

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فیزیک

بخش فیزیک

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته فیزیک

گرایش ژئو دینامیک و ژئو فیزیک

---

تأثیر معادن زغال سنگ بر لرزه خیزی گسل کوهبنان

---

مؤلف:

علی رضا سعیدی

استاد راهنما:

دکتر حسین امیری خانمکانی

مرداد ماه ۱۳۹۲

**تقدیم به:**

همسر مهربانم و فرزندان عزیزم محمد حسین و محمد احسان

## تشکر و قدردانی:

پس از حمد و ستایش خداوند، جا دارد از تمامی عزیزانی که مرا در انجام این پایانامه یاری نموده اند، تشکر نمایم.

با تشکر و سپاس از استاد محترم جناب آقای دکتر حسین امیری

و تشکر صمیمانه از پرسنل شرکت زغال سنگ کرمان

و در پایان با تشکر از شرکت زغال سنگ معدن جو به ویژه جناب آقای مهدی نبی زاده و سایر دوستان

## چکیده

چندین دهه فعالیت معادن زغال سنگ در منطقه زرنده و کوهبنان سبب احداث تونل ها و حفره های زیادی در پهنه گسلی کوهبنان شده است. بررسی ما در این تحقیق نشان می دهد که در مواردی تونل های احداثی گسل هایی را هم در این پهنه گسلی قطع می نمایند. هدف از این تحقیق بررسی اثر عملیات انفجار در استخراج زغال سنگ در منطقه و نیز تخلیه معادن بر فعالیت گسل ها و زلزله خیزی پهنه کوهبنان می باشد. در چند بخش مجزا ابتدا شدت و میرایی امواج الاستیکی ناشی از انفجارات در معادن، مختصات جغرافیایی معادن و گسل ها و هم پوشانی آنها و نیز زلزله های تاریخی در این مناطق و در آخر مقایسه آماری زلزله های قبل و بعد از فعالیت معادن زغال سنگ مورد بررسی قرار گرفته و در پایان هر بخش نتیجه ی بررسی ارائه شده است.

بررسی ها نشان می دهد که امواج الاستیکی ناشی از انفجارات در این معادن زغال سنگ برحسب میزان ماده منفجره، حداکثر تا ۴۸۰ متر میرا شده و فقط بر گسل هایی در چند متری محل انفجار باشند ممکن است اثر گذارد. عملیات انفجار در معادن با استفاده از روابط خاص و با توجه به نوع سنگ منطقه و فاصله تا تأسیسات یا حتی گسل قابل طراحی می باشد.

در این تحقیق مقایسه آماری بین لرزه های ایجاد شده، قبل و بعد از سال ۱۹۶۶ میلادی (آغاز بهره برداری از معادن زغال سنگ) صورت گرفته نشان دهنده افزایش میانگین سالانه لرزه ها از آغاز بهره برداری از معادن زغال سنگ به بعد می باشد. ولی میانگین شدت لرزه ها در دراز مدت کاهش یافته است. البته ما آن را سوپاپ اطمینان و کاهش خطرات دراز مدت می دانیم.

**کلیدواژه:** تونل، لرزه، موج، گسل، زغال سنگ، معدن، انفجار

صفحه	فهرست مطالب
۱	فصل اول: مقدمه
۲	مقدمه
۴	فصل دوم: آشنایی با معادن زغال سنگ زرنند
۵	۱-۲ مقدمه
۵	۲-۲ موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی
۶	۳-۲ تاریخچه تاسیس و بهره برداری شرکت
۶	۴-۲ گستره جغرافیایی فعالیت شرکت
۸	فصل سوم: انفجارات و رابطه آنها با لرزش
۹	۱-۳ مقدمه
۹	۲-۳ روش های استخراج
۱۰	۳-۳ لایه های زغال و چگونگی استخراج آنها
۱۲	۴-۳ انفجار برای ایجاد تونل
۱۳	۵-۳ معدن سنگ آهن جلال آباد
۱۳	۶-۳ مکانیزم انفجار
۱۴	۷-۳ تولید و انتشار لرزه در محیط
۱۵	۸-۳ میرایی و فرکانس لرزه
۱۶	۹-۳ اصطکاک داخلی سنگ
۱۶	۱۰-۳ امیدانس سنگ و ماده منفجره
۱۸	۱۱-۳ پیش بینی شدت لرزش ناشی از آتشیاری
۲۰	۱۲-۳ انتشار لرزه ها در محیط

