جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنعت، معدن و تجارت

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن

شماره ردیف نشریه در انتشارات
سازمان برنامه و بودجه کشور

۷۴۶

۸۹

انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
http://www.ime.org.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
دفتر نظارت امور معدنی
برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
http://www.mimt.gov.ir
http://www.minecriteria.mimt.gov.ir

۱۳۹۶

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه، طراحی، اجرای طرح‌های اکتشافی، بهره‌برداری و فرآوری مواد معدنی از نظر توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی، اجرا و هزینه‌های مربوطه اهمیت ویژه‌ای دارد.

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در کلیه مراحل انجام عملیات معدنی مورد تاکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده، دفتر نظارت امور معدنی وزارت صنعت، معدن و تجارت با همکاری اساتید، صاحب‌نظران، متخصصان، دست‌اندرکاران بخش معدن کشور و با همکاری دفتر نظام امور فنی سازمان برنامه و بودجه کشور و به استناد ماده ۱۰۷ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران و ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر اقدام به تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های مورد نیاز بخش معدن کرده است:

- استفاده از منابع معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، شرکت‌ها و واحدهای معدنی
- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران بخش‌های خصوصی و دولتی
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسات تهیه‌کننده استاندارد

امید است نشریه "**راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن**" گام موثری در زمینه یکسان‌سازی فعالیت‌های معدنی در کشور باشد. همچنین مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن با به کارگیری این نشریه، در راستای هماهنگ‌سازی و تکامل استانداردها مشارکت کنند. حمایت مالی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران در تهیه این نشریه نقش ارزنده‌ای داشته است.

شورای عالی برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

مجری طرح

جعفر سرقینی	معاون امور معادن و صنایع معدنی- وزارت صنعت، معدن و تجارت

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

فرزانه آقارمضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع- سازمان برنامه و بودجه کشور
عباسعلی ایروانی	کارشناس ارشد مدیریت کارآفرینی (کسب و کار)- وزارت صنعت، معدن و تجارت
بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
محمد پریزادی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان برنامه و بودجه کشور
عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
جعفر سرقینی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - وزارت صنعت، معدن و تجارت
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
هرمز ناصرنیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان نظام مهندسی معدن

اعضای کارگروه استخراج به ترتیب حروف الفبا

محمدفاروق حسینی	دکترای مهندسی معدن، مکانیک سنگ- دانشگاه تهران
مصطفی شریف‌زاده	دکترای مهندسی مکانیک سنگ- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
کورش شهریار	دکترای مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علی مرتضوی	دکترای مهندسی انفجار، مکانیک سنگ- دانشگاه صنعتی امیرکبیر

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهرام رضایی	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه خوارزمی

پیش‌نویس این گزارش توسط آقای **مهندس عبداله صدری** تهیه و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه استخراج، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

مقدمه

شبکه معادن زیرزمینی مجموعه‌ای از حفریات مختلف است که دسترسی به ماده معدنی برای استخراج آن را میسر می‌سازد. حفریات شبکه در چهار دسته اصلی، فرعی، جانبی و خدماتی قرار می‌گیرد. حفریات یا بازکننده‌های اصلی، امکان دسترسی از سطح زمین یا بعضی بخش‌های استخراج شده قبلی به اعماق مختلف کانسار را فراهم می‌سازند. حفریات فرعی که در طبقات یا بخش‌های استخراجی مختلف، دسترسی به کانسار را تامین می‌کنند، از حفریات اصلی جدا می‌شوند. استخراج از کانساری که از طریق حفریات جانبی با بلوکه کردن و یا قسمت کردن آن برای استخراج آماده‌سازی می‌شود، امکان‌پذیر است. برای مدیریت انتقال مواد معدنی استخراج شده به سطح زمین نیاز به احداث حفریات تکمیلی شبکه است. این حفریات را حفریات خدماتی می‌نامند.

نشریه حاضر با عنوان **"راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن"** روشی برای انتخاب شبکه بهینه و تهیه برنامه احداث حفریات زیرزمینی را ارایه می‌دهد و در راستای اهداف وزارت صنعت، معدن و تجارت و در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- کلیات	**۱**
۱-۱- آشنایی	۳
۱-۲- تعاریف و مفاهیم	۳
۱-۳- فعالیت‌های معدنکاری و شبکه حفریات زیرزمینی	۶
۱-۴- انواع حفریات شبکه معادن زیرزمینی	۶
۱-۵- رده‌بندی ذخایر بر اساس میزان آماده‌سازی استخراج	۷
۱-۵-۱- ذخیره باز شده	۷
۱-۵-۲- ذخیره آماده استخراج	۷
۱-۵-۳- ذخیره قابل استخراج	۷
۱-۵-۴- ذخیره بالقوه	۷
۱-۶- ذخایر قابل استخراج و برنامه‌ریزی احداث شبکه	۹
فصل دوم- بازکننده‌های اصلی معادن زیرزمینی	**۱۱**
۲-۱- آشنایی	۱۳
۲-۲- باز کردن معادن با چاه	۱۳
۲-۳- باز کردن معادن زیرزمینی با تونل مورب	۱۴
۲-۴- باز کردن معادن با رمپ (شیب‌راهه)	۱۵
۲-۵- باز کردن با تونل افقی	۱۶
۲-۶- روش‌های ترکیبی	۱۶
فصل سوم- حفریات معدنی طبقات	**۱۹**
۳-۱- آشنایی	۲۱
۳-۲- انواع حفریات طبقات	۲۱
۳-۲-۱- تونل عمود بر لایه	۲۱
۳-۲-۲- تونل امتدادی	۲۱
۳-۲-۳- تونل دنباله‌رو	۲۱
۳-۲-۴- راهرو	۲۱
۳-۲-۵- تونل باربری	۲۲
۳-۲-۶- تونل تهویه	۲۲
فصل چهارم- آماده‌سازی کارگاه استخراج	**۲۳**
۴-۱- آشنایی	۲۵
۴-۲- دویل‌ها و راهروهای آغازین	۲۵
۴-۳- راهروهای زیربرش و روبرش کارگاه استخراج	۲۵
۴-۴- سیستم‌های تخلیه	۲۶
۴-۵- حفریات خدماتی شیب‌دار	۲۸
۴-۵-۱- ریزشگاه کانسنگ	۲۸

۴-۵-۲- تونل‌های خدماتی مورب ۲۸
۴-۵-۳- رمپ‌های خدماتی در کارگاه استخراج ۲۸
فصل پنجم- حفریات خدماتی ۳۱
۵-۱- آشنایی ۳۳
۵-۲- تسهیلات خدماتی سطحی ۳۳
۵-۳- حفریات خدمات زیرزمینی ۳۳
۵-۴- پذیرشگاه‌های کارگاه استخراج ۳۳
فصل ششم- طراحی شبکه حفریات ۳۵
۶-۱- آشنایی ۳۷
۶-۲- داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شبکه حفریات ۳۷
۶-۳- اقدامات پیش طراحی ۳۷
۶-۴- انتخاب شبکه بهینه حفریات زیرزمینی ۳۷
۶-۴-۱- عمق معدنکاری و شبکه ۳۸
۶-۴-۲- انتخاب شبکه حفریات ۳۸
۶-۴-۳- بهینه‌سازی گزینه مناسب ۳۸
۶-۵- طراحی تفصیلی ۴۰
۶-۵-۱- تهیه جزییات شبکه ۴۱
۶-۵-۲- ظرفیت سالیانه معدن و برنامه‌ریزی احداث شبکه ۴۱
۶-۶- برآورد اقتصادی ۴۴
۶-۷- مراحل عملیاتی طراحی شبکه معادن زیرزمینی ۴۴
۶-۷-۱- اطلاعات و محدودیت‌ها ۴۴
۶-۷-۲- تعیین ارتفاع طبقات ۴۵
۶-۷-۳- انتخاب شبکه مناسب ۴۵
۶-۷-۴- برنامه سالیانه ایجاد شبکه معدن ۴۵
فصل هفتم- روش ایجاد شبکه حفریات ٤٧
۷-۱- آشنایی ۴۹
۷-۲- اقدامات لازم برای شروع و خاتمه عملیات ۴۹
۷-۲-۱- شروع عملیات احداث شبکه ۴۹
۷-۲-۲- خاتمه عملیات احداث شبکه ۴۹
۷-۳- مدارک، نقشه‌ها و الزامات اجرایی قبل، در حین جریان احداث و پس از اتمام عملیات ۵۰
۷-۳-۱- دفتر فنی معدن ۵۰
۷-۳-۲- مدارک، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های احداث ۵۰
۷-۳-۳- ارجاع کار به مدیریت اجرایی ۵۰
۷-۳-۴- شروع عملیات اجرایی ۵۰
۷-۳-۵- کنترل عملیات احداث شبکه ۵۱
۷-۳-۶- اقدامات پس از اتمام عملیات ۵۱
۷-۳-۷- ارزیابی عملیات پیشروی ۵۱

فصل ۱

کلیات

۱-۱- آشنایی

شبکه معادن زیرزمینی مجموعه‌ای از حفریات مختلف است که امکان دسترسی به ماده معدنی را برای استخراج میسر می‌کند. حفریات شبکه به چهار دسته اصلی، فرعی، جانبی و خدماتی تقسیم می‌شود. حفریات یا بازکننده‌های اصلی که به آن حفریات مادر[۱] و یا حفریات توسعه‌ای[۲] نیز گفته می‌شود، در مراحل اولیه آماده‌سازی معدنکاری احداث می‌شوند. با این حفریات امکان دسترسی به اعماق مختلف کانسار از سطح زمین یا بخش‌های استخراج شده قبلی فراهم می‌شود. حفریات فرعی[۳] که در طبقات[۴] یا بخش‌های[۵] استخراجی مختلف، امکان دسترسی به کانسار را فراهم می‌کنند، از حفریات اصلی جدا می‌شوند. استخراج از کانساری که از طریق حفریات جانبی با بلوکه کردن[۶] و یا قسمت کردن آن برای استخراج آماده‌سازی می‌شود، امکان‌پذیر است. مدیریت انتقال مواد معدنی استخراج شده به سطح زمین نیازمند احداث حفریات تکمیلی شبکه است. این فضاها را حفریات خدماتی می‌نامند.

۱-۲- تعاریف و مفاهیم

تعاریف و مفاهیم رایج در طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی به شرح زیر است.

شبکه معدن[۷]: به مجموعه حفریاتی که برای دسترسی به ماده معدنی ایجاد می‌شوند، شبکه معدن یا حفریات معدنی[۸] گفته می‌شود. شبکه معدن شامل حفریات مربوط به باز کردن معدن، باز کردن طبقه و آماده‌سازی استخراج است.

آماده‌سازی معدن: فعالیت‌هایی را که برای باز کردن یک کانسار یا ذخیره معدنی برای بهره‌برداری انجام می‌شود، آماده‌سازی معدن می‌نامند. مراحل باز کردن معدن شامل باز کردن طبقه، آماده‌سازی استخراج و حفریات خدماتی است.

باز کردن معدن[۹]: با احداث حفریات اصلی، معادن باز می‌شوند. از طریق حفریات رده اول که شامل تونل، چاه قائم یا مایل، تونل مورب و رمپ است می‌توان به افق‌های مختلف معدن، دسترسی پیدا کرد. به این حفریات، بازکننده‌های اصلی و به چنین اقدامی باز کردن معدن گفته می‌شود.

باز کردن طبقه: مجموعه حفریات افقی که برای رسیدن به ماده معدنی در یک طبقه احداث می‌شود، حفریات باز کردن طبقه نامیده می‌شود. از جمله این حفریات می‌توان از تونل‌های عمود بر لایه، امتدادی، دنباله‌رو و میان‌برهایی که طبقه‌ای مشخص را برای انتقال مواد استخراج شده از جبهه‌کار استخراجی به بیرون معدن آماده می‌کنند، نام برد.

آماده‌سازی استخراج: به مجموعه حفریاتی که کارگاه استخراج را برای روش استخراجی مورد نظر آماده تولید می‌کند، حفریات آماده‌سازی استخراج و به چنین اقدامی باز کردن استخراج گفته می‌شود. با ایجاد حفریات افقی تاج و پایین استخراج و همراه با احداث دویل‌های مختلف، کارگاه استخراج برای تولید آماده می‌شود.

1- Capital works
2- Development works
3- Subsidiary works
4- Level
5- Panel
6- Blocking-up
7- Mine network
8- Mine workings
9- Opening up the mine

جبهه‌کار: به محل پیشروی، جبهه‌کار استخراجی گفته می‌شود.

آماده‌سازی پیشرو[1]: پیشروی حفریات هر طبقه و استخراج هم‌زمان آن به سمت مرزها، با دور شدن از ورودی معدن را روش باز کردن یا آماده‌سازی پیشرو می‌گویند. باز کردن پیشرو را برای پیشروی و استخراج در یک طبقه و یا محدوده‌ای از یک طبقه به کار می‌برند.

آماده‌سازی پسرو[2]: شیوه احداث حفریات افقی هر طبقه تا محدوده ماده معدنی و سپس استخراج آن به سمت ورودی‌های معدن، باز کردن یا آماده‌سازی پسرو گفته می‌شود. در روش آماده‌سازی پسرو، ابتدا حفریات هر طبقه احداث و سپس استخراج آن از مرز به سمت دهانه آغاز می‌شود.

طبقه: طبقه، افقی است که مجموعه‌ای از حفریات آماده‌سازی افقی یا تقریبا افقی در آن قرار دارد. حفریات آماده‌سازی زیرزمینی در طبقات مختلف ایجاد می‌شود و حفریات هر طبقه شامل انواع تونل‌ها و راهروها است.

تونل بازکننده[3]: به فضای زیرزمینی افقی یا تقریبا افقی اصلی که دهانه آن در سطح زمین احداث شود، تونل بازکننده گفته می‌شود. تونل‌های بازکننده از نوع حفریات دسته اول هستند.

تونل امتدادی: تونل امتدادی از جمله حفریات افقی یا تقریبا افقی معادن زیرزمینی است که امتداد آن موازی با امتداد لایه‌ها و رگه‌های معدنی است.

تونل دنباله‌رو[4]: تونلی که در داخل رگه یا لایه ماده معدنی ایجاد می‌شود و پیشروی آن در امتداد گسترش ماده معدنی انجام می‌گیرد، تونل دنباله‌رو نامیده می‌شود.

تونل عمود بر لایه[5]: تونلی که امتداد آن عمود یا تقریبا عمود بر امتداد گسترش ماده معدنی باشد، تونل عمود بر لایه خوانده می‌شود. میانبرها که مسیرهای ارتباطی‌اند و راهروهای تخلیه که از حفریات خدمات استخراج‌اند، نوعی تونل عمود بر لایه‌اند.

راهرو: هر گونه تونل آماده‌سازی برای استخراج معادن را، راهرو می‌گویند.

دهانه تخلیه: دهانه تخلیه در زیر کارگاه استخراج قرار دارد و مواد استخراج شده تحت تاثیر نیروی گرانش از طریق آن به باربرها، بارگیری می‌شود. در بعضی معادن این دهانه در مسیرهای کوتاهی که از تونل ترابری جدا و به زیر کارگاه استخراج هدایت می‌شوند، قرار دارد که آن را راهروی تخلیه می‌گویند. مواد معدنی استخراج شده مستقیما به سطح راهروی تخلیه وارد و از آن به باربرها بارگیری می‌شود.

تونل جانبی[6]: تونل جانبی نوعی حفریه افقی است که معمولا در روش‌های استخراج افقی[7]، درون ماده معدنی و موازی با تونل یا مسیر باربری احداث می‌شود. تونل جانبی نوعی راهرو است.

تونل مورب: تونل مورب از جمله حفریات شیبدار است که امکان دارد پایین‌رو[8] یا بالارو حفر شود. در صورتی که از حفریات دسته اول، با شیب بیش از ۴۵ درجه باشد به آن چاه مایل نیز گفته می‌شود.

1- Advanced development
2- Retreat development
3- Adit
4- Drift
5- Crosscut
6- Lateral entry
7- Horizontal mining
8- Decline

رمپ: به تونل شیب‌داری که در معادن زیرزمینی با شیب مناسب برای عبور وسایل چرخ لاستیکی حفر می‌شود، رمپ یا شیب‌راهه می‌گویند. راه شیب‌داری که در معادن روباز، افق‌های مختلف را به یکدیگر متصل می‌سازد نیز رمپ نامیده می‌شود.

دویل[۱]: دویل از جمله حفریاتی است که به ندرت قائم و در عمده موارد شیب‌دار است که در بین دو طبقه از معادن زیرزمینی ایجاد می‌شود. دویل‌ها برای خدمات مختلف احداث و نوع خدمت‌رسانی نیز به صورت پسوند به دویل اضافه می‌شود، مانند دویل تهویه، دویل انتقال ماده معدنی، دویل نفر رو و موارد مشابه.

