

任务十 公路工程地质勘察

学习目标：

- (1) 明确公路工程地质勘察阶段的划分、各阶段的任务及勘察要点。
- (2) 了解公路工程地质勘察的方法。
- (3) 熟悉常见不良地质现象的勘察要点。

任务描述：

资料：见图 10-1，图中路线 A、B 两点间共有三个基本选线方案，请根据工程地质条件，选择最优路线方案。

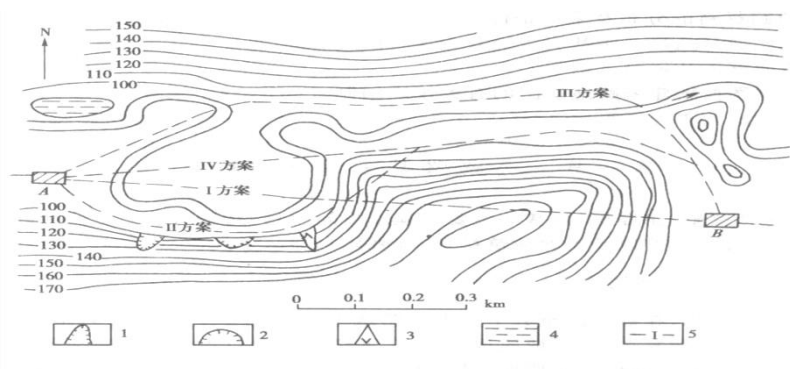


图 10-1 工程地质选线略图

1-滑坡群；2-崩塌区；3-泥石流堆积区；4-沼泽带；5-路线方案

相关知识：

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，公路工程地质勘察无论在内容、要求、方法上和广度、深度、重点等方面都有其自己的特点。

为了正确处理公路工程建筑与自然条件的关系，充分利用有利条件，避免或改造不利条件，需要进行公路工程地质勘察。即运用工程地质学的理论和方法，认识公路通过地带的工程地质条件，为公路工程的规划、设计和施工提供依据和指导。

第一节 概述

公路工程地质勘察，就是运用地质、工程地质的理论和各种技术手段、实地

调查、研究公路要穿越地带的工程地质条件。公路工程地质勘察的目的，是为公路选线、测设、施工和使用提供经济合理而又正确完整的工程地质资料。

一、公路工程地质勘察的阶段

公路工程地质勘察工作应按照公路建设规定的基本程序分阶段进行。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；在其余三个阶段中，对工程地质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。工程地质勘察一般不应超越阶段的要求，也不应将工作遗留到下一阶段去完成。不同阶段的公路工程地质勘察工作及其基本任务分述如下。

（一）可行性研究工程地质勘察

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。

公路建设项目可行性研究工程地质勘察工作的内容，主要是研究建设项目所在地的地理、地形、地貌、地质、地震、气象、水文等自然特征以及不良地质、特殊性岩土、筑路材料来源与运输条件等。这一阶段的勘察工作以调查为主。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。

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。预可行性研究中的工程地质工作一般只要求收集与研究已有的地质文献资料；而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）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。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。

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，其余内容及具体要求可查阅有关规程、细则或手册。

(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，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，以避免在详测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，并进行复核与检查。提交的资料包括图件、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，分别评价各测段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、构造物基础地质概况、岩土物理力学指标、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填写纵断面图中地质说明 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。

（三）详细工程地质勘察

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、技术决定等设计资料，通过详细工程地质勘察，为路线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。

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。

二、公路工程地质勘察的内容

1. 路线工程地质勘察

在视查、初测、详测各个阶段，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设。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。

2. 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，提出绕越依据或

处理措施。

3. 路基、路面工程地质勘察

在初测、详测阶段，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与试验。

4. 桥梁工程地质勘察

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，后一项则在初测与详测时分阶段陆续完成。

5. 隧道工程地质勘察

隧道多是路线布设的控制点，长隧道且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，后一项则在初测与详测时分阶段陆续完成。

6. 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，特别是象石料、砾石、砂、粘土、水等天然材料更是如此。这些材料品质的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，当就近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。

三、公路工程地质勘察的主要方法

(一) 工程地质调查与测绘

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，这种工作统称为调查测绘(调绘)。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，通常采用沿线调查测绘的方法。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；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。

1. 工程地质调查测绘内容

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。

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1：5000~1：50000，初勘阶段1：2000~1：10000，详勘阶段1：200~1：2000。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比例尺。

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。但其基本内容不外以下几个方面：

(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、洪水位与淹没情况；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、水文地质等条件，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。

2. 工程地质调查测绘的方法

铁路、公路等工程地质调查测绘一般沿路线在带状范围内进行，调查测绘的宽度应以满足路线方案选择、工程设计和病害处理为原则，并根据区域地质构造的复杂程度，不良地质发生、发展和影响的范围，以及工程地质条件分析的需要予以扩大。

(1) 调查测绘路线的布置及测绘宽度

路线工程地质调查测绘一般沿路线中线或导线进行，测绘宽度多限定在中线两侧各 2m~300m 的范围。在测绘范围内，各种观测点的位置都应路线中线取得联系。实际工作中，路线工程地质调查测绘的主要任务之一，就是把已经绘好的路线带状地形图编制成路线带状工程地质图。

对于控制路线方案的地段、特殊地质及地质条件复杂的长隧道、大桥、不良地质等工点，应进行较大面积的区域测绘。区域测绘时，可按垂直和

平行岩层走向(或构造线走向)的方向布置调查测绘路线。

沿选定的测绘路线适当布置若干观测点，通过对这些观测点的地质调查、测绘，掌握各条路线的地质情况，通过所有测绘路线的综合，掌握整个调查测绘范围内的地质情况。因此，观测点的工作是最基础的工作。

(2) 观测点的选择及测绘内容

根据调查测绘的内容，观测点可分为单项的和综合的两种。以测绘某一种地质现象为主的是单项观测点，例如地貌观测点、地层岩性观测点、地质构造观测点、水文地质观测点等；能综合反映多方面地质现象的是综合观测点。路线工程地质调查测绘多采用综合观测点。

观测点的选择和布置，目的要明确，代表性要强，密度应结合工作阶段、成图比例、露头情况、地质复杂程度等而定；数量以能控制重要地质界线并能说明工程地质条件为原则。选择观测点的一般要求是：地层露头比较好，地质构造形态比较清楚，不良地质现象比较突出，在一定的范围内有代表性。

综合观测点测绘内容一般包括：

- ①观测点编号及位置(与中线相联系)；
- ②周围地形、地貌；
- ③地层、岩性：地层年代、岩性(颜色、成分、结构、构造)、岩层产状、厚度、风化情况；
- ④地质构造：各种倾斜岩层、褶曲、节理和断层的测绘和描述；
- ⑤水文地质情况：地下水天然和人工露头的水位、水质、水量，地下水类型；
- ⑥不良地质现象；
- ⑦已有建筑物稳定情况的调查；
- ⑧采取必要的土、石、水样，编号并作描述。

在野外记录本上，左页为方格纸，可绘制观测点剖面图及各种需要的草图、素描图；右页为横格纸，按上述内容认真进行记录。关于岩石性质、地质构造、地下水及不良地质现象的描述内容及方法，参看本书前述有关章节。

(3) 测绘精度及测绘方法

工程地质测绘精度通常根据不同勘察阶段任务的要求，用所测工程地质图的比例尺来控制。不同比例尺的测图对测绘路线长度及观测点密度有不同的要求。精度要求愈高，图的比例尺应当愈大，测绘工作量就愈大。其次，测区地形、地质愈复杂，图的比例尺应适当放大。因此，应根据各勘察阶段的不同精度要求及测区地形、地质的不同复杂程度，选定适当的比例尺和适合的测绘方法。精度过低不能保证任务要求的工作质量；精度过高造成不必要的浪费。

为满足不同的测绘精度要求，必须采用相应的测绘方法。在工程地质勘察中，预可行性研究、可行性研究和初步设计的勘测阶段，多使用地质罗盘仪定向、步测和目测确定距离和高程的目测法，或使用地质罗盘仪定向，用气压计、测斜仪、皮尺确定高程和距离的半仪器法。在重要工程、不良地质地段的施工设计阶段，则使用经纬仪、水平仪、钢尺精确定向、定点的仪器法。对于工程起控制作用的地质观测点及地质界线也应采用仪器法进行测绘。

工程地质调查测绘是整个工程地质工作中最基本、最重要的工作，不仅靠它获取大量所需的各种基本地质资料，也是正确指导下一步勘探、测试等工作的基础。因此，调查测绘的原始记录资料，应准确可靠、条理清晰、文图相符，重要的、代表性强的观测点，应用素描图或照片以补充文字说明。

（二）工程地质勘探

当地表缺乏足够的、良好的露头，不能对地下一定深度内的地质情况作出有充足根据的判断时，就必须进行适当的地质勘探工作。勘探是工程地质勘察的重要方法，是获取深部地质资料必不可少的手段。勘探工作必须在调查测绘的基础上进行。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；同进，一方面利用地面调查测绘资料，分析勘探成果，以避免判断的错误；另一方面用勘探工作成果补充、检验和修改调查测绘工作的成果。

