گروه صنایع ایمن فراز ارک با همکاری دانشکده بهداشت تبریز برگزار می کند

وبینار با عنوان:

ایمنی در معادن روباز با نگرشی بر پدیده های نامطلوب ناشی از انفجار

ارائه دهنده:

دکتر حاصل امینی خوشالان

عضو هیأت علمی گروه مهندسی معدن دانشگاه کردستان

دی ماه ۱۴۰۰

فهرست مطالب

- کلیاتی در مورد HSE در معادن
- شاخص های ارزیابی ایمنی در معادن
- تاریخچه حوادث و فجایع معادن در جهان
- مروری بر آیین نامه ایمنی در معادن
- ایمنی و مقررات آتشکاری
- مقررات مربوط به انبار مواد ناریه
- پدیده های نامطلوب ناشی از انفجار و عوامل مؤثر در ایجاد آن‌ها: لرزش هوا، لرزش زمین، پرتاب سنگ و عقب زدگی
- اندازه‌گیری و پیش‌بینی میزان پدیده‌های نامطلوب و روش‌های پیش‌بینی و کنترل پیامدها

کلیاتی در مورد HSE در معادن

مفهوم و تعریف HSE

این اصطلاح از ابتدای واژگان سلامت (بهداشت)، ایمنی و محیط زیست گرفته شده است. رعایت اصول و مقررات HSE یکی از مهم‌ترین محورهای دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه صنعتی است. تعیین دقیق عوامل و مسوولان ذیربط در نظارت بر اجرای مقررات HSE در کلیه مراحل عملیات معدنی از جمله عناصر اصلی استقرار شبکه مدیریت HSE در معادن است.

مسوول یا سرپرست معدن

فردی است که توسط دارنده پروانه عملیات استخراج به این سمت منصوب می‌شود و مسوولیت کلیه عملیات معدن را به عهده دارد.

مسوول فنی معدن

طبق آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مسوول فنی عملیات فردی است که اداره کلیه امور فنی معدن به عهده اوست و توسط دارنده پروانه عملیات از میان افراد واجد شرایط انتخاب و به وزارت صنعت، معدن و تجارت معرفی می‌شود. حدود صلاحیت مسوولان توسط قانون نظام مهندسی معدن تعیین می‌شود.

مسوول ایمنی معدن

بخشی از مفاد آیین‌نامه ایمنی معادن در مورد وظایف و مسوولیت‌های مسوول ایمنی معدن به شرح زیر است:

– مسوول ایمنی ضمن آگاهی از روش‌های ایمنی، مسوولیت نظارت بر ایمنی عملیات، استخراج و بهره‌برداری معدن را به عهده دارد و توسط سرپرست معدن به این سمت منصوب می‌شود.

ب– به استناد آیین‌نامه کمیته حفاظت فنی و بهداشت کار در کلیه معادن که حداقل ۲۵ نفر کارگر دارند باید یک نفر ذیصلاح به عنوان مسوول ایمنی تعیین شود. بدیهی است در معادن کمتر از ۲۵ نفر، وجود یک نفر مسوول ایمنی ضروری است اما این مسوولیت را می‌توان به مسوول فنی واگذار کرد تا در صورت داشتن صلاحیت، مطابق آیین‌نامه مربوطه عهده‌دار این مسوولیت باشد.

– مسوول ایمنی هر معدن به عنوان ناظر و کنترل‌کننده عملیات و انطباق دادن معدن با بندهای مندرج در این دستورالعمل و دیگر آیین‌نامه‌های مصوب مراجع ذیصلاح تعیین می‌شود تا با حضور و بازرسی از معدن، توصیه و پیشنهادهای خود را به منظور پیشگیری و رفع خطر تذکر داده و در صورت حساسیت موضوع، آن را کتبا به مسوولان معدن گزارش دهد و در صورت تشخیص خطر حتمی، برابر مقررات تا رفع خطر نسبت به توقف عملیات در محل خطر اقدام کند.

– قبل از شروع به کار در هر شیفت کاری، مسوول ایمنی معدن یا جانشین وی باید از کارگاه مربوطه بازدید کند و پس از حصول اطمینان از ایمن بودن آن، به کارگران مجوز ورود داده شود.

مسوول بهداشت و سلامت

فردی است که بررسی وضعیت بهداشت و سلامت نیروی کار در معدن را به عهده دارد و با ارزیابی وضعیت سلامت آنان با شیوه‌های مختلف، در فواصل زمانی معین، باعث کاهش اثرات منفی کار در معدن بر روی سلامت کارکنان می‌شود. در کلیه معادن که حداقل ۲۵ نفر کارگر داشته باشند، باید یک نفر ذیصلاح به عنوان مسوول بهداشت و سلامت به استناد آیین‌نامه کمیته حفاظت فنی و بهداشت کار تعیین شود.

مسوول حفاظت محیط زیست

این فرد مسوولیت تلاش در بهبود وضع اقلیم و هوا، آب، خاک (زیست بوم) اکولوژی- تغییر کیفیت مناظر و چشم‌اندازهای منطقه‌های عملیاتی معدن را به عهده دارد.

تعریف حادثه

حادثه عبارت از یک اتفاق یا واقعه ناخواسته و برنامه‌ریزی نشده‌ای است که در اثر عوامل و شرایط غیرایمن حادث می‌شود و انجام کار، پیشرفت یا ادامه آن را مختل می‌سازد و منجر به صدمات و خسارت‌های مالی و جانی و یا هر دو با هم می‌شود.

عوامل و شرایط موثر در ایجاد حادثه (اعمال و شرایط غیرایمن)

عوامل و شرایط غیرایمن سیستمی

الف– طراحی نامناسب و غیراستاندارد ایستگاه‌ها و جایگاه‌های کار

ب– طراحی نامناسب و غیراستاندارد تجهیزات و ماشین‌آلات کار

پ– عدم انطباق دستگاه‌ها و ماشین‌آلات با نوع کار و کارگر

ت– نقص فنی و خرابی تجهیزات و ماشین‌آلات

ث– طراحی فرآیندهای تولیدی بدون در نظر گرفتن مسایل HSE

ج– کار با مواد، محصولات و تجهیزات خطرناک

عوامل و شرایط موثر در ایجاد حادثه (اعمال و شرایط غیرایمن)

عوامل و شرایط غیرایمن محیطی

الف- نامناسب بودن محیط از نظر عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط کار به طور عام

ب- نامناسب بودن محیط از نظر عوامل شیمیایی زیان‌آور محیط کار به طور عام

پ- نامناسب بودن محیط از نظر عوامل نور و روشنایی به طور خاص

ت- وجود سر و صدای بیش از حد مجاز ناشی از ماشین‌آلات و دستگاه‌ها به طور خاص

ث- شرایط جوی نامناسب محیط کار (رطوبت، سرما و گرمای بیش از حد مجاز) به طور خاص

ج- تشعشعات مضر

چ- ارتعاشات ماشین‌آلات

ح- انتشار گرد و غبار، دود، دمه‌های فلزات (فیوم)، گازها و بخارات شیمیایی در محیط کار

عوامل و شرایط موثر در ایجاد حادثه (اعمال و شرایط غیرایمن)

عوامل و شرایط غیرایمن انسانی

الف- عدم رعایت قوانین، مقررات و دستورالعمل‌های مربوطه

ب- عدم آگاهی و آموزش کافی

پ- عدم مهارت کافی (بی‌تجربگی)

ت- عدم نظارت و بازرسی مستمر

ث- عدم مدیریت و بی‌برنامگی

ج- انجام کارها و رفتارهای غلط و نامناسب در حین فعالیت نظیر شوخی، دویدن و پریدن

چ- عدم استفاده از وسایل و امکانات ایمنی

ح- از کار انداختن و از رده خارج کردن حفاظها و تجهیزات ایمنی دستگاه‌ها

خ- بی‌احتیاطی، بی‌دقتی و نبود نظم و انضباط

د- اتکا به تجربه، سابقه و نادیده گرفتن ضوابط و دستورالعمل‌ها

عوامل و شرایط موثر در ایجاد حادثه (اعمال و شرایط غیرایمن)

عوامل و شرایط غیرایمن روانی و اجتماعی

الف- خستگی و خواب‌آلودگی

ب- وجود تبعیض در محیط کار

پ- عدم امنیت شغلی

ت- تنش‌های روانی ناشی از کار زیاد

ث- مشکلات خانوادگی

ج- بی‌انگیزگی در کار

چ- مشکلات اجتماعی

شدت حادثه

شدت حادثه، تعداد روزهای تلف شده‌ای است که بر مبنای یک هزار ساعت کار تعیین می‌شود. به عبارت دیگر تعداد روزهایی که کارگران در هر هزار ساعت کاری از کار باز می‌مانند و با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$S_R = \frac{N_d \times 10^3}{T}$$

که در آن:

S_R شدت حادثه

N_d مجموع روزهای کاری از دست رفته یا تلف شده

T ساعت کار در بازه زمانی معین

ضریب فراوانی حادثه (ضریب تکرار حادثه)

ضریب تکرار حادثه بیانگر تعداد حوادثی است که منجر به ضایعات انسانی در یک میلیون ساعت کاری می‌شود که از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$F_R = \frac{N \times 10^6}{T}$$

که در آن:

F_R ضریب تکرار حادثه

روزهای کاری از دست رفته (تلف شده)

روزهای کاری از دست رفته شامل روزهایی است که کارگر از کار می‌افتد یا فعالیت کاری محدود می‌شود. تعداد روزهای تلف شده با توجه به صدمات و ضایعات حادثه‌ای، طبق مقررات از جدول به دست می‌آید.

علایم و هشدارهای ایمنی و وسایل ارتباط جمعی

دقت به علایم و تابلوهای ایمنی در معادن اهمیت ویژه‌ای دارد، بنابراین باید مفهوم علایم را آموزش داد و نسبت به رعایت آن‌ها کنترل و از انجام کارهای ناایمن جدا خودداری کرد. در مسیر تردد باید تابلوهای راهنما نصب شود. وسایل ارتباطی هشدار دهنده را باید بر روی وسایل نقلیه و جرثقیل‌ها نصب کرد تا در مواقع خطر، از علایم اخطار آن‌ها استفاده شود.

مدارک و اطلاعات مورد نیاز از نظر ایمنی

بر اساس قوانین موجود، اکتشاف‌کننده یا بهره‌بردار باید مدارک مشروحه زیر را در دفتر معدن نگهداری کند.

الف- پروانه اکتشاف یا بهره‌برداری یا کپی آن‌ها

ب- نقشه محدوده به مقیاس حداقل ۱:۲۵۰,۰۰۰ و نقشه بهره‌برداری به مقیاس حداقل ۱:۵۰۰۰ و در معادن زیرزمینی نقشه به مقیاس ۱:۱۰۰۰ و همچنین یک نقشه از کارگاه و تاسیسات خارج به مقیاس حداقل ۱:۵۰۰

پ- دفتر مخصوص برای ثبت نظرات، تذکرات و دستورات مربوط به طرز کار و رعایت اصول HSE و سایر موارد از طرف بازرسان

ت- دفتر مخصوص ثبت حوادث و گزارش اقدامات معموله طبق نمونه

ث- آیین‌نامه‌های ایمنی معادن و سایر آیین‌نامه‌های مصوب شورای عالی حفاظت فنی

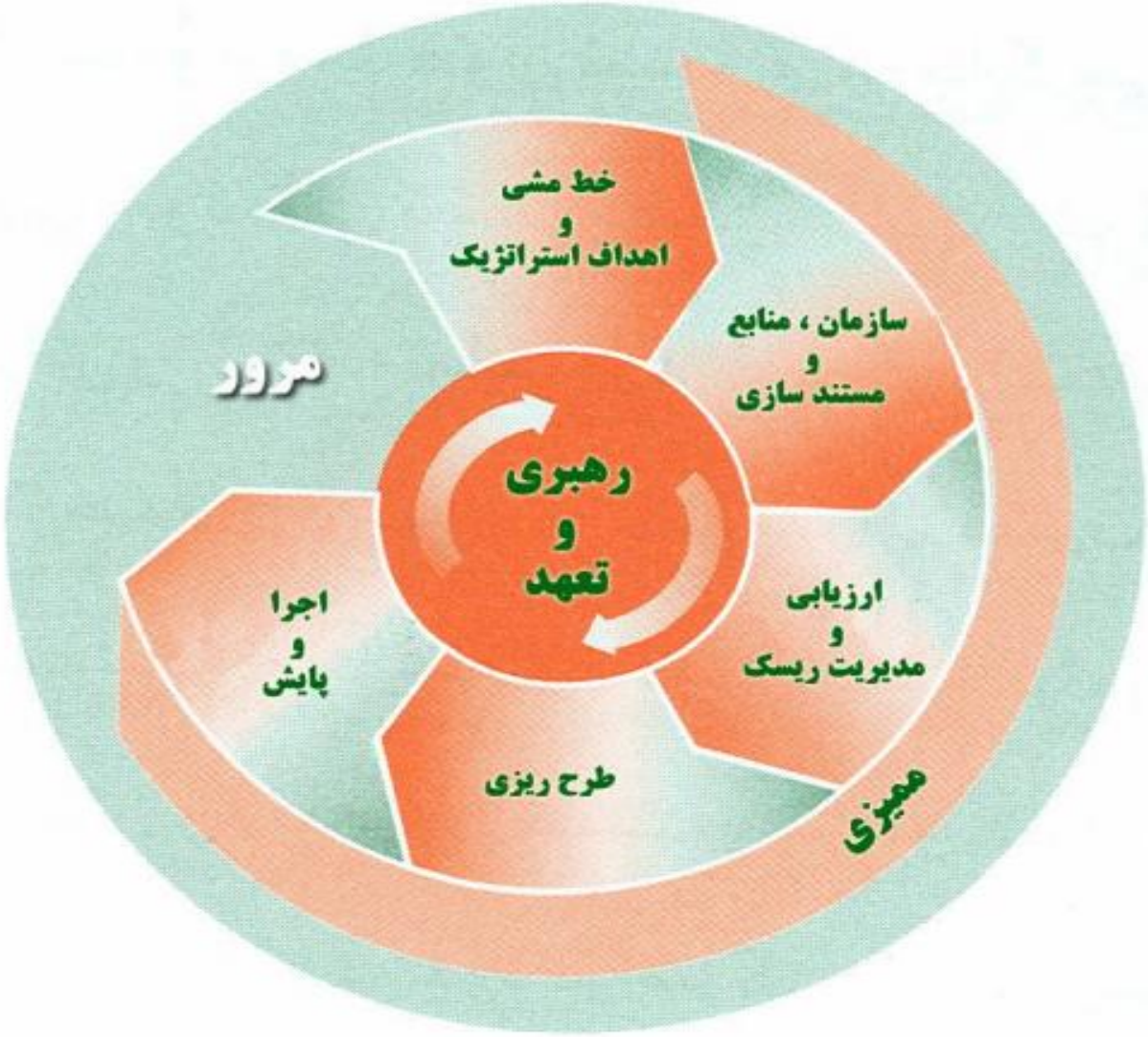
ج- مفاد کلیه مقررات و آیین‌نامه‌های مصوب شورای عالی حفاظت فنی در مورد نکات ایمنی مرتبط با لوازم و کالاها و تجهیزات معدنی و همچنین کلیه سفارشات و نکات احتیاطی و ایمنی که از طرف سازندگان و تولیدکنندگان و لوازم و تجهیزات معدنی و کالاها توصیه می‌شود، لازم‌الاجرا است.

شاخص‌های HSE

شاخص های ایمنی	شاخص های بهداشت	شاخص های محیط زیست
آمار حوادث ایمنی نیروی انسانی سیستم مدیریت در معدن چالزنی و آتشباری و مواد ناریه ارزیابی سیستم تهویه ارزیابی سیستم ترابری ارزیابی سیستم نگهداری ارزیابی ماشین آلات ارزیابی ماشین آلات ارزیابی محیط کار پیش گیری و کنترل آتش سوزی و انفجار مسائل ویژه معادن گازدارو گرد زغال دار	بهداشت عمومی و فردی کمک های اولیه و امداد و نجات معاینات و تجهیزات درمانی بیماری های ناشی از کار در معادن مشکلات روانی ناشی از کار مدیریت بهداشت	چشم انداز محدوده معدنی و بازسازی تأثیر عملیات استخراج بر اکولوژی منطقه آلودگی صوتی و ارتعاش آلودگی خاک آلودگی هوا آلودگی آب تأثیر معدن کاری بر مسائل فرهنگی و اجتماعی منطقه سیستم مدیریت زیست محیطی معدن

الزامات سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

چرخه سیستم مدیریت HSE



مهم ترین حوادث معدن در ایران

حادثه معدن زغال‌سنگ طبس: انفجاری در معدن یال شمالی طبس در سال ۱۳۸۶ فوتی: هشت نفر

حادثه در معدن زغال‌سنگ کرمان: در آذرماه سال ۱۳۸۹ چهار نفر از معدنچیان جان خود را از دست دادند.

انفجار در معدن کوهبنان کرمان: در سال ۹۲ انفجار گاز ، فوت سه نفر و زخمی شدن شش معدنچی

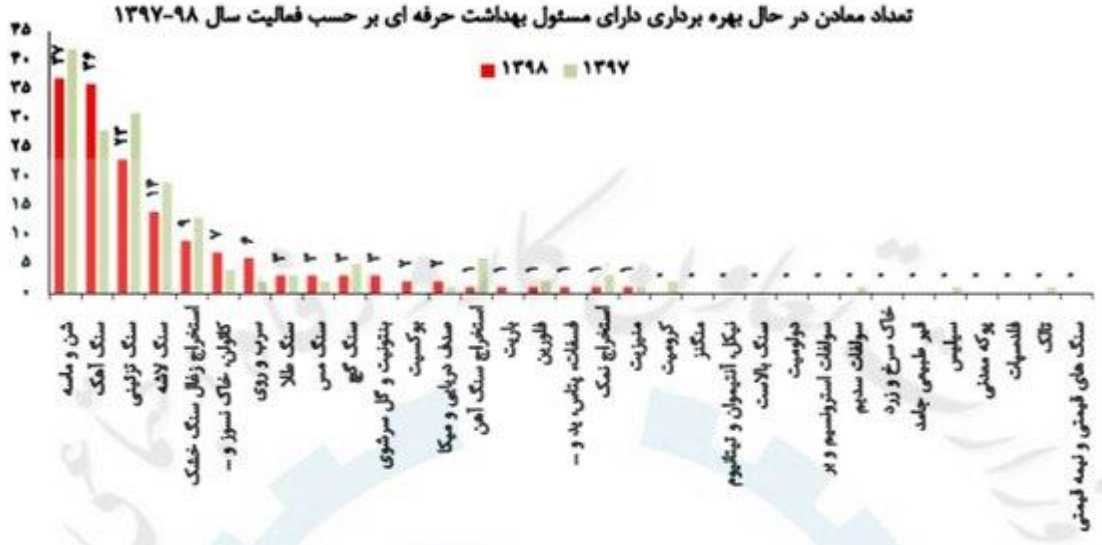
معدن زمستان یورت: انفجار در این معدن بزرگ ترین فاجعه ای است که تاکنون در معدنی در ایران اتفاق افتاده است. حادثه ای که **۴۳** نفر در آن جان باختند.

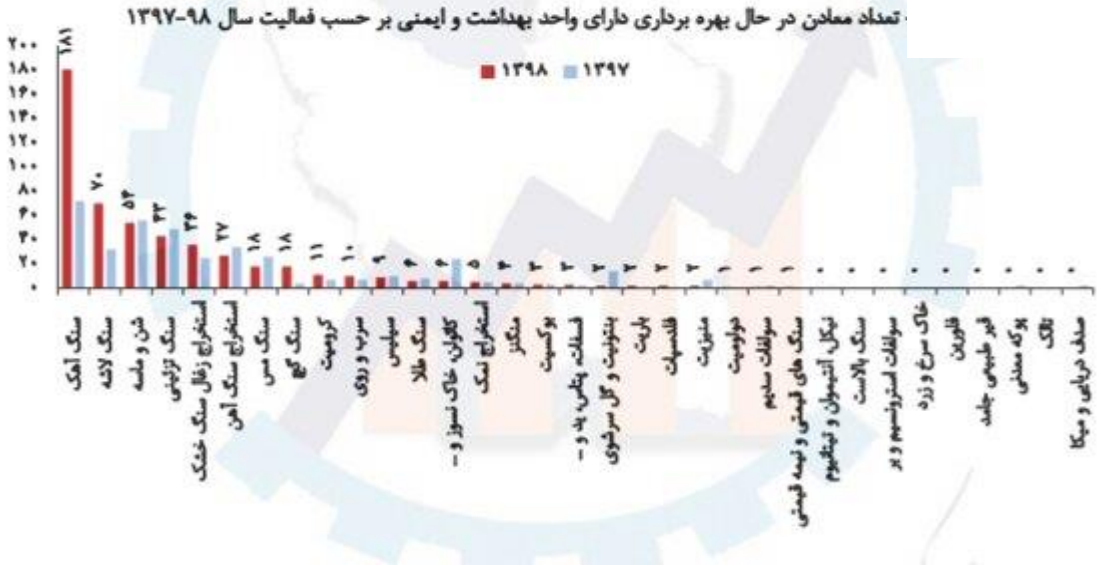
مهم‌ترین حوادث معدنی سال ۹۸

- انفجار معدن سرمک ملایر، ۲ کشته و یک زخمی برجای گذاشت. این حادثه به‌دلیل انتشار و تجمع گاز در یکی از کوره‌های این واحد صنعتی روی داد.
- بر اثر ریزش آوار در عمق ۲۰۰متری معدن سامان کاوش طبس ۲کارگر جان خود را از دست دادند. این ۲ کارگر به‌منظور تخریب و پیشروی به عمق معدن رفته بودند که دچار ریزش معدن شدند.
- حفاری غیرمجاز و ریزش معدن سرب و روی آلبلاغ اسفراین موجب کشته شدن ۲ کارگر شد. سال ۹۸ این معدن ۷بار ریزش کرد و بر اثر آن ۶ کارگر جان باختند و برخی مصدوم شدند.
- یک کارگر معدن کلاته رودبار استان سمنان در واحد دپو وجمع‌آوری زغال‌سنگ شهر کلاته رودبار جان خود را براثر سقوط در قیف زغال‌شویی از دست داد.
- ۲کارگر معدن زغال‌سنگ تاشکوییه شهرستان بافق بر اثر گازگرفتگی فوت کردند.

