

Research on Remote Sensing Information Extraction Technology for Active Fault Judgment in Shallow Cover Area

Lei Zhang Min Zhao

Henan Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Zhengzhou, Henan, 450053, China

Abstract

In this paper, multi-source remote sensing data such as GF-1, OLI and PALSAR were used to interpret the hydrologic environment and geomorphic features of the study area and analyze the surface temperature anomalies, establish translation markers, conduct temperature stratification, and conduct field verification to comprehensively judge the spatial distribution characteristics of active faults in the study area. The study shows that multi-source remote sensing data can be used to effectively judge the distribution of active layers, which plays a necessary auxiliary role for other geological methods to analyze the structural characteristics of active faults in shallow cover area. Through this research, the field of geoscience applications of remote sensing technology has been enhanced and the unique advantages of remote sensing technology have been brought into play.

Keywords

active fault; remote sensing information extraction; shallow cover area

遥感信息提取技术应用于地表浅覆盖区活断层判断研究

张雷 赵民

河南省航空物探遥感中心, 中国·河南 郑州 450053

摘要

论文利用 GF-1、OLI 和 PALSAR 等多源遥感数据, 对研究区的水文环境、地貌特征进行解译和地表温度异常分析, 建立了解译标志, 进行温度分层, 并进行野外验证, 综合判断了研究区的活断层的空间分布特征。研究表明, 运用多源遥感数据可以有效的判断活动层的分布, 为运用其他地质方法分析浅覆盖区活断层的构造特征起到了必要的辅助作用。通过此项研究, 增强了遥感技术的地质应用领域, 发挥了遥感技术的独特优势。

关键词

活断层; 遥感信息提取; 浅覆盖层

1 引言

浅覆盖区活断层对城市规划、区域性社会发展都有较大的影响。对活断层的判断分析多以地球物理方法为主。随着遥感技术的迅速发展, 应用于地质领域的范围越来越广, 而对浅覆盖区活断层的遥感技术判断近年来也逐步开始研究。

浅覆盖区活断层弱异常信息是一些光谱异常信息, 它与断层活动密切相关。这些信息可能是断层活动使某些物质在地表的异常聚集, 影响植被的生长, 从而引起地物波谱的异

常反映。

利用遥感技术方法提取弱信息的主要方法如下: ①选取不同波段进行假彩色合成, 获得有利于揭示植被或水体的合成效果; ②对多光谱数据进行主成分变换与缨帽变换, 突出不同岩性、不同植被造成的光谱差异; ③可选用线性变换、分段线性拉伸、非线性变换等, 改变图像亮度与对比度, 突出线状、面状结构信息; ④雷达与光学影像之间、不同模式雷达影像之间可采用融合方法创建新的图像, 减少噪声, 丰富纹理信息^[1]。

2 研究区地质背景

研究区位于豫东地区, 地理坐标范围为东经 115° 26' 42" 至 115° 37' 20", 北纬 34° 18' 3" 至

【基金项目】活断层探测技术方法研究(豫地矿科研[2017]03号)。

【作者简介】张雷(1978-), 男, 中国河南获嘉人, 高级工程师, 硕士研究生学历, 从事环境地质、遥感地质、自然资源规划评价以及环境生态修复研究。

34° 22' 24"。

该区位于中国华北板块近南缘太康断隆西南部。预查区大地构造位置在华北板块近南缘，河南分区嵩箕小区之豫东部分，在太康断隆东端，其北为开封凹陷。

本区处于华北拗陷新生界掩覆区，根据钻孔揭露厚度为893.78m，呈角度不整合于下伏古生界各时代地层之上。下部主要为粘土、砂质粘土以及砾石，颜色为土黄色、杂灰白色。另有少量次生碳酸盐岩，呈灰白色，棱角状。上部主要以棕黄~土黄色粘土为主，含少量砾石。路河断层走向北西，倾向北东，倾角50~65°之间，落差约在150~500m之间，在区内延伸长度为16.7km左右^[2]，如图1所示。

