

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خوشگاه تفصلي مهندسي عمران

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



علم تحقیقات بروجرد

موضوع:

ماشین آلات حفاری تونل

استاد

جناب آقای دکتر ایراندوست

دانشجو

محمد مهدی طولابی

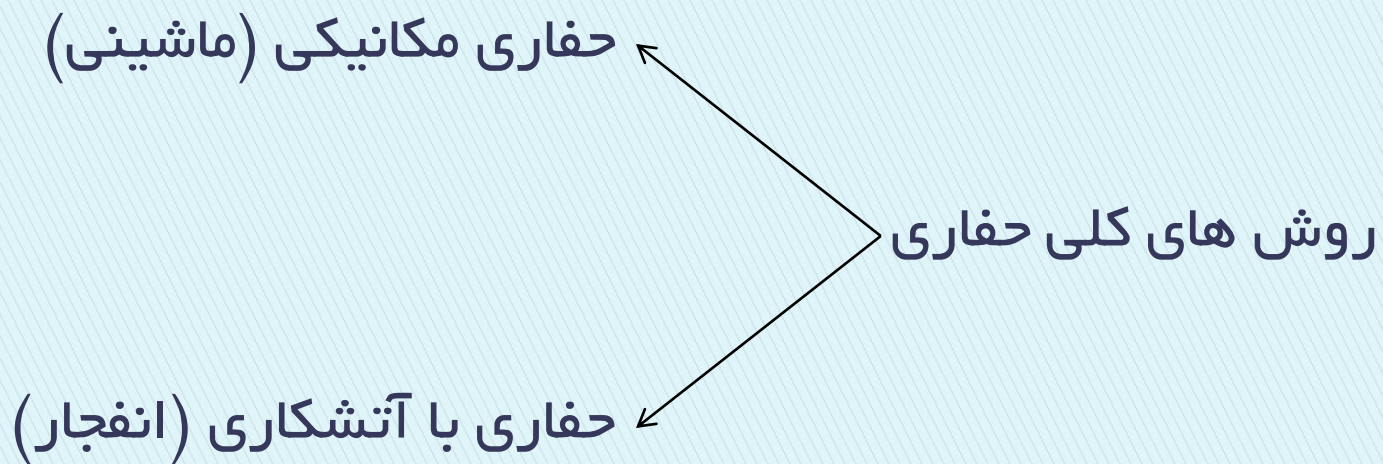
آبان ۹۲

انواع تونل از نظر کاربرد

تونل ها و فضا های زیر زمینی برای مقاصد متنوعی ایجاد می شوند

- ✓ تونل های حمل و نقل ← راه آهن ، راه ، مترو و ...
- ✓ تونل های صنعتی ← انتقال آب ، فاضلاب ، انبارهای نظامی و...
- ✓ تونل های معدنی ← اکتشافی ، گشایش معدن ، استخراجی و...

ماشين آلات حفاري تونل



حفاری مکانیکی (ماشینی)

الف: دستگاه حفار سپری (تمام مقطع)

ب: ماشین حفار دورانی کله گاوی (موضعی) – Road Header

ج: دستگاه حفاری تی بی ام (تمام مقطع) – **T**unnel **B**oring **M**achine

دستگاه حفار سپری (تمام مقطع)

این دستگاه معمولاً هم
با پوسته خارجی
هیدرولیک می
استفاده می



از این دستگاه
اندازه با سم
تا ۱۰ متر
باشد. از این
شود.

دستگاه حفار کله گاوی (موضعی)

شتر کاربرد
فاری وصل
و مصالح را
به نقاله به



این
دارد و
شده از
روی یک
اتهای

دستگاه حفار کله گاوی



دستگاه حفاری TBM (تمام مقطع)

