

概念性土壤侵蚀模型的建立及在紫色土小流域的应用

王 平^{1,2}, 朱阿兴^{2,4}, 蔡强国³, 刘慧平¹

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地水循环与地表过程国家重点实验室, 北京 100101; 4. Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA)

摘 要: 概念性土壤侵蚀模型在描述流域基本过程的同时对参数要求较低, 现有概念性模型中计算产沙所需参数主要靠律定或借鉴经验值。该文介绍了 1 个无需流域出口产沙量长序列观测资料来律定且能适用于研究流域的概念性土壤侵蚀模型。模型中引入了分布式水文模型 WetSpa Extension 作为水文模块, 结合流域内试验小区上建立的流量—产沙量经验关系计算侵蚀量, 再结合泥沙输移比构建起产沙模块。通过在紫色土地区小流域的应用表明, 模型能够得到较合理的流域出口产流量、产沙量以及侵蚀率的空间分布等模拟结果, 在没有试验小区的邻近流域地区也具有推广性, 且能作为评价水土保持措施效益的有力工具。该概念性模型对于流域出口泥沙资料稀少的地区具有很高的应用价值和协助流域管理的潜力。

关键词: 土壤, 侵蚀, 模型, 概念性, 水土保持, 紫色土

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.014

中图分类号: TV121⁺.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0080-08

王 平, 朱阿兴, 蔡强国, 等. 概念性土壤侵蚀模型的建立及在紫色土小流域的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 80—87.

Wang Ping, Zhu Axing, Cai Qiangguo, et al. Establishment of conceptual soil erosion model and application in purple soil watershed[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 80—87. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

土壤侵蚀是生态环境恶化最重要的表现之一, 同时广泛的人类活动又在很大程度上加剧了这一过程。为了帮助解决这一问题, 众多土壤侵蚀预报模型应运而生。根据模拟的流域过程和相应算法上的不同, 可以将土壤侵蚀模型分为经验模型(统计模型)、概念性模型和物理成因模型^[1-2]。

概念性模型作为物理成因模型和经验模型的中和^[1,3], 其基本思想是将流域分解为一系列主要的“储水库”模块, 用较为简单的经验关系分别描述各个“库”的内部动态和“库”之间的相互联系。这种模型既能基本体现产流、产沙和输沙等主要的流域过程, 同时对数据的要求相对于物理成因模型又较低^[4], 对很多流域地区的应用而言是较好的选择。

常见的概念模型如 AGNPS^[5]、LASCAM^[6]、SEDNET^[7]等。现有概念模型在应用时所需的侵蚀相关参数主要通过以下 2 个途径获取: 一是通过对比模拟产沙量和流域出口的实测值律定而得, 二是借鉴文献中的相关经验值。然而, 前者要求流域出口具备长时间的产沙

量观测记录, 后者要求文献中参数适用于新的应用流域, 在实际应用中这 2 点都是难以保证的。本文针对不具备长时间序列的流域出口产沙量资料的流域地区, 通过利用流域内部或相近地区内的试验小区上积累的流量侵蚀量记录, 建立了 1 个无需长序列产沙资料律定参数的概念性土壤侵蚀模型。

本模型的基本思路是: 先引入 1 个分布式的水文模型作为侵蚀模型的水文模块, 在此基础上结合通过试验小区数据建立的流量—产沙量经验关系, 以栅格为单元计算产沙, 建立侵蚀模块。该模型可以作为评价水土保持措施实施效果的有力工具, 在协助流域水土保持和流域管理等方面具有很大的潜力。

1 模型与方法

1.1 水文模块

本模型中的水文模块引用了以 GIS 平台为基础的分布式物理成因水文模型 WetSpa (water and energy transfer between soil, plants and atmosphere) Extension^[8-9], 该模型主要用于流域尺度的洪水预报和水平衡模拟, 理论上可模拟不同时间和空间尺度上的水文过程和流量过程线。

WetSpa Extension 模型以栅格为基本单元, 每个单元由上至下被划分为植被层、根层、透水层和饱和层 4 个层次, 分别计算截流、填洼、入渗、产流、土壤水下渗、地下水补给、蒸散发等水文过程以及各个层的水平衡。总的径流量由地表径流、壤中流和地下水出流 3 部分组成, 其汇流过程由扩散波方程的近似解来描述^[9]。模型的

收稿日期: 2008-02-11 修订日期: 2008-08-13

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 973 项目资助(2007CB407207); “国家科技攻关”支撑计划(2007BAC15B01); 国家自然科学基金委员会项目(40971236)

作者简介: 王 平(1983—), 女, 重庆人, 博士研究生。主要从事流域生态模拟等方面研究。北京 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 100875。
Email: wangp@lreis.ac.cn

输入数据包括流域数字高程模型 (DEM)、土地利用图、土壤图以及降水、潜在蒸发量和气温等实测序列, 输出包括水文过程线, 以及地表径流量、壤中流、土壤含水率等水文要素的空间分布, 其中地表流量的空间分布结果将进一步应用到侵蚀模块的建立中。

