

UDC

中华人民共和国行业标准

**TB**

**TB 10041—2003  
J 262—2003**

P

# 铁路工程地质遥感技术规程

Code for technique on remote sensing  
of railway engineering geology

2003-03-28 发布

2003-06-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

中华人民共和国行业标准

铁路工程地质遥感技术规程

Code for technique on remote sensing  
of railway engineering geology

TB 10041—2003

J 262—2003

主编单位：铁道第三勘察设计院

批准部门：中华人民共和国铁道部

施行日期：2003年6月1日

中国铁道出版社

2003年·北京

# 关于印发《铁路工程施工安全技术规程》 等5项铁路工程建设标准的通知

铁建设函[2003]99号

《铁路工程施工安全技术规程(上册)》(TB 10401.1—2003)、《铁路工程施工安全技术规程(下册)》(TB 10401.2—2003)、《铁路工程地质原位测试规程》(TB 10018—2003)、《铁路工程地质遥感技术规程》(TB 10041—2003)及《铁路工程水质分析规程》(TB 10104—2003)经审查,现予印发,自2003年6月1日起实施。

规程中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

原《铁路轨道施工技术安全规则》(TBJ 401—87)、《铁路路基施工技术安全规则》(TBJ 402—87)、《铁路桥涵施工技术安全规则》(TBJ 403—87)、《铁路隧道施工技术安全规则》(TBJ 404—87)、《铁路通信施工技术安全规则》(TBJ 405—87)、《铁路信号施工技术安全规则》(TBJ 406—87)、《铁路电力施工技术安全规则》(TBJ 407—87)、《铁路电力牵引供电施工技术安全规则》(TBJ 408—87)、《铁路给水排水施工技术安全规则》(TBJ 409—87)、《铁路房屋建筑施工技术安全规则》(TBJ 410—87)、《铁路临时工程附属辅助生产工程施工技术安全规则》(TBJ 411—87)、《铁路行车线上施工技术安全规则》(TBJ 412—87)、《动力触探技术规程》(TBJ 18—87)、《静力触探技术规程》(TBJ 37—93)、《铁路工程地基土旁压试验规程》(TB 10046—96)、《铁路工程地基土十字板剪切试验规程》(TB 10051—97)、《铁路工程地质遥感技术规程》(TB 10041—95)、《铁路工程水质分析规程》(TBJ 104—87)同时废止。

各单位在执行过程中,应结合工程实践,认真总结经验,积

累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料报建设管理司。

本标准由铁道部建设管理司负责解释，中国铁道出版社和铁路工程技术标准所组织出版发行。

**中华人民共和国铁道部**  
二〇〇三年三月二十八日

## 前 言

本规程是根据铁道部《关于下达 2000 年铁路工程建设规范、定额编制计划的通知》(铁建设函〔2000〕36 号)的要求,在《铁路工程地质遥感技术规程》(TB10041—95)基础上修订而成的。

本规程内容包括总则、术语、基本规定、遥感图像的选用和处理、工程地质遥感工作的内容和方法、铁路工程地质勘察阶段遥感工作、施工阶段和运营阶段工程地质遥感工作等 7 章,另有 8 个附录。

本规程修订的主要内容如下:

(1) 根据铁路工程地质遥感工作的特点,规定了铁路工程地质遥感工作的作业程序、技术要求及工作方法。

(2) 增加了加深地质工作中的工程地质遥感工作内容。

(3) 增加了施工阶段和运营阶段工程地质遥感工作内容。

(4) 增加了附录 A 主要岩土的解释标志,附录 B 主要地质构造的解释标志和附录 C 主要不良地质的解释标志。

(5) 纳入遥感技术近几年的新成果和通过生产实践总结出的成功的工作方法。

在执行本规程过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改和补充之处,请及时将意见及有关资料寄交铁道第三勘察设计院遥感中心(北京市朝阳区外大街 227 号,邮政编码:100020),并抄送铁路工程技术标准所(北京市海淀区羊坊店甲 8 号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

本规程由铁道部建设管理司负责解释。

本规程主编单位:铁道第三勘察设计院。

本规程主要起草人:卓宝熙、戈清萍。

## 目 次

1 总 则 .....	1
2 术 语 .....	2
3 基本规定 .....	4
4 遥感图像的选用和处理 .....	6
5 工程地质遥感工作的内容和方法 .....	7
5.1 准备工作 .....	7
5.2 初步解译 .....	8
5.3 外业验证调查与复核解译 .....	10
5.4 最终解译与资料编制 .....	11
6 铁路工程地质勘察阶段遥感工作 .....	13
6.1 踏 勘 .....	13
6.2 加深地质工作 .....	14
6.3 初 测 .....	16
6.4 定 测 .....	17
7 施工阶段和运营阶段工程地质遥感工作 .....	19
7.1 施工阶段工程地质遥感工作 .....	19
7.2 运营阶段工程地质遥感工作 .....	19
附录 A 主要岩土的解译标志 .....	21
附录 B 主要地质构造的解译标志 .....	25
附录 C 主要不良地质的解译标志 .....	28
附录 D 图像处理方法的适用范围 .....	31
附录 E 调绘面积划定的方法 .....	32
附录 F 遥感图像地质解译验证 .....	33
附录 G 遥感图像地质样片说明 .....	34
附录 H 遥感图像刺点一览表 .....	35

本规程用词说明 .....	36
《铁路工程地质遥感技术规程》条文说明.....	37

# 1 总 则

**1.0.1** 为了统一铁路工程地质遥感技术要求，保证勘察质量，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于新建、改建铁路勘察、设计、施工及运营阶段的工程地质遥感工作。

**1.0.3** 铁路工程地质勘察工作应充分发挥遥感技术的宏观指导作用，遥感技术应用应与其他勘察手段密切配合，合理使用，对线路方案的工程地质、水文地质条件作出评价。

**1.0.4** 遥感工作应充分利用各种片种、多种波段、多种时相的遥感数据进行复合图像处理和综合解译对比，提高遥感技术应用效果。

**1.0.5** 铁路工程地质遥感技术工作，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。



## 2 术 语

### 2.0.1 遥感 remote sensing

在一定距离以外感测目标物的“信息”，通过对信息的分析研究，确定目标物的属性及目标物之间的相互关系。

### 2.0.2 遥感技术 remote sensing technology

从地面到高空各种对地球、天体观测的综合性技术系统的总称。由遥感平台、遥感仪器，以及信息接收、处理与分析应用等组成。

### 2.0.3 遥感图像 remote sensing image

通过安装在遥感平台上的传感器对地球表面摄影或扫描获得的影像经过处理后获得的图像。

### 2.0.4 航空遥感图像 airborne remote sensing image

从飞机、飞艇、气球等空中平台上对地观测所获取的遥感图像。

### 2.0.5 航天遥感图像 astronautics remote sensing image

利用太空飞行器为平台所获取的遥感图像。也称太空遥感图像。

### 2.0.6 辐射能 radiant energy

电磁辐射所携带（或传递）的能量，它表示在给定的时间间隔内由辐射源辐射出的全部能量。

### 2.0.7 物体的波谱特性 spectral property of body

物体辐射能量随波长改变而改变的特性。又称地物的波谱特性。

### 2.0.8 图像处理 image processing

对图像进行重组和变换的各种技术方法的统称。

### 2.0.9 解译标志 interpretation key

在遥感图像上能反映和判别目标物属性的图像特征。包括：地物的形状、大小、阴影、色调和色彩、纹理、图案、位置、布局等等，又称判释标志。解译标志可分为直接解译标志和间接解译标志。

#### **2.0.10 遥感图像解译 remote sensing image interpretation**

根据人们对客观事物所掌握的解译标志和实际经验，通过各种手段和方法，对图像进行分析，达到识别目标物的属性和含义的过程。又称遥感图像判释。

#### **2.0.11 遥感图像工程地质解译 remote sensing image interpretation of geology engineering**

利用人们所掌握的地质知识，通过各种手段和方法，对图像进行分析，达到识别与工程建设有关的地貌、地层岩性、地质构造、不良地质、水文地质等地质现象的过程。

#### **2.0.12 初步解译 first interpretation**

外业工作前，在室内对遥感图像进行的概略解译。

#### **2.0.13 复核解译 check interpretation**

在外业验证调查过程中，根据对解译标志的进一步认识，对初步解译成果进行修改、补充的解译。

#### **2.0.14 最终解译 last interpretation**

在外业验证调查工作结束后，用新建立的解译标志，对图像进行最终的全面的解译。

#### **2.0.15 航片调绘面积 area of aerophoto investigation**

航片上，本条航线纵向重叠和相邻航线间旁向重叠的中间部分，选同名地物点联线画出的四周闭合范围。

#### **2.0.16 数字正射影像图 digital orthophotomap**

根据数字地形模型对中心投影的航摄影像进行纠正处理，消除了投影差的垂直投影的影像地图。

## 3 基本规定

**3.0.1** 工程地质遥感技术宜用于下列地区：

- 1 地质条件复杂的山区，不良地质发育、水文地质复杂的地区；
- 2 地形陡峻、交通困难、地面调查难以进行的地区；
- 3 河网密布、河流变迁频繁的平原地区；
- 4 大江、大河、海域及越岭地区；
- 5 地表裸露良好和以物理风化为主的干旱和半干旱地区；
- 6 目标物解译标志明显而稳定的地区。

**3.0.2** 工程地质遥感工作应按准备工作、初步解译、外业验证调查与复核解译、最终解译与资料编制等程序进行。

**3.0.3** 遥感图像解译应安排在工程地质地面调查之前，以遥感图像解译成果为指导，开展工程地质地面调查工作。

**3.0.4** 工程地质遥感图像解译应包括下列内容：

- 1 地貌特征及分区，水系分布范围、形态分类及发育特征等；
- 2 区分地层、岩性（岩组）的界线和估测岩层产状要素；
- 3 褶皱、断层的位置和性质，规模较大的断层破碎带范围，隐伏断层、节理密集带的位置和延伸方向；
- 4 活动断裂的工程地质评估，地震区的区域稳定性评估；
- 5 不良地质的类型、范围、成因、分布规律及动态分析等，特殊岩土的类型及分布范围；
- 6 地下水（含温泉）的露头、有水文意义的水井的位置、地下水富水地段，地貌、岩性、地质构造等与地下水的关系；
- 7 工程地质分区、工程地质条件概略评价，水文地质概略分区。

**3.0.5** 工程地质遥感工作，应根据勘测阶段、调查目的和地质复杂程度，选择适用的卫星图像及航空遥感图像。

**3.0.6** 遥感图像成像时间应选在各目标物之间辐射能差别或有效颜色差别出现最大值时进行。

**3.0.7** 遥感图像比例应能满足测图精度和解译要求。当搜集的遥感图像比例较小，无法满足解译要求时，可将其适当放大使用。

**3.0.8** 图像处理，一般情况下应以图像增强方法为主。对特定目标的解译，应选择与其相适用的处理方法。

**3.0.9** 遥感图像的解译，应按照先航天遥感图像，后航空遥感图像；先小比例航空遥感图像，后中、大比例航空遥感图像的顺序进行。

**3.0.10** 遥感图像解译成果应根据工程地质勘察阶段、工程的重要程度，对依据不足的判释成果进行现场验证。

**3.0.11** 遥感图像解译标志的建立应符合下列规定：

1 解译标志的内容应包括有指导意义的水系、地貌、地层、岩性（岩组）、地质构造、不良地质、水文地质、植被、人类活动等典型影像特征。建立的解译标志应具有代表性、实用性和稳定性。

