

# 沪蓉高速公路西段线路工程地质遥感解译

刘玉山<sup>1, 2</sup>, 王红明<sup>1</sup>, 邓长青<sup>1, 2</sup>

(1. 湖北省交通规划设计院, 湖北 武汉 430051; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 沪蓉高速公路西段路线走廊带是我国西南喀斯特生态环境脆弱区, 喀斯特发育, 存在一些重要的不良地质现象, 如喀斯特地面塌陷和滑坡。该区在长期地壳运动发展中, 不同时期、不同规模、不同方向的断裂构造体随时间、空间( 构造位置及边界条件) 和构造运动方式的变化, 在各种地应力场的作用下形成了不同性质、不同规模等级的线性构造形迹。在沪蓉高速公路西段勘察中, 利用空间图像的光谱特征和几何图形特征, 探讨遥感解译过程中对各类线性构造分布及其特征的识别、判别工作方法 with 流程。

**关键词:** 沪蓉国道; 遥感解译; 公路工程地质; 工作流程

**中图分类号:** P642. 2

**文献标识码:** A

以美国陆地卫星 ET M+ 图像、法国 SPOT 2 全色波段信息和航空遥感信息为基础, 沪蓉高速公路路线走廊带工程地质调查运用遥感信息技术及遥感与地理信息集成技术, 结合前人野外调查地质路线及其他专题图件<sup>[1]</sup>。利用遥感地理信息技术进行公路工程地质勘察必须依据相关行业的技术标准与规范, 制定严格的技术作业工艺流程与作业细则。并且, 在特征地学信息提取过程中, 充分参考前人的各类地学图件, 对关键地段和重点对象进行了图像专题信息提取处理<sup>[2]</sup>。在信息提取时, 采用遥感信息的宏观特征与微观特征相结合的信息识别方法, 对前人离散的地学信息进行高度集成和综合。发现了一批前人尚未认识的地学现象——区域内广泛发育的北西向裂隙、断裂系统及喀斯特塌陷。

## 1 遥感解译工作流程

结合沪蓉高速公路西段路线走廊带工程地质条件复杂, 不良地质现象多的特征, 制定出遥感地质解译与 GIS 制图工作流程如下:

1. 遥感图像数据搜集与质量评价。要求图像

数据云层覆盖 < 5%, 成像清晰度高, 图像几何畸变小, 地貌层次清晰, 数据融合后地面分辨率可达 1 m、15 m 精度。

2. 建立工程地质遥感图像解译标志, 并按各专题进行标志分类, 清理专题分类识别标志和界限勾绘模式, 总结专题制图科学分类体系与 GIS 编码体系。

3. 进行遥感- 地理信息采集作业。

4. 业务质量检查与制图规范检查。

5. ARC/INFO 平台数据集成与专题图件业务质量评审, 进一步修改完善专题成果图。

6. 编写工程地质勘察报告书。

## 2 遥感解译

### 2.1 线性构造影像解译

在长期地壳运动发展中, 不同时期、不同规模、不同方向的断裂构造体随时间、空间( 构造位置及边界条件) 和构造运动方式的变化, 在各种地应力场的作用下形成了不同性质、不同规模等级的线性构造形迹。遥感构造解译就是利用空间图像的光谱特征

收稿日期( Received date): 2004- 02- 01; 改回日期( Accepted): 2004- 03- 20。

基金项目( Foundation item): 国家发展改革委员会项目( 发改交运[ 2003] 1082 号)。[ Supported by the national key project of the Planning Commission of China( 20031082). ]

作者简介( Biography): 刘玉山( 1965- ), 男( 汉), 湖北钟祥人, 在读博士。主要研究方向: 工程勘察。[ LIU Yushan( 1965- ), male, post graduate, mainly work on the exploration of the express way. ]

和几何图形特征,在现代构造理论的指导下,发现和判别地球表层的各类线性构造,了解其分布规律及其构造属性特征。遥感线性构造解译的任务就是要查明:①线性构造的地质学成因、分类及其几何特征;②线性构造的区域特征,包括构造层属性、运动学特征、构造格局特征等;③线性构造的分布特征及其构造统计学特征等。