دستگاه
دستگاه
حفاری به



این دستگاه
نصب شده
روی ریل نم
صورت مدار

قسمت های اصلی TBM

از قسمت‌های مختلف این ماشین می‌توان به موارد زیر اشاره کرد

۱- بدنه

۲- صفحه حفار

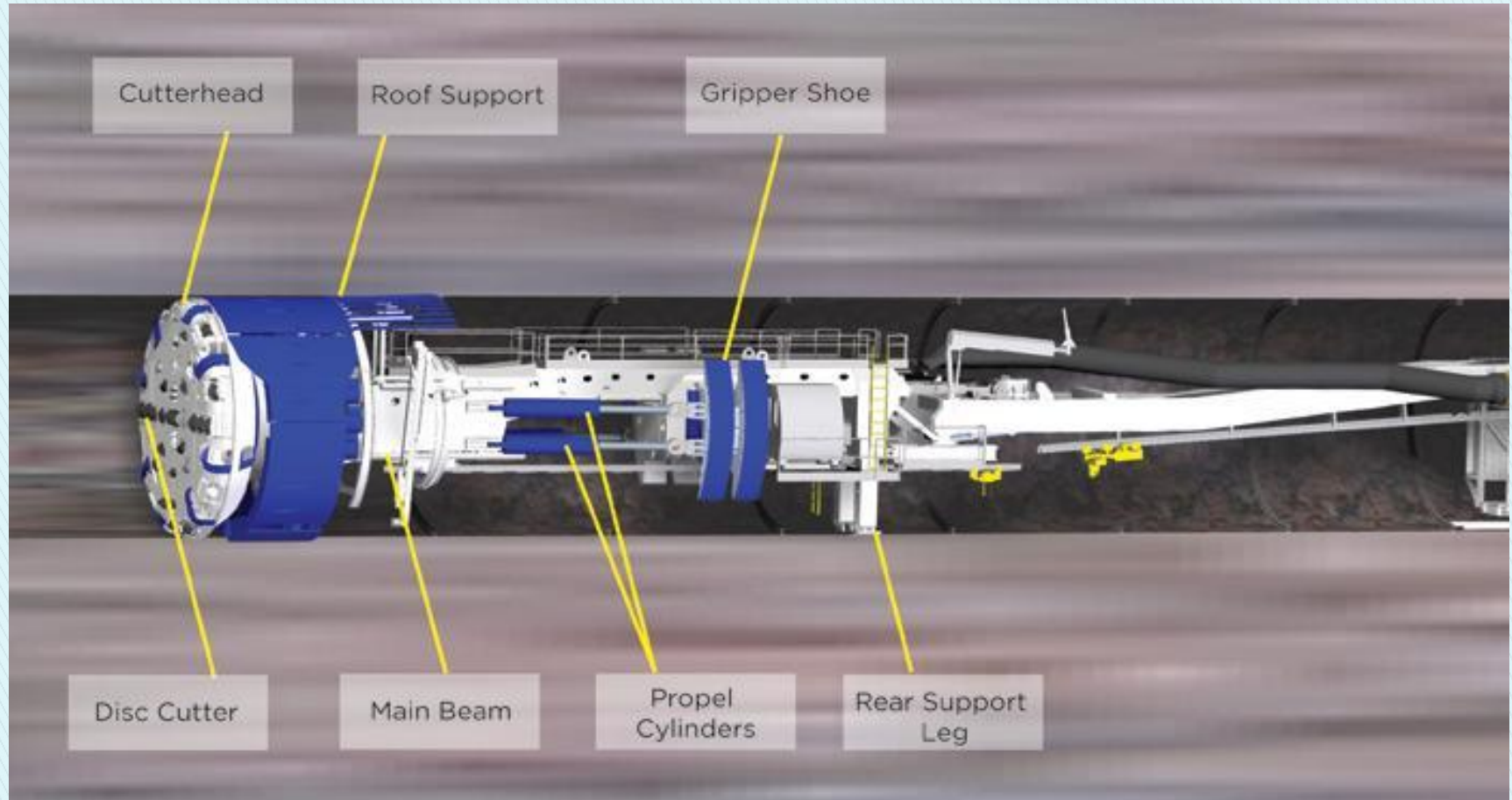
۳- ابزار برنده

۴- کفشک (گریپر)ها

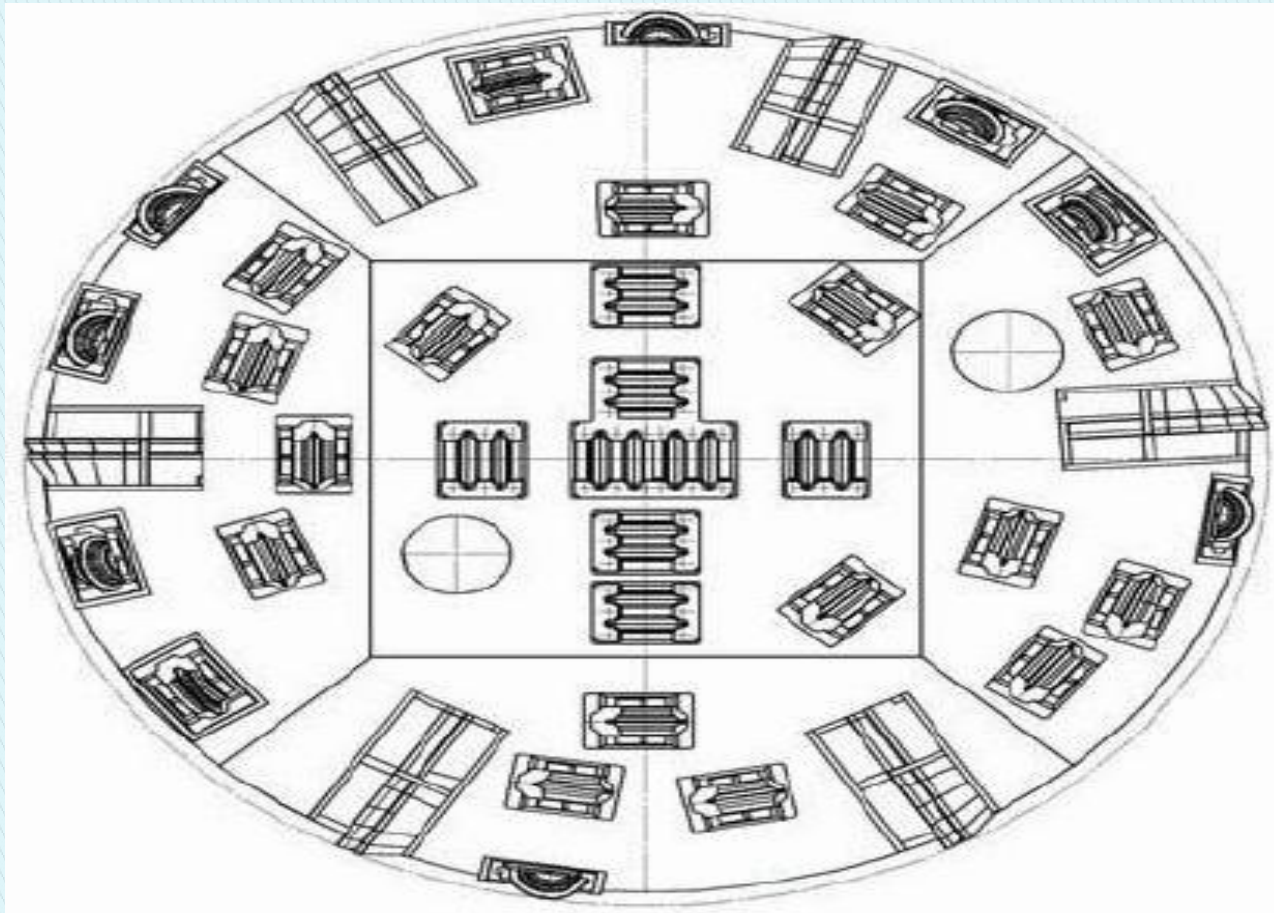
۵- جک‌های رانش صفحه حفار

۶- سیستم پشتیبانی و سیستم هدایت

قسمت های اصلی TBM

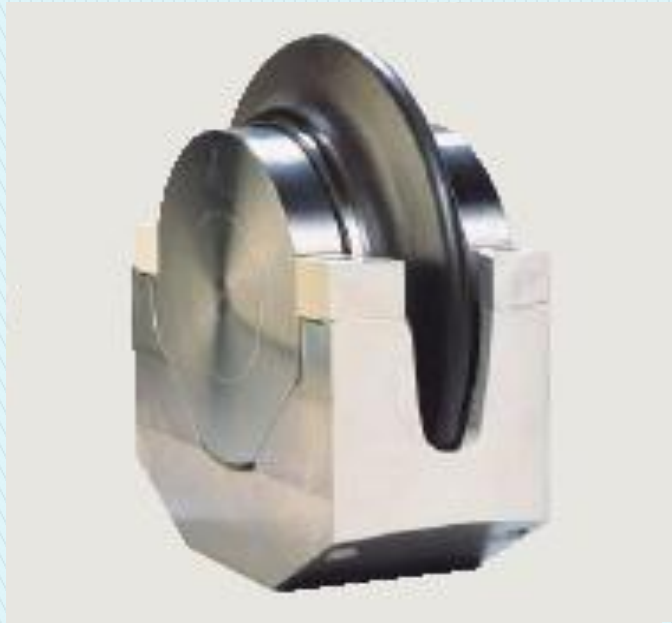


قسمت های اصلی TBM - صفحه حفار



صفحه ح
مخروطی
ستاره‌ای
حفاری به
می‌شود.
دستگاه
تعداد آن
می‌شود.

قسمت های اصلی TBM – ابزار های برنده



پیشانی برشی TBM (صفحه حفار) با آرایشی از برش دهنده ها مجهز شده است که بستگی به شرایطی که تونل سازی در آن صورت می گیرد دارند.

قسمت های اصلی TBM – ابزار های برنده



انواع ابزار برش دهنده: cutter

- ▶ ۱ – برش دهنده های چنگکی
- ▶ ۲ – برش دهنده های دیسکی
- ▶ ۳ – برش دهنده های غلتشی
- ▶ ۱ – ۳ : دندانہ ایی
- ▶ ۲ – ۳ : کاربرد تنگستنی :
- ▶ در این نوع خرد کردن سنگ ناشی از عمل ساییدن است.

قسمت های اصلی TBM – سیستم های پشتیبانی

- ▶ ۱- سیستم تامین نیرو (الکتروموتور ها ، پمپ جک های هیدرولیک)
- ▶ ۲- نوار نقاله برای حمل توده خرد شده به ماشین باربری
