

文章编号: 0253-3782(2004)06-0616-07

郯庐断裂带池河段的新活动^{*}

姚大全 刘加灿

(中国合肥 230031 安徽省地震局)

摘要 对郯庐断裂带池河段进行了遥感影像判读,地震地质实地调查,钻孔探测资料分析,样品采集测试,以及结合地震活动特征分析和微观构造解析.结果表明,郯庐断裂带池河段晚第四纪期间仍具有粘蠕滑交替的变形活动,最新活动方式以蠕滑活动为主.

关键词 郯庐断裂带 池河段 构造解析 新活动

中图分类号: P546 **文献标识码**: A

引言

郯庐断裂带南段(尤其是淮河以南段落)一直被认为是晚更新世以来活动不明显或活动微弱的段落(国家地震局地质研究所,1987;晁洪太等,1999;施炜等,2003).笔者在本研究中发现了一些与上述认识不一致的构造形迹.其中,郯庐断裂带池河段的活动习性研究方面所取得的新认识即是其中一个实例.

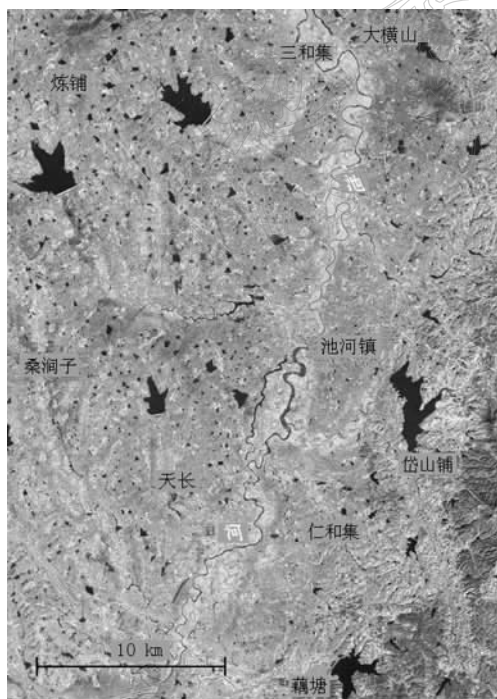


图 1 郯庐断裂带池河附近卫星影像^①

1 遥感影像解析和判读

在对郯庐断裂带安徽段及其两侧的多波段遥感影像进行判读和解析过程中,发现池河附近郯庐断裂北自横山,南到藕塘呈明显的线性影像,总体以宽约 1 km 左右的北北东向延伸的浅色带表现出来(图 1).表明郯庐断裂在此地带具有较新的活动.此外,该浅色带西侧的炼铺、桑涧子、刘家铺、下马铺和东侧的大横山、仁和集(图 2)一带的北北东向线状特征表现得亦较为明显.

为了查明郯庐断裂带池河段的最新活动,“发掘”该段落可能隐含的更深层次的构造新活动信息,在遥感资料分析的基础上,笔者对该段断裂活动性进行了系统研究,采

^{*} 安徽省自然科学基金项目(01045403)和地震科学联合基金课题(102038)资助.

^① 安徽省地质调查院,1999.安徽省卫星遥感影像地图(波段组合:7,4,3).
2003-09-08 收到初稿,2004-01-29 收到修改稿,2004-04-12 决定采用.

用现场调查和取样、钻探资料分析、跨断裂精密水准测量资料分析、断裂变形物质的定向微观结构分析和年龄测定等综合研究方法(姚大全等, 1993; Yao *et al*, 2000; 姚大全, 2001), 并结合历史地震和近代小震空间分布特征分析, 以求在对池河段断裂活动习性研究方面能得出更为明确的认识。

2 野外勘察、编录、样品采集和测试分析

研究区断裂构造比较发育, 郟庐断裂带在该段以平行断裂束的形式展布, 自西向东依次为桑涧子—广寒桥断裂(③)、刘家铺—下马铺断裂(④)、池河—西山驿断裂(⑤)和藕塘—清水涧断裂(⑥)(图 2)。

