

全国水文计算单元空间数据库的建立与应用

任洪玉, 杨勤科, 韩琳, 张晓萍

(中国科学院水利部水土保持研究所 西北农林科技大学 陕西 杨凌 712100)

摘要: 基于水文观测的径流和输沙量数据是区域水土流失定量评价的基础数据。宏观性的研究需要把点状的水文数据转换为所代表面内的信息。利用已经公开刊印的全国水文数据, 通过划分水文计算单元, 水文表格数据与计算单元图的链接, 流域汇流关系确定和径流泥沙的平衡计算, 得到各评价单元的径流量和输沙量数据, 建立了全国单元空间水文数据库, 为以后的空间分析提供了数据基础。最后以 1955 年水文计算为例, 对全国单元水文空间水文计算数据库应用进行了初步分析。

关键词: 水文数据; 水文计算单元; 汇流; 空间数据库; ARC/INFO

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2003)03-0055-05

中图分类号: P333.9

Construction and Application of National Spatial Hydrology Database on A Hydrological Polygons Basis

REN Hong-yu YANG Qin-ke, HAN Lin, ZHANG Xiao-ping

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; Northwestern Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Runoff and sediment data from hydrological stations provide the database for studying regional soil and water loss. Yet up-scaling of these point data is needed to represent the regional area. Based on published hydrological data, runoff and sediment were calculated for evaluating units by dividing the study area into hydrological polygons, combining hydrological data with the hydrological polygons map, setting up the accumulative relationship between subcatchments and validating the runoff and sediment data. A national spatial hydrology database is built to assist spatial analysis. A preliminary application of the database is demonstrated by an example using data from 1955.

Keywords: hydrological data; hydrological polygon; accumulation; spatial database; ARC/INFO

水土流失及其导致的土地退化和泥沙等问题是全球性严重的环境和灾害问题, 中国是世界上水土流失最严重的国家之一。据第二次全国土壤侵蚀遥感调查, 我国水土流失面积 $3.67 \times 10^6 \text{ km}^2$ ^[1]。严重的水土流失已经构成我国社会发展的重要限制因素。为此国家制定了有关计划^[2], 在全国开展大面积水土流失治理。开展全国尺度区域水土流失宏观动态预报研究具有重要生产实践意义和科学研究意义^[3]。土壤侵蚀受到多种因素的影响, 包括气候、土壤、地貌、植被和水土保持措施。区域水土流失定量评价模型的一般形式可以表述为式(1)^[4]。

$$A = f(Q, S, g, v, c) \quad (1)$$

式中: Q ——表示气候水文因子; S ——土壤因子; g ——地貌因子; v ——植被因子; c ——水土保持措施因子。

可见基于水文观测的径流和输沙量数据, 是区域水土流失研究的基础数据之一。土壤侵蚀和水土保持研究领域内, 对于水水泥沙因子的研究主要是在黄土高原和黄河流域进行的^[5-9], 全国尺度的研究还是一个相对比较薄弱的环节。因此, 建立全国水文计算单元空间数据库, 完成点数据向面数据的转换, 将为全国范围的径流泥沙时空变化分析提供数据支持。

1 研究方法

1.1 数据基础

(1) 水文数据。包括基于水文观测的流域径流量、输沙量的部分年平均(1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985)、10 a 平均值(50—80 年代)和水文站定位数据, 即水文站的位置、控制面积等, 上述部分数据系从黄委会刊发的水文站手册得到。

(2) 地图数据。1:100 万中国地形图(等高线), 1:400 万中国地形图(等高线), 1:400 万的中国水系湖泊图、大流域界线图等。

1.2 软件环境

以地理信息系统软件 ARC/INFO, ARCVIEW 为主要软件平台, 另外还利用了数据库软件 VISUAL FOXPRO 和绘图软件 SURFER。其中, ARC/INFO 主要用于图形编辑、空间分析; ARCVIEW 用于图形显示、数据库文件的格式转换; VISUAL FOXPRO 主要用于数据的导入、数据推算。SURFER 用于绘制变间距的等值线图。

