

基于 GIS 和 USLE 的密云县土壤侵蚀评价及空间特征研究

张有全^{1,2}, 宫辉力³, 赵文吉³, 李小娟³

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

摘要:将地理信息系统与通用土壤流失方程(USLE)相结合进行密云县土壤侵蚀量的预测。在全面调查, 收集研究区气候、地形、土壤等基础资料的基础上, 通过 Landsat - TM 影像提取土地利用信息、植被覆盖度信息, 并建立土壤侵蚀空间数据库。运用通用土壤侵蚀模型 USLE 定量计算出土壤侵蚀量, 并对研究区土壤侵蚀强度进行了分级, 旨在探求密云县土壤侵蚀空间分布的特点及成因, 为该区域水土保持和北京市的安全供水提供科学依据。研究表明, 地貌类型和土壤类型是密云县土壤侵蚀中影响较大的因子。

关键词:土壤侵蚀; USLE; GIS; 遥感

中图分类号: S157.1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0358-05

Quantitative Evaluation and Spatial Analysis of Soil Erosion in Miyun County Base on GIS and USLE

ZHANG You-quan^{1,2}, GONG Hui-li³, ZHAO Wen-ji³, LI Xiao-juan³

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Beijing Key Lab of Resource Environment & GIS, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: This study is aimed at the evaluation of the hazard of soil erosion and the analysis of the spatial features of soil erosion at Miyun, China, using a Geographic Information System (GIS) and remote sensing. Precipitation, topographic, soil, and land use data were collected, processed, and constructed into a spatial database using GIS and remote sensing data. Areas that had suffered soil erosion were analysed and mapped using the Universal Soil Loss Equation (USLE). Spatial analysis indicates that soil type contributes a large fraction of the total estimated soil erosion.

Key words: soil erosion; Universal Soil Loss Equation; GIS; remote sensing

土壤侵蚀是指地球表面的土壤及其母质受水力、风力、冻融、重力等外力的作用, 在各种自然因素和人为因素的影响下发生的各种破坏、分离、搬运和沉积的现象^[1]。土壤侵蚀不仅破坏土地资源, 而且将大量携带养分、重金属和化肥、农药的泥沙进入江河湖库, 造成水体富营养化^[2], 同时导致土壤肥力下降, 生态环境恶化, 是世界上的主要环境问题之一。

密云县境内的密云水库是北京市最大的饮用水源基地, 保障着首都 1/3 的供水。由于近年人们对其周边土地不合理的开发利用以及采矿、筑路、盲目扩大旅游业等, 导致了库区周围, 尤其是库东北、北部地区的水土流失严重。据 1999 年北京市遥感调查, 密云县水土流失总面积 1 000.282 km², 占全县总面积的 45%^[3], 同时密云水库水体受到人为活动的影响, 水库水体已处于中营养化阶段, 随着北京市经济的发展, 用水量增加, 加之近几年的持续干旱, 北京市水资源供求矛盾日趋紧张。进行密云水库周边地区土壤侵蚀监测及强度判定, 对保护和改善水库周边生态环境, 保证首都人民

用水以及用水安全, 以及合理规划水库周边土地利用有着重要意义。

1 研究区概况

密云县地处东经 116°41' ~ 117°30', 北纬 40°14' ~ 40°48', 位于我国东部季风区, 地处暖温带, 属大陆性半湿润半干旱气候。年均降水量 660 mm。地势自北向西南倾斜, 东西两侧高, 中部为断陷燕落盆地, 西南为山前冲积平原。山地占全县面积的 46.7%; 丘陵占 36.6%; 平原占 8.3%; 水库水域占 8.4%, 其中燕落盆地密云水库占 7.9%。耕地主要分布在西南部, 山地以林地利用为主, 中部为密云水库。土壤以褐土、棕壤、潮土为主。

2 研究方法与技术路线

在广泛收集研究区气象资料、地形资料、土壤资料和相关水土保持研究成果的基础上, 采用卫星遥感、地理信息系统和野外实地调查相结合的方法, 完成研究区土地利用分布

* 收稿日期: 2006-06-13

基金项目: 北京市教委科技重点项目 (编号: 05531830)

作者简介: 张有全 (1978 -), 男, 黑龙江富锦人, 地图学与地理信息系统专业博士研究生, 研究方向为地理信息系统、遥感应用。

图、植被覆盖图等;依据通用土壤侵蚀方程 USLE 及国内众多学者提出的修正意见和参数测定规范,结合研究区的实际情况及野外调查数据,将方程中各因子的算法进行本地化处理,建立密云县土壤水蚀模型。以 30 m 大小的像元为单位,利用地理信息系统的空间分析等功能,对收集、提取的信息进行栅格运算,根据侵蚀强度分级标准对运算结果进行分级,对侵蚀的空间特征进行分析研究,并确定相应的保护措施,技术路线如图 1 所示。

