

文章编号: 1006-6616 (2016) 03-0439-15

# 江苏镇江地区主要活动断裂及其 晚第四纪活动性研究

宗开红<sup>1</sup>, 宗 雯<sup>1</sup>, 康从轩<sup>2,3</sup>, 白世彪<sup>4</sup>

(1. 江苏省地质调查研究院, 南京 210049;

2. 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210037;

3. 河海大学, 南京 210018;

4. 南京师范大学, 南京 210066)

**摘要:** 镇江地区位于宁镇山脉东端, 地质构造复杂, 尤其断裂构造的活动性塑造了镇江地区如今的地形地貌格架。通过地质地貌调查、遥感影像解译、地球物理勘探、钻探、探槽等勘探手段, 对镇江地区断裂构造两侧第四纪地层进行年代学研究, 基本确定了断裂构造的活动机制、活动时间, 结合镇江地区地震发生的规律及地应力场特征的研究, 认为镇江地区断裂构造的最后活动时间在更新世, 全新世活动较弱, 并趋于稳定。

**关键词:** 江苏镇江; 活动构造; 第四纪地层; 断裂活动性; 地震危险性

**中图分类号:** P546; P315.2

**文献标识码:** A

镇江地区地处长江三角洲顶端, 区内低山丘陵、岗地、平原地貌共存<sup>[1]</sup>。自印支运动以来, 地壳经历多期、多阶段的构造变动, 尤以断裂构造十分发育。本文通过地质地貌调查、遥感影像解译、地球物理勘探、钻探、探槽等勘探手段, 对镇江地区断裂构造两侧第四纪地层进行年代学研究, 以确定断裂构造的活动机制和活动时间。

## 1 镇江地区大地构造背景

镇江地区位于江苏省西南部, 属宁镇山脉东段向东延伸的一部分, 地势南高北低, 北部和东部属长江三角洲顶端新长江三角洲平原, 中部十里长山为低山与丘陵, 南部属岗地地貌。本区大地构造分区主要涉及扬子断块区(Ⅱ)的下扬子断块(Ⅱ<sub>1</sub>), 邻近华北断块区的鲁苏断块(Ⅰ<sub>1</sub>)、徐淮断块(Ⅰ<sub>2</sub>)<sup>[2]</sup>。

扬子断块区, 亦称扬子准地台, 西南起自云南东部, 东至江苏、南黄海, 其范围包括几乎整个长江流域和南黄海的广大地区, 是晚元古代形成的中国第二个重要准地台, 具有形成时代晚、基底新、盖层发育、构造变动强烈及后期改造显著等特点。扬子断块区(准地台)可划分为10个二级构造单元, 其中下扬子断块(又称下扬子台褶带或下扬子拗陷带)的主

收稿日期: 2016-04-15

作者简介: 宗开红(1962-), 研究员级高工, 长期从事第四系及地质环境调查研究工作。E-mail: zkaihong818@126.com

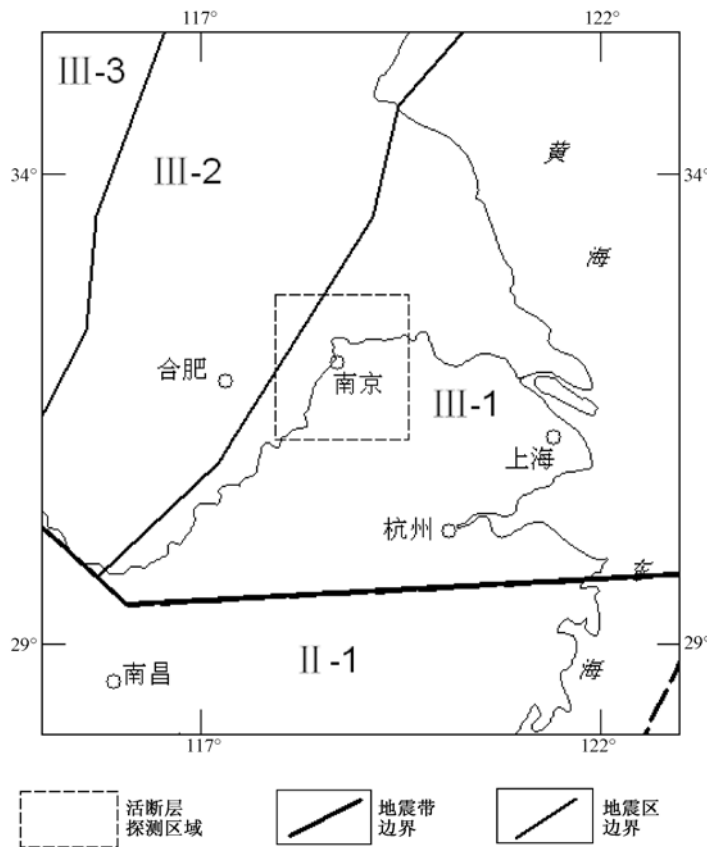
通讯作者: 康从轩(1984-), 博士, 工程师, 主要从事水文地质与工程地质研究。E-mail: 109966079@qq.com

要特点是中生代以来发育有强烈的中酸性岩浆活动，并以火山作用为主，形成了一系列火山岩盆地，从而构成了长江下游火山活动带<sup>[3]</sup>。镇江地区位于下扬子断块南京拗陷的东北段。

下扬子断块是一个以前震旦系为基底，从震旦纪至三叠纪长期发育起来的拗陷带（江苏省地矿局，1984），区域上经历了3个大的演化阶段。第一个阶段是下扬子陆块结晶基底形成阶段，区内最古老的基底岩系——长城纪埤城岩群是这一阶段的产物，晋宁运动最终形成了变质结晶基底。第二个阶段乃陆块增生阶段，沉积有南华纪的磨拉石建造和冰碛岩，震旦纪至志留纪的广海碳酸盐岩和碎屑岩，泥盆纪至三叠纪的海相碳酸盐岩、碎屑岩、海陆交替相含煤岩系和陆相碎屑岩等，各地层之间均为整合或假整合接触；印支运动期伴随着华北与扬子板块的汇聚，区内南华纪以来的沉积地层全面褶皱。第三个阶段为滨太平洋大陆边缘活动带阶段，先后经历了前陆盆地、陆内走滑-拉张盆地、陆内拗陷盆地和陆内断陷盆地等发育阶段，形成大规模火山-侵入杂岩和陆源碎屑沉积<sup>[4]</sup>。

中、新生代构造期以来，区域构造运动以断裂和断块活动为主，并以引张-伸展型构造运动为主要活动特征，形成了一系列由相对沉降或隆升构造运动形成的新生代断陷或拗陷型的构造盆地及隆起区。

