

# 日本东北 9.0 级大地震与台风的成链关系\*

李 鑫, 郭安宁, 赵泽贤

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:** 地震与台风之间的灾害链问题是一个重要的灾害学问题。通过对 2011 年日本东北 9.0 级地震和塔拉斯台风灾害链的讨论, 使地震-台风灾害链更具事实基础。另外还重点对地震-台风灾害链的成因做了进一步的讨论。

**关键词:** 日本; 9.0 级地震; 台风; 灾害链

**中图分类号:** P426.616 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2012)02-0039-04

## 0 引言

自从 1987 年《灾害学》杂志首次发表灾害链的概念和 4 种灾害链的分类以来, 国内对灾害链的研究有重要发展, 仅灾害链的专业会议就已经举行了 6 次, 涉及灾害链事件的地区范围包括我国国境以内以及相邻的国家和地区。1994 年郭安宁在《灾害学》杂志上曾讨论过 20 世纪日本 8 级地震和造成重大灾害的台风之间的灾害链问题<sup>[1]</sup>, 初步结论是 8 级大震在时间上的分布是与造成重大灾害的台风在时间上的分布大致同步的。这个结果是否在时间延长后仍然成立呢? 这是一个值得继续讨论的问题。2011 年 3 月 11 日日本东北部发生 M9.0 级地震(图 1), 在其后的 2011 年 8 月 31 日-9 月 7 日台风“塔拉斯”登陆日本。台风中心气压 975 mb(台风中心气压一般用毫巴做单位), 在伊纪半岛过程降雨量 1 500~1 800 mm。此次台风造成了严重破坏, 截至 9 月 11 日强台风在日本造成的死亡人数升至 62 人, 另有 46 人失踪。这在日本今天对台风预警能力和防台能力大为提高的情况下, 已经是很严重的伤亡了。另外这次台风造成的山崩、滑坡、塌陷、泥石流等自然灾害也很严重。本文的目的是通过对 2011 年日本东北 9.0 级大震和塔拉斯台风灾害链的讨论, 使地震-台风灾害链更具事实基础。另外我们还重点对地震-台风灾害链的成因做进一步的讨论。

## 1 日本东北 9.0 级大地震介绍

2011 年 3 月 11 日 13:46, 日本当地时间 14:46,

在日本东北部城市仙台以东大约 100 km 的外海中发生 9.0 级地震(图 1), 地震破裂起始点为 38.3°N, 142.4°E。震源深度约 10 km, 属浅源地震。随后在震中附近发生大量余震, 最大余震 M7.7 级。该大地震伴随着显著的海底形变, 直接导致了巨大海啸的产生。此次地震破裂区长约 500 km<sup>[2-3]</sup>, 其南端停止于太平洋板块与菲律宾板块的交接处, 北端终止于日本海沟与千岛海沟的交接处, 这两个构造交接处之间的海沟地段确定了日本东北部地震震级的上限, 即此处发生的最大地震就是 M9.0~9.1 级。

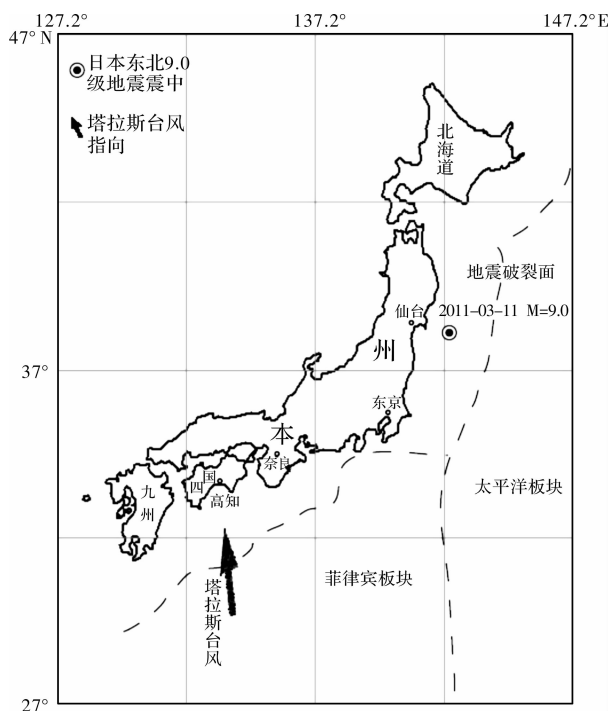


图 1 2011 年 3 月 11 日日本东北 9.0 级地震和台风登陆过程

\* 收稿日期: 2011-09-28

基金项目: 科技部公益专项“黄河上游水库群强震灾害链预测研究”(8-44)

