

# Study on Soil Erosion in Kedong County, Heilongjiang Province Based on RUSLE Model

Songhe Kang<sup>1</sup>, Jianxiang Liu<sup>2</sup>, Zhiming Liu<sup>1</sup>, Ping Wang<sup>1\*</sup>, Xiaobo Kang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun Jilin

<sup>2</sup>Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Changchun Jilin

<sup>3</sup>Office of Flood Control and Drought Relief Headquarters of the People's Government of Liaoyuan City, Liaoyuan Jilin

Email: \*wangp666@nenu.edu.cn

Received: Nov. 23<sup>rd</sup>, 2017; accepted: Dec. 1<sup>st</sup>, 2017; published: Dec. 11<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Based on RUSLE model, remote sensing and GIS technology, the soil erosion situation in Kedong County of Heilongjiang Province was assessed quantitatively. Interpreting the 8-meter resolution of the GF-1 Satellite image and the 5.8-meter resolution of the ZY-3 Satellite image, the land use map of the Kedong County is obtained. On this foundation, the RUSLE model factor which is best suited to the region is selected to obtain the erosion status of the Kedong County. The erosion intensity of each land use type was statistically classified, and the local classes were mainly based on micro erosion. Analysis of land use types with three relatively strong erosion: strong, intense and violent erosion, the land use type with the largest proportion of relatively strong erosion square is dry land, and it is in the middle of forest land or grass land.

## Keywords

RUSLE Model, Kedong County, Soil Erosion, Soil and Water Conservation

---

# 基于RUSLE模型的黑龙省克东县土壤侵蚀研究

康松鹤<sup>1</sup>, 刘建祥<sup>2</sup>, 刘志明<sup>1</sup>, 王平<sup>1\*</sup>, 康晓博<sup>3</sup>

<sup>1</sup>东北师范大学, 地理科学学院, 吉林 长春

<sup>2</sup>水利部松辽水利委员会, 吉林 长春

\*通讯作者。

<sup>3</sup>辽源市人民政府防汛抗旱指挥部办公室, 吉林 辽源  
Email: wangp666@nenu.edu.cn

收稿日期: 2017年11月23日; 录用日期: 2017年12月1日; 发布日期: 2017年12月11日

## 摘要

基于RUSLE模型和遥感、GIS技术,对黑龙江省克东县的土壤侵蚀状况进行定量评价。采用8 m分辨率的高分一号和5.8 m分辨率的资源三号卫星影像进行反演,得到克东县的土地利用现状图。在此基础上选取最适合该区域的RUSLE模型因子,得到克东县的侵蚀状况。对各土地利用类型的侵蚀强度进行分级统计,各地类均以微度侵蚀为主;对强烈、极强烈和剧烈三种侵蚀较强的地类进行分析,较强烈侵蚀面积占比最大的地类是旱地,并且处于有林地中间或草地中间。

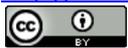
## 关键词

RUSLE模型, 克东县, 土壤侵蚀, 水土保持

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土壤侵蚀是世界范围的环境问题之一,严重的水土流失不仅破坏土地资源、淤塞江河引起洪水灾害,而且还会污染水质,破坏水资源[1]。十八大以来,习近平总书记多次强调,绿水青山就是金山银山,农业部着力解决农业生态系统退化问题,强调发展绿色农业[2]。东北作为我国重要的商品粮基地,土壤侵蚀和水土保持研究对于绿色农业意义深远。黑龙江省克东县是东北农作物种植地区典型的林地和平原过渡地带,县域内漫川漫岗,土壤侵蚀问题突出,克东县侵蚀状况的研究对整个东北地区的水土保持工作有重要的参考价值。

应用RUSLE模型进行土壤侵蚀定量评价的研究有很多,大多数基于Landsat卫星30米分辨率的多光谱影像,采取监督分类的方法获取土地利用数据,RUSLE模型的P因子采取按土地利用类型赋值的方法[3][4],遥感影像分辨率、分类精度和模型精度不高,使得反映出的土壤侵蚀问题不够精确。而且,以往的研究中,只注重RUSLE模型中对土壤侵蚀影响最主要因子的研究,得到坡度和海拔是影响土壤侵蚀最主要的因素[5][6],但缺少对侵蚀较强地类的研究。

