

# 香港岛地区滑坡灾害的时空分布模式

李 军, 周成虎, 许增旺

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京, 100101)

**摘 要:** 香港岛是香港特别行政区开发程度最高的区域, 人工滑坡及自然滑坡时常发生。滑坡灾害在时间和空间的分布受多种因素的影响并呈现出一定的规律性, 本文利用 GEO 发布的近十多年的滑坡资料对香港岛地区滑坡灾害的时间、空间和时空分布模式进行了分析。  
**关键词:** 香港岛; 滑坡灾害; 时空分布模式  
**中图分类号:** P642.22      **文献标识码:** A

香港岛面积为77.1 km<sup>2</sup>, 约占香港特别行政区的7.17%, 位于香港地区的东南部(图 1), 是香港开发较早且开发程度最高的地区之一, 因而存在着各种类型的人工边坡, 香港地区的滑坡几乎都与人工边坡有关<sup>[1]</sup>。香港岛地质以花岗岩、火山岩为主, 由于气候湿热, 形成一定厚度的风化层, 该风化层常成为滑坡的物质来源<sup>[2]</sup>, 人工边坡与自然边坡的分布为滑坡灾害的出现提供了物质基础。香港岛是滑坡事故密集地区, 根据文中作者分析了年香港土木工程署出版的1984~1996 香港降雨与滑坡报告<sup>[3]</sup>中关于滑坡的资料(其中1989 和 1990 两年的空间数据资料缺失)。香港岛地区的滑坡事故占全区的近 1/3, 但其面积只有全香港地区的7%左右。

1984~1996 年(1989、1990 年除外)香港岛地区统计的滑坡灾害共 1012 个。滑坡的物质基础不尽相同, 其中填土边坡(Fill slope)73 个、切坡(Cut slope)589 个、挡土墙(Retaining wall)65 个、自然滑坡(Natural slope)58 个、岩墙(Rock and Boulder Falls)滑坡 153 个、其它类型滑坡 69 个。这些滑坡灾害在时间和空间上的分布均有一定的不均衡性, 以下从时间、空间及时空关系上对香港岛地区的滑坡事件进行说明。

## 1 滑坡灾害的时间分布特征

### 1.1 滑坡灾害的年际变化

滑坡灾害的数量及灾害的强度均有一定的年际变化(图 2), 1994 年滑坡灾害数量较少, 1985~1989 年滑坡数量相对平稳, 然后进入 1990、1991 年低发时段, 1992 年滑坡大量发生, 并引起一个滑坡高发时段, 1993~1995 年滑坡灾害均超过 100 起, 1996 年滑坡数量开始回落。从 1984~1996 年全统计时段看, 1992 年形成明显的波峰, 1991、1992 为波谷段。



图 1 香港岛在香港特别行政区的位置  
Fig. 1 Location of Hong Kong island  
in Hong Kong special Administrative Region

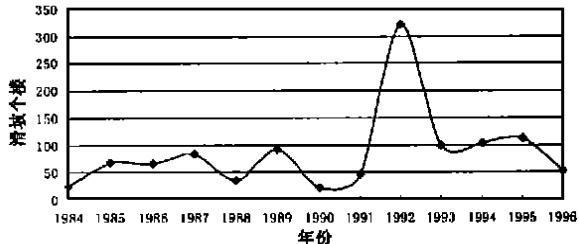


图 2 香港岛滑坡灾害的年际变化曲线  
Fig. 2 Landslides hazard temporal distribution  
in Hong Kong island

收稿日期: 2000-08-14; 改回日期: 2000-12-19。  
作者简介: 李军(1968~), 男(汉族), 河北大名, 博士。主要从事空间数据集成及滑坡风险评价。

如此分析, 香港岛的滑坡灾害高峰期有约 10a 左右的峰值波动期。

1.2 滑坡灾害分布的年内变化

香港岛滑坡灾害在不同月份中的分布除 5 月份因 1992 年滑坡异常外, 基本较为平稳(图 3)。从 4 月到 9 月为滑坡的多发时段, 10 月至次年 3 月份, 滑坡灾害的数量较少。

图 3 反映的是 1984 ~ 1996 滑坡年内分布的平均状况, 不同年份滑坡灾害在各月份的分布也有一定的变化, 图 4 给出的是 1984 ~ 1996 年逐月滑坡灾害的频数分布, 频数为当月滑坡发生个数与全年滑坡总数的比值。从频数图上分析, 就参与统计的 11 年, 滑坡月份变化可分为: 单峰型, 年内只有一个连

