

水土流失地区耗散结构分析

田广星¹, 杨郁挺², 刘平², 将正文²

(1 宁夏大学城市与环境科学系, 银川 750021; 2 宁夏水利科学研究所, 银川 750021)

摘要: 用耗散结构理论对水土流失地区的土壤侵蚀系统、生态系统、社会系统进行分析后认为: 社会系统耗散结构处于水土流失地区耗散结构的主导地位。社会系统通过增强该地区生态系统耗散结构水平, 是控制和减弱土壤侵蚀耗散结构这一低等非生命自组织现象的最有力的手段之一。
关键词: 水土流失地区; 耗散结构; 土壤侵蚀; 生态系统; 社会系统
中图分类号: S 157.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002) 03-0251-03

Dissipation Structure Analysis in Soil Erosion Areas

TIAN Guang-xing¹, YANG Yu-ting², LIU Ping², JIANG Zheng-wen²

(1 Department of City and Environment Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China;

2 Ningxia Water Conservancy Scientific Research Institute, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract: By analyzing the soil erosion, ecosystem, society system in soil erosion areas using dissipation structure, it is considers that the society system is in the first place among the soil erosion areas dissipations structures. The society system is the one of the most useful measures to control and diminish the soil erosion dissipation structures through increasing the local ecosystem dissipation structures level.
Key words: soil erosion areas; dissipation structure; soil erosion; ecosystem; society system

水土流失地区是一个复合的开放系统, 其中包括各种不同的子系统, 如: 地质系统、水文系统、土壤系统等组成地质地貌系统, 它们之间在气候条件的影响下, 形成土壤侵蚀系统; 植物群落、动物群落、食物链等组成生态系统; 行政系统、财政系统、通讯系统、文教系统等组成社会系统。地质地貌系统及其与气候条件组成的土壤侵蚀系统是无机的自然景观系统。生态系统是一类时间进化的箭头, 是有机有生命的系统。水土流失地区作为一个大的开放系统, 与外界之间存在大量的物质流与能量流的交换, 各子系统之间及子系统内部的相互作用是非线性的作用, 在涨落的作用下产生非平衡态相变, 从而形成各类自组织现象, 由此组成水土流失地区大系统的耗散结构这一宏观有序的组织形态。

1 土壤侵蚀耗散结构

地质地貌系统在与气候条件的相互作用中, 即当一场降雨降落在系统中时或大量的径流流经系统时, 由于重力的作用、雨滴的动能及水流势能等给系统输入了大量的物质流与能量流, 从而引起水的宏观有序的运动, 在水文网中形成了水的耗散结构。水文系统在其消耗水流势能时, 对地表土壤颗粒的冲刷、磨蚀、搬运, 使土壤颗粒在水文路线上形成宏观定向有序的运动, 而形成了水土流失地区的土壤侵蚀耗散结构。

系统中的能量流来源于天然降雨雨滴动能、坡面薄层水流势能、重力、系统的非饱和和水流势能等等。耗散这部分能量的主要有土壤对水分的吸收、入渗、滞留, 包括土壤孔隙度、表面植被、土壤入渗速度、土壤前期含水率等一些参数; 土壤的抗蚀能力, 包括土壤质地、抗冲性、土壤抗蚀性、土壤可蚀性等因素。系统对能量流消耗的快慢取决于系统的坡度、覆盖于系统之上的植物群落的种类及郁闭度、水土保持措施等因子。对此, 美国通用土壤流失方程 USLE^[1]的表达式为:

$$A = R K L S C P$$

式中: A —— 单位面积土壤流失量; R —— 降雨因子; K —— 土壤可蚀性因子; L, S —— 分别为坡长和坡度因子; C —— 植被和经营管理因子; P —— 水土保持措施因子。

这一关系式中仅 A, R 和 K 有量纲, 是纯经验公式。式中对能量的输入表示为 R (通常表示年平均累积暴雨侵蚀指标 (EI)); 对能量的耗散表示为 K , 这两个值是用数理统计方法, 由长系列的观测数据分析求得。 L, S, C, P 对于一个选定的系统则可以说是一个定值。USLE 表达的是一个年度的土壤侵蚀量, 不能反映一个完整的特定的土壤侵蚀耗散结构, 且方程的基础是小区试验, 对于水流挟带的动能没有反映, 所以它不能用做土壤侵蚀过程研究, 而且在用于大流域的土

