

湖北武当山区土壤侵蚀景观成因机理研究

王少军, 张 志

(中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘 要: 尽管“长治工程”在丹江口市有较大的投入, 从多时相的遥感影像上发现, 武当山区土壤侵蚀景观结构为斑散布型, 斑的分布具有明显的空间地带性, 斑与基间进行了强烈的土壤流交换, 局部地区水土流失仍在加强。人类活动与水土流失间的关系复杂, 具体表现为缓变性与突变性、可避防性。人类活动是影响武当山区水土流失的主要因子。

关键词: 多时相遥感; 空间地带性; 人类活动

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0113-04

Study the Mechanism on Soil Erosion Landscape in Wudangshan District of Hubei Province

WANG Shao-jun, ZHANG Zhi

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Though a great deal of engineering has been dived into Danjiangkou city in the course of “Project for Regulating the Yangtse River”, the following facts based on multi-time remote sensing image were discovered. The framework of soil erosion landscape in Wudangshan district is the patch scattering, the patch is only scattering in some special spatial zone, the soil current has been exchanged between the patch with matrix, a specific part of the Wudangshan district soil erosion intensified. The relation of human action and soil erosion is complex, the complexity of representation is slowly and abruptly, and avoidance. The human action is the primary factor to bring on soil erosion.

Key words: multi-time remote sensing image; spatial zone; human activity

湖北省道教圣地武当山的古建筑群被联合国教科文组织列入《世界文化遗产名录》, 武当山风景区已列为国家重点风景名胜区, 其中金殿、紫霄宫、玄岳牌坊、南岩宫为全国文物保护单位。丹江口水库是我国乃至亚洲最大的人工淡水湖^[1], 近年来又作为我国南水北调中线水源区。因此研究该区土壤侵蚀景观现状及其成因机理具有十分重要的理论与实际意义。

土壤是与人类紧密相关的陆地生态系统的一种重要生境, 我们必须从地球系统理论出发, 把土壤资源、生态和环境三者有机地结合起来进行研究。根据1995年、2000年两次土壤侵蚀调查结果, 贫困山区土壤侵蚀机理研究中不合理的人类活动越来越不可忽视。一方面人类活动是维持土地生态系统稳定、促使土地系统演替的调控因子, 人类经济活动可增加生态系统的稳定性, 促使土地系统向良性方向演替(在不超越生物自我补偿能力时); 同时也可使土地生态环境恶化。人与土壤加速侵蚀间表现出了缓变性与突变性、避防性的复杂关系。

1 武当山区土壤侵蚀景观

对景观生态学而言, 任何形式、等级的土壤侵蚀图斑都必须落在一定的空间地域上, 由此构成土壤侵蚀景观。遥感图像(地表景观的浓缩)上不同侵蚀强度等级土壤侵蚀的图斑可视为一种景观元素, 遥感图像是由不同等级土壤侵蚀的地域所组成的景观。这一认识符合景观生态学创立之初的本意。这样景观生态学又有了新的研究领域, 同时土壤侵蚀领域的定量研究又有了新的研究方法和研究对象。长期以来人们对景观的感受强烈地受深度效应、开敞程度的影响^[2]。由于航天遥感平台的高度使得遥感图像可以避免深度效应、开敞程度对景观的影响。因此应用遥感图像研究土壤侵蚀景观具有极大的技术、信息优势。

景观作为一个整体, 具有其组成部分(景观要素)所没有的特性。综合体的特征不是其组成部分特征的简单叠加, 往往是不可预测的。武当山地块单元受两郧(郧县、郧西县)断裂带、公路断裂带及其它因子的共同驱动, 土壤侵蚀景观元

收稿日期: 2003-01-05

基金项目: 本文为“全国土壤侵蚀动态遥感调查与数据库更新”项目湖北省部分的成果。

作者简介: 王少军(1965-), 女, 1993年硕士毕业于中国地质大学研究生院, 现从事地理学的教学及科研工作。

素类型主要有斑、基,整体结构为散布型,斑块无定向性分布在基面上。反映了鄂西农民依山耕作的农作习俗,特别是最近的水库后靠移民,造成土壤生态环境的局部逐年恶化,在遥感影像上形成特征的高亮度值的斑块。

系统论中的“水桶效应”认为:一个由一块块木板组成的水桶,当其中一块最低时,它决定了盛水量的多少,增高这块低的木板能使水桶盛水立刻增多;而当各块木板处于同一高度时增高其中 1~2 块木板,则完全不能使盛水增多^[3]。“水桶效应”可以指导我们形成科学的生态环境建设理念,使水土保持工程取得较好的效益。在控制武当山区水土流失的众多因子中,人类活动因子对于武当山地区来说是首要的^[4],类似于水桶的“一块最低的板”。所以控制武当山地区土壤侵