镇江地区位于华北地震区东南部，涉及长江下游—黄海地震带和郟庐地震带（见图1），



II—华南地震区；II-1—长江中游地震带；III—华北地震区；III-1—长江下游—黄海地震带；  
III-2—郟庐地震带；III-3—华北平原地震带

图1 镇江及邻近地区地震带分区图

Fig.1 Earthquake belts in Zhenjiang and adjacent areas

主体位于长江下游—黄海地震带<sup>[5]</sup>。本区历史上共记载到  $M \geq 4.7$  级地震 3 次, 其中 5 级以上地震 2 次, 4~5 级地震 1 次。另据区域地震台网记录, 自 1970 年 1 月至 2006 年 12 月, 镇江地区共记录到  $M_L \geq 1.0$  级地震近千次<sup>[6]</sup>。镇江地区地震活动空间分布是不均匀的(见图 2), 主要表现为成团成片分布的丛集性特征, 并具有良好的重复性。其中茅山断裂带及其附近地区以及扬州等地是本区中强震活动的丛集区, 破坏性地震在这两个地区都重复发生过。现代地震则主要分布在镇江市区、世业洲与长江南岸之间及东部大路镇一带, 除溧阳地区曾有余震序列发生, 六合瓜埠地区曾有小震序列外, 其他地区地震不具明显的线性特征及集中性<sup>[7]</sup>。

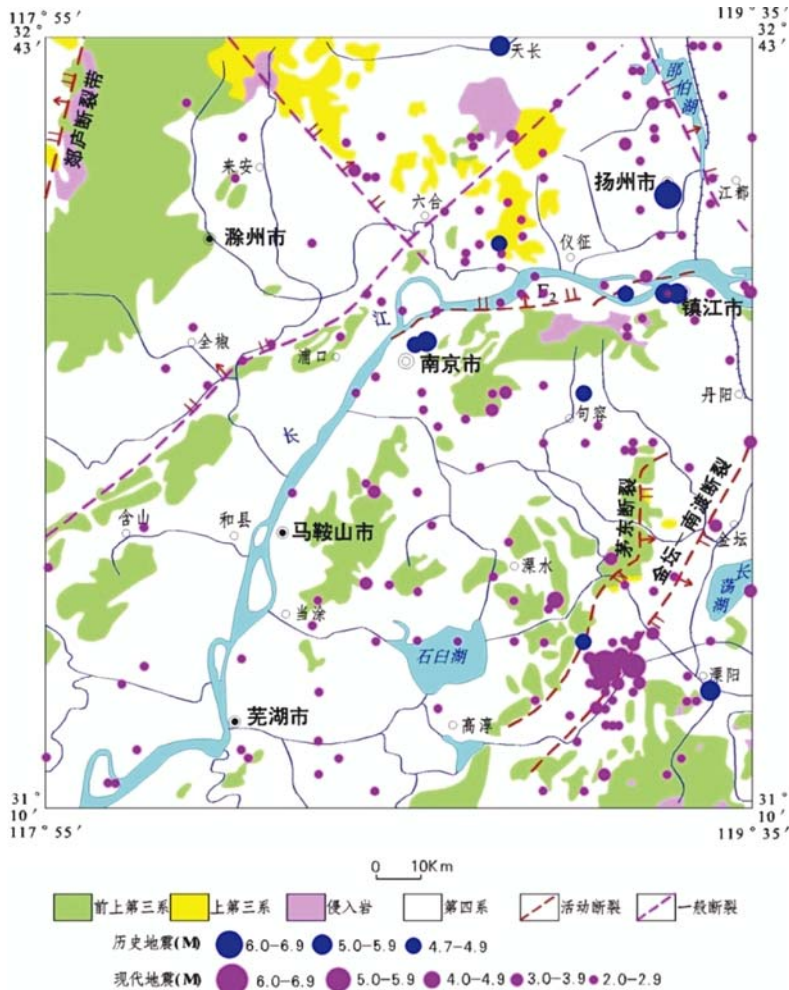


图 2 镇江地区及其外围地震震中分布图

Fig. 2 Epicenter distribution of the earthquakes in Zhenjiang and adjacent areas

## 2 主要活动断裂

自印支运动以来, 区内经历多期、多阶段的构造变动, 断裂构造十分发育(见图 3)。不同时期形成的断裂按方向主要有: 北东—北北东向、北西向、近东西向、近南北向断裂及与褶皱伴生的走向逆冲(掩)断层等。在时间上, 走向逆冲(掩)断层及早期近东西向断

裂形成较早,可能形成于印支晚期—燕山早期的褶皱造山作用;北东—北北东向断裂、北西向断裂则主要为燕山期区域断块作用产物,形成了区内规模最大的断裂构造;近南北向与晚期近东西向构造可能形成于燕山晚期至喜马拉雅期,控制了区内新生代沉积凹陷的空间分布。在更新世以前具有活动性的断裂主要有茅山断裂(F2)、大路—姚桥断裂(F3)、幕府山—焦山断裂(F11)。

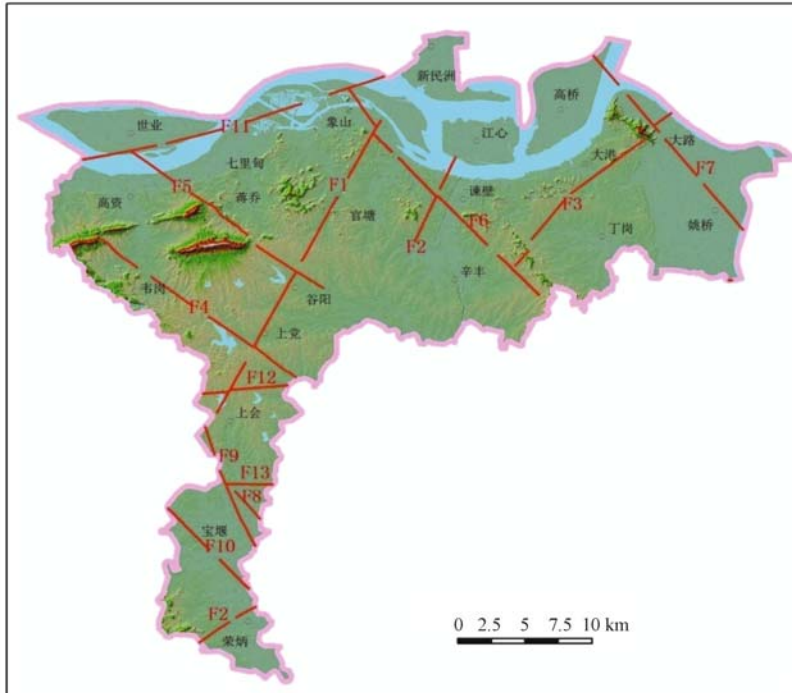


图3 镇江地区主要断裂(含活动断裂)分布图

Fig. 3 Distribution of the main faults (including active faults) in Zhenjiang area

