

Study on Seismicity and Secondary Disaster Countermeasures of Offshore Earthquake of China

Changlong Li
Institute of Geophysics, China Earthquake Administration
Beijing, China
changlongli@163.com

中国近海大地震活动性与次生灾害对策研究

李昌珑
中国地震局地球物理研究所
北京 100081, 中国
changlongli@163.com

Abstract-According to statistics, there have been about 420 earthquakes with M6 or higher in China's coastal and offshore areas since the record, including 63 earthquakes with M7 or higher and 3 earthquakes of M8 and above, showing high major earthquake seismicity. At the same time, due to the economic growth of China in recent years, the population, infrastructure and major projects in the coastal areas have increased rapidly. Therefore, it is of great significance to study the dangers of large earthquakes in China's offshore and disaster risk countermeasures. In this paper, we use the data of the fifth generation of China Seismic Hazard Map to calculate the frequency of earthquakes in the offshore areas of China and the offshore areas above the Bohai Sea, the Yellow Sea, the East China Sea and the South China Sea, and give the major disaster risk countermeasures in the coastal and offshore areas. This paper shows that the frequency of earthquakes larger than M6 in the offshore areas of the Bohai Sea, the Yellow Sea, the East China Sea, the South China Sea and the whole region is about 0.036, 0.054, 1.03, 0.28 and 1.4 times per year respectively, and the frequency of earthquakes above M7 is about 0.014, 0.021, 0.46, 0.14 and 0.68 time per year respectively. The potential risks of land liquefaction must be guarded in the coastal and estuary delta areas. The potential risks of offshore wave storm, tsunami and land sinking must be guarded in the coastal areas of Fujian, Taiwan, Guangdong and northern Hainan.

Key words: major earthquake, offshore, seismic risk, land liquefaction, tsunami

摘要根据统计资料,有记录以来中国沿海和近海地区共发生6级以上地震约420次,其中7级以上地震63次,8级以上地震3次,大地震活动频繁。同时,由于中国近年经济的增长,沿海地区的人口、基础设施、重大工程迅速增加。因此,研究中国近海大地震危险性与灾害风险对策具有重要的意义。本文使用第五代《中国地震动参数区划图》的资料,计算了中国近海全域及渤海、黄海、东海、南海各海域近海6级以上地震的活动频率,并对沿海和近海地区面临的主要灾害及其风险给出了对策建议。本文研究表明,渤海、黄海、东海、南海近海海域及全域6级以上地震的发生频次分别约为0.036、0.054、1.03、0.28、1.4次/年,7级以上地震的发生频次分别约为0.014、0.021、0.46、0.14、0.68次/年。在沿海滩涂、河口三角洲地区须防范土地液化的潜

在风险。在福建、台湾、广东和海南北部沿海须防范近海浪涌、海啸、陆地沉陷的潜在风险。

关键词: 大地震; 近海; 地震风险; 土地液化; 海啸

I. 引言

我国拥有大陆海岸线1.8万千米和海域领土300万平方千米,是海洋大国。同时,我国沿海和近海海域地震活动频繁。根据统计资料,有记录以来中国沿海和近海地区共发生6级以上地震约420次,其中7级以上地震63次,8级以上地震3次,大地震次数多,强度高。由于中国近年经济的增长,沿海地区的人口、基础设施、重大工程迅速增加。因此,研究中国近海大地震危险性与灾害风险对策具有重要的意义。近年来陆域和海域的地震危险性研究已在世界范围内广泛开展^[1]。本文使用第五代《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)^[2]的资料,计算了中国近海全域及渤海、黄海、东海、南海各海域近海6级以上地震的活动频率,并对沿海和近海地区面临的主要灾害及其风险给出了对策建议。

II. 中国近海大地震潜在震源区分布和强震发生率研究

A. 渤海大地震潜在震源区分布和强震发生率研究

根据五代图的潜源划分,渤海海域分属华北平原地震带和郯庐地震带^[3]。渤海海域潜在震源区划分如图1所示。在渤海海域内共有震级上限大于6级的潜在震源区20个。历史上共记录到 $M \geq 6$ 地震15次(图1)。根据五代图各潜源的地震活动性参数计算得到,渤海海域6级以上地震的年发生率为0.036,即未来10年发生至少1次6级以上地震的概率为38%。7级以上地震的年发生率为0.014,即未来10年至少发生1次7级以上地震的概率为15%。