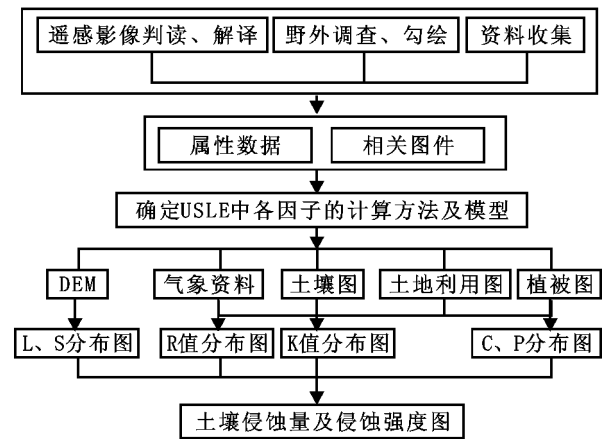


图 1 土壤侵蚀强度预测流程图

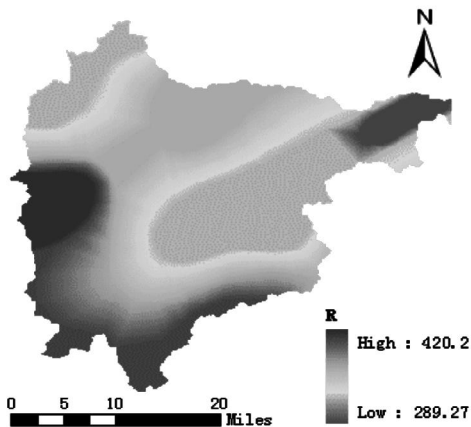


图 2 R 因子

3.2 土壤可蚀性因子 (K)

土壤可蚀性因子 (K) 为标准小区上单位降雨侵蚀力引起的土壤流失率。它是指在长时间内土壤及土壤剖面对降雨侵蚀力抗蚀程度的平均反映。是一项评价土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的内营力指标,主要反映土壤质地对土壤侵蚀的影响。

根据收集到的北京市地质图、土壤图可知,密云水库所在的密云县土壤共分为三大类:棕壤、褐土、潮土。棕壤分布在海拔 800 m 以上的中山林地,共 0.79 万 hm^2 ,占 3.5 %;褐土分布在低山、丘陵和平原地区,共有 18.52 万 hm^2 ,占 83.3 %;潮土 0.07 万 hm^2 ,占 0.32 %;亚类型以淋溶褐土、普通褐土为主,生草棕壤、粗骨棕壤、褐潮土、潮土、褐土性土为辅,根据土壤各因子指标值查诺谟图,并参照我国学者总结出主要土壤类型的 K 值^[5,6],依次得各地块的 K 值。在 ArcInfo 中利用数字化得到的土壤矢量图和可蚀性因子属性,转换成栅格形式的土壤可蚀性因子图(图 3)。

3.3 坡长因子

USLE 中 L 的经典计算公式为^[7,9]:

3 土壤水蚀预报模型

Wischmeier WH60 年代提出的通用土壤流失方程 (USLE),是目前预测土壤侵蚀最为广泛使用的方法^[4],其模式为: $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ 。根据 USLE 方程中各因子的意义和常用计算方法,结合研究地区的实际情况,确定各因子计算方法,并进行本地化赋值。

3.1 降雨侵蚀力因子 (R)

雨滴击溅作用和因降雨产生的径流,是最主要的土壤侵蚀动力。降雨侵蚀力就反映了降雨的这种作用,它是指降雨引起土壤侵蚀的潜在能力,是降雨特性的函数。(Hudson1971)

降雨侵蚀力的经典计算方法:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m (EI_{30})_k \quad (1)$$

式中:R——多年平均年降雨侵蚀力,单位 MJ·mm/($\text{hm}^2 \cdot \text{h}$) j=1,2,...是计算平均值使用的年数。

降雨侵蚀力 R 的简易计算方法:

$$R = 0.207 (P \cdot I_{60}/100)^{1.205} \quad (2)$$

式中:P——年降雨量, I_{60} ——年最大 60 min 降雨量(mm)。本文采用年 R 值的简易算式,首先,对密云水文观测站测得的观测点数据 I_{60} 、以及多年降雨等值线进行插值,内插生成研究区域 P、 I_{60} 栅格图,利用 GIS 栅格运算功能按照公式 3 计算该流域降雨侵蚀力栅格分布图(图 1)。