在初勘阶段，勘探点的位置与数量，应在工程可行性研究阶段的勘探基础上，视地质条件的复杂程度及实际需要而定。在详勘阶段，勘探点的数量，应满足各类工程施工图设计对工程地质资料的需要。具体要求可查

阅有关规程、手册等。

工程地质勘探方法很多，各有其优缺点和适用条件。应当结合不同工程对勘探目的，勘探深度的要求，勘探地点的地质条件，以及现有的技术和设备能力，合理地选用勘探方法。应开展综合勘探，互相验证，互相补充，提高质量。有条件时，应先进行物探，以指导布置钻探。下面简要叙述道路工程常用的勘探方法。

最简易的勘探方法，常用的有剥土、槽探和坑探。挖探成本低、工具简单、进度快、能取得直观资料和原状土样；缺点是劳动强度大，勘探深度浅。因此，挖探适用于一般工业及民用建筑、小桥涵基础、隧道进出口及大、中桥两侧桥台基础的勘探，也可用于了解覆盖层厚度和性质、追索构造等。

使用轻便工具如洛阳铲、锥具及小螺纹钻等进行轻便勘探。轻便勘探的优点是工具轻便、简单，容易操作，进尺快，成本低，劳动强度不大；缺点是不能取得原状土样、在密实或坚硬的地层中，一般不能使用。因此，轻便勘探适用于较疏松的地层。

当勘探深度较大，或地层不适宜采用简易勘探时，都可以用钻探。钻探基本不受地形、地层软硬及地下水深浅等条件限制，可以克服各种困难，直接从地下深处取出土石试样，满足对勘探的多种要求。因此，钻探仍是目前道路工程地质勘探的主要手段。但是钻探需要大量设备和经费，较多的人力，劳动强度较大，工期较长，往往成为野外工程地质工作控制工期的因素。因此，钻探工作必须在充分的地面测绘基础上，根据钻探技术的要求，选择合适的钻机类型，采用合理的钻进方法，安全操作，提高岩芯采取率，保证钻探质量，为工程设计提供可靠的依据。

地球物理勘探，简称为物探，是以观测地质体的天然物理场或人工物理场的空间或时间分布状态，来研究地层物理性质和地质构造的方法。物探是一种先进的勘探方法，它的优点是效率高、成本低、装备轻便、能从较大范围勘察地质构造和测定地层各种物理参数等。合理有效地使用物探可以提高地质工作质量，加快勘探进度、节省勘探费用。因此，在勘探工作中应积极采用物探。

但是，物探是一种非直观的勘探方法，物探资料往往具有多解性；而

且，物探方法的有效性，取决于探测对象是否具备某些基本条件。限于目前的科技水平，还不能对任意形状、位置、大小的地质体进行物探解释。

当前工程地质工作中常用的物探方法主要有：电法勘探、地震勘探、声波探测、磁法勘探、触探和测井。其它的物探方法还有重力勘探、放射性勘探及电磁波探测、钻孔电视、地质雷达探测等，目前在工程地质勘测中已开始使用。

(三) 试验及长期观测

1. 工程地质试验

工程地质试验是工程地质勘察中的重要工作之一，通过对所取土、石、水样进行各种试验及化验，取得各种必须的数据，用以验证、补充测绘和勘探工作的结论，并使这些结论定量化，作为设计、施工的依据。因此，取什么试样，做哪些试验和化验，都必须紧密结合勘察和设计工作的需要。此外，应当积极推行现场原位测试，以便更紧密地结合现场实际情况，同时作好室内、外试验的对比工作。

(1) 土、石试验 根据不同工程的要求，对原状土及扰动土样进行试验，求得土的各种物理-力学性质指标，如比重、容重、含水量、液塑限、抗剪强度等。岩石物理力学试验的目的，则是为了求得岩石的比重、容量、吸水率、抗压强度、抗拉强度、弹性模量、抗剪强度等指标。

这些试验为全面评价土、石工程性质及土、岩体的稳定性，为有关的工程设计打下基础。

(2) 现场原位测试试验 包括静力触探、动力触探、十字板剪切、大面积剪切、载荷试验等。原位测试结果比室内试验结果更接近现场实际情况。

(3) 水质试验和抽水试验 水质化验可以确定水中所含各种成分，从而正确确定水的种类、性质，以判定水的侵蚀性。对施工用水和生活用水作出评价，并联系不良地质现象说明水在其形成、发展过程中所起的作用。抽水试验是一种现场水文地质试验，主要目的是为了确定地下水的渗透系数、计算涌水量及采取供化验用的地下水水样。

2. 长期观测

在工程地质勘察工作中，常会遇到一些特殊问题，对这些问题的调查测绘往往不能在短时间内迅速得到正确、全面的答案，必须在全面调查测

绘的基础上，有目的、有计划地安排长期观测工作，以便积累原始实际资料，为设计、施工提供切合实际的依据。长期观测工作根据其目的不同，既可在建筑物设计之前进行，也可在施工过程中同时进行，或在施工之后的使用过程中进行。

常遇到的长期观测问题有：

(1) 已有建筑物变形观测

主要是观测建筑物基础下沉和建筑物裂缝的发展情况，常见的有房屋、桥梁、隧道等建筑物变形的观测。取得的数据可用于分析建筑物变形的原因及建筑物稳定性，并采取适当的措施等。

(2) 不良地质现象发展过程观测

各种不良地质现象的发展过程多是比较长期的逐渐变化的过程，例如滑坡的发展、泥石流的形成和活动、岩溶的发展等。观测数据对了解各种不良地质现象的形成条件、发展规律有着重要意义。

(3) 地表水及地下水活动的长期观测

主要是观测水的动态变化及其对工程的影响。地表水活动观测常见的是对河岸冲刷库坍岸的观测，为分析岸坡破坏形式、速度及修建防护工程的可能性提供可靠资料。地下态变化规律的长期观测资料则有多方面的广泛用途。

此外，黄土地区地表及土体沉陷的长期观测，为控制软土地区工程施工进行的长期观也是需要进行的工作。

由于长期观测的对象和目的不相同，因此使用的方法、设备和观测内容等也有很大差别。

四、勘察资料的整理与文件的编制

公路工程地质勘察报告是勘察的主要成果，一般由文字部分和图表资料部分组成，应纳入设计文件的基础资料内。

勘察报告文字部分，应以任务要求勘察阶段工程地质条件工程项目的特点进行编写，其内容应包括：

1) 前言 依据目的要求，所勘察工程对象以及工程地质勘察工作概况（方法工作量勘察过程）。

2) 场地地形地貌特征、地层岩土性质、地质构造、新构造活动、地下水、

地震、不良地质及特殊性岩土的描述和评价。

3) 对所提供的岩土参数的分析与选用。

4) 对公路路线桥梁隧道各个方案的工程地质条件作出评价, 并提出推荐方案。在路线里程较长或当工程地质条件复杂的路段, 应按工程地质分区或分段作出评价。

5) 工作中存在的问题及建议。

6) 对地震基本烈度复核和鉴定的工程项目, 应提交所鉴定的内容和结论。

勘察报告的图表资料部分, 一般应有:

1) 工程地质平面图;

2) 工程地质纵断面图;

3) 工程地质横断面图;

4) 钻孔地质柱状图;

5) 物探成果资料;

6) 原位测试成果资料;

7) 岩土水质试验成果资料;

8) 沿线筑路材料勘察资料;

9) 其它资料照片等。

如已安排有定位观测工作, 可附有关观测资料。工程地质条件简单的工程或小型工程项目, 可提交工程地质说明书, 内容可以简化。

第二节 公路工程地质问题与勘察

一、公路工程地质问题

1. 路基边坡稳定性问题

路基边坡包括天然边坡, 傍山路线的半填半挖路基边坡以及深路堑的人工边坡等。具有一定的坡度和高度的边坡在重力作用下, 其内部应力状态也不断变化。当剪应力大于岩土体的强度时, 边坡即发生不同形式的变化和破坏。其破坏形式主要表现为滑坡、崩塌和错落土质边坡的变形, 主要决定于土的矿物成分, 特别是亲水性强的粘土矿物及其含量, 除受地质、水文地质和自然因素影响外, 施工方法是否正确也有很大关系。岩质边坡的变形主要决定于岩体中各种软弱结构面

的性状及其组合关系，它们对边坡的变形起着控制作用。只有同时具备临空面、滑动面和切割面三个基本条件，岩质边坡的变形才有发生的可能。

由于开挖路堑形成的人工边坡，加大了边坡的陡度和高度，使边坡的边界条件发生变化，破坏了自然边坡原有应力状态，进一步影响边坡岩土体的稳定性。另一方面路堑边坡不仅可能产生工程滑坡，而且在一定条件下，还能引起古滑坡复活。由于古滑坡发生时间长，在各种外营力的长期作用下，其外表形迹早已被改造成平缓的边坡地形，很难被发现，若不注意观测，当施工开挖形成滑动的临空面时，就可能造成边坡失稳。