蚀景观格局的首要因子是人类活动。

从 1995 年和 2000 年两个时期的遥感影像客观地分析,武当山地区(官山河上游)土壤侵蚀总斑块数目在增加,同时部分斑块的直径在增大,有的甚至将原来分散斑块连通,出现大面积的中度-强度土壤侵蚀斑块,“蚕蚀”面积越来越大(图 1)。这些斑块的形成均是人类活动造成的,因为这些斑块界线清晰,分布与村庄相关,这一现象只有通过周期短、实时性、覆盖广、宏观性、融合强、综合性的遥感技术与地理信息系统技术相结合,才有可能被发现。因为逐渐增大、增多的土壤侵蚀斑块多位于经济贫困的“土壤侵蚀内城区”^[5],管理的死角地带,寄希望于人工调查手段、逐级上传的传统方式是不可能实现的。

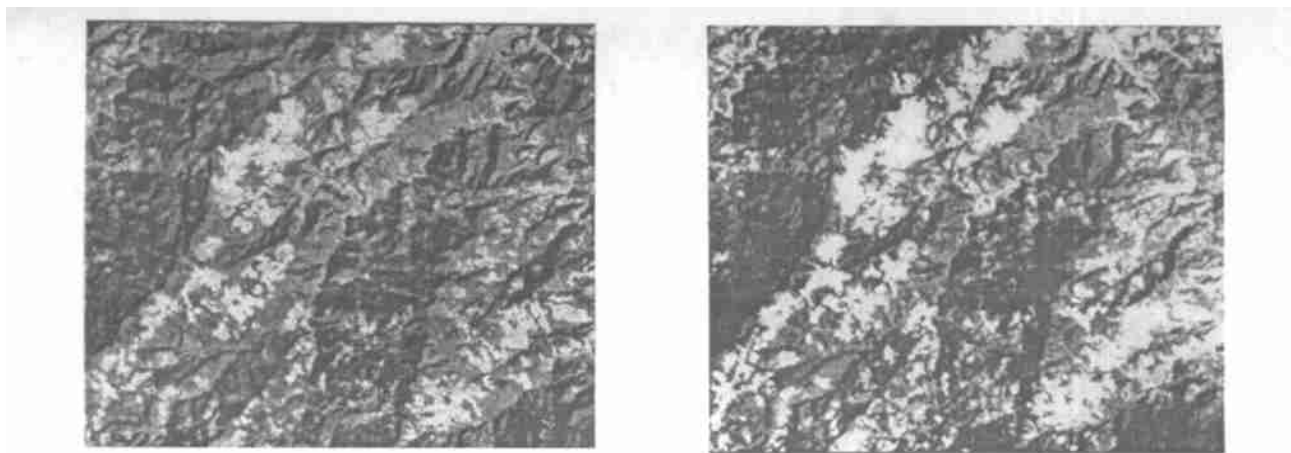


图 1 同一地区不同时期的 TM 影像上土壤侵蚀景观结构特征
(左边为 1995 年图像、右边为 2000 年图像)

2 土壤加速侵蚀景观形成过程的缓变性与突变性分析

2.1 土壤景观变化的基本特征

土壤侵蚀的突变性发生是由于人类大规模不合理的强度开发资源时导致水土流失,也有一种可能是在自然环境因素的作用下,形成的山崩、滑坡和泥石流等的。在湖北省武当山地区以前者为主体。缓变性是事物发展变化的基本特征,也是湖北省土壤侵蚀发生的基本特征。只要人类活动不超过正常范围(土壤生态容限值),土壤侵蚀是缓慢发生的。灾变理论指出,逐渐变化的系统存在一些特殊的点,在这些点附近只要发生很小的变化,就会使系统改变到完全不同的方向上去。人类活动导致土壤侵蚀景观的变化,具有缓变与突变的特征,在一定度的范围内活动时,导致的是土壤侵蚀缓变发生,当超过一定度时,则成为突变事件。

为了更为直观地理解渐变与突变、人类干扰自然景观的度,可以从一个物理系统逐渐增加力的效应得到更为直观的说明。当一根金属棒受到力的拉伸,就会发现有两个临界值:断裂点和弹性极限。当力超过了断裂点 R,金属棒断了,系统毁坏了。而力远小于断裂点时,一旦力撤消了,棒恢复到原来的状态。恢复变形的上限就在弹性极限 E 点,力介于 E 和 R 点之间时,一旦力取消,则金属棒的形状不能完全恢复,产生

