

第 1 章

绪 论

1.1 隧道在交通事业中的地位和国内外隧道发展概况

交通是国家基础建设重要的设施，在国民经济发展中占有十分重要的地位。世界各国的经济发展经验表明，快速畅通的交通网是经济发展的必不可少的条件。

近年来随着我国社会经济快速发展，地面交通增长十分迅猛，而修建水平满足不了发展的需要，造成各种交通设施超负荷运转，交通事故、交通阻塞和交通公害等成为一大社会问题，阻碍了国家和地区经济的发展。因此，针对交通需求的高涨，解决好路面交通的规划和修建，是目前急需研究的课题之一。

路面交通线一般由许多工程建筑物组成 其中包括路基、涵洞、桥梁、隧道等 而隧道是交通线上重要的组成部分。所谓隧道，是指一种修建在地层中的地下工程建筑物。它被广泛地应用于公路、铁路、矿山、水利、市政和国防等方面。公路隧道是指专供公路运输使用的地下工程结构物。随着现代化高速公路的发展，它在公路工程中的作用和地位日益重要，特别是在山区公路的修建中更为显著。

隧道的产生和发展是和人类的文明历史发展相呼应的，大致可以分为如下 4 个时代：

原始时代 即人类的出现到纪元前 3000 年的新石器时代，是人类利用隧道来防御自然威胁的穴居时代。隧道是用兽骨、石器 etc 工具开挖 修筑在可以自身稳定而无需支撑的地层中。

远古时代 从纪元前 3000 年到 5 世纪，即所谓的文明黎明时代，是为生活和军事防御目的而利用隧道的时代。这个时代隧道的开发技术形成了现代隧道开发技术的基础。例如，古埃及金字塔的建设就开始修建了地下建筑。纪元前 2200 年间的古代巴比伦王朝为连结宫殿和神殿而修建了约 1km 长的隧道，断面为 3.6m × 4.5m 施工期间将幼发拉底河水流改道 采用明挖法建造，该隧道是一种砖砌建筑。

中世纪时代 约从 5 世纪到 14 世纪的 1000 年左右。这个时期正是欧洲文明的低潮期，建设技术发展缓慢，隧道技术没有显著的进步，但由于对地下铜、铁等矿产资源的需求，开始了矿石开采。

近代和现代 即从 16 世纪以后的产业革命开始。这个时期由于炸药的发明和应用，加速了隧道技术的发展。如有益矿物的开采 灌溉、运河、公路和铁路隧道的修建 以及随着城市的发展修建地下铁道、上下水道等，使得隧道的技术得到极大的发展，其应用范围迅速扩大。

据现有资料记载，我国最早的交通隧道是位于今陕西汉中县的“石门”隧道，建于公元 66 年 是供马车和行人通行的。世界上最早的隧道是公元前 2200 年，巴比伦国王为连结宫殿和

神殿而修建的隧道。

隧道技术的进步，是在进入罗马时代以后，测量技术的出现，人们利用棚架支撑岩层和卷扬提升土石，从两端洞口开挖隧道，数量较多的各种用途的隧道和水工隧道开始增多。尤其是公元 14 世纪发明了火药，1679 年用于法国拉恩开得克运河隧道开挖，获得极大成功，隧道挖掘技术得到飞速的发展。19 世纪的产业革命，隧道开挖出现了各种新方法，迎来了近代隧道开挖技术的新曙光。1818 年布鲁内尔 (Brunel) 发明了盾构，意大利物理学家欧拉顿 (Erardon) 提出以压缩空气平衡软弱地层涌水压力防止地层坍塌的方法后，英国的科克伦 (Co-Chrane) 利用这个原理，发明用压缩空气开挖水底隧道的方法，第一次应用压缩空气和盾构修建水底隧道是 1896 年由英国人格雷特黑德 (Greothed) 实现的。在欧洲自贯穿阿尔卑斯山的辛普伦隧道建设开始。最先开始应用凿岩机和使用硝化甘油 (TNT) 炸药来开挖岩石隧道。

我国古代在地下工程方面具有悠久的历史 and 辉煌的成就，远在几千年前就能开采矿石，是世界上采矿工业发展最早的国家。公元前 1122 年金属矿石开采已相当发达，公元 1271—1368 年就有深达数百米的盐井。奴隶为封建统治者修建的墓穴如长沙的楚墓、洛阳的汉墓、西安的唐墓、明十三陵之一的定陵等都是规模较大的地下工程，这些历史古迹都显示出我国古代在隧道建筑方面卓越的水平。

1949 年以前的近百年，由于长期处于半封建、半殖民地社会，经济落后，地下建筑发展速度极其缓慢，隧道修建屈指可数，而且主要依靠人力开挖。1949 年以来，为改变国家的经济布局，发展内地和山区的经济，先后修建了数十条隧道比重较大的山区铁路，使得我国在铁路隧道的数量和施工技术上都有了较大发展，逐渐掌握了隧道建筑的近代技术，从人力为主体的施工转向以机械开挖为主体的施工，技术上有了质的飞跃。

我国公路隧道的建设发展相对迟缓。近几年由于高速公路建设的加快，公路隧道的数量已开始成倍的增长。据不完全统计，到 1999 年底，我国已建成的公路隧道达 1 096 座，单洞总延长超过 340km。我国已建成和正在建设的长度超过 3km 以上的公路隧道列表 1.1。

表 1.1 已建成和正在建设的 3km 以上的公路隧道概况

隧道名称	隧道长度 / m	营运条件
大溪岭隧道	4 100	双向、双车道
二郎山隧道	4 160	单向、双车道
华莹山隧道	4 770	单向、双车道
鹧鸪山隧道	4 400	单向、双车道
木鱼槽隧道	3 600	双向、双车道
八达岭隧道	3 455	双向、双车道
真武山隧道	3 100	单向、双车道
中梁山隧道	3 165	单向、双车道
牛郎河隧道	3 920	单向、双车道
猫狸岭隧道	3 600	单向、双车道
秦岭终南山隧道	18 100	双洞、单向、双车道

目前世界上已建成公路隧道，最长的首推瑞士的长 16.918km 的圣哥达隧道，而挪威正在修建的 Aurland—Laerdal 公路隧道，长度达 24.5km。世界上长度大于 10km 的公路隧道的概

况列于表 1.2。其中通过阿尔卑斯山最高峰下连接法国和意大利的勃朗峰 (Mt. Blance) 隧道,全长 11.6km,道路宽 7.0m,从顶板到路面高 6m,断面呈马蹄形,衬砌厚 80cm,法国侧入口标高为 1 274m,意大利侧标高为 1 381m,最大埋深约 2 500m,双车道相向运行,最高限速为 80km/h。1959 年开工,1965 年开始运营。

