

华东地区中强地震构造背景 和地质标志研究*

李起彤 南金生 苏顺昌 李 勇

(江苏省地震局)

提要 华东地区、特别是下扬子—南黄海地区,是我国一个重要的中强地震活跃区。在**地震区(带)**划分上,华东地区北半部属华北地震区,南半部属华南地震区。根据我们的研究,其边界大致从大别山北麓到杭州湾南岸一带。这条边界也是一条重要的新构造运动边界,其北部为华北新生代断陷区,南部为华南新生代隆起区。下扬子—南黄海地区的地震活动性,虽比华北其他地区低,但比华南大部分地区、尤其比浙南和闽北地区高得多。

华东地区中强地震在空间分布上是不均匀的,它们只发生在某些地区和某些特定构造部位,其地质标志主要可归结为以下5点:1.新构造差异带;2.活动断裂带;3.断陷陡深带;4.构造分水岭;5.地貌断阶带。

一、前 言

这里说的华东地区主要指江苏省、上海市、浙江省、安徽省和山东省、福建省部分地区以及黄海、东海部分海域,本文研究重点是下扬子—南黄海地区,其中包括苏、浙、皖、沪、地区。我们说的中强地震系指震级在5~6级左右的中等强度的地震。中强地震的构造背景和地质标志是有联系的,其实质就是中强地震的构造标志问题,也即一个地区具备什么样的地震构造条件,就可能发生中强地震。

中强地震的破坏和影响虽比不上强震危害大,但也是不可忽视的。特别在经济发达、人口稠密的华东沿海地区,中强地震问题更显得突出和重要。它与地震预报和震害防御有直接的关系,还关系到潜在震源区判定、工程场地安全评估、地震危险性分析、地震动参数确定、震害预测和抗震防灾规划等问题。

由于中强地震问题的重要性,很早就有人对此加以探讨了^[1-7]。本研究的目的是想在前人工作的基础上,对华东地区、特别是苏浙皖沪所在的下扬子—南黄海地区中强地震构造背景和地质标志问题,做一次比较全面系统的研究:不只探讨某一次中强地震的具体构造条件,而且更要研究大范围更多地震共同具有的构造背景;不只寻找某一次中强地震的震害构造,而且更要研究区域中强地震共有的地质标志;不只考虑地震地质因素,而且也参考地球物理场和地震活动性因素,尽量从大陆岩石圈的构造演化和动力学角度思考问题。

*“华东地区中强地震构造背景和地质标志研究”是地震科学联合基金资助课题

二、华东地区中强地震构造背景

华东地区既有强震，如1668年郯城8.5级巨大地震，震动了半个中国。但华东地区更多的还是中强地震（图1），据不完全统计^[8]，在华东地区5~6.9级地震共发生58次，其中40次在陆地，18次在海中；6~6.9级地震共发生28次，陆上和海中各半。历史上有名的地震，如1624年扬州6级地震。近代有名的地震，如溧阳1974年5.5级地震和1979年6级地震，1983年菏泽5.9级地震和1984年南黄海6.2级地震。地震在空间上是不均匀的，在时间上

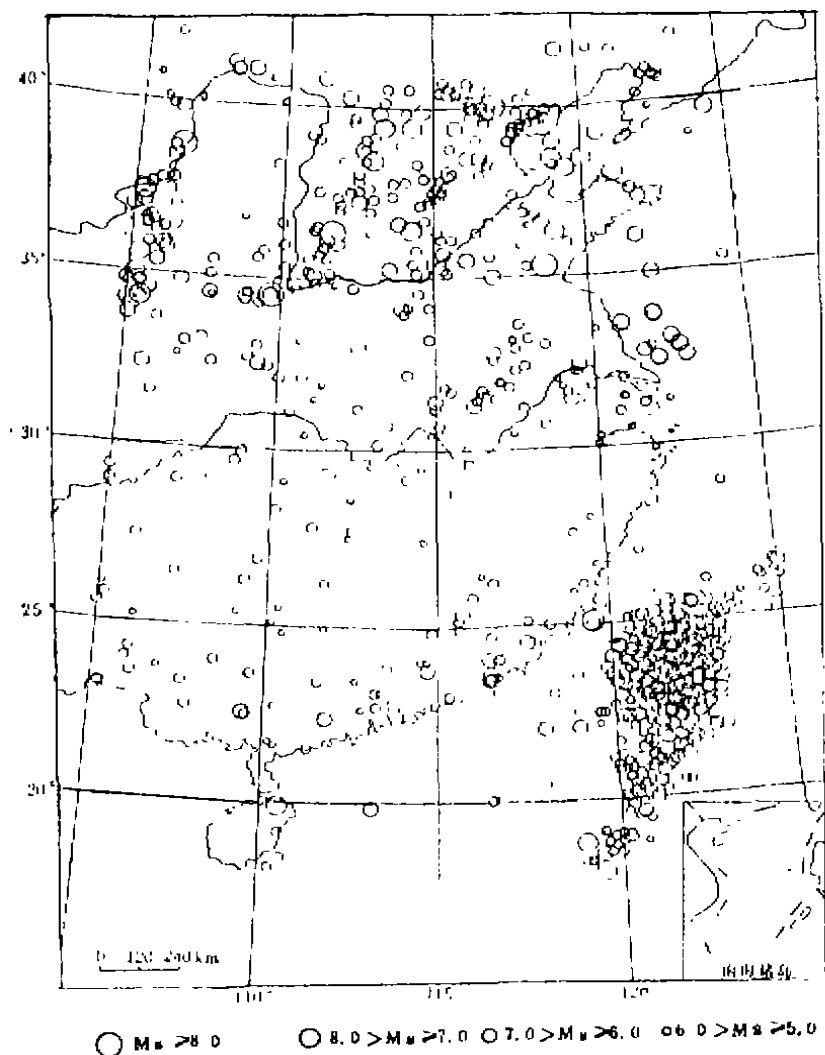


图1 华东及邻近地区破坏性地震 ($M \geq 4.75$) 震中分布图
(公元前1177年—公元1985年)

Fig. 1 The epicentre distribution of destructive earthquakes
($M \geq 4.75$) in and near North China (1177 B.C.—1985 A.D.)

