فصل ۱۶

تونل‌های اکتشافی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:
۱ـ هدف‌های کلی حفر تونل‌های اکتشافی را بیان کند.
۲ـ تونل‌های عمود بر لایه، امتدادی، میان‌بر و دنباله‌رو و نحوه حفر و برداشت آنها را توضیح دهد.
۳ـ نحوه انتخاب شکل و ابعاد تونل‌های اکتشافی را شرح دهد.
۴ـ نحوه حفر دویلها و استفاده از آنها را توضیح دهد.

۱۶ــ۱ــ آشنایی

اگرچه به کمک گمانه‌های اکتشافی می‌توان اطلاعات با ارزشی از ماده معدنی در اعماق به دست آورد امّا برای تکمیل اکتشافات، در بسیاری موارد، چند تونل اکتشافی نیز در منطقه حفر می‌شود. با وجودی که حفر تونل نسبت به حفر گمانه پرهزینه‌تر است و به زمان بیشتری نیاز دارد، امّا این تونل‌ها، مزایایی نیز دارند که مهم‌ترین آنها به شرح زیر است:

ــ در داخل تونل می‌توان ماده معدنی را مستقیماً مشاهده کرد و از آن نمونه گرفت.

ــ در مواردی که نمونه‌های کلی چند تنی برای استفاده در واحدهای پیشاهنگ مورد نیاز باشد، اجباراً باید به کمک تونل‌های اکتشافی به ماده معدنی دست یافت و از آن نمونه تهیه کرد.

ــ اگر محل تونل اکتشافی به نحو مناسب انتخاب شده باشد، در آینده می‌توان از آن برای استخراج ماده معدنی نیز استفاده کرد و بدین ترتیب هزینه حفر آن را مستهلک ساخت.

استفاده از تونل‌های اکتشافی هنگامی میسر است که وضعیت پستی و بلندی زمین اجازه این کار را بدهد و منطقه پستی و بلندی زیادی داشته باشد زیرا در مناطق کمابیش مسطح، به آسانی نمی‌توان از تونل استفاده کرد. معمولاً در ابتدای کار، تونل‌ها به حالت عمود بر لایه حفر می‌شوند و پس از رسیدن به ماده معدنی، تونل‌های امتدادی (موازی لایه) و دنباله‌رو (دنبال لایه) را احداث می‌کنند که در این فصل آنها را شرح می‌دهیم.

۱۶ــ۲ــ تونل‌های عمود برلایه[1]

تونل عمود بر لایه تونلی است که امتداد آن عمود بر امتداد لایه یا زون ماده معدنی مورد اکتشاف باشد. بنابراین در حالت کلی، تونل عمود بر لایه، بر سطح لایه یا رگه عمود نیست. اگرچه عمدتاً تونل‌های عمود بر لایه را به حالت افقی[2] حفر می‌کنند امّا در مواردی که زمین کمابیش مسطح و یا کم شیب باشد، به ناچار باید از تونل‌های عمود بر لایه شیب‌دار استفاده کرد. حفر تونل‌های عمود بر لایه محدود به لایه‌ها و رگه‌ها نیست. در مورد مواد معدنی توده‌ای نیز اگر بتوان برای آن ساختار ورقه‌ای شکلی را در نظر گرفت، از این تونل‌ها استفاده می‌شود.

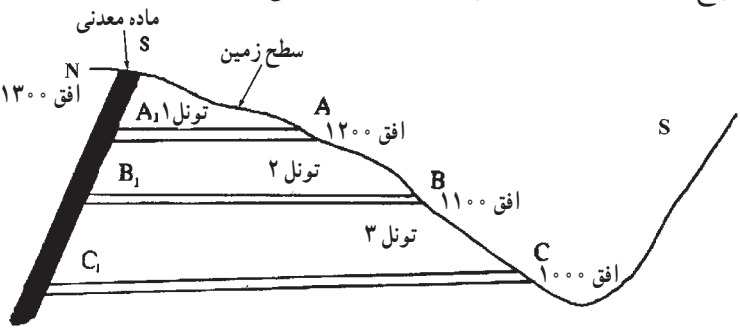
۱۶ــ۲ــ۱ــ تعیین موقعیت تونل: اصولاً سعی می‌شود که حفریات اکتشافی اعم از ترانشه، چاهک، اکلون و گمانه، در امتداد نیمرخ‌های اکتشافی حفر شوند تا به کمک مجموعه آنها بتوان مقاطع اکتشافی دقیقی را رسم کرد. در مورد تونل‌ها نیز این مطلب تا حدودی صدق می‌کند. البته تعداد تونل‌های اکتشافی در مقایسه با سایر حفریات اکتشافی خیلی کمتر است و در مورد تعیین موقعیت آنها مسایل متعددی مطرح است که به آنها خواهیم پرداخت.

الف) تعیین تراز تونل: اصولاً تونل‌های معدنی و از آن جمله تونل‌های اکتشافی را براساس تراز آنها یعنی ارتفاعشان از سطح دریا نامگذاری می‌کنند. برای تشریح مطلب، شکل ۱۶ــ۱ را که مقطع ماده معدنی و سطح زمین را نشان می‌دهد، در نظر می‌گیریم. مطابق شکل، افق رخنمون ماده معدنی در بلندترین قسمت آن ۱۳۰۰ متر و در سه افق ۱۲۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۰۰۰ متر سه تونل عمود بر لایه A، B و C در نظر گرفته شده است که هریک مزایا و معایبی دارند مثلاً اگر تونل۱ در موقعیت نقطه A حفر شود، اگرچه ماده معدنی را در فاصله کوتاه‌تری قطع می‌کند و بنابراین هزینه حفر تونل کمتر است و در مدت زمان کوتاهی نیز حفر می‌شود ولی هنگامی که به ماده معدنی برسد (نقطه A_1)، اولاً

۱ــ adit

۲ــ در واقع، تونل‌ها هیچ‌وقت از نظر ریاضی افقی نیستند و معمولاً ۳ تا ۵ در هزار شیب دارند.

اطلاعات حاصل از آن مربوط به اعماق کم است و از عمق‌های زیادتر اطلاعی به دست نمی‌دهد. ثانیاً اگر بعدها بخواهیم از این تونل به عنوان تونل استخراجی استفاده کنیم، فقط قسمت کمی از ماده معدنی (طول SA_1) را می‌توان به‌وسیله آن استخراج کرد، درصورتی که تونل‌هایی‌که از نقاط B و C حفر شود (تونل‌های ۲و۳)، ماده معدنی را در فاصله بیشتر و عمق زیادتر قطع می‌کنند و بدین ترتیب، هزینه حفر آنها زیادتر است و به زمان بیشتر نیاز دارد. در عوض، مقدار بیشتری از ماده معدنی به وسیله این تونل‌ها قابل استخراج است و از اعماق بیشتر اطلاعات به دست می‌دهند.

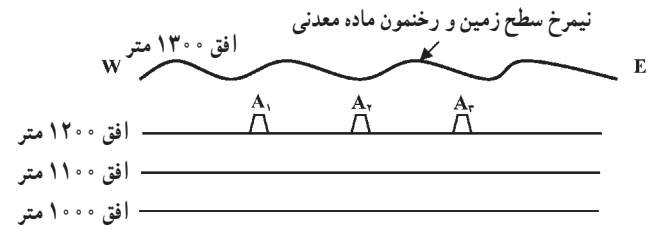


شکل ۱۶ــ۱ــ سه وضعیت مختلف برای تونل عمود بر لایه [۲۳]

قسمتی از ماده معدنی را که به وسیله هر تونل قابل استخراج است، افراز آن تونل می‌گویند و بدین ترتیب افراز تونل‌های ۱، ۲و۳ به ترتیب برابر SA_1، SB_1 و SC_1 است. معمولاً تونل‌های اکتشافی را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کنند که افراز آنها از ۱۰۰ متر کمتر نباشد و اگر قرار باشد که در آینده قطعاً تونل برای مقاصد استخراجی استفاده شود، انتخاب افراز، مهمترین عامل در انتخاب موقعیت دهانه تونل خواهد بود.

ترتیب حفر تونل‌های اکتشافی از بالا به پایین است. به عنوان مثال در شکل ۱۶ــ۱، ابتدا تونل ۱ و در پی آن تونل‌های ۲و۳ را حفر می‌کنند.

ب) تعیین موقعیت تونل در تراز انتخابی: پس از انتخاب تراز تونل اکتشافی عمود بر لایه، باید موقعیت آن را بر روی تراز انتخابی، تعیین کرد. به عنوان مثال در شکل ۱۶ــ۲ تصویر نیمرخ شکل ۱۶ــ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۶ــ۲ــ تصویر نیمرخ (دید از پهلو) شکل ۱۶ــ۱

اگر هدف در مرحله اول حفر تونل اکتشافی در تراز ۱۲۰۰ متر باشد، دهانه تونل ممکن است در هریک از نقاط این تراز مثلاً نقاط A_1، A_2، A_3 و... قرار گیرد. در انتخاب اول، دهانه تونل در تراز مورد نظر باید حتی المقدور در مرکز گسترش ماده معدنی قرار گیرد (موقعیت A_2) تا پس از برخورد تونل عمود بر لایه به ماده معدنی، بتوان از دو طرف تونل‌های امتدادی یا دنباله‌رو را به ترتیبی که خواهیم دید، حفر کرد. امّا در انتخاب موقعیت دهانه عوامل دیگری نیز نقش دارند. به عنوان مثال، دهانه تونل نباید در کف دره واقع باشد، زیرا در این حالت، اولاً خطر سیل و ورود سیلاب به داخل تونل وجود دارد و ثانیاً محلی برای ریختن مواد باطله‌ای که از حفر تونل حاصل می‌شود، وجود نخواهد داشت. همچنین دهانه تونل نباید در نزدیکی گسلی که در سطح زمین مشخص است، باشد. از آنجا که برای استقرار تجهیزات مربوط به تونل، فضای مسطحی در حد چندصد متر مربع مورد نیاز است لذا دهانه باید در جایی انتخاب شود که به آسانی بتوان چنین فضای مسطحی را احداث کرد. از جمله نکات دیگری که باید مدنظر قرار گیرد آن است که در فضای مسلط بر دهانه تونل نباید آبراهه‌ای وجود داشته باشد زیرا به هنگام بارشهای شدید، ممکن است آب بارش از طریق این آبراهه‌ها، به داخل تونل راه یابد.

