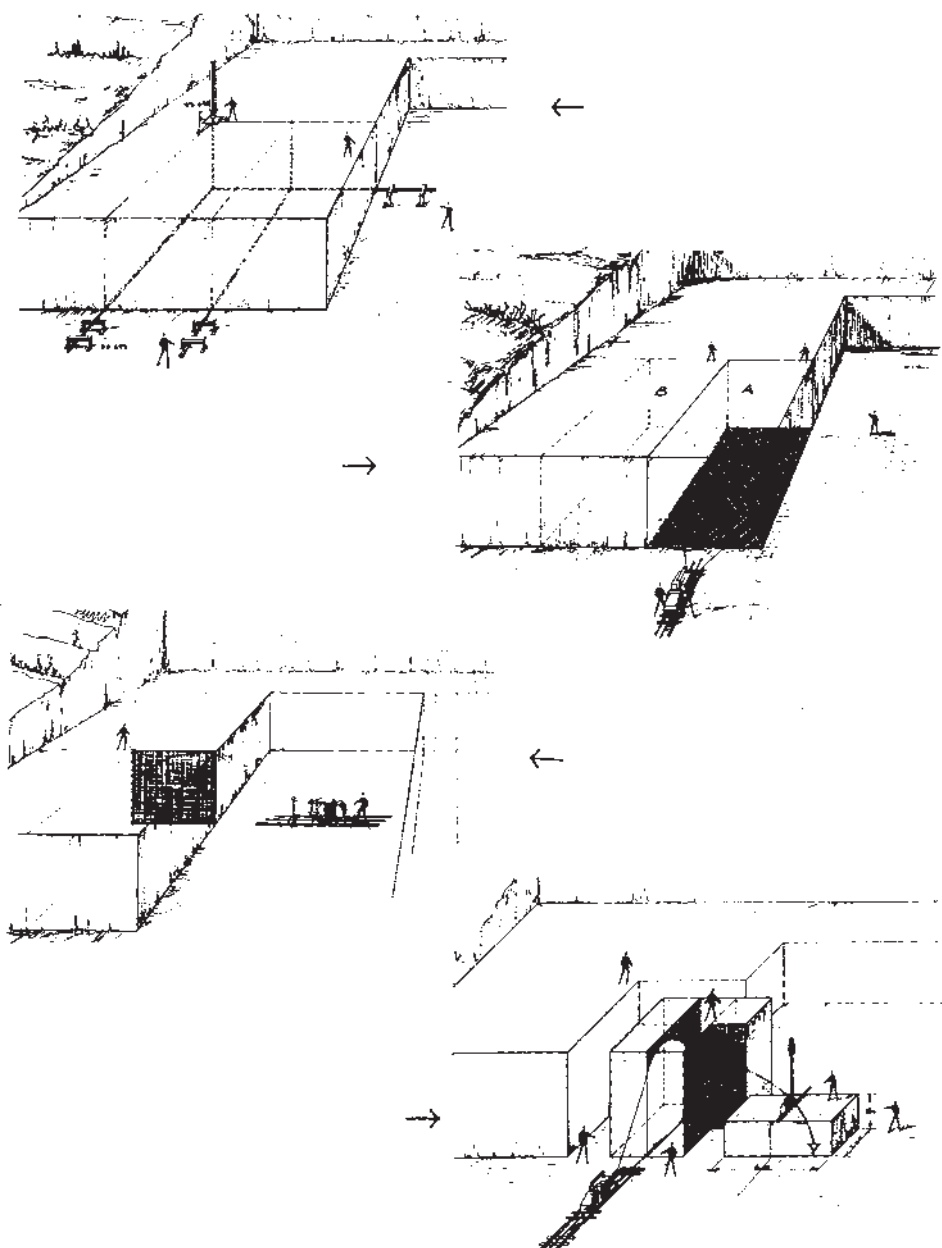




شکل ۱۱-۵- دستگاه سیم برش دیزلی

به علت اصطکاک فراوانی که در حین برش، بین سنگ و سیم وجود دارد، گرمای زیادی تولید و باعث می شود که سیم به آسانی سنگ را برش ندهد. به همین دلیل، باید سیم را همیشه خنک نگه داشت. برای این کار از آب استفاده می شود. برای تأمین آب مورد نیاز، یک مخزن و پمپ آب که در یک محل مناسب قرار گرفته اند، به کار می رود. ترتیب برش سطوح در این روش اهمیت زیادی دارد و معمولاً بدین شکل است که ابتدا، سطح زیرین بلوک و سپس سطح جانبی و پشتی برش داده می شود.



شکل ۱۲-۵- مراحل مختلف استخراج سنگ با سیم برش

مهم‌ترین وسیله‌ای که در این روش به کار می‌رود، سیم برش الماسه است. سیم برش، از یک سیم فولادی تشکیل شده که در فاصله معین آن، سگمت‌های الماسه به کار رفته است. در میان این سگمت‌ها، بوش و فنر فلزی قرار می‌گیرد. معمولاً در هر متر از سیم برش ۳۲ سگمت نصب می‌شود.



ب - متعلقات سیم برش



الف - سگمنت‌های سیم برش



ج - سیم برش مونتاژ شده

شکل ۱۳-۵- اجزای مختلف سیم برش

برای اتصال اجزای مختلف سیم برش، از دستگاه پرس مخصوص دستی و کارگاهی استفاده

می‌کنند.



ب- ابزار برش و پرس دستی سیم برش



الف- پرس هیدرولیکی دستگاه سیم برش

شکل ۱۴-۵

در هنگام کار برای حفظ ایمنی با سیم برش نکات بسیار مهمی را باید رعایت کرد. اولین نکته، استفاده از سپر محافظ بر روی دستگاه و استقرار کاربر در محل مناسب است تا در صورت پارگی سیم از خطر محفوظ باشد. نکته بعدی جهت گردش سیم است، به طوری که دانه‌های سگمنت، کاملاً در معرض آب قرار گیرند. همچنین؛ برای آن که سطح‌های تحت برش صاف و یک‌دست بریده شوند، دستگاه برش و چال‌ها، باید در یک خط قرار گیرند، چال‌های ارتباطی انحراف نداشته باشند، دستگاه در حال برش، دچار تغییر ناگهانی کشش سیم نگردد و از حالت تراز خارج نشود.

مهم‌ترین عللی که باعث پاره شدن سیم برش می‌شوند، عبارت‌اند از:

- ۱- پوسیده شدن سیم، در اثر استفاده فراوان که در این صورت، باید سیم را پیوسته کنترل کرد.
- ۲- کشش بیش از حد سیم
- ۳- برخورد ناگهانی به سطوح سخت یا نرم
- ۴- وجود زدگی و خراشیدگی در سیم
- ۵- قرارگیری دستگاه با زاویه نامناسب، نسبت به بلوک سنگ
- ۶- وجود خاک و سنگریزه در مسیر سیم
- ۷- انحراف مسیر سیم برش.

## روش استخراج با تیغه برنده (هاواژ)

برای استخراج سنگ‌هایی که سختی بسیار بالایی ندارند، از ماشین‌هایی با تیغه برنده می‌توان استفاده کرد. تیغه برنده، شامل یک بازو است و زنجیری دور آن حرکت می‌کند. زنجیرها دارای سگمنت‌هایی از جنس کربورتنگستن هستند که برای برش سنگ آماده شده است. جهت حفر شیارهای متفاوت، می‌توان بازو را تعویض کرد. شکل کلی تیغه برنده، تقریباً مشابه اره‌های برقی است که برای برش چوب به کار می‌روند. نیروی محرکه دستگاه نیز از طریق برق یا موتور دیزل تأمین می‌شود.



