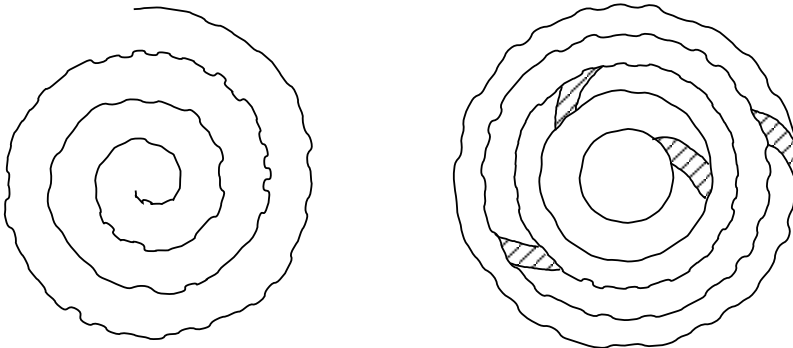


## پله معدن

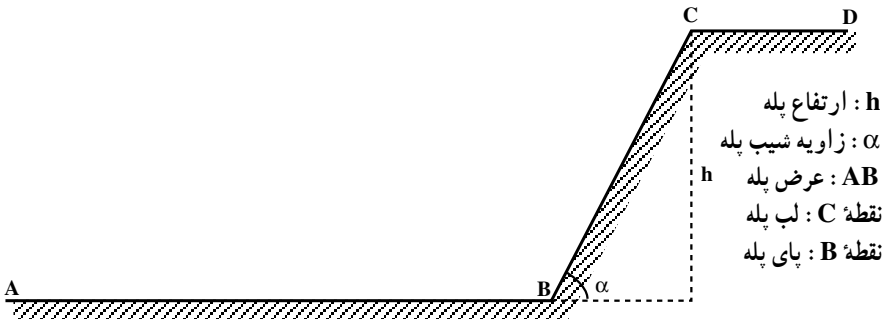
در منتهای مکانیکی استخراج سطحی برای استخراج مواد معدنی و یا انتقال سنگ‌های پوششی و باطله و یا هر دو از پله استفاده می‌شود. برای آن دسته از کانسارهایی که در ارتفاع کمی از سطح زمین قرار دارند (در حدود ۲۰ متر) با یک شیب و یا یک پله می‌توان باطله را برداشت کرده و ماده معدنی را استخراج نمود. آن دسته از ذخایر معدنی که در عمق‌های بیشتر قرار دارند، به جای یک دیوار مستقیم از یک دیوار شکسته یا چندپله‌ای برای استخراج استفاده می‌شود. این پله‌ها یا به شکل حلزونی از سطح زمین تا عمق استخراج ادامه دارد و مواد معدنی استخراج شده از این طریق به سطح منتقل می‌شوند و یا آن‌که پله‌های افقی با راه‌های ارتباطی که قبلاً هم به آن اشاره شد (رَمپ)، برای مرتبط ساختن پله‌ها در مکان‌های مناسب به وجود می‌آیند و بستگی به نوع سیستم انتقال مواد دارند.



الف - پله‌های افقی که توسط پله‌ها مرتبط شده‌اند. ب - پله‌های حلزونی که با شیب معینی پایین می‌روند.

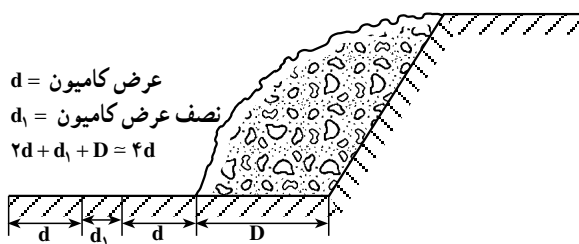
شکل ۱۷-۲

چون تعیین مشخصه‌های پله معدن از نظر ایمنی و اقتصادی بسیار مهم است و همچنین تعیین آن‌ها نیاز به بررسی و طراحی دقیق دارد، بنابراین، در این قسمت عوامل تأثیرگذار در طراحی مشخصات پله‌ها را شرح می‌دهیم: اجزای اصلی پله در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۸-۲ - اجزای اصلی پله

عرض پله: یکی از معمول ترین سیستم های حمل و نقل و بارگیری در معادن روباز، استفاده از شاول و کامیون است که با توجه به میزان مانور شاول و عرض کامیون عرض پله مشخص می شود. همچنین، اضافه حجم مواد، پس از آتش کاری هم در تعیین عرض پله تأثیر دارد. معمولاً عرض پله را طوری در نظر می گیرند که پس از انفجار دیواره ها و ریزش مواد روی پله، عرض آن به اندازه دو برابر و نیم عرض کامیون های مورد استفاده در معدن فاصله داشته باشد. عرض پله به طور تجربی و تقریبی در حدود چهار برابر عرض کامیون در نظر گرفته می شود.



شکل ۱۹-۲- نمایش عرض پله



شکل ۲۰-۲- یک شاول در حال بارگیری در روی پله معدن

## پله و عوامل مؤثر در تعیین ارتفاع آن

یکی از اجزایی که در مورد پله معدن باید تعیین شود، ارتفاع آن است. ارتفاع پله با توجه به

ماشین‌آلات مورد استفاده، شرایط ماده معدنی و جنس آن مشخص می‌شود. مهم‌ترین عواملی که در ارتفاع پله مؤثراند به شرح زیر است.

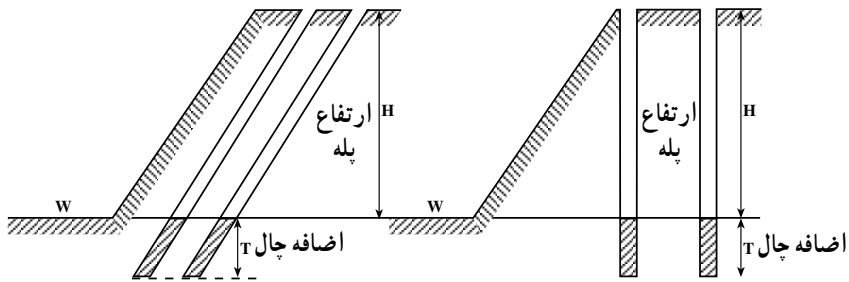
۱- پایداری و مقاومت سنگ‌ها و مواد تشکیل‌دهنده پله‌ها: هر چه پایداری و مقاومت سنگ‌ها بیشتر باشد، می‌توان ارتفاع پله را بیشتر در نظر گرفت. این ارتفاع در سنگ‌های نرم بین ۴-۶ متر، برای سنگ‌های متوسط بین ۸-۶ متر و برای سنگ‌های سخت بین ۲۰-۸ متر متغیر است.



شکل ۲۱-۲- تصویری از پله‌های معدن

۲- عمق عملکرد سیستم حفاری: چون در بیشتر موارد برای استخراج مواد داخل پله‌ها از انفجار استفاده می‌شود، به همین منظور و برای ثابت کردن ارتفاع پله و هموار نمودن عرض پله و نیز جبران نقص عملیات حفاری و انفجار، همواره بایستی عمق چال آتش‌کاری بیشتر از ارتفاع پله طراحی شود که به آن اضافه چال گویند. این عمل با ماشین‌آلات ویژه حفاری در معادن روباز انجام

می‌شود. در معادن روباز معمولاً برای به‌دست آوردن راندمان بیشتر از چال‌های شیب‌دار برای آتش‌کاری استفاده می‌شود.



شکل ۲-۲۲



شکل ۲-۲۳- واگن دریل در حال چال زدن

۳- ارتفاع دسترسی سیستم بارگیری: همان طور که می دانید، هر یک از ماشین آلات بارگیری تا ارتفاع معینی، قادر به بار کردن ماده معدنی یا باطله در داخل ماشین های حمل و نقل هستند. بنابراین، در طراحی ارتفاع پله ها، بایستی نوع دستگاه های بارکننده را هم تعیین کرد. مثلاً بعضی لودرها فقط تا ارتفاع ۵ متری، قادر به بارگیری هستند؛ اما شاول هایی وجود دارند که تا ارتفاع ۲۰ متری عمل بارگیری را انجام می دهند.



شکل ۲۴-۲- لودر در حال بارگیری

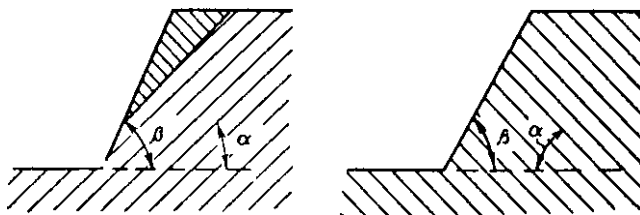


شکل ۲۵-۲- یک نوع شاول ویژه معدن

۴- شرایط آب و هوایی: یکی دیگر از مواردی که در طراحی ارتفاع پله نقش مؤثری دارد، شرایط آب و هوایی منطقه است. در نواحی مرطوب و همچنین مناطقی که برف و یخبندان فراوان و شدید است، معمولاً ارتفاع پله کمتر از حد معمول در نظر گرفته می‌شود، زیرا رطوبت و یخبندان باعث تورم خاک شده، حجم آن و در نتیجه ارتفاع پله افزایش یافته و امکان ریزش را بالا می‌برد.

شیب پله: شیب پله زاویه‌ای است بین خط افقی و یک خط فرضی که پای پله‌ها را به پای پله بالایی متصل می‌کند، یا زاویه‌ای است که رخساره پله با سطح افق می‌سازد. بیشتر اوقات، شیب پله از شیب نهایی معدن بیشتر است؛ زیرا در ارتفاع کمتر، مواد بهتر می‌توانند خود را به حالت قائم نگه دارند. اما این مسئله عمومیت نداشته و در بعضی موارد شیب پله از شیب نهایی معدن کمتر می‌شود. عواملی که در انتخاب شیب پله مؤثراند عبارت‌اند از: مقاومت و پایداری مواد تشکیل‌دهنده‌ی پله، وضعیت لایه‌بندی و چگونگی قرار گرفتن طبقات مواد، وجود رمپ در پله‌ها و وضعیت آب‌ها در دیواره پله‌ها.

هر چه مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهنده پله‌ها بیشتر باشد، شیب بیشتری می‌توان برای پله در نظر گرفت. در صورتی که شیب پله و شیب لایه‌بندی طبقات در یک جهت باشد، احتمال ریزش پله بیشتر بوده و باید شیب کمتری برای پله ایجاد کرد و اگر شیب پله و شیب لایه‌بندی در جهت عکس یکدیگر باشند، پله پایدارتری خواهیم داشت.

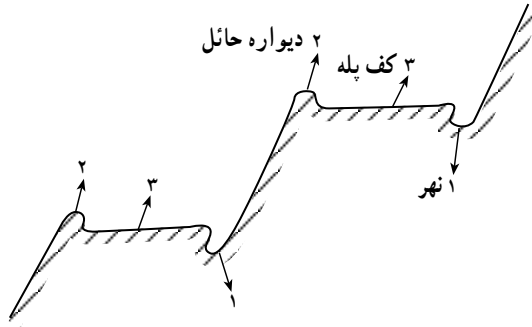


شکل ۲۶-۲- تأثیر شیب لایه‌بندی در شیب پله

همچنین، در صورت وجود رمپ و وجود آب در دیواره پله باید شیب کمتری برای آن طراحی کرد. طول و شیب رمپ مقدار معینی است و به سیستم و ماشین‌آلات باربری بستگی دارد. شیب رمپ با توجه به حد مجاز شیب پله و نیز طول آن معمولاً برای هر سیستمی از باربری‌ها در کاتالوگ مخصوص به آن و با توجه به ضریب اصطکاک زمین آورده شده است. به‌طور کلی شیب پله به صورت تجربی برای سنگ‌های نرم مثل شیل، زغال و سنگ‌های آهکی بین ۳۵-۵۵ درجه، برای سنگ‌های متوسط بین ۷۰-۵۵ درجه و برای سنگ‌های سخت بیش از ۷۰ درجه در نظر گرفته می‌شود.

