# 电法探测城市活断层的应用

易 兵[1], 曾昭发[1], 李恩泽[2], 薛建[1], 朱士[1], 刘四新[1]

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026; 2. 长春市地震局, 吉林 长春 130056)

**摘要**: 地震灾害表明活动断层是产生地震的根源, 且沿断层破坏最为严重。高密度电阻率法(HDR)、地质雷达(GPR)和瞬变电磁法(TEM)等方法在长春市的活断层试验探测工作中, 结合城市内干扰背景强、干扰因素多和地表地质条件复杂等不利因素, 通过对不同方法、不同数据处理过程和解释, 选择有效的方法技术, 取得了较理想的探测效果。结果表明, 在长春市活断层调查中, 电法是探测隐伏断裂既经济又有效的重要手段。

**关键词**: 电法; 城市活断层; 影响因素; 识别研究

**中图分类号**: P631.3 **文献标识码**: A

# The Survey and Research for Alive Fault in City by Electrical Prospecting

YI Bing[1], ZENG Zhao-fa[1], LI En-ze[2], XUE Jian[1], ZHU Shi[1], LIU Si-xin[1]

(1. *College of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun* 130026, *China*; 2. *Seismology of Bureau Changchun, Changchun* 130056, *China*)

**Abstract**: Seismal calamity indicales that alive fault is the source of causing seism and destruction is most serious along fault line. This article introduces the electrical prospecting ways which include high density resistivity (HDR), geology purpose radar (GPR), temporal electromagnetism (TEM) and so on are used to testing and prospecting the alive fault in Changchun city. Considering the unfavourable factors in the city which include the intense disturbance background, numerous disturbance factors, complex geology condition on the surface of the earth and so on by different means and different data processing circuits effective techniques and methods are selected and ideal prospecting results are achieved. The result indicates that electrical prospecting is a economical and effective means for prospecting hidden fault in alive fault investigation in Changchun City。

**Key words**: electrical prospecting; alive fault in city; infuence factors; distinguishing research

地震是一种破坏性极大、危害极其严重的突发性自然灾害。地震灾害研究表明活断层是产生地震的根源, 且沿断层线破坏最为严重。长春市是我国21个地震重点监测防御区之一, 近几年小震活动频繁。因此, 在城市防震减灾以及重大生命线工程选址中, 如果能够准确地查明活断层的位置、性质及其分布范围, 并采取措施则可大大降低损失。高密度电阻率法、地质雷达和瞬变电磁法等地球物理方法是探测隐伏断裂的既经济又有效的手段。通常它们多在工作环境相对好的地区工作。但要把这些方法应用到环境复杂、各种干扰较强的城市内来探测第四系沉积层内地震活断层, 还需解决许多问题, 如城市环境中抗强干扰和资料处理等。

2002～2004年, 结合长春市自身特点, 开展了

**资助项目**: 长春市活断层探测与地震危险性评价项目

**作者简介**: 易兵(1953-), 男, 湖北武汉人, 副教授, 主要从事工程与环境地球物理研究工作, Tel: 0431-8502426。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

活断层探测试验工作,对活断层的分布范围和形态特征得到了直观的定性结果,并比较了各方法的有效性,为今后开展工作提供了科学依据和技术准备[1]。

## 1 区域地震地质及地球物理特征

### 1.1 区域地震地质

长春市处在低山丘陵与平原区交界处。城区位于松辽盆地东南隆起带的东南缘,大黑山条垒带,东南跨入伊舒地堑西支断裂带的一小部分,区内主要地震活动控制断裂为松辽盆地东缘北东向断裂和北西向断裂,特别是两者交汇处多为中强地震和小震的发震构造。区内西南部沿东缘断裂曾发生过1966年范家屯5.2级地震,南部为双阳—长春中、小震活动带的北缘,东北部兴隆山乡祁家窝堡也是城区小震活动集中点。

自1952年中科院建长春地震台以来,城区附近记录到10余次小地震,其空间分布仍表现出受制于北东向断裂带的特点。这些断层均具有一定规模,倾角较大,并以破碎带形式出现,是长春市主要含水断层。断层有多期活动的特点,就目前勘察结果,断层垂直断距不大,而水平断距相对较大。长春地区自第三纪以来为隆起,第四纪中更新世开始下沉,研究认为晚更新世以来的断层为活断层(10万a)[2]。