本文在借鉴上述研究的基础上,对遥感影像分辨率和解译精度上进行完善,利用分辨率更高的高分一号和资源三号卫星遥感影像,采取目视解译和野外实地调查研判及无人机遥感校正的方式,提高反演精度,参照黑土区标准对RUSLE模型参数进行适当的调整,水保措施因子P的获取参照克东县流域水保措施总体布设图进行解译赋值,进一步提高模型精确度。对县域土壤侵蚀进行分级统计和按土地利用类型统计,划分侵蚀强度,在此基础上,找到侵蚀最强烈的地类,提取出该地类侵蚀较强烈的地区,结合遥感影像,对影响该地区侵蚀较强的原因加以分析,并考虑该地区与其他地类的关系。为克东县及整个东北黑土区的水土流失调查和针对性治理提供更精确的参考。

## 2. 研究区概况

黑龙江省克东县行政隶属于齐齐哈尔市，位于黑龙江省中北部，小兴安岭西麓与松嫩平原连接的过渡带。地势北高南低，分为低山丘陵、漫岗状的前倾斜平原、河漫滩地、沟谷滩地、熔岩山丘等五种地貌类型。属温带大陆性季风气候。土壤具有热量高、透性好、质地轻、地势平的优点，主要土壤有：暗棕壤、黑土、黑钙土、草甸土、沼泽土、草甸碱、土砂土等。草类主要有水稗、茅草、羊草、大叶樟、小叶樟等；树木主要有红松、樟子松、落叶松、云松、山杨等。克东县乌裕尔河、润津河横穿县境，26条沟系纵横交错。

## 3. 材料与方法

### 3.1. 数据来源

本文遥感数据采用2015年黑龙江省克东县空间分辨为8 m的高分一号卫星多光谱影像和空间分辨率为5.8 m的资源三号多光谱影像数据。投影系统依据《水土保持遥感监测技术规范要求(SL592-2012)》确定，大地基准采用CGCS2000国家大地坐标系统；高程基准采用1985国家高程基准；不同比例尺投影采用按6°分带的高斯-克吕格投影，投影系统为：CGCS\_2000\_GK\_CM\_123E。地形数据采用覆盖克东县县域行政边界的1:5万DEM数据。降雨数据采用克东县1980~2010年近30年的逐日降雨量资料。水土保持措施数据利用克东县展望小流域水土保持措施总体布设图获得。

### 3.2. 数据处理方法

利用ENVI软件对所采用的遥感影像进行不同波段的彩色融合，对生成的影像进行比较，从中选出最有利于目视解译的波段组合。然后，采取野外调查的方式建立解译标志。最后，结合相关资料，利用ArcGIS软件采取目视解译和野外调查研判相结合的方式，按照土地利用分类表，获取克东县2015年的土地利用数据信息，划分精度到二级类，为方便后期结果统计，将高覆盖草地、中高覆盖草地、中覆盖草地、中低覆盖草地和低覆盖草地重分类为一级类——草地。

RUSLE模型的基本表达式为：

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

公式(1)中， $A$ 为土壤侵蚀模数，单位 $t/(km^2 \cdot a)$ ； $R$ 为降雨侵蚀力因子，单位 $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h)$ ； $K$ 为土壤可侵蚀性因子，单位 $t \cdot hm^2 \cdot h/(hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$ ； $LS$ 为坡长与坡度因子； $C$ 为覆盖与管理因子； $P$ 为水土保持措施因子。

#### 1) 降雨侵蚀力因子 $R$

以克东县气象站1980~2010年的逐日降雨量资料为依据，参考前人经验[7]，挑选出日降雨量大于或等于12 mm的数据，作为侵蚀性降雨，对比挑出最适合当地的降雨侵蚀力模型[8]，计算公式为：

$$R_i = \alpha \sum_{j=1}^k P_j^\beta \quad (2)$$

$$\beta = 0.8363 + 18.144/P_{d_{12}} + 24.455/P_{y_{12}} \quad (3)$$

$$\alpha = 21.586\beta^{-7.1891}$$

公式(2)中， $R_i$ 为第 $i$ 个半月时段的降雨侵蚀力值，单位 $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h)$ ； $k$ 为半月时段内的天数， $P_j$ 为半月时段内第 $j$ 天的日侵蚀性降雨量，单位 $mm$ ；将每月前15天划为前半月时段，后15天划为后半月时段，一年12个月划为24个时段。

公式(3)中,  $\alpha$ 、 $\beta$  为模型待定参数;  $P_{d_{12}}$  为日平均侵蚀性降雨量,  $P_{y_{12}}$  为年平均侵蚀性降雨量, 单位 mm。

基于上述两个公式, 计算出克东县 1980~2010 年的半月降雨侵蚀力, 累加得到年降雨侵蚀力, 取多年平均后得出年均降雨侵蚀力, 计算结果表明, 克东县年均降雨侵蚀力为 1737.88 MJ·mm/(hm<sup>2</sup>·h)。