该模型中的地表径流通过以下公式计算^[9]

$$Q_s = C_p P_n (\theta/\theta_s)^\alpha \tag{1}$$

式中: Q_s ——地表流量; C_p ——潜在径流系数, 由坡度、土壤类型和土地利用类型共同决定; P_n ——植被截流完成后的降雨强度; θ 和 θ_s ——实际土壤含水率和饱和土壤含水率; α ——经验指数。该方程中, 由于地表径流随着土壤含水率的增加而增加, 能够间接体现降雨历时的影响。总的来说, 该方程综合考虑了坡度、土壤类型、土地利用、土壤水分、降雨强度和降雨历时对地表径流的影响^[9]。

1.2 侵蚀模块

本概念模型的侵蚀模块主要结合 WetSpa Extension 输出的地表径流量与流量产沙量之间的经验关系建立。其中, 流量—产沙量的经验关系是基于流域内或邻近相似流域内试验小区的实测数据获得。一般而言, 土地利用在侵蚀过程中起着关键性的作用, 据此我们在模型中假设, 流域范围内相同土地利用类型下的流量-产沙量之间的关系是相似的。因此, 可利用从土地利用方式相似的试验小区上获取的经验关系来近似流域内某栅格单元的流量—产沙量关系, 再结合水文模块中计算出的该栅格单元的流量, 即可得到其产沙量。

理论上, 试验小区的土地利用应该包括研究区的所有类型, 但实际上, 流域内的土地利用类型可能与试验小区的类型存在一定差别。另外, 某些区域的土壤性状也可能与试验小区有所不同。为了考虑这些差别对土壤侵蚀产生的影响, 本文引入了一个校正系数 K , 最终计算各栅格单元的产沙量的公式如下

$$S_i = K_i \times f_L(Q_{si}) \tag{2}$$

式中: S_i ——第 i 个栅格单元的产沙量; Q_{si} ——WetSpa Extension 计算出的第 i 个栅格单元的地表径流量; f_L ——土地利用方式为 L 时产沙量与地表径流量的经验函数关系; K_i ——调整差异参数, 可根据单元内的土地利用方式与土壤类型等与对应试验小区之间的差异估计而得。

本模型中的输沙过程由简单的泥沙输移比 (SDR) 来表示。基于此, 流域出口的产沙量计算公式如下

$$S = \sum S_i \times SDR \tag{3}$$

2 模型应用

2.1 研究区概况

研究区位于四川省南部县境内, 属嘉陵江西河流域中游地区。流域位置如图 1 所示, 其中李子口流域观测站集水面积约为 19.6 km², 鹤鸣观小流域内布设了 2 个子流域观测站, 分别控制鹤鸣观 1 号小流域和 2 号小流域, 其集水面积分别为 0.8 km² 和 0.4 km², 其中 2 号小流域内有建立于 1983 年的 3 个试验小区。小流域内海拔高程约为 365~725 m, 平均比降约为 19%。流域内多年平均降雨量为 957 mm, 降雨约 74% 集中在汛期 5—10 月。流域内的土壤主要为紫色土, 抗蚀性较差。暴雨集中的汛期是该区域土壤侵蚀的高发期, 汛期径流量和泥沙量分别占全年的 90% 和 99% 以上。针对严重的水土流失, 当地在 20 世纪 80 年代末、90 年代初采取了退耕还林的措施进行水沙治理, 水土流失得到了改善^[10]。目前当地的土地利用类型以人工林地、坡耕地和梯田为主。

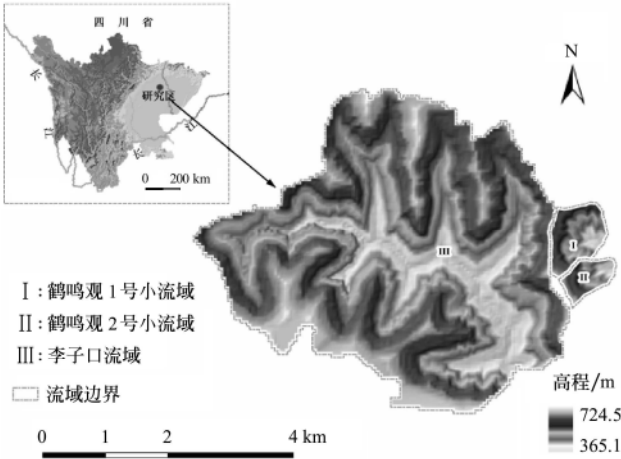


图 1 研究区流域位置
Fig.1 Location of study area

2.2 数据获取

本研究区的数据搜集情况如表 1 所示。其中, DEM 是基于 1:10 000 的地形图生成; 土地利用图和土壤类型图是根据实地调查而得; 鹤鸣观 2 号小流域内的 3 个试验小区提供了构建产产沙经验关系的实测数据序列; 另外, 还获得了长期的流量观测记录以及某些次降雨的产沙记录, 用于对模型模拟结果进行验证。

表 1 各区域基本资料列表
Table 1 Data list collected in study area

数据区域	图件	日降水	日潜在蒸发量	日均产流量	次降雨产沙量
试验小区	/	/	/	1983—2001 (次降雨)	1983—2001
鹤鸣观 2 号小流域	DEM; 土地利用现状图; 土壤图	1986—1988, 1994—1996, 1998—2001	1986—1988, 1994, 1996, 1998—2001	1986—1988, 1994, 1996, 1998—2001	1986—1988, 1994, 1996, 1998—2000
鹤鸣观 1 号小流域	DEM; 土地利用现状图; 土壤图	1994—1996	/*	1994—1996	1994—1996
李子口	DEM; 土地利用现状图; 土壤图	2004—2005	/*	2004—2005	2004—2005

