

# 密云水库北京集水区土壤侵蚀空间分布特征研究<sup>\*</sup>

王 棒<sup>1</sup>, 吴建安<sup>2</sup>, 朱国平<sup>3</sup>, 齐 实<sup>1</sup>

(1. 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 民政部国家减灾中心, 北京 100053; 3. 北京市房山区水务局, 北京 102488)

**摘 要:**密云水库作为北京市的主要水源地, 其水质的保护和水库安全对北京市起着极为重要的作用。密云水库上游的水土流失情况对于首都地区的生态安全具有重要影响。本文根据研究区的土壤侵蚀特点和具体情况, 从土地利用、坡度、土壤类型和人口等方面进行研究, 探讨研究区土壤侵蚀的空间分布特征, 为该地区的水源保护和侵蚀防治提供科学依据。

**关键词:**密云水库; 集水区; 土壤侵蚀; 空间分布

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2009)01-0063-03

## Study on Characteristics of Soil Erosion Spatial Distribution in Beijing Catchment of Miyun Reservoir

WANG Bang<sup>1</sup>, WU Jian-an<sup>2</sup>, ZHU Guo-ping<sup>3</sup>, QI Shi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing 100083, China; 2. National Disaster Reduction Center of Civil Administration Ministry, Beijing 100053, China; 3. Fangshan District, Beijing Water Authority, Beijing 102488, China)

**Abstract:** Miyun Reservoir, as the most primary water supply source of Beijing city, its water quality protection and safety plays an important role for Beijing city. Water and soil loss in the upper reaches has great influence on ecological safety in capital area. Based on soil erosion features and actual condition of the research area, combining with land use, slope, soil type and the population, the article discussed the characteristics of soil erosion spatial distribution in the research area. The results will provide the area with scientific foundation of water source protection and soil erosion control.

**Key words:** Miyun Reservoir; catchment; soil erosion; spatial distribution

北京市密云水库是北京市的主要水源地, 1996 - 1997 年对密云水库库区水体和流域内水环境状况的初步调查表明: 库区水体的营养程度为中营养型, 水质有明显的向富营养化发展的趋势<sup>[1-2]</sup>。因此, 确定密云水库上游地区以水源保护和侵蚀控制相结合的允许土壤流失量就显得十分必要和紧迫。同时, 由于土壤侵蚀的空间分布特征和位置不同, 对密云水库水质和水库淤积的影响也不同, 通过研究该地区土壤允许流失的空间特征值, 可以确定该地区基于水源保护的土壤侵蚀防治重点和空间布局, 对该地区的水源保护和侵蚀防治提供科学依据。

## 1 研究区概况

密云水库北京集水区地处华北土石山区, 自然地理条件较差, 土层很薄, 蓄水保肥能力很低, 自然灾害发生频繁, 以泥石流为主的重力侵蚀时有发生, 流域内多年平均土壤侵蚀模数达  $1\,950\text{ t/km}^2$ , 潮河的平均含沙量为  $3.3\text{ kg/m}^3$ , 白河  $2.95\text{ kg/m}^3$ 。年平均入库泥沙 527 万 t, 最高年份的 1974 年达 1 298 万 t。据测算, 截至 1995 年密云水库淤积量已达 2.418 亿  $\text{m}^3$ , 占总库容 43.7 亿  $\text{m}^3$  的 5.5%, 平均年淤积量约为 600 万  $\text{m}^3$ , 比设计淤积速度快 2.2 倍。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008-07-01

基金项目: 人事部留学回国人员科技活动择优资助项目 (2004 - 38)

作者简介: 王棒 (1982 - ), 在读博士, 主要研究方向: 山地灾害、荒漠化防治、防护林学。E-mail: amyjcs@126.com

2 研究内容

选择密云水库北京集水区为研究区,通过收集遥感 TM 影像、中国土种志、土地利用现状图、地形图及调查资料,建立基于 GIS 的土壤侵蚀因子数据库,利用 USLE 模型对土壤侵蚀强度进行预测、评价,并以土种为单元,分析、判定了基于密云水库水安全的土壤侵蚀空间分布特征。

3 结果与分析

3.1 不同土地利用下的土壤侵蚀分布

应用 ARCINFO 的空间分析功能,将土壤侵蚀图与土地利用现状图进行叠置处理,结果显示不同土地利用类型的土壤侵蚀差异显著(表 1)。不同土地利用类型的土壤侵蚀率(土壤侵蚀面积占该类面积的百分数)表现出如下顺序:未利用地>园地>草地>耕地>林地,土壤侵蚀率分别为 55.45%,49.35%,45.86%,35.44%,32.20%(图 1),各个县基本都遵循这个规律,只有怀柔县的未利用地侵蚀

