

流域非点源污染的量化识别方法及其 在于桥水库流域的应用^{*}

刘 枫 王华东 刘培桐

(北京师范大学环境科学研究所)

提 要

本文介绍了量化识别非点源污染发生的时空规律的方法及其应用。通过对该方法最终所获取的各因子图和污染物发生模数图进行分析,可以识别出各因子的空间分布规律及其贡献、非点源污染物发生的时间特征和空间差异以及严重发生区等等。本文还尝试将此方法运用于于桥水库流域,研究结果表明:该流域非点源污染的发生时间几乎全部在七、八两个月;流域地貌和植被是制约非点源污染空间差异的两个关键因素,调控植被覆盖的空间分布是非点源污染管理的重要途径;流域内长城沿线的狭长地带是总固体(泥沙)发生的严重区域,流域西部中央区是氮发生的重点区。

关键词 非点源 量化识别 地理信息系统 时空变化 污染物质发生模数

进入80年代以来,一些西方发达国家在点源污染控制达到相当的水平之后,开始把注意力转向非点源污染的控制与管理,并逐步进入实施阶段。目前,非点源污染已成为美国环境保护局的首要议程之一,我国的非点源污染也已开始受到人们的重视。由于非点源污染具有空间上的广泛性和时间上的不确定性,使得非点源污染的控制与管理要比点源污染困难得多。针对非点源污染的时空特性,有必要把有限的控制投资分配到关键的时空控制域上,从而做到以一定的费用获得最大的控制效果,这是非点源污染控制与管理的成败关键之一。因此,建立快速识别非点源污染时空分布特征的定量化方法和程序具有重要的意义。

引滦入津工程是解决天津市城市供水的一项大型输水工程,于桥水库是该工程的一个重要过水水库,其水质对整个输水线路的水质有重要影响。本文以于桥水库流域为背景,力图探讨一种利用现有资料并补以一定的野外工作来实现非点源污染时空规律定量化识别的实用方法,以使其在非点源管理上具有广泛的应用前景。

一、方法介绍

非点源污染系统的各种相互关联过程可以概括为:非点源污染的发生、非点源污染

^{*} 承蒙本所秦伟同志提供绘图软件并给予大力帮助,特此致谢。

物的迁移转化和非点源污染的影响三个过程,这些过程受众多环境要素和人类活动的影响与制约,尤其是非点源污染的发生过程。这就决定了非点源污染具有区别于点源污染的一个显著特征——随机性,它体现在时间和空间上的预先不确定性和不均衡性。因此必须定量地剖析所研究地区非点源污染发生的每个影响因素的贡献并加以综合分析,才能充分认识非点源污染的发生规律,为制订适宜的非点源污染控制与管理规划提供依据。

非点源污染发生的量化识别就是定量地识别特定地区非点源污染诸影响因素的贡献及其分布特征、非点源污染物发生量的时空分布规律,尤其是严重发生区和重点发生期。

(一) 非点源污染量化识别的一般程序

1. 收集研究地区的有关资料,如自然条件方面的地形图、降水数据、植被分布及其覆盖度、土壤分布及其理化特性(机械组成分析、化学物含量等),以及人类活动方面的土地利用、水土流失控制措施及其分布、农业施肥现状与历史和耕作制度等。在分析现有资料的基础上,进行必要的航片和卫片解译以及实地调查。

2. 筛选确定量化因子,如降水侵蚀力、地貌因子、土壤可蚀性、植被覆盖、人工控制措施、土壤表层氮和磷含量、泥沙富集养分因子和输送因子等。

3. 根据分析精度的要求、资料状况和研究地区的面积大小,选择一定的规格,对研究地区进行网格化。

4. 按网格对所选因子进行量化。

5. 建立非点源数据库。输入各个因子在每个网格的量化值,利用绘图软件绘制各因子的分布图。然后根据因子之间的关系,获得非点源污染物发生模数分布图。

6. 分析各单因子分布图和综合图,确定出非点源污染发生的重点时期和严重区域及其主要影响因子。

(二) 因子量化的基本方法

因子量化是非点源污染量化识别的关键步骤之一。

水土流失是非点源污染的一个主要方式。泥沙本身是一种污染物,同时又是其他污染物的载体,泥沙(或总固体)量与其他污染物的发生量有着一定的相关性。因此,通过计算流失的土壤量、原土壤表层养分含量和流失土壤的养分富集比,就可以得到氮和磷等非点源污染物的发生量,如果再考虑输送因子,就可以获得进入最终受纳水体的非点源负荷量。