注: *鹤鸣观 1 号小流域和李子口流域的日潜在蒸发量由鹤鸣观 2 号小流域的资料记录代替。

2.3 模型应用方案

建立产流与产沙经验关系的数据来源于 3 个试验小区, 因此将试验小区所在的 2 号小流域作为建模流域, 先将模型在 2 号小流域上运行律定, 并用其实测记录对模型进行验证。然后, 在保持模型内参数体系不变的情况下, 将模型应用于附近的不具备试验小区的鹤鸣观 1 号小流域和李子口流域, 探讨该模型在邻近流域地区的推广性。

3 结果与分析

3.1 模拟结果

模型中的水文模块 (WetSpa Extension) 有 9 个全局参数需要通过律定确定。因此先选取了 2 号小流域 1998

年汛期数据系列对模型参数进行律定, 然后将其应用于其他年份以对水文模块进行验证。验证结果如图 2 所示。从图中可以看出, 模拟与实测的水文曲线很接近, 但是在洪峰处存在一定的时相偏差。这些偏差主要是由于较小的流域面积和相对较长的模拟时间尺度造成。本试验研究中的模拟时间尺度为日, 对于鹤鸣观 1 号和 2 号这样的小流域而言, 流域出口的水文过程对流域内降水的响应很迅速, 很大一部分会在 1 d 之内完成, 因此流域内的部分水文响应不能在模型中体现出来, 从而导致了水文曲线模拟结果在时间上的滞后。随着研究区流域面积的增大, 流域出口水文过程对降水响应时间的增长, 这种时相差异应会随之减小。总体而言, 本模型的水文部分在该研究区是适用的。