۱۶ــ۲ــ۲ــ امتداد تونل : امتداد تونل عمود بر لایه، حتی المقدور عمود بر امتداد لایه‌ها، رگه‌ها و یا زون حاوی ماده معدنی در نظر گرفته می‌شود. علّت آن است که با این توجیه، تونل در فاصله کمتری به ماده معدنی می‌رسد.

۱۶ــ۲ــ۳ــ شیب تونل : اگر وضعیت ماده معدنی و توپوگرافی زمین مطابق شکل ۱۶ــ۱ باشد یعنی بتوان با حفر تونل‌های تقریباً افقی در عمق مورد نظر به ماده معدنی دست یافت، تونل عمود بر لایه به حالت افقی حفر می‌شود. امّا در حقیقت تونل‌های معروف به افقی نیز به سوی دهانه خود شیب دارند. شیب تونل‌های اکتشافی عمدتاً به خاطر خروج آبهای زیرزمینی از داخل آن است زیرا تونل‌ها، همانند قنوات، معمولاً در قسمتی از طول خود در زیر سطح ایستابی محل قرار دارند و در داخل آنها آب جمع می‌شود که باید در اثر شیب تونل و به وسیله نیروی ثقل، به خارج هدایت شود.

شیب تونل‌ها را معمولاً ۳ تا ۵ در هزار انتخاب می‌کنند و این بدان معنی است که در هر ۱۰۰۰متر از طول تونل، ۳ تا ۵ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد.

اگر منطقه کمابیش مسطح باشد، واضح است که با تونل افقی نمی‌توان در اعماق به ماده معدنی دست یافت و بنابراین باید از تونل‌های مورب استفاده کرد. امتداد این تونل‌ها نیز به حالت عمود بر امتداد لایه در نظر گرفته می‌شود مگر آن که در اثر مسایلی نظیر آنچه که در مورد امتداد تونل‌های افقی

گفتیم، به حالت غیرعمودی نسبت به امتداد لایه حفر شود.

۱۶ــ۲ــ۴ــ شکل مقطع تونل : شکل مقطع تونل‌های اکتشافی عمدتاً تابع سیستم نگهداری آنها است. اگر تونل در سنگ‌های خود نگهدار حفر می‌شود و یا حداقل بخش عمده‌ای از طول آن از این سنگها می‌گذرد، شکل نعل اسبی برای آن مناسب است.

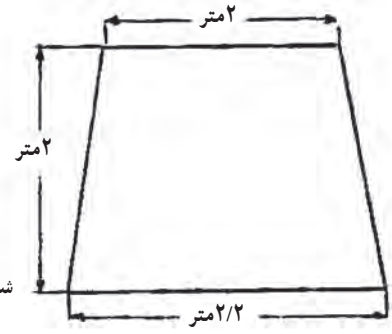
از آنجا که در بسیاری موارد، به ویژه اکتشاف کانسارهای زغال، سنگ‌ها ریزشی‌اند و نیاز به نگهداری دارند لذا در این گونه موارد، از شکل ذوزنقه استفاده می‌کنند زیرا معمولاً تونل‌های اکتشافی را با قاب‌های چوبی نگهداری می‌کنند.

اگر تونل اکتشافی در همان مرحله اکتشاف برای مقاصد بهره‌برداری آینده نیز درنظر گرفته شده باشد، بدیهی است ابعاد مقاطع آن بزرگتر است و در چنین مواردی نمی‌توان از چوب بست به عنوان سیستم نگهداری استفاده کرد. در این موارد معمولاً تونل‌ها را با قاب‌های فولادی نگهداری می‌کنند و لذا مقطع تونل به حالت هلالی انتخاب می‌شود.

۱۶ــ۲ــ۵ــ ابعاد مقطع تونل : هر چقدر سطح مقطع تونل کمتر باشد، به همان نسبت حفر آن ارزان‌تر است و هزینه کمتری دارد. از سوی دیگر، ابعاد آن باید به اندازه‌ای باشد که رفت و آمد در آن به‌آسانی انجام گیرد و نیز در صورت لزوم، در آینده بتوان از آن برای مقاصد استخراجی استفاده کرد.

مسایل مربوط به حفاری و حمل و نقل سنگها و مواد حفر شده در تونل‌ها را باید در کتاب‌های استخراج معادن مطالعه کرد و در این جا به ذکر این مطلب اکتفا می‌کنیم که اگر بخواهند به هنگام حفر تونل از وسایل چالزنی و بارگیری مکانیکی استفاده کنند، ابعاد تونل نباید از حد معینی، که به نوع این دستگاه‌ها بستگی دارد، کمتر باشد.

در معادن ایران، سطح مقطع تونل‌های اکتشافی معمولاً ۴ تا ۸ مترمربع است. یکی از مقاطع متداول تونل‌های اکتشافی در ایران در شکل ۱۶ــ۳ نشان داده شده است.



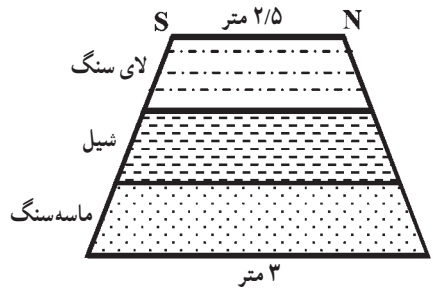
شکل ۱۶ــ۳ــ مقطع تونل‌های اکتشافی

۱۶ــ۲ــ۶ــ برداشت تونل : اطلاعات حاصل از تونل‌های اکتشافی، به علّت آنکه مستقیماً قابل مشاهده‌اند، بسیار ارزشمند است و برای ارتباط دادن مقاطع اکتشافی به کار می‌آید لذا کلیه جبهه کارها، سقف و دیواره تونل‌های عمود بر لایه اعم از افقی و یا شیب‌دار باید برداشت شوند.

از آنجا که همزمان با حفر تونل‌ها، به ویژه در مناطق با سنگ‌های سست نظیر شیل و لای‌سنگ، بلافاصله باید سیستم نگهداری تونل را نصب کرد لذا برداشت تونل‌ها باید روزانه و قبل از نصب سیستم نگهداری انجام گیرد.

مقیاس برداشت تونل‌ها به پیچیدگی وضعیت سنگ‌ها و ماده معدنی بستگی دارد و معمولاً ۱:۱۰۰ است.

الف) برداشت جبهه کار تونل: برای برداشت جبهه کار تونل، ابتدا باید شکل مقطع تونل را با مقیاس ۱:۱۰۰ رسم و در پی آن، وضعیت سنگ‌ها، شکستگی‌ها و هرگونه اطلاعات دیگر را در نقشه پیاده کرد. در حالتی که تونل دقیقاً عمود بر امتداد لایه‌ها باشد (صرف‌نظر از آنکه تونل افقی یا شیب‌دار باشد)، وضعیت لایه‌ها به موازات هم در نقشه جبهه کار تونل به نقشه درمی‌آیند. به عنوان مثال اگر در جبهه کار تونل سه سنگ شیل، لای‌سنگ و ماسه‌سنگ با امتداد شمالی، جنوبی و شیب به سوی شرق (به ترتیب از قدیم به جدید) دیده شود، نقشه جبهه کار تونل مشابه شکل **۱۶ــ۴** خواهد بود.



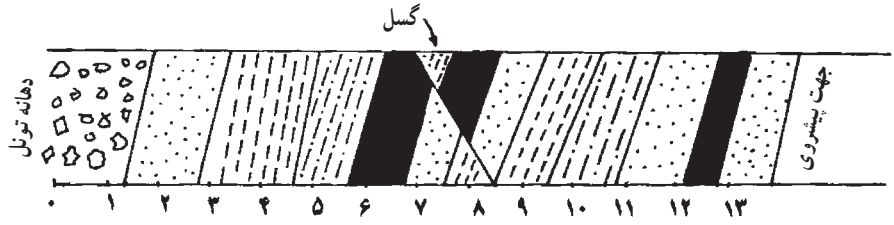
شکل ۱۶ــ۴ــ تصویر جبهه کار تونل عمود بر لایه که در آن سه لایه مشاهده می‌شود.

اگر امتداد تونل نسبت به امتداد عمود بر لایه منحرف شده باشد، در آن صورت رخنمون لایه‌ها در جبهه کار به صورت نوارهای افقی نخواهد بود بلکه بسته به مورد انحراف، به یک سمت متمایل خواهند شد.

ب) برداشت دیواره‌های تونل: همزمان با پیشروی تونل، تصویر دیواره‌های آن نیز باید به طور روزانه و قبل از نصب سیستم نگهداری برداشت شود و به نقشه درآید. اگر تغییرات سنگ‌شناسی در

دو دیواره تونل شدید نباشد، برداشت یکی از آنها کافی است امّا اگر تغییرات به حدی باشد که حتی در دو دیواره تونل نیز تفاوت چشمگیر باشد، در آن صورت باید هر دو دیواره را برداشت کرد. در مواردی که تنها یک دیواره تونل برداشت می‌شود، برای این که بتوان برداشت‌های مختلف را با هم مقایسه کرد، بهتر است در تمام تونل‌ها و میان‌برها، دیواره ثابتی برداشت شود.

برای برداشت تونل، یک کاغذ میلیمتری را روی یک قطعه مقوار یا تخته یا لوحه‌های مخصوص آلومینیومی نصب می‌کنند. با توجه به آنکه ارتفاع تونل‌های اکتشافی ۲ تا ۲/۵ متر است لذا با توجه به مقیاس ۱۰۰ :۱ برداشت، دو خط افقی که به فاصله ۲ یا ۲/۵ سانتیمتر از یکدیگر رسم شود، تصویر قائم دیواره تونل را به دست خواهد داد. حال، یک متر نواری چند ده متری را در کف تونل و در کنار آن روی زمین پهن کرده و برداشت را آغاز می‌کنند. برداشت دیواره تونل همانند برداشت دیواره ترانشه است که در فصل اکتشافات سطحی آن را شرح دادیم. شکل ۱۶ــ۵ نمونه‌ای از برداشت دیواره تونل را نشان می‌دهد.