是非平稳的，华东地区中强地震主要发生在鲁西南、淮河中游、大别山北缘、茅山、镇江、扬州、太湖、杭州湾南岸和南黄海地区，上述地区可合称为华东北区。此外，在泉州—南澳地震带和邵武—河源地震带也有一些中强地震，这些地区可合称为华东南区。在北区和南区之间的浙南、闽北等地区几乎没有中强地震，而且连小震也很少发生（图2），这段少震区可称为华东中区。显然，北区地震活动性较强，南区较弱，中区更弱，几乎可称无震区。在时间上，华东地区中强震活动高潮期主要有2个，一个是17世纪，一个是二十世纪，其它时间发生的地震非常零星。

为什么华东地区地震分布呈现出这种格局？真正控制华东地区中强地震发生的构造背景是什么？我们经过综合分析和比较研究，认为主要是由该区新大地构造特点或新构造环境以及深部构造状况决定的。

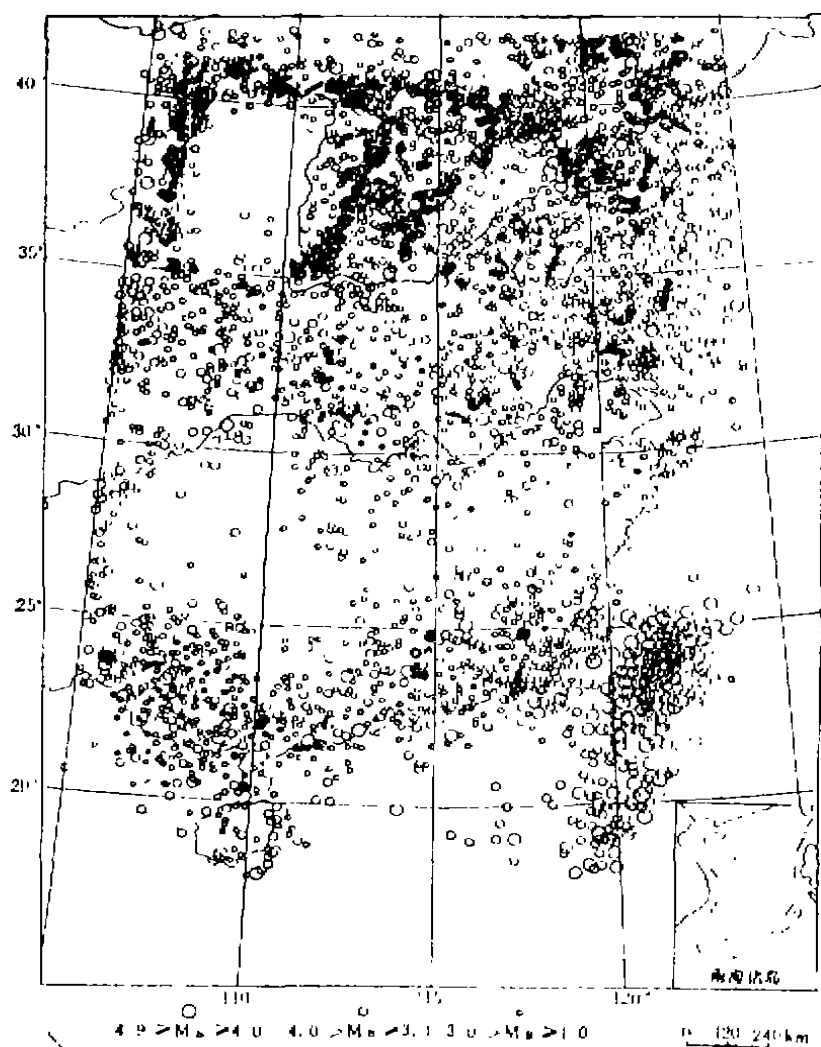


图2 华东及邻近地区小震 ($M_s < 4.75$) 震中分布图 (1970—1985年)

Fig. 2 The epicentre distribution of small earthquakes ($M_s > 4.75$) in and near North China (1970—1985)

1. 新构造环境

在新大地构造分区上, 华东北部地区属华北断块区⁽¹⁰⁾或华北亚板块⁽¹¹⁾或华北块体⁽¹²⁾, 南部地区属华南断块区或华南亚板块或华南块体。在地震区(带)划分上, 华东北部地区属华北地震区, 华东南部地区属华南地震区⁽¹²⁾。华北、华南断块区在新大地构造上存在很大差别, 其中最重要的差别, 就是华北断块区自上新世、特别是更新世以来, 新构造运动特点是强烈的断块差异运动, 有的隆升为高原, 有的断陷为盆地; 而华南断块区则以整体性的抬升为主。这种新构造运动格局、特点和差异, 就决定了华东北部地区地震活动性较强, 华东南部地区地震活动性较弱。下面再具体比较一下华东北部地区和南部地区所在的华北和华南断块区的新构造差异。

(1) 地貌景观 华北断块区东部为华北平原, 西部为山西高原等(图3)。在华北平原中部升起了沂蒙山地, 高耸的泰山极顶海拔1524米, 与北侧的渤海湾拗陷形成鲜明的地貌差异。山西高原除高高的太行山外, 大部分地区地势平坦, 但在中部发育了汾河断陷盆地, 向西南方向延伸可与渭河断陷盆地相接。这些断陷盆地在新构造时期处于强烈的沉降阶段,

