

doi: 10.11720/wtyht.2020.1556  
杨利普,徐志萍,徐顺强,等.薄壁断裂峪河口至方庄段电性结构特征[J].物探与化探,2020,44(6):1301-1305.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1556  
Yang L P, Xu Z P, Xu S Q, et al.Characteristics of the electrical structure in the southern segment of Baobi fault[J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(6): 1301-1305.http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1556

# 薄壁断裂峪河口至方庄段电性结构特征

杨利普,徐志萍,徐顺强,刘明军,姜磊,熊伟,贺为民  
(中国地震局 地球物理勘探中心,河南 郑州 450002)

**摘 要:**为研究薄壁断裂南段的电性结构特征,采用高密度电阻率层析成像探测方法,对薄壁断裂在峪河口以南至方庄镇段的电性结构进行探测,共布设 4 条测线,总长度为 10.47 km,探测结果揭示在测线下方存在有明显的电阻率间断面,认为是薄壁断裂在该处的反映。结合已有地质地球物理结果,认为薄壁断裂具有明显的分段特征,以峪河口为界,以北至上八里镇石门河出山口处,在第四纪早期有明显活动,以南至方庄镇附近为隐伏断裂,走向 NE,倾向 SE,倾角约为 60°,上断点深度为 30 m。  
**关键词:**高密度电阻率法;层析成像;薄壁断裂;电性结构;隐伏断裂  
**中图分类号:** P631      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2020)06-1301-05

物理信息<sup>[6-12]</sup>。

## 0 引言

太行山东南缘位于太行山隆起区、豫北差异隆起区和豫中差异沉降区的交接部位,受区域构造控制,该区发育了一系列 NE 和 EW 向断裂,如汤西断裂、汤东断裂、薄壁断裂、新乡—商丘断裂、盘古寺—新乡断裂等<sup>[1]</sup>。其中,薄壁断裂作为太行山南缘断裂的一部分,位于薄壁地堑西侧,是发育在盆地与山区的一条边界断裂<sup>[2]</sup>,张岳桥、刘明军等学者根据遥感 TM 图像解译和野外地质考察结果,认为该断裂自上八里镇石门河出山口处,在第四纪早期有明显活动,往南到峪河口第四纪已不活动,且在峪河口以南不再有出露<sup>[3-5]</sup>。但是该断裂地下是否继续向南延伸?其规模和埋深多少?尚缺少明确的地质及地球物理依据。因此,本次研究在峪河口—方庄开展了地球物理探测工作,利用高密度电阻率层析成像方法对该段近地表的电性结构进行了探测,为薄壁断裂两侧的城镇规划和建设提供高分辨率的地球

## 1 研究区地质背景

薄壁断裂位于太行山脉与华北平原的过渡地带,在构造上为太行山隆起与济源—开封凹陷的分界,并与新乡—商丘断裂、盘古寺—新乡断裂在焦作市东北部形成一个三角区域(图 1)。地表地质研究认为,该断裂南起峪河口,经薄壁、上八里、南村,向北东延伸至临淇,地貌特征及卫片影像明显。断裂走向 NE,倾向 SE,倾角 50°~70°,破碎带宽 20~70 m<sup>[4]</sup>,该断裂与其东侧的九里山断裂组成一个地表为第四系覆盖的山前隐伏小地堑—薄壁地堑,地貌上呈直线形延伸,沿断裂下—中更新统呈长条形分布。据荆智国、刘尧兴等的研究<sup>[6]</sup>,薄壁断裂在新近纪、古近纪有过强烈活动,早—中更新世继承性活动,自北向南活动逐渐减弱,同时根据断裂对盆地的控制以及作为山区与平原的界线进行分析,认为属于早—中更新世断裂<sup>[7]</sup>(图 2)。

