

# RUSLE 侵蚀模型及其应用(综述)

李 凤 吴长文

(南昌水利水电高等专科学校 330029)

**摘 要** 在对 RUSLE 和 USLE 进行分析和比较的基础上,探讨了 RUSLE 对 USLE 的改进内容和形式:RUSLE 模型所用的数据量比 USLE 大得多,并纠正了 USLE 分析中的错误,填补了原始数据的空白,且增加了其灵活性,使能模拟不同的系统和替代方法和侵蚀量,对 RUSLE 模型的应用前景作了展望。

**关键词** 通用土壤流失方程 修正 计算机模型 地貌应用

## The Evaluation on the Erosion Model of RUSLE and Its Application

*Li Feng Wu Changwen*

*(The College of Water Resources and Hydro-power of Nanchang 330029)*

**Abstract** Based on the analysis and comparison of RUSLE and USLE, discussed the content and form of RUSLE model. RUSLE model is developed on the basis of revised universal soil loss equation (USLE). It corrected the error in USLE model and magnified the regmed data, and increased the flexibility, which can imitate the erosion process of the different system and alternate method the paper also make some evaluation for the perspective of the application.

**Key words** universal soil loss equation revision computer model geomorphic application

### 1 前 言

美国农业部自然资源保护局(NRCS)于1992年10月正式决定实施RUSLE(即修正的通用土壤流失方程)<sup>[1]</sup>。

多年以来,在水土保持规划工作中(尤其在美国),都是以通用土壤侵蚀方程(USLE)为主的。自从1965年威斯迈尔和史密斯提出通用土壤流失方程(USLE)以来<sup>[2]</sup>,土壤侵蚀研究者作了大量的工作,尽管USLE在美国及其他国家的侵蚀预测和保持规划方面曾得到了相当广泛的应用,但它属于经验性的模型,又不能描述土壤侵蚀的物理过程,随着科学技术的发展和农业开发的深入,USLE的局限性已被水土保持研究者所公认。实践证明,USLE<sup>[2]</sup>不太适用于垄作、等高耕作以及那些使泥沙就地沉积的带状耕作措施等。另外,该方程没有明确反映径流的

影响,这就大大降低了方程应用于截流措施的有效性。故美国又研制了旨在完善 USLE 的新一代模型(称 RUSLE)<sup>[3]</sup>。RUSLE 是美国农业部自然保护局(NRCS)实施的最新可应用的侵蚀预测模型。RUSLE(The Revised Universal Soil loss Equation)是对 USLE 进行修订的土壤侵蚀预测模型的英文缩写。

## 2 RUSLE 及与 USLE 模型的比较

RUSLE 模型与 USLE 模型有相同的基本结构<sup>[2,3]</sup>。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

式中  $A$  —— 预测土壤侵蚀量( $t/hm \cdot a$ );  $R$  —— 降雨侵蚀力( $cm/h \cdot a$ );  $K$  —— 标准小区条件下的土壤可侵蚀性( $t$  小时);  $LS$  —— 坡长和坡度的侵蚀作用无量纲因子;  $C$  —— 覆盖与管理无量纲因子;  $P$  —— 水土保持措施(如等高、梯田、淤积等)无量纲因子。

影响片蚀和细沟侵蚀的四个重要因子( $R$  —— 气候;  $K$  —— 土壤;  $LS$  —— 地形;  $C$ 、 $P$  —— 土地利用和管理)均表达在此关系中,但是在 RUSLE 中,对 USLE 中的有些因子作了进一步的分解从而得出更明确的物理含义及预测的精确性。

在 RUSLE 中的各因子含义如下:<sup>[3,4]</sup>

$R$  因子:对原 USLE 中的  $R$  值进行修正以减少在填洼中降雨击溅的效应,尤其对在高强度暴雨区略有变化的降雨侵蚀力等值线图的变化作了修正,在美国西北部的农田和牧场农作物区,研究等效的  $R$  值因子以反映多年冻结土和部分消融土壤产生的径流。

$K$  因子:USLE 研究者认识到,内在的土壤可蚀性随时间而变化,冻融循环使土壤变松散,而在生长期由于土壤水分的消耗而使土壤重新固结。例如,在 USLE 中,可蚀性因子  $K$  定义为单位降雨侵蚀力的长期平均侵蚀率,然而在 RUSLE 中,以不同的坡长和坡度因子( $LS$ )考虑了侵蚀过程,侵蚀过程是取决于细沟侵蚀和面蚀之比值。