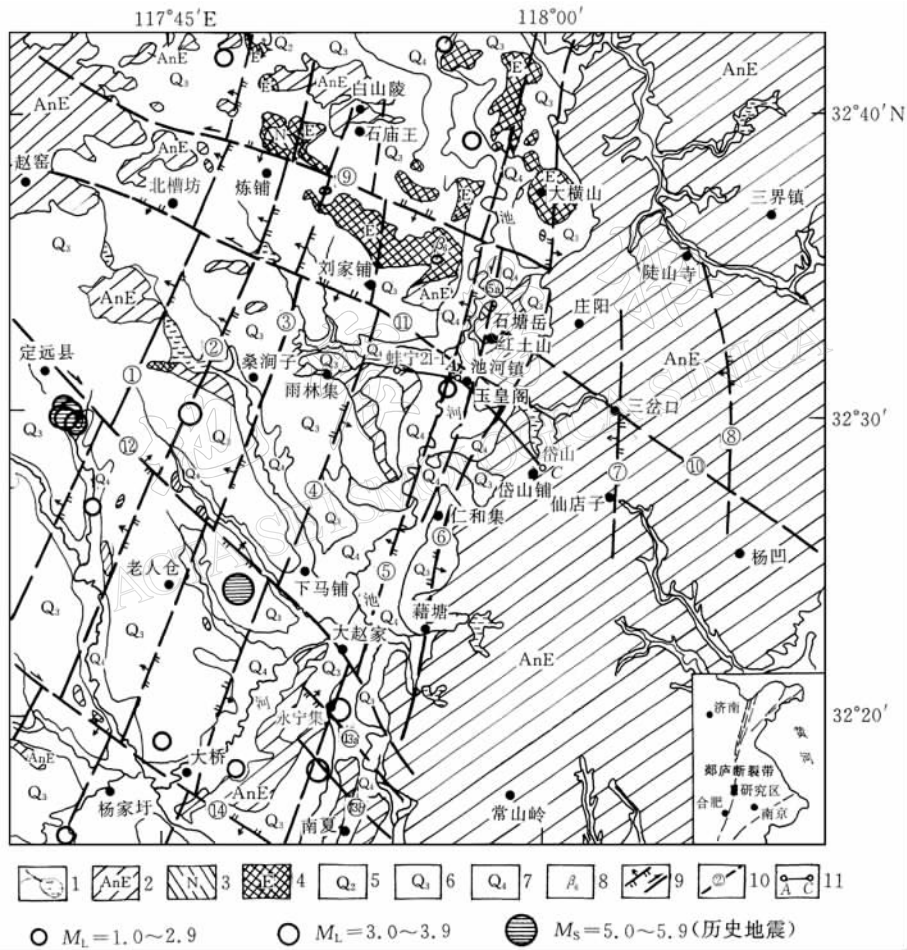


图 2 研究区地震地质略图

1. 水系; 2. 下第三系及以前地质体; 3. 上第三系; 4. 下第三系; 5. 中更新统; 6. 上更新统; 7. 全新统; 8. 喜山期玄武岩; 9. 压性及剪性断裂; 10. 断裂及编号; 11. 水准测线及测点。
- ① 滩塘陆—郭集断裂; ② 乌云山—合肥断裂; ③ 桑涧子—广寒桥断裂; ④ 刘家铺—下马铺断裂; ⑤ 池河—西山驿断裂; 5a 石塘岳—玉皇阁断裂; ⑥ 藕塘—清水涧断裂; ⑦ 三岔口—仙店子断裂; ⑧ 陡山寺—杨家洼断裂; ⑨ 炼铺断裂; ⑩ 红土山—下石坝断裂; ⑪ 北槽坊—岱山断裂; ⑫ 大赵家断裂; 13a 永宁集断裂; 13b 南夏断裂; ⑭ 永康—界牌集断裂

2.1 桑涧子—广寒桥断裂

该断裂总体走向约 20° ，为西倾的压性断裂，是郯庐断裂带的重要分支，区内分布于炼铺到桑涧子一线，多隐伏于地表之下，仅在石庙王、老槽坊、白山凌等地零星出露。

在白山凌水库坝址南侧，见该断裂露头，西侧为晚元古代灰白、浅灰色石英片岩，东侧为晚白垩世砖红色砂岩。断面附近发育厚约 10 cm 的断层泥，采集断层泥样品分别进行原态变形物质的微观观测和石英形貌电镜扫描(SEM)。

