



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105426568 B

(45)授权公告日 2018.09.07

(21)申请号 201510689717.6

(22)申请日 2015.10.23

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105426568 A

(43)申请公布日 2016.03.23

(73)专利权人 中国科学院地球化学研究所  
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城  
西路99号

(72)发明人 白晓永 李月 罗光杰 田义超

(74)专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所  
52100

代理人 吴无惧

(51)Int.Cl.  
G06F 17/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 103696431 A,2014.04.02,

US 2008/0246759 A1,2008.10.09,

张信宝等.西南喀斯特山地水土流失特点及  
有关石漠化的几个科学问题.《中国岩溶》.2010,  
第29卷(第3期),第274-279页.

审查员 舒瀚

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法

(57)摘要

本发明公开了一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,它包括下述步骤:当喀斯特面积占总面积的百分比为0%时,用修正通用土壤流失量方程估算区域土壤流失量;建立喀斯特地区土壤流失量方程;建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式;根据修正通用土壤流失量方程、喀斯特地区土壤流失量方程和喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式得到估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程;建立常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量计算公式;解决了喀斯特地区的土壤侵蚀过程受到其地貌、岩性、土层厚度、成土速率、岩石裸露率等众多因素的影响,不能准确估算喀斯特地区土壤流失量等技术问题。

1. 一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,它包括下述步骤:

步骤1、将岩石类型分为喀斯特地区和非喀斯特地区,当喀斯特面积占总面积的百分比为0%,非喀斯特面积占总面积的百分比为100%时,用修正通用土壤流失量方程估算区域土壤流失量;

步骤2、建立喀斯特地区土壤流失量方程;

步骤3、建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式;步骤3所述的建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式为: $\phi = \gamma / \alpha$ 式中: $\phi$ 为某岩性组合下地表土壤流失贡献率; $\gamma$ 为地表河网密度值; $\alpha$ 为非碳酸盐岩区域或流域的河网密度值;

步骤4、根据修正通用土壤流失量方程、喀斯特地区土壤流失量方程和喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式得到一种估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程;

步骤4所述的估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程表达式为:

$$A(x_n) = \eta + \eta' \quad (4)$$

式中: $A(x_n)$ 为在纯喀斯特地区,某岩性种类背景下的土壤流失量, $\eta$ 为某岩性种类背景下的地表土壤流失量; $\eta'$ 为某岩性种类背景下的地下土壤漏失量, $\eta = A_{nk} \beta \phi$ ,其中 $A_{nk}$ 是常态地貌区域或流域的土壤流失量; $\beta$ —某岩性组合所占面积比例; $\phi$ 为某岩性组合下地表土壤流失贡献率; $\eta' = A_{nk} \cdot \mu \cdot \delta$ 其中 $A_{nk}$ 是常态地貌区域或流域的土壤流失量; $\mu$ 为某岩性组合背景下所占的面积比例; $\delta$ 为某岩性组合背景下土壤地下漏失的贡献率, $\delta = 1 - \phi$ ;

步骤5、建立常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量计算公式,计算常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量。

2. 根据权利要求1所述的一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,其特征在于:步骤1所述修正通用土壤流失量方程表达式为:

$$A_{nk} = \text{RUSLE}_{[nk]} = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

式中: $A_{nk}$ 为常态地貌区域或流域的土壤流失量; $R$ 为降雨侵蚀力因子; $K$ 为土壤可蚀性因子; $L$ 为坡长因子; $S$ 为坡度因子; $C$ 为植被覆盖和经营管理因子; $P$ 为水土保持措施因子。