威斯迈尔的可蚀性模诺图提供了估算  $K$  因子的一种方法(从土壤特性中),替代的模诺图还有待于开发。

KUSLE 考虑了土粒的分散作用和侵蚀过程的相互作用,比如细沟的侵蚀过程是采用 Foster et al 建议的侵蚀过程模型:<sup>[5,6]</sup>

$$Dr = Kr(\tau_e - \tau_c)$$

式中  $Dr$  —— 单位面积侵蚀量;  $Kr$  —— 细沟侵蚀性;  $\tau_e$  —— 水土流失作用于土壤表面的有效剪切力;  $\tau_c$  —— 土壤被水冲动的临界剪切力。而  $\tau_c$  的大小不仅取决于土类,而且取决于土壤的容重和土壤含水量。

$LS$  因子:侵蚀的地貌作用随着侵蚀是以片蚀还是以沟蚀为主,或随二者组合方式而变化。USLE 不适合于预测陡坡,上述二个问题在 RUSLE 中均得到修正。USLE 不适合小于 4.57m 的坡长,而 RUSLE 则可。

$C$  因子:RUSLE 把  $C$  分成若干个次因子(反映前期土地管理状况、作物郁闭、地表覆盖、地表糙度、土壤前期含水量),从而提供更灵活的能描述种植制度和保土耕作措施或牧草轮作等的  $C$  值估计方法。

$P$  因子:RUSLE 是一种经验性和基于侵蚀物理过程和混合模型,可对等高耕作和带作产

生的侵蚀进行预测。

可以说,RUSLE 是 USLE 的改进形式,主要表现在三个方面<sup>[7]</sup>:(1)RUSLE 模型所用的数据是比 USLE 大得多,且均从不同地点、不同作物和耕作制、森林和牧场侵蚀,以及可蚀性措施中获取;(2)RUSLE 纠正了 USLE 分析中的错误,填补了原始数据的空白;(3)增加了其灵活性,使能模拟不同的系统和替代方法。通过 RUSLE 模型可明确在管理措施中,侵蚀率的微小变化所需采取的预防措施,从而增加了它的保持规划手段的实用性。

### 3 RUSLE 的发展及其应用

美国农业部农业研究局又在着手进行 RUSLE2.0 版的研制,以使预测结果更准确,方法更简便。

RUSLE2<sup>[1]</sup>完全打破过去繁琐的参数计算方法,而是采用独立参数方法,要求用户充分描述其状态,包括位置、地形、管理框图,只要有了充分的描述,侵蚀率即可通过程序算出,其中信息流完全靠描述,而且在描述时允许更灵活的形式。注意各类开发模型(如水蚀模型)的相容性。

RUSLE 的简便性正在吸引更多的国际用户。(RUSLE2 的数据输入和计算框图见图 1)<sup>[1]</sup>。

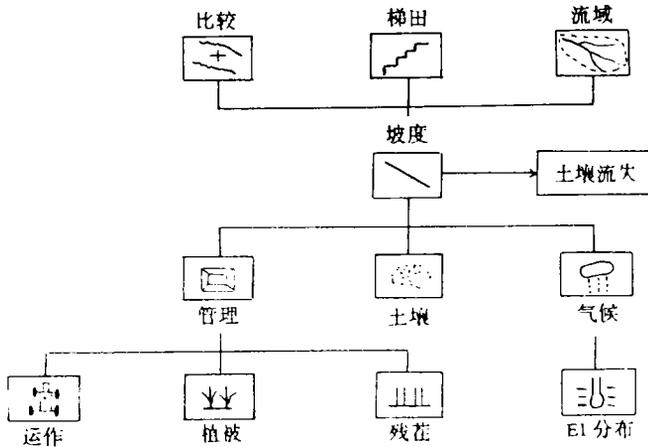


图1 用于 RUSLE2 中的数据输入和计算方法

RUSLE2 采用开窗的计算机手段,以充分利用计算机操作中可用的额外资源,计算机容量要求较高,为用户同时选取不同的参数提供了更大的灵活性,并能与现有的 RUSLE 版本的数据库兼容。其鼠标、功能键、文档和编辑功能都进行了标准化处理。

