

文章编号:1004-4574(2013)04-0114-06

# 1950-2010年中国洪涝灾情的频率规模关系

邱海军,曹明明,胡 胜

(西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

**摘要:**本文借鉴相关领域研究概念,对洪涝灾情的1950-2000年的变化动态,特别是频率与规模的关系做了定量的分析,划分了风险的可接受与不可接受区。研究发现:(1)总体上,60年来洪涝灾害的受灾和成灾面积不断增大,而因灾死亡人口和倒塌房屋间数总体上不断减少。(2)洪涝灾害因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数与累积频率的关系与著名的古登堡-里查德关系类似,呈现良好的幂律关系。(3)通过借鉴地质灾害领域相关可接受风险概念,划定了洪涝灾害的年因灾死亡人口数的可接受与不可接受灾情的界线。(4)本文只是借鉴相关领域研究概念,试探性的对洪涝灾害进行了探索,在将来的研究中还有待继续和深化。

**关键词:**洪涝灾情;频率规模;可接受风险

中图分类号:P954

文献标志码:A

## The relationship between the frequency and the scale of flood situation in China from 1950 to 2010

QIU Haijun, CAO Mingming, HU Sheng

(College of Urban and Environment Science, Northwest University, Xi'an 710127, China)

**Abstract:** This paper analyzes the change of flood situation from 1950 to 2010 and the relationship between flood frequencies and scales with reference to the research concept of related fields, and divides the risk area into acceptable and unacceptable areas. Research results show that: (1) in general, disaster-affected and suffered areas are increased, while population death and collapsed buildings are decreased in the past 60 years; (2) the relationship between population death, disaster-affected/suffered areas, collapsed building number and accumulative frequency shows good power-law relationship which is similar to the famous Gutenberg-Richard relations; (3) the risk was divided into acceptable and unacceptable areas with reference to the related fields, and draw a line between the acceptable and unacceptable annual casualties due to floods; (4) the tentative division explores the flood hazards in China and needs to be deepened in the future.

**Key words:** flood damage; frequency-scale; acceptable risk

洪涝灾害是世界上发生非常频繁,危害非常严重的自然灾害之一。据统计,目前全球各种自然灾害所造成的损失,洪涝占40%,热带气旋占20%,干旱占15%,地震占15%,其余占10%<sup>[1]</sup>。我国遭受的洪涝灾害次数之多、强度之高、损失之大、影响范围之广均居我国各类自然灾害的前列,据民政部资料统计,我国每年各地的洪涝灾情有数十次至上百次。各种洪涝灾害不仅冲毁农田,破坏道路、水利、桥梁等基础设施,而且给附近广大地区人民的生命财产造成巨大损失,对人类社会、经济、生态环境造成的影响和破坏越来越严

收稿日期:2012-11-09; 修回日期:2012-12-17

基金项目:西北大学科学研究基金资助项目(12NW32);陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项项目(2008ZDKG-75);陕西省社会科学界2012年度重大理论与现实问题研究项目(2012Z029);西北大学科研启动基金资助项目(PR12076)

作者简介:邱海军(1983-),男,博士,主要从事灾害和土地利用研究. E-mail:rgbitxpl@163.com

重<sup>[2-4]</sup>。因此,如何根据现有的洪涝灾情指标,来揭示洪涝灾害的本质和内在的规律性,从而达到对洪涝灾害及其变化规律进行有效的预报和控制,显得十分必要<sup>[5]</sup>。近年来,有些学者对洪涝灾害<sup>[6]</sup>及其风险<sup>[7-9]</sup>、损失<sup>[10]</sup>做出评价、评估和预测,少数学者通过小波分析<sup>[5]</sup>、V/S和Mann-Kendall方法<sup>[11]</sup>等对洪涝灾情做过分析。

但是总体来看,对洪涝灾情频率与规模的关系的研究比较少。而事实上,频率与规模在其它灾害领域特别是地震<sup>[12-13]</sup>、地质灾害<sup>[14-16]</sup>等的研究比较常见。对频率与规模的研究可以对洪涝灾害多大规模上的发生频率及其可接受风险与不可接受风险区有一个定理的认识,其意义不言而喻。

