

# 北京市密云水库上游坡地水土流失 监测系统的建立及应用

段淑怀, 靳怀成, 李永贵, 周玉喜, 李五勤

(北京水土保持工作站, 北京 100073)

**摘要:** 以北京市密云水库上游为示范监测区, 利用遥感及地理信息系统, 通过坡度、土地利用和植被覆盖度专题图形制作、交叉分析和土壤侵蚀强度判别, 进行流域自然状况及水土流失面积调查; 根据坡地土壤侵蚀区分布及坡地水土保持治理情况布设坡地径流小区, 观测各类型区水土流失量及污染物流失量; 分析计算全流域的水土流失量、污染物流失量及治理措施的水土保持效益。

**关键词:** 遥感; 地理信息系统; 坡地径流场; 监测

中图分类号: S157

文献标识码: B

文章编号: 1005-3409(2001)04-0121-05

## Establishment and Application of Monitoring System to Soil and Water Loss on Sloping Land of the Upper Miyun Reservoir, Beijing

DUAN Shu-huai, JIN Huai-cheng, LI Yong-gui, ZHOU Yu-xi, LI Wu-qin

(The General Station of Soil and Water Conservation of Beijing, Beijing 100073, China)

**Abstract:** Take the upper Miyun reservoir, as the demonstrative observation plot, the natural situation and area of soil and water loss in this area is investigated with slope, land use and vegetative cover rate maps making, differentiation of soil erosion density etc. by using remote sensing and GIS; according to the distribution area of soil erosion on sloping land and control situation, runoff plots were set up, the amount of soil and water loss and contamination of all types of plots are observed; the volume of soil and water loss and contamination in whole watershed are calculated also.

**Key words:** remote sensing; GIS; runoff plot on sloping land; monitoring

### 1 水土流失监测的目的意义

水是生命之源, 土是万物之本, 水土流失是我国的头号环境问题。北京作为祖国的首都, 山区面积占62%, 虽经50余年努力, 但由于人为、自然等多种因素影响, 目前尚有水土流失面积4000多 $\text{km}^2$ 。保持水土, 改善环境, 实现“天蓝、水清、地绿”的秀美山川是首都内在功能的要求, 也是北京实现可持续发展的必由之路。

根据《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国水土保持法实施条例》《北京市实施〈中华人

民共和国水土保持法 办法》和《北京市人民政府关于划分水土流失重点防治区的通知》(京政发[2000]11号)规定, 我们以遥感及地理信息系统技术为手段, 以坡地径流小区定位观测数据为依据, 建立了北京市密云水库上游坡地水土流失监测系统, 定位、定性、定量监测各种坡地类型的水土流失量、污染物流失量, 为水土流失监测预报提供数据, 为全市山区水土流失监测预报工作提供经验及方法, 为制定水土流失防治方针政策及水土流失生态环境建设提供依据。

\* 收稿日期: 2001-08-25

作者简介: 段淑怀, 女, (1959-), 高级工程师, 北京市水利局水土保持总站总工程师。

## 2 水土流失监测技术路线

利用遥感及地理信息系统技术进行全流域坡地土壤侵蚀情况调查,根据坡地土壤侵蚀强度级别、流失面积及治理措施种类,布设坡地径流观测场,建设代表各土壤侵蚀强度级别及治理措施种类的坡地径流小区,进行降雨量、降雨强度、土壤含水量、径流、泥沙及污染物流失量观测,计算各种土壤侵蚀强度类型区及各种坡地治理措施单位面积上的水土流失量及污染物流失量,将单位面积上的水土流失量及污染物流失量根据各土壤侵蚀强度类型区面积及治理措施数量返算到全流域,分析研究全流域的水土流失量、污染物流失量及各项坡地治理措施的水土保持效益。