شکل ۱۵-۵- تیغه برنده در حین استخراج سنگ



برای استخراج، ابعاد بلوک سنگ، با توجه به اندازه تیغه تعیین می‌شود. با چرخش زنجیر به دور بازو و حرکت بازو در سنگ، شیار ایجاد می‌شود. این دستگاه نیز مانند دستگاه سیم برش، روی ریل حرکت کرده و در جهت مورد نیاز، به‌طور هیدرولیکی تغییر مکان می‌دهد. با این دستگاه، فقط عمل برش را به صورت افقی و عمودی می‌توان انجام داد و سطوح برش باید کاملاً تراز یا عمود باشند. در این روش هم، برای خنک‌کردن تیغه برنده، از آب استفاده می‌کنند.



شکل ۱۶-۵- تیغه برنده در حالت برش قائم

مزایای استفاده از تیغه برنده در مقایسه با سیم برش به شرح زیر است:

- ۱- سرعت برش بیشتر از سیم برش است.
- ۲- برش سطح پستی، آسان‌تر و سریع‌تر از سیم برش صورت می‌گیرد.
- ۳- ایمنی بیشتری نسبت به سیم برش دارد.
- ۴- در این روش نیاز به حفر چال نداریم. در این صورت هزینه‌های حفاری کاهش یافته و از نظر اقتصادی با صرفه‌تر است.

### روش استخراج با استفاده از دیسک برنده

دیسک برنده، دارای ساختمان تقریباً ساده‌ای بوده و در معادنی که سنگ‌های آن سختی متوسط دارند، به کار می‌رود. این دستگاه، دارای یک دیسک است و در اطراف آن دندانه‌هایی از نوع کربورتنگستن وجود دارد که این دندانه‌ها قابل تعویض هستند. با تغییر آلیاژهای دندانه‌های دیسک، می‌توان سرعت برش را نیز بالا برد. نیروی محرکه دستگاه از طریق برق یا موتور دیزل تأمین

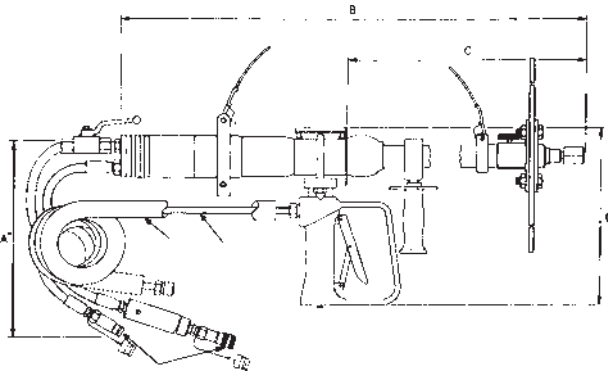
می‌شود. ابعاد بلوک سنگ برای استخراج به اندازه ابعاد دیسک برنده تعیین می‌شود. کنترل دستگاه، می‌تواند از روی خود آن با کاربر انجام شود. برای خنک کاری دیسک برنده، از آب استفاده می‌شود؛ مزایای این دستگاه هم مشابه با تیغه برنده است.



شکل ۱۷-۵- دیسک برنده

## روش استخراج با استفاده از فشار آب<sup>۱</sup>

در این روش استخراج بلوک سنگ به کمک فشار آب انجام می‌گیرد. سنگ‌هایی را که تقریباً نرم هستند و وجود آب فراوان، تأثیری در ساختار آن‌ها ندارد به این روش می‌توان استخراج کرد. آب در دستگاه مخصوص و به کمک آبفشان‌هایی زیر فشار فراوان قرار گرفته و با سرشیلنگ‌های مخصوص و دورانی بر روی سنگ پاشیده می‌شود. فشار آب در دستگاه آبفشان، قابل تنظیم بوده و برای عملیات‌هایی نظیر شست‌وشو، تمیز کردن و برش، فشار آب مورد نظر تنظیم می‌شود. هرچه فشار آب در دستگاه بیشتر شود، باید از لوله‌های غیر قابل انعطاف یا لوله ثابت استفاده کرد.



ب - بخشهای مختلف آبفشان

شکل ۱۸-۵



الف - برش سنگ با دستگاه آبفشان

این روش در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار گران است. تأمین آب مورد نیاز مصرفی، بازیابی مجدد آب، صرف انرژی بسیار زیاد، تهیه دستگاه آبفشان و تجهیزات آن بسیار سخت بوده و باعث شده تا این روش چندان مورد توجه قرار نگیرد.

## روش استخراج با استفاده از حرارت و شعله

این روش، بیشتر در سنگ‌های سخت و گرانیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، به کمک شعله و حرارت ناشی از آن، شیارهایی در سنگ ایجاد کرده و بلوک مورد نظر را استخراج می‌کنند. در واقع؛ برای برش سنگ از خاصیت ذوب استفاده می‌شود. حرارت و شعله لازم با گازوئیل یا مواد سوختی دیگر و هوای فشرده به‌عنوان کمک سوخت تأمین شده و اکسیژن هم، به‌عنوان کمک سوخت اضافی، هنگام روشن کردن مشعل به کار برده می‌شود. شعله و حرارت لازم با ابزار و دستگاه مخصوص این کار، ایجاد شده و به کمک مشعل با فشار به سطح سنگ می‌رسد. حرارت تولیدشده با سرعت و فشار بالا و با

۱- Water jet



دمای بیش از  $120^{\circ}\text{C}$  با سنگ برخورد می‌کند. در اثر انبساط ناشی از حرارت پوسته‌ای از سنگ جدا شده و شیار در سنگ ایجاد می‌کند. این روش هم مانند روش قبل، به علت بالابودن هزینه سوخت و هوای فشرده و همین‌طور مصرف انرژی فراوان، چندان متداول نبوده و کمتر به کار می‌رود.



الف - استخراج سنگ به وسیله حرارت و شعله در یک معدن گرانیت



ب - دستگاه ویژه تولید شعله

شکل ۱۹-۵

روش استخراج با استفاده از مواد شیمیایی مخصوص (کتراک)<sup>۱</sup> امروزه، با پیشرفت علم و فن‌آوری، انواعی از مواد شیمیایی تهیه شده است که مانند پاس و گوه عمل می‌کند و باعث جدا شدن بلوک سنگ، از کانسار می‌شوند. این مواد در صورت ترکیب با آب

<sup>۱</sup> - Katrock

چند برابر حجم اولیه، اضافه حجم پیدا کرده و شکافی در سنگ ایجاد می‌کنند. برای کار، مانند روش چال موازی، چال‌هایی با فاصله‌های معین، در سنگ حفر می‌شود و پس از آن مواد مخصوص که به صورت ملات تهیه شده‌اند، در داخل چال قرار می‌گیرند. پس از قراردادن مواد در داخل چال، دهانه چال مسدود می‌شود و پس از چند ساعت، این مواد اضافه حجم پیدا می‌کند و باعث ایجاد شکاف در سنگ می‌شوند. این روش، دارای ضریب ایمنی بسیار بالایی، در مقایسه با روش‌های دیگر است. اما در عوض، قیمت این مواد شیمیایی بسیار گران بوده و اتلاف انرژی آن، در سنگ‌هایی که دارای درزه و شکاف است، زیاد می‌باشد. همچنین؛ در این روش نمی‌توان کنترلی بر روی شکست سنگ داشت؛ به همین علت در بسیاری از موارد، سنگ به شکل نامنظم شکسته شده و بلوک مناسب، حاصل نمی‌شود.