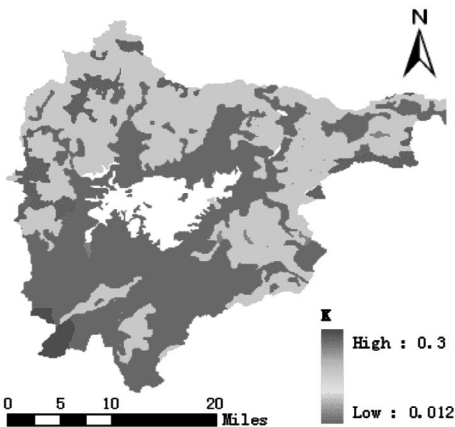


图 3 K 因子

$$L = (l/22.1)^m \quad (3)$$

(Wischmeier 和 Smith,1978)式中 22.1 是 RUSLE 采用的标准小区坡长(m),m 是可变的坡长指数,是水平投影坡长。坡长指数 m 与细沟侵蚀(由水流引起)和细沟间侵蚀(主要由雨滴打击引起)的比值有关,由下式计算:

$$m = \frac{1}{1 + \dots} \quad (4)$$

(Fostre 等,1977)当土壤对细沟侵蚀和细沟间侵蚀的敏感性相同时,细沟侵蚀与细沟间侵蚀的比值由下式计算

$$= \frac{\sin}{0.0896 \times [3.0 \times (\sin)^{0.8} + 0.56]} \quad (5)$$

(McCool 等,1989)式中:——坡度。

在 ArcInfo 的支持下,利用基础 DEM 数据生成研究区坡长栅格图,利用上述经典算法计算出密云县的 L 值分布(图 5)。

3.4 坡度因子 (S)

由 McCool 的研究表示,通用土壤流失方程允许计算的最大坡度为 18 % (15°)^[8]。密云水库周边区域坡度 > 18 % 的占 57.14 %,因此借鉴刘宝元对坡度在 9 % ~ 55 % 的陡坡土

壤侵蚀的研究^[8]。坡度因子 S 的计算缓坡采用 McCool 坡

度公式,陡坡采用刘宝元的坡度公式合并表示如下:

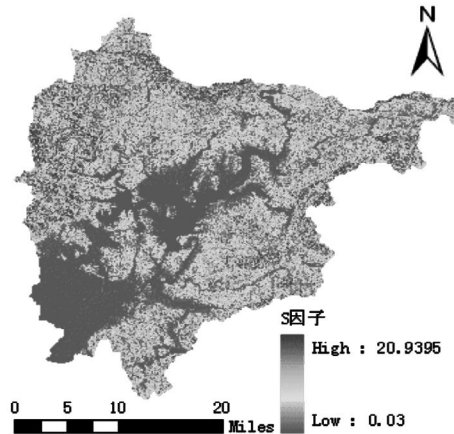


图 4 S 因子

$$\begin{aligned} S &= 10.8 \sin \theta + 0.3 &< 5^\circ \\ S &= 16.8 \sin \theta - 0.5 &5^\circ < \theta < 10^\circ \\ S &= 21.91 \sin \theta - 0.96 &\theta > 10^\circ \end{aligned} \quad (6)$$

式中: S ——坡度因子,为坡度($^\circ$)。利用 1:5 万 DEM 数据生成坡度图,运用上述公式计算 S 值(图 4)。

3.5 作物与管理因子(C)——植被覆盖度因子

C 是指一定条件下,耕作农地上土壤流失量与同等条件下适时翻耕的连续休闲地上的土壤流失量之比,值范围在 0~1 之间,大小取决于具体的作物覆盖、轮作顺序及管理措施的综合作用等。因 C 值的经典算法非常复杂,且对于非

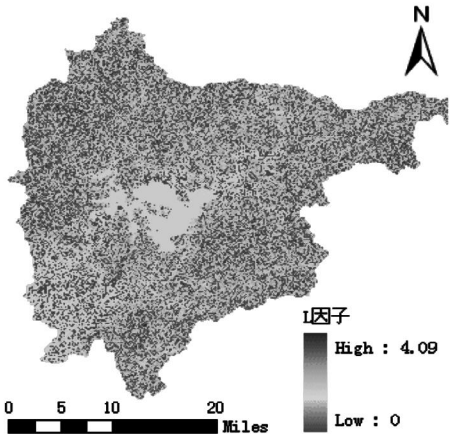


图 5 L 因子

农田使用不便等原因,国内许多学者在求 C 因子过程中大都采用植被覆盖度单因子求解 C 值,并已取得一定成果。本文将采用国内学者的 C 值计算方法(蔡崇法等 1999)。

$$\begin{aligned} C &= 1 &c &= 0 \\ C &= 0.6805 - 0.3436 \lg c &0 < c < 78.3\% \\ C &= 0 &c > 78.3\% \end{aligned} \quad (7)$$

