

文章编号: 1008-2786(2000)02-0187-06

# 香港的边坡安全管理与滑坡风险防范

A. W. Malone<sup>1</sup> 黄润秋<sup>2</sup>

(1 香港大学, 中国香港; 2 成都理工学院, 四川成都 610059)

摘 要: 介绍了 70 年代以来, 香港边坡安全管理体系的建立过程和滑坡风险的控制。边坡安全体系既降低滑坡风险, 同时也强调提高公众的滑坡风险意识。从体系中各分项的作用, 评价了它们的影响。由于边坡安全体系的建立, 香港的边坡安全管理达到了很高的水平, 滑坡的风险程度也在降低, 并且具有很好的“成本—效益”绩效。

关键词: 香港; 边坡; 风险; 安全管理

中图分类号: X642.21; X642.22 文献标识码: A

## 1 香港的滑坡问题

1948 年以来, 香港因滑坡导致了 470 人死亡(如图 1), 因此, 边坡安全在香港受到高度重视。香港的滑坡问题主要是战后随着城市的发展而引起的, 人员死亡的事件主要是由于 40 年代以来山坡地的开发, 导致人工边坡(包括切坡、填土边坡和挡土墙)的跨塌所致。

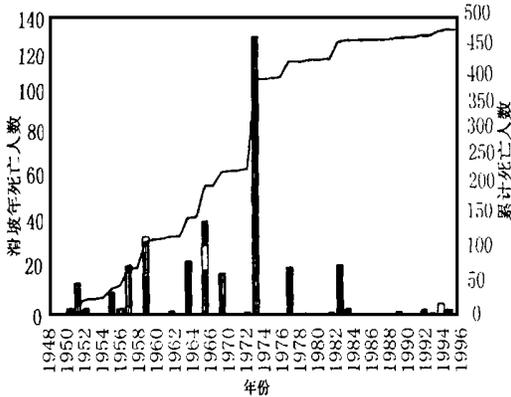


图 1 香港滑坡年死亡人数随时间的变化

Fig. 1 Landslide fatalities per year

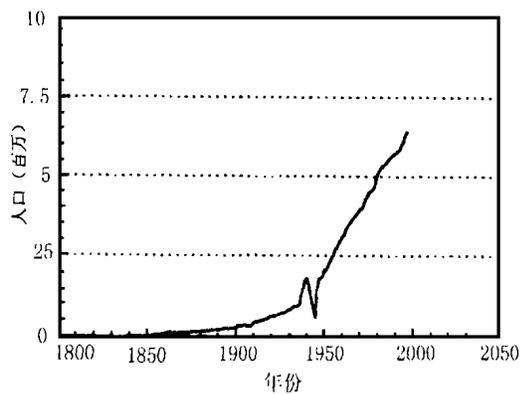


图 2 香港人口增长曲线

Fig. 2 Population growing curve in Hong Kong

过去 50 年, 城市人口的持续增长(图 2)对城市的发展产生了巨大的压力, 由于香港的土地资源非常有限, 许多地方不得不把地势较低的山坡地开发为城市用地。重大的滑坡事件分析表明, 香港滑坡风险

收稿日期: 1999-09-28; 改回日期: 1999-12-15

作者简介: A. W. Malone(麦隆礼): 香港大学地球科学系荣誉教授, 长期供职于香港政府, 并于 1989~1998 年出任香港政府土力工程处(GEO)处长, 专门从事香港的边坡安全管理和滑坡风险防范工作。

