

上 篇

公路工程现场勘察

Gonglu Gongcheng XianChang KanCha

公路工程建筑在地壳表面，是一种延伸很长的线形建筑物，通常要穿越许多自然地质条件十分不同的地区，它不仅受地质因素的影响，也受许多地理因素的影响。因此，为了正确处理公路工程与自然条件的关系，充分利用有利条件，避免或改造不利条件，必须进行公路工程现场勘察，为公路工程的研究、测设和施工提供依据和指导。

第一章 公路工程现场勘察的阶段与内容

公路工程现场勘察阶段的划分是与设计阶段的划分相一致的。一定的设计阶段需要相应的岩土工程勘察工作。勘察阶段可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察。可行性研究勘察应符合选址或确定场地要求；初步勘察应符合初步设计或扩大初步设计要求；详细勘察应符合施工图设计要求。对工程地质条件复杂、工程规模大，且缺乏经验的建设项目，应根据初步设计审批意见，在技术设计阶段，根据需要有针对性地进行岩土工程勘察工作。

第一节 公路工程勘察的阶段

公路工程基本建设包括新建、扩建、改建、重建等四种形式。新建、改建公路的岩土工程勘察工作，应按照规定的基本建设程序分阶段进行。

基本建设程序是指基本建设项目在整个建设过程中各项工作的先后顺序，可划分为规划论证、设计、施工和交付使用等四个阶段。其中，最后一个阶段的工作是竣工验收和交付使用，其余三个阶段中，对岩土工程勘察工作有不同的要求，在广度、深度和重点等方面都是有差别的。下面对公路工程规划论证阶段、设计阶段和施工阶段的公路工程勘察分别进行研究。

一、可行性研究阶段的公路工程地质勘察

公路建设项目可行性研究工程地质勘察，是为研究各工程方案场地内的区域性工程地质条件，尤其是对工程方案的比较有关键性影响的不良地质、特殊性岩土、重点工程地段的工程地质条件，进行必要的工程地质勘察，并提出工程方案比选的地质依据。这一阶段的勘测工作主要是视查，并进行必要的工程地质勘察工作。

可行性研究工程地质勘察的任务是为编制可行性研究报告提供关于建设项目的地形、地质、地震、水文以及筑路材料、供水水源等方面的概略性资料。对不良地质路段、特殊性岩土区，应列为工程地质勘察的重点，研究其影响路线控制点、路线走向和工程方案选择的地质因素及其危害

程度。

新建公路可行性研究工程地质勘察的重点，主要是地质构造活动区、高烈度的地震区、高应力区、可液化土地区、软土地区、滑坡群、互通立交、特大桥、隧道等处，以及大型天然筑路材料料场的工程地质勘察。

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两个阶段进行。

（一）预可行性研究勘察

预可行性研究的工程地质工作的任务如下：

1. 收集现有工程地质资料，重点研究有关影响拟建工程方案的特殊性岩土、不良地质条件及重点工程（大桥、隧道等）处的地质环境；
2. 概略了解拟建公路走廊地带内的地形、地貌、地质、水文、气象、地震等自然条件，沿线筑路材料分布状况与采运条件等对工程的影响程度；
3. 进行沿线工程地质分区；
4. 提供编制预可行性研究报告所需的地质资料及填绘 1:100 000 ~ 1:500 000 公路路线方案示意图的地质要素。

（二）工程可行性研究勘察

工程可行性研究勘察主要是了解勘察项目所在地的工程地质特征、各工程方案的一般地质条件与控制工程方案的主要地质问题，为拟定路线走向、桥位、隧址工程方案的比选及编制可行性研究报告等提供地质资料。

在工程可行性研究中，需进行踏勘工作，对各个可能方案作沿线实地调查并对大桥、隧道、不良地质地段等重要工点进行必要的勘探（如物探）大致探明地质情况。

二、设计阶段的公路工程地质勘察

公路工程建设项目一般采用两阶段设计，即初步设计和施工图设计。此外，对于技术简单、方案明确的小型建设项目，可采用一阶段（施工图）设计；对于技术复杂而又缺乏经验的建设项目，或建设项目中的个别路段或其他主要工点（如特殊大桥、互通式立体交叉、隧道等），必要时采用三阶段设计，即在初步设计和施工图设计之间增加技术设计阶段。