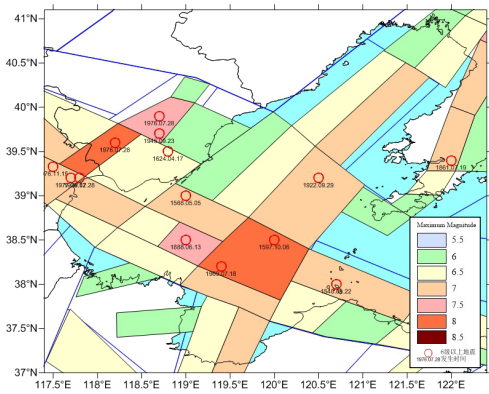


图1 渤海海域潜在震源区划分及历史上 $M \geq 6$ 地震分布图

B. 黄海大地震潜在震源区分布和强震发生率研究

黄海潜在震源区划分如图2所示。黄海近海共有震级上限大于6级的潜在震源区18个。历史上共记录到 $M \geq 6$ 地震18次(图2)。根据五代图各潜源的地震活动性参数计算得到, 黄海海域6级以上地震的年发生率为0.054, 即未来10年发生至少1次6级以上地震的概率为56%。7级以上地震的年发生率为0.021, 即未来10年至少发生1次7级以上地震的概率为23%。

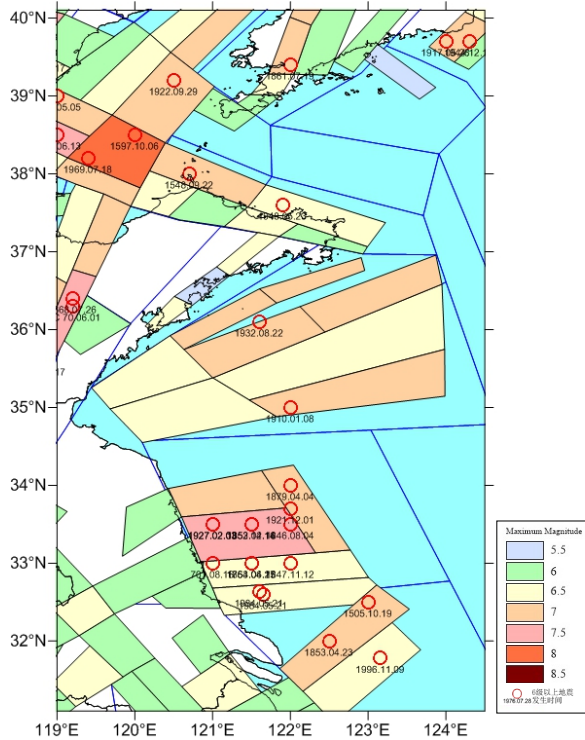


图2 黄海海域潜在震源区划分及历史上 $M \geq 6$ 地震分布图

C. 东海大地震潜在震源区分布和强震发生率研究

东海潜在震源区划分如图3所示。东海近海共有震级上限大于6级的潜在震源区29个。历史上共记录到 $M \geq 6$ 地震388次(图3)。根据五代图各潜源的地震活动性参数计算得到, 东海海域6级以上地震的发生频次为1.03次/年, 7级以上地震的发生频次为0.46次/年。