### 2) 土壤可蚀性因子 $K$

土壤可蚀性因子采用 EPIC 公式[9]:

$$K = \left\{ 0.2 + 0.3 \exp \left[ -0.0256 S_a (1 - S_i / 100) \right] \right\} \left[ S_i / (C_1 + S_i) \right]^{0.3} \times \left[ 1 - \frac{0.25c}{C + \exp(3.72 - 2.95c)} \right] \times \left[ 1 - \frac{0.7S_n}{S_n + \exp(-5.51 + 22.9S_n)} \right] \quad (4)$$

公式(4)中,  $K$  为土壤可蚀性因子, 单位 t·hm<sup>2</sup>·h/(hm<sup>2</sup>·MJ·mm);  $S_a$  为砂粒含量(2~0.05 mm);  $S_i$  为粉砂含量(0.05~0.002 mm);  $C_1$  为黏粒含量(<0.002 mm);  $C$  为有机碳含量。

结合中国土壤数据库资料, 得到克东县的土壤颗粒有机质组成含量百分比, 有机碳含量占有有机质含量的 58%,  $K$  值计算结果如图 1(a)所示。

### 3) 坡度坡长因子 $LS$

坡度坡长因子采用 Wischmeier W H 等的研究[10]计算, 公式如下:

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & \theta < 5^\circ \\ 10.8 \sin \theta - 0.5 & 5^\circ \leq \theta < 10^\circ \\ 21.9 \sin \theta - 0.96 & 10^\circ \leq \theta \end{cases}$$

$$L = (\lambda / 22.1)^m$$

$$m = \begin{cases} 0.2 & \theta \leq 1^\circ \\ 0.3 & 1^\circ < \theta \leq 3^\circ \\ 0.3 & 3^\circ < \theta \leq 5^\circ \\ 0.5 & \theta > 5^\circ \end{cases} \quad (5)$$

公式(5)中:  $S$  为坡度因子, 无量纲;  $\theta$  为坡度值, 单位;  $L$  为坡长因子, 无量纲;  $\lambda$  为坡长, 单位 m。利用 DEM 数据结合 ArcGIS 采用 AML 语言进行编程实现,  $LS$  计算结果如图 1(b)所示。

### 4) 覆盖和管理因子 $C$

采用经验赋值法[11], 对克东县 2015 年土地利用数据中不同的地类赋予表 1 中不同的  $C$  值。基本没有土壤侵蚀危险的地类  $C$  值被赋予 0, 如水域及水利设施; 最容易受到侵蚀的地类  $C$  值被赋予 1, 如裸岩或裸地。  $C$  值赋值后的结果如图 1(c)所示。