根据不同设计阶段所要求的工作深度，公路勘测分为初测和定测两个阶段，相应的工程地质勘察工作也分为初步工程地质勘察（初勘）和详细工程地质勘察（详勘）两个阶段。

（一）初步工程地质勘察

初勘的目的是根据工程可行性研究报告提出的推荐建设方案，进一步做好地质选线工作，为优选路线方案及编制初步设计文件提供必要的工程地质依据。

1. 初勘的任务

初勘的任务是：根据工程地质条件，优选路线方案；在路线基本走向范围内，对各路段可能布线的区间进行工程地质初勘；重点勘察对路线方案起控制作用的不良地质地段，应明确路线能否通过或如何通过；提供编制初步设计所需要的全部工程地质资料。

2. 初勘的程序

初勘工作可按准备工作、工程地质选线、工程地质调绘、勘探、试验、资料整理等顺序进行。这里简要介绍工程地质选线和应整理提交的资料，其余内容将在后面介绍。

（1）工程地质选线

初测阶段勘测工作的任务是选择经济合理、技术可行的最优路线方案。当测区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、山体或基底有失稳可能时，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路线的概略位置，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，将路线选定在地质情况比较好的区间内，以避免在详勘时因工程地质问题发生大的方案变动。

（2）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，应按有关规定填写，并进行复核和检查。提交图件、文字等资料，要求清晰正确、言简意明，并符合有关规程和设计文件编制办法的规定。

初勘资料分为基本资料和专项资料，其中基本资料包括：

1) 全线工程地质说明书。根据勘察的具体情况，综合分析工程地质调查、测绘、勘探、试验所取得的各项资料，阐明工程地质条件，分别评价各测设地质条件及筑路适宜性。说明书的内容包括序言、自然地理、地层、地质构造、工程地质条件、地震烈度、筑路材料、构造物基础地质概括、岩土物理学指标、各方案地质评价、主要地质问题处理，对详勘的意见等。

2) 工程地质略图。当控制路线选择的路段地质条件复杂时，应绘制工程地质略图，其主要内容包括岩层（分界线及成因、时代、产状）、地质构造线、不良地质、地下水、地震基本烈度、分段的代表性地质横断面及地层柱状图、图例等。

3) 纵断面图中的地质说明。在路线纵断面图中, 填写工程地质特征(地貌、岩性特征、土石工程分类等)。

4) 各类测试原始资料的汇总分析, 包括勘探资料、试验资料、气象资料等。

5) 航摄资料及工程地质照片等。

专项资料包括特殊地质及不良地质地区、路基工程、小桥涵基础、筑路材料等项资料。

(二) 详细工程地质勘察

详细工程地质勘察的目的, 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、技术要求等资料, 有针对性地进行工程地质勘察工作, 为确定公路路线、工程构造物的位置和编制施工图设计文件, 提供准确、完整的工程地质资料。

1 详勘的任务

详勘的任务, 是在初勘的基础上, 进行补充与校对, 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数据, 为确定路线位置和施工图设计提供详细的工程地质资料。

2. 详勘的程序

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沿线的工程地质条件和不良地质区段、各构造物场地等的主要工程地质问题, 因此, 比初勘工作更为详细、深入。最后提交的资料也包括基本资料和专项资料两个部分, 深度应满足施工图设计的需要。

三、施工阶段的公路工程地质勘察

施工阶段工程地质勘察的任务如下:

1. 查明施工期间发生的各种工程地质问题的产生原因、性质及其对工程的危害程度;

2. 搜集因施工困难或其他原因导致设计方案的改变, 或增加建筑物所需的工程地质资料;

3. 核对详勘地质资料的准确性, 补充或修改原有设计文件中工程地质方面的内容;

