

# 香港水土流失及其防治研究

伍世良

(香港中文大学地理及资源管理学系, 香港)

**摘要:** 水土流失是华南地区严重的环境问题,但在香港,水土流失却一直未引起社会的广泛注意。本文首先对香港的地理环境中的侵蚀率和可侵蚀性作简单介绍,并由此角度就不同方式的土地利用作出阐释。希望把香港的水土流失问题作不同角度的透视。

**关键词:** 香港; 水土流失; 水土保持; 土地利用

**中图分类号:** S157

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2001)04-0086-05

## Soil Erosion and Its Remedies in Hong Kong

WU Shi-liang

(Department of Geography and Resource Management, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China)

**Abstract:** The problem of soil erosion is serious in south China, its significance however is not fully recognized by the public as well as the decision makers in Hong Kong. A brief introduction to the physical environment of Hong Kong is given, and then patterns and characteristics of soil erosion in various land uses are detailed in order to portray a comprehensive picture of soil erosion in Hong Kong.

**Key words:** Hong Kong; soil erosion; soil and water conservation; land-use

## 1 引言

水土流失是世界性的环境问题,全球每年约有240亿t泥土流入大海,约超过1/3的农田存在水土流失的问题(Tarbut & Lutgens, 1992)。水土流失不单令土壤退化和生产力下降,流失的泥土也会令河道淤塞、洪水内涝甚至海港淤浅等,对民生影响甚巨。华南地区是中国水土流失最严重的地区之一(Lam et al., 1997)。单在广东省,水土流失严重的县就有110个,其中有36个水土流失面积超过100 km<sup>2</sup>,而某些水土流失极严重的县,水土流失面积竟高达50%以上(Luk & Yao, 1990)。如何解决水土流失问题一直是中央和地方政府重点建设之一(中国国务院, 1994)。

香港虽然位于华南地区的正南端,但是水土流失却一直未引起社会的广泛注意。虽然有零星的雨

水侵蚀的研究,但对香港水土流失的整体情况一直未有专门的研究论著。究竟香港水土流失的问题是严重?严重到什么程度?在不同的土地利用方式上,水土流失存在多少差异?我们所知的仍是有限。其实,水土流失的多寡,取决于地理环境中侵蚀营力的侵蚀率(erosivity)和被侵蚀物质的可侵蚀性(erodibility)。要了解香港水土流失的情况,也应由此角度出发。本文首先对香港的地理环境中的侵蚀率和可侵蚀性作简单介绍,跟着由此角度就不同方式的土地利用作出阐释。希望把香港的水土流失问题,作不同角度的透视。

## 2 地理环境

香港位于亚热带季风区内,夏季受潮湿的海洋气团影响,更屡受南中国海产生的台风或热带气旋所吹袭,炎热而多雨,月平均温度高达28.7℃,月平

\* 收稿日期: 2001-08-25

作者简介: 伍世良,男,广东番禺人,助理教授,博士,主要从事环境变化和资源管理的研究。

均雨量高达 363.6 mm。冬季受大陆反气旋所影响, 寒冷干燥而雨少, 月平均温度只有 14.3℃, 月平均雨量只有 32.9 mm (香港天文台, 2001)。在亚热带季风气候支配下, 季节和日夜的温度和湿度变化都非常显著, 使岩石受到强烈的风化作用, 以致香港大部分地面和地下都发育有风化层。岩基的特性, 在风化过程中, 起着促进作用 (苏泽霖, 1993)。花岗岩由于颗粒粗大, 其石长为主的矿物成份又相对容易分解, 且具有发育良好的三组矩形节理系统, 使雨水容易入渗岩体后, 使它快速松化和分解。有些花岗岩的风化剖面, 可以深达 60 m 以上 (Ruxton & Berry, 1957)。火山岩同样有由地表向下风化的趋势, 但由于节理和其它小构造特征的差异, 不同地方的风化程度差异性很大。某些地方, 若两组垂直节理都发育明显, 风化层便厚。若垂直节理发育得不健全, 或水平节理比垂直节理明显的话, 因为不利雨水的渗透, 风化程度便较低。具有立方形或矩形节理的二长岩和其它岩组, 也有类似的情况 (苏泽霖, 1993)。由于香港大部分地方都有风化层存在, 若非受到好好的保护, 大量可侵蚀性极高的泥沙便很容易被外力侵蚀而形成水土流失问题。

