نقشه برداری زیر زمینی

مقدمه

- دلایل توسعه و افزایش توجه به احداث سازه های زیرزمینی:

✓ پیشرفت فن آوری
✓ سهولت نسبی در حفاری و ساخت سازه های زیرزمینی
✓ محدودیت های فضای سطحی در اجرای طرح های عمرانی و مسائل سیاسی و امنیتی

- انواع سازه های زیرزمینی :

✓ راه ها و بزرگراه های زیرزمینی
✓ انواع تونل ها
✓ شبکه مترو شهری
✓ نیروگاه ها
✓ مغارهای زیرزمینی برای دفن زباله های هسته ای و مخازن نفت
✓ پناهگاه ها و انبارها

تعریف نقشه برداری زیرزمینی

- عبارتست از به کارگیری روشهای خاص نقشه برداری، با استفاده از تجهیزات خاص برای تعیین موقعیت نقاط زیر سطح زمین
- یکی از شاخه های علم نقشه برداری است که در آن نقشه برداران عمل تعیین موقعیت و اندازه گیری های زیرزمینی را جهت اهداف مختلفی چون پیاده سازی راه های ارتباطی (تونل)، اکتشاف و استخراج معادن، حمل و نقل مسافر، کالا، انتقال آب و نیرو و یا خطوط لوله گاز و نفت انجام می دهند.

- تفاوت ناچیز بین نقشه برداری زیرزمینی و نقشه برداری تحت الارضی:
  - ✓ سختی های محیط کار ← جزو کارهای خاص نقشه برداری
  - ✓ ضریب ۱.۲۵ در پرداخت دستمزد

انواع پروژه های زیرزمینی :

- پروژه های عمرانی

پروژه هایی مانند مترو، تونل راه، راه آهن، سدسازی، گذرگاه های درون شهری، کانال های آب و فاضلاب

- پروژه های معدنی

پروژه هایی که هدف ایجاد مسیری برای دسترسی به لایه های مورد نیاز و استخراج آن ها می باشد.

شرایط ویژه عملیات زیرزمینی:

۱. عدم وجود نور کافی (تاریکی)

- نیاز به استفاده از تجهیزات ایجاد روشنایی
- روشنایی راه های اصلی ← نور برق سراسری و یا ژنراتور
- راه های فرعی ← چراغ های دستی، چراغ های روی کلاه ایمنی
- سیستم نوردهی تجهیزات نقشه برداری ← مثل توتال استیشن لیزری
- محدودیت استفاده از وسایل روشنایی و دوربین ها در برخی پروژه ها بدلیل وجود گازهای قابل اشتعال و خطر انفجار

۲. وجود آب و رطوبت و گل و لای در کف تونل

- جهت انتقال آب ← شیب تونل، چاه های فاضلاب، دستگاه های پمپاژ آب به بیرون
- به علت وجود گل و لای در کف تونل ← احداث نقاط نقشه برداری در سقف و دیواره تونل
- استفاده از تجهیزات خاص: چکمه، بارانی، روکش دوربین، سه پایه و شاخص آلومینیومی، متر ضد زنگ

۳. مشکلات تنفسی در فضای زیرزمینی

- کمبود اکسیژن
- وجود گرد و غبار و گازهای سمی
- استفاده از مکش های قوی تونل
- استفاده از ماسک های انفرادی
- توجه به حساسیت افراد
- ممنوعیت استفاده از فندک و کبریت و ...

۴. کمبود فضای کار

- پایین آمدن درجه آزادی عملیات نقشه برداری
- استفاده از تجهیزات خاص نقشه برداری : شاخص کشویی، ایستگاه های ثابت در بدنه ی تونل
- گسترش بیشتر نقاط کانوای نقشه برداری به منظور ایجاد دید نقاط مجاور

۵. خطر ریزش سنگ از سقف و دیوار

- جهت جلوگیری از ریزش سنگ، روی دیواره ها یک توری مثل یک شبکه فلزی به نام **مش** نصب می کنند و روی آن توری سیمان پاشیده می شود تا مقاومت آن را بالا ببرند. سیمان پاشیده شده بر روی مش را **شاتکریت** گویند.

۶. سرعت و دقت بالای مودنیاز در کار

- حجم بالای عملیات نقشه برداری از داخل تونل به بیرون باعث می شود که معمولا عملیات حفاری همزمان با عملیات نقشه برداری صورت گیرد ← مستلزم سرعت بالا در انجام کار نقشه برداری
- با توجه به عدم وجود روش های کنترل برای کنترل کار ← دقت بالای نقشه بردار

تونل :

- تونل شامل سازه ای است که در زیرزمین با سطح مقطع معین درعمق معین ساخته می شود.

- ***انواع تونل ها از لحاظ کاربرد :***

۱. تونل های ارتباطی بین شهری :

این تونل ها در مناطق کوهستانی و پر فراز و نشیب بمنظور جلوگیری از حجم عملیات خاکی بسیار زیاد وساخت پل های بزرگ و پرهزینه و حفاظت مسیر از خطر ریزش کوه و یا بهمن ایجاد می شود. معمولا ابتدای تونل در روی زمین و انتهای آن نیز بر روی زمین ختم می شود.

حداکثر شیب طولی: ۱۴ ٪

۲. تونل های راه آهن بین شهری :

- مخصوص رفت وآمد واگن های راه آهن
- حداکثر شیب طولی مسیرهای راه آهن نمی تواند از ۴ در ۱۰۰۰ تجاوز نماید.

۳. تونل های راه آهن داخل شهری :

این نوع تونل ها که در اصطلاح به آنها مترو گفته می شود از نقطه ای در زیر زمین شروع شده و به نقطه ای دیگر در زیر زمین ختم می شود.

۴. تونل های پیاده رو:

- جهت استفاده عابرین یا دوچرخه سوارها و معمولا ایجاد ارتباط بین دو نقطه مسیر کوتاه ولی پرتردد
- مثل تونل های ارتباطی بین پایانه های مسافربری و ایستگاه مترو

۵. تونل های صنعتی:

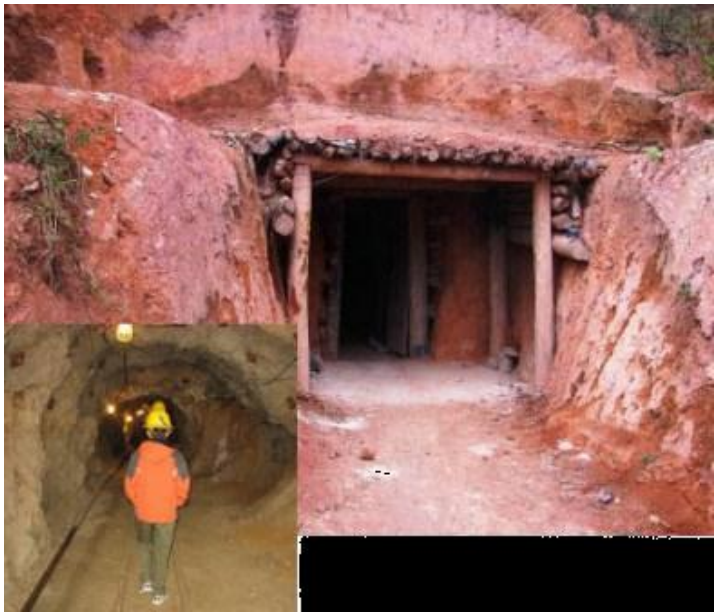
- جهت انتقال مواد استفاده می شود. از جمله این تونل ها:
- تونل های مربوط به نیروگاه های آبی و سد
- تونل های انتقال آب
- تونل های فاضلاب
- تونل های انبارهای نظامی
- تونل های دفن زباله های اتمی

۶. تونل های معادن :

این نوع تونل ها در مناطق معدنی ممکن است به دو شکل مورد استفاده قرار گیرد :

الف) تونل های ارتباطی به منظور تأمین مسیرهای رفت و آمد از ورودی تونل تا محل تجمع مواد

ب) تونل هایی با کوتاه ترین مسیر به منظور استخراج مواد معدنی حفر می شود و از ضوابط معینی پیروی نمی کنند و لذا می تواند یصورت چاه قائم و یا با شیب زیاد حفر شود.



اصطلاحات خاص نقشه برداری زیر زمینی :

۱. زیرزمین:

در اصطلاح عام به عوارض قابل دسترس مصنوعی یا طبیعی در داخل زمین گفته می شود.

۲. معدن:

مجموعه تاسیسات زمینی و دالان های زیرزمینی که به منظور هدف خاصی احداث شده را معدن گویند. اصطلاحا به محل تجمع مواد معدنی نیز معدن گفته می شود. چنانچه شعاع معدن و تاسیسات آن کمتر از یک کیلومتر باشد به آن معدن کوچک و اگر بیش از یک کیلومتر باشد به آن معدن بزرگ گفته می شود.

۳. گالری:

به دالان های افقی زیر زمین که از یک طرف به منظور خاص مسدود است و خود یکی از راه های ورود به زیر زمین به شمار می رود گالری گویند. به دو دسته تقسیم میشوند:

گالری اکتشافی: دالان هایی جهت اطلاع از وضعیت مواد معدنی

گالری آماده سازی: منشعب شده از تونل های اصلی جهت انجام کارهایی مانند تزریق بتن، شناسایی جریان های زیرزمینی، بررسی و اندازه گیری های ژئوتکنیکی و ...

٤. تونل (Tunnel) :

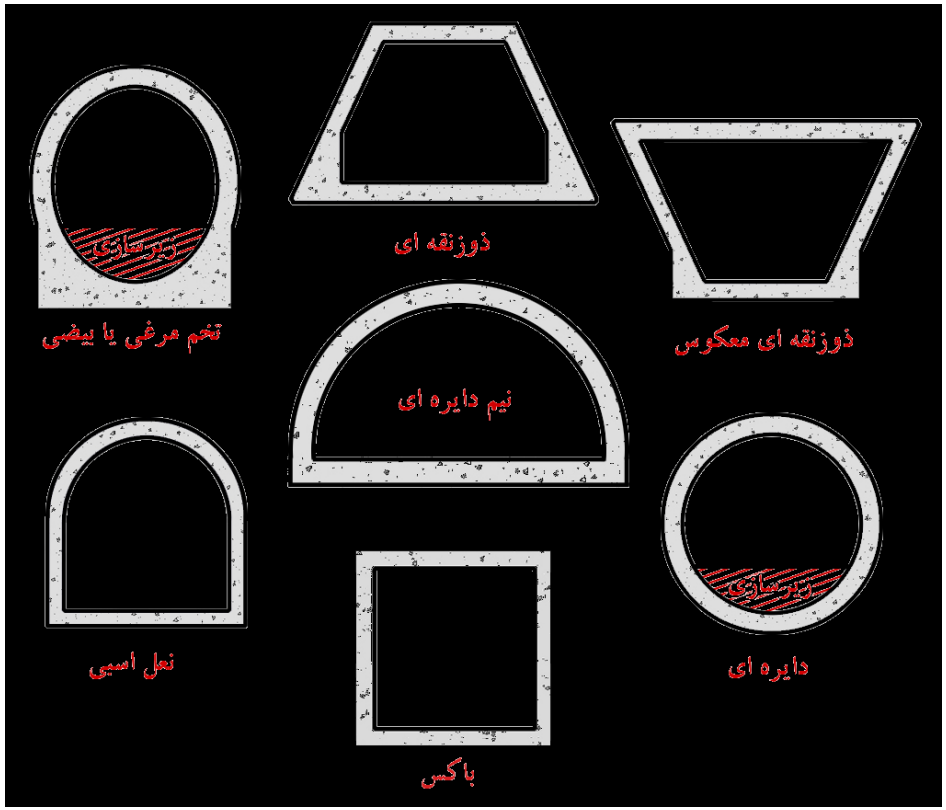
دالان های عریضی با شیب کم جهت عبور و مرور افراد، حمل مواد و خودرو و خطوط ریلی می باشد که معمولا از دو طرف باز می باشد و در پروژه های راه سازی، کانال های آب و فاضلاب و سد سازی و ... مورد استفاده قرار می گیرد.

٥. محور تونل (Tunnel Axis): خط وسط و مرکزی تونل که معمولا به کمک نقاطی با فواصل منظم در سقف تونل مشخص می گردد.

٦. ترانشه تونل (Tunnel Trench) : شیب خاکبرداری دهانه های ورودی و خروجی تونل که دارای سقف نبوده را ترانشه تونل گویند.

۷. مقطع تونل (Tunnel Cross Section) **:** شکل برش عرضی تونل را مقطع تیپ تونل گویند. شکل مقطع تیپ تونل به نوع کاربری، حجم و نوع سنگ منطقه بستگی دارد. بطور معمول شکل مقطع تیپ تونل را طوری در نظر می گیرند که فشار مکانیکی سنگ ها را به خوبی توزیع کند.

- **انواع مقاطع استاندارد تونل:**



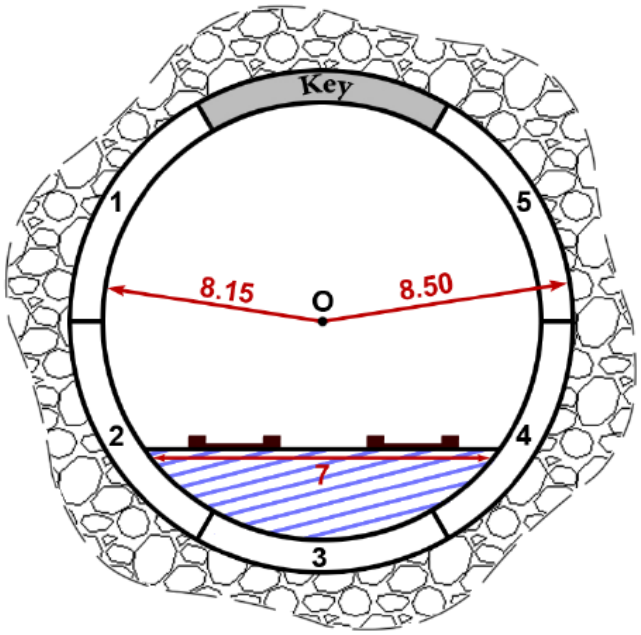
- **تونل مترو** شهر تهران، شیراز و ... در ایران دارای دو شکل مقطع معین است شامل :

الف) مقاطع چهارضلعی یا باکسی (BOX):

در مواقعی به کار می رود که عمق تونل از سطح زمین کمتر از ۷ متر باشد یا به عبارت دیگر حفر تونل به صورت ترانشه روباز انجام شود.

ب) مقاطع مدور :

این مقاطع معمولاً در عمق بیش از ۷ متر که ماشین حفاری قادر به کار باشد به کار گرفته می شود بدین ترتیب که ماشین حفار مقطع تونل را حفاری کرده و با کار گذاردن قطعات پیش ساخته (segment) مقطع را پوشش گذاری نیز می کنند .



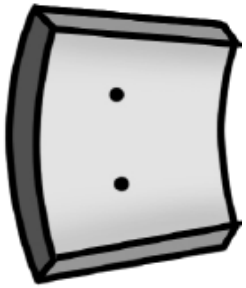
پس از ساختمان اولیه مقطع آنرا کفسازی می کنند به نحوی که عرض بستر مسیر به ۷ متر برسد تا بتوان مسیر دو خط ریل در روی آن قرار داد .

شکل: مقطع ۱+۵ را نشان می دهد. ضخامت قطعات پیش ساخته ۷.۵ سانتیمتر است.

مقطع ۱+۸ هم داریم...

- جهت قرار دادن هر قطعه از مقطع در محل خود دو سوراخ در هر قطع وجود دارد تا دستگاه حفاری TBM بتواند قطع را برداشته و در محل خود قرار دهد و عمل تزریق بتن به پشت قطعات را نیز از طریق این سوراخ ها انجام می دهد.

شکل یک مقطع پیش ساخته:



دستگاه TBM :

۸. چال : سوراخ هایی که جهت قرار دادن مواد منفرجه درون سنگ حفر می شود و عمق آن به حجم انفجار، نوع سنگ و فدرت مواد منفرجه بستگی دارد.

۹. گمانه (Soundage): عبارتست از چاهی دارای قطر کم ولی عمیق که جهت نمونه برداری از لایه های زمین (گمانه اکتشافی) یا جهت دادن امتداد حفاری (گمانه راهنما) موجود می باشد.

۱۰. چاه (Shaft) : به دالان های قائم اصطلاحا چاه یا شفت گفته می شود که از راه های ورود به زیرزمین به شمار می آید. مقطع چاه می تواند دایره، مربع یا مستطیل باشد.

از موارد استفاده چاه در بیرون آوردن مواد معدنی، دسترسی ها، تهویه و ... می باشد.

- در کل چاه ها به دو دسته تقسیم می شوند:

الف) چاه دسترسی : با قطر یک الی دو متر و عمق کمتر از ۱۰۰ متر

ب) چاه عمیق : با قطری تا ۸ متر و عمقی تا ۱۵۰۰ متر و دارای آسانسور جهت حمل و نقل

۱۱. رمپ یا شیب (Ramp): تونل شیب داری است که برای اتصال بین طبقات مختلف معدن به کار می رود و شیب آن ۱۰ الی ۲۵ درصد می باشد و در اصطلاح به آن بالارو یا پایین رو گفته می شود.

۱۲. پوشش گذاری تونل: مستحکم کردن دیواره و سقف تونل با بتن و قالب بندی

۱۳. سینه کار (Face): به نقطه و محل پیش روی تونل که کار حفاری یا گودبرداری و یا آتش کاری صورت می گیرد سینه کار گفته می شود و از وظایف نقشه بردار مشخص کردن محدوده ی سینه کار می باشد.

۱٤. حفاری : پیش روی در امر گودبرداری زیر زمین که به وسیله ماشین های حفاری و یا آتش کاری انجام می شود را حفاری گویند.

- هدف از حفاری :

۱) استخراج موادی که حفاری می شود و استفاده از آنها

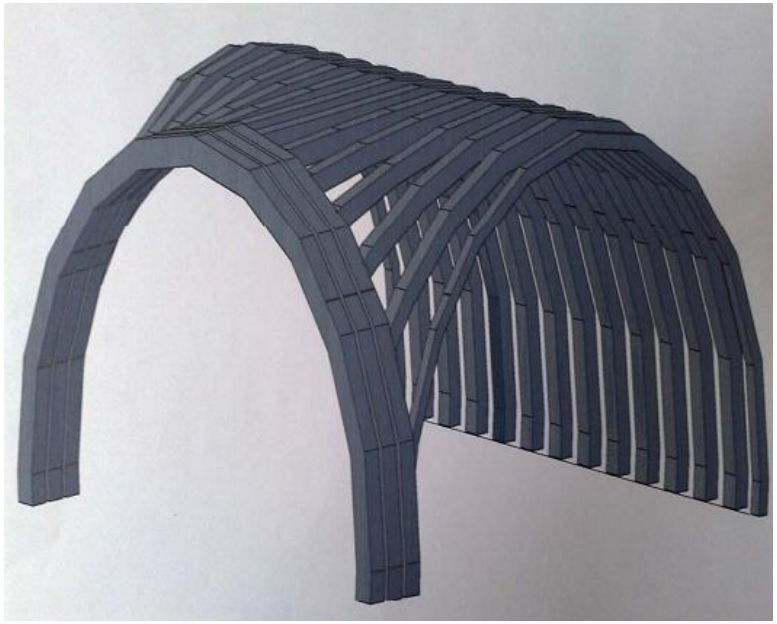
۲) ایجاد مجرایی جهت عبور یا ایجاد مکانی در زیر زمین

۱۵. مش بندی : برای جلوگیری از ریزش دیواره تونل معمولا از شبکه ای فلزی یا شبکه ای از آرماتورهای بهم تنیده استفاده می شود و آن ها را در دیواره تونل مستحکم کنند تا از ریزش سنگ جلوگیری کند.

۱۶. لیتیس : سازه ای فلزی یا بتنی که به عنوان مهار یا نگهبان و تقویتی معمولا در دهانه تونل بکار می رود و موقعیت دقیق آن توسط نقشه بردار مشخص می شود.

