

方便水库流域水土流失状况监测分析

包宝华¹ 郭红丽¹ 陈星辰² 陈 斌³ 朱永军¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008; 2. 徐州工程学院机电学院, 江苏 徐州 221008;
3. 江苏省三河闸管理处, 江苏 洪泽 223100)

摘要 根据水利部对小流域水土流失进行综合治理和做好水土保持工作的要求, 在分析方便水库地形地貌与水文特性的基础上, 对方便水库流域水土流失状况进行监测和分析, 建立了输沙率与流量之间的关系, 为方便水库流域水土流失提供了一种较为简单的计(估)算方法。

关键词 流域水土流失; 输沙率; 流量; 方便水库

中图分类号: TV697.2+2

文献标识码: B

文章编号: 1006-764X(2007)S2-0138-04

方便水库为江苏省溧水县的主要供水水源, 流域面积约 70 km², 是国家规定的对小流域水土流失情况监测分析, 以便做好水土保持和生态保护工作的试点流域。为此笔者利用 5 年时间对方便水库流域水土流失问题进行了监测, 限于篇幅主要对资料最为全面的 2005 年的监测情况及资料进行探讨。

1 方便水库的地形地貌与水文特性

1.1 基本情况

方便水库流域四周为低山丘陵区, 以东庐山为主体, 以及狮子山、浮山、禁山、尖山等小型山体组成, 主峰东庐山海拔 273 m。东庐山与浮山之间丘陵地带分布着第四纪残积、洪积、冲击土。丘陵覆盖着赭红色黏土, 河谷地依层次由表而下分布, 上为灰黄色, 下为灰白色, 重粉质黏土在水下易崩解, 承载力小。河谷发育于第四纪, 地层中沉积泥沙和淤泥。山坡上主要长着小树、杂草, 山坡地开垦较为广泛, 植被覆盖程度低, 每逢较强降水, 冲刷剧烈, 水土流失较为严重。

库区属北亚热带季风气候区, 气候温暖湿润, 降雨量较丰沛, 多年平均降水量 1 098.1 mm, 降雨多集中在汛期。洪涝灾害主要是受梅雨、台风雨影响, 梅雨通常发生在 6~7 月, 其特点是总量大, 历时长, 范围广; 台风雨多发生在 8~9 月, 其特点是雨强大, 历时短, 降雨范围相对较小。

1.2 2005 年雨水情特点

a. 降雨量少。2005 年溧水县全年降雨量

989.6 mm(天生桥闸水文站), 与多年平均降雨量 1 098.1 mm 相比偏少 9.9%。总体上, 全年降水量偏少, 且集中在 7、8 两月。2005 年 6 月 26 日入梅, 6 月 29 日出梅, 天生桥闸水文站梅雨量仅为 60.7 mm, 为多年平均梅雨量 243.6 mm 的 24.9%。纵观全年降水量资料, 日雨量不大, 全年日降水量超过 50.0 mm 的有 2 次(7 月 5 日 64.9 mm, 7 月 28 日 57.8 mm), 全年除 7 月和 8 月降水量接近正常值外, 其余月份降水量偏少, 均不足 100 mm。2005 年方便水库最高水位 23.89 m(1 月 1 日 8 时), 低于汛期控制水位(26.20 m) 2.31 m, 最低水位出现在 7 月 5 日 8 时, 为 22.55 m。

b. 时空分布不均。根据 3 个监测断面所处位置的不同, 青龙桥采用方便水库雨量资料, 浮山桥、陈家棚子采用姜家的雨量资料。从方便水库周围的 2 个雨量站(姜家、方便水库)2005 年全年的降水量资料来看, 总降水量分别为 792.0 mm 和 805.9 mm; 汛期降水量分别为 458.0 mm 和 504.1 mm, 分别占总降水量的 57.83% 和 62.55%; 其中 7 月份降水量最大(姜家站 145.0 mm, 方便水库站 144.1 mm)。

c. 雨强小。2005 年方便水库汇水区域日降水量超过 50.0 mm 的天数均有 1 天(姜家站: 8 月 6 日 58.0 mm; 方便水库站: 8 月 6 日 53.0 mm), 最大 1 日降水量为 58.0 mm(姜家站 8 月 6 日)。梅雨期仅有 3 天, 天生桥闸站梅雨量为 60.7 mm, 仅为多年平均梅雨量 243.6 mm 的 24.9%。天生桥闸站最大 3 日降水量为 84.3 mm, 方便水库站最大 3 日降水量为 71.7 mm, 姜家站最大 3 日降水量为 76.0 mm。根据

