

郯庐断裂带白山—卅铺段第四纪以来的活动习性

姚大全 刘加灿 翟洪涛 童远林

(安徽省地震局,合肥 230031)

摘要 根据构造地貌遥感解析,发现郯庐断裂带沿庐江白山到桐城卅铺一线显示1组平行断层,现场地震地质调查验证其为1组活动断层。通过断层剖面观测、样品采集及样品测试分析和宏微观构造分析,结果表明,郯庐断裂带在白山—卅铺一带第四纪以来仍具有黏滑、蠕滑交替的变形活动。其中,在柯坦—卅铺一带,最年轻的水系被NE向断层组右旋扭折,其断层物质的微观观测和测龄结果表明该断裂段第四纪时的活动具有脆、塑性过渡变形特征,强烈活动时间处于早、中更新世,而白山剖面断层泥年龄测试结果则反映相应断层段在中、晚更新世曾有过较强烈的活动。断层泥超微(SEM)和显微观观测结果亦表明该断裂段曾发生黏滑、蠕滑交替的构造变形事件,且表现为先黏滑后蠕滑,结合水系呈现缓慢扭折表征,近年来沿断裂有不少微震发生,表明郯庐断裂带在白山—卅铺段的最新滑移方式主要表现为蠕滑,也就是说,该段积累的应力以蠕滑或微震等方式缓慢释放,据此推测未来一定时期内不易孕育强烈地震。

关键词 郯庐断裂带 第四纪 综合构造解析 活动习性

中图分类号:P315.2

文献标识码:A

文章编号:0253-4967(2004)04-0622-08

0 引言

郯庐断裂带南段(尤其是淮河以南段落)一直被认为是第四纪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)。笔者在执行安徽省自然科学基金课题(01045403)和地震科学联合基金课题(102038)过程中,发现了一些与上述认识不一致的构造形迹。根据构造地貌遥感解析、庐江白山到桐城卅铺一线的1组平行活动断层、活动断层露头上的发现、断层剖面编录及样品测试分析等综合研究结果,对目前的基本认识提出了新的看法。

1 遥感影像解析和判读结果

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的过程中,发现在庐江柯坦到桐城卅铺一线郯庐主断面以东的孔城—潜山新生代盆地中,清晰可辨数条走向NE-SW的平行线状色带,经反复精细判析,发现流向自NW向SE的水系在穿过上述线状色带时毫无例外地发生了右旋转折(照1),初步认为这是1组与西侧郯庐主干断裂平行的断层,它们应属于郯庐断裂带的组成部分,且具有较新的活动迹象。

[收稿日期] 2003-10-29 收稿 2004-06-06 改回。

[基金项目] 安徽省自然科学基金(01045403)和地震科学联合基金(102038)共同资助。

另在多波段遥感影像判读和解析过程中,尚发现在姥山—白山地区沿郟庐主断面清晰可见走向 NE-SW 的线地貌特征,姥山、袁家山、双山和白山等孤立低丘呈线状延伸,此线 SE 为大片出露侏罗纪火山岩的高岗丘陵, NW 侧则为全新世湖积层和农田, 郟庐主干断裂从孤丘西缘通过(照 2)。显然,该段郟庐断裂带构成了不同地貌单元构造的分界,其构造活动可能一直影响到全新世。

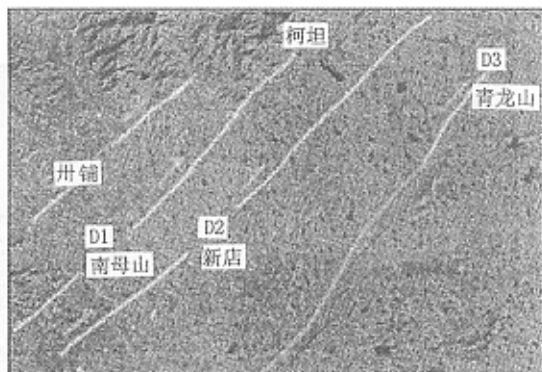
2 野外勘察、编录和样品采集

为了验证这一现象的客观性和“发掘”该地带可能隐含的更深层次的构造新活动信息,笔者分别去卅铺南寄母山、新店、青龙山(照 1D1, D2, D3)、白山和双山(照 2D4, D5)等地考察和编录。