### 3 主要断裂活动性调查与评价

#### 3.1 沿江断裂——幕府山—焦山断裂(F11)

该断裂从幕府山经燕子矶、栖霞山、龙潭延伸至镇江焦山一带,全长100余千米。在镇江地区内长度达30余千米<sup>[8]</sup>。总体走向近东西向,断面倾向北,断裂南侧为宁镇山脉,北侧为江北仪征—扬州长江三角洲平原区。幕府山—焦山断裂的长期活动造成了幕府山、栖霞山等由复式背斜构造组成的宁镇山脉隆起的北半部发生大幅度断陷,形成了江北的仪征—扬州断陷盆地和江南的宁镇断块隆起,二者沿断裂发生了显著的断块差异升降运动。同时断裂还控制着长江及其沿岸的地质地貌及第四系的形成和发育,如沿江南京东部分布着一系列北倾的断层陡崖,长江在该段的分布位置与断裂走向相吻合,断裂南盘的第四系沉积厚度明显小于北盘的第四系厚度,而进入镇江地区,该断裂处于掩覆状态,在世业洲附近该断裂侵入了大量岩浆岩。

##### 3.1.1 断层特征

幕府山—焦山断裂在高资镇以西出露地段可以观察到:断层面切割了早期由西横山组组

成的断层三角面(产状为:走向 NE80°,倾向 NW,倾角约 68°),二者产状不一致,断层面产状为:走向 NE70°—80°,倾向 N,倾角约 75°,断层两侧基岩产状差异较大,构成了断层接触关系,断面上的垂直擦痕(见图 4a)表明,断层为上盘下滑的正断层特征。断层内发育 10~100 cm 厚的青灰色、暗绿色及黄棕色断层泥,其表面发育有年代较新垂向擦痕,除发育在断层三角面上的垂向擦痕外,还发育有水平擦痕、斜向擦痕(见图 4b)。断层面不同运动方向、不同期次的擦痕说明断裂曾有多次活动,断层运动除正倾向滑活动外,还存在一定量的水平运动。其中时代最老的断层泥已固结成岩,色深,岩性坚硬;时代较新的断层泥未固结,质松,色浅,较新鲜。整个断层带内的物质主要由断层破碎带、固结的构造岩(固结的断层泥)以及厚度较小、质地松散的断层泥组成。后者推测形成时代为第四纪,前者应形成在前第四纪时期(见图 4c)。同时,断层泥表层的残坡积层及上覆黄土层的光释光测年结果显示,基岩面之上覆盖的残坡积层形成的年代为距今 0.10~0.11 Ma,断层带内断层泥年龄(ESR 测年)为  $(0.37 \pm 0.037) \sim (0.38 \pm 0.038)$  Ma。断层错断了基岩面,并多次有过活动,但它没有错断上覆的第四系沉积地层(形成年代距今 0.10~0.11 Ma)。



图 4 幕府山—焦山断裂特征图片

Fig. 4 Photos showing the characteristics of the Mifushan-Jiaoshan fault

### 3.1.2 ASTER 2D、3D 卫星遥感影像特征

在遥感影像上,断裂构造地貌特征明显。中西部一带断裂走向为北东向,向东转为近东西向,断层带沿江南岸形成陡峭的正断层崖地貌特征,线性影像平直。野外考察表明,断层南盘的地层产状陡倾,幕府山以东地区,山前发育一系列断层三角面,断层切割了基岩

面，断面北倾，其上盘形成宽度较大的断层破碎带，构成了断裂的主断面。

### 3.1.3 跨断层钻孔联合地质剖面综合解释

跨断层联合钻探剖面布设在幕府山—焦山断裂带北缘断面上，剖面位置在镇江地区高资镇的西侧。剖面图（见图5）显示，幕府山—焦山断裂错断了第四系下伏上白垩统浦口组（ $K_2p$ ），最大断距3.1 m，倾向北，倾角 $50^\circ$ — $65^\circ$ ，为正断层，并具有往深处断距逐渐变大的特征。上覆第四系沉积物④层以上沉积厚度均匀，未受到断层扰动或发生断错；⑤、⑥层第四系厚度变化较大，断层上盘的第四系厚度远大于下盘，两者厚度差大于10 m，形成了断层两侧（上、下盘）明显的同层位沉积变形，这一变形与断裂长期的同生长蠕滑断错位具有密切的关系，应该属断层除粘滑运动以外的另一种活动方式，由于本区史料记载的最大地震小于6级，亦从未发现过古地震事件，因此在第四纪地层中未见明显的断错，但在断层两侧明显的沉积厚度差异往往可以表证断层虽未发生快速引发地震的粘滑运动，但却不断进行着长期缓慢的蠕滑运动。剖面④层以上地层年代为第四纪全新世（OSL Sampling:  $\leq 10.8 \pm 1.1$  ka BP），⑤层和⑥层为第四纪晚更新世（OSL Sampling:  $\geq 13.0 \pm 1.3$  ka BP），断层泥年龄0.6 Ma，为第四纪中更新世。根据上述断层错断的地层层位、上断点上覆地层的年代、风化壳形成年代界线（Q2）及断层泥测试年代数据，并结合浅层人工地震探测结果认为，幕府山—焦山断裂活动年代为第四纪中更新世。

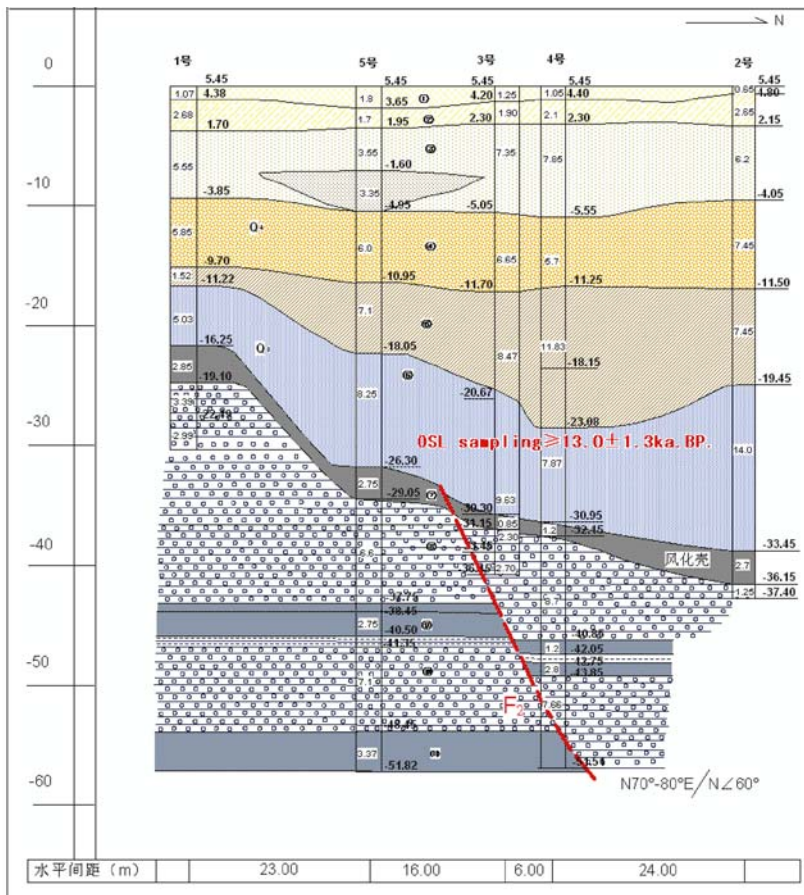


图5 幕府山—焦山断层（F11）钻探联合地质剖面图（据江苏省地震工程研究院）

Fig. 5 Drilling geological profiles in the Mufushan-Jiaoshan fault (F11)