چاه: چاه از جمله بازکننده‌های اصلی است که معمولا قائم است. چاه‌ها را بر اساس وظایفی که بر عهده دارند به چاه اصلی[۲] و چاه فرعی[۳] تقسیم می‌کنند. چاه‌های قائم را به اختصار، چاه می‌نامند.

چاه کور[۴]: چاه کور از مکانی مناسب در یکی از طبقات معدن برای باز کردن ماده معدنی در اعماق پایین حفر می‌شود و مستقیما به سطح زمین راه ندارد. به چاه کور، چاه طبقاتی یا چاه مرحله‌ای نیز گفته می‌شود.

چاه ارتباطی[۵]: چاه ارتباطی یک چاه داخلی است که ارتفاع آن کوتاه‌تر از چاه اصلی و قطر آن کوچکتر از چاه اصلی است. این حفریه زیرزمینی برای ارتباط دو لایه یا طبقه به یکدیگر و یا یک لایه به طبقه ترابری، به صورت کوتاه و قائم، حفر می‌شود.

زیربرش و روبرش: به حفریاتی افقی با سطح مقطعی کوچک که در زیر کارگاه استخراج و بالای لنگه پایین[۶] یا لنگه آستانه استخراج، برای محافظت تونل باربری دنباله‌رو، ایجاد می‌شود، زیربرش[۷] گفته می‌شود. روبرش حفریه دیگری است که در زیر لنگه تاج[۸] و ماده معدنی برجا ایجاد می‌شود.

قیف: به حفره‌ای مخروطی شکل که در بالای دویل انتقال ماده معدنی و زیر کارگاه استخراج، برای انتقال ثقلی مواد به راهروی تخلیه ایجاد می‌شود، قیف می‌گویند.

بونکر: بونکر، یا ریزشگاه کانسنگ به دهانه خروجی دویل انتقال ماده معدنی گفته می‌شود که از طریق آن مواد به شیوه ثقلی به باربر منتقل می‌شود.

نفر رو[۹]: به راه عبور افراد در دویلی مستقل و یا بخش تفکیک شده از دویل‌های انتقال ماده معدنی یا تهویه، نفر رو می‌گویند.

پذیرشگاه[۱۰]: پذیرشگاه‌ها حفریاتی خدماتی‌اند که سطح مقطع آن‌ها بزرگتر از حفریاتی است که در آن‌ها قرار دارند. پذیرشگاه را برای مدیریت ترابری در زیر کارگاه‌های استخراج، در تغییر مسیرهای ترابری و اطراف چاه‌ها احداث می‌کنند.

پذیرشگاه چاه[۱۱]، مجموعه حفریاتی است که برای بارگیری، تخلیه باربرها و همچنین خدمات استخراج، در اطراف چاه احداث می‌شود. انواع مختلفی از پذیرشگاه‌ها بر اساس نوع خدمات و نحوه ارایه آن‌ها وجود دارد.

1- Raise
2- Main shaft
3- Auxiliary shaft
4- Blind shaft
5- Staple shaft
6- Sill pillar
7- Under cut
8- Crown pillar
9- Man way
10- Transfer point
11- Shaft station

۱-۳- فعالیت‌های معدنکاری و شبکه حفریات زیرزمینی

در معدنکاری هم‌زمان، فعالیت‌های اصلی استخراج در یک بخش کانسار متمرکز است و ممکن است هم‌زمان با آن در بخش‌های دیگری از کانسار، مراحل معدنکاری، یعنی اکتشاف و آماده‌سازی نیز در حال انجام باشد. استخراج از طبقات بالایی شروع می‌شود و همراه با آن، آماده‌سازی معدن در طبقات پایین انجام می‌شود. معمولا عملیات معدنکاری در یک طبقه استخراجی انجام می‌گیرد و هم‌زمان با آن طبقه دیگری برای استخراج، آماده‌سازی می‌شود و طبقه پایین‌تر که آماده‌سازی آن پایان یافته، در حال باز شدن است.

در معادن زیرزمینی بهره‌برداری از اولین بخش پس از انجام مراحل پشت سر هم معدنکاری آغاز می‌شود. پس از آن باید هم‌زمان با بهره‌برداری، فعالیت‌های اکتشاف و باز کردن در بخش‌های دیگر کانسار ادامه یابد، تا پس از پایان بهره‌برداری از اولین بخش، استخراج به بخش بعدی که آماده‌سازی آن پایان یافته است، منتقل شود و عملیات آماده‌سازی در بخش بعدی که اکتشاف آن تمام شده است، شروع شود. این فرآیند زنجیره‌ای باید تا پایان استخراج ذخیره، ادامه یابد.

در برنامه‌ریزی تولید باید بین سرعت پیشروی استخراج، آماده‌سازی و باز کردن معدن نسبت معینی برقرار باشد. برای هر پروژه جدید معدنی، باید یک آهنگ آماده‌سازی- بهره‌برداری[1] تعیین شود. این روند تا بهره‌برداری کامل معدن ادامه می‌یابد.

۱-٤- انواع حفریات شبکه معادن زیرزمینی

حفریات زیرزمینی را که برای رسیدن به ماده معدنی و آماده کردن آن برای استخراج ایجاد می‌شوند به چهار گروه زیر تقسیم می‌کنند:

الف- حفریات اصلی برای باز کردن معدن

ب- حفریات فرعی برای باز کردن طبقات یا افق‌ها و پهنه‌ها

پ- حفریات جانبی برای باز کردن کارگاه‌های استخراجی

ت- فضاهای خدماتی یا تکمیلی آماده‌سازی و استخراج

حفریات اصلی که بازکننده‌های معدن نیز نامیده می‌شوند، برای طول عمر معدن یا بخشی از آن، استفاده می‌شود. جانمایی حفریات اصلی هنگام طراحی، باید بر اساس شکل و وضعیت ذخیره استخراجی انجام شود.

حفریات فرعی، ارتباط بین حفریات اصلی و ماده معدنی را در یک طبقه برقرار می‌کنند. عمر این حفریات به میزان ذخیره‌ای بستگی دارد که در فاصله بین طبقات برای استخراج در یک دوره بهره‌برداری وجود دارد.

حفریات جانبی برای آماده‌سازی یک بخش یا پهنه استخراجی در کارگاه استخراج احداث می‌شوند و مدت استفاده از آن‌ها به میزان ذخیره یک بلوک یا بخش استخراجی، وابسته است.

فضاهای خدماتی زیرزمینی برای سرویس‌دهی به بخش‌های مشترک استخراج ماده معدنی و آماده‌سازی، احداث می‌شوند. این فضاها ممکن است در یک یا چند طبقه، ایجاد شوند. طول عمر حفریات و فضاهای خدماتی زیرزمینی مختلف، به میزان ظرفیت سالیانه تولید و ذخیره هر طبقه و یا پهنه استخراجی، بستگی دارد.

1- Development– Exploration rate

استخراج از کانسار با آماده‌سازی شبکه معدن آغاز می‌شود. از این به بعد، شبکه معدن با آهنگی که برای آماده‌سازی و استخراج در نظر گرفته شده، توسعه می‌یابد. آماده‌سازی ذخیره با حفر بازکننده‌های اصلی برای رسیدن به ذخایر عمیق‌تر ادامه می‌یابد تا کل ذخیره استخراج شود. حفریات آماده‌سازی و کارگاه‌های استخراج هنگام احداث با حفظ فاصله ایمنی مناسب نسبت به یکدیگر و با آهنگی یکنواخت نسبت به دهانه ورودی معدن یا مرزهای آن جابه‌جا می‌شوند.

۱-۵- رده‌بندی ذخایر بر اساس میزان آماده‌سازی استخراج

با انجام حفریات آماده‌سازی معدن، میزان اعتبار ذخایر اکتشاف شده تغییر می‌کند. در این شرایط، ذخایر اکتشاف شده به ذخایر قابل استخراج تبدیل می‌شود. ذخایر باز شده، آماده استخراج و قابل استخراج، هر یک بخشی از ذخایر اکتشاف شده یا ذخایر قابل استخراج‌اند.

۱-۵-۱- ذخیره باز شده

ذخیره باز شده، بخشی از ماده معدنی است که امکان استخراج آن به وسیله حفریات آماده‌سازی فراهم شده است. با حفر چاه و انجام حفریات عمود بر لایه، ذخایر قرار گرفته در فاصله بین حفریات عمود بر لایه، جزو ذخیره باز شده قرار می‌گیرد (شکل ۱-۱- الف).

۱-۵-۲- ذخیره آماده استخراج

ذخیره باز شده با حفر تونل‌های دنباله‌رو و دویل‌ها، به ذخیره آماده استخراج تبدیل می‌شود (شکل ۱-۱- ب).

۱-۵-۳- ذخیره قابل استخراج

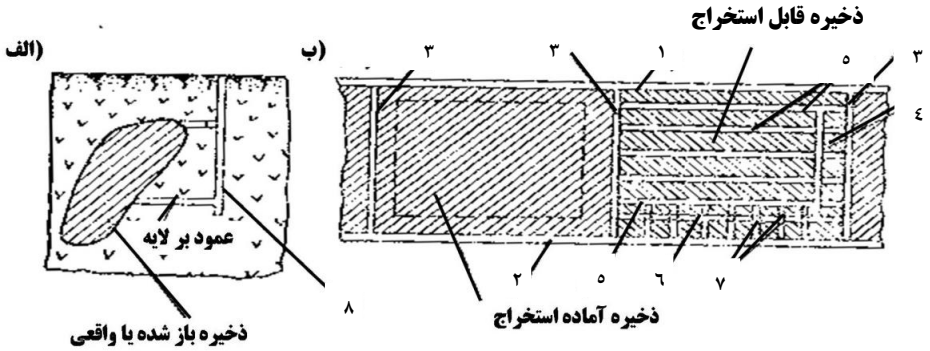
در نهایت با احداث حفریات درون پهنه استخراجی یا تونل‌های زیر طبقه ذخیره قابل استخراج، آماده بهره‌برداری شده و به ذخیره قابل استخراج تبدیل می‌شود (شکل).

۱-۵-٤- ذخیره بالقوه

ذخایر مواد معدنی که به عنوان محافظ در حریم‌های طبقه باربری، ساختمان‌های سطح زمین یا حریم‌های اطراف چاه یا حفریات اصلی و سایر ساختمان‌های ویژه[1] دست نخورده رها می‌شوند، در گروه ذخیره فعال[2] یا ذخیره بالقوه قرار می‌گیرند. پس از پایان عملیات استخراج، این پایه‌ها ممکن است قابل بازیابی باشند که در این صورت استخراج آن‌ها مطابق الگوی از پیش آماده شده انجام می‌شود.

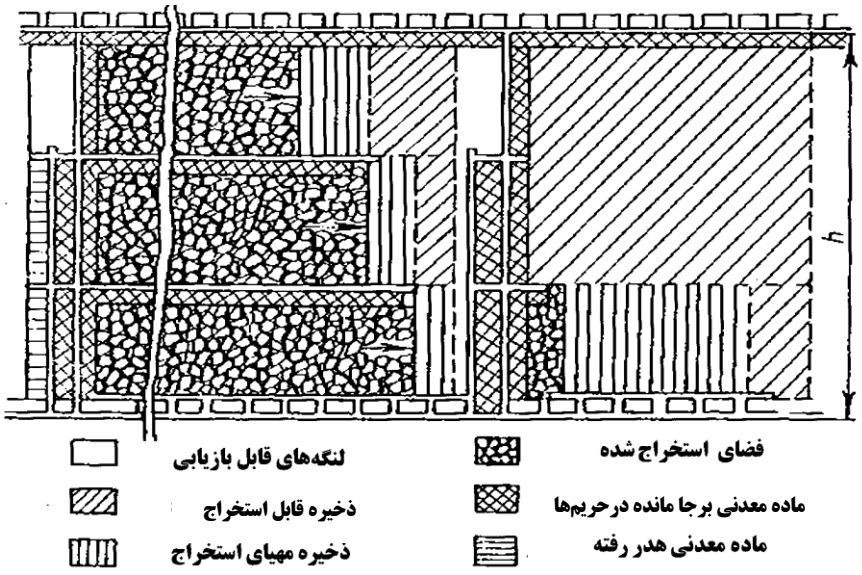
1- Edifices
2- Active reserve

در شکل ۱-۲ توزیع ذخیره آماده شده یک معدن زغال‌سنگ بر اساس درجه آماده‌سازی- استخراج جبهه‌کار قطری، با ریزشگاه‌های ماده معدنی، نشان داده شده است. در این شکل، h فاصله طبقات است و فلش‌ها جهت پیشروی کارگاه را نشان می‌دهند.



الف – مقطعی از ذخیره باز شده، ب- مقطع در امتداد ماده معدنی که جبهه‌کار آن به وسیله زیرطبقات باز شده است.
۱- تونل تهویه، ۲- تونل ترابری، ۳- دویل آغازین، ۴- دویل[1]، ۵- تونل زیرطبقه، ۶- تونل گریزلی، ۷- ریزشگاه و ۸- چاه

شکل ۱-۱- توزیع ذخیره ماده معدنی آماده‌سازی شده برای معدنکاری



شکل ۱-۲- انواع ذخایر آماده‌سازی شده برای استخراج ماده معدنی و برجا مانده در حریم‌ها

اگر چه تلاش می‌شود تا لنگه‌های برجای مانده در بین دو طبقه بازیابی شود ولی تقریبا هیچگاه استخراج کامل آن‌ها امکان‌پذیر نیست. در شکل ۱-۲ بخشی از ماده معدنی که برای نگهداری دویل‌های آغازین باقی گذاشته شده "ماده معدنی برجا مانده" نام‌گذاری شده است و هیچگاه استخراج نخواهد شد.

1- Cut out raise or slot raise

۱-٦- ذخایر قابل استخراج و برنامه‌ریزی احداث شبکه

میزان ذخایر واقعی یا باز شده، آماده استخراج، قابل استخراج از طریق احداث حفریات شبکه معدن باید با نسبت‌های منطقی به یکدیگر مرتبط باشند. بازکننده‌های اصلی معدن قبل از آماده کردن طبقه، حفریات فرعی آماده‌سازی استخراج پس از آماده کردن طبقه حفر می‌شوند.

در دوران بهره‌برداری همواره باید ترتیب انجام عملیات باز کردن و آماده‌سازی شامل عملیات باز کردن معدن، سپس آماده‌سازی طبقه و نهایتا آماده‌سازی فرعی[1] یا آماده‌سازی استخراج رعایت شود تا بتوان به میزان استخراج برنامه‌ریزی شده مورد نظر دست یافت. عدم رعایت تقدم‌ها و برنامه‌ریزی‌های متعاقب آن، موجب افزایش تاخیر در تولید و در نهایت افزایش هزینه تولید می‌شود. برای رفع چنین مشکلی توصیه می‌شود تا کارگاه‌های رزرو در مراحل باز کردن و آماده‌سازی در بخش‌های مختلف معدن وجود داشته باشد تا در موقع لزوم از آن‌ها استفاده شود. در همه معادن باید حداقل یک کارگاه رزرو که بلافاصله قابل بهره‌برداری است، وجود داشته باشد. برای اطمینان از آماده به کار بودن چنین کارگاه یا کارگاه‌هایی باید به طور دوره‌ای، معمولا هفته‌ای یک بار، از آن‌ها بازدید و در صورت وجود مشکلاتی در این کارگاه‌ها، بلافاصله نسبت به رفع آن‌ها اقدام شود.

در آماده کردن ذخایر برای استخراج، باید برنامه‌ریزی به گونه‌ای انجام شود که همواره میزان ذخایر باز شده کافی برای ۱۲ تا ۲۴ ماه تولید و ذخیره آماده استخراج کافی برای ۳ تا ۶ ماه تولید، آماده شود.

نسبت حفریات باز شده به آماده شده برای استخراج به ماهیت و مشخصات ماده معدنی بستگی دارد. در شرایط زمین‌شناسی نامناسب با وجود گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها، تورم و نفوذ گازها، یا نیاز به اکتشافات بیشتر و تاخیرهای غیرقابل پیش‌بینی، این نسبت‌ها باید بیشتر در نظر گرفته شود. در برنامه‌ریزی باز کردن و آماده‌سازی طبقه جدید، زمان آماده‌سازی یا باز کردن و آماده‌سازی طبقه جدید نباید از زمان استخراج طبقه در حال استخراج بیشتر باشد. سایر ذخایر باید با همین آهنگ آماده شوند.