### روش‌های استخراج زیرزمینی سنگ‌های تزئینی و نما

در صورتی که کانسار سنگ ساختمانی در عمق زمین قرار گرفته باشد و استخراج روباز آن به صرفه نباشد، باید آن را با روش‌های زیرزمینی استخراج کرد به علت اینکه بلوک‌های سنگ، باید در قطعات درشت استخراج شوند، فضاهای زیرزمینی در این حالت، بزرگ‌تر از فضاهای زیرزمینی کانسارهای دیگر است و این فضاها معمولاً نیازی به نگه‌داری ندارند. نحوه دسترسی به ماده معدنی و آماده‌سازی کارگاه، مشابه آنچه که در روش‌های استخراج سایر کانسارهای زیرزمینی گفته شد، صورت می‌گیرد. استخراج سنگ‌ها نیز می‌تواند به روش اتاق و پایه انجام شود. سنگ‌ها بیشتر با تیغه برنده، دیسک برنده و یا آتش‌کاری کنترل شده برش داده می‌شوند و کمتر از روش‌های دیگر برای استخراج آن‌ها بهره می‌گیرند. پس از برش و استخراج بلوک‌های بزرگ، در همان فضای زیرزمینی بلوک‌ها، به قطعات کوچک‌تر بریده شده و به بیرون معدن انتقال می‌یابند. چون در ایران معدن زیرزمینی سنگ ساختمانی وجود ندارد، از ذکر توضیحات بیشتر، خودداری می‌کنیم.

### روش‌های استخراج ترکیبی

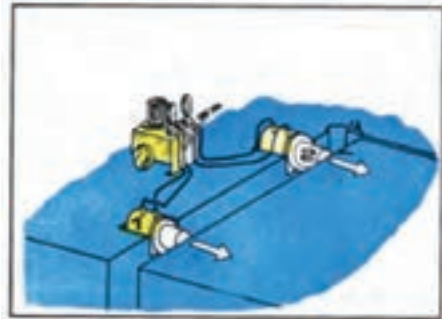
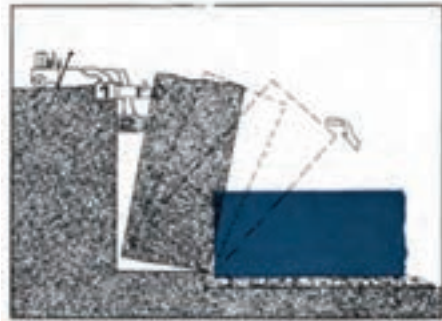
در بیشتر کارگاه‌های استخراج سنگ‌های تزئینی، به دلیل وجود مشکلات فنی و اقتصادی و غیره و همچنین، برای تسریع در امر استخراج، سعی می‌شود برحسب امکانات و شرایط موجود، از روش‌های ترکیبی استفاده شود. این عمل در بیشتر معادن ایران انجام می‌گیرد؛ برای مثال ماشین‌های برش با تیغه برنده را برای برش سطح پستی می‌توان به کار برد و از سیم برش الماسه برای برش بخش‌های دیگر بهره گرفت. گاهی اوقات نیز، استخراج بلوک بزرگ از کانسار با سیم برش صورت گرفته و برای تقسیم بلوک به قطعات کوچک‌تر، از روش چال موازی استفاده می‌شود. بعضی مواقع

که امکان توسعه شبکه برق به کارگاه نباشد و نتوان از ماشین آلات برقی استفاده کرد، تجهیزاتی که با هوای فشرده یا موتور دیزل راه اندازی می شوند، به کار می رود.

به هر حال، هر روشی که برای استخراج سنگ های ساختمانی استفاده می شود. باید به گونه ای باشد که در مقایسه با روش های دیگر، مستلزم صرف زمان و هزینه کمتری بوده و بهترین راندمان تولید را داشته باشد.

### جدا کردن و جابه جایی بلوک های استخراج شده از کانسار

روش های ذکر شده، در واقع، برای کندن بلوک های سنگی از کانسار به کار برده می شود و پس از برش و جدا کردن بلوک ها از کانسار، باید آن ها را برای حمل و نقل یا برش دوباره، آماده کرد. برای این کار روش ها و ابزار مختلفی وجود دارد. عمده ترین این ابزار جک های هیدرولیکی و بالشتک های هوای فشرده و آب هستند. برای جدا کردن بلوک ها، این ابزار را در پشت بلوک سنگ قرار داده و با نیروی هیدرولیکی یا هوای فشرده و یا آب به بلوک فشار می آورند. یادآوری می شود که وقتی بلوک های سنگ، جدا شده و به زمین می افتند، شکستگی در آن ها پدید می آید. برای جلوگیری از شکستگی سنگ محل افتادن بلوک را یک لایه شن و ماسه ریزدانه یا خاک نرم می ریزند تا پس از افتادن، بلوک دچار شکستگی نشود.



شکل ۲۱-۵- نحوه جدا کردن بلوک های سنگ با بالشتک های هوای فشرده

شکل ۲۰-۵- نحوه جدا کردن بلوک های سنگ با جک های هیدرولیکی

معمولاً قطعه‌های کنده شده از کوه، برای حمل و نقل مناسب نبوده و باید بار دیگر به قطعات کوچک‌تر و مناسب‌تری برش داده شوند. برش دوباره سنگ‌ها، با روش چال موازی و یا ماشین‌آلات برش انجام می‌گیرد. برای حمل بلوک‌های سنگ به کارگاهی که در آن برش مجدد باید صورت گیرد، از بولدوزر می‌توان استفاده کرد. پس از برش هم برای بارگیری سنگ به داخل کامیون، یک سکو در معدن تعبیه می‌شود تا کامیون در آن قرار گرفته و بولدوزر بلوک را به داخل کامیون هل دهد. اما در هنگام حرکت بولدوزر و حمل سنگ، ضربه‌هایی از طرف بولدوزر به بلوک وارد می‌شود که ممکن است باعث به‌وجود آمدن شکستگی در سنگ شود. به این علت، برای حمل سنگ به کارگاه برش مجدد می‌توان وینچ و قرقره به کار برد و برای بارگیری آن به داخل کامیون با نصب یک دستگاه جرثقیل در نزدیکی کارگاه برش می‌توان نیاز معدن را از وجود بولدوزر برطرف ساخت.