从世业洲—巢凤山钻孔联孔剖面(见图6)可以看出,幕府山—焦山断裂具有多期次活动特点。分析第四系沉积物分布的底板埋深认为:更新世早期,断裂两侧均具有抬升的特点,在断层两侧未见沉积物或早期沉积物遭后期冲刷未见残留;更新世中期,断裂南侧山麓区开始接受残坡积、冲坡积沉积物,地壳抬升,而断裂北侧地壳下降,接受了河流河床相沉积,其顶板埋深在68~70 m之间,自此开始,断裂北侧一直处于下降阶段,接受河流相沉积,其中冲刷、堆积交替发生,堆积了厚度超过60 m的第四系河流-河口相松散堆积物。

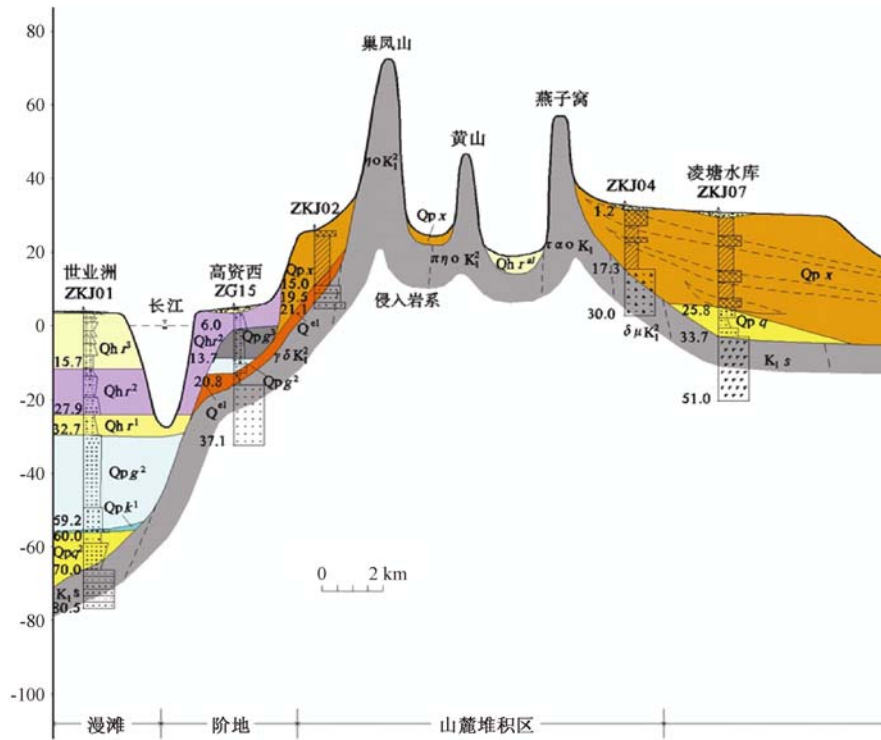


图6 世业洲—巢凤山钻孔联孔剖面  
Fig. 6 Drilling profiles in Shiyezhou-Chaofengshan area

从剖面中残留的第四系同时代沉积物顶底板的埋深分析,幕府山—焦山断裂主活动期在更新世中期或以前。更新世中期至全新世早期,断层的上盘(下降盘)始终处于缓慢下降之中,具有间歇性抬升特征,至距今7.0 ka(全新世中期)以来,断裂的下降盘(上盘)处于相对稳定阶段,有文字记载的历史亦偶发地震现象<sup>[9]</sup>。

### 3.1.4 钻孔超声波CT扫描

在跨断层钻探联合剖面实施的基础上,对5号至4号孔之间的断面进行了跨断层超声波CT扫描探测。探测结果(见图7)表明,断层通过处,基岩表面的风化壳(黄色条带)及基岩层内的泥岩层(黄色条带)均发生了断错(或破碎),并沿断层面分布有断层泥(黄色斑点条带)。

### 3.1.5 断裂活动性认识

通过分析钻孔联合柱状图所揭示的地层分层、岩性特征,特别是晚第四纪地层分层,确定断层两侧(上、下盘)同层位地层的断错参数(错动方式、断距、上断点断错层位、断层物质及测年数据),并结合规划区地震地质调查、浅层人工地震探测等成果资料以及相关的年代学测试数据,对幕府山—焦山断裂的活动年代进行初步分析鉴定,认为该断层的活动

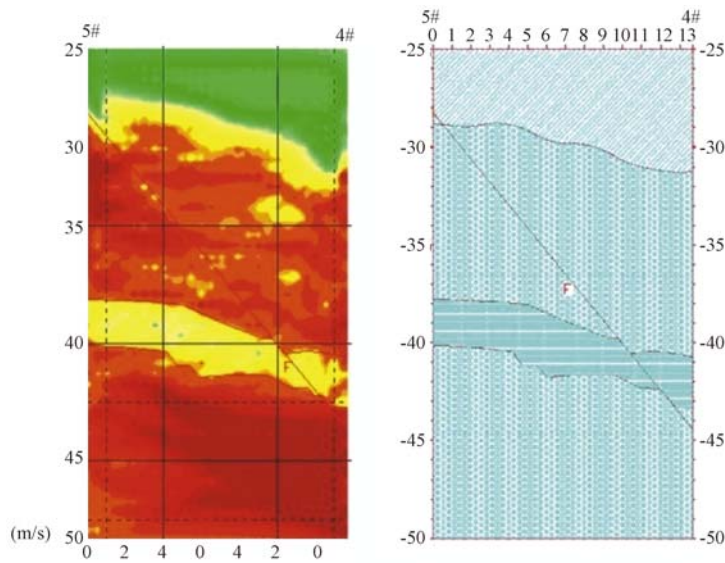


图7 超声波CT扫描影像及解译图

Fig. 7 Ultrasonic CT scanning image and interpretation

年代为中更新世。

### 3.2 茅山断裂 (F2)

该断裂由一系列相互平行、呈阶梯状错落的正断层组成，在镇江地区范围内为隐伏断裂。断裂总体呈北北东走向，倾向南东，倾角在 $35^{\circ}$ — $85^{\circ}$ 之间变化。该断裂由6段组成，断裂西侧出露茅山组—栖霞组，东侧则为阜宁组—下蜀组。沿断裂有上新世至更新世早期的玄武岩断续分布，玄武岩内含有上地幔物质——二辉橄岩包体，推测岩浆岩深度在50 km以下，反映了该断裂深度已达地幔。该断裂是苏南地区一条重要的重力梯度带，布格重力异常值在6 km的范围内从0变化为 $18 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ，航磁异常沿断裂显示为负异常<sup>[10]</sup>。

