
بسم الله الرحمن الرحيم

شرح جامع و نمونه سوالات

دروس تخصصی انتخابی استخراج معدن
(چالزنی و آتشباری)

«مهندسی معدن»

(فرآوری مواد معدنی–مکانیک سنگ– استخراج معدن)

مولف: مصطفی بدرالدین

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مولف

با توجه به نقش اساسی مواد منفجره در چرخه تولید معادن، مهندسی انفجار از جایگاه ممتازی در میان شاخه های مهندسی معدن برخوردار می باشد. از آن جا که چالزنی و آتشباری یکی از مباحث مورد آزمون در کنکور کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن است، امید است مطالب این کتاب با عنوان چالزنی و آتشباری که مجموعه ای است از چکیده نکات کلیدی مباحث درس های روش‌های حفاری و آتشباری، راهگشای داوطلبین این رشته، به ویژه در گرایش های استخراج معدن و مکانیک سنگ باشد.

این کتاب دارای دوازده فصل شامل شرح درس، نمونه سوالات کنکورهای کارشناسی ارشد سال های گذشته، مثال های تالیفی و خلاصه هر فصل است. همچنین در پایان بانک سوالات سیزده دوره آزمون های ورودی کارشناسی ارشد دانشگاه های سراسری و آزاد آورده شده است.

لازم می دانم که مراتب تشکر و قدردانی خویش را از اساتید محترمی که از نظرات ارشادی آن ها بهره مند بوده ام ابراز نمایم. بدون شک نام بردن همه آن ها در این نوشتار مقدور نیست. همچنین از مدیریت محترم و کارکنان انتشارات ارشد که کار چاپ و نشر این اثر را به عهده داشتند تشکر نمایم. در خاتمه از همسرم که همواره حامی و پشتیبان من در این مسیر بوده است سپاسگزاری می نمایم.

با سپاس

مصطفی بدرالدین

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات حفاری و چالزنی ۹
فصل دوم: انواع مته‌های حفاری و کاربرد آن‌ها ۲۵
فصل سوم: تأثیر بار روی مته و دور مته در سرعت حفاری ۳۷
فصل چهارم: انواع سیستم‌های حفاری ۴۹
فصل پنجم: ویژگی مواد منفجره ۶۱
فصل ششم: انواع مواد منفجره ۷۵
فصل هفتم: انواع روش‌های آتشکاری ۸۹
فصل هشتم: خرج‌گذاری، پرایمر و بوستر ۹۹
فصل نهم: تئوری انفجار ۱۰۹
فصل دهم: آتشکاری در معادن روباز ۱۲۵
فصل یازدهم: حفر تونل ۱۳۵
فصل دوازدهم: چند نکته در مورد آتش‌کاری در معادن ۱۴۹
سوالات آتشباری و چالزنی سراسری سال ۱۳۷۷ ..... ۱۵۹
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۷۷ ..... ۱۶۰
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۷۸ ..... ۱۶۳
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۷۸ ..... ۱۶۵
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۷۹ ..... ۱۶۹
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۷۹ ..... ۱۷۱
سوالات چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۰ ..... ۱۷۴
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۰ ..... ۱۷۶
سوالات چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۰ ..... ۱۷۹
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۰ ..... ۱۸۱
سوالات چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۱ ..... ۱۸۴
پاسخنامه رشته چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۱ ..... ۱۸۵
سوالات چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۱ ..... ۱۸۹
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۱ ..... ۱۹۱
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۲ ..... ۱۹۴
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۲ ..... ۱۹۶
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۳ ..... ۲۰۱
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۳ ..... ۲۰۳
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۴ ..... ۲۰۶
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۴ ..... ۲۰۷
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۵ ..... ۲۱۰
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۵ ..... ۲۱۲
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۶ ..... ۲۱۶
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۶ ..... ۲۱۸
سوالات چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۷ ..... ۲۲۱
پاسخنامه چالزنی و آتشباری سراسری سال ۱۳۸۷ ..... ۲۲۳