美国的通用土壤流失方程正是为计算特定条件下的长期平均土壤流失量而设计的,它把许多相互关联的自然和管理参数各自独立地归入六个主要因子^[1]。这就使得我们不仅能够从中获取各个影响因子的综合结果,而且可以分别认识每个影响因子的相对贡献。这种处理因素众多而且相互关联的问题的量化方法很值得借鉴和推广。事实上,美国半个多世纪的研究已经为这些因子提供了大量的资料,世界上许多国家(包括我国在内)逐步开始研究这个方程在本国的具体应用。这些研究和应用的结果表明,通用土壤流失方程是一个预测长期平均土壤流失量的简捷而有效的方法,而且是一个实用的规划工具。因此,在非点源污染发生的量化识别中,引入了这种因子量化方法。

1. 降雨因子 它是表征降雨侵蚀能力的一个重要指标,即

$$R = \sum_i E_i \cdot I_{30}$$

$$E_i = (210 + 89 \lg I_i) \times r_i$$

式中: R 为降雨侵蚀力 ($100 \text{ J} \cdot \text{cm}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$); E_i 为一次降雨过程中第 i 时段降雨量产生的动能 (J/m^2); I_{30} 为一次降雨过程中连续 30 分钟最大降雨强度 (cm/h); i 为一次降雨过程中第 i 时段的降雨强度 (cm/h); r_i 为第 i 时段的降雨量 (cm)。

根据上式计算出年内各次有效降雨事件的指标值,其总和就是一年的降雨因子值,对多年的 R 值进行统计平均,即获得年平均降雨因子。根据多年平均下的各月 R 值占年平均 R 值的百分数,按累积百分数绘制 R 的年内分配曲线,从中可以分析非点源污染发生的年内分布特征。

2. 土壤因子 是用土壤可蚀性来度量土壤受到降雨侵蚀力作用后发生侵蚀的难易。通过小区试验可以确定土壤可蚀性,但是,需时长费用高。Wischmeier 等(1978)编制的土壤可蚀性诺谟图考虑了影响土壤可蚀性的五个主要土壤参数: 粉沙加极细沙百分数、沙百分数、有机质含量、土壤结构和渗透性^[1]。这个方法具有简便易行的特点,已经在美国和其他国家广泛使用。Stewart 等编制了可蚀性因子 K 的一般数值表, K 被认为是土壤质地和有机质含量的函数。因此,根据土壤的机械组成和有机质含量分析等,查算土壤可蚀性诺谟图或 K 的一般数值表,就可以估算土壤因子的数值。

3. 地貌因子 考虑坡地的坡长和坡度的共同效应,按下式计算地貌因子:

$$LS = (L/22.1)^m (65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065)$$

式中: L 为坡长 (m); θ 为坡度角; m 为常数,当坡度 $\geq 5\%$ 、 $3.5-4.5\%$ 、 $1-3\%$ 和 $< 1\%$ 时, m 分别为 0.5、0.4、0.3 和 0.2。

4. 植被因子 它是根据地面植被覆盖状况来反映植被的影响作用。它的数值范围为 0—1。对于自然植被,植被因子 C 值主要与林草覆盖率有关,美国根据大量试验资料确定了一些植被的 C 值(表 1)。

表 1 不同自然植被的 C 值

Tab. 1 C values for some plant cover types with different cover degrees

植被类型 \ 覆盖率 (%)	0	20	40	60	80	100
草地	0.45	0.24	0.15	0.09	0.043	0.011
灌木	0.40	0.22	0.14	0.085	0.040	0.011
乔灌木	0.39	0.20	0.11	0.06	0.027	0.007
林地	0.10	0.08	0.06	0.02	0.004	0.001

对于农作物,首先划分主要的农作物耕作制的生长期,然后计算各生长期内的降雨因子值占全年 R 值的百分数,查算农作物不同生长期的 C_i 值表(表 2),按下式计算全年的植被因子值:

$$C = \sum_{i=1}^5 C_i R_i$$

式中: C_i 为某作物在第 i 个生长期的土壤流失率, R_i 为某作物第 i 生长期的降雨因子值占全年 R 值的百分数。生长期共分五个: F ——粗休闲期; 1——苗床期; 2——成苗

表 2 各种作物不同生长期的 C_i 值Tab. 2 C_i values for some crops during the five crop stage periods

C_i 值 (%) 作物类型	生长期	F	1	2	3	4L	4NL
玉米		0.15	0.40	0.33	0.15	0.22	0.45
小麦		0.30	0.45	0.35	0.08	0.20	0.40
谷类作物		0.30	0.45	0.35	0.08	0.20	0.40
高粱		0.15	0.35	0.28	0.14	0.20	0.45

