

人类活动与土壤侵蚀

李有利 郑纲 杨景春

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

摘要 综述了人类活动通过影响坡面流水过程、坡地重力过程、河流过程、风沙过程、海岸过程而引起的土壤侵蚀现象,指出人类活动是造成水土流失的重要原因之一。

关键词 人类活动 地貌过程 土壤侵蚀

Human Activities and Soil Erosion

Li Youli Zheng Gang Yang Jingchun

(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)

Abstract Soil erosion is a major and serious aspect of the human role in environmental change. Deforestation and agriculture are the prime causes of soil erosion. Human activities also can affect the geomorphological processes, such as mass movement, river and coast erosion, and reactivation of sand dunes, thereby intensify the soil erosion. Through a lack of understanding of the operation of processes and links between different processes and phenomena, humans may deliberately try to protect soil from erosion, but set in train a series of events which were not anticipated or desired.

Key words human activities geomorphological processes soil erosion

1 前言

土壤侵蚀指地表土在地质营力作用下发生的破坏、搬运过程。土壤侵蚀按动力可分为水力侵蚀(包括波浪侵蚀)、风力侵蚀和重力侵蚀等。按侵蚀的方式可以分为面状侵蚀、沟谷侵蚀、块状侵蚀和岸线侵蚀等。影响土壤侵蚀的因素复杂多样,有自然因素,如气候、地形、土壤性质、植被等,也有人为因素,如开垦土地、工程建设、城市化、战争、采矿等。人类活动可以直接造成土壤侵蚀,如挖掘过程,但人类活动通过影响自然过程,加速土壤侵蚀最为重要,并且,由于人类对地貌过程与现象之间的关系缺乏了解,有时人类谨慎地影响自然过程,却引发了意想不到的严重后果。

2 人为面状侵蚀

人类影响土壤侵蚀的首要原因是破坏植被和进行耕作。据估计,美国农田土壤侵蚀的速率大约是 $30 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,比表层土壤形成的速率快8倍。美国地表径流每年携带400万t泥沙进入

河流,其中 3/4 来源于农田,其余的 1/4 来源于风蚀,后者是形成 30 年代尘暴的原因^[1]。

植被可以从减小径流、削弱溅蚀、抵抗流水侵蚀等方面保护其下的土壤,因此,当植被被破坏后,土壤侵蚀的速率将会提高。例如,在美国的科罗拉多距今 100 年以前的侵蚀速率位于 0.2 和 0.5 mm/a 之间,最近 100 年的速率为 1.8 mm/a,在 20 世纪内侵蚀速率增加了大约 6 倍。这个速率的大幅度跳跃是一个世纪以前该地区大量开展养牛业的结果^[2]。根据热带非洲的三种主要土地利用类型:林地、农田和闲置土地侵蚀速率的比较资料,耕地和闲置土地土壤侵蚀速率明显比林地大,而且,降雨转化成径流的比率也较大。

城市化也可以造成侵蚀速率的明显变化。在建设阶段,由于地面大面积裸露以及车辆和挖掘对地面的扰动,常发生最高的侵蚀速率。据研究,建设区一年的侵蚀量相当于该区未建设前几十年的自然和农业引起的侵蚀量。在美国马里兰州,建设时期的侵蚀速率为 55 000 t/(km²·a),而有森林覆盖的地方为 80~200 t/(km²·a),农田为 400 t/(km²·a)^[3]。在英国的德文郡,流经建设场地的河流泥沙浓度是未干扰河流的 2~10 倍(有时达到 100 倍)^[4]。在美国的弗吉尼亚,在建设地区的侵蚀速率是农田的 10 倍,草地的 200 倍,林地的 2 000 倍^[5]。

当对地面的扰动停止,路面得到了铺设,花园和草地得到了耕种,侵蚀速率会明显降低。即使在建设期,一些技术可以减少沉积物的流失,包括挖掘沉积池,在裸露土地上种草或将地面覆盖等等。

3 人为块体运动

块体运动包括坡地上发生滑坡、崩塌、泥石流以及土屑蠕动等地貌过程,这些过程都可以造成土壤侵蚀。人类活动引起块体运动的例子很多,例如,修建道路时,道路上方的坡脚物质常常被切割,造成坡地失稳发生滑坡和崩塌;切割的物质堆到下方的斜坡上以增加路面的宽度,但降水渗入其中和路面载荷常常容易造成松散堆积物发生滑坡与崩塌。