#### 3.2.1 断层特征

断裂在第四纪以前表现为逆冲活动，第四纪以来表现为正断层活动，多处可见错断Ⅰ—Ⅱ级阶地的正断层证据。断裂构成了丘陵山区与平原区地貌单元的分界线。断裂西侧为上升区，冲沟发育，常见谷中谷、洪积扇被抬升等现象。在上沛一带为河流汇集区，表明断裂上盘下降幅度较明显，横跨断裂的现代形变资料表明，茅东断裂附近为上升区，上升速率为 $0.5 \text{ mm/a}$ 。另据1937—1954年及1954—1978年两期水准复测资料，茅山山脉与桤溪凹陷区之间的垂直运动速率为 $1 \sim 2 \text{ mm/a}$ 。在镇江、溧阳一带曾多次发生 $4\frac{3}{4}$ ~6级破坏性地震，小震活动也较频繁。

#### 3.2.2 断裂探槽剖面特征

探槽位于溧阳曹山林场，探槽中断裂带宽3.8 m，断裂带分带明显，从下盘到上盘依次出现：①变质石英砂岩；②劈理化变质石英砂岩；③灰白色含磨砾断层泥，由高岭石和伊利石组成，含有较多石英碎屑和石英砂岩磨砾，大磨砾可保留原岩结构，仅边部的石英颗粒度减小，产生破裂纹，小磨砾则原岩结构破坏，呈碎裂-糜棱结构；④大磨砾由石英碎斑和屑状、粉状石英组成；⑤含磨砾断层泥，由次棱角状—次浑圆状石英砂岩砾和石英碎屑组成，片理化不明显；⑥灰白色片理化断层泥，由石英碎屑和高岭石、伊利石-蒙脱石组成，含少量岩砾；⑦砖红色片理化断层泥，由石英碎屑和高岭石组成，含少量岩砾；⑧含火山岩等岩



砾的长石石英砂岩。采集灰白色断层泥 12-3、12-6 和砖红色断层泥 12-7 等 3 个样品, 采用 ESR 方法, 测得 Ge 心和 E' 心年值分别为 (5.02、58.52; 7.23、75.59; 5.03、55.29)  $\times 10^4$  a, 表明该断裂带活动时间为中更新世早期—晚更新世, 可能发生 3~4 次构造活动事件。通过断层泥中石英碎屑 SEM 研究, 在早更新世—全新世有 3 次构造事件活动。综合上述地震地质、测量及物探资料分析, 推测茅山东缘断裂属第四纪晚更新世活动断裂。

### 3.2.3 茅山断裂附近地球物理勘探成果解释

#### 3.2.3.1 茅山断裂在重力场中的反映

茅山断裂在布格重力异常图 (见图 8) 上呈现北北东走向, 异常呈东低、西高<sup>[11~13]</sup>, 可分 3 段: 北段 (镇江—扬州—盐城以东), 中段 (镇江—上党—上会镇以北), 南段 (上会以东—白兔以西), 在重力布格异常图中反映为密集的梯级带异常。

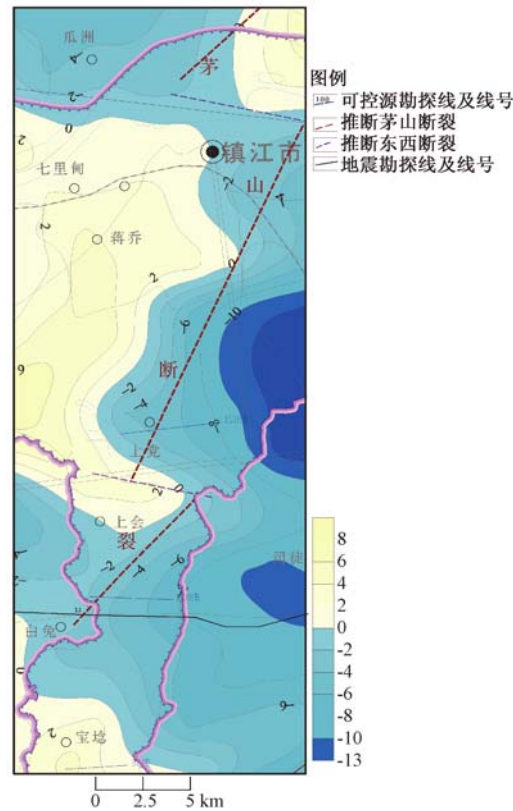


图 8 重力布格异常等值线平面图及推测茅山断裂图

Fig. 8 Gravity Bouguer anomaly contour map and inferred Maoshan fault

#### 3.2.3.2 茅山断裂在 CSAMT 资料中的反映

从上党 120 线反演电阻率断面 (见图 9) 上解译 Fsd1—Fsd8 共计 8 条断层。断层产状近直立, 断层西侧上党组厚度明显大于其东侧; 上会 100 线反演电阻率断面 (见图 10) 显示断层倾向东, 倾角较陡, 断层深部切割三叠系和二叠系, 顶部切割到赤山组和浦口组中部, 断面图上表现为电阻率等值线的明显拐折, 断层东侧电阻率值明显大于西侧。

#### 3.2.4 钻孔联孔剖面特征

茅山断裂两侧钻孔联孔剖面揭示: 断裂下盘 86 孔、上盘 87 孔孔距 3400 m, 86 孔下蜀组底板埋深 31 m, 87 孔下蜀组底板埋深 55 m。本次施工的 ZKJ06 孔 (下盘) 下蜀组底板埋

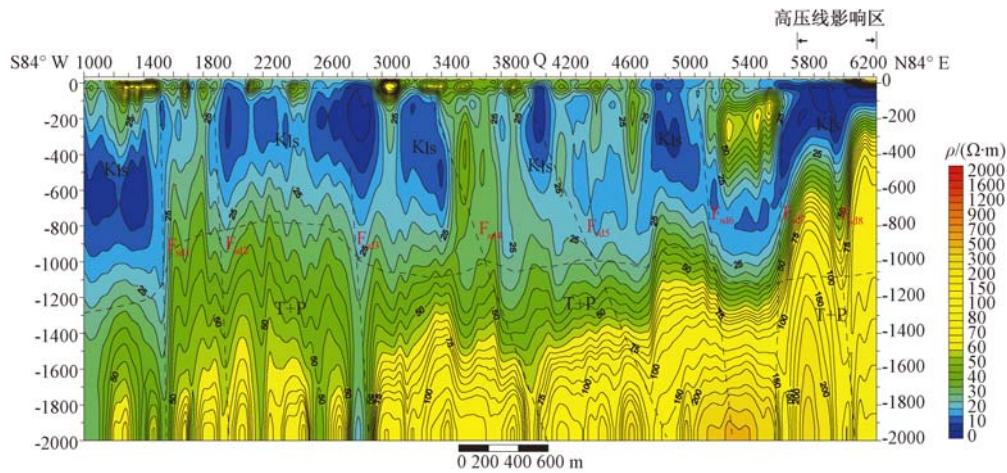


图9 上党120线CSAMT反演电阻率断面及地质解译图

Fig. 9 CSAMT inversion resistivity section and geological interpretation of Shangdang-120 Line