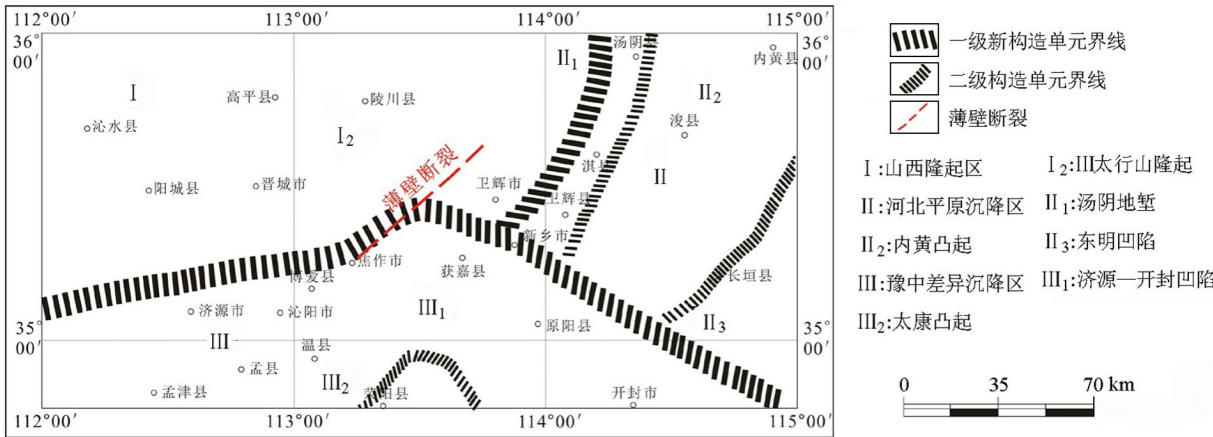


图 1 构造分区

Fig.1 Tectonic zoning map

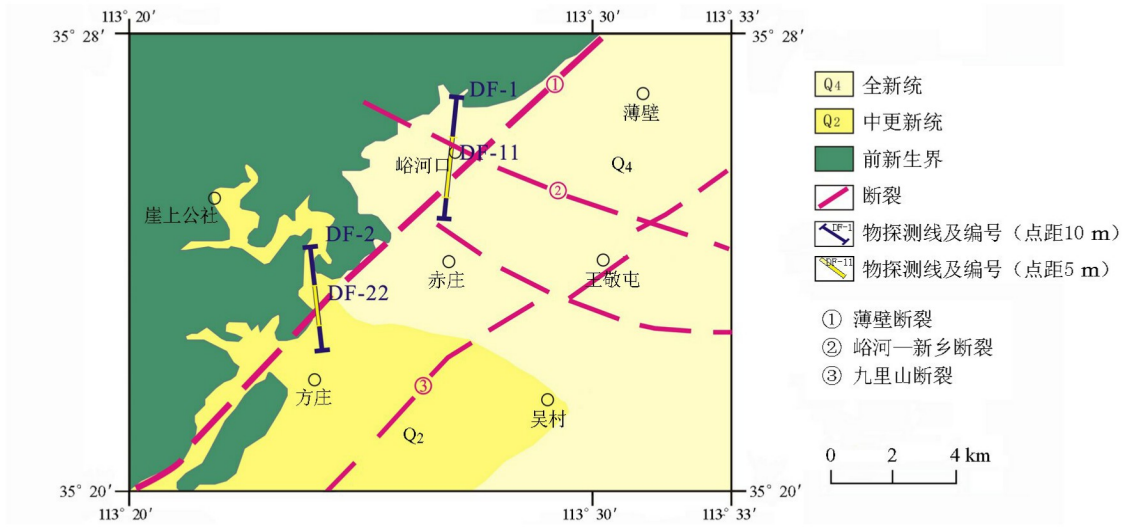


图 2 断裂及测线分布

Fig.2 Fracture and line distribution map

扰<sup>[11-14]</sup>。

2 高密度电阻率层析成像探测方法

在薄壁断裂南端方庄镇附近共布设了 4 条高密度电阻率层析成像勘探线(图 2),其中 DF-1 和 DF-2 为 10 m 点距,长度分别为 3 890 m 和 3 590 m,在其异常区域加密布设了两条 5 m 点距的测线 DF-11 和 DF-22,长度分别为 1 795 m 和 1 195 m。4 条测线总长度为 10.47 km,每个剖面实接电极数均为 120 路,采用  $\alpha$  排列系统进行观测。野外工作方法采用固定断面扫描测量,电极装置为  $\alpha$  排列(温纳装置 AMNB),各测线采集层数均为 39 层<sup>[8-10]</sup>。

图 3 为高密度电阻率层析成像方法数据处理和解释流程。为提高解释精度,采用 EarthImager 2D 计算程序进行正、反演计算,根据地电条件和装置系统以及正演模拟结果的分析,有针对性地进行高通或低通滤波处理,以消除或减小表层干扰和振荡干