式中: S ——坡度因子,为坡度($^\circ$), c ——植被覆盖度。采用 2005 年 6 月的 TM 影像为数据源,在 Erdas 工具下生成密云县植被覆盖度 c ,根据公式(7)计算出研究区 C 因子分布图(图 6)。

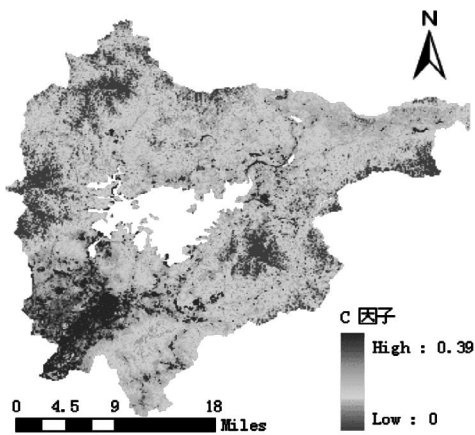


图 6 C 因子

3.6 水土保持措施因子(P)

水土保持措施因子 P 是指特定水土保持措施下的土壤流失量与相应未实施水土保持措施的顺坡耕作地块的土壤流失量之比。总的 P 值应等于各种措施 P 因子值之积,因为大多数情况下,水土保持措施是几种措施结合实施。各种措施 P 值的计算方法为:在某一记录时段内,某种耕作措施下,实施该措施体系时的土壤流失量与相同耕作措施下,实施顺坡耕作时产生的土壤流失量之比。(刘宝元,2001)

根据研究区的地理位置,以华北地区不同农耕措施 P 值的研究结果^[5]为依据,对于研究地区的农田根据采取的不同耕作措施和地块坡度确定其 P 值,而对于非农田则赋 P 为 1,见表 1。

4 土壤侵蚀模数计算结果及侵蚀背景空间分析

在 ArcInfo 的支持下计算出密云县全境土壤侵蚀模数,按照国家土壤水力侵蚀标准进行分级^[10],侵蚀强度等级如

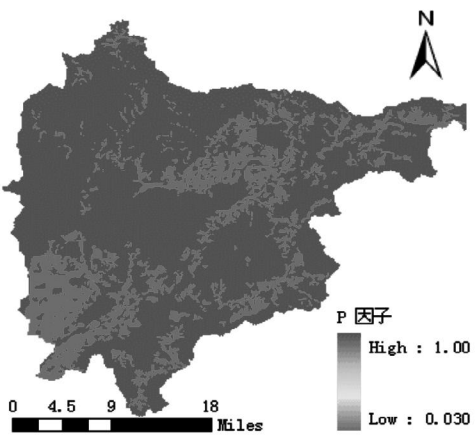


图 7 P 因子

图 8 所示,各侵蚀等级的统计数据如表 2 所示。

表 1 华北地区不同措施 P 值

坡度/ $^\circ$	<5	$5 \sim 10$	>10
等高带状耕作	0.3	0.5	0.6
草田带状间作	0.1	0.1	0.2
水平梯田	-	0.03	-
水平沟	0.01	0.05	0.1
等高垄作	0.1	0.1	0.3

4.1 不同坡度等级上的土壤侵蚀强度分析

将坡度图分成 $0 \sim 5^\circ$ 、 $5 \sim 8^\circ$ 、 $8 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 、 $25 \sim 35^\circ$ 、 $35 \sim 90^\circ$ 六个等级,将生成的坡度等级图与土壤侵蚀潜在危险度图进行叠加,得到不同坡度等级上的土壤侵蚀危险度(表 3)。从表 3 可以看出,在 $<5^\circ$ 坡度带上,主要为微度侵蚀,面积为 465.01 km^2 ;在 $5 \sim 8^\circ$ 、 $8 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 25^\circ$ 坡度带上,以微度为主,其面积比例为 85.37% 、 77.67% 、 55.81% (如

图 11),轻度、中度侵蚀开始逐渐增加,在 15 ~ 25 °上中度侵蚀已经达到 13.11 %;在 25 ~ 35 °、> 35 °的坡度带上,强度和极强度侵蚀面积已达到 30 %,其中强度侵蚀面积比例分别达到 18.59 %、18.32 %。从土壤侵蚀潜在危险度计算结果来看(表 3),随着坡度增大,土壤侵蚀潜在危险度受坡度影响明显,与坡度成正相关关系。