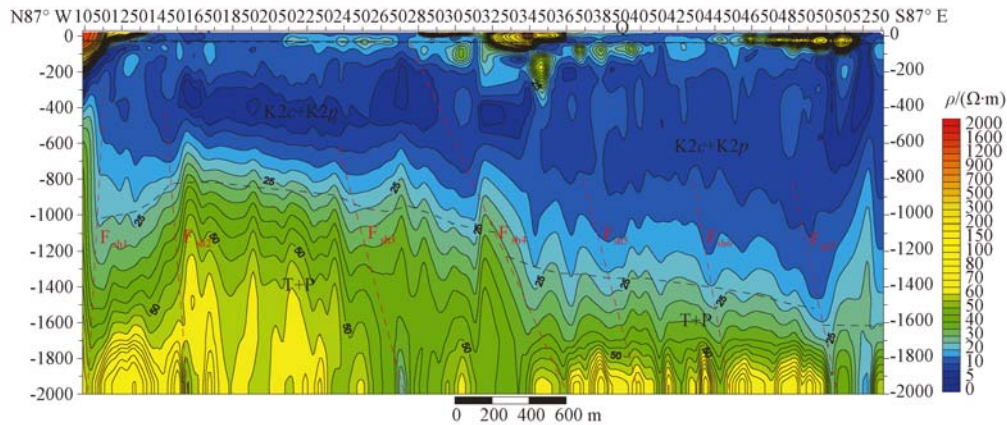


图10 上会100线CSAMT反演电阻率断面及地质解译图

Fig. 10 CSAMT inversion resistivity section and geological interpretation of Shanghui-100 Line

深 29.8 m, ZKJ16 孔 (上盘) 下蜀组底板埋深 58.4 m, 孔距 9000 m, 二孔下蜀组底板沉积物岩性具有相似性 (见图 11), 可以作为标志层进行对比, 说明茅山断裂在第四纪尤其在更新世晚期存在继承性活动特征。

### 3.2.5 断裂活动性认识

结合茅山断裂延伸的西南地区地震地质调查、浅层人工地震探测、CSAMT 勘探、第四系标志层年代学测试等资料鉴定认为: 断层的主要活动年代为更新世晚期, 但在近百年来该断裂沿线发生过 6 级以上地震, 说明在第四纪晚期仍然具有活动性, 是需要加强监测的断裂构造。

## 3.3 大路—姚桥断裂 (F3)

大路—姚桥断裂在规划区是隐伏断裂, 位于圉山—五峰山东侧, 地表被第四纪松散沉积物覆盖。

### 3.3.1 地球物理特征解释

#### 3.3.1.1 航磁特征

1977 年常州—苏州航空测量资料<sup>[14]</sup>显示, 大路—姚桥断裂处于镇江东部地磁场平缓叠

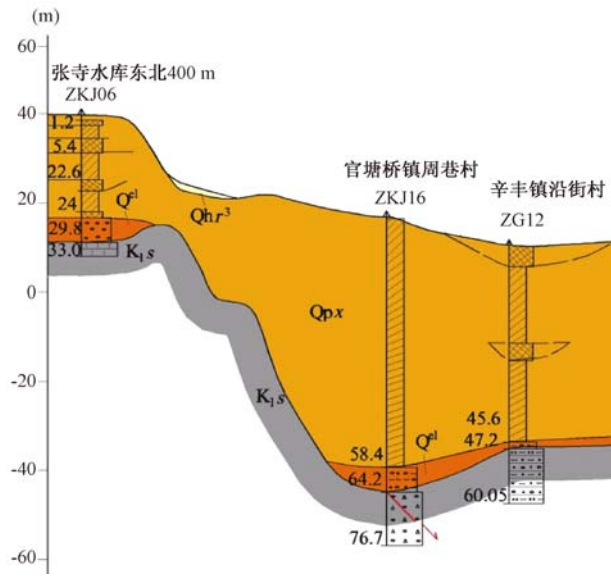


图 11 茅山断裂两侧钻孔联孔剖面第四系差异性沉积特征

Fig. 11 Quaternary differential sedimentary characteristics of the drilling profiles in both sides of Maoshan fault

加局部串珠状异常。平缓的地磁场在  $-40 \sim -50$  nT; 串珠状异常沿着北北西走向, 近等轴状, 自北向南异常值逐渐减小。在大路镇异常最大值 350 nT, 姚桥异常最大值 175 nT, 最南端异常值 100 nT (见图 12)。

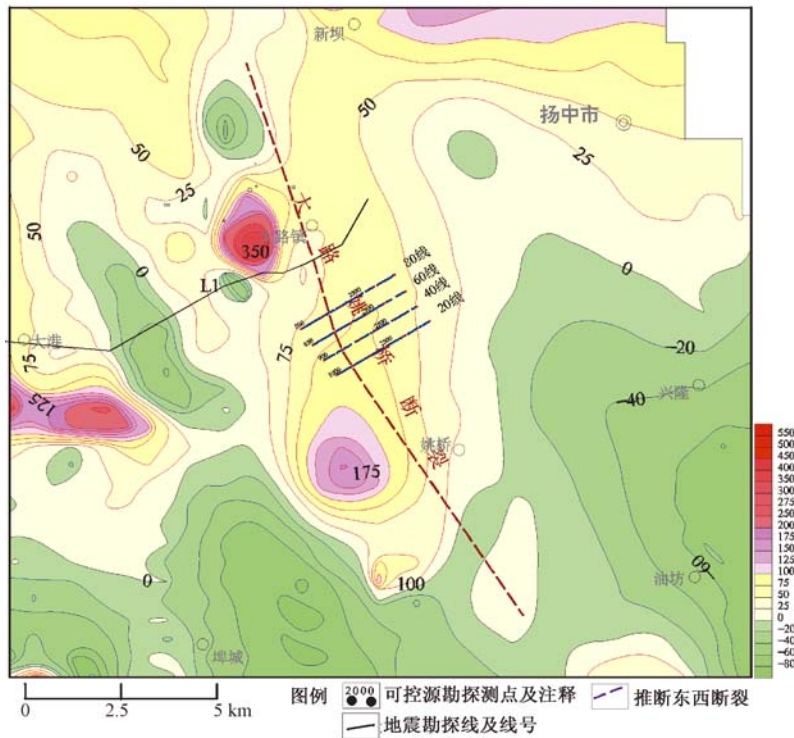


图 12 1:5 万化极等值线推断断裂图

Fig. 12 The inferred fault according to 1: 50000 aeromagnetic anomaly contour

### 3.3.1.2 地球物理勘探结果解释

重力测量与地震勘探：大路—姚桥一线以西重力异常值较高，而其东侧异常值较低，这与西侧发育的圖山火山碎屑岩、东侧发育的白垩系浦口组沉积碎屑岩密切相关<sup>[15]</sup>（见图13、图14）。大路—姚桥断裂在地震勘探剖面断陷明显，存在北西断裂构造。