## 3 上游坡地水土流失监测系统

### 3.1 监测内容及指标

3.1.1 自然状况、土壤侵蚀面积 植被覆盖度、土地利用、坡度、坡地土壤侵蚀强度和土壤侵蚀面积。

3.1.2 降水引起水土流失量及污染物流失量 降雨量、降雨强度、土壤含水量、径流量、土壤流失量和污染物流失量

3.1.3 坡地治理措施减少水土流失及污染物流失的效益 坡地治理措施种类及面积:坡地治理措施小区的径流量、土壤流失量和污染物流失量。

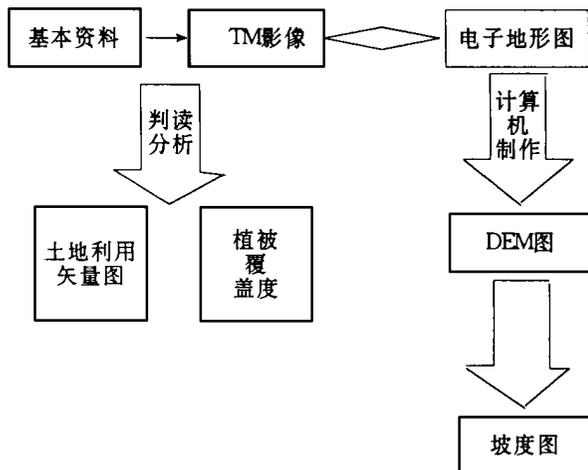


图1 图形制作过程流程图

### 3.2 土壤侵蚀面积监测

3.2.1 监测方法 土壤侵蚀面积调查以RS遥感信息源为主,配合实地野外调查建立影像解译标志和收集电子地形图、土壤、地质等资料;提取土地利用、植被覆盖度、坡度资料;利用GIS系统,将采集的空间数据和其他数据建立起各种层次的数据库并

进行分析研究;按照土壤侵蚀强度面蚀分级指标,划分土壤侵蚀类型区并进行土壤侵蚀强度判别,完成土壤侵蚀调查。

3.2.2 图形制作 在遥感调查前实地采线调查遥感影像与地面覆盖度、土地利用和水土流失强度的关系,了解不同侵蚀强度和基本地物在遥感图象上的影像特征,建立土壤侵蚀强度与影像相关信息的解译标志,判读划分土地利用矢量图和植被覆盖度矢量图并实地验证划分结果。根据各矢量图,计算机统计计算出各矢量值。

土地利用:结合现场典型调查,使用GIS系统,利用TM卫星影像图进行土地利用现状划分,制作土地利用现状矢量图,计算各类土地利用的面积。

坡度:使用GIS系统自动化功能,利用电子地形图制作流域DEM图,再利用DEM图制作坡度图。坡度划分为6个等级,即: $< 5^\circ$ ;  $5^\circ \sim 8^\circ$ ;  $8^\circ \sim 15^\circ$ ;  $15^\circ \sim 25^\circ$ ;  $25^\circ \sim 35^\circ$ ;  $> 35^\circ$ 。同时自动统计计算出各坡度级面积及地块数。

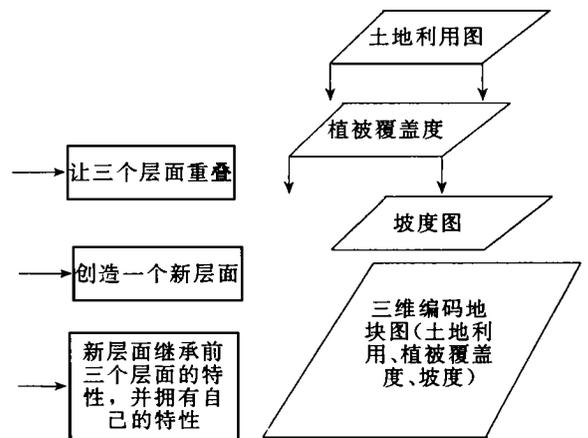


图2 交叉分析流程图

植被:根据土地利用图和实际现场调查,利用TM卫星影像图进行植被类型和植被覆盖度的判读,制作植被覆盖度图。植被覆盖度划分为5个级别: $> 75\%$ ,  $60\% \sim 75\%$ ,  $45\% \sim 60\%$ ,  $30\% \sim 45\%$ ,  $< 30\%$ 。