表 2 侵蚀强度分级表

统计侵蚀强度	侵蚀模数/ (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	像元数 /个	面积 /km ²	百分比 /%
微度侵蚀(I)	<500	1384220	1245.80	61.25
轻度侵蚀(II)	500~2500	297124	267.41	3.15
中度侵蚀(III)	2500~5000	127156	114.44	5.63
强度侵蚀(IV)	5000~8000	226309	203.68	10.01
极强度侵蚀(V)	8000~15000	190689	171.62	8.44
剧烈侵蚀(VI)	>15000	34588	31.13	1.53

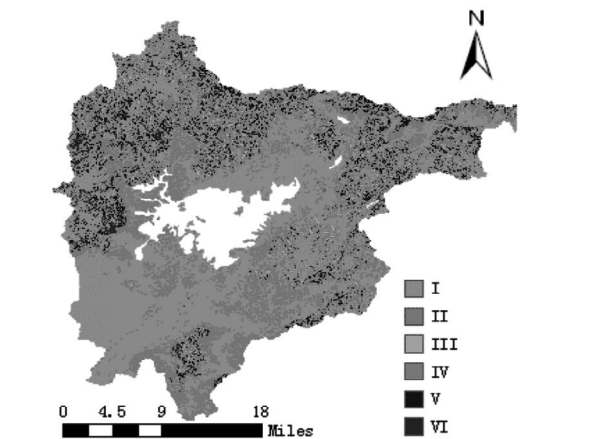


图 8 土壤侵蚀强度分级图

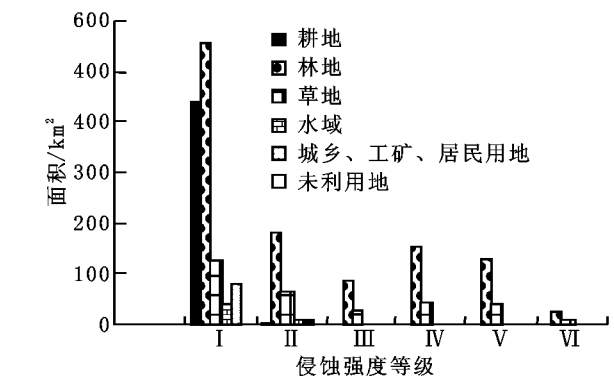


图 10 不同土地利用类型侵蚀强度

表 4 不同土地利用类型侵蚀强度分析

土地利用类型 侵蚀等级	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、 居民用地	未利用 土地
I	437.34	553.57	126.41	40.15	81.96	0.11
II	2.83	183.58	66.79	6.54	6.76	0.04
III	0.63	83.18	28.05	1.09	0.83	
IV	0.813	155.70	45.08	0.89	0.26	
V	0.54	128.48	39.96	1.56	0.46	
VI	0.07	22.95	6.32	1.09	0.58	

从图 9 可以看出,平原地区以微度侵蚀为主,其面积占该地貌类型的 97.76 %;浅丘以微度和轻度为主,其面积比

4.2 不同土地利用类型上的土壤侵蚀强度分析

不同土地利用类型的侵蚀面积(km²)如表 4、图 10 所示。以林地、草地为主的低山丘陵地区占密云县水土流失面积较大比重,山区土层较薄,水资源缺乏是造成土壤侵蚀的主要原因。

表 3 不同坡度、不同土壤侵蚀等级的面积 km²

坡度侵蚀等级	0~5°	5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°
I	465.01	75.24	170.01	214.45	173.25	147.84
II	11.77	12.06	23.94	66.19	92.10	61.34
III	0.13	0.79	20.83	50.37	33.59	8.72
IV		0.04	3.54	40.29	81.29	78.52
V		0.001	0.49	12.15	52.09	106.88
VI			0.03	0.79	5.03	25.27

4.3 密云水库周边地区不同地貌侵蚀程度分析

密云水库地区地貌主要以平原、丘陵、山地为主,利用 DEM 数据,按照海拔高度将整个研究区域分为 5 类,不同地貌类型上的土壤侵蚀危险度(km²)见表 5:

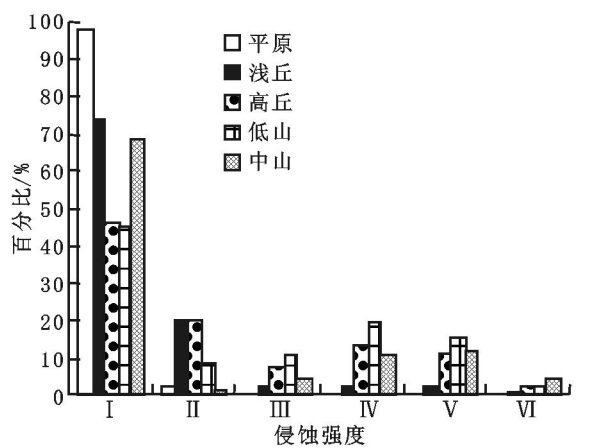


图 9 不同地貌所占土壤侵蚀面积比例

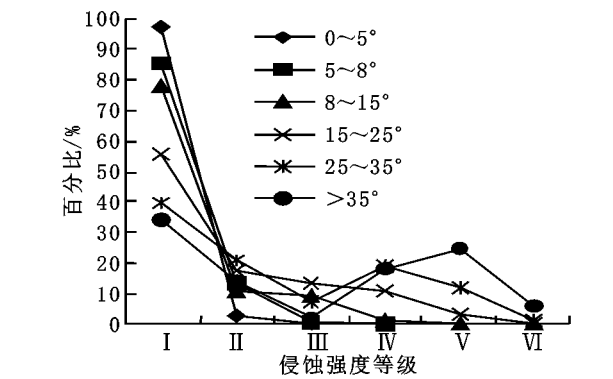


图 11 不同坡度侵蚀等级比例

例为 73.60 %、19.87 %;中度侵蚀占 2.04 %,强度侵蚀占 2.16 %;高丘中度侵蚀为 47.26 %,轻度为 36.22 %,微度为 14.22 %,强度侵蚀为 2.18 %;低山上以微度侵蚀、中度侵蚀为主,其面积比例分别为 34.58 %和 46.61 %,微度为 17.35 %,同时伴随着 1.39 %的强度侵蚀;海拔高于 800m 的中山地区面积比例最大的为微度侵蚀,占该地貌类型总面积的 69.01 %,其次为中度侵蚀,面积比例为 24.87 %。侵蚀区主要集中在库东和库北低山丘陵区,主要乡镇为西田各庄西北,石城、冯家峪与不老屯北部,太师屯、新城子东部。

5 结论与建议

(1)密云水库周边地区土壤侵蚀强度垂直分布明显,总体

表现为微度侵蚀。强度、极强侵蚀已经达到 10.01 % 和 8.44 % ,主要发生在坡度大于 25 的低山、高丘地区,土壤类型以淋溶褐土为主,抗蚀性相对较弱,土地利用类型以林地和草地为主,该地区山体切割深,土层薄,平地少,易造成水土流失;轻度侵蚀主要发生在地貌以丘陵为主的地区,土地利用类型多为果粮间作为主,并有一部分草地。密云县降水高度集中于夏季,易造成春旱,夏季降水难蓄,加之轻度侵蚀区土层较薄,坡度大于 15°,说明该地区的土壤侵蚀潜在危险程度较大。中度侵蚀占 5.63 % ,主要发生在 8~35 的低山地区,以林地为主,随着近几年的持续干旱,侵蚀有加重的趋势。

(2)密云水库上游潮河、白河流域侵蚀状况有加重的趋势,特别是在上游白河支流两侧地区,土壤类型为淋溶褐土,中度侵蚀面积较大,达到 41.2 %。该部分土地利用类型以有林地、草地和果园为主,其原因是由于密云县进行土地利用转型,将部分林地改制成果园,同时由于人为活动作用下使地表覆被度和坡度发生变化所致。铁矿开采的露天剥蚀在一定程度上加剧了库区北部、东北部的侵蚀程度。密云水库下游地

区几家滑雪场的建设破坏了一定的生态环境,另外其使用地下水作为造雪水源,导致了缺水状况的加剧,同时在一定程度上导致了水源地涵养能力的下降和地表水的流失。

表 5 不同地貌类型上的土壤侵蚀危险度

侵蚀等级 地貌类型	I	II	III	IV	V	VI
平 原	233.635	4.969	0.259	0.059	0.042	0.008
浅 丘	434.426	117.291	12.013	12.768	11.101	2.641
高 丘	219.794	94.571	36.302	61.186	53.261	9.001
低 山	269.630	48.739	60.223	116.429	91.874	14.148
中 山	88.313	1.841	5.643	13.236	15.342	5.329

(3)建议在水库上游入库支流地区加强水土保持林地的建设,提高水源地涵养能力,降低地表水的流失;同时需要对该地区的土地利用加以调整,控制或者关闭水库上游金属矿产的开发,限制水库下游地区滑雪场的建设,加强水源涵养地的林地建设。

(下转第 364 页)

(上接第 357 页)

