

# 两郧断裂郧县盆地地质与地球物理特征研究

林松<sup>1,2</sup> 李媛<sup>1</sup> 王薇<sup>1,2</sup> 廖武林<sup>1</sup> 乔岳强<sup>1,2</sup>

1 中国地震局地震研究所地震预警湖北省重点实验室,武汉市洪山侧路 40 号,430071

2 武汉地震工程研究院有限公司,武汉市洪山侧路 40 号,430071

**摘要:**通过野外地质调查,结合地球物理探测手段,研究两郧断裂郧县盆地地质与地球物理特征;参照两郧断裂带多个位置采集断层物质的 SEM、TL 测试成果,并结合本次对断层上断点沉积物 OSL 测年数据,对两郧断裂该段第四纪活动性进行分析。研究表明,两郧断裂在郧县盆地埋深相对较深;断裂特征主要为逆断层,部分分支断裂显示为正断性质;断裂带最新活动时代为中更新世晚期-晚更新世早期。

**关键词:**两郧断裂;地球物理特征;地震反射;断层活动性

中图分类号: P313

文献标识码: A

郧县盆地位于两郧断裂构造区中部,是“南水北调”工程地质勘察的重要靶区之一,研究两郧断裂在该盆地内的地质与地球物理特征、活动时代等意义重大。根据断裂带内相关测年资料<sup>[1-2]</sup>,两郧断裂东、西两端最新活动时代为早更新世、中更新世,而中段最新活动时代主要集中在晚更新世。本文根据野外地质调查、浅层地震反射剖面及测年数据,对郧县盆地内该断裂的空间展布形态、断裂性质以及活动特征进行分析研究,为活动断层探测和重大工程建设提供地质参考依据。

## 1 两郧断裂概况

两郧断裂(图 1)位于中央造山带南秦岭构造区,该断裂是构造带逆冲推覆系的一条主要断裂,第四纪以来具备较明显的活动特征<sup>[3-5]</sup>。该断裂从漫川关盆地西北向东延伸,经郧西、郧县、均县进而隐伏于南襄盆地,断裂带总长度为 250 km 左右,主断面向北倾,倾角为 40°~75°。断裂变形带由数条平行断层组成,主要发育在耀岭河群内部<sup>[6]</sup>。燕山晚期断裂形成宽大的韧性剪切带,其