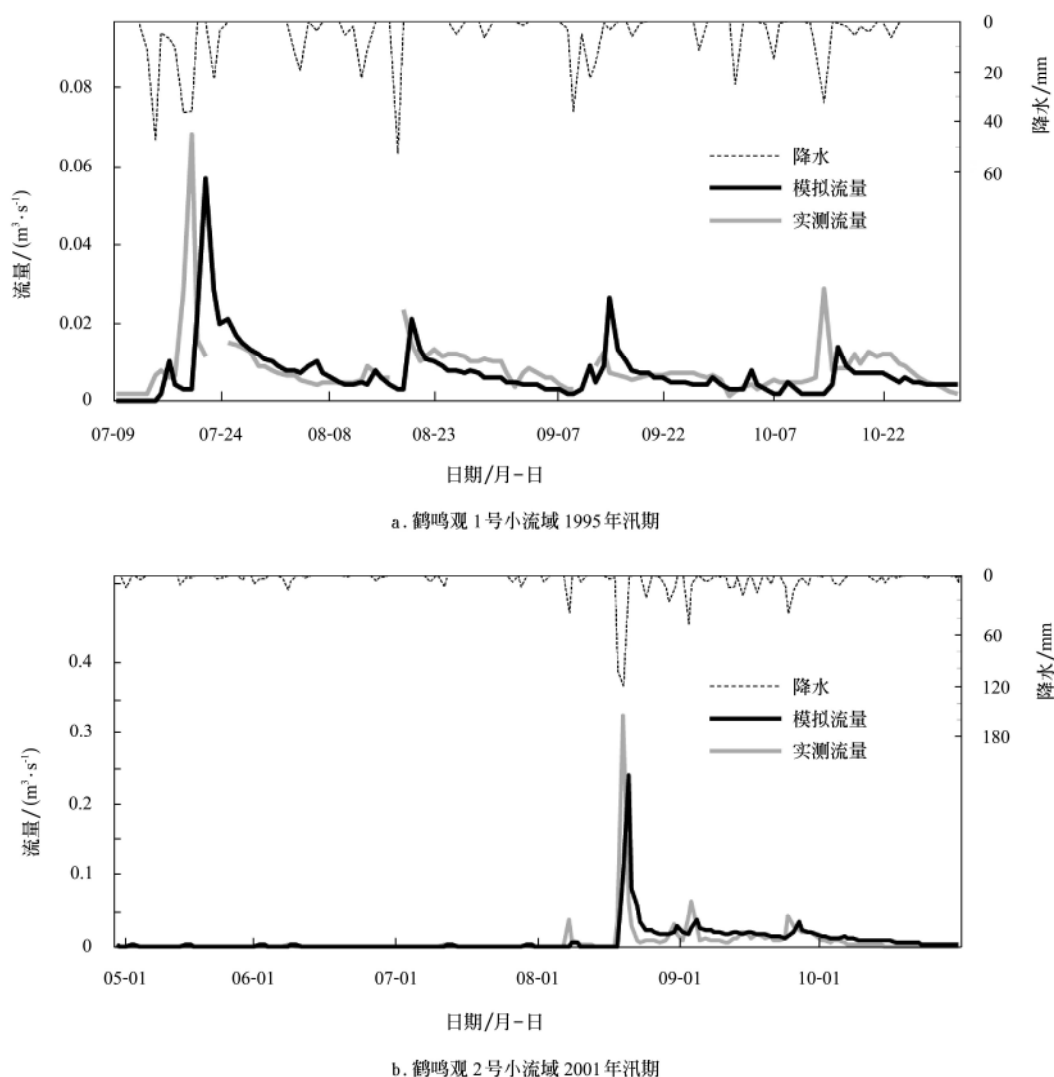


图 2 模拟与实测日均流量对比

Fig.2 Comparison between measured and simulated data of daily discharge

3.2 产沙模拟

3.2.1 建模区模拟结果

如前所述, 进行产沙模拟时, 需先在试验小区上建立产流和产沙的经验关系以构建产沙模块。本研究中的该经验关系由对试验小区的观测数据进行回归分析而得。

本研究区的土地利用类型主要包括人工林地、坡耕

地、梯田、水稻田和居民区。由于水稻田里有水填充, 认为其不属于产沙源, 同样排除在产沙源之外的还有居民地。因此共需要人工林地、坡耕地和梯田 3 种土地利用类型下的经验关系。2 号小流域的试验小区中包括了这 3 种土地利用类型, 通过对相应试验小区的观测记录进行回归分析, 得到的各回归方程如图 3 所示。由图中可见,

3 种土地利用类型的经验关系都是 $S = aQ_s^b$ 的形式, 其中各 b 值都比较相近 (接近于 1), 但是各系数 a 却存在大约 1 个数量级的差别, 体现了人工林地、梯田和坡耕地依次更容易产沙的特点。

如前所述, 本模型采用泥沙输移比来描述流域的输沙过程。在该研究区内, 由于流域面积较小, 降水、植被、地形及土壤性状等影响泥沙传输的因素^[11-12]的变化都不显著, 因此认为利用单一的泥沙输移比来代表整个流域是可行的。研究流域的 SDR 参照了通过塘库淤积记录得出的四川省中部丘陵流域的泥沙输移比研究成果^[13], 确定 2 号小流域的 SDR 为 0.53。然后通过比较各栅格单元的土地利用措施和土壤类型与对应小区的差别

估计出 K_i , 完成流域出口产沙量的计算。

为了验证模拟结果, 首先将模拟产沙量与实测产沙量绘制成散点图进行了比较, 如图 4a 所示。产沙量较小时, 模型对产沙的估计有偏低趋势, 但总体而言图中的点主要分布在 1:1 线附近。为了进一步了解模拟误差与观测值之间的关系, 此处还计算了模拟结果的相对误差的绝对值, 探讨了其随着观测值变化的规律 (图 4b)。从图中可清楚看到相对误差随着实测产沙量的增大而减小的趋势。模型在模拟较小值时误差较大, 但当次降雨产沙量逐渐增大到一定值时 (>10 t), 相对误差随之减小并趋于稳定, 被控制在 20% 左右, 这说明总体而言本概念性模型的产沙模拟结果是较为合理的。

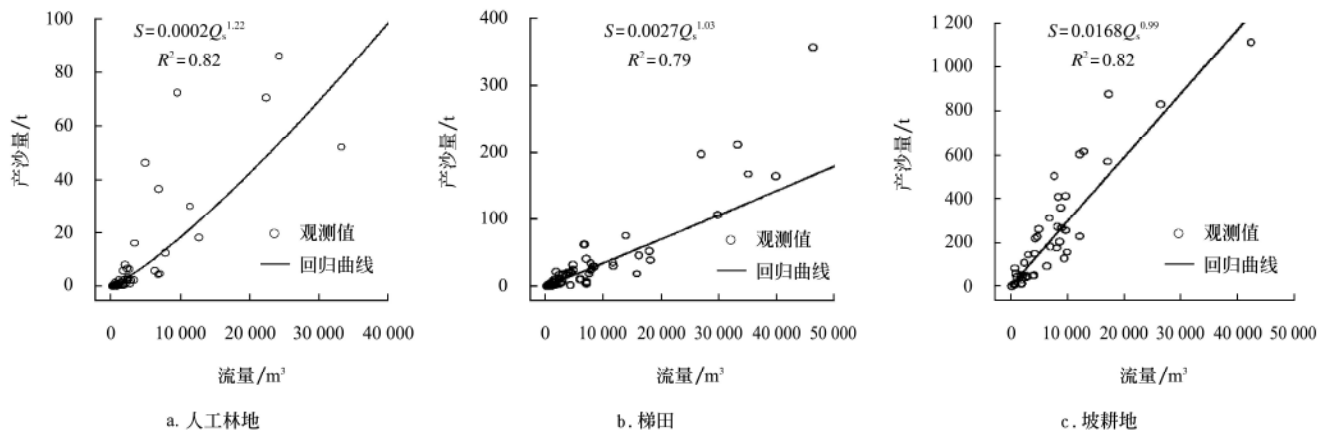


图 3 试验小区上建立的流量产沙量回归经验关系

Fig.3 Regression functions describing relationship between sediment yield and surface runoff with different land use types