2. 路基基底稳定性问题

一般路堤和高填路堤对路基基底要求要有足够的承载力，基底土的变形性质和变形量的大小主要取决于基底土的力学性质、基底面的倾斜程度、软土层或软弱结构面的性质与产状等，它往往使基底发生巨大的塑性变形而造成路基的破坏。此外，水文地质条件也是促使基底不稳定的因素。如路基底下有软弱的泥质夹层，当其倾向与坡向一致时，或在其下方开挖取土或在其上方填土加重，都会引起路堤整个滑移，当高填路堤通过河漫滩或阶地时，若基底下分布有饱水厚层淤泥，在高填路堤的压力下，往往使基底产生挤出变形。也有因基底下岩溶洞穴的塌陷而引起路堤严重变形。

路基基底若为软粘土、淤泥、泥炭、粉砂、风化泥岩或软弱夹层所组成，应结合岩土体的地质特征和水文地质进行稳定性分析。若不稳定时，可选用下列措施进行处理：放缓路堤边坡，扩大基底面积，使基底压力小于岩土体的容许承载力；在通过淤泥软土地区时路堤两侧修筑反压护道；把基底软弱土层部分换填或在其上加垫层；采用砂井(桩)排除软土中的水分，提高其强度；架桥通过或改线绕避等。

3. 公路冻害问题

它包括冬季路基土体因冻结作用而引起路面冻胀和春季因融化作用而使路基翻浆，结果都会使路基产生变形破坏，甚至形成显著的不均匀冻胀，使路基土强度发生极大改变，危害道路的安全和正常使用。

根据地下水的补给情况，公路冻胀的类型可分为表面冻胀和深源冻胀。前者是在地下水埋深较大地区，其冻胀量一般为 30~40mm，最大达 60mm。其主要原因

是路基结构不合理或养护不周，致使道渣排水不良造成。深源冻胀多发生在冻结深度大于地下水埋深或毛细管水带接近地表水的地区，地下水补给丰富，水分迁移强烈，其冻胀量较大，一般为 200~400mm，最大达 600mm。

防止公路冻害的措施见冻土中的内容。

4. 天然建筑材料问题

路基工程需要的天然建筑材料种类较多，包括道渣、土料、片石、砂和碎石等。它不仅在数量上需要量较大，而且要求各种材料产地沿线两侧零散分布。但在山区修筑高路堤时却常遇土料缺乏的情况，在平原地区和软岩山区，常常找不到强度符合要求的片石和道渣等。因此，寻找符合需要的天然建材有时成为选线的关键性问题，并且这些材料品质的好坏和运输距离的远近，直接影响工程的质量和造价。

二、公路工程地质勘察的主要任务

1. 与路线、桥梁和隧道专业人员密切配合，查清路线上的地质、地貌条件以及动力地质现象，阐明其演变规律，明确各条路线方案的主要工程地质条件，为各方案的比较提供依据。在地形、地质条件复杂的地段，确定路线的合理布设，以减少失误。

2. 特殊岩土地段及不良地质现象，诸如盐渍土、多年冻土、岩溶、沼泽、积雪、滑坡、崩塌、泥石流等，往往影响路线方案的选择、路线的布设和构造物的设计。因此应重点查明其类型、规模、性质、发生原因、发展趋势和危害程度。对严重影响路线安全而数量多、整治困难的各种工程地质问题，如发展中的暗河、岩溶区、深层滑坡地段、深层沼泽、有沉陷的深源冻胀地段等，一般均以绕避为原则。但对技术切实可行，可彻底整治而费用不高，对今后运营无后患的地段，应合理通过，绝不盲目避绕。

3. 充分发掘、改造和利用沿线的一切就地材料，满足就地取材的要求。当就近材料不能满足要求时，则应由近及远扩大调查范围，以求得足够数量的品质优良，适宜开采和运输的筑路材料产地。

三、公路工程地质勘察的要点

在可行性研究阶段的工程地质勘察工作是收集资料、现场核对和概略了解地质条件，着重介绍初步勘察阶段和详细勘察阶段的工作内容，见表 11-1。

表 11-1 公路工程勘察要点表

工作内容		初勘内容	详勘内容
公路选线		1 沿线的地形地貌和地质构造； 2 不良地质特殊性岩土的类型性质及分布； 3 大型路基工程场地的地质条件； 4 路基填筑材料的来源； 5 预测可能产生工程地质病害的地段病害性质及对工程方案的影响。	对有价值的局部方案，新发现的不良地质条件和特殊性岩土地段，增设的大型工程的场地和新增沿线筑路材料场地，进一步核实、补充和修正初勘资料，进一步查明沿线的工程地质条件
路基	一般路基	重点是与地基稳定和边坡稳定及设计有关的地质问题，主要内容有： 1 岩石名称、岩性产状、风化破碎程度及风化层厚度； 2 表土类别名称、密实程度和含水状态； 3 地下水和地表水的活动情况。	沿路线按微地貌特征分段，查明各段的地质结构、岩土类别、土的密度和含水状态，基岩风化情况和地表水活动情况；确定路基基底的稳定性，边坡结构形式及坡度；确定设置支挡构造物和排水工程的位置；划分土石工程等级。
	高路堤	1 调查地层层位、层厚、土质类别，调查地下水埋深分布；确定土的承载能力、抗剪指标和压缩指标；	对已确定存在沉降和滑坡问题的高填路堤，初拟处理方案，应落实其有关地层、层位、层厚、岩土类别、分布范围和水文

		2 判定在路堤附加荷载作业下，地基沉降和滑移的稳定性； 3 地层中的软弱层应作为重点。但当土质地基为软土时，应按《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》的有关规定办理。	条件。 对有关地层进行测试，掌握设计所需要的各种物理力学指标数据，特别是固结和抗剪指标。
	陡坡路堤	1 调查斜坡上覆盖土层的层位、层厚和土类，斜坡下卧基岩岩石的倾斜度、岩性、产状和风化程度，斜坡地表水和地下水的情况。 2 确定土层和岩土界面的抗滑、抗剪指标。	1 对已确定存在不稳定问题的斜坡路堤，初拟处理方案，应查明有关的地层岩性、地质构造和水文地质条件。 2 对有关地层可能滑动的岩土界面进行测试并掌握其各种物理力学指标，重点是抗剪抗滑指标，以满足设计的需要。
	路堑	1 调查岩土组成情况、岩土界面坡度和倾向、岩石风化程度。 2 调查土质边坡的土层、层位和层厚。 3 调查边坡岩层层位、产状、岩性、软弱夹层和构造结构面情况，结构面抗剪、抗滑指标。	1 对已确定存在开挖边坡稳定问题路段的设计方案，应查明其地层岩性地质构造水文地质条件及可能滑塌影响范围。 2 对可能滑塌的边坡土体和岩体的结构面的测试，应掌握设计所需的各种物理力学指标，重点是

		4 调查地形地貌、水文地质情况，特别是地面水活动情况和地下水埋藏及渗流情况。	抗剪、抗滑指标。
	支挡工程	1 勘探支挡工程构造物位置处承重地基的地层岩性、地质构造、水文条件。重点是探查下卧软弱地层的存在及分布。 2 掌握支挡工程构造物承重地层的物理力学指标。 3 论证推荐优选的支挡工程方案。	对已定支挡工程位置的承重地层的岩性、地质构造和设计所需物理力学指标进行核实。
	河岸防护工程	1 调查岸坡地层岩性、地质构造、地形地貌、不良和特殊地质现象的现状和发展趋势。 2 调查河段的水力特征和冲淤变化规律。 3 调查防护工程及导流工程构造物位置基底地层、岩土组成和岩土物理力学指标。	对已定的河岸防护和导流工程的地基地层岩性、地质构造和承重地层的物理力学指标，进一步勘察核实。
	改河（沟渠）工程	1 调查原河段的水流水力特征，冲刷淤积规律，原河段的性质类型和发育阶段。 2 调查改移河道地段的	对已定的改河（沟渠）方案及其河岸防护导流工程进一步核实其所涉及的开挖区段和构造物地基的地层岩性；对地质

		地形地貌、水文条件、地层岩性和地质构造。 3 评价改移河道地段的工程地质与水文条件，预测改移河道后两岸和下游岸坡的水流冲刷稳定性及防护工程的必要性。	构造和水文地质条件，以及防护导流工程构造物地基岩土的物理力学指标等应进一步查明。
	小桥涵	勘察小桥涵洞的台墩处地基的地层岩性、地质构造，重点是查明地基覆盖层厚度及承载力，基岩埋深，风化程度及承载力，掌握地层在路幅宽度方面的变化。	对存在不良地质问题的小桥涵或移位新增小桥涵地基的地层岩性、地质构造及岩土承载力进行补充地质勘探。
	互通式立交工程	1 重点调查互通式立交工程区段的地层沿线地质构造、地形地貌、水文条件和特殊不良地质问题。 2 重点调查互通式立交工程区段内的桥位、隧址、高填路堤、陡坡路堤、深路堑和支挡工程等的地质条件。 3 确定有关地层的物理力学指标。	应对已确定设计方案的互通式立交工程中的桥涵墩台、特殊和不良地质路段、重点工程路段，进一步查明地层岩性、地质构造和设计所需各类岩土物理力学指标。

1. 初步勘察阶段

本阶段的基本任务主要是对已确定的路线范围内所有路线摆动方案进行勘察对比。确定路线在不同地段的基本走向，并以比选和稳定路线为中心，全面查

明路线最优方案沿线的工程地质条件。工程地质测绘是这一阶段中的一项重要手段，勘察范围沿路线两侧各宽 150~200m。测绘比例尺是 1: 50000, 1: 200000, 勘探工作主要用于查明重大而复杂的关键性工程地质问题与不良地质现象的深部情况。