### 2.1.1 色调标志及识别模式

在遥感影像上存在着可识别的色线、色带及色调反差界面、界线与色度变化的梯度带。如色度陡梯度变化带常与断层两侧岩石性质截然不同的线性界面相关;色度缓梯变化带则反映深大断裂带或同岩类区的局部断裂构造带等。

### 2.1.2 地质-地貌综合标志

地质-地貌解译标志是线性断裂的直接解译标志,影像识别依据则是解译者的地质构造认知经验。常用的方法有:

#### 1. 水系网络分析

内部地质营力控制了地貌的总体格局,外部地质营力则在内力作用的控制下塑造地貌形态。因此,利用水系网络分析方法可以建立断层的解译标志和识别模式。

#### ①水系网类型与线性断裂模式

水系网是遥感影像上最容易识别的地表景观要素,其组合类型往往可以反映一个地区线性构造的分布与组合规律。

#### ②水系网的异常分析与构造识别模式

#### 2. 构造地貌标志

常见的构造地貌有:断层崖、断层三角面、线性谷地、窄凹地。

### 2.1.3 线性构造的形态、结构

1. 巨型纹形色异常带,宽度在数公里以上,伸展长度数百公里,线形带内与外侧的地貌景观、岩石单元及构造层均有明显差异,造成影像色调和形态异常。

2. 景观线性构造带,由相对剧烈变化的地貌景观单元界线所构成,反映了构造地貌形态和构造-地质单元的界面。

3. 线性地貌要素,由直线形冲沟及其空间方位上的关联性所显示的线性构造和由相对正负地形单元显示的线性构造,并在空间上呈优选方位排列。

### 2.1.4 线性断裂形态组合的识别模式

地质空间中的线性断裂经常是以群体分布为特

征,地壳线性构造的形态组合反映了区域构造单元的动力学属性。

#### 1. 交叉共轭模式

交叉共轭的线性构造系是在同一应力场的作用下形成的破裂系,如图1中显示了北西与北东的交叉共轭,但以NE向较为明显。北西向的节理面显示了等距性。

#### 2. 平行式线性断裂系

由一组互相平行的直线形、弧线形、舒缓波状形的线性体组成。

### 2.1.5 识别结果

区内断裂构造较发育,存在有NE、NW、EW三个延伸方向的构造线,以NE、NW两个方向的构造线为优势,且前者为主体,后者多为与褶皱伴生的节理。选择主要者简述如下:

NE向构造:是区内的优势构造,原因是区域地层的走向是NE向,褶皱的轴迹是北东向,断裂带多为顺层断层或小角度与地层斜交。较为典型的有:向家坡-枫向树断裂带、湾流-孙家坝断裂带、百步梯-土鱼河断层以及石堰断裂带、大青山-十里牌断裂带等。其中后者在客坊一带表现为密集的线性构造带、色异常带和色调界面,如图2。

NW向构造:该方向的构造多为节理,其准确方向是随地层的走向变化发生一定的变化。如在K线的起点一带,节理方向严格与地层走向垂直,在 $320^{\circ} \sim 340^{\circ}$ 左右,而在K线的终点则变为 $300^{\circ}$ 左右。这组节理控制了喀斯特的发育方向和地表水、地下水的运移方向,同时也是恢复古构造应力场的依据之一。这一方向构造也有的是断裂,在K线190附近存在一较为典型的北西向色调异常界面,经多类型的影像分析认为是一断层(见图3~4)。

### 2.2 喀斯特地貌与不良地质现象解译

本区喀斯特发育,喀斯特地貌的研究十分重要,主要的标志有:①喀斯特地貌形态明显,峰丛、峰林、溶蚀洼地等正、负地貌的组合,呈典型的桔皮状、花生壳状等图案,如图5左图。②图像上显示出喀斯特地貌明显受地质构造的控制,沟谷在图像上呈有规律的定向分布,图像上的线性构造常常呈菱形状、“龟裂状”。图5(右图)为C4线经过区域的纹理结构,反映了两组等级不同的线性构造控制了喀斯特的发育;③喀斯特区水系的特点是主流明显但支流少,地表水少或极缺,还可以出现一系列的特征水系,如内向水系、盲谷、断头河。