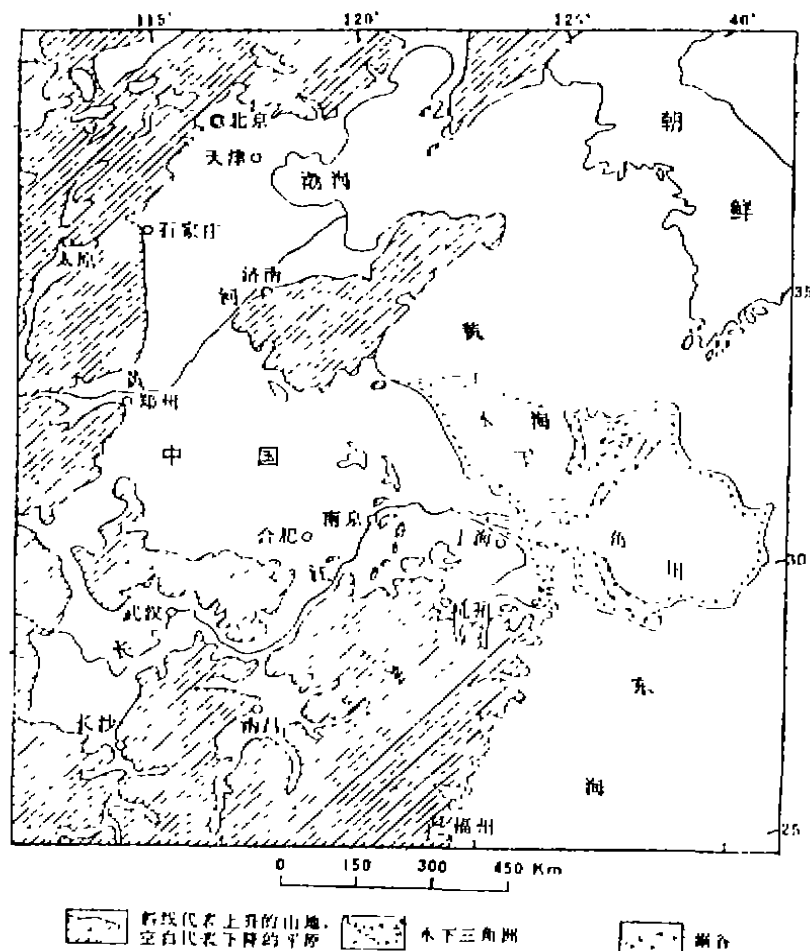


图3 华东及邻近地区地貌略图

Fig. 3 Skest of the landform in and near North China

具有中国东部最大的断陷幅度。强烈沉降区往往与大幅度隆起区相伴随，从而形成极醒目的对照性地形。

华南断块区则是另一种地貌景观，总体上看，华南是个多山地区，特别在浙西、皖南和江西、福建、粤北地区，更是峰峦重迭，山脉连绵，这里地形起伏大，山体切割深。

(2) 第四纪沉积 自始新纪开始，华北平原强烈裂陷，晚第三纪以来普遍下沉，拗陷区一般有6000~7000米厚的新生代沉积，渤海地区最厚可达12000米。更新世以来，华北地区又普遍接受了第四纪沉积，华北平原第四系厚度一般在500米左右。在一些深断陷，如渭河断陷南缘接近秦岭的地区，第四系最大厚度可达2000米，贺兰山东侧的银川盆地也达到1600米以上。此外，典型的更新世黄土沉积主要分布在华北断块区。据刘东生等研究^[13]，中国黄土南界基本在秦岭、大别山北缘到长江下游一带。

而广大华南地区，在新构造时期以幅度不大的抬升为主，大部分地区上升幅度只有几百米，仅某些山区达1000米以上。华南主要下沉区为洞庭湖和潘阳湖，但最大下沉幅度不过200米左右。至于全新世沉积，华北平原有广泛分布，而华南地区则非常零星。新地层分布范围和沉积特征，是受新构造运动状态制约的，上述情况很好地说明了，华北断块区和华南断块区在新构造时期，第四纪沉积是有很大差异的。

(3) 活动断裂 活动断裂系指第四纪时期活动过、现今仍在活动和今后还可能再活动的断裂。地震断层或地表破裂是震源错断作用在地表的直接反映。在华北断块区，晚第三纪以来的活动断裂十分发育^[14,15]，著名的如郯庐断裂，束鹿—宁晋断裂，沧东断裂、聊考断裂、茅山断裂等。在早第三纪时，华北地区块体运动以张裂为主，自晚第三纪晚期以来，则已变为以张扭为主的运动了。华北地区以走滑断层活动为主，其原因可能与构造应力场有关，因为中国东部陆地大部分地区，中等主应力轴近直立，最大和最小主应力轴近水平。而华南断块区虽然也有活动断裂，如长乐—诏安断裂、邵武—河源断裂等，但其规模、数量、位移速率等，均不能和华北断块区相比。

(4) 构造应力场 构造应力状态是一个地区新大地构造特征的又一重要表现，不同的地震构造区有不同的构造应力场。根据中国东部地区震源机制解^[16,17,18]、地应力测量^[19]和水系分析^[20]等研究，中国东部地区应力场总体特征是平均P轴方向基本水平，并由西部内陆中心向沿海呈放射状分布，由北部的北东向往南转为近东西向至北西向。平均T轴方向水平，并沿向东突出的弧形线呈弧状分布，从北向南规则变化。因此，华北和华南断块区现今构造应力场方向是不同的，华北地区主压应力优势方向是北东向，而华南地区则是南东向(图4)。

2. 深部构造

地形地貌不但是现代构造运动在地表的一种直接表现，而且也是深部构造在地表的一种间接反映。据地震测深^[21]、大地电磁测深^[22]、大地热流观测、区域重力和航磁测量等研究，在华北断块区，地壳结构比较复杂，许多地域在地壳中有低速层或低速带，壳幔之间存在一个明显的过渡带。华北地区莫霍面的总体构造方向为北北东向，地壳厚度变化较大，渤海地区地壳最薄，仅28公里。从平原向太行山及燕山山区，地壳厚度逐渐加大到38~40公里。华北地区上地幔高导层顶面埋深变化剧烈，在平原区内约为60~80公里，渤海地区最浅，向山区逐渐加深至120公里以上。