## سایر مشخصات پله معدن

علاوه بر مشخصات اصلی پله‌ها که هر یک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت، پله‌های معدن، دارای چند مشخصهٔ دیگر است که عبارت‌اند از: ۱- گودی کنار دیواره یا نهر ۲- دیوارهٔ حائل یا برم<sup>۱</sup> ۳- کف یا سطح افق پله



شکل ۲۷-۲

۱- گودی کنار دیواره یا نهر: گودالی است به عمق چند سانتی‌متر تا یک متر در منتهی‌الیه رخساره یا پای پله و به منظور جلوگیری از ریزش و سقوط سنگ‌های ریز پله‌های فوقانی به پله‌های تحتانی حفر می‌شود. همچنین این نهر برای هدایت آب‌های زیرزمینی و روی کف پله نیز استفاده می‌شود.

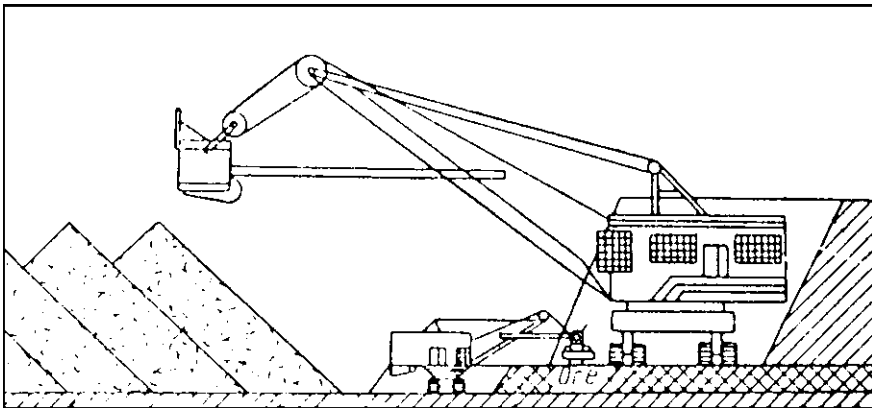
۲- دیوارهٔ حائل یا برم: برآمدگی به ارتفاع یک تا دو متر است که معمولاً بر روی لبهٔ پله ایجاد می‌شود تا از سقوط وسایل حمل و نقل جلوگیری شود. همچنین، این دیواره به مانند سدی در مقابل ریزش احتمالی سنگ‌های درشت و سقوط آن‌ها به پله‌های تحتانی خصوصاً در مواقع آتش‌باری و انفجار استفاده می‌شود.

۳- کف یا سطح افق پله: در طی عملیات حفاری و انفجار، همواره بایستی سعی شود که کف پله صاف و یک‌نواخت باشد و از ایجاد پستی و بلندی در کف پله جلوگیری شود تا ماشین‌آلات حمل و نقل به راحتی روی آن حرکت کرده و دیرتر مستهلک شوند. کف پله باید شیب ملایمی به طرف نهر داشته باشد تا آب‌های روی کف پله را به داخل نهر هدایت کرده و با توجه به نیروی گریز از مرکز، از انحراف و سقوط وسایل حمل و نقل جلوگیری کند.

۱- Brm

## انبار کردن مواد معدنی و باطله در معادن روباز

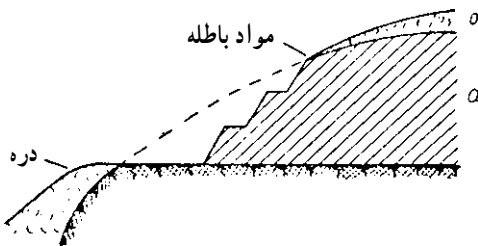
یکی از مواردی که هم در معادن روباز و هم در معادن زیرزمینی با آن روبرو هستیم، انبار کردن و دیوی مواد معدنی و باطله‌هاست که برای آن همیشه مکانی را در نظر می‌گیرند. در معادن روباز باطله‌های پوشش‌دهنده ماده معدنی در یک مکان مناسب جمع‌آوری می‌شوند. معمولاً این مواد پس از استخراج ماده معدنی به محل استخراج شده انتقال پیدا می‌کنند. بارگیری و انتقال مواد با بیل مکانیکی، دراگلین، بولدوزر، لودر و کامیون انجام می‌شود. مکانی که برای دیوی باطله انتخاب می‌شود بایستی جایی قرار داشته باشد که در زیر آن ماده معدنی موجود نباشد، تا حد امکان به محل معدن نزدیک بوده و طوری باشد که باعث ایجاد اختلال در عملیات معدن‌کاری نشود. یعنی، در جایی انبار شوند که نیازی به جابه‌جایی مجدد آن‌ها نداشته باشیم.



شکل ۲۸-۲- جابه‌جایی مواد باطله به وسیله بیل مکانیکی

تا حد امکان سعی می‌شود که مواد باطله در نزدیک‌ترین محل خارج از محدوده معدن، دیو شوند تا استخراج ماده معدنی بدون وقفه انجام گیرد. چون باطله‌برداری و انبار کردن آن مستلزم صرف

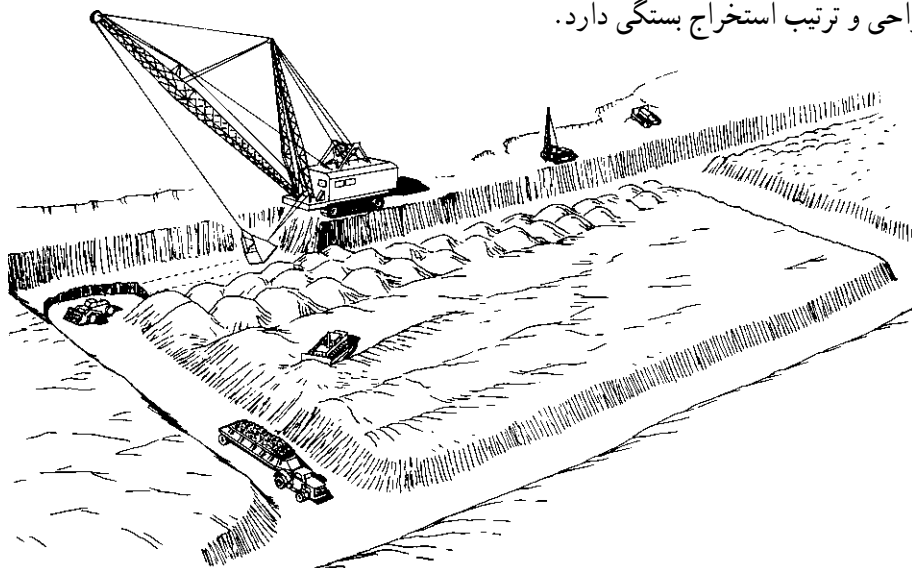
هزینه‌های بسیاری است، در انتخاب محل دیو و ماشین‌آلات مورد استفاده، باید کاملاً دقت کرد و این هزینه‌ها را به حداقل ممکن رساند. در مناطق کوهستانی که ماده معدنی به صورت برآمدگی است، گودی‌های طبیعی و دره‌ها برای ریزش باطله محل مناسبی است که پس از بهره‌برداری، منطقه حالت تقریباً مسطحی به خود می‌گیرد.



شکل ۲۹-۲- ریختن باطله‌ها در دره‌ها و گودی‌ها



اگر منطقه معدنی شکل تقریباً مسطحی داشته باشد، باطله‌ها را به شکل کپه در کنار هم انبار می‌کنند. معمولاً این کپه‌ها هر چند وقت یک‌بار با بولدوزر صاف شده و یک‌سری باطله دیگر روی آن‌ها ریخته می‌شود. در بعضی از معادن بزرگ که فضای مناسب برای انجام عملیات معدن‌کاری موجود است، می‌توان مواد باطله را در گوشه‌ای از معدن دپو کرد و پس از استخراج بخشی از معدن، باطله‌ها را به محل استخراج شده بازگرداند. انتخاب مکان انبار کردن مواد باطله در داخل معدن به طراحی و ترتیب استخراج بستگی دارد.



شکل ۳۰-۲ دپوی باطله‌ها به وسیله درآگین



شکل ۳۱-۲ جابه‌جایی باطله توسط نوار نقاله

در بسیاری از موارد در معادن (هم روباز و هم زیرزمینی) به علت‌های مختلف، به انبار کردن مواد معدنی هم نیاز هست. اصولاً میزان تولید روزانه در معادن، به گونه‌ای است که علاوه بر فروش ماده معدنی همیشه مقداری از آن به صورت آماده و دپو شده در معدن موجود باشد. چون عیار ماده معدنی در نقاط مختلف کانسار متفاوت است، برای یک‌نواخت‌سازی عیار ماده معدنی برای فرستادن به کارخانه فرآوری، دپوی مواد با عیارهای مختلف و مخلوط‌سازی و همگن کردن عیار آن ضروری است. محل دپوی مواد معدنی باید دور از محل دپوی باطله‌ها باشد.