1.3 研究方法

水文数据是在点上利用定点观测方式获取的面状数据, 所测得的径流量和泥沙量代表其控制地区所有气候和地面条件综合作用下的总径流和泥沙量。径流量是包含了降水产流、水库蓄积或引水灌溉减少后的净径流量, 泥沙量是侵蚀产沙排除了地面沉积和坝库拦沙以后的净产沙量。

$$H_v = H_r - (H_s + H_i) \quad (2)$$

式中: H_v ——水文测站的测值; H_r ——降水产流(或产沙); $H_s + H_i$ ——水库蓄积/引水灌溉减少的径流或泥沙。

由于我们没有收集到水库拦截径流泥沙和灌溉引水的数据, 所以将 2 式中的后 2 项在下述所有计算中, 均被忽略。

考虑到对于具有多个水文站的区域, 其下游的径流/泥沙是上游逐级汇集下来的。所以如果一个流域包含了具有水文站的次级支流(一个或数个), 则某一支流外所有下游每地段(区域)所产生的径流/泥沙(P_1)等于该流域总径流/泥沙(H_v)减去其上游次一级站(一个或数个)的径流/泥沙(或者之和)

$$\left(\sum_{i=1}^n Q_{u,i} \right)。$$

$$P_1 = H_v - \sum_{i=1}^n Q_{u,i} \quad (3)$$

根据水文地貌学原理, 每个流域(低一级支流)的径流/泥沙必将汇入另外一个流域(更高级), 而且被汇入的流域是惟一的。这样就可以根据众多水文站点实测数据求解每个区域的具体径流/泥沙值, 并用以反映较大流域内的空间差异。

2 径流泥沙数据库建设

2.1 水文观测数据库

国家水文观测部门刊印的水文数据, 通常是用一个二维表格方式来表示的。每一行代表一个水文站,

每一列代表不同时期的径流或者泥沙量等。据此建立的水文、泥沙数据库一般存储在关系型数据库中, 通常用字段表示测量内容, 一条记录反映一个水文站所包含的全部信息。这样构成的数据库能方便地实现由水文站点或水文站编号到数据的查询, 便于水文数据的管理与更新, 但这种常规的数据存储方式没有充分体现水文站的地理信息, 不便于水文资料的图形显示与查询。所以我们根据水文站点基本情况(定位)数据制作了水文站点分布图并以水文站编号为关键字与水文数据库(表 1)链接, 构成一地理关系型数据库。这样, 既保留了关系数据库易于管理更新的优点, 又改善了水文资料的空间显示查询条件, 为以后的空间操作提供了前提条件。表 1 是全国水文站点图文件中的 INFO 文件, 其信息涵盖了常规水文数据库所包含的全部水文资料。图 1 是水文站点图的图形表达方式, 二者在 ARC/INFO 中同属一个文件, 任何一者的变化都会引起另一者相应的变化, 这样就保证了数据文件的统一性。

表 1 全国水文观测数据库中部分数据

| 编号 | 经度 | 纬度 | 控制流域面积/ km^2 | 站名 | 河流 | 多年平均输沙量/ 10^4 t |
|----|--------|-------|-----------------------|-----|-----|---------------------------|
| 1 | 124.82 | 45.17 | 77 400 | 扶余 | 松花江 | 242.41 |
| 2 | 126.58 | 45.77 | 390 526 | 哈尔滨 | 松花江 | 705.03 |
| 3 | 123.68 | 46.77 | 177 253 | 江桥 | 嫩江 | 139.00 |
| 4 | 124.25 | 48.53 | 25 292 | 古城子 | 若敏河 | 27.47 |
| 5 | 122.90 | 45.37 | 27 200 | 洮南 | 洮儿河 | 52.88 |
| 6 | 126.15 | 45.13 | 18 339 | 蔡家沟 | 拉木河 | 95.12 |
| 7 | 126.33 | 46.25 | 27 305 | 兰西 | 呼兰河 | 114.46 |
| 8 | 129.60 | 44.58 | 21 915 | 牡丹江 | 牡丹江 | 60.93 |

