

# Study on the Time Series Features of Earthquake and Tsunami Deaths

Wu Haoyu<sup>1</sup> Wu Xinyan<sup>2</sup> Lu Yao<sup>1</sup> Li Hongwei<sup>1</sup>

*1. Earthquake Administration of Shanxi Province, Taiyuan, China;*

*2. Institute of Geophysics, China Seismological Bureau, Beijing, China*

wuxy1977@sina.com

## 地震海啸死亡人数时间序列特征研究

吴昊昱<sup>1</sup> 吴新燕<sup>2</sup> 路尧<sup>1</sup> 李宏伟<sup>1</sup>

*1 山西省地震局, 太原 030021, 中国 7153701@qq.com*

*2 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081, 中国*

wuxy1977@sina.com

**Abstract**—In this paper, 18 earthquake cases from 1996 to 2017 and four earthquakes cases that caused tsunami and killed more than 2,000 people since 2000 were selected in China. Statistics on the death statistics of earthquakes in Sina.com were collected. The logistic function was used to fit the data of earthquake cases. The results showed that: (1) The number of earthquake deaths was reported. There is a good correlation between the curves presented at the time and the more deaths there are, the longer it takes to determine the final number of deaths. (2) The shorter the time when the number of earthquake deaths approaches the total number, the stronger the rescue ability. (3) The data show that in the face of catastrophic earthquakes with more than 10,000 deaths, especially the huge earthquakes that caused the tsunami, relying solely on the local rescue capacity is obviously insufficient.

**Key words**—Earthquake, Tsunami, Deaths, Time Series, Features

**摘要**—选取了1996年以来国内18次地震的震例和2000年以来4次引起海啸的地震并造成人员死亡人数超过1000人的震例,统计新浪网对地震死亡人数的报道数据,利用对数函数对震例进行了数据拟合,结果表明:(1)地震死亡人数与震后报出的时间呈现有着很好的相关性曲线,即死亡人数越多,确定最终死亡人数的震后时间越长。(2)地震死亡人数接近总数震后报出时间越短,表明救援响应越及时,救援能力越强。(3)数据显示面对死亡人数超过万人的巨灾地震尤其是引发海啸的巨大地震,仅依靠震区当地救援能力明显不足。

**关键词**: 地震, 海啸, 死亡人数, 时间序列, 特征

### 1. 引言

地震引发的海啸给灾区带来巨大的人员

伤亡和经济损失以及难以估量的间接损失。研究其震后死亡人数的变化显得尤为重要,不仅可以为应急物资的分配提供参考,对于应急救援和医疗救援的人力安排,以及震后人员安置和重建方案的制定也具有一定的参考价值。

地震造成的死亡人数随时间的变化,不同的学者做了大量的相关研究。Lomnitz在智利大地震中统计了时间和伤亡人数之间的相互关系<sup>[1]</sup>。洪时中对日本兵阪神地震的伤亡人数特点做了归纳<sup>[2]</sup>;王景来和杨子汉研究了对比了日本阪神地震和云南丽江地震,认为地震伤亡人数随时间变化曲线对救灾辅助决策的意义<sup>[3]</sup>;刘倬等<sup>[4]</sup>和吴新燕等<sup>[5]</sup>用指数模型来描述地震死亡人数与震后时间的相互关系;还有很多研究者<sup>[6] [7] [8]</sup>认为通过研究死亡人数与时间的关系可以预测地震的最终死亡人数。本文选取了1996年以来国内18次震例,统计地震报道死亡人数随时间变化的关系,利用对数函数对震例进行了数据拟合,取得了较为满意的结果,可为今后指导抗震救灾工作、部署救援力量提供参考依据。

### II. 数据来源

本文选取了1996年以来国内18次地震的震例<sup>[9]</sup>和2000年以来全球4次地震引发海啸并造成人员死亡人数超过1000人的震例(见表1),主要利用新浪网(<http://news.sina.com.cn/zt/index.shtml>)设立的关于地震报道的专题,统计了自1996~2016年新浪网对地震死亡人数的报道,时间以新浪网网页发布时间为准对比陆地地震与海啸地震死亡人数时间序列特征。选择同一个网站平台系统来研究地震死亡人数的时间进程,是为了研究得到的震例数据比较一致,有可比性。

