

鐵路勘測設計技術資料

長隧道的地質勘探工作

鐵道部第一、二設計院編



人民鐵道出版社

144385



C0099405

309723

- 1 -

越岭地区选綫中長隧道的地質 勘探工作

(蘭青綫关角垭口隧道)

铁道部第一設計院

一、前 言

长隧道在铁路工程中有其特殊的意义和特点，因为他需要大量的投資，較多的建筑材料，并且經常是控制綫路方向和全綫工期的关键。实质上工程地質对隧道工程的难易起着主要作用，工程地質条件的了解程度，不但决定着設計施工的正确程度，而且也是能否成功的关键，国内外均有因地質条件了解不够而使隧道中途废弃或引起严重后果的例子，因此长隧道的工程地質勘测具有特別重大的意义。本文主要是討論“关角垭口”隧道工程地質勘测的一些体会，以及在工作中摸索到的經驗和教訓。

二、关角地区的地質概况

“关角垭口”位于青海省茶卡 and 天岭之間，从天岭向南約26公里处，为海拔3700~4500公尺的山岳地区，綫路以4000公尺的长隧道通过垭口。該区位于海西褶皱帶，祁連山南坡，上部古生代凹陷帶中，因而該区的地質构造及地層分布甚为复杂，除石炭二叠紀的沉积岩系，及下部古生代、元古代的变質岩系外，尚有局部的火成岩小型侵入体，其区域分布情况大致由茶卡到天岭直通垭口的公路，將該区分分为东

LAN 62/11

西二部分，下部古生代地层多分布于公路西侧，以絹云母片岩，石墨質片岩，炭質綠泥片岩及粘土片岩等为主，由于受褶皺及断裂变动的影響，故其变质程度产状要素等方面均有絕然突变之势，大部岩层扭曲甚烈。

石炭二叠紀地层則多分布于公路东侧，以厚层石灰岩为主，兼有薄层角砾状灰岩，高級杂砂岩，鈣質长石砂岩等。岩层产状比較規則，唯因局部受断层影响，其岩层之变质程度及产状多随之变迁。元古代变质岩系——大理岩、副片麻岩系，主要分布于公路西南側与下部古生代地层，呈一大断层接触。

在加里东期本区有大規模的火成岩侵入，在二郎庙以南則有大型火成岩侵入体，而壩口附近仅表现为小型的閃长岩、煌斑岩的順层侵入。

該区的断裂变动亦甚为复杂，主要有北东方向的大断裂，和北西西方向的断裂，而其余的岩层錯动及小型断裂构造方向混乱，不胜例举。

长隧道的工程地质条件主要取决于区域地质构造，区域地层分布及岩性（包括含水性能）。因而彻底了解断裂带的寬度、方向、傾斜度及其物理工程性能，了解地质分层及各层岩性，就自然的成为铁路工程地质人員的主要任务。

三、长隧道工程地质勘测的

主要工作方法

一般铁路工程地质測繪，多沿中綫二側較狹窄的範圍内进行；以制成带状工程地质图，而关角隧道的地质測繪範圍在垂直綫路方向上較之綫路地质測繪要大得多，我們把他叫做“大面积”測繪，其实这是相对而言的，他和地质普查的面积相比仅为一点而已。

在鐵路工程地質工作中，如何对长隧道进行大面积的工程地質測繪，这里稍微談一談工作中的一点体会，作为今后工作的参考。

(一) 確定大面积測繪範圍的基本条件

1. 應該滿足各隧道方案的選擇：綫路通过一个峽口往往可以有好多個隧道方案，需要進行比較，為了能選擇在技術上經濟上最合理的隧道，因而測繪範圍應包括所有隧道方案在內。

2. 能充分表露地質構造的特征：為滿足地質測繪方面的要求，測繪範圍的確定應考慮下列因素：

(1) 如果隧道附近有良好的岩層露頭，且地質構造簡單時，則測繪範圍可以小一些；反之如隧道附近無良好的岩層露頭而鄰近地區有岩層露頭良好出露地段，足以能提供該區地層的主要產狀及岩性變化，那麼這些地區應包括在測繪範圍內，以使用這些露頭而推斷掩蓋較厚的隧道地區的地質情況。因而露頭是否良好是決定測繪範圍大小的主要因素之一。