黄润秋(1963-), 男(汉族), 湖南长沙人。成都理工学院教授, 博士生导师。从事工程地质与环境地质教学科研工作。

的产生很大程度上是由于战后几十年对山坡的开发工程缺乏充分的论证所引起的,尤其是对已构筑的工程缺乏后续的维护。从每百万人的死亡人数累积增长曲线来看,滑坡在 60 年代后期变得非常活跃。香港几乎所有的滑坡都是由暴雨所触发的。夏季的几个里,香港要经历若干强暴雨的袭击,尤其是当低压槽临近南中国海岸或热带风暴经过时。随着暴雨的持续(可能几小时,甚至几天),一些建造质量差或缺乏后期维护的边坡就可能由于地表水的侵蚀或内部作用导致稳定性降低而产生滑坡。每年的几次强降雨期间,都有数百起的滑坡发生并呈报上来,它们占了年滑坡总数的绝大部分。自从 1984 年开始集中登录以来,每年呈报到土力工程处(GEO)的滑坡数在 80~800 间。某些年份中,仅仅一天或几天报上来的滑坡就占了全年很大的比例。

香港的滑坡还有以下特点:大多数体积都很小,属于浅层滑坡,并且几乎所有的都与人工边坡有关。1984 年以来,大约 50% 的滑坡体都 $< 5 \text{ m}^3$ ,只有 10% 的滑坡体积 $> 50 \text{ m}^3$ 。但是,哪怕是很小的滑坡也可能导致严重的灾害,尤其当滑坡发生紧靠棚户区时。1971 年以来,棚户区附近发生的灾难性滑坡 50% 以上其体积都 $< 50 \text{ m}^3$ 。

## 2 边坡安且管理机构的建立

香港近期历史上最具破坏性的两个滑坡都发生在 1972-06-18 由低压槽引起的强暴过程的第三天。这天下午 1 点钟刚过,位于九龙三茂坪丘陵地带的迁建居民区发生大滑坡。一个建在斜坡上的  $40 \text{ m}^3$  高路堤外侧边坡跨塌形成滑坡,所产生的碎石流摧毁了沿途许多临时搭建的棚屋,导致 71 人死亡,60 人受伤。几小时以后,另外一个大滑坡在香港岛半山区保山道(Pa Shan Road)地势陡峻的私人住宅区发生了,一幢 12 层的居民楼在滑坡高速碎石流冲击下,被彻底摧毁,导致 67 人死亡,20 人受伤。滑坡是由于一个私人建筑场地开挖形成的陡边坡失稳,从而引起内侧山体的大规模滑动所导致的。

这两起事件后,在公众的呼吁下,港府成立了一个咨询委员会。年底,一个土木工程师小组被委派到建筑规划处,负责对私人土地开发申请进行岩土工程评估。4 年以后的 1976-08-25,在三茂坪迁建居民区又发生了一次破坏性的滑坡。这次滑坡发生在强热带风暴的暴雨过程之后,灾害最为严重的发生在一个 35 m 高的路堤边坡上,下面是一片公屋区,滑坡碎屑流向坡下运动并迅速撒开一直到被一幢建筑物挡住,许多居民被卷入其中,导致 18 人死亡,24 人重伤。

1976 年的这次滑坡使 4 年内香港滑坡死亡人数累计达到 175 人(图 1)。滑坡之后,港府紧接着就组建了一个独立的填土边坡调查团,成员主要由海外岩土工程专家组成,他们建议成立一个集中的管理机构,以协调香港所有边坡的勘测、设计、建造、监控和维护的全过程<sup>[7]</sup>。根据这一建议,香港政府于 1977 年 7 月成立了土力控制处(GEO 的前身),并开始介入香港的滑坡问题(Malone & Ho, 1994)。到今天,香港已建立起了完善的边坡安全管理体系,称为“边坡安全系统”(Slope Safety System)。GEO (Geotechnical Engineering Office 土力工程处)负责管理这个系统的运作。它担负有政策制定、研究和有关教育的功能;同时,它也开展一些专项工程。边坡安全系统的组成如表 1 所列,其目的是降低滑坡风险和公众的风险意识。GEO 作为边坡安全的主管,一起参与的还有私人业主和政府其他有关部门,他们直接负责边坡的建造和稳定性的维护;另外还有一些参与伙伴,包括风险承担者、资源分配者和媒体等,如图 3 所示。