表 1.2 世界上已建成和在建的长度大于 10km 的公路隧道

隧道名称	国家及地区	长度/m
勃朗峰(Mt. Blance)	法国—意大利	11 600
弗雷儒斯(Frejus)	法国—意大利	12 901
圣哥达(St. Gothard)	瑞士	16 918
阿尔贝格(Arlberg)	奥地利	13 927
格兰萨索(GranSasso)	意大利	10 173
关越 I(Kan - Etsu)	日本	10 920
关越 II(Kan - Etsu)	日本	11 010
居德旺恩(Gudvanga)	挪威	11 400
Folgefonn	挪威	11 100
AurlandLaerdal	挪威	24 500
坪林(Pinglin)	中国台湾地区	12 900
Hida	日本	10 750

隧道技术的发展表明:今后隧道技术的研究方向为非爆破的机械化施工、合理规划与环境保护、设计可靠合理、使用安全等方面。我国是发展中的国家,经济和技术力量基础还不太强,在隧道技术开发研究时,应在引进同时,立足于国内技术力量,提高我国的隧道技术水平。

1.2 隧道的分类及其作用

1970 年 OECD (世界经济合作与发展组织)隧道会议从技术方面将隧道定义为:以任何方式修建,最终使用于地表面以下的条形建筑物,其空洞内部净空断面在 2m^2 以上者均为隧道。从这个定义出发,隧道包括的范围很大。从不同角度区分,可得出不同的隧道分类方法。如按地层分,可分为岩石隧道(软岩、硬岩)、土质隧道;按所处位置分,可分为山岭隧道、城市隧道、水底隧道;按施工方法分,可分为矿山法、明挖法、盾构法、沉埋法、掘进机法等;按埋置深度分,可分为浅埋和深埋隧道;按断面形式分,可分为圆形、马蹄形、矩形隧道等;按国际隧道协会(ITA)定义的断面数值划分标准分,可分为特大断面(100m^2 以上)、大断面($50\sim 100\text{m}^2$)、中等断面($10\sim 50\text{m}^2$)、小断面($3\sim 10\text{m}^2$)、极小断面(3m^2 以下);按车道数分,可分为单车道、双车道、多车道。一般认为按用途分类比较明确,简述如下:

1.2.1 交通隧道

交通隧道是应用最广泛的一种隧道,其作用是提供交通运输和人行的通道,以满足交通线路畅通的要求,一般包括有以下几种。

公路隧道——专供汽车运输行驶的通道。

过去，在山区修建公路为节省工程造价，常常选择盘山绕行，宁愿延长距离而避开修建隧道昂贵的费用。随着社会经济和生产的发展，高速公路的大量出现，对道路的修建技术提出了较高的标准 要求线路顺直、坡度平缓、路面宽敞等 因此在道路穿越山区时 出现了大量的隧道方案。隧道的修建在改善公路技术状态，缩短运行距离，提高运输能力，以及减少事故等方面起到重要的作用。我国正在修建的秦岭终南山隧道长 18.1km，它的建成将翻越秦岭的道路缩短约 60km 时间减少 2 个多小时。

铁路隧道 ——专供火车运输行驶的通道。

铁路穿越山岭地区时 需要克服高程障碍 由于铁路限坡平缓 最大限坡小于 2.4%(双机牵引)，这些山岭地区限于地形而无法绕行，常常不能通过展线获得所需的高程。此时，开挖隧道穿越山岭是一种合理的选择，其作用可以使线路缩短，减小坡度，改善运营条件，提高牵引定数。如宝成线宝鸡至秦岭段线路密集地设有 48 座隧道，占线路总延长的 37.75% 可见山区铁路隧道的作用了。

水底隧道 ——修建于江、河、湖、海、洋下的隧道 供汽车和火车运输行驶的通道。

当交通线路跨越江、河、湖、海、洋下时 可以选择的方案有架桥、轮渡和隧道 但架桥受净空的限制，轮渡限制通行量，如果这些矛盾得不到有效的解决，水底隧道是一种很好的方案，其优点是不受气候影响，不影响通航，引道占地少，战时不暴露交通设施目标等优点，越来越受到人们青睐。在我国上海跨越黄浦江、广州穿越珠江都修建了跨江的水底隧道水底隧道的缺点是造价较高。

地下铁道 ——修建于城市地层中，为解决城市交通问题的火车运输的通道。

地下铁道是在大城市中解决交通拥挤、车辆堵塞的有效途径之一。由于地下铁道能快速、安全、准时地大量输送乘客，成为大城市解决交通矛盾的有力手段。我国北京、上海、广州等城市已经建成的地下轨道交通系统，为改善城市的交通状况，减少交通事故起到了重要的作用。其他城市 如深圳、南京、青岛、大连、武汉、沈阳、重庆、哈尔滨、成都等已在规划和修建地下铁道。

航运隧道 —— 专供轮船运输行驶而修建的通道。

当运河需要跨越分水岭时，克服高程的有力手段是修建运河隧道，其优点是：缩短航程，减少运营费用，河道顺直，航运条件大大改善。

⑥人行隧道 ——专供行人通过的通道。

一般修建于城市闹区穿越街道，或跨越铁路、高速公路等行人众多，往来交错，车辆密集，以及偶有不慎便会发生交通事故的场合。人行隧道的作用是缓解地面交通压力，减少交通事故 方便行人。

1.2.2 水工隧道

水工隧道是水利工程和水力发电枢纽的一个重要组成部分。水工隧道包括以下几种：

引水隧道 它是将水引入水电站的发电机组或水资源的调动而修建的孔道。

引水隧道引入的水是水电站的发电机组的动力资源，因此，引水隧道作为引水的建筑工程，一般是要求内壁承压，但有时只是部分过水，内壁受大气压力而水压较小，甚至无水压，引水隧道可分为有压隧道和无压隧道。

尾水隧道 用将水电站发电机组排出的废水送出去而修建的隧道。

导流隧道或泄洪隧道 是为水利工程中疏导水流并补充溢洪道流量超限后的泄洪而修建的隧道。它是水利工程的一个重要建筑，其作用主要是泄洪。

排沙隧道 它是用来冲刷水库中淤积的泥沙而修建的隧道。

它是水库建筑物的一个组成部分，其作用是利于排沙隧道把泥沙裹带送出水库。同时也用来检查或修理时，放空水库里的水。

1.2.3 市政隧道

在城市的建设和规划中，充分利用地下空间，将各种不同市政设施安置在地下而修建的地下孔道，称为市政隧道。市政隧道与城市中人们的生活、工作和生产关系十分密切，对保障城市的正常运转起着重要的作用。其类型主要有：

