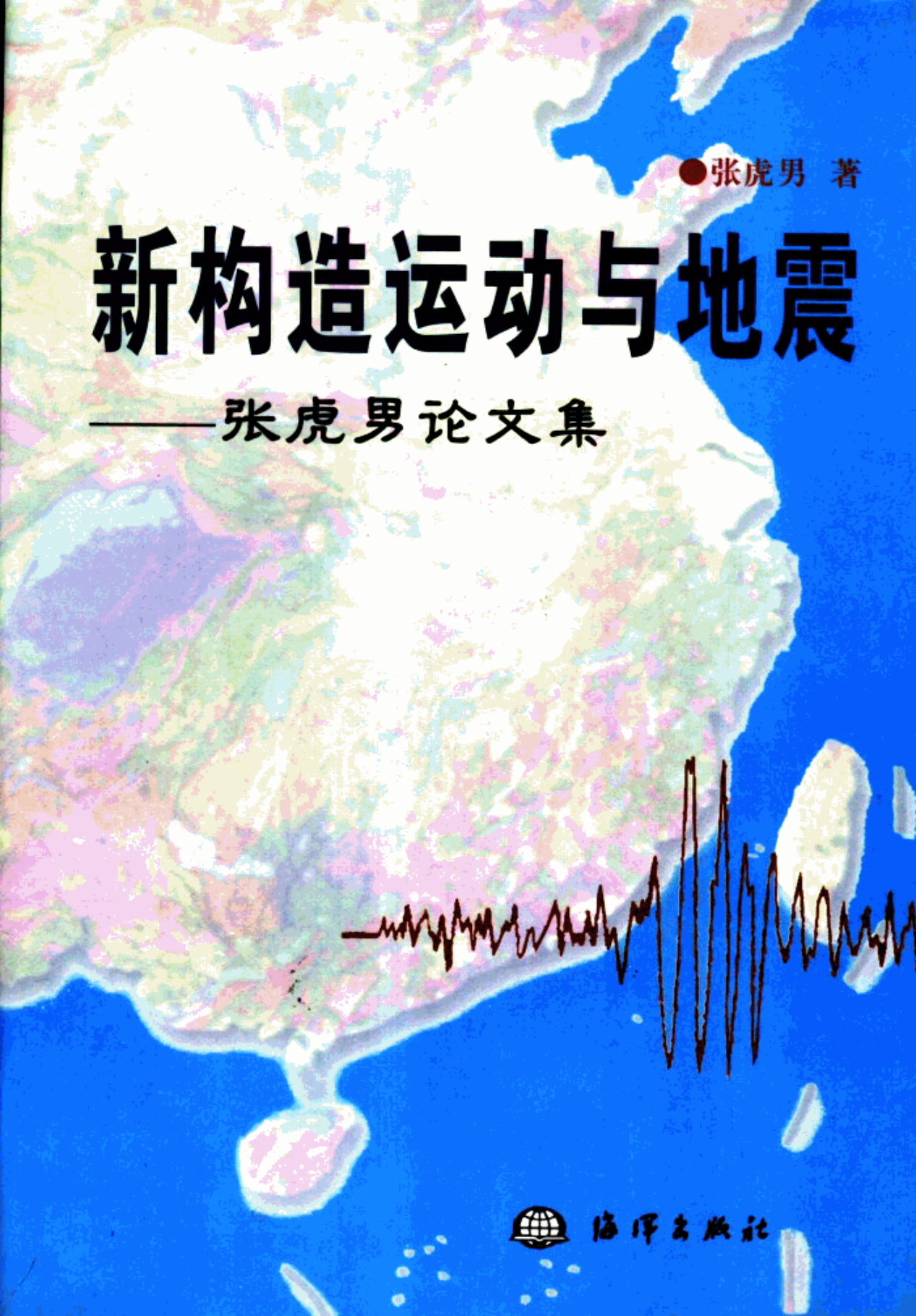


A stylized map of China is the central focus, rendered in a mosaic of pink, yellow, and green. The map is set against a solid blue background. A black line representing a seismic wave or fault line runs across the lower right portion of the map. In the bottom right corner, there are several small white dots and a few small, light-colored rectangular shapes.

●张虎男 著

新构造运动与地震

——张虎男论文集



海洋出版社



张虎男

此书谨为纪
念张虎男研究员
而出

《新构造运动与地震》编委会

主编 黄镇国 丁国瑜 汪一鹏

编委 丁原章 魏柏林 陈伟光

赵叔松 吴 红 李平日

序

张虎男研究员 1961 年毕业于北京大学地质地理系。从 60 年代中期地震活动在我国十分活跃的那个时期起,为探索减轻地震灾害的途径,他毅然投身于地震科学研究的事业,30 多年来一直兢兢业业地致力于地震地质科学研究,尤其是作为地震研究基础的构造地貌、第四纪地质和新构造运动等方面的研究。在这些研究领域中,他所从事的研究课题相当广泛,河流阶地、海岸地貌、海平面变化、第四纪地层年代、风化壳、火山活动、断层活动和新构造运动等,无所不涉。研究区域则主要是在华南和东南沿海一带。他扎根于这一地区,从多个角度追索研究与地震活动有关的各种现象和问题,探寻为减轻地震灾害、地质灾害和保护环境、正确评价区域地震稳定性的方法和途径,成绩斐然。

