

# JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T C21-01—2005

---

## 公路工程地质遥感勘察规范

Specifications for Highway Engineering Geological Remote Sensing

2005-04-15 发布

2005-06-01 实施

---

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国推荐性行业标准

# 公路工程地质遥感勘察规范

**Specifications for Highway Engineering Geological Remote Sensing**

**JTG/T C21-01—2005**

主编单位：中交第二公路勘察设计研究院

批准部门：中华人民共和国交通部

实施日期：2005年06月01日

# 关于发布《公路工程地质遥感勘察规范》 (JTG/T C21-01—2005)的公告

## 第 5 号

现发布《公路工程地质遥感勘察规范》(JTG/T C21-01—2005),自 2005 年 6 月 1 日起施行,作为公路工程行业推荐性标准,在公路行业内采用。

《公路工程地质遥感勘察规范》(JTG/T C21-01—2005)由中交第二公路勘察设计研究院负责编制,日常解释和管理工作中交第二公路勘察设计研究院负责。

请各有关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中交第二公路勘察设计研究院(地址:武汉市鹦鹉大道 498 号,邮政编码:430052),以便修订时参考。

特此公告。

中华人民共和国交通部  
二〇〇五年四月十五日

## 前 言

按照交通部“关于下达 1999 年度公路建设标准、规范、定额等编制、修订工作计划的通知”(交公路发[1999]739 号),由中交第二公路勘察设计研究院主持编制《公路工程地质遥感勘察规范》(以下简称《规范》)。

为适应公路建设和发展的需要,统一公路工程地质遥感勘察的技术标准,编制了本《规范》。公路工程地质遥感勘察视域范围广,对物体的特性、地质构造和布局、不良地质现象反映全面、客观,能宏观、快速、准确地调查和确定公路路线走廊区域内的地质现象,为公路地质选线和大型构造物的地质选址中的重大地质问题的宏观避让、微观处理提供科学依据。《规范》将对我国的公路建设,尤其是山区高速公路建设中的地质勘察、地质选线、不良地质灾害避让和防治、地质环境与生态环境保护等方面起到积极作用。

由于《规范》在我国公路行业是首次编制,在使用过程中,如遇有问题或修改意见,请随时函告中交第二公路勘察设计研究院(地址:武汉市鹦鹉大道 498 号,邮编:430052,电子邮件:cjchen@public.wh.hb.cn,电话:027-84513269),以便修订时参考。

主编单位:中交第二公路勘察设计研究院

主要起草人:孟黔灵 陈楚江 何天牛 胡江顺 鲁少宏

## 目 次

<b>1 总则</b>	1
<b>2 术语</b>	2
<b>3 基本规定</b>	5
3.1 准备工作	5
3.2 遥感图像处理	6
3.3 初步解译	6
3.4 外业调查验证与综合解译	7
3.5 资料成果的整理与编制	8
<b>4 可行性研究工程地质遥感勘察</b>	10
4.1 预可行性研究工程地质遥感勘察	10
4.2 工程可行性研究工程地质遥感勘察	11
<b>5 初步工程地质遥感勘察</b>	14
5.1 一般规定	14
5.2 资料搜集	14
5.3 路线地质遥感勘察	15
5.4 桥梁地质遥感勘察	15
5.5 隧道地质遥感勘察	16
5.6 成果提交	17
<b>6 主要不良地质现象及特殊性岩土遥感勘察</b>	19
6.1 断层构造	19
6.2 滑坡	19
6.3 崩塌	19
6.4 泥石流	20
6.5 岩溶	20
6.6 软土与沼泽	21
6.7 活动沙丘	21
6.8 冻土	21
6.9 黄土	22
<b>附录 A 常用遥感图像适用范围</b>	23
<b>附录 B 遥感数据的选用与组合</b>	24

附录 C 外业调查验证表 .....	25
附录 D 规范用词说明 .....	26
附 件 公路工程地质遥感勘察规范(JTG/T C21-01—2005)条文说明 .....	27
1 总则 .....	29
3 基本规定 .....	31
4 可行性研究工程地质遥感勘察 .....	35
5 初步工程地质遥感勘察 .....	37
6 主要不良地质现象及特殊性岩土遥感勘察 .....	41

# 1 总则

**1.0.1** 为适应公路建设的发展和需要,统一公路工程地质遥感勘察的技术标准,保证公路工程地质遥感勘察的质量,提高公路工程地质遥感勘察的水平,缩短勘测周期,及时有效地为公路工程勘察和设计提供地质与环境评价资料,特制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建公路的预可行性研究、工程可行性研究及初测阶段的工程地质遥感勘察工作。

改建公路工程地质遥感勘察工作可参照执行。

**1.0.3** 公路工程地质遥感勘察主要是通过航天、航空遥感资料及其他资料的搜集、处理、分析、解译、调查验证等工作,获取路线走廊区域的地形、地貌、地质构造、不良地质现象、特殊性岩土和水文地质、环境地质等信息,从而对路线方案、公路重大构筑物等所处的地质条件做出评价,为路线方案的勘察设计、重大工程选址提供宏观的地质依据。

**1.0.4** 遥感信息具有全面性、动态性、多源性的特点,适宜于宏观、全面、快速地进行公路路线走廊区域的综合地质条件勘察。在重大不良地质路段和地质条件复杂地区,应重视和加强外业调查验证工作。

**1.0.5** 公路工程地质遥感勘察的基本工程程序如下:

- (1)按任务要求搜集已有的遥感资料及有关其他资料;
- (2)图像处理;
- (3)建立解译标志;
- (4)初步解译;
- (5)外业调查验证;
- (6)综合解译与成图;
- (7)补充性重点调查验证;
- (8)地质遥感资料的分析整理与工程地质遥感勘察报告的编制。

**1.0.6** 遥感技术应与其他工程地质勘察手段密切配合,相互补充,相互印证。公路工程地质遥感工作宜在同阶段其他工程地质勘察工作实施前进行,以便为其他工程地质勘察工作提供指导或提供作业依据。

**1.0.7** 公路工程地质遥感勘察采用的图例、符号应符合现行的《公路工程地质勘察规范》和其他相关标准、规范的要求或规定,其成果应满足公路勘察设计信息化的要求。

## 2 术语

### 2.0.1 遥感 Remote Sensing

泛指各种非接触的、远距离的探测。

### 2.0.2 遥感技术 Remote Sensing Technology

是由遥感平台、遥感仪器,以及信息接收、处理、分析与应用等组成的对地观测技术系统的总称。

### 2.0.3 地质遥感 Geological Remote Sensing

指应用于地质学调查研究与区域制图的遥感。

### 2.0.4 航空遥感像片 Aero-Photograph

泛指采用飞机、气球等空中平台通过摄影或扫描对地观测所获取的遥感影像。

### 2.0.5 航天遥感图像 Space Imagery

泛指采用卫星、航天飞机等太空飞行器为平台通过摄影或扫描所获取的遥感图像。

### 2.0.6 雷达图像 Radar Imagery

指用航天、航空雷达扫描成像获取的地表遥感图像。

### 2.0.7 TM/ETM 图像 TM/ETM Imagery

指由美国陆地卫星上的专题成像仪/增强型专题成像仪获取的对地观测遥感图像。

### 2.0.8 SPOT 图像 SPOT Imagery

指由法国 SPOT 卫星线性阵列推扫探测器对地观测获取的遥感图像。

### 2.0.9 Ikonos 图像 Ikonos Imagery

指由美国 Ikonos 卫星对地观测获取的高分辨率全色和多光谱遥感图像。

### 2.0.10 QuickBird 图像 QuickBird Imagery

指由美国 QuickBird 卫星对地观测获取的高分辨率全色和多光谱遥感图像。

**2.0.11 分辨率 Resolution**

指获取、传送或显示图像细节的能力。

**2.0.12 成像波段 Imaging Band**

指传感器响应的电磁波波段或遥感图像对应的电磁波波段。

**2.0.13 时相 Time Templet**

指遥感传感器获取数据的时间。

**2.0.14 波谱特性 Spectrum Characteristic**

是物体吸收、反射、散射、透射外来电磁波辐射和其自身发射电磁波能量的特性。

**2.0.15 图像处理 Image Processing**

是对初始遥感图像进行信息校正、增强、变换等技术加工,从中提取信息,使之更有利于目标识别的过程。

**2.0.16 影像特征 Image Feature**

指影像的几何形态、大小、纹理、色彩或色调等。

**2.0.17 地质解译 Geological Interpretation**

是根据各专业的要求,运用解译标志和实践经验,或借助各种技术手段和方法,从遥感图像上识别出地质体属性、地质现象,测算出某种数量指标的过程。

**2.0.18 解译标志 Interpretation Mark**

指能反映或判别事物及现象,并能说明其性质和相互关系的影像特征。

**2.0.19 地貌 Geomorphology**

是由地球内、外营力作用形成的地表起伏形态。

**2.0.20 地质构造 Geological Structure**

是在地壳运动影响下,地层发生塑性和破裂变形形成一系列结构面的空间排列形态。

**2.0.21 不良地质现象 Adverse Geological Phenomena**

指由地球的外营力或内营力所产生的对地表造成危害的地质作用或现象。

**2.0.22 环境工程地质学 Environmental Engineering Geology**

是研究人类工程、经济活动与地质环境之间的相互作用和影响,合理利用与保护地质环境的学科。

**2.0.23 公路遥感影像工程地质图 Engineering Geological Map of Highway Remote Sensing**

是以纠正后的遥感影像为背景,示出工程地质区划界线及地质构造、地质年代、地层分界线、沿线不良地质现象、特殊性岩土、主要构造物、村镇地名、公路设计路线及里程桩号等的一种综合性地质平面图。

## 3 基本规定

### 3.1 准备工作

**3.1.1** 应根据路线方案及通过区域的地质背景,按照勘察阶段及工程的特点,确定相应的工程地质遥感工作的深度与方法。

**3.1.2** 公路工程地质遥感应选择性地搜集下列有关资料。

#### 1 地形、地质资料

1)按勘察阶段不同,搜集所需比例尺的地形图。

2)搜集测设路线区域内相应比例尺区域地质资料和已有的各种地质资料。

#### 2 遥感资料

遥感资料应按勘察阶段及工程特点,参照附录 A、附录 B,合理选用。遥感资料选用的共性要求如下:

1)采用航空像片时,应搜集 1~2 套。当航片用于不良地质现象解译时,应尽可能搜集不同时期的全色黑白航片或红外航片。当现有的航空遥感资料不能满足公路工程地质勘察要求时,则需要重新安排摄影。

2)航天遥感资料应选择相应遥感平台、相应分辨率的卫星图像。条件许可时,宜搜集多时相遥感资料。

3)搜集热(远)红外扫描图像时,应了解成像时间、气象条件、扫描角度、温度灵敏度、地面测温等资料。

4)侧视雷达图像应了解雷达的波长、侧航角、极化方式、目标表面的粗糙度及目标的介电常数等。

5)工作区的典型地物波谱特征资料。

#### 3 工程资料

公路的等级、路线走廊位置及主要公路构造物位置等公路工程资料,以及路线走廊范围内对公路工程有影响的已建、在建或拟建的重大工程相关资料。

**3.1.3** 遥感图像的质量检查。

1 航空像片的影像应清晰,对比度适中,覆盖整个解译的路线走廊区域,且区域内不应有云影,比例应满足相应阶段工程地质遥感工作的需要。为便于立体观测,航空像片的航向重叠最小应为 58%,旁向重叠最小应为 20%,相邻像片的航高差应小于 30m,航线的