2 解译标志应按下列方法确定：

- 1) 根据解译经验；
- 2) 遥感图像与实地对照；
- 3) 与相同地区既有的典型遥感地质样片对照；
- 4) 遥感图像与该地区正式地质图件对照。

3 必要时对遥感图像的各种解译标志应有详细的文字描述，并整理成册。

**3.0.12** 开展地层、岩性（岩组）、地质构造、不良地质解译时，其解译标志可按照附录 A、附录 B 和附录 C 确定。

## 4 遥感图像的选用和处理

4.0.1 遥感图像进行地质解译时，应根据不同勘察目的，按表 4.0.1 选用遥感图像。

表 4.0.1 遥感图像的选用

类 别	适 用 范 围
航天遥感图像	分析宏观地质背景和构造格架，概略评价工程地质条件
黑白航空像片	解译地貌、地层（岩性）、地质构造、不良地质、水体、植被等
天然彩色航空像片	解译裸露良好、色彩鲜艳的岩层、植被等
黑白红外航空像片	解译雾霾严重地区，水体、植被等
彩色红外航空像片	解译地貌、地层（岩性）、地质构造、不良地质、水体、植被等；高含水量的近代沉积层，黄泛区
热红外航空扫描图像	解译地下水、温泉、充水断层、隐伏断层、浅层岩溶等
机载侧视雷达图像	解译线性构造、宏观地层、水体以及森林分布地区等

4.0.2 遥感图像处理前宜作好下列工作：

- 1 搜集或实测图像处理地区典型物体的波谱特性资料；
- 2 制定图像处理方案。

4.0.3 遥感图像处理方法的选择应根据拟提取的信息目标、遥感资料、图像处理设备条件等情况，按本规程附录 D 确定。

## 5 工程地质遥感工作的内容和方法

### 5.1 准备工作

5.1.1 准备工作应包括资料搜集、航空遥感图像的质量检查和编录、整理等内容。

5.1.2 资料搜集应包括下列内容：

- 1 按不同的勘测阶段，搜集所需比例的地形图；
- 2 各种陆地卫星图像、航空遥感图像、典型的物体波谱特性资料等；
- 3 搜集各种地质图、地层表、地震、勘探、测试和气象等资料以及相应的文字材料。

5.1.3 搜集的资料应符合下列要求：

- 1 陆地卫星资料可搜集图像或图像数字磁带；
- 2 航空遥感图像应主要搜集黑白航空像片，包括单张的像片和镶嵌复照图各 1~2 套，其他航空遥感图像可按需要搜集；
- 3 进行不良地质动态分析时，应搜集不同时期的航空遥感图像；
- 4 搜集热红外扫描图像时，应了解其成像时间、气象条件、扫描角度、温度灵敏度、地面测温等资料；
- 5 搜集该区典型的地物波谱特性资料。

5.1.4 航空遥感图像的质量应满足解译的要求，质量检查的内容应包括：范围、重叠度、成像时间、比例、影像清晰度、反差、物理损伤、色调、云量等。

5.1.5 根据解译目的，应确定遥感图像处理方案并进行遥感图像处理（见附录 D）。

5.1.6 遥感图像应进行编录和整理。

## 5.2 初步解译

5.2.1 解译前首先应结合线路方案、地质特点、遥感图像种类及其可解译程度等，开展下列工作：

- 1 确定解译范围和解译工作量；
- 2 制定解译原则和技术要求；
- 3 建立区域解译标志。

5.2.2 对基岩和地质构造的可解译程度可按表 5.2.2 进行划分。

表 5.2.2 可解译程度划分

可解译程度	测 区 特 征
良 好	植被和乔木很少，基岩出露良好，解译标志明显而稳定，能分出岩类和勾绘出构造轮廓，能辨别绝大部分的地貌、地质、水文地质细节
较 好	虽有良好的基岩露头，但解译标志不稳定，或地质构造较复杂，乔木植被和第四系覆盖率小于 50%，基岩和地质构造线一般能勾绘出来
较 差	森林（植被）和第四系地层覆盖率达 50% 以上，只有少量基岩露头，岩性和构造较复杂，解译标志不稳定，只能判别大致轮廓和个别细节
困 难	大部分面积被森林（植被）和第四系地层覆盖，或大片分布湖泊、沼泽、冰雪、耕地、城市等。只能解译一些地貌要素和地质构造的大体轮廓，一般分辨不出细节

5.2.3 遥感图像解译成果需用航测仪器成图时，应在隔号遥感图像上按本规程附录 E 划定调绘面积。

5.2.4 遥感图像解译应符合下列要求：

- 1 能构成立体像对的图像，应借助解译仪器进行立体观察；
- 2 遥感图像解译过程中，应按先主后次，先大后小，从易到难的顺序，反复解译、辨认。重点工程地段和线路附近，应仔細解译和研究；
- 3 应按照规定的图例、符号和颜色，在隔号航空像片上进行地质界线勾绘和符号注记；
- 4 调绘范围应在像片调绘面积内或在压平线范围内进行。

当像片上无压平线时，距像片边缘不应小于 1.5 cm。

**5.2.5** 遥感图像解译时，凡图像上出露范围达到  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$  及以上的闭合体以及长度达到 5 mm 的线状地质体，均应勾绘出来，勾绘的界线与实际影像误差不得大于 0.5 mm。

**5.2.6** 遥感图像调绘和解译应包括下列内容：

- 1 居民点、道路、山脊线、垭口等一般地物、地貌；
- 2 水系、地貌、地层、岩性（岩组）、地质构造、不良地质与特殊岩土、水文地质等。

**5.2.7** 水系的解译应包括下列内容：

- 1 水系形态的分类、水系密度及方向性的统计、冲沟形态及其成因；
- 2 河流袭夺现象、阶地分布情况及特点；
- 3 水系发育与岩性、地质构造的关系；
- 4 岩溶地区的水系应标出地表分水岭的位置。

**5.2.8** 地貌的解译应包括下列内容：

- 1 各种地貌形态、类型以及地貌分区界线；
- 2 地貌与地层（岩性）、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。

**5.2.9** 地层、岩性（岩组）的解译应包括下列内容：

- 1 参照既有地质图，确定地层、岩性（岩组）的类型，并进行地层、岩性（岩组）划分，估测岩层的产状；
- 2 对工程地质条件有直接影响的单层岩石应单独勾绘出来；
- 3 确定第四系地层成因类型和时代；
- 4 不同地层、岩性（岩组）的富水性及工程地质条件等的评价。

**5.2.10** 地质构造的解译应包括下列内容：

- 1 褶曲的类型、轴的位置、长度和倾伏方向；
- 2 断层的位置、长度和延伸方向，断层破碎带宽度；
- 3 节理延伸方向和交接关系，节理密集带分布范围；
- 4 隐伏断层和活动断裂的展布。



**5.2.11 不良地质与特殊岩土的解释应包括下列内容：**

- 1 各种不良地质类型及其分布范围；
- 2 不良地质的分布规律、产生原因、危害程度和发展趋势；
- 3 特殊岩土的类型及其分布范围。

**5.2.12 水文地质解释应包括下列内容：**

- 1 大型泉水点或泉群出露的位置和范围；
- 2 湿地的位置和范围；
- 3 潜水分布与第四系地层的关系。

**5.2.13 初步解译过程中，对重要的和需进行外业验证的解译成果，应按本规程附录 F 填写图像解译特征。初步解译后，可编制遥感地质初步解译图。遥感地质初步解译图的底图可选用 1:2 000~1:100 000 比例的地形图、简化地形图或水系图。图中内容应包括各种地质解译成果、调查路线和拟验证的地质观测点等。**

### **5.3 外业验证调查与复核解译**

**5.3.1 外业验证调查的重点应包括下列内容：**

- 1 对工程有影响和有疑问的地质现象或地质体；
- 2 对工程有影响的重大不良地质与特殊岩土；
- 3 尚未确定的地层、岩性（岩组）界线、地质构造线等；
- 4 解译结果与现有资料有矛盾的地质问题。

**5.3.2 外业验证调查应符合下列规定：**

1 对进行现场验证的每个解译成果应按本规程附录 F 填写现场验证结果，并补充、修改图像解译特征；

2 外业验证调查应根据实地情况，修改、补充解译标志，并根据新建立的解译标志，进行复核解译，修改遥感地质初步解译图。

**5.3.3 地质观测点的刺点应符合下列要求：**

1 重要的地质观测点，应在航空遥感图像上刺点和编号，在观测点记录表（记录本）上注明点所在测段、图像号，并进行

描述;

- 2 刺点的点位误差不应大于 0.2 mm。
- 5.3.4 地质观测点的平面和高程位置的确定,可采用以下方法:
- 1 在航测地形图上查得;
  - 2 在航测仪器上直接量测;
  - 3 内业电算加密求得;
  - 4 外业控制时联测求得;
  - 5 利用 GPS 求得。
- 5.3.5 航空遥感工程地质外业验证点的平均密度应符合下列规定:

1 在遥感图像上,每条地质界线至少应布设 1 个验证点。当地质界线显示不清晰时,应增设验证点。

2 航空遥感工程地质外业验证点平均密度可按表 5.3.5 确定。

表 5.3.5 航空遥感工程地质外业验证点平均密度

测图比例	验证点数 (个/km <sup>2</sup> )	
	第四系覆盖层区	基岩裸露区
1:50000	0.1~0.3	0.5~1.0
1:25000	0.2~1.0	1.0~2.5
1:10000	0.5~2.0	1.5~4.5
1:2000~1:5000	2.0~5.0	6.0~15

5.3.6 外业验证调查中,应搜集和验证遥感图像地质样片,并按本规程附录 G 填写遥感图像地质样片说明表。

## 5.4 最终解译与资料编制

5.4.1 外业验证调查结束后,应进行遥感图像的最终解译,全面检查遥感地质解译成果,并应做到各种地层、岩性(岩组)、地质构造、不良地质等的定性和界线接边正确。

5.4.2 遥感图像最终解译后,应按规定的图例、符号和颜色进

行整饰，并应根据整饰的成果编制有关遥感工程地质图件。

**5.4.3 遥感图像和遥感工程地质成图的比例关系应符合下列要求：**

1 编制 1:100 000~1:200 000 的遥感工程地质图，应利用相应比例的航天遥感图像，还可结合应用小比例航空遥感图像；

2 编制 1:50 000 的遥感工程地质图，可利用相应比例的航空遥感图像或航天遥感图像；

3 编制 1:10 000~1:25 000 的遥感工程地质图，应利用相应或比例略小于地质图的航空遥感图像；

4 编制 1:2 000~1:5 000 的遥感工程地质图，应利用 1:8 000~1:20 000 的航空遥感图像；

**5.4.4 遥感工程地质图的编制应符合下列要求：**

1 编制 1:10 000~1:200 000 的遥感工程地质图，宜用相关地物法进行转绘；

2 编制 1:2 000~1:5 000 的遥感工程地质图，应通过航测仪器转绘成图；

3 遥感工程地质图底图可从下列几种图件中选用：

1) 地形图、简化地形图或水系图；

2) 航天遥感图像；

3) 航空遥感图像平面图或数字正射影像图。

## 6 铁路工程地质勘察阶段遥感工作

### 6.1 踏 勘

6.1.1 踏勘阶段工程地质遥感工作应了解测区内影响线路方案的主要工程地质问题及控制线路方案的越岭地段、大河桥渡等的工程地质条件，为线路各方案的工程地质条件评价和方案比选提供工程地质遥感资料。