作者简介: 李鑫(1987-), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事地震震害预测研究. E-mail: lixin7923908@yahoo.com.cn

## 2 塔拉斯台风介绍

2011 年第 12 号台风“塔拉斯”(英文名 Talas) 于 2011 年 9 月 3 日, 在日本四国高知县登陆。9 月 1 日 08 时至 9 月 4 日 08 时, 日本列岛大部出现了 7~9 级大风, 最大风速出现在四国岛高知县室户岬, 达 35.7 m/s (12 级, 阵风), 日本九州东部、四国岛、本州西部和南部、北海道出现了大到暴雨, 其中四国岛、本州西部和南部的部分地区出现了大暴雨或特大暴雨, 多地出现了打破历史观测记录的极端强降雨, 其中累计降雨量为: 奈良县上北川 1 650.5 mm、三重县宫川 1 381.0 mm、奈良县风屋 1 302.5 mm、和歌山县西川 1 088 mm。最大 24 小时降雨出现在三重县宫川, 达 837.5 mm。截止 9 月 7 日受灾地区有的地方最大降雨超过 1 700 mm。

## 3 日本地区地震与台风的关系

文献[1]对日本 8 级地震与对日本造成严重破坏的强台风的对应关系在图 2 中为 1930~1960 年段。我们把其时间延长至 2011 年, 如图 2 中后半段所示。图 2 中上面的虚线表示台风, 下面的实线表示 8 级以上大震。I、II、III、IV 表示 4 个地震-台风群。

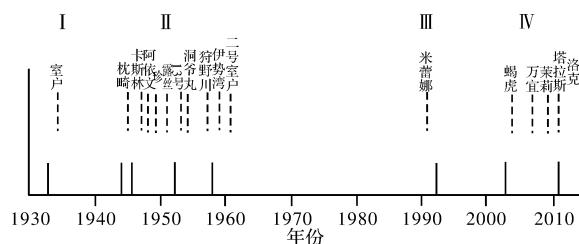


图 2 地震-台风时序图

在 1930~1960 年间造成重大灾害的台风分别是 1934 室户台风、1945 年枕崎台风、1959 年伊势湾台风、1961 年 2 号室户台风、1953 年 13 号台风、1951 年露丝台风、1958 年狩野台风、1954 年洞爷丸台风、1947 年卡斯林台风和 1948 年阿依文台风。我们从 1960 年把时间延长到 2011 年, 则有 1991 年米蕾丽台风、2004 年蝎虎台风、2007 年的万宜台风、2009 年的茉莉台风、2011 年塔拉斯台风和洛克台风。上述在 1930~1960 年间与台风相对应的 8 级地震为 1933 年的日本三陆 8.5 级地震、1944 年日本东南海 8.0 级地震、1946 年日本南海道 8.0 级地震、1952 年日本十胜冲 8.2 级地震、1958 年日本北海道东边海中 8 级地震。在 1960~2011 年与台风相对应的 8 级左右地震为 1993 年北海道南西 7.8 级地震(我国地震监测台网中心也有定为 8 级的)、2003 年日本北海道发生 8 级地震和 2011 年日本东北 9.0 级地震。以上地震的震中位置如图 3 所示, 图中虚线矩形区为 9.0 级大震的余