张虎男研究员十分重视许多基础性科学问题的研究。他对华南第四纪地层的划分,包括老红砂和玻璃陨石的研究,对华南地区海岸地貌、海平面变化的研究,对华南大量有关新构造运动速率数据的积累与分析以及第四纪沉积物和地貌面年代的研究等,涉及许多对这些地区有普遍意义的重要问题。他获得的研究成果及提出的许多有意义的新看法,凝聚了他多年来在这些园地里孜孜以求、勤奋耕耘所付出的大量心血,是对华南及东南沿海地区这一科学领域做出的重要贡献。他的许多有代表性的论文经常被引用,就是一个明证。

我与虎男相识多年,可以说是老朋友了。他来北京出差时常常见面,每次见面都谈得十分愉快。他送给我的一块他在野外采集的雷公墨(玻璃陨石)标本,至今我一直珍藏着。1996 年第三十届国际地质大会后,我曾接到他的来信,信中谈及他近年的一些想法。他很想有机会对华南的新构造和地震构造等方面的一些问题加以总结整理,开展一些综合性的研究。但不幸的是他因病过早地离开了我们,令人十分遗憾,他没有能够实现这一愿望。

这本论文集是从他生前未发表的和已发表的部分论文中选编集结成册的。尤其是本文集包含了他生前未发表过的《东南沿海活动断块构造的划分及近期活动幅度和速率的估算》这篇论文。该文是他在 1990~1993 年期间从事“东南沿海工程地震地质条件研究”项目的工作中承担的一个专题研究总结。文中包含了东南沿海有关宏观构造地貌特征和新构造运动状况的大量定量、半定量数据以及他的分析与认识,对于分析和判定东南沿海各断块构造在地质近期的稳定性,有重要的参考价值。此文的发表也可以说是对作者生前愿望在某些方面

的一个补偿。

张虎男是一位在科研工作中十分勤恳的学者。他一生忘我工作，顽强拼搏，不倦地追求科学真理，献身科学。他的逝世使我们扼腕痛惜。这一论文集的出版可使更多的人读到他生前的科研成果，使之发挥更大的作用，同时这也是我们对他怀念和纪念的一种最好方式。

丁国瑞

1998年4月

前 言

云水襟怀松柏志，张虎男教授一生淡泊名利，安于清贫，在基础研究的园地里笔耕不止；几十年攀山涉水，抱病考察，意志坚强。蜂采百花成蜜后，一生著作甚丰，发表或出版的主要论著超过百篇(册)，正如他自己所说：“为社会留下了一些实实在在的东西。”但因限于多种条件，这本文集仅精选了部分论文，作为对他不可忘却的纪念。

他发表的著作，70年代以前的很少，这是那个特殊年代的一种折射。1961年，他走出北京大学校门，没几年就是“文化大革命”的时代，与他大体同龄的科技人员都被耽误了最宝贵的年华。80年代，迎来了科学的第二个春天，那时他已年届不惑，尚属年富力强，这是他著述的盛期，发表论文50余篇，年年都不止一篇，多者一年9篇。几篇最有代表性的论文，例如《断块型三角洲》(地理学报，1980)、《断裂作用与韩江三角洲的形成和发展》(海洋学报，1983)、《台湾岛及闽粤沿海一带板块碰撞及地震屏护区的形成》(中国科学，1987)均在80年代问世。好雨知时节，润物细无声。他默默耕耘，成果累累，不负大好春光。90年代深入科技体制改革，基础研究困难重重，已年届半百的他，在这个“春天的秋天”里，不为社会上“满脑子钞票打架”的商潮所动，仍然在科学上孜孜以求，每年发表论文两篇以上，多者达7篇。很有创见的论文《热带震害研究》(中国科学，1993)即在此时发表。60~80年代研究工作的总结性专著《华南沿海新构造运动与地质环境》(51万字)，亦于1990年由地震出版社出版。老骥虽失青壮时，不用扬鞭仍奋蹄。年近花甲，在他生命的最后三年，还发表了15篇论文，并且参与了“广东海平面变化”这一重大项目的研究。

我比虎男长3岁，但他常称我为师，受之有愧之余，也许我与他在科研工作的经历上颇有相似之处，时也，运也，命也。莫道前路无知己，天下谁人不识君？虎男的夫人吴红女士嘱我主编《张虎男论文选集》，让他的著作广为人知，我当义不容辞。

本文集共收录20篇论文，其中未发表过的有两篇。按论文内容大体分四组，前七篇是关于新构造运动，次五篇是关于新构造与地震，再五篇是关于构造地貌，后三篇是关于沉积。他用英文发表的论文有13篇，限于本书的篇幅，未能收集全文，仅附题录。

文集集中的每篇文章均不再署名，张虎男均为第一作者，其中与陈伟光副研究员等合撰的有 11 篇，均已在相应的题注中注明。曾发表的论文均注明出处，但摘要和参考文献从略。

