

# بخش اول

## مبانی معدنکاری

معدنکاری، صنعت پیچیده‌ای است که بر مبنای بسیاری از رشته‌های صنعتی دیگر بنا شده است و بنابراین مطالعه در مورد چنین صنعتی، مشکلات خاص خود را دارد. مشکل اصلی در این زمینه آن است که معدنکاری، صنعت آشنایی نیست و کمتر کسی است که با جزییات آن آشنا باشد، حال آنکه در مورد صنایع دیگر این چنین نیست و مثلاً در مورد رشته عمران، اکثر افراد با سازه‌های صنعتی آشنا هستند و آنها را دیده‌اند. از آنجا که این کتاب، اولین کتاب در زمینه آموزش صنعت معدنکاری برای هنرجویان هنرستانی در روش سالی واحدی است لذا قبل از آنکه به تشریح مراحل تخصصی پردازیم، لازم است که تا حدودی با صنعت معدن و مراحل آن آشنا شویم. به همین خاطر، در ابتدای کتاب حاضر به شرح مبانی معدنکاری پرداخته‌ایم تا خواننده، ابتدا یک دید کلی راجع به صنعت معدن به دست آورد و برای مطالعه مطالب تخصصی آماده شود. بدیهی است، آنچه در این بخش به اختصار آمده، در بخشهای دیگر این کتاب و سایر کتابهای تخصصی رشته، به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. مباحث عملی این درس در کارگاههای معدن به‌طور جداگانه آموزش داده خواهد شد و تکنولوژی آن در درس مربوط به‌صورت کتاب درسی مستقل ارائه می‌شود.

## آشنایی با صنعت معدنکاری

### ۱-۱- آشنایی

معدنکاری<sup>۱</sup> و کشاورزی، صنایع پایه کشورها است. کشاورزی مواد اولیه خوراکی، پوشاکی و تا حدودی بعضی مصالح ساختمانی را تأمین می‌کند ولی به کمک معدنکاری، مواد اولیه موردنیاز صنایع مختلف تأمین می‌شود.

مواد اساسی ساختمان سازی نظیر سنگهای طبیعی، ماسه، رس و مواد اولیه سیمان، با فعالیت‌های معدنی تأمین می‌شود. تهیه تمام سوخت‌ها مثل گاز طبیعی، نفت و زغال سنگ، زمینه دیگری از فعالیت‌های معدنی است. به عنوان نمونه دیگری از کارهای معدنی، می‌توان از استخراج گوگرد، زغال سنگ، مواد دیرگداز، طلا، نقره، مس، سرب، روی، آهن و آلومینیوم، که اهمیت آنها در صنایع بر کسی پوشیده نیست، نام برد.

### ۱-۲- معدن چیست؟

شاید کمتر کسی بتواند معدن را به درستی تعریف کند. در بسیاری موارد در رسانه‌های گروهی می‌خوانیم و یا می‌شنویم که مثلاً «یک معدن بزرگ مس کشف شد». واضح است که چنین مطلبی صحیح نیست، زیرا اگر به محلی معدن گفته می‌شود، بایستی سالها پیش کشف شده باشد. به طور کلی برای اینکه یک استعداد بالقوه موجود در طبیعت که به آن کانسار<sup>۲</sup> می‌گوییم به یک معدن تبدیل شود، فعالیت‌های زیادی باید انجام گیرد. در واقع آنچه که به کمک عملیات بی‌جویی و اکتشاف به اصطلاح کشف می‌شود، کانسار است نه معدن. پس از بی‌جویی و اکتشاف کانسار و آگاهی از اینکه کانسار در شرایط فنی و اقتصادی موجود قابل بهره‌برداری است، بایستی معدن طراحی شود. یعنی اینکه ابتدا مشخص شود بهترین راه دستیابی به ماده معدنی چیست. پس از طراحی و انجام حفاریات آماده سازی و احداث شبکه معدن، که معمولاً چندین سال طول می‌کشد، آنگاه می‌توان محل موردنظر را معدن نامید.

۱- Mining

۲- Mineral deposit

### ۱-۳- سوابق تاریخی معدنکاری

معدنکاری یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌هایی است که توسط بشر اولیه انجام گرفته است. از جمله کارهای معدنی قدیمی می‌توان جداکردن طلا از شن‌های رودخانه، استخراج و ذوب کانیهای مس و استفاده از قیر طبیعی را نام برد. اولین کارهای معدنی به صورت تراشه و حفره‌های روباز بوده است. بعدها، بشر روش‌های زیرزمینی را برای استخراج کانسنگ‌های فلزی به کار برد و تا اعماق ۱۵ تا ۲۰ متری در داخل زمین فرورفت. ابزاری که برای این حفاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت، کلنگ‌هایی بود که با استفاده از سنگهای آتش‌زنه ساخته می‌شد. براساس اطلاعات موجود، اولین فعالیت‌های معدنی توسط مصریان برای استخراج فیروزه در شبه‌جزیره سینا در حدود ۳۴۰۰ سال قبل از میلاد انجام شده است.

تحقیقات تاریخی نشان داده است که در حدود ۳۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، نقره توسط بابلی‌ها استخراج می‌شده و به عنوان واحد پول به کار می‌رفته است. در زمانهای قدیم قسمت عمده طلا از جنوب سودان استخراج می‌شده است. برای استخراج طلا، چاههای کوچکی حفر و سپس مخلوط طلا و شن به وسیله سینی‌های چدنی و به روش شستشو از هم جدا می‌شده است. به نظر می‌رسد که کار استخراج معادن طلا از حدود ۴۰۰۰ سال قبل، در این منطقه آغاز شده باشد.

اولین آهنی که در صنعت به کار رفته، از نوع سنگهای آسمانی بوده و با توجه به نادر بودن این سنگها، احتمالاً قیمت آهن اولیه از طلا نیز گرانتر بوده است.

فن استخراج آبهای زیرزمینی به وسیله قنوات را می‌توان جزو اولین کارهای معدنکاری در نظر گرفت که مبتکر آن، ایرانیان بوده‌اند. با توجه به آنکه طول این قنات‌ها در بعضی از نواحی ایران مرکزی به حدود ۶۰ کیلومتر می‌رسد، اهمیت این فن، بیشتر مشخص می‌شود.

در بسیاری از معادن فعلی ایران، آثار معدنکاری قدیمی دیده می‌شود که آنها را کارهای شدادی می‌خوانند. از جمله این معادن می‌توان معادن سرب و روی نخلک (حوالی انارک)، معدن سرب آهنگران (حوالی ملایر)، معدن مس عباس‌آباد (از توابع شاهرود)، معدن سرب و روی ایران کوه (نزدیکی اصفهان) و معدن سرب و روی نمار (حوالی ده نمار از توابع بلده) را نام برد.

با اکتشاف معادن طلا در کالیفرنیا (۱۸۴۸ میلادی)، آفریقای جنوبی (۱۸۷۵ میلادی)، استرالیا (۱۸۸۲ میلادی) و کانادا (۱۸۹۶ میلادی)، صنعت معدن قدم‌های بزرگی در راه تکامل برداشت، به طوری که امروزه در تمام زمینه‌ها، از اکتشاف گرفته تا لوازم و وسایل استخراج و کارخانجات کانه‌آرایی، یکی از مدرن‌ترین صنایع به‌شمار می‌آید.