震分布范围。

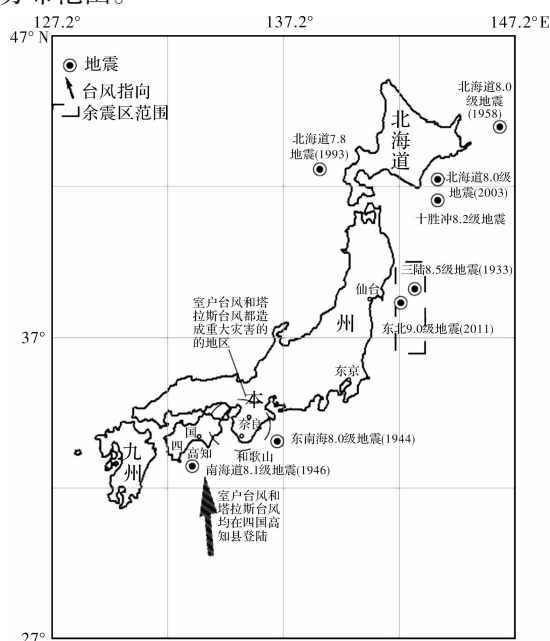


图 3 日本地震-台风灾害分布图

由图 2 可以看出, 1960~2011 年间的地震-台风对应关系与 1930~1960 年间的台风对应关系是类似的。这个时间拉长后的序列支持和丰富了文献[1]中的地震与台风关系。这对我国今后的震-台链防灾是有参考价值的。

## 4 地震-台风灾害链成因讨论

地震发生之后通常伴随着大量地下热能的生产, 其中必有携热水汽逸出地表。根据全球记录到的地震波信息, 估计日本东北 9.0 级地震的破裂持续时间约为 120 s。结合余震分布以及地震波的反演, 判定此次地震破裂长度约 500 km。地震从起始点开始, 向南扩展约 300 km, 几乎到达东京附近。同时从震中向北扩展约 200 km, 到日本海沟与千岛海沟交界处停止。经过对全球地震台记录到的大量地震波形的分析, 美国地质调查局(USGS)及哥伦比亚大学确认此次地震类型为逆冲型地震, 矩震级为 9.0~9.1。这是自 2004 年印尼 9.3 级地震以来第 1 次 9 级地震, 也是近 40 年来第 1 次 9 级以上地震。这次地震释放的能量大约相当于梯恩梯炸药爆炸释放的能量, 约为我国汶川地震释放能量的 32 倍。需要指出以上能量的统计仅仅是主震能量的释放, 其后在周围地区发生了多次 7 级以上的余震, 因此整个地震过程释放的总能量是很大的, 除去释放地震波所需要的能量, 剩余能量中大部分转化为热能形式, 另外震源周围岩体的运动和形变以及强烈的地震波等也可把地壳孔隙中的水汽挤出和震出, 因此日本 9.0 级大地震必然在大的范围引起地下携热水汽的逸出, 这个携热水汽的逸出是能够加强台风和降雨强度的。

关于地震的放气现象, 由于地壳介质的孔隙度和孔隙向地表的连通关系以及地温梯度的不相同等原因, 所以地震放气的时间过程只能用实测来回答。为了估算地震引起的放气范围, 可用爆破震动引起的放气范围来类比, 爆破引起的放气的震动强度约相当于地震烈度Ⅳ度。对此可用武宜英震级  $M$  与波及范围半径  $R$  的公式(1990)<sup>[4]</sup>来计算Ⅳ度区的范围。

$$\log R = 0.46M - 0.51, \quad (1)$$

用此式计算主震放气范围以及其后余震的放气范围, 综合叠加可获得最终放气范围。由于 2011 年 3 月 11 日日本地震已达 9.0 级, 且余震发育范围很广, 因此可以判断在大的范围内必然有携热热水气逸出。

还应指出, 日本气象厅的报告: 日本东北 9.0 级地震后, 日本全国至少有 13 座活火山周边中小地震活动趋于活跃。被观测到地震增加的这种区域为日本关东及中部的日光白根山、富士山、箱根山、烧岳、伊豆大岛, 九州岛阿苏山、南西诸岛的諏访之瀬岛等。火山附近小震活动表明地球内部的热物质在上涌, 这也从侧面支持了 9.0 级地震引发的大范围放热和放气现象, 从而也有助于理解塔拉斯台风为何登陆后暴雨如此之大。

根据以上的分析可以看出, 对于日本 9.0 级大地震不能简单地视为局部地区的构造活动, 因为主震震级如此之大, 必然牵动日本岛弧地震带的构造活动(包括中小地震活动和非震的地热活动)。另外还有强烈地震波震动, 这些都会造成地震带及其附近地下携热热水汽进入大气, 使大气湿度和温度增加以及大气气压降低。当这样的带和地区靠近台风路径时, 它就会吸引台风, 并把自己所造成的暖湿空气加入到台风中, 使得台风的强度加强, 遂引起大的风暴潮和特大暴雨, 造成严重灾害。对于这种地震和台风的成链关系还可从中等台风造成严重灾害来进一步论证其成因。