本文集的选审编辑和出版，承蒙国家地震局丁国瑜教授，国家地震局地质研究所汪一鹏教授，广东省地震局地震工程研究院张虎男生前所在课题组、广东省地震局科技信息室、广东省地震局丁原章、张大名、周克森、郭钦华研究员及徐起浩、吴鹏、王正尚副研究员、蒋企高级工程师等，给予热诚关心和鼎力支持，在此一并表示感谢。

黄 镇 国

1999 年 5 月

目 次

东南沿海活动断块构造的划分及近期活动幅度和速率的估算	1
华南沿海断块构造近期活动幅度和速率的估算	38
华南沿海主要活动断裂带的比较构造研究	45
华南岛弧系统的近期活动	53
雷琼地区新构造运动的特征	60
闽粤一带沿海地区北西向断裂的活动性	71
福建长乐—诏安断裂带的新构造运动	79
台湾岛及闽粤沿海一带板块碰撞及地震屏护区的形成	86
热带震害研究——以雷琼热带区为例	96
构造地貌研究在广东地震地质工作中的应用	105
海南岛的地震活动与地震构造	112
火山活动、地震活动、水热活动关系——以华南沿海地区为例	116
华南沿海活动断块的构造地貌特征	123
断块型三角洲	131
断裂作用与韩江三角洲的形成和发展	140
琼洲海峡成因初探	150
琼洲海峡裂谷成因的火山活动标志	158
粤西玻璃陨石的发现及其断代意义	167
深圳龙岗旧石器调查地的地质背景	174
南海北部地质灾害对油气勘探开发的影响	180
 纪念文章	
相濡以沫	吴红 187
念父亲张虎男	张晖、张旭 189
纪念张虎男兄	陈伟光 190
纪念虎男 学习虎男	赵叔松 192
 张虎男研究员著作目录	195
张虎男研究员获奖情况	199

东南沿海活动断块构造的划分及 近期活动幅度和速率的估算*

本文所谓的东南沿海系指北起江苏中部($32^{\circ}24'N$),南至广西西南(约 $108^{\circ}E$)中越边界的东端,由海岸向内陆约250km的地区,总面积约 $50 \times 10^4 km^2$ 。在这一区域内,有我国最大的工业城市上海;有我国的南大门广州;有我国最富饶的两大三角洲——长江三角洲和珠江三角洲;还有我国主要的经济开发区和开放口岸。它既与我国的台湾省有种种地理上和社会传统上的联系,又毗邻港、澳。因此,在开放改革、实现四化的现阶段,具有重要的战略意义。

本文是《东南沿海工程地震地质条件评价》研究课题的基础研究的初步总结,同时也给出了区域稳定性的宏观评价,为进一步的研究和评价提供背景性的依据和部分定量或半定量的资料。

1 活动断块构造划分的原则和依据

根据若干依据和原则,将东南沿海地区划分为20个断块构造区及若干个断块构造亚区(二级)和小区(三级)。这些依据和原则是:

(1)各类动态标志。首先是晚新生代活动断裂的确定。东南沿海发育三组方向的断裂:以北东向的规模最大;北西向的活动最新;近东西向的切割最深。它们围截东南沿海成盆地、三角洲(断块型)、岛链、低丘台地、山地丘陵、水下岸坡等。普遍可见这些断裂所塑造的断块山、断层谷、断陷盆地以及由拱曲、褶皱等新构造运动形成的地貌单元。根据 ^{14}C 测年数据、形变测量资料、历史地震统计和各类等时地貌面的对比发现,部分北东向断裂、多数近东西向断裂和几乎所有的北西向断裂,在晚新生代期间,都有程度不同的活动,致使它们所围截的断块山或断陷盆地作相应的垂直或水平运动。火山、地震、水热活动等动态标志,大多数与断裂活动有关。因此,划分新生代活动断块的各项动态标志,基本是一致的。

(2)继承性与新生性。东南沿海的断块构造,在燕山期已有强烈的活动,近期断块是在燕山期奠定的构造格局上进一步发展的。一些主要的北东向大断裂,都是燕山期的活动构造带,它们多数构成了近期断块的边界。新构造运动对前期构造格局的改造,主要表现为新生的、强烈活动的北西向断裂对一系列北东向平行岭谷的再切割。前者并塑造了沿海最新的断陷盆地(槽地或断块型三角洲)。由于北西向断裂的新生性,所以不可能是大规模和深切割的,在地壳深部仍然以近东西和北东向构造为主。而以北西向断裂为主的断块构造,也未能构成一级断块区。

* 本文与陈伟光合作,系《1:200万东南沿海断块构造图》说明书,1992。

(3)区域构造应力的作用方式。大量的新构造运动迹象和东南沿海中强震的震源机制解所反映的主压应力方向表明,东南沿海的应力作用方式具有明显的区域特征。应力场的优势取向由台湾海峡的近东西向往西逐渐转为北西西向和北北向,在雷琼地区近于南北向,呈扇形分布,符合太平洋板块(含菲律宾海板块)的西向挤压和南海海盆的北向扩张,也顺应了印度板块现今的作用方式,其间应力轴的转向,是力的联合作用的结果。太平洋板块的推压和南海海盆的扩张,对东南沿海晚新生代断块活动的影响基本是同步的(后者稍滞后),但不等效。