本文试图借鉴地震、地质灾害等领域的古登堡-里查德(Gutenberg-Richter)关系及其可接受与不可接受风险的划分理念,对洪涝灾害做定量而有意义的探索。

## 1 资料来源

本文数据来源于国家防汛抗旱总指挥部和中华人民共和国水利部共同编制的中国水旱灾害公报(2010)(见表1)。主要的指标有受灾面积、成灾面积、因灾死亡人口数和倒塌房屋间数等4个指标。农作物受灾面积是指因洪涝灾害造成在田农作物产量损失1成(含1成)以上的播种面积。农作物成灾面积是指因洪涝灾害造成在田农作物受灾面积中,产量损失3成(含3成)以上的播种面积。

表1 1950-2010年全国洪涝灾情统计

Table 1 Statistics of nationwide flood disaster situation in 1950-2010

年份	洪涝面积/10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>		因灾死亡 人口数/人	倒塌房屋 /万间	年份	洪涝面积/10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>		因灾死亡 人口数/人	倒塌房屋 /万间
	受灾	成灾				受灾	成灾		
1950	6559	4710	1982	130.5	1981	8625	3973	5832	155.1
1951	4173	1476	7819	31.8	1982	8361	4463	5323	341.5
1952	2794	1547	4162	14.5	1983	12162	5747	7238	218.9
1953	7187	3285	3308	322	1984	10632	5361	3941	112.1
1954	16131	11305	42447	900.9	1985	14197	8949	3578	142
1955	5247	3067	2718	49.2	1986	9155	5601	2761	150.9
1956	14377	10905	10676	465.9	1987	8686	4104	3749	92.1
1957	8083	6032	4415	371.2	1988	11949	6128	4094	91
1958	4279	1441	3642	77.1	1989	11328	5917	3270	100.1
1959	4813	1817	4540	42.1	1990	11804	5605	3589	96.6
1960	10155	4975	6033	74.7	1991	24596	14614	5113	497.9
1961	8910	5356	5074	146.3	1992	9423.3	4464	3012	98.95
1962	9810	6318	4350	247.7	1993	16387.3	8610.4	3499	148.91
1963	14071	10479	10441	1435.3	1994	18858.9	11489.5	5340	349.37
1964	14933	10038	4288	246.5	1995	14366.7	8000.8	3852	245.58
1965	5587	2813	1906	95.6	1996	20388.1	11823.3	5840	547.7
1966	2508	950	1901	26.8	1997	13134.8	6514.6	2799	101.06
1967	2599	1407	1095	10.8	1998	22291.8	13785	4150	685.03
1968	2670	1659	1159	63	1999	9605.2	5389.12	1896	160.5
1969	5443	3265	4667	164.6	2000	9045.01	5396.03	1942	112.61
1970	3129	1234	2444	25.2	2001	7137.78	4253.39	1605	63.49
1971	3989	1481	2323	30.2	2002	12384.21	7439.01	1819	146.23
1972	4083	1259	1910	22.8	2003	20365.7	12999.8	1551	245.42
1973	6235	2577	3413	72.3	2004	7781.9	4017.1	1282	93.31
1974	6431	2737	1849	120	2005	14967.48	8216.68	1660	153.29
1975	6817	3467	29653	754.3	2006	10521.86	5592.42	2276	105.82
1976	4197	1329	1817	81.9	2007	12548.92	5969.02	1230	102.97
1977	9095	4989	3163	50.6	2008	8867.82	4537.58	633	44.7
1978	2820	924	1796	28	2009	8748.16	3795.79	538	55.59
1979	6775	2870	3446	48.8	2010	17866.69	8727.89	3222	227.1
1980	9146	5025	3705	138.3	平均	9823.49	5446.24	4570	196.31

注:台湾省和香港、澳门特别行政区统计数据暂缺。

### 2 60 多 a 来中国洪涝灾情概述

60 多 a 来中国平均每年受灾面积达到  $9\,823.49 \times 10^3 \text{ hm}^2$ , 平均每年成灾面积达  $5\,446.24 \times 10^3 \text{ hm}^2$ , 平均每年因灾死亡人口数为 4 570 人, 平均每年因灾倒塌房屋间数为 196.31 万间。其中洪涝灾害的受灾面积与成灾面积高度相关, 其拟合方程为 ( $P < 0.05$ ):

$$y = 0.6418x - 858.58,$$

其中  $y$  为成灾面积,  $x$  为受灾面积。

总体上, 60 a 来洪涝灾害的受灾和成灾面积在不断的增加, 受灾面积以每年  $142.14 \times 10^3 \text{ hm}^2$  的速度在增加, 而成灾面积以每年  $68.19 \times 10^3 \text{ hm}^2$  的速度在增加 (如图 2)。与之相反, 60 a 来洪涝灾害的因灾死亡人口和倒塌房屋间数总体上在不断的减少, 因灾死亡人口以每年 103.8 人的速度在减少, 而倒塌房屋间数以每年  $13.33 \times 10^3$  间的速度在减少 (如图 3)。

