

文章编号: 1006-6616 (2016) 03-0412-09

长江经济带中—东部地区（重庆—上海段） 地震活动特征及面临的地震危险性问题

赵根模^{1,2}, 吴中海¹, 刘 杰³

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 天津地震局, 天津 300201;

3. 国家测绘地理信息局地图技术审查中心, 北京 100830)

摘 要: 基于历史和仪器地震资料, 重点介绍了长江经济带东段地震活动特点, 进行了地震区带划分, 探讨了该区中心城市的震灾问题, 并结合区域地震异常, 指出了当前华东沿海和郑庐带南段的地震危险性信息, 指出了本区面临的地震安全和防震减灾的问题及相关建议。

关键词: 长江经济带; 地震活动性; 地震危险性; 防震减灾对策; 郑庐断裂带

中图分类号: P315.5

文献标识码: A

长江经济带的 GDP 总量与人口密度均居全国前列, 特别是其东段（重庆—上海）历来是国家经济安全的关键地带, 地震危险性关系到该区的经济安全。本文在详细梳理该区历史与仪器地震资料及地震活动特征基础上, 对此长江经济带中—东部地区（重庆—上海段）地震危险性问题进行全面分析, 以期对将来有效防范或解决这一问题有所帮助。

1 地震活动及相关特征

长江经济带的经济总量和人口密度（见图1）凸显出该带的重要性, 尤其东段更加突出。西段的云南、四川地震活动与地震灾害居全国之首, 已有很多研究, 但东段研究较少。

综合历史与仪器地震数据可以发现, 长江经济带重庆—上海段的地震活动分布很不均匀, 主要集中于长江以北, 沿东秦岭、桐柏山、大别山向东延伸至上海市长江口附近及南黄海地区（见图2、图3）。长江南侧的地震活动整体较弱, 仅在湖南地区相对较强。

本地带历史上罕见 $M \geq 7.0$ 地震记录, 破坏性地震震级多在 6.0 ~ 6.9 级之间, 主要分布在长江北岸及山前地带, 具有沿北西向构造成带分布的特征, 并常集中于北西向与北东向断裂交叉部位。

收稿日期: 2016-03-15

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (12120114002101, DD20160268); 国家自然科学基金项目 (41571013, 41171009); 中国地质科学院地质力学研究所基本科研业务费项目 (DZLXJK201410)

作者简介: 赵根模 (1937-), 男, 研究员, 从事地震地质与地震活动性研究。E-mail: mingzhao_tj@ Hotmail. com

通讯作者: 吴中海 (1974-), 男, 博士, 研究员, 主要从事新构造与活动构造研究。E-mail: wzhh4488@ sina. com

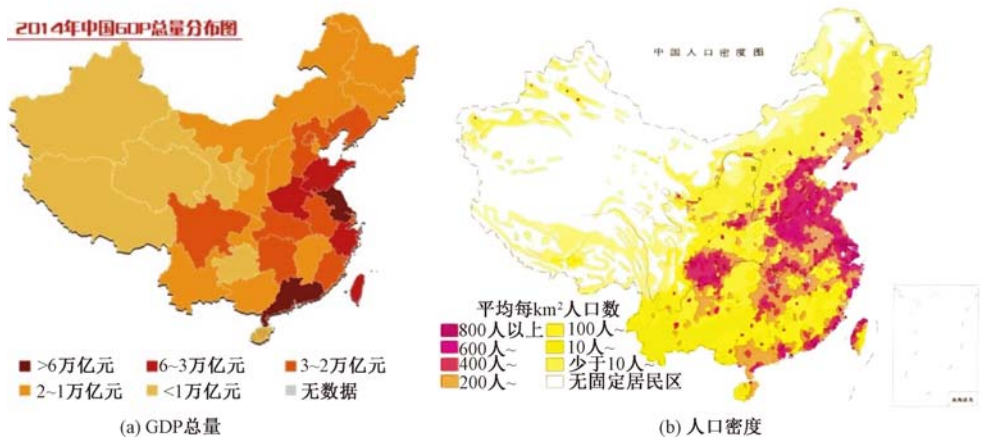


图 1 中国 GDP 总量 (2014) 及人口密度分布图^[1~2]

