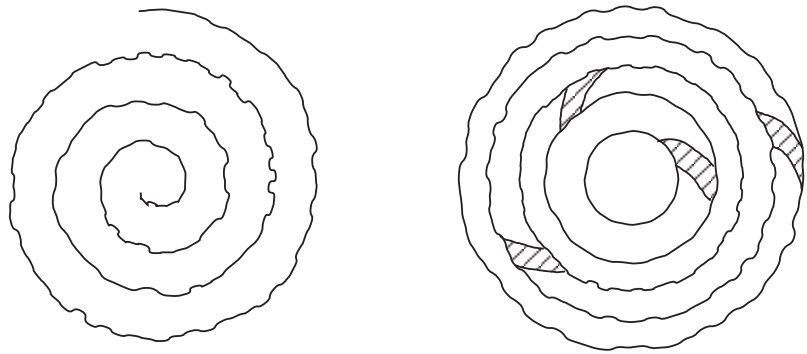
## پله معدن

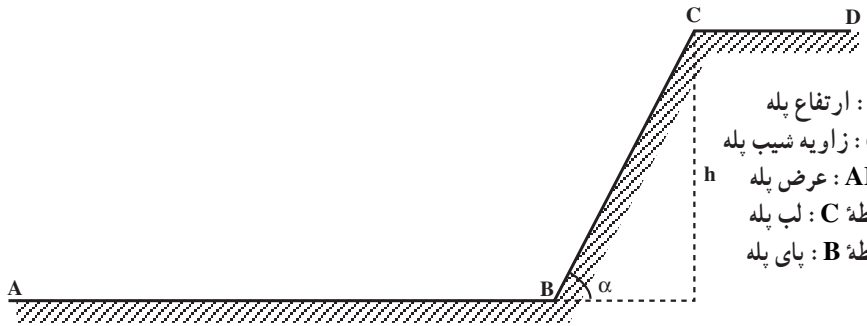
در متدهای مکانیکی استخراج سطحی برای استخراج مواد معدنی و یا انتقال سنگ‌های پوششی و باطله و یا هر دو از پله استفاده می‌شود. برای آن دسته از کانسارهایی که در ارتفاع کمی از سطح زمین قرار دارند (در حدود ۲۰ متر) با یک شیب و یا یک پله می‌توان باطله را برداشت کرده و ماده معدنی را استخراج نمود. آن دسته از ذخایر معدنی که در عمق‌های بیشتر قرار دارند، به‌جای یک دیوار مستقیم از یک دیوار شکسته یا چندپله‌ای برای استخراج استفاده می‌شود. این پله‌ها یا به‌شکل حلزونی از سطح زمین تا عمق استخراج ادامه دارد و مواد معدنی استخراج شده از این‌طریق 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 به‌وجود می‌آیند و بستگی به نوع سیستم انتقال مواد دارند.



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

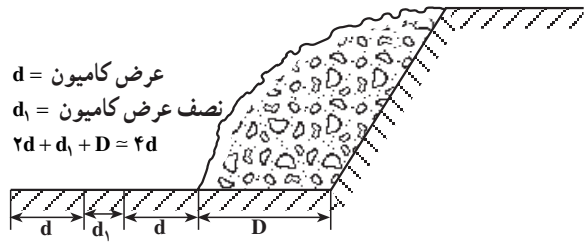
شکل ۱۷ــ۲

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 ۱۸ــ۲ــ اجزای اصلی پله

**عرض پله:** یکی از معمول‌ترین سیستم‌های 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 می‌شود. همچنین، اضافه حجم مواد، پس از آتش‌کاری هم در تعیین عرض پله تأثیر دارد. معمولاً عرض پله را طوری در نظر می‌گیرند که پس از انفجار دیواره‌ها و ریزش مواد روی پله، عرض آن به اندازهٔ دو برابر و نیم عرض کامیون‌های مورد استفاده در معدن فاصله داشته باشد. عرض پله به طور تجربی و تقریبی در حدود چهار برابر عرض کامیون در نظر گرفته می‌شود.




**شکل ۱۹ــ۲ــ نمایش عرض پله**

**شکل ۲۰ــ۲ــ 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

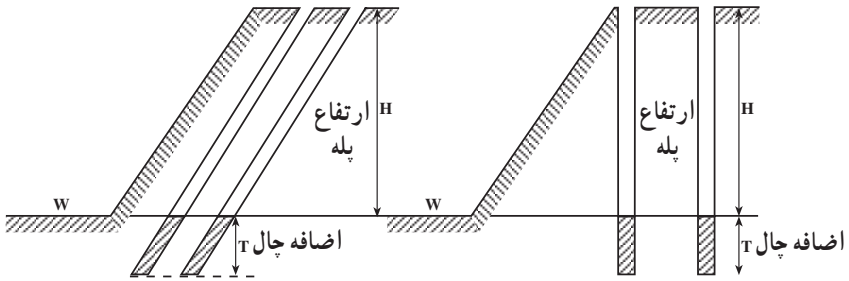
ماشین‌آلات مورد استفاده، شرایط مادهٔ معدنی و جنس آن مشخص می‌شود. مهم‌ترین عواملی که در ارتفاع پله مؤثراند به شرح زیر است.

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

**شکل ۲۱ــ۲ــ تصویری از پله‌های معدن**

**۲ــ 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 ازارتفاع 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 ۲۲ــ۲

شکل ۲۳ــ۲ــ واگن دریل در حال چال زدن

**۳ــ ارتفاع دست‌رسی سیستم بارگیری:** همان‌طور که می‌دانید، هر یک از ماشین‌آلات بارگیری تا ارتفاع معینی، قادر به بار کردن ماده معدنی یا باطله در داخل ماشین‌های حمل و نقل هستند. بنابراین، در طراحی ارتفاع پله‌ها، بایستی نوع دستگاه‌های بارکننده را هم تعیین کرد. مثلاً بعضی لودرها فقط تا ارتفاع ۵ متری، قادر به بارگیری هستند ؛ اما شاول‌هایی وجود دارند که تا ارتفاع ۲۰ متری عمل بارگیری را انجام می‌دهند.

**شکل ۲۴ــ۲ــ لودر در حال بارگیری**

**شکل ۲۵ــ۲ــ یک نوع شاول ویژه معدن**

**۴ــ 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.

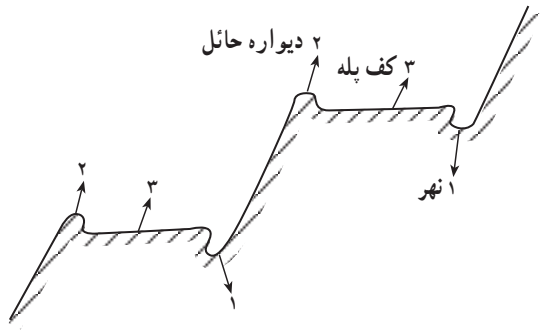
هر چه مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ پله‌ها بیشتر باشد، شیب بیشتری می‌توان برای پله در نظر گرفت. در صورتی‌که شیب پله و شیب لایه‌بندی طبقات در یک جهت باشد، احتمال ریزش پله بیشتر بوده و باید شیب کمتری برای پله ایجاد کرد و اگر شیب پله و شیب لایه‌بندی در جهت عکس یکدیگر باشند، پله پایدارتری خواهیم داشت.

**شکل ۲۶ــ۲ــ تأثیر شیب لایه‌بندی در شیب پله**

همچنین، در صورت وجود رمپ و وجود آب در دیوارهٔ 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. به‌طورکلی شیب پله به صورت تجربی برای سنگ‌های نرم مثل شیل، زغال و سنگ‌های آهکی بین ۵۵ــ۳۵ درجه، برای سنگ‌های متوسط بین ۷۰ــ۵۵ 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 : ۱ــ گودی کنار دیواره یا نهر ۲ــ دیوارهٔ حائل یا برِم[1] ۳ــ کف یا سطح افق پله