## ۱-۴- اهمیت صنایع معدنی

اهمیت منابع معدنی چه در زمان صلح و چه در زمان جنگ بر کسی پوشیده نیست. درحقیقت می توان گفت کشورهای از نظر صنعتی موفقیت یافته اند که یا خود دارای منابع معدنی مهم بوده اند و یا به آسانی از منابع معدنی سایر کشورها، بهره برداری کرده اند. در بین منابع معدنی، سوخت ها و آهن در درجه اول اهمیت قرار دارند و در مرحله بعد مس، سرب و روی قرار می گیرند. موادی نظیر فسفاتها، پتاس، نیترات و گوگرد نیز برای صنایع شیمیایی اهمیت بسیار دارند. طلا و نقره گرچه با ارزش هستند ولی از نظر پایه گذاری صنایع اصلی، نقش چندانی ندارند.

## ۱-۵- رابطه استخراج معدن با سایر علوم و فنون

استخراج معدن را نمی توان به عنوان یک درس کاملاً مستقل مورد مطالعه قرار داد بلکه این درس درحقیقت تلفیقی از سایر رشته های مهندسی نظیر عمران، مکانیک، برق، شیمی و زمین شناسی است که این فنون، خود براساس علوم ریاضی، فیزیک و مکانیک، پایه گذاری شده اند. به طوری که خواهیم دید، در قسمت های مختلف این کتاب، با رشته های مختلف علوم و فنون سروکار خواهیم داشت. مثلاً برای انتخاب صحیح وسایل نگهداری در معدن، آشنایی با مقاومت مصالح و مصالح ساختمانی و در نتیجه مبانی مهندسی عمران ضروری است و مبحث حمل و نقل بر مبنای مهندسی مکانیک پایه گذاری شده است. سایر فعالیتهای معدنکاری که در کتابهای دیگر مورد بحث قرار می گیرند، بر مبنای سایر رشته های مهندسی بنا شده اند. مثلاً پایه مبحث مواد منفجره و آتشیاری را مهندسی شیمی تشکیل می دهد و مبحث حفاری با توجه به پایه مهندسی مکانیک برنامه ریزی شده است. مبنای کتاب خدمات فنی، مکانیک سیالات است.

### مطالعات فنی و اقتصادی در امور معدنی

#### ۲-۱- آشنایی

مطالعات فنی و اقتصادی یکی از حساس‌ترین مراحل کارهای معدنی است؛ زیرا پس از هزینه کردن مبالغ زیاد در امر اکتشاف، بایستی با توجه به عوامل مختلف و به کمک این مطالعات، قابلیت کانسار را از نظر استخراج ارزیابی کرد.

مطالعات فنی و اقتصادی معمولاً در چند مرحله انجام می‌گیرد که این مراحل ممکن است کاملاً مستقل از یکدیگر باشند و یا اینکه همدیگر را پوشانند. در مرحله اول، ممکن است یک بررسی سریع از وضع کانسار به عمل آید و امکان سودمند بودن آن بررسی شود. در مرحله دوم، مطالعات دقیق‌تری انجام می‌گیرد و میزان سود حاصله به ازای واحد وزن ماده معدنی تعیین می‌شود. مرحله سوم، طرح و بررسی‌های مهندسی و سفارشات را دربر دارد و بالاخره در مراحل بعدی، کارهای آماده‌سازی انجام می‌شود.

#### ۲-۲- انتخاب مقیاس عمل

یکی از مهمترین مسایل معدن، انتخاب مقیاس کار است زیرا بسیاری از هزینه‌های معدن، به ویژه هزینه‌های خدماتی، تقریباً ثابت است و بدین ترتیب، با افزایش محصول استخراج شده، میزان این هزینه‌ها به ازای واحد وزن ماده معدنی تولید شده کاهش می‌یابد.

برای اینکه میزان استخراج معدن بالا برود، بعضی عملیات آماده‌سازی موردنیاز است که انجام این عملیات، خود هزینه زیادی را دربر دارد و لازمه آن، خرید ماشین‌آلات و تجهیزات مدرن و نیز به کار گرفتن نیروی انسانی زیادتر در مرحله تجهیز است.

#### ۲-۳- عوامل مؤثر در فعالیت‌های معدنی

عوامل مختلف مؤثر در بهره‌دهی معادن را می‌توان به گروه‌های مختلف دسته‌بندی کرد که در صفحه بعد به شرح آنها می‌پردازیم:

۲-۳-۱ عوامل جغرافیایی: این عوامل به موقعیت جغرافیایی کانسار بستگی دارد که از جمله آنها می‌توان امکانات حمل و نقل در محل، دسترسی به آزمایشگاهها، امکانات تهیه وسایل و لوازم و مشخصات آب و هوایی را نام برد.

به عنوان مثال اگر معدن در نزدیکی یک شهر بزرگ واقع باشد، می‌توان از امکانات آب، برق، ارتباطات و مسکن آن شهر استفاده کرد و در حالت عکس، یعنی هنگامی که محل معدن از نقاط مسکونی فاصله داشته باشد، تأمین این مسایل، باعث افزایش مخارج معدنکاری خواهد شد. موقعیت جغرافیایی در تأمین نیروی انسانی لازم نیز رل مهمی را داراست. در مواردی که معدن در نقاط پرجمعیت واقع باشد، به آسانی می‌توان نیروی انسانی لازم را از محل تأمین کرد و در چنین شرایطی، اولاً مشکلات تأمین مسکن کارکنان تا حدودی از بین خواهد رفت و ثانیاً احتمال از دست دادن نیروی انسانی متخصص نیز کاهش خواهد یافت.

۲-۳-۲ موقعیت محل: مشخصات سطحی و زیرزمینی محل معدن از جمله مسائل مهمی هستند که در ارزش اقتصادی معدن مؤثراند. به طوری که خواهیم دید، تأسیسات بیرونی معدن از قبیل اداره، آزمایشگاه، کارخانه تغلیظ، حمام، تعمیرگاه، نیروگاه، غذاخوری و غیره، به فضای وسیعی احتیاج دارد. بنابراین، در مواردی که فضای لازم آماده در اختیار نباشد، مخارج زیادی برای آماده‌سازی فضا مصرف خواهد شد. مثلاً برای تهیه و تسطیح فضای لازم برای تأسیسات معدن بزرگ باب‌نیزو کرمان، بیش از یک‌سال کار مداوم انجام گرفت که مخارج هنگفتی را دربر داشت. علاوه بر تأسیسات خود معدن، در نزدیکی منطقه معدنی، باید زمین لازم برای احداث ساختمانهای مسکونی، بهداشتی، آموزشی و نظایر آنها موجود باشد و در صورت گران بودن این زمین‌ها، مخارج معدن افزایش می‌یابد.

۲-۳-۳ مشخصات زمین شناسی و معدنی: مشخصات زمین شناسی و معدنی کانسار از جمله مهمترین عوامل مؤثر در ارزش اقتصادی آن هستند. از جمله این عوامل می‌توان مشخصه‌های زیر را نام برد:

الف - اندازه، شکل و نوع توده کانسنگ.

ب - نوع و ضخامت سنگهای روباره مواد معدنی.

ج - میزان آب موجود در قسمت‌های بالای توده معدنی زیرا به طوری که خواهیم دید، یکی از مخارج مهم معدن، مخارج آبکشی است. ضمناً وجود آب بر مقاومت مواد معدنی و سنگهای اطراف آن و در نتیجه در هزینه‌های سیستم نگهداری تأثیر می‌گذارد.

د - مقاومت مکانیکی سنگهای درونگیر کانسنگ، زیرا بسته به مقاوم بودن یا نبودن این سنگها، مخارج نگهداری معدن متفاوت خواهد بود.

ه - سختی توده کانی و سنگهای درونگیر آن، زیرا بسته به درجه سختی ماده معدنی و سنگهای اطراف آن، مخارج حفاری متفاوت خواهد بود.

و - مشخصات ذاتی ماده معدنی (از قبیل قابلیت خودسوزی، خردشدن و نظایر آن).