عنوان **صفحه**

سوالات چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۲۲۵
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۲۲۶
سوالات چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۲۲۹
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۸ ..... ۲۳۱
سوالات چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۹ ..... ۲۳۴
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (استخراج معدن) سراسری سال ۱۳۸۹ ..... ۲۳۵
سوالات چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۹ ..... ۲۳۷
پاسخنامه چالزنی و آتشباری (مکانیک سنگ) سراسری سال ۱۳۸۹ ..... ۲۳۸
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۲ ..... ۲۴۳
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۲ ..... ۲۴۵
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۳ ..... ۲۴۸
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۳ ..... ۲۴۹
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۴ ..... ۲۵۴
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۴ ..... ۲۵۵
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۵ ..... ۲۵۷
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۵ ..... ۲۵۹
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۶ ..... ۲۶۲
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۶ ..... ۲۶۳
سوالات چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۷ ..... ۲۶۷
پاسخنامه چالزنی و آتشباری آزاد سال ۱۳۸۷ ..... ۲۶۸

فصل اول

کلیات حفاری و چالزنی

فصل اول

کلیات حفاری و چالزنی

۱-۱- مشخصات هندسی چال‌های انفجاری

۱-۱-۱- قطر چال (Blasthole Diameter)

قطر چال‌های انفجاری معمولاً بین $\frac{۱}{۲}$ تا ۲۴ (اینچ) است که قطر چال‌ها در معادن زیرزمینی اغلب بین $\frac{۱}{۲}$ تا ۴ (اینچ) و در معادن سطحی به علت جثّه بزرگ دریل‌های چرخشی بین ۴ تا ۲۴ (اینچ) می‌باشد.

- با افزایش قطر چال، مقدار هزینه حفاری به علت کاهش تعداد جابجایی‌های دریل و زمان اتلافی، کاهش می‌یابد.
- سرعت چالزنی $\left(R_p\right)$ در چال‌های با قطر کمتر، بیشتر می‌باشد. $\left(R_p \propto \frac{۱}{D}\right)$
- هزینه‌های حمل و سنگ‌شکنی با افزایش قطر چال، افزایش می‌یابد.

۱-۱-۲- عمق چال (Hole Depth)

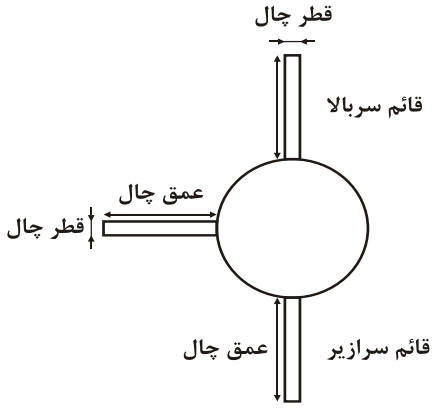
عمق چال‌های انفجاری در معادن سطحی معمولاً بین ۴ تا ۲۰ متر متغیر است . با افزایش عمق چال به علت اتلاف انرژی سرعت حفاری کاهش می‌یابد.

۱-۱-۳- شیب و امتداد چال (Dip and dip direction)

شیب چال‌ها از قائم سرازیر تا قائم سر بالا تغییر می‌کند (شکل ۱-۱).

چال‌ها بر اساس شیب به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- چال‌های قائم (Vertical): حداکثر ۳ تا ۵ درجه از خط قائم انحراف دارند.
۲- چال‌های شیبدار یا مایل (Angled)
۳- چال‌های افقی (Horizental)

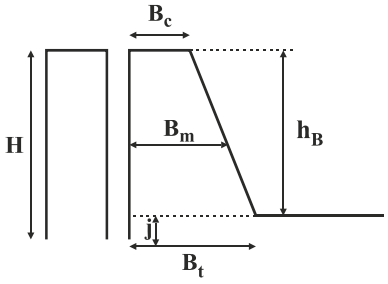


شکل ۱ـ۱انواع شیب چال‌ها

از نظر چالزنی ایده‌آل‌ترین شرایط حفاری، چال‌های قائم هستند چرا که بار روی مته در حداکثر مقدار خود قرار خواهد داشت.