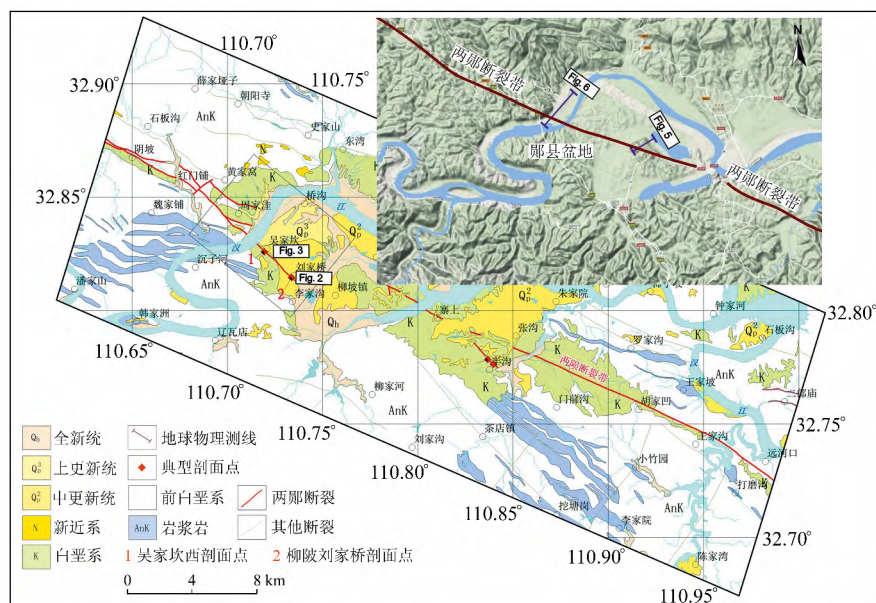


图 1 郧县盆地地质简图  
Fig. 1 Regional geological map of Yunxian basin

收稿日期:2018-01-04

项目来源:中国地震局社会公益研究项目(1521401800062)。

第一作者简介:林松,工程师,主要研究方向为地震工程研究及工程物探,E-mail:ls6102212@163.com。

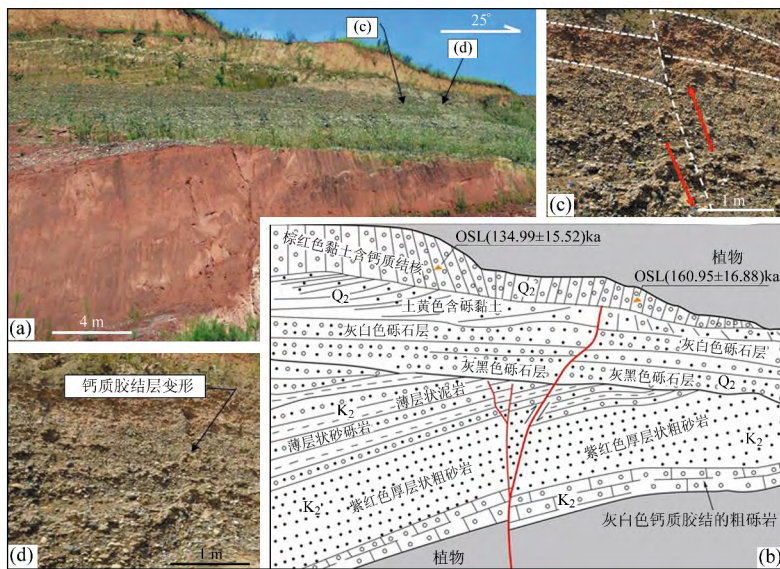
性质主要表现为逆走滑或推覆特征,重磁异常特征<sup>[7-8]</sup>有明显反映。第四纪以来,断裂带承袭晚白垩世末期或古近纪初期的运动体制,前期以右旋走滑为主形成漫川关、郧西、郧县、上寺、均县和李官桥等拉分盆地,后期的左旋走(逆)滑特征形成封闭盆地<sup>[9]</sup>,郧县盆地(图 1)便是受两郧断裂带控制而形成。

## 2 郧县盆地及周边典型地质剖面

### 2.1 盆地内地质剖面

郧县盆地内的刘家桥剖面(图 2)位于汉江右岸刘家桥后山上,为汉江 T<sub>4</sub> 阶地,河拔高度约 70 m。剖面特征显示,下部基岩为上白垩统(K<sub>2</sub>)中出露的灰白色砾岩、紫红色粗砂岩及薄层状泥岩,产

状 270°∠20°(图 2(b));上覆地层为第四系中更新统(Q<sub>p</sub>),主要物质成分从上至下依次为:棕红色粘土含钙质结核、土黄色含砾粘土、灰白色砾石层、灰黑色砾石层,两者为不整合接触关系。主断层断面弯曲,从白垩系灰白色钙质胶结的粗砾岩中延伸至第四系中更新统土黄色含砾粘土中(图 2(b)),在白垩系基岩中明显错断粗砾岩、粗砂岩及泥岩,产状为 220°∠75°~85°;在灰白色砾石层中断距约 1 m(图 2(c)),性质为上盘上升、下盘下降的逆断层。另外,在白垩系砾岩及薄层状泥岩中各发育一条走向北西,倾角直立的次级滑动面,为主断层的分支。整体而言,郧县断裂段断层在剖面上,主断层与各分支断层构成向上撒开、向下收敛的似地堑式花状构造(图 2(b)),断层性质以逆断层为主。