断层泥原态薄片在显微镜下显示出极为丰富的变形特征，既见到定向组构和揉皱变形等反映缓慢运动的变形标志(图 3a)，亦能看见切砾微断裂等反映快速破裂的变形标志(图 3b)。说明断裂曾有过粘蠕滑交替的变形过程。断层泥 SEM 观测结果表明，断裂的新活动时间主要处于中更新世。

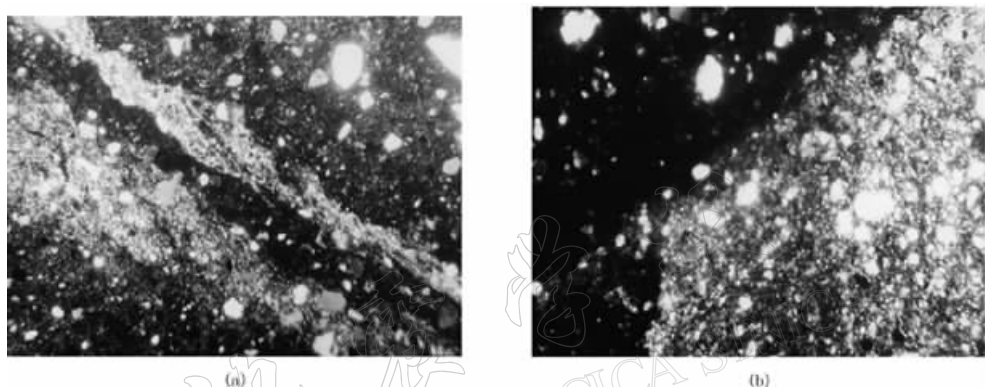


图 3 断层物质显微照片(40 倍，正交偏光)

(a) 显示揉皱构造，圆化砾呈定向排列，为缓慢变形产物；(b) 显示切砾微断裂快速变形特征

综合上述分析结果，结合该断裂附近现代有较多小震活动这一事实，说明桑涧子—广寒桥断裂现在仍具有微弱活动性，且以蠕滑为其主要活动方式。

2.2 刘家铺—下马铺断裂

该断裂总体走向约 20° ，为东倾的压性断裂，亦属郯庐断裂带的重要分支。断裂附近地层产状混乱，刘家铺一带有喜山期玄武岩侵入，钻孔资料揭示断裂东侧张桥组地层缺失。周 8 号钻孔揭露了该断裂破碎带，岩石强烈变形与破碎，以及有大角度斜向破裂面及擦痕^①。断层物质定向原态薄片可见微观定向条带、流动状构造和揉皱等，反映曾有过缓慢的变形过程。断层泥 SEM 测试结果表明，断裂在中更新世有过较强活动。断裂附近发生过研究区唯一的一次破坏性地震，即 1868 年定远县老人仓 $M_s 5\frac{1}{2}$ 地震，现代小震较为频繁。因此，这是一条近代仍具一定程度活动性的隐伏断裂。

2.3 池河—西山驿断裂

池河—西山驿断裂为郯庐断裂带的主干断裂之一，构造地貌表现得非常明显，某重点工程在横穿断裂的部位曾作过较为详细的勘探^①。下面重点对本断裂及其平行分枝断裂石塘岳—玉皇阁断裂的基本特征与活动性进行分析研究。

^① 铁道部第四勘察设计院，1998。京沪高速铁路池河特大桥工程勘测报告。

2.3.1 钻探资料及断裂变形物质岩芯分析

通过跨池河—西山驿断裂 50 余个钻孔资料分析, 发现池河以西为上白垩统组成的红色盆地, 地层较完整; 池河以东, 在池 38~39 号孔之间、池 39~41 号孔之间、池 43 号孔、池 48 号孔和池 50~51 号孔之间均发现或钻及该断裂, 岩性在池 50 号孔以西为上白垩统砂泥岩, 以东组成复杂, 钻及基底变质岩系如浅粒岩、片岩和石英脉体等, 成分极为混杂。