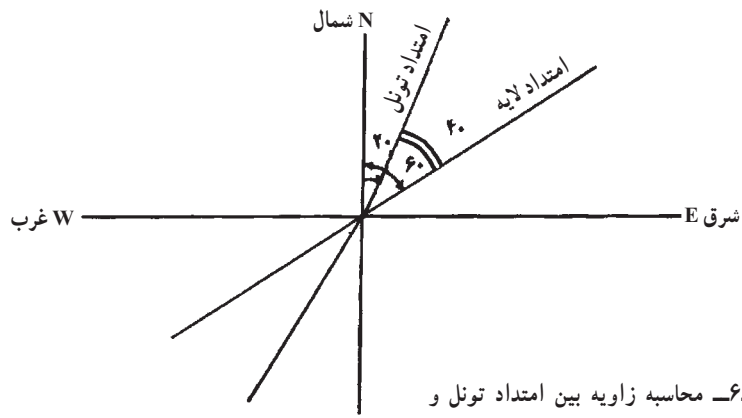


شکل ۱۶ــ ۵ ــ نمونه‌ای از نقشه دیواره تونل [۲۳].

پس از برداشت لایه‌ها و طبقات، هر کدام با شماره‌ای مشخص شده و مشخصات سنگ‌شناسی، ساختاری و فسیل‌شناسی آنها در دفتر ویژه‌ای ثبت می‌شود. به این نکته نیز باید توجه داشت که به علّت تاریکی فضای تونل تشخیص سنگ‌های مختلف و نیز تعیین خصوصیات آنها، مشکل‌تر از سطح زمین است.

ج) برداشت سقف تونل: برای برداشت سقف تونل نیز در حالتی که متر یاد شده روی زمین پهن است، برداشت را از ابتدای تونل آغاز می‌کنند. طرز کار بدین ترتیب است که از محل مرز لایه‌های مختلف در سقف تونل، سنگ ریزه‌ای به زمین می‌اندازند و فاصله مربوطه را در روی متر قرائت می‌کنند. حال امتداد لایه را به کمک کمپاس اندازه می‌گیرند و با توجه به امتداد تونل، امتداد لایه را در سقف تونل رسم می‌کنند. در واقع در این حالت، تصویر لایه‌ها و سنگ‌های مختلف، در سطح افقی هم ارتفاع با سقف تونل رسم می‌شود.

برای روشن شدن مطلب، فرض می‌کنیم بخواهیم تصویر سقف تونل عمود بر لایه‌ای را که مقطع آن ذوزنقه‌ای به ابعاد شکل ۱۶ــ۳ است، رسم کنیم. در این مورد نیز ابتدا باید مقیاس مناسبی انتخاب کرد که معمولاً این مقیاس ۱۰۰ :۱ است. حال آزیموت تونل را اندازه می‌گیریم و فرض می‌کنیم که آزیموت آن Az۲۰ باشد. همان‌گونه که می‌دانیم، معنی این عدد آن است که امتداد تونل از شمال، ۲۰ درجه به سمت شرق منحرف شده است. حال امتداد لایه را که مرز آن مثلاً از حوالی ۱/۲ متری کف تونل شروع می‌شود، اندازه می‌گیریم و فرض می‌کنیم که امتداد آن N۶۰E باشد. با توجه به شکل ۱۶ــ۶، زاویه بین امتداد لایه در سقف تونل و امتداد تونل، برابر ۴۰ درجه به دست می‌آید. فرض می‌کنیم که ضخامت ظاهری این لایه در امتداد تونل ۲ متر باشد. برای رسم تصویر سقف تونل، ابتدا دو خط موازی افقی را به فاصله ۲/۵ سانتیمتر از هم رسم می‌کنیم (چون عرض سقف تونل ۲/۵ متر است بنابراین تصویر آن با مقیاس ۱۰۰ :۱ برابر ۲/۵ سانتیمتر خواهد شد). حال، اولین لایه را به‌گونه‌ای رسم می‌کنیم که از فاصله ۱/۲ متری شروع شود و با امتداد تونل زاویه ۴۰ درجه تشکیل دهد (شکل ۱۶ــ۶).

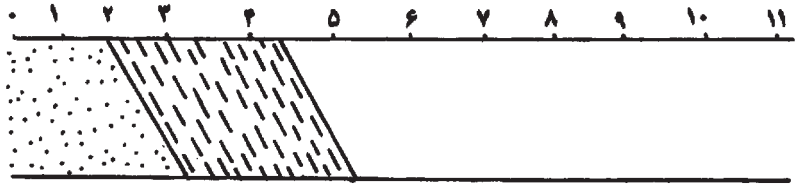


شکل ۱۶ــ۶ــ محاسبه زاویه بین امتداد تونل و امتداد لایه [۲۳].

با توجه به آنکه ضخامت ظاهری لایه در امتداد تونل ۲ متر است، بنابراین لایه تا فاصله ۳/۲=۲+۱/۲ متری ادامه خواهد داشت و از این فاصله به بعد، لایه بعدی شروع خواهد شد. بدین ترتیب تصویر بقیه لایه‌ها نیز در سقف تونل رسم شده و تصویر آن تکمیل می‌شود.

بدیهی است اگر در سقف تونل گسلی دیده شود که باعث جابه‌جایی لایه‌ها شده باشد، باید تصویر آن را نیز رسم کرد زیرا آگاهی از وجود این گسل‌ها برای تعبیر و تفسیر وضعیت لایه‌ها ضروری است.

باید توجه داشت که آنچه در شکل ۱۶ــ۷ نشان داده شده است حالت ایده‌آل و آرمانی دارد و در حالت کلی ممکن است امتداد تونل به صورت خط مستقیم نباشد. در چنین حالاتی، ابتدا باید تصویر افقی تونل را به کمک ایستگاه‌های نقشه‌برداری در روی نقشه رسم و آنگاه مشخصات سنگ‌ها را روی آن پیاده کرد.



شکل ۱۶ــ۷ــ رسم تصویر سقف تونل [۲۳]

۱۶ــ۲ــ۷ــ حفر دویل[۱] : از نقطه نظر ایمنی، هیچگاه نباید طول قسمت کور تونل‌ها از ۲۰۰ متر بیشتر باشد و حداکثر به فواصل ۲۰۰ متری، باید تونل‌ها با حفر دویل به سطح زمین (و در مورد طبقات پائین‌تر معدنی به طبقه بالاتر) ارتباط داشته باشند. دویل، حفریه‌ای است که از پائین به بالا حفر می‌شود و تا سطح زمین یا طبقه بالایی ادامه می‌یابد. پس از برخورد تونل عمود بر لایه به ماده معدنی نیز در داخل ماده معدنی دویلی حفر می‌شود و این دویل‌ها علاوه بر آنکه از نظر ایمنی و برقراری جریان هوا ضرورت دارند، در واقع نوعی حفریه اکتشافی نیز هستند و به ویژه اگر در داخل ماده معدنی حفر شوند، اطلاعات دقیقی از وضعیت ماده معدنی در طول دویل به دست می‌دهند.

همانگونه که خواهیم دید، پس از برخورد تونل عمود بر لایه به لایه یا زون حاوی ماده معدنی، از طرفین تونل‌های امتدادی یا دنباله رو حفر می‌شوند و در داخل این تونل‌ها نیز باید به فواصل ۲۰۰ متر، دویل حفر شود.

۱۶ــ۳ــ تونل‌های امتدادی[۲](موازی لایه)

۱۶ــ۳ــ۱ــ کلیات : حفر تونل‌های عمود بر لایه هزینه زیادی در بردارد و مدت زمان لازم برای حفر نیز زیاد و به عنوان مثال، برای حفر ۵۰۰ متر تونل، بیش از یکسال وقت لازم است. از سوی دیگر، تونل عمود بر لایه ماده یا مواد معدنی را تنها در یک مقطع قطع می‌کند و یک مقطع اطلاعاتی، ارزش صرف این همه مخارج و زمان را ندارد. بنابراین باید به گونه‌ای بتوان با استفاده از

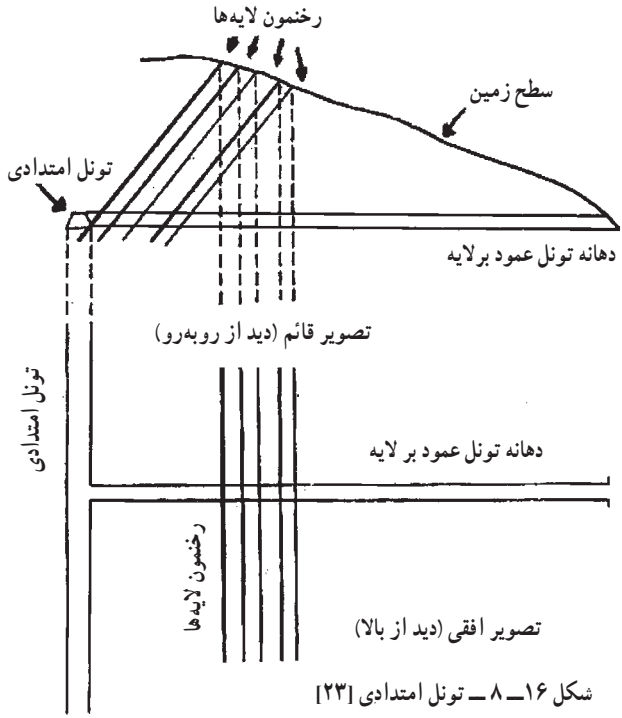
۱ــ raize ۲ــ strike

تونل حفر شده، در نقاط متعددی به ماده معدنی دسترسی یافت و از آن نمونه‌برداری کرد.

اگر ماده معدنی به صورت یک رگه یا لایه مجزا باشد، پس از قطع آن به وسیله تونل عمود بر لایه، در دنباله لایه یا رگه، تونل دنباله‌رو حفر می‌شود که چگونگی آن را در مبحث بعدی بررسی خواهیم کرد. امّا اگر ماده معدنی به صورت مجموعه‌ای از چند لایه یا رگه و یا به صورت زون حاوی ماده معدنی باشد، در آن صورت نمی‌توان در داخل تمامی آنها تونل‌های دنباله‌رو حفر کرد. در چنین مواردی، از تونل‌های امتدادی (موازی لایه) استفاده می‌کنند.

تونل امتدادی یا موازی لایه، تونلی است که معمولاً از تونل عمود بر لایه منشعب شده و به موازات امتداد عمومی لایه‌ها و مواد معدنی حفر می‌شود. برای دستیابی به ماده معدنی، همانگونه که خواهیم دید، به فواصل مناسب، مجدداً تونل‌هایی به حالت عمودی نسبت به امتداد لایه‌ها حفر می‌شود و لایه‌ها را قطع می‌کند.