6.1.2 遥感资料搜集应符合下列要求：

1 按工作目的和需要搜集近期的波段齐全的陆地卫星图像或图像数据磁带。

2 根据需要，搜集黑白航片和镶嵌复照图各1~2套。黑白航片搜集的宽度应满足解译要求。其他航空遥感图像可按需要搜集。

3 航天遥感图像比例为1:100 000~1:500 000；航空遥感图像比例为1:50 000左右。

6.1.3 遥感图像解译宽度，在线路位置每侧宜为5~15 cm。

6.1.4 遥感图像解译应以卫星图像为主，必要时利用小比例航片对解译成果进行修改、补充。

6.1.5 踏勘阶段工程地质遥感工作应包括下列主要内容：

1 结合区域地质资料，了解线路通过地区的地层、岩性（岩组）、地质构造、水文地质等概况；

2 概略查明影响线路方案的主要构造线的展布；

3 概略查明控制线路方案的不良地质、特殊岩土的类型与分布。

6.1.6 工程地质遥感成果资料的编制，应包括下列内容：

1 遥感工程地质说明书。

2 遥感工程地质图, 比例为 1:50 000~1:200 000 (工程地质简单时可用 1:500 000)。图的内容应包括地层、岩性(岩组)分界线、主要构造线、代表性岩层产状、重大不良地质与特殊岩土的类型及界线、地震动峰值加速度区划、地下水露头(泉、水井)、地质图例等。对控制线路方案的不良地质、特殊岩土、主要构造等, 可用文字说明, 并以图例表示在平面图上的相应地段, 图面宽度在图中宜为线路位置每侧各 5~15 cm。有条件时, 应利用全数字摄影测量方法, 编制数字遥感工程地质图。

3 必要时作遥感图像处理成果图、航空遥感图像地质平面图、数字正射影像地图、遥感图像地质样片册等。

## 6.2 加深地质工作

6.2.1 工程地质遥感工作应通过多片种的遥感图像解译, 结合地面调查、物探等, 从宏观上初步查明控制和影响线路方案的主要工程地质问题, 提出初测方案范围和评价意见。

6.2.2 资料搜集应包括遥感资料和地质资料。

1 遥感资料搜集应包括下列内容:

- 1) 根据需要搜集合适的卫星遥感图像。
- 2) 航空遥感图像比例为 1:50 000 左右的黑白航空像片和镶嵌复照图 1~2 套。
- 3) 必要时, 应根据调查目的, 有选择性地地进行黑白、天然彩色、黑白红外、彩色红外、热红外、机载侧视雷达等片种的航空成像, 比例为 1:5 000~1:20 000。

2 地质资料搜集应包括各种地质图、地层表、地震、勘探、测试、气象等资料及相应的文字资料等。

6.2.3 工程地质遥感解译工作应包括以下内容:

- 1 划分测区内的工程地质岩组, 并了解其工程地质特性;
- 2 查明测区内影响线路方案的断裂构造和褶曲轴线的展布;
- 3 查明测区内断裂构造的活动性;
- 4 查明越岭地段及大河桥渡地段节理密集带、挤压破碎带

的分布及其工程地质特性；

5 查明测区内重大不良地质与特殊岩土规模及其分布范围。

**6.2.4 遥感图像的解译范围应符合下列要求：**

1 航空遥感图像的解译范围应包括所有线路方案在内的区域；

2 为了解区域构造格架及区域性大断裂的展布，航天遥感图像的解译范围应适当加宽。

**6.2.5 工程地质遥感成果资料的编制，应包括下列内容：**

1 遥感工程地质报告，应包括下列内容：

1) 工程地质遥感工作概况、遥感图像的选择及处理方法、主要成果等；

2) 工程地质岩组的解译；

3) 地质构造（包括褶曲构造、断裂构造、节理密集带等）的解译；

4) 不良地质与特殊岩土的解译；

5) 线路方案工程地质条件的评价及结论意见。

2 航天遥感工程地质解译比例为 1:100 000~1:200 000，内容应包括主要褶曲构造线、断裂构造线、主要工程地质岩组分界线、地震动峰值加速度区划、重大不良地质等。

3 遥感工程地质图，比例为 1:10 000~1:50 000。内容应包括工程地质岩组分界线、主要构造线、代表性岩层产状、重大不良地质与特殊岩土的的类型及界线、地下水露头、地质图例等。

4 工程地质遥感专题图，包括水系图、地貌分区图、地层分布图、断裂图、节理裂隙图、隧道工程地质图、隧道纵断面富水程度分段图、特大桥工程地质图、不良地质分布图、岩溶分布图、工程地质分区图、植被分布图、三维透视图、数字正射影像图、透视景观图等。以上图件根据工作目的有选择性作。

5 必要时作遥感图像处理成果图、航空遥感图像地质平面图、数字正射影像地图、遥感图像地质样片册等。

## 6.3 初 测

**6.3.1** 初测阶段工程地质遥感工作应对已有遥感地质资料进行复判和现场验证，整理并提交工程地质遥感解译成果，为线路方案的工程地质条件评价及比选提供依据。

**6.3.2** 准备工作应包括资料搜集、航空遥感图像的质量检查和编录整理。

1 遥感资料搜集应符合下列要求：

- 1) 搜集黑白航空像片和镶嵌复照图各 1~2 套，搜集的宽度应满足解译要求。其他遥感图像可按需要搜集。
- 2) 航空像片比例为 1:8000~1:20000。
- 3) 控制线路方案的长隧道、特大桥、重大不良地质及特殊岩土等工点，可制作航空遥感图像平面图或数字正射影像图。

2 地质资料应搜集各种地质图、地层表、地震、勘探、测试、气象等资料及相应的文字资料。

**6.3.3** 初步解译工作应包括划定调绘面积、地物与地貌调绘、工程地质解译、编制遥感地质初步解译图及填写遥感图像地质解译验证表（见附录 F）。初步解译应符合下列规定：

1 工程地质解译宽度宜为图中线路位置每侧 5~10 cm。

2 工程地质解译调绘应在调绘面积内进行；相邻像片的接边内容不应有矛盾，其界线接边错位不应大于 1 mm。

**6.3.4** 外业遥感地质工作应包括下列内容：

1 对初步解译成果进行验证、补充、修改；

2 初步查明沿线区域地质、水文地质、工程地质条件以及控制线路方案的不良地质、特殊岩土对线路的影响程度；

3 地质复杂、地形陡峻的斜坡地段，当条件允许时，应作地面摄影测量；

4 建立解译标志。

5 对线路通过地区工程地质条件作出评价；

**6.3.5** 工程地质遥感成果资料的编制，应包括下列内容：

**1** 遥感工程地质报告，应包括下列内容：

- 1) 工程地质遥感工作概况、遥感图像的选择、工作方法、主要成果等；
- 2) 工程地质岩组的解译；
- 3) 地质构造（包括褶曲构造、断裂构造、节理密集带等）的解译；
- 4) 不良地质与特殊岩土的解释；
- 5) 线路方案工程地质条件的评价及结论意见。

**2** 全线遥感工程地质图，比例为 1:10 000~1:200 000，应参照区域地质资料和工程地质遥感图像调查成果进行编制。内容应包括主要地层、岩性（岩组）分界线、构造线、代表性岩层产状、地层成因及时代、不良地质、特殊岩土、地下水露头、地质图例等。图面的宽度不宜小于线路位置每侧各 5~10 cm。有比较线且两个方案相距不远时，中间宜予补全，使其相连。

**3** 重大工程及地质复杂地段遥感工程地质图，比例为 1:2 000~1:5 000。

**4** 整饰好的工程地质航空遥感图像调绘片。

**5** 必要时作各种专题图，包括水系图、地貌分区图、地层分布图、断裂图、节理裂隙图、隧道工程地质图、隧道纵断面富水程度分段图、特大桥工程地质图、不良地质分布图、岩溶分布图、工程地质分区图、植被分布图、三维透视图、数字化正射影像图、透视景观图等。

**6** 必要时作遥感图像处理成果、航空遥感图像地质平面图、数字正射影像地图、遥感图像地质样片册等。

## 6.4 定 测

**6.4.1** 定测阶段工程地质遥感工作应在初测阶段基础上，对工程地质资料进行检查和评价；对复杂的地质工点应进行详细地解译，为地质调查提供资料。



#### **6.4.2 定测阶段工程地质遥感工作应包括下列内容：**

**1** 对线路沿线进行一般性的遥感图像工程地质解译，包括地层、岩性（岩组）、地质构造、不良地质、水文地质、特殊岩土等；

**2** 利用航片（比例为1:5 000~1:20 000）对地质复杂工点进行详细的岩性（岩组）、地质构造、不良地质、水文地质、特殊岩土、斜坡稳定性等的解译；

**3** 陡峻地形和深挖高边坡地段可开展地面摄影测量和图像地质解译（快速地质编录成像技术）工作。

#### **6.4.3 定测阶段工程地质遥感工作资料的编制，可包括下列内容：**

**1** 遥感工程地质说明书；

**2** 遥感工程地质图，比例为1:2 000~1:5 000；

**3** 工点专题图，包括数字正射影像地图、岩组分布图、第四系分布图、节理裂隙图等。

## 7 施工阶段和运营阶段工程地质遥感工作

### 7.1 施工阶段工程地质遥感工作

7.1.1 施工阶段当发现工点地质情况与设计资料有较大出入，需进行大面积地质调查时，可利用遥感图像进行解译调查，查明地质情况，提供工程地质概略资料和评价意见，为进一步开展工程地质调查工作，提供指导意见。

7.1.2 施工阶段工程地质遥感工作宜包括下列内容：

1 深挖高填工点应解译山坡稳定性、不良地质、特殊岩土、地下水等情况；

2 隧道工点应解译地层、岩性（岩组）、岩土分界线、褶曲和断层与隧道的关系、断层破碎带宽度，隧道富水程度估测、岩溶发育程度等情况；

3 特大桥工点应解译有否断层通过桥基、遇到岩溶的可能性以及桥位是否受泥石流、滑坡、崩塌等不良地质的影响；

4 根据设计单位或施工单位提出的工程地质问题有针对性地开展解译工作。

7.1.3 施工阶段工程地质遥感资料的编制可包括遥感工程地质报告和遥感工程地质图。遥感工程地质报告的内容以及遥感工程地质图的内容和比例根据具体情况确定。

### 7.2 运营阶段工程地质遥感工作

7.2.1 运营阶段宜利用遥感图像解译为运营线路建立防灾减灾地理信息系统提供资料。

7.2.2 运营阶段工程地质遥感工作宜包括下列内容：

1 对线路沿线进行工程地质遥感图像解译；

- 2 对出现重大不良地质灾害地段进行遥感解译；
- 3 对不良地质的动态变化进行分析，提出监测及防治措施。

#### 7.2.3 运营阶段工程地质遥感工作应符合下列要求：

1 工点解译以大比例航空遥感图像为主；区域性遥感地质解译以小比例航空遥感图像或陆地卫星图像为主。

2 大比例航空遥感图像宜为 1:5 000~1:15 000；小比例航空遥感图像宜为 1:50 000 左右，陆地卫星图像宜为 1:50 000~1:100 000；

3 不良地质的动态变化分析主要是利用不同时期大比例航空遥感图像进行对比解译。

#### 7.2.4 运营阶段工程地质遥感资料的编制，可包括下列内容：

1 遥感工程地质报告；

2 全线遥感工程地质图，比例为 1:2 000~1:50 000，必要时可编制专题图，包括地层、岩性（岩组）、地质构造、植被、水系、山坡坡度、不良地质、特殊岩土等图件；