(a) 郧阳盆地刘家桥村断层露头照片(镜向 280°);(b) 柳陂刘家桥村断层地质剖面;  
(c) 砾石定向排列变形(镜向 300°);(d) 小型陡坎变形(钙质胶结层变形)

图 2 柳陂刘家桥断层综合地质剖面图

Fig. 2 Comprehensive geological section of Liubei Liujiaqiao fault

### 2.2 盆地边缘地质剖面

吴家坎地质剖面(图 3)位于郧县盆地西北端,邻近汉江东南岸。剖面可见一大型逆倾性质的滑动断层(图 3(a)),破碎带发育于两盘岩层之间,下窄上宽,其主要成分为片状碎粉岩、碎石等,主断面呈不规则弯折状态,断层整体为北西走向,倾角 70°。下部断层由武当山群(Pt<sub>2</sub>wd)灰绿色变质砂岩和白垩系(K<sub>2</sub>)紫红色厚层砾岩组成,前者逆冲于上后者之上,砾岩产状为 135°∠50°;上部断层存在于白垩系上统(K<sub>2</sub>)紫红色厚层砾岩中,发育大型构造角砾岩、碎裂岩,并伴有较宽的破碎带(图 3(c))。

## 3 地球物理剖面

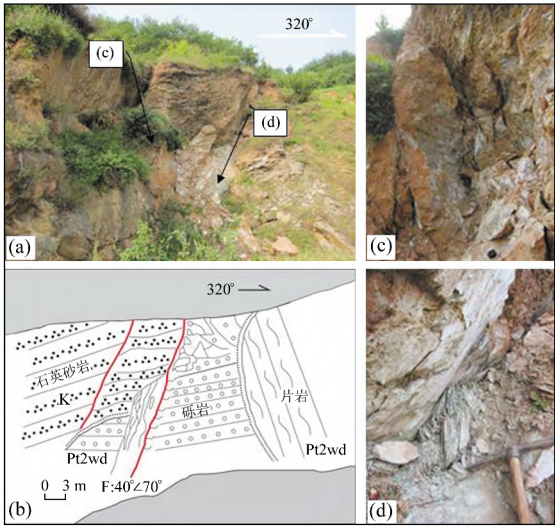
### 3.1 地球物理方法及参数

为确定两郧断裂在郧县盆地内的空间展布特

征及几何形态,对研究区进行充分的外业踏勘和地质调查后,在盆地内汉江东西两侧分别布设了浅层地震反射勘探测线(表 1)。考虑研究区上覆第四纪地层、破碎带、断层上下盘深度不一致等造成的波阻抗差异,本文采用小尺度地震反射波法对研究区进行地震反射勘探。仪器采用 NZ 分布式 64 道轻便地震仪,通过外业实验工作和最佳视窗选择,确定道间距为 2 m、采样间隔为 0.25 ms、记录长度为 512 ms、覆盖次数为 12 次的采集参数和多次覆盖观测系统<sup>[10]</sup>。

资料处理重视近偏移距记录道上的近地表反射信息提取和速度拾取,处理过程中充分考虑地震记录中的有效高频成分,从而精确确定上断点的位置。为更直观地获取上断点埋深,采用谱分析、变速扫描等处理方式获取转换速度,并对剖面





