

روش‌های استخراج کانسارهای فلزی



- هدف‌های رفتاری:** پس از پایان این فصل هنرجو باید بتواند:
- ۱- کلیاتی در مورد روش‌های استخراج کانسارهای فلزی بیان کند.
  - ۲- تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای فلزی را شرح دهد.
  - ۳- روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده، شامل پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس، اتاق و پایه و احداث طبقه فرعی را تشریح کند.
  - ۴- روش‌های استخراج، با پرکردن فضای استخراج شده شامل انباره‌ای، کندن و آکندن را توضیح دهد.
  - ۵- روش‌های استخراج، با تخریب محل استخراج شده، تخریب در طبقه‌های فرعی، تخریب توده‌ای را تشریح کند.
  - ۶- روش‌های استخراج مختلط را شرح دهد.

## کلیات

به‌طور کلی؛ استخراج مواد معدنی فلزی در مقایسه با مواد معدنی غیرفلزی، تفاوت‌های عمده‌ای دارد. کانسارهای فلزی، برحسب شرایط مختلف، معمولاً به شکل غیر لایه‌ای (رگه‌ای یا توده‌ای) هستند. این امر، در انتخاب روش استخراج اهمیت بسیاری دارد. مواد معدنی فلزی از نظر شیمیایی نیز به شکل مرکب بوده و نیاز به فرآوری دارند. وجود ناخالصی‌ها هم تأثیر مستقیمی بر انتخاب روش استخراج خواهد داشت. در این فصل، ابتدا تقسیم‌بندی کلی برای روش‌های استخراج و سپس نحوه استخراج هر روش بیان شده است.

## تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای فلزی

با توجه به این که کانسارهای معدنی دارای شکل‌ها و ویژگی‌های بسیار متنوع بوده و هر یک از آن‌ها شرایط خاصی دارند، بنابراین؛ استخراج هر کانسار با توجه به ویژگی‌های منحصر به فردی که دارد، به روش مخصوصی انجام می‌شود. بدین ترتیب، تقسیم‌بندی‌های مختلفی برای استخراج منابع معدنی فلزی وجود دارد که هر یک براساس یک مشخصه، طبقه‌بندی شده است.

از آنجایی که مسئله نگرانی در استخراج کانسارهای زیرزمینی از نظر حفظ ایمنی کار، رفت و آمد و به‌خصوص جلوگیری از ریزش سقف، در حین عملیات بهره‌برداری، بسیار مهم است. یکی از مناسب‌ترین طبقه‌بندی‌هایی که تاکنون به این منظور، صورت گرفته، بر مبنای نوع نگرانی گذرگاه‌ها و کارگاه‌های زیرزمینی است. روش‌های استخراج کانسارهای فلزی را به گروه‌های زیر می‌توان تقسیم‌بندی کرد:

الف - روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده

۱- روش پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس

۲- اتاق و پایه<sup>۱</sup>

۳- روش احداث طبقه فرعی<sup>۲</sup>

ب- روش‌های استخراج با پرکردن فضای استخراج شده

۱- روش انباره‌ای<sup>۳</sup>

۲- روش کندن و آکندن<sup>۴</sup>

۳- روش استخراج با کاربرد وسایل نگهداری در فضای استخراج

۴- روش استخراج با کاربرد وسایل نگهداری و پرکردن فضای استخراج

ج- روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده

۱- روش‌های استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر<sup>۵</sup> (برش‌های از بالا به پایین)<sup>۶</sup>

۲- روش‌های استخراج با تخریب سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر

۱-۲- روش تخریب در طبقات فرعی<sup>۷</sup>

۲-۲- روش تخریب توده‌ای<sup>۸</sup>

د- روش‌های مختلط و ترکیبی

حال به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم:

**الف- روش‌های استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده:** همان‌طور که از نام

آن پیداست، در این روش‌ها هنگامی که، محل استخراج شده خالی می‌شود، به همان صورت باقی می‌ماند.

بدین ترتیب، این روش‌ها زمانی به کار می‌روند که سنگ معدن و سنگ‌های فراگیر ماده معدنی، سخت

و مقاوم بوده و نیازی به نگهداری نداشته باشند. روش‌های مختلف آن به شرح زیر است:

**۱- روش پلکانی مستقیم و پلکانی معکوس**

این روش برای استخراج کانسارهایی که دارای ذخیره محدودی هستند، مورد استفاده قرار

می‌گیرد و زمانی به کار برده می‌شود که ضخامت کانسار و شیب آن متوسط تا زیاد (بین  $30^\circ$  تا  $90^\circ$ )

باشد. برای آماده‌سازی کارگاه دو دویل، به فاصله تقریباً  $40$  تا  $60$  متر در داخل ماده معدنی زده می‌شود.

طبقه کارگاه هم بین  $40$  تا  $60$  متر ارتفاع دارد. کارگاه‌ها در طول کانسار و پشت سرهم قرار می‌گیرند.

در حالت پلکانی مستقیم، کارگران روی ماده معدنی ایستاده و چال‌های آتش‌کاری را به طرف

۱- Room & Pillar

۲- Sublevel Stopping

۳- Shrinkage

۴- Cut & Fill

۵- به سنگ‌هایی که اطراف ماده معدنی را دربرگرفته‌اند، سنگ‌های فراگیر می‌گویند.

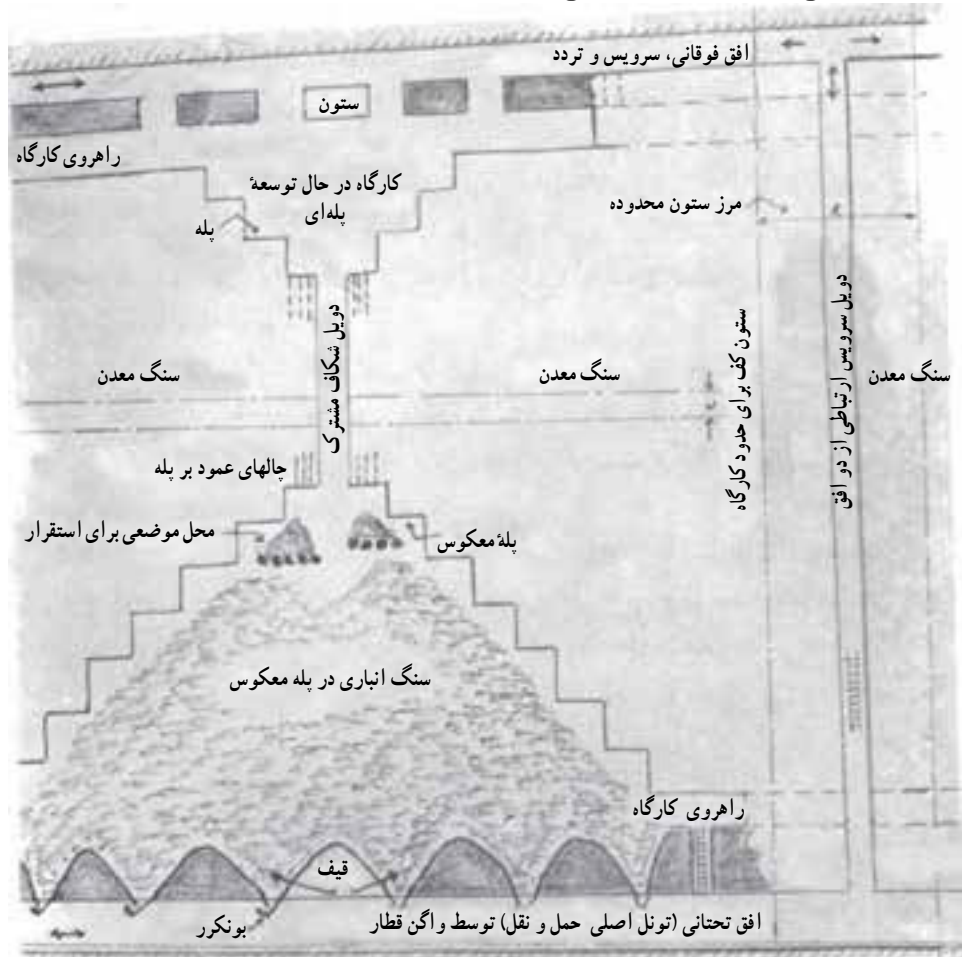
۶- Top Slicing

۷- Sublevel Caving

۸- Block Caving

پایین و جلو حفر می کنند. پس از انفجار، مواد معدنی به پله های مجاور و در نهایت به دوپیل باربری انتقال داده می شوند. با توجه به شیب زیاد ماده معدنی، برای حمل مواد در دوپیل باربری، می توان از نیروی ثقل یا ناو ثابت استفاده کرد.

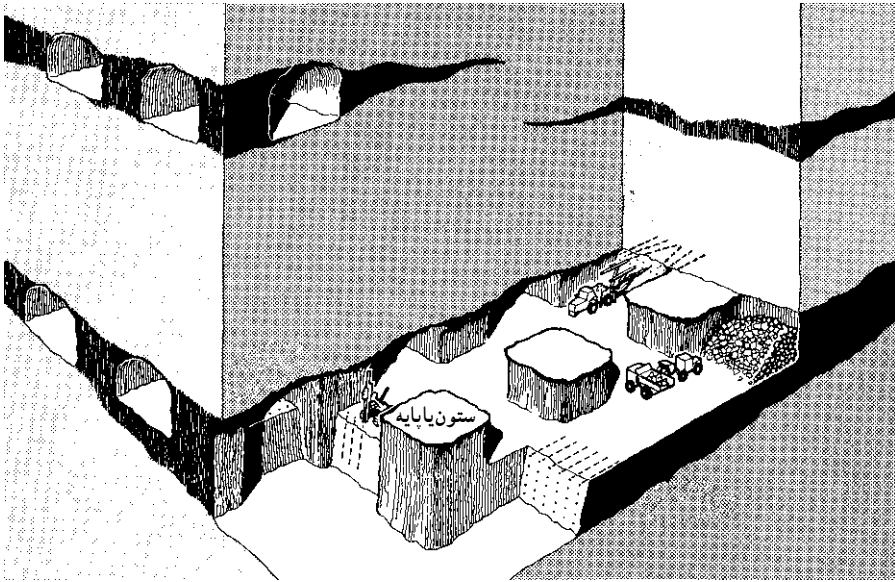
در حالت پلکانی معکوس (بالارو) با توجه به ضخامت کم ماده معدنی، در بین کمر بالا و کمر پایین، می توان داربست های چوبی قرارداد تا کارگران به راحتی چال زنی کنند. برای نگهداری تونل های تهویه و باربری، بایستی از ماده معدنی «لنگه» باقی گذارده شود (لنگه ضخامتی از ماده معدنی است که برای حفظ ساختمان های مختلف زیرزمینی از جمله تونل تهویه و باربری، استخراج نشده و در محل باقی گذارده می شود). روش پلکانی معکوس و پلکانی مستقیم را می توان به صورت ترکیبی در یک کارگاه انجام داد. به این صورت که بخش فوقانی طبقه به شکل پلکانی مستقیم و قسمت تحتانی کارگاه به شکل پلکانی معکوس استخراج شود. نمای کلی استخراج پلکانی معکوس و مستقیم در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۷- اجرای هم زمان روش پلکانی معکوس و پلکانی مستقیم

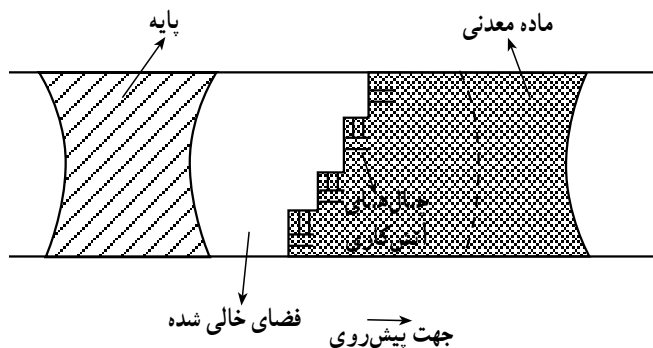
## ۲- روش اتاق و پایه (Room & Pillar)

در کانسارهای افقی تا کم شیب که ماده معدنی و سنگ کمر بالای آن تحمل فشار لازم را داشته باشند، از روش اتاق و پایه برای استخراج می‌توان استفاده کرد. در این روش فضای خالی استخراج شده، شبیه به یک اتاق بوده و پایه‌هایی ستون مانند در فاصله بین این اتاق‌ها باقی‌گذاشته می‌شود. عرض اتاق‌ها در این روش، به اندازه‌ای است که مقاومت سقف اجازه دهد. پایه‌هایی که پس از استخراج باقی می‌مانند به صورت منظم یا غیرمنظم می‌توانند باشند. تونل‌های اصلی باربری در کمر پایین حفر شده و با دویل‌هایی به هم متصل می‌شوند. از طریق دویل‌ها به فاصله معین و به موازات کمر پایین، دویل‌های دیگری حفر شده و از این دویل‌ها استخراج به دو طرف، شروع می‌شود. در کانسارهایی که عیار یک‌نواخت دارند، شکل پایه‌ها و فاصله آن‌ها منظم بوده و در این حالت باید کمر بالا به طور سیستماتیک نگهداری شود. مناسب‌ترین وسیله نگهداری در این روش، پیچ سنگ است. علت استفاده از پیچ سنگ، عدم اشغال فضای زیاد، برای حرکت ماشین‌آلات است.



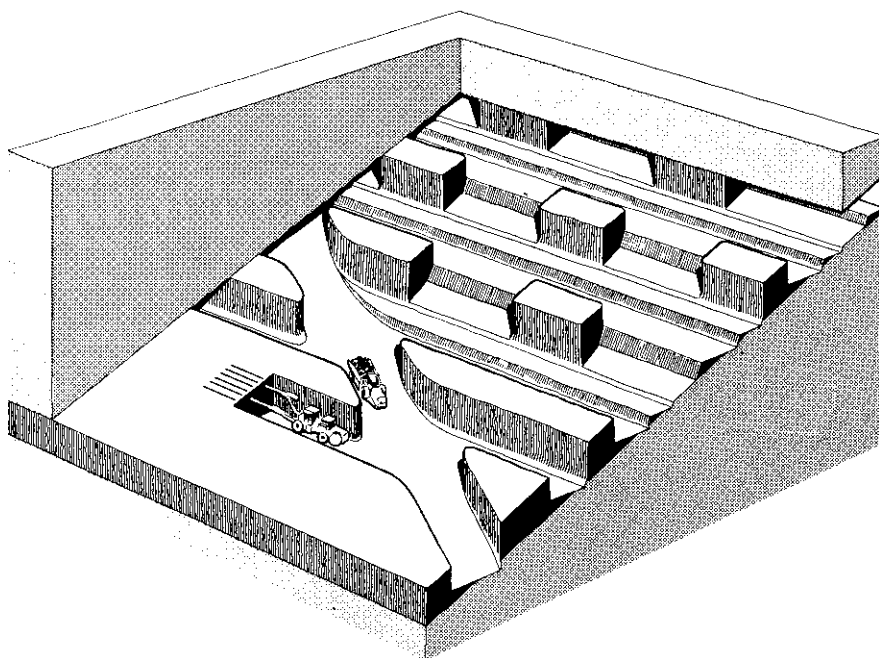
شکل ۲-۷- روش استخراج اتاق و پایه

ولی در کانسارهایی که عیار متغیر دارند و شیب آن‌ها نیز کم است. شکل پایه‌ها و فاصله بین آن‌ها نامنظم است. در این گونه موارد بخش‌هایی که عیار کمتری دارند، به شکل پایه باقی می‌مانند. اگر ضخامت ماده معدنی کم باشد، هر بخش را می‌توان یک‌بار از سقف تا کف استخراج کرد ولی اگر ضخامت کانسار زیاد باشد، بهتر است که هر بخش را به شکل پلکانی استخراج کرد.



شکل ۳-۷- استخراج بلکانی لایه‌های ضخیم

معمولاً پایه‌های باقی مانده از ماده معدنی به شکل استوانه یا مکعب کامل نبوده و حالت فرقره‌ای دارند. لازم به ذکر است که عمدتاً پایه‌های باقی مانده را پس از استخراج اتاق‌ها و در صورت مناسب بودن عیار، استخراج می‌کنند. برای استخراج کانسارهایی که افقی بوده یا شیب خیلی کمی دارند، از ماشین L.H.D<sup>۱</sup> به علت تحرک زیاد می‌توان استفاده کرد. در مواردی که ماده معدنی کمی شیب‌دار است از اسکرپر (Scraper) می‌توان برای استخراج استفاده کرد.

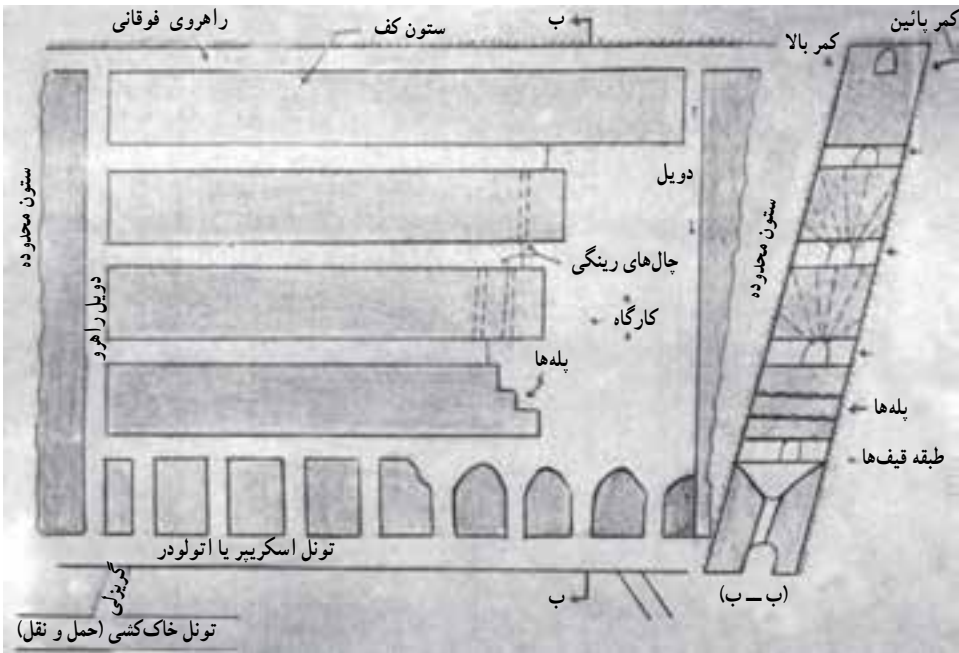


شکل ۴-۷- نوع دیگری از روش اتاق و پایه

۱- L.H.D کامیون‌های کم ارتفاع مخصوص معادن زیرزمینی می‌باشند.