为查明断裂的活动方式, 采集了池 43 号孔和池 48 号孔的变形物质, 进行微观分析。池 43 号孔揭露的变形物质主要为紫红色镜面岩, 泥质含量高, 见擦痕镜面, 多期次破裂, 并见方解石脉穿插; 池 48 号孔揭露的变形现象更为丰富, 进入基岩直至终孔几乎均为变形带, 见紫红色动力变质岩, 易碎, 碎裂面上见光滑的擦痕镜面。

池 43 号孔采集的含方解石脉砂岩样片显微镜观测中发现, 方解石脉体中见雁列状定向组构, 属缓慢变形遗迹; 池 48 号孔采集的变形物质经原态薄片镜下观测, 显示极为强烈的塑性变形特征, 见定向排列的变形组构, 显蠕滑特征, 亦属缓慢变形遗迹(图 4)。

上述资料分析可知, 池河—西山驿断裂的主断面位于池 50 号孔及其近侧, 受其控制, 断裂东侧为结晶基底, 以西为晚白垩世盆地沉积。在池 39 号孔、池 41 号孔、池 43 号孔、池 48 号孔附近存在同方向的盆内断裂。变形物质微观研究表明, 其活动方式以蠕滑为主。



图 4 池 48 号孔断层物质显微照片
(40 倍, 正交偏光)

2.3.2 池河—西山驿断裂延伸及分支平行断裂活动性研究

池河—西山驿断裂主干断裂为第四系所覆盖, 向北延伸在横山见次级断裂露头。该断裂主要发育于晚白垩世地层之中, 向上切割晚第三纪形成的地质体。

作为池河—西山驿断裂的平行构造, 石塘岳—玉皇阁断裂有两处出露于地表, 分别是红土山东侧和甘庄, 为研究断裂活动习性提供了观察地点。

在红土山东侧可见晚白垩世张桥组砖红色砂岩与灰白色晚第三纪砾岩呈断裂接触, 后者发育走向北北东的乳白色擦痕镜面, 形成厚 0.5~1 cm 的动力变质薄壳, 镜下显示砾石圆化等塑性变形条带, 为缓慢剪切挤压变形产物。在紧邻断裂的甘庄晚白垩砂岩中, 发现北北东向挤压片理化带, 见含砾断层泥。采集断层泥分别进行微观分析与 SEM 测试, 断层泥原态薄片镜下观测发现暗色基质中散布有圆化砾和角砾, 并见其呈定向排列, 显蠕滑特征(图 5), 为蠕滑变形产物; 断层泥 SEM 测试结果表明, 变形物质的形成年代为中更新世。

应该指出的是, 在池河—西山驿断裂旁侧的池河轮窑厂取土坑壁发现与主干断裂平行延伸的小断层, 错断褐黄色含铁锰结核的晚更新世粘土, 断面平直, 清晰可辨(图 6), 说明晚更新世以来断裂仍有活动。

2.4 藕塘—清水涧断裂

该断裂总体走向约 20°, 为东倾的压性断裂, 区内自大横山经仁和集、藕塘至章广镇西延出图外。该断裂是郟庐断裂带的东界断裂, 得胜集东林家至合壁山一段, 燕山期花岗岩和白垩系下统朱巷组呈断裂接触, 花岗岩十分破碎, 呈糜棱岩化、角砾岩化并硅化, 大横山处有燕山期橄榄玄武岩侵入。

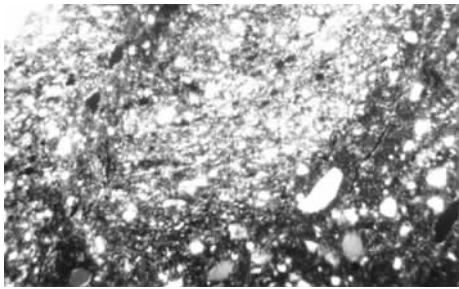


图 5 断层物质显微照片(40 倍, 正交偏光)