شکل ۲۷ــ۲

**۱ــ 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.

**۲ــ دیوارهٔ حائل یا برِم:** 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.

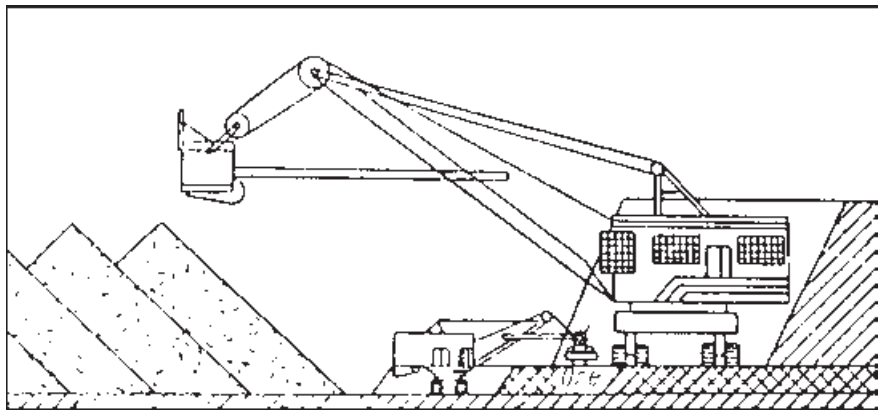
**۳ــ کف یا سطح افق پله:** در طی عملیات حفاری و انفجار، همواره بایستی سعی شود که کف پله صاف و یک‌نواخت باشد و از ایجاد پستی و بلندی در کف پله جلوگیری شود تا ماشین‌آلات حمل‌و نقل به راحتی روی آن حرکت کرده و دیرتر مستهلک شوند. کف پله باید شیب ملایمی به طرف نهر داشته باشد تا آب‌های روی کف پله را به داخل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

---

۱ــ Burm

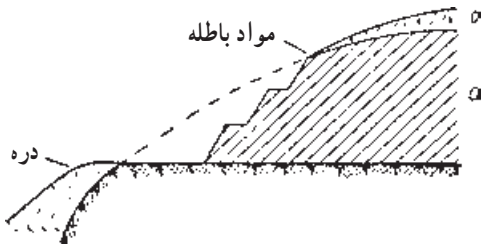
## انبار کردن مواد معدنی و باطله در معادن روباز

یکی از مواردی که هم در معادن روباز و هم در معادن زیرزمینی با آن روبرو هستیم، انبار کردن و دپوی 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 مادهٔ 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 دپوی باطله انتخاب می‌شود بایستی جایی قرار داشته باشد که در زیر آن مادهٔ معدنی موجود نباشد، تاحد 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.



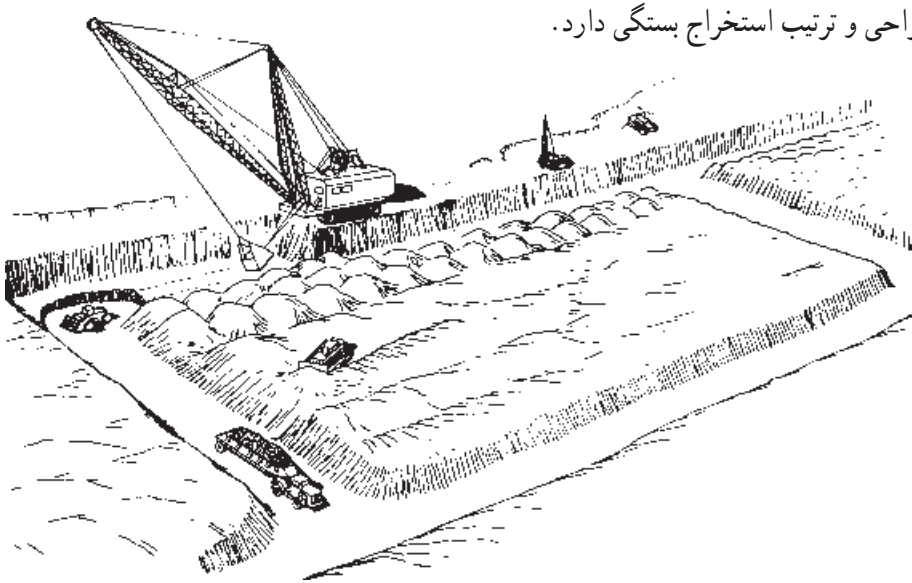
**شکل ۲۸ــ۲ــ جابه‌جایی مواد باطله به‌وسیلهٔ بیل مکانیکی**

تا حد امکان سعی می‌شود که مواد باطله در نزدیک‌ترین محل خارج از محدودهٔ معدن، دپو شوند تا استخراج مادهٔ معدنی بدون وقفه انجام گیرد. چون باطله‌برداری و انبار کردن آن مستلزم صرف هزینه‌های بسیاری است، در انتخاب محل دپو و ماشین‌آلات مورد استفاده، باید کاملاً دقت کرد و این هزینه‌ها را به حداقل ممکن رساند. در مناطق کوهستانی که مادهٔ 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 ۲۹ــ۲ــ ریختن باطله‌ها در دره‌ها و گودی‌ها**

اگر منطقهٔ 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 ۳۰ــ۲ــ دپوی باطله‌ها به‌وسیلهٔ دراگلین**

**شکل ۳۱ــ۲ــ جابه‌جایی باطله توسط نوار نقاله**

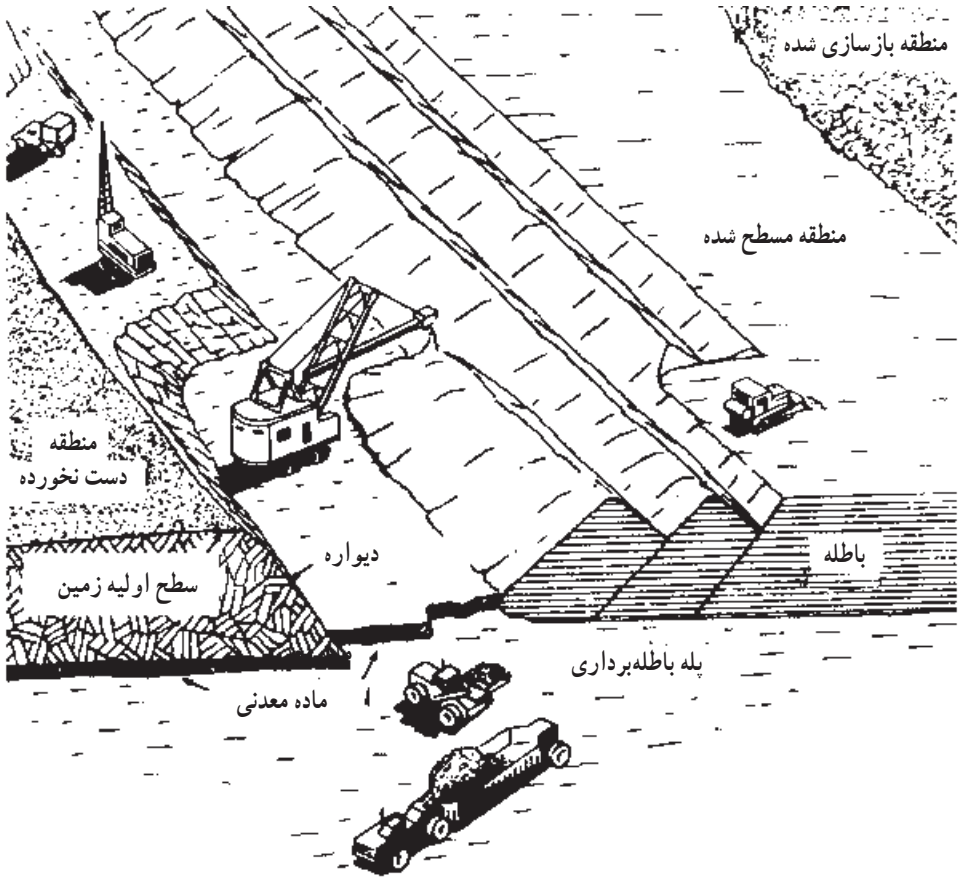
در بسیاری از موارد در معادن (هم روباز و هم زیرزمینی) به علت‌های مختلف، به انبار کردن مواد معدنی هم نیاز هست. اصولاً میزان تولید روزانه در معادن، به گونه‌ای است که علاوه بر فروش ماده معدنی همیشه مقداری از آن به صورت آماده و دپو شده در معدن موجود باشد. چون عیار ماده معدنی در نقاط مختلف کانسار متفاوت است، 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 ۳۲ــ۲ــ دپوی مواد معدنی در یک معدن روباز**

## بازسازی معدن روباز

طبق قانونی که تقریباً در تمام کشورهای دنیا اجرا می‌شود، معدن‌کاران موظفند، پس از پایان بهره‌برداری از منابع معدنی منطقهٔ معدن را مانند روز اول بازسازی کنند. در بسیاری از کشورها پس از آن که همهٔ ذخیرهٔ 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 منطقهٔ معدنی در یک ناحیهٔ دور افتاده قرار داشته باشد. اهمیت بازسازی معدن برای نگه‌داری حیات وحش و گیاهانی است که قبل از استخراج وجود داشته‌اند.

هنگامی‌که 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 ۳۳ــ۲ــ بازسازی محل استخراج شده**

## خودآزمایی

۱ــ علت تمایل بیشتر معدن‌کاران برای استخراج روباز معادن چیست؟

۲ــ منظور از نسبت باطله‌برداری چیست و اهمیت آن به چه دلیل است؟ با ذکر مثال توضیح دهید.