(2) 能充分表明該區的主要構造特征：例如主要斷層所在及不整合等應包括在測繪範圍內。

(二) 測繪比例尺的選擇

大面积地質測繪的比例尺是應該根據各地區的不同情況來決定的。考慮比例尺的主要因素是地質的複雜程度和測繪面積的大小。因為在地質複雜地區採用過小的比例尺，那麼就會不能滿足要求，不能表明該區的主要構造特征及各區段的工程地質性能；測繪面積過大而地質並不複雜，採用大比例也必造成浪費。

(三) 大面积測繪的特点

我們可以設想在一个狹长的地区內进行工程地質測繪，而要求搞清楚隧道通过处的地質构造、地层分布、工程地質性能是困难的，尤其当隧道附近的岩石露头不好时甚至有厚复盖层时那就几乎是不可能的，因而大面积地質測繪的特点是：

1. 搞清楚全部地区，当然也包括隧道地段的全部地質情况，例如在这一区域內的各种不同岩系的地层分布，他們的岩相变化、工程地質性能、各种构造特征，如了解該区的主要扭曲形态、火成岩产状、断层分布、各种地层的接触关系等，并可进一步搞清地質发展史。其中对于地質构造的研究，更具有特別重要的意义，因为在大面积測繪工作中，工程地質人員有可能在較大的範圍內强調研究地层互相对比推論，因而也就有可能正确的确定岩层产状及构造特征。相反的要在这狹长的小区域內来研究大断裂帶或地层情况是不可能的，除非露头十分良好，而断层証据又保留較多，可是这种理想的构造毕竟是少見的，因而也就有可能被局部現象所蒙蔽而得出不正确的結論。

2. 能充分滿足選擇隧道方案的要求：因为經過大面积地質測繪所得之資料能告訴我們在这一区域里，每一区段的工程地質条件，地質构造特征，地下水分布等等，这就給選擇隧道方案提供了充分的可靠的地質資料。

3. 苏联专家會不止一次的指導我們“工程地質人員在布置勘探之前必須首先作好地質測繪”。這句話的含义是很深刻的，他不仅告訴我們地質測繪在工程地質調查阶段是何等重要，也說明了測繪和勘探的关系。大面积地質測繪是能够滿足这个要求的，因为我們有可能根据測繪資料有計劃有目

的的布置勘探，以证实或进一步查明区域地质情况，这样就能避免盲目的布置鑽孔，减少很多不必要的勘探量。

在这次我們工作中常常是经过研究确定主要鑽孔和次要孔。首先开鑽的主要孔如已能充分满足要求，那么次要孔就可以不鑽。主要孔大部均为确定断层破碎带及其宽度，或为确定岩层分界线而定。次要孔则为主要孔的輔助鑽孔或为进一步了解地层岩性而定。如果不进行大面积地质測繪，勘探量是很难正确布置的。

4. 地质工作的基本点是着重于地质路线調查及地质构造地层的研究，地质制图等等。

(四) 地质路线的調查

大面积地质測繪的工作方法，其目的在于系統的了解地层分布規律，产状，找标准层，确定不同地层的接触关系；研究地质构造，填繪地质图，因而地质路线选择得是否正确就成为地质調查中的主要問題了。一般选择地质路线是根据下列原則：

1. 大致垂直于岩层走向：这样就可能在同一个剖面上遇到几种不同的地层，他們的产状和接触关系也能清楚的辨認。

2. 在露头良好的地区，地质路线应多一些，露头不好的地区亦应适当的分布。

3. 在构造复杂的地区应该密一些，并适当的布置部分“Z”字形的地质路线。

4. 沿泉水露头应有适当的地质路线分布，以了解該区的地下水分布規律及特征。

地质路线調查的工作方法，地质路线的选择，应在工地进行，并将其位置繪于地形图上，这样就可以开始工作了。首

先繪制一个地質剖面草图，然后沿着預定的方向进行观察研究。其主要工作应包括：

1. 詳細研究每一层的岩性、岩相变化、产状变化，并进一步观察判断該区的构造变迁。例如关角的下部古生代地层主要是变質岩系，而产状又极为复杂，其上与石炭二疊紀灰白色底砾岩不整合接触，再上則全为石炭二疊紀的灰質岩系的地层，对于这样的地层进行詳細研究，經過几条地質路綫后即有可能进行詳細地質制图。

2. 对标准层进行詳細研究：在地質路綫調查中应特别注意那些厚度小，层位固定，变化很小，分布范围广，岩石性質和所含化石有显明特征的地层，把他們的产状、特征、层厚等詳細記錄，并对其上下层的关系进行詳細研究并詳細标出該层的分布。有了标准层对地层及构造的了解，就有了准备，工作也可以大为简化。