3 工点遥感工程地质图（数字正射影像遥感工程地质图），比例为 1:2 000~1:5 000，内容包括岩性（岩组）、地质构造、植被、水系、不良地质等；

4 不良地质工点技术档案内容应根据不良地质工点类型而定，除填写各种要求的数据外，还应包括工程防治措施意见。

## 附录 A 主要岩石的解译标志

A.0.1 岩浆岩的解译标志应按表 A.0.1 确定。

表 A.0.1 岩浆岩的主要解译标志

岩石的名称	遥感图像上的解译特征
花岗岩、花岗闪长岩、正长岩、闪长岩等中、酸性侵入岩	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 边界线多呈参差不齐的圆穹状或成透镜状、串珠状。地形上多呈穹窿状的正地形，在山区往往构成陡峭的分水岭，有时也可形成低丘或中低山地貌；</li><li>2. 呈单一均匀的浅色调；</li><li>3. 具有独特的网格状、放射形、环形、菱形等裂隙；</li><li>4. 水系以树枝状为主，也可见到角形树枝状、放射状，冲沟形成钳形、钩形等</li></ol>
辉绿岩、辉长岩等基性与超基性侵入岩	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 岩体一般较小，往往受区域构造和线形构造控制呈定向延伸；</li><li>2. 大型侵入体为正地形，植被少，色调较深；小型侵入体绝大多数形成负地形；</li><li>3. 一般侵入体内的节理裂隙及岩脉不如中、酸性侵入体那样发育和清晰</li></ol>
流纹岩、玄武岩、凝灰岩等喷出岩	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 地形上多呈火山机构、熔岩垄岗、熔岩台地、“桌状山”、熔岩被、舌状熔岩流、熔岩穹丘以及火山熔岩被破坏后形成的平台、陡壁、猪背岭等等；</li><li>2. 表面影像多呈绳状流动、海绵结构、熔渣结构以及熔岩的冷凝裂隙等；</li><li>3. 熔岩流的色调变化较大，通常酸性熔岩流色调偏浅、基性熔岩流偏深；大面积出露的火山熔岩系的色调比较均匀，多期的熔岩流形成复杂的色调；</li><li>4. 水系多呈树枝状、环状和放射状等</li></ol>

A.0.2 沉积岩的解译标志应按表 A.0.2 确定。

表 A.0.2 沉积岩的主要解译标志

岩石的名称	遥感图像上的解译特征
砾岩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 砾岩在航片上的层理不明显，在强烈切割地区，地形崎岖，分水岭尖峭，常形成奇形怪状的陡岩，脊状垅岗、残余岩链、陡崖、陡坎等地貌，有时形成类似连座峰林的地貌；</li> <li>2. 砾岩色调深浅均有，特别是复杂成分砾岩，具有各种不同颜色；</li> <li>3. 节理数量少而明显，往往控制沟谷发育；</li> <li>4. 影像结构较粗糙，残积物少，坡积物多，植被分布不均匀，地面水系不发育</li> </ol>
砂岩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 层理较明显而稳定，当覆盖层和植被较少时，在航片上其层理影像清楚；</li> <li>2. 在分水岭上常形成坡陡的块状山丘，倾斜产状的砂岩多构成单面山形态，产状较平缓的厚层坚硬砂岩，在山坡上常形成石檐和陡坎；</li> <li>3. 影像色调呈深灰至灰色，取决于砂岩颗粒和胶结物成分；</li> <li>4. 节理较发育，节理对末级水系和冲沟的发育控制作用明显；</li> <li>5. 砂岩地层受构造影响小时，多呈稀疏的树枝状水系，受构造影响大时，则以角形树枝状水系为主</li> </ol>
页岩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多形成低矮浑圆、波状起伏的岗丘地貌，干旱与半干旱地区，页岩山脊往往显得较尖棱；</li> <li>2. 影像一般呈淡灰色调，含碳质较多时，呈较深色调；</li> <li>3. 岩层很少大面积裸露地面，多被残积、坡积物覆盖；</li> <li>4. 地表迳流发育，常形成稠密的树枝状水系，物质愈细，水系愈密集；</li> <li>5. 页岩受应力作用主要表现为塑性变形和牵引现象，断裂和节理较少，在航片上一般无显示</li> </ol>
石灰岩、白云岩和泥灰岩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿热地区石灰岩常构成独特的岩溶地貌，植被稀疏，泉水出露处植被茂盛；</li> <li>2. 干旱地区，岩溶不发育，灰岩裸露光秃，坡积、残积物较少，山坡陡峻、分水岭尖峭，也有呈浑圆状的；</li> <li>3. 水系较少，色调比较浅，风化后色调较深，湿热地区石灰岩洼地、漏斗等被残积土所充填，构成斑点状图案；</li> <li>4. 白云岩在航片上影像较石灰岩深，且具粗糙感，其他解译特征与石灰岩相似；</li> <li>5. 泥灰岩地形较平缓，在航片上色调较浅，岩溶现象不明显，在干旱地区影像多呈灰白色调</li> </ol>
石英岩、大理岩	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 石英岩岩性坚硬，层理不甚明显，节理发育，多构成高山峻岭，岩壁陡峭。当受强烈构造影响后，岩层破碎，于陡壁下普遍形成岩堆槽。裸露的石英岩影像呈浅色调。</li> <li>2. 大理岩不如石英岩那样坚硬，山脊也不像石英岩那样尖棱，多呈浑圆形山脊。影像色调较浅，有时见有岩溶现象</li> </ol>

### A.0.3 变质岩的解译标志应按表 A.0.3 确定。

表 A.0.3 变质岩的主要解译标志

岩石的名称	遥感图像上的解译特征
片岩、千枚岩、板岩	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 干旱地区片岩常形成梳状地形，地形较崎岖，沿片理倾向的山坡，常产生大量坍滑和大片坡麓堆积，沟谷横断面多呈“V”字形；湿润地区的片岩，由于被厚层残积土覆盖，而形成圆滑的山脊。片岩构成的菱形的线形构造很醒目，片理明显，往往构成一组大体平行的密集细纹，有时还因植被的发育而使得影像更明显。片岩的色调变化较大，随矿物色调的变化而变化。水系呈树枝状，羽毛状，有时也呈“丰”字形水系。</li><li>2. 千枚岩的地形呈鳞片状和梳状，它与片岩不同之处在于具有固定的网状图形和沿劈理方向发育着平行的水系和树枝状紧密相间的水系型式。千枚岩地形平缓，山坡往往凹凸不平，形似核桃壳表面，多出现滑坡地貌。</li><li>3. 板岩地形通常崎岖不平，山坡坡度较陡，并且具有大致相等的高度。影像多呈深色调，有时由于层面上有云母矿物的存在，呈现均匀的浅色调。水系多呈角形树枝状和羽毛状</li></ol>
片麻岩	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 片麻岩的出露面积较大，地貌形态与色调较稳定，一般分布在分水岭地段，植被比较茂盛；</li><li>2. 山脊延伸一般呈平行排列，较规则，地形有呈陡峻者，也有呈低矮的岗峦；</li><li>3. 水系多为角状至树枝状；</li><li>4. 地形与花岗岩有些相似，唯片麻岩见有深浅交替的条带排列，常反映了片麻岩的片理方向，有时还可清楚地看到片麻岩构造控制着沟谷发育，构成一系列平行的沟谷</li></ol>
混合岩	这类岩石是在区域变质作用强烈的地区出现，由两种矿物成分与结构都不同的岩石组成。一般认为似肠状的黑白相间的色带可作为解译混合岩的较好标志

### A.0.4 特殊岩土的解译标志应按表 A.0.4 确定。

表 A.0.4 特殊岩土的解译标志

土的名称	遥感图像上的解译特征
黄 土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 垂直节理和冲沟发育，谷壁陡峭；</li> <li>2. 沟谷上游冲沟横断面呈“V”字形、沟头多楔形；中、下游冲沟横断面多“U”字形（槽形），沟头多呈半圆形，沟底平坦；</li> <li>3. 图像上色调呈均匀的浅色调；</li> <li>4. 地貌呈沟谷纵横，支离破碎，并见有黄土陷穴，黄土柱等溶蚀地貌；</li> <li>5. 黄土冲沟网一般呈掌状、树枝状、羽状、平行状和格状等</li> </ol>
膨胀土(岩)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多位于大型洪积平原前端、湖盆地区等处，多呈平缓的山岗地形；</li> <li>2. 膨胀土构成的低丘岗地一般是平顺圆滑的，色调也较浅而均一，如产生滑坡，则破坏了平顺圆滑感和色调的均一感，滑坡表面多呈凹凸不平的缓坡，有时呈现斑块状色调，表面结构类似核桃壳；</li> <li>3. 可见到坡脚堆积小土块和众多滑坡地貌同时出现的现象；</li> <li>4. 冲沟很发育，细沟密集，冲沟横断面呈“U”字形，植被一般较发育</li> </ol>
软 土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般位于平坦地区，如大河面侧的冲积平原，海滨平原等处，但在山区也有位于高处的；</li> <li>2. 多呈灰色色调。软土的解译，难度较大，应先了解古沉积环境与沉积规律间内在的因果关系后，才能查明区域性的软土分布规律与成因，从而确定是否有软土分布</li> </ol>
盐 渍 土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多分布于地表平坦地区、有时地表见微弱凹凸不平状；</li> <li>2. 在干旱季节摄影时，航片上的盐渍土影像多呈白色~灰白色色调或白色杂斑，有时可见到呈雪状覆盖物和龟裂现象；潮湿季节摄影时，盐渍土影像呈深灰~浅黑色色调；</li> <li>3. 当盐渍土中长出耐碱植物时，在黑白航片上见有斑点状深色调；</li> <li>4. 盐渍土地区常可见到薄层的风积沙和沼泽等出现</li> </ol>
多年冻土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多年冻土形成的各种不良地质现象多位于平坦多区、低洼地或河漫滩上，也有发生在斜坡上，在黑白航片上色调多呈斑状；</li> <li>2. 可见融冻泥流、热融滑塌、冻胀斑土、构造土、冻土沼泽化湿地、热融沉陷、热融湖（塘）、冰锥、冻胀丘等冻土不良地质现象，这些冻土不良地质现象均有其特有的解译标志而易辨认</li> </ol>