۲۱	۱۳-۳ انرژی ماده منفجره در انفجارات تونل
۲۴	۱۴-۳ بررسی لرزش در معادن زغال سنگ زرنند
۲۴	۱۵-۳ بررسی لرزش در معدن سنگ آهن
۲۷	فصل چهارم: تأثیر برداشت زغال سنگ از معادن بر فعالیت گسل کوهبنان
۲۸	۱-۴ مقدمه
۲۸	۲-۴ موقعیت جغرافیایی گسل کوهبنان
۳۱	۳-۴ نوع گسل در قطعه ها
۳۲	۴-۴ تقسیم بندی گسل ها برحسب نرخ لغزش
۳۴	۵-۴ رابطه گسل با زلزله
۳۴	۶-۴ زمین لرزه های بوجود آمده به علت فعالیت های انسانی
۳۵	۷-۴ بررسی میدانی هم پوشانی گسل کوهبنان با معادن زغال سنگ منطقه ی زرنند
۳۹	فصل پنجم: مقایسه زلزله های گسل کوهبنان قبل و بعد از احداث معادن زغال سنگ
۴۰	۱-۵ مقدمه
۴۰	۲-۵ زلزله های تاریخی گسل کوهبنان
۴۰	۳-۵ تفسیر جدول
۴۲	۴-۵ زلزله های گسل کوهبنان از ۱۹۰۰ میلادی تا ۲۰۱۳
۴۹	فصل ششم: نتیجه گیری
۵۰	نتیجه گیری
۵۳	فهرست منابع
۵۵	پیوست

# فصل اول

## مقدمه



## مقدمه

طبق آمارها یک سوم تلفات سوانحه سده گذشته ایران در استان کرمان بوده و بیشترین تلفات مربوط به زلزله است زیرا همه نقاط جمعیتی کرمان در مجاورت گسل ها هستند و استان کرمان بعنوان زلزله خیزترین استان ایران می باشد.

گسل کوهبنان باطول تقریبی ۳۰۰ کیلومتر در شمال استان کرمان قرار دارد. این گسل از ۴۰ قطعه جدا از هم تشکیل شده، که معمولاً جدا از هم فعالیت می کنند. در مجموع گسل کوهبنان یکی از گسلهای فعال به شمار می آید.

از طرفی استخراج بخش عظیمی از زغال سنگ ایران از شمال استان کرمان، از منطقه زرنند صورت می گیرد و معادن و تونلهای متعددی در این منطقه وجود دارد. مکان جغرافیایی تعداد زیادی از این تونل ها بر روی گسل کوهبنان است که برداشت زغال سنگ از این تونل ها انجام می شود.

همه زلزله های رخ داده در جهان تکتونیکی نیستند و برخی از آنها توسط بشر القا می شوند مثلاً زلزله های فروریختی که از ریختن غارها، تونلها و کانال ها ایجاد می گردند یا زلزله هایی که ناشی از انفجارات است. بر همین اساس و با توجه به برهم زدن توپوگرافی منطقه توسط بشر، در این تحقیق موقعیت جغرافیایی تونل ها، گسل کوهبنان و همچنین انفجارات در تونل ها، انرژی آزاد شده در انفجارات و لرزشی که از این انفجارات ایجاد می شود، مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرند. تامیزان تأثیر آنها را بر گسل کوهبنان یافته و همچنین بین زمین لرزه های قبل و بعد از سال ۱۹۶۶ میلادی که آغاز بهره برداری از معادن زغال سنگ می باشد، مقایسه ای شده باشد. این مقایسه، در مورد خطر پذیری منطقه بر اثر برداشت زغال سنگ به نتایج قابل قبولی رسید.

این تحقیق شامل شش فصل است، در فصل اول مقدمه نوشته شده است.

در فصل دوم به موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی منطقه و همچنین گستره ی فعالیت شرکت زغال سنگ پرداخته شده تا اطلاعات بیشتری در مورد محل قرار گرفتن معادن زغال سنگ در منطقه داشته باشیم.