ز - خواص شیمیایی کانسنگ یا سنگهای درونگیر آن از نقطه نظر خوردگی وسایل و لوازم و نیز از نظر سلامتی کارکنان معدن (مثل معادن جیوه، سرب و مواد رادیواکتیو).

ح - خواص تغلیظ پذیری، زیرا بسته به مورد، هزینه کانه آرای و فرآوری مواد معدنی نیز نقش مهمی را در ارزش ماده معدنی استخراج شده دارد.

ط - شیب زمین گرمایی<sup>۱</sup> محل و نیز لزوم گرم یا سرد کردن هوای ورودی معدن.

۲-۳-۴ - عوامل بازرگانی: قبل از احداث هر معدن باید قیمت فروش ماده معدنی را در بازارهای داخلی و خارجی بررسی و عوامل مؤثر در تغییرات آنرا تشریح کرد. باید توجه داشت که در این ارزیابی، نباید فقط قیمت روز ماده معدنی مورد بررسی قرار گیرد بلکه ابتدا باستی تغییرات قیمت ماده را در چندین سال گذشته مورد بررسی قرارداد و براساس آن، قیمت را در سالهای آتیه پیش بینی کرد.

در حالت کلی می توان گفت که قیمت ماده معدنی تابع قانون عرضه و تقاضاست. در بعضی حالات خاص ممکن است قیمت یک جسم به طور ناگهانی افزایش یابد. مثلاً در زمان جنگ، قیمت مواد معدنی ای که در صنایع نظامی مصرف می شود، به طور ناگهانی افزایش می یابد. به عنوان مثالی دیگر، می توان از قیمت زغال سنگ یاد کرد که با افزایش قیمت نفت در بازارهای جهانی قیمت این جسم افزایش و در حالت عکس کاهش یافته است و در نتیجه، بسیاری از معادن آن، که قبلاً به علت ارزانی از نظر اقتصادی قابل کار نبود، با صرفه شده و یا بالعکس، معادن فعال آن متروک شده است.

## ۲-۴ - قیمت تمام شده

قیمت تمام شده را می توان از تقسیم هزینه کل عملیات بر میزان محصول استخراج شده تعیین کرد. بدیهی است یک معدن هنگامی از نظر اقتصادی قابل کار است، که قیمت تمام شده آن از قیمت بازار کمتر باشد، تا علاوه بر جبران هزینه ها، سود لازم نیز تأمین شود.

---

۱- شیب زمین گرمایی در هر منطقه عبارت از تغییرات دمای سنگهای محل نسبت به عمق است که تأثیر مهمی بر گرم شدن هوای ورودی به معدن دارد و در درس خدمات فنی به تفصیل مورد بحث قرار می گیرد.

هزینه‌های معدنی را به دودسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌کنند. هزینه‌های مستقیم شامل آن دسته از مخارجی است که مستقیماً به عملیات معدنکاری وابسته است که از جمله آنها می‌توان به مخارج حفاری، نگهداری، استخراج، باربری و نظایر آنها اشاره کرد.

هزینه‌های غیرمستقیم، مخارجی از قبیل هزینه تعمیرگاهها، هزینه‌های اداری، هزینه‌های بهداشتی و هزینه‌های رفاهی را دربرمی‌گیرد. باید توجه داشت که گرچه هزینه‌های غیرمستقیم به طور مستقیم با عملیات معدنی ارتباط ندارند، ولی این هزینه‌ها الزامی است و بدون آنها نمی‌توان فعالیت‌های معدنکاری را انجام داد.

## ۲-۵- راندمان معدن

راندمان یا بهره‌دهی معدن را از نظرهای مختلف می‌توان تعریف کرد. در حالت کلی می‌توان راندمان را به صورت خارج قسمت محصول استخراج شده بر تعداد روز - کار صرف شده، بیان کرد. به طوری که خواهیم دید، برای استخراج مواد معدنی مراحل مختلفی لازم است و گرچه استخراج مواد معدنی توسط کارگران یا ماشینهای ویژه و در قسمت خاصی از معدن انجام می‌گیرد، ولی برای آماده‌سازی محیط کار، حمل و نقل، تهویه، روشنایی و... تعداد زیادی کارگر در قسمت‌های مختلف به کار مشغول‌اند. علاوه بر افرادی که در داخل معدن کار می‌کنند، عده زیادی نیز در بیرون معدن به انجام کارهای خدماتی (مثل خدمات فنی، اداری، بهداشتی، رفاهی و نظایر آنها) اشتغال دارند. بنابراین در محاسبه قیمت تمام شده ماده معدنی، باید این عوامل را نیز در نظر گرفت.

با توجه به مطالب یادشده، برای قسمت‌های مختلف معدن، می‌توان راندمان‌های مختلفی تعریف کرد که در زیر به ذکر چند مورد متداول آن می‌پردازیم:

**الف - راندمان کارگاه:** این مشخصه به صورت خارج قسمت محصول استخراج شده، بر عده روز - کار انجام شده در کارگاه، تعریف می‌شود.

**ب - راندمان داخل معدن:** خارج قسمت محصول استخراج شده معدن، بر عده روز - کار تمام کارکنان درون معدن، به نام راندمان داخلی نامیده می‌شود.

**ج - راندمان کل معدن:** نسبت محصول استخراج شده، بر تعداد روز - کار کلیه کارکنان معدن بدین نام خوانده می‌شود.

راندمان معدن یکی از مشخصه‌های مهم آن است و با مقایسه راندمان معادن مختلف، می‌توان به میزان بهره‌دهی آنها پی برد.



## ۲-۶- مدیریت و سازمان‌دهی در کارهای معدنی

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فعالیت‌های معدنکاری، سازمان‌دهی صحیح در عملیات مختلف است.

فعالیت‌های معدنی متنوع‌اند و در بسیاری موارد، این فعالیت‌ها بایستی به طور پی‌درپی انجام گیرند. به‌عنوان مثال، پس از حفر تونل، باید عملیات بارگیری و باربری انجام گیرد و درعین حال، سیستم نگهداری قسمت حفر شده نیز نصب شود و در چنین حالتی، وقفه در هر کدام از این مراحل، باعث ایجاد وقفه در سایر قسمت‌ها نیز خواهد شد.

مناسب‌ترین طرح مدیریت در فعالیت‌های معدنی آن است که کارها حتی‌المقدور تفکیک شده و در هر حالت، میزان اختیارات و مسئولیت افراد مشخص شود.

برای برآورد نیروی انسانی لازم، ابتدا بایستی کارهای مختلف هر معدن را مشخص و سپس نمودار سازمانی آن را رسم کرد. در این نمودار، بایستی وابستگی هر یک از قسمت‌های معدن مشخص و نیز تعداد افراد لازم برای هر قسمت تعیین شود.

### تأسیسات و مراحل مختلف عملیات معدنی

#### ۳-۱- آشنایی

هدف از این مبحث، آشنایی کلی با قسمت‌های مختلف معدن است. به طوری که خواهیم دید، بسیاری از عملیات معدنی همزمان با یکدیگر انجام می‌گیرد و در هر حال، بایستی شرایط مربوط به عملیات دیگر را نیز در نظر داشت. مثلاً ضمن حفر حفاریات معدنی مختلف، توجه به مسایل ایمنی، از جمله تهویه معدن، ضروری است و در عین حال، نبایستی مسایل مربوط به نگهداری را از نظر دور داشت. به همین خاطر، در این فصل، عملیات مختلف معدن به اجمال بررسی خواهد شد تا خواننده آشنایی کلی پیدا کند.