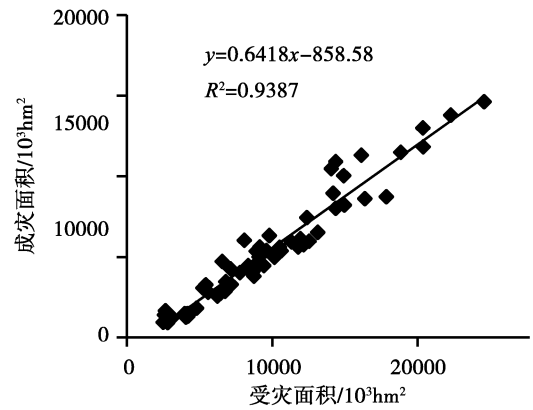


图 1 洪涝灾害成灾与受灾面积关系图  
Fig. 1 Relationship between flood disaster - suffered area and affected area

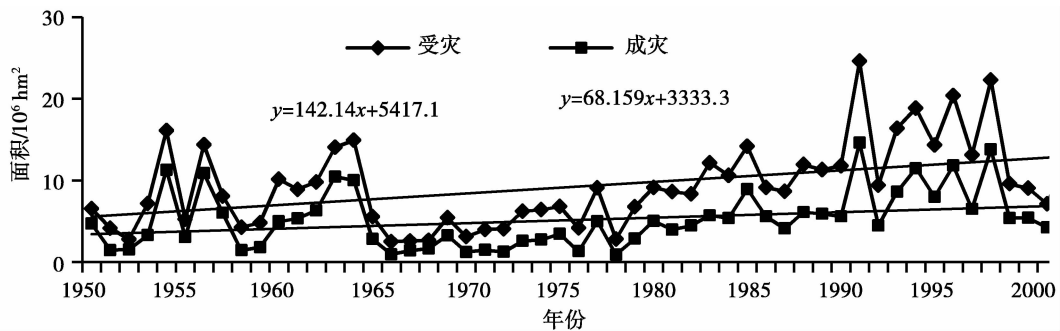


图 2 60 a 来中国洪涝灾害成灾与受灾面积时间变化曲线图  
Fig. 2 Change of flood disaster affected/suffered areas with time in China during recent 60 years

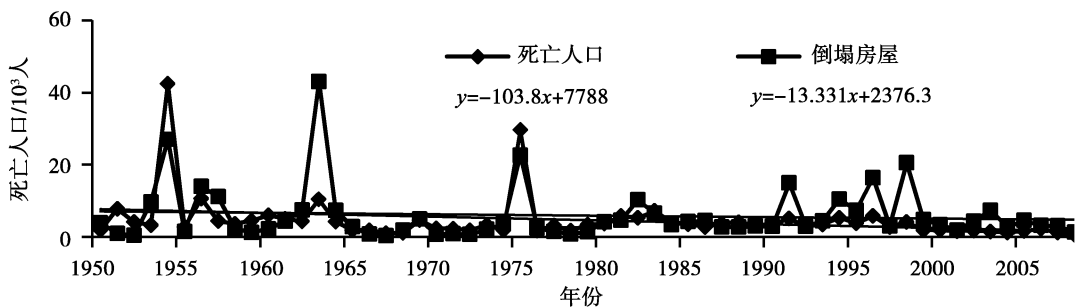


图 3 60 a 来中国洪涝灾害因灾死亡人口与倒塌房屋时间变化曲线图  
Fig. 3 Change of death number and collapsed buildings caused by flood disaster with time in China during recent 60 years