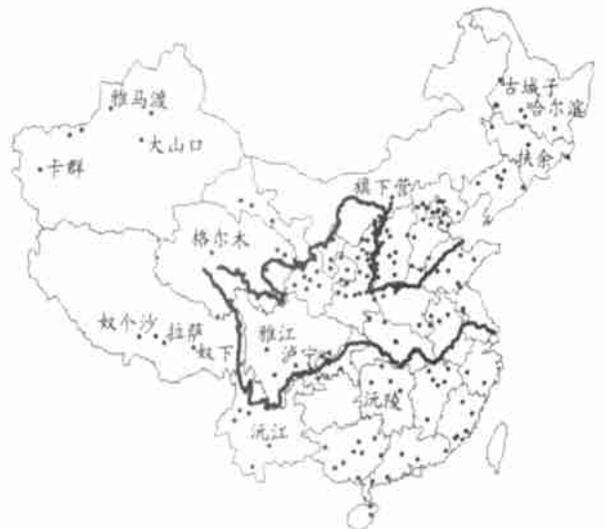


图 1 全国水文站点图

2.2 水文计算单元图编制

单站水文数据代表了该站控制区域平均状况下的径流量和输沙量。水文站所处河流地位不同, 其代表信息也各有差异。有的水文站位于江河上游, 控制面积小, 只反映了很小区域内的水文状况; 大江大河干流下游的水文站, 水文站控制面积很大, 控制了该水文站以上整个流域的面积, 反映的是控制区内整个大流域的水文信息。为此, 在水文表格数据库基础上, 利用图形的形式, 建立水文站(点)数据与控制区(面)关系和流域上下游关系, 是十分必要的。

2.2.1 计算单元图编制 首先利用 1:400 万地形图(等高线)、水系图(包括湖泊图)划分水系流域。首先将全国划分为长江、黄河、珠江、松辽流域、海滦河、淮河等 6 大流域, 以及内流区等共计 8 个类型区。对于每个流域再根据 3~4 级支流划分次级流域。全国被划分为 200 个单元。在此基础上根据水文站点基本定位信息(经纬度)将其点绘在已经划好的流域单元图上。对照两者并对图形做出适当细分, 保证使每个水文站均落入惟一的一个计算单元中。最终得到 231 个水文计算单元, 其中 170 个流域有水文站, 61 个流域没有水文站。

2.2.2 流域汇流关系分析 根据水文地貌学原理, 每个流域(低一级支流)的径流/泥沙必将汇入更高级的另外一个流域, 被汇入的流域是惟一的, 但高级的流域可以接受多个低级流域的径流/泥沙。因此, 要根据众多水文站点实测数据求解每个区域的具体径流/泥沙值, 首先就需要根据流域高程和河流网络的上下游关系建立单元之间来水来沙(径流泥沙汇集)关系, 以计算单元的空间代码为基础, 记录每个计

算单元径流的去向以及汇入径流的来向, 分析的结果记录在计算单元图属性数据库(图 2)中(流向的单元号, 汇入单元数号)。同时借助 GIS 的拓扑分析能力, 记录每个计算单元的面积等。

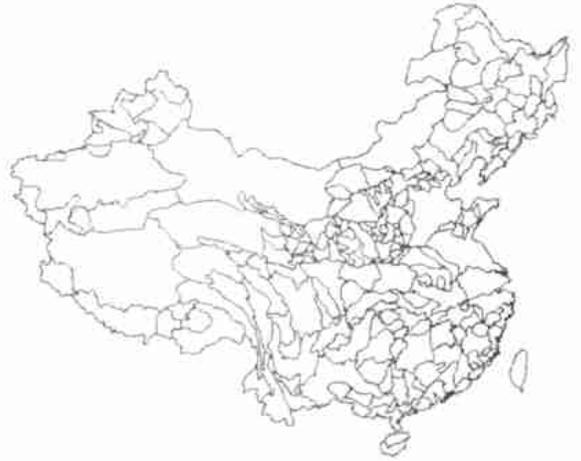


图 2 全国水文计算单元图

2.2.3 水文观测数据库与计算单元图的链接 水文观测数据库与计算单元图的链接, 是指以水文站编号为关键字, 将具有拓扑关系的计算单元图与水文数据库(表格)链接。这种链接将使单元图属性数据库具有水文观测实测数据, 也使水文站数据具有空间属性。

2.3 单元径流泥沙量的计算

水文计算单元图的划分, 使各计算单元有了面状多边形数据, 水文观测数据库和计算单元图的链接, 使各计算单元有了单元内对应水文观测站的水文数据, 这些为下面的单元内径流泥沙量计算提供了原始数据基础(图 3)。