شکل ۲۲-۵- جرثقیل مخصوص حمل بلوک‌های سنگ استخراجی

## خودآزمایی

- ۱- تقسیم‌بندی روش‌های استخراج سنگ‌های تزئینی و نما چگونه است؟
- ۲- کارگاه استخراج معدن سنگ ساختمانی چگونه آماده‌سازی می‌شود؟
- ۳- انواع روش‌های استخراج به وسیلهٔ مواد ناریه چگونه است؟
- ۴- چه مواردی در استخراج سنگ ساختمانی با سیم برش باید رعایت شود؟
- ۵- تیغهٔ برنده (ماشین‌هاواژ) و دیسک برنده چه تفاوت‌هایی با هم دارند.
- ۶- استخراج توسط فشار آب و حرارت چگونه صورت می‌گیرد؟
- ۷- مواد مخصوص شیمیایی برای استخراج سنگ ساختمانی چگونه مورد مصرف قرار می‌گیرند؟
- ۸- آیا سنگ‌های ساختمانی موجود در اعماق زمین را هم می‌توان استخراج و بهره‌برداری نمود؟
- ۹- بلوک‌های سنگ‌های ساختمانی برش داده شده را چگونه از کانسار باید جدا کرد؟



عملیات آماده‌سازی و احداث شبکه، در معادن زیرزمینی



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

- ۱- کلیاتی در مورد عملیات آماده‌سازی و احداث شبکه در معادن زیرزمینی بیان کند.
- ۲- نحوه تقسیم‌بندی منطقه معدن به چند بخش مجزا را شرح دهد.
- ۳- چگونگی تعیین مشخصات معدن را توضیح دهد.
- ۴- احداث شبکه و تقسیم‌بندی بخش‌های مختلف یک قطعه معدنی را تشریح کند.
- ۵- آماده‌سازی کارگاه استخراج را شرح دهد.
- ۶- نحوه استخراج پیش رو و پس رو در کارگاه را تشریح کند.

## کلیات

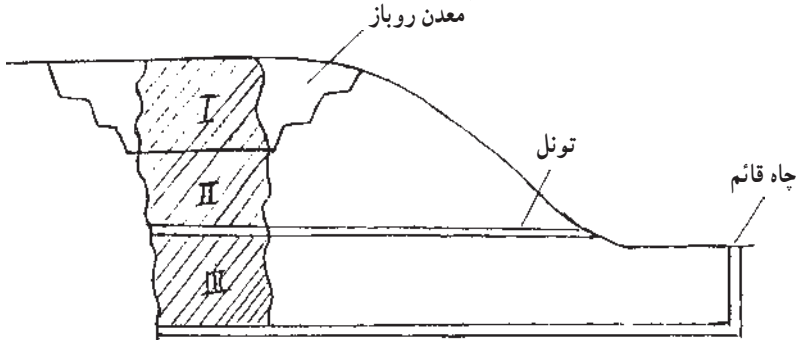
وقتی در مراحل پایانی اکتشاف، مشخص شد که معدن به صورت زیرزمینی استخراج خواهد شد، باید برای شروع به بهره‌برداری تمهیداتی انجام داد. عملیات معدن‌کاری باید به ترتیب و در بخش‌های تعیین‌شده صورت گیرد. همان‌طور که در معادن روباز دیدیم، استخراج طی یک نظم خاص از بالا به پایین انجام می‌شود و در معادن زیرزمینی نیز کل معدن را براساس شرایط مختلف به بخش‌های مجزا تقسیم کرده و به ترتیبی که در مرحله طراحی تعیین می‌شود استخراج می‌کنند.



شکل ۱-۶- حفاری در یک معدن زیرزمینی

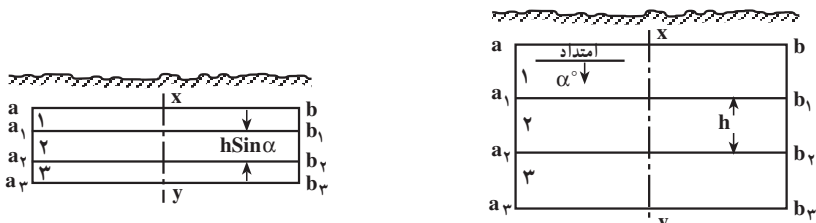
## تقسیم بندی منطقه معدن به چند بخش مجزا

چون بیشتر کانسارها در ابعاد مختلف، دارای شرایط کیفی، زمین‌شناسی و اندازه متفاوتی هستند، به همین علت معمولاً نمی‌توان کل یک معدن زیرزمینی را تنها به یک روش خاص بهره‌برداری نمود و باید آن‌را به بخش‌های معین تقسیم و هر بخش را با توجه به شرایطی که دارد، استخراج کرد.



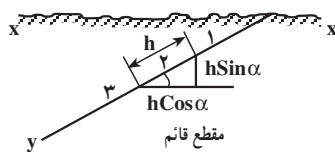
شکل ۲-۶- روش‌های مختلف استخراج برای یک کانسار

بنابراین؛ اصولاً هر منطقه و محدوده معدنی به چند قطعه (معدن) بزرگ تقسیم شده و هر قطعه به روش خاصی بهره‌برداری می‌شود. قطعه معدن<sup>۱</sup> به همه یا قسمتی از یک کانسار اطلاق می‌شود که کار معدنی در آن انجام می‌گیرد. شکل یک قطعه معدنی، به مشخصات کانسار بستگی دارد. در کانسارهایی که شکل منظمی دارند، قطعه معدن تقریباً به شکل مستطیل است که در طول خط امتدادی گسترش یافته است. در شکل زیر نمای یک لایه منحصر به فرد، از یک قطعه معدن نمایش داده شده است.

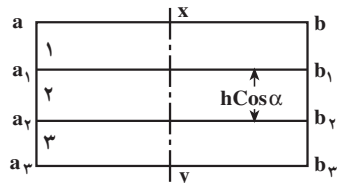


ب- تصویر روی صفحه قائم امتدادی

الف- تصویر روی صفحه لایه



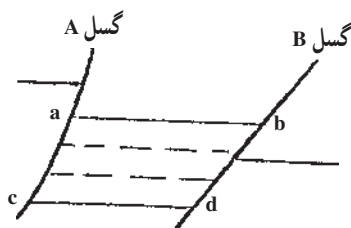
د- تصویر روی صفحه قائم عمود بر امتداد



ج- تصویر روی صفحه افق

شکل ۳-۶- تصویرهای مختلف صفحه لایه منحصر به فرد

باید بدانیم اندازه قطعه معدنی به گونه‌ای مشخص می‌شود که برای ۱۰ تا ۴۰ سال بتوان در آن عملیات استخراج را صورت داد. بیشتر اوقات عوامل طبیعی، مانند چین خوردگی و گسل، در طراحی اندازه قطعه معدن تأثیر داشته و آن را دچار تغییرات می‌کند. در واقع، می‌توان گفت این عوامل به طور تقریبی اندازه قطعه معدن را تعیین می‌کنند. به طور کلی، اندازه قطعه معدنی با محاسبه خاص خود، در طراحی مشخص می‌شود. مثلاً در شکل زیر قطعه معدنی با گسل A و B محدود شده است.



شکل ۴-۶- محدود شدن قطعه معدن به وسیله دو گسل

## تعیین مشخصات معدن

هنگامی که یک منطقه معدنی به قطعات و معادن مجزا تقسیم بندی شد، برای طراحی استخراج و شروع عملیات بهره‌برداری، لازم است که مشخصات هر معدن مشخص شود. مهم‌ترین مشخصه‌هایی که برای هر معدن باید تعیین شود، به شرح زیر است:

۱- **محدوده معدن:** همان‌طور که گفته شد، در بسیاری از موارد، عوامل طبیعی و شرایط قرارگیری کانسار، محدوده یک قطعه معدنی را تعیین می‌کنند. هرچه قدر شرایط و موقعیت کانسار یک‌نواخت‌تر و تغییرات آن ملایم‌تر باشد، وسعت محدوده معدن را می‌توان گسترده‌تر در نظر گرفت. همچنین؛ محدوده معدن طوری باید باشد که با در نظر گرفتن عوامل مختلف، هزینه استخراج یک تن ماده در طول سال‌های بهره‌برداری به حداقل برسد.