4. 进行地质编录工作, 为编制竣工文件准备资料;

5. 对病害工点上的地质现象作出工程地质预测, 布置长期观测工作并提出防范与工程处理方法。

第二节 公路工程勘察的内容

在每个岩土工程勘察阶段都有该阶段的具体任务、应解决的问题、重点工作内容和工作方法以及工作量等。在《公路工程地质勘测规范》(JTJ 065—97)中都有明确规定,在这里重点介绍路线工程地质勘察,特殊地质、不良地质地区(地段)的工程地质勘察,路基、路面工程地质勘察和桥渡工程地质勘察、隧道工程地质勘察、天然建筑材料勘察的基本要求和内容。

一、不同勘察阶段公路工程勘察内容

公路工程地质勘察的不同阶段有不同的内容要求,现分别介绍如下:

(一) 预可行性研究勘察的内容要求

预可行性研究勘察重点研究各工程方案的主要地质环境,其内容要求如下:

1. 勘察公路沿线的地形、地貌、地质、气象等自然条件;
2. 工程所经的特殊性岩土区,应研究其主要特征,及绕避的可能性或通过的方案;
3. 工程位于地质构造复杂与高烈度地震区时,应研究地震后可能诱发的次生灾害,如泥石流、大滑坡、堵河成湖地段等;
4. 研究工程场地内不良地质地段分布范围及其工程地质特征;
5. 概略了解沿线筑路材料的分布状况及采运条件。

(二) 工程可行性研究勘察的内容要求

工程可行性研究勘察的内容要求有如下六个方面:

1. 研究区域地形、地貌、岩性、构造、不良地质、水文、气象、地震等条件及其与工程的关系,对工程所经地区的工程地质条件作出初步评价。
2. 对控制路线方案的大桥桥址,了解其地形、地物、地层、岩性、构造、岸坡的稳定性、河段与河床稳定程度等情况,提出桥址和比选意见。
3. 对控制路线方案的越岭地段,了解地层、岩性、地质构造、水文地质及不良地质等概况,提出路线越岭方案及比选意见。
4. 对控制路线方案的隧道,了解洞身围岩类别、地应力分布、水文地质条件、洞口稳定条件及对环境的影响等,提出适宜的位置和比选意见。
5. 对控制路线方案的不良地质、特殊性岩土地段,了解其类型、性质、范围及其发生和发展情况,评价其对公路工程的影响程度,并提出防治意见。

6. 了解沿线筑路材料的分布、质量、储量、开采和运输条件以及工程用水的水源和水质。

（三）初步工程地质勘察的内容要求

初步工程地质勘察的内容要求为如下六个方面：

1. 查明公路工程建筑场地的区域地质、水文地质、工程地质条件，并作出评价。

2. 进行综合地质勘察，初步查明对确定工程场地的位置起控制作用的不良地质条件、特殊岩土的类型、范围、性质，评价对工程的危害程度，提供避让或治理对策的地质依据。

3. 初步查明场地地基的地质条件，为选择构造物结构和基础类型提供必要的地质资料。在工程可行性研究地质勘察资料的基础上，对桥位处进行工程地质调查或测绘、物探、钻探、原位测试，进一步查明桥位的工程地质条件的优劣，特别应查明与桥位方案或桥型方案比选有关的主要工程地质问题，并作出评价。对隧道的地质勘察应逐步查明隧道的地质、地震情况，进出口的环境地质条件，为各方案的比选论证及中、长隧道的施工方案优选，提供地质依据。