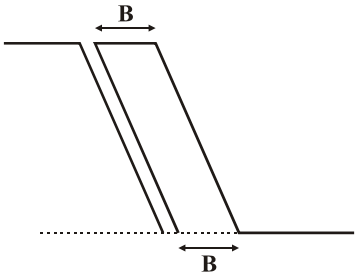
در مقایسه انواع چال‌ها می‌توان گفت:

۱- تأمین بار روی مته در چال‌های قائم آسانتر است.
۲- حفظ شیب چال در چال‌های شیبدار دشوارتر است.
۳- حفر چال شیبدار از میان ناپیوستگی‌ها و طبقات تکتونیزه دشوارتر است.
۴- در چال‌های شیبدار ضخامت بار سنگ در لبه پله (crest burden) با پای پله (Toe burden) یکسان است (شکل۱-۳)، امّا در چال‌های قائم متفاوت است (شکل۱-۲).



B_C: بار سنگ در لبه پله
B_M : بارسنگ در میانه چال
B_t: بارسنگ در پای پله
H : عمق چال قائم
h_B: ارتفاع پله
J: اضافه حفاری

۵- برای جلوگیری از ایجاد پاشنه در پای پله در چال‌های قائم نیاز به اضافه حفاری (j) می‌باشد امّا در چال‌های شیبدار نیازی نیست.
۶- در انفجار چال‌های شیبدار به دلیل یکسان بودن ضخامت بار سنگ در قسمتهای مختلف چال، انفجار بهتری از نظر ابعاد خرده‌های انفجاری (Fragmentation) و کاهش پرتاب خرده‌های انفجاری به هوا (Fly rock) را نسبت به چال‌های قائم می‌توان انتظار داشت.
۷- خرجگذاری در چال‌های قائم بعلت استفاده از نیروی ثقل آسانتر است.
۸- حفر چال شیبدار باعث می‌شود پله مایل در آید که از نظر ایمنی (safety) و پایداری (stability) بهتر از پله‌های با دامنه قائم است.
۹- خرج ویژه در چال‌های افقی بیش از چال‌های قائم و شیبدار است.



شکل ۱ـ۳: چال شیب‌دار

۱-۱-۴- انحراف چال (Deviation)

- چال مستقیم (Straight Hole) چالی است که تحت زاویه از پیش تعیین شده حفر شده و تحت همان زاویه به نقطه مورد نظر برسد و یا به عبارت دیگر هیچ انحرافی نداشته باشد که می‌تواند قائم، افقی یا شیبدار باشد.
- مهمترین پارامترهای موثر در انحراف چال عبارتند از:

۱- **مقاومت سنگ:** هر چه سنگ ضعیفتر و حفاری در طبقات سست تر صورت گیرد، احتمال انحراف چال بیشتر است.

۲- **قطر چال:** با افزایش قطر چال از احتمال انحراف چال کاسته می‌شود.
۳- **عمق چال:** با افزایش عمق چال احتمال اینکه چال از مسیر اصلی خود منحرف شود بیشتر می‌شود.
۴- درزه، شکاف، لایه‌بندی و آنیزوتروپی، سبب افزایش احتمال انحراف چال می‌شوند.
۵- **بار روی مته (thrust):** افزایش بیش از حد تراست موجب خمیدگی لوله‌ها و در نتیجه انحراف چال و همچنین کمبود بار روی مته سبب لرزش مته و انحراف چال می‌شود.