- Hn: 水文站编号;
- Px: 水文站经度;
- Py: 水文站纬度;
- Hs: 水文站控制面积 (km²);
- Hv: 水文站实测数据 (t);
- Tr: 无水文站单元参考单元号;
- Ps: 计算单元面积 (km²);
- Pv: 单元计算值;
- Tp: 流向的单元号;
- Fn: 汇入单元数量;
- Pm: 单元模数值 (Pm = Pv / Ps);
- Pn: 计算单元编号

图 3 单元径流泥沙量计算简图

按照水文计算单元所处的流域地位分类,我们把计算单元分为 3 类:一类是处于源头的单元(图 3 中的 P_2 和 P_3),也就是没有径流泥沙汇入的单元,其单元内水文站所测的径流泥沙量 (H_v) 也就是本单元所产生的径流量和输沙量 (P_v)(我们忽略了单元内的水库拦截径流泥沙和灌溉引水),单元的面积 (P_s) 也就是水文站控制面积 (H_s) 用数学式表示为式(4)。

$$P_v = H_v \quad H_s = P_s \quad (4)$$

第 2 种情况是单元不但自身产生径流泥沙,还接受了上游单元(一个或几个)汇入的径流和泥沙(图 3 中的 P_1)。这种情况下,单元所在水文站的实测数据就既包括本单元(P_1)的产流产沙,同时还包括了上游单元(P_2, P_3)向下汇流的径流和泥沙。同样,水文站的控制面积也就不仅包括本单元的面积,也包括了其上的单元面积(式 5)。这种情况排除水库拦截径流泥沙、泥沙淤积与灌溉引水。我们分别用以下 2 个数学方程式表示这种情况:

$$H_s = P_{s(T_p=-93)} + \sum P_{s(T_p=Hn)}$$

$$H_v = P_{v(T_p=-93)} + \sum P_{v(T_p=Hn)} \quad (5)$$

第 3 种情况是没有水文控制站 (p_4) 的单元。采用地理相似原理估算单元径流或输沙量以进行后续的计算。

上述计算基本原则明确以后,我们就可以根据流域汇流关系和已有的水文观测数据,计算每个水文计

算单元的径流泥沙量及其它相关数据。具体的计算用 VISUAL FOXPRO 编程运算,程序设计思路如图 4。

2.4 水文计算单元空间水文数据库的建立

经过以上 3 个步骤,划分了水文计算单元图,建立了计算单元同水文测站之间的联系,编程运算出了各单元的径流泥沙等水文数据。最后把全国水文计算单元图的图形同计算出的空间属性链接起来,建成了空间型的径流泥沙数据库。建成的数据库分为 2 层:(1) 水文站数据库(点层),与表 1 对应;(2) 水文计算单元数据库(面层),与上图对应(图 4)。

```

1 Count to num (&rem num 为一变量,记录数据库单元数)
2 DO while I < num
3 DO case
4 case Hv = 0
5 Hv =(&rem 由用户输入一值,根据地理相似原理)
6 Pv = Hv
7 case from_p = 0 and Hv > 0
8 Pv = Hv
9 case from_p <> 0
10 pp = p_no
11 vv = sum Hv for (to_p = pp and p_no <> pp)
12 Pv = Hv - vv
13 END CASE (&rem end the loop from line 3)
14 I = I + 1
15 END (&rem end the loop from line 2)

```

图 4 程序计算设计基本思路

表 2 水文计算单元空间数据库(部分)