3 高密度层析成像结果

高密度电阻率层析成像结果如图 4、图 5 所示。图 4a 反映了 DF-1 测线从近地表到地下 227 m 的电性结构,图中可以较为清晰地分辨出在测线 1 500 m、2 000 m 处,图像左右部分的电性结构具有明显差异,电阻率等值线呈现倾向低值区的梯度带。整条测线距地表 10~50 m 以上的地层电阻率均值在 200  $\Omega \cdot m$ ,推测该区域的第四系覆盖层厚度约 10~50 m,且该地层底界连续平稳,没有发生构造变动的迹象。沿测线覆盖层南厚北薄。

测线 1 500 m 处,深度 30 m 至探测深度底部存在的显著电阻率间断面,推测是断层的反映。结合相关地质资料认为是薄壁断裂的反映,其上覆盖层厚度在该位置陡然由 50 m 左右变浅至 30 m,表明该

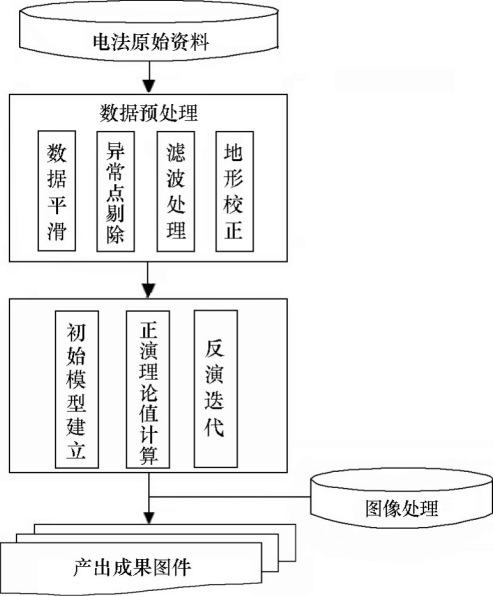


图 3 数据解释和解释流程

Fig.3 Flow charts for data processing and interpretation

点两侧地层的电性结构存在强间断面。这种电性结构特征是判定断层存在的重要标志,由此确定测线 1 500 m 附近的电性结构异常为断层异常。从高密度电阻率层析成像结果分析,薄壁断裂断面倾向 SE,倾角约 60°。测线 2 000 m 处,深度 20 m 至探测深度底部存在的显著电阻率间断面推测是断层的反映,结合相关地质资料认为可能是峪河—新乡断裂的反映。

图 4b 是 DF-11 测线下方电性结构图像,主要反映从近地表到地下 114 m 的电性结构,与 DF-1 测线电阻率反演结果较为一致,在测线 1 500 m 和 2 000 m 附近,深度 30 m 处存在两处电阻率间断面,推测分别是薄壁断裂和峪河—新乡断裂的反映。

图 5a 反映的是 DF-2 测线从近地表到地下 227 m 的电性结构特征。从图中可以较为清晰地分辨出在测线 1 080 m 处,图像可以分为左右电性结构具有明显差异的两部分,电阻率等值线呈现倾向低值区