华南断块区航磁区域异常变化平缓，没有特别明显的优势方向，地壳厚度从东南沿海地

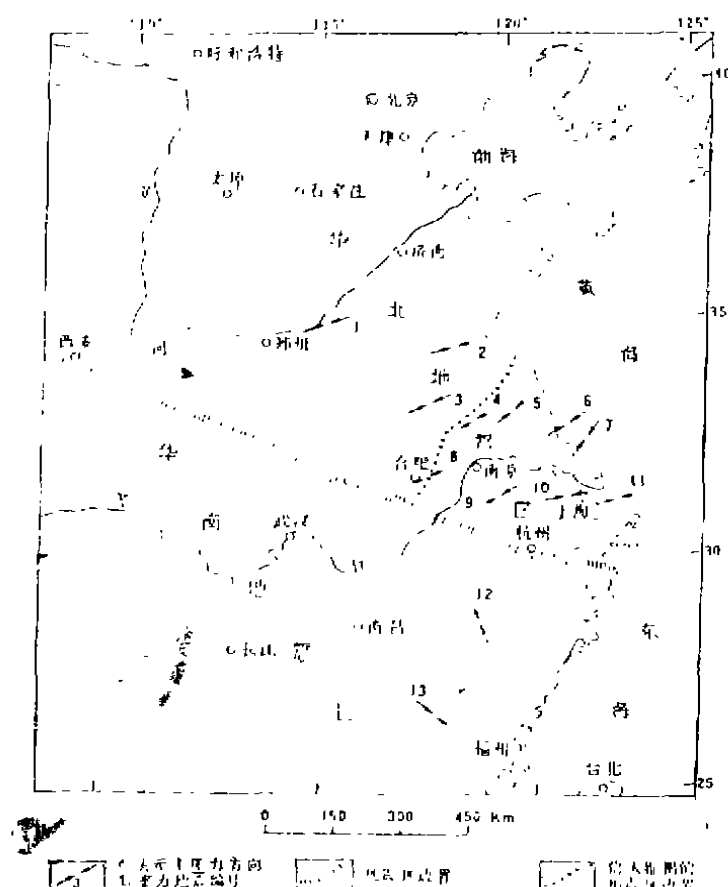


图4 华东部分地区构造应力场图

Fig. 4 Structural stress field in a part of the region of North China

运动的一种表现形式，地震孕育和发生与地质构造特别是活动构造关系密切。活动构造通常包括活动隆起、活动拗陷、活动挠曲和活动断裂等。已经发生过中强地震的地区，或将来可能发生中强地震的潜在危险区，在地震构造上应该有一些特征，这些构造特征也可叫地质标志；其意义是一个地区如果具备了这些构造特征或地质标志，就可能发生中强地震。根据我们的实地考察和对有关资料的综合分析，华东地区中强地震的地质标志，主要可归结为以下5点。

1. 新构造差异带

新构造差异带是一种狭长的构造条带，在其两侧新构造差异运动强烈，通常一侧表现为大幅度上升，另一侧表现为大幅度下降，两侧为截然不同的新构造区。沿新构造差异带容易发生中强地震。新构造差异带在形变上的表现，有时反映为破裂带，有时反映为挠曲带。一般，新构造差异带是一种正在形成和发展的活动构造。有时沿新构造差异带，在地表上还没有形成一条统一的断裂带。在深部构造上，新构造差异带就是地壳厚度变异带，同时也是重

区的30公里向西北方向加厚到38公里以上。华南块体的岩石圈厚度在中国东部是最大的。该区的上地幔高导层，从东南沿海的80公里，伸向大陆内部可能加深至200公里左右。由上可见，在华南块体内部，地壳上地幔构造比较简单，地壳分层清楚，基本没有壳内低速层或高导层发育。仅东南沿海地带的泉州—汕头地区，在中层地壳的下方，约13~16公里深处有一低速层存在^[23]。因此，华南断块区基本是一个“凉”的稳定块体。

三、华东地区中强地震地质标志

在华东地区发生的破坏性地震，除少数特大地震外，其震级很少达到7级的。其中能造成一定影响和破坏的，主要是5~6级左右的中强地震。地震是地壳

力梯度带。

新构造差异带和任何其它构造一样,是有大小和级别之分的。在华东地区,最大最明显的新构造差异带,就是大别山北麓到杭州湾南岸的新构造差异带。为叙述方便,我们把这条新构造差异带简称为大别山—杭州湾新构造差异带。

根据地形图、地质图、航照、卫片和野外实地考察验证,从桐柏山、大别山北缘到杭州湾南岸一带,存在一条重要的活动构造边界,南北两侧地区在地貌上存在很大差异,其南侧是上升山地,北侧为下降平原。在平原、盆地或海湾南侧,耸立着许多高山峻岭,其中著名的有桐柏山的太白顶(1140米)、大别山的白马尖(1774米)、九华山的十王峰(1342米)、黄山的光明顶(1841米)、天目山的龙王山(1587米),再往东还有绍兴四明山(1017米)和宁波太白山(656米)。从边界往北,地势则急剧下降,结果形成了断陷盆地、沉积平原、河口海湾。其中最突出的就是合肥盆地、宣广盆地、太湖、钱塘江口、杭嘉湖平原、杭州湾和肖绍平原。再往北还有断陷更深的盆地,那就是苏北南黄海盆地。在上述中新生代断陷盆地中,堆积了巨厚的新沉积。

实际上,下扬子—南黄海地区在新生代、尤第四纪的断陷,与整个大华北在新生代、尤第四纪的断陷是一致的,共同形成了华北断陷区;下扬子—南黄海新生代断陷区是整个大华北新生代断陷区的东南边缘。所以,山地和平原的分界线,即从桐柏山、大别山北缘到杭州湾南岸一带,构成了一条醒目的新构造差异带,走向北西西。

长江是我国最长的河流,长江陆地三角洲包括太湖、杭嘉湖和杭州湾地区;长江水下三角洲是我国最大的水下三角洲(图3),其面积约为17.6万平方公里,其中近长江口的是现代长江水下三角洲。长江水下三角洲南部边界大致在北纬30°线附近,正好与大别山—杭州湾新构造差异带在同一方向上,这暗示大别山—杭州湾新构造差异带南北两侧的地貌差异,不但在陆地上,而且在海洋中,也有明显的反映。

大别山—杭州湾新构造差异带与舟山—国头断裂带^[24],在地球物理场和深部构造上也有很好反映。在陆地,平原沉降区是大面积布格重力正异常区,重力值一般为10~20毫伽,最高可达30毫伽,山地隆起区是大面积布格重力负异常区,重力值一般为-30毫伽,最低可达-70毫伽(图5)。在东海海域,沿舟山—国头断裂带,莫霍面29、30公里等深度线发生系统扭曲^[25],该断裂带将东海沉积盆地主体分割成两部分,南部莫霍界面呈现宽缓的抬升,等深线的扭曲体现了沉积盆地附近莫霍面的抬升;北侧莫霍面呈圈闭式抬升,并与该处上第三系沉积物厚度呈明显的镜向关系。

舟山群岛是我国海岸线的转折点,华南海岸线总体走向北东,是上升性质的石质海岸;而过杭州湾则转为北西走向,是下降性质的泥质海岸。此外,杭州湾南岸的湖泊群、姚江谷地、宁波北边的金塘湾水道,亦反映了杭州湾现代沉降特点。如宁波北仑港地区,含有原生牡蛎壳海相层(Q₁)现已埋藏于地下53.36米的深处。又如绍兴市区地下4米深处发现古代炭化树林。上述沉降地貌均分布在同一条带上,方向北西西。以上大量事实说明,大别山—杭州湾新构造差异带是一条重要的构造地貌边界。

沿大别山—杭州湾新构造差异带,曾发生过一系列中强地震,重要的如1652年霍山6级地震和1917年霍山6.25级地震,1585年巢县南5.5级地震,1743年泾县5级地震,杭州929年5级地震、1523年镇海5.5级地震等。

