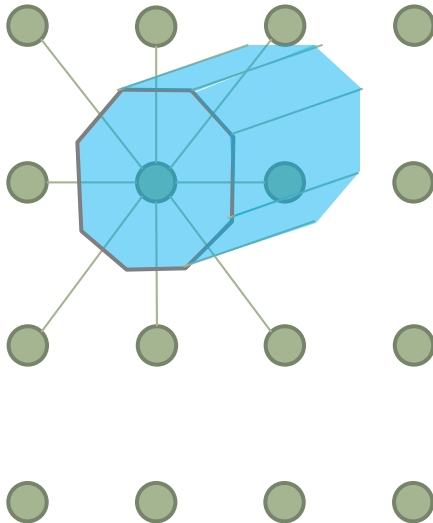
14

□ قوائد هاکم بر روش دستی

□ قانون نزدیکترین نقاط

□ ارزش نمونه مجهول بین دو نمونه معلوم مقداری ثابت و برابر ارزش نزدیکترین نقطه است.

□ مهمترین ضعف آن عدم امکان تشکیل چند ضلعی بسته برای گمانه‌های کناری است.





روش‌های محاسبه منابع

15

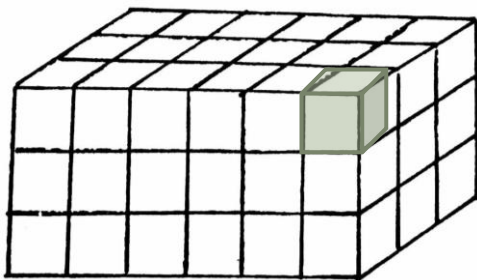
روش‌های آماری و زمین آماری

- برای این منظور نیاز است که مدل بلوکی سافته شود.
- مدل بلوکی بزرگترین بلوکی است که تمام ذخیره درون آن جای می‌گیرد.
- استثناء: هنگام مدلسازی کامپیوتری ممکن است مدل بلوکی بزرگتر از این ابعاد منظور شود.
- اگر ابعاد بلوک استفرای بسیار کوچک انتخاب شود، زمان و حجم محاسبات افزایش می‌یابد.

ارتفاع تک پله = z

y

x





روش‌های محاسبه منابع

16

روش‌های آماری و زمین آماری

$$\bar{g} = \frac{\sum g_i d_i^2}{\sum d_i^2}$$

میانگین وزن دار فاصله

$$\bar{g} = \frac{\sum \frac{g_i}{d_i^m}}{\sum \frac{1}{d_i^m}}$$

عکس فاصله

قطبی (m=1)

غیر قطبی (m>1) غالباً بهترین جواب به ازای m=2 بدست می‌آید



روش‌های محاسبه منابع

17

روش‌های آماری و زمین آماری

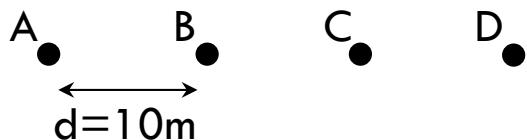
میانگین وزن دار فاصله

عکس فاصله

$$g = \frac{\sum g_i d_i^2}{\sum d_i^2} \quad g = \frac{\sum \frac{g_i}{d_i^m}}{\sum \frac{1}{d_i^m}}$$

مثال: با توجه به شکل زیر عیار نقطه مجهول C را با استفاده از عیار های معلوم محاسبه کنید.

حل: روش میانگین وزن دار فاصله



$$\begin{aligned} g_C &= \frac{g_A d_{AC}^2 + g_B d_{BC}^2 + g_D d_{DC}^2}{d_{AC}^2 + d_{BC}^2 + d_{DC}^2} \\ &= \frac{10 \times 20^2 + 15 \times 10^2 + 12 \times 10^2}{20^2 + 10^2 + 10^2} \\ &= \frac{6700}{600} = 11.33 \end{aligned}$$

A	B	C	D
10	15	?	13



روش‌های محاسبه منابع

18

روش‌های آماری و زمین آماری

میانگین وزن دار فاصله

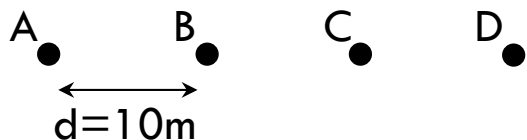
عکس فاصله

$$g = \frac{\sum g_i d_i^2}{\sum d_i^2} \quad g = \frac{\sum \frac{g_i}{d_i^m}}{\sum \frac{1}{d_i^m}}$$

مثال: با توجه به شکل زیر عیار نقطه مجهول C را با استفاده از عیار های معلوم محاسبه کنید.

حل: روش عکس فاصله ($n=2$)

$$g_C = \frac{\frac{g_A}{d_{AC}^2} + \frac{g_B}{d_{BC}^2} + \frac{g_D}{d_{DC}^2}}{\frac{1}{d_{AC}^2} + \frac{1}{d_{BC}^2} + \frac{1}{d_{CD}^2}} = \frac{\frac{10}{20^2} + \frac{15}{10^2} + \frac{12}{10^2}}{\frac{1}{20^2} + \frac{1}{10^2} + \frac{1}{10^2}} = 13.55$$



A	B	C	D
10	15	?	13



آشنایی با صنعت معدنکاری

19

➤ آماده سازی

- تجهیز و تأمین کلیه شرایط لازم برای دسترسی به کانسار
- تجهیز (Preparation)
- آماده سازی (Development)
- به لحاظ اجرایی این مرحله پس از انتخاب روش استخراج انجام می پذیرد.



آشنایی با صنعت معدنکاری

20

آماده سازی

- ۱- مجوز بهره‌برداری (صنایع و معادن)
- ۲- تملک زمین
- ۳- مجوز زیست محیطی
- ۴- زیرساخت (جاده، آب، برق، سوخت، ارتباطات)
- ۵- طراحی و اجرای ساختمان‌ها
- ۵-۱- معدنی، کارخانه، اداری، رفاهی
- ۶- انتخاب و تهیه ماشین آلات
- ۷- استفاده و آموزش نیروی انسانی
- ۸- تجهیز (اولین دسترسی به ماده معدنی)
- ۲-۱- دایر (فصوصی: فرید یا اجاره)
- ۲-۲- بایر (منابع طبیعی، میراث فرهنگی و نظامی)



روش‌های استخراج مواد معدنی (بهره برداری)

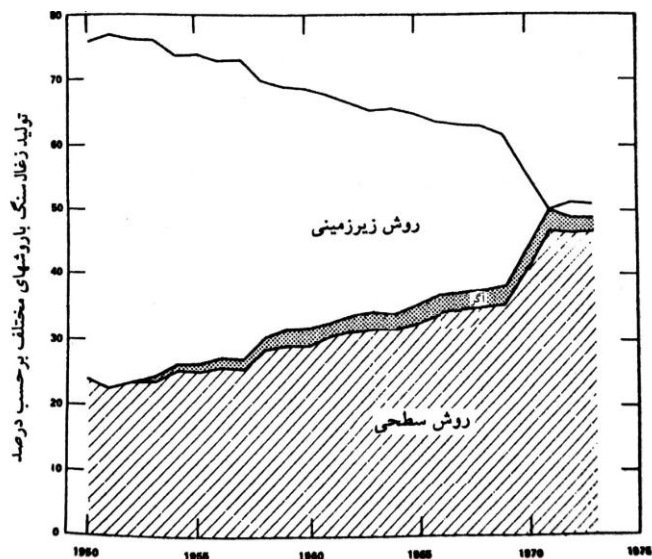
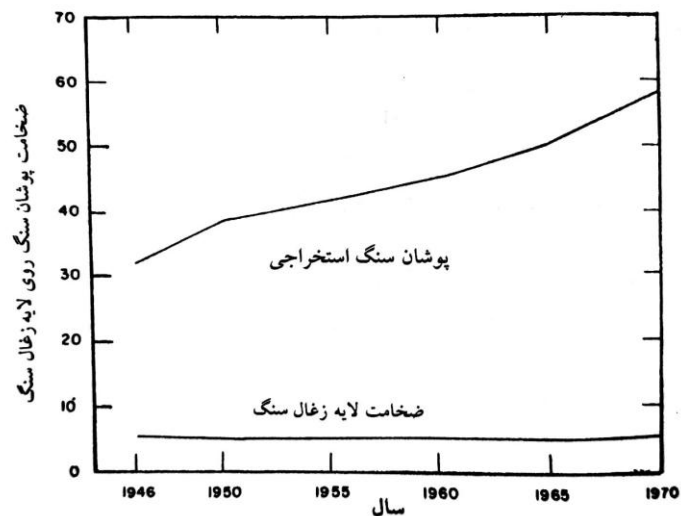
21

روش		ماده معدنی	هزینه نسبی (%)
مکانیکی	سطحی	استخراج روباز	۵
		کواری	۱۰۰
		استخراج نواری	۱۰
		استخراج با اوگر	۵
پلاسر	استخراج به کمک مایعات	استخراج هیدرولیکی	۵
		استخراج با لایروب	<۵
		لیچینگ	۱۰
		استخراج گمانه‌ای	۵
محلول	خود نگهدار	اتاق و پایه	۲۰
		کارگاه و پایه	۱۰
		استخراج انبارهای	۴۵
		استخراج از طبقات فرعی	۲۰
کندن و پر کردن	با نگهداری	فلزی	۵۵
		فلزی	۷۰
		فلزی	۱۰۰
جبهه کار طولانی	تخریبی	زغال سنگ	۱۵
		فلزی	۱۵
		فلزی	۱۰



انتخاب روش معدنکاری

22



□ مقایسه روش‌های سطحی و زیر زمینی

■ از نظر مقدار تولید

■ از نظر هزینه‌ها و توسعه هزینه‌ها

■ از نظر احتمال وقوع حوادث و فطرات

■ از نظر مقدار انرژی مصرفی

■ از نظر افت و ترقیق

■ از نظر عوامل رومی-روانی

■ از نظر تجربه و دانش فنی

■ از نظر مسائل زیست محیطی

■ از نظر محدوده ایمنی

■ از نظر پیشرفت توان تولید



انتخاب روش معدنکاری

23

□ پارامترهای موثر در انتخاب روش معدنکاری

□ مشخصات هندسی کانسار

□ مشخصات مقاومتی کانسار

□ مشخصات مقاومتی سنگهای در برگیرنده

□ محدودیت‌های ایمنی

□ محدودیت‌های فنی و اقتصادی

□ دسترسی به نیروی انسانی ماهر

□ تاثیر منفی بر محیط زیست



انتخاب روش معدنکاری

24

❑ مشخصات هندسی کانسار

❑ شکل عمومی کانسار (لایه‌ای، توده‌ای، عدسی، رگه‌ای و ذفایر جدول وار)

❑ ضخامت ماده معدنی (نازک، متوسط و ضخیم)

❑ شیب ماده معدنی (کم، متوسط و زیاد)

❑ عمق نسبت به سطح زمین

❑ توزیع عیار (یکسان، تخییرات تدریجی، تخییرات شدید)



انتخاب روش معدنکاری

25

□ شرایط ژئو مکانیکی

- مقاومت ماده سنگ
- مقاومت برشی درزه، شکاف و گسل
- موقعیت نسبی ناپیوستگی‌های اصلی
- فاصله و عمق ناپیوستگی‌ها
- تنش‌های برجا
- شرایط هیدروژئولوژی



انتخاب روش معدنکاری

26

□ نرخ تولید

- به روش استخراج، میزان سرمایه‌گذاری و حجم و عیار کانسنگ مرتبط است.
- اولویت با نرخ بازگشت سرمایه بالا است.
- اولویت با روشهایی با انعطاف پذیری بالاتر، نرخ تولید بالا و زمان کم تا دسترسی به ماده معدنی

□ دسترسی به نیروی کار ماهر

- کمبود یا فقدان نیروی آموزش دیده در انتخاب روش معدنکاری موثر است
- در غیر اینصورت اجرای عملیات غیرممکن است.
- در مناطقی که سطح آموزش بالا است، دستمزد بالاتر و استفاده از روشهای جدید راحت تر است.
- در غیر اینصورت راندمان کم، روشها قدیمی و تعداد کارگران زیاد است.



انتخاب روش معدنکاری

27

عوامل زیست محیطی

- یکی از فاکتورهای بسیار موثر است.
- نشست زمین، آلودگی آبهای زیرزمینی، نموه دامپ باطله و بازسازی
- طرح‌های معدنی در اولویت هستند که علاوه بر شرایط فنی و اقتصادی مناسب، کمترین آثار مخرب زیست محیطی را داشته باشند.



انتخاب روش معدنکاری

28

□ انتخاب روش معدنکاری بر اساس شرایط فنی کانسار

□ روش نیکولاس (۱۹۸۱)

□ ۱۳ فاکتور برای انتخاب روش استفرایج وجود دارد.

□ نمره صفر تا چهار (بی ارتباط، کمترین تأثیر، کمی مناسب، مناسب و مناسبترین)

□ عدد ۴۹- به خاصیتی داده میشود که وجود آن کلا یک روش استفرایج مشخص را حذف می‌کند.

□ مثلاً کانسار با شکل نا منظم برای روش جبهه‌کار طولانی نمره ۴۹- دارد.

□ این روش بعدها با اعمال ضرایبی اصلاح شد.



انتخاب روش معدنکاری

29

□ زمان انتخاب روش معدنکاری

□ مرحله اولیه اکتشاف کانسار

□ ژئومتری ذخیره، شرایط ژئومکانیکی (کانسنگ، دیواره بالا و پایین)، قضاوت مهندسی

□ توسعه مفاری و مطالعات فنی و اقتصادی

□ افزایش عملیات مفاری، مناسبه تناژ و عیار ذخیره، ژئوتکنیک، هیدرولوژی، محیط زیست و متالورژیک

□ مرحله طراحی

□ علاوه بر داده های مرحله قبل، عیار مد، ذخیره قابل استخراج، سرمایه گذاری، دوره بازگشت سرمایه و تحلیل اقتصادی

□ همزمان با استخراج

□ با تکمیل شناخت از هندسه ماده معدنی، ژئومکانیک دیواره بالایی و پایینی، اصلاح روش انتخابی

□ در پایان عمر معدن

□ به شکل اولیه ادامه استخراج ممکن نبوده و معمولاً کم عیار است.



انتخاب روش معدنکاری

30

❑ مزایای روش‌های استخراج سطحی

- ❑ ایمنی بالاتر (روشنایی و دید بالا، عدم نیاز به سیستم نگهداری و فضای باز)
- ❑ نرخ تولید بالا (استفاده از ماشین‌های بارگیری و ممل با ظرفیت و قدرت بالا)
- ❑ قابلیت استخراج مواد کم عیار بدلیل تولید بالا و هزینه پایین استخراج
- ❑ ضایعات این روش کمتر است و معمولا درصد بیشتری از کانسار برداشت می‌شود.

❑ موارد نیاز به اصلاح در معادن سطحی

- ❑ شیب معدن
- ❑ بازدهی ماشین‌آلات
- ❑ محیط زیست



انتخاب روش معدنکاری

31

□ مراحل استخراج در روش‌های سطحی

□ آماده سازی زمین به کمک بولدوزر و گریدر

□ حفاری بر روی باطله یا مواد معدنی

□ انفجار باطله یا مواد معدنی

□ بارگیری باطله یا مواد معدنی

□ حمل باطله یا مواد معدنی

□ بازسازی معدن



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

32

هزینه‌های معدنکاری

هزینه‌های سرمایه‌ای

این دسته از هزینه بطور مستقیم با میزان تولید ارتباط ندارد

برای ماشین آلات شامل دو بخش هزینه استهلاک و هزینه متوسط سرمایه گذاری سالانه است.

هزینه‌های عملیاتی

هزینه‌هایی که مستقیماً به میزان تولید وابسته هستند.

ارزش پولی



مجموع درآمدها

مجموع هزینه‌ها

هزینه‌های عملیاتی

هزینه‌های سرمایه‌ای

واحد تولید



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

33

□ روش‌های محاسبه هزینه‌های معدنکاری

□ هزینه واقعی یک معدن مشابه

□ تفاوت دستمزدها، اختلاف سطح تکنولوژی، شرایط جوی و مانند آن‌ها

□ به‌روز درآوردن هزینه

□ متولی آن در ایران سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی است

□ روش فرمول‌های تجربی

□ روش اوهارا

□ روش اصلاح شده اوهارا

□ روش تفصیلی محاسبه هزینه

□ دقت پیش‌بینی هزینه‌ها

USBM		AACE	
میزان دقت	میزان خطا (درصد)	میزان دقت	میزان خطا (درصد)
کم	۳۵± تا ۵۰±	کم	۳۰- تا ۵۰+
متوسط	۳۰±	متوسط	۱۵- تا ۳۰+
زیاد	۲۰±	زیاد	۵- تا ۱۵+
	۱۰±		
	۵±		



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

34

□ روش‌های محاسبه هزینه‌های معدنکاری

□ روش تفصیلی محاسبه هزینه

- تعیین تناژ استخراجی ماده معدنی و باطله سالانه، ماهانه و روزانه
- تعیین نوع و ظرفیت ماشین آلات اصلی (دریل، شاول و کامیون)
- تعیین تعداد ماشین آلات (اصلی و کمکی) مورد نیاز استخراج با توجه به ظرفیت تعیین شده
- تعیین تعداد پرسنل مورد نیاز در هر شیفت معدن
- تعیین تعداد سایر پرسنل (اداری، مهندسی، عملیات و تعمیرگاه)
- محاسبه هزینه سرمایه‌ای شامل خرید ماشین آلات (هزینه استهلاک و هزینه سرمایه گذاری سالانه)
- محاسبه هزینه‌های عملیاتی (باطله و ماده معدنی-پول بر ساعت یا پول بر تن)
- محاسبه هزینه سرمایه‌ای به ازای هر تن
- محاسبه سوددهی
- محاسبه قابلیت استخراج



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

35

□ برآورد ظرفیت تولید سالانه (ظرفیت استخراج)

□ عوامل موثر:

□ وسعت معدن

□ نیاز اقتصاد کشور و وضعیت تقاضا

□ رقابت تجاری

□ عیار و ارزش، روش استخراج ماده معدنی

□ میزان ذخیره کانسار

□ شرایط زمین شناسی

□ زمان آماده سازی

□ ابعاد قطعه معدنی

□ ایمنی کارگر و هزینه استخراج، حداقل ضایعات، حداکثر راندمان، روش تامین مالی و دانش فنی و ...



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

36

- برآورد ظرفیت تولید سالانه (ظرفیت استخراج)
 - تولید نافالص
 - میزان تولید معدن در طول عمر آن (تقسیم ذخیره قابل استخراج بر عمر معدن)
 - تولید فالص
 - میزان تولید پس از کارخانه کانه‌آرایی (نه فروش مواد خام)
- در مورد ذغالسنگ تفاوت این دو زیاد است.
- در مطالعات اقتصادی و امکان‌سنجی ذخیره، تولید فالص ملاک است.
- در طراحی، میزان تولید نافالص آن ملاک است.



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

37

پیش‌بینی عمر معدن □

روش مستقیم □

□ با معلوم بودن ظرفیت سالانه و میزان کل ذخیره

قانون تجربی تیلور □

$$T = \frac{Q}{A}$$

$$T = 0.2\sqrt[4]{Q} \quad A = \frac{Q}{T} = 5 \times Q^{0.75}$$

قانون موشر و همکاران □

$$A = 200\sqrt{Q}$$

روش زویاگین □



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

38

پیش‌بینی عمر معدن

روش زویاگین

f: فاکتوری که به شرایط ژئوتکنیکی منطقه بستگی دارد

P_m: تولید ماهانه از جبهه‌کار

P_n: میزان استخراج از n جبهه کار

A: تولید بهینه سالانه

n: تعداد جبهه‌کارها

m: تعداد ماه‌های عملیاتی

$$T = \frac{Q}{A} = \frac{\sqrt{Q}}{f}$$

$$f = 4.5 + 0.29P_m$$

$$P_m = A \frac{P_n}{n.m}$$

$$A = n.148.\sqrt{Q}$$



درآمدها و هزینه‌های معدنکاری

39

پیش‌بینی قیمت نهایی محصول نهایی معدن

بر مد نهایی معدن و نرخ تولید سالانه تأثیر مستقیم دارد

پیش‌بینی بر اساس قیمت فعلی

روش شاخص‌ها

روش‌های اقتصادسنجی

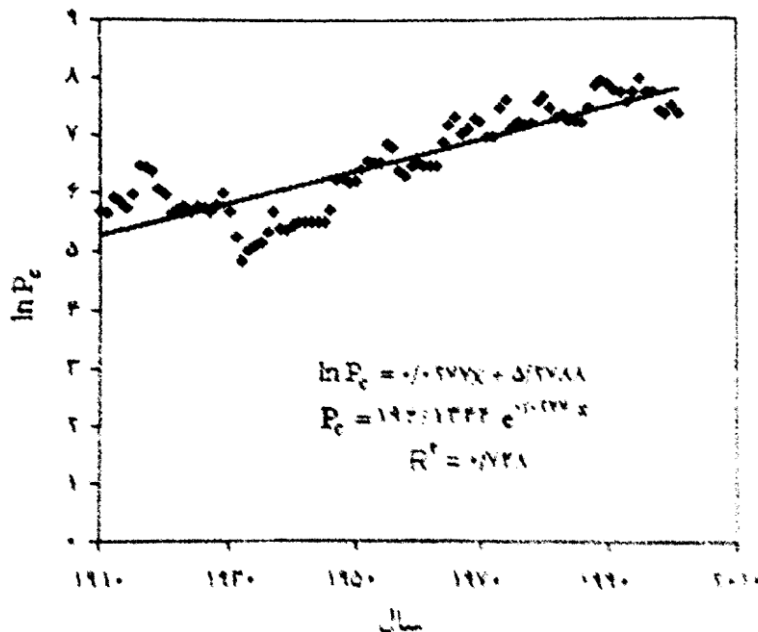
روش ترند

کاربرد بیشتری در پیش‌بینی قیمت فلزات دارد

از برازش خط رگرسیون استفاده می‌شود (بهترین خط، خطی است

بگذرد بطوری که فضای مربع میانگین MSE حداقل شود)

تخمین قیمت‌ها از یک سیکل بخصوص تبعیت می‌کند پس باید





روش‌های استخراج سطحی

40

- ۸۵ درصد معادن (بجز نفت و گاز) به این روش استخراج می‌شوند.
- میزان تولید مواد معدنی به روش سطحی ۶ برابر میزان تولید آن به روش زیرزمینی
- میزان مجموع مواد استخراجی (کانسنگ و باطله) به روش سطحی، ۲۰ برابر روش زیرزمینی
- مفاهیم و اصطلاحات
 - اختلاط و ترقیق
 - نرخ تولید و توان تولید



روش استخراج روباز

41

□ روش روباز (open pit mining)

□ معادن فلزی یا ذفایری که بصورت توده‌ای و انبوه هستند.

□ عملیات استخراج بصورت پله‌ای است.

□ سیکل عملیات در معادن روباز

■ حفاری

دریل

■ انفجار

مواد منفجره (عمدتاً آنفو)

■ بارگیری

شاول (بیل مکانیکی)

■ باربری

تراک (کامیون)

□ بیش از ۸۰٪ معادن سطحی دنیا به این شیوه استخراج می‌شود.



روش استخراج روباز

42

روش روباز (open pit mining) □

سوال کنکور ۱۳۷۳ □

کدام پاسخ در رابطه با سکانس عملیات در روش روباز صحیح است؟ □

۱- آماده‌سازی، انفجار، مفاری و بارگیری

۲- آماده‌سازی، انفجار، مفاری، بارگیری و ممل

۳- آماده‌سازی، مفاری، انفجار، بارگیری و ممل و فردایش 

۴- آماده‌سازی، مفاری، انفجار، بارگیری و بازسازی معدن



روش استخراج روباز

43

□ ملاحظات عمومی:

□ استخراج ممکن است تک پله‌ای یا چند پله‌ای باشد

□ ارتفاع پله‌ها عمدتاً بر حسب ارتفاع دسترسی ماشین بارگیری تنظیم می‌شود.

□ عرض پله باید علاوه بر گنجایش سنگهای فردشده، امکان مانور ماشین آلات را فراهم کند.

□ شیب تک پله عمدتاً بر حسب محدودیت‌های مکانیک سنگی در حداکثر مقدار ممکن تعیین

می‌شود.



روش‌های استخراج سطحی

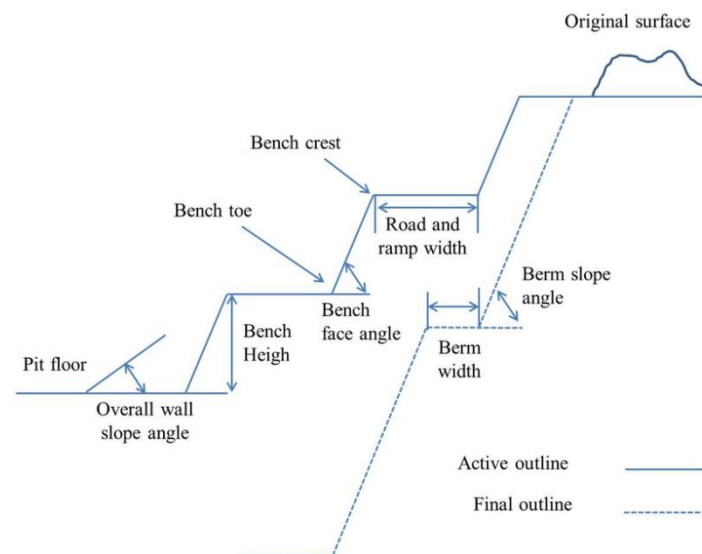
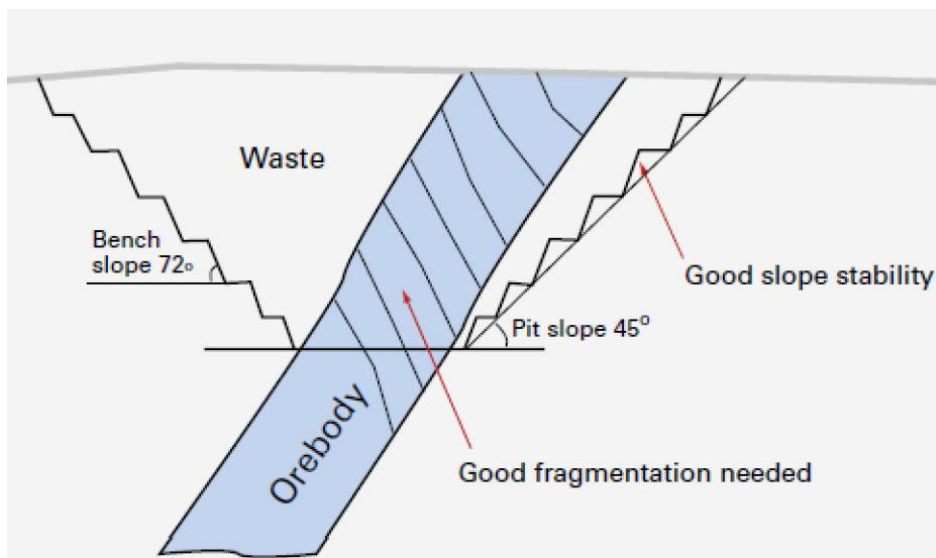
44

- ذخایر مجیم و نسبتاً عمیق بصورت پله ای برداشت می‌شود (تعدد جبهه‌کار).
- روباره قبل از برداشت ماده معدنی یا همزمان با استخراج آن، برداشت می‌شود.
- نیاز به سرمایه گذاری بالا دارد.
- نرخ تولید بالا است.
- هزینه عملیاتی پایین.
- ایمنی خوب



روش‌های استخراج سطحی

45





روش استخراج روباز

46

مراحل آماده سازی □

- پاکسازی و تسطیح زمین (تعیین محل انباشت خاکهای سطحی در صورت لزوم بازسازی)
- امداد تأسیسات و تسهیلات سطحی
- مکانیابی انباشت مواد معدنی
- مکانیابی انبارها، کارخانه فرآوری و تسهیلات حمل و نقل (نزدیکترین فاصله ممکن به محدوده نهایی)
- انتخاب و تعیین تجهیزات و ماشین آلات
- پیش‌باطله برداری
- استخراج طی یک الگوی بلوکی با در نظر گرفتن شرایط برنامه بلند مدت و کوتاه مدت
- جانمایی مجموعه تعمیر و نگهداری
- جانمایی راه‌های باربری



روش استخراج روباز

47

□ چرخه عملیات

- چالزنی:
- چرخشی (سنگ سست)، ضربه‌ای-دورانی (سنگ متوسط) و ضربه‌ای (سنگ سفت)
- آتشکاری:
- آنفو، مواد فله‌ای یا کیسه‌ای - آتشکاری با فتیله برقی یا غیر برقی (فتیله انفجاری یا نازل)
- بارگیری:
- شاول، لودر، اسکرپر، دراگلاین، اکسکواتور
- باربری:
- کامیون، نوار نقاله، اسکرپر



روش استخراج روباز

48

■ عملیات جنبی:

- ایمنی و بهداشت
- کنترل زیست محیطی
- کنترل زمین
- تامین و توزیع برق
- کنترل آب و سیلاب
- انتقال باطله
- تأمین و تدارک مصالح
- تعمیر و نگهداری و بازسازی
- روشنایی
- ارتباطات، دیسپچینگ
- امداد
- جابجایی نیروی انسانی



روش استخراج روباز

49

□ شرایط کاربرد

- مقاومت کانسنگ
- مقاومت سنگ
- شکل کانسار
- شیب کانسار
- اندازه کانسار
- عیار کانسنگ
- یکنواختی کانسنگ
- عمق
- هر مقاومتی
- هر مقاومتی
- هر شکلی (ترجیماً عدسی یا مسطح)
- هر شیبی (ترجیماً افقی یا کم شیب)
- بزرگ، ضمیمه
- می‌تواند بسیار کم باشد
- یکنواخت، در افق‌های مختلف متغیر
- کم تا متوسط



روش استخراج روباز

50

مزایا □

- مناسب برای ماشین آلات بزرگ
- هزینه نسبتاً پایین خردکردن و کندن سنگ
- نیاز به تجهیزات نگهداری اندک
- بازیابی خوب
- ایمنی و بهداشت خوب
- توان تولید بالا
- کمترین هزینه
- نرخ تولید بالا
- آماده سازی آسان
- نیاز به کارگر کم
- نسبتاً انعطاف پذیر



روش استخراج روباز

51

معايب □

- محدوديت عمق
- محدوديت نسبت باطله برداري
- هزينه سرمايه‌گذاري بالا
- هزينه بازسازي بالا
- هزينه استخراج براي ذخاير کوچک بالا است.
- مشكلات آب و هوايي ميتواند مانع فعاليتها شود
- نيازمند تامين پايداري مستمر ديواره معدن
- انتقال يا دفع باطله



روش استخراج روباز

52



Bingham Copper Mine



طراحی معادن روباز

53

□ روش روباز علی‌رغم تنوع بسیار، کلیات ثابتی دارد.

□ سطوح افقی و مسطح به نام پله

□ استخراج از اولین پله در بالاترین ارتفاع آغاز شده و در پایین‌ترین تراز (کف پیت) پایان می‌یابد.

□ استخراج از هر پله تا آخرین محدوده پیت ادامه می‌یابد.

□ ارتباط بین پله‌ها توسط گذرگاه‌ها (رمپ) صورت می‌گیرد.

□ استخراج پله‌ها توسط عملیات واحد (مفاری، انفجار، بارگیری و باربری) صورت می‌گیرد.



طراحی معادن روباز

54

□ تنوع ماشین آلات معادن روباز

□ ماشین آلات اصلی معادن روباز:

□ دریل (مفاری)

□ بارگیری (شاول)

□ باربری (کامیون)

□ ماشین های کمکی یا ثانویه:

□ لودر، گریدر، دوزر، ماشین آب پاش، ماشین حمل سوخت، سنگ شکن اولیه، ماشین

حمل مواد منفجره، ماشین تعمیراتی سیار



طراحی معادن روباز

55

تنوع ماشین آلات معادن روباز

سوال کنکور ۱۳۷۵

کدامیک از موارد زیر در مورد سیستم باربری-بارگیری متشکل از شاول و کامیون صادق نیست؟

(۱) زمان انتظار شاول با افزایش تعداد کامیون‌های سیستم، کاهش می‌یابد.

(۲) زمان انتظار کامیون با کاهش کیفیت سنگ از نظر فردشستگی (Fragmentation) افزایش می‌یابد.

(۳) زمان انتظار شاول اصولاً هیچ رابطه‌ای با فردشستگی پس از انفجار ندارد. ✓

(۴) زمان انتظار شاول به سرعت حرکت کامیون‌ها در مسیر ممل بستگی دارد.

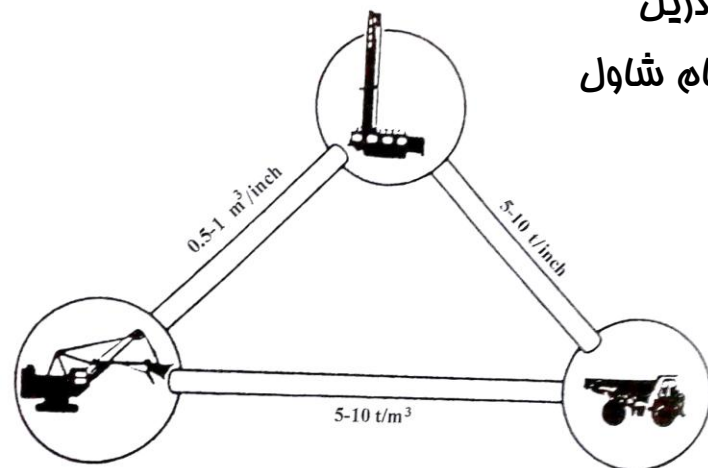


طراحی معادن روباز

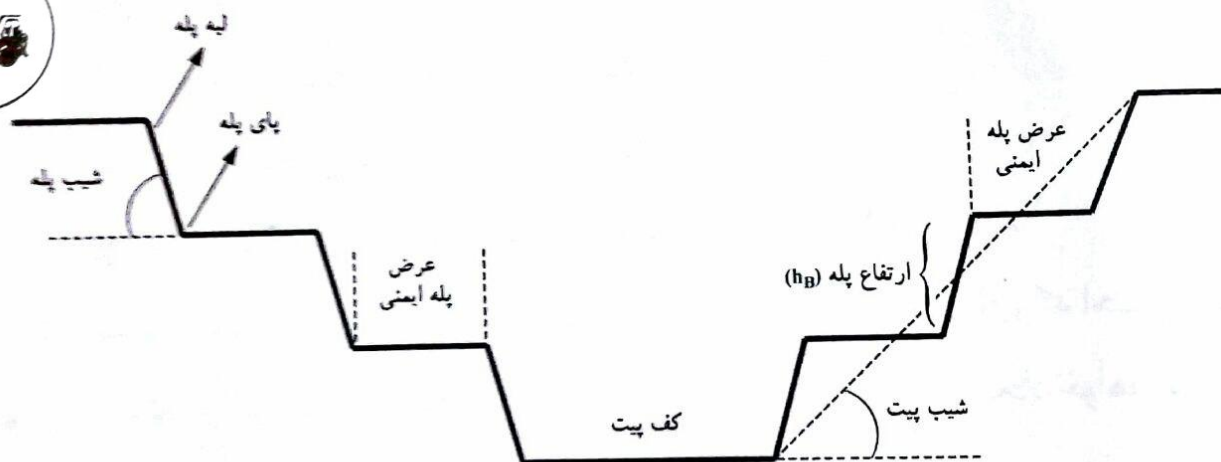
56

□ توازن مثلی در معادن روباز

- ظرفیت کامیون ۵ تا ۱۰ تن به ازای هر اینچ قطر دریل
- ظرفیت جابجایی شاول بین ۰/۵ تا ۱ مترمکعب به ازای هر اینچ قطر دریل
- ظرفیت کامیون بین ۵ تا ۱۰ تن به ازای هر مترمکعب ظرفیت جابجایی شاول



- در طراحی معادن روباز باید علاوه بر ظرفیت ماشین آلات، ابعاد آن‌ها را برای کارایی مفید در پله‌ها در نظر گرفت.