弯曲率应小于 3%。

2 航天影像的数据应覆盖工作区域,影像清晰;解译的路线走廊区域内不应有云影、噪声和条带缺失。为立体观测的需要,区域内应有同轨或异轨的相同平台和传感器的相同分辨率的卫星图像,其传感器的参数或模型参数应完整。

**3.1.4** 遥感图像处理与分析的计算机及相关设备应能满足海量数据遥感图像处理、显示和输出的要求,所用的软件应满足工程地质遥感数据融合、解译、分析及制图的需要。

## 3.2 遥感图像处理

**3.2.1** 遥感图像处理的目的是对初始遥感信息进行技术加工,突出工程所需的地质现象和信息,压缩干扰信号,提高分辨效果,提取特定的专题信息,以满足地质解译、信息融合、专题制图等工程技术的要求。

**3.2.2** 遥感图像处理分光学图像处理和数字图像处理。遥感图像处理的共性要求为:

1 应依据遥感图像所具有的波谱特性、空间特性和时相特性,针对公路工程地质勘察的地质现象,选择相应的数学模型,采用相应的处理方法或方法组合。

2 应对工作区遥感图像进行几何纠正、色彩匹配、信息融合、镶嵌配准等处理工作,使之满足公路工程遥感勘察的精度要求。

**3.2.3** 遥感图像处理方法应视不同的遥感资料和设备,以及不同测设阶段任务的具体要求,合理选择,以满足本阶段工程地质勘察的需要。

## 3.3 初步解译

**3.3.1** 遥感图像初步解译应按照任务要求及路线方案,参考区域地质特点,结合搜集的遥感图像,确定解译原则、解译范围和解译深度。

**3.3.2** 应结合工作区的区域地形、地质特点,详细研究各种资料,选择各类地物或地质现象中有代表性的影像特征,建立解译标志,并在解译中不断补充、修改、完善解译标志。

**3.3.3** 遥感图像初步解译应包括的内容如下:

### 1 水系

水系形态、密度及方向特征,冲沟形态及其成因,河流袭夺现象,水系发育与岩性、地质构造的关系等。

### 2 地形、地貌

1)地形、地貌的形态、成因、特征类别及地貌分区界线。

2)地貌与地层、地质构造之间的关系。

3)地貌的个体特征、组合关系和分布规律。

### 3 地层、岩性

1)参照已有地质资料确定地层、岩性的类别、岩层产状。

2)岩性、地层的划分必须遵照从宏观到微观的原则,从界到组,按工程地质条件以组划分,厚度可根据分辨率和地质学解译进行推断。

3)对工程区域有影响的岩性、地层进行勾绘。

### 4 地质构造

1)断裂构造性质特征、位置、规模、延伸方向;判测断层破碎带宽度。

2)断裂构造与路线的关系。

3)褶皱构造类型、性质、轴线位置、长度、倾覆方向。

4)大型节理带的分布特征、密集度及方向。

### 5 水文地质

1)大型泉水点或泉群出露位置和范围,湖泊、沼泽的分布。

2)地下水的补给、径流、排泄、分布范围及相互关系。

### 6 不良地质及特殊性岩土

1)圈定活动断裂、滑坡、崩塌、岩堆、泥石流、岩溶、地表塌陷、冰川、雪崩、活动沙丘、软土、冻土、黄土、盐渍土、沼泽等不良地质与特殊性岩土的分布范围。

2)研究不良地质现象或潜在不良地质现象的分布规律,分析其产生原因、危害程度、发展趋势及其与路线之间的关系。

### 7 第四纪地质

1)圈定第四纪坡积、崩积、冲积、洪积、河漫滩、河流阶地等地貌形态范围。

2)评价地貌与岩性、地层和地质构造的关系。

3)第四纪地质的分布与路线之间的关系。

## 3.4 外业调查验证与综合解译

**3.4.1** 外业调查验证主要任务是在初步解译的基础上,对解译标志、初步解译提出的需外业调查验证的内容、部分初步解译成果等进行外业验证与调查,补充搜集有关地质资料,修改、完善公路工程地质遥感初步解译成果。对工程有影响的重大地质问题、不良地质与特殊性岩土地段,必要时,应在综合解译的基础上再次进行外业调查验证。

### 3.4.2 外业调查验证的重点是:

- 1 对拟定的路线方案有影响和有疑问的地质现象或地质体。
- 2 尚未确定的地层、岩性界线、地质构造、不良地质。
- 3 解译结果与现有资料不一致的内容。

### 3.4.3 外业调查验证的共性要求为:

- 1 应做好外业验证计划,对不同的地质现象和地质体的调查,应按区域地质背景,统一验证人员的认识。
- 2 应先选择典型地段进行解译标志及初步解译成果验证,在此基础上进行整个工程区域的遥感地质验证与调查。
- 3 应结合解译所用遥感图像及地质图,采用特征观察与测量取证相结合进行外业调查验证。
- 4 对典型验证点的地质体或地质现象,宜采用摄像或拍照的方式,作为说明工程地质特征的依据。
- 5 应认真做好各项记录,并填写外业调查验证表。外业调查验证表的格式见附录 C。
- 6 外业工作结束后,应进行资料的整理与归档工作。

### 3.4.4 外业验证点应按地质体和地质现象、地质界线及其对路线方案的影响程度进行布设,其要求应符合下列规定:

- 1 地质体或地质现象应至少布设 1 个验证点。
- 2 地质界线至少应布设 2 个验证点,影像不清晰时,应增设外业验证点。
- 3 对拟定的路线方案有影响和有疑问的地质现象或地质体,尚未确定的地层、岩性界线、地质构造应 100% 进行验证。
- 4 地质条件复杂地区、不良地质与特殊性岩土分布地区,应至少抽取 10% 的初步解译成果进行验证;地质条件一般地区,应按公路设计里程,每公里至少布设 1 个验证点。
- 5 验证点的定位应采用遥感图像、地形图、GPS 测量、全站仪测量等方法。
- 6 外业验证点必须在相应的遥感图像或相应比例尺地形图上刺点,并作相应记录。
- 7 外业验证点应按公路设计里程桩顺序进行编号,并作标记。

### 3.4.5 钻探、物探等其他地质勘察的成果可作为外业调查验证的依据。

### 3.4.6 在外业调查验证的基础上,应进行综合解译,以求获得公路路线区域内地质条件准确的、全面的认识。

- 1 对解译标志进行补充、修改,并建立符合实际的解译标志。
- 2 对各类地质体、地质现象、地质构造、不良地质现象与特殊性岩土等进行全面解译。
- 3 修改、补充和完善公路工程地质遥感解译成果。

## 3.5 资料成果的整理与编制

### 3.5.1 在公路工程地质遥感解译、外业调查验证工作完成后,应进行资料的整理与综

合分析,并按对应的测设阶段编制公路工程地质遥感勘察报告。

**3.5.2 公路工程地质遥感资料成果编制工作的基本要求为:**

- 1 编制公路工程地质遥感勘察工作实际材料图。
- 2 整理工程地质遥感勘察的中间资料和成果资料,并归档。
- 3 工程地质遥感勘察的最终成果应为数字化产品。
- 4 遥感图像与解译的成果或专题图应采用 GIS 进行分层管理,并满足公路勘察设计信息化的要求。
- 5 成果的整饰应符合现行的有关标准、规范的规定。

## 4 可行性研究工程地质遥感勘察

### 4.1 预可行性研究工程地质遥感勘察

**4.1.1** 预可行性研究工程地质遥感勘察工作主要任务是根据搜集到的遥感资料、地质资料和拟定路线的地理位置等,对遥感图像进行地质解译,概略了解区域的地形、地貌、岩性、地质构造及不良地质现象,概略掌握路线走廊带的工程地质条件,推荐工程地质条件相对较优的路线走廊带。

**4.1.2** 预可行性研究阶段工程地质遥感勘察应搜集下列资料:

- 1 路线区域比例尺不小于 1:200,000 的地质图及相关地质资料;
- 2 分辨率不低于 30 m 的航天遥感图像;
- 3 路线走廊区域水文、气象资料;
- 4 拟定路线的位置,含大型桥梁、隧道及有关主要构造物的地理位置等工程资料。

**4.1.3** 预可行性研究工程地质遥感勘察的工作内容与技术要求如下:

1 按照路线的地理位置、工程的特点和规模,图像解译的范围应为图上路线两侧至少各 100mm。

2 根据搜集到的资料,解译拟定路线走廊带的地形、地貌、地层、岩性、地质构造、大型不良地质现象与特殊性岩土分布范围等。

3 应对代表不同岩性类别、地貌、地质构造等解译成果,以及大型不良地质地段的范围、位置等进行外业调查验证,必要时,应辅以其他适当的勘察工作来验证。

4 概略掌握拟定走廊带的工程地质、水文地质条件,论证不良地质与地震活动的作用对拟定路线走廊的影响,从工程地质、水文地质、环境地质等角度进行综合分析、比选、论证公路工程建设的地质环境,评价拟定路线走廊带的建设条件。

**4.1.4** 提交的成果及要求:

1 工程地质遥感勘察说明书。其内容应包括:

- 1)说明拟定路线的地理位置、区域地质概况;
- 2)介绍地质遥感的方法、手段以及采用的遥感资料;
- 3)地形、地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质、不良地质与特殊性岩土等解译成果;
- 4)评价各路线走廊带的工程地质条件及工程方案可行性;

5) 结论与建议, 推荐较优的路线走廊。

2 工程地质遥感解译成果图表:

1) 遥感勘察工程地质平面图, 比例尺不小于 1:100 000;

2) 遥感勘察工程地质分区图, 比例尺不小于 1:100 000;

3) 遥感勘察构造纲要图, 比例尺不小于 1:200 000。

3 验证的照片及其他图表。

## 4.2 工程可行性研究工程地质遥感勘察

**4.2.1** 工程可行性研究工程地质遥感勘察工作的主要任务是针对拟定的路线、构造物位置和搜集到的地质资料, 通过地质遥感解译和外业验证, 调查路线走廊带的地质条件, 为工程可行性研究路线走廊带的确定、大型构造物的设置和控制投资规模提供宏观的地质资料。

**4.2.2** 工程可行性研究工程地质遥感勘察工作应搜集下列资料:

1 拟定路线区域比例尺不小于 1:200 000 的地质图及相关区域地质资料;

2 路线区域比例尺不小于 1:50 000 的地形图;

3 拟定路线及大型构造物的地理位置等工程资料;

4 分辨率不低于 30m 的航天遥感图像。地质条件复杂地区、大型桥梁或隧道处宜搜集分辨率不低于 15m 的航天遥感图像和较大比例尺的彩红外、热红外、侧视雷达等航空遥感资料。

