

学 术 讨 论

编者按：本刊为了进一步贯彻党的“百花齐放，百家争鸣”的方针，促进学术交流，活跃学术气氛，拟将不定期的在《水土保持通报》开展学术讨论。

本期刊登蒋忠信同志读了《水土保持通报》今年第3期吴普特、周佩华同志撰写的“地面坡度对雨滴溅蚀的影响”文章后，提出了“关于对雨滴溅蚀数学模型的改进意见”的学术讨论。

本刊编辑部热情欢迎广大水土保持科技工作者大力支持并积极参加学术讨论。

关于对雨滴溅蚀数学模型的改进意见

蒋 忠 信

(铁道部第二勘测设计院科研所·成都市)

提 要

据吴普特等的模型与资料，本文将坡面雨滴溅蚀数学模型改进为

$$S_T = 7.459 (EI)^{0.0544} S^{0.471} - 150.048$$

关键词：雨滴溅蚀 数学模型

Suggestion on the Improvement of Mathematical Model of Splash Erosion by Raindrops

Jiang Zhongxin

(The Scientific Research Institute of the Second Survey and Design Academy of the Ministry of Railway, Chengdu Municipality)

Abstract

Based on Wu Putei's Model and information, this paper revises the mathematical model of splash erosion by raindrops for slope surface as follows:

$$S_T = 7.459 (EI)^{0.0544} S^{0.471} - 150.048$$

Key words: splash erosion by raindrops mathematical model

吴普特、周佩华新近提出的坡面雨滴溅蚀之数学模型^[1]为

$$S_T = 5.985 (EI)^{0.0544} S^{0.471} \quad (1)$$

式中： S_T 为单位面积上的溅蚀总量 (g)； E 为雨滴动能 (J/m^2)；

I 为降雨强度 (mm/min)； S 为地表坡度 ($^\circ$)

模型 (1) 算得的溅蚀总量之模拟值 S'_T 与实测值 S_T 之关系见附图。图 1 散点并不规律的

散布在直角坐标二分角线左右，而是显出规律性偏离，以 $S_T = 600$ 左右为界，当 $S_T > 600$ 时，实测值 S_T 大于模拟值 S_T' ，且 S_T 值愈大， $(S_T - S_T')$ 差值愈大。当 $S_T < 600$ 时， S_T 小于 S_T' ，且 S_T 愈小， $(S_T' - S_T)$ 差值愈大。这说明模拟值存在系统误差，模型 (1) 有待改进。

根据文献 [1] 的研究，向不同坡向的溅蚀量与坡度均呈直线或近于直线关系，以向下坡溅蚀量与坡度的直线关系最为典型，即

$$S_d = a + bs \tag{2}$$

式中直线斜率 b 又与雨强 I 成以下幂函数关系：

$$b = 9.124I^{1.33} = CI^d \tag{3}$$

综合 (2)、(3) 两式，可得溅蚀量与雨强、坡度的复相关式为：

$$S_d = a + CI^d S^n \tag{4}$$

式中 a 、 c 、 d 、 n 为待定参数。(4) 式即为改进的溅蚀总量数学模式，较之模型 (1) 增加了一个常数项 a 。

(4) 式中各参数可据图 1 所示 S_T 与 S_T' 的关系解得。据文献 [1] 表 2 所列资料，得 S_T 与 S_T' 的直线相关式为：

$$S_T = 1.24626S_T' - 150.048 \tag{5}$$

相关系数 $r = 0.993$ ，样点数 $n = 25$ ，相关性十分显著。

将 (1) 式代入 (5) 式，即得改进后的坡面雨滴溅蚀数学模型为：

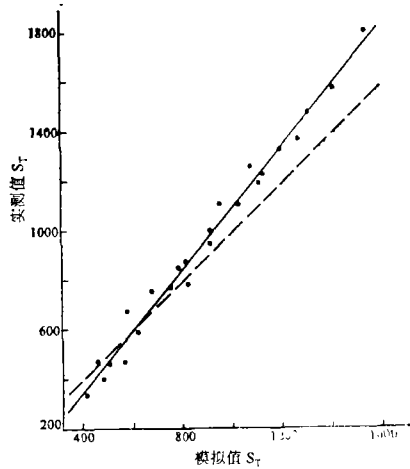
$$S_T = 7.459 (EI)^{0.644} S^{0.471} - 150.048 \tag{6}$$

据 (6) 式算得的模拟值与实测值、原模拟值对比，见附表。显示改进模型的精度有大幅度提高。误差绝对值之平均值，由原模型的 9.61% 降低为改进模型的 4.68%；均方差由原模型的 115.4 减小为改进模型的 48.8。因此 (6) 式表达的改进雨滴溅蚀模型是成功的。

但是，(6) 式中的常数项为负值，似乎表明存在一个开始发生雨滴溅蚀的起始能量 (EI)。或起始坡度 S_0 ，这是不合实际的。这一问题的出现是因为改进模型与原模型一样，都是经验性的。这些模型只适宜用于文献 [1] 实验的范围即 $S = 10^\circ \sim 30^\circ$ 、 $I = 0.822 \sim 2.037 \text{ mm/min}$ 。在这个范围内， S_T 不会出现负值，模型是合理的。

参 考 文 献

[1] 吴普特等。地表坡度对雨滴溅蚀的影响。《水土保持通报》，1991年，第3期



附图 溅蚀总量的实测值 S_T 与模拟值 S_T' 之间的关系

附表 两种模拟值与实测值之对比

序 号	实测值 (g)	原 型 模		改 进 模 型	
		模拟值 (g)	误差 (%)	模拟值 (g)	误差 (%)
1	340.129	409.042	+20.26	359.725	+5.76
2	396.045	473.107	+19.46	439.566	+10.99
3	373.545	660.916	-1.88	673.625	+0.01
4	843.001	781.163	-7.34	823.484	-2.32
5	342.068	911.243	-3.27	985.598	+4.62
6	465.265	454.577	-2.30	416.473	-10.49
7	674.800	578.252	-14.30	570.604	-15.44
8	365.577	812.938	-6.08	863.084	-0.29
9	1 104.170	943.459	-14.56	1 025.747	-7.10
10	1 191.003	1 105.872	+7.15	1 228.165	+3.12
11	469.678	497.735	+5.97	470.259	+0.12
12	753.065	671.116	-10.88	686.337	-8.86
13	990.953	913.376	-7.83	988.256	-0.27
14	1 256.588	1 072.043	-14.69	1 185.996	-5.62
15	1 370.568	1 264.211	-7.76	1 425.488	+4.01
16	469.810	560.576	+19.32	548.575	+16.77
17	769.443	742.594	-3.49	775.417	+0.78
18	1 106.338	1 018.850	-7.91	1 119.704	+1.21
19	1 332.700	1 188.812	-10.80	1 331.521	-0.09
20	1 572.675	1 399.421	-11.02	1 593.994	+1.36
21	592.505	616.436	+4.04	618.192	+4.16
22	782.660	814.855	+4.11	865.473	+10.58
23	1 230.215	1 119.956	-8.96	1 245.708	+1.26
24	1 476.705	1 304.350	-11.67	1 475.511	-0.08
25	1 805.595	1 530.705	-15.22	1 757.608	-2.66