فصل سوم به چگونگی حفر تونل، شکستن سنگ توسط ماده منفجره و روشهای استخراج زغال سنگ از منطقه زرنند و همچنین مکانیزم انفجار و تولید و انتشار لرزه در اثر انفجار می پردازد. در این فصل ماکزیمم سرعت ذرات، بزرگی لرزش ناشی از انفجارات، حداکثر فاصله میرایی موج تا سرعت یک میلی متر بر ثانیه برای مقادیر مختلف ماده منفجره بدست آورده شده تا بتوان کنترلی بر لرزش ایجاد شده در اثر انفجارات داشته باشیم. همچنین میزان تأثیر این انفجارات را بر گسل ها وابینه هایی که در اطراف معادن است، بدست آوریم. برای اینکه اطمینان حاصل کنیم که از روابط تجربی که در منطقه دیگر بدست آمده اند، برای بدست آوردن ماکزیمم سرعت ذرات در این منطقه استفاده شده، درست است، زمین لرزه های ثبت شده بر اثر انفجارات معدن سنگ آهن جلال آباد که در این منطقه می باشد، از سایت مرکز ژئوفیزیک دانشگاه تهران گرفته و با لرزه های بدست آورده شده مقایسه گردیده است.

فصل چهارم بدلیل اینکه گسل کوهبنان در این منطقه قرار دارد، به موقعیت جغرافیایی گسل کوهبنان، قطعه های تشکیل دهنده گسل کوهبنان و موقعیت قرار گیری معدن زغال سنگ بر روی گسل پرداخته است تا بتوان به رابطه ی بین استخراج زغال سنگ از معادن و فعالیت های گسل کوهبنان پردازیم.

در فصل پنجم فعالیت گسل کوهبنان از ۱۹۰۰ میلادی تا ۲۰۱۳ میلادی از سایت پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله گرفته شده و با توجه به طول و عرض جغرافیایی گسل کوهبنان، زلزله هایی که بر روی این گسل در این دوره رخ داده است تفکیک شده و در جداولی آورده شده است و نمودارهای مربوط به جداول رسم شده اند. با توجه به نمودارهای رسم شده مقایسه هایی قبل و بعد از سال ۱۹۶۶ میلادی (۱۳۴۵ هجری شمسی) که سال بهره برداری از معادن زغال سنگ می باشد، شده است، تا تأثیر معادن زغال سنگ بر فعالیت گسل کوهبنان را بتوان حدس زد.

و فصل ششم نتیجه گیری تحقیق می باشد.

## فصل دوم

### آشنایی با معادن زغال سنگ زرد



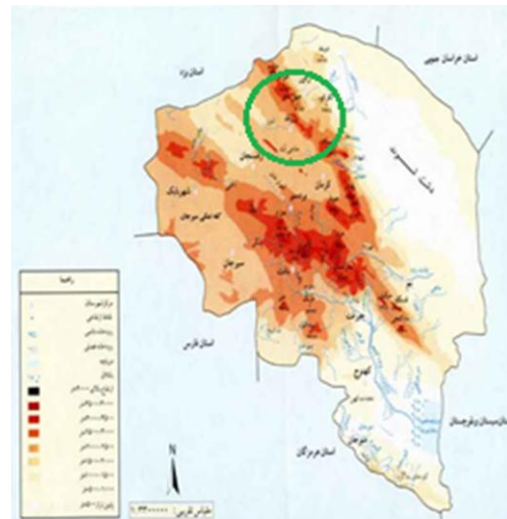
شکل ۱-۲ معدن زغال سنگ

## ۲-۱ مقدمه

استخراج بخش عظیمی از زغال سنگ ایران از این منطقه صورت می پذیرد. که در این فصل به موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی منطقه و همچنین چگونگی استخراج زغال سنگ از این منطقه پرداخته خواهد شد.