香港的雨量不单多, 平均每年在 2 200 mm 以上, 季节分配更极不平均, 雨季的半年 (4~9 月) 占全年雨量的 80% 以上, 而其中更超过一半以上的降水量是通过台风或暴雨的形式降下 (香港天文台, 2001)。个别的暴雨更可以在 48 h 内带来超过 400 mm 的雨水。这么大的降雨强度 (rain intensity) 一方面可以产生巨大的溅蚀能力, 另一方面, 其水量因远远超过一般泥土的渗透率, 其表流产生的片蚀能力更是大得惊人。

流失的泥沙会随着径流流入大小河道中, 为防止河道淤塞酿成洪涝, 清理河道的泥沙杂物便成为香港政府的重要市政工作之一。一般来说, 一条河平均 1~5 a 便要全面挖掘河道底的淤泥一次, 平均六个月至三年便要清理河道旁的杂物一次, 每年雨季前和暴雨还要更换沙隔。在 1998 年, 香港政府单花在这方面的费用, 就已超过 1 亿港元 (香港政府, 1998)。

### 3 市区地方的水土流失问题

为满足人口增长、经济活动和城市发展的需要, 香港的土地利用形式变化急速。很多从前是郊野的地方现已转变成为市区 (urban area) 的一部分。从卫星图照中得知, 香港市区的面积约有 170 km<sup>2</sup>。市区的特征是大部分土地被人造的建筑物或物料所覆

盖。有人或许会以为市区大部分的地方既已被人造物料所密封覆盖, 水土的流失量应该是接近零。然而, 类似的结论似乎过度简化了问题的复杂性, 因为香港的发展速度十分惊人, 各地区都有多个基建计划或重建计划在进行中。工程虽然只持续数月至几年不等, 但在工程中产生的碎屑物实不容忽视。例如: Hill & Peart (2000) 指出道路工程能将旁边的小河的悬浮物质量由工程前的 54.6 mg/L 剧增至工程期间的 1 975 mg/L, 足有 300 倍之多。即或工程已完成, 建成的建筑物长期暴露于空气中, 日夜温度差别, 酸雨溶蚀, 雨水溅蚀冲刷等等仍会形成不同程度的侵蚀。虽然现时还没有研究计算大厦或水泥外墙的风化速度, 但从香港市区大部分 30 年以上楼龄的楼宇都已出现外墙剥落的现象来看, 其风化速度相信会比天然的岩石为快。再者, 一建筑物的表面面积实远比其占地面积为大。试想一座大厦长宽度都是 30 m, 占地面积便是 900 m<sup>2</sup>; 大厦有 30 层, 设每层高 3.3 m, 其总高度便为 100 m。这大厦外墙的面积加起来便有 12 900 m<sup>2</sup> (= 30 m × 100 m × 4 + 900 m<sup>2</sup>), 比原来的 900 m<sup>2</sup> 的占地面积大了 13 倍。无论市区建筑物采用何种建筑材料建成, 当有广大的面积受着风化的作用, 所产生的碎屑物量, 肯定不会是一个接近零的数字。

此外, 市区内有很多的人为活动都会做成不同种类的碎屑物, 例如: 清洁工人清洗街道和大厦外墙、汽车在道路行走时刻蚀道路面、道路面亦令轮胎磨损、汽车渗漏燃油亦会溶蚀地面和各类工业活动所产生的灰尘 (Ball et al., 1998)。这些碎屑物都不是天然的产物, 不容易自然降解, 有些甚至带有毒性 (例如是重金属), 其粘附性又低, 产生后很容易被雨水冲洗而流入水体中, 所以就算产生量不大, 其对环境和水质的影响也不容忽视 (Peterson & Batley, 1992)。

