

中华人民共和国交通行业标准

公路工程地质勘察规范

Specifications for Survey of
Highway Engineering Geology

JTJ 064—98

主编单位：交通部第一公路勘察设计院

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1999年5月1日

关于发布《公路工程地质勘察规范》的通知

交公路发[1998]805号

各省、自治区交通厅,北京市交通局,上海市市政工程管理局,天津市市政工程局,重庆市交通局,部属公路设计、施工、科研、监督、监理单位,公路院校:

现批准发布《公路工程地质勘察规范》(编号JTJ 064—98),作为行业标准,自1999年5月1日起施行。我部1986年发布的《公路工程地质勘察规程》(JTJ 064—86)以及1991年发布的《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91)、1985年发布的《公路隧道勘测规程》(JTJ 063—85)中有关工程地质勘察的内容同时废止。

《公路工程地质勘察规范》由交通部第一公路勘察设计院主编,由人民交通出版社出版。希望各单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告交通部第一公路勘察设计院,以便修订时参考。

中华人民共和国交通部

1998年12月23日

前 言

《公路工程地质勘察规范》是根据交通部原工程管理司工技字[1992]194号“关于下达1992年度公路、水运工程建设标准、规范、定额等任务的通知”和工技字[1993]61号“关于落实《公路工程地质勘察规范》编制任务的通知”精神,按照建设部建设标[1996]626号“关于印发《工程建设标准编写规定》和《工程建设标准出版印刷规定》的通知”要求,在总结研究我国公路网建设中有关公路工程地质专项技术的基础上,结合行业标准《公路工程地质勘察规程》(JTJ 064—86)、《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91)、《公路隧道勘测规程》(JTJ 063—85)和《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017—96)中有关公路工程地质勘察专题的实践经验,并依据公路设计与建设的需要,特制定本规范。

《公路工程地质勘察规范》共分九章、八个附录和条文说明附件,根据公路勘察设计程序,对公路工程地质勘察共性的部分,专列了一章公路工程地质勘察的技术要求;对新建公路的地质勘察,由可行性研究阶段工程地质勘察、初步工程地质勘察、详细工程地质勘察等三章组成;对改建公路工程地质勘察单列了一章;不良地质与特殊性岩土,是公路工程地质勘察的重点,分章编制了常见的不良地质现象及特殊土。

新制订的《公路工程地质勘察规范》概括了公路工程地质勘察的全部内容,改变了以往按专业或按专题分编标准的情况。同时,增加了可行性研究阶段公路地质勘察的要求。在初步工程地质勘察和详细工程地质勘察中,考虑了高速公路与一般公路工程地质勘察内容的不同要求。在不良地质与特殊性岩土的章节内,部分条款区别了路基、桥基和隧道场地不同的工程地质勘察要求。

为使本规范更好地适应我国公路建设事业发展的需要,请各单位在实践中注意积累资料,不断总结经验,及时将发现的问题和修改意见函告交通部第一公路勘察设计院(地址:陕西省西安市友谊西路87号,邮编:710068),以供修订时参考。

主 编 单 位:交通部第一公路勘察设计院

参 编 单 位:交通部公路规划设计院、交通部第二公路勘察设计院、四川省公路规划勘察设计院、甘肃省交通规划设计院、吉林省公路勘测设计院、湖南省交通规划勘察设计院和广东省高速公路公司

主要起草人:喻文学、倪一鸿、左希光、余波、崔建恒、常久儒、赵春先、何天牛、王为良、孙耀祖、张是鹄、戴允昌、李桂伦、刘振寰、李规依、孔祥金

1 总则

1.0.1 为适应公路建设发展的需要,使公路工程地质勘察工作具有系统性和完整性,以服务于公路建设的全过程,确保工程质量,应规范公路、桥位、隧道工程地质勘察的技术要求,据以查明建设场地的工程地质条件,为公路工程设计与施工方案的制定和公路工程地质灾害的整治提供可靠的依据,特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于高速公路与一般新建公路和改建公路的工程地质勘察工作。其勘察工作量,可按本规范的要求,根据实际需要予以适当增减。

公路施工和养护中的大修、中修、改善工程的地质勘察工作也可参照使用。

1.0.3 公路工程地质勘察工作,应按照调查测绘、勘探测试和编制工程地质报告的程序进行。各勘察阶段的工作内容和深度应与公路工程的设计阶段相适应。本规范主要按初步工程地质勘察(以下简称初勘)和详细工程地质勘察(以下简称详勘)两个阶段进行编制。对于工程地质条件简单,工程方案明确的中、小型项目,可以进行一阶段详细工程地质勘察。

可行性研究阶段,应充分收集已有工程地质、环境地质以及岩土工程资料,当工程地质与岩土条件复杂,已有资料不能满足评价场地技术要求时,应根据工程方案研究的需要进行必要的工程地质勘察工作。

1.0.4 工程地质勘察应重视地质理论的应用,综合利用各种勘察手段,充分利用已有资料和科研成果,用经济、合理的勘察工作量取得必要的、可靠的勘察成果。

1.0.5 工程地质条件复杂、技术难度较大的特大型工程项目的工程地质勘察原则如下:

- 1 工程地质勘察应严格按照资料收集、调查测绘、勘探测试、报告编制、成果审定的程序进行。
- 2 必须制定周密、细致的勘察方案,合理安排勘察各阶段的时间和周期,严格执行工序管理的要求,以保证勘察质量。
- 3 必须采用综合勘探方法,以提高勘探的效率和成果的精度。
- 4 设计、施工所需要的各项参数宜通过不同的测试手段综合验证。必要时可依据实际情况进行模型试验和大型原位测试及实体试验工程,为工程建设提供依据。
- 5 当采用新技术、新设备进行勘探测试时,采用的新技术、新设备应是经过鉴定或在多项同类场地勘探中已经应用并证明是成功的,方可采用。

6 对勘察场地的工程地质条件应作出定量评价,并依据评价结果,对工程方案提出建议或意见。

1.0.6 一个公路建设项目由两个或两个以上单位承担工程地质勘察任务时,建设单位应确定一个具有相应资质等级的公路、桥隧勘察证书的单位,全权负责该建设项目工程地质勘察的质量管理,协调统一公路工程地质勘察报告的编制,并对文件的质量负责。

1.0.7 公路工程地质勘察,除应符合本规范外,尚应符合国家和交通部颁发的现行有关标准、规范的规定。

2 术语

2.0.1 新构造运动 neotectonic movement

是指从晚第三纪至现代所出现的构造活动。

2.0.2 构造破碎带 tectonoclastil belt

由地质构造作用,使岩层断裂并发生相对运动,常使断层面附近岩石破坏成碎石和粉末,从而形成断层角砾和断层泥的地带。

2.0.3 不整合接触带 unconformable belt

是表示岩层层序的连贯性发生间断的一个风化面、侵蚀面或停止沉积面的接触地带。

2.0.4 遥感 remote sensing

根据电磁辐射的理论,应用现代化技术中的各种探测器,对远距离目标辐射来的电磁波信息进行接收并传送到地面接收站加工处理成遥感图像或数据,用来探测识别目标的整个过程。

2.0.5 岩溶坡立谷 karst depression

系岩溶地貌中一种大致呈椭圆形的大型封闭洼地,其底部面积较溶蚀洼地大而平坦。

2.0.6 冰碛层 till sheet

当冰川活动退缩后,冰碛物全部堆积而形成的地层。

2.0.7 滑坡周界 lateral edge of sliding

是指滑坡体脱离山坡母体所显示出来的滑壁、滑舌和周边裂缝所连成的界限。

2.0.8 砂垅 sand ribbon

由无数个新月形砂丘连在一起,合成为成排的或网状的风成地貌单元。

2.0.9 强震区 meizoseismal area

指地震基本烈度大于或等于Ⅷ度的地区。

2.0.10 地震烈度 earthquake intensity

地震对地表和地表建筑物的影响与破坏的强烈程度。

2.0.11 基本烈度 fundamental intensity

是指一个地区今后一定时期内,在一般场地条件下,可能遭遇的最大地震烈度。

2.0.12 液化势 liquation potential

饱和砂土或粉土地层在地震过程中,受地震(剪切)波的作用是否会发生液化状态的趋势性估计。

2.0.13 采空区 gob

地下矿体采空后,因周围岩石失稳,引起该区上部整个地层的破坏和向采集区移动,致使地表产生变形和破坏的地区。

2.0.14 地壳沉降 ground subsidence

地壳表面在自然营力作用下或人类经济活动影响下,造成区域性的总体垂直下降。

2.0.15 自由膨胀率 free-swelling rate

为松散的烘干土粒在水中和空气中分别自由堆积的体积之差与在空气中自由堆积的体积之比。它是反映土体膨胀性的指标之一,与土的粘土矿物成分、胶粒含量等有着密切的关系。

2.0.16 软土 mollisol

滨海、湖沼、谷地、河滩沉积的天然含水量大于液限,天然孔隙比大于或等于1.0,压缩系数不大于 0.5 MPa^{-1} ,不排水抗剪强度小于 30 kPa 的细粒土。

2.0.17 泥炭 peat

喜水植物枯萎后,在缺氧条件下,经缓慢分解而形成的泥沼覆盖层。常为内陆湖沼沉积,有机质含量大于50%,且有机质大部分未完全分解,呈纤维状,孔隙比一般大于5。

2.0.18 腐殖质土 humic soil

有机质含量大于50%,且有机质大部分完全分解,有臭味、呈黑泥状的细粒土。

2.0.19 有机质土 organic soil

在静水或缓慢的流水环境中沉积的含有机质的细粒土。其中淤泥为有机质含量在5%~50%之间,孔隙比大于1.5的细粒土。

3 公路工程地质勘察的技术要求

3.1 基本规定

3.1.1 勘察要求

1. 公路工程地质勘察工作必须按本规范的要求,根据不同的勘察阶段,完成各项勘察任务。各勘察阶段的工作内容和工作深度应与公路各设计阶段的要求相适应。

2. 工程地质条件分为两类:

1) 简单的——地形简单、地貌单元少;地层结构简单,无特殊岩土层,基岩风化不严重,顶面起伏不大;区域地质构造较简单;地下水对工程无不良影响,且其场地稳定。

2) 复杂的——地形复杂,地貌单元多;地层较复杂,有特殊岩土层,基岩风化严重,顶面起伏大;区域地质构造较复杂,地下水对工程有影响,且其场地内有不良地质现象。

3. 在进行勘察工作时,应区别一般工程或大型的、重要的工程,工程地质条件简单或复杂的工程,采用不同的深度要求。对方案明确的小型的工程和工程地质条件简单的工程,要求可以从简。

4. 对不良地质地段和特殊性岩土地段,应与一般地段不同,分别采取不同的方法和手段及不同的工作深度进行工程地质勘察,分项作出评价。公路主要不良地质现象的分类以附录 A 为准。

5. 应充分收集和注意利用当地已有的有关文献资料及与公路相关工程的地质勘察、设计和施工方面的图件等,进行对比分析与综合论证。

6. 注意运用新技术、新仪器、新设备、新方法,使工程地质勘察技术具有先进性。

3.1.2 勘察阶段与要求

1. 勘察前应广泛收集有关工程地质勘察报告、航拍照片、卫星照片,熟悉所调查地区的有关地质资料(包括区域地质、工程地质、水文地质、室内试验等成果)并予以充分利用。

2. 可行性研究勘察阶段应对所收集的地质资料和有关路线控制点、走向和大型结构物进行初步研究,并到现场实地核对验证,适当地利用简易勘探方法和物探,必要时可布置钻探,以了解沿线地质概况,为优选路线方案提供地质依据。

3. 初步工程地质勘察阶段应配合路线、桥梁、隧道、路基、路面和其他结构物的设计方案及其比较方案的制定,提供工程地质资料,以供技术经济的论证,达到满足方案的优选和初步设计的需要。对不良地质和特殊性岩土地段,应作出初步分析及评价,还应提出处理办法,为满足编制初步设计文件,提供必需的工程地质资料。

4. 详细工程地质勘察阶段应在批准的初步设计方案的基础上,进行详细的工程地质勘察,以保证施工图设计的需要。对不良地质和特殊性岩土地段,应作出详细分析、评价和具体的处理方案,为满足编制施工图设计提供完整的地质资料。

5. 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工程地质勘察工作。

6. 对工程地质条件特别复杂的,为进一步查明地质情况,必要时宜在施工期间安排有针对性的工程地质勘察工作。

3.1.3 勘察方法的选择

1. 勘察方法应根据勘察阶段要求的内容和深度、所勘察的道路等级、工程规模及其工作难易程度的不同而加以选择。

2. 初勘阶段所采用的勘察方法,主要为工程地质调查与测绘及综合勘探。一般情况下,采用物探、钻探、原位测试与室内试验等,以必要的工作量完成本阶段的勘察任务。

3. 详勘阶段的勘察方法,主要是以钻探、原位测试和室内试验为主,必要时进行物探和工程地质测绘工作,以详细查明工程地质条件。

4. 施工时的补充工程地质勘察,是针对个别路段、桥位、隧道方案或桥梁的墩台位置、形式、埋深等的变动,以及对所增加的新项目或有特殊地质内容的工程进行的。

3.1.4 勘察评价准则

1. 公路工程地质勘察评价,应对路线走廊、桥位、隧址等工程地质条件做出论证。并结合全线工程地质特征,做出总体评价。

2. 公路工程地质勘察评价的内容主要有稳定性、经济性、适宜性等,同时还应注意对公路环境保护和文物保护的评价。

3. 定性评价是首要的、基本的。对下述性质的问题,可作出定性评价:

- 1) 工程选定位置及场地,对修建公路工程及其结构物的适宜性;
 - 2) 场地地质条件的稳定性;
 - 3) 沿线筑路材料的适用性;
 - 4) 对环境产生负面影响以及保证环境质量在路线、桥梁、隧道等工程方面的措施。
4. 对下述性质的问题,宜作出定性或定量评价:

- 1) 岩土体的变形性状及其极限值;
- 2) 岩土体的强度及其稳定性与极限值,包括斜坡及地基的稳定性;
- 3) 岩土体及水体与公路工程的共同作用;
- 4) 岩土体后期变化的预估,对工程耐久性的影响;
- 5) 其他各种临界状态的判定。

3.2 公路工程的岩土分类

3.2.1 公路工程岩土分类原则

1. 公路工程岩土分类基本上应按照行业标准中土的工程分类进行,同时执行公路路基、桥涵、隧道三个专业岩土地基及围岩分类的原则。

2. 岩土分类一般应以岩土组成为主要依据,还可结合成因、年代及结构构造特征进行综合定名。

3.2.2 岩石分类

1. 岩石按强度、风化程度的分类,应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024)附录一中的(九)、(十)的相关规定。

2. 公路工程石料分级应按《公路工程石料试验规程》(JTJ 054)中公路工程石料技术标准(M0201)执行。

3.2.3 土分类

1. 土的工程分类,应以《公路土工试验规程》(JTJ 051)中土的工程分类M0101为准;当按堆积年代、成因类型、有机质含量等分类时,应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)及其附录一的相关规定执行。

2. 本规范所列黄土、冻土的分类,应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024)附录一中附表1.13~1.15的规定;软土的划分可参照《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ 017)的相关规定;膨胀土的分类应符合《公路路基设计规范》(JTJ 013)的相关规定。

3. 公路、桥涵地基土的分类,应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024)附录一的相关规定。

4. 公路土、石工程分级,应符合附录B的规定。

3.2.4 岩石描述的基本内容

对岩石描述应包括成因、年代、名称、颜色、主要矿物、结构、构造、风化程度及岩层厚度等内容。

对沉积岩还应描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度。

对岩浆岩及变质岩还应描述矿物结晶的大小和结晶程度。

3.2.5 土的鉴定、描述与工程地质特征的确定

土的描述内容包括:名称、颜色、湿度、密度、有机物及其含量等。

关于土的名称,除根据颗粒级配或塑性指数确定外,必要时可结合成因、年代、特征综合定名。同一土层可描述相同层沉积韵律及各层厚度。

对土的鉴定应在现场观察描述并结合试验资料,综合确定其工程地质特征。对各类土的要求如下:

1. 对巨粒土应鉴定、描述的内容为:名称、颗粒级配、形状、母岩名称、风化程度、充填物的性质和充填程度、密实度及层理特征等。

2. 对粗粒土应鉴定、描述的内容为:名称、颜色、矿物组成、颗粒级配和颗粒形状、粘性土含量、湿

度、密度(密实、中密、稍密和松散)及层理特征、有机质含量等。

对具有夹层、互层、薄夹层特征的土层,还应描述各层的厚度及层理特征。

3. 对细粒土应鉴定、描述的内容为:名称、颜色、湿度、粘粒含量、密实程度、有机质含量等。

3.3 工程地质调查与测绘

3.3.1 工程地质调查与测绘的基本规定

1. 各级公路均须作工程地质调查。高速公路、一级公路、二级公路和独立工点,应进行工程地质测绘工作。对三、四级公路的不良地质地段,也可测绘工程地质平面图和纵断面图。工程地质条件简单的一般公路,可不进行地质测绘。

2. 工程地质调查与测绘的目的在于查明公路走廊范围内的地貌、地质条件,并结合区域地质资料,对路基、桥梁、隧道及其他结构物的稳定性、适宜性作出评价,且为工程地质勘探、测试工作及工点布置提供依据。

3. 工程地质调查与测绘的内容应收集当地航空照片、气象、水文、地质、植被、冻深、最高洪水位及其发生季节、淹没范围等资料,了解人类活动对不良地质的影响,调查了解当地公路建设及其相关工程的经验总结。

3.3.2 工程地质调查与测绘的要求

1. 可行性研究阶段,主要是对沿线及重大工程进行工程地质调查,发现并研究关键性的工程地质问题。工程地质调查与测绘工作,一般是在初勘阶段进行。详勘阶段仅在初勘阶段的基础上,对某些专门性的地质问题作必要的补充调查与测绘。

2. 测绘时的填图底图可采用已有的地形图为底图进行测绘,比例尺的大小视需要而定。测绘工作中,所采用的公路工程地质图例及符号,应符合附录C的规定。

3. 地质观测点的布置、密度和定位应符合以下要求:

1) 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应有地质观测点。

2) 地质观测点的密度应根据场地地貌、地质条件、成图比例尺及工程特点确定。地质观测点应具有代表性和控制性。

3) 地质观测点应充分利用天然或人工露头。当露头少时,可按实际情况布置勘探点。

4) 地质观测点的定位,应根据精度要求和地质条件的复杂程度选用目测法、半仪器法和仪器法。对一般地质观测点和地质界限,以明显的地形、地物和其他测点作控制点。对有特殊意义和对工程有重要影响的地质观测点,应用仪器法定点。

3.3.3 工程地质调查与测绘的范围

1. 调查的工程项日:一般应包括路线、桥梁、隧道、路基及其附属工程中有影响的工程地质现象。

2. 测绘范围:应包括路线正线及各比较方案的走廊地带。

大桥、特大桥轴线附近的河床和两岸谷坡及阶地,以及河流上、下游,其测绘范围与桥位图相同。

长、大隧道所穿越的全部地段(包括洞口路堑)。

对于不良地质和特殊性岩土的调查范围,应视具体情况和类别以及处理范围加以确定。

3.3.4 工程地质调查与测绘的内容

1. 调查研究地形、地貌特征,划分地貌单元,分析各地貌单元的形成过程及其与地层、构造、场地稳定性的因果关系。

2. 查明岩土成因、性质、厚度、时代和分布范围。对岩层应查明风化程度及岩土相互接触关系和软弱夹层特性;对土层应着重分析新近堆积土;对特殊性岩土的类别和工程地质特征应予以查明。

3. 调查岩层产状,确定地质构造类型、软弱结构面的产状及其性质,包括断层位置、产状、断距、破碎带宽度及充填物的胶结程度。

4. 调查新构造活动的痕迹、特点和与地震活动的关系。必要时可进行地震烈度复核或鉴定。

各工程项目的工程地质调查与测绘工作,应按本规范有关章节办理。

3.4 工程地质勘探

3.4.1 工程地质勘探方法和要求

1. 此项工作一般应在工程地质调查与测绘的基础上,通过采用物探、钻探、简易勘探、原位测试等综合方法进行。

各个工点的勘探内容,应根据工程地质条件的复杂程度、岩土特点和满足设计要求来确定。

2. 工程地质勘探方法的选择,以工程地质条件及技术经济合理性为依据。

3. 在勘探工作中,应注意对公路工程 and 地质环境的影响。必要时要对钻孔、试坑、探井等进行回填或封孔。

4. 在布置勘探点时,应注意微地貌的变化,尤其是在初勘阶段,每一地貌单元处宜有勘探点控制,在地貌突变或异常处和工程关键部位宜有勘探点控制。

5. 要充分利用公路场地中原有的地质勘探和岩土、水质试验资料,并加以鉴别和有选择性地予以利用。

3.4.2 综合勘探

有关各工程地质勘探阶段和场地稳定性各类问题及各种岩土的工程地质综合勘探的具体要求,详见本规范有关章节。

3.4.3 钻探

钻探的孔位、数量、钻孔的深度、孔径等应达到地质勘探任务书或合同的要求。钻孔的位置,一般应以坐标控制。同时还应提高岩芯采取率,尤其是对破碎岩层、软弱夹层、软岩、冻土、软土等地层,更要保证取样质量和岩芯采取率。

1. 钻孔按技术要求,可分一般性钻孔和技术性钻孔两种。

技术性钻孔,要布置在地貌、地质构造、地层变化大且有代表性的部位。其深度应达到要求的最大深度,并在其中采取原状土样,以便安排岩、土试验。技术性钻孔数量约占一项工程钻孔总数的一半。

一般性钻孔,多是为工程需要而布置的,无论从深度上还是取样要求方面低于技术性钻孔。

2. 钻孔深度,一般是以结构物类型、工程规模、岩土类别、持力层深度、桥涵及防护等工程基础深度、隧道埋置深度和其他工程处理深度而定,以满足能评价公路工程地质条件、确定适宜的基础类型和埋深的要求。

3. 钻孔孔径的大小,一般应满足岩、土试验的要求,尤其是原状岩土样品,要符合试验工作的需要,同时还应满足在钻孔中进行原位测试时对钻孔直径的要求。

4. 取样要注意质量和数量。原状样品要保持其密封和不受扰动,尤其是软土样品在运送时应不受震动、冻土不致融解。如有必要进行水质分析时,应在钻孔中采取水样。

在钻孔中采取原状样品时,一般每层应有样品,换层时应立即取样。当同一土层厚度大于或等于5.0 m时,视具体情况可分别在上、中、下部位采取原状土样各一件。

3.4.4 物探

1. 公路工程地质勘探工作中常用的物探方法有:电法勘探、地震法勘探、声波探测、测井等。必要时还可采用钻孔电视、浅地层剖面仪、无线电波或其他的有效物探方法。

2. 采用物探时,应注意下列事项:

1) 物探工作的测区,一般不宜超过地质测绘的范围,但对物探解释和有对比价值的点,可不受此限。

2) 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等情况确定,以减少影响地质解释精度的因素。

3) 物探网的最佳布置方案应沿路线中线、桥梁、隧道轴线方向布有测线。

4) 不同地质体或构造,应有2~3条物探测线穿过,每条测线上至少有3个以上的测点,地质条件复杂时可适当加密。

3.5 原位测试、室内试验与定位观测

3.5.1 原位测试

1. 原位测试:包括静力触探、动力触探、十字板剪切试验、横压试验、现场荷载试验、现场剪切试验和水文地质测试等内容。

2. 选择原位测试方法时应考虑工程类别、岩土条件、设计对某些参数的要求及工作地区的经验和测试方法的成熟程度等。

3. 分析原位测试结果资料,应注意仪器设备、试验条件、试验方法对试验结果的影响,同时应结合地质、地层条件,采用正常的的数据,对异常数据应分析处理。

3.5.2 室内试验

1. 室内试验:包括岩、土的物理、力学、水理、化学等试验内容。

2. 室内试验工作内容应根据岩土类别、工程类型,考虑工程分析计算要求,提供所需的参数。岩石、土的试验试样数量、规格、质量要求、试验项目,应按行业标准相关规程的要求办理。

3. 室内试验一般在中心实验室进行。如工程规模大、试验多,可考虑在现场设置工地实验室,就地进行试验。

3.5.3 定位观测

1. 定位观测:包括对滑坡、泥石流、地基基础、软土、地下水特性等内容的观测。

定位观测的时间安排,应根据观测对象、工程性质或类别以及工作需要情况,可安排在施工前、施工期以及使用期进行。

2. 定位观测应针对工程需要进行安排,主要内容如下:

1) 对不良地质活动情况的观测与监视;

2) 对岩土受到施工作用及其反应性状的监测;

3) 对施工和运营使用期的工程监测;

4) 对环境条件,包括工程地质、水文地质条件及相邻结构、设施等在施工过程中可能发生的变化进行监测。

3. 评价分析时,应以定位观测的结果,对预期性状的差异进行分析,对原来勘察设计成果进行评价。

当此种差异明显时,可按施工所揭示的实际情况,采取相应的技术措施。

有些观测如在设计以前进行,可按观测结果有针对性地进行设计,并在施工中继续观测、监视,并作出评价。

3.5.4 原位测试、室内试验及定位观测所取得的各种数据应相互对比。结合勘探、调查与测绘结果,进行综合分析,以提高工程地质勘察质量和设计质量。

有关原位测试、室内试验及定位观测等方面所采用的仪器、操作方法、技术要求、资料整理与成果分析等工作按有关标准的要求办理。

3.6 报告编制

3.6.1 报告的内容

1. 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。

2. 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:任务依据、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,应按工程地质分区和分段作出评价。

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。

3. 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) 其他资料、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。

3.6.2 报告编制的要求

1. 基本要求:

1) 报告中的有关图表、资料,应清楚齐全,其格式、术语、图例、符号均应按本规范有关章节及附录C的要求办理;

2) 报告内容应简明扼要,针对性强,地质评价结合实际,合理可行;

3) 报告的格式按任务书或合同的要求而定。

2. 报告编制所依据的工程地质调查与测绘、勘探测试、试验、观测所有的原始资料以及收集的有关图表资料,均应整理、检查、分析、鉴定,经认定无误后方可使用。

3. 对各项试验指标要进行数理统计。对不同勘察阶段的试验精度要符合规定要求。

4. 与有关单位所签订的协议或其他单位提供的原始资料,如地震基本烈度应编入成果中。

5. 图件精度与详细程度的要求,应与勘察阶段相适应,做到主题突出、目的明确、图面清晰、字体端正,线条均匀并有主次,图面布置协调美观,应避免图纸间、图纸与文字报告间互相矛盾。

3.6.3 报告的审定

1. 工程地质勘察报告均须经上一级主管部门审定合格后,方可正式形成文件,提供使用。

2. 报告审定应遵守下列程序:

1) 自检:自检时应按要求的格式、名称、数量、质量等完成各项成果底稿,做到完整、齐全,并按规定完成签署。

2) 复核:经过复核检查,提出补充、校正、修改意见,进行补正并确认无误后,由项目负责人予以签署。

3) 审查:由单位或部门负责人和技术领导根据任务书要求进行抽查、审定后,签署并加盖公章,形成正式文件。

3. 承担工程地质勘察任务的单位,所提交工程地质勘察报告的数量,应以合同中规定的要求为准,以满足委托方的需要。

3.6.4 报告归档的要求

1. 公路工程地质勘察报告必须归档,归档时应根据交通部交办发[1992]100号文《交通文件材料立卷、归档办法》的要求进行。

2. 归档时宜按路线名称、工程项目分别编号,并开列详细清单以便查阅时调档。
3. 一般原始记录应装订成册,记录本可分装袋内,相片宜整理成影集并附有说明。
4. 对重要的、大型的工程钻孔中的岩芯,可拍成彩色相片和保存少量岩芯,并应选取代表性钻孔中的岩芯装箱保存,直至工程竣工验收。

4 可行性研究工程地质勘察

4.1 一般规定

- 4.1.1 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。
- 4.1.2 根据《水运、公路建设项目可行性研究报告编制办法》的要求,可行性研究分为预可行性研究(以下简称预可)和工程可行性研究(以下简称工可)两个阶段进行。工程地质勘察工作,仍按此程序进行。
- 4.1.3 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。
- 4.1.4 公路可行性研究的工程地质勘察的深度,应根据公路等级、工程地质条件的复杂程度及勘察合同,按不同的要求进行。
- 4.1.5 公路可行性研究的工程地质勘察工作,应在充分收集已有地质资料的基础上,以调查为主,并进行必要的工程地质勘察工作。
- 4.1.6 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,设互通立交、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。

- 4.1.7 公路可行性研究阶段工程地质勘察,可按准备工作、调查、重点勘探、资料整理等顺序进行。
- 4.1.8 工程地质勘察成果应具有针对性,收集的资料应满足对重要的工程地质条件进行分析论证及其工程地质评价的要求,工程地质成果应符合编制可行性研究报告的需要。

4.2 预可勘察

4.2.1 目的与任务

1. 预可行性研究工程地质勘察的目的,是根据国民经济与社会发展规划、公路网规划和公路建设计划等要求,通过现有资料的分析研究,从工程地质条件论证工程方案的可行性与合理性,为编制预可行性研究报告提供必要的工程地质依据。

2. 预可勘察的主要任务

- 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。

4.2.2 技术准备

1. 收集航(卫)片资料,根据拟建路线走向,在航(卫)片上进行地质判释工作,概略了解路线通过区域的地形、地貌、地层、岩性及不良地质现象。
2. 收集路线通过区域的1:100 000~1:500 000地质图及相应的说明书;收集路线通过区域内与

路线有关的其他地质资料,如铁路、水电、矿山、城建等部门的地质资料。

3. 收集路线通过区域的水文、气象、地震等资料。

4. 将区域地质资料勾绘于路线可能通过地段的1:50 000~1:500 000地形图中。

5. 研究已有区域地质、地层岩性、地质构造、特殊地质、新构造活动的特征、地震烈度及其他地质背景,水文地质条件及路线可能通过地段的地形、地貌特征,通过航(卫)片的地质判释,初步掌握勘察区的工程地质条件,拟定预可行性研究路线走向方案及其比较方案。

6. 初步判定对路线有关键性影响的不良地质、特殊性岩土和重点工程地段的地质条件后,制定预可行性研究勘察作业计划。

4.2.3 勘察内容

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的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。

4.2.4 资料要求

预可阶段工程地质勘察报告的基本内容分为文字及图表资料两部分。

1. 文字部分

1) 前言:一般包括研究项目所在地理位置、预可研究时间、依据,完成工程量及工作方法等。

2) 区域地质概况:沿线气候、地形、地貌类型;区域内出露的地层,分析自老至新地层岩性分布及构造概况和新构造活动;沿线水文地质条件特征;沿线地震烈度分布情况、地震历史背景等。

3) 各方案沿线工程地质特征:重点说明影响路线、大桥、隧道方案的主要地质条件,如:对地层、地质构造、水文地质条件、不良地质、特殊性岩土及对路线走向有影响的重点工程的工程地质特征均应进行重点说明。

4) 工程方案比较及推荐方案的论述:主要从工程地质条件,分述各方案优缺点并进行综合比较。

2. 图表部分

1) 全线工程地质图:比例尺为1:100 000~1:500 000,宜与路线方案示意图合编成图。

2) 根据收集资料、调查测试的成果,编制的有关技术图表。

3) 文字报告中所描述的某些问题,若有照片、素描图、示意图等应附人相应位置中,以便参阅、对照。

4) 报告中工程地质图的图式,地质分区界线、符号,可按本规范的附录C办理。

4.3 工可勘察

4.3.1 目的与任务

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。

4.3.2 技术准备

1. 熟悉预可阶段工程地质勘察资料。

2. 根据拟定的各工程方案的地质条件及工作量等,编制工可工程地质勘察工作计划。

3. 根据对各工程方案初步掌握的地形、地貌、区域地质、地震、不良地质、特殊性岩土资料,进一步深入研究,为工可勘察各工程方案创造条件。

4.3.3 勘察内容

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及水质。

4.3.4 资料要求

1. 工程地质说明书

主要内容包括:

1) 路线经过地区的自然地理、地层、岩性、地质构造、水文地质、不良地质和特殊性岩土等的基本情况;

2) 地震基本烈度区划;

3) 控制路线方案的不良地质、特殊性岩土的类型、分布、规模、发生发展概况;

4) 控制路线方案的大型桥梁、隧道及其它主要构造物的工程地质条件;

5) 沿线筑路材料的来源、质量、蕴藏量及运输条件;

6) 各工程方案的工程地质条件的评价和方案比选意见;

7) 对初勘工作的建议。

2. 全线综合工程地质图

1) 该图以区测地质图为底图,综合分析主要地质资料进行编制,比例尺为1:50 000~1:200 000。

2) 内容包括:综合柱状图、地质纵断面图、公路工程地质条件分区表等项目。

3) 应标示各路线方案和大型建筑物的位置,及主要的地貌界线、地层界线、地质构造线、岩层产状,不良地质、特殊性岩土的范围(可用符号表示),地震基本烈度分区界线,公路工程地质条件分区界线等。

3. 主要工点工程地质断面图

1) 利用1:5 000~1:10 000地形图点绘地形断面。

2) 地层划分至组,或视需要按工程地质岩组划分。

3) 根据区域地质资料及调查资料研究隐蔽地质现象,必要时应取得可靠的勘探资料。

4. 不良地质地段表。

5. 沿线筑路材料分布图。

6. 工程地质勘探、试验及素描、照片等资料。

5 初步工程地质勘察

5.1 目的与任务

5.1.1 初勘的目的是根据合同或协议书要求,在工程可行性研究的基础上,对公路工程建筑场地进一步做好工程地质比选工作,为初步选定工程场地、设计方案和编制初步设计文件提供必需的工程地质依据。

5.1.2 初勘的任务

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、特殊性岩土的类别、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处查明隧道的地质、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。

5.2 公路初勘

5.2.1 勘察步骤

1. 技术准备

1) 详细研究工程可行性报告、设计合同或协议书,参与有关工程的方案研究,实地视察,明确任务要求,确定工作重点;编制勘察纲要和实施计划。

2) 补充收集、研究区域的和路段的地质、水文地质、工程地质、气象、水文、地震等有关资料。

3) 建立组织机构,明确人员分工,做好仪具、设备的配备及检查工作。

2. 调查与测绘

1) 在初勘阶段必须首先进行工程地质调查与测绘工作,以了解沿线主要地质条件,发现和研究关键性的工程地质问题,促进不良地质勘探和测试工作的全面进行。

2) 对二级和二级以上的公路,应全线进行工程地质调查与测绘;对大型公路交叉工程、路基工程,规模较大及地质条件复杂的不良地质、特殊性岩土等工点,应进行重点场地工程地质调查与测绘。对二级以下的公路可只进行全线的工程地质调查,其中地质条件复杂的路段,可视需要增加测绘工作。

3) 调查与测绘的宽度应以满足路线方案的选择、工程设计需要和病害处理为原则。

4) 调查与测绘的方法及基本内容按第3.3节有关条款办理。

3. 勘探

1) 当露头条件差,不能判明地下隐蔽的地质条件或为满足采取试样需要时,应进行适量的工程地质勘探工作。

2) 勘探工作应在地质调查与测绘的基础上,合理布设。重点是对路线走向方案、线位影响较大的不良地质、特殊性岩土及重大工程构造物地段;对地质条件简单的一般路段,间隔一定距离也应有勘探点控制。

3) 地质条件简单的路段,以挖探、简便钻探、触探等简便易行的方法为主。对不良地质、特殊性岩土和大型工程工点,应尽量采用物探和布设必要的钻探。

4. 测试

1) 测试工作按不同工程地质单元,选择在有代表性的部位处进行,以了解沿线土石的物理、力学、化学性质和水质特征,满足初步设计的需要。

2) 测试项目和方法应按岩土的工程特性,结合工程设计的需要确定。常规的测试项目有:

(1) 岩石:抗压强度试验等。

(2) 细粒土:室内常规物理、水理、化学试验及必要的力学性试验或原位测试等。

(3) 粗粒土:颗粒分析试验,密度试验,动力触探试验等。

5. 资料整理

按照本规范第3.6节的有关规定办理。

5.2.2 路线初勘

1. 工程地质选线

1) 选择路线方案,应十分重视工程地质条件。当区域稳定条件差,有不良地质现象和特殊性岩土存在,山体或基底有可能失稳时,尤应衡量地质条件对工程稳定、施工条件和安全及营运养护的长期影响,合理选定路线方案。

2) 工程地质选线工作,应由有经验的工程地质人员和工程专业人员共同进行。综合考虑地质条件和各种因素,初步选定路线位置。然后在充分研究并掌握沿线的工程地质条件下,尽可能对有价值的方案进行比较,将路线、大桥、隧道及立交等重点工程选定在工程地质条件相对较好的区间内,以避免在详测时因地质问题而发生路线或桥位、隧址方案变动。

3) 对规模大、分布广、治理难的不良地质和特殊性岩土地带,路线应尽量绕避。必须通过时,应选择以最短的距离、最有利的部位通过,并应对其采取切实有效的工程措施。

4) 各类地质条件路线布设应遵循的基本原则

(1) 按不同地形、地貌条件进行工程地质选线

① 河谷路线:路线宜布设在地势平坦或有阶地的一岸;顺岩层走向发育的纵向河谷,路线一般应布设在逆倾向坡一岸;顺大断裂发育的河谷,路线一般应布设在断层下盘岸或分支断裂较少的一岸。

② 越岭路线:避免沿构造轴线,尤其是大断裂的破碎带和地下水发育带布线;路线应尽可能垂直通过坡碎带,避免在其上展线。

(2) 按不良地质路段进行工程地质选线

① 岩溶区:通过岩溶区时,路线应布设在可溶岩与非溶岩互层的岩溶发育相对较弱区;避免沿厚层可溶岩与非溶岩接触带、构造破碎带、褶曲轴部和倾伏端布线;通过岩溶坡立谷、丘陵区,线位宜靠山坡;通过溶蚀洼地的路线选在洞穴少、埋深大,岩溶水排泄条件弱的地段。

② 滑坡区:路线通过滑坡的原则,应力求不恶化滑坡体,并增强其稳定性。根据路线高低选择布线位置,一般是滑坡上缘或下缘比滑坡中部好。通过滑坡上缘,一般以挖方路基为宜;通过下缘,以路堤为宜。

③ 岩堆区:处于发展阶段、上方山坡有大量物质来源的岩堆应及早提坡从上方山体的稳定地带通过;趋于稳定的岩堆,如地形条件允许,路线宜在岩堆坡脚外适当距离通过。如地形受限,也可在下部以路堤形式通过;对已稳定的岩堆,布设路线应注意不破坏其稳定性和选择在堆积物较薄、基底稳定条件较好的部位。

④ 崩塌区:通过崩塌区,路线不宜紧靠崩塌体脚下,并设置遮挡建筑物;小型、零星落石段,宜将路线设置在崩塌落石停积区外,以路堤形式通过。

⑤ 泥石流区:通过泥石流区时,首先应考虑从流通区或河床比较稳定、冲淤变化不大的洪积扇顶部以桥跨越;基本稳定或规模不大的泥石流,路线可从堆积区通过,但应注意路桥结合和导流防护措施。

⑥ 水库区:路线必须设在塌岸带内时,应有确保路基稳定的工程措施,路线宜选择在基岩露头良好、土层薄的坡体稳定段;路线走向宜与主导风向一致或逆风向一侧。

⑦ 风沙地区:路线通过沙漠地区时,宜尽量避开严重的流沙地段,选择在沙害较轻的湖盆滩地、河谷阶地、古河床及扇缘地带布线;必须通过流沙时,路线宜以最短的距离布设在沙丘起伏不大和在沙丘的中立地带;路线的走向宜与当地的主导风向大致平行;路线宜靠近材料产地和水源地。

⑧ 采空区:通过采空区,应选择在矿层薄、埋藏深、倾角缓、垂直矿层走向等有利条件下。

⑨ 积雪区:风吹雪地区,路线宜避开风速严重减缓区;通过山地丘陵时,应尽量利用几面通风的开阔地、台地、山梁、垆岗等;路线走向应尽可能与风雪流的主导方向平行或交角小于 30° 。一般积雪区,越岭或沿河路线宜设在阳坡上。

⑩ 雪崩区:路线应尽可能绕避严重雪崩区;在森林区路线应注意靠近森林较多、较密的一侧通过;通过雪崩的沟槽时,如河谷较宽,应从堆积区的外侧通过;通过雪崩堆积区或运动区时,应结合防治雪崩的工程措施选择合理的位置。如采取拦阻雪崩或导雪措施时,路线应尽可能在堆积区的下方通过。如采

用防雪走廊时,路线应尽量靠近陡坡。越岭展线地段应避免多次经过同一雪崩沟槽,山坡上路线不宜设挖方。

⑪ 强震区:路线应力求绕避近期活动的断裂带、断层破碎带和断裂交叉带、易液化砂土及软土等松软地基、不稳定悬崖深谷、易塌陷地下空洞等抗震不利地段;路线宜选择在地势平坦或地貌单一的平缓坡地。

(3) 按特殊性岩土进行工程地质选线

① 冻土区:路线通过山坡时,宜选择在平缓、干燥、向阳的地带;在积雪地段,应选择在积雪轻微的山坡上;沿大河河谷定线,宜选择在阶地或大河融区,但应避免在融区附近的多年冻土边缘地带;穿过冻土时,应以较短的距离通过多年冻土地带;路线宜选择土质良好的地带,并尽量靠近取土地点,以及砂、石和保温材料产地;在厚层地下冰和冻土沼泽地段,宜从较窄、较薄且埋藏较深处通过;在热融滑坍、冰丘、冰椎地段,路线宜在下方较高处通过。

② 软土区:选线应注意避开泥沼及软土地段,力求绕避陡山坡上的泥沼、古湖盆的泥沼以及中间聚水地带的泥沼;通过泥沼及软土地段时,线位应尽可能选在泥沼及软土分布范围最窄,泥炭淤泥层不厚、沼底横坡不大,有较厚覆盖层或硬壳层,地势较高,取土条件较好的地段;宽广的软土地区,路线应避免沿排灌渠道边缘或湖塘边缘布设;选线应注意利用微地貌,如风成高地及丘陵坡麓的堆积高地。

③ 盐渍土区:对于有可能遭受洪水冲淹的低洼地区,以及经常处于潮湿或积水的强盐渍土、过盐渍土或盐沼地带,路线应尽可能绕避;在一般的渍土地区或小面积岛状零星分布的盐渍土地带,路线应选择在地势较高、含盐量较小、地下水位较低、地表排水便利和通过距离最短、距渗水性土地最近的地段。

④ 膨胀土区:路线应选择在膨胀土分布范围窄、膨胀性能弱、膨胀土层薄的地段;路线横穿膨胀土垄岗脊时,应选择前缘部位,垂直脊线穿越;通过既有建筑区时,应尽量远离建筑群及重要建筑物。

⑤ 黄土区:路线应选择平坦的宽谷,在湿陷比较小、地表排水较好的地带通过,避开深沟、陡坡、陷穴、冲沟密集,下伏面陡倾和地下水发育的斜坡地段。

2. 勘察内容

应重点查明与选择路线方案和确定路线走廊有关的地质问题。

具体内容有:

- 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。

3. 勘察范围

勘察工作包括路线各比较方案。沿路线两侧各宽 150 m~200 m,不良地质和特殊性岩土分布路段应视查明地质问题的需要和对路线可能影响的情况扩大勘察范围。

4. 资料要求

1) 路线工程地质说明书

沿线地质概况,不良地质和特殊性岩土类型、分布、特性;工程地质条件对路线方案和线位的影响。

2) 路线工程地质图

该图主要显示测区工程地质概况以及与各路线方案的相应关系。比例尺为 1:50 000~1:200 000,标示内容主要有:

地层地质时代(划分至组)或成因类型分界线;地层代表性产状,主要的地质构造线,地震基本烈度界线,大地貌单元界线,不良地质和特殊性岩土的类别、位置(用符号表示);工程地质分区及分区说明表;工程地质综合柱状图;路线工程地质纵断面示意图或区域代表性地质断面示意图。

3) 工程地质平面图

利用路线图作底图编制,比例尺为 $1:10\,000\sim 1:20\,000$ 。不良地质地段另绘比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 的工程地质平面图,较详尽地显示路线的工程地质条件。图上标示内容为:

(1) 地层界线:基岩按地质年代划分至组,组以下按工程地质岩组划分;第四系按成因类型划分至统。

(2) 地质构造:岩层与节理的代表性产状,断裂与褶曲的位置及产状。

(3) 工程地质区划界线及地质构造。

(4) 不良地质和特殊性岩土范围界线。

(5) 地下水露头点。

(6) 地震基本烈度界线。

(7) 地质观察点、勘探点、测试点位置。

(8) 各段代表性地层小柱状图。

4) 工程地质纵断面图

水平比例尺用 $1:2\,000\sim 1:20\,000$,垂直比例尺相应地用 $1:200\sim 1:2\,000$ 。不良地质地段应另绘水平比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直比例尺相应地为 $1:100\sim 1:1\,000$ 的工程地质纵断面图。图中示出试坑、钻孔编号、孔深、岩土类型界限及地质构造等。图中下部各栏示出地质概况、地貌类型、试坑与钻孔的地面标高及桩号等。

5.2.3 路基初勘

1. 一般路基

1) 勘察重点

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、含水状态;

(3) 地下水和地表水的活动情况。

2) 调查与测绘

与路线的工程地质的调绘一并进行,工作范围、测绘精度相同。

3) 勘探

勘探工作沿路线进行,选择在地形特征点处,一般布设勘探点的间距视地质条件复杂程度而异。二级及二级以上公路的控制性勘探点间距平均为 $200\text{ m}\sim 500\text{ m}$,孔深:细粒土不小于 4 m ,粗粒土不小于 2 m ;二级以下公路勘探点间距平均为 $500\text{ m}\sim 1\,000\text{ m}$,深度不小于 2 m ,宜采用简易钻探或挖探。辅助性勘探点的布设与深度可视地形、地质情况确定。

4) 测试

测试工作重点布设在土质路基段,对土样进行野外鉴别并选取代表性样品进行常规物理、水理及化学性质试验和必要的力学试验,或选代表性地段作原位测试。测试点的数量约为勘探点的一半。

5) 资料要求

(1) 路基工程地质条件分段说明:根据地质条件或地貌分段,按里程桩号逐段说明。内容为地形地貌、岩土性质、水文地质条件,评价地基地质条件、边坡稳定性和建议设计坡率。

(2) 工程地质纵断面图:地质时代和岩性,岩层产状,断层及产状。图的水平、垂直比例尺与路线纵断面图一致。

(3) 代表性工程地质横断面图:要求同上。

(4) 勘探、测试资料汇总表。

2. 高路堤

1) 勘察重点

(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。

(2) 判定在路堤附加荷载作用下,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》(JTJ 017)的有关规定办理。

2) 调查与测绘

(1) 采用初测路线平面图,按 1:5 000 精度控制进行地调和测绘,结合勘探资料,编绘路段工程地质平面图。

(2) 选定路段的控制横断面位置。控制横断面在纵向一般每 200 m 设 1 个。地层变化不大时,可以每 500 m 设 1 个,或每个工段不得少于 2 个。

(3) 用 1:100~1:200 的比例尺编绘控制横断面图,左右应超过路堤底宽至少 20 m

3) 勘探

(1) 每 1 个控制横断面上,包括露头、挖探、简便钻探、触探、物探等勘探点不得少于 2 个。

(2) 勘探深度对小于 2 m~4 m 的覆盖层应达到基岩面,对于深厚土层应不小于路堤高度并穿过软土层。

(3) 高填路段及地质构造处,视需要可采用少量钻孔,孔径应满足采样测试的要求。

4) 测试

采用原位测试方法在控制横断面上进行土层物理力学指标测定。在钻孔中应采样进行室内试验。露头、挖探、简便钻探均应采取样品进行目测和试验,分析对比土层物理力学指标。

5) 资料要求

(1) 路段工程地质说明书,论证高填路堤下地基在沉降和滑移方面的稳定性。

(2) 路段地质平面略图:图中应含控制性地质横断面图和地层物理力学指标汇总表。

(3) 提供处理方案建议和详勘工作建议。

3. 陡坡路堤

1) 勘察重点

(1) 对于填筑在等于或陡于 1:2 的斜坡上及存在可能沿斜坡滑动的路堤(包括半填路堤),应查明其沿斜坡或下卧基岩面滑动破坏的可能性。

(2) 调查斜坡上覆盖土层的层位、层厚、土类,斜坡下卧基岩岩石的倾斜度、岩性、产状、风化程度、斜坡地表水和地下水的情况。

(3) 确定土层和岩土界面的抗滑、抗剪指标。

2) 调查与测绘

(1) 采用初测路线平面图,按 1:5 000 精度控制进行地调和测绘,结合勘探资料编绘工程地质平面图。

(2) 选定控制横断面位置,在路段纵向一般每 200 m 设 1 个,地层变化不大时可以每 500 m 设 1 个,但每个工段不得少于 2 个。

(3) 控制横断面采用 1:100~1:200 的比例尺编绘横断面图,并应上下超过陡坡路堤宽各 20 m。

3) 勘探

(1) 每个控制横断面上包括露头、挖探、简便钻探及触探、物探点不得少于 2 个。

(2) 勘探深度一般应达到基岩,较厚土层可按照高填路堤规定办理。

(3) 为查明陡坡路堤工段的地层结构,必要时可采用少量技术性钻孔。钻孔孔径应满足采样试验的需要。

4) 测试

(1) 采用原位测试方法在控制横断面上进行土层物理力学指标测定。

(2) 露头、挖探、简便钻探采样目测和试验。分析对比岩土物理力学指标的采用值。

5) 资料要求

(1) 路段工程地质说明书: 论证斜坡路堤滑动破坏的可能性, 提供抗滑措施方案建议和对详勘工作建议。

(2) 路段地质平面略图: 图中应包括控制性地质横断面图及岩土物理力学指标汇总表。

4. 深路堑

1) 勘察重点

(1) 对于初拟的路堑边坡高度大于或等于 20 m 者, 或边坡高度虽小于 20 m, 但需要特殊处理者, 均应对开挖边坡的土层、岩层及沿软弱结构面滑动的稳定性进行调查。

(2) 调查岩土组成情况、岩土界面坡度和倾向、岩石风化程度。

(3) 调查土质边坡的土层层位、层厚。

(4) 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。

(5) 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。

2) 调查与测绘

(1) 采用初测路线平面图, 按 1:5 000 精度控制进行地质调查和测绘, 结合勘探资料编绘地质平面略图。

(2) 选定控制横断面位置, 在路段纵向一般每 100 m 1 个, 根据地层变化可以加密为每 50 m 或放宽到每 200 m 1 个, 或每个工段不少于 2 个。

(3) 对于岩体应调查并测绘地层和各种软弱结构面的产状、密度、连通情况, 充填物和含水情况, 有顺层滑动的应调查其产状与节理情况。

(4) 控制横断面采用 1:100~1:200 比例尺, 测绘范围应根据地层岩性、地质构造、地形地貌和水文条件所影响的可能滑动范围以及路堑的开口宽度等来确定。一般应在路线左右各 50 m~100 m。

3) 勘探

(1) 控制性横断面的间距按深路堑的长短、地形及地质的复杂程度而酌情确定。每个控制横断面上包括露头、挖探、简便钻探及触探、物探点不得少于 2 个。

(2) 对于仅存在土层稳定问题者, 勘探深度应达到岩土界面; 对于岩石边坡, 一般通过露头观测、挖探和地质测绘推算到路基标高以下 3 m~5 m。

(3) 当所采用方法未判明路堑边坡稳定性问题时, 应适当增设技术性钻孔。钻深达到软弱结构面以下或应达到路基设计标高以下 3 m~5 m, 以判明为止。钻孔孔径应满足采样试验的需要。

4) 测试

(1) 采用原位测试方法, 在控制横断面上进行土层及岩石露头的物理力学指标测定, 并判定土、石工程等级。

(2) 对钻探取样进行目测和试验。

5) 资料要求

(1) 路段工程地质说明书: 论证路堑边坡稳定性, 附土体稳定分析和岩体结构面稳定分析资料, 提供稳定处理措施方案建议和对详勘工作建议。

(2) 路段地质平面图, 控制横断面图。

(3) 岩土物理力学指标汇总表。

5. 支挡工程

1) 勘察重点

(1) 勘察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。

2) 调查与测绘

(1) 采用初测路线平面图,精度按1:5 000控制,对拟定的支挡工程布设轴线路段进行工程地质调绘。结合勘探资料、编绘工程地质平面图。

(2) 在设置支挡工程的轴线上选定控制横断面,间距每30 m~50 m 1个,但每处不得少于2个。

(3) 控制横断面比例尺采用1:100~1:200,测绘范围应包含受挡的岩土体,并应因支挡工程类型而有所不同。

3) 勘探

(1) 每个控制断面上包括露头、挖探、简便钻探、触探和物探的勘探点不得少于2个,并应在支挡工程轴线上设有勘探点。

(2) 勘探深度主要控制在设挡轴线上的探点,一般应穿过覆盖土层达到基岩;对于厚层覆盖土层应穿过软弱土层,达到承载力相对较大的持力地层。

(3) 支挡工程的地基,当简易方法不能达到勘探目的时,应布置少量钻孔并采样进行试验。

4) 测试

(1) 采用原位测试方法在控制断面上进行土层物理力学指标测试,在钻孔中应采样进行室内试验。

(2) 利用露头、简易钻探及挖探采取试样进行目测和测试。

5) 资料要求

(1) 支挡工程地质说明书:论证设支挡工程处地基的稳定性,提供支挡工程地基各土层基本容许承载力。未穿过软弱地层,还应提供极限摩阻力,提供基础类型和支挡工程方案的建议,提供详勘工作建议。

(2) 设挡路段工程地质平面图:图中应包括控制性地质横断面图及地基岩土物理力学指标汇总表。

6) 支挡工程多处于不良地质、特殊性岩土路段或重点工程路段,其初勘的各项工应各有关的初勘规定进行,工作量也应兼顾布置,资料应统一编制。

6. 河岸防护工程

1) 勘察重点

(1) 对于临河、沿河的低位路线的河岸和下边坡,当存在水流冲刷失稳,并需要设置河岸防护和疏导水流工程的路段,应进行调查。

(2) 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。

(3) 调查河段的水力特征、冲淤变化规律。

(4) 调查防护工程及导流工程构造物位置基底地层、岩土组成、岩土物理力学指标。

2) 调查和测绘

(1) 对近河、沿河路段采用初测路线平面图,精度按1:5 000控制,进行工程地质调绘,结合勘探资料编绘河岸防护工程路段地质平面略图。

(2) 采取地质调查和简易水文、水力观测方法确定设防和导流工程地段,并选定控制横断面位置。控制横断面纵向间隔每30 m~50 m,或每个工段不少于2个。

(3) 测绘宽度应包含设防标高以下河床(或水下)部分不小于20 m,岸坡上包含路基全宽。采用1:100~1:200比例尺编绘控制横断面图。

3) 勘探

(1) 在设防和导流工程的控制横断面上包含露头、挖探、简便钻探、触探、物探等勘探点不得少于2个。在设防和导流体轴线上应有勘探点,勘探深度应达到河床下岩层或基底坚实地层,并应超过河床冲刷深度线3 m。

(2) 防护工程的土地基,用简易方法不能达到勘探目的时,应布置少量钻孔并采样进行试验。

4) 测试

- (1) 采用原位测试方法,在代表性地质横断面上进行土层物理力学指标测试。
- (2) 利用露头、简易钻探取样,对岩、土进行目测和测试。在钻孔中采样应进行室内试验。

5) 资料要求

(1) 河岸防护工程地质说明书:论述近河、沿河低位路线下边坡及河岸的冲刷稳定性,论证设防和导流工程的必要性,设防和导流工程类型及其实施可行性。

(2) 河岸防护工程路段地质平面图:设防和导流工程工段的平面、纵面和代表性地质横断面图。设防和导流工程工段的岩、土物理力学指标汇总表。

7. 改河(沟渠)工程

1) 勘察重点

- (1) 对因路线或桥梁的需要,初拟的河道、沟渠改道地段应列项调查。
- (2) 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。
- (3) 调查改移河道地段的地形地貌、水文条件、地层岩性、地质构造。
- (4) 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设防护工程的必要性。

2) 调查和测绘

(1) 采用路线平面图,精度按1:5 000控制,沿改河轴线左右各200 m范围内进行工程地质调查和简易测绘,结合勘探资料编绘改河区段的工程地质平面略图。

(2) 沿改河轴线间隔每100 m设改河控制横断面。对于设防和导流工程,每工段应设置不少于2个控制性工程地质横断面,采用1:200~1:500横向比例尺编绘横断面图。

3) 勘探

(1) 在控制横断面上包含露头、挖探、简易钻探、触探和物探点不得少于2个,在设防和导流工程轴线上应布置有勘探点。

- (2) 勘探深度应超过原河床线深度3 m,或达到基岩面。
- (3) 防护和导流工程,当采用简易方法不能达到勘探目的时,应布置控制性钻孔。

4) 测试

- (1) 采用原位测试方法,在代表性地质横断面上对土层进行物理力学指标测试。
- (2) 利用露头、简易钻探取样,对其进行目测和测试。在钻孔中应采样进行室内试验。

5) 资料要求

(1) 改河工程地质说明书:评价初勘拟改河地段的工程地质、水文地质条件,提供改移河道轴线方案和河岸防护及导流工程布置方案建议,论证设防的必要性和实施的技术可行性。

(2) 改移河道工程地质平面图,改移河道和设防、导流工程的控制横断面图。

(3) 地层物理力学指标汇总表。

8. 勘察深度

上述5.2.3条2~7款各重点工程路段的初勘工作,对于三、四级公路,只作重点地质调查和测绘、简易勘探、测试,不编专项工程地质说明书,但应按类别列表,说明重点工程类别、里程起讫桩号、重点地质问题,建议处理措施,并附路段控制纵、横断面调绘图。

5.2.4 小桥涵的初勘

1. 勘察重点

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。

2. 调查与测绘

通过工程地质调查、目测和简易测绘,结合勘探资料,编绘小桥轴线、墩台轴线和涵洞轴线的地质断面图,比例尺与路基横断面图相同。

3. 勘探

在小桥轴线、墩台轴线、涵洞轴线上,布置包括露头、挖探、简易钻探、触探和物探等勘探点不少于1个。其深度应达到构造物要求的持力层,遇软弱地基应穿过厚层覆盖层中的软弱地层。

4. 测试

利用露头、挖探、简易钻探采样进行目测和测试。结合勘探进行原位测试。

5. 资料要求

应充分利用沿线其他工程勘探资料,提供小桥、涵洞地质调查材料表与勘探点柱状图。对地质条件复杂的场地,拟按表列项目和内容,包括:小桥轴线、墩台轴线、涵洞轴线在中线位、左、右边线的地层层位、岩土名称、承载力、地下水位等,并附有对小桥涵基础埋深或地基处理、基础类型建议的文字说明。

对于特殊地质条件下的小桥涵,应提出存在的特殊问题及详勘工作建议。

5.2.5 互通式立交工程的初勘

1. 勘察重点

1) 重点调查互通式立交工程区段内的地层岩性、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。

2. 调查与测绘

1) 采用1:2 000地形图,精度按1:5 000控制,对立交工程区段进行工程地质调绘。结合勘探资料编绘互通式立交工程地质平面图。

2) 按立交桥(包括墩台)主交叉路线、匝道路线分段进行工程地质调绘,结合勘探资料编绘分段地质纵断面图。

3. 勘探

1) 兼顾立交桥墩、台轴线在立交桥轴线上布置勘探点,包括露头、挖探、简易钻探、触探和物探等。

2) 勘探点的间距和深度按本规范有关桥位初勘等的规定办理。

4. 测试

1) 结合勘探工作采用原位测试方法、进行土层物理力学指标测定。

2) 利用露头、挖探、简易钻探取样,进行目测和测试、对比分析,判定岩土物理力学指标范围值。在钻孔中取样进行室内试验。

5. 资料要求

1) 互通式立交工程地质说明书:评价立交工程场地地质条件,提出立交工程布置、立交形式的建议,及对重点、特殊处理工程布置方案与详勘工作提出建议。

2) 互通式立交工程区段工程地质平面图:互通式立交桥中的特大、大、中桥桥位工程地质平面图和纵断面、交叉路线轴线纵断面、匝道路线纵断面图等。

3) 岩土物理力学指标汇总表。

互通式立交工程中的小桥、涵洞只需提供立交工程调查汇总表,内容按小桥涵工程初勘规定办理。

互通式立交工程中的高填方路堤、陡坡路堤、深挖路堑、支挡工程等应参照本规范5.2.3条的规定进行勘察和整编资料。

5.2.6 沿线设施工程的初勘

对沿线有关管理区、养路工区、服务区、停车场等沿线设施工程的初勘,应按《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的规定执行。