表 3 不同控制措施的 P 值Tab. 3 Values of control-practice factor, P

土地坡度 %	措施	1.1—2.0	2.1—7.0	7.1—12.0	12.1—18.0	18.1—24.0
等高耕作		0.60	0.50	0.60	0.80	0.90
等高条植		0.30	0.25	0.30	0.40	0.45
隔坡梯田		0.45	0.40	0.46	0.60	0.70

期;3——生长成熟期;4——残茬期,其中4L——留茬时期,4NL——不留茬时期。

5. 人工控制措施因子 反映土壤受到人为各种管理措施的保护性影响的大小。如果土壤没有任何保护措施或进行直行耕作,则此因子 P 值为1。主要控制措施不同坡度下的 P 值见表3。

6. 土壤表层的总氮、总磷或其他污染物含量 在分析研究区内已有的土壤普查实测数据和土壤污染调查结果的基础上,选择一定的典型土壤样点进行采样分析,并考虑氮、磷和其他污染物的可能分布规律,绘制研究区土壤表层总氮、总磷和其他污染物的分布图。

7. 富集因子 土壤侵蚀是一个对颗粒大小的选择性过程,细小的有机质和粘土颗粒易流失,因此,被侵蚀的土壤通常比原表层土壤更富含氮磷和其他污染物,这种富集特性用富集比来表示。据研究^[4],氮和磷的富集比一般在1—4范围内,尤其是在2附近变动。因此,在缺乏具体研究的情况下,通常假定富集比为2。

8. 污染物发生模数 针对长期多年平均状况和不考虑输送过程,本文使用“非点源污染物发生模数”的概念,来表述流域内不同空间上非点源污染物的发生量。总固体(或泥沙)发生模数为降雨、地貌、土壤、植被和人工控制措施五因子的乘积。由于土壤中可溶性氮或磷占总量的比例非常小,可以认为在非点源污染物产生的短暂时间内,氮或磷主要以非溶解态形式存在,因此,把总固体发生模数、土壤表层氮或磷含量和富集比相乘,即可近似获得氮或磷发生模数。

以上是非点源污染发生的各影响因子和污染物发生模数的基本量化方法。在我国,各因子的基础数据还很不足,少数地区有这些因子在本地区的修正方法。因此,立足于我国的有限资料,在类比分析研究区自然和经济条件的前提下,借鉴国外相近条件下的丰富

资料,对于实现各因子的量化是必要的。必须指出,这有可能导致某种系统误差,但是从识别非点源污染发生时空分布的研究目的出发,由于这种误差具有一致性,使得量化识别的结果仍能满足非点源污染控制与管理的精度要求。

二、应用研究

于桥水库流域位于燕山山脉南麓,东经 $117^{\circ}26' - 118^{\circ}13'$,北纬 $39^{\circ}57' - 40^{\circ}23'$ 。流域面积为 2060km^2 ,总人口约 73 万人。在地貌上,该流域是一个典型的盆地,而且地质基础古老,主要是太古界变质岩和震旦系沉积岩。长城呈东北-西南走向沿着丘陵的山脊在流域北部通过。从华北地区来看,流域的水热资源尚属丰富,流域内地带性土壤为褐土和棕壤,以褐土为主;地带性植被为落叶阔叶林,由于人类活动的影响,现存的自然植被多为次生落叶栎林,栽培植物以春玉米和冬小麦为主。

根据于桥水库流域的自然概况,我们对该流域的非点源污染进行如下分析:

(一) 量化识别

根据非点源污染量化识别的一般程序,笔者在分析和调查了于桥水库及其流域具体情况的基础上,选用了如下量化因子:降雨、土壤、植被、地貌、人工控制措施、土壤表层总氮含量及其富集因子;然后在 1:20 万的地形图上按照 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的规格对流域进行了网格化、共划分 2062 个网格;因子量化主要参照了基本量化方法并注意吸收国内的研究成果,在每个网格内进行了一定的均化和近似处理;最后在 IBM 微机上建立非点源数据库,利用绘图软件绘制了各因子图、总固体和总氮的发生模数图。

于桥水库流域属于温带半干旱半湿润大陆性季风气候,符合 Wischmeier 经验公式^[1]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{(1.5 \times \lg \frac{P_i^2}{P} - 0.8188)}$$