3.2.3 交叉分析 坡度、土地利用状况、植被类型、植被覆盖度、土壤可蚀性和降雨是影响坡地土壤侵蚀的主要因素,该流域面积小,土壤可蚀性和降雨情况在流域内变化幅度不大,根据坡度、土地利用情况及植被覆盖度情况判定坡地土壤侵蚀强度。

将土地利用、植被覆盖度和坡度图三个层面图重叠,创建一个新层面图即三维编码地块图,该图具有前三个层面图的特性,反映了土地利用、植被覆盖度和坡度的情况,并拥有自己的特性,即将影响土壤

侵蚀的主要因素结合到一起,反映了土壤侵蚀的强度,是判别坡地土壤侵蚀强度的主要因素。

3.2.4 土壤侵蚀强度判别 根据中华人民共和国行业标准,土壤侵蚀强度面蚀分级指标划分如下:

面蚀分级指标表

类 型		5~8°	8~15°	15~25°	25~35°	>35°
非耕地的林草覆盖度/%	60~75	轻 度			强 度	
	45~60	轻 度		强 度		
	30~45	中 度		强 度		极 强 度
	<30	中 度		强 度	极 强 度	
坡耕地		轻 度	中 度	强 度	极 强 度	剧 烈

根据土壤侵蚀强度面蚀分级指标,利用GIS系统在三维编码地块图上(土壤侵蚀类型区图)确定各地块土壤侵蚀强度,并统计全流域的土壤侵蚀面积。

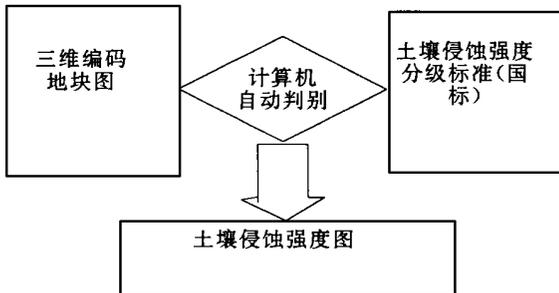


图3 土壤侵蚀强度判别流程图

### 3.3 水土流失量及污染物流失量监测

3.3.1 监测方法 根据坡地土壤侵蚀区的面积及分布情况,选择代表各类型区的小区,通过径流、泥沙、水质等观测,监测各种类型区的水土流失量,同时进行小区资料分析,进行坡地水土流失模型的研究,将小区观测资料推广到整个流域坡地土壤侵蚀区,达到监测流域水土流失总量的目的。

3.3.2 监测设施布设 在密云水库上游北京市境内共布设3个坡地径流场,48个坡地径流小区。其中非耕地不同土壤侵蚀强度面蚀小区16个,分别代表微度、轻度、中度和强度土壤侵蚀坡地;坡耕地小区7个,分别代表不同坡度的坡耕地;标准小区4个,用于对比分析;坡度及处理相同的不同坡长小区6个。