3. 根据权利要求1所述的一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,其特征在于:步骤2建立的喀斯特地区土壤流失量方程表达式为:

$$A_k = A(x_1) + A(x_2) + \dots + A(x_n)$$

其中: $A_k$ 为喀斯特地区土壤流失量; $A(x_n)$ 为喀斯特地区某岩性种类( $x_n$ )背景下的土壤流失量。

4. 根据权利要求1所述的一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,其特征在于:步骤5所述的常态地貌与纯喀斯特地貌混合交替区域的土壤流失量计算公式为:

$$W = A_{nk} + A_k \quad (5)$$

式中: $W$ 是常态地貌与纯喀斯特地貌混合交替时,研究区域或流域的土壤流失量; $A_k$ 为喀斯特地区土壤流失量; $A_{nk}$ 是常态地貌区域或流域的土壤流失量。

## 一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于喀斯特地区土壤流失量计算技术领域,尤其涉及一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法。

### 背景技术

[0002] 喀斯特环境具有较强的特殊性和复杂性,土壤特性与土壤侵蚀效应相比非喀斯特地区也受到多重因素的影响,所以关于喀斯特地区土壤流失量的估算方法一直以来都是国内外众多科学家致力弄清的科学问题。在中国南方喀斯特地区,由于研究者对喀斯特地区土壤侵蚀过程的认识和选用的土壤流失量估算模型方法各异,加上喀斯特地区的土壤侵蚀过程受到其地貌、岩性、土层厚度、成土速率、岩石裸露率等众多因素的影响,使得准确估算喀斯特地区土壤流失量的仍然存在很大的困难。然而,估算土壤流失量的经典模型方程(RUSLE),在经过多年的使用和验证后发现,很大程度上较为适用于非喀斯特地区,却不完全适用于喀斯特地区,估算得到的土壤流失量数据并不能完全令人信服,所以为适应生态建设、相关规划管理和科研部门对喀斯特土壤侵蚀准确数据的需求,迫切的需要一种新的适应于喀斯特地区土壤流失量的计算方法。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题:提供一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,以解决现有技术由于喀斯特地区的土壤侵蚀过程受到其地貌、岩性、土层厚度、成土速率、岩石裸露率等众多因素的影响,不能准确估算喀斯特地区土壤流失量等技术问题。

[0004] 本发明技术方案:

[0005] 一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法,它包括下述步骤:

[0006] 步骤1、将岩石类型分为喀斯特地区和非喀斯特地区,当喀斯特面积占总面积的百分比为0%,非喀斯特面积占总面积的百分比为100%时,用修正通用土壤流失量方程估算区域土壤流失量;

[0007] 步骤2、建立喀斯特地区土壤流失量方程;

[0008] 步骤3、建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式;

[0009] 步骤4、根据修正通用土壤流失量方程、喀斯特地区土壤流失量方程和喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式得到一种估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程;

[0010] 步骤5、建立常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量计算公式,计算常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量。

[0011] 步骤1所述修正通用土壤流失量方程表达式为:

$$[0012] \quad A_{nk} = \text{RUSLE}_{[nk]} = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

[0013] 式中: $A_{nk}$ 为常态地貌区域或流域的土壤流失量;R为降雨侵蚀力因子;K为土壤可蚀性因子;L为坡长因子;S为坡度因子;C为植被覆盖和经营管理因子;P为水土保持措施

因子。

[0014] 步骤2建立的喀斯特地区土壤流失量方程表达式为：

$$[0015] \quad \mathbf{A}_k = \mathbf{A}(x_1) + \mathbf{A}(x_2) + \dots + \mathbf{A}(x_n)$$

[0016] 其中： $\mathbf{A}_k$ 为喀斯特地区土壤流失量； $\mathbf{A}(x_n)$ 为喀斯特地区某岩性种类( $x_n$ )背景下的土壤流失量。

[0017] 步骤3所述的建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式为： $\phi = \gamma / \alpha$  式中： $\phi$  某岩性组合下地表土壤流失贡献率； $\gamma$ —地表河网密度值； $\alpha$ —非碳酸盐岩区域或流域的河网密度值。