## 3 边坡安全系统

边坡安全系统的构成如表 1,包括边坡管理政策制定、有关的规范建立、专项工程、教育和信息服务。系统每一个部分的运作都围绕边坡安全体系的两个目标,即降低风险度和提高公众的风险防范意识,其贡献如表 1 所列。

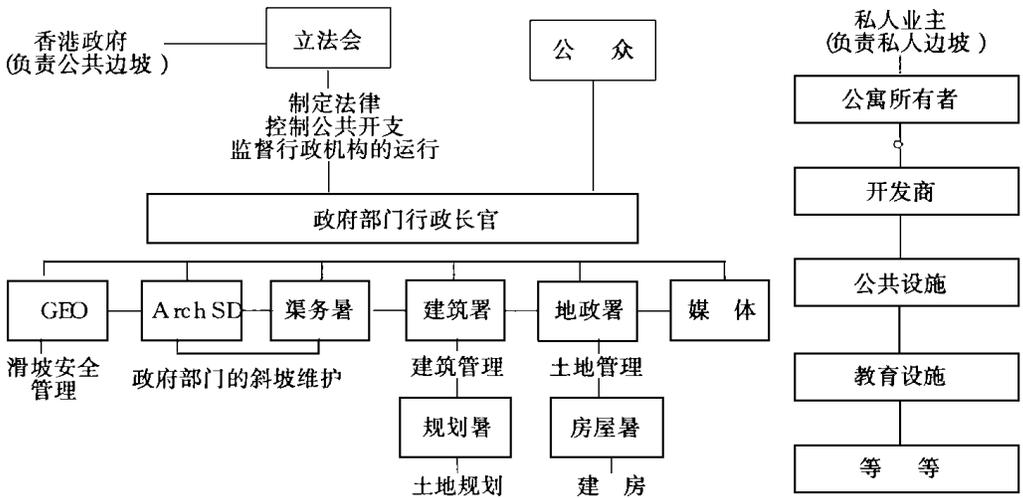


图 3 边坡安全的主要参与部门

Fig. 3 Partners of slope safety system

边坡安全系统在香港运作 25 年了, 其间经过了不断的完善。在 1972 年隶属建筑规划处的土木工程组和 1977 年的集中管理机构(GEO 前身——译者)成立之前, 不论是私人业主, 还是政府部门, 边坡场地的形成和后期边坡的维护都是不规范的。今天, 香港的山坡地已被合法或作为棚户区而大量开发, 一些在不规范时期开发的项目用现在的标准来看, 已显露出诸多设计和建造上的缺陷, 随着服务期的延长和损害, 这些缺陷可能导致滑坡的发生。

因此, 当边坡管理机构(GEO)成立以后, 它就被赋予了两个职能: 为山坡地新开工的项目制定边坡管理政策, 和防止政府部门或私人开发商由于新开工项目中存在缺陷而导致边坡风险度的增加。同时, 它还负责管理新立项的边坡维修计划, 这个计划旨在使过去修建的低标准工程达到现代标准, 从而降低滑坡风险。从资源配置情况来看, 这些职能实际上已构成了 GEO (Geotechnical Engineering Office, 土工工程处)工作的主体部分。GEO 后来增加了两项新的任务, 就是 80 年代提出的棚户区安全清除和 90 年代开展的旨在促使边坡所有者加强边坡维护的教育运动。

3.1 政策(管理)行为

通过一些旨在减少灾害的政策行为可以降低滑坡的风险。边坡所有者对现存边坡的翻修和维护计

表 1 边坡安全系统

Table 1 Slop safety system

边坡安全体系的构成	各分项的贡献		
	降低滑坡风险		提高公众
	减少灾害	规避风险	风险意识
政策			
边坡登录, 安全检查和发布边坡维修令	✓		
审查新开工项目	✓	✓	
维护稽查	✓		
巡查棚户区并提出安全清楚区		✓	
输入到土地利用规划	✓	✓	
安全规范和研究	✓	✓	✓
专项工程项目			
翻修老的政府边坡	✓		
旧隧道的加固	✓		
教育和信息服务			
维护活动	✓		✓
个人预防活动		✓	✓
普及节目	✓	✓	✓
信息服务	✓	✓	✓
滑坡预警和应急服务	✓	✓	✓