式中: P_i 为年内第 i 月多年平均月降雨量(mm); P 为某雨量站多年平均年降雨量(mm)。该公式简便易行,其结果能比较真实地反映客观现实,故本文选择流域内 10 个具有 20 年以上实测资料的雨量站,对具有较好代表性的 20 年降水资料进行统计,按上述公式计算出了各雨量站的年降雨因子 R ,即接官厅 35.6,柴王店 36.5,大河局 37.4,遵化 36.4,卦兰峪 41.7,马兰峪 36.9,水平口 38.1,新立村 40.2,冷咀头 43.8,于桥水库 36.5。

根据流域内主要土壤类型的机械组成分析结果和有机质含量,查算土壤可蚀性诺谟图和 K 的一般数值表来估算土壤因子,并和国内其他地区相似土壤的研究结果进行对比参照,使所估算的数值趋于合理。

流域内山地主要是丘陵,地貌因子的计算采用牟金泽和孟庆枚(1983)的关系式^[2]:

$$LS = 0.067L^{0.2}P^{1.3}$$

此式与基本方法中的关系式十分相似^[2]。

于桥水库流域是以种植温带作物为主的典型农业区。按照前已叙及的基本方法来估算流域内的玉米和小麦两种主要作物在不同耕作制度下的植被因子值(表 4)。从表 4 可以看出,一年二熟冬小麦夏玉米平作的 C 值最大,这是由于流域内降雨侵蚀力主要集中于

表 4 于桥水库流域主要耕作制的C值

Tab. 4 C values for main crop systems in the Yuqiao Reservoir Watershed

耕 作 制	C 值
一年一熟春玉米	0.16
一年二熟冬小麦春玉米套作	0.20
一年二熟冬小麦夏玉米平作	0.35
二年三熟春玉米-冬小麦-套玉米套作型	0.18
二年三熟春玉米-冬小麦-夏玉米平作型	0.25

汛期前段(七月份),而这个时期正值夏玉米的幼苗生长期,地面覆盖度低,保护作用最差,对于套种玉米和春玉米,在这时期分别进入生长发育期和成熟期,因此覆盖度提高,植被因子值减小。

人工控制措施因子的确定主要参考国内外的观测资料,并考虑本流域内控制措施有些不规范或多年失修,在多年情况下有可能丧失部分作用等具体情况。几个主要的人工控制措施的因子值为:水平梯田 0.05—0.10,坡式梯田 0.10—0.5,等高耕作 0.5—0.9,培地埂 0.9—0.95 等。

土壤表层总氮含量主要取自流域内各县土壤普查的数据,并补以若干典型土壤类型的养分分析,同时考虑养分含量的可能分布规律。由于流域内土壤表层总磷含量的数据出现不一致的现象,可靠性较差,故只作定性分析。其他污染物没有构成突出的问题,因此不予考虑。另外,氮的富集比假定为 2。

(二) 结果与讨论

分析各个影响因子的量化数值系列和因子分布图的特点以及各因子的综合效应,就可以认识于桥水库流域非点源污染发生的时空特征。

1. 非点源污染发生的时间特征

降水是非点源污染发生的主要原动力,因此,流域内降水的时间分布决定着非点源污染发生的时间特征。从非点源控制与管理的角度出发,本文主要分析长期平均状况下的

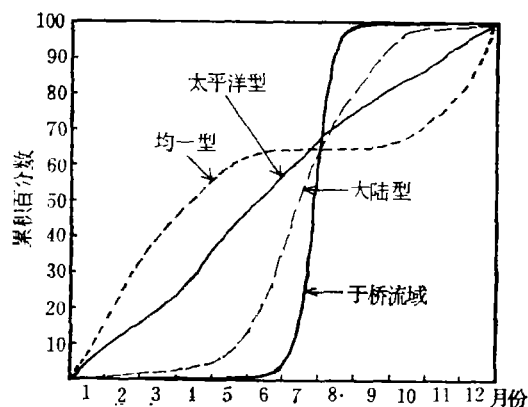


图 1 不同降雨类型的R因子分配曲线

Fig. 1 Factor R distribution curves for different rainfall patterns

年内变化的时间特征。于桥水库流域降雨因子的年内分配极不均匀(图 1), 汛期(6—9 月) R 值占全年 R 值的 99.7%, 其中七、八两月占 95.3%, 而仅七月份就占 60.3%。可见, 本流域非点源污染的发生时间基本上是七、八两个月, 是非点源污染发生的重点时期。

2. 非点源污染发生的空间特征及其影响因素

(1) 降雨因子 按 Thiessen 方法把流域划分成十个多边形, 以各雨量站的 R 值代表该雨量站所在的多边形地区。流域内降雨因子值的空间分布基本上是由北向南减少, 北部山地是降雨因子的高值区。事实上, 北部山地是燕山山脉的迎风坡, 因此, 形成以中部长城沿线为中心的多雨带和暴雨中心。