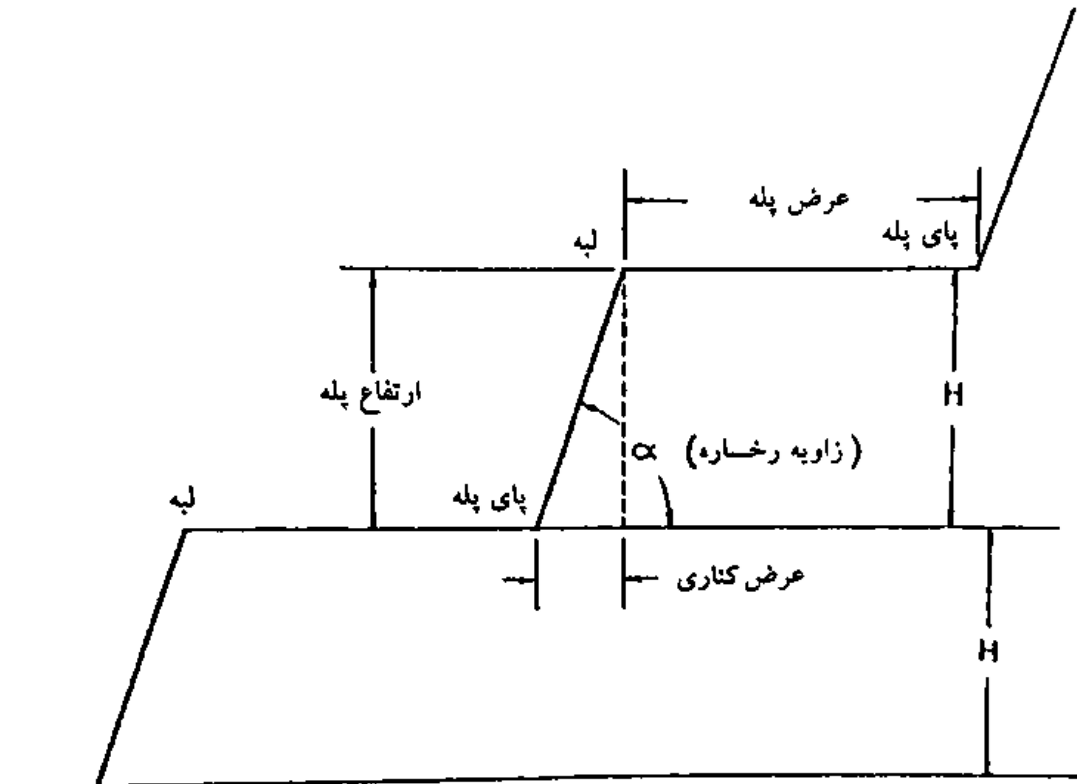
طراحی معادن روباز

57

□ ارتفاع پله

□ تعریف

□ اولین و اصلی ترین تصمیمات در طراحی معدن





طراحی معادن روباز

58

- ارتفاع پله
- تعریف
- اولین و اصلی ترین تصمیمات در طراحی معدن
- ابعاد پله در معادن روباز بین ۴ تا ۲۰ متر (وابسته به عوامل متعدد):
 - در معادن روباز فلزی پایه و بزرگ ۱۲m تا ۱۵m
 - در معادن کوچک تا متوسط ۴m تا ۱۲m
 - در معادن روباز فلزات قیمتی (طلا و اورانیوم) ۶m تا ۹m
- عوامل موثر در تعیین ارتفاع پله:
 - ارتفاع برداشت سیستم بارگیری (مهمترین عامل)
 - نرخ تولید (ابعاد ذخیره)
 - عمق مفاری دریل
 - نوع سنگ (سنگ‌های نرم ۴m تا ۶m، سنگ نیمه سفت ۶m تا ۸m و سنگ‌های سفت ۸m تا ۲۰m)
 - شرایط جوی



طراحی معادن روباز

59

□ دامنه پله

□ تعریف

□ سه بخش اصلی دامنه عبارتند از: لبه پله، پای پله و شیب پله

□ فاکتورهای موثر بر شیب انتخاب شده برای دامنه

□ شیب نهایی معدن و نسبت باطله برداری

□ وضعیت نسبی و عمومی ناپیوستگی‌ها (درزه، گسل، ترک‌ها و شکاف‌ها)

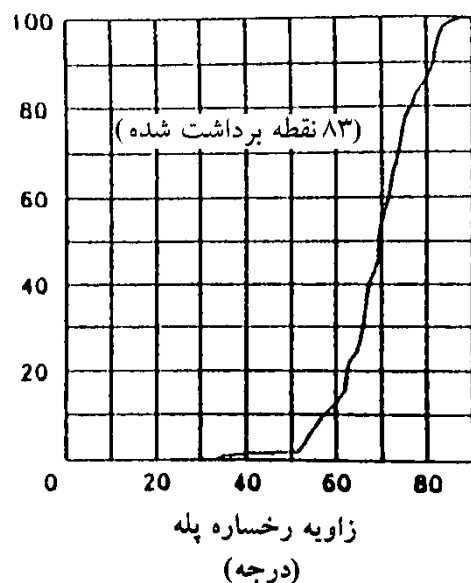
□ شیب پله

□ غالباً بین ۵۵ تا ۸۰ درجه اما برای شروع مقدار اولیه ۶۵ درجه پیشنهاد می‌شود.

□ سنگ نرم بین ۳۵ درجه تا ۵۵ درجه

□ سنگ نیمه سفت بین ۵۵ درجه تا ۷۰ درجه

□ سنگ سفت بین ۷۰ درجه تا قائم





طراحی معادن روباز

60

دامنہ پلہ ☐

سوال کنکور ۱۳۷۵ ☐

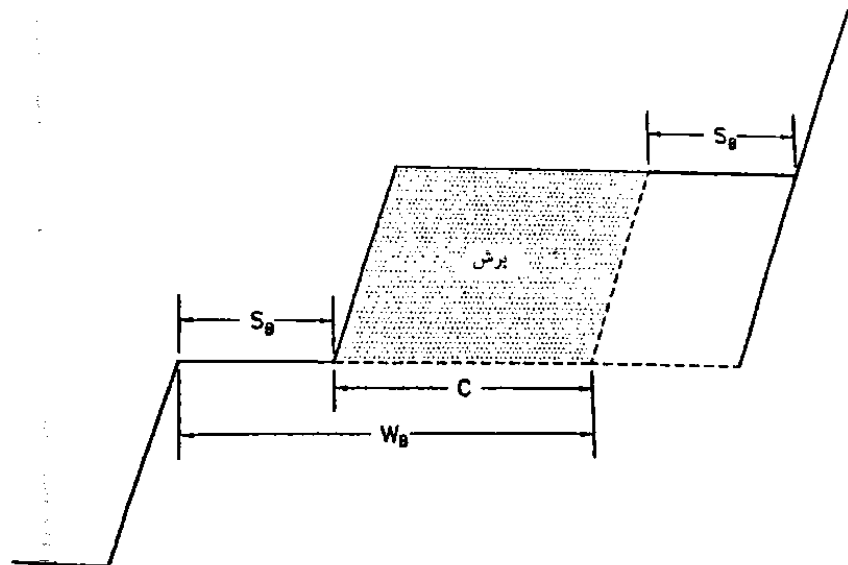
کدام عبارت زیر صمیح است؟ ☐

- ۱) شیب زیاد در معادن (رو باز باعث استفراچ بیشتر ماده معدنی، برداشت بیشتر باطله و کاهش ایمنی می شود.
- ۲) شیب زیاد در معدن (رو باز باعث استفراچ بیشتر ماده معدنی، افزایش نسبت باطله برداری و کاهش ایمنی می شود.
- ۳) افزایش شیب در معادن (رو باز باعث استفراچ بیشتر ماده معدنی، کاهش باطله برداری و افزایش ایمنی می شود.
- ۴) شیب زیاد در معادن (رو باز، باعث استفراچ بیشتر ماده معدنی، کاهش باطله برداری و کاهش ایمنی می شود. 



طراحی معادن روباز

61



عرض پله

تعریف

عرض کناری یا پشتی پله

انواع پله در معادن روباز

پله کاری (عملیاتی) - برش، سینه کار

پله ایمنی

هدف از جاگذاری پله ایمنی (Catch Bench)

جمع آوری قطعه سنگهای سقوط کرده از پله فوقانی

جلوگیری از سقوط قطعه سنگها به افقهای پایینتر

$$S_B = \left(\frac{1}{2} \text{ to } \frac{2}{3} \right) \times h_B$$

$$W_B = W_C + S_B$$

رابطه عرض پله ایمنی و ارتفاع پله



طراحی معادن روباز

62

عرض پله

عرض پله ایمنی شامل دو بخش است:

زون ضربه‌گیر (Impact Zone)

پهنای دیواره مائل (Berm Width)

- دیواره مائل عمدتاً از باطله تشکیل شده و ارتفاع آن نصف قطر پرفخ بزرگترین کامیون معدن
- گاهی به دلیل شرایط نامساعد و جلوگیری از ریزش لبه پله‌ها، دیواره مائل دقیقاً در لبه ایجاد نمی‌شود.

مداخل عرض پله ایمنی

$$S_B = 0.2h + 4.5$$

مداخل عرض پله عملیاتی

$$W_B = b_w + 1.5 + \frac{W_t}{2} + B + G$$

W_B : عرض پله عملیاتی

b_w : پهنای دیوار مائل

W_t : پهنای کامیون

B : شعاع دامپ (تخلیه) شاول در حالتی که دریچه جام شاول مداخل فاصله نسبت به سطح زمین دارد

G : شعاع تمیز کردن، فاصله افقی بین محور بدن گرد شاول تا نقطه‌ای که جام شاول از پای پله برداشت می‌کند.

عدد ۱٫۵ فاصله ایمنی بین قطر خارجی پرفخ کامیون و قسمت داخلی دیواره مائل است.



طراحی معادن روباز

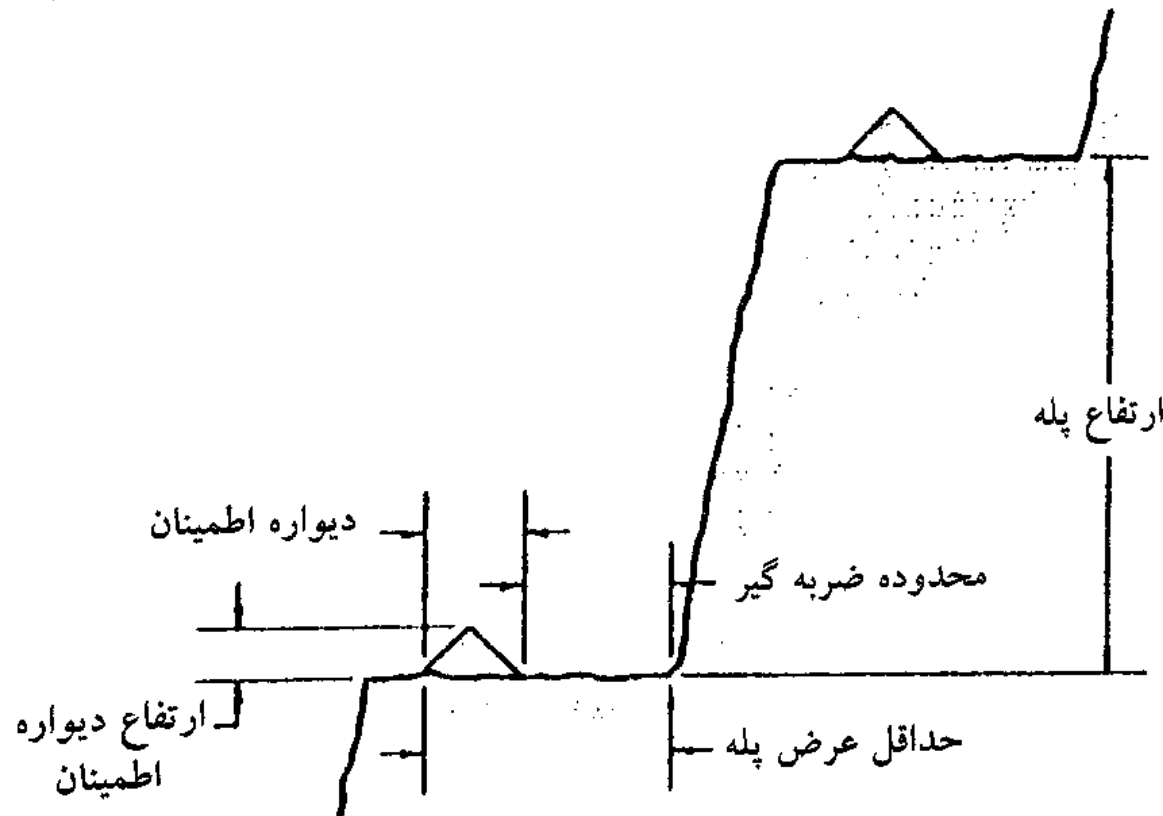
63

عرض پله

عرض پله ایمنی شامل دو بخش است:

زون ضربه گیر (Impact Zone)

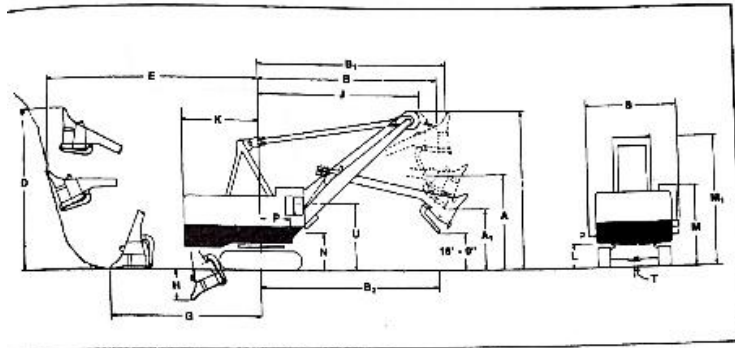
پهنای دیواره مائل (Berm Width)





طراحی معادن روباز

64



Shovel Working Range

Dipper Capacity (Nominal) cu. yds	9
Dipper Capacities (Range) cu. yds	6 1/2-16
Length of Boom	41'-6"
Effective length of dipper handle	25'-6"
Overall length of dipper handle	30'-9"

These dimensions will vary slightly depending upon dipper selection.

Angle of boom	45°	
A Dumping height - maximum	28'-0"	A
A1 Dumping height at maximum radius - B1	20'-6"	A1
B Dumping radius at maximum height - A	45'-6"	B
B1 Dumping radius - maximum	47'-6"	B1
B2 Dumping radius at 16'0" dumping height	47'-0"	B2
D Cutting height - maximum	43'-6"	D
E Cutting radius - maximum	54'-6"	E
G Radius of level floor	35'-3"	G
H Digging depth below ground level - maximum	8'-6"	H
I Clearance height - boom point sheaves	42'-3"	I
J Clearance radius - boom point sheaves	40'-0"	J
K Clearance radius - revolving frame	19'-9"	K
L Clearance under frame - to ground	6'-2"	L
M Clearance height top of house	18'-10"	M
M1 Height of A-frame	31'-2"	M1
N Height of boom foot above ground level	9'-11"	N
P Distance - boom foot to center of rotation	7'-9"	P
S Overall width of machinery house & operating cab	22'-6"	S
T Clearance under lowest point in truck frame	14"	T
U Operator's eye level	18'-0"	U

مثال □

□ با فرض استفاده از شاول ۷ مترمکعبی،

ظرفیت کامیون ۱۰۰ تنی، پهنای کامیون ۵ متر،

قطر چرخ کامیون ۲/۴ متر و زاویه قرارگیری

باطله ۴۵ درجه و شیب پله ۷۰ درجه باشند،

مطلوبست عرض پله ایمنی و عملیاتی؟



طراحی معادن روباز

65

مثال: □

□ با فرض استفاده از شاول ۷ مترمکعبی، ظرفیت کامیون ۱۰۰ تنی، پهنای کامیون ۵ متر، قطر چرخ

کامیون ۲/۴ متر و زاویه قرارگیری باطله ۴۵ درجه و شیب پله ۷۰ درجه باشند، مطلوبست عرض پله

ایمنی و عملیاتی؟

حل: □

$$\tan \alpha = \frac{h_B}{b_w/2} \rightarrow b_w = 2.4m$$

$$W_t = 5 \rightarrow \frac{W_t}{2} = 2.5$$

□ گام ۱: محاسبه پهنای دیواره مائل

□ گام ۲: محاسبه نصف عرض کامیون برابر با

□ گام ۳: محاسبه شعاع تفلیه برای حداکثر ارتفاع جام شاول (بر اساس کاتالوگ شاول):

$$13.87m$$

□ گام ۴: محاسبه شعاع تمیزکردن شاول (بر اساس کاتالوگ شاول):

$$10.75m$$

□ لذا مقدار حداقل عرض پله عملیاتی برابر است با:

$$W_B = 2.4 + 1.5 + 2.5 + 13.87 + 10.75 = 31m$$



طراحی معادن روباز

66

مثال: □

گام ۵: با توجه با امکان بارگیری از هر دو طرف شاول مقدار عرض برش را دو برابر شعاع تمیزکاری در نظر می‌گیرند: □

$$W_C = 2G = 21.5m$$

اما بعلت تورم در عملیات واقعی معدنکاری عرض برش اندکی کمتر از مقدار رابطه فوق است، لذا:

$$W_C = 0.9 \times (2G) = 19.35m$$

گام ۶: عرض پله ایمنی برابر است با: □

$$S_B = W_B - W_C = 31 - 19.35 = 11.65m$$

گام ۷: کنترل درستی محاسبات: □

$$(h_c = h_b = 13.25m > S_B = 11.65m)$$

□ عرض پله ایمنی باید کمتر و حداکثر برابر ارتفاع پله

$$(D = 13.25m)$$

□ ارتفاع پله پیشنهادی باید کمتر و حداکثر برابر ارتفاع برداشت باشد

□ رابطه زیر برقرار باشد

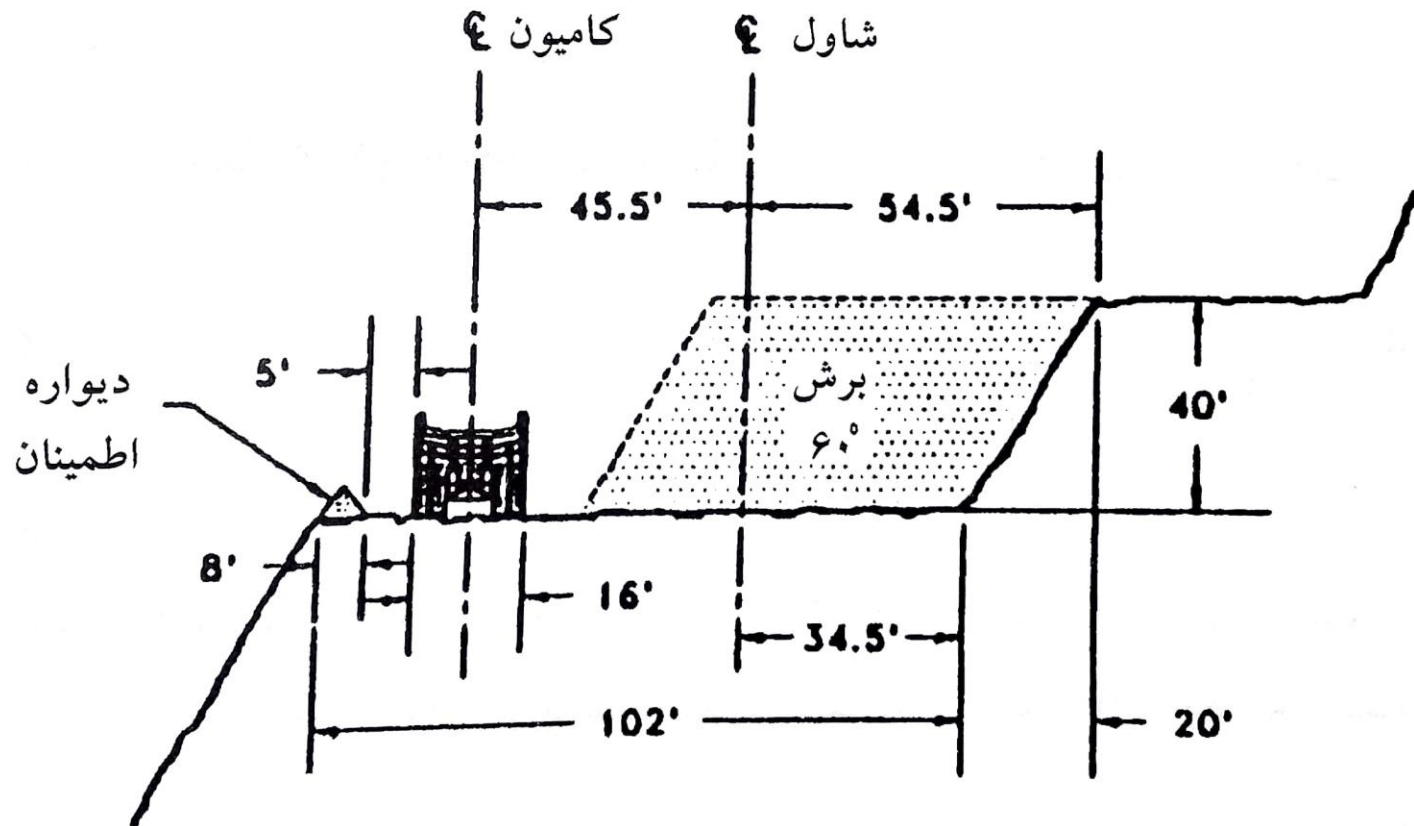
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{h_B}{E - G} < Dip \rightarrow \tan^{-1} \left(\frac{12.5}{16.6 - 10.75} \right) = \tan^{-1} (2.13) = 64.87^\circ < 70^\circ$$



طراحی معادن روباز

67

مثال: □





طراحی معادن روباز

68

❑ مزایای پله‌های مرتفع و عریض:

- ❑ امکان استفاده از ماشین‌آلات عظیم‌الجثه با ظرفیت بالا (کاهش زمان استقرار ماشین‌آلات، پرسنل و راه‌اندازی شیفت)
- ❑ کاهش تعداد پله‌های کاری، سهولت مدیریت عملیات معدنکاری
- ❑ عملیات انفجار بزرگتر، جابجایی ماشین‌آلات به‌علت کاهش تعداد دفعات انفجار کمتر، اتلاف وقت کمتر
- ❑ افزایش بازدهی و بهره‌وری

❑ معایب پله‌های مرتفع و عریض:

- ❑ افزایش احتمال ترقیق و اختلاط
- ❑ پله عریض باعث کاهش شیب عمومی معدن و افزایش باطله برداری می‌شود.
- ❑ به‌علت محدود شدن تعداد پله‌های کاری (به‌علت استفاده از ماشین‌آلات بزرگ) انعطاف‌پذیری عملیات کمتر است.
- ❑ مخلوط کردن عیارهای متفاوت (blending) مشکل است.



طراحی معادن روباز

69

- پارامترهای اصلی در تعیین هندسه و ابعاد پله‌ها
- کمیت و کیفیت عیار ذخیره و ارزش آن
- سیاست‌گذاری تولید بخصوص نسبت باطله‌برداری (روزانه و نمونه افتلاط مواد (کم‌عیار و پرعیار)
- میزان تولید (روزانه، ماهانه، سالانه، ظرفیت کارخانه، فرآوری
- دقت در ارتباط نوع هندسه مورد نیاز پله برای هر نوع ماشین انتخابی
- انتخاب ماشین‌آلات باید با توجه به هزینه اولیه، هزینه عملیاتی و با ملاحظه به شیب پله، شیب معدن، عرض جاده، عرض پله و نسبت باطله برداری.



طراحی معادن روباز

70

□ پارامترهای اصلی در تعیین هندسه و ابعاد پله‌ها

□ سوال کنکور ۱۳۹۶

□ برای ارتفاع و شیب پله در معادن روباز و سنگ سفت کدام گزینه مناسب است؟

۱- ۸ تا ۱۲ متر، ۵۵ تا ۳۵ درجه

۲- ۶ تا ۸ متر، ۵۵ تا ۷۵ درجه

۳- ۸ تا ۲۰ متر، ۷۰ تا ۹۰ درجه 

۴- ۴ تا ۶ متر، ۳۵ تا ۵۵ درجه

□ سوال کنکور ۱۳۸۱

□ کدام عبارت برای پله مین کار صمیع است؟

۱- به عرض پله اطلاق می‌شود و معمولاً $3/5$ برابر پهنای کامیون انتخاب می‌شود.

۲- به فاصله افقی بین لبه پله و پای پله بالایی و برای ایمنی ۴ برابر عرض کامیون انتخاب می‌شود.

۳- شامل ۳ بفش برش، پله ایمنی و عرض دیواره هائل می‌شود که بر اساس ابعاد ماشین بارگیری و کامیون و دریل محاسبه می‌شود.

۴- شامل ۲ بفش می‌شود برش و پله ایمنی که ابعاد دیواره هائل بر اساس ابعاد شاول و کامیون محاسبه می‌شود. 



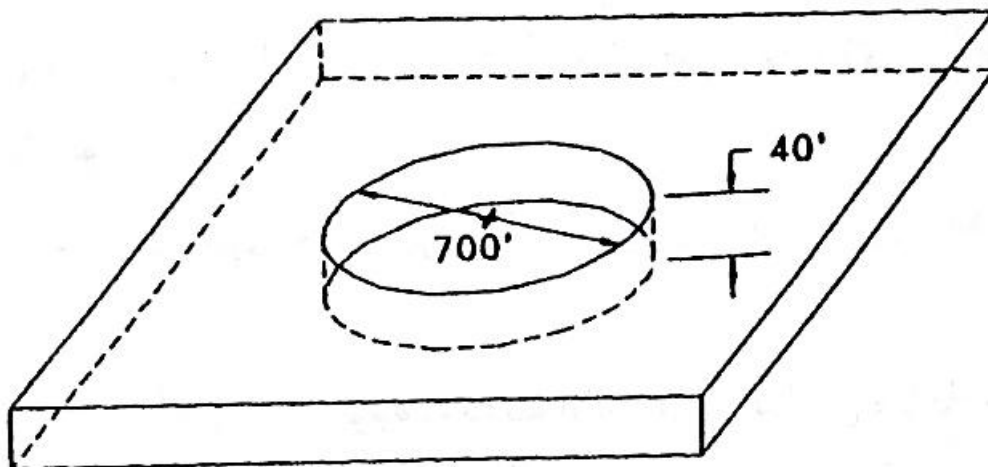
طراحی معادن روباز

71

□ (مپ)

□ ارتباط دهنده بین پله‌ها

- مشخصات هندسی (شیب و پهنا) رمپ به مشخصات ماشین‌آلات (عمدتاً کامیون) بستگی دارد.
- پهنای رمپ: حداقل دو کامیون بتوانند از کنار هم عبور کنند (مداقل چهار برابر پهنای بزرگترین کامیون معدن).
- شیب رمپ معمولاً بین ۸ تا ۱۰ درصد انتخاب می‌شود.
- در برخی شرایط ممکن است رمپ‌ها از درون ماده معدنی عبور کنند.





طراحی معادن روباز

72

□ (مپ)

□ ارتباط دهنده بین پله‌ها

- مشخصات هندسی (شیب و پهنای) رمپ به مشخصات ماشین‌آلات (عمدتاً کامیون) بستگی دارد.
- پهنای رمپ: حداقل دو کامیون بتوانند از کنار هم عبور کنند (حداقل چهار برابر پهنای بزرگترین کامیون معدن).
- شیب رمپ معمولاً بین ۸ تا ۱۰ درصد انتخاب می‌شود.
- در برخی شرایط ممکن است رمپ‌ها از درون ماده معدنی عبور کنند.

□ حجم باطله استخراجی برای ایجاد رمپ:

$$V_R = \frac{1}{2} H^2 \frac{100 R_w}{g}$$

□ مثال:

- اگر ارتفاع پله ۱۲ متر، پهنای رمپ ۳۰ متر و شیب رمپ ۸ درصد باشد، مطلوب‌ست مناسبه حجم باطله برداری:

□ حل:

$$V_R = \frac{1}{2} \times (12)^2 \times \frac{100}{8} \times 30 = 27000 m^3$$

□ طول تصویر افقی رمپ

$$\tan \alpha = \frac{8}{100} = \frac{12}{L} \rightarrow L = 150 m$$



طراحی معادن روباز

73

مپ ☐

سوال کنکور ۱۳۷۳ ☐

چه عامل در انتخاب عرض مفید راه‌های ممل و نقل در معادن روباز موثر هستند؟ ☐

عرض بزرگترین کامیون مورد استفاده 

۲- میزان ترافیک و عریض ترین کامیون مورد استفاده

۳- میزان تولید کانه و باطله

۴- نسبت باطله برداری



طراحی معادن روباز

74

❑ جاده در معادن روباز

❑ علل استفاده از کامیون در ۸۰ درصد از معادن روباز:

- ❑ افزایش ظرفیت کامیون
- ❑ استفاده از دو نوع ترمز
- ❑ اصلاح لاستیک‌ها
- ❑ بکارگیری موتورهای کوچک با قدرت بالا

❑ سوالات اساسی قبل از طراحی جاده:

- ❑ ممل امدات جاده جهت دسترسی ساده به سنگ‌شکن یا دیوها (ماده معدنی و باطله)
- ❑ تنها یک جاده کافی است؟
- ❑ جاده موقت است یا دائمی؟
- ❑ شکل جاده چگونه است؟ (زیگزاگ یا ملزونی)
- ❑ تعداد باندهای جاده (افزایش باند، افزایش سرعت ممل و ایمنی، کاهش شیب و افزایش باطله برداری)
- ❑ شیب جاده؟ حداکثر شیب ۱۳ درصد و میانگین آن بین ۸ تا ۱۰ درصد
- ❑ حداکثر طول جاده؟ با توجه به ظرفیت بالا و سرعت کم حداکثر طول ۳/۲km
- ❑ آیا در طول مسیر، محدوده‌های سست یا آبدار وجود دارد؟
- ❑ آیا جاده از میان ماده معدنی عبور می‌کند؟



طراحی معادن روباز

75

❑ جاده در معادن روباز

❑ سوال کنکور ۱۳۷۲

❑ کدامیک از سیستم‌های زیر در معادن روباز مداخله انعطاف‌پذیری را دارد؟

۱- شاول-کامیون

۲- شاول-سنگ‌شکن متمرک-نوار نقاله

۳- شاول-راه آهن

❑ لودر-کامیون ✓



طراحی معادن روباز

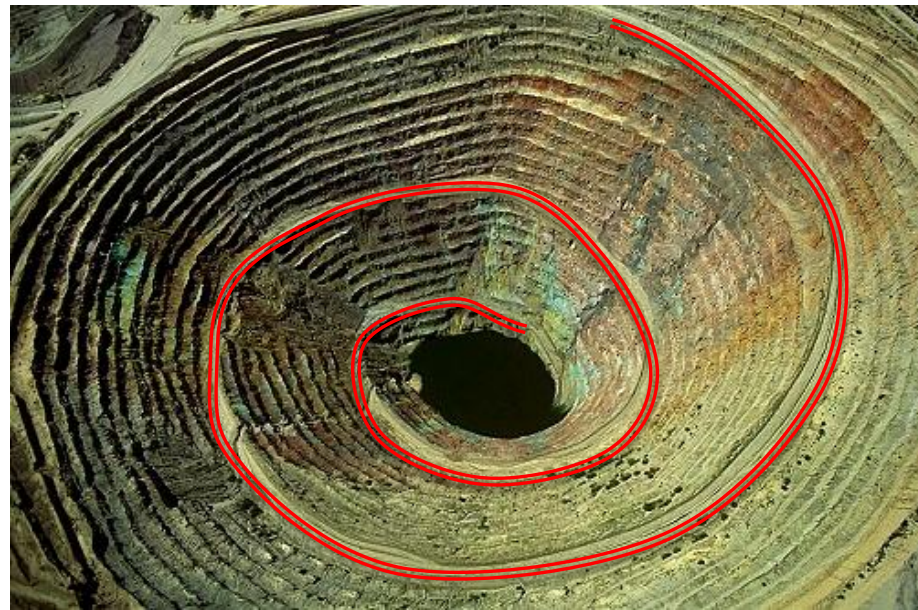
76

□ جاده در معادن روباز

□ انواع جاده در معادن روباز

□ زیگزاگ (معادن عمیق، معمولاً در کمربایین توده سنگ امداد می‌شود.

□ ملزونی (شیب جاده در تمام طول مسیر یکسان است)





طراحی معادن روباز

77

□ جاده در معادن روباز

□ انواع جاده در معادن روباز

□ زیگزاگ (معادن عمیق، معمولا در کمرباطین توده سنگ امداد می شود.

□ ملزونی (شیب جاده در تمام طول مسیر یکسان است)

□ جاده سازی

□ روسازی (Wearing Surface)

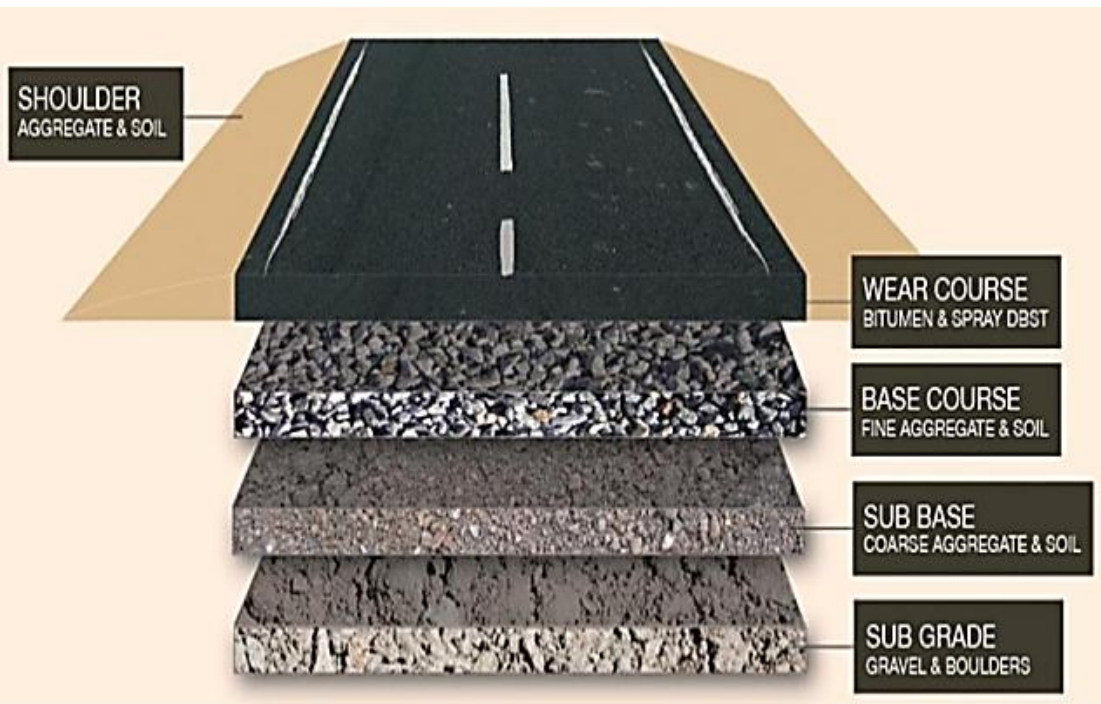
□ زیرسازی

□ اساس (Base)

□ زیر اساس (Sub-Base)

□ پی سازی یا قشر بستر جاده

(Foundation or Sub grade)





طراحی معادن روباز

78

□ طراحی رمپ در معادن روباز

□ سوال کنکور ۱۳۸۱

□ در طراحی رمپ در معادن روباز کدام گزینه صحیح نیست؟

- (۱) رمپ ملقوی طراحی ساده‌ای داشته و حمل و نقل کامیون‌ها را تسهیل می‌کند.
- (۲) رمپ زیگزاگی ترافیک را کند کرده ولی کاهش شیب را در یکی از دیواره‌ها مقدور می‌کند.
- (۳) رمپ ملقوی ترافیک بهتری داشته ولی امکان تخییر شیب دیواره را ندارد.
- (۴) رمپ زیگزاگی به علت سهولت طراحی و بهبود ترافیک کامیون‌ها انتخاب می‌شود. ✓



طراحی معادن روباز

79

❑ جاده سازی در معادن

❑ روسازی (Wearing Surface)

- ❑ آسفالت یا بتن، اما بعلت افزایش هزینه و احتمال تصادف عمدتا از باطله‌های درشت دانه استفاده می‌شود.
- ❑ انتقال بار به بخش زیرین، ایجاد کشش بین سطح جاده و لاستیک، مانع نفوذ آب و جلوگیری از ساینده‌گی

❑ زیرسازی

❑ اساس

- ❑ سنگهای دانه ریز و با دانسیته زیاد
- ❑ مانع تغییر حالت بخش رویی، جلوگیری از جابجایی بخش پی جاده
- ❑ ارتباط مستقیم با کیفیت و عمر جاده دارد

❑ زیر اساس

- ❑ عمدتا از ماسه تمیز تشکیل می‌شود.
- ❑ در صورت نیاز اجرا میشود (پی جاده ضعیف باشد یا امکان یخ بندان وجود داشته باشد)
- ❑ در توزیع تنش و حفظ پایداری جاده نقش مهم دارد.

❑ پی جاده

- ❑ تحمل تمام تنش‌های وارد شده به جاده
- ❑ عمدتا از مخلوط ماسه و رس تشکیل می‌شود.