### 1.2 地球物理特征

市区基岩为白垩系下统地层,东部泉头组以粉砂岩、砂砾岩为主,胶结微弱,孔隙较发育,电阻率相对较高;中部青山口组多为钙质胶结的细砂质和粉砂质泥岩,岩石硬脆,受力后裂隙较发育;西部姚家组以泥岩为主,孔隙不发育;西北部嫩江组以泥岩为主,底部富含钙质,岩石硬脆裂隙较发育。泥岩电阻率较低,而含水后的断层破碎带与围岩将有明显差异。第四纪覆盖层电阻率在10余~20多Ω·m之间。

## 2 城市活断层探测方法与实例分析

当城区内强干扰背景和地表环境复杂等不利因素较多时,应选择高精度的电法仪器,尽量大的供电电流,远离高压电磁干扰和地下管线的影响。

### 2.1 电法探测工作方法

**高密度电阻率法** 仪器为DUK-2型,一次高密度等间距布置60个电极,快速获得地电结构信息,数据采集自动化,实时或脱机处理。由于数据处理采用了有效的反演方法使等效的视电阻率断面已接近实际的"真"电阻率断面[3]。通过对温纳排列三种形式的研究认为:普通温纳装置(α)对接地条件差和干扰严重的环境有较强适应性,勘探深度大些,但低阻异常幅值相对较小;偶极装置(β)分辨能力较强异常幅值较大,但抗干扰较差,低阻体有时出现高阻异常,勘探深度较小;微分装置(γ)异常幅值较小,受地表影响大。所以一般采用普通温纳装置。等视电阻率断面图在断层上呈现的低阻特征和陡立密集的等值线变化,能很好地反映断层的形态,结果证明,电阻率层析成像对活断层的反映是十分有效的。

**电阻率联合剖面法** 仪器为DZD-6型,AO=50 m、70 m、90 m和110 m,MN=20 m,点距10 m或20 m,该装置对低阻体具有较高的灵敏度和分辨率,在断层上正交点及低阻特征明显,定位准确,在城市复杂环境下,应合理选择极距,注意改善接地条件,有效识别地表不均匀引起的突跳和锯齿状异常,以及地下管线、隐蔽物和含水低阻体等干扰异常对活断层的影响。

**电阻率测深** AB=5MN,AB/2=(3~200) m,点距40 m,经反演的断面等值线形态与构造和岩层情况均有很好的对应关系。

**探地雷达** 美国SIR-2型,天线长度480 cm,中心频率40 MHz,时窗1000 ns,点距2 m,32次迭加。由于城市随机干扰多,异常复杂,一般采用多次迭加技术以获得高信噪比的数据。在资料处理中采用点平均和道平均消除干扰波,对较稳定的强干扰,用滤波方法压制消除,对地下电缆的干扰采用天线极化方向与电缆垂直来减小其干扰,城市活断层与其它异常体的识别一般较难。由于断层有较明显的位移,因此可依据波形的异常形态来区分。一般情况,反射波形均匀无杂乱反射,而在断层处波形的同相轴被明显错断。对于不是断层的低阻含水体,由于低速层使高频电磁波衰减较快形成低幅反射波,其同相轴晚于围岩,波形连续性差且杂乱。

**中心回线瞬变电磁测深** 美国GDP32型,采样时间1.906 ms,发射电流3 A,外线框边长10 m,内线框直径90 cm。测量点距10 m。其方法是在没有一次场背景下观测二次场,且对低阻异常反映敏感。由于装置轻便不用接地,旁侧效应小和工效高,非常适合城市活断层探测。为在城市强噪声背景下获得可靠数据,应避开地下金属管线影响。为提高观测精度,最好观测各点干扰电平,并分区标明。采用多次

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

叠加、干扰剔除和中值滤波, 以提高信噪比。

### 2.2　城市活断层实例分析

为城市建设及防震减灾的需要, 根据长春市地震局选择的活断层目标区开展了地球物理探测工作。采用直流电法、瞬变电磁法、地质雷达和浅层地震勘探等工作方法, 完成地球物理剖面数十公里的测量。

根据区域地质、水文地质、重磁和遥感资料研究结果, 试验探测剖面控制了长春市附近小震活动集中的3 处。一处集中在长春西南五家子一带, 由松辽盆地东缘断裂带的北东向五家子—开源堡断裂与北西向伊通—范家屯断裂交切形成的发震构造, 1966 年10 月2 日曾在范家屯发生5.2 级地震。第二处集中在长春东北兴隆山以北祁家窝堡附近, 是松辽盆地东缘断裂带的边缘断裂新立城—兴隆山断裂与北西向双泉眼沟断裂交切形成的活动构造, 1974 年10 月26 日曾发生2.9 级地震。第三处集中在长春市南新立城水库周围, 反映了分布于水库东西两侧断层的活动性, 1983 年6 月9 日曾发生2.5 级地震。上述地震说明这些断层在第四纪晚期仍在活动。