大型北西西向新构造差异带与北北东向活动断裂带复合地段,最易发生中强地震,较典

型的震例有1917年霍山6.25级地震, 1743年泾县5级地震和1523年镇海5.5级地震。

根据我们的初步研究, 大别山—杭州湾新构造差异带, 也即大型构造地貌边界, 可能是华北地震区的真正南部边界。因为该带南侧的华南地区, 在新构造运动特点、岩石圈厚度、

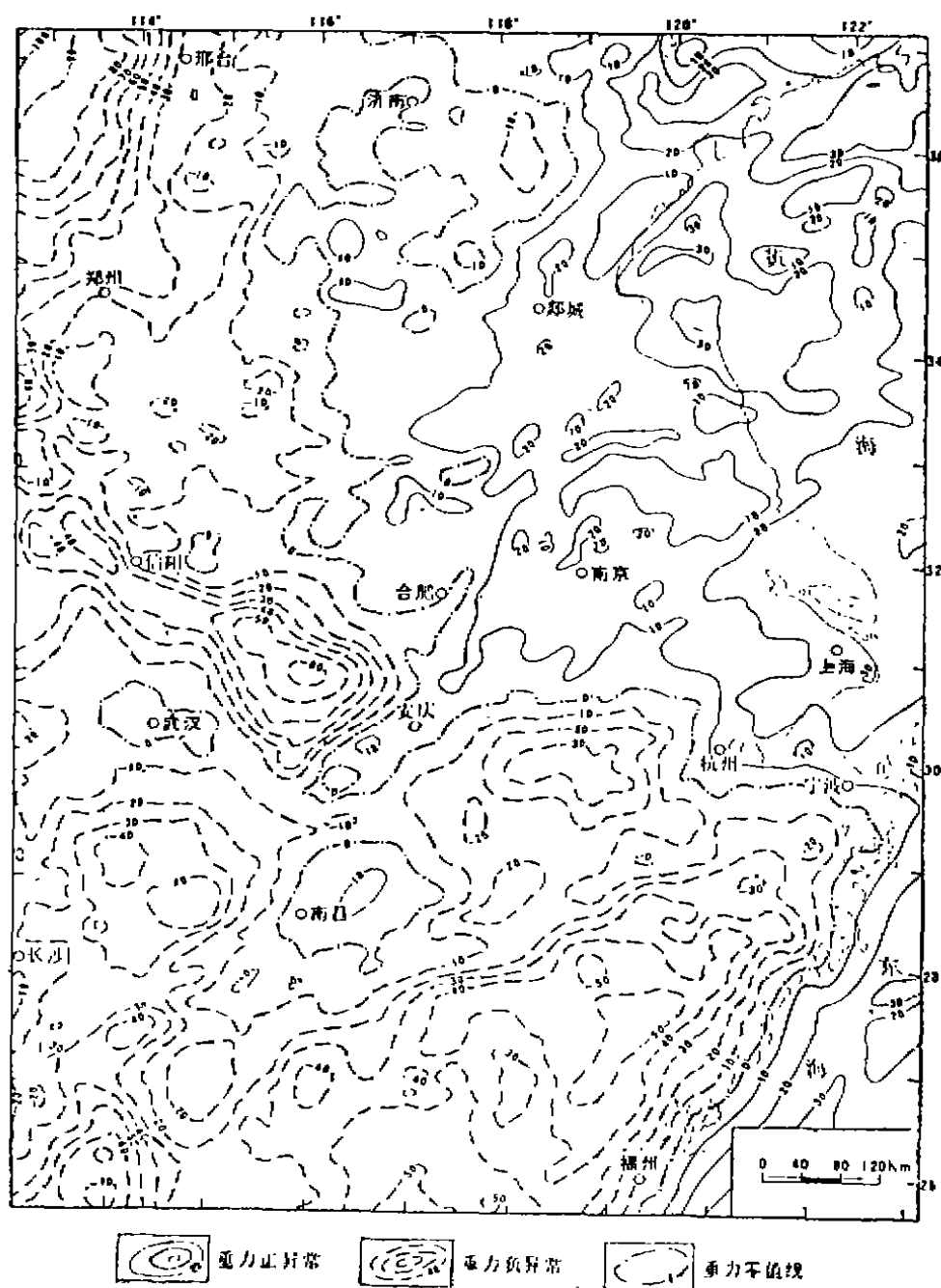


图5 华东及部分邻区布格重力值上延5公里异常图

Fig. 5 Abnormal map of Bouguer gravity value which raised 5 km in East China and its adjacent

构造应力场和地震活动性等方面，与北面的华北地区有显著差异。当然，要想更好地确定华北地震区南部、特别是东南部的边界，今后还需做更深入的专题研究。

2. 活动断裂带

活动断裂带是不同活动断块的结合地带，这里应力容易集中，有利中强地震发生。通常，断裂规模愈大、活动性愈强，则所控制的地震震级就愈大。如郯庐断裂带，规模宏大，新活动强烈，所以能发生1668年郯城8.5级特大地震。显然，大型活动断裂带主要是强震活动场所，但在有些地段也能发生中强地震。

中强震发生地点与活动断裂带关系密切，在华东地区这方面震例是很多的。如江苏茅山断裂带（图6），长约135公里，宽约3公里，走向北北东。在茅山断裂带东侧上沛地区，1974年发生了溧阳5.5级地震，1979年在原地又重复发生了溧阳6级地震。又如宁波有个宝幢—小港断裂带，是温州—镇海断裂带的一部分，它的新活动可能控制了1523年镇海5.5级地震的发生。再如聊考断裂带，走向北东，是一条犁形正断层，在断层东南缘菏泽地区，1983年曾发生了菏泽5.9级地震。至于在邵武—河源断裂带、长乐—诏安断裂带发生中强地震，更是明显的了，如1987年寻邬5.1级地震，1982年龙南5级地震，1962年河源6.1级地震，就是发生在邵武—河源断裂带上。

在华东地区，中强地震主要发生在活动断裂带上或其近旁。根据统计分析，中强地震常常发生在活动断裂带的某些特定构造部位，这些特定构造部位一般是断层的交叉点、复合带、转折段或尖灭端。如南岭地区，即在北回归线和北纬25度线之间，邵武—河源断裂带、长乐—诏安断裂带与隐蔽的南岭纬向构造带复合地段，容易发生中强地震¹⁾。在邵武—河源断裂带，典型震例有1941年寻