一个永久的变形,所以 E 和 R 之间是一个非弹性变形区^[2]。

上述物理系统的变形特征对我们理解土壤生态系统有非常大的启示作用。对于土壤侵蚀景观系统来说,情况就更为复杂。在小的环境变化造成景观系统的波动(相当于微度土壤侵蚀等级)以前,可以恢复,景观保持平衡,不需要采用土壤侵蚀治理措施。但在大的干扰之下,它的波动超过了平衡范围,景观不再处于平衡之中,是在不稳定的状态中。超过一定的度后(相当于轻度侵蚀),景观不再回复到原来的平衡位置。剧烈的干扰(相当于中度侵蚀)的力将引起景观的替代。新的景观有自己的稳定状况。

在生态系统中很少使用永久和不可逆等术语,因为它本身具有调整和恢复的能力。当力大于 R 点时,从结构上看景观变了或消失了,但土地仍然存在,还有一些生态特征也存在,而且还可能通过再生重新发展。例如:灌溉可以使荒漠变成农田,而切断水源则农田也会演变成荒漠,都不是不可逆的变化。

2.2 人类活动度的分析

人类活动度的评判是一个非常复杂的系统问题,一方面取决于人类对土地的使用频率、对森林的砍伐程度,另一方面与自然地形的坡度的等级、植被覆盖程度有关,在陡坡区只要进行了垦殖活动就属于强烈活动。

微度干扰时,土壤生态系统自身具有修复能力,不需

要治理。

人类的干扰进一步加强,但在一定的范围内活动时,对土壤生态有一定的影响,形成,土壤生态不能修复到原来的状态。

当干扰达到中度土壤侵蚀等级后,需要采取治理措施。当达到剧烈干扰时,土壤侵蚀处于突变性阶段,既需要治理,同时还恢复不到原来的景观状态。

3 避防性分析

依据D·扎卡耳(Zachar, D 1982)的土壤侵蚀分类方案,人在土壤侵蚀中的地位属生物侵蚀中的人为侵蚀^[6]。当土地的人口容量突破临界值时会发生水土流失,人类也可采取一些措施防止水土流失。湖北省武当山区由于人类活动干扰自然生态,其平衡性已严重失调,自然侵蚀多演变成人为加速侵蚀。土壤加速侵蚀的发生与人类的行为有直接的关系。为了实现区域经济、生态可持续发展,人类的行为必须具有规范性,人们必须认识自己行为在加速土壤侵蚀中的能动性。众所周知,人类对土地的掠夺式使用、人类对自然因子的干扰是导致土壤侵蚀的直接原因,然而人与自然和谐发展是人类的道德目标,人类在满足自身发展的同时是有能力控制土壤侵蚀发生的,也就是说土壤侵蚀是可以避防的,土壤侵蚀的等级也可以降低。

3.1 更新管理理念

流域管理这个概念早在1908年美国内陆水流委员会给国会的报告中就提出来了。认为每一个河流从源头到入海口是一个整体,在管理上应该统筹考虑。必须依据综合思维方式,采用系统科学方法,将各种灾害视作一个整体来分析,将人类的减灾活动作为一项系统工程来展开。长江流域自然灾害既表现出区域之间的差异性,同时又表现出区域之间的关联性即流域内某种灾害的形成常与另一区间某一灾害有着密切关系。武当山区的土壤侵蚀所造成的危害远不仅限于土壤侵蚀区,它直接威胁着水源地的可持续利用与武当山旅游资源的可持续开发。土壤生态系统的安全性研究进入了一个全新的研究时期。对于湖北省的水土保持工作来说,将土壤侵蚀的程度、范围减小到最低程度是一项艰巨的任务。

3.2 加强贫困地区人们的生态道德修养

生态道德作为一种新的道德进入人类现实生活。这是人们从文化的新视角思考环境问题的结果,是伦理学面向现实生活的表现。它已为人类增进福利和保护地球的力量发挥越来越重要的作用,这不仅是人类的幸运,而且也是地球的幸运。生态道德可以定义为一定社会调整人类与自然界相互关系的行为规范的总和。可持续发展是改变单纯经济增长、忽视生态环境保护的传统发展模式;由资源型经济过渡到技术型经济,综合考虑经济、社会、资源、生态和环境效益;通过产业结构的调整和合理布局,提高资源和能源使用效率,减少废物排放措施,协调生态环境与发展之间的关系,使社会经济发展既满足当代人的需求,又不至于对后代人的需求构成危害,最终达到社会、经济、生态的可持续稳定协调发展。只有提高全民的生态道德水平,武当山区加速土壤侵蚀是完