(2) 地貌因子 流域的地貌因子分布特征可以从图 2 分析获得: 流域西北部(长城以北和上关水库以西)和中道山是流域内地貌因子的高值区, 具有险峻的地势; 次高值区是流域东北部山地; 其次是流域的南部和西南部丘陵区; 盆地中部平原区是流域内地貌因子的低值区。地貌因子的分布差异为非点源污染的发生奠定了空间分异的基础。全流域地貌因子数值系列的标准偏差为 7.6, 变差系数为 1.2, 这表明具有显著的空间差异。高值区和低值区对降雨和径流的侵蚀作用分别起着显著的加强和消弱作用。

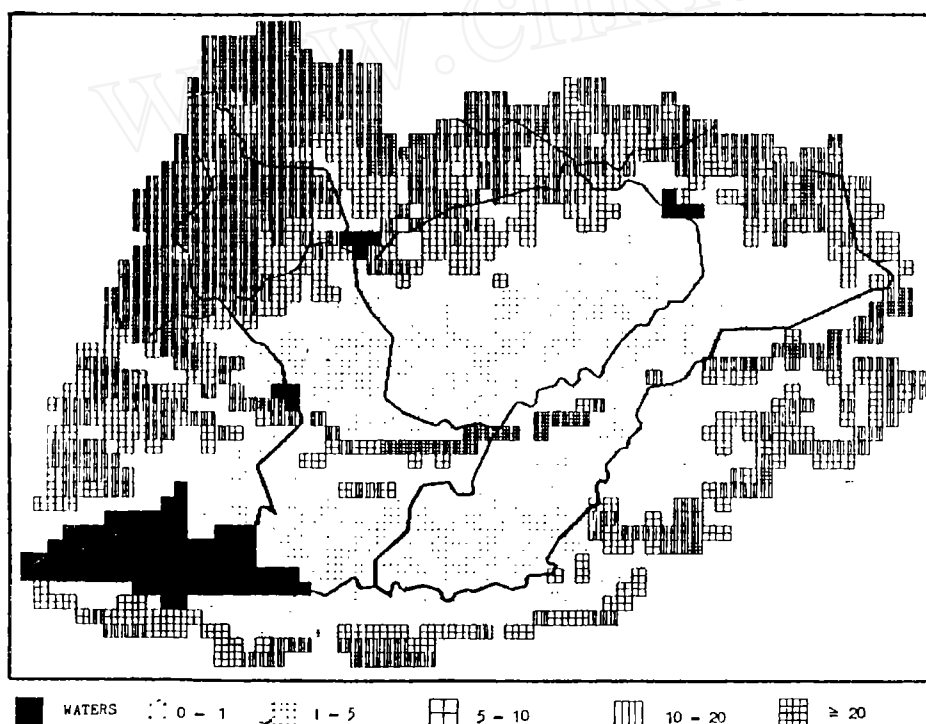


图 2 于桥水库流域地貌因子图

Fig. 2 Topographic factor in the Yuqiao Reservoir Watershed

(3) 土壤因子 从土壤因子图可以看出流域内土壤因子值的分布特征: 流域西北部棕壤区和东部碳酸盐类褐土区为低值区($K = 0.17—0.20$), 具有较高的有机质含量或粘重的质地; 平原区与山前丘陵区 K 值一般在 0.2—0.3 之间; 长城沿线丘陵和于桥水库南北