**4.2.3** 工程可行性研究工程地质遥感勘察应符合下列技术要求:

1 工程地质遥感解译的范围应至少为图上路线两侧各 100mm。

2 宽度大于 100m 的地层在影像上应进行解译区分。地质条件简单时, 对延伸大于 1000m 以上的断裂带应进行标注。在地质条件复杂时, 对影响路线工程的主要断裂应特别加以标注。

3 不良地质现象, 应对地面上 100m × 100m 以上的大型滑坡进行解译; 对路线有影响的滑坡、崩塌应采用大比例尺的航空像片进行解译。

4 与路线有关的重大不良地质现象都应进行外业验证, 走廊带内其他不良地质现象应抽样进行外业验证。

5 制图时, 对可能影响路线安全的某些较大的不良地质现象应依比例表示; 较小的不良地质现象可不依比例, 仅以符号表示其位置。

6 路线所经过的地层、岩性及不良地质现象与特殊性岩土等工程地质条件应进行评价, 尤其是大型桥梁或隧道选址的地质条件应进行综合分析、论证, 为路线的可行性、安全性、经济性、合理性提供可靠的地质依据。

**4.2.4** 大型桥梁或隧道工程地质遥感勘察。

## 1 桥梁

1)遥感影像解译宽度应包括所有桥位方案范围和桥头接线部分。解译宽度不宜小于图上桥轴线两侧各 100mm,桥头部分不应小于 120mm。山区高架桥桥头部分还应与深路堑和隧道方案统筹考虑,解译范围宜加宽。对于解译发现的大断裂,尤其是活动断裂,应补充搜集该地区断裂带附近相应的大比例航空影像资料,并进行解译。

2)解译的重点是地层、岩性以及不良地质现象和特殊性岩土。

3)外业调查验证应在每个桥头接线部分至少布设 1 个验证点;独立的跨江、跨海特大型桥梁水中至少应布设 1 个验证点。

4)应结合区域地质资料和外业调查验证资料进行综合分析,为大型桥梁的选址、桥型方案的确定提供可靠的地质依据。

## 2 隧道

1)分左右线的山区越岭隧道,遥感影像解译除两隧道轴线外侧不小于图上 150mm 范围外,两轴线中间的范围应进行解译;山区高速公路连拱隧道地质解译的范围应为图上隧道轴线两侧各 200mm;海底隧道和过江隧道的解译范围应为图上隧道轴线外侧各 200mm。解译范围应覆盖多个可能的方案。

2)隧道工程地质遥感解译重点是岩性和地质构造,尤其是导水构造和隧道附近有大的地表水体的地质构造。

3)对于控制路线走向的特长隧道,工程地质、水文地质极复杂的长隧道、水下隧道,必须在洞口和洞身地质构造极发育地段设立验证点,进行野外踏勘,调查验证。水下隧道还应对可能出现危害隧道安全的导水断裂带,采用钻孔、物探等方法 and 手段进行验证。

4)隧道工程地质遥感综合解译必须对区域地质资料、外业调查验证资料和其他资料等进行综合分析研究,必要时进行专题研究,基本查明影响隧道安全的断裂构造性质及其他重大地质问题。

5)评价与论证隧道区域的工程地质、水文地质条件,为隧道的方案设计与施工提供科学的、合理的指导性意见与建议。

### 4.2.5 提交的成果。

1 工程地质遥感勘察说明书。其内容应包括:

1)说明拟定路线走廊的地理位置,自然地理及区域地质概况;

2)说明采用的地质遥感的方法、手段及遥感资料;

3)解译地形、地貌、地层、岩性、水文地质、地质构造等分布范围、性质及与路线的关系;

4)对遥感解译结果进行综合分析,并对路线及大型构造物工程地质稳定性进行分析、评价和论证;

5)对拟定路线走廊带的经济性、可行性做出结论,并提出建议。

2 公路工程地质遥感解译图表:

1)遥感勘察工程地质平面图,路线部分比例尺不小于 1:50 000,独立的桥梁、隧道部

分比例尺不小于 1:10 000;

2)遥感勘察水文地质图,路线部分比例尺不小于 1:50 000,独立的桥梁、隧道部分比例尺不小于 1:10 000;

3)遥感勘察地质构造纲要图,比例尺不小于 1:100 000;

4)遥感勘察地貌、不良地质分区图,比例尺不小于 1:10 000。

3 公路工程地质遥感勘察外业验证图件、调查表和照片等。

## 5 初步工程地质遥感勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 初步工程地质遥感勘察的目的是在工程可行性研究的基础上,为工程方案进一步比选和优化、大型构造物的选址、地质环境与生态环境的保护和合理利用等的论证与评价提供地质依据。

#### 5.1.2 初步工程地质遥感勘察的任务:

- 1 搜集工程可行性研究阶段各类地质资料和初测阶段所需的区域地质资料。
- 2 搜集与本阶段相适应的各类遥感影像资料和工程资料等。
- 3 进行工程地质遥感解译和外业调查与验证。
- 4 初步查明全线工程地质、水文地质条件,从地质角度对路线方案和大型构造物的安全性、稳定性宏观地做出评价。

### 5.2 资料搜集

#### 5.2.1 地形、地质资料搜集:

- 1 搜集测区比例尺不小于 1:100 000 的工程地质、水文地质各类图件与报告。
- 2 搜集工程可行性研究报告,尤其是有关地质部分中所阐述的不良地质问题方面的资料。
- 3 比例尺不小于 1:10 000 的地形图。

#### 5.2.2 遥感图像资料的搜集与选定:

- 1 在工程可行性研究的基础上,搜集分辨率不低于 10m 的航天遥感资料。
- 2 根据工程区域地质条件、地形特点和工程规模,选用摄影比例尺不小于 1:20 000 的航空遥感资料。
- 3 独立桥梁、隧道或不良地质与特殊性岩土区域的工程地质遥感勘察,应搜集与其相适应的特定波段的遥感图像资料,并尽可能搜集多时相遥感资料。

#### 5.2.3 有关工程资料的搜集:

- 1 工程可行性研究阶段拟定的路线走廊,大型桥梁、隧道等具体位置,路线方案两侧

对公路工程有影响的已建、拟建或在建工程。

- 2 路线和大型桥梁、隧道的设计高程、规模等。

### 5.3 路线地质遥感勘察

**5.3.1** 初步勘察阶段路线工程地质遥感的目的是任务是在工程可行性研究的基础上,初步查清路线的地质条件,不良地质分布范围及其对公路工程影响程度与方式,论证其对公路工程安全性、稳定性的影响等,为编制初步设计文件提供所需的地质资料。

**5.3.2** 根据地质条件和成果要求的精度,工程地质遥感初步解译除满足本规范 3.3 中相关技术要求外,其内容和技术要求还应满足以下规定:

- 1 解译的范围为路线方案两侧图上各 100mm。
- 2 地层、岩性应按对应的色调和纹理,参照相应的区域地质资料或地面调查,对其类别、名称及成因进行解译。
- 3 地面上 50m 以上的构造应进行解译。
- 4 实地分布 30m 以上的第四纪地质应进行解译与圈定。
- 5 实地 20m 以上的不良地质现象应进行解译与圈定。
- 6 根据区域地层、岩性,对可能成为公路建筑所需材料的场地进行解译与圈定。

**5.3.3** 工程地质遥感外业调查验证主要是对解译结果进行野外的实地确定,排除由于影像中的假象造成的错误,初步查明沿线工程地质、水文地质条件以及控制路线方案的不良地质与特殊性岩土对路线的影响。外业调查验证除满足本规范 3.4 相关技术要求外,还应满足以下要求:

- 1 滑坡应调查验证其后壁、前缘鼓丘等主要形态要素。
- 2 软土区宜选取代表性地段 1~2 处进行土体的实际含水量测定。
- 3 泥石流发育区,应有代表性地了解其堆积区堆积物的分选性,从而确定泥石流的破坏性并提出相应的防护措施。
- 4 岩溶区应选取代表性的落水洞、岩溶漏斗进行外业验证、确认。

**5.3.4** 初步解译结果与外业验证结果不一致时,应重新建立解译标志,在解译区内对同类地质体根据新的解译标志进行重新解译并再次外业调查验证。在外业调查验证的基础上,应进行综合解译。最终的遥感解译结果及图件应与外业验证结果保持一致。

### 5.4 桥梁地质遥感勘察

**5.4.1** 初步勘察阶段桥梁工程地质遥感勘察的任务应是在工程可行性研究的基础上,对独立的大型、特大型桥梁及可能存在重大地质问题的桥梁,利用遥感影像资料进行解

译,来指导其他地质勘察工作,以减少野外勘察工作量,并优化工程可行性研究阶段的桥址与工程方案。

**5.4.2** 初步解译前应建立与地质体光学和几何特征相适应的解译标志。其解译范围不宜小于图上桥轴线两侧各 100mm,跨江、跨海的特大型桥梁不宜小于图上桥轴线两侧各 150mm,桥头不宜小于 120mm。解译范围应覆盖所有的桥梁方案。地质条件复杂的山区高架桥,其解译宽度必须大于不良地质对大桥建设有影响的范围。

**5.4.3** 对跨江河、跨海峡的特大型桥梁,除按一般桥梁进行解译外,还宜采用穿透性强的遥感影像资料对河床冲淤、河岸变迁、水底地貌、地质等进行解译。

**5.4.4** 工程地质遥感外业调查验证除应满足本规范 3.4 相关技术要求外,还应符合以下技术要求:

- 1 桥头、桥轴线上必须有地质验证点。特大桥的桥轴线上验证点不宜少于 3 个
- 2 地形陡峻、地质条件复杂的山区高架桥、斜坡地段的桥台应布设不少于 2 个地质验证点。
- 3 跨江、跨海的特大型桥梁,在主墩、塔或锚碇处应有地质观测验证点。水下部分,必要时,对水深、水底地形、地貌宜有不少于 2 个地质观测验证点,并结合钻探、物探进行验证。

**5.4.5** 对于位于城区附近或 5.4.4 中 3 款提到的特大型桥梁桥位,如果外业验证发现有严重不良地质并可能对桥梁的安全产生危害,或存在桥梁、隧道方案比选时,应根据需要,搜集大比例航空像片,进行深入的工程地质遥感勘察工作,为工程选址和方案的确定提供地质依据。

## 5.5 隧道地质遥感勘察

**5.5.1** 隧道工程地质遥感勘察的任务是在工程可行性研究的基础上,对特长隧道、控制路线方案的长隧道、水下隧道以及水文地质、工程地质条件复杂的隧道进行工程地质遥感勘察工作,并指导其他勘察工作。通过综合勘察来确定隧道的最佳方案。

**5.5.2** 隧道工程地质遥感解译宽度不应小于图上隧道轴线两侧各 150mm;高速公路连拱隧道和水下隧道轴线两侧各不小于图上 200mm;隧道洞口不小于图上 150mm。

**5.5.3** 解译应根据工程可行性研究阶段所拟定的隧道位置和已掌握的区域地质资料,建立与地质体相适应的解译标志,对隧道周边地形、地貌、岩性、地质构造等进行解译。其内容与技术要求如下:

1 山区高速公路隧道宜从水系发育,再到岩性、地质构造进行解译,重点应放在地质构造、水文地质条件上。水下隧道则以地层、岩性、地质构造、水下地形、地貌为重点进行解译。实地宽度在 10m 以上的地质构造应进行解译。