۴۳۰معدنچی قربانی ۳هزار حادثه

- طبق آخرین گزارش‌های رسمی معادن سنگ تزئینی و زغال سنگ، حادثه‌سازترین معادن کشور هستند.
- در دهه ۹۰ بیش از ۳ هزار حادثه در معادن کشور رخ داده که موجب آسیب‌دیدگی حدود ۱۳هزار کارگر و کشته شدن بیش از ۴۳۰ معدنچی شده است.
- نتایج بدست آمده از بررسی اطلاعات ثبت شده از معادن در حال بهره‌برداری در سال ۱۳۹۸ نشان می دهد که در ۲۷۱ معدن ۱۷۷۰ مورد حادثه شغلی رخ داده که در مقایسه با سال ۱۳۹۷ تعداد معادن دارای حادثه ۲.۲ درصد کاهش داشته ولی تعداد حوادث معدنی ۱۴.۵ درصد افزایش یافته است.





تاریخچه فجایع معادن زغالسنگ در جهان

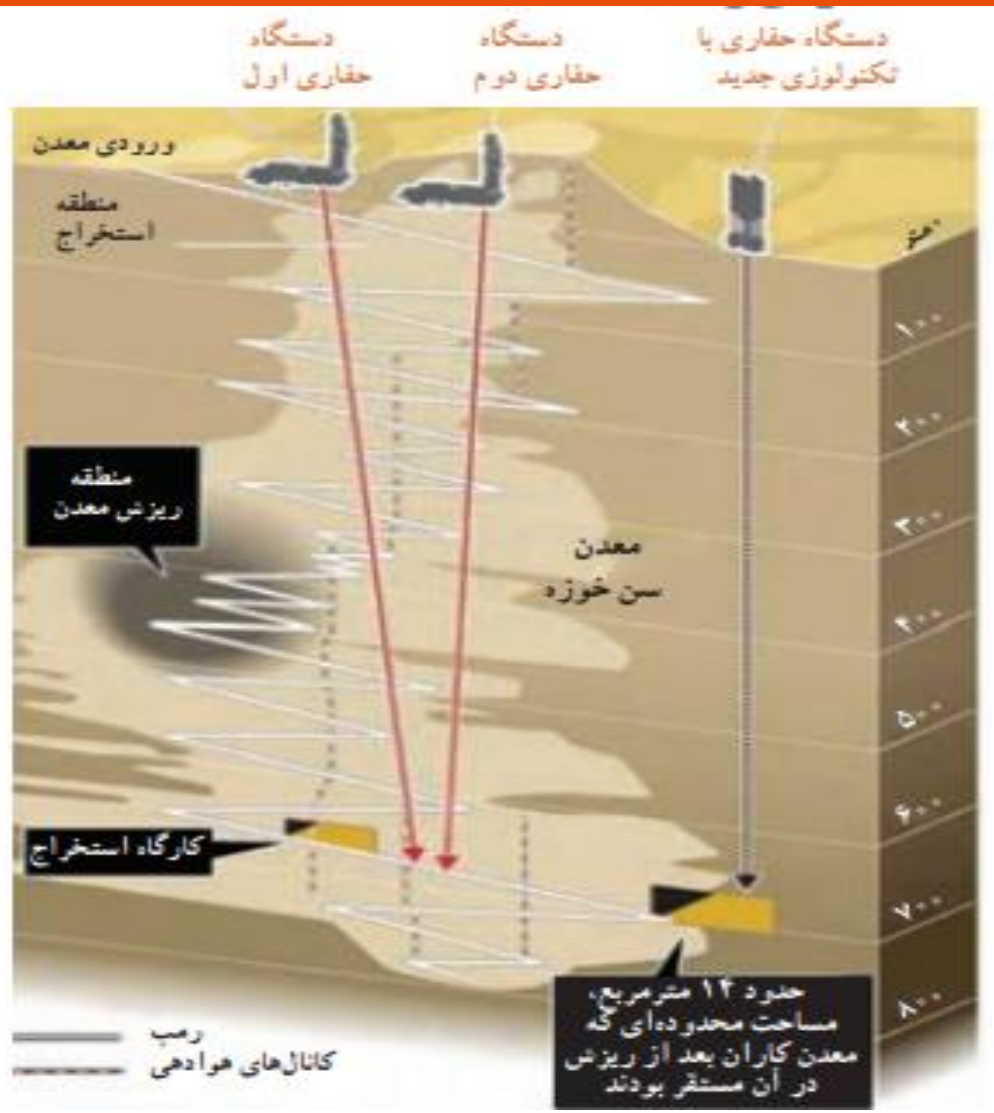
ردیف	نام معدن	کشور	سال وقوع فاجعه	تعداد کشته
۱	بنژی‌هو	چین	۱۹۴۲	۱۵۴۹
۲	کوری‌پرس	فرانسه	۱۹۰۳	۱۰۹۹
۳	میتسوبیشی هوجیو	ژاپن	۱۹۱۴	۶۸۷
۴	وانکی	رودزیا (زیمباوه)	۱۹۷۲	۴۷۲
۵	میتسویی میکی	ژاپن	۱۹۶۳	۴۵۸
۶	سنجیند	ولز	۱۹۶۰	۴۳۹
۷	کول بروک	آفریقای جنوبی	۱۹۱۳	۴۳۷
۸	نیو یوباری	ژاپن	۱۹۱۴	۴۲۲
۹	برگ کامن	آلمان غربی	۱۹۴۶	۴۰۵
۱۰	اونورا	ژاپن	۱۹۱۷	۳۷۶
۱۱	سوما	ترکیه	۲۰۱۴	۳۰۱

در دنیا، چین بالاترین میزان مرگ‌ومیرِ معدنی را دارد. به طور میانگین، روزانه ۱۳ نفر در چین در معادن زغال‌سنگ، جان خود را از دست می‌دهند و ۸۰ درصد مرگ‌ومیرهای مربوط به معدن در کشور چین اتفاق می‌افتد.
این در حالی است که این کشور ۳۵ درصد زغال‌سنگ جهان را تأمین می‌کند.

میزان تلفات در معادن زغال‌سنگ آمریکا، در اوایل قرن بیستم چیزی حدود ۱۰۰۰ نفر در سال بوده است.
این آمار در دهه ۱۹۵۰ به ۴۵۰ نفر رسید و در دهه ۱۹۷۰، به طور متوسط سالانه ۱۴۱ نفر جان خود را از دست می‌دادند.
هم‌چنان چیزی حدود ۶۰ الی ۷۰ معدن‌چی در سال، جان خود را در معادن زغال‌سنگ آمریکا از دست می‌دهند.

متوسط نرخ تلفات جانی در معادن جهان ۸ برابر بیشتر از سایر مشاغل می باشد.

حادثه معدن مس و طلا سن خوزه در شیلی



- در ۵ آگوست ۲۰۱۰ معدن دجار ریزش سقف شد.
- ۳۳ معدنچی در عمق ۷۰۰ متری زمین گرفتار شدند.
- بعد از ۱۷ روز متوجه شدند کارگران زنده هستند.
- در پناهگاهی مستقر شده بودند که برای ۳۵ نفر و دو روز غذا طراحی شده بود!!!
- از طریق یک گمانه ۱۵ سانتی متری برای آنها کپسول های حاوی آب، غذا و اکسیژن فرستادند.
- سپس با حفر چاه مخصوص و از طریق کپسول های مخصوص حمل نفر، همه ی نفرات گرفتار شده به سطح زمین منتقل شدند.
- همه ی معدنچی ها بعد از ۶۹ روز، سالم نجات پیدا کردند.

بر اساس مطالعات سازمان بین المللی کار (ILO) :

- امکان پیشگیری از ۹۸٪ حوادث ناشی از کار در جهان
- سرمایه گذاری در مقوله آموزش ایمنی به طور متوسط به ازای هر واحد ۴/۴۸ واحد و تأمین تجهیزات حفاظت فردی، به ازای هر واحد سرمایه گذاری ۲/۷۳ واحد **بازگشت سرمایه** در پی دارد.
- هزینه های سالانه حوادث و بیماری های ناشی از کار ۴٪ تولید ناخالص کشورهای جهان که معادل حدود ۲۸۰۰ میلیارد دلار می باشد.

سال ۲۰۱۷:

- هند ۱۸ کشته، علت حادثه: ریزش معدن زغال‌سنگ
- چین: ۸ کشته و ۳ زخمی، علت حادثه: آتش‌سوزی در معدن زغال‌سنگ به دلیل اتصال سیم‌های برق با سیم بوکسل‌بالابر و در نهایت وقوع انفجار
- اوکراین، ۸ کشته و ۹ زخمی، علت حادثه: انباشت گاز متان و انفجار در معدن زغال‌سنگ

سال ۲۰۱۶:

- چین، کارگران معدن پس از ۳۶ روز گرفتاری، نجات یافتند. تنها یک نفر کشته شد. علت حادثه: ریزش دیوارها در معدن گچ. رئیس معدن به علت وقوع این حادثه، خود را در یکی از چاه‌های معدن غرق کرد.
- روسیه، ۳۶ کشته، علت حادثه: انفجار گاز متان در معدن زغال‌سنگ
- چین، ۱۱ مفقود، علت حادثه: وقوع سیل در معدن زغال‌سنگ
- جنوب چین، ۱۳ کشته و ۲۰ مفقود، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ
- چین، ۱۳ کشته، علت حادثه: انفجار گاز در معدن زغال‌سنگ
- هند، ۱۸ کشته، علت حادثه: ریزش معدن زغال‌سنگ

انفجار در معدن زغال‌سنگ در اوکراین، ۲۰۱۵

سال ۲۰۱۵:

- اوکراین، ۳۳ کشته، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ
- کلمبیا، ۱۲ کشته، علت حادثه: وقوع سیل در معدن طلا
- چین، ۲۱ کشته و ۱ مفقود، علت حادثه: انفجار و آتش‌سوزی در معدن زغال‌سنگ
- میانمار، ۱۰۰ تن از مردم فقیر این کشور که به دنبال ضایعات یشم بودند در اثر زلزله کشته شدند. علت حادثه: رانش زمین در معدن یشم
- چین، ۸ کارگر معدن پس از ۵ روز نجات یافتند. رئیس معدن خودکشی کرد. علت حادثه: ریزش دیوارهای معدن زغال‌سنگ.

سال ۲۰۱۴:

- آفریقا، ۷ کشته، علت حادثه: ریزش سنگ در اثر آتش‌سوزی در یک معدن طلا
- کلمبیا، ۱۲ کشته، علت حادثه: ریزش معدن طلا
- **ترکیه، ۳۰۱ کشته، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ سوما**
- هندوراس، ۱۱ کشته، علت حادثه: ریزش در یک معدن غیرقانونی طلا
- نیکاراگوئه، ۵ نفر کشته و ۲۰ نفر نجات یافتند. علت حادثه: ریزش دیوارهای معدن طلا
- ترکیه، ۱۸ کارگر معدن مدفون و کشته شدند، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ
- جنوب چین، ۱۱ کشته، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ

سال ۲۰۱۳:

- چین، ۱۸ کشته، ۱۲ زخمی، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ
- چین، ۲۷ کشته، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ چین
- اندونزی، ۲۸ کشته، علت حادثه: ریزش دیوارهای معدن طلا
- شمال افغانستان، ۲۷ کشته، ریزش دیوار در معدن زغال‌سنگ

سال ۲۰۱۲:

- پرو، ۹ کارگر معدن پس از چند روز نجات یافتند. علت حادثه: ریزش دیوار در معدن طلا و مس
- چین، ۴۵ کشته و ۱ مفقود، علت حادثه: انفجار در معدن زغال‌سنگ

انفجار در معدن زغال‌سنگ در ترکیه، ۲۰۱۴

وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی
معاونت روابط کار

مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

آیین‌نامه ایمنی در معادن

مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار

این‌آیین‌نامه مشتمل بر ۱۳ فصل و۴۵۶ ماده و ۱۱ تبصره درجلسه مورخ ۱۳۹۱/۰۹/۲۰ شورای عالی حفاظت فنی تدوین و درتاریخ ۹۱/۱۱/۳ به تصویب وزیر تعاون، کار و رفاه اجتماعی رسیده است

فهرست مطالب

فصل اول — تعاریف	۱
فصل دوم — مقررات عمومی	۶
فصل سوم– راه های معدن	۹
فصل چهارم — ماشین آلات معدنی	۱۲
فصل پنجم — با ربری در معادن	۱۸
فصل ششم — حفاری استخراجی و اکتشافی	۳۰
فصل هفتم – نگهداری	۳۱
فصل هشتم — مواد منفجره و آتشباری	۳۴
فصل نهم — تهویه معدن	۴۳
فصل دهم – روشنایی	۵۰
فصل یازدهم — تاسیسات برق	۵۲
فصل دوازدهم– آتش سوزی و انفجار	۵۴
فصل سیزدهم — کمک های اولیه	۵۵

آیین نامه ایمنی معادن

- ماده ۱: عملیات معدنی= اکتشاف + بهره برداری
- ماده ۲: معادن با حداقل ۲۵ کارگر مسئول ایمنی + مسئول بهداشت.
- معادن با کمتر از ۲۵ کارگر مسئول یا تنفیذ به مسئول فنی
- ماده ۳و۴: مسئول ایمنی، مجری آیین نامه های شورای عالی حفاظت فنی است و کارگاه ها را در هر شیفت باید کنترل کند.

- **ماده ۷:** مداراک لازم در سر معدن:

– **پروانه اکتشاف یا بهره برداری؛**

– **نقشه محدوده** (حداقل مقیاس:**1/250000**) - **نقشه بهره برداری معادن روباز** (**1/5000**) و **معادن زیرزمینی** (**1/1000**) – **تاسیسات خارج از معدن** (**1/500**)؛

– **دفتر شامل مشخصات کارکنان معدن؛**

– **دفتر ثبت تذکرات ایمنی؛**

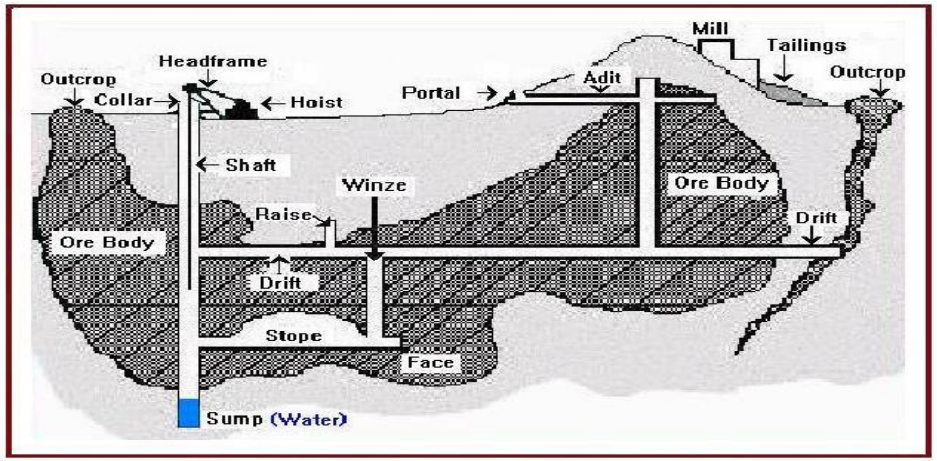
– **دفتر ثبت حوادث؛**

– **دفتر ثبت اقدامات ایمنی و بهداشت کار؛**

– **آیین نامه های ایمنی؛**

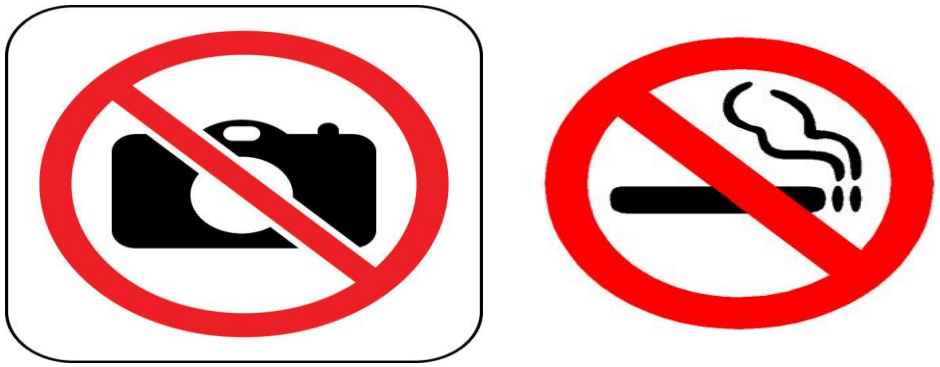
- **ماده ۸:** اجرای مقررات مربوط به لوازم، کالاها و تجهیزات معدنی

- **ماده ۹:** آشنایی تمام شاغلین معادن زیرزمینی با راه های خروجی و اضطراری معدن



- **ماده ۱۰:** ورود کلیه افراد غیر شاغل با اجازه سرپرست معدن

ماده ۱۶: کسی نباید بدون اجازه به محل ممنوعه وارد شود و این محل باید با تابلوی هشدار دهنده مشخص شود.



ماده ۱۸ و ۱۹: رعایت ماده ۹۲ قانون کار(معاینات ادواری پزشکی)- رعایت ماده ۹۰ قانون تامین اجتماعی (معاینات بدو استخدام)

ماده ۲۰ و۲۱ و ۲۲: عدم استعمال دخانیات - عدم همراه داشتن وسایل آتشزا در معادن گازدار(زغالسنگ) و ممنوعیت عکس برداری در این قبیل معادن

ماده ۲۶: در حفاری های سطحی و معادن روباز شیب موقت دیواره ها و شیب کلی با توجه به خصوصیات مکانیکی سنگ به گونه ای باشد که خطر ریزش نداشته باشند.

خلاصه ای از آیین نامه ایمنی در معادن

فصل ششم: حفاری استخراجی و اکتشافی

ماده ۲۱۹: در حفاری‌های سطحی و معادن سطحی، شیب موقت دیواره‌ها و شیب نهایی آنها با توجه به خصوصیات مکانیکی سنگ‌ها باید به گونه‌ای تعیین شود که خطر ریزش و شکست نداشته باشند.

ماده ۲۲۰: در دیواره‌های پر شیب یا ریزشی معادن سطحی باید نسبت به ایجاد پله اطمینان با عرض مناسب اقدام شود.

ماده ۲۲۱: در معادنی که از دستگاه سیم برش الماسه استفاده می‌شود، به منظور جلوگیری از پرتاب سگمنت (دندانه‌های الماسه روی سیم برش) و یا صدمات ناشی از شلاق زدن سیم پاره شده، لازم است در مسیر سیم برش پوشش حفاظتی مناسب بکار گرفته شود.

ماده ۲۲۲: نحوه استفاده از سیم برش باید به گونه‌ای باشد که احتمال پاره شدن آن در هنگام برش وجود نداشته باشد.

خلاصه ای از آیین نامه ایمنی در معادن

ماده ۲۲۳: زمین اطراف محل کار باید قبل از انجام عملیات برش با دقت تسطیح و کلیه گوشه‌های تیز و ناصاف که با سیم برش در تماس خواهند بود حذف شوند. همچنین اطراف مسیر گردش سیم برش باید کاملاً از سنگ ریزه و سایر مواد معدنی پاک شود.

ماده ۲۲۴: اتصال سیم برش‌های مختلف و استفاده از دانه‌های سگمنت متفاوت از نظر اندازه و وزن ممنوع است.

ماده ۲۲۵: جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده شده از جبهه‌کار با استفاده از تیغه بولدوزر یا جام لودر و نظایر آن ممنوع است.

ماده ۲۲۶: در هنگام برش، جدا کردن و جابجایی بلوک‌های سنگ، استقرار ماشین آلات و افراد در پایین دست بلوک سنگ ممنوع است.

ماده ۲۲۷: سنگ‌های استخراجی (کوپ‌ها) باید به طور منظم و روی بزرگترین سطح مقطع قرار گیرند تا از سقوط آنها جلوگیری شود.

