

宁武高速公路断裂构造遥感解译与评价研究

杨树文^{1,2}, 冯光胜³, 高山³

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 兰州交通大学数理与软件工程学院, 兰州 730070;

3. 铁道第四勘察设计院, 武汉 430063)

摘要: 根据断裂构造的遥感解译标志, 对宁武高速公路兴田互通—武夷山分水关段的断裂构造进行解译和分析, 发现与所推荐的高速公路线路相交的大型断裂带5条, 小型断裂28条; 结合初测验证资料, 确定了断裂构造对道路工程稳定性影响的评价指标, 并以此分析、评价该线路走廊带NE、NEE向及NW向断层对推荐线路的具体影响。研究表明, 评价指标可为路线的选择、道路的施工提供定量化参数, 提高对断裂构造的认定。

关键词: 道路工程; 评价指标; 试验研究; 断裂构造; 遥感解译; 定量化

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2010)02-0073-04

0 引言

宁武高速公路推荐线路由东至西贯穿闽北山地丘陵区, 线路走廊带地层变化较大, 地质构造发育, 尤其是兴田互通—武夷山分水关段(K235+256~K300+048)。该段位于武夷山东南区, 在大地构造上属于华南褶皱系, 经历了晚元古代至古生代早期、加里东、华西和印支、燕山4个旋回的演化, 地壳构造经历了大洋扩张、板块拼合及陆内构造演化, 再到濒太平洋大陆边缘活动带4个发展阶段。因此线路走廊带断裂构造极其发育, 主要发育有NE、NEE向和NW向两组线状断层和断层带, 部分地区具有典型的网状断层分布。断裂构造, 尤其是活动断裂、区域性深大断裂带, 不仅对线路的稳定性有一定的影响, 同时也控制着滑坡、崩塌等地质灾害的形成和发展。因此, 在线路设计、比选阶段, 利用图像的光谱特征和几何图形特征, 结合地学知识, 在遥感图像上识别和判别出线路走廊带的各类线性构造, 并通过建立评价指标对发现的断裂构造进行工程地质稳定性评价, 找出影响线路稳定的活动断层和深大断裂带, 为线路比选、工程预算和工程施工提供科学依据。

1 断裂构造遥感解译

1.1 影像处理

根据工程勘察规范和要求, 此次线路设计的遥感数据选用2002年9月23日获取的Landsat ETM影像, 同时参考了Google Earth提供的2006年高分

分辨率影像。利用ERDAS 9.1对获取的影像进行了多波段组合、融合、主成分分析、均值滤波和纹理分析等增强处理: 对ETM 5、4、3波段分别赋予红、绿、蓝色, 获得近似自然彩色的合成图像^[1]; 将合成后的ETM 543图像与ETM 8波段图像进行融合, 并对融合后的图像进行均值滤波、纹理增强等处理, 最终获得易于断裂构造分析、识别的图像。

1.2 解译标志的建立

图像上断裂构造的识别总体上以断裂的空间结构信息分析为主, 同时结合光谱特征和地学知识进行推理和综合分析^[2]。在本次断裂构造解译中, 针对断裂构造活动强烈并经后期多期改造, 其光谱特征不明显的情况, 断裂构造的解译标志主要采用地貌、水系、植被及景观等影像的空间结构信息^[3,4]。

活动断裂形成时代较晚, 在遥感图像上表现为异常的地形地貌形态, 如断层崖、断层三角面等^[5,6]。深大断裂带多表现为不同地质构造单元或区域地理单元的分界线, 断裂带两侧的地质、地理特征差异明显, 地形地貌、水系等景观表现形式明显不同。

1.3 走廊带主要断裂构造解译

利用ArcGIS 9.2对增强处理后的ETM 543、ETM 8融合影像进行断层信息解译。从解译成果分析, 兴田互通—武夷山分水关段走廊带的断层大致可分为NE、NEE向和NW向两组。其中, NW向断层组发育于晚元古代中晚期, 该区发生华南武夷山元古代变质地质体与江南新元古代岛弧带的碰撞增生作用, 形成一系列从NW向SE的大型逆冲推覆和韧性剪切变形带^[7];