率明显偏低,这与该县的未利用地构成中以裸岩、石砾地为主有关,这从另外一个方面说明了土地利用类型与土壤侵蚀率之间存在的显著相关关系。

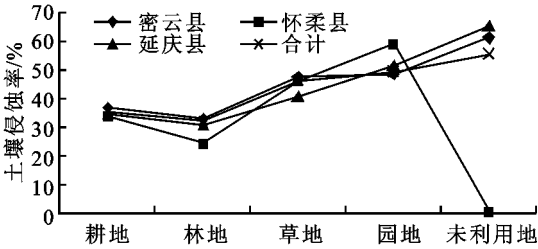


图 1 土地利用与土壤侵蚀率的关系

3.2 不同坡度下的土壤侵蚀分布

表 2 显示了研究区不同坡度下的土壤侵蚀分布情况,各坡度级侵蚀面积(为了更好地分析坡度对土壤侵蚀的影响,以下所出现的侵蚀面积都不包括微蚀)占侵蚀总面积比例的大小排序为:15°~25°坡的侵蚀面积最大,占侵蚀总面积的 24.47%,5°~10°、10°~15°和 25°~35°级别次之,0°~5°级别 9.44%,>35°级别的面积最小,仅占 3.42%。

表 1 不同土地利用类型的土壤侵蚀情况

土地利用类型	侵蚀面积/ km <sup>2</sup>				土壤侵蚀率/ %			
	密云县	怀柔县	延庆县	合计	密云县	怀柔县	延庆县	合计
耕地	31.37	18.62	21.28	71.27	28.35	33.96	34.29	31.32
林地	216.76	225.30	252.13	694.19	24.65	26.86	30.06	29.63
草地	0.94	147.29	0.13	148.36	36.84	40.37	40.31	40.34
园地	25.78	3.79	1.88	31.45	40.31	58.64	51.65	42.47
未利用地	90.31	0.19	18.65	109.15	46.47	0.74	64.87	43.96

表 2 不同坡度的土壤侵蚀情况

项目	坡度分级						合计
	0°~5°	5°~10°	10°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°	
侵蚀面积/ km <sup>2</sup>	101.31	223.74	205.78	262.59	242.87	36.71	1073.00
土地面积/ km <sup>2</sup>	588.15	681.92	614.18	1124.49	456.57	41.30	3506.61
占侵蚀面积/ %	9.44	20.85	19.18	24.47	22.63	3.42	100.00
占土地面积/ %	17.23	32.81	33.50	23.35	53.19	88.89	30.60

为了对不同坡度下的土壤侵蚀强度进行比较,可以用土壤侵蚀强度综合指数的大小来表示。土壤侵蚀综合指数计算公式定义如下<sup>[3]</sup>:

$$E_{INDEXj} = 100 \sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i / S_j$$

式中:  $E_{INDEXj}$  ——第  $j$  单元的土壤侵蚀综合指数;  
 $C_i$  —— $j$  单元第  $i$  类型土壤侵蚀的分级值; $A_i$  ——第  $j$  单元  $i$  类型土壤侵蚀所占的面积; $S_j$  ——第  $j$  单元所占的土地面积; $n$  ——第  $j$  单元土壤侵蚀的类型总数。

表 3 不同坡度的土壤侵蚀综合指数

坡度分级	0°~5°	5°~10°	10°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
综合指数	16.69	42.41	49.71	114.72	345.09	264.93

坡度影响着渗透量与径流量的大小及水流的速度,从而影响着地表侵蚀方式和强度<sup>[4-5]</sup>。不同坡度的土壤侵蚀综合指数计算结果如表 3 所示。

可以看出:在 35°坡度以前,土壤侵蚀综合指数随着坡度的增加而增大,其中从 10°~15°到 15°~25°和 15°~25°到 25°~35°两个区间侵蚀指数增加趋势明显,达到 3 倍左右;>35°以后综合指数有较大幅度的降低,表明随着坡度的增加,土壤侵蚀模数有逐渐降低的趋势,可以认为侵蚀的临界坡度 25°~35°。

3.3 不同土壤类型下的土壤侵蚀空间分布

由于各种土壤的物理化学性质及剖面构成不同,其抗侵蚀的能力也各有差异,形成了与土壤种类具有显著相关性的空间分布特征(表 4)。

从表 4 中可以看出,不同的土壤类型侵蚀率是有差异的,表现出以下顺序:棕壤>粗骨土>褐土>潮土>新积土>水稻土。棕壤的土壤侵蚀率最高,为 35.92%,其侵蚀面积为 166.07 km<sup>2</sup>,仅次于褐土。棕壤的侵蚀率高与棕壤主要分布在山高坡陡的中山地区有关,该区域以中生灌丛为主,植被覆盖率