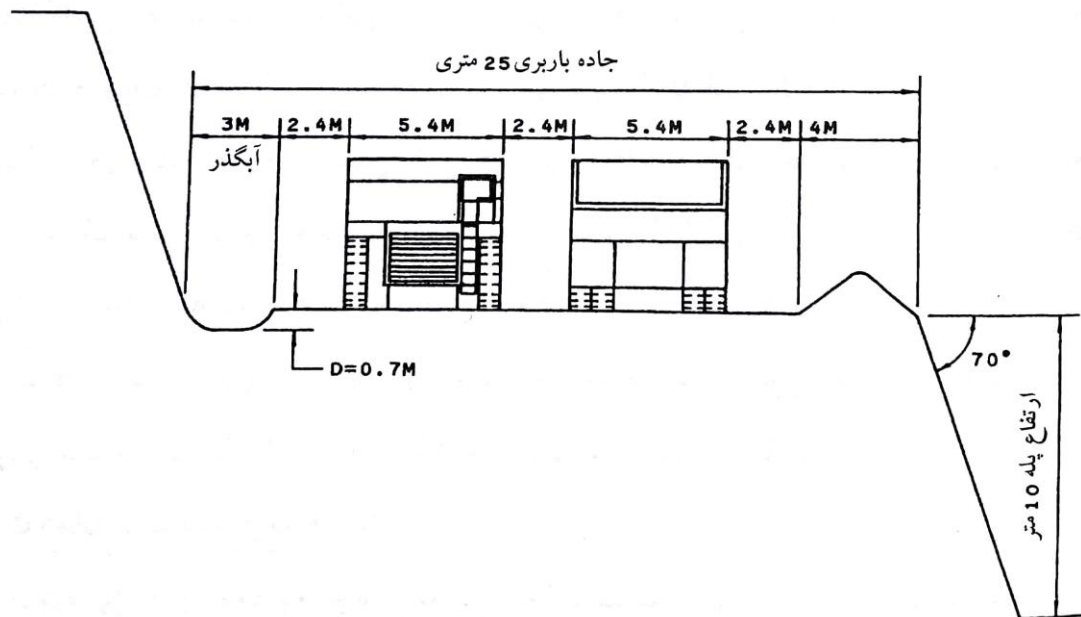


■ **مينا در ساخت جاده در معادن روباز وزن بزرگترين ماشين حمل سنگ است.**

- ۳۳ درصد وزن چرخ‌های جلو
- ۶۷ درصد چرخ‌های عقب

❑ یه‌نای مفید جاده (خطوط رفت و برگشت)

- ☐ پهنای دیواره هائل
- ☐ پهنای کانال آب رو





طراحی معادن روباز

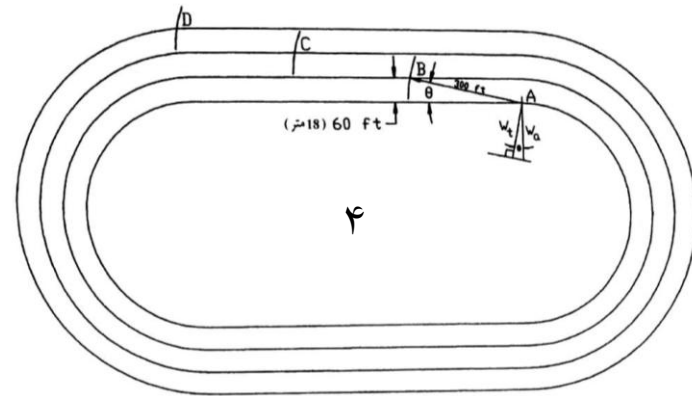
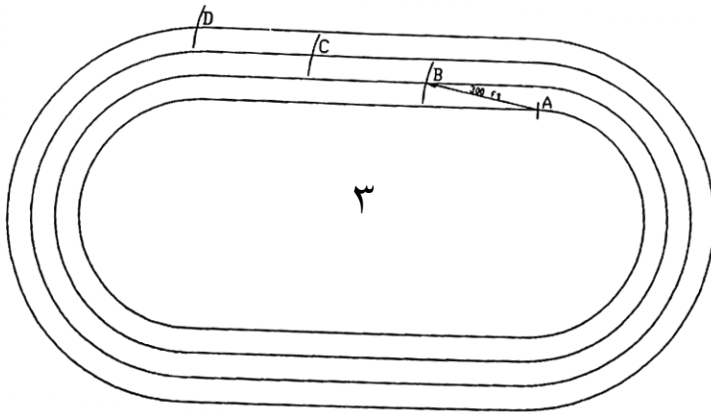
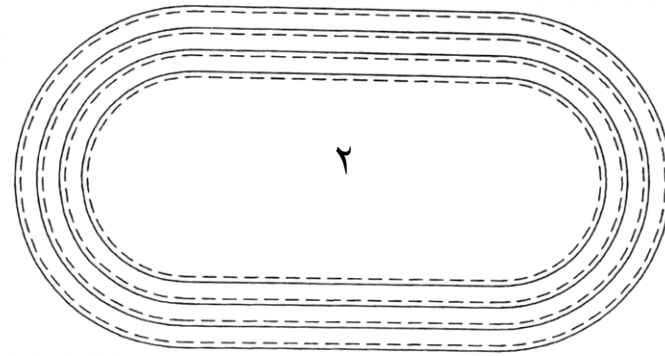
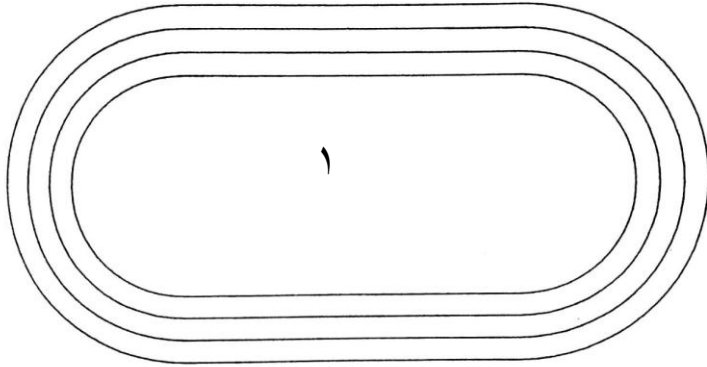
81

- **جانمایی رمپ بر روی نقشه و محاسبه حجم خاکبرداری**
 - ساخت جاده خوب موجب کاهش هزینه حمل، افزایش کارایی کامیون، افزایش ضریب ایمنی
- **مراحل احداث رمپ بر روی نقشه**
 - نمونه موردی، معدن با ۴ پله، ارتفاع پله ۱۲m، عرض پله ۲۰m، پهنای ۳۰m و شیب جاده ۱۰ درصد
 - **مرحله ۱: انتخاب نقطه آغاز**
 - **مرحله ۲: با توجه به ارتفاع پله و شیب مورد انتظار (رمپ، تصویر افقی رمپ بر روی پله (های) بعد جانمایی می‌شود.**
 - **مرحله ۳: اتصال لبه پله در ترازهای مختلف و قرائت زاویه خط عمود بر آن**
 - **مرحله ۴: تعیین عرض ظاهری جاده با استفاده از شیب به دست آمده از مرحله قبل (معمولا قابل اغماض)، خطوط عمود به طول برابر عرض مورد نظر بر لبه پله در نقاط مشخص شده رسم می‌کنیم.**
 - **مرحله ۵: ترسیم خطوطی به موازات لبه پله تا آن پله را قطع کند.**
 - **مرحله ۶: بسط رمپ از پایین ترین پله تا بالاترین پله**



طراحی معادن روباز

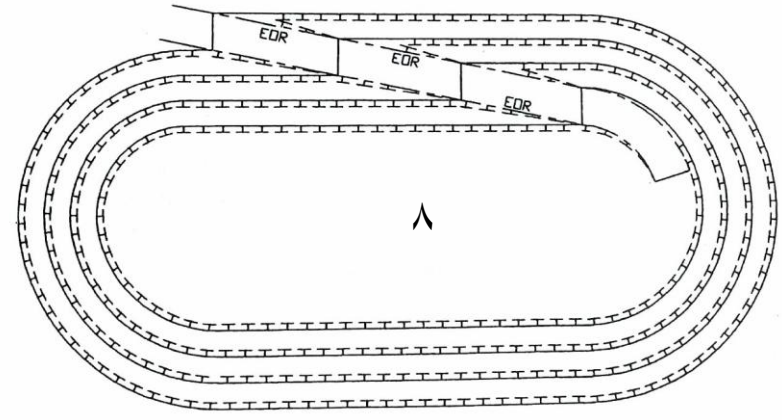
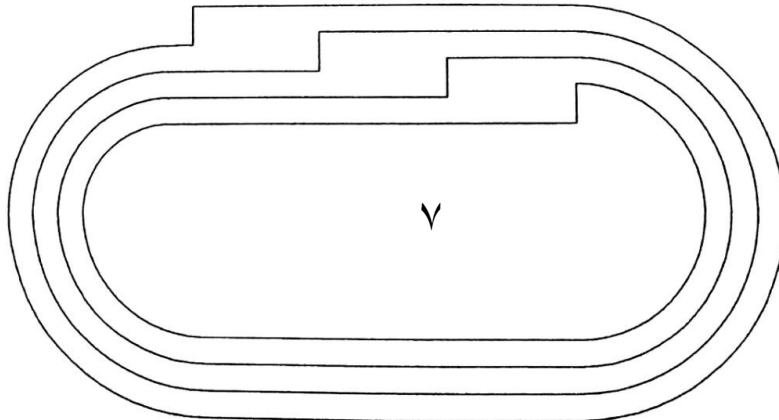
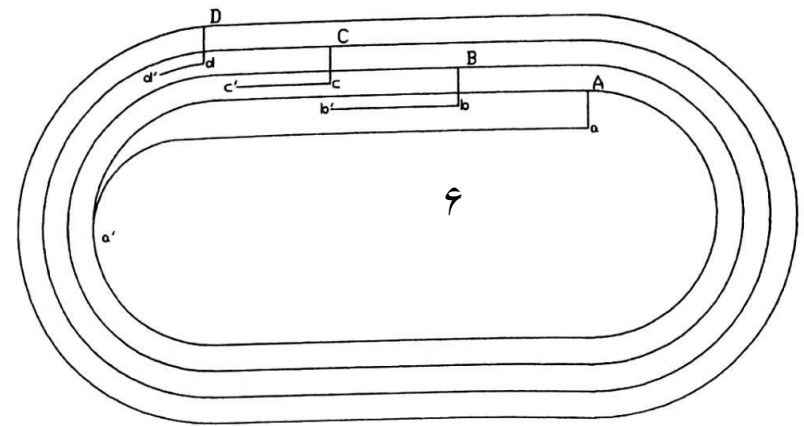
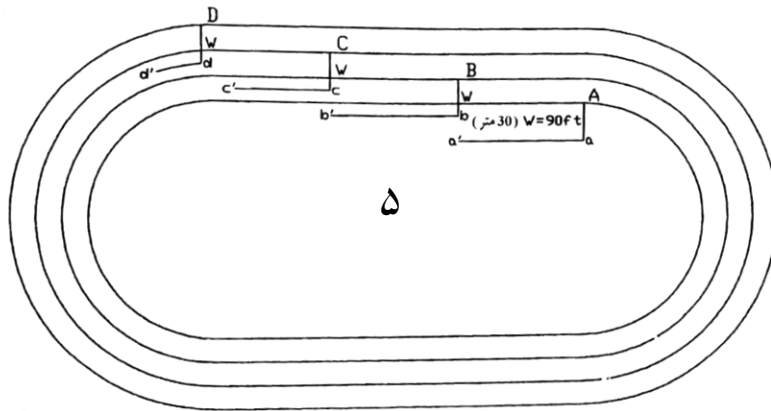
82





طراحی معادن روباز

83





طراحی معادن روباز

84

□ جانمایی رمپ بر روی نقشه و محاسبه حجم خاکبرداری

□ محاسبات:

$$L = \frac{N_b \times h_B}{g} \times 100 = \frac{4 \times 12 \times 100}{10} = 480m$$

□ طول مسیر جاده (رمپ) بر روی نقشه

$$L_{OV} = \sqrt{L^2 + P_D^2} = \sqrt{480^2 + 48^2} = 482m$$

□ مسافتی که کامیون می‌پیماید:

□ حجم خاکبرداری برای امداد رمپ:

$$L_1 = \frac{1}{2} \frac{H^2 \times R_w}{g} \times 100 = 345600m^3$$



طراحی معادن روباز

85

□ جانمایی رمپ بر روی نقشه و محاسبه حجم خاکبرداری

□ سوال کنکور ۱۳۸۰

□ یک رمپ با شیب ۸ درصد، از نقطه‌ای به ارتفاع ۲۲۲۰ متر تا ارتفاع ۲۲۱۰ متر با پهنای ۲۴ متر ایجاد می‌شود. حجم خاکبرداری و طول افقی رمپ چقدر است؟

(۱) ۱۵۰ متر مکعب و ۱۲۵ متر

(۲) ۱۵۰۰۰ متر مکعب و ۸۰ متر

(۳) ۳۰۰۰۰ متر مکعب و ۱۲۵ متر

(۴) ۱۵۰۰۰ متر مکعب و ۱۲۵ متر ✓



طراحی معادن روباز

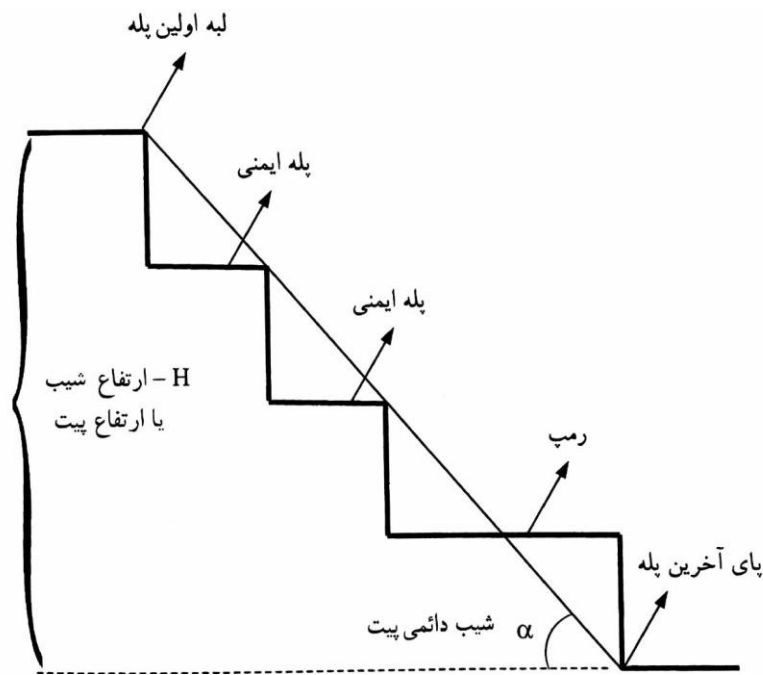
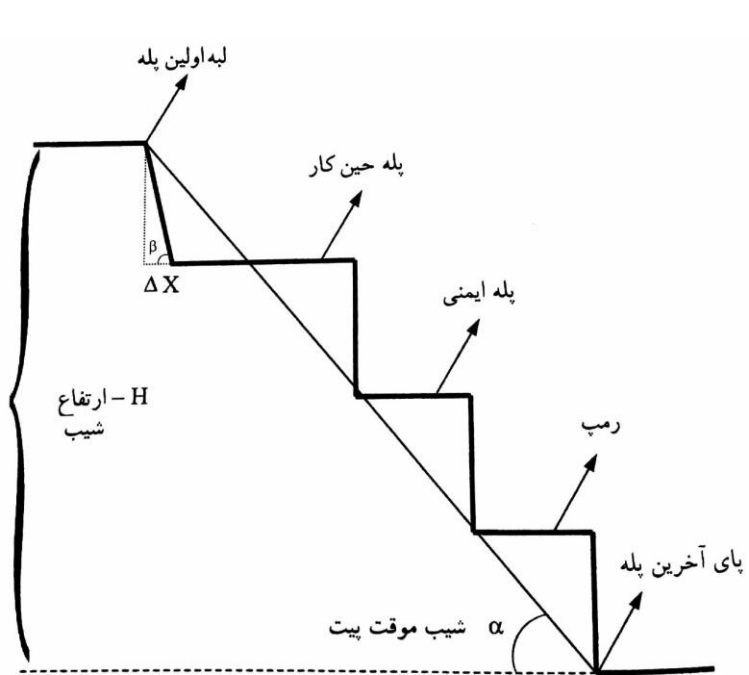
86

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ زاویه بین خطی که لبه اولین پله را به پاشنه آخرین پله متصل میکند.

□ شیب موقت (شامل: عرض پله ایمنی، پله عملیاتی و عرض (مپ))

□ شیب نهایی (شامل: عرض پله ایمنی و (مپ))



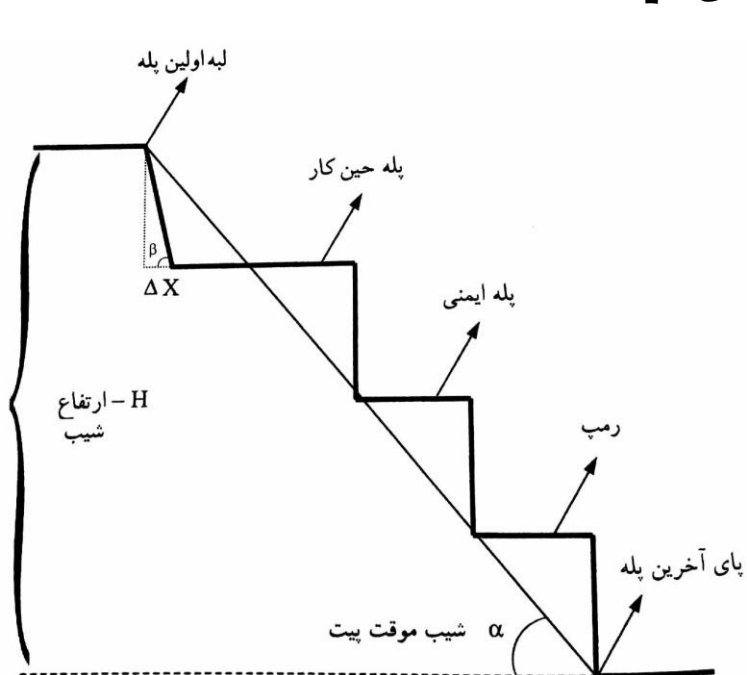


طراحی معادن روباز

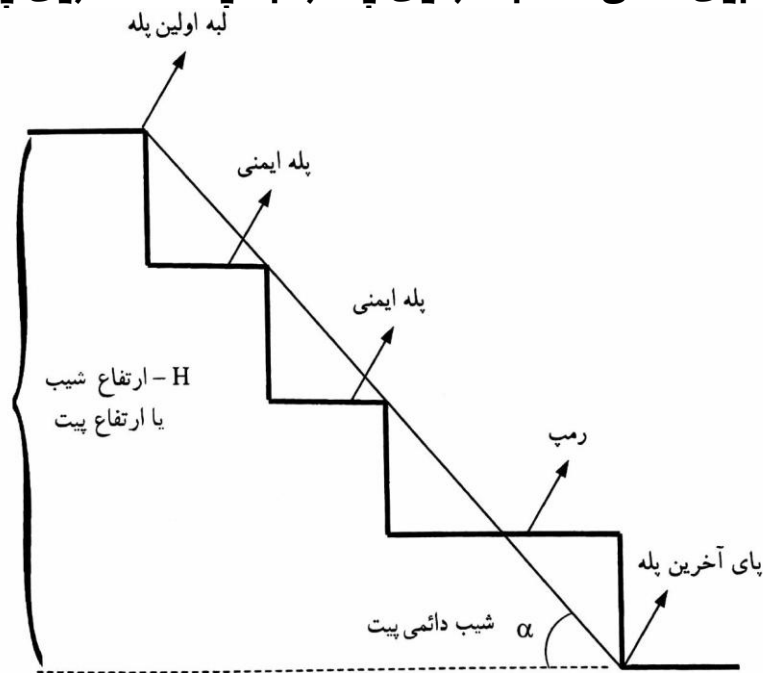
87

طراحی شیب نهایی معدن

زاویه بین خطی که لبه اولین پله را به پاشنه آخرین پله متصل میکند.



$$\tan \alpha = \frac{n \times h}{n \times \frac{h}{\tan \beta} + W_R + (n-3)S_B + W_B}$$



$$\tan \alpha = \frac{n \times h}{n \times \frac{h}{\tan \beta} + W_R + (n-2)S_B}$$



طراحی معادن روباز

88

طراحی شیب نهایی معدن

مثال:

ارتفاع پله ۱۵ متر (۴ پله)

عرض پله عملیاتی ۳۵ متر

عرض رمپ ۲۵ متر

عرض پله ایمنی ۱۰ متر

شیب پله ۶۵ درجه

حل:

شیب موقت

شیب نهایی

$$H = 15 \times 4 = 60m$$

$$X = 25 + 35 + 10 + \left(4 \times \frac{15}{\tan 65} \right) = 98$$

$$\tan \alpha = \frac{60}{98} = 0.61 \rightarrow \alpha = 31.5^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{4 \times 15}{25 + (2 \times 10) + \left(4 \times \frac{15}{\tan 65} \right)} = \frac{60}{73} = 0.82 \rightarrow \alpha = 39.4^\circ$$



طراحی معادن روباز

89

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ عوامل مؤثر در اقتصاد معادن روباز

□ قیمت فعلی فلز یا کانی مفید

□ قیمت آینده فلز یا کانی مفید

□ میزان تولید

□ هزینه تولید

□ میزان ذخیره قابل استخراج

□ نسبت باطله برداری (W/O)

□ چهار عامل اول فارچ از کنترل مهندس طراح؛ دو عامل آخر در اختیار مهندس طراح

□ با افزایش یا کاهش شیب نسبت باطله برداری کاهش یا افزایش می‌یابد.

□ بر اساس مطالعات اقتصادی در عمق ۲۰۰ متری، هر درجه کاهش شیب، ۱۴ میلیون تن باطله برداری به دنبال دارد.



طراحی معادن روباز

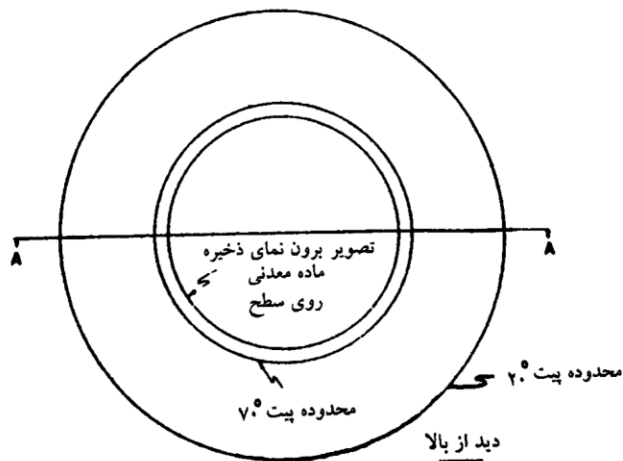
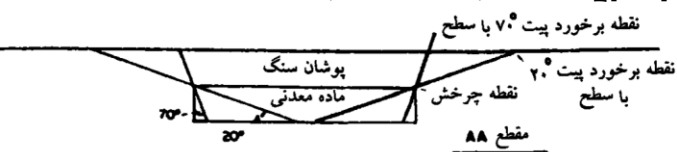
90

طراحی شیب نهایی معدن

آنالیز مساسیت شیب نهایی معدن

مثال: یک معدن با ذخیره‌ای استوانه‌ای افقی به قطر ۹۰۰ متر و عمق ۱۵۰ متر و متوسط دانسیته ۲/۵،

تخیزات نسبت باطله برداری برای شیب نهایی بین ۲۰ تا ۷۰ درجه بین ۱/۲۷ تا ۵/۷۵ است.



شیب	ماده معدنی (تن)	باطله برداری (تن)	کل باطله + ماده معدنی	نسبت $\frac{W}{O}$
۲۰	۳۷۹۲۹۰۷۷	۲۱۸۰۵۱۸۵۱	۲۵۵۹۸۰۹۲۸	۵/۷۵:۱
۳۰	۵۳۵۷۰۸۱۴	۱۶۵۸۷۹۷۰۱	۲۱۹۴۵۰۵۱۵	۳/۱:۱
۴۰	۶۴۵۷۳۸۹۹	۱۴۱۳۹۳۹۱۸	۲۰۵۹۶۷۸۱۳	۲/۱۹:۱
۵۰	۷۲۷۵۹۷۸۲	۱۲۶۶۳۸۶۸۵	۱۹۹۳۹۸۶۴۷	۱/۷۴:۱
۶۰	۷۹۳۴۸۳۷۸	۱۱۶۳۱۳۴۳۵	۱۹۵۶۶۱۸۱۳	۱/۴۷:۱
۷۰	۸۵۰۴۲۷۳۳	۱۰۸۲۹۱۱۶۰	۱۹۳۳۳۳۸۹۳	۱/۲۷:۱



طراحی معادن روباز

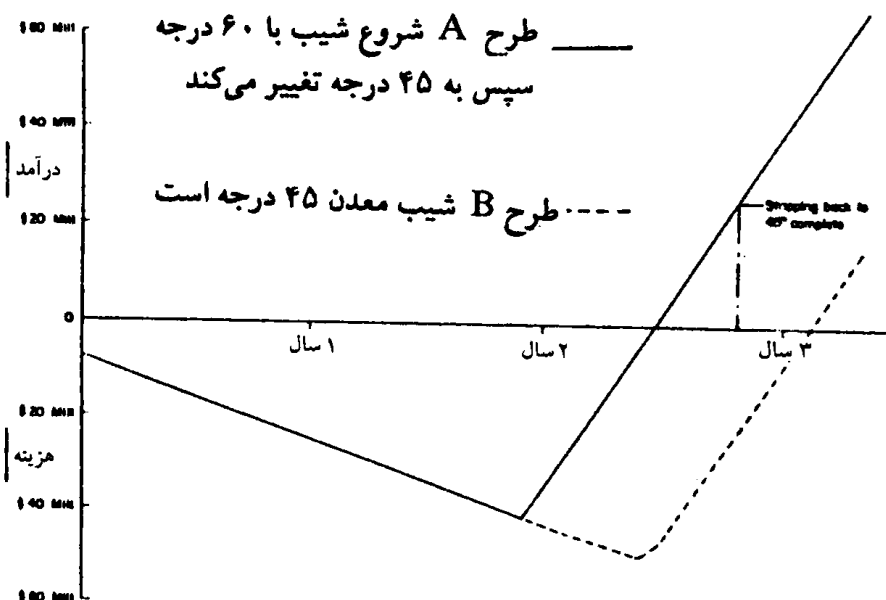
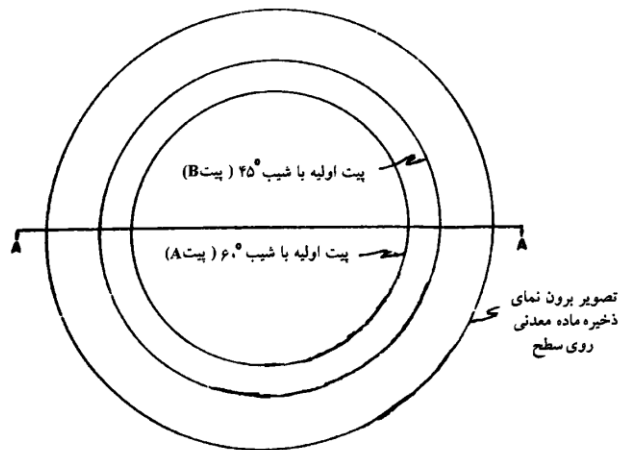
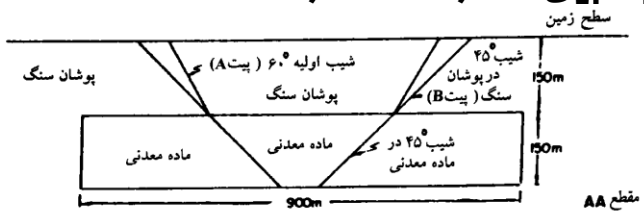
91

طراحی شیب نهایی معدن

آنالیز مساسیت شیب نهایی معدن

مثال: یک معدن با ذخیره‌ای استوانه‌ای افقی به قطر ۹۰۰ متر و عمق ۱۵۰ متر و متوسط دانسیته ۲/۵،

تخیزات نسبت باطله برداری برای شیب نهایی بین ۲۰ تا ۷۰ درجه بین ۱/۲۷ تا ۵/۷۵ است.





طراحی معادن روباز

92

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ نمونه تعیین شیب نهایی معدن

□ روش رومانا (SMR)

□ Slope Mass Rating

□ $SMR = RMR + (F_1 * F_2 * F_3) + F_4$

□ شاخص طبقه‌بندی مهندسی سنگ (RMR):

□ مقاومت تراکمی تک محوری (σ_c)

□ شاخص کیفی توده سنگ (RQD)

□ فاصله داری ناپیوستگی‌ها (SD)

□ شرایط سطح ناپیوستگی‌ها (زبری و بازشدگی)

□ شرایط آبدهی درزه



طراحی معادن روباز

93

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ نمونه تعیین شیب نهایی معدن

□ روش (رومانا) (SMR)

I	II	III	IV	V	طبقه بندی
۸۱-۱۰۰	۶۱-۸۰	۴۱-۶۰	۲۱-۴۰	۰-۲۰	SMR
خیلی خوب	خوب	مناسب	ضعیف	خیلی ضعیف	توصیف
وجود ندارد	ممکن	گوه ای	صفحه ای یا گوه ای	قاشقی یا صفحه ای	امکان شکست
>۴۵	۴۰-۴۵	۳۵-۴۰	۳۰-۳۵	<۳۰	زاویه اصطکاک
					داخلی توده سنگ
>۴۵	۴۰-۴۵	۳۵-۴۰	۳۰-۳۵	<۳۰	شیب پیشنهادی



طراحی معادن روباز

94

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ سوال کنکور ۱۳۷۶

□ در یک معدن روباز پلکانی

(۱) با افزایش عرض پله شیب نهایی معدن افزایش می‌یابد.

(۲) با افزایش ارتفاع پله، شیب نهایی معدن افزایش می‌یابد. ✓

(۳) با افزایش شیب پله، شیب نهایی معدن کاهش می‌یابد.

(۴) با افزایش تعداد پله‌ها شیب نهایی معدن افزایش می‌یابد.

□ در یک معدن روباز اگر ارتفاع و عرض پله نصف شود، کدام گزینه صحیح است؟

(۱) زاویه شیب نهایی کاواک تغییر نمی‌کند. ✓

(۲) زاویه شیب نهایی کاواک بزرگتر می‌شود.

(۳) زاویه شیب نهایی کاواک کوچکتر می‌شود.

(۴) زاویه شیب نهایی کاواک بسته به مقدار پله‌ها می‌تواند بزرگتر یا کوچکتر شود.



طراحی معادن روباز

95

□ طراحی شیب نهایی معدن

□ سوال کنکور ۱۳۸۰

□ مدداکثر شیب نهایی دیواره در معدن روباز با شرایط زیر چقدر است؟

شیب تک پله ۶۵ درجه، ارتفاع تک پله، ۱۰ متر، عرض پله ایمنی ۴/۵ متر، تعداد پله ایمنی ۱۰، عرض رمپ ۱۰ متر

۴۵/۸ ✓

۴۶/۳ (۲)

۴۷/۵ (۳)

۵۲/۱ (۴)



طراحی معادن روباز

96

عناصر طراحی در معادن روباز

منابع و ذخایر معدنی

عیار مد

محدوده نهایی معدن

تولید و عمر معدن

قیمت محصول نهایی



طراحی معادن روباز

97

□ ارزیابی پتانسیل کانسار برای انتخاب روش روباز

□ ارزش اقتصادی کانسنگ

□ ارزش بفش کانسنگ

□ T ضخامت کانسنگ

□ ρ_o چگالی کانسنگ

□ g_o عیار بفش کانی دارد

□ γ درصد بازیابی در مراحل ذوب و تغلیظ

□ P قیمت واحد فلز

$$I = T \times \rho_o \times g_o \times y \times P$$

□ کل هزینه‌ها

$$C_T = (S \times \rho_{OB} \times C_{OB}) + (D \times \rho_w \times C_w) + (T \times \rho_o \times C_o)$$

$$I = C_T$$

□ نقطه سر به سر

$$g = \frac{C_T}{T \times \rho_o \times y \times P}$$

□ لذا عیار مد برابر است با:





طراحی معادن روباز

98

انواع عیار مد □

عیار مد دو محصولی $g_c = \frac{C_T}{10 \times (P_{BP} + P_O) y_{ov}}$ □

عیار مد ثابت □

عیار مد دینامیکی (الگوریتم لین) □

$$C_T = C_m + C_c + C_s + C_r \quad y_{ov} = y_1 \times y_2 \times y_3$$

تعریف عیار مد سر به سر: □

عیاری که در آن در آمد حاصل از فروش فلز با هزینه‌های استخراج، فرآوری و بازیابی برابر شود. □

تعریف عیار مد داخلی □

عیار بالاتر از عیار مد که می‌تواند با افزایش درجه سودآوری هزینه‌های باطله برداری را پوشش دهد. □

تعریف عیار مد کارخانه □

اگر مواد داخل کامیون (بدون فرآوری و ذوب) بتواند کلیه هزینه‌های فرآوری و فروش را تأمین کند و مواد آن مستقیماً به تخلیظ منتقل شود. □

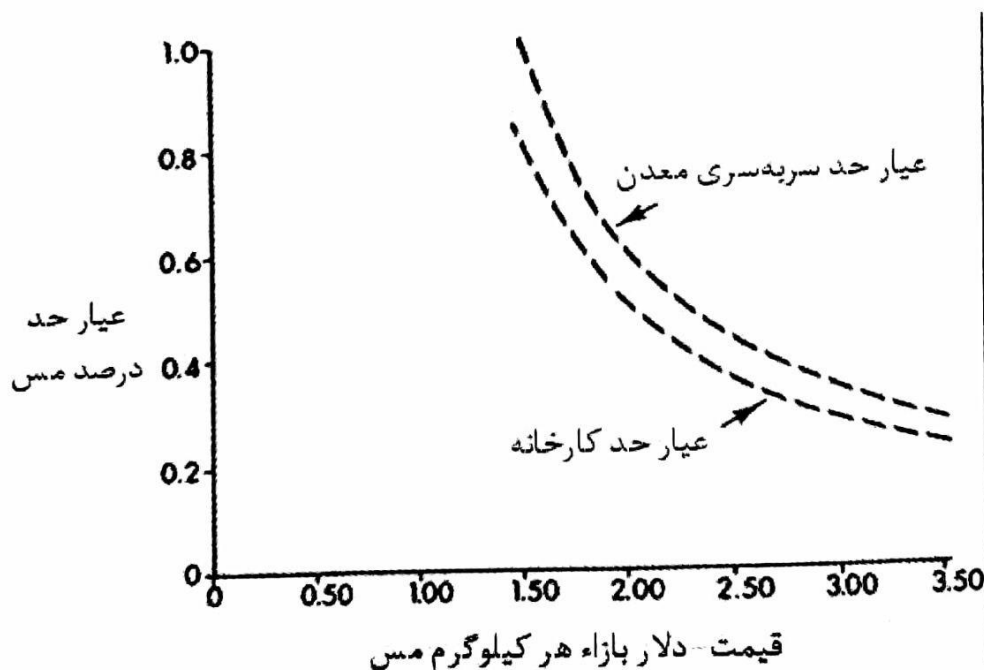


طراحی معادن روباز

99

□ انواع عیار مد

□ اگر مواد داخل کامیون (بدون فرآوری و ذوب) بتواند کلیه هزینه‌های فرآوری و فروش را تأمین کند و مواد آن مستقیماً به تخلیض منتقل شود.



$$g_{mi} = \frac{C_c + C_s + C_r}{10 \times P \times y} = \frac{C_T}{10Py}$$



طراحی معادن روباز

100

مزایا و معایب عیار مد بالا

- ❑ ذخیره قابل استخراج و عمر معدن را کاهش می‌دهد (عیار مد پایین موجب کاهش سود دهی می‌شود)
- ❑ زمان دسترسی به سود را کاهش و درجه سود آوری را افزایش می‌دهد (افزایش NPV)
- ❑ افزایش اطمینان از کوتاه بودن دوره بازگشت سرمایه
- ❑ در صورت افزایش قیمت محصول موجب افزایش سود آوری و کاهش ریسک در سالهای افت قیمت
- ❑ در صورت افزایش قیمت می‌توان با استفاده از عیارهای پایین تر عمر معدن را افزایش داده و مواد پر عیار را انبار کرد.
- ❑ موجب از دست رفتن فرصتها در دوره کوتاه مدت افزایش قیمت محصول (بعلت کاهش عمر معدن)
- ❑ کاهش عمر معدن تبعات اجتماعی و سیاسی دارد (کاهش اشتغال)



طراحی معادن روباز

101

□ عیار مد

□ سوال کنکور ۱۳۷۲

□ در یک کانسار فلزی کلیه هزینه‌های استمصال فلز بجز باطله برداری برای عیارهای ۰/۵ و ۰/۴ درصد ثابت و برابر ۷۰۰۰ ریال بر تن هستند. اگر ضریب بازیابی فلز در کانه آرای، ذوب و تصفیه فلز به ترتیب برابر ۸۰٪، ۷۵٪ و ۸۵٪ و قیمت فروش هر کیلو فلز ۳۰۰۰ ریال باشد، عیار مد را مناسبه کنید:

$$g_c = \frac{C}{yP} = \frac{7000}{1000 \times 0.8 \times 0.75 \times 0.85 \times 3000} = 0.46\%$$

□ سوال کنکور ۱۳۷۳

□ عیار مد معادن با کدامیک از پارامترهای زیر وابسته نیست؟

۱- هزینه‌های معدنکاری و فرآوری و ... مربوط به یک تن کانه

۲- درصد بازیابی در مرحله فرآوری و ...

۳- قیمت محصول نهایی حاصل از یک تن کانه

۴- هزینه یک تن باطله برداری ✓



طراحی معادن روباز

102

عيار مد

سوال كنكور ۱۳۷۳

برای شرایط ذیل عیار مد چقدر است؟

- هزینه استخراج هر تن ماده معدنی ۴۰۰۰ ریال
- هزینه پرعیار سازی ماده معدنی ۲۰۰۰ ریال بر تن
- هزینه ذوب، استمصال و پالایش محصول نهایی معدن ۱۰۰۰ ریال بر کیلوگرم
- قیمت محصول نهایی معدن ۲۵۰۰ ریال بر کیلوگرم
- نرخ بازیابی کانه‌ارایی ۹۹٪

$$g_c = \frac{C}{10 \times R(P - SRS)} = \frac{4000 + 2000}{10 \times 99 \times (2500 - 1000)} = 0.4\%$$

سوال كنكور ۱۳۹۶

اگر همه پارامترها ثابت بماند اما راندمان ۲۰٪ کاهش یابد، چه تغییری در عیار مد سر به سری اتفاق می افتد؟

- ۱- ۱۰٪ کاهش می‌یابد.
- ۲- ۲۰٪ افزایش می‌یابد
- ۳- ۲۰٪ کاهش می‌یابد.
- ۴- ۲۵٪ افزایش می‌یابد. 



طراحی معادن روباز

103

میزان تولید

افزایش تولید باعث کاهش هزینه‌های جاری عملیات می‌شود.

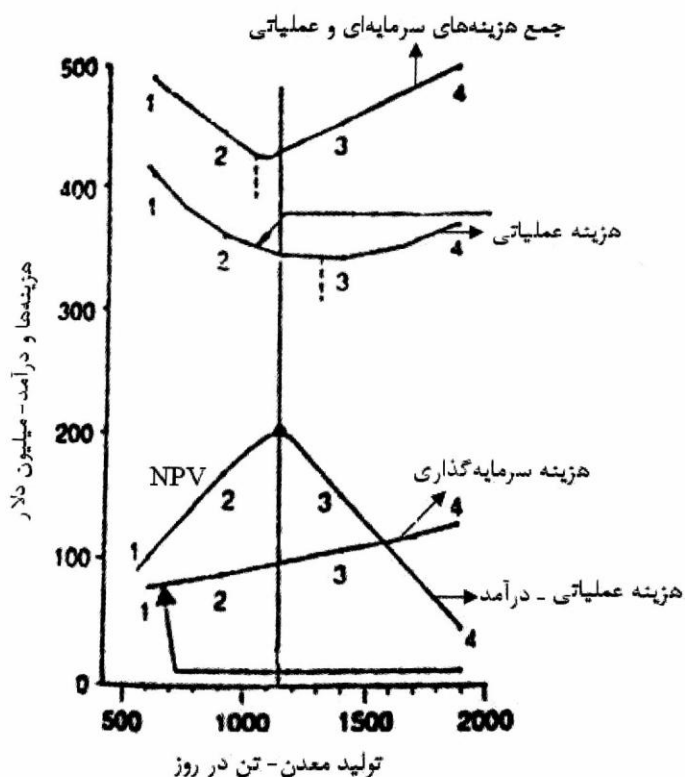
اگر عمر معدن کمینه شود:

هزینه کل (سرمایه‌ای و عملیاتی) افزایش می‌یابد.