5.3 桥位初勘

5.3.1 桥位选择

1. 一般工程地质地区的桥位选择

1) 桥位选择对地形、地貌、地物等方面的要求

(1) 桥位应尽量选在两岸有山嘴或高地等河岸稳固的河段;平原区河流的顺直河段;两岸便于接线的较开阔的河段。

(2) 桥位应避免选在其上、下游有山嘴、石梁、沙洲等干扰水流畅通的地段。

(3) 桥位应尽量避免选在地面、地下已有重要设施而需要拆迁的地段。

(4) 桥位选择应考虑施工场地布置和材料运输等方面的要求。

2) 桥位选择对工程地质条件的要求

(1) 桥位应选在基岩和坚硬土层外露或埋藏较浅、地质条件简单、地基稳定处。

(2) 桥位不宜选在活动断层、滑坡、泥石流、岩溶以及其他不良地质发育的地段。

2. 特殊地质地区的桥位选择

特殊地质地区桥位选择,除应满足一般地区桥位选择要求外,还应满足本款各项的有关要求。

1) 泥石流地区的桥位选择

(1) 在强泥石流地区,桥位应采取绕避方案。

(2) 当路线必须通过泥石流地区时,桥位应选在沟床稳定的流通区的直线段上,且桥轴线应与主流正交;不应选在沟床纵坡由陡变缓、断面突然收缩或扩散以及弯道的转折处。

(3) 在泥石流地区,严禁开挖设桥,亦不得改沟并桥。

(4) 当路线通过泥石流堆积扇时,桥位宜避开扇腰、扇顶部位,宜选在扇缘尾部,路线应沿等高线定线,桥梁宜分散设置。如堆积扇受大河水流切割时,桥位选择应考虑切割发展,留有一定的余地。

(5) 当路线通过泥石流堆积扇群时,桥位宜选在各沟出口处或横切各扇缘尾部。

2) 岩溶地区桥位选择

(1) 桥位选择应避开岩溶发育地段;若难于避开,需在岩溶发育地段设桥时,则应选在岩层比较完整、洞穴顶板厚度尺寸足够处。

(2) 当路线跨越岩溶地区的构造破碎带时,桥位应避开构造破碎带;当无法避开时,应使桥位垂直或以较大的斜交角通过。

(3) 当不能绕避岩溶区时,桥位应避开大洞室和大竖井部位。

(4) 桥位不宜设在可溶岩层与非可溶岩层的接触带,而宜设在非可溶岩层上。

(5) 路线跨越岩溶丘陵区的峰间谷地时,桥位不宜选在漏斗、落水溶洞、岩溶泉、地下通道及地下河出露处。如必须通过时,应探明岩溶的位置和水文条件,采取相应的工程措施。

(6) 岩溶塌陷区的桥位选择

① 桥位应选在工业与民用取水点所形成的地下水位下降漏斗范围以外。

② 桥位应选在覆盖层较厚、土层稳固、洞穴和地下水位稳定处;如塌陷范围小,可用单孔跨越。

③ 地下河范围内不宜设桥,也不宜靠近设桥。

3) 滑坡地区桥位选择

(1) 桥位应绕避大型滑坡地带。

(2) 当路线必须通过滑坡地区时,桥位应选在边坡、沟床稳定而对桥梁无危害的地段。

(3) 通过桥位区工程地质条件的综合分析,预测施工及建桥后岩土体可能发生的变化及其对桥梁稳定性的影响,并作出评价。

4) 沼泽地区桥位选择

桥位应选在两岸地势较高的地点,桥头引道应尽量避免通过淤泥、软土、古河道等不良地质地段;如无法避开时,应选在基岩或硬土埋藏浅、软弱地层厚度薄的地段。

5) 黄土地区桥位选择

(1) 桥位宜选择在沟岸较低、冲沟较窄、抗冲性强而比较稳定的地段;桥位处应有利于处理沟底冲

刷和沟岸防护。

(2) 桥位不宜选在黄土陷穴、溶洞和易于崩解、潜蚀、顶冲以及发育不稳定的地段。

5.3.2 勘察要求

1. 应根据工程可行性研究报告的审批意见,在工程可行性研究地质勘察资料的基础上,进行初勘。对工程地质条件复杂的特大桥和大桥,必要时,增加技术设计阶段勘察(技勘),对初勘作进一步补充勘察工作。

2. 根据初勘合同或初勘任务书的要求进行初勘。

3. 初勘阶段,应对各桥位方案进行工程地质勘察,并对建桥适宜性和稳定性有关的工程地质条件作出结论性评价。

关于环境介质对混凝土腐蚀的评价标准按本规范的附录D的有关规定办理。

5.3.3 调查与测绘

1. 在桥位处必须进行工程地质调查。对工程地质条件复杂的特大桥,应进行工程地质测绘,比例尺用 $1:500 \sim 1:2\,000$,编制桥位工程地质平面图;对一般的特大桥、大桥及复杂中桥,不进行工程地质测绘。

调查测绘前,应对已有的工程地质资料进行分析研究,如图件比例尺符合测绘要求或有更大的比例尺时,可在现场进行核对、补充、修订,否则应实地测绘。

对于桥位范围内的主要不良地质和特殊性岩土的工程地质调查与测绘工作,按本规范有关规定办理。

2. 调查与测绘范围

1) 调查范围,一般包括对桥梁及其附属工程有影响的工程地质现象。

2) 测绘范围,一般应包括桥轴线纵向的河床和两岸谷坡或阶地(约 $500\text{ m} \sim 1\,000\text{ m}$),以及横向的河流上、下游各 $200\text{ m} \sim 500\text{ m}$;如设计有特殊要求,可增加测绘范围。

3. 调查与测绘的要求与内容按3.3.2条的规定办理。

5.3.4 工程地质勘探

1. 工程地质勘探,一般应在工程地质调查或测绘的基础上,通过物探、钻探、挖探、钎探、原位测试等综合手段进行。各桥位处的勘探工作量,应根据工程地质复杂程度和设计要求确定。

2. 在桥位工程地质勘探工作中,应结合地质特点,对工程地质条件复杂的桥位不得以单独物探资料作为设计依据,应与原位测试、钻探密切配合对资料综合分析应用,以查明各桥位工程地质条件。

3. 电法勘探(电探)

1) 测点布置原则

(1) 在桥位要求勘察的范围内,按地貌、地形与地电条件,作必要的定性定量勘探,使探测对象有较完整的反映。

(2) 按工程地质条件复杂程度和工程要求,作纵横断面布置。测线一般以沿桥轴线纵向布置为主,在其两侧应布置不少于两条平行和垂直于桥轴线的勘探线。测线、测点间距应根据地质条件和工作比例尺确定,一般在工作比例尺图件上,线距取 $1\text{ cm} \sim 4\text{ cm}$,点距取 $0.25\text{ cm} \sim 1\text{ cm}$ 。

(3) 测点应在测区不同地貌和构造单元范围内均匀布置,并在钻孔附近或不同电性断面上布置控制性勘探点。复杂地区应适当加密勘探点。应布置不少于2%的检查勘探点。

2) 精度要求

当地电条件较好,有岩石露头或有适当钻孔提供参数时,深度定量平均相对误差应小于 $\pm 12\%$;当地电条件较差,缺少岩石露头或无适当钻孔作参数时,深度定量平均相对误差应小于25%。

4. 地震法勘探(震探)

1) 测线与测点的布置原则

(1) 测线应沿桥轴线及其两侧布置,一般不应少于3条;其相互间距和长度应根据地质条件复杂程

度而定,一般间距陆上为 20 m~30 m,水上为 50 m~100 m;测线长度比规定的勘探范围应大于 4 个正常检波点。

(2) 测线应垂直于构造线走向,当岩层倾角过大或有旁侧波影响时,可布置斜交线。

(3) 震探点排列应尽量布置成直线,有困难时可布置成折线,但其折角不宜大于 5° ,且将折点布置成炮点。

同一排列的震探点应布置在地形起伏不大、地表介质均一的地段上,并应与钻孔、电探点、岩石露头等资料紧密配合。

2) 精度要求

在较好的条件下,地震界面深度的定量平均相对误差应小于 $\pm 10\%$;条件较差时,应小于 $\pm 20\%$;确定埋藏地质体平面位置的误差为 1~2 检波距。

5. 声波探测

1) 测段或测点布置原则

(1) 测段或测点应根据任务书要求布置在表面平坦且具有代表性的地段;发射点和接受点,根据深测项目的需要,可选在地面或岩体表面,也可选在 1~2 个钻孔中。

(2) 孔间测试时要求孔向平行,如不平行,应准确地实测各孔方位、倾角、孔口距及孔口连接线方位、高差等。

(3) 为工程地质分类和评价,声测孔一般可布成直角线;孔距一般小于 10 m,孔深视岩体情况而定。

(4) 测定动、静弹性模量对比试验的测孔布置,应考虑便于测试静弹模面上各种不同方向的岩体波速。测孔数目、孔距、孔深视现场情况而定。

2) 精度要求

(1) 时距曲线图,一般应以 1:10 和 1 cm 代表 50 m/s 的比例尺绘制。

(2) 纵波或横波速度沿测线或孔深变化的曲线图,一般应以 1:20 和 1 cm 代表 500 m/s 或 1 000 m/s 的比例尺绘制。

(3) 振幅沿测线或孔深变化的曲线图比例尺,应根据振幅衰减程度选定。

(4) 弹性模量,应根据实测的纵、横波速进行计算;但当横波资料不可靠时,可采用岩块测纵、横波速求泊松比值。

6. 测井

1) 基本要求

(1) 钻孔采用泥浆护壁。测井前适当冲洗循环液 1 h~2 h,并进行标定。

(2) 测定地下水时,必须用清水冲洗钻孔,使孔壁孔隙畅通。

2) 精度要求

(1) 电测井当深度比例尺为 1:200 时,每隔 20 m 做一深度记号;地层复杂,可 10 m 做一深度记号;孔深小于 40 m 时,应每 5 m 做一深度记号;10 m 的深度记号,测量误差不得超过 1 cm。

(2) 在钻孔中划分地层厚度误差应小于 ± 0.1 m。

7. 钻探

钻探一般是沿桥轴线或在其两侧布置,原则上应布置在与工程地质有关的地点,同时考虑到地貌和构造单元。有条件时,可结合桥型方案的墩(台)位布置。

在桥位附近如有工程地质勘察资料可供参考、工程地质条件简单时,则可减少钻探工作量。

1) 钻孔数量应结合下列情况,并参照表 5.3.4 确定。

(1) 桥位的钻孔数量取决于桥梁的类别及工程地质条件。当工程地质条件简单时,中桥一般不应少于 2~3 个,大桥一般不应少于 3~5 个,特大桥一般不应少于 5~7 个。

(2) 钻孔分为技术性钻孔和一般性钻孔两种。技术性钻孔应占桥位钻孔总数的一半。

(3) 特大桥或长度近于 500 m 的独立大桥,应在物探资料的基础上,适当增加技术性钻孔数量。

2) 钻孔深度,应结合下列情况,并参照表 5.3.4 确定。

(1) 覆盖层为漂石、卵石层,其厚度大、层次少,钻孔深度为 8 m~20 m,砂、砾石层为 20 m~35 m,软弱粘土层为 35 m~120 m。

(2) 覆盖层较薄,下伏基岩风化层不厚时,技术性钻孔应钻入未风化基岩内 3 m~5 m,有特殊要求的可适当增加。一般性钻孔应钻入微风化层内 3 m~5 m。为确认是基岩而非孤石,应将岩芯同当地岩石露头、岩性、层理、节理和产状对比分析,进行综合判断。

(3) 当覆盖层较薄、下伏基岩风化层较厚时,技术性钻孔应钻入微风化层中 3 m~8 m,一般性钻孔应钻入微风化层内 2 m~5 m。对抗冲刷性弱的基岩,钻孔应适当加深。

(4) 当桥位基岩裸露,岩体完整新鲜且强度大、又无岩溶发育时,可不钻探。

(5) 对特殊性岩土地层及岩体中软弱夹层、破碎带、岩溶等桥位处的钻孔深度要求,应按本规范有关章节规定办理。

表 5.3.4 桥位钻孔数量与深度表

桥梁按跨径分类	工程地质条件简单		工程地质条件复杂	
	孔数(个)	孔深(m)	孔数(个)	孔深(m)
中 桥	2~3	8~20	3~4	20~35
大 桥	3~5	10~35	5~7	35~50
特大桥	5~7	20~40	7~10	40~120

注:① 表列数值系参考值,工作中应根据实际情况确定;

② 河床中钻孔深度系以河床面高程控制,河岸处孔深应按地面确定;

③ 表列孔深,当地基承载力小时取大值,大时取小值。

3) 钻孔孔径

(1) 为鉴别和划分地层,钻孔孔径不宜小于 75 mm。

(2) 为采取供做室内物理与力学试验的原状土样,钻孔孔径不宜小于 110 mm。为采取岩样,对软质岩石钻孔孔径不宜小于 110 mm,对硬质岩石钻孔孔径不宜小于 91 mm,软硬质岩石互层时钻孔孔径不宜小于 110 mm。

(3) 在孔内作原位测试时,应按试验要求确定孔径。

4) 钻孔取样要求

(1) 在技术性钻孔中要取原状土样。

在粘性土或砂类土层中,一般每 1 m~1.5 m 应取原状土样一件;如土层厚度大于等于 5 m,可视具体情况,每层分别在上、中、下部位各取代表性原状土样一件;遇有土层变化,应立即取样。

(2) 在一般性钻孔中,除按需要采取一定数量的原状样品外,还应分层采取扰动鉴别样品。

(3) 岩芯采取率:在坚硬完整岩层中,不宜小于 85%;在强风化、破碎的岩层中,不宜小于 50%;重点研究的孔段(断层破碎带、滑坡滑动带等)应尽量提高岩芯采取率。粘性土地层,不宜小于 80%;砂类土地层不宜小于 65%;碎石类土不宜小于 50%。

(4) 对特大桥、工程地质条件复杂的大桥,应有 3 孔以上,一般大、中桥 1~2 孔,取具有代表性的岩芯,按地层上下顺序进行编号、整理、装箱、填写岩芯卡片和岩芯箱登记表。对破碎、松散岩样,应采用瓶装或袋装加以保存。对岩芯、松散岩样应保存到桥梁建成。

(5) 为满足冲刷计算需要,除对河床表面的巨粒土、粗粒土进行颗粒分析试验外,同时还要在河槽中一定深度内用探坑和钻孔中干钻取样进行颗粒分析试验。

(6) 如需作水质分析时,应在江河中(与海水有联系的应分上、中、下三层)及钻孔中分别取样,进行试验。

5.3.5 原位测试

1. 原位测试应根据土质特性、工程要求和经验,选用静力触探、动力触探、十字板剪切试验、横压试验等方法。

在原位测试时,每一土层试验数据,一般要求为1~3个。

2. 动力触探适用范围及应用条件

1) 适用范围主要是判定砾石、碎石土层的厚度、密实程度、基本承载力及判定浅覆盖层与基岩风化层的界线。

2) 动力触探的类型和规格,可按表5.3.5采用。

表5.3.5 动力触探的类型及规格表

类 型	锤质量 (kg)	落 距 (cm)	钻杆外径 (mm)	触 探 器	贯入指标
标准贯入试验	63.5	76	42	管式贯入器外径51 mm,内径35 mm,刃口角度19°47',长度700 mm	贯入30 cm的锤击数 $N_{63.5}$
动力锥探试验	63.5	76	42	圆锥头,锥角60°,锥底面积43cm ²	贯入10 cm的锤击数 $N_{62.5}$

3) 采用动力触探时,应符合下列要求:

(1) 采用自动落锤装置。

(2) 触探杆最大偏斜度不超过2%;锤击贯入连续进行,并防止偏心及侧向晃动;锤击速率每分钟宜为15~30击,并采用自动记录装置。

(3) 当触探数据离散性大时,宜用多孔资料或钻探资料及其他原位测试资料综合分析。

(4) 根据动力触探指标,利用地区经验关系,提出设计参数,包括砂土的孔隙比、相对密度、粉砂与粘性土的状态、土的强度、变形参数和地基土的单桩承载力和桩基的持力层。评定探查土洞、滑动面、软硬土层界面和检验地基加固改良效果。

3. 标准贯入试验范围、技术要求及成果分析的内容

1) 试验范围

标准贯入适用于第四系覆盖层中的砂土、粉砂及一般粘性土。

2) 技术要求

应采用自动脱钩的自由落锤法。试验孔应采用回转钻进,钻至试验标高以上15 cm处,清除孔底残土。锤击时应避免偏心及侧向晃动。贯入器打入土层15 cm后,开始记录打入10 cm的锤击数,累计打入30 cm的锤击数为标准贯入击数 $N_{63.5}$ 值。

3) 成果分析

试验数据离散性大时,不应依据单孔击数值对土的工程性能作出评价。应根据标准贯入程度和粉砂土、粘性土状态,土的强度参数、变形参数,地基容许承载力,砂土、粉砂土的液化势,单桩极限承载力及沉桩的可能性等,作出评价。

4. 静力触探用于提供地基土的力学分层,查明土层平面分布情况,确定地基承载力及其他力学性质。

在有资料的地区,根据静力触探资料,利用经验关系,结合相关公式,估算土的强度、压缩性、承载力、单桩承载力、沉桩可能和判断液化势。在缺乏资料的地区,应和其它勘探方法配合,互相验证后,提出土的物理、力学性质指标。根据需要,宜采用孔压静探探头,在停止贯入时,绘制孔隙水压力的消散曲线,估算土的渗透系数和固结系数。

5. 十字板剪切试验适用范围、技术要求及成果分析

1) 适用范围

在钻孔中,原位测定饱和软粘土($\phi_u \approx 0$, ϕ_u 为饱和软粘土的内摩擦角)的不排水抗剪强度和灵敏度。

2) 技术要求

(1) 为测定软粘土不排水抗剪强度随深度的变化,试验点竖向间距可取 1 m,或根据静力触探等资料,布置试验点。

(2) 十字板头形状宜用矩形(径高比 1:2),板厚 2 mm~3 mm,插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的 3~5 倍。

(3) 剪切速率宜采用 $1^\circ/10s$,应在 2 min 内测得峰值强度。当读数出现峰值或稳定值时,继续测记 1 min。

(4) 重塑土的排水抗剪强度,应在峰值强度或稳定值强度出现后,顺剪切扭转方向转动 6 圈测定。

(5) 抗剪强度的精度应达到 1 kPa~2 kPa。

3) 成果分析

(1) 计算软粘土的不排水抗剪强度峰值、残余值和灵敏度。

(2) 绘制不排水抗剪强度峰值和残余值随深度的变化曲线,必要时绘制抗剪强度与扭转角度的关系曲线。

(3) 计算地基承载力、桩的极限承载力和摩阻力,确定软土地区引道路基的临界高度,检验地基加固与改良的效果,判定软土的固结历史。

6. 横压(旁压)试验适用范围、技术要求和成果分析

1) 适用范围

横压(旁压)试验分为预钻式和自动式两种,适用于原位测定粘性土、粉土、砂土、碎石土、软质岩和风化岩的承载力、横压模量和应力应变关系。横压试验应在具有代表性的地层和深度进行,横压器的量测腔宜在同一层内,试验点的垂直间距不宜小于 1 m;每一土层不应少于一个测点,厚度大于 3 m 的土层不应少于两个测点。

2) 技术要求

(1) 预钻式横压试验应保证成孔质量。在软弱地基中使用,应采用泥浆护壁成孔。自钻式横压试验的自钻钻头、转速、钻进速率、刃口的距离、泥浆压力与流量等应符合有关规定。宜通过试钻选择,确定最佳自钻方式。

(2) 加荷等级可采用预计极限压力的 $1/8 \sim 1/12$;在加荷的初始阶段,加荷等级宜小,或卸荷再加荷,以减少对土层的扰动。

(3) 每级压力维持 1 min~3 min 即施加下一级压力。维持 1 min 时,加荷后 15 s、30 s、60 s 测读变形量;维持 3 min 时,加荷后 60 s、120 s、180 s 测读变形量。

(4) 当量测腔的扩张体积相当于量测腔的固有体积时,可终止试验。

3) 成果分析

(1) 对各级压力及相应的扩张体积或半径增量分别进行约束力及体积的修正后,绘制压力与体积曲线及蠕变曲线。

(2) 根据压力与体积曲线,结合蠕变曲线确定初始压力、临塑压力和极限压力,计算地基承载力。

(3) 根据压力与体积曲线的斜率计算横压模量。

(4) 自钻式横压试验成果,可用于计算土的原位水平应力、静止侧压力系数、孔隙水压力及其消散时间和固结特性,估算土的不排水抗剪强度和检验地基加固效果等。

5.3.6 室内试验

1. 室内试验包括岩石和土的物理力学、化学性能试验,以及水质分析。

2. 岩土、水质试验工作内容

1) 岩石试验,包括岩石成分试验、岩石物理性能试验(相对密度、密度、吸水率、饱和吸水率、湿化与

膨胀及冻融试验)、岩石力学性能试验(单轴抗压强度、轴向拉伸、变形、三轴试验)等。

2) 细粒土:天然密度、天然含水量、相对密度、液限、塑限、颗粒分析、压缩系数、压缩模量、渗透系数和抗剪(压)强度(快、慢剪)等,需要时作有机物含量和高压缩性(16 kg~32 kg)试验。

3) 粗粒土:颗粒分析、天然密度、天然含水量、抗剪强度、相对密度、渗透系数、天然休止角试验。

4) 水质分析:应取水样做水质简易分析。对水质有特殊要求时,应对水试样进行专项分析。

5.3.7 资料要求

1. 初步工程地质勘察工作完成后,应对各种原始资料整理分析,编写出工程地质勘察报告。

2. 报告的文字部分

1) 前言:任务的依据和目的,工程地质勘察工作概况。

2) 对地形、地貌特征、地层岩性、地质构造、新构造活动、地震和不良地质现象等工程地质条件的阐述。

3) 对地震烈度和地震动参数鉴定的桥位,应提交鉴定的内容和结论。

4) 对天然筑路材料的种类、储量、质量、位置、开采和运输条件的评价。

5) 综合评价各桥位的工程地质条件,岩、土物理力学性质,提出推荐的桥位方案、桥型方案。

6) 本阶段存在的问题及详细工程地质勘察时的意见和建议。

3. 图表资料

1) 桥位工程地质平面图,工程地质条件特殊和复杂的特大桥应绘本图,比例尺为1:500~1:2000。

2) 桥位工程地质纵断面图,特大桥、大桥及复杂中桥应绘制本图,比例尺用1:200~1:500。如有几个比较桥位,应分别提供工程地质纵断面图。

3) 钻孔地质柱状图,比例尺为1:50~1:200。

4) 原位测试和岩土物理力学试验及水质分析成果资料。

5) 物探成果资料

(1) 物探测线、测点平面图。

(2) 桥位处第四系覆盖层等厚度图。(必要时提供)

(3) 桥位处基岩面高程等值线图(包括断层位置、破碎带宽度等)。(必要时提供)

(4) 桥位物探地质纵断面图(包括断层位置、破碎带宽度等)。

6) 天然筑路材料试验成果表和料场分布示意图。

7) 其他资料(如岩芯箱登记表、照片、各种原始记录等)。

5.4 隧道初勘

5.4.1 一般规定

隧道初勘工作一般与设计阶段同步,提供不同隧道方案的工程地质、水文地质资料;但对于特长隧道、控制路线方案的长隧道、水下隧道以及水文、工程地质条件极复杂的隧道,原则上应安排超前的工程地质、水文地质勘察和定位观测,其勘察阶段可不受设计阶段限制。

5.4.2 一般工程地质地区隧道位置的选择

1. 应选择地质构造简单、地层单一、岩性完整、工程地质条件较好的地段,在倾斜岩层中,以隧道轴线垂直岩层走向为宜。

2. 应选择在山体稳定、山形较完整、山体无冲沟、山洼等次地形切割不大、无软弱夹层、岩层基本稳定的地段通过。

3. 应选择地下水影响小、无有害气体、无有用矿产和不含放射性元素的地层通过。

5.4.3 不良地质地区隧道位置的选择

1. 隧道顺褶曲构造布置时,一般避开褶曲轴部破碎带,选择两侧翼部地质较好的一侧通过。

2. 隧道尽量避开断层破碎带,特别是含水丰富的破碎带;如必须穿越时,隧道应与之垂直或大角度

斜交通过。

3. 隧道洞身不应在滑坡、错落体内穿过;如必须通过此类地段时,应使洞身埋置在错落体或滑动面以下一定深度的稳固地层中。

4. 当陡岸斜坡严重张裂不稳或者山坡有严重崩塌时,隧道位置宜往里靠,置于稳固地层中;如确有困难时,应选择其范围最小且相对稳定的地段通过,并提出保证施工和洞身安全的有效措施。当崩塌地段短,崩落石块小,情况不严重,可考虑明洞方案,或与路基防护工程作比较。

5. 隧道应避免通过严重不良地质、地下水极为发育的低洼垭口处。

6. 通过岩堆地段时,若经查明岩堆密实稳定,可以修建隧道,但应避免洞身置于岩堆与基岩接触面处。如属不稳定的岩堆,隧道应内移置于基岩中,并留有足够的安全厚度。

7. 隧道穿过泥石流沟床下部时,应使洞身置于基岩中或稳定的地层内,并保证拱顶以上有一定的安全覆盖厚度。

如采用明洞方案时,明洞基础应置于基岩或牢固可靠的地基上,明洞洞顶回填应考虑河床下切和上涨以及相互转化的可能情况,并加不小于0.5m的安全覆盖厚度。

8. 隧道通过岩溶地区时,宜选择在难溶岩的地段和地下水不发育的地带。力求避免穿越岩溶严重发育的地下溶洞及地质构造破碎带等地段,尽量避开易溶岩与难溶岩的接触带;不能避开时,宜选择在较狭窄、影响范围最小处,以垂直或大角度穿过。

9. 隧道一般应尽量避免避开流砂地段;无法避开时,应选择其范围最小且相对稳定地段以短距离通过,并提出合理可行的工程处理措施,以确保施工和行车安全。

10. 第四纪堆积层一般松软易塌,对施工极为不利,一般应避开;当隧道部分洞身无法避开时,应选择影响范围最小的地段通过,并按其性质和地下水情况,采取合理的工程措施。

11. 隧道应尽量避免避开结构松散的冰碛层;必须通过冰碛层时,宜选择结构相对密实、影响范围最短的地段通过。

12. 隧道宜避免穿越煤系地层和瓦斯含量较高的地带;当必须通过煤系地层时,力求隧道有一定厚度的隔层,或以大角度横穿,尽量减少其影响长度。

13. 黄土地区隧道,应尽量避免有地下水活动、陷穴密集、冲沟发育、地层不稳和滑坡、泥石流等地段,宜选择在无地下水活动、密实稳定、远离陷穴群体的地段通过。

14. 多年冻土地区,由于受冻胀、融沉、热融滑坍等多种特殊物理地质现象影响,隧道洞身应避免穿过地下冰及地下水发育的地带,不能避开时,应采取综合治理措施。

15. 水库地区隧道位置,应避开受水库充水及消水影响易于发生滑塌病害的松散、破碎地带,选择在稳定的基岩或坍岸范围以外的稳固地层内。

16. 隧道通过地震基本烈度在VII度以上的强震区时,必须避开震断层带,选择对抗震有利的地段修建。

17. 对于地质构造复杂、岩体破碎、堆积厚等工程地质条件较差的傍山偏压隧道,宜往里靠,增长隧道,避免短隧道群。

18. 对于沿河傍山隧道应避开山体失稳、严重滑坡、崩塌、错落、岩堆等不良地质,并须考虑河流冲刷变化,隧道位置一般宜往内靠。

5.4.4 水下隧道位置的选择

1. 应具有良好的工程地质和水文地质条件,尽量选在古老的岩浆岩或沉积岩等比较坚硬、连续沉积或岩相相对稳定的岩层中。在选定轴线时,应尽量避免大断裂破碎带、不整合接触带以及软弱夹层地带,严禁水下隧道轴线走向和断层走向一致,当避开有困难时可垂直通过大断层。

隧道轴线尽量选在岩体完整、岩性坚硬、无溶洞、无断层破碎带以及河床冲刷后淤积的覆盖层较薄而又无大冲沟的地段。

2. 应尽量选择在厚层状隔水层或含水较少的不透水地层中通过,隧道应避免通过地下水中含有对

混凝土有危害的盐类和腐蚀性物质。

3. 水下隧道宜选在河床顺直、河道较窄、河水较浅又无深槽的地段;若难满足上述条件,则应考虑河幅宽窄与河水深浅的相互关系,作多方案比较。

4. 隧道宜选在两岸山体整齐、河床段引道线形顺直、接线方便、河床水域相对稳定的地段,避免穿越支沟、小河和古河道。

5. 宜选择在水压小、易处理的水域下通过,避免通过地质条件复杂、涌水、涌泥、涌砂石的地层。

6. 水下隧道应避免高烈度地震区,当通过时,在隧道地段应采取加强措施。

5.4.5 洞口位置选择

1. 接近主洞口的道路工程量要小,尽量少破坏地形地貌。

2. 平原地区隧道洞口不应选在河堤内,要设置在堤外,地形不允许时应构筑人工建筑物,采取防护措施。

3. 隧道洞口位置应隐蔽,两个主隧道口应不同朝向,一般应相距较远,主隧道口外有屏障、山体稳定、岩层完整、施工方便,与洞外接线合理,不留病害。

4. 洞口应尽量避免不良地质地段,在地形、地质条件不利时宜早进洞、晚出洞、不留隐患,具体要求按附录E隧道洞口位置的选择所规定的内容办理。

5. 水下隧道洞口选择标高一般应在300年一遇洪水水位以上,以免洪水倒灌洞口。若洞口标高较低时,应在隧道口设防洪水门。当隧道轴线上游附近有水库大坝时,应考虑溃坝对隧道口造成危害,采取可靠的防洪水、防冲刷措施。

5.4.6 初勘要求

1. 应在工程可行性研究的基础上检验或复查隧道位置的最佳方案。对于特长、长隧道和地质条件较复杂的中、短隧道、水下隧道应收集航片、卫片等遥感影像资料,并进行技术处理,结合区域地质资料和可行性研究的资料进行判释。通过资料收集和实地调绘、勘察,对隧道区工程地质、水文地质作出正确评价和地质论证。

2. 要求先收集、分析、研究各类有关资料,再进行室外调查、测绘、勘探测试工作,初步查明各隧道方案的工程地质、水文地质条件。

3. 根据对各类勘察资料进行综合分析、论证,按比选结果推荐隧道最佳方案。

4. 要求分段确定隧道通过地段的围岩类别,为隧道的初步设计提供必要的地质资料。

5.4.7 准备工作

1. 勘察前除应熟悉现有地质、地震资料外,还应了解隧址处交通、气象、水文资料,结合勘察要求、工程技术标准制定出切实可行的勘察计划。

2. 对于地质条件十分复杂的长大隧道和 underwater 隧道,应提前安排工程地质勘察工作(工作期不少于1年)和超前水文地质工作(不得少于1个水文年)。

3. 对各类勘察仪器、设备、钻探机具,在出发前应进行检修与校定,为外业勘察做好一切物质准备。

5.4.8 调查与测绘

1. 一般地质地区隧道的调查与测绘

1) 查明隧道通过地段的地形、地貌、地层、岩性、构造特征。对岩质隧道应查明岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合关系与形式。查明隧道通过地段地层层序、成因、地质年代、接触关系、岩层风化破碎程度。

2) 查明各类构造的类型、产状、几何要素,岩层破碎风化的程度、规模及影响范围。

3) 对于深埋隧道应预测升温情况,对岩层坚硬、致密、性脆、构造应力集中的地段,应预测发生岩爆或大变形的可能性;对于软弱岩层,应查明分布范围,预测其蠕变变形。

4) 土质隧道应查明土的类型、成因、地质年代、结构特征、物质成分、粒径大小、密实及潮湿程度等。

5) 查明隧道的横向、平行导坑及斜井、竖井等工程的地质条件。

6) 查明隧道口是否通过煤层、矿体、采空区、岩溶区等特殊地质及不良地质地段。
7) 查明隧道区井泉分布、含水层、隔水层性质等水文地质条件,必须判明地下水类型、补给、径流、排泄条件,地下水的侵蚀性和洞身各段涌水量的大小。

8) 结合隧道水文地质调查与测绘工作,对隧道区的水资源进行普查,并作出评价。

2. 不良地质地区的隧道调查与测绘

1) 除按一般隧道地质调绘外,应充分利用卫片、航片等遥感信息资料进行大面积调查。对于工程地质条件复杂而控制路线方案的隧道,应编制工程地质纵断面图、隧道地区地质构造图,分段提供隧道围岩分类,地质调绘范围应比一般隧道的调绘范围适当加宽加深。

2) 对于傍山偏压隧道,当外侧洞壁较薄时,应预测偏压带来的各种危害。

3) 隧道洞口的路堑地段,应查明边坡稳定性和路堑基底以及设置明洞的工程地质条件。

4) 对于通过不良地质地段的隧道方案,须经过长期观测才能取得必要资料时,应设置观测站以监视和观测不良地质体随时间、气候等的变化规律和发展趋势。

5) 含煤地层应查明地质构造、成层特征、埋藏深度、层位、层数、厚度、覆盖层情况及露头,查明煤层上、下岩层岩性、厚度、裂隙及软弱夹层的特征,查明煤质地层的水文地质条件。

6) 在采空区的隧道应查明开采规模、采空区的位置、层数、深度、坑道现状、顶板以上岩性、厚度及稳定性以及地面变化情况。

7) 对隧道通过含可燃气、有害气体、放射性物质等地区,应查明其含量、压力、性质,并判断其对隧道施工、营运的影响。

8) 隧道通过水库地区,应查明水库地区覆盖层及岩层的分布情况、岸坡的稳定性、遇水浸蚀软化岩层及软弱结构面特征,水库的设计水位、水库引起的不良地质问题。对于水库引起的坍岸、滑坡,应查明其范围,并按垂直库岸方向布置勘探线,绘出坍岸边界。

9) 对地震调查,应了解隧道区的地震基本烈度,并结合地形、地貌、地层岩性、地质结构特征等因素,提出抗震设计烈度及处理意见。强震区应进行地震基本烈度的复核和隧址稳定性的评价。

10) 隧道通过膨胀岩地带,应查明膨胀岩分布范围、岩性特征、粘土矿物成分与含量,进行膨胀力、自由膨胀率、膨胀量的测试,预测隧道围岩在地应力作用下的膨胀力、膨胀量等,对隧道的稳定性作出评价。

11) 当隧道通过岩溶、黄土等地段,其调绘、测试工作可按本规范中有章节规定办理。

3. 水下隧道的调查与测绘

1) 勘察之前必须调查、收集工程区域已有的地形、地质、水文、气象、航运、水利、交通等资料,尽可能地利用卫星影像片或航测的河床两岸地形断面以及有关地质资料。

2) 在地质方面除调查收集区域地质资料外,还应注意调查收集有关坝址、桥址等大型建筑物的勘察资料和河床断面资料,通过调绘初步查明河床或水域覆盖层厚度、成分、粒径、变化规律等情况。

3) 查明隧道附近水域常水位、洪水位、水面宽、水深、流量、流速、水质、含砂量以及地下水与地表水补排关系和随季节变化规律等情况。

4) 查明隧道通过地段的含水层、隔水层分布规律,岩层厚度、岩性、结构、构造特征;所受地表水压力、方向、地下水类型、补给、径流、排泄条件等。必要时,可填绘水文地质图。

5) 查明地表水水域下面水底的地形、地貌、岩性、侵蚀与沉积特征和随季节变化的规律。

6) 水下隧道调绘范围:长、大水下隧道一般应在预选轴线的上、下游各长 5 km,两岸各宽 3 km~5 km 的范围内进行,比例尺 1:1 000~1:2 000;短隧道以 2 km~3 km 为宜。

7) 查明已有水库、水电站、水利设施等情况,还应收集水利、水电方面近期或远期规划中拟建或在建项目资料,水下隧道尽可能避免修建在水库或水电站底下。

8) 查明高层建筑、交通设施的在建和拟建项目,做到水下隧道修建和交通、城建等大型建设项目相协调。

9) 水下隧道的调绘重点应放在水文地质调绘工作上,应对地表水、地下水进行调绘,作出涌水量评

价,提出工程方案和工程措施的意见。

5.4.9 工程地质勘探

1. 勘探原则

工程地质勘探以收集区域地质资料、调查、测绘、遥感信息法、物理勘探工作为主,配合少量代表性钻探测试工作。除地质条件简单的短隧道不用钻探可提供地质资料外,一般宜布置少量钻孔进行勘探。

2. 遥感信息法

1) 卫星影像片判释

(1) 利用NSS片的4、5波段(绿光波段、红光波段),对水下隧道所通过的水域的泥沙、水流、浅滩、暗礁等进行圈定,利用5、6、7波段,对隧道区地形、岩性、构造类型、裂隙发育情况、植被、水域进行圈定判释。

(2) 用TM卫片查明隧道通过区的断裂构造和岩性特征。

(3) 有条件时可利用热红外线、空间实验室等图像对隧道的某个目标进行分析、研究、判释,为隧道的方案选择、路线展布提供宏观资料。

2) 航空图片判释

(1) 利用分辨率高、比例尺较大(1:10 000~1:50 000)的航片判释。航片既是卫片判释的补充片,又是卫片判释结果的验证片。通过对重点目标作定性、定位、定量研究,一方面验证并修改了初步建立的构造格架、断裂配套系统和岩性界线,另一方面又补充了若干次一级的目标(如小型构造)。

(2) 对于工程地质和水文地质条件复杂的隧道、水下隧道,有条件时应拍摄红外波段航空照片,其航带宽度应大于隧道范围2~3倍,沿航线按片间60%以上侧向重迭拍摄。

3) 地学模型的建立和合理性分析

采用遥感影像分析和地面实况调查相结合的方法,逐步恢复并建立起隧道区的地学模型(含构造应力场模型),使能用地学模型对判释结果进行合理性分析,以确定各类线性影像的断裂属性、断裂系统的先、后、主、次以及它们之间的力学特征。

4) 现场调绘验证

(1) 必须对隧道进行实地检验和调绘,以便对隧道的工程地质、水文地质条件进行论证,对隧道方案的可行性、稳定性、合理性作出正确评价。

(2) 根据在现场发现的疑难问题,对物理勘探和钻探应提出指导性意见。

3. 物理勘探

(1) 物探的测区一般不超过测绘范围,但对物探解释有参考、对比价值的内容应进行勘测追踪,其范围可不受上述所限。

(2) 在测区内,测线的方向、间距及测点的疏密、激发点与接收点的距离与布置形式,应按物探方法并结合地形条件等因素选定。

(3) 分离式隧道原则上沿隧道轴线纵向至少应布置物探测线2~3条,两洞口布置横测线各2条;测线长度和测点间距应视隧道长度、地质条件而定。整体式隧道可视地质条件适当增加纵、横测线。

(4) 不同的地质体或构造类型,要有2~3条物探测线穿过,每条测线的测点至少在3个以上,地质情况复杂时可适当加密。

(5) 根据隧道埋深和下伏岩体特性,合理选用物探手段,对深埋隧道可选用高分辨力反射法。

(6) 对煤层、矿体、采空区、溶洞、断裂等特殊构造,可选用磁力、重力测量等多种物探手段进行综合勘探。

(7) 对于水下隧道,可采用电火花法、声脉冲震震器、旁侧扫描声纳进行水底地形探测的地层划分。

4. 钻探

(1) 钻孔布置:钻孔的数量和位置应根据遥感信息或区域地质资料分析以及调绘、物探所发现的疑点、重点、异常点来拟定。对于地质复杂的隧道,钻孔数量不应少于3个,长、特长隧道每500 m应有一个

钻孔。钻孔布置在隧道中线外 7 m 左右,以左右交错布置为宜。

对于水下隧道钻孔布置,一般应布置在隧道轴线两侧,尽量不要垂直轴线布设,钻孔距隧道轴线距离视地质情况以能查明隧道通过范围的地质情况为原则。钻孔间距一般为 100 m~300 m,呈梅花形布设,轴线附近钻探孔一般要做封孔工作。

2) 钻孔深度:根据钻探目的和具体情况而定,一般应钻到设计洞底标高以下 2 m;遇溶洞、暗河及不良地质时,应根据需要加深,一般应穿过溶洞、暗河等地层 5 m;若遇到含油地层、瓦斯地层,钻孔深度以钻到设计洞底 10 m 以下为宜。

水下隧道钻孔深度以查明对隧道有影响地层的水文、工程地质特征为原则。在隧道埋深未确定时,必须有 2 个以上技术性钻孔。技术性钻孔比一般性钻孔深 20 m 以上,一般性钻孔与技术性钻孔交叉布置;当隧道埋深确定以后,钻孔深度要达到隧道底板设计标高以下 10 m~20 m。

3) 岩质隧道围岩部位钻探必须采用不小于 75 mm 的双层岩芯管,金刚石钻头钻进,求得围岩的 *RQD* 值。岩芯直径、长度应满足各项试验要求。

4) 对于风化岩层和土质隧道,围岩部位钻探必须保证岩芯采取率,每回次钻进深度一般不得大于 3 m。

5) 钻探过程中除作好跟班记录外,当遇到地下水、油气、有害气体和矿物时,应特别作好观测和详细记录,并应探明其位置、厚度、储量,同时取样进行化验分析,作出评价;当判明有对人身危害和对混凝土有侵蚀性的物质时,应作监测工作。

6) 对于水下隧道和水文地质条件十分复杂的隧道,除按一般隧道进行钻探、观测、试验外,还应进行抽水或注水等试验,结合物探方法测定地下水的流向、流速、压力、岩土渗透性等,并分段预测涌水量,必要时进行水文地质动态观测。

7) 为了测定隧道通过地段岩土物理力学性质,在设计洞底标高以上相当于 3 倍洞径高度范围内应取样作试验,特殊情况可视需要而确定,但应满足岩土分布分类定名和基本特征的确定。岩质隧道围岩部位采取试样不得少于 5 组,土质隧道取样间隔为 2 m,变层取样。

8) 对于岩质隧道的围岩在小应变时的动态特性,可利用钻探孔采用下孔法、上孔法、跨水法和地震弹性波法进行测定。

9) 对于隧道通过不良地质地区,钻孔位置、数量、深度视钻探目的而定,并进行相应的项目试验,判定或预测其对隧道的危害性。

5.4.10 测试

1. 地应力测试

1) 地应力测试一般采用水压致裂法,其他方法可作为补充。

2) 岩体内部应力状态不尽相同,宜采用应力试验并结合构造分析和岩组分析的方法来确定主应力方向。

2. 综合测试

1) 配合钻孔进行综合测井,主要包括声波测井和放射性测井等,通过从不同方面测试来获得隧道围岩工程地质、水文地质的各项参数。

2) 对于岩质隧道应利用声波法、地震勘探法等综合物探方法来测得围岩岩体、岩石纵波速、横波速,而求得围岩动弹性模量、静弹性模量、泊松比等物理、力学指标。

3) 土质隧道应结合钻探进行动力触探、静力触探来求得土的密实程度和透水性能,作为其他勘探资料的补充。

3. 水文地质测试,对于隧道钻探,一般要求工程地质勘探孔与水文地质试验孔综合考虑,地质勘探孔终孔以后可进行井中测流或作为水文地质试验的观测孔;当钻探孔终孔以后发现孔内有大量的地下水,应考虑布设专门水文地质勘探孔和观测孔进行专门水文地质工作,求得各项水文地质参数。

水下隧道应分层进行井中测流试验。

4. 岩土的物理力学试验项目,除特殊规定外,其一般要求按附录F的规定办理。

5. 水质分析试验,每座隧道应对隧道有影响的主要含水层内取水样1~3组进行水质分析试验。试验项目应满足生活、工程、消防用水的评价。

6. 岩土分类按本规范的规定办理。

5.4.11 围岩分类

宜采用多因素、多指标、定性描述与定量评价相结合的原则,除参考附录G隧道围岩分类外,还应引用各类波速、岩层的完整系数、岩石质量指标和岩体的质量指标等参数进行综合分析、研究,最后分段确定围岩类别。

5.4.12 资料要求

1. 资料整理

1) 野外工作结束以后,应在现场对各类原始资料进行分类、整理、校验、汇总综合、分析研究、整编,发现资料欠缺,应作补勘工作。

2) 对各类原始调绘、记录资料进行编绘。

(1) 对统计的节理、裂隙应作出统计表,计算其频度、密度,绘制节理裂隙玫瑰图等。

(2) 对钻探中岩芯钻探记录,应绘制出岩石质量指标与深度关系图。

(3) 对地壳应力场进行分析,作出构造节理与断层节理玫瑰图。

(4) 绘制水文地质试验的各种图件

① 涌水量(Q)与时间(t)关系图(不小于1个水文年);

② 降水量与预测涌水量关系图(至少一个雨季);

③ 洪水期地表水与地下水及隧道涌水量关系曲线等。

2. 工程地质评价

1) 方案比选:对各个隧道方案,从地质角度比较论证。论证隧道的安全性、稳定性、合理性等;其次进行综合论证,从整体式路基、分离式路基、桥梁、洞外接线合理性、经济性等进行综合分析、论证比选。

2) 围岩评价:从围岩的强度、变形性、裂隙发育的情况,岩体完整性、水文地质条件、抗风化情况、弹性波速等方面进行分析与评价,以定性评价为主,以定量评价为辅。

3) 对水文地质条件进行评价:预测隧道分段涌水量大小,论证地下水对隧道的影响程度、方式、大小,随季节变化规律等。

4) 对环境地质方面作出评价,评价隧道修建对周围地质环境破坏程度以及带来的环境地质问题;隧道开挖降低地下水后对周围工、农业生产的影响和居民生活的影响等。

5) 对隧道工程、生活、消防用水等的水源、水量、运距、取水方式、水质等作出评价。

6) 得出结论,提出建议。

3. 应提供的资料与图表

1) 隧道工程地质勘察报告。

2) 隧道工程地质平面图:图上应标明物探、钻探、挖探、槽探等勘探点线位置,比例尺视情况而定,一般为1:1 000~1:2 000。

3) 隧道线路方案工程地质平面图:比例尺为1:2 000~1:5 000。

4) 隧道工程地质纵剖面图:图中应填绘各种勘探成果,水平比例尺为1:500~1:2 000,垂直比例尺1:50~1:200。

5) 隧道洞口工程地质横断面:比例尺视精度而定,一般为1:200~1:500。

6) 隧道地区水文地质图:比例尺为1:1 000~1:5 000。

7) 水底地形图(等深线图):比例尺为1:2 000~1:10 000(仅限于水下隧道做)。

8) 隧道区域构造图(仅限于特长、长隧道,地质构造复杂的隧道做,比例尺视精度需要而定)。

9) 洞身地质横断面:穿过不良地质地段时,选择代表性地段绘制;比例尺水平为1:200~

1:2 000,垂直为1:200~1:500。

- 10) 隧道辅助工程横、纵断面图(需要时做)。
- 11) 钻孔柱状图。
- 12) 岩土、水质和各项试验资料汇总表。
- 13) 遥感地质解释图表及说明。
- 14) 物理勘探资料、图表及说明。
- 15) 原位测试资料、图表及说明。
- 16) 各类分析、统计、试验资料及图表说明。
- 17) 严重影响隧道的特殊地质、不良地质专项资料及说明。
- 18) 岩芯和工程照片以及岩芯保存手续凭证。
- 19) 与有关部门签订的协议及其他。

5.5 沿线筑路材料料场初勘

5.5.1 勘察要点

1. 公路工程沿线筑路材料料场的勘察工作,应与勘察阶段相适应。
2. 沿线筑路材料料场的初勘,应充分利用已有资料,通过访问、实际调查、勘探和试验,查明材料的类别、产地、质量、数量和开采运输条件。
3. 调查工作应遵循由近及远、逐步扩大和大小料场兼顾的原则。在以大型料场为主的同时,对工程附近质量符合要求,采运方便的中、小料场也应加以充分利用。
4. 勘察的料场,材料储量不得小于工程设计需要量的两倍。

5.5.2 确定材料蕴藏量的方法

1. 料场范围可在1:2 000的地形图上现场圈定,也可采用半仪器法量测。材料有用层的厚度,应通过对露头的调查测量和勘探确定。
2. 计算蕴藏量的勘探断面,一般应垂直岩层走向或地貌界线布设,每一断面不少于3个探孔(坑),断面间距宜控制在200 m~400 m,探孔(坑)深度应大于有用层厚度或计划开采深度。
3. 蕴藏量计算可采用算术平均法、平行断面法、三角形法、多角形法。

5.5.3 评价材料的质量

1. 对各类料场,必须取代表性样品进行必要的试验,据以评价材料的质量。对各类材料成品率的估算,应通过调查、试验,力求准确。对外购天然筑路材料,应取得正式的试验成果报告。
2. 取样地点要求在料场内分布均匀,每一料场一般不得少于3~5处,沿探坑剖面应能控制有用层的变化。
3. 试验项目应根据材料类别和用途而定,其一般要求如下:
 - 1) 桥涵工程
 - (1) 石料和粗骨料
抗压强度、抗冻性、坚固性、有害物质含量、筛分、针片状颗粒含量、含泥量、压碎值等试验。
 - (2) 细骨料
颗粒分析、含泥量、有机质含量、云母含量、轻物质含量、有害物质含量、压碎值等试验。
 - 2) 路基工程
 - (1) 粗粒土
颗粒分析、含水量、液限塑限、密度、击实等试验。
 - (2) 细粒土
颗粒分析、含水量、液限、塑限、密度、击实、承载比、有机质含量、易溶盐等试验。
特殊性土,宜区别特性,进行专项试验。
 - 3) 路面工程

(1) 粗集料

颗粒分析、压碎值、针片状颗粒含量、含泥量、磨耗(洛杉矶法)、吸水率、磨光值、坚固性、冲击值、软弱颗粒含量、有机物含量等试验。

(2) 细集料

颗粒分析、表观密度、含泥量、砂当量、有机质含量、坚固性、三氧化硫含量等试验。

5.5.4 工程施工和营运用水

1. 工程用水水质,一般可目测鉴定,必要时应采取试样作对混凝土的侵蚀性试验。

2. 用水水源的可开采量,应通过调查、测试或水文地质试验计算确定。以水库、堰塘、溪沟、泉水等作水源时,除调查、量测其蓄水量、流量外,要特别了解水量的季节性变化和与灌溉或其他用水可能冲突的情况。凿井取水应作水文地质试验,确定可采用的数量。

5.5.5 调查料场的采运条件

1. 开采条件的调查内容

- 1) 测绘料场工作面的概略范围和地形。
- 2) 有用层和覆盖层的厚度,废方堆放地点。
- 3) 宜开采的季节及可采取的措施。
- 4) 机械开采的可能性。
- 5) 砂、砾石、卵石料场地下水位埋深、水位季节性、水位变化情况及地下水渗透性能。
- 6) 石料场岩层的产状,节理裂隙发育情况和软弱夹层。
- 7) 土料场的覆盖层和有用层的含水量随季节变化的情况,以及开采难易程度。
- 8) 料场的设置应注意环境保护与开采安全。

2. 运输条件调查内容

- 1) 材料运输里程。
- 2) 材料运输方式。
- 3) 现有交通状况和需增建、改建运输专线工程的数量。

5.5.6 资料要求

1. 说明书

对所勘察的料场,按材料类别,对其质量、数量、开采方法和运输条件进行评述,提出建议采用的料场。

2. 提交以下各类成果资料图表:

- 1) 沿线筑路材料料场表;
- 2) 沿线筑路材料供应示意图;
- 3) 大型料场平面图,勘探剖面图,储量计算表;
- 4) 材料试验成果资料汇总表。
3. 调查与测绘、勘探、测试工作原始记录资料。

5.6 初勘文件编制

5.6.1 工程地质勘察报告

1. 全线工程地质总说明书

综合分析工程地质调查、测绘、勘探、测试资料,分别阐明各类公路工程的地质条件,对方案的合理性及场地的适宜性作出评价。一般可按下列内容编制:

1) 序言:勘察工作的目的、依据、起讫时间,完成的工作项目与工作量,主要工作方法,现有资料利用及其他有必要说明的问题。

2) 自然地理条件:山脉、水系、气象、地形、地貌等自然特征。

3) 地质条件

(1) 地层:时代、成因类型、岩性及分布范围。

- (2) 构造:形态特征、性质、分布规律。
 - (3) 水文地质:地下水类型、含水层分布、补给排泄特征、季节性变化规律等。
 - (4) 不良地质和特殊性岩土:类型、规模、发生发展原因、分布范围及对工程的危害。
 - (5) 地震:地震基本烈度及大型工程构造物场地地震安全性评价结论。
 - 4) 岩土主要物理力学指标:经分析评价,提出各类岩、土的主要物理、水理、力学、化学指标值。
 - 5) 沿线筑路材料:主要材料的质量、储量和采运条件。
 - 6) 工程地质评价
 - (1) 路线工程地质条件及对各路线方案工程地质比选意见。
 - (2) 路基工程地质条件,主要的路基工程地质问题及处理方案意见。
 - (3) 桥、隧主要场地工程地质条件及方案比选意见。
 - 7) 对详勘工作的意见
- 详勘应重点注意的问题并论述需进行专门研究的课题及研究方案。

2. 图表资料

- 1) 路线方案工程地质图;
- 2) 工程地质平面图;
- 3) 工程地质纵断面图;
- 4) 路基工程地质条件分段说明表;
- 5) 小桥、涵洞地质条件表;
- 6) 不良地质地段表;
- 7) 沿线筑路材料料场表(含工程用水);
- 8) 各类测试成果资料汇总表;
- 9) 勘探成果资料汇总表。

5.6.2 独立工点专项资料

1. 以下勘察工程应提交专项资料:
 - 1) 按 5.2.3~5.2.6 条的要求进行勘察,需作特殊工程处理的项目。
 - 2) 按 5.3、5.4 节规定进行勘察的桥、隧工程。
 - 3) 按 5.5 节规定进行勘察的料场。
 - 4) 按第 7、8 章进行勘察,并需特殊处理的地段。
2. 独立工点专项资料按上述章、节中有关规定编制。

5.6.3 有关以上工程地质初勘成果的文件,应分项整编,列入初步设计文件的基础资料,正式出版。

6 详细工程地质勘察

6.1 目的与任务

6.1.1 详细工程地质勘察工作的目的,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。

6.1.2 详勘的任务

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。

6.2 公路详勘

6.2.1 内容与要求

1. 准备工作

- 1) 充分研究初勘资料,确切掌握初步设计审批的有关内容,了解设计意图,明确勘察重点。
- 2) 参与路线方案的研究和现场调查工作,了解各方案沿线的工程地质情况。
- 3) 拟订勘察作业计划,落实人员和技术装备。

2. 调查与测绘

1) 本阶段的工程地质调查与测绘工作是在现场对初勘资料进行核实、补充和修正,进一步查明沿线的工程地质条件。

2) 对有价值的局部路线方案、新发现的不良地质和特殊性岩土地段、增设的大型工程的场地和新增沿线筑路材料料场,均参照初勘阶段规定的要求并按详勘的广度和深度进行调查和测绘。

3. 勘探

- 1) 勘探工作应重点布设在不良地质和特殊性岩土路段及工程构造物位置。
- 2) 勘探点的数量、间距、深度,应能满足查明工程地质条件和施工图设计的需要。

勘探中如需要变更要求,应征得委托方的同意,方可实施。

4. 测试

1) 测试工作应重点布设在不良地质和特殊性岩土地段及工程构造物所在处,获取评价地质条件和工程设计所需的地质参数。

2) 测试的项目、数量、方法,视工程地质条件、工程类别和设计计算的需要确定,各类地质参数应准确,重要的数据宜采用多种方法进行测试。

6.2.2 路基详勘

1. 一般路基

1) 勘察要点

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,地下水埋深、变化规律和地表水活动情况;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。

2) 调查与测绘

沿选定路线,对初勘的工程地质图作核实和补充。

3) 勘探

探点一般沿路线中线布设。对于土质路基段,一般在初勘探点之间增加勘探点;当探点间地质条件变化较大时,应适当增加勘探点,必要时中线两侧也应布设,深度一般为2 m~4 m。

4) 测试

按地质条件分段布设测试点,并分层采取代表性样品进行室内试验或在代表性地段作原位测试。测试间距可按间隔一个勘探点进行,但每一分段均应有测试孔。土的含水量按深度0.5 m、1.0 m、2.0 m、4.0 m取样测试。

5) 资料要求

对高速公路应编写路基工程地质条件分段说明,主要内容为地貌条件、岩土组成、地表水、地下水情况;分段代表性地质横断面图或柱状图;勘探、测试资料。一般公路可在工程地质平面图中表示。

2. 高路堤

1) 勘察重点

对已确定存在沉降和滑移问题的高填路堤的初拟处理方案,应落实其有关地层层位、层厚、岩土类别、分布范围和人文条件。

对有关地层进行测试,掌握设计所需的各种物理力学指标数据,特别是固结和抗剪指标。

2) 调查与测绘

(1) 采用详勘路线平面图,精度按1:2 000控制,加密地质点,补充地调测绘工作,编绘路段工程地质平面图。

(2) 综合调绘和初勘资料,核定控制横断面位置和数量,一般应每100 m设1个;地质条件变化不大者,可以每300 m设1个,或每个工段设2~3个。

控制横断面宽度应超过路堤底左右各20 m,采用1:100~1:200比例尺。

3) 勘探

每一个控制横断面上至少应设1个钻孔或每一工段至少应设2个钻孔,辅以触探、挖探、简易钻探在内,每个控制横断面上应不少3个探点。

勘探深度结合设计方案的需要决定。钻孔应穿过软弱土层。

4) 测试

钻孔应分层采样进行室内试验,试验项目按设计要求需要确定,测试应以软弱地层作为重点。

原位测试应结合勘探工作进行。

5) 资料要求

(1) 路段地质详勘说明书,评价有关地层物理、力学指标及其使用条件,提供设计方案优化的建议。

(2) 路段工程地质平面图、纵断面图、控制横断面图,并应附勘探工作基础资料图表。

(3) 地层物理力学指标汇总表,并应附测试工作基础资料图表。

3. 陡坡路堤

1) 勘察重点

(1) 对已确定存在不稳定问题的斜坡路堤的各种初拟处理方案,应查明有关的地层岩性、地质构造、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。

2) 调查和测绘

(1) 采用详勘路线平面图,精度按1:2 000控制,加密地质点,补充工程地质调查和测绘工作,编绘路段工程地质平面图。

(2) 综合调绘资料,核定控制横断面位置及数量,一般应每100 m设1个;地质条件变化不大者,可以每300 m设1个,或每个工段设2~3个。

控制横断面采用1:100~1:200比例尺编图。测绘范围应上下超过陡坡路堤宽至少20 m。

3) 勘探

每一个控制横断面上至少应设1个钻孔,或每个工段至少应设2个钻孔,辅以触探、挖探、简便钻探等在内,每个控制横断面上应不少于3个勘探点。

勘探深度一般应达到预计滑动面(土层、岩土界面或岩体软弱结构面)以下。

4) 测试

钻孔应以预计的滑动界面岩土为主,分层取样,进行室内试验。试验内容按设计方案需要确定,以抗剪、抗滑指标为重点。

原位测试应结合勘探工作进行。

5) 资料要求

(1) 路段详勘地质说明书,评价有关地层物理、力学指标及其使用条件,提供设计方案优选的建议。

(2) 路段工程地质平面图、纵断面图、控制横断面图,并附勘探工作基础资料图表。

(3) 地层物理力学指标汇总表,并附测试工作基础资料图表。

4. 深路堑

1) 勘察重点

(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坍影响范围。

(2) 对可能滑坍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,重点是抗剪、抗滑指标。

2) 调查与测绘

(1) 一般采用详测路线平面图,精度按1:2 000控制,加密地质点,进行补充调查测绘工作,结合勘探资料编绘路段工程地质平面图。必要时可在大比例的地形图中填绘工程地质平面图。

(2) 规模大、地质条件复杂的工段,应另测绘1:200~1:500比例尺的工程地质平面图。

(3) 综合调绘资料,核定控制横断面位置及数量,一般应每100 m设1个。根据地层变化和边坡高度可以加密到50 m或放宽到200 m设1个,或每个工段不少于2个。

(4) 控制横断面采用1:100~1:200比例尺绘图。调查测绘范围应根据地层岩性、地质构造、地形地貌、水文条件所影响的滑坍范围确定。对路线中线可不必进行对称测绘。