[0018] 步骤4所述的估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程表达式为：

$$[0019] \quad \mathbf{A}(x_n) = \eta + \eta' \quad (4)$$

[0020] 式中： $\mathbf{A}(x_n)$ 为在纯喀斯特地区，某岩性种类背景下的土壤流失量， $\eta$ 为某岩性种类背景下的地表土壤流失量； $\eta'$ 为某岩性种类背景下的地下土壤漏失量， $\eta = A_{nk} \cdot \beta \cdot \phi$ ，其中  $A_{nk}$  是常态地貌区域或流域的土壤流失量； $\beta$ —某岩性组合所占面积比例； $\phi$  为某岩性组合下地表土壤流失贡献率； $\eta' = A_{nk} \cdot \mu \cdot \delta$  其中  $A_{nk}$  是常态地貌区域或流域的土壤流失量； $\mu$ 为某岩性组合背景下所占的面积比例； $\delta$ 为某岩性组合背景下土壤地下漏失的贡献率， $\delta = 1 - \phi$ 。

[0021] 步骤5所述的常态地貌与纯喀斯特地貌混合交替区域的土壤流失量计算公式为：

$$[0022] \quad \mathbf{W} = \mathbf{A}_{nk} + \mathbf{A}_k \quad (5)$$

[0023] 式中： $\mathbf{W}$ 是常态地貌与纯喀斯特地貌混合交替时，研究区域或流域的土壤流失量。

[0024] 本发明的有益效果：

[0025] 本发明充分考虑喀斯特地区地层岩性与水循环之间相互关系，对修正通用土壤流失量方程RUSLE进行了改进与完善，从而得到一种新的估算喀斯特地区的土壤流失量模型方程，通过该模型估算出来的喀斯特地区的土壤流失量数据更加精准可性，较好的解决了现有技术由于喀斯特地区的土壤侵蚀过程受到其地貌、岩性、土层厚度、成土速率、岩石裸露率等众多因素的影响，不能准确估算喀斯特地区土壤流失量等技术问题。

[0026] 具体实施方式：

[0027] 一种估算喀斯特地区土壤流失量的方法，它包括下述步骤：

[0028] 步骤1、将岩石类型分为喀斯特地区和非喀斯特地区，当喀斯特面积占总面积的百分比为0%，非喀斯特面积占总面积的百分比为100%时，用修正通用土壤流失量方程估算区域土壤流失量；

[0029] 步骤2、建立喀斯特地区土壤流失量方程；

[0030] 步骤3、建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式；

[0031] 步骤4、根据修正通用土壤流失量方程、喀斯特地区土壤流失量方程和喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式得到估算喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程；

[0032] 步骤5、根据步骤4得到的模型方程计算喀斯特地区土壤流失量。

[0033] 步骤1所述修正通用土壤流失量方程表达式为:

[0034] 当  $Q_k=0\%$  ,  $Q_{nk}=100\%$  时;

$$[0035] \quad A_{nk} = RUSLE_{[nk]} = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

[0036] 式中:  $A_{nk}$  为常态地貌区域或流域的土壤流失量; R为降雨侵蚀力因子; K为土壤可蚀性因子; L为坡长因子; S为坡度因子; C为植被覆盖和经营管理因子; P为水土保持措施因子。  $Q_k$ —喀斯特面积百分比;  $Q_{nk}$ —非喀斯特面积百分比。

[0037] 步骤2建立的喀斯特地区土壤流失量方程表达式为:

$$[0038] \quad A_k = A(x_1) + A(x_2) + \dots + A(x_n) \quad (2)$$

[0039] 其中:  $A_k$  为喀斯特地区土壤流失量;  $A(x_n)$  为喀斯特地区某岩性种类  $(x_n)$  的土壤流失量。

[0040] 当研究区域或流域内, 只出现一种单一岩性时, 即: 一共有7种可能性。

[0041] 当研究区域或流域内, 存在两种或多种岩性共存的可能性有120种, 计算方法详见(3)式:

$$[0042] \quad P = \sum_{i=1}^m C_m^i ; \quad \text{当 } m=7; \quad P=120 \quad (3)$$