اگر عمر معدن بیشینه شود

تناژ تولید کاهش یافته و درآمد کم می‌شود.

در برنامه ریزی تولید هدف کمینه کردن هزینه جاری عملیات است



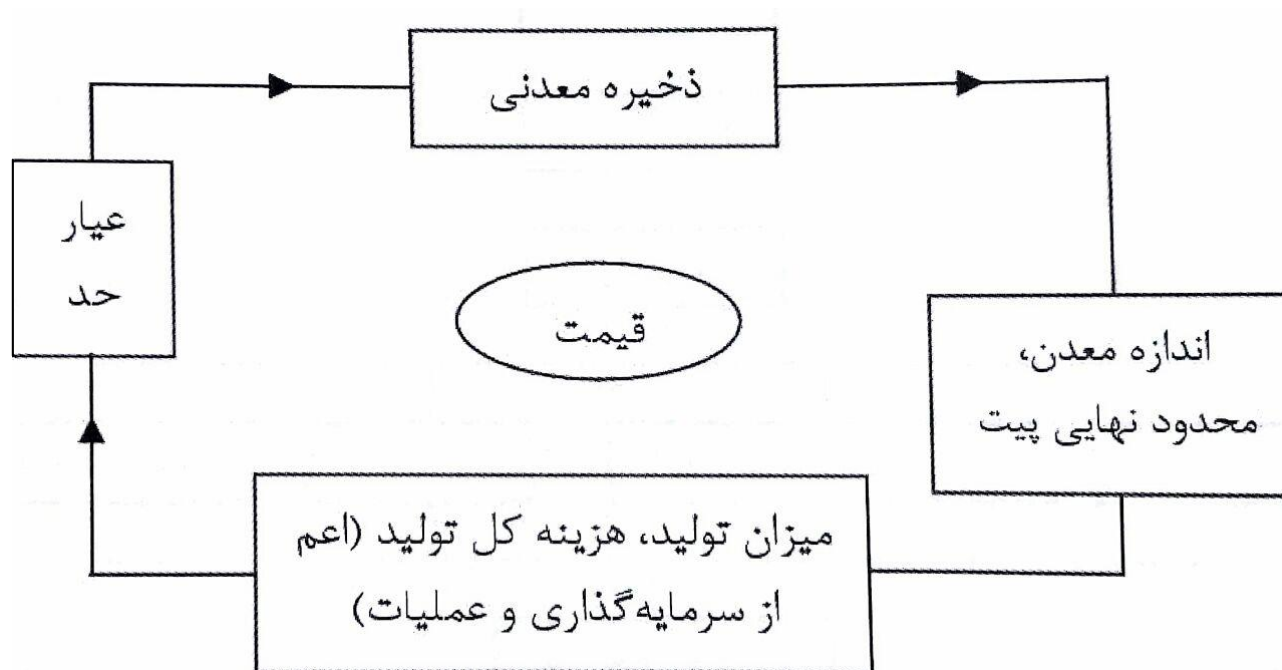


طراحی معادن روباز

104

□ قیمت محصول

□ بالا بودن قیمت محصول امکان استخراج ذخایر پیمیده‌تر و عمیق‌تر را فراهم می‌کند.





طراحی معادن روباز

105

طراحی در معادن روباز (تعیین محدوده پیت نهایی)

اطلاعات مورد نیاز طراحی معدن

اکتشافی

هیدرولوژی

ژئومکانیکی

اقتصادی

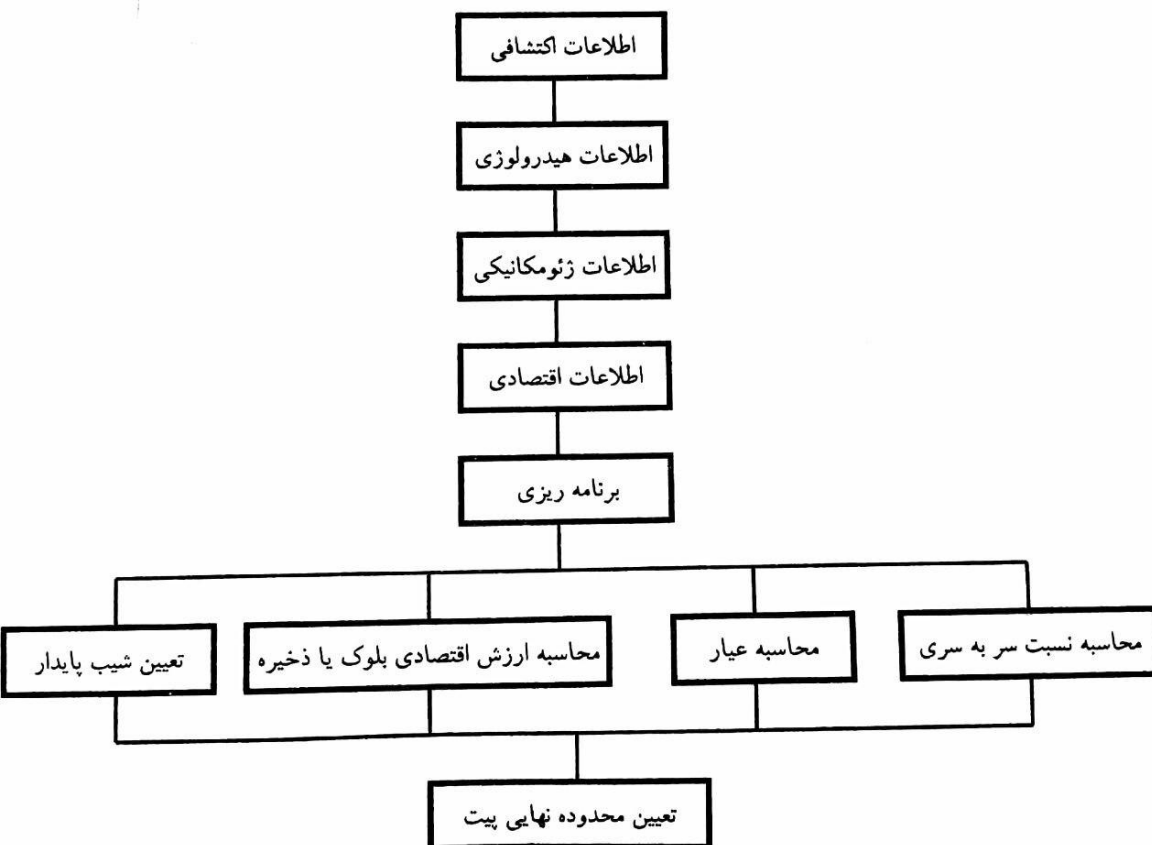
فروبی طراحی معادن روباز

نسبت باطله برداری

عیار مد

ارزش اقتصادی بلوک (یا ذخیره)

شیب تک پله، شیب عمومی مز





طراحی معادن روباز

106

□ طراحی در معادن روباز (تعیین محدوده پیت نهایی)

□ انواع نسبت باطله برداری

□ نسبت باطله برداری متوسط

□ Average (or) Overall Stripping Ratio

□ نسبت باطله برداری سر به سر

□ Break-Even Stripping Ratio

□ نسبت باطله برداری لحظه‌ای

□ Instantaneous (or) Incremental Stripping Ratio

□ نسبت باطله برداری دوره‌ای

□ Periodic Stripping Ratio

□ نسبت باطله برداری مجاز

□ Allowable Stripping Ratio



طراحی معادن روباز

107

متوسط نسبت باطله برداری (OSR یا ASR) □

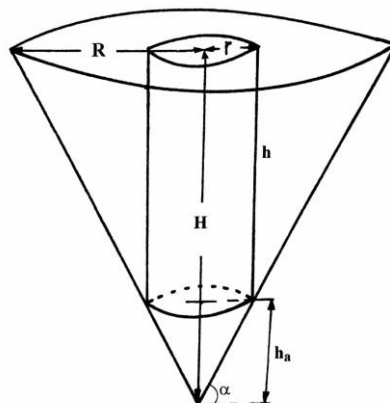
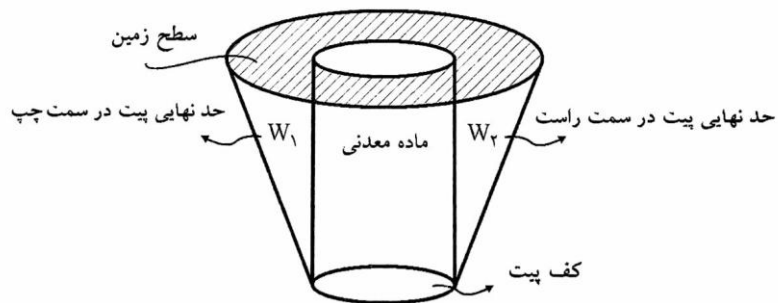
$$OSR = \frac{W}{O}$$

نسبت کل باطله به کل ماده معدنی قابل استخراج از همان پیت □

مثال $OSR = 2:1$ □

تعریف جامع‌تر از OSR □

$$OSR = \frac{V_P - V_O}{V_O}$$



پیت مخروط ناقص □

با فرض یکسان بودن دانسیته‌ها □

با معلوم بودن شیب عمومی: □

$$OSR = \frac{\left[\frac{1}{3} \pi R^2 H - \frac{1}{3} \pi r^2 h_a \right] - \pi r^2 h}{\pi r^2 h}$$

$$R = \frac{H}{\tan \alpha}$$



طراحی معادن روباز

108

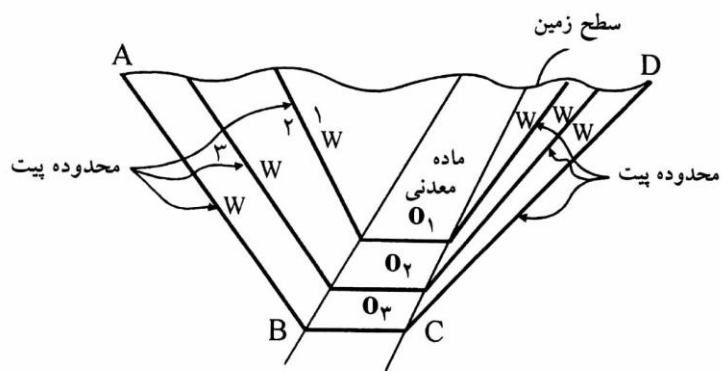
□ متوسط نسبت باطله برداری (OSR یا ASR)

□ برای ذخایر بی قاعده (غیر از استوانه‌ای) باید با بلوک بندی ذخیره و محاسبه حجم و تناژ ماده معدنی و باطله

$$OSR = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{O_1 + O_2 + O_3}$$

مقدار OSR را محاسبه نمود (دقیق‌ترین روش)

□ متوسط نسبت باطله برداری برای پشته‌های ۱ و ۲ و ۳



$$SR_1 = \frac{W_1}{O_1}$$

$$SR_2 = \frac{W_2}{O_2}$$

$$SR_3 = \frac{W_3}{O_3}$$



طراحی معادن روباز

109

□ متوسط نسبت باطله‌برداری (OSR یا ASR)

□ رابطه مناسبه میزان ترقیق (DF) برای ذخایر جدولی شیبدار

$$DF = 1 + 25.788(T^{-2.802})$$

□ هرچه ضخامت ماده معدنی بیشتر باشد، ترقیق کمتر است.

□ کیفیت عملیات انفجار و شرایط جوی بر میزان ترقیق موثر هستند.

□ بطور کلی عدد ترقیق بین ۱۰ تا ۴۰ درصد ترقیق ثبت شده است.

□ معادن طلا به ضخامت بیش از ۵ متر، ۱۰ درصد

□ معادن طلا به ضخامت بین ۳ تا ۵ متر، ۲۰ درصد

□ معادن طلا به ضخامت کمتر از ۳ متر، ۳۰ درصد



طراحی معادن روباز

110

□ متوسط نسبت باطله برداری (OSR یا ASR)

□ پارامتر OSR بعلت عدم دفالت عیار و ارزش فلز مفهوم اقتصادی مشخصی بدست نمی دهد.

□ شافص باطله برداری:

$$SI = \frac{OSR}{g}$$

□ هرچه عیار بالاتر باشد، شافص باطله برداری کمتر و پیت تعیین شده اقتصادی تر است.

□ محاسبه OSR وقتی میسر است که نسبت باطله برداری سر به سری (BESR) محاسبه شده باشد.

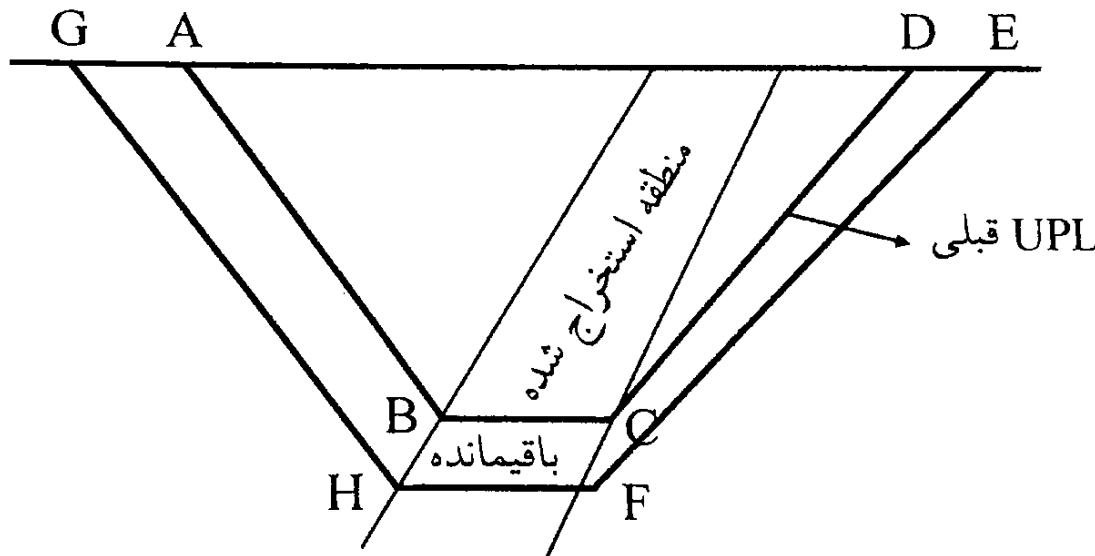


طراحی معادن روباز

111

□ نسبت باطله برداری لمحظه‌ای (ISR)

□ فرض بر آن است که بحلت تخییر شرایط اقتصادی بتوان ممدوده نهایی معدن را بزرگتر از UPL در نظر گفت.



$$ISR = \frac{ABHG + CDEF}{BCHF}$$

□ در صورت اقتصادی بودن نسبت لمحظه‌ای، ممدوده نهایی پیت تخییر کرده و نسبت باطله برداری سر به سری با

مقدار باطله برداری لمحظه‌ای برابر خواهد شد.

$$ISR = BESR$$



طراحی معادن روباز

112

□ نسبت باطله برداری دوره‌ای (PSR)

□ نسبت باطله برداری در یک دوره زمانی بـفـصـوص که نشان می‌دهد در آن دوره زمانی به ازای استخراج هر تن ماده معدنی، چند تن باطله استخراج شده است.

$$PSR = \frac{W_t}{O_t}$$

□ برای داشتن برنامه تولید ثابت نسبت دوره‌ای (PSR) باید مساوی یا نزدیک به نسبت سرجمع یا متوسط نسبت باطله برداری (OSR یا ASR) باشد.

$$PSR = OSR (ASR)$$



طراحی معادن روباز

113

□ نسبت باطله برداری مجاز (ALSR)

□ عامل تعیین کننده مد روباز- زیرزمینی

$$ALSR = \frac{C_{Um} - C_{Op}}{C_w}$$

□ مثال: مطلوبست تعیین نسبت باطله برداری مجاز برای اطلاعات زیر:

□ هزینه برداشت هرتن باطله ۴۰۰۰

□ هزینه استخراج هر تن کانسنگ در عمق ۳۵۰ متری

□ به روش زیرزمینی ۶۰۰۰

□ به روش روباز ۴۰۰۰

$$ALSR = \frac{6000 - 4000}{4000} = 0.5 : 1$$



طراحی معادن روباز

114

□ نسبت باطله‌برداری مجاز (ALSR)

□ سوال کنکور ۱۳۷۴

□ باتوجه به شرایط زیر نسبت باطله‌برداری مجاز (ALSR) چقدر است؟

□ هزینه استفراجه یک تن ماده معدنی به روش زیرزمینی ۱۲۴۰۰ ریال

□ هزینه استفراجه یک تن ماده معدنی به روش روباز ۵۵۰۰ ریال

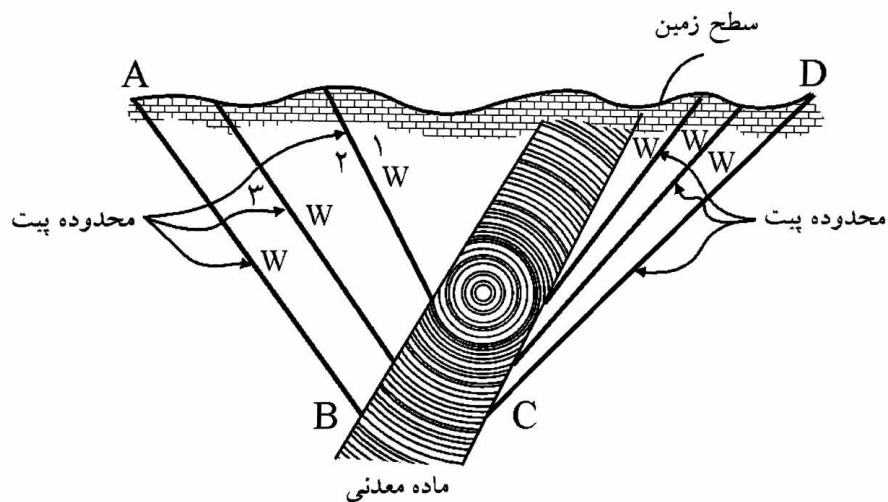
□ هزینه برداشت و انتقال یک تن باطله به روش روباز ۴۲۰۰ ریال

$$ALSR = \frac{12400 - 5500}{4200} = 1.64:1$$



طراحی معادن روباز

115



□ نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

□ با افزایش عمق:

□ افزایش نسبت باطله برداری

□ افزایش هزینه‌ها به درآمدها

□ در یک تراز مشخص در آمد حاصل از محصول نهایی معدن برابر هزینه‌های استخراج و فرآوری ماده معدنی و

برداشت باطله‌های مورد نیاز جهت استخراج ماده معدنی می‌گردد. این تراز را نسبت سر به سری باطله به ماده

معدنی (BESR) و آن محدوده را محدوده نهایی پیت (UPL) نامند.



طراحی معادن روباز

116

□ محاسبه نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

$$C_t = C_c + C_o + C_w$$

$$I = C_t$$

$$SR = \frac{W}{O} \rightarrow W = SR \times O$$

$$C_w = W \times c_w \rightarrow C_w = SR \times 1 \times c_w$$

$$I = C_c + C_o + (SR \times c_w)$$

$$BESR = \frac{I - (C_c + C_o)}{C_w}$$

$$BESR = \frac{10Pgy - (C_c + C_o)}{C_w}$$

□ C_t : مجموع هزینه‌ها

□ C_o : هزینه استفراف یک تن ماده معدنی

□ C_w : کل هزینه باطله برداری برای استفراف یک تن ماده معدنی

□ c_w : هزینه هر تن باطله برداری

□ C_c : هزینه فرآوری هر تن ماده معدنی

□ W : تناژ باطله

□ O : تناژ ماده معدنی

□ I : در آمد فروش محصول نهایی از یک تن ماده معدنی

□ SR : نسبت باطله برداری لحظه‌ای

□ g : عیار متوسط ماده معدنی

□ P : قیمت محصول نهایی

□ γ : ضریب بازیابی مراخل ذوب، تخلیظ و پالایش



طراحی معادن روباز

117

□ محاسبه نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

□ مثال:

□ مطلوبست محاسبه مقدار BESR برای مقادیر ذیل:

□ هزینه استخراج هر تن ماده معدنی ۵۰۰۰

□ هزینه برداشت هر تن باطله ۵۰۰۰

$$BESR = \frac{10 \times 2400 \times .95 \times 0.7 - (5000 + 7000)}{5000} = 0.792 : 1$$

□ عیار فلز ۷۰٪ درصد

□ قیمت نهایی فلز ۲۴۰۰

$$BESR \begin{cases} g = 0.4\% \rightarrow BESR = -0.576 : 1 \\ g = 0.9\% \rightarrow BESR = 1.704 : 1 \end{cases}$$

□ میزان بازیابی ۹۵٪

□ هزینه تخلیظ، حمل کنسانتره به ذوب، هزینه ذوب، حمل ذوب به پالایشگاه، هزینه پالایش، حمل محصول

پالایش شده ۷۰۰۰ به ازای تن ماده معدنی



طراحی معادن روباز

118

□ تعیین معادله و ترسیم خط نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

□ این معادله تغییرات BESR را به ازای تغییر در مقدار متوسط عیار ماده معدنی نشان می‌دهد.

□ برای این کار مانند مثال قبل باید مقدار BESR را برای دو مقدار از عیار ماده معدنی داشته باشیم.

□ یعنی برای مثال قبل داریم:

$$y - y_0 = a(x - x_0)$$

$$a = \frac{BESR_1 - BESR_2}{g_1 - g_2} = \frac{1.7 - (-0.6)}{0.9 - 0.4} = 4.6$$

$$BESR = 4.6g - 2.44$$

□ در معادله بالا اگر $BESR=0$ گذاشته شود، مقدار عیار حد g_c محاسبه می‌گردد.

$$BESR = 4.6g - 2.44 = 0 \rightarrow g_c = 0.53\%$$



طراحی معادن روباز

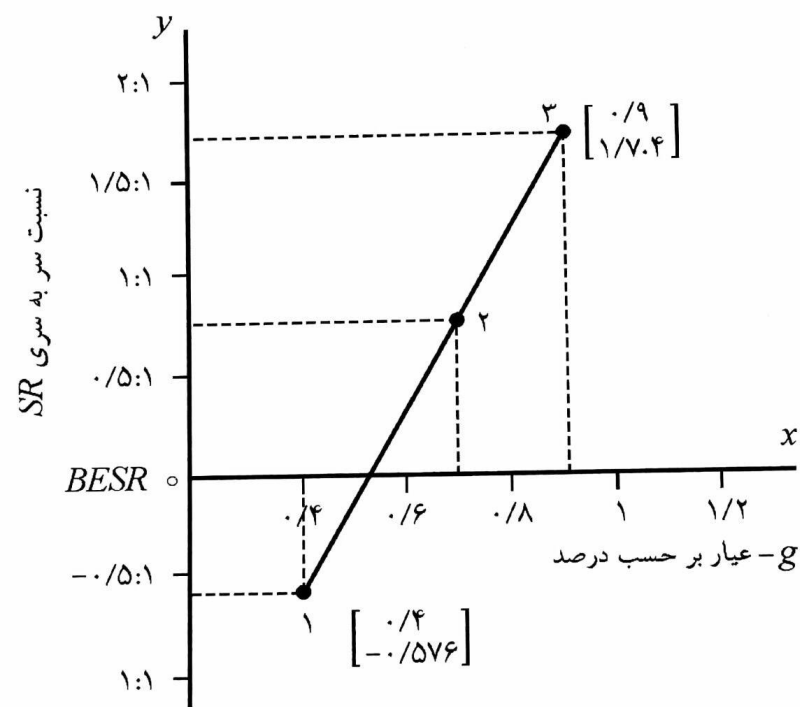
119

□ تعیین معادله و ترسیم خط نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

□ برای ترسیم مد نهایی معدن در هر کشور و هر فلز باید معادله خط BESR تعیین شود.

□ همواره مقدار OSR کمتر از مقدار BESR است.

□ گاهی به BESR نسبت باطله برداری اقتصادی گفته می‌شود.





طراحی معادن روباز

120

□ تعیین معادله و ترسیم خط نسبت باطله برداری سر به سری (BESR)

□ سوال کنکور ۱۳۷۳

□ مطلوبست محاسبه نسبت باطله برداری سر به سری برای شرایط ذیل:

□ قیمت نهایی محصول ۲۵۰۰ ریال در کیلوگرم

□ عیار محصول نهایی ۰/۳۵

□ میزان بازیابی محصول نهایی ۹۹ درصد

□ هزینه استخراج و تولید و بازاریابی محصول نهایی ۴۲۰۰ ریال در تن

□ هزینه باطله برداری ۱۷۵۰ ریال بر تن

$$BESR = \frac{1 - C_o}{C_w} = \frac{(10 \times 0.35 \times 0.99 \times 2500) - 4200}{1750} = 2.55:1$$



طراحی معادن روباز

121

محدوده نهایی پیت

به محدوده ای از ذخیره معدنی که استفرای از آن به روش روباز، توجیه فنی و اقتصادی داشته باشد، محدوده

نهایی معدن گویند.

این محدوده باید در زمان مشخص استفرای شود و در این صورت استفرای کل ماده معدنی داخل آن بیشترین

سود را به دست می‌دهد.

شرایط تعیین محدوده نهایی:

معدن از نظر عمق و سایر ابعاد به نقطه ای میرسد که استفرای بقیه ماده معدنی با سایر روش‌ها (از جمله زیرزمینی) از هزینه

کمتری در قیاس با روش روباز برخوردار هستند.

معدن به محدوده‌ای میرسد که حداکثر ماده معدنی که می‌توان با روش روباز استفرای کرد، استفرای شده و بقیه ماده معدنی را

فعلا با هیچ روشی نمی‌توان استفرای کرد.



طراحی معادن روباز

122

□ روش‌های تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش دستی

□ روش (های) کامپیوتری

□ روش مخروط شناور متمرک (یا شناور) مثبت

□ روش برنامه ریزی پویا

□ روش دو بعدی

□ روش دو نیم بعدی لرح و گروسمن

□ روش سه بعدی



طراحی معادن روباز

123

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

□ زمان‌بر، پر خطا و به قضاوت و تجربه طراحان بستگی دارد.

□ اطلاعات ضروری تعیین محدوده به روش دستی

□ تهیه مقاطع طولی از ذخیره که بیانگر ابتدا و انتهای ذخیره باشد

□ تهیه مقاطع عمودی (عمود بر محوری طولی ذخیره) که مقاطع عرضی نامیده می‌شوند.

□ تعداد و فاصله این مقاطع به شدت تغییرات عیار و زمین‌شناسی محدوده وابسته است (بین ۱۰ تا ۳۰ مقطع).

□ مقاطع شعاعی برای قسمت‌های انتهایی ذخیره

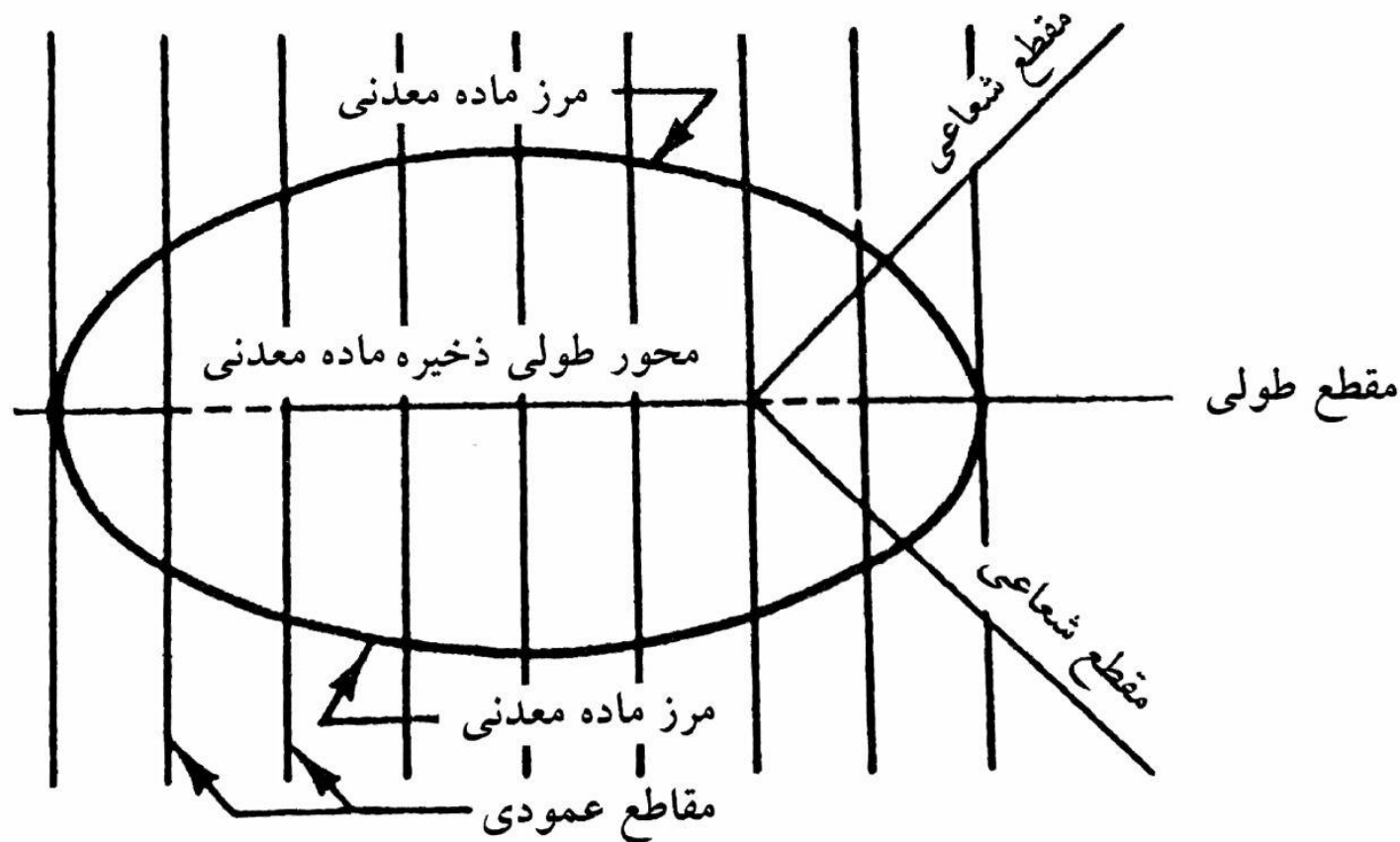
□ منحنی نسبت باطله برداری سر به سری (برای هر کشور و هر نوع ماده معدنی متفاوت است)



طراحی معادن روباز

124

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن





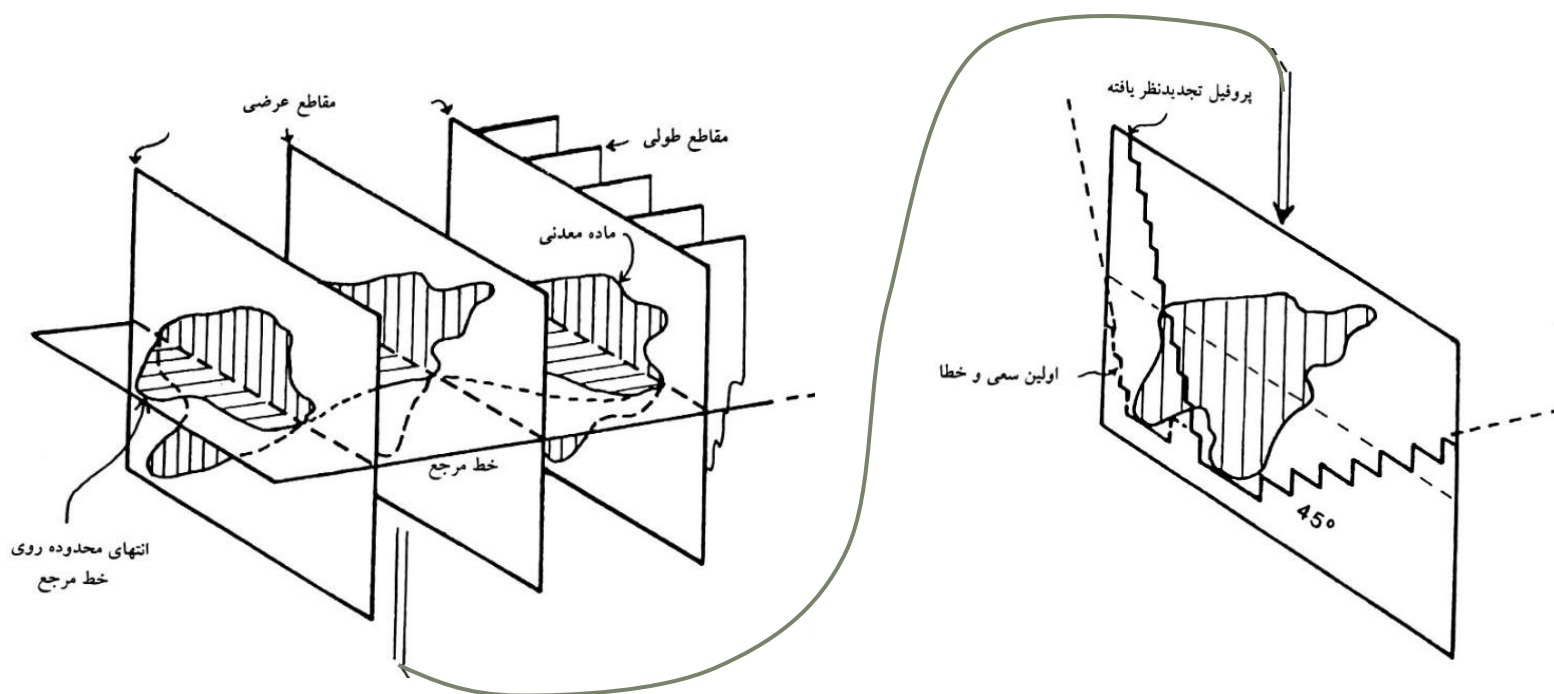
طراحی معادن روباز

125

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

□ اطلاعات موجود در مقاطع:

□ عیار، توپوگرافی، نوع کانسنگ، تناژ، ناپیوستگی‌ها، سنگ‌های دربرگیرنده، کانسنگ، هیدرولوژی و ...





طراحی معادن روباز

126

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

□ مواردی که باید در تعیین محدوده نهایی پیت به روش دستی مشخص شوند:

□ مقاطع طولی، عرضی و شعاعی

□ نسبت سر به سری مرجع

□ شیب پایدار معدن

□ پهنای پله مین کار

□ پهنای کف پیت

□ ارتفاع و شیب تک پله

□ پهنای جاده

□ پهنای دامپ و شیب قابل قبول آن



طراحی معادن روباز

127

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

□ سوال کنکور ۱۳۷۲

□ در طراحی محدوده نهایی معدن روباز به روش دستی، کدام یک از نسبت‌های زیر به تنهایی و یا زیر مجموعه‌ای از آنها باید بعنوان پیش نیاز مورد استفاده قرار گیرد؟

۱- نسبت باطله‌برداری کل

۲- نسبت باطله‌برداری سربه‌سری

۳- نسبت باطله‌برداری سربه‌سری یا مجاز و نسبت باطله‌برداری مد روباز-زیرزمینی

۴- نسبت باطله‌برداری مجاز ✓

□ سوال کنکور ۱۳۹۶

□ ابعاد و اطلاعات لازم برای طراحی محدوده نهایی معادن روباز در روش دستی کدامند؟ ✓

۱- مقاطع قائم و شعاعی، زاویه شیب پایدار دیواره معدن، نسبت باطله‌برداری مجاز، حداقل عرض کف معدن

۲- مقاطع قائم، زاویه شیب پایدار دیواره معدن، ارتفاع پله، حداقل عرض کف معدن

۳- مقاطع قائم و شعاعی، زاویه شیب پله‌ها، عیار مد، حداقل عرض کف معدن

۴- مقاطع قائم، ارتفاع پله‌ها، عیار مد، عمق معدن



طراحی معادن روباز

128

□ روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

□ گامهای روش دستی:

- تهیه مقاطع عرضی و تعیین محدوده قابل استخراج در هر مقطع (با استفاده از منحنی سر به سر)
- جفت و جور کردن مقاطع (بر مسب تجربه و مهارت طراح) و تعیین کف پیت، دهانه پیت، کف پله ها
- تعیین محدوده نهایی

□ معایب روش دستی برای طراحی محدوده نهایی ذخایر معدنی بزرگ

- انجام محاسبات طولانی موجب افزایش احتمال خطا می شود
- اصلاحات احتمالی در طرح، مستلزم وقت زیاد و محاسبات تکراری و کسل کننده است و فلاقیت طراح را کاهش می دهد.
- عدم تطابق شرایط نهایی پیت با شرایط هر مقطع هنگام ترکیب مقاطع و تهیه طراحی سه بعدی، و این عدم تطابق تفاوت های شدیدی در حجم ذخیره قابل استخراج و حجم سرمایه گذاری ایجاد کند.