D1 寄母山北梅湾采坑:照 1 中 NW 向水系向 NE 向扭错处,见前震旦纪地层中发育产状为 $40^{\circ}/130^{\circ}\angle 40^{\circ}$ 的 1 组断层,剖面上可见多期次活动,并有断层泥,厚约 20cm(照 3)。采集碎裂岩和断层泥标本(B01),作原态定向显微观测。

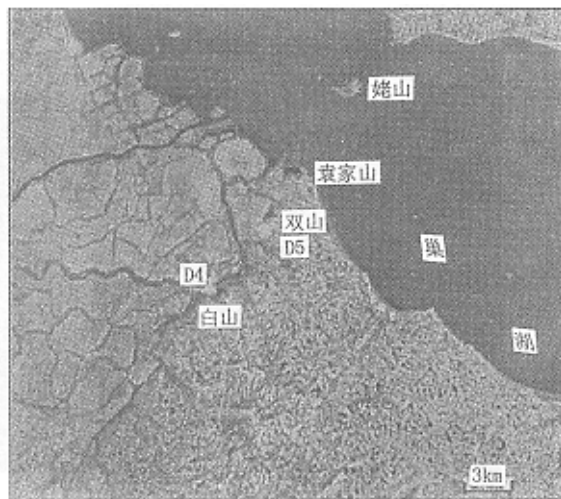
D2 新店东北:NE 走向的线状低丘直线状延伸(照 1),由侏罗系红色砂砾岩和上覆的晚更新世黄褐色含铁锰结核的黏性土组成。敬老院旁侧 NE 向延伸的残丘上开挖的垃圾填埋坑坑壁出露较厚的晚更新世黏土,见其中有共轭剪节理分布,其锐角等分线指向显示 NW-SE 向的挤压。说明线状山丘隆起可能在晚更新世以后,且受晚更新世后的构造应力作用。

D3 青龙山南端:青龙山在地貌上构成 NE 向延伸的线状低丘(照 1),早古生代大理岩中见走向 $N50^{\circ}E$ 的构造变形带,以及透镜体、扁豆体、面理化带和断层泥带(照 4),变形带宽约 50m,反映其经历多期次、不同性质的变形作用。采集最新形成的断层泥样品,分别作热释光测年



照 1 柯坦—卅铺一带卫星影像^①和观测点位置

Photo 1 Satellite image of the Ketan-Sapu area showing also the location of observation points.

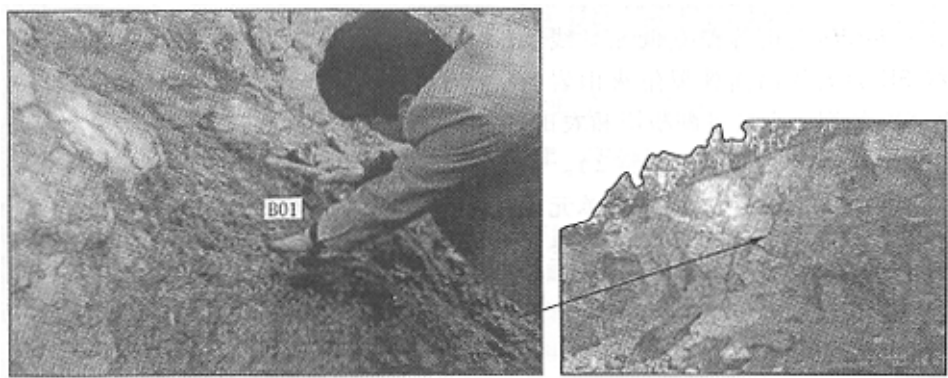


照 2 双山—白山地区卫星影像^①和观测点位置

Photo 2 Satellite image of Shuangshan-Baishan area showing also the location of observation points.

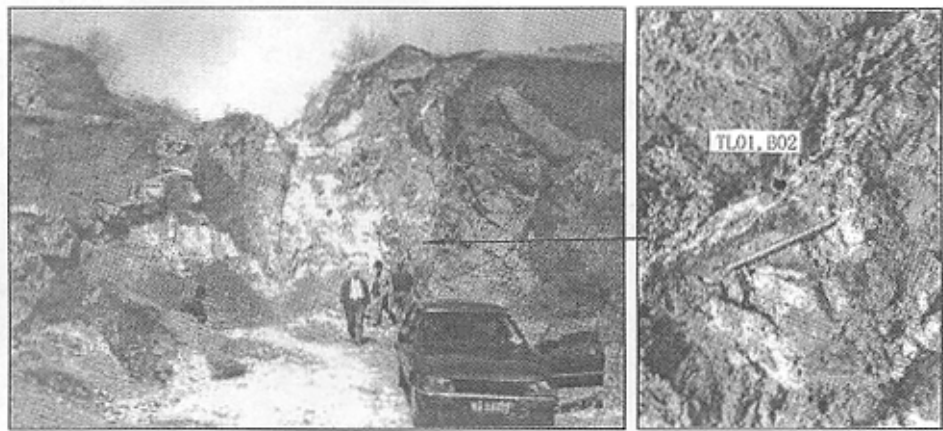
①安徽省地质调查院, 1999, 安徽省卫星遥感影像地图(波段组合 7 4 3)。