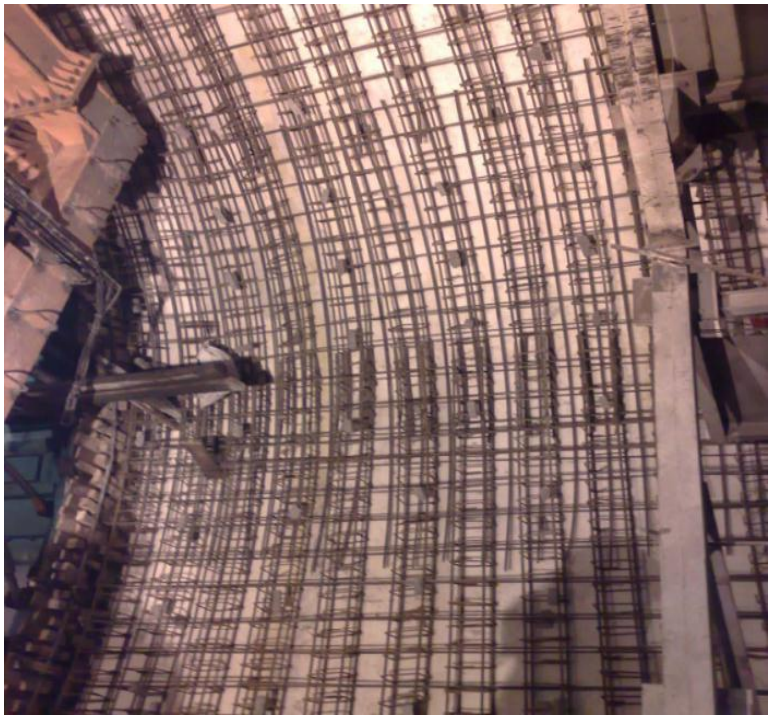
۱۷. سازه سه راهی :

در محل تقاطع ها بدلیل نبود تکیه گاه و کمتر بودن استحکام تونل، جهت جبران این مسئله و پیش گیری از احتمال ریزش، از سازه ای که معمولا فلزی و در برخی تونل ها چوبی و یا بتنی می باشد استفاده می شود.



۱۸. لاینینگ : (پوشش بتن نهایی)

پوشش بتنی و در واقع همان آستر نهایی تونل می باشد.



۱۹. شاتکریت: برای جلوگیری از ریزش قسمت های متزلزل اقدام به پاشیدن بتن به آن سطح می نمایند که این عمل را شاتکریت کردن گویند.

عملیات نقشه برداری زیرزمینی :

بطور کلی عملیات نقشه برداری زیرزمینی به سه مرحله عمده تقسیم می شود:

الف) مرحله طراحی پروژه زیرزمینی

ب) مرحله اجرا و هدایت حفاری و پیاده سازی سازه ها

ج) مرحله اندازه گیری ها و تهیه نقشه از زیر زمین مانند: تهیه پلان طبقات مختلف، تهیه پروفیل های طولی کف و سقف تونل، مقطع برداری از تونل، برداشت استخراجی و محاسبه حجم عملیات خاکی، انجام عملیات میکروژئودزی و تعیین جابجایی ها

الف) مرحله طراحی پروژه زیرزمینی:

این مرحله خود شامل مراحل زیر می باشد:

اکتشافات مقدماتی یا همان مطالعات اولیه: معمولا با گمانه زنی و حفر چاه و مباحث زمین شناسی انجام می شود.

۲) ایجاد شبکه ژئودتیک در اطراف منطقه مورد نظر

۳) تهیه نقشه های کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس در قالب نقشه های توپوگرافی و نقشه های هیپسومتری (نقشه هایی که تعیین کننده جنس مواد زمین در منطقه باشد) و دیگر نقشه های موردنیاز می باشد.

۴) طراحی پروژه موردنظر با در نظر گرفتن اطلاعات بدست آمده و هدف پروژه

ب) مرحله اجرا و هدایت حفاری و پیاده سازی سازه ها:

۱) پیاده کردن دقیق نقاط تونل ها و چاه ها و مشخص کردن سینه کار و ابعاد مقطع حفاری در محل این نقاط

۲) هدایت چند متر اولیه تونل (ترانشه تونل)

۳) انتقال حداقل دو نقطه کنترل مسطحاتی و ارتفاعی به داخل تونل (در سقف)

۴) کنترل توأم جهت و شیب تونل در راستای حفاری (سینه کار)

۵) کنترل مقطع تونل در فواصل مشخص

ج) مرحله اندازه گیری و تهیه نقشه های زیر زمینی:

۱) شناسایی نقاط شبکه ژئودتیک روی زمین در نزدیکی دهانه های تونل یا چاه یا ورودی زیر زمین

۲) پیاده کردن نقاط دهانه تونل به روش تقاطع یا پیمایش و تعیین دقت مختصات آن از مختصات نقاط شبکه ژئودتیک

۳) انتخاب نقاط پیمایش زیرزمینی داخل تونل ها و گالری ها در محل های مناسب

۴) انجام پیمایش جهت انتقال مختصات از نقاط ثابت سطح زمین به ایستگاه های زیرزمینی

۵) انجام ترازیابی جهت تهیه پروفیل طولی کف و سقف و برداشت های مقاطع جهت تهیه مقطع تونل

۶) انجام برداشت های لازم از هر ایستگاه زیرزمینی جهت تهیه نقشه موردنیاز

گروه های تخصصی که در طراحی یک پروژه زیرزمینی (تونل) مشارکت دارند:

گروه طراحی به علت ویژگی های سازه های زیرزمینی باید شامل تخصص های زیر باشد:

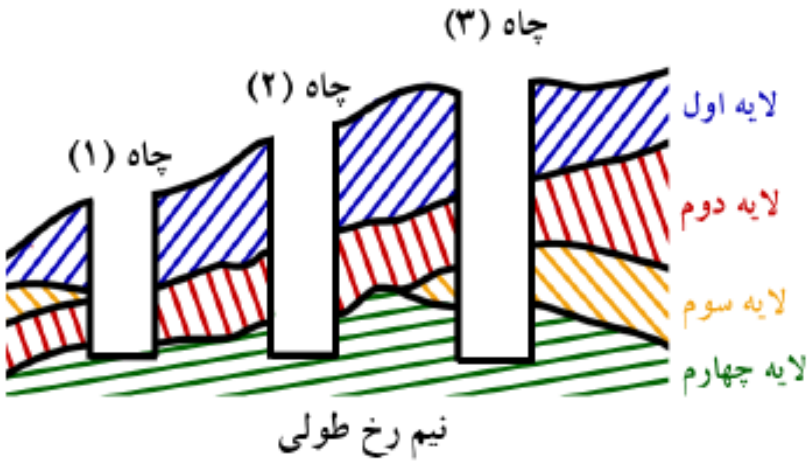
مهندس زمین شناس: جهت تهیه برنامه بررسی ها و اکتشافات ژئوتکنیک و ژئوفیزیک و تفسیر نتایج حاصل از بررسی ها، مشارکت در ارائه طرح پایداری اولیه مغارها و حفاری ها، اظهار نظر در مورد اقدامات لازم در برخورد با شرایط غیرمعمول و انتخاب مسیر اصلی تونل و همکاری با متخصص آب زیرزمینی (مهندس هیدرولیک)

- **مهندس هیدرولیک:** جهت طرح پلان و پروفیل و فشار آب در تونل و ویژگی های هیدرولیکی مقطع ساخته شده تونل و اعلام نظر در مورد گزینه ها
- **مهندس سازه:** جهت محاسبات پوشش ها در تونل های تحت فشار و محاسبه بتن مسلح، همکاری در انتخاب نوع پوشش تونل و حفاظت های موقت
- **مهندس ژئوتکنیک:** جهت محاسبه و ارزیابی های حفاظت های موقت، انتخاب روش ها و تدابیر مربوط به ناهنجاری ها و شرایط غیرمتعارف، انتخاب نوع پوشش تونل و مسیر کلی تونل
- **مهندس عمران (سیویل):** جهت اتخاب موقعیت کارگاه و تجهیزات، دست یابی به کارگاه، محل انبار مواد اضافی و تغییر محل تجهیزات مربوط به اجرا
- **مهندس نقشه بردار:** جهت تهیه نقشه پایه، انتخاب روش های تعیین مختصات و نقاط اصلی نقشه برداری (ایجاد شبکه ژئودتیک) و کنترل اجرای عملیات
- **مهندس عمران با تجربه اجرا در سازه های زیرزمینی:** جهت مشاوره در مورد روش های اجرای پیش بینی شده و راه حل های مقطعی و مشارکت در تهیه اسناد قرارداد و برنامه های کنترل کیفیت
- **گروه محیط زیست:** جهت بررسی اثرات محیط زیستی پروژه و ارائه راهکارها

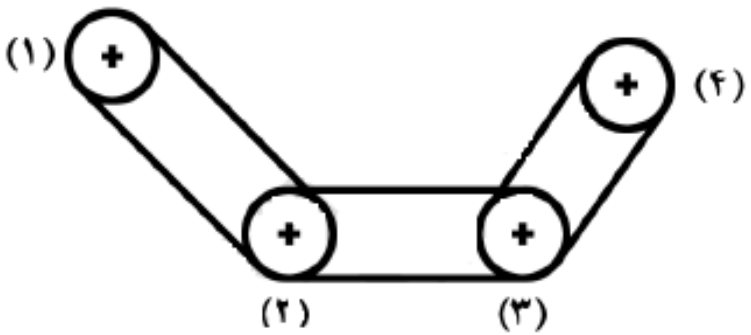
نقش نقشه بردار در عملیات زیرزمینی (معادن)

۱) همکاری در جهت اکتشاف معدن و تعیین موقعیت معدن برای حفر تونل با تهیه نقشه های کوچک مقیاس (۱:۲۵۰۰۰) و عکس های هوایی منطقه و تفسیر عکس

۲) همکاری در تعیین مسیر و عمق لایه های معدنی از روی تهیه نیم رخ های عرضی و طولی پس از ایجاد شبکه های مثلثاتی و پیمایش های مناسب و تهیه نقشه توپوگرافی از منطقه.



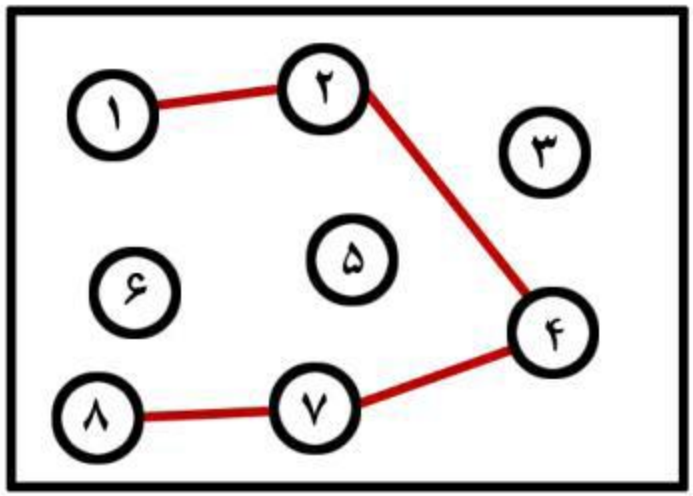
نیم رخ طولی



پلان مسیر لایه معدنی

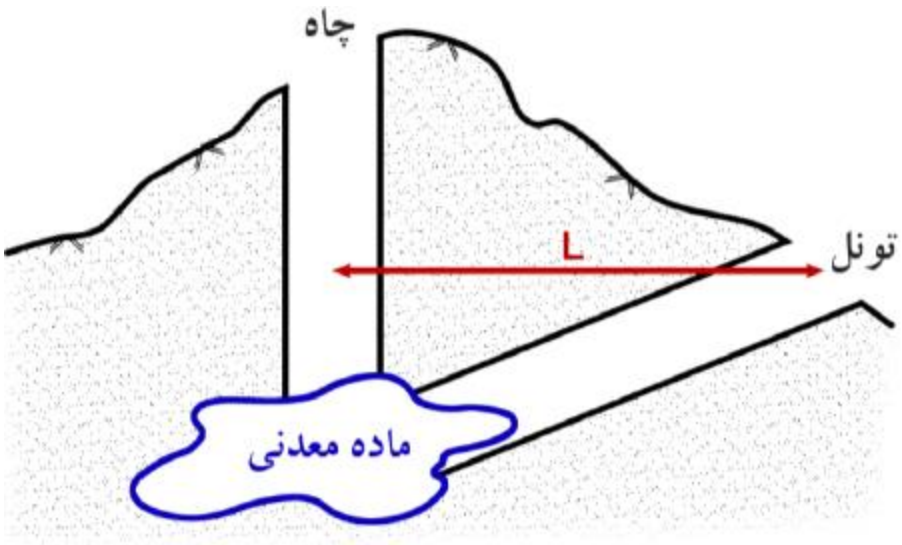
در شکل چاه ها (گمانه ها) با علامت + مشخص شده اند که از اتصال چاه هایی که دارای یک نوع ماده معدنی هستند مسیر لایه مشخص می شود. و همچنین رسم نیمرخ طولی مربوط به عمق لایه ها، مسیر ارتفاعی لایه ها تعیین می گردد.

۳) همکاری در ارائه طرح استخراج معدن (تهیه نقشه استخراج با توجه به گمانه هایی که حاوی لایه های معدنی است). در شکل زیر مسیر استخراج نشان داده شده است. در حالی که چاه های شماره ۱، ۲، ۴، ۷ و ۸ حاوی مواد معدنی موردنظر می باشند.



۴) پیاده کردن موقعیت چاه عمودی به عنوان مبدا استخراج و با ورودی رمپ های طولانی برای شروع عملیات استخراجی و ورود به ابتدای لایه معدنی

مثال: با توجه به شکل چنانچه شیب چاه مایل (تونل) که مجاز به حفر آن هستیم ۱۵٪ باشد و عمق گمانه نمونه برداری (چاه) ۳۰۰ متر باشد، مطلوبست فاصله افقی موردنیاز از چاه تا دهانه ورودی تونل ما؟



$$\frac{۱۵}{۱۰۰}=\frac{۳۰۰}{L}\Rightarrow\frac{۳۰۰۰۰}{۱۵}=۲۰۰۰^{m}$$

۵) هدایت دائمی عملیات از نظر افقی و ارتفاعی و با بعبارتی از نظر جهت ها وشیب ها

نکته: عملیات زیرزمینی پرهزینه و وقت گیر است، پس احتیاج به هدایت دائمی برای حفاظت شیب ها و راستاها را دارد.

۶) برداشت مقطع طولی و عرضی تونل های حفاری شده جهت مقایسه با طرح (مقاطع طولی و عرضی طراحی شده) و اعلام انحراف آن ها (بررسی کسری یا اضافه حفاری) که از وظایف معمول نقشه بردار زیرزمینی می باشد.

۷) استقرار نقاط ثابت در سقف و یا دیواره های تونل و برداشت مکرر آن ها جهت اثبات یا تغییر وضعیت زمین

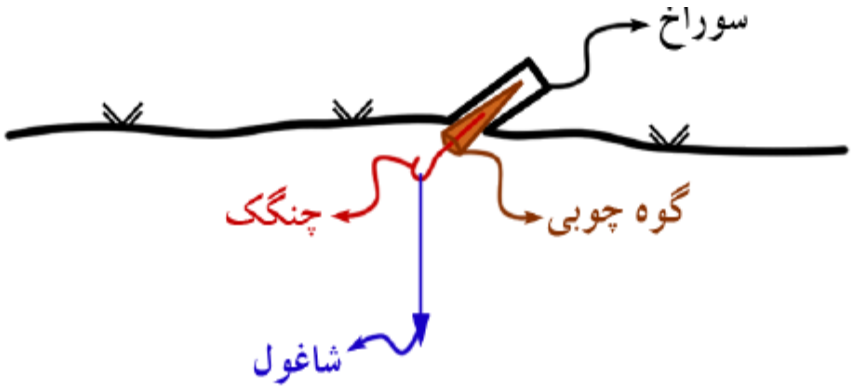
۸) تعیین حجم حفاری و حجم لایه های معدنی

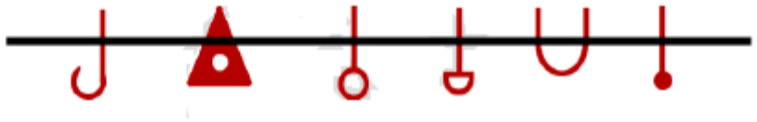
ایستگاه گذاری در نقشه برداری زیرزمینی

ایستگاه گذاری در نقشه برداری یکی از مهمترین و اساسی ترین مراحل می باشد. چون موقعیت و دقت ایستگاه تاثیر مستقیم بر دقت و سرعت اجرای از آن ایستگاه را دارد و طبق قانون انتشار خطاها، مقدار این خطا به علاوه خطای مشاهدات، به نقاط اندازه گیری شده منتقل می شود. حال شرایط ویژه زیرزمینی این امر را پیچیده تر و مشکل تر و حساس تر می کند. همان طور که می دانید هر چه زاویه بین دو امتداد به ۱۸۰ درجه نزدیک تر باشد باعث عدم استحکام شبکه می گردد پس باید تا حد امکان زاویه بین ایستگاه های زمینی از ۱۸۰ درجه دور باشد و نقاط باید طوری در نظر گرفته شود که هر نقطه به نقطه قبل و بعد از خود دید داشته باشد و در جایی مستحکم انتخاب شوند و با توجه به عبور و مرور فراوان در دالان های زیرزمینی، ایستگاه گذاری در دیواره یا سقف و یا کف با شرایط ویژه ای انجام شود.

۱- ایستگاه گذاری در سقف:

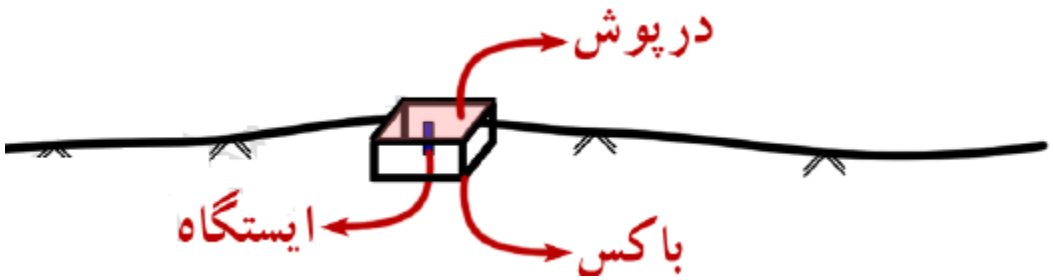
در این روش معمولا سقف را با زاویه شیب بین ۴۵ تا ۸۰ درجه نسبت به سطح تونل به کمک دریل یا چکش بادی سوراخ کرده و درون آن یک گوه مستحکم می کنند و سپس چنگگ مخصوص (پیتون) در این گوه چوبی قرار داده می شود که بتوان به آن شاقولی با مکان ثابتی آویزان کرد که ایستگاه سقفی را تشکیل می دهد. در برخی مواقع به جای گوه چوبی و چنگک از یک آرماتور چنگکی استفاده می شود که با بتن در سوراخ محکم می شود.





۲- ایستگاه گذاری در کف :

این نوع ایستگاه گذاری در کف تونل می باشد ولی به علت تردد و احتمال آسیب دیدن و از بین رفتن آن برای این ایستگاه ها جعبه ای در نظر گرفته می شود که درپوش دارد. مانند شکل زیر:



قابل ذکر است که از این نوع ایستگاه در تونل هایی که پر از گل ولای یا آب است نمی توان استفاده نمود.

۳. ایستگاه گذاری در دیوار:

انواع معمول ایستگاه های دیواری عبارتند از:

۱) روپر ۲) تارگت دیواری ۳) ایستگاه کشویی ۴) پیلار دیواری

۱) روپر:

ایستگاه ارتفاعی است جهت قرارگیری شاخص بر روی آن که در ارتفاع حدود ۳۰ الی ۵۰ سانتیمتری از کف تونل تعبیه شده است . کنار آن شماره و ارتفاع درج شده است.