2 水下隧道或水文地质条件复杂的隧道对 100m<sup>2</sup> 以上的地表水体应进行解译与圈定。

3 隧道洞口附近实地 50m<sup>2</sup> 以上的不良地质体应进行解译与圈定。

**5.5.4** 外业调查验证主要内容是对初步解译成果进行验证,并对与实地不符的地方进行修改,提出补充解译范围。针对重大或严重不良地质地段对隧道的影响,提出需要其他勘探手段与方法配合的指导性意见。外业调查验证除应满足本规范 3.4 的相关技术要求外,还应符合下列技术要求:

1 洞身部分图上距离 20mm 宜有一个验证点,洞口部分图上 100mm<sup>2</sup> 内宜有一个验证点。

2 验证点的实地平面位置误差和高程误差均应小于 1m。

3 海底隧道和城市过江隧道水下部分的调查验证,可结合前期地质资料和两岸地形、地质情况进行。必要时,应对有可能严重危害隧道的不良地质地段进行钻探、物探验证。

**5.5.5** 隧道的进、出口和洞身的地质构造和不良地质现象必须结合外业调查验证,隧道的超前水文地质、工程地质资料及前期所作的各种地质工作,应进行综合分析对比;对地形、地貌、地质条件等进行综合解译;必要时,应进行多次外业调查验证。

## 5.6 成果提交

### 5.6.1 公路路线工程地质遥感勘察成果资料:

1 公路工程地质遥感勘察说明书。其内容包括:

- 1)工作区的概况,遥感图像的选用、处理、解译方法,外业调查验证情况介绍;
- 2)从宏观上对路线和构造物方案进行工程地质、水文地质条件论证;
- 3)综合其他勘探成果,从区域地质、工程地质及不良地质角度对路线方案的经济性及安全性做出评价;

4)推荐合理的路线方案及大型构造物的设置方案。

2 遥感解译的成果、图表:

- 1)遥感勘察工程地质平面图,比例尺不小于 1:10 000;
- 2)遥感勘察地貌、第四纪地质分布图,比例尺不小于 1:10 000;
- 3)遥感勘察不良地质与特殊性岩土分布图,比例尺不小于 1:5 000;
- 4)路线地质遥感勘察外业调查验证表;
- 5)外业验证录像、照片等;

- 6) 建筑材料产地或料场分布图;
- 7) 其他图表。

### 5.6.2 桥梁工程地质遥感勘察成果资料:

- 1 工程地质遥感勘察说明书。从工程地质角度宏观地对桥位选址、桥型方案、墩、塔设置的安全性、可靠性做出评价与论证,并提出建设性意见。
- 2 遥感勘察工程地质平面图,比例尺不小于 1:5000。有多种方案时,若相距不远,应使图幅连续,并标上各桥轴线。
- 3 遥感勘察水下地貌、地质构造图,水域冲淤、岸态变迁趋势分析图,比例尺不小于 1:5000。
- 4 当需要时,提供遥感勘察不良地质与特殊性岩土分布图、水系图、地质构造分布图等专题图件,比例尺不小于 1:2000。
- 5 遥感勘察外业调查验证表、照片、录像等。

### 5.6.3 隧道工程地质遥感勘察成果资料:

- 1 工程地质遥感勘察说明书。从水文地质、工程地质角度宏观地对隧道的走向、洞口位置的设置、隧道底板设计标高、洞外接线的配合等安全性、合理性、稳定性做出评价与论证,并提出建设性意见。
- 2 遥感勘察工程地质平面图,比例尺不小于 1:5000。
- 3 遥感勘察区域构造图,比例尺不小于 1:5000。对隧道有影响的地质构造,尤其是导水构造的性质、规模、影响等应进行勾画或描绘。
- 4 遥感勘察纵断面图。水平比例尺 1:2000,垂直比例尺 1:500。根据解译成果并结合其他勘察资料分段大致确定隧道围岩类别。
- 5 遥感勘察不良地质和特殊性岩土分布图。必要时作,比例尺不小于 1:2000。
- 6 遥感勘察水下地形、地貌图,冲淤、岸态变迁趋势分析图。必要时作,比例尺不小于 1:5000。
- 7 地质遥感勘察外业调查验证表、照片、录像等。

## 6 主要不良地质现象及特殊性岩土遥感勘察

### 6.1 断层构造

**6.1.1** 应建立断层构造的解译标志,解译断层的位置、规模、产状、延伸方向及长度,出露的地层、岩性,断裂带的性质等。

**6.1.2** 野外应代表性地验证断层两盘的岩性、断层破碎带宽度、充填情况等,并应对断层与路线交叉部位进行验证。对于可能是活动断层,应指导或布置其他勘察方法进一步验证。每盘岩性应至少布设 1 个验证点,断裂带上应至少布设 2 个验证点。

**6.1.3** 断层应在解译图上进行标识。活动断层应特别标识,以区别于一般断层。文字说明应阐述断层构造与公路工程的关系及影响程度。对公路工程的安全性、稳定性应进行评价与论证,为进一步地质勘察提出指导性意见。

### 6.2 滑坡

**6.2.1** 应根据遥感图像上的色调、色彩、阴影等所构成的各种形态、大小、结构、纹理图案等标志来解译滑坡形态要素和规模。

**6.2.2** 滑坡解译的主要内容应是滑坡区域的地形、地貌、岩性、地质构造、地下水发育等情况以及滑坡体发育的范围、总体滑动方向、规模,滑坡与路线或构造物的关系及影响程度等。

**6.2.3** 必须对滑坡的各种形态要素进行外业调查验证。各滑坡形态要素应至少布设 1 个验证点。若滑坡对公路危害较大,还应提出滑坡详细勘察意见或其他路线方案。

**6.2.4** 应绘制路线走廊带滑坡分布图或滑坡发育工点图,评价、论证滑坡对公路工程的危害,并提出工程绕避或优化方案及进一步地质勘察的指导意义。

### 6.3 崩塌

**6.3.1** 应根据崩塌的解译标志,圈定崩塌发育的地点、规模、范围,并根据地质、气候等

条件,推测崩塌发育的频度和规模。

**6.3.2** 对崩塌发育的地层、岩性、地质构造等必须进行外业调查验证。对于可能产生崩塌的危岩体应在野外调查验证中予以查明。典型崩塌体验证点不应少于3个。

**6.3.3** 应根据解译及验证结果,编制崩塌分布图,在图上标明崩塌体、危岩体的分布范围。当崩塌对工程有影响时,应根据崩塌与路线的关系、崩塌影响程度,论证与评价崩塌对公路工程的危害,并提出工程绕避或优化方案以及进一步地质勘察的指导意见。

## 6.4 泥石流

**6.4.1** 应根据泥石流发育的形态特点,以及其发育的地形、地质、气象等条件来综合解译,并圈定泥石流的形成区、流通区、堆积区等要素,特别要注意其形成区的范围、形成区的岩性及松散物质的情况。

**6.4.2** 外业验证应着重调查泥石流发生时的最高泥位(水位)及其流通区情况。泥石流的形成区、流通区、堆积区应各布设1个验证点。路线通过泥石流的部位,必须进行验证。

**6.4.3** 应根据解译与验证的结果,绘制泥石流分布图,评价泥石流对公路工程的危害。根据泥石流对公路工程的危害程度,推荐工程绕避或优化方案。对通过泥石流地段的公路工程的线形展布、构造物的设置提出建议,为进一步地质勘察提出指导意见。

## 6.5 岩溶

**6.5.1** 应根据岩溶发育的地质、地貌特点建立解译标志,解译岩溶的分布范围、岩性、微地貌特征,以及地下水补给、排泄系统及相互关系,路线通过的岩溶部位及地貌形态等。

**6.5.2** 外业验证应选取有代表性的岩溶类别进行验证。对溶沟、溶槽、落水洞、地下暗河及石牙、石笋、石林等岩溶微地貌,验证点应分别不少于1个。

**6.5.3** 应根据解译结果和外业验证,绘制岩溶分布图,并说明岩溶与岩性和地质构造的关系;分析岩溶现象发育的性质、规模、规律以及地下水出露的高度,评价其对公路工程的影响;论证桥梁、隧道的设计标高,并对岩溶地区路线的展布、构造物的设置提出绕避或优化方案,为进一步地质勘察提出指导意见。

## 6.6 软土与沼泽

**6.6.1** 应根据影像特征建立解译标志,解译软土与沼泽的分布范围、形成原因、周边的地质环境,以及软土与沼泽地段与路线的关系等。

**6.6.2** 外业调查验证应在现场沿设计路线每公里至少布设 1 个验证点。有条件时,应对软土与沼泽的物理性质,特别是含水量进行取样、分析,并与解译结果进行对比,也可结合现有资料进行调查验证。

**6.6.3** 应根据解译结果和外业验证,提交相应的地质图件,并说明软土与沼泽分布范围、厚度、成因,以及对公路工程的影响等,并根据其影响程度,提出软土与沼泽地区处治的建设性意见。

## 6.7 活动沙丘

**6.7.1** 应搜集区域的气候资料、区域地质背景资料,建立活动沙丘的解译标志,解译沙丘的移动方向、迎风面、背风面、搬运速度、成分组成、植被、地下水等,并查明活动沙丘的分布范围及可能的影响范围等。

**6.7.2** 应验证各种活动沙丘的形态特征,植被覆盖情况等,分析其活动性。沙丘的移动方向上应至少布设 2 个验证点。

**6.7.3** 应根据解译结果和外业验证,绘制活动沙丘的分布图,并标明其移动方向,说明活动沙丘与公路路线的关系,评价活动沙丘的危害程度、方式、速度等,并提出活动沙丘防治措施的建设性意见。

## 6.8 冻土

**6.8.1** 应搜集区域的气候资料和区域地质背景资料,建立冻土的解译标志,解译不同冻土发育的位置、规模、分布范围以及冻土的大致厚度、冻融季节等。

**6.8.2** 外业验证应根据冻土分布特点及厚度,在路线通过地区,分季节按冻融期进行验证。每公里应至少布设 1 个验证点,对冻融厚度及规律予以验证。

**6.8.3** 应根据解译结果和外业验证,绘制冻土发育分布图,并根据冻害种类,划分不同的分区,说明冻土性质、热融规律,评价其对公路工程的危害程度,推荐公路工程通过冻土

地区的较优方案,并提出冻土处治的建设性意见。

## 6.9 黄土

**6.9.1** 应搜集区域的气候资料和区域地质背景资料,建立黄土的解译标志,解译黄土的分布与成因,划分黄土的类别、湿陷性特征、性质及厚度等。

**6.9.2** 应根据微地貌特征来选取有代表性的地貌单元进行外业验证,黄土塬、黄土梁等微地貌单元应至少有 1 个验证点。对大型桥梁、隧道或高填方地段,应有代表性地选取土样进行简易常规试验。有条件时,可结合勘探取样,进行黄土的物理力学试验,确定其湿陷性。