3) 勘探

每一个控制横断面上至少应设1个钻探孔,或每个工段至少应设2个钻孔,辅以触探、挖探、简便钻探等在内。每个控制横断面上应不少于3个勘探点。

勘探深度一般应达到预计的滑坍面(土层、岩土界面或岩体软弱结构面以下)。

4) 测试

钻孔应以滑动界面为主要采样试验对象,试验内容以抗剪、抗滑指标为主,结合设计要求的需要确定。

原位测试应结合勘探工作进行,必要时可对滑动界面岩土进行现场原位大型剪切试验。

5) 资料要求

(1) 路段详勘地质说明书:评价有关岩土物理、力学指标及其使用条件;提供设计方案优选的建议;附地质调查测绘工作基础资料图表和土体稳定分析、岩体结构面稳定分析资料。

(2) 路段工程地质平面图,控制纵、横断面图,附勘探工作基础资料图表。

(3) 岩土物理力学指标汇总表,附测试工作基础资料图表。

5. 支挡工程

1) 勘察重点

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。

2) 调查与测绘

一般可进行针对性的补充工作,采用详勘路线平面图,精度按1:2 000控制调绘地质平面图,并进行核定支挡工程布局和控制横断面位置。

3) 勘探

在控制横断面上的支挡位置增设钻孔1个,对土地基钻深应穿过软弱层,或设计基底以下3 m。对浅薄土层覆盖的岩石地基应钻入岩面以下3 m。全裸露岩石地基或浅薄土层覆盖,工程地质条件良好者可不增设钻孔。

4) 测试

钻孔取样或露头采样进行室内试验,试验项目按支挡工程类型和设计需要确定。按地基条件的特征,可酌情进行现场原位试验。

5) 资料要求

(1) 支挡工程详勘说明书:论证支挡工程地基的稳定性、地基岩土物理力学指标及其应用条件,提供地基处理方法和支挡工程类型优选建议。

(2) 支挡工程轴线地质纵断面、控制横断面图,附勘探工作基础资料图表。

(3) 地基岩土物理力学指标,附测试工作基础资料表。

6. 河岸防护工程

1) 勘察重点

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。

2) 调查与测绘

采用详测路线平面图,精度按1:2 000控制,加密地质点,进行补充调查和测绘,结合勘探资料编绘工程地质平面图。必要时可在大比例尺地形图中填绘工程地质平面图。

核定防护和导流工程的布局和控制横断面位置。

3) 勘探

在控制横断面上的防护、导流工程位置应适量增设钻探孔1个,辅以挖探、简便钻探或触探,勘探孔深应视具体情况而定。

4) 测试

钻孔应针对承重地层取样进行室内试验,试验项目按防护、导流工程类型和设计需要确定,辅以钻孔内或试抗、露头原位测试。

5) 资料要求

(1) 河岸防护及导流工程详勘说明书;论证工程布局的合理性、承重地基的稳定性、地基岩土物理力学指标及其使用条件,提供防护工程措施优选建议、地基处理方案建议。

(2) 河岸防护和导流工程轴线地质纵断面图、控制横断面图,附勘探工作基础资料图表。

(3) 提供地基岩土物理力学指标汇总表,附测试工作基础资料图表。

7. 改河(沟、渠)工程

1) 勘察重点

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。

2) 调查与测绘

对改河方案变动部分进行补充调查和测绘,精度控制和平面图比例尺与初勘要求相同。

大型的防护、导流工程应测绘1:200~1:500平面图,并补充调查与测绘工作。精度按1:1 000控制,编绘工程地质平面图,核定构造物和改河道的控制横断面位置。

3) 勘探

应在防护、导流工程构造物的控制横断面上的构造物位置布置钻探孔1个,辅以补充性的挖探、简便钻探或触探等勘探点。

4) 测试

应在钻孔中取样进行室内试验,试验项目按防护、导流工程设计需要确定。根据设计要求可进行原位测试。

5) 资料要求

(1) 改河工程地质详勘说明书;论证改移河道方案的可靠性,提供优化防护工程类型和布局,论证构造物地层岩土物理、力学指标的使用条件及提出地基设计方案建议。

(2) 改河工程地质平面图、防护工程、导流工程纵剖面和控制横断面图,附勘探工作基础资料图表。

(3) 有关地层岩土物理力学指标汇总表,附测试工作基础资料图表。

6.2.3 小桥涵的详勘

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。提供资料的方式和内容与初勘相同。

6.2.4 互通式立交工程的详勘

1. 勘察重点

应对已确定设计方案的互通式立交工程中的桥梁墩台、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。

2. 调查与测绘

采用详勘路线平面图对互通式立交区段进行补充调查测绘工作。

对重点工程路段按本规范第6.2.2条第2~6款规定进行调查与测绘。

3. 勘探

一般情况下应对桥位和高路堤增补钻孔,以查明地基地层层位、岩性、地质构造。

对于立交区段内存在的特殊性岩土和不良地质路段,应按本规范第7~8章的有关规定进行工作。

4. 测试

钻孔应针对承重地层进行原位测试或采样,并进行室内试验。试验项目按桥梁、不良地质和重点工程项目设计和地基设计的需要确定。

5. 资料要求

1) 互通式立交工程详勘说明书,论证立交工程区段地质条件;对于特殊性岩土和不良地质地段、重点工程路段应作专项论述。

2) 互通式立交工程区段工程地质平面图,特殊和不良地质路段及重点工程路段的局部工程地质平面图,控制纵、横断面图,附勘探工作基础资料图表。

3) 地层岩土物理力学指标汇总表,附测试工作基础资料图表。

6.2.5 沿线设施工程的详勘

1. 沿线设施工程主要项目包括:办公楼、停车场、加油站、维修站、变电所、餐厅、旅馆等,其工程地质勘察工作,均按国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021-94)的有关要求办理。

2. 管理区、养护区和服务区的特殊地质问题按照本规范有关规定办理。

3. 水源勘察工作按有关规范的规定办理。

6.3 桥位详勘

6.3.1 勘察重点

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与构造破碎程度、软弱夹层情况和地下水状态。

3. 测试岩土的物理力学、化学特性,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作出评价。

5. 对地质复杂的桥基或特大的塔墩、锚锭基础应采用综合勘探,并根据设计需要,可现场鉴定岩土地基特性以补充原工程地质勘察工作的不足。

6. 结合设计要求,对沿线筑路材料料场进行复查。

6.3.2 调查与测绘

本阶段工程地质测绘,一般在初步设计阶段勘察测绘基础上进行补充、修正。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),为评价出体稳定性和基础稳定性提供详实的基础资料。

6.3.3 工程地质勘探

1. 勘察应根据桥型和基础类型对地基的要求,结合工程地质调查与测绘结果,考虑勘探工作的连续性,以钻探、原位测试、室内试验为主,并与其他勘探方法相结合,因地制宜地确定勘探工作量,探明影响桥基的主要工程地质问题。

2. 钻孔一般应在基础轮廓线的周边或中心布置,如图6.3.3所示。当有不良地质或特殊土与基础密切相关,而又延伸至基础外围,需探明方可决定基础类型及尺寸时,可在轮廓线外围布孔。

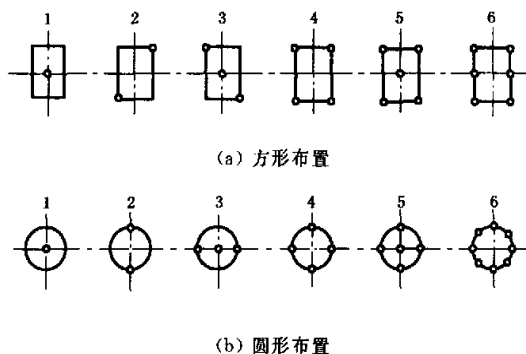


图 6.3.3 钻孔布置示意图

3. 钻孔数量视工程地质条件和基础类型确定。工程地质条件简单的桥位,每个墩台一般可布置1个钻孔。如桥跨小、桥墩多,应配合原位测试,宜采用隔墩(桩)布置钻孔。对跨径大的特大桥,基础形式为群桩深基础或沉井基础,工程地质条件又比较复杂,每个墩台除配合物探和原位测试外,还应按图6.3.3的4、5、6适当增加布孔,但一般应布置2~3个钻孔。

遇有不良地质与不同基础类型,为满足设计和施工要求,宜适当增加钻孔。

1) 沉井基础或钢围堰施工基础。为查明涌砂、大漂石、树干、老桥基、基岩顶面高差及倾斜方向和角度变化等,应酌情在基础周围加密钻孔,以确定基岩顶面、沉井或钢围堰埋置深度,提供施工方法的建议等。

2) 桩基础。当桩基穿过溶洞、断裂带至完整基岩时,探查基岩顶面高差,宜逐桩钻探,为选择桩型、桩径、桩长和施工方法,提供地质资料。

4. 钻孔深度应根据不同地基和基础的深浅确定。

1) 天然地基或其他浅基础(嵌岩桩等)。在第四系覆盖层或基岩风化层较深的地基,孔深应钻入可能的持力层(或埋置深度)以下3 m~10 m,或墩台基础底面宽度的2.5~4倍;在第四系覆盖层较薄的基岩地基,孔深应钻入可能的持力层(或埋置深度)以下3 m~5 m;直接裸露的基岩,如需要钻探时,孔深应钻至基础埋置深度以下3 m~5 m。

2) 深基础(沉井和桩基)。在第四系覆盖层或基岩强风化层较深的地基及覆盖层较薄而风化层较浅的基岩地基,孔深均应钻入可能的持力层以下或桩应以下3 m~5 m。

3) 不良地质及特殊岩土勘探孔的布置数量和深度,应按本规范有关规定办理。

5. 为确保墩台地基工程地质评价的可靠性,对钻探质量要求规定如下:

1) 对每个钻孔应有明确的工程地质勘察目的和要求。

2) 钻孔孔径和岩芯采取率等要求与初设阶段勘察相同。对岩层的软弱夹层、风化层、构造破碎带等工程地质意义重大的地层地段,特别要提高岩芯采取率,以保证钻孔地质柱状图的准确性。取样数量应满足提供设计参数对岩土试验的要求。

3) 钻孔定位测量,应采用仪器、钢尺测定。其定位误差:陆地应小于0.1 m,水中一般应小于0.5 m;当水深流急,固定钻船极困难时,不应超过1.0 m,并应在套管固定后核测孔位。

4) 孔口高程测量,地面孔口高程误差:陆地应不超过0.01 m,水中应不超过0.1 m。注意水位升降及潮汐涨落影响时的水位变化,进行实际孔深的换算。钻孔内地层的分层高程误差应在0.05 m~0.1 m之内。

6. 当地层岩性、地质构造复杂,或不良地质现象发育及延伸勘探范围时,为节约钻探工作量,可在钻孔附近布设物探点、原位测试点,采用物探测试结果补充工程地质勘察资料。

7. 其他构造物的勘探,如引道、调治构造物的地基,一般可参照桥位工程地质资料进行类比,不另勘探。需要时,可采用挖探、钎探或触探配合进行。引道按100 m~200 m 间距布点,调治构造物按30 m~100 m 间距布点,孔深应达持力层以下1 m~2 m。

悬索桥塔墩、锚固部位勘探孔的数量和深度,应结合基础类型和工程地质条件的复杂程度,根据实际需要而定。一般应布5~9个钻孔。

6.3.4 原位测试

1. 为测定岩、土的工程地质特性,提供可靠的设计参数,应进行原位测试。其要求参见本规范第5.3.5条原位测试的内容。

2. 在墩(台)锚、桩位处的钻孔,均应配合原位测试工作。当采用隔墩(桩)钻探时,应在无钻孔的墩(桩)处进行原位测试,探查地基岩土物理力学特性,以取得有关原位地质资料,并与室内试验成果进行分析对比,为设计提供岩土力学参数。

6.3.5 地下水测试

当水文地质条件复杂的大桥或特大桥需提供基坑涌水量时,应进行抽水试验。当地层含有承压水时,应进行观测。当工程地质条件复杂,详勘后仍有遗留地质问题需要查清时,可配合施工进行补充勘探。

6.3.6 室内试验

1. 对墩(台)锚、桩等部位的所有钻孔所取的样品均应送实验室进行试验。有关岩土物理力学性能和水质分析等试验项目,除按本规范第5.3.6条的有关要求办理外,必要时,应根据基础型式及其工程的重要性确定增加试验项目。

2. 岩土试样的数量、规格、质量要求,应按行业标准的有关要求办理。

6.3.7 资料要求

1. 对工程地质测绘、勘探、测试等成果资料,应进行整理分析,编绘图件,提交完整的工程地质勘察报告。

2. 工程地质报告内容

- 1) 工程地质勘察任务的依据、目的和要求,以及本阶段工作的主要内容和工作量。
- 2) 对桥位区内主要的地形、地貌、地层岩性、地质构造、地震(地震危险性分析和地震动力设计参数)、地下水特性和不良地质现象类别、规模和特征等进行阐述。
- 3) 对桥位地基岩土物理力学参数、地基基础与边坡稳定性、基础的适宜性作出评价。
- 4) 根据工程地质条件、岩土物理力学性能,对桥梁墩(台)的基础类型与埋置深度,以及对不良地质与特殊性岩土的防治措施,提出建议。

3. 图表资料

- 1) 桥位工程地质平面图,比例尺一般为1:500~1:2 000。
- 2) 桥位工程地质纵断面图,水平比例尺为1:200~1:5 000;垂直比例尺为1:20~1:500。
- 3) 桥位工程地质横断面图,比例尺:水平为1:100~1:1 000;垂直为1:50~1:100。
- 4) 钻孔地质柱状图,比例尺1:50~1:200。
- 5) 岩土物理力学试验成果资料,原位测试成果资料,水质分析及筑路材料料场成果表。
- 6) 需要时,可附有关桥墩(台)立体地质图或基岩等高线图,比例尺一般为1:50~1:100。
- 7) 其他资料,如勘探、物探、测试结果、岩芯箱登记表、工程与岩芯照片及岩芯移交手续等。

6.4 隧道详勘

6.4.1 详勘要求

1. 本阶段工程地质勘察工作,要求在初步设计阶段所选定的隧道位置上进行详细工程地质勘察,为隧道的施工图设计和施工方案的确定提供地质依据。

2. 要求对隧道所在区域的地形、地貌、工程地质特征及水文地质条件作出详细的评价。

3. 根据控制隧道围岩稳定的各项因素,分段确定隧道围岩类别。

4. 为隧道施工布置、各段洞身掘进方法及程序、支护及衬砌类型或整治工程设计提供工程地质依据。

6.4.2 准备工作

1. 熟悉隧道初勘文件,补充收集区域地质和工程地质资料。

2. 研究分析隧道初勘地质结论与建议,为隧道详勘作好各项准备。

6.4.3 详勘内容

1. 在初勘的基础上进一步开展深入细致的工程地质勘察工作,着重查明和解决初勘时未能查明的地质问题,补充、核对初勘的地质资料。

2. 根据地质特征,进一步分析隧道围岩的稳定性和洞口斜坡的稳定性。

3. 对于长、特长隧道,地质条件极复杂的水下隧道,就初勘提出的重大地质问题和建议,应进行深入调查、勘探,得出可靠结论。

4. 正确评价隧址区的工程地质、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、整治措施及注意事项等。

6.4.4 详勘方法

本阶段工程地质勘察工作一般以钻探为主,根据地形、地质条件,采用适当的方法进行综合勘探,相互验证,以期在初勘的基础之上取得更加深入、可靠的地质结论。

6.4.5 调查与测绘

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,应与初勘时未能查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,勘探追踪范围可以适当放大,以达到进一步查明的目的。

2. 重点调绘隧道通过的严重不良地质、特殊地质地段,地质复杂的特长隧道、水下隧道,收集地质横、纵断面资料,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,应适当加大调绘范围和工作量。

6.4.6 物理勘探

1. 物理勘探在本阶段仍是钻探的补充手段之一,在地形、地质条件适宜的地方,应充分发挥多种物探的作用,进行综合勘探。

2. 由于物探的局限性和资料成果的多解性,应结合隧道钻探、槽深、调绘等地质资料,进行物理力学指标的测定和岩土层次探测论证。

3. 应对初勘时未能查明的地质条件或沿隧道轴线方向有复杂地质问题的地段进行物探,以达到进一步查明和补充、校核之目的。

4. 一般应根据隧道所在地区的地形、地质条件选择适当的物探方法。山区岩质隧道一般应先进行地震勘探,沿隧道轴线至少布置一条地震测线,测点间距以10 m~20 m为宜;若发现有地质构造时,局部应加密。两洞口应布置横测线,测点间距为5 m;若洞口或洞身发现有溶洞或其他构造破碎带,应适当加作横测线和加密测点。

当高速公路为上下行时,隧道一般应当作两座单独隧道进行勘探,地质条件简单、无构造影响、岩性单一的短小隧道可当作一座隧道布置勘探工作。

5. 用声波法测定岩体的弹性纵波波速时,宜同时测定岩体的弹性横波波速,以求得岩体的弹性特征值。

除测定岩体弹性波速外,还应测定岩石试件的弹性波速,以求得岩体的完整性系数,判定围岩的破碎程度。

6. 当地震勘探发现有明显的溶洞或大的地质构造时,应进行综合物理勘探,以供相互验证。当采用

电探时,一般沿隧道轴线布设一条主测线,在主测线两侧20 m各布一条平行测线,测点间距以20 m~40 m为宜。洞口一般应布置横测线,测点间距以10 m~30 m为宜。

7. 水下隧道物探,应在先查明水域内水底地形、水深、流速等情况下再决定采用何种物探手段,一般宜进行综合物探。勘测主线宜沿隧道轴线两侧布设,一般不得少于2条,横测线一般应沿顺水流方向布设,不宜少于3条,测点间隔比陆上物探适当加密。

6.4.7 钻探与洞探

1. 隧道详勘应以钻探为主要手段,但钻孔位置、孔深、孔数、取样和试验应根据物探资料、不同的地质情况和勘探目的而定。

2. 山岭隧道除地质条件极简单、岩性单一、无构造影响的短隧道外,一般对隧道洞身和洞口应布置钻孔,同时应尽量利用初勘钻孔。地质条件复杂的中隧道,一般钻孔数量不得少于5个,长隧道和特长隧道的勘探,应适当加密钻孔。

3. 钻孔布置原则:洞身孔一般应布置在洞身低凹部位与探明构造破碎带、岩溶等不良地质勘探综合考虑。勘探深度根据勘探目的而定,一般应以钻至隧道底板设计标高以下2 m为宜;若需探明不良地质,钻孔深度应超过隧道底板设计标高以下5 m~10 m。洞口钻孔一般宜布置在洞口以上30 m~50 m范围之上的山体内部,并能揭露到洞顶以上地层20 m~30 m。洞口钻孔的布置可与洞口高架桥或深路堑钻探相结合考虑;钻孔深度,一般穿过洞口底板设计标高以下2 m。遇不良地质,其钻孔深度应超过底板设计标高以下5 m。

4. 隧道钻孔数量、位置、深度的确定,应与钻探目的、水文地质测试、物探测井等结合考虑。一般当遇如下情况而无钻孔时,应取得委托方的同意后,按需要增补钻孔:

1) 地质构造复杂、岩石破碎且有软弱夹层的地段,为了判明岩层破碎、风化程度、含水情况等,应布置钻孔,且宜采用干钻、无泵反循环、双层岩芯管或其他有效钻探方法。

2) 地下水丰富,并有地下水通道,洞顶沟谷中有厚覆盖层,且洞身埋藏较浅,或洞身穿过古河道,应利用钻探、取样、试验来判明地层透水性、粒度分布、粗粒土的含量等,为隧道涌水量预测、施工方案的确提供工程地质依据。

3) 隧道通过不良地质地段,应布置钻孔,进行特殊项目的勘探和测试,必要时应配合物理勘探、测井,求得各项特殊指标。

4) 当露头不足,无法鉴定隧道通过地段的围岩类别,宜布置槽探和钻探。

5) 水下隧道勘探除做必要的物探工作以外,主要应布置适当的钻探工作。为了进一步查明地质和水文地质情况,沿隧道轴线两侧布置钻孔(包括河床内水中部分),钻孔距隧道轴线一般为20 m~40 m,呈梅花状排列;纵向孔距为50 m~100 m,钻孔深度应根据水下隧道埋深计算而定。沉管法施工隧道,一般孔深从河床底部计算为30 m~40 m。其他方法施工的隧道,根据隧道的埋深,钻孔深度一般超过隧道底部20 m。在地质构造特别复杂的地段,个别孔深可超过隧道底部50 m。

6) 水下隧道除探明隧道上、下地层含水层、隔水层性质外,还应结合物探查明地下水流向、流速,测试各种水文地质参数。因此,钻探应考虑配合物探进行综合测井试验。

7) 水下隧道由于其工程地质、水文地质条件的特殊性和复杂性,为了彻底查明地层的稳定性,了解地下水涌水量、岩溶等地质构造的影响资料,对于地质构造复杂的地区,往往还要在大量钻探工作的基础上进行坑探和洞探。导洞(或叫探洞)的大小和部位要根据地质条件而定,可以根据地质情况,局部布置临时竖井和导洞,也可以全段进行洞探。

6.4.8 取样与试验

1. 一般隧道应从现场露头、探坑(槽)、钻孔内取代表性样品进行试验。取样间隔与数量应根据地质情况和试验目的要求而定,但应以满足正确评价隧道区工程地质、水文地质条件为前提。

2. 对于水下隧道上、下地层中的砂类土除应分层取样试验,进行颗粒分析外,还要做标准贯入试验,其间隔以1.5 m~2.0 m为宜,据以确定砂类土的密度。

3. 地表水、地下水的取样应在有代表性的地方,分层次采取水样做水质分析。

4. 水下隧道和水文地质条件复杂的隧道,应做水文地质有关项目的试验,求得各含水层、隔水层水文地质参数。

5. 试验项目与要求

1) 岩土的物理、力学、水理、化学试验,试验项目参见附录F。

2) 水下隧道或水文地质条件复杂的隧道,应做钻孔抽水、注水或井中测流试验,若为海底隧道宜进行盐水注入试验。

3) 孔内涌水量压测法试验。

4) 不良地质有关的特殊定量试验。

5) 水质分析试验,分析项目参见附录D。

6) 测定有害气体的含量、压力与性质。

7) 利用钻孔结合物探来补充测定岩土性质。

8) 贯入阻力试验(需要时做)。

6.4.9 隧道顶(底)板安全水头、安全厚度计算

隧道开挖时水对其威胁破坏程度取决于隧道隔水顶(底)板厚度和力学强度,以及充水岩层的富水性和压力水头的大小。静水压力对顶(底)板的破坏,可用理论公式来计算隔水顶(底)板安全水头值或安全厚度。

6.4.10 隧道涌水量预测

1. 陆上隧道涌水量预测是隧道详勘的重要内容之一。对于水文地质条件复杂的隧道应进行涌水量预测,为隧道施工防水、排水提供依据。目前预测方法和计算公式较多,一般宜采用多方法、多手段进行预测,以期相互印证。

2. 水下隧道必须进行涌水量预测。通过大量的水文地质工作,应正确选定各项水文地质参数,进行合理、准确的涌水量预测,为水下隧道设计方案和施工方案中的防水与排水工程提供准确的资料。

6.4.11 围岩分类

对影响围岩分类的地质因素在初勘的基础上进行验证、补充、修正,并加强测试力度,把围岩的物理、力学、水理性质详细查明。通过本阶段的地质调查、勘探、测试后,对初步设计阶段所定的围岩类别进行修正、调整,为隧道工程设计提供准确可靠的围岩分类的地质依据。

6.4.12 资料要求

1. 隧道各类勘探资料的整编内容同第5.4.12条第1款。提供的一切资料应正确反映洞口、洞身的地质条件,其测试数据完整可靠。

2. 除特殊情况外,本阶段一般应提交下列有关资料作为隧道设计和施工方案选定的工程地质依据:

1) 文字部分

(1) 隧道详勘说明书。应根据各种勘探结果,对隧道地区工程地质、水文地质进行正确评价,得出结论,提出对设计和施工方案的建议。

隧道详勘说明书。应包括补充调查测绘资料,补充遥感判释资料,物探、钻探、测试、试验等资料。详勘说明书中应综合各类资料进行综合分析。

(2) 分项说明书。对地质条件极其复杂的长隧道、水下隧道、通过特殊不良地质地区的隧道,若有必要可单独编制分项说明书和绘制图表。

2) 应完成的图件

(1) 隧道地质平面图:如属一次定测且有比较方案时,还应测绘隧道方案平面图,水下隧道应有水深等深线图。

(2) 隧道地质纵断面图:要求隧道每段填绘地层、地质构造、水文地质条件,注明围岩类别;比例尺,水平为1:500~1:2000,垂直为1:50~1:200。

- (3) 洞口地质纵断面图:当地质条件复杂时,比例尺为1:50~1:500。
- (4) 洞口地质横断面图:比例尺为1:50~1:100。
- (5) 洞身地质横断面图:工程地质、水文地质条件复杂时绘制,比例尺为1:50~1:500。
- (6) 明洞地质横断面图:比例尺为1:50~1:100,视情况绘制。
- 3) 其他有关资料及协议等。

6.5 沿线筑路材料料场详勘

6.5.1 对采用的料场,按第5.5节沿线筑路材料料场初勘的规定内容进行核实和作必要的补充勘察工作。

6.5.2 对新增料场按第5.5节规定内容进行勘察。

6.5.3 对起控制作用的主要料场,应与产权单位签订供求协议书。

6.6 详勘文件编制

6.6.1 工程地质详勘文件应全面、准确地反映场地的工程地质条件,着重掌握地层的地质结构和工程情况,完整准确地提供设计所需的地质参数。

6.6.2 工程地质报告的项目和内容应符合本规范第5.6.1条第1款、第5.6.1条第2款的规定,但属区域性的一般性问题可从略,对工程直接有关的部分,应根据详勘工作深度,全面反映。

6.6.3 专项资料按第6.2.2条第2~7款、第6.2.3~6.2.5条、第6.3.7条、第6.4.12条及第7、8章的有关规定办理。

6.6.4 有关以上工程地质详勘成果的文件,应分项整编,列入相关的施工图设计文件的基础资料,正式出版。

7 不良地质

7.1 岩溶

7.1.1 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。

测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200 m~300 m;对特大桥和地质条件复杂的大桥限于桥轴线上、下游各200 m~500 m;对隧道视地质条件复杂程度确定。测绘比例尺为1:500~1:2 000。

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、岩体的节理裂隙发育程度;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5 m~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3 m~5 m。

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强度、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5 m~8 m;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3 m~5 m。

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1:500~1:2 000。

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1:500~1:2 000,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。

7.1.2 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) 查明岩溶水的埋藏特点、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100 m~150 m;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200 m;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1:500~1:2 000。

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度补给、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,勘探的重点在初期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5 m~8 m;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3 m~5 m。在挖方路段,钻孔应在路基设计标高以下完整基岩内钻进5 m~8 m,或穿过溶洞后在底板完整基岩内钻进3 m~5 m。

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个钻也,当采用桩基础时,应逐桩钻探。钻孔在完整基岩内钻进5 m~10 m;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3 m~5 m。

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5 m~8 m;在该深度内遇有溶洞时,钻孔应穿过溶洞,在洞穴底板完整基岩内钻进3 m~5 m。

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1:500~1:2 000。

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1:500~1:2 000,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。

7.2 滑坡

7.2.1 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、地质构造与节理裂隙发育、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、潮湿处、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 40 m。

大型滑坡宜设 2~3 个地质断面,勘探点间距不宜大于 50 m。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 2 m~3 m。

(4) 钻探终孔口径不小于 110 mm。

(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他工艺,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 1 m 时变层取样;层厚较大时取样间距不得大于 2 m。

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、碎石土及其他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、运动规律及其他性状。

(4) 滑坡稳定性分析要充分利用综合调绘、探勘、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小的位置。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 $1:500\sim 1:2\,000$ 。

(2) 工程地质纵断面图,比例尺:水平为 $1:100\sim 1:200$;垂直为 $1:10\sim 1:20$ 。

3) 成果资料

调绘记录本、勘探试验原始资料(含挖探锚述、钻孔柱状图、物探成果、原位测试成果、试验成果)、稳定验算资料及其他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。

7.2.2 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大于 50 m ;若滑体宽度小于 50 m ,至少有一条勘探线。

2) 防治构造物上的勘探点间距不大于 20 m 。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) 试验项目按本规范第7.2.1条第3款要求办理。

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,并求出多次剪和残余剪的抗剪强度。

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,并列出具体的设计参数推荐值。

(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 $1:500\sim 1:2\,000$ 。

(2) 各项防治工程纵、横工程地质断面图,比例尺为 $1:100\sim 1:200$ 。

(3) 滑坡防治设计推荐方案平面示意图,比例尺为 $1:500\sim 1:2\,000$ 。

3) 成果资料应整理成册,列入基础资料正式出版。

7.3 崩塌与岩堆

7.3.1 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 40 m ,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、泥石流应按第7.2节及第7.4节的要求进行勘察。

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支干、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50 m。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2 m。并应采取适当的钻探工艺,以查明岩石软弱夹层、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。也可利用天然陡坎坍塌、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、活动规律、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。

7.3.2 详勘

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节理特征。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

试验项目的要求同第7.3.1条第3款规定。

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,正式出版。

7.4 泥石流

7.4.1 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状况。

(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他(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,据以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) 调查因采矿、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、历时原因、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) 代表性勘探线可呈十字形布置,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50 m。

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。颗粒分析侧重做粉砂和粘土粒组含量百分数、小于1 mm 颗粒含量百分数、中值粒径(d_{50})。粘性泥石流做湿陷试验及可溶盐试验,疏松地层做固结试验。稀性泥石流还应取固体物质补给区的样品作颗粒分析。

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、新构造活动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1:2 000~1:10 000。

(2) 工程地质纵断面图(含沉积区、流通区),比例尺:水平为1:2 000~1:10 000;垂直为1:200~1:1 000。

3) 成果资料

测绘记录、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。

7.4.2 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) 试验项目同第7.4.1条第3款要求。

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近年来活动现状。
- (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,当形成区设防治构造物时需扩大至形成区。比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

(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 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。

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。

7.5 积雪

7.5.1 初勘

1. 勘察重点

- 1) 查明影响和控制路线布线和路基设计的积雪类型和形成的原因。
- 2) 收集与形成风吹雪有直接关系的当地气象资料。
- 3) 查明路线所处的地形、地貌环境和气流活动的区域性规律。

2. 调查与测绘

- 1) 调查沿线地形、地貌、植被等对积雪的影响。
- 2) 调查积雪路段路线所处的地貌部位(山脊、垭口、山坡、坡脚、河谷、阶地等)和地貌方位(迎风面和背风面等),以及山坡的高度、坡面形态、自然坡度、植被的分布状况。

3) 收集积雪路段年总降雪量、最大降雪量、降雪持续时间、平均积雪深度及最大积雪深度、稳定积雪及消融时间。

4) 调查冬季各月风速、风向及其频率与持续时间、年平均风速、最大风速、雪流起动风速等气象资料。

5) 调查冬季各月的平均气温、最高及最低气温、融冻时间、风雪流强度及主导风向、风吹雪的类型及其危害程度。

6) 收集当地防治积雪的方法与经验。

7) 调查已有公路在不同地貌部位、方位及不同的断面形式处、风吹雪状况及危害程度。

8) 测绘

(1) 利用初测路线平面图,测绘积雪地段的积雪分布图。比例尺可采用 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,或视积雪地段的长度而定。

(2) 测绘宽度应满足布设防护工程需要,一般为路中心左右 $100\text{ m}\sim 300\text{ m}$ 。

3. 资料要求

1) 积雪地段工程地质勘察报告,文字部分的主要内容为:

- (1) 地形、地貌、气象要素等对积雪的影响。
- (2) 路线方案比选的论证。
- (3) 施工后地形改变,可能出现风吹雪危害的分析。
- (4) 对各工点的路线设计要求及防治措施。
- (5) 根据调查收集的资料和分析结论进行地质评价。

2) 积雪分布图。

3) 与积雪有关的气象资料。

以上成果资料,应列入基础资料,正式出版。

7.5.2 详勘

1. 勘察重点

在初勘的基础上,根据初步设计审查意见,对确定的路线线位,进一步补充调查收集积雪路段的气象、地形、地貌、积雪等资料和积雪对公路的危害程度,并提出可行的防治措施。

2. 调查与测绘

宜在降雪季节沿确定路线进行积雪工点调查,应查明:

- 1) 路线走向与冬季主导风向的交角。
- 2) 积雪深度、风吹雪来源及移雪量、预计施工后可能造成公路积雪的类型(迎风积雪、背风积雪、弯道绕流积雪、路堤积雪等)及其影响段落,并确定危害程度。
- 3) 改善路基附近地形的条件及方式。
- 4) 查明积雪的原因及对公路的危害程度。
- 5) 积雪融化后,再复查对比积雪时地形、地貌、植被情况并分析积雪的规律性。
- 6) 根据调查结果,并结合当地防治积雪的经验,提出经济、可行的防治措施。
- 7) 复核或补充初勘阶段的积雪分布图。

3. 资料要求

1) 积雪地段工程地质勘察报告,其文字部分的内容包括地形、地貌、气象要素等对积雪的影响,施工后可能出现的风吹雪对公路的危害及相应的防治措施。

2) 积雪地段各项补充调查记录、图表资料。

3) 推荐积雪路段路基标准横断面图。

以上成果,除记录本外,均列入基础资料,整理成册,正式出版。

7.6 雪崩

7.6.1 初勘

1. 勘察重点

- 1) 调查形成雪崩的地形、地貌条件、气象因素。
 - 2) 调查雪崩的雪源情况。
 - 3) 调查雪崩的运动规律和对公路的危害程度。
- #### 2. 调查与测绘
- 1) 调查雪崩地段的地形、地貌特征、植被生长情况、崩落方向、雪崩量及影响范围。
 - 2) 调查雪崩类型、规模、危害程度及发生雪崩的时间和条件。
 - 3) 收集历年的风向、风力、降雪量、积雪程度及发生雪崩的情况。
 - 4) 收集冬季各月的平均气温、最高气温、最低气温、雪崩消融时间。
 - 5) 调查雪崩地段所处地貌部位、山坡坡度、坡面情况、沟槽长度、高差、沟槽源头的储雪条件及冬季储雪量。

6) 调查当地防治雪崩的方法和经验。

7) 调查分析已有公路的雪崩路段及其雪崩产生的原因与危害程度。

8) 测绘

采用初测路线平面图,比例尺1:2 000~1:10 000,通过调查估绘雪崩分布图。

填绘各雪崩工点的集雪区、运动路线、堆积区、安全带、雪崩陡崖、坡面的裂点、冬季主导风向、分水岭、河流和居民点。

3. 资料要求

1) 雪崩地段工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:

(1) 雪崩形成的地形、地貌、气象因素及其分布特点、规模、发生频率。

(2) 路线方案比选的论证。

(3) 各工点防治工程措施及工程地质评价。

2) 雪崩分布图,比例尺 1:2 000~1:10 000。

以上成果,应列出基础资料,正式出版。

7.6.2 详勘

1. 勘察重点

1) 详细调查雪崩地段雪崩的原因及对公路的危害程度。

2) 落实通过雪崩地段的路线位置及长度,提出经济可行的防治措施。

2. 调查与测绘

1) 认真研究初勘资料,根据初勘阶段尚未查明的问题,有针对性地调查雪崩影响范围内地形、地貌,进一步查明雪崩的原因、雪崩类型、规模及对公路的危害程度。

2) 调查雪崩应在冬季积雪期进行,并宜在融雪期沿确定的路线进行雪崩工点调查。应查明:

(1) 雪崩分布的坡向及雪崩的类型。

(2) 集雪区的形态和面积、分水岭的形态,集雪区的高差和雪崩裂点位置。

(3) 雪崩运动区的地形、植被痕迹、植被情况、形态、平均坡度、基岩岩性等。

(4) 堆积区的部位、形态和面积、雪崩堆积的特征。

(5) 雪崩运动形式、规律、最大雪崩量和受影响路段的长度,并拟定防治工程措施。

3) 测绘

(1) 补充完善初测雪崩分布图。

(2) 测绘宽度以满足标出路线线位以上雪崩区范围界限及布置防治工程的需要为度,一般在路线中心有雪崩方向一侧 100 m~200 m。

(3) 主要内容:填绘雪崩运动路径、方向、速度、最大距离和最大堆积量等。

(4) 必要时可建立定位观测站,进行较长期观测。

3. 资料要求

1) 雪崩地段工程地质勘察报告,其文字部分的主要内容为:

(1) 地形、地貌、气象、植被等对形成雪崩的影响。

(2) 雪崩的分布特征、规模及对公路的危害程度。

(3) 各工点防治雪崩的方法及其效能的意见。

(4) 地质评价。根据调查资料和分析论证,对雪崩的原因、防治和路线位置进行地质评价。

2) 雪崩分布图。

3) 各种补充调查记录、气象资料和图表。

以上成果,除记录本外,均应列入基础资料,正式出版。

7.7 风沙

7.7.1 初勘

1. 勘察重点

1) 气象调查

除收集常规气象资料外,应侧重收集风向、风速、风向频率、起沙风的多年观测资料。并注明测试仪器距地面高度。

调查路线通过范围内的局部地形对气流的干扰状况。

2) 地形地貌调绘的重点是:

(1) 风蚀谷、风蚀洼地、风蚀残丘等地貌形态特征及分布范围。

(2) 各形态类型的沙丘、沙堆、风沙流及沙埋等平面形状及间距大小。

(3) 各形态类型沙丘及季节性沙堆横截面各部位的数据,包括沙丘的高度、宽度、堆积带落沙坡度;搬运交换带的宽度、坡度;吹蚀带的高度、宽度、坡度;中立带的宽度。

(4) 沙丘移动方式及运动速度。

(5) 沙丘、沙堆的稳定程度。

(6) 沙丘延长方向与主风向的夹角关系。

3) 地质及水文地质调绘

(1) 风蚀和风积地表及其下层的地质、岩性、地质构造。

(2) 沙丘各代表性部位沙的颗粒组成。

(3) 井、泉、地面水系、沼泽、盐碱地、地下水埋藏深度、含水层等分布规律。

(4) 地下水、地表水的矿化度、矿化类型。

(5) 土的可溶盐含量、盐渍化类型及在水平、垂直方向的分布规律。

4) 植被调绘

调绘植被覆盖程度及其分带性以及耐旱、耐盐碱植物种类、群落的分布规律和生长情况。

5) 风沙灾害调查

调查风沙对农田、水利设施、公路、铁道、村镇和交通等的危害,以及调查当地以往防风治沙的成败经验。

6) 沿线筑路材料调查

调查路基填筑和防风固沙材料以及调查工程用水、生活用水的来源。

2. 勘探

(1) 对沙丘的勘探以挖探为主。勘探线选择在有代表性地段,垂直沙丘移动方向布置。勘探线长度一般在路线两侧各不少于 300 m。在固定、半固定沙丘地区可适当缩短。

(2) 路基、桥位勘探,见本规范初步工程地质勘察有关条款要求。

(3) 缺水地区的水源勘探,应选择地下水露头,如泉、湿地以及植物繁茂地段、断层破碎带附近布置钻孔,孔深达到满足抽水、提水试验的程度。

3. 试验

(1) 对沙丘的不同部位,从地表开始向下,每 20 cm 取样至 1 m、深 1 m~3 m 每 40 cm 取样,做相对密度、密度、天然含水量、天然休止角、颗粒分析、毛细水上升高度、有机质含量、可溶盐含量等试验。

(2) 对干旱缺水地区,宜作钻孔抽水试验并进行水质分析。

4. 资料要求

(1) 风沙路段工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:

(1) 阐述路线所通过风沙区的气象、水文、地形、地貌、工程地质、水文地质、植被等自然条件。

(2) 绘制动力风向图及起沙风矢量图。

(3) 论述风向、风速与风蚀、风积特征地貌形成的机理、发展趋势和现状。

(4) 论述沙丘、沙堆的类型。主要是按形态、稳定程度,并按形态与风的关系、移动方式来划分沙丘和沙堆的类型。

(5) 叙述当地沙害及防风固沙的成败经验。

(6) 提出防治方案的建议和详勘工作应注意的问题。

2) 工程地质图

(1) 工程地质平面图,比例尺为 1:2 000~1:10 000。

(2) 工程地质纵断面图,水平比例尺为 1:2 000~1:10 000,垂直比例尺为 1:200~1:1 000。

3) 成果资料

工程地质勘察有关成果资料,主要包括勘探及试验成果资料、统计计算及分析图件资料等,应分类编目,整理成册,列入基础资料,正式出版。

7.7.2 详勘

1. 勘察重点

- 1) 查明路线上各项构造物地基的地层、岩性、承载力。
- 2) 查明各项构造物沙埋、风蚀的危险程度。
- 3) 查明应设防范范围的风蚀、风积形态特征、运动规律。
- 4) 植物防风固沙范围的植物生长条件,如水源、引水条件、土质、适合的固沙植物种类等。
- 5) 查明适用于当地的防风固沙天然材料的种类、产地、数量、质量及施工与生活用水水源、储量、开采条件。
- 6) 查明盐渍土、高矿化水对混凝土的侵蚀性。

2. 勘探

对风蚀、风积勘探线应选代表性断面、垂直路线布置或垂直沙丘的长轴向布置。每个地貌、地形单元(如一个沙丘、一个风蚀洼地等)都要至少有3个代表性勘探点。

3. 试验

同本规范第7.7.1条第3款的要求。

4. 资料要求

- 1) 风沙工程地质勘察报告,文字部分的主要内容是:
 - (1) 概述风蚀、风积地貌形成的自然因素及其机理关系。
 - (2) 按需要防治范围的不同,以风蚀风积地貌形态、稳定程度、移动方式与路线的关系为依据划分区段。
 - (3) 论述针对不同区段推荐的防治风沙的措施及防治范围。
 - (4) 详述各项防治措施。
- 2) 工程地质图
 - (1) 工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。
 - (2) 各项防治工程的地质断面图,水平比例尺为1:2 000~1:10 000,垂直比例尺为1:200~1:1 000。

3) 成果资料

针对各项调查原始记录、勘探成果资料、试验成果资料、各项统计计算分析原始资料,应分别编目,整理成册;除记录本外,其余均应列入基础资料,正式出版。

7.8 采空区

7.8.1 初勘

1. 勘察重点

- 1) 查明采空区的范围、埋藏深度、空间大小、顶板岩层厚度、地质构造特点。
- 2) 查明采空区地表变形和塌陷的分布规律、发展趋势及其诱发的其他不良地质现象的类型、位置和规模。
- 3) 查明采空区顶板的管理办法、塌落情况和采空空间的充填程度。

2. 调查与测绘

对路线经过的采空区进行工程地质调绘,应以收集资料为主,重点收集各种地质图、了解采空区的地层构成、岩层产状、地质构造的发育特点、采空区内的水文地质条件。收集矿床分布图,了解矿层的分布、层数、层厚、埋藏深度,已有采空区的分布范围、开采时间、开采方法、顶板处理措施及远景开采规划。收集与地表变形有关的观测和计算资料以及采空区附近抽水排水时对采空区变形的影响等。

对由于地下采空而引起地表移动盆地,应进行工程地质测绘,重点查清地表塌陷的特征、塌陷范围、变形大小、稳定情况与发展趋势,由于地表塌陷而引起的不良地质现象的类型、分布位置和规模等。测绘比例尺为1:2 000~1:10 000。

3. 勘探

当采空区的有关资料齐全时,能充分说明采空区位置、范围、大小及变形的基本特征以及变形的发展趋势和稳定条件时,可不进行勘探;否则应进行必要的物探工作,查明采空区的范围、埋藏深度、采空的空间大小、采空区上部第四系沉积物和岩层厚度以及断裂构造的位置等。

勘探工作一般可平行路线布设物探测线和垂直路线的横断面,并采样进行岩土试验。物探方法的选择应结合地形与采空区埋深及探测分布范围而定,参见表7.8.1-1。必要时,可在物探判定的采空区内布置2~3个钻孔,验证物探成果,并对初期阶段勘察方法作出结论。

4. 定位观测

对主要路线方案所经过的采空区,当有关资料缺乏,采用勘探方法很难查明采空区的基本特征,必要时可采用定位观测方法,直接查明地表变化特征、变形规律和发展趋势。

表 7.8.1-1 物探方法参照表

地形情况	地 形 较 平 坦				地 形 起 伏 较 大	
空间埋深	0~10 m	10 m~40 m	40 m~100 m	100 m~200 m	0~40 m	40 m~200 m
平面物探	微重力法		折射波	瞬变电磁法	射气法	瞬变电磁法
剖面物探	地质雷达	瑞利法	高密度电法	高分辨地震	瑞利波	井间CT法(电磁波、弹性波)

1) 观测线宜平行和垂直路线布设,其长度应超过地表移动盆地范围或采空区的范围。

2) 观测点应等间距布置,其间距按表7.8.1-2确定。

表 7.8.1-2 定位观测点间距

开采深度 H (m)	观测点间距 L (m)	开采深度 H (m)	观测点间距 L (m)
<50	5	200~300	20
50~100	10	300~400	25
100~200	15	>400	30

3) 观测周期可根据地表变形速度按下式计算:

$$t = \frac{\sqrt{2}Kn}{S} \quad (7.8.1)$$

式中: t ——观测周期(月);

n ——水准测量平均误差(mm);

S ——地表变形的月下沉量(mm);

K ——系数(一般为2~3)。

或根据开采深度按表7.8.1-3确定。

4) 在观测地表变形值的同时,应观测地表裂隙、陷坑、台阶的发展情况。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的编写要根据调查、测绘、勘探和定位观测等资料综合论述场地的工程地质条件和采空区基本特征;论证变形发展阶段,预测变形发展趋势,评价场地稳定性和布设路线的适宜性;并根据采空区地表变形特征和变形大小,对场地进行变形分区。

表 7.8.1-3 定位观测周期表

开采深度 H (m)	观测周期 (日)	开采深度 H (m)	观测周期 (月)
<50	10	250~400	2
50~100	15	400~600	3
150~250	30	>600	4

评述由于地表塌陷或变形可能引起的斜坡失稳、山体崩塌等各种不良地质现象给公路路基、桥梁、隧道等工程构造物造成的危害。

提出公路通过采空区时采取的工程处治措施。

2) 工程地质平面图,除标示一般规定的内容外,重点应标示出路线的位置、地表塌陷范围、不同路段的变形特征和变形大小。比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 工程地质纵断面图,比例尺:水平为1:2 000~1:10 000,垂直为1:200~1:1 000。

4) 定位观测的曲线、图表。

5) 有关采空区的资料、图件。

6) 物探、钻探、试验的图件和资料。

以上成果资料,均应列入基础资料,按要求整编,正式出版。

7.8.2 详勘

1. 勘察重点

1) 查明路线经过的采空区的稳定条件、变形值的大小、变形发展阶段、稳定与发展趋势;

2) 查明由于地表变形或塌陷引起的各种不良地质现象的类型、位置、规模、发展趋势,对公路构造物的危害程度。

2. 调查与测绘

1) 对路线经过的采空区进行工程地质测绘,应以收集采空区有关资料为主,除校核、补充、完善初勘的资料外,重点收集矿层的开采时间、塌落时间、塌落情况,采空区内充填和积水情况;采空区附近抽水排水对采空区稳定性的影响情况。路线压矿时,应收集矿体的分布范围、矿层层数、厚度、埋藏深度、矿体产状、上覆地层岩性、总厚度、地质构造的特点、开采计划等。

2) 对地表移动盆地应进行工程地质测绘,查明地表变形范围、变形规律;地表陷坑、塌陷台阶、塌陷裂缝的位置、形状、规模、深度、延伸方向、发展趋势;地表变形与采空区、区域地质构造、开采边界、工作面推进方向的关系;地表塌陷引起的不良地质现象的类型、分布位置、规模等。测绘比例尺为1:1 000~1:10 000。

3. 勘探

当采空区的有关资料收集不全,而又必须查明时,应进行勘探工作。

一般情况在路基影响范围内,平行路线布设3~5条物探勘探线,在地表移动盆地的中间区和内外边缘分别布设2~3条垂直路基的物探勘探线,主要勘察方法宜采用电探、震探及地质雷达等综合物探,必要时布置少量钻孔,验证物探成果,估算空间采空区体积。并采样进行岩土试验。

4. 定位观测

详勘时,如能通过收集资料、测绘、勘探可查明采空区的基本特征和变形规律,可不进行定位观测,否则应进行定位观测工作。观测线、点的布置原则,观测周期的确定和观测的内容详见第7.8.1条第4款。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:论述场地的工程地质条件、采空区的基本特征、变形特点和变形发展阶段,评价采空区不同地段的稳定条件、变形规律及其对公路工程的危害程度。

论证由于采空区地表塌陷引起的斜坡失稳、山体崩塌等不良地质现象对公路路基、桥梁、隧道及其他人工构造物的危害,并提出防治措施。

确定公路压矿数量,提出将来开采矿体应采取的工程保护措施,或对已有建筑物应采取的保护措施。

2) 采空区工程地质平面图,除标示规定的内容外,还应标示出地表移动盆地的位置及其分区界边、变形特征、地表塌陷引起的各种不良地质现象。比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

3) 采空区地段路线工程地质纵断面图,水平比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直比例尺为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。

4) 采空区顶板基岩厚度等值线图。

5) 物探、钻探、试验有关图件、资料,如物探、钻探成果一览表、原位测试成果一览表、岩石物理力学性质试验一览表,压水、灌注试验成果报告。

6) 有关采空区和压矿的图件、图表等资料。

以上成果资料,均应列入基础资料、按要求整编,正式出版。

7.9 水库坍岸

7.9.1 初勘

1. 勘察重点

1) 全面收集水库的水位设计资料、库区的气象资料,查明库岸地形、地貌特点,组成库岸的地层岩性、层序、产状结构特征、地下水位变化情况。

2) 图解或计算库岸的最终坍塌宽度,查明坍岸影响路线的长度。

3) 查明水库岸坡的破坏类型和破坏机理。

2. 调查与测绘

1) 调查测绘范围,应根据库内水面宽度、岸边水深、岸坡地形和组成物质以及风速、风向、风力等因素确定,一般限于公路线位与库岸之间的距离不大于 250 m 的地段。测绘比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

2) 收集水库的水位设计资料、水库蓄水时间、各个水位持续的时间、水面宽度、岸边水深、主导风向、最大风速、风力、波浪高度及对库岸冲击的情况。

3) 对寒冷地区的水库,应收集封冻、解冻的时间及有关地震资料。

4) 工程地质测绘的重点,应予查明库岸与路线线位之间的地形、地貌特征,地形高度及坡度,岸坡的稳定和坍塌情况,岸坡的水下坡角,组成岸坡的岩性及其厚度、结构特征、成层特点、岩层产状、节理裂隙发育特点、破碎程度、有无倾向水库的软弱夹层和泥化夹层,组成岸坡的各种土的稳定坡角,地下水的水位及其变化幅度等。

3. 勘探

根据对组成库岸的岩性及其结构特征、地质构造特点、水库的水位和气象资料分析,如果库岸不会坍塌或坍塌不会影响到布线地段时,可按常规要求进行勘探工作,否则应进行专项勘探工作。勘探线应垂直库岸布置,在预测的坍岸区内布置 $2\sim 3$ 条勘探线;勘探点间距,近库岸应密,远库岸应疏,或者每个地貌单元内布置 1 个钻孔。

钻孔深度,靠近库岸钻孔应钻至水库的设计低水位以下,远离库岸钻孔应钻至设计常水位。

勘探区内,主要对第四系沉积层和泥质岩石应进行分别取样,取样钻孔数应占钻孔总数的 $1/2$ 。

4. 试验

对组成岸坡的第四系沉积层进行以下试验:颗粒分析、可溶盐含量、水下安息角、粘性土的崩解速

度、抗剪强度及黄土湿陷试验等。

对组成库岸的泥质岩石进行密度测定、软化试验、饱水剪切试验等。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的主要内容是:阐述勘探区的工程地质条件和水库的水文、气象条件;论证岸坡的稳定性和坍塌发展阶段及发展趋势;预测水库岸坡的最终坍塌宽度和危及路线的长度,评价场地稳定性和适宜性;对危害公路工程的坍岸等不良地质现象,提出库岸防护方案。

2) 坍岸地带工程地质平面图,全面反映场地的工程地质条件,标示出路线线位和坍岸的最终边界。比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

3) 工程地质纵断面图,比例尺:水平为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。

4) 钻孔柱状图。

5) 岩土试验成果。

以上成果资料,均应列入基础资料,按要求整编,正式出版。

7.9.2 详勘

1. 勘察重点

1) 查明水库设计低水位与设计高水位范围内边坡地形特点、边坡高度、地表坡度、岸边的切割或弯曲程度、坍塌情况。

2) 组成岸坡的地层岩性、层序、密实程度、结构特点;基岩岩性、产状、岩面标高、风化破碎程度、节理裂隙发育特点;是否存在倾向库岸内的软弱夹层及其特征。

3) 查明路基受坍岸影响的长度和拟建防护工程场地的工程地质条件。

2. 调查与测绘

1) 调查与测绘范围应大于坍岸影响路线范围。比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

2) 调绘的主要内容是在初勘的基础上查明防护工程场地的地层岩性、地质构造和岩土的结构特征等。

3. 勘探

1) 为了准确地确定最终坍岸宽度和路基受坍岸影响的长度,应对初勘资料进行必要的补充勘探。

2) 对防护工程的场地进行工程地质勘探,钻孔数量应根据防护工程的类型和规模、场地工程地质条件的复杂程度确定。钻孔深度应钻入防护工程所在位置的坍岸影响深度以下 $3\text{ m}\sim 5\text{ m}$ 。

4. 试验

1) 对坍岸地区的岩土试验要求同第7.9.1条第4款。

2) 对防护工程的地基岩土进行以下试验:颗粒分析、密度、相对密度、天然含水量、液限、塑限、固结试验、剪切试验,岩石的抗压强度、抗剪强度。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的主要内容是:论述坍岸区的工程地质条件;论证坍岸发展阶段和发展趋势;论证水库岸坡的最终坍塌宽度和对路基影响的长度,提出路基防护工程的类型和规模。

详述防护工程场地的工程地质条件和地基岩土的物理力学特性,评价地基强度和稳定性。

2) 坍岸地段工程地质平面图,全面反映坍岸区的工程地质条件,标示出坍岸对路基的影响范围及防护工程的位置。比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。

3) 坍岸区工程地质纵断面图,比例尺:水平为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。

4) 防护工程地质纵断面图,比例尺:水平为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$,垂直为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。

5) 钻孔柱状图。

6) 岩土试验成果。

以上勘察成果,均应列入基础资料,分项整编,正式出版。

7.10 强震区

7.10.1 初勘

1. 勘察重点

本阶段勘察重点是收集区域地质构造、历史地震活动、宏观震害资料,并通过现场勘察,查明与发震有关的活动断裂及地震活动特征,为路线方案比选和大桥、隧道方案设计提供地质依据。

2. 调查与测绘

1) 地震时强震区的场地和地基,可能导致的宏观震害或地震效应,勘察时应根据工程的重要性、工程地质条件及工程的要求,对场地抗震稳定性进行评价。对特别重要的大桥、特大桥、长隧道等,必要时宜进行地震危险性分析。

2) 调查桥位、隧址、高路堤、深路堑、高挡墙等重点工程地段的断裂类型、地震活动历史、宏观震害及地震基本烈度。

3) 调查重点工程地段的地形、地貌、地层、岩性、地质构造及水文地质条件。

4) 调查区域地质构造、活动断裂,特别注意调查活动断裂的拐弯突出部位和端点,两组以上活动断裂的交汇处或汇而不交部位地层变化和地貌特征、近期发震情况。

5) 调查重点工程附近有无大型水库及蓄水后断层有无活动的情况。

6) 调查重点工程地段的滑坡、崩塌、地裂、泥石流等不良地质现象。

7) 调查软弱土、可液化土层的分布范围、埋藏深度,按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004)的要求,判别液化的可能性。

8) 调查地面有无喷水、冒砂、震陷、地面沉陷、岸坡滑移、地基失稳等现象。

9) 调查当地桥梁、隧道、路基等重点工程的抗震措施、抗震效果和震害情况。

10) 测绘工作以桥梁、隧道、挡墙等重点工程地段的初测工点地形图作为底图,根据需要勘察范围可适当扩大。其比例尺同于工点图或根据需要确定。

3. 勘探

1) 强震区的工程地质勘探应和桥位、隧址、挡墙等重点工程的地质勘探结合进行,主要查明地层、岩性、覆盖层厚度及结构组成、断裂带类型、产状和分布范围,地下水埋藏深度等。

2) 勘探一般采用综合物探与钻探相结合的方法进行,勘探线应平行桥轴线、隧道轴线,尽可能垂直断层走向或沿岩层走向布置。

3) 勘探点的位置、数量和钻孔深度,应以查明地层、岩性及断层的产状、性质,以及破碎带的宽度、胶结程度等为前提,尽可能结合墩台基础要求、围岩类别和基底标高综合考虑。原则上每个地质体或断裂带要有1~2条勘探线穿过,每条勘探线至少有2个以上的勘探点,地质条件复杂时可适当加密。钻孔位置和孔深应根据物探的疑点或异常点及工程的要求确定,孔深应超过构造物基底标高2 m~4 m。

4) 第四系覆盖层、软弱土层、可液化土层应结合钻孔进行原位测试、波速测定、标准贯入试验或测井,并取原状样。

4. 试验

试验项目一般要求:天然密度、天然含水量、相对密度、液限、塑限、颗粒分析、压缩系数及抗剪强度,必要时测剪切波速和剪切模量、阻尼特性、动强度、动变形等。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:

(1) 地形、地貌、地层岩性、第四系覆盖层厚度及结构组成。

(2) 区域地质构造及断裂活动的特征、历史地震的基本烈度及宏观震害,对路线、桥位、隧址等重点工程方案进行比选,并对其适宜性及构造物的稳定性作出评价。

(3) 强震时,因强烈的地面运动而产生场地、地基的失稳以致造成路基、桥梁、隧道的破坏程度。

(4) 对建筑场地类型、不良地质现象及岩土等在地震作用下的稳定性进行评价,并提出抗震设防的建议。

2) 强震区工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 勘探及试验资料。

以上勘察成果,应列入基础资料,分项整理,正式出版。

7.10.2 详勘

1. 勘察重点

本阶段勘察重点是核实初勘资料,根据初步设计审查意见,补充调查基岩覆盖层、发震断裂、活动断裂、地震活动频率和宏观震害,完善现场测试及室内试验;对特别重要的大桥、长隧道和构造物进行地震危险性分析,为构造物的施工图设计提供地震参数。

2. 调查与测绘

1) 根据初勘阶段尚未查明的地质问题,在确定路线线位、桥位、隧址的具体位置的基础上,根据初步设计审查提出的具体问题,有针对性地补充收集历史地震、区域地质构造、活动断裂、工程地质及水文地质资料。

2) 补充调查桥位、隧址等重点工程地段的地形、地貌、地层、岩性及水文地质条件。

3) 补充调查断裂带、第四系沉积物中反映新构造活动地貌特征和断层近期活动特征,确定断层的性质、规模和分布范围。

4) 补充调查地面以下 20 m 深度范围内饱和砂土或饱和粉土的分布范围、层位、层厚、地下水位,并按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004)的要求,判别液化的可能性、液化程度,对桥基、路基的影响及危害程度。

5) 补充调查强震时地面有无喷水、冒砂、震陷、地面沉陷、岸边滑移等的震害情况和对重点工程的影响程度。

6) 根据施工图设计需要应补充,加深初勘工程地质图的内容,并进行相应的测绘工作。

3. 勘探

1) 熟悉初勘资料,进一步补充查明不稳定地质体、活动断裂、覆盖层厚度、软弱破碎带的范围和活动情况。

2) 勘探宜采用物探(主要为震探、电探)和钻探相结合,勘探线和勘探点在初勘的基础上适当加密,确保提供抗震设计所需的地质参数。

3) 震探或电探应采用多种方法核对初勘资料,根据物探异常点有针对性地布置钻孔。每个断裂带至少有 2 个以上钻孔;孔深应达到查明断层要素及软弱夹层,或超过建筑物基底 2 m~4 m。

4) 可配合钻探对覆盖层进行标准贯入试验、波速测试,并采取原状样品。

4. 试验

1) 补充有关岩土物理与力学指标的试验。

2) 必要时对覆盖层测试有效压力、动力特性参数和剪切波速及剪切模量、阻尼特性等。

5. 资料要求

1) 强震区工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:

(1) 在初勘基础上,论述详勘阶段所做的主要工作、解决的主要地质问题及提供的主要资料。

(2) 综合论证重点工程地段的地形、地貌、地层、岩性、第四系覆盖层的厚度及结构组成和建筑场地类型。

(3) 综合评价区域地质构造、活动断裂的特征、历史地震活动的基本频率和烈度、宏观震害、发震断裂及可能发生的地震对重点工程的影响,并提出地震设防措施的建议。

2) 强震区工程地质平面图,比例尺为 1:2 000~1:10 000。

3) 地质勘探和试验资料。

以上勘察成果,应列入基础资料,分项整理,正式出版。

7.11 地震液化

7.11.1 初勘

1. 勘察重点

当抗震及设防烈度为Ⅵ度～Ⅷ度的地区,在桥位、高路堤等重要构造物地段,地面以下20 m范围内有饱和砂土或饱和粉土层时,应查明可液化土对桥基、路基稳定性的影响。按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004)的规定,判别其在地震作用下液化的可能性。凡判别为可液化土层,应按国家标准《建筑抗震设计规范》(GB 11)的规定,确定液化指数和液化等级,评定液化危害的程度,为路线、桥位、高路堤等方案比选提供依据。其勘察重点应为:

- 1) 查明影响地基液化的各主要因素。
- 2) 查明上覆非液化土层厚度、土质、密度及地下水位深度。
- 3) 调查分析可液化地基对工程的危害程度。
- 4) 详述防止地基液化的措施。

2. 调查与测绘

1) 调查收集区域地质构造、历史地震活动、地震基本烈度。

2) 调查桥位、高路堤等工程地段的地形、地貌(特别是微地貌,如河曲、河谷、河漫滩、阶地、丘陵、台地及坡地等)特征、地层结构、地质年代、可液化土层埋藏深度、分布范围,砂土层形成的地质年代、地下水位、地表水及地下水排除、疏干等条件。

3) 调查桥位处古河道、古洼淀、古湖塘的埋深及范围。

4) 调查地震时有无喷水、冒砂、地面沉陷、岸坡滑移和地基失稳等现象及其发生位置、影响范围和与桥位高路堤等重要构造物的关系。

5) 调查收集当地历史地震背景和桥梁等重要构造物的抗震措施及抗震效果与震害情况。

6) 工程地质测绘,以初测桥位、高路堤等重点工程地段的工点平面图作底图,测绘可液化土层的分布范围、地质年代和岩性等。用经纬仪测绘,观测点应满足勾绘地层界限的要求。比例尺可与工点图相同,或根据需要确定,一般采用1:2 000~1:10 000。

3. 勘探

1) 采用钻探、物探及原位测试等综合勘探方法,查明桥位、高路堤等重要构造物地面以下20 m范围内饱和砂土层或饱和粉土层的埋藏深度、分布范围、层位、层厚及上覆非液化土层的厚度和地下水位等。

2) 勘探孔应按不同地貌单元布置,并有一定数量的技术性钻孔。勘探工作可结合桥位、路基勘探进行。技术性钻孔应按要求取样和原位测试;钻孔数应满足查明可液化土的分布。桥头引道或高路堤每隔100 m左右应有一个钻孔,其深度一般大于20 m;当桥头引道路基或高路堤需要加固处理时,应增加横向钻孔,同时适当加密加深纵向钻孔。

3) 在技术性钻孔中,对饱和砂土层或饱和粉土层应进行原位测试。其标准贯入试验一般应每米进行一次,每个工点,每层砂土层或粉土层的标准贯入试验数,不得少于6个,并进一步判别是否液化。

4) 技术性钻孔,应配合原位测试,在孔深0~20 m范围内,采用薄壁取土器,取原状土样。

5) 钻孔时,为保证标准贯入试验锤击数的准确起见,不得采用冲击钻进,以防破坏上层的原状结构。

4. 试验

1) 原位测试:在孔深0~20 m范围内存在的饱和砂土层或饱和粉土层中,应作标准贯入试验,并采取原状土样,必要时可作静力触探试验。

2) 原状土样应进行物理力学性能试验。

主要试验项目有颗粒分析、天然含水量、土的粘粒和粉粒含量、天然密度、塑性指数、相对密度(最大与最小干密度试验)、渗透系数、快剪、液限、塑限等,必要时作土的动力特征参数试验。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分主要内容如下:

(1) 历史地震活动情况、地震基本烈度、可液化土层分布、埋深、厚度、地质年代和性质、地下水位上覆非液化土层的厚度及性质。

(2) 可液化土层的判别及液化等级。

(3) 对可液化土的工程地质评价,应说明影响地基液化的各主要因素、可液化土层对工程的危害程度及对桥基和路基稳定性的影响,提出防止地基液化的措施。

2) 工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 地质勘探及试验资料。

以上勘察成果,应列入基础资料,分项整理,正式出版。

7.11.2 详勘

1. 勘察重点

1) 在初勘的基础上,查明地面以下20 m范围内可液化土层的分布范围、层位及厚度。

2) 判别液化的可能性,确定液化等级及危害的程度,获取定量参数,为施工图设计提供依据。

2. 调查与测绘

1) 认真研究初步设计审批意见,熟悉初勘资料。

2) 有针对性地补充调查、收集初勘尚未查明的区域地质,历史地震背景(如地震液化史、地震震级、峰值、加速度、周期与波长等)及发震的地质条件。

3) 进一步查明桥位、高路堤等重要构造物地段内,地面以下20 m范围以内可液化土层的层位、厚度、分布范围、地下水位、地质年代,上覆非液化土层的厚度及结构组成等。

4) 补充调查可液化土层对桥梁、路基的危害程度,为落实桥位、桥型及路堤加固处理设计,提供依据。

5) 测绘

在初勘工程地质图的基础上进行修正、补充和加深。

3. 勘探

1) 以钻探为主,在初勘的基础上,根据施工图设计需要加密加深钻孔。在技术性钻孔中,配合原位测试采用薄壁取土器取原状土样,以保证查明可液化土层的层位、层厚及分布范围,判别液化的可能性,确定液化指数和液化等级,评价其危害程度。

2) 钻孔间距20 m~50 m,孔深大于20 m。

3) 每个工点,可液化土层标准贯入试验数,中桥不少于6个,大桥、特大桥不少于15个,高路堤每50 m应有1个。按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004)的要求,对可液化土层进行液化判别。凡判别为可液化的土层,按《建筑抗震设计规范》(GB 11)的规定,确定液化指数和液化等级。

4. 试验

1) 原位测试,在初勘的基础上补充完善。

2) 室内试验项目同初步设计。

3) 必要时做上覆层有效压力、动力特性和静力触探等试验。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:

(1) 区域地质特征、历史地震活动情况、地震基本烈度。

(2) 可液化土层的分布、层位、厚度、地质年代、地下水位,上覆非液化土层的厚度及结构组成等。

(3) 可液化土在地震作用下液化的可能性与液化等级,以及危害的程度。

(4) 对可液化土层应分层进行液化判别,并评价地基整体液化势态对桥基、高路堤稳定性的影响,以及应采取的设计方案与防治措施。

2) 工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 勘探及试验资料。

以上勘察成果,均应列入基础资料,分项整理,正式出版。

7.12 涎流冰

7.12.1 初勘

1. 勘察重点

本阶段勘察重点是通过调查和勘探查明形成涎流冰的水源、地形、地貌、岩土、植被和气象因素,涎流冰对公路的危害程度,为工程方案比选提供依据。

2. 调查与测绘

- 1) 调查形成涎流冰的地下水类型及地表水的来源。
- 2) 调查地形、地貌、地层、岩性、植被、气候等与涎流冰的分布规律和形成条件的关系。
- 3) 调查涎流冰的冻害情况及对公路的危害程度。
- 4) 调查已有公路路线走向、路基横断面、路基排水、桥涵结构等与形成涎流冰的关系。
- 5) 收集当地防治涎流冰的措施与经验。
- 6) 测绘涎流冰地段工程地质平面图的要点是:

- (1) 比例尺为1:2 000~1:10 000。
- (2) 测绘范围一般要求上游200 m~300 m,下游至路基外50 m。
- (3) 测绘内容主要为地形、地物、地貌、植被、岩土变化界线、水源部位及涎流冰方向。

3. 勘探

1) 查明水源、地层、岩性的分布情况,含水层厚度,地下水的补给、径流和排泄、渗透系数、流量、水温,以及地表水的流向、流量。

2) 勘探一般采用钻探、试坑、物探等综合方法进行,钻孔深度应大于当地最大冰冻深度或不透水层以下1 m~2 m。

3) 勘探线应顺涎流冰方向布置,每条勘探线可设2~3个孔,每条勘探线至少有1个横断面(垂直于涎流冰方向),勘探孔位应布置在地形和地质的变化部位。

4. 试验

- 1) 根据排水验算的需要,概略测算地下水和地表水流量;
- 2) 采取原状样或扰动样,对岩土的物理力学性质进行试验。

5. 资料要求

- 1) 涎流冰地段工程地质勘察报告,文字部分的主要内容如下:
 - (1) 形成涎流冰的地形、地貌、气候和水文地质条件。
 - (2) 涎流冰的类型、规模、危害程度、对路线布设的影响及防治措施。
 - (3) 根据涎流冰的形成条件、规模对路线的影响进行地质评价。
- 2) 涎流冰地段工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。
- 3) 地质勘探资料和试验资料。
- 4) 气象资料。

以上勘察成果,应列入基础资料,分项整理,正式出版。

7.12.2 详勘

1. 勘察重点

- 1) 详细查明形成涎流冰的水源、流量及危害程度。
- 2) 收集路基设计所需的设计参数。
- 3) 提出经济可行的防治措施。

2. 调查与测绘

1) 核实初勘资料,在确定路线方案的基础上,查明涎流冰地段的水源、地下水类型、含水层厚度、地下水露头(泉)、流量、地表水的流向、流量和随季节的变化情况。

2) 查明涎流冰地段的地形、地貌、地层、岩性特征、类型和植被分布情况。

3) 补充收集沿线气象资料,查明气象因素对形成涎流冰的影响,走访当地群众了解关于涎流冰的分布地点及防治涎流冰的方法和经验。

4. 测绘

核对涎流冰地段初勘工程地质平面图,根据施工图设计需要,进一步补充测绘,比例尺为 1:2 000~1:10 000。

3. 勘探

1) 补充初勘资料,进一步查明和核实形成涎流冰的水源、流量,为路基设计和防护提供设计参数。

2) 勘探孔的布孔原则和钻孔深度与初勘相同,每个工点至少布设 2 个以上的钻孔。

4. 试验

根据施工图设计要求,进一步取样,试验物理力学性能及土的渗透系数。

5. 资料要求

1) 涎流冰地段工程地质勘察报告,文字部分的主要内容包括:

(1) 形成涎流冰的水源、流向、流量、地形、地貌和气候条件。

(2) 涎流冰的规模、危害程度、对路线布设的影响及防治措施。

(3) 工程地质评价。

2) 涎流冰地段工程地质平面图,比例尺为 1:2 000~1:10 000。

3) 涎流冰地段工程地质纵断面图,比例尺:水平为 1:2 000~1:10 000,垂直为 1:200~1:1 000。

4) 各种地质勘探、试验资料。

5) 野外调查记录、图表和资料。

以上成果,除记录本外,均应列入基础资料,分项整编,正式出版。

8 特殊性岩土

8.1 黄土

8.1.1 初勘

1. 勘察重点

1) 地貌调绘

(1) 调查路线通过范围的塬、梁、峁、峁峁、陡砭、冲沟阶地、冲积平原、洪积平原等地貌单元的类型和特征。

(2) 调查各地貌单元边界上的微地貌变化。

(3) 冲沟发育程度、横断面形状、纵坡坡度及变化点的位置、沟头陡坎高度及形状,溯源侵蚀及侧向侵蚀程度、沟岸稳定状况及发展趋势。

(4) 黄土陷穴的形态类型、形状、深度、分布规律、连通关系、地面坡度。

(5) 潜蚀洞穴的形状、大小、长度,有关陷穴出口处地层特性。

2) 气象、水文、植被调查

(1) 收集当地气象台(站)的有关气象资料,应侧重暴雨强度、暴雨持续时间、全年降雨量、冻深等。

(2) 坡面植被覆盖程度,耐旱、耐碱植物种群分布。

(3) 片流、线流、沟溪侵蚀等水土流失特征。

3) 地质调查

(1) 黄土地层、地质年代、地层厚度、分布情况、产状、成因类型。黄土的颜色、结构、颗粒、大孔隙、盐类析出分布形状、钙质结核分布等。

(2) 黄土地层下部古地貌形态、地层年代、产状与岩性。

- (3) 黄土地层节理、裂隙的发育情况。
- (4) 陷穴、潜蚀洞穴、冲沟的分布特征与形成的主要因素。
- (5) 坍塌、崩塌的分布及形成的条件。
- (6) 地下水露头、地下水位、地下水埋深及其补给与排泄情况。
- (7) 湿陷性黄土分布层次及岩性特征。

4) 黄土病害及防治调查

- (1) 原有构造物由湿陷引起的破坏及防治湿陷的经验。
- (2) 原有公路因黄土湿陷、陷穴、潜蚀洞穴等诱发的病害及其防治经验。
- (3) 灌溉、排水诱发的地面湿陷或滑坡等现象。
- (4) 原有道路冻胀与翻浆、边坡变形、边沟冲刷、路基沉陷等病害的情况及防治经验。
- (5) 防止水土流失的有效途径。

2. 勘探

1) 路基勘探

黄土地区公路路基的工程地质勘探,应在全面分析研究地貌调绘、气象、水文、植被调查、地质调查资料的基础上,确定勘探工程的位置,选择勘探方法。

- (1) 勘探线应结合地貌单元及黄土地层类型,选代表性断面布线。

对路线处于黄土塬、宽阔阶地、宽阔的洪积扇,勘探线沿路中线布置。对路线处于黄土梁、峁、斜坡地形,土体有可能产生滑塌的深路堑、高路堤路基,勘探线纵向沿路线,横向垂直地形等高线成十字型布线。

- (2) 跨越黄土冲沟的高填方、黄土土桥或坝式路堤,勘探线纵向沿路中线,横向沿沟底纵坡线布线。

(3) 勘探线数量及勘探点数量,视地形、黄土地层类型、工程难易程度而定,以满足初步设计要求为原则。

- (4) 每条勘探线不宜少于3个勘探点。
- (5) 勘探深度一般应穿透湿陷性黄土地层。
- (6) 勘探方法宜以挖探(探井)为主,钻探可用轻型钻机。

2) 桥基勘探

(1) 黄土地区桥基工程地质勘探应按桥位处黄土地貌单元、地层类型、地质构造情况,视桥涵类别(大、中、小桥、涵洞),采取不同的勘探方法,布置相应的勘探工程量。

(2) 每座桥(涵)勘探点数量,可参照本规范第5.3.4条第7款有关规定,结合黄土地貌、地层特点,以满足初步设计要求为原则,但不得少于3个勘探点。涵洞的勘探点,可以酌情减少。

(3) 勘探方法:对小桥、涵洞以挖探(探井、探槽)为主;对跨越黄土冲沟桥基勘探,以挖探和钻探结合进行;大、中桥以钻探为主。

(4) 钻孔孔径不宜小于110 mm。取样间距宜为2 m~3 m,地层变化处必须取样。勘探深度一般应穿透湿陷性黄土地层,当其土层较厚时,其孔深视需要而定。

3) 隧道勘探

(1) 黄土隧道工程地质勘探应结合路线线位布置的平面、纵面要求而定。隧道穿越黄土地层,应在详细分析隧位处微地貌、地层类别、地质构造的基础上,视隧道的长度及复杂程度布置勘探工作。

(2) 勘探方法

对黄土塬区,可采用地震勘探结合挖探、钻探;对于黄土梁、峁区,可采用电法勘探结合挖探、钻探进行。

(3) 勘探数量:每一座隧道挖探,钻探勘探点数量一般不少于3个,挖探、钻探深度应达洞底设计标高以下2 m,并应穿透湿陷性黄土层。震探、电探工作量可按本规范5.4.9条第3款有关规定办理。

- (4) 钻探孔径不宜小于110 mm,原状土取样间距宜为2 m。

3. 试验

1) 常规试验:密度、相对密度、颗粒分析、天然含水量、液限、塑限、湿陷系数、凝聚力、内摩擦角等。

2) 路基:一般路基仅作常规试验;深路堑的高边坡,应加做抗剪强度(快、慢剪)试验;高填方路堤、黄土土桥、坝式路堤应加做填方土扰动土的击实试验、直接剪切(快、慢剪)试验;地基原状土应加做无侧限抗压强度试验、固结试验。

3) 桥基:小桥、涵洞一般可做常规试验;对处于黄土天然地基上的桥梁,应加做固结试验、直接剪切、无侧限抗压强度试验;对桩基应加做直接剪切试验。

4) 隧道:常规试验,固结、直接剪切、渗透试验。

4. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分宜针对路线、桥梁、隧道所处地区的黄土地貌、地层、不良地质,进行综合评述,主要内容为:

(1) 黄土地貌、微地貌特征、地形、地质构造以及气候、水文、地震条件。

(2) 黄土地层地质年代、地层厚度、产状、分布情况、成因类型;并对新近堆积黄土、湿陷性黄土作重点评述。

(3) 黄土地层下部古地貌形态、地层年代、产状、地质构造、岩性。

(4) 黄土区的不良地质现象,按照不同类型,就其形态、分布、发育及对初拟的路线方案与设计的构造物的危害程度,作出评述。

(5) 地下水发育程度与不良地质现象的机理关系,提出工程处治措施。

(6) 当地已有黄土病害防治、水土保持的经验教训。

(7) 提出详勘阶段应注意的事项。

2) 工程地质图

黄土工程地质图可并入路线工程地质图中。工程地质复杂的工点,可做工点工程地质平面图,比例尺为1:500~1:2000;工点工程地质纵断面图,水平比例尺1:500~1:2000,垂直为1:50~1:200。

3) 成果资料

调绘记录、勘探成果、试验成果、统计分析 & 计算资料等,分别按路线分段与工点,纳入全线工程地质资料内,分类编目,整理成册,除各类记录本外,勘察成果均应列入基础资料。

8.1.2 详勘

1. 勘察重点

针对拟定的路线线位、桥位、隧址,有重点地进行地质勘察工作:

1) 查明与路线线位、桥位、隧址有关的陷穴、潜蚀洞穴、冲沟侵蚀、泥石流、崩塌、滑塌、滑坡等不良地质现象,分析其发生和变化规律及对路基、桥梁、隧道构造物的危害。

2) 查明路线、桥位、隧址范围内,黄土地层产状及下卧层地层岩性、地质构造及古地形变化。

3) 查明路线、桥梁、隧道范围内,湿陷性黄土地层在地貌单元所处的具体部位、分布范围、地质时代及成因类型。

4) 查明路线、桥梁、隧道范围内,地下水发育程度及埋深。

2. 勘探

布置钻探工作应尽可能利用初勘的勘探点。

1) 路基勘探

(1) 跨越黄土冲沟的黄土土桥、坝式路堤及高路堤,每条勘探线布设2~3个勘探点。勘探方法为钻探,钻探孔径直径不宜小于110 mm,取样间距2 m~3 m,钻探深度应穿透湿陷性黄土层,达到坚硬地层。

(2) 深路堑,沿路线纵向勘探线布置探点,数量视工程难易程度、地层变化情况确定。一般每条勘探线布设1~3个勘探点。

(3) 路基的人工构筑物,勘探线沿构造物的纵向布置,勘探点数量不宜少于3个。

2) 桥涵勘探

(1) 勘探线沿桥梁中线和墩、台轴线布置。

(2) 勘探点数量:小桥、涵洞一般每座桥台布置1~2个勘探点;高填土的长涵洞每座涵台布置2~3个勘探点;大、中桥可按每座桥台、桥墩布置1~3个勘探点,也可每隔一墩布置1~3个勘探点,视地层变化和地质复杂程度而定,具体可参照本规范第6.3.3条的有关规定执行。

(3) 勘探方法:小桥、涵洞可用人力钻或轻型钻机;高填土的长涵洞(小桥)可用轻型钻机和机械钻机结合使用;大、中桥使用机械钻探。机械钻探孔径不宜小于110 mm。钻探深度,大桥应达到基岩,中桥、小桥及高填土长涵洞应达到坚硬地层并视桥(涵)结构复杂程度而定。

(4) 勘探深度:应穿透湿陷性黄土地层。

3) 隧道勘探

(1) 按常规要求布置勘探线,进行黄土隧道的工程地质勘探,并应加强对洞口及辅助坑道的勘探。

(2) 勘探方法:机械钻探,宜用干钻,钻孔孔径宜不小于110 mm,取样间距2 m~3 m,钻探深度穿透湿陷性黄土地层。对短隧道,视地形、地质条件,也可采用挖探(探井)。

(3) 勘探点数量:视隧道长短,在初勘勘探点的基础上进行补充钻深。洞口横断面应布置勘探点,以达到详勘委托的要求。

3. 试验

试验要求见本规范8.1.1条3款。

4. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分宜针对路线、桥梁、隧道所处地区黄土地貌特征、黄土地层工程性质、不良工程地质,分析可能给工程带来的危害,进行综合评述。主要内容为:

(1) 概述黄土地貌特征、黄土地层的地质年代、成因类型,在路线上的分段或在桥位、隧道处的覆盖情况。

(2) 与路线、桥梁、隧道有关的黄土陷穴、潜蚀洞穴、冲沟侵蚀等不良工程地质现象及其对路、桥、隧的危害程度。

(3) 路线、桥位、隧址范围内的黄土层产状及下卧层岩性、地质构造及古地形变化。

(4) 路线、桥位、隧址范围内的地下水发育状况、埋深及其可能引起的公路病害。

(5) 针对路基、桥梁、隧道各工点的设计要求,提供黄土物理力学性能设计参数,并论述各参数推荐的合理性。

(6) 评述针对黄土特性及不良地质,所采取工程措施的合理性与可靠性。

(7) 从工程地质角度提出设计、施工中应注意的事项。

2) 工程地质图

特大桥、隧道、跨越黄土冲沟的高路堤、黄土土桥、坝式路堤,应做工点工程地质平面图,比例尺为1:500~1:2 000。

非独立工程,并入全线工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

针对各项工程的工程地质纵断面图,水平比例尺为1:500~1:2 000,垂直比例尺为1:50~1:200。

3) 成果资料

原始记录、勘探资料、试验成果、统计计算综合资料等分别按路线分段与工点纳入全线工程地质资料内,并分册整理。除原始记录外,成果资料均应列入基础资料。

8.2 冻土

8.2.1 初勘

1. 勘察重点

调查地温、冻土在平面、剖面上的变化和分布规律。其主要内容如下：

1) 调查地基土年最大冻结深度和年最大融化深度及其与地形、地貌、地质、地表的关系。查明季节冻土层的冻胀、融沉情况。

对于多年冻土,还应调查多年冻土的上限深度及其与地形、地貌、地质、植被、地表条件的关系;调查多年冻土地分布范围、厚度、类别、土质、含冰量的结构特征、平面连续情况与融区的分布;分析研究多年冻土的发展趋势,必要时进行长期地温观测。

对于季节冻结层深度和垂直衔接情况进行调查。

2) 调查地下水、地表水和井泉的分布规律、矿化程度等水文地质条件。

3) 调查不良地质现象的类型、形态、形成条件、分布范围、发生发展规律及其对工程方案的影响程度。

4) 初步了解公路沿线填料、保温材料、工程用水和生活用水的分布情况。

2. 勘探

多年冻土地区的勘探工作,宜在2~4月进行调查,在8~10月进行上限深度的勘探。

勘察点的布置视工程需要而定,应能控制不同的地形、地貌、地质单元。一般情况下,每公里不应小于两个勘探点。在多年冻土边缘地带,应有技术性钻孔钻穿多年冻土层。一般性钻孔的勘探深度,除满足确定地基承载力的要求外,尚须满足如下要求:

1) 季节性冻土的勘探深度必须大于年最大冻结深度;

2) 多年冻土地带的路基工程的勘探深度必须大于2~3倍天然上限深度;

3) 多年冻土地带的中桥与大桥的地基勘探深度不应小于15 m~20 m,小桥涵和挡土墙的地基勘探深度不应小于7 m~10 m;

4) 多年冻土地带的隧道的勘探深度必须达到洞底标高以下相当于两倍的天然上限深度;

5) 季节冻土层采取土样的间距不应大于0.5 m;多年冻土层应逐层采取土样,取样间距不应大于1 m。

3. 试验

初勘阶段以室内试验为主,冻土物理性能试验项目有:颗粒分析、天然含水量、含冰量、天然密度、土的液限、塑限等;力学试验项目有季节冻土的冻胀率和多年冻土的融沉系数,冻土在融化状态的固结试验和剪切试验。工程设计需要时,本阶段即可开始长期地温观测。

对无规范标准的试验项目,应说明其试验方法、使用的仪器和试验步骤。

4. 资料要求

1) 冻土工程地质勘察报告,文字部分应重点阐明冻土的发育状况和特征、不良地质问题,并进行冻土工程地质评价。本阶段工程地质评价的要点是:

(1) 对季节性冻土,应着重分析地基土冻结、融化过程中的冻胀、融沉情况和水稳性能。

(2) 对于多年冻土,除了分析评价多年冻土融化沉降与工程建设的互相影响外,还应分析评价多年冻土的发展趋势及其对路线方案、路基、路面、桥隧、防护等工程构造物的影响。

(3) 注意评价不良地质现象对公路工程的影响程度。

2) 冻土分区图,应能反映不同类型、类别的冻土分布和冻土不良地质现象的发育程度,比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 多年冻土复杂地段和重点工程的工程地质平面图,应标明冻土类型、类别和不良地质、井泉分布位置等内容,比例尺为1:1 000~1:5 000。

4) 工程地质剖面图,应能标明最大季节冻结(或融化)深度、多年冻土上限深度和冻土类型、类别。

5) 勘探、试验、气象、地温等成果资料,应分项整理,均应列入基础资料内。

8.2.2 详勘

1. 勘察重点

详勘阶段的勘察重点主要为:

- 1) 确定地基土最大季节冻结深度、最大季节融化深度、冻土类型和多年冻土上限深度。
- 2) 查明第四系地层的成因、类型、地层结构、土质及季节冻结层的含水量变化规律和工程特性,多年冻土层的冻土结构和含冰量变化情况及工程特性。
- 3) 查明各种冻土不良地质现象的分布范围和发展情况。
- 4) 查明地下水、地表水类型及其活动规律与不良地质现象的关系。
- 5) 调查填料、建筑材料、隔热保温材料来源,并确定取土、弃土位置。注意可能形成新的不良地质问题及其对工程的影响。
- 6) 调查既有工程的使用情况和当地工程建设防治冻害的经验。

2. 勘探

勘探工作量以满足工程设计,查明工程地质问题为原则。一般路基工程每公里不应少于4个勘探点。多年冻土边缘地带应有部分钻孔超过多年冻土下限1m~2m。勘探深度,除满足一般地区各类工程的要求外,还应满足下列要求:

- 1) 季节冻土区的勘探深度,应超过年最大冻结深度。
- 2) 多年冻土地地区的路堤工程的勘探深度不应小于2~3倍的天然上限深度,并以钻穿饱冰冻土、含土冰层为宜;路堑的勘探深度必须达到路肩设计标高以下3倍的天然上限深度,采用黑色路面时,必须再加深1m~2m。
- 3) 多年冻土地地区的桥涵及挡土墙基础的勘探深度,当采用保持冻结原则设计时,应达到基础底面(或桩尖)标高以下1m~2m;当采用容许融化原则设计时,应达到容许融化的人为上限深度以下1m~2m;遇有饱冰冻土或含土冻层时,应酌情加深或钻穿。
- 4) 隧道的勘探深度应达到洞底排水构造物以下相当于1.5倍的天然上限深度。

3. 试验

详勘阶段的试验项目,除第8.2.1条第3款所规定的项目外,还应提交土的热物理参数和地下水分析资料。根据工程需要进行原位测试。原位测试的项目有地温测量、冻结强度测试、冻胀力测试、地基静荷载试验等。

4. 资料要求

1) 冻土工程地质勘察报告,文字部分应重点分析评价如下内容:

- (1) 地基土在冻结融沉过程中的冻胀、融沉情况和水稳性能;
- (2) 地基不均匀沉降问题;
- (3) 冻土不良地质现象与工程建设的互相影响及危害程度。

2) 冻土工程地质图的图中应标明不同类型冻土的分界、不良地质现象的位置和规模、地表水体和井泉的位置。比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 工程地质纵断面图的图中应标明最大季节冻结深度、多年冻土上限、冻土类型等。比例尺:水平为1:2 000,垂直为1:200。

4) 分别编制的重大工点和重大不良地质的说明书和工程地质图。

5) 勘探、试验、气象、地温等成果资料,分类整理,均应列入基础资料。

8.3 膨胀性岩土

8.3.1 初勘

1. 勘察重点

1) 查明膨胀岩土的岩性、成因类型、分布范围、成层特点、岩层产状、裂隙发育情况、膨胀潜势大小和胀缩特性的空间变化规律。

2) 查明膨胀岩土分布区的地形地貌特征、微地貌主要形态、天然斜坡坡度及稳定状况,由于岩土的胀缩变化而形成的各种不良地质现象的类型、规律及分布特点,判定膨胀岩土的膨胀等级。

3) 查明地下水类型、埋藏条件和运动规律;地表水的集聚和排泄条件;人工渠塘分布情况和对膨胀岩土的影响。

4) 查明膨胀岩土分布区地温和含水量随深度的变化情况。

2. 调查与测绘

1) 调查与测绘范围,应根据工程场地的地形条件和地质条件复杂程度确定,一般限于中线两侧 150 m~200 m。当地质条件复杂或地形陡峻、地表坡度变化频繁时,局部地段应适当加宽。测绘比例尺为 1:2 000~1:5 000。

2) 调查收集当地的气象资料:年降水量、蒸发量、雨季与旱季的持续时间、气温、地温、大气影响深度等。

3) 工程地质测绘应查明场地的地形地貌特征,微地貌形态,主要地貌单元,地形形态与地表坡度的变化,坡地地表的胀缩剥落、溜坍、地裂的发育强度;由于岩土胀缩引起的不良地质现象的类型、规律和分布特点。

膨胀岩土的岩性、成因、分布范围、沉积厚度、产状、节理、裂隙发育情况、胀缩特性及其空间变化规律。

地表水的积聚情况和排泄条件;地下水的类型、埋藏条件、水位高程及其变化幅度;岩土体含水量随深度的变化规律。

4) 调查收集膨胀岩土地段的建筑经验和当地公路工程处理膨胀岩土病害的对策,分析构造物变形与破坏的原因。

3. 勘探

1) 路基勘探

膨胀岩土地区的路基勘探,应采用钻探、人力钻和挖探等方法进行。勘探点应沿中线布置,在平原微丘区,勘探点间距为 100 m~200 m;在山岭、重丘区,每个主要地貌单元应有一个勘探点。

当膨胀土层厚度不大时,钻孔应钻至下卧的非膨胀土层内一定深度;当膨胀土层较厚时,填方路段钻孔深度不应小于 6 m,挖方路段钻孔应钻至路基设计标高以下 5 m。

在地表以下或路基设计标高以下 1.5 m 深度内应采取岩土试样,其下每间隔 2.0 m 取一组试样。

原位测试孔和取样孔的数量应占孔总数的 1/4~1/2。

2) 桥位勘探

桥位勘探应以钻探为主,同时辅以其他勘探方法。勘探孔应沿桥位中线布置。在膨胀岩土分布区的主要地貌单元应结合桥型方案的墩台位置布置勘探孔。

勘探孔的数量和深度要求,按本规范第 5.3.4 条第 7 款和表 5.3.4 的规定进行。

在大气影响深度内,应每间隔 2.0 m 取一组试样,在大气影响深度以下按一般桥位勘探取样要求取样。

原位测试钻孔和取样钻孔数,应占钻孔总数的 1/4~1/2。

3) 隧道勘探

隧道的工程地质勘探应以钻探为主,同时辅以物探。除按一般要求和规定布置钻孔外,在膨胀岩土分布段应布置钻孔。钻孔应钻至隧道底板设计高程以下 5.0 m。在洞顶以上 2.5 倍隧道高度至钻孔孔底之间采取岩土试样。

4. 试验

1) 常规试验:密度、相对密度、含水量;界限含水量;液限、塑限、缩限。岩土的矿物成分化学分析,土的粘粒含量测定。

2) 膨胀岩土工程特性指标试验:自由膨胀率及不同应力下的膨胀率,膨胀力、收缩系数试验。

3) 力学强度试验:压缩试验、剪切试验、浸水后剪切试验。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分应阐述各方案场地的工程地质条件和膨胀岩土的变形条件与变形

特征;分析评价岩土의 胀缩工程特性对桥梁地基、隧道围岩稳定性的影响,预测并评价人工斜坡的稳定性。

2) 工程地质图,应全面反映场地工程地质条件,特别是影响胀缩变形的外部条件和地表变化的地形特征,并应详细准确地标示在图上。比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 工程地质纵断面图,按路线、桥梁、隧道分别绘制。比例尺:水平为1:2 000~1:10 000,垂直为1:200~1:1 000。

4) 钻孔柱状图、探井素描图。

5) 岩土试验成果及有关图件与资料,分类整理,均应列入基础资料。

8.3.2 详勘

1. 勘察重点

1) 查明膨胀岩土의 土质结构、粒度成分、物理性能、力学强度指标和与膨胀有关的工程特性及膨胀特性的空间变化规律,判别膨胀潜势大小,确定膨胀岩土地基的胀缩等级。

2) 查明地表水的积聚、排泄情况;地下水的类型、埋藏条件、水位高程及其变化幅度;岩土体含水量的变化规律及植被发育情况等。

3) 场地地表形态、天然斜坡高度、坡度及稳定情况、滑坡、地裂、流坍、小冲沟等岩土膨胀特性,有关的不良地质现象发育强度和分布特点。

2. 调查与测绘

1) 测绘范围限于中线两侧各50 m~150 m宽度内,根据地质条件复杂程度适当调整测绘宽度。比例尺为1:2 000~1:10 000。

2) 详细查明膨胀岩土地의 地形形态、斜坡坡度、胀缩剥落程度,因岩土膨胀引起的不良地质现象的发育强度和分布特点;查明岩层和节理裂隙的产状及其发育情况;调查建筑区内地表水的分布、积聚、排泄情况,岩土层中含水量的变化规律,人工植被的分布及其浇灌方法;调查当地公路路基、桥隧等施工经验。

3. 勘探

1) 路基勘探

路基勘探应采用钻探、人力钻和挖探等多种勘探方法。在平原微丘区,勘探点间距为50 m~100 m;在山岭、重丘区,每个主要地貌单元不应少于一个勘探点。

当膨胀土层厚度较薄时,钻孔应穿过膨胀土层,在非膨胀土层内钻进一定深度。当膨胀土层较厚时,填方路段孔深不应小于6.0 m,挖方路段钻孔应钻至路基设计标高以下5.0 m。在深路堑地段,必要时应垂直路线中线布置勘探线,每条勘探线不应少于3个勘探点。

在地表以下或路基设计标高以下1.5 m深度必须采取试样,以下每间隔2.0 m取一组试样。

防护工程地基勘探,应根据防护工程类型、规模和场址工程地质条件复杂程度布置勘探点,并应与路基勘探同时进行。

2) 桥位勘探

桥基勘探应以钻探为主。

钻孔数量应根据地基岩土的复杂程度确定,一般情况每个基础不得少于1个钻孔。在大气急剧影响深度以下的钻孔深度不小于第5.3.4条第7款规定的孔深。

在大气影响深度及其以下应分别采取试样。取样数量和要求按第5.3.4条第7款的规定进行。

取样钻孔和孔内原位测试钻孔数,应占钻孔总数的1/2以上。

3) 隧道勘探

隧道的工程地质勘探,应以钻探为主,必要时辅以物探。勘探工作应充分利用初勘资料,在膨胀岩土分布地段布置的钻孔应钻至隧道底板设计标高以下5 m。在洞顶以上2.5~3.0倍隧道高度至孔底之间采取岩土试样。

4. 试验

- 1) 常规试验:天然密度、饱水密度、相对密度、含水量、液限、塑限、缩限。
- 2) 力学性能试验:固结、剪切、浸水后剪切、膨胀力、无侧限抗压强度;需要时,进行不同方向膨胀率试验、不同方向膨胀力试验。
- 3) 胀缩特性试验:自由膨胀率、体膨胀量、不同应力下膨胀率。
- 4) 有特殊要求的重要工程,应在工程现场进行下列试验:原位膨胀与收缩试验、浸水载荷试验。
5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告,文字部分应阐述工程场地地质条件和膨胀岩土的工程特性。根据场地的环境条件和岩土体增水后体积膨胀、强度衰减与失水后体积收缩、强度增大的变化特点,结合附近建筑物变形、破坏的型式和程度,综合评价路基变形与边坡的稳定性和桥梁地基与隧道洞体围岩的强度和变形。

- 2) 工程地质平面图,比例尺为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$ 。
- 3) 工程地质纵断面图,比例尺:水平为 $1:2\,000\sim 1:10\,000$;垂直为 $1:200\sim 1:1\,000$ 。
- 4) 钻孔柱状图。
- 5) 岩土试验与原位测试成果。
- 6) 各类图件及有关成果资料,均应分类整理,列入基础资料。

8.4 盐渍土

8.4.1 初勘

1. 勘察重点

1) 地形、地貌调绘

- (1) 收集工程地质图或土壤分布图,其比例可为 $1:10\,000\sim 1:50\,000$ 。
- (2) 调绘盐渍土分布的地貌单元与微地貌。

2) 气象水文调查

(1) 收集气象资料,侧重于多年或至少连续一年的降水、蒸发、气温、地温(地面下25 cm、50 cm、75 cm、100 cm地温)变化资料。

(2) 调绘沟、渠、河网的分布、流向、纵坡及洪水泛滥时淹没范围、排泄路径。

(3) 确定路线经过地段在公路自然区划图上的位置,侧重核对气候指标。

3) 植被调绘

- (1) 调绘植被覆盖程度,喜湿、耐旱、耐盐碱植物种群分布(侧重于指示性植物)。
- (2) 调查农作物品种、生长状况与土壤盐渍化程度关系的分带性。

4) 地质调绘

- (1) 收集区域地质构造、新构造活动的特征。
- (2) 调绘沿线地层结构及其岩性变化。
- (3) 收集区域水文地质资料,了解地下水补给、渗透、排泄总的趋势。
- (4) 调绘井、泉、湿地的分布,调查地下水位、地下水矿化度、矿化类型的变化规律及总的趋势。
- (5) 调查水库的修建、农田水利建设、灌溉习惯对地下水位的影响程度。
- (6) 调查古河道走向及深层淡水的埋藏和开采条件。

5) 盐渍土调绘

(1) 调绘盐渍土的地面特征,如石膏漠、龟裂土、蓬松土、盐霜、盐结皮、盐壳及盐盖等在平面上的分布规律。

(2) 调绘土壤盐渍化程度、类型在平面上、剖面上的分布规律。

(3) 调绘土壤盐渍化程度、类型随埋深变化的规律。

(4) 调查土壤盐分聚积、淋溶、迁移与气候、水文、微地形条件变化的规律。

6) 盐渍土对建筑物危害调查

- (1) 调查沿线各种建筑物由盐胀、疏松、淋溶、溶沉等造成的破坏状况及破坏规律。
- (2) 调查沿线各种建筑物由盐渍土化学腐蚀破坏的状况及破坏速度。
- (3) 调查当地防治盐渍土公路病害的成败经验及农田土壤改良的经验。
- (4) 调查原有公路路基横断面、地下水位、盐渍土类型、路面结构、路面变形破坏形式及状况。
- (5) 调查暴雨、洪水泛滥时路基经常被溶蚀破坏的状况及部位,并查明洪水的流向。

2. 勘探

1) 盐渍土勘探宜以挖探、洛阳铲勘探为主要手段;水源勘探应采用钻探。

2) 对于新建公路,可视所通过盐渍土地面特征,选代表性横断面布置勘探线。每个横断面不少于3个勘探点。

3) 对于原有公路,应视盐渍土地面特征与路基、路面破坏程度,选代表性横断面布置勘探线。每处横断面在原地面、路肩、路中均应设有勘探点。

4) 在代表性横向勘探线间盐渍土地面特征变化处设勘探点,共同组成纵向勘探线。若变化点间距过大时,应按不大于250 m间距加密勘探点。

5) 勘探深度一般控制在地下水位以下能够取出水样为限;若地下水毛细上升水位埋深大于2 m,勘探深度控制在2 m(不含水源勘探孔)。

6) 盐渍土的取样,应于干旱季节进行,自地表往下,按0~0.05 m,0.05 m~0.25 m,0.25 m~0.5 m,0.5 m~0.75 m,0.75 m~1.0 m逐段连续取样,按深度百分比(即按5%,20%,25%,25%,25%,25%)计算平均含盐量。

3. 试验

1) 土工试验,除按常规要求外,还应作毛细水上升高度、毛细水上升速度试验。

2) 一般勘探点的土样、水样可作简易分析;代表性勘探点的土样应作全面定性、定量分析。

3) 饮用水水源的水质分析要求,按《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)的规定执行。

4. 资料要求

1) 盐渍土分段工程地质勘察报告

对盐渍土一般不编写单独的工程地质勘察报告,可在全线工程地质报告中分段叙述,其主要内容为:

- (1) 从大地构造、新构造活动概述盐渍土形成的地形、地貌条件。
- (2) 从水文地质角度论述盐渍土的形成与演化条件。
- (3) 从气候角度论述盐分聚集、淋溶、盐胀、疏松等规律。
- (4) 叙述盐渍土含盐类型、土壤盐渍化程度与类型分区(段)的规律及地面盐渍化特征、指示性植物种类群落分布关系。

(5) 叙述盐渍土的盐渍化类型、盐渍化程度对公路路基、路面、桥涵等构造物危害类型、危害程度。

(6) 论述盐渍土病害防治方案。

(7) 提出盐壳作为路基填料及路面材料的适用性。

(8) 提出今后工作应注意解决的问题。

2) 地质图

(1) 水文地质图,比例尺为1:5 000。

(2) 盐渍土工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

(3) 盐渍土盐渍化程度平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。

3) 成果资料

收集的区域地质、水文地质、气象资料,调绘的原始记录、勘探成果资料、试验成果资料、整理统计分析资料,应分别编目成册,除原始记录外,均应列入基础资料。

8.4.2 详勘

1. 勘察重点

- 1) 沿路线中线查明微地形、地貌、地层岩性变化与盐渍土含盐类型、盐渍化程度局部变化的关系,并查明变化的具体界限桩号。
- 2) 查明沿线地下水位、埋深、矿化度、矿化类型、地层岩性分布、土壤毛细上升与盐渍土含盐类型、盐类化程度变化的关系,并查明变化的具体界限桩号。
- 3) 查明地下水位多年变化趋势和一个水文年内的变化规律。
- 4) 查明雨季洪水泛滥范围、排泄路径及可能造成溶沉的具体桩号界线。
- 5) 按构造物的位置查明盐渍土病害、地层岩性、地基承载力。

2. 勘探

- 1) 在初勘基础上进一步查明盐渍土含盐类型、盐渍化程度、界限桩号。在初勘确定界线附近沿中线以200 m间距加密勘探点。
- 2) 应根据构造物设置需要增加勘探点。

3. 试验

按第8.4.1条第3款的要求办理。

4. 资料要求

1) 工程地质说明书

盐渍土工程地质说明可并入全线工程地质说明书内,其分段叙述内容如下:

- (1) 概述盐渍土形成演化的自然地理条件。
- (2) 论述盐渍土含盐类型、盐渍化程度区段的划分。
- (3) 论证各不同区段盐渍土可能形成的道路病害,并分段提出路基标准横断面图。
- (4) 分区段按构造物工点,论述防治盐渍土病害的方案。
- (5) 提出设计、施工应注意的事项。

2) 工程地质图

- (1) 盐渍土工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。
- (2) 盐渍土工程地质剖面图,水平比例尺为1:2 000~1:10 000;垂直为1:200~1:1 000。
- 3) 成果资料同第8.4.1条第4款的要求。

8.5 软土

8.5.1 初勘

1. 勘察重点

- 1) 查明与路线方案有关的软土工程地质问题,为优选路线方案提供依据。
- 2) 在路线基本走向范围内,对可能布置线路的区间取得几种(或几条)路线通过方案的工程地质资料。
- 3) 查明对路线的方案起控制作用的软土地基区段、工程地质条件与水文地质条件。
- 4) 调查软土地基、分布范围,研究分析危害程度,对拟选线路的环境作出工程地质评价。
- 5) 初步查明土的物理、力学性能与水理性质,对地基沉降与滑移的防治方案提供工程地质资料。
- 6) 提出对软土地区路线能否绕避,或提出通过软土区段的方案。

2. 调查与测绘

调绘工作应着重以下内容:

- 1) 调查软土地基分布路段的地形、地貌及第四系地层沉积的关系。各层的成因类型、分布范围、基底性质与结构特点。各软弱层及与其相间存在的土类的含水情况,土质颗粒组成、稠度、结构状况,以及所含排水砂层的有关物理、力学性能。
- 2) 地下水位位置、类型、活动情况、补给与排水条件,以及地下水与地表水的联系。

- 3) 按地震烈度区划相关的路段范围,核定沿线基本烈度在Ⅳ度以上的各区分界线。
- 4) 在软土的地基上已建成的构造物的附加应力作用下,对地基强度与变形的影响程度,以及地基处治手段和技术措施。
- 5) 初勘阶段应进行工程地质测绘,测绘的比例尺一般要求为1:2 000,其范围视地质条件的复杂程度和设计需要而定。当对与工程地质稳定性评价关系密切的地质现象,在按图幅比例尺不能清晰地表达时,可采取放大的方法表示,并在图上标注相应的尺寸。

3. 勘探

1) 勘探点的布置原则

软土初勘阶段勘探的布置应注意垂直于地貌边界与地层界线,使不同的地貌单元上都设有技术性钻孔和其他勘探点,并在变化大的地段予以加密。勘探点的布置应按路段场地地质条件的复杂程度和道路等级类别而设置。

2) 主要勘探方法

(1) 软土地基勘探一般应采用挖探、钎探、触探与钻探和其他原位测试方法,条件适宜时辅以物探的方法,采取这些综合勘探手段,使勘探资料得以互相验证与补充。

(2) 钻孔

为鉴别和划分地层,应沿孔深取样以测定土层物理、力学性能及进行原位测试,钻孔间距应满足初步设计的要求,并应符合表8.5.1-1的规定。

表 8.5.1-1 初勘阶段钻探点间距

环境类别	道路等级	钻探点间距(m)	备 注
简单场地	二级及二级以上	700~1 000	按路堤高度与地基稳定性采用
	二级以下	1 000~15 000	
复杂场地	二级及二及以上	500~700	
	二级以下	700~1 000	

注:设计填土高度大于极限高度的路段或桥头路段采用低限。

勘探孔(点)的位置,由设计单位在1:2 000路线平面图上标注或在现场布设,孔(点)位置用坐标控制。允许移动范围;路基孔沿中线前后不超过30 m,垂直中线左右不超过15 m;构造物孔前后不超过10 m;孔口标高不超过20 cm。

(3) 静力触探

应充分采用静力触探测定软土层在天然结构状态下土的物理、力学性能,并划分地质层次。触探点纵向间距控制距离见表8.5.1-2。

表 8.5.1-2 初勘阶段静力触探点控制间距

环境类别	道路等级	每公里点数	备 注
简单场地	二级及二级以上	3~4	按地基稳定性与路堤高度采用
	二级以下	2	
复杂场地	二级及二及以上	3~5	
	二级以下	3	

(4) 十字板剪切测试

为测定软土层在不排水状态下的抗剪强度指标,应采用十字板剪切。应在每个具有代表性地质路段沿深度方向对地基稳定性有一定影响的软土层测定。每一深度测一组(两个)以上剪切指标。

(5) 现场原位测试

按照路堤沉降与稳定性设计计算的要求,应进行表8.5.1-3所列现场原位测试项目。

表 8.5.1-3 现场原位测试项目选定表

测试项目	十 字 板		静 力 触 探			标准贯入 (击数)	侧压试验 (kPa)	波速测定 (m/s)
	抗剪强度 (kPa)	灵敏度	贯入阻力 (kPa)	侧壁阻力 (kPa)	锥尖贯入 (kPa)			
指标选定	+	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	(+)

注：① 表中指标选定有括号的表示选做项目。

② 对可液化土与排水砂层，标准贯入为必做项目。

3) 勘探深度的确定

勘探孔点的深度，应满足初步设计对计算沉降与稳定性的需要，其深度主要根据软土分布厚度及路堤填土高度而定。

对较均质厚层软基，钻孔深度应达到预估的地基附加应力与地基土自重应力比为 0.10~0.15 时所对应的深度(饱和层用浮容重)；当难以预估附加应力的 大小，或处于桥头较高路堤位置时，技术性钻孔深度宜为 40 m 左右。

对于静力触探孔深度，应达到软土分布下的底层。

对于十字板剪切，只在软弱层(淤泥、淤泥质土、泥炭)中进行。

4) 钻探方法要求

软土地基钻探以采用干钻法为宜。对于多年处于最低地下水位以下的饱和粘土，也可以采用泥浆钻探的方法，但必须采取措施，防止软土地基结构发生变化而改变土的原始物理、力学性能。

5) 钻探取样

对尚未能准确掌握软土层分层位置及厚度时，取样间距规定如下：

在地面下 10 m 以内，每 1.0 m~1.5 m 取样一次(组)；10 m 以下每 1.5 m~2.0 m 取样一次(组)。

对软土取样，应采用薄壁原状取土器，以压入法采取可减小对原状软土的扰动，不宜应用一般取土器与击入法取样。

对所取得的土样必须防止水分流出和蒸发，并应置于柔软防震的样品箱中，避免在运输过程中改变其原有结构状态。

4. 室内试验

1) 宜开展工地试验及时在现场进行室内试验。

2) 对原状样品应在 3 d 以内开样试验。对不能按时试验的样品应妥为保存。

3) 室内试验项目

对于饱和粘性土，室内应做表 8.5.1-4 所列试验项目。

5. 资料要求

1) 工程地质勘察报告，文字部分应全面阐明沿线软弱地基和各工点软土成因类型与分布规律，软土的物理、力学指标特点，并针对各类工程项目与该地段地质环境、指标特性的相互作用，作出工程地质评价与预测，对软弱地基提出相应的治理措施。

表 8.5.1-4 室内土工试验项目选定表

试验项目	符 号	单 位	备 注
天然含水量	w	%	
天然密度	ρ	g/cm ³	
土粒相对密度	G_s		按土类选做
粒径组成	D	mm	砂做筛分，土做颗分
液 限	w_L	%	
塑 限	w_P	%	

续表 8.5.1-4

试验项目		符 号	单 位	备 注
有机物含量			%	选代表性样品做
酸碱度		pH		选代表性样品做
易溶盐含量			%	对盐渍化软土做
无侧限抗压强度		q	kPa	选代表性样品做
固结 试验	压缩系数	$a_{0.1 \sim 0.2}$	MPa^{-1}	
	固结系数	C_v	cm^2/s	C_v 必做,同时选代表性样品做 C_H
	前期固结应力	p_c	kPa	选代表性样品做
剪 切 试 验	快剪	粘聚力	c_u	kPa
		内摩擦角	ϕ_u	(°)
	固快	粘聚力	c_u	kPa
		内摩擦角	ϕ_u	(°)
	三轴 剪切	粘聚力	c_u	kPa
		内摩擦角	ϕ_u	(°)
		粘聚力	c_{cu}	kPa
		内摩擦角	ϕ_{cu}	(°)
		粘聚力	c'	kPa
		内摩擦角	ϕ	(°)

2) 图表资料

- (1) 全段工程地质平面图,比例尺为 1:2 000~1:10 000。
- (2) 全段工程地质纵断面图,水平比例尺为 1:2 000~1:10 000,垂直为 1:200~1:1 000。
- (3) 路线各比较方案软基路段工程地质平面图,比例尺为 1:2 000~1:10 000。
- (4) 路线各比较方案的软基路段工程地质纵断面图,垂直比例尺为 1:200~1:1 000,水平比例尺视路段长度选用。
- (5) 钻孔地质柱状图,比例尺为 1:100~1:200。
- (6) 原位测试成果资料应包括:
 - ① 十字板剪切图。
 - ② 静力触探图。
 - ③ 标贯成果 N 值图。
- (7) 土的物理、化学、力学性能试验成果及图表如下:
 - ① 孔隙比与荷载关系图。
 - ② 固结系数与荷载关系图。
 - ③ 无侧限抗压应力与应变图。
 - ④ 其他有关图表。

以上图表资料应纳入工程地质勘察报告,按基础资料办理。

8.5.2 详勘

1. 勘察重点

1) 应根据软土地基形成原因、环境类型、各结构层厚度及特点,划分不同地质分段,查清软土沿路线纵向与横向垂直向的分布范围与层次位置。

2) 分段对软土地基各地层的样品,进行室内物理、化学、水力学性能指标试验和原位测试,提供路堤沉降控制及稳定性设计的技术指标。

3) 根据详细划分出的典型软基地质路段,分析并评价在其上修路堤后软基的变形与稳定性,评定软土地基的危害程度,分段提供处理方案与技术措施。

4) 提供编制施工图设计所需的软基设计与处治工程地质定量数据。

2. 工程地质调绘

1) 详细、补充调查沿线范围内的工程地质条件,其内容参照第8.5.1条第2款所列。

2) 为查明线路设置区域内的工程地质条件,并合理布置勘探点、原位测试位置,应进行工程地质测绘,比例尺根据情况确定。调查测绘应在路线中线左右各400 m~500 m宽度范围内进行。

3) 对勘察范围内软土地基的性质、分布、地质年代、成因类型、基底性质及沿线地貌特征进行补充、核对与验证。

3. 勘探

1) 软土地基的详勘仍应采用挖探、钻探、静力触探和十字板剪切等勘探、试验和测试相结合的综合方法,为施工图设计提供软基沉降及稳定性设计单项指标,同时为相互对照和验证的设计计算提供使用的技术指标。

2) 勘探点的布置,应充分利用所推荐线路方案初勘时的勘探点。不仅应满足对沿路线各种典型路段的工程地质详勘技术的要求,还应提供路线横向断面的地质特征。

(1) 钻孔

本阶段钻孔的质量与数量,必须满足施工图设计的技术要求。

详勘阶段钻孔间距应符合表8.5.2-1的规定。

表8.5.2-1 详勘阶段钻探点间距控制

环境类别	道路等级	钻探点间距(m)	备 注
简单场地	二级及二级以上	500~700	按路堤高度与地基稳定性确定
	二级以下	700~1 000	
复杂场地	二级及二及以上	300~500	
	二级以下	500~1 000	

注: ① 设计填土高度大于极限高度的路段或处于桥头路段采用低限值;

② 特殊条件下,尚应视具体情况适当加密钻探。

(2) 试坑

试坑应配合钻探满足详勘阶段沿线地质调查、绘制地质纵断面图的要求,其设置距离每公里宜为2~3个。

(3) 静力触探

应充分利用初勘时静力触探资料。静力触探点的间距与设置位置应符合表8.5.2-2的规定。触探深度可参照初勘静力触探深度的有关规定。

表8.5.2-2 详勘阶段静力触探点间距控制

环境类别	道路等级	钻探点间距(m)	备 注
简单场地	二级及二级以上	3~4	按路堤高度与地基稳定性确定
	二级以下	2~3	
复杂场地	二级及二及以上	4~5	
	二级以下	3~4	

注: ① 本表每公里点数未包括参数孔点;

② 设计填土高度大于极限高度的路段或处于桥头路段采用高值。

(4) 十字板剪切

对于天然含水量大于液限或在自重下不能保持原有结构形状的软粘土,以及为检验用室内抗剪强度试验指标计算稳定性的结果时,均必须进行十字板剪切现场试验,以取得现场软土不排水抗剪强度及灵敏度的数据。

其设置间距应满足每具有代表性的地质路段的各软土地层内均有两组以上的有效的现场剪切指标。其测试深度与层位,可参照初勘十字板剪切试验的有关规定。

3) 勘探的深度

钻孔深度应完全满足施工图设计对应力与变形进行设计计算的需要。其深度作如下控制:

(1) 对于均质的厚层软土,钻孔深度应达到相应的地段软土地基附加应力与软土自重应力的比例为0.1~0.15时的相应深度。

(2) 对于非均质分布的软土地层,勘探深度可按《公路桥涵地基与基础设计规范》“3.3.5”计算公式来确定,或达到应力比为0.15~0.20的相应深度。

(3) 对于非均质分布的软土地层,当底部有密实或硬塑的下卧层或岩质底板时,在查明其性质并确定具有一定厚度后,可不再深钻。

4) 钻孔取样

取样间距,对非均质土,在地面以下10 m内,应沿深度每米取一组(两个)样;在地面下10 m~20 m,沿深度每1.5 m取一组样;20 m以下可每2.0 m取一组样。变层时应即取样。对厚层均质软土层,应根据初勘资料对相同性质和相近指标的层次,对各层顶部和底部各取一组以上样品,中部应取两组以上样品。如软土指标有变化时,应即取样。

对于硬壳层、软土间的夹层以及排水砂层,也应采集样品以取得计算指标,取样间距可参照初勘第8.5.1条有关款的下限处理。

5) 原位测试

(1) 对于取样前后会发生变形的饱和软粘土及对难以取样的砂层,应进行原位测试。

(2) 饱和粘性土应进行静力触探与十字板剪切测试;对于砂层应进行标准贯入及静力触探测试。

(3) 原位测试应求得标贯击数、比贯入阻力或侧壁极限摩阻力与锥尖阻力、十字板剪切强度及灵敏度等指标。

4. 室内试验

1) 详勘阶段对软土地基样品的室内试验,应编制合理的试验方案,依照《公路土工试验规程》(JTJ 051)规定的方法、步骤进行。对初勘试验成果资料应尽可能地加以利用。

(1) 对力学试验过程中的应力和路径条件、加荷的级别与标准、试验的有关边界条件,必须以工程现场的环境为依据,结合施工期、预压期与运营期的实际情况研究确定。

(2) 对试验数据应依据试样组数的多少、土质的均匀程度、取样与试验的质量,按数理统计分析手段取保证率平均值,以满足施工图设计的要求。

2) 试验项目

对于饱和粘性土应进行表8.5.2-3所列项目的室内试验。

5. 资料要求

表 8.5.2-3 室内土工试验项目选定表

试验项目			符 号	单 位	备 注
物理 性质	天然含水量		w	%	
	天然密度		ρ	g/cm ³	
	土粒相对密度		G_s		按土类选做
	粒径组成		D	mm	砂做筛分,土做筛分
	液 限		w_L	%	
	塑 限		w_P	%	
化学 性质	有机物含量			%	按软土类别、层别选做
	酸碱度		pH		选代表性样做
	易溶盐含量			%	对盐渍化软土做
力 学 性 质	固结 试验	压缩系数		$a_{0.1-0.2}$	MPa ⁻¹
		固结系数		C_v	cm ² /s
		前期固结应力		p_c	kPa
		无侧限抗压强度		q	kPa
	剪 切 试 验	快剪	内聚力	c_q	kPa
			内摩擦角	ϕ_q	(°)
		固快	内聚力	c_q	kPa
			内摩擦角	ϕ_q	(°)
		三 轴 轴 剪	内聚力	c_u	kPa
			内摩擦角	ϕ_u	(°)
			内聚力	c_{cu}	kPa
			内摩擦角	ϕ_{cu}	(°)
			内聚力	c'	kPa
			内摩擦角	ϕ	(°)

1) 工程地质勘察报告,文字部分除应提供区域地质、地震地质、水文地质、气象、地形、地貌的有关资料外,应着重阐明已定路线软弱地基形成特点与分布规律,针对各类工程项目与地质环境的相互作用,结合试验与测试指标作出工程地质评价与预测,提出有效的工程地质处理措施。

2) 图表资料部分应包括以下内容:

- (1) 工程地质平面图,比例尺为1:2 000~1:10 000。
- (2) 工程地质纵断面图,水平比例尺为1:2 000~1:10 000,垂直比例尺为1:200~1:1 000。
- (3) 各典型路段工程地质纵断面图,垂直比例尺为1:200,水平比例尺可参照以上比例尺视路段长度选取。

(4) 钻孔地质柱状图,比例尺为1:100~1:200。

(5) 原位测试成果图表

- ① 十字板剪切图,绘制 $c-h$ 关系图等。
- ② 静力触探图表,绘制 p_s-h 或 q_c-h 与 f_s-h 等关系图表。
- ③ 标贯成果图,绘 $N-h$ 关系图, N 值汇入柱状图中。
- (6) 土工试验资料成果图表

① 土的物理、力学、化学性能试验成果表与指标统计表。

② 孔隙比与荷载关系图,设计填土高度小于极限高度时绘 $e-P$ 曲线图,设计填土高度远大于极限高度或桥头高路堤时绘制 $e-\lg P$ 曲线图。

③ 固结系数与荷载关系图,绘 C_v-P 、 C_{H-P} 曲线图。

④ 无侧限抗压应力与应变图,绘 $\sigma-\epsilon$ 曲线图。

(7) 有关软土地基勘察照片。

以上成果资料,均属工程地质勘察报告的主要内容,应按基础资料的要求,分类整理,正式出版。

9 改建公路工程地质勘察

9.1 任务与内容

9.1.1 任务

改建公路工程地质勘察的任务是为改建项目的工程设计提供沿线路况资料、工程地质资料及测试参数,作为改建工程设计的依据。

9.1.2 内容

改建公路工程地质勘察,应收集沿线的地质资料和路况资料,并进行分析研究,以全面了解公路的状况。主要勘察内容如下:

1. 收集沿线的地形、地貌、工程地质、水文地质、气象、地震等资料。

2. 收集有关桥梁、隧道和防护、排水等构造物的新建、改建或加固工程所需要的地质资料。

3. 收集原有公路路况资料。

4. 调查原有公路的路基、路面、小桥涵等人工构造物的状况及其病害,研究分析病害的成因和防治效果。对原有公路的工程地质、不良地质地段的道路病害应力求根治。

5. 当路线因提高等级或绕避病害而另选新线的路段,应按新建公路的要求进行工程地质勘察工作。

9.2 路基工程的地质勘察

9.2.1 改建公路时路基工程的地质勘察,应阐明地貌特征、地质构造、岩性与产状、工程地质特征及水文地质条件等,应特别注意原路基形态、稳定状况以及历史演变情况。

凡受不良地质因素控制,影响方案选择的地段,应提前进行较大面积的测绘及必要的勘探,以便作为方案比选依据,待确定方案后,再进行补充勘探。

9.2.2 一般改建公路的路基勘察的基本要求是:查明原路基填土类别、断面特征、天然含水量变化、稳定状况,以及岩石和土层的分界线、类别及其工程分级,还应详细调查以下地段:

1. 加宽路基时,应查明加宽一侧的工程地质条件,诸如地貌特征、山坡和岸坡稳定、水流影响、岩土性质、地下水赋存状况等。

2. 加高路基时,应调查借土来源及其数量与质量,并重视环境保护,防止乱开乱挖。

3. 路基坡脚如需防护时,应调查防护工程的地质情况。

4. 深挖路基后可能出现的不良地质现象,应予判明,并拟定处理措施。

5. 路基有受水流冲刷的可能性时,应调查汇水面积、径流情况,并拟定截流、导流等排水措施以及边坡防护方案。

6. 当地下水影响路基稳定时,应调查其稳定水位、流量,并拟定排水设施的断面尺寸、加固类型及位置。

7. 路基两侧设取土坑、排水沟时,应与灌溉渠道综合考虑,必要时应进行排水系统的工程地质勘察。

8. 在需开挖视距台处,应调查其土质类别及边坡稳定情况等。

9. 应查明刷坡清方、增设坡面防护、放缓填方边坡、绿化加固等地段的工程地质条件。

9.2.3 改建公路中各类路基病害地段的工程地质勘察工作,除应按本规程第7、8章有关规定进行外,还应作好下列调查:

1. 调查沿线路基病害的类型与规模,以及病害的发生原因及发展情况。
2. 调查病害地段路线所处的地貌特征、工程地质条件与病害的关系。
3. 调查原有防治工程的平面位置、结构类型、各部尺寸及防治效果,确定是否利用、加固或进行改建设计。
4. 调查当地相关工程治理病害的经验。

9.2.4 改建公路翻浆路段的工程地质勘察

1. 勘察要点
 - 1) 查明公路沿线的地貌、地形、水文、地质、气象、土质等。
 - 2) 查明地下水的水位、地面水的滞留时间,查明导致翻浆的水分来源。
 - 3) 查明原路面结构层次及类型、各层厚度及强度。
 - 4) 查明路线横断面形式、路基填土高度、排水构造物类别及其排水效果。
 - 5) 查明沿线筑路材料以及保温、隔温等处理翻浆材料的来源、数量、质量及其采运条件。
2. 勘探、试验
 - 1) 应在不利季节进行整体强度测定。
 - 2) 查明聚冰层的位置和厚度。
 - 3) 采取沿线代表性土样进行有关物理、力学、水理性能试验。

9.3 路面工程的地质勘察

9.3.1 改建公路时路面工程的地质勘察,除满足新建路面的调查要求外,还应作如下勘察:

1. 收集原有公路修建和养护期间的测试数据等有关资料。
2. 进行原有公路调查,包括路基与路面宽度、路面拱度、平整度;路面破坏的类型、程度和成因;排水与积水情况以及有无积雪、积砂等。
3. 调查原有路面的结构和不利季节土基湿度,一般每500m测一个断面,在结构类型、厚度与水文地质有明显变化处应适当增测断面;查明原有路面的分层厚度,并分层取样试验;还应查明原有路面材料可供利用的可能性。
4. 分段取样进行有关试验。
5. 在不利季节,进行原有路面整体强度的测定。通过调查,对原有路面的现状及可利用程度应作出分析评价。

9.4 小桥涵及其他人工构造物的工程地质勘察

9.4.1 增设的小桥涵及其他人工构造物的工程地质勘察工作,应按本规范第6.2.2条及第6.2.3条的有关规定进行。

9.4.2 需改建的人工构造物的工程地质勘察工作,其主要内容是:

1. 查明原有人工构造物的工程地质条件。
2. 查明原有人工构造物有无因地质问题造成变形破坏的现象,并分析研究其原因,提出能否加固利用的评价。
3. 调查改建人工构造物地基基础的工程地质资料,尤其应探明隐蔽地基基底的岩土物理力学性能,并调查冻结与冲刷深度等,为改建工程设计与施工提供地质资料。

9.5 沿线筑路材料料场的工程地质勘察

9.5.1 改建公路沿线筑路材料的勘察要点,除应满足本规范新建公路料场勘察的规定外,还应满足以下要求:

1. 根据当地养路部门提供的资料,对沿线已有的筑路材料料场进行必要的复查和补充。
2. 当沿线筑路材料缺乏时,则应加强远运材料产地的勘察。

3. 沿线筑路材料产地的选定,仍应以质量优良、储量丰富、易于开采、运输方便、少占农田、有利于环境保护等为条件而进行优选。

4. 应采取代表性样品按规定的试验项目和试验方法鉴定材料质量。

9.6 资料要求

9.6.1 改建公路的工程地质勘察资料要求

1. 工程地质说明书

1) 全线工程地质说明书:主要论证沿线工程地质条件,评价对原有工程的利用程度。

2) 不良地质、特殊性岩土,以及其他道路病害路段的工点说明,应论证地质现象的特征并提出治理方案。

3) 原有公路等级、历史和现状、现有交通量及其组成、交通量的增长率和公路的适应情况。

4) 路基、路面的现状和不符合改建技术标准路段的主要问题。

5) 原有路基、路面、桥涵及其他构造物的加固、加宽、接长等处的工程地质特征。

6) 沿线筑路材料的分布及采运条件。

2. 工程地质图按新建公路工程地质勘察的有关规定编制。

3. 原有路面整体补强测试图表。

4. 不良地质、特殊性岩土、路基病害等各有关项目的调查表。

5. 勘探、试验、调查等资料。

以上成果资料,应分项整理,列入基础资料,正式出版。

附录 A 公路主要不良地质现象的分类

A.1 滑坡分类

A.1.1 滑坡按组成物质的分类(见表 A.1.1)

表 A.1.1

滑坡类型	简 要 说 明
粘性土滑坡	为发生在各种成因的均质和非均质粘性土中的滑坡,常见于风化剥蚀残丘和低缓丘陵的堆积斜坡中,多成群出现。滑体常沿下伏基岩顶面或土体中的软弱夹层滑动,也有沿剪切面滑动的。滑面(带)土一般呈软塑状,与水作用有关。滑面坡度平缓,当沿剪切面滑动时,滑面一般呈圆弧形
黄土滑坡	为发生在各时期和各种成因黄土中的滑坡,一般发育在阶地前缘的斜坡上,常成群出现。滑体多沿透水性质不同土层的接触面、裂隙面或土体中的剪切面滑动,也有沿下伏古剥蚀面滑动的。这种滑坡变形急剧,滑动迅速,常具崩塌性质。当滑体沿不同性质的地质分界面滑动时,滑面与地质界面的产状大体一致,有明显含水层,受水作用显著;当沿裂隙或剪切面滑动时,滑面常呈上陡下缓的圆弧形
碎(砾)石上滑坡	为发生在第四纪砾石土、碎石土、碎块石土等各种成因的堆积物中的滑坡,广泛分布于山区斜坡的低洼处,滑坡规模较大,滑动速度较慢。滑体多沿下伏基岩顶面或堆积物内部不同时期的堆积面滑动,也有沿下伏基岩不同风化程度的风化面滑动的。当滑体沿基岩顶面滑动时,滑带土常由基岩表面的风化残积物构成,地下水多,滑面呈凹弧形;当滑体沿堆积物内部的堆积面滑动时,滑带土多由夹层或堆积面软塑土构成,滑面多与夹层或堆积面的产状大体一致,地下水不多;当滑体沿下伏风化面滑动时,滑床多为较完整的基岩,滑带土常为风化带内的粘性土富集层,地下水较多
岩石滑坡	为发生在各种成因的层状或非层状岩体中的滑坡,在地质构造复杂的褶皱带与断裂带中均有分布。滑体多沿岩体中的原生结构面(如岩层层面、片理面、同生夹层等)、构造结构面(如构造裂隙面、层间错动面、断层面等)和次生结构面(如卸荷裂隙面、次生夹层等)滑动,在岩性松软或破碎严重的岩体中,也有沿剪切面滑动的。这种滑坡滑带薄、滑面明显、富水,常与层面、夹层及裂隙填充物的泥化有关,滑面形状与结构面的产状及其组合关系有关,常呈直线形或折线形

A.1.2 滑坡按滑体规模的分类(见表 A.1.2)

表 A.1.2

滑坡类型	滑坡体积(或滑面埋深、滑坡面积)	简 要 说 明
小型滑坡	滑坡体积一般小于 $10\,000\text{m}^3$ (或滑面最大埋深小于 5m ,滑坡分布面积小于 $2\,500\text{m}^2$)	路线通过时,可根据滑动原因,采取调治地表水与地下水、清方、支挡等工程措施进行处理,并注意防止其进一步发展
中型滑坡	滑坡体积约为 $10\,000\text{m}^3\sim 100\,000\text{m}^3$ (或滑面最大埋深约 $5\text{m}\sim 20\text{m}$;滑坡分布面积约 $2\,500\text{m}^2\sim 8\,000\text{m}^2$)	路线通过时,需慎重考虑滑坡的稳定性,注意调整路线平面位置,选择较有利部位通过,并采取相应的综合工程处理措施
大型滑坡	滑坡体积大于 $100\,000\text{m}^3$ (或滑面最大埋深大于 20m ;滑坡分布面积大于 $8\,000\text{m}^2$)	路线应首先考虑绕避方案。如绕避困难或路线增长过多时,应结合滑坡稳定程度、道路等级和处理难易程度,从经济与施工条件等方面做出绕避与整治两个方案进行比较。采取整治方案时,则应作全面规划,分清主次缓急,分期进行综合治理。

A.2 泥石流分类

A.2.1 泥石流按固体物质成分的分类(见表 A.2.1)

表 A.2.1

泥石流类型	流体中的固体物质成分
泥流	粉粘粒约占80%~90%(其中粘粒约占15%~20%,粉粒约占60%~70%),砂砾碎石约占10%~20%
水石流	粉粘粒总含量一般小于10%;其余为砂砾、碎石、块石,平均粒径约在20mm~100mm
泥石流	粉粘粒约占10%~30%(其中粘粒约占2%~15%),砂砾约占40%~50%;碎石、块石、漂砾约占30%~40%;平均粒径约在10mm~20mm

A.2.2 泥石流按流体性质的分类(见表 A.2.2)

表 A.2.2

泥石流类型 主要特征		稀 性			粘 性	
		泥 流	水石流	泥石流	泥 流	泥石流
流体特征	密度(t/m^3)	1.3~1.5	1.3~1.6	1.3~1.8	1.5~1.9	1.8~2.3
	运动特征	由稀性浆体与砂砾石块组成。浆体起搬运介质作用,流体中的石块等粗碎屑物质的运动速度小于浆体运动速度,石块沉底被推移滚动前进,有明显垂直交换。早连续紊动流,无阵流现象			由粘性浆体与砂砾组成。石块等粗碎屑物质被束缚于粘稠的浆体之中,无垂直交换,近似层流,整体等速度前进。运动过程发生断流,有明显阵流现象	
沉积特征		流体停积后水与固体物质很快离析,沉积过程有分选性。堆积物细颗粒含量少,空隙大,结构松散。常呈垄岗或扇状的松散石质堆积体分布,表面碎块石密集,坎坷不平			流体停积后保持运动时的结构特征,堆积过程无分选性。堆积物细颗粒含量多,大小混杂,孔隙小,结构较致密。常呈扇状或舌状的泥石质堆积体分布,表面起伏不平,但较平坦	
冲淤特征		比一般洪水破坏力大,有冲、有淤,以冲刷危害为主			比稀性泥石流破坏力大,大冲、大淤,以淤积危害为主	

A.2.3 泥石流按作用强度的分级(见表 A.2.3)

表 A.2.3

主要特征 强度级别	流域特征	坍方面积率 (%)	经常出现的 泥石流密度 (t/m^3)	泥石流暴发 频繁程度 (次/年平均)	简 要 说 明
轻微	流域内植被较稀疏,松散固体物质储量小,坡面侵蚀沟系不发育,风化剥蚀较弱,一般只在上游地段零星分布有小型的滑坡或崩塌,沟槽无明显堵塞现象	<10	<1.6	<1	危害较小,不控制路线方案,可采取工程措施作一般性整治。一般视地形条件,采用桥涵、集淤场、渡槽或明洞通过

续表 A. 2. 3

主要特征 强度级别	流域特征	坍方面积率 (%)	经常出现的 泥石流密度 (t/m ³)	泥石流暴发 频繁程度 (次/年平均)	简 要 说 明
一般	流域内山坡比较破碎,植被破坏,风化严重;形成区山高坡陡,侵蚀沟系比较发育,沟床纵坡较大;第四纪松散堆积物储量丰富;中型滑坡、崩塌岩堆发育,且多集中于中游地带。沟槽堵塞比较严重,多呈半堵塞状态	10~15	1.6~2.0	1~5	危害大,路线通过时需认真做好方案选择。路线的平面位置 and 高度,应结合地形条件、道路等级和相应的防治措施作总体安排。需要进行综合防治,近期宜采用工程措施,因地制宜,视不同情况,采用拦截、停淤、排导等措施,以控制或减弱其危害,但要注意留有充分余地
强烈	流域内山坡破碎,植被衰败,风化剧烈;形成区山高坡陡,侵蚀沟谷发育,沟床纵坡大;第四纪松散堆积物储量相当丰富;山坡不稳,大型滑坡、崩塌、错落、岩堆十分发育,且多集中于中下游。沟槽堵塞严重,多呈全堵塞状态	>15	2.0~2.3	>5	危害极大,且难于整治,路线应首先考虑绕避,绕避困难时,可选择高线方案,用大跨度单孔桥从流通区或沟口跨过;如地形适宜也可考虑隧道方案,从沟口用低线通过。需进行大规模综合整治,近期应以工程措施为主,但要留有充分余地

A. 3 岩溶分类

A. 3. 1 岩溶公路工程地质分类(见表 A. 3. 1)

表 A. 3. 1

岩溶类型	主要岩溶形态及其特征	简 要 说 明
裸露型岩溶	岩溶孔洞裸露地面,并向地下大致竖向延伸。如溶蚀漏斗、溶洞、溶孔、溶蚀裂隙、溶蚀竖井、落水洞等	1. 无水力联系时:一般无严重危害。浅时采用填塞措施;深时常用盖板封闭。当被后期松散沉积物充填时,应注意建筑物基底的不均匀沉降问题。 2. 有水力联系时:岩溶水常随季节变化,发生间歇性或周期性的消水与涌水现象;或因排泄通道不畅或排泄能力不足,产生路基冒水或水淹路基,造成水害。除考虑适当跨越方式外,应根据水力联系情况和地形条件,注意提高路基设计标高或采取明沟、泄水洞等有效的疏导措施。当被后期松散沉积物充填时,要考虑地下岩溶水的动态变化,以及沉积物发生潜蚀或因自重或外荷载作用,可能引起地表塌陷而影响路基或其他建筑物的稳定问题
隐蔽型岩溶	岩溶洞穴隐蔽于地面以下,大致沿水平方向横向延伸。如地下溶洞、土洞、地下河、地下湖等	1. 无水力联系时:顶板岩层完整且厚度较大时,无不良影响;当顶板持力层厚度不足或岩层比较破碎时,要考虑在外部荷载或振动作用下有可能产生坍塌,使路基或建筑于其上的其他构造物遭到破坏。 2. 有水力联系时:除存在上述情况外,当利用溶洞扩建隧道时,应根据水文和水力联系情况,慎重考虑是否存在洪水的威胁

A.3.2 岩溶地貌分类(见表 A.3.2)

表 A.3.2

地貌类型	主要特征	简要说明
残丘洼地	多发育在分水岭地带。小型洼地、槽谷与高差不大的山丘相间,地表崎岖坎坷,岩溶水多沿溶蚀裂隙活动,隐蔽型岩溶形态一般不太发育	岩溶发育一般,水害不甚突出
峰丛洼地	山峰间有垭口,峰丛间有洼地、槽谷和坡立谷,洼地谷底有溶蚀漏斗、溶蚀竖井和落水洞等分布,地表水通过小型裸露型岩溶形态进入地下,排泄于深切峡谷或侵蚀沟谷	地表高差增大,岩溶相当发育,路基水害突出,并存在路基基底塌陷问题
峰林洼地	峰林与洼地和谷地相间,山峰挺拔,高差增大,洼地、槽谷、坡立谷发展扩大,地表有河流,多转变为隐蔽型地下河。除干流外,尚有脉状支流,地表水通过洼地谷底的裸露型岩溶形态与地下通道保持水力联系	谷地开阔,岩溶发育,存在路基水害及路基基底塌陷问题
峰林坡立谷	地表河流及地下河流发育,地下脉状通道发展成网状。洼地、槽谷被地表河流展宽,成为地下岩溶水的局部排泄基准。坡立谷平原有粘土覆盖物、裸露型岩溶形态和地表塌陷,孤峰挺立,地下常有多层水平溶洞	谷地开阔,岩溶发育成熟,隐蔽型岩溶形态广泛发育,路基水害及路基基底塌陷问题均甚突出
溶蚀平原	地表河流迂回曲折,地下隐蔽型岩溶形态纵横交错成网状,具强烈水力联系和统一潜水面。平原上粘性土覆盖层深厚,裸露型岩溶形态和地表塌陷发育,仅有零星孤峰,局部地带带有石芽地分布	应注意隐蔽型岩溶形态及水淹路基问题

A.4 沙漠分类

A.4.1 沙漠地貌分类(见表 A.4.1)

表 A.4.1

沙漠地貌分类	主要特征	简要说明
平坦沙地	平沙漫漫,地形无明显起伏,地表只有随风向变化的沙波纹,一般存在风沙流活动	一般对公路无明显危害。有风沙流活动的平坦沙地,在迎风侧要注意线外防护,并注意路基高度及断面形式,使风沙流顺利通过
草灌丛沙堆	由斑点状或不连续的草丛、灌丛阻滞风沙流中的沙粒堆积而成。沙堆大小不等,在平面上多呈圆形或椭圆形,高度一般约 1 m~5 m,低的只有几十厘米,最高可达 10 m 左右。	多属半固定或固定沙丘,对公路无严重危害。但应注意保护植被,防止沙化
新月形沙丘和新月形沙丘链	沙丘两翼顺风向伸出,在平面上呈新月形。迎风坡凸出而坡度较缓($5^{\circ}\sim 20^{\circ}$),背风侧坡陡($30^{\circ}\sim 34^{\circ}$),凹进呈弧形,沙丘顶部脊线清晰,常单个分布。一般高几十厘米至十几米,长十几米至几十米。 新月沙丘进一步发展,相邻两翼互相连接,沙丘蜿蜒呈链状,即沙丘链,一般高几米至几十米,长几百米至数公里,常大面积平行排列分布	沙丘延伸方向与起沙风合成风向垂直,运动方向与起沙风合成风向平行。沙丘活动性大,爬行性强。路基常遭沙埋,可造成严重危害。路线宜从丘间低地或沙丘较窄处通过,并需采取综合治理措施,加强路基本体及线外防护

续表 A. 4. 1

沙漠地貌分类		主要特征	简要说明
风积地貌	沙垄	沙丘呈长垄状,横断面大致对称,沙丘顶部一般浑圆,无明显脊线。高几米至十几米,长几十米至十几公里	沙垄顺起沙风的合成风向延伸,运动方向与起沙风的合成风向平行,路线宜与主风向大致平行,从沙垄间低地通过,并注意路基本体及线外防护
	复合型沙山	规模巨大的沙丘复合体,体积高大,形态复杂,高度常在百米以上,沙山上一般都叠置有其他形态的沙丘	复合型沙山,体积高大,路线一般不宜直接穿越,可从外围有利地带绕过
	金字塔沙丘	形态呈角锥状,具有尖的顶和三角形的斜面,斜面坡度一般为 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$,斜面之间形成棱脊线,每个斜面往往代表一个风向,通常有3~4个斜面,也有更多一些的	一般呈零星单个分布,是在多方向风作用下形成的。沙丘本身不与任何一个风向平行或垂直。沙丘活动性较小,路线可从外围绕过
风蚀地貌	风蚀洼地	松散沉积层覆盖地区,因风吹蚀而形成的浑缓凹地,多呈椭圆形,沿主风向延伸,成排分布	路基容易遭受风蚀,路基高度宜低,路线走向应争取与主风向平行,并注意加强路肩和边坡防护
	风蚀垄槽 (雅丹地貌)	在冲积或湖积平原上,因风吹蚀,沿主风向形成深几米至几十米的吹蚀槽,槽间留有蚀余的墩台、垄岗,地面崎岖坎坷,支离破碎	
	风蚀残丘	在基岩出露地带,经风蚀残留下来的光秃岩质小丘,一般高几米至几十米,随岩层走向多呈带状分布	

A. 4. 2 沙丘按稳定程度的分类(见表 A. 4. 2)

表 A. 4. 2

沙丘稳定类型	主要特征	简要说明
固定沙丘	沙丘上植物或其他覆盖物(如盐结皮等)的覆盖度达40%以上。表面沙层粉粒、粘粒或有机成分增多,对沙丘表面沙层已有明显固结作用,沙丘已无活动迹象	一般分布于湖泊、河流边缘及地下水位较高的平坦地带,或半固定沙丘的外围及泉水溢出的地带。沙害轻微或无危害,但须认真保护天然植被或其他覆盖物、注意防止沙化
半固定沙丘	植被和其他覆盖物遭到破坏,固定沙丘开始沙化;或流动沙丘表面开始有植物生长或其他覆盖物形成,但覆盖度只达15%~40%左右,存在斑状吹蚀,活动性尚未完全消除	一般分布在流动沙丘的外围,沙害较轻,局部地段较重。路线通过时须查明沙化原因或植被发育条件,采取相应有效措施,防止沙化扩大,促使沙丘向固定方向发展
流动沙丘	植物或其他覆盖物的覆盖度小于15%,或沙丘完成裸露,随风运动	主要分布在沙漠中,在沙漠外缘也常零星分布。沙害严重,防治困难,路线应尽量绕避,或从分布范围最窄处通过,并采取综合治理措施,加强线外及路基本体防护

附录B 土、石工程分级(见表B)

表B 土、石工程分级表

土、石等级	土、石类别	土、石名称	钻1 m 所需时间			爆破1 m ³ 所需炮眼长度(m)		开挖方法
			湿式凿岩一字合金钻头净钻时间(min)	湿式凿岩普通淬火钻头净钻时间(min)	双人打眼(人工)	路堑	隧道导坑	
I	松土	砂类土、腐殖土、种植土、中密的粘性土及砂性土、松散的水分不大的粘土,含有30 mm以下树根或灌木根的泥炭土						用铁锹挖,脚蹬一下到底的松散土层
II	普通土	水分较大的粘土、密实的粘性土及砂性土、半干硬状态的黄土、含有30 mm以上的树根或灌木根的泥炭土、碎石类土(不包括块石土及漂石土)						部分用镐刨松,再用锹挖,以脚蹬锹需连蹬数次才能挖动
III	硬土	硬粘土、密实的硬黄土,含有较多的块石土及漂石土;各种风化成土块的岩石						必须用镐先整个刨过才能用锹挖
IV	软石	各种松软岩石、盐岩、胶结不紧的砾岩、泥质页岩、砂岩、煤、较坚实的泥灰岩、块石土及漂石土、软的节理多的石灰岩		7 以内	0.2 以内	0.2 以内	2.0 以内	部分用撬棍或十字镐及大锤开挖,部分用爆破法开挖
V	次坚石	硅质页岩、砂岩、白云岩、石灰岩、坚实的泥灰岩、软玄武岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	15 以内	7~20	0.2~1.0	0.2~0.4	2.0~3.5	用爆破法开挖
VI	坚石	硬玄武岩、坚实的石灰岩、白云岩、大理岩、石英岩、闪长岩、粗粒花岗岩、正长岩	15 以上	20 以上	1.0 以上	0.4 以上	3.5 以上	用爆破法开挖

附录C 公路工程地质图例及符号

C.1 地层符号

C.1.1 地层年代表(见表C.1.1)

表C.1.1

地质年代、地层单位及其代号					构造运动		
代(界)		纪(系)		世(统)			
新生代 K _z		第四纪 Q		全新世 Q ₄		喜马拉雅运动	
				更新世 Q ₃	晚更新世 Q ₃ 中更新世 Q ₂ 早更新世 Q ₁		
		第三纪 R	晚第三纪 N	上新世 N ₂ 中新世 N ₁			
			早第三纪 E	渐新世 E ₃ 始新世 E ₂ 古新世 E ₁			
中生代 M _z		白垩纪 K		晚白垩世 K ₂ 早白垩世 K ₁		燕山运动	
		侏罗纪 J		晚侏罗世 J ₃ 中侏罗世 J ₂ 早侏罗世 J ₁			
		三叠纪 T		晚三叠世 T ₃ 中三叠世 T ₂ 早三叠世 T ₁			
古生代 P _z	晚古生代 P _{z₂}		二叠纪 P		晚二叠世 P ₂ 早二叠世 P ₁		印支运动 海西运动 (华力西运动)
			石炭纪 C		晚石炭世 C ₃ 中石炭世 C ₂ 早石炭世 C ₁		
			泥盆纪 D		晚泥盆世 D ₃ 中泥盆世 D ₂ 早泥盆世 C ₁		
		早古生代 P _{z₁}	志留纪 S		晚志留世 S ₃ 中志留世 S ₂ 早志留世 S ₁		加里东运动

续表 C.1.1

地质年代、地层单位及其代号				构造运动
代(界)		纪(系)	世(统)	
古生代 P_z	早古生代 P_{z_1}	奥陶纪 O	晚奥陶世 O_3 中奥陶世 O_2 早奥陶世 O_1	蓟县运动
		寒武纪 ϵ	晚寒武世 ϵ_1 中寒武世 ϵ_2 早寒武世 ϵ_3	
元古代 P	晚元古代 P_{t_1} 震旦亚代 Z	震旦纪 Z_z		
		青白口纪 Z_q		
		蓟县纪 Z_j		
		长城纪 Z_c		
	早元古代 P_{t_1}			吕梁运动
太古代 Ar				五台运动
地球初期发展阶段				鞍山运动

① 表中只列出地质时代单位。地层单位则把代、纪、世改为界、系、统,同时把早、中、晚字样改为下、中、上或下、上。
如早寒武世、中寒武世、晚寒武世所形成的地层则称为下寒武统、中寒武统、上寒武统,余类推。

② 更新世可以分为早更新世 Q_1 、中更新世 Q_2 、晚更新世 Q_3 。

C.1.2 第四纪分层符号

Q_4 全新统

Q_2 中更新统

Q_3 上更新统

Q_1 下更新统

C.1.3 第四纪地层的成因类型符号

Q^{al} 残积层

Q^{isl} 冰水沉积层

Q^{dl} 坡积层

Q^f 沼泽沉积层

Q^{al} 冲积层

Q^l 湖泊沉积层

Q^{pl} 洪积层

Q^m 海相沉积层

Q^c 崩积层

Q^{mc} 海陆交互相沉积层

Q^{hpl} 滑坡堆积层

Q^b 生物堆积层

Q^{scf} 泥石流堆积层

Q^v 火山堆积层

Q^{eol} 风积层

Q^{mr} 人工填筑土

Q^{gl} 冰积层

Q^{pi} 成因不明的第四纪沉积层

注：① 两种成因混合而成的沉(堆)积层,可采用混合符号,例如冲积与洪积混合层,可用 Q^{al-pl} 表示。

② 地层与成因的符号可以合起来使用,例如由冲积形成的第四纪上更新统,可用 Q_3^{al} 表示。

C.1.4 地层时代符号及着色

$\boxed{Q}$ 第四系 黄色	$\boxed{S}$ 志留系 靛青色
$\boxed{R}$ 第三系 橙色	$\boxed{O}$ 奥陶系 深蓝色
$\boxed{N}$ 上第三系 淡橙色	$\boxed{\leftarrow}$ 寒武系 橄榄绿色
$\boxed{E}$ 下第三系 深橙色	$\boxed{Z}$ 震旦系 蓝灰色
$\boxed{K}$ 白垩系 草绿色	$\boxed{K_s}$ 新生界
$\boxed{J}$ 侏罗系 蓝色	$\boxed{M_s}$ 中生界
$\boxed{T}$ 三叠系 紫色	$\boxed{P_s}$ 古生界
$\boxed{P}$ 二叠系 棕色	$\boxed{P_i}$ 元古界
$\boxed{C}$ 石炭系 灰色	$\boxed{A_s}$ 太古界
$\boxed{D}$ 泥盆系 褐色	$\boxed{M}$ 时代不明的变质岩层

注：跨统、跨系和时代不确定的地层单位，在用符号表示时，分别不同情况采用连号或加号，例如：

$\boxed{C_{2+3}}$ 表示整个中石炭统 和上石炭统的总和	$\boxed{\leftarrow+O}$ 表示寒武系和 奥陶系的总和
$\boxed{C_{2\sim3}}$ 表示包括中石炭统 和上石炭统的邻接部分	

C.2 岩石符号

C.2.1 沉积岩

$\boxed{C_g}$ 砾岩	$\boxed{S_h}$ 页岩
$\boxed{B_i}$ 角砾岩	$\boxed{M_s}$ 泥灰岩
$\boxed{S_s}$ 砂岩	$\boxed{L_s}$ 石灰岩

C.2.2 岩浆岩

$\boxed{\gamma}$ 花岗岩	$\boxed{\zeta}$ 英安岩
$\boxed{\gamma_p}$ 花岗伟晶岩	$\boxed{\tau}$ 粗面岩
$\boxed{\lambda_s}$ 流纹斑岩、石英斑岩	$\boxed{\alpha}$ 安山岩
$\boxed{\gamma_s}$ 花岗斑岩	$\boxed{\delta_\mu}$ 闪长玢岩等
$\boxed{\lambda}$ 流纹岩	$\boxed{\alpha_\mu}$ 安山玢岩
$\boxed{\gamma_\delta}$ 花岗闪长岩	$\boxed{\delta_o}$ 石英闪长岩
$\boxed{\delta}$ 闪长岩	$\boxed{\epsilon}$ 霞石正长岩
$\boxed{\xi}$ 正长岩	$\boxed{\beta_\mu}$ 辉绿岩(玢岩)
$\boxed{v}$ 辉长岩	$\boxed{\beta}$ 玄武岩、粗玄岩
$\boxed{\psi_i}$ 辉岩	$\boxed{u_\lambda}$ 浮石、黑曜石
$\boxed{\sigma}$ 橄榄岩	$\boxed{u_\beta}$ 火山岩流

C.2.3 变质岩

 片岩

 绿泥片岩

 千枚岩

 板岩

 片麻岩

 石英岩

 大理岩

C.3 土和岩石图例

C.3.1 土的图例



填筑土



黄土



草皮



黄土状砂性土



种植土



黄土状粉性土



粘土(轻、重)



黄土质粘土



粉土



碎石土



粉质砂土



漂石土



亚砂土(粗、细、粉质)



块石土



亚粘土(粉质轻、粉质重、轻、重)



砂姜石



泥炭土



淤泥



粉、细、中、粗、砾砂



冰碛层



圆砾土



冰层(断面图用)



角砾土



石膏土



卵石土



盐渍土

C.3.2 沉积岩



砾岩



泥质砂岩



角砾岩



泥岩(粘土岩)



砂岩



炭质页岩



页岩



燧石灰岩



泥灰岩



石膏



石灰岩



岩盐



炭质灰岩



蛋白土



角砾状灰岩



白堊



岩溶化石灰岩



煤层



白云质灰岩



含结核层



白云岩

C.3.3 岩浆岩



花岗岩



粗面岩



花岗斑岩



安山岩



流纹岩



辉长岩



花岗闪长岩



辉石岩



闪长岩



橄榄岩



正长岩



玄武岩



二长岩



蛇纹岩



闪长斑岩



浮岩



凝灰岩



黑曜岩

C.3.4 变质岩



片岩



大理岩



千枚岩



白云大理岩



板岩



硅质灰岩



绿泥片岩



石英岩



片麻岩



构造角砾岩



角闪岩



压碎岩



花岗片麻岩



糜棱岩



混合岩



角闪片岩



石英片岩



二云片岩

C.4 地质构造图例



层理产状



节理产状



垂直地层(箭头指顶面)



垂直节理



水平地层



张开节理产状



倒转地层



正断层的产状(齿侧为下落部分,虚线为推断部分)



劈理产状



逆断层的产状(齿侧为下落部分,虚线为推断部分)



片理、叶理产状



逆掩断层的产状(齿侧为下落部分,虚线为推断部分)



背斜及其枢纽倾角



平移断层



向斜及其枢纽倾角



断层破碎带(断面图用,箭头表示上下盘移动方向)



穹窿构造



不整合接触线



盆地构造

C.5 地貌及不良地质图例



V形谷、峡谷



箱形谷、U形谷



河流阶地(数字为相对高度)



河岸冲刷



冲沟



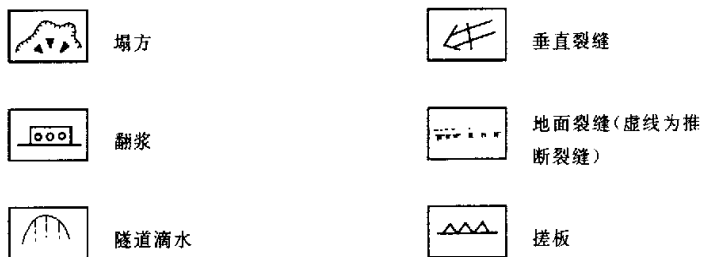
坡面冲刷

	坡面剥落		暗河(上为进口,下为出口)
	古滑坡		溶槽 溶沟
	错落		干谷
	崩塌		坡立谷
	岩堆		溶蚀洼地
	泥石流		岩溶塌陷
	滑坡		漏斗
	古错落		落水洞
	洪积扇		竖井
	冲积锥		岩溶(不分类)
	古冲积锥		陷穴
	溶洞		暗洞
	岩溶湖		软土
	岩溶上升泉或下降泉		牛轭湖
	沼泽		冰斗
	沙垅		悬谷
	固定沙丘		厚层地下水
	半固定沙丘		鼓丘

	新月形沙丘		多年冻土下限
	新月形沙丘链		多年冻土上限
	格状沙丘		冰丘
	风蚀盆地		冰椎
	风蚀残丘		槽状冰川谷
	水库不同期限的坍岸线		冰层
	水库最终坍岸线		雪崩谷
	雪崩		冰川泥石流
	冻土沼泽		爆炸性充冰鼓丘
	冰川鳍脊		热融滑塌
	热融湖		冰洞
	冰碛		冰水沉积
	冰塔		新雪
	冰湖		粒雪

C.6 建筑物的变形图例

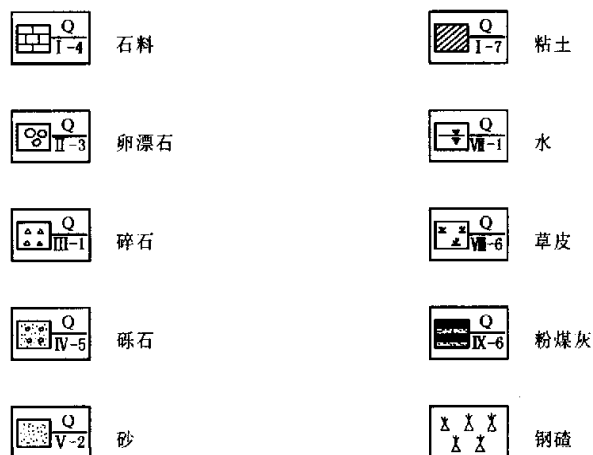
	下沉		错断
	冻害		房屋变形



C.7 水文地质图例



C.8 料场图例



C.9 地质勘探图例

	观测路线		取土样钻孔								
	观测点		天然露头								
	试坑		清除表土								
	取土样试坑		植物化石产地								
	钻孔		动物化石产地								
	荷载试验地点		钎探孔								
	电探点		探井(用于剖面图)								
	钻孔(用于剖面图)		静力触探试验孔(1-平面图;2-剖面图)								
	动力触探试验孔(1-平面图;2-剖面图)		取土试样位置(用于剖面图)								
	大型直剪试验点	<table border="1" data-bbox="739 1195 817 1246"><tr><td>5</td><td>51.32</td></tr><tr><td>17.50</td><td>46.16</td></tr></table>	5	51.32	17.50	46.16	<table border="1" data-bbox="834 1195 1028 1246"><tr><td>孔号</td><td>孔口标高</td></tr><tr><td>孔深</td><td>稳定水位标高</td></tr></table>	孔号	孔口标高	孔深	稳定水位标高
5	51.32										
17.50	46.16										
孔号	孔口标高										
孔深	稳定水位标高										
	轻型钻机钻孔										

C.10 地质界线图例及符号

	不良地质界线		工程地质分区界线
	岩层分界线(平面图用)		工程地质分区编号
	岩层分界线(断面图用,虚线为推断部分)		土石工程分级(断面图用)



岩层风化带分界线(断面
图用)



地质剖面线及编号

C.11 地震图例



地震烈度(罗马字表示基
本烈度数)



地震烈度分界线



震中

附录D 环境介质对混凝土腐蚀的评价标准

D.0.1 本标准适用于公路桥梁、涵洞、隧道、路基加固、路面等混凝土工程受环境水腐蚀的部位。

D.0.2 本标准适用于下列原因而产生的混凝土腐蚀:

1. 物理作用: 冻融交替、干湿交替、日温差大、冰流、石流等机械腐蚀。

2. 化学作用: 混凝土受环境水或土层的化学作用, 有结晶类腐蚀、分解类腐蚀及结晶分解复合类腐蚀。

公路混凝土工程的腐蚀, 常常是受几种物理条件综合作用下而产生的, 如兼有化学性腐蚀时, 则混凝土被腐蚀的速度将急剧加快。化学性腐蚀通常不是单一的, 而是几类腐蚀同时作用的结果。

D.0.3 混凝土被腐蚀的程度, 分为无腐蚀、弱腐蚀、中等腐蚀和强腐蚀四级。

D.0.4 为判定环境水对混凝土的腐蚀性, 一般必须进行以下项目的水质分析:

1. 天然水: 应分析总固体、pH 值、游离 CO_2 、侵蚀 CO_2 、总碱度、碳酸根、重碳酸根、氯离子、硫酸根、钙离子、镁离子、总硬度、钠+钾(计算求得)。

2. 受污染的水: 根据污染源情况, 确定专门分析的内容。

D.0.5 公路混凝土工程在下列任一条件下, 则产生物理性腐蚀:

1. 常年在河水或强透水土层中的受水段。

2. 在河水或强透水土层中的水位波动段。

3. 水面上或地面上的干湿交替段。

4. 受到冰冻影响的冻融交替段。

5. 迎水面和冰流、石流磨蚀面。

6. 气温日差大(一月平均日差大于 12°C 的地区)。

7. 混凝土一部分侧面受水、另一部分侧面暴露于大气之中。

D.0.6 公路混凝土工程在具有下列任一条件时, 则产生化学类腐蚀:

1. 产生结晶类腐蚀的环境地质条件

1) 含有芒硝、石膏、岩盐等含盐地层, 盐渍土、盐田、盐湖及其他含盐土层。

2) 海水及海水渗入地区。

3) 硫化矿、煤层及含硫温泉水等, 易产生硫酸盐的地层或 SO_4^{2-} 含量较大的地区。

4) 含有大量硫酸盐的工业废水渗入的地区, 严重污染的土层及浅层地下水。

5) 干旱、半干旱及低洼地区的公路,由于排水不良,或因具有易使水流矿化富集的微地貌而引起土层次生盐渍化的路段。

6) 当混凝土工程的背面与顶面填入盐渍土或含有石膏的填土。

2. 产生腐蚀类环境地质条件

1) 硫化物、煤矿矿水及含硫温泉水渗入地区。

2) 泥炭土、淤泥土及含有大量有机质土层中的水渗入强透水的土层。

3) 含有大量氯化镁、氯化铵等盐类水体。

4) 酸性工业废水。

3. 产生分解复合类腐蚀的环境地质条件

1) 当具有结晶类腐蚀环境地质土层,和由该土层地下水补给的水体,则有可能具有结晶分解复合类腐蚀。

2) 含有大量硫化镁、硫酸铵盐的水体,以及硫酸盐与氯化物共存的水体,多具有结晶分解复合类腐蚀。

D.0.7 天然水对混凝土腐蚀的评价标准

1. 结晶类腐蚀以水中 SO_4^{2-} 含量(mg/L)划分腐蚀等级,按表D.0.7-1评价。

表 D.0.7-1 结晶类腐蚀评价标准

腐蚀等级	SO_4^{2-} 在水中的含量(mg/L)		
	I类环境	II类环境	III类环境
无腐蚀	<250	<500	<1 500
弱腐蚀	250~500	500~1 500	1 500~3 000
中等腐蚀	500~1 500	1 500~3 000	3 000~5 000
强腐蚀	1 500~3 000	3 000~5 000	5 000~10 000

注:① I类环境系指高寒地区、干旱区或半干旱区的混凝土直接临水,或在强透水性岩土层的地下水中,均具有干湿或冻融交替作用。

② II类环境系指干旱区或半干旱区的混凝土处于弱透水性岩土层的地下水;湿润区、半湿润区的混凝土直接临水,且均有干湿或冻融交替作用。

③ III类环境系指各气候区中,混凝土处于弱透水岩土层中,均不具有干湿和冻融交替作用。

2. 分解类腐蚀评价标准见表D.0.7-2。

表 D.0.7-2 分解类腐蚀评价标准

腐蚀等级	酸型腐蚀		碳酸型腐蚀		微矿化水型腐蚀	
	直接临水或强透水土层	弱透水土层	直接临水或强透水土层	弱透水土层	直接临水或强透水土层	弱透水土层
	pH 值		侵蚀性 CO_2 (mg/L)		HCO_3 (mg/L)	
无腐蚀	>6.5	>6.0	<15	<30	>1.0	—
弱腐蚀	6.5~6.0	6.0~5.0	15~30	30~60	1.0~0.5	—
中等腐蚀	6.0~5.0	5.0~4.0	30~60	60~100	<0.5	—
强腐蚀	<5.0	<4.0	>60	>100	—	—

注:三型腐蚀中,有两型或两型以上腐蚀共存时,以腐蚀强度最大者作为分解类腐蚀评价结论

3. 结晶分解复合类腐蚀评价标准见表D.0.7-3。

D.0.8 评价结论:结晶类、分解类、结晶分解复合类腐蚀,仅有一类腐蚀时,则按该类腐蚀的腐蚀等级作为评价结论;若三类中有两类或两类以上腐蚀时,以具有较高腐蚀等级者作为综合评价结论。但报告中应将三类中各类的腐蚀等级注明。

D.0.9 防护措施,按D.0.8款的评价结论,按表D.0.9选择相应的防护措施提供设计、施工参考。

表 D.0.7-3 结晶分解复合类腐蚀评价标准

腐蚀等级	I 类环境		II 类环境		III 类环境	
	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$
	mg/L					
无腐蚀	>1 000	>3 000	<2 000	<5 000	<3 000	<10 000
弱腐蚀	1 000~1 500	3 000~5 000	2 000~3 000	5 000~8 000	3 000~4 000	10 000~20 000
中等腐蚀	1 500~2 000	5 000~8 000	3 000~4 000	8 000~10 000	4 000~5 000	20 000~30 000
强腐蚀	2 000~3 000	8 000~10 000	4 000~5 000	10 000~20 000	5 000~6 000	30 000~50 000

注：① 表中阳离子($Mg^{2+} + NH_4^+$)与阴离子($Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$)共存时，以两者中腐蚀强度最大者为结晶分解复合类腐蚀的评价结论。

② 当水中的 pH>10 时，表中阳离子应按($Mg^{2+} + NH_4^+ + Na^+$)计算，阴离子应按($Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^- + OH^-$)计算。

表 D.0.9 防护措施选择

综合评价 腐蚀等级	防护等级	水 泥	水灰比	最少水泥用量 (kg/m ³)	C ₃ A (%)	防护层厚度 (mm)
无腐蚀	常规	硅酸盐水泥,普通硅酸盐水泥,矿渣 硅酸盐水泥,火山灰质硅酸盐水泥,粉 煤灰硅酸盐水泥	—	—	—	
强腐蚀	一级防护	普通硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	0.60	335~370	<8	—
中等腐蚀	二级防护	普通硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	0.50	350~380	<8	30
		抗硫酸盐水泥			<5	
强腐蚀	三级防护	抗硫酸盐水泥	0.40	375~420	<5	40
		混凝土表面用沥青类、高分子树脂类涂膜防护				
严重腐蚀	特种防护	除采用涂膜防护外,或采用场地降水、排水、换土等综合防治方法				

注：① 严重腐蚀系指腐蚀指标的界限值较大地超过了强腐蚀规定的界限值范围，或者综合评价时有两类或三类腐蚀均达到了强腐蚀等级。

② 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥的品质指标，必须符合国家标准(GB 175—77)的要求；矿渣、火山灰质、粉煤灰硅酸盐水泥的品质指标，必须符合国家标准(GB 1344—77)的要求；抗硫酸盐水泥的品质指标必须符合国家标准(GB 748—83)的要求。

D.0.10 土层(岩层)对混凝土腐蚀的评价标准

1. 结晶类腐蚀评价标准见表 D.0.10-1。

表 D.0.10-1 结晶类腐蚀评价标准

腐蚀等级	土的盐酸浸出液中 SO_4^{2-} (g/kg)		
	I 类环境	II 类环境	III 类环境
无腐蚀	<1.0	<3.0	<5.0
弱腐蚀	1.0~3.0	3.0~5.0	5.0~10.0
中等腐蚀	3.0~5.0	5.0~10.0	10.0~15.0
强腐蚀	5.0~10.0	10.0~15.0	15.0~20.0

2. 分解类腐蚀评价标准见表 D. 0. 10-2。

表 D. 0. 10-2 分解类腐蚀评价标准

腐蚀等级	pH 值		
	I 类环境	II 类环境	III 类环境
无腐蚀	>6.5	>6.0	>5.0
弱腐蚀	6.5~5.5	6.0~5.0	5.0~4.5
中等腐蚀	5.5~4.5	5.0~4.0	4.5~4.0
强腐蚀	<4.5	<4.0	<4.0

注：pH 值的测定应为锥型电极或平板电极土中直接测定。

3. 结晶分解复合类腐蚀评价标准见表 D. 0. 10-3。

表 D. 0. 10-3 结晶分解复合类腐蚀评价标准

腐蚀等级	I 类环境		II 类环境		III 类环境	
	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$	$Mg^{2+} + NH_4^+$	$Cl^- + SO_4^{2-} + NO_3^-$
	g/kg					
无腐蚀	<1.5	<3.0	<3.0	<8.0	<5.0	<15.0
弱腐蚀	15~2.0	3.0~5.0	3.0~3.5	8.0~10.0	5.0~5.5	15.0~20.0
中等腐蚀	2.0~2.50	5.0~10.0	3.5~4.0	10.0~15.0	5.5~6.0	20.0~30.0
强腐蚀	2.5~3.0	10.0~15.0	4.0~5.0	15.0~20.0	6.0~7.0	30.0~50.0

注：① 表中阳离子与阴离子含量，均为土的水浸出液测定。水土比为 1:2.5。

② 表中阳离子与阴离子的腐蚀共存时，以两者中腐蚀强度最大者作为结晶分解复合类腐蚀的评价结论。

4. 评价结论

结晶类、分解类、结晶分解复合类腐蚀，仅有一类腐蚀时，则按该类腐蚀的腐蚀等级作为评价结论；若三类中有两类或两类以上腐蚀时，以具有较高腐蚀等级者作为综合评价结论。但报告中应将三类中各类的腐蚀等级注明。

5. 防护措施

按 D. 0. 10 的评价结论，按表 D. 0. 10-4 选择相应的防护措施提供设计、施工参考。

表 D. 0. 10-4 防护措施选择

综合评价 腐蚀等级	防护等级	水 泥	水灰比	最少水泥用量 (kg/m ³)	C ₃ A (%)	防护层厚度 (mm)
无腐蚀	常规	硅酸盐水泥，普通硅酸盐水泥，矿渣硅酸盐水泥，火山灰质硅酸盐水泥，粉煤灰硅酸盐水泥	—	—	—	—
弱腐蚀	一级防护	普通硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	0.65	335~350	<8	—
中等腐蚀	二级防护	普通硅酸盐水泥 矿渣硅酸盐水泥	0.55	350~370	<8	30
		抗硫酸盐水泥			<5	
强腐蚀	三级防护	抗硫酸盐水泥	0.45	370~400	<5	40
严重腐蚀	特重防护	混凝土表面用沥青类或高分子树脂类涂膜防护				

注：① 严重腐蚀系指腐蚀指标的界限值较大地超过了强腐蚀规定的界限值范围，或者综合评价时有两类或三类腐

蚀均达到了强腐蚀等级。

- ② 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥的品质指标必须符合国家标准(GB 175—77)的要求;矿渣、火山灰质、粉煤灰硅酸盐水泥的品质指标必须符合国家标准(GB 1344—77)的要求;抗硫酸盐水泥的品质指标必须符合国家标准(GB 748—83)的要求。

附录E 隧道洞口位置的选择

- E.0.1 隧道洞口应选择在山坡稳定、地质条件较好处,不应设在偏压很大及严重不良地质地段,宜避开排水困难的沟谷低洼处。
- E.0.2 位于悬岩陡壁下的洞口,一般不宜切削原山坡。当坡面及岩顶稳定,无落石或坍塌可能时,可贴壁进洞。避免在不稳定的悬岩陡壁下进洞,否则应延伸洞口接以明洞,其长度宜延伸到坍塌可能影响的范围以外3 m~5 m,或采取其他措施,保证营运安全。
- E.0.3 对于层面不稳定的岩层,开挖后容易引起顺层滑动或坍塌的地段,宜提早进洞。否则,应采取有效的工程措施防止病害。
- E.0.4 在漫坡地段选择洞口位置时,应结合洞外路堑地质、弃渣处理、少占农田、填方利用、排水条件及有利施工等因素综合分析确定。
- E.0.5 隧道洞口应避开居民点,当不能避开时,应考虑施工爆破对人身及房屋等设施的影响和采取环境保护措施。
- E.0.6 黄土地区隧道的洞口,应避免设在冲沟、陷穴附近,以免引起洞口坡面产生冲蚀、泥流或坍塌等病害。在无地下水、密实、稳定的老黄土地区,除洞外有填方要求,经全面研究可适当的挖深进洞外,一般不宜挖深进洞。
- E.0.7 地震区隧道洞口位置,不应设在受震后易于产生崩塌、滑坡、错落等不良地质处;宜选择在对抗震有利的地貌、地质处。
- E.0.8 隧道洞口的边坡、仰坡必须保证稳定,其高度应根据工程地质和水文地质条件来确定。一般洞口中心开挖深度及边坡、仰坡开挖高度,宜控制在表E.0.8中的数值之内。
- E.0.9 隧道洞口的中线宜与地形等高线正交或接近正交。如不能满足上述要求时,要尽量以大角度斜交进洞,并按下列规定处理:

1. 当围岩为Ⅳ类及以上时,可采用斜交进洞,其洞门端墙与路线中线交角不应小于45°。
2. 岩石坚硬完整、不易风化者,可随天然地势进洞。
3. 在松软地层中、不宜采用斜交洞口。
4. 对岩层破碎、整体性差、斜交角度小的地段,应考虑延长隧道,修建明洞式洞口。

E.0.10 根据隧道洞口地形、地质条件及排水等要求,需要修建明洞(或棚洞)接长时,洞口应尽量设在山坡无病害的地方;不宜在滑坡、岩堆、泥石流等段内修建。

E.0.11 严寒地区(包括多年冻土和积雪地区)的隧道洞口,应避开易产生热融滑坍、冰锥、冰丘、第四纪覆盖层及地下水发育的不良地质地段;一般宜早进洞晚出洞,尽量少破坏自然山坡。

表 E.0.8 隧道洞口开挖深度、高度建议值

围 岩 分 类		洞口中心开挖深度(m)	边坡、仰坡开挖高度(m)
Ⅵ	硬岩	14~16	20~25
	软岩	10~12	15~20
Ⅴ	硬岩	14~16	20~25
	软岩	10~12	15~20
Ⅳ	硬岩	14~16	20~25
	软岩	10~12	15~20

续表 E.0.8

围 岩 分 类		洞口中心开挖深度(m)	边坡、仰坡开挖高度(m)
Ⅲ	硬岩	10~12	15~20
	软岩	6~8	10~15
	土	6~8	10~15
Ⅱ 土		6~8	10~15
Ⅰ 土		~6	~10

注：① 边坡、仰坡开挖高度系从路基边缘算起。
② 当洞口位于第四纪坡积、堆积等覆盖层时，宜顺等高线贴坡进洞。不应采取清方的办法缩短洞口，以免山体失稳。

附录 F 隧道工程水质试验项目及各类围岩的物理力学指标

- F.0.1 隧道工程的岩土试验项目，按表 F.0.1 的要求办理。
F.0.2 隧道工程中水质试验项目，按照附录 D 的有关要求进行。
F.0.3 各类围岩的物理力学指标，见表 F.0.3。
F.0.4 各类围岩的岩土，在饱和水条件的力学指标，见表 F.0.4。

表 F.0.1 岩土试验项目

试验项目 岩土名称	天然密度	天然含水量	相对密度	天然孔隙比	孔隙率	饱和度	塑性指数	液性指数	相对密度	渗透系数	休止角	颗粒分析	吸水率	耐冻性	软化性	压缩试验	弹性模量	泊松比	抗压强度		剪切试验	野外荷载试验	野外剪切试验	抗拉强度		屈服前后	
																			天然	饱和				天然	饱和		
硬质岩石	+	+	+										+	+	+		+	+	+	+	+	(+)(+)	+	+	(+)	(+)	
软质岩石	+		+										+	+	+		+	+	+	+	+	(+)(+)	+	+	+	+	
碎石类土	+	+	+	(+)(+)(+)					(+)			+										(+)(+)					
砂性土	+	+	+	(+)(+)(+)					(+)(+)	+	+											(+)(+)					
粘性土	+	+	+	+	(+)	+	+		(+)		(+)					+					+	(+)(+)					

注：① 表中“+”号者为应做项目，“(+)”号者按需要而定。
② 表中粘性土指一般粘性土，对于特殊土(如黄土、膨胀土等)，则应根据其特征除进行上述一般性试验外，还应做其有关的特性试验。

表 F.0.3 各类围岩的物理力学指标

围岩类别	密度 ρ (t/m ³)	弹性抗力系数 K MPa/m (tf/m ²)	弹性模量 E (静态)GPa (tf/m ²)	泊松比 μ	计算摩擦角 ϕ	摩擦系数 f (圬工与围岩)
Ⅵ	2.6~2.8	1 800~2 800 [(1.8~2.8) ×10 ⁵]	>50 >(5×10 ⁴)	0.1~0.5	>78°	0.6~0.7 (表面不光滑时)
V	2.5~2.7	1 200~1 800 [(1.2~1.8) ×10 ⁵]	20~50 [(2.0~5.0) ×10 ⁴]	0.12~0.20	67°~78°	0.6 (表面不光滑时)

续表 F.0.3

围岩类别	密度 ρ (t/m^3)	弹性抗力系数 K MPa/m (tf/m^3)	弹性模量 E (静态)GPa (tf/m^2)	泊松比 μ	计算摩擦角 ϕ	摩擦系数 f (圬工与围岩)
Ⅳ	2.3~2.5	500~1 200 [(0.5~1.2) $\times 10^5$]	5~25 [(0.5~2.5) $\times 10^6$]	0.15~0.30	55°~66°	0.5 (表面不光滑时)
Ⅲ	1.9~2.2	200~500 [(0.2~0.5) $\times 10^5$]	2~10 [(0.2~1.0) $\times 10^6$]	0.20~0.35	43°~54°	0.3~0.5
Ⅱ	1.7~2.0	100~200 [(0.1~0.2) $\times 10^5$]	<2 <[(0.2~1.0) $\times 10^6$]	0.30~0.45	31°~42°	0.3~0.5
I	1.5~1.6	<100 <[(0.1~0.2) $\times 10^5$]	<1 <[(0.1~0.2) $\times 10^6$]	0.35~0.50	$\leq 30^\circ$	≤ 0.25

注：1. 表中密度(ρ)，对Ⅲ类围岩的老黄土采用17~18(1.7~1.8)，Ⅱ类围岩的新黄土采用15(1.5)。

2. 表中弹性抗力系数(K)：

(1) 一般可参考下列情况取值：

① 洞径在10 m及以上的取较低值，在10 m以下的取较高值；

② 裂隙发育的取较低值；

③ 对受地下水作用强度降低的围岩和可能继续风化的围岩取较低值；

④ 洞口、浅埋傍山隧道地段取较低值。

(2) 表列数值适用于洞径在15 m及以下的隧道，不适用于黄土、冻土及其他特殊土(膨胀土等)隧道。

3. 表中摩擦系数(f)，对Ⅲ类围岩，光滑的粘性土取用0.3，砂类土取用0.4，块卵石取用0.5；对Ⅱ类围岩，光滑的粘性土取用0.3，砂性土取用0.4，卵砾石取用0.5。

表 F.0.4 各类围岩岩石与土饱和抗压强度(R_b)和容许承载力(σ_0)

围岩类别	R_b (MPa)	σ_0 (MPa)	说 明
Ⅵ	>60	>6	1. 岩石类中，易软化的岩石和 $R_b < 5$ MPa的岩石受水浸泡时，宜用较低值。
Ⅴ	硬岩	>30	2. Ⅲ类围岩中的略具压密和成岩作用的土是指密实或略具有胶结的有层状结构的砂性土或粘性土。
	软岩	30左右	
Ⅳ	硬岩	>30	3. 本表数值不适用于湿陷性黄土和冻土。
	软岩	5以上~30	
Ⅲ	硬岩	>30	4. 各种土的 σ_0 一般应按《公路桥涵设计规范》有关规定确定。对于土多砂少的土夹石，由于石不起骨架作用，其 σ_0 应以土的塑性状态和孔隙比并适当考虑石的含量来确定。一般说含水量少夹石多的选大值，夹砂含水量大的选小值。
	软岩	≤ 5	
	略具压密或成岩作用的土	0.7~2.2	
	老黄土		
	泥质胶结的碎、卵石		
	大块、漂石土		
			5. 表中 R_b 及 σ_0 值，如需要时可近似地按10倍关系换算为 kgf/cm^2 单位的值

续表 F.0.4

围岩类别		R_b (MPa)	σ_0 (MPa)	说 明
I	成角砾、碎屑状岩石		0.2~0.6	1. 岩石类中,易软化的岩石和 $R_b<5$ MPa 的岩石受水浸泡时,宜用较低值。 2. II 类围岩中的略具压密和成岩作用的土是指密实或略具有胶结的有层状结构的砂性土或粘性土。 3. 本表数值不适用于湿陷性黄土和冻土。 4. 各种土的 σ_0 一般应按《公路桥涵设计规范》有关规定确定。对于土多砂少的土夹石,由于石不起骨架作用,其 σ_0 应以土的塑性状态和孔隙比并适当考虑石的含量来确定。一般说含水量少夹石多的选大值,夹砂含水量大的选小值。 5. 表中 R_b 及 σ_0 值,如需要时可近似地按 10 倍关系换算为 kgf/cm^2 单位的值
	一般粘性土		0.15~0.45	
	一般砂性土		0.29~0.55	
	一般卵砾石土(包括碎石、角砾土)		0.20~1.2	
	Q_3 及 Q_2 以前的冲积、洪积粘性土和硬性土		0.35~0.65	
	残积土		0.20~0.35	
	土夹石		0.20~0.65	
	呈松软的角砾、砂泥状岩石		<0.20	
	软塑状粘性土及潮湿粉细砂		<0.15	