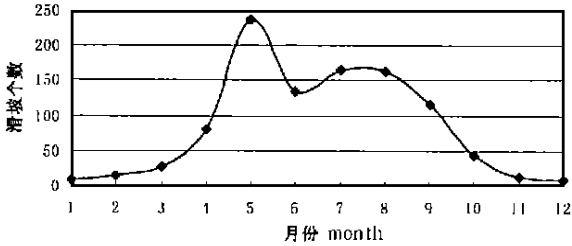


图 3 滑坡灾害在不同月份中的分布  
Fig. 3 Landslides number among each month in 1984 ~ 1996

续时段滑坡频数较高, 这一类型的年份有: 1987、1992、1995 等, 双峰型, 年内有两个峰值, 如 1986、1991、1993; 多峰型, 年内有多个峰值, 如 1985、1996 等。

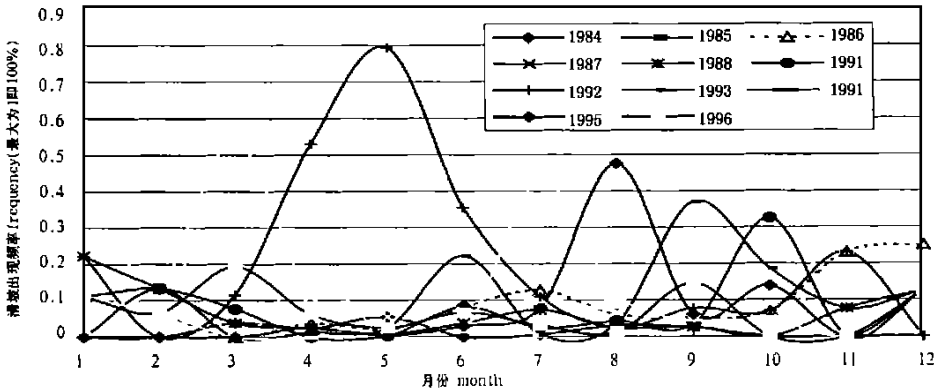


图 4 1984~1996 逐年各月份滑坡灾害发生频数  
Fig. 4 Monthly landslide frequency in Hong Kong island from 1984 to 1996

1.3 滑坡灾害发生的时刻特征

1984 ~ 1996 年香港岛发生的滑坡记录中, 有准确时间记录的为 337 个。滑坡灾害在一天内发生的时间有一定差异(图 5), 滑坡发生有两个峰值, 分别在 8: 00 到 10: 00, 13: 00 到 17: 00, 夜间发生的滑坡数量较少。如 8: 00 ~ 10: 00 时段发生的滑坡有 81 个, 2: 00 ~ 4: 00 时段发生的滑坡仅有 12 个。滑坡灾害的这种时间分布特征与诱发滑坡灾害因子的时间分布特征有直接的联系。滑坡发生与各要素的相关

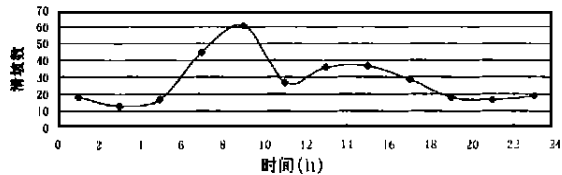


图 5 滑坡灾害日各时段分布统计

Fig. 5 Temporal distribution of landslides in Hong Kong island  
©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性, 许多专家进行过研究<sup>[4~7]</sup>, 并且香港政府土木工程署也设立项目对相关问题进行研究<sup>[8,9]</sup>, 这里不再讨论该问题。

2 滑坡灾害空间分布特征

2.1 滑坡灾害的空间分布

滑坡灾害在岛内的分布有区域不均衡性(图 6), 滑坡灾害点的分布有如下几个特点: (1)岛的西部比东部滑坡密度高; (2)滑坡在半山腰地带发生频率高; (3)滑坡高密度区也是道路密集地区; (4)滑坡在居民区、商业区周围大量出现; (5)大型滑坡在岛的西南部较多。

不同量级的滑坡所造成的损失差别很大。1984 ~ 1996 年记录的 1012 个滑坡中, 有准确滑塌量记录的有 623 个, 为了分析便利, 我们把这些滑坡分为 7 个量级(图 7), 滑坡的指标为: ( $5\text{ m}^3$ ,  $5\text{ m}^3 \sim 10\text{ m}^3$ ,