给水隧道 为城市自来水管网铺设系统修建的隧道。

在城市中，有序合理的规划和布置与人们生活和生产息息相关给水管路，是城市市政基础设施的重要任务，要求不破坏市容景观，不占用地面，避免遭受人为的损坏。因此，修建地下孔道来容纳安置这些管道是一种合理的选择。

污水隧道 为城市污水排送系统修建的隧道。

城市的污水，除部分对环境污染严重的采用净化返用或排放外，大部分的污水需要排放到城市以外的河流中去，这就需要有地下的排污隧道。这种隧道一般采用本身导流排送，此时隧道的形状多采用卵形，也可能是在孔道中安放排污管，由管道排污。排污隧道的进口处，多设有拦渣隔栅，把漂浮的杂物拦在隧道之外，不致涌入造成堵塞。

管路隧道 为城市能源供给（煤气、暖气、热水等）系统修建的隧道。

城市中的管路隧道是把输送能源的管路放置在修建的地下的孔道中，经过防漏及保温措施处理，能源就能安全地输送到生产和居家的目的地。

线路隧道 为系统修建的隧道。

在城市中，为了保证电力电缆和通讯电缆不被人们的活动所损伤或破坏，避免悬挂高空影响市容景观，都修建专门的地下孔道安置它们。

在现代化的城市中，将以上 4 种具有共性的市政隧道，按城市的布局 and 规划，建成一个共用隧道，称为“共同管沟”。共同管沟是现代城市基础设施科学管理和规划的标志，也是合理利用城市地下空间的科学手段。是城市市政隧道规划与修建发展的方向。

人防隧道 是为战时的防空目的而修建的防空避难隧道。

城市中建造人防工程，是为了预防战争空袭的需要。人防工程是在紧急情况下，人们避难所用的，因此，在修建时应考虑人生活环境的一般要求，除应设有排水、通风、照明和通讯设备以外，还应考虑贮备饮水、粮食和必要救护设备。在洞口处还需设置防爆、防冲击波装置等。

1.2.4 矿山隧道

在矿山开采中，为了能从山体以外通向矿床和将开采到的矿石运输出来，是通过修建隧道来实现的，其作用主要是为采矿服务的，有下列几种。

1) 运输巷道

向山体开凿隧道通到矿床，并逐步开辟巷道，通往各个开采面。前者称为主巷道，为地下矿

区的主要出入口和主要的运输干道；后者分布如树枝状，分向各个采掘面，此种巷道多用临时支撑，仅供作业人员进行开采工作的需要。

2) 给水隧道

送入清洁水为采掘机械使用，并将废水及积水通过泵抽排出洞外。

3) 通风隧道

矿山地下巷道穿过的地层，一般都有地下有害气体涌出，采掘机械业要排出废气，工作人员呼出气体，使得巷道内空气变得污浊。如果地层中的气体含有瓦斯，将会危及人身安全。因此，净化巷道的空气，创造好的工作环境，必设置通风巷道，把有害气体排除出去，补充新鲜空气。

综上所述，隧道工程应用到了许多领域，已经成为国家建设、人民生活和生产的重要组成部分。近年来我国隧道工程的建设取得很大的成就，隧道技术有了相当大的发展，但是还存在许多问题和有待研究提高的地方。具体地说，到目前为止，对围岩的性质还只能从定性的角度去衡量，工程应用中偏离较大，计算模型的选用和计算理论还不完全符合实际，施工技术水平和管理工作还较落后，所有这些都还有待于隧道工作者去研究解决。

思 考 题

1. 什么叫隧道？试从隧道的广泛用途，论述学习、研究与发展隧道技术的重要意义。
2. 在交通线路上修建隧道的意义？

第 2 章

隧道的勘察

隧道勘察的目的是在于查明隧道所处位置的工程地质条件和水文地质条件,以及隧道施工和运营对环境保护的影响。为规划设计、施工提供所需的勘察资料 并对存在的岩土工程问题、环境问题进行分析评价提出合理的设计方案和施工措施,从而使隧道工程经济合理和安全可靠。

2.1 隧道勘察的几个阶段

隧道勘察阶段的划分应与公路设计阶段相适应,一般分为可行性研究勘察 初步勘察 详细勘察。

2.1.1 可行性研究勘察

公路可行性研究按其工作深度,分为预可行性研究和工程可行性研究。预可行性研究中的勘察主要侧重于收集与研究已有的文献资料;而在工程可行性研究中,需在分析已有资料的基础上,通过踏勘,对各个可能方案作实地调查,并对不良地质地段等重要工点进行必要的勘探 大致查明地质情况。

2.1.2 初步勘察

初勘是在批准的工程可行性研究报告推荐建设方案的基础上,在初步选定的路线内进行勘察 其任务是满足初步设计对资料要求。根据工程地质条件 优选路线方案 在路线基本走向范围内,对可能作为隧道线位的区间进行初勘,重点勘察不良地质地段,以明确隧道能否通过或如何通过。提供编制初步设计所需全部工程地质资料。

初勘工作可按收集资料、工程地质选定隧道线位、工程地质调绘、勘探、试验、资料整理等顺序进行。

收集资料 初勘也应收集已有资料,包括可行性研究报告,取得隧道所在位置的初步总平面布置地形图及有关工程性质和规模的文件。

工程地质选定隧道线位 初勘工作的任务是选择经济合理、技术可行的最优隧道位置方案。当测区内的工程地质条件比较复杂 如区域地质的稳定条件差 有不良地质现象 尤其应注意工程地质选线工作。首先应从工程地质观点来选定隧道线位的概略位置,然后充分研究并

掌握沿线的工程地质条件，尽可能提出有比较价值的方案进行比较，将隧道选定在地质情况比较好的区间内，以避免在详测时因工程地质问题发生大的方案变动。

初勘资料整理 工程地质勘察的原始资料，包括调查、测绘、勘探、试验等资料，并按有关规定填写，并进行复核与检查。提交的资料包括图件、文字等资料，要求清晰正确，并符合有关规定和设计文件编制办法的规定。