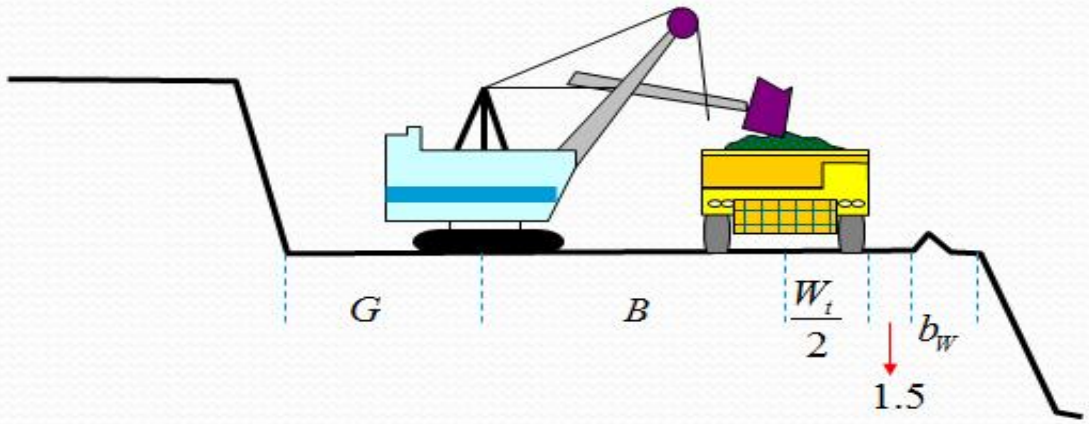
ARK_HSEQ
@ARKSHOE
@ARK_HSEQ

پایداری و ایمنی شیب در معادن روباز

- **ارتفاع پله پیشنهادی**
  - ✓ برای سنگهای نرم (مثل شیل و زغال سنگ) ۴ تا ۶ متر
  - ✓ در سنگهای نیمه سخت ۶تا ۸ متر
  - ✓ برای سنگهای سخت ارتفاع پله پیشنهادی ۸ تا ۲۰ متر

- **ارتفاع برداشت سیستم بارگیری**: ارتفاع پله باید کمتر یا نزدیک به ارتفاع برداشت سیستم بارگیری باشد.
- **شیب** پیشنهادی برای پله ها بر اساس کیفیت توده سنگ به شرح ذیل است:
  - برای سنگهای نرم ۳۵ تا ۵۵ درجه
  - برای سنگهای نیمه سخت ۵۵ تا ۷۰ درجه
  - برای سنگهای سخت ۷۰ تا قائم

عرض پله



عرض دیواره
شعاع دمپ شاول

$$W_B = b_W + 1.5 + \frac{W_t}{2} + B + G$$

عرض پله
عرض کامیون
شعاع تمیز کردن

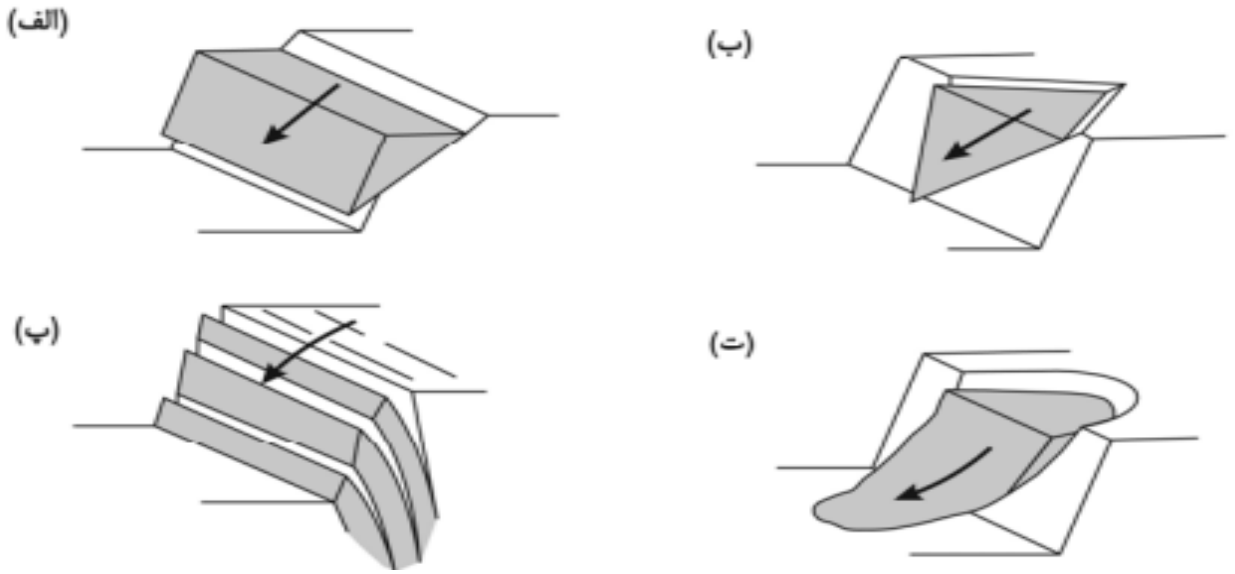
ارتفاع دیواره اطمینان (Berm) بایستی حداقل نصف قطر تایر بزرگترین کامیون موجود در معدن باشد.

پایداری شیب در معادن روباز

ناپایداری شیب در معادن روباز چالشی برای امنیت ماشین آلات و کارکنان معادن می باشد.

انواع شکست و ریزش در معادن روباز و شیب های سنگی

انواع شکست در شیب و شرایط زمین‌شناسی به‌وجودآورنده آن: (الف): شکست صفحه‌ای در توده سنگ دارای دسته درزه‌های پیوسته با امتداد موازی شیب و شیب به سمت بیرون سطح شیروانی (ب): شکست گوه‌ای روی دو دسته درزه متقاطع (پ): شکست واژگونی در توده سنگ صلب دارای ناپیوستگی‌های با شیب به سمت خلاف سطح شیروانی (ت): شکست دایره‌ای در دپوهای سنگی و توده سنگ خرد شده یا شدیدا درزه‌دار با درزه‌داری تصادفی.



روش‌های پایدارسازی شیب‌های سنگی

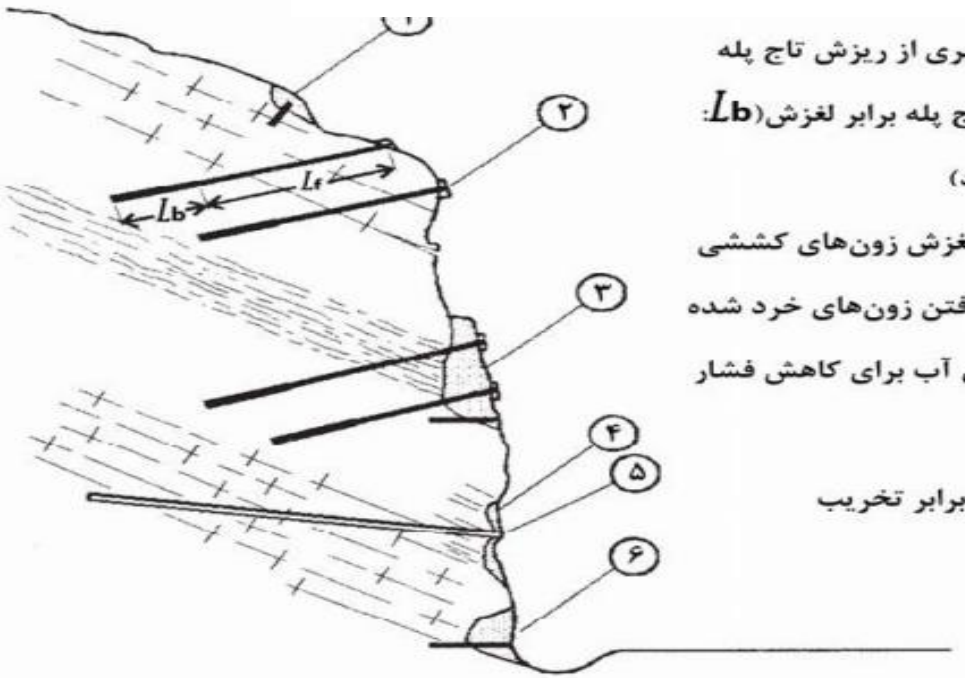
پایدارسازی شیب‌ها فقط در معادن بزرگ و آن هم در شرایط خاص انجام می‌شود. به طور کلی پایدارسازی دیواره‌های سنگی به روش‌های زیر عملی است :

۱– بهسازی : مانند زه‌کشی و تزریق؛

۲– نگهداری : مانند استفاده از مهاری، احداث دیواره حایل و نظایر آن؛

۳– پوشش : مانند بتن‌پاشی (شاتکریت) و مانند آن؛

۴– اصلاح پله.



۱ – کلیدهای برشی بتن مسلح برای جلوگیری از ریزش تاج پله

۲ – پیچ سنگ‌های کششی برای تقویت تاج پله برابر لغزش(Lb: طول درگیر و Lf: طول غیر درگیر (آزاد)

۳ – دیوار احداث شده برای جلوگیری از لغزش زون‌های کششی

۴ – شاتکریت برای جلوگیری از جریان یافتن زون‌های خرد شده

۵ – چال زه‌کشی شیب‌دار برای جمع‌آوری آب برای کاهش فشار آب درون شیروانی

۶ – تکیه‌گاه بتنی برای نگهداری سنگ در برابر تخریب

ایمنی ماشین آلات معدنی

اکسکاواتور

شاول – تراک

حداقل فاصله بین شاول و خط انتقال نیروی برق نباید از ۳ متر و فاصله بالاترین نقطه ماشین حفاری تا سیم هادی برق از ۱/۵ متر کمتر باشد.

بزرگترین باکت ویل جهان

بزرگترین بیل چرخشی جهان که در آلمان توسط شرکت کروپ ساخته شده است در زمان انتقالش به یک معدن سطحی زغالسنگ در محل تقاطع با بزرگراه

بزرگترین شاول هیدرولیکی دنیا ترکس RH400است که حجم باکت آن ۵۰ متر مکعب محاسبه می شود.

بزرگترین شاول کابلی دنیا نامش P&H 570 XPAاست که حجم باکت آن ۵۳.۵ متر مکعب است

Weight: 2,100 tons

بزرگترین دامپ تراک دنیا با قابلیت بارگیری تا ۴۵۰ تن ساخت کمپانی روسی بلاز

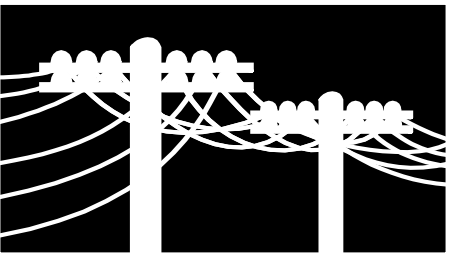
عدم رعایت حداقل فاصله ایمن با دامپ تراک جلویی = مرگ اپراتور دامپ تراک عقبی

تا شعاع ۲۵ متری اکسکاواتور و ۳۵ متری شاول، کسی نباید حضور داشته باشد مسئولیت این امر با کمک اپراتور است.

خطر محدودیت دید راننده

حداقل فاصله ایمنی لازم بین بوم بارکننده و خطوط انتقال نیروی برق

ولتاژ اسمی خط انتقال (کیلو ولت)	حداقل فاصله (متر)
۶۹-۱۱۴	۱۲
۱۱۵-۲۲۹	۱۵
۲۳۰-۳۴۴	۲۰
۳۴۵-۴۹۹	۲۵
=>۵۰۰	۳۵



تصویری از حادثه حریق در معادن بزرگ روباز
BLAIR ATHOL
1

280
280

CAT

JUN 21 2005

حادثه در معدن سنگ آهن چادرملو

مقررات قانونی موجود درباره عملیات آتشباری

مقررات قانونی مربوط به عملیات آتشباری طی مواد ۱۳۸ تا ۱۸۰ در آئین نامه ایمنی معادن به شرح زیر آمده است :

۱-آتشباری در معدن باید به وسیله آتشباری که از طرف مسئول معدن به این سمت گمارده شده است، انجام گیرد.

۲- هر آتشبار می تواند یک نفر کمک داشته باشد ولیکن مسئولیت انجام عملیات از هر حیث بر عهده آتشبار است.

تبصره: استفاده از یک نفر کمک آتشبار در معادن زغال و زیرزمینی الزامی است.

۳- عملیات آتشباری باید پس از اتمام عملیات حفاری و تخلیه جبهه کار از کلیه تجهیزات و مواد قابل اشتعال و دور کردن افراد غیر مجاز از محل انجام شود.

۴- حمل مواد ناریه به محلی که کارگران هنوز مشغول چالزنی هستند ممنوع است.

۵- وسایلی که ممکن است در اثر آتشباری آسیبی به آنها برسد، باید به نحو مناسبی محافظت شوند.

۶- آتشبار نباید بجز وسایلی که مسئول معدن اجازه استفاده از آن را داده است از وسایل دیگری برای انجام عملیات استفاده کند.

۷- آتشباری باید طبق طرح مصوب مورد تایید مسئول معدن انجام گیرد. این طرح باید شامل نقشه قرار گیری چالها در جبهه کار، نوع مواد منفجره و چاشنی، عمق، شیب و مقدار مواد منفجره و طریقه خرجگذاری هر چال، شماره تاخیر چاشنیها یا ترتیب انفجار چالها، طریقه بستن مدار در چاشنیهای الکتریکی و سایر مشخصات مورد نیاز برای آتشباری باشد. عملیات باید با نظارت مسئول ایمنی انجام گیرد.

۸- چاشنی گذاری لولها باید فقط در محل آتشباری و بلافاصله قبل از خرجگذاری انجام گیرد.

۹- در نزدیکی جبهه کار باید محل مطمئنی برای چاشنی گذاری انتخاب شود به گونه ای که در معرض ریزش سنگ نباشد.

۱۰- آتشبار مجاز است فقط تعداد چالی را که می تواند در یک مرحله منفجر سازد و یا ماشین آتش کن توانایی انفجار آن را دارد، خرجگذاری کند.

۱۱- قبل از خرجگذاری و تا لحظه انفجار، تا ۳۰ متری محل آتشباری نباید هوای فشرده آزادانه جریان داشته باشد.

۱۲- چنانچه دو جبهه کار به فاصله کمتر از ۱۰ متر از یکدیگر قرار گرفته باشند، آتشباری هم زمان آن دو جبهه کار ممنوع است.

۱۳- آتشبار باید قبل از خرجگذاری، چال را کاملاً تمیز کند و از آزاد بودن چال برای خرج گذاری مطمئن شود.

عوامل بروز حوادث ناشی از آتشکاری در معادن:

- تعجیل و فشار روحی و جسمی و کمبود نتایج
- عدم استفاده از جان پناه مناسب و قابل قبول با شرایط ایمنی
- عدم رعایت فاصله ایمنی مناسب جان پناه
- پناه گرفتن در زیر قله سنگی که اطراف آن باز است
- نداشتن آموزش لازم در کار با مواد منفجره
- تداخل مسئولیت‌ها
- احتمال دستکاری چاشنی
- مسلح کردن کل دینامیت‌ها
- عدم تکمیل زنجیره آتش به واسطه فتیله‌گذاری نامناسب
- عدم دقت لازم در حفاری به واسطه ترک دستگاه در حال حفاری
- مناسب نبودن نوع میله برقگیر و ارتفاع آنها

عوامل بروز حوادث ناشی از آتشکاری در معادن:

- عدم کارائی هواکشها و مناسب نبودن آنها
- سپری شدن عمر مفید دینامیت‌ها پس از یک سال
- عدم رعایت اصول انبارداری دینامیت
- مشخص نبودن دقیق شرح وظایف افراد
- صدور فرمان آتش بدون نظارت و اطمینان از عدم حضور افراد در محل انفجار
- عدم دقت کامل در خرجگذاری
- فقدان نقشه انفجار
- عدم اشراف به محل انفجار به دلیل اختلاف ارتفاع پناهگاه
- کاهش دقت بدلیل روشنایی نامناسب یا پایان یافتن روز
- به همراه نداشتن کلید دستگاه اکسپلودر
- مشخص نبودن ظرفیت‌های اهمی انرژی خروجی دستگاه

عوامل بروز حوادث ناشی از آتشکاری در معادن:

- اعتماد زیاد به یکدیگر به واسطه همکاری چند ساله
- وجود گاز متان
- سست و ناشناخته بودن دیوارهٔ خاکبرداری شده
- انتقال موج و ارتعاش به دیواره خاکبرداری شده
- عدم رعایت اصول صحیح در مداربندی (سری – موازی)
- ترک محل آتشکاری بعد از شارژ چال ها توسط آتشکار
- مهار نکردن فتیله انفجاری به دینامیت و فاصله گرفتن آن به هنگام شارژ چال و عدم عملکرد دینامیت
- انجام آتشکاری در شرایط جوی نامناسب
- تخلیه الکتریکی از طریق آسمان به زمین خیس و مرطوب (رعد و برق) و اتصال سیمهای چاشنی با زمین

مقررات انبار مواد ناریه

جدول فاصله انبارهای مواد منفجره از یکدیگر و از تأسیسات و ماکن مسکونی (بر حسب متر)

کمترین فواصل انبار مواد منفجره محصور شده نسبت به سایر اماکن

وزن مواد منفجره (کیلوگرم)		حداقل فاصله انبار محصور شده توسط خاک یا تپه طبیعی و یا مصنوعی (متر)			
از	تا	ساختمانهای مسکونی	خطوط راه آهن مسافربری	جاده ماشین روی عمومی	فاصله دو انبار از هم
۱	۲	۲۵	۱۰	۱۰	۱۳
۲	۵	۳۰	۱۳	۱۳	۱۴
۵	۱۰	۳۷	۱۵	۱۵	۱۴/۵
۱۰	۱۵	۴۲	۱۷	۱۷	۱۵
۱۵	۲۰	۴۷	۱۹	۱۹	۱۵/۵
۲۰	۲۵	۵۰	۲۱	۲۱	۱۶/۵
۲۵	۳۴	۵۷	۲۳	۲۳	۱۷/۵
۳۴	۴۸	۶۳	۲۵	۲۵	۱۹/۵
۴۸	۶۱	۶۷	۲۷	۲۷	۲۰/۵
۶۱	۷۲	۷۲	۲۹	۲۹	۲۲
۷۲	۹۹	۷۸	۳۲	۳۲	۲۳
۹۹	۱۲۳	۸۵	۳۵	۳۵	۲۴
۱۲۳	۱۵۰	۹۰	۳۷	۳۷	۲۵
۱۵۰	۲۰۰	۱۰۰	۴۰	۴۰	۲۶
۲۰۰	۲۵۰	۱۰۷	۴۳	۴۳	۲۷/۵
۲۵۰	۳۰۰	۱۱۳	۴۶	۴۶	۲۹
۳۰۰	۳۵۰	۱۱۹	۴۹	۴۹	۳۰
۳۵۰	۴۰۰	۱۲۳	۵۱	۵۱	۳۱/۵
۴۰۰	۴۵۰	۱۳۰	۵۳	۵۳	۳۳
۴۵۰	۵۰۰	۱۳۴	۵۵	۵۵	۳۵
۵۰۰	۷۵۰	۱۵۷	۶۵	۵۸	۳۵/۵
۷۵۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۸۰	۶۰	۳۶
۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۲۰	۹۵	۶۵	۳۷
۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۳۷	۱۱۶	۷۰	۳۸
۲۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰	۱۳۰	۷۵	۳۹
۲۵۰۰	۳۰۰۰	۲۶۰	۱۵۰	۷۹	۴۰

وزن مواد منفجره (کیلوگرم)		حداقل فاصله انبار محصور شده توسط خاک یا تپه طبیعی و یا مصنوعی (متر)			
از	تا	ساختمانهای مسکونی	خطوط راه آهن مسافربری	جاده ماشین روی عمومی	فاصله دو انبار از هم
۳۰۰۰	۳۵۰۰	۲۷۰	۱۶۲	۷۲	۴۱
۳۵۰۰	۴۰۰۰	۲۸۰	۱۶۹	۸۰	۴۲
۴۰۰۰	۴۵۰۰	۲۸۷	۱۷۵	۸۵	۴۳
۴۵۰۰	۵۰۰۰	۲۹۱	۱۷۸	۸۸	۴۴
۵۰۰۰	۷۵۰۰	۲۹۹	۱۸۱	۹۴	۴۹
۷۵۰۰	۱۰۰۰۰	۳۱۵	_____	۱۰۰	۵۴
۱۰۰۰۰	۱۲۵۰۰	۳۵۲	_____	۱۰۶	۶۰
۱۲۵۰۰	۱۵۰۰۰	۳۸۰	۱۷۰	۱۱۳	۶۵
۱۵۰۰۰	۱۷۵۰۰	۴۰۰	۱۷۵	۱۲۰	۶۹
۱۷۵۰۰	۲۰۰۰۰	۴۲۵	۱۸۳	۱۲۷	۷۲
۲۰۰۰۰	۲۲۵۰۰	۴۵۰	۱۹۰	۱۳۳	۷۵
۲۲۵۰۰	۲۵۰۰۰	۴۷۰	۱۹۷	۱۴۰	۷۹
۲۵۰۰۰	۲۷۵۰۰	۴۸۷	۲۰۳	۱۴۷	۸۲
۲۷۵۰۰	۳۰۰۰۰	۵۰۵	۲۱۰	۱۵۲	۸۵
۳۰۰۰۰	۳۲۵۰۰	۵۲۲	۲۱۵	۱۵۸	۸۹
۳۲۵۰۰	۳۵۰۰۰	۵۳۳	۲۲۰	۱۶۳	۹۲
۳۵۰۰۰	۳۷۵۰۰	۵۵۲	۲۲۵	۱۶۹	۹۵
۳۷۵۰۰	۴۰۰۰۰	۵۶۵	۲۳۰	۱۷۲	۹۹
۴۰۰۰۰	۴۲۵۰۰	۵۷۷	۲۳۵	۱۷۵	۱۰۵
۴۲۵۰۰	۴۵۰۰۰	۵۸۷	۲۴۰	۱۸۰	۱۱۲
۴۵۰۰۰	۴۷۵۰۰	۵۹۷	۲۴۵	۱۸۵	۱۲۰
۴۷۵۰۰	۵۰۰۰۰	۶۰۵	۲۵۰	۱۹۰	۱۳۵
۵۰۰۰۰	۶۲۵۰۰	۶۱۲	۲۵۵	۱۹۵	۱۵۰
۶۲۵۰۰	۱۰۰۰۰۰	۷۰۰	۴۰۰	۲۱۰	۲۰۰

مقررات مربوط به انبار مواد ناریه

۱- حداقل حجم انبار مواد باید ۸ برابر حجم جعبه‌های مواد منفجره باشد.

۲- تعبیه سکوی مناسب در مدخل انبار برای پیاده کردن مواد منفجره از کامیون ضروری است.

۳- اگر برای تامین روشنایی انبار از برق استفاده می‌شود، باید از لامپ‌های معمولی استفاده کرد. این لامپ را یا در پشت یک دریچه و خارج انبار نصب می‌کنند یا اینکه درسقف انبار کار می گذارنند و روی آن شیشه و روی شیشه پنجره فولادی نصب می کنند.

۴- اگر در انبار مواد منفجره فقط باروت نگهداری می‌شود، ضد آتش بودن انبار کافی است و در مواردی که مواد منفجره قوی تر نیـز در انبار موجود باشد، باید علاوه بر ضدآتش بودن، ضد گلوگه نیز باشد.