2. 详细勘察阶段

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，对各种类型的工程建筑物(桥、隧、站场等)位置有针对性地进行详细的工程地质勘察。最终确定公路路线和构造物的布置位置，查明构造物地基的地质构造、工程地质及水文地质条件，提供工程和基础设计、施工必须的地质参数。

第三节 桥梁工程地质问题与勘察

大、中桥桥位多是路线布设的控制点，桥位变动会使一定范围内的路线也随之变动。因此桥梁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；然后再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。影响桥位的选择的因素有路线方向、水文地质条件与工程地质条件等。工程地质条件是评价桥位好坏的重要指标之一。

一、桥梁工程地质问题

桥梁是公路建筑工程中的重要组成部分，由正桥、引桥和导流等工程组成。正桥是主体，位于河岸桥台之间，桥墩均位于河中。引桥是连接正桥与路线的建筑物，常位于河漫滩或阶地之上，它可以是高路堤或桥梁。导流建筑物，包括护岸、护坡、导流堤和丁坝等，是保护桥梁等各种建筑物的稳定，不受河流冲刷破坏的附属工程。桥梁按结构可分为梁桥、拱桥和钢架桥等。不同类型的桥梁，对地基有不同的要求，所以工程地质条件是选择桥梁结构的主要依据，包括以下两方面的主要工程地质问题。

1. 桥墩台地基稳定性问题

桥墩台地基稳定性主要取决墩台地基中岩土体承载力的大小。它对选择桥梁的基础和确定桥梁的结构形式起决定作用。当桥梁为静定结构时，由于各桥孔是独立的，相互之间没有联系，对工程地质条件的适应范围较广。但对超静定结构

的桥梁，对各桥墩台之间的不均匀沉降特别敏感，故取其地基容许承载力时应予慎重考虑。岩质地基容许承载力的确定取决于岩体的力学性质及水文地质条件等，应通过室内试验和原位测试等综合判定。

2. 桥墩台地基的冲刷问题

桥墩和桥台的修建，使原来的河槽过水断面减少，局部增大了河水流速，改变了流态。对桥基产生强烈冲刷，威胁桥墩台的安全，因此，桥墩台基础的埋深，除决定于持力层的部位外还应满足以下要求。

(1) 桥位应尽可能选在河道顺直，水流集中，河床稳定的地段。以保护桥梁在使用期间不受河流强烈冲刷的破坏或由于河流改道而失去作用。

(2) 桥位应选择在岸坡稳定，地基条件良好，无严重不良地质现象的地段，以保证桥梁和引道的稳定，减低工程造价。

(3) 桥位应尽可能避开顺河方向及平行桥梁轴线方向的大断裂带，尤其不可在未胶结的断裂破碎带和具有活动可能的断裂带上建桥。

二、勘察要点

(一) 初步勘察

在工程可行性研究地质勘察资料的基础上，初步查明场地地基的地质条件，即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。

对一般地区的桥位选择应查明两个方面的内容：一是地形、地貌、地物等方面对桥位选择的制约内容；二是工程地质条件对桥位选择的制约。对特殊地质地区的桥位选择，应针对泥石流、岩溶、滑坡、沼泽、黄土等特殊地区的特点认真研究比选，而不要盲目避让。工程地质测绘比例尺用 1: 500~1: 10000 编制，调查范围包括桥轴线纵向的河床和两岸谷坡或阶地 (约 500~1000m)，以及横向河流上、下游各 200~500m。

在此阶段中，应对各桥位方案进行工程地质勘察，并对与建桥的适宜性和稳定性有关工程地质条件作出结论性评价，对工程地质条件复杂的特大桥和中桥，必要时增加技术设计阶段勘察，还应包括环境介质对混凝土腐蚀的评价。

(二) 详细勘察阶段

在初步设计阶段勘察测绘基础上进行补充、修正，查明桥梁墩台地基基础岩体风化和软弱层特征；测试岩土体物理力学性能，提供地基承载力基本值、桩壁极限摩阻力，并结合基础类型作出定量评价。随着二级以上公路的发展，在大江、大河上以及跨海的公路工程逐渐增多，特大桥梁工程需对工程地质工作特别重视。对重要的特大桥，测绘应针对与桥梁墩(台)、锚固基础、引道、调治构造物等处岩体进行大比例尺工程地质测绘(或进行专题研究)，所以把桥墩、锚锭部位作为勘察重点。并采用综合勘测手段，进行钻探、原位测试(静探、标贯、旁压试验、十字板剪切试验)、声波测井及抽水、压力试验等。查明地基基础的承载力、极限摩阻力，给设计提供可选择的基础类型和施工方案，并提供存在的问题及处理措施建议等。勘察重点是：

1. 查明桥位区地层岩性、地质构造、不良地质现象的分布及工程地质特性。
2. 探明桥梁墩台和调治构造物地基的覆盖层及基岩风化层的厚度，墩台基础岩体的风化及构造破碎程度，软弱夹层情况和地下水状况。
3. 测试岩土的物理力学特性，提供地基的基本承载力、桩壁摩阻力、钻孔桩极限摩阻力，作出定量评价。
4. 对边坡及地基的稳定性、不良地质的危害程度和地下水对地基的影响程度做出评价。
5. 对地质复杂的桥基或特大的桥墩、锚锭基础应采用综合勘探。

第四节 隧道工程地质问题与勘察

一、隧道工程地质问题

(一)隧道位置选择

1. 隧道位置选择的一般原则

隧道应尽量避免接近大断层或断层破碎带，如必须穿越时，应尽量垂直其走向或以较大角度斜交；在新构造运动活跃地区，应避免通过主断层或断层交叉处；在倾斜岩层中，隧道应尽量垂直岩层走向通过；在褶曲岩层中，隧道位置应选在褶曲翼部；隧道应尽量避免开含水地层、有害气体地层、含盐地层与岩溶发育地段。

隧道一般不应在冲沟、山洼等负地形地段通过，因冲沟、山洼等存在，

反映岩体较软弱或破碎，并易于集水。

2. 地质构造与隧道位置选择

地质构造与隧道位置选择见第二章第三节地质构造与隧道工程的关系内容。

(二) 洞口位置选择

洞口位置选择应保证隧道安全施工和正常运营，根据地形、地质条件，着重考虑边坡及仰坡的稳定，并结合洞外工程及施工难易情况，分析确定。一般情况宜早进洞晚出洞。

在稳定的陡峻山坡地段，一般不宜破坏原有坡面，可贴坡脚进洞。如遇自然陡崖，应避免洞口仰坡或路堑边坡与陡崖连成单一高坡，注意在坡顶保持适当宽度的台阶，在有落石时，则应延长洞口，预留落石的距离。隧道洞口应尽量避免避开褶曲轴部受挤压破碎严重，为构造裂隙切割严重的地带，以及较大的断层破碎带，因为这些地段容易造成崩塌、落石与滑坡等不良地质现象。

隧道洞口应尽量选择岩石直接露出或坡积层较薄，岩体完整、强度较高的地段。如岩层软弱或破碎，则以不刷坡或少刷坡为宜，必要时可先建明洞再进洞。为避免山洪危害，洞口一般不宜设在沟谷中心。洞口如有沟谷横过，洞底应高出最高洪水位。

(三) 地下水、地温及有害气体

1. 地下水

地下水对隧道的影响主要是隧道涌水和浸水

(1) 隧道涌水

隧道穿过含水层时，地下水涌进隧道，将会大大增加排水、掘进和衬砌工作的困难。在隧道穿过储水构造、充水洞穴、断层破碎带时，会遇到突发性的大量涌水，危害最大。在土及未胶结的断裂破碎带中，涌水的动水压力和冲刷作用，可能导致隧道围岩失去稳定性。

隧道涌水量取决于含水层的厚度、透水性、富水性、补给来源，以及隧道的长度和断面大小。当预计地下水对隧道的影响较大时，应通过勘探、试验，查明上述水文地质要素，并计算隧道涌水量，作为排水设计的依据。

(2) 隧道浸水

地下水的活动会改变岩石的物理力学性质，降低岩体强度，并能加速岩石风化破坏。地下水在软弱结构面中活动，可起软化、润滑作用，常常造成岩块坍塌。某些地层，如粘土、无水石膏等，在水的作用下，体积膨胀，地层压力大大增加。

2. 地温

对于深埋洞室，地下温度是一个重要问题，铁路规范规定隧道内温度不应超过 25℃，超过这个界线就应采取降温措施。隧道温度超过 32℃时，施工作业困难，劳动效率大大降低。所以深埋洞室必须考虑地温影响。