(4)统一性与特殊性。每一断块构造区在总的构造地貌形态上都有共同的特征,反映其统一性,又以此区别于其他的断块区而表现其特殊性。统一性和特殊性主要受控于周边断裂的活动方式和强度,也与断块内部的先成构造和物质的空间组成有关。由于各断块彼此的制约和阻隔,断块间在垂向上的差异运动表现较明显而水平运动则较难察觉。因此,断块各自的特殊性越突出,则越便于作活动强度的对比。

根据上述依据和原则,所划分的断块构造区(亚区、小区)是:

(1)苏北拗陷区

(2)长江三角洲断陷区

长江三角洲断陷(断块型三角洲,北亚区)

钱塘江河口拗陷(浙北拗陷,南亚区)

(3)苏南浙北轻微活动的差异性断块区

(4)浙西间歇性抬升断块隆起区

(5)浙中差异性断块活动区

(6)浙东沿海缓慢活动的差异性断块区

(7)浙西闽北强烈抬升的间歇性断块隆起区

(8)浙南闽北沿海差异性断块活动区

(9)台湾褶断区

澎湖隆起

澎湖峡谷

台西滨海平原

台西山麓丘陵

中央断块山

台东海岸断块山

(10)闽粤东部沿海差异性明显的断块活动区

闽东北沉降亚区

闽粤东部差异性活动亚区

闽东沿海强烈差异活动小区

闽东沿海以上升为主的差异活动小区

粤东沿海强烈差异活动小区

(11)闽中粤东以间歇性抬升为主的掀斜断块隆起区

闽中掀斜断块隆起亚区(北亚区)

粤东差异性断块活动区(南亚区)

- (12) 闽西粤东差异性断块隆起区
- (13) 赣南粤北相对稳定的断块轻微隆起区
- (14) 珠江三角洲断陷区
- (15) 粤西间歇性断块隆起区
- (16) 雷琼断陷区
 - 雷北差异性断块活动亚区
 - 雷南差异性断块上升亚区
 - 琼东北差异性断块上升亚区
 - 琼北、琼西北强烈差异的断块活动亚区
- (17) 琼中南拱断隆起区
- (18) 粤西桂东断块隆起区
- (19) 桂东南断块隆起区
- (20) 桂中断块差异隆起区

本文拟以宏观的构造地貌特征结合定量或半定量数据,论述、分析各断块构造在地质近期的稳定性,供大、中城市发展规划及大型工程在进行地震地质条件评价时参考。

2 各断块区新构造运动特征

2.1 苏北拗陷区

本区包括苏北拗陷的中部和南部。西以北西向的顺湖断裂带为界,东部延入黄海,南界毗邻长江三角洲。为一中型的断拗型盆地。基底由白垩系、三叠系、侏罗系和古生代地层组成。白垩纪开始出现拗陷的雏型,但至早第三纪仍为若干孤立、分隔的凹地,直至晚第三纪才统一成盆。已知新生界厚度大于3000m,大部为陆相细粒碎屑沉积,夹泥质灰岩和管藻灰岩等海相沉积物。下第三系阜宁群含有石油、天然气和膏盐等。最大厚度在泰州、东台、海安一带达2000m,称东台凹陷,也是上第三系和第四系的沉积中心,最大厚度超过2000m。根据钻孔资料编制的新第三纪以来的沉积等厚度线表明,新第三系的凹陷面积不大,长轴走向北东东,陆地部分向东开口,隐示凹陷可能东延至南黄海,沉积厚度有加大的趋势。东台凹陷外围的等厚线却表明,拗陷长轴呈北西走向,大体平行于西侧的顺湖断裂带和苏北的岸线。全新统等厚线呈现相反的情况。在苏北,厚度最大的沉积区,长轴呈北西走向,而厚度较小的凸起和凹陷,走向为近南北和近东西(图1)。沉积主体构造形态的变化,在一定程度上反映了控制区域构造的应力场的变化,说明在新生代,苏北拗陷内的局部构造曾经历以北东东为主而后以北西西为主的转换。

区域地质构造资料表明,北东和北东东向的大断裂多控制前新生代的沉积建造及岩浆活动。北西向断裂规模虽小,却在多处明显地切截了其他方向的构造线或岩层。以拗陷西界的顺湖断裂带为例,沿该断裂带发育了新第三纪至更新世的女山玄武岩和方山玄武岩。在南京附近的雨花台砾石层(Q₁)沉积期间及其后,至少有三次玄武岩喷发,而组成顺湖断裂带的仪征西部断裂和苏(州)无(锡)断裂,切割了雨花台砾石层,断距达数百米。常州-盱眙地震带和南京-溧阳地震带都与该断裂带基本吻合。郯庐断裂带是我国东部巨型的地震构造