10 m<sup>3</sup> ~ 20 m<sup>3</sup>, 20 m<sup>3</sup> ~ 50 m<sup>3</sup>, 50 m<sup>3</sup> ~ 200 m<sup>3</sup>, 200 m<sup>3</sup> ~ 5 000 m<sup>3</sup>, > 5 000 m<sup>3</sup> 等 7 个级别, 其中体积 < 5 m<sup>3</sup> 的占总数的 63 %, < 5 000 m<sup>3</sup> 的只有 2 个, > 50 m<sup>3</sup> 的滑坡共有 40 个, 可见香港岛的滑坡灾害在空间上较为分散, 且以小型滑坡为主。

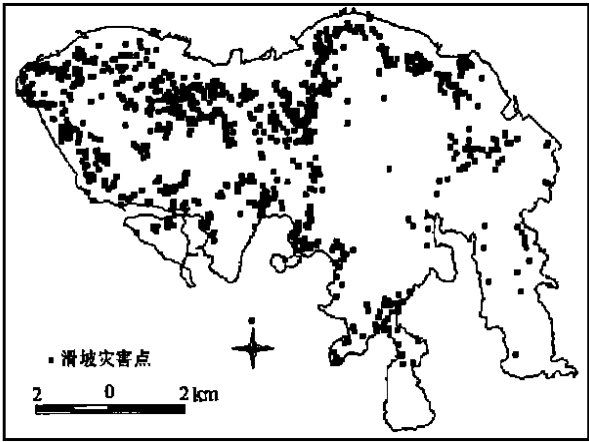


图 6 滑坡灾害点的空间分布

Fig. 6 Landslide location in Hong Kong island in 1984 ~ 1996

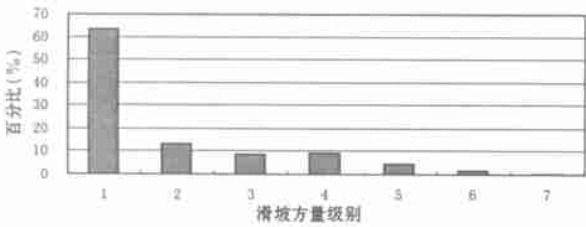


图 7 不同量级滑坡数点总数的比例

Fig. 7 Percentage diagram of various class landslide in Hong Kong island

2.2 滑坡的空间积聚

为进一步描述滑坡的空间分布, 我们计算了香港岛滑坡密度, 计算方法是 以 500 m<sup>2</sup> × 500 m<sup>2</sup> 格网为统计单元, 分别统计香港岛全区每个格网中滑坡发生的个数, 则得出滑坡灾害发生的密度图 (图 8)。利用空间统计方法<sup>[10]</sup> 可得到统计单元与滑坡频数间的关系 (表 1)。

表 1 各滑坡密度级所占有得统计格网数

Table 1 Total statistical cell number in different landslide density class

单元内滑坡个数	0	1 ~ 5	6 ~ 10	11 ~ 15	16 ~ 20	> 20
单元个数	206	131	52	11	5	4

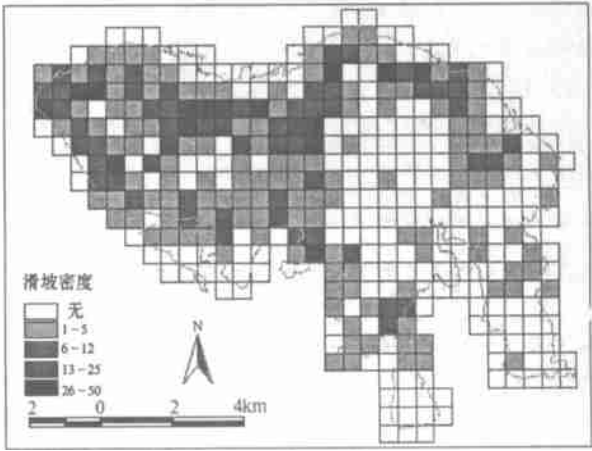


图 8 香港岛 1984 ~ 1996 年滑坡灾害密度图

Fig. 8 Landslide density map of Hong Kong island in 1984 ~ 1996

要集中在岛得中心海拔较高得区域和东南部开发度较低区域。各种密度分级中, 滑坡数为 1 ~ 5 个的格网出现频率最高。格网内有 20 个以上滑坡单元只有 4 个, 高滑坡密度的格网单元主要集中在香港岛的北坡。

滑坡灾害如此分布格局原因可能是: 统计的滑坡多为人工边坡破坏而至, 在开发程度较高的地区人工边坡、添土边坡、切坡数据多切密集; 从滑坡物质来源及孕灾环境分析山坡区域为滑坡适宜区。当然香港地区滑坡与降水特别是暴雨也有直接的联系<sup>[11]</sup>。

