

影响水土流失因子间量纲和谐的法则*

赵鸿雁 吴钦孝 韩冰 吴瑞雯 李靖

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)(水利部黄委会黄河上中游管理局)
水利部

摘要 该文提出了水土流失系统容量的概念,计算了水土流失系统过剩物质和能量,给出了过剩能量的计算式,式中包含了影响水土流失的全部因子且量纲和谐,以此作为建立量纲和谐的预测预报水土流失方程的基础。

关键词 水土流失 因子 量纲 法则

The Amount Unit Harmonious Rules among Factors of Affecting Soil and Water Loss

Zhao Hongyan Wu Qinxiao Han Bing Wu Ruiwen

(Northwestern Institute of Soil and water Conservation, Academia Sinica
and ministry of water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Li Jing

(Administrative Bureau of the Upper Reaches and Middle Reaches of the Yellow River,
Water Conservancy Committee of the Yellow River)

Abstract The surplus substances and energy have been calculated through put forward the concept of systematical capacity of soil and water loss and given the formula for calculating surplus energy, in which contains all the factors affected of soil and water loss and its amount unit is harmonious as the base establish equation of forecaste and prediction soil and water loss.

Key words soil and water loss factor amount unit rule

国内外用于预测预报水土流失的方程有两种:经验方程和统计回归方程^[1~4]。基于此两种方程的性质和原理限制了影响水土流失因子间量纲的和谐,因此产生了一系列不良的效应,各影响因子间的相互关系缺乏定量描述,系统分析众因子之间的关系尤为困难,从而难以揭示此类因子组合后系统显示的性质和功能,缺乏定量化研究的物理理论基础,致使预测预报技术在宏观范围内推广应用困难重重。目前,随着水土保持科学深入定量化研究的需要,解决影响水土流失因子间量纲和谐的问题变得日益紧迫和突出。正因为如此,研究影响水土流失因子间量纲和谐问题,不仅能使水土保持科学定量化、深入化,而且,还能使所建立的预测预报方程不受地域限制。

1 影响水土流失的因子

水土流失受降水及其自然因子的制约,且它们之间依赖着影响,彼此之间相互依存。其影响因子多、复杂是它的最基本的特点之一。因此,如何将这众多因子统一起来是解决问题的关键。

1.1 降水及其派生因子的量纲

1.1.1 降雨因子 此因子的最大特点是随机性强。但对水土流失起着主导性的影响作用,而且由它派生了一系列因子(见表 1)。

表 1 降水及其派生因子的量纲

因子	降水量	降雨强度	降雨历时	降雨动能	降雨潜在势能	径流动、势能	
符号	p	I	t	Em	Ep	Ek	Ep
量纲	mm	mm/min	min	J	J	J	J

1.1.2 自然因子 此类因子是自然界客观存在的,亦对水土流失起一定的作用,它随降水因子一起随时空变化而变化。该类因子的最大特点是没有随机性,且在一次降水过程中可以视为相对静止状态。但是它又是水土流失的场所(见表 2)。

表 2 自然因子及其量纲

因子	坡长	坡度	植被覆盖度	土壤类型	水土流失面积	地貌类型	地质概况	海拔高度
符号	l	α	C	K	S			
量纲	m	°	无量纲因子	无量纲因子	m ²	无量纲因子	无量纲因子	m

2 影响水土流失因子间量纲和谐法则和原理

准则 1:至目前国际上的通用量纲作为所建立水土流失方程中所涉及因子的量纲,并符合物理上量纲和谐的原理。(如 $V_t = V_0 + gt$)

准则 2:无论影响水土流失因子之间所建立的关系,还是所建立的预测预报水土流失的方程以及数学分析式。在所涉及的因子中,凡含有量纲的因子必须联同数值一起参加运算,在等式两边经必要的变换后一致或者相互交换对等。