۵- حداکثر ظرفیت انبار مواد ناریه مختلف به شرح زیراست :

الف- برای دینامیت‌هایی که بیش از ۱۵٪ نیتروگلیسرین دارد	۴۰ تن
ب- برای آمونیوم دینامیت و مواد ناریه نظیر آنها	۲۴۰ تن
ج- باروت	۱۲۰ تن
د- فتیله انفجاری	۱۲۰ تن
ه- فتیله اطمینان	حدی ندارد

حداقل فاصله ایمنی انبارهای مواد منفجره از فرستنده های رادیویی و رادارها

توان فرستنده به وات	حداقل فاصله ایمنی به متر
۲۵	۳۵
۵۰	۵۰
۱۰۰	۷۰
۵۰۰	۱۴۰
۱۰۰۰	۲۰۰
۵۰۰۰	۴۶۰
۱۰۰۰۰۰	۲۱۵۰
۱۵۰۰۰۰	۲۷۰۰

کمترین فواصل انبار چاشنی ها و وسائل آتشباری محصور شده نسبت به سایر اماکن

تعداد چاشنی		حداقل فاصله انبار محصور شده توسط خاک یا تپه طبیعی و یا مصنوعی (متر)			
از	تا	ساختمانهای مسکونی	خطوط راه آهن مسافربری	جاده ماشین‌روی عمومی	فاصله دو انبار از هم
۱۰۰-	۵۰۰-	۵	۳/۵	۲	۱۵
۵۰۰-	۱۰۰۰-	۱۰	۷	۳/۵	۱۸
۱۰۰۰-	۲۰۰۰-	۲۰	۱۳	۶	۲۲
۲۰۰۰-	۲۵۰۰-	۲۵	۱۵	۸	۳۰
۲۵۰۰-	۵۰۰۰-	۳۰	۲۳	۱۵	۳۵
۵۰۰۰-	۱۰۰۰۰-	۶۰	۳۳	۱۹	۳۷
۱۰۰۰۰-	۱۵۰۰۰-	۸۷	۵۳	۲۵	۳۹
۱۵۰۰۰-	۲۰۰۰۰-	۱۰۷	۶۳	۳۲	۴۱
۲۰۰۰۰-	۲۵۰۰۰-	۱۲۰	۷۲	۳۷	۴۲
۲۵۰۰۰-	۳۰۰۰۰-	۱۳۳	۸۰	۴۰	۴۳
۳۰۰۰۰-	۳۵۰۰۰-	۱۴۴	۸۷	۴۴	۴۴
۳۵۰۰۰-	۴۰۰۰۰-	۱۵۳	۹۲	۴۷	۴۵
۴۰۰۰۰-	۴۵۰۰۰-	۱۶۴	۹۹	۵۰	۴۶
۴۵۰۰۰-	۵۰۰۰۰-	۱۷۰	۱۰۲	۵۲	۴۷
۵۰۰۰۰-	۷۵۰۰۰-	۱۸۰	۱۰۷	۵۴	۵۰
۷۵۰۰۰-	۱۰۰۰۰۰-	۲۰۰	۱۲۰	۶۰	۵۲
۱۰۰۰۰۰-	۱۵۰۰۰۰-	۲۲۰	۱۳۰	۶۵	۵۴
۱۵۰۰۰۰-	۲۰۰۰۰۰-	۲۴۰	۱۴۲	۷۰	۵۵
۲۰۰۰۰۰-	۲۵۰۰۰۰-	۲۵۰	۱۵۰	۷۵	۵۶
۲۵۰۰۰۰-	۳۰۰۰۰۰-	۲۶۰	۱۶۰	۷۹	۵۷
۳۰۰۰۰۰-	۳۵۰۰۰۰-	۲۷۰	۱۶۲	۸۲	۵۸
۳۵۰۰۰۰-	۴۰۰۰۰۰-	۲۸۰	۱۶۷	۸۴	۵۹
۴۰۰۰۰۰-	۴۵۰۰۰۰-	۲۸۳	۱۷۰	۸۵	۶۰
۴۵۰۰۰۰-	۵۰۰۰۰۰-	۲۹۰	۱۷۴	۸۷	۶۱
۵۰۰۰۰۰-	۷۵۰۰۰۰-	۲۹۷	۱۷۹	۸۹	۶۳
۷۵۰۰۰۰-	۱۰۰۰۰۰۰-	۳۲۵	۱۹۵	۹۷	۶۵
۱۰۰۰۰۰۰-	۱۲۵۰۰۰۰-	۳۵۲	۲۱۲	۱۰۵	۷۲
۱۲۵۰۰۰۰-	۱۵۰۰۰۰۰-	۳۸۰	۲۲۷	۱۱۲	۷۵
۱۵۰۰۰۰۰-	۱۷۵۰۰۰۰-	۴۰۲	۲۴۲	۱۲۰	۷۹
۱۷۵۰۰۰۰-	۲۰۰۰۰۰۰-	۴۲۵	۲۵۵	۱۲۷	۸۵

- داخل انبار مواد ناریه و همچنین محوطه اطراف آن تا فاصله ۵۰ متری باید از وجود کلیه مواد سریع الاحتراق مانند مواد نفتی، تکه‌های پارچه، کاغذ و غیره پاکیزه نگهداری شود.

- صندوق‌های محتوی مواد ناریه و چاشنی باید طوری روی هم چیده شوند که ارتفاع آنها از ۲ متر یا ۵ صندوق در هر ردیف بیشتر نبوده و بین هر دو ردیف فضای کافی برای تهویه مناسب وجود داشته باشد. ضمناً فاصله ردیف صندوق‌های مجاور دیوارهای انبار با دیوار باید حداقل۳۰سانتیمترباشد. صندوق‌های زیرین باید روی الوارهای مناسب چیده شود.

- درجه حرارت انبار نباید از ۳۰ درجه سانتیگراد بالاتر و از ۱۰ درجه سانتیگراد کمتر باشد.

- باز کردن صندوق محتوی مواد ناریه باید حداقل در فاصله ۵۰ متری از انبار و با وسایل مخصوص انجام شود.

- ماده ۱۴۸: قبل از خرجگذاری و تا لحظه انفجار تا ۳۰ متری محل آتشباری نباید هوای فشرده آزدانه جریان داشته باشد.

ماده ۱۴۹: چنانچه دو جبهه کار به فاصله کمتر از ۱۰ متر از یکدیگر قرار گرفته باشند، آتشباری هم زمان آن دو جبهه ممنوع است.

ماده ۱۶۷: در صورتی که آتشبار جهت حفاظت از پناهگاه خاصی استفاده می‌کند، فاصله پناهگاه تا محل آتشباری باید حداقل ۸۰ متر باشد. در معادن زیرزمینی در صورت نبودن پناهگاه فاصله آتشبار از محل آتشباری در تونل‌های مستقیم باید حداقل ۲۰۰ متر باشد.

ماده ۱۷۹: در زمان اتصال چاشنی‌ها به همدیگر تا شعاع ۳۰ متری از محل نباید از رادیو، وسایل ترانزیستوری و کلیه وسایل پخش امواج الکتریکی استفاده شود.

استفاده از چراغ های نفتی، بنزینی، فندک، کبریت و هر نوع وسیله شعله دار و همچنین استعمال بخاری های نفتی و زغالی در داخل انبار مواد منفجره اکیدا ممنوع است.

- فاصله انبارهای مواد منفجره از دکل های برق فشار قوی باید حداقل ۱۰۰ متر باشد.

عملیات انفجار در معادن روباز
و پیامدهای نامطلوب ناشی از انفجار

❖انفجار در معادن روباز

❖عملیات چالزنی و آتشباری از جمله مهمترین مراحل تولید در معادن روباز است.

❖نتیجه انجام یک انفجار مطلوب، خردشدگی و جابجایی مناسب توده سنگ بوده بدون داشتن اثرات سوء است که جزو مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار بر اقتصاد معدن می باشد.

❖رسیدن به خردایش مناسب از مهمترین فاکتورهای تأثیر گذار بر سیکل عملیات بارگیری و باربری، کاهش هزینه‌های کل خردایش سنگ و بهبود بازدهی عملیات حفاری و ... است.

❖از طرفی این عملیات باید با کمترین هزینه و اثرات جانبی نظیر لرزش زمین، پرتاب سنگ، انفجار هوا و ... انجام شود.

هدف انفجار روباز

❖**تولید بالا در معدن با هزینه کمتر**

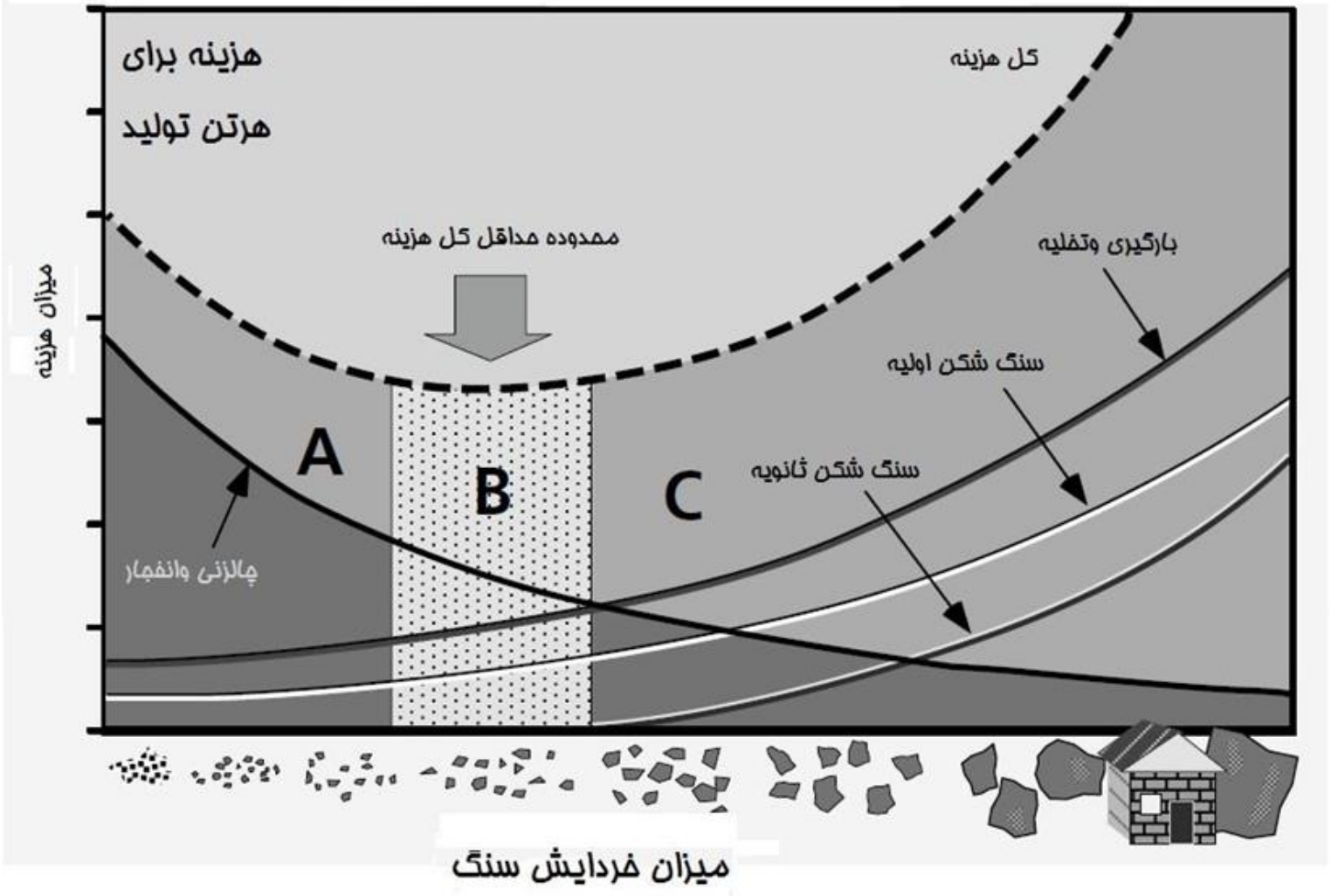
❖**خردایش مطلوب:**

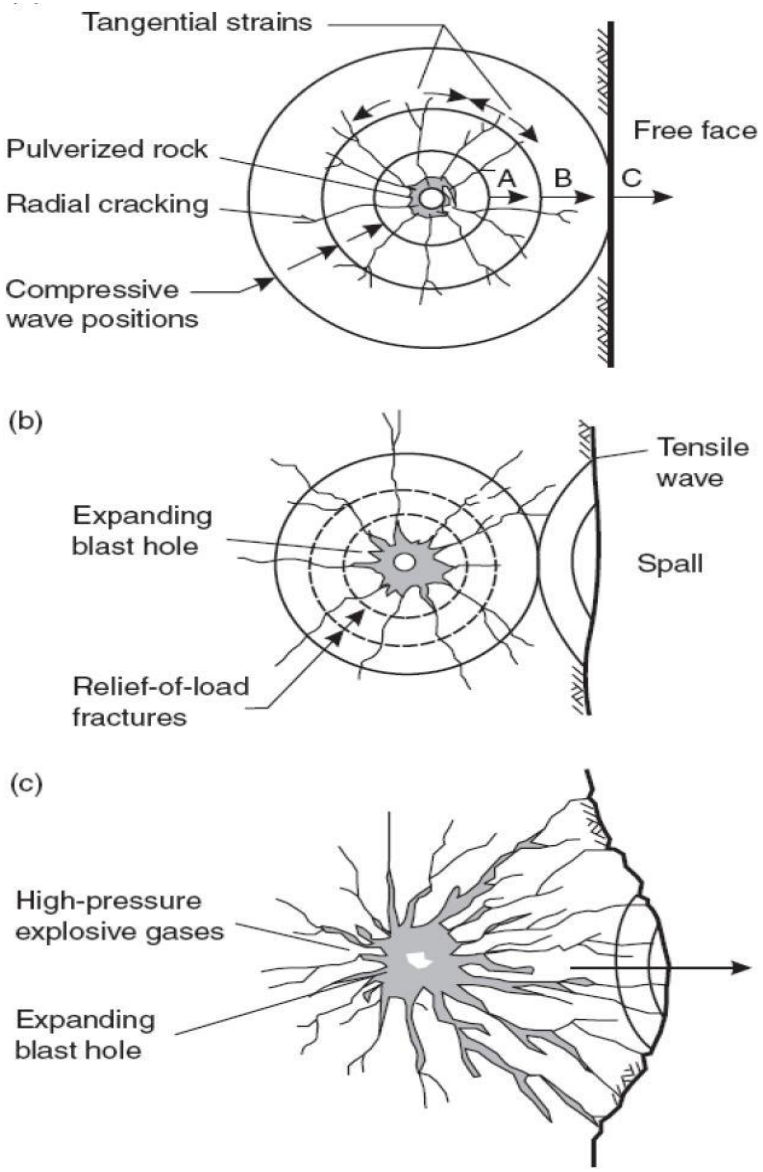
دانه بندی متناسب با سیستم بارگیری، باربری، سنگ شکنی و کارخانه فرآوری

❖**داشتن کمترین اثرات نامطلوب:**

مانند عقب زدگی، پرتاب سنگ، لرزش زمین و لرزش هوا قطعات درشت سنگ، پودر شدن سنگ، وجود پاشنه در پای پله

منحنی رابطه بین هزینه های تولید سنگ با توجه به میزان خردایش و هزینه های چالزنی ، انفجار ، بارگیری تخلیه و سنگ شکن





- **به طور کلی خردایش ناشی از موج ضربه و فشار گاز انفجار می‌باشد.**

- **فرآیند شکستن سنگ**

انفجار
انتشار موج ضربه
انبساط گاز
جابجایی توده سنگ

❖به منظور دستیابی به به یک انفجار مطلوب با حداقل اثرات جانبی لازم است تا با شناسایی عوامل تاثیر گذار بر فرایند چالزنی و آتشباری آنرا بهینه نمود.

❖پارامترهای قابل کنترل (الگوی آتشباری).

❖پارامترهای غیر قابل کنترل (خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ).

مقاومت ، چگالي ، مدول الاستيسيته ، ميزان آب و ..

❖ پارامترهاي غير قابل كنترل

✓ خصوصيات ژئومكانيكي و ساختاري توده سنگ:

سطوح لايه بندي

وجود حفره‌ها

درزه‌ها

گسل‌ها

❖ پارامترهاي قابل كنترل (هندسه و تاخيرها)

ضخامت بار سنگ

فاصله رديفي چال‌ها

قطر چال

نحوه آرايش چال‌ها

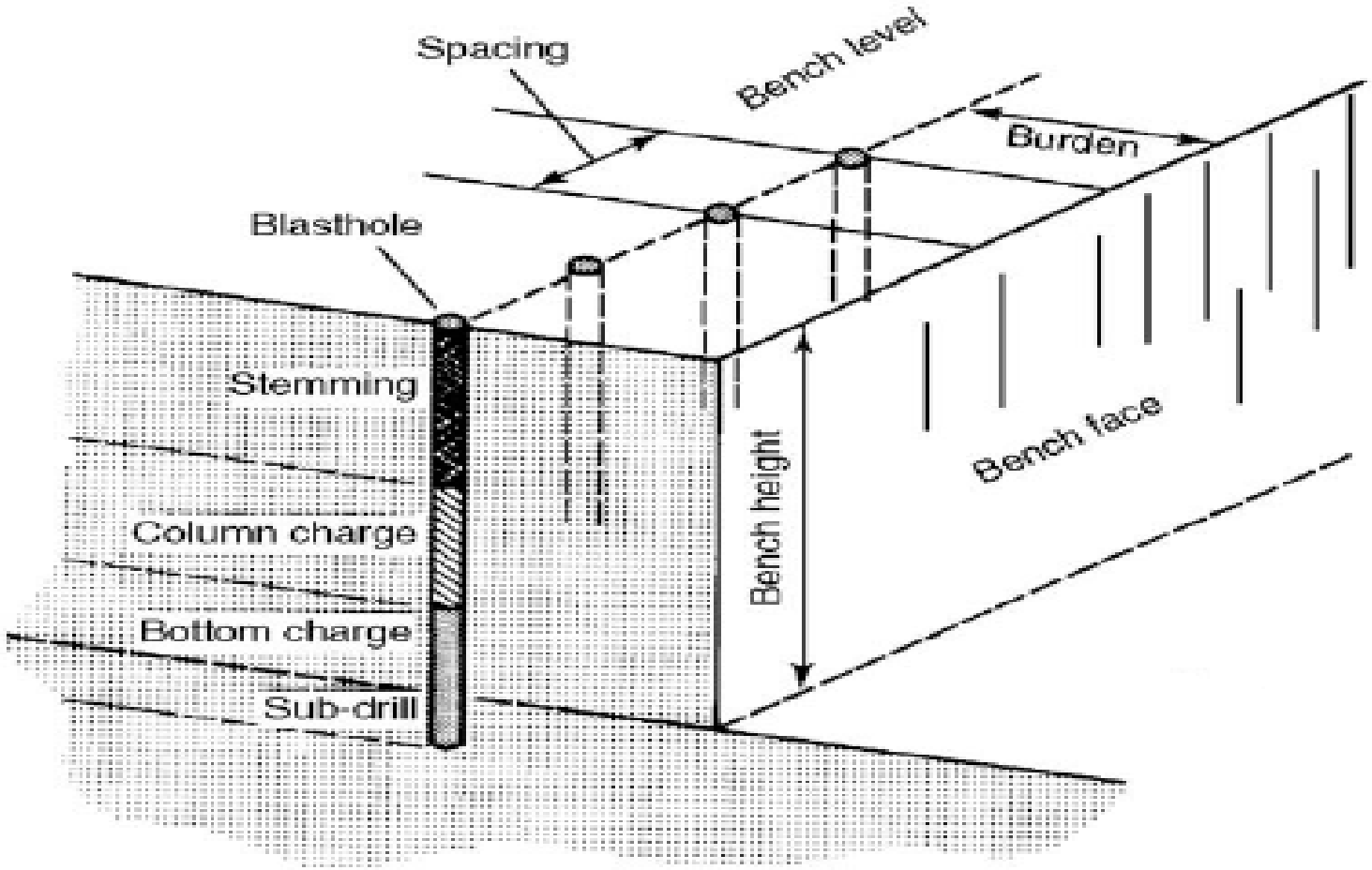
طول گل‌گذاري

زمان تاخير

نوع ماده منفجره

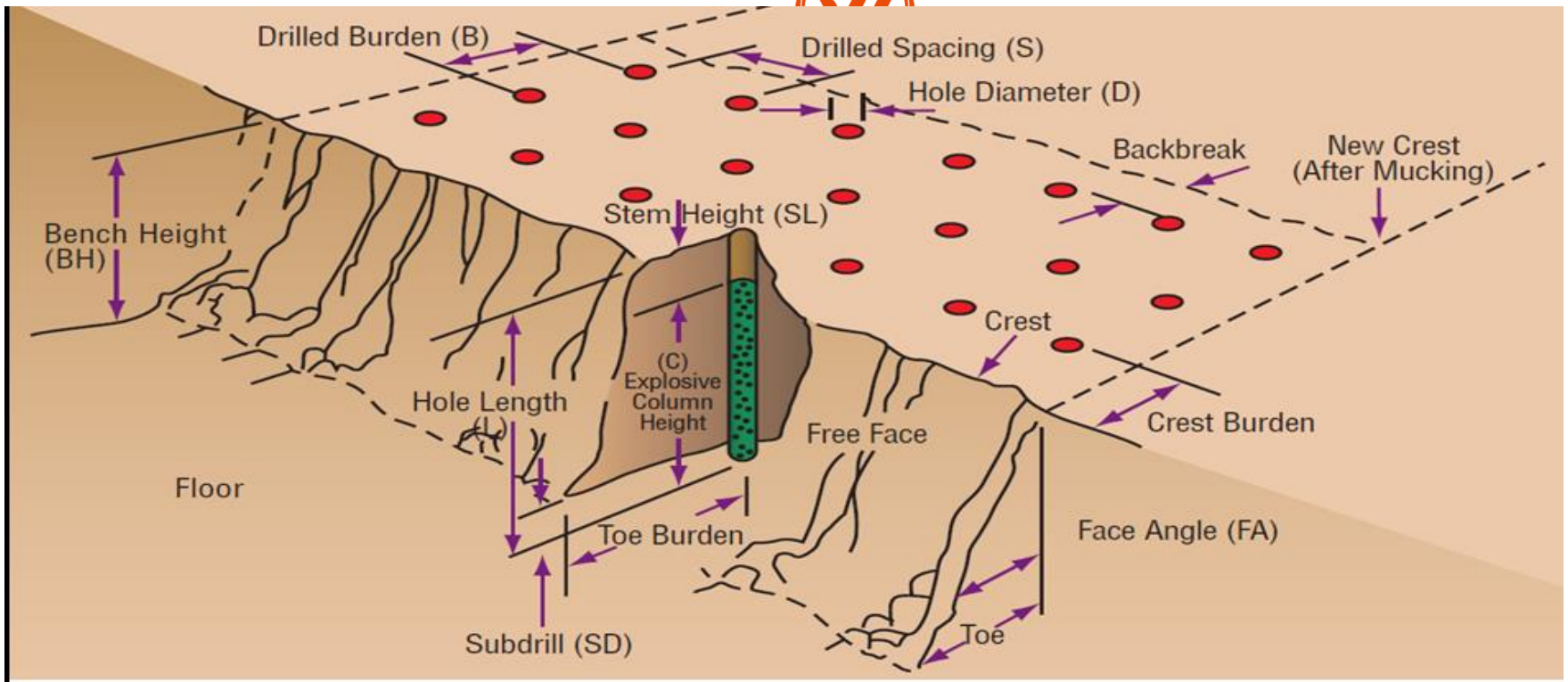
خرج ويژه

۱- پارامترهای هندسی



۲- ماده منفجره

۳- تأخیرهای زمانی



Hole length (L) =	BH + SD
Charge length (C) =	L - SL
Blast volume (V) =	B x S x BH x N
Blasted tonnes (T) =	V x Density of rock in t/m^3
Volume of blasthole (Vb) =	$\pi \times D^2/4000 \times L$
Mass of explosive per hole (kg) =	Volume of hole length charged x Explosive density
PF (kg/m^3) =	Total explosives in the blast/volume of rock blasted (for kg/Tonne, divided by blasted tonnes T)

معرفی پیامدهای نامطلوب

- تمامی انرژی ماده منفجره صرف رسیدن به اهداف مطلوب و مورد نظر نمی‌شود و انفجار علاوه بر محدوده مورد نظر بر محدوده وسیعی از اطراف محل انفجار نیز تأثیر می‌گذارد که اغلب این اثرات، نامطلوب و مخرب می‌باشند.