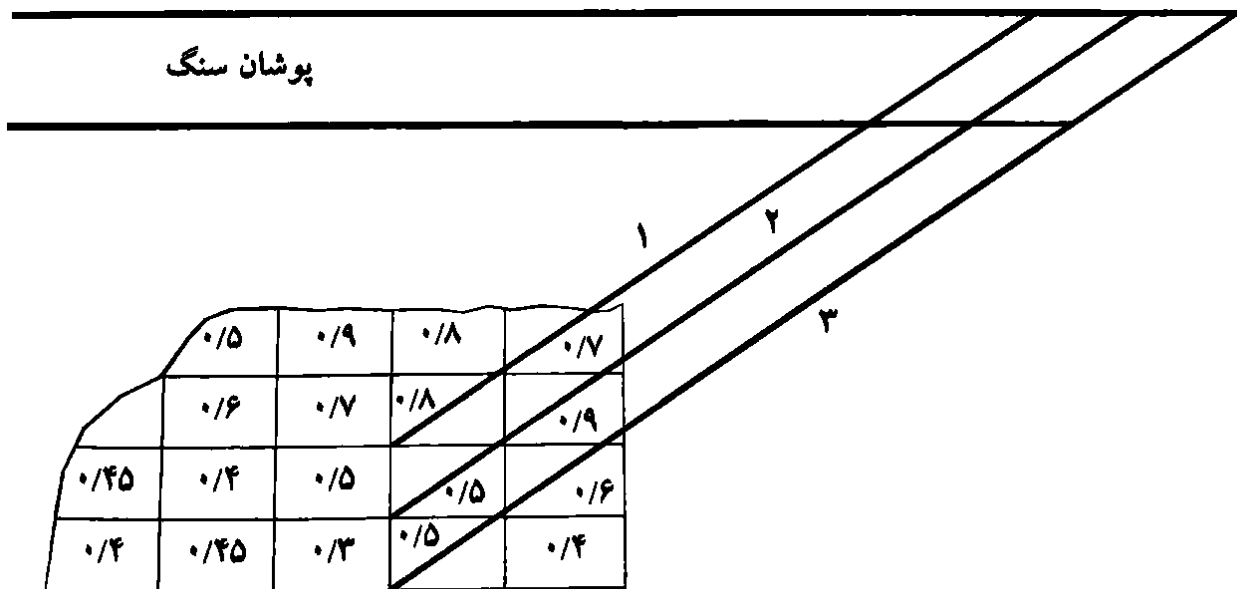


طراحی معادن روباز

129

روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

مثال



L_{ov} (متر)	L_w (متر)	L_{ore} (متر)	g_i (%)	$L_{ore} \times g_i$
۱۰۰	۱۲۰	۵۰	۰/۷	۳۵
		۶۰	۰/۸	۴۸
		<u>۱۱۰</u>		<u>۸۳</u>



طراحی معادن روباز

130

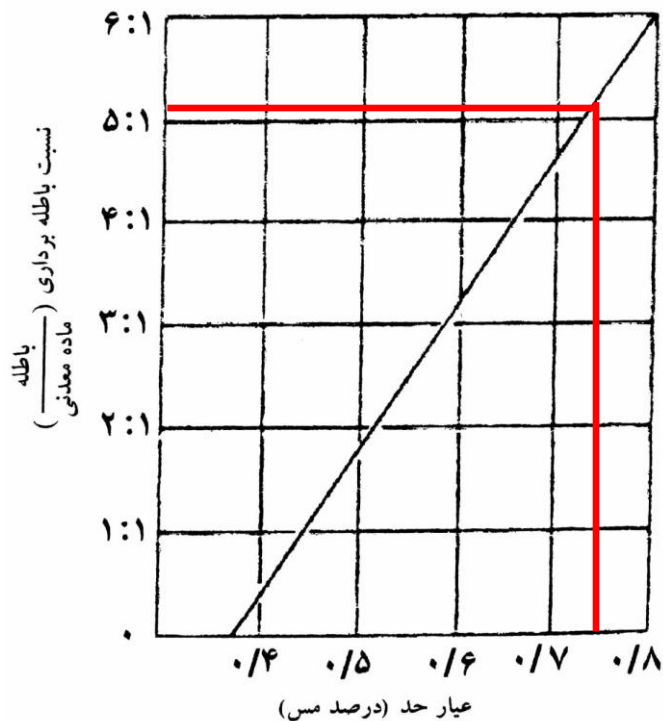
روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

مثال

$$\bar{g} = \frac{\sum l_{ore} \times g_i}{\sum l_{ore}} = \frac{83}{110} = 0.75$$

$$SR_{ac} = \frac{100 + 120}{110} = 2:1$$

$$SR_r = 5.2:1$$



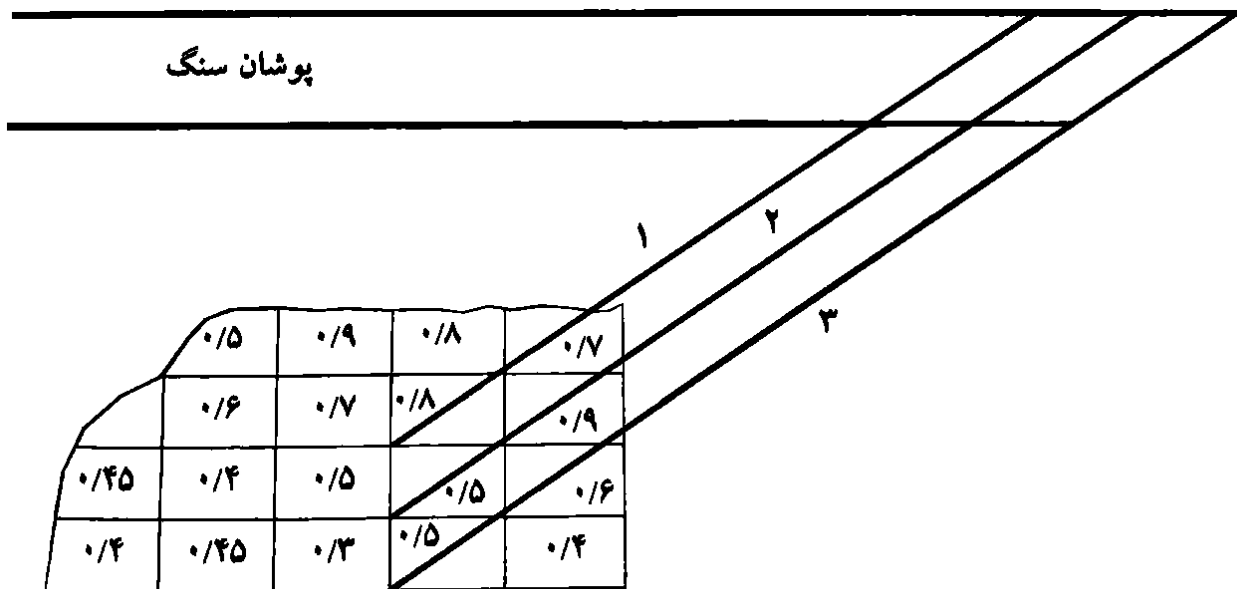


طراحی معادن روباز

131

روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

مثال



L_{ov} (متر)	L_w (متر)	L_{ore} (متر)	g_i (%)	$L_{ore} \times g$
۱۲۰	۱۸۰	۷۰	۰/۹	۶۳
		۸۰	۰/۵	۴۰
		<u>۱۵۰</u>		<u>۱۰۳</u>



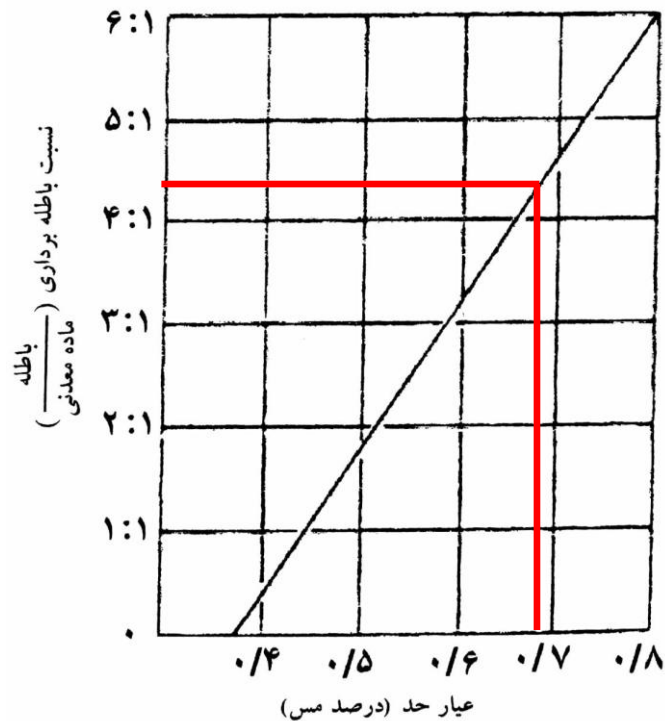
طراحی معادن روباز

132

$$\bar{g} = \frac{\sum l_{ore} \times g_i}{\sum l_{ore}} = \frac{103}{150} = 0.68$$

$$SR_{ac} = \frac{300}{150} = 2:1$$

$$SR_r = 4.3:1$$



روش دستی تعیین

مثال

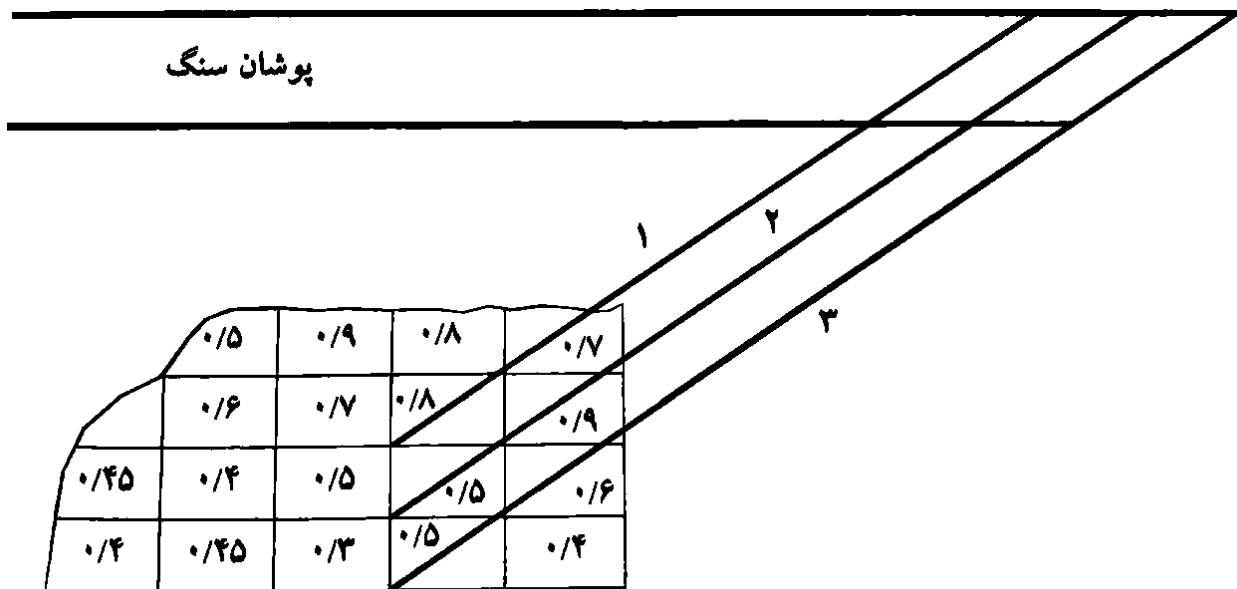


طراحی معادن روباز

133

روش دستی تعیین محدوده نهایی معدن

مثال



L_{ov} (متر)	L_w (متر)	L_{ore} (متر)	g_i (%)	$L_{ore} \times g_i$
۱۶۰	۲۶۰	۱۰۰	۰/۶	۶۰
		۹۰	۰/۵	۴۵
		<u>۱۹۰</u>		<u>۱۰۵</u>



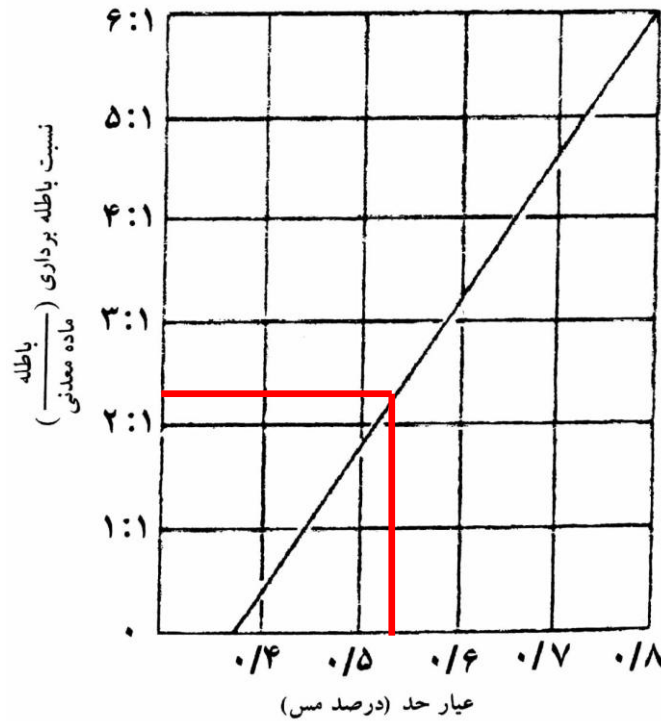
طراحی معادن روباز

134

$$\bar{g} = \frac{\sum l_{ore} \times g_i}{\sum l_{ore}} = \frac{105}{190} = 0.55$$

$$SR_{ac} = \frac{420}{190} = 2.2:1$$

$$SR_r = 2.2:1$$



روش دستی تعیین

مثال



طراحی معادن روباز

135

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ انواع روش‌های کامپیوتری

□ صرفاً جهت محاسبات و نه طراحی کامل (نیازمند تحقیق در عملیات هستند مانند روش لرج و گروسمن)

□ طراحی کامل معدن و محدوده نهایی بر اساس معیارهای فنی و اقتصادی

□ با استفاده از برنامه ریزی فطی، دینامیکی و جریانهای شبکه ای بطور خودکار محدوده‌ی نهایی را تعیین می‌کنند.

□ روش‌های غیر متقن، شناسایی پیت نهایی که الزاما بهینه نیست (مانند روش مخروط شناور مثبت)

□ اهداف بهینه سازی محدوده پیت معدن

□ بیشینه کردن ارزش اقتصادی پیت (یا بیشینه کردن NPV، مهمترین هدف)

□ بیشینه کردن ارزش یک تن از محصول قابل فروش

□ بیشینه کردن عمر معدن

□ بیشینه کردن مقدار کانی (فلز) موجود در معدن



طراحی معادن روباز

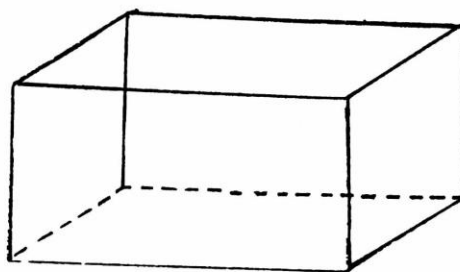
136

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

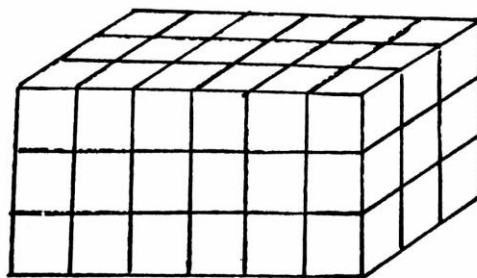
□ استفاده از این روشها مستلزم تقسیم کانسار به بلوک بزرگ و کوچک است.

□ بلوک بزرگ که ابعاد آن شامل ذخایر قطعی و احتمالی است

□ بلوک کوچک که ارتفاع آن متناسب با ارتفاع دسترسی ماشین بارگیری، شیب پایدار توده سنگ و فاصله مقاطع عرضی است.



الف



ب



طراحی معادن روباز

137

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ استفاده از این روشها مستلزم تقسیم کانسار به بلوک بزرگ و کوچک است.

□ بلوک بزرگ که ابعاد آن شامل ذفایر قطعی و احتمالی است

□ بلوک کوچک که ارتفاع آن متناسب با ارتفاع دسترسی ماشین بارگیری، شیب پایدار توده سنگ و فاصله مقاطع عرضی است.

□ مثال:

□ ارتفاع برداشت ماشین ۱۴ متر

□ شیب پایدار ۳۵ درجه

□ فاصله مقاطع عرضی ۲۵ متر

$$\tan \alpha = \frac{h_B}{W_B} \rightarrow W_B = \frac{14}{\tan 35} = 20m$$

□ اگر ابعاد بلوک بزرگ ۲۰۰*۴۰۰*۵۶۰ باشد، تعداد بلوکهای کوچک برابر است با:

$$N = \frac{560 \times 400 \times 200}{14 \times 20 \times 25} = 6400$$



طراحی معادن روباز

138

روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

باید متوسط عیار بلوک‌ها مشخص باشد

با مقایسه متوسط عیار هر بلوک و عیار مد تعداد، حجم و تناژ ذخیره قابل استخراج محاسبه می‌شود.

هزینه برداشت بلوک پوشان سنگ

$$C_{OB} = c_{OB} \times W_{OB}$$

هزینه برداشت بلوک باطله

$$C_W = c_W \times W_W$$

ارزش اقتصادی بلوک کانسنگ

$$BEVO = \left[(Rgy) - (C_o + C_W + C_{OB}) \right] \times W_o$$

ارزش اقتصادی بلوک کانسنگ (مصرف‌نظر از هزینه برداشت باطله و پوشان سنگ)

$$BEV = \left[(m \times y \times p) - (C_o \times W_o) - (c_W \times W_W) \right]$$

برای بلوک باطله (هزینه فرآوری ندارد)

$$BEV = -c_W \times W_W$$



این روش بر اساس سعی و خطا و شیب عمومی ۴۵ درجه معدن طراحی شده است.

□ هدف این روش جستجو و تعیین بلوک ماده معدنی است که بازای آن کمترین باطله استخراج شود.

□ شکل به جا مانده مخروطی باشد.

□ ارزش اقتصادی آن مثبت باشد.

[illegible]



طراحی معادن روباز

140

روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

روش مخروط شناور مثبت

مراحل کار

جستجو از بالاترین افق برای بلوک ماده معدنی (ارزش اقتصادی مثبت) آغاز می‌شود.

پس از شناسایی بلوکی با ارزش اقتصادی مثبت استخراج تمام بلوکهای بالاسر آن به نموی که شیب دیواره ۴۵

درجه باشد ضروری است. برای استخراج این مخروط باید مجموع اعداد داخل آن صفر یا مثبت باشد.

ادامه جستجو در همان افق و در صورت نبود بلوک مثبت یا مخروط استخراج مثبت، به تراز پایین تر می‌رویم.

اصول کلی

ارزش اقتصادی مثبت

شیب ۴۵ درجه

پیت مخروطی شکل

۱	-۱						-۱	-۱
۲	-۲	-۱				-۱	-۱	-۲
۳	-۳	-۳	-۱		-۱	-۱	-۳	-۳
۴	-۴	-۴	-۴	۵	-۱	-۴	-۴	-۴

$v = -1$



طراحی معادن روباز

141

روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

روش مخروط شناور مثبت

عدم کارایی مخروط شناور مثبت در تعیین محدوده نهایی معدن

۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۲	-۳	-۳	+۴	+۲	-۳	-۳
۳	-۲	-۲	+۲	-۲	-۲	-۲

مثال

از دست دادن ترکیبی از بلوکهای سود آور

مثال

عدم انجام عملیات بهینه سازی

۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۲	-۲	-۱	-۱	-۱	-۱	-۲
۳	-۳	-۳	۶	-۲	۷	-۳

مثال

وابستگی به جهت جستجو

$$v = +1$$



طراحی معادن روباز

142

روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

روش مخروط شناور مثبت

عدم کارایی مخروط شناور مثبت در تعیین محدوده نهایی معدن

۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۲	-۳	-۳	+۴	+۲	-۳	-۳
۳	-۲	-۲	+۲	-۲	-۲	-۲

مثال

از دست دادن ترکیبی از بلوکهای سود آور

مثال

عدم انجام عملیات بهینه سازی

۱	جهت جستجو						جهت جستجو					
۲	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
۳	-۳	-۳	+۴	+۲	-۳	-۳	-۳	-۳	+۴	+۲	-۳	-۳
۴	-۲	-۲	+۲	-۲	-۲	-۲	-۲	-۲	+۲	-۲	-۲	-۲

مثال

وابستگی به جهت جستجو



طراحی معادن روباز

143

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش مخروط شناور مثبت

□ سوال کنکور ۱۳۹۶

□ در مدل بلوکی اقتصادی جدول زیر اگر محدوده بهینه (روبار با استفاده از روش مخروط شناور طراحی شود، گزینه صحیح کدام است

-۵	-۵	-۵	-۵	-۵	-۵	-۵	-۵
-۱۰	-۱۰	+۵	-۱۰	+۸	-۱۰	+۱۵	-۱۰
-۱۵	-۱۵	+۱۰	+۲۰	-۱۵	+۱۲	-۱۵	-۱۵



طراحی معادن روباز

144

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش برنامه ریزی پویا

□ توسط لرچ و گروسمن ابداع شده و معمولترین روش بهینه‌سازی محدوده نهایی معدن است.

□ انواع حالات مناسبه محدوده نهایی به روش لرچ و گروسمن:

□ روش دو بعدی

□ روش دو و نیم بعدی

□ روش سه بعدی

□ اطلاعات مورد نیاز روش لرچ گروسمن

□ شیب پایدار

□ ارزش اقتصادی بلوک



طراحی معادن روباز

145

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش برنامه ریزی پویا - دو بعدی

□ مانند روش دستی است و خطای جفت و جور کردن مقاطع دارد.

□ شیب پایدار ۴۵ درجه منظور می شود.

□ مراحل کار

□ اضافه کردن یک ردیف با ارزش اقتصادی صفر در اولین تراز

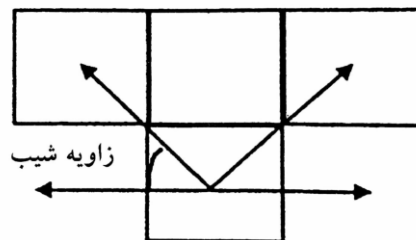
□ تشکیل جدول m_{ij}

$$M_{ij} = \sum_{k=0}^i M_{kj} \quad , \quad j = 1, 2, 3, \dots$$

□ محاسبه ارزش اقتصادی بلوک ها برای هر ستون

□ ارزش گذاری بلوک P_{ij}

$$P_{ij} = M_{ij} + \max \begin{bmatrix} P_{i-1, j-1} \\ P_{i, j-1} \\ P_{i+1, j-1} \end{bmatrix}$$





طراحی معادن روباز

146

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش برنامه ریزی پویا - دو بعدی

□ مثال

□ عدم در نظر گرفتن جاده ها

و عدم تناسب آن در نسبت باطله برداری

-۳	-۵	-۱	-۱	-۲	-۶	-۸
-۷	+۶	-۲	+۳	+۲	+۷	-۸
-۸	+۶	+۵	+۱۰	+۵	-۲	-۳
-۹	-۶	-۷	-۲	+۴	-۲	-۱



طراحی معادن روباز

147

روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

روش برنامه ریزی پویا - دو بعدی

مثال

عدم در نظر گرفتن جاده ها

و عدم تناسب آن در نسبت باطله برداری

♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
x	-۳	-۵	-۱	-۱	-۲	-۶	-۸	x
x	-۱۰	+۱	-۳	+۲	۰	+۱	-۱۶	x
x	-۱۸	+۷	+۲	+۱۲	+۵	-۱	-۱۹	x
x	-۲۷	+۱	-۵	+۱۰	+۹	-۳	-۲۰	x

♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦
x	-۳	-۵	-۱	-۱	۰	+۶	+۱۰	x
x	x	-۲	-۵	+۲	+۱۲	+۱۸	+۴	x
x	x	x	۰	+۱۲	+۱۷	+۲۰	+۱	x
x	x	x	x	+۱۰	+۲۱	+۱۸	+۱	x



طراحی معادن روباز

148

□ روش کامپیوتری تعیین محدوده نهایی معدن

□ روش برنامه ریزی پویا – دو و نیم بعدی

□ در این روش علاوه بر مقاطع عرضی (عمود بر بعد بزرگ کانسار) از مقاطع طولی نیز استفاده می‌شود.

□ همچنان خطای جفت و جور کردن مقاطع وجود دارد.

□ محدودیت شیب ۴۵ درجه وجود دارد.

□ روش سه بعدی

□ بهینه سازی در سه بعد انجام می‌شود که اجرای آن برای شرایط واقعی (ذخایر بزرگ و شیب متغیر) دشوار است.

□ تا به امروز متداولترین روش بهینه‌سازی محدوده نهایی معدن روش لرچ و گروسمن ۲ بعدی است.

□ نرم افزارهای Whittle هم از این روش استفاده می‌کنند.



طراحی معادن روباز

149

تکنیک‌های بهینه‌سازی

متقن

تعیین راه مل قطعی که از پشتوانه ریاضی بر خوردار هستند (مانند لرج و گروسمن)

غیر متقن

روشهایی که بدلیل عدم وجود پشتوانه ریاضی قادر به یافتن جواب قطعی نیستند. مانند الگوریتم ژنتیک

تصادفی

بر پایه نمونه برداری تصادفی، از بین جوابهای تصادفی میتوان جوابی یافت که به پاسخ بهینه نزدیک است، وجود دارد.

استاتیکی

در آن عامل زمان منظور نمی‌شود. قیمت نهایی محصول، هزینه‌های استخراج و فرآوری ثابت در نظر گرفته می‌شود.

دینامیکی

عامل زمان در محاسبات منظور می‌شود. مانند نرم‌افزارهای Whittle



طراحی معادن روباز

150

تکنیک‌های بهینه‌سازی

تکنیک‌های بهینه‌سازی محدوده نهایی پیت

- استخراج تمام باطله و کانسنگ داخل پیت در امروز، بیشترین سود یا NPV را دارد.
- در این زمان محدوده‌ی دیگری این ویژگی را ندارد (محدوده نهایی پیت منحصراً به فرد است).

تکنیک‌های بهینه‌سازی محدوده نهایی پیت

- مفروضه شناور مثبت
- تکنیک لرج و گروسمن
- الگوریتم سه بعدی زائو-کیم
- تخلیل جریان شبکه‌ای
- الگوریتم کروبووف
- برنامه ریزی فطی



طراحی معادن روباز

151

□ تکنیک‌های بهینه‌سازی

□ لازمه آن معلوم بودن محدوده نهایی پیت استفرای است.

□ هدف دستیابی به بالاترین NPV یا سود است. یعنی ترتیب عملیات استفرای بگونه‌ای باشد که سود

حاصل از استفرای کل پیت (تا محدوده نهایی) بیشینه شود.

□ روش‌ها:

□ روش پارامتریک با تکیه بر ارزش اقتصادی بلوکها

□ تکنیک لرج و گروسمن و روش چهاربعدی ویتل که پشتهایی لانه‌ای تولید می‌کند.

□ روش ونگ و سویم (بر اساس نظریه گرشان)، این روش نیاز به تعیین محدوده نهایی ندارد و بزرگترین پیت

ممکن برای استفرای کل ذخیره را در نظر می‌گیرد.

□ روش‌های هوش مصنوعی (الگوریتم ژنتیک، الگوریتم زنبور، الگوریتم مورچگان و ...)



سایر روش‌های مکانیکی استخراج معدن

152

روش		ماده معدنی	هزینه نسبی (%)	
سطحی	مکانیکی	استخراج روباز	۵	
		کواری	۱۰۰	
		استخراج نواری	۱۰	
		استخراج با اوگر	۵	
	استخراج به کمک مایعات	استخراج هیدرولیکی	۵	
		استخراج با لایروب	۵<	
		لیچینگ	۱۰	
		استخراج گمانه‌ای	۵	
	زیرزمینی	خود نگهدار	اتاق و پایه	۲۰
			کارگاه و پایه	۱۰
استخراج انبارهای			۴۵	
استخراج از طبقات فرعی			۲۰	
با نگهداری		کندن و پر کردن	۵۵	
		استخراج ستونی	۷۰	
		کرسی چینی	۱۰۰	
تخریبی		جبهه کار طولانی	۱۵	
	تخریب در طبقات فرعی	۱۵		
	تخریب بلوکی	۱۰		



روش استخراج کواری

153

روش استخراج کواری (Quarry Mining Method) □

□ هدف اصلی در این روش سالم بیرون کشیدن بلوکهای بزرگ سنگی است.

■ استخراج با کمک چالهای ردیفی (منسوخ)

■ استخراج بدون مفر چالهای ردیفی (منسوخ)

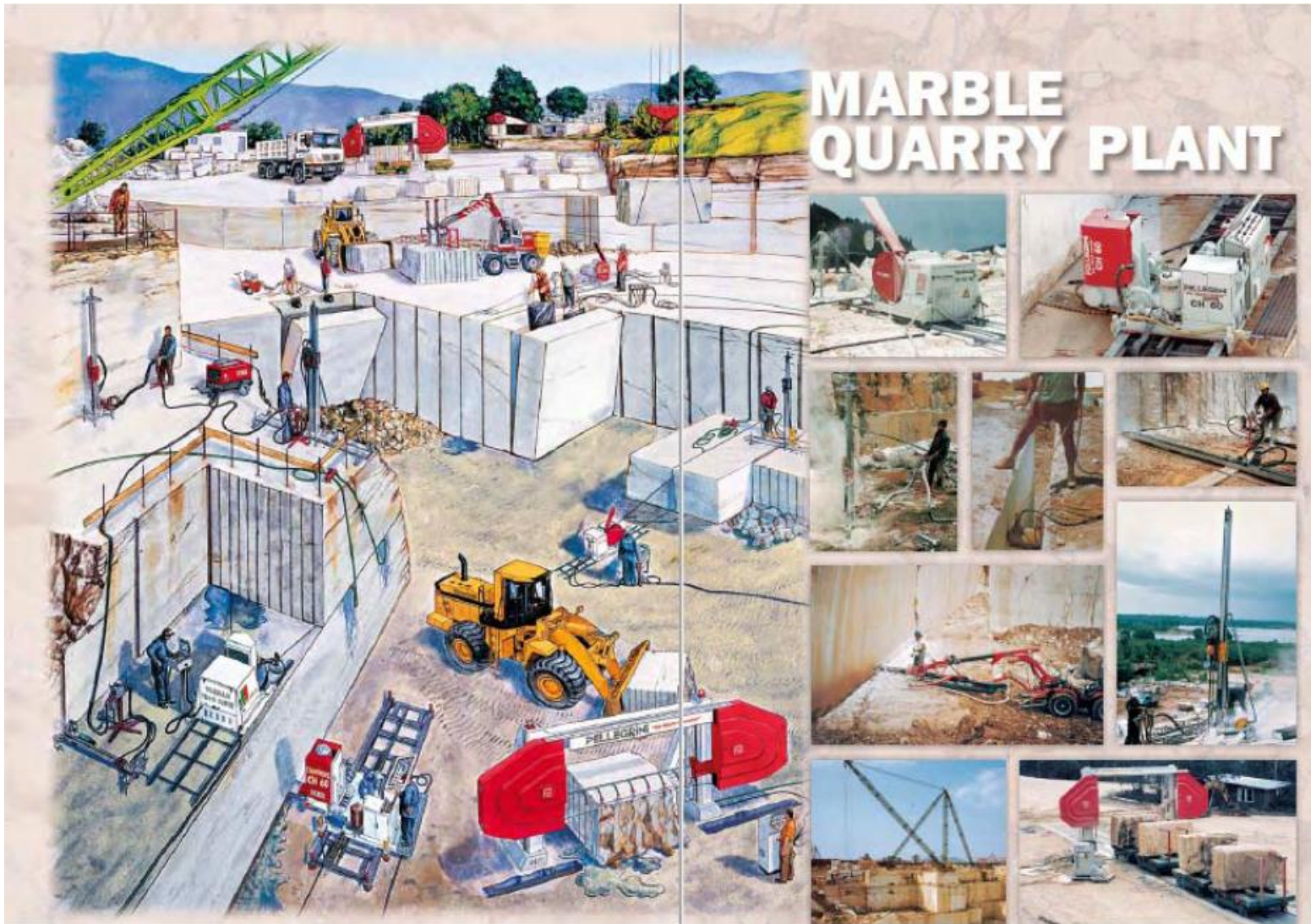
■ استخراج سنگ بدون مفاری چال





روش استخراج کواری

154





روش استخراج کواری

155

□ روش استخراج کواری (Quarry Mining Method)

□ عمدتاً برای سنگ‌های ساختمانی (روش استخراج سنگ‌های ساختمانی)

□ مشابه روش روباز در پله ای بودن روش استخراج

□ تفاوت با روش روباز در استفاده از انفجار صرفاً برای برش سنگ و نه برای فرودکردن آن





روش استخراج کواری

156

□ کلیات

- استخراج بلوک‌های منشوری با ابعاد بزرگ و سطوح صاف
- مشابه روباز اما پله‌ها کم ارتفاع بوده و تقریباً قائم هستند.
- دیواره‌های معدن مرتفع‌تر و پرشیب‌تر
- واژه کواری بسیار عمومی است اما بهتر است برای معادن تزئینی و نما کاربرد داشته باشد.
- محصولات کلیه معادن کواری غیر فلزی است.
- گرانت‌ترین روش استخراج (همتراز آن در روش زیرزمینی روش کرسی چینی است)
- روش کواری یک روش با توان تولید پایین، کوچک مقیاس و انتخابی



روش استخراج کواری

157

□ مراحل آماده‌سازی

□ پاکسازی زمین

□ امداد تاسیسات فرآوری و تدارکاتی مجاور سافتگاه معدن

■ کارخانه ساب و صیقل

□ جابجایی بلوکهای بزرگ و هم‌شکل

□ باطله برداری زیاد دارد و باید ایستگاهی برای انباشت باطله در نظر گرفته شود.

□ بازکردن اولیه جبهه‌کار با ایجاد برشی در عرض معدن تکمیل می‌شود.

■ امتداد برشها در راستای درز و شکاف سافتاری جهت یابی می‌شود.

□ بلوک کلیدی و شکاف کلیدی



روش استخراج کواری

158

□ چرخه عملیات

□ روباره برداری

■ چالزنی، آتشباری، بارگیری و باربری

□ استخراج سنگ تزئینی و نما

■ همواره بدون آتشباری است

■ معمولاً دو سطح (فوقانی و جلویی) آزاد است و سطح سوم اقدام به شیارزنی می‌کنند.

■ وجه سوم با استفاده از پارس و گوه (به ویژه اگر درزه‌های افقی در معدن موجود باشند). در غیر این

صورت ممکن است برای سنگهای سخت (مثل گرانیت) با شیارزن و برای سنگهای نرمتر (سنگ لوح) با

سیم برش، جدا کنند.

□ چرخه اصلی عملیات:

■ برش، گوه گذاری، بارگیری (بالابری) و باربری



روش استخراج کواری

159

□ شرایط کاربرد

■ مقاومت کانسنگ

■ مقاومت سنگ

■ شکل کانسار

■ شیب کانسار

■ اندازه کانسار

■ عیار کانسنگ

■ یکنواختی کانسنگ

■ عمق

هر مقاومتی، از نظر سافتاری یکپارچه و صلب

هر مقاومتی

لایه‌ای ضفیم یا توده‌ای، از نظر سطحی گسترده

هر شیبی (در صورت ضفیم بودن کانسار)

بزرگ، ضفیم

کیفیت فیزیکی عالی

یکنواخت

کم عمق تا متوسط



روش استخراج کواری

160

مزایا □

- سرمایه‌گذاری کم
- مناسب برای کانسارهای کوچک
- قابلیت دسترسی آسان
- دیواره‌ها و پله‌ها با شیب زیاد طراحی شده و پایداری خوبی دارند.
- روشی به شدت انتخابی
- ایمنی و بهداشت خوب



روش استخراج کواری

161

■ معایب

- محدودیت عمق (بین ۹۰m تا ۳۰۰m)
- توان تولید بسیار پایین، به شدت کارگر بر و غیر مکانیزه
- پُر هزینه‌ترین روش استخراج بعلت توان تولید کم
- نرخ تولید پایین (ناشی از ماهیت روش)
- نیازمند نیروی انسانی ماهر
- انعطاف‌پذیری کم تغییر طرح معدن در عمق غیرممکن است.
- نامناسب برای مکانیزاسیون گسترده
- پرهزینه و پیچیده بودن عملیات جدایش یا برش سنگ به دلیل عدم امکان آتشکاری
- باطله و سنگ لاشه بیش از حد.