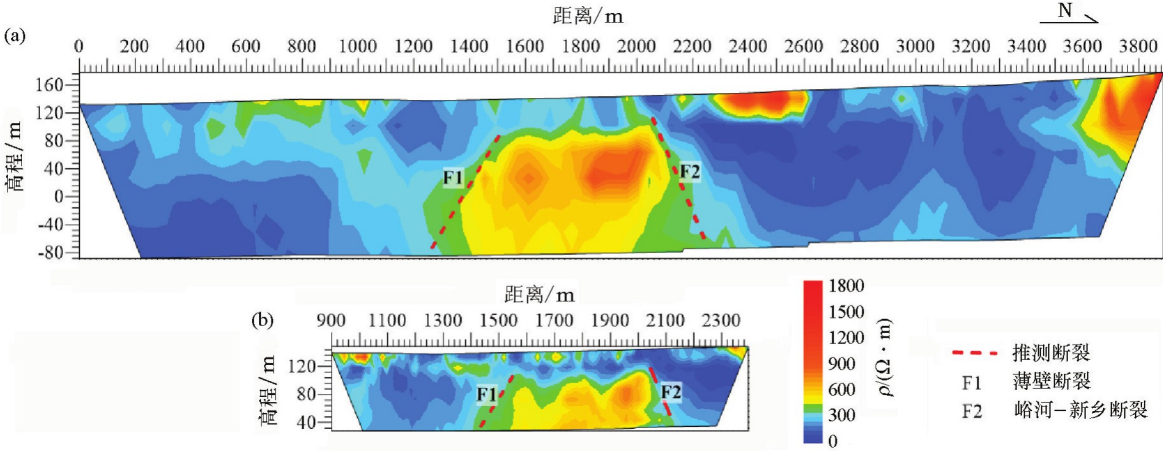


图 4 DF-1 测线(a)和 DF-11 测线(b)电阻率反演断面

Fig.4 DF-1 (a) and DF-11 line(b) resistivity inversion results

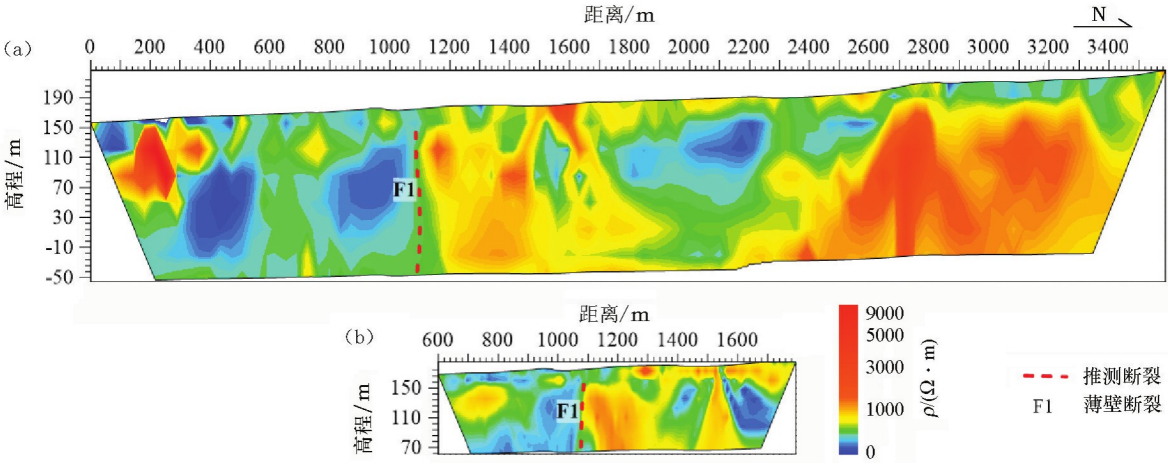


图 5 DF-2 测线(a)和 DF-22 测线(b)电阻率反演断面

Fig.5 DF-2 (a) and DF-22 line(b) resistivity inversion results



的梯度带。整条测线距地表 10~50 m 以上的地层电阻率均值在  $200\ \Omega\cdot\text{m}$ ,推测该区域第四系覆盖层厚度约 10~50 m,该地层底界连续平稳,没有发生构造变动的迹象。沿测线覆盖层南厚北薄。在测线 1080 m 处,深度 30 m 至探测深度底部存在的显著电阻率间断面推测是断层的反映,结合相关地质资料认为是薄壁断裂的反映,其上覆盖层厚度在该位置陡然由 50 m 左右变浅至 30 m,表明该点两侧地层的电性结构存在强间断面,由此确定测线 1080 m 附近的电性结构异常为断层异常。从高密度电阻率层析成像结果分析,薄壁断裂断层面倾向 SE,倾角约  $60^\circ$ 。

图 5b 反映了 DF-22 测线从近地表到地下 114 m 的电性结构,与 DF-2 测线电阻率反演结果较为一致,在测线 1080 m 附近,深度 30 m 处存在一处电阻率间断面,推测分布是薄壁断裂的反映。

为进一步研究薄壁断裂在峪河口至方庄段空间展布形态,将根据电阻率反演结果推断的薄壁断裂和峪河—新乡断裂的断裂投影到平面地形图上(图 6),薄壁断裂在峪河口以南转为隐伏断裂向西南方

向继续延伸,同时,结合遥感及地表地质成果,薄壁断裂在峪河口以北为出露状态,因此,推测 DF-1 和 DF-11 测线北侧反映的峪河—新乡断裂可能造成了薄壁断裂的错断。此外,根据徐志萍等利用重磁资料得到的太行山东南缘断裂分布特征,认为薄壁断裂在峪河口以南仍然存在,且可能向南延伸至焦作以北与凤凰岭断裂相交,与本次研究得到的薄壁断裂在峪河口以南为隐伏状态并继续向 SE 延伸结论一致,而且,高密度电阻率法由于探测点距小,其确定的断裂位置比利用 1:20 万重磁资料得到断裂位置更加准确<sup>[1]</sup>。