(TL01)和原态薄片(B02)显微观测。



照 3 寄母山 NE 向断层及断层泥薄带(镜向 NE)

Photo 3 NE-trending fault and thin gouges zone at Jimushan (view to northeast).



照 4 青龙山 NE 向断层和断层泥带(镜向 NE)

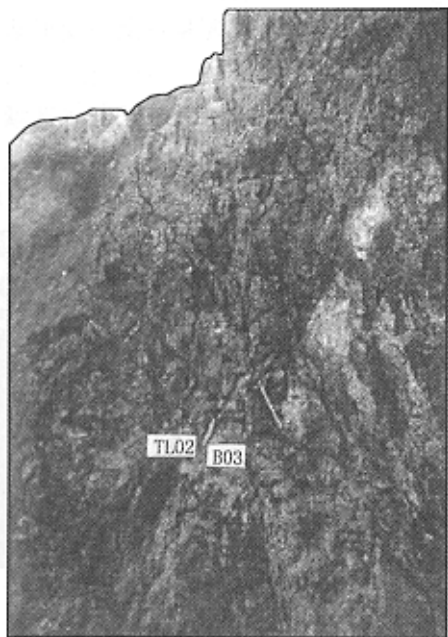
Photo 4 NE-trending fault and gouge zone at Qinglongshan (view to northeast).

D4 白山采石坑 :白山西侧与全新世湖积层毗邻处(剖面 I) ,见紫红色晚侏罗纪火山岩出露 ,地貌上望双山连线呈 NE 向 ;见产状为 $55^{\circ}/NW \angle 75^{\circ}$ 的断层 ,紧贴断面赋存断层泥薄带 ,见其中砾石沿断面定向排列 ,未固结 ,分别采集断层泥测龄和显微观测样品(TL02 ; B03) ,上覆薄层晚第四纪黏土(照 5) ;

其邻侧剖面(剖面 II)上 ,产状为 $50^{\circ}/NW \angle 70^{\circ}$ 的 1 组断层特别发育 ,直通地表 ,切割走向为 340° 倾角直立的 1 组裂面 ,但 2 组均发育新鲜未固结的断层泥 ,断层泥中既有砾石切错现象 ,又有顺断层的微细面理生成。采集 NE 向断层组的断层泥(TL03 ; B04 , SEM01)和 NW 向断层组的断层泥(TL04 , B05 照 6) ,以了解变形期次、变形时代和变形方式。

万方数据

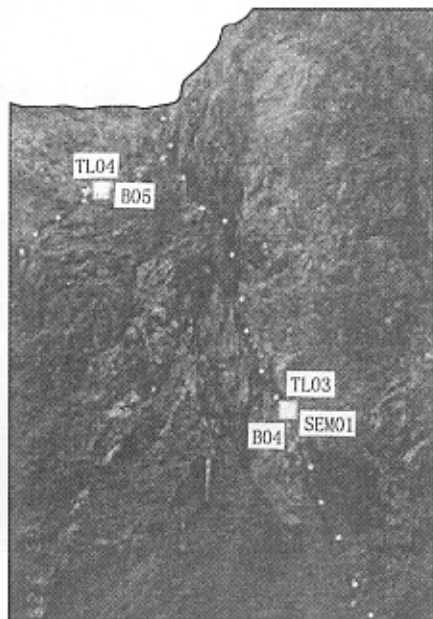
D5 双山山口村后采坑 :见 NE 向巨型陡立摩擦镜面 ,上阶步和擦痕显示右旋水平剪切 ,擦



照5 白山 NE 向断层(剖面 I, 镜向 40°)

Photo 5 NE-trending Fault at Baishan

(profile I, view to 40°).



照6 白山 NE 和 NW 向断层交切(剖面 II, 镜向 55°)

Photo 6 Intersection of NE- and NW-trending Faults

at Baishan (profile II, view to 55°).