(a)郧县盆地吴家坎西断层露头照片(镜向 230°);(b)吴家坎西断层地质剖面;(c)破碎带上部构造岩;(d)破碎带下部构造岩

图3 吴家坎西断层综合地质剖面图

Fig. 3 Comprehensive geological section of Wujiakan fault

进行时深转换,依据图4所示的数据处理流程,得到相关测线的地震反射深度剖面。

3.2 柳陂测线剖面

图5剖面显示,深度在40 m左右存在一条较

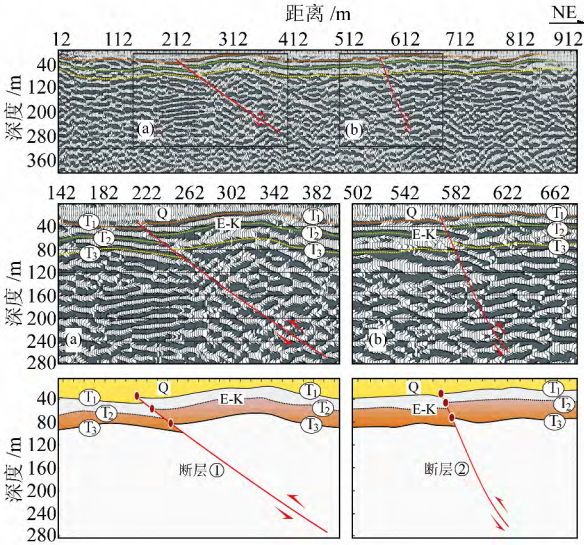


图5 柳陂测线浅层地震深度剖面及地质解译图

Fig. 5 Shallow seismic depth profiles and geological interpretation of Liubei line

3.3 张家槽测线剖面

图6结果表明,剖面第1个反射界面深度在85 m左右,同相轴追踪到桩号225 m处发生错

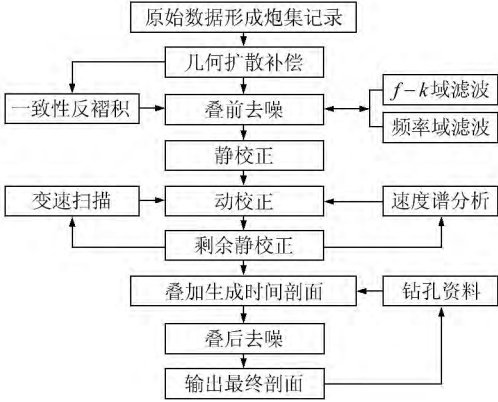


图4 反射数据处理流程

Fig. 4 Reflection data processing process

为明显的同相轴,横向距离在桩号210~370 m范围内明显向上隆起,距离地表最浅深度小于20 m,随后往NE方向追踪第一层同相轴,深度均在40 m左右。剖面揭露由南西至北东方向的主要断层有2条:1)桩号210 m附近存在一条逆断层(断层①),倾向北东,上断点埋深约40 m,断距约3 m;2)桩号565 m处存在另一条北东倾向的逆断层(断层②),上断点埋深约20 m,垂直断距约3 m。

表1 郧县盆地测线信息

Tab. 1 The information of surveying line in Yunxian basin

测线名称	测线起点位置坐标		测线终点位置坐标		测线长度/m
	纬度/(°)	经度/(°)	纬度/(°)	经度/(°)	
柳陂测线	32.822 33	110.752 10	32.827 14	110.760 70	1 012
张家槽测线	32.838 97	110.715 70	32.853 03	110.726 30	1 856

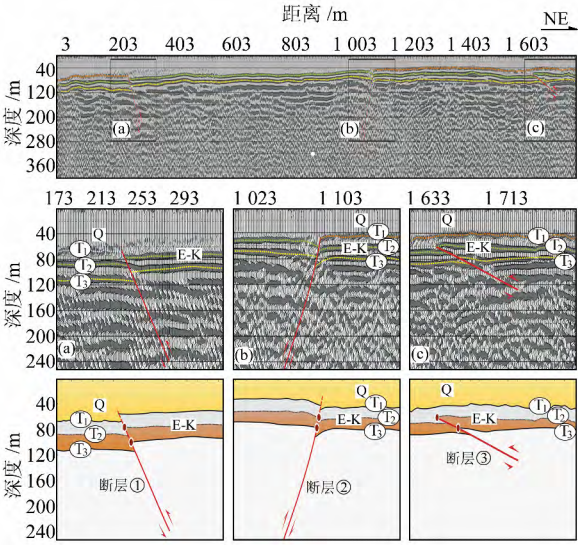


图6 张家槽测线浅层地震深度剖面及地质解译图

Fig. 6 Shallow seismic depth profiles and geological interpretation of Zhangjiacao line