1- Subsidiary development

فصل ۲

بازکننده‌های اصلی معادن زیرزمینی

۲-۱- آشنایی

معادن زیرزمینی با اجرای حفریات آماده‌سازی که برای استخراج آن‌ها در نظر گرفته شده است، آماده بهره‌برداری می‌شوند. بازکننده‌های اصلی شامل چاه قائم، چاه مورب، تونل مورب، رمپ و تونل ورودی است. از آنجا که برای رعایت مقررات ایمنی نیاز به حداقل دو مسیر دسترسی به سطح زمین است، بنابراین می‌توان بازکننده‌های اصلی را به صورت ترکیبی از انواع بازکننده‌ها نیز در نظر گرفت. اگر یک معدن زیرزمینی به وسیله چاه، تونل عمود بر لایه، تونل امتدادی و یا تونل دنباله‌رو باز شده باشد، باید قبل از شروع عملیات استخراج، یک مسیر خروج ثانویه نیز برای معدن احداث شود. مسیر خروج ثانویه را باید حداقل در فاصله ۳۰ متری بازکننده اصلی در نظر گرفت. این مسیر باید مجهز به نردبان، نفر رو و سیستم ترابری مناسب و در دسترس باشد. قبل از احداث کارگاه‌ها، باید مسیر خروج ثانویه در معدن در نظر گرفته شود. در غیر این صورت باید از قابل استفاده بودن و مسدود نبودن تنها بازکننده معدن اطمینان داشت.

۲-۲- باز کردن معادن با چاه

چاه‌ها را بر اساس وظایفی که بر عهده دارند به چاه اصلی و چاه فرعی تقسیم می‌کنند. چاه اصلی به باربری ماده معدنی و گانگ[1] اختصاص دارد و چاه فرعی برای خدمات‌رسانی در نظر گرفته می‌شود. چاه‌ها را بر اساس نوع صندوق‌های باربری، به چاه اسکیپ و چاه قفس نامگذاری می‌کنند. چاه‌های خدماتی و یا تهویه برای انتقال نفرات و تجهیزات و تهویه در نظر گرفته می‌شوند.

یک روش برای باز کردن کانسارهای لایه‌ای افقی و کم شیب که در عمق نسبتا زیاد قرار دارد، استفاده از چاه است. چاه را می‌توان در مرکز منطقه معدنی حفر کرد یا در محدوده معدن و در مکانی خارج از ناحیه جابه‌جایی‌ها در نظر گرفت.

برای کانسارهای فلزی که شیب زیادی نیز دارند، چاه‌ها در کمرپایین کانسار حفر می‌شوند. ممکن است هم چاه‌های اصلی و هم چاه‌های فرعی در مرکز ثقل کانسار قرار گیرند، یا چاه باربری در مرکز ثقل کانسار و چاه تهویه در دو جانب کانسار قرار گیرد. در هر دو حالت، چاه را می‌توان در کمرپایین و خارج از محدوده نشست، یا درون ماده معدنی حفر کرد و برای هر یک از این شرایط باید حریم‌هایی را در نظر گرفت.

چاه‌های قائم شامل چاه کم عمق[2]، چاه اکتشافی، چاه تولیدی و چاه کور است. از چاه‌های تولیدی و چاه کور برای باز کردن معادن استفاده می‌شود.

چاه اصلی عمدتا برای حمل و نقل مواد معدنی استخراجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از چاه فرعی برای نقل و انتقال نفرات، مصالح، مواد برای پر کردن حفریات استخراجی، تهویه و آبکشی استفاده می‌کنند. بخش انتهایی چاه‌ها را که پایین‌تر از آخرین طبقه است، برای مخزن آب در نظر می‌گیرند.

1- Gangue
2- Shallow pit

۲-۳- باز کردن معادن زیرزمینی با تونل مورب

تونل مورب[1] از حفریات شیب‌دار است که ممکن است به صورت پایین‌رو یا بالاروها حفر شود. در صورتی که شیب تونل مورب اصلی بیش از ۴۵ درجه باشد به آن چاه مورب یا چاه مایل گفته می‌شود.

باز کردن کانسارهای کم عمق، به ویژه زغال‌سنگ با تونل مورب مناسب‌تر از چاه است. دلیل این موضوع هزینه پایین‌تر و زمان احداث کوتاه‌تر تونل مورب نسبت به چاه قائم است.

بازکننده‌های معادن با عمق متوسط ممکن است تونل مورب یا چاه و یا ترکیب آن‌ها باشد. بر اساس مزایا و معایبی که این گزینه‌ها دارند، می‌توان با مقایسه آن‌ها، راه حل مناسب را انتخاب کرد.

در معادنی که با چاه باز می‌شود از تونل مورب برای ارایه خدماتی مانند ترابری مواد، پر کردن حفریات استخراجی، انتقال نفرات، مصالح و امکانات، تجهیزات، لوله‌ها و کابل‌های انتقال انرژی و مخابرات، استفاده می‌شود.

برای انتقال ماده معدنی در بین طبقات می‌توان از تونل شیب‌دار[2] با قطر زیاد و برای اتصال دو یا چند زیر طبقه به یکدیگر از دویل انتقال ماده معدنی[3] با ابعاد کم، استفاده کرد. به این حفریات، دساندری هم گفته می‌شود.

چاه مورب نیز همانند دیگر حفریات، ممکن است به سطح زمین راه داشته باشد و یا دسترسی آن، به سطح زمین به صورت غیر مستقیم امکان‌پذیر باشد.

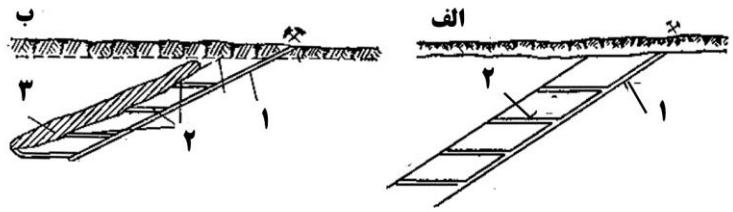
یکی از روش‌های باز کردن رگه‌ها یا لایه‌های پرشیب، احداث تونل‌های مورب با زاویه‌ای کمتر از قائم است. در صورت وجود مشکل آب، می‌توان این بازکننده‌ها را از پایین به بالا احداث کرد. حفریات شیب‌دار برای دسترسی به ماده معدنی ممکن است در داخل ماده معدنی یا در سنگ کمرپایین احداث شود.

حفر تونل مورب در ماده معدنی باعث دسترسی به اطلاعات بیشتری از ماده معدنی می‌شود. از آنجا که در این بازکننده‌ها حین حفر، مقداری ماده معدنی استخراج می‌شود، می‌توان بخش‌های هوازده را به راحتی از بخش غیرهوازده آن جدا کرد.

تمامی حفریات شیب‌دار مانند تونل‌های مورب بالارو، پایین‌رو، ریزشگاه و نفر رو را می‌توان در سنگ احداث کرد. به این حفریات تونل مورب سنگی[4] می‌گویند.

شکل ۲-۱- الف، تونل مورب اصلی را با عمود بر لایه‌ای که برای رسیدن به کانسار لایه‌ای شیب‌دار در نظر گرفته شده است، نشان می‌دهد. تونل مورب در یکی از لایه‌ها احداث شده است و دسترسی به ماده معدنی دیگر با عمود بر لایه‌های کوتاه، برقرار شده است. برای باز کردن کانسارهای توده‌ای کم عمق نیز مطابق شکل ۲-۱- ب، از تونل مورب استفاده می‌شود.

1- Sloping drift
2- Inclined drift
3- Orepass
4- Stone drift



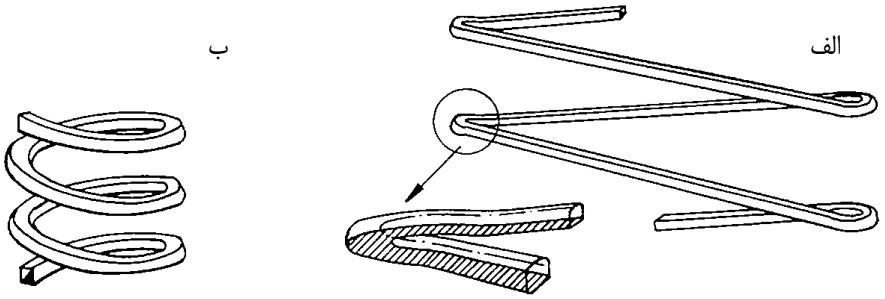
۱- چاه مایل یا تونل مورب، ۲- عمود بر لایه، ۳- ماده معدنی

شکل ۲-۱- بازکننده اصلی کانسار لایه‌ای (الف) و توده‌ای (ب) با چاه مایل

۲-٤- باز کردن معادن با رمپ (شیب‌راهه)

از رمپ برای وسایل ترابری بدون ریل[1] دیزلی یا الکتریکی که چرخ لاستیکی دارند، استفاده می‌شود. رمپ باید به عنوان یکی از گزینه‌های اصلی باز کردن معادن زیرزمینی کم‌عمق، مورد توجه باشد.

رمپ‌ها را به صورت مارپیچ یا زیگزاگ طراحی می‌کنند (شکل ۲-۲). مسیر رمپ‌های نوع زیگزاگ را مستقیم با قوس‌های مسطح یا شیب‌دار، در نظر می‌گیرند. شیب و سطح مقطع رمپ بر اساس توانایی تجهیزات حمل و نقل، ابعاد و نحوه تردد این وسایل انتخاب می‌شود. امروزه با افزایش تعداد محورهای محرکه وسایل حمل و نقل، شیب رمپ‌ها تا یک به ۵ نیز قابل افزایش است. شیب رمپ‌ها با تجهیزات متداول ۱ به ۱۰ تا ۱ به ۷ است.



الف) رمپ زیگزاگی، ب) رمپ مارپیچ

شکل ۲-۲- انواع رمپ‌ها

به دلیل میدان دید ناکافی، قوس رمپ‌های زیگزاگی با شعاع بالا طراحی و احداث می‌شود.

در رمپ‌های زیگزاگی یک طرفه، باید در هر ۵۰۰ متر از طول رمپ یک بخش با عرض بیشتر برای توقف اضطراری وسایل یا ایجاد مکان برای عبور تجهیزات از مقابل هم، در نظر گرفته شود. فاصله بین نقاط عبور وسایل از یکدیگر، با توجه به شیب رمپ و سرعت حرکت وسایل نقلیه تعیین می‌شود.

1- Trackless

۲-۵- باز کردن با تونل افقی

حفریات افقی برای آماده‌سازی اولیه کانسارهایی به کار می‌روند که در مناطق کوهستانی قرار دارند. در این شرایط کانسار در سطح زمین رخنمون دارد و یا به گونه‌ای در زیر زمین قرار گرفته است که می‌توان با یک تونل افقی به آن دسترسی پیدا کرد.

یک تونل ورودی ممکن است به صورت عمود بر امتداد ماده معدنی، دنباله‌رو یا امتدادی در نظر گرفته شود. این که تونل به یکی از سه حالت یاد شده یا ترکیبی از آن‌ها، ایجاد شود، به موقعیت و مشخصات کانسار، شیب توپوگرافی و ظرفیت تولید بستگی دارد.

توپوگرافی محلی و موقعیت کانسار این امکان را فراهم می‌کند تا بخش‌های زیادی از ماده معدنی واقع در افق‌های فوقانی را بتوان از طریق تونل اصلی که در پایین‌ترین افق قابل دسترسی ایجاد می‌شود، استخراج کرد. به این تونل، تونل مادر یا تونل اصلی گفته می‌شود. مواد معدنی که در افق‌های بالاتر از این طبقه اصلی قرار دارند، ممکن است به طور مستقل از دهانه تونل‌های اصلی این افق‌ها به خارج هدایت و یا از طریق یک دویل مرکزی به طبقه اصلی منتقل شوند.

دهانه تونل اصلی باید در مکانی قرار گیرد که از نفوذ آب‌های سطحی منطقه به تونل جلوگیری شود. (مکان دهانه باید بالاتر از دوره سیلاب‌های ۱۰۰ ساله قرار داشته باشد.)

برای انتقال مواد خروجی از دهانه تونل‌ها می‌توان از راه‌آهن، جاده‌های ارتباطی سراسری، نوار نقاله، یا سیم نقاله‌های هوایی استفاده کرد.

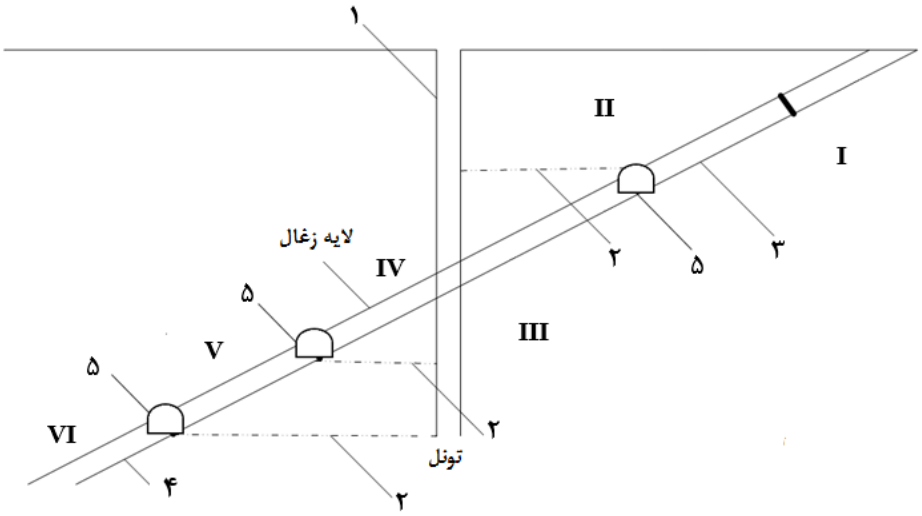
در محدوده دهانه‌های تونل اصلی باید فضای کافی برای انبار کردن مواد معدنی، تخلیه مواد باطله یا دورریز فرآوری، استقرار تجهیزات و ساختمان‌های مورد نیاز وجود داشته باشد. مواد معدنی و یا مواد باطله خارج شده از معدن نباید باعث آلودگی آب‌های جاری منطقه شوند.

برای انتخاب دهانه تونل‌ها در مناطق پرشیب باید این مناطق از نظر احتمال وقوع پدیده‌هایی مانند رانش زمین، سنگ لغزش، روانه‌های گلی و بهمن بررسی شود. برای مطالعه در مورد بررسی مخاطرات طبیعی در ساختگاه تونل به نشریه در دست تدوین با عنوان "دستورالعمل مطالعه مخاطرات طبیعی در ساختگاه تونل‌ها" مراجعه شود.

۲-٦- روش‌های ترکیبی

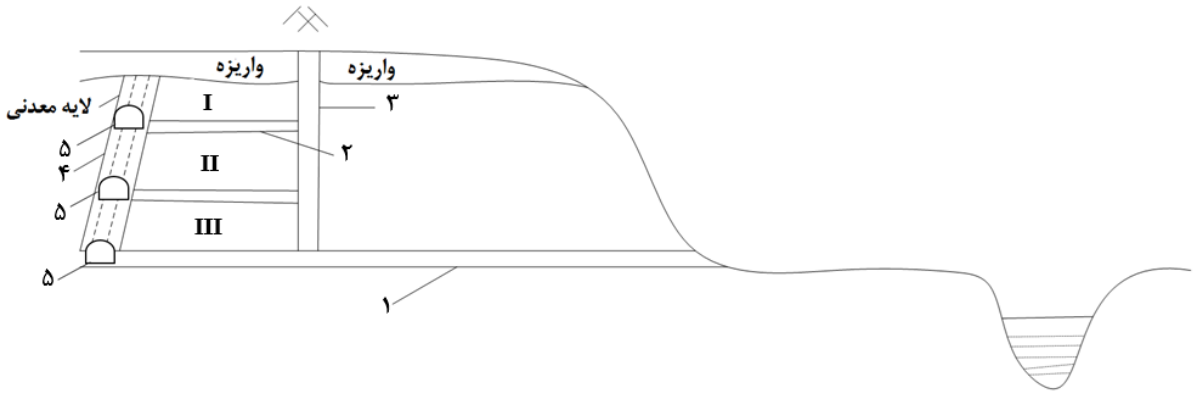
در روش‌های ترکیبی می‌توان کانسار را از طریق چاه قائم، عمود بر لایه و تونل‌های مورب بالارو و پایین‌رو باز کرد. در شکل ۲-۳ باز کردن لایه شیب‌دار از طریق چاه و تونل مورب و در شکل ۲-۴ نمونه‌ای از ترکیب چاه و تونل افقی به عنوان بازکننده‌های کانسار لایه‌ای، نشان داده شده است.