3.3.3 观测指标 降水量(mm)、降水强度(mm/s);径流量(m<sup>3</sup>)、土壤流失量(t);土壤含水量;总P、总N、COD。

### 3.4 治理效益监测

3.4.1 坡面治理措施情况调查及监测途径 以小流域为单元实际调查流域坡地治理措施现状,坡地治理措施主要包括:梯田、水土保持林、经济林、种

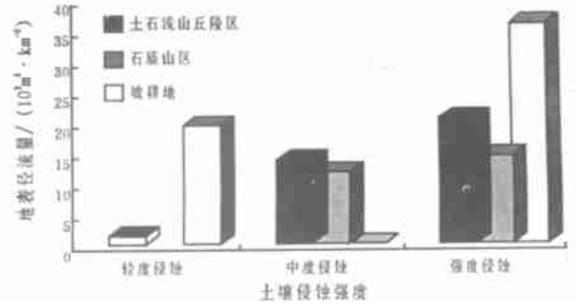


图4 单位面积地表径流量

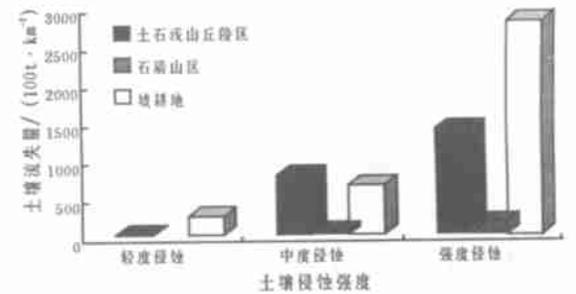


图5 单位面积土壤流失量

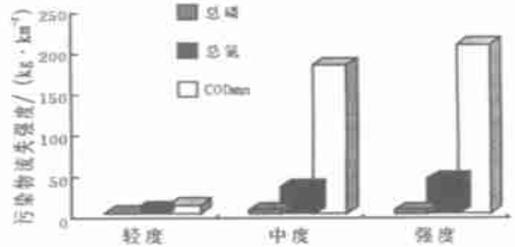


图6 土石浅山丘陵区污染物流失强度

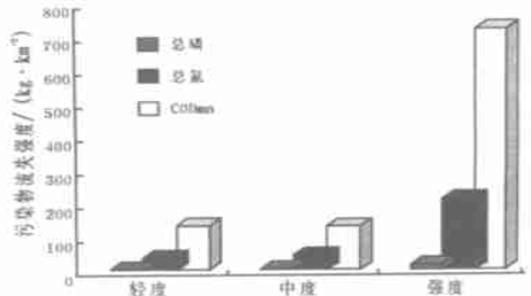


图7 坡耕地污染物流失强度

草、水平条、鱼鳞坑、封育治理等。利用坡面各类措施径流小区和对比小区进行径流泥沙观测,对比分析治理措施减少水土流失效益。

3.4.2 监测设施布设 根据现有措施种类及措施数量,布设治理措施小区15个,分别代表各种治理措施的坡地。利用非耕地不同土壤侵蚀强度面蚀小区作为对比分析小区。

3.4.3 效益计算方法 利用治理措施小区观测结果与中度流失或强度流失小区观测结果进行对比分析, 计算治理效益。

治理措施拦蓄径流(泥沙)量= (对比小区径流泥沙量- 措施小区径流泥沙量)/小区面积×措施面积。

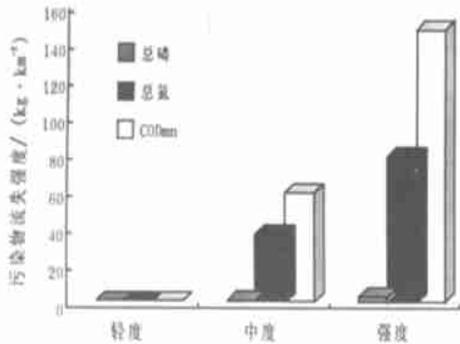


图 8 污染物流失强度

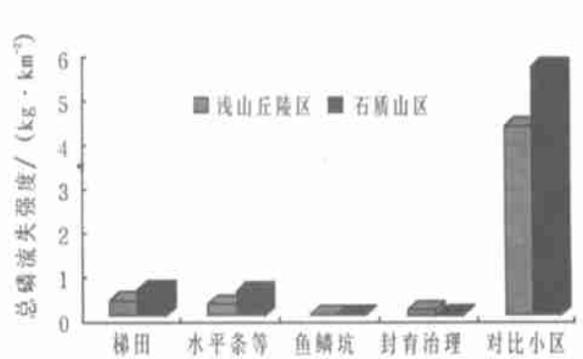


图 11 治理措施种类

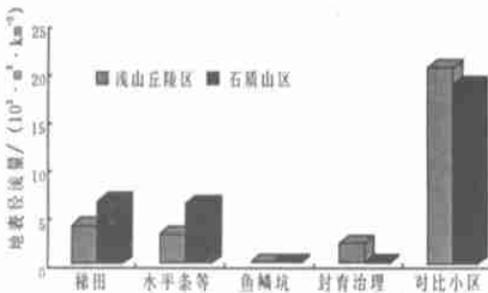


图 9 治理措施种类

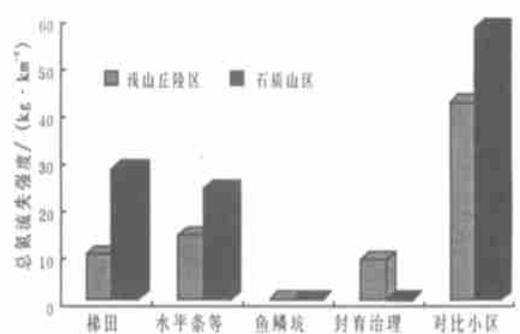


图 12 治理措施种类

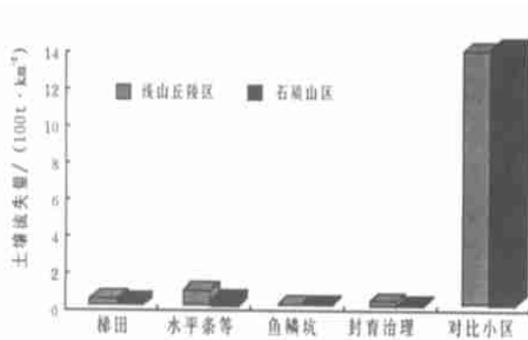


图 10 治理措施种类

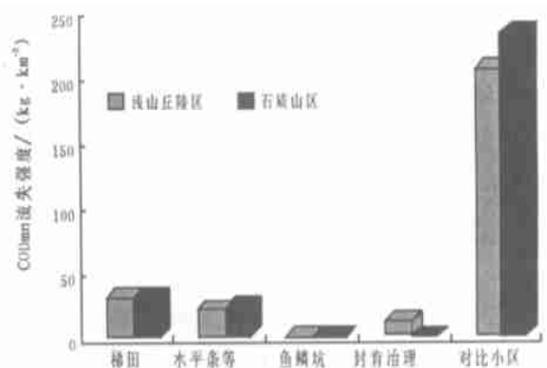


图 13 治理措施种类