۲) تارگت دیواری

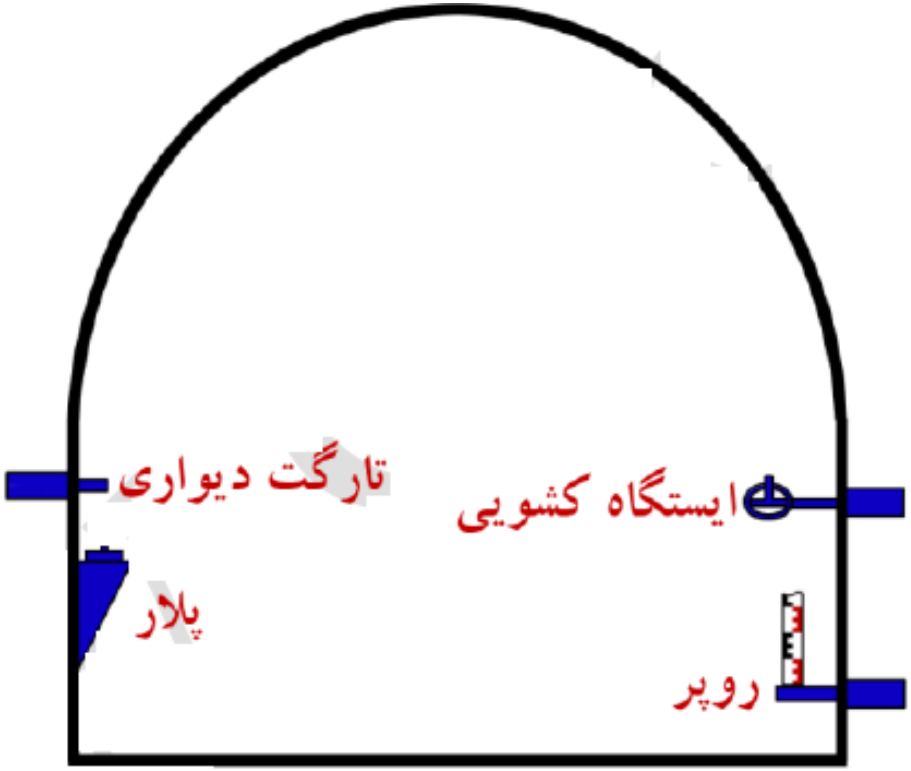
این نوع ایستگاه ها در اصل قابل ایستگاه گذاری نبوده و نقاطی ثابتی هستند که مختصات آنها مشخص بوده و جهت کنترل از آن ها استفاده می شود.

۳) ایستگاه های کشویی یا لولایی:

این نوع ایستگاه ها شامل صفحه ای تخت و پیچی که نقش همان سه پایه را بازی می کنند دارند و قابل ایستگاه گذاری دوربین می باشد و در دو نوع کشویی و لولایی موجود می باشد.

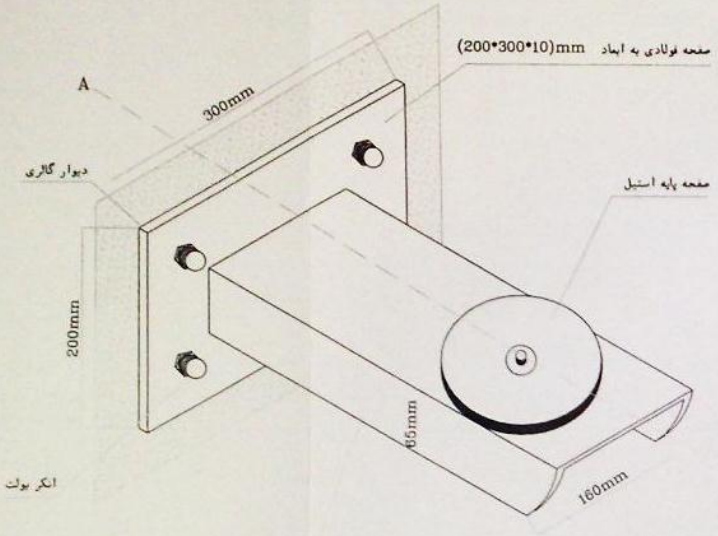
۴) پیلار دیواری:

این نوع ایستگاه ها که بصورت ثابت در دیواره تونل ایجاد می شوند می توانند بتنی یا فلزی باشند که شامل یک صفحه گرد و پیچ میانی می باشد که نقش سه پایه را بازی می کنند و مختصات دقیق این ایستگاه ها مشخص بوده و برای بدست آوردن مختصات دوربین مستقرش روی آن تنها مختصات ارتفاعی آن فرق دارد که مقدار آن برابر ارتفاع دوربین از صفحه پیلار به علاوه ارتفاع پیلار می باشد.


تارگت دیواری
ایستگاه کشویی
پلار
روپر

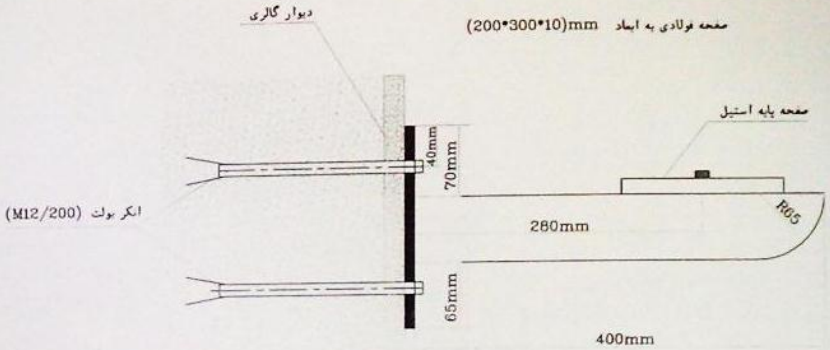
میکروژئودزی سد کارون ۴

جزئیات ساخت براکت داخل گالری

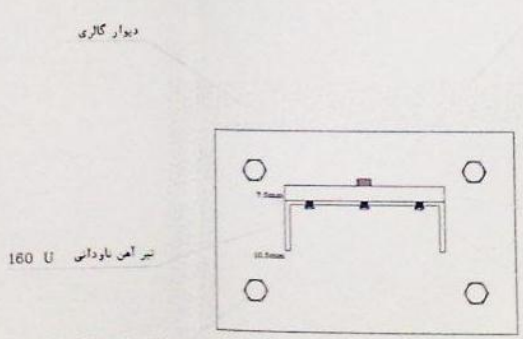


تیر آهن ناودانی 160 U (160*65mm)

A



مقطع A–A



نمای روبرو

۳					
۲					
۱					
نمبر	شـــرح	تاریخ	ناوه/امضا	تاریخ	ناوه/امضا
کارفرما:	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران				
عنوان پروژه:	میکروژئودزی سد کارون ۴				
مقیاس:	1:5				

روش های حفاری تونل:

۱) روش انفجاری ۲) روش تراشندگی ماشینی

روش انفجاری :

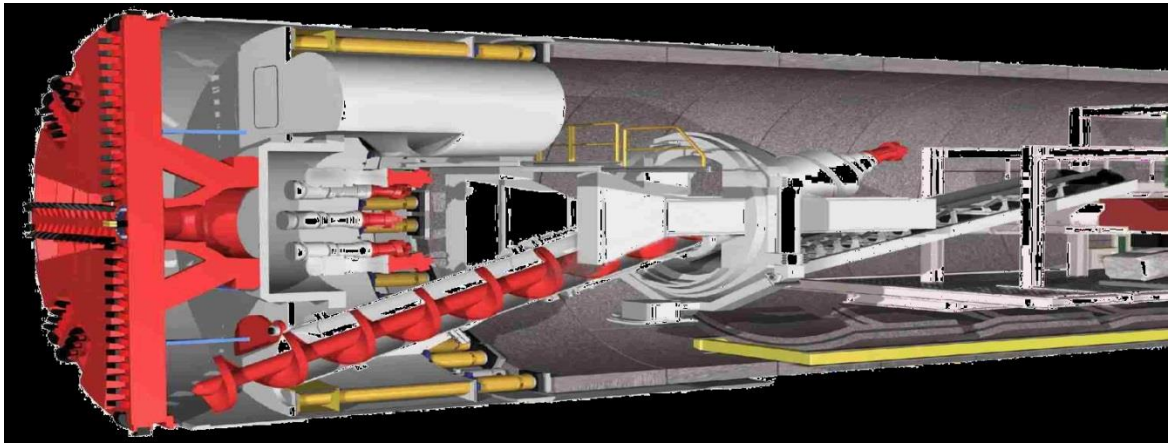
در این روش در داخل تونل در سینه کار محل هایی برای احداث چاه توسط نقشه بردار تعیین می شود و دستگاهی به نام دریل واگن شروع به سوراخ کردن آن نقاط در آزیموت و زاویه شیب و عمق مشخصی می کند. سپس درون این چال ها را با مواد منفجره مخصوص به میزان مشخص پر کرده و با رعایت نکات ایمنی اقدام به انفجار می کنند که این کار توسط آتشکاران انجام می شود. البته در تمامی پروژه ها نمی توان از این روش بهره گرفت و به شرایطی چون نوع و مقاومت سنگ حریم پروژه با مناطق مسکونی، حجم عملیات حفاری، دقت مورد نیاز و ... بستگی دارد.

روش تراشندگی و ماشینی :

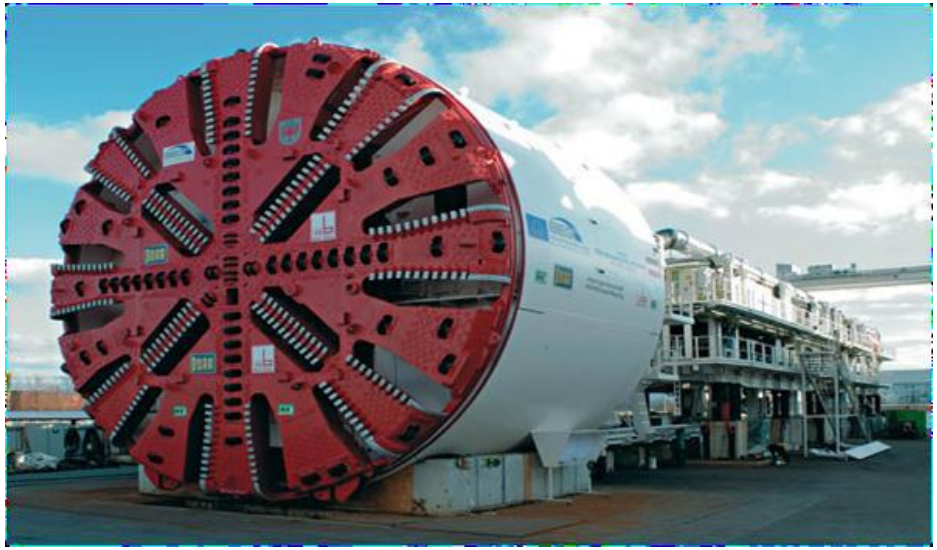
این روش یکی از بهترین روش ها در زمان هایی است که نمی توان از مواد منفجره استفاده نمود. دستگاه های متفاوت و زیادی در این رابطه وجود دارد که هر کدام بسته به شرایط تونل مورد استفاده قرار می گیرند. این دستگاه ها بسیار گران قیمت هستند و اصول کلی کار آنها تقریبا یکسان است. جلوی این دستگاه ها تیغه های گردانی وجود دارد که جنس آن ها معمولا از تنگستن است که آلیاژی بسیار سخت می باشد. این تیغه ها با سرعت بر روی سنگ خطوطی ایجاد می کنند و باعث خرد شدن سنگ ها می شوند و به محفظه های بین تیغه رفته و از آنجا از طریق تسمه نقال هایی به درون واگن های حمل ریخته می شوند و واگن ها آن ها را به بیرون از تونل هدایت می کنند. یکی از جدیدترین و معروف ترین این ماشین های حفاری دستگاه TBM می باشد.

دستگاه TBM (Tunnel Boring Machine)

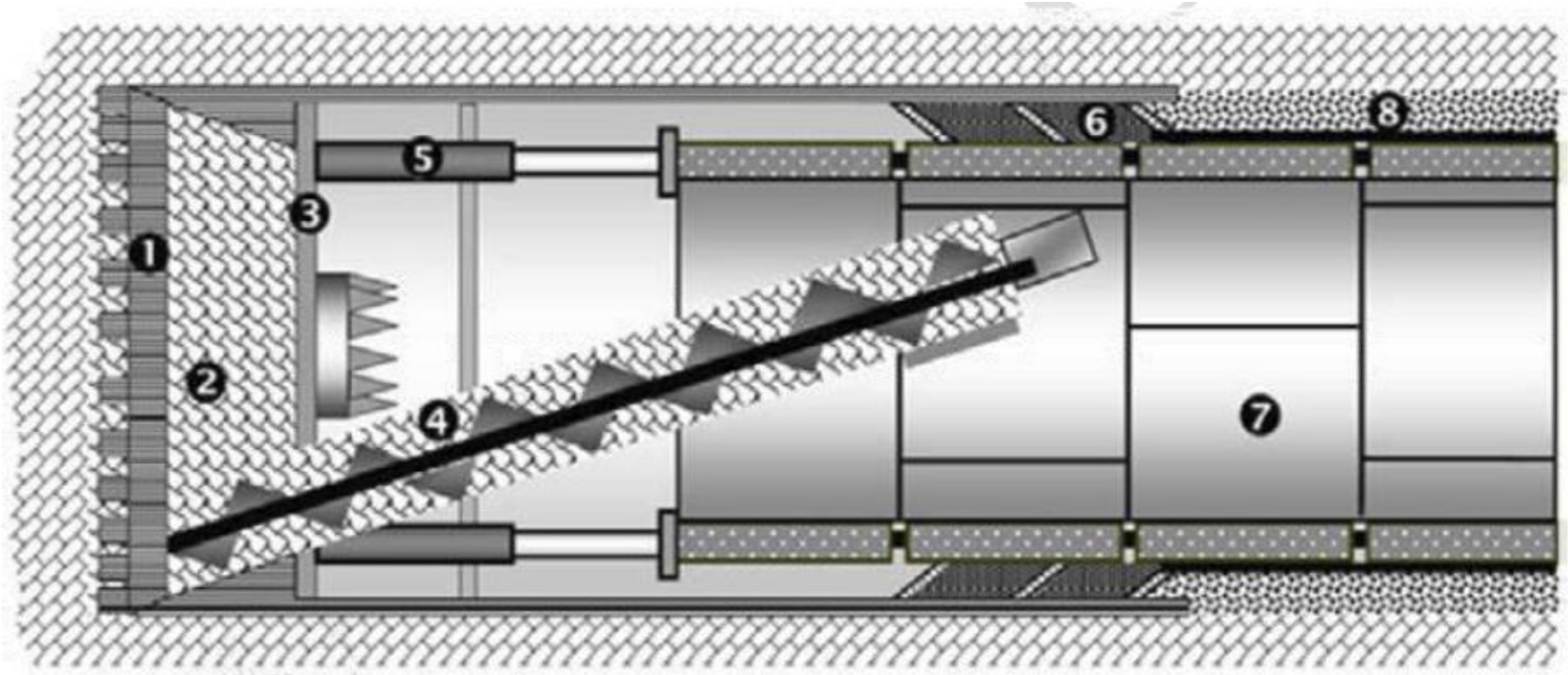
دستگاه حفاری تونل یا تی بی ام که با نام مول ۲ نیز شناخته می شود، دستگاهی است که برای حفاری تونل ها از آن استفاده می گردد. این دستگاه با استفاده از یک سطح مقطع مدور، قادر است در قشر های خاکی و سنگی زمین حفاری کند. این نوع از ماشین آلات توانایی ایجاد حفره در هر نوع زمینی، از سنگ گرفته تا ماسه را دارد. قطر تونل هایی که این دستگاه ایجاد می کند در محدوده یک متر (با استفاده از میکرو-تی بی ام ها) تا نزدیکی ۱۶ متر (تی بی ام های امروزی) قرار دارند.



دستگاه های حفاری تونل، به عنوان جایگزینی برای روش های حفاری و انفجار صخره ها و کندن زمین با دست مورد استفاده قرار می گیرد. تی بی ام ها مزایایی همچون کاهش تعرض به زمین های مجاور و ایجاد دیوارهای نرم در تونل را دارند. این دستگاه ها بصورت قابل توجهی هزینه پوشش گذاری تونل را کاهش می دهد که این خود باعث شده برای استفاده در مناطق شهرنشین به شدت مناسب باشد.



ایراد عمده دستگاه تی بی ام قیمت بالای آن و حجم زیاد آن است. تی بی ام ها برای استفاده در ساخت و سازها گران قیمت بوده و آنها را به سختی می توان جابجا کرد. هرچند با وجود طویل بودن تونل های مدرن، هزینه استفاده از دستگاه های حفاری تونل، در مقابل روش های سنتی حفر و انفجار به مراتب پایین تر است. به همین دلیل تونل سازی با دستگاه های تی بی ام در یک پروژه کوتاه تاثیر بیشتری دارد.



عملیات بعد از حفاری:

بعد از حفاری و یا تخریب، مسائلی چون تهویه، تخلیه، کنترل، ترمیم، تحکیم و پوشش انجام می شود.

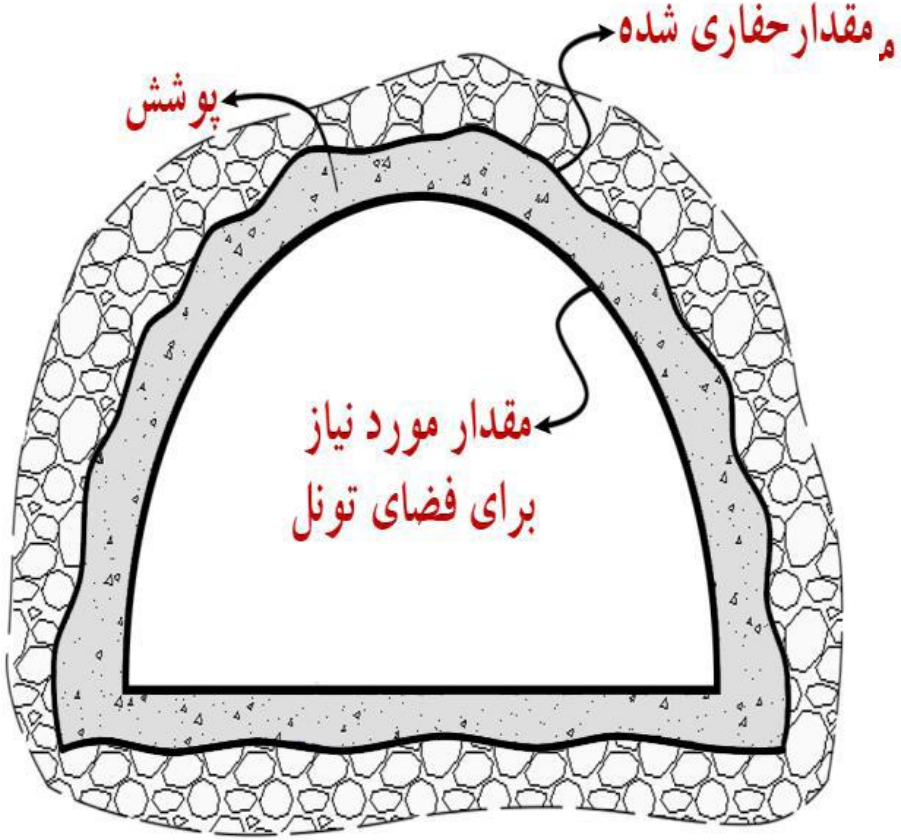
تهویه: بعد از هر حفاری اولین کاری که انجام می شود تهویه هوای محل حفاری است. چون حفاری باعث ایجاد گردوغبار فراوان می شود (مخصوصا حفاری به روش انفجار). هم هوایی آلوده را ایجاد می کند و هم باعث دید کم می گردد.

کنترل: بعد از حفاری باید چک نمود که آیا امتداد و شیب به درستی حفاری گردیده یا خیر؟

ترمیم: در انفجار برخی مواقع اتفاق می افتد که سنگی یکجا فرو ریزد و یا به خاطر سختی که دارد کمتر از حد موردنظر خرد شود. تمام این موارد باید مشخص شوند و کار ترمیم (اصلاح آن ها) انجام شود.

تحکیم: از شاتکریت جهت تحکیم مواردی که متزلزل هستند استفاده می شود. (پاشیدن سیمان به داخل شبکه های فلزی برای جلوگیری از ریزش)

پوشش: مقدار حفاری را بیشتر از آن چه لازم است انجام می دهند و سپس از سنگ یا بتن مطابق شکل در این فاصله قرار می دهند.