附录 G 隧道围岩分类

G.0.1 隧道围岩分类

隧道围岩划分为 I~VI 类。其围岩主要工程地质条件与围岩开挖后的稳定状态,见表 G.0.1。

表 G.0.1 隧道围岩分类

类别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后的稳定状态 (坑道跨度 5 m 时)
	主要工程地质特征	结构特征和完整状态	
VI	硬质岩石 [$R_b>60$ MPa (600 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响轻微,节理不发育,无软弱面(或夹层);层状岩层为厚层,层间结合良好	呈巨块状整体结构	围岩稳定,无坍塌,可能产生岩爆
V	硬质岩石 [$R_b>30$ MPa (300 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响较重,节理较发育,有少量软弱面(或夹层)和贯通微张节理,但其产状及组合关系不致产生滑动;层状岩层为中层或厚层,层间结合一般,很少有分离现象;或为硬质岩石偶夹软质岩石	呈大块状砌体结构	暴露时间长,可能会出现局部小坍塌,侧壁稳定,层间结合差的平缓岩层,顶板易塌落
IV	软质岩石 [$R_b\approx 30$ MPa (300 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响轻微,节理不发育;层状岩层为厚层,层间结合良好	呈巨块状整体结构	拱部无支护时可产生小坍塌,侧壁基本稳定,爆破震动过大易坍
	硬质岩石 [$R_b>30$ MPa (300 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响严重,节理发育,有层状软弱面(或夹层),但其产状及组合关系尚不致产生滑动;层状岩层为薄层或中层,层间结合差,多有分离现象,或为硬、软质岩石互层	呈块(石)碎(石)状镶嵌结构	
	软质岩石 [$R_b=5$ MPa ~ 30 MPa (50 kgf/cm^2 ~ 300 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响较重,节理较发育;层状岩层为薄层、中层或厚层;层间结合一般	呈大块状砌体结构	

续表 G. 0. 1

类别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后 的稳定状态 (坑道跨度 5 m 时)
	主要工程地质特征	结构特征和完整状态	
Ⅲ	硬质岩石 [$R_b > 30 \text{ MPa}$ (300 kgf/cm^2)] ; 受地质构造影响很严重, 节理很发育; 层状软弱面(或夹层)已基本被破坏	呈碎石状压碎结构	拱部无支护时可产生较大的坍塌, 侧壁有时失去稳定
	软质岩石 [$R_b = 5 \text{ MPa} \sim 30 \text{ MPa}$ ($50 \text{ kgf/cm}^2 \sim 300 \text{ kgf/cm}^2$)] ; 受地质构造影响严重, 节理发育	呈块(石)碎(石)状镶嵌结构	
	土: 1. 略具压密或成岩作用的粘性土及砂性土 2. 一般钙质、铁质胶结的碎、卵石土、大块石土 3. 黄土 (Q_1 、 Q_2)	1. 呈大块状压密结构; 2、3. 呈巨块状整体结构	
Ⅱ	石质围岩位于挤压强烈的断裂带内, 裂隙杂乱, 呈石夹土或土夹石状	呈角(砾)碎(石)状松散结构	围岩易坍塌, 处理不当会出现大坍塌, 侧壁经常小坍塌, 浅埋时易出现地表下沉(陷)或坍至地表
	一般第四系的半干硬~硬塑的粘性土及稍湿至潮湿的一般碎、卵石土圆砾, 角砾土及黄土 (Q_3 、 Q_4)	非粘性土呈松散结构粘性土及黄土呈松软结构	
Ⅰ	石质围岩位于挤压极强烈的断裂带内, 呈角砾、砂、泥松软体		围岩极易坍塌变形、有水时土砂常与水一齐涌出, 浅埋时易坍至地表
	软塑状粘性土及潮湿的粉细砂等	粘性土呈易蠕动的松软结构 砂性土呈潮湿松散结构	

G. 0. 2 围岩主要工程地质特征

1. 岩石等级划分

将岩浆岩、沉积岩和变质岩, 依岩性、物理力学指标、耐风化能力及建筑材料的要求, 划分为硬质岩石及软质岩石两级, 又依饱和抗压极限强度 R_b 与工程的关系分为四种, 其标准及代表性岩石见表 G. 0. 2-1。

2. 围岩受地质构造影响程度的等级划分见表 G. 0. 2-2。

表 G. 0. 2-1 岩石等级划分

岩石等级		饱和抗压极限强度 R_b $\text{MPa}(\text{kgf/cm}^2)$	耐风化能力		代表性岩石
			程度	现象	
硬质岩石	极硬岩	> 60 (600)	强	暴露后一、二年尚不易风化	1. 花岗岩、闪长岩、玄武岩等岩浆岩类; 2. 硅质、铁质胶结的砾岩及砂岩、石灰岩、白支岩等沉积岩类; 3. 片麻岩、石英岩、大理岩、板岩、片岩等变质岩类
	硬质岩	> 30 (300)			
软质岩石	软质岩	$5 \sim 30$ (50~300)	弱	暴露后数日至数月即出现风化壳	1. 凝灰岩等喷出岩类; 2. 泥砾岩、泥质砂岩、泥质页岩、灰质页岩、泥灰岩、泥岩、劣煤等沉积岩类; 3. 云母片岩或千枚岩等变质岩类
	极软岩	≤ 5 (50)			

表 G. 0. 2-2 围岩受地质构造影响程度等级划分

等 级	地质构造作用特征
轻 微	围岩地质构造变动小,无断裂(层);层状岩一般呈单斜构造;节理不发育
较 重	围岩地质构造变动较大,位于断裂(层)或褶曲轴的邻近地段,可有小断层;节理较发育
严 重	围岩地质构造变动强烈,位于褶曲轴部或断裂影响带内;软岩多见扭曲及拖拉现象;节理发育
很严重	位于断裂破碎带内,节理很发育;岩体破碎呈碎石,角砾状,有的甚至呈粉末、土状

3. 围岩节理(裂隙)发育程度的划分见表 G. 0. 2-3。

4. 层状岩层的层厚划分

厚层:大于 0.5 m;

中层:0.1 m~0.5 m;

薄层:小于 0.1 m。

5. 风化作用对围岩分类的影响

结构完整状态方面:当风化作用使岩体结构松散、破碎、软硬不一时,应结合因风化作用造成的各种状况,综合考虑确定围岩的结构完整状态。

岩石等级方面:当风化作用使岩石成分改变,强度降低时,应按风化后之强度确定岩石等级。

G. 0. 2-3 围岩节理发育程度划分

等 级	基 本 特 征
节理 不发育	节理(裂隙)1~2组,规则,为原生型或构造型,多数间距在1 m以上,多为密闭,岩体被切割呈巨块状
节理 较发育	节理(裂隙)2~3组,呈X形,较规则,以构造型为主,多数间距大于0.4 m,多为密闭,部分微张,少有充填物,岩体被切割呈大块状
节理 发育	节理(裂隙)3组以上,不规则,呈X形或米字形,以构造型或风化型为主,多数间距小于0.4 m,大部分微张,部分张开,部分为粘性土充填,岩体被切割呈块9(石)碎(石)状
节理 很发育	节理(裂隙)3组以上,杂乱,以风化型和构造型为主,多数间距小于0.2 m,微张或张开,部分为粘性土充填,岩体被切割呈碎石状

6. 遇有地下水时,可按下列原则调整围岩类别:

在Ⅵ类围岩或属于Ⅴ类的硬质岩石中,一般地下水对其稳定性影响不大,可不考虑降低。

在Ⅳ类围岩或属于Ⅴ类的软质岩石,应根据地下水的类型、水量大小和危害程度调整围岩类别。当地下水影响围岩稳定产生局部坍塌或软化软弱面时,可酌情降低1级。

Ⅲ类、Ⅱ类围岩已成碎石状松散结构,裂隙中并有粘性土充填物,地下水对围岩稳定性影响较大,可根据地下水的类型、水量大小、渗流条件、动水和静水压力等情况,判断其对围岩的危害程度,适当降低1~2级。

在Ⅰ类围岩中,分类中已考虑了一般含水地质情况的影响,但在特殊含水地层(如处于饱水状态或具有较大承压水流时),需另作处理。

G. 0. 3 本表中“类别”和“围岩主要工程地质条件”栏,适用于单、双车道公路隧道,但不适用于特殊地质条件的围岩(如膨胀性盐岩、多年冻土等)。

G. 0. 4 按弹性波速划分隧道围岩分类,见表 G. 0. 4

表 G. 0. 4 隧道围岩分类

围岩类别	Ⅵ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
围岩弹性波速度 v_p (km/s)	>4.5	3.5~4.5	2.5~4.0	1.5~3.0	1.0~2.0	<1.0

附录 H 规范用词说明

H.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1. 表示很严格,非这样做不可的用词,正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
2. 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词,正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
3. 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词,正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

H.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规定执行时,写法为“应符合……的规定”,或“应按……执行”。

附件 公路工程地质勘察规范

(JTJ 064—98)

条文说明

3 公路工程地质勘察的技术要求

3.1 基本规定

3.1.1 工程地质条件的划分是以自然条件的复杂性、技术要求的难度、工程环境的利弊来进行的,其目的是便于在进行工程地质勘察时加以区别对待。

根据我国公路工程地质工作的基本经验和国标《岩土工程勘察规程》(GB 50021)中的分级原则,按场地地形、工程地质、岩土特性、稳定性程度等条件,分成简单的和复杂的两类。

在具体工作中,分类的原则是按与条文所述的内容基本吻合而划分所属类别,但是也应注意对路、桥、隧设计起着关键作用的因素,如桥梁、隧道的地质构造,地基及围岩的岩土特性,桥梁的地震效应,隧道的地下水赋存条件,各项工程场地的稳定性等问题,应为分类的主要条件。

3.1.2 由于可行性研究是基本建设前期工作中的重要组成部分,是建设项目立项、决策的主要根据,因此本规范增加了可行性研究过程中的工程地质勘察工作的深度与方法的内容。

在可行性研究工作中,应收集工作地区的地质资料及其他有关文件,了解建设项目的地理位置、地形、地质、地震、水文等自然特征;天然筑路材料的种类、来源及运输条件;评价对环境的影响。通过实地勘察和调查研究,并配合其他专业,优选路线、桥梁、隧道的最佳方案。一般以地质调查,配合简易勘探和物探,必要时需布置少量钻孔,来掌握沿线地质概略情况。

可行性研究分为预可行性研究和工程可行性研究两个内容,地质勘察工作成果应分别纳入其报告中。前者审批后作为编制项目建议书的依据;后者审批后则作为编制设计计划任务书的依据,故地质勘察工作深度应以此作为目的而运作。

技术设计阶段的勘察,在交通部《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》中作了明确的规定。本阶段是针对重大、复杂的技术问题,通过科学试验、专题研究,加深勘探调查及分析比较,来解决初步设计中尚未解决的问题,进而落实技术方案。

本阶段的工作依据是以批准的初步设计和审批意见为准,其工作内容主要是补充工程地质调查和进行必要的、有针对性的地质勘探、原位测试、试验工作,并提出岩土施工检验、监测方案与项目。

3.1.3 勘察方法的选择,本规范所提出的要求,是工程地质调查配合综合勘探。而在勘探时采用物探、钻探、测试、试验一系列的工作,形成综合勘探细目。

由于二级及二级以上公路的发展,随之而来的是工程规模增大,技术要求严格,工作内容也要求深而细。所以在工程地质条件复杂的地区,采用常规阶段的工作内容还不能完全满足设计的需要,因而必要的补充工程地质勘察工作是会经常碰到的。加之由于设计方面的变动或另外碰到新增加的项目,原有地质资料匮乏,或有专门性的科研项目,均需作些补充工程地质勘察。而这些工作往往在施工时期进行,或采用边勘察、边设计、边施工的方式进行。

3.1.4 勘察评价准则

公路工程地质勘察评价,也是本规范编写内容的一个特点,一改过去习惯上做完工作后只写出一个类似于工作报告的一个成果,而较少对所涉及各项的工程进行详细评价的方式。这次提出了综合评价的要求和定性、定量评价的主要内容,这样可全面了解工程所在地区的地质情况、特性和设计时需要的参系数,以及今后工作的注意事项。

做好评价工作,不仅可使公路工程地质勘察工作逐渐向“岩土工程”领域内过渡,而且也可对设计提供更为详实可靠、内容丰富的地质资料,从而做出高质量的设计成品。

3.2 公路工程的岩土分类

3.2.3 公路岩土分类几经改变,情况错综复杂。我国行业标准《公路土工试验规程》(JTJ 051-93)中所提出的土的工程分类,由于过去公路专业人员习惯分别采用路基土、桥涵基础土、隧道围岩等各自分类标准,为便于选择参系数用于设计起见,又将(JTJ 051-93)编写说明中之新、老土名对照表一并列出(表1),供参考。

表 1 新老土名对照表

老土组	老土名	颗粒组成 (按质量百分比计)		塑性指数 I_p	液限 (%) w_L	新土名		土名 代号	砂粒 含量
		砂料 (2mm~ 0.075mm)	粘粒 (<0.002mm)						
砂土	砂土	>80	0~3				砂 含细粒土砂	S SF	
砂性土	粉质砂土 粗亚砂土 细亚砂土	50~80 >50 粗砂 多于细砂 >50 细砂 多于粗砂	0~3 3~10 3~10			细粒 土质 砂	粉土质砂	SM	
粉性土	粉质亚砂土	20~50	0~10	>2	<50	粉质土	含砂低液限粉土	MLS	
	粉土	<20	0~10	>2			低液限粉土	ML	
	粉质轻亚粘土	<45	10~20	>10	<50		含砂低液限粉土	MLS	>25
	粉质重亚粘土	<40	20~30	>18			低液限粘土	CL	
粘性土	轻亚粘土	>45	10~20	>10	<50	粉质土	粘土质砂	SC	>50
	重亚粘土	>40	20~30	>18			含砂低液限粘土	CLS	>25
	轻粘土	<70	30~50	>26	<50		高液限粘土质砂	SCH	>50
	重粘土	<45	>50	>50			含砂高液限粘土	CHS	
							高液限粘土	CH	>25

鉴于老土名系按颗粒组成机械地划分,不同于新的分类体系,要完全套用新土名和代号是有困难的,因此,只能作大致的对照。从表中可以看出,一个老土名可能出现两个新土名,表明老分类法的不合理性。

3.3 工程地质调查与测绘

3.3.1 调查与测绘,是公路工程地质勘察中一项重要的基础工作。它是为了查明公路沿线及邻近地段的地貌、地质现象,并配合勘察、测绘工作和所收集的其他地质资料,对公路路线和其他重要人工构造物的稳定性和适宜性作出评价,亦可作为布置和安排各项勘察工作的依据。

3.3.2 调查与测绘应根据公路等级不同,区别对待。但工程地质调查工作是任何等级的公路都必须进行的;对独立工点,如大桥、长隧道、大型场地稳定性问题的工程,以及高等级公路沿线均应进行工程地质测绘。

调查与测绘工作是分阶段、分层次进行的,一般是在初步勘察阶段进行并基本完成;详细勘察阶段只是对某些专门性的地质问题,如断裂带的位置、分布范围及影响程度,滑坡、岩溶(包括采空区)等进行必要的补充。

测绘的底图一般可利用所测的路线地形图或收集到的比例接近的工程地质图。

为了提高测绘精度,一般填图的底图可用比提交成图比例尺大一级的地形图,待外业完成后再进行缩小。

关于地形图比例的大小,在可行性研究勘察时一般采用1:5 000~1:50 000;初步勘察阶段一般采用1:2 000~1:10 000;详细勘察阶段一般采用1:500~1:2 000。工程地质条件复杂而工程又有特殊意义(重要性)的工程单元,测绘图纸比例尺还可适当放大。

地质观测点布点要合理,要在控制测绘工程单元的部位;选点除有代表性外,还应有一定密度。

在地质点定位时所采用的标测方法,对成图质量影响极大,选用时应注意:

目测法:它适用于小比例尺工程地质测绘工作,以目估或步测地物,一般在可行性研究勘察时采用。

半仪器法:它适用于大比例尺工程地质测绘工作,以罗盘仪定方向,气压计定高程,用步测或测绳量距离,一般在初步勘察阶段采用。

仪器法:它适用于大比例尺工程地质测绘工作,以经纬仪定方位,以水平仪定高程,一般用于详细勘察阶段和有特殊意义的、对工程有重要影响的地质点;在初勘时视需要也宜采用仪器法。

调查测绘除了文字叙述、图表汇总资料的提供外,采用彩色拍照等技术方式,更显得富有立体感和现实感。它可配合测绘图纸取得更好效果,尤其是隐蔽工程,如桥涵基坑、隧道的洞体围岩状况,具有重要的保存价值。

3.3.3 关于调查、测绘的范围,本章仅作了一些原则上的规定。由于各专业不同,场地地质条件也千变万化,不可能一一叙述,有关详细的技术规定,在各章、节中都有相应要求,工作时应据以执行。

3.3.4 对重要的大桥、特大桥或强震区的高速公路、一级公路,必要时宜作地震危险性分析,在地震基本烈度基础上进行地震小区域鉴定及震害预测工作,提出设计地震动参数。

3.4 工程地质勘探

3.4.1 勘探方法和要求中,提出公路方面常用的勘探手段是物探、钻探(包括简易勘探)、原位测试等多种方法。由于它们各有其功能,故可相辅相成地完成工程地质勘探任务,且能满足公路设计要求,提供详实、可靠的地质资料,这就是我国公路工程地质工作40多年来逐渐形成的有效方法——综合勘探法。

为了用少而精的勘察工作量达到地质勘探的目的,收到经济上、时间上的效益,据以正确布置勘探工作,故应予以重视。通过工程地质调查测绘,既掌握了区域性的工程地质条件,又明确了场地地质条件,因而可以达到布点上有的放矢的目的,收到经济、合理、快速的效果。

本规范对工程地质勘探工作,只作了原则上的要求与规定,未涉及具体操作的内容。

3.4.3 钻探是工程地质勘探工作中基本的、传统的且又特别重要的一种手段。由于它可以通过钻孔从岩层中取得岩芯,以目测或通过试验了解地下岩层的结构,掌握地下水埋深及其层次、水质等,可为物探、原位测试提供参数并验证其成果,因此目前还不能用其他勘探方法加以取代。

但也要注意钻探需要动用钻机,还需要投入较多的人力、物力、财力,故其成本也是很高的,加之工作条件(如山地、水上)的限制,所以提供成果的时间也是较长的。为此要仔细慎重地安排任务,尽量用较少的钻孔达到钻探任务的目的。

近年来不少公路建设的管理部门在布置钻探和其他勘探手段工作时,提出了“勘探工作纲要”。对孔位、孔深、钻探方法、取样要求、完成任务时间以及应提交的成果内容都一一写明,这是保证勘察工作按时、保质、节约费用、避免浪费的最佳方法。

同时目前实行勘探工作承包制,将上述要求写在任务书中作为合同的一个重要的附件,这些方法都值得推广应用。

将钻孔分为一般性的、技术性的两类,其用意是为了达到该严细的就要严格细致、该宽松些的就可以从宽处理的目的。

由于初步勘察阶段,钻孔数量已经要求少而精,因此可以将其钻孔相当大的部分,作为技术性钻孔,以满足设计的要求。

对原状样品的取样要着重数量和质量。数量方面一是取样层次要有代表性,二是要满足试验要求。质量方面是取样尺寸符合要求。取样操作宜优先采取压入,少用打入,以免土样扰动。黄土、软土取样最好用薄壁取土器,软土采用连续式的更好。钻孔中地下水不要让其浸泡或压入样品中。此外取出的土样应及时装入取土盒内并进行密封,以保持其原有含水量。同时在重复使用取土盒时,应注意保持其完整,将粘附在盒内外的蜡、土或锈斑予以清除。

为了不让软土受震、冻土融解,要及时进行试验。在工程集中、土工试验工作量大时,宜在工地设立试验站,就地进行土工试验工作。

3.4.4 物探是一种新型的地质勘探手段,种类多,而且有其各自的适用范围和不同的工作精度。由于它具有探测深度深、装备轻、工作效率高、成本费用低的特点,因此逐渐在公路勘探中得到推广应用。在勘察设计单位一般有震探、电探,有的还有声波、测井,有的还在一些大型桥梁中使用过钻孔电视、浅层剖面 and 无线电波等。

物探宛如“侦察兵”，因此在勘察工作应用时，应让其先行，如在工程可行性研究时轻装简行先作宏观控制。在初步勘察阶段只可作为综合勘探的“排头兵”，在路线走廊地带扫描，为合理安排工程地质测绘、勘探，做到有的放矢，减少工作盲目性。

其次，物探工作的精度较粗，单独使用还难以满足公路设计需要，加之其成果又有多解性，因此还需要有钻孔资料配合、校正、释疑，才能取得相辅相成、相得益彰的效果。

3.5 原位测试、室内试验与定位观测

3.5.1 原位测试的特点，是能在现场就地进行，即在岩土所处之原位，保持着原位状态和原位应力条件下工作，并可取得岩、土多种物理及力学参数，供设计使用。由于它所提供的数据较准确、设备较轻便、操作也简单易行，且便于多点使用，故广泛应用于公路工程地质勘察中。

但同时也应看到，原位测试存在着对地层不同程度的扰动问题和一些不确定因素，因此还需要在代表性及关键部位布置少量钻孔，采取高质量的样品，进行室内试验，加以验证对比，达到去伪存真、去粗取精的目的。

在采用原位测试时，对于其成果要与当地经验和经过工程实践的验证的情况相结合，并与所用测试仪器、试验条件及方法、操作技能，以及土层不均匀性结合起来统一考虑，剔除异常数据，采用正常成果。

公路方面常用的原位测试大多用于土层，尤其软土方面的静力触探、十字板剪切、横(旁)压试验，粗粒土及风化岩层的动力触探和标贯。

3.5.2 室内试验，是直接采用仪具试验，经过计算取得的数据的项目。间接计算的项目可根据上述直接试验取得的数据加以计算得到。特殊岩土试验项目可按有关章、节中的条款办理。

岩、土、水试验成果所取得的数据，只代表取样地点的性质特征，由于受取样试件尺寸大小、数量、条件、方法等限制，在使用这些成果时，还应结合当地实际情况，除注意本身各项指标相关性外，还要密切与当地工程地质条件、原位测试结果综合对比，加以考虑，以保证最终所提供成果的可靠性。

3.5.3 定位观测实际上包括两个基本内容，即现场检验及定位观测。一般在施工前后进行较适宜，甚至有的还应在运营期中加以继续。

这个内容是公路工程地质勘察工作发展过程中所增加的，也是必须进行的项目，目的非常明确。但由于经验不多，还待在实践过程中加以积累，故在编写正文条文时较为概括，一般可参照相应技术规范及质量检查、检验标准中的规定执行。

现场检验和现场监测的意义很重要，它可充分观察施工现场所揭露的地质情况，及时对比勘察成果，加以核实、补充，需要进行修改设计或进行处理的就能作出相应措施。这对于重要的、大型的工程，可以达到安全、优质、经济适用的目的，因此它不仅为设计服务，更重要的是可以指导施工。

在公路构造物中已经开展的项目有桩基试桩与检验，特殊情况的基坑验槽，隧道围岩净空位移量测，包括拱顶下沉、净空水平收敛、底板鼓起等内容。软土地基处理时施工侧向位移和沉降检验与工后观测，其他特殊岩土检验与观测，如黄土的湿陷、膨胀土的变形，多年冻土的融解、冻胀、地温变化等等。在不良地质方面，有滑坡位移与变形，泥石流的现场观测龙头大小，洪流中含有物质成分及其区域侵蚀和冲淤变迁。在大型滑坡和强烈泥石流地区还应会同当地有关机构和科研部门建立长期观测站，进行动态监测。在严重风吹雪和雪崩、沙害地区，宜有相应机构进行观测和试验工作。在开展这些工作时，可收集一些资料，有针对性地进行。

3.6 报告编制

3.6.1 工程地质勘察工作告一阶段后，必须对其成果进行整编，它是反映这段工作的结晶，所以应该给予重视。

报告编制首先要注意质量，不仅要求文字简练、图件清晰、资料齐全，而且更重要的是要分析恰当、评价中肯、建议合理、数据正确、内容协调。

为达到上述要求，应做到各个环节包括基层、项目负责人、单位技术领导层层把关，严加检查、审核，确认其是否符合规程、规范要求，是否满足任务书的需要，包括承包合同的内容。

其次是提交的文件在数量上要能保证方方面面的需要,同时也要预留归档文件。要一改过去资料管理不严、查询困难,甚至散失而需重新组织勘察的情况,或者出现问题后找不出原因、分不清责任的现象。

成果中特别提出对岩芯的选取、整理和保存、处理等内容。因为钻孔中所取得的岩芯是代表地层的实物,在文字描述、试验数据、摄影、记录难以全面解决疑点的情况下,察看一下岩芯,有时即可获得较好的效果。因此凡是重要的、大型的工程均应选取代表性的钻孔,将其岩芯加以保存,以备查询。

5 初步工程地质勘察

5.1 目的与任务

5.1.1 本条规定的勘察目的,应适用于道路、桥梁和隧道工程。根据公路工程基本建设在初步设计阶段对上述各公路工程的要求:即道路要求选定路线设计方案、初步确定路线位置;大、中桥要求初步选定桥位及设计方案;隧道要求初步确定隧道位置及设计方案。从上可见各公路工程在初步设计阶段的目的要求是一致的,即初步选定布设构造物的场地位置和初步确定设计方案。因此要求初勘工作应初步查明建筑场地(包括比较方案)的工程地质条件,从地质角度保障场地选择的合理和设计方案确定的正确性。

5.1.2 为达到合理选择场地和正确确定设计方案的目的,本阶段地质勘察工作任务的重点应是初步查明那些对场地地质条件的优劣起着控制作用的地质条件,主要有区域的稳定性、场地的地质结构、现有的和可能因工程引发的不良地质现象和作用。充分认识这些地质条件对工程的有利和不利影响,做到扬长避短、避重就轻,使选定的场地和确定的设计方案有充分的地质依据,真正符合客观存在的地质条件,避免在详勘时出现不同的结论。

5.2 公路初勘

5.2.1 公路初勘仍按室内准备、野外勘察(地质调查与测绘、勘探、测试)及资料整理步骤进行。

初勘工作是在工程可行性研究基础上,根据设计合同或协议书的要求进行的,它们是制定勘察方案的重要依据,必须充分研究。

在准备工作阶段,根据批准的设计任务书要求,对“工可”的方案会有必要的调整、补充、增列等室内研究及现场考察工作,地勘人员应参与此项工作,提供必需的地质资料 and 了解设计意图。在技术准备中,对勘察中有可能出现的新的或不太熟悉的问题,应做好理论和技术准备,制定详实、具体的实施计划。按全面质量管理要求,技术主管部门应抓好事前技术指导工作。技术指导由技术主管人员与勘察生产单位技术负责人在共同研究的基础上,对技术难点问题、解决办法、勘察工程特殊要求、基本工作量等作出明确的规定。

本阶段野外勘察工作主要采用地质调查与测绘、勘探,辅以少量的测试工作。

工程地质调查与测绘是工程地质勘察中的一项重要手段,是研究工程场地地质结构、地貌等的最好方法,对初步了解、判断测区地质条件的分布规律、产生原因,缩小需进一步勘察的范围,指导勘探、测试工作的布设等有重要作用,故在初勘阶段它具有重要的地位,所以规定要求认真进行。这项工作,由于过去开展得不够广泛和深入,因此对测区存在的一些地质现象停留在孤立的、表面的了解上,而缺乏规律性的认识,漏勘、误判情况时有发生,严重的还造成方案变更。总结经验教训,在此特别强调了地质测绘工作,规定二级以上公路全线路都应进行工程地质测绘,对大型路基工程、地质条件复杂的工点也都必须进行工程地质测绘工作。地质测绘,根据现有条件,一般采用现场实地测绘法,但随着航片、卫片的丰富,解释技术的发展、普及,在条件具备时,可采用像片成图法,以缩短勘察周期,密切与设计的配合。

(1) 工程地质调查主要采用直接观察法和访问群众的方法。利用自然露头进行由表及里、由此及彼的分析,了解有关问题的历史情况及当地的实际经验。

(2) 工程地质测绘一般采用路线测绘法,即沿路线进行调查测量,把观测路线沿线的地质现象、地质界线填绘在地形图上,以编制完整的工程地质图。

有卫片、航片资料的地区,应充分利用卫片、航片进行解释,绘制工程地质图。

大型路基工程和不良地质现象,对路线方案及线位具有控制作用,故对其深部的地质情况必须通过勘探工作予以落实。一般路段按一定距离布设探点,以了解沿线地表一定深度内的地层岩性和减少遗漏隐蔽的地质问题。勘探工作应根据地质条件与工程需要,综合运用各类勘探方法。为适应道路地质勘探工点分散、工作量零星、交通不便、工期紧迫等特点,应尽量采用轻便易行的勘探手段,最常用的有探坑、浅井、螺旋钻、取土钻、静力触探、动力触探等。物探用在道路工程勘探中还不够普遍,应创造条件尽量开展,以积累经验。动用钻机,在本阶段具有一定的难度,但对于一些影响方案的重要工点的关键地质问题,当以上手段不能查明时,还是应尽量采用。

为了保证测试数据有较好的代表性,以少量的工作量能反映沿线各类岩土的性质,应充分注意试样和测试点位置的选择,要求在调查与测绘及勘探对土石类别、分布规律有一定了解的基础上,按土石类别、特征、分布环境分别进行测试。测试内容一般以物性项目为主,力学参数可根据物性参数从有关手册上获得;但对重大的地质不良工点,在物性试验的同时,应做少量的力学性能试验。试验获取的数据,除注意本身同类指标的差异和各项指标的相关性外,还应注意与原位测试结果和地质环境综合分析,以判断成果的准确性。

依据初勘资料整编的基本经验,在资料整编前,应对各类原始材料进行检查,以确认资料无遗漏和正确。成果资料 and 主要部分要求在现场完成,以便能及时发现问题,在现场核实补充。

(1) 工程地质调查与测绘、勘探、测试等原始资料,应记录清楚,整理及时,并经复核检查。

(2) 主要图件的底图和文字报告的基本内容,应在现场完成,并经自检和复查无误。

(3) 成果资料应由单位技术主管审查,其内容必须齐全、完整,签署完备,分类装订成册,符合存档要求。

5.2.2 公路是一种延伸长度极大的线形建筑物,常穿越各种不同的地形和地质结构的区域,它的稳定性和正常营运常受各种动力地质作用的影响。因此,工程地质条件便成为选择路线方案的重要因素之一,在工程地质条件严重不良的地区,更有可能成为控制性因素。在选定路线方案时,因未能充分查明不利的地质条件,或未足够认识到可能对工程的危害程度,或过分强调工程自身设计的合理性,而忽视了地质问题导致决策失误,造成大量资金耗费,最后还不能保证正常运营的事例是屡见不鲜的。可见充分注意工程地质条件,从地质的角度论证路线方案和线位布置的可行性和合理性,优选路线是完全必要的。

不良地质条件对道路工程影响的程度,取决于不良地质的性质和规模,规模大、分布广、正处于发展中的不良地质,对路线的危害大,处治耗资巨,技术要求高,甚至不能根除而留下隐患。因此,在一般情况下路线应尽可能予以绕避,即使有时绕避方案比处治投资还高一些,以保证不留后患。对必须穿越和可以穿越的不良地质地段,应采取避重就轻的原则,充分利用地质条件,降低处理难度,减少处治耗资。

地质条件是选择路线的重要因素之一,选择路线应处理好地质条件与其他各类因素的关系。因此,在确定路线方案时,应在有关专业技术人员参加下,综合考虑各类因素,分清主次,合理选择,做到既达到工程使用的技术标准,又充分注意到地质条件的影响,做到工程可行,经济合理。

鉴于地质条件对路线布置的重要作用,现规范增列了在各类地质条件下路线布置的基本原则。这一部分主要来源于《公路路基设计手册》(人民交通出版社,1996年5月第二版)中的有关内容,可对路线布置起到具体的指导作用。

在勘察内容中所列的各项地质问题,从不同的方面对路线方案和布设有着重要的影响,要求逐个查明。地形的起伏、切割程度决定着布线的难易和通过采用的方式(公路工程构造物的类型)和工程量的大小;地质结构影响路基和边坡稳定;不良的地质现象和作用的存在与严重程度,以及大型工程的地质条件,更是关系着路线能否通过、通过所花代价的大小和营运安全。修建高等级公路需要大量的筑路材料,材料的质量、分布位置、运输距离和条件,对工程的结构类型和造价有着控制作用,因此它是选择路线必不可少的因素。对因工程造成地质环境破坏而可能引发新的工程地质问题,过去往往因工作深度不够认识不足,或存在侥幸心理而未予以足够重视,结果造成不能正常施工和营运,增加防护工程费用或被迫

改线。预测可能产生的工程病害应对路线通过区的地貌、地质结构的研究、原有地质环境平衡稳定程度及工程对其平衡条件破坏的程度,类比已有建筑的破坏情况入手,综合分析,判断可能产生工程病害的类型、规模和部位。

关于勘察范围,是在总结勘察实际经验的基础上,对地质条件简单的一般路段,规定控制在沿路线两侧各150 m~200 m宽度内,这是为了与路线带状地形图宽度相匹配和满足在必要时路线摆动位置的需要。在地形地质条件复杂的路段,如涉及不良地质和特殊岩性土的问题,要合理确定路线的通过位置、方案和治理措施,需要查明这些不良地质问题形成、发育的地质环境,这时勘察范围就不能仅局限于工程可能布设的范围,而应根据查明地质条件的需要加以扩大。但在整个勘察范围内,勘察精度可视具体需要而定,不必要求一致。

“路线工程地质说明书”,应在阐明路线经过地区的基本地质条件的同时,对路线影响较大的不良地质现象和有可能产生的病害地质,逐一概略地说明位置、规模、特性,对路线方案和线位可能产生的影响及采取对策的方案性意见。

“路线工程地质图”的作用,是概略反映区域工程地质条件和显示路线方案及线位布设的地质合理性。该图比例尺的选择要求基本满足在图上能标示出主要的地质现象,又要具备可能完成这一工作的基本条件。规定比例尺采用1:50 000~1:200 000,是因为该比例尺范围中的区域地质图各地区均可收集到,具备了必要的条件。以上述地质图为基础依据,通过航片、卫片调绘和现场调绘补充,可编制达到规定标示内容的“路线工程地质图”。现场补充的重点是岩体工程特征、外动力地质现象、地质灾害和环境工程地质问题。

“工程地质平面图”是初勘阶段全面反映路线地质条件的最重要图件,是合理布线的地质依据。该图规定基本采用1:10 000~1:20 000比例尺,主要依据交通部《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》的规定。按照地质测绘的一般规定,地质测绘的地形底图比例尺应大一级,即为1:5 000,这与路线带状地形图的比例尺不一致。为减少测绘工作量,故规定利用路线的1:2 000地形图作底图填绘,且正式图件不再缩制。

5.2.3 路基工程与路线布设是相互关联和相互制约的,因此二者的地勘工作合并一起进行。

路基工程分为一般路基工程和重点路基工程两大类。

一般路基系指填挖量不大,可采用标准横断面设计的路基。这类路基多在地形起伏不大、地质条件简单的地段,岩质和一般土质均满足工程要求。但为了避免在表浅土层下可能存在软弱土层的影响,故要求在土质路基段按一定间距布设探点。按国产汽车路基工作区深度(含当量厚度)影响深度未超过4 m,故勘探深度取为2 m~4 m。测试工作重点是确定土的名称和含水量。

重点路基是指地形起伏大、路基挖填量大、工程地质条件差的路段。一般重点路基包括:软弱土基上的高填路堤,深挖路堑高边坡,陡坡上填筑的路堤,支挡工程构造物,沿河路基的河岸防护工程构造物,改河(沟渠),小桥涵,立交工程等。一旦列为重点,就需要单独作处理设计,因此,需要有专门的地质勘察基础资料。

重点路基设计要求有较大的比例尺的地质平面图和剖面图,较深入的勘察、测试工作,以满足方案设计和确定工程规模的需要。

考虑到实际情况,一般的地质平面就采用路线1:2 000平面图,加以地质调查和地质测绘,进行填绘。再辅以1:200~1:500比例尺的控制断面,以补精度的不足。但不排除必要时应测绘较大比例尺的地形图进行地质调查、测绘,填绘地质平面图。这项工作就只需安排在详勘时酌定了。

陡坡路堤初勘规定:等于或陡于1:2的斜坡路堤须列入重点勘察,是因斜坡度角为26°左右,而斜坡覆盖土内摩擦角一值不至于小于此值。此系参照铁路规范规定,但不排除缓于1:2的斜坡路堤因特殊原因有滑动的可能性,此时也应列入重点进行初勘核实。

支挡工程包括各式重力、衡重挡墙、钢筋混凝土挡墙、抗滑桩、加筋土墙、锚锭板墙和锚杆支护边坡工程等。

在初勘地质调查和地质测绘、勘探、测试的基础上确定并提供重点工程路段的控制横断面图。控制横断面图上应具有地层岩性、地质构造、工程措施等内容,是提供设计考虑分段、分类处理方案的依据。

5.3 桥位初勘

5.3.1 桥位选择

1. 一般工程地质地区的桥位选择

对通航河流及跨海工程,在工程地质条件满足的情况下,应考虑跨径净空。但还要根据航运部门的意见,桥轴线的法线与主流夹角不宜大于 5° ,以利通航。

2. 特殊地质地区的桥位选择

1) 泥石流地区的桥位选择

(1) 在有泥石流的河沟上,桥位不宜选在河床纵坡由陡变缓的地段,可选在河床由缓变陡有利于泥石流排泄的地段。

(2) 在泥石流地区采用控沟设桥的方案,教训很多。如某公路采用压低高度挖沟设桥的方案,建成后淤积严重,在上游采取了一系列拦挡措施,每年还有漫水桥形成。又如西藏古乡泥石流,直接危害川藏公路的畅通,目前只好采取泥石流过后用推土机把堆积物推走的办法。

(3) 在泥石流沟的弯道转折处,容易形成弯道泥石流超高和泥石流龙头爬高,故此处不宜设桥。由于泥石流地区地质条件比较复杂,选择桥位时应该从水文、地质条件综合考虑。

2) 岩溶地区的桥位选择

(1) 岩溶地区的构造断裂破碎带,地表水与地下水径流循环交替频繁,地下水丰富,岩溶极易发育,形成岩溶大洞穴和竖井、多层溶洞、地下河等,桥位应避开构造破碎带、岩溶发育地区。

(2) 可溶岩层与非可溶岩层接触带,是地表水与地下水滞流区,是溶蚀强烈和地质动力现象最活跃的地带。常有落水洞、塌陷漏斗和网状洞穴分布,可能存在和接触带走向一致的地下河或者地下通道与横向地下河相连而形成纵、横交错的地下洞穴,故桥位应避开可溶岩层与非可溶性岩层接触带部位。

(3) 岩溶塌陷区,地势平缓、覆盖层薄、土层松散、地下水位高,岩土体不稳定,并且因洞穴、漏斗、溶槽内未被充填的空洞或填充不密实,洞穴和顶板不稳定,经洼地积水、渗水、岩溶水侵蚀易形成地表塌陷,故选桥位时岩溶塌陷区应尽量避免。

5.3.2 勘察要求

1. 勘察阶段的划分及工程地质条件的划分

1) 工程地质勘察阶段,通常分为初步设计阶段的工程地质勘察和施工图设计阶段的工程地质勘察。

目前我国新建与改建的公路干线,技术等级较高,除高速公路以外,多为一、二级公路。桥梁的形式、跨度和高度均非同一般,通常其勘察工作都应在可行性研究的基础上按两阶段勘察程序进行。对工程地质条件特别复杂的特大桥,必要时,可采用三阶段勘察。

对于工程地质条件简单,方案比较明确的一般大、中桥,可以适当简化勘察程序,而采用一阶段勘察。但是,实践证明,勘察工作采用两阶段,使认识由浅入深,发现问题较少。如不按工程地质复杂程度加以区别对待,而随意简化勘察阶段,一律采用一阶段,往往问题较多,贻误施工,甚至造成巨大经济损失。在这方面,许多地方都有自己的经验教训,应引以为戒。

2) 采用一阶段勘察的工作深度,按详勘要求办理。

3) 对于工程地质条件复杂的特大桥,必要时采用三阶段勘察,即增加技术设计阶段的勘察。这是针对复杂的技术问题,通过补充初勘,加强岩土材料测试与调查分析,提供必需的工程地质资料,以解决初步设计阶段勘察未能解决的问题。

4) 建设前期,应进行可行性研究期间的工程地质工作,按规定要求,应提交相当内容的地质成果。若不能满足上述要求,在初勘前,必须酌情进行工程地质调查,以解决前期工作的遗留问题。

5) 工程地质条件的划分,应根据公路桥位工程地质勘察工作的基本经验和国标《岩土工程勘察规

范》中的分级原则、场地工程地质条件及地基土质条件,并按地震基本烈度、地质构造、动力地质等项内容,综合划分为复杂、简单两级。

掌握的原则是以所述内容的基本吻合而划分所属等级,但是对桥梁设计起关键作用的因素(如地震基本烈度、地质构造、地基岩土特性等)应是分级的主要条件。

2. 勘察任务的依据

为了保证勘察工作符合设计要求,便于检查任务完成情况,当进行桥位工程地质勘察工作时,各勘察阶段均应以符合本规范要求而编制的任务书或合同作为依据。其中应对工程名称、勘察阶段、设计意图与要求、工作项目及数量、需提交资料的内容及份数等,提出具体要求。为达到上述目的,设计方面还需提供有关图纸资料作为依据,使勘察工作得以顺利开展和保质保量地提供设计所需要的工程地质资料。

5.3.3 调查与测绘

1. 调查与测绘的要求

1) 工程地质调查与测绘是工程地质勘察中的一项基本工作。

通过调查与测绘初步掌握地层、地质构造、不良地质等情况后,才能有针对性地布置勘探、测试等工作,使其具有鲜明的目的性,以较少勘探、测试工作量,达到较全面地阐述桥位工程地质条件,并正确地作出评价的目的。

2) 鉴于这项工作过去开展的不够广泛,结合目前公路实际情况,从需要与可能出发,规定在一般的情况下,必须进行工程地质调查,只有在工程地质条件复杂的或有特殊要求的大桥才进行工程地质测绘。至于工程地质条件复杂的中桥是否进行测绘,可根据实际需要来确定。

3) 测绘比例尺大小的选择,既要能满足桥梁工程对地质测绘的要求,又要考虑如何节约测绘工作量。选用时应根据勘察设计阶段、桥梁的类别、工程地质条件的复杂程度来考虑。根据《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》的规定,对工程地质条件特别复杂的特大桥,桥位工程地质平面图,比例尺用 $1:500\sim 1:2\,000$ 基本可以满足这个要求。因此,在一般情况下,路线平面图可作为底图进行工程地质测绘。如认为比例尺太小时,可采用局部放大。需要专门研究某一特殊地质问题的较大比例尺地质图,可在施工图勘察时进行。如认为底图比例尺太大时,亦可酌情缩小。

调查和测绘前,首先应对收集的地质资料及区域地质图进行分析研究,可以充分利用以前的成果,作为测绘工作时的参考。如桥位处有与测绘要求相同的比例尺地质图或较大比例尺的工程地质图时,也可在此基础上校对、补充、修订、整编,不另测绘,以减少工作量,否则应实地测绘。

当各比选桥位相距较近时,其成果可测绘在一张图上。

2. 调查与测绘范围

1) 工程地质调查,对桥位比选有影响的区域性稳定问题可在较大范围内进行工程地质调查,不必局限在所提供的桥位平面图范围内工作。

2) 测绘时,可在各桥位的轴线附近,在所提供的桥位平面内进行。因条文所规定的范围是所测平面图的范围,当水文条件或地质条件复杂,附近有比较桥位,地形地貌特殊,变迁、游荡河段,有改河或调治工作以及其他设计需要时,还可适当扩大测绘范围。

3. 调查与测绘内容

调查与测绘工作包括地形、地貌、地层、岩性、地质构造、地震基本烈度、不良地质、水文地质条件等项基本内容。在实际工作中应根据桥位区工程地质条件复杂程度,紧密结合拟建桥梁工程的性质与要求,对上述内容有所侧重和区别对待。有关不良地质和特殊土的调查与测绘工作,也着重于对桥位方案比选有关的内容。

4. 测绘方法与精度要求

按以往的传统做法是采用每平方公里内最少观测点数和路线长度控制,这一套方法基本上是从地质系统引进的。考虑到公路桥位的工程地质测绘范围较小、目的性较单一,因此对桥位不同部位的测绘

提出不同的精度要求。

1) 调查方法:主要是用直观法,在桥位区沿观测路线对天然的和人工的露头较大范围内进行现场调查。观测路线的方向布置及密度要根据调查的目的、地质复杂程度而定。在保证质量的前提下,应力求每条观测路线发挥最大效果,避免重复、过密。并按调查内容的要求,将其结果真实地填写于野外记录簿中,描绘草图或拍摄照片,作为整理资料的依据。

2) 测绘方法:在野外测绘时,如利用桥位平面图作底图时,图中应绘有桥轴线或导线。一般地质点和地质界线,当地形、地貌明显,可以地形、地物作控制,在远离桥轴线处多用目测法进行填图;如地形、地貌不明显,则应以桥轴线或导线作控制,用罗盘仪交会法进行填图;对桥轴线附近的重要地质点,或对工程建筑有影响的岩层界限、地质现象的位置,应用经纬仪实测法进行填图,使其位置在图上精确可靠。

3) 调绘时一般应选择一定数量的观测点,并在具有代表性的地质现象处作较细致的观测。选点时目的要明确、代表性要强,一般应选在地层露头较好、构造形态清楚的地点。在不良地质现象突出处必须要有地质点,以作填图和分析的依据。

4) 关于图上观测点位置精度要求不应大于2 mm 是对实测提出的。一般说来,对于工程地质图所划分的单元(包括地貌、地层、构造等)均应尽量细致测出,但由于绘图技术条件的限制,各单元体及其他符号的线条粗度约1 mm~2 mm。因此为了既使划分单元反映明显又要保证图纸准确起见,其精度规定为不大于2 mm。例如桥位平面图比例尺为1:2 000,实际允许误差为:2 mm×图的比例尺之分母,即:2 mm×2 000=4 000 mm=4 m。

5.3.4 工程地质勘探

1. 工程地质勘探

勘探系指钻探、物探、挖探、简易勘探等项工作的总称。是对调查时所拟定的各桥位方案,在经过工程地质调查与测绘,初步掌握了各桥位区域地质情况的基础上,通过勘探工作,查明各桥位区的工程地质条件和深入了解其岩、土特征和物理、力学性能,为推荐桥位方案提供由定性到定量的资料。

勘探点应结合具体情况来布置,以较少的工作量解决较多的地质问题。一般是沿桥轴线及其两侧布置,原则上在地貌及构造具有控制的部位布置勘探点。由于本阶段勘探工作具有普查性质,应尽量先开展物探工作,以减少钻孔数量,但要注意点的均匀分布。实践证明,工程地质勘探必须采用多种手段,相互补充、相互验证,只用单一手段是难于查明所有地质问题的。如单用钻探就很难查明岩溶的分布规律和规模形态等。同时也证明在钻探的配合下,用物探方法来探查岩溶的效果就比较好。

地貌形态的变化,在很大程度上反映了地质情况的变化,特别是微地貌的变化,往往是地层变化及不良地质现象在地表上的反映。例如,在岩溶处的落水洞、漏斗、碟形洼地下,往往有大型溶洞地下河存在;又如,在平原区地貌突变处,可能有暗埋湖塘、洼淀或古河道。因此,注意微地貌的变化和在其异常处布置勘探点,对查明隐伏不良地质现象是十分重要的。

目前,公路部门的工程地质勘探手段中,仍以钻探为主,并与其他勘探和测试工作相互配合,以满足初步设计勘察阶段的目的与任务的要求。

2. 物探

物探是一种大体积宏观性质的勘探方法,由于物理场是广泛分布的,其研究岩层是一个相当范围的岩体,因此可反映出岩层的整体状态。从工程角度出发,物探具有探测深度大、装备轻、工作效率高和勘探成本低的特点,已逐渐成为工程地质勘探中的重要手段。

50年代末,我国公路部门开始采用电探,目前尚有一些单位坚持应用。近年来许多公路勘察设计院广泛使用震探,取得了较好的效果。所以物探与钻探、测试等配合,相互验证,不仅缩短了勘探周期,节约了成本费用,更为重要的是提高了地质勘察质量。如湖南省常德大桥共有三个桥位方案,经钻探后基岩埋深均在百米左右,后经电探作了面上勘查,发现在某桥位下游不远处,基岩埋深仅50 m,后经钻探证实为46 m。因此选出了一个理想桥位,节约了巨额投资。所以本规范纳入了电探、震探、声波、测井等勘探方法。

目前震探在公路部门应用发展较快,但还不普遍,技术力量薄弱,以及受其他条件的限制,精度有时还达不到要求。因此有必要作出:“在工程地质条件复杂的桥位不得单独以物探资料作为设计依据,应与钻探密切配合对资料综合分析应用”的规定。但当物探成果与钻探成果有差异时(如钻探探明基岩较浅而震探结果表明基岩埋藏较深,这时可能出现钻探所见基岩是漂石或者是残积层很厚,此种特性类似砂土层。而震探所测定的基岩则系其中的微风化或新鲜的岩层,这种情况是正常的),需要作进一步研究,查明原因,作出判断。这样相互补充,可提高物探质量和效果。如江阴长江大桥和南京长江二桥在江中采用震探方法宏观控制取得了理想效果。

3. 电法勘探(电探)

电探是利用研究岩层的电性差异来认识地质对象的方法。在工程地质勘探中应用较广的有电测深法和电剖面法。电测深法是研究勘探点下岩层电阻率随深度变化的方法,借以探查岩层的埋藏深度、厚度及地质构造等。电剖面法是研究岩层电阻率在水平方向上的变化来探查岩溶、断层、古河道及岩层起伏等。

1) 应具备的基本条件

物探具有一定的条件性和多解性,应充分利用被探测的地质对象的物理特性。因此,在采用物探时应先掌握其物性参数,考虑其探测对象是否具有可利用的地球物理条件而加以选择。电法勘探也不例外。如电性标志层应具备的条件是:

- (1) 探测层与上覆电性的电阻率差异很大。
- (2) 探测层厚度较大。
- (3) 在测区内探测层较普遍存在,其电阻率和厚度变化较稳定。
- (4) 要与解决的地质问题有直接或间接联系。

屏蔽层系指位于探测对象上,具有极高或极低之电阻率,并在测区内分布有一定面积,能严重阻碍电流向下穿透的地层。它和探测对象无任何联系,不能作为电性标志层。

2) 布点原则

(1) 电探点的布置,要包括拟选桥位要求范围,按地电条件尽可能包括某些地质情况已较清楚的地段。应使测区不仅包括探测对象的全部范围,而且向外围有一定延伸,以保证探测对象在平面、剖面上均能获得完整的反映。

(2) 电探点可按工程地质复杂程度和工程要求,作纵、横断面布置。一般是沿桥轴线纵向布置为主,与其勘探方向一致,并使若干测线与勘探线重合,以便对比。

3) 精度要求

电探精度的要求,是依据公路勘察部门的资料提出的;只是当地电条件较差,缺少露头或适当钻孔作参数时,略予放宽,从 $\pm 20\%$ 降低到小于 $\pm 25\%$ 。

4. 震探

震探是利用弹性差异来认识地质构造的方法。探测由爆炸或敲击所产生的地震波情况,记录地震波从激发经过某一折射或反射,传播到埋设在地表的检波器的时间和振动状态,计算出折射或反射界面的空间位置和传播速度,从而可测得相当范围内的地层间的关系、断层破碎带及岩溶发育程度等资料。与其他物探相比,具有精度与效率均较高的特点。

1) 应具备的基本条件

(1) 首先决定于探测对象与围岩之间应具有可利用的物理性能差异。

(2) 被探测对象应具有一定规模(规模大小是相对于埋藏深度而言),即在其他条件相同时,被探测对象埋藏愈深,则要求其规模应愈大。

(3) 折射面视倾角(Φ)应小于 $90^\circ - i$ (i 为折射波临界角)。当折射面倾斜时,沿下倾方向的盲区范围要大于上倾方向的盲区范围。当 $\Phi + i = 90^\circ$ 时,其下倾方向折射的射线与地面平行,以致收不到折射波;在上倾方向上,也不可能形成临界入射和产生滑行波,也就没有折射波。因此应改变测线方向,以减小地

层视倾角,达到满足 $\Phi+i<90^\circ$ 的条件。

2) 测线、点之布置原则

(1) 震探时,为了有效地接受不同的有效波,爆炸点与接受点的布置应保持必要的相对位置。可将测线分为纵测线(爆炸点和接受点在同一条直线上),测线应垂直于构造的走向;当岩层倾角过大或存在旁侧波影响时,可按非纵测线布置成斜交线、弧形线。非纵测线一般不能单独进行解释,但也能解决一些特殊问题,如地层突然下降、断裂和直立岩层等。如与纵测线或与已知钻孔发生联系,可测得各测点折射界面的深度。

(2) 测线长度应比规定的勘探范围长半个排列。若为查清断层,还应适应增长测线。

3) 精度要求

地震波在不同地层中传播的速度是不同的,只有较精确地测定各种地层中的波速,才能较精确地绘制地层深度剖面 and 地下构造。所以波速的准确程度直接影响着震探的效果和精度。如波速偏高或偏低,将直接影响界面的深度,造成精度误差。

检波距 ΔX (检波器间距)的确定:

折射波法: ΔX 应小于 $T v_i/2$ (T 为有效波周期, v_i 为界面速度)。一般地区采用10 m~15 m度时,非纵向排列检波距比纵向排列增加20%~100%。

5. 声波探测

声波探测是测定岩体中波速和振幅的变化。黄石长江大桥、江阴长江大桥在施工图设计勘察中,在钻孔中进行声波探测岩体中波速和振幅的变化。

1) 测定岩体的动弹性参数(在土体中的传播速度)

(1) 纵波传播速度,按下式计算:

$$v_p = \sqrt{\frac{E_d(1-\mu_d)}{(1+\mu_d)(1-2\mu_d)\rho}} \quad (1)$$

式中: E_d ——动弹性模量;

μ_d ——动泊松比;

ρ ——密度。

(2) 横波传播速度,按下式计算:

$$v_s = \sqrt{\frac{F_d}{2(1+\mu_d)\rho}} \quad (2)$$

式中符号意义同前。

(3) 面波传播速度,按下式计算:

当 $\mu_d=0.25$ 时

$$v_R = 0.919 \sqrt{\frac{E_d}{2.5\rho}} \quad (3)$$

当 $\mu_d=0.569$ 时

$$v_R = 0.985 \sqrt{\frac{E_d}{3\rho}} \quad (4)$$

v_R 值的单位为m/s。

2) 评价岩体的完整性和强度

(1) 按下式计算岩体的完整系数 C_m :

$$C_m = \left(\frac{v_m}{v_c} \right)^2 \quad (5)$$

式中: v_m ——在岩体中测的波速;

v_c ——在同一岩体岩样中测的波速。

根据岩体完整系数划分岩体的完整性,如表2。

表2 岩体完整性分类

完整性类别	完整性好	完整性较好	完整性差
C_m	>0.75	$0.75\sim0.45$	<0.45

(2) 利用岩体完整性系数计算岩体的标准强度:

$$R_{cm}=C_m R_c \quad (6)$$

$$R_{tm}=C_m R_t \quad (7)$$

式中: R_{cm} , R_{tm} ——岩体的标准抗压、抗拉强度(kPa);

R_c , R_t ——岩体的单轴抗压、抗拉强度(kPa)。

总之,声波探测除上述应用之外,尚可根据其基本原理和方法,将其应用于危岩鉴定、洞室和边坡的应力监测、张开裂隙延展深度的测定等。

6. 测井

测井法是在钻孔中探测井壁周围岩体状态和性质的物探方法,目前在交通系统中处于发展阶段。如黄石长江大桥、江阴长江大桥在施工图设计勘察中,结合墩台处的钻孔查明基岩节理、裂隙的发育程度及岩体的完整性,对设计进一步提供了资料,特别在岩溶地区应尽量采用电视测井。

1) 电测井是用测井法在钻孔中详细查明地层剖面,确定含水层的位置和厚度。结合公路部门目前实际情况,电测井还应纳入规范中。

2) 对电测井钻孔的要求

(1) 在泥浆护壁的钻孔中进行测井时,应当用清水冲洗钻孔,使其变稀,以利于测定电性差异。

(2) 为进行地层对比,应对全井段进行测井,并与钻探资料密切配合,其测定间距以满足划分地层为准。一般要求50 cm读测一次,以免漏掉薄夹层。

7. 钻孔

将钻孔分为技术性和一般性钻孔的目的,是既要初步查明与桥位比选有关的主要工程地质问题,又要减少钻探工作量,加快勘探速度。在特大桥钻孔多的情况下,其作用显得比较突出。

技术性钻孔,特别要布置在地貌、构造、地层等变化大又有代表意义的部位,其深度一般应为规定的最大深度;应在其中采取各种试样,特别是原状土样,并要求作各种测试项目。

1) 每个桥位技术性钻孔数规定为最少两个,这样可以使各种测试数据相互比较、相互验证。对钻孔多的大桥或特大桥,应按要求增加控制性钻孔数,以满足设计的需要。

2) 钻孔深度

钻孔深度的确定,一般是以桥梁类型、规模和地基岩、土种类以及工程地质条件类别的不同而有所不同。主要是了解可作桥基持力层的地层岩性、地质构造、不良地质和特殊土等,以达到评价桥位工程地质条件以及提出适宜的基础类型和埋深。

桥梁初步设计,要根据推荐的桥位方案及其工程地质条件来选定基础类型。因此,在初步设计勘察时,在钻孔数量较少的情况下,特别要强调对钻孔深度的要求才能保证勘探质量,满足设计需要。根据调研资料表明,桥梁钻孔深度比基础埋深还浅的实例不少。如天津宁河大桥,钻孔深度11 m而基础埋深13 m左右,桥梁建成后就发生沉降,唐山地震时该桥梁遭受严重破坏;经震后钻探证实,桥基持力层正处于可液化砂土层,由地震产生地基失效所造成。近几年来,有的单位对钻孔深度还不够重视,直接影响基础设计,以致造成补钻和重钻。因此抗冲刷性弱的岩层,断层破碎带处要适当加深钻孔。

钻孔深度计算起点系自河床中最低点算起的问题。因为本勘察阶段的冲刷深度还没确定下来,为了尽量考虑水流冲刷引起河床变迁的因素,在岸边以上,由于不受水流影响,故按不同地层来确定孔深。

岩石风化程度的分类见本规范有关规定。在强度大而完整的裸露基岩处,虽不必布置钻孔,但应作详细的调查和描述。

3) 钻孔孔径

岩芯钻探现在向小口径方向发展,这样可提高钻进效率、减轻机具重量、节约勘探费用。但工程地质钻孔直径的大小,取决于采用合格的岩、土试样和有利于原位试验工作。

为了鉴别和划分地层,钻孔孔径可小些,但不宜小于75 mm。为了采取原状土样,孔径大小,应以取土环刀为依据。目前国内作压缩试验的取土环刀内径大者为79.8 mm(底面积50 cm²),小者为61.8 mm(底面积39 cm²);若考虑土样周边扰动的影响,取土器内径不宜小于89 mm,因此钻孔孔径自然不宜小于110 mm。岩石样品的尺寸是根据岩石试验要求提出的,一般最小直径应大于5 cm(随岩石的硬度而不同),试件高度为直径的1~3倍;一般要求为7~10件,不做抗冻试验时,可减少到4~6件。

在钻孔中进行触探试验和十字板剪力试验,应与触探探头、标准贯入器(Φ15 mm)、锥探头的外径(Φ74 mm)、十字板最大直径Φ75 mm相配合,以便顺利开展原位测试工作。一般在不小于91 mm钻孔中进行,就可满足试验要求。

5.3.5 原位测试

1. 原位测试是在现场直接对岩、土、水进行测试,取得有关物理、力学、水理性能的数据或指标,这就改变了过去“钻探—取样—室内试验—数据处理”一系列习惯作法,是工程地质勘探中的一种新兴手段,也是一种很有前途的勘察新技术。用于工程地质方面的原位测试有触探、十字板剪力试验、横压仪试验、荷载试验、大剪试验等。这些测试方法,我国公路部门已广泛应用。结合桥位勘察的需要,先将触探、十字板剪力试验、横压试验等纳入本规范。