- معایب انحراف چال عبارتند از:

۱- خردایش نامطلوب سنگ (poor fragmentation)
۲- ترقیق و مخلوط شدن باطله‌ها و کانه (dilution)
۳- افزایش هزینه‌ها بعلت نیاز به چالزنی و آتشباری ثانویه (secondary drilling and blasting)

۱-۲- عوامل موثر در عملیات حفاری

از جمله عوامل موثر غیرقابل کنترل و مستقل (Independent variable) در پیشرفت عملیات حفاری به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

۱-۲-۱- خواص فیزیکی و مکانیکی سنگ

الف) چگالی سنگ (density)

چگالی سنگ با مقاومت سنگ رابطه مستقیم و با سرعت چالزنی رابطه عکس دارد. به طوری که با افزایش چگالی، سنگ متراکم‌تر شده و مقاومت آن افزایش می‌یابد و در نتیجه سرعت نفوذ (penetration rate) در سنگ کاهش می‌یابد.

- با افزایش نسبت پوکی و تخلخل (prosity)، چگالی سنگ کاهش می‌یابد.
- معمولاً چگالی سنگ‌ها بین ۱/۹ تا ۳/۵ متغیر است بطوریکه معمولاً چگالی سنگهای آذرین بیشتر از سنگهای رسوبی است.

ب) مقاومت سنگ (Strength)

سنگ‌ها بر اساس مقاومت فشاری تک‌محوره‌شان $\left(\text{uniaxial compressive strength} = \sigma_u\right)$ به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱- **نرم و سست (soft formation):** در این طبقات مقاومت فشاری تک محوره کمتر از ۴۰ مگاپاسکال است. $\left(\sigma_u < ۴۰ \text{Mpa}\right)$
۲- **نیمه سخت (Medium formation):** مقاومت فشاری تک محوره این رده بین ۴۰ تا ۱۱۰ مگاپاسکال است. $\left(۴۰ < \sigma_u < ۱۱۰ \text{Mpa}\right)$
۳- **سخت و مقاوم (Hard formation):** مقاومت این سنگ‌ها بیش از ۱۱۰ مگاپاسکال و حتی تا ۲۵۰ مگاپاسکال نیز می‌باشد.

- به دلیل سختی بالای کوارتز، با افزایش درصد کوارتز، مقاومت سنگ‌ها افزایش می یابد.
- با افزایش ابعاد کریستالی، از مقاومت سنگ‌ها و کانی‌ها کاسته می‌شود.
- سنگ‌های متخلخل نسبت به سنگ‌های با لیتولوژی مشابه از مقاومت کمتری برخوردارند.

- در سنگ‌های آنیزوتروپ، مقاومت سنگ در جهت عمود بر لایه‌بندی یا شیستوزیته بیشتر از حالت موازی است.
- همچنین سنگ‌ها در یک طبقه‌بندی دیگر، به صورت زیر تقسیم می‌شوند:

رده	سختی موهس	مقاومت فشاری (مگا پاسکال)
بسیار سخت	+۷	+ ۲۰۰
سخت	۶-۷	۱۲۰ - ۲۰۰
نیمه سخت	۴- ۵ – ۶	۶۰ -۱۲۰
نیمه سست	۳ - ۴ – ۵	۳۰- ۶۰
سست	۲ - ۳	۱۰ – ۳۰
بسیار سست	۱ - ۲	- ۱۰

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی سنگ‌ها براساس مقاومت فشاری و سختی موهس

- معمولاً در طبقات نرم و سست از دریل‌های چرخشی و در طبقات نیمه سخت و متوسط از دریل‌های ضربه‌ای - چرخشی و در طبقات سخت و مقاوم از دریل‌های ضربه‌ای استفاده می‌شود.
- با استفاده از آزمایش بار نقطه‌ای (point load test) و روش‌های فشاری تک محوره و سه محوره، روش‌های برشی، کششی مستقیم و غیرمستقیم در مکانیک سنگ می‌توان مقاومت سنگ را به دست آورد.