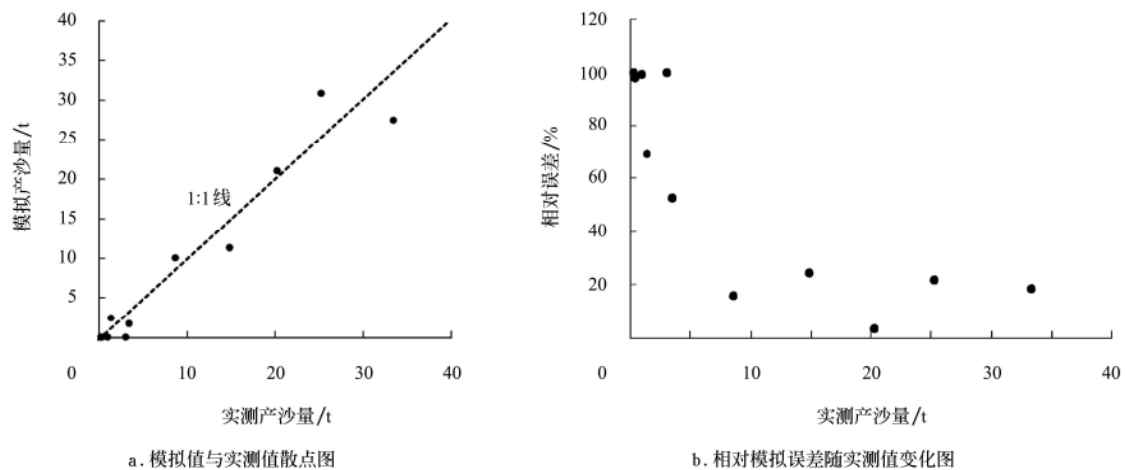


图 4 鹤鸣观 2 号小流域产沙模拟结果

Fig.4 Modeling sediment results of No.2 sub-watershed

3.2.2 模型推广区应用结果

如 2.3 节中所述, 2 号小流域内建立好的模型被继续应用于 1 号小流域和李子口流域, 以验证其在相似邻近流域内的扩展性。这部分区域的模拟结果的散点图与误差随实测值变化的趋势见图 5。图 5a 显示, 总体而言模拟值和实测值仍然比较接近, 图 5b 中的误差随观测值变化趋势也与图 4b 相似, 但是模型在这 2 个流域的模拟误差比在 2 号小流域的模拟误差稍大。由于将建立起的模

型直接应用于该 2 个流域时参数体系并没有重新律定或调整, 因此可以认为模型在无试验小区的邻近流域的推广结果是可以接受的。

3.3 侵蚀模数空间分布模拟

对于流域管理而言, 治理流域土壤侵蚀所需信息中更重要的是土壤侵蚀的空间分布状况。本概念模型可以计算流域内各个栅格单元的产沙量, 因此可以模拟侵蚀率在流域的空间分布。选择了产沙记录中鹤鸣观 1 号和 2

号小流域产沙都较多的一场降雨（1994 年 6 月 29 日–7 月 2 日），对小流域侵蚀率的空间分布进行了模拟。侵蚀率空间分布模拟结果如图 6a 所示。

很多关于土壤侵蚀空间分布模拟的研究都表明，对于泥沙资料稀少的研究区，很难对泥沙的空间分布格局模拟结果进行定量评价^[14-16]。因此，由于数据限制，本研究也只对侵蚀的空间分布模拟结果进行了定性比较评价。首先，比较了侵蚀率和土地利用（图 6b），可以发

现侵蚀率的分布格局主要受土地利用分布格局的控制：所有的高侵蚀率都发生在坡耕地地区；而所有林地的侵蚀率都非常低。其次，还将侵蚀率分布图与坡度图进行了比较（图 6c）。从图 6a 和图 6c 的比较可以发现，在同一种土地利用方式上，侵蚀率呈现出与坡度相似分布格局：坡度越大的地区侵蚀率越大。这些定性比较说明，本概念模型对土壤侵蚀的空间分布模拟结果能够合理地反映侵蚀率随着土地利用和坡度的变化而发生的变化。