1963 年发生在意大利某水库的滑坡与人类活动也有关系。强烈的降水和强烈褶皱的松散沉积物是滑坡发生的有利条件,水库的修建,提高了地下水位,影响了水库岸边坡地的稳定性,2.4 亿 m³ 的岩体滑入水库,引起水位快速上升而发生溃坝,形成洪水,造成了下游的灾难,夺取了 2 600 人的生命^[6]。

一些长期的人类活动,包括破坏植被和农业活动对块体运动的影响也很重要。例如,地衣测年法研究泥石流沉积发现,苏格兰高地的大多数泥石流发生在过去的 250 年以来,强烈的燃烧和放牧是造成这些泥石流的原因。

4 人为河流过程

人类活动可以直接或间接、故意或无意地影响河流过程,造成土壤侵蚀。人们为了防止河道一侧的土地遭受侵蚀而修建挑水坝,但却往往造成下游对岸的土壤侵蚀,这经常引起两岸居民之间的官司甚至械斗。

许多大型的河道变化是由于人类活动导致的水量和泥沙变化引起的。现在人们普遍认识到,河流汇水盆地内的城市化会引起河流的洪水强度和频率增加,在松散沉积物中的河流会侵蚀河岸而展宽,并引起河岸崩塌和建筑物基础遭受侵蚀^[7]。

修建大坝引起河流泥沙量的变化可以造成上游河道的加积和下游河道的下切。一些水坝下游河流下切速率数据表明,自从大坝合龙后,在几十年中河道的下切可以达到数米(表 1)。观测

表明, 随着时间的推移河流下切的速率减小。这主要是由于, 第一, 河流下切导致了大坝附近河床的平坦化, 河床坡度小到河流的能量不能再有效地搬运泥沙; 第二, 大坝减小了洪峰和河水搬运泥沙的能力, 河流只能搬运较小颗粒的物质。细粒物质的被搬运, 蚀余堆积构成的保护层, 阻止河流进一步下切。

表 1 一些水坝下游河床的下切侵蚀量^[8]

河 流	水 坝	下切量/m	距离/km	时间/a
南加拿大河(美国)	肯超斯坝	3.1	30	10
中卢普河(美国)	楣尔本坝	2.3	8	11
科罗拉多河(美国)	胡佛坝	7.1	111	14
科罗拉多河(美国)	戴维斯坝	6.1	52	30
瑞德河(美国)	邓尼森坝	2.0	2.8	3
柴也尼河(美国)	安哥斯图那坝	1.5	8	16
萨拉赤河(奥地利)	里臣浩坝	3.1	9	21
南萨斯喀彻温河(加拿大)	达芬贝克坝	2.4	8	12
黄河(中国)	三门峡坝	4.0	68	4

土地利用的变化和土壤保护措施也可以引起河道形态的变化。美国佐治亚盆地 1 700 年以来人类活动(开垦农田)引起了坡地的块体侵蚀, 导致大量沉积物被搬运到河道和冲积平原。20 世纪 20 年代后, 保护措施, 水库修建和农田比例的减小等引起了河道变化^[9]。流水不再搬运大量的泥沙, 河流开始侵蚀下切到冲积平原中, 造成河床降低了大约 3~4 m。

在美国的西南部, 许多宽广的谷地和平原在 1865~1915 年间遭受小沟强烈下切^[10], 这对在平坦、富饶和易于灌溉的沟谷平原地区的人类居住和经济活动产生了有害的影响。许多研究者认为人类活动是引起下切的主要原因, 其中白人移民与沟谷下切在时间上的一致是该结论的重要依据。但是, 对长期的沟谷充填物研究表明, 在人类影响之前沟谷曾经发生多次的加积和下切的转换, 因此, 有人提出沟谷中的充填物是气候变干的结果^[5]。气候变干减少了植被, 增强了暴雨对山坡的侵蚀和增加了河流中泥沙。当气候变湿润后, 植被将得到恢复, 沉积物的来源将减少, 沟谷填充物将被下切。也有人提出了一个相反的气候解释, 即气候稍微变干, 减少植被和土壤的渗透性, 增加了暴雨时径流量, 从而导致沟谷的下切。可见, 引起沟谷沉积物侵蚀-加积变化的机制是非常复杂的, 将所有地区的沟谷的侵蚀归因于人类活动或纯自然变化是对问题严重的简化。

5 人为风沙过程

中纬度海岸带沙丘的复活问题早就引起了人们的注意。例如, 在 1539 年丹麦的一个法案中, 对破坏海岸沙生植物而引起流沙侵入的一些人给予了罚款。

开垦、火灾和放牧可以活化大陆内部的晚更新世沙丘地。在禹门口南黄河东岸的一些本来已经固定了的沙丘, 由于在丘前洼地栽种苹果树, 破坏了下风向沙丘迎风面的植被, 造成了原来固定的沙丘的活化。在沙丘两翼缓坡处, 已成材的刺槐树, 树根处表土已被侵蚀, 出露 0.3 m, 并在该沙丘顶部生成了一个高度大于 1 m 的新小抛物线型沙丘。