划以及 GEO 对新开工边坡的审核制度, 都可能减少边坡灾害。在边坡的翻修计划中, GEO 的政策职责包括边坡登录和根据危险性程度对 GEO 成立以前的边坡(老边坡)进行安全检查, 并通过法律或行政的手段对发现低于安全标准的边坡向他们的所有者提出翻修要求。从 1976 年到 1995 年 3 月这段时间, 全香港大约 35 000 个有一定规模的老的人工边坡中, 大约 1 000 个(私人或政府)被重新翻修。

新开工项目的审查制度赋予 GEO 审核边坡设计是否违反已颁布的技术规范, 以及工程和现场监理是否符合规范要求的权利。自从 GEO 成立以来, 香港又修建了大约 15 000 个边坡, 每个边坡完成后, 都需要定期的维护。一般情况下, 这类边坡的维护是由边坡的建设部门来承担的。

通过政策的行为规避风险, 即尽量减小人员和财产受到灾害攻击的程度, 同样可降低滑坡的风险。比如, 在棚户区分除那些暴雨期间特别容易受到滑坡威胁的建筑, 并重新安置这些居民。“特别容易受到威胁的建筑”由岩土工程师通过系统的棚户区巡查加以鉴定。80 年代初期以来, 根据 GEO 的意见, 政府房屋署从傍山的斜坡地带迁走了大约 72 000 个棚户居民, 并将他们重新安置。这期间, 危及棚户区和导致棚户区居民死亡的滑坡事件相应也直线降低。

将“土力控制”(Geotechnical Control)输入土地利用规划, 其目的也旨在把滑坡风险降低到最低程度。为此, 80 年代香港就出版了岩土工程图(Geotechnical zoning map)。GEO 对土地开发的另一个贡献是通过提供替代土地方案, 避免了一些山坡地的开发, 从而增加了边坡的安全。90 年代以来, 通过 GEO 填筑管理科的工作, 提供了大约 3 亿  $m^3$  的海沙用于填海造地<sup>[2, 3]</sup>。

### 3.2 规范的制定和研究工作

作为对管理行为、运作和教育功能的支撑, GEO 承担了研究和制定规范的任务, 对一些灾难性的滑坡, 还承担了完全的法庭调查。GEO 出版了大量的研究报告和专门性指南, 并广泛出售; 到 1996 年 12 月, 共售出了 49 000 份, 其中 6%~8% 售到海外。

### 3.3 专项工程项目

GEO 在 80 年代初期建立起它的管理行为功能后, 接着以负责边坡稳定维护的政府机构名义, 开展了与边坡有关的专项工程项目, 包括滑坡预防措施(Landslip Preventive Measures, LPM)项目的管理, 对老的边坡进行翻修改造以满足新的规范; 也包括了已被废弃的二战期间防空袭隧道的加固。1995 年政府从资源分配上对 LPM 项目给予了五年计划的支持, 增加了人员和经费。这个五年计划的支持可以使政府公共边坡的翻修工程大幅度增加; 同时, 对私人业主所有边坡提供更多的与维修相关的服务。估计大约 10% 的老边坡在 2000 年之前将得到翻修。

### 3.4 教育和信息服务

80 年代期间, GEO 的公众教育与信息服务机构很大程度上满足了公众对岩土专业知识的需要。但是, 由于许多私人公寓的拥有者并没有意识到他们对维护其属地范围内, 甚至以外的边坡稳定性负有法律责任, 因此, 1992 年这种服务工能被大大扩充了。这一年, GEO 发起了一场公众教育运动, 告知私人土地所有者他们的责任, 并引导他们如何正确地维护好他们属地范围内的边坡。电视、广播和街头各式各样的广告也用来宣传边坡维护的知识, 同时还采取了多种形式的社区宣传行动。