(ب)



(الف)

شکل ۲-۲ موقعیت جغرافیایی شهرستان زرنند

## ۲-۲ موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی منطقه

شهرستان زرنند در موقعیت  $35^{\circ}$ :  $56^{\circ}$  شرقی و  $48^{\circ}$ :  $30^{\circ}$  شمالی تا  $58^{\circ}$ :  $56^{\circ}$  شرقی و  $80^{\circ}$ :  $30^{\circ}$  شمالی با ارتفاع ۱۶۵۰ متر از سطح دریا در ۷۵ کیلومتری شمال غربی شهر کرمان قرار دارد (شکل ۲-۲).

با آب و هوایی نیمه کویری که تابستان های نسبتاً گرم و زمستان های سردی دارد و در مناطق کوهستانی با کوههایی بیش از ۳۷۰۰ متر ارتفاع که دارای آب و هوایی معتدل است.

میانگین بارش در شهر زرنند ۱۴۰ میلی متر است.

معادن زغال سنگ در مناطق کوهستانی این شهر واقع شده اند که از ۳۰ کیلومتری شمال شرق زرنند شروع شده و تا ۹۰ کیلومتری شمال غرب ادامه دارند (شکل ۲-۱).

## ۲-۳ تاریخچه تأسیس و بهره برداری شرکت

راه اندازی شرکت زغال سنگ کرمان در حدود سالهای ۱۳۴۴-۱۳۴۵ هم زمان با فکر تأسیس کارخانه ذوب آهن اصفهان جهت تأمین کک مورد نیاز کوره بلند، اکتشاف و بهره برداری از معادن زغال سنگ در برنامه در دست قرار گرفت.

لذا با توجه به اطلاعات اولیه و گزارشات کارشناسان زمین شناسی که به وجود زغال سنگ در شمال استان کرمان اشاره کرده بودند، مطالعات زمین شناسی در این محدوده در مکان شرکت زغال سنگ کرمان وابسته به شرکت ملی ذوب آهن ایران شروع شد.

این شرکت با همکاری کارشناسان شوروی سابق موفق به شناسایی و کشف ماده مذکور در فاصله ۲۱۰-۷۰ کیلومتری شمال غرب استان با وسعتی بیشتر از ۸۰۰ کیلومتر مربع در تشکیلات رسوبی تریاسی و ژوراسیک که دارای کیفیت مناسب برای تهیه کک بود، گردید. در سال ۱۳۵۳ به صورت شرکت سهامی خاص در اداره ثبت شرکتهای و با کیفیت صنعتی تهران به ثبت رسید<sup>۱</sup>.

## ۲-۴ گستره جغرافیایی فعالیت شرکت

معادن زغال سنگ کرمان از نظر ساختار ناحیه ای در قسمتی از شرق مرکز ایران و در قسمت جنوب شرق سنکلینیوریوم کرمان - بهاباد که خود قسمتی از شمال شرق بخشی چین خوردگی یزد - کرمان که در بخش شمالی دیرسیون جازموریان می باشد، واقع است. در حال حاضر مناطق معدنی این شرکت که در شمال استان کرمان واقع شده اند. شامل معادن پابدانا، همکار، هشونی، هجدک، کمسار، آب نیل و داربیدخون می باشند. که هر کدام از این معادن خود دارای چند تونل می باشد، که استخراج زغال در آنها صورت می گیرد.

این ساختار معدنی از معدن هجدک در فاصله ۴۵ کیلومتری در شمال شرقی شهرستان زرنند با مختصات، طول شرقی ۵۷/۰۱ و عرض شمالی ۳۰/۴۸ شروع شده و تا معدن همکار در شمال غربی منطقه زرنند در داخل شهرستان کوهبنان با مختصات طول شرقی ۵۶/۲۳ و عرض شمالی ۳۱/۲۲ ادامه دارد. معادن دیگر در گستره ی بین این دو معدن قرار گرفته اند. بیشترین تجمع معادن در منطقه پابدانا در شهرستان کوهبنان در جوار شهرستان زرنند می باشد. استخراج زغال سنگ و بهره برداری نیز در ابتدا از معادن پابدانا شروع شده است. سالها بعد از معادن دیگر شروع به بهره برداری کرده اند. به همین علت تونلهای معدن پابدانا از بلندترین تونلهای منطقه هستند.