痕侧伏角 10°左右。显示断裂曾发生右旋为主的走向滑动。

3 样品分析

对寄母山、青龙山、白山 NE 向或相关的 NW 向断层的断层泥分别原态采集,室内进行原态固结,磨制定向显微薄片,进行微观构造变形分析,侧重于断层微观滑移特性标志的识别,其参考标准详见文献(姚大全等,1993,1994;Yao *et al.*, 2000)。为了解断层物质的最新活动年代,采集了青龙山、白山断层泥和断面上覆土样品,送中国科学院地质地球物理研究所新年代测定室进行热释光年代测定(TL)。此外采集了白山断层泥送中国地震局地质研究所进行石英颗粒刻蚀形貌电镜扫描(SEM),分析依据参考文献(杨主恩等,1986)。

在显微镜下,寄母山样品有的显示揉皱、扭曲(ds)等塑性缓慢变形,有的显示张性岩脉阵列(tv)和角砾(bg)等反映高速变形的特征标志,表现为脆、塑性过渡变形特征(照7)。

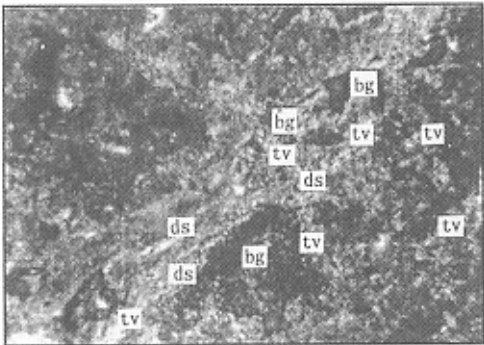
青龙山样品呈现2种截然不同的变形方式:一是碎砾呈明显的定向排列且呈弧形撒开之势,系缓慢变形的遗迹;二是发育切砾微破裂(cf),平行于切砾面可见一系列更次级的微裂面(照8),显示高速变形方式。

白山样品也显示出极为丰富的微观变形特征,可见揉皱、绕砾旋转扭曲等塑性变形痕迹,亦可见反映高速变形的岩脉群穿插现象和脆塑性变形同处的现象,后者表现为顺先期发生的黏滑切砾微破裂面后期发育定向组构(ds,照9)。

白山样品的SEM扫描情况表明,断层曾发生黏滑、蠕滑交替变形的特征,主要表现为断层

泥石英颗粒表面既存在高速运动形成的撞击楔入坑(照 10),又存在缓慢运动的遗迹——裂而不破、研磨带(照 11),反映的主要活动时间位于 $Q_p^2-N_2$ 。这里宏观、微观和超微观变形达到了较好的统一。

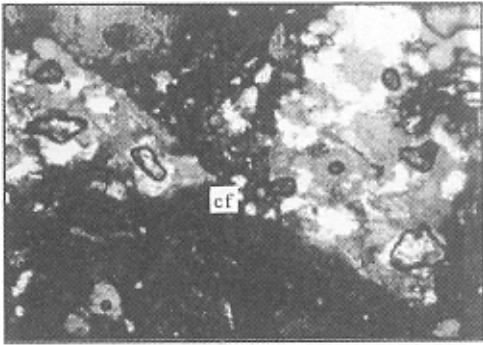
青龙山断层泥样品 TL01 的测定结果为($0.72 \pm 0.043\ 2$)Ma BP ,处于早、中更新世过渡期间。



照 7 寄母山断层泥的微观变形特征

Photo 7 Deformation microstructure of fault gouge from Jimushan.

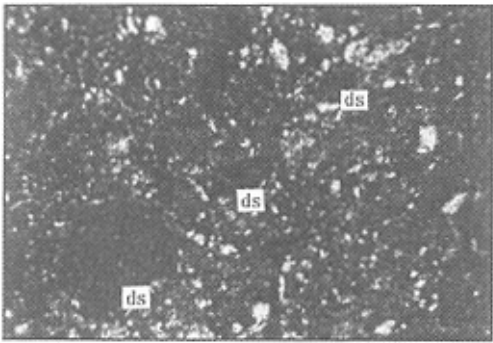
显示脆、塑性过渡变形;B01 20 倍,正交偏光(Ds 揉皱、扭曲等定向、缓慢变形组构,tv 张性岩脉阵列,bg 角砾)



照 8 青龙山断层泥微观变形特征

Photo 8 Deformation microstructure of fault gouge from Qinglongshan.