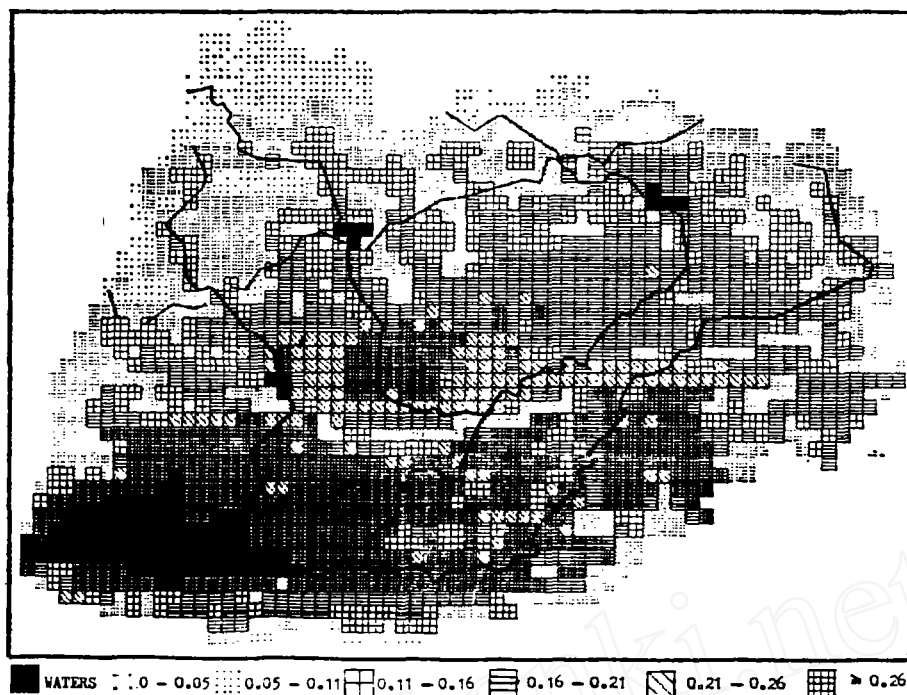


图3 于桥水库流域植被因子图

Fig. 3 Plant cover factor in the Yuqiao Reservoir Watershed

的丘陵为次高值区 ($K = 0.3-0.35$); 高值区片状分布于于桥水库的东北, 具有高含量的易蚀性粉砂和细砂。全流域 K 数值系列的标准偏差(0.072)和变差系数(0.3)表明, 流域内土壤因子的空间差异不显著。

(4) 植被因子 根据流域内主要耕作制 C 值表、自然植被 C 值表和流域植被分布图, 绘出流域植被因子图(图3), 从中可以看出植被因子的分布特征: 南部平原东西长条带区域(水库周围)为流域的植被因子高值区, 广泛实行一年两熟平作的耕作制, 对地面的保护作用最差; 北部平原是次高值区 ($C = 0.2-0.3$), 采用一年两熟套作和二年三熟制; 其次是北部长城沿线丘陵区和南部丘陵前缘, 以果粮间作为主并广泛分布着灌草丛, 作物以一年一熟和二年三熟制为主; 长城以北低山丘陵和南部丘陵主要分布着落叶栎林、经济林和灌草丛以及一年一熟春玉米, 为次低值区 ($C = 0.05-0.15$); 北部深山区和分水岭附近林草覆盖良好, 为低值区。全流域 C 数值系列标准偏差为 0.11, 变差系数为 0.7, 因此, 流域内植被因子的空间差异较大, 北部深山区良好的植被覆盖对非点源污染的发生有较大的抑制作用, 南部平原在汛期前段作物覆盖较差, 是对于桥水库的直接威胁。

(5) 人工控制措施因子 流域的控制因子图表明, 流域内很多地区无控制措施或控制效果甚小, 只在丘陵前缘和沟谷两旁有不同效果的梯田分布。全流域控制因子数值系列的标准偏差为 0.31, 变差系数是 0.40。由此可见, 流域内控制因子差异不显著。

(6) 总固体发生模数 分析流域的总固体发生模数图(图4), 可以得出如下分布特征: 长城沿线东北-西南走向宽 5—10 km 的狭长地带是流域内总固体发生的严重区域