---

۱- شرکت معادن زغال سنگ کرمان (<http://coal.kr.ir>)

در منطقه ی پابدانا سالانه ۱۴۰۰۰۰ تن زغال سنگ برداشت می شود و طول حفریات اصلی معدن تا کنون ۶۲ کیلومتر است. برآورد ذخیره زغال سنگ این معدن ۲۸ میلیون تن و با مساحت ۲۷ هزار مترمربع می باشد. برداشت زغال سنگ اکنون از تونل هایی صورت می پذیرد که در ارتفاع ۲۴۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند. شرکت زغال سنگ در حال بررسی برای برداشت زغال سنگ از اعماق زمین در ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا می باشد.

## فصل سوم

### انفجارات و رابطه آنها با زمین لرزه

### ۳-۱ مقدمه

حفر تونل و شکستن سنگ توسط ماده منفجره در اثر انفجار و در پی آن عکس العمل سنگ ها، در برابر موج ضربه و فشار گازهای حاصل از آن حائز اهمیت است.

در این فصل روشهای استخراج زغال سنگ توسط انفجارات و چگونگی استخراج زغال سنگ مورد بررسی قرار گرفته و همچنین به مکانیزم انفجار و تولید و انتشار لرزه در اثر انفجار پرداخته و در نهایت حداکثر سرعت ذرات برای مقدار ماده منفجره برای کنترل انفجارات را با روابط موجود محاسبه شده است.

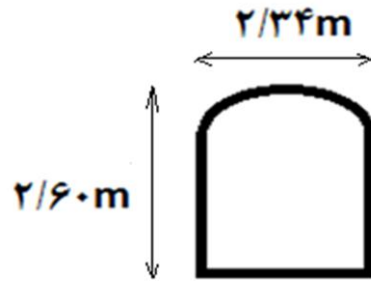
### ۳-۲ روش های استخراج

برای استخراج زغال سنگ به دو صورت عملیات بهره برداری انجام می شود.

**روش رو باز:** در شهرستان زرنند معادن که به صورت روباز استخراج می شوند، سه معدن هستند. در این معادن چند متر خاک و سنگ بر روی لایه زغال وجود دارد که توسط ماشین آلات مکانیکی از روی لایه زغال برداشته می شود. انفجار در این معادن کمتر صورت می گیرد، مگر در جاهایی که سنگ سخت باشد یا با ماشین آلات امکان برداشت آن نباشد، سپس به لایه زغال می رسیم که این لایه زغال نیز توسط ماشین آلات برداشت می شود. در این روش حفره های بزرگی در سطح زمین ایجاد می شود و خاک های برداشتی نیز به شکل تپه هایی در اطراف معدن به وجود می آیند.

**استخراج از اعماق زمین:** در این روش تونلهایی در سنگ ایجاد می شود و حفر این تونلها طوری انجام می شود که در امتداد و زیر لایه های زغال باشند، که بتوان زغال سنگ را از طریق این تونل ها به بیرون انتقال داد. ارتفاع این تونل ها معمولاً ۲/۶۰ متر و هلالی کلاهیک آنها ۲/۳۴ متر است (شکل ۳-۱)). که تقریباً برابر پهنای تونلها می باشد، تونل ها را در ابتدا چند سانتی متر بزرگتر می سازند که با قرار دادن کلاهیک فولادی در سقف و بتن ریزی در کنار ها یا چوب گذاری در نهایت به ابعاد بالا در می آیند.





شکل ۱-۳ مقطع تونل

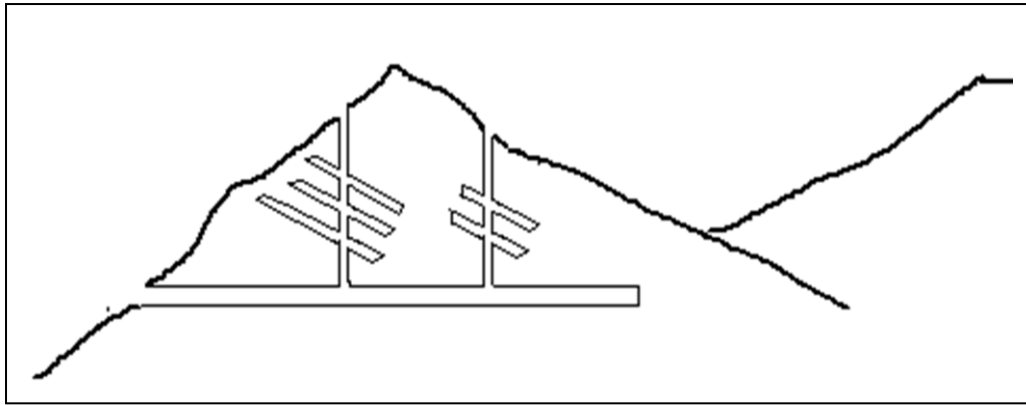
### ۳-۳ لایه های زغال و چگونگی استخراج آنها