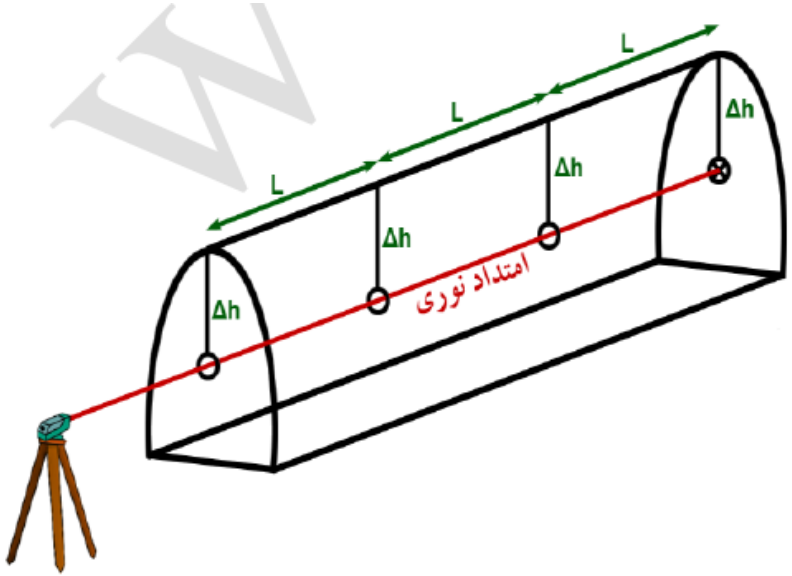
روش های هدایت ارتفاعی و طولی تونل بدون استفاده از سیستم مختصات:

۱) روش حلقه ای ۲) روش لیزری

روش حلقه ای: در این روش حلقه ای از سقف تونل آویزان می کنند و حلقه بعدی را با توجه به شیب تونل با اختلاف ارتفاع مشخص نسبت به حلقه قبل آویزان می کنند.

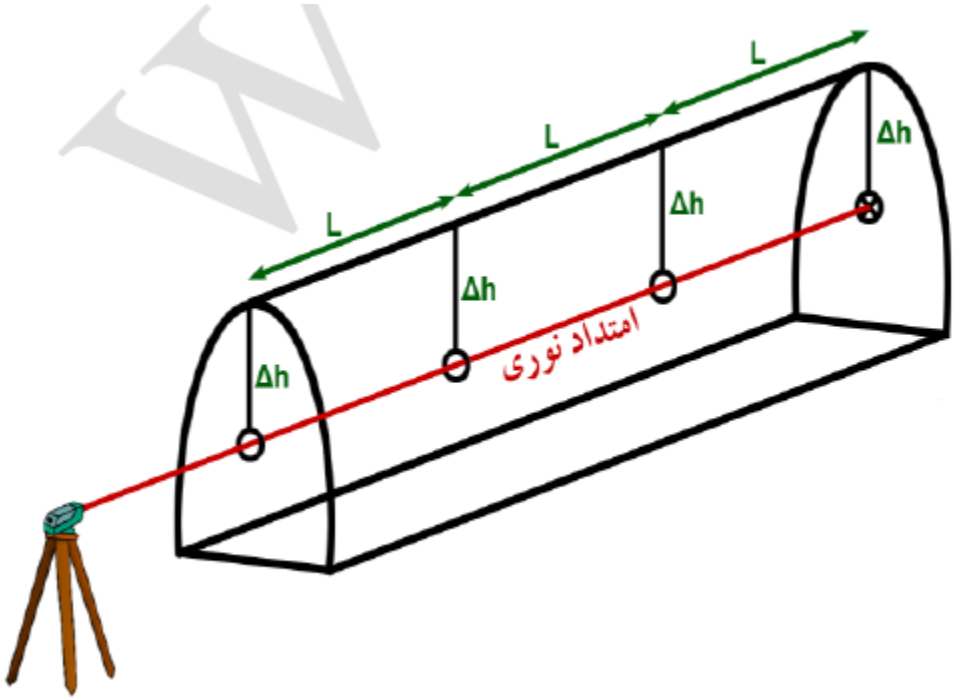
مثلا چنانچه شیب تونل ۷ درصد باشد و هر حلقه نسبت به حلقه قبلی در فاصله افقی ۱۰ متری قرار گیرد. مطابق رابطه زیر اختلاف ارتفاع ۲ حلقه متوالی ۷۰ سانتی متر خواهد بود.

از معایب این روش، کمبود دید در فواصل زیاد (بیش از ۳۵ متر) می باشد.



۲. روش لیزری:

در این روش از یک دستگاه ایجاد پرتو لیزر جهت لاینینگ استفاده میشود. که معمولا این دستگاه دوربین توتال استیشن لیزری می باشد. این روش تا حدی مشکل کمبود دید روش قبل را حل می کند. (تا فاصله ۷۰ متر)



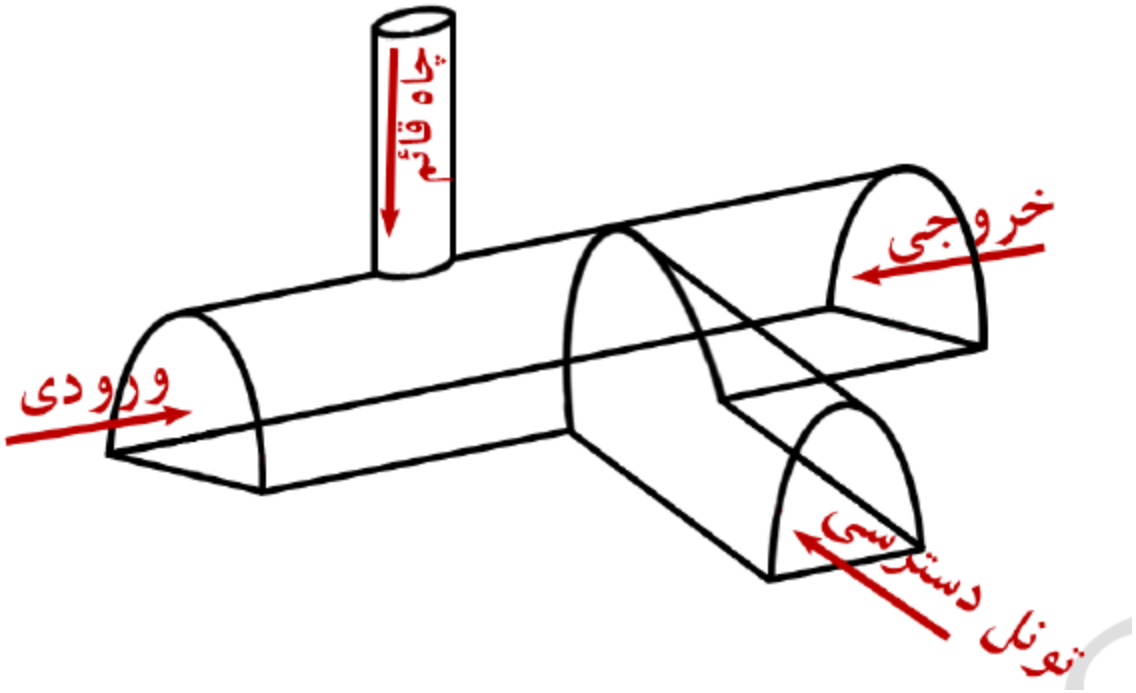
جبهه های کار در عملیات زیرزمینی:

1. یک جبهه: در ورودی
2. دو جبهه: در ورودی و خروجی
3. بیش از دو جبهه: در ورودی، خروجی و تونل های دسترسی و چاه های عمودی

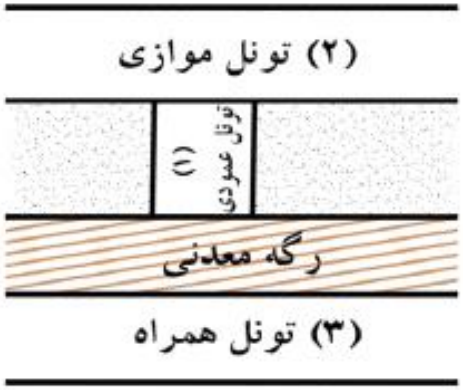
یک جبهه: یک جبهه بصورت ورودی معمولا در عملیات ساده زیرزمینی استفاده می شود.

دو جبهه: این نوع عملیات اکثرا در پروژه های حفر تونل های حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد و از دو طرف عملیات حفاری صورت می گیرد و باید در یک نقطه به هم برسند. این روش نیاز به کار محاسباتی و عملیاتی دقیق دارد تا انحرافی در امتدادهایی که از دو طرف حفر می شوند رخ ندهد.

بیش از دو جبهه: در این روش که بیشتر در تونل های طویل بکار می رود بجز جبهه ورودی و خروجی، جبهه هایی بصورت تونل های دسترسی و یا چاه های قائم نیز خواهیم داشت.



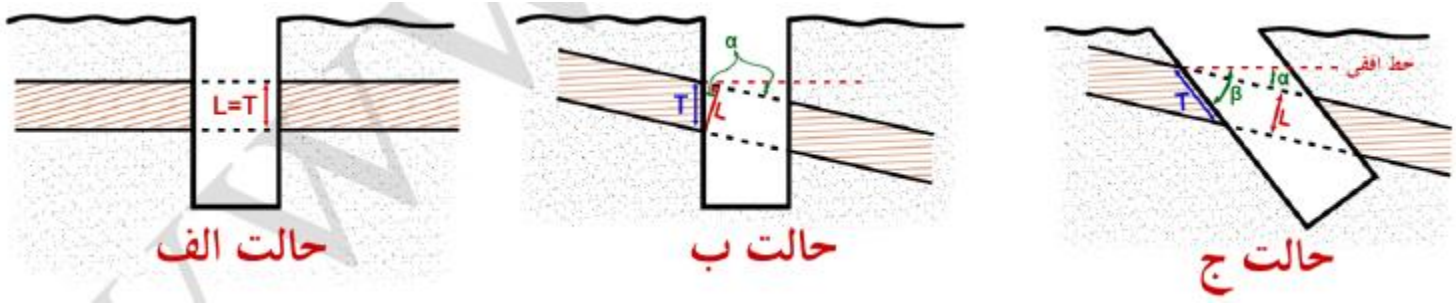
موقعیت های مختلف تونل نسبت به موقعیت رگه های معدنی:



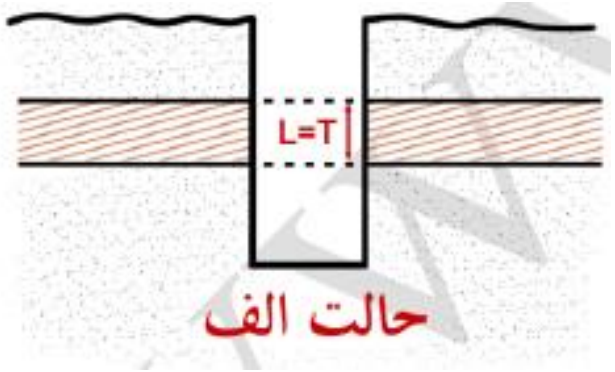
1. عمود بر رگه
2. موازی با رگه
3. همراه با رگه

محاسبه ضخامت لایه معدنی:

در حفر چاه جهت یافتن لایه های معدنی: سه حالت ممکن است رخ دهد که باید بتوان ضخامت لایه ها را در این سه حالت بدست آورد:

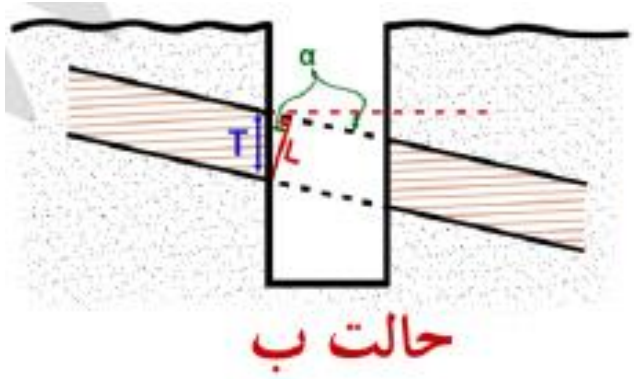


- حالت الف: در این حالت زاویه حفاری عمود بر سطح لایه معدنی بوده و ضخامت مقطع لایه (T) با ضخامت لایه (L) برابر می باشد.



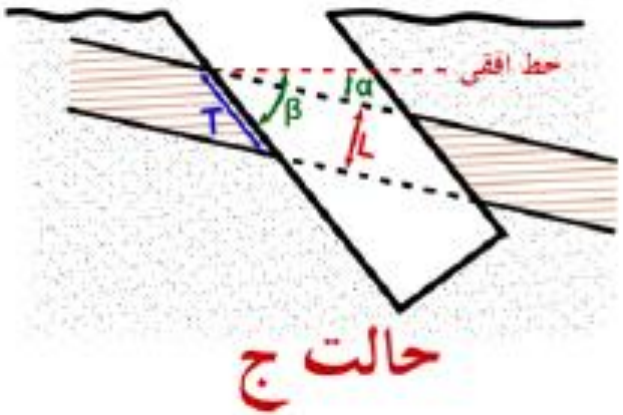
$$L = T$$

- حالت ب: در این حالت حفاری قائم نبوده ولی لایه زاویه ای به اندازه α با سطح افق دارد. پس داریم:



$$Cos\alpha = \frac{L}{T} \Rightarrow L = T \times Cos\alpha$$

- حالت ج: در این حالت هم حفاری شیب دار انجام شده (با زاویه β) و هم لایه معدنی دارای شیب بوده (شیب به اندازه α) پس در این حالت خواهیم داشت:



$$Cos(\beta-\alpha)=\frac{L}{T}\Rightarrow L=T\times Cos(\beta-\alpha)$$

- مجموعه عملیاتی که در یک عملیات نقشه برداری زیرزمینی انجام می شود را می توان به دسته های کلی زیر تقسیم کرد:

۱. علامت گذاری نقاط

۲. اندازه گیری فاصله

۳. اندازه گیری زاویه

۴. تعیین وضعیت یک امتداد در زیر زمین به کمک نقاط در سطح زمین

۵. انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین

۶. برداشت مقطع از تونل

علامت گذاری نقاط:

در عملیات زیر زمینی بصورت مداوم ما اقدام به پیاده سازی نقاط و برداشت نقاط می نماییم و لازمه آن استقرار دوربین بر روی نقاط ایستگاه و توجیه دوربین است. به دلایلی که گفته شد ایستگاه ها بیشتر در سقف و دیواره تونل ایجاد می شوند. برای استقرار دوربین در محل این نقاط از روش های زیر می توان استفاده کرد:

اندازه گیری فاصله:

- اندازه گیری فاصله به دو روش زیر در نقشه برداری زیرزمینی قابل انجام است:
- الف) روش مستقیم ب) روش غیرمستقیم

- روش مستقیم: در این روش از انوار اندازه گیری (متر) استفاده می شود وچون فضای زیرزمین مرطوب است از متری با جنس فلزی به نام لیتون که ترکیبی از آلیاژهای مس و روی است استفاده می شود.

- روش غیرمستقیم: در این روش از روش های زیر می توان استفاده کرد:

1) استادیمتری
2) پارالاکتیک
3) استفاده از طولیاب های الکترونیکی (EDM)

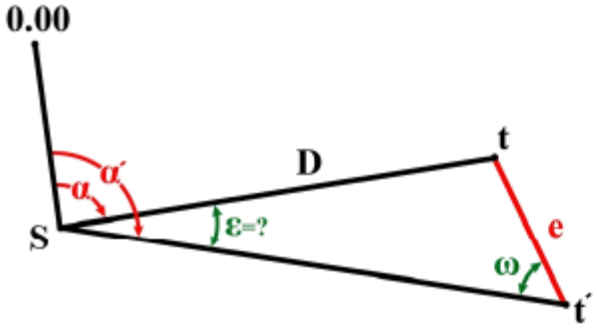
اندازه گیری زاویه:

جهت اندازه گیری زاویه در زیر زمین از همان روش های معمول کوپل، تکرار، تجدید و دور افق استفاده می شود ولی به علت محدودیت فضا ممکن است شرایطی رخ دهد که نتوان بر روی ایستگاه مستقر شد یا تارگت را بر روی نقطه نشانه مستقر کرد که در این شرایط اندازه گیری زوایا را به روشی به نام خارج از ایستگاهی انجام می دهند.

روش های خارج از ایستگاهی:

الف) فقط تارگت خارج از ایستگاه قرار گرفته باشد:

تارگت به جای t در نقطه t' قرار گرفته شده است. در اینحالت به جای α زاویه α' قرائت می شود.



$$\alpha = \alpha' - \varepsilon$$

$$\frac{e}{\sin\varepsilon} = \frac{D}{\sin\omega} \Rightarrow \sin\varepsilon = \frac{e}{D}\sin\omega$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \sin^{-1}\left(\frac{e}{D}\sin\omega\right)$$

مثال: در شکل زیر به علت وجود مانع بر سر راه تارگت A تارگت B قرائت شده و مشاهدات زیر حاصل شده. مقدار زاویه $C\hat{S}A$ را بدست آورید:

$$C\hat{S}B = 100^\circ\ 21'\ 35''$$

$$A\hat{B}S = 66^\circ\ 50'\ 39''$$

$$SA = 425.134^{m}$$

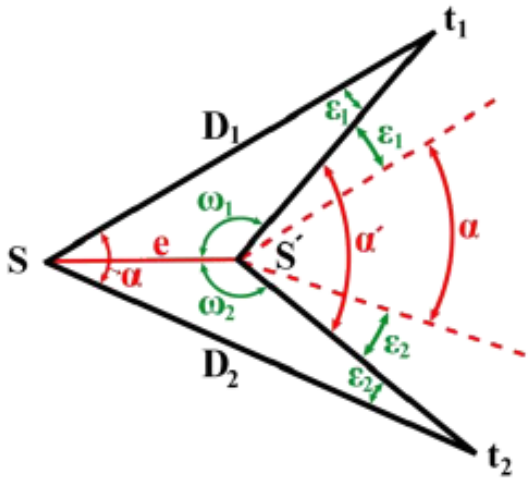
$$AB = 61.839^{m}$$

$$\Rightarrow A\hat{S}B = \sin^{-1}\left(\frac{61.839}{425.134} * \sin(66^\circ\ 50'39'')\right) = 7^\circ\ 41'\ 8.64''$$

$$\Rightarrow C\hat{S}A = 100^\circ\ 21'\ 35'' - 7^\circ\ 41'\ 8.64'' = 92^\circ\ 40'\ 26.36''$$

ب) فقط زاویه یاب خارج از ایستگاه قرار گرفته باشد:

تارگت به جای S در نقطه S' قرار گرفته شده است. در اینحالت به جای α زاویه α' قرائت می شود.



$$\alpha' - \alpha = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$\frac{D_1}{\sin\omega_1} = \frac{e}{\sin\varepsilon_1} \Rightarrow \sin\varepsilon_1 = \frac{e}{D_1}\sin\omega_1 \Rightarrow \varepsilon_1 = \sin^{-1}\left(\frac{e}{D_1}\times\sin\omega_1\right)$$

$$\frac{D_2}{\sin\omega_2} = \frac{e}{\sin\varepsilon_2} \Rightarrow \sin\varepsilon_2 = \frac{e}{D_2}\sin\omega_2 \Rightarrow \varepsilon_2 = \sin^{-1}\left(\frac{e}{D_2}\sin\omega_2\right)$$

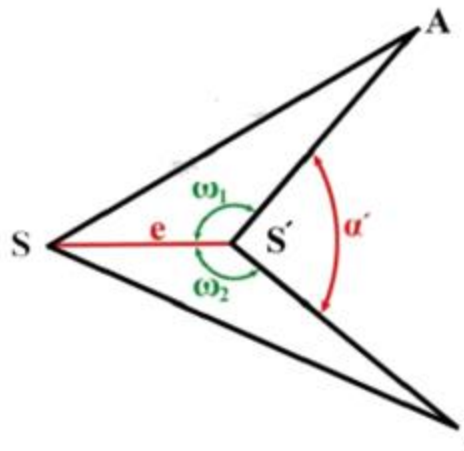
$$\alpha = \alpha' - (\sin^{-1}(\frac{e}{D_1}\sin\omega_1) + \sin^{-1}(\frac{e}{D_2}\sin\omega_2))$$

نکته: در شکل فوق، ایستگاه به سمت داخل زاویه منتقل شده است یعنی $\alpha < \alpha'$ اما چنانچه ایستگاه گذاری به سمت خارج باشد در آنصورت :

$$\alpha - \alpha' = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

$$\alpha = \alpha' + (\sin^{-1}(\frac{e}{D_1}\sin\omega_1) + \sin^{-1}(\frac{e}{D_2}\sin\omega_2))$$

مثال: در شکل زیر به علت اینکه در کنار ایستگاه (نقطه s) مانعی وجود داشته نتوانسته‌ایم در آن محل ایستگاه گذاری کنیم و در نقطه 's زاویه‌یاب را مستقر کرده‌ایم و قرائت‌های زیر را انجام داده‌ایم زاویه $A\hat{S}B$ را بدست آورید.