ترکیبی از چاه و تونل افقی که باعث می‌شود دسترسی به طبقات فوقانی از طریق چاه میسر شود و مشکلات آبکشی و حمل مواد از طریق تونل اصلی انجام شود، گزینه کارآمدی نسبت به سایر روش‌ها است. گزینه دیگر برای باربری استفاده از چاه دوم یا تونل مورب به جای تونل اصلی است.



۱- چاه، ۲- عمود بر لایه، ۳- تونل مورب (پایین‌رو)، ۴- تونل مورب بالارو، ۵- دنبال لایه، I تا VI- طبقات

شکل ۲-۳- باز کردن لایه شیب‌دار از طریق چاه و تونل مورب



۱- تونل اصلی، ۲- تونل عمود بر لایه، ۳- چاه، ۴- ریزشگاه، ۵- دنبال لایه، I تا III- طبقات معدن

شکل ۲-٤- باز کردن ترکیبی یک کانسار لایه‌ای

فصل ۳

حفریات معدنی طبقات

۳-۱- آشنایی

دسترسی به ماده معدنی یا آماده‌سازی ثانویه در طبقات به وسیله حفریات افقی انجام می‌شود. این حفریات ممکن است در ماده معدنی و یا خارج از آن ایجاد شوند. از جمله حفریات ثانویه می‌توان به تونل‌های دنباله‌رو، امتدادی، عمود بر لایه، راهروها یا تونل‌های سنگی که در معادن زغال‌سنگ احداث می‌شوند، اشاره کرد. این حفریات، از بازکننده‌های اصلی جدا می‌شوند و مستقیما به سطح زمین راه ندارند.

۳-۲- انواع حفریات طبقات

۳-۲-۱- تونل عمود بر لایه

تونل عمود بر لایه ممکن است دسترسی به ماده معدنی را از سطح زمین یا از طریق حفریات دیگر فراهم کند. این تونل در صورتی که مستقیما به سطح زمین برسد، بازکننده اصلی تلقی می‌شود و در غیر این صورت در ردیف حفریات فرعی قرار می‌گیرد.

میانبر نوعی تونل عمود بر لایه کوتاه است و معمولا از تونل‌های امتدادی منشعب می‌شود. میانبر بخشی از حفریات یک طبقه محسوب می‌شود که سطح مقطع آن کمتر از سطح مقطع تونل امتدادی یا دنباله‌رویی است که از آن جدا شده است.

شکل سطح مقطع این تونل‌ها تابع سیستم نگهداری آن‌ها است. با توجه به مقاومت سنگ و طول عمر تونل عمود بر لایه، ممکن است این تونل‌ها با یا بدون سیستم نگهداری احداث شوند.

۳-۲-۲- تونل امتدادی

تونل امتدادی از حفریات افقی یا تقریبا افقی معادن زیرزمینی است که امتداد آن موازی با امتداد ماده معدنی است. به تونل امتدادی، موازی لایه یا موازی رگه نیز می‌گویند. زمانی که ماده معدنی در مناطق مرتفع رخنمون داشته باشد، دهانه تونل امتدادی مستقیما به سطح زمین راه دارد و در معادن عمیق دهانه آن از تونل‌های دیگر و عمدتا از تونل اصلی جدا می‌شود.

۳-۲-۳- تونل دنباله‌رو

دهانه تونل دنباله‌رو، ممکن است از یک یا دو طرف به سطح زمین راه داشته باشد یا مانند تونل امتدادی از حفریات دیگری در یک طبقه ماده معدنی جدا شده باشد که در این صورت دهانه آن مستقیما به سطح زمین راه ندارد.

۳-۲-٤- راهرو

راهروها یا حفریات آماده‌سازی افقی در معادن زغال‌سنگ‌اند که معمولا به صورت دوتایی، سه‌تایی و بیشتر به موازات هم و با فاصله‌ای از یکدیگر قرار می‌گیرند. راهروها معمولا در اطراف یک بخش استخراجی که شامل چندین پهنه استخراجی است، احداث می‌شوند. یکی از راهروها به مسیر رفت هوای تمیز و دیگری به برگشت هوای کثیف اختصاص می‌یابد. از این راهروها برای باربری مواد نیز استفاده می‌شود. اگر راهروی سومی وجود داشته باشد تا از آن اختصاصا برای حمل و نقل مواد استفاده شود، در این صورت راهروی برگشت هوا ممکن است در طرف دیگر بخش استخراجی قرار داشته باشد. معمولا راهروها از نوع تونل‌های دنباله‌رو هستند.

۳-۲-۵- تونل باربری

به تونلی که از آن برای انتقال مواد در طبقه باربری استفاده می‌شود، تونل باربری می‌گویند. تونل باربری ممکن است از نوع تونل‌های دنباله‌رو یا امتدادی و یا هر دو آن‌ها باشد. تونل‌های باربری اصلی و مسیرهای ترابری بینابین یا فرعی در طبقه باربری قرار دارند.

۳-۲-٦- تونل تهویه

تونل تهویه در زمان بهره‌برداری، تمام یا بخشی از مسیر باربری طبقه بالایی استخراج است و مشخصات آن مشابه تونل‌های باربری است. این تونل در زمان بهره‌برداری نقش انتقال هوای خارج شده از کارگاه‌های استخراج به چاه ترابری یا چاه اصلی را به عهده دارد. از این تونل علاوه بر تهویه، برای انتقال مواد برای پرکننده کارگاه‌های استخراج، انتقال امکانات تولید و انتقال افراد به کارگاه استخراج نیز به استفاده می‌شود.

فصل ۴

آماده‌سازی کارگاه استخراج

٤-١- آشنایی

برای باز کردن معدن نیاز به حفریاتی است که باید تا محدوده مواد معدنی قابل استخراج گسترش یابد. با احداث این حفریات پهنه‌ها از طرفین باز می‌شوند و دویل‌های آغازین یا راهروهای پهنه‌ای که از مسیر اصلی جدا می‌شوند، پهنه‌ها را از چهار طرف قابل دسترس می‌کنند. با احداث حفریات زیربرش و در صورت لزوم روبرش، همراه با ایجاد سیستم‌های تخلیه که شرایط انتقال مواد استخراج شده را به باربرها در طبقه باربری فراهم می‌کند، کارگاه آماده استخراج می‌شود.

٤-٢- دویل‌ها و راهروهای آغازین

برای آماده‌سازی کارگاه استخراج، باید از طریق تونل باربری در مواد معدنی شیب‌دار یا راهروی اصلی در مواد معدنی افقی، به ترتیب دویل‌های جانبی پهنه‌های استخراجی، یا راهروهای پهنه‌ای تا طبقه فوقانی یا طبقه تهویه، احداث شود. با توجه به روش استخراج انتخابی، علاوه بر دویل‌های جانبی و راهروهای پهنه‌ای ممکن است احداث زیرطبقات و راهروهای اتاقی نیز ضروری باشد. بسته به روش استخراج انتخاب شده، استخراج هر پهنه از کانسارهای شیب‌دار، ممکن است به صورت بالارو یا پایین‌رو و استخراج پهنه‌ها در کانسارهای افقی و پهنه‌ها در سایر روش‌ها، به صورت پسرو و یا پیشرو انجام می‌شود.

بر اساس برنامه‌ریزی استخراج، با شروع استخراج از یک پهنه، کارگاه‌های بعدی باید آماده‌سازی شوند تا پس از استخراج تمام کارگاه‌های یک طبقه، استخراج طبقات بعدی که آماده‌سازی آن‌ها به اتمام رسیده است، آغاز شود. شیوه پیشروی کارگاه‌ها و افق‌ها در ارتباط با یکدیگر بر اساس برنامه‌ریزی تولید تعیین می‌شود. معمولا باید حداقل دو کارگاه استخراج به طور هم‌زمان در حال کار باشد که از یکی از آن‌ها مواد معدنی استخراج شود و در کارگاه دیگر عملیات آماده‌سازی انجام گیرد.

در صورت نیاز دویل‌های بالارو و پایین‌رو، گذرگاه‌ها و حفریات خاص مانند راه‌های انتقال ماده معدنی، دویل‌های تهویه، راه‌های عبور افراد و دیگر حفریات خدماتی نیز بین طبقات حفر می‌شوند.

٤-٣- راهروهای زیربرش و روبرش کارگاه استخراج

راهروهای زیربرش، حفریات افقی با سطح مقطعی کوچک‌اند که در زیر کارگاه استخراج، برای محافظت از تونل باربری دنباله‌رو احداث می‌شوند. راهروهای روبرش، حفریات مشابه به زیربرش‌اند که در صورت نیاز در پایین لنگه تاج احداث می‌شوند. راهروهای زیربرش و روبرش قبل از احداث کارگاه استخراج و برای آماده کردن دویل‌های خدماتی، دویل انتقال ماده معدنی در پایین و دویل خاک‌ریز در بالا، احداث می‌شوند.

در بسیاری از روش‌های استخراجی نیازی به راهروهای روبرش نیست و فقط از لنگه تاج برای حفاظت تونل تهویه استفاده می‌شود. راهروهای روبرش در روش‌های استخراجی احداث می‌شوند که به خدمات پر کردن و وسیله‌رسانی به کارگاه آن نیاز باشد. در روش‌هایی که طبقات با تونل‌های امتدادی یا جانبی باز می‌شوند نیازی به راهروهای رو و زیربرش نیست. در استخراج مواد معدنی فلزی، مواد استخراج شده از کارگاه‌های استخراج به فضای زیربرش منتقل می‌شود و سپس برای انتقال مواد از راهروهای زیربرش به تونل‌های باربری، از وسیله‌ای بارکننده- باربر به نام اسکریپر یا خاک‌کش استفاده می‌شود. به همین دلیل از راهروهای زیربرش با

عنوان تونل اسکریپر یا اسلاشر[1] نیز یاد می‌شود. در بعضی از روش‌های استخراج به دلیل قرار دادن سرند گریزلی بر روی دهانه دویل‌های انتقال ماده معدنی، به زیربرش طبقه گریزلی[2] می‌گویند.

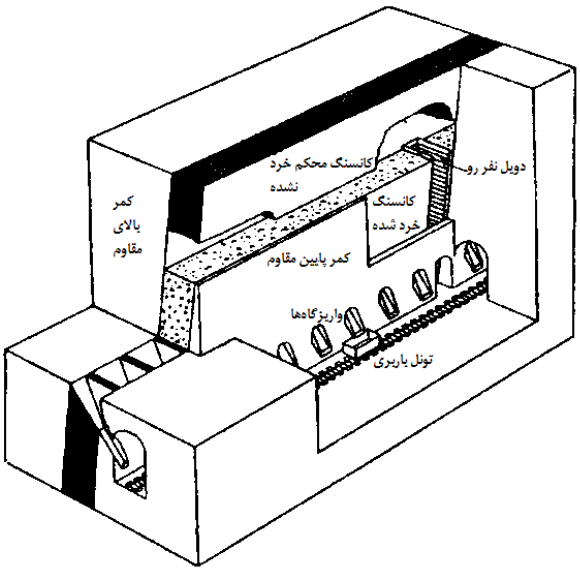
با توجه به روش تخلیه مواد، ممکن است نیازی به راهروهای بالا و پایین استخراج نباشد. در این صورت برای تخلیه مواد و بارگیری آن به تجهیزات ترابری به جای راهروهای بالا و پایین کارگاه استخراج، از میانبرها استفاده می‌شود.

در معادن کوچک بدون میانبر برای تخلیه مواد از ریزشگاه و یا بونکر موجود در انتهای دویل‌های انتقال ماده معدنی که در مسیر تونل‌های ترابری قرار دارند، استفاده می‌شود.

٤-٤- سیستم‌های تخلیه

در روش‌های استخراج کانسارهای افقی تخلیه مواد استخراجی از کارگاه‌ها و انتقال آن‌ها به مسیرهای باربری ساده است. باربر کارگاه استخراج بار خود را به باربر مستقر در راهروی پهنه منتقل می‌کند. بارهای مسیر اصلی که از پهنه‌های مختلف جمع‌آوری می‌شوند، پس از انتقال به پذیرشگاه، به خارج از معدن منتقل می‌شوند. در استخراج کانسارهای افقی، مواد مستقیما از کارگاه استخراج به سطح زمین یا پذیرشگاه دهانه اصلی منتقل می‌شود.

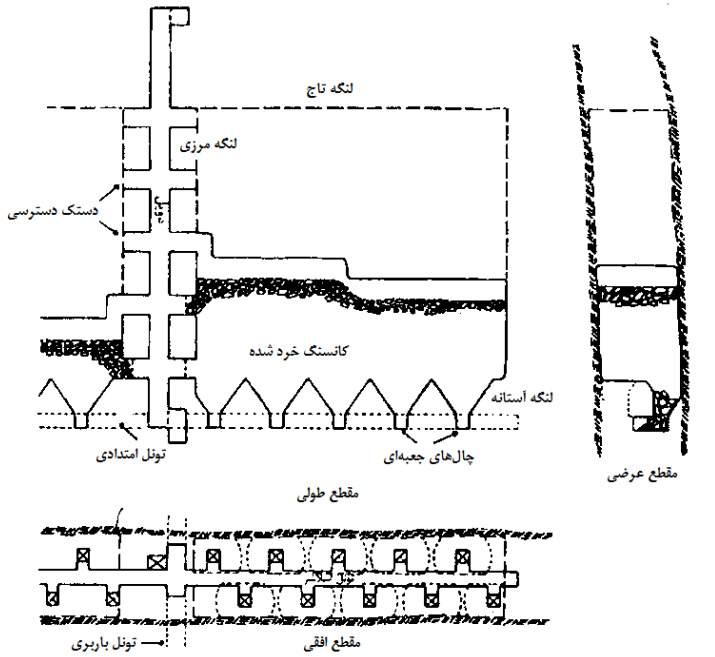
در روش‌های استخراج کانسارهای شیب‌دار برای تخلیه مواد استخراجی سه نوع سیستم تخلیه استفاده می‌شود. در نخستین روش مواد از طریق قیف‌ها و دویل‌هایی وارد واریزگاه‌ها می‌شوند (شکل ۴-۱) و از دهانه واریزگاه‌ها تحت تاثیر نیروی ثقل به طور مستقیم به داخل وسایل ترابری که معمولا واگن‌های معدنی‌اند، تخلیه می‌شوند. یکی از مشکلات این روش گیر کردن مواد در واریزگاه‌ها و بسته شدن آن‌ها است که موجب ایجاد وقفه در تخلیه مواد می‌شود.



شکل ٤-١- روش تخلیه قیف و دویل

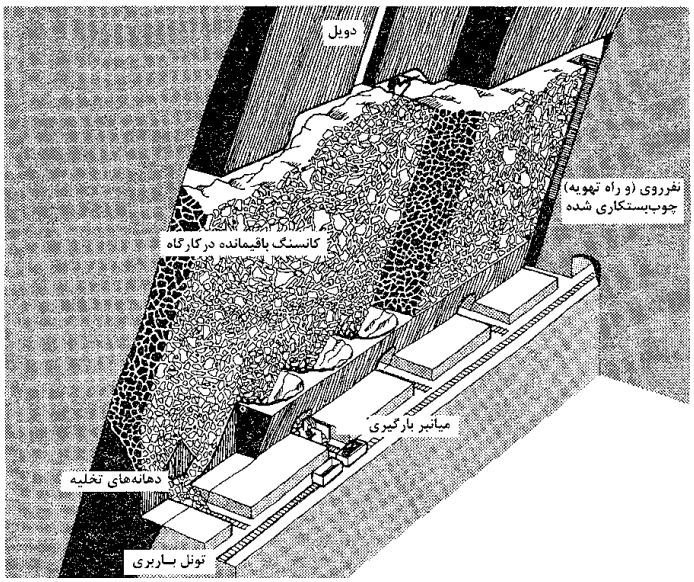
1- Slusher drift
2- Grizzly level

در دومین روش برای تخلیه مواد استخراجی از کارگاه‌های شیب‌دار، از اسکریپر کابل کششی یا اسلاشر استفاده می‌شود. این وسیله در تونل‌ها یا راهروهای اسلاشر که در طول کارگاه یا زیر آن حفر شده‌اند، نصب می‌شود (شکل ۴-۲).



شکل ٤-۲- راهروهای زیربرش اسکریپری یا تونل اسکریپری تخلیه مواد

در روش سوم، تخلیه مواد از طریق میان‌برهای بارگیری[1] انجام می‌گیرد. نقاط تخلیه در انتهای میان‌برهای بارگیری قرار دارند و مواد به درون آن‌ها ریخته می‌شود. در این روش گیر کردن مواد یا گرفتگی اتفاق نمی‌افتد. این روش برای مکانیزه کردن عملیات بارگیری و باربری مناسب است که طی آن، ماشین‌های بارگیری، عمل بارگیری را از داخل میان‌برها و از دهانه‌های تخلیه واقع در زیر کارگاه استخراج انجام می‌دهند (شکل ۴-۳).