3 滑坡灾害时空特征

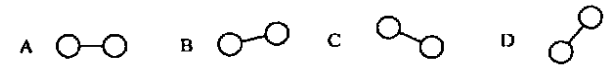
不论从滑坡的形成机理还是滑坡背景及触发因子分析<sup>[12]</sup>, 滑坡灾害出现的空间位置与时间有一定的关联性<sup>[13, 14]</sup>, 以下从年际及月份层次说明滑坡聚集状况。

2.1 滑坡积聚中心的年际漂移

滑坡的积聚中心指统计时段、统计区域内滑坡的相对积聚中心, 其计算以滑坡空间密度为基础。滑坡空间密度计算采用公式

$$Den = LSN \div Loc(x, y) : R / \pi R^2$$

式中 Den 为滑坡空间密度, LSN 为滑坡个数, Loc (x, y) 为输出格网中心点坐标, R 为指定的搜索半径。计算过程为: 统计以输出格网中心点为圆点以 R 为半径圆内滑坡点个数, 然后除以搜索圆的面积, 面积的单位可以指定。将滑坡空间密度最高的区域划为滑坡积聚中心, 年际滑坡积聚中心变化特征为: 多数年份为两个明显的积聚中心 (图 9), 积聚中心大致有以下四种模式:



从 1984~1996 年滑坡积聚中心漂移过程为: B→C→B→B→D→D→B→A→C→A→A。

2.2 滑坡积聚中心季节迁移  
以月份为时间单元的滑坡积聚中心的获取过程与  
年际滑坡积聚中心获取一样, 只是其把 1984~1996 年  
间月份为统计对象, 积聚中心的变化如图 10 所示。

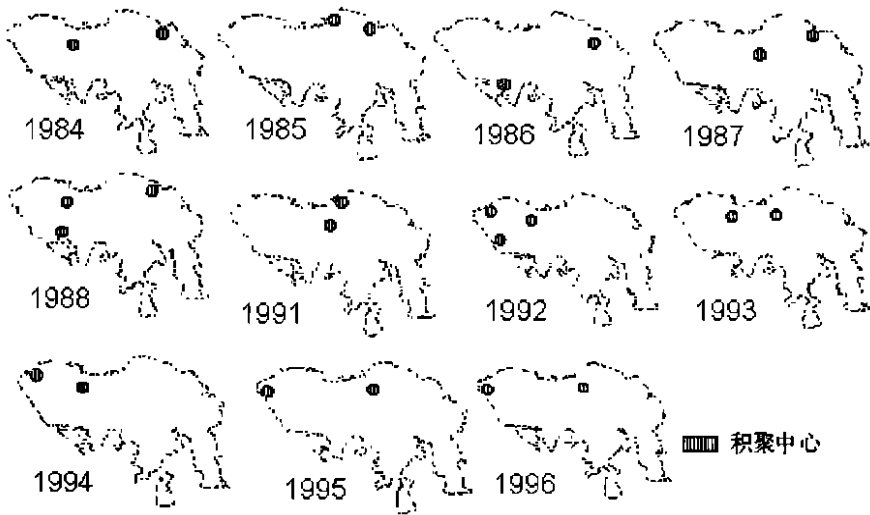


图 9 滑坡积聚中心年际漂移  
Fig. 9 Annual landslides accumulated centres spatial shift in 1984~1996

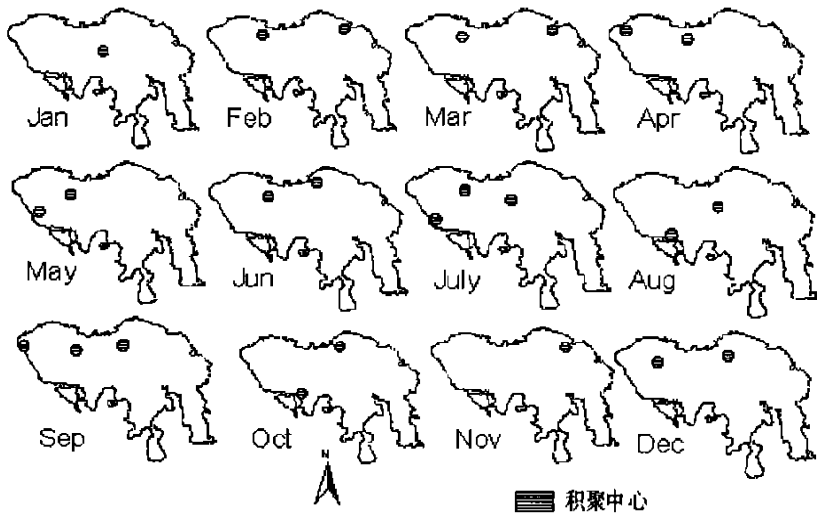


图 10 滑坡积聚中心季节漂移  
Fig. 10 Monthly Landslides accumulated centres spatial shift in 1984~1996