NE、NEE 向断层组发育于早古生代末,武夷山北缘断裂发生第二次区域韧性变形,形成一系列 NE、NEE 向陡倾的左旋走滑韧性剪切变形为特征的断裂^[7]。

走廊带的断裂构造在影像上呈明显的线状或带状展布,其两侧色调差异明显,部分存在断层崖和断层三角面,如图 1 所示。

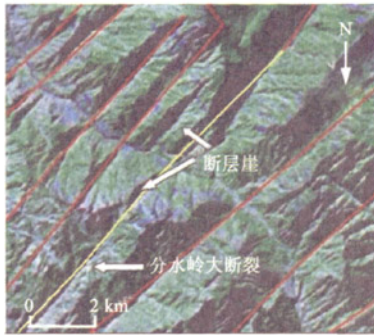


图 1 线状断裂及断层崖

Fig.1 Linear faults and fault cliffs

受 NE 和 NW 向断裂构造的控制,该区发育了曲折多弯的溪流和柱状、锥状、悬崖等丹霞地貌,如图 2 所示。

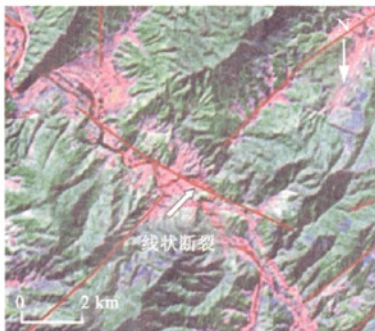


图 2 曲折多弯的溪流与断裂

Fig.2 Curved streams and faults

受 NW 向与 NE、NEE 向两组断层控制,在黄岗山—大竹岚一带形成典型的格子断裂构造,如图 3 所示。

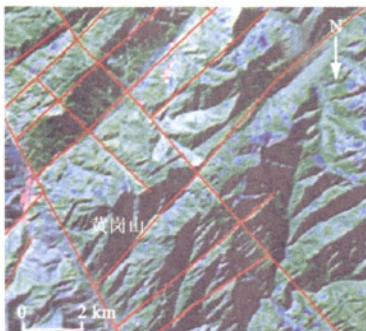


图 3 黄岗山格子状断裂

Fig.3 Grid faults of Huanggang Mountains

图 4 为该推荐路段断裂构造遥感解译图,图中清晰显示,走廊带与推荐线路相交的 NE、NEE 向断层组发育有大型断裂、断裂带 4 条,即星村—长坪断裂带(F1)、洋庄—落田断裂带(F2)、陈接洋—过河断裂带(F3)以及分水关断裂带(F4),其他与所推荐线路相交的小型断裂(F11,NE、NEE 向断层)有 20 余条。NW 向发育的大断层 1 条,即桥头—分水关大断裂(F5),该断裂控制了河谷走向,基本与大安—分水关段推荐线路平行;其他与推荐线路相交或邻近的小型断裂(F12,NW 向断层)有 8 条。

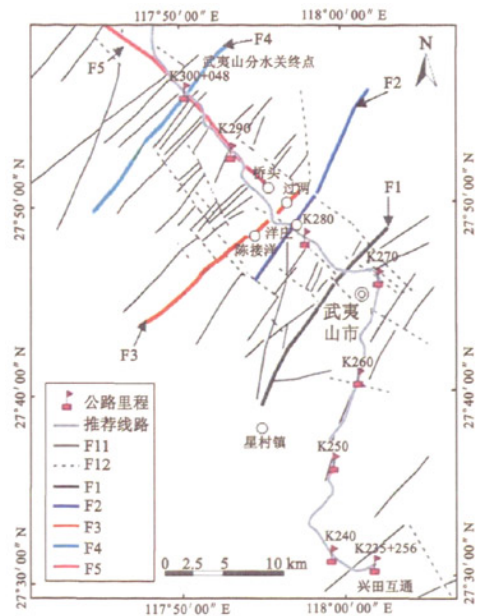


图 4 宁武高速公路兴田互通—武夷山分水关段

ETM 影像断裂构造遥感解译图

Fig.4 Remote sensing interpretation map of faults of ETM images in the segment from Xintian Junction to Wuyishan Fenshuiguan of the Ningwu superhighway