برای تشریح مسئله، فرض می‌کنیم که در منطقه‌ای یک زون زغالی مرکب از مثلاً ۵ لایه زغال وجود داشته باشد (شکل۱۶ــ۸). پس از اینکه حفر تونل عمود بر لایه به اتمام رسید، در محل مناسبی، قبل یا بعد از زون ماده معدنی، حفر تونل امتدادی را آغاز می‌کنند. محلی که برای حفر تونل امتدادی در نظر گرفته می‌شود، باید شرایط ویژه‌ای داشته باشد از جمله آنکه نه آنقدر محکم و سخت باشد که مشکلاتی را برای



شکل ۱۶ــ ۸ ــ تونل امتدادی [۲۳]

حفاری به وجود آورد و نه آنقدر سست و ریزشی که نگهداری تونل را با مشکل مواجه سازد.

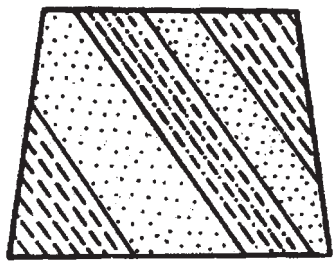
۱۶ــ۳ــ۲ــ مشخصات تونل‌های امتدادی: از جمله مهمترین مشخصات تونل‌های امتدادی، سطح مقطع و امتداد آنهاست که در ادامه به شرح آنها می‌پردازیم:

الف) سطح مقطع: در بسیاری موارد سطح مقطع تونل‌های امتدادی نیز معادل سطح مقطع تونل عمود بر لایه است. در بعضی موارد، که از همان ابتدای کار، تونل اکتشافی برای مقاصد استخراجی نیز در نظر گرفته می‌شود، سطح مقطع تونل عمود بر لایه را بیش از سطح مقطع تونل‌های امتدادی درنظر می‌گیرند. علّت آن است که اولاً میزان هوایی که از هر دو تونل امتدادی عبور می‌کند باید از تونل عمود بر لایه عبور کند و بنابراین سطح مقطع آن باید بیشتر باشد ثانیاً در بسیاری موارد، در تونل عمود بر لایه، دو رشته خط آهن احداث می‌کنند تا حمل و نقل در آن آسان‌تر و سریع‌تر انجام گیرد در صورتی که برای تونل‌های امتدادی، معمولاً یک رشته خط کافی است و بنابراین ابعاد مقطع آن نیز کمتر است.

ب) امتداد: در حالت کلی امتداد این تونل‌ها، موازی امتداد لایه‌ها و مواد معدنی است. بدیهی است در عمل، امتداد این تونل‌ها ثابت نیست زیرا از سویی، امتداد لایه‌ها در قسمت‌های مختلف منطقه تغییر می‌کند و از سوی دیگر، برای عبور از قسمت‌هایی که شکستگی‌های زیاد دارد، باید انحناهایی به این تونل‌ها داد. مجموعه این عوامل سبب می‌شود که تونل‌های امتدادی امتداد ثابتی نداشته و اغلب پرپیچ و خم باشند.

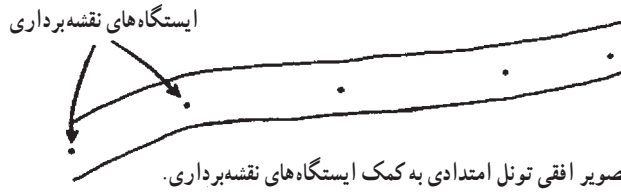
۱۶ــ۳ــ۳ــ برداشت تونل‌های امتدادی: برای آنکه اطلاعات حاصل از تونل‌های امتدادی را بتوان برای مطالعات آینده ثبت کرد، برداشت این تونل‌ها، هم از جبهه کار و هم از سقف انجام می‌گیرد.

الف) جبهه کار: برای برداشت جبهه کار این تونل‌ها، در هر شیفت کار، مسئول برداشت باید به محل جبهه کار مراجعه و نقشه آنرا برداشت کند. اگر لایه‌ها مرتب و موازی باشند، نقشه جبهه کار پیشروی تونل مطابق شکل ۱۶ــ۹ خواهد بود. برای برداشت جبهه کار، باید ابتدا مقطع تونل را با مقیاس مناسب رسم کرد و آنگاه وضعیت مرز لایه‌ها را نسبت به سقف یا کف تونل اندازه گرفت و براساس آن نقشه جبهه کار تونل را رسم کرد.



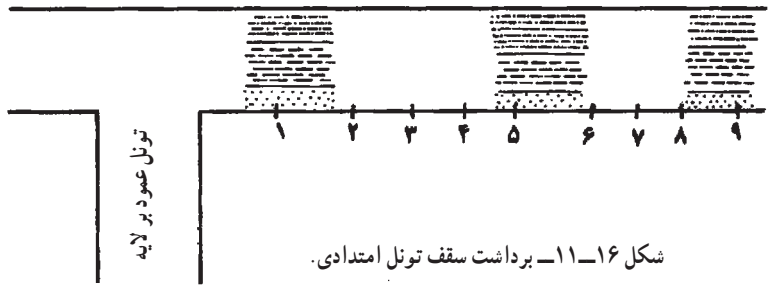
شکل ۱۶ــ۹ــ جبهه کار تونل امتدادی [۲۳].

ب) سقف : برای برداشت سقف تونل‌های امتدادی نیز ابتدا باید تصویر افقی (دید از بالا) تونل را رسم کرد. اگر امتداد تونل مستقیم باشد، دو خط موازی که به فاصله متناسب با مقیاس نقشه از یکدیگر رسم شوند، امتداد تونل را به دست خواهند داد، امّا اگر تونل پیچ و خم داشته باشد، ابتدا باید سیستم مختصاتی در روی کاغذ انتخاب کرد و آنگاه به کمک مختصات ایستگاه‌های نقشه‌برداری، که معمولاً درسقف تونل نصب می‌شود، این‌تصویر را به دست آورد (شکل ۱۶ــ۱۰).



شکل ۱۶ــ۱۰ــ رسم تصویر افقی تونل امتدادی به کمک ایستگاه‌های نقشه‌برداری.

پس از رسم تصویر افقی این تونل‌ها، بسته به تغییر مشخصات لایه‌ها، به فاصله هر چند متر یکبار، وضعیت لایه‌ها را بررسی کرده و آن را روی تصویر افقی پیاده می‌کنند. برای روشن شدن مطلب، حالت ساده‌ای را در نظر می‌گیریم که مقطع تونل ذوزنقه‌ای به ابعاد شکل ۱۶ــ۳ و امتداد آن مستقیم باشد. در این حالت، اگر مقیاس نقشه مطابق معمول ۱۰۰ :۱ در نظر گرفته شود تصویر افقی این تونل، دو خط موازی به فاصله ۲/۵ سانتیمتر از یکدیگر خواهد بود (شکل ۱۶ــ۱۱).



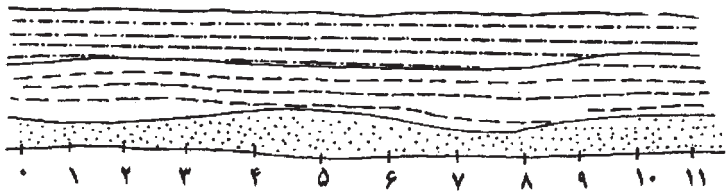
شکل ۱۶ــ۱۱ــ برداشت سقف تونل امتدادی.

برای برداشت تونل، در این مورد نیز یک متر نواری چند ده متری را در کف تونل و در کنار آن روی زمین پهن می‌کنند. حال مثلاً از فاصله ۱ متری، برداشت سقف تونل را آغاز کرده و برای این کار از کنار تونل، سنگ‌ها را بررسی می‌کنند. اگر به عنوان مثال، سنگ‌ها در این فاصله به ترتیب عبارت از ۵۰ سانتیمتر ماسه‌سنگ، ۱۲۰ سانتیمتر شیل و ۸۰ سانتیمتر لای‌سنگ باشد، وضعیت این سنگ‌ها را در محل مورد نظر مطابق شکل نشان می‌دهند. حال مثلاً در فواصل ۵ و ۹ متری نیز وضعیت لایه‌ها

را تعیین کرده و نتیجه را روی نقشه پیاده می‌کنند (شکل ۱۶ــ۱۲). با توجه به برداشت‌های انجام شده، می‌توان مرز لایه‌ها را در مقاطع مختلف اندازه‌گیری به هم وصل کرد و تصویر سقف تونل یاد شده را مطابق شکل ۱۶ــ۱۲ به دست آورد.

بدیهی است آنچه که در شکل ۱۶ــ۱۲ نشان داده شده حالت ساده مسئله است و در حالت کلی، به علّت پیچ و خم‌های موجود در مسیر تونل، وجود گسل‌ها و نیز تغییرات لایه‌ها، برداشت این تونل‌ها پیچیده‌تر است.

همزمان با پیشروی تونل، در آن وسایل نگهداری نصب می‌شود، لذا برداشت تونل همیشه باید قبل از نصب این وسایل انجام گیرد.



شکل ۱۶ــ۱۲ــ تصویر تکمیل شده سقف تونل امتدادی

۱۶ــ۳ــ۴ــ حفر دویل : از آنجا که طول تونل‌های امتدادی زیاد است و گاه به چند کیلومتر می‌رسد لذا باید به فواصل ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر (که تابع مقررات ایمنی است) دویل‌هایی احداث کرد. برای آنکه حفر دویل آسان‌تر باشد و نیز از اطلاعات آن به عنوان یک حفریه اکتشافی استفاده شود، در محل احداث دویل، میان بر کوچکی حفر می‌کنند تا به لایه یا رگه مورد اکتشاف دست یابند و دویل را در داخل لایه احداث می‌کنند و حفر آن‌را تا سطح زمین ادامه می‌دهند.

نحوه برداشت دویل‌ها مانند تونل‌های دنباله رو است که در مبحث بعدی تشریح خواهد شد. مسایل مربوط به نمونه‌برداری از حفریات اکتشافی و از آن جمله دویل‌ها، در فصل نمونه‌برداری تشریح خواهد شد.

