

RELS 的性质和几个物理定律^{*}

赵 鸿 雁

(中国科学院水利部水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要 论述了 RELS 的几个常数以及它的特性,总结了 RELS 系统中有三个特性即连续性、调节性和和谐性。把能量中的几个物理定律同降雨、坡面径流联系起来,为进一步研究水土流失提供了理论基础。

关键词 RELS 性质 物理定律

The Property of RELS and Several Physical Laws

Zhao Hongyan

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The constant value and character of RELS system have been explained in this paper. Three characters are continuous, adjustment and harmony. The basic theory of soil and water loss research has been provided by combining the several physical laws of energy with rain and runoff on slope.

Key words RELS property physical law

降雨(Rain)、侵蚀(Erosion)、流失(Loss)是一个连续的、不间断的过程(简称为 RELS),在此过程中,三者之间有十分密切的关系,是一个系统不同层次、不同结构、不同作用方式之间既有区别,又有联系的连通体,因此,将其看成一个系统是必要的,也是客观的。

水土流失是径流及其携带泥沙的位移过程,它自始至终皆离不开能量。水土流失是一个连续系统中位能的变化过程,是能量传递消耗的过程。因此,无疑将其看成一个系统有以下几个优点,用系统的观点研究水土流失的机理;用能量的观点阐明运动过程;把土壤侵蚀和能量观点联系起来可进行深入的定量化研究;具有明确的物理理论基础,使其研究有充分的科学性。

1 RELS 中的基本特性

1.1 RELS 体中的几个常数

1.1.1 雨滴终速 雨滴从天空开始降落时,初速度为零,相当于以重力加速度落下。但由

① 收稿日期:1996—03—10 * 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原侵蚀与旱地农业国家重点实验室资助项目。

于受空气阻力、空气浮力的作用,雨滴的速度逐渐增加,当雨滴重力等于空气阻力加浮力时,雨滴的速度不再增加也不再减小^[1],此时雨滴速度称为雨滴终速 V_e 。相同的雨滴径级具有相同的 V_e , V_e 有重要的使用价值。它是计算降雨动能所必须的参数,也是求解雨滴动量的必要参数,它的常量特性为把物理学中的能量和动量定律应用于研究RELS奠定了基础。雨滴终速的计算式是^[2]: $V_r = V_e[1 - \exp(-2gh/V_e^2)]^{1/2}$; V_r 为任一高度雨滴的终点速度(m/s); V_e 为天然降雨的终点速度(m/s); h 为雨滴没有达到速度 V_e 时的任一高度(m); g 为重力加速度。

1.1.2 坡面降雨潜在势能的系数 降雨能量是研究土壤侵蚀的主要指标。土壤侵蚀量的多少,直接与降雨的能量有关。由文献[3]知:降雨潜在势能 Ep 的计算式是: $Ep = 1/2 \cdot P \cdot B \cdot g \cdot l^2 \cdot \sin\alpha$;当所研究的对象一定时, Ep 的变化仅随 P 的变化而变化,与其它因子无关。因此,对于同一系统 Ep 的比较时,仅用 P 的大小可以代替,这就为能量的计算减少许多麻烦。此外,降雨的潜在势能本身是降水量在坡面上产生的位能,其实质本身就是降水量大小的差异,故用降水量进行比较是切实可行的。

1.1.3 径流势能的计算常数 径流势能的大小直接与土壤侵蚀量的大小有关,据许多文献^[4,5]研究表明:径流势能 Er 与土壤侵蚀量为线性函数。由文献^[3]知:径流势能与其它因子之间的函数式为: $Er = 1/2(P - V_m) \cdot B \cdot g \cdot l^2 \cdot \sin\alpha$,其中 P 为降水量(mm); V_m 为水土流失系统的容量(mm); B 为坡面宽度(m); g 为重力加速度(m/s²); l 为坡长(m); α 为坡度(符号相同下同)。由公式可知,在宏观范围内我们的研究对象是一定的,即上式中仅有 $(P - V_m)$ 变化,一般情况下, V_m 是时间 t 的函数,随着时间的增大, V_m 增大;当 V_m 增大到一定程度后,即系统容纳的物质达到最大值以后, V_m 不再随着时间的增加而增加,此时系统物质过剩,系统出现径流,在坡面上产生势能。据此可以看出:其它系数仍然是常数,因此,计算径流势能也仅取决于 $(P - V_m)$ 的大小,或者说:用 $(P - V_m)$ 可以比较同一系统不同时期径流势能的大小,此点为解决径流势能与侵蚀之间的定量关系研究提供了方便。