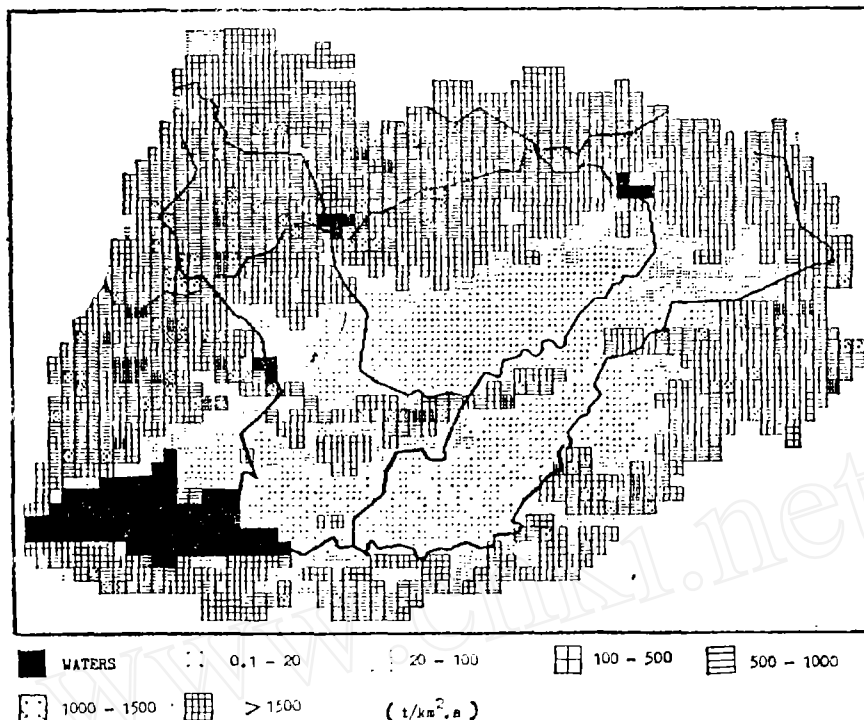


图 4 于桥水库流域总固体发生模数图

Fig. 4 Total Sediment generation module in the Yuqiao Reservoir Watershed

(模数值一般在 $500 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 以上,有些大于 $1000 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$),这个地区具有高侵蚀性降雨的诱发动力 ($R > 40$),人类开发强度大但控制措施效果差,植被覆盖较差,并受到地貌和土壤因子加剧作用,这些因子综合作用导致了这个高发生区;次高值区是水库两岸的丘陵区(发生模数一般大于 $300 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$),是对水库的直接威胁;其次是北部深山区和东部丘陵区(模数多在 $100 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 以上),前者的良好植被起到了显著保护作用;中部平原区是低值区(模数在 $20 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 以下)。全流域总固体发生模数数值系列的标准偏差为 394,变差系数 1.2,由此可见,这个系列离散程变大,流域内空间分布差异十分显著。

(7) 氮发生模数 从流域的氮发生模数图(图 4)可以看出: 流域西部中央区(上关水库-龙门口水库沿线以西)是氮发生模数的高值区(多为 $1000 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$ 以上),其成因主要有耕作粗放,中等以上土壤含氮量和总固体发生模数高值区;其次是上关水库以东的北部山地(模数大于 $500 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$);东部和南部丘陵区的氮发生模数不大($200 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$ 左右);中部平原区是低值区 ($20 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$ 以下)。全流域氮发生模数数值系列的标准偏差 906,变差系数为 1.3,这表明具有显著的空间差异。

从以上各因子和污染物发生模数图的分析,可以得出于桥水库流域非点源污染发生的时空规律如下:

(1) 非点源污染发生的年内分配极不均衡,几乎全部出现在七、八两个月,因此,这个时期是非点源污染控制的重点期,尤其是七月份。

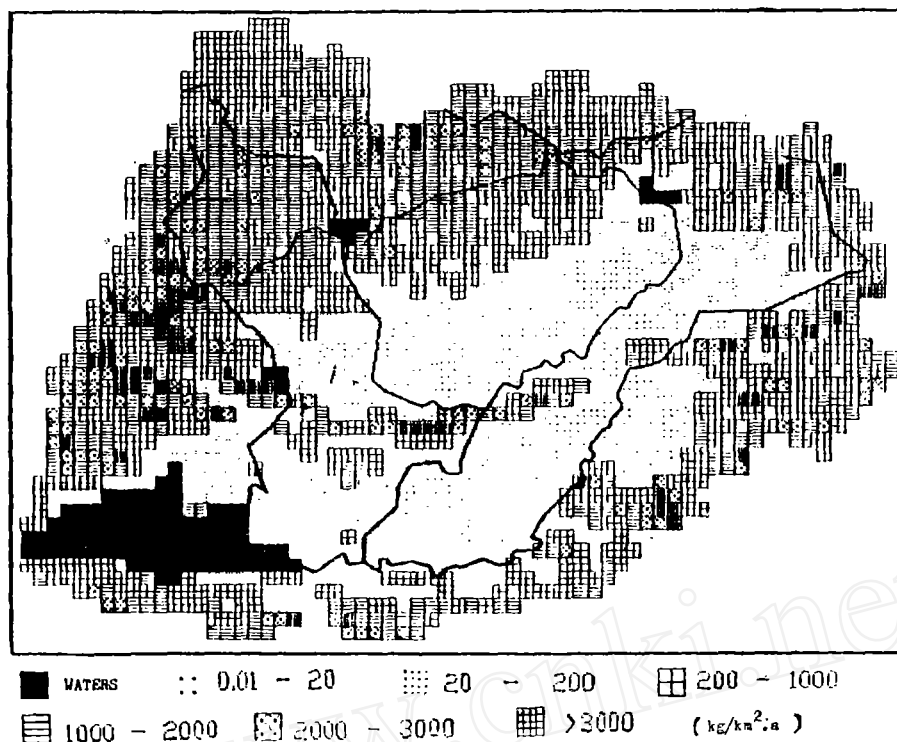


图 5 于桥水库流域氮发生模数图

Fig. 5 Nitrogen generation module in the Yuqiao Reservoir Watershed

(2) 地貌因子和植被因子具有显著的空间差异,是制约非点源污染发生的两个关键因子。因此,调控植被因子,即调整现行的耕作制度和提高山地林草郁闭度等,是控制非点源污染发生的重要途径。