## 附录 B 主要地质构造的解译标志

**B.0.1 主要地质构造的解译应根据遥感图像上的特征按表 B.0.1 确定。**

**表 B.0.1 主要地质构造的解释标志**

地质构造名称	遥感图像上的解译特征
褶皱	<p>1. 一般褶皱的解译特征</p> <p>(1) 平面呈现出椭圆状、环状、藕节状、弧状、“之”字形等不同色调带(纹)的影像。解译时应注意水平产状的岩石、迁徙的湖泊和构成孤山岩体的周边,有时也会出现类似的影像特征。</p> <p>(2) 显示对称分布的地貌、岩层、裂隙色调、植被、水文网及花纹图案等。</p> <p>(3) 同一层位地下水出露点的连线呈封闭状,或相同的岩溶现象呈闭合圈出现</p> <p>2. 向斜与背斜的解译特征</p> <p>(1) 图像上两翼岩层倾向相向或两翼分水岭上岩层三角面尖端相背的是向斜;两翼岩层倾向相背或两翼分水岭上岩层三角面尖端相向的是背斜。</p> <p>(2) 背斜转折端向枢纽倾伏的方向,即突向新的岩层,岩层一律向外倾斜;向斜转折端指向翘起的方向,即突向老的岩层,岩层一律向内倾斜。</p> <p>(3) 向斜两翼岩层所形成的单面山陡坡彼此相背,背斜的则相对。</p> <p>(4) 向斜的水系多为向内收拢,背斜多为向外散开,如系逆地形,情况则相反,或更复杂。</p> <p>(5) 一般褶皱转折端由里面向外,岩层的出露宽度逐渐加大的是向斜,反之是背斜</p>
一般断裂	<p>一、断裂构造的形态解译标志</p> <p>1. 断裂构造形态的直接解译标志</p> <p>(1) 破碎带的直接出露一般都构成负地形,具粗糙感;</p> <p>(2) 地质体被切断或错开包括地层、侵人体、岩脉、矿脉、褶皱、不整合面等各种地质体被切断错开以及老断层被新断层切断、错开等等;</p> <p>(3) 沉积岩地区地层的重复或缺失,但应注意与褶皱和不整合接触所造成的岩层重复和缺失的区别</p> <p>2. 断裂构造形态的间接解译标志</p> <p>(1) 线形负地形与串珠状地形:包括断层崖、断层三角面、</p>



续表 B.0.1

地质构造名称	遥感图像上的解译特征
一般断裂	<p>断层堙口、断层沟谷、断裂裂口、串珠状盆地与串珠状湖泊、洼地等地形。</p> <p>(2) 沿着某些方向, 岩层产状发生突然变化, 但褶皱和不整合面两侧也可发生此现象, 应注意区别。</p> <p>(3) 沉积岩相在一线上发生突然的变化。但不整合接触也发生此现象, 应注意区别。</p> <p>(4) 侵入体、火山锥、矿体、松散沉积物等呈线(带)状分布。</p> <p>(5) 两种不同地貌单元截然相接。</p> <p>(6) 山脊线、阶地、夷平面、洪积扇等地貌要素的错动。</p> <p>(7) 水系的变异, 包括一系列平行的直线河段、角状水系、断头河、对口河、钩钩河、相邻河流均沿某一方向拐弯等。</p> <p>(8) 温泉、泉水、湿地的成串出露。</p> <p>(9) 在第四系沉积层的平坦地区出现呈直线形分布的垅岗状地形。但应注意风沙与冰川作用也可能形成这种地貌。</p> <p>(10) 物理地质现象呈线状分布, 但应注意岩性也能造成此现象的产生</p> <p>二、断裂构造的色调解译标志</p> <p>隐伏断裂可引起地面松散沉积物的湿度和富水程度的变化, 而使断裂两侧色调有差异。又如断裂带两侧生成截然不同的植被群落以及沿断裂带逸出瓦斯时, 在航片上显示为深浅不同的色调。色调差异虽然是线形构造的解译标志, 但究竟是否由断裂所造成, 则要具体分析。引起色调差异的原因很多, 既有地质构造原因引起的, 也有非地质构造原因引起的; 既有断裂构造引起的, 也有其它地质构造引起的, 只有经过综合分析该区的各有关因素后, 才有可能判断是否由于断裂造成的色调差异</p>
活动断裂	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 断层崖、断层三角面保留得很明显, 且在断层线影像上见有断层裂缝等;</li> <li>2. 沿断层线形成断层裂口, 多被视为仍在活动的断层;</li> <li>3. 相邻河谷均出现跌水现象或形成瀑布等, 往往与活动断裂有关;</li> <li>4. 沿断裂分布的水系往往是直线状分布, 水系与断裂相交处常发生同步扭曲;</li> <li>5. 平坦的第四系沉积层地区沿断层线出现垅岗状地貌, 并多见有泉水出露;</li> <li>6. 沿断裂线分布一系列地震震中、泉水及温泉等, 往往也是活动断裂的标志;</li> <li>7. 洪积扇(冲积扇)前缘被切成直线, 沿切线有泉水或湿地分布;</li> <li>8. 在第四系地层分布的平坦地区出现异常的色线(色带), 往往是下伏活动断裂的表现</li> </ol>

续表 B.0.1

地质构造名称	遥感图像上的解译特征
隐伏断裂	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在平原地区呈现影像结构和色调深浅差异的界线，往往是隐伏断裂所造成；</li> <li>2. 山前的一系列洪积扇（冲积扇）被切割，第四系地层见串珠状的泉水、湿地出露；</li> <li>3. 第四系地层上见多条相邻平行的直线河段或相邻河流突然同时拐弯；</li> <li>4. 第四系地层上的水系变异、断头河、成排河流沿某一地段成伏流等；</li> <li>5. 平原地区河道出现一些特征点，如汇流点、分流点等；</li> <li>6. 在第四系地层分布的平坦地区出现直线状分布的垅岗地貌，并见泉水或湿地分布</li> </ol>

## 附录 C 主要不良地质的解译标志

C.0.1 主要不良地质的解译应根据遥感图像上的特征按表 C.0.1 确定。

表 C.0.1 主要不良地质的解译标志

不良地质名称	遥感图像上的解译特征
滑坡和错落	<p>1. 一般滑坡的解译特征</p> <p>(1) 呈簸箕形、舌形、梨形等平面形态及不平顺、不规则等的坡面形态, 可见到滑坡壁、滑坡台阶、滑坡鼓丘、封闭洼地、滑坡舌、滑坡裂缝等微地貌形态;</p> <p>(2) 有时还可见到滑坡地表的湿地、泉水, 以及醉林或马刀树等;</p> <p>(3) 滑坡多在峡谷中的缓坡、分水岭的阴坡、侵蚀基准面急剧变化的主沟与支沟交会处及其沟头等处发育</p> <p>2. 古滑坡的解译特征</p> <p>(1) 滑坡后壁一般较高, 坡体纵坡较缓, 有时生长树木;</p> <p>(2) 滑体规模一般较大, 表面平整, 土体密实, 无明显的沉陷不均现象, 无明显裂缝, 滑坡台阶宽大且已夷平;</p> <p>(3) 滑体上冲沟发育, 这些冲沟系沿古滑坡的裂缝或洼地发育起来的;</p> <p>(4) 滑坡两侧自然沟切割较深, 有时出现双沟同源;</p> <p>(5) 滑坡前缘斜坡较缓, 长满树木, 有的形成“马刀树”, 滑体无松散坍塌现象, 前缘迎河部分有时出现大孤石;</p> <p>(6) 滑坡台已远离河道, 有些舌部处已有不大的漫滩阶地;</p> <p>(7) 泉水在滑体边缘呈点状或串珠状分布, 水体较清, 在黑白航片上呈黑色;</p> <p>(8) 滑坡体上多辟为耕地, 甚至有居民点、寺庙、电线杆等分布</p> <p>3. 活动滑坡的解译特征</p> <p>(1) 滑坡体地形破碎, 起伏不平, 斜坡表面有不均匀陷落的局部平台;</p> <p>(2) 斜坡较陡长, 虽有滑坡平台, 但面积不大, 有向下缓慢的现象;</p> <p>(3) 有时可见到滑坡体上的裂缝, 特别是黏土滑坡和黄土滑坡, 地表裂缝明显, 裂口大;</p> <p>(4) 滑坡体地表湿地、泉水发育, 呈斑状或点状深色调;</p> <p>(5) 滑坡体上无巨大直立树木, 可见小树木或醉林, 且有新生冲沟, 沟床窄而深;</p>

续表 C.0.1

不良地质名称	遥感图像上的解译特征
滑坡和错落	<p>(6) 滑坡体上土石松散, 有小型崩塌</p> <p>4. 错落的解译特征</p> <p>(1) 错落多发生在平均坡度陡于 <math>35^{\circ} \sim 45^{\circ}</math> 的基岩山坡上;</p> <p>(2) 错落体后壁一般较滑坡壁陡, 达 <math>45^{\circ} \sim 70^{\circ}</math>;</p> <p>(3) 错落体呈整体状, 外形呈馒头状鼓包, 一般未见隆丘和封闭洼地;</p> <p>(4) 错落的错动面受结构面(断层、节理等)控制, 故较顺直, 错动面出口多在坡脚临空面上</p>
危岩、落石和崩塌	<p>1. 危岩的解译特征</p> <p>凡位于陡崖上的基岩, 参差不齐的岩体或个别岩块, 均可确定为危岩</p> <p>2. 落石的解译特征</p> <p>(1) 落石发育在悬崖、陡壁或呈参差不齐的岩块处;</p> <p>(2) 在大比例航片上, 见到悬崖、陡壁下有巨大岩块者则为落石, 有时可见巨石形成的阴影, 呈粒状; 有时落石滚落在距坡脚较远处;</p> <p>(3) 落石多发生在节理发育的坚硬岩石地区, 山体本身基本是稳定的, 只是个别岩块沿结构面突然坠落</p> <p>3. 崩塌的解译特征:</p> <p>(1) 位于陡峻的山坡地段, 其纵断面形态上陡下缓;</p> <p>(2) 崩塌轮廓线明显, 崩塌壁呈灰白色调, 不长植被;</p> <p>(3) 崩塌体堆积在谷底或斜坡平缓地段, 表面坎坷不平, 影像具粗糙感;</p> <p>(4) 崩塌体上部外围有时可见到张节理形成的裂缝;</p> <p>(5) 有时巨大的崩塌体堵塞了河谷, 在崩塌体上游形成堰塞湖, 崩塌体处形成带有瀑布的峡谷</p>
岩堆	<p>(1) 位于陡崖或陡坡下的山坡或坡脚下, 岩堆表面坡度多在 <math>30^{\circ} \sim 40^{\circ}</math> 之间;</p> <p>(2) 平面形态多呈沿山坡逐渐向下方展开的条带。一般呈楔形、舌形、三角形、梨形、岩堆裙等;</p> <p>(3) 纵断面形态成凹形、直线形、凸形或它们的组合; 横断面形态呈微微凸起;</p> <p>(4) 岩堆表面色调比较均匀, 一般呈灰白至暗灰色色调;</p> <p>(5) 趋向稳定的岩堆表面有植被, 呈黑色点状或斑块状</p>
泥石流	<p>(1) 标准型泥石流沟可清楚地看到形成区、流通区和沉积区三个区;</p> <p>(2) 形成区呈瓢形, 山坡陡峻, 岩石风化严重, 松散固体物质丰富, 常有滑坡、崩塌发育;</p> <p>(3) 流通区沟床较短直, 纵坡较形成区地段缓, 但较沉积区地段陡;</p> <p>(4) 沉积区位于沟谷出口处, 纵坡平缓, 成扇状, 呈浅色色调, 扇面上可见固定沟槽或漫流状沟槽, 还可见到导流堤等人工建筑物</p>