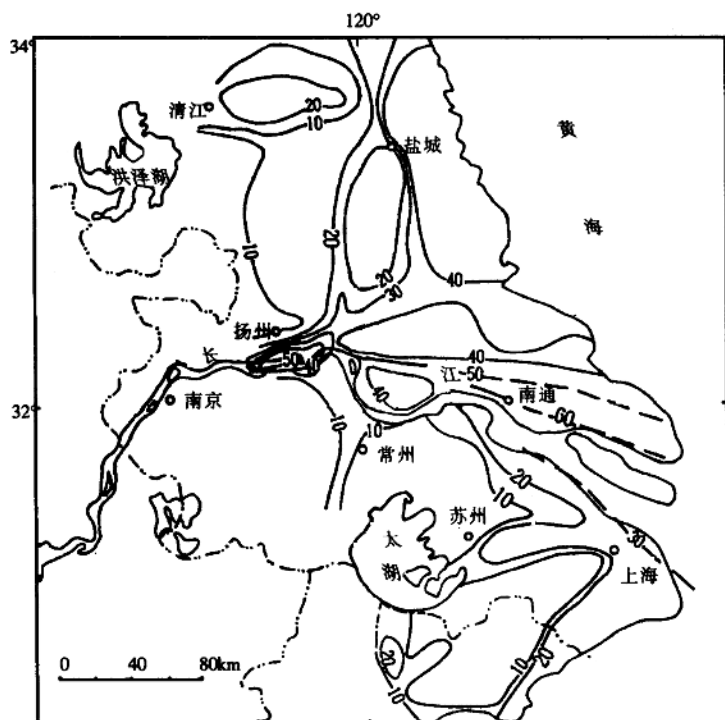


图1 下扬子地区全新统厚度等值线^[2]

带,也被北西向断裂所切割,表现出强烈的近期活动性。因此有人曾提出,1668年莒县8½级地震,可能与北西向断裂有关。苏北的全新世海岸线变化序列^[3]及现今岸线都呈明显的北西走向,平行于顺湖断裂带。垂直形变等值线所圈划的现代沉降区的长轴,也以北西走向为主。上述资料都表明,北西向构造在地质近期活动明显。

苏北拗陷的陆地部分,在历史上没有发生过6级地震。大于6级的地震集中在南黄海。这种分布特征一方面与南黄海内的深拗陷有关(新生界沉积最厚达7000m),另一方面亦与控震构造

或发震构造的规模有关。由于北西向断裂的新生性,因而不可能是大规模和深切割的,与其活动有关的地震可以有较高的频度但不可能有强大的震级,这是中国东部地震活动的普遍规律。

苏北平原的发育过程可视为断陷构造的沉积补偿过程。其间经历了第四纪以来的海平面变化,所以是一个复杂的内外营力综合塑造的过程。由于黄河、淮河泥沙量丰富,大量充淤的结果,才有可能不断向海扩展。但仍无法填积一系列构造成因的湖泊,如骆马湖、洪泽湖、高邮湖等。被充填的部分其高程也不超过10m,还有许多高程2~3m的浅洼地。在近海部分(阜宁—如皋以东),海浪作用明显,堆积物多为原由黄河、淮河、长江冲入海中的泥沙被浪潮改造再堆积而成,物质分选好,粒径细小,为砂质粘土或粉砂质粘土,岸线平直,在海岸带20~30km范围内,沙堤发育,规模较大者形成分水脊。

2.2 长江三角洲断陷区

北邻苏北拗陷,西界仍为顺湖断裂,南以临安—昌化断裂与浙北各断块为界,东临南黄海和东海。根据沉积构造特征和营造的外动力的差异等,又可分为南、北两个亚区。

2.2.1 长江三角洲断陷(北亚区)

长江三角洲是我国最大的三角洲,由水上和下水两部分组成。后者又包括古长江水下三角洲和现代长江水下三角洲。

陆地三角洲在地貌上由西而东大体可分为：①石英砂岩、石灰岩低山区；②第四纪堆积物丘陵区(包括基岩残丘)；③海积、湖积、冲积平原区。

三角洲的平原部分其高程大都在 10m 左右,有石英岩等组成的岛丘散布其上。这些岛丘原为沿海岛屿,后因长江泥沙长期堆积,海岸不断向外扩张而连接成陆。这些岛丘经长期剥蚀而顶平坡缓,山麓被掩埋。三角洲在向海伸长期的同时还不断淤高。据统计^[4],1842~1865 年间,南槽铜沙浅滩以外的 6、8 和 10m 等深线平均每年分别外移 60、38 和 36m。河口沙洲的最大沉积速度为每年 10~12cm。根据考古和放射性年龄测定,全新世以来,长江三角洲平均每年向海推进约 40m。

古长江水下三角洲是指晚更新世玉木冰期低海面时长江在陆架上形成的三角洲体系,可划为三角洲平原和三角洲前缘斜坡两部分。古三角洲平原在三角洲区水深 45m 以内,发育汉道河床相、废弃河道及沼泽泥炭沉积。三角洲前缘斜坡位于水深 45~60m 之间,坡度明显陡于前者,沉积物以粉砂质细砂、细砂质粉砂为主,含有较多的有机碎屑。