روش استخراج کواری

162

□ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ مرمریت

■ تراورتن

■ مرمر

■ سنگ چینی

■ برفی سنگ‌های آذرین



روش استخراج کواری

163

□ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ مرمریت

- کربنات کلسیم با منشأ رسوبی
- از تعداد زیادی لایه تشکیل می‌شود (توده‌ای)
- لایه‌بندی منظم دارد
- کیفیت سنگ در یک لایه تقریباً ثابت است
- کیفیت لایه‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد
- کمترین مقاومت بین سنگ‌های تزئینی و نما
- به رنگ کره و سفید





روش استخراج کواری

164

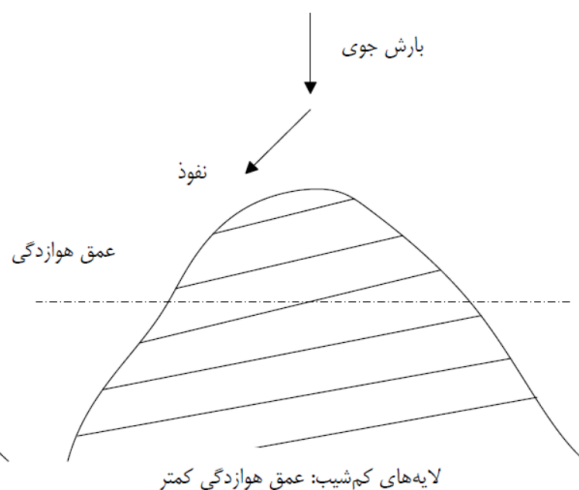
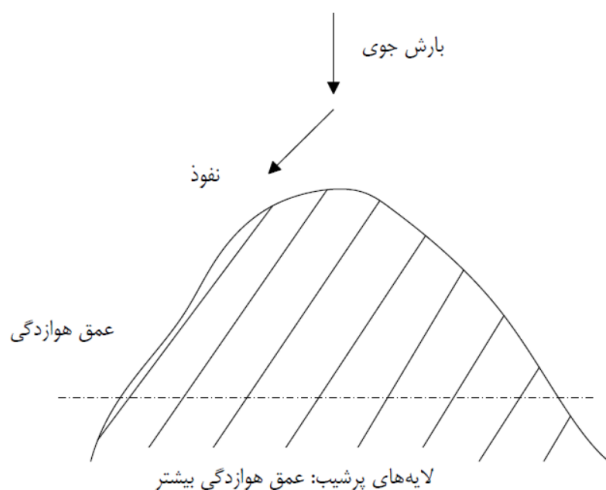
□ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ مرمریت

■ هوازدگی باعث کاهش کیفیت سنگ‌های سطحی می‌شود

■ همواره باید سنگ‌های هوا زده تفکیک شود

■ در لایه‌های پرشیب عمق هوازدگی بیشتر است





روش استخراج کواری

165

□ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ مرمریت

■ اگر لایه‌ها افقی باشد

■ اگر لایه با کیفیت باشد ادامه می‌دهیم

■ اگر لایه کیفیت پایین داشته باشد اولویت به رفتن به ترازهای پایینی است

■ معمولاً کیفیت لایه ثابت است

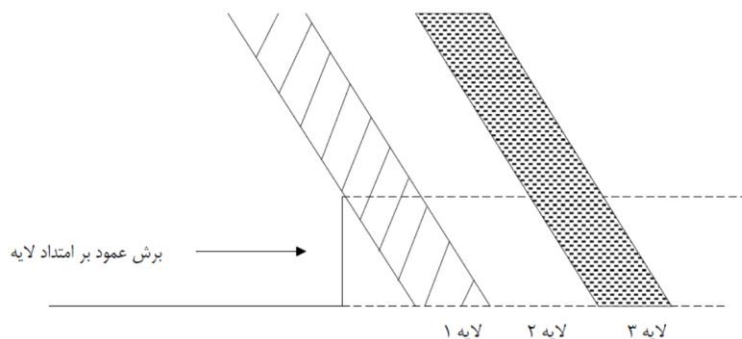
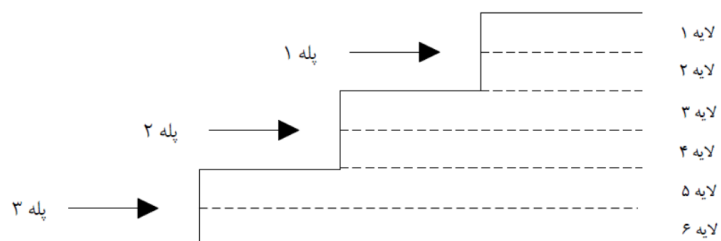
■ اگر لایه‌ها شیب‌دار باشد

■ یک برش عمود بر امتداد لایه

■ برای مشخص شدن کیفیت لایه‌ها

■ پیدا کردن لایه باکیفیت در لایه‌های

بالا تر





روش استخراج کواری

166



■ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ تراورتن

■ کربنات کلسیم با منشأ رسوبی

■ سن زمین‌شناسی کمتر

■ لایه‌های منظم و محدود

■ لایه‌ها عمدتاً کم شیب و افقی هستند (هوازدگی محدود)

■ کیفیت سنگ در یک لایه ثابت است

■ کیفیت لایه‌های مختلف متفاوت است

■ برش آسان و مقاومت کم

■ معمولاً فاقد شکستگی و گسل

■ به رنگ‌های متنوع (عمدتاً قرمز و سفید)





روش استخراج کواری

167

□ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ مرمر

- مرمر واقعی (دگرگونی شده کربنات کلسیم) نیست
- نام اصلی آن مرمر اونیکس یا آراگونیت است
- از نظر زمین شناسی جوان و بصورت لایه است
- تعداد لایه‌ها محدود (عمدتاً یک لایه)
- شکل لایه از بستر رسوبگذاری تبعیت می کند
- به رنگ‌های سبز، سفید و زرد





روش استخراج کواری

168

■ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ سنگ چینی

- یک نوع کربنات کلسیم که مقداری دگرگون شده
- دگرگونی عمدتاً ناشی از چین خوردگی یا مجاورت با مملول‌های گرمابی (یا هردو)
- بعلت هوازدگی شکستگی زیاد دارد، لایه بندی از بین رفته است و بصورت توده‌ای دیده می‌شود
- کیفیت سنگ بشدت متخیر (متی در یک لایه)
- درز و شکاف بسیار زیاد، کوپدهی نامناسب
- اما قطعات ریز هم بصورت لاشه کاربرد دارد
- عمدتاً به رنگ سفید





روش استخراج کواری

169

■ انواع اصلی سنگ‌های ساختمانی (استخراج کواری)

■ سنگ‌های آذرین

■ تنوع رنگ بالا





روش استخراج کواری

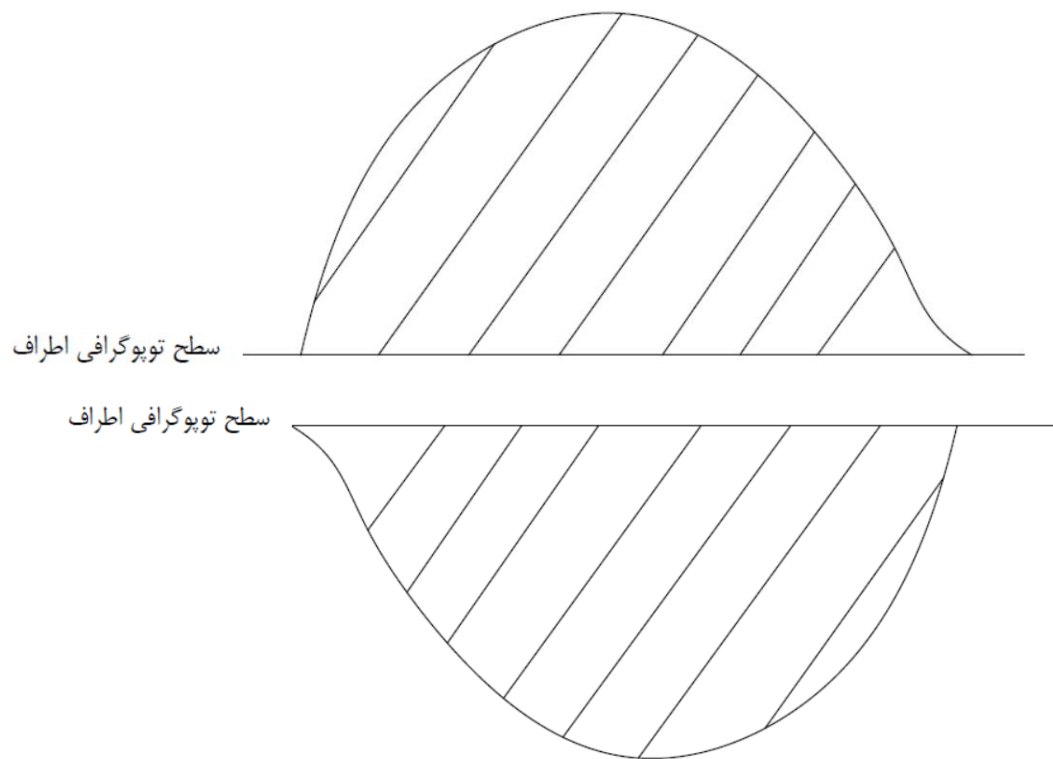
170

□ ریفتم شناسی ذفایر سنگ‌های تزئینی و نما

■ ذفایر برجسته

■ ذفایر گود

■ ذفایر ترکیبی





روش استخراج کواری

171

□ روش‌های عمومی استخراج

■ ذخایر برجسته بصورت (پله‌ای)

■ روش پلکانی

■ در شرایطی که امکان دسترسی به

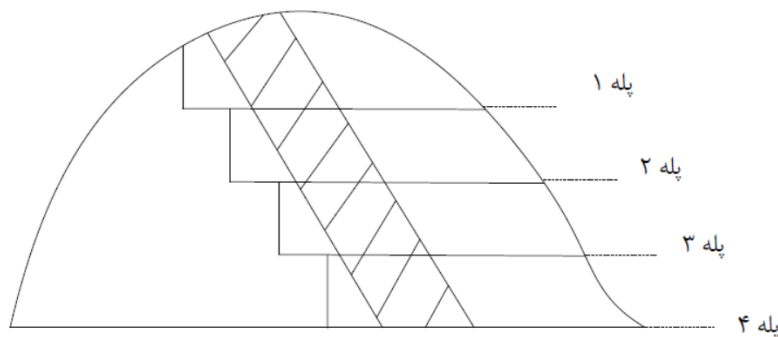
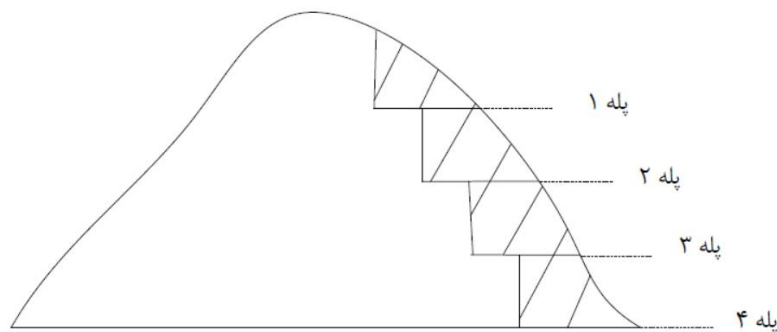
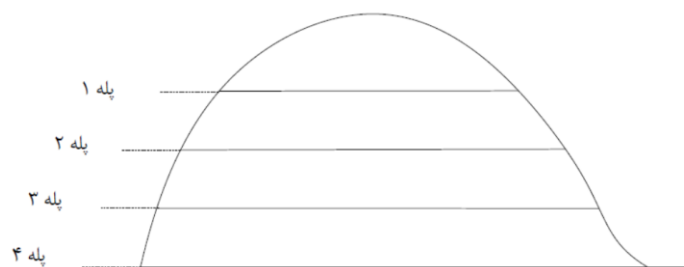
بالاترین نقطه وجود داشته باشد

■ روش پلکانی برفشی

■ وجود ماده معدنی در یک برفش

■ عدم دسترسی به بالاترین نقطه

■ وجود ماده معدنی داخل یک توده





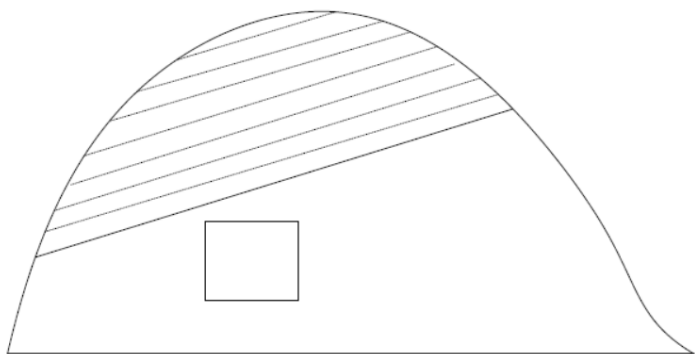
روش استخراج کواری

172

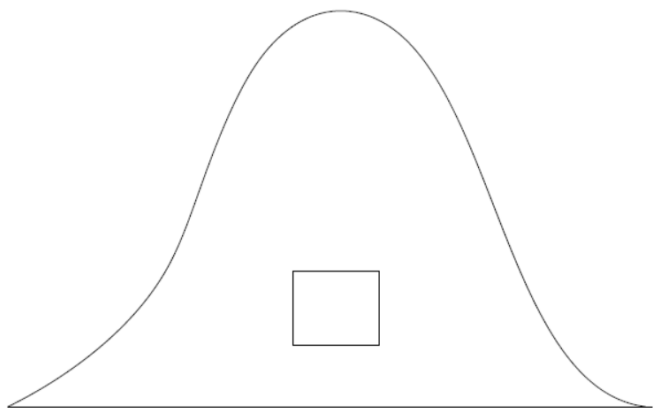
■ روش‌های عمومی استخراج

■ ذخایر برجسته بصورت زیر زمینی (اتاق و پله)

■ وجود باطله زیاد بر روی ماده معدنی



■ عدم امکان دسترسی به بالاترین نقطه



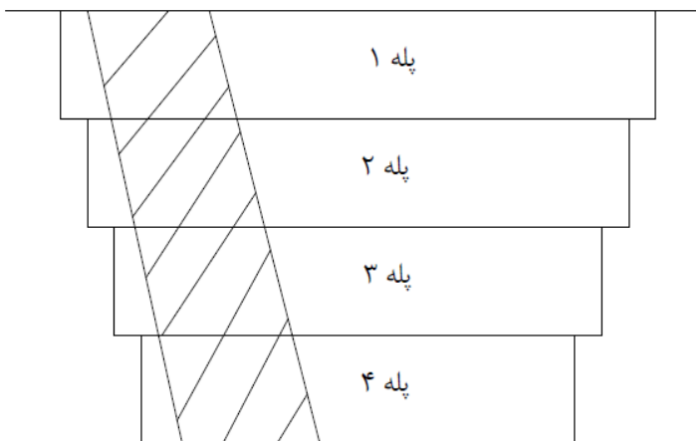
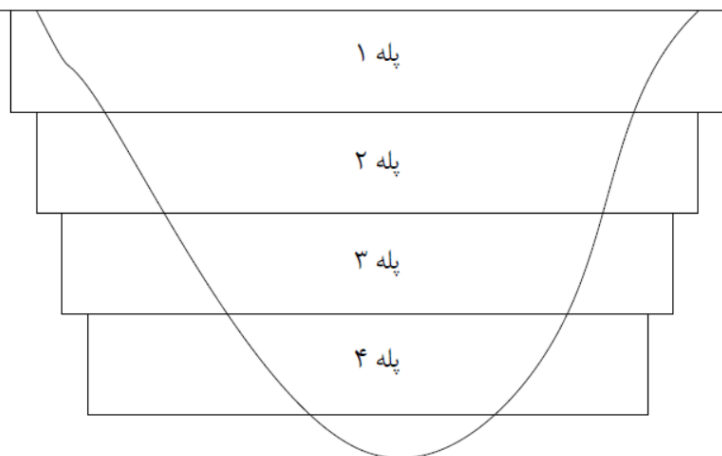


روش استخراج کواری

173

□ روش‌های عمومی استخراج

■ ذخایر گود بصورت روباز پلکانی





روش استخراج کواری

174

■ مشخصات پله‌های استخراجی در محادن سنگ تزئینی و نما

■ طول پله

■ طول پله، فاصله بین دو انتهای پله در امتداد عمود بر جهت پیشروی است.

■ ارتفاع پله

■ ارتفاع پله، فاصله قائم بین کف دو پله متوالی است که به طور معمول ۴٫۵ الی ۶ متر

■ عرض پله استخراجی

■ فاصله افقی بین لبه پله و سطح قائم پله بعدی است، معمولاً ۱۵ متر

■ پله ایمنی

■ پله‌ای بین پله‌های کاری برای جلوگیری از سقوط قطعات سنگی معمولاً به پهنای ۲ متر

■ ضریب بازیابی

■ نسبت میزان سنگ نهایی قابل فروش به میزان سنگ استخراج شده (کلیه بلوک‌های استخراجی اولیه)



روش استخراج کواری

175

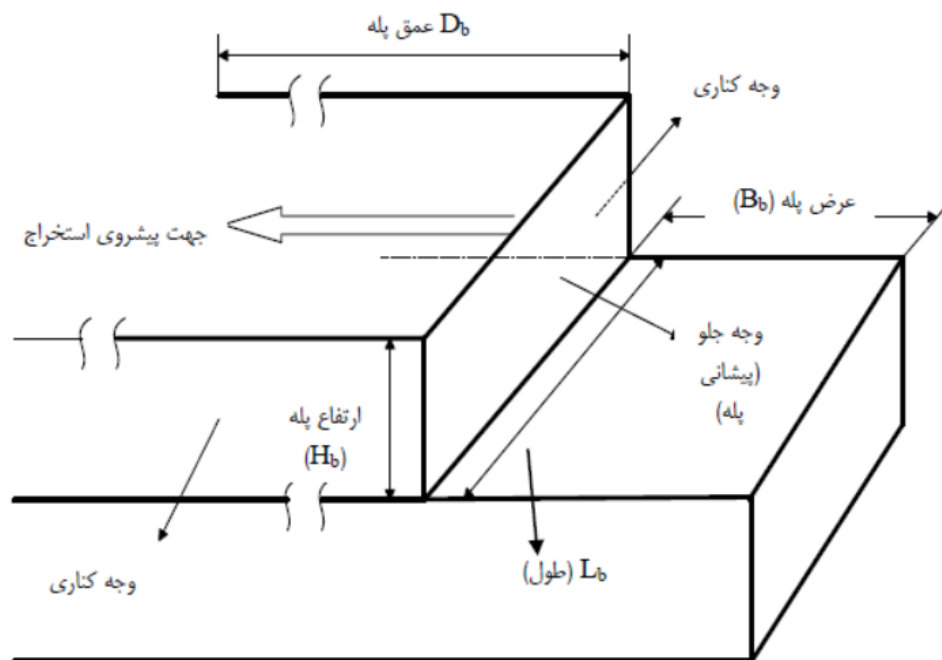
■ مشخصات پله‌های استفراژی در محادن سنگ تزئینی و نما

■ طول پله

■ ارتفاع پله

■ عرض پله استفراژی

■ پله ایمنی



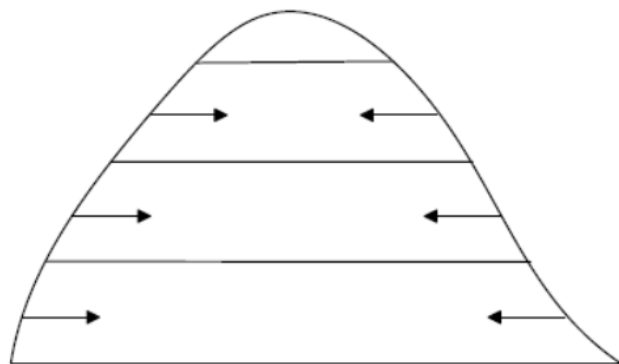


روش استخراج کواری

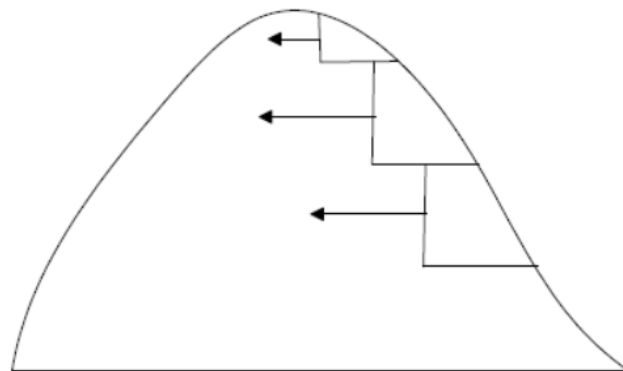
176

■ مشخصات پله‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

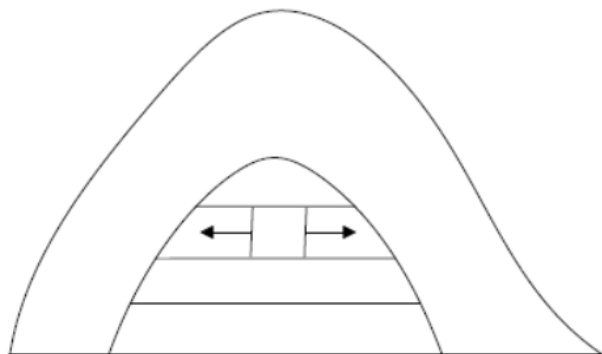
■ باز یا بسته بودن (رفنمون) طرفین پله در انتخاب نوع دستگاه برش و نحوه استخراج موثر است.



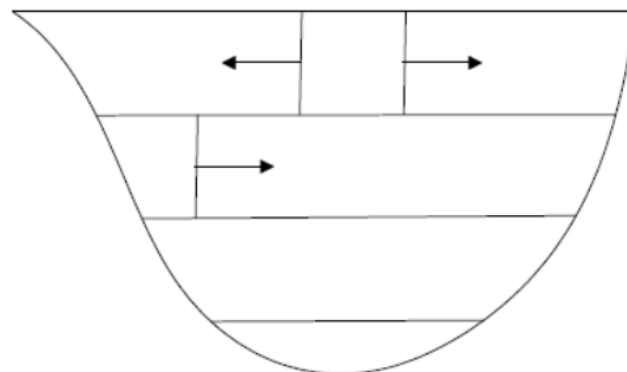
ب: معدن برجسته - دو طرف باز



الف: معدن برجسته - یک طرف باز



پ: معدن برجسته - دو طرف بسته



ت: معدن گود - دو طرف بسته



روش استخراج کواری

177

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

- برخلاف سایر معادن سطحی شکل محصول مهم است
- شکل محصول باید مکعبی یا کوپ (شش وجه مسطح با ابعاد مشخص) باشد
- گسل، درزه، ترک، شکاف و شکستگی‌ها ممکن است مانع کوپدهی خوب شود
- ابعاد بلوک استخراجی تابع موارد زیر است:

- نوع سنگ
- حجم ذخیره
- تقاضای بازار
- روش فرآوری (اره یا قله بر)
- در معادن لایه‌ای ارتفاع پله معادل ضخامت لایه است



روش استخراج کواری

178

■ مشخصات بلوک‌های استفراژی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ با تقسیم بلوک استفراژی بلوک نهایی حاصل می شود

■ بلوک استفراژی هم بفشی از بلوک‌بندی اولیه داخل معدن (کوه) هستند

■ لذا برای داشتن بلوک نهایی، بلوک استفراژی و اولیه باید شش وجهی با سطوح منظم باشد

■ در ابتدای استفراچ بحلت شرایط توپوگرافی ممکن است وجه‌های اصلی مسطح نباشد



روش استخراج کواری

179

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ ابعاد بلوک‌ها

■ بلوک اولیه: ارتفاع (H) عرض (B) طول (L)

■ بلوک اصلی: ارتفاع (H') عرض (B') طول (L')

■ بلوک نهایی: ارتفاع (h) عرض (b) طول (l)

■ ارتفاع بلوک اولیه = ارتفاع پله استخراجی

■ در سنگ‌هایی با ضفامت محدود ارتفاع بلوک اولیه محدود و معادل ضفامت لایه است

■ در سنگ‌هایی با لایه‌بندی افقی، ارتفاع بلوک وابسته به ضفامت لایه، نوع ماشین‌آلات و مسائل ایمنی

■ در سنگ‌هایی با لایه‌بندی شیبدار، کف پله لایه را قطع می‌کند، ارتفاع پله وابسته به ماشین‌آلات و ایمنی



روش استخراج کواری

180

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ ابعاد بلوک‌ها

■ بلوک اولیه: ارتفاع (H) عرض (B) طول (L)

■ بلوک اصلی: ارتفاع (H') عرض (B') طول (L')

■ بلوک نهایی: ارتفاع (h) عرض (b) طول (l)

■ ارتفاع بلوک نهایی = ارتفاع بلوک اصلی

■ پس از برش بلوک اصلی، دو بعد دیگر آن بصورت یک مکعب مربع برش می‌فورد

■ طول و عرض و ارتفاع بلوک نهایی تقریباً برابر هستند



روش استخراج کواری

181

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ ابعاد بلوک‌ها

■ بلوک اولیه: ارتفاع (H) عرض (B) طول (L)

■ بلوک اصلی: ارتفاع (H') عرض (B') طول (L')

■ بلوک نهایی: ارتفاع (h) عرض (b) طول (l)

■ عرض بلوک اولیه

■ همان عرض بلوک اصلی است که به روش استخراج بستگی دارد

■ طول بلوک اولیه

■ بسته به نوع دستگاه استخراج، این طول معادل قسمتی از طول پله است

■ طول پله اصلی معادل ارتفاع بلوک نهایی است.



روش استخراج کواری

182

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ ابعاد بلوک‌ها

بلوک اولیه:	ارتفاع (H)	عرض (B)	طول (L)
بلوک اصلی:	ارتفاع (H')	عرض (B')	طول (L')
بلوک نهایی:	ارتفاع (h)	عرض (b)	طول (l)

■ ابعاد بلوک نهایی

■ $l: 2/8 - 3/2m$

■ $h: 1/5 - 2m$

■ $b: 1/5 - 2m$



روش استخراج کواری

183

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما

■ ابعاد بلوک‌ها

■ بلوک اولیه:	ارتفاع (H)	عرض (B)	طول (L)
■ بلوک اصلی:	ارتفاع (H')	عرض (B')	طول (L')
■ بلوک نهایی:	ارتفاع (h)	عرض (b)	طول (l)

مجموع طول بلوک‌های اصلی $L = \sum L'$ طول بلوک اولیه

ارتفاع بلوک نهایی $L' = h$ طول بلوک اصلی

مجموع طول‌ها $(\sum l)$ و یا مجموع عرض‌ها $B = (\sum h)$ عرض بلوک اولیه

(با توجه به جهت تقسیم سنگ اصلی) مجموع عرض‌ها $(\sum b)$ و یا مجموع طول‌ها $H' = (\sum l)$

$$H' = \sum h + \sum l$$

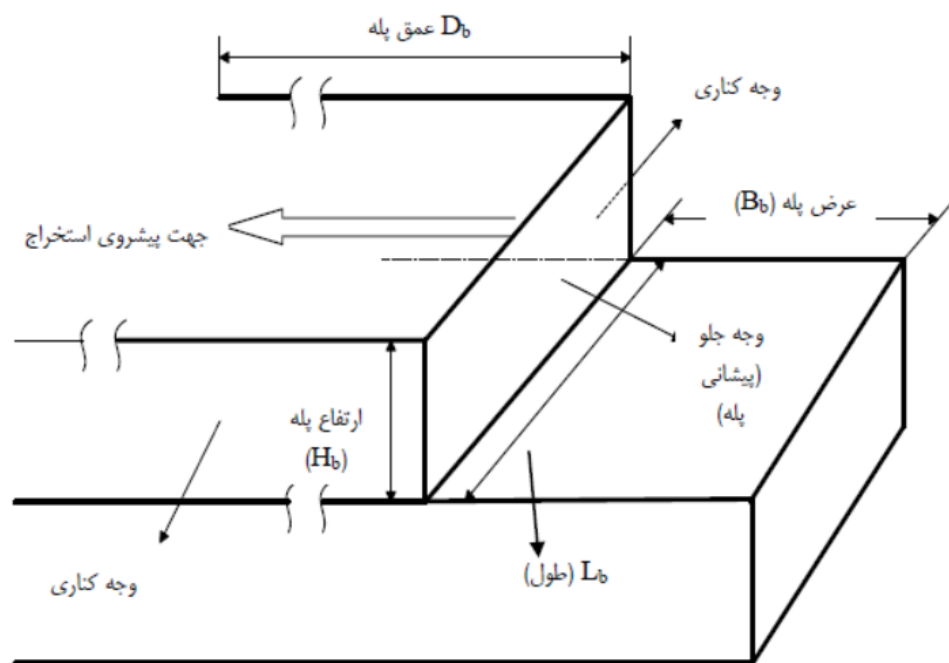
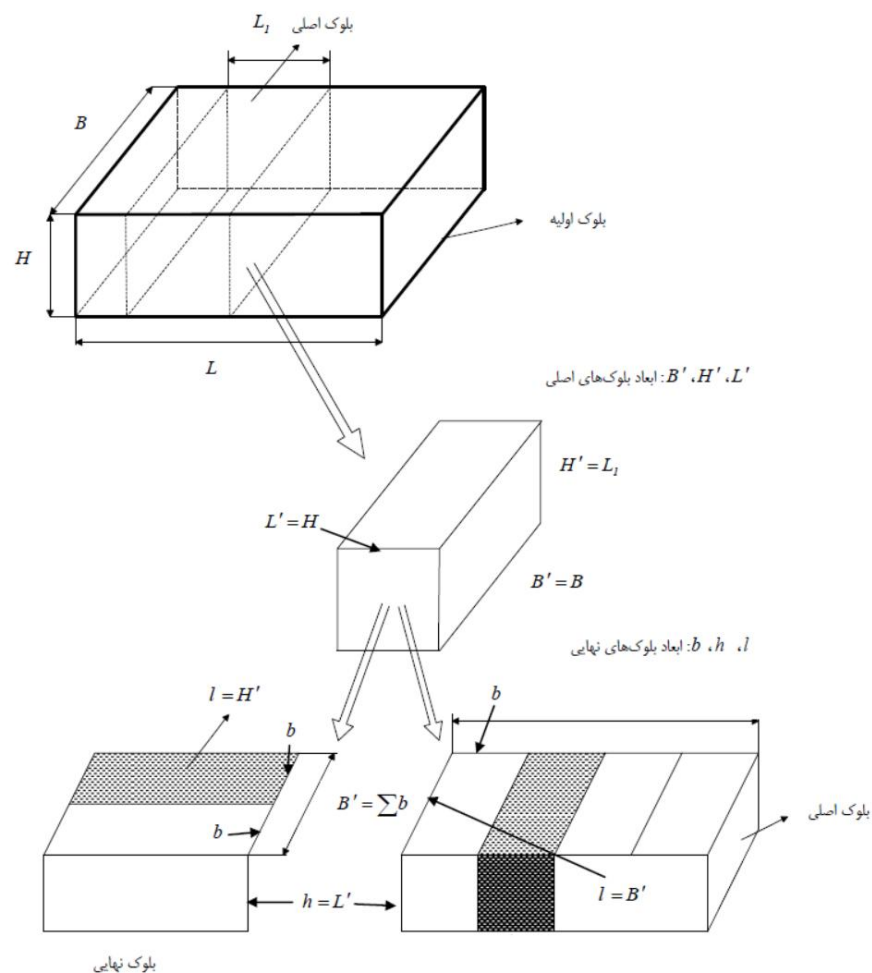
$$\sum b = L' = H$$



روش استخراج کواری

184

■ مشخصات بلوک‌های استخراجی در معادن سنگ تزئینی و نما





روش استخراج کواری

185

■ ماشین آلات مورد استفاده

■ دستگاه‌های برش سنگ از دل کوه

■ سیم برش، اره برش

■ دستگاه‌های تقسیم کننده بلوک‌های استخراجی و قواره سازی

■ سیم برش

■ دستگاه‌های مفاری

■ راسول

■ بالشتک‌های فشار برای جداسازی سنگ از دل کوه

■ وینچ، جرثقیل، لودر، بیل مکانیکی، بلدوزر، کمپرسور، ژنراتور، اراپه، چالزنی، پمپ و ...



روش استخراج کواری

186

■ ماشین آلات مورد استفاده

■ ویژگی‌های عمومی دستگاه اره برش و سیم برش

- استخراج بلوک‌های اولیه و کوچک کردن بلوک‌ها (سیم برش در ایران رایج تر است)
- هردو دستگاه قابلیت برش افقی و قائم دارند
- عمق برش در اره برش (قائم ۴ الی ۶ متر و افقی ۳ متر) کمتر از سیم برش است
- سرعت برش در سیم برش بیشتر از اره برش است
- جابجایی و استقرار مجدد سیم برش سریع تر و آسان تر است.





روش استخراج کواری

187

■ ماشین آلات مورد استفاده

■ ویژگی‌های خاص دستگاه سیم برش

- باید بجز جلوی پله، یک وجه دیگر (وجه کناری) آزاد باشد
- برای برش بلوک اولیه، باید دو برش قائم و یک برش افقی با دستگاه ایجاد شود
- برای هر برش قائم یک چال قائم در بالا و یک چال افقی در کف بلوک بصورت متعامد مفاری می شود
- بطور کلی به یک چال قائم و دو چال افقی برای برش قائم نیاز است
- برای برش افقی مفر دو چال ترجیحا متعامد (همان دو چال بالا) نیاز است.
- برای تقسیم بلوک اولیه به بلوک اصلی باید چال‌های افقی و قائم فرعی بین چال‌های اصلی مفر شود.
- اگر فقط جلوی پله آزاد باشد، به ناچار اولین بلوک بصورت پندتکه (اتلاف ذخیره وزمان) استخراج می‌شود.

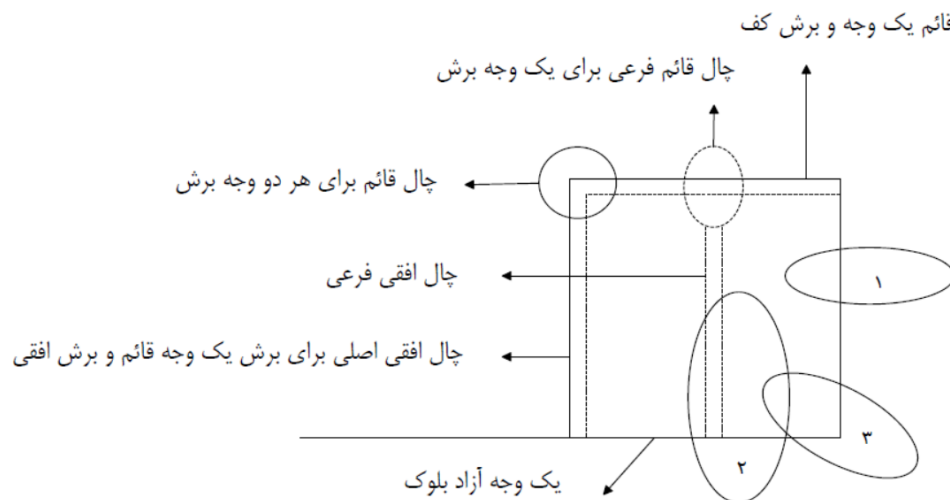


روش استخراج کواری

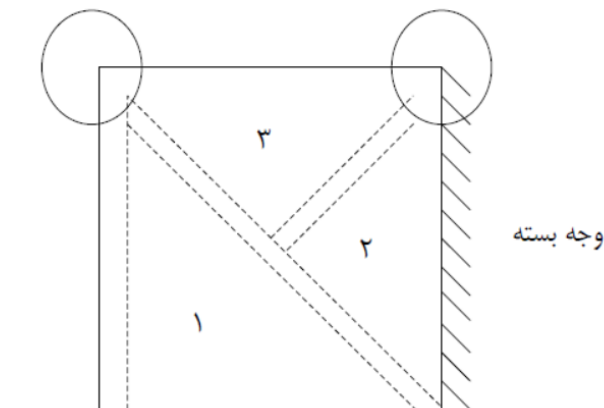
188

■ ماشین آلات مورد استفاده

■ ویژگی‌های خاص دستگاه سیم برش



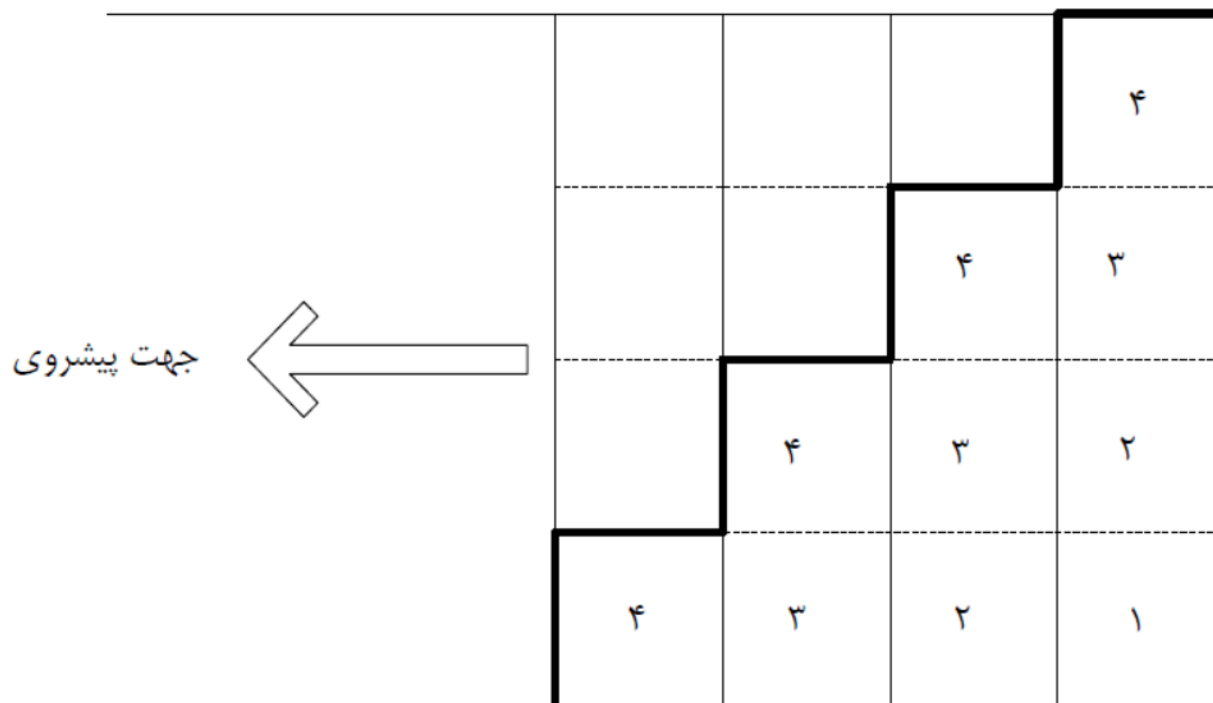
۱، ۲ و ۳ حالت‌های مختلف
استقرار دستگاه سیم برش





ویژگی‌های خاص دستگاه سیم برش

■ نوبت استخراج بلوک‌ها برای در دسترس بودن سطوح آزاد متحامد





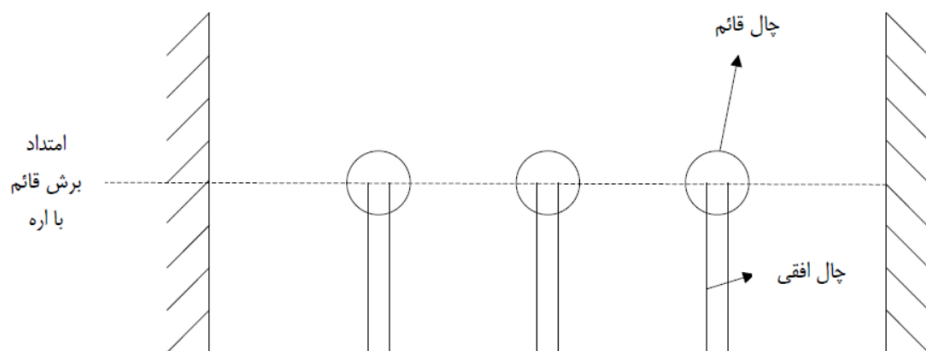
روش استخراج کواری

190

■ ماشین آلات مورد استفاده

■ ویژگی‌های فاص دستگاه اره برش

- اگر فقط یک وجه پله آزاد باشد، این دستگاه قادر به اجرای برش است (بر خلاف سیم برش)
- به همن علت در معادن گود (مداقل در بلوک‌های اولیه) یا زیر زمینی کاربرد دارد
- همچنین این قابلیت باعث می‌شود که از ابتدای کار، بتوان کل طول پله را برش زد
- امکان برش بلوک‌های اولیه با دو طرف بسته و استخراج سراسری پله از ابتدای کار
- در استخراج بلوک اولیه نسازی به مفاری چال نیست اما برای تولید بلوک اصلی باید چال قائم مفر شود
- با توجه به محدودیت طول بازوی دستگاه اره برش، می‌توان برای برش کف پله از سیم برش استفاده کرد
- همیشه کف بری بر برش قائم مقدم است.