4. 查明沿线筑路材料的类别、料场位置、储量和采运条件。

5. 查明公路工程建筑场地的地震基本烈度，并对大型公路工程建筑物场地按设计需要进行场地烈度鉴定或地震安全性评价。

6. 提供编制初步设计文件所需的地质资料。

（四）详细工程地质勘察的内容要求

详细工程地质勘察的内容要求为如下四个方面：

1. 在初勘的基础上，根据设计需要进一步查明建筑场地的工程地质条件，最终确定公路路线和构造物的布设位置。

2. 查明构造物地基的地质结构、工程地质及水文地质条件，准确提供工程和基础设计、施工必需的地质参数。

3. 根据初勘拟定的对不良地质、特殊性岩土防治的方案，具体查明其分布范围、性质，提供防治设计必需的地质资料和地质参数。

4. 对沿线筑路材料料场进行复核和补勘，最后确定施工时所采用的料场。

二、不同工程部位、不同地区公路工程勘察内容

公路工程不同部位、不同地区的勘察通常包括以下几方面的内容：

（一）路线工程地质勘察

在视查、初测、定测各个阶段，与路线、桥梁、隧道等专业人员密切配合，查明与路线方案及路线布设有关系的地质问题，选择地质条件相对良好的路线方案，在地形、地质条件复杂的地段确定路线的合理布置。在路线工程地质勘察中，并不要求查明全部工程地质条件，但对路线方案与路线布设起控制作用的特殊地质、不良地质地区的勘察应作为重点，查明其地质问题，并提出确切的工程措施。对于复杂的工点，需要根据任务要求及现场条件，组织专门力量进行工程地质勘察。

（二）路基、路面工程地质勘察

在初测、定测阶段，根据选定的路线方案和确定的路线位置，对中线两侧一定范围的地带进行工程地质勘察，为路基、路面的设计和施工提供土质、地质、水文及水文地质方面的依据。其中，详勘阶段主要是进行定量调查取得有关的资料，对一般路基或比较特殊的路基（如高填路堤、深挖路堑等）均要求进行详细的勘探和试验。

（三）桥渡工程地质勘察

大桥桥位影响路线方案的选择，大、中桥桥位多是路线布设的控制点，常有比较方案。因此，桥渡工程地质勘察一般应包括两项内容：首先，应对各比较方案进行调查，配合路线、桥梁专业人员，选择地质条件比较好的桥位；然后，对选定的桥位进行详细的工程地质勘察，为桥梁及其附属工程的设计和施工提供所需要的地质资料。前一项工作一般是在视查与初测时进行，后一项则在初测与定测时分阶段陆续完成。

（四）隧道工程地质勘察

隧道多是路线布设的控制点，长隧道还影响路线方案的选择。隧道工程地质勘察同桥渡一样，通常包括两项内容：一是隧道方案与位置的选择；二是隧道洞口与洞身的勘察。前者除几个隧道位置的比较方案外，有时还包括隧道与展线或明挖的比较；后者是对选定的方案进行详细的工程地质勘察，为隧道的设计和施工提供所需要的地质资料。前一项工作一般应在视查及初测时完成，后一项则在初测与定测时分阶段陆续完成。

（五）天然建筑材料勘察

修建公路需要大量的筑路材料，其中绝大部分都是就地取材，特别如石

料、砾石、砂、粘土、水等天然材料更是如此。这些材料的品质好坏和运输距离的远近等，直接影响工程的质量和造价，有时还会影响路线的布局。筑路材料勘察的任务是充分发掘、改造和利用沿线的一切就地材料。当就地材料不能满足要求时，则由近及远地扩大调查范围，以求得数量足够、品质适用、开采及运输方便的筑路材料产地。勘察的内容，包括筑路材料的储量、位置、品质与性质、运输方式及距离，以及用于公路工程的可能性、实用性等。

(六) 特殊地质、不良地质地区(地段)的工程地质勘察

特殊地质地段及不良地质现象，如泥沼及软土、黄土、膨胀土、盐渍土、多年冻土、岩堆、崩塌、滑坡、泥石流、冰川、雪崩、积雪、涎流水、沙漠、岩溶等，往往影响路线方案的选择、路线的布设与构造物的设计，在工程地质勘察的各个阶段均应作为重点，进行逐步深入的勘测，查明其类型、规模、性质、发生原因、发展趋势、危害程度等，提出绕避依据或处理措施。