2.1.3 详细勘察

详勘的目的是根据已批准的初步设计文件中所确定的修建原则、设计方案、技术指标等设计资料，通过详细工程地质勘察，为线位布设和编制施工图设计提供完整的工程地质资料。详勘的任务是在初勘的基础上，进行补充校对，进一步查明沿线的工程地质条件，以及重点工程与不良地质区段的工程地质特征，并取得必需的工程地质的数据，为确定隧道位置的施工图设计提供详细的工程地质资料。详勘工作可按准备工作、沿线工程地质调绘勘探、试验、资料整理等顺序进行。由于详勘工作需在初勘的基础上进一步查明隧道中线两侧的工程地质条件和不良地质区段的主要工程地质问题，因此初勘工作更为详细深入，最后提交的资料深度应满足施工图设计的需要。

2.2 隧道勘察的主要方法

隧道勘察的方法主要有收集与研究既有资料，^⑥调查与测绘、勘探、试验与长期观测等几种。^⑦随着科学技术的进步，越来越多的新技术在隧道勘察工作中得到发展和应用。^⑧

2.2.1 收集研究既有资料

隧道工程地质勘察各阶段的准备工作，是根据勘测任务的要求，配备必要的专业人员，收集及研究有关资料，了解现场情况，并做好勘察仪器等的准备。其中，收集和^⑥研究隧道所处地区的既有^⑦的有关资料，不仅是外业工作之前准备工作的重要内容，也是隧道勘察的一个主要方法。^⑧

收集的资料一般应包含：^⑥（进）T_j 10.6013 0 0 T_j；^⑦（个）T_j 10.6012 0 T_dT_d；^⑧（究）T_j 10.6012

⑥

⑦

⑧

调查报告及与工程有关的法令、法规、方针、政策等。对外收集到的资料进行分析研究和判断，可以初步掌握隧道所经地区的工程地质条件的概况和特点，粗略判定可能遇到的主要工程地质问题，并了解这些问题的研究现状和工程经验。这对于做好准备工作和外业工作是十分必要的。在隧道勘察工作中，正确运用这种方法，可以减少外业工作的盲目性，提高工作质量。

2.2.2 调查与测绘

调查与测绘是工程地质勘察的主要方法。通过观察和访问，对隧道通过地区的工程地质条件进行综合性的全面研究，将查明的地质现象和获得的资料，填绘于有关的图表与记录本中，这种工作统称为调查测绘（调绘）。隧道工程地质测绘，一般可在沿线两侧带状范围内进行。通常采用沿线调查的方法，对不良地质地段及地质条件复杂的路段，应扩大调绘范围，以提出完整可靠的地质资料。

(1) 工程地质调查

工程地质调查主要是用直接观察和访问当地群众的方法，需要时可配合适量的勘探和试验工作。

1) 直接观察

直接观察是工程地质调查最重要和最基本的方法。它主要利用自然迹象和露头，进行由此及彼，由表及里的观察分析工作，以达到认识路线隧道通过地带工程地质条件的目的。

在隧道工程地质调查中，常采用地貌学和地植物学的方法观察分析有关自然现象。前者根据地貌的形态特征，推断其形成原因和条件，并评价其工程地质条件；后者根据植物群落的种属、分布及其生态特征，推断当地的气候、土质及水文地质等条件。有些对土质、水分、盐分等条件要求特别严格的植物，可以作为指示植物加以利用。地植物学的方法，在潮湿茂密的林区是十分必要的，而在植物缺少的沙漠地区则是足够准确的。

2) 访问群众

访问当地群众是工程地质调查常用的方法。对沿线居民调查访问，可以了解有关问题的历史情况，多年情况及当地与自然灾害作斗争的经验，这对于直接观察，往往是必不可少的补充。在某些情况下，这种方法尤其显得重要。例如，对历史地震情况的调查、对沿线洪水位的调查、对风沙、雪害、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质的发生情况、活动过程和分布规律的调查都离不开调查访问。

为使调查访问获得较好的结果，一般应注意以下几点：

选择合适的对象。通常应是年纪大的、对所调查的问题有切身体验的人，要多找几个，以避免错误。

进行仔细的询问，认真听取各处意见，需要对应到现场边看边问。

对所提供的情况，应进行核对、分析和判断。

(2) 工程地质测绘

工程地质测绘与工程地质调查的不同之处是：工程地质测绘的范围往往比较大，并且要求把调查研究结果填绘在一定比例尺的地形图上，以编制工程地质图。测绘范围以能满足工程技术要求为前提，并应包括与工程地质环境有关的范围。测绘的比例尺可在以下范围内选用：可行性研究阶段 1:5 000 ~ 1:50 000，初勘阶段 1:2 000 ~ 1:10 000，详勘阶段 1:200 ~ 1:2 000。为了达到测绘精度要求，实测所用地形图的比例尺必须大于或等于提成图比例尺。下面分两种情

况说明。

1) 无航摄资料时

工程地质测绘主要依靠野外工作，为此需要讲究测绘方法与量测精度，以求用较少的工作获得符合要求的结果。

标测方法：根据不同比例尺的精度要求，对观察点、地质构造及种地质界线等的标测方法有以下 3 种：

A. 目测法。根据地形、地物目估或步测距离。目测法适用于小比例尺的工程地质测绘。

B. 半仪器法。用简单的仪器如罗盘、仪器、气压计等测定方位和高程用徒步式测绳量距离。此方法适用于中比例尺的工程地质测绘。

C. 仪器法。仪器法是用测量仪器测定方位和高程的方法，此方法适用于大比例尺的工程地质测绘以及重要地质点。

测绘精度的要求：相当于测绘底图上宽度不小于 2mm 的地质现象应尽量标绘在图上；具有重要工程意义的地质体，即使小于图上 2mm 的宽度也应扩大比例尺的方法标绘在图上；相反，对于工程意义不大的且相近的几种地质体可合并标绘。

工程地质测绘的基本方法

A. 路线法。沿着一些选择的路线穿越测绘场地，并把观测路线和沿线查明的地质现象、地质界线填绘在地形图上。路线形式有直线形式与“S”线型等。一般用于各类的比例尺测绘。

B. 布点法。根据地质条件复杂程度和不同的比例尺，预先在地形图上布置一定数量的观测点及观测路线。布点适用于大、中比例尺测绘。

C. 追索法。沿地层、构造和其他地质单元界线布点追索，以便查明某些局部的复杂构造。追索法多用于中、小比例尺测绘。

隧道工程地质测绘的路线法：采用路线法测绘的两个关键点的环节，是观测路线的布置和观测点的选择。

A. 观测路线的布置除应沿隧道中线进行调查测绘外，尚应在路线及两侧布置观测路线，以求在需要测绘的范围内获得足够的资料绘制工程地质图。观测路线与岩层走向或地质构造方向垂直时，可以用较少的工作获得较多的成果。但为查清断层破碎带的分布情况，观测路线也可沿构造线布置。观测路线应布置在露头较好的地方，如河谷、路堑等地带。