图1 是在长春市区南探测的松辽盆地东缘NE 走向隐伏断裂带, 测区属冲积低平原向高平原过渡区, 其基岩为白垩系的泥岩与砂质岩互层, 第四系覆盖层厚15 m 左右。从该电阻率等值断面图可见, 在

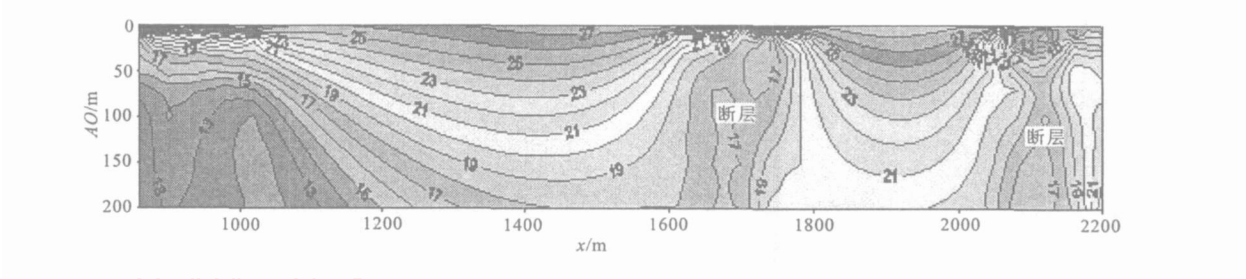



图1　电阻率测深等值断面图

Fig. 1　Resistivity prospecting humidity isoline sectional drawing

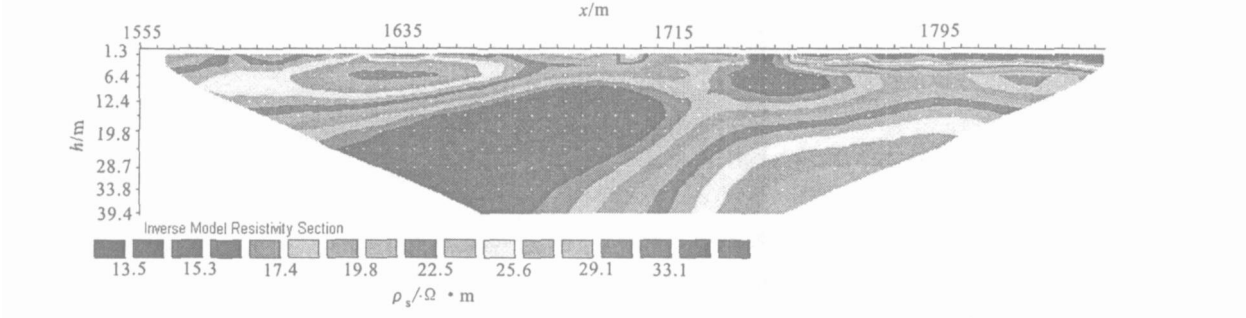



图2　高密度电阻率二维反演等值断面图

Fig. 2　High density resistivity two- dimension inversion isoline sectional drawing

断裂带处曲线陡立密集, 宽度达200 m 左右。断层上部覆盖层电阻率并不连续, 而且断点距地表较浅, 分析一定程度上反映了该断层的活动性。

图2 是在长春市区南(102 国道) 高密度电阻率法探测的NE40 断裂带, 中间向西倾的低阻异常反映了断层的形态。这也与实际地质情况相符。

图3 是在长春市区蔡家瞬变电磁反演电阻率断面图, 由图可见, 断面内电阻率由浅至深逐渐升高, 符合实际地电分布情况。第四系与白垩系界面与30 Ω·m 电阻率界线一致, 覆盖层厚度在15m 左右也与实际地质情况相符。中间560～680 号测点间(宽120 m) 出现明显下凹的电阻率低阻异常, 是由于断层带内充填低阻介质所致。

图4 是长春市区北断裂带处地质雷达剖面图, 为了更好地反映断层位置, 进行了偏移处理和带通滤波[4], 从图中可见在地下10 m 以内, 同相轴连续性很好, 反映了覆盖层的地质情况。在10m 以下640 号点处波形频率变低, 同相轴发生明显扭曲和中断现象, 不连续界面反映了断层的位置。