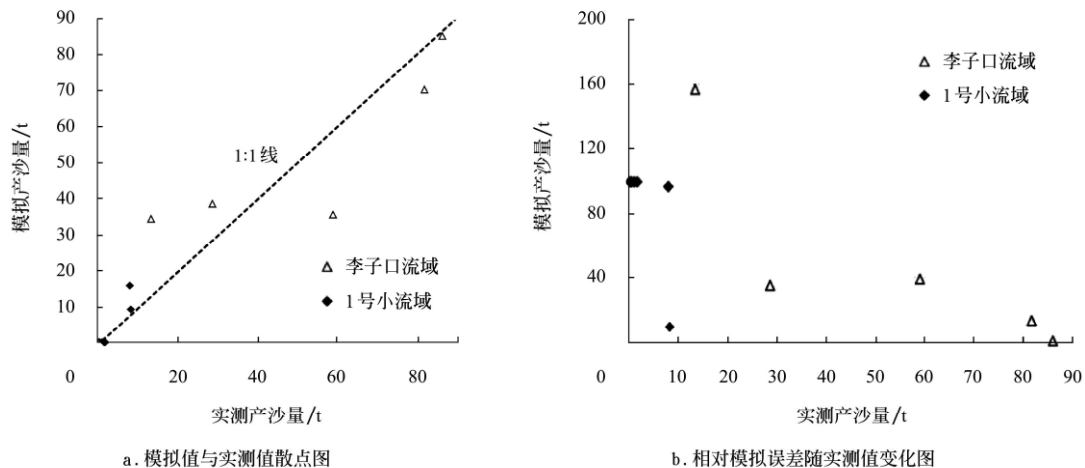


图 5 鹤鸣观 1 号小流域及李子口流域产沙模拟结果

Fig.5 Modeling sediment results of No.1 sub-watershed and Lizikou watershed

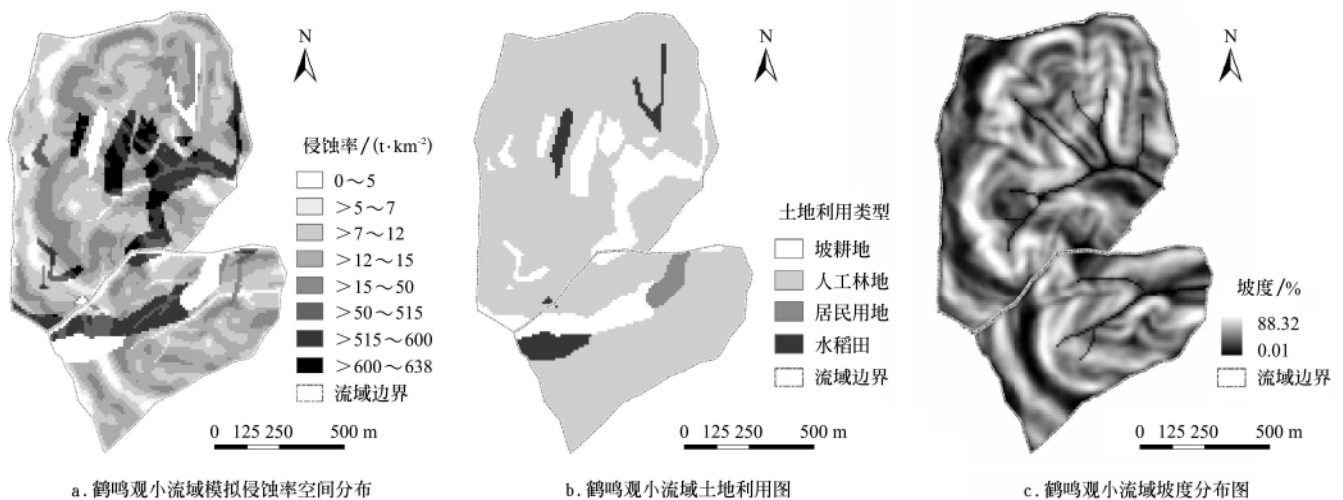


图 6 鹤鸣观小流域模拟侵蚀率空间分布与土地利用及坡度分布

Fig.6 Simulated distribution of erosion rate, distribution of land use and slope gradient in Hemingguan watershed

3.4 对小流域水保措施的模拟评价

侵蚀模型的另一个重要的应用方面是评价水保措施等流域管理的效果。本实例研究中利用模型对 2 号小流域 20 世纪 80 年代末、90 年代初实施的水保措施（即土地利用的变化）进行了评价，以探讨本模型在该方面的应用潜力。

由于同一个地区的产流产沙量会同时受到土地利用变化和降水等气候因子变化的影响，因此仅仅比较水保措施实施前后 2 个时期的实测产流产沙量并不能完全体现土地利用变化产生的效果。对此我们利用模型进行了控制试验，排除降水变化对水沙变化的影响，从而更准

确地反映出水保措施的真实效果。

具体试验方案为：首先利用模型将 1986–1988 年的降水量和现在的土地利用图相结合，对产流量和产沙量进行模拟；然后将模拟得到的流量和产沙量与 1986–1988 年的实测值进行对比。由于模拟值与实测值都对应了相同的降水事件，可以认为模拟值与实测值之间的差别主要是由于 80 年代的土地利用状况和土地利用现状之间的差别造成。流量的模拟值和 1986–1988 年实测值之间的比较如图 7 所示。由图可见，所有 3a 中的实测洪峰值都远远大于模拟值。表 2 中比较了模拟的和实测的次降雨产沙量，后者较前者高出了 1~2 个数量级。参考 3.1

和 3.2 节的产流和产沙模拟的验证结果，可以判断此处实测值与模拟值之间存在的差异远远超过了模型本身可能引入的误差。因此，可认为模拟值和实测值之间的差别是由于土地利用的差别所造成，即该流域内实施的水保措施的确起到了明显的水土保持作用。

表 2 鹤鸣观 2 号小流域水保措施实施前实测次降雨产沙量与模拟产沙量对比

Table 2 Comparison between measured and simulated sediment yield for storm events at No.2 sub-watershed

年份	日期/月-日	实测值/t	模拟值/t
1986	07-23	61.6	0
	09-08—09-09	8.7	0
1987	05-23—05-26	287	12.0
	06-21—06-22	2.7	0
	06-26—06-27	56.2	0.7