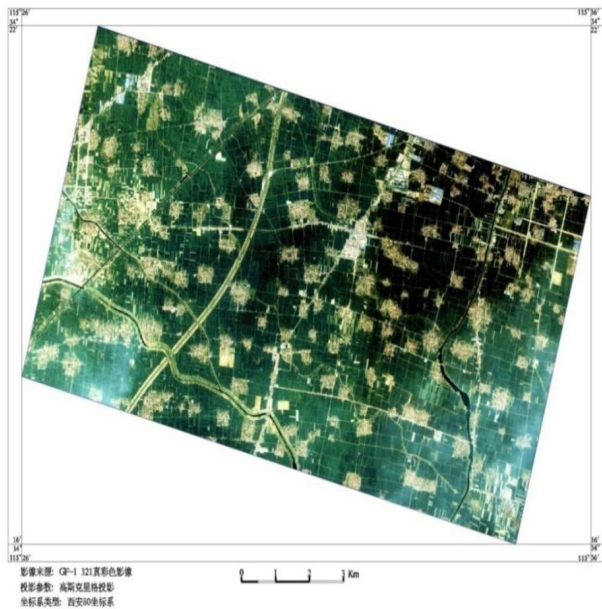


图1 研究区遥感影像图

3 遥感技术路线

本次研究工作的技术路线以GF-1、Landsat系列等光学遥感影像和GF-3、PLASAR等雷达遥感影像进行数据组合、图像处理、信息提取、纹理分析等遥感技术手段，来识别浅覆盖区活断层特征，并与物探方法相结合，总结浅覆盖区活断层遥感技术识别标准，在此基础上建立遥感监测体系。

(1) 收集研究区地质背景等资料，购置遥感影像，并进行数据预处理及影像图制作。

(2) 进行研究区遥感地层和地貌解译，进行研究区地质环境背景分析。

(3) 进行研究区水系分布解译，分析水文地质特征与

活断层关系。

(4) 进行地表温度提取研究，分析地表温度异常点与活断层分布关系。

(5) 利用遥感解译成果进行综合研究，判断活断层分布特征。

技术路线如图2所示。

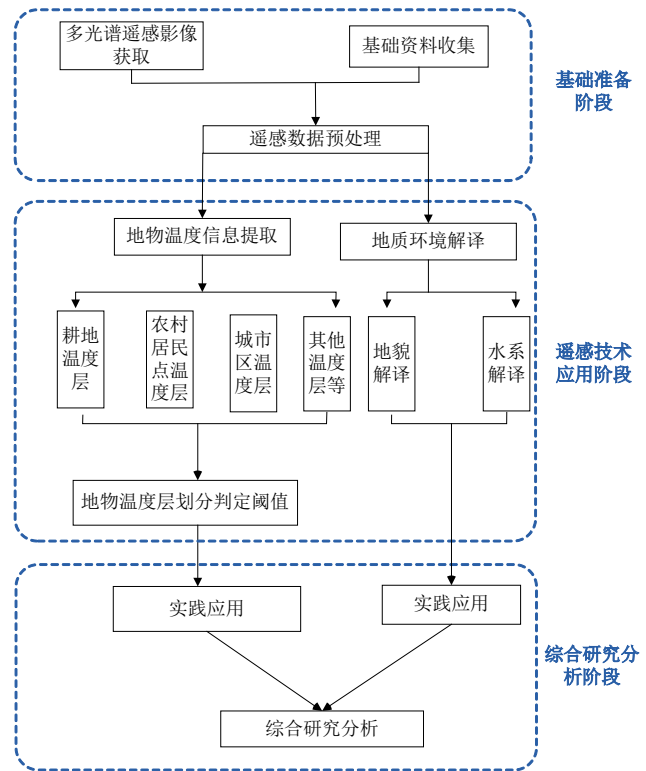


图2 技术路线图

4 遥感数据源获取及预处理

4.1 数据源选取

图像数据应无云层覆盖、影像清晰，无显著偏光、偏色、坏行现象，积雪覆盖率应小于10%。

本研究项目选取的遥感数据有GF-1、Plasar和landsat8 OLI。其中，GF-1和Plasar用于活断层构造解译，landsat8 OLI用于地表温度反演。