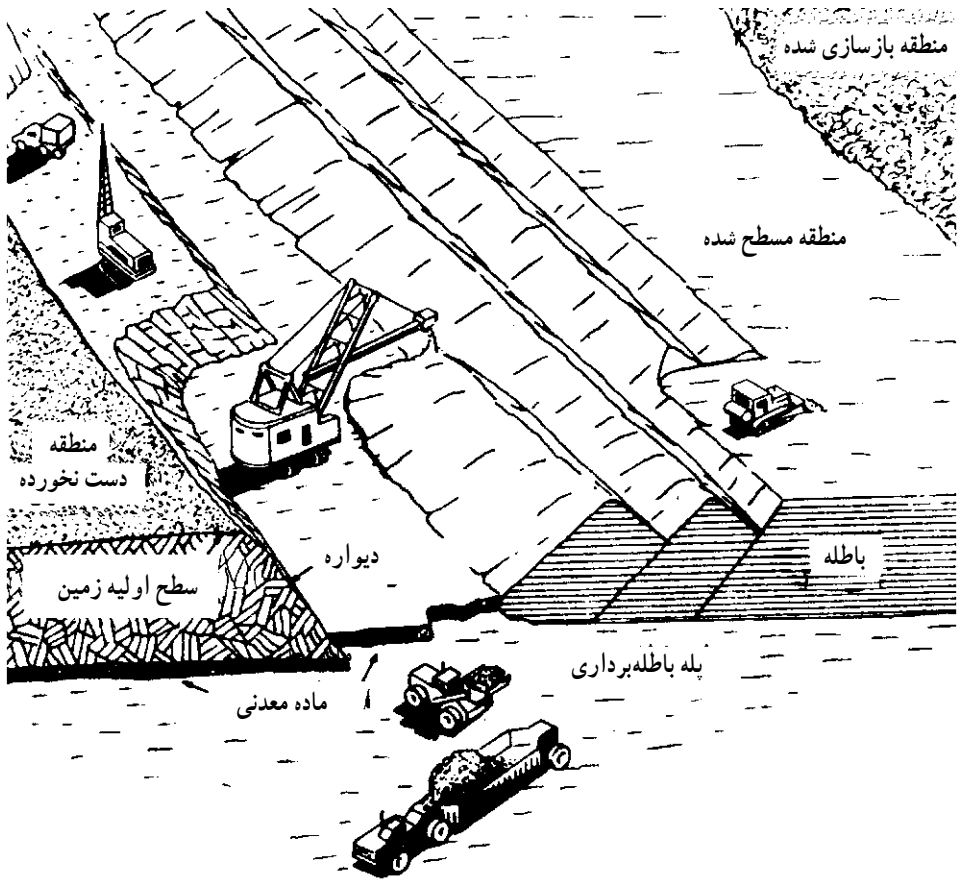


شکل ۳۲-۲- دپوی مواد معدنی در یک معدن روباز

## بازسازی معدن روباز

طبق قانونی که تقریباً در تمام کشورهای دنیا اجرا می‌شود، معدن کاران موظفند، پس از پایان بهره‌برداری از منابع معدنی منطقه معدن را مانند روز اول بازسازی کنند. در بسیاری از کشورها پس از آن که همه ذخیره یک کانسار استخراج شد، محل خالی شده به طور کامل بازسازی شده و یا به یک مرکز تفریحی فرهنگی، موزه و یا فضای سبز تبدیل می‌گردد. بنابراین، در هنگام طراحی معدن بایستی برای بازسازی آن برنامه‌ریزی کرد. هر چند که ممکن است منطقه معدنی در یک ناحیه دور افتاده قرار داشته باشد. اهمیت بازسازی معدن برای نگهداری حیات وحش و گیاهانی است که قبل از استخراج وجود داشته‌اند.

هنگامی که یک کانسار توده‌ای حجیم استخراج شود، یک حفره بزرگ پس از برداشت ماده معدنی باقی می‌ماند. اگر معدن در یک تپه واقع شده باشد، ریختن باطله‌های پوششی در محل اولیه امکان‌پذیر نیست و باید برای بازسازی معدن تدبیری اندیشید. محل استخراج شده بایستی به گونه‌ای پر شود که سطح آب‌های زیرزمینی و جاری سطحی در ناحیه موردنظر محفوظ بماند. برای تثبیت مواد پرکننده از پوشش گیاهی و ریختن کاه و برگ در سطح آن‌ها استفاده می‌کنند.



شکل ۳۳-۲- بازسازی محل استخراج شده

## خودآزمایی

- ۱- علت تمایل بیشتر معدن‌کاران برای استخراج روباز معدن چیست؟
- ۲- منظور از نسبت باطله‌برداری چیست و اهمیت آن به چه دلیل است؟ با ذکر مثال توضیح

دهید.

- ۳- عملیات آماده‌سازی در معدن روباز شامل چه بخش‌هایی است؟
- ۴- عوامل مؤثر در انتخاب شیب مناسب برای معدن روباز چیست؟
- ۵- عملکرد سیستم‌ها و ماشین‌های حفاری در ارتفاع پله باید به چه صورت باشد؟
- ۶- علت ایجاد نهر و دیوارهٔ حائل در پله چیست؟
- ۷- در مورد انبار کردن مواد معدنی و باطله چه نکاتی را باید رعایت کرد؟
- ۸- تفاوت شیب دائم معدن با شیب موقت را با رسم شکل بیان کنید.
- ۹- اهمیت بازسازی معدن پس از استخراج چیست؟

روش‌های استخراج معادن روباز



هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند:

- ۱- کلیاتی در مورد روش‌های استخراج روباز ارائه کند.
- ۲- تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را شرح دهد.
- ۳- روش استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنثوری) را تشریح کند.
- ۴- روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی) را تشریح کند.
- ۵- روش استخراج کلاسیک روباز را تشریح کند.
- ۶- دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج کلاسیک را بیان کند.
- ۷- روش استخراج کواری را توضیح دهد.
- ۸- روش‌های استخراج هیدرولیکی را که شامل روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسی است، تشریح کند.
- ۹- روش‌های استخراج انحلالی شامل روش‌های گمانه‌ای و تجزیه شیمیایی را تشریح کند.
- ۱۰- سایر روش‌های استخراج شامل استخراج هیدرولیکی، استخراج به روش آتشاری با تزریق آب و استخراج از طریق تبدیل زغال به گاز را شرح دهد.

## کلیات

پس از اینکه عمق و مشخصات ذخیره معدنی تعیین شد، با توجه به شرایط اقتصادی و امکانات فنی موجود، عملیات آماده‌سازی و استخراج به روش روباز یا زیرزمینی انجام می‌شود. همان‌طور که گفته شد، بسیاری از ذخایر معدنی هستند که در سطح یا نزدیکی سطح زمین قرار گرفته‌اند. هنگامی که یک کانسار در نزدیکی سطح زمین قرار گیرد، به‌صورت روباز بهره‌برداری می‌شود. به‌طور کلی، مجموعه عملیاتی که برای دستیابی و استخراج از یک کانسار در فضای باز و زیر آسمان انجام می‌گیرد، استخراج روباز یا سطحی می‌نامند. اهمیت معادن روباز از چند جهت بررسی می‌شود، به علت افزایش جمعیت و پیش‌رفت روزافزون فناوری، نیاز به مواد اولیه نیز بیشتر شده و معادن روباز راندمان تولید بالاتری نسبت به معادن زیرزمینی دارند. همچنین، بازیابی ماده معدنی در روش روباز بیشتر بوده و کنترل بهتری می‌توان روی عیار ماده معدنی صورت داد. به همین منظور همواره تلاش بر این بوده تا کانسارهای معدنی به شکل روباز استخراج شوند. روش‌های مختلف دسترسی، آماده‌سازی و بهره‌برداری منابع معدنی سطحی گستردگی بسیار

کمتری در مقایسه با روش‌های زیرزمینی دارند. چون در معادن سطحی عملیات استخراج در فضای باز انجام می‌گیرد، مسائل مربوط به نگهداری، آبکشی و تهویه در این معادن به راحتی قابل حل بوده و به شکلی که در معادن زیرزمینی با آن‌ها روبرو هستیم، نخواهند بود. بنابراین، معادن روباز از نظر ایمنی ضریب اطمینان بالاتری نسبت به معادن زیرزمینی دارند، اما در همین معادن نیز در صورت عدم رعایت نکات ایمنی با خطرات جبران‌ناپذیری روبرو خواهیم شد.

## تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز

همان‌طور که گفته شد، روش‌های استخراج کانسارهای سطحی در مقایسه با کانسارهایی که در عمق زمین قرار دارند، بسیار کمتر و ساده‌تر بوده و از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه‌تر از روش‌های زیرزمینی است. روش‌های استخراج روباز را می‌توان به شکل زیر دسته‌بندی کرد.

### روش‌های استخراج مکانیکی:

۱- استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری)<sup>۱</sup>

۲- استخراج نواری (پهنه‌ای یا سطحی)

۳- استخراج کلاسیک روباز<sup>۲</sup>

۴- استخراج کواری<sup>۳</sup>

### روش‌های استخراج هیدرولیکی<sup>۴</sup>:

۱- روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاستی

الف - استفاده از فشار آب

ب - لایروبی

۲- روش‌های استخراج انحلالی

الف - روش گمانه‌ای

ب - روش تجزیه شیمیایی<sup>۵</sup>

حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم:

## روش‌های استخراج مکانیکی

روش استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری): این روش برای استخراج

۱- Countour mining

۲- Open Pit mining

۳- Quarry mining

۴- Hydrolic mining

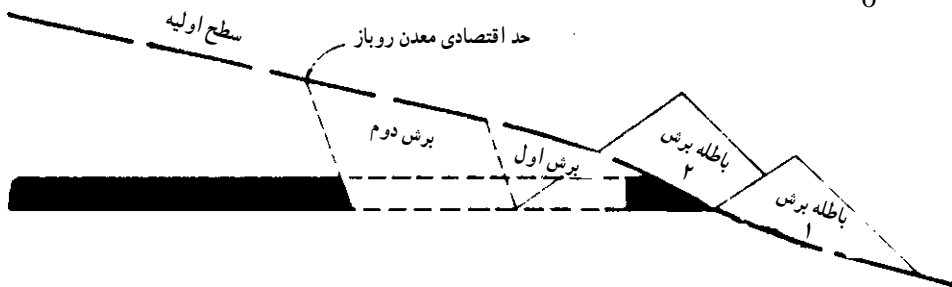
۵- Leaching

کانسارهای لایه‌ای افقی تا شیب‌دار با شیب بسیار کم که عموماً در مناطق کوهستانی واقع‌اند، به کار می‌رود. در این روش شیب لایه‌ها باید حداکثر ۵ درجه باشد. هر چه شیب کمتر و ضخامت بیشتر بوده و لایه نیز در یک قسمت از کوه رخنمون داشته باشد، شرایط استخراج مطلوب‌تر خواهد بود. عمده‌ترین ماده معدنی که با این روش استخراج می‌شود، زغال سنگ است.