1988	07-08—07-10	390.3	18.6
	07-16—07-18	20.5	1.5
	08-25—08-26	21.3	0.3
	08-30	159.2	0
	09-01—09-03	57.1	1.4
	10-11	41.2	0
	07-08—07-10	13.6	0.1
	07-23—07-25	307.9	4.7
	07-27—07-28	13.4	0
	08-03—08-04	9.7	0
	08-07	62.2	0
	08-13—08-18	83.7	0
	08-29—08-30	41.3	0
	09-07	5.2	0
	09-11—09-12	6.5	0

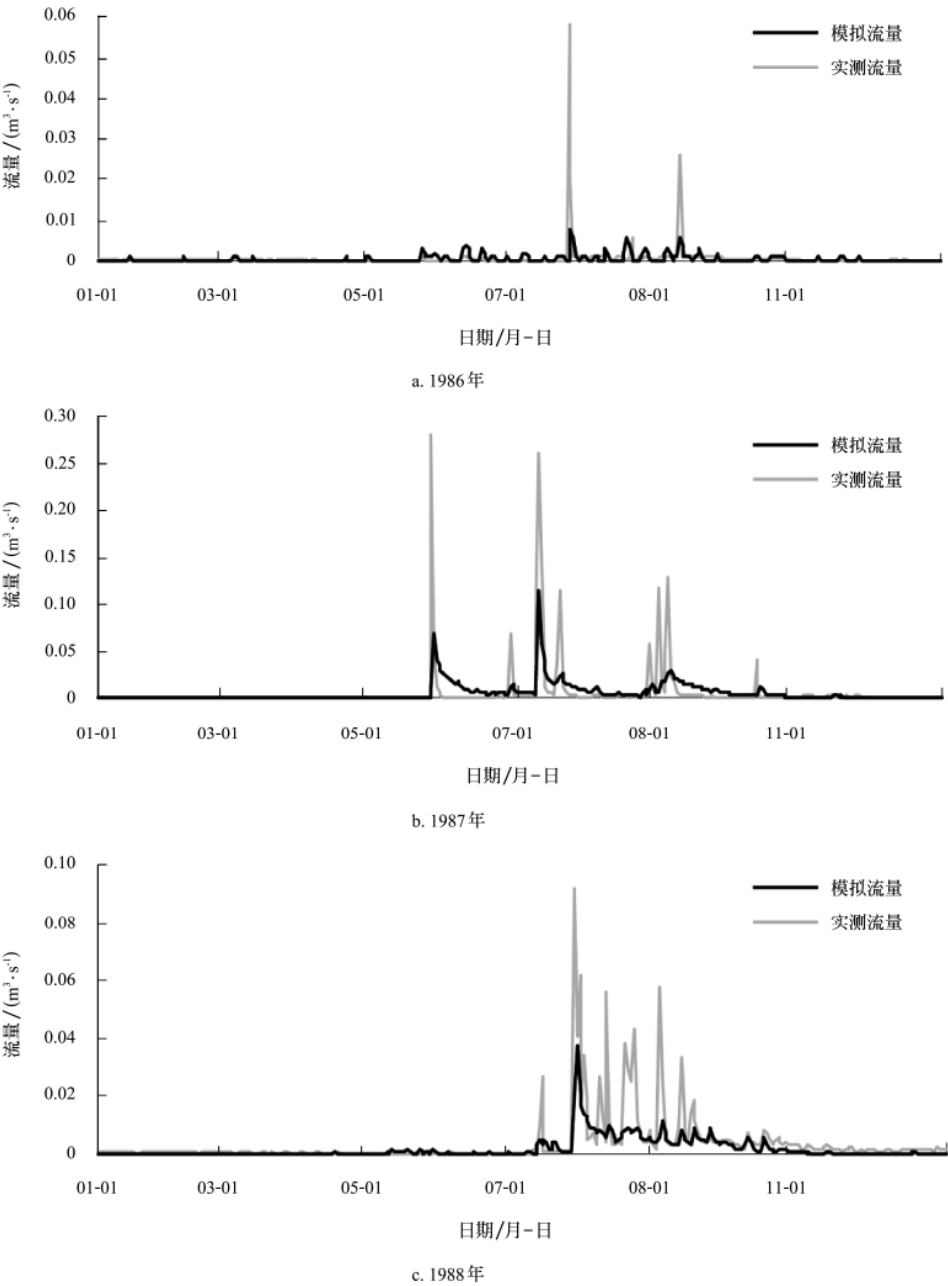


图 7 鹤鸣观 2 号小流域水保措施实施前实测日均流量与模拟流量对比

Fig.7 Comparison between measured and simulated data of daily discharge at No.2 sub-watershed

4 结论与讨论

本文基于分布式水文模型 WetSpa Extension 建立了 1 个概念性土壤侵蚀模型。模型以栅格为模拟的基本空间单元, 每个栅格的产沙量计算是基于试验小区上建立的不同土地利用类型下产沙量和产流量之间的经验关系来实现的。该模型的泥沙传输部分目前由简单的泥沙输移比描述。通过在嘉陵江流域的李子口和鹤鸣观小流域的应用研究表明, 该模型能得到合理的结果, 且对于没有试验小区的地区, 通过借用邻近相似流域内的试验小区数据也能得到合理的模拟结果, 模型具有一定的推广性。同时, 该模型所模拟得出的侵蚀率空间分布格局与土地利用方式和坡度分布呈现出合理的相互对应, 体现了其进一步发展为全分布式侵蚀模型的潜力。另外, 该模型还能作为评价水土保持措施效益的有效工具。