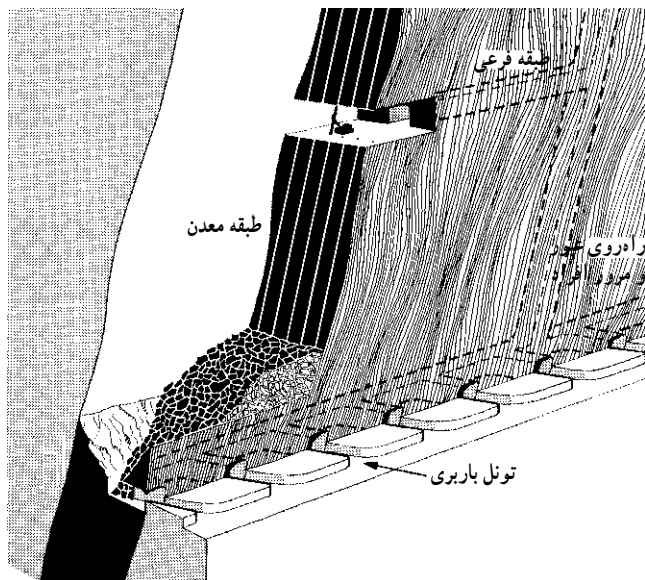
### ۳- روش احداث طبقه فرعی (Sublevel Stopping)

یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای استخراج رگه‌های پرشیب و ضخیم (و در بعضی حالات رگه‌های کم شیب)، روش احداث طبقه فرعی است. این روش از نظر شکل آماده‌سازی و استخراج، بسیار متنوع است. شکل کلی اجرای آن بدین ترتیب است که در فاصله بین راهروهای تهویه و باربری، با حفر تونل‌هایی به موازات این تونل‌ها طبقات فرعی احداث می‌شود. ارتفاع طبقه کار در حدود ۶۰ متر بوده و طول کارگاه هم بین ۶۰ تا ۱۰۰ متر است که با احداث دوپیل‌هایی در دو طرف و یا وسط کارگاه، آماده‌سازی می‌شود. اولین تونل فرعی بالای راهروی باربری به فاصله ۴ تا ۵ متر از آن قرار دارد و به اندازه ضخامت ماده معدنی عریض می‌شود. بین این دو تونل، دوپیل‌هایی به فاصله معین حفاری شده و بالای این دوپیل‌ها را به شکل قیف درمی‌آورند. این قیف‌ها برای خارج ساختن ماده معدنی احداث می‌شوند.

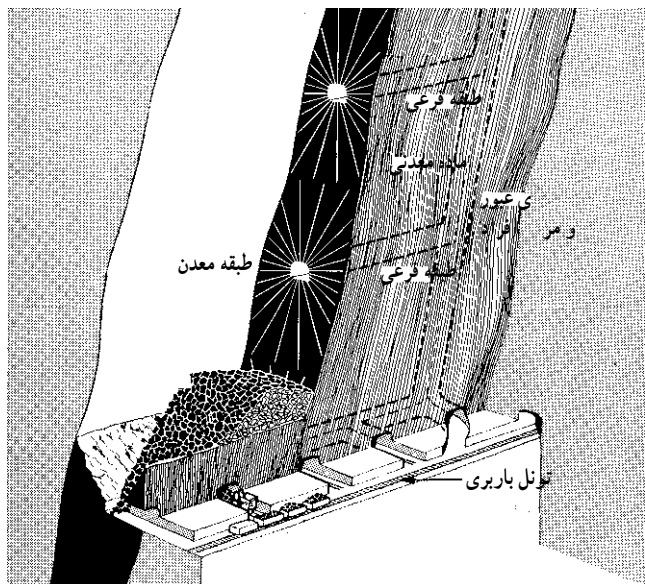


شکل ۵-۷- نمای کلی روش احداث طبقه فرعی

در پایین این دوپیل‌های قیف شکل درجه‌هایی برای کنترل خروج ماده معدنی به تونل باربری تعبیه می‌شود. استخراج با چال‌زنی و آتش‌باری در طبقات فرعی شروع می‌شود. مواد معدنی خرد شده به داخل قیف‌ها ریخته شده و از طریق درجه‌ها، به واگن‌ها انتقال می‌یابند. برای سهولت در امر استخراج، پیش‌روی طبقات پایین‌تر، کمی جلوتر از طبقات بالایی انجام می‌شود.



(الف)



(ب)

شکل ۶-۷- روش احداث طبقات فرعی

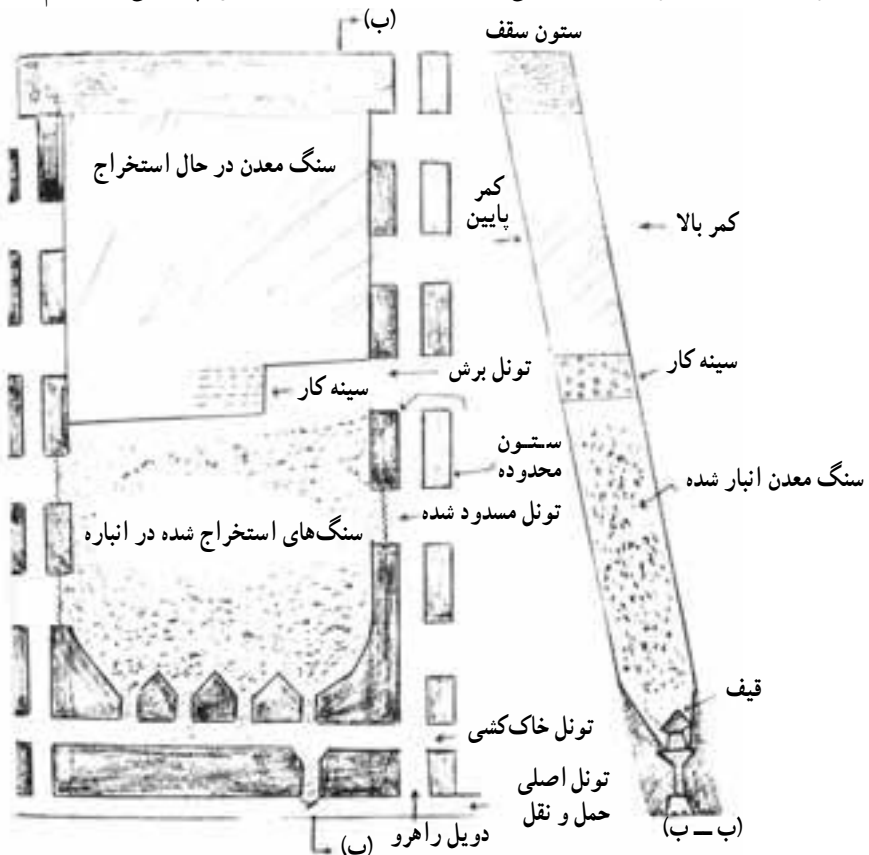
ب- روش‌های استخراج با پرکردن فضای استخراج شده: این روش زمانی به کار گرفته می‌شود که کانسار یا سنگ‌های دربرگیرنده آن مقاومت و تحمل فشار لازم را نداشته باشند و در صورت خالی شدن فضای استخراج شده، دیواره‌ها و سقف محل استخراج ریزش خواهند کرد. به همین دلیل، پس از استخراج ماده معدنی فضای خالی شده، باید به نوعی پر شود. پرکردن فضای خالی می‌تواند با خود ماده معدنی، مواد باطله و یا با وسایل نگهداری صورت پذیرد که در زیر به شرح هر یک از آن‌ها می‌پردازیم:



## ۱- روش انباره‌ای (پر کردن موقت) (Shrinkage)

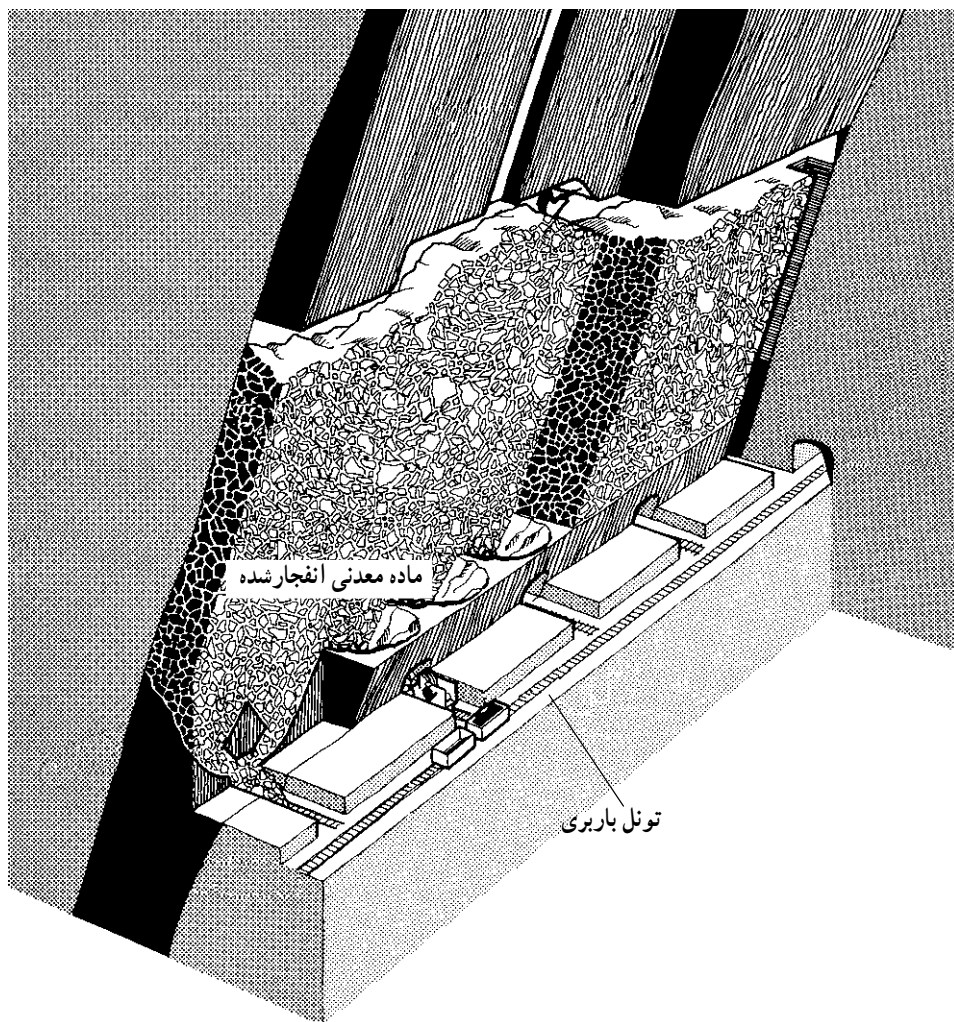
روش استخراج انباره‌ای برای کانسارهای پرشیب که سنگ کمر بالا و کمر پایین کانسنگ دارای پایداری متوسط تا بالا است، مناسب می‌باشد و در آن برای پرکردن کارگاه از خود ماده معدنی استفاده شده و استخراج روبه بالا انجام می‌گیرد. ارتفاع طبقه در این روش بین ۶۰ تا ۱۰۰ متر بوده و فاصله بین دوپیل‌ها (طول کارگاه) در حدود ۴۰ تا ۱۰۰ متر و گاهی بیشتر است.

نحوه کار به این صورت است که در ابتدا از ۵ الی ۶ متر بالاتر از تونل باربری یک تونل دیگر احداث شده و در فاصله بین تونل باربری و این تونل، دوپیل‌هایی حفر می‌شود که می‌توان سر آن‌ها را به شکل قیف درآورد. در پایین این دوپیل‌ها دریچه‌هایی برای کنترل خروج ماده معدنی نصب می‌شود. برای استخراج از یک یا دو طرف کارگاه، شروع به چال‌زدن کرده و به جلو پیش روی می‌کنند. با توجه به اضافه حجمی که ماده معدنی پس از آتش‌کاری پیدا می‌کند، می‌توان از آن برای پرکردن فضای استخراج شده در زیر جبهه کار و به صورت موقت استفاده کرد. فاصله بین سقف کارگاه تا سنگ خرد شده را با بیرون کشیدن ماده معدنی از دریچه‌ها کنترل می‌کنند. این فاصله باید به نحوی کنترل شود که کارگر بتواند به آسانی روی کانسنگ ایستاده و عمل چال‌زنی را انجام دهد.



سنگ انبار شده نه تنها از ریزش دیواره‌ها جلوگیری می‌کند، بلکه سکویی است که امکان کار برای کارگران را به وجود می‌آورد. عملیات استخراج به ترتیبی که گفته شد روبه بالا ادامه یافته تا به انتهای کارگاه برسد.

پس از پایان استخراج، ماده معدنی کنده و انبار شده را از داخل کارگاه و از طریق دریچه‌ها بیرون می‌کشند. قابل ذکر است که برای تهویه، باید دوپل‌ها را با چوب بندی یا از طریق باقی گذاشتن لنگه در کناره‌ها حفظ کرد. این روش استخراج برای سنگ‌های سولفیدی و موادی که خاصیت خودسوزی دارند و تراکم‌پذیر باشند، کاربردی ندارد.

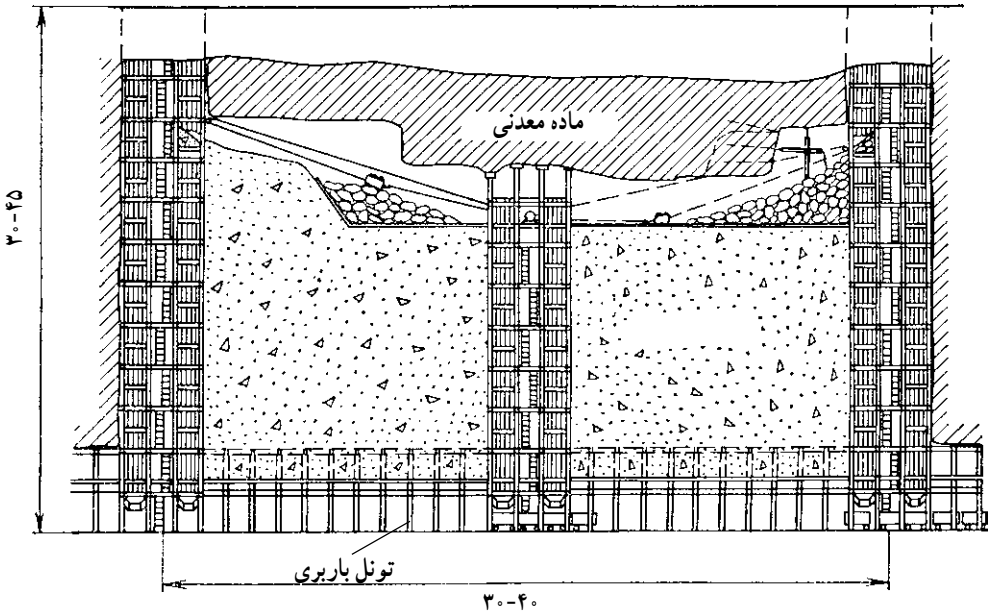


شکل ۸-۷- روش استخراج انبارهای

## ۲- روش کندن و آکندن (Cut & Fill)

استخراج به روش کندن و آکندن در رگه‌های پرشیب و ضخامت کم و در شرایط خاصی در استخراج رگه‌های ضخیم استفاده می‌شود. در این روش برای پرکردن محل استخراج شده، سنگ‌ها و خاک‌های باطله به کار می‌رود. مواد پرکننده را می‌توان از طریق حفر دستک‌هایی در کمر پایین و کمر بالای ماده معدنی و یا از بیرون تهیه کرد. یادآوری می‌شود که این روش یکی از گران‌ترین روش‌های استخراجی به شمار می‌رود.

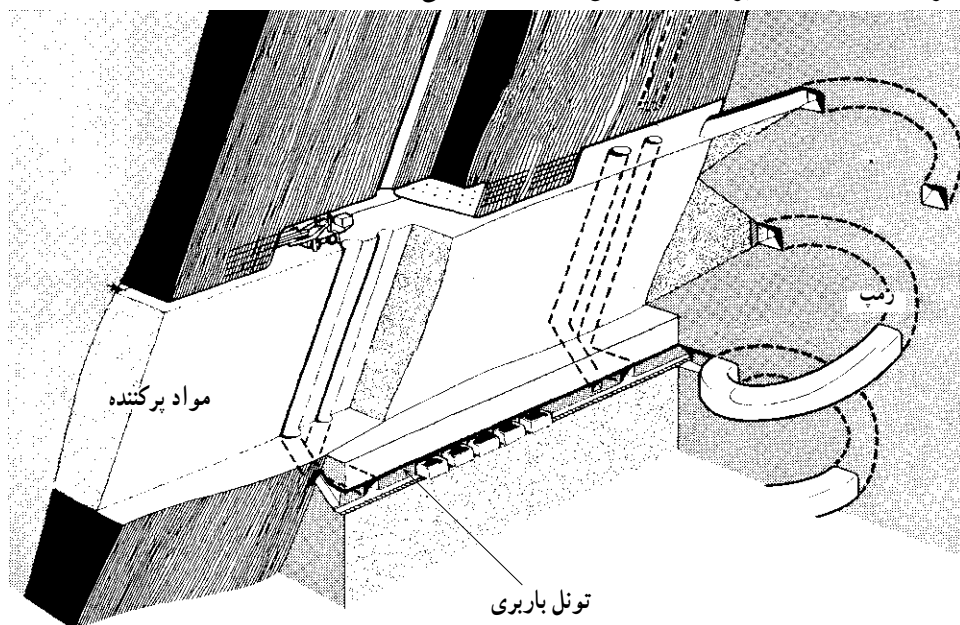
برای آماده‌سازی کارگاه، ابتدا دو دوپیل با فاصله مناسب (بسته به شرایط کار فاصله دوپیل‌ها بین ۴۰ تا ۱۰۰ متر است) زده می‌شود. طبق آنچه قبلاً گفته شد، تونل بالایی برای تهویه و همچنین، حمل مواد پرکننده و تونل پایینی برای باربری و حمل مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس از باقی‌گذاردن لنگهٔ استخراجی، به اندازهٔ ۵ تا ۶ متر بالای تونل باربری از طریق دوپیل‌ها، عمل چال‌زنی و استخراج صورت می‌گیرد تا این که یک برش به‌طور کامل استخراج شود.



شکل ۹-۷- روش کندن و آکندن

پس از استخراج برش دوم، بخش ابتدایی با مواد پرکننده پر می‌شود، ارتفاع هر برش در حدود ۲ تا ۲/۵ متر است. برای رساندن ماده معدنی به تونل باربری، می‌توان از یک دوپیل یا هردوی دوپیل‌ها استفاده کرد. در این صورت، دوپیل‌ها را باید با چوب‌بندی حفظ کنیم. همچنین؛ در فاصلهٔ معین بین

دویل‌ها نیز می‌توان مجرا یا مجراهایی که دارای دریچه باشند، برای خروج ماده معدنی تعبیه کرد. برای این که مواد معدنی استخراج شده با مواد پرکننده و باطله‌ها مخلوط نشوند کف کارگاه یک لایه تخته قرار داده تا مواد معدنی بر روی آن ریخته شوند. پس از حمل مواد معدنی به خارج کارگاه این تخته‌ها برداشته شده و مواد پرکننده در داخل کارگاه ریخته می‌شوند.



شکل ۱۰-۷- روش استخراج کندن و آکندن

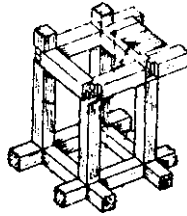
جبهه کارهای استخراجی در این روش افقی یا مایل اند. در حالت افقی برای خارج کردن سنگ معدن از اسکرپیر یا لودر استفاده شده و در صورتی که جبهه کار مایل باشد، برای خارج کردن سنگ معدن و پرکردن باطله در کارگاه، از نیروی ثقل آن‌ها استفاده می‌شود.