### 3 60 多 a 来中国洪涝灾情频率规模关系分析

地震现象是复杂的, 但是人类很早就知道, 震级愈大则发生的次数愈少。震级  $m$  和大于震级  $m$  出现的地震频数  $N$  之间存在著名古登堡 - 里查德 (Gutenberg - Richter) 关系:

$$\log N(> m) = a - bm$$

地震所表现出来的这种幂函数的规律以及在自然界出现的“ $1/f$ ”噪声规律正是自组织临界现象的产物。与之类似, 直观的感受是大的洪涝年比较少, 而少的洪涝年比较多。那么在这种现象背后到底隐藏着什么规

律呢?是不是也存在着一个类似地震规模频率的古登堡-里查德关系呢?这就是本文要解决的一个重要问题。

通过计算发现,由图 4,图 5,图 6 以及表 2 可知,洪涝灾害因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数与累积频率的关系与著名的古登堡-里查德关系类似,呈现良好的幂律关系。其中因灾死亡人口与累积频率的关系式为:

$$\ln N(>P) = 4.37 - 0.0003P, \quad (R^2 = 0.9768, P < 0.05).$$

式中: $P$  为年因灾死亡人口数, $N$  为大于某一人口死亡数  $P$  的年数。

受灾面积与累积频率的关系式为:

$$\ln N(>A) = 4.69 - 0.0001A, \quad (R^2 = 0.9696, P < 0.05).$$

式中: $A$  为年受灾面积, $N$  为大于某一受灾面积  $A$  的年数。

倒塌房屋间数与累积频率的关系式为:

$$\ln N(>B) = 4.37 - 0.003B, \quad (R^2 = 0.956, P < 0.05).$$

式中: $B$  为年倒塌房屋间数, $N$  为大于某一倒塌房屋间数  $B$  的年数。

由上述幂律关系,可以定量的得出不同洪涝灾害因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数的累积频率分布状况。

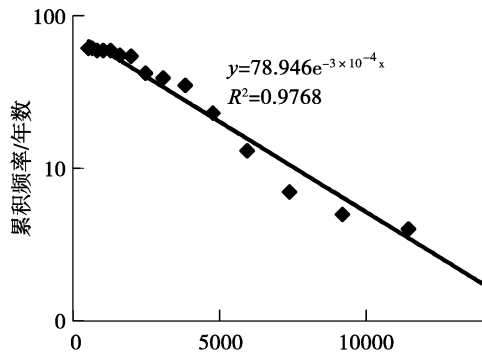


图 4 洪涝灾害因灾死亡人口与频率关系对数图  
Fig. 4 Logarithmic graph of relationship between flood disaster-caused death number and accumulative frequency

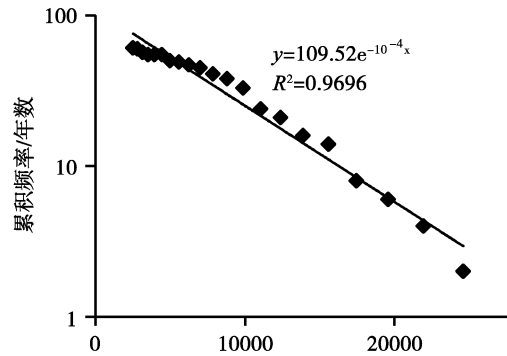


图 5 洪涝灾害受灾面积与频率关系对数图  
Fig. 5 Logarithmic graph of relationship between flood disaster-affected area and accumulative frequency

表 2 洪涝灾害灾情规模与频率关系拟合方程

Table 2 Fitting equation of relationship between flood disaster situation scale and accumulative frequency

序号	频率规模参数	方程
1	因灾死亡人口与频率	$\ln N(>P) = 4.37 - 0.0003P \quad (R^2 = 0.9768, P < 0.05)$
2	受灾面积与频率	$\ln N(>A) = 4.69 - 0.0001A \quad (R^2 = 0.9696, P < 0.05)$
3	倒塌房屋间数与频率	$\ln N(>B) = 4.37 - 0.003B \quad (R^2 = 0.956, P < 0.05)$

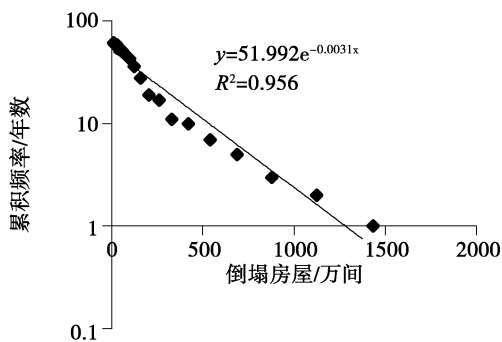


图 6 洪涝灾害倒塌房屋间数与频率关系对数图  
Fig. 6 Logarithmic graph of relationship between flood disaster-caused collapsed building number and accumulative frequency