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

191

□ روش‌های استخراج سطحی برای لایه‌های افقی یا کم شیب زغال

□ روش استخراج نواری

■ روش استخراج کنتوری

- روش سنتی یا اولیه کنتوری
- روش استخراج سنتی کنتوری اصلاح شده
- روش پر کردن دره (هم سطح سازی برش)
- روش برش بلوکی
- استخراج لایه‌های پندتایی به روش کنتوری

■ روش استخراج مسطحی

- روش استخراج مسطحی اصلاح شده
- روش استخراج قله‌ای

□ روش استخراج مسطحی-بلوکی

□ روش روباز برای استخراج زغالسنگ



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

192

□ روش سطح برداری (Strip mining, open cast mining)

- عمدتاً برای استخراج ذخایر افقی و نزدیک سطح زمین
- برش‌های مکعب مستطیل که عمدتاً به موازات و در امتداد یکدیگر هستند.
- این روش به دو صورت پیوسته و ناپیوسته اجرا می‌شود.





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

193

- در روش استخراج نواری (Strip Mining) ابتدا روباره برداشته می‌شود و متعاقب آن کانی (معمولاً ذغالسنگ)
- این روش برای کانسارهایی استفاده می‌شود که در نزدیک سطح زمین بوده و نسبت باطله برداری کم دارند.
- به دو صورت کلی استخراج مسطحی (Area Mining Method) یا کنتوری (Contour Mining Method)
- برای استخراج موادی مانند بوکسیت، ذغالسنگ، ژئیت و فسفات کاربرد دارد.
- بسته به شرایط عملیات استخراج با استفاده از برش‌های مجعبه‌ای Box-Cut صورت می‌گیرد.
- تفاوت عمده آن با روش روباز، عدم حمل باطله تا محل انباشت و ریختن آن در محل استخراج شده است.
- روش با توان تولید بالا، از جمله کم‌هزینه‌ترین و پرکاربردترین روش‌های استخراج سطحی است.
- وجود دستگاه‌های غول‌پیکر علی‌رغم تولید پیوسته و یکنواخت، با کاهش تعداد جبهه‌کارها موجب افزایش زیان در صورت توقف فعالیت ماشین شده است.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

194

■ آماده سازی روش استخراج نواری (Strip Mining)

- تایید روش و طرح استخراج
- مطالعات زیست محیطی و تنظیم و تدوین فطرات زیست محیطی
- تعیین محدوده نهایی جانمایی تاسیسات و تسهیلات استخراجی
- انتخاب تجهیزات و ماشین آلات روباره‌برداری و استخراج
- معمولاً برای روباره‌برداری و استخراج از یک نوع ماشین استفاده نمی‌شود.
- معمولاً تاسیسات و تسهیلات را در مرکز محدوده تمت تملک انتخاب می‌کنند.
- معمولاً از شاول، دراگلاین و یا اکسکواتور استفاده می‌شود.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

195

□ چرخه عملیات

■ روباره برداری

■ چالزنی

■ آتشباری

■ بارگیری

■ باربری



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

196

□ شرایط کاربرد

- | | |
|---|-------------------|
| هر مقاومتی | ■ مقاومت کانسنگ |
| هر مقاومتی | ■ مقاومت سنگ |
| لایه‌ای، مسطح یا تفت | ■ شکل کانسار |
| هرشیبی (ترجیماً افقی یا کم شیب) | ■ شیب کانسار |
| گسترده‌گی جانبی زیاد، پیوسته، ضخامت کم تا متوسط | ■ اندازه کانسار |
| می‌تواند بسیار کم باشد | ■ عیار کانسنگ |
| یکنواخت تا نسبتاً یکنواخت | ■ یکنواختی کانسنگ |
| کم عمق | ■ عمق |



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

197

□ ویژگی‌ها

- بیشترین توان تولید
- کمترین هزینه (همتراز (روباز)
- نرخ تولید بالا
- دسترسی سریع به تولید
- کارگر بری کم اما همان تعداد کم باید ماهر باشد
- نسبتاً انعطاف پذیر (نه به سهولت (روباز)
- مناسب برای ماشین آلات بزرگ
- هزینه خردایش سنگ پایین
- دسترسی و آماده سازی آسان
- نگهداری دیواره‌ها به ندرت لازم است.
- بازیابی خوب
- ایمنی و بهداشت خوب



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

198

معايب □

- محدودیت اقتصادی و تجهیزات فنی
- محدودیت نسبت باطله برداری (از منظر اقتصادی، هرچند بسیار بالاتر از روباز است)
- فسارت زیاد به سطح زمین، اعمال هزینه‌های سنگین برای بازسازی
- سرمایه‌گذاری بالا
- برافرورداری از مزیت کم‌هزینه‌ترین روش مستلزم وجود کانسارهای بزرگ است.
- شرایط نامساعد جوی و آب و هوا موجب ایجاد وقفه یا تداخل در کار می‌شود.
- مستلزم رعایت برنامه‌ریزی دقیق به ویژه در روباره‌برداری
- پایداری دیواره‌ها بایستی کنترل و تضمین شود.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

199

□ روش استخراج کنتوری یا دوره‌ای

- معادن زغالسنگ در مناطق مرتفع و کوهستانی
- لایه زغال باید دارای رخنمون باشد
- ضخامت باطله بالای لایه به مدی زیاد است که استخراج آن صرفه اقتصادی ندارد.
- عملیات استخراج از بیرون زدگی لایه با ایجاد برش‌های موازی و تاحد اقتصادی بودن باطله برداری ادامه می‌یابد.
- انتخاب نوع ماشین‌آلات بارگیری حمل باطله به نوع و ضخامت باطله بستگی دارد:

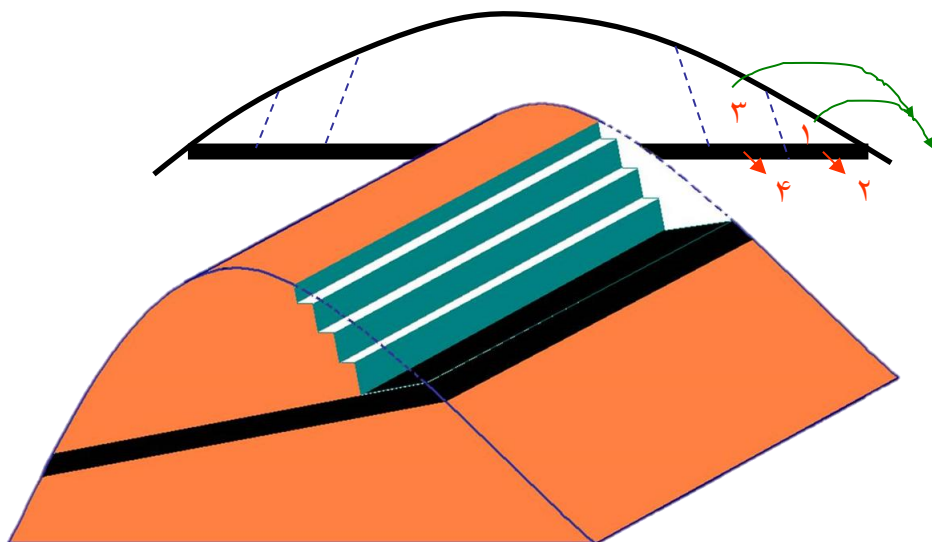
■ شاول

■ دراگلاین

■ اکسکواتور بیل پرفشی

■ اسکرپر

■ نسبت باطله برداری ۱:۳۰





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

200

□ مراحل روش استخراج کنتوری

- انتقال باطله‌های روی زغالسنگ توسط بلدوزر و لودر
- حفاری و انفجار باطله‌های روی زغالسنگ در صورت نیاز
- انتقال باطله‌های روی زغالسنگ
- استخراج زغالسنگ
- استفاده از ماشین اوگر برای استخراج زغال زیر دیواره بالایی
- هموار کردن پیت توسط باطله‌های قبلی
- این روش آلودگی زیست محیطی فراوان دارد.



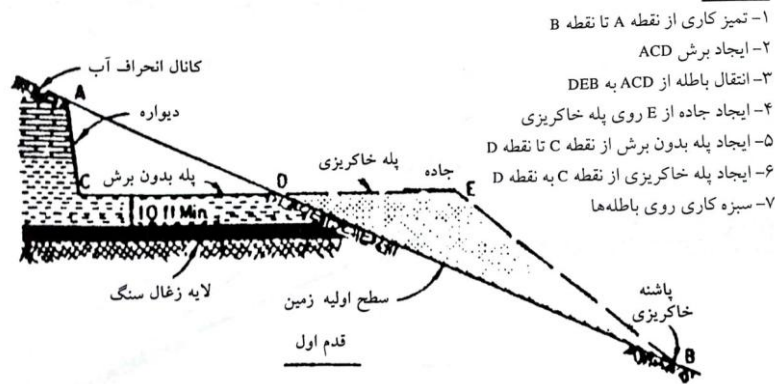
روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

201

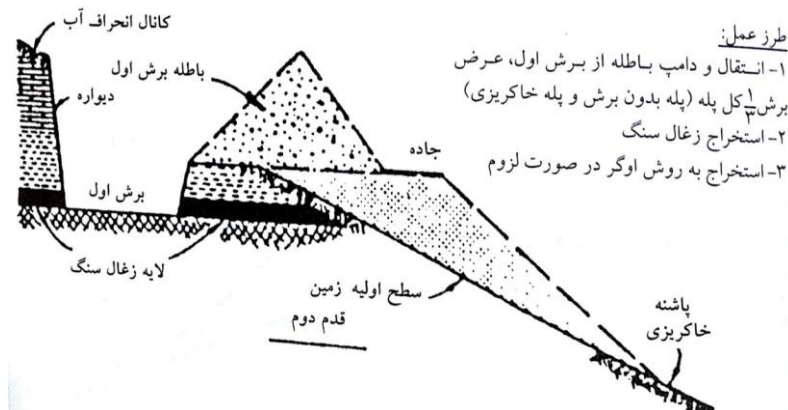
□ روش استخراج اصلاح شده کنتوری

- در محل بیرون زدگی دیواره ای از ذغال بر جای گذاشته میشود.
- هدف از امداد این دیواره محصور کردن آب باران و ایجاد ترکیبهای اسیدی است.
- ضخامت دیواره بسته به مقررات ایمنی معدن بین ۴/۵ تا ۷/۵ متر است.
- معمولاً بجای لودر و بلدوزر (روش سنتی) از شاول و دراگلاین استفاده می‌شود.

طرز عمل:



طرز عمل:





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

202

□ روش استخراج اصلاح شده کنتوری

□ سوال کنگور ۱۳۷۴

□ کدام عبارت صمیع است؟

۱- روش استخراج کنتوری برای معادن زغالسنگی است که در مناطق کوهستانی واقع شده است در حالی که روش مسطحی برای معادن زغالسنگی است که در مناطق کم ارتفاع و دشت واقع شده‌اند.

۲- روش استخراج کنتوری برای معادن زغالسنگی است که در مناطق کم ارتفاع و هم تراز واقع شده است و روش مسطحی برای زغالسنگی است که در مناطق مرتفع واقع شده‌اند.

۳- در روش کنتوری باطله‌ها در داخل معدن و در روش مسطحی باطله‌ها در خارج از معدن دمپ می‌شوند.

۴- در روش مسطحی باطله‌ها در داخل معدن و در روش کنتوری باطله‌ها در خارج از معدن دمپ می‌شوند.

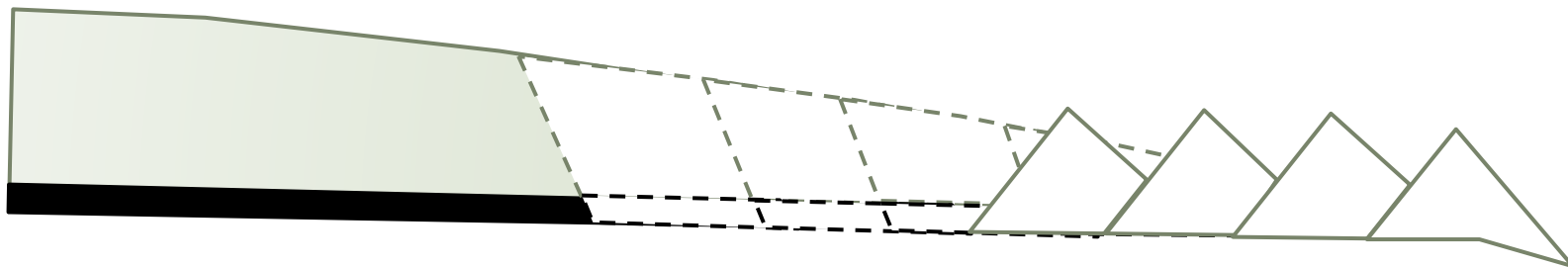


روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

203

□ روش استخراج مسطحی (Area Mining Method)

- ذخیره عمدتاً زغالسنگ
- با ضخامت ۱/۸ تا ۳ متر در منطقه مسطح و هموار (ارتفاع باطله بین ۱۲ تا ۱۵ متر)
- بجز برش اول، باطله‌ی سایر برش‌ها درون برش‌های ماقبل خود قرار داده می‌شود.
- رایج‌ترین ماشین‌آلات استخراج باطله و ماده معدنی در این روش شاول و دراگلاین هستند.
- در این روش استخراج زغال معمولاً به صورت کامل انجام می‌شود.
- ایمنی بالاتر نسبت به روش کنتوری دارد.
- بازسازی تراز زمین همزمان با عملیات استخراج صورت می‌گیرد.





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

204

□ روش استخراج مسطحی (Area Mining Method)

□ مزایای روش مسطحی

- استخراج کامل لایه ذغالسنگ (و نیاز به روش‌های زیرزمینی یا اوگر نیست)
- بعثت شیب کم محدوده‌های جانبی، باطله برش اول مخاطرات کمتری از نظر ریزش و فرسایش دارد (الودگی محیط زیست کمتر است)
- ایمنی بالاتری دارد.
- نقل و انتقال ماشین‌آلات و ایجاد تاسیسات مورد نیاز بعثت توپوگرافی مناسب، کمتر است.
- عملیات بازسازی معدن می‌تواند همزمان با عملیات استخراج انجام شود.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

205

□ روش استخراج مسطحی اصلاح شده (Modified Area Mining Method)

□ لایه افقی زغال در مناطق مرتفع (ضخامت کمتر از ۵۰ متر)

□ لایه زغال بصورت حلقه‌ای (خنمون دارد (یا از دو طرف)

■ باطله‌های برش اول بطور موقت در کنار بیرون زدگی جهت هموار و تراز کردن آخرین برش به طور موقت قرار داده می‌شود.

■ باطله برش‌های بعدی که به موازات برش اول ایجاد می‌شوند، پس از اتمام استخراج زغال به برش قبلی منتقل می‌شوند.

■ متداولترین ماشین‌ها در این روش استخراج شاول و دراگلاین هستند.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

206

□ روش استخراج مسطحی اصلاح شده (Modified Area Mining Method)

□ مزایا:

- کل ذخیره استخراج می‌شود.
- جداسازی باطله و مواد سمی در آن‌ها ساده است.
- ترازهای جدید ایجاد شده، هم اندازه تراز اولیه منطقه است.
- نرخ تولید بالا دارد

□ معایب:

- باطله‌های برش اول برای مدت طولانی تا ایجاد آفرین برش باید انباشت، نگهداری و فضا سازی شود.
- تخریب کامل یک محدوده موجب تمرکز آب‌های زیرزمینی می‌شود.



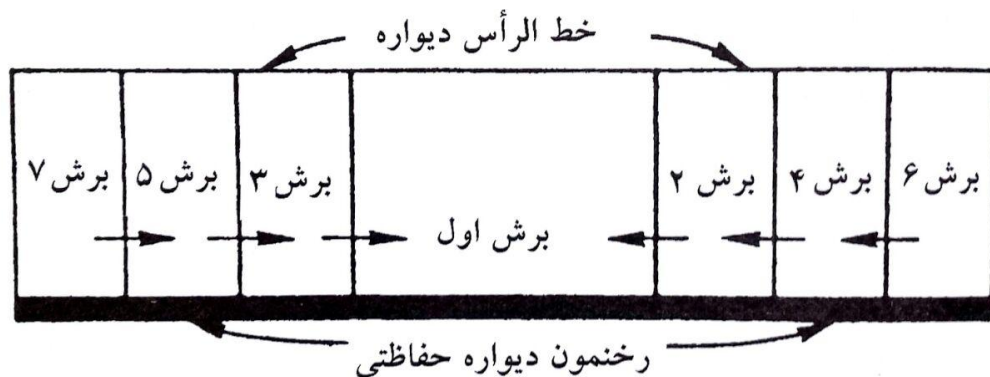
روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

207

□ روش استخراج برش بلوکی (Block Cut Mining Method)

□ در این روش برش اولیه که معمولاً بزرگتر از برشهای بعدی است در مرکز لایه زغال ایجاد می‌شود.

- باطله‌های برش اول در نزدیکترین منطقه کم ارتفاع مشرف به محل استخراج دامپ انباشت می‌شوند (انتخاب این نقطه و مناسبه ابعاد آن بسیار ضروری است).
- ایجاد جاده بر روی خط تراز زغال یا پایین تر از آن
- طراحی مفاری و انفجار (بسیار کنترل شده)
- پس از برداشت باطله و استخراج زغال از برش یک، برش دوم با پهنای یک سوم تا ۵/۰ برابر برش اول در یک طرف آن آغاز می‌شود.
- باطله برش دوم به برش اول منتقل شده و به محض استخراج زغال از آن، برش سوم در جناح مقابل باطله برداری می‌شود.
- باطله این دو برش در برش اول ریخته می‌شود.
- آغاز سبزه کاری در برش اول
- در انتها باطله‌های اولیه برش اول در محل استخراج دپو شده و با سبزه کاری عملیات معدن کاری خاتمه می‌یابد.





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

208

□ روش استخراج برش بلوکی (Block Cut Mining Method)

□ روش استخراج بلوکی اصلاح شده

- استخراج از یک سمت و برش اول در ماشیه کانسار
- استخراج کاملاً پیوسته نیست و احتمالاً با افزایش نسبت باطله برداری از نقطه مقابل برش اولیه جدید ایجاد می‌گردد.

□ روش استخراج بلوکی از دو سمت

- تنوع ماشین‌آلات بیشتر
- پیشروی از برش مرکزی به صورت همزمان در هر دو جناح صورت می‌گیرد.
- معمولاً از ترکیب لودر و کامیون و بلدوزر استفاده می‌شود.
- بعلت مانور و انعطاف پذیری کمتر نسبت به لودر، غالباً در این روش از شاول استفاده نمی‌شود.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

209

□ روش استخراج برش بلوکی (Block Cut Mining Method)

□ مزایا و معایب استفاده از ترکیب کامیون و لودر

□ مزایا:

- افزایش نرخ تولید با افزایش لودر و کامیون در شرایط مناسب
- قابلیت انتقال و حمل انواع باطله و امکان جابجایی موقت

□ معایب

- افزایش کامیون موجب تراکم تردد و کاهش سرعت رفت و برگشت می‌شود.
- دشواری تعیین تناسب بین لودر و کامیون
- نیازمند برنامه ریزی و دقت در اجرا



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

210

□ روش استخراج مسطحی - بلوکی (Block Area Mining Method)

□ ترکیب دو روش برشی-بلوکی اصلاح شده و روش اصلاح شده مسطحی

■ نوع ماشین‌آلات مشابه روش برشی-بلوکی اصلاح شده (بلدوزر و لودر)

■ کاربرد روش برای مناطق کم ارتفاع و شرایط نرمال (ضفامت باطله حداکثر ۱۲m)

■ اولین برش در مرکز ذخیره (بزرگتر از سایر برش‌ها)، باطله بصورت موقت در منطقه مشرف معدن توسط بلدوزر دامپ می‌شود.

■ سایر برش‌ها به عرض نصف تا یک سوم برش اول ایجاد شده و باطله آن به برش قبل منتقل می‌شود.

■ پس از رسیدن به نقطه اقتصادی W/O باطله‌های برش اول به محدوده معدن منتقل می‌شود.

■ هموار سازی، بازسازی محوطه و ایجاد فضای سبز



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

211

□ روش استخراج مسطحی - بلوکی (Block Area Mining Method)

□ مزایا

- امکان استخراج زغالسنگ به ضخامت کم
- کاهش آلودگی محیط به دلیل امکان جداسازی باطله‌های حاوی مواد آلاینده و مضر
- بعثت تعداد کم ماشین‌آلات، هزینه تولید پایین است
- امکان تراز کردن به حالت اولیه زمین وجود دارد.
- توقف یک ماشین موجب توقف کل عملیات نمی‌شود.

□ معایب

- دفع باطله‌های اولیه تا پایان برش استخراج ممکن است مشکل‌ساز شود.
- بسته به سکانس و ترتیب بلوک‌های استخراج، تلاقی در عملیات حمل زغال و آبکشی



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

212

روش استخراج پرکردن دره (Valley fills Mining Method)

■ باطله روی زغالسنگ در گودی یا دره باریک واقع در منتهی‌الیه شیب دامنه انباشت می‌شوند

■ مراحل اجرای کار

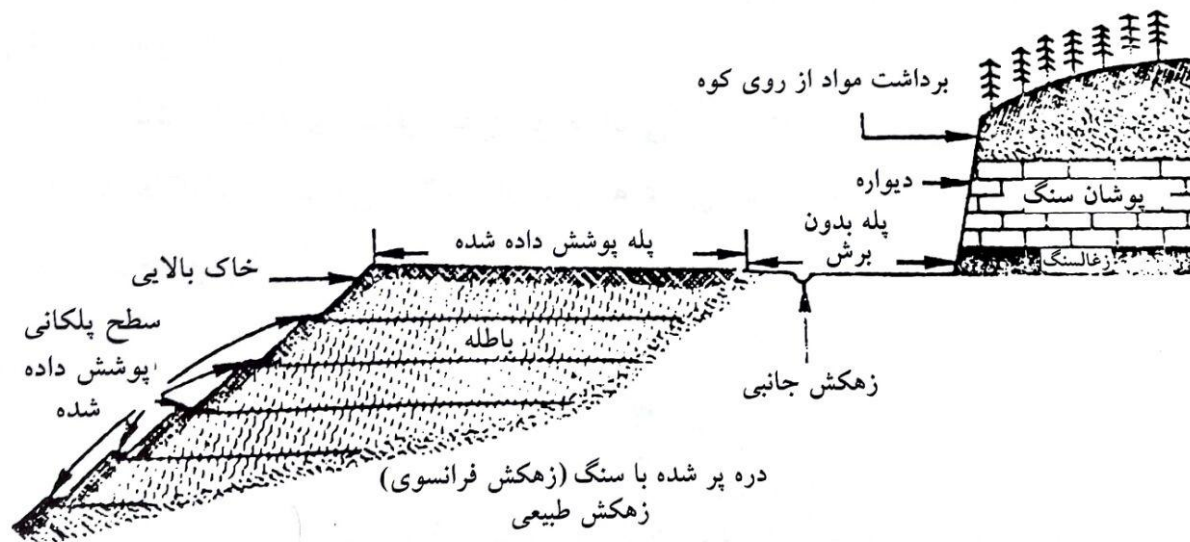
■ پاکسازی ممدوده

■ ایجاد آبگذر با پهنای ۴/۵ متر در کف دره یا گود

■ انتقال باطله‌های برداشت شده به پای دره و کوبیدن آن به ازای هر ۱/۲ متر ارتفاع (شیب نباید بزرگتر ۲:۱ شود)

■ به ازای هر ۴ متر ارتفاع یک پاشنه با عرض ۴ متر ایجاد می‌شود.

■ به منظور انتقال آب‌های سطحی شیب سطحی یله‌ها به سمت دره طراحی می‌شود.





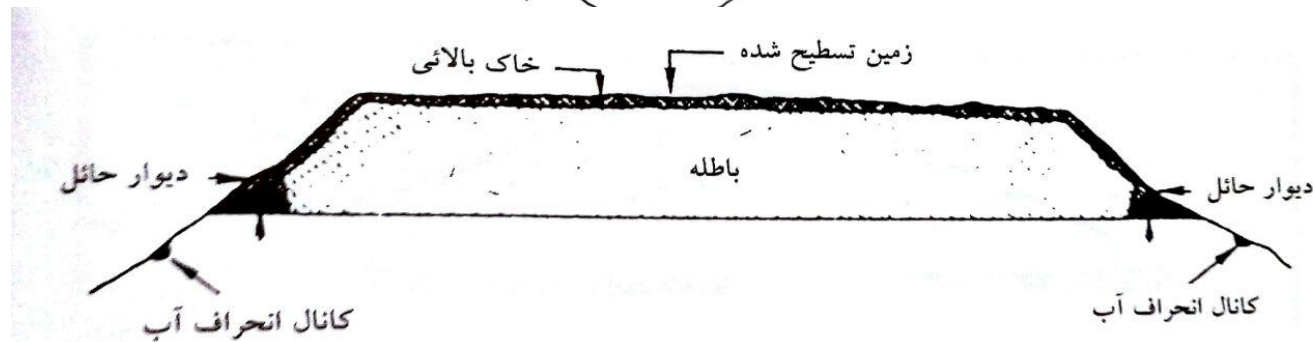
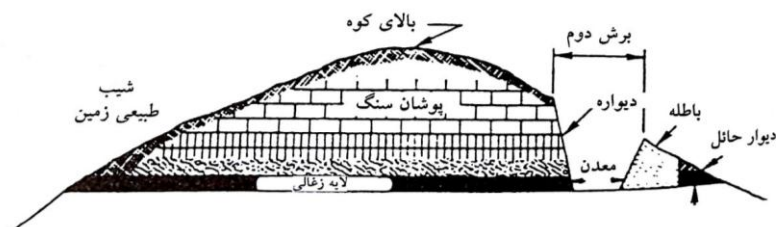
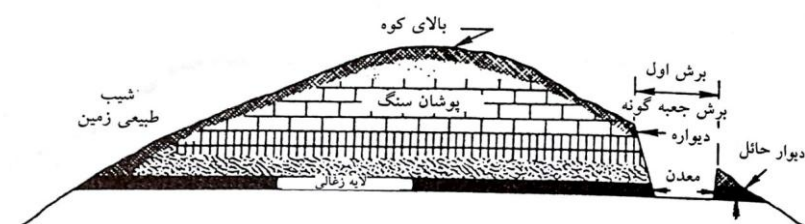
روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

213

روش استخراج قله‌ای (Mountain top removal and Valley fill)

رغمنون ملقه‌ای، لایه افقی اما شیب دامنه زیاد است.

- در محل بیرون زدگی دیواره‌ای به ارتفاع ۴/۵ متر جا گذاشته می‌شود.
- مشابه این عملیات در بیرون زدگی مقابل صورت می‌گیرد.
- باطله‌های برش اول در نزدیکترین دره یا گود مجاور قرار داده می‌شود.
- باطله‌های دیگر، پس از اتمام استخراج زغال درون برش‌های قبلی قرار داده می‌شوند.
- در این روش تراز جدید مانند ارتفاع قبلی نخواهد بود.





روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

214

□ روش استخراج قله‌ای (Mountain top removal and Valley fill)

□ مزایا

- امکان استخراج ذفیری که با روش‌های زیرزمینی یا سایر روش‌های سطحی، قابل استخراج نیستند.
- قابلیت استخراج کل ذفیره
- امداد سطح هموار و جدید که قابلیت کشاورزی یا امداد خانه دارد.
- مشکلات ریزش و فرسایش دامنه به دلیل قرار ندادن باطله‌های اولین برش در آن حداقل یا حذف میشود.
- امکان جدایش باطله‌های حاوی اسید و مواد مضر از سایر باطله‌ها
- امکان امداد کانال‌های آبکشی برای خارج ساختن آب معدن و عدم تلاقی آن با باطله

□ معایب

- حجم سرمایه‌گذاری اولیه جهت خرید ماشین‌آلات و تجهیزات و انتقال آن‌ها به محل معدن زیاد است.
- دسترسی به حداکثر تولید با حداقل هزینه، به برنامه‌ریزی اولیه دقیق نیاز است.
- برنامه ریزی انتفاع گودال مناسب اطراف معدن و ایجاد شرایط و تسهیلات برای دامپ باطله پرهزینه و وقت گیر است.
- همیشه دره یا گودال در مجاور معدن وجود ندارد.



روش‌های استخراج معادن سطحی زغال

215

□ روش استخراج روباز برای معادن ذغالسنگ

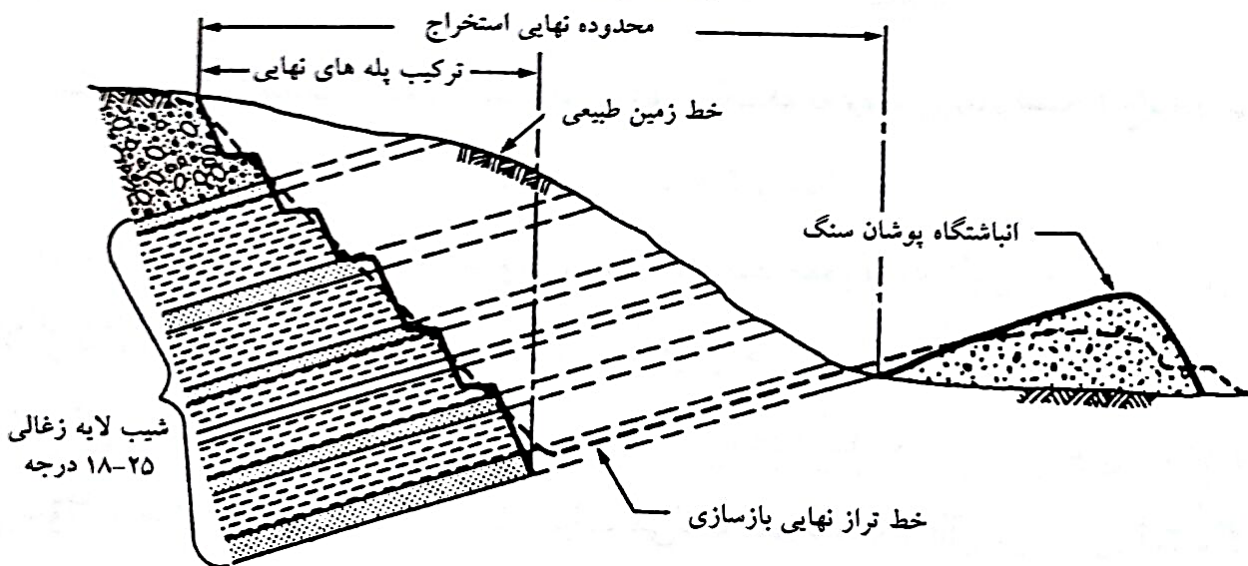
□ لایه زغال شیبدار (بالتر از ۱۵ درجه)

■ استخراج از پایین‌ترین تراز (لایه) و بصورت پله معکوس تا مد باطله برداری اقتصادی

□ ضخامت لایه زغال زیاد و در زیر باطله ضمیمه (یا کم ضخامت)

■ معمولاً از شاول و کامیون و گاه‌ها استریپر

■ بازگشت باطله‌ها به محل استخراج شده و هم‌تراز سازی با محیط اطراف





روش استخراج با ماشین آگر

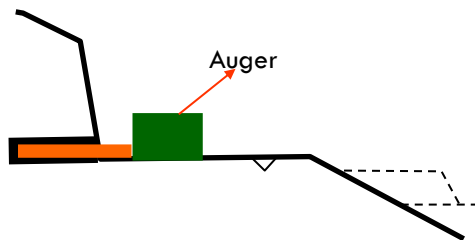
216

□ استخراج به کمک ماشین آگر (Auger Mining)

□ برشهای کنتوری تا جایی که نسبت باطله برداری به ازای هرتن ماده

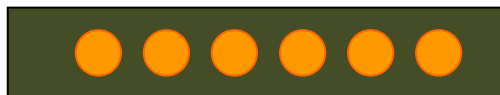
معدنی اقتصادی باشد، ادامه پیدا می‌کند. باقی ذغال به روش زیر

زمینی یا با ماشین آگر استخراج می‌شود.



□ طول حفاری تا ۶۰ متر

□ ۳۵ درصد ذغال برای نگهداری پوشان سنگ و جدایش چالها



فاصله چال ها از هم = یک ششم ضخامت
قطر چال ها = دو سوم ضخامت لایه

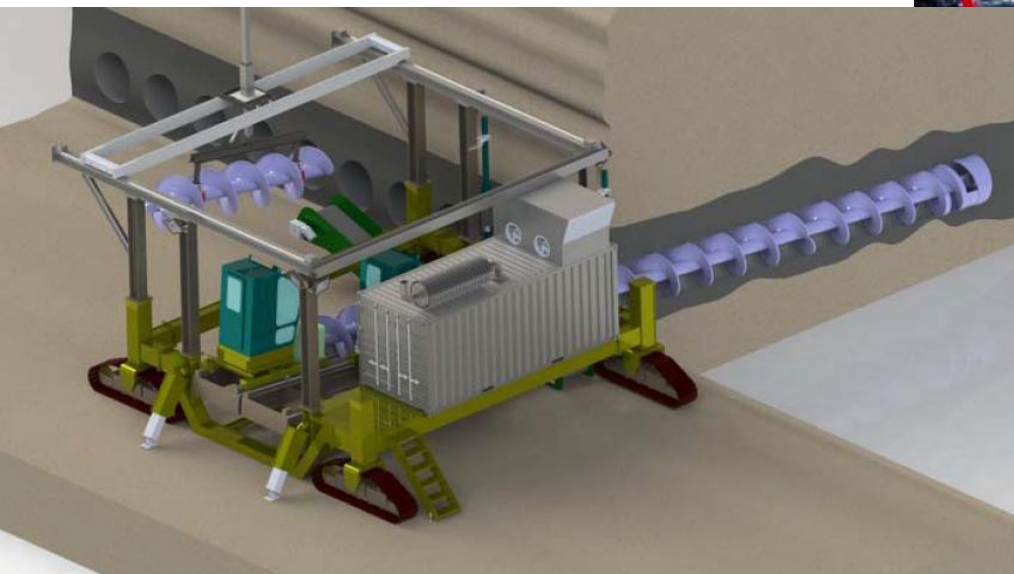
جا گذاشته می شود



روش استخراج با ماشین آگر

217

□ استخراج به کمک ماشین آگر (Auger Mining)





روش استخراج با ماشین آگر

218

□ مراحل آماده‌سازی

- تأمین جایگاه برای استقرار ماشین آگر
- لق‌گیری و پای کردن دیواره از سنگهای محلق و سست
- پاکسازی کف از خرده‌سنگها
- در صورت عدم وجود جاده، امداد جاده دسترسی و حمل



روش استخراج با ماشین آگر

219

□ چرخه عملیات

□ عدم نیاز به روباره برداری

□ کندن سنگ

□ باربری (بالابرهای اوگری، نوار نقاله یا لودر و کامیون)



روش استخراج با ماشین آگر

220

□ شرایط کاربرد

□ مقاومت کانسنگ

□ مقاومت سنگ

□ شکل کانسار

□ شیب کانسار

□ اندازه کانسار

□ عیار کانسنگ

□ یکنواختی کانسنگ

□ عمق

هر مقاومتی

هر مقاومتی

مسطح، تفت یا لایه‌ای

کم، نزدیک به افقی

کوچک، محدود، نازک

میتواند بسیار کم باشد

بسیار یکنواخت

کم عمق، محدود به دیواره بلند معدن نواری



روش استخراج با ماشین آگر

221

مزایا □

- توان تولید بالا
- هزینه استخراج پایین
- نرخ تولید متوسط
- نیاز اندک به آماده سازی کانسنگ
- نیاز به کارگر کم
- هزینه سرمایه‌ای پایین
- عدم صرف هزینه جداگانه برای بازسازی
- بازیابی زغالی که در صورت عدم استفاده از این روش از دست می‌رود
- ایمنی و بهداشت فوب، فطرات معدنکاری زیرزمینی وجود ندارد



روش استخراج با ماشین آگر

222

■ معایب

- کاربرد آن بشدت محدود به شرایط خاص و ادامه استخراج نواری است.
- محدود به زغالسنگ باقیمانده در مرزها و محدوده کاواک
- بازیابی کم زغال (۴۰ تا ۶۰ درصد)
- قابلیت تولید منمصر به یک دستگاه (ماشین) است



روش‌های استخراج به کمک مایعات

223

هزینه نسبی (%)	ماده معدنی	روش			
۵	فلزی، غیرفلزی	استخراج روباز	مکانیکی	سطحی	
۱۰۰	غیرفلزی	کواری			
۱۰	زغال سنگ، غیرفلزی	استخراج نواری			
۵	زغال سنگ	استخراج با اوگر			
۵	فلزی، غیرفلزی	استخراج هیدرولیکی	پلاسر		استخراج
<۵	فلزی، غیرفلزی	استخراج با لایروب			
۱۰	فلزی	لیچینگ	محلول		به کمک مایعات
۵	غیرفلزی	استخراج گمانه‌ای			
۲۰	زغال سنگ، غیرفلزی	اتاق و پایه	خود نگهدار	زیرزمینی	
۱۰	فلزی، غیرفلزی	کارگاه و پایه			
۴۵	فلزی، غیرفلزی	استخراج انبارهای			
۲۰	فلزی، غیرفلزی	استخراج از طبقات فرعی			
۵۵	فلزی	کندن و پر کردن	با نگهداری		
۷۰	فلزی	استخراج ستونی			
۱۰۰	فلزی	کرسی چینی			
۱۵	زغال سنگ	جبهه کار طولانی	تخریبی		
۱۵	فلزی	تخریب در طبقات فرعی			
۱۰	فلزی	تخریب بلوکی			



روش استخراج پلاستی

224

□ روش استخراج هیدرولیکی (Hydraulic Mining Method)





روش استخراج پلاسری

225

□ روش استخراج هیدرولیکی

□ کان‌های موجود در پلاسرها:

■ طلا، الماس، قلع، تیتان، پلاتین، تنگستن، کرومیت، منیتیت و فسفات

□ مراحل آماده‌سازی

- روباره برداری و امدات سافتمان‌ها
- تهیه و تامین آب کافی، از سرچشمه‌های بالادست محل کار
- آماده کردن منطقه‌ای در پایین دست محل به منظور انباشت باطله
- کنترل کیفیت آب و بازسازی سطح زمین

□ چرخه عملیات:

- یک چرخه واحد و خلاصه
- آب علاوه بر کندن در انتقال مواد نیز مشارکت می‌کند.