#### ۳-۲- تأسیسات بیرونی معدن

قبل از آغاز فعالیت معدنکاری، ابتدا بایستی منطقه وسیعی را به منظور احداث تأسیسات بیرونی معدن در نظر گرفت. این محل، باید در مجاورت دهانه چاه یا تونل اصلی معدن واقع و حتی المقدور مسطح باشد. در صورتی که در مجاورت چاه یا تونل اصلی، زمین مسطح نباشد، بایستی آن را با استفاده از ماشین آلات راهسازی تسطیح کرد. مثلاً محوطه معدن بزرگ منطقه زغال سنگ باب‌نیزو کرمان، با صرف وقت و مبالغ زیاد احداث شده است.

انتخاب محل تأسیسات بیرونی معدن از جمله مسایل مهم است که باید با توجه به تمام عوامل انجام گیرد. این محل که به نام محوطه معدن نامیده می‌شود، بایستی از دسترسی سیلابها، سنگهای معلق و عوامل نظیر آن دور و در عین حال، اختلاف ارتفاع لازم، برای احداث سنگر مواد باطله و انبارهای مواد معدنی (بونکر) موجود باشد. بدیهی است زمین محل باید مقاومت کافی داشته باشد تا بتواند وزن تأسیسات مختلف را تحمل کند.

یکی از مسایل مهمی که به هنگام انتخاب محوطه معدنی باید مورد توجه قرار گیرد، وجود فضای لازم برای تخلیه مواد باطله حاصل از عملیات معدنکاری است. به عبارت دیگر، این محل باید به گونه‌ای انتخاب شود که به آسانی بتوان واگونها و حاوی سنگهای باطله را تخلیه کرد.

مهمترین تأسیسات بیرونی معدن به شرح زیر است :

**الف - نیروگاه یا پست توزیع برق:** برای تأمین روشنایی محوطه معدن، شارژ چراغهای معدنی، تغذیه بادبزن‌های اصلی، تلمبه‌ها و کمپرسورها و نیز تغذیه تعمیرگاه و مسایل نظیر آن، وجود نیروگاه یا پست توزیع برق ضروری است. اگر معدن در نقطه دورافتاده‌ای واقع باشد، برای آن نیروگاه اختصاصی برق احداث می‌کنند ولی اگر در مسیر خط سراسری انتقال برق واقع شود، برای تغذیه آن، یک پست توزیع برق در نظر می‌گیرند.

به هنگام طراحی معدن باید میزان مصرف برق لازم را محاسبه و با توجه به آن، مولدها یا ترانسفورماتور موردنیاز را انتخاب کرد که این موضوع در درس خدمات فنی مورد بحث قرار می‌گیرد. انتخاب محل نیروگاه برق باید با رعایت تمام نکات ایمنی صورت گیرد.

**ب - کمپرسورخانه:** به طوری که خواهیم دید، بسیاری از دستگاه‌های معدنی با هوای فشرده کار می‌کنند و در بعضی از قسمت‌ها نیز، به منظور رعایت مسایل ایمنی، استفاده از هوای فشرده الزامی است. نحوه کار کمپرسورها و انواع آنها در درس خدمات فنی بررسی می‌شود و در اینجا ذکر این نکته ضروری است که با توجه به سروصدای زیاد کمپرسورها، حتی المقدور باید محل کمپرسورخانه را دور از تأسیسات اداری در نظر گرفت.

**ج - چراغخانه:** برای تأمین روشنایی لازم برای افراد به هنگام کار در معدن، برای هر کارگر و در هر شیفت کار، باید یک چراغ موجود باشد. برای تأمین روشنایی کافی، هر چراغ پس از ۸ ساعت کار، حداقل بایستی ۸ ساعت زیر شارژ بماند تا برای مصرف روز بعد آماده شود.

شرح انواع چراغها و نحوه تأمین روشنایی در درس خدمات فنی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

**د - تعمیرگاه و کارگاه فنی:** برای تعمیر وسایل معدنی، معمولاً تعمیرگاهی در محوطه معدن تأسیس می‌شود. همچنین به منظور ساختن قطعات فلزی، جویی و بتنی موردنیاز معدن، یک کارگاه فنی احداث می‌کنند.

**ه - دکل‌های معدن:** در مواردی که برای دسترسی به ماده معدنی از چاه قائم استفاده شود، برای انجام عملیات باربری، در بالای هر چاه یک دکل نصب می‌شود.

مشخصات این دکل‌ها در مبحث حمل و نقل در داخل چاه بررسی خواهد شد.

**و - مرکز جراثقیل‌ها:** حمل و نقل افراد و مواد معدنی در داخل چاه، به کمک تعدادی جراثقیل انجام می‌گیرد که معمولاً تمامی آنها در یک محوطه مخصوص نصب شده‌اند.

**ز - بادبزن اصلی:** به طوری که خواهیم دید، یکی از مهمترین مسایل معدن تهویه آن است.

برای به جریان انداختن هوا در قسمت‌های مختلف، معمولاً یک بادبزن اصلی در محوطه معدن نصب می‌شود که از طریق تونل یا چاه موجود، هوا را به جریان می‌اندازد.

**ح – بونکرها:** معمولاً مواد معدنی به وسیله واگون از معدن به بیرون حمل شده و در مخازنی که به نام بونکر موسوم است، تخلیه می‌شود. در مرحله بعد، مواد معدنی از این بونکر به داخل کامیونها تخلیه شده و به ایستگاه بارگیری حمل می‌شود.

**ط – مخزن آب:** برای خاموش کردن آتش‌سوزیهای احتمالی در معدن، به‌ویژه معادن زغال‌سنگ، یک مخزن بزرگ آب همراه با شبکه گسترده‌ای از لوله‌های بزرگ که در تمام قسمت‌های معدن گسترش می‌یابد، پیش‌بینی می‌شود. بدیهی است این مخزن، جدا از مخزن آب لازم برای مصارف بهداشتی و آشامیدنی است.

**ی – کارگاه تغلیظ:** امروزه در اکثر معادن کارخانه تغلیظ و شستشوی مواد معدنی وجود دارد که ماده استخراج شده را پرعیار می‌کند.

با توجه به هزینه زیاد احداث اینگونه کارخانه‌ها، معمولاً برای چند معدن نزدیک به هم، یک کارخانه تغلیظ احداث می‌شود. مثلاً برای شستشوی زغالهای معادن باب نیز و پابدانا در کرمان، یک کارخانه زغالشویی بزرگ در حوالی زرند احداث شده است که شستشوی محصول هر دو معدن را به عهده دارد.

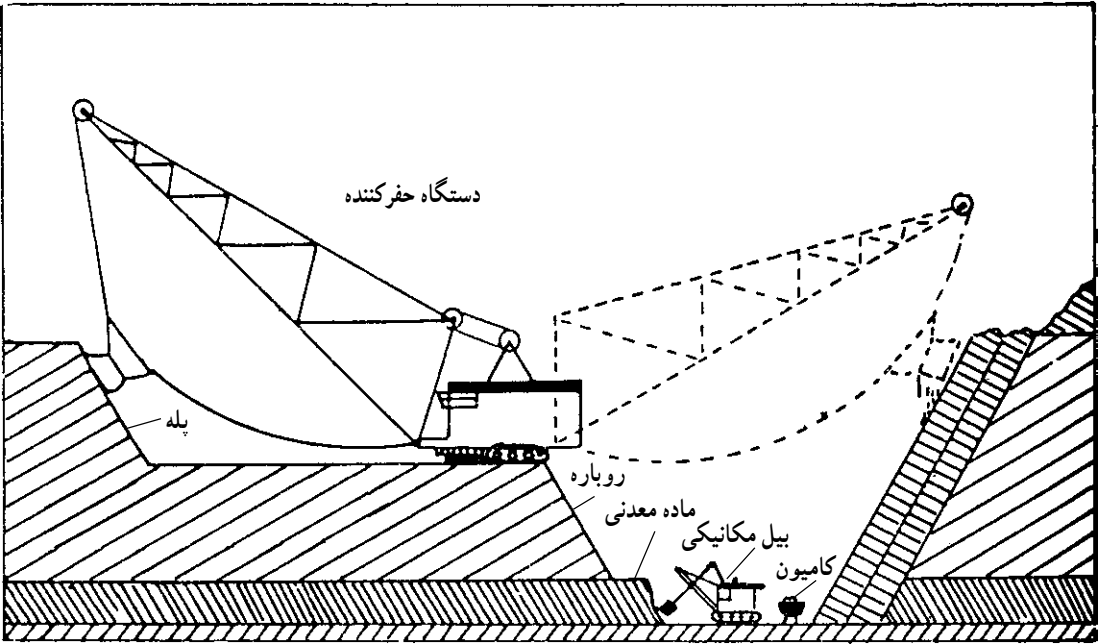
**ک – ساختمانهای اداری و بهداشتی:** علاوه بر تأسیسات یادشده، در محوطه هر معدن، یک ساختمان اداره مرکزی، حمام و ساختمان کمک‌های اولیه احداث می‌شود.