本文中所建立的概念性侵蚀模型的侵蚀模块结构简单, 一方面很容易应用, 另一方面也因其对侵蚀过程的简化而存在一定的局限性。首先, 引入的调整系数并不足以完全概括流域内栅格与其对应试验小区之间的侵蚀影响因素的差别。因此, 如何将试验小区上的经验关系更准确地应用到流域内还需要进一步深入研究。其次, 仅靠泥沙输移比并不能得到泥沙在流域内再分布的详细信息, 要建立全分布式的侵蚀模型还需要对模型的泥沙传输模块进行进一步改进。

【参 考 文 献】

- [1] Merritt W S, Letcher R A, Jakeman A J. A review of erosion and sediment transport models[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2003, 18(8/9): 761—799.
- [2] Hafzullah Aksoy, Levent Kavvas M. A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models[J]. *Catena*, 2005, 64(2/3): 247—271.
- [3] Beck M B. Water quality modelling: a review of uncertainty[J]. *Water Resources Research*, 1987, 23(8): 1393—1442.
- [4] Sorooshian S. Model validation: conceptual type models[C]// Bowles D S, O'Connell P E. Recent advances in the modelling of hydrological systems. Kluwer Academic, 1991: 443—467.
- [5] Young R A, Onstad C A, Bosch D D, et al. AGNPS: A nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1989, 44(2): 4522—4561.
- [6] Viney N R, Sivapalan M, Deeley D. A conceptual model of nutrient mobilisation and transport applicable at large catchment scales[J]. *Journal of Hydrology*, 2000, 240(1/2): 23—44.
- [7] Prosser I P, Rustomji P, Young B, et al. Constructing river basin sediment budgets for the national land and water resources audit. Technical Report 15/01[R]. Canberra: CSIRO Land and Water, 2001.
- [8] Liu Y B, Gebremeskel S, De Smedt F, et al. A diffusive transport approach for flow routing in GIS-based flood modeling[J]. *Journal of Hydrology*, 2003, 283(1/2/3/4): 91—106.
- [9] Liu Y B, De Smedt F. WetSpa extension, documentation and user manual[Z]. Brussels, Belgium: Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, Vrije Universiteit Brussel, 2004.
- [10] 袁再健, 蔡强国, 吴淑安, 等. 四川紫色土地区典型小流域分布式产汇流模型研究[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(4): 36—41.
Yuan Zaijian, Cai Qiangguo, Wu Shu'an, et al. Distributed model for simulating runoff yield in the typical watershed of the purple soil region in Sichuan Province[J]. *Transactions of the CSAE*, 2006, 22(4): 36—41. (in Chinese with English abstract)
- [11] Walling D E. The sediment delivery problem[J]. *Journal of Hydrology*, 1983, 65(1/2/3): 209—237.
- [12] Richards K. Sediment delivery and the drainage network[C]// Beven K, Kirkby M J, Channel Network Hydrology. Chichester: Wiley, 1993: 221—254.
- [13] 李青云, 孙厚才, 蒋顺清. 紫色丘陵区小流域泥沙输移的分形特征及输移比模型[J]. *长江科学院院报*, 1995, 12(2): 30—35.
Li Qingyun, Sun Houcai, Jiang Shunqing. Fractal character and statistical model of sediment delivery of small watersheds in hilly area of purple soils[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 1995, 12(2): 30—35. (in Chinese with English abstract)
- [14] Takken I, Beuselinck L, Nachtergaele J, et al. Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM)[J]. *Catena*, 1999, 37(3/4): 431—447.
- [15] He Q, Walling D E. Testing distributed soil erosion and sediment delivery models using ^{137}Cs measurements[J]. *Hydrological Processes*, 2003, 17(5): 901—916.
- [16] Van Oost K, Govers G, Cerdan O, et al. Spatially distributed data for erosion model calibration and validation: The Ganspoel and Kinderveld datasets[J]. *Catena*, 2005, 61(2/3): 105—121.

Establishment of conceptual soil erosion model and application in purple soil watershed

Wang Ping^{1,2}, Zhu Axing^{2,4}, Cai Qiangguo³, Liu Huiping¹

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

4. Department of Geography, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA)

Abstract: Conceptual soil erosion model can depict basic watershed processes yet does not require intensive data. Erosion-related parameters in the current conceptual erosion models are determined either by calibration based on long series of sediment data at watershed outlets or by referring to the related empirical parameter values. This paper presented a conceptual soil erosion model which did not need long series of sediment records at watershed outlets to calibrate parameters. The model incorporated a conceptual soil erosion module, which was based on the empirical relationship between the discharge and sediment yield observed from experimental plots, into a physically-based distributed hydrology model, WetSpa Extension. The model had been tested in three watersheds in the purple soil region in China. The results of simulated discharge and sediment at outlets as well as spatial distribution of erosion rates were satisfactory. The model was also proved to be applicable in similar watersheds nearby and useful in assessing the effect of soil and water conservation practices. This conceptual model provides a new option for areas with sparse sediment data series at watershed outlets, and it has a great potential in assisting watershed management.

Key words: soils, erosion, models, conceptual, water and soil conservation, purple soil