劳动力转移上,随着劳动年龄人口的逐渐上升,大量劳动力可能面临城市需求饱和及过剩问题,需要拓展转移空间的同时发展乡镇企业,促进就地转移和乡村之间的转移;农村劳动力结构整体素质偏低,技能型和技术型领域是农村劳动力难以跨越的门槛,成为制约农村劳动力转移数量和方向的关键,专业知识和技能的培训成为长期面临但又亟待解决的问题之一;农村劳动力与城市劳动力之间存在的非公平竞争问题,农民外出务工的合法权益难以保障、拖欠工资问题等都使农村劳动力的转移带有极大的不稳定性,他们要想永久性就业、定居依然十分困难^[5];此外,正在接受中小学教育的孩子多成为劳动力转移的拖累,2001 年实行的“两免一补”政策,使农村贫困家庭小学生、初中生每人每年分别可平均免除书本费和学杂费 210 元、320 元,寄宿生还可享受生活补助费 200~300 元,如果转移到城市上学,非但难以享受“两免一补”,还要交纳借读费、学校建设费,如此等等,加高了劳动力转移的门槛。

5 结 论

综合以上分析结果发现,尽管禁牧后农户外出打工收益增加,但是由于畜牧经营方式的转变使畜牧业收益降低,受退耕还草和自然灾害影响的耕地收益减少,使农户总体收益明显下降(图 3),由 2001 年的 1 875.23 元/(人·a)下降到 1 169.22 元/(人·a),说明禁牧政策的实施对农户生计的影响是深远的以及畜牧业在该区农民生产生活中的重要性之大,禁牧政策如果没有与畜牧业的长远发展相结合,很可能从生态、经济和社会角度都是失败的,因为,在农村,农民的经济意识强于生态意识,退耕与禁牧的相继实施,总体而言

参考文献:

[1] 盐池县生态建设志编纂委员会. 盐池县生态建设志[M]. 宁夏人民出版社 2004. 109 - 129.

[2] 李 波,赵海霞,等. 退耕还林(草)、封山禁牧对传统农牧业的冲击与对策——以北方农牧交错带的皇甫川流域为例[J]. 地域研究与开发,2004,23(5):99.

[3] 张新民. 舍饲养畜存在问题及对策[J]. 当代畜禽养殖业,2003,(10):53.

[4] 杨锦秀,傅新红. 促进畜牧业经济增长方式转变的对策研究[J]. 农业技术经济,1999,(4):52.

[5] 刘宗敏. 农村劳动力转移问题浅析[J]. 农村经济,2004,(12):128.

[6] 李连树,吴锁柱,等. 科学解决禁牧舍饲问题有效保护我省草地资源[J]. 河北畜牧兽医,2004,20(6):11.

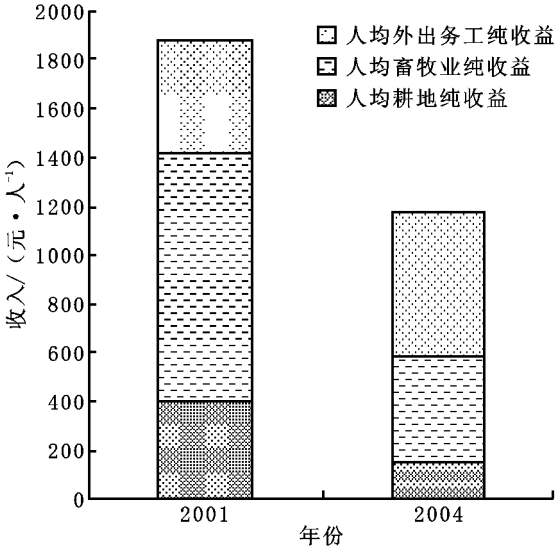


图 3 禁牧前后农户主要收益来源收益量对比

是使农户收益受损的。畜牧业作为三大主体收益的重头和主导后续产业,如果不能得到有效调整和发展,偷牧就一定是一是必然的。农民文化水平是相对较低的,靠农民自己的力量短期内是很难实现大幅增收来弥补禁牧带来的损失的,所以适时合理的生态补偿及政策扶持,最大限度的兼顾农户利益是必须的^[6]。本文的研究有利于发掘禁牧政策实施中出现的生计问题,考虑禁牧区域生态的破坏者也是经济受损者的根本——经济收益,有利于在禁牧政策实施过程中进行有效调整,保障该生态政策的有效性。

沉降漏斗日渐连成一片,仅华北平原漏斗面积已达 27 000 km²,漏斗区水位已下降 20 ~ 30 m,下降速率约为 1 m/a。中西部地区也因为地下水开采范围过于集中,从而造成开采过量,引起地下水位下降。

城市地下水的过量开采不仅造成了大部分地区的地下水位下降,漏斗面积不断扩大,在我国沿海城市海水城市入侵的问题也日严重。由于沿海地区地下水汇水范围较小,地下水资源有限,不断地过量开采造成地下水位的迅速下降。使许多城市滨海地带出现海水向淡水含水层入侵,危害着人民生活和生产建设,严重地威胁着城市地下水资源开发利用,直接影响沿海城市的发展。