续表 C.0.1

不良地质名称	遥感图像上的解译特征
风沙	(1) 固定沙丘的解译: 一般呈冢状, 植被较茂密, 覆盖度在 30% 以上, 表层粗糙, 有硬壳感, 流沙已不多; (2) 半固定沙丘的解译: 形态比较复杂, 一般呈浑圆或长条形, 植被覆盖率约 15%~20%, 未见结皮现象, 流沙呈斑点状分布; (3) 流动沙丘的解译: 沙丘由疏松的砂层组成, 完全裸露, 无植被覆盖, 仅有极少一年生植物, 沙丘移动速度快, 形态复杂, 随风移动。最常见的形态为新月形沙丘、新月形沙丘链及纵向沙垄等。新月形沙丘平面呈新月形, 沙丘两侧有顺着风向伸出的翼角, 迎风凸出面平缓、背风坡凹而陡, 沙丘高度很少超过 15m, 活动性大, 固沙造林条件差
岩溶	(1) 岩溶地区地形起伏不平, 地表水系不发育, 未见明显的分水岭; (2) 岩溶地区特有的地貌, 如溶沟、石芽、溶蚀洼地、坡立谷、盲谷、峰丛、峰林、落水洞、竖井、漏斗、暗河等, 在航片上极易辨认; (3) 岩溶地区的漏斗非常发育, 往往成群出现, 在航片上呈圆形、椭圆形或不规则圆形的洼地, 上大下小, 底部呈深灰至淡黑色色调, 但常被第四系沉积物充填而呈灰白色色调
人为坑洞	煤窑的解译特征: (1) 分布在煤系地层地区; (2) 煤窑洞口附近地表见弃碴或煤堆; (3) 在航片上弃碴或煤堆呈黑至浅黑色色调, 形态呈点状或斑块状; (4) 煤窑沿着煤层的走向分布; (5) 可见有小路通往煤窑洞口
水库坍岸	(1) 伸入库内的凸岸, 三面环水, 受多向风浪的影响, 坍岸最为剧烈, 凹岸一般坍岸较小; (2) 在顺风的方向水库面很宽时, 对着主导风向的岸边其再造作用最强烈; (3) 在水深相同的情况下, 高岸坍岸的速度慢, 低岸坍岸速度快; (4) 高陡岸岸前水深时, 则坍岸速度与最终坍岸宽度均较大; 当缓岸坡度大于浅滩磨蚀角时, 因岸低, 初期坍岸速度比陡岸快, 当坡度接近浅滩磨蚀角时, 则不发生坍岸或很少坍岸; (5) 黄土质、粉砂质土等的坍岸宽度最大, 卵石土的岸坡坍岸宽度较小, 极软岩有剥落和掉块现象; (6) 若在浪击范围内有易受冲刷的软岩层, 岩体又较破碎, 或有倾向水库的软弱结构面时, 则坍岸速度和宽度就大些, 反之则小些; (7) 覆盖层与下伏岩层的接触面倾向水库, 且接触面较陡, 可能引起覆盖层沿下伏岩层的整个移动和坍塌; (8) 水库区斜坡上, 由于水库充水后改变了水文地质条件及原先的平衡条件, 往往产生一些物理地质现象, 或引起原有各种物理地质现象的加剧、复活等, 从而加速和扩大水库边岸的再造速度和宽度

## 附录 D 图像处理方法的适用范围

D.0.1 图像处理应按表 D.0.1 选用。

表 D.0.1 图像处理方法的适用范围

图像处理方法		适用范围
光学 图像 处理	彩色合成	增强地貌、地层（岩性）、地质构造、不良地质、水体、植被、地下水等图像信息
	假彩色密度分割	增强平原地区隐伏断层、盐渍土、软土、地下水等图像信息
	边缘增强	突出图像的立体感和线性构造
	比值增强	增强线性构造、地层（岩性）以及平原地区的居民点、植被、湿地、沙地、水体等图像信息
数字 图像 处理	灰度线性扩展	加大反差较小的图像的反差
	指数扩展	加大具有较高亮度值、反差小、信息丰富的图像的反差和突出地物的细部结构
	对数扩展	增强色调较深的低亮度值地区的图像，或阴影区、深色调岩石分布区的图像
	假彩色合成	突出地貌、地层（岩性）、地质构造、不良地质、水体、植被、地下水等图像信息
	假彩色密度分割	增强平原地区隐伏断层、盐渍土、软土、地下水等图像信息
	比值增强	消除地形影响，增强平原地区的地物、岩性、水体、植被、地下水以及与含水有关的地质现象的解译效果
	滤波增强	突出线性构造、线性影像以及地物、水系的边界等
	图像变换	突出岩性、线性构造、环形构造、第四系覆盖层下的隐伏构造等信息
综合图像处理	可增强多种遥感地质信息，建立地质体的立体模型，分析动态变化规律并量测其变化范围	

## 附录 E 调绘面积划定的方法

**E.0.1** 首先将控制测量范围线画到镶嵌复照图上，调绘面积的自由边应和镶嵌复照图上的控制测量范围线基本一致。

**E.0.2** 除镶嵌复照图所确定的范围能直接划定的各边外，可将右、下两边画成直线，在与直线相邻的像片上，根据此直线上的地形起伏，按地物转绘（一般画成折线），得到左、上两边，如图 E.0.2 所示。

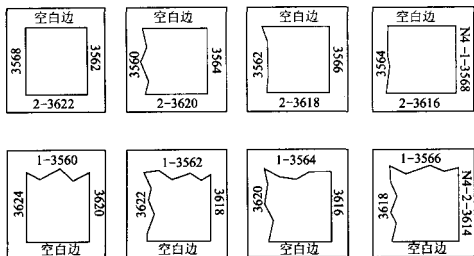


图 E.0.2 调绘面积画法示意

**E.0.3** 调绘面积应画在航向和旁向重叠中间部位，但应避免与线状地物重合。

**E.0.4** 两张相邻像片的接边要保证准确，界线要吻合，不应有遗漏。当利用折线接边时，转折点宜选在高处的顶点。

**E.0.5** 每张调绘片的接边应注明相邻像片的号码，旁向接边还应注明相邻的航带号。在与相邻的测段接边时，应注明相邻的测段号。

## 附录 F 遥感图像地质解译验证

F.0.1 遥感图像地质解译验证的结果应按表 F.0.1 填写。

表 F.0.1 遥感图像地质解译验证表

\_\_\_\_\_线\_\_\_\_\_段 比例\_\_\_\_\_

序号	观测点类别及编号	地点
测段号或图幅号/像片号		
图像解译特征		
现场验证结果		

室内解译者：

年 月 日

现场验证者：

年 月 日



## 附录 G 遥感图像地质样片说明

G.0.1 遥感图像地质样片应按表 G.0.1 填写说明。

表 G.0.1 遥感图像地质样片说明表

线_____段				比例_____	
序号		样片名称		地点	
摄影日期		测段号或图幅号/像片号			
图像解译特征					
现场验证结果					

样片搜集者：

年 月 日

## 附录 H 遥感图像刺点一览表

H.0.1 遥感图像的刺点位置应按表 H.0.1 填写。

表 H.0.1 遥感图像刺点一览表

线\_\_\_\_\_段

序号	刺点类别与编号	测段号或图幅号/像片号	说 明

制表者:

年 月 日

复核者:

年 月 日

## 本规程用词说明

执行本规程条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

(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用词，采用“可”。

# 《铁路工程地质遥感技术规程》

## 条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在的问题，以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅，只列条文号，未抄录原条文。

**1.0.2** 目前，遥感技术主要应用于新建铁路的地质勘察，尤其是应用在踏勘、加深地质工作及初测阶段效果最为明显。遥感技术应用于新建铁路的勘测，有利于大面积地质调查，可以提高工程地质勘察质量，加快勘察效率，改善劳动条件，对线路通过地区工程地质条件作出宏观评价；施工阶段当发现工程地质情况与设计资料有较大出入的情况下，可考虑应用遥感技术提供工程地质资料和评价意见，供进一步工作时参考；运营阶段利用遥感技术，特别是利用不同时期的遥感图像进行对比分析，对查明不良地质的动态变化有特殊效果，并可对地质灾害的发生进行预测、预报。

**1.0.3** 遥感技术是地质综合勘察的重要组成部分，是工程地质勘察的一种先进手段，但它也有局限性。遥感图像虽然真实地记录了地质体的信息，但由于种种外界因素的影响，图像失真现象或假象难以避免，由于比例关系，有些地质现象在遥感图像上难以区分，解译的精度还存在误差，难以满足要求等。总之，遥感图像所反映的地质体内容与真实的地质体毕竟有差别。至于地表以下的地质现象，遥感技术也只能间接获取信息或推测。因此，遥感技术只有与地面调查、勘探、试验等手段密切配合，合理有效地使用，才能取得良好效果。

**3.0.1** 条文中规定六种地区适宜使用遥感技术，主要基于以下

原因:

(1) 地质条件复杂的山区, 地质信息丰富, 在影像上一目了然, 有利于综合分析。而地面调查, 遇到地质条件复杂地段, 如同进入地质迷宫, 缺少宏观概念, 各种地质现象的相互关系很难查明。

在某些不良地质及特殊岩土发育和水文地质复杂地区, 应用遥感技术同样可取得良好效果。

(2) 地形陡峭、交通困难、地面调查难以进行的地区, 利用遥感图像解译, 可不受交通条件的制约。例如, 在裸露良好的陡峭分水岭地段, 岩层产状一般较明显, 可从遥感图像上直接量测岩层产状。

(3) 河网密布、河流变迁频繁的平原地区, 尽管地形平坦, 但地面调查对密布的河网及河流的变迁过程难以查明, 而在遥感图像上则一目了然, 具有良好的解译效果。利用不同时期遥感图像对比、分析, 则可了解河流变迁的历史及其发展趋势。

(4) 大江、大河、海域等地区, 一般均被第四系地层和水体所覆盖, 很难查明下伏的地层、岩土及地质构造情况, 遥感技术则可从宏观解译, 推测桥位地区的地质情况, 而地面方法只能用物探或钻探探测, 不但工作量大, 费用高, 且一孔之见往往有错判的可能, 如结合遥感技术, 则有助于准确判断该区的工程地质条件。越岭地区交通困难, 且多是长隧道, 工程地质条件复杂, 利用遥感技术有利于查明工程地质情况, 从而可减少勘探工作量。

(5) 凡地表裸露良好者解译效果也较好, 干旱和半干旱地区岩层裸露, 无植被覆盖或覆盖较少, 有利于遥感图像的解译。

(6) 解译标志明显而稳定的地区, 有利于遥感图像解译标志的建立和引伸应用, 可提高遥感图像解译的效果。

**3.0.2** 条文规定的遥感地质工作应符合循序渐进、由浅入深的程序。但在具体执行中, 有可能不按此程序进行。例如, 在初步解译前, 当解译者对该区解译标志不熟悉时, 也可先进行外业重

点踏勘，熟悉该区解译标志后再进行初步解译，这样效果会更好些。

**3.0.3** 遥感图像有利于宏观地质现象的研究，因此，遥感图像解译应先于工程地质地面调查，这样可以起到指导地面调查工作，使地面调查工作有目的地进行，不但提高了工作效率，而且提高了勘察质量。所以在应用遥感技术进行地质解译调查时，应把遥感工作安排在地面地质调查工作之前进行。

**3.0.5** 遥感图像的种类较多，包括航天遥感图像、黑白航空像片（以下简称黑白航片）、天然彩色航空像片、黑白红外航空像片、彩色红外航空像片、热红外航空扫描图像、多光谱航空像片、多光谱航空扫描图像、机载侧视雷达图像等。一般工程地质调查，遥感图像可选用近期的黑白航片及陆地卫星图像。其优点是：黑白航片分辨率高，虽然在获取某些信息方面不如有些遥感图像，但绝大部分地表地质信息在图像上均能反映出来，且小比例黑白航片全国均已覆盖，中、大比例黑白航片覆盖也越来越多。黑白航片的另一优点是专业解译和制图均可应用，经济效益较好。航天遥感图像中的陆地卫星 MSS 图像，在我国国土范围已全部覆盖，搜集较容易，价格适宜；TM 图像应用效果更好，价格也较适宜。通过陆地卫星图像解译，可以了解工作地区的宏观地质背景。因此，作为一般地区的工程地质勘察，利用黑白航片和陆地卫星图像结合应用，是一种较好的应用模式。