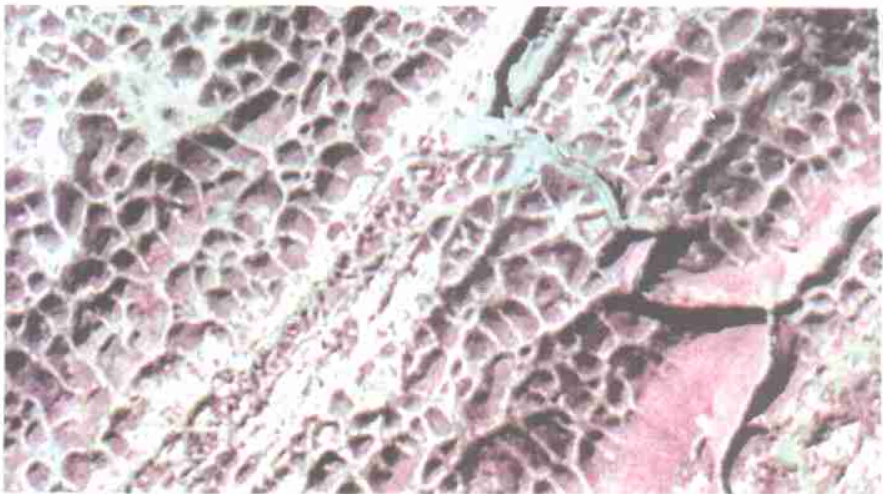


图 2 大青山- 十里牌断裂带  
Fig.2 Fault zone from Daqingshan to Shilipai

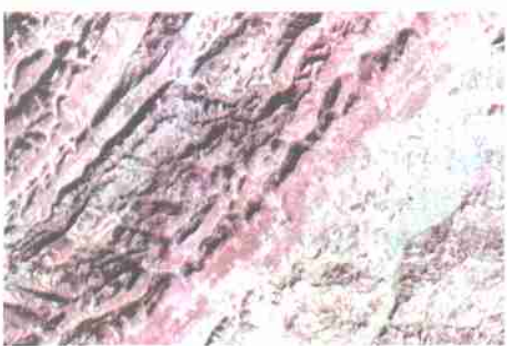


图 1 构造共轭及北西向的节理面等距性现象  
Fig. 1 Equidistant phenomena of tectonic conjugate and northwest joints plane

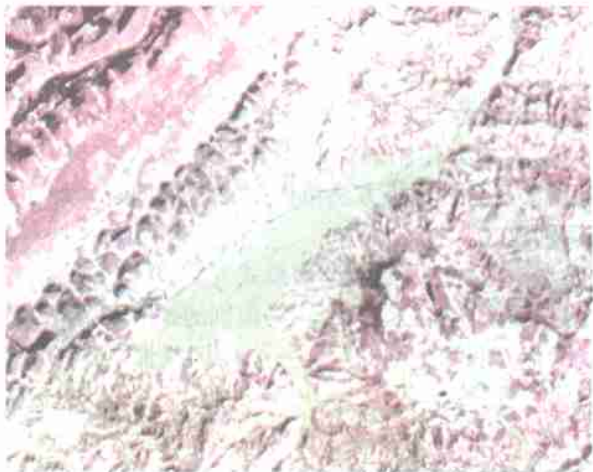


图 3 河水坪一带的断裂带的复合与交接  
Fig. 3 Composite and connection of the fault zone in the Heshuiping section