شکل ۱-۳- شکل کلی لایه برای استخراج لایه‌های افقی

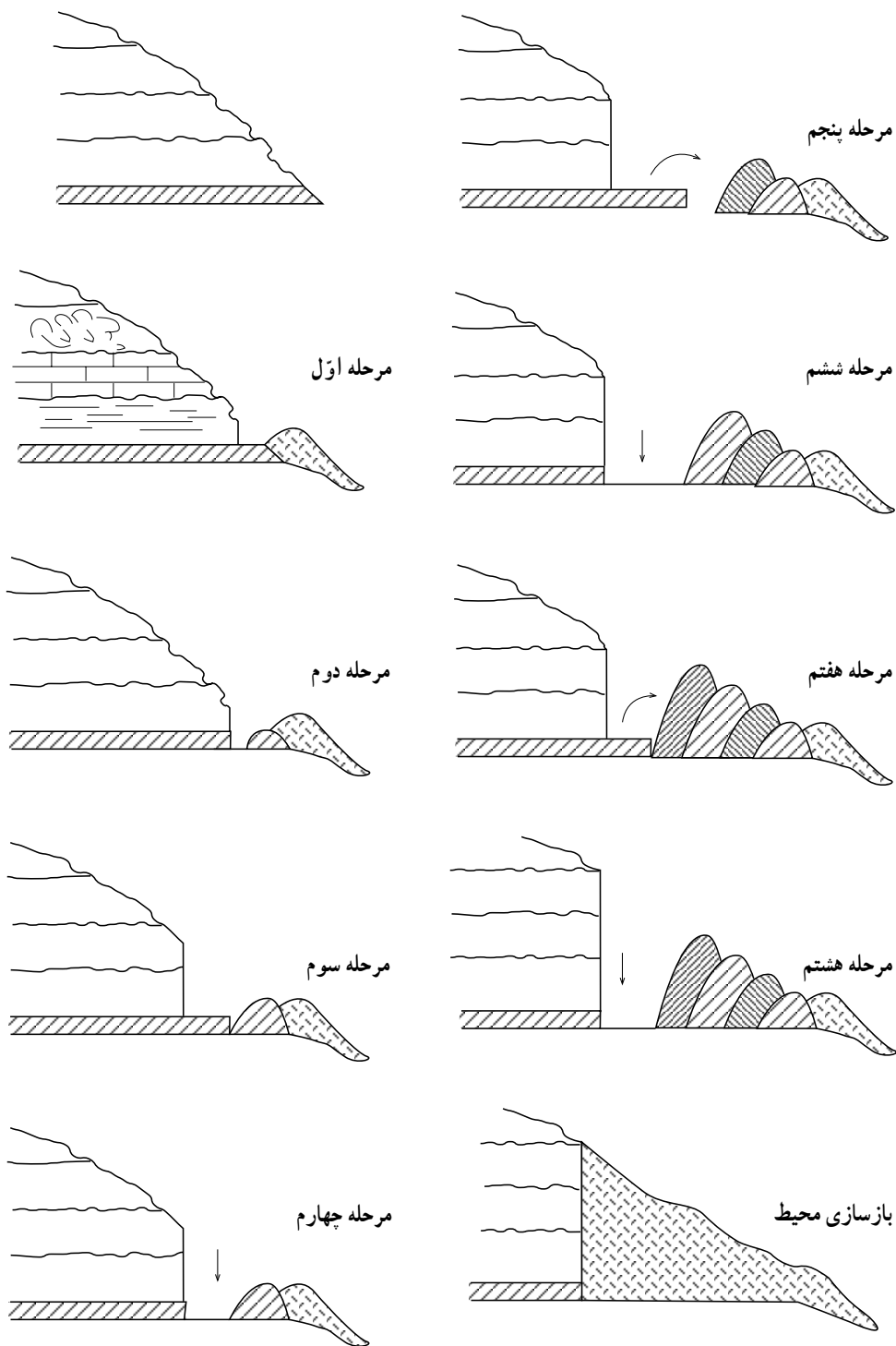
پایداری و استحکام سنگ‌های باطله موجب می‌شود که پله‌های استخراجی نیز دارای پایداری بیشتری باشند. بنابراین، می‌توان شیب آن‌ها را بیشتر در نظر گرفت؛ اما در صورت استحکام مواد باطله، نیاز به عملیات حفاری بیشتر و انفجار قوی‌تر است که این خود باعث بالا رفتن هزینه‌های استخراجی می‌شود. در این روش با پیشروی جبهه کار استخراجی در امتداد لایه بر حجم مواد باطله افزوده می‌شود و استخراج تا جایی ادامه پیدا می‌کند که نسبت حجم باطله برداری به حجم برداشت ماده معدنی ( $\frac{W}{O}$ ) از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.



شکل ۲-۳- نحوه باطله برداری در روش استخراج کنتوری

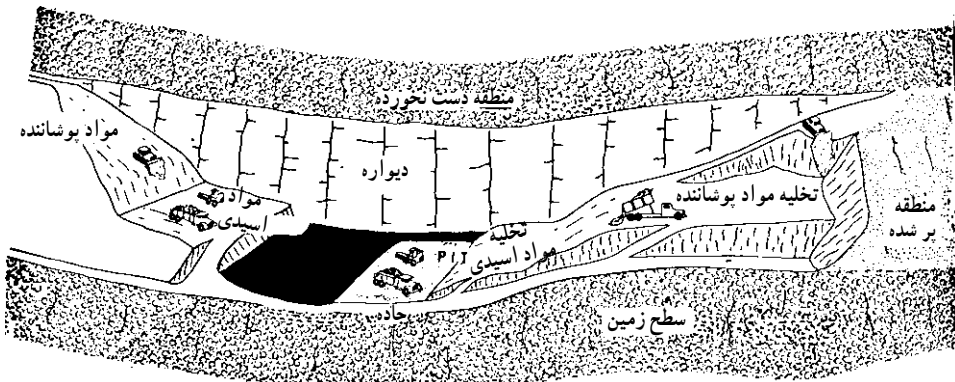
**چگونگی و مراحل استخراج:** پس از آماده‌سازی جبهه کار پیشروی، مواد باطله به صورت نوارهایی برداشته شده و به کناری ریخته می‌شوند. سپس ماده معدنی استخراج شده و باطله هر نوار، در محل استخراج و خالی شده ریخته می‌شود. ماشین‌آلاتی که در این روش برای استخراج به کار می‌روند، معمولاً درآگلین یا بیل مکانیکی هستند، اما به‌طور کلی از همه ماشین‌آلات مخصوص معادن روباز می‌توان استفاده کرد. مراحل استخراج به این روش در شکل صفحه بعد آمده است.





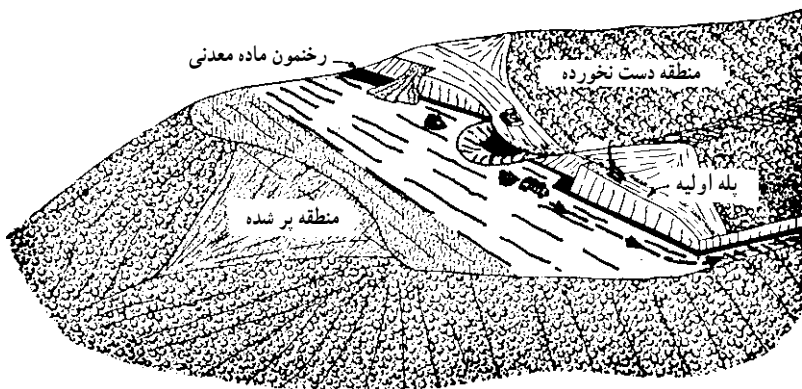
شکل ۳-۳- روش استخراج کتوری برای یک لایه زغالی

روش استخراج کنتوری را به شکل های دیگر نیز می توان انجام داد. مواد باطله پوشاننده ماده معدنی را می توان با فاصله بیشتری نسبت به محل استخراج انبار کرد. برای این کار یک دره یا زمین هموار در اطراف معدن انتخاب می شود، باطله های اولین برش در آن انبار می گردد و پس از استخراج ماده معدنی، باطله های بعدی در محل استخراج و خالی شده ریخته می شود. در صورتی که در بین باطله، مواد اسیدی باشد، برای پر کردن محل استخراج ابتدا مواد اسیدی را ریخته و سپس باطله های سطحی را می ریزند.



شکل ۳-۴ شکل دیگر از اجرای روش کنتوری

شکل دیگر اجرای این روش بدین صورت است که ابتدا همه باطله پوشش دهنده ماده معدنی را برداشته و آن را در دره های اطراف معدن پر کرد. در این حالت اولین برش به شکل یک ترانشه برداشت می شود و پس از آن مواد معدنی و باطله های دیگر به صورت برش های متوالی استخراج می شود. باطله های همراه ماده معدنی پس از استخراج هر برش به محل استخراج شده ریخته می شود. محدوده معدن معمولاً پس از پایان بهره برداری تقریباً به شکل مسطح درمی آید.

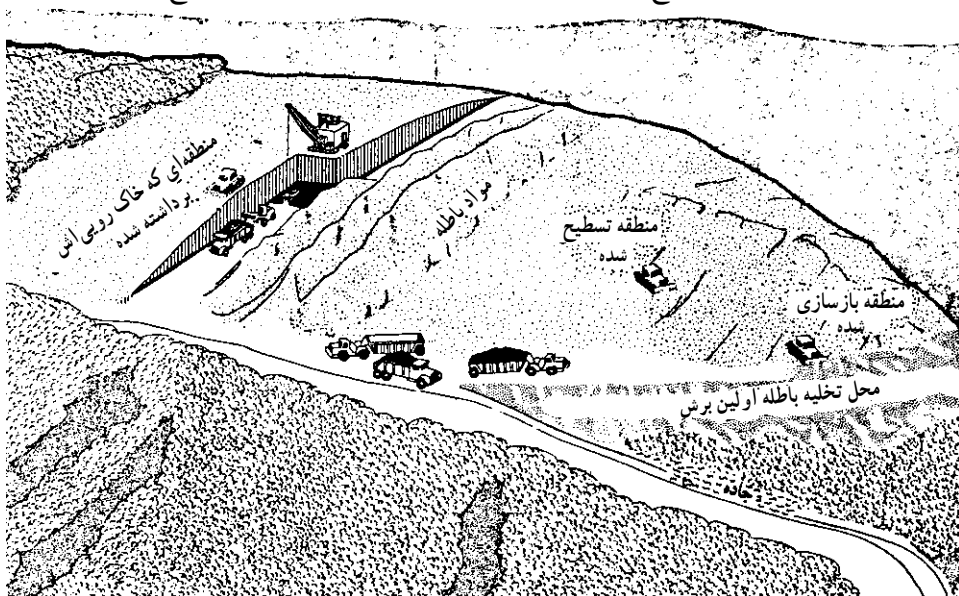


شکل ۳-۵ نوع دیگر اجرای روش کنتوری

مزایا و معایب استفاده از روش کنتوری: مزایای استفاده از روش کنتوری عبارت‌اند از:

- ۱- از تیم‌های متعددی می‌توان برای استخراج استفاده کرد.
  - ۲- راندمان استخراجی در این روش بالاست.
  - ۳- ایمنی کار در حین استخراج مناسب است.
  - ۴- در این روش از ماشین‌آلات عظیم‌الجثه برای بارگیری می‌توان استفاده کرد.
- معایب این روش نیز به شرح زیر است:

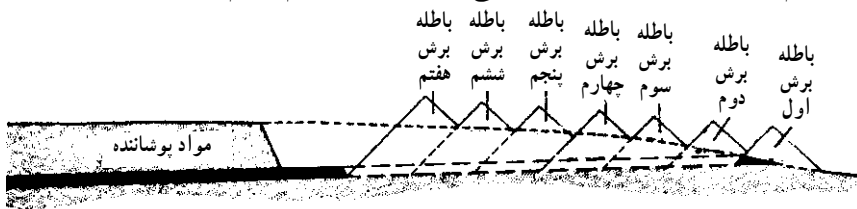
- ۱- در این روش ممکن است، تمام ماده معدنی استخراج نگردد.
  - ۲- این روش احتیاج به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارد.
  - ۳- طراحی استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد و پایداری شیب کاملاً حفظ شود.
- روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی): برای استخراج مواد معدنی افقی یا کم شیب که در منطقه تقریباً هموار و مسطحی واقع شده‌اند از این روش استفاده می‌شود. چون نسبت حجم باطله برداری به حجم برداشت ماده معدنی ( $\frac{W}{O}$ ) در این روش برای همه برش‌ها تقریباً مقدار ثابتی است، بنابراین، نمی‌توان حد استخراج سطحی را تعیین کرد. این روش مانند روش قبل، عمدتاً برای استخراج زغال کاربرد دارد. مجموعه روش‌های استخراج زغال‌سنگ به شکل روباز را اصطلاحاً روش استخراج نواری<sup>۱</sup> می‌گویند.