香港因为地少人多, 建屋和筑路很多时候都要切割或填塞山坡, 以腾空出足够的平地空间来使用, 而人工斜坡也成为香港市区的另一特色 (苏泽霖, 1993)。然而, 山坡经切割后其坡度会增加, 填塞山坡亦会加大其负荷; 为符合安全要求, 人工斜坡都会有相应的斜坡护理造施, 以防止斜坡倒塌。最普遍的方法是在人工斜坡上封上水泥层以防止雨水直接入渗斜坡, 再每隔适当的距离都安装有排水管让多余水份流走。藉减少斜坡负荷以维持其稳定性 (Geotechnical Control Office, 1994)。虽然水泥层能有效地防止雨水大量的直接渗入山坡, 但同时亦阻碍已入渗的水蒸发和流走, 而泥土的毛细管作用却令水泥

层下的泥土长期保持较湿润的状态,加速了淋溶作用、管道侵蚀和岩石的化学风化。被风化的物质可以由地下水带动从排水管流出斜坡外,所以在斜坡排水管的出口处大都发现有风化物的堆积。在一些日久失修的斜坡上更不难发展管道侵蚀的管道出口(Nash & Dale, 1984)。

#### 4 农田的水土流失问题

对于香港农田的水土流失问题,早期的研究已指出乡村的农田因为坡度低而且广种农作物,所以并不存在水土侵蚀和流失的问题(例如: Berry, 1955)。然而,时至今日,此结论似乎已不合时宜了。因为香港的社会和经济发展,从前一年三作的水田种稻耕作已不存在,代而起的是是一年十多作的蔬菜精耕(intensive)种植。蔬菜的华盖(canopy)细,不能有效的覆盖地面,泥土暴露的面积大;种植造数多了,泥土暴露的时间相对地变长,泥土的流失量亦肯定比想象中为多。事实上,香港农夫每隔一段时间便会把灌溉水道中的淤积泥沙加回到农田去,以补充从农田中流失的泥土,称之为“入泥”。此外,为了提高生产力和卫生的原因,现今的农夫已弃用天然肥料而改用化学合成肥。大量使用化肥加上耕作频繁,泥土的结构和构造便会容易变坏,加剧水土流失和淋溶的发生。肥料和养分随水土流入河道和地下水中,做成非点源污染。虽然整体上香港的农业已逐渐息微,全职的农夫的数目已很少,但种植蔬菜仍然是很多乡村居民的重要副业之一,特别是乡村妇女作为帮补家计的重要手段。在香港人对新鲜的蔬菜需求甚殷的大前提下,种植蔬菜肯定仍然有其生存空间,所以农田的水土流失问题仍不应掉以轻心。

#### 5 郊野区的水土流失问题

广义的郊野地方约占全港土地的80%,其中约一半是郊野公园。郊野公园因为有郊野公园法例保护,加上香港政府在各处广植树苗,水土流失的情况并不严重。单在1999年一年间,植树的数目超过66万多株(渔农自然保护署,2001)。有研究指出浓密树林的泥土流失量大约只是没有植被的劣地的1/500~1/300(Lam, 1977)。流失的泥土可能主要来的少量土壤蠕动(soil creep)和动物搬运所致(Hill & Peart, 1998)。Hill & Peart (2000)指出浓密树林的覆盖率是可以接近100%,所以泥土直接接受的雨滴击打而做成溅蚀可以说是接近零,只有少量的溅蚀可能由叶面的滴水所造成。由于叶面通常距离地

面不高,滴下的水滴未达终极速度(terminal velocity)便已到达地面。试想如果叶面距地面2m高,其降至地面的速度就只有7m/s,如此速度是不会造成重大的泥土破坏。又因植物能改善泥土结构,增加泥土下渗雨水的能力,表流的产生量便可减少。若树林有完整的林下草本层(understorey)或枯物层(litter),地面的粗糙度(roughness)便高,沿树干流下汇成表流的速度便自然慢,如果水量不大的话,侵蚀能力便极有限。然而,Hill & Peart (2000)也指出具体的泥土流失量还要考虑其它因素,例如:地方的坡度、土质、降雨强度等等,难以作系统性的定量总结。