۳ــ عملیات آماده‌سازی در معادن روباز شامل چه بخش‌هایی است؟

۴ــ عوامل مؤثر در انتخاب شیب مناسب برای معادن روباز چیست؟

۵ ــ عملکرد سیستم‌ها و ماشین‌های حفاری در ارتفاع پله باید به چه صورت باشد؟

۶ ــ علت ایجاد نهر و دیوارهٔ حائل در پله چیست؟

۷ــ در مورد انبار کردن مواد معدنی و باطله چه نکاتی را باید رعایت کرد؟

۸ ــ تفاوت شیب دائم معدن با شیب موقت را با رسم شکل بیان کنید.

۹ــ اهمیت بازسازی معدن پس از استخراج چیست؟

# فصل سوم

## روش‌های استخراج معادن روباز

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

۱ــ کلیّاتی در مورد روش‌های استخراج روباز ارائه کند.

۲ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را شرح دهد.

۳ــ روش استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری) را تشریح کند.

۴ــ روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی) را تشریح کند.

۵ ــ روش استخراج کلاسیک روباز را تشریح کند.

۶ ــ دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج کلاسیک را بیان کند.

۷ــ روش استخراج کواری را توضیح دهد.

۸ ــ روش‌های استخراج هیدرولیکی را که شامل روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری است، تشریح کند.

۹ــ روش‌های استخراج انحلالی شامل روش‌های گمانه‌ای و تجزیه شیمیایی را تشریح کند.

۱۰ــ سایر روش‌های استخراج شامل استخراج هیدرولیکی، استخراج به روش آتشباری 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. هنگامی‌که یک کانسار در نزدیکی سطح زمین قرار گیرد، به‌صورت روباز بهره‌برداری می‌شود.

به‌طورکلی، مجموعهٔ 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 مادهٔ 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 به‌شکل زیر دسته‌بندی کرد.

**روش‌های استخراج مکانیکی:**

۱ــ استخراج با برش‌های مستقیم (دوره‌ای یا کنتوری[۱])

۲ــ استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی)

۳ــ استخراج کلاسیک روباز[۲]

۴ــ استخراج کواری[۳]

**روش‌های استخراج هیدرولیکی[۴]:**

۱ــ روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری

الف ــ استفاده از فشار آب

ب ــ لایروبی

۲ــ روش‌های استخراج انحلالی

الف ــ روش گمانه‌ای

ب ــ روش تجزیهٔ شیمیایی[۵]

حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم :

## روش‌های استخراج مکانیکی

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

---

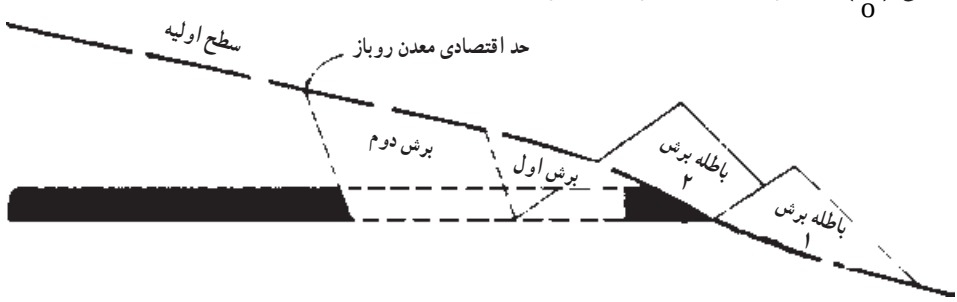
۱ــ Countour mining ۲ــ Open Pit mining ۳ــ Quarry mining

۴ــ Hydrolic mining ۵ــ 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 مادهٔ معدنی که با این روش استخراج می‌شود، زغال سنگ است.

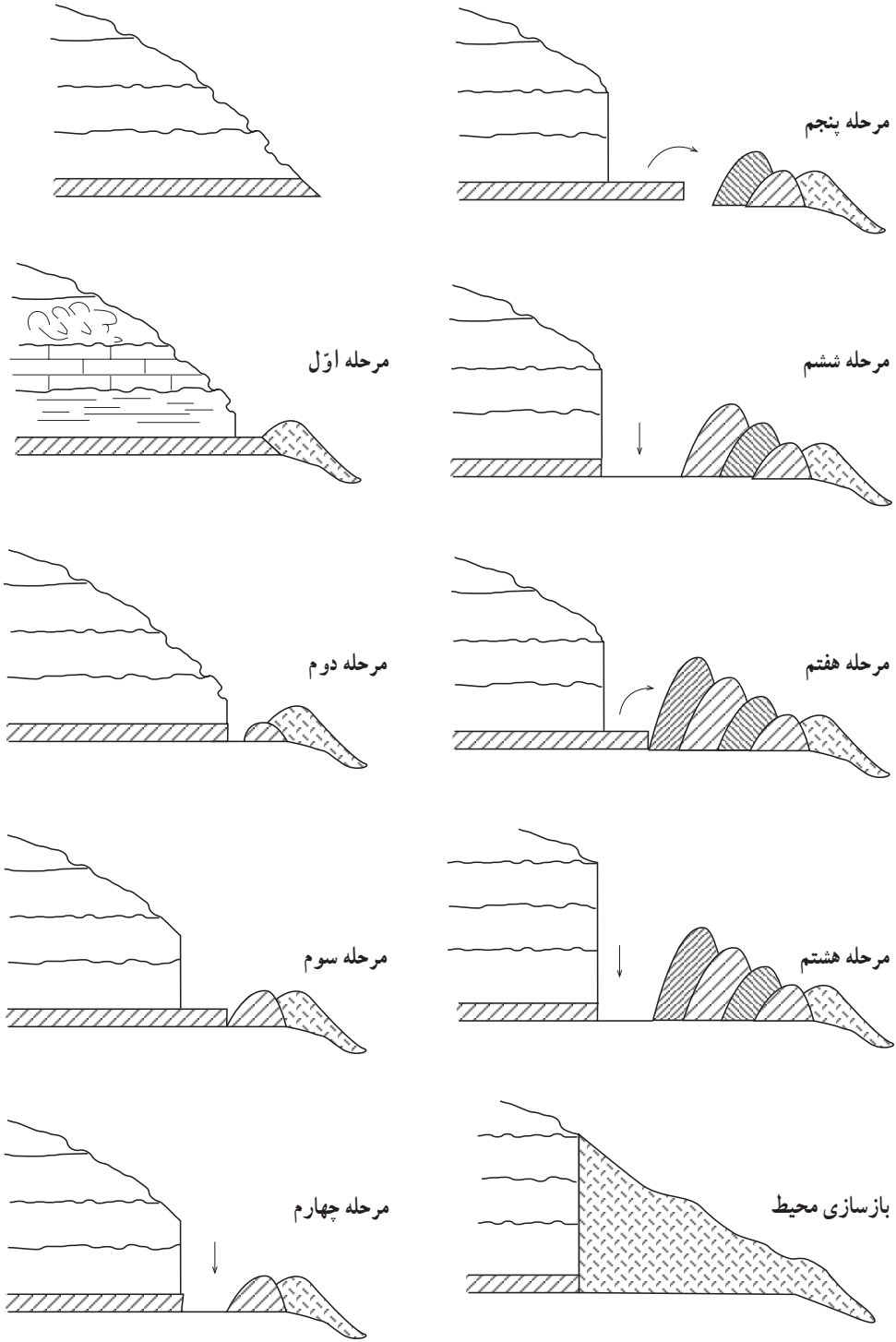
**شکل ۱ــ۳ــ شکل کلی لایه برای استخراج لایه‌های افقی**

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.