B. 观察点的选择应根据观察的目的和要求进行选择。例如为了研究地貌、地质界线、不良地质现象等不同的目的，考虑分别设置观察点；如为了综合研究的目的，就应按多目标及其他对工程地质有重要意义的地方。观察点的密度则应根据地质条件的复杂程度和地质图比例尺的大小而定。

2) 有航摄资料时

遥感技术是根据电磁波辐射发射、吸收、反射的理论应用各种光学、电子学探测器对远距离目标进行探测和识别的综合技术，可用于工程地质调查测绘。

地质体不但在光照条件下能反射辐射能，而且由于自身具有一定的温度，也能不断发射出辐射能。地质体在不同波长处，反射或发射电磁辐射的本领是不同的。这种辐射能够随波长改变而改变的特性，称为地质体的波谱特性。对这种辐射能以波长为参数记录下来就得到该地质体的波谱分布，不同地质体有其特定的波谱分布，这是遥感技术识别目标的根据。遥感技术对地质体进行探测和识别就是以各种地质体对电磁波辐射的反射或发射的不同波谱分布作为理

论基础的。

遥感工程地质调查可采用多种遥感手段和方法进行,利用现有遥感影像资料进行判释。应充分利用近期的黑白或彩色红外的航空相片及热红外航空扫描图像,必要时结合使用陆地卫星图像或其他遥感图像。重点研究地区可收集不同时期的遥感资料。下面概要介绍航摄资料用于绘制工程地质图的方法。

立体镜判释 立体镜是航空相片立体观察仪器。利用判断标志,结合所需掌握的区域地质资料,将判明的地层、构造、岩性、地貌、水文地质条件以及不良地质现象等,调绘在单张相片上,并据以确定需要调查的地点和路线。

凡能直接反映地质体和地质现象的影像特征称为直接判释标志。对与判释对象密切相关的一些现象进行分析、研究、推理、判断,从而达到识别地物的目的,这些现象称为判断的间接标志。使用立体镜进行室内判释,首先必须在分析现有资料的基础上,建立室内初步判释标志,并经实地调查绘制建立详细判释标志。

实地调查测绘 对判释的内容,通过实地调查测绘进行核对、修改与补充。重要的地质点应刺点纪录。

绘制工程地质图 根据地形、地貌、地物的相对位置,将测绘在相片上的地质资料,利用转绘仪器绘制于等高线图上,并进行野外核对。

(3) 调查测绘内容

工程地质调查测绘的内容应视要求而定。调查测绘的重点也因勘察设计阶段及工程类型的不同而各有所侧重,但基本内容主要有以下几个方面。

1) 地形、地貌

地形、地貌的类型、成因、特征与发展过程;地形、地貌与岩性、构造等地质因素的关系;地形、地貌与工程地质条件的关系,对路线布置及路基工程的影响等。

2) 地层、岩性

地层的层序、厚度、时代、成因及其分布情况;岩性、风化破碎程度及风化层厚度;土石类别,工程性质及对工程的影响等。

3) 地质构造

断裂、褶曲的位置、构造线走向,产状等形态特征和地质力学特征;岩层的产状和接触关系,软弱结构面的发育情况及其与路线的关系,对路基的稳定影响等。

4) 第四纪地质

第四纪沉积物的成因类型,土的工程分类及其在水平与垂直方向上的变化规律;土的物理、水理、化学、力学性质;特殊土及地区性土的研究和评价。

5) 地表水及地下水

河、溪的水位、流量、流速、冲刷、淤积、洪水位与淹沿情况;地下水的类型、化学成分与分布情况,地下水的补给与排泄条件,地下水的埋藏深度,水位变化规律与变化幅度,地面水及地下水对隧道工程的影响。

6) 特殊地质、不良地层

各种不良地质现象及特殊地质问题的分布范围、形成条件、发育程度、分布规律及其对隧道工程的影响。

7) 地震

根据沿线地震基本烈度的区域资料,结合岩性、构造、水文地质等条件,通过访问,确定 ≥ 7

度的地震烈度界线。

8) 工程经验

对所在地区既有地下工程及其他建筑物的稳定情况和工程措施进行调查访问, 以便借鉴。

2.3 隧道勘察的主要手段

在隧道工程勘察中, 当需查明岩土的性质和分布, 从地下采取岩土样供室内试验测定岩土的物理力学性质可采用挖探、钻探、地球物理勘探等勘探方法进行。下面介绍几种常用方法。

2.3.1 挖探

挖探是地质勘探中广泛采用的一种方法。这种方法最大的优点是能取得详尽的直观资料 and 原状土样, 但勘探深度有限, 而且劳动强度大。挖探主要为坑探和槽探。

坑探一用机械或人力垂直向下掘进的土坑或者称为试坑, 深者称为探井。坑探断面根据开口形状可分为圆形、椭圆形、方形、长方形等, 其断面积有 $1\text{m} \times 1\text{m}$, $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 等不同的尺寸。它的选用是根据土层性质、用途及深度而定。坑探深一般为 $2 \sim 3\text{m}$ 较深的需进行加固。坑探适用于不含水或地下水量微小的稳固地层, 主要用来查明覆盖层的厚度和性质、滑动面、断层、地下水位及采取原状土样等。

槽探一挖掘成狭长的槽形, 其宽度一般为 $0.6 \sim 1.0\text{m}$, 长度视需要而定, 深度通常小于 2m , 槽探适用于基岩覆盖层不厚的地方, 常用来追索构造线, 查明坡积层、残积层的厚度和性质, 揭露地层层序等, 槽探一般应垂直于岩层走向或构造线布置。

2.3.2 简易钻探

简易钻探是工程地质勘探中经常采用的方法。其优点是工具轻, 体积小, 操作方便, 进尺较快, 劳动强度较小。缺点是不能采取原状土样或不能取样, 在密实或坚硬的地层内不易钻进或不能使用。常用的简易钻探工具有小螺纹钻、钎探、洛阳铲等。