Fig. 1 Distribution maps of GDP (2014) and population density in China

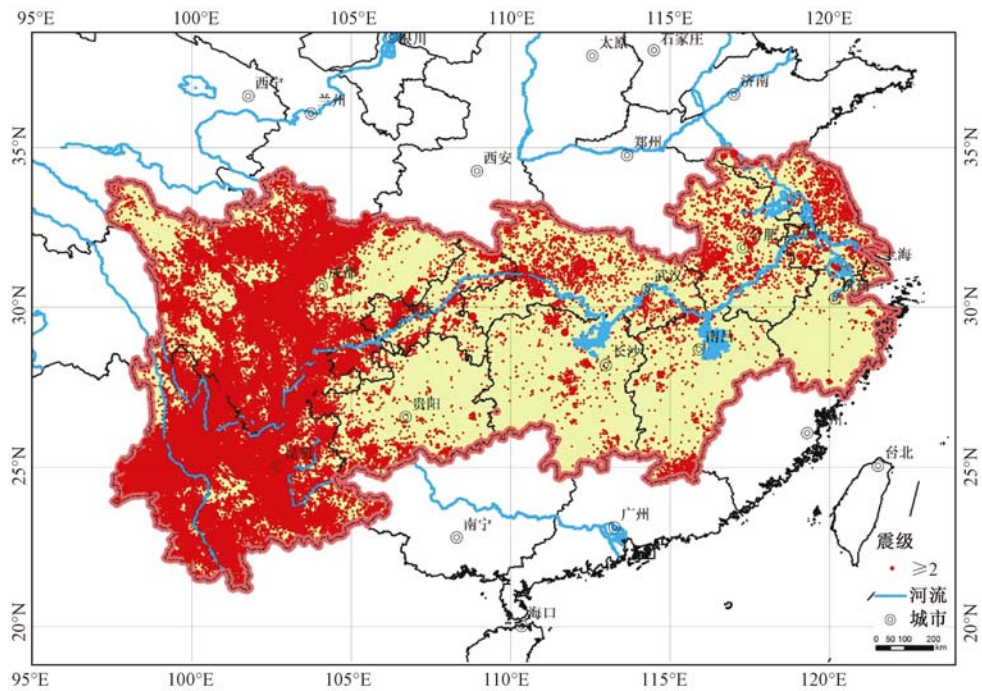


图 2 长江经济带 (重庆—上海) 地震活动分布图 ($M \geq 2.0$)^[3]

Fig. 2 The seismic activity distribution map of the Yangtze River Economic Belt (Chongqing-Shanghai) ($M \geq 2.0$)

1.1 区域地震活动特点

1.1.1 破坏性强震的主要分布地带 (图 3)