شکل ۶-۳- روش استخراج پهنه‌ای یا نواری

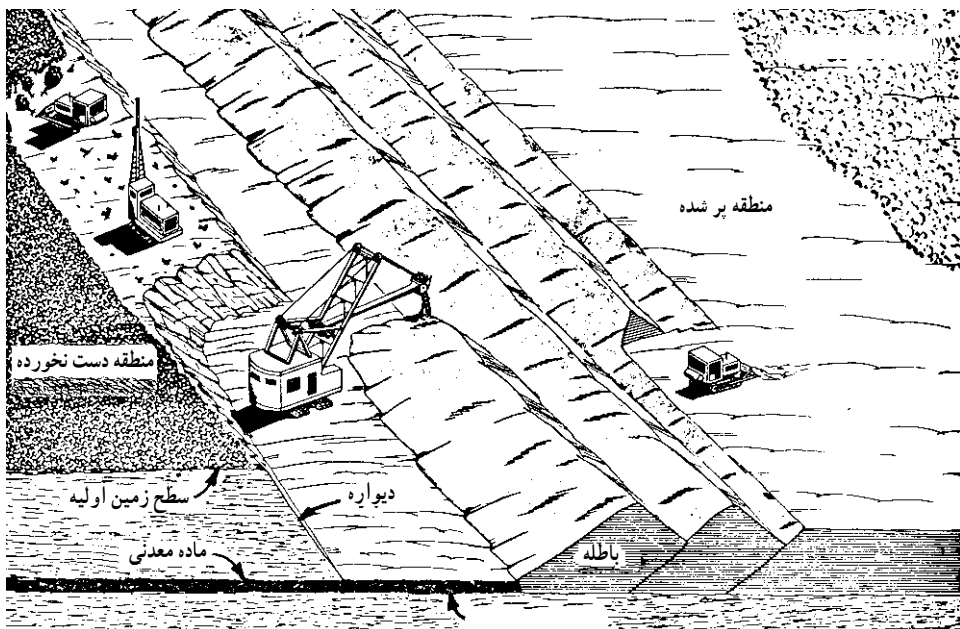
۱- Strip mining

چگونگی و مراحل استخراج: ابتدا یک برش جعبه‌ای شکل<sup>۱</sup> از میان مواد باطله در منتهی‌الیه لایه ایجاد کرده و باطله‌ها را در نزدیک محلی که عملیات بهره‌برداری انجام می‌گیرد، ذخیره می‌کنند. عرض این برش بایستی تا حد امکان پهن شود. با آشکار شدن رگه معدنی، آن را استخراج کرده و سپس به موازات برش اول، برش‌های متوالی دیگر ایجاد و ماده معدنی را استخراج می‌کنند. باطله برش‌های دوم، سوم و چهارم و ... به ترتیب در محل استخراج شده برش اول، دوم، سوم و ... دپو می‌شود.



شکل ۷-۳- نحوه استخراج برش‌ها در روش نواری

برای بارگیری مواد در این روش بیشتر درآگلین، بیل مکانیکی و لودر به کار می‌رود. در این روش سعی شده است که تا حد امکان عمل باربری صورت نگیرد و نیازی به آن نباشد؛ ولی اگر به باربری احتیاج بود، می‌توان از کامیون یا نوار نقاله استفاده کرد. مهم‌ترین وسیله در این روش برای آماده‌سازی و بازسازی معدن بولدوزر است.



شکل ۸-۳- نحوه باطله‌برداری در روش نواری

مزایا و معایب روش نواری: مزایای روش نواری عبارت‌اند از:

- ۱- تولید در این روش بالا است.
- ۲- همه ماده معدنی را می‌توان استخراج کرد.
- ۳- احتیاج به باربری در مواد باطله نیست.
- ۴- نسبت حجم باطله برداری به حجم برداشت ماده معدنی ( $\frac{W}{O}$ ) ثابت است.

معایب این روش نیز به شرح زیر است:

- ۱- این روش به سرمایه‌گذاری اولیه بسیاری نیاز دارد.
- ۲- طراحی و برنامه‌ریزی مشکل بوده و استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل انجام گیرد.
- ۳- ماده معدنی بایستی ذخیره بسیار بالایی داشته باشد تا بتوان از این روش برای استخراج استفاده کرد.

۴- حجم حفاری زیاد بوده و خسارات زیادی به سطح زمین وارد می‌آید.

روش استخراج کلاسیک روباز<sup>۱</sup>: این روش برای استخراج کانسارهای توده‌ای، کانسارهای



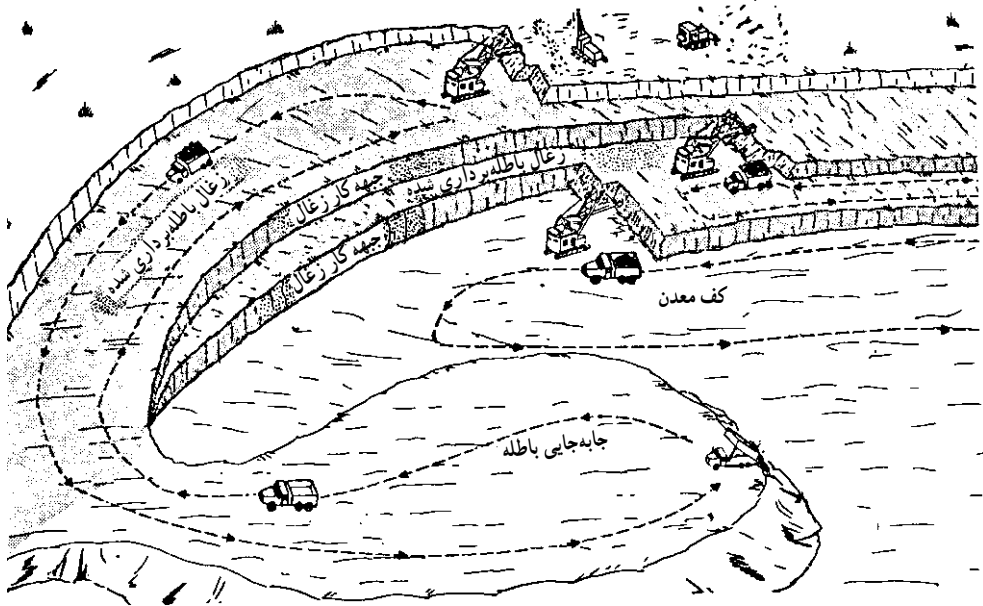
عدسی شکل یا رگه‌ای ضخیم که ذخیره بالایی دارند، کاربرد فراوانی دارد و یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج روباز در ایران است. شیب ماده معدنی معمولاً اندک بوده و می‌تواند دارای بیرون‌زدگی در سطح زمین نیز باشد. استخراج با ایجاد چندین پله شروع می‌شود و ادامه پیدا می‌کند تا به حد نهایی معدن روباز برسیم. ترتیب استخراج پله‌ها بستگی به نوع طراحی داشته و محاسبات مخصوص به خود را دارد. امروزه با پیش‌رفت فناوری برای طراحی ترتیب استخراج پله‌ها و برش‌ها، برنامه‌های کامپیوتری متعددی وجود دارد.

شکل ۹-۳- تصویر افقی یک معدن روباز

۱- Open pit mining

تصویر افقی معدن عموماً به صورت دایره یا بیضی بوده و کمتر به شکل مستطیل است. یکی از نکات مهمی که در این روش باید رعایت شود آن است که در هر مرحله از استخراج، بایستی تعداد مناسبی جبهه کار در ماده معدنی آماده‌سازی کرد تا به این ترتیب با استخراج ترکیبی خوراک یک‌نواختی برای کارخانه‌های فرآوری تأمین کرد و تا حد امکان تولید را بالا برد.

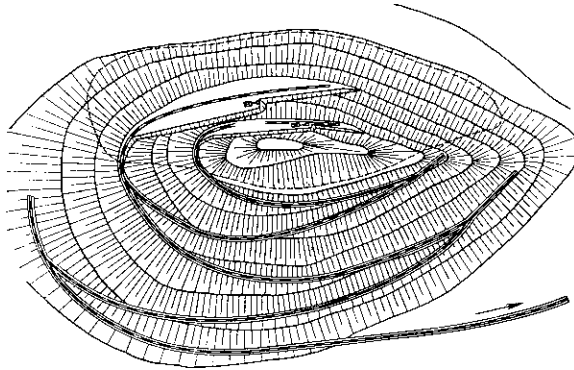
**چگونگی و مراحل استخراج:** در مرحله آماده‌سازی معدن، یکی از پارامترهای خیلی مهم تعیین محدوده نهایی آن است. با مشخص کردن محدوده پایین‌ترین افق معدن، طراحی معدن به سمت بالاترین افق شروع شده و سپس عملیات استخراج از بالا به پایین آغاز می‌شود. محدوده معدن با توجه به قرارگیری محل تأسیسات، محل عبور و مرور دائمی ماشین‌آلات و محل دپوی مواد باطله تعیین می‌شود. باید توجه داشت که محل دپوی باطله‌ها و محل نصب تجهیزات و تأسیسات بایستی جایی قرار گیرند که خارج از محدوده ماده معدنی قابل استخراج باشد.



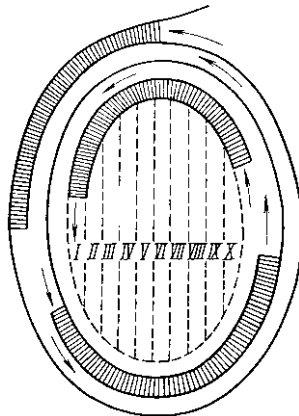
شکل ۱۰-۳- نحوه اجرای روش استخراج کلاسیک روباز

عملیات استخراج با حفر و باطله‌برداری پله اول توسط آتشیاری و ماشین‌آلات دیگر آغاز شده و به ترتیب استخراج رو به پایین ادامه می‌یابد. ارتفاع پله‌ها را می‌توان به صورت تجربی نیز به دست آورد. معمولاً ارتفاع پله‌های استخراجی برای سنگ‌های نرم (مثل شن و ماسه) بین ۶-۴ متر، برای سنگ‌های نیمه سخت بین ۸-۶ متر و برای سنگ‌های سخت هم بین ۲۰-۸ متر متغیر است. شیب پله‌ها هم

می تواند به صورت تجربی تعیین شود. این شیب برای سنگ های نرم ۵۵ - ۳۵ درجه، برای سنگ های متوسط یا نیمه سخت ۷۵ - ۵۵ درجه و برای سنگ های سخت بیش از ۷۵ درجه در نظر گرفته می شود. هم زمان با پیش روی جبهه کار جاده دست رسی هم آماده سازی می شود. ارتباط پله های استخراجی برای عبور و مرور ماشین آلات با رمپ امکان پذیر است. در بعضی معادن بهتر است که رمپ را در قسمتی از معدن احداث کرد و در بعضی دیگر نیز رمپ را دور تا دور معدن توسعه می دهند.