- ▶ ۲- سیستم ریل دوتایی با ماشین باربری (برای تونل های بزرگ مقطع)
- ▶ ۳- خط تهویه تلسکوپی، فن ها و سیستم تمیز کننده هوا
- ▶ ۴- واحد توان هیدرولیکی، مبدل و کابل ریلی
- ▶ ۵- حفار چال برای نصب بولت و واحد تأمین کننده توان این عملیات
- ▶ ۶- واحد نصب سگمنت های بتنی جهت لاینینگ
- ▶ ۷- واحد تزریق گروت به راک بولت ها و بین سگمنت ها

قسمت های اصلی TBM – سیستم های پشتیبانی



قسمت های اصلی TBM – سیستم های پشتیبانی



قسمت های اصلی TBM – سیستم های پشتیبانی



قسمت های اصلی TBM - جک ها



جک های پیش برنده

قسمت های اصلی TBM - جک ها



جک های جانبی

قسمت های اصلی TBM - جک ها



آرایش ابزارهای برش در صفحه حفار TBM

در ماشین های حفر تونل مخصوص زمین های نرم، معمولا از یک نوع ابزار برش استفاده می شود اما در ماشین هایی که در سنگ های سخت تر کار می کنند، امکان دارد که در یک ماشین از ابزارهای مختلفی استفاده شود.

(از چند نوع مختلف برش دهنده بسته به جنس زمین استفاده کنند.)

❖ ابزار برش مرکزی Center Cutters

❖ ابزار برش جبهه ای یا میانی Face Cutters: حفر بخش عمده مقطع ابزار

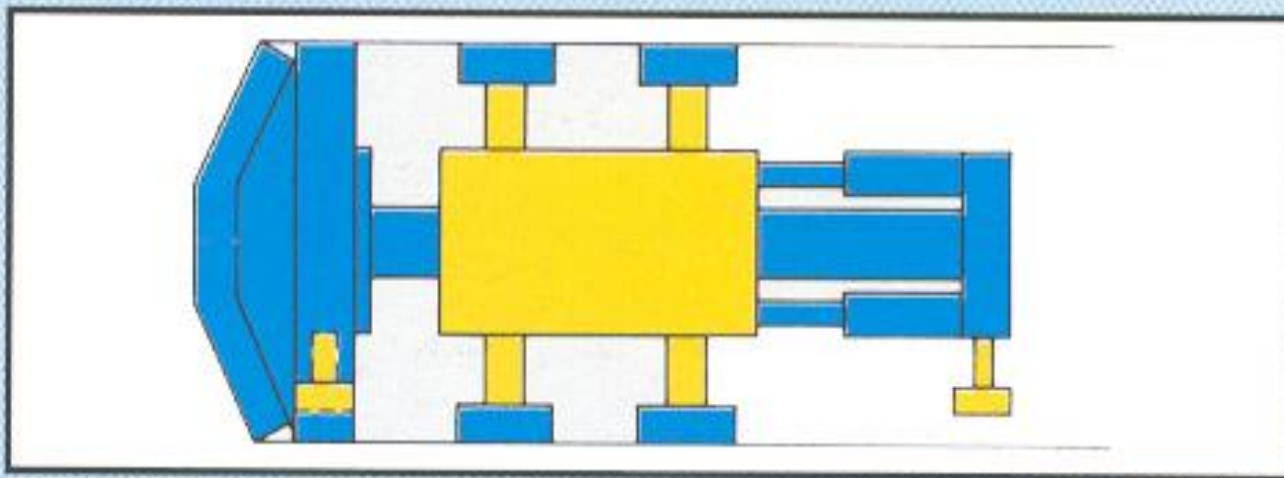
❖ ابزار برش محیطی یا لبه ای Gauge Cutters : حفظ شکل تونل