- در میان این اثرات می‌توان از **پرتاب سنگ**، **لرزش زمین**، **لرزش هوا**، **ایجاد پاشنه در پای پله** و **عقب زدگی** به عنوان مهمترین پدیده‌های نامطلوب ناشی از انفجار نام برد.

Backbreak

عقب زدگی

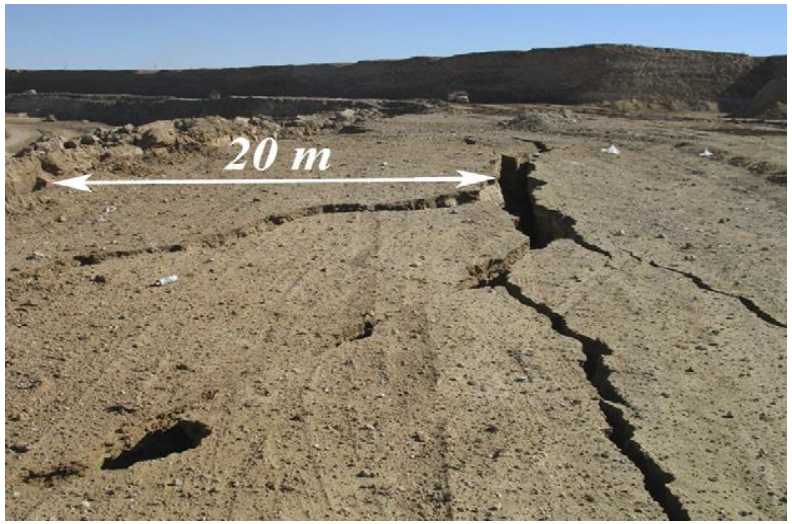
❖به فاصله افقی بین لبه پله طراحی شده با لبه پله ایجاد شده عقب‌زدگی گفته می‌شود. عقب‌زدگی یک نوع شکستگی نامطلوب است که در اثر انفجار پدید می‌آید و موجب ناپایداری دیواره نهایی معدن می‌شود.

نتایج عقب زدگی:

۱- ناپایداری دیواره پله و دیواره نهایی

۲- احتمال سقوط افراد و ماشین آلات

۳- اشکال در عملیات چالزنی و خرج گذاری عملیات بعدی



لرزش هوا

Air blast

نوع موج ایجاد کننده: امواج فشاری

انواع: امواج با فرکانس بالا و امواج با فرکانس پایین

دلایل ایجاد لرزش هوا:

- پالس فشاری سنگ به علت انفجار مواد منفجره
- خروج گاز از میان مواد گل گذاری یا در هنگام بیرون پرتاب شدن مواد گل گذاری از چال
- استفاده از فتیله انفجاری برای شروع و انتقال انفجار در سطح زمین
- پالس فشاری هوا به علت جابجایی سنگ از موقعیت اصلی خود

پرتاب سنگ

Flyrock

❖ یکی از پیامدهای خطرناک و نامطلوب عملیات آتشباری در معادن روباز، پدیده پرتاب سنگ می‌باشد که ناشی از گازهای حاصل از انفجار است.

تعریف پرتاب سنگ:

پرتاب غیر منتظره سنگ‌ها که ناشی از نیروی بیش از حد مواد منفجره است، پرتاب سنگ نام دارد که در حالتهایی مانند گل گذاری نامناسب، بارسنگ کوچک، وجود صفحات ضعیف در توده سنگ، وجود قطعات سنگ سست روی پله و خرج ویژه زیاد پرتاب سنگ اتفاق میافتد.

تقریبا در تمام انفجارها، پرتاب سنگ قابل انتظار است اما فاصله این پرتاب از چند متر تا چند صد متر در انفجارهای با کنترل ضعیف تغییر می‌کند.

مهم‌ترین عامل ایجاد پرتاب سنگ

توزیع نامناسب بین

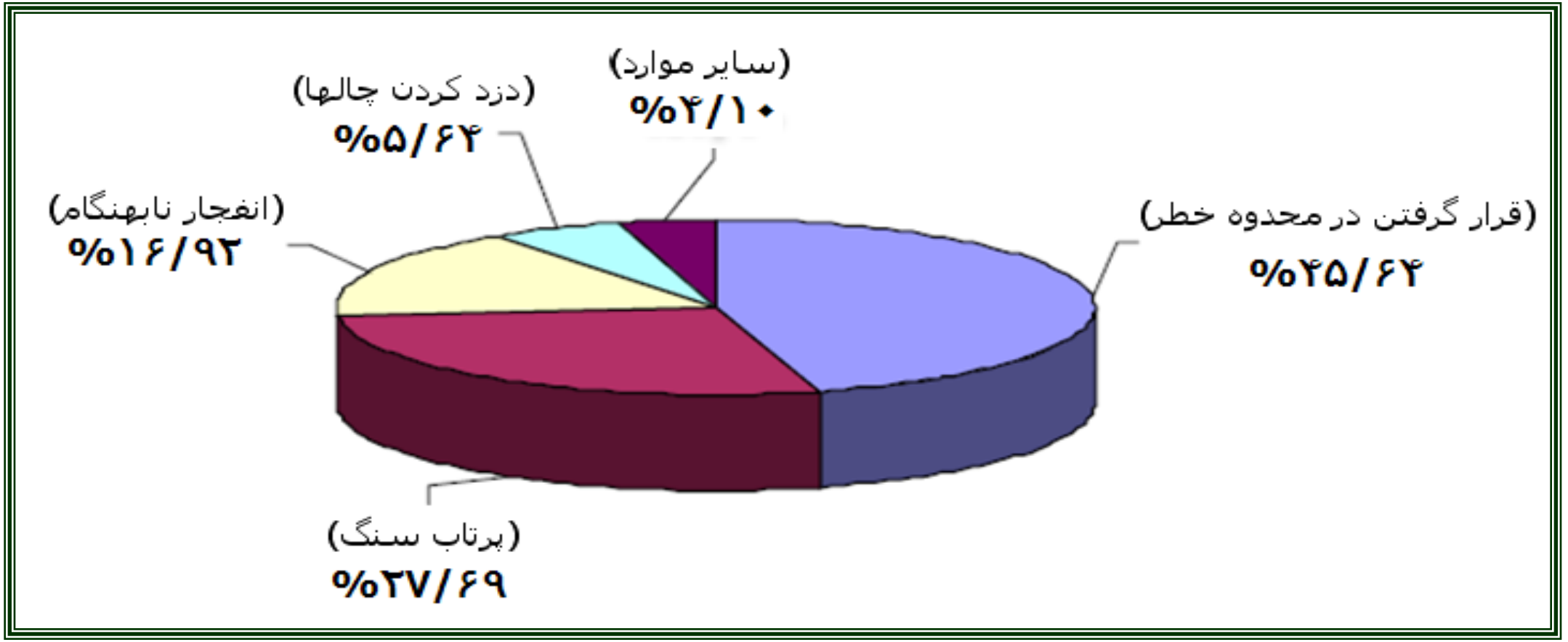
انرژی ماده منفجره و

مقاومت توده سنگی که آن را احاطه کرده است.

آسیب حاصل از پرتاب سنگ به ماشین آلات و ساختمانها در نزدیکی محل انفجار

Power intake CFRD
Quality lab
Distance appx-550mtrs
48°
Not to scale

حوادث ناشی از آتشباری در معادن سطحی زغال ایالات متحده امریکا (۲۰۰۱-۱۹۷۸)



عوامل موثر در پیامدهای نامطلوب

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۱- میزان خرج در هر تاخیر

✓ میزان و شدت لرزش زمین و هوا در یک نقطه معین با میزان خرج منفجر شده رابطه مستقیم دارد.

✓ در انفجارهایی که از چاشنی هایی با زمانهای تاخیر متفاوت استفاده می شود، حداکثر خرج در هر تاخیر، بیشترین تاثیر را بر روی شدت لرزش دارد و کل خرج مصرفی در انفجار در نظر گرفته نمی‌شود.

✓ حداکثر خرج در هر تاخیر، مهمترین عامل موثر در تولید لرزش است. رابطه بین لرزش و خرج در هر تاخیر از نوع نمایی است:

$$V \approx Q^{a}$$

که در آن Q حداکثر خرج منفجر شده در هر تاخیر بر حسب کیلوگرم، V سرعت ذره بر حسب متر در ثانیه و a ضریب ثابت که مقدار پیشنهادی اولیه آن حدود ۰/۸ است.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۲- فاصله از محل انفجار

✓ فاصله از محل انفجار نیز مانند حداکثر خرج در هر تاخیر تاثیر زیادی بر روی لرزش دارد. رابطه فاصله و سرعت ذره به صورت معکوس است و با افزایش فاصله، سرعت ذره کاهش می‌یابد. بر این اساس، رابطه فاصله و سرعت ذره به صورت زیر ارایه شده است:

$$V \approx \frac{1}{(Ds)^b}$$

که در آن Ds فاصله از محل انفجار بر حسب متر، V سرعت ذره بر حسب متر در ثانیه و b ضریب ثابت که مقدار پیشنهادی اولیه آن حدود ۰٫۶ است.

✓در شرایطی که فاصله دو نقطه از محل انفجار یکسان باشد، عوامل دیگر مانند شرایط زمین شناسی، نوع و شرایط سازه تاثیر زیادی بر لرزش دریافت شده خواهند داشت.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۲- فاصله از محل انفجار

الف) اثر فاصله

ب) اثر زمین شناسی

ج) اثر ساختمان های دریافت کننده لرزش

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

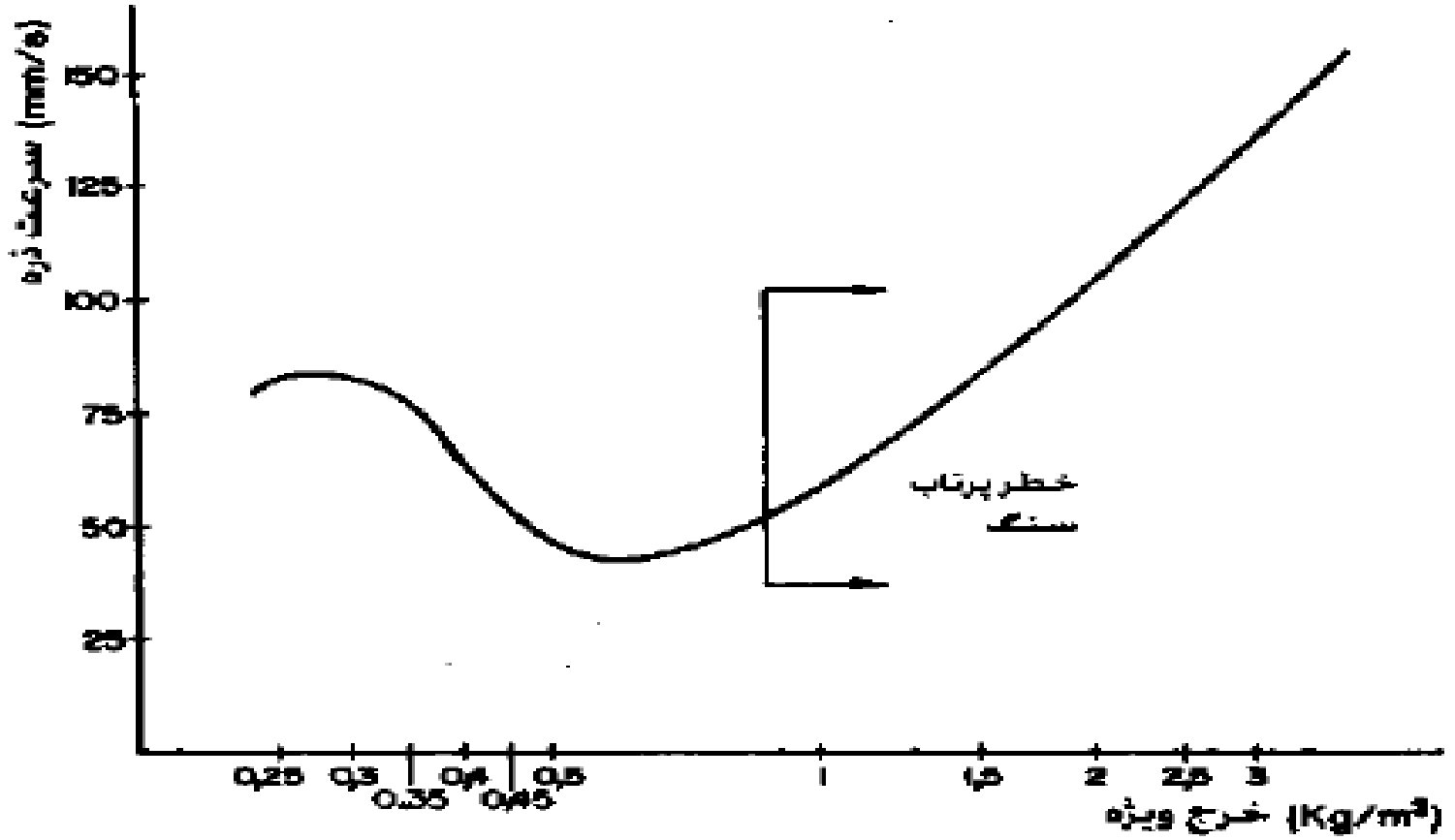
۳- خرج ویژه

✓ یکی دیگر از عوامل موثر بر ویژگیهای لرزش که رفتار دوگانه ای از خود نشان می‌دهد، خرج ویژه است. ممکن است برای کاهش لرزش شدید زمین، کاهش خرج ویژه در آتشباری پیشنهاد شود ولی هیچگاه لرزش زمین از یک میزان حداقل، کمتر نخواهد شد.

✓ بررسی انفجارهای ثبت شده نشان داده است مواردی که در آنها میزان خرج ویژه حدود ۲۰ درصد کمتر از حد بهینه آن بوده، میزان لرزش ۲ تا ۳ برابر افزایش یافته است. این حالت باعث شده است تا انرژی حاصل از انفجار به جای ایجاد ترکاندن و جابجایی در سنگ، صرف لرزش زمین شود.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۳- خرج ویژه



عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۴- نوع ماده منفجره

سرعت ذره ناشی از انفجار و کرنشهای القایی در سنگ با هم متناسب اند. بنابراین، نتیجه عملی تناسب مذکور این است که مواد منفجره با فشار انفجار کمتر، لرزش کمتری ایجاد می کنند. این نوع مواد مانند آنفو دارای چگالی کم و سرعت انفجار پایین هستند. اگر مقدار یکسانی از آنفو با یک ماده منفجره اسلاری یا مواد منفجره ژلاتینی آلومینیوم دار مقایسه شود، شدت لرزشهای تولیدی به وسیله آنفو به ترتیب به اندازه ۲ تا ۲/۴ برابر کمتر خواهد بود.

نوع ماده منفجره	قدرت نسبت به TNT		سرعت انفجار
نیترات آمونیوم	۷۵	۷۵	۲۷۰۰
TNT	۱۰۰	۱۰۰	۶۹۰۰
نیتروگلیسیرین	۱۸۵	۱۴۰	۷۷۰۰
PETN	۱۷۰	۱۴۵	۸۳۰۰
DNT	۶۴	۷۱	۵۹۰۰
RDX	۱۷۰	۱۵۰	۸۳۵۰
اسید پیریک	۱۰۳	۱۰۹	۷۳۵۰

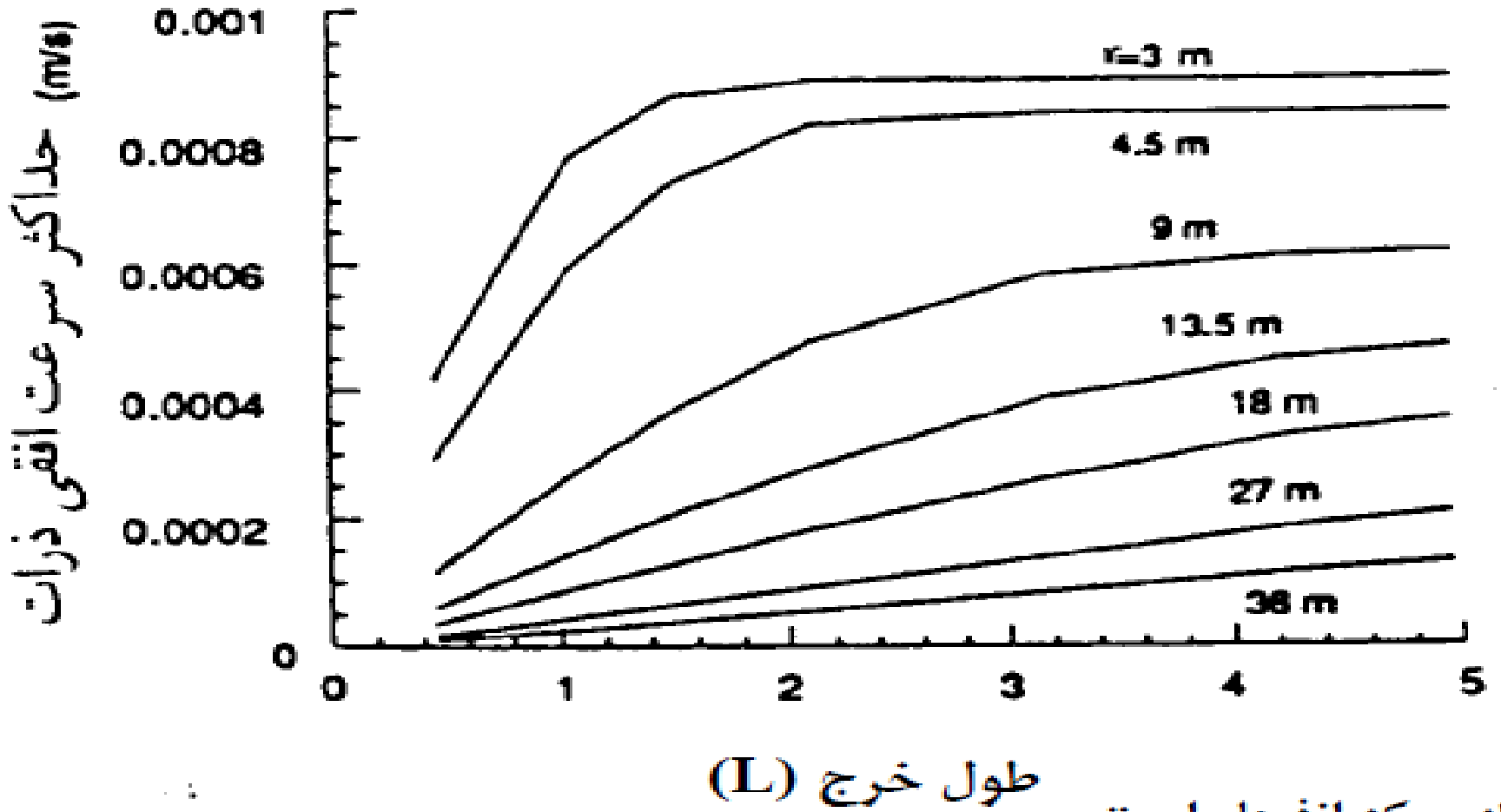
عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۵- فاصله تاخیر