¹ 收稿日期: 2002-04-20
作者简介: 田广星, 男, (1972-), 宁夏盐池人, 讲师, 宁夏大学城市与环境科学系, 从事土地利用、规划与管理研究。

壤侵蚀预报时,也要非常谨慎,以免造成过大的偏差。

对于一个连续的土壤侵蚀耗散结构,土壤侵蚀连续性方程可表示为:

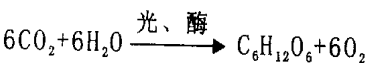
$$dq_s/dL = (R/t \cdot s + K/t \cdot s) \xi$$

式中: q_s ——泥沙通量; L ——坡长; ξ ——系数,包括植被及管理因子和水土保持措施因子; R ——降雨、径流侵蚀力; t ——时间因子; s ——坡度因子; K ——土壤抗蚀性因子。

在宏观上,系统中一个坡面的坡度可以是平整的,而在微观上看,坡度随坡长的变化是凹凸不平的;系统中大的地貌特征,坡度的变化则非常复杂,甚至是不连续变化的。所以土壤侵蚀过程中,在土壤侵蚀的不同部位,随着时间和坡度的变化而形成不同的侵蚀微地貌特征和宏观的地质地貌特征,由此组成不同水土流失地区特殊的土壤侵蚀地貌特征。土壤侵蚀耗散结构的形成与发展是基于外界连续给系统输入超过一定阈值的物质流与能量流,当物质流与能量流的输入小于阈值或输入停止时,土壤侵蚀耗散结构也就终止了。

2 生态系统耗散结构

在生态系统中,绿色植物是能量流初级生产者,也是形成生态系统的基础。植物利用光这种能量流的同时,吸收 CO_2 、 H_2O 及各种无机矿物元素形成有机生命体的耗散结构。在绿色植物的基础上进化出各类食草动物、肉食动物,从而形成食物链这类耗散结构。其基础的能量流是光能,物质流是水、大气和各种无机、有机矿物元素,植物利用光能对系统外输入的水分、系统内的各类无机矿物元素进行吸收利用,形成有机的生命体这一有生命的耗散结构。基本的化学方程式为:



绿色植物利用初级的物质流和能量流生产了大量的有机化合物,使无机世界向有机世界的有序化发展,同时孕育了大量的一级、二级乃至数十级的有机物消费的动物群体。

在生态系统中,物种的生存方式简单化的表达方式可以以 x 表示某物种的个体数,最简单的物种方程为:

$$dx/dt = kx - dx$$

式中: k ——增殖系数; d ——死亡率。

生态系统中的生存竞争是生物进化的原动力。生态系统的动态平衡的最简单的生存竞争模型为罗特卡—沃尔特拉 (Votko—Volterra) 模型:

$$\begin{aligned} dx/dt &= k_1Ax - k_2xy \\ dy/dt &= k_2xy - k_3y \end{aligned}$$

式中仅包括了 x 、 y 两种物种及资源 A 。 k_1 、 k_2 、 k_3 为系数的两种生物生存竞争的耗散结构模型,这一模型包含了生物振荡现象^[2]。而整个生态系统则是一个非常复杂、多物种的耗散结构。水土流失地区的植被覆盖度高时,对土壤的保护作用就非常显著^[3]。

3 社会系统耗散结构

人类社会是自然界发展到一定阶段的产物,它不是简单

的适应自然,而是用自身的智慧和力量利用各种资源与工具有目的地改造自然。人类社会耗散结构完全不同于其他形式的耗散结构,表现为:第一,物质流、能量流交换和利用的广泛性,人类社会可以在不同地区、省际乃至国际间进行物质流、能量流的交换,不仅如此,人类社会可以利用的不同地质年代的各类矿产资源和各类动力资源,如风力、水力、核能等,并将之转化为人类可使用的能量流;第二,信息流交换的可靠性,人类社会由于语言的发展,印刷术的发明,电话、电视、通讯卫星等一系列高科技信息交流手段,大大地提高了信息传播速度和信息的可靠性,为人类社会的自组织提供了其他耗散结构所没有的信息交流手段,同时,信息的传递与保存使人类对自然界的认识水平不断地提高,在改造自然的过程中更加符合自然规律;第三,人类社会耗散结构的主观能动性,由于人类社会具有思考的能力,并可以将思考的结果准确地进行传播,从而使人类社会在自然界中活动时,具有明确的目标性,改造自然是为让大自然更好地为人类服务,即人类社会耗散结构具有主观能动性。人类社会耗散结构的特殊性使人类社会耗散结构水平超越于其他耗散结构。