شکل ٤-۳- روش تخلیه با میان‌برهای بارگیری

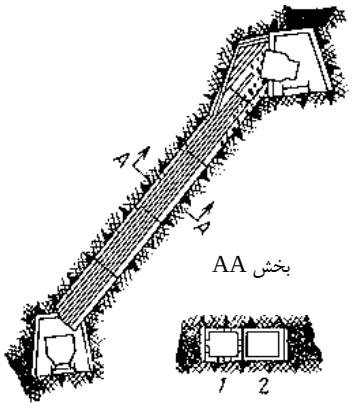
1- Cross cuts for loading

در سیستم‌های تخلیه، فاصله بین دهانه‌های تخلیه معمولا ۵ تا ۱۵ متر است. فواصل کوتاه‌تر مستلزم احداث حفریات بیشتر است ولی میزان مواد معدنی خرد شده باقی‌مانده در پایین کارگاه، پس از تخلیه آن به حداقل می‌رسد. با افزایش فاصله بین دهانه‌های تخلیه، هزینه‌های احداث حفریات کاهش ولی در مقابل، هزینه‌های کنترل تخلیه و انتقال ماده معدنی در پایین کارگاه افزایش می‌یابد. تعیین فاصله بهینه بین ریزشگاه‌ها مستلزم انجام بررسی‌های فنی و اقتصادی است.

٤-٥- حفریات خدماتی شیب‌دار

٤-٥-١- ریزشگاه کانسنگ

ریزشگاه‌های کانسنگ یا شوت‌ها، در کارگاه‌های استخراج و یا خارج از آن‌ها احداث می‌شوند و مواد معدنی از طریق آن‌ها در اثر وزن خود، به پایین منتقل می‌شوند. در ریزشگاه کانسنگ باید دو بخش مجزا، یکی برای انتقال مواد و دیگری را برای انتقال افراد در نظر گرفته شود (شکل ۴-۴). از مسیر انتقال نفرات برای باز کردن مکان‌های مسدود شده، استفاده می‌شود. شیب ریزشگاه‌ها با توجه به ایمنی انتقال ماده معدنی به پایین انتخاب می‌شود. وقتی شیب ریزشگاه کانسنگ زیاد باشد، برای کنترل سرعت حرکت مواد، از مارپیچ و یا قرار دادن مانع در مسیر حرکت استفاده می‌شود.



۱- قسمت عبور ماده معدنی، ۲- نفررو

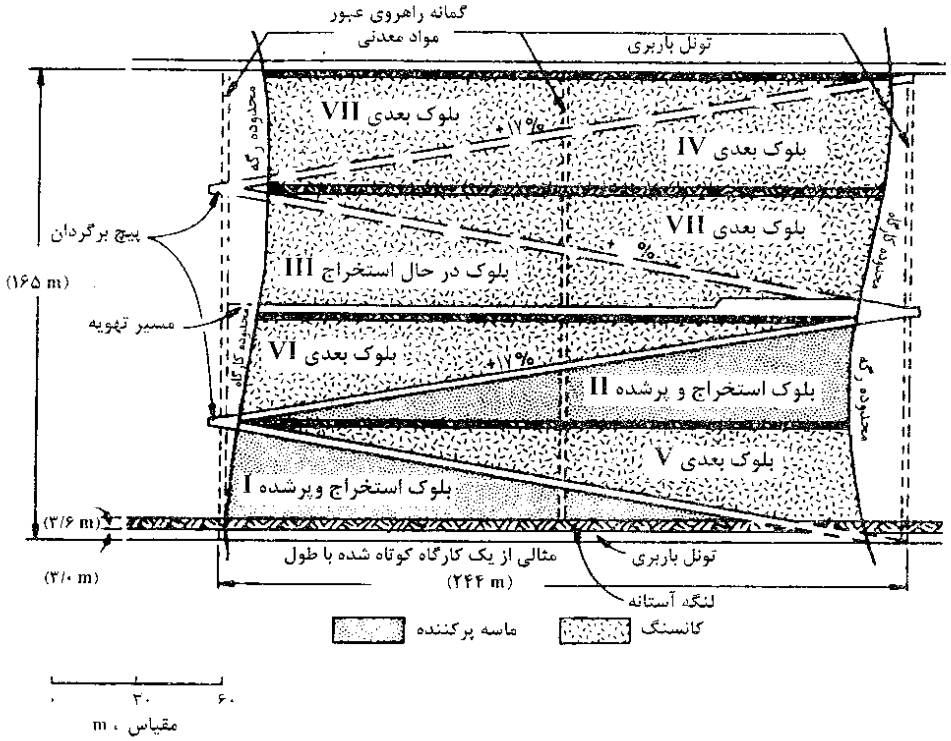
شکل ٤-٤- بخش‌های مختلف ریزشگاه کانسنگ

٤-٥-٢- تونل‌های خدماتی مورب

در بخش خدمات استخراج برای باربری از تونل‌های مورب پایین‌رو و بالارو استفاده می‌شود. در این تونل‌ها بخش مجزایی برای انتقال نفرات در نظر گرفته می‌شود. تونل مورب پایین‌رو از جمله حفریات شیب‌داری است که در هنگام استخراج برای انتقال مکانیکی ماده معدنی، از افق بالا به افق پایین، به کار می‌رود.

٤-٥-٣- رمپ‌های خدماتی در کارگاه استخراج

در کارگاه‌های استخراج برای انتقال تجهیزات بارگیری، باربری و حفاری چرخ لاستیکی، مسیرهای شیب‌دار یا رمپ ایجاد می‌شود. رمپ‌ها هم‌زمان با پیشروی کارگاه، احداث می‌شوند (شکل ۴-۵).



شکل ٤-٥- نمونه‌ای از رمپ خدماتی در کارگاه استخراج

فصل ۵

حفریات خدماتی

۵-۱- آشنایی

حفریات خدماتی برای ارایه خدمات به فعالیت‌های معادن زیرزمینی در طول احداث، آماده‌سازی و استخراج، احداث می‌شوند. این حفریات به دو گروه حفریات خدماتی سطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شوند. در صورت تکمیل شبکه معادن با چاه قائم یا چاه مورب، باید تاسیسات و تسهیلات خدمات چاه در دهانه آن‌ها، پیش‌بینی شود.

۵-۲- تسهیلات خدماتی سطحی

خدمات زیربنایی مانند راه، آب، برق، ارتباطات و خدمات تولید مانند جاده‌های دسترسی، امکانات ترابری مواد و نفرات، تامین انرژی، امکانات الکتریکی، آب، هوای فشرده، تاسیسات تهویه، کارخانه کانه‌آرایی، انبارها، توقفگاه‌ها و تعمیرگاه‌ها، ساختمان‌های اداری و نظایر آن‌ها، با توجه به موقعیت دهانه‌های اصلی جانمایی می‌شوند. مواد معدنی پس از رسیدن به سطح زمین در بونکرها تخلیه و با سیستم‌های ترابری به مقصد بعدی که معمولا بخش فرآوری است، منتقل می‌شود.

مکان‌های مورد نظر برای احداث امکانات سطحی باید از نظر زمین‌شناسی مهندسی مطالعه شوند، این نقاط باید در خارج از محدوده نشست ناشی از استخراج مکان‌یابی شوند.

برای محدوده استقرار تسهیلات سطحی باید نقشه‌های عمومی، تهیه شود. برای اطلاعات بیشتر به نشریه در دست تدوین با عنوان "راهنمای مکان‌یابی و جانمایی تاسیسات و تجهیزات در معادن روباز" مراجعه شود.

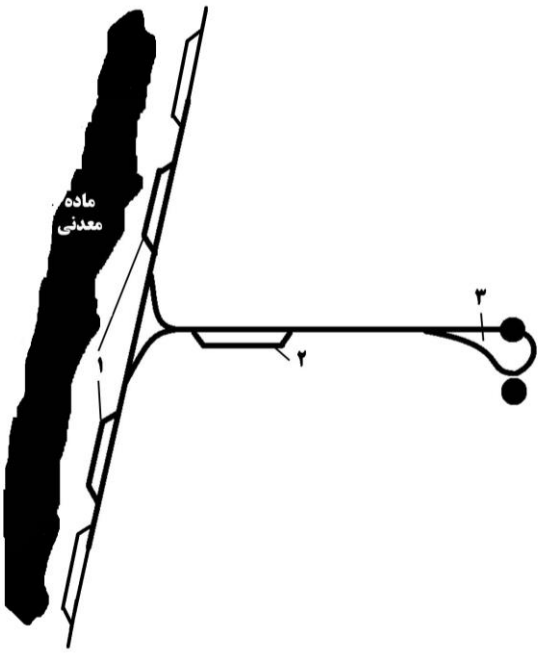
۵-۳- حفریات خدمات زیرزمینی

حفریات خدمات زیرزمینی، شبکه زیرزمینی را تکمیل می‌کنند. پذیرشگاه‌ها که حفریاتی برای مدیریت انتقال مواد به سطح زمین‌اند، متداول‌ترین امکانات زیرزمینی محسوب می‌شوند. پذیرشگاه‌ها در محل برخورد حفریات ترابری میانی با تونل‌ها یا چاه‌های اصلی احداث می‌شوند.

در معادن بزرگ و متوسط در پذیرشگاه‌های اطراف هر طبقه زیرزمینی، مکان‌های انتظار نفرات برای انتقال به جبهه‌کار و یا سطح زمین، در نظر گرفته می‌شود. اتاق کنترل، تعمیرگاه‌ها، تاسیسات، انبار و پمپاژ آب، انبارهای تجهیزات، اتاق کمک‌های اولیه و مواد ناریه نیز بخشی دیگر از حفریات خدماتی زیرزمینی هستند که در پذیرشگاه‌ها منظور می‌شوند.

۵-٤- پذیرشگاه‌های کارگاه استخراج

پذیرشگاه‌ها با مقطعی بزرگتر در محل برخورد حفریات اصلی باربری با چاه احداث می‌شوند. وظیفه اصلی پذیرشگاه‌ها، کنترل حمل و نقل است. در معادن زیرزمینی پذیرشگاه‌های مختلفی وجود دارد. در طبقات ترابری و تهویه، معمولا سه نوع پذیرشگاه شامل کارگاه استخراج، تغییر سیستم ترابری و چاه قائم یا مورب طراحی و احداث می‌شوند (شکل ۵-۱).



۱- پذیرشگاه کارگاه استخراج، ۲- پذیرشگاه تغییر سیستم ترابری، ۳- پذیرشگاه چاه

شکل ۵-۱- انواع پذیرشگاه‌ها در شبکه حفریات زیرزمینی

پذیرشگاه کارگاه استخراج را معمولا با دو مسیر عبور رفت و برگشت می‌سازند که در یکی از مسیرها آن باربرهای خالی برای پر شدن به انتظار بارگیری قرار می‌گیرند.

ایستگاه یا پذیرشگاه‌های تغییر سیستم باربری در تقاطع مسیرهای اصلی و میانی احداث می‌شوند. لوکوموتیوهای مخصوص مسیرهای استخراجی واگن‌های پر را از کارگاه‌های مختلف استخراجی به این پذیرشگاه‌ها منتقل می‌کنند و واگن‌های خالی را به سمت کارگاه‌ها باز می‌گردانند. واگن‌های پر انتقالی از کارگاه‌ها، به وسیله یک سیستم ترابری دیگر به پذیرشگاه چاه انتقال می‌یابند.

پذیرشگاه چاه محوطه‌ای برای مدیریت انتقال مواد استخراجی از زیر زمین به سطح زمین و انتقال وسایل و تجهیزات مورد نیاز از سطح زمین به حفریات تولیدی و آماده‌سازی است. محوطه‌های مشابهی برای ارتباط بین چاه‌های مورب با طبقات پیش‌بینی می‌شود که از آن‌ها با عنوان پذیرشگاه چاه مایل یا تونل یاد می‌شود.

پذیرشگاه‌های چاه با اهمیت‌ترین امکانات خدماتی معادن زیرزمینی هستند. این پذیرشگاه‌ها بر اساس نوع و نحوه خدمات‌رسانی، طراحی و احداث می‌شوند. در پذیرشگاه‌های چاه می‌توان تجهیزات ترابری را در یک حلقه بسته بین دو چاه اصلی و فرعی جابه‌جا کرد. در پذیرشگاه‌های ساده در مسیر ارتباطی به دهانه برای خدمات جابه‌جایی تجهیزات پر و خالی از مسیر دو ریله استفاده می‌شود. عواملی مانند روش حمل مواد معدنی از چاه به بونکرهای چاه و روش انتخاب شده برای عمیق کردن چاه در آینده در طراحی پذیرشگاه چاه موثر است. همه این عوامل را باید برای هر چاه به تنهایی در نظر گرفت. طرح پذیرشگاه ممکن است بر اساس موقعیت‌های مکانی سنگ و نحوه حرکت وسایل اطراف چاه متفاوت باشد. حفریات خدمات زیرزمینی مورد نیاز در اطراف پذیرشگاه‌های چاه در نظر گرفته می‌شوند. مخازن بارگیری یا بونکر چاه معمولا هم‌زمان با پیشروی چاه، احداث و با بتن پوشش داده می‌شوند و سیستم نگهداری آن‌ها نیز مشابه سیستم نگهداری چاه است.

فصل ۶

طراحی شبکه حفریات

٦-١- آشنایی

طراحی و برنامه‌ریزی شبکه معادن مانند هر فعالیت طراحی دیگر، از سه مرحله طراحی مفهومی، پایه و تفصیلی تشکیل می‌شود. در طراحی مفهومی باید کلیه مفاهیم اصلی و تاثیرگذار در طرح تعیین و برای هر یک، روش‌های مناسب انتخاب و از بین آن‌ها مناسب‌ترین روش برگزیده شود. روش‌های مختلف باز کردن و آماده‌سازی از مفاهیم اصلی و مهم در معدنکاری است که باید با توجه به شرایط و خصوصیات کانسار و سنگ‌های در برگیرنده آن، مورد توجه قرار گیرد. در مرحله طراحی مفهومی با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری، می‌توان شبکه مناسب را برای کل ذخیره انتخاب کرد.

در مرحله طراحی مقدماتی یا طراحی پایه، مناسب‌ترین اقدام برای اجرایی کردن طرح شبکه معدن مشخص، شرایط عملیاتی بهینه تعیین می‌شود. انتخاب فواصل طبقات، تعداد دهانه‌های اصلی، سطح مقطع حفریات، سیستم نگهداری یا ضخامت پوشش دیواره‌ها، تعداد دویل‌های عبور ماده معدنی، فاصله‌های کارگاه‌ها از یکدیگر و ابعاد لنگه‌های آستانه و پایین استخراج، اقدامات مهمی است که در مرحله طراحی مقدماتی شبکه معدن، باید به آن توجه کرد.

در طراحی تفصیلی برنامه اجرایی طرح با هدف تجهیز و آماده‌سازی معدن برای تولید در حداقل زمان ممکن، تهیه می‌شود.

٦-٢- داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز شبکه حفریات

اطلاعات اولیه برای طراحی و احداث حفریات زیرزمینی را می‌توان از طریق داده‌های زمین‌شناسی، فیزیکی، استخراجی، قوانین و مقررات، آیین‌نامه‌ها و استانداردها، به دست آورد. گاه ممکن است اطلاعات دیگری نیز مورد نیاز باشد.

٦-٣- اقدامات پیش طراحی

عواملی مانند روش حمل مواد، روش استخراج، اعتبار داده‌های اکتشافی و سطح مکانیزاسیون، در طراحی و انتخاب نوع و هندسه شبکه حفریات موثر است. این عوامل باید قبل از شروع طراحی و در قالب یک بررسی مستقل شناسایی شوند و تاثیر آن‌ها بر انتخاب شبکه به عنوان گزینه‌ای برای باز کردن در نظر گرفته شود.