۱۶ــ۴ــ میان‌برها[1]

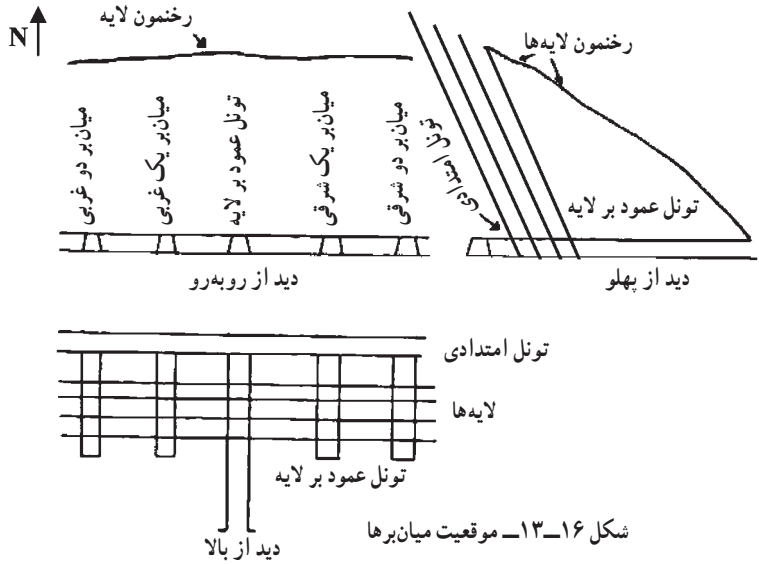
همان‌گونه که گفتیم، در مواردی که ماده معدنی از چندین لایه یا رگه تشکیل شده باشد، پس از خاتمه حفر تونل عمود بر لایه و هنگامی که تمام لایه‌ها یا رگه‌ها به وسیله این تونل قطع شد، در

۱ــ cross cut

محل مناسبی، تونل امتدادی حفر می‌شود. تونل امتدادی، اطلاعات چندانی در مورد ماده معدنی به دست نمی‌دهد زیرا آنرا قطع نمی‌کند. برای اینکه بتوان در نقاط متعددی در اعماق زمین به ماده معدنی دسترسی یافت و اطلاعاتی از آن به دست آورد، به فواصل مناسب، از درون تونل‌های امتدادی، تونل‌هایی به حالت عمود بر لایه‌ها حفر می‌شود که آنها را میان‌بر[1] می‌گویند.

میان‌برها در واقع تونل‌های عمود بر لایه کوچکی هستند که از داخل تونل‌های امتدادی حفر می‌شوند و تفاوت آنها با تونل‌های عمود بر لایه آن است که اولاً طول آنها کوتاه‌تر و سطح مقطعشان کمتر است و ثانیاً به سطح زمین و هوای آزاد راه ندارند. حفر میان‌برها تا جایی ادامه می‌یابد که تمام رگه‌ها و لایه‌ها را قطع کند. میان‌برها را می‌توان به‌عنوان ترانشه‌های زیرزمینی در نظر گرفت و فاصله آنها بستگی به وضعیت ماده معدنی و پیچیدگی یا منظم بودن آنها دارد و به طور متوسط ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر است. بهتر است میان‌برها نیز حتی‌المقدور در امتداد نیمرخ‌های اکتشافی حفر شوند زیرا دراین حالت، تهیه مقاطع اکتشافی نهایی، که با استفاده از کلیه اطلاعات یعنی اطلاعات ناشی از ترانشه‌ها، اوکلون‌ها، گمانه‌ها و میان‌برها تهیه می‌شود، آسان‌تر است.

در شکل ۱۶ــ۱۳ تونل عمود بر لایه و تونل‌های امتدادی منشعب از آن نشان داده شده است. همزمان با ادامه حفر تونل‌های امتدادی، به فواصل مناسب، میان‌برها نیز حفر می‌شوند.



شکل ۱۶ــ۱۳ــ موقعیت میان‌برها

۱ــ در ایران غالباً از واژه فرانسوی رکوب و در پاره‌ای موارد نیز از واژه روسی کورشلاک به جای میان‌بر استفاده می‌شود.

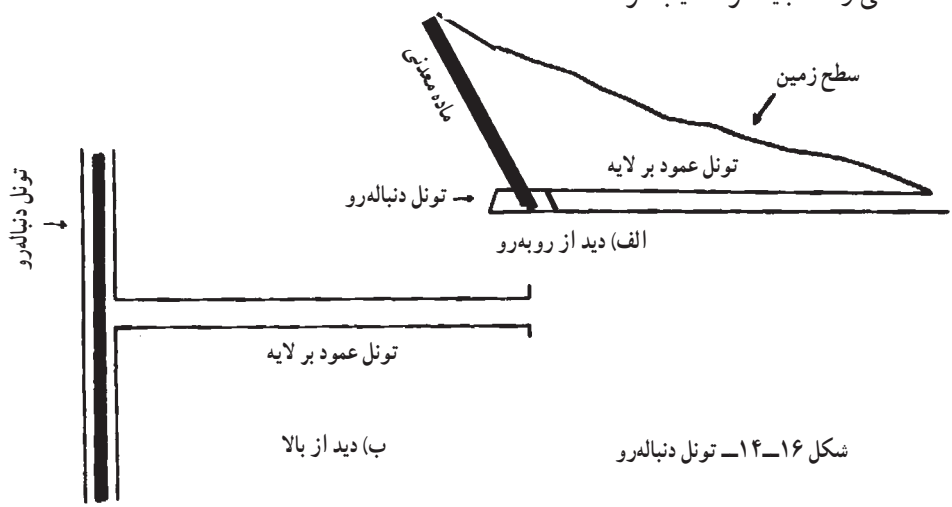
سطح مقطع میان‌برها معمولاً کمتر از تونل‌های امتدادی است و فقط باید به اندازه‌ای باشد که بتوان به آسانی آنها را برداشت و نمونه‌برداری کرد. امتداد آنها نیز حتی‌المقدور عمود بر امتداد عمومی لایه‌ها و بدین ترتیب، موازی تونل عمود بر لایه است.

نحوه برداشت میان‌برها نیز همانند تونل‌های عمود بر لایه است که از شرح آنها صرف‌نظر می‌کنیم.

برای اینکه بتوان لایه‌ها و رگه‌هایی را که در داخل میان‌برهای مختلف دیده شده‌اند به یکدیگر ربط داد، در این مورد نیز نقشه ارتباطی میان‌برها تهیه شده و لایه‌های مختلف به یکدیگر ربط داده می‌شوند. تهیه نقشه ارتباطی میان‌برها نیز مشابه سایر نقشه‌های ارتباطی است که قبلاً گفته شد و بنابراین از شرح مجدد آنها خودداری می‌کنیم.

۱۶ــ۵ــ تونل‌های دنباله‌رو[۱] (دنبال لایه)

در مواردی که ماده معدنی تنها از یک لایه یا رگه تشکیل شده باشد، پس از آنکه این لایه یا رگه به وسیله تونل عمود بر لایه قطع شد، از دو طرف، تونل دنباله‌رو در داخل خود ماده‌معدنی حفر می‌شود (شکل ۱۶ــ۱۴). تونل دنباله‌رو مشابه تونل امتدادی است با این تفاوت که در داخل این تونل‌ها، ماده معدنی مستقیماً دیده می‌شود و بنابراین نیازی به حفر میان‌برها نیست. از سوی دیگر، امتداد این تونل‌ها تابع امتداد ماده معدنی است و در مواردی که امتداد ماده معدنی متغیر باشد، این تونل‌ها بسیار پرپیچ و خم‌اند. در واقع علّت نامگذاری این تونل‌ها هم به همین خاطر است زیرا به اصطلاح هرجا که ماده معدنی رفت، باید آنرا تعقیب کرد.

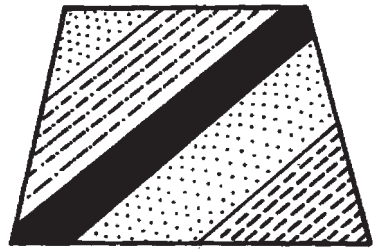


شکل ۱۶ــ۱۴ــ تونل دنباله‌رو

۱ــ drift

برداشت تونل‌های دنباله‌رو نیز همانند تونل‌های امتدادی است و در آن، هم تصویر جبهه کار پیشروی و هم تصویر سقف تونل برداشت می‌شود. اگر ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن منظم باشد، تصویر جبهه کار نیز حالت منظمی دارد (شکل ۱۶ـ۱۵). معمولاً سطح مقطع تونل نسبت به موقعیت ماده معدنی را به‌گونه‌ای در نظر می‌گیرند که ماده معدنی در گوشه بالای تونل قرار گیرد. علّت این امر آن است که اگر در آینده از تونل دنباله‌رو برای عملیات استخراجی استفاده شود، واگون‌ها بتوانند در زیر ماده معدنی قرار گیرند و ماده معدنی استخراج شده به داخل آنها تخلیه شود.

تصویر سقف تونل دنباله‌رو نیز همانند سقف تونل امتدادی برداشت می‌شود.



شکل ۱۶ـ۱۵ـ تصویر جبهه کار تونل دنباله رو [۹۹]

خودآزمایی

۱ـ تونل عمود برلایه را تعریف کنید.

۲ـ تراز تونل عمود بر لایه را چگونه تعیین می‌کنند.

۳ـ شکل مقطع تونل‌های اکتشافی چگونه است.

۴ـ نحوه برداشت دیواره تونل‌های عمود بر لایه را شرح دهید.

۵ـ دویل چیست و در چه مواردی حفر می‌شود.

۶ـ تونل‌های امتدادی را شرح دهید.

فصل ۱۷

نمونه برداری

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که:
۱ ـ مراحل کلی نمونه‌برداری از حفریات اکتشافی را شرح دهد.
۲ ـ روش‌های مختلف نمونه‌برداری، را نام ببرد.
۳ ـ روش‌های مختلف نمونه‌برداری از گمانه‌ها را شرح دهد.
۴ـ مراحل آماده‌سازی نمونه را توضیح دهد.

۱۷ــ۱ــ آشنایی

برای تعیین خواص ماده معدنی، باید از قسمت‌های مختلف از آن نمونه‌برداری[۱] کرد و با مطالعه و تجزیه نمونه‌ها، خواص آن را به دست آورد.