در طول تونل هر چند متر زغال از طریق یک دویل اصلی (مسیر انتقال زغال به تونل) وارد تونل شده و در واگن هایی که از طریق ریل گذاری که در تونل وجود دارد، بارگیری شده و به بیرون هدایت می شود (شکل ۱-۳).

زغال در دویل های فرعی (گزننگ) توسط کارگر کنده شده به دویل اصلی هدایت می شود.

در معدن داربیدخون لایه های زغال به صورت مورب قرار دارند، ضخامت لایه های زغال معمولاً ۸۰، ۱۲۰ یا ۱۶۰ سانتی متر است (شکل ۲-۳). هر لایه زغال که در داخل گزننگ گرفته می شود به آن پین می گویند، فاصله دویلها از هم تقریباً ۲۵ متر است، پس از گرفتن پین دویلها توسط خاک پر می شوند، پر شدن دویل به دو صورت می باشد یا توسط خاک زنده ای از بالای کوه توسط ماشین آلات به دویل اصلی ریخته شده پر می شوند که در معدن باب نیز به این صورت است، چون لایه های زغال مورب هستند حتماً باید به این روش پر شوند تا لایه های زغال بعدی آسیب نینند و چوبهایی که در دویل اصلی کار گذاشته شده به زیر خاک می روند.

اما در پابدانا به روش تخریبی است، یعنی چوب ها را در دویل می کشند و دویل به صورت تخریب خاک و سنگ در اطراف دویل پر می شوند، گاهی این فرورفتگی تا سطح زمین نیز می رسد.



شکل ۲-۳ چگونگی حفر تونل ودویل

در دوایل ها اکثراً زغال با پیکور کنده می شود، زیرا گاز موجود در زغال سنگ باعث می شود کمتر از انفجار در زغال سنگ استفاده شود، مگر در مواقع هایی که توسط ایمنی معدن عدم گاز متان آن چک شده باشد، در این صورت از چهار عدد چال با انفجار کم استفاده می شود که دینامیتهای آن ضعیف ترند یا به عبارتی چرب ترند.



شکل ۳-۳ برداشت زغال سنگ از دوایل

### ۳-۴ انفجار برای ایجاد تونل

برای ایجاد تونل در سنگ ها از دینامیت برای انفجار باید در بدنه ی جبهه سنگ سوراخ یا چال ایجاد نمود تا ماده منفجره در آن قرار گیرد و برای پیشروی تونل استفاده می شود. برای مثال در تونل های معدن داربیدخون از پانزده تا سی چال استفاده می شود، در سنگ های سخت تعداد چال بیشتر و در فواصل نزدیک حدود ۲۰ تا ۲۳ سانتی متر از یکدیگر زده می شوند، اما در سنگ های نرم (ماسه ای) تعداد چال کمتر و در حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر از یکدیگر زده می شوند.

برای خرد شدن سنگ، یک چال در مرکز تونل ایجاد می شود. بقیه چال ها به صورت دایره هایی به مرکز چال اولی زده می شوند. چال مرکزی که مادر چال نیز نام دارد، عمقی برابر ۱۶۰ سانتی متر و بقیه چال ها دارای عمقی برابر با ۱۲۰ سانتی متر دارند. از دینامیت، ساخت ایران که قطری برابر با ۳۲ میلی متر با طولی برابر با ۲۰ سانتی متر دارد، استفاده می شود. پس چال ها باید قطری بیشتر از ۲ یا ۳ میلی متر از قطر دینامیت ها داشته باشند.