第二章 公路工程现场勘察的主要方法

工程地质勘察工作的基本方法主要有：工程地质调查与测绘，工程地质勘探，工程地质室内试验，工程地质原位测试，工程地质现场观测和工程地质勘察资料的室内整理等。公路工程现场勘察的方法主要有资料收集与研究、调查与测绘、勘探、试验与长期观测等几种。随着现代科学技术的进步，许多新技术也在公路工程地质勘察工作中得到发展和应用。

第一节 资料收集与研究

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、研究有关资料，了解现场情况，并做好勘察仪器等的准备工作。其中，收集和研究的路线通过地区既有的资料，不仅是外业工作之前准备工作的重要内容，也是工程地质勘察的主要方法。

公路工程勘察收集的资料一般应包括以下几个方面：

1. 区域地质资料，如地层、地质构造、岩性、土质及筑路材料等。
2. 地形、地貌资料，如区域地貌类型及其主要特征，不同地貌单元与不同地貌部位的工程地质评价等。
3. 区域水文地质资料，如地下水的类型、分带及分布情况，埋藏深度和变化规律等。

4. 各种特殊地质地段及不良地质现象的分布情况、发育程度与活动特点等。

5. 地震资料,如沿线及其附近地区的历史地震情况,地震烈度,地震破坏情况及其与地貌、岩性、地质构造的关系等。

6. 气象资料,如气温、降水、蒸发、湿度、积雪、冻结深度及风速、风向等。

7. 其他有关资料,如气候、水文、植被、土壤等。

8. 工程经验,区内已有道路、铁路的工程地质问题及其防治措施等。

上述资料应包括政府和生产、科研、教学等部门所出的一切有参考价值的地质图、文献、调查报告等。当勘察地区面积较大及地形、地质条件比较复杂时,应特别注意收集利用既有航空照片和卫星照片等。

对收集到的资料进行分析研究和判释,可以初步掌握路线所经地区的工程地质条件的情况和特点,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,无疑是十分重要的。在公路工程地质勘察中,正确运用这种方法,可以减少外业盲目性,提高工作质量。

第二节 调查与测绘

公路工程现场勘察方法中,工程地质调查与测绘是最根本、最主要的工程地质勘察方法,是运用其他诸方法的前提和基础。高质量的调查与测绘对指导勘察和其他工作具有一定的作用,可大大节省工作量。

调查与测绘(调绘)是通过观察和访问,对路线通过地区的工程地质条件进行综合性的地面研究,将查明的地质现象和获得的资料,填绘到有关的图表与记录本中。

公路工程地质调查测绘,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而不进行测绘;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;对可能控制路线方案、路线位置或重点工程的地质点,以及重要的地质界线,则应根据需要进行详细测绘。

工程地质调查

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

(一) 直接观察

直接观察是工程地质调查最重要、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，以达到认识路线通过地带工程地质条件的目的。

观察工作的质量，一方面取决于观察点的数量和选择是否恰当，另一方面也取决于调查人员的知识和经验。只有理解了的东西才能更深刻地感觉它，如果不具备丰富的理论知识，不熟悉各种地质现象的本质及其相互关系，是很难进行深刻的观察分析工作的。有经验的地质人员，能充分利用各种自然迹象和露头，运用多种方法互相配合进行观察分析，不仅可保证工程的质量，还可减少不必要的勘探工作。

在公路工程地质调查工作中，常采用地貌学和地植物学的方法，观察分析有关自然迹象。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。

(二) 访问群众

访问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，这种方法显得尤其重要。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访问群众。

为使访问获得较好的结果，一般应注意以下几点：

1. 选择合适的对象。通常应是年纪老的，对所调查的问题有切身经历的人，要多找几个人，以避免错误。
2. 进行仔细的询问，认真听取各种意见。需要时应到现场边看边问。
3. 对提供的情况，应进行核对、分析和判断。

二、工程地质测绘

工程地质测绘是工程地质勘察中最基本的先行的勘察方法。测绘与调查的不同之处是，工程地质测绘的范围往往较大，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：可行性研究阶段为 1:5 000 ~ 1:50 000 初勘阶段为 1:2 000 ~ 1:10 000 详勘阶段为 1:200 ~ 1:2 000。为达到测绘精度要求，实地测绘所用地形图的比例尺必须大于或等于提交成图的比例尺。