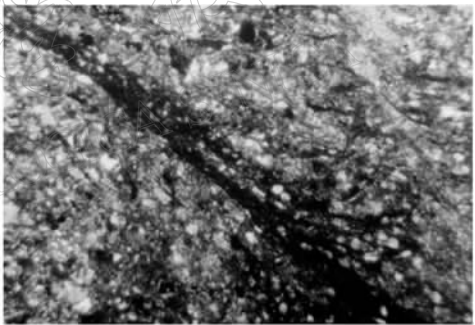


图 6 池河轮窑厂发现的小断层(镜向: 45°)

研究区南缘西王集四房户河边出露的白垩纪砂岩中, 可见该断裂同序次平行断裂接触带, 地层强烈挤压而陡立, 具扁豆体和片理化, 小揉皱发育. 断层泥原态薄片显微镜下可见强烈揉皱研磨变形(图 7a), 反映缓慢变形特征(图 7b). 在藕塘镇东侧的朗峰水库泄洪道, 出露该断裂平行次级断裂, 断面东倾, 倾角 50° , 有断层泥分布. 其中可见面理和挤压扁豆体, 原态薄片定向揉皱条带显示缓慢挤压性变形, SEM 测试结果反映断裂在早更新世有过活动.



(a)



(b)

图 7 (a) 藕塘—清水涧断裂四房户剖面(镜向: 北); (b) 四房户剖面变形物质显微构造特征(40 倍, 正交偏光)

3 郟庐断裂带池河段跨断层垂直形变测量

为监测郟庐断裂带的活动性, 安徽省地震局布设了多条跨郟庐断裂的精密水准测量线路, 其中定远测线(定合 1 基—岱山 D)全长 42.5 km, 分成若干测段, 分跨断裂带池河段的不同断面. 对从 20 世纪 80 年代前后开始观测至 1990 年积累的 10 多年观测资料的细致分析, 发现曲线虽略有起伏变化, 但均在误差允许范围内. 上述测线于 1991 年后停测. 为

对比较起见, 1998 年对蚌宁 21-1—岱山 C 又进行了复测, 重点监测池河—西山驿和桑涧子—广寒桥断裂, 结果示于图 8 中. 经计算该测线的均方差为 $+1.99\text{ mm}$. 本次测量值与以前相比差值为 1.92 mm , 小于 3 倍

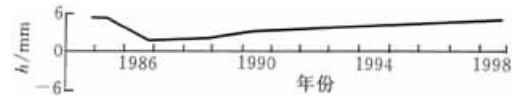


图 8 蚌宁 21-1—岱山 C 水准复测曲线

均方差, 故未显示明显垂直运动.

4 研究区地震活动概要

研究区范围内共记载历史地震 6 次, 最大震级为 $M_s 5\frac{1}{2}$, 即 1868 年 10 月 30 日定远县南 16 km 老人仓附近地震, 烈度为 VI~VII 度, “老人仓墙屋多坍塌, 压人死, 盆水尽溢, 屡震不已, 至次年不绝”(安徽省地震局, 1989). 这是研究区内唯一一次破坏性地震. 其余 5 次 $3\frac{1}{2}$ 级地震均发生在研究区西部定远南东侧定远—仓镇之间(安徽省地震局, 1990).

自 1970 年以来, 研究区范围内共记载 $M_L \geq 1.0$ 小震共 12 次, 最大地震为 1976 年 11 月 27 日永宁集 $M_L 3.7$ 地震. 微震多分布在研究区南西部和中北部, 并略呈北西向线状分布或位于北北东与北西向断裂交会部位.

5 研究区地震活动与构造活动的关系

为分析研究区地震活动与断裂构造的关系, 将 $M_L \geq 1$ 地震震中绘于研究区地震构造图(图 2). 图中可见发震点比较分散, 但仍显示出明显的北东或北西向线状分布的特征, 且大部集中在北北东向断裂与北西向断裂交会处及附近. 如滩塘陆—郭集断裂和大赵家断裂交会处西侧有 5 个小震丛集, 池河—西山驿断裂被永宁集断裂和南夏断裂穿切的部位也有小震发生.

研究区唯一的破坏性地震, 即 1868 年 10 月 30 日的 $5\frac{1}{2}$ 级地震, 发生在北北东向刘家铺—下马铺与北西向大赵家断裂交会部位. 附近取土坑壁发现晚更新世粘土中的构造节理, 说明该部位存在新活动.