۳- روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری در فضای استخراج شده

۴- روش استخراج با کاربرد وسایل نگه‌داری و پرکردن فضای استخراج شده

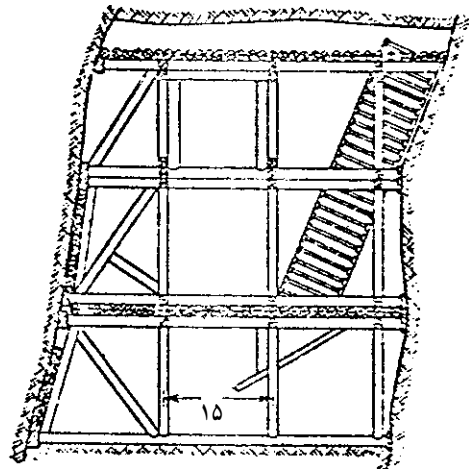
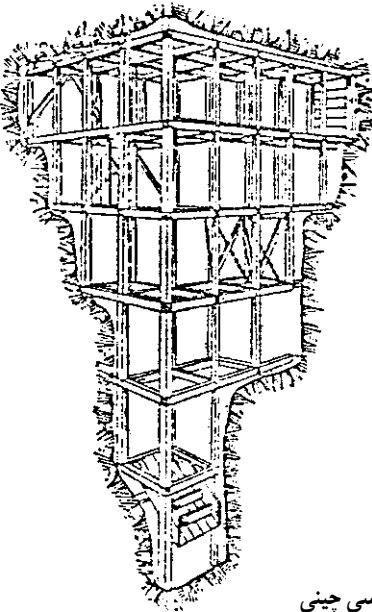
اجرای این روش‌ها در کانسارهایی صورت می‌گیرد که دارای سقف و دیواره‌های سست باشند. در این جا، محل‌های استخراج به روش‌های مختلف چوب‌بندی شده و وسایل نگه‌داری در کارگاه باقی می‌ماند. این روش‌ها زمانی اجرا می‌شود که چوب فراوان و ارزان در دسترس باشد. برای چوب‌بندی قاب‌هایی شامل یک دست ستون و یک کلاهدک به کار می‌رود. شکل قاب‌ها عموماً به صورت چهارچوب یا کرسی است. استخراج به این روش در برش‌های افقی و قطعات کوچک

به اندازه یک واحد کرسی انجام می‌گیرد. پس از استخراج یک برش کوچک، یک قطعه چهارچوب بسته می‌شود. کرسی‌ها بایستی طوری ساخته شوند که گوشه‌های آن‌ها در هم قفل شده و به‌طور یک‌نواخت در کنار هم قرار گیرند.



شکل ۱۱-۷- تصویر یک واحد کرسی

ابعاد چوب‌بندی‌ها در این روش در حدود ۲- ۱/۵ متر و یا بیشتر است. اگر ضخامت رگه زیاد باشد برای حفظ ایمنی بیشتر، پس از چوب‌بندی کردن محل استخراج، فضای خالی بین چوب‌بندی‌ها با مواد باطله پر می‌شود. برای سهولت در رفت و آمد کارگران و جابه‌جایی وسایل و مواد معدنی فضای خالی کف کارگاه معمولاً تخته‌بندی می‌شود. خارج کردن مواد معدنی از کارگاه با دوپل‌های کناری و یا از داخل فضای بین چوب‌بندی‌ها انجام می‌شود. در این روش، به دلیل وجود وسایل نگه‌داری معمولاً لنگه باقی نمی‌گذارند.



شکل ۱۲-۷- روش کرسی چینی

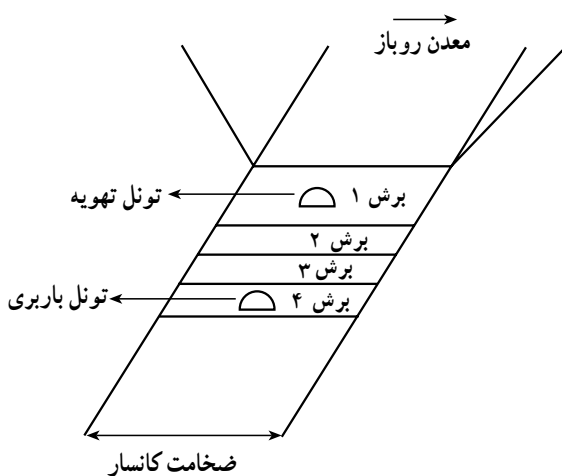
ج- روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده: یکی از روش‌های استخراجی روش استخراج تخریبی است که بر مبنای تخریب کنترل شده طبقات و سنگ‌های دربرگیرنده

ماده معدنی استوار است. امروزه، این روش‌ها استفاده فراوانی در استخراج کانسارهای فلزی پیدا کرده است و برای استخراج کانسارهای توده‌ای و عدسی‌های بزرگ و یا ستون‌ها به کار می‌رود. مهم‌ترین مزایای استفاده از این روش، به کارگیری حداقل نیروی انسانی برای استخراج، بالا رفتن میزان استخراج سالیانه و راندمان بالای استخراج بوده و اصولاً برای بهره‌برداری از مواد معدنی فلزی با ارزش، روش مناسبی خواهد بود. شیوه‌های مختلف اجرای این روش‌ها به شرح زیر است:

### ۱- روش استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر ماده معدنی (برش‌های از بالا به پایین) (Top Slicing)

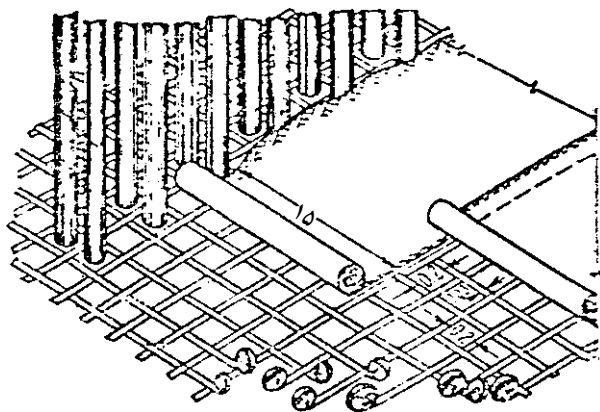
برای استخراج کانسارهای فلزی ضخیم با شیب نسبتاً زیاد که مقاومت کم تا متوسط داشته و سنگ‌های فراگیر آن نیز به راحتی تخریب می‌شود، از این روش می‌توان استفاده کرد. استخراج به شکل برش‌های افقی متوالی و از بالا به پایین صورت گرفته و هم‌زمان با پیش‌روی، سقف پشت جبهه کار تخریب می‌شود. در ضمن، به علت تخریب سقف فضای زیرزمینی، در روی سطح زمین، نشست به وجود خواهد آمد. بنابراین؛ این روش زمانی به کار برده می‌شود که نشست زمین قبل از عملیات استخراج، حتماً در نظر گرفته شود و تأسیسات سطحی معدن خارج از محدوده نشست باشند تا در هنگام کار به آن‌ها آسیبی وارد نشود. معمولاً در کانسارهایی که بخشی از آن به روش روباز بهره‌برداری شده است، نیز این روش کاربرد دارد.

پس از تعیین فاصله طبقات (در حدود ۵۰ متر) و طول کارگاه (در حدود ۳۰ متر) یک تونل در کف معدن روباز حفر می‌شود. حفر تونل‌های باربری و تهویه، بایستی در وسط ضخامت کانسار انجام شود.



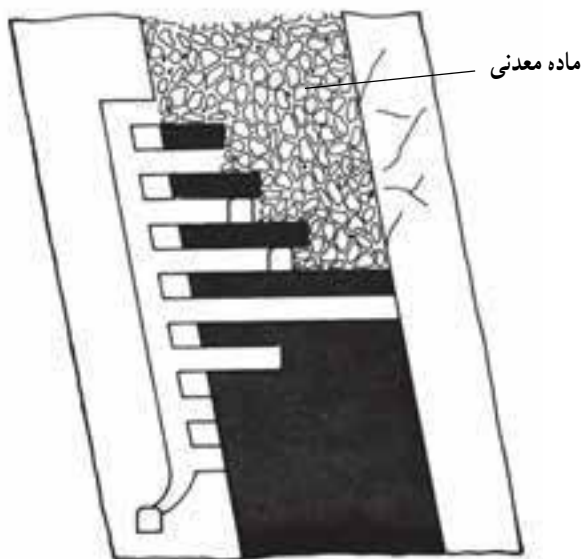
شکل ۱۳-۷- نمایش تونل‌های باربری و تهویه در استخراج تخریبی

همان طور که گفته شد، استخراج از بالا به پایین و به شکل برشی است. به این صورت که هر برش به اندازه ضخامت کانسار بوده و پس از استخراج هر برش پیش روی انجام می شود. در هنگام استخراج کارگاه، با چوب بندی نگه داری می شود و کف کارگاه تخته بندی شده و یا با توری و ورقه های آهنی فرش می شود. علت فرش کردن کف کارگاه، محافظت کارگاه و توزیع یک نواخت فشار سنگ های تخریب شده است.



شکل ۱۴-۷- تصویر فرش کف کارگاه

پس از استخراج هر قسمت سنگ های کنده شده، از طریق دوپل ها به تونل باربری اصلی انتقال داده می شوند. انتقال مواد معدنی در دوپل ها ممکن است با استفاده از نیروی ثقل آنها انجام شود.

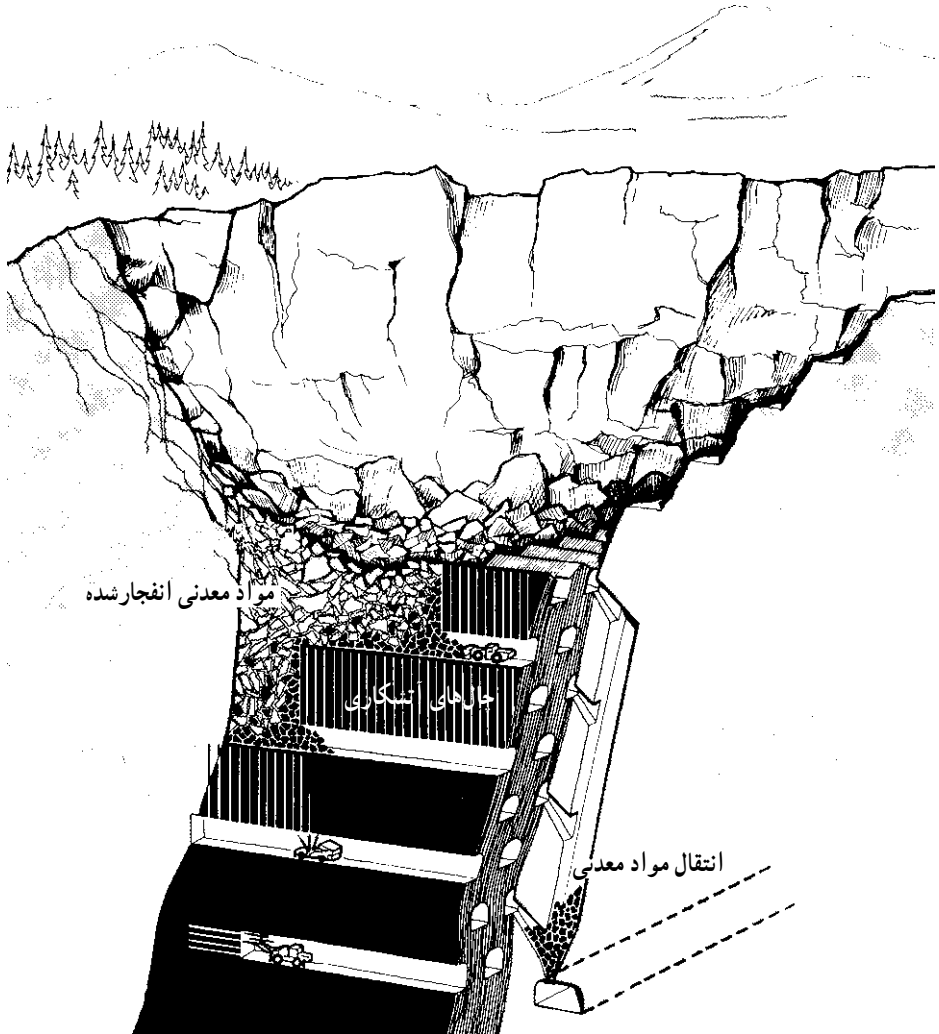


شکل ۱۵-۷- استخراج به روش برش های از بالا به پایین

## ۲- روش‌های استخراج با تخریب سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر

### ۲-۱- روش تخریب در طبقات فرعی (Sublevel Caving) : این روش در استخراج

کانسارهای رگه‌ای بسیار ضخیم و کانسارهای توده‌ای کاربرد فراوانی دارد و زمانی استفاده می‌شود که سنگ معدنی و سنگ‌های فراگیر کمر بالای آن به آسانی تخریب شوند. در واقع تخریب صورت گرفته به صورت برشی و از بالا به پایین خواهد بود. در این روش نیز ممکن است، بخشی از کانسار به روش روباز استخراج شود. برای ادامه کار، به روش زیرزمینی به این صورت عمل می‌شود که در ابتدا چاه اصلی معدن در منطقه‌ای ایجاد می‌شود که تخریب بر آن تأثیر نداشته باشد. چاه اصلی با



شکل ۱۶-۷- روش استخراج تخریب در طبقات فرعی

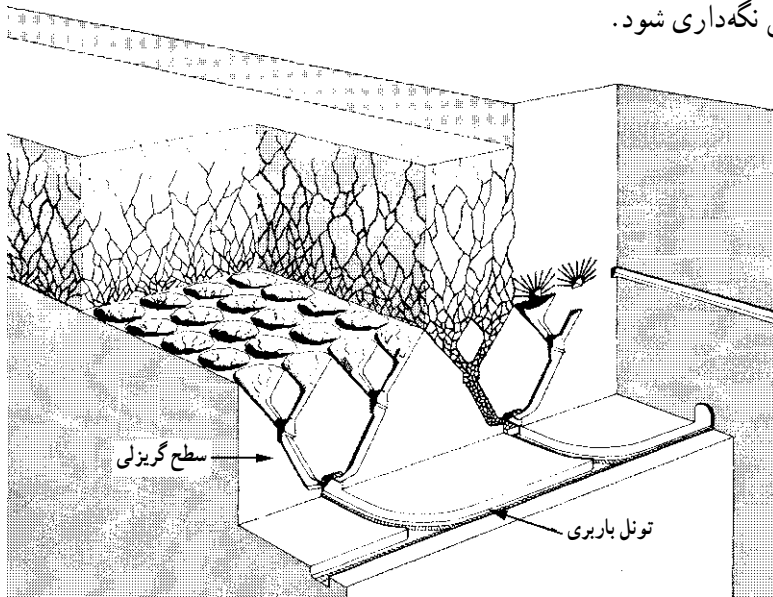


تونل‌هایی به کانسار ارتباط پیدا می‌کند. در هر طبقه یک تونل امتدادی به موازات امتداد رگه ایجاد می‌شود که این تونل‌های امتدادی با دوپیل‌هایی به هم متصل هستند و پایین‌ترین آن‌ها به عنوان تونل باربری اصلی است و باربری ماده معدنی با آن انجام می‌شود. همچنین؛ در هر طبقه تونل‌هایی عمود بر امتداد رگه، در داخل ماده معدنی و به فواصل معین از هم زده می‌شوند، به طوری که کمر بالا و کمر پایین ماده معدنی به هم مرتبط شوند. از داخل این تونل‌ها چال‌های آتش‌کاری زده شده و تخریب انجام می‌شود. در ضمن؛ فاصله تونل‌های داخل رگه باید به اندازه دو برابر طول چال‌های آتش‌کاری باشند؛ به این علت که چال‌های آتش‌کاری باید در میان این فاصله‌ها به هم برسند. اصولاً چال‌های آتش‌کاری شکل بادبزنی یا پروانه‌ای دارند. پس از آتش‌کاری در هر طبقه، سنگ معدنی بارگیری شده و به تونل باربری اصلی انتقال می‌یابد. بارگیری ماده معدنی تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که سنگ باطله همراه آن نباشد. پس از مشاهده سنگ باطله بارگیری متوقف شده و یک برش به جلو پیش روی می‌کنند. باید توجه داشت که استخراج طبقه بالاتر مقداری جلوتر از طبقه تحتانی آن خواهد بود. در این روش می‌توان کف کارگاه را نیز تخته‌بندی یا توری فلزی قرار داد.

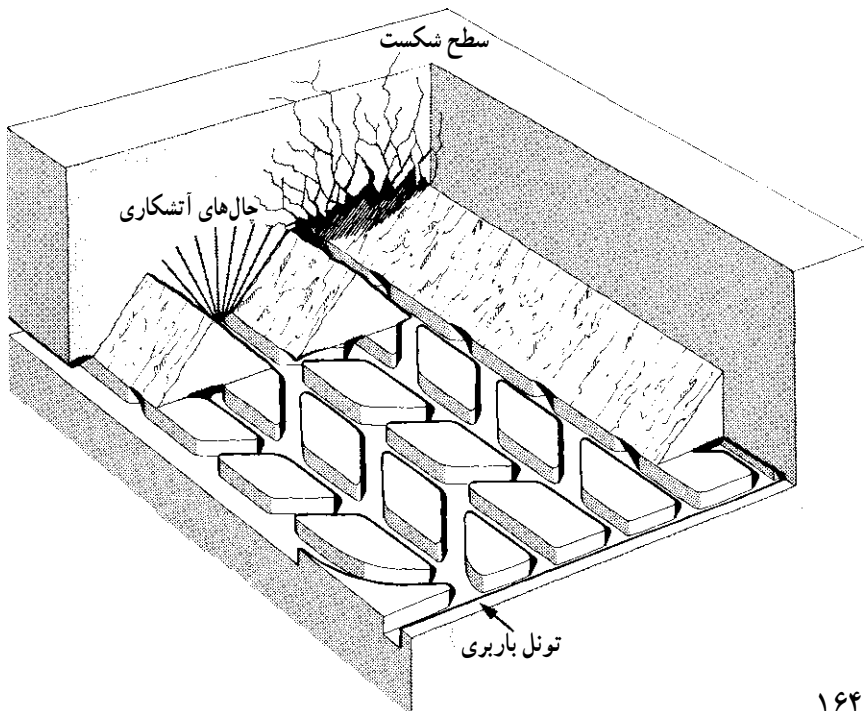
## ۲-۲- روش استخراج تخریب توده‌ای (Block Caving): این کار در اصل بر مبنای

تخریب استوار است و کانسارهای توده‌ای بسیار بزرگ، به روش تخریب توده‌ای استخراج می‌شوند. در این روش کانسار را به بلوک‌های جداگانه تقسیم‌بندی کرده و هر بلوک یک باره تخریب گردیده و استخراج می‌شود. ابعاد بلوک‌ها معمولاً بین ۴۰ تا ۶۰ متر است. برای استخراج هر بلوک ابتدا زیر آن تخلیه شده و بخشی از آن نیز آتش‌کاری می‌گردد. در این صورت بقیه قسمت‌ها نیز تخریب شده و نشست می‌کند. برای شروع به کار، ابتدا تونل‌های باربری اصلی در زیر کانسار ایجاد می‌شود که فاصله آن‌ها در حدود ۳۰ متر است. از بالای این تونل‌ها، دوپیل‌هایی با زاویه ۴۵ تا ۵۰ درجه و با فاصله معین زده می‌شود. بعضی اوقات دوپیل‌ها در دو طرف تونل زده می‌شوند که در این صورت یکی از آن‌ها برای عبور و مرور کارگران بوده و دارای نردبان و دیگری برای خروج ماده معدنی است. در بسیاری موارد، به علت آن که دوپیل‌ها پس از تخریب قابل استفاده نیستند، فقط از یک طرف تونل دوپیل ایجاد می‌شود. در انتهای دوپیل‌ها تونل‌های امتدادی دیگری زده شده و از داخل این تونل‌ها چال‌های آتش‌کاری به شکل پروانه‌ای یا بادبزنی حفر می‌شود. انتهای دوپیل‌ها به شکل قیف درست می‌شود. سطح زیرین بلوک را در این حالت سطح گریزلی می‌گویند. پس از انفجار چال‌ها، ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن تخریب شده و از طریق دوپیل‌ها به تونل‌های باربری اصلی انتقال می‌یابند. اگر سنگ معدنی یا سنگ‌های اطراف آن، به آسانی تخریب نشوند، بایستی با حفر تونل‌هایی

در طبقات فوقانی، ماده معدنی را از دیوارهٔ بلوک جدا کرد. اگر هم سنگ معدنی دارای مقاومت خوبی نباشد، در هنگام حفاری سطح گریزلی و ایجاد چال‌های آتش‌کاری، قبل از تخریب باید فضای زیرزمینی نگاه‌داری شود.