| P_n | H_n | N_m | P_x | P_y | F_n | T_p | T_r | P_s | H_v | P_v | P_m |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|--------|
| 814 0001 | 0 | | | | 0 | 3 | 8 150 003 | 53 989.646 | 2 591.620 | 2 591.62 | 480.02 |
| 1 010 001 | 0 | | | | 1 010 004 | 1 040 001 | 1 050 001 | 10 046.140 | 1 093.562 | 26.32 | 26.20 |
| 7 060 001 | 113 | 沙里桂兰 | 78.6 | 40.95 | 0 | 7 060 007 | 0 | 9 572.119 | 576.109 | 576.11 | 601.86 |
| 8 010 003 | 0 | | | | 0 | 2 | 8 010 001 | 20 763.199 | 597.300 | 597.30 | 287.67 |
| 8 010 002 | 45 | 南村 | 120.1 | 36.53 | 0 | 8 010 004 | 0 | 4 525.638 | 317.000 | 317.00 | 700.45 |
| 8 020 001 | 78 | 衢县 | 118.9 | 28.98 | 0 | 8 020 002 | 0 | 6 807.712 | 113.109 | 113.11 | 166.15 |
| 5 040 006 | 76 | 梅港 | 116.8 | 28.43 | 0 | 5 040 002 | 0 | 15 625.716 | 204.751 | 204.75 | 131.03 |
| 8 070 001 | 0 | | | | 0 | 2 | 8 080 001 | 37 237.498 | 178.650 | 178.65 | 47.98 |
| 8 050 001 | 82 | 石碇 | 118.5 | 24.98 | 0 | 8 050 004 | 0 | 5 347.897 | 85.100 | 85.10 | 159.13 |
| 6 040 001 | 98 | 常乐 | 109.4 | 21.83 | 0 | 6 040 004 | 0 | 5 156.049 | 107.024 | 107.02 | 207.56 |
| 6 040 003 | 96 | 双捷 | 111.8 | 21.95 | 0 | 6 040 004 | 6 040 001 | 3 833.289 | 62.240 | 62.24 | 162.37 |
| 6 040 002 | 97 | 化州 | 110.6 | 21.65 | 0 | 6 040 004 | 0 | 7 591.984 | 187.804 | 187.80 | 247.37 |

3 水文空间数据库的应用

基于水文观测的径流和输沙量数据,是区域水土流失研究的基础数据之一。从上述数据库中派生出的径流、输沙模数将为区域土壤侵蚀定量评价的径流泥沙的时空动态分析提供基础数据。

3.1 全国径流模数输沙模数图的绘制

根据前面建立的全国水文计算单元空间水文数据库,选择水文计算单元的径流模数、输沙模数及其它有关数据(主要是地理位置数据),利用 SURFER 绘图软件,选择变间距,绘制全国径流模数输沙模数等值线图。

在 SURFER 中完成全国径流模数输沙模数等值线的绘制以后, 把等值线图转成 ARC/INFO 中的矢量数据格式 (COVERAGE)。

与矢量数据结构相比, 栅格数据结构在进行空间

数据的叠置和组合时容易方便, 易于进行各类空间分析^[10]。因此, 为了进一步分析研究与有关数据集成的方便, 把全国输沙模数等值线图转成栅格图是必要的 (图 5)。

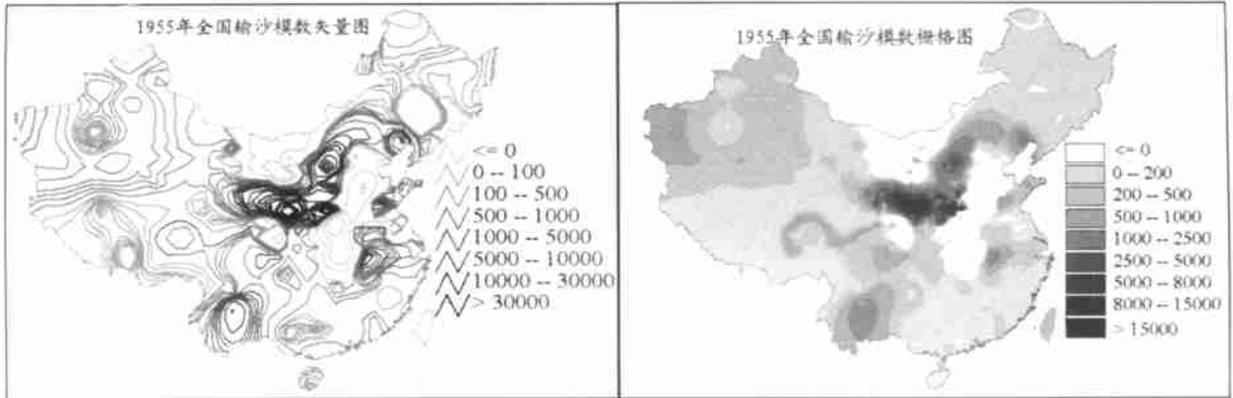


图 5 1955 年全国输沙模数矢量与栅格图

3.2 不同输沙模数强度面积结构和空间分布特征

栅格数据结构利用各种函数, 能方便地进行各种条件选择与统计。借鉴水利部土壤侵蚀强度分级标准, 对 1955 年全国输沙模数图分级统计出不同输沙模数强度等级的面积。统计结果如表 3。虽然流域的土壤侵蚀总量并不完全是流域的输沙量, 但流域输沙量的变化随土壤侵蚀量的变化而变化, 所以如果忽略河流推移质的影响, 输沙模数可以反映水土流失强度。通过对输沙模数强度大小的研究, 就可对全国水土流失状况的变化作一简单分析说明。