地壳中温度有一定变化规律。地表下一定深度处的地温常年不变，称为常温带。常温带以下，地温随深度增加，地热增温率 G 约为 $1^{\circ}\text{C} / 33\text{m}$ 。可由下式估算洞室埋深处的地温。

$$T = T_0 + (H - h)G \quad (11-1)$$

式中： T —隧道埋深的地温（℃）；

T_0 —常温带温度（℃）；

H —洞室埋深（m）；

h —常温带深度（℃）；

G —地热增温率（ $1^{\circ}\text{C} / 33\text{m}$ ）。

除了深度外，地温还与地质构造、火山活动、地下水温度等有关。

3. 有害气体

在开挖隧道时，常会遇到各种对人体有害、易燃、易爆的气体。在工程地质勘探时应注意查明隧道所通过的地层中含有的各种有害气体，并提出相应的防护措施。

常见的有害气体：①易燃、易爆的气体，如甲烷（ CH_4 ）；②无毒的窒息性气体，如二氧化碳（ CO_2 ）、氮（ N_2 ）；③易燃的有毒气体，如硫化氢（ H_2S ）。易燃的有毒气体溶于水生成淡硫酸液，对隧道衬砌的石灰浆、混凝土及金属有腐蚀作用。

当隧道通过煤系，含油、碳和沥青地层时，常有碳氢化合物的气体溢出，特别是甲烷。在含碳地层中开挖隧道时，常会遇到二氧化碳气体。在硫化矿床或其它含硫地层中，会遇到硫化氢气体。

4. 隧道围岩的稳定性

隧道围岩系指隧道周围一定范围内，对隧道稳定性能产生影响的岩体。围岩压力是评定隧道围岩稳定性的主要内容，也是隧道衬砌设计的主要依据。

围岩分级是初步设计阶段勘察工程地质评价的主要内容。围岩分级采用多因素、多指标、定性、定量相结合的原理，以使围岩分类定性准确，且具有定量指标。公路隧道的围岩分级见第一章表 1-9 所示。

二、勘察要点

(一) 初步勘察阶段

主要是通过地表露头的勘察或采用简单的揭露手段来查明隧道区地形、地貌、岩性、构造等以及他们之间的关系和变化规律，从而推断不完全显露或隐埋深部的地质情况。通过测绘主要弄清对隧道有控制性的地质问题(如地层、岩性、构造)，进而对隧道工程地质与水文地质条件作出定性的评价。

对不良地质现象地区隧道应充分利用现有的地质资料和航片、卫片等遥感信息资料，通过大量的野外露头调查或人工简易揭露等手段来发现、揭露不良地质现象的存在，找出它们之间的关系以及变化规律。

根据对各种勘察资料进行的综合分析、论证，按比选结果推荐隧道最佳方案。

(二) 详细勘察阶段

详勘内容主要有三个方面：一是核对初勘地质资料，二是勘探查明初勘未查明的地质问题，三是对初勘提出的重大地质问题作深入细致的调查。具体做法是：

(1) 地质调查与测绘的范围、测点：物探网的点线范围和布设，物探方法的运用和钻探孔、坑、槽探数量与位置等，应与初勘时未能表明的地质条件相适应，但对隧道有影响的大构造和复杂地质地段，勘察追踪范围可适当放大；

(2) 重点调查隧道通过的严重不良地质、特殊地质地段，以确定隧道准确位置的工程地质条件。

(3) 实地复核、修改、补充初勘地质资料，对初勘遗漏、隐蔽的工程

地质问题，应适应加大调绘范围和工作量。

第五节 不良地质现象的勘察与评价

随着国民经济的不断发展，公路等级的提高，各类工程建设遇见不良地质现象是不可避免的，所以对其进行工程地质勘察尤为重要，本节主要介绍崩塌与岩堆、滑坡、岩溶的工程地质勘察。

一、滑坡

(一) 初勘

1. 勘察重点

(1) 地貌调绘

调绘范围必须包括由滑坡活动可能引起的地面变形破坏的范围，主要调绘下列内容：

- ①滑坡后缘断裂壁的形状、位置、高差及坡度。
- ②滑坡台地的形状、位置、高差、坡度及其形成次序。
- ③滑坡体隆起和洼地范围及形成特征。
- ④滑坡裂隙分布范围、密度、特征及其力学性质。
- ⑤滑坡舌前缘隆起、冲刷、滑塌与人工破坏状况。
- ⑥剪出口位置、距地面高度、滑坡面坡度及擦痕方向。
- ⑦滑体各部位(主轴线上)的稳定状态，如蠕动、挤压、初滑、滑动、速滑、终止。
- ⑧滑体上冲沟发育部位、切割深度、切割地层岩性、沟槽横断面形状、泉水的形成、沟岸稳定状况。
- ⑨调查坡脚破坏的原因与破坏速度。

(2) 工程地质调绘

- ①收集有关大地构造、新构造活动、地壳应力场及地震资料。
- ②收集航片资料，判释滑坡发育与分布规律。
- ③调绘滑坡地区地层、岩性、地质构造与裂隙发育、分布规律。调查范围应包括滑坡体及其周边稳定地段。

(3) 水文地质调绘

①收集区域水文地质资料。

②调绘地下水露头(如井、泉、积水洼地、潮湿地、喜湿植物群落等)的分布及发展变化的规律。

③调查含水层出露与埋藏条件、地下水位变化及地下水补给、排泄关系。

④调查滑坡附近的水利设施、灌溉习惯与滑坡活动的关系。

(4)滑坡活动历史调查

①访问了解滑坡形成的时间、诱导因素、滑动速度及周期。

②调查滑坡体各部位滑动的先后次序及各部位地面隆起、凹陷、平面移动的状况。

③调查冲沟的形成、发展速度及发育阶段。

④调查泉水的形成与掩埋过程。

⑤调查醉汉林(或马刀树)的特征与树龄。

⑥调查滑体上建筑物的位移、破坏与修复过程。

⑦调查地震活动对滑坡的影响。

(5)气象、水文资料调查

①调查连续降雨时间、暴雨强度和冻融季节变化与滑坡活动的关系。

②调查洪水水流对坡脚冲刷与滑坡活动的关系。

2. 勘探

(1)勘探是为了解滑体与滑床的地层结构、软弱结构面、含水层的性质、地下水位、滑动特征以及取样试验。

(2)勘探线

控制性的勘探线按滑体中心的主滑方向布置，长度应超过滑坡影响范围以外40m。

大型滑坡宜设2-3个地质断面，勘探点间距不宜大于50m。各勘探点的布置应便于绘出垂直滑动方向的横断面。

两个以上互相连接的滑坡应分别按滑体滑动主轴布置勘探线。

控制性勘探线上的勘探点不得少于3个(含钻探、挖探、露头)。同时，在稳定地段也应有勘探点。

(3)勘探孔

①滑坡后缘断裂壁坡脚、前缘剪出口处尽量采用挖探，查明滑动面特征。

②视地层结构、地面形态等条件选择物探种类，大型滑坡可采用多种物探方法，互相配合验证。

③控制性断面上的关键勘探点必须采用钻探。钻探深度要伸入到滑床 2m-3m。

④钻探中孔口径不小于 110mm。

⑤钻孔岩芯描述除按一般描述外，应着重对滑坡面的特征，如擦痕、摩擦热变质、烧结状况、变色、滑带厚度等进行描述。

⑥钻探一般应采用干钻，亦可采用双重岩芯管或其它工艺，不得遗漏滑坡面或改变破坏滑动面的特征。

应分层测定地下水位，必要时测定流速、流向及流量。

3. 试验

(1) 试样在挖探、钻探时一并采取。不同岩性地层应按上、中、下分别取样；层厚小于 1m 时变层取样；层厚较大时取样间距不得大于 2m。

对粘性土、岩石取原状样；砂、砾、碎石土取不改变颗粒成分的扰动样。

(2) 常用试验项目有：相对密度、天然密度、天然含水量、颗粒分析、液限塑限、内摩擦角、粘聚力。

对破碎岩石、碎石土及其它无法取得原状样测定内摩擦角、内聚力的土体，可采用反算法求得。

对不同滑动状态土体的样品，其抗剪强度应测定受力条件相似的数值(如重复剪切并求出残余剪切强度等)。

4. 资料要求

(1) 工程地质勘察报告的文字部分的内容如下：

①叙述滑坡形成、运动的自然因素，包括地形、地貌、水文、气象、地震、地质、水文地质等。

②论述滑坡的发生、发展及现状与自然因素、人为活动的机理联系，预测滑坡发展趋势。

③叙述滑坡类型的划分。滑坡类型按如下分类原则及顺序描述定名：规模大小、滑体厚度、地层岩性及构造、滑动面形状、发育阶段、运动规律及其它性状。

④滑坡稳定性分析要充分利用综合调绘、勘探、试验成果，合理选择计算公

式、计算参数进行验算。稳定性分析不仅要考虑滑坡的现状，还要预测未来的发展。

⑤论证滑坡的防治方案的合理性、可靠性及可行性。尽量将线位、桥位、隧道位置放在防治工程最少的位置。各项防治工程措施都要围绕对路线、桥梁、隧道、人工构造物的稳定性，有针对性的论述其合理性。

(2) 工程地质图

①工程地质平面图，比例尺为 1：500~1：2000。

②工程地质纵断面图，比例尺：水平为 1：100~1：200；垂直为 1：10~1：20。

(3) 成果资料

调绘记录本、勘探试验原始资料(含挖探描述、钻孔柱状图、物探成果、原位测试成果、试验成果)、稳定验算资料及其它统计整理资料分别编目成册，除记录本外，其成果资料均应列入基础资料。