$A\hat{S}'B = 64^\circ\ 45'\ 58''$

$w_1 = 144^\circ\ 6'\ 26''$

$w_2 = 151^\circ\ 7'\ 35''$

$e = 14.0422^m$

$SA = 87.1325^m$

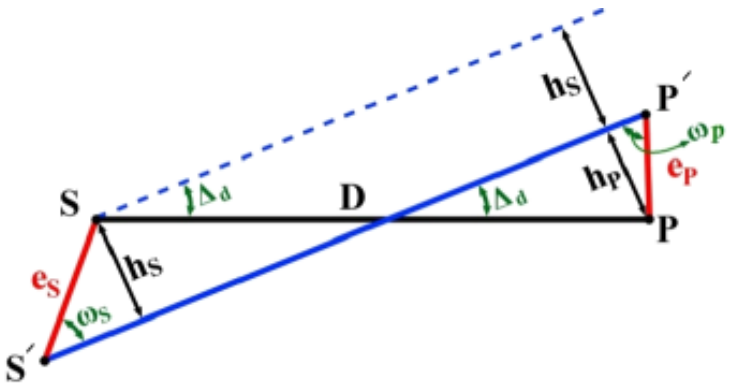
$SB = 95.4051$

$$\alpha = 64^\circ\ 45'\ 58'' - (\sin^{-1}(\frac{14.0422}{87.1325}\sin(144^\circ\ 6'\ 26'')) + \sin^{-1}(\frac{14.0422}{95.4051}\sin(151^\circ\ 7'\ 35''))) = 55^\circ\ 16'\ 8.27''$$

ج)زمانیکه هم زاویه یاب و هم تارگت خارج از ایستگاه خود قرار گرفته باشند:

در این حالت برای قرائت هر امتداد خارج از ایستگاهی تصحیح های زیر نیاز می باشد.

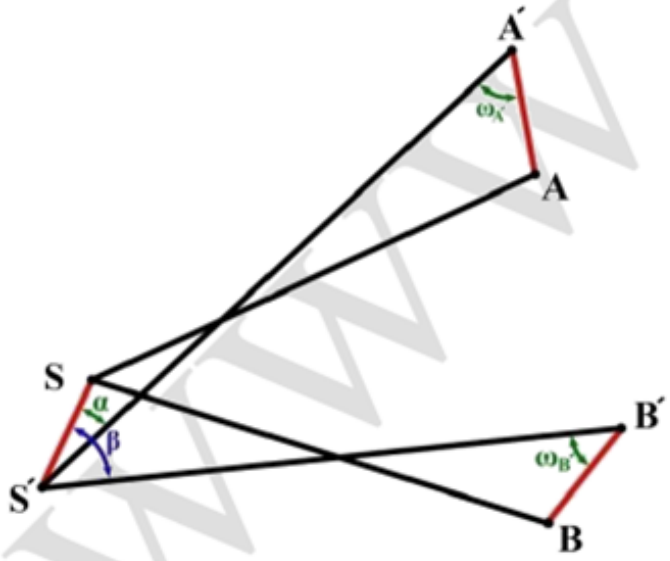
مقدار Δd را برای هر دو امتداد یک زاویه بدست آورده و می توان مقدار واقعی زاویه را بدست آورد:



$$\sin(\Delta d) = \frac{hs + hp}{D}, \qquad hs = e_s \times \sin(\omega_s), \qquad hp = e_p \times \sin(\omega_p)$$

$$\Rightarrow \sin(\Delta d) = \frac{e_s \times \sin(\omega_s) + e_p \times \sin(w_p)}{D} \Rightarrow \Delta d = \sin^{-1}\left(\frac{e_s \sin(\omega_s) + e_p \sin(\omega_p)}{D}\right)$$

مثال: به علت وجود موانع بر روی نقاط استقرا دوربین و تارگت، استقرا در نقاط نزدیک به آن‌ها انجام شده و مشاهدات زیر بدست آمده زاویه $A\hat{S}B$ را بدست آورید.



$\overline{SA} = 76.4096$ $\quad$ $\overline{SB} = 82.8029$

$\overline{AA'} = 19.4121$ $\quad$ $\overline{BB'} = 16.1984$

$\omega_{A'} = 51° 22' o"$ $\quad$ $\omega_{B'} = 41° 47' 17"$

$\alpha = 27° 54' 18"$ $\quad$ $\hat{\beta} = 63° 57' 13"$

$\overline{SS'} = 24.9105$

$$h_{S'A'} = \overline{SS'}\sin(\alpha) = 24.9105 \times \sin\left(27° 54' 18"\right) = 11.658^{m}$$

$$h_{A'S'} = \overline{AA'}\sin(\omega_{A'}) = 19.4121 \times \sin(51° 22') = 15.1639^{m}$$

$$\Delta d_A = \sin^{-1}\left(\frac{11.658 + 15.1639}{76.4096}\right) = 20° 33' 1.55"$$

$$h_{S'B'} = \overline{SS'}\sin(\beta) = 24.9105 \times \sin(63° 57' 13") = 22.3806^{m}$$

$$h_{B'S'} = \overline{BB'}\sin(\omega_{B'}) = 16.1984 \times \sin(41° 47' 17") = 10.7942^{m}$$

$$\Delta d_B = \sin^{-1}\left(\frac{22.3806 + 10.7942}{82.8029}\right) = 23° 37' 7.26"$$

$$\alpha' = \beta - \alpha = 36° 2' 55"$$

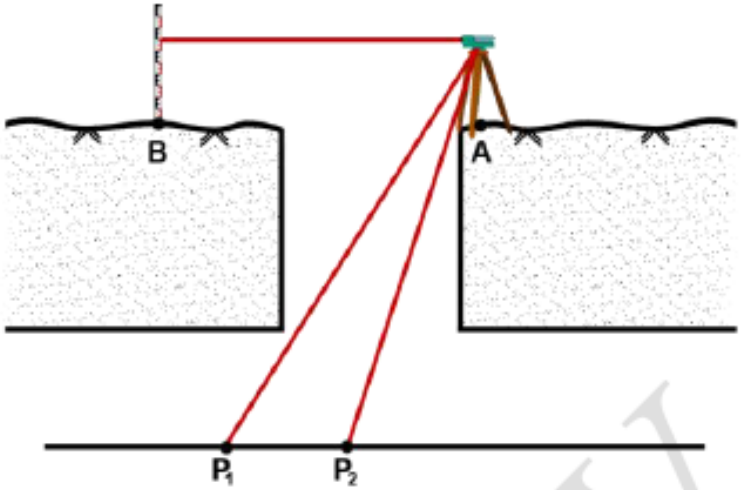
$$A\hat{S}B = \alpha' + (\Delta d_B - \Delta d_A) = 36° 2' 55" + 23° 37' 7.26 - 20° 33' 1.55" = 39° 7' 0.71"$$

تعیین وضعیت یک امتداد در زیر زمین به کمک نقاط در سطح زمین:

جهت تعیین وضعیت یک امتداد در زیر زمین که اساس اصلی هدایت سمت در زیر زمین است از روش های زیر می توان بهره برد:

1) استفاده از منشور گونیا ساز
2) استفاده از دوربین زنیت نادیر یا شاقول لیزری
3) استفاده از دو شاقول
4) استفاده از سه شاقول
5) استفاده از پیمایش

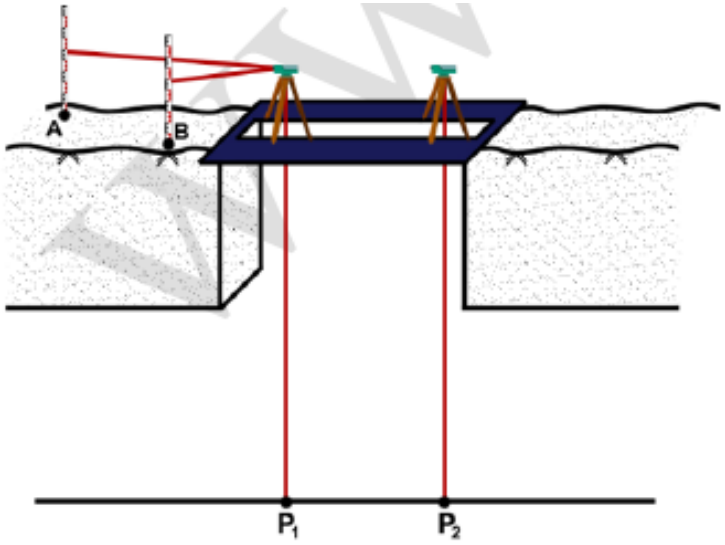
• استفاده از منشور گونیا ساز



منشورهایی وجود دارند که در جلو تلسکوپ دوربین نصب می‌شوند و راستای محور دیدگانی را ۹۰° به سمت زنیت تغییر می‌دهند. در این روش مانند شکل بعد از توجیه دوربین نسبت به امتداد A به B منشور گونیاساز را نصب کرده و دو نقطه P_1 و P_2 را با زاویه مدنظر نسبت به امتداد $\overline{AB}$ پیاده سازی می‌کنیم.

نکته: در هنگام پیاده سازی نقطه P_1 و P_2 لمب افقی را قفل کرده و تنها تلسکوپ دوربین در راستای قائم حرکت داشته باشد.

- **استفاده از دوربین زنیت نادیر یا شاقول لیزری**



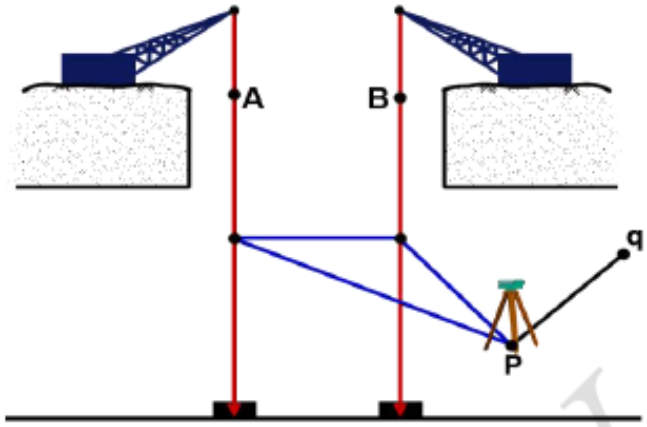
در این روش مانند شکل مدخل چاه با محافظ مخصوص که قابلیت اطمینان و استقرار دوربین و دید نقاط نادیر را داشته باشند پوشیده می‌شود و دوربین زنیت نادیر پس از توجیه نسبت به نقاط کنترل زمین B و A اقدام به پیاده سازی نقطه اول (P_1) در تونل کرده و سپس تغییر مکان داده و دوباره عمل توجیه نسبت به نقاط کنترل زمینی B و A را انجام داده و سپس نقطه P_2 را پیاده سازی می‌کند و با داشتن مختصات این دو ایستگاه در اصل مختصات مسطحاتی نقاط P_1 و P_2 را داریم.

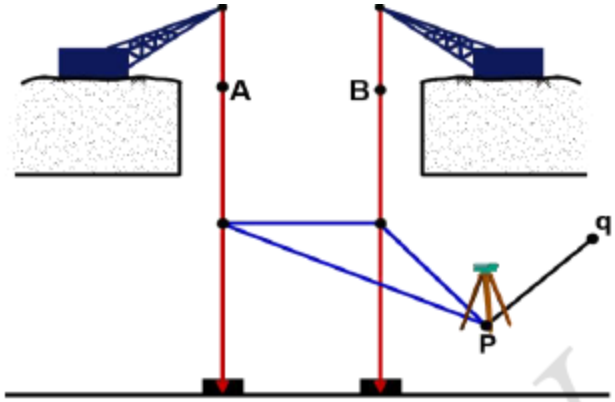
استفاده از دو شاقول:

- همان طور که متوجه شدید هدف انتقال مختصات و مشخص کردن آزیموت یک امتداد در زیر زمین می باشد. زمانیکه از دو شاقول استفاده می کنیم (می توان از دو چاه و دو شاقول یا از یک چاه و دو شاقول استفاده کرد)، می توان از روش های زیر استفاده نمود و آزیموت امتداد موردنظر را مشخص نمود:
- الف) استفاده از مشاهدات یک ایستگاه (استفاده از مثلث ویزباخ)
- ب) استفاده از مشاهدات دو ایستگاه (استفاده از چهارضلعی هاوس)

- **الف) استفاده از مشاهدات یک ایستگاه (استفاده از مثلث ویزباخ)**

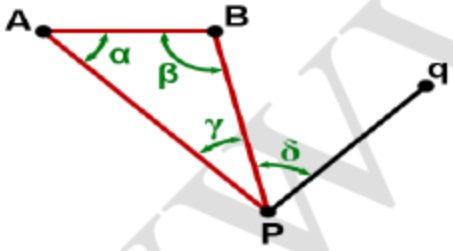
در این روش همانند شکل دو وزنه با سیم (سیم‌بکسل) به جرثقیل‌های ثابتی آویزان شده (دو شاقول) و وزنه‌ها درون سطل روغنی به صورت شناور قرار داده می‌شوند تا از حرکت و تاب خوردن آن جلوگیری شود سپس مختصات مسطحاتی این دو شاقول یا همان مختصات نقاط B و A از ایستگاه‌های کنترل زمینی مشخص می‌گردد. حال در این روش می‌تواند تعیین امتداد به دو حالت صورت‌گیرد:





حالت اول) همانند شکل دوربین بر روی یک سر یک امتداد مشخص مستقر شده باشد (نقطه P) و بخواهیم ژیزمان امتداد مورد نظر (G_{pq}) را بدست آوریم. در این حالت ژیزمان $\overline{AB}$ مشخص بوده و مشاهدات زیر انجام می‌شود.

قرائت زوایای δ و γ و طول‌های AP و BP و از روابط زیر به ژیزمان امتداد pq دست می‌یابیم.



$$\overline{AB} = (\overline{PA}^2 + \overline{PB}^2 - 2\times\overline{PA}\times\overline{PB}\cos\gamma)^{0.5}$$

$$\frac{Sin\alpha}{PB} = \frac{Sin\gamma}{AB} \Rightarrow \alpha = Sin^{-1}(\frac{PB\times Sin\gamma}{AB})$$

$$\frac{Sin\beta}{PA} = \frac{Sin\gamma}{AB} \Rightarrow \beta = Sin^{-1}(\frac{PA\times Sin\gamma}{AB})$$

حال خطای بست مثلث PBA را بدست آورده و زوایا را تصحیح می‌کنیم (در صورت مجاز بودن)

$$e = 180 - \alpha - \beta - \gamma \Rightarrow \begin{cases} \alpha' = \alpha + (-\frac{e}{3}) \\ \beta' = \beta + (-\frac{e}{3}) \\ \gamma' = \gamma + (-\frac{e}{3}) \end{cases}$$

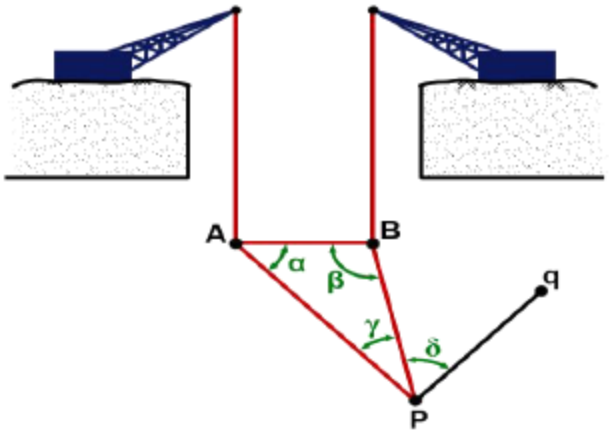
$$G_{AP} = G_{AB} + \alpha$$

$$G_{PA} = G_{AP} \pm 180$$

$$, \boxed{G_{pq} = G_{PA} + \gamma + \delta}$$

www.Geo

مثال: چنانچه جهت تعیین آزیموت امتداد pq در یک تونل زیرزمینی مشاهدات زیر انجام شده باشد مطلوب است محاسبه آزیموت این امتداد



$G_{AB} = 80^\circ 13' 15''$ $\quad \gamma = 25^\circ 11' 5''$

$L_{PA} = 8.653^m$ $\quad \delta = 118^\circ 36' 12''$

$L_{PB} = 6.241^m$

$$AB = (8.653^2 + 6.241^2 - 2\times 8.653\times 6.241\times Cos(25^\circ 11' 5''))^{0.5} = 4.011^m$$

$$\frac{Sin\alpha}{PB} = \frac{Sin\gamma}{AB} \Rightarrow \alpha = Sin^{-1}\left(\frac{6.241\times Sin 25^\circ 11' 5''}{4.011}\right) = 41^\circ 28' 2.44''$$

$$\frac{Sin\beta}{PA} = \frac{Sin\gamma}{AB} \Rightarrow \beta = Sin^{-1}\left(\frac{8.653\times Sin 25^\circ 11' 5''}{4.011}\right) = 66^\circ 39' 7.44''$$

چون زاویه β مقابل وتر می‌باشد و مقدار آن از 90° بیشتر می‌باشد در نتیجه جواب رابطه سینوسی زاویه خارجی خواهد بود و برای رسیدن به زاویه داخلی (β) باید از 180° کم شود.