1) 小螺纹钻勘探

小螺纹钻的钻具结构包括螺纹钻头和钻杆等, 用人工加压回转钻进, 适用于粘性土及亚砂土地层, 可以取得扰动土样, 钻探深度小于 6m 。

2) 钎探

钎探又称锥探, 是用钎具向下冲入土中, 凭感觉探查疏松覆盖层的厚度或基岩的埋藏深度。探深一般可达 10m 左右。常用来查明黄土陷穴、沼泽、软土的厚度及其基底的坡度等。

3) 洛阳铲勘探

洛阳铲勘探是借助洛阳铲的重力冲入土中, 钻成直径小而深度较大的圆孔, 可采取扰动土样。冲进深度一般为 10m , 在黄土层中可达 30m 以上。

2.3.3 钻探

在工程地质勘察工作中, 钻探是广泛采用的一种最重要的勘探手段, 它可以获得深部地层

的可靠地质资料。一般是在挖探，简易钻探不能达到目的时采用。为保证工程地质钻探工作质量，避免漏掉或寻错重要的地质界面，在钻进过程中不应放过任何可疑的地方，对所获得的地质资料进行准确的分析判断。用地面观察所得的地质资料来指导钻探工作，校核钻探结果。

根据钻进时破碎岩石的方法，钻探可分为冲击钻进，回转钻进，冲击回转钻进以及振动钻进等几种。

1) 冲击钻进

冲击钻进是将钻具提升到一定高度，利用钻具的重力和冲击力，使钻头冲击孔底以破碎岩石（土层），随着钻孔的延伸可以用钢丝绳或用钻杆连接钻头。这种方法能保持较大的钻孔口径。人力冲击钻钻进适用于黄土、粘性土、砂性土等疏松的覆盖层，但劳动强度大，难以完整取样。机械冲击钻钻进适用于砾、卵石层及基岩，不能取得完整岩心。由于这种方法对下面的土层有劣实加密作用，易使土样变形而失真，因此不适合于取原状试样的钻进。

2) 回转钻进

回转钻进是利用钻具回转，使钻头的切削刃或研磨材料削磨岩石，可分孔底全面钻进与孔底环状钻进、岩心钻进两种。工程地质勘探广泛采用岩心钻进，这种方法能取得原状土和比较完整的岩心。人力回转钻进适用于沼泽、软土、粘性土、砂性土等松软地层，在粘性土层中常使用螺纹钻或勺形钻，设备简易，但劳动强度较大。机械回转钻进有多种钻头和研磨材料，可适应各种软硬不同的地层，其中岩心钻进依岩石的可钻性分为硬质合金钻进和金刚石钻进两种工艺形式。

3) 冲击回旋钻进

冲击回旋钻进也称综合钻进，钻进过程是在冲击与回转综合作用下进行的。它适用于各种不同的地层，钻进效率高，能采取岩心，在工程地质勘探中应用也较广泛。目前应用的钻进方法有气动和手液动两种。

4) 振动钻进

振动钻进是利用机械动力所产生的振动力，通过连接杆及钻具传到钻头周围的土层中，由于振动器高速振动的结果，使土层的抗剪强度急剧降低，借振动器和钻具的重量，切削孔底土层，达到钻进的目的。

2.3.4 地球物理勘探

地球物理勘探简称物探。不同成分、不同结构、不同产状的地质体，在地下半无限空间是不同的物理场分布。凡是以各种岩土物理性质的差别为基础，采用专门的仪器，观测天然或人工的物理场变化，来判断地下地质情况的方法，统称为物探。

物探的优点是效率高、成本低、仪器和工具比较轻便。物探方法是地层在自然状态下，各种物理力学指标均未受到破坏的情况下进行的一种比较好的原位测试方法。但是，由于不同岩、土可能具有某些相同的物理性质，或同一种岩、土可能具有某些物理性质差异，因此，有时较难得出肯定的结论，必须使用钻孔加以校核、验证，物探有其一定的适用条件。物探与调查测绘、挖探、钻探密切配合时，对指导地质判断、合理布置钻孔、减少钻工作量等方面都能取得良好的效果。恰当地运用多种物探方法进行综合物探，也能取得较好的效果。

物探按其所利用的岩、土物理性质的不同可分为电法勘探、电磁法勘探、地震勘探、声波勘探、重力勘探、磁力勘探与放射性勘探等。在隧道工程地质中，较常用的有电法勘探、地震勘探、

地质雷达勘探等。电法勘探是通过仪器测定岩、土导电性的差异来判断地下地质情况。当地层间具有一定的导电性差异，所测地层具有一定的长度、宽度和厚度，相对的埋藏深度不太大；地形较平坦，游散电流与工业交流电等干扰因素不大时，电法勘探能取得较好的效果。地震勘探是根据岩、土弹性性质的差异，通过人工激发的弹性波的传播，来探测地下地质情况的一种物探方法。地震勘探直接利用岩石的固有性质（密度与弹性），较其他物探方法准确，且能探测很大深度。在工程地质勘探中主要用于：

探测覆盖层的厚度、岩层的埋藏深度及厚度、断层破碎带的位置及产状等。

研究岩石的弹性，测定岩石的弹性系数等。

地质雷达（电磁法勘探）是利用高频电磁脉冲波的反射，探测地层构造和地下埋藏物体的电磁装置，故又称探地雷达。通过发射天线向地下辐射宽带的脉冲波，在地下传播中遇到不同介质的介电常数和异电率存在差异时，将在其分界面上发生反射，返回地表的电磁波被接收天线接收，根据接收的回波来判断目标的存在，并计算其距离和位置，可用于空中、地面与井中探测，但主要用地面。另外，声波探测在工程地质工作中也有较广泛的应用，它是利用声波在岩体（岩石）中的传播特性及其变化规律测试岩体（岩石）的物理力学性质，也可利用在应力作用下岩体（岩石）的发声特性对岩体进行稳定性监测。

2.4 地质勘察

公路隧道有山岭隧道与水底隧道之分，本教材只讨论山岭隧道。山岭隧道是修建在天然地层中的建筑物，它从位置选择到具体设计，直到施工，均与地质条件有密切关系。地质条件包括岩层性质、地质构造、岩层产状、裂隙发育程度及风化程度、隧道所处深度及其与地形起伏的关系、地层含水程度、地温及有害气体情况、有无不良地质现象及其影响等。基于以下原因，在隧道的勘察中，应十分注意工程地质工作，加强隧道勘察。隧道的勘察一般都采用两阶段勘测，即初步勘察与详细勘察。对地形地质条件简单中、短隧道采用一阶段勘测，但勘测工作应按相应要求和深度，提供施工图设计所需资料。地形地质条件特别复杂的长大隧道也可采用多阶段勘测。但为配合整个路线勘察工作，隧道勘察宜与路线勘测阶段相当。