**6.9.3** 应根据解译结果和外业验证,绘制黄土分布图,并标明其成因、类别和湿陷性。应根据公路设计线位的走向和大型构造物设置情况以及黄土的分布特征和湿陷性来预测和评价黄土对公路工程的影响,并从灾害地质、环境工程地质、水文地质角度提出黄土处治的建设性意见。

## 附录 A 常用遥感图像适用范围

遥感种类	图像类型	适用范围	分辨率或比例尺
航天遥感	美国陆地卫星 TM/ETM 图像	宏观地质背景, 中、大型断裂、褶皱解译, 概略评价工程地质条件	30m, 15m
	中巴地球资源卫星 (CBERS) 图像		20m
	法国卫星 SPOT 图像	宏观地质背景, 中型构造解译, 大型不良地质解译, 概略评价工程地质条件, 地貌测绘	10m, 2.5m
	侧视雷达图像	识别隐伏地质信息, 线性构造、环形构造的解译	
	合成孔径干涉雷达 (INSAR)	地震、火山、冰川、活动构造、滑坡、崩塌等不良地质动态变形, 大坝变形, 大型桥梁变形动态监测评价; 地形测绘	
	俄罗斯 SPIN 图像	地形测绘, 地貌、岩组、地质构造、不良地质、植被等解译	2m
	美国 Ikonos 图像		1m
美国 Quickbird 图像	0.6m		
航空遥感	全色黑白航空像片	地形测绘, 地貌、岩组、地质构造、不良地质、植被等解译	1:10 000 ~ 1:50 000
	天然彩色航空像片	裸露良好且色彩鲜艳的岩石分布地区, 或植被作为间接解译标志地区的解译	1:10 000 ~ 1:50 000
	黑白红外航空像片	雾霾严重地区的摄影, 水或植被等现象的解译	1:10 000 ~ 1:50 000
	彩色红外航空像片	地貌、岩组、地质构造、不良地质、水体、植被等解译, 第四纪松散沉积物含水性的解译	1:10 000 ~ 1:50 000
	热红外航空扫描图像	温泉、地下水、充水断层、隐伏断层、岩溶、人工采空区等解译	1:50 000 左右
	机载侧视雷达图像	线性构造和岩性组合的解译	1:50 000 左右

## 附录 B 遥感数据的选用与组合

测设阶段	地质复杂程度	常用遥感数据的选用与组合
预可行性研究	一般	30m 分辨率的美国陆地卫星 TM 数据或国土资源卫星数据
	复杂	15m 分辨率的美国陆地卫星 ETM 数据或 10m 法国 SPOT 卫星 HRV 数据等
工程可行性研究	一般	美国陆地卫星 ETM 数据,法国 SPOT 卫星 HRV 数据或其他具有 10m 至 30m 分辨率的卫星图像数据。重点地区应将 SPOT 卫星数据同 TM 图像融合,以保持 SPOT 卫星的几何精度和 TM 图像的光谱特征
	复杂	以法国 SPOT 卫星数据为主,选择 10m 左右分辨率的图像。宜采用 SPOT 卫星图像同其他遥感数据的信息融合。独立的桥梁、隧道构造物地段宜采用不小于 1:50 000 的航空遥感,并以航片解译为主,局部地段应采用计算机图像放大与增强处理
初步勘察	一般	宜采用 1m 至 3m 分辨率的航天遥感图像数据,或 1:50 000 的航空遥感图像。遥感解译与地面调查相结合。重点地段可选用不小于 1:20 000 的航片进行地质解译工作
	复杂	宜采用不小于 1:20 000 的航空遥感像片或 1m 分辨率的卫星遥感图像进行地质解译工作。重点地段、独立的桥梁、隧道构造物尽可能选择彩色航片或彩红外航片

## 附录 C 外业调查验证表

工程名称: \_\_\_\_\_

测设阶段: \_\_\_\_\_

图像类型: \_\_\_\_\_

天 气: \_\_\_\_\_

验证点编号: \_\_\_\_\_

序号	调查验证内容	
验证点坐标	$B =$ $L =$	点位略图
地点及描述		
遥感解译结果		
外业调查验证结果		
备 注		

解译者: \_\_\_\_\_

验证者: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

\_\_\_\_\_年\_\_月\_\_日

## 附录 D 规范用词说明

**D.0.1** 本规范条文要求执行的严格程度的用词说明如下:

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”。

**D.0.2** 条文中指明应按其他有关标准、规范的规定执行规定的写法为:“应符合……的规定”,或“应按……执行”;非必须按所指的标准、规范或其他规定执行的写法为:“可参照……”。

**D.0.3** 条文中指明引用本规范中其他条文规定的写法为:“应符合本规范第……条的规定”或“应按本规范第……条的规定采用”。

附件

# 公路工程地质遥感勘察规范

(JTG/T C21-01—2005)

条 文 说 明

# 1 总则

**1.0.1** 遥感技术是 20 世纪 60 年代发展起来的一门空间探测技术。遥感平台有地面、空中、太空等多种。传感器有相机、扫描仪、成像光谱仪等。由于遥感图像具有不同空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率等属性,遥感技术非常适用于确定物体的几何与物理特性。

遥感技术自出现以来,就广泛被工程界所接受。随着公路建设的发展,遥感技术被用作公路建设工程地质条件、水文地质条件与环境地质条件的分析与评价,在公路建设的质量与水平的提高方面发挥了巨大的作用。在这种情况下,公路行业迫切需要一部公路工程地质遥感勘察规范,来统一有关技术行为和指标。

**1.0.2** 公路工程地质勘察分预可行性研究阶段工程地质勘察、工程可行性研究阶段工程地质勘察、初步工程地质勘察和详细工程地质勘察几个阶段。在这几个阶段中,工程地质勘察的技术要求是由浅及深,由定性分析逐步深化到定量分析。本规范规定公路工程地质遥感勘察适宜于新建高速公路及等级公路的预可行性研究、工程可行性研究和初测阶段的工程地质勘察工作,山区改建公路或其他勘察阶段的工程地质遥感勘察可参照执行。

**1.0.3** 公路工程地质遥感勘察主要用于路线所在区域的地质条件及地质环境调查,以宏观分析和定性分析为主,为路线走廊的确定,大型桥梁、隧道等构造物选址和路线方案比选和确定提供宏观地质依据。

**1.0.4** 公路工程地质遥感勘察视域范围广,对物体的特性、地质构造和布局、不良地质现象反映全面、客观。公路工程地质遥感勘察能宏观、快速、准确地调查和定位公路路线走廊区域内的地质现象和地质条件,为公路地质选线和大型构造物的地质选址中的重大地质问题的宏观避让、微观处理提供科学依据。在公路的预可行性研究、工程可行性研究及初步测设这三个阶段中,工程地质遥感勘察在工程可行性研究阶段的作用是最大的,其经济、技术效益也是最高的。由于工程地质遥感解译在地质条件复杂地区还存在不确定性,以及重大不良地质地段对公路方案的确定具有重大影响,这些地方,应重视外业调查验证工作。

**1.0.5** 对公路工程地质遥感勘察的工作程序进行了规定。首先,搜集各种平台的遥感资料和已有的地形、地质资料,并进行资料的分析与处理,建立解译标志。然后,进行工程

地质遥感的初步解译。外业地质调查与验证是公路工程地质遥感勘察比较重要的方面。通过调查与验证,对解译标志、地质体或地质现象进一步确认,并补充初步解译中的遗漏。在上述工作的基础上,修改、补充和完善解译标志和初步解译成果,并进行综合的解译与成图。必要时,还应再一次进行野外补充性的调查与验证工作。最后,进行工程地质遥感的资料分析与整理工作。

**1.0.6 公路工程地质勘察与其他地质勘察的关系。**公路工程地质勘察的方法与手段是多样的,有物探、钻探、原位测试与室内试验等。遥感也是公路工程地质勘察重要的方法与手段之一。对于地质体或地质现象的工程地质勘察,应注意方法与手段的综合使用,使工程地质条件的分析与评价准确、有效。工程地质遥感勘察宜在同一阶段其他地质勘察,如物探、钻探等之前进行,提供初步成果,并指明勘察工作方向,使勘察工作更有目的性和针对性,勘察效率也更高。同时,其他地质勘察工作成果可作为工程地质遥感勘察的外业调查验证与补充。

## 3 基本规定

### 3.1 准备工作

**3.1.2** 公路工程地质遥感勘察应用的资料较多,应根据公路勘察设计的阶段,经济合理地选用。

在进行工程地质遥感勘察时,首先应搜集测区范围内已有的地形、地质资料,以备地质遥感解译时参考和地质填图使用。

遥感图像的种类繁多,有卫星图像,航空像片,地面摄影像片等;也有按波段划分的紫外、可见光、近红外、热红外、微波和多光谱、高光谱图像;同时,遥感图像还有黑白和彩色之分。不同的图像有不同的适用范围,应根据需要,合理选择。

遥感图像具有波谱特性、空间特性和时间特性等。波谱特性主要表现为遥感图像上灰度或色彩的差异,是对响应波段内电磁波辐射能量大小的反映;空间特性主要表现为成像遥感器空间分辨率、图像投影、比例尺、畸变等;时间特性主要与遥感仪器的时间分辨率、成像季节、成像时间有关。

充分研究和应用遥感图像的特性,就能很好地确定地质体的性质及其地质现象。比例尺小、分辨率低的遥感图像,能比较好地反映大的地质构造、宏观的地质现象;相反,比例尺大、分辨率高的遥感图像反映地质体或地质现象的细节就充分。另外,考虑研究对象所处时态,充分利用多时相影像,能分析出被研究对象的整个发展过程。

在搜集工作区典型地物波谱特征资料时,应注意同物异谱,同谱异物的资料搜集。

公路工程地质遥感关注的是公路路线方案通过区域内的地质问题。在进行工程地质遥感勘察工作之前,应搜集所有可能的公路工程资料及其他影响到公路工程的已建和在建的工程,如电站、水坝等的资料,以便确定工程地质遥感勘察的工作量,并制订工作计划。

**3.1.3** 理想的遥感图像就是能如实而毫不歪曲地反映地物的辐射能量分布和几何特征,但由于大气影响、仪器误差等种种原因,实际取得的图像都在不同程度上与地物的辐射能量或亮度分布有差异,即存在畸变或退化。工程地质遥感选用的遥感影像应能全面反映区域内地面物体的特性,并满足立体观察、地质解译及地质测绘的精度要求。

### 3.2 遥感图像处理

**3.2.1** 遥感图像处理依据适用原则,亦即图像处理的目的是能分辨所关注的地质体或

地质现象,便于地质解译与分析以及地质条件稳定性评价。

**3.2.2、3.2.3** 遥感图像处理的方法、技术手段很多。光学图像处理是指以胶片方式记录的遥感影像或由数字产品转换来的影像胶片为处理对象,通过光学或电子—光学仪器的加工改造,对遥感图像进行变换和增强的图像处理技术。数字图像处理是依据数字图像的数学特征,构造各种数学模型和相应的算法,由计算机逐个进行运算处理。