现代长江水下三角洲位于古长江水下三角洲以西,外缘的界线东北部约在水深 20~30m 附近,而东南部可达水深 40m 一带。由河口向外(东)沉积物分布依次为细砂—粉砂质细砂—细砂质粉砂—泥质粉砂—粉砂质泥;沉积物的颜色依次为黄色—深灰色;含水性依次变小,为半流动状浮泥—浮泥—粉砂质泥。上述变化都反映了三角洲纵向沉积的分异规律^[5]。与古三角洲的区别在于沉积部位的不同和物质组成的差异,古长江三角洲物质较粗。二者界线明显。

长江三角洲断陷是在古拗陷(下扬子拗陷带和上海—太湖凹陷)的基础上进一步发展的。断陷内基本上没有下第三系沉积,上第三系的厚度小于 1 000m,由北东向南西变薄,沉积等厚线的长轴由近河口的东西向转为远离河口的北北西向,大体平行于控制断陷的周缘断裂。全新统的等厚线和地壳垂直形变速率等值线的长轴都有类似的趋向,但相对沉降量向海增大。长江沿岸城市普遍因大量开采地下水而导致地面快速下沉,上海、常州、无锡、苏州、宁波等地尤为明显^[2],因而不能以这些城市的资料代表一般。长江每年约以 $4.8 \times 10^8 \text{ t}$ 的泥沙输入东海,使长江三角洲得以快速向海增长,但这并不一定意味着同时的地壳抬升,而只是断陷非等量补偿的结果。

长江三角洲在一定程度上可看作是大型的断块型三角洲,尤其是它的平原部分,明显地受控于顺湖断裂及其次级同向断裂。另一方面,在江淮平原及其邻区,有三条纬向构造带,分别位于北纬 $34^{\circ}35' \sim 34^{\circ}50'33''$ 、 $33^{\circ}30'$ 和 $31^{\circ} \sim 32^{\circ}$,加上三角洲南缘的临安—昌化断裂,它们或构成断块构造的边界,或成为断块内部的“断坎”,对长江三角洲的形成和发展都有决定性的影响。只是由于长江大量充淤和河道摆动的结果,断块的地表形态并不明显。

前文提及,长江三角洲平原区新第三纪以来的沉积物,有自南西向北东增厚的趋势,而长江干流河床及古三角洲的位置,第四纪以来却逐渐南移,第四系的沉积中心亦有南移的趋势,说明在地质近期,三角洲断块至少经历了两次大规模的往复运动。

2.2.2 钱塘江河口拗陷(浙北拗陷,南亚区)

浙北拗陷在地貌上属于长江三角洲的一部分,但在构造上具有自身的特点,它是中国海岸线的突然转折部位。以杭州湾为界,其南为一规则的弧形海岸,是中国特有的两大陆连岛系统的所在^[6],在地质构造和地理上都有重要意义。其北的岸线曲折多变,表现为“X”型追踪断裂的变换形式。杭州湾则为一喇叭形的漏斗湾,它虽然深入陆地,但实际很浅。它一方面

接受钱塘江及浙江沿海山区河流所携带的沉积物;另一方面,长江冲积入海的泥沙被沿岸流携带南行可进入杭州湾,后因受阻于钱塘江流而大量停积。潮流由杭州湾口向钱塘江口推进,因水深和湾口的突然变小而产生极高潮,因此,杭州湾两岸多由潮汐和波浪直接堆积而成,组成物质以粉砂为主,呈较均一的斜坡向海倾斜。

拗陷区地势低平,高程仅3~5m,水网稠密,湖泊众多,山前尤甚。第四系的最大厚度在嘉兴以东的平湖达278m,由冲积、湖积及海积物组成。海积层发育于中更新统,两个海相层反映了拗陷区曾两次经受海侵影响。全新世中期的第三次海侵规模最大,沉积了浅海相物质。浙北拗陷与长江三角洲断陷的主要区别是前者缺失上第三系而第四系厚度则大于后者,表明发展过程中的差异。亦即,新第三纪期间前者抬升成为剥蚀区,第四纪两者共同沉降,前者的沉降幅度略大,前新生代则属于同一构造单元,故仅划分为不同的两亚区。

长江三角洲断陷区的地震活动强度,低于苏北拗陷的海区,但高于其陆区,区内的地震活动则有北强南弱、陆地强于海域的特点,两次6级地震都位于北亚区,南亚区相对平静,这也是划分两个不同亚区的主要依据之一。

2.3 苏南浙北轻微活动的差异性断块区

由浙西北的天目山地及其北的长江下游丘陵、平原组成。自然地分为两个断块亚区,即天目山地隆起亚区及长江下游轻微活动的差异性断块亚区。

天目山地隆起亚区南界为近东西向的临安-昌化断裂;东北以顺湖断裂与长江三角洲断陷区为界,区内由震旦系、古生界及中生界组成,构造线以走向北东为主,属扬子准地台的南部。东、西天目山为区内的主峰,高程均大于1500m,比高大于500m,山坡陡峻,坡度在30°以上,构成了长江支流和钱塘江支流的分水岭。分水岭两侧的构造地貌有较明显的差异,以青弋江和新安江上游的分水岭丛山关两侧为最:北侧河谷宽广,河曲发育,两岸发育小规模冲积平原;而南侧的钱塘江支流多为深切河谷,直至绩溪盆地河流下切仍很强烈,一般都不发育冲积平原。天目山可视为由北东向断裂和近东西向断裂(临安-昌化断裂)共同控制的断块山,山体两侧的构造地貌差异,在一定程度上反映了断块的不均衡倾侧,南东侧相对翘起,北西侧相对沉降。地质近期,由于断块山体的间歇性抬升,层状地形发育,见多级上叠或内叠阶地。由天目山地向南西为黄山,后者仍为前述两大水系的分水岭,两山相连似为北东东-近东西走向,而为后期的北东向断裂所切割。天目山-黄山向北西地势逐渐低平而过渡为宽谷窄岭的差异性断块区。