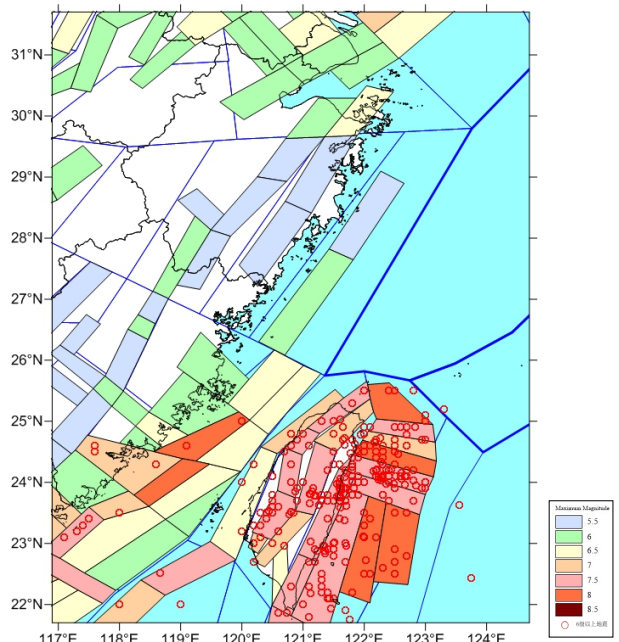


图3 东海海域潜在震源区划分及历史上 $M \geq 6$ 地震分布图

D. 南海大地震潜在震源区分布和强震发生率研究

南海潜在震源区划分如图4所示。南海近海共有震级上限大于6级的潜在震源区30个。历史上共发生 $M \geq 6$ 地震15次(图4)。根据五代图各潜源的地震活动性参数计算得到, 南海海域6级以上地震的发生频次为0.28次/年, 7级以上地震的发生频次为0.14次/年。

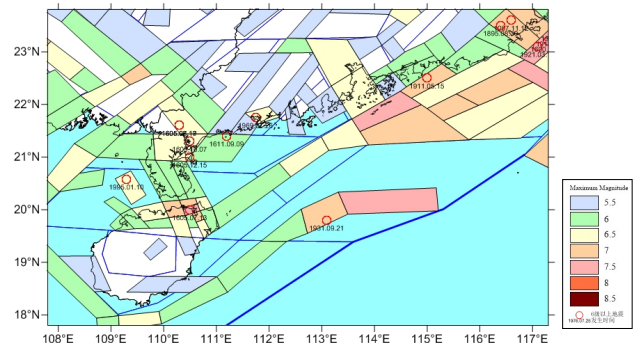


图4 南海海域潜在震源区划分及历史上 $M \geq 6$ 地震分布图

综上, 我国近海海域共有震级上限大于6级的潜在震源区97个。历史上记录到 $M \geq 6$ 地震420次。全域6级以上和7级以上地震的发生频次分别为1.4次/年和0.68次/年。

III. 中国近海大地震诱发灾害及风险对策建议

土地液化是沿海大地震中容易发生的次生灾害现象, 比较著名的如2018年印度尼西亚帕卢地震引起的土地液化^[4]。中国大陆海岸大致以长江口为界, 以北以泥沙质海岸为主, 以南以基岩质海岸为主。在泥沙质海岸和河口三角洲地区, 土质松软, 含水量很高, 一旦发生近海大地震, 很容易发生土地液化现象, 需特别防范。

我国沿海也有发生地震引起的浪涌、海啸和地面沉降灾害的潜在风险。根据王锋等(2005)^[5]的研究, 历史上我国共记载过地震诱发近海浪涌、海啸和地面沉降灾害9起, 如表1所示。9起灾害对应的历史地震发生

地点及时间如图 5 所示。可见，我国整个近海海域都发生过确切可考的地震诱发近海浪涌、海啸和陆地沉陷灾害，特别在福建、广东、台湾近海，未来的城市规划、工程设施选址及设防需特别考虑近海大地震及其诱发次生灾害的风险。

表 1 我国历史上记载的地震诱发近海浪涌、海啸和地面沉陷灾害概况表，根据王锋等（2005）^[5]的研究整理

序号	时间	震级	震中	影响范围	损失	灾害类型	最大波高 (m)
1	1604.12.29	7.5	福建泉州近海	泉州	覆舟甚多	海啸	2-3
2	1605.07.13	7.5	海南海口-文昌	海南北部	琼山调塘、演顺等都(东寨港内)沉陷数十村	陆地沉陷	/
3	1668.07.25	8.5	山东郯城	黄海沿海，远至江南、朝鲜	赣榆海退，河水暴涨，海潮大溢	浪涌	3
4	1792.08.09	7	台湾嘉义	嘉义、台南	鹿耳门忽无风水涌起数丈	浪涌	3
5	1867.12.18	7	台湾基隆	基隆、宜兰、花莲	基隆全市倒塌，地裂涌水，水石滚落，鸡笼山崩缺，淡水死 30 余人，台北死 150 余人。	浪涌海啸	7.5
6	1917.07.04	7	台湾宜兰外海	基隆、宜兰	不详	海啸	3.7
7	1918.02.13	7.3	广东南澳近海	粤东闽南	鱼船多遭没	海啸	2-3
8	1948.05.23	6	山东威海	威海	海水冲入陆地里许	浪涌	2-3
9	1986.11.15	7.3	台湾花莲外海	花莲、宜兰	花莲、宜兰两处港内 10 艘渔船沉没，6 人受伤	海啸	3