عملکرد TBM

پیشانی برشی (یا تاج حفار مجهز به برش دهنده های مناسب با جبهه کار تونل) عمل اصلی را انجام می دهد. پیشانی برشی معمولاً با سرعت ثابتی می چرخد و به وسیله نیروی فشاری پشت ماشین که توسط سیستم هیدرولیکی تامین می شود و نیز جک هایی که خود سیستم را به دیواره تونل محکم کرده، به داخل جبهه کار فشار داده می شود که این سیکل پیوسته در حال انجام می باشد و عملیات حفاری انجام می گردد.

سیکل کاری TBM

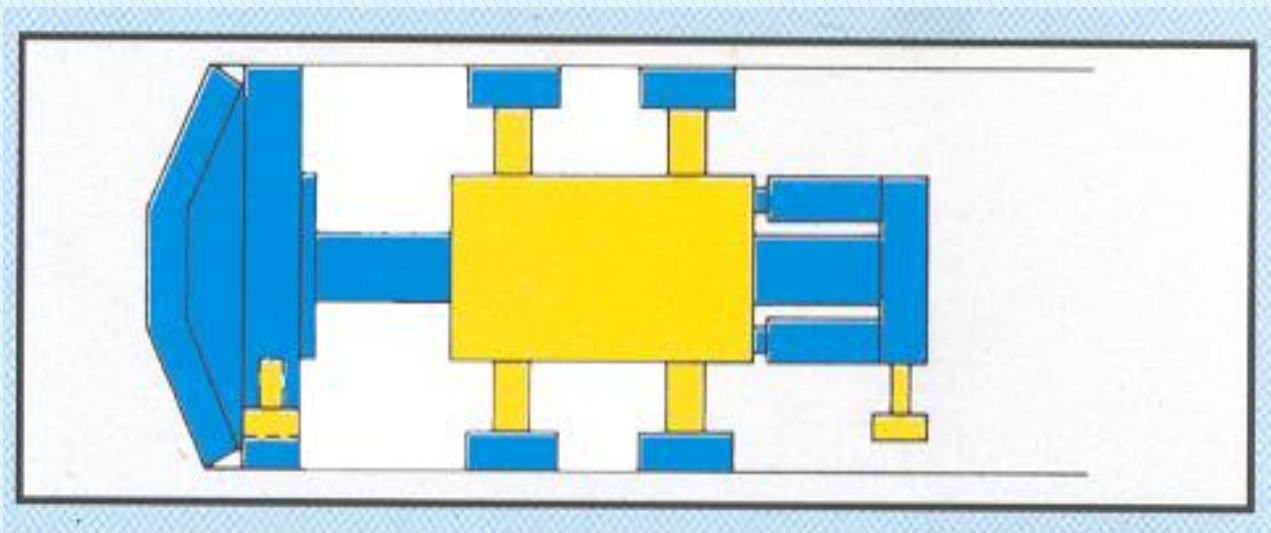
۱ - سیلندرهای نگهدارنده در حالت تکیه به دیواره تونل (شروع حفاری)



سیکل کاری TBM

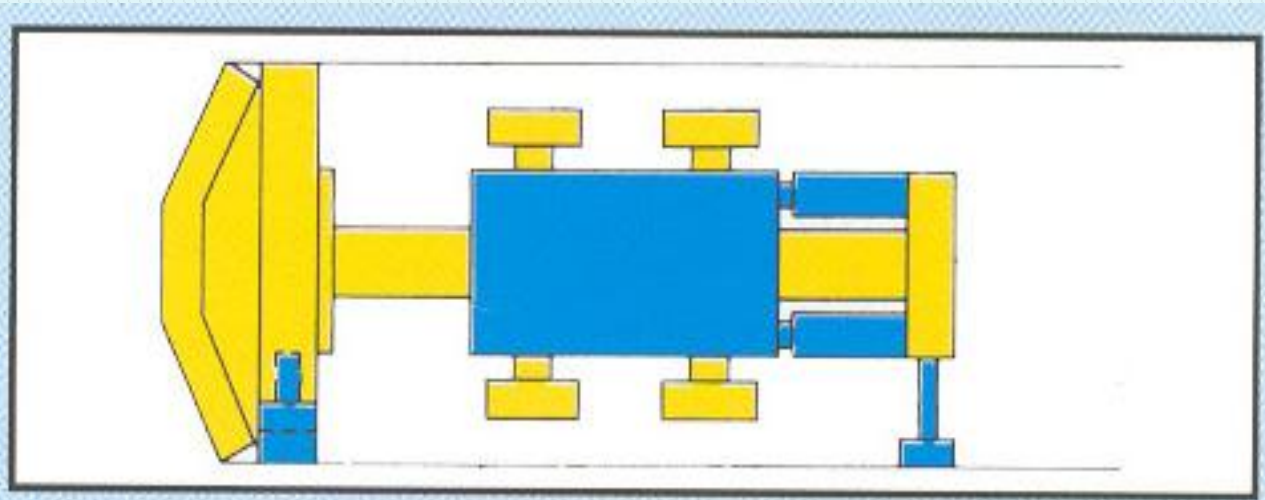
۲- پایان یک مرحله حفاری و توقف برای جابجایی بدنه اصلی جهت شروع