الف - گشایش معدن روباز توسط شبکه راه حلزونی

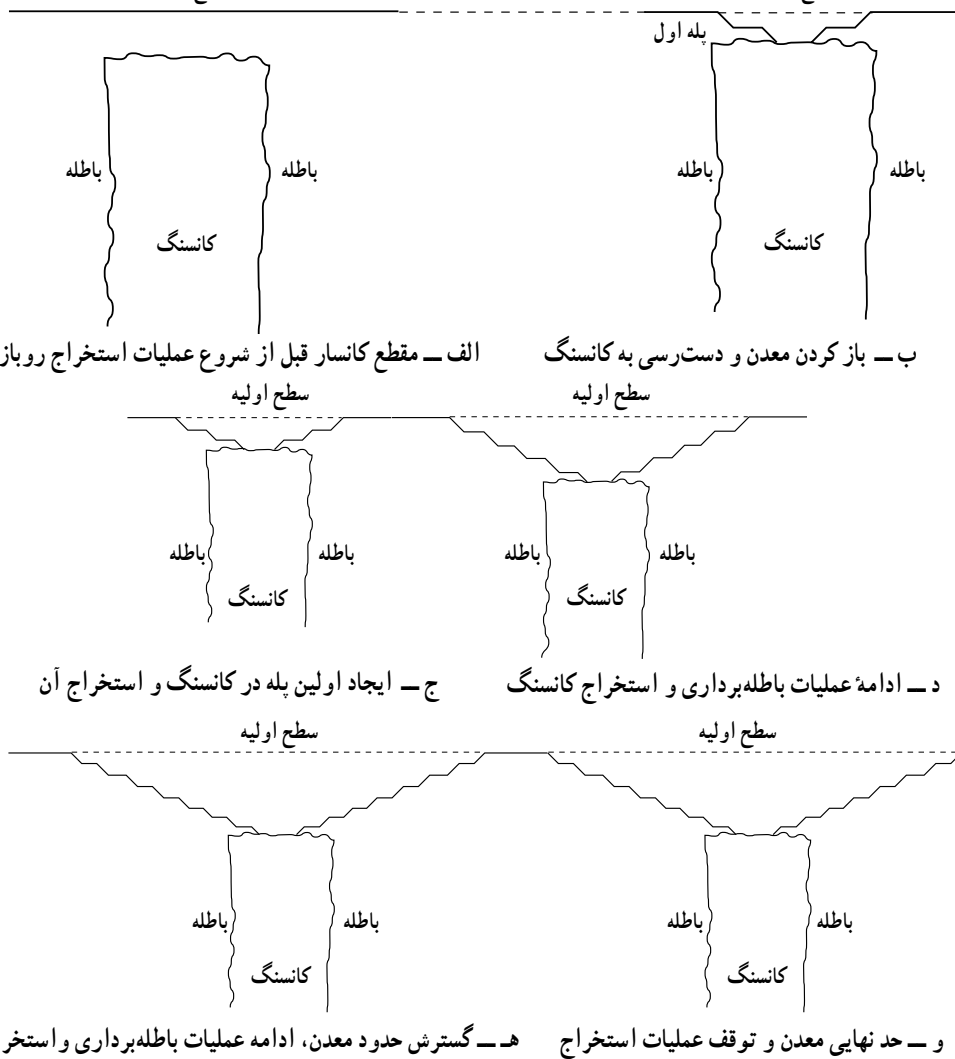


ب - شبکه راه داخل معدن روباز با استفاده از رمپ روی کناره یک تپه

### شکل ۱۱-۳

متداول ترین وسیله بارگیری در این روش، بیل مکانیکی (شاول) و مناسب ترین سیستم بارگیری و حمل و نقل ترکیبی از بیل مکانیکی و کامیون است. در معادن کوچک تر لودر یا بیل مکانیکی بکهو برای بارگیری نیز می توان استفاده کرد. برای چال زنی هم از واگن دریل و اراهه های چال زنی استفاده می شود. در شکل صفحه بعد مراحل مختلف استخراج روباز به روش کلاسیک آورده شده است.

مقطع قائم معدن روباز از شروع عملیات تا رسیدن به حد نهایی معدن  
سطح اولیه



شکل ۱۲-۳- مراحل استخراج به روش کلاسیک

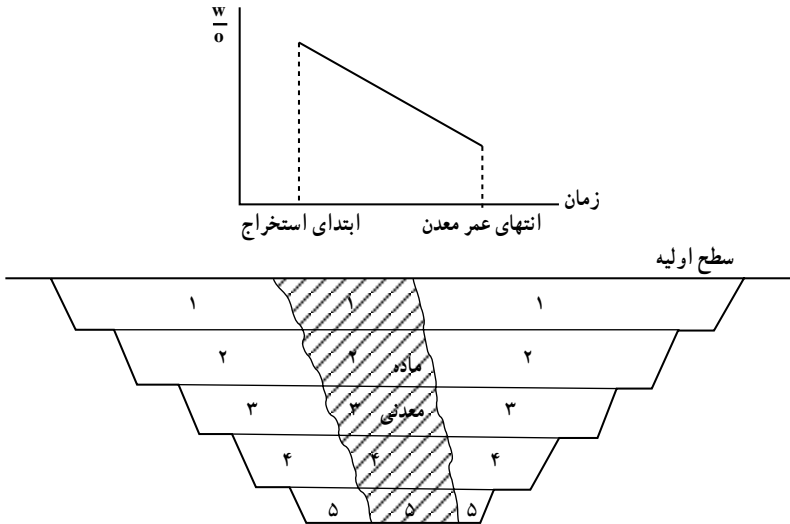
### دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج

برای طراحی معدن و ترتیب استخراج پله‌ها چهار دیدگاه مختلف مطرح است که در زیر با رسم نمودار و شکل به شرح آن می‌پردازیم:

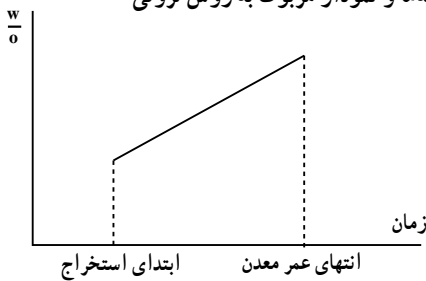
۱- روش نزولی: در این روش طراحی به گونه‌ای است که کلیه ماده معدنی از پله اول استخراج و به ترتیب پله‌های بعدی استخراج شود و نسبت حجم باطله برداری به حجم برداشت ماده



معدنی ( $\frac{W}{O}$ ) به مرور زمان و در اثر پیش روی به عمق کاهش می یابد. مزیت این روش، وجود فضای کافی برای ماشین آلات، به کارگیری انواع ماشین آلات برای استخراج، ایمنی بالا و هزینه استخراج کم در سال های آخر بهره برداری معدن است. از معایب این روش نیز می توان از بالا بودن هزینه و زمان باطله برداری در سال های اولیه و حجم بالای سرمایه گذاری اولیه نام برد. نمودار و ترتیب استخراج در شکل زیر نمایش داده شده است (شماره های نشان داده شده ترتیب استخراج را نشان می دهد).



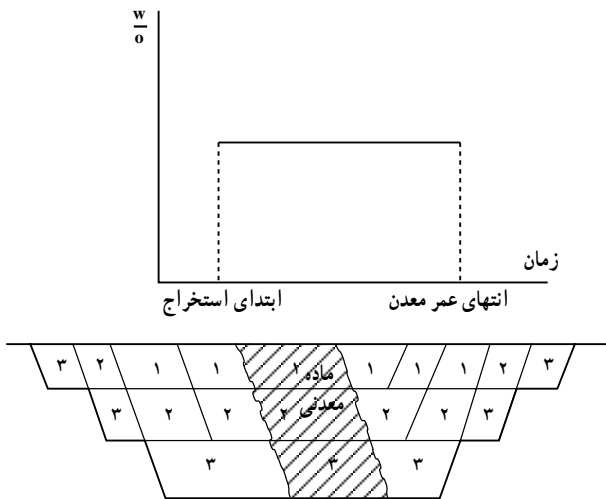
شکل ۱۳-۳- ترتیب استخراج پله ها و نمودار مربوط به روش نزولی



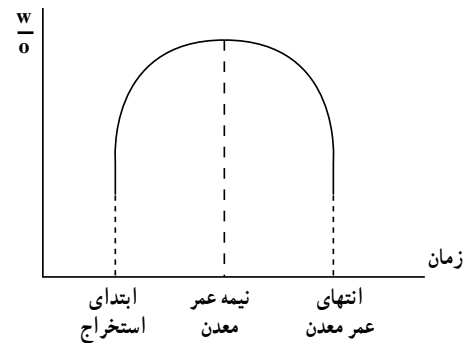
شکل ۱۴-۳- ترتیب استخراج پله ها و نمودار مربوط به روش صعودی

## ۲- روش صعودی: در این

روش باطله برداری تا حدی انجام می گیرد که به ماده معدنی دسترسی حاصل شود. شیب موقت معدن معمولاً به موازات شیب نهایی معدن طراحی می شود. مزایای این روش عبارتند از: عدم نیاز به ماشین آلات فراوان، حجم کم سرمایه گذاری اولیه و زیاد بودن درآمد اولیه معدن. عیب این روش نیز غیرتکنیکی بودن آن است.



شکل ۱۵-۳- ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش ثابت



شکل ۱۶-۳- نمودار مربوط به روش فازبندی

۳- روش ثابت: در این روش نیز تا حد امکان سعی می‌شود، میزان باطله برداری نسبت به حجم برداشت ماده معدنی در مدت عملیات استخراج ثابت باشد. در آغاز بهره‌برداری شیب موقت معدن به گونه‌ای طراحی می‌شود که باطله برداری کمی انجام گیرد و به تدریج با افزایش عمق، شیب موقت هم افزایش یافته تا معادل شیب نهایی معدن گردد. این روش در مقایسه با روش‌های قبلی بهتر است.

۴- روش فازبندی: به‌طور تجربی، بهترین حالت برای طراحی و استخراج معدن، روش فازبندی است؛ به گونه‌ای که میزان باطله برداری در سال‌های اولیه عمر معدن کم و با افزایش زمان تا نصف عمر معدن افزایش یابد. سپس، با

تزدیک شدن به انتهای عمر معدن، حجم باطله برداری سیر نزولی را طی کرده و دوباره کاهش می‌یابد. در این روش در کوتاه مدت می‌توان به سود دست‌رسی پیدا کرد. تعداد پرسنل و ماشین‌آلات با افزایش زمان تا نصف عمر معدن افزایش می‌یابد و با تزدیک شدن به آخر عمر معدن کاهش پیدا می‌کند. همچنین، در این روش می‌توان استخراج ماده معدنی و باطله برداری را هم‌زمان و به‌طور مجزا انجام داد.

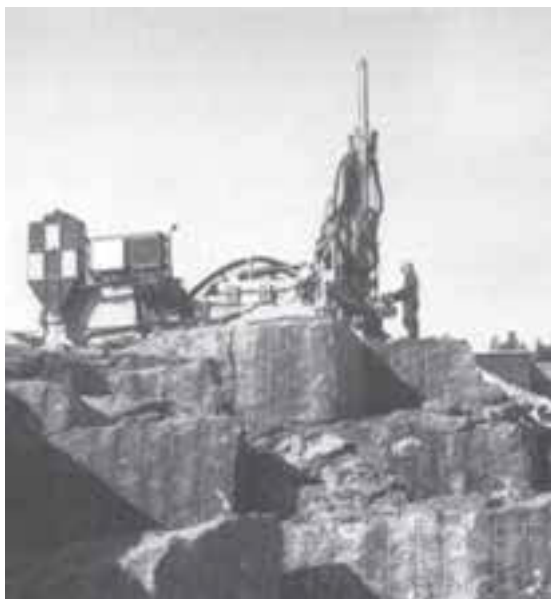
مزایا و معایب استفاده از روش کلاسیک روباز: مزایای استفاده از روش کلاسیک روباز

به شرح زیر است:

۱- میزان سوددهی در این روش مناسب است.

۲- هزینه استخراجی پایین است.