较低。粗骨土因地面坡度较大,植被稀疏,一般土层较薄,水土流失严重,其侵蚀率仅次于棕壤,侵蚀面积达到 99.22 km<sup>2</sup>。

褐土属于山地土壤,是侵蚀面积最大的土壤类型,但由于土壤主要分布在 5°~25° 的缓坡上,且植被覆盖率较高,其土壤侵蚀率比棕壤和粗骨土低。潮土、新积土和水稻土因分布区域地势平坦,土地利用类型基本以耕地为主,其土壤侵蚀主要是由于不合理的耕作引起的,应注意做好耕作中的水土保持措施。

表 4 土壤种类与侵蚀的关系

指 标	褐土	棕壤	潮土	水稻土	新积土	粗骨土
侵蚀面积/ km <sup>2</sup>	801.66	166.07	4.18	0.31	1.66	99.22
土地面积/ km <sup>2</sup>	2532.07	462.36	18.15	2.21	10.29	301.33
侵蚀率/ %	31.66	35.92	23.03	14.02	16.13	32.93

3.4 不同人口密度下的土壤侵蚀空间分布

密云水库上游各县土壤侵蚀与人口密度的关系如表 5 所示:人口分布密度基本与侵蚀率匹配,反映在土壤侵蚀空间分布上呈现出由东部环水库一带向西部山区增加的趋势。

表 5 土壤侵蚀与人口密度的关系

行政区	人口密度/ (人·km <sup>-2</sup> )	流失面积/ km <sup>2</sup>	流失率/ %
密云县	89	367.57	24.76
怀柔县	92	405.76	31.42
延庆县	116	299.77	41.02

4 结 论

土壤侵蚀的空间分布与土地利用类型、坡度、土壤和人为活动(人口密度)关系密切,开展各影响因子的空间变异特征及其与土壤侵蚀空间变异性的关系研究有助于揭示土壤侵蚀空间变异规律。

(1)不同土地利用类型对土壤侵蚀的发育有不同影响,土壤侵蚀率表现出如下顺序:未利用地>园地>草地>耕地>林地,土壤侵蚀率分别为 55.45%,49.35%,45.86%,35.44%和 32.20%。

(2)各坡度级的土壤侵蚀面积和侵蚀率总体上呈现出随着坡度增加而逐渐增加的趋势,在 15°~25° 坡级尽管侵蚀面积最大,但侵蚀率却有所下降;在 35° 坡度以前,土壤侵蚀综合指数随着坡度的增加而增大,>35° 以后有较大幅度的降低,表明随着坡度的增加土壤侵蚀模数有逐渐降低的趋势,侵蚀

的临界坡度在 25°~35° 之间。

(3)土壤的空间分布体现出明显的地带性,棕壤和粗骨土主要分布在海拔较高的中山区,褐土分布在棕壤之下,在中低山区,潮土、水稻土和新积土主要分布在地势平坦的区域;侵蚀率体现出土壤空间分布的差异性,其顺序如下:棕壤(35.92%)>粗骨土(32.92%)>褐土(31.66%)>潮土(23.03%)>新积土(16.13%)>水稻土(14.02%)。

(4)土壤侵蚀强度在空间上呈现出块状不连续分布的特点,与居民点的分布特征一致,靠近居民区侵蚀强度较强,面积较大,离居民区越远,侵蚀越轻;研究区的人口密度排序为:延庆>怀柔>密云,土壤流失率表现出与人口密度显著的相关性,其流失率排序为:延庆>怀柔>密云,反映空间分布上呈现出由东部环水库一带向西部山区增加的趋势。

参考文献:

[1] 秦秀英,陈露,王秀琳,等.密云水库环境的现状和变化趋势[J].中国水产科学,1998,5(4):57-62.

[2] 杜桂森,孟繁艳,李学东,等.密云水库水质现状及发展趋势[J].环境科学,1999,20(2):110-112.

[3] 王思远,刘纪远,张增祥,等.不同土地利用背景下土壤侵蚀空间分布规律研究[J].水土保持学报,2001,15(3):48-51.

[4] 白占国.从地貌空间结构特征预测土壤侵蚀的研究:以神府—东胜煤田区为例[J].中国水土保持,1993(12):23-25.

[5] 张金池,庄家尧,林杰.不同土地利用类型土壤侵蚀量的坡度效应[J].中国水土保持科学,2004,2(3):6-9.