(1) 对于 1960 年以前的 11 个台风(图 2 中Ⅰ和Ⅱ), 查阅福井英一郎主编的《日本气候》一书<sup>[5]</sup>, 其中有 3 个中等台风, 中心气压都为 960 mb, 本不应该造成重大伤亡, 但死亡人数分别为 838 人、1 761 人和 2 360 人。这说明地震引起地下放出携热热水汽增强了台风致灾强度。至于更强的台风死亡人数多, 也有地震引起的地下放出携热热水汽叠加的因素, 这就不难理解了。

(2) 在图 2 中可以清晰地看出, 发生 8 级地震的时间基本和伤亡严重的台风出现的时间相吻合, 其中伤亡严重的台风大都出现在大地震发生之后, 但是图 2 中 1952 年、1993 年和 2009 年三次地震之前出现了造成重大灾害的台风。根据耿庆国和陈玉琼等人的观点, 孕育着的震源也可能吸引台风<sup>[6]</sup>, 但他们没有讨论吸引台风的机制。我们认为其原因是震前构造变动已较显著并伴有地下携热热水汽逸出, 从而吸引台风和加强台风。

(3) 在图 2 的第Ⅳ群中, 2011 年的 12 号塔拉斯台风只是中等台风, 中心气压为 975 Mb, 阵风速度为 35 m/s。但在纪伊半岛上的奈良和和歌山造成的暴雨为历史之最。这种暴雨过分大的原因可认为是: 仙台东边海中发生 9.0 级地震引起的构造变动和强烈地震波达及伊纪半岛使该地区地下逸出携热热水汽并叠加在台风中形成的。这就是本文特别选择塔拉斯台风讨论灾害链的原因。因为特强台风登陆破坏严重究竟是台风强造成的, 还是有地下逸出携热热水汽叠加在台风中造成的, 我们不易论证。中等台风则易于论证这个问题。这和上面第Ⅱ群中三次中等台风的情况是一致的。

(4) 1933 年 3 月 2 日日本仙台东边海中的三陆地震, 震级达到 8.5 级(图 3), 次年发生室户台风, 在室户地区和周围造成 3 036 人死亡。2011 年 3 月 11 日仙台东边海中发生 9.0 级地震(其极震区包括三陆在内)后, 当年 9 月初室户地区和东边伊纪半岛又遭塔拉斯台风的严重破坏。虽死亡和失踪人数仅 108 人, 但现今台风预警和防台防暴雨的能力远大于往昔, 所以 108 人已经是严重的损失了。1933 年室户台风和 2011 年塔拉斯台风造成了巨大灾害的地区范围在图 3 中以虚线圆表示。这说明 2011 年 9.0 级地震和 1933 年 8.5 级地震所在的地段发生大震后对日本岛弧的构造变动影响甚大, 因之易于造成日本岛弧别处严重台风灾害。

(5) 2011 年 9 月 20 日前后, 有强台风“洛克”在日本本州岛静冈县登陆, 向东北方向移动, 过东京后奔向 9.0 级地震极震区陆地一侧的福岛地区(对福岛地区早先因地震造成的核泄漏有何影响现不清楚), 然后走向北海道东侧消失。这次台风穿过 9.0 级地震极震区陆地一侧, 也支持上述由塔拉斯中等台风所论证的地下携热热水汽吸引台风和加强台风的观点。在极震区陆地一侧这种效应更强。

## 5 结论

(1) 本文从地震和台风的事实统计上支持和丰富了文献[1]中的研究结果。其中大多为震后引起严重台风灾害, 少数发生在震前。但地震和台风在时间上都靠得较近。

(2) 地震与台风成链的原因是地震引起地下放出携热热水汽造成的。由于台风特强时我们不易证明它登陆造成的破坏和人员伤亡惨重是台风本来特强造成的还是地下放出携热热水汽作用于台风造成的。故本文选择中等强度的台风登陆后造成过分严重破坏和伤亡论证其中有地下携热热水汽进入台风加强灾害的因素。