①武当山、大洪山南麓的湖北安康—竹山—房县—钟祥—武汉北西带。历史最大地震为湖北安康 788 年 6.5 级地震。

②伏牛山—桐柏山—大别山带和河南南阳—信阳—湖北麻城北西带。最大地震为南阳市公元 46 年 6.5 级地震和湖北麻城 1932 年 6 级地震。

③大别山安徽潢川—商城—霍山北西带。最大地震为霍山 1652 年 6 级和 1917 年 6.2 级

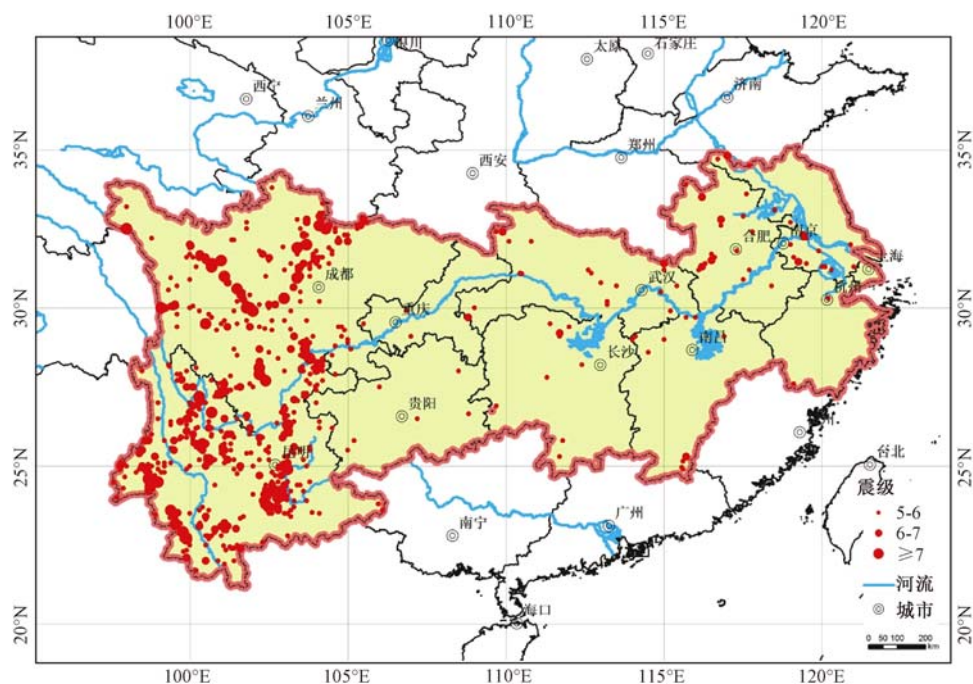


图3 长江经济带历史破坏性地震分布图 ($M \geq 5.0$)^[4~7]

Fig. 3 The distribution map of historical destructive earthquakes in the Yangtze River Economic Belt ($M \geq 5.0$)

地震。

④河南许昌—安徽淮南北北西带。最大地震为许昌 1820 年 6 级和淮南 1831 年 6.2 级地震。

⑤郟庐大断裂南段郟城—九江北北东带。最大地震为庐江 1585 年 6 级地震。

⑥江苏南京附近的扬州市—溧阳北北东带。最大地震有扬州 1624 年 6 级和溧阳市 1979 年 6.1 级地震。

⑦上海市长江口到江苏省盐城附近的南黄海海域北西带。最大地震有 1852 年 6.75 级、1853 年 6.75 级、1967 年 6.5 级、1984 年 6.4 级以及 1996 年 6.1 级地震，其中 1996 年 6.1 级地震就位于上海市附近，曾造成上海市某些建筑物的损毁，上海市有感强烈。

⑧湖南武陵山北东带。最大地震有常德市 1631 年 6.5 级地震。

⑨贵州西南部六盘水断裂带。最大地震在 5.5 级左右。

1.1.2 中心城市附近（半径 150 km 内）的地震活动规模与烈度

本文自东向西对中心城市附近的地震活动规模与烈度情况进行了总结。

①上海市：最大破坏性地震为 1996 年 $M6.2$ ，长江口以东，南黄海，距上海市约 130 km。震中烈度可达Ⅶ—Ⅷ度。上海市西部的青浦、松江、嘉兴、海盐、常熟等市县均发生过 5.5 级左右强震，轻微破坏。南黄海历史上发生过 7 级以上地震，对上海等沿海城市有一定影响。

②南京市：东北与东南的扬州、溧阳发生过 $M \geq 6.0$ 地震（1624 和 1979 年 6 级），震中烈度Ⅶ—Ⅷ度，有较大的破坏，距南京市 50 ~ 60 km。