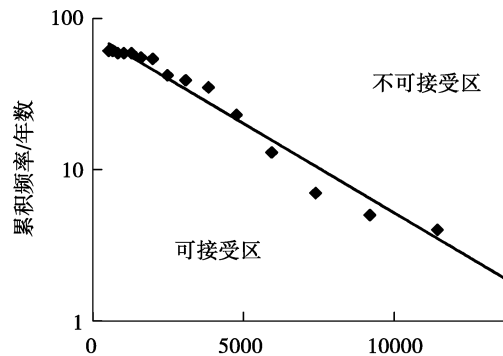


图 7 洪涝灾害年因灾死亡人口可接受与不可接受风险标准  
Fig. 7 Standards of acceptable and unacceptable risk of flood disaster-caused death number in the disaster year

一般情况下,就象其它结构和工程领域一样,在控制风险的过程中有一条经常用到的原理:可容忍的或者可接受的风险级别与其破坏后果成反比。而对于生命损失风险进行确定可容忍或者可接受的水平的时候,一般用  $F$ (频率) -  $N$ (人员伤亡数量) 准则。其最早由 Famer 在 1967 年提出用于衡量核电厂放射性碘的释放水平,是由大于或等于一定死亡人数( $N$ )及其累积频率( $F$ )组成的。与之类似,洪涝灾害的年因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数与累积频率的关系也间接定义了可接受与不可接受灾情的界线,以因灾死亡人口数与累积频率关系图为例,如图 7。图的拟合直线右上角为不可接受区,左下角为可接受区。年受灾面积和倒塌房屋与之类似。

由此可见,世界是和谐统一的。正如协同学所主张的那样,世界的统一性不仅在于它们微观构成的单一性,而且表现在宏观结构的形成遵从某些普遍的规律。一些看起来似乎是毫无关联的“独立事件”,实际上都在“暗中”遵从某种既定的规律,好象有一支“无形的手”在操纵着这些事件的发生方式以及时空分布情况,这就是世界的统一性和普适性,这支“无形的手”在协同学中被称为序参量。

## 4 结论与讨论

通过上面的分析,可以得出以下主要的结论:

(1) 总体上,60 a 来洪涝灾害的受灾和成灾面积在不断的增加,受灾面积以每年  $142.14 \times 10^3 \text{ hm}^2$  的速度在增加,而成灾面积以每年  $68.19 \times 10^3 \text{ hm}^2$  的速度在增加。而因灾死亡人口和倒塌房屋间数总体上在不断的减少,因灾死亡人口以每年 103.8 人的速度在减少,而倒塌房屋间数以每年  $13.33 \times 10^3$  间的速度在减少。

(2) 经过分析发现,洪涝灾害因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数与累积频率的关系与著名的古登堡 - 里查德关系类似,呈现良好的幂律关系,通过它可以定量的得出不同洪涝灾害因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数的累积频率分布状况。