## 3　结果与讨论

实践证明, 在长春市活断层探测中使用电法具

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

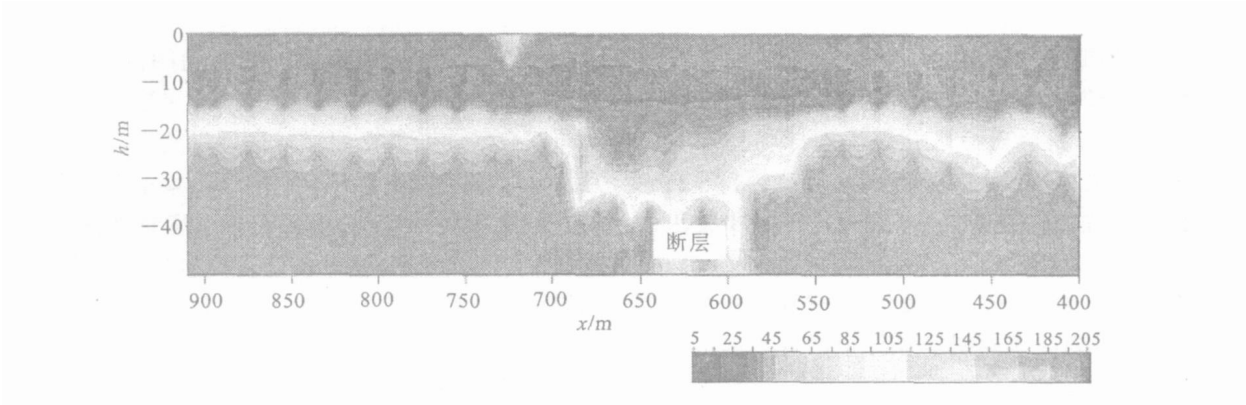



**图3 瞬变电磁法反演电阻率断面图**

**Fig. 3 Temporal electromagnetism prospecting depth sectional drawing**

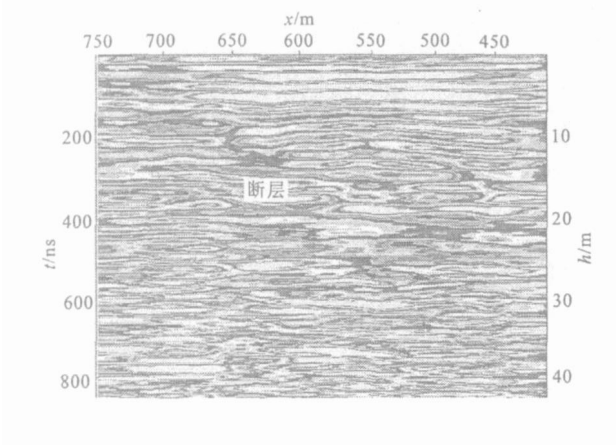



**图4 探地雷达数据处理剖面图**

**Fig. 4 The GPR dadt processing sectional drawing**

有灵活、快速、经济的特点,尤其在城区复杂地段人工地震很难进行时,更是如此。电阻率联剖快速准确判别异常位置,效率高;高密度电阻率法和电阻率测深,从不同深度层析成像体现地电断面的形态分布[5];瞬变电磁法和地质雷达不受接地影响,灵活快捷。通过选用不同的电探方法,测量将是十分有效的。与此同时,城市环境的复杂性,也给我们提出了一些需要继续研究的问题。

(1)复杂的城市环境,各种干扰异常对活断层异常的影响,还需不断总结经验加深认识。

(2)对发生在第四系地层中活断层异常的确定,还需进一步研究。

(3)城市活断层是一个相对动态变化过程,地球物理探测的综合解释需结合区域地震地质,水文地质和放射性[6]等方面的资料进行深入研究。

本项研究工作得到了张良怀研究员,以及王元新、王者江、翁爱华等老师的协助。在此表示感谢。

**参考文献:**

[1] 丁国瑜,田勤俭,孔凡臣,等. 活断层分段—原则、方法及应用[M]. 北京:地震出版社,1993.

[2] Hancock P L, Yeats R S. 活断层特性[M]. 侯建军,白太绪,梁海华,等译. 北京:地震出版社,1992.

[3] Suzukik, Toda S, Kusunoki K, et al. Case studies of electrical and electromagnetic methods applied to mapping active faults beneath the thick Quaternary [J]. Engineeing Greoligy. 2000, **56**: 29-45.

[4] Chow J, Angelier J, Hua J J, et al. Paleoseismic event and active faulting from ground penerating radar and high- resolution seismic reflection profile across the chihshang Fault, eastern Taiwan[J]. Tectonophysics. 2001, **333**: 241-259.

[5] Unsworth M, et al. High- resolution electromagnetic imaging of the San Andreas fault in central California [J]. Geophys. Res, 1999, **104**: 1131-1150.

[6] 马翔,田原. 运用放射性方法探测活断层[J]. 物探化探计算技术,1996, **18**(8): 74-77.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net