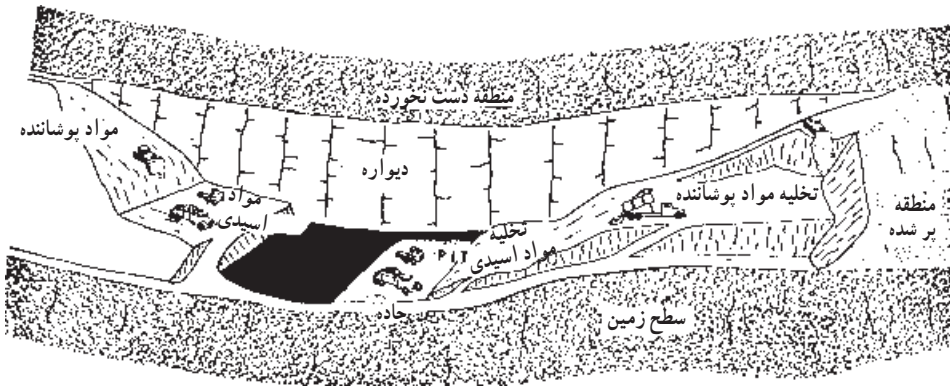

**شکل ۲ــ۳ــ نحوهٔ باطله برداری در روش استخراج کنتوری**

**چگونگی و مراحل استخراج:** پس از آماده‌سازی جبهه کار پیشروی، مواد باطله به‌صورت نوارهایی برداشته شده و به کناری ریخته می‌شوند. سپس مادهٔ معدنی استخراج شده و باطلهٔ هر نوار، در محل استخراج و خالی شده ریخته می‌شود. ماشین‌آلاتی که در این روش برای استخراج به کار می‌روند، معمولاً دراگلین یا بیل مکانیکی هستند، اما به‌طورکلی از همهٔ ماشین‌آلات مخصوص معادن روباز می‌توان استفاده کرد. مراحل استخراج به این روش در شکل صفحهٔبعد آمده است.



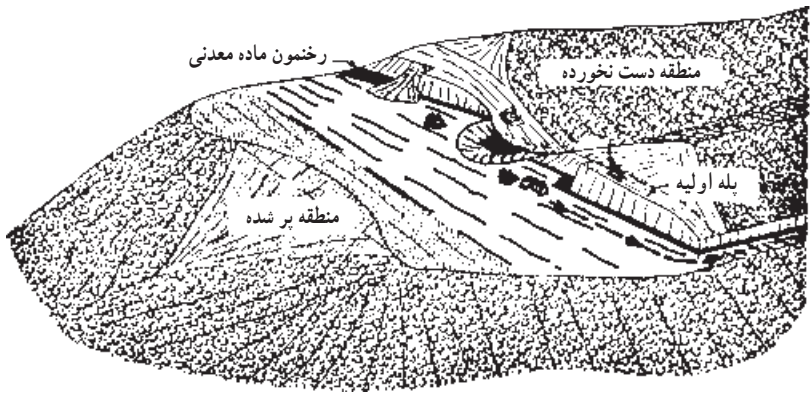

**شکل ۳ــ۳ــ روش استخراج کنتوری برای یک لایه زغالی**

روش استخراج کنتوری را به شکل‌های دیگر نیز می‌توان انجام داد. مواد باطله پوشاننده ماده معدنی را می‌توان با فاصلهٔ بیشتری نسبت به محل استخراج انبار کرد. برای این‌کار یک دره یا زمین هموار در اطراف معدن انتخاب می‌شود، باطله‌های اولین برش در آن انبار می‌گردد و پس از استخراج ماده معدنی، باطله‌های بعدی در محل استخراج و خالی شده ریخته می‌شود. در صورتی‌که در بین باطله، مواد اسیدی باشد، برای پر کردن محل استخراج ابتدا مواد اسیدی را ریخته و سپس باطله‌های سطحی را می‌ریزند.




**شکل ۴ــ۳ــ شکل دیگر از اجرای روش کنتوری**

شکل دیگر اجرای این روش بدین صورت است که ابتدا همهٔ باطله پوشش‌دهنده ماده معدنی را برداشته و آن را در دره‌های اطراف معدن پر کرد. در این حالت اولین برش به شکل یک ترانشه برداشت می‌شود و پس از آن مواد معدنی و باطله‌های دیگر به صورت برش‌های متوالی استخراج می‌شود. باطله‌های همراه ماده معدنی پس از استخراج هر برش به محل استخراج شده ریخته می‌شود. محدودهٔ معدن معمولاً پس از پایان بهره‌برداری تقریباً به شکل مسطح درمی‌آید.




**شکل ۵ ــ۳ــ نوع دیگر اجرای روش کنتوری**

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

۱ــ از تیم‌های متعددی می‌توان برای استخراج استفاده کرد.

۲ــ راندمان استخراجی در این روش بالاست.

۳ــ ایمنی کار در حین استخراج مناسب است.

۴ــ در این روش از ماشین‌آلات عظیم‌الجثه برای بارگیری می‌توان استفاده کرد.

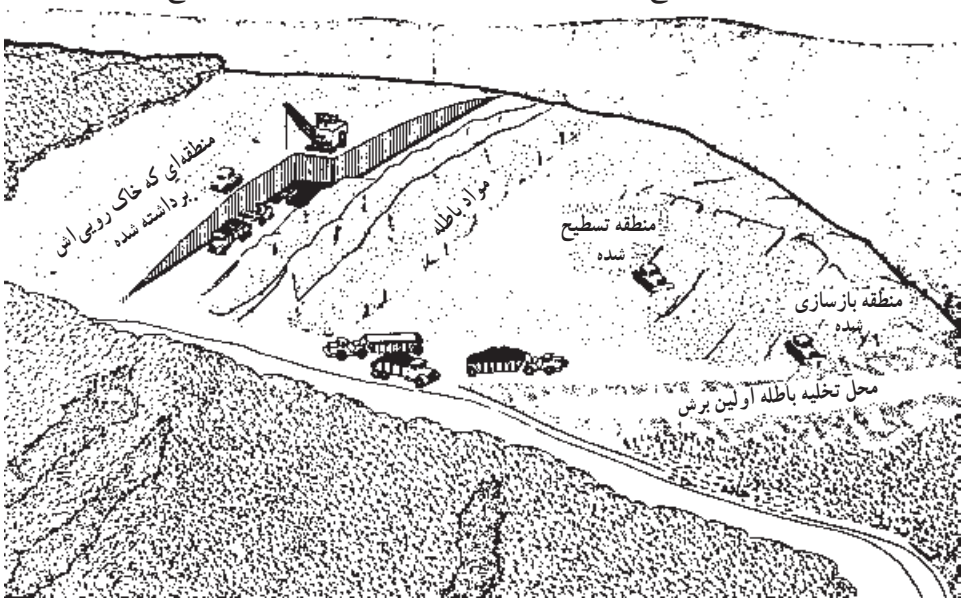
معایب این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ در این روش ممکن است، تمام ماده معدنی استخراج نگردد.

۲ــ این روش احتیاج به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی دارد.

۳ــ طراحی استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد و پایداری شیب کاملاً حفظ شود.

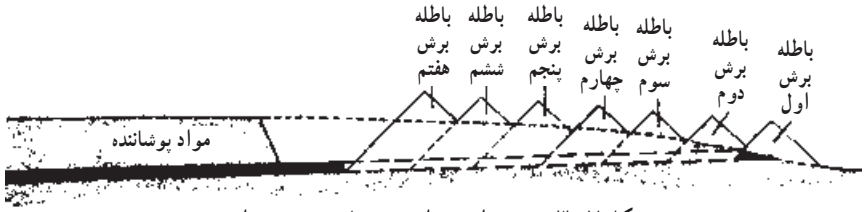
**روش استخراج نواری (پهنه‌ای یا مسطحی):** برای استخراج مواد معدنی افقی یا کم شیب که در منطقهٔ تقریباً هموار و مسطحی واقع شده‌اند از این روش استفاده می‌شود. چون نسبت حجم باطله‌برداری به حجم برداشت ماده معدنی ($\frac{W}{O}$) در این روش برای همهٔ برش‌ها تقریباً مقدار ثابتی است، بنابراین، نمی‌توان حد استخراج سطحی را تعیین کرد. این روش مانند روش قبل، عمدتاً برای استخراج زغال کاربرد دارد. مجموعهٔ روش‌های استخراج زغال‌سنگ به شکل روباز را اصطلاحاً روش استخراج نواری[1] می‌گویند.