IV. 结论和讨论

本文使用第五代《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)的资料，计算了中国近海全域及渤海、黄海、东海、南海各海域近海 6 级以上地震的活动频率，整理了中国历史上近海大地震及次生灾害资料，得出了以下结论：

(1) 渤海、黄海、东海、南海近海海域及全域 6 级以上地震的发生频次分别约为 0.036、0.054、1.03、0.28、1.4 次/年，7 级以上地震的发生频次分别约为 0.014、0.021、0.46、0.14、0.68 次/年。

(2) 在沿海滩涂、河口三角洲地区须防范土地液化的潜在风险。在福建、台湾、广东和海南北部沿海须防范近海浪涌、海啸、陆地沉陷的潜在风险。

本文的海啸仅考虑了近海地震引起的海啸。有研究表明，我国海啸的最大威胁来自远海，如马尼拉海沟和

日本海沟^[6]。历史上也多次记录到日本南海大地震海啸影响我国华东沿海^[5]。这些在本文中未考虑。

我国在应对地震灾害方面有悠久的历史和丰富的经验，也已有抗震设防的国家强制性标准，但在应对近海地震次生灾害如土地液化、浪涌海啸、陆地沉陷方面并无太多经验。今后应在近海地震次生灾害防御方面增加研究，增强应对各类自然灾害风险能力。

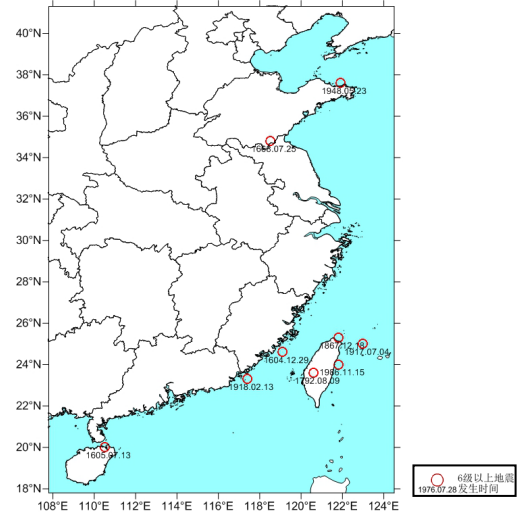


图 5 历史上引起近海浪涌、海啸、地面沉陷灾害的地震及发生时间

V. 致谢

本文的中国近海潜在震源区划分来自《中国地震动参数区划图(GB 18306-2015)》^[2]。历史地震资料来自《中国地震目录》^[7]。本文由国家重点研发计划(2017YFC1500405)和中国地震局地球物理研究所基本科研业务费专项(DQJB17T04)联合资助。

参考文献

- [1] Li C L, Gao M T. 2019. Seismic Hazard Model Harmonization in Tianshan Area. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 9(2): 74-84.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2015. 中国地震动参数区划图. GB 18306-2015.
- [3] 周本刚, 陈国星, 高战武, 等. 2013. 新地震区划图潜在震源区划分的主要技术特色. 震灾防御技术, 8(2): 113-124.
- [4] 新华网. 2018. 印尼地震海啸导致“土壤液化”灾区清理重建工作难度大. http://www.xinhuanet.com/video/2018-10/11/c_129969367.htm.
- [5] 王锋, 刘昌森, 章振铨. 2005. 中国古籍中的地震海啸记录. 中国地震, 21(3): 437-443.
- [6] 陈颢, 陈棋福, 张尉. 2007. 中国的海啸灾害. 自然灾害学报, 16(2): 1-6.
- [7] 顾功叙, 林庭煌, 时振梁, 等. 1983. 中国地震目录: 公元前 1831-公元 1969 年. 北京: 科学出版社.