وقتی بخشی از یک ذخیره معدنی دارای چین خوردگی باشد، شرایط کانسار در این ناحیه تغییر کرده و می‌توان آن را با روش دیگری استخراج کرد. بنابراین؛ قطعه معدن به این ناحیه محدود می‌گردد. یا اگر یک کانسار بسیار پرشیب باشد، عرض ناحیه بهره‌برداری را نمی‌توان خیلی وسیع در نظر گرفت. از عوامل دیگری که در تعیین محدوده معدن تأثیرگذار است، مقدار ذخیره ماده معدنی در واحد سطح، شرایط اقتصادی و تقاضای خرید برای ماده معدنی، محدودیت سرمایه‌گذاری و محدودیت‌های قانونی را می‌توان نام برد.

۲- میزان استخراج سالیانه و تعیین عمر معدن: راندمان تولید یک معدن از روی میزان استخراج آن در یک سال مشخص می‌شود. استخراج سالیانه هر معدن، در طراحی‌های قبل از استخراج تعیین شده و به آن ظرفیت سالیانه یا ظرفیت تولید هم گفته می‌شود. مشخص کردن ظرفیت یک معدن از طریق محاسبه‌های اقتصادی و با در نظر گرفتن عوامل مختلفی از قبیل ارزش فروش ماده معدنی، راندمان کارگران، به‌کارگیری ماشین‌آلات مختلف و ... امکان‌پذیر خواهد بود. یکی از مواردی که در تعیین ظرفیت معدن نقش اساسی دارد، هماهنگ بودن بخش‌های مختلف معدن از جمله پرسنل حفار، آتش‌کار، مسئولین نگه‌داری معدن و ... در هنگام اجرای عملیات بهره‌برداری است؛ طوری که آماده‌سازی کارگاه‌های جدید، هم‌زمان با اتمام کارگاه‌های استخراج در حین کار صورت گیرد و همواره کارگاه جدیدی وجود داشته باشد تا جانشین کارگاه تخلیه شده بشود.

در صورت تعیین مقدار تولید روزانه در معدن و ضرب آن در تعداد کل روزهای قابل کار در سال می‌توان اندازه تولید ماده معدنی در کل سال را به دست آورد. تعداد روزهای قابل کار سال در یک معدن به شرایط آب و هوایی، تعداد روزهای تعطیل در سال و عوامل دیگر بستگی دارد. میزان استخراج سالانه از سال شروع تا پایان بهره‌برداری، باید مطابق با طرح ثابت بماند اما عملاً چنین اتفاقی نخواهد افتاد و معمولاً در سال‌های انتهایی بهره‌برداری، به علت‌های مختلف کاهش تدریجی در تولید به وجود می‌آید (در صورت آماده‌بودن کارگاه‌های جدید می‌توان با استخراج هم‌زمان کارگاه‌ها، کمبود تولید را جبران کرد).

بنابراین، عمر واقعی یک معدن به علت افزایش یا کاهش تولید و اختلاف ذخیره واقعی، با ذخیره محاسبه‌شده و یا باقی‌ماندن بخشی از ذخیره در داخل زمین با عمر محاسبه شده آن تفاوت دارد. مدت زمانی که طول می‌کشد تا کل ذخیره یک معدن استخراج شود، عمر معدن نامیده می‌شود. اطلاع از عمر معدن برای تعیین وسایل نگه‌داری مناسب و ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل در معدن مهم است. مابین ظرفیت، ذخیره و عمر معدن یک سری روابط ساده ریاضی برقرار است که عبارت‌اند از:

A : ظرفیت سالیانه معدن (تن)

$$Z = A \times T \quad T = \frac{Z}{A} \quad A = \frac{Z}{T}$$

Z : میزان ذخیره معدن (تن)

T : عمر معدن (سال)

مثال: در صورتی که میزان ذخیره یک معدن زغال ۲۰,۰۰۰,۰۰۰ تن محاسبه شده و استخراج



روزانه آن ۱۵۰۰ تن باشد، عمر معدن را حساب کنید. اگر مجموع افت‌های ماده معدنی ۲۰٪ در نظر گرفته شود و تعداد روزهای کاری در کل سال ۲۹۰ روز باشد.

$$Z = 20,000,000 - (20,000,000 \times 20\%) = 16,000,000 \text{ (تن)}$$

$$A = 1500 \times 290 = 435000 \text{ (تن)}$$

$$T = \frac{Z}{A} = \frac{16,000,000}{435,000} \approx 37 \text{ (سال)}$$

بر اساس تجربه و آمار به دست آمده، عمر متوسط معادن زغال را بر اساس استخراج روزانه مانند جدول زیر می‌توان تخمین زد.

جدول ۱-۶

استخراج روزانه (بر حسب تن)	عمر متوسط معدن (بر حسب سال)
۱۰۰۰	۲۰
۱۵۰۰	۲۵
۲۰۰۰	۳۰
۳۰۰۰	۴۰
۴۰۰۰	۴۵
۵۰۰۰	۵۰ تا ۷۰

۳- تعیین محل حفاریات دسترسی به کانسار: درباره محل حفر چاه یا تونل اصلی، در فصل بازکردن معادن توضیح داده شده است. به دلیل اهمیت موضوع، شرایطی که محل چاه یا تونل اصلی باید داشته باشد، به صورت خلاصه ذکر می‌کنیم. این شرایط عبارت‌اند از:

۱- چاه یا تونل در جایی حفر شود که برای احداث تأسیسات سطحی در نزدیک‌ترین محل به آن‌ها، فضای کافی وجود داشته باشد.

۲- چاه اصلی در محلی باشد که برای نگه‌داری و حفظ حریم آن حداقل ماده معدنی باقی‌گذارده شود.

۳- حفر چاه یا تونل نبایستی در قسمت‌های برفگیر یا محل عبور آب‌های سطحی باشد.

۴- چاه یا تونل اصلی به گونه‌ای ایجاد شوند که حداقل عملیات حفاری انجام شود.