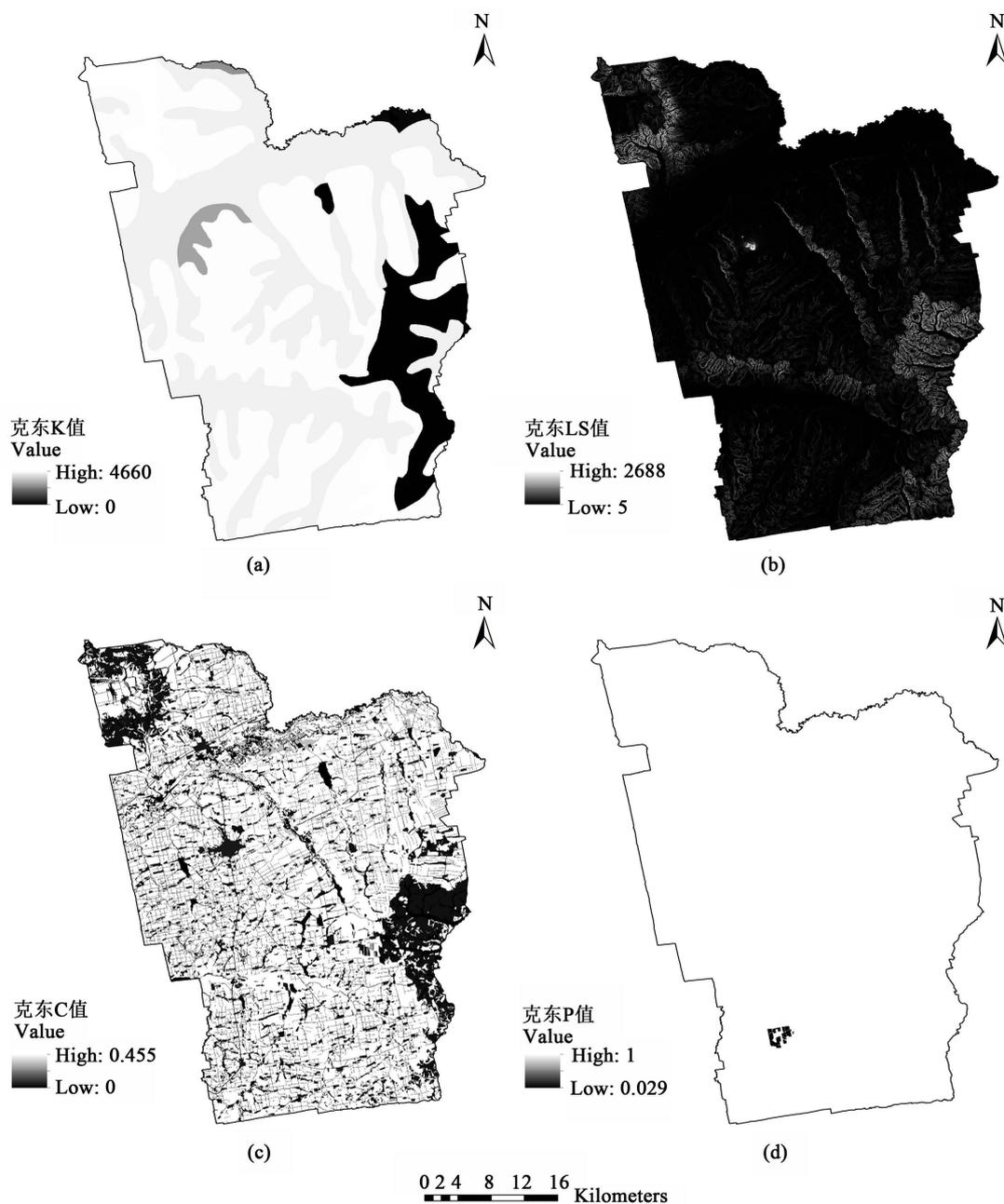
### 5) 水土保持措施因子 $P$

克东县实施水保措施的小流域为展望项目区, 主要水保措施有水平梯田、地埂和等高垄作。根据克东县所处位置及相关资料[11], 确定克东县  $P$  值数据如表 2 所示,  $P$  值的赋值结果如图 1(d)所示。

Table 1. Kedong County  $C$  values

表 1. 克东县  $C$  值

土地利用类型	水田	旱地	有林地	灌木林地	疏林地	草地	居民点及工矿交通用地	水域及水利设施	其他未利用地	沼泽地	裸岩或裸地
$C$ 值	0.18	0.24	0.025	0.006	0.184	0.01	0.03	0	0.455	1.455	2.455



**Figure 1.** RUSLE model factor  
**图 1.** RUSLE 模型因子

**Table 2.** Kedong County *P* values  
**表 2.** 克东县 *P* 值

水土保持措施	<i>P</i> 值
水平梯田	0.029
地埂	0.145
等高垄作	0.352

## 4. 结果与讨论

### 4.1. 土壤侵蚀现状分析

将 RUSLE 方程中的  $K$ 、 $LS$ 、 $C$ 、 $P$  因子的像元大小统一转化成 10 m, 利用 ArcGIS 软件的栅格数据叠加运算功能, 将六因子进行栅格相乘运算, 得到每个栅格的侵蚀模数, 按照《黑土区水土流失综合防治技术标准(SL446-2009)》划分为六级, 分别为: 微度侵蚀(侵蚀模数 $<200$  t/(km<sup>2</sup>·a)); 轻度侵蚀(侵蚀模数为 200~1200 t/(km<sup>2</sup>·a)); 中度侵蚀(侵蚀模数为 1200~2400 t/(km<sup>2</sup>·a)); 强烈侵蚀(侵蚀模数为 2400~3600 t/(km<sup>2</sup>·a)); 极强烈侵蚀(侵蚀模数为 3600~4800 t/(km<sup>2</sup>·a)); 剧烈侵蚀(侵蚀模数为 34,800~250,000 t/(km<sup>2</sup>·a))。对结果进行汇总分析。