مرحله بعدی



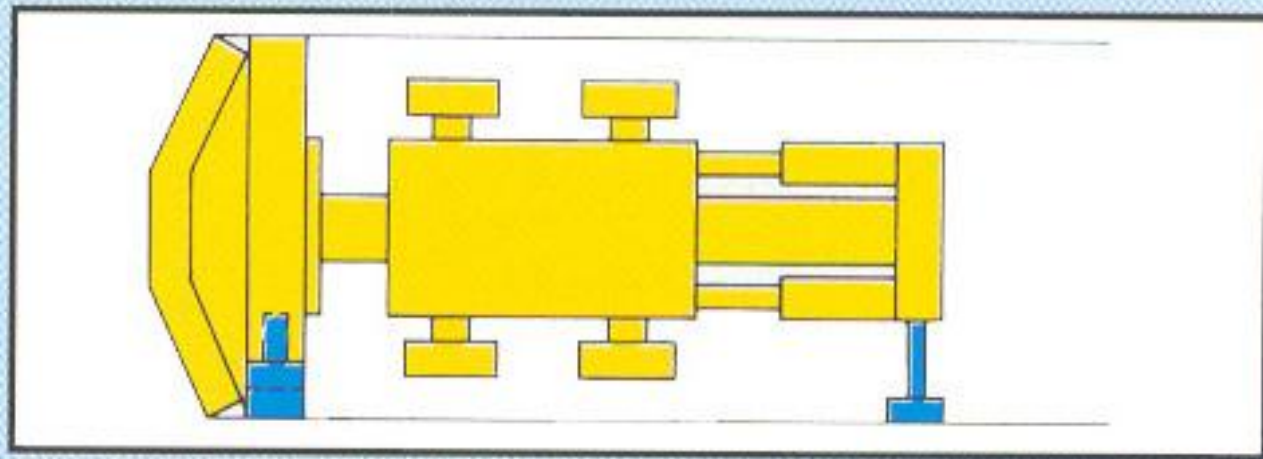
سیکل کاری TBM

۳- سیلندهای ابتدا و انتهای دستگاه برای ایجاد توازن از محل خارج شده و سپس سیلندهای نگهدارنده آزاد شده و بدنه خارجی به آهستگی به پشت سرته هدایت می گردد.



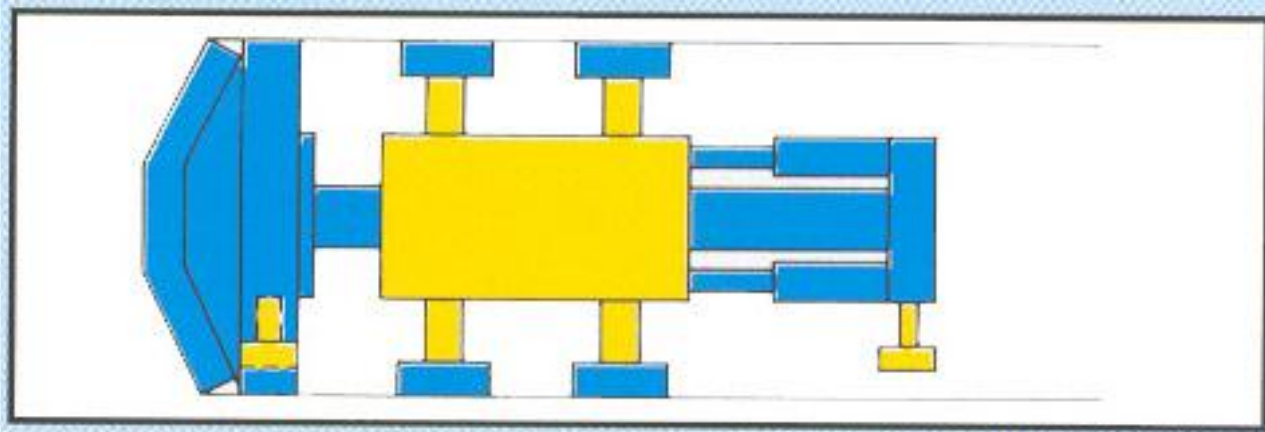
سیکل کاری TBM

۴- ماشین در حالت توازن کامل با استفاده از جک های انتهایی



سیکل کاری TBM

۵- سیلندرهای نگهدارنده در حالت تکیه به دیواره تونل و آزاد شدن جک های توازن و شروع مجدد حفاری



مشکلات ژئوتکنیکی در حفاری با TBM

تونل زنی به روش TBM در سنگهای سخت و ضعیف مشکلات خاص خود را ایجاد می کند.

در سنگهای ضعیف و سست مخصوصاً وقتی تنش ها بالا می رود باربری ، پایداری و نگهداری تونل مشکل اصلی و باعث تاخیر در روند اجرایی می شود.

در سنگ های سخت یا ساینده مانند سنگ هایی با درصد کوارتز بالا فرسایش و خوردگی ابزار برنده و استهلاک خود تجهیزات مشکل اصلی است.

در صورت وجود آب برای هر دو گروه سنگ مشکلات را چند برابر می کند.

نرخ نفوذ TBM

با مراجعه به نظریه فاست در سال ۱۹۹۳ در می یابیم که نرخ نفوذ TBM در سنگ های ضعیف می تواند تا سه برابر بیشتر از نرخ نفوذ در سنگ های سخت باشد.

اما همین محقق اشاره می کند که پیشرفت هفتگی در امر تونل زنی تفاوت چندانی ندارد. چون همانطور که در سنگ های سخت نرخ نفوذ کمتر است ، در عوض میزان اتلاف وقت برای نصب نگهدار ها کمتر می باشد.