### ۳-۳ روشهای دسترسی به ماده معدنی

بعد از اینکه محوطه معدن انتخاب و تأسیسات بیرونی آن نصب شد، بایستی به ماده معدنی دسترسی پیدا کرد که این عمل را به اصطلاح، گشایش می‌گویند.

اگر وضعیت کانسار به گونه‌ای باشد که بتوان آن را به طریق روباز استخراج کرد، ابتدا سنگها و مواد پوشاننده کانسار موسوم به روباره را برمی‌دارند و آنگاه به استخراج ماده معدنی می‌پردازند (شکل ۳-۱). به عنوان مثالی از معادن روباز، می‌توان معدن مس سرچشمه در حوالی رفسنجان و معدن آهن چغارت واقع در حوالی بافق را نام برد که در حال حاضر جزو بزرگترین معادن روباز ایران به شمار می‌آیند.

در مواردی که ضخامت سنگهای پوشاننده کانسار زیاد و یا شکل آن به نحوی باشد که استخراج به روش روباز از نظر فنی یا اقتصادی ممکن نباشد، ابتدا باید به ماده معدنی دست یافت و

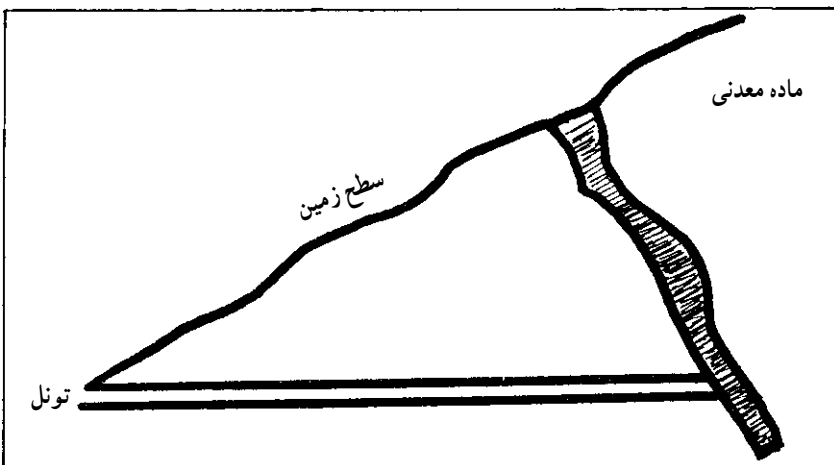


شکل ۳-۱- نمایی از یک معدن روباز [۱]

سپس شبکه معدن را احداث کرد. روشهای مختلف دسترسی به ماده معدنی عبارتست از:

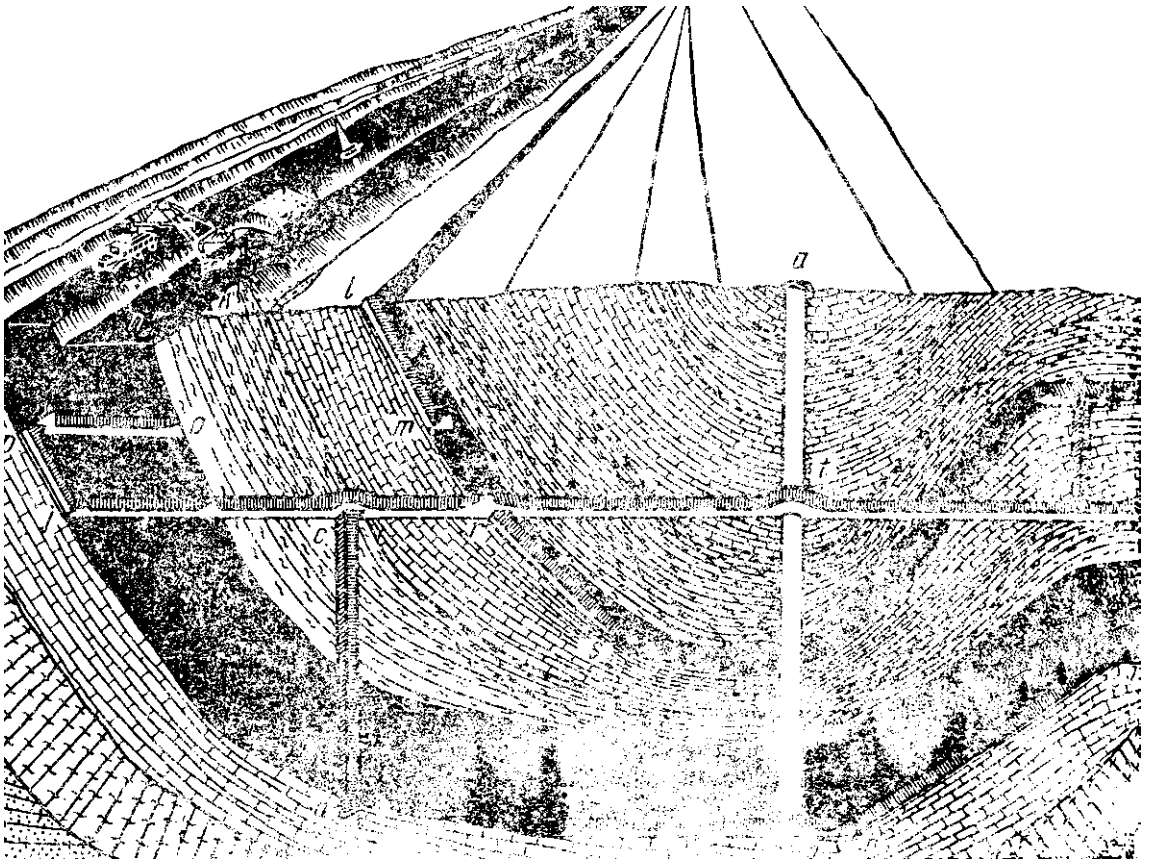
۳-۳-۱- دسترسی با استفاده از تونل: در مواردی که شیب زمین مناسب باشد، با استفاده از یک تونل افقی می توان به ماده معدنی دسترسی پیدا کرد (شکل ۳-۲).

در بسیاری از معادن ایران، با استفاده از تونل به ماده معدنی دسترسی یافته اند که از جمله آنها می توان معدن بزرگ پابدانای کرمان و معدن بزرگ تزره شاهرود را نام برد.