克东县 2015 年土壤侵蚀分级状况如图 2 所示, 用 ArcGIS 的分区统计工具对克东县土壤侵蚀进行分级统计, 结果如表 3 所示, 土壤侵蚀面积以微度侵蚀为主, 侵蚀面积为 1400.49 km<sup>2</sup>, 占总侵蚀面积的 67.13%, 其次为轻度侵蚀, 侵蚀面积为 493.95 km<sup>2</sup>, 占总侵蚀面积的 23.68%, 微度和轻度侵蚀占总侵蚀面积的 90.81%, 说明克东县 2015 年的土壤侵蚀分级中微度和轻度侵蚀面积最大; 侵蚀量最多的是轻度侵蚀, 侵蚀量为 415,438.55 t, 占总侵蚀量的 45.55%, 其次是中度侵蚀, 侵蚀量为 254,029.84 t, 占总侵蚀量的 27.86%, 二者占总侵蚀量的 73.41%, 说明侵蚀量以轻度、中度侵蚀占比最多。上述结果说明, 克东县的土壤侵蚀面积以微度和轻度侵蚀占比最多, 侵蚀状况还不太严重, 但由于轻度和中度侵蚀侵蚀量还是较多的, 因此, 克东县还应该对水土保持工作加以重视, 对侵蚀较严重的区域进行防治。

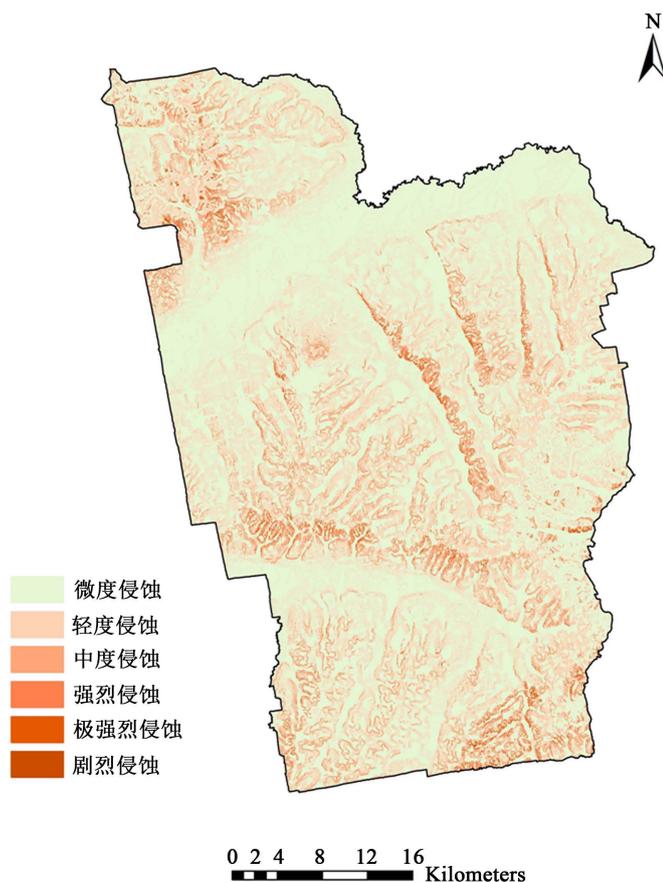


Figure 2. Soil erosion classification map

图 2. 土壤侵蚀分级图

**Table 3.** Soil erosion intensity classification table**表 3.** 土壤侵蚀强度分级表

侵蚀分级	侵蚀模数(t/(km <sup>2</sup> ·a))	侵蚀面积(km <sup>2</sup> )	侵蚀面积占比(%)	平均侵蚀模数(t/(km <sup>2</sup> ·a))	侵蚀量(t/a)	侵蚀量占比(%)
微度侵蚀	<200	1400.49	67.13	72.52	101,408.55	11.12
轻度侵蚀	200~1200	493.95	23.68	841.05	415,438.55	45.55
中度侵蚀	1200~2400	155.29	7.44	1635.89	254,029.84	27.86
强烈侵蚀	2400~3600	21.78	1.04	2845.76	61,977.13	6.80
极强烈侵蚀	3600~4800	7.81	0.37	4105.35	32,056.59	3.51
剧烈侵蚀	4800~250,000	7.09	0.34	6639.03	47,049.50	5.16

#### 4.2. 不同土地利用类型土壤侵蚀状况分析

利用 ArcGIS 的 Toolbox 中的重分类工具对克东县 2015 年的土壤侵蚀模数进行重分类, 把侵蚀模数为 0 的分为一类, 不为 0 的分为另一类, 把不为 0 的一类掩膜提取出来, 和土地利用数据进行叠加进行分区统计, 结果如表 4 所示, 由于 RUSLE 模型中水域及水利设施的 C 值为 0, 导致该地类的侵蚀模数为 0, 因此不在表中加以统计。

根据表 4 的统计, 侵蚀面积最大的是旱地、有林地、草地和居民点及工矿交通用地, 这四种地类占了侵蚀总面积的 98.58%; 侵蚀量最多的是旱地、有林地和裸岩或裸地。