2.3 城市地下水质的污染

着经济的发展,城市的规模也在不断的扩大,人口相对集中,使固体废弃物的产量不断增加。这些废弃物含有汞、镍、铬、金等金属元素,固体废弃物的任意堆放已经成为地下水的重要污染源之一。我国每年都有大量的生活垃圾与工业废渣经腐蚀分解后,直接进入土壤。而这些固体废物经大气降水及地下水径流的淋滤作用严重的影响了供水水源的水质。

除了固体废弃物的污染,在岩土工程施工中对地下水也有环境污染问题。城市地表工程采用化学灌浆进行地基处理,化学灌浆多具有不同程度的毒性,特别是有机高分子化合物,如:环氧树脂、乙二胺、苯酚等。浆液注入构筑物裂隙与地层孔隙,通过溶滤、离子交换、分解沉淀、聚合等反应,不同程度的污染地下水,导致公害。

另外,在一些矿山城市,由于采矿、选矿活动是地下水含酸性、含重金属和有毒元素。这种污染的矿山排水通称为矿山污水。它危及矿区周围河道、土壤,甚至破坏整个水系,影响

响生活用水以及工农业用水。

由于地表水资源的可用水量在一定的空间和时间范围内是有限的,则地下水的污染和地下水的超采就会密切联系和相互作用,即其严重的污染往往会使得供水源的减少,以致增加对地下水的开采需求,这样往往会造成地下水的过量开采;而地下水的不合理开采或过量开采,会引起地下水水位的下降及其自净能力的削弱,也就加剧了地下水污染的程度。

3 地下水环境的防治措施

国际水文地质学家协会主席迈克尔·奈特指出,世界地下水源有一半正在受到污染,缺水现象会影响到 80 个国家和 40 % 的世界人口。人类在不合理的开发和利用水资源的同时,已经间接或直接的改变了地下水环境,严重的影响了城市的可持续性发展。因此,我们必须采取一些措施以保护生态资源,改变地下水环境日益变坏的趋势。

首先必须确立预防为主、防治结合的方针,即既要积极治理现存的污染,保护地下水资源,防止水质的进一步恶化,同时又要采取有力的措施防止新的污染产生,以此全面保护地下水资源。

另外,鼓励工业企业一方面积极采用清洁生产,强化节约用水,提高用水效率,减少污水排放量,另一方面大力开展污水的综合利用,以再生污水代替新水源,提高污水再生利用率。

最后,我国现有的地下水的法律法规一般都是把重点放在地下水水量的保护上,而对于地下水水质的保护这方面还比较薄弱。因此应该根据各地区的水文地质情况,出台一些地下水质的保护标准。

参考文献:

- [1] 刘志春,朱秀莲.城市地下工程施工与地下水渗流引起地面沉降的分析及预测[J].国防交通工程与技术,2003,(1):45-48.
- [2] 冯尚友.水资源持续利用与管理导论[M].北京:科学出版社,2000.
- [3] 徐余道,等.城市地下水开发利用的人类生态环境问题[J].北京:中国科技出版社,1997.33-48
- [4] 钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算[M].北京:中国水利水电出版社,2003.

(上接第 362 页)

参考文献:

- [1] 刘宝元,等.土壤侵蚀预报模型[M].北京:中国科学技术出版社,2001.
- [2] BAO Quansheng. Progress in the Research in Aquatic Environmental Nonpoint Source Pollution in China [J]. Journal of Environmental Sciences. 1997, 9(3):329-336.
- [3] 密云县人民政府.密云县生态示范区建设总体规划[Z].2002.1-183.
- [4] Wischmeier W H, et al. A soil erodibility nom orgraph farm land and Construction sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1971,26:189-193.
- [5] 王万忠,焦菊英.中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J].水土保持通报,1996,16(5):1-20.
- [6] 符素华,张卫国,刘宝元.北京山区小流域土壤侵蚀模型[J].水土保持研究,2001,8(4):114-120.
- [7] Renard KG, Foster GR, Weesies GA, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) [M]. Handbook NO. 703. Washington DC: U. S. Department of Agriculture, 1997. 105,107.
- [8] Liu B Y, Nearing M A, Risse L M. Slope gradient effects on soil loss for steep slopes [J]. Transactions of the ASAE, 1994, 37:1835-1840.
- [9] McCool D K, Foster GR, Mutchler C K, et al. Revise slope length factor for the universal soil loss equation[J]. Transactions of ASAE,1989,32:1571-1576.
- [10] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,1997.