断,深度变浅至75 m左右;第2个、第3个反射界面的同相轴在225 m处同样发生错断;剖面反射界面同相轴在桩号1 080 m处、1 620 m处均出现

不同深度的错断。根据断层判断依据,推断该剖面由南西至北东方向发育 3 条断层:1)桩号 225 m 左右存在一处陡倾逆断层(断层①),倾向北东,断距约 10 m,上断点埋深约 70 m;2)桩号 1 080 m 存在一处逆断层(断层②),倾向南西,断距约 10 m,上断点埋深约 50 m;3)桩号 1 620 处存在一处逆断层(断层③),倾向北东,断距约 10 m,上断点埋深约 60 m。

4 钻探资料

为更好地解译和印证所获取的浅层地震反射深度剖面结果,在柳陂测线上布设了孔位进行钻探

工作,通过钻探结果绘制钻孔联合剖面图(图 7)。结果表明,前 3 个(LB1、LB2、LB3)钻孔所揭露的地层较为稳定,分层情况明显,且一致性较好,而 LB4 钻孔揭露的地层差异较大,主要体现在第 7 层灰褐色含粘土质砂中夹有第 9 层灰色砾石。由此可推断,第 7 层灰褐色含粘土质砂被错断,断层表现为正断特征,垂直断距约 1 m,倾向南西,规模较小。对比前述地层资料和年代数据确认,第 7 层灰褐色含粘土质砂的最新地层时代为 Q3,由此推断,郧县盆地内两郧断裂的最新活动时代为晚更新世。其结果与柳陂剖面中识别的断层②高度吻合,进一步证实了浅层地震反射结果的可靠性。

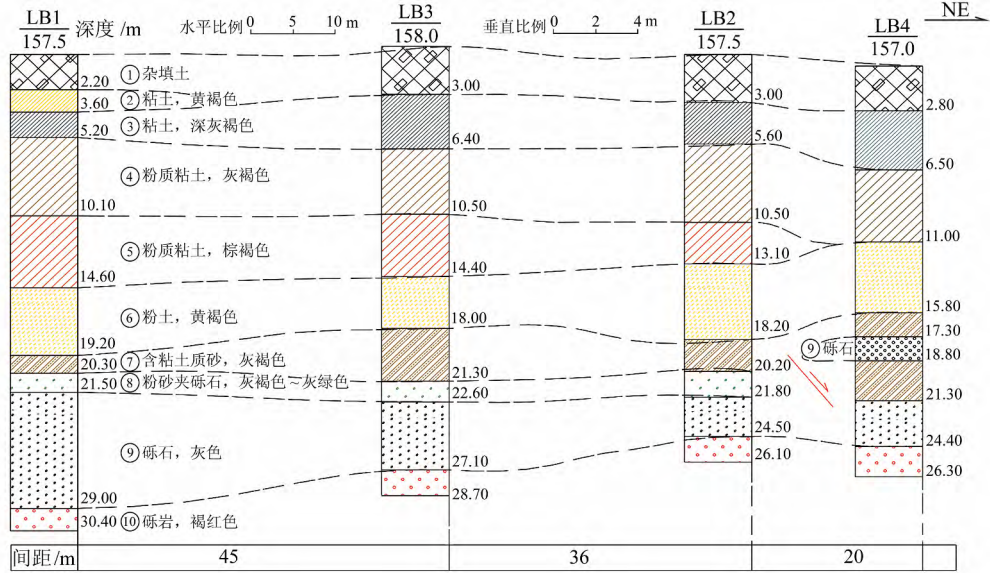


图 7 柳陂测线钻孔联合剖面  
Fig. 7 Combined borehole section of Liubei line

5 断层活动性鉴定

陈蜀俊等<sup>[1]</sup>在两郧断裂带多个位置采集断层物质进行第四纪年代学样品测试,SEM(scanning electron microscope)测试结果显示,两郧断裂活动年代如下:东、西两端为早更新世、中更新世,相对较老,而中间段集中为晚更新世;TL(thermo luminescence)法(表 2)测定结果显示,断裂最显