حفاری تمام مقطع با سپر Shield Tunnelling, TBM

سپر با فشار هوا : Air Pressure

با افزایش فشار هوا در داخل تونل به گونه ای که از ارتفاع نظیر فشار آبهای ورودی بیشتر نشود ، می توان از ورود آنها به داخل تونل جلوگیری کرد و بدین ترتیب عملیات تونلسازی را در محیطی تقریباً خشک انجام داد. البته افزایش فشار هوا در داخل تونل به حدود $2/4$ تا $2/7$ بار محدود است زیرا افراد قادرند بدون مشکلات جدی این فشار را تحمل کنند. این فشار معادل 24 تا 27 متر ارتفاع آب است.

حفاری تمام مقطع با سپر Shield Tunnelling, TBM

سپر با فشار گل: Slurry

در مواردی که تونل در زمینهای خیلی سست و آبدار حفر می شود ، با روش های معمولی نمی توان از هجوم آب و نشست زمین جلوگیری کرد. در این روش از گلی که معمولا از مخلوط بتونیت (گروهی از کانه های رسی) و آب به دست می آید و به جای هوای فشار استفاده می شود. در واقع گل بین جبهه کار تونل و صفحه حفر سپر قرار می گیرد. برای جلوگیری از خروج گل باید بین صفحه حفر و بدنه کاملا آب بندی شود.

حفاری تمام مقطع با سپر Shield Tunnelling, TBM

سپر با فشار گل: Slurry

در مواردی که زمین رسی باشد فقط آب به جبهه کار تزریق می شود.



حفاری تمام مقطع با سپر Shield Tunnelling, TBM

سپر با فشار خاک: Earth Pressure Balanced, EPB

از این سپر برای حفر تونل در زمینهای سست زیر سطح ایستابی و خاکهای ریز دانه که دارای آب های زیر زمینی به کار می برد. این دستگاه از یک صفحه حفر دایره ای پنجره دار دارد که در جلو دستگاه می چرخد و مواد حفر شده از جبهه کار از طریق پنجره ها در محفظه ویژه ای که بلافاصله در پشت صفحه قرار دارد جمع و متراکم می شود. این مواد در واقع حفاظی را برای نگهداری جبهه کار تونل فراهم می سازند و در عین حال از ورود آب به داخل سپر نیز جلوگیری می کنند.

مکانیسم حفاری سپر با فشار خاک EPB

در روش متعادل کننده فشار زمین نگهداری مداوم جبهه کار تونل از طریق ایجاد تعادل بین فشار خارجی زمین و فشار آب در مقابل نیروی فشاری ماشین و نرخ خروج مصالح حفاری شده از ماشین انجام می گیرد.



مزایا و معایب استفاده از TBM

مزایا :

۱. سرعت پیشروی بالا
۲. عملیات پیوسته
۳. آسیب رسانی کمتر به سنگ و دیواره تونل
۴. نخاله کمتر و یکنواخت تر و قابل استفاده
۵. امکان عملیات خودکار و از راه دور

معایب :

۱. شکل هندسی ثابت حفاری
۲. انعطاف پذیری محدود نسبت به شرایط حاد زمین شناسی
۳. سرمایه گذاری اولیه زیاد

TBM



تزریق دوغاب (گروت) به سگمنت ها



TBM



حفاری با آتشکاری (انفجار)

الف: پرافتور (چال زن دورانی - ضربه ای)

ب: دریل واگن (ارابه چال زنی)

ج: جامبو دریل

پرافتور (چال زن دورانی - ضربه ای)

در این دستگاه با ضربه و چال زنی در بتن و دیوارهای
فشرده انجام می‌دهند



دریل واگن (ارابه چال زنی)

چال زنی
یکی و یا
ارابه های
وواعی که



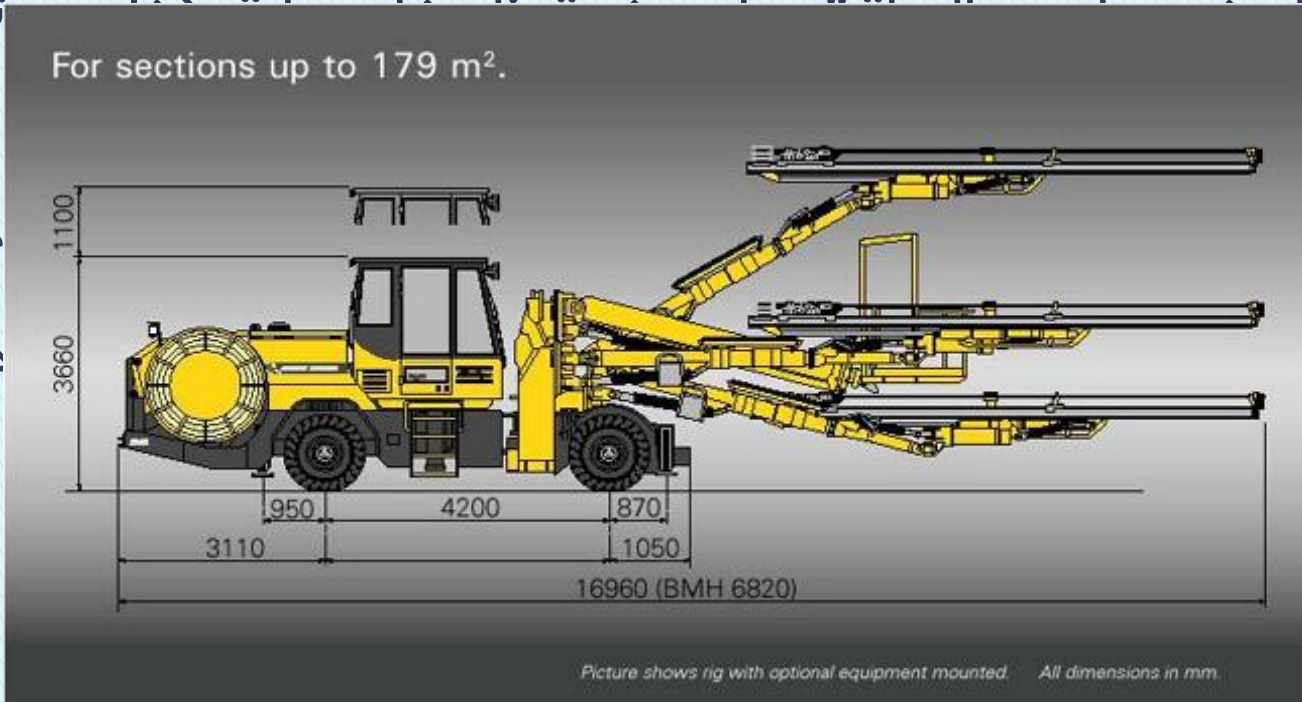
دریل واگن
روی آن س
دیزلی باش
آن می تو
بیش از یک