(二) 详勘

1. 勘察重点

(1)在初勘的基础上进一步查明各项防治构造物有关范围内的地层、岩性、地质构造、滑动面位置、地下水排泄和补给的关系。

(2)查明防治构造物范围滑体滑动方向、速度、周期与水文、气象变化的关系。

(3)查明与防治构造物有关范围的滑体滑动状态。

2. 勘探

(1)勘探线按防治构造物轴线与滑体滑动方向交叉布置。顺滑动方向的勘探线间距不于 50m；若滑体宽度小于 50m，至少有一条勘探线。

(2)防治构造物上的勘探点间距不大于 20m。顺滑动方向的勘探点随地形变化布置。

(3)地形与下卧层起伏不大时，在代表性的勘探线上应设适量的钻孔。钻探点一般布置在防治工程的轴线上。

(4)在滑坡体、滑动面(带)和稳定地层中，应采取必要的试样，进行试验。

3. 试验

(1) 试验项目同滑坡初勘的试验要求(同前)。

(2) 在地层岩性适合的情况下, 尽量采用原位测试, 取得设计参数。

(3) 需进行滑面重合剪、滑带土多次剪, 并求出多次剪的残余剪的抗剪强度。

4. 资料要求

(1) 工程地质勘察报告, 文字部分的内容如下:

①概述自然条件、人为活动与滑坡形成、发展、现状、发育趋势关系的机理。

②论证各项防治措施的针对性、合理性、可靠性及滑坡的稳定性。

③论证各项设计参数推荐值的合理性, 并列出各项设计参数推荐值。

④设计与施工应注意的问题, 并评价公路运营时滑坡对各项工程的影响。

⑤对公路工程影响较大, 且又难于查明运动规律的滑坡, 应提出进行长期观测的建议。

(2) 工程地质图

①工程地质平面图, 比例尺为 1: 500~1: 2000。

②各项防治设计推荐方案平面示意图, 比例尺为 1: 100~1: 200。

③滑坡防治设计推荐方案平面示意图, 比例尺为 1: 500~1: 2000。

(3) 成果资料应整理成册, 列入基础资料正式出版。

二、崩塌

(一) 初勘

1. 勘察重点

(1) 地貌调绘的范围宜超越崩塌与岩堆周界以外 40m, 其重点是:

①峭壁高度、长度、坡度(包括各变坡点的高程)。

②崖壁新近崩塌、坍塌、剥落的痕迹并估算其体积。

③坠石冲击点、跳跃距离、滚动距离及其最大石块的体积、形状。

④岩堆的分布范围、形状、各部位的坡度变化。

⑤岩堆各部位颗粒分选状况, 地表最大颗粒体积。

⑥岩堆体各部位固结(或松散)程度、稳定状况等。

⑦冲沟发育状况, 如各部位切割深度、纵坡、横断面类型、沟壁稳定坡度、坡高、溯源侵蚀、泥石流发育状况。

⑧岩堆体各部位植被覆盖程度，并区分乔木、灌木、蒿草等的分布范围。

(2)工程地质勘察的重点是：

①收集大地构造、地壳应力场生成状态、新构造活动、断层破碎带、强烈褶皱带及地震资料，了解崩塌、岩堆分布的规律性。

②调查陡崖地层、岩性、风化程度以及风化、侵蚀差异在地形上显示的特征。

③调查陡崖的地质构造，其内容一般如下：褶皱、断裂、层理、节理、劈理、片理等及其各部位代表性产状。

④调查层理、片理、节理、软弱夹层发育程度及它们产状的组合。描述节理及节理发育特性。

⑤调查含水层、地下水露头及其补给排泄关系。

⑥凡与崩塌、岩堆发生联系的滑坡、泥石流应按滑坡和泥石流的要求进行勘察。

(3)崩塌与岩堆发育活动历史调查

①访问当地居民，了解崩塌、岩堆活动情况，如活动时间、周期、规模、危害等。

②访问调查由崩塌、岩堆造成建筑物毁坏、修复、防治的经验。

③调查最新崩塌堆积物的进退情况、植被被吞噬、地层中含有腐朽植物枝干、上下坡树龄变化等。

(4)气象、水文调查

①调查降雨、冻融与崩塌的关系。

②调查岩堆表层运动与暴雨地表径流及地下水的关系。

③调查河流冲刷坡脚或河床被挤压变窄、弯曲等状况。

2. 勘探

(1)探明堆床形状、堆床地层岩性、地质构造。

探明岩堆体地层结构、岩性，尤其细颗粒夹层、含腐朽植物夹层、地下水位。

{2}勘探线应按崩塌(含坍塌、剥落)岩堆活动中心，贯穿崖顶、锥顶、岩堆前缘弧顶布置。连续分布，无明显锥顶、前缘弧顶的岩堆，应垂直地形等高线走向布置勘探线。

勘探线间距不大于 50m。每个岩堆体至少有 1 条勘探线。

勘探线上勘探点不少于 3 个(含露头)。

(3) 岩石峭壁一般只采用地层岩性描述、节理统计方法, 不宜布置勘探点。

岩堆体勘探以物探为主, 辅以钻探验证, 并有一定数量挖探, 取得岩堆体地层层理产状资料及试样。

钻探孔深宜钻至堆床以下 2m。并应采取适当的钻探工艺, 以查明岩土软弱夹层、含腐植物夹层和地下水等资料。

3. 试验

(1) 崩塌范围一般取岩样做密度、相对密度、天然含水量、吸水率、抗压强度、软化系数、泊松比、抗剪强度(c 、 Φ 值) 试验。抗剪强度试验侧重在软弱夹层和不利节理的节理面。

(2) 岩堆体试验项目有: 密度、相对密度、含水量、抗剪强度、天然休止角。也可用天然陡坎坍塌、滑塌反算 c 、 Φ 值或综合 Φ 角, 代替抗剪强度试验。也可在附近有类比条件的陡坎坍塌处进行类比反算 c 、 Φ 值。

4. 资料要求

(1) 崩塌与岩堆工程地质勘察报告, 文字部分的内容如下:

① 阐述与崩塌、岩堆形成有关的自然地理条件, 如地形、地貌、气候、水文、地层岩性、地质构造、新构造活动、地震及爆破震动等人为活动因素。

② 阐述崩塌、岩堆的成因类型、形态类型、活动类型、规模大小及危害程度。

③ 论证崩塌范围岩体稳定, 应做出软弱结构面赤平极射投影分析; 对明显不稳定岩体的不利结构面做实体比例投影分析, 并预测其发展趋势。

④ 为计算落石运动轨迹选择参数提供可靠依据。

⑤ 论证岩堆体的稳定, 并为工程设计的稳定计算提供工程地质参数。

⑥ 论证崩塌、岩堆防治措施, 提出推荐整治方案。

(2) 工程地质图

① 工程地质平面图, 比例尺为 1: 500~1: 2000。

② 工程地质断面图, 比例尺: 水平为 1: 500~1: 2000; 垂直为 1: 100~1: 200。

(3) 成果资料

调绘记录本、勘探成果资料、试验成果资料、节理统计分析资料、稳定分析

资料等应分别编目，整理成册；除记录本外，均应列入基础资料，正式出版。

（二）详堪

1. 勘察重点

(1) 查清各危岩形状、体积及可能脱离母岩的裂隙特征。查明风化、侵蚀差异形成的凹凸尺寸及岩性特征。查明岩体节理、软弱夹层特征、发育程度及它们最不利组合。预测崩落体的形状、体积、崩落体重心高度。查明落石运动所经过和停积的场所及对路基、桥涵和隧道的危害。

(2) 查明崩塌、滑塌、剥落范围及岩堆范围地面坡度角变化、变坡点间距及地层、岩性变化特征。

(3) 查明路基及防治构造物地基的地层、岩性及加载后的稳定性。

(4) 查明挖方及新崩落体，清除弃土堆放场所。

2. 勘探

(1) 勘探是为查明公路工程、防治构造物地基及开挖边坡的地层结构和岩性

(2) 纵向勘探线沿工程轴线方向布置，勘探点间距不大于 20m。通过纵向勘探线上的勘探点，做横向勘探线，横向勘探线上的勘探点一般不少于 3 个。

(3) 勘探深度一般在基础底面或开挖最低点以下 3m；如遇软弱夹层，应穿透软弱夹层以下 3m。

(4) 应尽量利用附近的露头或初勘时的勘探资料。

(5) 勘探以物探为主，但轴线方向上至少有一个代表性勘探点为挖探孔或钻探孔。

3. 试验

试验项目的要求同初勘的实验要求。

4. 资料要求

(1) 崩塌、岩堆工程地质勘察报告，文字部分的内容如下：

①概述崩塌、岩堆形成、发育的自然条件、人为活动因素及其机理联系，并论述对路基、桥涵和隧道工程的影响。

②提供拟定各项防治措施的依据。

③论述各项防治设计计算参数的选择依据，并推荐合理的计算参数。

④说明设计、施工、养护应注意的事项。

(2) 工程地质图

①工程地质平面图，比例尺为 1：500~1：2000。

②各项防治工程的代表性工程地质纵、横断面图，比例尺：水平为 1：500~1：2000；垂直为 1：100~1：200。

③成果资料

调绘记录本、勘探成果、试验成果、节理统计分析成果、验算原始资料等应分别编目，整理成册；除记录本外，均列入基础资料，下式出版。

三、岩溶

(一) 初勘

1. 勘察重点

(1) 查明岩溶的发育强度、基本形态、规模大小、分布规律及其与地层岩性、地质构造、地表水及地下水之间的关系。

(2) 查明岩溶水的埋藏特点、富水程度、补给、径流、排泄条件，地下水位标高和水位变化特点。

(3) 查明不同路段土洞的发育程度、分布规律和规模大小。

2. 调查与测绘

(1) 工程地质调查和测绘应与航片、卫片的判释同时进行。

调绘范围应以能满足方案选择和查明场地岩溶发育程度为原则，对路线限于中线两侧各 200m~300m；对特大桥和地质条件复杂的大桥限于桥轴线上、下游各 200m~500m；对隧道视地质条件复杂程度确定。测绘比例尺为 1：500~1：2000。