شکل ۱۷-۷- روش استخراج تخریب توده‌ای



شکل ۱۸-۷- نوع دیگری از روش استخراج تخریب توده‌ای

د - روش‌های استخراج مختلط: در بسیاری از موارد پس از تقسیم معدن به قطعات و بلوک‌های مختلف، ممکن است که هر بخش به یک روش استخراج گردد. یا این که ممکن است بخش بالایی هر بلوک به یک روش و بخش‌های باقی‌مانده آن نیز به روش دیگری استخراج شود. مثلاً در بعضی موارد یک قطعه از معدن به صورت اتاق و پایه استخراج شده و پایه‌های باقی‌مانده از ماده معدنی نیز به صورت تخریبی استخراج می‌شود.

در بعضی موارد، استخراج زیرزمینی و روباز، در شرایط مناسب، به صورت ترکیبی انجام می‌گیرد؛ به طوری که برداشت باطله و مقداری از ماده معدنی تا جایی که شرایط اقتصادی اجازه دهد، به شکل روباز و استخراج باقی‌مانده ماده معدنی نیز به شکل زیرزمینی استخراج می‌شود. بنابراین؛ برای استخراج کانسارهای معدنی با توجه به شرایط موجود، مناسب‌ترین روش استخراج در نظر گرفته می‌شود.

## خودآزمایی

- ۱- روش‌های استخراج کانسارهای فلزی به چه گروه‌های اصلی تقسیم می‌شود؟
- ۲- روش استخراج با خالی گذاشتن فضای استخراج شده شامل چه انواعی است؟
- ۳- روش استخراج با پرکردن فضای استخراج شده چه طریقه‌هایی را دربرمی‌گیرد؟
- ۴- روش‌های استخراج با تخریب محل استخراج شده چه انواعی دارد؟
- ۵- روش استخراج پلکانی مستقیم و معکوس را شرح دهید و پلان کارگاه استخراج را رسم

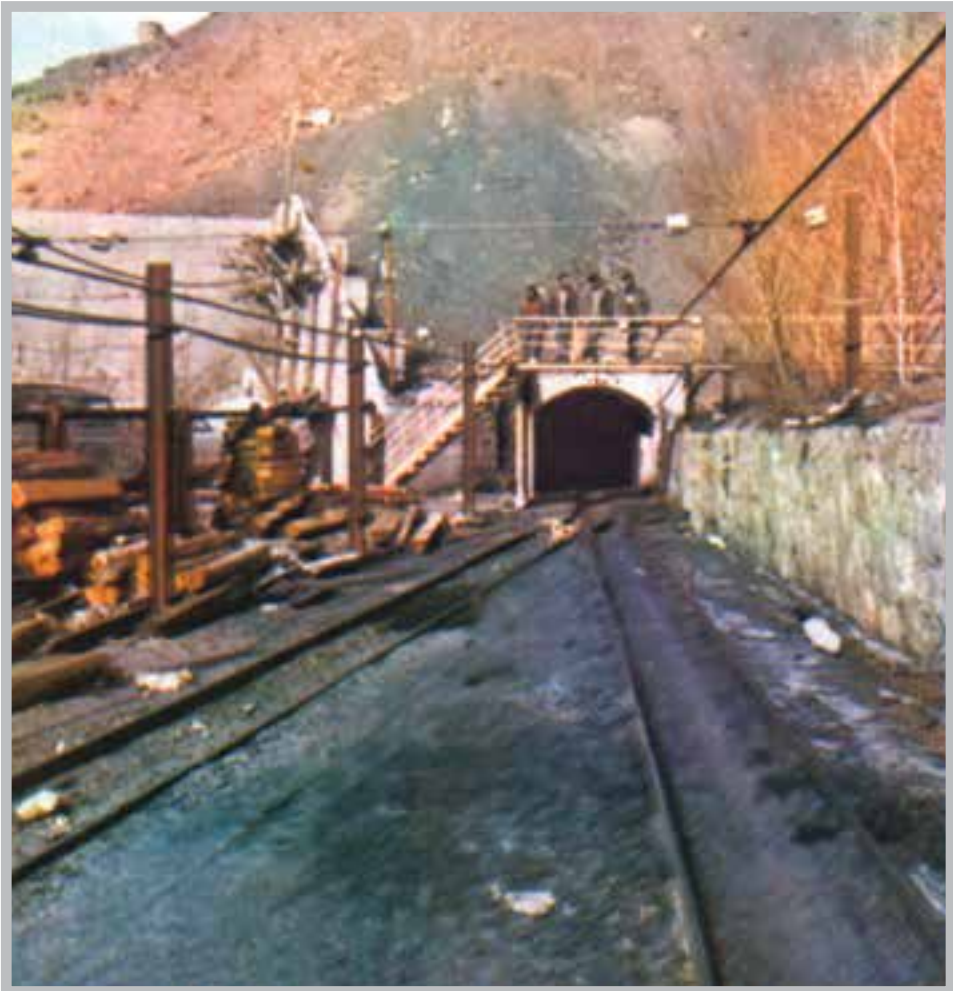
کنید.

- ۶- ویژگی خاص روش استخراج اطاق و پایه چیست؟ به نظر شما عیب این روش کدام است؟
- ۷- روش استخراج احداث طبقه فرعی برای کجا مناسب است. روش را توضیح دهید.
- ۸- روش استخراج انباره‌ای چگونه اجرا می‌شود؟
- ۹- روش کندن و آکندن در چه مواردی به کار می‌رود و چگونه به اجرا درمی‌آید؟
- ۱۰- روش کرسی چینی چیست؟ برای اجرای این روش چه اقداماتی صورت می‌گیرد؟
- ۱۱- روش تخریب در طبقات فرعی و روش استخراج با تخریب سنگ‌های فراگیر معدنی

هرکدام در چه جاهایی به کار گرفته می‌شود؟

- ۱۲- روش استخراج تخریب توده‌ای را به اختصار شرح دهید.

روش‌های استخراج زغال سنگ و سایر کانسارهای رسوبی



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

۱- کلیاتی در مورد روش‌های استخراج زغال‌سنگ و سایر کانسارهای رسوبی بیان کند.

۲- خواص مهم زغال سنگ را شرح دهد.

۳- عوامل مؤثر در انتخاب روش استخراج، به‌کارگیری ماشین‌آلات و تجهیزات و وسایل نگه‌داری در کانسارهای رسوبی را تشریح کند.

۴- نحوه آماده کردن کارگاه، برای استخراج و مراحل آن را توضیح دهد.

۵- تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال‌سنگ را تشریح کند.

۶- روش استخراج جبهه کار طویل و چگونگی آماده‌سازی و استخراج زغال‌سنگ را توضیح دهد.

۷- روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه) را تشریح کند.

۸- روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب را توضیح دهد.

۹- روش پلکانی معکوس را توضیح دهد.

۱۰- روش استخراج جبهه کار دندان‌اره‌ای را شرح دهد.

۱۱- روش استخراج جبهه کار قوسی را بیان کند.

۱۲- روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی را تشریح کند.

۱۳- روش استخراج اره را شرح دهد.

۱۴- روش‌های استخراج لایه‌های ضخیم، شامل نوارهای امتدادی، شیبی و مایل را توضیح دهد.

۱۵- روش استخراج سپر محافظ را شرح دهد.

۱۶- روش‌های استخراج با تقسیم‌بندی لایه به برش‌های جداگانه را بیان کند.

## کلیات

زغال سنگ در بین مواد معدنی اهمیت ویژه‌ای دارد و نوعی سنگ رسوبی به شمار می‌رود. در بسیاری موارد می‌توان آثار برگ، ساقه و ریشه گیاهان را در داخل لایه‌های زغال و سنگ‌های اطراف آن مشاهده کرد و این مطلب نشان دهنده منشأ گیاهی این ماده معدنی است. مواد گیاهی جمع شده و رسوب کرده، طی تغییراتی و در مراحل مختلف به زغال تبدیل می‌شوند که ذکر این مراحل از حوصله این بحث خارج است.

اهمیت معادن زغال سنگ از آن‌جا پدیدار می‌شود که در این معادن بایستی کلیه مسائل معدن کاری از جمله مسئله آبکشی، تهویه، نگه‌داری، آتش کاری و ... به دقت مورد توجه قرار گیرد و در صورت عدم توجه کافی به هر یک از این مسائل خطرات جبران‌ناپذیری به بار خواهد آمد.

استخراج مواد معدنی لایه‌ای به دو شکل روباز و زیرزمینی انجام می‌شود. نحوه استخراج روباز در فصول قبل کاملاً بررسی شده است. در این فصل، به بررسی روش‌های استخراج زیرزمینی کانسارهای رسوبی که زغال یکی از مهم‌ترین آن‌هاست، می‌پردازیم. به دلیل آن که یکی از عمده‌ترین مواد معدنی استخراجی در ایران زغال است، قبل از بیان روش‌های استخراج، به شرح خواص مهم زغال سنگ می‌پردازیم:

### خواص مهم زغال سنگ

**الف - خاکستر:** یکی از مهم‌ترین مشخصات زغال است و می‌توان آن را به نام ماده‌ای که پس از سوختن زغال برجا می‌ماند، تعریف کرد. خاکستر در ردیف مواد مضر زغال است و به خصوص برای مصرف در صنعت کک‌سازی، بایستی میزان آن، از حد معینی تجاوز نکند.

**ب - مواد فرار:** اگر زغال را بدون مجاورت هوا حرارت دهیم، قسمتی از آن به صورت گاز متصاعد می‌شود که به نام مواد فرار خوانده می‌شود.

**ج - ارزش حرارتی:** مقدار حرارتی که در اثر سوختن واحد وزن زغال حاصل می‌شود، به نام ارزش حرارتی آن نامیده می‌شود که برحسب کیلوکالری بر کیلوگرم بیان می‌شود.

**د - خواص کک‌دهی:** قابلیت زغال برای تهیه کک برای کوره‌های ذوب فلزات به خصوص ذوب آهن، از جمله خواص مهم زغال است که به درجه زغال‌شدگی و میزان مواد فرار آن، بستگی دارد.

## عوامل مؤثر در انتخاب روش استخراج، به کارگیری ماشین آلات و تجهیزات و وسایل نگه داری در کانسارهای رسوبی

عمده ترین عواملی که در انتخاب روش استخراج، به کارگیری ماشین آلات و تجهیزات و وسایل نگه داری در کانسارهای رسوبی تأثیرگذارند، عبارتند از:

۱- ضخامت لایه: بر این اساس کانسارهای لایه ای را به گروه های زیر تقسیم بندی می کنند:

الف - خیلی نازک با ضخامت کمتر از  $0/5$  متر

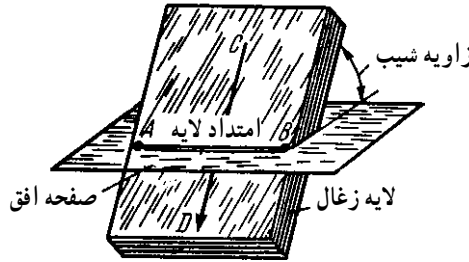
ب - نازک با ضخامت بین  $1/3$  -  $0/5$  متر

ج - متوسط با ضخامت بین  $3/5$  -  $1/3$  متر

د - ضخیم با ضخامت بیش از  $3/5$  متر

۲- شیب لایه: زاویه بین خط بزرگ ترین شیب صفحه ماده معدنی و سطح افق را شیب لایه

گویند.



شکل ۱-۸

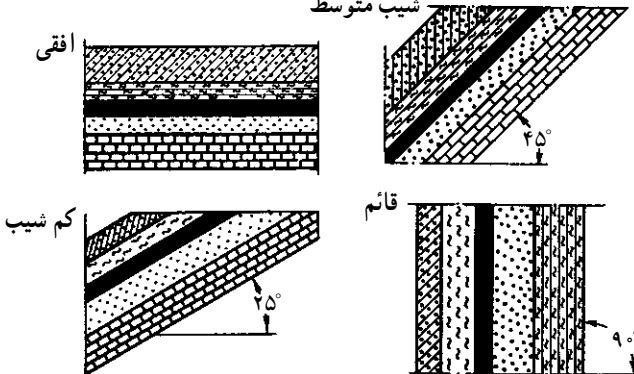
شیب لایه دارای طبقه بندی زیر است:

الف - لایه های کم شیب با زاویه شیب کم تر از  $25$  درجه

ب - لایه های شیب متوسط با زاویه شیب بین  $25$  -  $45$  درجه

ج - لایه های پرشیب با زاویه شیب بیش از  $45$  درجه

شیب متوسط



شکل ۲-۸- شیب لایه در حالت های مختلف



۳- ساختمان لایه: شکل و ساختمان لایه از نظر وجود ناخالصی و مواد غیر مفید، اهمیت بسیاری دارد. چون در بسیاری از موارد دیده شده که در بین لایه‌های ماده معدنی، موادی وجود دارند که بایستی جدا شوند و همین امر در روش استخراج تأثیر فراوانی دارد.

۴- لایه‌های پوشش دهنده کانسارهای رسوبی: به طبقاتی که لایه‌های ماده معدنی را محصور کرده‌اند در اصطلاح کمرهای ماده معدنی گفته می‌شود. طبقات فوقانی لایه را کمر بالا و طبقه‌های تحتانی آن را کمر پایین گویند. به علت آن که کمرهای بالا و پایین کانسارهای زغال معمولاً سست هستند، بنابراین؛ دقت در انجام عملیات نگهداری معادن زغال اهمیت بسیار بالایی دارد. جنس کمرهای زغالی در ایران، ماسه‌سنگ، شیل، سیلتستون (سنگ سیلت) و آهک است. از عوامل دیگری که بر انتخاب روش استخراج تأثیر دارند، می‌توان از عمق لایه، میزان گازخیزی، مشخصات عمومی و زمین‌شناسی لایه و وجود آب در لایه‌ها نام برد.

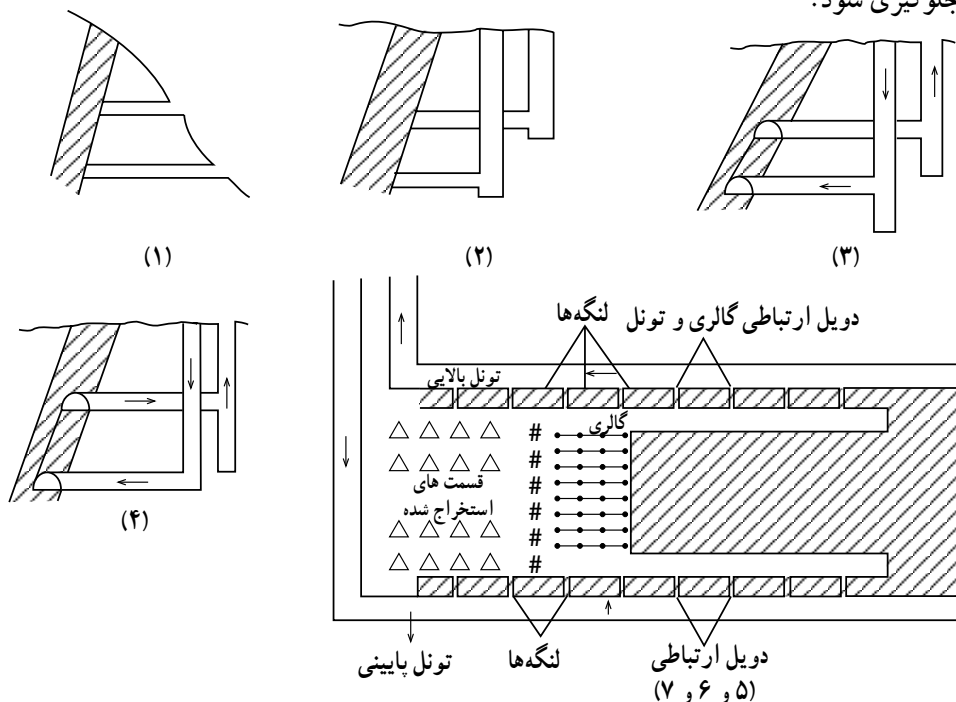
### نحوه آماده‌کردن کارگاه برای استخراج

برای استخراج کلیه کانسارها از جمله زغال سنگ، بایستی به روش‌های مختلف به ماده معدنی نزدیک شد که معمولاً بسته به شیب ماده معدنی و چگونگی قرارگرفتن آن و پستی و بلندی مناطق معدنی با تونل، چاه مایل یا چاه قائم معادن گشایش می‌یابد که اگر معدن زغال با تونل گشایش یابد، بایستی تونل آن را عمود بر گسترش ماده معدنی حفر کرد که به آن تونل عمود بر لایه می‌گویند ولی اگر با چاه قائم یا مایل معدن گشایش یافته باشد، بایستی از درون چاه تونل‌های عمود بر لایه را حفر کرد و در بعضی از معادن که لایه زغال از دید جانبی قابل رؤیت باشد، بدون حفر تونل عمود بر لایه مستقیماً می‌توان تونل‌های امتدادی را حفر کرد. بنابراین؛ پس از حفر تونل‌های عمود بر لایه، در زیر ماده معدنی (کمر پایین) برای تقسیم لایه معدنی به چند قطعه و استخراج قطعه‌ها، بایستی تونل‌های امتدادی در جهت گسترش ماده معدنی حفر کرد و به علت عمود بودن تونل‌های عمود بر لایه، با تونل امتدادی اقدام مقتضی انجام گیرد تا حمل و نقل دچار مشکل نشود که در روش‌های استخراج با رسم نماهای مختلف شرح داده می‌شود. و در ادامه کار با حفر دوپل‌هایی، افق زیرین را به افق بالاتر وصل می‌کنند که در این صورت جریان هوا بین دو افق برقرار می‌شود و از همین دوپل از افق بالا، برای پرکردن کارگاه و از افق پایین برای تخلیه کارگاه استفاده می‌کنند و به صورت کلاسیک مراحل مختلف آماده کردن کارگاه از شروع گشایش تا مرحله استخراج به شرح ذیل است:

۱- گشایش با تونل، چاه مایل یا چاه قائم.

۲- حفر تونل عمود بر لایه، در صورتی که گشایش با چاه مایل یا چاه قائم باشد.

- ۳- حفر تونل‌های دنباله‌رو یا امتدادی افق‌های مختلف
- ۴- حفر بالا رو یا دوپل از افق پایین به افق بالاتر پس از تقسیم طبقات
- ۵- حفر دو گالری از داخل بالا رو با ایجاد لنگه‌های مناسب، در افق‌های بالا و پایین
- ۶- وصل گالری‌ها به افق‌های بالا و پایین در فاصله منظم برای تهویه مناسب و تخلیه یا پرکردن کارگاه
- ۷- پیش‌روی گالری نسبت به جبهه کارگاه بیشتر باشد تا از هرگونه اختلال در استخراج جلوگیری شود.