دریل واگن (ارابه چال زنی)



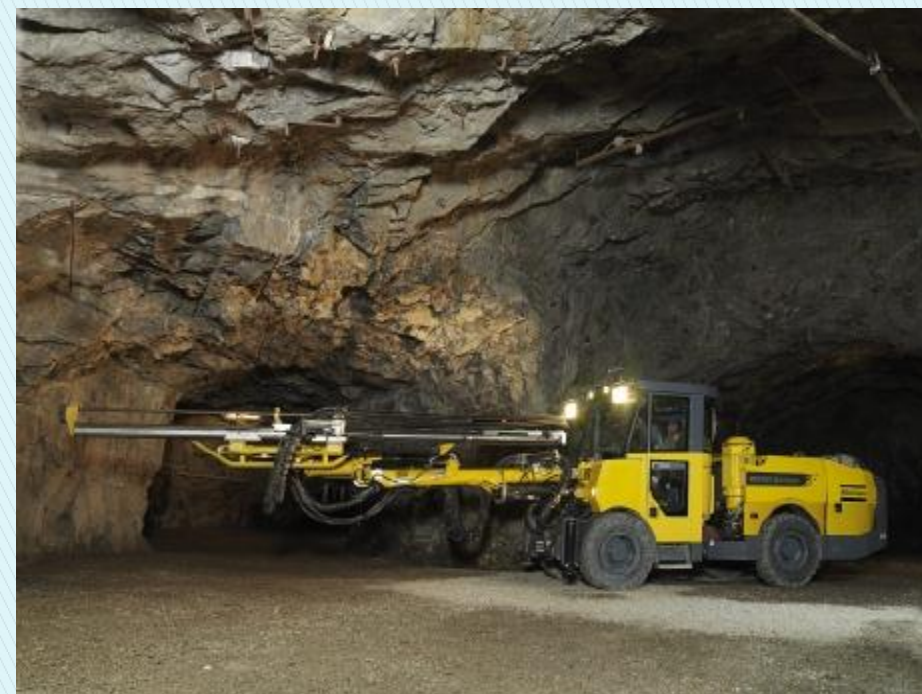
جامبو دریل

تثبیت
رگی و
حفاری
ده می



جامبو دریل
دیواره ها
سرعت کا
از سیستم
کنند.