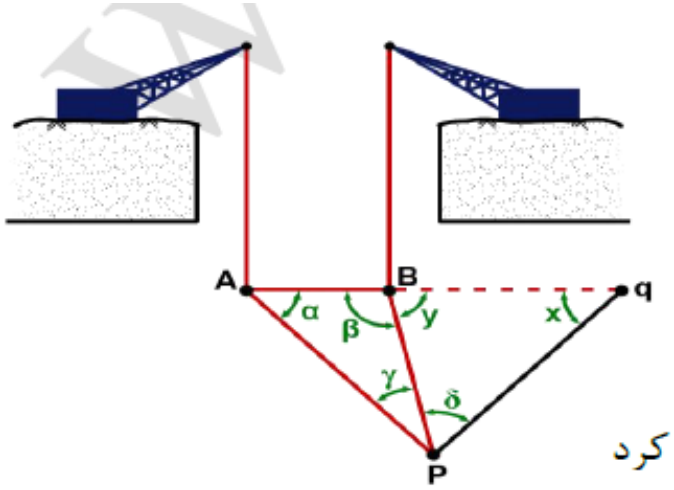
$$\Rightarrow \beta = 180 - 66^\circ 39' 7.44'' = 113^\circ 20' 52.56''$$

$e = 180 - 41^\circ 28' 2.44'' - 113^\circ 20' 52.56'' - 25^\circ 11' 5'' = 4\times 10^{-13}$ قابل صرف نظر کردن

$$\Rightarrow G_{AP} = 80^\circ 13' 15'' + 41^\circ 28' 2.44'' = 121^\circ 41' 17.44''$$

$$\Rightarrow \boxed{G_{Pq} = 121^\circ 41' 17.44'' + 25^\circ 11' 5'' + 118^\circ 13' 12'' - 180 = 85^\circ 28' 34.44''}$$

www.GeoGIS.ir



حالت دوم) همانند شکل در این حالت هدف یافتن طولی است که از نقطه P با زاویه δ باز کنیم تا به نقطه‌ای در راستای امتداد AB برسیم یا همان نقطه q (هدف یافتن طول pq)

در این حالت همانند حالت قبل زاویه β را یافته و سپس زوایای X و Yرا یافته با داشتن یک طول و سه زاویه در مثلث PBq می‌توان طول pq را از روابط مثلثاتی حساب کرد

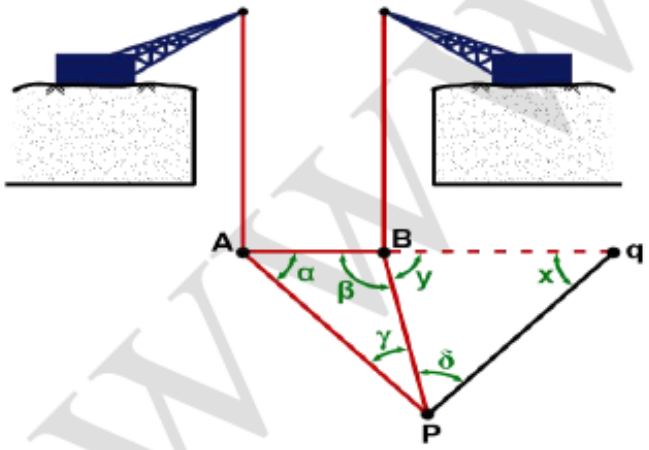
$$AB = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \qquad \text{یا} \qquad AB^2 = PA^2 + PB^2 - 2 \times PA \times PB \times Co\delta$$

$$\frac{Sin\beta}{AP} = \frac{Sin\gamma}{AB} \Rightarrow \beta = Sin^{-1}\left(\frac{AP \times Sin\gamma}{AB}\right)$$

پس از یافتن زاویه β در مثلث BPq داریم:

$$Y = 180 - \beta \qquad , \qquad X = 180 - Y - \delta$$

$$\frac{SinX}{PB} = \frac{SinY}{pq} \Rightarrow \boxed{pq = \frac{PB \times Sin\,Y}{SinX}}$$



مثال: چنانچه مطابق شکل بخواهیم نقطه‌ای (q) در امتداد دو شاقول B و A با استقرار بر روی نقطه p ایجاد کنیم مطلوب است با توجه به مشاهدات زیر طول pq جهت پیاده سازی نقطه q.

$$A\begin{vmatrix}100\\100\end{vmatrix} \qquad B\begin{vmatrix}105.73\\100.00\end{vmatrix}$$

$$\delta = 79^\circ 27' 14'' \qquad \overline{PB} = 8.541^m$$

$$\gamma = 35^\circ 42' 50'' \qquad \overline{PA} = 9.750^m$$

$$AB = \sqrt{105.73-100)^2 + (100-100)^2} = 5.73^m$$

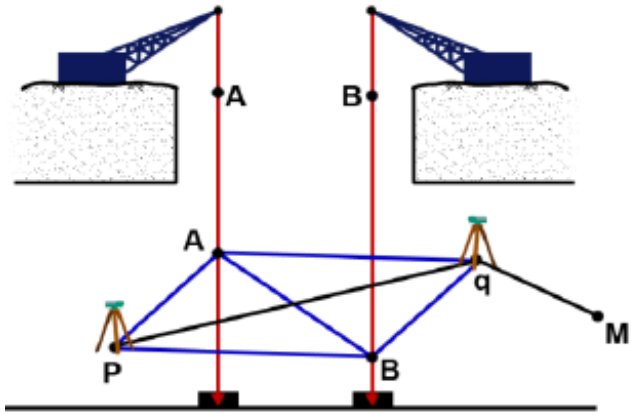
$$\frac{Sin 35^\circ 42' 50''}{5.73} = \frac{Sin\alpha}{8.541} \Rightarrow \alpha = Sin^{-1}\left(\frac{Sin(35^\circ 42' 50'') \times 8.541}{5.73}\right) = 60^\circ 28' 15.4''$$

$$\beta = 180 - \alpha - \gamma = 180 - 60^\circ 28' 15.4'' - 35^\circ 42' 50'' = 83^\circ 48' 54.6''$$

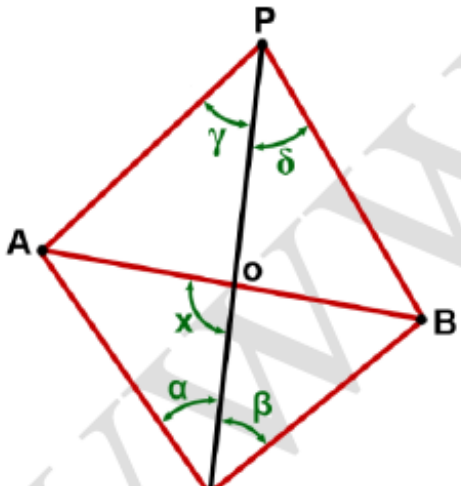
$$Y = 180 - \beta = 180 - 83^\circ 48' 54.6'' = 96^\circ 11' 5.4''$$

$$pq = \frac{8.541 \times Sin 96^\circ 11' 5.4''}{Sin(96^\circ 11' 5.4'' + 79^\circ 27' 14'')} = 111.66^m$$

استفاده از مشاهدات دو ایستگاه (استفاده از چهارضلعی هاوس)



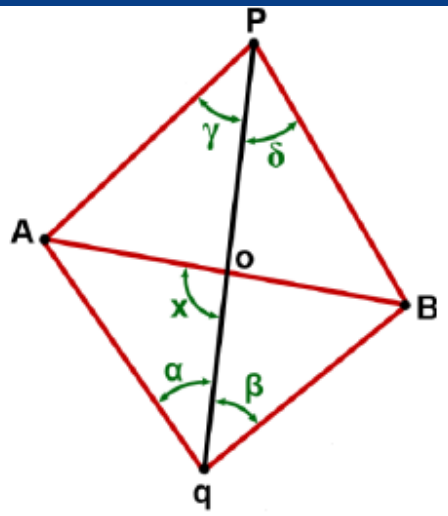
در این روش نیز همانند شکل از دو شاقول آویزان در سطل روغن جهت جلوگیری از نوسانات شاقول استفاده می‌شود و مختصات نقاط A و B توسط ایستگاه‌های کنترل زمینی مشخص می‌شود. حال با انجام مشاهداتی از دو نقطه امتدادی که از میان دو نقطه A و B می‌گذارد اقدام به محاسبه وضعیت امتداد مستقر شده (امتداد pq) می‌نماییم. در این روش که روش دقیقی است مشاهدات ما را زوایای α و β و γ و δ تشکیل می‌دهد و مجهول زاویه تقاطع یا همان x می‌باشد که با یافتن آن می‌توان به آزیموت pq دست یافت و وضعیت امتداد pq را مشخص نمود.



$$G_{qp} = G_{AB} - X$$

$$CotX = \frac{Cot\beta.Cot\gamma - Cot\delta.Cot\alpha}{Cot\delta + Cot\alpha + Cot\beta + Cot\gamma}$$

WWW.GeoGIS.ir



مثال: جهت تعیین ژیزمان امتداد زیرزمینی pq از دو شاقول آویزان در نقاط A و B با مختصات‌های زیر استفاده شده و سپس در زیر زمین از روی دو نقطه p و q مشاهدات زیر انجام شده است مطلوب است ژیزمان امتدادpq .

$$A\begin{vmatrix}100\\100\end{vmatrix} \qquad B\begin{vmatrix}110\\100\end{vmatrix}$$

$$AB = 10^{m}$$

$$V_{AB} = \tan^{-1}\left|\frac{10}{0}\right| \Rightarrow \Delta y = 0 \Rightarrow \Delta x > 0 \quad \Rightarrow G_{AB} = 90^{\circ}$$

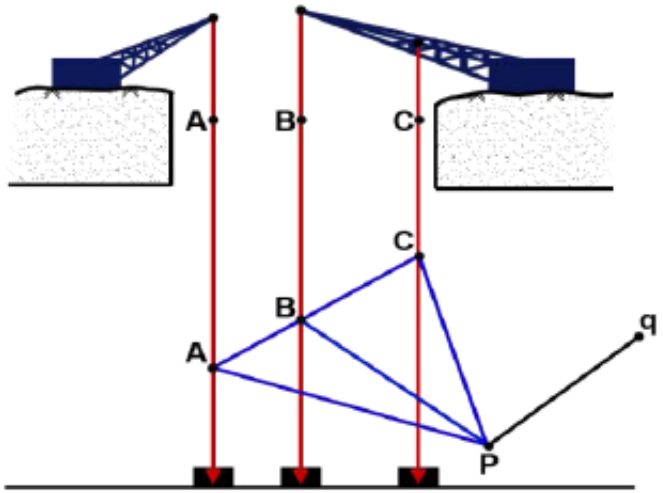
ایستگاه	نشانه	قرائت امتداد		زاویه
p	A	$16^{\circ}15'11''$		
			γ	$45^{\circ}29'6''$
	O	$330^{\circ}46'05''$		
			δ	$44^{\circ}27'09''$
	B	$286^{\circ}18'56''$		
q	A	$36^{\circ}51'32''$		
			α	$43^{\circ}40'58''$
	O	$80^{\circ}32'30''$		
			β	$49^{\circ}28'33''$
	B	$130^{\circ}01'03''$		

$$\tan x = \frac{Cot\,\delta + Cot\,\alpha + Cot\,\beta + Cot\,\gamma}{Cot\,\beta.Cot\,\gamma - Cot\,\delta.Cot\,\alpha}$$

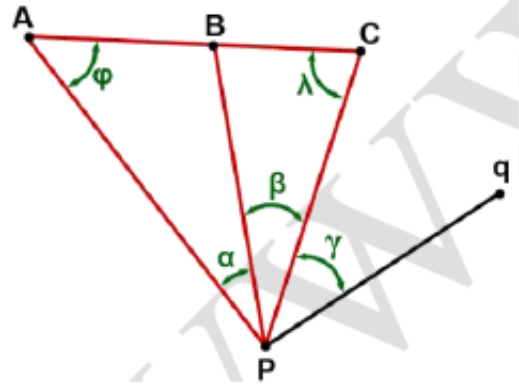
$$\Rightarrow X = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{1}{\tan 44^{\circ}27'09''} + \frac{1}{\tan 45^{\circ}29'06''} + \frac{1}{\tan 43^{\circ}40'58''} + \frac{1}{\tan 49^{\circ}28'33''}}{\frac{1}{\tan 49^{\circ}28'33'' \times \tan 45^{\circ}29'06''} - \frac{1}{\tan 44^{\circ}27'09'' \times \tan 43^{\circ}40'58''}}\right) = 86^{\circ}40'31.06''$$

$$\Rightarrow G_{pq} = 90 - 86^{\circ}40'31.06'' + 180 = 183^{\circ}19'28.94''$$

استفاده از سه شاقول:

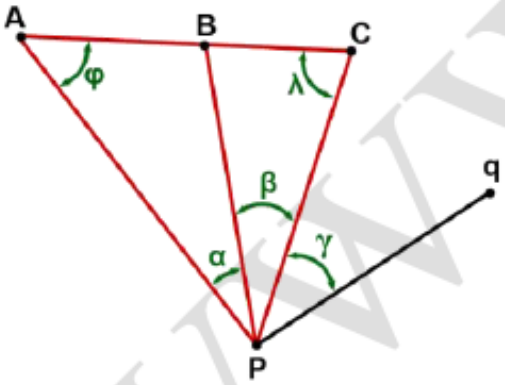


در این روش همانند شکل سه شاقول به کمک جرثقیل‌های ثابتی آویزان شده و وزنه این شاقول‌ها در سطل روغنی قرار می‌گیرد تا از نوسانات شاقول‌ها جلوگیری شود و موقعیت این سه شاقول (نقطه A,B,C) توسط نقاط کنترل زمینی مشخص می‌گردد. نکته قابل ذکر این است که باید این سه شاقول در یک راستا قرار گرفته باشند در این روش تنها از مشاهدات زاویه استفاده می‌شود و تنها فواصل بین شاقول‌ها مشخص می‌باشد. با توجه به شکل می‌توان دریافت که اگر یکی از دو زاویه مجهول λ یا φ بدست آید دیگر مجهولات قابل دستیابی بوده و می‌توان ژیزمان امتداد pq را بدست آورد. مشاهدات در این روش سه زاویه می‌باشد و همچنین فاصله بین شاقول‌ها. $(\overline{BC}, \overline{AB})$



www.GeoGIS.ir

اثبات



$$\varphi+\alpha+\beta+\lambda=180\Rightarrow\lambda+\varphi=180-(\alpha+\beta)=\kappa_1$$

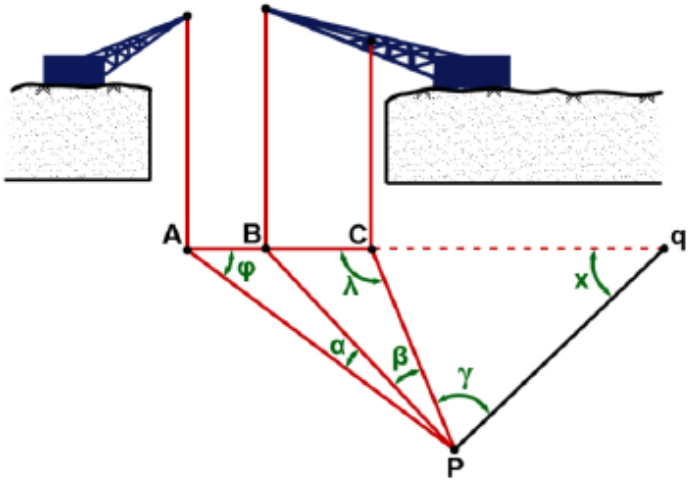
$$\begin{cases}\dfrac{Sin\varphi}{PB}=\dfrac{Sin\alpha}{AB} & (1)\\ \dfrac{Sin\lambda}{PB}=\dfrac{Sin\beta}{BC} & (2)\end{cases}\xrightarrow[(2)]{(1)}\frac{Sin\varphi}{Sin\lambda}=\frac{\frac{Sin\alpha}{AB}}{\frac{Sin\beta}{BC}}=\frac{BC\,Sin\alpha}{AB\,Sin\beta}=\kappa_2$$

$$\lambda+\varphi=\kappa_1\Rightarrow\varphi=\kappa_1-\lambda\quad,\quad\frac{Sin\varphi}{Sin\lambda}=\kappa_2\Rightarrow\kappa_2=\frac{Sin(\kappa_1-\lambda)}{Sin\lambda}$$

$$\kappa_2=\frac{Sin\kappa_1.Cos\lambda-Sin\lambda.Cos\kappa_1}{Sin\lambda}\Rightarrow\kappa_2=Sin\kappa_1.Cot\lambda-Cos\kappa_1$$

$$\Rightarrow Cot\lambda=\frac{\kappa_2+Cos\kappa_1}{Sin\kappa_1}\Rightarrow\lambda=\tan^{-1}\left(\frac{Sin\kappa_1}{\kappa_2+Cos\kappa_1}\right)\Rightarrow\boxed{\lambda=\tan^{-1}\left(\frac{Sin(180-\alpha-\beta)}{\frac{BC\,Sin\alpha}{AB\,Sin\beta}+Cos(180-\alpha-\beta)}\right)}$$

مثال: جهت تعیین یک نقطه (q) در امتداد سه نقطه شاقولی A,B,C که در یک راستا هستند مشاهدات زیر با توجه به شکل انجام شده مطلوب است ژیزمان امتداد pq .



$$A\begin{vmatrix}100\\100\end{vmatrix}\quad,\quad B\begin{vmatrix}105.32\\104.55\end{vmatrix}\quad,\quad C\begin{vmatrix}110.87\\109.29\end{vmatrix}$$

$$\alpha = 31^\circ 30' 12'' \quad,\quad \beta = 42^\circ 51' 13'' \quad,\quad \gamma = 50^\circ 18' 08''$$

$$V_{AC} = \tan^{-1}\left|\frac{10.87}{9.29}\right| = 49^\circ 27' 39.05''$$

$$\Rightarrow G_{AC} = 49^\circ 27' 39.05''$$

$$L_{AB} = \sqrt{5.32^2 + 4.55^2} = 7^m$$

$$L_{BC} = \sqrt{(110.87-105.32)^2 + (109.29-104.55)^2} = 7.30^m$$

$$\lambda = \tan^{-1}\left(\frac{Sin(31^\circ 30' 12'' + 42^\circ 51' 13'')}{\frac{7.30 \times Sin(31^\circ 30' 12'')}{7 \times Sin(42^\circ 51' 13'')} + Cos(180 - 31^\circ 30' 12'' - 42^\circ 51' 13'')}\right) = 61^\circ 06' 29.46''$$

$$\varphi = 180 - 31^\circ 30' 12'' - 42^\circ 51' 13'' - 61^\circ 06' 29.46'' = 44^\circ 32' 5.58''$$

$$G_{AP} = 49^\circ 27' 39.05'' + 44^\circ 32' 5.58'' = 93^\circ 59' 44.53''$$

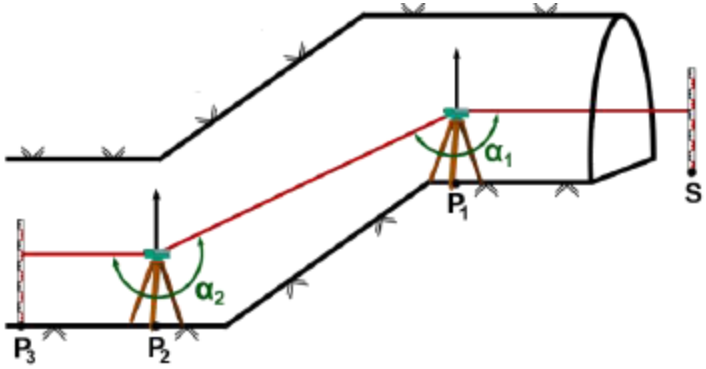
$$G_{pq} = 93^\circ 59' 44.53'' + 31^\circ 30' 12'' + 42^\circ 51' 13'' + 50^\circ 18' 08'' - 180 = 38^\circ 39' 17.63''$$

همچنین می توان طول pq را نیز محاسبه نمود

$$\frac{Sin(\alpha+\beta)}{L_{AB}+L_{BC}} = \frac{Sin\varphi}{pc} \Rightarrow pc = \frac{(7+7.30).Sin(44^\circ 32' 5.58'')}{Sin(31^\circ 30' 12'' + 42^\circ 51' 13'')} = 10.414^m$$

$$\frac{Sin(\lambda-\gamma)}{pc} = \frac{Sin\lambda}{pq} \Rightarrow pq = \frac{10.414 \times Sin(61^\circ 06' 29.46'')}{Sin(61^\circ 06' 29.46'' - 50^\circ 18' 08'')} = 48.634^m$$

استفاده از روش پیمایش:



در این روش همان طور که در شکل نیز مشخص شده است در عملیات‌های زیرزمینی کاربرد دارد که دارای چاه‌های مایل باشند و از دو نقطه کنترل بیرون تونل عملیات پیمایش آنتنی را انجام می‌دهیم تا به امتداد مورد نظر (AB) برسیم و سمت آن را مشخص کنیم.

از توضیح این روش صرف نظر می‌کنیم چون در نقشه‌برداری 2 به صورت مفصل به آن پرداخته شده است.

انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین:

- این امر به سه روش زیر امکان پذیر است:

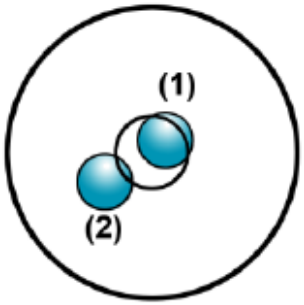
۱. انجام ترازیابی : به دو روش مستقیم (ترازیابی هندسی) و غیرمستقیم (ترازیابی مثلثاتی)

۲. استفاده از متر یا سیم بکسل مدرج آویزان

۳. روش پاندولی

الف) ترازیابی مستقیم:

این نوع ترازیابی همان ترازیابی هندسی در سطح زمین است با این تفاوت که نوع شاخص مورد استفاده در ترازیابی زیرزمینی به علت شرایط کار، متفاوت بوده و برای تعیین ارتفاع نقاط روی سقف معمولاً از شاخص‌های معکوس استفاده می‌شود این شاخص‌ها به علت شرایط معمولاً ۲ متری یا کشویی هستند و جنس آن‌ها از آلومینیوم می‌باشد که رطوبت اثر کمتری بر روی آن‌ها داشته باشد و همچنین قابلیت آویزان شدن از سقف را دارند و در برخی از آن‌ها برای سهولت قرائت، تجهیزات نوری وجود دارد.