当要查明某些特殊地质现象时，可选用其他适用的遥感图像。例如，于 1999 年发射的中巴资源一号卫星（CBERS-1）图像和 IKONOS 卫星图像的空间分辨率分别为 20 m 和 1 m，在铁路工程地质勘察中有条件时可搜集应用，并注意在实践中总结应用效果。

**3.0.6** 当目标物间辐射能量差别或有效颜色差别出现最大值时成像，其在图像上的影像差别也最明显，也更有利于对目标物的判别。

**3.0.7** 遥感图像比例的大小，决定了其所能揭示的内容和定位

精度。选择比例时要考虑能满足解译的需要。

当将航空遥感图像放大使用时，其放大倍数以不大于 2 倍为宜。

**3.0.8** 在图像处理方法中，最常用的是图像增强方法，其中，又以假彩色合成方法最常用，效果也最好。如果先进行单波段某种增强方法处理，然后再进行假彩色合成，则会取得更好的效果。有针对性的采用图像变换处理方法，也可取得较好效果。

**3.0.9** 对遥感图像的解译，首先应从宏观上进行分析，然后再进行细节的解译，最后进行现场验证，这是符合人们对自然界认识的规律。通过航天遥感图像的宏观分析，对区域地质构造有了总的了解，可以指导航空遥感图像的解译，同样，通过小比例航空遥感图像解译，可以指导中、大比例航空遥感图像解译。

关于航空遥感图像大、中、小比例的划分，各专业的标准不完全一样，无明确的规定。本规程所称大比例航空遥感图像是指航空摄影比例大于 1:10 000 者；中比例航空遥感图像是指比例为 1:10 000~1:30 000 者；小比例航空遥感图像是指比例小于 1:30 000 者。

**3.0.10** 由于遥感图像本身的局限性和比例的限制，有些地质现象在遥感图像上显示假象，难以解译，造成错解与遗漏。因此，遥感图像解译成果需经现场验证，才能保证质量。

**4.0.1** 条文规定的遥感图像的选用是以不同勘察目的和各种遥感图像的特点为出发点，实际上各种地质现象，在遥感图像上均能显示出来，只不过显示的清晰程度不同而已。在选用遥感图像时应有针对性，切忌盲目性或认为选得越多越好。

**4.0.2** 图像处理效果的好坏，取决于图像处理方法的选择是否恰当，而图像处理方法的是否恰当，其中重要的决定因素之一就是対拟突出的目标与周围背景之间波谱特点的掌握程度，只有对图像处理地区波谱的特点有了了解后，才能确定合适的图像处理方法。

根据以往经验，不制定图像处理方案就开展图像处理工作，

往往在处理方法方面趋于一般化，很难有针对性地选择最佳的图像处理方法，甚至造成浪费。

**4.0.3 遥感图像处理方法**，包括光学图像处理和数字图像处理两大类。当前，由于数字图像处理方法逐渐普及，且处理效果较好，因此，遥感图像处理方法中多采用数字图像处理。若本单位只有光学图像处理设备，也可采用光学图像处理方法。

**5.1.3 陆地卫星图像种类**包括 Landsat MSS 图像及 TM 图像、法国 SPOT 卫星 HRV 图像、印度 IRS-1C 卫星图像、日本 JERS 卫星图像、俄罗斯 SPIN-2 卫星图像、中巴资源一号卫星 (CBERS-1) 图像和 IKONOS 卫星图像等。但从技术经济效益比考虑，一般常用 Landsat MSS 图像和 TM 图像，这些图像应用效果较好。MSS 图像全国均已覆盖，搜集也比较容易；TM 图像全国已基本覆盖，如需要搜集，则应提前向北京遥感卫星地面站订货；SPOT 卫星的 HRV 图像，北京遥感卫星地面站已能接收，订货也较容易。主要陆地卫星概况见说明表 5.1.3。

说明表 5.1.3 主要陆地卫星概况一览表

国家	卫星名称	发射日期	重复周期 (d)	传感器	波段和波长 ( $\mu\text{m}$ )	空间分辨率 (m)	地面探测宽度 (km)
美国	Landsat-1, 2, 3	1972 1975 1978	18	MSS	4 0.5~0.6; 0.6~0.7; 0.7~0.8; 0.8~1.1	79	185
				RBV	3 0.48~0.58; 0.58~0.68; 0.69~0.83	80	
美国	Landsat-4, 5	1982 1984	18	MSS	4 0.5~0.6; 0.6~0.7; 0.7~0.8; 0.8~1.1	79	185
				TM	7 0.45~0.52; 0.52~0.60; 0.63~0.69; 0.76~0.90; 1.55~1.75; 2.08~2.35; 10.40~12.50	30	
		120					



续说明表 5.1.3

国家	卫星名称	发射日期	重复周期(d)	传感器	波段和波长( $\mu\text{m}$ )	空间分辨率(m)	地面探测宽度(km)
法国	SPOT-1,2	1986 1989	26	HRV	3 VIS,NIR 0.5~0.59; 0.6~0.68; 0.79~0.89	20	117
					1 PAN 0.51~0.73	10	
欧空局	ERS-1C	1995	35	SAR	1C-band	26	100
印度	IRS-1C	1995	24	LISS-III	4 VIS,NIR 0.52~0.59; 0.62~0.68; 0.77~0.86; 1.55~1.70	23.4~ 70.5	141~ 148
				CCD 相机 WiFS	1 PAN 0.50~0.75; 2 VIS,NIR 0.62~0.68; 0.77~0.86	5.8 188.3	70 810
法国	SPOT-4	1998	26	HRVIR	4 VIS,NIR 0.50~0.59; 0.61~0.68; 0.79~0.89; 1.57~1.70	20	117
					1 PAN 0.61~0.68	10	
中国	CBERS	1999	26	CCD 相机	5 0.45~0.52; 0.52~0.59; 0.63~0.69; 0.77~0.89; 0.51~0.73	19.5	113
				IRMSS	4 0.50~1.10; 1.55~1.75; 2.08~2.35; 10.4~12.5	77.8~ 156	119.5
巴西				WFI	2 0.63~0.69; 0.77~0.89	256	890

续说明表 5.1.3

国家	卫星名称	发射日期	重复周期(d)	传感器	波段和波长( $\mu\text{m}$ )	空间分辨率(m)	地面探测宽度(km)
日本	JERS	1999	16	SAR	1 L-band	25	200
				MSS	4 VIS, NIR	30	200
美国	Landsat-6 Landsat-7	1993 1999	16	ETM ETM+	7 0.45~0.59; 0.52~0.60; 0.63~0.69; 0.76~0.90; 1.55~1.75; 2.09~2.35; 10.4~12.5	30,60	183
				ETM- Pan	1 0.50~0.9	15	
美国	IKONOS-2	1999	3	数字 相机	1 PAN 0.45~0.90	1	11
					4 M 0.45~0.52; 0.52~0.60; 0.63~0.69; 0.76~0.90	4	
俄罗斯	SPIN-2	2000		KVR- 1000 相机	1 PAN	2	220
				KT- 350 相机	1 PAN	10	

注: SAR—合成孔径雷达; LISS—线性成像扫描仪; WIFS—广域传感器; WFI—广角成像仪; IRMSS—红外多光谱扫描仪; M—多波段 KVR-1000 和 KT-350—俄罗斯 SPIN-2 卫星上安装的照相机型号。

条文中规定在搜集航空遥感图像时,应首先考虑搜集黑白航片,因当前铁路勘测中应用的遥感图像主要是黑白航片,结合国内外发展趋势看,短期内可能仍以黑白航片应用为主。特别是铁路新线勘测中,黑白航片可同时用于地形测图和各专业的解译,因此,遥感图像地质解译也只能以黑白航片为主。何况黑白航片的应用具有明显的技术经济效益。应搜集的黑白航片未明确规定比例,主要是踏勘阶段和初测阶段所采用的比例不尽相同。如需

解决一些特殊地质问题时，可搜集其他航空遥感图像。如地下水发育地区、岩溶地区，可选用热红外图像；地质复杂地区，可选用彩色红外片等等。

热红外图像成像时，往往受气象条件、扫描角度、温度灵敏度、地面温度等的影响而影响图像的质量和解释效果。因此，了解上述影响因素情况后，可帮助提高图像解释效果。气候条件变化会造成图像的畸变，例如冷云给地面叠加冷信息，图像呈深色调；暖云给地面叠加暖信息，图像呈浅色调。地面的风能使红外影像出现条纹形状的畸变和拖影现象。扫描角度的大小对图像分辨力有影响，当瞬时视场和平台高度不变时，扫描角度越大，则分辨力越低。温度灵敏度的高低以及地面目标和背景的温度大小等，都会影响图像的分辨能力。

搜集工作区的典型地物波谱特征资料，其目的是在进行图像解释和图像处理时参考用。

**5.1.4** 航空遥感图像是遥感地质解释的基本依据，航空遥感图像质量的好坏以及是否齐全，直接影响遥感图像地质解释的效果。条文中规定的检查内容都是衡量遥感图像质量的重要因素。

**5.1.6** 搜集到像片后，应进行编录和整理，在每张像片的背面用盖章或手工编写的方法，按工种名称、测段号或图幅号、航带号等顺序进行标记。例如，地—10—2，系指地质专业用的第10测段第二航带的像片。像片编号后，应将作业用的像片按测段或图幅分别抽出装入像片袋，像片袋封面应写明线别或工程名称、测段号或图幅号、航带号及像片号。编录、整理的目的是有利于解释作业有条不紊地进行，提高解释效率。

**5.2.1** 根据以往解释工作的经验，在解释工作开展前，由于对图像解释范围、解释工作量、地层解释的划分深度、工程地质分区原则、是否到现场重点踏勘或建立区域解释标志等考虑不周或不明确，匆忙开展工作，往往会造成工作被动，甚至返工。尤其是长大干线，往往分成几个组工作，如不事先明确上述工作内容的标准或原则，则很难保证成果的质量和统一，将给资料汇总和

文件编制带来许多麻烦。

当工作区解译标志复杂，解译者又不熟悉该区解译标志时，可到现场重点踏勘，建立区域解译标志，以利解译顺利进行。

**5.2.3** 由于航测内业成图作业操作严密，对界线接边精度要求很高，不按调绘面积进行调绘，满足不了内业成图的要求。在调绘面积内进行地质解译调绘，可避免调绘内容的重复或遗漏，并能及时发现地质界线接边是否准确，保证了地质调绘片的质量，同时也可保证航测内业成图的质量。

**5.2.4** 在遥感图像上进行地质界线勾绘和符号注记所采用的颜色可参考下列规定：地貌、地物、地层（岩性）等界线，岩层产状，地质年代符号，小柱状图，地质观测点、勘探点等，用桔黄色或淡黄色；地质构造线、不良地质及特殊岩土等界线，用红色；泉水露头、河流等，用绿色；居民点、线路方案等，用黑色或桔黄色。条文中规定，如像片上无压平线者，则距像片边缘不应小于1.5cm，这是因为此距离与压平线距像片边缘距离大致相等。根据相邻像片的重叠度，一般调绘范围控制在压平线范围内，则可保证相邻隔号像片间的地质界线不会漏绘，并保证有少量重叠。