روش استخراج پلاسری

226

□ تعریف

□ استفاده از آب با فشار زیاد برای شل کردن و جداسازی مواد برجا و انتقال آن از طریق کانال یا نهر مخصوص.

□ کاربرد روش هیدرولیکی

■ ذخایر پلاسری

■ برداشت باطله‌های روی ماده معدنی

□ شرایط و مکانیزم روش هیدرولیکی

■ مواد در برگیرنده ماده معدنی باید قابل جدا شدن با فشار آب باشند.

■ مقدار آب ارسال شده به سینه کار باید حجم و فشار کافی برای استخراج مواد داشته باشد.

■ وجود فضای کافی جهت انتقال و انباشت خرده‌ها و باطله‌های دربرگیرنده روی ماده معدنی

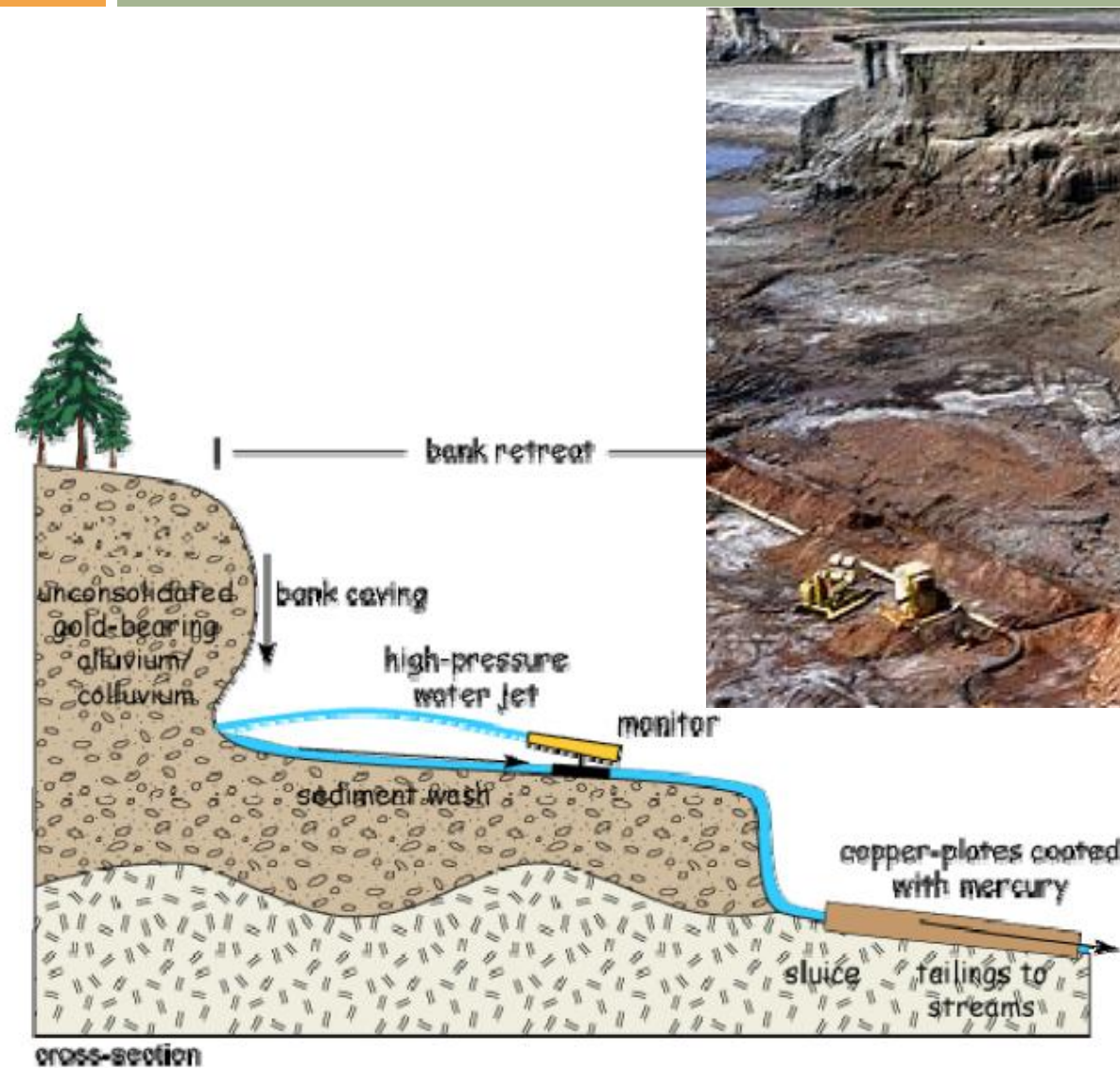
■ از نظر کمیت و عیار، ماده معدنی باید قابلیت استفاده از این روش را داشته باشد.

■ به طور طبیعی ماده معدنی باید از شیب کافی برخوردار باشد.



روش استخراج پلاسری

227





روش استخراج پلاسری

228

□ روش استخراج هیدرولیکی

- فاصله آب پاش تا محل اصابت آب به نمودی انتخاب می‌شود که در محل برخورد یک قوس عمودی ایجاد شود.
- شکل سینه‌کار بصورت دایره‌ای است، زاویه بین آب پاش تا دو لبه بالا و پایین سینه‌کار ۲۰ درجه است.
- حالت ایده‌آل استخراج برای این روش، وجود لایه شیب‌دار (شیب کم، در حدود ۴ درجه)
- در حالت شیب‌دار مواد ارزشمند داخل دره باید استخراج شوند در غیر اینصورت ایجاد موضعه ضرورت دارد.
- موضعه سنگ شوئی با فاصله مشخصی تعبیه می‌شود که مواد استخراج شده انباشت شوند.
- خاها و شیارهایی که در موضعه تعبیه شده موجب ته نشین شدن و هدایت مواد قیمتی می‌شود.



روش استخراج پلاسری

229

□ روش استخراج هیدرولیکی

- حداقل فشار آب ۶۵psi تا ۱۲۵psi (برای ذخایر مرتفع)
- قطر نازل آب پاش بین ۱/۲۵ تا ۳ اینچ
- در صورتی که از آبهای رودخانه‌ای جهت تأمین آب استفاده شود، باید متما یک سد مخزنی امداد شود.
- بهتر است تراز مخزن آب بالاتر از تراز لوله نازل باشد.
- اگر جدایش مواد توسط جریان طبیعی آب صورت گیرد، به آن سنگ شوئی زمینی گویند.
- بعضاً استخراج باطله از روی ماده معدنی بصورت مکانیکی (توسط شاول، دراگلاین یا اسکریپر) انجام می‌شود.



روش استخراج پلاسری

230

□ روش استخراج هیدرولیکی

□ شرایط کاربرد

دانه‌های کانی سنگین در خاک سست

غیر مستحکم

مسطح، تپه‌ای یا ساملی

نزدیک به افقی (بین ۲ تا ۴ درصد)

کوچک تا متوسط

می‌تواند بسیار کم باشد.

نسبتاً یکنواخت

بسیار کم، (روباره کم)

دسترسی به آب زیاد با فشار بالا

■ مقاومت کانسنگ

■ مقاومت سنگ

■ شکل کانسار

■ شیب کانسار

■ اندازه کانسار

■ عیار کانسنگ

■ یکنواختی کانسنگ

■ عمق

■ سایر شرایط



روش استخراج پلاستی

231

□ روش استخراج هیدرولیکی

□ مزایا

- توان تولید نسبتاً بالا
- هزینه استخراج پایین
- نرخ متوسط تولید
- هزینه سرمایه‌ای پایین، تجهیزات و چرخه عملیات ساده
- امکان اتوماسیون (خودکارسازی) وجود دارد.

□ معایب

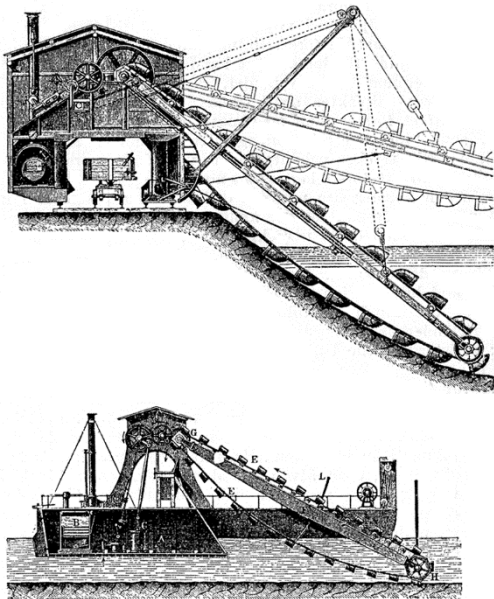
- فسارت شدید به محیط زیست
- احتیاج به مقادیر زیاد آب
- محدود به کانسارهای غیر مستحکم (پلاستی) با قابلیت فروپاشی در تحت فشار آب
- ناکارایی عمل برش، کنترل مشکل است.



روش استخراج پلاستی

232

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

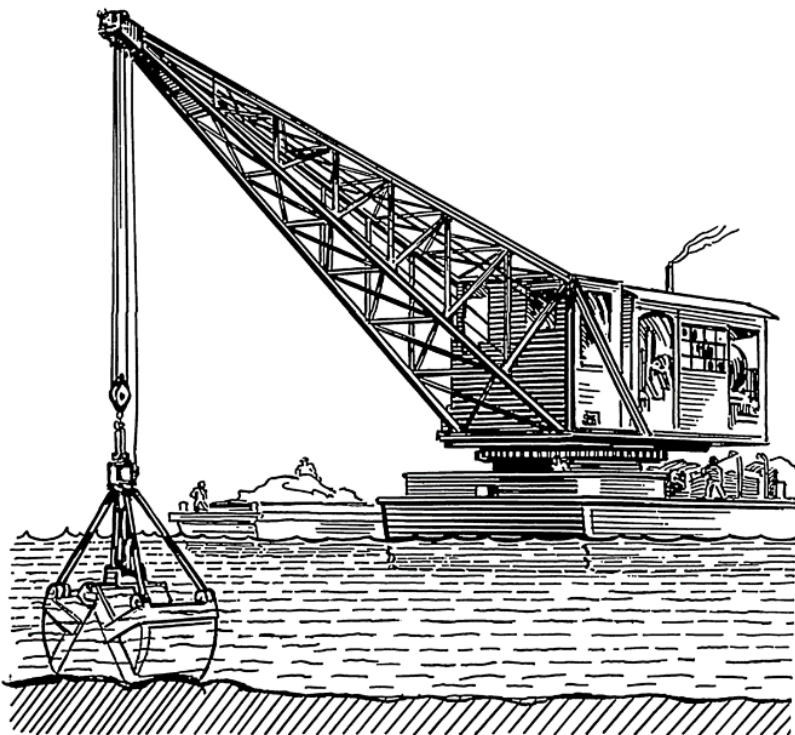




روش استخراج پلاستی

233

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

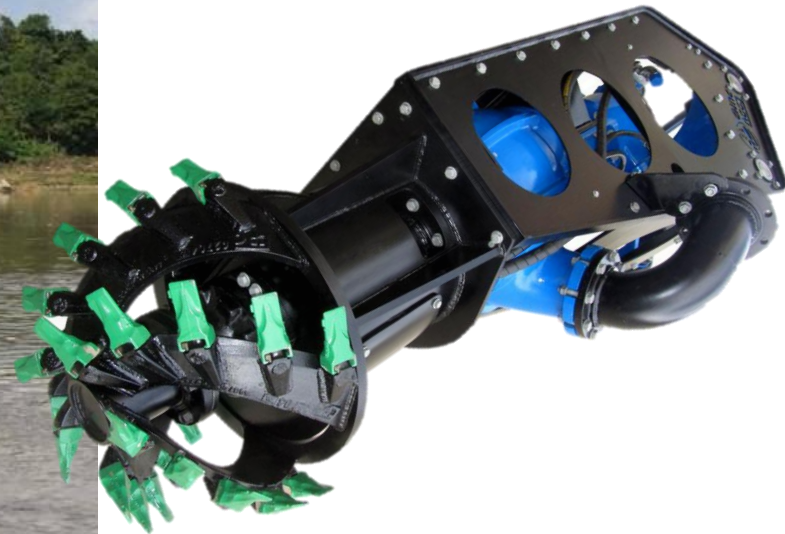




روش استخراج پلاستی

234

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)





روش استخراج پلاستی

235

- روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)
- ویژه استخراج مواد قیمتی از زیر آبهای کم عمق
- ماشینی که توسط شناور بر روی آب می‌ایستد.
- استخراج توسط زنجیر جابجایی (Ladder dredge) به شکل نردبان بالا می‌آید
- پس از شستشو، سرند شده و فلزات قیمتی و سنگین آن جدایش می‌شود.



روش استخراج پلاستی

236

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ قسمت‌های اصلی درج:

■ وینچ بالابر زنجیر مدور

■ ناودان

■ سرند و پیچ چرخش

■ نوار تخلیه مواد درشت

□ عملکرد درج وابسته به موارد ذیل است:

■ ظرفیت جام‌ها

■ عمق استخراج نسبت به سطح آب

■ سرعت زنجیر جام گردان

■ خصوصیات مقاومتی مواد، نحوه تعمیر و نگهداری، تعویض به موقع قطعات مستهلک شده، مدیریت و ...



روش استخراج پلاسری

237

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ ظرفیت جام‌ها بین ۱/۵ تا ۲۰ فوت مکعب (مداکثر ۵۴ فوت مکعب)

□ عمق استخراج درج بین ۲/۵ تا ۴۸ متر

□ بین ظرفیت جام درج و عمق استخراج رابطه مستقیمی وجود دارد

□ ضخامت ۳ متری باطله یکی از شرایط ایده آل استفاده از درج است.

□ سرعت زنجیر جام گردان بین ۲۱ تا ۲۴ بار در دقیقه (مداکثر ۳۸ بار در دقیقه)



روش استخراج پلاسری

238

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ شرایط فیزیکی مناسب برای استفاده از درج

- نوع مواد، درجه سفتی و میزان دانه‌های بسیار درشت
- شرایط توپوگرافی و رابطه آن با سطح آب
- شکل و وسعت محدوده استخراجی
- عمق ذخیره و توپوگرافی سنگ بستر و خصوصیات آن
- ضخامت پوشان سنگ روی ذخیره
- بالا و پایین رفتن سطح آب، شرایط جوی منطقه (با قابلیت طولانی کردن عملیات)
- حجم آب لازم جهت سنگ شویی و طلاشویی
- عمق آب ساحل، شرایط جریان آب و خصوصیات عمق دریا



روش استخراج پلاستی

239

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ انواع شناورها

■ مکانیکی: بیلچه نواری، بیل چرخشی مکشی، بیل بارگیر

■ هیدرولیکی: مکشی، سربرشی

□ مراحل آماده سازی:

■ نیاز به آماده سازی زیاد ندارد

■ تامین آب کافی (بستن سد در مسیر جریان آب یا تلمبه کردن آب)

■ جابجایی و انتقال مناسب باطله

■ بازسازی منطقه استخراج شده



روش استخراج پلاسری

240

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ شرایط کاربرد

دانه‌های کانی باید سنگین تر از باطله

غیر مستحکم

پلاسری، مسطح، کرانه‌ای یا ساحلی

نزدیک به افقی (بین ۲ تا ۶ درصد)

متوسط تا بزرگ

می‌تواند بسیار کم باشد.

نسبتاً یکنواخت

بسیار کم، (روباره کم)

دسترسی به آب زیاد با فشار بالا

■ مقاومت کانسنگ

■ مقاومت سنگ

■ شکل کانسار

■ شیب کانسار

■ اندازه کانسار

■ عیار کانسنگ

■ یکنواختی کانسنگ

■ عمق

■ سایر شرایط



روش استخراج پلاستی

241

□ روش استخراج با شناور یا درج (Dredge)

□ مزایا

- بیشترین توان تولید در میان تمام روش‌های استخراجی
- کم‌هزینه‌ترین روش استخراج
- نرخ تولید بالا
- نیاز به تعداد کم کارگر
- بازیابی خوب اما افتلاط زیاد
- عملیات پیوسته و بدون نیاز به فرودکردن مواد

□ معایب

- فسارت شدید به محیط زیست
- مصرف بالای آب
- کاربرد روش محدود به کانسارهای فاقد تراکم (جدایش آسان)
- نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد برای شناورهای بزرگ
- انعطاف ناپذیر و غیر انتخابی (محدود به کانسارهای پلاستی)



روش استخراج محلول

242

■ شرط اصلی برای استفاده از روش محلول

■ کانی اصلی قابلیت انحلال، ذوب یا دوغاب شدن در یک ملال (مانند آب) داشته باشد.

■ کانی‌هایی که با روش انحلالی استخراج می‌شوند:

انحلالی

■ کانی‌های تبخیری: نمک طعام، پتاس

ذوب

■ گوگرد

دوغاب سازی

■ فسفات، کائولن، ماسه نفتی، زغالسنگ، گیلسونیت، اورانیوم

فروشوی شیمیایی

■ اورانیوم و گیلسونیت



روش استخراج محلول

243

□ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

□ روشهای استخراج:

■ چاههای چنگانه

■ چاههای متمدالمركز





روش استخراج محلول

244

□ عوامل موفقیت در استخراج محلول:

- مراحل فروشویی مانند قابلیت دسترسی، واکنش شیمیایی فیزیکی، ممل، واکنش درون زمین و ...
- ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی
- قابلیت انحلال کانی‌ها
- اندازه ذرات (ذرات کوچکتر با قابلیت انحلال بیشتر مطلوب هستند)
- فردشدگی یا شکستگی
- بکارگیری و استفاده مجدد از محلول
- بازیابی فلزات یا کانی‌ها از محلول
- محدودیت‌های زیست محیطی



روش استخراج محلول

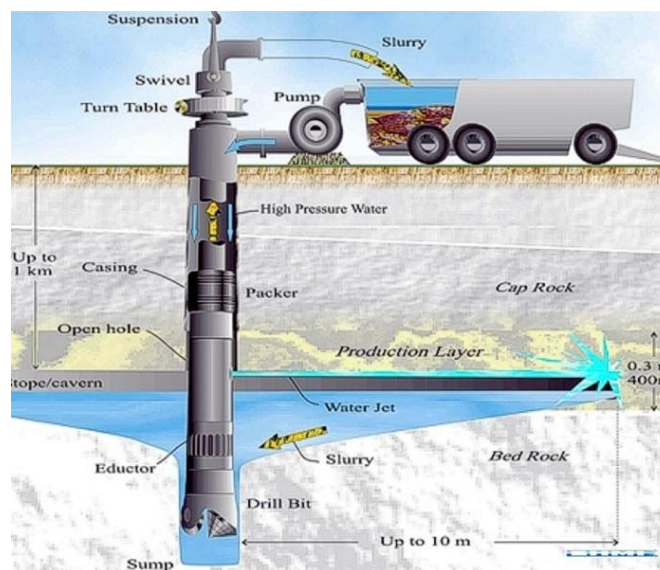
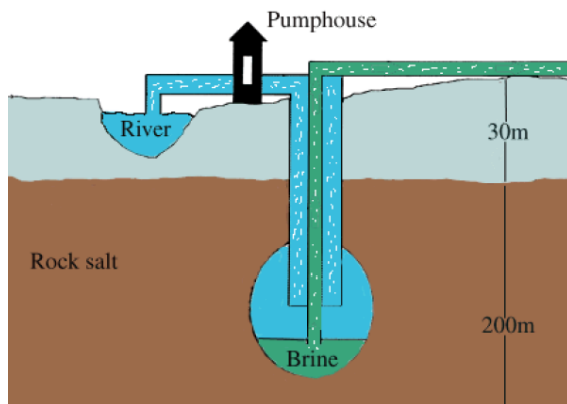
245

■ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

■ آب خالص (گاه‌ها به‌مراه یک محلول) از طریق گمانه در داخل کانسار تزریق شده و به یکی از

صورت‌های انحلال، ذوب و یا دوغابی شدن به سطح زمین انتقال می‌یابد.

■ عمده‌ترین عامل محدود کننده استفاده از این روش، ملاحظات زیست محیطی هستند.





روش استخراج محلول

246

■ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

■ مراحل آماده‌سازی

■ بسیار شبیه استخراج نفت

■ ساده‌تر از سایر روش‌های استخراج

■ تأمین آب کافی و سیستم‌های تلمبه زنی

■ امداد تأسیسات و سازه‌های لازم

■ تسهیلات و تجهیزات کانه‌آرایی برای کانی‌های محلول یا مذاب و بازیابی آب مورد استفاده



روش استخراج محلول

247

□ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

□ چرخه عملیات

■ گرم کردن مقدار زیادی آب در یک موتورخانه

■ تلمبه کردن آب داغ با درون کانسار به منظور ذوب (انحلال)

■ انتقال مواد حل شده (عمدتاً گوگرد) به سطح زمین



روش استخراج محلول

248

■ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

■ شرایط کاربرد

در مد معمول ممکن، متخلخل و نفوذپذیر با

نفوذ ناپذیر و مستحکم

هر شکلی (ترجیماً مسطح و با گستردگی زیاد)

هر شیبی (ترجیماً افقی یا کم شیب)

متوسط تا بزرگ

متوسط

متخیر تا یکنواخت

متوسط تا عمیق

دسترسی به آب زیاد

■ مقاومت کانسنگ

قابلیت انفعال

■ مقاومت سنگ

■ شکل کانسار

■ شیب کانسار

■ اندازه کانسار

■ عیار کانسنگ

■ یکنواختی کانسنگ

■ عمق

■ سایر شرایط



روش استخراج محلول

249

■ روش استخراج گمانه‌ای (Borehole Mining Method)

■ مزایا

- توان تولید بالا و نرخ تولید
- هزینه استخراج پایین و نیاز کم به نیروی انسانی
- قابل کاربرد برای کانسارهای عمیق
- هزینه و زمان آماده سازی کم
- عملیات پیوسته

■ معایب

- روش بسیار تفصیلی و انحصاری (محدود به کانسارهایی با قابلیت ذوب و انملال یا دوغابی شدن)
- نیاز به میزان آب مصرفی (متوسط)
- غیر انتفاعی (افتلاط زیاد)
- کنترل فرآیند مشکل است (بازیابی کم تا متوسط)
- احتمال ایجاد فطرات زیست محیطی بویژه آلودگی آبهای زیرزمینی



روش استخراج محلول

250

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ پایه این روش ترکیب شیمیایی یا باکتریایی است.

□ این روش می‌تواند به صورت های زیر اجرا شود:

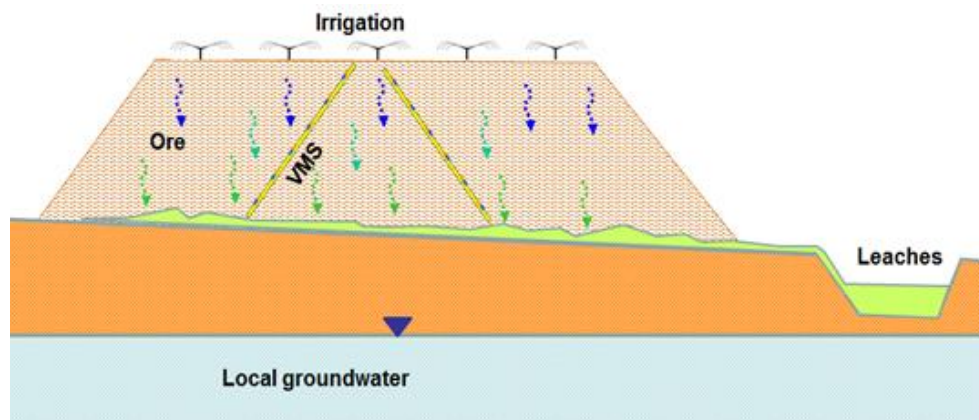
■ برجا (In-situ)

■ توده‌ای (Massive)

■ مخزنی (Reservoir)

□ عمده ترین عامل محدود کننده استفاده

□ فرآیند ترکیبی است (استخراج و پریار د





روش استخراج محلول

251

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ مراحل آماده سازی

- برداشت و انتقال تمامی پوشش گیاهی منطقه
- کوبیدن خاک پی و ریختن و کوبیدن یک لایه رسی به ضخامت ۰/۶m
- برداشت نرمه ها از روی کانسنگ مورد فروشویی
- پخش مواد بصورت توده ای به عرض ۱۲۰m
- برداشت عمقی به ضخامت ۰/۶m از سطح فاکریز
- شخم زدن سطح فاکریز به حداکثر ضخامت ۳m
- انجام عملیات فروشویی بر روی فاکریزهایی به ارتفاع ۱۵m
- پس از اتمام کار لایه ای از مواد جدید ریخته می شود.



روش استخراج محلول

252

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ چرخه عملیات

■ تهیه مواد و مصالح برای فروشویی در مخزن یا فاکریز

■ توزیع ملال فروشویی بروی مواد و مصالح تلمبار شده

■ فرو رفتن ملال به داخل مواد و انملال کانی در آن

■ جمع آوری محلول حاوی کانی با ارزش

■ فرآوری به منظور بازیابی کانی با ارزش و بازیابی ملال



روش استخراج محلول

253

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ شرایط کاربرد

■ مقاومت کانسنگ

■ مقاومت سنگ

■ شکل کانسار

■ شیب کانسار

■ اندازه کانسار

■ عیار کانسنگ

■ یکنواختی کانسنگ

■ عمق

■ سایر شرایط

فردشده یا دارای قابلیت تفریب

نفوذ ناپذیر، دیواره های می توانند ضعیف باشند.

توده های یا رگ های بزرگ یا لایه ای

پر شیب

هر اندازه ای، ترجیحا بزرگ

می تواند بسیار کم باشد

متخیر کانی های ریزدانه

متوسط

دسترسی به آب متوسط تا زیاد



روش استخراج محلول

254

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ مزایا

- توان تولید و نرخ تولید بالا
- هزینه استخراج پایین، نیاز به تعداد کم نیروی انسانی
- قابل کاربرد برای کانسارهای عمیق و کم عیار
- زمان و هزینه آماده سازی کم
- مکمل استخراج اولیه
- انجام پرعیار سازی همزمان با فرآیند استخراج
- ایمنی و بهداشت فوب



روش استخراج محلول

255

□ روش استخراج فروشویی یا لیچینگ (Leaching Mining Method)

□ معایب

■ روش تفصصی و محدود به کانی‌هایی با قابلیت انحلال شیمیایی و فیزیکی

■ نیاز به آب در حد متوسط

■ غیر انتفاعی (افتلاط زیاد)

■ مشکل بودن کنترل فرآیند، بازیابی متوسط تا کم

■ احتمال ایجاد فطرات زیست محیطی



مقایسه روش‌های استخراج سطحی

256

تجهیزات	شرایط	چرخه / عملیات واحد
A- چرخه استاندارد		
سرمته اوگر ، جت آب سرمته غلثی سرمته ضربه‌ای ، جت چالزن أنفو مواد منفجره دوغابی خرج انفجاری، وزنه سقوط کننده ، چکش ضربه‌ای	سنگ ضعیف	۱- کندن سنگ
	سنگ متوسط	a- چالزنی
	سنگ سخت	b- آتشباری
	سنگ سخت	c- آتشباری ثانویه
۲- جابجایی مواد		
شاول برقی ، دراگلاین لودر معمولی ، اسکرپور ، دوزر کامیون - تریلر، کامیون، قطار، اسکرپور، دوزر نقاله (نوار ، نوار پرشیب، هیدرولیکی) بالابر اسکپی ، دکل ، جرثقیل	فقط بارگیری	a- کند و برداشت (بارگیری)
	بارگیری + انتقال	b- باربری
	افقی ، عیار پایین	c- بالابری
	شیبدار ، عیار بالا قائم	
B- چرخه اصلاح شده		
شخم‌زن	مستحکم ، ضعیف	۱- کندن (خرد شده)
۲- کندن (بعددار)		
سایش (دورانی، زنجیری ، سیم برش) شیارزن (ضربه‌ای ، جت شعله ، جت آب) حفاری و برقوزنی ، پارس و گوه ، آتشباری سبک	سنگ تزئینی و نمای نرم	a- برش
	سنگ تزئینی و نمای سخت	b- گوه‌گذاری
	کلیه سنگهای تزئینی و نما	
۳- ترکیب کندن - کند و برداشت		
دراگلاین ، بارکننده بیل چرخشی، شاول برقی، آیفشان بارکننده سربرشی مواد منفجره	غیرمستحکم	
	مستحکم ، ضعیف	
	مستحکم ، مقاوم	
۴- استخراج پیوسته		
اوگر، ماشین استخراج دیواره بلند	مستحکم	
۵- ترکیب کندن - حمل و نقل		
آیفشان ، شناور ، دستگاه حفر چاه دستگاه حفر چاه دستگاه حفر چاه فروشویی (برجا ، توده‌ای) ، دستگاه حفر چاه	دوغابی	(با آب)
	محلول	
	ذوب	
	استخراج محلول	

□ عملیات تولیدی

□ استخراج مکانیکی

□ روش استخراج (روبار)

$$A1a+A1b+A1c+A2a+A2b$$

$$B1+A2a+A2b$$

□ روش استخراج سنگهای تزئینی و نما

$$B2a+B2b+A2c+A2b$$

□ روش استخراج نواری

$$B1+A2a$$

$$B3+A2a$$

$$B3$$



مقایسه روش‌های استخراج سطحی

257

تجهیزات	شرایط	چرخه / عملیات واحد
A- چرخه استاندارد		
سرمته اوگر ، جت آب سرمته غلثی سرمته ضربه‌ای ، جت چالزن أنفو مواد منفجره دوغایی خرج انفجاری، وزنه سقوط کننده ، چکش ضربه‌ای	سنگ ضعیف	۱- کندن سنگ
	سنگ متوسط	a- چالزنی
	سنگ سخت	b- آتشباری
	سنگ ضعیف	c- آتشباری ثانویه
سنگ سخت	سنگ سخت	
	قله سنگها	
۲- جابجایی مواد		
شاول برقی ، دراگلاین لودر معمولی ، اسکرپور ، دوزر کامیون - تریلر، کامیون، قطار، اسکرپور، دوزر نقاله (نوار ، نوار پرشیب، هیدرولیکی) بالابر اسکپی ، دکل ، جرثقیل	فقط بارگیری	a- کند و برداشت (بارگیری)
	بارگیری + انتقال	b- باربری
	افقی ، عیار پایین	c- بالابری
	شیبدار ، عیار بالا	
قائم	قائم	
B- چرخه اصلاح شده		
شخم زن	مستحکم ، ضعیف	۱- کندن (خرد شده)
۲- کندن (بعددار)		
سایش (دورانی، زنجیری ، سیم برش) شیارزن (ضربه‌ای ، جت شعله ، جت آب) حفاری و برقوزنی ، پارس و گوه ، آتشباری سبک	سنگ تزئینی و نمای نرم	a- برش
	سنگ تزئینی و نمای سخت	b- گوه گذاری
	کلیه سنگهای تزئینی و نما	
۳- ترکیب کندن - کندوپرداشت غیرمستحکم		
دراگلاین ، بارکننده بیل چرخشی، شاول برقی، آیفشان بارکننده سربرشی مواد منفجره	مستحکم ، ضعیف	
	مستحکم ، مقاوم	
۴- استخراج پیوسته		
اوگر، ماشین استخراج دیواره بلند	مستحکم	
۵- ترکیب کندن - حمل و نقل (با آب)		
آیفشان ، شناور ، دستگاه حفر چاه دستگاه حفر چاه دستگاه حفر چاه فروشویی (برجا ، توده‌ای) ، دستگاه حفر چاه	دوغایی	
	محلول	
	ذوب	
	استخراج محلول	

عملیات تولیدی

استخراج مکانیکی

روش استخراج با ماشین اوگر

B4

استخراج با محلول آبی

روش هیدرولیکی (دوغاب سازی)

B5

روش استخراج با شناور

B5

روش استخراج گمانه‌ای (انمال، ذوب و دوغاب سازی)

B5

فروشویی

B5



مقایسه روش‌های استخراج سطحی

258

□ مقایسه شرایط مناسب کانسار برای روشهای استخراج سطحی

عامل	روشهای استخراج مکانیکی				روشهای استخراج با محلولهای آبی			
	رو باز	کواری	نواری	با اوگر	هیدرولیکی	باشناور	گمانه‌ای	فروشویی
۱- مقاومت کانسنگ	هر مقاومتی	هر مقاومتی (ساختر سالم)	هر مقاومتی	هر مقاومتی	غیرمستحکم ، قله‌سنگ کم	غیرمستحکم ، مقداری قله‌سنگ	غیرمستحکم	خرد شده یا قابل تخریب ، تراوا
۲- مقاومت سنگ	هر مقاومتی	هر مقاومتی	هر مقاومتی	هر مقاومتی	غیرمستحکم	غیرمستحکم	متراکم - ناتراوا	متراکم - ناتراوا
۳- شکل کانسار	هر شکلی (ترجیحاً سطح)	لایه‌ای ضخیم یا توده‌ای	سطح ، لایه‌ای	سطح ، لایه‌ای	لایه‌ای سطح	لایه‌ای سطح	هر شکلی	توده‌ای یا لایه‌ای ضخیم
۴- شیب کانسار	هر شیبی (ترجیحاً کم شیب)	هر شیبی (در صورت ضخیم بودن)	هر شیبی (ترجیحاً کم شیب)	کم شیب	کم شیب	کم شیب	هر شیبی (ترجیحاً کم شیب)	پر شیب
۵- اندازه کانسار	بزرگ ، ضخیم ^۲	بزرگ ، ضخیم	بزرگ ، ضخامت متوسط	گستره محدود ، نازک	گستره محدود ، نازک	گستره متوسط ، ضخیم	متوسط تا بزرگ	هر اندازه‌ای (ترجیحاً بزرگ)
۶- عیار کانسنگ	پایین	بالا (عیار اهمیتی ندارد)	پایین	پایین	بسیار پایین	بسیار پایین	متوسط	بسیار پایین
۷- یکنواختی کانسنگ	یکنواخت (جور یا مختلط)	یکنواخت	نسبتاً یکنواخت	یکنواخت	نسبتاً یکنواخت	نسبتاً یکنواخت	متغیر	متغیر
۸- عمق	کم عمق تا متوسط	کم عمق تا متوسط	کم عمق	کم عمق	بسیار کم عمق	بسیار کم عمق	متوسط تا عمیق	کم عمق تا متوسط



مقایسه روش‌های استخراج سطحی

259

□ مقایسه مزایا و معایب روشهای استخراج سطحی

ویژگی	روشهای استخراج مکانیکی				روشهای استخراج با محلولهای آبی		
	رو باز	کواری	نواری	باوگر	هیدرولیکی	با شناور	گمانه‌ای
۱- هزینه استخراج	۱۰٪	۱۰۰٪ (بالاترین)	۱۰٪	۵٪	۵٪	۵٪ < (پایین‌ترین)	۵٪
۲- نرخ تولید	بزرگ مقیاس	کوچک مقیاس	بزرگ مقیاس	متوسط	متوسط	بزرگ مقیاس	متوسط
۳- توان تولید	بالا	بسیار پایین	بالا	بسیار بالا	بالا	بالاترین	بسیار بالا
۴- سرمایه گذاری	زیاد	کم	زیاد	کم	کم	زیاد	زیاد
۵- نرخ آماده‌سازی	سریع	متوسط	سریع	سریع	سریع	متوسط	متوسط
۶- عمق	محدود	محدود	محدود	محدود	محدود	محدود	نا محدود
۷- قابلیت استخراج انتخابی	پایین	بالا	پایین	پایین	متوسط	پایین	پایین
۸- بازیابی	بالا	بالا	بالا	متوسط	متوسط	بالا	پایین
۹- اختلاط	متوسط	پایین	پایین	پایین	بالا	بالا	بسیار بالا
۱۰- انعطاف پذیری	متوسط	پایین	متوسط	بسیار پایین	متوسط	پایین	پایین
۱۱- پایداری فضاها	بالا	بالاترین	بالا	بالا	متوسط	متوسط	بالا
۱۲- خطرات زیست محیطی	بالا	متوسط	بسیار بالا	پایین	شدید	شدید	متوسط
۱۳- دفع یا انتقال باطله	گسترده	متوسط	حداقل	هیچ	متوسط	گسترده	کم
۱۴- ایمنی و بهداشت	خوب	خوب	خوب	خوب	مناسب	خوب	خوب
۱۵- سایر موارد	هزینه کندن پایین؛ مشکلات بارندگی و آب و هوایی؛ بزرگ مقیاس‌ترین روش	باطله متمرکز؛ دستمزد بسیار زیاد؛ هزینه‌برش بالا	باربری باطله وجود ندارد؛ هزینه کندن پایین؛ بزرگ مقیاس‌ترین روش	کاربرد محدود به زغال سنگهای باقی‌مانده	کانسارهای غیر مستحکم؛ نیاز به آب؛ فاقد هزینه کندن؛ همراه با پرعیار سازی	کانسارهای غیر مستحکم؛ نیاز به آب؛ فاقد هزینه کندن	کانسارهای غیر مستحکم؛ نیاز به آب؛ فاقد هزینه کندن