**شکل ۶ ــ۳ــ روش استخراج پهنه‌ای یا نواری**

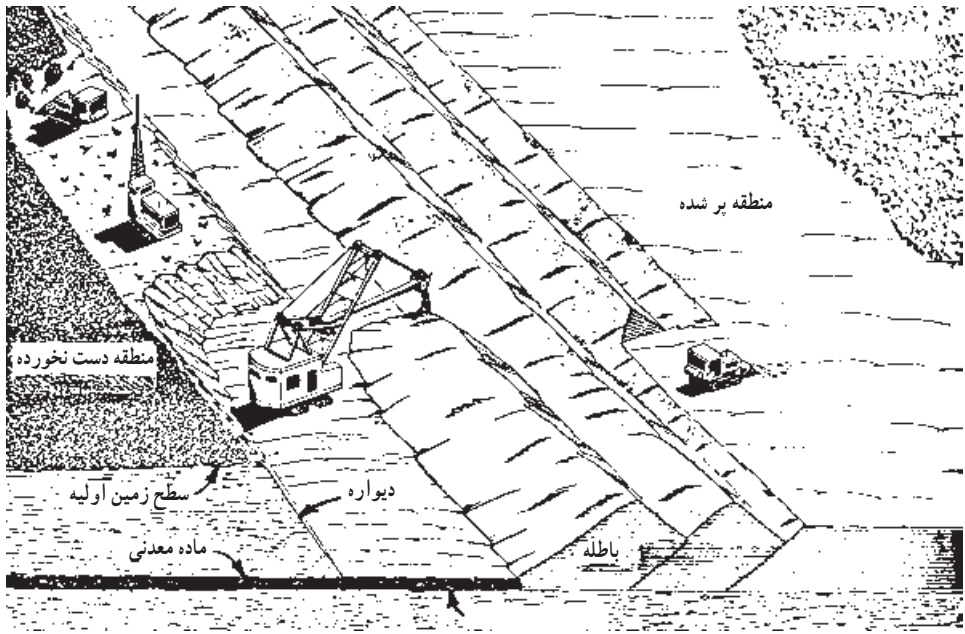
۱ــ Strip mining

**چگونگی و مراحل استخراج:** ابتدا یک برش جعبه‌ای شکل[1] 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 اوّل، برش‌های متوالی دیگر ایجاد و ماده معدنی را استخراج می‌کنند. باطله برش‌های دوّم، سوّم و چهارم و ... به ترتیب در محل استخراج شده برش اوّل، دوم، سوم و ... دپو می‌شود.




**شکل ۷ــ۳ــ نحوهٔ استخراج برش‌ها در روش نواری**

برای بارگیری مواد در این روش بیشتر دراگلین، 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 ــ۳ــ نحوهٔ باطله‌برداری در روش نواری**

۱ــ Box cut

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

۱ــ تولید در این روش بالا است.

۲ــ همهٔ ماده معدنی را می‌توان استخراج کرد.

۳ــ احتیاج به باربری در مواد باطله نیست.

۴ــ نسبت حجم باطله‌برداری به حجم برداشت مادهٔ معدنی $(\frac{W}{O})$ ثابت است.

معایب این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ این روش به سرمایه‌گذاری اولیهٔ بسیاری نیاز دارد.

۲ــ طراحی و برنامه‌ریزی مشکل بوده و استخراج بایستی با دقت و ظرافت کامل انجام گیرد.

۳ــ مادهٔ معدنی بایستی ذخیرهٔ بسیار بالایی داشته باشد تا بتوان از این روش برای استخراج استفاده کرد.

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

**روش استخراج کلاسیک روباز**[1] : 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.

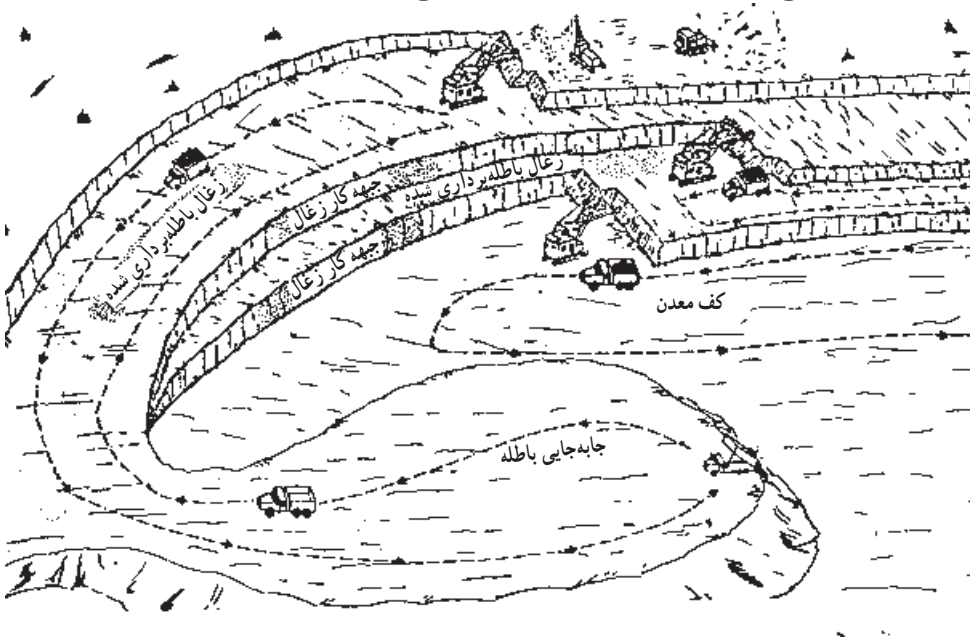
**شکل ۹ــ۳ــ تصویر افقی یک معدن روباز**

۱ــ 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 مرحلهٔ آماده‌سازی معدن، یکی از پارامترهای خیلی مهم تعیین محدودهٔ نهایی آن است. با مشخص کردن محدودهٔ پایین‌ترین افق معدن، طراحی معدن به سمت بالاترین افق شروع شده و سپس عملیات استخراج از بالا به پایین آغاز می‌شود. محدودهٔ 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 محدودهٔ مادهٔ معدنی قابل استخراج باشد.

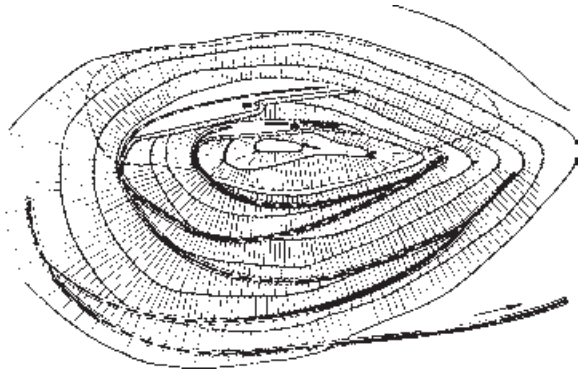



**شکل ۱۰ــ۳ــ نحوهٔ اجرای روش استخراج کلاسیک روباز**

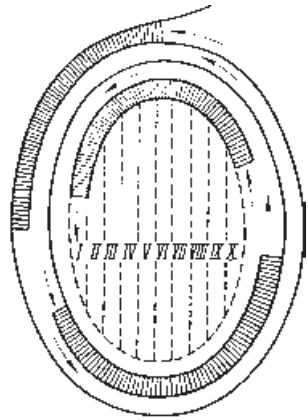
عملیات استخراج با حفر و باطله‌برداری پله اوّل توسط آتشباری و ماشین‌آلات دیگر آغاز شده و به ترتیب استخراج رو به پایین ادامه می‌یابد. ارتفاع پله‌ها را می‌توان به صورت تجربی نیز به‌دست آورد. معمولاً ارتفاع پله‌های استخراجی برای سنگ‌های نرم (مثل شن و ماسه) بین ۶ ــ۴ متر، برای سنگ‌های نیمه سخت بین ۸ ــ۶ متر و برای سنگ‌های سخت هم بین ۲۰ــ ۸ متر متغیر است. شیب پله‌ها هم

می‌تواند به صورت تجربی تعیین شود. این شیب برای سنگ‌های نرم ۵۵ ــ ۳۵ درجه، برای سنگ‌های متوسط یا نیمه سخت ۷۵ ــ ۵۵ درجه و برای سنگ‌های سخت بیش از ۷۵ درجه در نظر گرفته می‌شود.

هم‌زمان با پیش‌روی جبهه‌کار جاده دست‌رسی هم آماده‌سازی می‌شود. ارتباط پله‌های استخراجی برای عبور و مرور ماشین‌آلات با رَمپ امکان‌پذیر 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 می‌دهند.