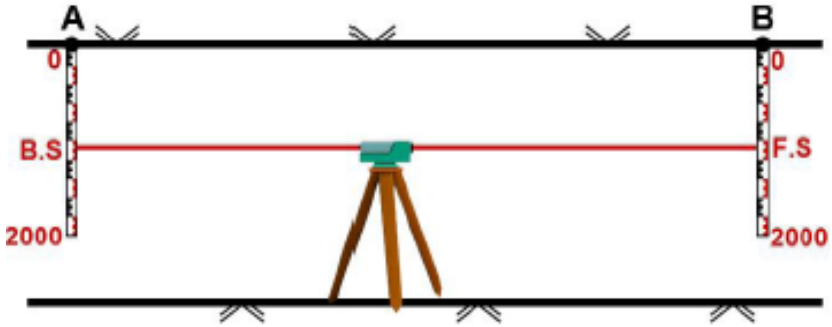
تراز بودن دستگاه: زمانی که از دستگاه‌هایی استفاده می‌کنید که دارای تراز خودکار (کمپانساتور) هستند اگر بیش از $\frac{1}{2}$ سطح حباب تراز درون دایره مرکزی تراز قرار داشته باشد (حالت (۱)) دستگاه تراز خواهد شد ولی اگر بیش از $\frac{1}{2}$ سطح حباب تراز خارج از دایره مرکزی تراز قرار داشته باشد (حالت (۲)) دستگاه تراز نخواهد شد به علت شرایط ترازیابی زیرزمینی، سه حالت زیر در امر ترازیابی هندسی ممکن است رخ دهد که آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

حالت اول: هر دو شاخص معکوس

حالت دوم: یک شاخص معکوس و یک شاخص مستقیم

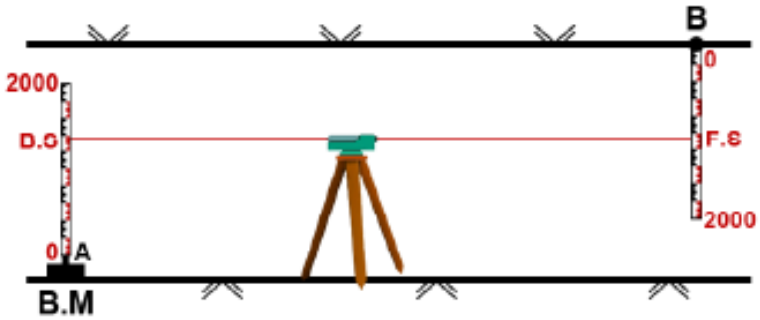
حالت سوم: هر دو شاخص مستقیم

حالت اول: هر دو شاخص معکوس



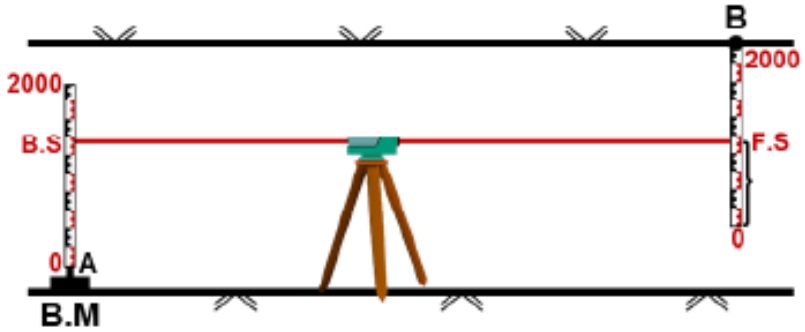
$$\Delta H_{AB} = F.S - B.S$$

حالت دوم: یک شاخص معکوس و یک شاخص مستقیم



$$\Delta H_{AB} = B.S - (-F.S) = B.S + F.S$$

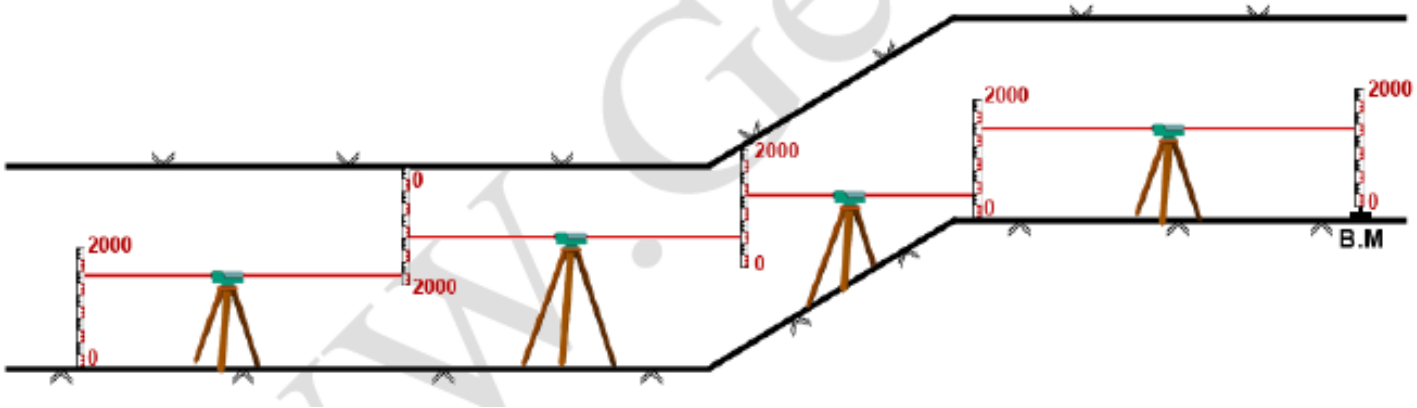
حالت سوم: هر دو شاخص معکوس



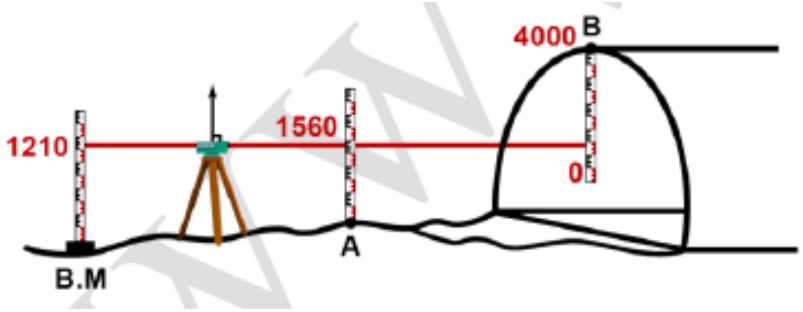
$$\Delta H_{AB} = B.S + (2000 - F.S)$$

GIS.ir

زمانی از روش ترازیابی هندسی می‌توان استفاده نمود که شیب تونل کم باشد و قابل ایستگاه گذاری و قرائت باشد. در یک ترازیابی زیرزمینی ممکن است مانند شکل زیر ترکیبی از حالت‌های فوق رخ دهد.

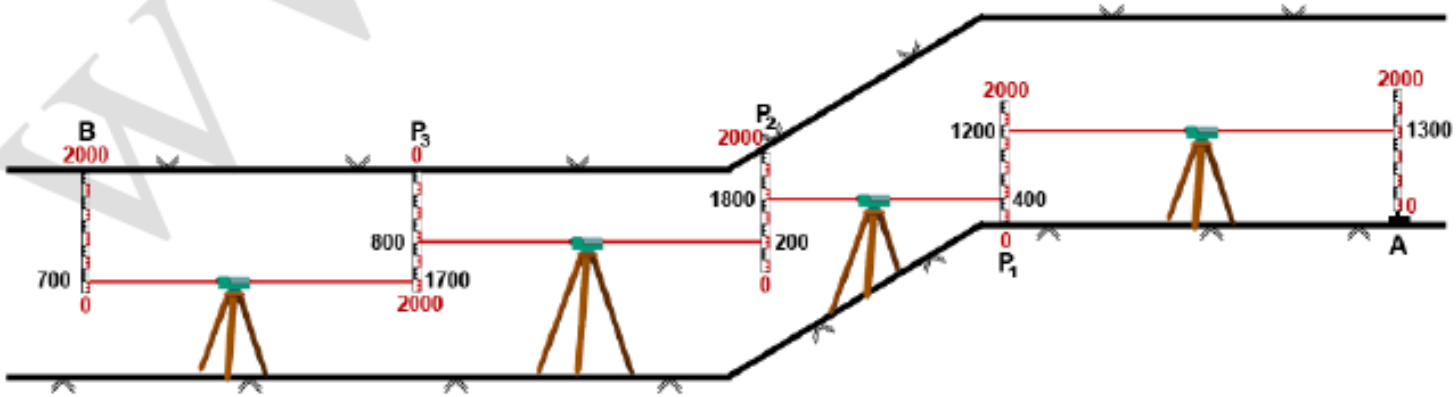


مثال: با توجه به مشاهدات زیر ارتفاع نقاط A,B را بدست آورید



$$BM = 100^m$$
$$H_A = 100 + 1.21 - 1.56 = 99.65$$
$$H_B = 99.65 + 1.56 + (4000 - 90) = 105.12^m$$

مثال: با توجه به مشاهدات ترازیابی انجام شده بین نقاط B و a، ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$\Delta H_{AP1} = 1300 - 1200 = 100^{mm}$$

$$\Delta H_{P1P2} = 400 + (2000 - 1800) = 600^{mm}$$

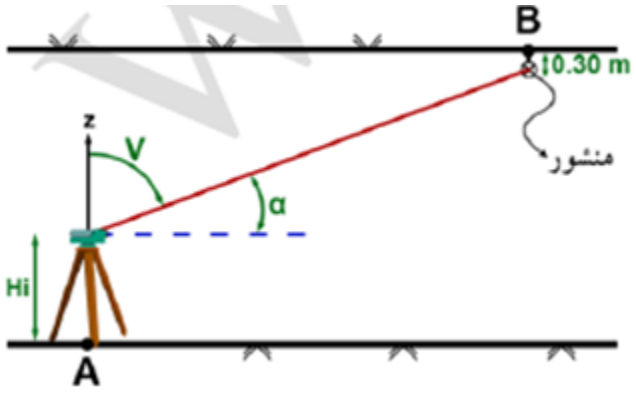
$$\Delta H_{P2P3} = 800 - (2000 - 200) = -1000^{mm}$$

$$\Delta H_{P3B} = -1700 - (2000 - 700) = -400^{mm}$$

نقاط	B.S	F.S	نوع شاخص	ΔH_i	H
A	1300		مستقیم		100
P_1	400	1200	مستقیم	+0.10	100.10
P_2	200	1800	معکوس	+0.60	100.70
P_3	1700	800	معکوس	-1.00	99.70
B		700	معکوس	-0.40	99.30

ب) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

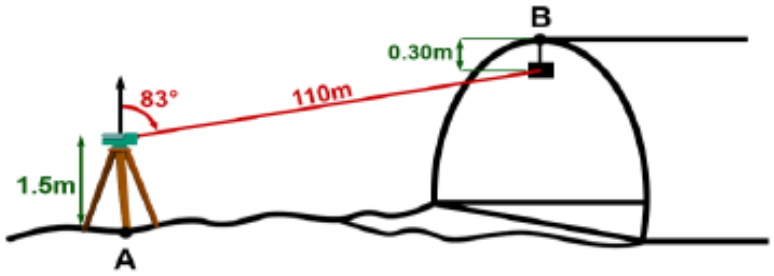
این روش نسبت به روش مستقیم از دقت کمتری برخوردار است ولی در زمان‌هایی که شیب زیاد است این روش خیلی کاربردی‌تر نسبت به روش ترازیابی مستقیم می‌باشد. ولی باید به این نکته توجه کرد که هر چه زاویه شیب بیشتر شود احتمال وقوع خطا در محاسبه فاصله به روش استادیمتری بیشتر خواهد بود پس زمانی این روش در تونل‌هایی با شیب زیاد نسبت به روش مستقیم برتری دارد که از طولیاب جهت بدست آوردن فاصله بین دو نقطه استفاده شود.



$$HB = HA + HI + L \times Cosv + \Delta H_B$$

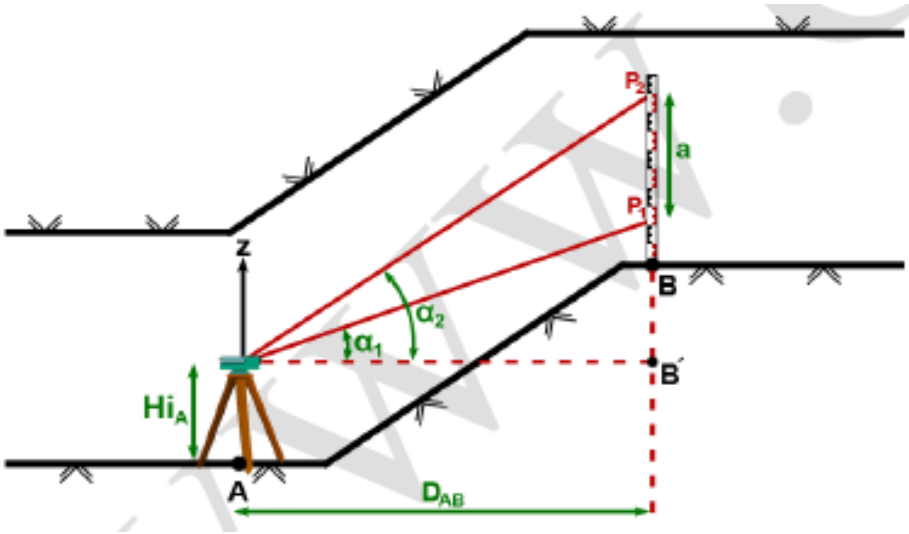
$$HB = HA + HI + L \times Sin\,a + \Delta H_B$$

مثال: ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$H_A = 160^m$$

$$H_B = 160 + 1.5 + 0.3 + 110 \times Cos\,83^\circ = 175.2056$$

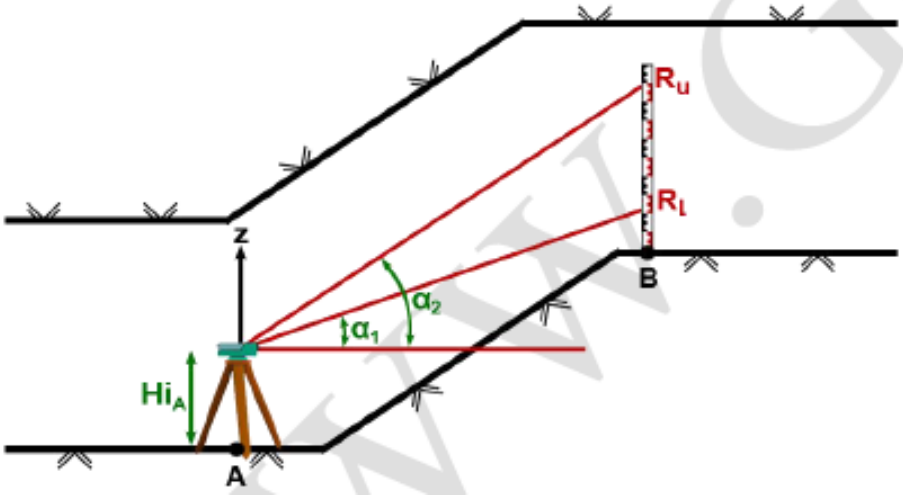


$$H_B = H_A + HI + D_{AB} \times \tan\alpha_1 - p_1$$

در این رابطه D_{AB} مجهول است که اگر آن را بدست آوریم با مشاهدات انجام شده به ارتفاع نقطه B خواهیم رسید. داریم:

$$D_{AB} = \frac{a}{\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2}$$

مثال: ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$H_A = 210^m \qquad HI_A = 1.6^m$$

$$R_L = 700^{mm} \qquad \alpha_1 = 40^\circ 15' 12''$$

$$\alpha_2 = 44^\circ 13' 50'' \qquad R_u = 1800^{mm}$$

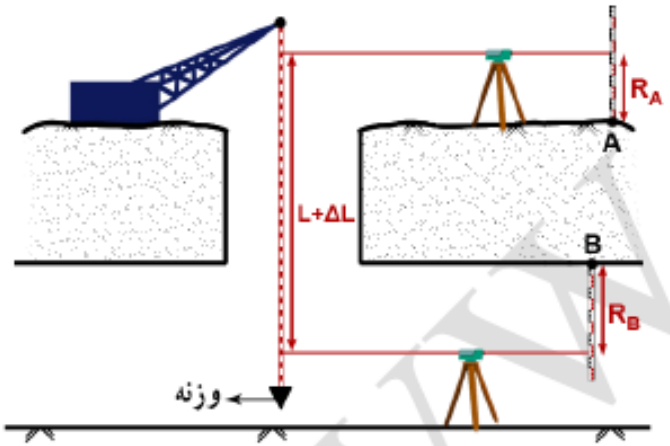
$$D_{AB} = \frac{1.8 - 0.70}{\tan(44^\circ 13' 50'') - \tan(40^\circ 15' 12'')} = 8.673$$

$$H_B = 210 + 1.6 + 8.673 \times \tan(40^\circ 15' 12'') - 0.7 = 218.243^m$$

www.ge

۲) استفاده از متر یا سیم‌بکسل مدرج آویزان

در این روش مطابق شکل عمل می‌کنیم و یک متر یا سیم‌بکسل مدرج را از یک چاه آویزان کردن و بر روی شاخص‌ها و سیم مدرج قرائت‌ها انجام می‌شود و از رابطه زیر به ارتفاع نقطه B دست خواهیم یافت.



$$H_B = H_A + R_A - (L + \Delta L) + R_B$$

به دلیل وزن سیم مدرج و وزنه آویزان به آن مقداری تغییر طول در طول سیم (ΔL) خواهیم داشت که باید محاسبه و اعمال شود.

مقدار تصحیح طول بر اثر وزن وزنه از رابطه زیر بدست خواهد آمد

$$\Delta L_1 = \frac{P_1 \times L}{S \times E}$$

E: ضریب یانگ (کیلوگرم بر میلیمتر مربع)

S : سطح مقطع متر یا سیم‌بکسل

L: طول سیم‌بکسل مابین قرائت بالا و پایین

P_1 : وزن وزنه

مقدار تصحیح طول بر اثر وزن خود سیم

$$\Delta L_2 = \frac{P_2 \times L^2}{2 \times S \times E}$$

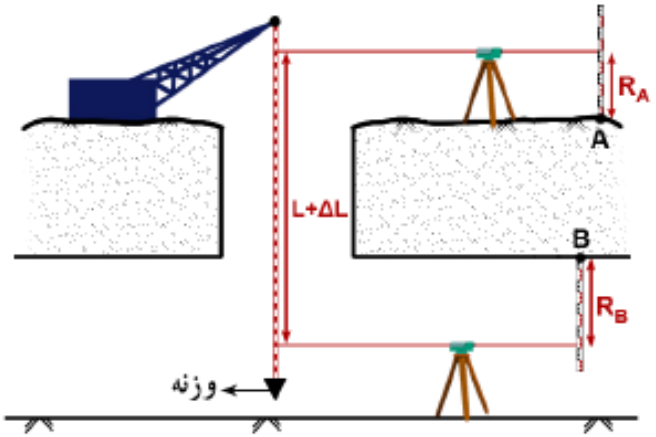
P_2 : وزن واحد طول (وزن یک متر از سیم)

مقدار تصحیح کلی

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = \frac{P_1 \times L}{S \times E} + \frac{P_2 \times L^2}{2 \times S \times E} = \frac{L}{S \times E}\left(P_1 + \frac{P_2 L}{2}\right)$$

مثال: در یک پروژه زیرزمینی جهت انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین مطابق شکل از روش سیم مدرج آویزان استفاده کرده‌ایم و مشاهدات زیر را بدست آورده‌ایم، مطلوب است تعیین ارتفاع نقطه B .