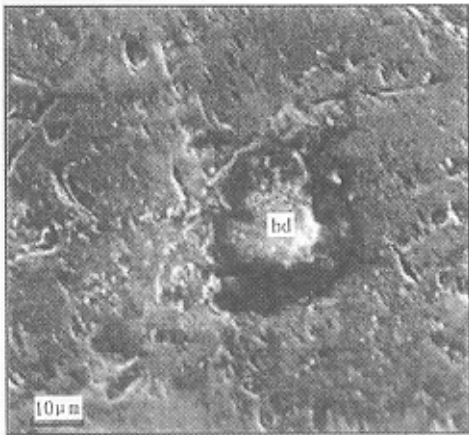
切砾微破裂(cf),显示黏滑变形;B02 20 倍,正交偏光



照 9 白山断层泥的微观变形特征

Photo 9 Deformation microstructure of fault gouge from Baishan.

表现为顺先期发生的黏滑切砾微破裂面后期发育定向组构(ds),反映先黏滑后蠕滑的变形过程;B04 20 倍,正交偏光



照 10 白山断层泥的 SEM 变形特征(1)

Photo 10 Deformation character of quartz grain from Baishan gong(1) SEM photomicrograph.

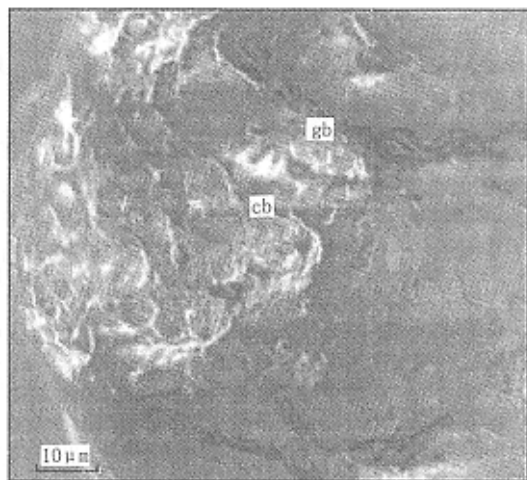
Bd 高速撞击坑,显示高速变形痕迹

白山剖面 I 断层泥样品 TL02 的测定结果为 $(0.138 \pm 0.0069) \text{ Ma BP}$, 属于中更新世晚期; 白山剖面 II NE 向断层样品 TL03 的测定结果为 $(0.102 \pm 0.0051) \text{ Ma BP}$, 属于晚更新世早期; 白山剖面 II NW 向断层样品 TL04 的测定结果为 $(0.258 \pm 0.0129) \text{ Ma BP}$, 属于中更新世中晚期。

4 结论和讨论

根据遥感解析、断层剖面观测、样品采集及样品测试分析和宏微观构造分析, 发现郟庐断裂带沿庐江白山到桐城卅铺一线显示 1 组活动平行断层, 现场地震地质调查和宏、微观综合分析表明, 郟庐断裂带在白山—卅铺一带第四纪以来具有黏滑、蠕滑交替的变形活动。其中, 在柯坦—卅铺一带, 最年轻的水系被 NE 向断层组一致右旋扭折, 其断层物质的微观观测和测龄结果表明该

断裂段第四纪时的活动具有脆、塑性过渡变形特征, 在早、中更新世活动最为强烈; 而白山剖面断层泥年龄测试结果则反映出相应断层段在中、晚更新世曾有过较强烈的活动。该断裂段断层泥超微 (SEM) 和显微观观测结果亦表明发生过黏滑、蠕滑交替的构造变形事件, 且表现为先黏滑后蠕滑, 结合水系呈现缓慢扭折表征, 近年来沿断裂有不少微震发生, 表明郟庐断裂带在白山—卅铺段的最新滑移方式主要为蠕滑, 也就是说, 该段积累的应力以蠕滑或微震等方式缓慢释放, 据此推测未来一定时期内不太可能孕育强烈地震。



照 11 白山断层泥的 SEM 变形特征 (2)

Photo 11 Deformation character of quartz grains from Baishan gouge (2), SEM photomicrograph.