٦-٤- انتخاب شبکه بهینه حفریات زیرزمینی

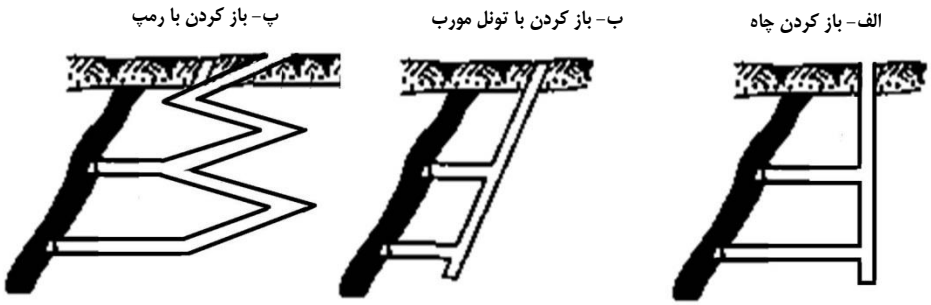
برای انتخاب بازکننده‌های شبکه معادن زیرزمینی، ابتدا باید پایین‌ترین عمق قابل معدنکاری تعیین شود. با معلوم بودن عمق معدنکاری و با آگاهی از اطلاعات پیش طراحی می‌توان انواع روش‌های باز کردن معدن را برای هر طبقه مشخص کرد. در نهایت باید شبکه مناسب در مرحله طراحی مفهومی از بین گزینه‌های ممکن انتخاب کرد و عوامل تاثیرگذار بر این شبکه مناسب، تعیین و بهینه‌سازی شوند.

٦-٤-١- عمق معدنکاری و شبکه

آگاهی از عمق معدنکاری در انتخاب مکان حفریات مهم است. دهانه حفریات باید خارج از محدوده نشست قرار گیرد. در صورتی که دهانه‌های اصلی در محدوده نشست قرار داشته باشد باید مقداری از ماده معدنی به عنوان حریم در اطراف آن باقی گذاشته شود. مواد معدنی ممکن است در عمق مشخصی قطع شوند یا تا اعماق زیادی ادامه پیدا کنند که در هر صورت برای بهره‌برداری به روش زیرزمینی، مشخص شدن عمق از طریق بررسی‌های فنی و اقتصادی ضروری است. با افزایش عمق معدن میزان فشار، دما، آب و گاز محتوا تغییر می‌کند. تغییرات این عوامل به طور فزاینده‌ای بر نوع و تعداد وسایل نگهداری حفریات تاثیر دارد. مرز معدنکاری روباز و زیرزمینی را می‌توان بر اساس نشریه شماره ۶۲۵ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "دستورالعمل تعیین مرز تغییر روش استخراج از روباز به زیرزمینی" مشخص کرد.

٦-٤-٢- انتخاب شبکه حفریات

در طراحی مفهومی، شبکه معدن برای بازکننده‌های اصلی، بازکننده‌های هر طبقه از معدن و روش آماده‌سازی استخراج، بررسی و انواع گزینه‌های ترکیبی ارایه می‌شود. برای باز کردن کانسارها می‌توان گزینه‌های مختلفی را در نظر گرفت. به عنوان مثال در شکل ۶-۱ برای باز کردن یک کانسار فلزی شیب‌دار امکان انتخاب سه گزینه (الف) چاه، (ب) تونل مورب و (پ) رمپ وجود دارد. اولین گام برای انتخاب شبکه، انتخاب روش مناسب برای باز کردن معدن است. به کمک روش‌های تصمیم‌گیری می‌توان گزینه مناسب را از بین انواع گزینه‌های ممکن انتخاب کرد.

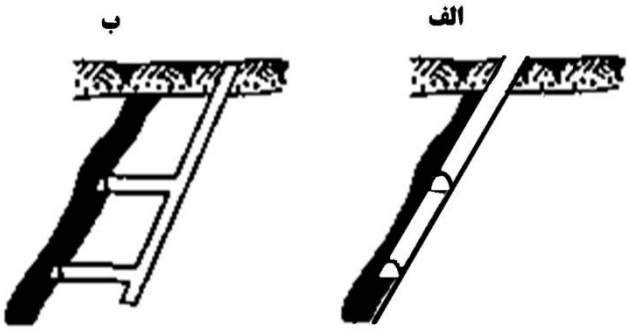


شکل ٦-١- انواع روش‌های ممکن برای باز کردن کانسار شیب‌دار

٦-٤-٣- بهینه‌سازی گزینه مناسب

در طراحی پایه، گزینه مناسبی که در مرحله قبل انتخاب شده است باید از جنبه‌های فنی و اقتصادی مانند فاصله، ابعاد و تعداد هر یک از حفریات شبکه مورد بررسی قرار گیرد و مشخصات بهینه اجزای شبکه تعیین شود.

به عنوان مثال اگر تونل مورب به عنوان گزینه مناسب انتخاب شده باشد، مکان این حفریه معدنی ممکن است در درون ماده معدنی، کمرپایین و یا کمربالای آن انتخاب شود (شکل ۶-۲). این موضوع به نوع ماده معدنی، سنگ‌های در برگیرنده و عمق قابل برداشت کانسار بستگی دارد.



شکل ٦-۲- موقعیت مختلف چاه‌های مایل نسبت به ماده معدنی

طراحی و انتخاب اصولی بازکننده‌ها در دو مرحله انجام می‌شود. در گام نخست برای شرایط یکسان باید گزینه‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند و از بین آن‌ها گزینه‌ای که برای شرایط معدن مورد بحث مناسب است، انتخاب شود. در گام بعدی باید با بهره‌گیری از روش‌های بهینه‌سازی، عوامل موثر بر گزینه منتخب بهینه شود.

الف- تعیین فاصله‌های بهینه طبقات

فاصله بین طبقات باید به نحوی تعیین شود که هزینه کل معدنکاری برای روش استخراج و شبکه آماده‌سازی انتخاب شده کمینه باشد. عوامل موثر بر هزینه‌ها عبارتند از:

- شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی کانسار و سنگ درونگیر
- روش استخراج
- طرح آماده‌سازی
- روش احداث حفریات
- عمر حفریات
- آهنگ تولید و عمر معدن
- ملاحظات مالی

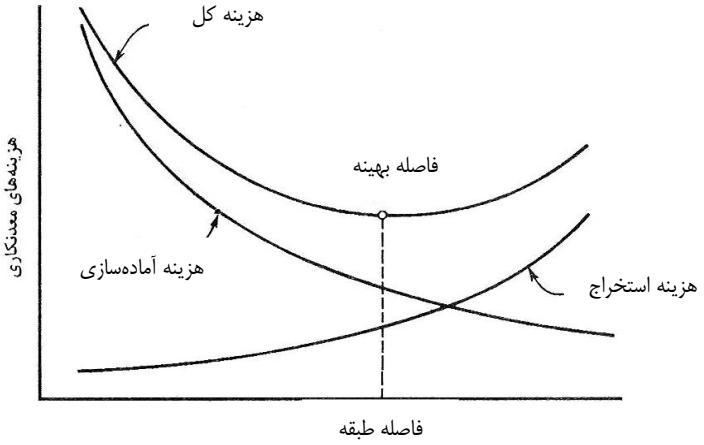
برای به دست آوردن فاصله بهینه طبقات هزینه‌های آماده‌سازی و استخراج و سپس هزینه کل برای چند فاصله فرضی مختلف محاسبه می‌شود و سپس با رسم نمودار تغییرات هزینه کل نسبت فاصله بین طبقات، فاصله‌ای که هزینه آن کمینه است، به عنوان فاصله بهینه انتخاب می‌شود (شکل ۶-۳).

فاصله‌های طبقات در معادن کوچک در بازه ۳۰ تا ۹۰ متر و در معادن بزرگ در بازه ۹۰ تا ۲۴۰ متر است.

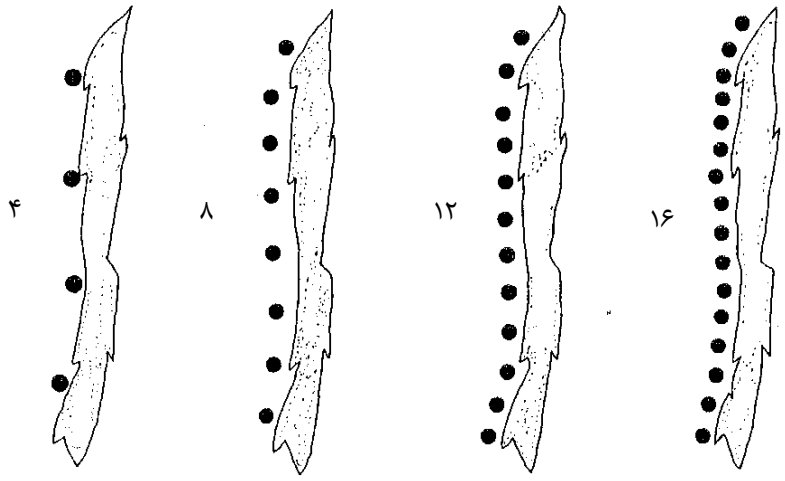
ب- تعداد بهینه ریزشگاه‌ها

یکی از مسایلی که باید در بهینه‌سازی شبکه بررسی شود، تعیین تعداد ریزشگاه‌ها است. در شکل ۶-۴ جانمایی ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ ریزشگاه برای یک کانسار فرضی نشان داده شده است.

برای تعیین تعداد ریزشگاه مناسب، مشابه بهینه‌سازی فاصله طبقات از تحلیل هزینه‌ها استفاده می‌شود. در این تحلیل هزینه‌های مرتبط هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه ترابری است. با برآورد این هزینه‌ها و رسم منحنی تغییرات هزینه کل نسبت به تعداد ریزشگاه‌ها، تعداد ریزشگاه منطبق بر هزینه کل کمینه به عنوان تعداد بهینه انتخاب می‌شود.



شکل ٦-٣- تعیین فاصله بهینه طبقات در معادن زیرزمینی



شکل ٦-٤- جانمایی مختلف ریزشگاه

٦-٥- طراحی تفصیلی

در طراحی تفصیلی با اضافه کردن حفریات خدماتی به طرح پایه شبکه معدن، جزییات شبکه تکمیل و برنامه اجرایی عملیات برای حداقل زمان تجهیز و آماده‌سازی تهیه می‌شود. در این مرحله برای بخش‌های مختلف نقشه‌های اجرایی مناسب، همراه با جدول‌های حجم عملیات و زمان‌بندی آن‌ها، آماده می‌شود. از آنجا که نحوه اجرا و زمان احداث شبکه در هزینه احداث آن موثر است، بنابراین در این مرحله باید مناسب‌ترین زمان‌بندی اجرا از طریق بهره‌گیری از روش‌های کنترل پروژه، تهیه و در طول احداث و اجرای فعالیت‌ها، پایش شود. از اقدامات اساسی این مرحله، تهیه نقشه‌های ساخت و تهیه برنامه زمانی ایجاد بازکننده‌های اصلی و امکانات آن در سطح زمین و حفریات لازم در هر یک از طبقات، حفریات آماده‌سازی استخراج، کارگاه‌های استخراج و پیشروی‌های معادن زیرزمینی است. نقشه‌ها و مدارک انبارها و تعمیرگاه‌ها، کارخانه فرآوری و امکانات ترابری، تاسیسات و تسهیلات سطحی و زیرزمینی و خدمات اداری و رفاهی معادن زیرزمینی نیز باید در این مرحله تهیه شود. در این مرحله با توجه به مدارک تهیه شده، روش اجرا (امانی یا پیمانی) مشخص می‌شود. در صورتی که تصمیم مدیریت اجرا به صورت پیمانی باشد، اسناد مناقصه برای انتخاب

پیمانکاران، تهیه می‌شود. بر اساس نتایج طراحی تفصیلی یا در انتهای مرحله احداث معدن، در صورتی که تغییراتی بیش از حد انتظار در روش‌ها و امکانات به وجود آمده باشد، باید مطالعات فنی و اقتصادی و تحلیل حساسیت برای تعیین سیاست‌های اقتصادی مرحله بهره‌برداری انجام شود.

٦-٥-١- تهیه جزییات شبکه

پس از انتخاب شبکه برتر، باید نقشه گسترش طبقات یا لایه‌ها و رگه‌های مجزا در مقیاسی بزرگتر از نقشه‌های مرحله طراحی پایه تهیه شود. در نقشه جزییات گسترش طبقات با مقیاس ۱:۵۰۰، کلیه امکانات خدماتی مورد نیاز برای هر طبقه پیاده می‌شود. این نقشه مکمل نقشه مرحله طراحی پایه است. در حاشیه نقشه جزییات، به اطلاعاتی مانند مشخصات مقاطع، امکانات ترابری و جدول حفریات شامل طول، سطح مقطع و حجم آن‌ها به همراه دیگر مشخصات تونل‌ها مانند قوس‌ها و دوراهی‌ها و اطلاعات استخراجی اشاره می‌شود. از موارد دیگر اطلاعات حاشیه نقشه، شماره نقشه‌های مرتبط با نقشه مورد نظر است.

در نقشه ۱:۵۰۰ هر یک از طبقات، به امکانات خدماتی موجود در آن طبقه، با جزییات بیشتری توجه می‌شود. برای برآورد دقیق‌تر و تبدیل به نقشه‌های اجرایی، جزییات در نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰ تا ۱:۱۰۰ پیاده می‌شوند. معمولا در این نقشه، پلان بخشی از نقشه اصلی که جزییات بیشتر آن مد نظر است، با مقیاس ۱:۲۵۰ آورده می‌شود.

در بخش جزییات باید به همه مواردی که در اجرا و برآورد حجم عملیات مورد نیاز است به دقت توجه شود. از این اطلاعات در مرحله بررسی‌های امکان‌سنجی برای برآورد دقیق مواد مصرفی استفاده می‌شود و در زمان اجرا نیز با اضافه کردن روش احداث به آن‌ها، نقشه‌های ساخت تهیه می‌شود.

٦-٥-٢- ظرفیت سالیانه معدن و برنامه‌ریزی احداث شبکه

ظرفیت تولید و هندسه کانسار مهم‌ترین عامل برای تهیه برنامه دوره‌ای پیشروی‌های طبقات و در نهایت حفریات اصلی شبکه است. با آگاهی از ظرفیت تولید، میزان پیشروی‌های دوره‌ای عملیات معدنکاری مشخص می‌شود. از طریق ظرفیت تولید است که برای روش استخراجی خاصی می‌توان سرعت پیشروی هر طبقه و فاصله بین پیشروی‌ها و استخراج را برآورد کرد. سرعت پیشروی، به تجهیزات یا سطح فناوری پذیرفته شده برای فعالیت‌ها و سازمان کار یا مدیریت اجرایی عملیات، بستگی دارد.

شکل ۵ تعیین ظرفیت تولید سالیانه A را بر اساس کمینه کردن ارزش خالص هزینه‌های سرمایه‌گذاری و جاری برای روش‌های یکسان آماده‌سازی و استخراج را نشان می‌دهد.

مقدار تولید سالیانه A از رابطه ۶-۱ به دست می‌آید:

$$A = h \sec\alpha \sum_{i=1}^{n} P_i L_i C_i \qquad (۱-۶)$$

که در آن:

A تولید سالیانه

L_i مقدار پیشروی سالیانه کارگاه i

α شیب

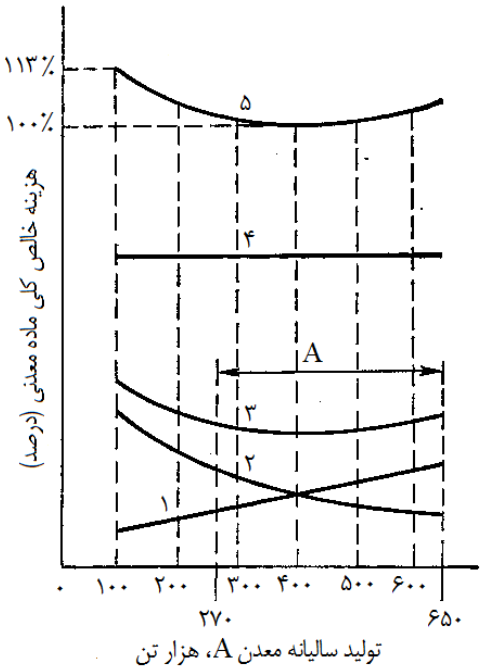
i شماره کارگاه در حال کار

h فاصله یکسان طبقات

C_i ضریب بازیابی کارگاه i

P_i توان استخراجی کارگاه i (تن بر متر مربع)

n تعداد کارگاه‌های در حال کار



۱ و ۲- هزینه‌های متغیر، ۳- مجموع هزینه‌های متغیر، ۴- هزینه ثابت و ۵- هزینه کل واحد تن

شکل ٦-٥- بهینه‌سازی ظرفیت تولید سالیانه

میزان پیشروی طولی و پیشروی عمقی سالیانه در برنامه‌ریزی آماده‌سازی و استخراج اهمیت دارند و باید معدن به گونه‌ای تجهیز شود که همواره هماهنگی بین میزان پیشروی استخراج و پیشروی آماده‌سازی در طی دوره بهره‌برداری، برقرار باشد. متوسط پیشروی عمقی سالیانه معادن بر حسب ابعاد معدن ۱۵ تا ۴۰ متر و حداکثر ۶۰ متر است.