（一）工程地质测绘的程序

工程地质测绘的程序如下：

1. 收集、整理已有资料，确定需要重点研究的问题，并编制工作纲要。
2. 进行卫星摄影像片和航空摄影像片判释，对区域地质条件作出初步评价。
3. 进行现场踏勘，选定标准地质剖面的实测位置，掌握岩层层序、岩性特征、岩层接触关系以及岩土的工程地质特征，以确定分层原则、单位和标准层。测制地貌剖面以便划分地貌单元。
4. 进行面积测绘。

（二）无航空摄影资料时工程地质测绘的方法与步骤

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。

1. 标测方法

根据不同比例尺的精度要求，对观察点、地质构造及各种地质界线等的标测方法有以下三种：

（1）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。

（2）并仪器法

用简单的仪器（如罗盘仪、气压计等），测定方位和高程，用徒步或测绳量距离。此方法适用于中比例尺的测绘。

（3）仪器法

仪器法是用测量仪器定位，此方法适用于大比例尺以及重要地质点的工程地质测绘。

测绘的精度要求：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，也应按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。

2. 工程地质测绘的基本方法

工程地质测绘的基本方法有如下三种：

(1) 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。路线形式有直线形或“S”形等。一般用于各类比例尺的测绘。

(2) 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。布点法适用于大、中比例尺测绘。

(3) 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。

3. 公路工程地质测绘的路线法

采用路线法测绘的两个关键环节，是观测路线的布置和观察点的选择。

(1) 观测路线的布置除应沿路线进行调查测绘外，尚应在路线两侧布置观测路线，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。但为了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。

(2) 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，可考虑分别设置观察点；如为了综合研究的目的，就应按多目标的要求选择观察点。观察点一般应选在露头良好、观测方便、有地质界线、地质现象发育以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。

图 2-1 所示为采用路线法测绘的示例。由于正确布置观测路线和选择观察点，根据为数不多的测绘资料，可以推断它是一个向斜构造。

(三) 有航空摄影资料时工程地质测绘的方法与步骤

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。将卫星照片和航空照片的解译应用于工程地质测绘，能很大程度上节省地面测绘的工作量，做到省时、高质、高效，减少劳动强度，节省工程勘察费用。

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像片及热红外

航空扫描图像，必要时结合使用陆地卫星图像和其他遥感图像。

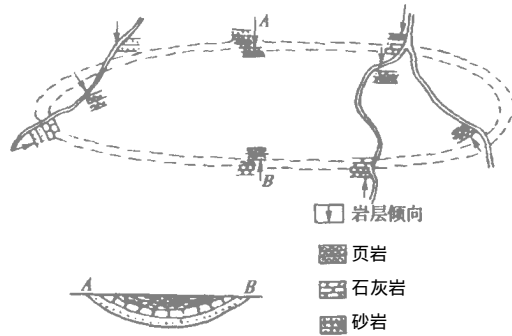


图 2-1 采用路线法测绘示例 (据刘世凯等, 1999)

1. 遥感影像资料的比例尺

遥感影像资料的比例尺，可按下列要求选用：

- (1) 航空摄影像片比例尺，宜采用 1:25 000 ~ 1:100 000。
- (2) 陆地卫星影像，宜采用不同时间各个波段的 1:250 000 ~ 1:500 000 黑白像片和假彩色合成或其他增强处理的图像。
- (3) 热红外图像的比例尺不宜小于 1:50 000。

2. 应用方法

将遥感资料应用于工程地质测绘中需要经过初步解译、野外踏勘和验证以及成图三个阶段。

(1) 立体镜判释

立体镜是航空像片立体观察仪器。利用判释标志，结合所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、不良地质现象等，调绘在单张像片上，并据此确定需要调查的地点和路线。