2. 动力触探

动力触探类型有数种,纳入本规范中的仅有筒状锥头(即标准贯入器)和锥状锥头两种,其主要理由是:

1) 标准贯入试验可用于粘性土及砂土地基,还可取样鉴别地层;动力锥探适用于砾石、卵石地基,在桥基勘探中能广泛应用,可提供多种数据。

2) 两种类型除锥头、贯入指标不同外,其他锤、钻杆及落距均一致,使用同一套设备即可进行两种试验。

3) 公路部门50年代已开始应用标准贯入试验,目前部分省(区)也使用锥探,只是锥探头和贯入指标不一致,还需增加锥头。

另外,关于采用动力触探的要求:

冲击方法,要以自由落锤为准。因为自由落锤锤击可消除绳索与滑轮的摩阻力及操作中对落锤之牵引力,不致降低能量。如自由落锤的锤击能量要比人力拉锤的能量大,它们的关系约为1:1.33,即自由落锤的 $N_{63.5}=10$ 击时,相当于人力拉锤 $N_{63.5}=13.3$ 击。而且人力拉锤控制高度误差在±50 mm,而自由落锤的脱钩装置,基本保证760 mm高度,误差一般不超过±10 mm。但由于卷扬筒提升锤击受绳子拖拉影响,其 $N_{63.5}$ 值比人力拉锤加大30%~50%,取平均值为40%。说明机械提升如不加装置问题更大。其一般的相互关系为:自由落锤击数 $N_{63.5}$ =手拉落锤锤击数 $N_{63.5} \times 0.8$ =卷扬筒提升锤 $N_{63.5} \times 0.57$ 。

有关标准贯钻杆长度修正问题,交通部颁的《公路工程抗震设计规范》对杆长修正到21 m,其修正系数基本同建筑规范(TJ 7—74)。水工建筑勘察修正公式为 $N_{63.5}=aN'$ (a 为杆长修正系数, N' 为实测击数)。有效能修正法是根据牛顿碰撞理论,不考虑杆长弹性变形、挠曲对能量损耗,提出有效能随深度的衰减率 β (杆长修正系数见表3),杆长从3 m~102 m。

日本宁都一马公式修正法是根据压缩波传递原理试验研究于1973年提出,此法已被日本土工学所编的《土质调查法》引用(人民交通出版社已翻译出版),并作为日本指导性法规。修正公式 $N=(1.06-0.003L)N'$,式中 N 、 N' 分别为修正后的与实测的标贯击数; L 为钻杆长度。该方法是将20 m作为杆长修正界限,即杆长大于20 m时进行修正,小于20 m时不修正,见表3。

日本桩基公式修正法,该公式是日本《桥梁下部构造设计施工基准》中“桩基设计篇”公式:

$$N=(1-0.005L)N'$$

表 3 标贯杆长各种修正方法的系数

杆 长 (m)	TJ7—74 (1)	水工公式 (2)	有效能公式 (3)	宁都—马公式 (4)	桩基公式 (5)
3	1.00	1.00	1.00		0.99
6	0.92	0.92	0.94		0.97
9	0.82	0.86	0.84		0.96
12	0.81	0.81	0.79		0.94
15	0.77	0.77	0.74		0.93
18	0.73	0.73	0.71		0.91
21	0.70	0.70	0.68	1.00	0.90
24		0.67	0.65	0.99	0.88
27		0.65	0.63	0.98	0.87
30		0.62	0.61	0.97	0.85
36		0.58	0.57	0.95	0.82
42		0.55	0.55	0.93	0.79
51		0.52	0.52	0.91	0.75
66			0.48	0.86	0.67
81			0.45	0.82	0.60
96			0.44	0.77	0.52
102			0.43	0.75	0.49

该公式修正法避免了杆长小于 20 m 不修正的缺点,在日本广泛应用,在我国一些勘察单位也在使
用。如江阴长江大桥、南京长江二桥的北塔墩及北岸引桥的钻孔深达 100 余米的标贯值,采用本修正法
提供的 N 值,比较接近实际地层情况。其标贯值对判定地基承载力具有重大价值。

3. 标准贯入试验的相关式和用表

1) 确定粘性土液性指数 I_L (又称稠度 B) 公式

$$\frac{\lg I_L}{100} = 2.942 - 0.672 \lg N_{63.5H} \times 10 \quad (8)$$

表 4 $N_{63.5}$ 与液性指数 I_L 的经验关系表

$N_{63.5}$	<2	2~4	4~7	7~18	18~35	>35
I_L	>1	1.0~0.75	0.75~0.5	0.5~0.25	0.25~0	0
状态	流动	软塑	软可塑	硬可塑	硬塑	坚硬

2) 砂土密实度(按 $N_{63.5}$ 确定)如表 5。

表 5 砂土密实状态及相对密度

密 实 状 态		$N_{63.5}$			相对密度 D
国际标准	国内标准	国际标准	南京水利科学研究所、 江苏省水利厅	冶金部规范	
极松	松散	0~4	<10		0~0.20
松		4~10			
稍密	稍密	10~15	10~30	10~15	0.2~0.33
中密	中密	15~30	10~30	15~30	0.33~0.67
密实	密实	30~50	30~50	>30	0.67~1.00
极密		>50	>50		

砂土密实状态的划分,在1972年前为松散、中密、密实三级,新规范增加稍密一级。

3) 砂土层中的桩,由于缺乏其他较好的方法预估其承载力,采用标准贯入试验的结果作为初步估计,如表6、表7。

表6 砂土承载力标准值(kPa)

土 类 \ N	10	15	30	50
中粗砂	180	250	340	500
粉细砂	140	180	25	340

表7 单桩极限承载力

$N_{63.5}=30$		$N_{63.5}=40$		$N_{63.5}=50$	
层 厚 (m)	极限承载力 (kPa)	层 厚 (m)	极限承载力 (kPa)	层 厚 (m)	极限承载力 (kPa)
2 m 左右	2.0~3.0	2 m 左右	3.5~5.0	2 m 左右	5.0~10.0
>4	3.5~5.0	>4	5.0~10.0	>4	>10.0

4) 粘性土抗剪强度如表8。

表8 粘性土抗剪强度

C (kPa)	0.17	0.35	0.49	0.59	0.62	0.72	0.78	0.82	0.87	0.92	0.98	1.03	1.10
ϕ°	17.7	19.8	21.2	22.2	23.0	23.8	24.3	24.8	25.3	25.7	26.4	27.0	27.3
$N_{63.5}$	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	25	29	31

5) 粘性土无侧限抗压强度 q_u 与 $N_{63.5}$ 的关系式

(1) 南京水利科学研究所江滩一带的试验

$$\text{粘土} \quad q_u = 0.14 N_{63.5} + 0.03 (\text{MPa}) \quad (9)$$

$$\text{亚粘土} \quad q_u = 0.135 N_{63.5} (\text{MPa}) \quad (10)$$

(2) 交通部《港口工程地质勘察规范》中,对长江中下游沿岸的:

$$\text{重粘土} \quad q_u = 0.15 N_{63.5} (\text{MPa}) \quad (11)$$

$$\text{一般粘性土} \quad q_u = 0.14 N_{63.5} (\text{MPa}) \quad (12)$$

(3) 美国太沙基 q_u 与 $N_{63.5}$ 的关系式

$$q_u = 0.125 N_{63.5} (\text{MPa}) \quad (13)$$

6) 确定砂土抗剪强度

中密以上($N_{63.5} > 8$)砂土的 ϕ 值和松散砂土($N_{63.5} = 4 \sim 8$)的 ϕ 值见表9。

4. 静力触探

1) 静力触探能解决下列一些问题:

(1) 探查土在水平和垂直方向的均匀程度,寻求软弱或较硬夹层,根据贯入阻力可以划分地层,判断土层名称。

(2) 按地区经验公式提供土的容许承载力、压缩(变形)模量,预估单桩承载力,确定饱和粘土的不排水抗剪强度及其物理力学指标。

(3) 探查、确定桩基持力层,求桩壁摩阻力。

(4) 检验碾压、强夯、砂桩施工的质量,测定人工填筑路基的密实度。

(5) 评价砂土液化的可能性。

表 9 砂土的内摩擦角

中密以上砂土 $N_{63.5} > 8$					松散砂土 $N_{63.5} = 4 \sim 8$		
类别	孔隙比 e	相对密度 D	$N_{63.5}$	内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$	类别	$N_{63.5}$	内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$
砾砂、粗砂	0.5	0.87	28	41	细砂及 极细砂	8	28
	0.6	0.69	16	38		7	26
	0.7	0.51	9	36		6	24
中砂	0.5			38		5	22
	0.6	0.76	31	36		4	20
	0.7	0.52	20	33	粉砂及 亚粉砂	8	24
细砂及极细砂	0.5			34		7	22
	0.6	0.96	30	32		6	20
	0.7	0.85	20	28		5	18
粉砂及亚砂土	0.5			30		4	16
	0.6			28			
	0.7			24			

2) 按贯入阻力进行土层分类

利用 q_0 和 f_s/q_c 分类的一些经验数,如表 10。

表 10 按静力触探指标划分土层

土 的 名 称 单 位、 国 名 q_0, f_s, q_c 值	铁道部		交通部—航局		一机部勘测公司		法 国	
	q_c (kPa)	f_s/q_c (%)	q_0 (kPa)	f_s/q_0 (%)	q_c (kPa)	f_s/q_c (%)	q_0 (10 ⁵ Pa)	f_s/q_0 (%)
淤泥质土及软粘土	2~17	0.5~3.5	<10	10~13	<10	>1	<6	>6
粘土	17~90 25~200	0.25~	10~17	3.8~5.7	10~17 >10	>3 0.5~3	>30 ~30	4~8 2~4
亚粘土(砂粘土)		5.0	14~30	2.2~4.8				
轻亚粘土(粘沙土)		0.6~3.5	30~60	1.0~1.8				
砂类土	20~320	0.3~1.2	>60	0.7~1.1	>40	<1.2	>30	0.6~2

注: q_c —桩尖阻力; f_s —侧壁摩阻力。

3) 确定天然地基土的承载力

(1) 粘性土静力触探承载力经验式见表 11。

表 11 粘性土静力触探承载力经验式(kPa)

序号	公 式	适 用 范 围	公 式 来 源
1	$[r] = 0.104 p_s + 0.269$	$3 \leq p_s \leq 60$	勘察规范(TJ 21-77)
2	$[r] = 0.58 \sqrt{p_s} - 0.46$	$p_s = 0 \sim 50$	铁三院
3	$[r] = 0.0173 p_s + 1.59$	北京地区的老土	北京地质地形勘测处
4	$[r] = 1.148 \lg p_s + 0.098$	北京地区的新近代土	
	$p_{0.015} = 0.0914 p_s + 0.44$	$10 \leq p_s \leq 35$	湖北综合勘察院
5	$[r] = 2.49 \lg p_s - 0.912$	$6 \leq p_s \leq 40$	四川综合勘察院

续表 11

序号	公 式	适 用 范 围	公 式 来 源
6	$[r]=0.453+0.086p_s$	无锡地区 $p_s=3\sim35$	无锡建筑设计院
7	$[r]=4.79p_s^{0.367}$	$2.4<p_s<25.3$	天津建筑设计院
8	$[r]=0.0878p_s+0.2436$	湿陷性黄土	陕西综合勘察院
9	$[r]=0.098p_s+0.1924$	关中地区湿陷性黄土	一机部勘察公司
10	$[r]=0.09p_s+0.9$	贵州地区红粘土	贵州建筑设计院

注： p_s ——比贯入阻力(单桥探头)。

(2) 砂土静力触探经验式见表 12。

表 12 砂土静力触探经验式

公 式	适 用 范 围	公 式 来 源
$[r]=0.0197p_s+0.6559$	粉细砂, $50\leq p_s\leq 100$	勘察规范(TJ 21-77)
$[r]=0.0389p_s+0.7555$	中粗砂, $p_s\leq 120$	勘察规范(TJ 21-77)
$[r]=0.58\sqrt{p_s}-0.46$ 折减 50%	砂土	铁三院
$[r]=q_0/30\sim q_0/40$	砂土	国外

4) 确定不排水抗剪强度 c_u 值

软土 p_s 与综合抗剪强度 c_u 相关公式见表 13。

表 13 软土 p_s 与综合抗剪强度 c_u 相关公式

公 式	适 用 范 围	公 式 来 源
$c_u=0.0308p_s+0.04$	$1\leq p_s<15$ 软粘土	交通部一航局设计院
$c_u=0.0564p_s+0.018$	$p_s<7$	铁四院
$c_u=1/14q_0$	镇海软粘土	同济大学
$c_u=q_0(10\sim14)$	软粘土	日本

5) 估算单桩承载力

按比贯入阻力估算单桩极限承载力。

同济大学等单位总结东南沿海地区的经验公式(参见《工程地质手册》第二版 P315)：

$$p_u = ap_sA + U \sum \frac{p_{si}}{C_i} h_{si} \tag{14}$$

式中： p_u ——单桩极限承载力；

p_s ——平均贯入阻力；

a ——桩端阻力修正系数；

A ——桩的截面积；

U ——桩身周长；

p_{si} ——第 i 层土的比贯入阻力；

C_i ——第 i 层土的由 p_{si} 求算桩侧摩阻力的换算系数；

h_{si} ——第 i 层土的厚度。

5. 十字板剪切试验

1) 十字板剪力仪可在钻孔中测定软土地基的抗剪强度。由于软土地区钻探采取原状土比较困难，取土后又容易受震动失水，致使室内试验数据不准，而采用十字板剪力试验可以弥补这个缺陷。在京津塘高速公路勘察中，对天津至塘沽段软土地区采用十字板剪切试验效果较好。它是一种设备简便的原位测试仪器。

2) 目前常用的十字板剪力仪有三种,其规格见表14。

表 14 常用的十字板剪力仪参数

十字板头尺寸(mm)			转盘半径 (mm)	十字板常数 K_0 (cm^2)
直 径	高 度	厚 度		
50	100	2~3	200	0.043 6
			250	0.054 5
75	100	2~3	200	0.018 1
			200	0.022 7
75	120	2~3	200	0.015 6
			250	0.019 5

一般土质较软时,用较大十字板头;土质较硬时用较小十字板头。在天然土层进行试验,宜控制在3 min~10 min将土剪损。为测定残余抗剪强度,可在剪损后以同样速率进行剪切,直到仪器趋于稳定为止。

3) 十字板剪切试验成果

(1) 土的不排水剪的抗剪强度 c_u (kPa)

$$c_u = K_0(P_0 - f_0) \quad (15)$$

式中: K_0 ——十字板常数(cm^2),见表14;

P_0 ——土剪切时的总作用力(N)。

(2) 土的残余抗剪强度 c_u ,在不排水剪抗剪强度做完后测定。

(3) 土的灵敏度 K

$$K = c_u / c'_u$$

软土的 c_u 值一般作为无侧限抗压强度 q_u 的一半使用,即 $c_u = 1/2q_u$ 。

6. 横压试验(旁压试验)

1) 横压仪包括预钻式、自钻式两种。横压器分单腔式和三腔式。当横压器有效长径比大于4时,均可认为属无限长圆柱扩张轴对称平面应变问题,其结果无差别。

目前国内生产的横压仪限定压力为2.5 MPa,故测试深度限于25 m,只适用于测定浅层粘性土的力学性能。但从国外引进的横压仪,其限定压力可达10 MPa,甚至更高,测试深度也大于50 m,适用土类已扩大到砂土、卵石层、残积土、软岩及风化岩。

2) 横压试验主要技术要求

(1) 横压试验点的布置,应在了解地层剖面的基础上进行。

最好先做静力触探、动力触探和标贯试验,以便能合理地在具有代表性的位置上布置试验。布置时要保证横压器的量测腔在同一土层内。横压试验点存在应力影响范围,根据实践经验,水平向约为60 cm,上下方向约为40 cm。为避免相邻试验点应力影响范围重叠,建议试验点垂直间距为1 m。

(2) 成孔质量是预钻式横压试验成败的关键,成孔质量差,会使横压曲线反常失真,无法应用。孔径应略大于横压器外径,但一般不宜大于8 mm。

(3) 加荷等级的选择是重要的技术问题,一般可根据土的临塑压力(p_1)和极限压力(p_l)而定。不同土的加荷等级按表15选用。

(4) 加荷速率,目前国内外有“快速法”和“慢速法”两种。国内一些单位对比试验表明,两种不同加荷速度对临塑压力和极限压力影响不大。为提高试验效率,本规范规定使用每级压力维持1 min~3 min的快速法。快速加荷所得横压模量相当于不排水模量。

加荷后读数时间,按加荷后15 s、30 s、60 s、120 s和180 s读数。

3) 成果分析与应用

(1) 关于特征值的确定

初始压力(p_0)按国内经验,该压力比实际的原位初始侧向应力大。因此推荐直接按横压曲线用作图法确定(p_0)。即将横压曲线($p-\Delta V$)直线段延长与 V 轴交于 ΔV_0 。通过 ΔV_0 点作平行于 p 轴的直线,该直线与横压曲线交点对应的压力即 p_0 值。

表 15 不同土类的加荷等级

土 的 特 征	加荷等级(kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑粘性土、粉土、饱和或松散的粉细砂	≤ 15	≤ 30
软塑粘性土、粉土、疏松黄土、稍密很湿粉细砂、稍密中粗砂	15~25	30~50
可塑—硬塑粘性土、粉土、黄土、中密—密实很湿粉细砂、稍密—中密中粗砂	25~50	50~100
坚硬粘性土、粉土、密实中粗砂	50~100	100~200
中密—密实碎石类土、软质岩石	≥ 100	≥ 200

临塑压力 p_t 定为横压曲线中段直线段的末尾点或蠕变曲线的第二拐点相应的压力。

极限压力 p_l :

- ① 量测腔扩张体积相当于量测腔固有体积(或扩张后体积相当于两倍固有体积)时的压力。
- ② $p-\Delta V$ 曲线的渐近线对应的压力,或用 $p-1/\Delta V$ 关系,末段直线延长线与 p 轴的交点相应的压力。

(2) 利用横压曲线的特征值可评定地基承载力

- ① 利用 p_t 评定地基承载力,直接取用 p_t 或 p_0 作为地基土承载力,根据当地经验选用。
- ② 用 p_l 评定地基承载力,取用 (p_l-p_0) 乘以安全系数作为地基承载力,亦应根据当地经验取用安全系数值。
- ③ 当地基土有明显各向异性,可利用各个方向的纵、横波速,计算力学性质(强度与变形)的各向异性系数,据此用横压试验侧向加压转换为竖向加荷的实际工作情况。
- ④ 横压模量,由于加荷采用快速法,相当于不排水条件。依据弹性理论,对于预钻式横压仪,可用下式计算横压模量:

$$E_m=2(1+\eta)(V_c+V_m)\frac{\Delta p}{\Delta V} \tag{16}$$

式中: E_m ——横压模量(kPa);

η ——泊松比;

V_c ——横压器测量腔初始固有体积(cm^3);

V_m ——横压曲线直线段头尾中间的平均扩张体积(cm^3);

$\Delta p/\Delta V$ ——横压曲线直线段的斜率(kPa/cm^3)。

本规范规定采用快速加荷法,不考虑排水固结(慢速加荷考虑了排水固结变形)变形,故不推荐横压试验变形模量的计算公式。

⑤ 利用自钻式横压试验的横压曲线,可确定土的原位水平应力(δ'_h),并由 δ'_h/δ'_v 可定出土的侧压力系数(K');可绘制剪力与剪应变曲线,可得不排水抗剪强度峰值、残余值和灵敏度。

⑥ 应用横压试验成果确定桩的垂直和水平向承载力及估算地基沉降,在国内尚无成熟经验,只能参考国外有关经验,有待结合具体工程总结自己的经验。

⑦ 国外自钻式横压仪具有孔压量测装置,以测定孔压及其消散曲线,可据此估算土的固结系数。

5.3.6 室内试验

1. 试验工作内容,根据桥位初勘的基本经验,常规的试验工作内容是:

1) 试验工作包括在工地配有一定器具和人员进行的和送往固定单位进行的岩、土、水的物理、化学、力学特性等试验工作。

2) 试验项目中仅列出了直接试验的项目;间接计算的项目(根据直接试验取得的数据进行)和不良地质、特殊土试验项目均未列入。

3) 岩、土、水试验成果所反映的数据,只是取样处的性质特征,由于受数量和方法的限制,往往是有局限性的。因此,在分析这些资料时,还要结合实际情况,除注意其本身各项指标的相关性外,要密切与工程地质条件、原位测试结果综合考虑,以判断成果的正确性。

2. 石料和工程用水

一般可收集当地水质化验资料和实地鉴定,不必取样试验。但对石材有特殊要求或对当地质量感到有疑点时,可采样试验,加以鉴定。如当地河水被污染,含盐或有其他水质不良等原因,则需取水样化验。

5.3.7 资料要求

1. 在编写工程地质报告前,应先对野外勘察成果进行归纳、整理,综合分析各个桥位的工程地质条件和存在的问题,并加以全面比较,选定推荐方案。对某些问题的讨论要做到适合本阶段的要求,对存在或遗留的问题和下阶段注意事项,应提出意见或建议。

2. 报告的基本内容是根据设计文件编制的要求而确定的。

报告要简明扼要,切合实际,内容应合乎逻辑,论点应有充分资料为依据,并附有必要的插图、照片和表格。

1) 关于工程地质条件,除对桥位附近的条件应作说明外,还应对较大区域的条件加以概述,并应着重介绍代表区域性的及桥位的工程地质特征及一般规律,必须结合工程的目的加以论述。

2) 对区域地质稳定性和工程地质条件进行综合评价,是编写报告的中心内容,也是确定桥位的依据,应结合桥梁工程对各种可能涉及到的工程地质问题进行论证。对任务书中所提出的要求和目的,应给予明确的回答。如对选定桥位各可能方案的工程地质加以对比评价,提出适宜的桥型及桥基的建议。对不利条件及存在的主要工程地质问题,应作深入分析,并提出解决这些问题应采取的措施。评价时应列举勘察所得的各种资料、数据并进行必要的计算,在定性基础上作定量评价。最后提出推荐的最优桥位方案。

3) 应提出本阶段存在的问题、进一步研究的方向及对施工图阶段勘察的建议。

3. 图表资料

关于物探成果资料,应包括物探测线、测点平面图,桥位附近水下地形等高线图,第四系覆盖层厚度图,基岩面高程等值线图(应标出断层位置、破碎带宽度、钻孔位置等)。对桥位物探地质纵断面图应经过钻探验证,基岩高程精度为 ± 0.5 m左右。基本确定断层位置、破碎带宽度等。

5.4 隧道初勘

5.4.1 一般规定

隧道通过工程地质、水文地质条件极复杂地段,一般伴随有特殊、不良地质问题发生,而这些问题的发生是有一个漫长变化的过程,一个由量变到质变的过程,这些问题的发生对隧道的安全会产生不同程度的影响。但一般勘察阶段短短的几个月中是难对这些问题有深入的了解,是难掌握其变化规律预测它的发展的,所以需安排超前工程地质和水文地质工作,积累资料为隧道方案的选定和施工方案的选定打下基础。

5.4.2 一般工程地质地区隧道位置选择,是指在地层正常,无明显不良地质、特殊性岩土地区来选择隧道位置。在实际工作中,一般宜首先排除显著不良地质地段,根据路线等级、地形、地质条件拟定隧道位置及接线方案,然后布置勘察测试等工作,最后综合分析各方面因素确定隧道位置。

一般地区隧道选择在山形完整,山体稳定,岩层单一,次一级地形切割不大,无大的地下水或有害物

质影响,构造不发育地段。因为在该地段隧道施工容易、地质病害少、工期短、造价较低。

在倾斜岩石中,以垂直岩层走向为宜,是指隧道轴线宜与岩层走向正交通过。因为倾斜岩层由于岩性差异,裂隙发育程度不同会导致开挖和支护方法的改变,不利于施工。另外,倾斜岩层由于岩面多于软弱结构面,在洞顶易于崩落和坍塌。所以隧道轴线应与岩层走向正交通过,尽量减少不利因素对隧道施工的影响。

5.4.3 不良地质地区隧道位置选择,对于低等级公路隧道选址,原则上应尽量避免各种不良地质地段;但对于高等级公路,往往受路线等级所限,不可避免地经过各种不良地质地段,也就不可避免地在不良地质地段进行隧道选址问题。当隧道通过褶曲时,因往往褶曲轴部裂隙发育,岩层破碎,隧道支护形式复杂,掘进困难,给施工带来不利,所以应选择褶曲翼部地质较好一侧通过。当隧道通过断层构造带时,由于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。地层有时出现重复或缺失,有时会出现断层角砾岩和碎裂岩,对隧道开挖支护极其不利。所以隧道穿越断层时应与隧道轴线垂直或大角度通过,尽量减少断层对隧道的影响。

在不良地质地区选择隧道位置总的原则是:

- 1) 尽量避免不良地质以免对隧道造成毁灭性、破坏性影响。
- 2) 尽量选择在影响范围小、影响距离短、影响时间短的地段。
- 3) 尽量选择在相对来讲便于施工,工程量相对少,造价低,施工期短,营运期安全,不留或少留隐患的地段通过。

4) 通过各方面因素综合分析考虑,把不良地质的影响减少到最低限度。

5.4.4 水下隧道位置的选择除应考虑陆上隧道应考虑的因素外,主要还应考虑水对隧道的影响。因而,水下隧道选择地址时主要基于以下因素考虑:

- 1) 尽量选择在水文地质、工程地质条件相对较好处,减少水对隧道施工、营运期的影响。
- 2) 完全理想的水文地质、工程地质条件几乎是不存在的,因而尽量选择在对隧道影响范围小、影响程度低、易处理、能处理、不留隐患的地段通过。

5.4.5 洞口位置选择,应根据周围的地质环境、地表径流、人工构筑物、地表、地下水对隧道的影响等因素综合起来考虑,一般从以下方面考虑:

- 1) 洞口、洞身稳定,不留地质病害。
- 2) 洞外接线合理,符合路线等级标准,线型舒展美观、标准较高。
- 3) 便于施工场布置,便于运输和弃渣处理,能加快施工进度,不污染或少污染环境,少占或不占可耕地。
- 4) 洞口外接线工程数量少、里程短、工程造价低等。
- 5) 对于水下隧道,主要应考虑地表水对洞口倒灌的影响,其次应考虑适当的隐蔽性和交通量能快速疏通。

总之,洞口位置选择应分清主次,综合考虑,全面衡量,在保证隧道稳定性、安全性,没有隐患的前提下再考虑造价、工期等因素。

5.4.6 隧道初勘要求,是指在初步设计阶段,对隧道勘察前收集资料、勘察过程、程序、勘察资料提供等提出总体性要求。即要求在工可的基础之上,通过资料收集、实地调绘、勘察、测试等勘察手段来达到选定隧道最佳方案,并为隧道的初步设计提供必要的地质资料之目的。

5.4.7 在初勘准备阶段提到地质条件十分复杂的长隧道和 underwater 隧道应提前安排地质工作,是因为地质问题的产生是一个漫长连续的复杂的地质变化过程,仅靠在勘察期间几个月是难以搞清隧道地区地质现状、产生原因、变化规律及发展趋势的,所以必须布置超前的地质工作。例如对大的滑坡体、断裂带等进行比较长期的、细致的观察、测试记录、资料分析,才能摸清滑动面位置、断裂带性质,预测其发展以及对隧道将产生的危害。对于超前水文地质工作也是这样,必须对隧道区域的地表水、地下水、大气降水进行雨季、旱季较长期的观察测试、记录,对水文方面的水位、流速、流量、水质等进行动态跟踪,然后再结

合资料进行统计、分析,综合论证、评价,才能查清隧道区水文地质条件,为隧道的方案选定、初步设计提供基本准确可靠的工程地质、水文地质资料。

5.4.8 初勘的调绘是在工可选定的隧道位置上对隧道地形、岩性、构造、水文地质进行野外调查、测绘。

1. 初勘阶段一般地质地区的调查、测绘,主要是通过对地表露头的勘查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。通过调绘主要应该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作出定性的评价,为隧道的方案选定提供第一手资料。

2. 不良地质地区的隧道调绘是指在有大的构造破碎带、滑坡、压矿区、采空区等地区进行地质调查、测绘。该区的调绘,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、揭露不良地质存在,找出它们之间的关系以及变化规律。对控制隧道方案及路线方案大的不良地质、特殊性岩土问题,应作出定性、定量评价,并从地质角度提出优选方案,为隧道方案设计和路线走向、工程造价等方案性问题提出指导性意见。具体不良地质的调绘可参照本规范中有关章节中的规定和条文说明办理。

3. 水下隧道的调绘较陆上隧道困难些。因水下隧道位于地表水体以下,露头少,隐伏的地质构造和地层不易揭露,实地直接调绘难度较大,能收集到的资料较少,所以,水下隧道调绘应以调查、访问、收集各类地质资料为主。如广泛收集隧道区域坝址、桥址、大型水下建筑物勘察资料和河床断面资料,为隧道的选址提供有参考价值的地质资料。另外,水下隧道部分或整个洞身位于地表水体以下,初步设计时往往根据当时勘察所提供的地质条件和水文条件等因素来考虑隧道的安全、稳定性,若在水下隧道附近修建水库或水电站等水利水电设施,必然要筑坝拦水,抬高水位,这就改变了设计时的水文条件,增大了地表水对隧道的压力,给隧道的安全带来了不同程度的影响。同时,水利、水电设施和高层建筑、大型建筑物的基础施工也难免对隧道的安全带来影响。所以,水下隧道应广泛收集水电、水利、大型建筑物的近期或远期规划中的拟建或在建项目资料,做到水下隧道修建与其他工程设施尽量不发生矛盾,能合理规划布局,统筹兼顾。

5.4.9 工程地质勘探

1. 勘探原则指一般情况下初勘应遵循的勘察规定,如初勘的勘探程序、内容等。但实际工作中应根据隧道区域地质条件、路线上的规模等来决定勘探方案、精度,勘探原则的执行应以满足初步设计为前提。

2. 在勘察过程中利用遥感信息资料的判释成果,能对隧道区的地质情况有大致、宏观上的了解。尤其是大的构造带或岩溶区、采空区等不良地质地区,充分利用遥感信息资料,对隧道地区有整体轮廓的了解,对指导下一步勘探有指导意义,可取得事半功倍的勘探效果。遥感资料是用摄像机和传送机取得的,在公路勘察中,应用其照片和镶嵌图是常见的。一般采用的MSS的6、7波段(近红外光波段 $0.6\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$ 和第二红外光波段 $0.8\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$)的影相片进行判释。因为6波段能重点反映植被、陆地和水域界线地形、光性;7波段能很好地穿过大气层,探测断层、岩层构造、大型节理网或其他构造特征等。通过MSS影相片的处理分析,可对隧道区的植被、地形、岩形、地层、构造带等进行圈定、判释,对隧道区的地质情况有基本的了解。

对于第四系覆盖层较厚的冲积平原、三角洲相地区,利用TM卫星图片(5、6、7)波段配合其他资料进行地质解释较合适。因为TM的5、6、7波段对地下水及温度场反应较敏感,对地质构造的研究也具有比较明显的解释效果。

水下隧道往往建在城市附近,一般利用MSS的4波段(绿光波段 $0.5\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$)着重反映移动的夹带泥砂的水流和圈定浅水区,如浅滩、暗礁等,也可辨别岩性的特征;利用5波段(红光波段 $0.6\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$)着重反映地物特征(如大城市范围),来对水下隧道的水文地质条件、隧道位置的选择进行分析研究,可节省因大量调查、测量、勘察而花费的时间和经费。热红外线探测设备等探测隧道范围某目标而发射出的红外线的不同强度(或热量),利用热红外线对温差反映敏感的特征可分析、研究覆盖层的冲积

层地区的断裂构造带,地下水渗漏位置、地热点、城区范围圈定,浅层泥炭沉积位置,覆盖了的古河道。通过上述项目的分析研究可大致选定水下隧道相对较优的位置和指导物探、钻探工作的布置。

航空图片具有比例尺大、分辨力高的特点,同时可以根据隧道区的地形、地质情况,自己设计航带选择适宜的波段进行拍摄。这对于研究隧道区某一地质问题或某一段路线走向是一种经济快速的手段。

航测照片和卫片以及其他遥感影相片的判释,需要一定的经验和技巧。首先要对各种影相片或磁带进行多种技术处理,近年来用计算机加密多光谱像片,使卫片资料制成常规航测照片一样像片,通过加密合成处理各种影相片,建立各片种影像特征之间的关系,就可以更加准确地进行统计分析,综合解释。所以,得到的解释、判释成果的正确性与否取决于解释者的实践经验和熟练程度。但无论多么清晰的影相片和高超的处理技术、实践经验,亦难免被植被、地形等造成的假象所迷惑而影响精度。所以,对卫片、航片中隧道范围内某些地点进行现场实地检验调绘是不可缺少的步骤;对于一些隐伏构造或地质疑难点,可采用物探、钻探等勘探手段进行探测、揭露,来进一步验证解释成果。

3. 物理勘探,对于大面积初步勘探是快速经济的,它所显示的是一条直线或一个面的综合情况。对隧道勘探,该方法能帮助探测基岩埋深起伏和隧道围岩分界面、地下洞穴和断裂构造带等,而不象钻孔那样只能反映某一点的有限的垂直线上的情况,所以,在隧道初勘中物探应广泛应用而且应较钻探先行一步。通过物探大面积的勘探来查明隧道区地层、岩性、构造等地质情况,再通过少量钻孔对不良地质、隧道区的地质重点或难点进行揭露,达到经济、快速、基本准确查明隧道区地质情况之目的。

物理勘探手段虽然多种多样,但每一种物探手段都有它的适应条件及使用范围。同时,物理勘探方法是高度专业化的,每一种方法都要有经验的操作者和解释者。对于隧道的勘探采用哪种方法、怎样布线、测点多密等,一般没有很明确的标准,应根据隧道区地形、地质条件和被测体的规模等来选定。本款第3)、4)项只是一般规定,对于山区高等级公路的整体式路基隧道或地质条件特别复杂的隧道,测线、测点可根据需要加密,或采用多种物探手段进行综合勘探,以便相互印证,建立地层的立体概念。

本款的第5)项一般应根据深埋隧道的围岩特征选用地震高分辨反射法。对于岩质隧道,在初勘阶段一般用地震勘探来确定岩土分界线、岩层的完整性、构造的发育情况。但折射法对于单一地层的探测深度一般限于几十米,而且只能用于下伏层波速随深度增大的地层,而采用地震高分辨反射法一般可探测到千米以上深度,适于探测深部地层、地下水位。

本款第6)、7)项对于煤层、矿体、采空区、溶洞、断裂构造等,不良地质应结合隧道的勘探,一般提倡采用多种物探进行综合勘探,以便相互印证,确定勘察成果的准确性、可靠性。对于水下隧道,其勘探难度较大、勘探精度难保证,过去一般采用电法、浅层地震法进行勘探,但随着科技的发展,物探技术、手段亦在不断改进提高,提倡采用电火花法、声脉冲、旁侧声纳等高科技成果进行勘探。因为这些物探手段可在水深数十米或百米范围内探测水底地形、地物、地貌、地层、岩性,一般能达到中等分辨率,而且快速、经济,尤其对于沉管法施工隧道的勘察是比较适宜的。

4. 钻探在隧道初勘阶段一般为辅助性勘探手段,钻孔要求少而精。对于陆上隧道除地质条件较差的洞口布设钻孔外,洞身除遥感调绘或物探发现有构造破碎带或其他不良地质需要布置钻孔揭露外,其余一般尽量不布置钻孔。但水下隧道一般要求洞口、洞身均有钻孔,而且应布置技术性钻孔。因为水下隧道采用物探,其勘探精度相对较低,而且在对水文地质、工程地质应有基本了解的情况下才能确定隧道位置、进行方案设计。

钻孔布置,一般要求在不影响隧道勘探精度的前提下把钻孔布置在隧道轴线两侧,水下隧道呈梅花形布设,是因为钻孔难免会形成地下水通道,呈梅花形布设也是防止钻孔间连道。所以,为了防止地下水对隧道施工造成隐患,隧道中线上的钻孔和 underwater 隧道的勘探孔要求做好封孔工作。

隧道勘探孔的深度,初勘期在很大程度上取决于隧道围岩特性和层序,当遇到无构造或构造不发育的较完整的火成岩体,钻孔深度可不受本款所规定深度所限;但土质隧道一般要求按本款深度进行勘探;岩质隧道则要求至少一个或两个钻孔进入完整新鲜岩层以下3m~5m,而且下面不会出现软弱夹层或岩性变化。

水下隧道其洞底设计标高在很大程度上取决于水文地质、工程地质条件,考虑承压水对隧道的影响,所以要求钻孔深度达到初步设计隧道洞底标高以下10 m~20 m。通过钻探等勘探工作基本查清了隧区水文地质、工程地质条件后才能确定隧道位置和初步设计。

钻探过程的跟班记录在隧道勘探中是十分重要的。地层生成过程中伴有损害健康或造成危害或对隧道有损坏的各类物质,如有害气体。其名称、特征及危害见表16。

这些有害或造成危险的各类物质埋在地下,未经钻探是难以确定其有无、埋藏位置、压力、储量多大,通过钻探揭露才能被发现。若钻探过程发现了而没有详细记录,不及时测试、取样、化验,甚至布置监测,也就不能查明各类有害物质对隧道的影响程度。所以,搞好跟班记录不但对隧区水文地质、工程地质条件勘探是必需的,而且对发现各类有害物质,查清其特性、危害等也是十分必要的。同时,隧道施工时也可备查原始跟班记录。

水下隧道和水文地质条件十分复杂的隧道钻探,除查清隧区工程地质条件外,还应考虑利用钻孔配合水文地质试验和物探测试来求得水文地质各种参数,达到查清水文地质条件之目的。隧道洞身的勘探孔可作为水文地质抽(压)水试验孔或观测孔,也可以利用钻孔进行地震或其他物探测试来搞清隧区含水层的性质。当然,必要的专门水文地质抽水孔或观测孔是不能少的,但应考虑一孔多用。

表 16 有害气体的危害性

气体名称	化学符号	相对密度 (相对于空气)	色、味、臭	爆炸极限 (体积) (%)	危 害 性
氧 气	O ₂	1.1	无色、无味、无臭	/	助燃
二氧化碳	CO ₂	1.5	无色、略带酸臭味	/	缺氧症、略带毒性
一氧化碳	CO	1.0	无色、无味、无臭	12.5~74	中毒、爆炸强烈的有毒体
二氧化硫	SO ₂	2.3	无色、具有强烈硫磺味及酸味	/	中毒、有强烈刺激性
甲烷 (瓦斯)	CH ₄	0.6	无色、无味、无臭	5.3~14	爆炸
二氧化氮	NO ₂	1.5	红褐色、青黄色、硝烟味	/	中毒、毒性较剧
硫化氢	H ₂ S	1.2	无色、臭蛋味	4.3~45	中毒、爆炸

在洞底标高3倍于洞径高度范围内取样做物理、力学性能试验,本款第7)项并非固定不变,实际工作中应该根据隧道围岩完整程度、坚硬程度、估计开挖后可能会影响隧道安全的范围而确定。若围岩完整、坚硬、类别较高,可在小于3倍范围内取样、测试,反之,应大于3倍范围。其他范围是否取样测试应视对围岩分类、定名是否对隧道施工、营运有无影响来决定。

对于测定隧道围岩的动力特征、原位模量或岩体质量和探查洞穴,采用拾振器放在钻孔内上、下移动,震源放置在地面测量称为下孔法。把拾振器放在地面上,震源放在钻孔内,从孔底开始在不同位置激震进行测量称为上孔法。震源放置在中心孔,拾振器放在周围钻孔中测量称为跨孔法。不管哪种方法均要求有钻探配合,钻孔内不能下导管,一般应在钻探结孔后马上探测;若有跨孔、回填,应及时清孔,以保证测量到不同深度的数据。

对于不良地质地段,低等级公路尽量避让,在该地段修建隧道极少,但高等级公路往往考虑其他因素(路线线形、纵坡、造价等),隧道方案不可避免,钻探工作也在所难免。一般布置钻孔目的较明确,如对滑坡的滑动面进行揭露或采空区位置、规模等进行探测,因而,钻孔数量、位置、深度、取样、试验往往视探测目的而定。为了达到勘探目的,收到勘探效果,钻孔可在调绘、物探的基础上合理布置。所进行的特殊项目试验,如断层带岩样磨片镜下分析、地质年代测定、滑动面岩样矿物鉴定等应根据勘探目的而选定。只有查清了不良地质的性质、规模、发展趋势,才能预测对隧道的危害,从而确定隧道的位置。

5.4.10 测试

本条指原位测试,原位测试是在岩土天然状态下不受人为扰动测得的各项性能指标,它的精度较室内试验高。本条主要指配合钻孔进行各类波速的测量以及动力触探、静力触探等原位测试。

1. 地应力测试,本规范推荐水压致裂法,是因为水压致裂法可以直接测量地应力,且测得的地应力数值较准确。这方法当然也有它的问题,主要问题是主应力方向测不准,而且其中还有一个假定,即垂直地应力作为中间主应力,实际测量结果有时不符。所以在本款的第2点强调利用构造分析和岩组分析方法来确定主应力方向。尽管有这些缺点,但测得地应力比较直观,适用条件较广泛。完整岩体能测,破碎岩体也能测;钻孔内无水能测,钻孔内有水也能测;浅孔能测,深孔也能测。所以目前公认这个方法是比较好的,故本规范推荐该方法。

3. 水文地质测试是利用钻探孔或专门水文孔进行抽水或注水试验,来求得各项水文地质参数。如含水层渗透系数、厚度、水位、流量等,这些是预测隧道涌水量不可缺少的资料。

水下隧道分层、综合抽水试验,其目的是求得各含水层和整套地层的水文地质参数。强调用离心泵或潜水泵,不用空气压缩机,是因为压缩空气在抽水时会带出大量泥砂,影响试验精度和破坏井壁形状。抽水孔以外布置观察孔的布置方向,多少排列,观察孔数量、间隔距离等应根据含水层深度、地下水流速等需要而设置,其原理方法可参考有关水文地质试验方面的书籍。

4~5 这两款指室内试验。室内试验分岩土物理、力学性能试验和地下水水质分析。岩土的物理、力学性能试验是了解岩土强度、工程力学性能,为隧道围岩分类、设计和施工支护提供地质依据,另外,也是岩土分类定名的需要。水质分析化验主要用于判别地下水对混凝土和金属材料的腐蚀性。

6. 隧道岩土分类没有专门标准,所以可按本规范中桥梁地基土分类标准办理,路基土分类按规范中相应标准办理。

5.4.11 围岩分类是初步设计阶段勘察工程地质评价的主要内容。通过围岩分类可大致确定隧道开挖难易、采用的施工方法、支护类型以及设计所需参数,如坑道土压及围岩的力学性能(弹性模量、泊松比、岩石强度等)。围岩分类应采用多因素多指标、定性、定量相结合的原则,如果仅根据工程地质及水文地质条件进行围岩分类评定,难免带有主观片面性。而只按弹性波速度来评定,又由于物探对地质解释的多解性,更难以确定评定,故一般采用两者相结合的方法,以使围岩分类定性准确,且具有定量指标。

围岩分类必须根据累积的大量勘探资料及工程实践经验,通过分析研究才能确定。我国公路隧道修建很少,又缺乏有关方面的总结资料,目前还无编制公路隧道围岩分类的条件,故本规范借用了我国铁路隧道围岩分类的规定。希望各单位在使用规范的同时,注意总结这方面的经验,为编制公路隧道围岩分类累积资料。

为今后累积围岩分类的资料,建议注意以下几个问题:

1) 工程地质描述和岩体结构特征指标的选用,宜繁简适度,使其既有代表性又有概括性,并能与岩体弹性波速有较明显的相关性,便于应用。

2) 按弹性波速度进行围岩分类,同按地质条件一样包括几个指标,如岩体弹性纵、横波;岩体及岩石波速比;岩体中低波速(小于1500 m/s)测点占全段总测点的百分数(表征岩体含泥质物程度)等。其中岩体弹性横波由于勘探设备关系目前还难于测定,但随着勘探设备的日益发展,有条件时仍宜测出横波,以便进一步研究能否将上述评定项目组成一个综合指标(即包括各项目的一个函数表达式),并应用这个综合指标来得到岩体与其力学性能($E \cdot V$)关系。

3) 围岩地质指标与其相应的弹性波指标综合记录列表存档,以便通过施工实践进行补充修正,作为围岩分类的最后资料。

4) 由线性弹性理论,弹性波在各向同性弹性介质中的波速,可按下式计算:

$$\text{纵波} \quad v_p = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \quad (17)$$

$$v_s = \frac{\mu}{\rho} \quad (18)$$

由弹性力学杨氏弹性模数 E 、泊松比 ν 与拉梅系数 λ 、 μ 的关系,上两式又可改写为

$$v_p = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\mu}{(1+\mu)(1+2\mu)} \quad (19)$$

$$v_s = \frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1+\mu)} \quad (20)$$

根据实测的岩体 v_p 、 v_s 值及岩体样品在室内测定的密度 ρ ，即可按下式计算动弹性模量 E 及泊松比 μ ：

$$E = \rho \cdot v_p^2 \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu} \quad (21)$$

$$\nu = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2(v_p^2 - v_s^2)} \quad (22)$$

勘测阶段一般用地震法测定地层的岩体弹性波速；施工阶段有条件时宜在坑道壁钻孔，用声波法测定沿孔深的弹性波速度值。从弹性波速度沿孔深的变化以分辨松弛区、应力集中区及未扰动区，并可按上式计算各区的 E 、 μ 值，为支护设计提供准确反映实际状态的设计参数。

5) 上面计算的 E 值为动弹性模量，而工程设计应采用静态值，所以还需要在实践中不断总结这方面的经验。有关动、静弹性模量的关系，中国科学院地质研究所文献曾提出下列关系式，可供参考：

$$E_s = 0.25 E_d^{1.5} \quad (23)$$

$$E_s = 0.25 E_d^{1.7} \quad (24)$$

$$E_s = 0.0025 E_d^{2.6} \quad (25)$$

式中： E_d 、 E_s ——动、静弹性模量(10^3 MPa)。

式(23)适用于岩石或完整岩体；式(24)适用于大部分岩体，包括裂隙和破碎的岩体；式(25)适用于松软、破碎而又充水的岩体。

岩体抗压强度也是检验与设计支护的一个重要参数。该院文献提出下式，供参考：

$$q_n = I^{1.5} q_r \quad (26)$$

式中： q_n ——岩体标准抗压强度；

I ——岩体完整系数， $I = \frac{v_m^2}{v_r^2}$ ；

v_m ——岩体波速(表征岩体的整体变形性质)；

v_r ——岩石样品波速(表征岩石结构强度)；

q_r ——岩石单轴抗压强度。

I 的方次随岩体破碎和松软程度而异，其破碎和软弱程度愈甚，则 I 的方次愈高。

6) 勘测阶段所得的地质资料及其评价，一般很难十分准确，故施工时洞内观测资料，特别是按新奥法施工时的各种量测数据是十分宝贵的。宜配合工作，留心收集整编这类资料，写好总结。

5.4.12 资料要求

1. 资料整理指外业勘察工作结束以后，首先应对各类原始资料进行分类整理，将资料收集齐全，然后对各类原始记录、图件进行编制、编绘，通过整编各类资料图件就可分析论证隧道的工程地质、水文地质条件。本款中列举的一些图件只是一般情况下应做的工作，若地质条件极其复杂或勘探中发现有损健康或造成危害的各类物质，作好动态观察记录，还应绘制出以时间为横坐标的各种有害物质随时间的变化情况，来分析其变化规律，预测其对隧道的危害性。

绘制各类图件主要为了分析与隧道有关的某一事件的变化规律、现状及发展趋势，作出定量评价。如对岩层裂隙的统计分析，求裂隙率，绘制裂隙玫瑰花图，是为了摸清裂隙发育情况，为隧道施工压浆提供参考资料；绘制 RQD 与深度关系图可以看出岩层在不同深度的完整性、强度的变化情况，为隧道围岩分类、隧道施工时衬砌提供地质依据。

2. 工程地质评价。通过收集资料、野外调绘、勘察等外业勘察工作和室内测试、整理、编制、分析、研究，对隧道的工程地质、水文地质条件应当作出正确评价，为隧道方案选定、工程设计、造价估算提供地

质依据。

在工程地质方面,着重的是隧道围岩评价。因隧道处在地下岩土中,它的安全稳定性、设计正确性、经济合理性、施工的难易程度、造价的高低主要取决于工程地质情况。水文地质条件评价主要有三个方面内容:一是评价隧道涌水量对隧道施工、营运的影响,防治处理;二是地下水对隧道混凝土和金属材料的腐蚀性的影响,三是隧道施工开挖后降低了地下水位,改变了水文地质环境,对周围工农业生产及人民生活的影响。

5.5 沿线筑路材料料场初勘

5.5.1 建筑材料对构造物选型和工程造价有较大影响,特别是修建二级以上的公路,需要大量的筑路材料。材料的质量、采运条件控制工程的投资,有时甚至影响路线的走向方案,故要求重视沿线筑路材料料场的勘察。

本条第4款规定勘察储量定为不小于工程设计需用量的两倍,而不是原规程规定的3倍。这是考虑到完成的勘察精度较高,另外,由于二级以上的公路工程沿线筑路材料用量本身就很巨大,再按用量3倍查明将会付出很大代价;同时,必要性也不大。关于计算储量的允许误差,其储量精度以规定完成的具体勘察工作量作保证。

5.5.2 筑路材料的勘察工作,在“工可”初步调查的基础上,进行调查、测绘、勘探和试验。测量计算要求基本达到一般矿产的C~B级精度,规定的探点密度基本是按此测量级别要求控制。

6 详细工程地质勘察

6.1 目的与任务

6.1.1 详细地质勘察工作,是初勘工作的继续,它是在修建原则、设计方案、技术决定已明确的情况下进行的。因此勘察工作应根据施工图设计的需要,按不同工程构造物的具体需要布设,为最终确定构造物位置、构造物布局、基础设计、地基处理、不良地质现象防治等提供详细的工程地质资料和设计需要的岩土技术参数,作为设计和施工的依据,避免因地质资料与实际情况不符而影响工程的施工和正常使用。

6.1.2 详勘阶段的地质工作,具有鲜明的工程针对性和服务性,要求根据工程设计意图、可能采用的施工方案,结合工程地质条件的复杂程度确定勘察工作的内容、工作量和采用手段。在勘察工作的进程中,勘察、设计应密切联系、相互配合,根据地质条件的变化、设计变动情况,及时调整勘察工作,以提高勘察质量,缩短工期。

对初勘比选后确定施工采用的料场,应进行现场复核,对个别疑点,必要时应进行补勘。新增料场,应按本规范的相关规定的要求进行勘察。

6.2 公路详勘

6.2.1 勘察工作应以初步设计的审批意见、设计意图、任务书和技术指导书为依据,合理布设。在这一阶段开始时,一般都有可能存在路线的局部方案问题,因此勘察工作的第一步是逐一对审批提出的需进行比选改善方案和地质条件复杂致使线位尚未具体落实的路段补充地质工作,并与设计人员一道研究将线位最后确定。再根据路基及各类防治工程构造物设计、施工的具体需要,通过勘探、测试,详细探明工程所在处的地质结构和岩土工程技术参数。在布设工作前应向设计人员落实构造物的位置、规模、结构形式、施工方案等,做到紧密结合工程设计的需要。

初勘所列各重点路段,经初勘核定需要特殊处理的,才进入详勘,作为重点工段。

详勘,应在初勘工作基础上加以详勘的工作,综合调整成果,核定控制横断面。其目的同初勘。

详勘资料要求中增加了提供地质调查和地质测绘、勘探、测试各项工作的基础资料,其内容包括:地质调查测绘方面有标准层产状测绘,露头点位、岩体节理裂隙调查统计点位及统计图式,岩体软弱结构面极射赤平投影解析图和结构面参数、调查统计图表等;勘探方面有勘探钻孔柱状图,坑、槽探剖面图等;测试方面有各种原位和室内测试、试验整理资料图表(如筛分曲线、剪切曲线、固结曲线及动、静力触

探曲线等)。

这些资料提供使用者查核或调整设计方案用。

6.3 桥位详勘

6.3.1 勘察重点

桥位详勘应根据主管部门下达的勘察任务书明确的设计意图与对勘察任务的要求进行工作。

桥位详勘应与桥梁设计紧密配合,其工作量大小,应随工程设计意图和采取的施工方案,结合工程地质条件的复杂程度而有所增减。但总的任务是通过地质调查与测绘、勘探和测试,详细查明桥位工程地质特性,对桥基稳定性作出分析、评价和可能的预测,提出可行的措施和建议。

根据多年来的勘察实践与广泛的调查研究证明:遵循勘察工作程序,明确勘察的目的与任务是首要的,但同时在勘察设计工作中,也要正确认识和处理好勘察与设计两者之间的关系。勘察工作是在一定设计意图指导下进行的,不适当的勘察会造成浪费;反之,经过勘察可能出现的复杂工程地质条件,促使改变原设计意图与所拟定的方案之事例也是存在的。因此,在公路勘察设计工作中,不能重设计、轻勘察,而需要充分了解与正确应用工程地质资料,使桥基设计合乎地基的地质特性和工程经济规律。故勘察和设计工作,需要紧密联系,相互配合,才能缩短勘察设计周期,提高勘察设计质量。

对地质复杂的桥基,应配合设计和施工单位参加必要的基坑检验,这样可以在现场论证勘察成果,更好地因地制宜处理不良地质问题;或根据基坑出现的复杂地质情况,补充少量勘探,以弥补工作中的不足,使地基处理建立在地质、设计、施工三结合的基础上,既可确保工作质量,又可提高勘察水平。

本阶段勘察重点是查明桥梁墩台地基基础岩体风化、软弱夹层,测试岩土物理力学性能,提供地基的基本承载力、桩壁极限摩阻力,结合基础类型,作出定量评价。这是很重要的。

随着二级以上公路工程的发展,在大江、大河上以及跨海公路工程的逐渐增多,特大桥梁工程需对工程地质勘察工作特别重视。如江阴长江大桥为一跨过江的悬索桥(1385 m),目前在世界上排第四位,所以把塔墩、锚碇部位作为勘察重点,并采用综合勘察手段,进行了钻探、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、压水试验等。这些都是为了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,并提出存在的问题及处理措施建议等。

6.3.3 工程地质勘探

物探在详勘中应用较窄,只有当不良地质影响到墩台基础,为减少钻探工作量并补充勘探资料时,方予应用。

物探在本阶段一般采用声波测井,在钻孔中测试岩石的纵横波速,进一步验证岩土体的结构、节理裂隙发育情况、断层破碎带的胶结情况以及岩体强度等。当有不良地质影响到墩台基础,可配合钻探进一步补充勘探,查明其影响范围。

钻孔布设应从基础类型及基础范围考虑。目前在高速公路上的特大桥都为6车道,桥梁宽度一般为31 m~32 m,桥墩在桥轴线上、下游,钻孔一般在桥轴线两侧各15 m左右布设,以查明桥墩附近的工程地质条件及岩土物理力学参数。从基础类型考虑,如斜拉桥或悬索桥的塔墩,都为群桩基础,由钻孔桩或打入桩组成,一般要十几根到几十根桩(如江阴长江大桥北塔墩有96根桩,其范围 $50 \times 50 \text{ m}^2$);又如,在水上设塔墩的南京长江第二大桥为斜拉桥,长江水深约12 m~32 m,从施工考虑采用钢围堰护筒,其埋深要达基岩面。所以,要求在水中查明基础轮廓线周边基岩面的标高,为制做钢围堰刃角,必须在基础轮廓线周边布设钻孔,如图6.3.3所示。当钻孔之间基岩面高差大于0.5 m时,还应在两钻孔之间再布钻孔查明基岩面标高。

6.3.4 原位测试

1. 在工程地质勘察中,为设计所提供的地质资料往往是用简化的地质断面图代替实际地质测绘与钻探记录;用岩石的平均指标综合代替试验成果。这种简化和平均值,在地质条件愈复杂时,与实际偏离值就愈大。因此工程地质原位测试能在现场直接测试实际的岩、土力学指标,具有极为重要的意义,所以本阶段应加强原位测试工作。

2. 本阶段的墩(台)、锚、桩位的地基承载力的确定,是由室内试验对岩(土)物理力学特性提出定量参数。由于取样具有局限性,不是全孔段取试样,仅取代表试样,而通过原位测试(标准贯入试验、静力触探等)可以补充取试样的不足。其原位测试成果与室内试验成果对比,一般原位测试成果参数值均比较直观,通过其成果分析对比,为设计可提供更可靠的设计参数。

6.3.5 地下水测试

有关抽水或压水试验应根据工程地质条件、基础类型确定。如江阴长江大桥北锚碇位于江北岸,锚体处于覆盖层,基础型式为沉井基础,从施工方案考虑应作抽水试验;而南塔墩处于南岸山体的边缘,距江边约50 m,江水位高程约3 m,初步设计时,采用扩大基础,基底标高-10 m左右。经过详勘阶段的钻孔压水试验,发现江水与地下水互通,而钻孔地下水位受潮汐影响很大,涨潮时,钻孔水位升高,落潮时,水位下降,所以在施工图设计时,采用钻孔灌注桩基础型式等,以解决地下水的影响。

6.3.7 资料要求

2. 工程地质报告内容

在勘察过程中,应及时整理和分析各项资料。外业工作结束后,应进行全面而系统地整理和分析,写出工程地质报告。其内容包括野外记录、原始资料、编绘各种图表和汇总试验资料等;此外,对有关初步设计勘察的而又需要全面应用的资料,也应一并归纳整理。

编写工程地质报告时,应全面论述桥基及其他构造物的工程地质条件,对专门性工程地质问题作出评价。

关于评价,过去认为是否可能发生工程地质问题及其规模大小,主要取决于地貌、地质构造、水文地质和岩土的工程地质性质等。目前这种不完善的概括,已难于达到桥基设计所提出的定量要求,需要运用岩体工程地质力学、岩土力学和桥梁工程设计等多方面的知识,结合测绘、勘探、测试(主要是原位测试)进行综合的向定量方向发展的工程地质评价。

根据初步设计所拟定的桥型、基础类型,提出适宜于地基工程地质条件的基础类型和埋置深度;对不良地质进行工程地质预测,提出防治措施;对设计的施工提出建议。

3. 图表资料

图件精度与详细程度要求:应与不同比例尺相适应,做到主题突出、目的明确、图面清晰、字迹端正、线格均匀并有主次,图面布置协调美观,应避免图纸间、图纸与报告间互相矛盾。

6.4 隧道详勘

6.4.1 详勘要求在初勘的基础上进行详细的勘察。对隧道围岩,通过初、详勘的各种勘察分段,更加准确的定出围岩类别,对工程地质、水文地质作出比初勘更加具体、以定量指标为主的正确评价,为隧道的施工图设计、施工方案的确定,提供确定、可靠的地质资料。

6.4.2 详勘前的准备工作,主要首先熟悉初勘资料和补充收集区域地质资料以及超前地质资料,然后制订出针对性强、具体细致的详勘方案。

6.4.3 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,为隧道区工程、水文地质条件作出正确评价。

6.4.4 勘探方法、手段。本阶段勘探强调以钻探为主,是因为这个阶段隧道位置一般已确定,而且初勘期间做了大量的地面调绘和物探工作,对隧道区的工程地质、水文地质条件有了基本了解,本阶段勘察主要是从点到面、由表及里来查清隧道范围内的地质情况,而钻探是最直观有效的手段,尤其是对水下隧道。

本阶段的地质调绘工作,其范围一般与初勘未查明的地质条件相适应。但初勘提出的重大地质问题或地质复杂的地段勘探点、线可较初勘密一些,追踪范围可放大一些。因为本阶段要求在初勘的基础上作更进一步的了解,一般不允许留有遗留地质问题(未查清的地质问题)。

6.4.5 地质调绘是隧道地质勘察的基本方法之一,本阶段调绘主要内容是初勘遗漏或隐蔽的工程地质问题,以及补充收集地质资料,重点是不良地质地段的详细调绘工作。

6.4.6 物理勘探在本阶段强调综合物探和结合钻探进一步对物探参数的确定。因为本阶段隧道位置已经确定,地质资料应满足施工图设计,必须保证勘察质量、精度。进行综合物探可对各种物探手段提供的资料进行相互印证、修正,达到进一步查明工程地质情况之目的,同时若初勘已作过一种物探,进行综合物探可验证初勘的资料。例如,用地震勘探发现隧道某处有构造破碎带(低波速区),在详勘期为了达到进一步准确可用电法勘探,看在初勘的低波速区电阻率是否异常,若确实两种物探方法有相同的解释,必要时还可以布置钻孔进行验证。