研究区微震活动亦显示明显的分区差异, 东部基底隆起部位, 无地震活动记载, 微震多分布在研究区西部, 尤其是南西部, 且分布区多为第四系所覆盖. 实际上, 发生在定远盆地内, 后者被北北东向和北西向断裂所切割, 微震多沿北北东向或北西向断裂分布或位于两组断裂的交会处. 由此可见, 研究区微震的发生与块体边缘断裂的活动有关, 其发震构造背景与老人仓 $5\frac{1}{2}$ 级地震构造背景具有相似之处, 只不过由于研究区地壳块体较为破碎, 块体边缘易于造成应力积累, 不易长期贮存, 而多以微震方式断续缓慢释放而已.

总之, 郟庐断裂带池河段各分支断裂虽然尚未发现大量错移晚第四纪地层的直接地质证据, 但跨断裂短水准线路多期测量结果对比研究表明, 该断裂带近 20 年来也未见明显垂直升降运动, 而北北东向郟庐断裂带与北西向断裂交会部位具小震丛集现象. 反映断裂目前仍存在以蠕滑为主的活动, 地壳能量多以微震形式缓慢释放. 值得重视的是 1868 年老人仓 $5\frac{1}{2}$ 级地震, 即发生在郟庐断裂带组成之一的刘家铺—下马铺与北西向大赵家断裂交会部位, 在其近侧仓镇窑厂取土坑壁发现晚更新世粘土中的构造节理. 联系到池河沿断裂展布(图 1), 显示较新的线状构造活动地貌; 池河轮窑厂取土坑壁发现切错晚更新世地层的小断层, 所以郟庐断裂带池河段晚第四纪期间仍有活动, 特别是在其与北西向断裂交会部位, 更要警惕未来破坏性地震发生的可能性.

本文得到合肥工业大学徐嘉炜教授的指导. 断层泥样品 SEM 测试委托中国地震局地质研究所杨主恩教授进行. 在此一并表示深深谢意!

参 考 文 献

- 安徽省地震局. 1990. 安徽省地震目录[M]. 北京: 中国展望出版社, 3~80
- 安徽省地震局. 1989. 安徽省志·地震志[M]. 合肥: 安徽人民出版社, 21~28
- 晁洪太, 王志才, 刘西林. 1999. 郯庐断裂带下辽河—莱州湾段与潍坊—嘉山段地震构造和地震活动特征对比[M]. 华北地震科学, **17**(2): 36~41
- 国家地震局地质研究所. 1987. 郯庐断裂[M]. 北京: 地震出版社, 107~134
- 施炜, 张岳桥, 董树文. 2003. 郯庐断裂带南段第四纪活动及其分段特征[J]. 地球学报, **24**(1): 11~18
- 姚大全, 汤有标, 李杰, 等. 1993. 活动断裂带上粘滑与蠕滑标志及其研究意义[J]. 地球物理学进展, **8**(4): 140~148
- 姚大全. 2001. 岩石变形所反映的地震作用过程——第 13 届国际变形机理, 流变学和构造学学术会议概述[J]. 国际地震动态, (7): 9~12
- Yao Daquan, Chu Yucheng, Li Xuezheng, *et al.* 2000. Microscopic textures in rocks deformed by chemical explosion and experimental stick-slip as a guide to conditions of palaeoseismicity[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, **18**: 33~39

RECENT ACTIVITY OF CHIHE SEGMENT
OF TANLU FAULT ZONE

Yao Daquan Liu Jiakan

(Earthquake Administration of Anhui Province, Hefei 230031, China)

Abstract: By means of differentiation of remote sensing image, field seismo-geological survey, analysis on drilling exploration materials, sampling and dating of rock samples, combined with seismicity and microscopic tectonic analysis, this paper studies the recent activity of Chihe segment of the Tanlu fault zone. The result indicates that the Chihe fault segment undergoes the deformation alternately in the mode of stick slip and creep during Late Quaternary, and its recent activity is mainly creep.

Key words: Tanlu fault zone; Chihe segment; structure resolution; recent activity