### 4 结论

通过高密度电阻率层析成像方法对薄壁断裂在峪河口以南至方庄镇段的电性结构进行了探测,获得了清晰的电阻率层析成像剖面,所得结果表明高密度电阻率层析成像方法在覆盖层较浅的区域进行隐伏断裂勘探是一种有效的方法。

薄壁断裂在峪河口以南为隐伏断裂,由于本次

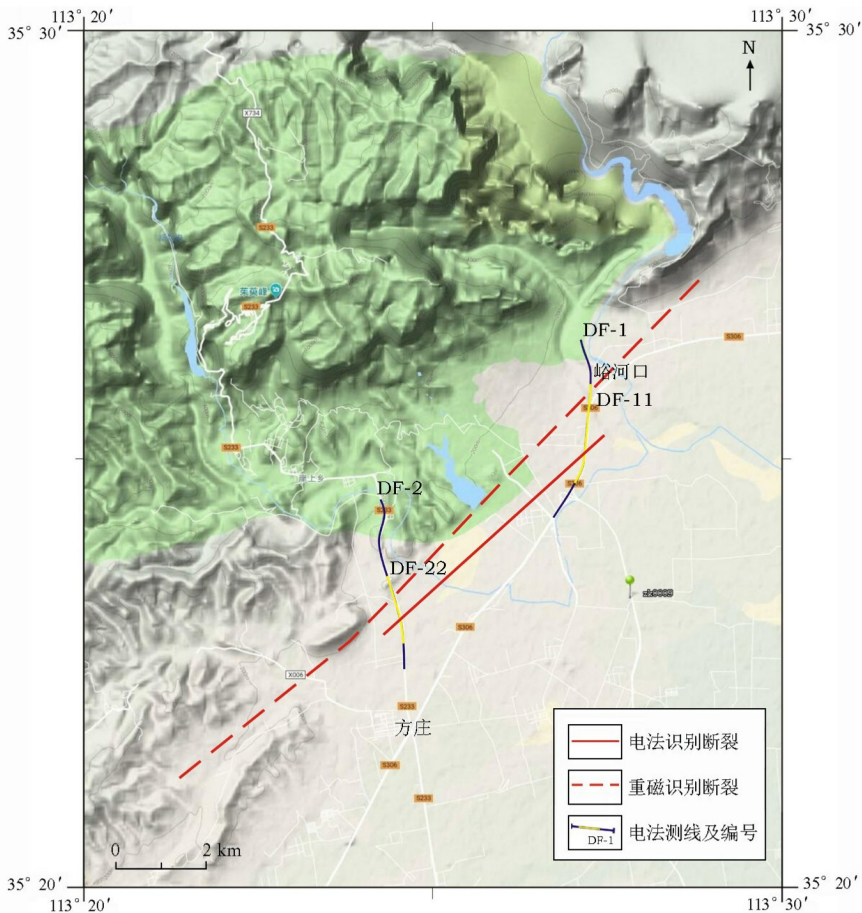


图 6 测线位置及薄壁断裂空间分布

Fig.6 Location of survey line and spatial distribution map of Baobi fault

研究测线仅布设至方庄,无法确定其是否继续向南延伸,仍需进一步工作。

参考文献 (References) :

[1] 徐志萍,姜磊,杨利普,等.利用布格重力资料研究太行山东南缘断裂构造特征[J].大地测量与地球动力学,2015,35(3):503-507.  
Xu Z P, Jiang L, Yang L P, et al. Structure characteristics of faults in the southeast segment of Taihang mountain using Bouguer gravity data[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics, 2015, 35(3): 503-507.

[2] 邓起东,徐锡伟,于贵华.中国大陆活动断裂的分区特征及其成因[M].北京:地震出版社,1994.  
Deng Q D, Xu X W, Yu G H. Characteristics of regionalization of active faults in China and their genesis [M]. Beijing: Seismological Press, 1994.

[3] 张岳桥,杨农,马寅生.太行山隆起南段新构造变形过程研究[J].地质力学学报,2003,9(4):313-329.  
Zhang Y Q, Yang N, Ma Y S. Neotectonics in the southern part of the Taihang Uplift, North China [J]. Journal of Geomechanics, 2003, 9(4): 313-329.