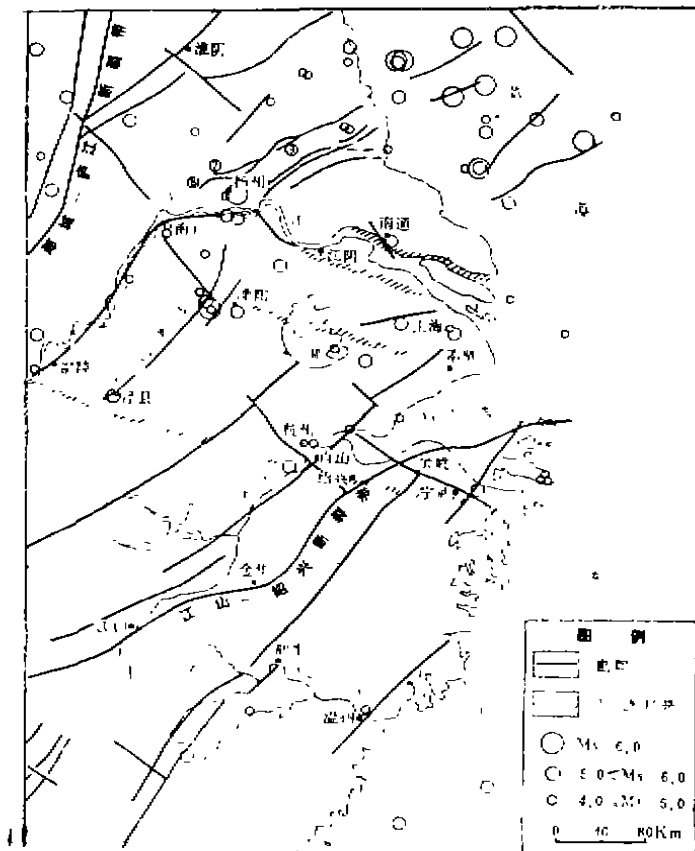


图6 下扬子及其邻近地区地震构造纲要图
Fig. 6 Sketch of seismic structure in and near the area of the lower of Yangtze River

1) 李起彤等，中国东南沿海地区地震活动的某些特点及其构造背景，1986。

鄂5.75级地震和1987年寻鄂5.1级地震。1806年会昌6级地震：在长乐—诏安断裂带，典型震例有1906年厦门海中6.5级地震，1907年泉州5级地震。此外，沿南岭隐伏纬向构造带发生的一些中强地震，如1922年永定5级地震，1934年安溪5.75级地震，1968年华安5.2级地震，1982年龙南发生的5.0级地震，可能亦具有相似的构造条件，即北东向活动断裂带与隐蔽的南岭纬向断裂带复合部位，有利于发生中强地震。

3. 断陷陡深带

在华东新生代沉降区，发育了很多新生代断陷盆地。有些盆地在靠近隆起或凸起的一侧断陷特别深，这样一条窄长的陡深带，可称为断陷陡深带。在断陷陡深带，常伴有犁形正断层，它在剖面上表现出上陡下缓的特征。如东明凹陷东侧的聊考断裂，在地下2公里以内，倾角 41° ，2~3公里为 57.5° ，3~4公里为 48° ，6~7公里为 38° ，7公里以下为 9° ，到10公里左右已成“平犁”形态^[26]。

在断陷陡深带伴生的断层规模一般较大^[27]。如高邮凹陷与江都隆起和吴堡凸起之间的陡深带，伴有江都—吴堡—博镇大断层，即图6中的⑦、⑧、⑨号断层¹⁾，断层全长110公里，走向北东东，断距达5公里。

此外，断陷陡深带也常常是重力梯度带，基性岩浆带和地热异常带。正负布格异常差值达30毫伽。断陷盆地陡深带常常是基性岩浆主要喷发地带，如茅山断裂东侧的直溪桥凹陷陡深带，有玄武岩喷发；又如东台拗陷内的基性岩浆喷发，主要分布在盆地的断陷陡深带。在断陷陡深带，地温一般较高，这里常表现为地热异常带和地温梯度带。在高邮凹陷南侧地区，有许4井、镇4井、海1井等热水井，最高水温达 60°C ，这些热水井沿断裂带分布，反映了高邮凹陷的断陷陡深带，存在一条北东东向的地热异常带。

地震活动与断陷盆地的密切关系早已被人们注意到了，随着震例的增加和研究的深入，我们认为“盆地—地震”的这种相关性，更主要的反映在盆地的断陷陡深带上。在华东地区，这方面的震例是很多的，较明显的有1979年溧阳6级地震，就发生在茅山东侧的直溪桥凹陷的断陷陡深带上。又如1983年菏泽5.9级地震，就发生在东明凹陷断陷陡深带附近的隆起上。

4. 构造分水岭

因构造作用而隆起的分水岭，可称为构造分水岭。在华东地区，较典型的构造分水岭有苏北的“扬泰分水岭”、皖北的“江淮分水岭”和鲁西南的“马岭岗分水岭”等。扬泰分水岭从仪征、扬州一线以北的维扬蜀岗，经湾头越凤凰河、金湾河，向东延伸到江都土山坝和宜陵，再经泰州而达如皋赤岸，走向北东东（图7）。分水岭南侧河流注入长江，北侧河流则流入高邮湖和邵伯湖。在水系上，高邮湖和邵伯湖属淮河水系。所以扬泰分水岭就成了长江和淮河两大水系的天然分水岭。扬泰分水岭在地貌上虽不显眼，但确实客观存在着，由于它的最新隆起作用，使古长江北部边界只能限制在扬泰分水岭南缘，从而使长江水系和淮河水系得以天然分开。

现代构造分水岭反映了地壳的最新隆起作用，与隆起相伴随的是地壳拗陷作用，这点在扬泰分水岭北侧有突出的反映。在构造上，扬泰分水岭位置与江都隆起和泰州凸起大体一致，其北侧为高邮凹陷和溱潼凹陷，这里曾是新生代深凹地带，新生代厚度达6400多米。到

1) 地矿部海洋地质综合研究大队等，苏北南黄海地质构造特征及含油气性报告，1983。

全新世晚期，凹陷变成低洼地区，在江都邵伯、真武一带，曾发育了古艾菱湖和绿洋湖^[25]，方向北东东。分水岭北侧兴化地区地势很低，最低海拔仅2米，是苏北有名的“锅底洼”。这说明扬泰分水岭具有构造隆起性质，这种隆起作用在第四纪，特别是全新世仍有活动。所以，扬泰分水岭是一种现代构造分水岭。