شکل ۳-۲- دسترسی به ماده معدنی توسط تونل [۲]

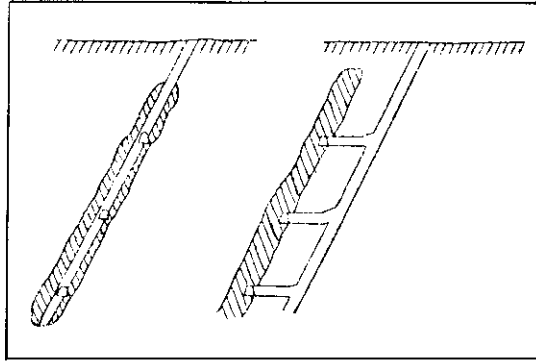
۳-۳-۲- دسترسی با استفاده از چاه قائم: در موردی که شیب زمین در محل کم باشد و یا به دلایل دیگر نتوان از تونل استفاده کرد، برای دسترسی به ماده معدنی از چاه قائم استفاده می‌شود (شکل ۳-۳). از جمله معادنی که با این روش کار شده است می‌توان معدن بزرگ باب نیزو واقع در حوضه زغالی کرمان را نام برد.



شکل ۳-۳- دسترسی به ماده معدنی توسط چاه قائم [۳]

باید توجه داشت که گرچه در نظر اول برای دسترسی به ماده معدنی، حفر یک چاه کافی است ولی برای تأمین شرایط ایمنی و نیز برای جریان یافتن هوا در داخل معدن، همیشه حفر حداقل دو چاه ضرورت دارد.

۳-۳-۳- دسترسی با استفاده از تونل مورب: در مواردی که برای دسترسی به ماده معدنی نتوان از تونل افقی استفاده کرد، از تونل‌های مورب استفاده می‌شود (شکل ۳-۴). در این مورد

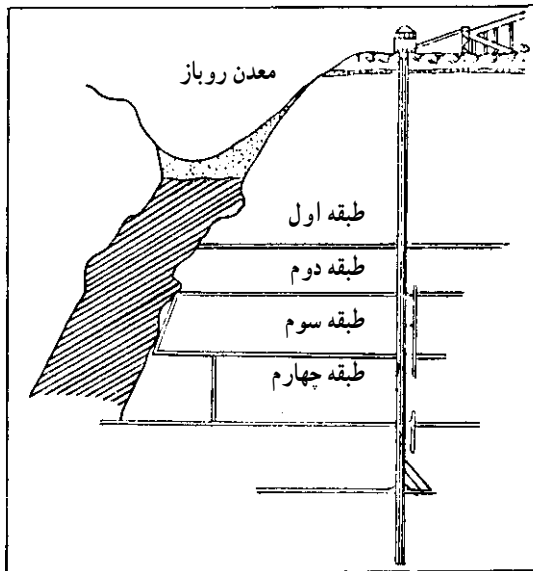


شکل ۳-۴- دسترسی به ماده معدنی توسط تونل مورب [۴]

نیز برای رعایت مسایل ایمنی و جریان یافتن هوا، باید حداقل دو تونل مورب حفر کرد. از جمله معادنی که با این روش کار شده است، می توان معدن پابدانای جنوبی واقع در حوضه زغالی کرمان را نام برد.

### ۳-۴- احداث شبکه معدن

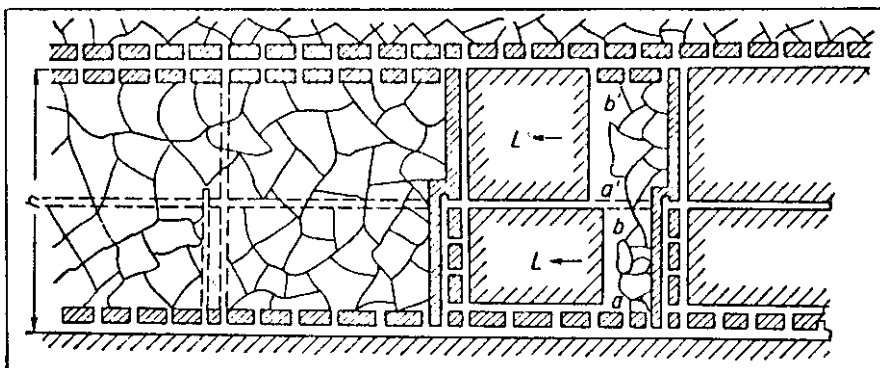
بعد از دسترسی به ماده معدنی، ابتدا باید با حفر تونل های افقی آن را به تعدادی طبقه<sup>۱</sup> تقسیم کرد (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- احداث طبقه های معدن [۴]

انتخاب فاصله دو طبقه معدن، از جمله مهمترین مسائل استخراجی است که در موقع خود، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در مرحله بعد بایستی هر طبقه را با استفاده از حفریاتی که در داخل ماده معدنی حفر می‌شود، به تعدادی قطعه<sup>۱</sup> یا پهنه تقسیم کرد (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- احداث قطعه‌های معدن [۴]

در حقیقت هر قطعه یا پهنه، قسمتی از ماده معدنی است که از چهار طرف به وسیله حفریات معدنی مختلف محدود شده باشد.

بعد از آماده شدن بخش‌ها، معدن برای استخراج آماده است و می‌توان عملیات استخراجی را شروع کرد.

انتخاب شکل و ابعاد قطعه‌ها نیز از جمله مسائل مهمی است که در کتاب تکنولوژی استخراج (۲) بحث خواهد شد.

### ۳-۵- انواع حفریات معدنی

حفریات معدنی به انواع زیر تقسیم می‌شود:

۳-۵-۱- چاه<sup>۲</sup>: چاه، کار معدنی استوانه‌ای یا منشوری شکلی است که از سطح زمین به طرف پایین حفر می‌شود. چاه عموماً به حالت قائم ولی در بعضی موارد ممکن است به طور مایل حفر شود.

۳-۵-۲- تونل<sup>۳</sup>: تونل، کار معدنی افقی است که در داخل سنگ‌ها حفر می‌شود. در اصطلاح راه‌سازی، تونل به کار زیرزمینی‌ای گفته می‌شود که از هر دو طرف به بیرون

۱- Block

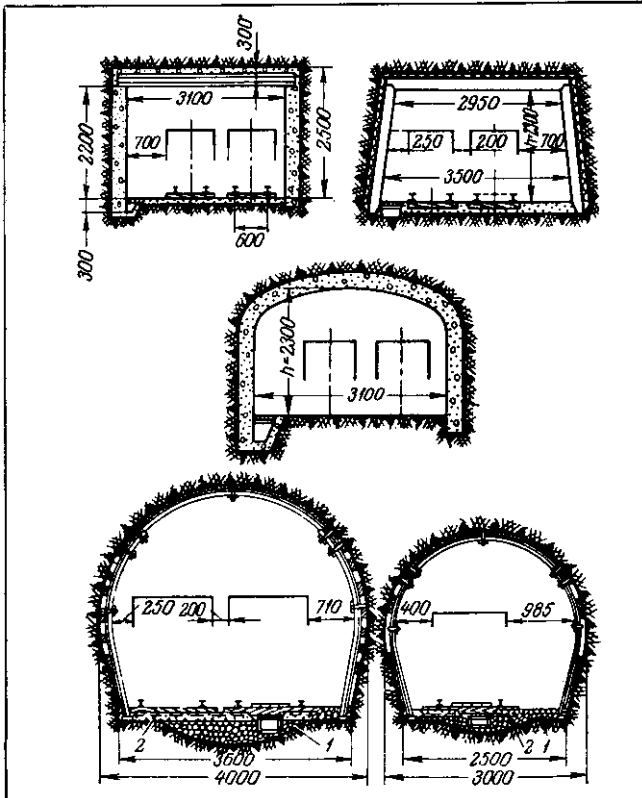
۲- Shaft

۳- Tunnel



ارتباط دارد، ولی در اصطلاح معدنکاری، آن را برای تونل‌هایی که از هر دو سو به هوای آزاد ارتباط ندارند نیز به کار می‌برند.