③杭州：市区西南部和东北部的余杭发生过 $M5.5$ 左右中强震，轻微破坏。

④合肥：北部淮南西部霍山，南部庐江均发生过 6.0 ~ 6.9 级地震，震中烈度Ⅶ—Ⅷ度，

距合肥市 60~100 km,破坏性较大。

⑤九江:市区附近发生过 5.5 级左右地震,极震区烈度Ⅵ度,轻微破坏。

⑥武汉:东北麻城发生过 6 级地震,极震区烈度Ⅷ度,距市区约 100 km。东西部的黄冈、鄂城、嘉鱼发生过 5.5 级左右地震,轻微破坏。

⑦长沙:西南湘乡发生过 5.5 级左右地震,轻微破坏。距市区约 80 km。

⑧贵阳:东部贵定发生过 5.5 级左右地震,极震区烈度Ⅵ,轻微破坏。

⑨重庆:西部大足与东部南川发生过 5.5 级左右地震,烈度Ⅵ,轻微破坏,距市区约 80 km。

1.1.3 大型水库附近的地震活动情况

①三峡水库:南部宜都发生过 5.5 级左右地震,轻微破坏,距市区 80 km。

②丹江口水库:东北部南阳发生过 6.5 级地震,烈度Ⅷ,有较强破坏,距水库约 90 km。

1.2 震源机制与应力场

本区地震的震源机制较为复杂,以走向滑动与倾向滑动混合型运动为主,应力场与华北略有不同, p 轴走向主要在 47° — 99° — 120° 范围内分布,北东—南西、东西和北西—南东向均有,平均为北西西—南东东走向,这与 GPS 测量的现今地壳水平运动方向基本一致。

1.3 历史地震烈度及分布特点

本区历史地震烈度在中等强度活动带上通常为Ⅶ—Ⅷ度,局部较强(见图4);在弱活动带上小于Ⅵ度。但苏北地区由于与 1668 年山东 8.5 级地震的震中位置很接近,历史地震烈度较高,受影响较大。

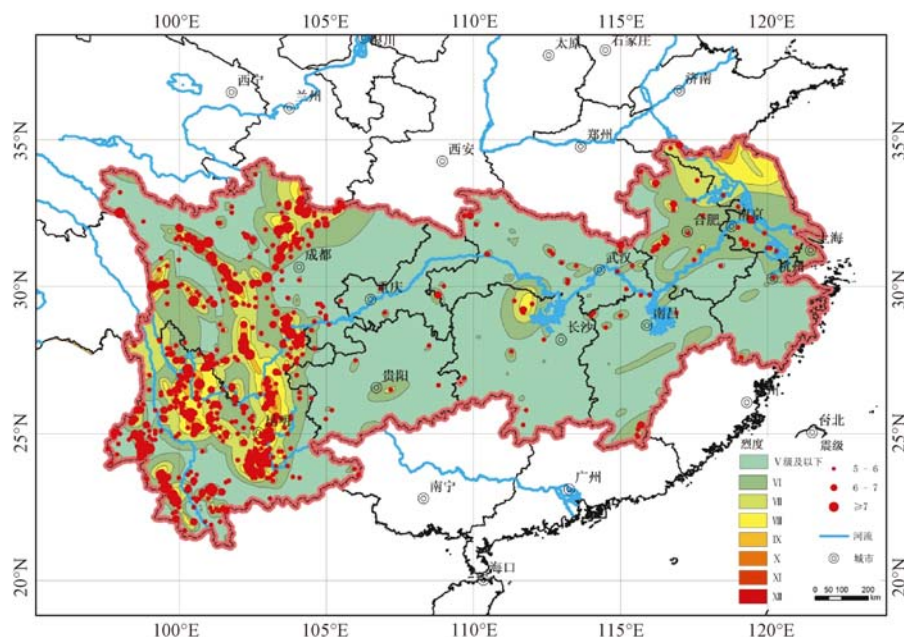


图4 长江经济带历史地震烈度^[8]

Fig. 4 The historical earthquake intensity in the Yangtze River Economic Belt

综合考虑活动构造、地震规模、区域人口与经济及调查研究工作方便等因素,可将长江经济带重庆—上海段划分为以下 6 个地震活动区块。

①沪宁杭三角区块：包括长江口东部南黄海区域，该区北东与北西向断裂格网状交叉分布，断层交会部位发生 $M \geq 5$ 地震和 $M \geq 6$ 地震，具有破坏性。如：镇江—宣城，北东向断裂历史上发生过 $M \geq 6$ 地震；杭州与上海之间多发生 $M \geq 5$ 地震；长江口以东发生 $M \geq 6$ 地震（上海市有破坏）。