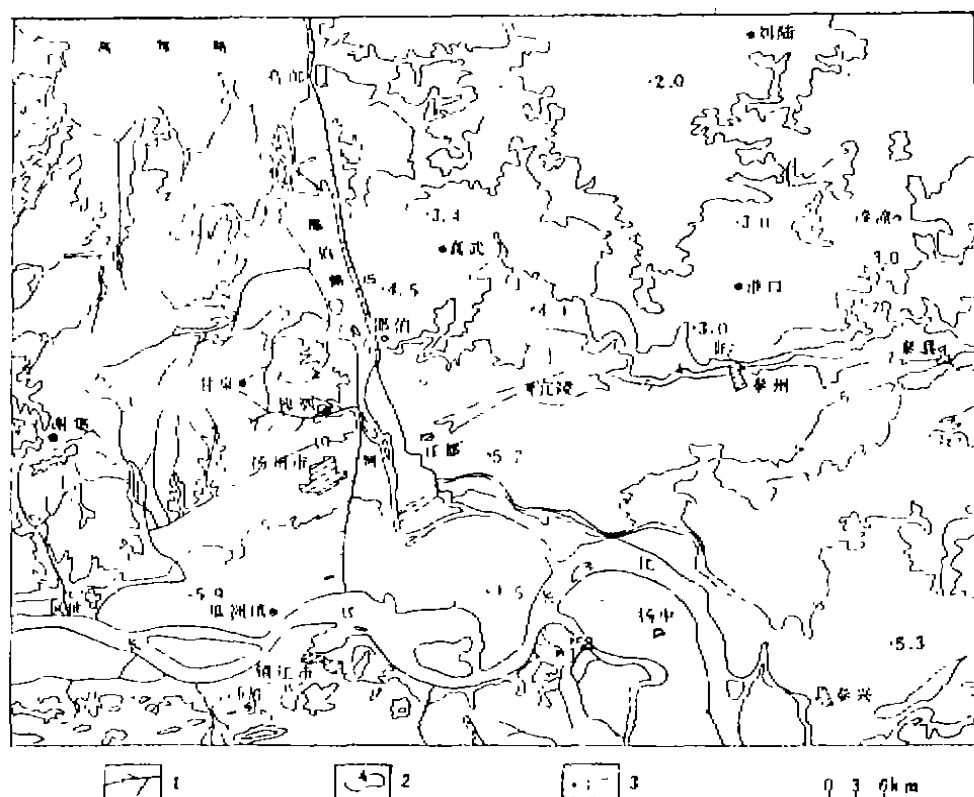


图7 扬州及其邻近地区地势水系图

Fig. 7 River system in and near the area of Yangzhou area

1、河流；2、等高线(米)；3、高程(米)

构造分水岭是深部隆起作用的一种地表反映，它可能与分水岭附近隐伏断裂的新活动，或新的深部构造变动有关。地震是深部构造作用的一种直接显示，中强地震活动与构造分水岭常常有较好的关连现象，它们之间可能存在某种内在的联系。中强地震有时就发生在构造分水岭上或其近旁，国内外已有不少这方面的震例。其中较典型的如1624年扬州6级地震，它很可能与扬泰分水岭的新活动有关。再如1983年菏泽5.9级地震，就发生在北西向马岭岗分水岭水上；朱海之认为1983年菏泽地震与一个现代穹状隆起有关^[26]。此外，在合肥和六安之间，存在一条江淮分水岭，这条晚更新世以来的新隆起带，可能与1425年六安5.75级地震、1673年合肥5级地震和1954年合肥、六安一带的5.25级地震有关。

5. 地貌断阶带

中生代末期，在中国东部沿海地区形成了强大的北东向构造体系。到新生代，特别是第

四纪，出现了新的华北大型断陷，其南部边界可达大别山北麓到杭州湾南岸一带，形成了一条大型构造地貌边界，也即上述的大别山—杭州湾新构造差异带。从这条边界向北，虽然多数北东向构造被新生代断陷切割掩盖了，但仍有少数强大的北东向构造，过此边界后仍断续延伸出露。其中较为突出醒目的有长江下游沿江构造带，它过铜陵后仍向北东方向延伸，形成了著名的宁镇山脉。天目山构造带穿过太湖，一直延伸到南通一带。温州—镇海构造带越过杭州湾，继续向北东方向延伸，结果形成了杭州湾口外的舟山群岛。

地貌断阶带系指一条窄长的地貌错降地带。地势上呈阶梯式下降，性质上与盆地中的断阶带有某些相似之处。前已提到，沿大别山北麓到杭州湾南岸的构造地貌边界，使天目山构造带在海拔高度上发生了急剧跌降和错落，结果形成了该区最大的地貌断阶带（图6）。过此边界后，在湖州附近又一次跌降、错落，从而形成了宜兴—吴江地貌断阶带。再往北，在无锡附近再次跌降、错落的结果，形成了“镇江—常熟地貌断阶带”。越过长江，在南通附近跌降、错落的结果，形成了“南通—长江口地貌断阶带”。同样，温州—镇海构造带循北东方向在宁波、大衢岛等地发生多次跌降和错落，从而形成了大楔盆地、舟山岛、大衢岛、嵎泗列岛等小型地貌断阶带。

在地貌断阶带某些有利构造部位，容易发生中强地震，特别是5级左右地震，这方面震例有1679年溧阳5.25级地震，1964年苏州光福4.25级地震和1621年吴江平望4.75级地震等，这些地震可能就是沿宜兴—吴江地貌断阶带发生的，方向北西西。又如1615年南通狼山5级地震，1961年长江口4级地震和1971年上海长江口4.9级地震，很可能就是沿南通—长江口地貌断阶带发生的，方向也是北西西。

四、结 语

华东地区、特别是下扬子—南黄海地区，中强地震比较活跃。在地震区（带）划分上，华东地区北半部属于华北地震区，南半部属华南地震区。据我们研究，华北地震区南部边界、尤其东南部边界，可能应划在大别山北麓到杭州湾南岸一带。下扬子—南黄海地区的地震活动性虽比华北地震区其它地区低，但比华南地震区大部地区、尤其比浙南和闽北地区高得多。地震在空间分布上是不均匀的，它们只发生在某些地区和某些特定构造部位。根据我们的研究，华东地区中强地震的地质标志主要可归结为以下5点，即新构造差异带、活动断裂带、断陷陡深带、构造分水岭和地貌断阶带。