شکل ۳-۸- نمای کلی آماده‌سازی کارگاه استخراج

## تقسیم‌بندی روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال‌سنگ

به‌طور کلی، روش‌های استخراج زغال‌سنگ به شرح زیر است:

اول: استخراج لایه‌های نازک و متوسط

الف - استخراج لایه‌های کم شیب (با شیب کمتر از  $25^\circ$ )

۱- روش استخراج جبهه کار طولی<sup>۱</sup>

۲- روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه)

ب- استخراج لایه‌های شیب متوسط (با شیب بین  $45^\circ$  -  $25^\circ$ )

۱- روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب

۲- روش استخراج پلکانی معکوس

۳- روش استخراج جبهه کار دندان‌اره‌ای

۴- روش استخراج جبهه کار قوسی

ج- استخراج لایه‌های یرشیب (با شیب بیش از  $45^\circ$ )

۱- روش استخراج کارگاه بالا رو و خاک‌ریزی

۲- روش استخراج اره

دوم: روش‌های مختلف استخراج لایه‌های ضخیم

الف- استخراج بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱- روش استخراج با حفر نوارهایی از زغال

۱-۱- نوارهای امتدادی

۲-۱- نوارهای شیبی

۳-۱- نوارهای مایل

۲- روش سپر محافظ

ب- استخراج با تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱- روش استخراج برش‌های مایل

۱-۱- برش‌های مایل از بالا به پایین

۲-۱- برش‌های مایل از پایین به بالا

۲- روش برش‌های افقی

۱-۲- برش‌های افقی از بالا به پایین

۲-۲- برش‌های افقی از پایین به بالا

سوم: سایر روش‌های استخراج زغال سنگ

در ادامه، روش‌های یادشده را بررسی می‌کنیم و برای کلیه روش‌های استخراجی عوامل

مختلف از جمله مقاومت کمرها، نوع کارگاه، جهت استخراج و سایر عوامل مهم دیگر مورد رسیدگی

قرار خواهد گرفت.

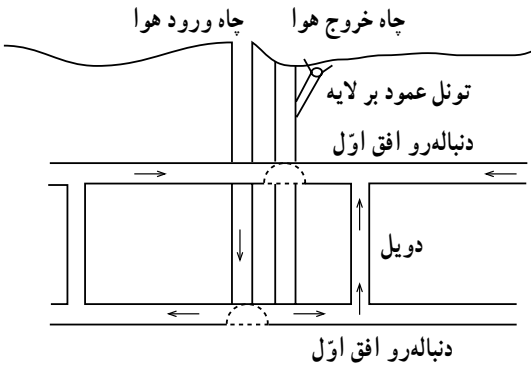
## اول - استخراج لایه‌های نازک و متوسط

### الف - استخراج لایه‌های کم شیب (با شیب کمتر از ۲۵°)

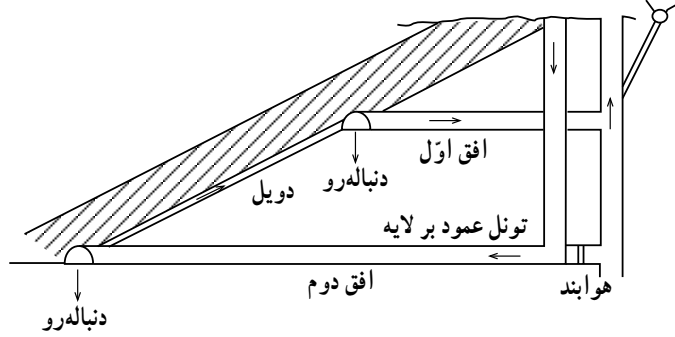
۱- روش استخراج جبهه کار طویل: این روش استخراج برای کانسارهای نازک و متوسط با شیب کم بسیار مناسب و جبهه کارگاه در امتداد خط بزرگ‌ترین شیب لایه است. به عبارت دیگر؛ کارگاه از نوع شیبی است. روش جبهه کار طویل به شکل پیش‌رو و یا پس‌رو انجام می‌شود. همان‌طور که گفته شد تفاوت روش پیش‌رو و پس‌رو در این است که در روش پس‌رو، ابتدا تونل‌های امتدادی تهویه و باربری تا انتهای کارگاه حفر شده و استخراج از انتها به ابتدای کارگاه صورت می‌گیرد؛ اما در روش پیش‌رو، هم‌زمان با پیش‌روی جبهه کار، تونل‌های تهویه و باربری حفر می‌شوند. برای نگهداری کارگاه در نزدیک جبهه کار، از چوب بست یا پایه‌های فلزی استفاده می‌شود و معمولاً پس از استخراج، پشت جبهه کار را با مواد باطله پر کرده و یا تخریب کرده یا با جرزهای چوبی نگهداری می‌کنند. حمل و نقل در داخل کارگاه در صورت شیب کم با ناو زنجیری و در صورت داشتن شیب فراوان با ناو ثابت صورت می‌گیرد.

**چگونگی آماده‌سازی و استخراج زغال‌سنگ به روش جبهه کار طویل:** برای آماده‌سازی، با فرض این که معدن، با چاه گشایش یافته باشد، چنانچه در شکل نشان داده می‌شود، ابتدا با حفر تونل‌های دنباله‌رو در افق‌های اول و دوم و دوپل ارتباطی بین افق‌ها، جریان هوا را در معدن برقرار می‌کنیم. برای فهم و درک بهتر، وضعیت قرارگرفتن تونل‌های مختلف، چاه و دوپل، کلیه حفره‌ها در سه نما نمایش داده شده است که نماهای جانبی و روبرو و نماهای افق‌ها به‌طور مجزا و بدون در نظر گرفتن مقیاس و قوانین رسم کشیده شده است. چنانچه می‌دانید، در معادن، چاه‌های دسترسی به ماده معدنی در نمای جانبی پشت سر هم قرار می‌گیرند؛ ولی برای درک بهتر درس، به این شکل نشان داده می‌شود که در نماهای افق‌ها هم تأثیر گذاشته و با واقعیت معدن هم‌خوانی ندارد؛ زیرا در معادن دو چاه در یک امتداد و موازی لایه‌زده می‌شوند. شروع استخراج به شرح زیر است:

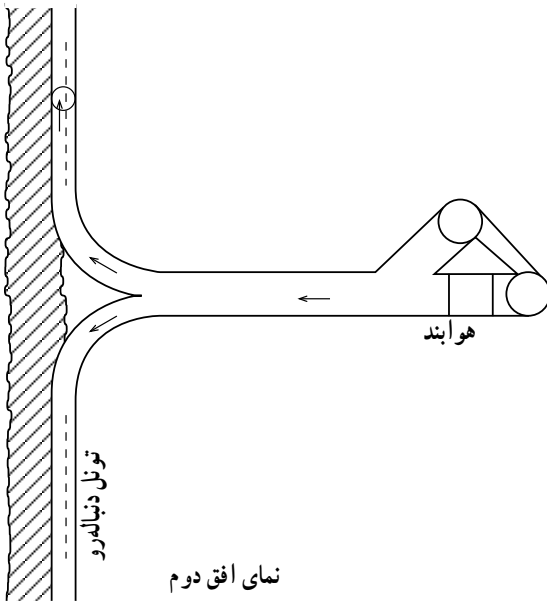
ابتدا از داخل دوپل با حفظ حریم مناسب در قسمت بالا و پایین دوپل، گالری‌هایی حفر می‌شود. که همیشه نسبت به جبهه کار جلوتر هستند و با استفاده از ماشین‌آلات مختلف از پایین به بالا شروع به استخراج می‌کنیم. البته؛ کارگاه کاملاً در شیب لایه قرار می‌گیرد. در هر نوبت پیش‌روی، محل استخراج شده را نگهداری کرده و بار دیگر از پایین شروع به استخراج می‌کنیم تا سه تا چهارمتر پیش‌روی، بایستی محل استخراج شده را بر یا تخریب کرد. با ادامه پیش‌روی با حفر دوپل‌های کوچک در داخل حریم، گالری‌ها به افق‌های پایین و بالا برای تخلیه، تهویه و پرکردن کارگاه وصل می‌شوند.



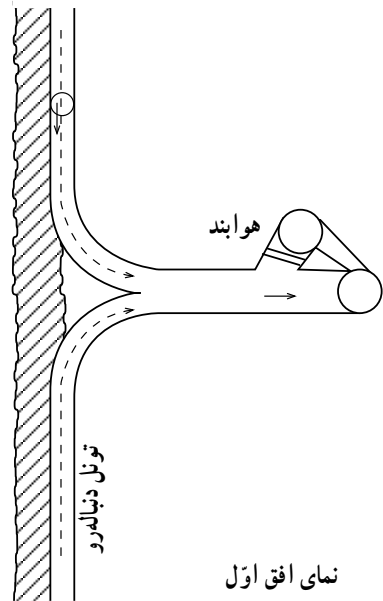
نمای روبه‌رو



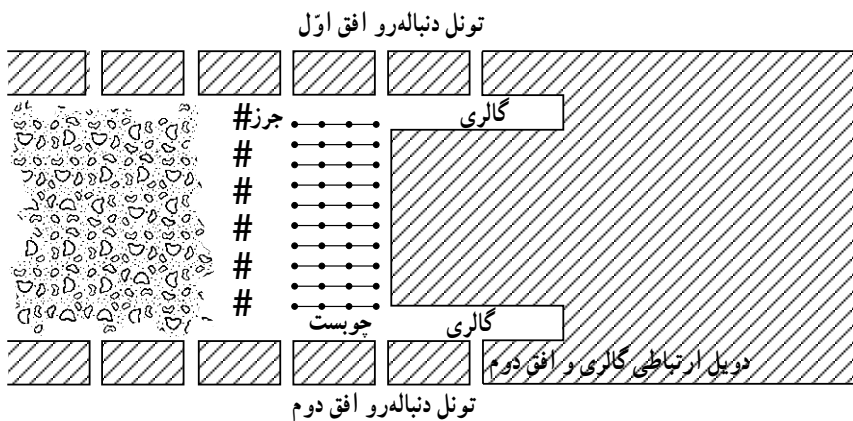
نمای جانبی



نمای افق دوم



نمای افق اول



شکل ۴-۸- روش استخراج جبهه کار طویل

## مزایا و معایب روش استخراج جبهه کار طولانی

### مزایا

- ۱- روش پُر تولیدی است.
- ۲- ایمنی کار بالا است.
- ۳- تقریباً همه وسایل نگهداری، بار دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند و به هیچ وجه وسیله نگهداری هدر نمی‌رود.

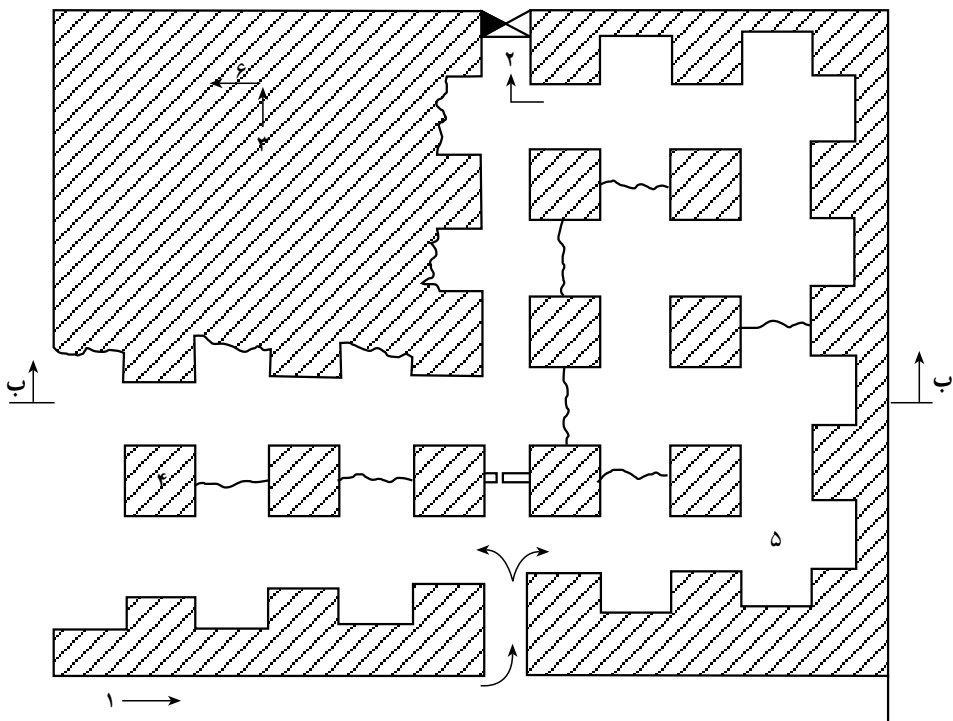
- ۴- بازیابی کانسار بسیار بالا است. (نزدیک به ۱۰۰٪)
- ۵- تهویه به راحتی کنترل می‌شود.

### معایب

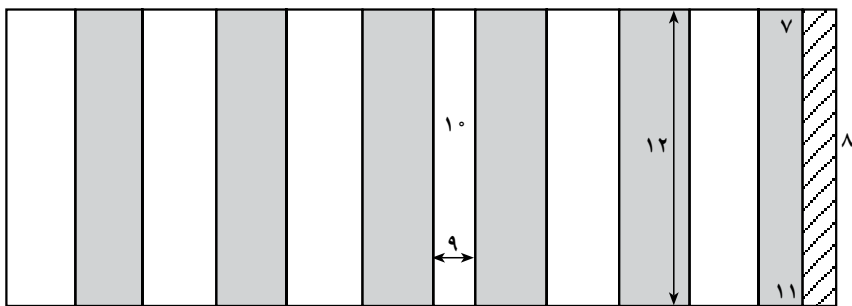
- ۱- تجهیزات این سیستم بسیار مفصل است.
- ۲- به سرمایه اولیه بسیاری نیاز دارد.
- ۳- در معادن مکانیزه، جابه‌جایی دستگاه‌ها در داخل کارگاه، مشکل است.
- ۴- در معادنی که کانسار یک‌نواخت نیست، کاربردی ندارد.
- ۵- در معادن کم‌عمق تخریب صورت نمی‌گیرد و به کاربردن این روش، مشکل است.
- ۶- به علت وسعت کارگاه در صورت بروز اشکال در یک جبهه کار، تمام تجهیزات کارگاه متوقف می‌شود.

۲- روش استخراج پایه‌ای (اتاق و پایه): این روش جزء روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب کم است و به دو صورت اتاق و پایه با پایه‌های برجا و اتاق و پایه، با پایه‌های استخراج شده، انجام می‌شود و ابعاد پایه به عوامل مختلفی از جمله عمق و مشخصات کف و سقف بستگی دارد.

چنانچه در شکل ۵-۸ مشاهده می‌کنید، چگونگی استخراج به روش اتاق و پایه نشان داده می‌شود. لایه‌های قابل استخراج به روش پایه‌ای، بایستی تخت و یا دارای شیب ملایمی باشند. عرض اتاق‌ها که تا محدوده ایمن و ایستادگی سقف قابل طرح هستند، اساساً به حالت‌ها و خواص سنگ‌های سقف و نزدیک به سقف بستگی دارد. اندازه مقطع ستون‌ها به علاوه عرض اتاق‌ها تعیین‌کننده استخراج هستند و این نیز به عمق، مقاومت و خواص مکانیکی سنگ معدن و سنگ‌های ستون‌ها و سقف بستگی دارد.



الف - نمای افقی از کارگاه فعال اتاق و پایه



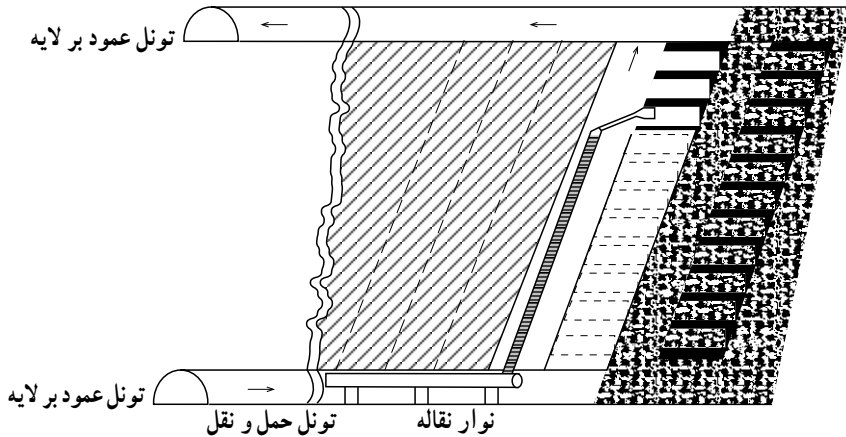
ب - مقطع در محور (ب-ب)

توضیحات:

- |                |                 |                    |                  |
|----------------|-----------------|--------------------|------------------|
| ۱- راهروی اصلی | ۲- چاه تهویه    | ۳- ناحیه استخراج   | ۴- مقطع ستون     |
| ۵- اتاق        | ۶- مسیر استخراج | ۷- ناحیه کمر بالا  | ۸- ارتفاع کارگاه |
| ۹- امتداد رگه  | ۱۰- راهروی فرعی | ۱۱- ناحیه کمر بالا | ۱۲- بلندی پایه   |

شکل ۵-۸- روش استخراج اتاق و پایه

در استخراج زغال سنگ بسته به شرایط لایه عرض اتاق‌ها، بین ۳ تا ۱۵ متر متغیر و میانگین پهنای اتاق در استخراج زغال سنگ حدود ۹ متر است. روش استخراج اتاق و پایه در زغال سنگ به علت یک‌نواخت بودن عیار به صورت پایه‌های منظم انجام می‌شود و در معادنی که به صورت مکانیزه استخراج انجام می‌گیرد، همه یا بخشی از پایه‌ها هم استخراج می‌شوند. نحوه اجرا به صورت زیر است.



شکل ۶-۸- روش استخراج اتاق و پایه

**مزایا و معایب روش اتاق و پایه:** روش اتاق و پایه دارای مزایا و معایب زیر است:

#### مزایا

- ۱- شرایط کار با ماشین آلات مختلف وجود دارد.
- ۲- روش استخراج ساده است و کارگران را می‌توان به آسانی آموزش داد.
- ۳- راندمان تولید بالا است.
- ۴- امکان استخراج انتخابی به آسانی وجود دارد.
- ۵- چون تمام حفاریات اصلی در داخل ماده معدنی است، هزینه‌های پیش‌روی بسیار کم است.
- ۶- برای استخراج کانسارهای ضخیم هم کاربرد دارد.

#### معایب

- ۱- روش پرهزینه‌ای در مقایسه با روش جبهه کار طولانی است. (هزینه‌های نگهداری سقف، مهار گرد و غبار و تهویه فراوان است.)
- ۲- تعداد سینه کارها زیاد است و تجهیزات فراوانی لازم دارد.
- ۳- تأمین نیرو، آب و ... مشکل است.
- ۴- به علت وجود کارگاه‌های متعدد، مسئله سرپرستی مشکل است.

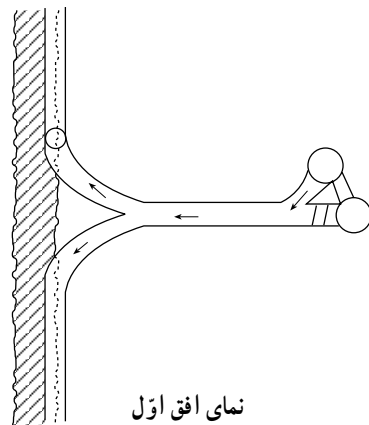
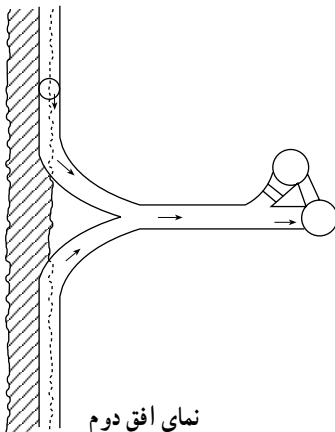
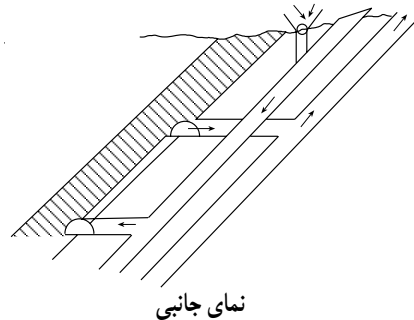
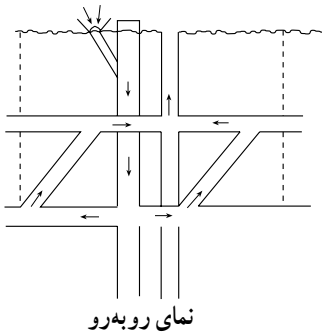


۵- کانسارهای بسیار نازک را به روش مکانیزه نمی‌توان استخراج کرد.