3. 化石标本的采集和研究：为了确定地質年代，研究地史或者进行地层对比都有必要研究化石。当然工程地質調查并不一定要专门去采集化石，但是在地質調查过程中加以注意，认为是必要的，尤其是对地質研究較少的地区就更为重要。一般在輕微变質的岩层及未变質的岩层中是容易找到化石的，尤其是在石灰岩和頁岩中更应有信心可以找到，即使只有一二个，只要是标准化石，其价值就会很大。

4. 确定地层的地質年代：为了研究区域地質构造特征、各种不同时代的地层和他們的相互关系，所以地質年代的确定就显得更重要了。如果确实年代难以确定时，那么在工程地質調查中至少也要了解各种地层的相对新老关系。在关角地区我們在辨認各种新老地层方面有下列体会：

(1) 詳細研究岩层的变質程度：沉積岩层的变質程度是取决于其所受地壳变动的影響，以及火成岩侵入体的影

响，所以一般來說地質年代較老的地層，其受區域變質作用的影響也就大，而變質就深一些，新的地層就相反。在火成岩侵入體附近的地層，大都有接觸變質礦物，如紅柱石石榴子石等等在野外對比變質程度不同的地層，是需要有一定的野外工作經驗，但一般可以從結晶的程度，岩石中所含深變質礦物的多少，如絹雲母綠泥石等的含量及片理劈理的發育程度等方面去研究。

(2) 詳細研究地層的產狀：岩層層位要素的變化是受褶曲變動及斷裂變動所控制的，所以一般來說老地層所受影响大，岩層產狀變化也多，扭曲強烈，而新地層則所受影响較少，產狀變化少。如關角的下部古生代地層由於受加里東及海西運動的影響，而岩層產狀變化多端，扭曲十分強烈，而石炭二疊紀地層則大部具有一致的岩層產狀。

(3) 層位對比：在已確定的標準層地區進行，詳細的研究其上下層的關係岩性產狀等進行測繪後則可進行全區域的地層對比。不整合面的上下層亦為地層對比的一個標誌。當然我們如能收集足夠的化石這對地層對比工作是有決定性的意義的。

(五) 地質剖面的測繪

這裡所指的地質剖面是要求能夠代表區域地層分布。地質構造特徵的代表性的區域地質剖面，在大面積地質測繪中僅依靠構造地質圖來了解全區域的構造特徵是不夠的，而必須有地質剖面來進一步顯示該區的主要褶皺變動形態及斷裂變動的主要特徵。選擇這種剖面的基本要求是：

1. 垂直岩層走向或垂直主要構造軸的方向：只有這樣才有可能在同一剖面上遇到幾種不同的岩性的地層，甚至幾種不同地質年代的地層能了解他們在垂直方向上的岩相變化、

层厚、接触关系，从而才能进一步的研究这些地层的沉积环境及构造情况。

2. 选择露头良好的地区：由于一般区域代表性地质剖面的距离很长，如果选择在露头不好的地方去作，困难就会更多，首先岩层界线不易分清，岩性岩相的渐变不易了解，产状也不清楚，所以必需在露头好的地方去测绘这种剖面。

地质剖面测绘的工作方法可以根据地区的地质条件分别采用实测剖面和在地质图上点绘剖面二种。在地质情况复杂、地层种类繁多的地区一般多采用实测剖面，因为这样可以据实测剖面来校对地质图。其测绘比例尺最好和构造地质图相同。在实测剖面时应该注意的：

1. 确定分层原则：例如关角地区的下部古生代地层是类复理式沉积，如果我们实测剖面的分层原则是以岩性分层，那么就会产生剖面图上的岩层异常复杂，而搞混了主要的沉积建造。所以在这种地层中作剖面其分层原则最好按岩系来分，如泥质岩系、砂质岩系等，但在野外可以将各岩系的主要地层分别加以描述，并采集标本及化石。

2. 详细测定岩层产状：实测剖面对岩层产状的研究是很重要的，并且必需掌握住该区的基本产状，对那些局部的小扭曲则应详细研究，大胆放弃，否则这种小扭曲产状代替了基本产状，则将造成构造判断上的错误。在研究产状时还应结合岩性，是否有同一岩系地层重复出现，他们的产状变化及构造上的关系等等。