原理 1:基于水土流失是在一定时空范围内所发生的事件,它有一定的时间与空间。因此便于对上述影响水土流失的因子联结于一体或者彼此之间分析,以发生降雨事件的时空——所组成的系统为研究对象。在系统物质、能量平衡的基础上解决影响水土流失因子间量纲和谐的问题。

原理 2:水土流失是由于系统物质、能量过剩引起的,物质过剩是水土流失的基础,能量过剩是水土流失的根源^[5]。因此,计算出水土流失系统物质、能量的过剩量才是建立预测预报水土流失方程的基础数据。

3 影响水土流失因子间量纲和谐的方法

依据上述的原理和准则,以及水土流失的根源,则需要计算出水土流失系统物质、能量的过剩量。要计算出过剩量须首先要知道系统所能容纳物质和能量的量,为此提出下列概念。

3.1 水土流失的系统容量

水土流失的系统容量(后简称容量)是指水土流失系统在一定条件下所能容纳物质和能量的量(用 V 表示)。因系统所容纳的不仅有物质,仍有能量。故有两层含意:水土流失系统在一定的

条件下所能容纳物质的量(用 V_m 表示)称物质容量;水土流失系统在一定条件下所能容纳能量的量(用 V_e 表示)称能量容量。

作为水土流失系统它由不同的亚结构组成。因此,不同的系统它的结构和功能不同,性质也有差异。为了评价系统容纳物质或能量的快慢程度,又定义了以下概念。

3.1.1 物质容量速率 系指在一定时间内水土流失系统所容纳的物质与该段时间的比值。即

$$V_{vm} = V_m/t$$

式中 V_{vm} —— 物质的容量速度, (mm/min); V_m —— 物质容量(mm); t —— 系统容纳物质的始终时间(min)。

3.1.2 能量容量速率是指系统在一定的时间内容纳的能量与该段时间的比值 即:

$$V_{ve} = V_e/t$$

式中: V_{ve} —— 系统能量容量速率(J/min); V_e —— 系统容纳能量的量(J); t —— 系统容纳能量的始终时间(min)。

上述二式是对系统缓冲或抵抗水土流失能力大小的度量指标,它不仅对同一系统,不同时间抵抗水土流失给出了量化指标,同时相异的系统在一定时间内抵抗水土流失能力大小也可以定量比较,客观的评价系统的总体功能。

3.2 影响水土流失因子间量纲和谐的方法

正因为水土流失是系统物质和能量过剩所引起的。那么在一定时间内,由于降雨携带能量一同输入某一系统,使系统的物质和能量增多,从物质和能量平衡的观点看,此时系统逐渐的、连续的远离平衡状态。随着降水的增加,系统物质和能量容量被降水的物质和能量充满,便出现了物质和能量的过剩。

3.2.1 水土流失系统物质的过剩量 在一定的时间内,设系统的物质容量为 V_m ,物质容量速率为 V_{vm} ,降雨历时为 t ,则 $V_m = V_{vm} \cdot t$ 。设 t 时间内的降水量为 P ,平均雨强为 I ,则: $P = I \cdot t$ 。当 $P - V_m$ 为负值时,系统物质容量大于降水量,物质并不过剩;当 $P - V_m = 0$,系统物质容量恰好等于降水量,系统处于动态平衡;当 $P - V_m > 0$ 时,系统物质过剩,过剩量为 $\Delta m = P - V_m$ 。或者 $\Delta m = t(I - V_{vm})$ 。

3.2.2 水土流失系统能量的过剩量 设系统的能量容量为 V_e ,根据文献^[5]的研究表明:系统在物质过剩时,能量必然过剩,且过剩的能量是过剩物质产生的势能 E_p 和降水动能之和。过剩物质产生势能的计算式是:

$$E_p = 0.5(P - V_m) \cdot S \cdot g \cdot H$$

式中: E_p —— 过剩物质产生的势能焦耳(J); P —— 降水量(mm); V_m —— 系统容量(mm); S —— 水土流失面积(m); g —— 重力加速度(m/s); H —— 相对侵蚀基准点至坡面最高点的垂直距离(m)。