②郯庐带南段区块：该区特点是郯庐带东西两侧平行断裂历史上发生过多次数 $M \geq 6$ 地震，如北东向宿迁—安庆断裂和蚌埠—合肥霍山断裂，但夹在中间的郯庐主断裂南段没有 $M \geq 6$ 地震。这种主断裂平静，副断裂活跃现象至少已持续 2500 ~ 3000 a，这已很接近内陆大地震（8 级左右）的复发周期，是种异常信号，表示郯庐南段主断裂上可能存在发生特大地震风险。

③亳州—郾城北东向断裂区块：历史上有 1585 年庐江 6 级地震，对武汉市有影响。

④南阳北西向断裂区块：如南阳 6.5 级地震，烈度达Ⅷ度。

⑤安康北西向断裂区块：如 1932 年麻城 6 级地震。

⑥湖南常德北东向断裂区块：如 1631 年曾发生 6.5 级地震，常德市建筑损坏显著。

综合考虑区域的重要性和地震活动性，上述的第①、②、③和⑥共 4 个区块应为重点关注区，其中第①和第②为重中之重。

2 地震危险性方面面临的主要问题

2.1 地震安全存在的突出问题

①关于区域主要断裂带或构造带的最新活动性与潜在发震能力需进一步详细评估。

②在全球板块运动进入新的活跃阶段背景下，该区当前的地震危险性需引起重视，特别是郯庐带苏皖段可能存在的特大地震危险性。

③最大地震突破 $M6.9$ 的可能性，即上升到 7 级以上和地震烈度突破Ⅷ度的可能性问题。

④水库地震问题：本区内分布全国最大型水库——长江三峡水库，以及许多中小型水库，如丹江口水库和霍山水库。水库附近地震或水库诱发地震都有可能威胁大坝安全，并造成一系列派生灾害问题。

⑤长江附近地震引发长江防洪大堤安全问题和次生灾害问题。

⑥南黄海沿海海域工程的地震安全性问题。

⑦规划的内陆核电站可能受潜在区域强震活动威胁的问题。

2.2 当前可能存在的 7 级以上大地震风险问题

这是长江中下游经济带当前面临的最突出问题。据研究，1910—1984 年，北起华北平原到苏北淮河平原已形成巨型地震（ $M_s \geq 6$ ）围空区，至 2015 年已达 105 年；其空区范围、围空时间、围空地地震平均震级皆与 1668 年郾城 8.5 级地震前的围空区相近，面积比 1668 年地震空区略小，涵盖了河北、河南、山东、黄海、安徽、江苏和上海市。长轴走向北北东与郯庐大断裂中南段一致。这是迄今发现自 1668 年以来中国东部最大围空区（见图 5），是目前中国东部最严重的震情。