شکل مقطع تونل‌ها مختلف و انواع متداول آن در شکل ۷-۳ نشان داده شده است.



شکل ۷-۳- شکلهای مختلف مقاطع تونل [۳]

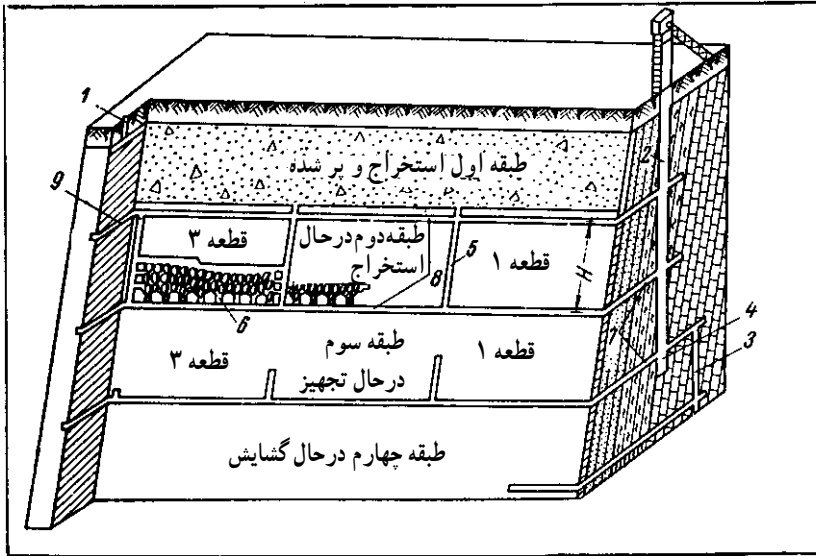
بدیهی است در هر مورد، باید با توجه به مسائل مختلف، مقطع مناسب را انتخاب کرد که این امر در درس حفاری مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳-۵-۳- تونل اصلی یا تونل مادر<sup>۱</sup>: تونل اصلی یا مادر تونلی است که به وسیله آن به ماده معدنی دسترسی پیدا می‌کنند. مقطع این تونل بزرگتر از سایر تونل‌ها است و با توجه به آنکه مدت بهره‌برداری از آن زیاد است، وسایل نگهداری آن از مصالح با دوام‌تری انتخاب می‌شود. باربری اصلی معدن نیز به وسیله این تونل‌ها انجام می‌گیرد.

۱- Adit

۳-۵-۴- تونل امتدادی<sup>۱</sup> یا موازی لایه: این تونل‌ها در داخل سنگ و به موازات امتداد لایه یا رگه ماده معدنی حفر می‌شود.

۳-۵-۵- تونل دنباله‌رو<sup>۲</sup> یا دنباله لایه: این تونل در داخل لایه یا رگه و به موازات امتداد آن حفر می‌شود (شماره ۸ در شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- حفاریات معدنی مختلف [۲]

۳-۵-۶- میان‌بر یا رکوب<sup>۳</sup>: این کار معدنی عبارت از حفره زیرزمینی است که در جهت عمود بر امتداد لایه حفر می‌شود (شماره ۷ در شکل ۳-۸). میان‌بر معمولاً با سطح زمین ارتباط ندارد. در حالتی که تونل عمود بر امتداد لایه و از بیرون حفر شده باشد، به نام تونل عمود بر لایه خوانده می‌شود.

۳-۵-۷- بالارو یا دوپیل<sup>۴</sup>: دوپیل عبارت از کار زیرزمینی قائم یا مایل است که از زیر زمین به طرف بالا حفر می‌شود (شماره ۵ در شکل ۳-۸). دوپیل، که معمولاً در داخل ماده معدنی حفر می‌شود، برای تهویه، حمل و نقل افراد و وسایل و احداث کارگاه استخراج مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواردی که از دوپیل، هم به منظور حمل مواد و هم عبور افراد استفاده می‌شود، مقطع آن را به دو قسمت تقسیم کرده و از هر قسمت آن برای یک منظور استفاده می‌کنند (شکل ۳-۹).

۱- Strike

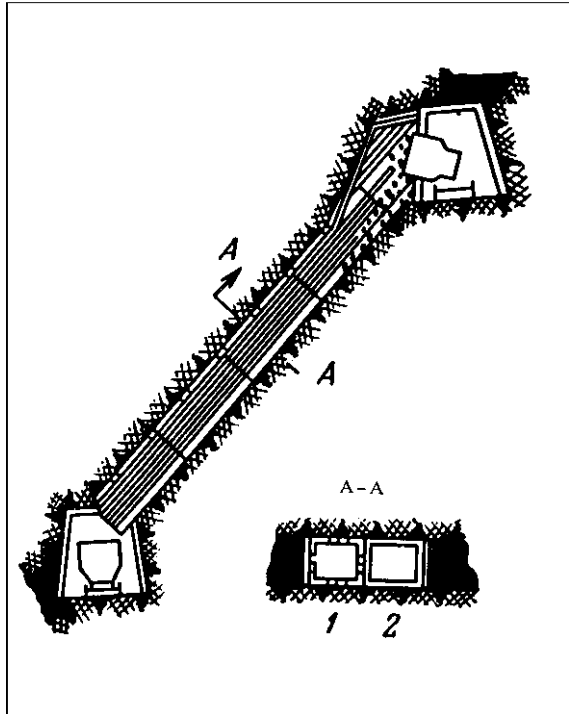
۲- Drift

۳- Cross - cut

در اصطلاح معدنکاران، واژه فرانسوی رکوب معمول است.

۴- Raise

در اصطلاح معدنکاران واژه فرانسوی دوپیل معمول است.



شکل ۳-۹- دویل [۱۳]

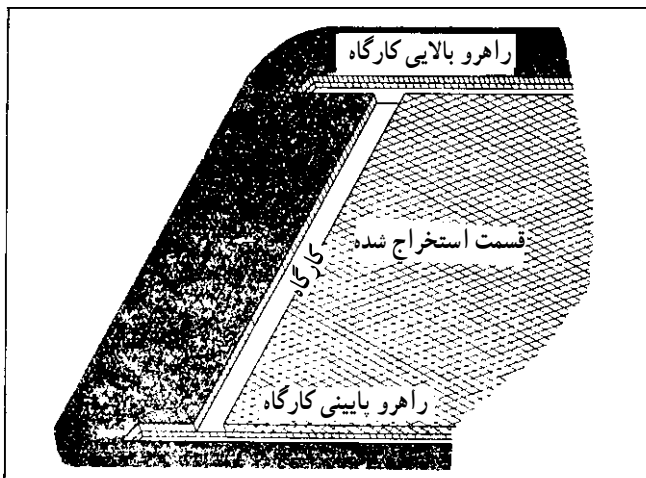
۳-۵-۸- پایین رو یا دساندری<sup>۱</sup>: این کار معدنی شبیه دویل است، منتها حفر آن از بالا به پایین انجام می‌گیرد.

۳-۵-۹- کارگاه استخراج<sup>۲</sup>: کارگاه استخراج محلی است که ماده معدنی از آن استخراج می‌شود. بعد از اینکه ماده معدنی به تعدادی قطعه تقسیم شد، تونلهای دنباله رو موجود در بالا و پایین را به وسیله دویل به یکدیگر وصل می‌کنند و بدین ترتیب، کارگاه استخراج را آماده می‌سازند (شکل ۳-۱۰). بعد از آماده سازی کارگاه استخراج، ماده معدنی را استخراج کرده و محل خالی شده را ابتدا به وسیله ستونهای مخصوص نگهداری و در مرحله بعد، آن را به وسیله قطعات خرده سنگ پر می‌کنند (شکل ۳-۱۱).