著的活动是在中更新世早期及中期。为更加准确地确定两郧断裂郧县盆地最新活动时代,在柳陂剖面断层中进行取样,并送样至专业的鉴定技术中心进行光释光(OSL)测年(表 2),两组样品测年结果分别为  $134.99 \pm 15.52$  ka 和  $160.95 \pm 16.88$  ka,该结果表明,断裂带在该段内第四纪以来的最新活动时代应是中更新世晚期-晚更新世早期(Q2-Q3)。

表 2 研究区内断裂物质及第四系测年结果

Tab. 2 The results of fracture material and quaternary dating in the studied area

实验号	取样地点	取样地层岩性	测量方法	年龄/ka	资料来源
15-006-OSL	柳陂刘家桥断层剖面	第四系中更新统粉细砂(断层物质)	OSL	$160.95 \pm 16.88$	本文
15-007-OSL	柳陂刘家桥断层剖面	第四系中更新统中粗砂(断层物质)	OSL	$134.99 \pm 15.52$	本文
N07	交战关洞口公路转弯处	震旦系耀岭河群中的石英脉	TL	$794.12 \pm 87.35$	文献[1]
N09	二道堰	断裂带中的石英碎裂岩	TL	$458.33 \pm 38.96$	文献[1]
N019	火车岭芦茨沟口	第四系冲积砂质粘土	TL	$472.57 \pm 51.98$	文献[1]

注:OSL 测年数据由浙江省古今艺术评估与鉴定技术研究中心测定。

6 结 语

1) 根据野外地质调查,两郧断裂郧县盆地段

柳陂刘家桥断层地质剖面 and 盆地周边吴家坎西断层地质剖面表明,主断层与各分支断层构成向上撒开、向下收敛的似地堑式花状构造,断层性质以

逆断层为主。

2)盆地内2条浅地震剖面共揭露5处错断特征明显的隐伏断层,且均为逆断性质,其中4个为北东倾向,1个为南西倾向;上断点埋深为20~60 m,垂直断距约3~10 m。综合分析讨论认为,两郧断裂在郧县盆地内的断裂性质以逆断为主,局部分支断裂具有正断特征;主断面倾向为北东,分支断裂向南西倾。断层性质与地质调查结果高度吻合。