亚热带和热带沙漠边缘也受沙丘复活的威胁。人口和驯养动物的增加给有限的植被资源带来了强大的压力。当地表植被减少, 沙丘的活动性将增强, 形成于 18 000aB. P. 的干旱时期的古沙丘将会发生活化。

最著名的风蚀作用造成土壤侵蚀的例子是美国 20 世纪 30 年代发生的尘暴现象。由于连续的高温和干旱, 减少了植被覆盖, 使土壤十分干燥而易于遭受风蚀。干旱的效果被长期过度放牧

和不适当的农业耕作加剧,其中最主要的是在美国大平原地区小麦种植面积迅速扩大。在第一次世界大战期间,由于成千上万的机械进入该地区进行耕作,小麦的种植面积增加了一倍。战后,由于联合收割机的试用和政府的支持,小麦种植的面积继续扩大。但是,大面积草地的开垦使土壤变得脆弱和易受侵蚀。干旱作用于破坏了土壤,形成了正如 Coffey (1978) 形象生动描写的黑色风暴: 1934 年 5 月,由加拿大到德克萨斯,从蒙特那到俄亥俄,奇怪的富含尘埃的乌云遮天闭日,覆盖 350 km^2 的天空,整整持续了 4 d,将 3 亿 t 的粉尘搬运了 2 400 km,不仅在白宫总统的办公桌上,而且在大西洋距海岸 480 km 的轮船的甲板上也落下了尘埃。尘埃造成鸡鹅因窒息而飞翔,有些地方白昼变成了黑夜,家禽以为到了晚上而钻进了巢窝^[11]。

6 人为海岸侵蚀

海岸带人口密集,工业、交通和消遣娱乐业发达。人类活动打破了原来的侵蚀与沉积的平衡,造成了严重的侵蚀。当然,人类很少试图加速海岸的侵蚀,而且,海岸带侵蚀的加强往往是人类试图减小侵蚀的结果。

良好的海滩是保护海岸的最好屏障。当海滩物质被侵蚀,将造成海蚀崖的加速后退。海滩沉积中有价值的矿物(重矿)和作为建筑砂石料的开采,经常会引起海岸带的侵蚀。英格兰普利茅斯附近的海滩,在 1887 年提供了 66 万 t 卵石来建设普利茅斯造船厂。由于卵石的补充很少,造成海滩下降 4 m。起保护作用卵石的损失,很快引起海蚀崖在 1907 ~ 1957 年间后退 6 m。一个村庄受到波浪的冲击而成为废墟。

山东半岛蓬莱登州 2 m 深处有一水下浅滩,它是全新世末次冰期以来形成的落潮流三角洲边缘的浅滩边缘坝。该坝使北北东方向的波浪 31% 在浅滩上破碎,衰能 77.8%,对沿岸的村庄、道路、农田起到了保护作用。蓬莱县西庄 1500 年建村以来,从未受海浪威胁。自 1985 年开始挖水下浅滩沙以来,至 1990 年登州浅滩水深加大到 2.6 ~ 3.1 m,个别地方深达 4 m,使登州水下浅滩失去防浪作用,1990 年 1 月 29 日到 30 日和 2 月 23 日至 24 日两次大风浪,造成岸线后退 20 m,冲毁民房 24 间和农田 20 多 hm^2 ,直接经济损失 600 多万元。

某一点海岸保护往往在另外一点产生海滩和海蚀崖侵蚀。防波堤的修建常常有利于海滩的形成,但是,这些建筑有时候将侵蚀发生地沿海岸迁移到了别的地方。建设导流堤或挡水坝造成的海滩侵蚀发生位置的迁移例子很多。例如,在印度东南的马德拉斯,一个建于 1875 年的 1 000 m 长的挡水坝,在它的遮蔽区(北侧)是港口,至 1912 年在挡水坝南侧形成了超过 100 km^2 的新陆地,而在挡水坝北侧 5 km 长的海岸遭受了侵蚀。在巴西某海岸,1875 年修建了一个远离并近似平行海岸,大约长 430 m 的挡水坝。原来人们认为,离岸的建筑不会影响沿岸流,但这被证明为是一个谬误^[12],因为搬运泥沙能量的减小导致了在其保护区泥沙大量堆积。