2.4.1 初步勘察

(1) 目的和任务

隧道设计和施工方案的正确性直接取决于地质勘探工作的完整性与可靠程度。以往由于地质调查工作不充分造成变更设计、延误工期、增加投资的情况时有发生。所以地质勘探工作对隧道工程是至关重要的。初勘阶段的工作是为选择隧道方案作出工程地质论证。因此，对各个隧道方案，必须有计划地进行现有地质资料的搜集和现场实地调查测绘，以取得充分的第一手资料。然后通过分析研究，为选择或复查隧道位置及洞口位置的最佳方案作出符合实际的工程地质论证。

初勘的任务，首先是选择隧道位置。初勘阶段必须初步查明各隧道方案的工程地质、水文地质条件，以便根据地质特征比选确定最优方案，并为初步设计提供所需地质资料。当隧道位置选定后，根据初勘结果初步确定隧道通过地带的围岩类别。根据围岩分类可以大致确定隧道

开挖难易,采用施工方法,支护类型以及设计所需参数。通过初勘为隧道的初步设计提供必要的地质资料。

(2)基本内容

初勘与详勘在基本内容方面没有明确划分的界限。初勘一般通过调绘,查明具有控制隧道方案的主要工程地质问题,得出定性评价,而深入细致的定量工作,则在详勘阶段完成。

1)地形、地貌

了解隧道通过地带的自然地理概况,查明有关控制点的海拔。地形、地貌是由构造内力及外界影响长期作用的结果。地质构造运动结合外界气候、水文、植被及人类活动长期相互作用,往往会产生相应的地形、地貌特征。地质构造及其岩性是形成地形、地貌的主要条件。通过露头调查或采用其他勘探手段,可以发现他们间的关系及规律,从而又可以推断不完全显露或隐埋部分的地质情况。通过了解隧道通过地带的自然地理概况,查明地形、地貌与构造及岩性等地质因素的关系和规律。深坑、洼地区段可能形成渗水陷落使之成为浅埋隧道。河流川谷的冲刷切割将影响山体稳定或造成偏压因此应查明其成因及其发育、发展情况用以推断其对隧道影响程度,以便采取相应措施。

2)地质构造

地质构造表现的形态有单斜、褶曲、断层、节理、劈理及其他面状、线状构造等需查明其组合方式。地下水的活动和富集,也与地质构造密切相关。

地质构造组合形态是构造应力场的结果,在构造应力场的作用下,常促使岩体失稳而产生变形和破坏,尤其对一些较弱的破碎的岩体,更是如此。要查清隧道处区域的现代构造应力场的方向和性质与隧道的关系及对隧道的影响。隧道的轴线应尽量接近构造应力方向或与它具有较小的夹角,以免造成洞身横面变形。

单斜构造包括水平、竖直岩层是常见的最简单的构造,也是修建隧道的理想地层,应查明产状及不同岩层的成层条件。单斜构造还需查明其层厚及层间接触关系(整合或不整合)应查明褶曲构造因素(如轴部、核、枢纽、轴面)翼部(轴部两侧倾斜岩层及过渡带(两翼岩层相互过渡的弯曲部分))构造基本类型有两种:①背斜岩层向上弯曲,核心部位岩石较老,外侧岩石较新,风化剥蚀后,地面出露特征是从中心到两侧,岩层从老到新;②向斜岩层向下弯曲,核心部位的岩石较新,外侧岩石较老,风化剥蚀后,从中心到两侧岩层从新到老,还应查明褶曲构造的范围。

岩石断裂变形统称断裂构造,位移变量显著者称为断层,仅有微量位移的为节理。查明断层的几何要素、断层的性质及类型、断层破碎带的规模及影响范围。在地表无覆盖的情况下,从断层地面露头线大致可确定其几何要素,如断层面、断盘、断层线及位移。断层线主要表现为地质体或地质界线的不连续或层状岩地层的重复或缺失。根据断层两盘岩块相对移动性质,断层可分为上盘相对向下移动的正断层,上盘相对向上移动的逆断层,两盘沿断层走向相对移动的水平断层3个基本类型。重点查明断层运动所产生的构造岩的性质、规模及影响范围。

3)地层岩性

查明隧道通过区域的地层层序、岩性、成因、年代、产状、状态、分布规律及其接触关系、接触面特征,岩层风化破碎程度及抗风能力的强弱。沉积岩、层状岩浆岩和区域变质岩一般具有层状结构。地层界面一般按岩性岩相所显示的特征即按岩石种类、名称、矿物成分、颗粒大小、空隙状态及结构颜色等来区分。对难于确定层序的变质岩、岩浆侵入体及逆转地层,主要按岩

石年代及生成条件考虑。正常的地层层序,当为水平或近似水平层时,上层为新、下层为老。当为倾斜层时,沿倾向看,层次是由老到新。了解岩土的物理力学性质、水理性质,有无损害健康的物质或气体,并查明其成分、含量和分布情况。地层生成过程中有时伴生有损健康或造成危险的物质或气体应予查明。了解地温分布规律。

4)特殊地质、不良地质

特殊地质、不良地质地区,须查明发生发展的原因、类型、范围,并推断其今后的发展趋势对隧道的影响 提出整治意见及初步设计所需的资料。岩堆、崩塌、滑坡、泥石流、冰川、雪崩、积雪、多年冻土、泥沼、软土、黄土、膨胀土、盐渍土、沙漠、岩溶等地区的初勘按相应勘测规定办理。流沙地层 应查明其范围、厚度、成分、密实程度及可能发生的流动性质。含煤地层或其他矿场 应查明地质构造、成层特征、埋藏深度、层位、层数、厚度、覆盖情况及露头 煤层或其他矿场上、下岩层的岩性、厚度、裂隙及软弱夹层 有害气体的含量和压力 并判断其对隧道的影响。水库地区,应查明水库地区覆盖层与岩层的分布情况,库岸的稳定性,遇水浸蚀软化岩层及软弱结构面的特征,水库的设计水位,水库引起的其他不良地质问题。对于水库引起的塌岸,应查明范围,并按垂直库岸方向布置勘探,绘出塌岸边界。在湿陷性土类地区,应绘出地下水浸润线。