3. 对于初勘没有做过物探的隧道,在详勘期应按本条款规定的点线布置原则办理;若初勘已做过物探,但仍有未搞清的地质问题,详勘期物探应与初勘未查明的地质问题相适应,勘探点线布设亦可参考本款进行;若初勘已作过物探,而且地质条件已基本查清,详勘期不一定进行物探或只采用其他物探手段在局部验证。

5. 测定岩体和岩石弹性波速,目的是为了求得岩体的弹性特征,为判定围岩的破碎程度、为围岩分类提供定量指标。

7. 水下隧道详勘期主要是进行钻探,物探只作为辅助勘探手段。若采用物探,一般应配合钻探进行地下水流速、流向等水文地质参数的确定。鉴于物探的局限性和资料成果的多解性,对于水下隧道,如果不对水下地形、水深、流速等搞清楚,物探成果准确性更难保证,故提倡先搞清楚隧道区水底地形、水深、流速,再选用适宜的物探手段进行综合物探,以保证物探资料的可靠性。

6.4.7 钻探是隧道详勘的主要勘探手段,一般原则上隧道洞身、洞口均应有钻孔,通过钻探可进行地层划分、岩性鉴定,对岩层的风化程度、裂隙发育情况、地下水情况也有了了解;通过对岩土、水的测试可为围岩分类提供直观的资料,同时也为物探提供了对比资料。洞身孔的布置是为了揭露隧道围岩情况,但钻孔在穿过上部地层钻到隧道底板标高以下几米往往钻孔较深。因而建议洞身孔一般布置在洞身低凹处,一是可减小钻孔深度,二是低凹处往往是地层薄弱处、构造发育处,通过钻探可查明构造对隧道的影响。洞口钻孔一般宜布置在洞口以上山体30 m~50 m范围,是因为洞口部位往往地质情况较复杂。洞门位置、明洞长度、洞口位置一般根据洞口地形、地质来确定。考虑到洞口部位要有一定厚度的覆盖层,加上隧道的高度,因而对洞口以上20 m左右厚地层和洞口部位至洞门位置一带地质情况应有足够的了解,才能合理设计洞口部位构造物和确定施工方案。

水文地质复杂的隧道和 underwater 隧道详勘期必须进行钻探,钻孔位置、数量、深度、孔径大小、护壁形式等,不但应考虑工程勘探的需要,而且应与水文地质测试、物探测并结合起来考虑。水下隧道一般在详勘期隧道位置、洞底设计标高已基本确定;钻孔深度一般应超过隧道底板设计标高以下20 m,个别地方达50 m,主要考虑隧道洞底以下有无承压含水层或隐伏构造因隧道的施工开挖对隧道造成危害。另外,对隧道区地层垂向上有广泛的了解,为隧道选择更加理想的层位、标高提供了资料,同时,也为预测涌水量提供资料。除大量钻探外,在地质条件极复杂的地段,还应进行洞探,由点到面、由面到体对隧道的局部或全段进行横向、纵向全方位了解。因为水下隧道的成功与否,与水文地质条件关系密切,一个地方出现问题也许会前功尽弃。所以,水下隧道在详勘期间要求十分详细,彻底查清隧道区工程地质、水文地质条件,才能作出合理的施工图设计,确定适当的施工方案。

6.4.8 取样与试验,本阶段包括野外钻探取样(岩土样)、孔内取地下水样、各种有害物质的试验与分析样;勘探原位测试,室内岩土物理、力学性能试验,水质、有害物质化学分析、试验。一般情况主要是岩土物理力学试验和水文地质方面测验。通过取样与试验,结合野外勘察资料,为本阶段分段确定围岩类别、分段预测涌水量,为隧道施工图设计和施工方法、手段、措施提供准确可靠的资料以及建议意见。

6.4.10 水下隧道涌水量预测是水下隧道施工图设计阶段勘察必须考虑的工作。因为隧道位于水体以下,在水头压力下整个隧道范围内要求岩土层绝对完整、绝对隔水是难找的,除非沉管法施工的水下隧道。其它隧道不但应考虑天然状态下岩土的透水性能,而且应考虑隧道施工开挖或放爆形成地下空洞状态下岩土的透水性能,同时,还应考虑雨季、洪水期水位抬高时岩土层承压、透水性能。所以,对水下隧道涌水量预测工作应给予足够重视。

我国目前修建水下隧道较少,缺乏勘察、设计、施工方面的经验和总结资料,为此,今后宜注意收集总结这方面经验,为水下隧道的勘察、测试及涌水量预测积累经验,不断完善水下隧道勘察规范。

6.4.12 详勘阶段与初勘阶段的资料要求虽然基本相同,但详勘期地质评价要求以定量指标为主。对于围岩分类,要求对各种地质体有准确可靠的波速记录、完整齐全的测试数据;对于裂隙发育情况、岩芯采取率情况等,不但要有大量的原始测试记录,而且应对这些数据进行大量统计、分析,找出规律,为围岩分类、施工图设计提供定量指标;对于地下水涌水量预测,应在大量水文地质测试的基础上,对隧道分段作出涌水量随时间的变化规律(至少一个水文年),提出防患措施意见。

各类野外勘察的原始记录、统计分析、计算过程的资料底图、底表应分类整理,完整存档保存,以便施工期查阅。

7 不良地质

7.1 岩溶

7.1.1 在可溶盐沉积区修筑公路,不可避免地会遇到岩溶问题。岩溶作为一种不良地质现象,给公路工程的设计、施工带来了很大困难,在营运过程中也威胁着公路的稳定和安全。

在岩溶地区进行公路工程地质勘察,初勘阶段要以工程地质调绘作为主要的、基本的工作方法。通过调绘查明地表岩溶发育强度和分布规律,并进一步分析地下岩溶的发育、分布特点。岩溶的发育和分布是受地形地貌、地层岩性、地质构造和水文地质等因素的影响和控制的。从区域性看,其发育强度和分布是有规律的,但在局部地段,因各种条件的不同组合和变化,其发育和分布是没有规律的。工程地质调绘不但要查明影响岩溶发育的各种条件,而且还应查明其发育、分布的规律性和特殊性。

在有条件的地区和单位,在进行工程地质调绘的同时,应进行遥感影像的判释,这不但可以提高调绘精度,而且可以大大减少调绘工作量。

岩溶场地的勘探,初勘阶段要以物探方法为主,并遵循从面到点、先控制后一般的原则。不同路段物探勘探点位置,要在充分研究调绘资料的基础上,合理地确定。勘探点的布置应体现出地质条件复杂程度不同、勘探点疏密不同的原则。在判定的岩溶发育带和物性指标异常带布设少量钻孔,验证物探资料。

在下列地段应进行重点勘探:

- (1) 地表塌陷、地表水消失地段;
- (2) 地下水活动强烈和地下水涌出地段;
- (3) 可溶盐与非可溶盐接触地带;
- (4) 构造破碎带及其附近;
- (5) 褶皱轴部;
- (6) 物性指标异常带(点)。

岩溶场地的工程地质分区是以场地的稳定条件作为分区基本原则,其中“无岩溶区”和“岩溶不发育区”比较容易划分,“岩溶发育场地稳定区”与“岩溶发育场地不稳定性区”划分比较困难。因为目前对岩溶场地的评价还处于经验多于理论、定性多于定量阶段。在工作实践中,应根据岩溶洞穴的大小、埋藏深度、洞穴顶板厚度,路基设计标高以下至洞穴顶板之间的岩石类型、总厚度等各种因素,结合实践经验进行划分。

岩溶场地的评价,应从岩溶洞穴、土洞、岩溶水等对各类公路工程建筑物的不利影响,评价场地的稳定性和适宜性。对各方案地质条件的优点、缺点从宏观上作出结论。

7.1.2 本条主要规定了在岩溶地区进行公路工程地质详勘时应查明的岩溶问题和采用的工作方法。

勘察的重点地段是岩溶发育场地稳定区和岩溶发育场地不稳定性区。工程地质调绘用较少的时间和工作量,校核修改、补充完善初勘资料,主要通过勘探查明岩溶洞穴、土洞的分布、规模、顶板厚度和埋藏深度,岩溶水的水动力条件等。

勘探工作应采用以钻探为主,钻探与物探相结合的方法,两种方法的资料互相印证、补充。

钻孔深度要求,主要考虑洞穴顶板应有足够的安全厚度。根据《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91)的规定,钻孔在完整基岩内钻进5 m~10 m;根据长期在岩溶地区从事公路工程地质工作的专家们的意见,隧道和路基地段的钻孔深度,应在路基设计标高以下完整基岩内钻进5 m~8 m。

规定的试验项目,有一部分是为了求得进行工程设计所需要力学性能指标,另一部分是为求得评价洞穴顶板稳定性所需要的力学性能指标。如果在地场内不存在洞穴顶板稳定性问题,这部分试验可以不做。

在详勘阶段对岩溶场地和地基的评价,应该结合具体工程,对遇到的问题尽力作出定量评价。当隐伏于地下的岩溶洞穴的规模大小、形态特征、顶板岩体厚度和完整性很难查清,定量评价有困难时,应根据已有的经验和工程实践作出定性评价。

7.2 滑坡

7.2.1 初勘

1. 勘察重点

根据公路滑坡防治的基本经验及要求,本款按地貌、工程地质、水文地质、滑坡活动历史、水文气象五项分列。其内容较《公路工程地质勘察规程》有了明显增加。按所列内容逐一调绘,将会对滑坡的分布、形成、活动规律、稳定状况有一个较为确切的了解。

2. 勘探

本款侧重对滑坡面岩性特征的判释内容,为滑坡稳定性验算提供条件。因为查明滑坡面的特征,关系到对滑坡的定性分析与定量分析以及防治工程方案的论证、投资的规模和成败,应是勘探的关键点。

3. 试验

本款除一般试验要求项目外,在抗剪强度试验项目方面提出了较细的要求。它与第7.2.1条第1款的内容,即滑体各部位(主轴线上)的稳定状态,如蠕动、挤压、初滑、滑动、速滑、终止相配套。

本款考虑到碎、砾石土等无法取得原状土样进行试验,允许反算 c 、 ϕ 值。反算时应注意两点:一是不同稳定状态下的稳定系数不同,现推荐如下值供参考:

蠕动挤压状态 $K=1.1\sim 1.05$

初滑状态 $K=1.0$

滑动状态 $K=0.95\sim 0.99$

二是求得 c 、 ϕ 两个未知数,要在滑坡主轴线两侧各切做一个剖面图,建立两个方程组以便于反算。

4. 资料要求

本款对滑坡工程地质报告书的叙述及论述内容、层次做了详细规定,编写报告时可视滑坡规模大小、复杂程度在章节设置上灵活处理。

7.2.2 详勘

由于各个滑坡的规模大小、复杂程度不同,对公路工程危害(如对路、桥、隧的危害)程度亦不同,所设置的防治构造物多种多样,本条宜详细规定。执行规范时应依据路、桥、隧设计的具体要求及防治构造物的具体需要提供必要的工程地质参数。

7.3 崩塌与岩堆

本节标题是崩塌与岩堆。将崩塌与岩堆混在一起编写是为避免文字上的重复。大型岩堆皆与崩塌相联系,岩质崩塌物必然形成岩堆,而岩堆并非皆为崩塌所形成。

7.3.1 初勘

1. 勘察重点

本款中列入了坠石、剥落的内容。它是从岩堆的形成角度提出的,崩塌常与坠石、剥落而伴生,坠石、剥落也还可以单独存在。从公路地质病害的角度而言,这些都是不可避免的。本款就必然不同程度地涉及这些内容。

本款不只是着重成因、形态、发展、稳定性等调查与测绘,也注意到了落石运动轨迹计算的问题。按

本款规定项目调查的结果,可据以确定阻力特性系数、瞬间摩擦系数与恢复系数等计算参数。

2. 勘探

本款对钻探工艺未直接提出要求,只是为保证勘探质量,对获取钻探地质资料提出了有关要求,意在给钻探人员以充分的灵活性与创造性。

挖探是采取岩堆体产状及软弱夹层试样必不可少的办法。其挖探点的数量以视岩堆体的规模、复杂程度灵活采用为宜,故没有作出相应地规定。

3. 试验

本款规定的试验项目是一般要求,执行规范时要根据具体地层岩性确定试验项目,不宜强求统一。

4. 资料要求

本款增列了应用赤平极射投影的分析方法,以圈定不稳定坡体的范围;对局部不稳定岩体做实体比例投影,以计算可能崩落体的体积大小及稳定部分的边界。前者使用的不利结构面产状是统计值,后者是某特定结构面产状的具体值,这些在调绘时应予区分。

7.3.2 详勘

崩塌对公路工程的危害主要是撞击、掩埋及溅落物冲击、覆盖等,岩堆的主要危害是人工边坡坡体和坡面的不稳定、地基土加载后产生的滑动和流动。这些危害随路、桥、隧所处的位置、结构特点不同,其危害程度和主要危害特点有很大差别,因此防治工程特点也不同。执行本规范时应紧紧围绕施工图设计的实际需要而提供工程地质参数。

7.4 泥石流

7.4.1 初勘

1. 勘察重点

本款基本按泥石流的三个区发育完全的情况编写。勘察时不要忽略那些三个区不明显或堆积区缺失的泥石流。

泥石流的发生有周期性。对那些几年才发生一次的泥石流,在非活动期,植被已经恢复,很难辨认,需要借助地形等高线的分布,航片、卫片的判释以及河流相与洪积相沉积区别,认真勘察。

勘察时遇上泥石流正在活动的机会是极少的。对非活动期泥石流,只要按规范规定不漏项地进行收集资料,是可以大致推算出活动期泥石流容重、流量、流速的重要参数的。推算的经验公式很多,且都带有地域性,推算时要认真选择适合本地区泥石流特点的计算公式。

2. 勘探

本款增加了泥石流形成区的勘探内容。是指仅公路工程范围内很难进行泥石流危害的防治,或在源头进行防治可以降低工程造价的情况下才进行形成区的勘探。一般情况下不做要求。

3. 试验

对泥石流土样做颗粒分析,不同于土壤定名的颗粒分析。粉砂颗粒含量、粘土颗粒含量,小于1 mm颗粒含量对泥石流的性质划分是至关重要的。

泥石流沉积地层复杂,含有各种透镜体及软弱夹层,工程力学性能较河流相沉积稳定性差,地基承载力不均沉陷量较大,有的地区还有湿陷性,有关这些试验视泥石流沉积区的特点选择而做。

7.4.2 详勘

本条各款都强调了地基承载力的不均匀性。就是说对泥石流活动危害防治的同时,也要重视公路工程构造物及防治工程构造物的地基承载力的不均匀性的问题。

7.5 积雪

7.5.1、7.5.2 初勘和详勘

本阶段主要查明积雪对路线的影响和危害程度,依据勘察确定路线通过或绕越线方案,以满足设计的不同需要。

1. 积雪及类型

积雪系指自然降雪及风吹雪在一定条件下堆积的总称。积雪可分为自然降雪积雪和风吹雪积雪。

自然降雪积雪:系指降雪时形成的松散积雪。这种积雪一般危害不大,只有当积雪厚度大于30 cm时,才会影响交通,清除积雪的工作量也很大。

风吹雪积雪:系指降雪时或降雪之后,当风力大于起动风速(离地面高1 m,风速4 m/s~5 m/s)时,风挟着雪粒运行,形成风雪流,风雪流遇到障碍物或地形变化处,风速急剧减弱,风雪流中挟带的雪粒在减速区沉降、堆积,这个过程称为风吹雪积雪,简称风吹雪。雪害一般系指风吹雪,大的风吹雪能造成公路淹没、交通阻断,危害极大,也是调查的重点。

2. 风吹雪形成条件及堆积类型

风吹雪形成条件:丰富的雪源,起动风力,使风力减弱的地形、地貌或地物条件。

风吹雪堆积类型:背风积雪,迎风积雪,弯道水平绕流积雪,沟口辐散积雪,复合型积雪。

背风积雪:风顺山坡坡向吹,公路处在山坡背风面,风雪流进入地形改变处或边坡上方向,风截面急剧扩大,产生旋流,风速减小,雪粒沉积,积雪在背风坡以雪檐或雪包形式向前推进,,堵塞交通。

迎风积雪:风逆山坡坡向吹,公路在山坡上处于迎风面,风雪流越过路基边缘时,风截面急剧收缩产生旋流,风速减小,雪粒沉积在迎风一侧堆积延伸,堵塞路基。

弯道水平绕流积雪:风向平行或基本平行公路走向,当公路绕山转弯或回头转弯,风雪流截面扩大或受阻产生水平或竖向绕流,雪粒沉积,弯道半径越小,回头愈靠近山,则积雪越严重。

沟口辐散积雪:风向平行沟谷走向吹,风雪流到达沟口时,风截面急剧扩大,风速减小,雪粒沉积形成积雪。

复合型积雪:上述几种积雪类型兼而有之,一般称为复合型积雪。

3. 风吹雪与地形、地物及路基断面形式的关系

风吹雪与地形、地物的关系:风吹积雪都是在特定的地形环境和一定的地理部位形成的。风雪流在平坦地区沉积较少,当遇到地形突然变化如陡崖、山丘、沟谷口等,或者遇到障碍物如树林、草丛、土丘、乱石堆等,风速急剧减弱,形成大量的积雪堆积。

风吹雪与路堤的关系:当路线走向与风向平行或基本平行,路堤上一般不积雪;路堤高于当地最大积雪深度,路面上一般不积雪;

路线与风向正交或斜交时,可放缓边坡,一般采用1:4,路堤上一般不产生风吹积雪。

风吹雪与路堑的关系:风吹雪地区应避免设计路堑,尤其是路线走向与风向有交角时,必然会产生积雪,即使做大量防治工程也难于避免积雪。为此应尽量提高路基标高,设浅路堑(小于1 m)或设敞开式断面,增设贮雪场以减轻积雪的危害。

4. 风吹雪地区选线原则

路线走向力求与冬季主导风向平行或交角尽量减小;越岭线尽量选择最低标高垭口;路线尽量设在阳坡;充分利用开阔谷地、台地、山梁、山脊等有利地形;路线尽量设在迎风坡上;路线尽可能采用大半径、小纵坡,尽量避免在一个山坡上设回头弯。

7.6 雪崩

7.6.1.7.6.2 初勘和详勘

雪崩地段工程地质勘察的目的是通过勘察,查明雪崩分布范围及对路线的危害程度,确定路线通过或绕避方案,以满足雪崩路段设计的不同要求。

1. 雪崩及其分类

1) 雪崩:巨厚的雪层从陡的山坡滑下或沿沟槽中溜滑,由此引起大量的雪体崩塌,称之为雪崩。

2) 雪崩分类:雪崩的分类方法很多,通常按雪崩运动的地貌特点分为:

(1) 坡面雪崩:沿平缓的山坡面下滑,速度慢、冲击力小,崩塌量不大。

(2) 沟槽雪崩:沿固定沟槽运动,速度快、冲击力强,崩塌量多,常造成构造物破坏、交通中断。

(3) 跳跃雪崩:雪崩运动时遇到陡崖或急转弯,雪体发生跳跃,腾空而起,其运动速度大而引起气

浪,破坏力最大。

2. 雪崩调查

雪崩的形成应有一定的地形地貌、气象和雪源等条件。雪崩多发生在山高坡陡、沟槽较长、高差大、沟源头有大的积雪盆地或积雪漏斗等储雪之地。气候冬季漫长而寒冷,春季融雪水下渗,在底部形成融冰层,雪层的抗断强度降低,加之枯草向下倾伏成天然的滑动面,雪崩一般发生在 $20^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的山坡上,或纵坡较大、一般在 35° 的沟谷中。根据这一特点,在调查中应着重选择好调查时间和发生雪崩的地形环境和雪崩后留下的痕迹。雪崩一般发生在每年的3~4月,而调查的时间最好在4~6月,这时雪崩期已过,雪崩留下的痕迹新鲜可辨认。调查地点以储雪盆地、凹地、纵坡度(35° 左右)较大的沟槽及雪崩堆积锥。储雪盆地多分布在不同高度的分水岭附近,底部比较平缓($15^{\circ}\sim 25^{\circ}$),而后壁坡度陡达 30° 以上,出口比较窄而且较陡。积雪融化后,这些低洼盆地内仍然可看到残雪或堆雪斑点,雪融化后,土比较潮湿,植被生长比附近的晚,多生长喜冷喜湿植物群;雪崩沟槽由于雪崩运动时的破坏,沟槽内无多年生的树木,基岩常裸露,偶尔有少数灌木,但多半向下坡方向弯曲或折断,沟槽内由于比较潮湿草本植物生长较好。有时在裸露的新鲜基岩壁上,还可以见到雪崩运动时所携带的石块刻蚀的擦痕。在大的雪崩槽中,在两侧还有较大石块堆积的石垄。在沟口常可见到不稳定碎石、块石堆积的雪崩锥。有些大的雪崩,巨石块可以冲到河谷对岸,将河中的沉积物翻起,形成雪崩鼓丘。

3. 雪崩区选线原则

路线应尽量选择雪崩沟槽较少的地带通过,如果必须通过,路线应尽量在雪崩锥的外侧通过,以减少雪崩对公路的冲击力,减少公路上的堆雪量。越岭线尽可能敷设在雪崩安全区,绝不可在同一雪崩沟槽内回头多次通过。布线时不仅要考虑本岸雪崩的分布及危害,还要考虑对岸雪崩的冲击或气浪的影响。

7.7 风沙

7.7.1 初勘

1. 勘察重点

风沙的形成、堆积形态、运动方向、运动与堆积的速度,是受区域性的大的自然条件控制。防风固沙是一个大课题,不像治理一处滑坡、崩塌等那样范围窄小、简单。但改变局部地形、风向、起沙条件也还是可以延缓沙丘、沙堆运动速度或防止其发展,适应公路建设的要求的。

本款所要求的各个项目不是独立的,应前后对照,目的明确。如临界起沙风速与地表状态有关;利用植物固沙就要选择适合当地生长条件的植物;调查微地形对气流的干扰是为了输沙、挡沙及固沙范围的需要等等。

2. 勘探

勘探长度应包括沙丘及中立带完整微地貌形态单元和防治范围。勘探点数量未做要求,不是无要求,它应与取样、试验相配合。

3. 试验

本款所列试验项目有些是从防沙固沙角度提出的,有它的特殊性。譬如沙丘内的土壤天然含水量不一定都与地下水相联系;日温差很大的地区,沙丘表层天然含水量与大气凝结水有关,它可能是耐旱植物生存的重要条件之一。至于有关路、桥、隧的试验项目要求,可查阅有关章节,本款未再重复。

4. 资料要求

风沙区工程地质报告中所涉及的区域性的风沙形成、堆积、运动等规律,只是为说明公路工程所处的必然危害的现状和风沙防治的指导思想。这部分虽不可缺少,应尽量简洁概括,重点要放到公路工程附近的自然环境及论述防治沙害上来,即讲清各种防治措施的依据。

7.7.2 详勘

7.7.2.1 勘察重点

勘察要为设计的防治方案(如输沙、挡沙、固沙等)具体设计提供工程地质依据。要预测新建公路可

能产生沙埋的具体位置、规模、防治措施的效果等。如聚风板、挡沙墙、沙障等都可视为改变局部微地形,必须了解微地形变化影响到气流运动的改变,使风沙沉积环境朝有利公路建设、营运方向改变。固沙实际是防止原有风沙堆积物的再搬运,固沙材料视当地可能与经济原则选用。植物固沙,在宏观上看是经济合理的,是全社会共同努力才能成就的事业,公路建设也可以在局部做出应有的贡献。水是植物生存的命脉,要调查水,首先是土壤天然含水量的大小;再是地下水、外引水源利用的可能性,及水质问题。土壤的肥沃程度主要是有机质含量等,要尽量调查适合当地生存条件的植物种群,筛选出最易成活的耐旱、耐盐碱、耐贫瘠土壤的物种加以利用。

7.8 采空区

7.8.1、7.8.2 公路选线遇到现在采空区或未来采空区时,一般都采取绕避方案。遇到老采空区时,应视其上部覆盖层是否稳定、地表变形是否停止来决定采取路线穿过采空区方案还是绕避采空区方案。在决定方案前和进行施工图设计时,都要对采空区进行工程地质勘察。

采空区的工程地质勘察,要通过收集资料和调查访问,必要时辅以物探、钻探和地表变形观测等工作查明地表变形特征及其稳定和发展趋势。

大型矿区一般均做过勘探工作,有大量的资料可供使用。有关的基本资料,如各种地质图、矿床分布图、采空区的位置、开采时间、开采方法、顶板管理方法以及有关地表变形及观测资料等应尽量收集齐全。

老采空区的上覆岩层,经过长期的弯曲、下沉或塌陷,地表变形已经完成,整个采空区地表处于稳定状态,在这样的采空区修建公路,受地表变形的影响的可能性很小。现在采空区上部的岩层,正处在变形阶段,随着采空区的不断扩大,地表变形也会不断发展。因此,现在采空区不适宜修建公路。

在公路选线时更多的是遇到小窑采空区。小窑一般是手工开采,采空范围小,开采深度浅,一般多在50 m深度范围内,最深的也有达200 m~300 m的,平面延伸100 m~200 m;多数情况下以巷道采掘为主,再向两侧开挖支巷道,分布无规律,巷道多呈网格状,多数不支护或临时支护,顶板任其自由塌落。小窑采空区地表变形的特征是:采空范围较窄,地表不会形成移动盆地,采空区较浅,上部岩层又任其塌落。因此地表变形剧烈,大多产生较大的裂缝和陷坑,裂缝沿采空巷道方向展布,随开采工作面的推进,裂缝也向前发展。

在小窑开采以前,一般很少进行过地质勘探工作,收集资料主要向有关单位调查访问,必要时进行工程地质调绘、物探和钻探工作。

小窑采空区的稳定性评价:首先确定地表塌陷和地表裂缝的范围;其次要确定安全距离,就是公路工程不受裂缝、塌陷影响的最小距离,一般应大于15 m。当公路必须在采空区地表变形影响范围内通过时,应根据经验和有关资料对采空区顶板进行稳定分析,并确定采取何种措施。

7.9 水库塌岸区

7.9.1 水库岸边公路要避免水库塌岸的威胁,应在路线布线前查明水库塌岸的最终宽度,为布线提供依据。

水库塌岸一般有两种形式,一种是因受水流的冲刷和波浪的淘蚀作用,由松散岩层组成的库岸不断的坍塌后退,这种形式的塌岸过程较缓慢,有的经过数十年后才会停止;另外一种形式是由于水库的水位升高后,组成库岸的泥质岩层被水软化,强度明显降低,其上部岩体失去平衡,在重力作用下急剧下滑,这种形式的塌岸具有突发性,破坏力较大。

较大型的水库一般都进行过工程地质勘察工作,在进行水库塌岸的工程地质勘察前,要充分收集和利用这些资料以减少勘探工作量。

路线经过地段已有水库塌岸预测资料,本阶段可不作塌岸预测工作,可利用收集的资料评价场地稳定性并确定路线受影响的范围。

本条规定调绘范围一般限于公路线位与库岸之间的距离不大于250 m的地段。确定这个距离的根据是,我国在修建50年的水库,预测的最终塌岸宽度的最大值为255 m。在工程实践中,这个距离定为多

少才恰当,应根据水库岸坡的地形特点、组成库岸岩层的结构特征、地质构造和地下水的埋藏情况以及岸边水深和水边线凹凸情况进行综合分析后确定。

塌岸宽度预测时应注意水库蓄水时间长短对塌岸的影响。我国某水库蓄水的最初10年塌岸宽度占最终塌岸宽度的56%;最初20年的塌岸宽度占最终塌岸宽度的90%;50年的塌岸宽度占最终塌岸宽度的96%。我国黄土地区某水库,最初4年的塌岸宽度占蓄水10年后塌岸宽度的90%~95%。水库塌岸速度随着蓄水时间的延长逐渐减慢,经历相当长的时间后,最终停止。这样的水库可以不考虑塌岸问题。

7.9.2 详勘阶段水库塌岸的工程地质勘察工作,主要是准确的确定路线受塌岸影响的长度,并查明塌岸防护工程场地的工程地质条件及岩土体的物理力学性能指标,为防护工程的设计提供资料。

本阶段的工程地质勘察工作应在初勘已查明受塌岸影响的路段内进行,在初勘资料的基础上,加强勘察深度,通过修改补充完善初勘资料,准确的确定路线受塌岸威胁的路段。同时,还要根据塌岸的具体情况,确定防治方案,查明防护工程场地的工程地质条件和岩土体的物理力学性能指标,为防护工程的设计提供地质资料。

在进行塌岸预测的工程地质勘探时,应该与防护工程场地的勘探结合起来综合考虑,尽量做到一孔多用,减少勘探工作量。

塌岸的防护工程的基础应埋置塌岸影响深度以下,因此防护工程场地的勘探孔的深度,不得小于防护工程所在位置塌岸影响深度以下3m~5m。

7.10 强震区

7.10.1、7.10.2 初勘和详勘

本规范强震区适用于《中国地震烈度区划图》中所规定的基本烈度为7、8、9度地区的公路工程地质勘察。

根据建设部、国家计委(89)建抗字第586号“关于印发《新建工程抗震设施暂行规定》通知”的精神,基本烈度为6度地区的主要交通通道及百万人口以上城市的公路工程均要按7度设防,其余可采用简易设防。从抗震设防政策的要求而言,将基本烈度为6度的地区有条件地包括于强震区之内,并按有关要求进行勘察。

1. 勘察重点

强震区工程地质勘察是为建筑物场地选择、抗震设防提供地质资料及设计参数。勘察时应特别注意历史地震、宏观震害、活动断裂和发震断裂的调查研究。地震的发生往往和活动断裂有关,特别是一些深大活动断裂往往是强震发生带,而地震又常常发生在活动断裂的一些特殊部位,如不同方向的活动断裂的交汇部或汇而不交部位、活动断裂的拐弯段、强烈活动部位及端部等。野外勘察时应注意调查这些部位的地形、地貌、岩层变化和第四纪地层的结构、厚度等特征。

2. 建设场地的抗震稳定性评价

地震波是通过岩土介质传播的,岩土的地质结构、物理力学性能决定了地震波传播的衰减规律和地面震动的强弱,即地震强度与基本烈度。因此在勘察过程中要十分重视重点工程地段的工程地质条件和水文地质条件的调查,划分出对地震有利地段、不利地段和危险地段,根据建筑物的不同等级,对建设场地的抗震稳定性作出评价。

3. 活动断裂的鉴别

活动断裂目前尚没有统一的定义,不同学者解释不尽相同。传统地质学认为“活动断裂是第四纪以来,特别是现今有活动特征表现的断裂”;但工程界普遍采用《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)所确定的涵义,即“在地质历史时期形成的断裂,在全新世以来有过活动,在未来工程使用期内(50~100年)可能再次活动的断裂”叫活动断裂。本规范采用这一定义进行调查和鉴别活动断裂。鉴别活动断裂的方法目前比较普遍采用的有:查阅区域地质及历史档案文献资料;遥感技术;野外地质调查;物探及测量。鉴别活动断裂的详细内容参照《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)条文说明第4.8.4条和第4.8.5条。

4. 地震烈度复核及地震危害性分析

《中国地震烈度区划图(1990)》说明指出“图中标示的地震烈度值,系指在一般场地条件下,50年期限内,超越概率为10%的烈度值。本图可作为国家经济建设和国土利用规划的基础资料;一般工业和民用建筑的地震设防标准;制定减轻和防御地震灾害对策的依据”。图上所给出的烈度值就是地震基本烈度值,对于一般的工业与民用建筑,以基本烈度作为抗震设防烈度,不再进行烈度复核或鉴定。对于一些重大的建设项目和特殊工程或要求50年超越概率值小于10%的重要工程项目,应进行建设场地的地震烈度复核或地震危害性分析及地震小区划。而这些工作是专业性很强的工作,涉及地震工程学的深层次的理论问题和实际工作方法问题,已超出了本规范及土木工程师们专业范围,应委托给从事地震工作的专业部门承担。委托的具体内容和要求应按国家地震局科技监测司1988年颁发的《地震小区划工作大纲》(试行稿)的规定执行,应提供完整的报告和图件。

地震小区划与中国地震烈度区划的区别在于研究的区域较小,因而能够较详细地,甚至定量地研究各种因素的影响,分析结果也可以用定量的地震动参数给出。当然地震小区划这项工作,目前尚处在发展和完善阶段。根据《地震小区划工作大纲》的要求,地震小区划的主要内容是:

1) 根据工作区域及其周围一定范围内的地震环境(地震地质构造、地震活动性和区域地震动衰减特性)和场地条件,估计工作区域的基岩地震输入;

2) 用地震反应分析方法计算地面运动参数,估计局部场地的岩土及水文条件对地震的影响;

3) 判别发生液化、震陷、滑坡、山体崩塌等地震灾害的可能性,并勾画出上述震害可能发生的区域。

地震危险性分析,是地震小区划中的一项重要工作,主要内容有:①震源识别及地震发生概率模型的建立;②确定地震动参数衰减规律以及场地基岩地震动参数估计;③地震危害性的概率分析;④基岩地震输入的生成等内容。

7.11 地震液化

7.11.1、7.11.2 初勘和详勘

1. 关于液化和可液化土

我国是多地震国家,液化区域分布很广,液化引起的地面变形和地基层失稳、建筑物破坏也相当严重,做好可液化土层的工程地质勘察工作意义重大。按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)的规定,地面以下20m范围内存在的饱和砂土或饱和亚砂土在强震时可能发生液化,本规范称为“地震液化”。所谓“液化”是指土由固态转变为液态的一种物质状态的转变。而工程上定义的“液化”是以宏观震害为依据,它主要是以强烈地震时,在地表是否出现喷水、冒砂和液化滑移等宏观震害而定,不完全等同于室内试验“固态转变为液态”、“初始液态”、“完全液化”等液化概念。因此工程上的液化判别强调采用以震害调查为基础的宏观判别和以原位测试及室内试验为主要依据的进一步判别相结合的方法,而且先从宏观调查入手。由于地震作用发生液化和地形、地貌、岩土性质、地下水等多种因素综合作用有关,因此对可液化土进行调查时,应特别注意地质构造、历史地震活动、地形、地貌,特别是微地貌的调查。

2. 液化判别

液化判别按《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)的规定执行,对可液化土先初步判别是否有可能液化,经初步判别有可能液化的土层,再通过标准贯入试验进一步判别土层是否液化;凡是判别为可液化土层的,应按现行国家标准《建筑抗震设计规范》(GBJ 11—89)的规定,确定液化指数和液化等级,据此对液化危害的程度作出具体分析和评价,提出比较符合实际的抗液化措施。

3. 关于静力触探判别

液化的进一步判别除《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)规定的标准贯入试验法外,还有许多其他方法。条文中提出必要时可采用静力触探法,这是《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)推荐的。单桥探头和双桥探头静力触探判别法效果比较好,已纳入《铁路工程抗震设计规范》和铁道部《静力触探技术规则》,鉴于交通系统公路工程勘察中已广泛使用静力触探,为此本规范推荐这一方法。这对一些重点工程项目,有更多的指标进行对比、分析是有利的。有条件的单位可以采用,但不强调非用不可。

4. 关于标准贯入试验

标准贯入试验是一个比较简单而且适用的原位测试方法,在工程地质勘探中广泛采用。众所周知,标准贯入锤击受多种因素控制,如钻进方法、标准贯入设备、操作的熟练程度和准确性等。为使标准贯入的锤击数尽可能符合实际,为此要求原位测试时,禁止使用冲击钻进方法,必须采用自动落锤,严格控制落锤高度,严格执行操作要求。标准贯入测试点要足够,每个工点的每个液化土层的标贯试验数,中桥不得少于6个,大桥、特大桥不少于15个。这样实测的标准贯入锤击数,采用经过修正的平均值更准确些。

5. 关于“亚砂土”

“亚砂土”这个名称在《公路土工试验规程》(JTJ 051—93)中,对公路土的定名有新规定,亚砂土这个名称已不用了,但为了和《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)保持一致,仍然用“亚砂土”这一名称。

6. 关于勘探工作量的问题

对可液化土的工程地质勘探可以和桥位、高路堤等重点工程地段的工程地质勘探结合进行,这样可以减少重复勘探工作量。对可液化土层的勘探,重点突出查明地面以下20 m范围内存在的饱和砂土或饱和亚砂土层,并配合原位测试采取原状土样,判别液化的可能性。为了确保判别的可靠性,要求标准贯入要准确,用薄壁取土器采取原状土样不能少于3组。

7. 液化危害性评价

地震液化及其危害性评价,就是要预测地震液化发生的可能性,预估液化对建筑物的危害程度,进而考虑采取某些措施以防止或减轻液化的危害。评价分为定性和定量评价,在定性评价方面,可液化土层的厚度越大,土的密度越小,埋藏越浅,地下水位越高,可液化土层距离建筑物基底越近,液化产生的沉降就越大,对建筑物的危害程度也越大。而工程实践中往往需要的是定量评价,目前定量评价方面采用国家标准《建筑抗震设计规范》(GBJ 11—89)的规定计算液化指数,确定液化等级,据此对液化危害的程度进行具体分析,对桥梁基础类型选择、路基防治进行评价并提出抗震措施的建议。

7.12 涎流冰

7.12.1、7.12.2 初勘和详勘

通过工程地质勘察,查明涎流冰对公路的危害程度等。现对有关的几个主要问题说明如下:

1. 涎流冰及分类

1) 涎流冰:在气候寒冷地区,由于地下水或地面水漫溢于地面或冰面上的缓慢流动在负温度的持续作用下,随流冻结从下而上逐层冻结形成的积冰,这种现象称为涎流冰(东北地区又称为冰湖)。

涎流冰一般发生在冬季或初春。冬季土壤封冻前后,随着气温逐渐降低,涎流冰开始形成,以后气温持续下降,涎流冰受不断漫流而加厚。冬末春初气温回升,在日照及昼夜温差的影响下,白天表面消融、漫流,夜间冻结。春季气温逐渐升高,涎流冰开始融化并逐渐消失,大的涎流冰给交通安全带来严重的危害。

2) 涎流冰分类

一般划分为山坡涎流冰与河谷涎流冰。

(1) 山坡涎流冰:系指公路附近的山坡上,天然露头的地下水流或者路基挖方边坡上人工露头的地下水流形成的涎流冰。

(2) 河谷涎流冰:系指沿河谷漫流的泉水、溪水、地表径流、融雪水形成的涎流冰,或沿河流浅滩或已冻结的河面由承压的或无压的河水漫流形成的涎流冰。

2. 涎流冰的分布及影响涎流冰形成的因素

1) 涎流冰分布:涎流冰主要分布在我国东北、西北、西藏及川西高原等高纬度和高海拔地区,特别是在寒冷、潮湿、地下水丰富的地区尤为严重。

2) 影响涎流冰形成的因素:主要是水源和气候,其次是地貌、地层岩性。

水是形成涎流冰的主要因素,涎流冰多出现于地下水露头、泉眼的下方,地下水源越丰富,出现的涎

流冰就越严重。

涎流冰多出现在山岭区及重丘区,山坡下部比山坡中部出现的多,阴坡比阳坡多,出现最多的部位是坡脚、洼地、沟谷及河流附近的冲积、坡积和洪积层地下水丰富的地层。

植被发达的地方,地面有一层很厚的树叶,能起到良好保温层作用,往下渗透的地面水在落叶覆盖层下沿着不透水的地面流动,流到覆盖层不发达的灌木林处,水就露出地表,在负温度的作用下形成涎流冰。

夏秋多雨的年份,涎流冰补给的水源丰富,如果冬季气温低、负温度持续时间长,则涎流冰较严重,反之则较轻。降雪早而厚时对土壤起到天然保温层作用,使地下水从不冻层流走,涎流冰较轻。如冬末春初降雪多,日照强时,融雪水多,涎流冰较重。

3. 涎流冰地段勘察要求,新建公路涎流冰调查比较复杂,除对路线通过地段的地下水露头、泉眼、地表水流等进行调查外,关键要注意调查路线削坡地段,因路线切割了含水层,易形成涎流冰。这些地段应通过水文地质调查,查明含水层的厚度和性质,地下水的补给范围、流向、流量及随季节性变化的排泄方式。在调查中还应配合访问群众,了解涎流冰的形成情况等,以便准确地提出防治措施。

8 特殊性岩土

8.1 黄土

8.1.1 初勘

1. 黄土地貌与黄土地层及其工程性质有着密切的内在联系,“初勘”应加强对黄土地貌的调绘工作深度,故本规范对地貌、地质、气候、水文调查规定了较多的项目。

2. 不同的黄土层有其各自特点的工程性质,加强黄土层的调查工作深度,可以减少勘探工作量,故本规范对此提出了更多的要求。

3. 当地有关部门在防治黄土病害方面积累了丰富的经验,初勘列入这部分内容,其目的是使地质人员对工程方案、工程设计论证时,能够掌握主要的依据。

4. 黄土有着良好的直立性,因此勘探工作应尽可能地采用挖探(探井、探槽),以便有效地降低勘察费用,加快勘察进度。

8.2 冻土

8.2.1 初勘

1. 勘察重点 本款与原规程相比,增加了季节冻土的内容,提出了多年冻土发展趋势的问题。在叙述中,鉴于多年冻土地区的季节冻土层本身就是季节冻土,把对季节冻土(包括多年冻土地区的季节冻土层)的要求作为一般要求,而对多年冻土的勘察作了特殊要求。其余内容与原规程基本相同。

多年冻土的含冰量和结构特征包含了地下冰层的问题,故未将地下冻层的问题专门列出。另外,冻土不良地质现象既包括多年冻土地区的冰椎、冰丘、冻胀丘、融冻泥流和融冻滑塌、热融沉陷、热融湖塘和冻土沼泽等,也包括季节冻土的冻胀鼓丘、翻浆等。这一点应予以注意。

冻土地区的气候环境研究表明,多年冻土的存在与多年平均气温有相关关系,但由于地表条件和地质条件的不同而有所差异。国标《冻土工程地质勘察规范》中对多年平均气温与多年冻土分布的关系进行了简述,但由于缺乏系统的资料,把这个问题写入本规范的条件尚不成熟。实际工作中,可在熟悉区域资料的基础上,调查地温、冻土在平面、剖面上的变化和分布规律”。

年最大冻结深度是对季节冻土而言的。年最大融化深度是对应于年最大冻结深度提出的。垂向衔接的多年冻土地区的最大冻结深度大于最大融化深度。季节冻土和垂向不衔接的多年冻土地区的年最大融化深度大于年最大冻结深度。

多年冻土的发展趋势对工程建设有着至关重要的影响,是确定工程设计原则的前提。本款对多年冻土的发展趋势的分析评价提出了要求。

2. 勘探 本款与原规程的不同之处是:对不同工程构造物的勘探工作量、特别是勘探深度作了具

体规定。从冻胀和工程热干扰等方面考虑,根据冻土地区工程实践经验,勘探深度比原规程有所增加。

3. 试验 本款综合了三个规程的有关要求,所要求的试验项目是初步设计制定设计方案所必需的。鉴于冻土研究的现状,有些试验项目还没有制定标准,故要求“对没有规范标准的试验项目,应说明试验方法、使用的仪器和试验步骤”,以便对比和选择使用。

4. 资料要求 本款对勘察资料进行了具体的要求,特别是对冻土工程地质勘察报告中工程地质评价要点,作了明确的规定,这也是制定初步设计方案所需要首先明确的问题。

多年平均地表温度比多年冻土温度高可以作为多年冻土消退或发展的根据之一,但必须有冻土垂向不衔接(年最大融化深度大于年最大冻结深度)、热融喀斯特现象发育、多年冻土退缩等依据相佐证,单独的一种现象并不能确切证明多年冻土退化。应特别注意,气温融化指数和冻结指数并不能代替地表温度作为评价多年冻土发展状况的依据,必须考虑地面温差,特别是黑色路面的增温。

8.2.2 详勘

1. 勘探 本款内容与原规程相比,除增加了季节冻土勘探的内容外,对勘探深度根据不同的工程项目和不同的设计原则作了具体要求。因为在施工图设计阶段的设计标高已大致确定,勘探深度是按设计标高要求的。根据工程实践,对于不同的工程要求或不同稳定状态的多年冻土需要采取不同的设计原则。因此,本款根据不同的设计原则对勘察深度作了不同的要求。这一点与原规程不同,工作中应特别注意。

8.3 膨胀性岩土

8.3.1 初勘

本条规定了在膨胀岩土地区进行公路工程地质初勘时,应查明的主要工程地质问题和采用的基本工作方法。

膨胀岩土的胀缩变形对公路工程的危害是非常大的,因此在初勘阶段查明各方案场地内是否有膨胀岩土分布、分布范围、膨胀潜势大小等是初勘阶段的首要任务。

目前,我国各行业对膨胀岩土的判别,多使用自由膨胀率和液限两项指标。如铁路、建筑、机械、水电等系统提出膨胀土的判别值为:

自由膨胀率: $F_i \geq 40\%$

液 限: $w_L \geq 40\%$

根据国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》(GBJ 112—87)第2.3.2条规定,场地的工程地质特征和自由膨胀率是判别是否为膨胀土的主要依据。即具有下列工程地质特征,且自由膨胀率大于或等于40%的土,应判定为膨胀土:

裂隙发育,常有光滑面和擦痕,有的裂隙中充填着灰白、灰绿色粘土;场地内地形平缓,无明显自然陡坎,常见浅层塑性滑坡与地裂,坑壁易坍塌;旱季出现剥落,雨季坡地出现流坍。

自由膨胀率是反应土的膨胀特性的直接量度指标,其数值大小直接表明土的膨胀特性的大小。但是,应该指出,它表明的是土颗粒的膨胀性,而不是反应岩土体的膨胀特性。因此,在工程实践中还应结合其他指标以及场地内的工程地质特征等条件综合判别。

膨胀岩土场地勘探孔的深度,除应考虑查明大气影响深度内岩土工程特性及其变化规律外,还应根据基础设计要求查明大气影响深度以下一定深度内岩土的工程特性。根据资料,我国一些膨胀岩土分布地区大气影响深度多为3m~5m之间,大气急剧影响深度不超过1.6m。因此,勘探孔的深度最小不应小于6m。

路线场地的工程地质评价应根据场地的地表坡度和岩土的膨胀潜势大小等条件综合考虑。膨胀岩土对公路路基的最大危害是由于其体积膨胀,强度大幅度衰减而引起路基破坏和边坡失稳。铁路行业的统计资料表明,在雨季地表坡度大于14°的坡地,就会发生蠕滑、流坍或滑坡等不良地质现象。因此,在膨胀岩土地区的路基边坡应结合岩土的工程特性和当地的实践经验,确定合理的坡率并采取有效的防护措施。

膨胀岩土地基强度与变形的评价,应以室内试验成果和孔内原位测试资料为主要依据,并结合场地内其他建筑物变形破坏的资料进行综合分析。根据影响岩土胀缩变形的自然条件的变化特点,评价膨胀岩土地基的强度指标,论述地基的变形特点。一般情况下,大气急剧影响深度内的岩土层不宜作地基持力层;在大气深度内的岩土层作地基持力层时,应考虑大气变化对地基强度的影响。

洞体围岩为膨胀岩土的隧道,在未施工前,其围岩的地温和湿度不受大气变化的影响,因此,其工程特性比较稳定;在隧道施工中和竣工后,洞体围岩在产生和卸荷膨胀的同时,由于大气温度、湿度变化的影响,也会产生膨胀变形和强度的大幅度衰减,结果降低了围岩类别,增加衬砌厚度,加大施工难度。因此,对位于膨胀岩土地区隧道进行工程地质勘察时,不仅要查明围岩的一般物理性能和力学强度指标,还应查明大气影响范围内岩土体与胀缩变形的有关工程特性。因此,隧道围岩类别的确定和稳定性评价要充分考虑岩体膨胀变形和强度衰减的不利影响。

8.3.2 详勘

对膨胀岩土地区的公路工程进行地质详勘,要重点查明路基边坡的稳定坡度、桥涵等人工构造物地基的强度与变形,以及隧道洞体围岩的类别与力学强度。

修建在膨胀岩土分布地区的公路,无论是路堤还是路堑,都存在边坡的变形与破坏问题。特别是在雨季,经常发生坍肩、溜塌和滑坡等病害,严重影响公路安全与使用。因此,查明各路段膨胀岩土的工程特性,确定合理的路基边坡坡度并提出边坡的有效保护措施,是本阶段路基勘察的首要任务。

在勘察工作中,路堑地段应作为勘察重点。为了确定合理的边坡坡度,评价和预测路堑边坡的变形与稳定性,必要时应垂直路线布置勘探线。

勘探孔的布置应考虑防护工程地基的勘探要求,能结合一起的应统一考虑,以减少勘探工作量。

桥涵和其他人工构造物的地基勘探,除应完成一般的地基勘探要求外,还应查明膨胀岩的工程特性在大气影响深度内的变化规律。一般情况下,在大气急剧影响深度内的岩土层不宜作地基持力层,也不应考虑计算摩擦桩的桩周摩阻力;在大气影响深度内的岩土层作地基持力层或摩擦桩的桩周土层时,应考虑岩土体胀缩变形和强度衰减的不利影响。应当指出,当作用在地基上附加荷载超过土体的膨胀力时,土体的膨胀变形将不会产生,这时只有收缩变形起控制作用;如果地基持力层在大气影响深度以下,地温和湿度不受大气变化影响,收缩变形的影响也将不会发生。膨胀岩土地基的评价,除了应查明岩土体的物理性能、力学强度指标和与胀缩变形有关的工程特性外,还应掌握地基持力层的埋藏深度和地基的设计荷载大小。

膨胀岩土地区隧道,除应按本规范第6.4节的规定进行工程地质勘探外,同时要详细查明在大气影响深度内岩土胀缩变形特征,如膨胀力、膨胀率和收缩系数、浸水剪切强度等;必要时,对各向异性的膨胀岩土,进行不同方向膨胀率和不同方向膨胀力试验。

洞体围岩类别的确定,应充分考虑岩土体膨胀后,其强度将大幅度衰减的不利影响。

8.4 盐渍土

8.4.1 初勘

1. 勘察重点

土壤中可溶盐的聚集、迁移受工程地质、水文地质、气象、水文及地形等自然条件的制约。

硫酸盐的盐胀与地湿变化过程有关。

盐渍土中含盐类型与盐渍化程度在植物种群分布和植被覆盖程度上有明显显示。

勘察时应紧紧围绕盐渍土形成、发展及可能出现的病害。

盐渍土大面积分布区,地势多平坦,单从地形等高线分布形状很难查明洪水排泄的具体路径。本款特增加了排泄路径调查的内容。

2. 勘探

盐渍化土壤层一般不厚,多细粒土,距地下水位不深,采用挖探、洛阳铲勘探采样比较方便。

勘探数量应能满足取样,控制土壤盐渍化类型及盐渍化程度的分段,执行时可视具体条件而定。

3. 试验

可溶盐的聚集是由土壤中毛细水作运动来实现的。土壤中的含盐类型与地下水的矿化类型有直接联系。上述所涉及的试验、化验项目是盐渍土勘察必不可少的。

8.4.2 详勘

盐渍土地区的详勘要结合防治措施分段来进行。盐渍土含盐类型、盐渍化程度的分段要准确到具体桩号。查明不同防治类型区段的具体工程地质特征。

8.5 软土

8.5.1 初勘

初勘阶段的钻探点控制间距与环境类别、道路等级、荷载应力的大小与路段性质等有关。

环境类别划分为简单场地与复杂场地两类。简单场地,指地形较平坦、地貌单一,地层岩土性质、厚度变化不显著、不复杂的地质环境;复杂场地,指地形起伏较大,地貌单元较多,在地基可压缩层的计算深度内,地层岩土性质、层次类别变化较复杂的地质环境。

本款公路等级的划分,按二级划档次;二级以上道路指高速公路与一级公路等二级及二级以上的等级道路;二级以下道路指二级以下修建次高级路面的等级公路。

本条款钻探点间距的高、低限的规定与采用:间距的绝对值大的数字表示高限;反之称低限。对于一般路堤高度的荷载作用路段,钻探点间距用高限;对于设计填土高度大于极限高度(用很快的施工填土速度,所能达到的使路堤仍保持稳定的最大高度)或桥头较高填土路段,钻探点间距用低限。

静力触探 按探孔应用性质,这里划为参数孔和技术孔。参数孔主要是做为与钻孔或深探坑对比,取得地基土土层性质与结构状态,供分析解释静力触探指标地质层性质的测试孔。技术孔主要是将原测试的指标 p_s 、 f_s 、 q_s 与通过参数孔对比后做出地质层解释的探孔。

表 8.5.1-2 静力触探点控制间距,按每公里点数来表示。对于沿横断方向软土地层标高或性质有显著变化的路段,另增设静力触探点,以判断横断面方向路基下地质层次的变化。

做为测定软土层在不排水状态下的抗剪强度,应采用现场十字板剪切测试。本条所规定的“对地基稳定性有一定影响的深度”与加荷载的强度、速度及断面型式等有关。一般情况下荷载越大,可能滑动的弧面分布越深,即影响的深度越大,通常勘察深度至 15 m。

关于软土地基勘探深度的控制:对均匀的厚层软土沉积层,应用应力比法来决定才比较合理。但初勘期间路堤高度不一定能准确决定,故当未能预计附加应力的太小时,对处于桥头较高路堤位置,建议技术性钻孔深度宜为 40 m 左右,根据一般情况约相应于 4 m 多的路堤填土高度。

当基本确定路堤高度后,对本条中附加应力与自重应力比值为 0.1~0.15 的选择,应注意:对饱和层的自重应力按浮容重计算;对长段路堤应力比建议选 0.15;对桥头路堤应力比建议选 0.1,来确定勘探深度。如果在影响深度内,软土基底出现厚层坚硬土层(如半坚硬粘土等)、厚层砂基底或岩质基底,尽管应力比仍大于 0.15,可不再向下计算。

当软土地基为非均匀地质层次时,应注意:所确定的计算深度下面是否还存在较软土层;如有存在,则应继续向下计算,以避免计算深度下软土层基底有超过容许变形的影响。

本条款规定软土地基钻探,以采用干钻法为宜。对于多年处于最低地下水位以下的饱和粘土,允许采用泥浆钻探,但必须采取防止地基土层结构发生变化的措施。这些措施是:控制钻进转速与给进加压;取样前的钻进应在距取样顶部的适当距离停泵泥浆;清理孔内沉淀物等。

本条规定对采取的原状样品应及时进行室内试验,以避免较长期置放导致水分的流失与蒸发。规范条文强调了:建立工地实验站;样品存放期不宜超过 3 d;夏季的原状样品应挖坑放置;冬季的原状样品,严防受冻等条款。

室内试验应以现场和工程的具体条件为依据,以测试所得的实际成果为基础,以数理统计为手段,以土力学的基本理论为指导,注意区别不同条件、不同要求,采取不同方法。对于统计分析的指标应分别对待;对天然含水量、天然密度、相对密度、颗粒分析、液限、塑限等一般特性指标(作为确定土分类或阐

明其物理力学特性的一般指标)通常采用算术平均值,并计算相应的标准差与变异系数,或计算绝对误差与精度指标;对于试验成果中明显不合理的数据,通过调查、研究、分析,按3倍标准差(即 $\pm 3S$)作为取舍标准。

对于土工试验中测得的内聚力、内摩擦角、压缩系数、固结系数、回弹模量等,作为设计计算中直接确定土体强度、变形或判定土体稳定性的土性指标。在进行成果整理时,如试样的组数较多,可采用算术平均值;对于试样数据较少的指标,应考虑到测定误差、土体本身不均匀性与施工质量的影响,以及构造物重要性与勘察设计阶段不同,为安全计,对初步设计或次要建筑物,可采用算术平均值。

本条第5款资料要求,关于软土地基工程地质勘察资料的汇总整理,拟按工程地质勘察报告的专项内容编列。

所列“报告”的文字部分,应作出的“工程地质评价及预测”,是指对所勘察路段在路堤荷载作用下的沉降量和稳定性的评价,建议按路堤荷载3m~5m高度来计算绘制沉降量曲线及稳定性曲线,并据以提出相应的工程治理方案。

所列图表资料部分中,原位测试成果资料的有关关系图,其纵、横比例尺以适当为宜。

试验成果的图件中,孔隙比与荷载关系图(即 $e-P$ 曲线)、固结系数与荷载关系图(即 C_v-P 曲线)及无侧限抗压试验应力与应变图(即 $\sigma-\epsilon$ 曲线图)的纵、横比例尺,应以能较明显表示出其相关关系为宜。但同一类曲线的比例尺应力求统一,不宜多变,以避免在进行比较时造成不便。

8.5.2 详勘

本条详勘阶段钻探点间距控制(表8.5.2-1)说明中规定:

一般填土高度时可采用高限,这里的填土高度指的是小于地基极限填土高度界限。

又规定填土高度大于极限填土高度或处于桥头路段用低限,这里极限填土高度是指以快速的填筑速率所能填筑路堤的最大高度。所提出的桥头路堤段用低限,是因为桥头路段设计的容许沉降要求严(容许工后沉降小于10cm),对地质资料与划段界限相应要求要更准确和详细。

本条还规定了特殊条件下,尚应视具体情况适当加密。这里的特殊情况指地质层层次多、厚度变化频繁、地形变化大,纵、横断面地质条件差异明显等情况。

本条对勘察深度的确定是基于详勘阶段已经能够掌握路堤填土高度相应的附加应力;同时也从初勘资料中明确地质断面,而能够计算不同深度的自重应力,所以详勘阶段确定钻孔深度的根据比较充分,因此,钻探深度应首先考虑用应力比法合理确定。

本条中附加应力与自重应力的比例为0.1~0.15。该范围的选择:对构造物或桥头路堤建议按0.1考虑勘探深度;对于长段路堤建议按0.15考虑勘探深度。

详勘阶段取样间距明显比初勘取样间距要密,这是基于两个勘察阶段的任务目的、要求的详细程度以及概、预算控制的指标要求而定出的。例如同为10m以上深度范围的非均质软土取样,初勘为每1.0m~1.5m取样;而详勘阶段限定每1.0m取样。

本条款规定了对厚层均质软土层的取样,这是由于详勘是在已据有地勘资料能够掌握地层结构与厚度尺寸的基础上进行的,这样做既可以少取样品,又能够取准,取全该厚层均质软土层的试验样。

本条第4款室内试验中,本规范增加了试验要求。这是基于几年来室内试验工作:项目多做不齐全、样品试验方案考虑不周到;对力学性能的试验方面的应力历史、应力路径条件、加荷标准与级别、试验的边界条件以及现场、施工、运营的诸因素考虑不全面、不系统,以致试验资料质量不高,甚至常忽略一些重要内容。如虽做了大量试验,未能评价软土的应力历史条件(是欠固结、中等固结抑或超固结土);有些试验资料中有快剪试验指标,缺固结快剪指标,有的试验资料快剪值与无侧限指标不相关,或相关差值太多;不少试验指标变异系数超出很多等。所以本条对以上问题的发生,做了提醒强调注意。

本条再次强调了对试验数据,应进行数理统计分析,并强调了可信度水平的标准,以满足施工图设计的技术与经济要求。这里需明确的是,对于施工图阶段的路堤或初设阶段大、中建筑物以及桥头路堤,指标的采用应视其不利影响,采用略高于或低于算术平均值(如抗剪强度、压缩模量取低值;压缩系数、

变形量取高值),作为计算指标。其高于或低于算术平均值的幅度,应视测定次数的多少、土质不均匀程度或构造物重要程度,目前可采用算术平均值加(或减)一个标准差;为提高可信度,建议逐步采用保证率平均值。

还应当强调的一些具体问题是:作为对软土的压缩与固结试验的初始加荷,应由 0.5 kg/cm^2 调整为 0.25 kg/cm^2 ,以避免软土试验样品被挤出;作为剪切试验加荷级数不应少于四级,一般应选加荷级别为 0.25 kg/cm^2 、 0.5 kg/cm^2 、 1.0 kg/cm^2 、 1.5 kg/cm^2 或 2.0 kg/cm^2 ;对于应用 $e-\lg p$ 曲线求压缩指数 C_c 、回弹指数 C_s ,荷载最末级别应以达到 32 kg/cm^2 为宜。

对于砂层及饱和软粘土,因很难取得原状样品,故要求进行现场原位测试。对砂层首先应进行标准贯入试验,并取样作筛分,以确定砂层密度与砂层名称。对于饱和粘性土应首先作十字剪切和灵敏度试验,以直接取得不排水抗剪强度和土的灵敏度,用以判定受扰动后强度降低的程度。而静力触探测试则在有地区性相关指标时,应用的效果比较符合实际。

对于详勘阶段汇总整理的工程地质勘察资料,鉴于该阶段的技术与经济方面的更高要求,应将本路段初勘资料的技术指标纳入详勘工程地质报告的物理、力学指标统计分析中,以提高指标的可靠性。