长江下游差异性断块活动亚区由宁镇山脉、茅山山脉及其间的宽谷组成,均为北东走向,而为北西向的顺湖断裂所切截,区内只存留它们的西南部分。

茅山及其南东侧的南漪湖-长荡湖谷地的构造地貌主要受控于茅山断裂带的近期活动^[1]。以该断裂带为界,北西侧为茅山山体及溧水丘陵,近期抬升,缺失第四系,南东侧为大面积沉降区,第四系厚度向东增大至140m。茅山的抬升具间歇性,表现为山体两侧广泛发育的4级阶地(表1)。由表1可见,茅山两侧的同级阶地有较明显的高差,西侧的抬升幅度大于东侧,这类差异运动也可能是茅山山体不等量倾斜的结果。结合天目山-黄山向南东方向翘起,向北西方向倾侧的判断,则其间南漪湖-长荡湖谷地的成因即可基本肯定为一单断型的断拗盆地。

茅山断裂带规模不大但活动性极强。沿断裂有早、晚第三纪的火山岩喷溢(钾-氩年龄分别为47、99、43、82Ma BP和20、74、15、1Ma BP)。前述第四系等厚线在断裂附近密集,梯度

较大,长轴走向与断裂带基本平行(图2)。另根据文物考古资料和形变测量结果,由茅山断裂带活动控制的两盘的差异运动,持续至今。前者的估算结果为:西侧抬升速率(5500~3500a BP),为1.27~2.09 mm/a;东侧沉降速率分别为0.6 mm/a(Q_4 以来),1.0 mm/a(1000a BP以来)和2.8 mm/a(700a BP以来)。后者的估算结果为:西侧抬升速率为1 mm/a(1954~1987年),而东侧以1.25 mm/a(1954~1978年)速率下沉。此外,茅山断裂带也是地震活动相对活跃的地带。

表1 茅山阶地对比

阶地	时代	年代 ($\times 10^4$ a BP)	西侧高度 (m)	东侧高度 (m)	两侧高差 (m)
T ₂	Q ₁ [*]	2.0	20~40	20~30	10
T ₃	Q ₂	15	40~60	30~40	10~20
T ₄	Q ₃ ~Q ₄	240~50	60~80	50~65	10~15

注:据孙寿越,茅山断裂带南段的平均位移速率,1983。

*疑为Q₃之误(本文作者)。

宁镇山脉及其南东的石臼湖-句容低地,更明显地被顺湖断裂所切截,前者两侧岩层不连续,后者被以深水为中心的上侏罗统火山岩所阻隔,第四系极薄,除南西端芜湖一带有较厚的第四系外,实际上是一近期的抬升区,它和宁镇山脉一起构成缓慢上升区^[2]。区内的构造地貌特征以丘陵台地和波状平原为主,近期活动表现为缓慢的整体抬升剥蚀,发育薄层的全新统残、坡积,仅在山前地带或沟谷中见最大厚度达十余米的冲积物。形变测量资料表明,宁镇山脉及其东南均为地壳垂直形变隆起区,上升速率为0~1 mm/a。

总的看来,本区近期差异升降运动的幅度和速率都是不大的。

2.4 浙西间歇性抬升断块隆起区

北以临安-昌化断裂与苏南浙北区为界,东南以绍兴-江山断裂带与浙中区、浙东区相邻。临安-昌化断裂西起皖南歙县,经浙西昌化、潜

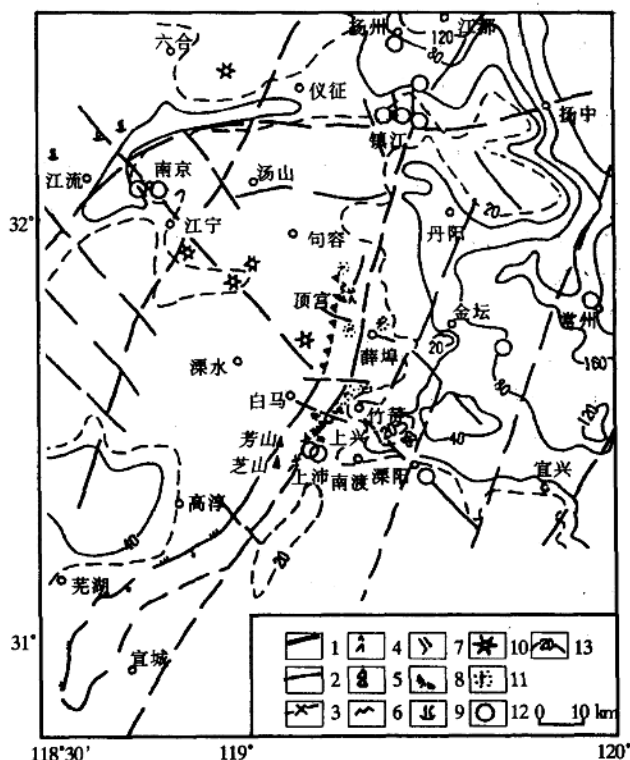


图2 茅山断裂带及其邻近地区新构造^[7]