GEO 的滑坡预警和应急服务开始于 1977 年。滑坡预警(Landslip Warning)期间, 要动员易受危害的棚户区居民作预防性的撤离。滑坡预警的通告通过无线电和电视发出, 1996 年覆盖到了行人和乘客。与此同时, 通告还在香港境内数百处张贴。滑坡预警每年平均发出 3~4 次, 每次持续大约 1 天。但是 GEO 的应急服务一年 365 天每天 24 小时不间断。滑坡活跃的时候, 也就是 GEO 工作最为忙碌的时候。1992 年、1994 年和 1995 年每年雨季 GEO 都要派出 100 多名岩土工程师到每一个滑坡现场, 协助警察、消防、边坡的所有者和维护机构处理善后事宜。

### 3.5 提高公众的风险意识和对滑坡风险的承受力

进入 90 年代以后, 很明显香港对滑坡风险的承受能力较一些可比地区, 如台湾、韩国等低多了, 而且低得不可思议。因此, 政府很关心公众对滑坡风险的态度, 随时采取可能的行动提高公众的承受能

力, 包括一些根据心理学家和社会学家研究的成果所采取的行为。

### 4 边坡安全系统的绩效

图 4 所示每年滑坡死亡人数升高和降低趋势表明, 近 20 年内香港滑坡的风险确实降低了。表明滑坡风险程度降低的另外一个迹象是滑坡死亡人数与人口增长的比例表现出降低的趋势。49 年来这些数据的变化如图 5 所示。可见, 70 年代开始滑坡死亡人数的增长有了显著的降低。图 4 和图 5 的趋势表明香港的滑坡风险自 70 年代以来, 也就是引入边坡安全系统以来, 已明显降低了。每年每人因滑坡死亡的概率现在约为  $5 \times 10^{-7}$ , 较 1976 年降低了 10 倍。

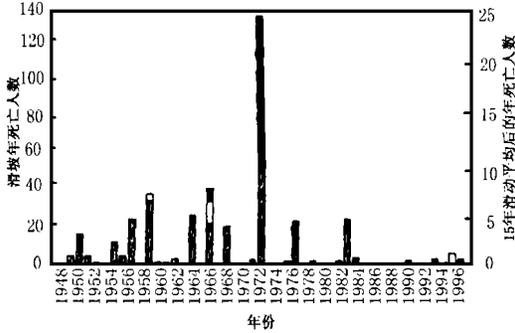


图 4 滑坡年死亡人数的变化

Fig. 4 Average number of landslide fatalities

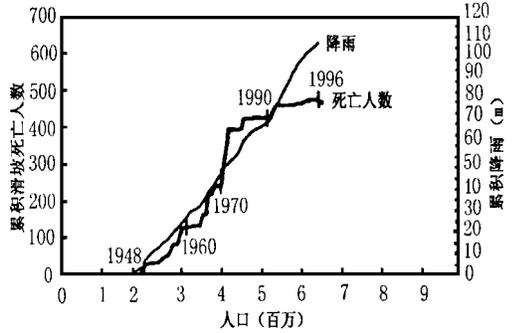


图 5 滑坡死亡人数与人口增长

Fig. 5 Landslide fatalities and population growing

考察图 4 中所示 80 年代以前的滑坡死亡率趋势, 似乎年死亡率(15 a 滑动平均)到 1996 年应该达到每年 35 人的水平。但事实上, 1996 年实际的死亡率只有 3 人。仅从数字上, 如果把死亡率的减少归功于边坡安全系统, 并假定边坡安全系统 19 年的直接成本投入全部转换为了拯救生命, 而不考虑它在减少财产损失和保证各类设施正常运转等方面的功效; 那么, 到 1996 年底, 每拯救一条生命的价值约为 2 000 万港币。如果在预测滑坡死亡人数时, 采用 10 a 或 20 a 的滑动平均周期, 则这个数字分别是 1 800 万和 2 500 万港币。1 800 万到 2 500 万港币这个数字在香港目前实施的技术性灾害风险评估中, 趋近于统计生命价值的低限。因此, 仅仅根据“费用/效益”法则, 香港降低滑坡风险计划功效是显著的。