نکته مهمی که در مورد نمونه‌برداری باید مورد توجه قرار گیرد آن است که نمونه‌های تهیه شده باید نماینده تمام یا حداقل قسمتی از کانسار باشند تا بتوان براساس اطلاعات حاصل از آنها در مورد کمیت و کیفیت ماده معدنی قضاوت کرد. اگر تنها براساس نمونه‌های تهیه شده از یک قسمت، یا عمق خاصی از گستره ماده معدنی در مورد آن قضاوت شود، در حالت کلی این قضاوت نادرست خواهد بود. بدیهی است هر چقدر تعداد نمونه‌ها که براساس یک طرح معین از ماده معدنی گرفته می‌شود، زیادتر باشد، به همان نسبت، داده‌ها دربارهٔ ماده معدنی دقیق‌تر خواهد بود. در حالت کلی از تمام حفریات اکتشافی اعم از ترانشه، چاهک، گمانه و تونل نمونه‌برداری می‌شود.

۱ــ sampling

صرف‌نظر از نوع نمونه‌برداری که در ادامه به شرح آن خواهیم پرداخت، در مورد تمام روش‌های نمونه‌برداری مراحل مشابهی به شرح زیر وجود دارد :

الف) تهیه نمونه اولیه که حتی المقدور باید نمونه معرف[1] باشد.

ب) خلاصه کردن نمونه و کاهش حجم و وزن آن به گونه‌ای که حالت معرف بودن آن حفظ شود.

ج) آزمایش و تجزیه نمونه.

د) تجزیه و تحلیل نتایج تجزیه.

نکته مهمی که باید به آن توجه کرد، تفاوت بین نمونه شاخص[2] و نمونه معرف است. به‌عنوان مثال اگر هدف بررسی دگرسانی یک محلول گرمابی بر سنگ میزبان خود باشد، باید کاملترین نمونه‌ای که چنین ویژگی را داشته باشد تهیه کرد و مورد مطالعه قرار داد. همچنین اگر مطالعه سیستم تبلور بلورهای ماده معدنی مدنظر باشد، طبیعتاً زیباترین و کاملترین نمونه انتخاب می‌شود. بدیهی است چنین نمونه‌هایی، معرف کل کانسار نیستند بلکه نمونه شاخص آنند که برای مطالعات ویژه به کار می‌آیند. در این فصل هدف از نمونه، همان نمونه معرف است و برای سادگی از تکرار کلمه معرف خودداری می‌کنیم.

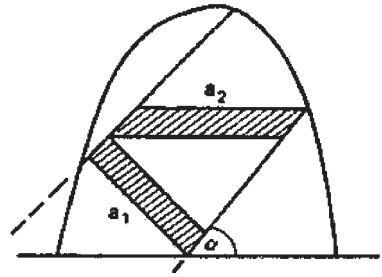
۱۷ــ۲ــ نمونه‌برداری شیاری[3]

این روش یکی از متداول‌ترین روش‌های نمونه‌برداری از مواد معدنی است، و طی آن شیاری به عرض ۵ تا ۱۲ سانتیمتر و عمق ۲ تا ۵ سانتیمتر، از سرتاسر سطحی از ماده معدنی که در داخل حفریه اکتشافی رخنمون دارد، گرفته می‌شود. بسته به وضعیت ماده معدنی، امتداد شیار نمونه‌برداری ممکن است قائم، افقی و یا مایل باشد (شکل ۱۷ــ۱). نکته مهم آن است که باید عرض و عمق شیار در سرتاسر طول آن ثابت باشد تا نمونه یکنواختی از ماده معدنی به دست آید.

شکل ۱۷ــ۱ــ نمونه‌برداری شیاری [۲۴]

۱ــ representative sample ۲ــ specimen ۳ــ channel sampling

الف) امتداد نمونه‌برداری : در حالت کلی، امتداد شیار به موازات امتداد بیشترین تغییرات ماده معدنی در نظر گرفته می‌شود و این امتداد معمولاً عمود بر امتداد لایه، یعنی امتداد اندازه‌گیری ضخامت ماده معدنی است. به همین خاطر است که اصولاً توصیه می‌شود که حتی المقدور، شیار نمونه‌برداری در راستای ضخامت واقعی ماده معدنی توجیه شود، امّا از آنجا که در بسیاری موارد، امتداد حفریه اکتشافی عمود بر امتداد ماده معدنی نیست، لذا تعیین راستای ضخامت واقعی مشکل است و به همین خاطر، معمولاً امتداد شیار را در مورد مواد معدنی کم شیب، قائم و در مورد انواع پرشیب، افقی درنظر می‌گیرند (شکل‌های ۱۷ــ۱ و ۱۷ــ۲).



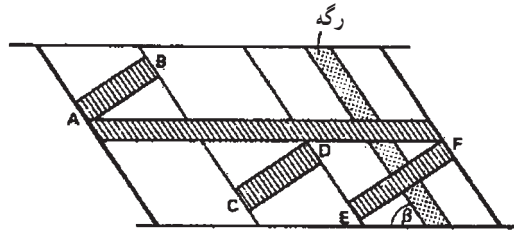
شکل ۱۷ــ۲ــ نمونه‌برداری شیاری از یک تونل دنباله‌رو [۳۷]

ب) محل نمونه‌برداری : در تونل‌های دنباله‌رو بهتر است شیار در جبهه کار پیشروی حفر شود. در مواردی که به علّت مسائل ایمنی یا علل دیگر نتوان از جبهه کار پیشروی نمونه‌گیری کرد، شیار نمونه‌برداری را در سقف تونل دنباله‌رو حفر می‌کنند.

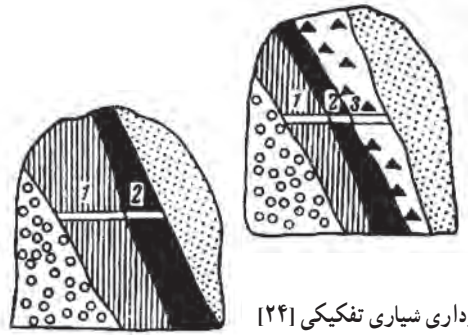
در ترانشه‌ها، تونل‌های عمود بر لایه و میان‌برها، شیار نمونه‌برداری در دیواره آنها حفر می‌شود. اگر وضعیت ماده معدنی در دو دیواره این قبیل حفریات یکسان باشد، یک نمونه از یکی از دو دیواره کافی است امّا اگر وضعیت ماده معدنی در این دو دیواره متفاوت باشد، باید از هر دو دیواره، نمونه شیاری تهیه شود.

در چاهک‌ها و تونل‌های مورب نیز، شیار در دو دیواره حفر می‌شود و امتداد آن بسته به کم شیب یا پرشیب بودن، به حالت قائم یا افقی است.

ج) تعداد نمونه شیاری : در مواردی که ماده معدنی از چند لایه یا رگه با مشخصات مختلف تشکیل شده باشد، از هر کدام از آنها یک نمونه شیاری مجزا گرفته شده و از مجموعه آنها نیز معمولاً یک نمونه شیاری کلی گرفته می‌شود (شکل ۱۷ــ۳ و ۱۷ــ۴).



شکل ۱۷ــ۳ــ نمونه‌برداری شیاری تفکیکی از دیواره یک تونل دنباله‌رو [۳۷].



شکل ۱۷ــ۴ــ نمونه‌برداری شیاری تفکیکی [۲۴]

د) ابعاد نمونه شیاری : ابعاد شیار نمونه‌برداری به وضعیت ماده معدنی و ضخامت آن بستگی دارد. درجدول ۱۷ــ۱ ابعاد مناسب شیار، درج شده است.

جدول ۱۷ــ۱ــ ابعاد شیار نمونه‌برداری در حالات مختلف [۲۴]

وضعیت کانی‌سازی	ضخامت ماده معدنی ــ متر		
	بیشتر از ۲/۵ متر	۰/۵ تا ۲/۵ متر	کمتر از ۰/۵ متر
خیلی منظم	۵×۲ سانتیمتر	۶×۲ سانتیمتر	۱۰×۲ سانتیمتر
نامنظم	۵×۲/۵ سانتیمتر	۹×۲/۵ سانتیمتر	۱۰×۲/۵ سانتیمتر
خیلی نامنظم	۸×۳ سانتیمتر	۱۰×۳ سانتیمتر	۱۲×۳ سانتیمتر

۱۷ــ۳ــ نمونه‌برداری لایه‌ای[۱]

در بعضی موارد، در دیواره ترانشه یا جبهه کار تونل، ماده معدنی به صورت نامنظمی دیده می‌شود که تهیه نمونه شیاری از آن امکان‌پذیر نیست. در چنین مواردی می‌توان از روش نمونه‌برداری

۱ــ layer sampling

لایه‌ای استفاده کرد. در این روش، یک لایه نازک با ضخامت ثابتی برابر ۵ تا ۱۰ سانتیمتر، از تمام ماده معدنی که رخنمون دارد، کنده می‌شود. نمونه را می‌توان از جبهه کار، سقف و یا دیواره حفریه اکتشافی تهیه کرد. در مورد ترانشه‌ها، اگر ماده معدنی به حالت منظم در کف ترانشه دیده شود، نمونه لایه‌ای را می‌توان از کف ترانشه تهیه کرد. بدیهی است در این حالت، ابتدا باید یک قشر ماده معدنی را از روی آن برداشت و آن را تمیز کرد و در مرحله بعد نمونه‌برداری را انجام داد.

مهمترین نکته در مورد نمونه‌های لایه‌ای، ثابت بودن ضخامت لایه است زیرا اگر در این مورد دقت نشود، ممکن است ضخامت لایه در قسمت‌های نرم از قسمت‌های سخت بیشتر شده و این امر سبب شود که نمونه، نماینده واقعی ماده معدنی نباشد. روش نمونه‌برداری لایه‌ای را معمولاً در مواردی که ضخامت ماده معدنی کم و گسترش آن نامنظم است، به کار می‌برند.

اگرچه دقت نمونه‌برداری لایه‌ای زیاد و نمونه تهیه شده نمونه معرف محسوب می‌شود امّا بسیار وقتگیر است و لذا تهیه آن هزینه زیادی را تحمیل می‌کند و نیز در مورد حفریات در حال کار، مانع انجام کار حفاری می‌شود. به همین علّت، این روش را به جز در مواردی که به ناچار باید از آن استفاده کرد، به کار نمی‌برند.