2 走廊带断裂构造初测验证

初测的主要目的就是室内判读的所有断裂构造进行实地验证,确定出断层的性质及其活动年代,并对工程稳定性的影响进行初步评价^[8,9]。据初测验证结果,在推荐线路跨越的断裂带中,F1、F2 和 F4 这 3 条断裂带已被核实存在,其他 20 余条小型断裂也多被发现。沿河谷发育的 NW 向大断裂(F5)、NE 向大断裂(F3)以及其他隐伏断裂构造有待进一步核实。

星村—长坪断裂带(F1),属崇安—石城断裂带深大断裂带的一部分,沿星村、白岩前及伞街展布,

与线路大角度相交于 K274 + 700 附近。该断裂带较发育,宽近 100 m,走向 30° ~ 60°,倾向 SE,最大倾角 60°,为压性断层。在星村以北,断层切过赤石群地层,以断层中形成宽大的硅化带和大量角砾岩为特征。

洋庄—落田断裂带(F2),沿洋墩、洋庄、大埠桥、廓前展布,与线路大角度相交于 K281 + 500 附近。该断裂带十分发育,宽 20 ~ 100 m,有多条大致平行的压性断层均属本断裂带,走向 300° ~ 400°,倾向 SE,最大倾角 70°。断裂带岩石普遍受强烈挤压,被北西张扭性断裂错切位移。

分水关断裂带(F4),沿垅空、里垅、磨石坑展布,与线路交于 K299 + 220 附近。该断裂带较发育,宽 3 ~ 7 m,在分水关地区有数条平行的、走向 N60°E 的平移断层,为压扭性平移断裂,走向 40° ~ 60°,倾向 SE,最大倾角 90°。

3 断裂构造对推荐线路的影响评价

3.1 断裂构造的特征

通过对走廊带断裂构造的解译、分析和对初测成果的研究,可得出走廊带的断裂构造有以下特点:

(1) 深大断裂以一条或几条主干断裂为主,伴随多条平行断层组成断裂带。

(2) 深大断裂主要为挤压性断裂,断裂带较破碎,主干断裂破碎带宽度一般在 20 ~ 30 m,最宽可达 100 m。

(3) NE、NEE 向断裂构造被后期 NW 向断裂构造切割。

(4) 断裂一般切过盖层,深度较大,可能富水。

3.2 评价指标的确定

基于该区断裂构造的特点和断层对道路工程建设的影响,研究并建立断层对道路建设、道路稳定性影响的评价指标或体系尤为重要。从遥感工程地质角度分析,此次线路选择、勘测以及建设中确定的评价指标有:

(1) 断裂带的宽窄。断层带越宽对路线的稳定性影响就越大。

(2) 断层带的破碎程度。破碎程度越高对线路的稳定性及工程的影响就越大。

(3) 断层带与线路的夹角。一般夹角越小对线路的影响就越大^[10]。

(4) 断层的倾角。一般倾角越小,对穿越隧道的影响就越大。

(5) 断层活动性。活动断层会以发震、错动或蠕动等方式对工程建设地区的稳定性产生重大影响^[11]。

(6) 线路通过方式。道路以路基、桥梁及隧道等形式穿越断裂带时,所受的影响大小不一致,一般以路基和隧道形式穿越时所受影响较大。

3.3 影响评价

基于评价指标,结合初测资料,对兴田—武夷山分水关段的重要断裂带进行工程地质稳定性评价,其结果如表 1 所示。

表 1 断裂构造对宁武高速公路建设的影响评价
(兴田—武夷山分水关段大型断裂带)

Tab. 1 Impact evaluation of faults to Ningwu superhighway (Fault zones of the segment from Xingtian to Wuyishan Fenshuiguan)

评价指标	断裂构造带		
	F1	F2	F4
与线路相交的位置	K274 + 700 附近	K281 + 500 附近	K299 + 220 附近
宽度/m	约 100	20 ~ 100	3 ~ 7
夹角/(°)	43	60	90
倾角/(°)	50 ~ 60	50 ~ 70	85
破碎程度	高	一般	高
活动否	否	否	否
线路通过方式	路基 + 隧道		
对线路的影响	对伞街隧道围岩及涌水量有影响	对洋庄隧道进口段有影响	降低分水关隧道的围岩级别

从表 1 的评价对比可得出,3 条断裂带都在一定程度上影响了线路的选择和道路的稳定性,这种影响程度随着详勘的深入还有待进一步确认和评价。另外,其他一些小型断裂构造也对线路的稳定性有一定影响,如 K286 + 400 附近的断层降低了路口隧道的围岩级别,K289 + 500 附近的断层降低了大安岭隧道的围岩级别等。