✓ فاصله تاخیر یکی از عواملی است که به صورت مستقیم (انفجار مجزای دو چال) و غیرمستقیم (کاهش خرج بر تاخیر) اثر بسزایی بر لرزش دارد. فاصله تاخیر میان انفجار چالها به صورت تاخیر تئوری (اسمی) و تاخیر موثر بیان میشود. در تاخیر تئوری، فاصله تاخیر برابر اختلاف زمان تاخیر اسمی دو چاشنی و در تاخیر موثر، اختلاف زمان رسیدن لرزه های تولید شده به وسیله انفجار چال های متوالی است.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۶- طول خرج



r فاصله نقطه اندازه‌گیری از مرکز انفجار است

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

۷- جهت شروع انفجار

✓ حداکثر سرعت ذره در جهت های مختلف یک بلوک انفجاری متفاوت و از طرف مخالف نقطه شروع انفجار همیشه بیشتر از طرف موافق یا طرف انفجار است. همچنین حداکثر سرعت ذره در پشت سطح آزاد بلوک انفجاری از این دو مقدار بیشتر است. این موضوع در تعیین جهت شروع انفجار نسبت به سازه های سطحی اهمیت بسیاری دارد. بر این اساس باید سعی شود تا جهت حرکت انفجار به سمت سازه مورد نظر نباشد.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

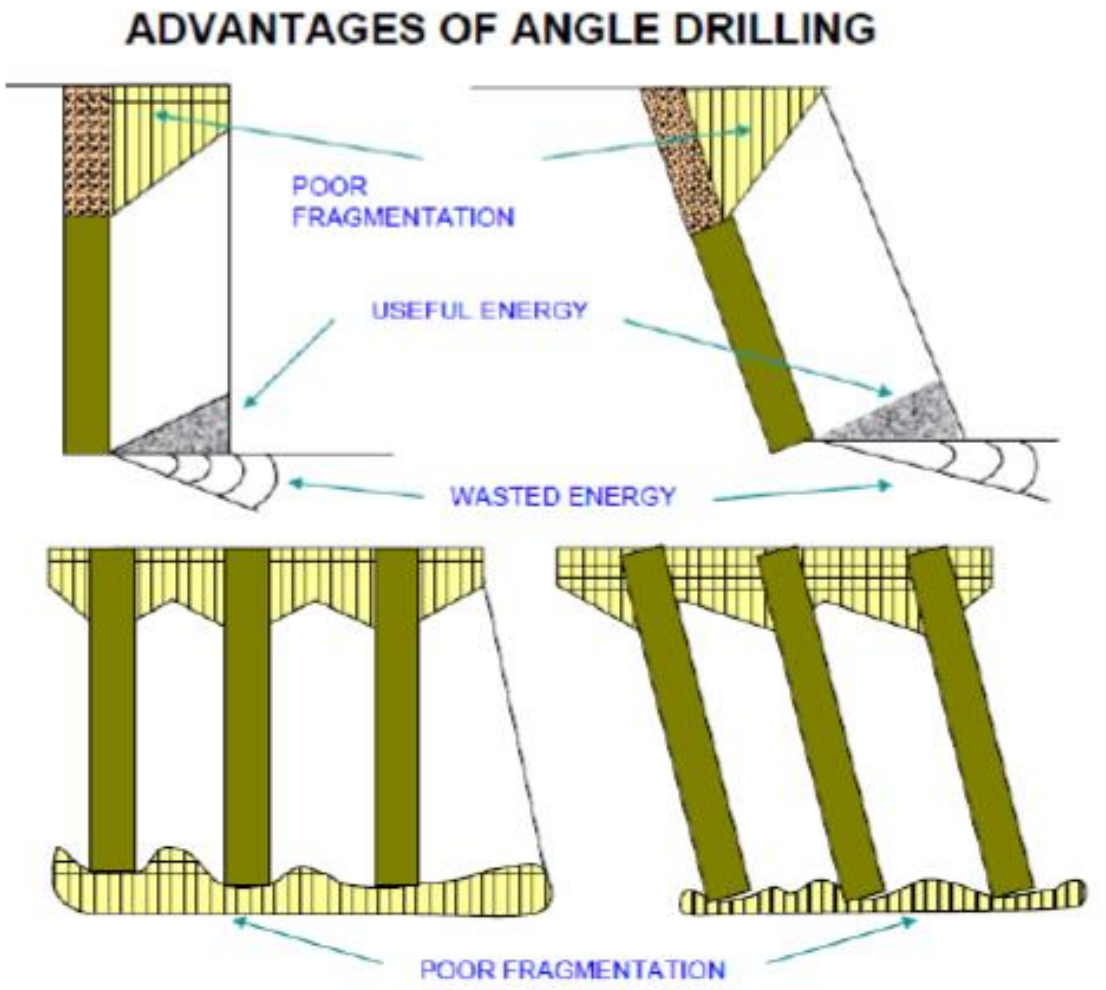
۸- شرایط زمین شناسی و مشخصات مکانیکی توده سنگ

- ✓ شرایط زمین شناسی و خصوصیات توده سنگ بر لرزش زمین ناشی از انفجار تاثیر دارند. از میان این شرایط می توان به وجود ناپیوستگی ها، چگالی، شرایط آب زیرزمینی و سایر مشخصات فیزیکی و مکانیکی توده سنگ اشاره کرد.
- ✓ هر چه توده سنگ دارای کیفیت بالاتری باشد، میرایی امواج و جذب انرژی در آن کمتر است و امواج با کمترین افت از داخل آن عبور می کنند.
- ✓ توده سنگهای درزه دار با بازشدگی زیاد مانع لرزش زمین می شوند.
- ✓ شکاف های حاصل از انفجارهای کنترل شده، مانند پیش شکافی، موجب می شوند تا لرزشهای زمین حدود ۸۰ الی ۹۰ درصد کاهش یابند.

عوامل مؤثر بر لرزش زمین

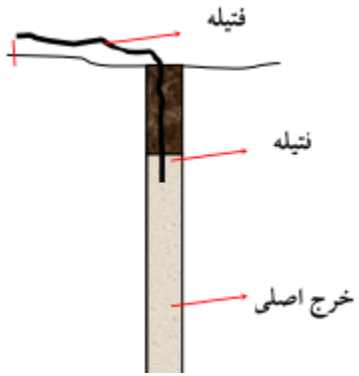
۹- ویژگی های هندسی انفجار

- ✓ قطر چال
- ✓ ارتفاع پله: $\frac{H}{B} > ۲$
- ✓ بار سنگ و فاصله ردیفی چالها
- ✓ اضافه حفاری
- ✓ طول گل گذاری
- ✓ شیب چال
- ✓ خرج گذاری منقطع



اضافه حفاری کمتر و استفاده بهتر از انرژی مواد منفجره و درنتیجه تولید لرزش کمتر

عوامل مؤثر بر لرزش هوا



۱- **زمان تاخیر:** تاثیر متفاوت

۲- **بارسنگ و فاصله داری چالها:** اثر معکوس

۳- **گل گذاری:** اثر معکوس

۴- **نوع گل گذاری:** مواد با چسبندگی کم یا مواد با تراکم بالا

۵- **عمق خرج:** اثر معکوس

۶- **روش آتسباری:** در آتشباری الکتریکی و همچنین روش نانل میزان لرزش هوا در مقایسه با روش فتیله انفجاری بسیار کمتر است.

۷- **شرایط زمین شناسی:** در توده سنگ های ضعیف و با شکستگی های زیاد به دلیل خروج گاز حاصل از انفجار از داخل آنها، میزان لرزش هوا افزایش می یابد.

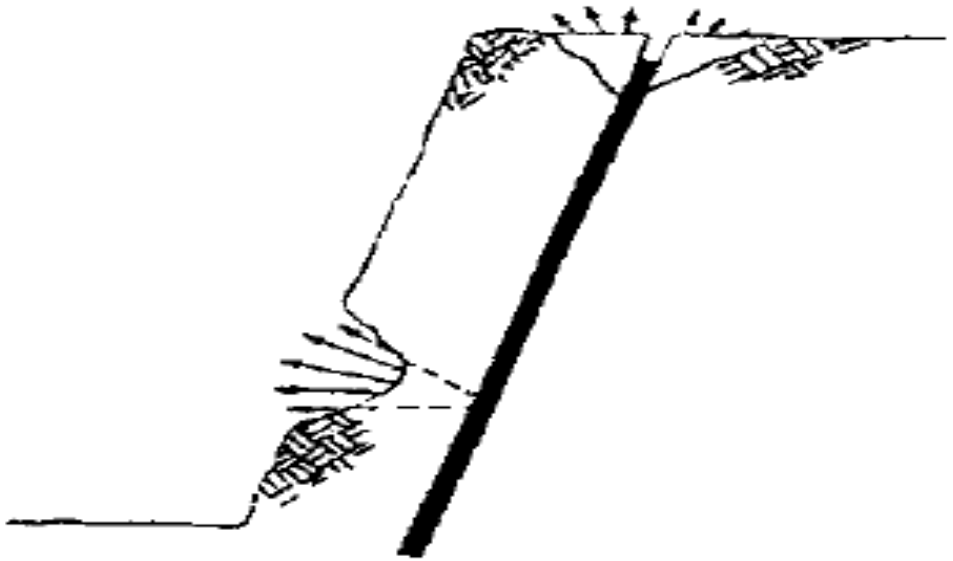
۸- **شرایط آب و هوایی:** سرعت صوت در زمانی که هوا گرم تر باشد افزایش و با سرد شدن هوا این سرعت کاهش می یابد.

عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ

۱- **عوامل زمین شناسی:** درزه داری و وجود لایه های ضعیف

۲- **وضعیت سطح انفجار:** وجود قطعات سنگ بر روی بلوک

۳- **مواد منفجره و توزیع آن در چال:** مواد منفجره با حجم گاز بیشتر (مثل آنفو) پرتاب سنگ بیشتری ایجاد می یابد.

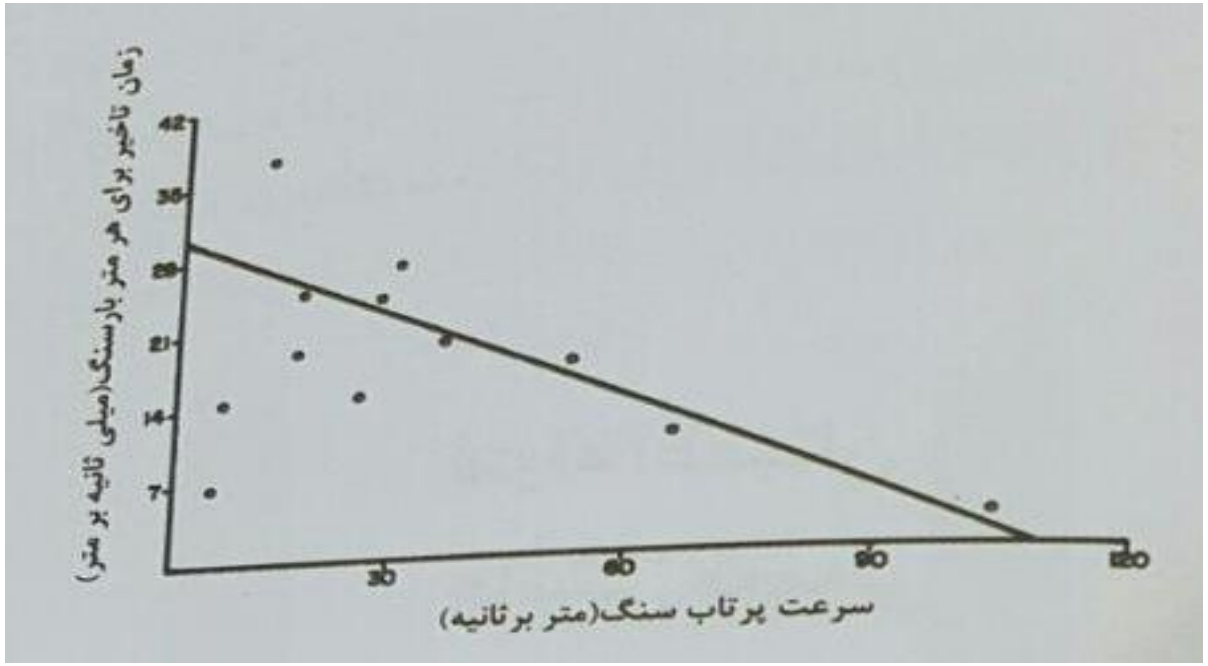


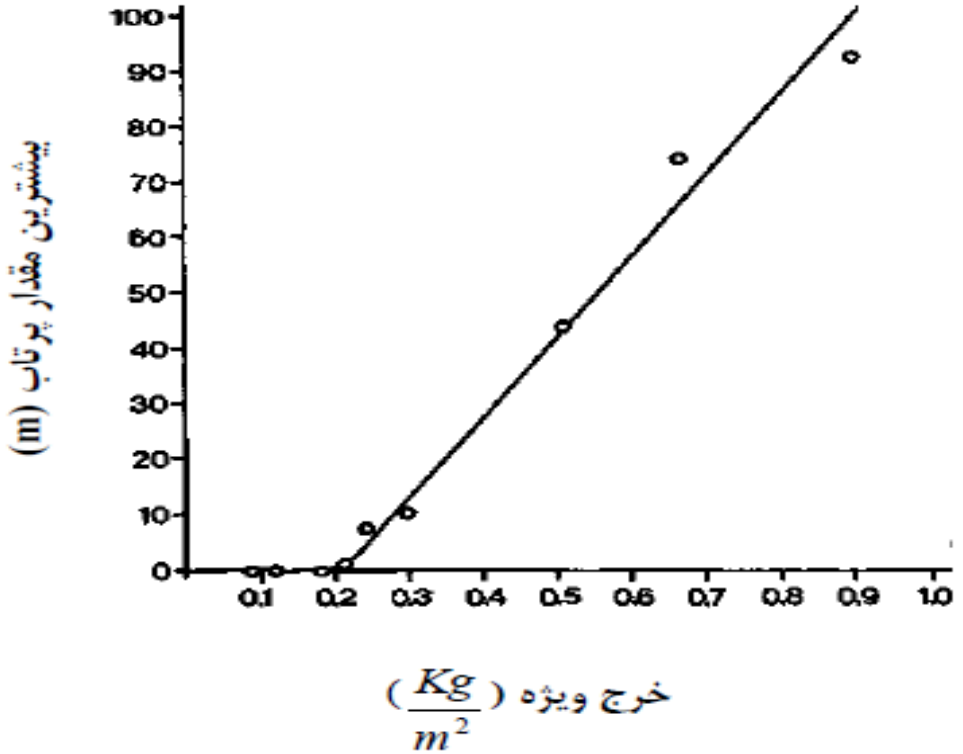
عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ

۴- **توالی انفجار:** تاخیرهای میلی ثانیه

۵- **خرج ویژه**

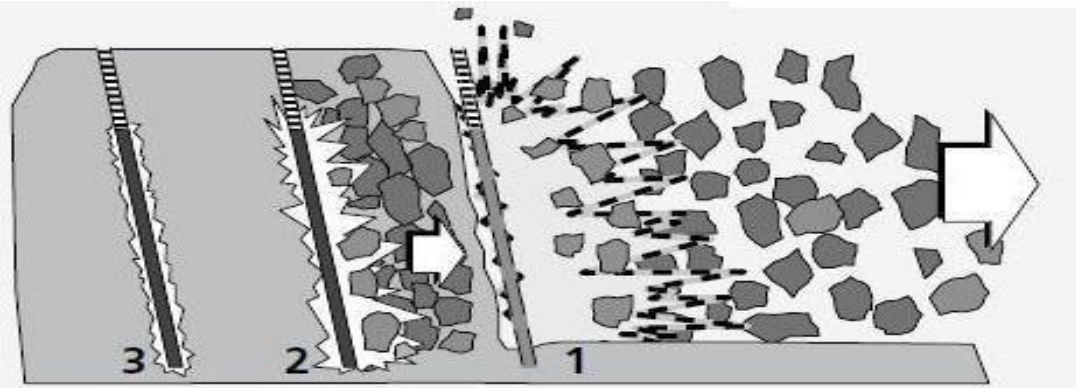
۶- **گل گذاری**



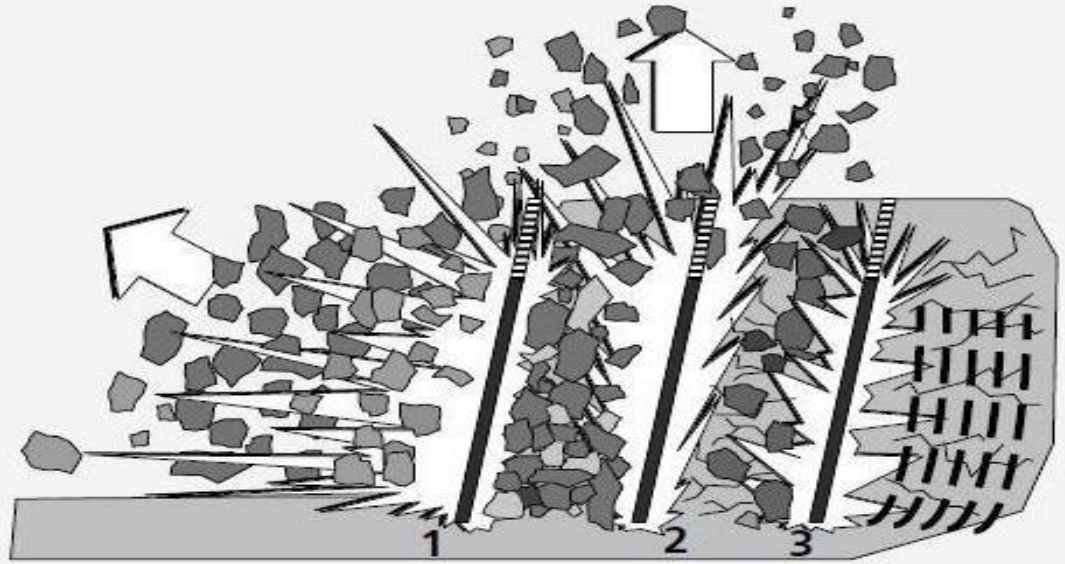


عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ

اثر تأخیر بین ردیف ها:

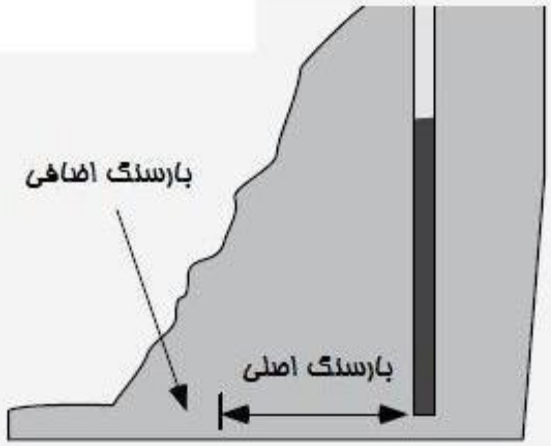


۱- تاخیر بین ردیفی مناسب



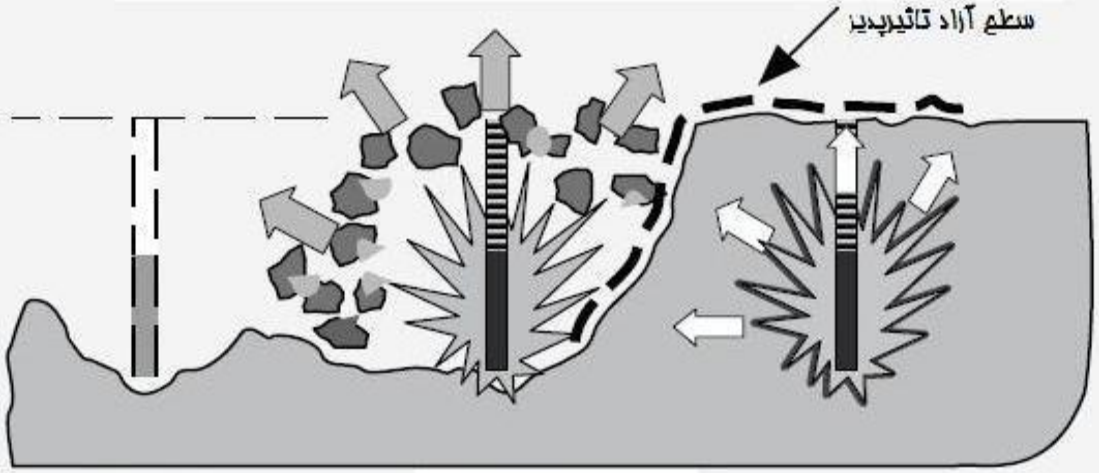
۲- تاخیر بین ردیفی خیلی کم

عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ



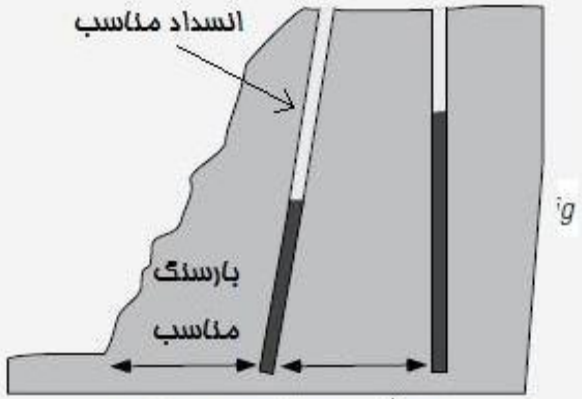
۲- بارسنگ ناهمسان در چال قائم

۳- زاویه نامناسب چال وعوارض آن



۱- سطح آزاد تاثیرپذیر

۴- بارسنگ ناهمسان وعوارض آن

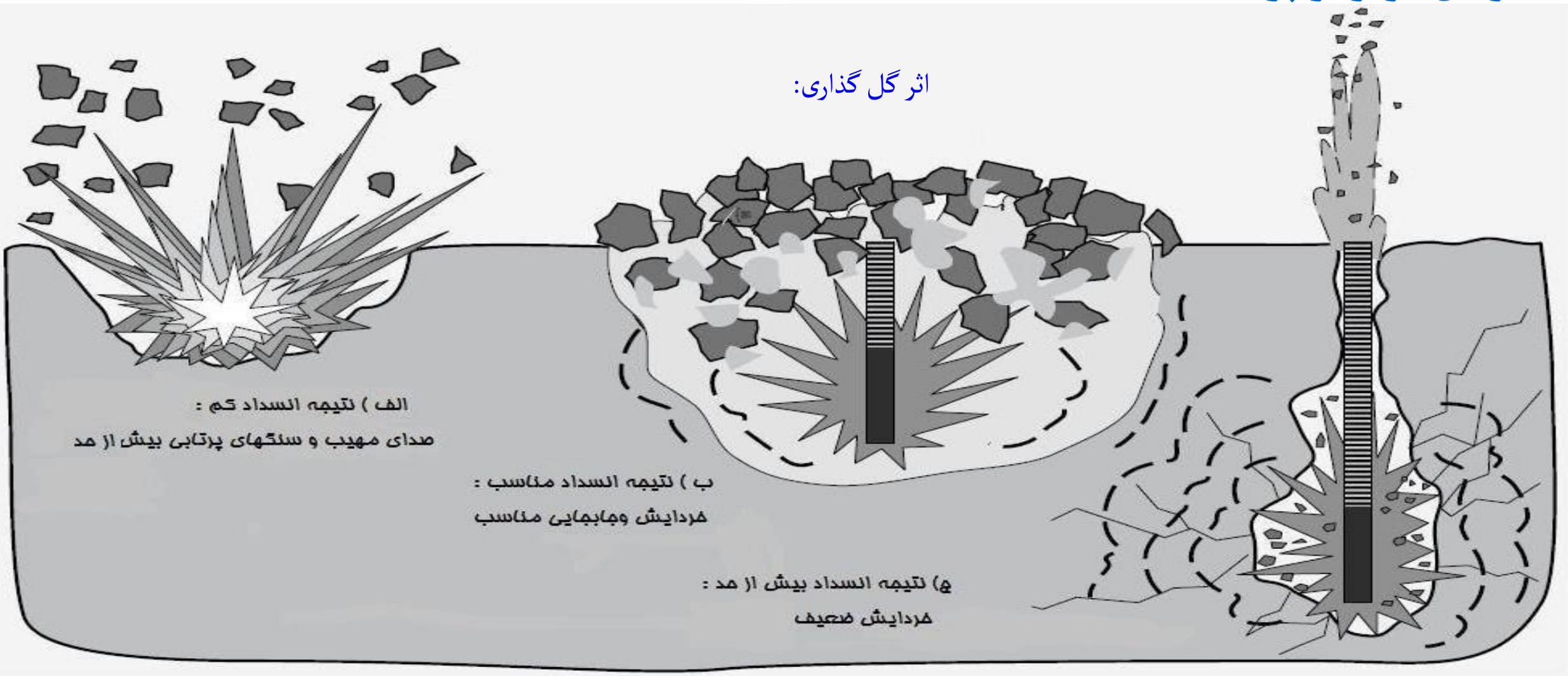


۵- چالهای مایل خردایش را افزایش می دهد

اثر سطح آزاد ، بارسنگ و زاویه چال:

عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ

اثر گل گذاری:



اندازه گیری و پیش بینی میزان پیامدهای نامطلوب

برآورد لرزش زمین

✓ لرزش زمین ناشی از انفجار اکثرا به وسیله دو فاکتور حداکثر سرعت ذره و فرکانس غالب (فرکانسی از یک لرزه نگاشت که دارای بیشترین محتوای انرژی باشد) مطرح می شود.

✓ فاکتور حداکثر سرعت ذره برای هر نقطه به کمک دستگاه های لرزه نگار ثبت و محاسبه می شود. به این منظور با استفاده از لرزه سنج های سه مولفه ای و بر اساس تحلیل لرزه نگاشتهای ثبت شده در حیطه زمان، سرعت ذره برای هر مولفه و در نتیجه برآیند سرعت ذره با عنوان حداکثر سرعت ذره در هر نقطه محاسبه می شود.

✓ مقدار فرکانس غالب از تحلیل فوریه لرزه نگاشت به دست می آید.

✓ برآورد لرزش زمین ناشی از انفجار به صورت تعیین حداکثر سرعت ذره در یک نقطه مشخص انجام می شود که تعیین این پارامتر به دو صورت ثبت لرزش و یا برآورد از طریق روابط تئوری و تجربی و مدلسازی امکانپذیر است.

برآورد لرزش زمین

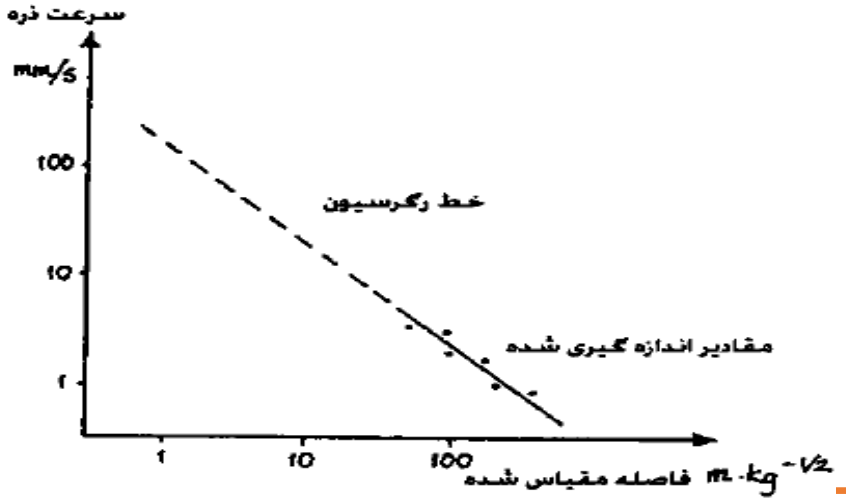
✓ **رابطه پیشنهادی که ارتباط بین سرعت ذره (V)، وزن خرج در هر تاخیر (Q) و فاصله از محل انفجار (D) را نشان می دهد به صورت زیر است:**

$$V = K(D/Q^{\gamma})^{-B}$$

که در آن K و B ضرایبی برای اعمال عوامل دیگر است.

نسبت D/Q^{γ} به عنوان فاصله مقیاس شده شناخته می‌شود. γ بسته به شرایط یک‌دوم یا یک‌سوم است.

به منظور برآورد میزان لرزش باید ضرایب K و B در نزدیکی مکان‌های انفجار تعیین شوند.



✓ **رابطه تجربی بدست آمده:**

برآورد لرزش زمین

✓ نسبت فاصله از محل انفجار (D) به وزن خرج (Q) را فاصله مقیاس شده می گویند.

$$V = K\left(\frac{D}{Q^{\frac{1}{2}}}\right)^{-B}$$

$$V = K\left(\frac{D}{Q^{\frac{1}{3}}}\right)^{-B}$$

✓ در مواردی که نسبت طول به قطر خرج زیاد باشد مانند اکثر خرجگذاری ها در معادن سطحی، هندسه خرج را استوانه ای و فاصله مقیاس شده را با ریشه دوم وزن خرج و در شرایطی که نسبت طول به قطر خرج زیاد نباشد هندسه خرج را کروی و فاصله مقیاس شده را با ریشه سوم وزن خرج در نظر میگیرند.

که در آن‌ها V حداکثر سرعت ذره، Q حداکثر وزن خرج در یک تاخیر، D فاصله از محل انفجار، K و B ثابت‌های مکان هستند.

✓ امروزه در اکثر موارد، تقارن خاصی برای خرجگذاری در نظر گرفته نمی شود و از یک معادله عمومی به شکل زیر استفاده می شود:

$$V = K \times D^{-B} \times Q^{A}$$

که در آن A، K و B ثابت‌های تجربی هستند و به وسیله تحلیل رگرسیونی دو متغیر مستقل تعیین می‌شوند.

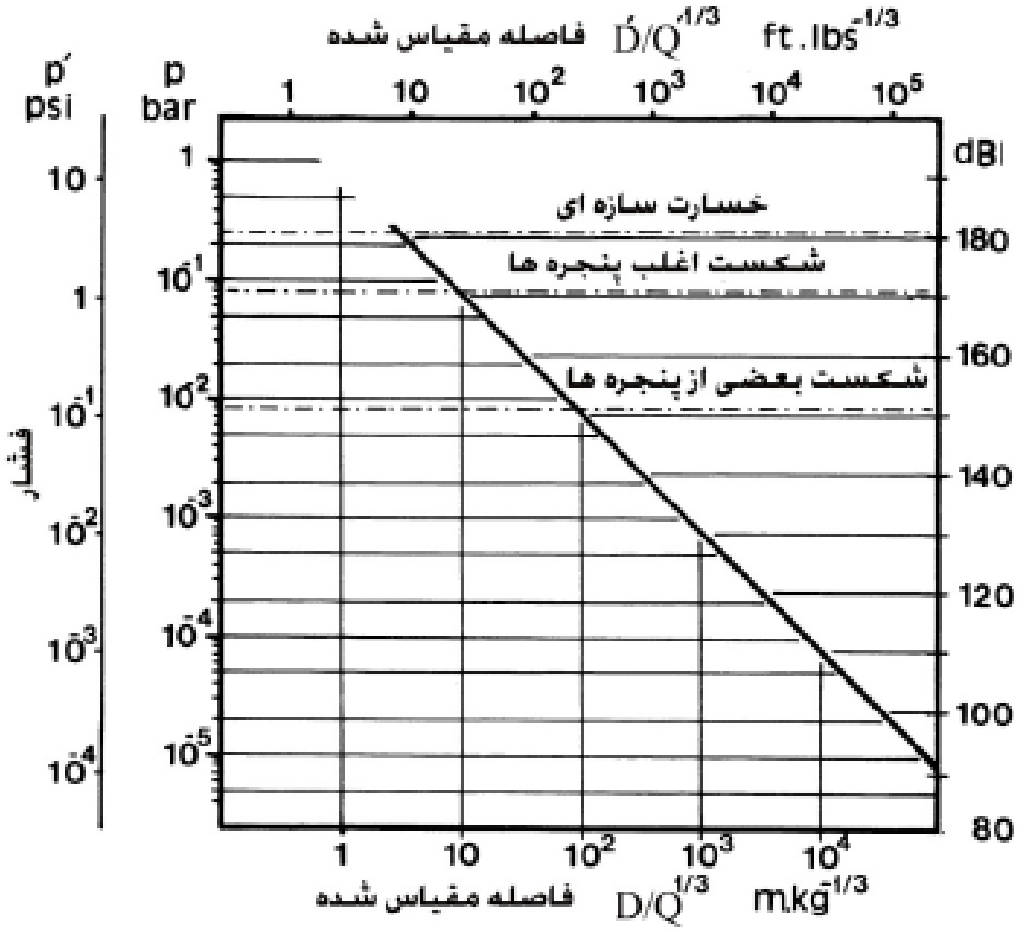
برآورد لرزش هوا

✓ به منظور تعیین میزان لرزش هوا، مانند لرزش زمین، از روشهای ثبت لرزش به کمک یک حسگر فشار صوت یا برآورد آن به کمک روابط و مدلهای تجربی، استفاده می شود.

✓ لرزش هوا به صورت فشار ایجاد شده در اثر انتشار امواج، در هوا اندازه گیری می شود و واحد آن نیز معادل واحد فشار است اما برای تعیین میزان لرزش هوا برای مقاصد عملی، واحد دسیبل مورد استفاده قرار می گیرد.

$$dB = 20\log(\frac{P}{P_0})$$

که در آن dB سطح صوت بر حسب دسی‌بل، P فشار هوای ناشی از انفجار و P_0 فشار پایین‌ترین شدت صوتی که قابل شنیدن است.



نمودار محاسبه شدت لرزش هوا (psi، bar و dB) بر اساس فاصله مقیاس شده (خط مورب، نشان دهنده رابطه

$P = 0.7 \frac{Q^{\frac{1}{3}}}{D}$ است).

برآورد پرتاب سنگ

۱- روابط تجربی بین پرتاب سنگ و قطر چال

✓ به منظور بررسی پرتاب سنگ از دوربین های با سرعت بالا برای اندازه گیری سرعت پرتاب سنگ استفاده می شود. با این روش، حداکثر مسافت پرتاب و قطر سنگ پرتاب شده قابل اندازه گیری است. بر اساس تئوری برآورد پرتاب سنگ حاصل از عملیات آتشباری در سنگ های سخت، رابطه زیر به دست آمده است:

$$\frac{\phi \rho V}{2600} = 10d$$

که در آن ρ جرم مخصوص سنگ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (۲۶۰۰ جرم مخصوص متوسط گرانیت است)، ϕ قطر متوسط قطعه سنگ بر حسب متر، V سرعت بر حسب متر در ثانیه و d قطر چال حفاری شده بر حسب اینچ است.

برآورد پرتاب سنگ

۲- محاسبات پرتاب سنگ

✓ به منظور محاسبه طول پرتاب سنگ، مدلهای متعددی ارایه شده است. از میان این مدلها، مدل زیر کاربرد بیشتری دارد که به مدل سوئدی معروف است:

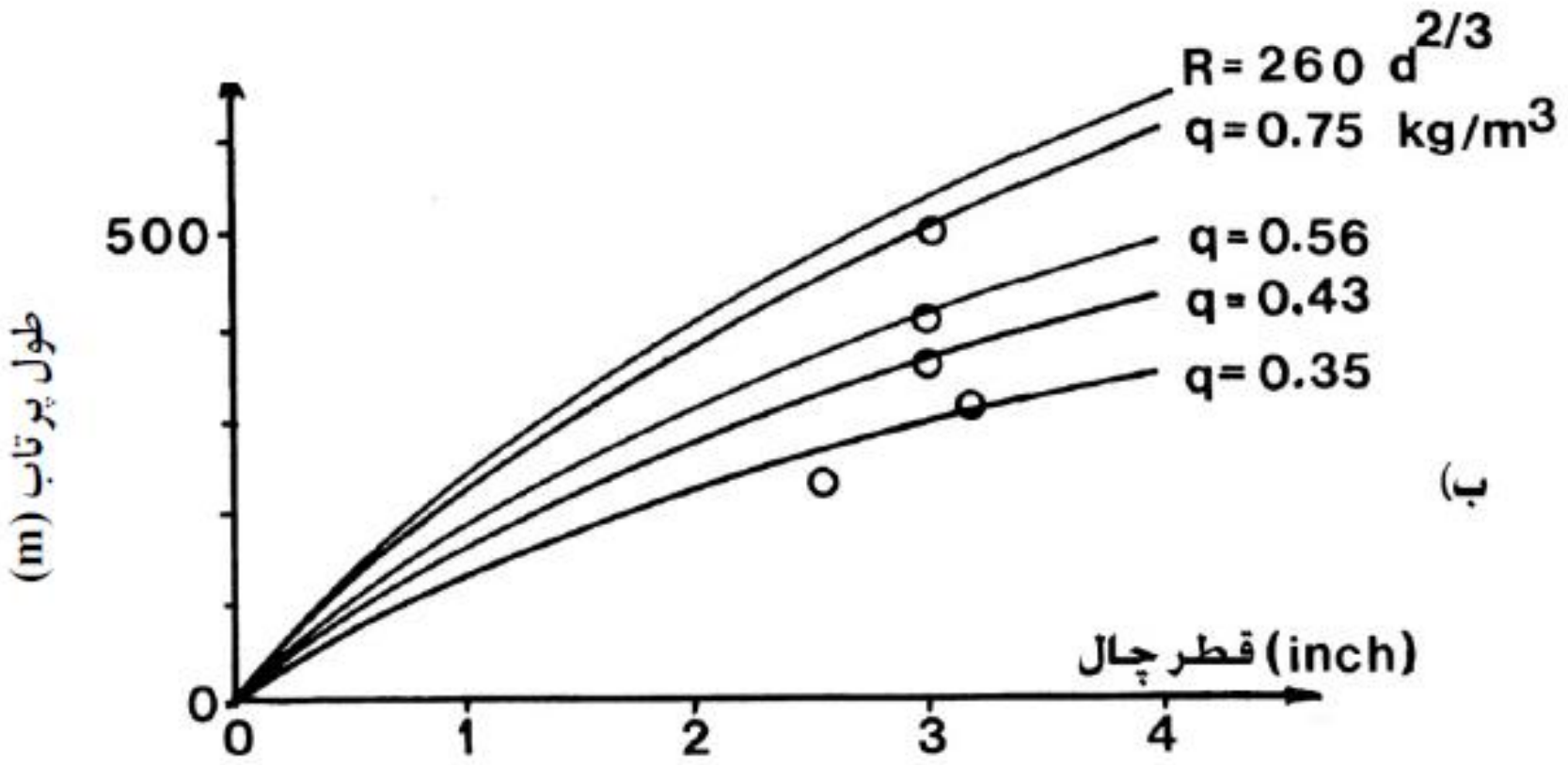
$$R_{max} = 260 d^{\frac{2}{3}}$$

که در آن d قطر چال بر حسب اینچ و R_{max} حداکثر طول پرتاب سنگ بر حسب متر است.

✓ در برخی از مدل ها هم سرعت اولیه قطعات سنگ خرد شده به عنوان مبنایی برای تعیین پرتاب ستگ در نظر می شود.

$$V_0 = \sqrt{2E} \times f\left(\frac{q_1}{m_1}\right)$$

که در آن V_0 سرعت اولیه بر حسب متر بر ثانیه، $\sqrt{2E}$ ثابت گرنی که تابعی از مواد منفجره است، q_1 تمرکز خرج در واحد طول بر حسب کیلوگرم بر متر و m_1 جرم کلی مواد سنگی در واحد طول بر حسب کیلوگرم است.



الف) رابطه بین طول پرتاب و خرج ویژه ب) رابطه بین طول پرتاب و قطر چال

استفاده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی

ANN – FL– ANFIS - GEP – SVM - Firefly Algorithm , ….

Contents lists available at ScienceDirect

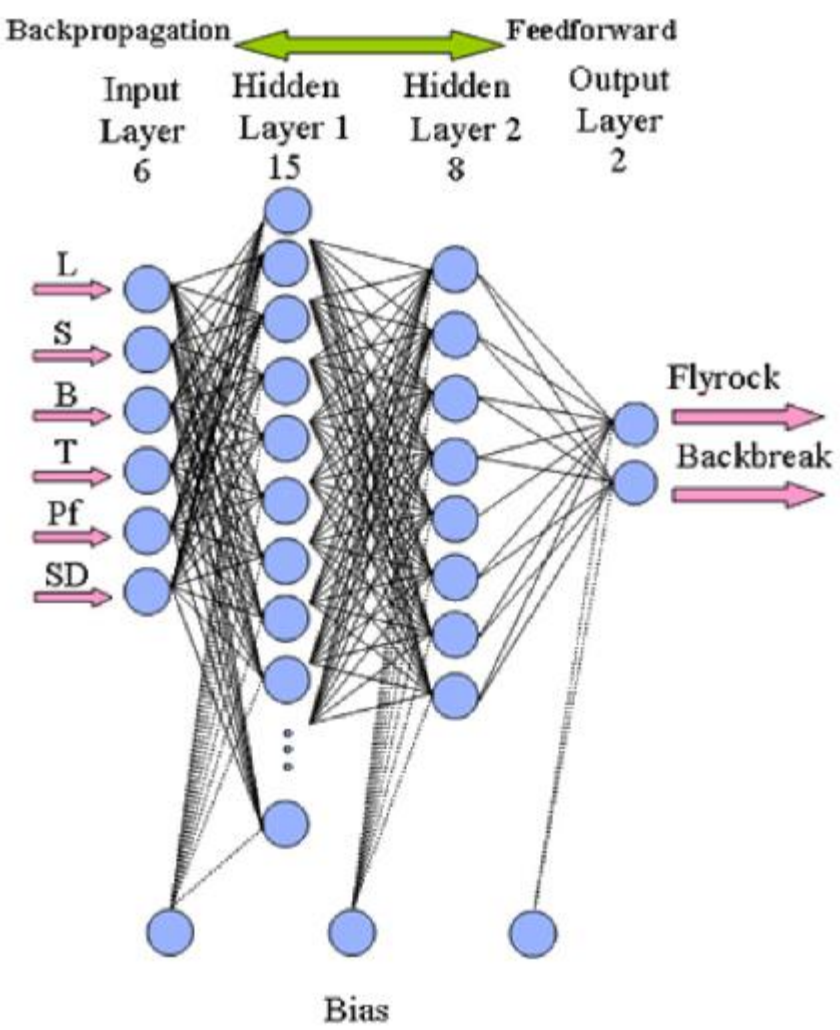
International Journal of
Rock Mechanics & Mining Sciences

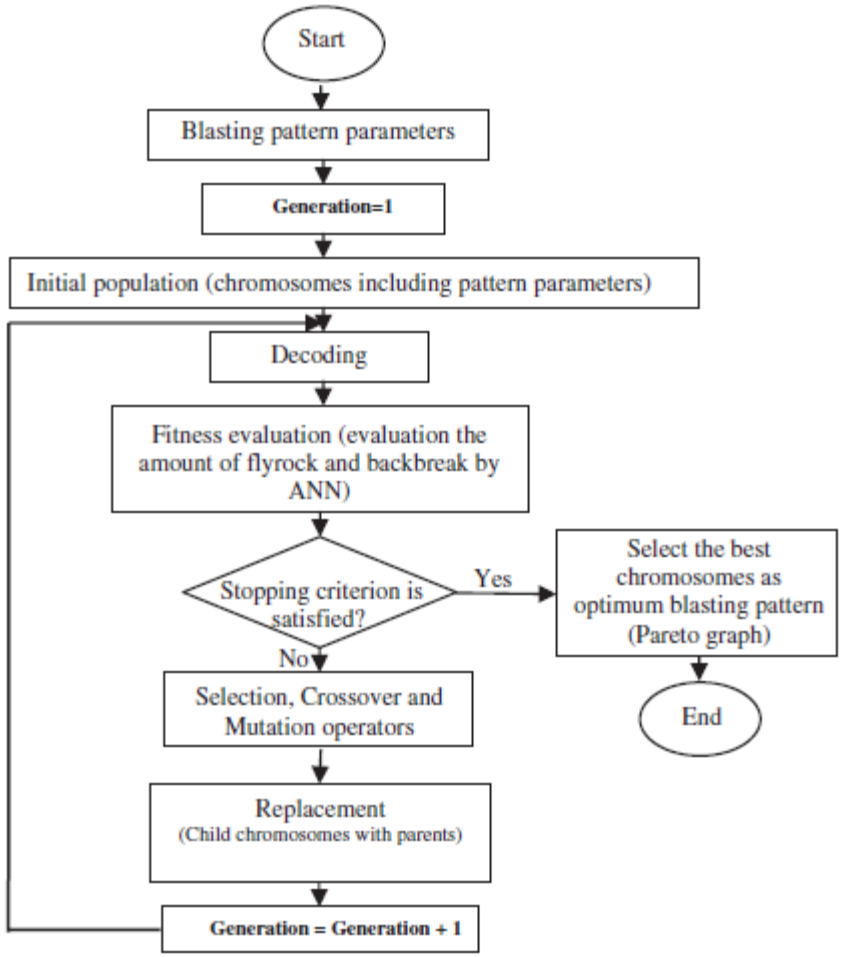
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijrmms

Optimization of Open pit Blast Parameters using Genetic Algorithm

M. Monjezi*, H. Amini Khoshalan, A. Yazdian Varjani

Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran 14115-143, Iran


Backpropagation
Feedforward
Input Layer 6
Hidden Layer 1 15
Hidden Layer 2 8
Output Layer 2
L
S
B
T
Pf
SD
Flyrock
Backbreak
Bias


Start
Blasting pattern parameters
Generation=1
Initial population (chromosomes including pattern parameters)
Decoding
Fitness evaluation (evaluation the amount of flyrock and backbreak by ANN)
Stopping criterion is satisfied?
Yes
No
Select the best chromosomes as optimum blasting pattern (Pareto graph)
End
Selection, Crossover and Mutation operators
Replacement
(Child chromosomes with parents)
Generation = Generation + 1

عناصر تاثیرپذیر از پیامدهای نامطلوب و واکنش آنها

تاثیر لرزش زمین ناشی از انفجار بر سازه های سطحی

- به منظور برقراری ارتباط بین عوامل تعیین کننده حرکت ارتعاشی ذره با خسارات سازه ای، معیارهایی برای تخمین خسارت به صورت تجربی ارایه شده اند که حرکت ذره را بسته به حداکثر شتاب، حداکثر سرعت، جابجایی و فرکانس ذره ارایه می کنند.