降水的动能是用滤纸色斑法测定并用牛顿—沙玉清公式计算的。计算结果是每平方米每毫米降水多少动能,设为 e_m , (J/mm · s);降水的总动能为:

$$E_m = e_m \cdot P \cdot S, E_m(J)$$

水土流失系统的总能量为

$$E = E_p + E_m$$

$$E = 0.5(P - V_m)S \cdot g \cdot H + P \cdot S \cdot e_m = 0.5(P - V_m) \cdot b \cdot l \cdot \sin\alpha + P \cdot S \cdot e_m$$

因为 $S = B \cdot l, H = l \cdot \sin a, b$ ——坡面宽度(m); a ——坡度; l ——坡长(m)。

考虑水土流失系统的性质、动态过程,再变换上式:

$$E = 0.5(I - V_{\infty}) \cdot t \cdot b \cdot l \cdot \sin a + P \cdot S \cdot e_m$$

此式中包含了影响水土流失的全部因子且量纲和谐。因为在 V_{∞} 或者 V_{∞} 中表示了水土流失系统的性质,它的大小与水土流失的程度呈正比例关系。它不仅与植被覆盖程度—覆被率或者盖度有关;也与土壤理化性质、地形地貌有关。在具体分析时可将其划分为几个部分考虑,从而也就与影响水土流失的自然因子联系起来,有待于深入研究。

在降雨动能中,既有降雨强度,降雨历时,也有与雨滴性质有关的参数 e_m ,此项计算中包含了降雨过程中雨滴径级、雨滴的终点速度等。

3.2.3 影响水土流失因子间量纲和谐分析 如果展开上式所有各项的实际含意后,不难看出:在系统过剩的能量这一项中,包含了影响水土流失的所有因子,且各因子之间的量纲是和谐的。那么依据水土流失系统物质过剩量和能量过剩量建立水土流失的预测预报方程,再经必要的技术改进后和水土流失的量连接一起,则所建立的方程必然量纲和谐,而且不受各因子变化的影响,在宏观范围易于推广。

总之将系统物质和能量的过剩量同水土流失的产流产沙量联系起来,必然会使水土流失的预测预报方程中所含有的因子间量纲和谐。目前,有待解决的问题是:(1)水土流失系统容量的动态函数式;(2)水土流失系统过剩物质与能量和水土流失量的关系式;(3)过剩物质是否一定在开放性系统中交换出来或者交换多少;(4)过剩能量以何种形式消耗掉,对水土流失的影响程度又是如何?诚然在解决了上述问题之后,则建立量纲和谐的水土流失方程就具备了充分的条件,才能建立起具有应用范围广泛,且规范化的水土流失的预测预报方程。

参 考 文 献

- [1] 美国土壤保持协会.土壤侵蚀预报与控制.北京:农业出版社,1981年
- [2] 刘志等.雨滴击溅作用对黄土结皮影响的研究.《水土保持学报》,1988年,第1期
- [3] 江忠善.黄土高原土壤流失预报方程中降雨侵蚀力和地形因子的研究.《中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊》,第7集
- [4] 陈一兵.欧洲土壤通用流失方程式简介.《中国水土保持》,1993年,第2期
- [5] 赵鸿雁等.水土流失系统物质能量交换规律的研讨.《水土保持学报》,1993年,第1期

(上接第 48 页)

参 考 文 献

- [1] 《第七届全国遥感技术学术交流会论文集》.1991年
- [2] 《第八届全国遥感技术学术交流会论文集》.1993年
- [3] 陈述彭.以开放促进遥感事业的发展.《中国科学报》,1994年7月18日
- [4] 周忠谟,易杰军.《GPS卫星测量原理与应用》.北京:测绘出版社,1992年12月
- [5] 中国科学院士陈芳允、杨嘉墀、闵桂荣.“空间技术的研究与利用”.《中国科学报》,1994年3月7日
- [6] 李璧成.水土保持遥感研究与应用方兴未艾.《水土保持科技信息》,1992年,第2期