表 3 1955 年全国不同输沙模数强度等级面积结构特征统计

| 分类级别 | 强度等级 | 输沙模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$) | 面积 / km^2 | 占总 面积/ $\%$ |
|-------|------|---|----------------|----------------|
| 淤积 | I | ≤ 0 | 963 180 | 10.05 |
| 微度侵蚀 | II | 0~200 | 4 408 743 | 46.02 |
| 微度侵蚀 | III | 200~500 | 2 613 915 | 27.29 |
| 轻度侵蚀 | IV | 500~1 000 | 988 601.5 | 10.32 |
| 轻度侵蚀 | V | 1 000~2 500 | 356 100 | 3.72 |
| 中度侵蚀 | VI | 2 500~5 000 | 115 586 | 1.21 |
| 强度侵蚀 | VII | 5 000~8 000 | 57 915 | 0.60 |
| 极强度侵蚀 | VIII | 8 000~15 000 | 41 279 | 0.43 |
| 剧烈侵蚀 | IX | $> 15 000$ | 33 955 | 0.35 |

表 3 是由栅格数据生成的不同输沙模数的面积统计及其占总面积的比例。从表中可以看出, 全国近 $9.00 \times 10^6 km^2$ 的土地的输沙模数值都在 $1 000 t/(km^2 \cdot a)$ 以下, 超过总面积的 90%, 其中, 有 10% 左右的地区输沙模数小于等于零, 完全属于泥沙淤积区, 说明这些地方不但不侵蚀产生泥沙, 还或多或少淤积了部分泥沙, 这种情况主要发生在各大河的下游或平

原地区。剩下的 $6.00 \times 10^5 km^2$ 左右的土地中, 只有 $1.30 \times 10^5 km^2$ 的土地输沙模数值大于 $5 000 t/(km^2 \cdot a)$, 占总面积的 1.38%。这其中, 输沙模数值大于 $15 000 t/(km^2 \cdot a)$ 是我们划分的最大的输沙强度等级, 该等级面积达到 $3.40 \times 10^4 km^2$, 占到全国总面积的 0.35%, 结合图 5 中的全国输沙模数栅格图可以看出, 这部分土地主要分布在西北黄土高原, 输沙模数的这种区域分布与黄土高原是我国土壤侵蚀最严重的地区, 而其它地区水土流失相对轻微的侵蚀现状是一致的。

4 结 语

为了进行区域水土流失评价, 我们采集全国 222 个水文站点的年径流、泥沙水文数据, 将全国划分为 231 个水文计算单元, 通过流域之间汇流关系分析, 计算出各水文计算单元的径流泥沙值, 在 SURFER 和 ARC/INFO 环境下实现了水文数据从点到等值线, 由等值线到趋势面的转换, 在此基础上建立了全国水文计算单元空间水文数据库, 为进一步的径流泥沙时空动态变化分析提供基本数据支持。最后以 1955 年为例, 将输沙模数划分为 9 个强度等级, 分析了 1955 年全国输沙空间分布特征。

王万忠, 焦菊英老师提供了部分数据, 特此致谢。

[参 考 文 献]

[1] 水利部. 第二次全国土壤侵蚀遥感调查公告 [J]. 2002.
 [2] 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发白皮书 [J]. 1994 年 3 月 25 日国务院第 16 次常务会议讨论通过, 1995 年 5 月.