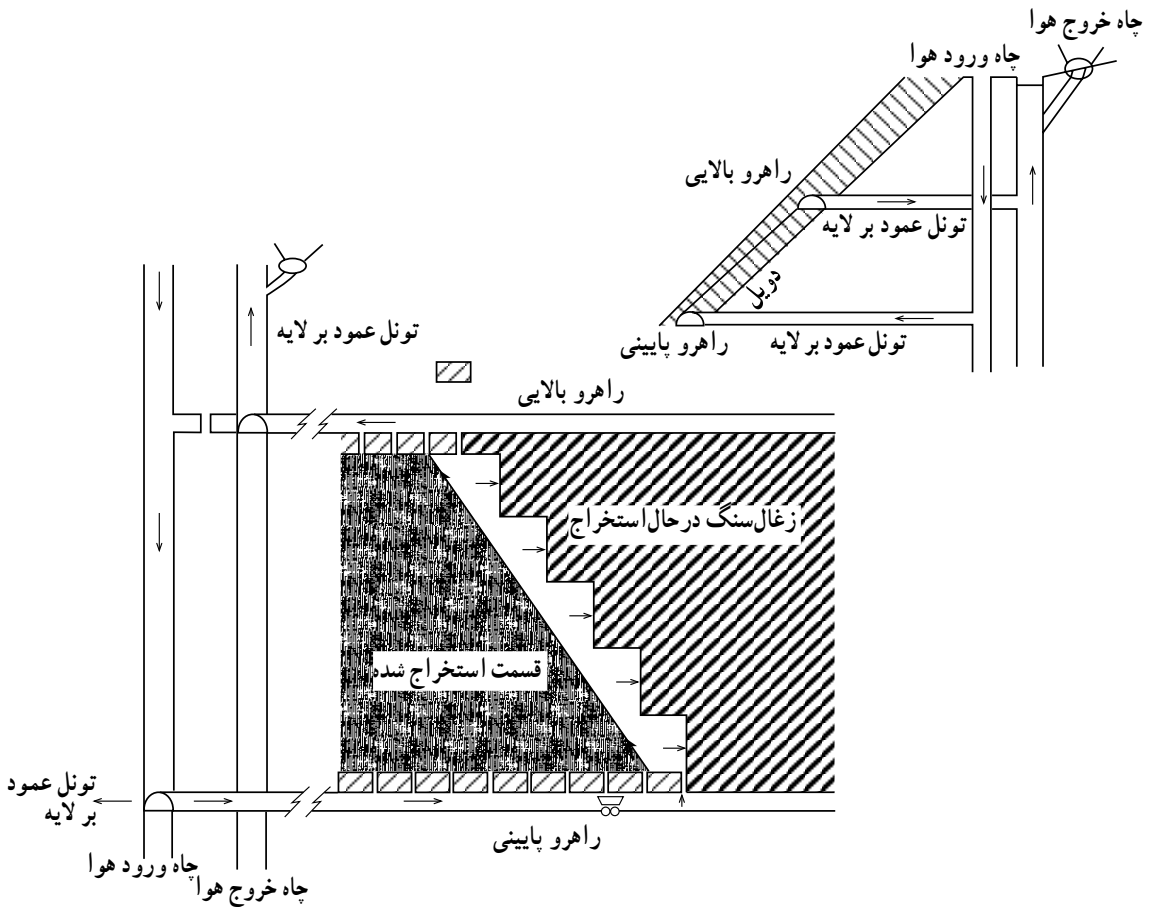
ب- استخراج لایه‌های شیب متوسط (با شیب‌های بین  $45^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ )

۱- روش استخراج کارگاه طویل با جبهه کار مورب: این روش جزء روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط، با شیب متوسط است و به علت شیبی که دارد، با انتخاب کارگاه مورب، شیب کارگاه را طوری می‌سازیم که بتوان در آن شیب به راحتی کارکرد و نحوه آماده‌سازی این روش کاملاً شبیه روش استخراج جبهه کار طویل است و فرق روش کارگاه طویل و جبهه کار طویل، فقط در نوع کارگاه می‌باشد.

در شکل ۷-۸ روش فوق در سه نمای مختلف نشان داده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، هوای تمیز، از یکی از تونل‌ها وارد می‌شود و پس از آن که به افق پایین‌تر رفت، از طریق دوپل‌های ارتباطی به داخل کارگاه رفته و در نهایت پس از تهویه کارگاه به افق دوم می‌رود و در افق دوم از طریق چاه خروج، از معدن خارج می‌شود. تهویه در این روش از نوع دهشی در نظر گرفته شده است. مزایا و معایب این روش مانند روش استخراج جبهه کار طویل است. محل استخراج شده در این روش را خاک‌ریزی کرده و جبهه خاک‌ریزی موازی جبهه کار کارگاه است.

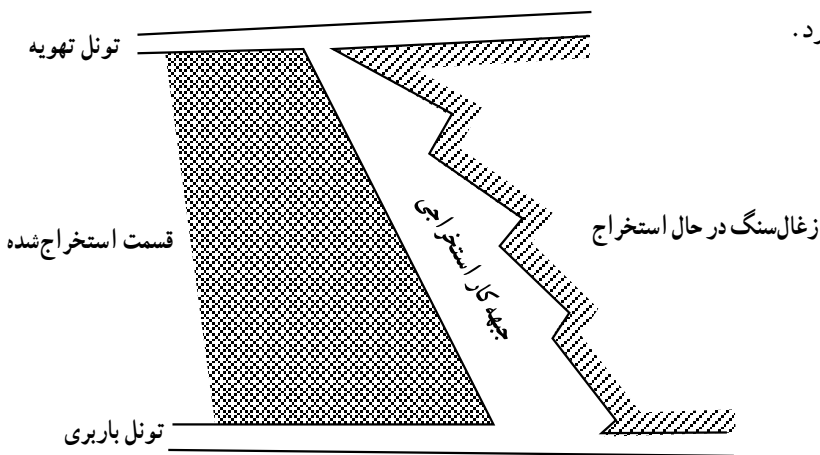


۲- روش پلکانی معکوس: این روش برای استخراج لایه‌های نازک و متوسط، با شیب متوسط استفاده شده و یکی از متداول‌ترین روش‌های استخراج زغال‌سنگ در ایران است و تقریباً در بیشتر معادن ایران که شرایط قرارگیری کانسار، از نظر شیب مناسب باشد، از این روش استفاده می‌شود. در این روش، جبهه کار مرکب از پله‌هایی است که هرگاه لبه‌های آن را با خطی فرضی به هم وصل کنیم، با امتداد لایه زاویه  $45^\circ$  تشکیل می‌دهد. با انتخاب پله‌های معکوس، تعداد سینه‌کارهای استخراجی افزایش می‌یابد و کارگران بیشتری می‌توانند در کارگاه استخراج، کار کنند؛ زیرا هر گروه کارگران یکی از پله‌ها را حفر و از پله فوقانی برای پناهگاه استفاده می‌کنند. پیش‌روی روزانه پله‌ها، بایستی مساوی با هم باشد و امتداد عمومی آن‌ها همواره ثابت باقی بماند. شکل ۸-۸ نحوه آماده‌سازی این روش استخراجی در دو نمای روبه‌رو و جانبی، نمایش داده شده است.



شکل ۸-۸ - روش استخراج پلکانی معکوس

۳- روش استخراج جبهه کار دندانۀ اره‌ای: این روش برای استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب متوسط می‌باشد و مشابه روش پلکانی معکوس است. فرق آن با روش پلکانی معکوس در این است که در روش دندانۀ اره‌ای پله‌ها به شکل دندانۀ اره بوده و پیش‌روی به صورت مایل و کمی به سمت پایین است. این روش، برای کار در لایه‌هایی که مشکل گاز متان دارند، روش مناسبی است؛ زیرا با توجه به شکل پله‌ها گوشه‌های بسته در کارگاه وجود نداشته و گاز در کارگاه انباشته نمی‌شود. بنابراین؛ عمل تهویه به راحتی انجام گرفته و از نظر ایمنی گازگرفتگی، مناسب است. برای کار در زغال‌های نرم که کمر بالای سستی دارند، می‌توان جبهه کار را به شکل دندانۀ اره‌ای آماده کرد. این روش در مقایسه با روش پلکانی معکوس، راندمان کمتری داشته و در عوض کارگر کمتری نیز نیاز دارد.



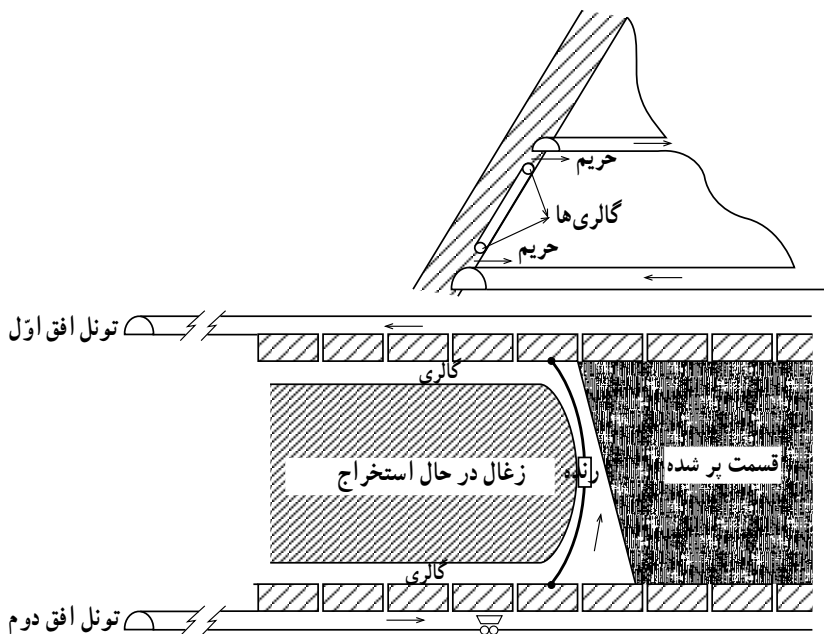
شکل ۹-۸- روش استخراج جبهه کار دندانۀ اره‌ای

۴- روش استخراج جبهه کار قوسی: این روش نیز یکی از روش‌های استخراج کانسارهای نازک و متوسط با شیب متوسط است و نحوه آماده‌سازی این روش، مشابه روش‌های استخراج کارگاه طویل و پلکانی معکوس می‌باشد. یعنی؛ با احداث تونل‌های امتدادی و یا دنباله‌رو در افق‌های بالا و پایین و تقسیم هر طبقه به قسمت‌های جداگانه، عملیات استخراجی هر قسمت را شروع می‌کنیم. چنانچه مشاهده می‌کنید؛ در این طریقه استخراج، جبهه کارگاه قوسی شکل است و با استفاده از رنده زغال از سینه کارها تراشیده و به پایین کارگاه ریخته می‌شود و معمولاً در لایه‌هایی که وضعیت شکستگی و جابه‌جایی کمتری داشته باشند، این روش کاربرد خوبی دارد.

برای شروع استخراج ابتدا یک دوپل از افق پایین به افق بالاتر زده می‌شود و داخل این دوپل با حفظ حریم (باقی گذاشتن لنگه) از افق‌های اول و دوم، داخل ماده معدنی گالری‌هایی زده می‌شود و

فاصله دو گالری با رنده استخراج می‌گردد. با انتخاب کارگاه قوسی، راندمان کار رنده به علت فشار، پشت رنده افزایش می‌یابد و رنده در حرکت بالا و پایین داخل کارگاه به طور مرتب، کار حفر زغال را انجام می‌دهد. به همین دلیل، رنده‌های مخصوصی که بتوانند عمل حفر را در بالا و پایین رفتن انجام دهند، ساخته شده است.

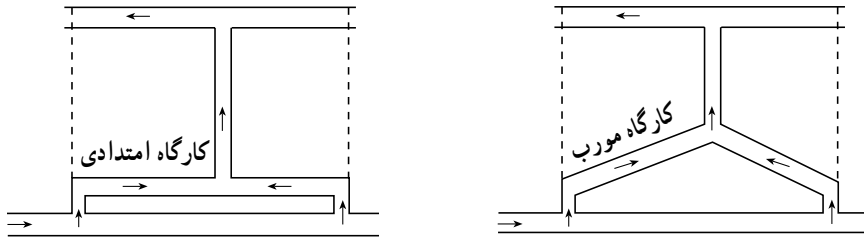
برای انتقال مواد حفر شده، چون شیب کارگاه مناسب است، فقط با نصب یک ناو ثابت می‌توان مواد حفر شده را از کارگاه خارج کرد و نگهداری کارگاه نیز مانند روش‌های دیگر این گروه در سینه کارها با پایه‌های چوبی یا فلزی صورت می‌گیرد و در فاصله ۲ تا ۴ متری از سینه کارها با جرزه‌های چوبی که پس از آن بایستی کارگاه را با مواد باطله پر کرد.



شکل ۱۰-۸- روش استخراج جبهه کار قوسی

### ج - استخراج لایه‌های پرشیب (با شیب بیش از ۴۵°)

۱- روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی: این روش استخراج، شباهت فراوانی با روش کندن و آکندن که در فصل استخراج کنسارهای فلزی شرح داده شد، دارد و در معادن زغال به این نام معروف است. این روش معمولاً به دو صورت اجرا می‌شود یکی با کارگاه امتدادی و دیگری با کارگاه مورب که در معادن زغال سنگ ایران این روش بیشتر به صورت کارگاه مورب انجام می‌شود. در شکل ۱۱-۸ این دو نوع کارگاه نشان داده شده است.



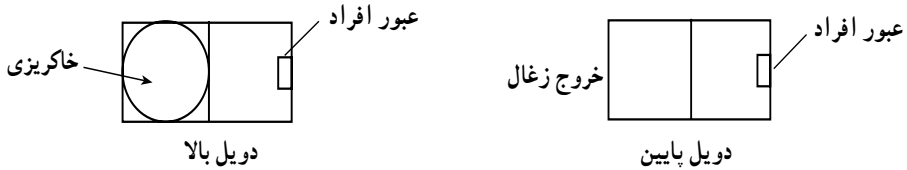
شکل ۱۱-۸- روش کارگاه بالارو و خاکریزی

نحوه استخراج در شکل کاملاً مشاهده می‌شود. این روش در معدن باب نیزوی کرمان انجام می‌گیرد و کارگاه آن از نوع مورب است.

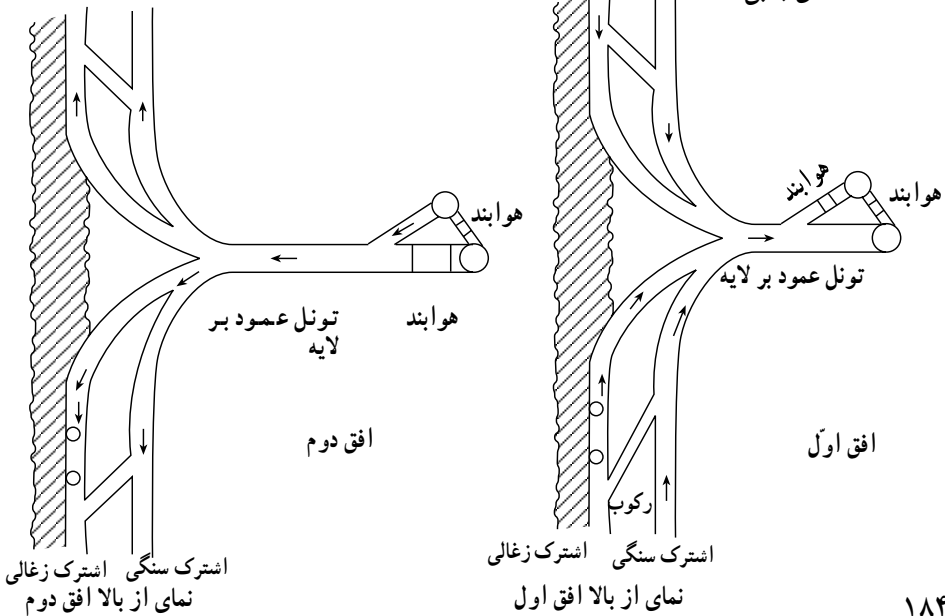
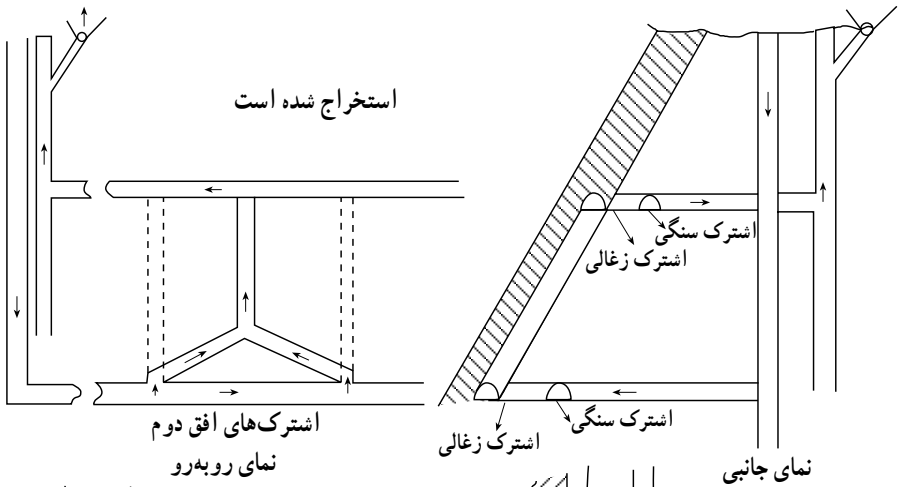
همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، برای آماده‌سازی کارگاه فرض شده که می‌خواهیم با چاه به ماده معدنی دسترسی پیدا کنیم و با حفر تونل‌های مختلف، خود را به ماده معدنی رسانده‌ایم. اگر میزان استخراج و تعداد کارگاه‌های فعال زیاد باشد، به جای یک تونل امتدادی یا دنباله‌رو، بایستی دو تونل در امتداد ماده معدنی حفر کرد که در معادن زغال به نام اشتراک معروف هستند. این اشتراک‌ها به موازات هم و در امتداد ماده معدنی حفر می‌شوند و اشتراک زغالی و سنگی نامیده می‌شوند و معمولاً در فاصله مشخصی از هم قرار گرفته‌اند که به عمق و مشخصات کمر پایین ماده معدنی بستگی دارد. اشتراک زغالی برای بازگشایی کارگاه‌ها و زیر ماده معدنی حفر می‌شود و اشتراک سنگی به حمل مواد استخراج شده در داخل کارگاه‌ها کمک می‌کند که همان تونل باربری است. برای انتقال بار از اشتراک زغالی به اشتراک سنگی معمولاً در هر ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر این دو اشتراک را با تونلی به نام رکوب به هم وصل می‌کنند که برای وصل کردن اشتراک سنگی به زغالی، بایستی جهت خروج بار در نظر گرفته شود؛ به طوری که جهت حرکت از اشتراک زغالی به اشتراک سنگی، در جهت خروج بار از معدن باشد.