**الف ــ گشایش معدن روباز توسط شبکه راه حلزونی**

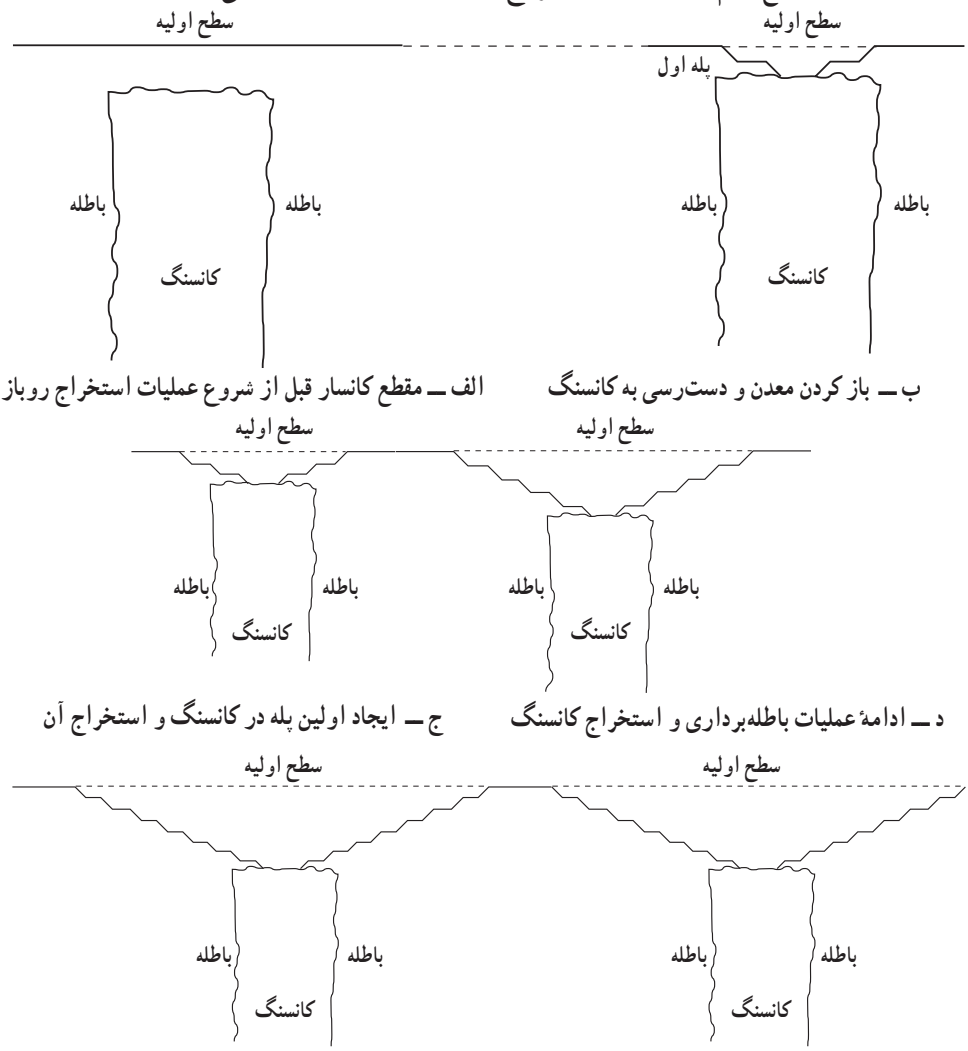


**ب ــ شبکه راه داخل معدن روباز با استفاده از رمپ روی کناره یک تپه**

**شکل ۱۱ــ۳**

متداول‌ترین وسیلهٔ بارگیری در این روش، بیل مکانیکی (شاول) و مناسب‌ترین سیستم بارگیری و حمل و نقل ترکیبی از بیل مکانیکی و کامیون است. در معادن کوچک‌تر لودر یا بیل مکانیکی بکهو برای بارگیری نیز می‌توان استفاده کرد. برای چال زنی هم از واگن دریل و ارابه‌های چال‌زنی استفاده می‌شود. در شکل صفحهٔبعد مراحل مختلف استخراج رو باز به روش کلاسیک آورده شده است.

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



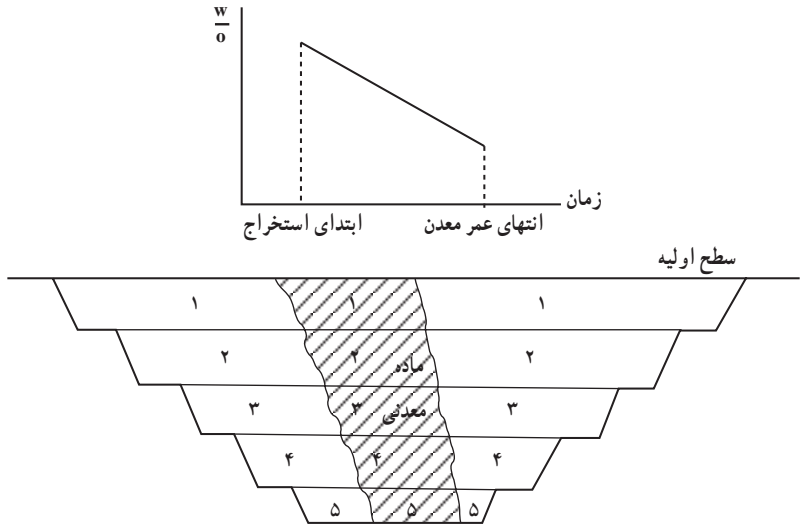

**شکل ۱۲ــ۳ــ مراحل استخراج به روش کلاسیک**

## دیدگاه‌های موجود در طراحی معدن و ترتیب استخراج

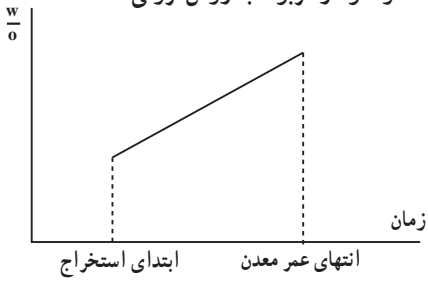
برای طراحی معدن و ترتیب استخراج پله‌ها چهاردیدگاه مختلف مطرح است که در زیر با رسم نمودار و شکل به شرح آن می‌پردازیم :

**۱ــ 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 باطله‌برداری به حجم برداشت ماده

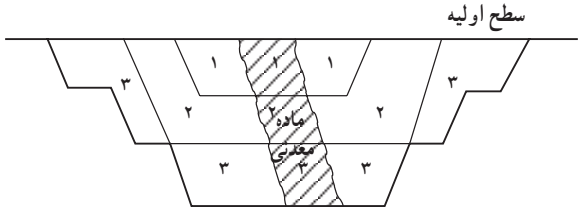
معدنی ($\frac{W}{O}$) به مرور زمان و دراثر پیش‌روی به عمق کاهش می‌یابد. مزیّت این روش، وجود فضای کافی برای ماشین‌آلات، به‌کارگیری انواع ماشین‌آلات برای استخراج، ایمنی بالا و هزینه استخراج کم درسال‌های آخر بهره‌برداری معدن است. از معایب این روش نیز می‌توان از بالا بودن هزینه و زمان باطله‌برداری در سال‌های اولیه و حجم بالای سرمایه‌گذاری اولیه نام برد. نمودار و ترتیب استخراج در شکل زیر نمایش داده شده است (شماره‌های نشان داده شده ترتیب استخراج را نشان می‌دهد).




**شکل ۱۳ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش نزولی**

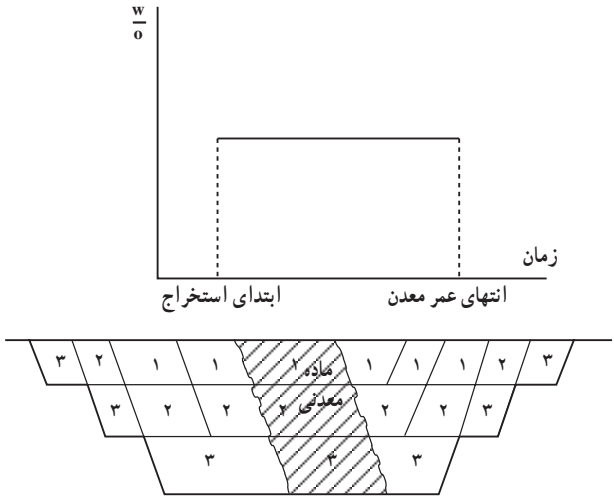



**۲ــ روش صعودی:** در این روش باطله‌برداری تا حدی انجام می‌گیرد که به ماده معدنی دست‌رسی حاصل شود. شیب موقت معدن معمولاً به موازات شیب نهایی معدن طراحی می‌شود. مزایای این روش عبارت‌اند از : عدم نیاز به ماشین‌آلات فراوان، حجم کم سرمایه‌گذاری اولیه و زیاد بودن درآمد اولیه معدن. عیب این روش نیز غیرتکنیکی بودن آن است.



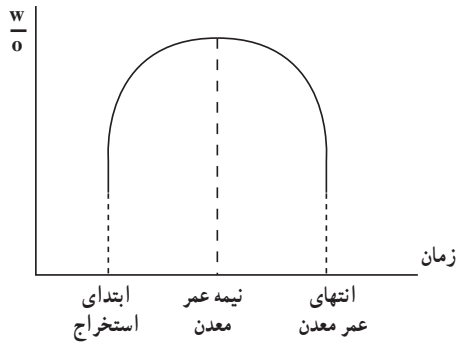

**شکل ۱۴ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش صعودی**

**۳ــ روش ثابت:** در این روش نیز تا حد امکان سعی می‌شود، میزان باطله‌برداری نسبت به حجم برداشت ماده معدنی در مدت عملیات استخراج ثابت باشد. در آغاز بهره‌برداری شیب موقت معدن به گونه‌ای طراحی می‌شود که باطله‌برداری 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.