地震系统前兆台站出现异常，前兆异常涉及苏、鲁、皖地区，主要沿郯庐带中南段分布，集中在苏皖交界，前兆 30 多项，时间从 2010 年开始持续发展至今。

大空区解体有两种可能样式：①以几个 7 级左右大震成丛集式、成组式、连串式释放；

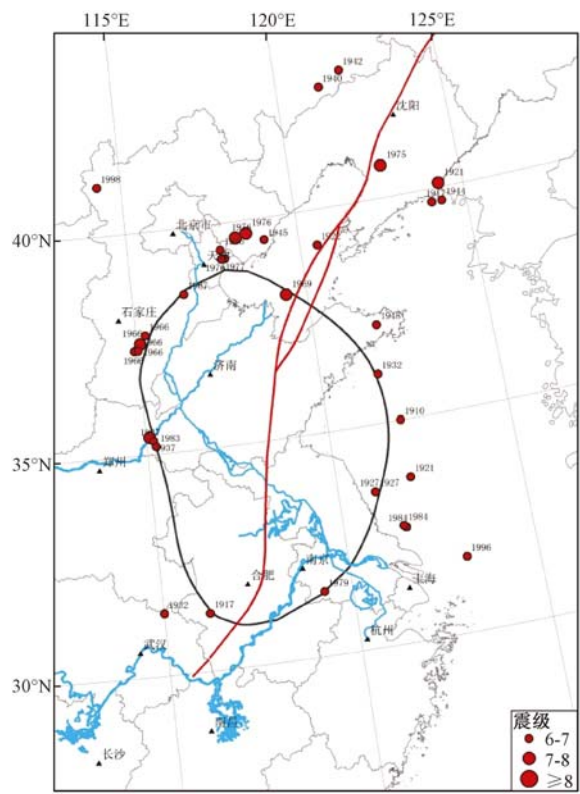


图 5 1910—2015 华东地区地震 ($M \geq 6.0$) 空区图

Fig. 5 A map showing the seismic gap ($M \geq 6.0$) in East China in 1910—2015

②以一个 8 级左右大震集中释放。

郯庐断裂带中段上的 1668 年 8.5 级特大地震发生在山东南部, 接近苏北, 震中烈度达Ⅻ度, 地震发生在白天, 死亡人口为 42578 人。而现在的前兆异常主要分布在江苏至安徽地区, 从地震围空区和大震复发周期分析, 未来大震发生在江苏—安徽境内的可能性很大。

鉴于长江中下游的地震灾害会波及全国, 影响重大, 对以上问题须要抓紧时间开展专项调查研究工作, 以免措手不及; 同时应建议政府宣传教育部门开展防灾知识科普工作, 促使群众科学地对待突发性自然灾害和准确预报的困难, 遵纪守法, 不传谣言, 有秩序避灾, 避免社会动乱的发生。政府与群众要做好思想准备, 这对于华东地区尤为重要。

2.3 上海市和长江三角洲的地震活动问题

- 2.3.1 地震周期性
- 本区历史和现代都有中强地震发生, 据统计有 300 年周期, 目前处在活动期。
- 2.3.2 地基的放大效应
- 震级虽然不高, 但震源浅, 使震中区烈度较大。本区地基为三角洲松散沉积层构成, 软弱地基对地震震动有明显放大效应, 造成地基不均匀沉降和沙土液化, 可导致基础设施和建筑物损毁, 使震害加重。
- 2.3.3 经济安全问题的科学应对
- 本区为中国经济中心, 牵一发动全身, 本区地震安全直接关系到国家的经济安全。发生中地震, 虽然可能只有轻微破坏, 但产生的震感强烈, 社会影响很大, 一般都会导致工厂

停工。而本区工厂停工一天,经济损失可达数亿,如何科学应对尽量减少损失是本区防灾的重大问题。

2.3.4 远震影响不可低估

本区软地基与高层建筑可能会与周边的台湾、东海、华北、西北、西南等地区发生8级左右大地震的长周期地震波动产生强烈共振,使高层建筑严重损坏。本区附近南黄海地震已突破6级,可达7级以上,对上海等地可构成直接威胁;郯庐带南段的地震危险性也会影响本区,须引起重视。

2.3.5 影响上海市和长江三角洲的典型历史地震实例

1846年8月4日南黄海7级地震(见图6),1984年5月21日南黄海6.2级地震(见图7),1996年11月9日长江口6.1级地震(见图8),都曾给上海市和长江三角洲地区造成一定破坏,并造成重大社会影响与经济损失,因此不能忽视周边地震活动对长三角的影响问题。

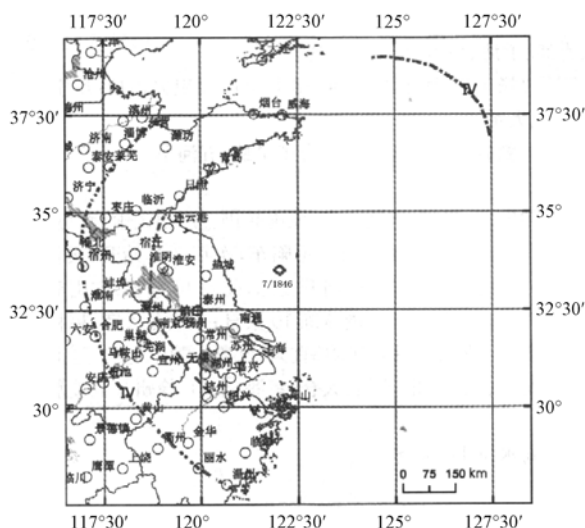


图6 1846年8月4日南黄海地震烈度图^[9]