(2) 工程地质测绘应重点查明可溶岩分布地段的地形地貌特征、地表岩溶的主要形态、规模大小、分布特点；可溶岩的岩性、分布范围、第四系地层岩性、成因类型、沉积厚度、结构特征；土洞的分布位置、规模；岩层产状、地质构造类型、新构造活动的特征、断裂和褶皱轴的位置、构造破碎带的宽度、可溶岩与非可溶岩的接触界线、岩体的节理发育程度；地下水类型、埋藏条件、补给、径流和排泄条件，地下水露头位置和标高、涌水量大小，地下水与地表水的水力联系，地表水的消水位置；不良地质现象的成因类型、规模、稳定情况和发展趋势。

3. 勘探

(1) 路基勘探

岩溶地区公路路基的工程地质勘探，应在全面分析研究遥感测绘资料的基础上，确定勘探点的位置，选择勘探方法。

勘探方法以综合物探为主，应在布线范围内平行路线走向布设 2-3 条物探测线，查明沿线不同路段的岩溶发育程度和分布规律。必要时，可在构造破碎带、褶皱轴部、可溶岩与非可溶岩接触带和岩溶洞穴、塌陷地带等处，布设物探测线，查明这些地带岩溶的发育强度和发育特点。

在判定的岩溶发育带和物性指标异常带应布置钻孔，验证物探成果，同时查明岩溶的基本形态和规模、洞穴充填物的性状和地下水位标高等。

利用人力钻和轻型机钻，查明第四系地层岩性、沉积厚度、结构特征、土洞的分布位置和规模。

(2) 桥基勘探

岩溶地区桥基的勘探首先应采用物探，查明桥位区岩溶的发育规律、不同地段的岩溶发育强度和发育特点，第四系的地层岩性、层序、沉积厚度、结构特点。

在判定的岩溶发育带和物性指标异常带应布设钻孔，以验证物探成果。必要时，在每个基础范围内可布置 1 个钻孔，查明岩溶发育特点。钻孔深度应在完整基岩内钻进 5m-10 m，在该深度遇有岩溶洞穴时，应在洞穴底板完整基岩内钻进 3m-5m。

(3) 隧址勘探

隧道的工程地质勘探应以物探方法为主，并在充分分析遥感和测绘资料的基础上布置勘探工作。首先沿隧道中线和断裂破碎带、褶皱轴部、可溶岩与非可溶岩接触带布置物探勘探线，查明洞身不同地段的岩溶发育程度和分布规律、岩溶洞穴的含水特性等。

在隧道的洞口和已判定的岩溶发育带，物性指标异常时，应布置钻孔，查明洞体围岩的工程特性，主要内容为岩溶发育程度、基本形态和规模、洞穴充填物性状、岩溶的富水性、补给、径流和排泄条件。钻孔深度应在隧道底板设计标高以下完整基岩钻进 5m~8m；在该深度遇有溶洞时，钻孔应穿过洞穴，在溶洞底板完整基岩内钻进 3m~5m。

4. 试验

(1) 为确定地基岩体强度和隧道围岩类别，应对测区内的岩石进行单轴极限

抗压强度试验，测定洞体围岩的波速。

(2) 为查明地下洞穴连通情况和地下水之间的水力联系，应作连通试验。

(3) 为查明岩溶富水性和涌水量，必要时应对岩溶含水带作抽水试验。

(4) 对地下水和地表水作水质分析，确定其对混凝土的侵蚀情况。

5. 资料要求

资料整编应在遥感、工程地质测绘、勘探和测试等各种原始资料准确、齐全的条件下进行。应提交的资料及其内容要求有：

(1) 工程地质勘察报告 文字部分应论述场地的工程地质条件和岩溶在水平和垂直方向上的发育强度与分布规律，并结合地形地貌特征、第四系岩性、沉积厚度、物理力学特征、路基挖深、填高，将场地进行工程地质分区，评价各区的稳定性和适宜性；论述桥、隧场地的工程地质条件和岩溶的发育特点、洞穴规模、充填物性状、富水程度；评价桥、隧场地的适宜性和桥梁地基、隧道围岩的稳定性。

对影响公路工程建筑物稳定与安全各种岩溶洞穴和岩溶水提出整治方案；论证岩溶洞穴、天生桥等用作公路隧道、桥涵的可能性。

(2) 工程地质平面图 按路线、桥梁、隧道分别绘制，应全面反映场地的工程地质条件。重点标示出岩溶发育地段、特殊性岩土地段、岩溶洞穴塌陷等不良地质现象。比例尺为 1：500~1：2000。

(3) 工程地质纵断面图 分别按路线、桥梁、隧道中线绘制，比例尺：水平为 1：500~1：2000，垂直为 1：50~200。

(4) 岩土、水质的试验、分析资料，水文地质试验资料。

(5) 钻孔柱状图、物探成果图等。

(6) 岩溶场地稳定性分区图 根据岩溶发育程度、基本形态、洞穴规模、路堑设计标高以下或路堤原始地面以下的第四系厚度和洞穴顶板岩体厚度等条件，将场地划分为无岩溶区、岩溶不发育区、岩溶发育场地稳定区和岩溶发育场地不稳定区等。

以上地质勘察成果，应列入基础资料，正式出版。

(二) 详勘

1. 勘察重点

(1) 查明场地内影响公路工程建筑物稳定与安全的岩溶洞穴和土洞的形态、位置、规模、埋深，洞穴顶板岩体厚度，洞穴充填物性状。

(2) 查明岩溶水埋藏特点、水动力特征、水位标高及其变化幅度和水的补给、径流、排泄条件。

2. 调查与测绘

(1) 调绘范围的确定应以能满足工程设计、岩溶的处理和查明场地岩溶发育分布规律为原则，对路线控制在线位两侧各 100m~150m；对特大桥和工程地质条件复杂的大桥，控制在桥位中线上、下游各 200m；对隧道应根据场地的工程地质条件复杂程度确定。比例尺为 1：500~1：2000。

(2) 测绘中主要校核、修改补充完善初勘资料，重点查明岩溶洞穴、土洞、漏斗和落水洞的位置、形态、规模，洞穴塌陷的地表分布面积、垂直形态，暗河的位置和埋深；地下水涌出和地表水的消水地点，地表水与地下水在不同季节补给、排泄关系的变化；第四系的地层岩性、厚度、结构特征；可利用的岩溶洞穴、天生桥等的洞径大小，顶板岩体厚度、完整性，侧壁岩体的稳定性。

3. 勘探

(1) 路基勘探

路基勘探应以钻探为主，勘探的重点在初勘已查明的岩溶发育地段，主要查明路基范围内岩溶洞穴在水平和垂直方向上的分布特点、基本形态、洞穴规模，洞穴顶板厚度、完整性，溶洞的含水性、水位标高、水量大小，洞穴充填物性状。

利用人力钻或轻型机钻查明土洞的分布和规模。

在填土路段，钻孔应在完整基岩内钻进 5m~8m，在该深度内遇有溶洞时，应钻穿溶洞并在底板完整基岩内钻进 3m~5m。在挖方路段，钻孔应在路基设计标高以下完整基岩内钻进 5m~8m，或穿过溶洞后在底板完整基岩内钻进 3m~5m。

(2) 桥基勘探

在充分研究初勘资料的基础上，布置钻探工作，主要查明每个基础范围内岩溶的发育规律、基本形态、规模大小，洞穴顶板岩层厚度、完整性，洞内充填物性状。一般情况每个基础不少于 4 个钻孔，当采用桩基础时，应逐桩钻探。钻孔在完整基岩内钻进 5m~10m；在该深度内遇到溶洞时，钻孔应穿过溶洞，在洞穴底板完整基岩内钻进 3m~5m。

(3) 隧址勘探

除按常规要求进行隧道的工程地质勘探外，在岩溶区应重点查明岩溶洞穴的分布、基本形态、规模大小，洞内充填物的性状，岩溶地下水的水位标高、富水程度、补给、排泄条件。

除在隧道洞口地段布置钻孔外，在洞身地段构造破碎带、褶皱轴部、可溶岩与非可溶岩接触带和已判定的岩溶发育带布置钻孔，钻孔应在隧道底板设计标高以下完整基岩内钻进 5m~8m；在该深度内遇有溶洞时，钻孔应穿过溶洞，在洞穴板完整基岩内钻进 3m~5m。