- ۲- راندمان تولید در این روش زیاد است.
  - ۴- روش مناسبی برای به کارگیری ماشین‌آلات سنگین است.
  - ۵- از نظر ایمنی روش مطمئن و مناسبی است.
  - ۶- چندین جبهه کار استخراجی می‌توان طراحی و آماده‌سازی کرد.  
معایب این روش نیز به شرح زیر است :
    - ۱- نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای تهیه ماشین‌آلات سنگین دارد.
    - ۲- با توجه به تجهیزات مورد استفاده محدودیت عمق معدن در استفاده از آن وجود دارد.
    - ۳- استخراج موجب وارد آمدن خسارت‌های سنگین به سطح زمین می‌شود.
    - ۴- ناپایداری هوا و تغییرات جوی، ممکن است باعث تعطیلی عملیات استخراجی شود.
- روش استخراج کواری (quarry): این روش عموماً برای استخراج مواد معدنی صنعتی و موادی که مصارف ساختمانی دارند، به کار برده می‌شود. مانند: قلوه‌سنگ، شن و ماسه، گرانیت، آهک و مرمر و ... در واقع، در این روش خصوصیات فیزیکی ماده معدنی از اهمیت بیشتری در مقایسه با خصوصیات شیمیایی آن برخوردار است. موادی که با این روش بهره‌برداری می‌شوند، احتیاج به کانه‌آرایی، ذوب و متالورژی ندارند و از زمان استخراج تا عرضه به محل مصرف چند عمل خاص (فیزیکی) از قبیل دانه‌بندی، برش، قطعه‌بندی و صیقل دادن روی آن‌ها صورت می‌گیرد.



شکل ۱۷-۳- معدن سنگ ساختمانی

چگونگی و مراحل استخراج: چون این روش بیشتر برای استخراج سنگ‌های ساختمانی به کار می‌رود و استخراج سنگ‌های ساختمانی هم به شکل‌های گوناگون صورت می‌گیرد، بنابراین، در فصل آینده به تفصیل در مورد بهره‌برداری از معادن سنگ ساختمانی بحث می‌کنیم و در این جا تنها مختصری درباره آن توضیح می‌دهیم.

برای استخراج سنگ‌های ساختمانی سخت و نیمه سخت مانند گرانیت، مرمر، مرمریت، سنگ چینی و ... ابتدا باطله‌برداری با آتش‌کاری و به کمک ماشین‌آلات مختلف انجام می‌گیرد و پس از آماده‌سازی کارگاه استخراج، با به‌کارگیری تجهیزات برش دهنده سنگ (و به ندرت آتش‌کاری) قطعات سنگ‌ها را بهره‌برداری می‌کنند. همچنین، برای استخراج مصالح ساختمانی نرم مانند شن و ماسه، نیازی به آتش‌کاری نبوده و فقط می‌توان از لودر، بولدوزر و یا بیل مکانیکی برای بارگیری و دیو کردن استفاده کرد.



شکل ۱۸-۳- معدن شن و ماسه

### روش‌های استخراج هیدرولیکی

یکی دیگر از روش‌های استخراج کانسارهای سطحی، روش‌های هیدرولیکی است که در آن با از آب و یا یک سیال حلال برای بهره‌برداری از کانسار و بازیابی کانی‌ها استفاده می‌شود و تفاوت عمده آن با روش‌های مکانیکی، این است که در کلیه روش‌های هیدرولیکی، آب، نقش عمده‌ای در استخراج کانسار دارد. نحوه اجرای این روش‌ها به شرح زیر است.

روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاستی:

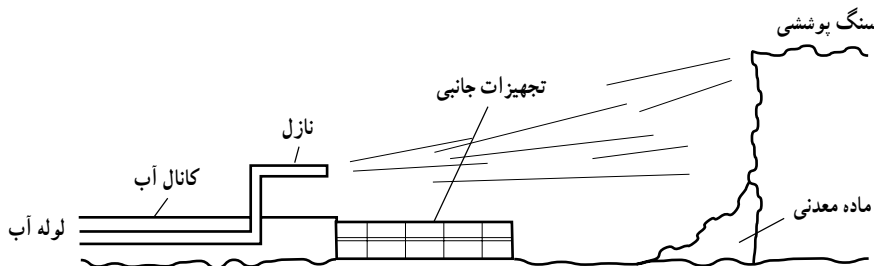
الف - روش استفاده از فشار آب: در این روش با استفاده از فشار آب مواد معدنی از

باطله‌ها جدا می‌شوند. این روش معمولاً برای استخراج فلزات سنگین از قبیل طلا، نقره، پلاتین، قلع و ... استفاده می‌گردد و به‌طور عمومی مواد زائد به همراه آب به بخش پایینی جبهه کار استخراجی انتقال پیدا کرده و ماده معدنی در بالا باقی می‌ماند، برای این که بتوان از فشار آب برای استخراج استفاده کرد، باید شرایطی حکمفرما باشد که عبارت‌اند از :

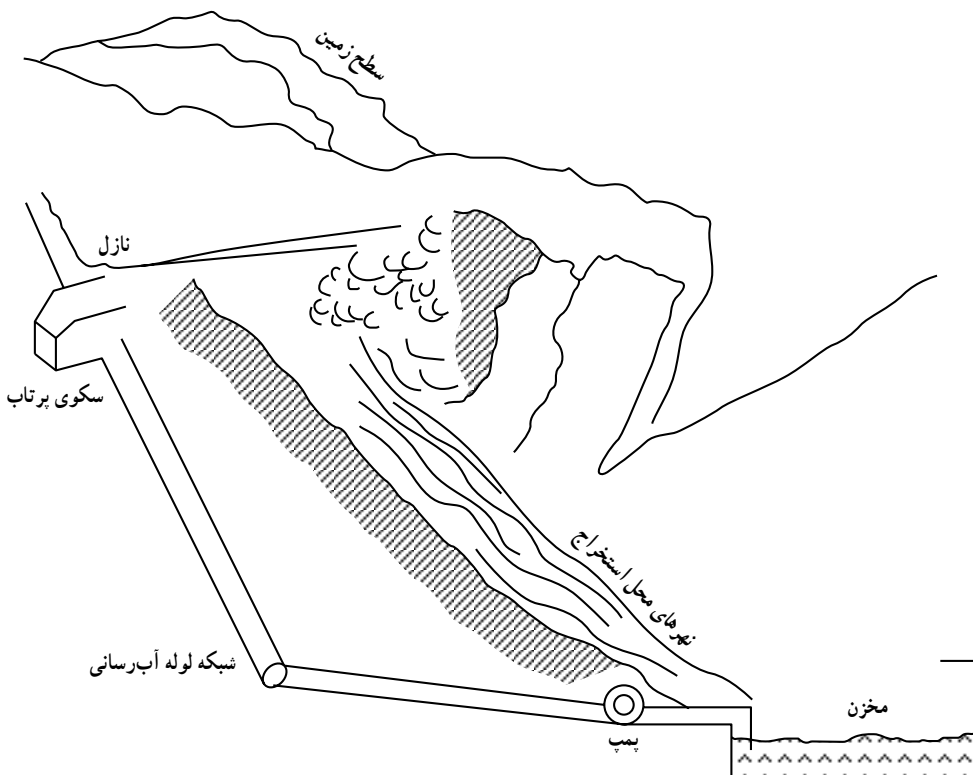
- ۱- مواد معدنی قابلیت خرد شدن در اثر فشار آب را داشته باشند.
- ۲- آب کافی در دسترس بوده و فشار آن مناسب باشد.
- ۳- فضای کافی برای انتقال مواد معدنی در بخش تحتانی آماده شود.
- ۴- کانسار دارای ارتفاع و شیب مناسب باشند.
- ۵- وضعیت طبیعی منطقه، اجازه انتقال مواد معدنی و باطله کنده شده به این روش را داشته باشد.

**چگونگی و مراحل استخراج:** در این روش آب با یک سیستم مخصوص آب‌پاش و نازل‌هایی که به شبکه لوله آب متصل است، به ماده معدنی پاشیده می‌شود. نازل در فاصله معینی از دیواره ماده معدنی قرار گرفته و با پاشیده شدن آب بر روی مواد معدنی و باطله‌ها در اثر فشار زیاد آب، این مواد کنده شده و توسط نهرهایی به یک مخزن هدایت می‌شوند.

موادی که به داخل مخزن ریخته شده‌اند به داخل سیستم‌های جداکننده انتقال یافته و ذرات کانی از باطله جدا می‌شوند. نکته‌ای که در این مواقع حائز اهمیت است این که آب نیایستی بر روی ماده معدنی تأثیر گذاشته و باعث تجزیه آن گردد بلکه فقط باید عامل جدایش ماده معدنی از باطله باشد.



شکل ۱۹-۳- روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر جانبی)



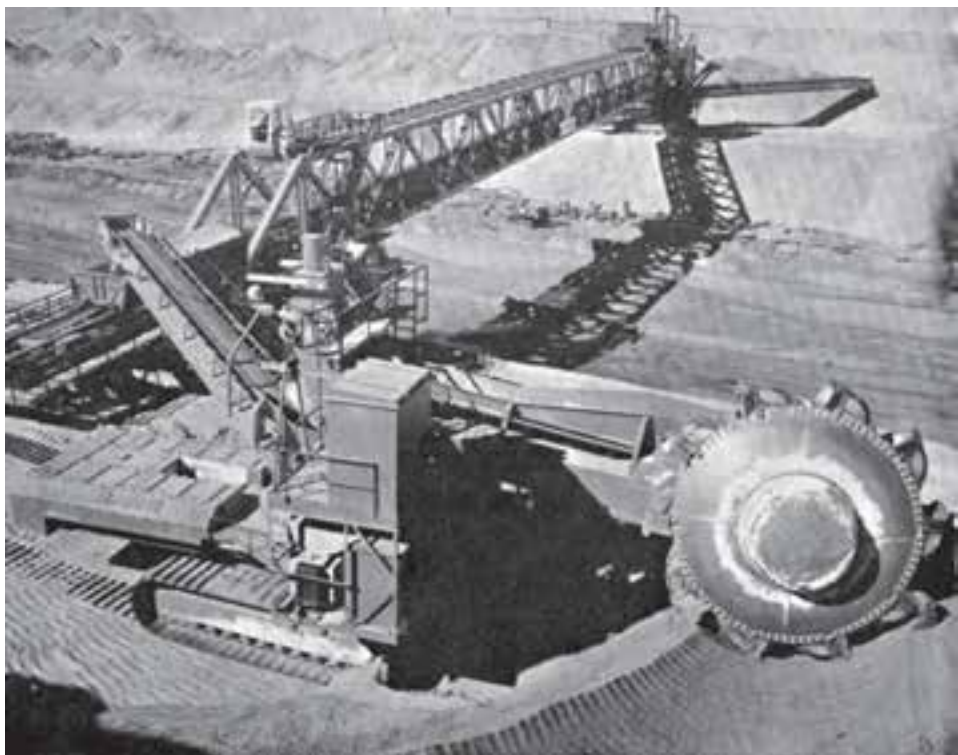
شکل ۲۰-۳- روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر قائم)

مزایا و معایب استفاده از فشار آب: مزایای استفاده از فشار آب عبارتند از:

- ۱- سوددهی این روش بسیار است.
- ۲- هزینه‌های بهره‌برداری آن اندک است.
- ۳- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمی نیاز دارد.
- ۴- نیازی به حفظ پایداری شیب وجود ندارد.
- ۵- نیازی به حفاری، آتش‌کاری و حمل و نقل ندارد و در این مواقع هزینه‌های استخراجی کاهش می‌یابد. معایب استفاده از این روش نیز به شرح زیر است:
- ۱- نیاز به تهیه آب فراوان در این روش مشکل است.
- ۲- ماده معدنی در مقابل آب ناپیستی تجزیه پذیر باشد.
- ۳- سطح زمین دچار تغییر شکل بسیاری می‌شود.
- ۴- در صورتی که به جای آب، سیال دیگری به کار برده شود، ممکن است منطقه را آلوده کند.