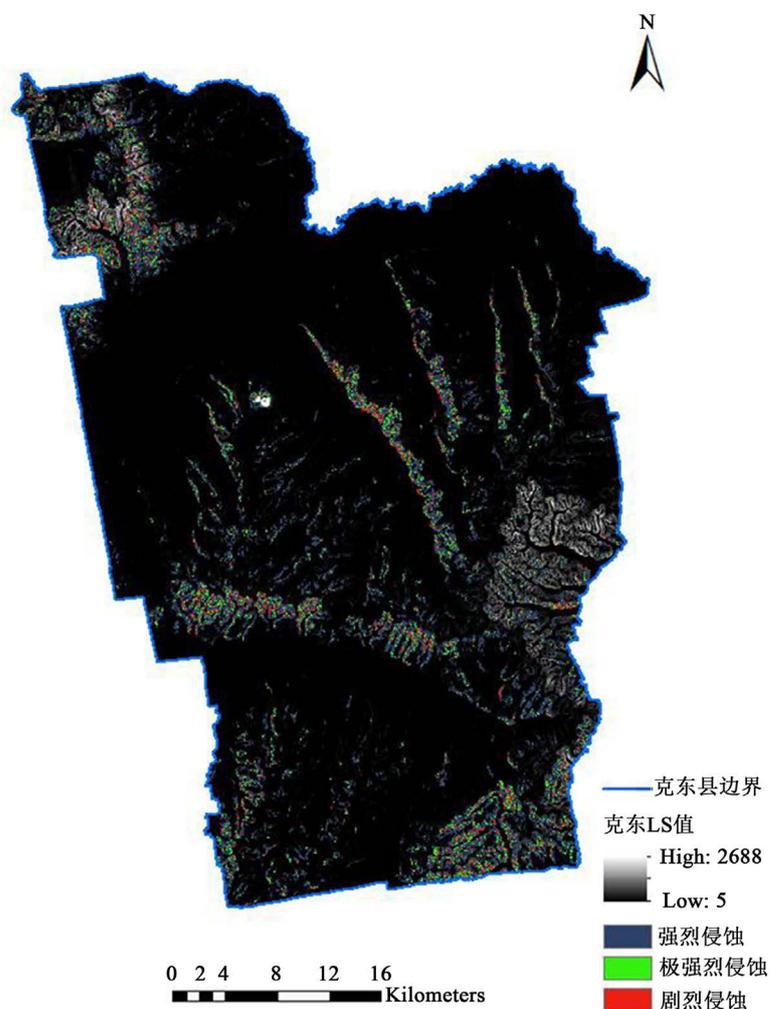
经过分析, 形成以上结果的原因是旱地、有林地、草地和居民点及工矿交通用地这四种地类本就是克东县的主要土地利用类型, 所占土地利用面积较多, 侵蚀面积和侵蚀量自然也是最多的。但要注意的是, 疏林地、其他未利用地和裸岩或裸地, 三者的侵蚀面积相较于其他地类而言并不大, 但侵蚀量却明显偏高, 说明克东县在今后的水土保持工作中, 应把疏林地、其他未利用地和裸岩或裸地列为重点保护地类, 实施相应的水土保持措施。

在表 4 中, 显示了不同土地利用类型的侵蚀面积和侵蚀量, 多数地类的侵蚀面积和土地利用面积相等, 只有旱地、疏林地、草地和沼泽地的侵蚀面积小于土地利用面积, 结合 RUSLE 模型六因子、土地利用类型图和掩膜提取的侵蚀模数图分析, 以上地类存在未侵蚀面积的原因是由于, 这些地类未侵蚀地区的土壤可蚀性因子  $K$  值为 0。

在以往的研究中, 有关克东县土壤侵蚀的等级的分析较多, 但对于不同土地利用类型在侵蚀等级中所占面积多少的比较分析较少, 本文对克东县 2015 年的土地利用数据图和土壤侵蚀等级图做叠加, 利用 ArcGIS 的区域分析中的面积制表工具, 对不同土地利用类型在各级土壤侵蚀中所占的面积进行统计。

如表 5 所示, 2015 年克东县各土地利用类型中, 均以微度侵蚀面积占比最多, 而在各土地利用类型中, 又以旱地的侵蚀面积最大, 在旱地的各侵蚀等级中, 以微度、轻度和中度侵蚀为主, 占旱地的总侵蚀面积的 59.87%、28.10% 和 9.84%; 其次是有林地, 而有林地中, 以微度和轻度侵蚀面积占比较多; 草地和居民点及工矿交通用地占比次之, 两者均以微度、轻度侵蚀为主。