پ) سختی سنگ (Hardness)

سختی هر سنگ ناشی از سختی کانی‌های تشکیل دهنده آن می‌باشد و مقاومتی است که کانی‌ها در مقابل ابزار خراش‌دهنده و ساینده از خود نشان می‌دهند.

عوامل مؤثر در درجه سختی سنگ‌ها عبارتند از:

۱- **کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ:** هر چه میزان کانی‌های تشکیل دهنده سنگ سخت تر باشد (با استفاده از مقیاس موهس)، سنگ از درجه سختی بیشتری برخوردار است، بطور مثال با افزایش مقدار سیلیس در سنگ قدرت ساینده‌گی (abrasiveness) و سختی سنگ افزایش می‌یابد.

۲- **اندازه کانی‌ها:** با افزایش اندازه ابعاد دانه‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ، قدرت خراش‌اندازی و سایش سنگ بر روی مته افزایش می‌یابد.

۳- **شکل دانه‌ها(shape)** : هر چه دانه‌ها گوشه دار و تیز(sharp and angular) باشند خاصیت ساینده‌گی سنگ نسبت به دانه‌های کروی افزایش و عمر سرمته کاهش می‌یابد.

۴- **درجه هموژنی سنگ (homogeneity)**: معمولاً سنگهایی که از یک کانی تشکیل شده اند (هموژن) نسبت به سنگهای هتروژن و ناهمگن، درجه سختی کمتری دارند.

- به طور کلی در سنگ‌های با درجه سختی و قدرت سایش بالا بهتر است از سیستم چالزنی ضربه‌ای استفاده شود.
- بر اساس مقیاس موهس (Moh's scale of hardness) ، کانی‌ها به ده گروه تقسیم می‌شوند که در جدول(۱-۱) آمده‌اند:

جدول۱-۱- سختی موهس

نام کانی	سختی
تالک	۱
ژیپس	۲
کلسیت	۳
فلوریت	۴
آپاتیت	۵
ارتوکلاز	۶
کوارتز	۷
توپاز	۸
کروندوم	۹
الماس	۱۰

- سیستم حفاری چرخشی نسبت به خاصیت ساینده‌گی (abrasion) حساسیت بیشتری دارد بطوریکه خاصیت ساینده‌گی در مقیاس کوچک نیز بایستی مورد توجه گیرد.

ت) اندازه دانه‌ها (Grain Size)

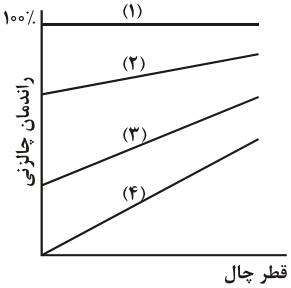
سرعت حفاری در سنگهای دانه درشت بیشتر از سنگهای حاوی دانه‌های ریز است.

- اندازه دانه‌ها در سنگ‌های آذرین بیرونی (extrusive or volcanic igneous rock) به علت سرد شدن سریع ماگما و عمق کم نسبت به سنگ‌های آذرین درونی (intrusive or plutonic igneous rock)کوچکتر است به طور کلی می‌توان گفت از آنجائیکه با افزایش اندازه دانه‌ها در سنگ‌های آذرین، مقاومت سنگ کاهش می‌یابد، در نتیجه سرعت نفوذ در این نوع سنگ‌ها زیاد است. همچنین شکل و اندازه دانه‌ها در سنگ‌های رسوبی به مسافت طی شده سنگ بستگی دارد.

۱-۲-۲- عوامل زمین‌شناسی و تکتونیکی

الف) درزه و شکاف (Joint and Fissure)

با افزایش میزان درزه و شکاف در توده سنگ سرعت چالزنی بعلت گیرکردن مته در نقاط ضعیف کاهش می‌یابد (شکل۱-۴).