- سطوح خسارت با توجه به ساختمان، نوع سازه و وضعیت تعمیر و نگهداری، تغییر می کند.

- لرزش ناشی از انفجار در سازه یک واکنش دینامیکی ایجاد می کند که به عوامل مختلفی وابسته است که مهم ترین آنها عبارتند از :
- – نوع و مشخصات لرزشها، مدت زمان ضربان لرزه ای، فرکانس امواج منتشر شده و انرژی انتقال یافته
- – نوع و مشخصات محیط انتقال دهنده ای که سازه روی آن قرار گرفته است.
- نوع سازه و ویژگی لرزه ای اجزای غیرسازه ای ساختمان

- یک روش ساده برای پیش بینی واکنش سازه ای یک ساختمان به لرزش، استفاده از تبدیل فوریه است.

تاثیر لرزش زمین ناشی از انفجار بر سازه های زیرزمینی

برای بررسی خسارات سازه های زیرزمینی در اثر انفجارهای سطحی موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرند:

۱- لرزش های انفجاری
هنگامی که لرزش حاصل از انفجار در یک معدن روباز به سمت یک فضای زیرزمینی هدایت میشود انتقال انرژی، بیشتر توسط امواج درونی، مخصوصا امواج اولیه انجام می گیرد.

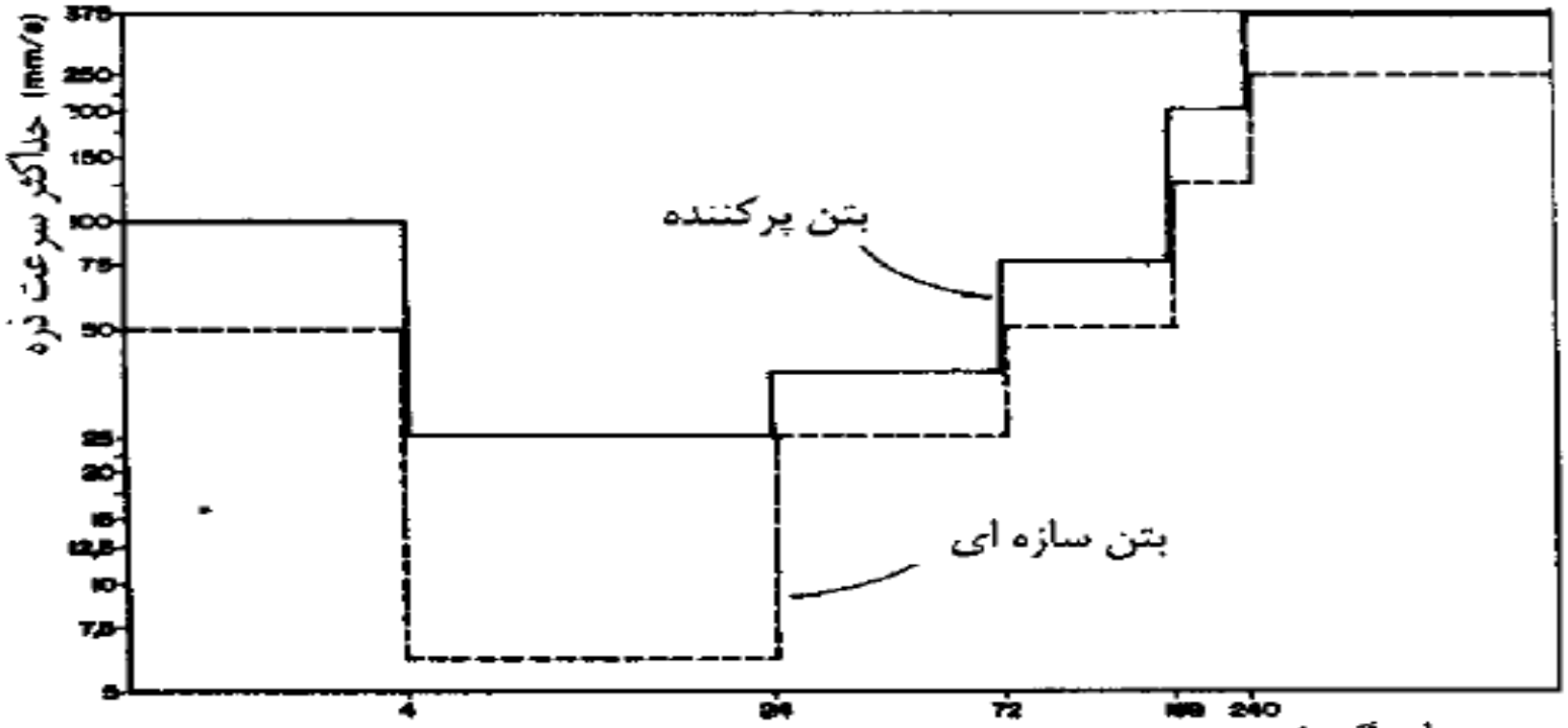
۲- اثر کیفیت سنگ: سیستم های طبقه بندی

۳- شاخص آسیب انفجار: نسبت تنش القایی در اثر انفجار به مقاومت کششی دینامیکی توده سنگ منفجر شده

۴- اثر عمق
در مورد انفجارهای معادن سطحی، لرزشها به طور سریع با عمق کاهش می یابند.

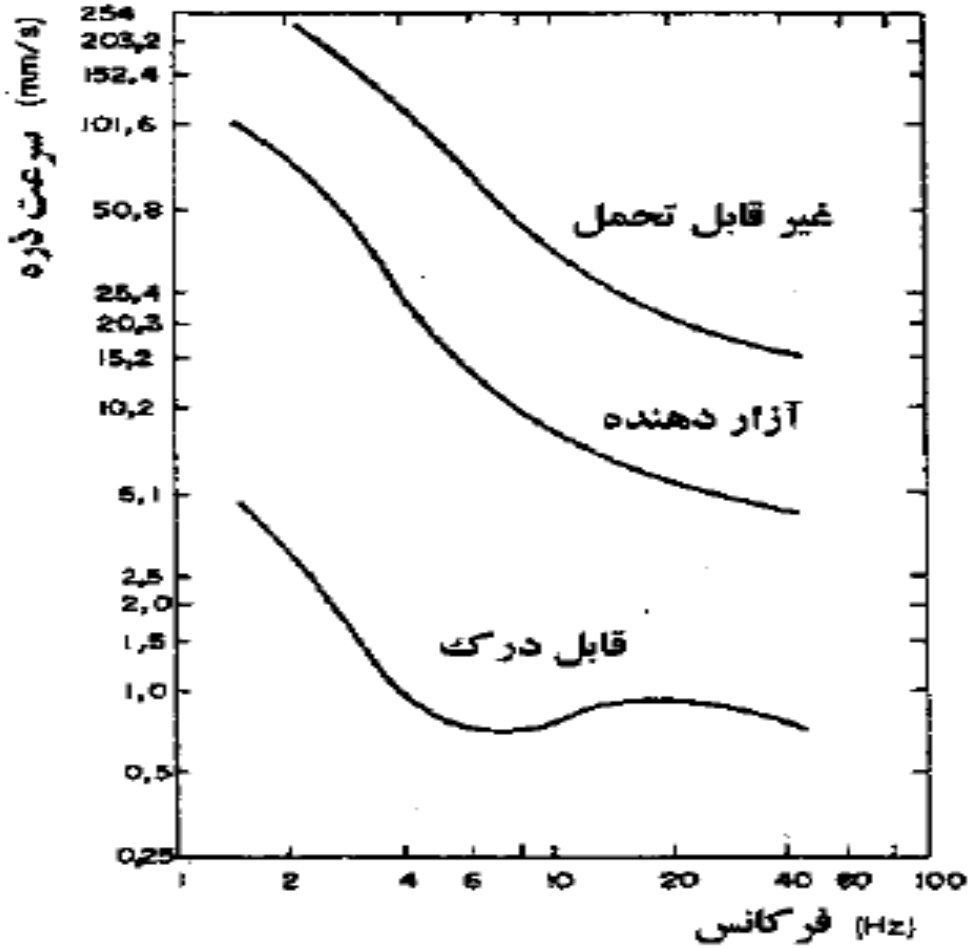
تاثیر لرزش زمین ناشی از انفجار بر بتن

با توجه به فعالیتهای معدنی و عمرانی، موارد متعددی وجود دارد که در آنها ساخت سازه های بتنی (عملیات اجرای بتن ریزی) با انجام انفجار در عملیات استخراج همزمان شده باشد. برای مثال، می توان به اجرای پوشش بتنی در حفاری تونل، احداث پی هایی برای ساختن سنگ شکن اولیه نزدیک معادن روباز و نظایر این موارد اشاره کرد. سرعت مجاز بستگی به زمان گیرش بتن دارد.



تاثیر لرزش زمین ناشی از انفجار بر انسان

سیستم ادراک انسان نسبت به لرزش زمین، مانند حساسیت بالای گوش انسان نسبت به امواج صوتی، دارای حساسیت بالایی است. هر چند تمام امواج خطرناک نیستند ولی فکر تخریب ناشی از آن حتی در مقادیر کم نیز باعث آزار و اذیت انسان می شود به طوری که یک موج صوتی حاصل از لرزش زمین نیز ترس زیادی را ایجاد می کند.



خستگی ناشی از تکرار انفجار

✓ در مواردی که سرعت ذره اندازه گیری شده در یک سازه کمتر از حد عادی باشد، در صورت بارگذاری مکرر، امکان ترک خوردگی ناشی از انفجار ایجاد می شود که به کاهش مقاومت در اثر بارگذاری مکرر، خستگی گفته می شود. به این ترتیب، زمانی که یک سازه تضعیف شود، برای تخریب در شدت های پایین لرزش یا شتاب مستعد می شود.

✓ لرزش ناشی از عملیات انفجار در معادن روباز عموما یک پدیده گذرای کوتاه مدت با دوام یک یا دو ثانیه است. یکی از ملاحظات مهم در این رابطه، مساله اثر لرزش مکرر است.

استانداردها و معیارهای موجود

استانداردهای لرزش برای سازه ها و تاسیسات

بر اساس اندازه گیری لرزش و رفتارنگاری خسارت های ناشی از آن در نزدیکی سازه ها، بین حداکثر سرعت ذره و امکان خطر خسارت، روابطی ارایه شده است. به طور ایده آل، رابطه بین سرعت ذره و تنش القایی وقتی که یک موج صفحه ای از میان یک محیط الاستیک نامحدود عبور می کند، به صورت زیر است:

$$\delta = \frac{V.E}{C}$$

که در این روابط، δ میزان تنش القایی، ε مقدار کرنش، E مدول الاستیسیته، V سرعت ذره و C سرعت انتشار امواج لرزه‌ای در محیط است.

برای به دست آوردن محدوده قابل اطمینان لرزش برای سازه ها، تجربیات حاصل از انفجار و اندازه گیری لرزش ضروری است. بنابراین، نکته حایز اهمیت این است که در شروع و طی طراحی یک انفجار ابتدا باید یک بررسی و تحلیل اولیه انجام شود و سپس با توجه به نتایج حاصل، درباره حساسیت سازه ها در مقابل لرزش قضاوت شود.

استانداردهای لرزش برای سازه ها و تاسیسات

محدوده لرزش برای سازه‌ها بر اساس مولفه قائم سرعت ذره بر حسب میلی‌متر بر ثانیه

جنس زمین در زیر سازه‌ها / نتایج در مناطق مسکونی معمولی	رس، ماسه، شن	اسلیت، سنگ آهک نرم	گرانیت، گنایس، سنگ آهک سخت، ماسه سنگ کوارتزیتی، دیاباز
بدون ترک‌خوردگی	۱۸	۳۵	۷۰
ترک‌های ریز و ریزش گچ (مقدار آستانه)	۳۰	۵۵	۱۱۰
ترک‌خوردگی	۴۰	۸۰	۱۶۰
ترک‌خوردگی جدی و خطرناک	۶۰	۱۱۵	۲۳۰

حداکثر سرعت ذره پیشنهاد شده بر اساس استاندارد DIN 4150

طبقه‌بندی سازه‌ها	برآیند حداکثر سرعت‌های ذره (mm/s)	مولفه قائم حداکثر سرعت ذره تخمینی (mm/s)
نواحی مسکونی، اداری و راه‌های ارتباطی در شرایط معمولی	۸	۸–۴٫۸
سازه‌های محکم و پایدار	۳۰	۳۰–۱۸
سایر سازه‌ها و بناهای تاریخی	۴	۴–۲٫۴

استانداردهای لرزش برای سازه ها و تاسیسات

پارامترهای تاثیر گذار:

- کیفیت سازه
- فاصله از محل انفجار
- زمان اجرای انفجار

استانداردهای لرزش برای جلوگیری از خسارت

به منظور اندازه گیری خسارات وارد به سازه ها در اثر لرزش انفجار، اکثرا از معیار حداکثر سرعت ذره استفاده می شود.

سرعت ذره	میزان خسارت
< ۵۰ mm/s	بدون خسارت
۱۰۰ mm/s	ترک‌های ریز
۱۵۰mm/s	ایجاد شکاف
۲۲۲ mm/s	شکاف‌های بزرگ

استاندارد ارتعاش زمین ارائه شده توسط ادواردز و نورف وود

Northwood & Edwards

ناحیه ایمن	کمتر از ۲/۰ in/s
ناحیه آسیب	۴/۰ -۵/۰ In/s

نوع سازه	حداکثر سرعت ذره ناشی از انفجار (mm/s)	فرکانس (Hz)
سازه‌های فولادی یا ساخته شده از بتن مسلح نظیر کارخانه‌ها، دیوارهای نگهدارنده، پل‌ها، برج‌های فولادی، کانال‌های باز تونل‌های زیرزمینی و اتاقک‌های آن	۳۰	۱۰–۶۰
	۳۰–۴۰	۶۰–۹۰
	۱۸	۱۰–۶۰
سازه‌هایی که پی، دیوارها و کف آن از سیمان ساخته شده‌اند، دیوارها از سیمان و ماسه ساخته شده‌اند، حفریات و تونل‌های احداث شده در سنگ‌های مقاوم	۱۸–۲۵	۶۰–۹۰
	۱۲	۱۰–۶۰
	۱۲–۱۸	۶۰–۹۰
سازه‌ها با دیوارهای بنایی و سقف چوبی	۸	۱۰–۶۰
	۸–۱۲	۶۰–۹۰

استاندارد ارتعاش زمین DIN 4150 برای ساختمان های مختلف

نوع سازه	حداکثر سرعت ذرات	
	mm/s	In/s
ساختمان های قدیمی و آثار باستانی	۲	۰/۸
ساختمان هایی با خسارات و ترک های قابل مشاده در ساختمان های بنایی	۴	۰/۱۶
ساختمان در شرایط خود، احتمال حضور ترک در گچ	۸	۰/۳۲
سازه های صنعتی و بتنی بدون گچ	۴۰ -۱۰	۱/۵۶ -۰/۳۹

استاندارد ارتعاش ارائه شده توسط سیسکیند

فاصله از محل انفجار m (ft)	حداکثر سرعت ذرات mm/s (in/s)
۹۱ – ۰ (۳۰۰ – ۰)	۳۲ (۱/۲۵)
۱۵۲۴ – ۹۱ (۵۰۰۰ – ۳۰۰)	۲۵ (۱/۰)
> 1524 (5000)	۱۹ (۰/۷۵)

استانداردهای ارتعاش ارائه شده توسط ویس و سیسکیند

ساختمان های تجاری و مهندسی	۱۰۲ mm/s (۴ in/s)
تلرانس ارتعاش برای تجهیزات دفن شده مانند لوله ها	۱۲۷ mm/s (۵ in/s)
کمترین ارتعاش برای ترک برداری ساختمان های بنایی	۱۲۷ mm/s (۵ in/s)
حد آستانه ترک برداری بتن های بزرگ و حجیم	۲۵۴ mm/s (۱۰ in/s)
حد آستانه برای فعالیت های زیرزمینی	۳۰۵ mm/s (۱۲ in/s)

روشهای پیشگیری، کنترل و کاهش پیامدهای نامطلوب

روشهای کاهش لرزش زمین

مهمترین عوامل تعیین کننده شدت لرزش به صورت زیر است:

- حداکثر خرج منفجر شده در هر تاخیر
- شرایط گل گذاری
- شرایط زمین شناسی نظیر ویژگی های سنگ ها و روباره
- فاصله از محل انفجار

روش های تجربی کاهش لرزش با در نظر گرفتن میزان خرج در هر تاخیر به شرح زیر است:

- استفاده از الگوی انفجار، تعداد، قطر و زاویه چال ها و فاصله های زمانی مناسب
- استفاده از روش خرجگذاری منقطع
- استفاده از خرج با قطر کمتر از قطر چال
- تقسیم کردن یک پله انفجاری به چند زیر پله

روشهای کاهش لرزش زمین

۱- **کاهش زمان حبس انرژی انفجار:** انتخاب الگوی مناسب انفجار (استفاده از تاخیر مناسب و گل گذاری بهینه) و افزایش شیب چالها

۲- **افزایش عمق سازه ها**

۳- **ایجاد شکاف برای کنترل لرزش:** جداسازی فعال (ایجاد یک شکاف در نزدیکی منبع ایجاد لرزش) و جداسازی غیر فعال (ایجاد شکاف در فاصله دور از منبع تولید لرزش و در نزدیکی سازه) و یا استفاده از ترانشه های باز

روشهای کاهش لرزش هوا

نحوه تاثیر پارامترهای مختلف بر لرزش هوا و زمین یکسان نیست و در اکثر موارد حتی تاثیر این عوامل بر لرزش هوا در مقایسه با لرزش زمین به صورت معکوس است. بنابراین، اگر خرج درون توده سنگ به نحو مطلوب تری محبوس شود، بیشترین کاهش را در ایجاد فشار و حرکت هوا ایجاد میکند.

برای کاهش ضربه لرزش هوا و صدای ناشی از عملیات انفجار معادن روباز، تدابیر کنترلی زیر پیشنهاد می شود:

- افزایش طول گل گذاری در چال های انفجاری
- استفاده از لوله های نانل به جای استفاده از فتیله انفجاری به عنوان خط آتش
- انجام انفجار در روز
- اجتناب از انفجار، وقتی که باد تند به سمت مناطق مسکونی می وزد.

عوامل مؤثر بر پرتاب سنگ

۱- ساختار توده سنگ

درزه و شکاف

۲- حفاری

قطر چال

شیب چال و بار سنگ

خرج ویژه

۳- خرجگذاری و شروع انفجار

خرج ته چال و خرج میان چال

گل گذاری (طول گل گذاری و دانه بندی مواد مصرفی)

تاخیرها (در شروع انفجار تاخیرها نباید بیش از ۱۰۰ ثانیه باشد)

کنترل پرتاب سنگ

- **برای کاهش پرتاب سنگ راهکارهای زیر توصیه می شود:**

- در توده سنگهای خرد شده و سست، مواد منفجره با افزودنی های خاص برای کاهش قدرت انفجار مورد استفاده قرار گیرد.
- بارسنگ و فاصله ردیفی مناسب باید مطابق با ارتفاع پله انتخاب شود.
- طول ستون گل گذاری باید بزرگتر از ۰/۶ برابر بارسنگ باشد.
- چال شیبدار مطابق با شیب پله حفاری شود.
- چالها باید تا حد ممکن از نواحی ضعیف دورتر حفر شوند.
- تمام چالها باید به طور مناسب با استفاده از خرده های حفاری با اندازه ۶ تا ۸ میلیمتر همراه با ذرات ریزتر گل گذاری شوند.

با تشکر از حسن توجه شما