### 5 结 语

通过对一些重要滑坡事件的分析表明, 香港的滑坡风险绝大部分是源于战后对山坡地的不合理开发以及对已建边坡缺乏持久的维护。1972 年建筑规划处成立了土力工程组, 1977 政府成立了边坡集中管理机构(GEO), 而在这些之前, 政府对边坡场地的形成及使用者的后续维护都没有规范的管理。到 1977 年, 大量的山坡地开发(包括合法开发及棚户建筑)已经形成了大约 35 000 个具有一定规模的独立边坡。老的人工边坡维修改造计划开始于 1976 年, 其后根据产生滑坡风险的程度在不断的进行, 到 2000 年, 大约 10% 的老人工边坡将完成维修升级, 从而将香港人工边坡的滑坡风险程度在 1977 年的水平上降低 50%。80 年代初开始了对傍山的棚户区进行清理, 72 000 余人被重新安置。对新开工的边坡

工程审核制度开始于 1972 年(私人边坡)和 1977 年(公共边坡),其目的在于将新建边坡的滑坡风险水平保持在较低水平上。为了进一步降低滑坡风险,90 年代开展了宣传教育运动,以鼓励边坡所有者对边坡进行维护和提高安全等级,同时也告诫公众在滑坡预警期间采取预防措施远离灾害的威胁。

在过去的 20 年里,滑坡风险被大幅度的降低了,这要归功于 70 年代后期以来边坡安全系统的引入及不断的完善。粗略计算的评价表明,风险降低的努力获得了很好的绩效。

## 参考文献:

- [1] Chan Y. C, Pun, W. K., H. N., Li A. C. O. & Yeow K. C. (1996). Investigation of some major slope failures between 1992 and 1995[ R] .Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 97P. (GEO Report No, 52)
- [2] Geotechnical Engineering Office(1993a) Report on the Rainstorm of May 1982[ R], BY M. C. Tang( 1993), 129P. plus 1 drg. (Reprinted, 1995)
- [3] Geotechnical Engineering Office(1993b) Report on the Rainstorm of August 1982 by R. R. Hudson(1993)[ R] , 93p. plus 1 drg. (Reprinted, 1995)
- [4] Geotechnical Engineering Office(1993b) Report on the Shum Wan Road Landslide of 13 August 1995. Volume2; findings of the Landslide Investigation[ R] .Geotechnical Engineering Office, Hong Kong, 51.
- [5] Hong Kong Government(1972a). Interim Report of the commission of Inquiry into the Rainstorm Disasters[ R] , 1972. Hong Kong Government Printer, 22.
- [6] Hong Kong Government(1972b). Final Report of the commission of Inquiry into the Rainstorm Disasters, 1972[ R] . Hong Kong Government Printer, 94.
- [7] Hong Kong Government(1977). Report on the Slope Failures at Sau Mau Ping[ R] , August 1976. Hong Kong Government Printer, 105.
- [8] Malone, A. W. & HO, K, K, S. Learning from Landslip Disasters in Hong Kong[ J] . *Built Environment*, (1995), 21(2/3): 126~144.

## SLOPE SAFETY AND LANDSLIDES RISK MANAGEMENT

A. W. Malone<sup>1</sup>, HUANG Run-qiu<sup>2</sup>

(1. *The University of Hong Kong*; 2. *Chengdu University of Technology, Chengdu 610059*)

**Abstract:** This paper describes Hong Kong's landslide problem in the context of post-war urban development and the progressive introduction of a slope safety system since 1970s. The components of the system are explained and its impact is assessed. Evidence is presented showing that the landslide risk has been significantly reduced by safety system in a cost-effective manner.

**Key Words:** Hong Kong; slope; risk management