4.2 遥感影像数据处理

本次遥感影像图制作采用六度分带的高斯-克吕格投影、西安80平面坐标系。为满足本次研究的需要，根据遥感图像各波段的光谱特征，选择不同的波段组合，利用计算机对数字图像按一定的数学模式进行运算，即按一定的图像处理功能对该数字图像进行计算机处理，以增强和提取水文地质信

息。对多时相、多数据源、多分辨率的遥感数据进行融合处理和多功能信息提取,以提高遥感图像的质量,最大限度地提取本次工作所需的地质矿产要素信息。遥感数字图像处理主要包括波段组合、图像校正、色调匹配、数据融合、图像镶嵌和各种增强处理等功能,其工作流程如图3所示。

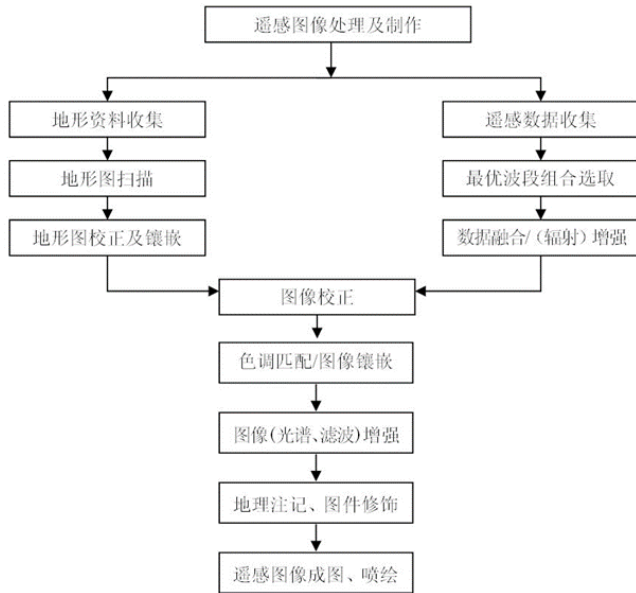


图3 遥感图像处理工作流程图

5 遥感地质解译

5.1 水文地质解译

以GF-1真彩色合成影像为主,其他遥感影像为补充,解译出研究区水系分布。整个研究区水系分布比较密集,呈一定的规律平行分布。其中古宋河为主干,大沙河、陈良河和杨大河是其支流,大沙河和陈良河基本上处于平行分布,如图4所示。

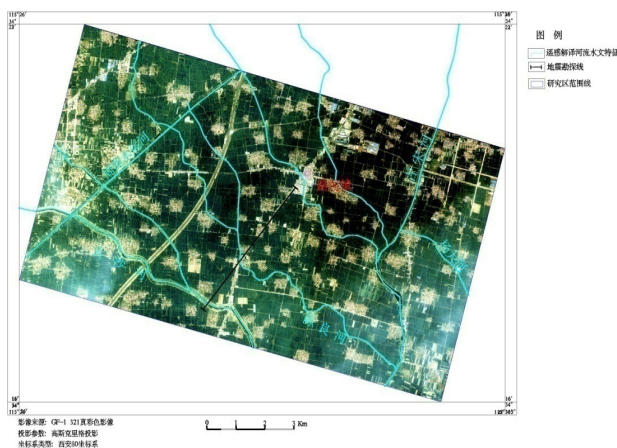


图4 研究区水文地质遥感解译图

5.2 地层遥感解译

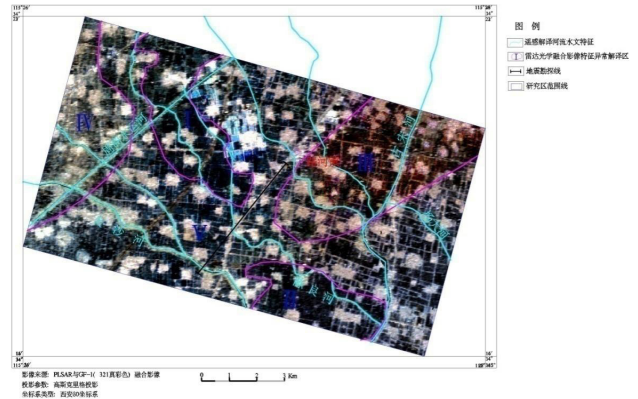


图5 研究区地表遥感特征解译图

研究区为第四系覆盖,根据GF-1和PLASAR雷达数据相融合,划分出研究区地表地层纹理差异区,如图5所示。其中,I和II纹理特征一致;III、IV和V为单独纹理特征区域,纹理特征见表1。