光学图像处理的方法有:密度分割、彩色合成、边缘增强、反差增强、光学图像比值、光学变换、光学编码等。其中,光学彩色合成又有光学投影法,照相放大法等多种。

数字图像处理主要包括图像恢复处理、图像增强处理、图像分层处理等方面内容。每个方面又包含许多处理方法,如图像增强处理有反差增强、彩色增强、运算增强、滤波增强、变换增强等方法。

不同的处理方法应用于遥感图像处理的不同阶段,有着不同的目的和功能。由于方法和手段太多,对于公路工程地质遥感的图像处理,应该是针对使用的软件、具体的工程对象和地质解译的目的,选择使用。

### 3.3 初步解译

**3.3.2** 解译标志可以分为直接解译标志和间接解译标志两类。直接解译标志是地物或地质体本身属性在图像上的直接反映,如影像的形状、大小、色调和色彩、阴影、影像结构、图案花纹等等;间接解译标志是通过与之有联系的其他地物在影像上反映出来的特征,推断地物或地质体的属性。经常利用的间接解译标志有水系格局、露头类型、地貌形态、植被分布、土壤标志、人类经济和文化活动特点及其他综合标志等。

**3.3.3** 水系的发育与地貌、地质相互关联,是地质解译中重要的间接解译标志,它可以提供大量地貌、岩性和构造的信息。

区域地貌是一种宏观现象,遥感图像上观察到的是地貌缩小了的这种宏观现象。在进行地貌解译时应注意:首先,小型地貌是迭加在大型地貌之上的,在成因上是相互依存的,其展布特点服从于剥蚀—搬运—堆积这一统一的外力作用过程;其次,大型地貌类型总是与区域地质构造密切相关,所以要把构造地貌解译与新老构造解译结合起来;第三,解译时充分利用自然图集和大比例尺地形图进行综合对比,使解译成果得到印证,并从定性阶段深化到定量阶段。

地层岩性解译的基本任务是识别出图像中的各种岩性单位,并圈定各种岩性的边界,分析和推断各岩性解译单位的地质时代,分析各种岩性在空间上的变化、相互关系以及其他地质体的相互关系,进而推断它们的成因类型。地层岩性的解译应先在影像上划分出松散沉积物,接着把工作区三大岩类的主要分布地段划分开来,最后再进行局部地区的岩性综合解译。

水文地质按地质遥感的特点,仅对地下水渗出、大型泉水点或泉水群、湖泊、沼泽等位

置和范围进行判定,并推断地下水的补、排关系。

构造解译主要是指线性构造与断裂构造、褶皱构造、环形构造、隐伏构造等地质构造的解译。遥感图像上解译出的各种构造成分,还需与区域地质背景联系起来,从空间分布、发展历史、地质成因上作综合的区域构造分析。

不良地质和特殊性岩土和解译,是按遥感影像勾绘出活动断裂、滑坡、崩塌、雪崩与雪害、泥石流、软土与沼泽、冻土、岩溶、活动沙丘等不良地质体和特殊性岩土的分布范围,并确定其性质,查明其产生原因、分布发展规律和危害程度。

第四纪地质的成因类型、时代的新老与空间分布将直接影响泥石流、滑坡、软土与沼泽等不良地质的产生与演化趋势,在解译中,应圈定第四纪地质的地貌形态范围。

公路工程地质解译应紧密结合公路路线设计,从地质学角度,特别是从构造、不良地质与特殊性岩土、第四纪地质的角度,对路线的展布、构造物的分布及路线走向进行综合分析,为工程方案的合理选择与确定提供依据。

### 3.4 外业调查验证与综合解译

**3.4.1** 内容为外业调查与验证的主要任务。初步解译建立在遥感影像及现有资料基础之上。由于影像的光谱信息是地表地物的综合信息,现有资料有其局限性,初步解译结果的准确度、可靠度有待外业调查验证工作的确认。通过外业调查与验证,补充搜集有关资料,修订、完善初步解译成果。

**3.4.2** 公路工程地质遥感勘察具有视域范围广,宏观性强,物体信息丰富,有一定穿透性等优点。但由于受影像空间分辨率、波谱分辨率、时间分辨率等影响,地质体或地质现象的解译存在不确定性或与实际情况有偏差。因此,规范规定外业调查与验证的重点是对影响路线方案或有疑问的地质体或地质现象、未确定的地质界线或地质现象、解译结果与现有资料不一致的地方进行调查与验证。

**3.4.3** 外业调查与验证宜做到谁解译,谁验证。当解译人员与验证人员不是同一人时,应对解译结果统一认识,并提出相应的调查验证技术方法和要求。

验证时,对于典型的地质体或地质现象应进行现场拍照或摄像,作为外业验证的证据。验证过程中,应作好各项记录,填写相关表格。验证结束后,应进行资料的整理、提交、归档工作。

**3.4.4** 外业验证点按区域范围内地质体、地质现象或地质界线布设。对有疑问、不确定的地质体或地质现象应全部进行外业验证。验证点的密度应根据地质条件的复杂程度,采用对解译成果抽样的方法,或按一定设计里程布点的方法来确定。

验证点的定位宜采用遥感图像或地形图判定,也可采用测量仪器或设备测定。外业验证点应在影像上刺点,按路线里程编号,并作相应记录。

**3.4.6** 外业调查验证结束后,应进行公路工程地质遥感的综合解译。综合解译应根据经验后的解译标志进行路线区域范围内的地质体或地质现象的重新解译,修改以前的解译成果,对遗漏的地质现象进行补充,对地质界线和不良地质的范围进行重新解译与圈定,对影响路线方案的重大地质病害作进一步的解译,使综合解译成果完整、客观、全面、准确地反映路线走廊区域内的地质条件和地质状况。

## 4 可行性研究工程地质遥感勘察

### 4.1 预可行性研究工程地质遥感勘察

**4.1.1** 预可行性研究阶段的地质遥感工作主要是从大的区域上比选路线走廊带的地质条件。所搜集的地质资料以及搜集到的遥感图片必需满足这一目的。根据影像上所反映的情形,结合地质学上的知识,解译出大的地质现象,对有疑问的地段进行必要的验证。在此基础上,综合工程地质、水文地质、环境地质等条件,论证较优的路线走廊带。

**4.1.2** 根据目前能搜集到的遥感影像,地面分辨率为 30m 的陆地卫星 TM 影像比较适宜,具有较高的性能价格比。当然分辨率也可以选择更高的影像,但此阶段的地质工作只要求概略掌握和了解路线走廊带上的主要不良地质现象及地层、岩性、地质构造等重大的地质情况,从而优选路线适宜的走廊带。

**4.1.3** 内容为预可行性研究阶段工程地质遥感勘察工作的内容与技术要求。对解译的范围、解译内容、解译成果及综合分析论证进行了规定。

**4.1.4** 根据遥感地质勘察特点,规定了作为一份遥感勘察报告所必须包括的内容。不同的地区有不同的地质条件,所包含的内容也会有所差别。有的地区复杂一些,有些地区简单一些。可以根据具体地质条件提出相应的地质成果图件,但要以反映预可行性研究阶段所要求的地质条件的深度来决定遥感解译报告的深度和必需的图件、内容等。遥感工程地质图宜以遥感图像为背景,叠加工程地质遥感勘察的成果,并展示公路设计线与里程。它是一种综合性工程地质图。

### 4.2 工程可行性研究工程地质遥感勘察

**4.2.1** 工程可行性研究阶段的地质遥感勘察主要为大的路线方案和桥梁、隧道选址,工程规模及投资提供地质依据,从而编制工程可行性研究报告。它是工程可行性研究报告的主要内容之一。

**4.2.2** 根据工作要求,对遥感影像规定了地面分辨率不小于 30m。这对解译局部地质条件、具体的不良地质现象是最基本的要求,当然分辨率可以更高一些。关于对已有地

形、地质资料的搜集方面规定了最小的比例尺。这些资料都是国家基本资料,也是与本阶段的工作深度相适宜的。在实际的地质遥感勘察工作中,条件许可时,应搜集比规定的比例尺大的地形、地质资料,尤其是在大型桥梁、隧道地质遥感勘察中,更是如此。

**4.2.3** 规定了需要解译分辨的地质体大小、规模。很多时候,特别是山区遥感影像,所反映出来的断裂很多,很复杂,客观上反映了这些地区经历了复杂的地质构造变动。在地质条件简单时,可以对断裂一一标注,地质条件复杂时,如果对所有断裂加以标注的话,图件会显得非常凌乱,分不出主次,因此这里规定了对断裂长度解译的标准。对有经验的地质工程师,可以根据对工程的理解以及断裂的规模性质来取舍需要解译标注的断裂长度及展布方向等。同样,对一般常见的不良地质现象,如泥石流、滑坡等,需要解译的大小、规模也进行了规定。不良地质应按其重要性及与路线的关系进行外业调查验证。地质遥感勘察成果应进行综合分析论证,以便为路线走廊的确定提供有价值的地质依据。

**4.2.4** 工程可行性研究阶段大型桥梁、隧道工程地质遥感工作具有涵盖面大,速度快,宏观性强的特点。本阶段主要是解决路线大致走向,桥梁、隧道位置选择等方案性问题,而这些方案是否成立,主要依据是地质条件,尤其是山区高速公路中有控制路线走向的大型桥梁、隧道,其工程的可行性、可靠性、工期、造价、日后运营期的安全等问题无不与工程地质条件直接关联。桥头的大型滑坡、隧道洞身出现大的导水断层等原则上可直接否定该工程方案,甚至要否定该路线的局部乃至全线的线形走向方案。

条文中规定的遥感解译与成果编制宽度,主要基于遥感地质的特征而定。因为在该阶段会出现多走廊带的比较。路线方案的变动可能超出外业勘测范围的情况时有发生。一般地质勘察资料往往难以满足这一需要,而地质遥感则可发挥其视野广,控制面大的优势,解决因方案比选而需要大范围地质资料的问题。

桥梁、隧道工程地质遥感解译应综合区域地质资料或其他勘探成果。这是因为遥感地质既有其自身特点,又有其本身的局限性。只有宏观与微观统一,才能保证解译成果的可靠性,只有各种勘察资料互相印证与补充,才能提高地质遥感资料的质量。

**4.2.5** 遥感工程地质平面图宜以遥感影像为背景,展现区域地质条件和工程特点与规模,是一种综合性的工程地质平面图。提交的报告及图表应反映地质遥感勘察的特点,并突出区域内大的不良地质现象与特殊性岩土,从区域性、宏观性的角度对路线走廊的地质条件有一个总的认识。