## 4 2000 年汛期密云水库上游监测结果

### 4.1 降雨

2000 年汛期, 密云水库上游北京市境内坡地径流场平均降雨量为 250.60 mm。

### 4.2 水土流失及污染物流失

4.2.1 水土流失面积 本监测区总面积 3 897.03 km<sup>2</sup>, 水土流失面积 1 511.30 km<sup>2</sup>, 其中轻度土壤侵蚀面积为 433.35 km<sup>2</sup>, 中度土壤侵蚀面积为 887.69

km<sup>2</sup>, 强度侵蚀面积为 190.26 km<sup>2</sup>。

4.2.2 水土流失量 监测区内共产生地表面径流 1 380.72 万 m<sup>3</sup>, 流失土壤 23.92 万 t。

4.2.3 污染物流失量 监测区共流失总磷 1.96 t, 总氮 57.30 t, COD<sub>Mn</sub> 114.47 t。

### 4.3 水土保持效益

监测区内, 治理面积 113 072.20 hm<sup>2</sup>, 其中梯田 5 941.22 hm<sup>2</sup>, 大水平条、树盘 24 358.01 hm<sup>2</sup>, 鱼鳞坑整地造林 22 649.72 hm<sup>2</sup>, 封育治理 60 123.28 hm<sup>2</sup>。2000 年汛期, 治理措施共保水 1 929.02 万 m<sup>3</sup>, 减少土壤流失 157.91 万 t; 减少流失总磷 6.03 t,

总氮 56.14 t, COD<sub>Mn</sub> 251.24 t。

## 5 结论及今后水土流失监测工作展望

(1) 利用遥感及地理信息系统, 调查统计分析土地利用、植被覆盖度、坡度情况, 进行土壤侵蚀面积监测, 我们认为其方法科学, 手段先进。这种方法改变了以前传统的手拿地图实地进行水土流失调查的做法, 大大缩短了调查时间, 节省人员, 避免了因人为判断失误的误差, 提高了边界划分的精度, 减少了调查的系统误差。同时, 各种资料图形均为矢量图, 图表数据一体, 统一, 直接建立数据库, 减少了人工调查后大量的数据管理和人工绘图的工作量及误差, 使数据管理应用方便快捷。