表1 研究区遥感影像特征分析表

特征异常编号	I	II	III	IV	V
影像特征	色调以黑色、黑蓝色为主,斑块状纹理,纹理单一,平滑。	色调以黑色、黑蓝色为主,斑块状纹理,纹理单一,平滑。	色调以灰褐色为主,斑块状、网状纹理,网状纹理线条较粗,较粗糙。	色调以灰白色为主,斑块状纹理,较密集粗糙。	色调以浅灰色为主,斑块状、线状纹理,较糙。
土壤类型	淤土	淤土	淤土	两合土	两合土
第四系沉积类型	河流冲积粘性沉积物	河流冲积粘性沉积物	河流冲积粘性沉积物	河流冲积壤性沉积物	河流冲积壤性沉积物

5.3 地表温度反演

大量的研究工作证明,埋藏在地球内部的热能通过一些活断层传导、对流到达地表,又以辐射的形式被卫星传感器接收。根据辐射原理,温度不同的物体,热辐射强度也不同;可以通过对遥感信息源的数据处理,从而发现活断层的分布规律。

本项目根据这一原理,选取了大气校正法地表温度反演模型,对研究区的地表温度进行了反演,排除干扰因素,提取出与活断层分布相关的温度异常分布。

大气校正法基本原理:首先估计大气对地表热辐射的影响,然后把这部分大气影响从卫星传感器所观测到的热辐射总量中减去,从而得到地表热辐射强度,再把热辐射强度转化为相应的地表温度。

具体实现为：卫星传感器接收到的热红外辐射亮度值 L_λ 由三部分组成：大气向上辐射亮度 $L \uparrow$ ，地面的真实辐射亮度经过大气层之后到达卫星传感器的能量；大气向下辐射到达地面后反射的能量。卫星传感器接收到的热红外辐射亮度值 L_λ 的表达式可写为（辐射传输方程）：

$$L_\lambda = [\varepsilon B(T_s) + (1-\varepsilon)L \downarrow] \tau + L \uparrow \quad (1)$$

式中， ε 为地表比辐射率， T_s 为地表真实温度 (K)， $B(T_s)$ 为黑体热辐射亮度， τ 为大气在热红外波段的透过率。则温度为 T 的黑体在热红外波段的辐射亮度 $B(T_s)$ 为：

$$B(T_s) = [L_\lambda - L \uparrow - \tau(1-\varepsilon)L \downarrow] / \tau\varepsilon \quad (2)$$

T_s 可以用普朗克公式的函数获取。

$$T_s = K_2 / \ln(K_1 / B(T_s) + 1) \quad (3)$$

对于 OLI Band10, $K_1 = 774.89 \text{ W}/(\text{m}^2 * \mu\text{m} * \text{sr})$, $K_2 = 1321.08\text{K}$ 。

从上可知此类算法需要 2 个参数：大气剖面参数和地表比辐射率。大气剖面参数在 NASA 提供的网站 (<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>) 中，输入成影时间以及中心经纬度可以获取大气剖面参数。适用于只有一个热红外波段的数据，如 Landsat TM /ETM+/TIRS 数据。