در برنامه احداث شبکه باید با توجه به پیشروی عمقی معادن زیرزمینی، زمان احداث حفریات اصلی و تونل‌های عمود بر لایه هر طبقه پیش‌بینی شود.

ظرفیت تولید و هندسه کانسار مهم‌ترین عامل برای تهیه برنامه دوره‌ای پیشروی‌های طبقات و در نهایت حفریات اصلی شبکه است که از رابطه ۶-۲ محاسبه می‌شود:

$$A_d = \frac{T_e}{T_d W} \qquad (۶-۲)$$

که در آن:

A_d ظرفیت تولید سالیانه معدن (تن در سال)

T_e ذخیره قابل استخراج[1] در طبقه با کسر رقیق‌شدگی[2] و افت استخراجی[3]

T_d زمان آماده‌سازی طبقه برای استخراج بر حسب سال (زمان باز کردن طبقه در این برآورد منظور نشده است.)

W ضریبی است که برای تقدم آماده‌سازی بر استخراج در نظر گرفته می‌شود و مقدار آن بین ۱/۳ تا ۱/۴ است.

در رابطه ۶-۲ زمان حفر دویل‌ها به دلیل آن که احداث آن‌ها هم‌زمان با پیشروی تونل‌ها ایجاد می‌شود، منظور نشده است. این موضوع در انتخاب روش پسرو برای استخراج، تا حدودی متفاوت است و باید زمان حفر دویل انتهایی متناسب با استخراج ذخیره اولین طبقه نیز به T_d اضافه شود.

برای احداث شبکه متناسب با آهنگ تولید مورد نظر نیز باید زمان احداث حفریات اصلی و تونل‌های عمود بر لایه هر طبقه پیش‌بینی شود.

در برنامه‌ریزی معدن، پیشروی‌های عمقی و بازکننده‌های هر طبقه را هم‌زمان با آماده‌سازی استخراج در نظر می‌گیرند. اگر چه این اطلاعات برای آگاهی از زمان آماده‌سازی استخراج اولین سال تولید مناسب است ولی پس از آن نیز آماده‌سازی باید همواره با چنین آهنگی، پیشاپیش ادامه یابد.

پس از آغاز تولید باید عملیات آماده‌سازی و استخراج به صورت متوالی و با همپوشانی ادامه یابد. میزان آماده‌سازی برای شروع بهره‌برداری به انتخاب روش کلی استخراج که پسرو یا پیشرو باشد، بستگی دارد. پس از آن نیز، آماده‌سازی در طول عملیات بهره‌برداری ادامه می‌یابد.

از آنجا که نگهداری بی‌مورد حفریات آماده‌سازی مستلزم صرف هزینه است و احداث بیش از حد معینی از آن نیز به سرمایه‌گذاری راکد و بی‌اثر می‌انجامد، بنابراین باید برای هر پروژه معدنی یک آهنگ آماده‌سازی و بهره‌برداری بهینه با هدف بیشینه کردن سود کل، تعیین شود. برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای باشد که بتوان حداکثر ماده معدنی با حداقل حجم حفریات آماده‌سازی، تولید کرد.

با توجه به ظرفیت تولید سالیانه ابتدا باید نقشه برداشت سالیانه ذخیره مشخص و بر اساس آن برنامه احداث شبکه تهیه شود. روش اجرای هر جبهه‌کار در نقشه جزییات آن، آورده می‌شود.

در مرحله اکتشاف مواد معدنی در معادن زیرزمینی، حفریات یا بازکننده‌هایی با ابعاد کوچک حفر می‌شوند که در بعضی از موارد این حفریات به حفریات بهره‌برداری تبدیل می‌شوند. هنگام انتخاب این حفریات باید سعی شود تا مکان آن‌ها بر طرح مفهومی استخراج معدن منطبق باشند. در این شرایط است که می‌توان از حفریات اکتشافی به عنوان بخشی از حفریات بهره‌برداری استفاده کرد و در صورت لزوم ابعاد آن‌ها را تا حد تعیین شده در طرح، افزایش داد.

برای پشتیبانی دوره تولید نیاز به تجهیزات و زیرساخت‌های سطحی است. عملیات احداث این زیرساخت‌ها باید در زمان آماده‌سازی، شروع و به ترتیب تا زمان بهره‌برداری تکمیل شود. در این مورد نیز برنامه زمانی احداث این زیرساخت‌ها باید به گونه‌ای تهیه شود تا از آن‌ها بتوان در زمان تولید استفاده کرد.

برنامه‌ریزی حفریات مختلف شبکه را باید بر اساس آگاهی از میزان آهنگ پیشروی‌ها مشخص کرد (جدول ۶-۱).

1- Mineable ore reserve
2- Dilution
3- Losses

جدول ٦-١- نمونه‌ای از پیشروی حفریات معدنی

شرح	واحد اندازه‌گیری	حداقل آهنگ پیشروی با به کارگیری ماشین بارگیری	
		در معادن زغال‌سنگ	در معادن فلزی
چاه قائم	متر در ماه	۳۵	۳۵
چاه مایل سنگی	متر در ماه	۵۰	۵۰
تونل انتقال مواد معدنی (زغالی)	متر در ماه	۱۰۰	---
تونل انتقال مواد معدنی (زغالی با بخش‌های سنگی)	متر در ماه	۸۰	---
تونل عمود بر لایه (محیط سنگی)	متر در ماه	۶۰	۸۰
دویل‌های انتقال مواد معدنی	متر در ماه	۹۰	۶۰
حفریات پذیرشگاه‌ها	متر مکعب در ماه	۲۵۰	۳۰۰

مقادیر یاد شده در جدول ممکن است در مواردی مانند موارد زیر تغییر یابد:

الف- بارگیری در چاه به صورت دستی تا ۴۰ درصد کاهش

ب- هجوم آب در حفریات بالارو بیش از ۲۰۰ متر مکعب در ساعت و هجوم آب در حفریات پایین‌رو بیش از ۱۰۰ متر مکعب در ساعت: تا ۲۰ درصد کاهش

پ- عدم نیاز به سیستم نگهداری در معادن زغال‌سنگ: تا ۲۰ درصد افزایش

ت- استفاده از ماشین بازویی حفر تونل: افزایش پیشروی تا ۲۰۰ متر در ماه

٦-٦- برآورد اقتصادی

برای برآورد اقتصادی ابتدا باید حجم عملیات دوره‌های مختلف بهره‌برداری برآورد شود. برای این منظور با توجه به برنامه زمانی استخراج مواد معدنی در دوره‌های مختلف، برنامه احداث شبکه تعیین و با توجه به ظرفیت تولید سالیانه نقشه زمانی استخراج ماده معدنی برای اولین دوره ۵ ساله تهیه می‌شود. برنامه احداث شبکه نیز باید با توجه به روش ایجاد آن، در نقشه پیاده شود. بر اساس نقشه احداث حفریات می‌توان برنامه زمانی را برآورد و بر اساس برنامه زمانی می‌توان نیاز به مواد، مصالح، ماشین‌آلات و نیروی انسانی را مشخص کرد، سپس بر اساس این داده‌ها جریان نقدینگی تنزیل یافته[1] تهیه می‌شود. از مطالعات اقتصادی در مرحله طراحی مفهومی برای مقایسه گزینه‌های مختلف شبکه، در مرحله طراحی پایه برای اطمینان از انتخاب طرح اقتصادی معدن و در مرحله طراحی تفصیلی برای تعیین دقیق قیمت تمام شده ماده معدنی استخراجی استفاده می‌شود.

٦-٧- مراحل عملیاتی طراحی شبکه معادن زیرزمینی

طراحی شبکه طی مراحلی انجام می‌شود. اطلاعاتی که از طراحی و برنامه‌ریزی احداث شبکه به دست می‌آید به عنوان مدارک مطالعه فنی و اقتصادی، استفاده می‌شود.

٦-٧-١- اطلاعات و محدودیت‌ها

برای شروع عملیات طراحی شبکه معادن زیرزمینی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و تراز ساختمانی ماده معدنی یا نقشه زیرسطحی کانسار مورد نیاز است. با اطلاعاتی که در این نقشه‌ها به کار رفته است، به همراه آگاهی از ظرفیت تولید در طول عمر معدن، می‌توان اقداماتی مانند انتخاب و بهینه‌سازی شبکه و برنامه‌ریزی اجرای عملیات آن را انجام داد.

1- Discounted cash flow (DCF)

برای انتخاب روش باز کردن، لازم است اطلاعات آماده‌سازی طبقات و محیط‌های استخراج، روش انتقال مواد، روش استخراج، فناوری تولید و درجه مکانیزاسیون معدن، همراه با محدودیت‌های مالی و منابع تامین آن، قبل از انتخاب شبکه و تکمیل آن فراهم شده باشد.

٦-٧-٢- تعیین ارتفاع طبقات

برای تعیین موقعیت ارتفاعی طبقات باید به ترتیب زیر عمل کرد:

الف- انتخاب عمق نهایی قابل بهره‌برداری کانسار

ب- انتخاب مناسب‌ترین فاصله برای طبقات

پ- تعیین رقوم ارتفاعی طبقات شبکه بهره‌برداری با توجه به فاصله طبقات

٦-٧-٣- انتخاب شبکه مناسب

برای انتخاب شبکه مناسب با بهره‌گیری از روش‌های تصمیم‌گیری، باید اقداماتی به شرح زیر انجام داد:

الف- انتخاب ابعاد ممکن حفریات بهینه برای هر طبقه

ب- تعیین روش مناسب باز کردن هر طبقه

پ- انتخاب شبکه بهینه مناسب برای کل معدن، با هماهنگی طبقات با یکدیگر

٦-٧-٤- برنامه سالیانه ایجاد شبکه معدن

برای تعیین برنامه زمانی احداث شبکه به ترتیب باید اقداماتی انجام شود:

الف- میزان ذخایر رگه‌ها یا لایه‌های مختلف در هر یک از طبقات برآورد شود.

ب- با توجه به روند تولید برنامه‌ریزی شده ماده معدنی، باید میزان استخراج سالیانه از هر رگه یا لایه، تعیین شود. ابتدا برنامه استخراج از طریق میزان پیشروی کارگاه در دوره زمانی انتخاب شده، انجام می‌شود و سپس نقشه زمانی بهره‌برداری تهیه می‌شود.

پ- مناسب‌ترین برنامه ایجاد شبکه با توجه به زمانبندی تعیین شده در بخش ب و در نظر گرفتن آهنگ احداث هر یک از حفریات شبکه، تهیه می‌شود. نتایج حاصل از این مرحله تهیه نقشه پیشروی‌های هر طبقه و سپس کل معدن است. با استفاده از اطلاعات این مرحله، نقشه ایجاد شبکه سالیانه هر لایه یا رگه ماده معدنی به تفکیک تهیه می‌شود.

ت- با استفاده از اطلاعات بخش پ می‌توان نیاز به نیروی انسانی لازم برای انجام عملیات استخراجی، وسایل و تجهیزات مورد نیاز هر یک از حفریات را برای هر دوره زمانی برنامه برآورد کرد.

ث- بر اساس نیازهای سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جاری و امکانات برآورد شده، هزینه تمام شده احداث شبکه برتر تعیین می‌شود. این هزینه می‌تواند ملاک تصمیم‌گیری برای ادامه طرح باشد.

فصل ۷

روش ایجاد شبکه حفریات

۷-۱- آشنایی

اولین مرحله احداث شبکه حفریات زیرزمینی شامل تجهیز، حفریات دهانه اصلی، بازکننده‌های طبقات و آماده‌سازی استخراج تا حدی انجام می‌شود که بتوان تولید برنامه‌ریزی شده را آغاز کرد. پس از آن پیشروی شبکه و آماده‌سازی استخراج به صورت هم‌زمان با استخراج ماده معدنی تا پایان عمر معدن ادامه می‌یابد.

عملیات اجرایی احداث در مرحله تجهیز یا بهره‌برداری معدن با اتخاذ سیاست واگذاری خدمات معدنکاری به پیمانکار یا پیمانکاران و یا اجرا به صورت امانی آغاز می‌شود.

هنگام طراحی مهندسی که طرح و برنامه اجرایی شبکه نیز تهیه می‌شود، روش احداث یا فناوری ایجاد شبکه، انتخاب می‌شود. اسناد تهیه شده در این مرحله، شامل نقشه‌ها و دستورالعمل‌های احداث حفریات، ساخت امکانات و تاسیسات خدماتی شبکه، در اختیار بخش اجرا قرار می‌گیرد.

در زمان اجرا، پی‌گیری اجرای طرح مطابق برنامه و شرایط در نظر گرفته به عهده دفتر فنی معدن است. در صورت لزوم ممکن است تغییرات مورد نیاز به مشاوران و مدیران، اعلام شود. در نهایت پس از راه‌اندازی، دستورالعمل‌های نگهداری از شبکه و تجهیزات خدماتی آماده شده به وسیله دفتر فنی، برای اجرا ابلاغ می‌شود.

۷-۲- اقدامات لازم برای شروع و خاتمه عملیات

۷-۲-۱- شروع عملیات احداث شبکه

برای شروع عملیات ساختمان‌ها، احداث امکانات زیربنایی و شبکه حفریات، آگاهی، رعایت و تهیه موارد زیر الزامی است:

الف- اخذ مجوزها شامل پروانه بهره‌برداری و اعلامیه یا جواز تاسیس برای شروع فعالیت‌های معدنکاری

ب- انتخاب روش اجرایی از بین روش‌های امانی یا پیمانی

پ- تعیین مشاور و پیمانکار برای احداث شبکه و یا کل خدمات در مرحله باز کردن معدن، در صورت لزوم

ت- تهیه برنامه زمانی احداث و نیازهای مالی شبکه حفریات معادن

ث- بیمه طرح‌های تجهیز و بهره‌برداری

۷-۲-۲- خاتمه عملیات احداث شبکه

با آغاز بهره‌برداری عملیات احداث شبکه در مرحله تجهیز خاتمه می‌یابد. در زمان خاتمه عملیات احداث شبکه باید امکانات سطحی آماده و تجهیزات دایمی تولید، نصب، راه‌اندازی و تحویل شده باشد. ادامه عملیات احداث شبکه هم‌زمان با تولید و هماهنگ با آن تا پایان استخراج انجام می‌گیرد. عملیات بازسازی معدن با اتمام استخراج طبقات فوقانی مطابق طرح و برنامه پیش‌بینی شده آغاز و تا پایان دوره بهره‌برداری ادامه می‌یابد.

بستن کل معدن یا قسمت‌هایی از آن برای تکمیل عملیات معدنکاری نیز مطابق برنامه‌ریزی انجام شده، باید مورد توجه قرار گیرد.

۷-۳- مدارک، نقشه‌ها و الزامات اجرایی قبل، در حین جریان احداث و پس از اتمام عملیات

۷-۳-۱- دفتر فنی معدن

برای کنترل و انطباق عملیات اجرایی با طرح و برنامه و اعمال تغییرات ضروری در آن لازم است تا فعالیت‌های مرتبط با اجرا، در دفتر فنی معدن متمرکز شود. نسخه‌ای از اطلاعات و مدارک اجرا که از طرح تفصیلی حاصل می‌شود باید در دفتر فنی نگهداری شود. در طول بهره‌برداری نیز تداوم تولید با رعایت آهنگ آماده‌سازی استخراج در حد برنامه‌ریزی شده، به وسیله دفتر فنی معدن کنترل می‌شود.

حفریات و امکانات آماده‌سازی مطابق نقشه‌های اجرایی احداث می‌شوند و وظیفه دفتر فنی رعایت اجرای عملیات، مطابق با نقشه‌های اجرایی است.

در طول اجرای عملیات، با جمع‌آوری و تحلیل فعالیت‌های دوره‌ای و تکرار شونده، مشکلات اجرا، شناسایی و در صورت لزوم برای بهبود آن‌ها راه حل‌های جدیدی پیشنهاد می‌شود تا پس از تصویب، جایگزین روش‌های اجرایی قدیمی شوند. این اطلاعات از طریق گزارش‌های روزانه و یا دوره‌ای جبهه‌کارها و یا کل معدن و بخش‌های در حال احداث و یا بهره‌برداری، به دست می‌آید.

۷-۳-۲- مدارک، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های احداث

ضمن طراحی تفصیلی، مجموعه‌ای از اسناد که برای مرحله اجرای شبکه نیاز است، تهیه می‌شود. مسوولیت تهیه طرح تفصیلی در پروژه‌های دو عاملی طرح و احداث یا طرح و ساخت، به عهده پیمانکار و در روش سه عاملی به عهده مشاور است. در روش‌های امانی کارفرما با انتخاب مشاور ذیصلاح، اقدام به تهیه طرح جزییات برای اجرا می‌کند. روش اجرا یا ساخت هر یک از بخش‌های پروژه همراه با نقشه‌ها و جدول‌های حجم عملیات و مشخصات مصالح، ماشین‌آلات و دستورالعمل‌های به کارگیری آن‌ها، تهیه می‌شود. بر اساس برنامه زمانی اجرای عملیات، برنامه زمانی تامین تدارکات مختلف برای اجرای پروژه نیز آماده می‌شود.