ب- روش لایروبی: هنگامی که ذخیره ماده معدنی در بستر رودخانه یا در سواحل دریاها و اقیانوس‌ها قرار داشته باشد، از روش لایروبی برای استخراج استفاده می‌شود. عمل استخراج با ماشین مخصوص لایروب انجام می‌گیرد. باید توجه داشت که این روش در مناطقی کاربرد دارد که رودخانه یا دریا دارای عمق کمی باشند. عملیات استخراج می‌تواند تا عمق ۵۰ الی ۶۰ متر انجام گیرد. معمولاً ضخامت کانسار در این روش کمتر از ۵ متر است.

چگونگی و مراحل استخراج: برای استخراج، دستگاه لایروب در محل مناسب قرار می‌گیرد و موازی با ساحل به حرکت درمی‌آید. دستگاه لایروب دارای بیلچه‌هایی است که به کمک آن مواد معدنی را کنده و این مواد با لوله‌های مکنده یا ناودانی به بیرون انتقال داده می‌شود. از مهم‌ترین دستگاه‌های لایروب، می‌توان از بیل چرخشی نام برد. از درآگلین هم می‌توان برای لایروبی استفاده کرد.



شکل ۲۱-۳- بیل چرخشی در حال کار



شکل ۲۲-۳- در اگلین در حال لایروبی

مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی: مزایای استفاده از روش لایروبی عبارتند از:

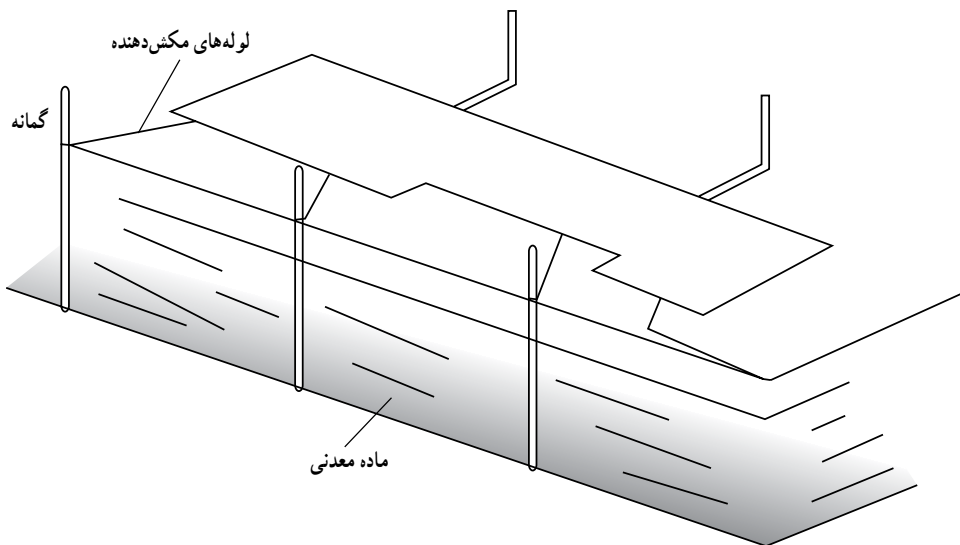
- ۱- هزینه استخراجی در این روش بسیار کم است.
  - ۲- میزان تولید در این روش بالا است.
  - ۳- تعداد کارگر و پرسنل بسیار کمی نیاز دارد.
  - ۴- عملیات استخراج به صورت مداوم است.
- معایب استفاده از این روش به شرح زیر است.
- ۱- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تهیه ماشین‌های لایروب بالا است.
  - ۲- عمق آب کم و بایستی مناسب باشد. بنابراین، محدودیت عمق در این روش وجود دارد.
  - ۳- کانسار بایستی از نوع پلاسی می باشد.
  - ۴- ذخیره معدنی نبایستی خیلی شیبدار بوده و ضخامت باطله روی آن هم بسیار کم باشد.
- روش‌های استخراج انحلالی: در این روش‌ها ماده معدنی با یک حلال حل یا تجزیه شده و استخراج می‌شود. پس از استخراج، ماده معدنی بازیابی می‌شود؛ چون بیشتر عملیات استخراج در سطح زمین جریان داشته و هیچ یک از پرسنل معدن به زیرزمین نمی‌رود، بنابراین، این روش‌ها را جزء روش‌های استخراج روباز در نظر می‌گیرند. روش‌های استخراج انحلالی به دو شکل گمانه‌ای و تجزیه شیمیایی قابل اجرا هستند.



**الف – روش استخراج گمانه‌ای:** برای استخراج کانسارهای لایه‌ای افقی و نازک که در اعماق زمین قرار داشته و بهره‌برداری آن‌ها به روش زیرزمینی مقرون به صرفه نیست، از روش گمانه‌ای استفاده می‌شود، مانند کانسارهای نمک، گوگرد و لایه‌های نازک زغال.

**چگونگی و مراحل استخراج:** پس از آماده‌سازی سطح برای قرارگیری تجهیزات، یک سری گمانه در یک شبکه منظم حفر می‌شود. برای مکش ماده معدنی از اعماق زمین، احداث شبکه لوله‌کشی در داخل گمانه‌ها و نصب پمپ‌های مخصوص ضروری است. بسته به نوع کانسار برای استخراج مواد، حلال یا ذوب‌کننده، از داخل شبکه لوله‌کشی به داخل کانسار تزریق می‌شود. در این صورت ماده معدنی حل می‌شود و پس از آن از طریق شبکه لوله‌کشی به بیرون از معدن برای تغلیظ و فرآوری انتقال پیدا می‌کند. در گذشته، گمانه‌های تزریق مواد حلال یا ذوب‌کننده و گمانه‌های مکش ماده معدنی به‌طور مجزا از هم حفر شده و مستقل از هم بودند؛ اما امروزه با هر گمانه می‌توان عمل تزریق و مکش را با هم انجام داد.

برای اجرای این روش شرایطی بایستی حکمفرما باشد تا بتوان این روش را به کار برد. این شرایط عبارت‌اند از این‌که حتماً کانسار باید افقی باشد. کمر بالا و کمر پایین کانسار بایستی نفوذناپذیر و ماده معدنی باید نفوذپذیر باشد. همچنین، محدوده معدن و سطح زمین منطقه موردنظر به گونه‌ای باشد که بتوان به حفر گمانه و تأسیس شبکه لوله‌کشی اقدام کرد.



شکل ۲۳-۳- روش استخراج گمانه‌ای

مزایا و معایب استفاده از روش گمانه‌ای: مزایای استفاده از روش گمانه‌ای عبارت‌اند از:

- ۱- سوددهی این روش مناسب است.
- ۲- هزینه استخراجی کمی در بردارد.
- ۳- برای استخراج کانسارهایی که در عمق تقریباً زیادی قرار دارند، کاربرد فراوانی دارد.
- ۴- عملیات استخراج به‌طور پیوسته و مداوم صورت می‌گیرد.
- ۵- ایمنی این روش بالا است.

معایب استفاده از این روش نیز به شرح زیر است:

- ۱- این روش بسیار تخصصی است و باید با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد.
  - ۲- برای استخراج، آب کافی باید در دسترس باشد.
  - ۳- کنترل عملیات استخراج به دلیل عدم دسترسی مستقیم به ماده معدنی مشکل است.
- ب- روش استخراج تجزیه شیمیایی **Leaching**: در این روش عملیات استخراج با استفاده از خاصیت تجزیه‌پذیری ماده معدنی انجام می‌گیرد و شرط اساسی استفاده از این روش، به کارگیری یک حلال مناسب و تجزیه‌آماده معدنی برای استخراج است. روش لیچینگ به دو صورت قابل اجرا است: برجا و نابرجا. هنگامی که عملیات استخراج و تجزیه مستقیماً بر روی کانسار صورت پذیرد، به آن لیچینگ برجا می‌گویند. اما در بیشتر موارد این عمل بر روی ذخایری انجام می‌شود که استخراج شده و در محل دیگری دپو شده‌اند و بیشتر در معادن مس به چشم می‌خورند. در این معادن برای یکسان کردن عیار ماده معدنی در تمام بخش‌ها قسمت پر عیار را ذخیره کرده و پس از استخراج بخش‌های کم عیار، عملیات تجزیه را انجام می‌دهند که به آن لیچینگ نابرجا اطلاق می‌شود. در واقع لیچینگ نابرجا عملیات استخراج ثانوی محسوب می‌شود. در زیر چند نوع حلال شیمیایی که برای استخراج مواد خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ذکر شده است.

۱- سیانید سدیم (سیانور) برای استخراج طلا

۲- اسید سولفوریک برای استخراج اکسیدهای مس

۳- اسید فرمیک برای استخراج سولفیدهای مس

**چگونگی و مراحل استخراج:** چون در بیشتر مواقع عملیات لیچینگ نابرجا انجام می‌شود، مراحل آن را توضیح می‌دهیم در ابتدا مواد معدنی استخراج شده، در محل مناسبی به صورت کپه‌ای ذخیره و آماده می‌شوند. پس از آن، مواد حلال آماده شده و روی ماده معدنی ریخته شده و نفوذ داده می‌شود. محلول به دست آمده، جمع شده و برای تغلیظ، کانه‌آرایی و بازیابی کانی‌ها به کارخانه ارسال می‌شود.

مزایا و معایب روش تجزیه شیمیایی: مزایای استفاده از روش تجزیه شیمیایی به شرح زیر

است:

- ۱- میزان سوددهی در این روش مناسب است.
  - ۲- هزینه استخراجی تقریباً ناچیزی دربردارد.
  - ۳- برای استخراج ذخیره‌های کم عیار روش مناسبی است.
  - ۴- هزینه‌های آماده‌سازی آن کم است.
  - ۵- ایمنی این روش بالاست.
- معایب استفاده از این روش عبارت‌اند از:
- ۱- این روش هم مانند روش گمانه‌ای تخصصی بوده و نیاز به محاسبه و برنامه‌ریزی دقیق دارد.
  - ۲- آب کافی باید در دسترس باشد.
  - ۳- کنترل عملیات استخراج مشکل است.
  - ۴- استفاده از مواد حلال ممکن است، به محیط زیست آسیب برساند.

## خودآزمایی

- ۱- تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را نام ببرید.
- ۲- روش استخراج با برش‌های مستقیم در چه کانسارهایی کاربرد دارد و مراحل اجرای آن به چه صورت است؟
- ۳- مزایا و معایب استفاده از روش کنتوری چیست؟
- ۴- مزایا و معایب استفاده از روش نواری چیست؟
- ۵- نحوه استخراج به روش کلاسیک روباز به چه صورت است؟
- ۶- مناسب‌ترین دیدگاه طراحی معدن چه روشی است؟
- ۷- روش استخراج با فشار آب دارای چه ویژگی‌هایی است؟
- ۸- مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی را بیان کنید.
- ۹- استخراج گمانه‌ای در چه کانسارهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ شرایط آن را بازگو کنید.
- ۱۰- مراحل استخراج به روش تجزیه شیمیایی (لیچینگ) چگونه است؟
- ۱۱- روش استخراج هیدرولیکی چگونه انجام می‌شود؟
- ۱۲- مزیت اصلی روش آتش‌کاری و تزریق آب برای استخراج زغال سنگ چیست؟