(据胡莲英,1989)

1. 主要活断层
2. 一般活断层
3. 地震裂缝
4. 谷中谷
5. 叠置洪积扇
6. 断裂三角面
7. 河流袭夺
8. 文化层
9. 温泉
10. 火山口
11. 新生代玄武岩
12. 第四系等厚线
13. 震中($M \geq 4.5$)

阳,东至临安、杭州,再向东延入杭州湾,走向近东西,西段略向北凸,全长约 200km,宽度一般为 50~100m,局部宽达数公里,因而呈现大规模的构造透镜体、狭窄的地堑或阶梯状断层组。断裂总体倾向北,以张性为主,但断裂两端因复合作用和岩浆的侵入而具有不同倾向的高角度逆断层。断裂带还具有明显的挤压破碎和糜棱岩化现象,说明在其发展过程中经历过正、反向交替活动。在航磁图上,断裂带表现为正负磁场的转换带,组成不同性质磁场的分界。断裂切割了北东及北东东方向的构造,可能形成于印支-燕山期之间,燕山早期强烈活动,地质近期仍有活动但已渐趋微弱^①,沿带可见强度不大的地震活动(集中在与顺湖断裂带的交汇处,即杭州附近)和水热活动。

绍兴-江山断裂带是华南褶皱系与扬子准地台两大构造单元的分界,断裂带西起武功山北侧,自萍乡、宜春经铅山、江山至绍兴附近,全长 500 余公里。两侧地层差异明显,北西侧为古生代以来的凹陷带,发育厚达万米的古生代地层。南东侧的华南褶皱系古生代地层零星出露,中生代因受强烈的燕山运动的影响而以断裂活动和断块运动为主,有大面积的中、酸性火成岩的侵入和喷溢,后者组成了浙闽东部的火山岩带。沿断裂见破碎带、构造角砾岩和硅化带。沿组成断裂带的次级断裂,断续出露蛇纹岩或辉绿岩,表明断裂带的深切割。该断裂带可能开始活动于加里东早期,主要活动于加里东晚期和燕山期,对近期中、新生代盆地的形成、发育也有明显的控制作用。

位于上述两大断裂带内的断块区,主要由两部分组成。北部为浙西中山丘陵区的大部;南部为金衢-浦江构造盆地。

浙西中山丘陵区由天目山的东南麓、昱岭及玉山的北东延伸部分组成。一般高程 200~1 000m,个别山峰在千米以上。岩性、构造对地貌有明显的控制作用。山脉走向多为北东,主峰为坚硬的流纹岩和火山岩,中低山则为泥盆系的砂岩和石英岩,其他时代的软弱岩层被剥蚀为低缓的丘陵。石炭-二叠系灰岩主要分布于一些短轴向斜的核部,岩溶发育,外围常为泥盆系砂岩,多形成小型的溶蚀盆地或洼地。水系循构造发育,纵横交错呈网格状。地质近期的地壳运动以间歇性抬升为主,发育阶梯状地形。中、晚更新世以来,上升速率明显减缓,河流堆积作用明显,形成上叠或内叠阶地^②。

金衢盆地为一地堑型的盆地。两侧断裂皆为绍兴-江山断裂带的组成部分。盆地内出露较大面积的上白垩系(衢江群)内陆湖相红色碎屑沉积,上覆下更新统汤溪组。衢江、东阳江、浦阳江流经盆地,两岸发育全新统。盆地总体走向北东,高程 50~200m,由南西向北东倾侧。盆地外围的中低山发育 3~4 级夷平面,最高一级的准平原面高达 1 200~1 300m,以下 3 级夷平面南北不对称,盆地北面的高度分别为 600~800、400~650、200~350m;而盆地南面的分别为 800~1 100、600~750、300~450m^②(图 3),表明地堑两侧的不等量抬升或作北向的倾侧。图 3 所示由高级阶地向低级阶地性质的转换,说明地壳运动速率变缓,这一特点在前述浙西中低丘陵中亦可见到。因此,本区近代构造运动是不强烈的,火山活动、水热活动、地震活动等强烈近代构造运动的标志不明显。

2.5 浙中差异性断块活动区

位于浙江省中部,北界为临安-昌化断裂,西界为绍兴-江山断裂,东界为丽水-余姚断裂,

^①地质部南京地质矿产研究所。华南地区地质概况。1980。

^②浙江省水文地质工程地质大队。浙江省水文地质图说明书。1978。