(六) 地质构造的进一步研究

上面所述各项工作如大面积工程地质测绘，地质剖面测绘等等，其主要目的都是为了正确判定地质构造。研究地质构造是一个很复杂的问题，能否正确的判定构造特征这就决

定于我們工作是否深入。

地質构造的深入研究首先應該將地質路線調查、地質剖面各種觀測點勘探點都繪于草圖上，並將這些原始資料加以汇总，研究發現問題，確定研究的方向，同時應大致確定該區域的构造基本類型。例如關角地區經過調查汇总研究後，認為該區應屬於大背斜褶皺，但由於各種斷裂變動而局部的破壞了原有的构造形態；同時根據已有資料大致的確定了幾個大斷裂帶的方向，但這些斷層的証據還不充分或僅僅是可疑之點，必須証實和補充資料，然後就應分別的對所有調查資料不足的地方，或斷裂帶附近進行构造追跡。補充地質資料必要時應布置勘探——槽探或鑽孔。构造追跡主要應在大致垂直於斷裂帶的方向作“Z”字型路線調查，將斷裂面附近及其上下層的關係搞清。應特別注意的是岩層的產狀變化、岩性變化、標準層的突然消失以及斷層角度、擦痕、破碎帶等。如關角地區的大斷裂主要是在石炭二疊紀和下部古生代岩層之間，斷層面的上下岩層呈顯著的角度不整合接觸，同時斷裂帶在地貌上常形成大溝或陡壁。根據這些現象進行詳細調查後，把他繪入地質圖內。同時為了証實和了解斷層面傾向、斷層帶寬度，可以利用鑽孔得到很好的效果。

(七) 制 圖

构造地質制圖在大面積工程地質測繪中是很重要的。我們的工作成果必須集中的表現在地質圖上，因而“制圖”的質量就控制了一切。在地質複雜的地區构造地質圖最好是沿岩層走向或沿其長方向的制圖方法。這種方法在目前是被廣泛採用的，在基岩露頭極多的時候，這種方法將具有良好的效果。關角地區所測繪的1/10,000构造地質圖即以此方法繪制，已能滿足設計選綫的要求。

四、岩石薄片鑑定在隧道工程 地質勘测中的应用

决定隧道工程的地質因素，主要有：地質构造，地質分布，各层岩石的性質，强度系数。因而在隧道的工程地質調查中对“岩石”进行詳細的研究，不但是为了正确确定該区的地层分布、地質构造，而主要的是为了进一步确定岩石的工程性能、强度系数。从工程地質角度进行岩石的詳細研究，主要分两个方面：一方面是对岩石物理性能的研究，即研究其化学成分、矿物成分及含量百分比，結構、构造、产状、各层岩石之間的相互关系，风化程度含水性能等；另一方面是研究岩石的工程性能，如抗压强度、节理方向、发育程度及其对工程的影响，破碎程度及破碎原因等等。所以除了在野外对各层岩石进行詳細研究記錄并精确整理研究“岩芯”以外，还应詳細进行“岩石”的内业研究，主要是进行岩石薄片鑑定。在这里我們仅就岩石薄片鑑定在隧道工程地質勘测中的应用談一点体会。

在我們铁路长隧道的工程地質勘测中，运用岩石薄片鑑定，以配合解决工程設計問題，这还是第一次。在苏联专家杜达也夫的具体指导下，我們在关角隧道工程地質工作中利用了这种方法，并取得一定的成果。

岩石薄片鑑定的主要作用如下。

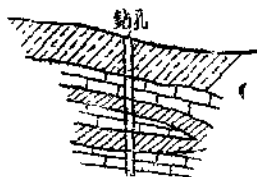
(一) 通过岩片鑑定查明本区的地質構造及 地层年代的相互关系

例如关角地区根据野外調查所区分的下部古生代地层和石炭二疊紀地层，經過薄片鑑定进一步的証实了凡下部古生代地层的岩石在矿物成分、結構、构造和变质程度等方面均和

石炭二疊紀地層有絕然的區別，下部古生代地層多屬石墨片岩、絹雲母片岩、硬砂岩等變質結構顯著的岩層，深變質礦物甚多，而石炭二疊紀則多石灰岩、鈣質砂岩、硬砂岩等輕微變質的岩層。

(二) 小褶曲構造或倒轉褶曲構造的研究

對於岩石的成分、結構、構造等的詳細研究，即有可能確定各層之相互關係，岩石的演變情形，進而就能對地質構造，尤其是小褶皺或倒轉褶皺進行研究和判定。例如右圖所示地面有厚層復蓋層時，則通過對鑽孔之岩芯薄片鑑定，就能確定該區地質構造或提供進一步研究的主要依據。