۷-۳-۳- ارجاع کار به مدیریت اجرایی

اطلاعات و مدارک تهیه شده برای برآورد هزینه و پیشنهاد مشارکت در اختیار پیمانکاران قرار می‌گیرد. پس از آن ضمن دعوت از پیمانکاران ذیصلاح و دریافت و ارزیابی پیشنهادهای آن‌ها، مناسب‌ترین پیشنهاد برای عقد قرارداد انتخاب و اسناد پیمان با برنده مناقصه مبادله می‌شود.

۷-۳-٤- شروع عملیات اجرایی

با انتخاب پیمانکاران ذیصلاح و یا تیم اجرایی احداث شبکه معدن، فعالیت‌ها آغاز می‌شود. برای شروع عملیات، باید نقشه‌های جزییات بررسی و نقشه‌های کارگاهی عملیات ساختمان، نصب تجهیزات و احداث شبکه توسط پیمانکاران و مشاور برای اجرا تهیه شود. مدارک اجرایی که به این طریق آماده می‌شود شامل دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی و برنامه‌های کنترل کیفی برای بازرسی عملیات توسط مشاوران است. نقشه‌ها و روش‌های اجرایی مورد نظر پیمانکاران و مشاوران قبل از شروع هر فعالیتی باید به تایید کارفرما یا مشاور کارفرما برسد. مسوولیت به کارگیری روش‌های اجرایی مناسب و رعایت توالی کارها به عهده عوامل اجرایی،

پیمانکاران و مشاوران است، به نحوی که باید کیفیت و پیشرفت فعالیت‌ها مطابق شرایط پیمان، تامین شود. از وظایف عمده پیمانکاران یا مجریان اجرایی در دوره احداث شبکه، رعایت پیشرفت کار و کنترل کیفیت فعالیت‌ها و یا اقدامات انجام شده مطابق مشخصات مورد توافق است.

۷-۳-۵- کنترل عملیات احداث شبکه

در جریان احداث شبکه دفتر فنی باید همراه با مشاور کارفرما در صورت وجود، به صورت دوره‌ای از عملیات بازدید کند. در این بازدیدها، علاوه بر نظارت خدمات، پیشرفت عملیات نیز باید مد نظر قرار دهد. گزارش پیشرفت کار، از زمان آغاز تا خاتمه عملیات، در پایان هر ماه باید از طریق پیمانکاران به مشاور کارفرما یا دفتر فنی، تحویل داده شود. در گزارش پیشرفت کار باید درصد پیشرفت کل پروژه و هر یک از فعالیت‌ها به صورت جداگانه و برنامه آینده تامین نیازها و یا اعمال اصلاحات لازم در روش‌های اجرایی به عنوان پیشنهاد گزارش پیشرفت کار ارایه شود. به دلیل پیچیدگی و تنوع عملیات احداث شبکه و امکانات سطحی و زیرزمینی آن، فعالیت‌ها باید به وسیله متخصص کنترل پروژه بررسی و پایش شود.

۷-۳-٦- اقدامات پس از اتمام عملیات

عملیات احداث شبکه یا تاسیسات و امکانات، پس از سپری شدن مرحله راه‌اندازی در اختیار قسمت بهره‌برداری قرار می‌گیرد. دوره احداث شبکه یا تجهیز معدن، با اتمام راه‌اندازی، به پایان می‌رسد. پس از اتمام مراحل ساخت و نصب تجهیزات باید این امکانات مطابق برنامه مشخص، تحویل کارفرما شود. ضمن راه‌اندازی باید نقشه‌ها، مدارک و دستورالعمل‌های راهبردی تجهیزات و امکانات ایجاد شده برای استفاده در دوره بهره‌برداری، در مرکز اسناد نگهداری شود. این مدارک در طی اجرا و در صورت نیاز مورد استفاده بخش بهره‌برداری قرار می‌گیرد. مدارک چون‌ساخت[1]، مجموعه کاملی از سوابق اجرا شده فعالیت‌ها است که در آن‌ها به طور دقیق به محل استقرار امکانات، ابعاد و جزییات اجرا شده هر یک از آن‌ها، اشاره دارد. این اسناد و مدارک، نقشه‌های اجرایی و یا دستورالعمل‌هایی هستند که همواره در طول دوره احداث، روزآمد شده‌اند. از مدارک چون‌ساخت در طول دوره بهره‌برداری برای تعمیرات و نگهداری سیستم‌های تولیدی استفاده می‌شود.

پیمانکاران باید قبل از تحویل کار به کارفرما، دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری امکانات و تجهیزات نصب شده در شبکه معدن و یا سطح زمین را با جزییات کافی برای دوره بهره‌برداری تهیه کنند و آن‌ها را در اختیار کارفرما قرار دهند. دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری که توسط پیمانکار تهیه می‌شود باید پس از تایید مشاور کارفرما به او تحویل شود.

۷-۳-۷- ارزیابی عملیات پیشروی

پس از انجام عملیات پیشروی، باید زمان واقعی عملیات برای اصلاح و بررسی دلایل تاخیرات با زمان برنامه‌ریزی شده مقایسه شود.

با بهره‌گیری از زمان انجام عملیات در دوره‌های مختلف باید دلایل تغییرات اساسی برنامه شناسایی و نسبت به رفع آن‌ها اقدام شود. تغییرات برنامه، برای عملیاتی مورد توجه قرار می‌گیرد که میزان آن از حد تعیین شده‌ای بیشتر یا کمتر باشد. مدیریت عملیات

1- As built

اجرایی معدن این حد را یک تا ۳ برابر انحراف معیار در نظر می‌گیرد، بنابراین مدیریت معدن با توجه به شرایط عملیات باید برای هر یک از فعالیت‌ها میزان انحراف معیار مشخصی را انتخاب و برای کنترل به دفتر فنی اعلام کند.

عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های اکتشافی	۳۲۸	-
۲	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف زغال‌سنگ	۳۵۱	-
۳	دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی	۳۷۹	-
۴	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های اکتشافی	٤۹۸	۱۳
۵	دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی- اکتشافی بزرگ مقیاس رقومی (۱:۲۵۰۰۰)	۵۳۲	۲۰
۶	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن	۵۳٦	۱۷
۷	علایم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی	۵۳۹	۲۳
۸	دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵۰۰۰)	۵٤۰	۲٤
۹	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس	۵٤۱	۲۵
۱۰	فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)	۵٦٦	۳٦
۱۱	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۲	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس سرب و روی	۵۸۱	٤۰
۱۳	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی اکتشافی به روش‌های مغناطیس‌سنجی، گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری در اکتشافات معدنی	۵۹٤	۲۸
۱۴	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف آنتیموان	۵۹۵	۳٤
۱۵	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	۵۹۹	٤۳
۱۶	فهرست خدمات و راهنمای مطالعات دورسنجی در اکتشاف مواد معدنی	٦۱۵	٤۵
۱۷	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه سیمان	٦۱۷	٤۷
۱۸	فهرست خدمات و دستورالعمل بررسی‌های چاه‌پیمایی	٦۱۸	٤۸
۱۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف عناصر نادر خاکی	٦٤۸	۵۱
۲۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف قلع	٦٤۹	۵۲
۲۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری عناصر در سنگ آهن	٦۵۲	۵٤
۲۲	دستورالعمل آماده‌سازی، تهیه نمونه و مطالعات میکروسکوپی و سیالات درگیر برای نمونه‌های اکتشافی	٦۵۵	۵۵
۲۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی محیط‌های سنگی در مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰	٦۷۱	٦۲
۲۴	دستورالعمل یکسان‌سازی اسامی مواد معدنی	۲۳۱	٦۵
۲۵	راهنمای مطالعات ژئوفیزیکی به روش‌های مقاومت ویژه، پلاریزاسیون القایی، الکترومغناطیسی و پتانسیل خودزا در اکتشاف مواد معدنی	۵۳۳	٦٦
۲۶	دستورالعمل تهیه گزارش پایان عملیات اکتشافی	٤۹۵	۷۰
۲۷	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا	۷۰۳	۷۵
۲۸	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات گرانبها (طلا، نقره و گروه پلاتین)	۷۰٤	۷۸
۲۹	دستورالعمل تهیه طرح اکتشاف مواد معدنی	۷۱۳	۸۰
۳۰	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف گچ و نمک	۷۲۱	۸۱
۳۱	دستورالعمل آماده‌سازی و اندازه‌گیری غلظت فلزات پایه (مس، روی و سرب)	۷۲۷	۸۲
۳۲	فهرست خدمات اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (پرلیت، دیاتومیت و ورمیکولیت)	۷۲۸	۸۳
۳۳	دستورالعمل اکتشافات ژئوشیمیایی خاک در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰	۷۳۰	۸۵

عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۳۴	راهنمای مطالعات GIS در مقیاس ناحیه‌ای و تعیین نواحی امیدبخش	۷۳۹	۸۷
۳۵	دستورالعمل اکتشاف ناحیه‌ای طلا به روش بلگ	در دست تدوین	
۳۶	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف در شورابه‌ها	در دست تدوین	
۳۷	فهرست خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (نسوزها): خاک نسوز، منیزیت- هونتیت، بوکسیت، نسوزهای آلومینو سیلیکاته (کیانیت، سیلیمانیت و آندالوزیت)، گرافیت و دولومیت	در دست تدوین	
۳۸	دستورالعمل بررسی‌های ژئوشیمیایی به روش اکتشافات بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی	در دست تدوین	

عناوین پروژه‌های کمیته استخراج برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های استخراجی	۳٤۰	-
۲	مقررات تهویه در معادن	۳۵۰	-
۳	مقررات فنی آتشباری در معادن	٤۱۰	-
۴	دستورالعمل تهیه نقشه‌های استخراجی معدن	٤٤۲	۸
۵	راهنمای ارزشیابی دارایی‌های معدنی	٤٤۳	۹
۶	دستورالعمل فنی روشنایی در معادن	٤۸۹	۱۰
۷	دستورالعمل امداد و نجات در معادن	٤۸۸	۱۸
۸	راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن	٤۹٦	۱۱
۹	دستورالعمل ترابری در معادن	۵۰٦	۱٤
۱۰	دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معادن	۵۳۱	۱۹
۱۱	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم نگهداری تونل‌های معدنی	۵۳۷	۲۱
۱۲	دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب‌ها در معادن روباز	۵۳۸	۲۲
۱۳	راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت‌های معدنی	۵٤۲	۲٦
۱۴	دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه‌های استخراج	۵۵۳	۲۹
۱۵	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	۵٦۷	۳۷
۱۶	راهنمای آبکشی در معادن	۵۷۳	۳۸
۱۷	دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده‌ها و حفریات زیرزمینی	۵۷۹	٤۱
۱۸	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی	٦۱۱	٤٤
۱۹	راهنمای ارزیابی و کنترل پیامدهای ناشی از انفجار در معادن	٦۱٦	٤٦
۲۰	راهنمای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی	٦۲۳	٤۹
۲۱	دستورالعمل تعیین مرز تغییر روش استخراج از روباز به زیرزمینی	٦۲۵	۵۰
۲۲	دستورالعمل کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی معادن	٦۵٦	۵٦
۲۳	راهنمای ارزیابی ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در معادن	٦٦۹	٦۰
۲۴	راهنمای امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی	۵۵۸	٦٤
۲۵	دستورالعمل پر کردن کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی	۲۸۳	٦۹
۲۶	راهنمای محاسبه بار و توزیع برق در معادن	۳۰٤	۷۱
۲۷	دستورالعمل گاززدایی در معادن زغال‌سنگ	۷۰۹	۷٦
۲۸	دستورالعمل ابزاربندی و رفتارنگاری در معادن روباز	۷۲۵	۸٤
۲۹	دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم‌های نگهداری در حفریات معدنی	۷۲٦	۸٦
۳۰	راهنمای طراحی و احداث شبکه‌های زیرزمینی معادن	۷٤٦	۸۹
۳۱	دستورالعمل کنترل رقیق‌شدگی در معادن	در دست تدوین	
۳۲	راهنمای تخمین و کنترل نشست در معادن	در دست تدوین	
۳۳	علایم استاندارد نقشه‌های استخراجی معدن	در دست تدوین	
۳۴	راهنمای متره و برآورد در فعالیت‌های استخراج معدنی	در دست تدوین	
۳۵	راهنمای مکان‌یابی و جانمایی تاسیسات و تجهیزات در معادن روباز	در دست تدوین	

عناوین پروژه‌های فرآوری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	شماره نشریه در سازمان برنامه و بودجه کشور	شماره نشریه در سازمان نظام مهندسی معدن ایران
۱	راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزیینی و نما	۳۷۸	-
۲	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های کانه‌آرایی	٤٤١	۷
۳	فهرست خدمات طراحی پایه واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی	٤۹۷	۱۲
۴	علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی	٥۰۸	۱٥
٥	راهنمای نرم‌افزاری علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی مواد معدنی	٥۰۸	۲۷
۶	دستورالعمل مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	٥۱٥	۱٦
۷	ضوابط انجام آزمایش‌های کانه‌آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ	٥٤٤	۳۱
۸	راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات واحدهای کانه‌آرایی	٥٤٥	۳۲
۹	راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	٥٥۹	۳۳
۱۰	راهنمای سنگ‌جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	٥٥٤	۳۰
۱۱	راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای کانه‌آرایی	٥٦٤	۳۹
۱۲	شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آن‌ها در کانه‌آرایی	٥٦٥	۳٥
۱۳	واژه‌ها و اصطلاحات پایه اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی	٥٦۷	۳۷
۱۴	ضوابط و معیارهای انتخاب آسیای خودشکن و نیمه‌خودشکن	٥۸۰	٤۲
۱٥	دستورالعمل کنترل و خنثی‌سازی آرسنیک، سولفید و سیانید در آزمایشگاه‌های فرآوری	٦٥۱	٥۳
۱۶	دستورالعمل نمونه‌برداری در کانه‌آرایی	٦٦۰	٥۷
۱۷	راهنمای تعیین شاخص خردایش در آسیاهای مختلف	٦٦۱	٥۸
۱۸	راهنمای آزمایش‌های جدایش ثقلی در مقیاس آزمایشگاهی	٦٦۲	٥۹
۱۹	راهنمای انتخاب مدار خردایش مواد معدنی	٦۷۰	٦۱
۲۰	راهنمای افزایش مقیاس در واحدهای کانه‌آرایی	٦۷۲	٦۳
۲۱	راهنمای آزمایش‌های خشک‌کردن، تشویه و تکلیس در مقیاس آزمایشگاهی	۳۷۲	٦۷
۲۲	راهنمای پذیرش و نگهداری نمونه‌های معدنی در آزمایشگاه کانه‌آرایی	٦۸۰	٦۸
۲۳	راهنمای پوشش و تجهیزات حفاظتی کارکنان در واحدهای کانه‌آرایی	٥۱٤	۷۲
۲۴	راهنمای مخلوط‌سازی بار ورودی در کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی	٥۷۲	۷۳
۲٥	فهرست کنترل کیفی بار ورودی، مواد در گردش و محصولات واحدهای کانه‌آرایی	۷۰۸	۷۷
۲۶	دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی	۷۱۰	۷۹
۲۷	راهنمای نرمه‌زدایی در واحدهای کانه‌آرایی	۷۳۸	۸۸
۲۸	فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۲۹	راهنمای محاسبات در آزمایش‌های کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۳۰	راهنمای آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه کانه‌آرایی	در دست تدوین	
۳۱	راهنمای فنی کنترل و پایش تجهیزات فرآوری	در دست تدوین	
۳۲	راهنمای آزمایش‌های هیدرومتالورژی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین	

Islamic Republic of Iran

Ministry of Industry, Mine and Trade

Mining Technical Criteria Benchmarking Program

Guideline for Design and Construction of Underground Excavations Network

(Publication No. 746)
of
(Plan and Budget Organization)

89

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries
Office for Mining Supervision Affairs
http://www.mimt.gov.ir
http://www.minecriteria.mimt.gov.ir

Published by
Iranian Mining Engineering Organization
http://www.ime.org.ir

2017

این نشریه

راهکار اجرایی یکسانی برای انتخاب شبکه بهینه حفریات معدنی در معادن زیرزمینی و نیز روش احداث و نگهداری آن را ارایه می‌دهد.