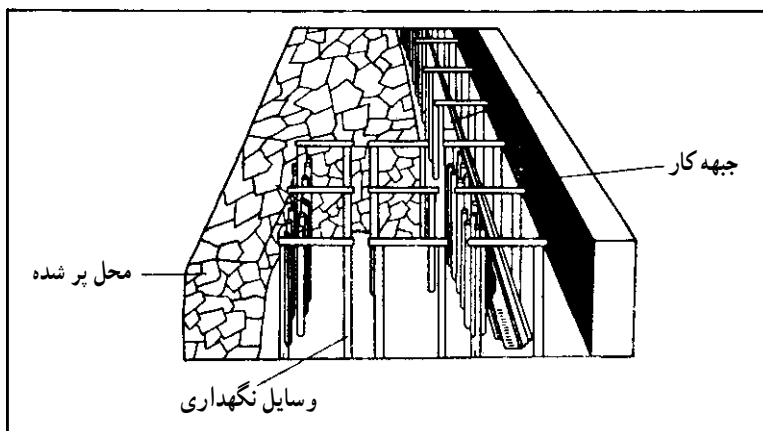
انتخاب شکل کارگاه استخراج نیز از مسایل مهمی است که در بخش روشهای استخراج به طریقه زیرزمینی، مفصلاً بحث خواهد شد.

۱- Winze  
۲- Stope

در اصطلاح معدنکاران واژه فرانسوی دساندری و واژه آلمانی گزنگ معمول است.



شکل ۳-۱- کارگاه استخراج [۵]



شکل ۳-۱۱- پر کردن محل استخراج شده [۳]

### ۳-۶- نگهداری

در بسیاری موارد، حفاریات معدنی در سنگها و مواد سست حفر می‌شوند و بنابراین برای جلوگیری از ریزش سنگها، بایستی این حفاریات را به وسایل مختلف نگهداری کرد. نگهداری یکی از مباحث مهم استخراج معدن است که آن را طی بخش جداگانه‌ای در همین کتاب به طور مفصل بررسی خواهیم کرد.

### ۳-۷- حمل و نقل

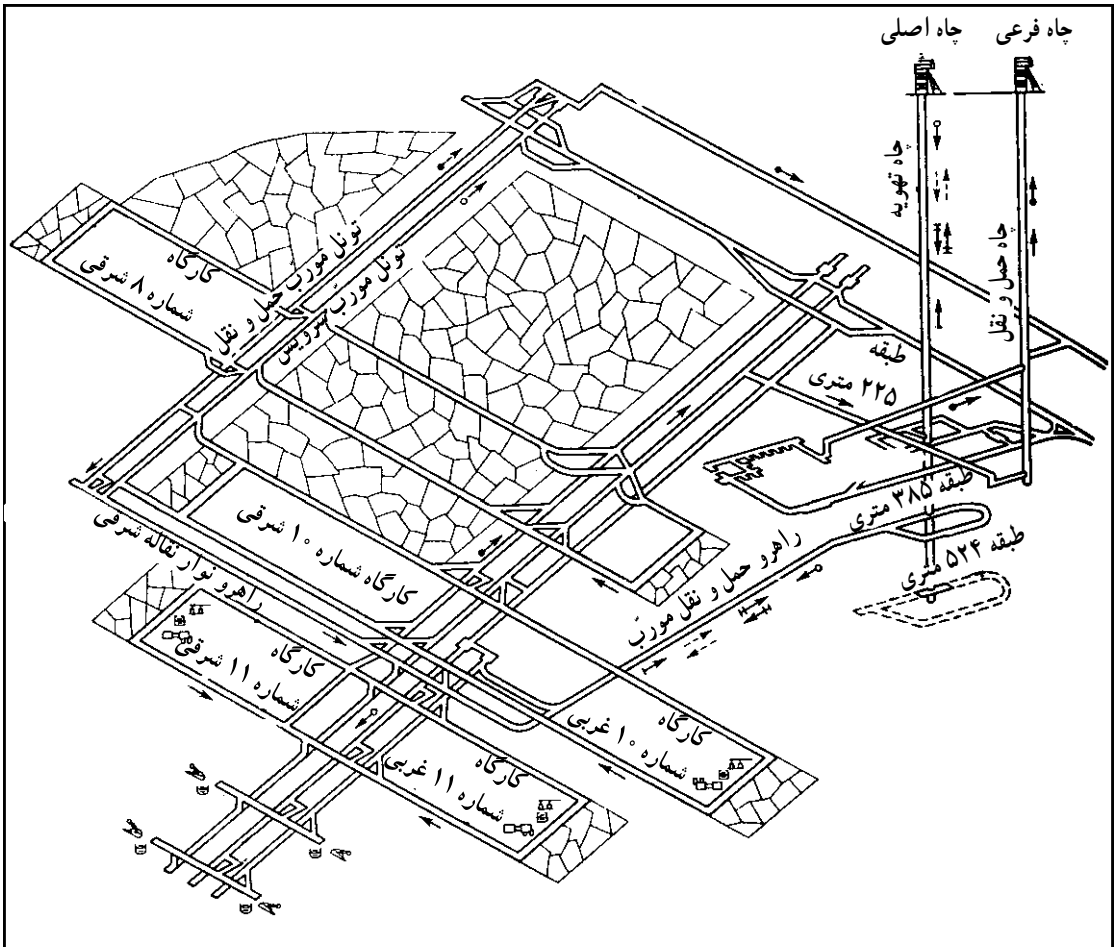
مواد معدنی حفر شده و نیز سنگهای باطله را بایستی از داخل معدن به بیرون حمل کرد.

حمل و نقل در داخل معدن به وسیله ناوها، نوار نقاله‌ها و واگون انجام می‌گیرد که مطالب مربوط به آن در بخش حمل و نقل این کتاب بررسی خواهد شد.

### ۳-۸- تهویه

برای تأمین اکسیژن لازم برای تنفس کارگران درون معدن، رقیق کردن گازهای حاصله از آتشباری و رقیق کردن گازهای قابل اشتعال، هوای داخل معدن باید دائماً تعویض شود. به جریان انداختن هوا در قسمت‌های مختلف معدن به نام تهویه موسوم است.

برای اینکه هوای تازه به تمام قسمت‌های معدن برسد، هوای تازه را از یک چاه یا تونل اصلی وارد می‌کنند و بعد از اینکه هوا تمام قسمت‌ها را دور زد، از طریق چاه یا تونل دیگر خارج می‌شود (شکل ۳-۱۲).



### ۳-۹- آبکشی

ضمن حفر کارهای معدنی مختلف معمولاً مقدار زیادی آب جمع می‌شود که باید آنها را به بیرون معدن هدایت کرد.

در مواردی که شبکه معدن از یک تونل اصلی تشکیل شده باشد، با توجه به آنکه شیب تونل به سمت بیرون معدن است، آبهای جمع شده خود به خود به بیرون جریان خواهد یافت اما در مواردی که شبکه معدن با استفاده از چاه‌های قائم یا مایل احداث شده باشد، بایستی آب را به وسیله تلمبه به بیرون معدن هدایت کرد.

### ۳-۱۰- روشنایی

در داخل معدن نور طبیعی نفوذ نمی‌کند و برای تأمین روشنایی، بایستی آن را به طریق مصنوعی روشن کرد. قسمت‌های اصلی معدن را می‌توان با نصب چراغهای ثابت روشن ساخت ولی برای کار افراد در قسمت‌های در حال کار، بایستی برای هر نفر، چراغ انفرادی نیز در نظر گرفت که این منظور به کمک چراغهای مخصوصی تأمین می‌شود. نحوه تأمین روشنایی معدن نیز در درس خدمات فنی در معادن بررسی خواهد شد.