منحنی (۱): سنگ هموژن بدون درزه و شکاف
منحنی (۲): سنگ با کمی درزه
منحنی (۳): توده‌سنگ شکسته شده با کمی درزه
منحنی (۴): توده‌سنگ پر درزه و شکاف

شکل ۱-۴: راندمان چالزنی برحسب قطرچال و کیفیت سنگ

- در سنگ‌های درزه دار دور مته در دقیقه زیاد و بار روی مته کم توصیه می‌شود همچنین بهتر است در صورت امکان حفاری در جهت عمود برصفحه درزه صورت گیرد.
- از پر دردسرترین و مشکل‌سازترین سنگ‌ها برای حفاری، توده‌سنگ‌های پر درزه و شکاف می‌باشد.
- سیستم حفاری ضربه‌ای نسبت به میزان درزه‌داری توده سنگ حساسیت بیشتری دارد.
- بهتر است درصورت امکان چال‌ها در جایی حفر می‌شوند که شکاف و درزه وجود نداشته باشد.

تست تألیفی:

برای حفاری در سنگهای با درجه سختی بالا و توده سنگهای پردرزه و شکاف به ترتیب چه سیستم چالزنی مناسب است؟

۱) چرخشی – ضربه‌ای ۲) چرخشی – چرخشی ۳) ضربه‌ای– چرخشی ۴) ضربه‌ای – ضربه‌ای

پاسخ گزینه«۳»

تست تألیفی:

در چالزنی دورانی در توده سنگ‌های درزه دار دورمته و بار روی مته چگونه باید باشد؟

۱) بار روی مته زیاد و دور مته کم ۲) بار روی مته کم و دور مته کم

۳) بار روی مته کم و دور مته زیاد ۴) بار روی مته زیاد و دور مته زیاد

پاسخ گزینه«۳»

ب) شیب و امتداد لایه‌ها (Dip and Strike)

حفاری در لایه‌های شیبدار در مقایسه با لایه‌های افقی بعلت عدم امکان تأمین تراست کافی از سرعت کمتری برخوردار است.

ج) چین‌خوردگی (Folding)

در طاقدیس‌ها (Anticline) و ناودیس‌ها (syncline) امکان عدم استقرار مناسب دریل و هتروژن بودن (ناهمگنی) منطقه وجود دارد.

د) گسل‌زدگی (Faulting)

هر چه به کانون گسل نزدیک‌تر می‌شویم به تراست کمتر و دور مته بیشتر نیاز است.

۱-۳- آرایش چال‌ها و محاسبات مربوط به آن‌ها (Drilling pattern)

رابطه بین ارتفاع پله و قطر چال عبارتست از:

رابطه(۱-۱) $h_B = (۶۰-۱۲۰)D_h$

h_B: ارتفاع پله برحسب متر

D_h: قطر چال بر حسب متر

همچنین بر اساس قانون پنج داریم:

(رابطه ۱-۲) $h_{B_{min}} = ۵D_h$

$h_{B_{min}}$: حداقل ارتفاع پله برحسب فوت

D_h: قطر چال برحسب اینچ

رابطه بین بار سنگ و قطر چال طبق رابطهٔ اش (Ash formula) به صورت زیر می‌باشد:

$$B = k_B . \frac{D_h}{۱۲}$$ (رابطه ۱-۳)

B: بار سنگ برحسب فوت

D_h: قطر چال برحسب اینچ

مقدار k_B با توجه به چگالی سنگ (SG_r) و یا چگالی ماده منفجره (SG_e) به دست می‌آید:

بر اساس SG_r:
- اگر $SG_r < ۲/۵ \Rightarrow k_B = ۳۵$
- اگر $۲/۵ < SG_r < ۲/۷ \Rightarrow k_B = ۳۰$
- اگر $SG_r > ۲/۷ \Rightarrow k_B = ۲۵$

بر اساس SG_e:
- اگر $۰/۸ < SG_e < ۱ \Rightarrow ۲۵$
- اگر $۱ < SG_e < ۱/۳ \Rightarrow k_B = ۳۰$
- اگر $SG_e > ۱/۳ \Rightarrow k_B = ۳۵$

- چگالی سنگ از نسبت بین جرم مخصوص یا وزن مخصوص سنگ به جرم مخصوص یا وزن مخصوص آب بدست آمده و فاقد یکا یا واحد است.