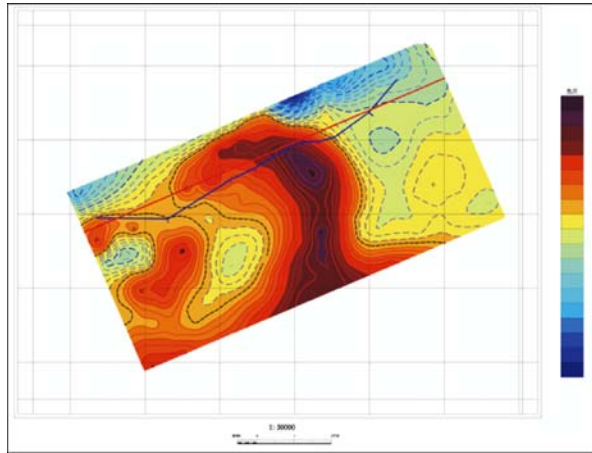


图13 圖山地区重力测量剩余重力异常图

Fig. 13 A residual gravity anomaly map in Chuanshan area

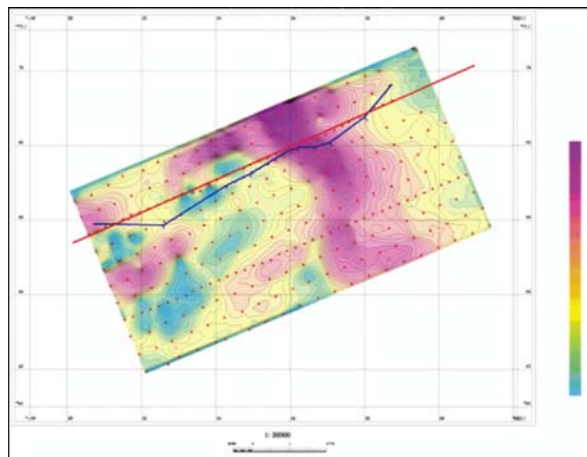


图14 圖山地区重力水平模量图

Fig. 14 A gravity horizontal modulus map in Chuanshan area

CSAMT 勘探：断裂两侧存在明显的高阻与低阻分界线，等值线密集，并出现漏斗状低阻异常带，是断裂构造的反映；异常的倾向表明断裂构造北东倾，断裂性质为张性断裂。

平面电阻率切片图（见图15）可以反映断裂在平面上的分布，深部电阻率在平面上的变化显示，断裂西侧电阻率整体较高，东侧电阻率较低，综合分析认为姚桥—大路断裂为正断层，倾向北东东，倾角较大，走向北北西。

### 3.3.2 钻孔联孔剖面特征

从钻孔联孔剖面（见图16）可见，剖面中 ZG02、ZKJ27 二孔间距 4500 m。位于断裂下盘（西侧）的 ZG02 孔全新世晚期堆积了 5.8 m 厚的河流相松散沉积物，其下则为厚达 75 m

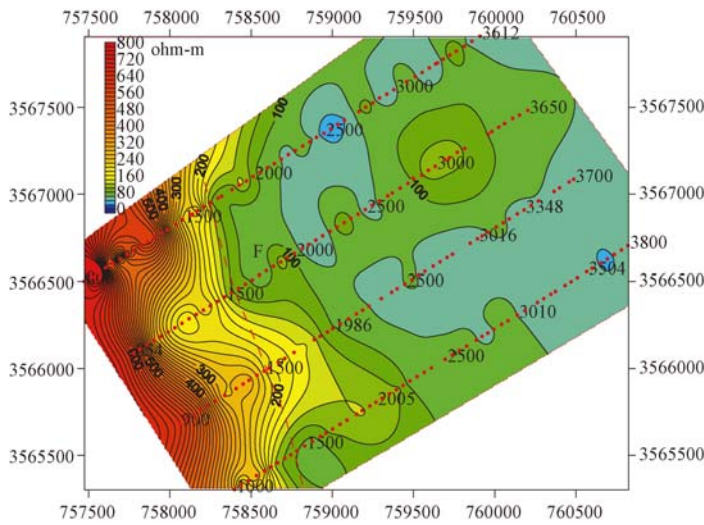


图 15 镇江新区大路镇 1000 m 深度电阻率切片图

Fig. 15 A resistivity slice map in the depth of 1000 m in Dalu Town, Zhenjiang New Area

的更新世中晚期下蜀组黄土与古土壤；而位于断裂上盘（东侧）的 ZKJ27 孔则发育了更新世中期以来的河流、河口相以粉细砂为主的沉积物，厚度达 96.8 m，期间全新世早期—更新世晚期缺失堆积，说明断裂的上盘自更新世早期地壳一直处于下降阶段，接受了大量河流相堆积，同时存在间歇性抬升，造成河流侵蚀作用加剧，致使局部地层缺失。

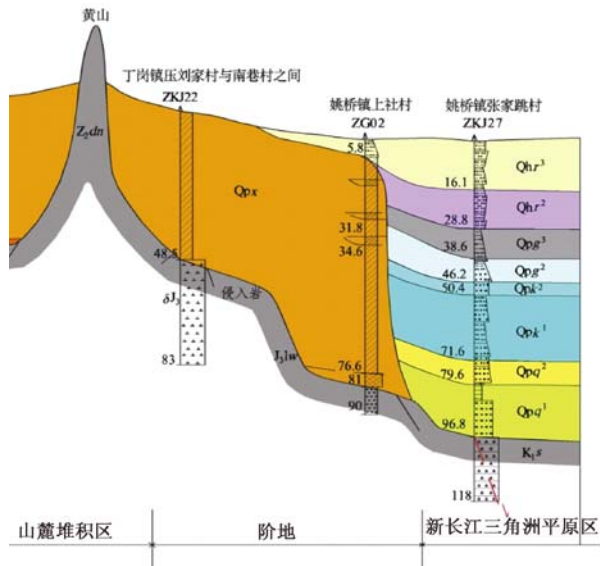


图 16 西塘—朱良村第四系钻孔联孔剖面 (PM10)

Fig. 16 Quaternary drilling profiles in Xitang-Zhuliang Village

### 3.3.3 断裂活动性认识

通过分析钻孔联合柱状图所揭示的地层分层、岩性特征、特别是晚第四纪地层分层，确定断层两侧（上、下盘）同层位地层的断错，并结合地震地质调查、浅层人工地震探测、重力测量及 CSAMT 勘探等成果资料，对大路—姚桥断裂的活动年代进行初步分析鉴定，得