شکل ۵-۶- تونل اصلی ورودی یک معدن

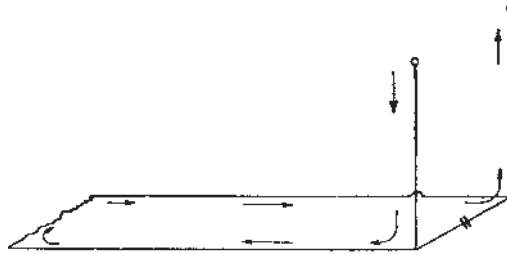


شکل ۶-۶- دهانه چاه اصلی در یک معدن

### احداث شبکه و تقسیم بندی بخش های مختلف یک قطعه معدنی

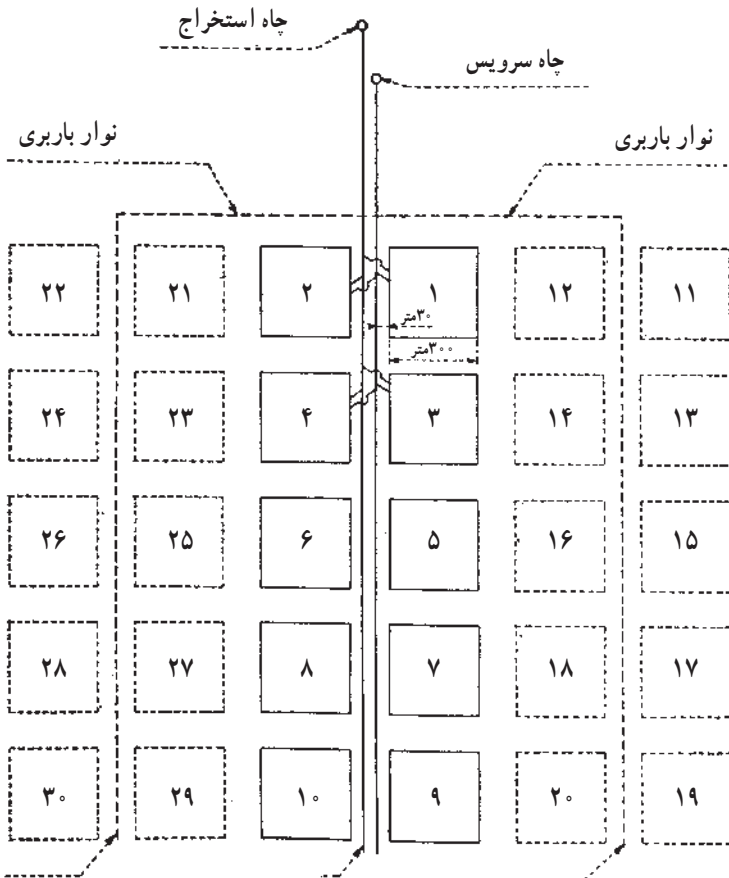
به طور کلی، منظور از احداث شبکه در معدن، تقسیم کردن کانسار به بخش هایی است که هر بخش به طور مجزا دارای راه های ورود و خروج هوا، پرسنل معدن، حمل و نقل مواد معدنی و ماشین آلات بوده و شکل آن باید متناسب با ابعاد کانسار و گسترش آن در جهت های مختلف باشد.

نحوهٔ احداث شبکه در کانسارهای مختلف با هم متفاوت است. مثلاً اگر کانسار دارای یک لایهٔ تقریباً افقی باشد، برای رسیدن به آن دو عدد چاه قائم حفر کرده و تونل‌های افقی در لایه احداث می‌کنند.



شکل ۶-۷- دسترسی به یک لایه منفرد

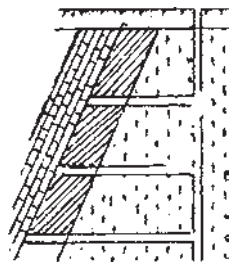
برای شبکه‌بندی معدن، تعدادی تونل افقی موازی با یکدیگر و در دو امتداد عمود بر هم احداث شده است؛ به این ترتیب، شبکهٔ معدن ایجاد می‌شود. در شکل زیر یک نمونه از شبکه‌بندی لایه افقی و منحصر به فرد دیده می‌شود و قسمت‌های مختلف آن به ترتیب شماره گذاری شده استخراج می‌گردند.



شکل ۶-۸- نحوهٔ شبکه‌بندی در یک لایه منفرد

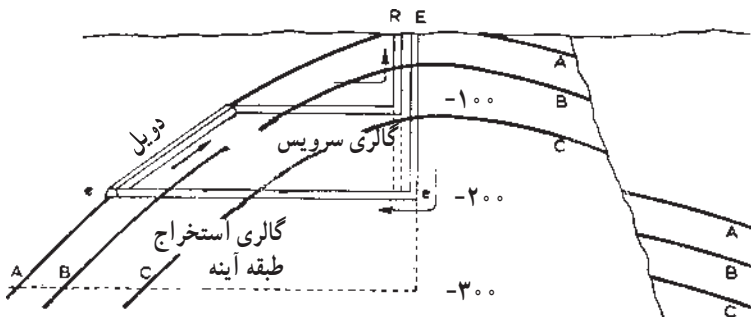
در کانسارهایی که دارای چند لایه تقریباً افقی هستند، در هر لایه یک شبکه مانند حالت قبل احداث شده و از بالا به پایین لایه‌ها استخراج می‌گردند. در صورتی که فاصله لایه‌ها از یکدیگر کم باشد، شبکه را فقط در پایین‌ترین لایه احداث کرده؛ با حفريات قائم یا مایل، لایه‌های بالاتر را برداشت کرده و به شبکه پایین انتقال می‌دهند.

اگر کانسار شیب‌دار و گسترش عمقی داشته باشد، بایستی معدن را به طبقات افقی تقسیم کرده و هر طبقه را به طور مستقل شبکه‌بندی کرد. طبقه معدنی به بخش‌هایی گفته می‌شود که بین دو سطح افقی یا تونل افقی قرار گرفته و فاصله بین این دو سطح را ارتفاع طبقه می‌گویند. همچنین؛ فاصله بین دو طبقه در روی خط بزرگ‌ترین شیب را ارتفاع مایل طبقه می‌گویند.



شکل ۹-۶- احداث طبقات مختلف در معدن با حفر تونل‌های افقی

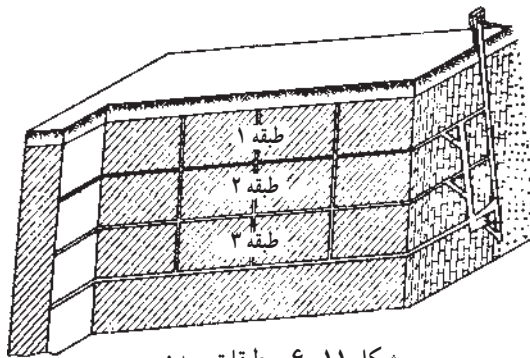
طرح شبکه معدن در کانسارهای شیب‌دار، بخش‌های مختلفی دارد. همان‌طور که در شکل ۱۰-۶ دیده می‌شود، در این حالت شبکه معدن دارای دو چاه ورود و خروج هوا است. دو تونل عمود بر لایه وجود دارد که یکی در کف طبقه و دیگری در بالای طبقه حفر می‌گردند و یک دوپل که داخل لایه حفر شده و جریان هوا را برقرار می‌کند، برای استخراج، طبقات معدن را از بالا به پایین برداشت کرده و باید قبل از پایان استخراج طبقه فوقانی، شبکه طبقه تحتانی تهیه شود. به همین منظور چاه‌های قائم را به اندازه ارتفاع طبقه امتداد داده و تونل عمود بر لایه را در کف طبقه احداث می‌کنند. چاه‌های قائم را می‌توان از ابتدای عملیات تا عمق نهایی معدن امتداد داده و سپس طبقه را ایجاد کرد.



شکل ۱۰-۶- احداث طبقات در معدن

هر تونل امتداد لایه که در بالا و پایین طبقه قرار گرفته است، یک تراز اصلی نامیده می‌شود. حد معمول فاصله بین ترازها تقریباً بین  $15^{\circ}$  -  $6^{\circ}$  متر متغیر است. گاهی، نیاز به احداث یک تراز فرعی در بین ترازهای اصلی است که در این صورت تراز فرعی در وسط فاصله بین ترازهای اصلی واقع می‌شود. در فصل اول گفته شد، که تونل بالای طبقه برای عبور هوا و تونل پایینی برای حمل و نقل مواد و عبور و مرور افراد مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین؛ تونل بالایی طبقه را تونل اصلی تهویه و تونل پایین را تونل اصلی باربری می‌گویند.

پس از مشخص شدن طبقات و فواصل بین آنها، هر طبقه به ترتیب از بالا به پایین آماده‌سازی و استخراج می‌شود.