在香港,天然林的华盖通常较浓密,具有多层性的结构,华盖下通常都有较完整林下草本层和枯物层存在。泥土被多层植物保护,所以水土流失的问题并不严重。但人工的植林多种植外来品种(例如:相思类(acacias)、白千层(paper-bark)和桉树(eucalypts)),它们的华盖通常较稀疏,其非落叶性难以形成丰厚的枯物层,其浅根性又不能有效地抓紧土壤,对于改善土质的能力亦非常有限(Fung, 1995),所以有报告指出部分的人工植林的水土流失仍甚可观,而在多个人工植林中都发现因土流(earth flow)或滑坡的痕迹(Ng & Fung, 2000)。这使我们不得不检讨现有以外来品种为主的植林计划。无可否认,外来品种在成林能力方面实有其优胜之处,包括:生长速度快,正常情形下3~5年便可成林;水土养分要求低,在多数恶劣的环境下都能生存长大。然而,如前文所述,外来品种树林结构简单,不能有效的做好水土保持,也不合生物多样性的原则。因此,植林时结合使用本地品种和外来品种,以建立树林结构的完整性,似乎更符合长远的生态利益。

#### 6 山火区的水土流失问题

早在1959年,香港政府已在其年报中指出人为砍伐树木和频繁的山火严重破坏植被,最后无可避免的引起境内多处地方的水土流失。虽然大部分的学者对以上结论都持有肯定的态度,但究竟两者的关系有多密切?程度又如何?我们所知的仍然非常有限。其中最重要的问题有三:(1)山火的发生率和范围;(2)山火对植被的破坏程度;(3)植被在山火后要多久才生长出新的植被或形成完整的林下草本层或枯物层以减少水土流失。

首先,现时香港仍未有对山火数据的完整纪录。虽然山火大多在每年9月至次年4月这些干燥的月份出现,但山火发生的确实数目和范围并不清楚。

Hill & Peart (2000) 指出在从 1980~1992 这 12 年间, 香港 23 个郊野公园有超过一半以上的地方曾经出现山火; 约有 1/4 的地方, 有两次或两次以上的山火出现。然而, 因为不是每宗山火都会报告, 所以山火出现的次数, 肯定会比调查报告的数目为多。再者, 郊野公园以外的地方, 因为属于私人地方, 数据更见缺乏。在从前“依山食山”的日子, 农民多有用火烧山以开辟农田、或烧田间野草成灰作肥料的做法; 现今农业已息微, 大规模烧山的情形已不复见, 但燃烧野草的做法仍然普遍存在。加上扫墓是中国人惯有的传统, 每逢清明和重阳期间便有多处的山火出现。

至于山火对植被的破坏程度, 香港也未曾进行过精确的研究。Hill & Peart (2000) 指出山火的破坏对不同的植被种类是有不同程度的差别, 主要是取决于植物是否容易被燃点。植物作为山火的燃料 (combustion fuel), 草地是较灌木林, 而灌木林又较树林容易受山火侵袭, 而丰厚的枯物层更有助山火蔓延。因此, 从 1980~1992 年, 只有 17% 的草地从未发生过山火, 而部分的树林和灌木林则有 85% 从未发生过山火。此外, 山火对植被的破坏亦取决于山火发生时的湿度和山火燃烧的温度。在香港, 山火多发生在冬季, 因为大气湿度可低至 30%, 山火燃烧的温度相当高, 破坏力亦相当大。同一报告指出草地若发生山火, 其地表的生物量 (biomass) 会差不多消失净尽, 只剩下原来的 6%~30%。地表的生物量剩下无几, 一方面反映山火过后, 大部分的泥土便没有植物以遮挡雨水的击打; 另一方面显示大量养分将会随着表流流失, 未能有效地循环回泥土中, 影响植被的再生。

在香港, 植物的再生速度可能比想象中还要快, 亦不一定要雨水来诱发生长。然而, 随着表流将养分带走, 植物更替 (succession) 进展缓慢, 植被多只停留在草地或低灌丛的先锋群落 (pioneer community) 阶段 (Ashworth et al., 1993)。在正常的情况下, 山火之后的 10 多天, 部分地方便会开始从新长出野草。这是因为: (1) 野草的生长茎 (growing tip) 一般藏在地面下, 山火只是将地面上叶子的部分烧去, 并没有把植物烧死, 新的叶子便很快生长出来; (2) 野草对养分的要求不高, 在山火过后的恶劣环境中仍能生存 (Hodgkiss et al., 1981)。Hill & Peart (2000) 指出先锋植物的再生曲线通常呈“S”型, 开始重新长出的时候, 是十分稀疏的, 其覆盖率直到 127 d 仍只得 15.4%, 之后每天以 1.1% 的速度增长, 到 192 d 的时候其覆盖率达 87.4%。然而, 要再