出：断层的主要活动年代为更新世晚期，至全新世早期存在下盘上升、上盘下降的差异运动特征。

#### 4 主要断裂构造活动性评价

镇江地区主要活动断裂构造为茅山断裂、幕府山—焦山断裂、大路—姚桥断裂，通过对其开展的地震地质调查、地球物理勘探（含浅地震勘探、CSAMT、重力测量等）、第四系钻孔标志层联孔剖面研究，活动断裂的活动时代基本具有共性，主要活动时代在更新世中期，更新世晚期—全新世早期存在沉降差异性特征，全新世中晚期全区基本处于相对稳定的构造时期，塑造了长江南岸以山丘区、长江北岸以接受较厚的第四系河流相松散沉积物为特征的现代地貌景观。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] 镇江市地方志编纂委员会. 镇江市志 [M]. 上海: 上海科学出版社, 1991.  
Local Records Compilation Committee of Zhenjiang. Zhenjiang records [M]. Shanghai: Shanghai Science Press, 1991.
- [ 2 ] 地质部华东石油物探大队. 江苏省苏南、浙北、浙江肖、绍、宁、金、衢地区 1: 20 万工作结果报告 [R]. 1960.  
East China Petroleum Geophysical Prospecting Unit, Ministry of Geology. 1: 200000 working result report for south of Suzhou, north of Zhejiang and Shaoxing, Ningbo, Jinhua, Quzhou areas [R]. 1960.
- [ 3 ] Ji Feng-xu, Shinjo R, Defant M J, et al. Origin of Mesozoic adakitic intrusive rocks in the Ningzhen area of east China: Partial melting of delaminated lower continental crust? [J]. Geology, 2002, 30 (12): 1111 ~ 1114.
- [ 4 ] 江苏省地质矿产局. 宁镇山脉地质志 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Jiangsu Province. Mountain geological records of Ningzhen [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1989.
- [ 5 ] Feininger T. Igneous rocks: A classification and glossary of terms (Recommendations of the IUGS Subcommission on the systematics of Igneous Rocks) [J]. Canadian Mineralogist, 2002, 40 (6): 1737 ~ 1738.
- [ 6 ] 谢华章, 田建明. 长江中下游—南黄海地震带地震活动趋势分析 [J]. 地震学刊, 1998, (3): 1 ~ 6.  
XIE Hua-zhang, TIAN Jian-ming. Study on seismicity trend of the middle-lower reaches of the Yangtze River and south Yellow Sea seismic zone [J]. Journal of Seismology, 1998, (3): 1 ~ 6.
- [ 7 ] 田建明, 谢华章. 江苏地区地震活动性图象的构造解释 [J]. 地震地质, 1996, 18 (3): 252 ~ 257.  
TIAN Jian-ming, XIE Hua-zhang. Structure interpretation for earthquake activity map of Jiangsu province [J]. Seismology and Geology, 1996, 18 (3): 252 ~ 257.
- [ 8 ] 侯康明, 张振亚, 刘健达, 等. 南京市活断层探测与地震危险性评价 [M]. 北京: 地震出版社, 2011.  
HOU Kang-ming, ZHANG Zhen-ya, LIU Jian-da, et al. Active fault detection and seismic hazard assessment in Nanjing City [M]. Beijing: Seismological Press, 2011.
- [ 9 ] 石尚群, 黄震方, 缪本正, 等. 南京区域地壳稳定性评价 [J]. 江苏地质, 1989, (1): 29 ~ 35.  
SHI Shang-qun, HUANG Zhen-fang, MIAO Ben-zheng, et al. Evaluation of regional crustal stability in Nanjing [J]. Jiangsu Geology, 1989, (1): 29 ~ 35.
- [ 10 ] 江苏省地质调查研究院. 长江三角洲重点地区 (江苏) 三维地质结构调查报告 [R]. 2015.  
Geological Survey of Jiangsu Province. Investigation report of three dimensional geological structure in the key areas of the Yangtze River Delta (Jiangsu) [R]. 2015.
- [ 11 ] 地质部航测大队综合研究队. 长江下游地区 1: 25 万航空磁测报告 [R]. 1960.  
Comprehensive Research Team of Airborne Brigade, Ministry of Geology. 1: 250000 aeromagnetic survey report for the lower reaches of the Yangtze River [R]. 1960.
- [ 12 ] 冶金部江苏冶金地质勘探公司 814 队. 江苏省镇江市 (西) 测区重磁普查工作报告 [R]. 1982.

- Jiangsu No. 814 Team of Metallurgical Geology Exploration Company, The Ministry of Metallurgical Industry. Working report for gravity and magnetic survey in Zhenjiang (west) survey area, Jiangsu province [R]. 1982.
- [13] 地质矿产部航空物探遥感中心. 江苏南部地区航磁勘查 1:5 万成果报告 [R]. 1992 ~ 1993.  
Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Ministry of Geology and Mineral Resources. 1:50000 result report for aerial magnetic survey in South Jiangsu [R]. 1992 ~ 1993.
- [14] 地质矿产部航空物探总队. 下扬子地区 1:100 万构造航磁结果报告 [R]. 1984.  
Airborne Geophysical Prospecting Unit, Ministry of Geology and Mineral Resources. 1:1000000 structural aero magnetic result report of Lower Yangtze area [R]. 1984.
- [15] 江苏省地矿局物化探大队. 江苏省宁镇地区 1:5 万重力测量工作成果报告 [R]. 1985.  
Bureau of Geology and Geophysical Prospecting Brigade, Jiangsu province. 1:50000 report on the results of gravity survey of Ningzhen, Zhenjiang [R]. 1985.

## RESEARCH ON THE MAJOR ACTIVE FAULTS IN ZHENJIANG, JIANGSU AND THEIR LATE QUATERNARY ACTIVITIES

ZONG Kai-hong<sup>1</sup>, ZONG Wen<sup>1</sup>, KANG Cong-xuan<sup>2,3</sup>, BAI Shi-biao<sup>4</sup>

(1. Jiangsu Geological Survey Research Institute, Nanjing 210049, China;

2. Nanjing Geological Survey Center, China Geological Survey, Nanjing 210037, China;

3. Hehai University, Nanjing 210018, China;

4. Nanjing Normal University, Nanjing 210066, China)

**Abstract:** Combined with a series of measures from geophysical exploration, drilling and trench, through surveying the geomorphology and interpreting the remote sensing image at Zhenjiang, Jiangsu province, we discussed the age of Quaternary strata at both sides of Zhenjiang fault, then confirmed the activity mechanism and activity time of the fault. Research showed that the faults formed in different periods divided by directions include NE-NEE, NW, nearly EW, nearly NS and strike thrust (eversed) faults associated with fold, etc. Strike thrust (eversed) faults and early nearly EW trending faults formed in the late Indosinian to early Yanshanian fold orogenesis, NE-NNE trending and NW trending faults are the largest faults, formed mainly in Yanshan regional fault blockperiod. Nearly SN and late nearly EW trending tectonics controlled the spacial distribution of the Cenozoic sedimentary depression, which formed in late Yanshanianto Himalayan period. The faults that have inheritance activities include Mufushan-jiaoshan fault, Maoshan fault (belt) and fault along the river since the Quaternary, they are the main fault tectonics to Shape the modern landscape. Combining the regularity of seismic occurrence at Zhenjiang region with the characteristics of stress field, we consider the last activity time of the fault tectonics in Zhenjiang region is Pleistocene, activity is weak at Holocene, and then tends to be stable.

**Key words:** Zhenjiang city of Jiangsu province; active tectonic; Quaternary strata; active faulting; seismic hazard