[0043] 综上所述, 根据组合概率的计算方法, 在这七种岩性的基础上, 岩性组合出现的可能性一共有127种。

[0044] 步骤3所述的建立喀斯特地区地表土壤流失贡献率公式为:  $\phi = \gamma / \alpha$  式中:  $\phi$  某岩性组合下地表土壤流失贡献率;  $\gamma$ —地表河网密度值;  $\alpha$ —非碳酸盐岩区域或流域的河网密度值。

[0045] 在纯喀斯特地区, 河网的发育与岩性密切相关, 然而水流的动力往往是造成土壤流失的关键因素。本发明以基底岩性为分析背景, 在研究区河流网络系统分布图的基础上, 计算得到各类岩性下的地表河网密度值。其中, 当把研究区划分为碳酸盐岩和非碳酸盐岩两大类时, 非喀斯特区域的河网密度约为  $1000 \text{ m/km}^2$ , 由此可得到碳酸盐岩地区的各类岩性的地表土壤流失贡献率见表1。此外, 在喀斯特地区, 碳酸盐岩的可溶性大、透水性强、地下裂隙、管道发育, 形成地表地下双层结构, 因此, 在喀斯特地区不仅存在地表的土壤流失, 也存在土壤地下蠕滑和漏失的现象。所以, 当土壤分布在地表地下二元结构发育的岩性区域时, 土壤地下漏失的贡献率则通过地表流失贡献率计算得到。



表 1 不同岩性与地表地下流失（漏失）贡献率之间的关系

岩石类型	英文缩写	地表流失贡献率 ( $\phi$ )	地下漏失贡献率 ( $\delta=1-\phi$ )
连续性石灰岩	HL	44.00%	56.00%
石灰岩夹碎屑岩组合	LI	75.63%	24.37%
石灰岩与碎屑岩互层	LA	66.56%	33.44%
连续性白云岩	HD	76.64%	23.36%
白云岩夹碎屑岩组合	DI	81.61%	18.39%
白云岩与碎屑岩互层	DA	86.34%	13.66%
石灰岩、白云岩混合组合	MDL	61.80%	38.20%
硅质岩, 变质岩等	/	100.00%	0.00%

[0047] 根据式1和2,在纯喀斯特地貌的情况下,结合考虑岩性和地表流失与地下漏失,得到喀斯特区域或流域内土壤流失量的模型方程,见(4)式:

$$[0048] \quad A(x_n) = \eta + \eta' \quad (4)$$

[0049] 式中: $A(x_n)$ 为在纯喀斯特地区,某岩性种类的土壤流失量, $\eta$ 为某岩性种类的地表土壤流失量; $\eta'$ 为某岩性种类的地下土壤漏失量, $\eta = A_{nk} \cdot \beta \cdot \phi$ ,其中 $A_{nk}$ 是常态地貌区域或流域的土壤流失量; $\beta$ —某岩性组合所占面积比例; $\phi$ 为某岩性组合下地表土壤流失贡献率; $\eta' = A_{nk} \cdot \mu \cdot \delta$  其中 $A_{nk}$ 是常态地貌区域或流域的土壤流失量; $\mu$ 为某岩性组合所占面积比例; $\delta$ 为某岩性组合下土壤地下漏失的贡献率, $\delta=1-\phi$ 。

[0050] 在常态地貌与纯喀斯特地貌混合区域的土壤流失量计算方法为:

$$[0051] \quad W = A_{nk} + A_k \quad (5)$$

$$[0052] \quad \text{即: } W = (R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P) + A(x_1) + A(x_2) + \dots + A(x_n)$$

[0053] 式中W是常态地貌与纯喀斯特地貌混合时,研究区域或流域的土壤流失量。

[0054] 通过本发明方法估算出来的喀斯特地区土壤流失量,在建模时由于考虑到了考虑喀斯特地区地层岩性与水循环之间相互关系,结合了地表径流系数、岩性和地表流失与地下漏失等因素,因此其估算结果比较精确,可满足生态建设、相关规划管理和科研部门对喀斯特土壤侵蚀准确数据的需求。