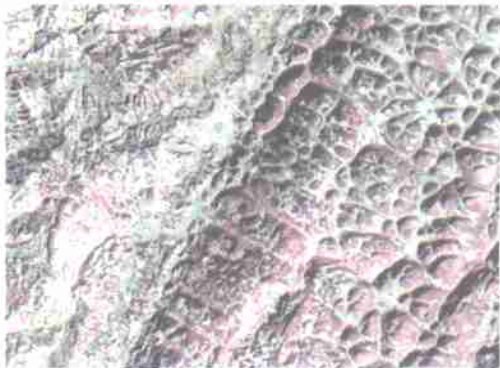
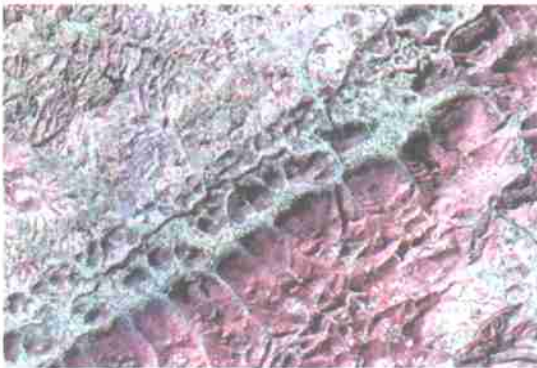


图 4 北西向节理带(断层)及北东向断层  
Fig.4 Northwest joint zone and northeast faults



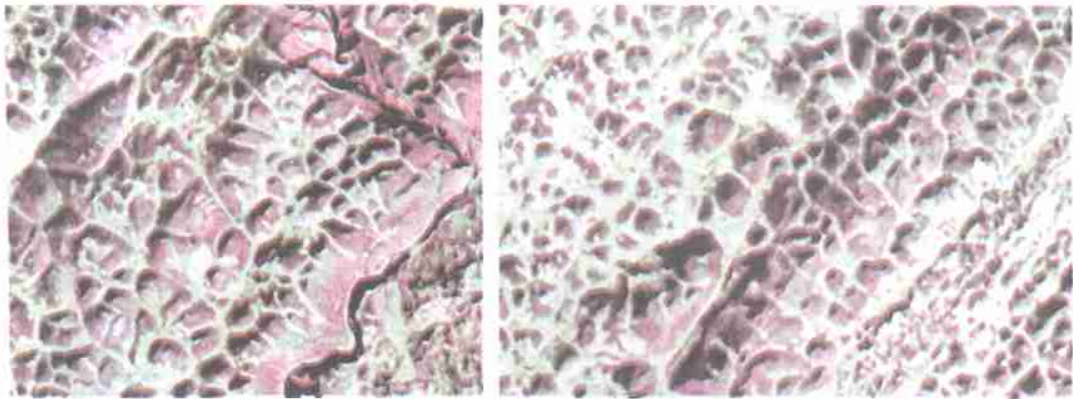


图 5 路线 C4 上喀斯特地貌的识别特征

Fig. 5 The characteristic of the karstic landform on the C3 road



图 6 地面塌陷与盲谷

Fig. 6 The ground subsidence and the blind valley

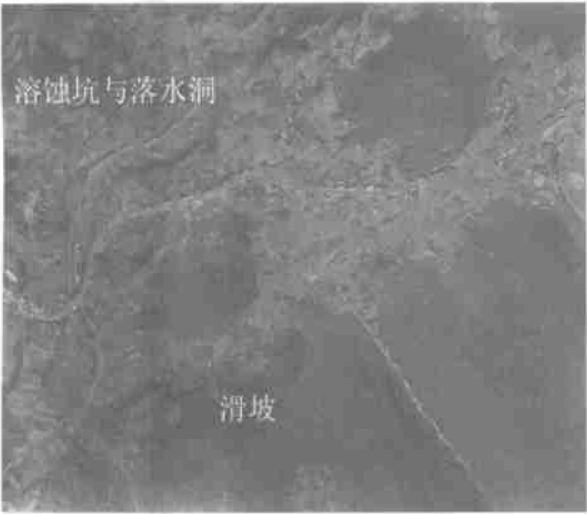


图 7 滑坡及溶蚀坑和落水洞(航片)