همان‌طور که در شکل ۱۳-۸ مشاهده می‌شود، برای احداث کارگاه‌ها پس از حفر تونل‌های امتدادی بالا و پایین، بایستی از داخل اشتراک‌های زغالی دوپیل‌هایی در داخل ماده معدنی حفر شود و از افق دوم، دو دوپیل در داخل ماده معدنی به صورت مورب زده شده و هم‌زمان با حفر دوپیل‌های پایینی، یک دوپیل از بالا به پایین در داخل ماده معدنی به طرف پایین زده می‌شود و زمانی یک کارگاه کامل می‌شود که این سه دوپیل در یک نقطه یکدیگر را قطع کنند. محصول استخراج شده از طریق دوپیل‌هایی که از پایین زده می‌شود، به تونل پایینی کارگاه ریخته شده و سپس به خارج از معدن حمل می‌شود. هم‌زمان با استخراج ماده معدنی که از پایین به بالا می‌باشد، با ساخت دوپیل‌های چوبی در دو طرف کارگاه که داخل خاکریز احداث می‌شود، عمل تخلیه زغال استخراجی از کارگاه انجام می‌گیرد. دوپیل حفر شده بالایی نیز برای تهیه کارگاه و برکردن محل استخراج شده، به کار می‌رود و برای انتقال مواد استخراجی از درون کارگاه بهتر است از روش کارگاه مورب استفاده کرد که با نصب ناوهای

ثابت با هزینه بسیار کم مواد استخراجی از درون کارگاه در اثر وزن خود خارج می‌شوند. مقاطع هر یک از دوپل‌های خاکریزی و یا زغالی احداث شده در کارگاه، به دو بخش مجزا تقسیم می‌شوند که از هر قسمت آن استفاده خاصی می‌شود. مثلاً از یکی از قسمت‌ها خاکریزی می‌شود و از قسمت دیگر برای تهویه و انتقال کارگران استفاده می‌شود. شکل آن در زیر نمایش داده شده است.

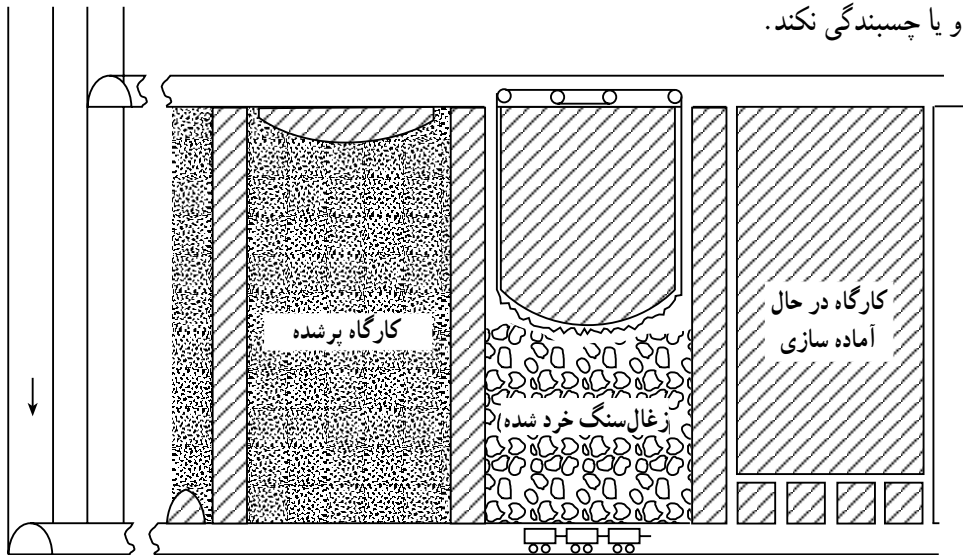


شکل ۱۲-۸- جدا کردن دوپل‌های خاکریز و زغال‌ریز



شکل ۱۳-۸- روش استخراج کارگاه بالارو و خاکریزی

۲- روش استخراج اره: این روش استخراج نیز مانند روش استخراج بالارو و خاکریزی، یکی از روش‌های استخراج لایه‌های نازک و متوسط با شیب فراوان است و دست‌رسی به ماده معدنی در این روش نیز کاملاً مشابه روش بالارو و خاکریزی است. برای آماده‌سازی کارگاه ابتدا تعدادی دوپل سرتاسری از افق پایین‌تر به افق بالا زده می‌شود و با حفظ حریم مناسب، از پایین به بالا با یک زنجیر که دارای دندانه‌های برنده است، زغال استخراج می‌شود در شروع کار دو سر زنجیر را از دو دوپل مجاور عبور می‌دهند و آن‌را به دور دو استوانه جرتقیل که در افق بالاتر قرار گرفته است، می‌پیچانند. با گردش متناوب این استوانه‌ها، زنجیر مانند اره، زغال را حفر می‌کند. زغال کنده شده به پایین کارگاه و از آن‌جا به داخل تونل باربری می‌ریزد. فاصله دوپل‌های حفر شده به عمق و مقاومت کانسار و کمر بالا و کمر پایین زغال بستگی دارد. برای خروج ماده معدنی پایین کارگاه را به شکل قیف درمی‌آورند، همان‌گونه که در روش انبارهای برای استخراج کانسارهای فلزی شرح داده شد. بایستی توجه داشت که برای استخراج زغال از قیف، کانسار باید شرایط ویژه‌ای داشته باشد و ایجاد خودسوزی و یا چسبندگی نکند.



شکل ۱۴-۸- روش استخراج اره

## دوم - روش‌های استخراج لایه‌های ضخیم

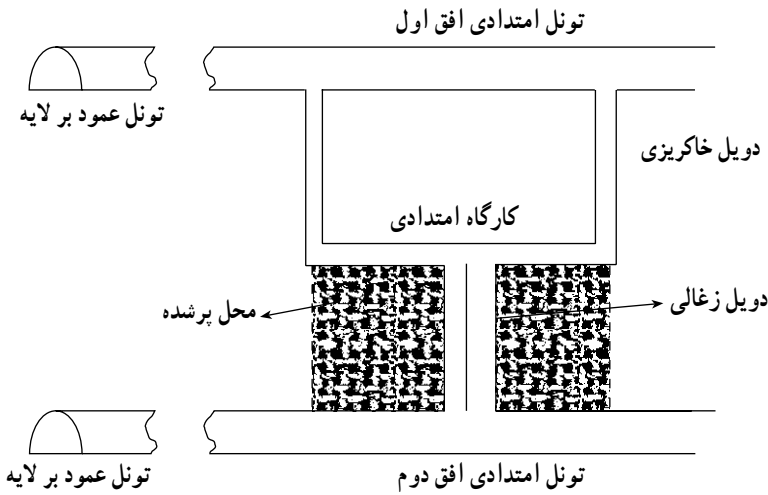
### الف - استخراج بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه

۱- روش استخراج با حفر نوارهایی از زغال: این روش برای استخراج لایه‌های ضخیم بدون تقسیم لایه به برش‌های جداگانه است و به سه شکل مختلف نوارهای امتدادی، شیبی و نوارهای

مایل انجام می‌شود که به شرح زیر است :

### ۱-۱- روش استخراج نوارهای امتدادی: در این روش، جبهه کار کارگاه در امتداد

لایه است و در هر مرتبه پیش‌روی یک نوار افقی از کانسار استخراج می‌شود. این روش، مانند روش استخراج کردن و آکندن است و بایستی پس از استخراج هر نوار، محل استخراج شده را پر کرد. نحوه آماده‌سازی و استخراج در کارگاه مشابه روش کردن و آکندن است؛ به طوری که باید حتماً در افق‌های مختلف تونل‌های امتدادی حفر و آن‌گاه دویل‌های مورد نظر زده شود و سپس، استخراج انجام گیرد.



شکل ۱۵-۸- روش استخراج نوارهای امتدادی

### ۱-۲- روش استخراج نوارهای شیبی: در این روش، به علت ضخیم بودن لایه، بایستی

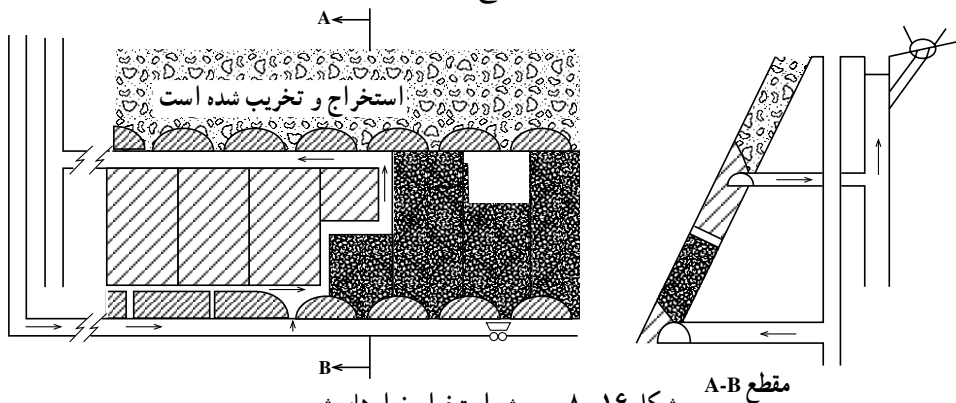
ارتفاع قطعه‌ها را کم در نظر گرفت، یعنی؛ فاصله افق‌ها کمتر از روش معمولی است (کمتر از حدود ۱۰۰ متر) آن‌گاه کانسار را به نوارهای شیبی تقسیم می‌کنند که هر نوار به طور مجزا از پایین به بالا استخراج می‌شود. روش استخراج هر نوار کاملاً مشابه روش انبارهای است. در این صورت، با حفر تونل‌های امتدادی در افق‌های بالا و پایین و حفر دویل‌های ارتباطی، بین افق‌ها و همچنین، ساخت قیف‌های تخلیه در افق پایین، شرایط برای استخراج مهیا می‌شود. آن‌گاه با استخراج ماده معدنی، آن قسمت از مواد استخراجی که به علت اضافه حجم به وجود می‌آید، تخلیه شده و مابقی برای تخلیه نهایی در کارگاه باقی گذاشته می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۱۶-۸ مشاهده می‌شود، در صورتی که در افق بالا کلمه کارگاه‌ها

استخراج شده باشد، می‌توان از افق پایینی برای استخراج فاصله افق اول و دوم استفاده کرد. البته

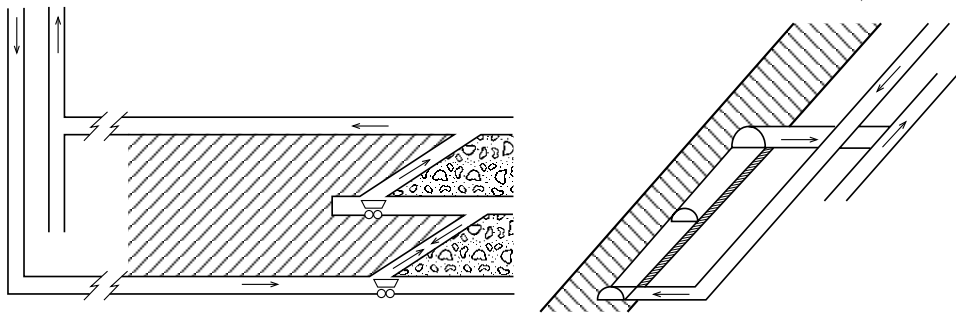


باید بدانیم که در معادن عموماً چند افق در حال کار هم‌زمان با هم وجود دارند و باید کارگاه‌های افق‌های بالاتر قبل از کارگاه‌های پایین‌تر استخراج شده باشند.



شکل ۱۶-۸- روش استخراج نوارهای شیبی

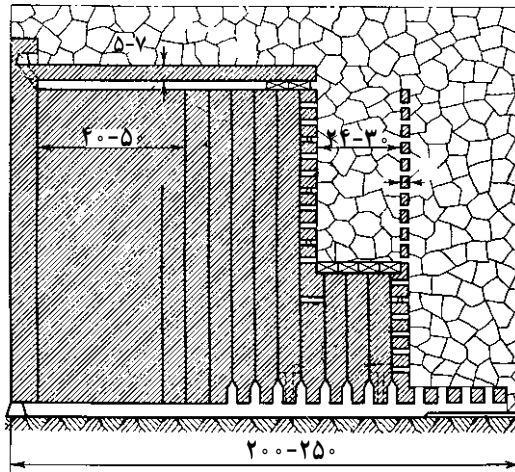
۳-۱- روش حفر نوارهای مایل: در این روش که برای استخراج لایه‌های ضخیم و بدون تقسیم لایه، به برش‌های جداگانه صورت می‌گیرد، با انتخاب کارگاه مایل، شیب مناسبی برای استخراج لایه به وجود می‌آوریم. ابتدا، قطعه معدن را به طبقات فرعی تقسیم کرده و هر یک از طبقات فرعی را توسط نوارهایی که نسبت به امتداد لایه مایل است، استخراج می‌کنند و مواد استخراجی از طبقات فرعی به پایین‌ترین افق و در نهایت به تونل باربری انتقال می‌یابند. پس از استخراج ماده معدنی عمل پرکردن هم صورت می‌گیرد.



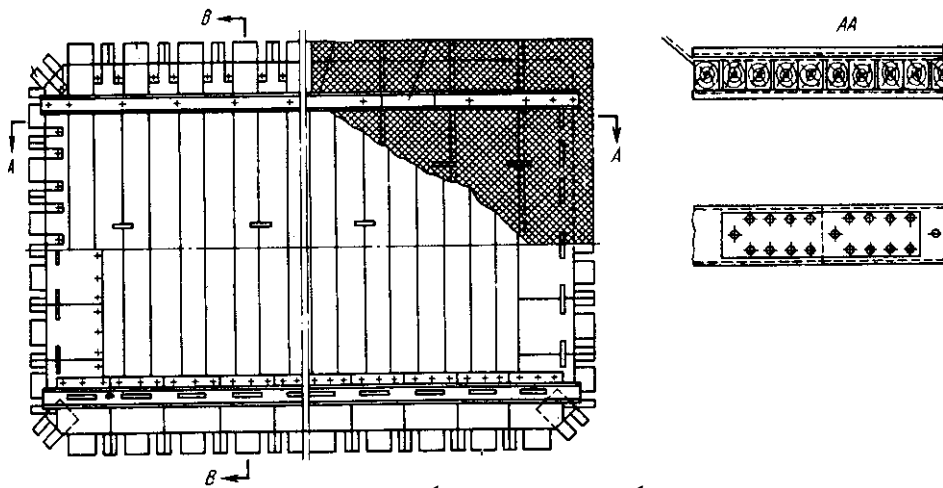
شکل ۱۷-۸- روش حفر نوارهای مایل

۲- روش استخراج سپر محافظ: نحوه استخراج در این روش، این است که پس از دست‌رسی به زغال با حفر تونل‌های امتدادی در افق‌های اول و دوم به فاصله بین ۸ تا ۱۰ متر از پایین به بالا، دوپل‌هایی حفر می‌شود و روش استخراج از بالا به پایین است در این روش، نوارهای استخراجی یک‌جا استخراج می‌شوند. برای حفاظت کارگران از ریزش سنگ‌ها، داخل کارگاه استخراج سپر محافظی از

جنس قطعات فولادی در بالای محل کار احداث می‌شود. توسط تیرهای آهنی و الوارهای چوبی و قطعات نبشی سپرهای مقاوم و محافظ در انتهای دویل‌ها ساخته می‌شود و اگر ضخامت لایه بیش از  $10^\circ$  متر باشد دو سپر در مجاور هم استفاده می‌شود؛ به طوری که سراسر ضخامت لایه پوشیده شود. برای بالابردن ایمنی کار معمولاً هر  $24$  تا  $30$  متر پایه‌هایی از زغال که ابعاد آن‌ها  $2 \times 2$  متر است، در دو طرف هر برش به جا می‌ماند و استخراج زغال از زیر سپر شروع می‌شود و به تدریج که زیر سپر استخراج شد، با کشیدن وسایل نگه‌داری زیر آن، سقف ریزش کرده و این عمل تا آخرین مرحله انجام می‌شود. در این روش بیشتر تیرهای چوبی و آهنی و نبشی‌ها بازیافت می‌شوند و مقداری از آن نیز از بین می‌رود.



شکل ۱۸-۸- روش استخراج سپر محافظ

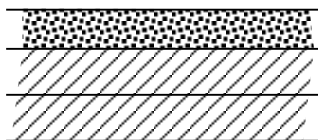


شکل ۱۹-۸- ساختمان یک سپر (منفرد)

## ب - روش های استخراج با تقسیم لایه به برش های جداگانه

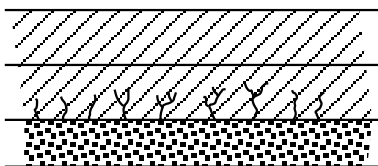
۱- روش برش های مایل: در این روش، لایه ضخیم ماده معدنی را به چند برش با ضخامت متوسط تقسیم کرده و هر برش را به طور مجزا استخراج می کنند. برای استخراج برش ها هم می توان از بالا به پایین و هم از پایین به بالا این عمل را انجام داد. همچنین اگر در داخل لایه ماده معدنی یک یا چند لایه باطله وجود داشته باشد، می توان اندازه برش ها را به میزان این لایه ها انتخاب کرد. حال به شرح هر یک از این روش ها می پردازیم:

۱-۱- برش های مایل از بالا به پایین: همان طور که از نام آن پیداست، استخراج برش های مایل در این روش، از بالا به پایین انجام می شود. در لایه هایی که کمر بالای آن ها سست باشد، می توان پس از استخراج برش ها سقف را تخریب کرد و در لایه هایی که کمر بالای مقاوم تری دارند، محل استخراج را می توان پر کرد. تونل های اصلی باربری معمولاً در بخش زیرین لایه و در کمر پایین یا نزدیک آن حفر می شوند. در هر برش، راهروهای افقی مربوط به آن برش جداگانه حفر شده و با عمود بر لایه های کوتاه که در داخل لایه قرار دارند، به دوپل های باربری در پایین ترین قسمت لایه اتصال پیدا می کنند. برای تأمین ایمنی لازم در حین کار و همچنین، برای عدم تداخل سنگ سقف با زغال برش های پایینی کف کارگاه را تخته بندی کرده یا از توری سیمی استفاده می کنند.

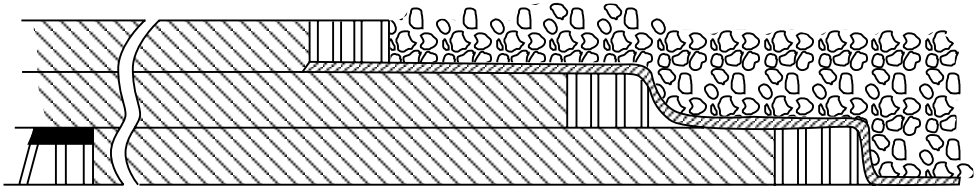


شکل ۲۰-۸- استخراج به روش برش های مایل از بالا به پایین

۱-۲- برش های مایل از پایین به بالا: در صورتی که لایه، شیب دار باشد، از این روش می توان استفاده کرد. تونل باربری در روی کمر پایین قرار می گیرد ولی اگر فشار طبقات فراوان باشد، در داخل کمر پایین و زیر زغال حفر می شود. معمولاً ضخامت برش های پایینی، بیشتر از برش های بالاتر انتخاب می شود. پس از استخراج هر برش، محل استخراج شده کاملاً پر می شود و فقط برش آخر را می توان تخریب کرد. همچنین؛ جبهه کار برش تحتانی همیشه تا حدی جلوتر از جبهه کار برش فوقانی است.