“文革”十年人们在改造自然, 征服自然; 1978 年以来则出现了破坏自然的情况。在人与自然的关系出现不和谐的这 2 个阶段中, 前者人们是以自然界主宰者的身份出现, 具有“人定胜天”的理念, 也许出于良好

的动机, 但却自觉地造成了自然生态环境的恶化; 后者则是人们为了发展经济, 漠视自然界, 不自觉地造成各种环境污染, 破坏了生态环境, 物质生活水平的提高伴随着环境生活质量的下降。

表 2 鲁村环境状况统计

| 年份 | 人口 | 户数 | 耕地/ hm^2 | 建筑面积 / hm^2 | 楼房数 | 产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) | | 井水深度/ m | |
|------|-----|-----|-------------------|-------------------------|-----|--|--------|---------|-----|
| | | | | | | 小麦 | 玉米 | 饮水井 | 灌溉井 |
| 1966 | 550 | 103 | 23 100 | 525 | | 10.00 | 13.33 | 7 | 20 |
| 1976 | 620 | 142 | 21 450 | 2 100 | | 20.00 | 23.33 | 10 | 40 |
| 2002 | 829 | 201 | 18 900 | 2 475 | 30 | 33.33 | 500.00 | 15 | 50 |

(3) 政府行为一定要进行科学论证。毋庸置疑, 在户县秦岭山前冲积平原地区生态环境恶化的过程中, 政府行为扮演了重要的角色。政府的决策失误调动起来的力量, 对自然界的改造往往造成灾难性的后果。自觉或不自觉地破坏以致毁灭生态环境比恢复或重建生态环境要容易得多。政府在领导人民发展经济, 提高文化生活水平的时候, 在处理与自然界关系的时候, 一定要切记, 人首先是一种自然物, 是自然界演化的产物, 对于惠予人类的自然界, 只能珍视它, 认识它, 与其和谐相处, 共生共荣, 而不能破坏它, 甚至毁灭它。发展经济不能以牺牲生态环境作为代价。政府的决策一定要进行审慎地、科学地生态论证, 不能凭借个人好恶或情绪冲动动辄实施某项工程, 对自然界动大手术, 意想造福一方, 扬名万世, 却可能成为千古罪人。

(4) 民众的生态环境意识必须加强。为了提高生活水平, 事实上未进行环境质量评价的乡镇或个体

企业仍在发展或新建, 人们追求宽敞的居室以牺牲耕地为代价, 楼房代替了土房, 水泥地面遍及院落, 树木成为可有可无。对于鸟类的骤减, 狼、狐、蛇、蛙的消失熟视无睹。人们在不知不觉中使自己处于非常不利的境地。应该清醒地认识到环境造化了人类, 人类位于自然界生物链的特定环节上, 如果一意地漠视自然、破坏自然, 就意味着破坏人类自身的生存环境, 这无异于毁灭人类自己。提高生态环境质量, 就是提高生活质量。保持良好的生态环境, 是每个公民应尽的职责。

[参 考 文 献]

- [1] 韩景卫, 郭俊理. 1949 年前户县秦岭山前冲积平原地区人地关系研究 [J]. 宝鸡文理学院学报, 2003, 1.
- [2] 户县农业资源调查和区划报告集 [Z]. 户县农业区划委员会办公室, 1983.
- [3] 史念海. 河山集 [M]. 香港: 生活·读书·新知三联书店出版, 1978. 37—38.
- [4] 杨勤科, 李锐, 王占礼, 等. 中国水土流失宏观动评价与趋势预测报研究 [M]. 见: 区域水土流失快速调查与管理信息系统研究. 郑州: 黄河水利出版社, 2000. 14—18.
- [5] Yang Qinke, Li Rui, Zhang Xiaoping, Hu Liangjun. Regional Evaluation of Soil Erosion by Water: A case Study in the Loess Plateau of China [Q]. In Proc. 12th ISCO Conference. Tsinghua University Press, 2002, 4: 143—149.
- [6] 焦菊英, 王万忠, 郝小品. 黄土高原侵蚀产沙的年度变化特征 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(2): 80—84.
- [7] 王万忠, 焦菊英. 黄土高原侵蚀产沙强度的时空变化特征 [J]. 地理学报, 2002, 57(2): 210—216.
- [8] 冉大川, 柳林旺, 赵力仪, 等. 黄河中游河口镇至龙门区间水土保持与泥沙变化 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2000. 19—30.
- [9] 陈先德. 黄河水文 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996. 71—88.
- [10] 赵文林. 黄河泥沙 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996. 35—55.
- [11] 龚健雅. 地理信息系统基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 92—98.

刊误: 本刊 2003 年第 2 期专家介绍栏目中“走访了 50 余个家庭”应为“走访了 50 个国家”。特此更正, 并向广大读者致谦。 《水土保持通报》编辑部