Fig. 6 The seismic intensity map in the South Yellow Sea on August 4, 1846

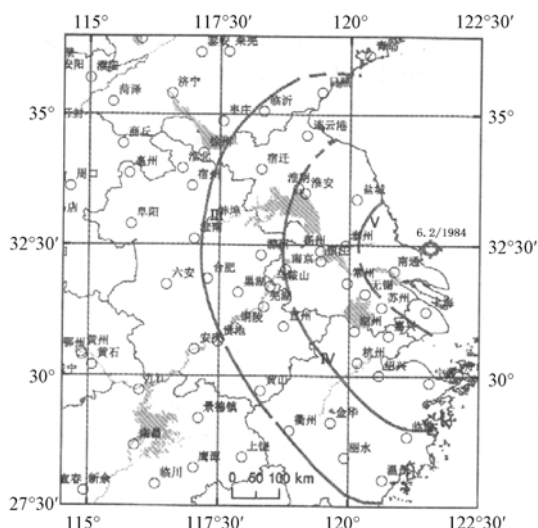


图7 1984年5月21日南黄海地震烈度图^[9]

Fig. 7 The seismic intensity map in the South Yellow Sea on May 21, 1984

3 主要认识

长江经济带中—东部地区(重庆—上海段)地震安全方面存在有利与不利的客观因素。应加强防大震意识,防患于未然。

长江经济带东段地震活动强度和频度总体上处于中等水平,历史上未发生7级以上大地震,今后发生大地震可能性也很小,这是本区地震安全的有利因素,地震直接震害不严重。但本区地震次生灾害严重,须引起高度重视,并采取有效对策,减轻损失。

本区沿海的长江三角洲和上海市地处第四纪松散沉积地层之上,地基地震动放大效应明显,使地震烈度出现异常增大现象。高层建筑与远震的共振,都是不利因素,须要加强基础设施抗震加固,新技术采用,如隔震技术,预警技术等。

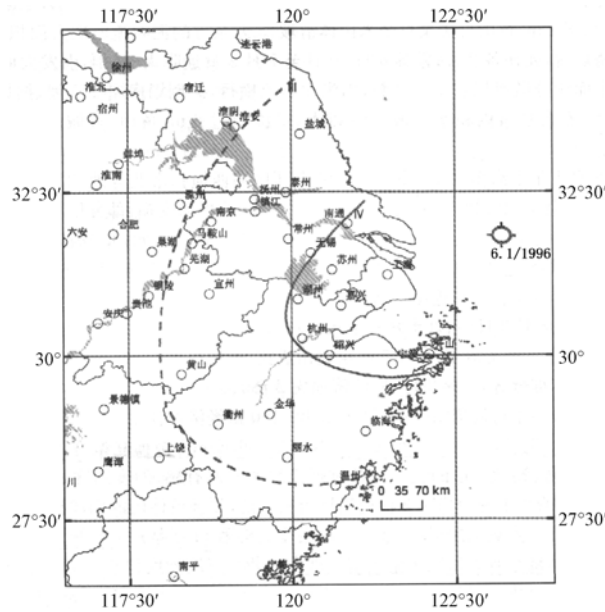
图8 1996年11月9日长江口地震烈度图^[9]