**5.2.5** 对最小地质解译限度的规定，其目的是对最小地质体解译勾绘的限度有个规定，同时也使检查解译质量有个标准。其范围和长度大小的规定主要以在图像上地质体能辨认并勾绘出来为准。

勾绘的界线与实际影像相差不大于0.5mm，主要是由于大于0.5mm以后，地质界线误差太大，影响成图质量。

**5.2.6** 地物与地貌的调绘内容和详细程度，应视需要和具体情况而定，如在居民点密集的平原地区，可只调绘重要居民点；在交通困难的山区，为了外业调查的顺利开展，进行道路的调绘是必要的；在岩溶地区，水系与山脊线的调绘，有利于对岩溶地区的地表径流、地下水的补给与排泄的研究。

**5.2.13** 编制遥感地质初步解译图与遥感图像地质解译验证表的

目的是为了使外业填图更有目的、更有计划地进行，避免外业地质调查工作的盲目性。编制初步解译图供外业验证使用更方便。

**5.3.3** 条文中规定重要的地质观测点和勘探点，应在航空遥感图像上刺点。在航空遥感图像上刺点，是为了航测内业制图的需要，如果像片上不刺点，则地质观测点和勘探点的位置很难准确地转绘到航测图上。刺点应刺透，否则内业制图时无法利用。刺完点后，应在图像正面与背面以点位为中心画圆圈或三角形，并进行编号，圆的直径和三角形边长规定为 2 mm。

刺点的点位误差不应大于 0.2 mm，因为超过 0.2 mm，则影响了成图精度。如以 1:15 000 比例航空遥感图像为例，图像上误差 0.2 mm，相当于地面 3 m。

**5.3.4** 地质观测点的平面位置和高程的确定：一般地质观测点要求的点位精度不高，可在地形图上查得，重要的地质点应在外业控制时联测求得。

**5.3.5** 各种地质界线上地质验证点的布设数量，应视其在遥感图像上的影像清晰程度确定，只能规定一个大致原则，很难确定多少距离布设一个观测点。更不能规定每条地质界线上应布设多少验证点，因为界线的长短不一样，不能作硬性规定。

条文中遥感地质外业填图验证点平均密度的规定，是根据多年遥感地质填图的经验，结合地面地质填图观测点平均密度的规定综合分析后提出的。如测图比例为 1:25 000 时，基岩地区的地质观测点定为 1~2.5 个/km<sup>2</sup>。遥感图像地质填图每平方公里验证点的平均密度大致相当于地面填图观测点数的 1/2~1/3。验证点布设的平均密度，主要是与工作区的地质复杂程度有关。

编制比例为 1:2 000~1:5 000 的地质图。其观测点平均密度的规定视比例大小而适当增减，地质图比例为 1:2 000 时，观测点平均密度应偏高些，比例为 1:5 000 时，观测点平均密度可偏低些。

观测点的平均密度定得是否合理，还有待于继续实践加以检验。

**5.4.3** 根据人眼对遥感图像的分辨能力以及实践经验,认为编制小比例地质图时,采用相应比例的遥感图像,既可满足测图内容和精度要求,又可使填图工作量不致于过大。而编制大比例地质图时,如果也用相应比例的遥感图像,虽然填图精度较高,但工作量增加较多,得不偿失。而用较地质图比例小的遥感图像,同样可满足填图内容和精度要求,但工作量可大大减少。

**5.4.4** 编制 1:10 000~1:200 000 的地质图,由于要求的精度不高,用相关地物法进行转绘成图,即可满足要求。

编制 1:2 000~1:5 000 的地质图,精度要求较高,应通过航测仪器进行转绘。其平面位置精度可保证在 2mm 以内。

编制大于 1:1 000 (含 1:1 000) 的地质图,由于精度要求较高,若用转绘仪转绘,成图精度满足不了要求,故规定应通过航测仪器转绘成图。

地质图底图的选择应根据成图比例和图的内容而定。例如平原地区的地质图可选用水系图或航空遥感图像略图作底图;地形、地质简单或中等复杂地区可选用地形图或航空遥感平面图作底图;地形、地质复杂的地区可选用简化地形图或航空遥感图像平面图(数字正射影像图)作底图。小于 1:50 000 地质图可选用水系图、简化地形图或航天遥感图像作底图。

**6.1.2** 目前,应用的航天遥感图像主要是美国陆地卫星图像,美国陆地卫星 TM 图像通过计算机图像处理可放大到 1:100 000 左右,其影像仍较清晰。1:50 000 左右的航空遥感图像在全国均有覆盖,可搜集到。

条文中规定地质专业应用的航片和复照图,必须保证各 1~2 套,是为满足地质解译作业的需要,由于地质专业人员要经常应用像片进行解译,如与其他专业共用,影响了地质解译的深入进行。另一原因是遥感图像上地质解译成果,要用各种界线、符号表示出来,图上内容较多,如与其他专业共用,不但作业上相互干扰,应用不方便,而且不同专业成果绘在一张图像上,图面上过于繁杂,容易产生矛盾和差错。

**6.1.3** 遥感图像搜集的宽度以能满足解译需要为准，条文规定的搜集宽度均较规定的解译宽度为宽，故可满足解译需要。

关于解译宽度的规定，除满足现行《铁路工程地质勘察规范》(TB 10012) 初测工程地质测绘宽度外，还应考虑到从大面积范围内研究区域地质条件的需要。用地面方法研究大面积区域地质条件，往往受到种种客观条件的限制而难以实现，而利用遥感图像进行此项工作，是十分有利的，充分体现了遥感图像大面积地质填图的优越性。

**6.1.6** 踏勘阶段利用遥感进行地质解译填图所编制的遥感工程地质图与地面调查成图相比，具有质量高、速度快、图面宽等优点，起到事半功倍之效。例如，对线路方案有影响的大型不良地质现象、断层破碎带等，均可快速、准确地反映到地形图上，这样的地质图方案比选提供了足够宽度和可靠的地质资料，提高了方案比选的质量。条文中规定的编图宽度为每侧各 5~15 cm，实际上还可宽些，遥感图像有多宽就可编多宽，这是地面测绘难以达到的。而且一旦外业工作结束后，出现方案变动超出外业勘测范围，需补充搜集一般地质资料时，也可用遥感图像解译补充提供。

**6.2.1** 由于遥感技术所获取的是宏观的地表地质信息，它具有一定的局限性。因此，在加深地质工作中，为查明测区内控制和影响线路方案的主要工程地质问题，必须采用以遥感技术为先导，与工程地质地面调绘、物探等手段相结合的地质综合勘察方法，才能取得满意的效果。

**6.3.2** 初测工程地质遥感工作的准备工作很重要，如果准备不好，将会给后续工作带来许多麻烦。有些准备工作实际是在踏勘后就应开始。如控制线路方案的长隧道、特大桥、重大不良地质及特殊岩土工点所需制作的航空遥感图像平面图、数字正射影像地图等，一般在踏勘后就应抓紧进行。

航空遥感图像的质量检查很重要，否则将影响解译的效果，如范围不够、重叠度不够、影像清晰度差、色调不正常、云量过

多等，都是不允许的。

航空遥感图像的编录整理不可忽视。如不进行编录整理，看起来是争取了时间，但往往由于具体解译作业中，接触数百乃至上千张的像片，容易搞乱。把大量时间浪费在寻找像片上，反而欲速而不达。

在搜集遥感图像时应根据遥感图像解译的目的以及地形、地质等特点选择适用的遥感片种，切忌盲目确定遥感片种。不同的遥感片种适用于解译不同的地质内容，一旦片种选用不合适，则难发挥遥感图像解译的作用，甚至造成浪费。

摄影比例的确定主要是考虑能否满足测图精度的要求，一般满足测图精度要求的航摄比例，也能满足相应比例工程地质遥感解译的需要。但有时某些地质复杂或特殊地质问题，只要条件许可，比例应尽可能选大些，有的区段也可进行两种不同比例的成像，以满足地形测图与地质解译调查各自的需要。

航空遥感图像搜集宽度可按图上线路位置每侧各 10~15 cm 考虑，这样的宽度超过了初测遥感图像解译规定的宽度，可保证解译的需要。

条文规定初测阶段应用的黑白航片比例为 1:8 000~1:20 000 左右，主要是考虑在此范围内的黑白航片，能保证各种地质现象有所显示，又不至于增大解译工作量。这是多年解译实践的经验。

控制线路方案的长隧道、特大桥、重大不良地质工点等，可根据地形条件选用合适的像片图。一般长隧道地形均较复杂，可制作航空遥感数字正射影像地图；特大桥地形往往较平坦，选用航空遥感图像平面图则可满足要求。

**6.3.3** 根据现行《铁路工程地质勘察规范》(TB10012) 的规定，初测全线工程地质图的图面宽度不宜小于 5~10 cm。本规程规定初测遥感图像解译宽度宜为图中线路位置每侧各 5~10 cm，较《铁路工程地质勘察规范》(TB10012) 规定的宽度宽一倍，体现了遥感图像宏观解译的优越性。

条文规定地质解译调绘应在调绘面积内进行，主要是避免调



绘成果的遗漏或重复，同时也容易发现相邻像片接边内容出现的矛盾。界线接边错位规定不应大于 1 mm，主要是考虑到在正常作业情况下均可达到。同时又保证接边错位不至于过大。

**6.3.4** 条文规定的外业期间遥感地质工作内容，主要是为了稳定方案，确定合理的制图范围而考虑的。

**6.3.5** 遥感工程地质报告是在遥感工程地质工作的基础上，根据遥感工程地质工作的成果编制的，它可作为编制全线工程地质勘察报告的重要素材。在编写遥感工程地质报告时，应与地面调查、物探、钻探等资料综合考虑，尽可能取得统一认识。如有不同看法，仍应保留遥感工作的意见。

全线遥感工程地质图是作为编制全线工程地质图的基础资料之一，它是以遥感图像解译成果为主，结合地面调查、物探、钻探等成果，综合分析后编制的，应体现遥感的成果。

利用遥感图像解译验证成果可以编制各种专题图件，简便易行，可根据勘测地区的特点和工作要求，编制其中的某些图件。

**6.4.1** 在新建铁路工程地质勘察中，遥感技术主要用于踏勘、初测中，定测时用的较少。但当发现初测工程地质工作做的不够，工程地质隐患较多，影响选线质量时，则可有针对性地对一些地段或工点开展大比例航片的解译工作，有时甚至还要进行小比例航片或陆地卫星图像解译工作。

**7.1.1** 在遥感技术应用初期，一般仅应用于新建铁路勘测阶段，当时认为将遥感技术用于施工阶段是毫无意义的，其理由是施工阶段该做的工程地质工作已经做完，利用遥感技术多此一举；另一种理由认为遥感是解决宏观问题，无法解决施工地质问题。

在南昆铁路建设中试应用了遥感技术进行工程地质调查，并将调查成果提供给施工部门参考，通过南昆铁路施工阶段遥感技术的试应用认为效果较好，证实了遥感技术在施工阶段有针对性的应用，还是能起到较好的作用。

**7.2.1** 运营阶段应用遥感技术进行沿线不良地质调查有较好效果，特别是利用不同时期的大比例航片进行对比分析，可确定不

良地质的动态变化，进而对沿线地质灾害的防治提出意见，可以起到良好效果。在成昆铁路的泥石流遥感调查和宝成铁路滑坡遥感调查中，均取得较好效果。因此，遥感技术在运营铁路地质灾害调查和灾害预报方面将有广阔的应用前景。