۱۷ــ۴ــ نمونه‌برداری نقطه‌ای[۱] یا لب‌پری[۲]

این روش که یکی از ساده‌ترین روش‌های نمونه‌برداری است، در مواردی به کار می‌رود که ماده معدنی سخت و تهیه نمونه شیاری از آن به آسانی مقدور نباشد. در این روش تکه‌هایی از ماده معدنی به وزن حدود ۱۰۰ گرم با استفاده از چکش زمین‌شناسی کنده می‌شود و مجموعه آنها نمونه موقعیت مورد نظر را تشکیل می‌دهد و دقت روش شیاری را ندارد. تکه‌های نمونه را می‌توان از جبهه کار پیشروی حفریات، از داخل واگونهای حمل مواد معدنی و یا از نقاط مختلف یک توده ماده معدنی برداشت کرد.

در مواردی که رخنمون ماده معدنی در سطح و یا حفریات اکتشافی وسیع باشد، نمونه‌برداری در امتداد خطوطی به فواصل ۱۵ سانتیمتری گرفته می‌شود. خط برداشت نمونه را معمولاً افقی در نظر می‌گیرند [۳۸].

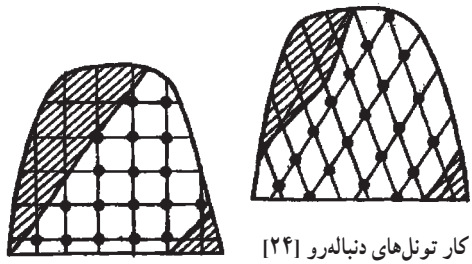
یکی از موارد استفاده از این روش، نمونه‌برداری از جبهه کار تونل‌های اکتشافی دنباله‌رو است که امکان دارد تمام یا بخش عمده‌ای از سطح مقطع تونل در داخل ماده معدنی حفر شود. بدیهی است

۱ــ point sampling ۲ــ chip sampling

در چنین مواردی، استفاده از روش لایه‌ای مقدور نیست زیرا زمان زیادی را می‌طلبد و باعث توقف عملیات حفاری می‌شود. در چنین مواردی، بهتر است ابتدا یک شبکه مربعی یا لوزی با استفاده از شابلون در جبهه کار رسم و سپس از مرکز چهارخانه‌ها و یا رئوس شبکه، نمونه هم اندازه تهیه شود (شکل ۱۷ــ۵). همچنین می‌توان در مقطع تونل خطوطی به موازات هم رسم کرد و از آنها به فواصل مساوی نمونه گرفت. اگرچه فاصله نقاط نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها در هر حالت متفاوت است امّا به عنوان یک راهنمای اولیه می‌توان از اعداد مندرج در جدول ۱۷ــ۲ استفاده کرد [۲].

جدول ۱۷ــ۲ــ تعداد و وزن قطعات نمونه در حالات مختلف [۲۴]

وضعیت کانی سازی	تعداد تکه‌ها	وزن تکه‌ها گرم	وزن کلی نمونه کیلوگرم
خیلی منظم و منظم	۱۶ــ۱۲	۱۲۰	۲ــ۱/۵
نامنظم	۲۵ــ۲۰	۲۵۰	۶ــ۵
خیلی نامنظم	۵۰ــ۳۶	۵۰۰	۲۵ــ۱۸



شکل ۱۷ــ۵ ــ نمونه‌برداری نقطه‌ای در جبهه کار تونل‌های دنباله‌رو [۲۴]

ضرورت جمع‌آوری تکه‌های کوچک و هم‌اندازه از ماده معدنی، از جمله مشکلات این شیوه نمونه‌برداری است که هرچقدر هم که دقت شود، باز هم ایده‌آل نخواهد بود و این خود یکی از منابع خطا در این روش است. نمونه‌برداری بیشتر از زونهایی که عیار بالاتری دارند، یکی دیگر از منابع خطا است.

۱۷ــ۵ــ نمونه‌برداری کلوخه‌ای[۱]

یکی از موارد کاربرد این روش، نمونه‌برداری سریع از تونل‌های اکتشافی است. بدین منظور،

۱ــ grab sampling

قبل از آتشباری در جبهه کار، در کف تونل بسته به وسعت آن، چند ورق آهن پهن می‌کنند تا مواد حاصل از آتشباری با مواد کف تونل مخلوط نشود. پس از انجام آتشباری، مواد حفر شده را به کمک لودر یا بیل دستی پهن می‌کنند تا به‌طور یکنواخت در کف تونل پخش شود. سپس یک توری چهارخانه را روی مواد حفر شده پهن می‌کنند، از وسط هریک از چهارخانه‌های توری، قطعه‌ای از ماده معدنی را جدا می‌کنند و مجموعه آنها را به عنوان نمونه ماده معدنی در آن قسمت از تونل درنظر می‌گیرند. در این مورد نیز تکه‌ها باید حتی‌المقدور ابعاد و وزن مساوی داشته باشند.

نمونه‌برداری کلوخه‌ای را می‌توان از بیل لودر در جبهه کار، واگون‌های حاوی ماده معدنی و یا نوار نقاله‌ای که مواد معدنی را حمل می‌کند نیز تهیه کرد. البته نمونه‌برداری به این شیوه، دقت روش نمونه‌برداری کلوخه‌ای کلاسیک را ندارد. یکی از علّت‌های این خطا، آن است که مواد داخل واگون‌ها یا نوار نقاله، به اندازه کافی مخلوط نشده‌اند که بتوان آنها را به عنوان نمونه معرف تلقی کرد [۳۸].

حجم نمونه لازم در این روش نمونه‌برداری به ابعاد قطعات ماده معدنی و طبیعت کانی‌سازی درون این قطعات بستگی دارد. به بیان دیگر، نحوه توزیع کانی در کانسنگ حائز اهمیت است و بسته به اینکه کانی به طور یکنواخت در داخل کانسنگ پراکنده و یا به صورت قطعات منفرد در قسمت‌هایی از آنها متمرکز باشد، حجم لازم برای معرف بودن نمونه، متفاوت خواهد بود. در حالت کلی می‌توان گفت که هرچقدر قطعات سنگ درشتر و قطعات کانی یا کانه نیز بزرگتر باشد، به همان نسبت وزن بیشتری از کانسنگ به عنوان نمونه معرف مورد نیاز است [۳۸].

۱۷ــ۶ــ نمونه‌برداری از گمانه‌ها

همان‌گونه که دیدیم، گمانه‌ها جزو مهم‌ترین حفریات اکتشافی هستند و هدف اصلی از حفر آنها، تهیه مغزه از ماده معدنی و سنگ‌های اطراف آن است. بسته به اینکه از چه نوع مته‌ای استفاده می‌شود و راندمان مغزه‌گیری چگونه باشد، از گمانه‌ها نمونه‌های مختلفی گرفته می‌شود که مهمترین آنها نمونه‌برداری از مغزه‌ها است.

در مواردی که راندمان مغزه‌گیری[1] از ماده معدنی بالا باشد، مغزه تهیه شده را می‌توان به عنوان نمونه ماده معدنی در عمق مربوطه، در نظر گرفت. اگر مغزه حاصل، از قسمت‌های مجزا و قابل تشخیص تشکیل شده باشد، می‌توان این قسمت‌ها را تفکیک کرد و به عنوان نمونه‌های مجزا منظور کرد.

۱ــ درصد مغزه حاصله به ازای واحد حفاری را راندمان مغزه‌گیری می‌گویند. به‌عنوان مثال اگر در اثر ۱۰ متر حفاری، ۸ متر مغزه به‌دست آمده باشد، راندمان مغزه‌گیری ۸۰ درصد خواهد بود.

مغزه‌های حفاری، علاوه بر کاربری برای تعیین عیار ماده معدنی، در سایر مطالعات مهندسی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند که از جمله آنها می‌توان مطالعات گازخیزی، مطالعات آبخیزی، مطالعات ژئومکانیکی را نام برد.

۱۷ــ۷ــ نمونه‌برداری از کانسارهای سطحی

تفاوت اصلی نمونه‌برداری از کانسارهای سطحی نظیر کانسارهای شن و ماسه و پلاسرها با سایر کانسارها یکی ضخامت زیاد این کانسارها و دیگری ریزشی بودن آنها است. این امر سبب می‌شود که نمونه‌برداری از آنها دقت سایر روش‌های نمونه‌برداری را نداشته باشد.

ساده‌ترین روش نمونه‌برداری از کانسارهای شن و ماسه و سایر کانسارهای سطحی نامتبحر، حفر چاله‌های اکتشافی و نمونه‌برداری از آنها است. بسته به مورد و امکانات موجود، حفاری را می‌توان به روش دستی و یا با استفاده از ماشین‌های حفار انجام داد. امتیاز این روش نسبت به حفر گمانه آن است که اولاً در بسیاری موارد حفر گمانه به علّت ریزشی بودن مواد ممکن نیست و ثانیاً در چاله‌های اکتشافی می‌توان وضعیت مواد را مستقیماً مشاهده کرد و قطعات بزرگ سنگ موجود در آنها را مورد بررسی قرار داد. در عوض، این روش دو عیب عمده نیز دارد. یکی آنکه عمق چاله محدود به سطح ایستابی است و دیگر آنکه از جنبه مسایل زیست محیطی، منظره ناحیه را به هم می‌زند.

این شیوه نمونه‌برداری معمولاً در اعماق کمتر از ۳ متر و در قسمت‌های خشک کانسار انجام می‌گیرد و به کمک آن می‌توان نمونه کلی مورد نیاز واحد پیشاهنگ را تهیه کرد. در موارد استثنایی، حفر چاله‌های اکتشافی تا عمق ۷ الی ۸ متر نیز گزارش شده است [۳۸].

۱۷ــ۸ــ نمونه‌برداری از کپه‌ها و تل‌ها

در بعضی موارد، کپه‌هایی از ماده معدنی روی هم انبار شده است که باید از آنها نمونه‌برداری شود. تجمع ماده معدنی در یک محل ممکن است ناشی از حفر تونل‌های دنباله‌رو در داخل ماده معدنی باشد و یا اینکه به دلایل دیگر مثلاً از مشکل بودن حمل آنها در فصول سرد ناشی شود.

یکی از دقیق‌ترین روش‌های نمونه‌برداری از کپه‌های ماده معدنی، نمونه‌برداری تدریجی و مداوم به هنگام تجمع آنهاست. به عنوان مثال می‌توان از هر واگونی که به محل انبار کردن ماده معدنی می‌رسد، مقداری نمونه گرفت. مجموعه این نمونه‌ها، نمونه معرف تل ماده معدنی خواهد بود.