[4] 杨振宇,刘明军,赵成彬,等.焦作市活动断层探测与地震危险性评价技术报告[R].中国地震局地球物理勘探中心,2015.  
Yang Z Y, Liu M J, Zhao C B, et al. Technical report on active fault detection and seismic risk assessment in Jiaozuo city[R]. Geophysical Exploration Center, China Earthquake Administration, 2015.

[5] 徐杰,高战武,宋长青,等.太行山山前断裂带的构造特征[J].地震地质,2000,22(2):111-122.  
Xu J, Gao Z W, Song C Q, et al. The structural characters of the piedmont fault zone of Taihang mountain [J]. Seismology and Geology, 2000, 22(2): 111-122.

[6] 荆智国,刘尧兴,等.太行山东南麓断裂第四纪水平活动的地质地貌特征[J].山西地震,2000,2(101):13-17.  
Jing Z Z, Liu Y X, et al. Geological and geomorphologic characteristics of the horizontal movements in Quaternary Period of south-eastern Taihang mountain faults [J]. Earthquake Research in Shanxi, 2000, 2(101): 13-17.

[7] 秦晶晶,赵成彬,刘明军,等.太行山南端盘谷寺—新乡断裂的

构造特征[J].地震地质,2016,38(1):131-140.  
Qin J J, Zhao C B, Liu M J, et al. The structural charistics of Pan-gusi-Xinxiang Faultin in the southernmargin of Taihang mountains [J]. Seismology and Geology, 2016, 38(1): 131-140.

[8] 冯锐,郝锦琦,周建国.地震监测中的电阻率层析技术[J].地球物理学报,2001,4(6):833-843.  
Feng R, Hao J Q, Zhou J G. Resistivity tomography in earthquake monitoring[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2001, 4(6): 833-843.

[9] 傅良魁.电法勘探教程[M].北京:地质出版社,1990.  
Fu L K. Electric pospecting [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990.

[10] Li Q L, Xi R Y, Gong L R. Application of electrical prospecting method on the active fault survey in areas of Zhengzhou an anyang [G]//Progress in environmental and engineering geophysics, . Science Press USA Inc, 2004: 419-422.

[11] 罗延钟.高密度电阻率法的 2.5 维反演[J].物探化探计算技术,2006,28(3):187-194.  
Luo Y Z. 2.5-D inversion software for high density resistivity [J]. Computing Techniques for Geophysical and Geoche, 2006, 28(3): 187-194.

[12] 谢忠球,温佩琳,喻振华.提高高密度电阻率成像分辨率的数据处理技术[G]//湖南省地球物理论丛,长沙:中南大学出版社,2001.  
Xie Z Q, Wen P L, Yu Z H. Data processing technology for improving resolution of high density resistivity imaging [G]//Geophysical Theories of Hunan Province, Changsha: Central South University Press, 2001.

[13] 严加永,孟贵祥,吕庆田,等.高密度电法的进展与展望[J].物探与化探,2012,36(4):576-584.  
Yan J Y, Meng G X, Lyu Q T, et al. The progress and prospect of the electrical resistivity imaging survey [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(4): 576-584.

[14] 陈益杰.对高密度电阻率探测技术的一些改进[J],物探与化探,2009,33(6):707-709.  
Chen Y J. Some improvements in high density resistivity derection technique [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2009, 33(6): 707-709.

Characteristics of the electrical structure in the southern segment of Baobi fault

YANG Li-Pu, XU Zhi-Ping, XU Shun-Qiang, LIU Ming-Jun, JIANG Lei, XIONG Wei, HE Wei-Min  
(Geophysics Exploration Center, China Earthquake Administration, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In this study, the high density resistivity imaging method was used to detect the electrical structure in the southern segment of Baobi fault, which lies geographically from Yuhekou to Fangzhuang. As a result, some obvious resistivity discontinuities were revealed below the survey lines. With the aid of surface geological cognition, the authors infer that one of the discontinuities corresponds to Bobi fault. Furthermore, the authors discussed the segmentation of the Bobi fault by combining the previous results of geology and geophysics. The authors consider that Yuhekou is the boundary point.

**Key words:** high density resistivity imaging method; tomography; Baobi fault; electrical structure; buried fault