RUSLE 模型库是采用 C 语言编程的,它分为逻辑分量(目标),象土壤、气候、作物残茬等。RUSLE2 中的目标都有

各自的数据和外表,以文件形式存贮,开、关完全是独立的。

一级目标是最基本的,它包括:土壤特性,在坡面上的活动(自然的和人为干扰),植被类型,残茬类型,全年降雨侵蚀力  $EI$  分布的描述。

二级目标包括气候(全在  $EI$  分布项中)和管理(运作的顺序,植被和残茬)。

三级目标是坡度,把气候、土壤和管理信息与地形描述结合。

四级目标包括坡度比较与组合。

RUSLE 的界面采用窗口形式,其显示方法可以是“多目标文档界面”,即允许同时打开许多结果目标显示。RUSLE2 包括为用户提供各种单位的换算(可自由选择),尤其是英制与国际单位制的换算。

表 1 列出了 RUSLE 预制结果同实测值的比较。

表1 根据坡面形态和 RUSLE(立地为亚利桑那南部)的土壤损失率比较<sup>[7]</sup>

立地	位和几何数量估算	估算值 RUSLE
Saint David	$t/(hm^2 \cdot a)$	$t/(hm^2 \cdot a)$
细沟 1	240	170
细沟 2	270	190
细沟 3	150	190
细沟 4	320	170
平均	245	180
Sonoita		
细沟 1	190	190
细沟 2	190	190
细沟 3	190	190
平均	190	190

从地貌研究的基本理论的解释来看,RUSLE 在理论上也有所突破。在研究公路开发建设中的侵蚀强度时,奥斯特坎和泰(1994)发现了称之为“沟蚀影像槽”的地貌特征。由表1推出,假设环境条件不改变,RUSLE 可以帮助重建缓坡坡面的侵蚀过程史。

RUSLE 模型还已成功地应用于露天开矿的废土堆放地的侵蚀强度预测,这对我国的城市水土流失研究可能提供有力的工具。不过,据泰(Toy 1989)<sup>[9]</sup>报道,对天然坡面和开垦的坡面的实测侵蚀模数和用 RUSLE 预测值的比较,用 RUSLE 模型估计的值偏低,有些原因还不清楚,但根据推断,RUSLE 预测值也许是开垦后的趋势结果值。

随着 RUSLE 版本的增格,它将来可能变为更有吸引力的土壤侵蚀研究工具和水土保持规划更强有力的手段。

#### 参考文献

- 1 Daniel Yoder et al. The future of RUSLE: inside the new Revised Universal Soil Loss Equation, J. Soil and Water Conservation, Vol50, No5, 1995
- 2 Wischmeier, W. H. et al, 1978, Predicting rainfall-erosion losses-a guide to conservation planning, USDA, ARS, Agricultural Handbook 537, Washington D. C.
- 3 K. G. Renard, G. R. Foster, et al, 1994, RUSLE, revised: Status, question, answers, and the future, J. Soil and Water Conservation, Vol. 49(3): 213~220
- 4 T. J. Kautza, D. L. Schertz, et al, Lessons learned in RUSLE technology transfer and implementation, J. Soil and Water Conservation, Vol50, No5, 1995
- 5 Foster, G. R., W. R. Osterkamp, L. J. Lane, et al, Effect of discharge on rill erosion, ASAE Paper No. 82~2572. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI 1982
- 6 R. J. Loch et al, Effects of aggregation on soil erodibility: Australian experience, J. Soil and Water Conservaton, Vol50, No5, 1995
- 7 T. J. Toy et al. The applicability of RUSLE to geomorphic studies, J Soil and Water Conservation, Vol50, No5, 1995
- 8 Renard, K. G., et al, RUSLE model description and database sensitivity. Journal of Environmental Quality 22 (3): 458~466. 1993
- 9 Toy, T. J. .An assessment of surface-mine reclamation based upon sheetwash erosion rates at the Glenrock Coal Company, Glenrock, Wyoming, Earth Surface Processes and Landforms, v, 14, 289-302, 1989

**作者简介** 李凤,女,生于1963年3月,讲师,1984年毕业于江西农业大学林学系林学专业,现在南昌水利水电高等专科学校从事水土保持专业教学,先后发表论文数篇。