进一步覆盖地面却要非常困难, 到 240 d 仍有 5% 未被覆盖。

因为山火过后须要 100 多天才生出足够的植物保护泥土, 若此过程未能在雨季前完成, 水土大量流失便无可避免会发生。Hill & Peart (1998) 比较一刚发生山火的山坡和一有浓密植被的山坡, 发现一场大雨对前者所做成泥土流失量较后者大 160~280 倍。因此, 山火过后, 政府应尽快在该地方做好水土保持的造施, 避免泥沙大量流失。最简单的方法莫过于在该地方做喷草 (hydro seeding) 工程。山坡经喷草后, 在正常的情况下, 八星期内便能长出青草, 将地面有效地覆盖。

## 7 生态退化地方的水土流失问题

当植被受破坏而未能恢复原来面貌的情况, 生态便退化。或原生树林退化成次生树林, 或次生树林退化成灌丛, 或灌丛退化成草地, 或草地退化成劣地。Ashworth et al. (1993) 指出华南地方在 1000 多年前曾是满布浓密的亚热带阔叶常绿林, 但长期的人为破坏, 原生树林已所剩无几, 现今的树林绝大部分是次生树林或人工植林, 更加有很多地方一直不能恢复成林, 退化成草地甚至劣地。现今香港仍约有 22 km<sup>2</sup> 的劣地, 大部分是花岗岩的山区 (Ng & Lam, 2001)。

当泥土没有植被覆盖, 日间直接暴晒于阳光会令黏土收缩而形成龟裂纹, 夜间的露水会令龟裂纹扩张和加深。降下的雨滴若直接击打在这光秃秃的地上, 泥土的团聚体 (aggregate) 便被打散, 做成溅蚀。因为直降雨点的冲力比斜降雨点为大, 在分水岭地带是受雨点溅蚀最严重的地方。当降雨强度比泥土的下渗量为大的时候, 未能下渗的雨水便形成表流。退化地方因为植物稀疏, 土壤多已退化, 渗透率低, 地流发生得急而且量大。表流沿着龟裂纹或地面低陷的地方汇聚并向下切割, 便形成凹凸不平的坑沟。坑沟的形成更有效汇聚表流而成为急湍的水道, 加剧下切和两侧的侵蚀速度, 而随水流而下的石块和泥沙加强侵蚀作用, 坑沟很快便进一步发育成深且阔的冲沟。随着时日增加, 个别的冲沟更会发展成冲沟网络 (Ng & Lam, 2001)。

因为表流有效侵蚀表土, 使较少的颗粒和有机质差不多消失净尽, 泥土变得薄、粗糙、压实和低养分。在这情况下, 植被的恢复并不容易。香港政府虽大力地展开植林计划, 但在恢复劣地的工作上, 成效一直有限, 例如: 大榄涌的植林计划已实行了数十年, 但区内仍广泛有劣地的存在。劣地可以说是香港境内水土流失最严重的地方。早期的研究指出,

一个长期为劣地的山坡,后退的速度可以高达  $17.4 \sim 23.6 \text{ mm/a}$ , 换算得产沙量为  $494 \sim 873 \text{ m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$  (Lam, 1977)。较近期的一份为期 5 年研究指出, 一个 26 的劣地山坡, 其后退的速度平均为  $12.6 \text{ mm/a}$ , 而坡度较缓, 一个 15 的劣地山坡, 其后退的速度平均为  $6.8 \text{ mm/a}$  (Hill & Peart, 1998)。这些都是十分惊人的数字, 反映了劣地水土流失的严重性。