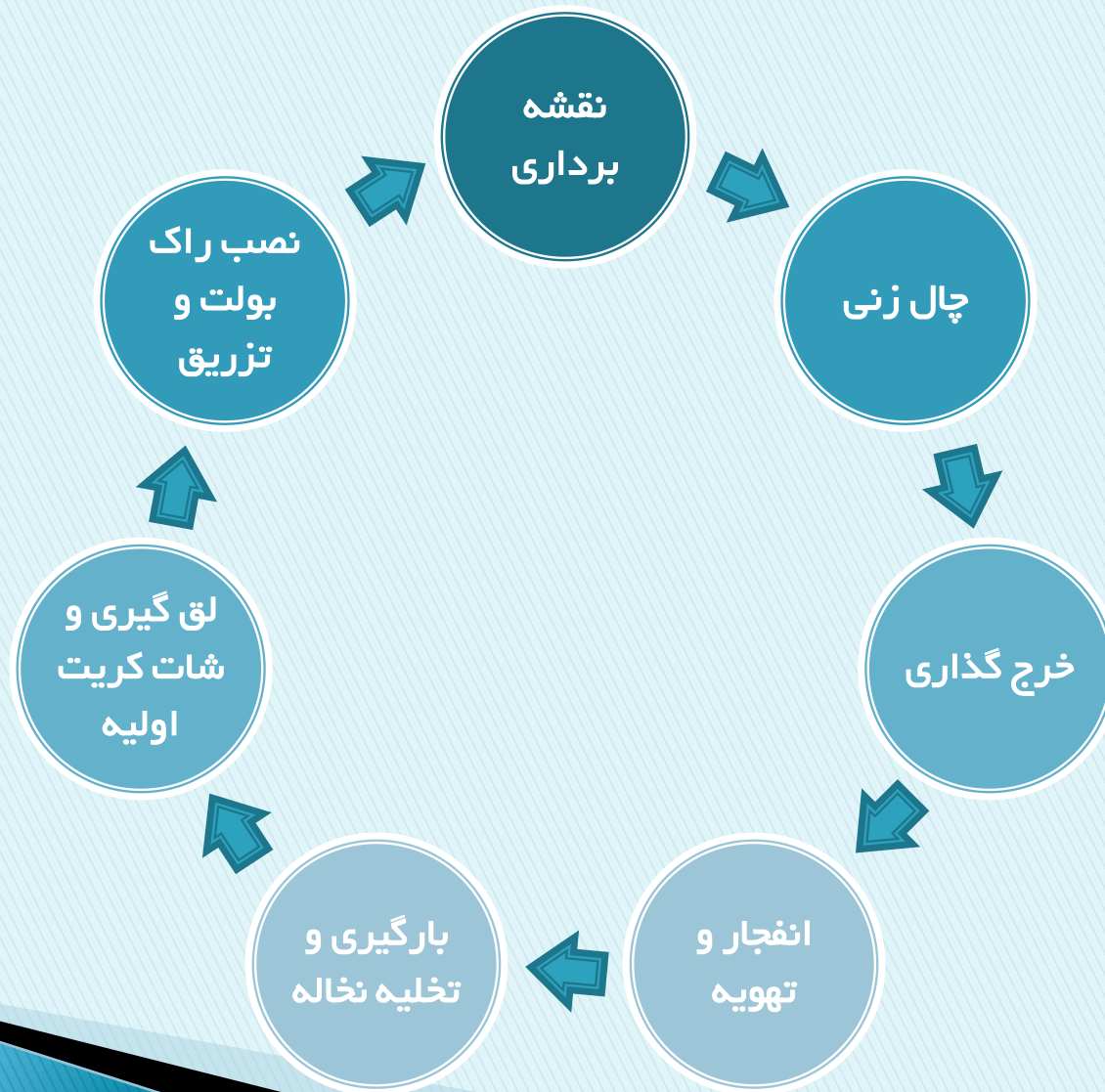
جامبو دریل



عوامل موثر در حفاری با جامبو و دریل واگن

- جنس سنگ و سیلیس دار بودن آن
- کارخانه سازنده و کیفیت ساخت ادوات حفاری
- سالم بودن دستگاه و مهارت اپراتور
- قطر چال یا قطر سرمته (هر چه سایز سرمته کاهش یابد راندمان آن نیز کاهش پیدا می کند)

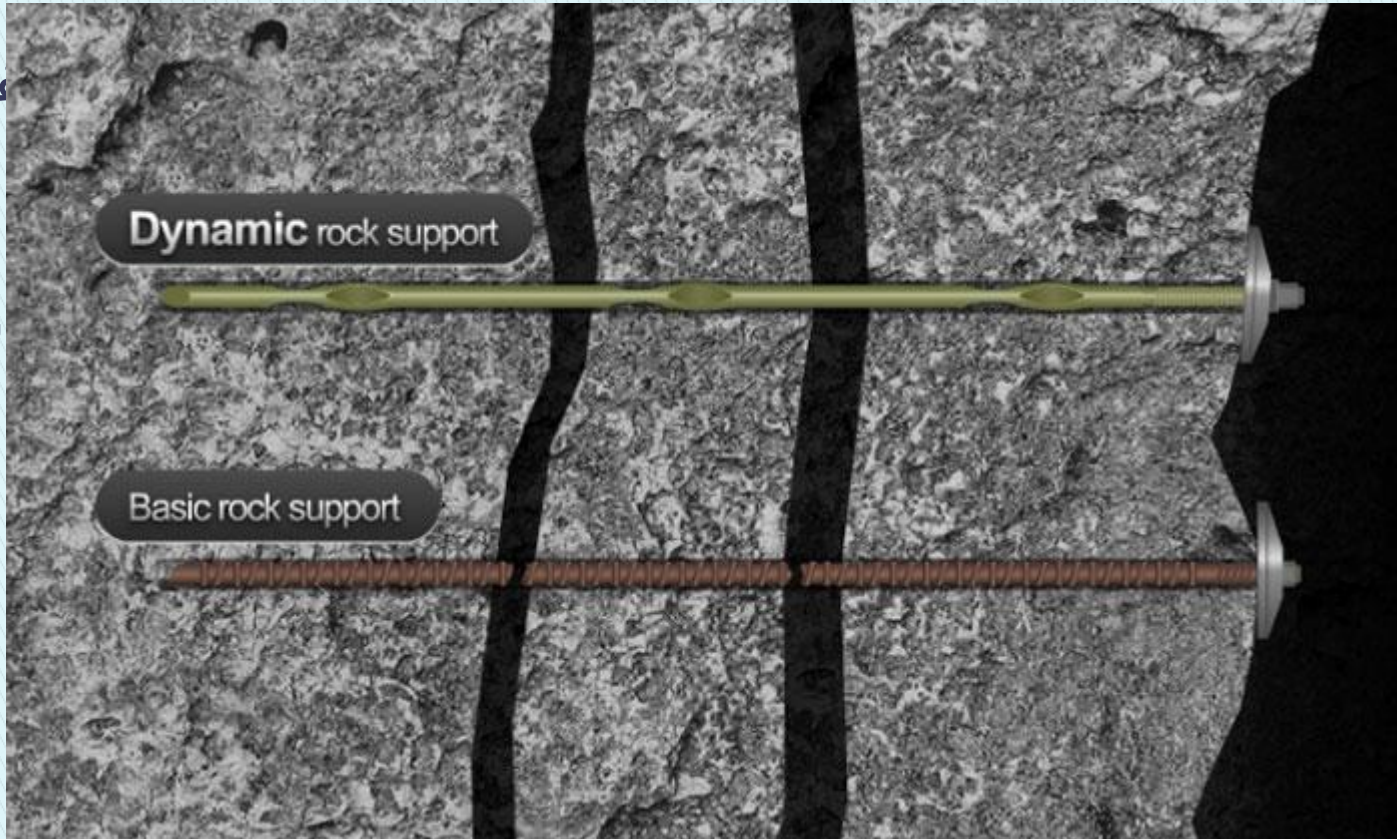
سیکل حفاری به روش آتشکاری



نصب راکت بولت

ساده از

سپس



به من

میله

راکت

با دو

کسی در شمار دانایان است که بر آنچه از دستش رفته افسوس نخورد،

از نایافته به رنج نباشد،

چون در طلب مرادی با سختی رویا رو شود سست نگردد و دل به ناامیدی نسپارد .

(بزرگمهر)

و من الله توفیق ...

منابع و مراجع

۱- حسن مدنی «تونلسازی جلد اول حفاری و اجرا» چاپ ششم انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۱۳۸۹

۲- امید رضا محبی «حفاری و انفجار در پروژه های عمرانی» چاپ اول انتشارت ناقوس ۱۳۸۹

3- www.irtbm.ir

4- www.civilica.vom