در هر چال یک چاشنی و چند لوله دینامیت گذاشته شده، درب چال را با گل رس کوبیده می شود. در چال مادر چاشنی در ته چال و دینامیت ها بر روی آن گذاشته می شوند. اما در بقیه چال ها چاشنی ها در سر چال گذاشته می شوند (شکل ۳-۴). تمام چاشنی ها به صورت سری با دو سیم به هم وصل می شوند، توسط فردی که حدوداً ۱۰۰ متر عقب تر در یک جان پناه قرار گرفته منفجر می شوند. چاشنی که در ته چال مادر قرار گرفته، زودتر از همه منفجر می شود و تخریبی که در وسط صورت گرفته، سنگ های خرد شده را به بیرون پرتاب می کند و سپس بقیه چال ها منفجر شده و سنگ های خرد شده به چال وسطی پرتاب می شوند، اگر چاشنی ها در ته چال ها باشند آرک و دیواره های تونل تخریب می شوند.



شکل ۳-۴ نحوه ی چیده شدن چال ها

هر معدن زغال سنگ در زرنند دارای چندین تونل است. به طور مثال معدن هشونی ۶ تونل دارد. دو تای آنها تا به حال طولی بالای ۵ کیلومتر را داشتند و هر کدام از آنها دارای ۱۰

کارگاه (دویل) می باشند. که در هر دوایل یک یا دو انفجار در هر شیفت کاری با ۴ تا ۶ چال در زغال سنگ صورت می پذیرد. برای پیشروی تونل در هر شبانه روز نیز یک انفجار در سینه کار تونل با حداکثر ۳۰ چال انجام می شود.

در تونل ۶ این معدن که طولی برابر با ۷۰۰ متر با شیب ۶۰ الی ۷۰ درصدی دارد، ۲۵ کارگاه وجود دارد. که هر کارگاه طولی به اندازه تقریبی ۲۰۰ متر یا بیشتر دارد و کارگران مشغول استخراج زغال از این کارگاه ها می باشند. زغال استخراجی از طریق تونل به بیرون هدایت می شود.

### ۳-۵ معدن سنگ آهن جلال آباد

در این معدن که در ۱۸ کیلومتری طغرالجرد قرار دارد روزانه یک یا دو انفجار برای استخراج سنگ آهن صورت می گیرد، عمق چال ها بالای ۱۵ متر تا حداکثر ۱۶ متر و قطر آنها ۵/۵ اینچ تا ۶/۵ اینچ می باشد. بسته به محیط انفجار ۸۰ تا ۱۰۰ چال به صورت مثلثی و یا لوزی شکل نسبت به یکدیگر چیده می شوند.

در هر چال تقریباً ۱۵۰ کیلوگرم ماده منفجره استفاده می شود، با توجه به درجه سختی سنگهای خرد شده و شدت و جهت انفجار، خرده سنگها بالای ۲۰۰ متر پرتاب می شوند. اگر خرده سنگها در جهت آتش باشند تا یک کیلومتر نیز پرتاب خواهند شد، این انفجارات لرزش ایجاد کرده، ساختمانها و تاسیسات معدن را می لرزاند.

در طغرالجرد نیز صدای انفجار شنیده شده و اندکی لرزش داریم که باعث لرزش ساختمانها، درب و پنجره ها می شود.

### ۳-۶ مکانیزم انفجار

وقتی که مواد منفجره داخل چال منفجر می شوند، موج ضربه و همچنین گازهای حاصل از انفجار، موج فشاری شدیدی ایجاد می کنند که در داخل سنگ منتشر می شوند. در مجاورت دیواره های چال، تنش های فشاری پدیده آمده موجب شکستن و خرد شدن سنگ می شود. از آنجائی که شدت تنش های ایجاد شده با افزایش فاصله از دیواره چال به سرعت کاهش می یابد. رفتار سنگ در دامنه ای از الاستیک تا پلاستیک و تا شکننده تغییر می کند. اندازه قطعات خرد شده با افزایش فاصله از دیواره چال به سرعت افزایش می یابد. در خارج از این منطقه که تنش حاصل از انفجار کمتر از مقاومت فشاری سنگ می باشد، منطقه ای از ترک های شعاعی توسط تنش برشی و کشش مماسی تشکیل می شود [۱].