در صورتی که چگالی سنگ و ماده منفجره را داشته باشیم، مقدار بار سنگ از رابطه زیر بدست خواهد آمد:

$$B = \left[\frac{۲SG_e}{SG_r} + ۱/۵ \right] D_h$$ (رابطه ۱-۴)

در رابطه فوق:

D_h: قطر چال برحسب اینچ

B: بار سنگ برحسب فوت

SG_e: چگالی ماده منفجره

SG_r: چگالی سنگ

- بار سنگ به عنوان بحرانی‌ترین و مهم‌ترین پارامتر در طراحی الگوهای انفجاری به قطر چال، خصوصیات توده سنگ و نوع ماده منفجره بستگی دارد.
- هر فوت، دوازده اینچ و هر اینچ برابر ۲/۵۴ سانتیمتر است.

برای محاسبه فاصله ردیفی چال‌ها (Spacing) با توجه به فوری یا تأخیری بودن انفجار از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$S = k_s \cdot B$$ (رابطه ۱-۵)

الف) انفجار فوری یا همزمان (Instantaneous Blasting)

پله‌های کوتاه $\frac{h_B}{B} < ۴ \Rightarrow S = \sqrt{H \cdot B}$ (رابطه ۱-۶)

پله‌های بلند $\frac{h_B}{B} \geq ۴ \Rightarrow k_S = ۲ \ , \ S = ۲B$ (رابطه ۱-۷)

ب) انفجار تأخیری (Delayed Blast)

$S = k_S \cdot B \qquad ۱/۱۵ < k_S < ۱/۴$

هر چه مقاومت سنگ بیشتر شود، k_S کمتر در نظر گرفته می‌شود.

اضافه حفاری، گل‌گذاری و عمق چال نیز از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$J = k_j \cdot B \quad , \quad ۰/۲ \leq k_j \leq ۰/۵$ (رابطه ۱-۸)

$H = k_H \cdot B \quad , \quad ۱ \leq k_H \leq ۴$ (رابطه ۱-۹)

$H = h_B + j \rightarrow h_B = H - j$ (رابطه ۱-۱۰)

$T = k_T \cdot B \qquad ۰/۷ \leq k_T \leq ۱/۳$ (رابطه ۱-۱۱)

$\frac{D_h}{d} = (۱۷ \text{ تا } ۲۰)$ (رابطه ۱-۱۲)

B : بارسنگ

j: اضافه حفاری (subdrilling)

H: عمق چال

h_B: ارتفاع پله

T: طول گل‌گذاری یا پودر سنگ یا انسداد (stemming length)

D_h: قطر چال انفجاری

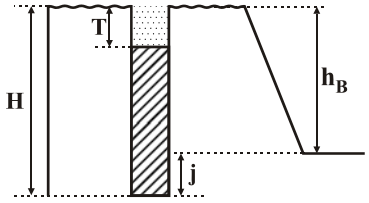
d: ابعاد مواد گل گذاری

ضریب k_j برای سنگهای سست ۰/۲در نظر گرفته شده و با افزایش مقاومت سنگ، مقدار آن افزایش می‌یابد.

ضریب k_T برای سنگهای یکپارچه ۰/۷در نظر گرفته شده و با افزایش تعداد درزه و شکاف، مقدار آن افزایش می‌یابد.

حفاری ویژه (specific drilling) متراژ حفاری به ازای واحد حجم توده سنگ بوده که واحد آن $\frac{m}{m^۳}$ است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_D = \frac{\frac{h_B}{\cos\alpha} + j}{\frac{h_B}{\cos\alpha} \times S \times B}$$ (رابطه ۱-۱۳)



شکل ۱-۵: مشخصات چال انفجاری

α: میزان انحراف چال از خط قائم برحسب درجه

- برای تمامی روابط فوق خطای ۱۵٪ مجاز است.