**شکل ۱۵ــ۳ــ ترتیب استخراج پله‌ها و نمودار مربوط به روش ثابت**

**۴ــ روش فازبندی:** به‌طور تجربی، بهترین حالت برای طراحی و استخراج معدن، روش فازبندی است؛ به گونه‌ای که میزان باطله‌برداری در سال‌های اولیه عمر معدن کم و با افزایش زمان تا نصف عمر معدن افزایش یابد. سپس، با نزدیک شدن به انتهای عمر معدن، حجم باطله‌برداری 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 تانصف عمر معدن افزایش می‌یابد و با نزدیک شدن به آخر عمر معدن کاهش پیدا می‌کند. همچنین، در این روش می‌توان استخراج ماده معدنی و باطله‌برداری را هم‌زمان و به‌طور مجزا انجام داد.




**شکل ۱۶ــ۳ــ نمودار مربوط به روش فازبندی**

**مزایا و معایب استفاده از روش کلاسیک روباز:** مزایای استفاده از روش کلاسیک روباز به شرح زیر است:

۱ــ میزان سوددهی در این روش مناسب است.

۲ــ هزینهٔ استخراجی پایین است.

۳ــ راندمان تولید در این روش زیاد است.
۴ــ روش مناسبی برای به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین است.
۵ ــ از نظر ایمنی روش مطمئن و مناسبی است.
۶ ــ چندین جبهه کار استخراجی می‌توان طراحی و آماده‌سازی کرد.
معایب این روش نیز به شرح زیر است :
۱ــ نیاز به سرمایه‌گذاری بالا برای تهیهٔ ماشین‌آلات سنگین دارد.
۲ــ با توجه به تجهیزات مورد استفاده محدودیت عمق معدن در استفاده از آن وجود دارد.
۳ــ استخراج موجب وارد آمدن خسارت‌های سنگین به سطح زمین می‌شود.
۴ــ 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 ۱۷ــ۳ــ معدن سنگ ساختمانی**

**چگونگی و مراحل استخراج:** چون این روش بیشتر برای استخراج سنگ‌های ساختمانی به‌کار 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 این‌جا تنها مختصری دربارهٔ آن توضیح می‌دهیم.

برای استخراج سنگ‌های ساختمانی سخت و نیمه سخت مانند گرانیت، مرمر، مرمریت، سنگ‌چینی و ... ابتدا باطله‌برداری با آتش‌کاری و به کمک ماشین آلات 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 دپو کردن استفاده کرد.

**شکل ۱۸ــ۳ــ معدن شن و ماسه**

## روش‌های استخراج هیدرولیکی

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

**روش‌های استخراج آبی برای کانسارهای پلاسری:**

***الف ــ 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 این‌که بتوان از فشار آب برای استخراج استفاده کرد، باید شرایطی حکمفرما باشد که عبارت‌اند از :

۱ــ مواد معدنی قابلیت خرد شدن در اثر فشار آب را داشته باشند.

۲ــ آب کافی در دسترس بوده و فشار آن مناسب باشد.

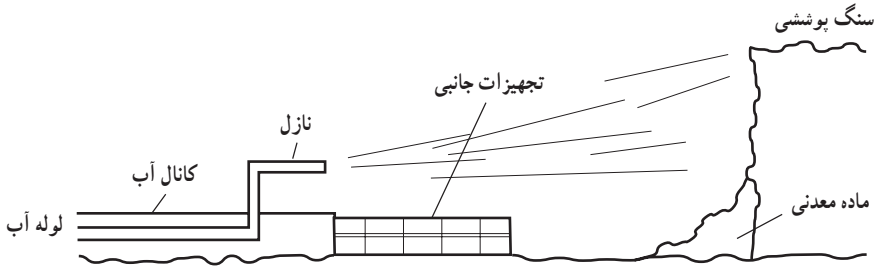
۳ــ فضای کافی برای انتقال مواد معدنی در بخش تحتانی آماده شود.

۴ــ کانسار دارای ارتفاع و شیب مناسب باشند.

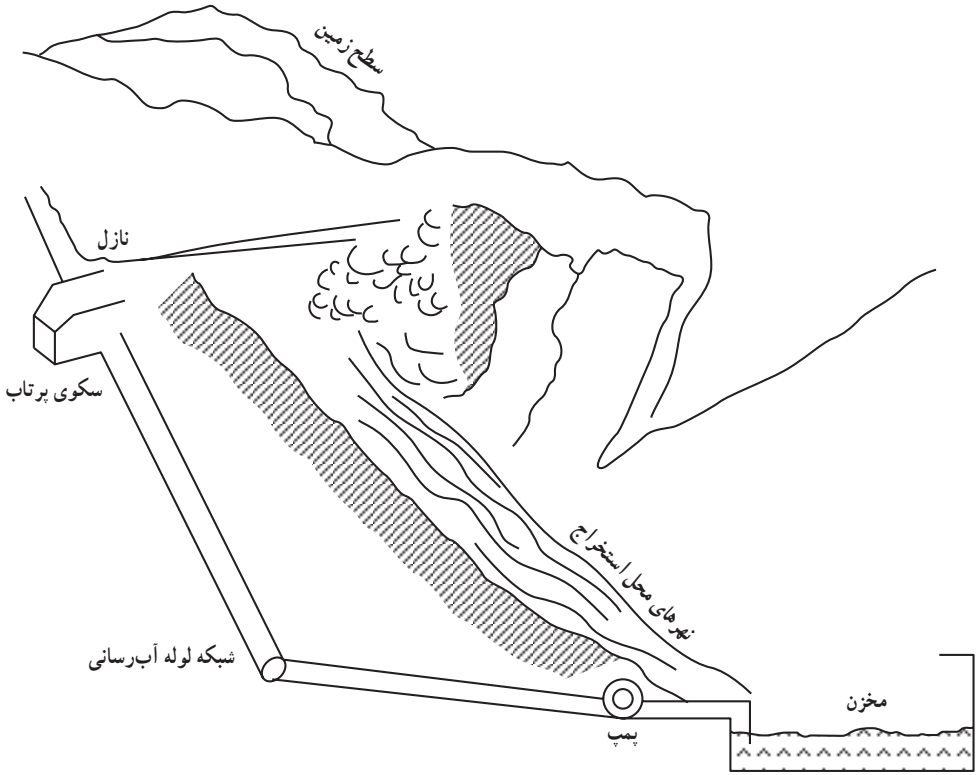
۵ ــ وضعیت طبیعی منطقه، اجازهٔ انتقال مواد معدنی و باطله کنده شده به این روش را داشته باشد.

**چگونگی و مراحل استخراج:** در این روش آب با یک سیستم مخصوص آب‌پاش و نازل‌هایی که به شبکهٔ لوله آب متصل است، به مادهٔ 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 نبایستی بر روی مادهٔ معدنی تأثیر گذاشته و باعث تجزیه آن گردد بلکه فقط باید عامل جدایش ماده معدنی از باطله باشد.




**شکل ۱۹ــ۳ــ روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر جانبی)**




**شکل ۲۰ــ۳ــ روش استخراج با استفاده از فشار آب (تصویر قائم)**

**مزایا و معایب استفاده از فشار آب:** مزایای استفاده از فشار آب عبارت‌اند از :

۱ــ سوددهی این روش بسیار است.

۲ــ هزینه‌های بهره‌برداری آن اندک است.

۳ــ هزینه سرمایه‌گذاری اولیه کمی نیاز دارد.

۴ــ نیازی به حفظ پایداری شیب وجود ندارد.

۵ ــ 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 :

۱ــ نیاز به تهیه آب فراوان در این روش مشکل است.