反演主要内容就是使用 ENVI 软件中 BandMath 工具计算公式 (2) 和公式 (3)，处理流程如图 6 所示^[9]。

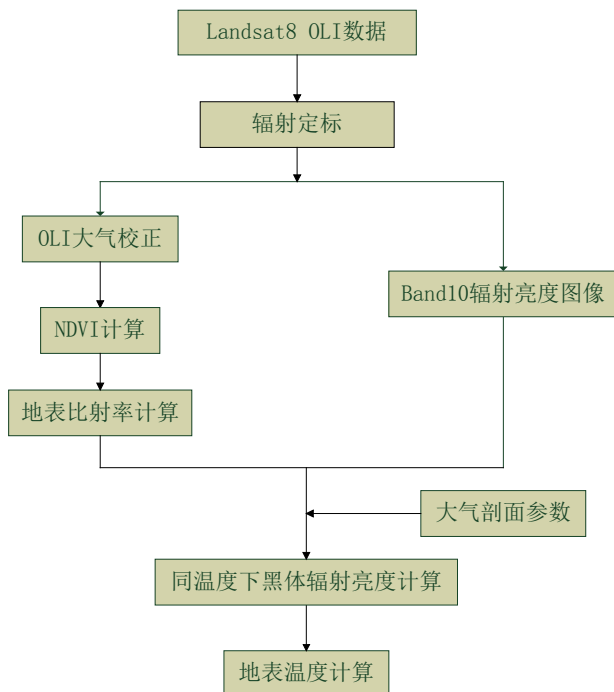


图 6 处理流程

如图 7 所示，可以看出研究区选取的 2017 年 2 月 16 日、2017 年 11 月 08 日和 2017 年 6 月 29 日三个时期的高温异常

分布区域集中的空间范围基本一致，为北西向线形分布。温度弱异常范围位于自然地表面，排除了人工建筑物干扰影响。

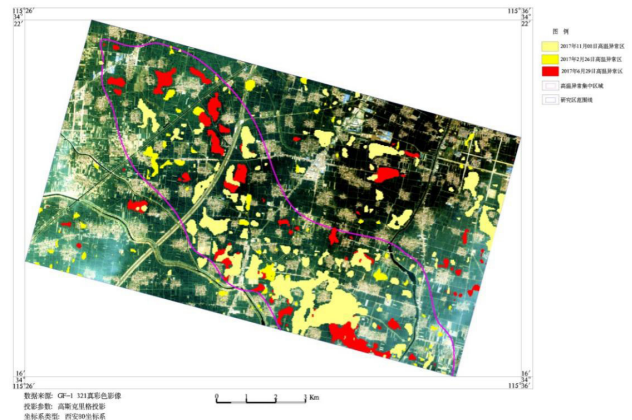


图 7 研究区三个时期地表高温异常对比图

5.4 野外核查验证

2018 年 8 月 29 日至 30 日，项目组对研究区遥感解译成果进行了野外核查。野外核查点 12 个，超过解译图斑的 10%，符合相关规范要求。

野外核查验证主要包括温度异常区的地表情况核查和遥感解译图斑类型差异调查。S001、S004、S006、S007、S010、S011 为地表温度提取异常区域，经核查异常中心区域无人工活动影响，为农作物种植地，并且地表土层质地有差异。通过野外验证说明通过遥感技术手段提取的研究区温度异常区域为自然现象，有可能与活断层构造有关。

如表 2 所示，S007、S010、S011 核查点为遥感解译同一图斑类型区，经核查地表土壤质地为沙壤，与其他核查点的壤性和壤沙性土壤质地有一定区别，与遥感解译特征基本一致。

表 2 研究区野外核查信息表

编号	经度	纬度	高程	遥感影像特征	野外核查现状
S001	E115 34.562	N34 19.755	45m	地温异常分布区	玉米地，土壤质地为壤质。无人工建筑影响。
S002	E115 32.680	N34 19.835	48m		玉米地，花生地，耕作层 15~20cm 土壤质地为壤沙质。
S003	E115 32.058	N34 18.654	48m		玉米地，花生地，耕作层 15~20cm 土壤质地为壤沙质。
S004	E115 31.297	N34 18.049	47m	地温异常分布区	玉米地，土壤质地为壤质。无人工建筑影响。
S005	E115 30.763	N34 17.356	55m		玉米地，耕作层 15~20cm，土壤质地为壤沙质。
S006	E115 31.676	N34 18.007	57m	地温异常分布区 临时增加剖面点	剖面深度 2m。0~15cm 耕作层、15~80cm 壤沙层、80~135cm 胶泥层和 135cm 以下沙土层。