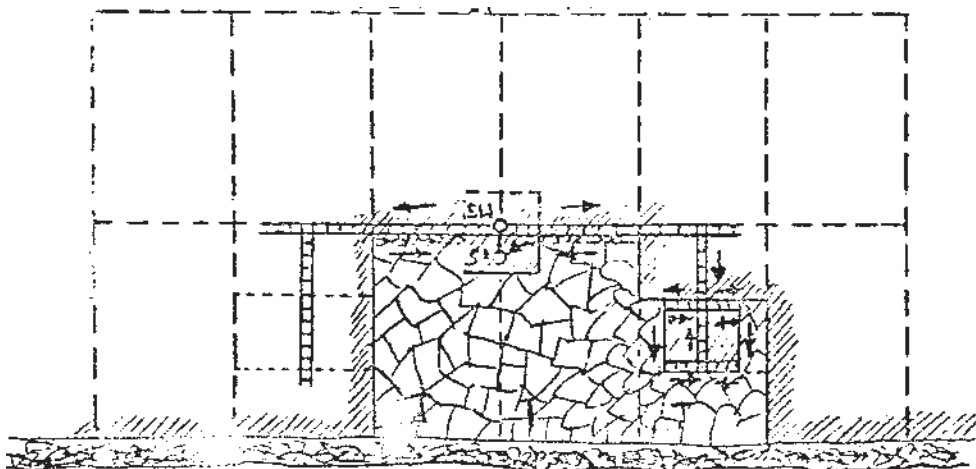


شکل ۱۱-۶- طبقات معدن

در کانسارهای لایه‌ای کم شیب می‌توان قطعه معدن را به صورت پانلی شبکه‌بندی کرد. در این صورت معدن با یک تونل به دو بخش بالاشیب و پایین‌شیب تقسیم شده که هریک از آنها از طریق پانل‌هایی استخراج می‌گردند. در واقع، پانل بخشی از معدن است که به تونل اصلی محدود شده و با یک دوپل مستقل که به تونل اصلی مرتبط است، به بیرون معدن راه پیدا می‌کند. تونلی که معدن را به بالاشیب و پایین‌شیب تقسیم می‌کند، تونل اصلی باربری است.

پانل‌های بالاشیب از پایین به تونل اصلی، از بالا به حد فوقانی معدن و از اطراف به پانل‌های مجاور ختم می‌شوند و پانل‌های پایین‌شیب از بالا به تونل اصلی، از پایین به حد تحتانی معدن و از اطراف هم به پانل‌های مجاور ختم می‌شوند. هر پانل، به طور جداگانه دارای یک دوپل دائمی است که بایستی آن را با وسایل نگه‌داری، حفظ کرد. مطابق شکل ۱۲-۶ می‌توان پانل‌ها را از طرفین به طور یک درمیان استخراج کرد که در این صورت برای هر دو طرف احداث تونل اصلی ضروری است. بهتر است پانل‌ها را از یک طرف استخراج کرد. مهم‌ترین مشکل این روش، ایجاد حفاریات مایل با طول فراوان است که باید حتماً نگه‌داری شوند.



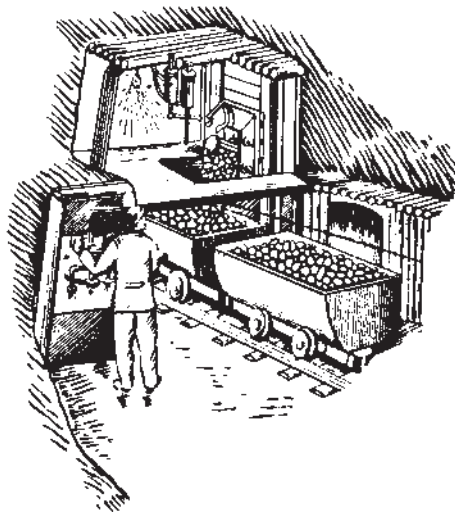


شکل ۱۲-۶- نحوه شبیه بندی معدن به طریق بانلی

برای شروع کار استخراج، طبقات معدن، به قسمت‌های مجزا تقسیم بندی شده و هر قسمت به یک یا چند کارگاه تبدیل می‌شود. کارگاه استخراج، قسمتی از معدن است که ماده معدنی از آن استخراج می‌شود و دیواره یا سطحی که از آن مواد معدنی شکسته و برداشت می‌شوند را جبهه کار یا سینه کار استخراجی می‌گویند. پیش روی در کارگاه‌های استخراج به دو شکل پیش رو و پس رو است. درباره استخراج پیش رو و پس رو در همین فصل توضیح خواهیم داد. ابعاد کارگاه‌ها نیز با در نظر گرفتن شرایط مختلف زمین شناسی و طراحی صورت گرفته شده، تعیین می‌گردد.

## آماده سازی کارگاه استخراج

پس از آن که مشخصات کارگاه‌های استخراج در طبقات معدن تعیین شده بهره برداری ماده معدنی آغاز می‌شود. نحوه آماده سازی کارگاه‌های استخراج در معادن زیرزمینی با هم فرق دارد و در هر روش بهره برداری، کارگاه استخراجی به شکل ویژه‌ای آماده سازی می‌شود. کارگاه‌های معدن پس از برداشت ماده معدنی با وسایل مختلف نگهداری شده و سپس پُر یا تخریب می‌شوند. معمولاً در بخش‌های بالایی و پایینی کارگاه استخراج از ماده معدنی لنگه باقی گذاشته می‌شود. برای حمل و نقل مواد در کارگاه، از وسایل باربری که بتوان هم زمان با پیش روی کارگاه به آسانی آن‌ها را جابه جا کرد، مانند نوار نقاله، ناو ثابت یا زنجیری و در مقیاس بزرگ تر از لودر یا اسکرپور استفاده می‌شود. برای انتقال مواد به تونل باربری اصلی دویل‌های کوتاه یا شوت‌ها و بونکر به کار می‌رود. خروج مواد از داخل کارگاه به تونل باربری اصلی، با دریچه‌هایی کنترل می‌شود.



شکل ۱۳-۶- کنترل خروج مواد به واگن‌های معدن

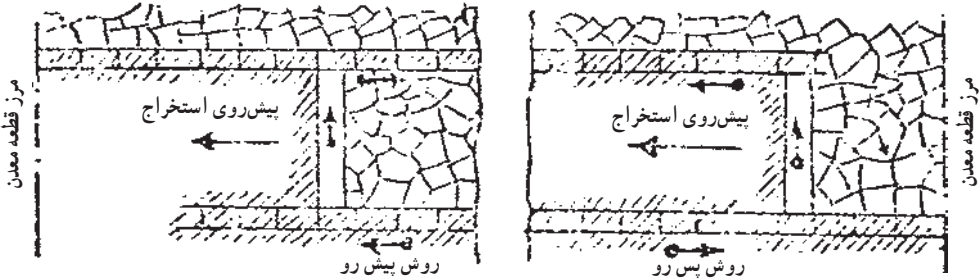
انتقال مواد از تونل باربری اصلی به خارج از معدن، با واگن یا نوار نقاله صورت گرفته و در صورتی که معدن از طریق چاه قائم یا مایل به خارج راه داشته باشد، خروج مواد معدنی با اسکپ، قفس، وینچ و واگن شیب‌دار و وسایل دیگر انجام می‌شود. در فصول بعدی، آماده‌سازی کارگاه‌های استخراج، هم‌زمان با شرح روش‌های زیرزمینی بررسی می‌شود.