全可以避防的。

4 武当山地区土壤侵蚀景观的高程分异现象

4.1 高程带模型

控制土壤侵蚀的因素是多方面的,但对于一个具体的土壤生态带、区来说,主导因素具有惟一性。随着高程的变化相应地控制土壤侵蚀发生的因子——气候、植被、地形的切割程度、土地利用、人口密度等均会发生分异。随着地形高程的增大土壤的不稳定性、土壤势能也会增加。

土壤生态系统的稳定性与不稳定性的关系是辩证的,稳定是暂时的且具有多个亚稳定性的特点,即系统围绕中心位置的波动,有时可以偏离到不同的平衡位置,但总体看是在中心位置周围波动。为了进一步理解亚稳定平衡的性质,可以通过图2中小山上弹子的状态来说明。弹子在L、M、N点上则处于不稳定平衡状态,最稳定的位置是A点,因为它处于势能最低点,不能再降落了。在B、C、D点,只要系统的摇摆不十分剧烈,它还可以保持不变,所以B、C、D点是在亚稳定平衡的位置。槽部越深,亚稳定态的稳定程度越高。亚稳定态不是稳定态和不稳定态的中间状态,而是一种具有新性质的两者有机的整合。

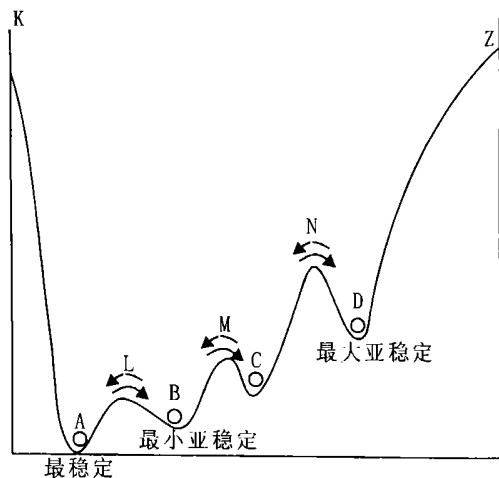


图2 物理系统的稳定性与亚稳定性模式(据文献[2]改编)

最稳定景观元素,如岩石露头,它们具有物理系统的稳定性(图2中的A点),光合作用的表积极小,储存于生物体中的能量也很少。或者是处于地貌高程最低部位的景观元素和单元,如武当山区沿着官山河、浪河水系及其分支两侧分布的水田及纳水水体(官山水库、浪水库)区域。

低亚稳定性景观元素,(图2中的B点),有较低的生物量和许多生命周期短但繁殖快的物种和种群。对于土壤侵蚀景观来说,就是指位处一定海拔高度,植被和土地利用形式均不利于水土保持的区位。

高亚稳定性景观元素(图2中的D点),具有较高的生物量和生命周期较长的物种和种群。该类元素虽然海拔高程大,但有较好的保水保土生态要素、人口密度小。因此高亚稳定性景观元素并不容易发生土壤侵蚀。

4.2 武当山地区土壤侵蚀景观垂直分异性

全国土壤侵蚀遥感调查发现该区仍然存在较强的土壤侵蚀,但土壤侵蚀斑块的空间分布有一定的规律性,完全符合图 2 模型。

在 Arc/info 软件支持下将武当山地区地形等高线与遥感影像进行叠加分析后发现。海拔 500 m 以上地区几乎没有大面积的土壤侵蚀斑块或廊带元素分布,也就是说尽管 500 m 以上的土壤生态处于模型中的 D 点,总有向 A 点运移的总体趋势,但由于槽部较深(相当于武当山地区植被发育程度和类型、地形切割强烈、人口密度小等因子条件的有利度向有利于水保的方向增加),500 m 以上的土壤生态处于最大的亚稳定状态。

对于 500 m 以下的地区,由于上述几条河流及其支流廊道的切割,形成了较为宽广的河流谷地,从而可以容纳较多的居民,随着高程的降低,相当于图 2 中的 C 点或 D 点,交通便捷度提高,人口密度增大,对植被的破坏程度也增高,人口的从业类型也多是农业劳动,土壤侵蚀图斑(坡耕地地块)

数量增加,图斑个体面积增大,处于最小亚稳定性。当高程降到最低点时,土壤流在此处多发生沉积,土壤流重新变为最稳定状态。

5 基本结论

(1)从多时相的遥感影像上发现,在中等尺度上,武当山区土壤侵蚀景观结构为斑散布型,斑与基间进行了强烈的土壤流的交换;斑的分布具有明显的空间地带性。其成因是随着高程的增加,人口密度在减小,坡耕地数量在减少,新增加的坡耕地是水土流失的主要对象。遥感技术是动态监测土壤侵蚀景观演化的有效手段。

(2)从研究中发现尽管“长治工程”在丹江口市有较大的投入,水平方向上贫困地区的水土流失依然在加强,垂直方向上发生的主要生态区位是低亚稳定区。

致谢:项目实施过程中得到了湖北省水利厅各级领导的指导和帮助!