Fig. 7 Landslide, morel basin and doline

路线经过地区主要的不良地质现象有滑坡(覆盖层滑坡、切层滑坡)、喀斯特塌陷。

2.2.1 直接解译

主要是依据影像色调标志和地貌地形几何标志<sup>[3]</sup>对第四纪地层、成因类型及其地貌单元进行直接识别和制图。

2.2.2 关联解译

运用影像的岩石、地貌、构造、土壤、植被、图形结构等信息在成因上的关联性,结合专业理论和知识,围绕不良地质体的色调、形态、物质构成、生态结构、覆盖特征、活动特征等关联信息进行空间推理分析或基于知识的相关解译。

2.2.3 识别结果

1. 地面塌陷

图 6 左为 C2K153+300 附近的地面塌陷,位于航空影像的中部,村庄的西北侧,地貌、影纹结构、地

表景观表现等特征明显。图 6 右为 C2 线南沿向家坡—枫香树分布的地面塌陷及盲谷。

## 2. 滑坡

在鄂西南地壳强烈上升、切割区, 滑坡现象较为多见, 图 7 为 K 线上的滑坡及其附近的溶蚀坑和落水洞。

## 3 结 论

1. 遥感勘察区域公路线适应自然地形、地貌, 路线大部分地段走向避免了与构造走向一致, 有利于路基稳定, 减少了环境地质灾害。

2. 本区为湖北省生态环境脆弱区, 生态环境破坏后不易恢复, 同时沿公路两侧由于施工的影响也会诱发新的不良地质现象, 公路建设中应实施生态工程, 尽量减少对自然生态的破坏。

3. 根据本次遥感解译采用的信息源: ET M 数据融合处理的图像、SPOT 及航片, 解译成果报告对线性构造、不良地质体的定位预报可予以参考。但

其空间位置需要进一步的现场踏勘予以纠正。

4. 线性构造场的划分需要进一步研究, 本文插图中所示线性体对构造场的分析有一定的作用, 但对公路工程不一定有严重的影响, 有相当一部分为区域性构造裂隙带, 对于进一步的的实际工程的影响, 需要增加线性构造场与喀斯特发育规律的研究。

## 参考文献(References):

- [1] Wang Qinghe. Application of Remote sensor geological technology to the Karst Research in Hunan-Guangxi Section[J]. *Uranium Geology*, 1996, **12**(5): 315~ 316. [王清和. 遥感地质技术在研究湘桂地洼型古岩溶中的应用及其找矿效果[J]. 铀矿地质, 1996, **12**(5): 315~ 316.]
- [2] Wei Huanguo, Xuzailiang, Zhouzhenli. Study to Engineering Geological Problems on Extra-Long Railway Bridge of PoYang Lake [J]. *Journal of Railway Engineering Society*, 1996, **50**(2): 129 ~ 135. [魏焕国, 许再良, 周正礼. 鄱阳湖铁路特大桥工程地质问题的研究[J]. 铁道工程学报, 1996, **50**(2): 129~ 135.]
- [3] Lee Chinyu. Investigation and research of landslides in Taiwan[J]. *Journal of mountain science*. 2003, **21**(5): 624~ 630. [李锦育. 台湾崩塌地调查研究方法综述[J]. 山地学报. 2003, **21**(5): 624 ~ 630.]

# Remote Sensor Interpretation of Engineering Geology of Hu-Rong Freeway

LIU Yushan<sup>1,2</sup>, WANG Hongming<sup>1</sup>, DENG Changqing<sup>1,2</sup>

(1. HuBei Traffic Layout Department, WuHan, 430051; 2. China University of Geosciences, WuHan, 430074)

**Abstract:** Karst is well-developed in HuRong freeway corridor zone and the ill geological phenomena are dominated by karst ground collapse and landslide. During the development of crustal movement, because different epochs, different scale and different direction faults tectonic masses are changing with time, space (such as the location of the structure and the boundary conditions) and the tectonic movement manners, different characteristic and scale linearity tectonic imprints were formed under the effect of variant earth stress. The main task flow and the remote interpretation method is briefly introduced during the investigation in HuRong freeway, which can find and distinguish the distribution regulation and property of all kinds of linearity tectogenesis utilizing the characteristic of the optical spectrum and geometrical figure of the space image according to the modern tectonic theory.

**Key words:** Hu-Rong national freeway; remote interpretation; engineering geology of highway project; task flow