## 5 初步工程地质遥感勘察

### 5.1 一般规定

**5.1.1、5.1.2** 初步工程地质遥感勘察的目的与任务是为初步设计阶段的方案设计与比选提供宏观上的工程地质依据,因此必须搜集遥感影像资料及区域地质背景资料。遥感技术是综合勘察的重要组成部分,对于路线勘察在宏观上有其视野广、勘察周期短、成果资料提供快的特点,但也有其局限性。遥感影像图虽然能真实地记录和反映地质体的各种信息,但由于各种外界因素的影响,图像的失真或假象往往难以避免,加之比例尺相对较小,有些地质现象在遥感图上难以辨认,遥感影像所反映地质体的地质信息与实地地质体的情况毕竟有差别,需要有经验的地质工程师由表及里,从已掌握的地表地质现象去推断地下的地质情况,从遥感影像中间接获取的地质信息去分析、推断地质病害对工程建设的影响。因此,只有综合其他方面的勘察成果才能为路线、大型桥梁及隧道的方案设计提供宏观上的地质依据。

### 5.2 资料搜集

**5.2.2** 根据本阶段勘察设计的特点,搜集资料的分辨率或比例尺应比工程可行性研究阶段要高或大。桥梁、隧道选址或定位对路线方案是否成立影响很大,而地质条件又是桥梁、隧道选址的关键。对于控制路线走向的特大桥、特长隧道或水下隧道等,要求针对地质构造,特别是导水构造、活动构造,桥头不良地质的解译选择相应的遥感影像资料。如果搜集不到理想的片种,原则上应在准备阶段尽快安排实地拍摄,以便在初步设计阶段对特大桥和隧道方案的成立与否从地质遥感角度做出较明确的判断。

**5.2.3** 资料搜集方面,除搜集已有的地质资料、区域地质资料、遥感影像方面的资料外,还要搜集工程方面的资料和路线两侧已建或在建工程方面的资料。初步设计阶段主要还是解决方案性的问题,只有大致了解路线方案,大型桥梁、隧道的地理位置,设计标高等,才能更好地从地质角度去评价路线方案是否合理,桥梁、隧道设置方案安全性、稳定性是否能够得到保障。在路线两侧的大型已建、在建或拟建工程,如大型水坝、电站、开发区等,虽然有的本身对公路工程不构成影响,但会改变自然环境,如抬高水位或改变区域地质、水文条件等,势必对公路工程的路基、桥下通航、隧道的施工等产生影响。在评价方案的合理性、可行性时,不但应考虑现在的地质环境,还应考虑由于人类活动所产生的潜在的地质问题。

## 5.3 路线地质遥感勘察

**5.3.1** 初测阶段的路线地质遥感是指沿线除单列的大桥和隧道以外的包括小桥涵在内的遥感地质勘察工作。公路工程地质勘察中往往重视构造物的勘察工作,而对路线工程地质勘察工作重视不够。近年来,随着山区高速公路的建设,路线工程地质勘察工作越来越受到重视。路线地质遥感工作的重点是沿线的不良地质与特殊性岩土,如滑坡、泥石流、崩塌等。这些不良地质与特殊性岩土往往分布范围广、种类多,勘察的难度大,尤其是山区高速公路,用一般的勘察方法往往很难全面调查清楚,通过地质遥感工作能较好地解决这个问题。

**5.3.2** 初步解译工作首先是在掌握区域地质情况的基础之上,对岩性和地质构造进行圈定和解译,而遥感影像往往在色调和纹理上反映了地层、岩性和地质构造。初步设计阶段的路线方案往往有调整和优化,解译宽度应满足这一要求。规范根据本阶段的勘察设计特点,对解译的范围与最小地质单元体进行了规定。

**5.3.3** 初步测量阶段的工程地质遥感外业调查验证,对特殊、不良地质地段和地层界线、地质构造线等规定了其验证要求,一是为了证实初步解译的地质现象,二是用于指导其他地质勘察工作,以求进一步验证与查明工程地质、水文地质条件。由于路线工程是带状工程,而一般地质界线也是线形或带状的,因而两者要么平行要么有交点,在交点处有验证点可以保证勘察精度。

## 5.4 桥梁地质遥感勘察

**5.4.1** 内容为初步设计阶段桥梁工程地质遥感勘察的任务。该规定是指在工程可行性研究阶段,若已发现有大的地质问题,且这些地质问题将可能对公路工程产生严重影响,应开展工程地质遥感工作。

**5.4.2** 在初步设计阶段,大型桥梁均有比较方案,比较的内容除各类标准、桥头接线等技术与经济方面外,地质方面亦是极其重要的比选内容,尤其是地质条件复杂地区,有时还起到决定性的作用。所以解译的宽度一般应达到两侧图上各 100mm,便于桥位的局部移动,或避开大的不良地质地段,或为了接线更加顺畅等。桥头部分解译宽度一般应大于桥身两侧的解释宽度,主要是考虑到接线与桥头易受不良地质干扰,如桥头斜坡的稳定性,桥头冲刷变迁,桥头的滑坡或山体的塌坍等。只有对桥头的地质条件有较大范围的了解,才便于确定桥头和接线方案的合理性,并进行比选与论证。

**5.4.3** 对于桥下跨江、跨海部分,其水底地形、地貌,岸态变迁等,解译往往难度较大,

但这些问题又是必须解决的。实际工作中,应采用特定的遥感资料,并结合其他资料进行解译。

**5.4.4** 在特殊不良地质地段和大型桥梁的不同部位应进行初步解译成果的调查验证。这些部位对大桥的安全性、稳定性有至关重要的影响,同时也是大桥合理的位置选择、桥型方案、基础型式必须考虑的重要地质因素。若发现有可能存在大的地质问题,应布置钻探,物探来进行外业实地验证。因为对于跨江、跨海大桥,其水深、水底地形、地质构造等的地质条件直接关系大桥的施工难度、造价、工期,以及大桥日后营运期的安全等。大的深槽或隐伏的大的活动断裂带往往给施工难度或墩、塔设置等带来直接的影响。

**5.4.5** 对于控制路线方案的特大桥或跨江、跨海峡的独立大桥,初测与外业调查验证期间往往比较重视,也容易在外业调查期间发现地质问题。尽管初勘期间也往往投入一些钻探与物探工作,但往往工作量较小,难免有它的局限性。在跨海峡地段是采用大桥方案,还是采用隧道方案,往往地质条件是决定性的因素。因此为了方案论证的需要就需要拍摄一些特殊波段的大比例尺航空照片来分析水下地形、地质条件,为多方案比选提供论证的地质资料。

## 5.5 隧道地质遥感勘察

**5.5.1** 本规定是指可行性研究阶段地质遥感没有做,或做了地质遥感工作,但仍有大的地质问题需要进一步查明与验证时,应先安排地质遥感工作。主要还是从地质遥感的特点来考虑的,也是从地质工作的一般工作方法上来考虑,通过从宏观到微观,又从微观到宏观多次反复来认识地质体。

**5.5.2** 解译范围是根据路线、隧道设计的一般规律确定的。在初步设计阶段,路线或隧道的局部线位优化或调整,一般在几十米至几公里范围内,所以隧道地质遥感解译宽度应能适应这一变化。当隧道轴线附近发现有大的断裂带时,就应进行追踪解译,其追踪解译的宽度不受条文范围限制。当然,在实际工作中也往往对整幅图进行解译,但对隧道轴线附近解译应详细。

**5.5.3** 对于水下隧道,最关心的是隧道区域内隐伏的地质构造,水体部分的形成原因、演化趋势等。应先从陆地部分进行解译,并根据陆地部分的形成原因、地质构造等发育情况来对水体部分的地质构造进行分析、研究、推理、判断。本条文按照初步工程地质勘察要求,规定了隧道地质遥感勘察解译的最小地质单元体的大小。

**5.5.4** 在外业调查验证的技术要求中规定验证点数量,是根据隧道区域的地质条件的复杂程度来确定的。

验证点的误差要求是与隧道工程方案合理设计有关的。隧道进、出口位置,隧道底板的设计标高是否合理,不良地质对隧道影响是否能减低到最低限度,均应用地面桩号位置、标高来说明和控制。

水下隧道,尤其是城市区过江、过海隧道,其地质条件是决定隧道方案本身是否成立的先决条件。而决定水文地质、工程地质条件好坏的主要因素是大的隐状、活动断裂带。对于这些严重不良地质地段,外业调查验证往往不像陆地。在陆地能看到明显的标志,水下则不能,必须布置钻探、物探来验证。只有取得第一手、直接的外业调查验证的资料,才能对隧道方案成立与否做出正确评价和结论。

**5.5.5** 综合解译是人们对图像中的地质现象、地质属性再认识的过程。通过外业调查验证和搜集前期各类地质成果,各类超前的水文地质、工程地质资料,以及对这些资料和成果的相互印证和分析,保证了各类资料协调性、统一性和第一手原始资料的准确性、可靠性,以便对隧道区域的水文地质、工程地质条件做出正确的评价。

## 5.6 成果提交

**5.6.1** 初步设计阶段公路工程地质遥感勘察解译成果中的说明书是在地质遥感解译后通过调查验证,综合其他勘察成果的基础上编制出来的。它是相对宏观的、粗线条的地质说明。对于地质体的认识,以及对区域工程地质的认识应在勘察说明书中予以表述。

提交的遥感解译成果图表的内容、比例是根据遥感地质本身特点和初步工程地质勘察、设计的要求与需要而定的。它是编制全线初勘阶段工程地质综合报告和各类综合图件的基础资料之一。当然,随着工程地质遥感的发展,遥感、遥测技术的成熟和公路工程所处的地质条件越来越复杂,公路工程地质遥感勘察的作用也越来越大,遥感解译成果图表也会更多、更好。本条文规定的比例尺为要求的最小比例尺。实际工作中,可将成果比例尺定得更大些。

**5.6.2** 在编写遥感地质解译报告时,应充分综合地面地质调查与测绘成果,钻探、物探等勘察成果,尽可能使各勘察成果取得一致的认识。条文中规定比例尺的要求,主要基于以下几种考虑,一是遥感影像图的比例尺,二是考虑到初勘其他勘察成果的精度要求,三是能使各种有价值的地质内容有所显示,达到从宏观上为工程方案设计提供地质依据的目的。

**5.6.3** 隧道工程地质遥感成果资料主要内容与要求。考虑到水下隧道有多种施工方案,如沉管法施工、盾构法施工等方案,不同的施工方案对水下地形、地质条件的要求不同,规范要求提供水下地形、地貌及岸态变迁等方面资料,以便考虑不同的隧道施工方案与所在区域的地形、地质条件的适应性。

## 6 主要不良地质现象及特殊性岩土遥感勘察

### 6.1 断层构造

**6.1.1** 断层构造,特别是活动断层,对公路工程影响很大。活动断层一般理解为目前还在持续活动,或在历史时期或近期地质时期活动过,并且极有可能在不远的将来重新活动的断层。断层解译主要是根据航片、卫星影像上的影像线性纹理特征来识别,断定断层的规模、延伸方向、性质等,论证对公路工程的危害程度,评价公路工程的合理性和适宜性。

**6.1.2** 验证的方法和依据主要是根据断层在野外表现的特征采取相应的验证方法,以判别断层的活动性,如活动断层造成第四系地层抬升或错断,泉水呈线状分布,尤其是温泉呈带状分布,就可以判定其是否为活动断层。断层的上下盘必须进行验证,主要是考虑到只有验证了断层的上下盘,才能判定断层的性质、规模。断层带验证点必须2个以上,是考虑到只有在断层带验证了2个以上的地方,才能确定断层带的延伸方向,确定断层与路线的关系,进而判定断层构造对公路的危害程度等。