(3) 通过借鉴地质灾害领域相关可接受风险概念,划定了洪涝灾害的年因灾死亡人口数、受灾面积和倒塌房屋间数的可接受与不可接受灾情的界线。

(4) 本文只是借鉴相关领域研究概念,试探性的对洪涝灾害进行了探索,在将来的研究中还有待继续和深化。

## 参考文献:

- [1] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.  
ZHANG Jiquan, LI Ning. Quantitative Methods and Applications of Risk Assessment and Management on Main Meteorological Disasters[M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 2007. (in Chinese)
- [2] 王静爱, 史培军, 朱骊, 等. 中国沿海自然灾害及减灾对策[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1995, 31(3): 104 - 109.  
WANG Jingai, SHI Peijun, ZHU Li, et al. Natural disaster and response measurement in China coastal zone[J]. Journal of Beijing Normal University, 1995, 31(3): 104 - 109. (in Chinese)
- [3] 温书, 陈平, 达庆利. 我国洪涝灾害受灾及成灾面积的预测分析[J]. 生物数学学报, 2000, 15(4): 452 - 456.  
WEN Shu, CHEN Ping, DA Qingli. Prediction and analysis for the disaster area caused by flood and waterlogging in our country[J]. Journal of Biomathematics, 2000, 15(4): 452 - 456. (in Chinese)
- [4] 赵晶, 徐建华. 1950 ~ 1997 年我国洪涝灾害成灾面积的分形特征研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 31 - 35.  
ZHAO Jing, XU Jianhua. Study on fractal characteristics of inundated area of flood disaster in China from 1950 to 1997[J]. Journal of Natural Disasters, 2003, 12(1): 31 - 35. (in Chinese)
- [5] 刘会玉, 林振山, 张明阳. 建国以来中国洪涝灾害成灾面积变化的小波分析[J]. 地理科学, 2005, 25(1): 43 - 48.  
LIU Huiyu, LIN Zhenshan, ZHANG Mingyang. Wavelet analysis of area affected by flood disaster in China after 1949[J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(1): 43 - 48. (in Chinese)
- [6] 孙力, 安刚, 丁立. 中国东北地区夏季旱涝的分析研究[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 311 - 316.  
SUN Li, AN Gang, DING Li. The characteristics of summer drought and flood in northeast area of China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(3): 311 - 316. (in Chinese)
- [7] 周成虎, 万庆, 黄诗峰, 等. 基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 15 - 24.  
ZHOU Chenghu, WAN Qing, HUANG Shifeng, et al. A GIS - based approach to flood risk zonation[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(1): 15 - 24. (in Chinese)

- [8] 唐川,朱静. 基于GIS的山洪灾害风险区划[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 87-94.  
TANG Chuan, ZHU Jing. A GIS based regional torrent risk zonation[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(1): 87-94. (in Chinese)
- [9] 盛绍学,石磊,刘家福,等. 沿淮湖泊洼地区域暴雨洪涝风险评估[J]. 地理研究, 2010, 29(3): 417-423.  
SHENG Shaoxue, SHI Lei, LIU Jiafu, et al. Assessment of rainstorm flood risk in the area of lakes and depressions along Huaihe River[J]. Geographical Research, 2010, 29(3): 417-423. (in Chinese)
- [10] 冯平,崔广涛,钟响. 城市洪涝灾害直接经济损失的评估与预测[J]. 水利学报, 2001, 32(8): 64-68.  
FENG Ping, CUI Guangtao, ZHONG Yun. On the evaluation and prediction of urban flood economic loss[J]. Journal of Hydraulic, 2001, 32(8): 64-68. (in Chinese)
- [11] 孙东永,畅建霞,黄强,等. V/S和Mann-Kendall相结合的方法在洪涝灾情分析中的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2012, 40(4): 230-234.  
SUN Dongyong, CHANG Jianxia, HUANG Qiang, et al. Application of the combination of V/S and Mann-Kendall method in flood disaster analysis[J]. Journal of Northwest A & F University: Nat. Sci. Ed, 2012, 40(4): 230-234. (in Chinese)
- [12] Gutenberg B, Richter C F. Frequency of earthquakes in California[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1944, 34:185-188.
- [13] 朱元清,石耀霖. 地震活动性研究中的非线性动力学模型[J]. 地球物理学报, 1991, 34(1): 31-40.  
ZHU Yuanqing, SHI Yaolin. Nonlinear dynamic modeling in seismicity analysis[J]. Acta Geophysica Sinica, 1991, 34(1): 31-40. (in Chinese)
- [14] Guzzetti F, Malamud B D, Turcotte D L, Reichenbach P. Power-law correlations of landslide areas in Central Italy[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2002, 195: 169-183.
- [15] 许强,黄润秋. 地质灾害发生频率的幂律规则[J]. 成都理工学院学报, 1997, 24(增刊): 91-96.  
XU Qiang, HUANG Runqiu. Power law between volume and frequency of geological hazards[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1997, 24(S): 91-96. (in Chinese)
- [16] 姚令侃,黄艺丹,杨庆华. 地震触发崩塌滑坡自组织临界性研究[J]. 四川大学学报:工程科学版, 2010, 42(5): 33-43.  
YAO Lingkan, HUANG Yidan, YANG Qinghua. The Self-organized criticality of landslids triggered by earthquake[J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2010, 42(5): 33-43. (in Chinese)