تست تألیفی:

با افزایش چگالی سنگ و چگالی ماده منفجره، بار سنگ به ترتیب چه تغییری می‌یابد؟

۱) افزایش – کاهش ۲) کاهش – کاهش ۳) کاهش – افزایش ۴) افزایش – افزایش

پاسخ گزینه«۳»

تست تألیفی:

در سنگی به چگالی ۲/۸ چالی به قطر ۴ اینچ حفر شده و چال با ماده منفجره‌ای به چگالی ۱/۴ و قطر ۳ اینچ خرج‌گذاری شده است، ضخامت بار سنگ چند فوت خواهد بود؟

۱) ۶/۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۷/۲۵ ۴) ۶/۲۵

پاسخ گزینه«۲»

طبق رابطه (۱-۴) در صورتی که قطر چال و قطر خرج متفاوت باشند، در فرمول قطر خرج جاگذاری می‌شود و داریم:

$$B = \left[\frac{2SG_e}{SG_r} + 1/5\right]\phi_c \qquad \text{(رابطه ۱-۱۴)}$$

ϕ_c: قطر خرج برحسب اینچ

$$B = \left[2 \times \frac{1/4}{2/8} + 1/5\right] \times 3 = 7/5 \text{ ft}$$

تست تألیفی:

اگر ارتفاع پله ۱۲ متر و بار سنگ ۲/۸ متر باشد، فاصله ردیفی چال‌ها در انفجار همزمان چال‌ها چقدر است؟

۱) ۴/۳ ۲) ۷/۴ ۳) ۳/۷ ۴) ۵/۵

پاسخ گزینه«۴»

با استفاده از رابطه (۱-۷):

$$\frac{h_B}{B} = \frac{12}{2/8} \simeq 4/3 \Rightarrow \frac{h_B}{B} > 4$$

$$S = 5/6 \pm 15\% = 4/76 \text{ تا } 6/44$$

$$S = 2 \times B = 2 \times 2/8 = 5/6 m$$

تست تألیفی:

اگر ارتفاع پله ۱۲ و بار سنگ ۴ متر باشد، فاصله ردیفی چال‌ها در انفجار تاخیری چال‌ها چقدر است؟

۱) ۵/۷ ۲) ۶/۹ ۳) ۳/۲ ۴) ۴/۵

پاسخ گزینه«۱»

$S = ۱/۴ \times B = ۱/۴ \times ۴ = ۵/۶m$

$S = ۵/۶ \pm ۱۵٪ = ۴/۷۶$ تا $۶/۴۴m$

مثال:

در آتشباری در سنگ معمولی و با دینامیت معمولی در یک پله انفجاری که قطر چال ۴۶ میلیمتر و ارتفاع پله ۵ متر است. طول چال را چقدر انتخاب کنیم تا انفجار مناسب باشد؟ **(تست کنکور ارشد معدن ۷۳)**

۱) ۶ متر ۲) ۲۳ متر ۳) ۵ متر ۴) ۱۱ متر

پاسخ گزینه«۱»

با استفاده از روابط (۳-۱) و (۸-۱) داریم:

$$B = K_B \cdot \frac{D_h}{۱۲} \quad , \quad (k_B)_{mean} = ۳۰ \Rightarrow B = ۳۰ \times \frac{۴۶}{۱۲ \times ۲۵/۴} \times ۰/۳۰۴۸ = ۱/۳۸m$$

$$j = K_j \cdot B \quad , \quad (K_j)_{mean} = ۰/۳۵ \Rightarrow j = ۰/۳۵ \times ۱/۳۸ = ۰/۴۸۳m$$

$$H = h_B + j = ۵ + ۰/۴۸۳ = ۵/۵m$$