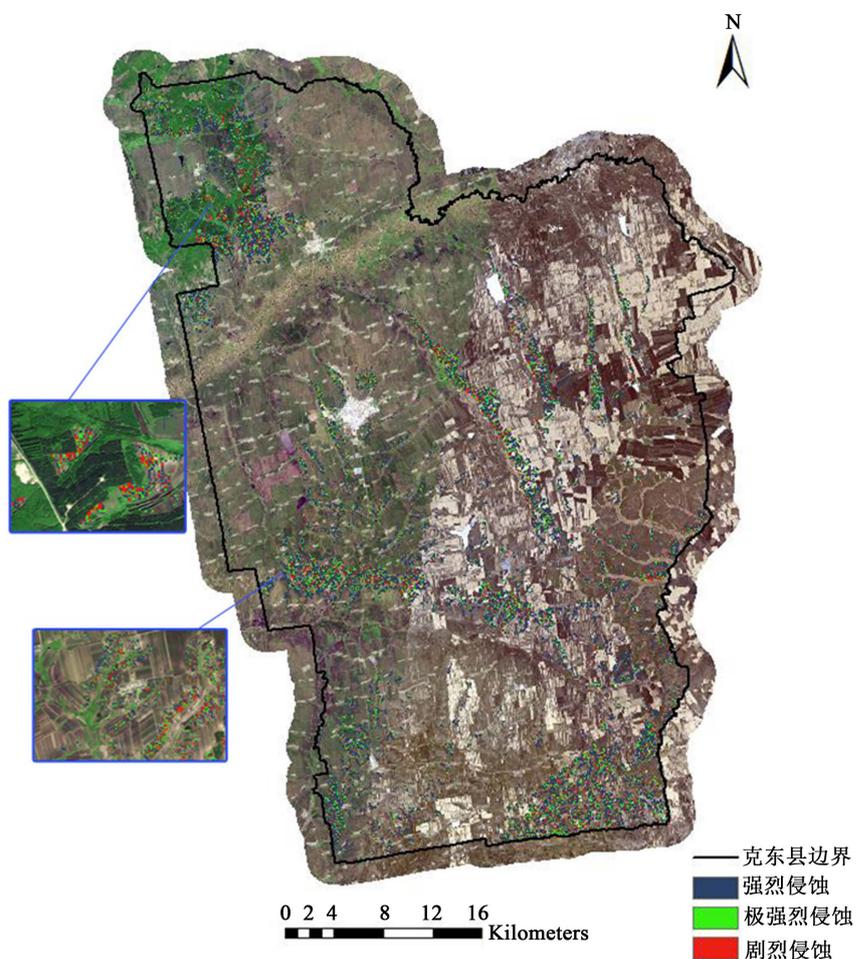
表 5 中, 值得注意的是强烈、极强烈和剧烈侵蚀在各地类中分布面积最多的是旱地, 将旱地这三种侵蚀等级提取出来, 和 RUSLE 因子图以及遥感影像做叠加, 找到影响旱地较强烈侵蚀分布面积较多的主要原因, 结果如图 3 和图 4 所示, 分析可得, 导致旱地三种较强烈侵蚀分布面积较多的原因是旱地的较强烈侵蚀区与 LS 因子值较高的区域重合, 坡度对旱地的侵蚀影响较大, 而且多数侵蚀较强的旱地是位于有林地和草地之中, 因此, 克东县应该把治理重点放在坡度较陡峭山林的毁林开荒问题上, 对于坡度较大的耕地实施退耕还林、还草的保护措施。



**Figure 3.** The stronger erosion zone of dry land and the *LS* value overlay in Kedong County  
**图 3.** 克东县旱地较强烈侵蚀区与 *LS* 值叠加图

**Table 4.** Soil and water loss status of land use types  
**表 4.** 各土地利用类型水土流失状况

土地利用名称	侵蚀面积(km <sup>2</sup> )	侵蚀面积占比(%)	平均侵蚀模数(t/(km <sup>2</sup> ·a))	侵蚀量(t/a)	侵蚀量占比(%)
水田	12.40	0.61	138.10	17,176,080.11	0.19
旱地	1552.43	75.80	550.70	8,549,160,975.83	93.74
有林地	253.89	12.40	129.08	327,729,755.34	3.59
灌木林地	6.08	0.30	11.10	674,853.93	0.01
疏林地	3.82	0.19	547.41	20,909,863.78	0.23
草地	125.91	6.15	93.86	21,284,452.73	0.23
居民点及工矿交通用地	86.58	4.23	59.42	51,468,183.73	0.56
其他未利用地	0.20	0.01	2705.25	5,486,242.44	0.06
沼泽地	0.09	0.00	110.38	104,415.77	0.00
裸岩或裸地	6.72	0.33	1866.79	125,606,777.42	1.38