中强地震构造背景和地质标志研究是一项很重要的基础研究，它对认识地震成因，进行地震预报和开展工程地震等，都是非常重要的。由于地震活动具有区域特点，加之地震复发周期较长，很多中强地震都是历史上发生的，定位精度不高，所以就给中强地震研究带来一定困难。自有地震台网以来，震中定位精度虽然提高了，但仍有一定偏差，特别是海域发生的地震，误差就更大一些。此外，目前在华东、尤其下扬子—南黄海地区，活动构造和深部构造研究程度还不高。所以，即使刚发生的地震，对其构造条件和发震构造认识也常常是不一致的，这方面最典型的例子是溧阳两次中强地震。对华东地区中强地震的构造背景和地质标志研究，目前仍处在探索阶段。很多问题尚待进一步深入研究。

曾参加我们部分野外考察的有扬绍武、毛正毅、孙祖桐、张伯森、余加虹、郑传贝等同志。原来的地震学联合科学基金办公室及现在的地震科学联合基金办公室同志，对我们的研

究工作曾给予很多指导和帮助。这里，谨向他们表示衷心的感谢。最后，我们要特别感谢丁国瑜教授，他一直很关心我们的课题研究，并在百忙中多次给以具体指导。

参 考 文 献

- 〔1〕中国科学院地质研究所，中国地震地质概论，科学出版社，1977。
- 〔2〕张文佑等，初论断裂的形成和发展及其与地震的关系，地质学报，第1期，1975。
- 〔3〕李四光，地震地质，科学出版社，1977。
- 〔4〕丁国瑜等，我国地震活动与现代地壳破裂网络，地质学报，第1期，1979。
- 〔5〕张步春，中国大陆板内地震发生的地质构造背景及构造类型的划分，地震地质，第7卷，第2期，1985。
- 〔6〕Tapponier, p., et al., Slip-Line field theory and large Scale Continental tectonics, Nature, Vol. 284, No. 5584, 319—324, 1976。
- 〔7〕李起彬等，华北地震区南部边界研究，华北地震科学，第1期，1988。
- 〔8〕顾功叙主编，中国地震目录（公元前1831年—公元1969年），科学出版社；中国地震目录（公元1970年—1979年），地震出版社，1983。
- 〔9〕张文佑主编，华北断块区的形成和发展，科学出版社，1980。
- 〔10〕马杏垣，中国岩石圈动力学概要，地质学报，第2期，1987。
- 〔11〕丁国瑜等，对我国现代板内运动状况的初步探讨，科学通报，第18期，1986。
- 〔12〕国家地震局，中国地震烈度区划工作报告，地震出版社，1981。
- 〔13〕刘东生等，第四纪气候波动的形式—黄土和深海沉积记录的对比，地质科研成果选集（第一集），第113—121页，文物出版社，1982。
- 〔14〕刘光勋等，中国东部活动断裂的现代构造运动，地震地质，第4卷，第4期，1982。
- 〔15〕强祖基等，中国第四纪活动断裂的分区与地震活动性，地质学报，第57卷，第4期，1983。
- 〔16〕林纪曾等，东南沿海地区的震源机制与构造应力场，地震学报，第2卷，第3期，1980。
- 〔17〕六省（市）震源机制小组，由震源机制解推断苏鲁皖豫的现代构造应力场，地震地质，第3卷，第1期，1981。
- 〔18〕江素云等，中国东部大陆的地震构造应力场，地震学报，第7卷，第1期，1985。
- 〔19〕李方全等，我国现今地应力状态及有关问题，地震学报，第8卷，第2期，1986。
- 〔20〕艾南山等，东南沿海水系及新构造应力场，地理学报，第37卷，第2期，1982。
- 〔21〕孙武域等，华北东部地区地壳结构的初步研究，地震地质，第7卷，第3期，1985。
- 〔22〕刘国栋等，华北地区壳内高导层及其与地壳构造的关系，中国科学，B辑，第12期，1984。
- 〔23〕廖其林等，泉州—汕头地区地壳及上地幔速度结构的初步研究，《中国大陆深部构造的研究与进展》，地质出版社，1988。
- 〔24〕焦荣昌等，东海舟山—国头断裂带的控制作用及其向陆区延伸的探讨，上海地质，第1期，1987。
- 〔25〕徐德琼等，东海莫霍面及其地质意义，海洋通报，第2卷，第5期，1983。
- 〔26〕李起彬，犁形断层和镶嵌构造，《地壳波浪与镶嵌构造研究》，第2期，陕西科学技术出版社，1986。
- 〔27〕张四维等，下扬子地区竹篱集—韦贤地震测深资料解释，地球物理学报，第31卷，第6期，1988。
- 〔28〕潘凤英，晚全新世以来江淮之间湖泊的变迁，地理科学，第3卷，第4期，1983。
- 〔29〕朱海之，穹状隆起与菏泽地震，地震地质，第7卷，第1期，1985。
- 〔30〕李起彬等，江苏茅山地质和地震研究述评，地震学刊，第2期，1983。
- 〔31〕李起彬等，江山—绍兴所裂带在杭州湾延伸的探讨，地质科学，第3期，1986。

- 【32】李起彬等，镇江以东长江河谷存在“长江断裂带”吗？地震地质，第6卷，第2期，1984。
【33】李起彬等，浙江泰山核电站厂址区断层活动性评定，地震学刊，第3期，1987。
【34】冯文科，大别山地区构造地貌特征，地质科学，第3期，1976。
【35】谢广林，大别山的新构造运动与地震活动，华南地震，第4期，1988。

RESEARCHES ON THE TECTONIC BACKGROUND AND THE GEOLOGICAL MARKS IN EAST CHINA

Li Qitong Nan Jinsheng Su Shunchang Li Yong

(Seismological Bureau of Jiangsu Province)

[Abstract] The moderate strong earthquakes are very active in East China, especially in the lower reaches of the Yangtze River and the South Yellow Sea. In seismic zoning, the northern part of East China belongs to North China seismic region, but its southern part belongs to South China seismic region. According to our investigations, the boundary dividing North China Seismic region and South China seismic region stretches from the north foot of Dabieshan Mountains to the South coast of Hangzhou Bay, which is also a important boundary for the neotectonic movement. The Kainozoic fault depression area of North China is situated in the north while Kainozoic elevation area is situated in the south. The seismic activity in the lower reaches of the Yangtze River and the South Yellow Sea is weaker than that in the other parts of North China, but stronger than that in most parts of South China, especially in South Zhejiang and North Fujian Provinces.

The moderate strong earthquakes in East China are uneven in distribution. They only take place in some regions and some special tectonics. Their tectonic marks may be listed as follows, 1. Differential Zone of Neotectonic Movements; 2. Active Fault zone; 3. Steep Fault Depression Zone; 4. Tectonic Watershed; 5. Geomorphologic Fault Step Zone;