(3)初勘主要手段

初勘阶段主要以调查和测绘为主,配合物探,并充分利用以往地质资料,只有当不进行钻探,试验工作不足以说明地质情况而影响方案的选定时,才作代表性的钻探试验工作。调查和测绘是隧道地质勘探最基本、最重要的勘探方法。采用这种方法可以根据测区所有天然或人工露头的地质条件,进行调查和测绘,得出全面的定性评价。对不显露部分再配合物探进行补充验证,对隧道通过地带的围岩作出初步评定。地质调绘应在测区及有影响的地区广泛周密地查找露点,观测点最好选择于既在平面又在剖面而有代表性的露头,以便推测各类地质构造、岩层层序、岩性等地质特征。单斜构造一般层理明确。水平岩层的平面露头与等高线平行,有垂直露头时,从上至下由新到老(年代)。直立岩层露头的地质线沿其构造走向作直线延伸。倾斜岩层露头的地质线受地形影响,一般呈“V”字形状出露,其层厚可由地面坡度及岩层产状及露头宽度计算。观测褶曲露头时,应注意地形对褶曲的歪曲影响,可通过纵横观察,了解其构造走向两侧相同地层对称重复出露,此即为其特征。断层是由各种地质体或地质界线在平面或剖面上突然中断、错开,造成构造(线)的不连续现象,以反映其存在。层状岩中地层出现重复或缺失,是断层存在的另一标志。对隧道有很不利影响的两种构造岩一角砾岩和破碎岩宜特别留意,应测定其断距。节理是一些构造形成时的伴生构造,其发展程度取决于岩性、层厚及局部应力。节理经常伴随断层或其他构造的露头而出现。节理对地下水分布及传导的预测有参考意义,应调查其在褶曲或断层的部位、产状要素、填充物特征以及节理密度条/m等。

露头调查除采集一些样品供室内试验外,如有机会遇到大型露头且表面较平坦的地方,在现场作些物探参数的测定,则此样品更能代表岩体原始状况,通过室内外试验,可求得围岩的物理力学特性参数。物探方法常用的有电法、地震、声波探测法等。随着科学技术的不断发展,先进的物探设备将不断出现,有条件亦可用其他物探方法。物探工作的测区,一般不超过地质调绘的范围。由于物探易受外界干扰和地质解释的多解性,利用已知地质条件进行对比验证是有必要,故对已有地质结论或物探测线的地质构造,应进行量测,以便对此验证。在露头较好地区,通过调绘是能掌握该地区的地形及地质概况的。物探测线一般应与构造走向正交,避免旁侧地层的不同电性或物性的影响,以测得真实的剖面层次。在测区内,测线的方向,间距及测点

的疏密、激发点或供电电极与接收点或测量电极的距离与布置形式应按物探方法并结合地形条件等因素选定。因物探发射及接受装置间的地形是按一平面假定而测定其下面地层的电性或物性差异的地形起伏意味着增加(凹地为空气)一层异常层从而影响探测结果。当布置测线的条件有矛盾时,应以较少影响地质解释为主要条件来布线。物探网测线一般宜彼此平行并垂直于构造走向,不同地质体或构造要有二三条物探测线穿过,以便相互检验,建立地层的立体概念(界面等高线)。隧道轴线方向无论是否平行其他测线必须布置测线,以查明隧道纵剖面地质,其他测线可用以配合解释。

据以往经验,隧道一般应避开不良地质或特殊地质地段,初测阶段不进行钻探。当隧道必须通过上述地段或有重大地质疑点而钻探时,可在调绘及物探基础上合理布置钻孔位置,洞身轴线应布有钻孔,钻孔孔数宜至少两个以上,其深度一般在拟定的洞底标高以下 $1\sim 2\text{m}$ 。当洞身所在地层无变化时,其他钻孔可以提高,但在洞底标高以下遇有软弱地层或影响隧道稳定的其他不良地质时,应酌情加深钻孔。在洞底标高 3 倍洞径高度范围内,应采取岩样做物理力学试验。当围岩开挖后,应力重分布区域较大时, 3 倍洞径高度范围可适当放大。

(4)初勘应提交的资料

初勘野外工作结束后应在现场进行初步资料整理并做好检校工作。文字说明的提纲、图表的底图、勘察及各项调查等原始资料的分析整编应在工地完成。最后提供下列资料:隧道工程地质说明书(对地质工作作一扼要叙述,并作出评价,提出对隧道初步设计的各项建议及以后详测应进行的工作);隧道工程地质平面图(图上应填绘物探、钻探等平面布置及挖探点位置,比例尺为 $1:2\,000\sim 1:5\,000$);隧道工程地质纵断面图(图中应标明勘探点,若进行震探时,则应标明岩层的弹性纵波波速,比例尺为 $1:500\sim 1:5\,000$;竖 $1:200\sim 1:1\,000$);洞口、洞身工程地质横断面图(应标明勘探点,若进行震探,则应标明岩层的弹性纵波波速,比例尺为 $1:200\sim 1:500$)。另外,还提供钻孔地质柱状剖面图、试验资料汇总表、航空照片地质解释资料及工程地质照片、野外素描图等。严重影响隧道方案的特殊地质、不良地质地区应编制专项资料。

2.4.2 详细勘察

详勘的目的是根据批准的初步设计,对已选定的隧道位置进行详细的工程地质勘察,为编制隧道的施工图提供工程地质资料。详勘的主要任务是对隧道所在区的地形、地貌(包括洞外接线)、工程地质特征及水文地质条件作出正确的评价;根据控制围岩稳定的诸因素及地层弹性纵波的波速,分段确定隧道洞身的围岩类别。由于隧道地质情况千变万化,施工时各段洞身掘进及衬砌类型等也不尽相当,要求详勘时根据地质变化提供相应的施工设计资料及建议。

详勘工作的内容:是在初勘的基础上开展进一步深入细致的工作,着重查明和解决初勘时未能查明解决的地质问题,补充、核对初测时的地质资料。对初勘时建议深入调查、勘探的重大复杂地质问题应作出可靠的结论。隧道进、出洞口地段是地质复杂地段及不良地质地段,加之边、仰坡较陡,因此洞口边、仰坡稳定性较差。应根据地质特征,着重分析隧道围岩的稳定性及洞口斜坡的稳定性。正确评价和预测隧道区的工程地质、水文地质条件及其发展趋势,提供设计、施工所需的定量指标,以及设计施工应注意的事项和整治措施意见。

详勘的方法和手段主要有调绘、物探、坑探、槽探、钻探等。地质调绘的范围、测点、物探网的网、线、点的范围和布置、物探方法的运用以及坑探、槽探的位置等应与初勘时未能查明的