凡是能直接反映地质体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，这些现象称为判释的间接标志，并经实地调绘建立详细判释标志。

(2) 野外踏勘和验证

由于气候、地形、植被等因素变化会使地质信息随地而异，同时由于视域覆盖的影响和遥感影像的特点，使一些资料难以获得，因此需在野外对遥感像片进行检验和补充。在这一阶段，需携带图像到野外，核实各典型地质体在照片上的位置，并选择一些地段进行重点研究，及在一定间距穿越一些路线，作一些实测地质剖面 and 采集必要的岩性地层标本。现场地质观察点数，宜为工程地质测绘点数的 30% ~ 50%。

(3) 绘制工程地质图

根据地形、地貌、地物的相对位置，将测绘在像片上的地质资料，转绘于等高线图上，并进行野外核对。

三、调查与测绘的内容

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。但其基本内容有以下几个方面：

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，对路线布设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和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、洪水位与淹没情况 地下水的类型、化学成分与分布情况，地下水的补给和排泄条件，地下水的埋藏深度、水位变化规律与变化幅度；地面水及地下水对公路工程的影响。

6. 特殊地质、不良地质

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、分布规律及其对公路工程的影响。

7. 地震

根据沿线地震基本烈度的区划资料，结合岩性、构造、水文地质条件，通过调查访问，确定 ≥ 7 度的地震烈度界线。

8. 工程经验

对既有建筑物的稳定情况和工程措施进行调查访问，以兹借鉴。

第三节 勘探

勘探 (Exploration) 是岩土工程勘察的重要方法,是获取深部工程地质资料必不可少的手段。勘探应在工程地质测绘的基础上进行。在进行勘探时,应充分利用地面调查测绘资料,合理布置勘探点,以减少不必要的工作量;同时,应充分利用地面调查测绘资料,分析勘探成果,以避免判断的错误。

勘探的方法有挖探、钻探、地球物理勘探等方法,在选用时应符合勘察目的及岩土的特性。

一、挖探

挖探是一种最常用的方法,一般有坑探、槽探及平硐探。其最大优点是操作简易,能够清晰观察土层并描述土的性状,能取得详尽的资料和原状土样。但勘探深度有限,而且劳动强度大。

(一) 坑探

坑探是垂直向下掘进的土坑,见图 2-2。浅者称为探坑,深者称探井。断面一般为 $1.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ 的矩形或直径 $0.8 \sim 1.0\text{m}$ 的圆形。深度一般为 $2 \sim 3\text{m}$,若较深需进行坑壁加固。

坑探适用于不含水或地下水量微少的较稳固的地层,主要用来查明覆盖层的厚度和性质、滑动面、断层、地下水位以及采取原状土样等。

(二) 槽探

槽探是挖掘成狭长的槽形,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 3m 。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、残积层的厚度和性质,揭露地层层序等。槽探一般应垂直岩层走向或构造线布置。

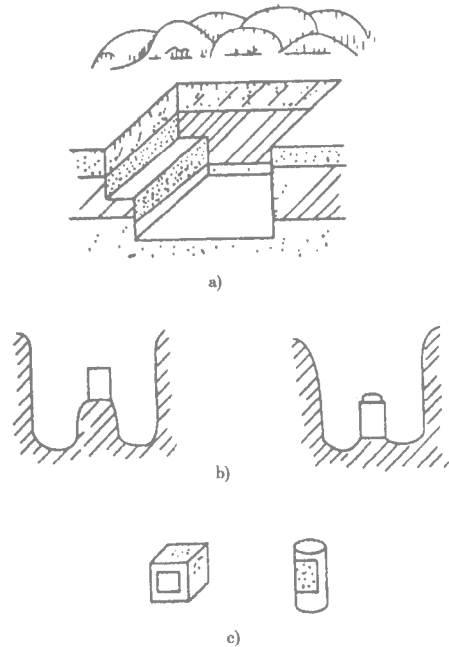


图 2-2 坑探示意图

a) 探坑 b) 在探坑中取原状土样; c) 原状土样