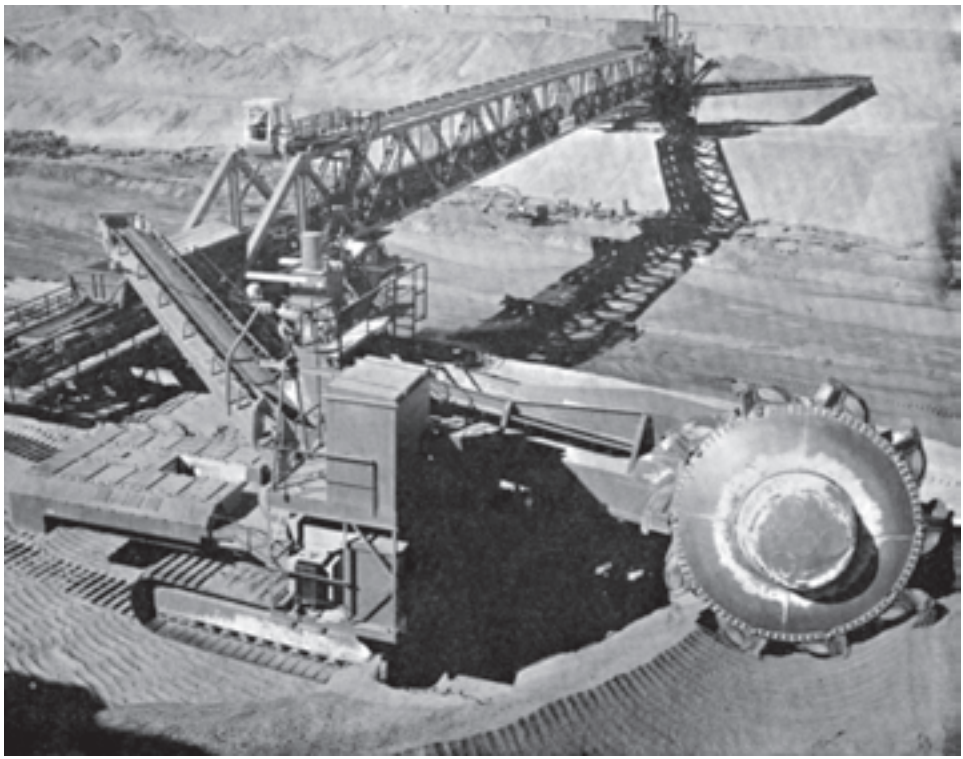
۲ــ ماده معدنی در مقابل آب نبایستی تجزیه‌پذیر باشد.

۳ــ سطح زمین دچار تغییر شکل بسیاری می‌شود.

۴ــ در صورتی که به جای آب، سیال دیگری به کار برده شود، ممکن است منطقه را آلوده کند.

**ب ــ 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[1] 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 دراگلین هم می‌توان برای لایروبی استفاده کرد.



**شکل ۲۱ــ۳ــ بیل چرخشی در حال کار**

۱ــ Dredge

**شکل ۲۲ــ۳ــ دراگلین در حال لایروبی**

**مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی:** مزایای استفاده از روش لایروبی عبارت‌اند از :

۱ــ هزینهٔ استخراجی در این روش بسیار کم است.

۲ــ میزان تولید در این روش بالا است.

۳ــ تعداد کارگر و پرسنل بسیار کمی نیاز دارد.

۴ــ عملیات استخراج به‌صورت مداوم است.

معایب استفاده از این روش به شرح زیر است.

۱ــ هزینهٔ سرمایه‌گذاری اولیه برای تهیه ماشین‌های لایروب بالا است.

۲ــ عمق آب کم و بایستی مناسب باشد. بنابراین، محدودیت عمق در این روش وجود دارد.

۳ــ کانسار بایستی از نوع پلاسری باشد.

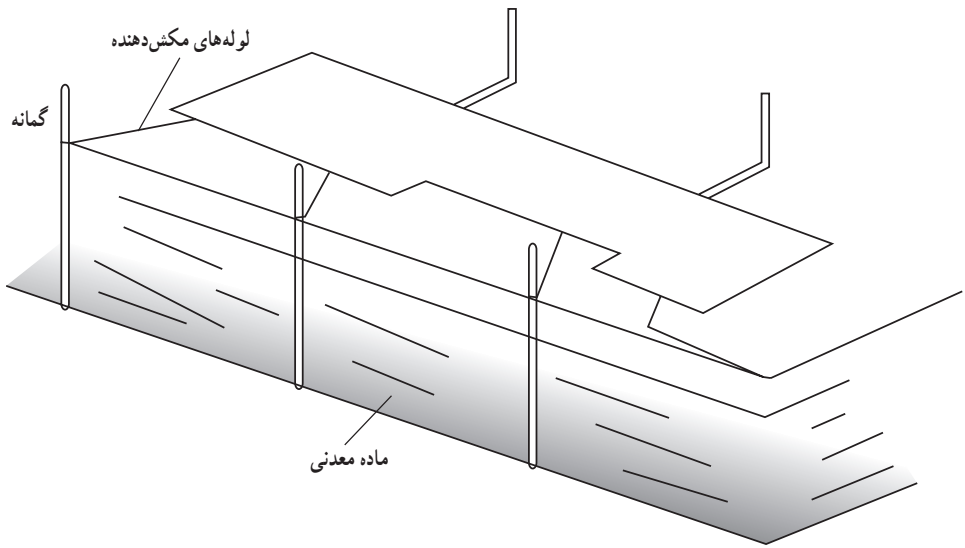
۴ــ ذخیرهٔ معدنی نبایستی خیلی شیبدار بوده و ضخامت باطله روی آن هم بسیار کم باشد.

**روش‌های استخراج انحلالی:** در این روش‌ها مادهٔ 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 تجزیهٔ شیمیایی قابل اجرا هستند.

***الف ــ 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 شبکهٔ منظم حفر می‌شود. برای مکش مادهٔ معدنی از اعماق زمین، احداث شبکهٔ 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 مادهٔ 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 مادهٔ 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 مادهٔ معدنی باید نفوذپذیر باشد. همچنین، محدودهٔ معدن و سطح زمین منطقهٔ موردنظر به‌گونه‌ای باشد که بتوان به حفر گمانه و تأسیس شبکه لوله‌کشی اقدام کرد.




**شکل ۲۳ــ۳ــ روش استخراج گمانه‌ای**

**مزایا و معایب استفاده از روش گمانه‌ای:** مزایای استفاده از روش گمانه‌ای عبارت‌انداز :

۱ــ سوددهی این روش مناسب است.

۲ــ هزینهٔ استخراجی کمی در بردارد.

۳ــ برای استخراج کانسارهایی که در عمق تقریباً زیادی قرار دارند، کاربرد فراوانی دارد.

۴ــ عملیات استخراج به‌طور پیوسته و مداوم صورت می‌گیرد.

۵ ــ ایمنی این روش بالا است.

معایب استفاده از این روش نیز به شرح زیر است :

۱ــ این روش بسیار تخصصی است و باید با دقت و ظرافت کامل صورت گیرد.

۲ــ برای استخراج، آب کافی باید در دسترس باشد.

۳ــ کنترل عملیات استخراج به دلیل عدم دست‌رسی مستقیم به مادهٔ معدنی مشکل است.

**ب ــ 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، به‌کارگیری یک حلال مناسب و تجزیهٔ ماده 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.

۱ــ سیانید سدیم (سیانور) برای استخراج طلا

۲ــ اسید سولفوریک برای استخراج اکسیدهای مس

۳ــ 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 به‌دست آمده، جمع شده و برای تغلیظ، کانه‌آرایی و بازیابی کانی‌ها به کارخانه ارسال می‌شود.

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

۱ــ میزان سوددهی در این روش مناسب است.
۲ــ هزینهٔ استخراجی تقریباً ناچیزی دربردارد.
۳ــ برای استخراج ذخیره‌های کم عیار روش مناسبی است.
۴ــ هزینه‌های آماده‌سازی آن کم است.
۵ ــ ایمنی این روش بالاست.

معایب استفاده از این روش عبارت اند از :

۱ــ این روش هم مانند روش گمانه‌ای تخصصی بوده و نیاز به محاسبه و برنامه‌ریزی دقیق دارد.
۲ــ آب کافی باید در دسترس باشد.
۳ــ کنترل عملیات استخراج مشکل است.
۴ــ استفاده از مواد حلال ممکن است، به محیط زیست آسیب برساند.

## خودآزمایی

۱ــ تقسیم‌بندی روش‌های استخراج روباز را نام ببرید.

۲ــ روش استخراج با برش‌های مستقیم در چه کانسارهایی کاربرد دارد و مراحل اجرای آن به چه صورت است؟

۳ــ مزایا و معایب استفاده از روش کنتوری چیست؟

۴ــ مزایا و معایب استفاده از روش نواری چیست؟

۵ ــ نحوهٔ استخراج به روش کلاسیک روباز به چه صورت است؟

۶ ــ مناسب‌ترین دیدگاه طراحی معدن چه روشی است؟

۷ــ روش استخراج با فشار آب دارای چه ویژگی‌هایی است؟

۸ ــ مزایا و معایب استفاده از روش لایروبی را بیان کنید.

۹ــ استخراج گمانه‌ای در چه کانسارهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ شرایط آن را بازگو کنید.

۱۰ــ مراحل استخراج به روش تجزیه شیمیایی (لیچینگ) چگونه است؟

۱۱ــ روش استخراج هیدرولیکی چگونه انجام می‌شود؟

۱۲ــ مزیت اصلی روش آتش‌کاری و تزریق آب برای استخراج زغال سنگ چیست؟