**Figure 4.** The stronger erosion zone of dry land and the remote sensing image overlay in Kedong County  
**图 4.** 克东县旱地较强烈侵蚀区与遥感影像叠加图

**Table 5.** Statistical table of soil erosion area in different land use types

**表 5.** 各土地利用类型土壤侵蚀面积分级统计表

土地利用类型	微度(km <sup>2</sup> )	轻度(km <sup>2</sup> )	中度(km <sup>2</sup> )	强烈(km <sup>2</sup> )	极强烈(km <sup>2</sup> )	剧烈(km <sup>2</sup> )	占比(%)
水田	11.13	1.21	0.06	0	0	0	0.59
旱地	931.44	437.14	153.03	20.73	7.12	6.41	74.57
有林地	201.75	51.43	0.67	0.04	0.01	0	12.17
灌木林地	6.08	0	0	0	0	0	0.29
疏林地	2.61	0.67	0.36	0.13	0.04	0.04	0.19
草地	128.23	0.74	0	0	0	0	6.18
居民点及工矿交通用地	83.88	2.69	0.01	0	0	0	4.15
水域及水利设施	31.73	0	0	0	0	0	1.52
其他未利用地	0.07	0	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01
沼泽地	0.11	0	0	0	0	0	0.01
裸岩或裸地	3.46	0.07	1.13	0.83	0.61	0.62	0.32

本文在 ArcGIS 软件支持下, 通过 RUSLE 模型得到克东县 2015 年土壤侵蚀状况, 通过分析得到如下结论:

1) 黑龙江省克东县按照《黑土区水土流失综合防治技术标准 SL446-2009》划分为六级, 侵蚀面积以微度侵蚀和轻度侵蚀为主, 侵蚀量以轻度侵蚀和中度侵蚀最多, 说明克东县的水土流失状况总体上不太严重, 但仍然要对侵蚀量较多的地区加以重视。

2) 按照克东县土地利用类型对土壤侵蚀状况进行统计, 各地类侵蚀面积与土地利用面积基本相等, 只有旱地、疏林地、草地和沼泽地侵蚀面积小于土地利用面积, 而疏林地、其他未利用地和裸岩或裸地的侵蚀量偏高, 克东县以后的水土保持工作应将以上地类列为重点。

3) 按照克东县的土地利用类型对侵蚀分级状况进行统计, 各土地利用类型均已微度侵蚀面积占比最多; 强烈、极强烈和剧烈三种较强烈侵蚀在旱地中分布面积最多, 受 LS 因子影像最大, 旱地较强烈侵蚀区位于有林地和草地之中。克东县水土流失治理的关键在坡度较大地区的垦荒问题, 应注意退耕还林、还草。

## 基金项目

全国水土流失动态监测与公告项目。

## 参考文献 (References)

- [1] 刘宝元, 谢云, 张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] 张森年. 确立生态思维方式建设生态文明—习近平总书记关于大力推进生态文明建设讲话精神研究[J]. 探索, 2015(1): 5-11.
- [3] 赵明松, 李德成, 张甘霖, 等. 基于 RUSLE 模型的安徽省土壤侵蚀及其养分流失评估[J]. 土壤学报, 2016, 53(1): 28-38.
- [4] 魏贤亮, 颜雄, 龙晓敏, 等. 基于 RUSLE 模型的剑湖流域土壤侵蚀定量评价[J]. 山东农业科学, 2017, 49(1): 103-106.
- [5] 魏兰香, 曹广超, 曹生奎, 等. 基于 USLE 模型的祁连山南坡土壤侵蚀现状评价[J]. 武汉工程大学学报, 2017, 39(3): 288-295.
- [6] 孙德亮, 赵卫权, 李威, 等. 基于 GIS 与 RUSLE 模型的喀斯特地区土壤侵蚀研究—以贵州省为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 271-276.
- [7] 谢云, 刘宝元, 章文波. 侵蚀性降雨标准研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 6-11.
- [8] 章文波, 付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 35-41.
- [9] Sharpley, A.N. and Williams, J.R. (1990) EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator: 2. User Manual. *Technical Bulletin United States Department of Agriculture*, 4, 206-207.
- [10] Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1978) Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning. United States Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, Washington, D.C., 537.
- [11] 张宪奎, 许靖华, 卢秀琴, 等. 黑龙江省土壤流失方程的研究[J]. 水土保持通报, 1992(4): 1-9.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2334-3338，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ojswc@hanspub.org](mailto:ojswc@hanspub.org)