水土流失地区耗散结构可以初步描述为由社会系统、地质地貌系统、生态系统组成的复合的开放的大系统。其中这三个大的系统相互影响、相互促进同时也相互制约,形成水土流失地区特殊的系统框架。地质地貌和生态系统是系统构成的基础,而地质地貌又是生态系统存在的根基。而生态系统的存在又促进发生着不可逆转的变化,对地质地貌变迁有最直接影响的是土壤侵蚀过程和植被群落的作用。

4 系统之间的相互作用

土壤与植被形成一个系统,组成高一级的有生命的耗散结构。系统对外界降雨输入的物质流与能量流,通过:

(1) 植物枝叶及枯枝落叶层对降雨雨滴动能的消耗,在坡面形成径流时,增加了径流阻力,消耗水流势能;

(2) 植物体充分吸收土壤水分,进行叶面蒸腾和光合作用,使土壤水分减少,降雨时土壤能容纳更多的水分,消耗外界输入的物质流;

(3) 植物群落的根系网,增强了土体的整体性,提高了土壤的抗蚀性;

(4) 植物群落的存在,改善了土壤的理化性质,使土壤渗透性和持水性增强,进一步消耗外界输入的物质流等^[4],使系统的耗散结构水平上升到高级有机生命现象的耗散结构,使土壤侵蚀耗散结构这一低级无生命的耗散结构得到控制。

植被茂盛时,促进了食草动物数量增加,这样又使植被遭到破坏,使之对土壤的保护能力减弱,水土流失开始出现。此时肉食性动物也随着增加,而草食性动物也由于食物的减少数量开始下降,植被开始恢复生长。人类如果加强植被利用,饲养更多的食草性动物,消灭食肉性动物,破坏了生态平衡,野生食草性动物数量也迅速增加,植被盖度进一步下降,水土流失加剧,使土地生产力下降,初级生产者植物群落的生产率降低,区域环境承载能力下降,水土流失地区处于恶性循环状态。在水土流失地区,由于人类的干扰,使生物振荡

模型不断地改变其运行轨道, 由高植被盖度、高初级生产量、高区域承载力, 进入低植被盖度、强烈的水土流失、低初级生产量, 低区域承载力的恶性循环运行轨道。

社会系统组成成份人对于地质地貌系统和生态系统具有主动改造的能力, 如: 修造水平梯田, 改变坡面的地貌特征, 改善农业生产条件; 修建水库, 改变自然水文现象, 使水能按人的意愿为人类服务; 建立人工生态系统和人工小气候区, 使各类生物为人类提供更符合人类需要的生物产品等等。社会系统处于水土流失地区这一大系统的主导地位, 人类在长期与自然界的斗争过程中, 形成各类社会自组织形式, 即各种社会形态, 如原始社会、奴隶社会、封建社会等等。由于对自然规律的认识不同, 往往造成不同的社会力水平和不同的社会组织形态, 具体表现在人与自然界的关系的和谐程度上。许多地区在人类发展过程中, 由于对自然规律认识的模糊性和不完全性, 在自然条件较差的地区发展生产时, 违背了自然规律, 破坏了生态平衡, 造成了强烈的水土流失, 形成水土流失地区的恶性循环。

100 多年前, 恩格斯在《自然辩证法》中就曾告诫人们: “美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其他各地的居民, 为了想得到耕地, 把森林都砍光了, 但是他们想不到, 这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地, 因为他们使这些地方失去了森林, 也失去了积聚和贮存水分的中心。阿尔卑斯山的意大利人, 在山南坡砍光了被十分细心地保护的松林, 他们没有预料到, 这样一来, 他们把区域里的高山牧畜业的基础给摧毁了, 他们更没有预料到, 他们这样做, 竟使山泉在一年中大参考文献:

[1] R · 拉尔. 土壤侵蚀研究方法[M]. 北京: 科学出版社. 1991. 23.
[2] 沈小峰, 等. 耗散结构论[M]. 上海: 上海人民出版社. 1987. 30.
[3] 张光辉, 等. 黄土丘陵区草地盖度季动态及水保效益[J]. 水土保持通报. 1995(2): 38– 43.
[4] 杨郁挺. 坡面细沟侵蚀耗散结构分析[J]. 中国水土保持. 1995(12): 19.
[5] 沈红. 扶贫传递与社会自组织[J]. 社会学研究. 1997(5): 27.