### 6.2 滑坡

**6.2.1、6.2.2** 滑坡是各种工程活动经常遇到的地质灾害之一,而且人类工程活动中一般遇到的古滑坡复活的情况比较多见。人工形成的边坡,如露天采矿边坡、道路工程形成的边坡以及其他工程活动形成的边坡等,由于这类边坡经过科学的设计并具有有效的防护系统,发生滑坡的可能性比较小。往往是那些古滑坡,由于认识不足,加上人类工程活动破坏了原来的稳定性,结果导致滑坡。古滑坡往往在地貌上有一些特点和由滑坡造成的一些异常现象,在外观形态上比较容易判断,再加上必要的地质条件的分析,特别是在大比例尺的航片上,古滑坡是比较容易识别的。遥感对滑坡的判别主要是依据滑坡的形态要素,如滑坡附近的圈椅状地形,滑坡体上的裂缝等形成的冲沟以及滑坡体上形成的不规则阶梯状地形、滑坡前缘的滑坡鼓丘等等。

**6.2.3** 滑坡的验证比较容易。有了航片上滑坡的大致位置,可以直接找到滑坡后缘的拉裂缝或由拉裂缝等形成的积水洼地。另外,滑坡前缘一般岩层产状比较混乱,用罗盘在比较大的范围内进行产状测量,统计比较岩层产状的规律,或对滑坡两侧对比滑坡体岩层

和周围岩层的差别便可确定滑坡体的移动。另外,从滑坡体顶部向滑坡滑动的方向仔细观察也可以发现滑坡体的诸多形态要素。滑坡前缘有时发育一些泉水点,这是因为滑坡的滑动面一般属于比较透水的部位,而滑动面则相对比较隔水。按以上一些有关滑坡的特征在现场就可验证滑坡的存在。

**6.2.4** 在公路工程中,特别是傍山公路,遇到古滑坡的情况很常见,遥感解译就是要发现这些滑坡集中的地带,尽量使公路避开它们。若难以避开,则发现了滑坡后可以采取相应的防护措施,避免因公路建设带来突发灾害,突出以防为主的设计思想。

## 6.3 崩塌

**6.3.1** 崩塌主要表现为块体的垂直运动,与以水平运动为主的滑坡不同。崩塌也主要发生在坚硬与软弱岩层相间的地层中,并且岩体节理比较发育,使岩体形成天然的块体,在条件适宜时失去稳定坠落至山坡下,从而给人类工程活动带来灾害。一般可以根据以下特点来发现崩塌现象:

- 1 崩塌的地点可根据陡崖阴影来判断;
- 2 崩塌一般发生在厚层坚硬岩体中;
- 3 崩塌发生在地形强烈切割的山区;
- 4 崩塌发生在岩体节理特别是垂直节理发育的地段;
- 5 崩塌体一般形成倒石堆,或孤立块石;
- 6 崩塌易发生在软硬岩层相间,并且岩层产状平缓地区。

**6.3.2** 崩塌的验证可以通过对比山坡坠落的岩石与山体基岩的结构构造来确定。可以通过进一步的地面调查,确定崩塌的具体规模,影响范围,对工程的影响程度及可能的防护手段等。

## 6.4 泥石流

**6.4.1** 泥石流对公路的损害在西南地区、青藏地区比较常见,从遥感图像上发现并使公路避开这些泥石流发育地带是非常重要的。泥石流在形态上很容易识别,在大比例尺航片上,可以清楚地分辨泥石流的形态特征,从而确定泥石流的存在。此外可以根据泥石流以下的特征来识别:

- 1 泥石流最显著的特征是其堆积扇或洪积扇,呈扇形、三角形或不规则形,一般位于出山口处;
- 2 洪积扇上土石堆积分选性差,表现在影像上是其影纹比较粗糙,并且植被不发育;
- 3 根据泥石流发生的地形条件来判断,泥石流发生地一般三面环山,一面通向出山口,并且地势陡峻,植被稀少,影像上也是比较粗糙;

- 4 根据泥石流发生的气候条件,一般发生在气候变化剧烈,且潮湿多雨的地区;
- 5 泥石流发生的地质条件,一般为地质构造复杂的地区,岩石风化破碎、新构造运动活跃、地震频发、崩塌灾害多发的地段。

**6.4.2** 泥石流的验证主要是对泥石流的堆积物进行分选性、岩石块体大小、岩石成分、分布范围等进行调查验证,从而对泥石流的破坏能力有一个初步的估计。对泥石流的流通区考察泥石流的侵蚀性及破坏性,考察泥石流对沟边的剥蚀情况等;另外重要的一点是确定泥石流的物质来源,确定物源区的大小,固体物质来源、成分等。由于物源区范围往往十分巨大,因此一般只进行代表性验证即可。

**6.4.3** 在公路可行性研究阶段,可以直观地确定泥石流发育较为稀少的地段作为公路的行进走廊带;在公路设计的其他阶段中,可以根据泥石流的分布范围、大小规模等为准确地控制公路造价提供依据。

## 6.5 岩溶

**6.5.1** 岩溶地区一般表现为山体外形浑圆。在航片上,岩溶天坑、漏斗、落水洞、地下河出入口比较直观,溶蚀洼地等可以根据其地质发育特点而判断。岩溶可以根据公路的具体勘察阶段,有重点地对不同的地质现象进行解译。具体可以根据以下的特征进行判断:

- 1 岩溶地区山体一般外形较为浑圆,无明显棱角,地表水系较不发育;
- 2 地表易于发育岩溶地区特有的圆形、椭圆形岩溶漏斗,呈斑块状分布,黑白航片上呈现灰白色调;
- 3 溶蚀洼地底部常发育落水洞,位于洼地底部,四周有水流汇入洞中,并有一定的汇水面积;
- 4 岩溶地区通常发育暗河,在航片上往往可见河流突然于某处终止,又于某处突然出现,即表现为地下暗河的出入口;
- 5 有时溶蚀漏斗呈带状、串珠状分布,并与岩层走向一致。

**6.5.2** 外业验证是根据实际的岩溶发育现象来确定岩溶的存在,但应该注意的是解译成果中非岩溶原因造成的岩溶现象误判,并在外业调查验证中予以纠正。

## 6.6 软土与沼泽

**6.6.1** 软土与沼泽的含水量都很高或地下水位接近地表,特别是沼泽的含水量达到了饱和状态。软土、沼泽一般位于河流入海口或洪积扇前缘,由于河流的游荡迂回,在广大范围内形成了欠固结且地下水位较高的沉积。根据这些地貌部位再结合对水体反映比较

敏感的影像波段,可以确定软土的范围。

**6.6.2 软土的验证**,一般初步确定地表一定深度范围内土的含水量即可,一般土体天然含水量大于 30%即可确定为软土。一般软土可以通过直观的手工鉴别即可,其土体含水量明显偏大,并且具有很强的可塑性,可以看到游离水的存在,用手捏可以顺手指缝出水等等。

一般沼泽的地下水已溢出地面,而且人无法在上面行走,气温过高时,有气泡从中溢出等现象。沼泽在野外很容易识别。

## 6.7 活动沙丘

**6.7.1 活动沙丘**:一般位于平坦地区,如沙漠地区、海岸、湖岸、河岸边缘等。沙丘一般形态复杂,无植被覆盖,或植被零星覆盖。黑白航片上一般呈现较浅色调,影像较粗糙,沙丘背阳面呈现深色调。

**新月形沙丘**:最显著的特征是平面具有新月形的形态,沙丘两侧有顺风向的翼角,迎风坡凸出而平坦,背风坡凹而陡,无植被覆盖,一般呈浅色调,广泛分布于各大沙漠地区及海岸、湖岸、河岸边缘。

**新月形沙丘链**:由单个新月形沙丘相互连接而成,在两个相反方向的风交替作用地区,沙丘链的整个平面形态比较平直,顶部有一摆动带,迎风坡与背风坡比较对称,植被很少,一般呈浅色调,背风坡及沙丘之间低洼处呈深色调。

**新月形沙垄**:新月形沙丘的一翼延伸很长,而另一翼则相对退缩,平面形态似钓鱼钩状,沙丘规模较小,偶有少量植被,色调较浅,欠均匀。

**流动沙丘**:位于平坦地区,沙丘形态复杂,随风而动,由疏松沙层组成,完全裸露,规模大小不一,一般无植物覆盖,或见少量一年生植物,一般呈浅色调,广泛分布于各大沙漠地区以及海岸、湖岸、河岸边缘等。

**6.7.2 活动沙丘的验证**一般通过分辨其迎风面和背风面的特征来进行。一般活动沙丘上植被较稀少,或没有植被。更重要的一点是,迎风面比较缓,而背风面比较陡,而且两面坡度相差较大。若是固定沙丘,一般两面的坡度差别比较小。

## 6.8 冻土

**6.8.1 冻土**一般分季节冻土和永久冻土。季节冻土只在冬季存在,夏季融化;永久冻土是位于季节冻融线以下,并且连续三年以上在夏季也不会融化的冻土。冻土一般发生在我国的西北及东北地区或高海拔地区,一般可以根据以下的特征来解译判断:

1 位于冲、洪积扇前缘、湖滨、河漫滩阶地等平坦低洼处,黑白航片上,影像色调较深或深浅不一的花斑图案,植被缺乏,多为粘性土。

2 各种冻土不良地质现象,如:热融坍塌、多边形土、冻胀丘、冰锥、热融沉陷等发育。

3 冻胀裂缝位于坡积、残积的山丘、丘陵斜坡区,洪积冰水沉积的山前平原区,冲积的河流阶地区。

**6.8.2** 外业验证冻土的存在,在夏季可以用一根钢钎手工进行触探,一般的永久冻土的上界在东北地区是 0.8~1.2m。

**6.8.3** 高速公路一般填土的附加应力可以达到永久冻土的范围,存在压融的可能,会对路堤的稳定性带来影响。确定永久冻土存在的范围,从而可以采取相应的措施,保证路堤的稳定。

## 6.9 黄土

**6.9.1** 黄土解译标志可根据影像上所反映的如下特征来建立:

1 黄土有特殊的负向沟谷侵蚀地貌及正向侵蚀残余地貌。负向沟谷侵蚀地貌的冲沟发育,呈树枝和羽毛状;正向侵蚀残余地貌包括黄土塬、黄土梁、黄土峁等。

2 黄土形成的冲沟,沟壁几乎呈垂直状态。

3 植被稀少。

4 黄土色调均匀,一般呈浅色。

5 黄土主要分布在我国干旱、半干旱地区,一般在北纬 33°~47°之间,地形和区域性具有明显的特征。

**6.9.2、6.9.3** 黄土的验证主要是黄土的微地貌特征,应对黄土的成因、分布和湿陷性大小进行验证,为路线合理选用地形,大型桥梁合理选址,路基工程比较,桥梁、隧道工程比较,降低工程造价,减少环境地质问题等提供地质依据。