选择的震例要求至少有 5 次以上的地震死亡人数报道,且前后两次地震死亡人数报道的间隔时间不超过 72 小时,以保证数据的连

续性和统计震例的可靠性。

表 1 2000 年以来 4 次海啸地震的死亡人数

编号	北京时间	地点	震级	死亡人数
1	2004 年 12 月 26 日	印尼	9.0	292 000
2	2005 年 3 月 29 日	印尼	8.7	1 300
3	2009 年 9 月 30 日	印尼	7.9	1 115
4	2011 年 3 月 11 日	日本东海	9.0	12 554

### III. 研究方法

通过观察最近二十多年来地震死亡人数随时间变化的情况可知(图 1),地震刚发生的数天内,死亡人数呈快速增长趋势。随着时间的推移和救援工作的深入,发现生还者的可能性逐步减少,死亡人数的增速逐渐缓慢,直至趋于饱和值。尤其是特大地震发生后,道路和通讯中断,地震造成的真实人员伤亡数字不可能在短时间内全部报送到上级部门,地震前几天政府发布的官方数据可能是是局部生命

损失,直到大批的救灾部队进入重灾区全面开展救援后,死亡数据才得以完全呈现。上述规律符合时间序列长期趋势预测模型中的对数函数所描述的现象,本文就利用对数函数对震例进行数据拟合:

$$D = b \times \ln t \pm a \quad (1)$$

其中  $D$  为地震死亡人数,  $t$  为震后时间(单位: 小时)  $a$  和  $b$  为拟合系数。

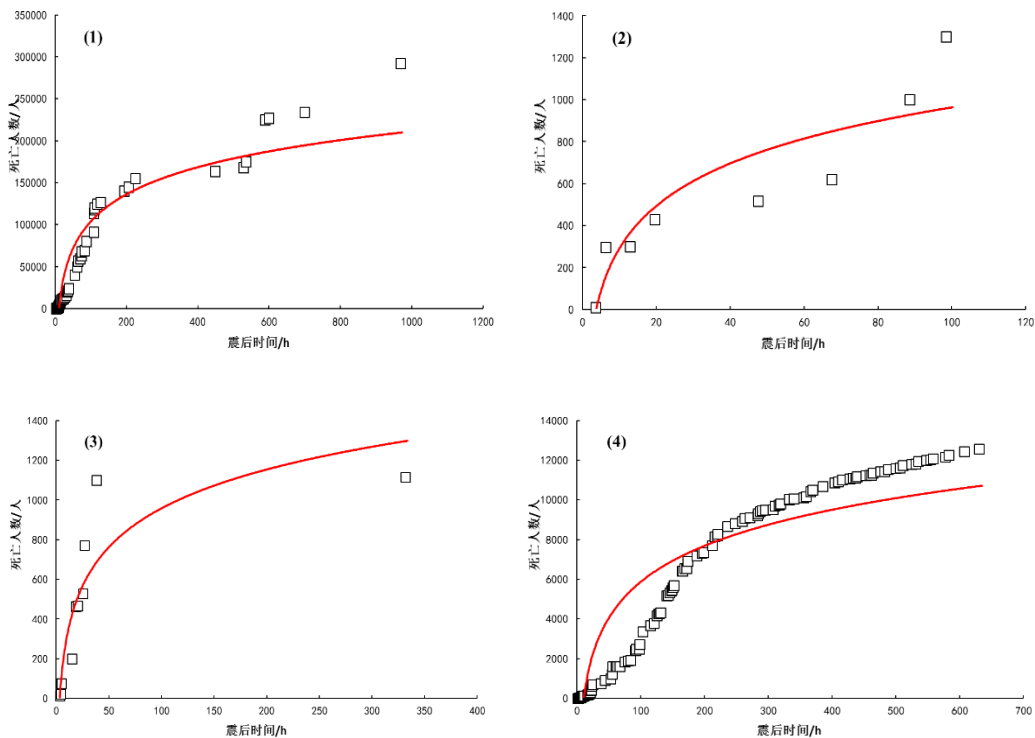


图 1 2000 年以来全球 4 次引发海啸地震报道死亡人数速度的时变曲线

### IV. 计算结果

根据已有的研究结果<sup>[9]</sup>修改后得到了国

内 18 次地震的结果(见表 2);通过数据拟合得到引发海啸地震的结果(见表 3),并对两种类型的地震结果进行了对比:

表 2 1996~2019 年国内 18 次地震的拟合结果

编号	北京时间	地点	震级	死亡人数	b 值	a 值	a/b
1	1996 年 2 月 3 日	云南丽江	7.0	309	58.16	5.71	0.10
2	1999 年 9 月 20 日	台湾集集	7.6	2 295	362.25	334.21	0.92
3	2003 年 2 月 24 日	新疆伽师	6.8	268	55.08	92.81	1.69
4	2008 年 5 月 12 日	四川汶川	8.0	68 708	16543	38232	2.31
5	2008 年 8 月 30 日	四川攀枝花-会理	6.1	41	9.01	1.25	0.14
6	2003 年 7 月 21 日	云南大姚	6.2	16	1.67	8.55	5.13
7	2003 年 8 月 16 日	内蒙古巴林左旗	6.1	4	1.51	2.11	1.40
8	2003 年 10 月 25 日	甘肃民乐-山丹	6.1	9	4.60	6.41	1.39
9	2005 年 11 月 26 日	江西九江	5.7	13	2.71	6.58	2.43
10	2006 年 7 月 22 日	云南盐津	5.1	22	7.59	1.50	0.20
11	2010 年 4 月 14 日	青海玉树	7.1	2203	510.01	701.18	1.37
12	2011 年 3 月 10 日	云南盈江	5.8	26	8.87	4.89	0.55
13	2012 年 7 月 16 日	云南昭通	5.7	81	29.97	14.07	0.47
14	2013 年 4 月 20 日	四川芦山	7.0	204	75.29	59.70	0.79
15	2013 年 7 月 22 日	甘肃岷县-漳县	6.6	95	34.43	22.24	0.65
16	2014 年 8 月 3 日	云南鲁甸	6.5	617	158.79	107.07	0.67
17	2016 年 2 月 6 日	台湾高雄	6.7	116	15.20	27.82	1.83
18	2017 年 8 月 8 日	四川九寨沟	7.0	24	7.78	10.58	1.36
19	2019 年 6 月 17 日	四川长宁	6.0	13	3.60	6.04	1.68
a/b 平均值		1.32		均方差		1.15	

表 3 4 次引发海啸地震的拟合结果

编号	北京时间	地点	震级	死亡人数	b 值	a 值	a/b
1	2004 年 12 月 26 日	印尼	9.0	292 000	46592	110766	2.38
2	2005 年 3 月 29 日	印尼	8.7	1 300	362.25	334.21	0.92
3	2009 年 9 月 30 日	印尼	7.9	1 115	55.08	92.81	1.69
4	2011 年 3 月 11 日	日本东海	9.0	12 554	7.78	10.58	1.36
a/b 平均值		1.81		均方差		0.64	

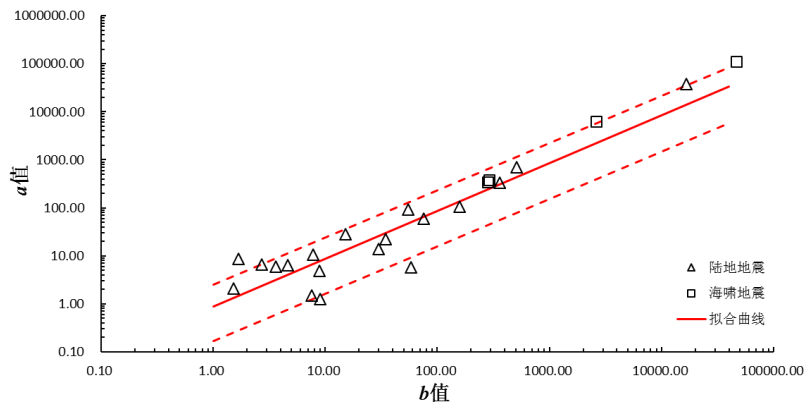


图 2 18 个国内震例与 4 个引起海啸地震的震例对比

$a$  和  $b$  这两个拟合系数存在如下关系:

$$a = 0.87 \times b^{0.9979}$$

计算结果显示拟合系数  $a$ ,  $b$  呈对数相关性, 且  $a/b$  值基本呈常数不变, 说明新闻报道地震死亡人数的能力随时间基本呈一个稳定值, 其跟震级相关性不大。新闻报道地震死亡人数的能力也是国家救援能力的一种综合体现(高建国和贾燕, 2005)。这种地震救灾能力显然与灾区的抗震设防水平、地震救援响应及规模等诸多因素有关, 但总的来说中国建立的救灾分级响应机制科学的促成各个震级档的地震灾害能得到较为迅速的响应和相应规模的救援。

地震引发海啸造成的人员伤亡是仅次于地震本身造成人员伤亡的主要次生灾害<sup>[10]</sup>。在人员伤亡超过 1000 人以上的巨灾面前, 当地本身的救援力量显然无法应对巨灾造成的损失, 需要借助外界救援力量, 因此在人员伤亡超过 1000 人以上的震例中, 尤其是引发海啸的 4 个震例,  $a/b$  值都在拟合线一倍均方差内, 地震引发海啸的预警与防护措施至关重要, 可进一步减小灾害造成的人员伤亡。

## V. 分析与讨论

根据 4 次引起海啸地震的震例与 1996 年以来国内 18 次震例数据对比分析研究, 统计数据发现有几点认识:

(1) 地震死亡人数与其被报出的时间所呈现的曲线有着很好的相关性。显然死亡人数越多, 救援越需要花费更长的时间, 确定地震造成的最终死亡人数的时间也就越长。

(2) 地震死亡人数接近总数的报出时间越短, 表明救援能力越强。死亡人数随时间报出的比值, 在 18 次没有海啸地震和 4 次引发海啸地震中证明, 面对地震灾害救援能力以及救援响应能力基本在各个震级档地震灾害中体现的较为一致。

(3) 数据显示面对死亡人数超过万人的巨灾地震尤其是引发海啸的巨大地震, 仅依靠震区当地救援能力明显不足。

可以看出, 本文所采用的方法能够较好地描述地震死亡人数随时间变化的规律, 从而可为各级抗震救灾指挥部提供救灾决策的参考。

## 参考文献

- [1] Lomnitz C. 1970. Casualties and behavior of populations during earthquakes. Bull. Seism. Soc. Am. 60, 1309–1313.
- [2] 洪时中. 对日本兵库县南部地震震灾统计时程曲线的

初步分析[J]. 国际地震动态, 1995, (5):10–14.

[3] 王景来, 杨子汉. 地震灾害时间进程法[J]. 地震研究, 1997, 20(4):424–430.

[4] 刘倬, 吴忠良. 地震和地震海啸中报道死亡人数随时间变化的一个简单模型[J]. 中国地震, 2005, 21(4):72–75.

[5] 吴新燕, 顾建华, 吴昊昱. 地震报道死亡人数随时间变化的修正指数模型[J]. 地震学报, 2009, 31(4): 457–463.

[6] Li Y, Wu Z, Zhao Y. Estimating the number of casualties in earthquakes from early field reports and improving the estimate with time[J]. Natural Hazards, 2011, 56(3):699–708.

[7] Yang X, Wu Z, Li Y. Using Internet reports for early estimates of the final death toll of earthquake-generated tsunami: the March 11, 2011, Tohoku, Japan, earthquake[J]. Annals of Geophysics, 2011, 54(6):674–679.

[8] Zhao Y Z, Wu Z L, Li Y T. CASUALTY IN EARTHQUAKE AND TSUNAMI DISASTERS: INTERNET-BASED MONITORING AND EARLY ESTIMATION OF THE FINAL DEATH TOLL[C]// 14th world conference on earthquake engineering. 中国地震学会, 2008.

[9] 吴新燕, 吴昊昱, 路尧, 等. 地震新闻报道中中国地震死亡人数时间序列特征研究[J]. 灾害学, 2019, 34(01):36–39.

[10] Marano K D, David J. Wald, Trevor I. Allen. Global earthquake casualties due to secondary effects: a quantitative analysis for improving rapid loss analyses [J]. Natural Hazards, 2010, 52(2):319–328.