(上接第 250 页)

4 小 结

降雨向坡面土壤中转化的在不同坡位、不同土地利用方式下存在差异。

一般沿坡面由上到下, 不同坡位土壤接收的雨水量不同。大致认为(在干旱年份(安塞)) 坡长每增加 20 m 左右, 草地约增加了入渗 0. 77 mm, 灌木增加了 0. 92 mm。平均而言,

部分时间内枯竭了, 而在雨季又使更加凶猛的洪水倾泻到平原上。”大自然对人类不合理行为进行了一次次严酷的惩罚。人类在生产活动中不遵从自然规律, 而降低了生态系统耗散结构水平, 即破坏了区域的生态平衡, 造成严重的水土流失现象和水土流失地区的恶性循环, 严重影响了这一区域内人类的生产生活水平。

而云南省丽江市纳西族先民曾经对人和自然之间的关系做过智性的探索和哲理的思考。东巴经说, 人与自然本是同父异母的兄弟, 但是随后人类侵扰自然、污染水源、乱砍滥伐森林、恣意捕杀野兽的行为冒犯了自然, 结果兄弟成仇, 人类遭到了大自然的报复, 后来经神调解, 双方约定互不侵犯, 才得以重续旧好。这些古典作品中的哲理性思考, 是纳西族先民在长期生产生活中得出的经验。人与自然的关系如同兄弟, 应当和谐相处, 相依共存, 对自然不可轻易冒犯, 否则就要受到自然的严厉惩罚。正是由于这种相沿千年的传统和生态意识, 丽江才能保持山清水秀、风调雨顺。直到 50 年代初, 丽江尚保存良好的生态环境, 森林覆盖率达到 53. 7%^[5]。

云南丽江的实例可以证明, 只有每个人的心中都具有明确的生态意识, 形成社会系统的生态性生产方式, 组成社会生态耗散结构, 在生产活动中遵从自然规律, 合理地利用生态资源, 在植被已被破坏和水土流失严重的地区, 及时恢复植被, 提高区域内生态系统耗散结构水平, 发挥植被对土壤的保护作用, 用有生命的生态系统耗散结构控制无生命的土壤侵蚀耗散结构这一最有力的手段, 治理水土流失, 实现水土流失地区的持续发展的目的是一定能够实现的。

长沙棘地较农坡地减少径流 4. 91 mm, 长草地则减少 4. 10 mm。相当于草地减流 47. 16%, 灌木地减流 56. 52%。

雨水转化成土壤水的转化系数 K_a 随坡长增加而增加, 入渗水量随坡长增加逐渐加大。灌木地 K_a 大于草地, 表明灌木吸纳降水能力强于草地。

草地、灌木地不同坡位储水量差异远高于坡面径流差异幅度, 土壤壤中流是引起不同坡位水分差异的主要原因。

参考文献:

[1] 蒋定生, 刘梅, 黄国俊. 降雨在凸凹形坡上再分配规律初讨[J]. 水土保持通报, 1987, 7(1): 45– 49.
[2] 刘昌明, 刘彩堂. 黄土区土壤水分动态及其降雨产流的关系[J]. 地理集刊, 1980. 60– 72.
[3] 康绍忠, 梁银丽. 蔡焕杰, 等. 旱区水– 土– 作物关系及其最优调控原理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998, 269– 287.
[4] 贾志军, 等. 土壤含水率对坡面耕地产流入渗影响的研究[J]. 山西水土保持科技, 1990, (4): 25– 27.
[5] 余新晓. 朱金兆. 晋西黄土区人工降雨条件下坡面径流规律的试验研究[A]. 中国科学技术协会首届青年学术年会论文集(农科分册) [C]. 北京: 科学出版社, 1992.
[6] 畅彩娥, 蒋定生, 刘梅, 等. 降雨在凸凹形坡上再分配规律探讨[J]. 水土保持学报, 1989, (2): 36– 44.