4. 试验

(1) 对地基中的洞穴顶板岩石进行下列试验：饱和单轴抗压强度，岩石的粘聚力、内摩擦角、弹性模量、泊松比、剪切弹模等。

(2) 对隧道洞体上部 2.5 倍洞径高度范围内的围岩进行下列试验：天然状态和饱和状态单轴抗压强度，弹性抗力系数，内摩擦角、弹性模量、泊松比、剪切弹模，有条件时测定围岩的弹性波的波速。

(3) 对深路堑和隧道洞身附近的岩溶含水带进行抽水试验，查明含水带的水文地质特征。

(4) 对地下水和地表水进行水质分析，判断其对混凝土的侵蚀性。

5. 资料要求

(1) 工程地质勘察报告 文字部分应论述场地的工程地质条件，详述场地岩溶发育强度和溶洞顶板的稳定性、岩溶水的埋藏条件和水动力特征；评价岩溶发育带路基的安全和稳定性、岩溶水对路基的危害；对危害路基安全和稳定的岩溶洞穴和岩溶水提出整治措施。

详述桥位区的工程地质条件和岩溶的发育强度、洞穴基本形态和规模；评价桥基的稳定性，可能时提出洞穴顶板岩体的安全厚度；对影响桥基稳定的岩溶洞穴提出工程措施。

详述隧道场地的工程地质条件和岩溶发育程度、分布规律，岩溶含水带的水文地质特征和涌水量大小；分析评价岩溶洞穴的岩溶水对隧道安全和稳定性的影响及在施工和营运时产生的危害；对岩溶洞穴和岩溶水提出处理措施。

(2) 工程地质平面图 按路线、桥梁、隧道不同工程场址分别绘制，除反映出

一般工程地质条件外，重点标示出与岩溶及岩溶水有关的工程地质内容。比例尺为 1: 500~1: 2000。

(3) 工程地质纵断面图 分别按路线、桥梁、隧道等工程绘制，比例尺：水平为 1: 500~1: 2000，垂直为 1: 50~1: 200。

(4) 岩溶发育带有关断面图。

(5) 可利用的溶洞、天生桥等有关资料与图件。

(6) 岩土、水质的试验成果。

(7) 钻孔柱状图，物探资料成果。

以上地质勘察成果，应列入基础资料，正式出版。

四、泥石流

(一) 初勘

1. 勘察重点

(1) 地貌调绘

① 泥石流形成区的滑坡、错落、崩塌、岩堆及流域面积内可能形成泥石流的固体物质储备量，溯源侵蚀状况。

② 流通区沟谷特征，如沟谷的曲折、横断面类型、岸坡形状、纵坡角度、通过长度、冲淤规律、泥石流痕迹残留厚度等。

③ 堆积区洪积扇的形状、大小、各部位地面坡度、较新泥石流沉积体互相叠覆状况、冲沟在洪积扇上发育状况(如位置变迁、切割深度、横断面形状等)。

(2) 工程地质调绘

① 收集区域地质、大地构造、地壳应力场和新构造活动等资料及泥石流发育规律。

② 泥石流形成区、通过区的地质构造、地层岩性、岩层风化状况、坡残积物的分布发育况。

③ 堆积区洪积扇各部位的颗粒天然级配、颗粒的岩石或矿物成分、岩组排列、疏松、固结(胶结)状况。

④ 历次泥石流暴发时的流动方向与堆积部位。

⑤ 泥石流沉积与附近其它(冲积、洪积、冰积)的岩性区别，如颜色、颗粒形状、分选程度、与母岩关系、擦痕、泥球、堆积形状、层理产状差异、地形起伏

状态等。

(3) 气象、水文调查

①除收集一般气象资料外，还应调查最大降雨延续时间、降雨强度、出现年份以及对发生泥石流的影响程度。

②收集有关地形图(可用小比例尺图)，圈定泥石流的汇水面积。

③调绘泥石流对河床稳定的影响；泥石流挤压河床，迫使河流外移，泥石流堵塞江河(含线外泥石流)造成回水的范围和高程；洪积扇被冲刷所形成岸边陡坎高度、坡度、稳定状况、出露的地层剖面，据此确定公路沿河各路段的年平均淤积量。

(4) 人为活动调查

①调查由于伐木、开荒植被破坏，造成水土流失的状况。

②调查采矿、开山与废弃岩石形成泥石流的可能性与现状。

(5) 泥石流发育历史调查

①调查、访问泥石流发生时间、频率、历史原因、规模大小，引发的灾害、危害程度、发展趋势。

②调查、访问泥石流暴发前的降水、融雪、融冰情况及暴发时的密度、流速、流向、体积范围，阵流头部的波高，泥石飞溅高，波头、波尾表层流动特征(颗粒有无上下相对运动)，阵流的韵律。

③调查形成区土的侵蚀速度。

④调查以往当地防治泥石流的措施、成败的经验教训及当地防治规划。

2. 勘探

(1)一般应查明堆积区洪积扇的地层结构、岩性及流通区残留厚度。形成区需设人工构造物进行防治时，应查明固体物质储备的地层结构和岩性。

(2)代表性勘探可呈十字形布置，纵向勘探线沿洪积扇脊部布置，并伸入到流通区沟谷内部，达到能表示流通区平均纵坡为止。而横向勘探线沿总体地形等高线延伸方向布置，达到洪积扇的边缘。纵、横勘探线交点宜在洪积扇重心部位。

一次淤积范围的勘探线比照上述方法布置。

各勘探线上的挖探或钻探的勘探点不得少于 3 个。

泥石流的勘探点需要加密时，也可采用物探；勘探点间距不大于 50m。

3. 试验

(1) 试验项目：相对密度、密度、含水量、颗粒分析，还应做泥石流的特殊项目。

(2) 危害严重、流域面积大或有代表性的需特殊研究的泥石流，要建立观测站，进行长期观测。

4. 资料要求

(1) 泥石流工程地质勘察报告，文字部分的内容如下：

①概述地质构造、新构造与区域性的泥石流集中分布的规律。

②逐个说明泥石流沟谷形成的地形、地貌、地质构造、地层岩性等自然条件及滥垦滥伐、不适当堆弃废土废石等人为因素。

③论述连续降雨、暴雨强度、融雪、冰川活动等气象因素与泥石流活动周期、活动规模的关系。

④叙述近年来各次泥石流淤积范围、冲沟冲淤的变化规律及流动特征。

⑤论述泥石流发生过的灾害、现状及未来发展趋势。

叙述当地防治泥石流的历史及成败的经验教训，为防治方案提供依据及提出下一步工作的意见。

(2) 工程地质图

①工程地质平面图(含3个区段)，比例尺为1:2000~1:10000。

②工程地质纵断面图(含沉积区、流通区)，比例尺：水平为1:2000~1:1000；垂直为1:200~1:1000。

(3) 成果资料

调绘记录、勘探成果资料、试验成果资料等应分别编目，装订成册；除记录本外，其余成果均列入基础资料，正式出版。

(二) 详勘

1. 勘察重点

(1) 查明泥石流区段公路路基、桥涵、隧道等建筑物地基地层，岩性，并为设计提供所需的物理力学参数。

(2) 查明各项防治措施所针对的局部泥石流活动的规律，以及构造物地基的地层、岩性。

(3) 查明各防治构造物设计所需的计算参数。主要有密度、流速、流量、阵流波头高度、飞溅高度、年平均冲出量、固体物质储备量、冲沟的冲淤速度、冲淤方向及构造物地基承载力湿陷性等。

2. 勘探

(1) 勘探是为查明构造物地基的地层、岩性。

(2) 勘探线应沿构造物轴线方向布置，各勘探线一般不少于 3 个勘探点。对桥位，当地基地层复杂时，应在墩台位置布置勘探点。

(3) 勘探方法一般采用挖探或钻探。

(4) 当初勘的勘探点临近勘探线时，有代表性并能满足设计需要的应加以利用，不再另设勘探点。

3. 试验

(1) 试验项目同泥石流初勘要求(同前)。

(2) 确定地基承载力，尽量采用触探等原位测试。

4. 资料要求

(1) 泥石流工程地质勘察报告，文字部分的内容如下：

① 概述有关泥石流形成、发展、活动、发生频率与自然及人为因素的机理关系。

② 概述泥石流特征类型及今年来活动现状。

③ 针对各项防治措施需要，选择合理计算公式、计算参数，对泥石流活动作出定量评价。

④ 对构造物地基承载力进行论证分析，提出合理、可靠的设计推荐值。

⑤ 提出设计、施工、养护应注意的问题。

(2) 工程地质图

① 工程地质平面图，一般含堆积区和流通区，当形成区设防构造物时需扩大至形成区。比例尺为 1：2000~1：10000。

② 工程地质纵断面图，根据防治构造物的需要分别绘制。

比例尺：水平为：1：2 000~1：10000，垂直为 1：200~1：1000。

(3) 成果资料

观测资料、调绘记录、勘探成果资料、试验成果资料、计算书、原始图件应

分别编目，整理成册；除记录本外，其余成果均列入基础资料，正式出版。