cb 裂而不破 gb 研磨显示缓慢变形痕迹

参 考 文 献

- 晁洪太, 王志才, 刘西林. 1999. 郟庐断裂带下辽河—莱州湾段与潍坊—嘉山段地震构造和地震活动特征对比 [J]. 华北地震科学, 17(2): 36—41.
- CHAO Hong-tai, WANG Zhi-cai, LIU Xi-lin. 1999. Characters contrast of earthquake structure and seismic activity in Xiaoliahe-Laizhouwan and Weifang-Jiashan segments along the Tancheng-Lujiang Fault zone [J]. North China Journal of Seismology, 17(2): 36—41 (in Chinese).
- 国家地震局地质研究所. 1987. 郟庐断裂 [M]. 北京: 地震出版社.
- Institute of Geology, SSB. 1987. The Tancheng-Lujiang Fault [M]. Seismological Press, Beijing (in Chinese).
- 施伟, 张岳桥, 董树文. 2003. 郟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.
- SHI Wei, ZHANG Yue-qiao, DONG Shu-wen. 2003. Quaternary activity and segmentation character of southern segment along the Tancheng-Lujiang Fault [J]. Acta Earth Sinica, 24(1): 11—18 (in Chinese).
- 杨主恩, 张流, 石桂梅. 1986. 粘滑和稳滑实验条件下石英岩的某些显微变形特征及其地震地质意义 [J]. 地震地质, 8(2): 21—25.

- YANG Zhu-en , ZHANG Liu , SHI Gui-mei. 1986. Some microscopic surface character of quartz under stick-slip and stable-sliding experiment conditions and their seismology and geology significance[J]. Seismology and Geology , 8 (2) 21—25 (in Chinese).
- 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.
- YAO Da-quan , TANG You-biao , LI Jie *et al.* 1993. Marks of stick-slip and creep-slip on active fault zone and their significance[J]. Progress in Geophysics 8(4) :140—148 (in Chinese).
- 姚大全 汤有标. 1994. 活断层错动产物中定向微观古地震标志的研究[A]. 见 :中国地震学会地震地质专业委员会编. 中国活动断层研究. 北京 地震出版社. 274—280.
- YAO Da-quan , TANG You-biao. 1994. A study on paleoseismic indicators by observation on orientation of products of active fault offset[A]. In : Seismogeological Professional Committee of Seismological Society of China (ed). Active Fault Research in China. Seismological Press , Beijing. 274—280 (in Chinese).
- Yao Da-quan , Chu Yu-cheng , Li Xue-zheng , *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 , 33—39.



QUATERNARY ACTIVITY OF THE BAISHAN-SAPU SEGMENT OF THE TANCHENG-LUJIANG FAULT ZONE

YAO Da-quan LIU Jia-can ZHAI Hong-tao TONG Yuan-lin

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

Abstract

Remote sensing analysis of tectonic landforms revealed that the Baishan (Lujiang County)-Sapu (Tancheng County) segment of the Tancheng-Lujiang Fault zone appears as a series of parallel faults. Field investigation has confirmed that these parallel fault series are active fault. Moreover , in-situ observation of fault profiles , as well as microstructural analysis of samples collected from the faults reveal that stick-slip and creep-slip deformation have occurred alternately along the Baishan-Sapu segment of the Tancheng-Lujiang fault zone since late Quaternary. In Ketan-Sapu area , the youngest drainage system was dextrally offset by the NE-trending faults. Microscopic observation and dating of the samples collected from the fault show that during Quaternary time the deformation along the fault was characterized by brittle-ductile transition , and the strongest faulting event occurred in Early-Middle Pleistocene. The dating results of fault gouges collected from Baishan profile indicate that this fault segment had been strongly active during Middle-Upper Pleistocene. SEM and optical microscopic observations also show that stick-slip and creep-slip deformation had alternately occurred along this fault segment , and the stick-slip deformation occurred earlier than the creep-slip deformation. In consideration of the distortion of drainage system and the fact that minor earthquake occurred frequently along this fault segment in recent years , it can be postulated that the recent movement along the fault has been dominated mainly by creep-slip , that is to say that the accumulated stress on this segment has been released slowly by creep-slip or micro-earthquake. Therefore , it is unlikely that a strong earthquake will occur on this fault segment in the near future.

Key words Tancheng-Lujiang fault zone , Quaternary , synthetic structural analysis , fault activity

〔 作者简介 〕 姚大全 ,男 ,1956 年 9 月生 ,1987 年毕业于合肥工业大学研究生部 ,获构造地质学硕士学位 ,研究员 ,目前主要从事地震地质、活动构造的研究工作 ,电话 0551 - 5571484 ,E - mail :daqanyd@mail. hf. ah. cn。