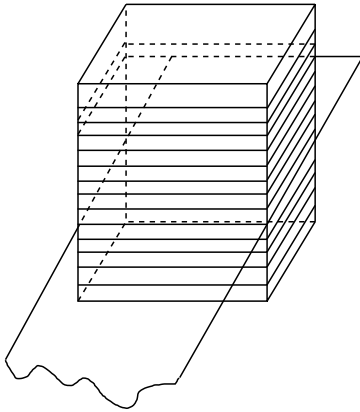
شکل ۲۱-۸- استخراج به روش برش های مایل از پایین به بالا



شکل ۲۲-۸- استخراج سه برش هم‌زمان با هم

## ۲- روش برش‌های افقی: معمولاً در

لایه‌هایی که ضخامت آن‌ها بیش از ۸ تا ۹ متر بوده و شیب بالای  $40^\circ$  دارند، از این روش می‌توان استفاده کرد. در یک طبقه کار استخراج برش‌ها می‌تواند رو به پایین و یا روبه بالا انجام گیرد. باید بدانیم این روش را می‌توان در شیب‌ها و ضخامت‌های کمتر نیز انجام داد. در این روش، عرض جبهه کار محدود به ضخامت افقی لایه و طول آن مساوی طول قطعه است. حال به شرح هر

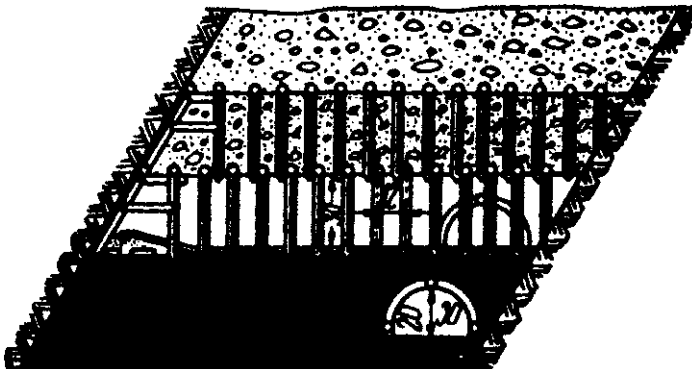


شکل ۲۳-۸- روش برش‌های افقی

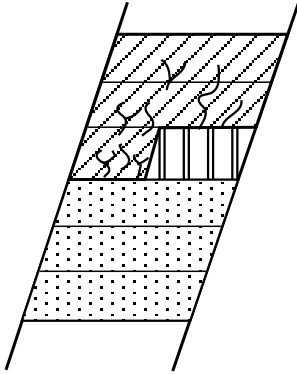
یک از این دو روش می‌پردازیم:

### ۲-۱- برش‌های افقی از بالا به پایین: در این روش، طبقه کار به طبقات فرعی تقسیم

نمی‌شود و جبهه کار استخراجی در جهت امتدادی و یا عمود بر امتداد لایه است. اگر جبهه کار در جهت امتدادی باشد، از کمر پایین به کمر بالا پیش‌روی می‌کند و اگر جبهه کار عمود بر امتداد لایه باشد، از مرزهای قطعه به طرف مرکز پیش‌روی کرده و پس از تکمیل یک برش، برش بعدی پایین آن انجام می‌شود. در این روش نیز برای نگهداری وزن مواد پرکننده در بالای سر، از چوب و تخته‌بندی و یا قراردادن توری سیمی در کف کارگاه استفاده می‌شود.



شکل ۲۴-۸- روش استخراج برش‌های افقی از بالا به پایین

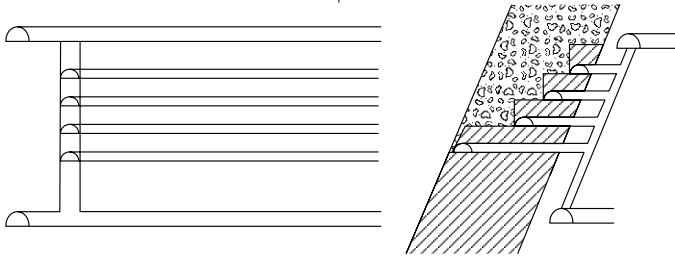


شکل ۲۵-۸- روش استخراج برش‌های افقی از پایین به بالا

## ۲-۲- برش‌های افقی از پایین به بالا:

این روش، استخراج به طرف بالا بوده و کارگاه با کرسی چینی تخته‌بندی می‌شود و جهت پیش‌روی استخراج از کمر پایین به طرف کمر بالا است. پس از استخراج دو برش و هنگام شروع استخراج برش سوم، برش اول را برمی‌کنند. به علت ضخامت بسیار لایه، چون تراکم مواد پرکننده به هیچ وجه به اندازه تراکم ماده معدنی برجا نیست، فشار زیاد طبقات فوقانی کمر بالا باعث نشست فراوانی

شده و فشار فوق‌العاده‌ای به ماده معدنی بالای جبهه کار که هنوز استخراج نشده، وارد می‌آورد و سبب ایجاد شکستگی در لایه می‌شود که این شکستگی‌ها، عمل استخراج را دشوار و خطرناک می‌کند. به طور کلی، این روش به علت مشکلات فراوان، کم‌تر از روش پایین‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲۶-۸- برش‌های افقی از پایین به بالا

## سوم - سایر روش‌های استخراج

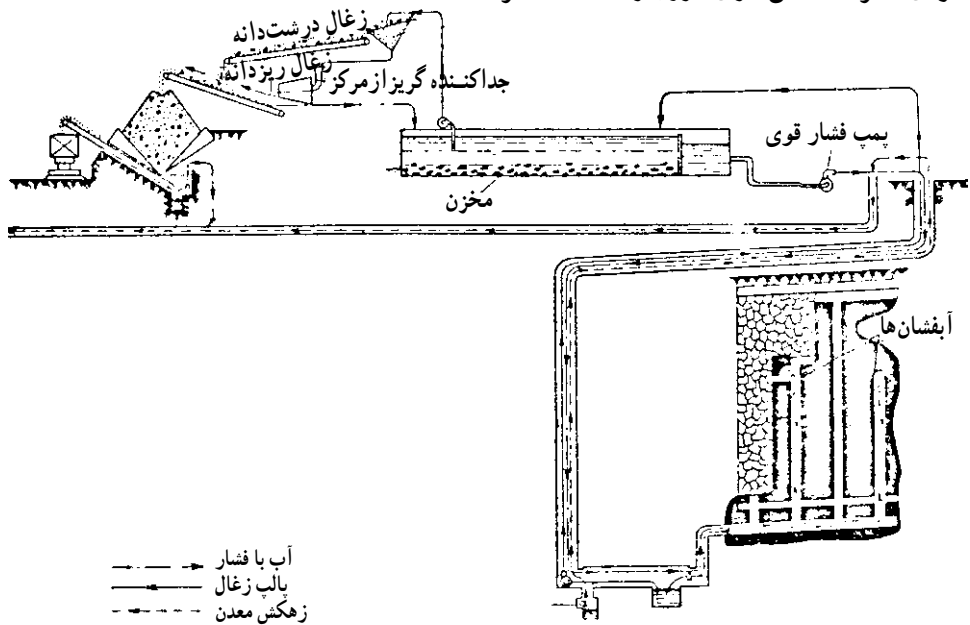
**الف - استخراج به وسیله فشار آب (استخراج هیدرولیکی):** یکی از روش‌هایی که امروزه در بعضی از معادن زغال‌سنگ دنیا متداول شده است. استخراج آن با استفاده از فشار آب می‌باشد. برای استخراج به این روش همانند آنچه در استخراج سنگ‌های تزئینی و نماگفته شد، دستگاه‌های آبفشان مخصوصی به کار برده می‌شود که دارای نازل‌هایی بوده و آب را با فشار به سینه کار استخراجی روانه می‌کند. برای شروع به کار استخراج، بعد از دست‌رسی به ماده معدنی و آماده‌سازی کارگاه استخراج به یکی از صورت‌هایی که قبلاً هم توضیح داده شده، دستگاه آبفشان و پمپ‌های آن در یک محل مخصوص و مناسب در سطح زمین قرار گرفته و به کمک شیلنگ‌های مخصوص نازل‌ها که به نام مونتور<sup>۱</sup> معروف است در فاصله معین از جبهه کار نصب می‌گردند. با روشن شدن پمپ‌ها آب با فشار به جبهه کار برخورد کرده و باعث کنده‌شدن زغال می‌شود. مخلوط آب و زغال کنده شده<sup>۲</sup> از داخل کارگاه

۱- joint یا monitor

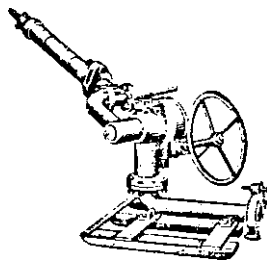
۲- Pulp

استخراج به تونل باربری پایین کارگاه هدایت شده و از آنجا توسط کانال‌ها یا جوی‌هایی که عمدتاً از چوب ساخته شده‌اند، به مخزن ته چاه انتقال می‌یابد. سپس از طریق لوله به سطح زمین پمپاژ می‌شود. اگر زغال استخراجی نیاز به فرآوری داشته باشد، در این صورت مخلوط آب و زغال کنده شده مستقیماً به کارخانه منتقل شده و در آنجا آب موجود در زغال تصفیه می‌شود. اگر هم نیاز به تغلیظ نباشد آب و زغال به طور ساده وارد حوضچه‌های ته نشینی شده و صاف می‌شوند. در هر حال آب جدا شده از زغال استخراجی مجدداً وارد سیکل استخراج می‌گردد.

در این روش می‌توان قبل از شروع به استخراج و به منظور شل کردن لایه‌های زغال از تزریق هوای فشرده یا آتش کاری درون زغال کمک گرفت.

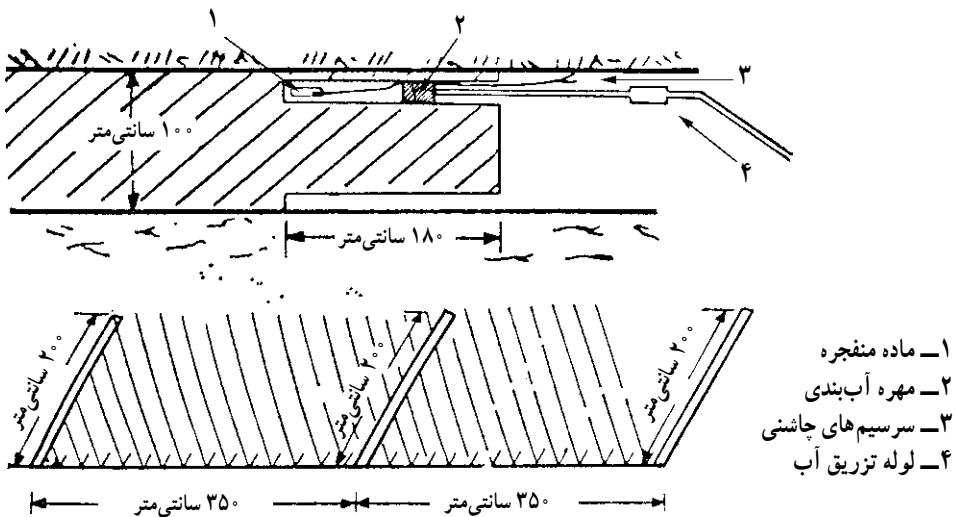


شکل ۲۷-۸- روش استخراج هیدرولیکی زغال

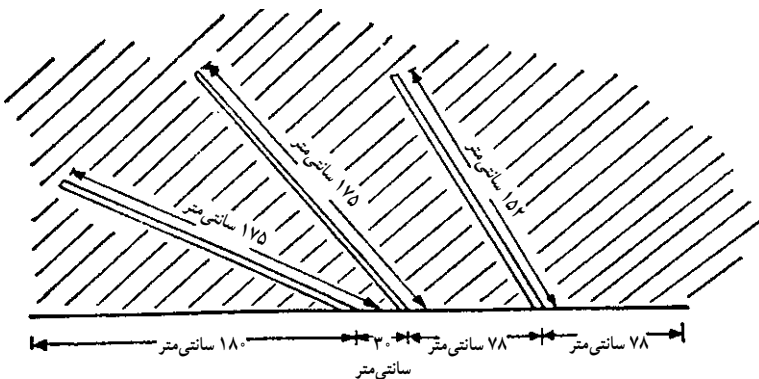


شکل ۲۸-۸- دستگاه تزریق آب (مونیتور)

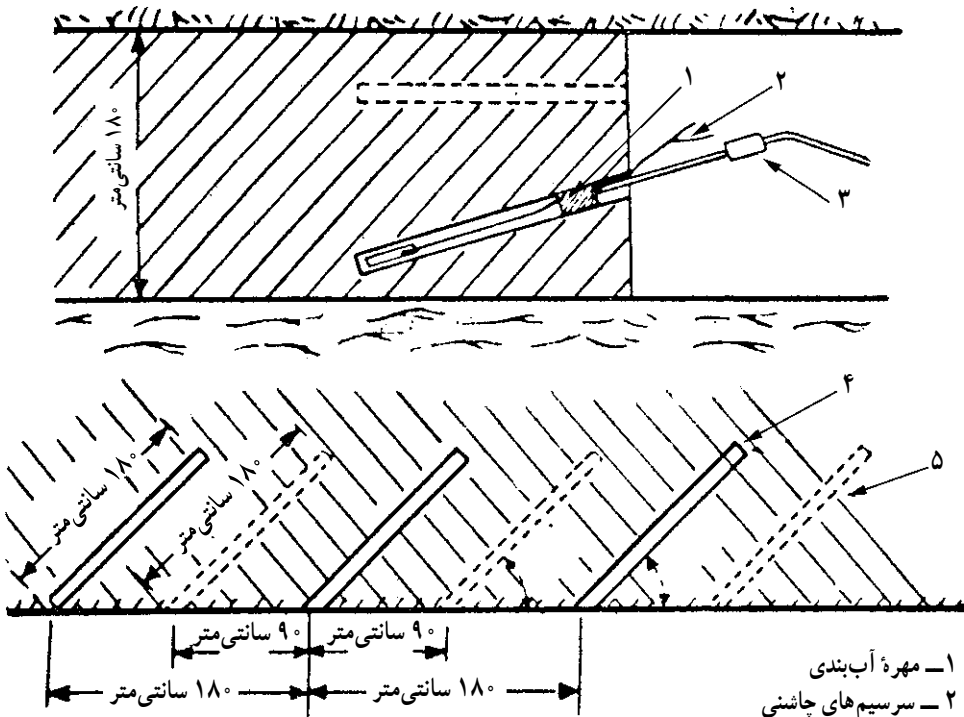
ب- استخراج زغال به کمک آتش کاری و تزریق آب: روش استخراج آتش کاری با تزریق آب در اکثر لایه های زغالی قابل اجرا بوده و با وجود توسعه روش های مکانیکی همواره مورد توجه معدنکاران قرار داشته است. در این روش علاوه بر مواد منفجره داخل چال ها، آب، تحت فشار ۲۳-۱۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به چال وارد شده و دهانه آن مسدود می گردد. به کمک این روش تا حدود بسیار زیادی می توان از تولید گرد و غبار در هنگام آتش کاری جلوگیری کرده و همچنین از خطر آتش گیری و انفجار در محیط های گازدار کانسار کاسته می شود.



شکل ۲۹-۸- روش آتش کاری با برش زیرین (برش و مقطع عمودی)



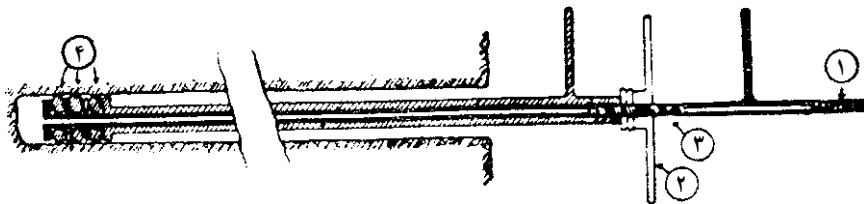
شکل ۳۰-۸- استفاده از چال های مورب برای تزریق آب و آتش کاری



- ۱- مهرة آب بندی
- ۲- سرسیم های چائینی
- ۳- لوله تزریق آب
- ۴- چال های تحتانی
- ۵- چال های فوقانی

شکل ۳۱-۸- آتش کاری زغال در جا (برش و مقطع عمودی)

همان گونه که مطرح شد، علاوه بر کاهش گرد و غبار که بر اثر تزریق آب حاصل می شود، درزه و شکاف موجود در لایه های زغال که ممکن است دارای گاز متان باشند، پر از آب شده و در این صورت خطر انفجار نیز کاهش می یابد. میزان گرد و غبار ناشی از انفجار این قبیل چال ها هم به علت وجود آب و مقدار کم ماده منفجره، معمولاً خیلی کمتر از مواقعی است که در روش های معمولی آتش کاری دیده می شود.



- ۱- لوله ورود آب
- ۲- دسته مخصوص آب بندی چال
- ۳- پیچ جوش داده شده
- ۴- حلقه های لاستیکی آب بندی

شکل ۳۲-۸- لوله تزریق آب



ج - استخراج زغال از طریق تبدیل آن به گاز: این روش هنوز به طور کامل توجیه فنی و اقتصادی نداشته و بیشتر برای آزمایش‌های اولیه در معادن مورد استفاده قرار می‌گیرد. استخراج زغال در این حالت از طریق سوزاندن و تبدیل آن به گاز انجام می‌شود. بدین ترتیب که ابتدا دو چاه قائم یا مایل در دو انتهای ناحیه مورد نظر حفر شده و این دو چاه توسط یک تونل دنبال لایه به یکدیگر مرتبط می‌گردد. زغال موجود در راهرو به طرق مختلف آتش زده شده و سوزانده می‌شود. سپس از یک چاه هوا را وارد جبهه کار کرده و از چاه دیگر گاز حاصل از سوختن را بیرون می‌کشند. در واقع در این روش از گاز بدست آمده در اثر سوختن زغال استفاده می‌برند.

امروزه برای کاهش هزینه‌ها به جای حفر چاه و تونل از حفر گمانه توسط دستگاه‌های گمانه‌زنی استفاده می‌کنند. در این حالت هم هوا از یک گمانه وارد شده و از گمانه دیگر گاز بیرون می‌آید.

## خودآزمایی

- ۱- خواص مهم زغال سنگ چیست؟ در مورد هر یک توضیح دهید.
- ۲- عوامل مؤثر در روش استخراج کانسارهای رسوبی چیست؟
- ۳- نحوه آماده‌سازی کارگاه استخراج چگونه انجام می‌شود؟
- ۴- مهم‌ترین روش‌های استخراج کانسارهای رسوبی و زغال چیست؟
- ۵- در استخراج به روش جبهه‌کار طولی چه مواردی را باید رعایت نمود؟
- ۶- روش استخراج اتاق و پایه در کانسارهای رسوبی چگونه صورت می‌گیرد؟
- ۷- استخراج دندان‌اره‌ای چگونه صورت می‌گیرد؟
- ۸- در استخراج نوارهای امتدادی و شیبی چه مواردی باید رعایت شود؟
- ۹- نحوه استخراج به روش برش‌های مایل چگونه است؟
- ۱۰- استخراج با استفاده از فشار آب در زغال چگونه انجام می‌شود؟
- ۱۱- در چه مواردی برای استخراج زغال آن را به گاز تبدیل می‌کنند؟