参考文献

- [1] 湖北省地图集编纂委员会 湖北省地图集[M]. 北京:中国地图出版社,1998
- [2] 许慧,王家骥 景观生态学的理论与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,1993
- [3] 沈清基 城市生态与城市环境[M]. 上海:同济大学出版社,1998
- [4] 王少军,张志 湖北省丹江口市土壤侵蚀景观形成机理[J]. 水土保持通报,2001,21(5): 34- 36
- [5] 张志,王少军,华学理 湖北省“土壤侵蚀内城现象”及景观格局[J]. 水土保持通报,2001,21(4): 30- 33
- [6] 关君蔚 水土保持原理[M]. 北京:中国林业出版社,1996

(上接第 53 页)

识,是最困难的阶段,大约需要 10~ 15 年的时间。这个阶段治理面积率必须达到 40% 以上,人均基本农田 0.067~ 0.1 hm²,人均农耕地面积 0.53~ 0.8 hm²,单位农耕地产量 600~ 975 kg/hm²。

生态系统稳定发展阶段。这个阶段要求投入增强,应该达到林、果、草、畜逐步受益,大约需要 5~ 10 年。这个阶段治理面积率达到 60% 以上,人均基本农田 0.11~ 0.14 hm²,人均农耕地面积 0.4~ 0.53 hm²,单位农耕地产量 960~ 1350 kg/hm²。

生态经济系统良性循环发展阶段。可以说这是人们期望达到的阶段。这一阶段,林、果、牧收益应占农业总产值的主导地位,治理面积率达到 80% 以上,人均基本农田 0.166 hm² 以上,人均耕地 0.267~ 0.4 hm²,单产达到 1875~ 2250 kg/hm²,个别地区可能突破 3000 kg/hm²,经济效益显著提高,具备改造、利用和保护土地资源的能力。

我们认为,这一“水土保持型生态农业”生产模式,可在广大的黄土高原水土流失区,大面积示范推广。

2.5 榆林沟“坝系农业”

榆林沟流域,主沟长 15.3 km,沟道中沟长大于 50 m 的有 1137 条。总面积 72.4 km²,有 2261 户,10054 人,139 人/km²。有耕地 2440 hm²,人均 0.24 hm²。近几年人均粮 210 kg,人均纯收入 556 元。

1955 年开始治理,到 2001 年底,共兴修水平梯田 1462

hm²,坝地 163.2 hm²,水地 26.2 hm²,三田合计 1651.4 hm²,人均 0.16 hm²。

造林 2125.9 hm²,其中乔木林 244.6 hm²,灌木林 1485.3 hm²,经济林 395.9 hm²,人工种草 797.5 hm²,塘坝水面 9.6 hm²。总治理措施面积 4662 hm²,治理度达 63%。

该流域水土保持综合治理体系,是以建设多元小生态经济系统为目的,以梯田(堰窝)、林草、坝系三大措施的主要内容,以“三道防线”为格局的经济生态农业体系。

从 50 年代中期开始,到 70 年代后期,坝最多发展到 157 座,坝系已基本形成。后经调整、合并、毁废到目前保苗 136 座,其中大型骨干坝 13 座,中型坝 30 座,小型坝 87 座,库塘 6 座。总库容 3198.1 万 m³,已淤积 2129.7 万 m³,可淤地 285 hm²,已淤地 242.7 hm²,已利用 163.2 hm²。目前坝系的整体防洪能力在遭遇 200 年一遇洪水情况下可保证自身安全。

通过综合治理,改善了生态环境,促进了农林牧各业的发展,增加了农民收入。从 60 年代起,未给黄河输送一铁锈泥沙。

这一典型告诉我们,在有条件打坝的流域,应该安排一定资金,进行坝系建设。

上边我们分别剖析了五种治理模式,这些治理模式都是根据当地的实际情况,经过多年实践而获得的宝贵经验。由于陕北地区,面积大,类型多,建议各地可根据自己的特点,加以灵活运用。