这类问题加剧的原因是构成海滩的沙卵石在一定程度上是残留景观,许多沙卵石是在海面比今天低 40 ~ 120 m 的最后冰期最强盛时期陆地上的堆积物。冰后期海面快速上升,直到 6 000 aPB,泥沙发生向岸搬运并与现代海滩结合。从此以后,除过几米的波动外,世界海面保持相对稳定,极少有物质加入海滩和卵石复合体。在许多地方,很少有远滨物质被搬运到海滩。正是由于这些问题,许多侵蚀保护措施需要进行海滩补偿,即通过人工增加合适的沉积物来建设海滩,或者使用多种多样的导沙技术将人工建筑堆积侧的泥沙疏导到遭受侵蚀的一侧^[13]。

在一些地方,河流搬运大量泥沙进入海岸带,以沿岸流的方式加入海滩,河流泥沙量的变化将引起附近海滩泥沙的收支平衡。当河流汇水盆地的土壤侵蚀引起泥沙来源增加时,海岸将会发

生堆积,而当由于修建水库等造成泥沙来源减少时,海岸将会发生侵蚀。例如尼罗河上阿斯旺水库大坝修建后,尼罗河三角洲的部分迅速发生后退。例如,尼罗河的罗塞塔河口在1898~1954年间损失了1.6 km的长度。埃及许多海岸的沉积物来源不足,造成了海岸的侵蚀,一些沙坝的海洋侧遭受侵蚀而发生崩塌。如果这种现象继续发生,一些湖泊将转化为海湾,盐水将与位置很低的农田接触以及侵入原来的淡水含水层,后果将非常严重。

主要由人类活动引起的黄河水量的减少甚至断流,造成黄河入海流量和输沙量的减少,对黄河三角洲及其附近的海岸系统产生了深刻的影响。1976年黄河改道清水沟以来,黄河三角洲的前进或后退与黄河入海泥沙量有密切关系:1984~1985年,三角洲向海前进1.4~2.6 km,当时利津站的黄河输沙量为 8.45×10^8 t/a;1986~1987年,三角洲后退0.4~3.3 km,当时黄河利津站的输沙量为 1.34×10^8 t/a;1988年三角洲又前进3.1 km,利津站的输沙量为 8.6×10^8 t/a^[14]。

在过去的一个世纪美国得克萨斯海岸带损失的土地是获得的土地的4倍,其中一个主要原因是一些河流带入墨西哥海湾的泥沙减少。自从1717年在密西西比河上修建大堤等一系列河道的整治工程,增加了河流流速,减少了在河岸沼泽和决口扇上的沉积作用,改变了沼泽地的盐度状况^[15],引起了海岸沼泽和沙岛或者遭受侵蚀,或者沉积速率明显降低。中国秦皇岛海岸也由于修建水库和挖掘河床建筑材料造成泥沙来源较少,引起了海滩遭受侵蚀而发生退化。

在有些地方,植被改造会引起侵蚀危险。例如在中美洲受热带风暴影响的海岸,低沙岛上密集的天然灌木对波浪起阻挡作用,极端暴风雨时搬运的珊瑚碎块、卵石和沙因阻挡而发生堆积。由于在许多岛屿上,天然植被被椰树种植所替代,破坏了植被对地表的保护作用,使黏土质的地面暴露并遭受剥蚀和切割。加上椰树具有密集但很浅的根系,很容易受潮水的侵蚀而暴露,因此,一次暴风雨之后,在种植椰树的地方,侵蚀造成的净垂直降低为0.9~2.1 m;而在天然植被生长的地方地面却增高0.3~1.5 m^[5]。

人工挖掘沙堤也可以显著地加速海岸侵蚀。靠海侧的沙堤和沙丘是抵御波浪侵蚀的天然屏障,一旦它们遭受破坏,将会引起海岸的侵蚀。在英国东部的很多海岸沙丘保存良好的地方,沙丘有效地抵抗1952年暴风雨和巨浪袭击。

7 小 结

人类活动是造成水土流失的重要原因之一。人类砍伐森林和开垦土地造成土壤易于遭受侵蚀;人类活动通过影响坡地、流水、波浪和风沙过程可以引起块体、河流、岸线侵蚀和沙丘活化,加速土壤侵蚀。由于人类对地貌过程与现象之间关系了解不足,有时人类保护土壤侵蚀的措施,却引发了意想不到的严重后果。