(3) 长城沿线宽 5—10km 的狭长地带是流域内非点源污染物——总固体发生的可能严重区域,流域西部中央区是氮发生的重点区,因此,这两个区成为非点源污染控制的优先区。

三、结 语

本文讨论了量化识别非点源污染发生的一般程序和方法,并尝试着应用于于桥水库流域,其结语如下:

1. 非点源污染的量化识别不仅可以为点源污染控制与管理提供重要依据,如非点源污染发生的时空规律,尤其是重点发生期和发生区,和主要影响因子及其调控的可能影响等,而且具有简捷实用的特点。我国目前水质监测的自动化水平还很低,不宜广泛开展非常困难的非点源污染监测,采用量化识别的方法可以节省人力、经费和时间,同时又可以提供监测所无法提供的信息。

2. 试验定量化方法如美国的通用土壤流失方程,在处理因素众多而且相互关联的问

题的定量化时,把各个因素各自独立地分别考察并加以量化,而且赋以一定的物理意义,从而有可能在获取各影响因素的综合结果的同时,分析每个影响因素的相对贡献。因此,把这种量化方法引入非点源污染发生的量化识别中具有一定的独到之处。我国对这种试验定量化方法的研究还很不足,从而对使用的精度有一定的影响,需要针对性布站设点进行长期观测以取得可贵的基础资料。在目前条件下,可以借鉴国外的丰富资料,虽然有可能导致出现某种系统误差,但是这种偏差具有一致性,仍能满足非点源管理规划的精度要求。在桥水库流域的应用结果证明了这种量化方法是可取的。

3. 把数据库和计算机绘图的新技术应用于处理非点源污染管理这样一个因素众多、数据浩繁的空间性问题,加速了数据的分析、综合和显示,具有广泛的开发和应用前景。

参 考 文 献

- [1] Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, Predicting rainfall erosion losses—A guide to conservation planning, Agriculture Handbook, No. 537, United States Government Printing Office, Washington, D. C. 1978.
- [2] 牟金泽,孟庆枚,中国水土保持,6,23—27,1983。
- [3] 高博文,中国水土保持,3,32—36,1983。
- [4] Haith, D. A. and L. J. Tubbs, J. Environ. Eng. Div., 107 (EE1), 121—137, 1981.

THE QUANTITATIVE IDENTIFICATION OF NONPOINT SOURCE POLLUTION AND ITS APPLICATION IN THE YUQIAO RESERVOIR WATERSHED

Liu Feng Wang Huadong Liu Peitong

(Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University)

Key words Nonpoint source (NPS); Quantitative identification; Geographic information System; Spatial and temporal variation; Pollutant generation module.

Abstract

A quantitative methodology is proposed to identify and prioritize potential NPS pollution areas and periods within a watershed in this paper. Its procedure includes collecting original data and maps, selecting interested factors, converting the study area into a grid system, quantifying the factors, and drawing/overlaying on the microcomputers. More specifically, a Geographic Information System is employed to integrate and map such factors as rainfall, topography, plant cover, soil, control practice and chemical content in the soil. Gridmaps of every factor and pollutant generation module are finally obtained. The spatial and temporal variation of NPS pollutant generation can be identified from the gridmaps and the distribution curve of the rainfall factor. Therefore, potential NPS areas and periods are selected for control emphasis. In addition, a NPS management plan can be designed by altering controllable factors.

The methodology presented was applied to the Yuqiao reservoir watershed, about 90 kilometers east of Beijing. The conclusions are as follows: (1) nonpoint source pollution almost always occurs in July and August. (2) topography and plant cover are two key factors affecting the spatial variation of NPS pollutant generation. Therefore, adjusting the existing tillage systems and implementing afforestation practices will be significant ways to manage nonpoint sources in the area. (3) the narrow belt along the Great Wall and the central part in the western watershed are potential NPS areas for the contributions of total sediment and nitrogen respectively, and the southern plain is a direct threat to the reservoir as a source of phosphorus. These areas were proposed as a priority for nonpoint source management.