(三) 對斷層的研究

在斷層兩側的岩層中採取薄片標本鑑定時，能証實在同一地層中，凡斷層帶附近的岩石，其結晶程度、變質程度和其他地區的同一地層都是有差別的。因而這對進一步研究在同一地層中所產生的斷層幫助很大，同時對發生在不同地層，或不同地震年代的斷層的研究也是有幫助的。

(四) 幫助強度系數的正確確定

隧道工程中強度系數的確定到目前為止尚無肯定而可靠的辦法，過去所用的強度系數，為極限抗壓強度除以 100，這一公式現已慢慢的從經驗中否定了。因而對強度系數的確定應綜合所有對岩石的研究資料，如果企圖單一的從薄片鑑

定中去得出正确的强度系数这是不可能的。决定强度系数的主要因素有：

1. 岩石的节理和裂隙发育程度、破碎程度、产状及其变化。
2. 岩石的潮湿程度及风化程度。
3. 岩石的成分、结构、构造及其变化程度，胶结物的成分，胶结类型及其变化程度。
4. 次生矿物含量，次生矿物成分及其变化。
5. 矿物颗粒之间的结合法及对矿物颗粒的研究，如矿物颗粒破碎程度和变质程度等。
6. 岩石中生物遗骸的保存程度，及岩石的密实程度。

以上这些因素中有的是肉眼能鉴定的，这就必须详细的鉴定露头部分的岩石及钻孔中的岩芯，并进行综合描述确定其各种工程性能。但有的是必须经过薄片鉴定才能确定的，例如岩石结构及岩石中的生物遗骸等。只有当我们彻底搞清某一区域岩层的性能（亦即上面的这些因素）时，才有可能正确确定强度系数，因而岩石薄片鉴定对正确确定强度系数是有益的。例如关角地区的厚层致密状石灰岩及厚层角砾状石灰岩；野外鉴定为岩石完整节理以密闭为主，风化裂隙甚少，局部因构造断裂而破碎，岩心一般长0.2~0.3公尺。但薄片鉴定结果为：成分全为方解石，或间夹少量粉沙粒，细小镶嵌状结构，薄片透明、清晰、矿物间结合紧密，钙质胶结紧密实，次生矿物量极少。根据这些描述就能确定该层岩石的工程性能是很好的，强度系数可以达到 $f = 15$ 。

（五）研究风化程度

岩石的风化程度也是取决于很多因素，但岩石的薄片鉴定是有助于风化程度的研究，同时在某些地区尤其是火成岩

地区，对矿物蚀变及次生矿物的研究，能有助于风化程度的确定。如所周知，岩石的风化程度愈深则原有矿物的变质及新的次生矿物量大为增多。

五、地质勘探

在长隧道的工程地质勘测中正确选择勘探方法和适当的配合是决定工作质量的主要因素，未经周密的工程地质测绘而大量鑽探或选用不适当的勘探方法，则将严重的浪费国家资财。现根据关角隧道勘探工程情况谈一点体会。

(一) 电 探

在工程地质测绘工作初期及尚未开始详细勘探的阶段，可以大量采用电探，并可得到预期的效果。

1. 参数测定：在地质构造复杂、岩石种类繁多的地区，工作开始以前进行参数测定是有特殊意义的。在关角地区参数测定主要在试坑中或试坑附近作电测深，找埋藏浅的石灰岩、片岩或断层带的参数，在钻孔附近测定埋藏深的岩石的参数，在露头上用小电极距作岩石参数。这样所得出的参数证实了在关角地区由于岩石种类多成分不一致，电阻率的差异亦大；在同一种石灰岩中由于地区不同受断裂变动的影影响不等，而电阻率的差异较大，并作出了四个不同区域的参数。

(1) 进口附近：

碎石土壤 320—1,800 欧姆

頁岩（含水） 65—150 欧姆

砂岩頁岩互层 180—260 欧姆

石灰岩 550 欧姆

角砾状灰岩 大于 1,000 欧姆

(2) 出口附近:

碎石土壤320—680欧姆

片岩(干燥) 250—600欧姆

片岩(含水) 180欧姆

石灰岩290欧姆

角砾状石灰岩1,350欧姆

(3) 洞身:

碎石土壤400欧姆

石灰岩1,000—30,000欧姆

(4) 公路附近:

碎石土壤500—680欧姆

块石及冻层3,400欧姆

砂页岩互层(含水) 400欧姆(不含水) 680欧姆

这些参数的确定及汇总就能作为电测资料解释的依据。

(二) 电探在工程地质测绘中的运用 及其效果

电探应该是工程地质测绘工作中的有力工具,他必须在工程地质调查的基础上及密切的配合下才能发挥其应有的效果。由于我们地质人员缺乏电探知识,而电探配合工程地质测绘过去亦有很多缺点,下面仅谈一些在关角隧道的电探工作情况。

1. 关角隧道初测阶段共有五个比较方案,而决定这些方案比较价值的主要因素是地质条件,——软硬岩层的分布范围,在隧道各方案中通过软弱岩层的长度,很大程度上起着决定因素,所以对 these 方案中主要比较方案进行了电探,并以电测深和电测剖面(对称剖面)为主要工作方法。由于隧道方向石灰岩和片岩页岩的电阻率相差很多,故效果是好

的。虽然关角隧道中部大部分属厚层复盖地区，经过电探和地质测绘的配合对各方案所通过的不同地层长度是能明确肯定的。

2. 测定断层：在断裂破碎带附近往往是地质条件最复杂混乱的地区，同样影响电阻率的因素也很复杂，所以对断层用电探进行定量分析比较困难，但是定性的分析是可以作到的。

断裂带在不同的地质条件下，应采用不同的电测方法。一般如断层面两侧地层的电阻率相差很大时可采用电测深和对称剖面相结合的工作方法，由于反映清楚可以根据电阻率的急剧变化看出断层带的大致位置和倾斜方向。相反的结果如果断层带两侧的岩层在岩性上的变化不大，则用偶极剖面反映比对称剖面灵敏。

关角隧道的“1”号断层即用此方法测定的。一般来说电探在解决断层位置的定性测定方面是能得到良好效果的，但是隧道两侧岩层电阻率没有很显著差别，断裂带的电阻率也无显著特征时，电探往往失效。

3. “长隧道”不但其距离长而且往往埋藏深度亦大，关角隧道最大埋藏深度已超过500公尺，同时山坡陡峻，进行勘探是困难的。该隧道中部又全属厚层石灰岩（据地质测绘），但局部复盖很厚。为证实隧道中部岩石性能，在定测阶段作局部电探还是必要的。由电测深及电测剖面证明，隧道中部并非象原地质测绘所判定全属厚层石灰岩，而是局部岩石的电阻率甚低，在500欧姆左右。根据这一情况进一步测绘证实电阻率的变化是由于岩层中局部夹有砂岩页岩的互层所致，同时在低电阻地带发现季节性泉水，这也是一个因素。

为满足上述要求而进行的电测深和电测剖面的探测深度不需要达到路基面，而只需达到完整岩层即可，因为要达到

500公尺左右的深度时地形和其他影响就很大，而且很难避免这些影响将导致得出不正确的电测结果。

4. 在工程地质测绘阶段中配合测绘工作进行部分短距离的电测剖面 and 电测深点以帮助了解复盖层下之岩层性质，是能得到良好的效果的。

5. 地下水的流速流向测定利用电探效果很好。

(三) 鑽 探

1. 长隧道的大面积工程地质测绘中鑽探的目的是：

(1) 证实和确定地质构造特征、断层的位置、傾斜方向、断裂带宽度以及物理特征、工程性能、断层上下盘的岩层特征等。

(2) 隧道埋藏深度（即设计标高附近）的岩层性质、工程性能、强度系数。

(3) 隧道内各种不同岩层的分界及它们的长度。

(4) 地下水的埋藏深度、性质、类型。

为了满足以上要求，故每个鑽孔的布置必须是在詳細进行工程地质测绘的基础上，电探也可以配合进行，即在鑽探以前在鑽孔位置提前进行电测深勘探，以便大致了解該孔能否达到预期效果。当然在鑽孔位置的布置上就应该充分满足以上要求，即不但要满足地质构造方面的要求，同时还应考虑綫路位置和埋藏深度等因素。关角隧道的大部鑽孔均为满足以上要求所定，一般都得到良好效果，提供了工程设计的可靠資料，如2号鑽孔主要为证实Ⅲ号断层而定，鑽进結果在64公尺为断层带，并在鑽穿断层后在石灰岩的破碎带发现大量裂隙承压水，其下則均为石灰岩，在断层面以上全属石墨质片岩及炭质片岩等，下部古生代地层，岩性軟弱，多呈泥状，工程性能很差，强度系数只能达到1~2。