积聚中心只是指定时段内滑坡的相对聚集中心, 并不表示滑坡具体发生数量的多寡。月际滑坡积聚中心的特征表现为: 多数月份为两个积聚中心, 少数月份为 1 个或 3 个中心; 积聚中心的分布与滑坡空间分布图中的滑坡高密度地区一致; 积聚中心

空间组合模式有:  
A 1~12 月份滑坡积聚中心的模式迁移顺序为: A→A→B→C→B→B→D→B→D→B→A→A。

## 4 结语

本文以香港岛为例说明了滑坡灾害现象的时空分布状况,并没有对其分布的原因做详细说明,其目的在于试图通过现象规则来推测未来滑坡的分布、积聚趋势,是为最低层次的滑坡群体预测预报。

### 参考文献:

- [1] A. W. Mabne, 黄润秋. 香港的边坡安全管理与滑坡风险防范 [J]. 山地学报, 2000, 18(2): 187~192
- [2] Allen W. Hatheway, Bulletin of the association of engineering geologists [J]. *Geology of Hong Kong*. 26(11): 1989, 17~108.
- [3] GEO. Hong Kong Rainfall and Landslides in 1984~1996 [R], Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering Department, Hong Kong.
- [4] P. Buchanan, K. W. Savigny. Factors controlling debris avalanche initiation [J], *Can. Geotech. J.* 1990, 27: 659~675.
- [5] P. J. Finlay, R. Fell, P. K. Maguire. The relationship between the probability of landslide occurrence and rainfall [J], *Can. Geotech.* 1997, 34: 811~824.
- [6] Henk van Steijn. Debris-flow magnitude frequency relationship for mountainous regions of Central and Northwest Europe [J], *Geomorphology*, 1996, 15: 259~273.
- [7] Collison, A. J. C. & Anderson, M. G. Using a combined slope hydrology/stability model to identify suitable conditions for landslide prevention by vegetation in the humid tropics [J]. *Earth surface Processes and Landforms*, 1996, 21: 737~747.
- [8] Evans, N. C 1996 Natural terrain landslides study: rainfall distribution and orographic effects in Hong Kong. Geotechnical Engineering Office, Hong Kong Discussion Note DN 3/96 30p.
- [9] Fourie, A. B. Predicting rainfall induced slope instability. Geotechnical Engineering [R]. Institution of Civil engineers, 1996, 119: 211~218
- [10] 侯景儒, 尹镇南, 等. 实用地质统计学 [M], 北京: 地质出版社, 1998 73~132.
- [11] S. W. C. Au. Rain-induced slope instability in Hong Kong [J], *Engineering Geology*, 1998 51: 1~36.
- [12] Sassa K. The mechanism starting liquefied landslides and debris flows [R]. Proc. 4th Int. Smp. On Landslides, 1984, 349~354.
- [13] Frenchitt J, Brand E W, chen P Y M. Rain-induced landslides in Hong Kong, 1972~1992. *Asia Engineer*, June 1994: 43~51.
- [14] 唐邦兴. 山洪泥石流滑坡灾害及防治 [M]. 北京: 科学出版社, 1994 238~269.

## Temporal and Spatial Distribution Patterns of Landslides in Hong Kong Island

LI Jun, ZHOU Cheng-hu and XU Zeng-wang

(Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101 China)

**Abstract:** Hong Kong Island, with its area 77.1 km<sup>2</sup>, is one landslide accumulated centre in Hong Kong Special Administrative Region. The climate of Hong Kong island is tropical and monsoonal, with hot, humid summers. The mean annual rainfall is about 2300mm and occasionally intense during thunderstorms and typhoons. Hundreds of landslides that most of them be classified as debris flow occurred every year. To study temporal and spatial distribution of slopes failure, the author analyze the landslides information reported and published by Geotechnical Engineering Office of Hong Kong from 1984 to 1996, and draw some conclusion as: (1) most landslides located on high development area; (2) distribution of large landslides corrected to geological element such as faults; (3) most reported landslides distributed near resident area where there are lots of man-made slope, cut-slope, fill-slope around. According conditions similarity rules, some slope failure will transfer to new development area controlled by Hong Kong government.

**Key words:** Hong Kong island; landslides hazards; tempo-spatial distribution patterns