1.2 RELS的特性

2.1.1 RELS的连续性 众所周知,降雨、侵蚀、流失是一个连续的、重叠性的,能量和物质局部增加的过程。正是由于其局部系统物质、能量的不平衡,导致了系统间出现的物质、能量交换,来实现RELS的自身平衡。连续性是把RELS看成一个系统的基础;重叠性是把RELS看成一个系统的量的剧增的根据。正因为这两个性质使系统物质和能量出现不平衡性。但它的这些性质亦为进一步应用连续性、重叠性的计算提供了理论基础。从系统的角度出发,RELS仍然是具有物质系统的特性。

1.2.2 RELS的调节性 目前关于系统的理论已有许多明确的结论,系统的自身调节性是其特性之一。正是由于RELS的调节性,才使得RELS中出现过剩的物质能量的交换,来恢复其自身的平衡。这种调节性也有其自身的规律,寻求这种规律的量化结果就等于我们发现了水土流失的规律,然而,RELS系统的差异,引起了不同的水土流失规律。

1.2.3 RELS的和谐性 象其它系统一样,RELS系统也有和谐性,表现在各个组成部分之间、各连续环节之间有一定的规律性。许多研究表明,降雨和侵蚀之间有一定的关系;降雨和水土流失之间也有一定的关系;土壤侵蚀和流失之间有一定的关系^[5,6],这种关系是调节子系统和谐的根本原因。尽管降雨的特征值不能完全反映它与侵蚀、流失之间的关系,但是当其它因素不变时,降雨特征值与后者之间有密切的关系。体现RELS和谐性的一个重要现象是上述三者之间前因后果的数量关系和相互抑制、促进的性质是RELS自身向和谐调节的重要方

面。

综上所述,RELS 特性之间也是相互联系、彼此作用的。连续性是自身调节的基础,没有连续性,就没有系统而言,也谈不上调节性。系统的调节性是实现系统和谐的途径,系统之间或者内部通过调节,使得各环节之间有相互平衡的前提,在各环节或各因子系统之间实现和谐的情况下,整个系统才能有和谐的条件,没有子系统的和谐,就没有整个系统的和谐。然而,对于水土流失系统而言,尽管由于其组成系统,相互影响之间的复杂性,使得这些特性不太明确。但是,它仍然有规律可寻,正是由于这种复杂性,导致了研究水土流失的复杂性,似乎系统内各影响因子之间有关系,但模糊不清;似乎没有多少关系,但用主要因子不能完全说明问题。因此,它说明我们从事水土保持研究应该从系统的角度去考虑问题,才能全面的、系统地,把各因子有机的连接起来,查明它的规律。

2 几个物理定律

2.1 动量定律

众所周知,动量是指质量为 m 的物体,在以 V 的速度运动时, m 和 v 的积为动量 p : $p = m \cdot v$ 动量 P 在水土流失中有下列用途:雨滴的动量应该是雨滴质量和雨滴终速的积。

即: $P_d = m_d \cdot v_c$, p_d 为单个雨滴的动量; m_d 为单个雨滴的质量; v_c 对应雨滴终速。

研究雨滴动量对于研究雨滴溅蚀、雨滴对薄层径流的扰动及其影响提供了量化指标。对一次降雨而言,雨滴大小—雨滴质量是有规律的分布的,常见的有 Best 雨滴分布函数。又由于相同雨滴质量—相同雨径具有相同的 V_m , 此点为求得整场降水的动量提供了方便。设整场降水的

的动量 P 为不同雨径的所有雨滴动量的和,即 $P = \sum_{i=1}^n m_i V_{ci}$

这为进一步研究动量和土壤溅蚀提供了依据。同样,雨滴溅蚀本身也是一种运动过程,是雨滴和土壤颗粒之间的运动过程,且动量仍然遵循守恒原则。当然雨滴动量和土壤溅蚀之间的动量关系的研究有待于深入。

2.2 冲量定律

冲量^[1]是作用在物体上的力(F)与作用时间 Δt 的积,即 $I = F \cdot \Delta t$

对于降雨雨滴而言, $F = mg$, m 单个雨滴质量, g 为重力加速度。 Δt 是雨滴与土体之间的作用时间。对于整场降水而言,由于雨滴分布遵循一定的规律,它的冲量也就是单个雨滴冲