نمونه‌برداری از کپه‌های ماده معدنی، که از قبل روی هم انبار شده است، به روش‌های مختلف

انجام می‌گیرد. بدیهی است تهیه نمونهٔ سطحی از این توده‌ها، نمونه معرف نیست زیرا عواملی مثل باد و باران باعث می‌شود که ترکیب آنها با سایر قسمت‌ها متفاوت باشد.

در مواردی که از اندازه قطعات ماده معدنی که بر روی هم انبار شده از ۵ سانتیمتر بیشتر نباشد، لوله‌ای را به داخل توده ماده معدنی فرو می‌کنند و مواد داخل آن را به‌عنوان نمونه در نظر می‌گیرند. این روش نمونه‌برداری را نمونه‌برداری لوله‌ای[۱] و در بعضی موارد نمونه‌گیری تفنگی[۲] می‌گویند [۴۰]. برای اینکه راندن لوله نمونه‌گیر به داخل ماده معدنی آسان شود، لبه ابتدای لوله را تیز می‌کنند و نیز مقطع این قسمت را کمی مخروطی می‌سازند تا به هنگام بیرون کشیدن لوله، مواد داخل آن بیرون نریزد.

اگر ابعاد ماده معدنی زیاد باشد و یا اینکه ضخامت توده از هفت متر تجاوز کند، برای نمونه‌برداری باید چاهکها یا ترانشه‌هایی در داخل کپه حفر کرد.

اگر بخواهند وزن کپه ماده معدنی را حساب کنند، در نقاط مختلف ضخامت آن را با استفاده از لوله‌ها و یا حفر چاهک و ترانشه به‌دست می‌آورند و بنابراین شکل کپه به‌دست می‌آید که می‌توان حجم و وزن آن را به روش‌های هندسی محاسبه کرد.

۱۷ــ۹ــ آماده‌سازی نمونه

نمونه‌هایی را که به آزمایشگاه می‌رسد، قبل از بررسی و تجزیه، باید آماده‌سازی کرد. به‌جز در مواردی که قطعات نمونه باید درشت باشد (مثل مطالعات کانی‌شناسی)، ابتدا آن را خرد کرده و آنگاه آن را خلاصه می‌کنند.

گاه نیز چند نمونه مشابه را به نسبت‌های مساوی با یکدیگر مخلوط می‌کنند و از مجموع آنها یک نمونه مرکب به دست می‌آورند و این امر سبب صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها می‌شود.

به هر حال، چه برای خلاصه کردن و چه برای مخلوط کردن نمونه‌ها، ابتدا باید آنها را خرد کرد که در ادامه به شرح آن می‌پردازیم.

۱۷ــ۹ــ۱ــ خرد کردن نمونه : اولین قدم در آماده‌سازی نمونه، خرد کردن آن است. معمولاً نمونه در چند مرحله به قطعات درشت (۱۰۰ تا ۳۰ میلیمتر)، متوسط (۱۲ تا ۵ میلیمتر) کوچک (۳ تا ۰/۷ میلیمتر) و ریز (۰/۱۵ تا ۰/۰۷ میلیمتر) خرد می‌شود.

۱۷ــ۹ــ۲ــ خلاصه کردن نمونه : دیدیم که برای آنکه نمونه، نماینده واقعی ماده معدنی از محل نمونه‌گیری باشد، باید از تمام ماده معدنی به‌طور یکنواخت نمونه گرفته شود و بدین ترتیب، در

۱ــ pipe sampling ۲ــ gun sampling

بسیاری موارد، چندین کیلوگرم نمونه گرفته می‌شود، حال آن که برای تجزیه، معمولاً چند ده گرم کافی است. بنابراین باید وزن نمونه را به‌گونه‌ای کاهش داد که همواره حالت معرف بودن خود را حفظ کند و این عمل را خلاصه کردن[1] نمونه می‌گویند. خلاصه کردن نمونه به روش‌های مختلف انجام می‌گیرد که در ادامه به شرح آنها می‌پردازیم :

الف) خلاصه کردن به روش جمع‌آوری[2] : این روش برای خلاصه کردن نمونه‌های خیلی بزرگ مثل نمونه‌های کلی، به کار می‌رود. طرز کار بدین ترتیب است که ضمن حمل نمونه کلی به‌وسیله واگون‌های معدنی به خارج معدن، بسته به تعداد واگون‌ها، از تمامی آنها یا از هر چند تا یکی، مقداری نمونه برداشته می‌شود که مجموعه آنها خلاصه شده نمونه کلی خواهد بود.

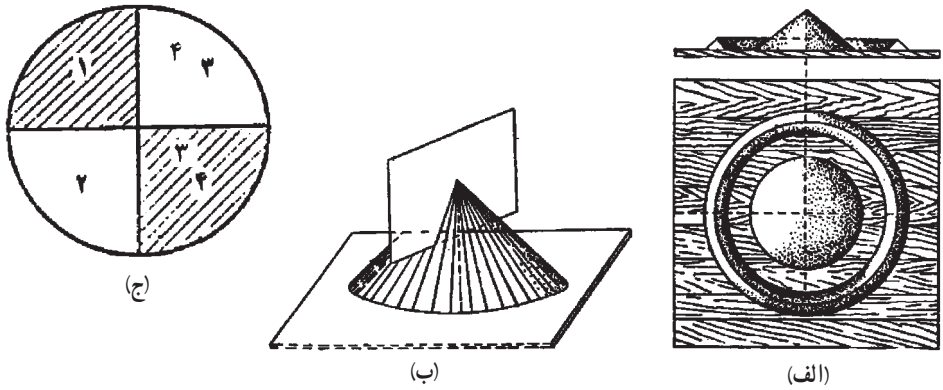
ب) خلاصه کردن به روش چهارقسمتی[3] : در این روش، نمونه خرد شده را روی یک صفحه فلزی صاف می‌ریزند و آن را به شکل مخروطی درمی‌آورند (شکل ۱۷ــ۶ــ الف). سپس تقسیم کننده‌ای را که از دو تکه تخته یا دو ورق فلزی عمود برهم تشکیل شده است، از رأس مخروط به داخل نمونه فرومی‌برند و بدین‌ترتیب آن را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند (شکل ۱۷ــ۶ــ ب). حال، دو قسمت روبروی هم (مثلاً قسمت‌های ۱ و۳ در شکل ج) را برمی‌دارند و بقیه را کنار می‌گذارند. دو قسمت اخیر را روی صفحه پهن و مجدداً مخلوط کرده و آن را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند. این بار، دو قسمت روبه‌روی دیگر (مثلاً قسمت ۲ و۴) را برمی‌دارند و این عمل را آنقدر ادامه می‌دهند تا حجم نمونه باقیمانده، به حد مورد نظر برسد.

ج) خلاصه کردن به کمک تقسیم کننده[4] : در این روش، از جعبه پایه‌دار مخصوصی استفاده می‌شود که دو ردیف سوراخ در طرفین حفره دارد (شکل ۱۷ــ۷). در دو طرف سوراخ‌های جعبه، دو ظرف قرار می‌دهند و نمونه پودر شده را به داخل جعبه می‌ریزند و نیمی از نمونه به داخل هریک از ظرف‌ها می‌ریزد و بنابراین، اگر این عمل به دفعات انجام شود، حجم نمونه به میزان مورد نظر کاهش می‌یابد.

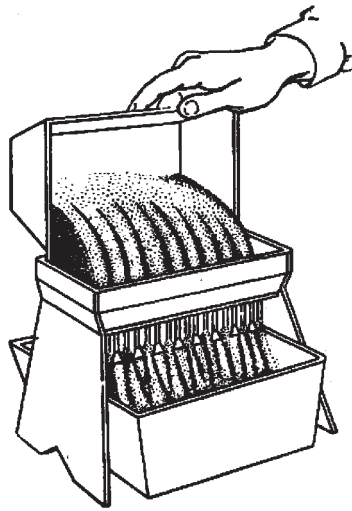
د) خلاصه کردن به کمک توری: این روش برای خلاصه کردن نمونه‌های پودر شده در آزمایشگاه به کار می‌رود و طی آن، نمونه را روی یک سطح صاف پهن می‌کنند و یک توری به ابعاد ۲×۲ سانتیمتر را روی آن می‌اندازند. سپس به کمک قاشق، از وسط هریک از مربع‌های توری، مقداری نمونه برمی‌دارند. مجموعه این نمونه‌ها، خلاصه شده نمونه اصلی را تشکیل می‌دهد.

باید توجه داشت که عمل خلاصه کردن نمونه در چندین مرحله مختلف انجام می‌گیرد و هربار نمونه خلاصه شده مجدداً خرد و خلاصه می‌شود.

۱ــ reduction of sample ۲ــ integral multiple reduction ۳ــ quartering ۴ــ splitter



شکل ۱۷ــ۶ــ خلاصه کردن نمونه به روش چهارقسمتی [۲۴]



شکل ۱۷ــ۷ــ خلاصه کردن به کمک تقسیم کننده[۲۴]

۱۷ــ۱۰ــ بررسی و تجزیه و تحلیل نمونه‌ها

نمونه خلاصه شده و آماده را در آزمایشگاه بررسی و تجزیه می‌کنند. گرچه نوع تجزیه و عملیاتی که در آزمایشگاه انجام می‌شود، در مورد نمونه‌های مختلف متفاوت است، امّا می‌توان بررسی‌های مختلف را به شرح زیر طبقه‌بندی کرد :

الف) تجزیه نیمه کمی و سایر روش‌های سریع برای تعیین عناصر مختلف موجود در نمونه.

ب) تعیین عیار عناصر و یا ترکیبات مفید و درصد ناخالصی‌های مضر

ج) بررسی‌های کانی‌شناسی به منظور تعیین ترکیب کانی‌شناسی، ابعاد کانی‌ها، ساخت و بافت نمونه.

د) بررسی‌های تکنولوژی به منظور تعیین خواص فنی نمونه.
هـ) تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی مورد نظر.

خودآزمایی

۱ـ مراحل کلی نمونه‌برداری را نام ببرید.
۲ـ نمونه‌برداری شیاری در چه مواردی به کار می‌رود؟
۳ـ مشخصات روش نمونه‌برداری شیاری را شرح دهید.
۴ـ امتیاز و عیب روش نمونه‌برداری لایه‌ای را شرح دهید.
۵ـ مراحل آماده‌سازی نمونه را نام ببرید.
۶ـ روش‌های خلاصه کردن نمونه را شرح دهید.