Fig. 8 The seismic intensity map in Yangtze River Estuary on November 9, 1996

本区东北部位于郯庐断裂南段,该断裂在历史上发生了中国东部最大地震,在平静300年后的今天,又出现发生特大地震征兆,且震中可能在安徽、江苏境内,须加强研究与监测。

本区武汉、常德、镇江等地附近发生6级左右地震时,可能影响长江大堤安全,须引起重视。

参 考 文 献

- [1] 观察者网. 2014年各省GDP排名台湾险被河北超越9省人均破1万美元 [EB/OL]. [2016-03-15]. http://www.guancha.cn/economy/2015_02_03_308419.shtml.
The Observer Network. 2014 GDP ranking of the provinces of Taiwan, Hebei insurance is more than 9 provinces in excess of 10 thousand dollars per capita [EB/OL]. [2016-03-15]. http://www.guancha.cn/economy/2015_02_03_308419.shtml.
- [2] 中国人口密度图 [EB/OL]. [2016-03-15]. <http://www.eku.cc/xzy/setx/121867.htm>.
The population density map of China [EB/OL]. [2016-03-15]. <http://www.eku.cc/xzy/setx/121867.htm>.
- [3] 中国地震信息网. 全国2级以上地震 [EB/OL]. [2016-03-15]. <http://www.csi.ac.cn/publish/main/813/5/index.html>.
China Earthquake Information Network. The earthquakes with magnitude being more than 2 in China [EB/OL]. [2016-03-15]. <http://www.csi.ac.cn/publish/main/813/5/index.html>.
- [4] 国家地震局地球物理研究所, 复旦大学历史地理研究所. 中国历史地震图集(明) [M]. 北京: 中国地图出版社, 1986.
Geophysics Research Institute of State Seismological Bureau, The Historical Geography Research Institute of Fudan University. Atlas of the historical earthquakes in China (Ming) [M]. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1986.
- [5] 国家地震局地球物理研究所, 复旦大学历史地理研究所. 中国历史地震图集(清) [M]. 北京: 中国地图出版社, 1986.

- Geophysics Research Institute of State Seismological Bureau, the Historical Geography Research Institute of Fudan University. Atlas of the historical earthquakes in China (Qing) [M]. Beijing: China Cartographic Publishing House, 1986.
- [6] 顾功叙. 中国地震目录 (公元 1970—1979 年) [M]. 北京: 地震出版社, 1984.
- GU Gong-xu. China seismological catalogue (1970—1979) [M]. Beijing: Seismological Press, 1984.
- [7] 中国地震局. 中国历史强震目录 [M]. 北京: 地震出版社, 1995.
- China Earthquake Administration. Chinese historical strong earthquake catalog [M]. Beijing: Seismological Press, 1995.
- [8] 中国地震信息网. 中国地震综合等震线图 [EB/OL]. [2016-03-15]. [http://www. csi. ac. cn/publish/main/837/1074/index. html](http://www.csi.ac.cn/publish/main/837/1074/index.html).
- China Earthquake Information Network. Chinese comprehensive earthquake isoseismal map [EB/OL]. [2016-03-15]. [http://www. csi. ac. cn/publish/main/837/1074/index. html](http://www.csi.ac.cn/publish/main/837/1074/index.html).
- [9] 刘昌森, 于海英, 王锋, 等. 长江三角洲自然灾害录 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2015.
- LIU Chang-sen, YU Hai-ying, WANG Feng, et al. Catalogue of natural disasters in the Yangtze River Delta [M]. Shanghai: Tongji University Press, 2015.

CHARACTERISTICS OF SEISMIC ACTIVITY AND SEISMIC RISK PROBLEMS IN THE CENTRAL-EASTERN YANGTZE RIVER ECONOMIC BELT (SHANGHAI-CHONGQING SECTION)

ZHAO Gen-mo^{1,2}, WU Zhong-hai¹, LIU Jie³

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;

2. Earthquake Administration of Tianjin Municipality, Tianjin 300201, China; 3. National

Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation and Mapping Technical Review Center, Beijing 100830, China)

Abstract: In this paper, based on historical and instrumental seismic data, we focused on the characteristics of the seismic activity in the eastern part of Yangtze River Economic Belt, gave the division of seismic zone, discussed the problems of the earthquake in the city center area. Combining with regional seismic anomaly, we pointed out the great earthquake hazard information of the current eastern coastal and Tanlu belt, pointed out the problems and related suggestions on confronting the earthquake safety and earthquake prevention and disaster reduction.

Key words: Yangtze River Economic Belt; seismic activity; seismic hazard; earthquake disaster prevention and mitigation measures; Tanlu fault zone