## 8 结 论

无可否认, 到目前为止, 对于香港水土流失的研

究, 无论在数量和深度上, 仍然十分缺乏, 而其中量化的研究更是少之又少。一些重要的基本资料(例如: 我们还未知道香港的总水土流失量及其年际和季节性差异), 我们还未清楚。一直以来, 决策者不太重视水土流失的问题, 可能的原因是香港农业已息微, 水土流失并未做成太大的社会损失。虽然郊野公园的植林计划、斜坡的护理工程等造施或多或少发挥水土保持的功能, 但香港没有专门控制水土保持的造施, 以致水土流失始终未能真正根治。

## 参考文献

- [1] Ashworth, J. M., Corlett, R. T., Dudgeon, D., Melville, D. S. & Tang, W. S. M. Hong Kong flora and fauna: Computing Conservation[Z]. Hong Kong Ecological Database. Hong Kong: World Wide Fund for Nature. 1993
- [2] Ball, J. E., R. Jenks & D. Aubourg. An assessment of the availability of pollutant constituents on road surfaces[J]. The Science of the Total Environment. 1998, 209: 243~ 254
- [3] Berry, L. Problems of soil erosion in Hong Kong[J]. Far Eastern Economic Review. 1995, 19: 65~ 68
- [4] Fung, C. H. Effects of acacias on the physical and chemical properties of Granitic soils in Hong Kong[D]. M. Phil Thesis, Geography Department, the Chinese University of Hong Kong, 1995
- [5] Geotechnical Control Office. Geotechnical Manual for Slopes[M]. Hong Kong: Hong Kong Government Printer. 1994
- [6] Hill, R. D. & M. R. Peart. Land use, runoff, erosion and their control: A review for southern China[J]. Hydrological Processes, 1998, 12: 2029~ 2042
- [7] Hill, R. D. & M. R. Peart. Surface erosion[A]. In: R. Shaw & G. Maxwell, geomorphology of Hong Kong[M], Hong Kong: Open University of Hong Kong Press, 2000
- [8] Hodgkiss, I. J., S. L. Thrower & S. H. Man. An introduction to ecology of Hong Kong[M], Hong Kong: Federal Press, 1981. 1
- [9] Lam, K. C. Patterns and rates of slope wash on the badlands of Hong Kong[J]. Earth Surface Processes. 1977, 2: 319~ 332
- [10] Lam, K. C., Y. F. Leung & Q. Yao. Nutrient fluxes in the Shenchong basin, Deqing County, south China[J]. Catena. 1997, 29: 191~ 210
- [11] Luk, S. H. & Q. Yao. Soil erosion and land management in the granitic regions of Guangdong Province, South China[R]. Final report submitted to the international development research centre of Canada. Toronto: International Development Research Centre of Canada, 1990
- [12] Nash, J. M. & M. J. Dale. Geology and hydrogeology of natural tunnel erosion in Superficial Deposits in Hong Kong[A]. In: Yim, W. W. S. (ed.) Geology of surficial deposits in Hong Kong[C]. Hong Kong: The Geological Society of Hong Kong, 1984
- [13] Ng, S. L. & T. Fung. Providing information on Lantau North Country Park: final report[R]. A consultancy report for agriculture, Fisheries and Conservation Department, Hong Kong SAR Government, 2000
- [14] Ng, S. L. & K. C. Lam. Rain erosion: piping, rilling and gullyng[Z]. Hong Kong Geologist (accepted, publishing), 2001
- [15] Peterson, F. M. & G. E. Batley. Road Runoff and its Impact on the Aquatic Environment: A Review. Investigation Report[R]. No. CET/LH/R076 Lucas Heights, Australia: Center for Analytical Chemistry, CSIRO, 1992
- [16] Ruxton, B. P. & L. Berry. Weathering of granite and associated erosional features in Hong Kong[J]. Bulletin of Geological Society of America, 1957, 68: 1263~ 1292
- [17] Tarbuck E. J. & F. K. Lutgens. The earth: An introduction to physical geology[M]. New York: Macmillan, 1992
- [18] 中国国务院. 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书[R]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994
- [19] 苏泽霖. 香港坡地问题[A]. 苏泽霖, 陈金永(编), 地理研究与发展[M]. 香港: 香港大学出版社, 1993
- [20] 香港政府. 香港年鉴[R]. 香港: 香港印务处, 1998