参考文献

- 1 Pimentel, D., Land Degradation: Effects on Food and Energy Resources. Science, 1976, 194: 149~155
- 2 Carrara, P. E. And Carrol, T. R., The Determination of Erosion Rates from Exposed tree Roots in the Piceance Basin. Earth Surface Processes, Colorado. 1979, 4: 407~417
- 3 Wolman, M. G. and Schick, A. P., Effects of Construction on Fluvial Sediment, Urban and Suburban Area of Maryland. Water Resources Research, 1967, 3: 451~464
- 4 Walling, D. E. And Gregory, K. J., The Measurement of the Effects of Building Construction on Drainage Basin Dynamics. Journal of Hydrology. 1970, 11: 129~144
- 5 Goudie, A., The Human Impact on the Natural Environment. Basil Blackwell Ltd, Oxford, 1986

- 6 Kiesch, G. A. . The Vaiont Reservoir Disaster. Mneral Information Service, 1965, 18: 129 ~ 138
- 7 Hollis, G. E. . and Luckett, J. K. . The Response of Natural River Channels to Urbanization: Two Case Studies from Southeast England. Journal of Hydrology, 1976, 30: 351 ~ 363
- 8 Galay, V. J. . Causes of River Bed Degradation. Water Resources Research, 1983, 19(5) : 1057 ~ 1090
- 9 Trimble, S. W. . Man-induced Soil Erosion on the Southern Piedmont. Soil Conservation Society of America, 1974
- 10 Cooke, R. U. and Reeves, R. W. . Arroyos and Environmental Change in the American Southwest. Clarendon Press, Oxford, 1976
- 11 Coffey, M. . The Dust Storms. Natural History, 1978, 87: 72 ~ 83
- 12 Komar, P. D. . Beach Processes and Sedimentation. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1976
- 13 King C. A. M. . Coasts. In: Cooke, R. U. and Doornkamp, J. C. (eds), Geomorphology in Environmental Management. Oxford, Clarendon Press, 1974, 188 ~ 222
- 14 任镁镔, 全球气候变化和人类活动对下世纪黄河径流量和输沙量的影响. 见: 包浩生主编, 任镁镔教授八十年华诞地理论文集. 南京: 南京大学出版社, 1993, 1 ~ 6
- 15 Cronin, L. E. . The Role of Man in Estuarine Processes. Publication 83, American Association for the Advancement of Science, 1967, 667 ~ 689

(上接第 94 页)

汉以后直到唐代, 不同的游牧民族占据本区, 直到唐代, 农业景观又出现。明代, 长城南退至毛乌素沙地东南缘, 相应的农业界线不出黄土高原。晚清以来, 随着“走西口”, 大量人口涌入, 使本区再次呈现农业景观。与东部相比, 同样是有黄土分布的地区就有农业。

讨论: 内蒙古东南部距今 8 000 ~ 6 000 年, 有黄土覆盖的地区地形较完整, 地形破碎是距今 5 000 年以后伴随这一地区二级阶地形成以后才发生。内蒙古东南部晚近时期土壤侵蚀与人类过度活动密切相联; 而辽代在黄土地区由于农业活动是否引起土壤退化有待进一步深入研究。比较两地土地利用过程可发现, 在全新世黄土的存在相对稳定, 农业范围受黄土分布的制约; 气候的变动使农业界线摆动。人文因素(农业、游牧民族) 与自然因素共同作用决定一个具体区域的经济形态。

参考文献

- 1 杨虎. 辽西地区新石器—铜石并用时代考古文化序列与分期. 文物, 1994, (5)
- 2 田广金. 内蒙古长城地带不同系统考古学文化的分布区域及其相互影响. 中国生存环境历史演变规律研究(一), 张兰生主编, 北京: 海洋出版社, 1993
- 3 田广金、史培军. 内蒙古中南部原始文化的环境考古研究. 内蒙古原始文化研究文集, 北京: 海洋出版社, 1991
- 4 田广金. 内蒙古中南部仰韶时代文化遗存研究. 内蒙古中南部原始文化的环境考古研究. 内蒙古原始文化研究文集, 北京: 海洋出版社, 1991
- 5 田广金、郭素新. 鄂尔多斯式青铜器研究. 北京: 文物出版社, 1986
- 6 武弘麟. 阴山山前一河套地区战国秦汉时期农牧变迁. 中国生存环境历史演变规律研究(一), 张兰生主编, 北京: 海洋出版社, 1993
- 7 马长寿. 乌桓与鲜卑. 上海人民出版社, 1962
- 8 马长寿. 北狄与匈奴. 上海人民出版社, 1962
- 9 孔昭宸. 内蒙古自治区赤峰市距今 8 000 ~ 2 400 年间环境考古学的初步研究. 环境考古研究, 第 1 集, 北京: 科学出版社, 1991