(2) 该监测系统根据监测区土壤侵蚀面积分布、侵蚀强度大小、坡耕地情况及坡地治理措施的种类及数量, 布设各种类型监测小区, 按类型区进行定位观测, 对每次降雨产生的水土流失量进行动态监测,

进而将实测结果进行分区推算到整个监测区, 能够及时了解监测区水土流失量的变化及治理措施的水土保持效益, 是水土保持工作由定性到定量管理研究的关键所在, 为定量发布水土流失公告提供了技术可行性, 为治理规划设计提供依据。

(3) 该流域的水土流失监测系统为北京市提供了示范样板, 目前, 全市已经利用遥感及地理信息系统完成 2000 年度全市水土流失遥感调查任务, 在全市山区布设了 9 个坡地径流场, 开展了全市山区水土流失监测任务。

(4) 今后将进一步完善全市水土流失监测网络, 总结研究成果, 继续收集数据, 并利用人工降雨设备补充延长数据资料, 研究建立水土流失模型, 以便将有限的土壤侵蚀观测数据推广到其他无数据的条件下, 开展全市水土流失公告工作, 同时利用水土流失模型进行流失量预测研究, 进行水土流失预测。

### 参考文献

- [1] 北京市水土流失监测简报[R] (2000 年汛期北京市境内密云水库上游)。
- [2] 段淑怀, 周玉喜 利用 3S 技术进行北京市土壤侵蚀调查[J] 北京水利, 2000(3)。

(上接第 42 页)

灾保险的财政支持要求, 同时, 在税收、政策方面扶持灾害保险的发展, 推动防治灾害走向社会化, 将减灾纳入各行各业的行动计划, 把减灾责任分解和落到单位和个人。

(8) 发展城市地质灾害学科建设。城市地质灾害不仅包括土地资源学、地貌学、城市环境工程学、结构工程学、生态学、林学、土壤学、大气学、海洋学、资源环境学、系统工程学等, 而且包括社会制度、政策法规、国土开发、城市布局、历史状况、社会治安、公民素质、救灾队伍等社会科学。应充分发挥该学科的优势, 让他们共同献计献策, 从而奠定有关城市地质灾害综合体系的理论基础, 用以指导有关实践活动,

在统一规模原则下, 制定防灾的综合规划, 让防灾减灾系统相辅相成, 构成一个有效而科学的防灾综合体系。

(9) 制定科学的、切实可行的减灾措施, 研究分析清楚城市地质灾害的种类、成因、发展规律、危害程序、成灾区域, 因地制宜, 采用中、长期预报与短期预报相结合, 减灾措施与环境治理相结合, 兴利避害相结合; 综合减灾措施与主攻大灾相结合; 对症下药, 充实研究力量, 把一切可避免的灾害消灭的萌芽状态, 对于可能发生但未发生的灾害, 做好预报工作, 对不易预见的灾害, 则要宣传防护知识, 加强预期综合研究, 防患于未然。

### 参考文献

- [1] 彭珂珊 灾害大百科全书——生态灾害卷[M] 太原: 山西人民出版社, 1996 736~ 844
- [2] 许福贵 现代化进程中我国城市灾害[J] 灾害学, 1997, 12(1): 59~ 63
- [3] 吴必虎 中国城市灾害地学背景研究[J] 灾害学, 1997, 12(1): 28~ 33
- [4] 惠振德 煤矿灾害及防御对策[J] 灾害学, 1995, 10(2): 48~ 51
- [5] 姜立彬 地震灾害经济损失估算方法[J] 自然灾害学报, 1995, 4(4): 27~ 33
- [6] 刘伟常 保持水土, 利国利民[J] 水土保持研究, 1997, 4(1): 2~ 6
- [7] 郝明龙, 我国城市化过程中的水土保持问题[J] 水土保持研究, 1997, 4(1): 16~ 18
- [8] 杨桂山, 海平面上升对中国沿海重要工程设施与城市发展的可能影响[J] 地理学报, 1995, 50(4): 304~ 309