## 参考文献:

- [1] 郭安宁. 灾害综合研究讨论[J]. 灾害学, 1994(3): 12

- 16.
- [2] 何昌荣, 周永胜, 马瑾. 日本大地震 - 大自然给人类的又一课[J]. 自然杂志, 2011, 33(2): 63-60.
- [3] 梁凯利. 日本 3.11 特大地震相关背景和报导分析[J]. 国际地震动态, 2011(4): 4-5.
- [4] 武宦英. 历史地震震级的估算[M]//闵子群. 中国历史地震研究文集. 北京: 地震出版社, 1989: 97-104.
- [5] 福井英一郎. 日本气候[M]. 安顺清, 译. 北京: 气象出版社, 1983: 119-131.
- [6] 耿庆国, 陈玉琼. 地震气象研究在中国的进展[M]//耿庆国. 地震气象学和天文气象学进展. 北京: 海洋出版社, 1987: 1-5.

## Chain Relationship of M9.0 Earthquake in Northeastern Japan with the Typhoon

Li Xin, Guo Anning and Zhao Zexian

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Chain relationship of earthquake with typhoon is an important issue in disaster science. The discussion on the chain relationship of the M9.0 earthquake in northeastern Japan in 2011 with the Talas typhoon shows the factual basis of earthquakes-typhoon disaster chain. In addition, the causes of earthquake-typhoon disaster chain are mainly discussed in this paper.

**Key words:** Japan; M9.0 earthquake; typhoon; disaster chain

(上接第 33 页)

## The Water Vapor and Dynamic Lifting Mechanism of Continuous Snowfall in 2008 in Jiangsu

Zhang Bei, Yin Dongping, Yan Wenliang and Sun yan

(Meteorological Observatory of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** In late January 2008, there were rare durative snowstorm in Jiangsu Province. The study shows that the size of snowfall corresponds to the diurnal variation of low-level jet. During the snow storm, the southwest jet at 700 hPa played an important role in the transport of water vapor. As large-scale weather systems, the acceleration of the jet at 700 hPa occurs before snowfall's increase, its range did not correspond to the 6 hours accumulated snowfall, and it weakened after the end of snowstorm. The occurrence and development of snowstorm have a relationship with the increase of north-south wind and the temperature advection, the low-level north wind as cold pad had played a certain role for the advection of warm and humid air and the condensation of water vapor. The water vapor mainly comes from 700 hPa to 500 hPa, the low-level easterly flow had a limited role for the transportation of water vapor on the southern Yellow Sea. The occurrence of snowstorm corresponds to the divergence of water vapor flux at 700 hPa. Snowfall increased with the increase of moisture flux divergence. During the snowstorm, vertical movement has good indication to the snowfall.

**Key words:** snowstorm; jet stream; water vapor; ascending movement; Jiangsu Province; 2008

(上接第 38 页)

## Research on Flood Vulnerability Curves of Rural Dwellings Based on "3S" Technology

Dong Shuna<sup>1</sup>, Jiang Liupeng<sup>2</sup>, Zhang Jiquan<sup>2</sup>, Tong Zhijun<sup>2</sup>, Liu Xingpeng<sup>2</sup> and Jiang Xinyu<sup>3</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Changchun Normal University, Changchun 130032, China; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Nature Disaster Research Institute, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Uji 611-0011, Japan)

**Abstract:** Flood vulnerability curves normally relate to a set of elements at risk and present information on the relationship between flood damage rates and flood inundation parameters, and they are the essential components of the risk assessment for the flood disaster. In order to establish flood vulnerability curves of rural dwellings, taking the flood disaster of Kouqian town in Yongji county in 2010 as an example, GPS technology was used in order to collect data in the field based on sampling theory; the depth of flood water was extracted by using RS and GIS technology in order to obtain additional data; the relationship between depth and loss rate was established by using regression analysis in order to present flood vulnerability curves of rural dwellings. The result shows that: the depth of flood water and the loss rate of the rural dwelling were in high correlation, and the loss rate increased with the using time of rural dwellings. Flood vulnerability curves can provide an important basis for disaster prevention and reduction.

**Key words:** rural dwelling; flood disaster; vulnerability curves; "3S" technology; Kouqian Town of Yongji County in Jilin province