شکل ۱۴-۶- لوکوموتیو معدنی در حال باربری و حمل واگن‌ها

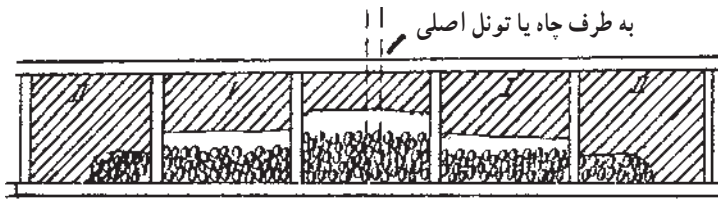
## نحوه استخراج پیش‌رو و پس‌رو در کارگاه

متداول‌ترین شیوه‌های بهره‌برداری در کارگاه‌های استخراج که در ایران هم از آن‌ها استفاده می‌شود، سیستم پیش‌رو و پس‌رو را می‌توان نام برد. این سیستم‌ها بر مبنای جهت پیش‌روی استخراج، تقسیم‌بندی شده‌اند. در سیستم پیش‌رو، تونل‌های باربری و تهویه، هم‌زمان با پیش‌روی جبهه کار استخراجی، پیش‌روی کرده و آماده‌سازی می‌شود ولی در سیستم پس‌رو، ابتدا تونل‌های باربری و تهویه تا انتهای کارگاه آماده‌سازی و احداث شده و سپس عمل استخراج از انتهای کارگاه آغاز می‌شود. در واقع، در روش پیش‌رو جهت پیش‌روی استخراج از چاه بازکننده، به مرزهای طرفین کارگاه است. و در روش پس‌رو، جهت پیش‌روی استخراج، از انتهای کارگاه به سمت چاه اصلی است.



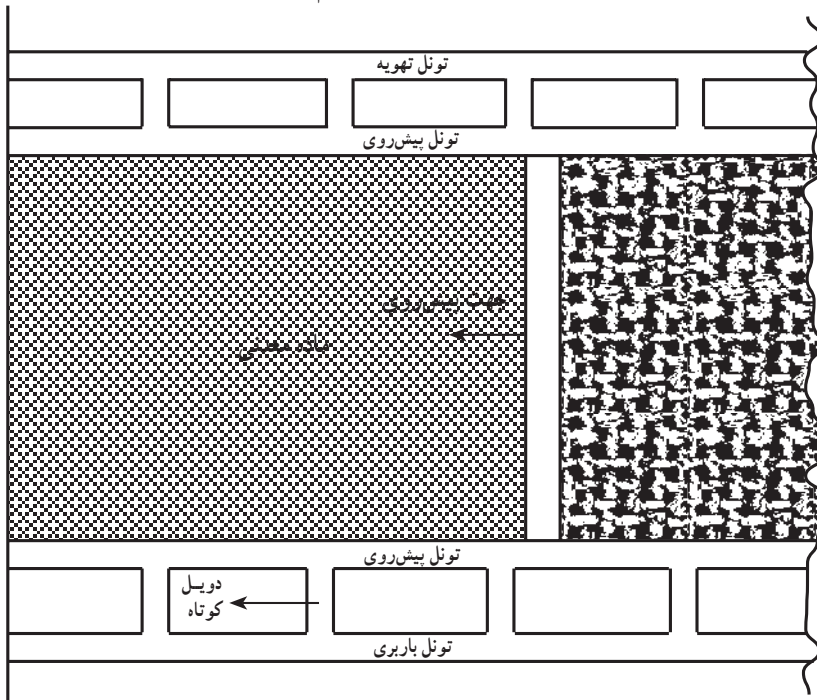
شکل ۱۵-۶- نمایش روش پیش‌رو و پس‌رو در کارگاه استخراج

همان‌طور که گفته شد، در روش پیش‌رو، نیازی به آماده‌سازی تونل‌های باربری و تهویه، قبل از شروع عملیات استخراج نبوده و این تونل‌ها هم‌زمان با استخراج، پیش‌روی می‌کنند. در این صورت، زمانی برای آماده‌سازی راهروهای اصلی قبل از استخراج صرف نمی‌شود و ماده معدنی را می‌توان با صرف زمان کمتری برداشت کرد. در روش پس‌رو برای حفظ تونل‌های اصلی باربری و تهویه، لازم است که از ماده معدنی لنگه باقی‌گذارده شود که به این ترتیب، با افت ماده معدنی مواجه می‌شویم. همچنین، مدت زمان فراوان نگهداری تونل‌ها ممکن است، باعث بروز مشکلاتی شود.



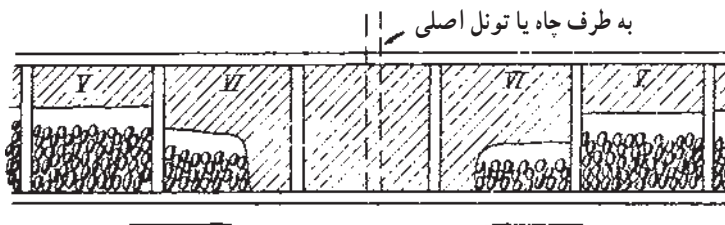
شکل ۱۶-۶- روش استخراج پیش‌رو

برای جلوگیری از افت ماده معدنی و استخراج لنگه‌ها در سیستم پیش‌رو، می‌توان تونل‌های اصلی باربری و تهویه را در داخل کمر پایین و کمر بالای ماده معدنی و تونل‌های پیش‌روی را موازی با آنها در ماده معدنی حفر کرد؛ ارتباط بین تونل‌های موازی را هم می‌توان با دوپل‌های کوتاه برقرار کرد.



شکل ۱۷-۶- حفر تونل‌های پیش‌روی در کمر بالا و کمر پایین ماده معدنی

روش پس‌رو نسبت به روش پیش‌رو مزیت‌هایی دارد که عبارت‌اند از این که در سیستم پس‌رو شرایط کار راحت‌تر و نگه‌داری تونل‌ها آسان‌تر است. چون تونل‌های باربری و تهویه هم‌زمان با پیش‌روی جبهه کار تخریب می‌شوند، نیازی به باقی‌گذارن لنگه از ماده معدنی نیست. بدین ترتیب، افت ماده معدنی، بسیار کاهش می‌یابد. چون تونل‌های اصلی از ابتدا در سراسر کارگاه احداث می‌شوند، باربری با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد؛ بدین ترتیب؛ می‌توان کارگاه‌های فرعی نیز در داخل ماده معدنی احداث کرد.



شکل ۱۸-۶- روش استخراج پس‌رو

## خودآزمایی

- ۱- قطعه معدن چیست و شکل و اندازه آن تابع چه عواملی است؟
- ۲- محدوده معدن چگونه تعیین می‌شود؟
- ۳- ظرفیت تولید معدن تابع چه عواملی است؟
- ۴- اهمیت عمر معدن به چه خاطر است؟ رابطه آن را با میزان ذخیره معدن و ظرفیت سالانه (برحسب تن) بنویسید و مثالی در این زمینه ارائه کنید.
- ۵- شرایطی که محل چاه یا تونل اصلی برای حفر باید داشته باشد کدام‌هاست؟
- ۶- منظور از احداث شبکه در معدن چیست؟
- ۷- مراحل آماده‌سازی کارگاه استخراج را شرح دهید.
- ۸- نحوه استخراج پس‌رو و پیش‌رو چه تفاوتی با یکدیگر دارند؟