量的和,即 $I = \sum_{i=1}^n m_i g \cdot \Delta t_i$

又由于 $I = mv_1 - mv_0$, v_1 为质量 m 的运动的终速度, v_0 为初速度,对于薄层径流携沙而言,此式有重要的应用价值。同样,整场降雨的冲量对于进一步研究降雨与土壤溅蚀有深该的意义,有待于进一步深入。

2.3 动能定理

动能 (E_m) 是质量 (m) 的物体和它的运动速度 (V) 平方之积的一半。即 $E_m = 1/2 \cdot m \cdot V^2$ 对于雨滴而言,其动能计算式写为:

$E_{im} = 1/2 \cdot m \cdot V_1^2$ 。其整场降雨的计算式是:

$$E = \sum_{i=1}^n 1/2 \cdot m_i V_{ci}^2$$

动能定理是外力对物体所做的功等于物体动能的增量。即 $w_{\text{合}} = 1/2 \cdot m V_1^2 - 1/2 m V_2^2 = \Delta E_m$

动能是影响土壤侵蚀的重要因素之一,因此,研究整场降雨动能对于阐明土壤侵蚀有重要的意义。

2.4 能量守恒定律

能量守恒定律是指在坡面上径流流动过程中能量之间的守恒。坡面上径流的运动实质上是径流增加的过程。设坡面上某一点径流速度为 V_1 , 高差为 h_1 ; 在该点下面任一点处, 速度为 V_2 , 高差为 h_2 (高差是指径流相对于侵蚀基准点而言)。假定坡面上径流处处相等为 R 且为均匀坡, 则此时的能量守恒方程为:

$$\begin{aligned} 1/2MB \cdot g \cdot l^2 \cdot \sin\alpha + 1/2RV_1^2 + 1/2 \cdot R \cdot B \cdot g \cdot l^2 \cdot \sin\alpha + E_0 \\ = 1/2 \cdot RV_2^2 + \Delta E + 1/2mV_2^2 \end{aligned}$$

$l = \frac{h_2 - h_1}{\sin\alpha} \cdot E_0$ 为径流在流动过程中, 降水注入的能量; ΔE 为消耗的能量。M 为径流在流动过程中携带的泥沙, 即土壤侵蚀量 (亦假设坡面处处侵蚀量相同)。

尽管能量守恒的方程是上述形式, 在此方程中, 由于许多因子在实际情况下很难测出, 如 $\Delta E, V_1, V_2$ 等, 因此, 上式客观上仍然应用困难。然而, 要深入研究水土流失的规律和机理就必须正视水土流失的能量, 否则, 就难以掌握水土流失的规律, 虽然目前由于条件的限制, 观测和测量这些因子有困难, 但仍然需要有待于深入地研究, 为量化研究水土流失创造条件, 并使之不断完善, 最终实现该目的。

参考文献

- 1 雷阿林, 唐克丽. 土壤侵蚀模拟试验中的降雨相似及其实现. 科学通报, 1995, 40(21): 2004~2006
- 2 赵鸿雁, 刘向东, 吴钦孝. 油松林和自然山场林内降雨动能研究. 中科院、水利部水土保持研究所集刊, 14 集
- 3 赵鸿雁, 吴钦孝等. 水土流失系统物质和能量交换规律研讨. 水土保持学报, 1991, 7(1): 61~68
- 4 王全九, 沈晋, 王文焰等. 降雨条件下黄土坡面溶质随地表径流迁移试验研究. 水土保持学报, 1991, 7(1): 11~17
- 5 周佩华, 窦葆璋, 孙清芳等. 降雨能量的试验研究初报. 水土保持通报, 1981, (1)

《生态农业研究》1997 年征订启事

《生态农业研究》系中国科学院石家庄农业现代化研究所和中国生态经济学会联合主办的生态学与大农业相结合的综合性学术刊物, 由科学出版社出版。本刊旨在探索和研究生态农业的理论、方向与内容等, 推动学科发展。主要刊登有关生态农业及其相关农业的综合性论文、研究报告、研究简报、生态农业县建设方面的典型经验。适合国内外从事生态学、生态经济学、农、林、牧、副、渔、资源与环境保护等科研、教学和管理决策工作者及高等院校的有关师生阅读。

1993 年创刊, 国内外公开发行, 季刊, 季末出版, 16 开本, 80 页, 定价 4 元/册, 全年 4 册 16 元 (含邮资)。从邮局汇款订购, 请寄 050021 河北省石家庄市槐中中路 39 号《生态农业研究》编辑部。从银行汇款订购, 收款单位: 中国科学院石家庄农业现代化研究所; 开户银行: 河北省石家庄市工商银行裕华路办事处, 帐号: 215—02640007—803。