4 结论

(1) 通过对遥感解译成果的分析和对初测结果的核实,推荐线路除部分路段存在不良断裂构造,对线路的稳定性有一定影响外,其余大部分地段工程的可行性都较好。

(2) 对于 NE 向的陈接洋—过河断裂带和 NW 向的桥头—分水关大断裂,建议进行大比例尺实地勘察和物探探测,尤其是与路线近似平行的桥头—分水关大断裂,以确定是否存在及其结构特征,并分析、评价其对线路的影响情况。

(3) 鉴于研究所用的影像分辨率偏低,线路走廊带的活动断裂和隐伏断裂还有待在详勘中结合大比例尺航片进一步识别和评价。

(4) 断裂构造对道路工程稳定性的影响评价指标还有待进一步研究、论证和量化,以提高道路预研阶段设计的质量。

参考文献:

- [1] 戴昌达. TM 图像的光谱信息特征与最佳波段组合[J]. 环境遥感, 1989, 4(4): 282 - 292.
- [2] 张明华. 西藏墨脱公路断裂构造遥感分析及信息提取[J]. 国土资源遥感, 2006(1): 56 - 60.
- [3] 卓宝熙. 工程地质遥感图像典型图谱[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [4] 卓宝熙. 工程地质遥感判译与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [5] 陈国洪, 单新建, 李建华. 基于遥感影像研究宁波地区断裂活动性[J]. 地震, 2007, 27(2): 131 - 138.
- [6] 张明华. 基于 RS、GIS 的东喜马拉雅南迦巴瓦峰地区断裂构造的定量研究[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(4): 418 - 423.
- [7] 舒良树, 卢华复, Charvet J, 等. 武夷山北缘断裂带运动学研究[J]. 高校地质学报, 1997, 3(3): 282 - 292.
- [8] 魏永明, 蔺启忠, 王学潮, 等. 南水北调西线工程活动断裂构造遥感研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 616 - 622.
- [9] 魏永明, 王学潮, 蔺启忠, 等. 南水北调西线工程区域构造稳定性遥感初步评价[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(20): 616 - 622.
- [10] Marwa E M M, Kimaro D N. Geomorphological Mapping for Route Selection and Road Construction at Lower Kihansi in Tanzania[J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2005, 64: 333 - 339.
- [11] 赵树德, 廖红建, 徐林荣, 等. 高级工程地质学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

The Evaluation and Remote Sensing Interpretation of Faults along the Ningwu Superhighway

YANG Shu - wen^{1,2}, FENG Guang - sheng³, GAO Shan³

(1. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. School of Mathematics, Physics and Software Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

3. The Fourth Survey and Design Institute of China Railway, Wuhan 430063, China)

Abstract: Based on remote sensing interpretation symbols of faults, the authors interpreted and analyzed all faults along the Xintian Junction to Wuyishan Fenshuiguan segment of the Ningwu Superhighway. There are 5 large fault zones and 28 small - sized faults near the proposed superhighway route. In combination with the preliminary verification data, this paper established the evaluation indexes for faults affecting the stability of the route, so as to analyze and evaluate the specific impact of NE - , NEE - and NW - trending faults in the corridor belt on the proposed route. The results show that the evaluation indexes can improve the recognition of faults and provide quantitative parameters for route selection and road construction.

Key words: Road engineering; Evaluation indexes; Trial studies; Faults; Remote sensing interpretation; Quantitative

第一作者简介: 杨树文(1975 -), 男, 博士研究生, 主要从事遥感数字图像处理、工程地质遥感解译等方面的研究。

(责任编辑: 刁淑娟)

下期要目

- 张晓浩 遥感技术在低碳经济中的应用
刘衍宏 江西赣州 Hyperion 数据粘土矿物权重信息提取应用研究
李志斌 基于 ArcGIS ENGINE 的区域性粮食生产安全预警系统设计与实现
龙 娟 基于光谱特征的湿地水生植被信息提取研究
杨 斌 GIS 在大气污染扩散模拟与评价系统中的应用
于德浩 基于数据融合的浅层地下水提取技术研究
王海庆 基于 GIS 和 RS 的矿山地质环境评价方法比选