3)通过SEM、TL和OSL测年结果可判定,第四纪以来两郧断裂带在郧县盆地内有显著活动特征,最新活动时代可判定为中更新世晚期-晚更新世早期(Q2-Q3)。

## 参考文献

- [1] 陈蜀俊,刘锁旺,姚运生,等.两郧断裂构造解析与第四纪滑动速率研究[J].大地测量与地球动力学,2004,24(3):60-66(Chen Shujun, Liu Suowang, Yao Yunsheng, et al. Research on Structural Analysis and Quaternary Slip Rate of Liangyun Fault[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2004, 24(3): 60-66)
- [2] 刘锁旺,甘家思,李愿军,等.南秦岭造山带走滑断裂、拉分盆地与地震活动研究[R].1992(Liu Suowang, Gan Jiasi, Li Yuanjun, et al. Study of Strike-Slip Faults, Pull-Apart Basins and Their Relation to Seismicity in the South Qinling Orogenic Zone[R]. 1992)
- [3] 湖北省地质矿产局.黄龙潭、郧县幅1:50 000地质图[M].北京:地质出版社,1991(Geology and Resource Bureau of Hubei Province. Huanglongtan, Yunxian 1:50 000 Geological Map[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991)
- [4] 李珏,刘行松.三峡和丹江口地区地震地质研究[M].北京:地震出版社,1994(Li Ping, Liu Xingsong. Study on Seismogeology in Three Gorge and Danjiangkou Region[M]. Beijing: Seismological Press, 1994)
- [5] 甘家思,刘锁旺,李愿军.南秦岭房县拉分盆地的构造发育特征[J].大地测量与地球动力学,2003,23(4):87-91(Gan Jiasi, Liu Suowang, Li Yuanjun. Tectonic Development Features of Fangxian Pull-Apart Basin of South Qinling[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2003, 23(4): 87-91)
- [6] 林松,罗登贵,李媛,等.浅层地震反射在郧西盆地断层探测中的应用与研究[J].大地测量与地球动力学,2017,37(2):146-148(Lin Song, Luo Denggui, Li Yuan, et al. Application and Research of Shallow Seismic Reflection in Fault Detection in Yunxi Basin[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2017, 37(2): 146-148)
- [7] 袁学诚,华九如.华南岩石圈三维结构[J].中国地质,2011,38(1):1-19(Yuan Xuecheng, Hua Jiuru. Three Dimensional Structure of Lithosphere in Southern China[J]. China Geology, 2011, 38(1): 1-19)
- [8] Zhang Z, Yang L, Teng J, et al. An Overview of the Earth Crust Under China[J]. Earth-Science Reviews, 2011, 104(1-3): 143-166
- [9] 乔岳强,雷东宁,王杰,等.两郧断裂郧阳盆地几何特征与活动性研究[J].大地测量与地球动力学,2017,37(2):122-126(Qiao Yueqiang, Lei Dongning, Wang Jie, et al. Tectonic Deformation and Quaternary Activity of Yunyang Basin Segment of Liangyun Fault Belt[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2017, 37(2): 122-126)
- [10] 林松,唐启家,李媛,等.鄂西丹江口水库区域周边断裂构造解析及特征[J].地球科学,2017,42(10):1 830-1 841(Lin Song, Tang Qijia, Li Yuan, et al. Analysis and Characteristics of Faults Around Danjiang Reservoir, Western Hubei Province[J]. Earth Science, 2017, 42(10): 1 830-1 841)

## Study on Geological and Geophysical Features of Yunxian Basin Segment of Liangyun Fault Belt

LIN Song<sup>1,2</sup> LI Yuan<sup>1</sup> WANG Wei<sup>1,2</sup> LIAO Wulin<sup>1</sup> QIAO Yueqiang<sup>1,2</sup>

1 Hubei Key Laboratory of Earthquake Early Warning, Institute of Seismology, CEA, 40 Hongshance Road, Wuhan 430071, China

2 Wuhan Institute of Earthquake Engineering Co Ltd, 40 Hongshance Road, Wuhan 430071, China

**Abstract:** The geological and geophysical characteristics of the Yunxian basin segment of Yunyang-Yunxi faults are studied through geological survey and geophysical exploration. According to multiple position acquisition of Yunyang-Yunxi faults, material fracture SEM, TL test results, and combined with the data of the upper fault point sediment OSL, the Quaternary activity of the segment is analyzed. The results show that the Yunyang-Yunxi faults in the Yunxian basin section are relatively deep, the fracture characteristics are mainly reverse faults, and some branch faults show positive fault characteristics. The latest active age of the fault zone is the late Middle Pleistocene to the early Late Pleistocene.

**Key words:** Yunyang-Yunxi faults; geophysical characteristics; seismic reflection; fault activity

**Foundation support:** Social Welfare Research Project of CEA, No. 1521401800062.

**About the first author:** LIN Song, engineer, majors in seismic engineering and engineering geophysical exploration, E-mail: ls6102212@163.com.