(در نقطه B از شاخص معکوس استفاده شد)



$$H_A = 256.35^m \qquad R_A = 1.317^m \qquad R_B = 1.211^m$$

$$L = 138.12^m \qquad E = 5\times10^2 \qquad S = 200^{mm^2}$$

$$P_1 = 15^{Kg} \qquad P_2 = 0.85^{Kg}$$

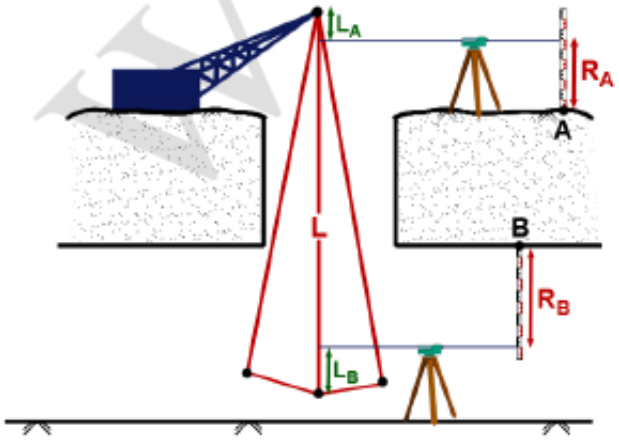
$$\Delta L = \frac{138.12}{5\times10^2\times200}\times\left(15+\frac{0.85\times138.12}{2}\right) = 0.10179^m$$

$$H_B = 256.35+1.317-(138.12+0.1018)+1.211 = 120.656^m$$

GeoGIS

۳) روش پاندولی

در این روش پاندولی درون چاه قائم آویزان می‌گردد مانند شکل و با شمارش تعداد نوسانات پاندول در یک بازه زمانی می‌توان به طول پاندول دست یافت؛ و از رابطه زیر به ارتفاع نقطه B رسید:



$$H_B = H_A + R_A - (L - L_A - L_B) + R_B$$

L : طول سیم پاندولی L_A : اختلاف ارتفاع شروع سیم پاندول تا خط تراز بر روی سطح زمین

L_B : اختلاف ارتفاع پایان سیم پاندول تا خط تراز زیر سطح زمین

مقادیر موارد نیاز در فرمول فوق همگی مشاهده می‌شوند جز L که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$L = \frac{T^2 g}{4\pi^2} \qquad T = \frac{t}{N}$$

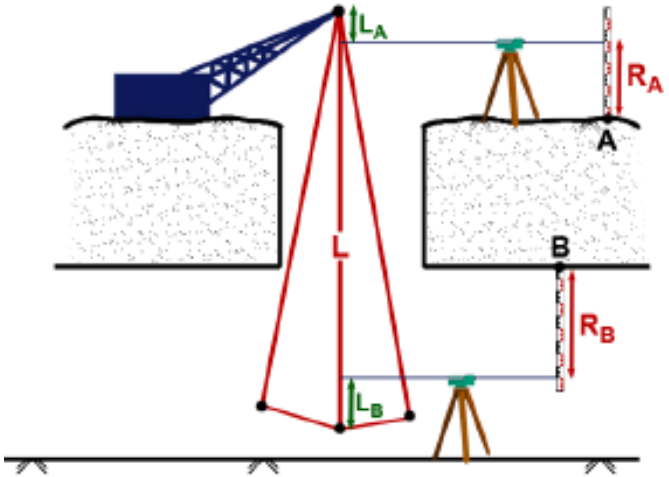
t : مدت زمان نوسانات N : تعداد نوسانات

T : مدت زمان یک نوسان کامل

L : طول پاندول g : شتاب ثقل $9.81_{m/S^2}$

$$H_B = H_A + R_A - (L - L_A - L_B) + R_B$$

مثال: جهت انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین در یک پروژه زیرزمینی از روش پاندول استفاده شده و مشاهدات زیر انجام شده است. مطلوب است ارتفاع نقطه B . مدت زمان نوسانات پاندول ^{S} ۴۰ و تعداد نوسانات در این مدت زمان ۴ نوسان بوده.



$H_A = 256.35^m$ $R_A = 1.317^m$ $L_A = 2.251^m$

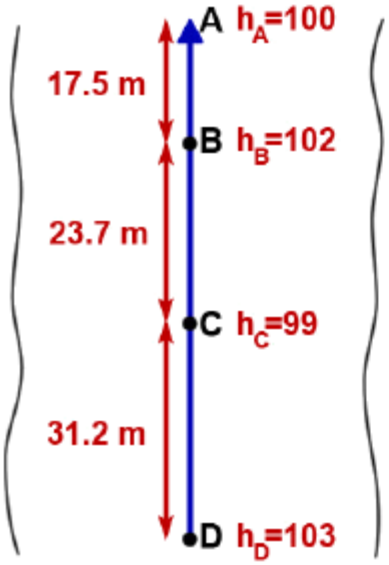
$L_B = 0.573^m$ $R_B = 1.211^m$

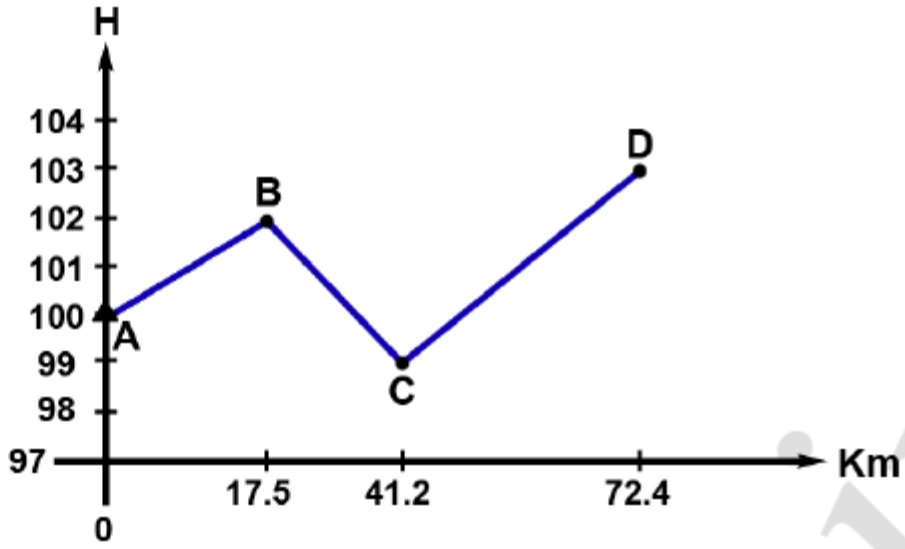
$$T = \frac{40}{4} = 10^s \qquad L = \frac{10^2 \times 9.81}{4 \times \pi^2} = 24.849^m$$

$$H_B = 256.35 + 1.317 - (24.849 - 2.251 - 0.573) + 1.211 = 236.853^m$$

برداشت مقطع تونل:

در تونل‌ها جهت کنترل کردن شکل و موقعیت تونل نیاز به برداشت مقاطعی به صورت طولی و عرضی می‌باشد جهت برداشت و ترسیم مقطع طولی در راستای تونل بر روی تونل یا کف آن نقاطی که تغییر شیب وجود دارد فواصل و اختلاف ارتفاع از نقاط قبلی اندازه‌گیری می‌شود مانند شکل و جهت ترسیم آن محور تونل در راستای محور x ها و ارتفاعات در راستای محور y ها ترسیم می‌شود مطابق شکل





برداشت مقطع عرضی از جمله عملیات‌هایی است که به صورت مکرر در یک عملیات زیرزمینی انجام می‌شود. جهت کنترل شکل یا همان تیپ عرضی تونل یا همان بررسی کسری یا اضافه حفاری جهت برداشت مقطع عرضی می‌توان از روش‌های زیر بهره برد:

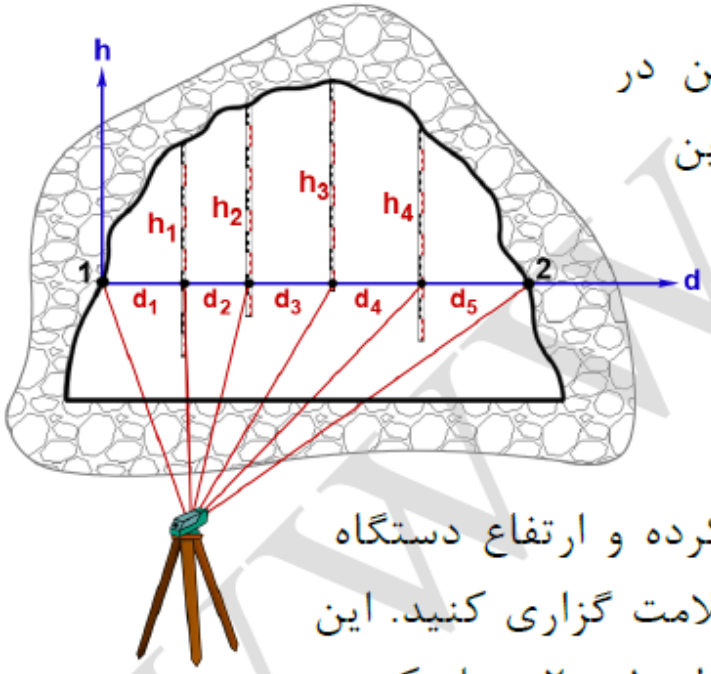
A) روش افست (روش مختصات کارتزین)

B) روش قطبی

C) روش لیزری

D) روش فتوگرامتری برد کوتاه

A)روش افست



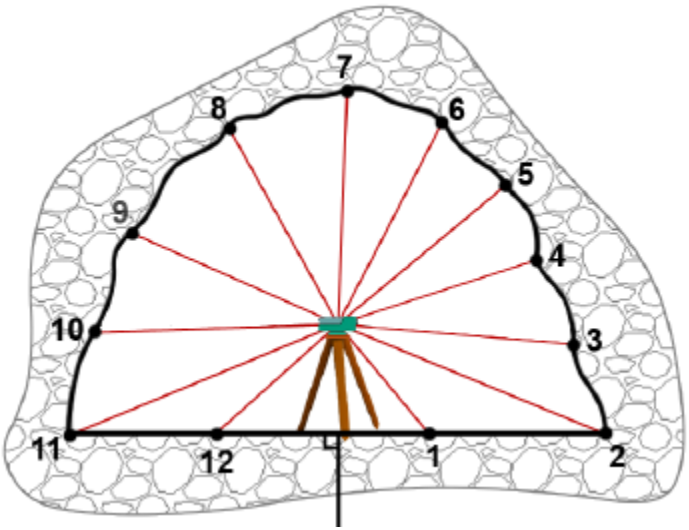
اساس کار در این روش تعریف یک سیستم مختصات کارتزین در راستای مقطع عرضی می‌باشد به نحوی که محور x ها این سیستم به صورت افقی مقطع عرضی و محور y ها به صورت قائم (در امتداد زنیت) در راستای مقطع عرضی قرار گیرد. مانند شکل

مراحل کار:

۱-دوربین تراز یاب را در نقطه‌ای نزدیک محل مقطع مستقر کرده و ارتفاع دستگاه را بدست می‌آوریم .۲- دو نقطه‌ی ۱ و ۲ در دیواره‌ی تونل را علامت گزاری کنید. این دو نقطه هم ارتفاع، ارتفاع دوربین می‌باشد.۳-ریسمانی بین نقطه ۱ و ۲ وصل کنید و با شاخص مقطع در راستای این دو نقطه را ترازیابی کنید (h)هم زمان فاصله‌ی بین برداشت‌ها را نیز بر روی ریسمان با متر اندازه‌گیری و ثبت کنید (d) .۴- بدهی است هرچه فواصل بین نقاط برداشت کوچک‌تر باشد شکل نهایی به شکل مقطع واقعی نزدیکتر است. ۵- با داشتن مختصات قائم‌الزاویه هر نقطه واقع در سقف و جدایی‌های آن‌ها می‌توان مقطع عرضی تونل را بر روی نقشه با مقیاس مناسب ترسیم کرد.

B) روش قطبی

در این روش مشاهدات نقاط نمونه‌برداری در جداره و کف تونل به صورت طول و زاویه می‌باشد.



C)روش لیزری:

در این روش با استفاده از طول یابهای لیزری می توان به راحتی مقادیر مختصات Xو Yو Zمقطع را برداشت کرد و زوایا را برداشت نمود. این روش یکی از پرکاربردترین روش های مقطع برداری می باشد. به دلیل دقت بالا و سرعت بالا و نیاز به نیروی انسانی کم و تجهیزات کم قابلیت دید محل برداشت نقاط نمونه در تونل های تاریک و...

D) روش فتوگرامتری برد کوتاه

این روش یکی از دقیق‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها می‌باشد. در این روش از دستگاهی به نام فتوتئودلیت جهت تهیه عکس از مقطع استفاده می‌شود. دستگاه فتوتئودلیت را باید طوری قرارداد که کل مقطع در عکس تصویر شود.

(مقداری عقب‌تر از مقطع)

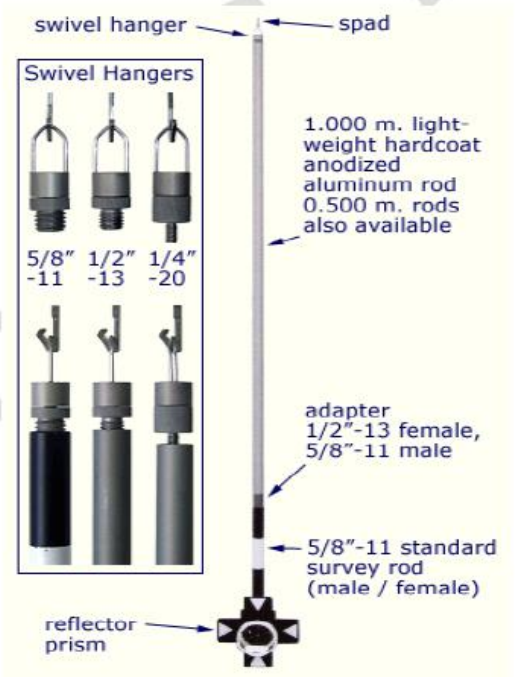
خصوصیات وسایل و تجهیزات نقشه‌برداری زیر زمین:

این وسایل باید سبک، کم حجم، دقیق، دارای نور داخلی، امکان سانتراژ از ایستگاه سقفی، ساده و مقاوم در برابر رطوبت، تغییرات‌ها، گرد و غبار و ضربه باشند.

تارگتها در زیر زمین:

از مهمترین تارگتها در زیر زمین شاقول‌ها هستند که کاربردهای بسیار زیادی داشته و به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

شاقول ساده، شاقول زنجیره ای، شاقول چاه، شاقول اپتیکی و لیزری.

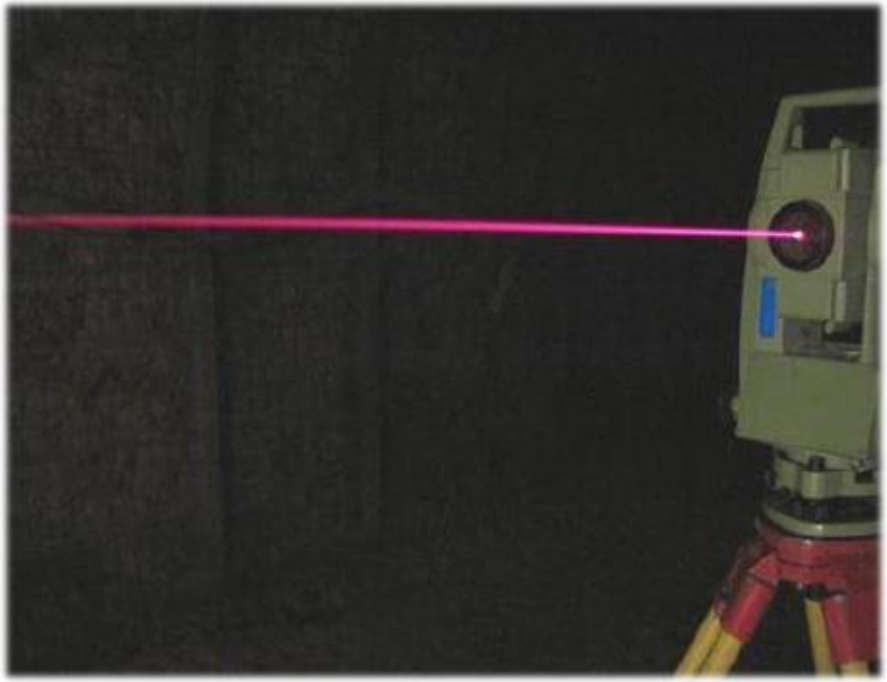


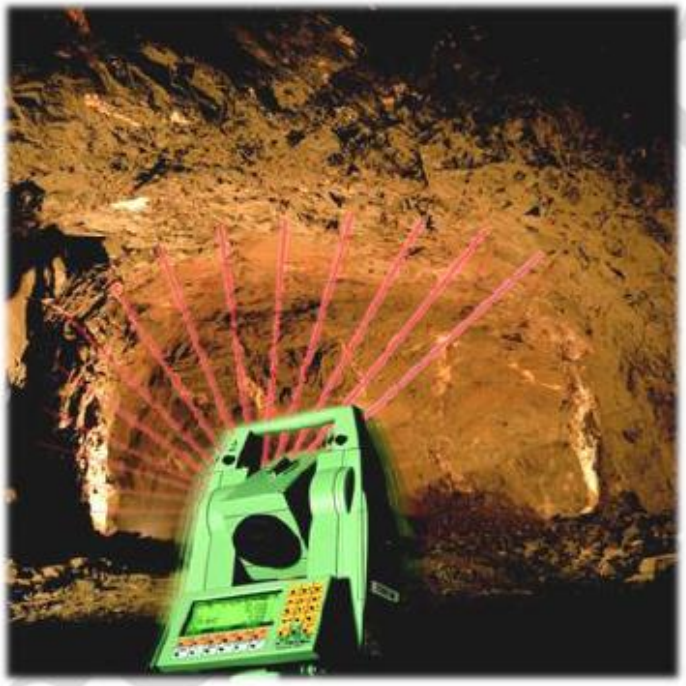
وسایل طول یابی در زیر زمین:

۱. قرمای معمولی که مرغوب‌ترین آن‌ها تر و ایشتباخ آلمانی می‌باشند.

۲. مفتول‌های مدرج آویزان و (تراز یاب با تئودولیت) و شاقول‌های چاه

۳. طولیابهای الکترونیکی (EDM) و وسایل جانبی مخصوص آن‌ها برای کار در زیر زمین





وسایل تراز یابی در زیرزمین:

تفاوت دوربین‌های ترازیاب در زیر زمین در این است که این دوربین‌ها در برابر سرما، گرما، گرد و غبار، ضربه و.... مقاوم بوده و از دقت بیشتری برخوردارند. این دوربین‌ها در فواصل کوتاه نیز می‌توانند اندازه‌گیری کنند.

ترازیاب لیزری

خصوصیات شاخص در زیر زمین:

۱. کوتاه باشد در حد یک و نیم تا سه متر که به صورت کشوئی ارتفاع آن تغییر می‌کند.

۲. سطح آن روشن باشد تا بتوان در تاریکی از آن استفاده کرد.

۳. تقسیم بندی آن طوری باشد که بتوان سریع و راحت قرائت کرد.

انواع شاخص در زیر زمین:

۱. شاخص‌های منعکس کننده

۲. شاخص‌های شفاف یا شیشه‌ای

۳. شاخص‌های قابل آویزان

GeoGIS

انواع اسکنرهای لیزری :

اسکنرهای سه بعدی لیزری، روشی نوین برای مشاهده نقاط دور و غیر قابل دسترسی می‌باشند که در دهه گذشته توسعه زیادی یافته است و می‌تواند صدها نقطه از مناطق پرتراکم را بر اساس اطلاعات سه بعدی از اشیاء نشان دهد. برای برداشت نقاط تونل، محیط‌های بسته، کارهای معماری از این دستگاه استفاده می‌شود که قابلیت فتوگرامتری نیز دارند. به طور متوسط قابلیت برداشت ۱۲۰۰۰ نقطه در ثانیه را دارا می‌باشند.

LPM321

با تشکر از توجه شما!