S007	E115 33.180	N34 17.283	45m	地温异常分布区	玉米地,土壤质地为沙壤质。无人工建筑影响。
S008	E115 34.531	N34 17.725	45m		玉米地,土壤质地为壤质。无人工建筑影响。
S009	E115 34.909	N34 17.479	41m	临时剖面点	剖面深度2m。0~15cm耕作层、15~80cm沙壤层、80~135cm胶泥层和135cm以下沙土层。
S010	E115 31.080	N34 19.514	44m	地温异常分布区	沙壤土,紧挨新修河道。无人工建筑影响。
S011	E115 29.039	N34 19.085	38m	地温异常分布区	玉米地,土壤质地为沙壤质。无人工建筑影响。
S012	E115 28.239	N34 20.720	38m		玉米地,土壤质地为沙壤质。土层干旱。

6 路河活断层遥感综合研究综合预测

遥感技术提取隐伏活动断层弱异常信息是一些光谱异常特征,它与断层活动密切相关。这些信息主要是断层活动使某些物质在地表的异常聚集,影响植被的生长,从而引起地物波谱的异常反映;另外断层活动造成的地表水系异常的反映。

根据以上多种遥感手段的分析,本研究区可以从地表水文地质定向变化、活断层分布相关温度区域,雷达遥感与光学遥感融合影像的纹理差异变化特征,对浅层活断层的地下分布特征进行解译分析,如图8、表3所示。

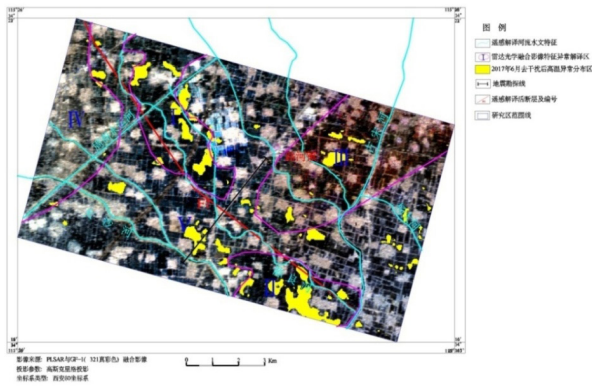


图8 路河活断层遥感综合解译图

表3 研究区断层构造遥感解译信息表

断层编号	走向	解译标志	备注
F1	北西走向	直线型河流,拐角直角;断层两旁有线状分布的高温异常区域;雷达影像和雷达与光学融合影像相同纹理地块错移。	路河断层

7 结论和建议

7.1 研究区中自然水系与地层、古构造、现代构造运动有关

断层活动会造成水系位错、水系分散、水系汇聚等,而在水系的密度、方位等特征上都留下痕迹。利用图像处理方法,将这些遥感信息提取出来,对本项目活断层的判断有重要意义。

7.2 不同区域由于地表的地质特征不同,遥感从不同方面反映的特征会有所差异

本研究区属于平原地区,与山区遥感地形地貌特征就有很大的差异,无法根据地势起伏以及地貌突变提取分析隐伏活断层。

7.3 遥感分析活断层弱异常信息,属于遥感和地质相结合的交叉学科

弱异常信息的判断通常需要有较丰富的遥感地质解释经验。要利用遥感处理方法,尽可能地将弱异常信息分离出来,从而便于地质人员分析和解释。

7.4 研究区人类工程活动强烈

活断层地表特征受人为改造影响,单纯利用遥感影像进行活动断裂地表分布位置的精确定位还较为困难,遥感在活动断层探测中的应用受到客观条件限制,应和其他多种探测手段相结合,进行综合分析。

7.5 活断层构造遥感特征

经野外核查基本符合实际情况,可以进一步证明遥感解译活断层的合理性。

参考文献

- [1] 中国地震局. 中国地震活动断层探测技术系统技术规程 [M]. 北京: 地震出版社, 2005.
- [2] 王志宏. 阶段性板块运动与板内增生——河南省 1:50 万地质图说明书 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [3] 邓书斌, 陈秋锦, 杜会建, 等. ENVI 遥感图像处理方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.