溧水县天生桥闸水文站自记降水量资料分析 ,2005 年最大 24h 降水量为 83.6mm ,该站建站以来的最大值为 245.8 mm ,发生在 2002 年 6 月 10 日。

d. 水情特性。由于受 2005 年 7 月 5 日、6 日和 7 月 9~11 日降雨过程的影响 ,方便水库水位从 7 月 5 日 8 时 22.55m 的全年最低水位涨至 22.70m ,之后一路回落到 22.56 m(8 月 5 日) ,之后 3 个月变幅均不大 ,11 月 4 日受降雨影响有 0.17 m 的涨幅 ,全年没有开闸放水。

2 流域水土流失的监测

2.1 监测断面的布设

按 GB50159—92《河流悬移质泥沙测验规范》要求 ,经实地勘察 ,以控制主要入库水量、沙量为原则 ,为此将主监测断面设在方便水库东南方向的青龙河 (汇水面积为 39.55 km²)青龙桥处。在司家瓦河设浮山桥、陈家棚子 2 个对比监测断面(汇水面积为 8.9 km²) ,监测入库水量、沙量 ,同时对浮山桥、陈家棚子两个断面水量、沙量作对比分析。方便水库泥沙监测站点位置见图 1。青龙河青龙桥断面宽 25 m ,设 3 条垂线 ,桥下河床稳定 ,适于测流和采取沙样 ;司家瓦河上游浮山桥 断面宽 5.9 m ,设 3 条测流、测沙垂线 ;下游陈家棚子断面宽 6.0 m ,设 2 条测流、测沙垂线。

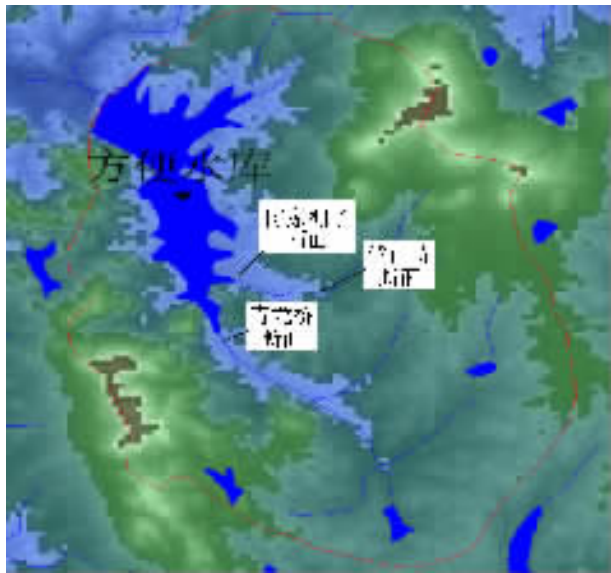


图 1 方便水库遥感地图

2.2 监测方法及监测结果

a. 监测方法。根据工作安排 ,测沙工作从 2005 年初开始在 3 个断面同时进行监测。按照 GB50159—92 要求 ,在 3 个断面分别布设测速垂线和采样点。采用流速仪法测流 ,视水深情况采用一点法或两点法测流 ,沙样均在测速垂线位置用瓶式采样器积深法采取 ,3 个断面共施测流量 (测沙) 65 次。

b. 实测成果。泥沙测量成果见表 1~3。

表 1 陈家棚子断面泥沙测量成果

序号	时间	断面		序号	时间	断面	
		流量/ (m ³ · s ⁻¹)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)			流量/ (m ³ · s ⁻¹)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)
1	04-30T17 :15	0.000	0.000	9	07-12T16 :15	0.000	0.000
2	04-30T19 :35	0.000	0.000	10	08-07T16 :50	1.360	0.121
3	05-01T17 :30	0.000	0.000	11	08-07T18 :10	0.980	0.075
4	05-01T18 :35	0.000	0.000	12	08-08T17 :20	0.553	0.390
5	05-02T17 :25	0.000	0.000	13	08-08T12 :40	0.364	0.023
6	07-11T17 :5	0.000	0.000	14	08-08T18 :20	0.323	0.021
7	07-11T12 :40	0.890	0.169	15	08-09T17 :20	0.000	0.000
8	07-11T18 :30	0.780	0.072				

表 2 浮山桥断面泥沙测量成果

序号	时间	断面		序号	时间	断面	
		流量/ (m ³ · s ⁻¹)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)			流量/ (m ³ · s ⁻¹)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)
1	04-30T18 :25	0.026	0.003	11	05-05T11 :45	0.005	0.000
2	04-30T13 :15	0.014	0.002	12	05-05T17 :15	0.014	0.003
3	04-30T17 :35	0.006	0.001	13	05-06T06 :15	0.066	0.014
4	05-01T06 :25	0.014	0.002	14	07-11T07 :20	0.881	0.305
5	05-01T09 :35	0.016	0.001	15	07-11T09 :30	1.000	0.555
6	05-01T18 :10	0.219	0.068	16	07-11T13 :20	0.704	0.388
7	05-02T06 :15	0.005	0.000	17	07-11T17 :30	0.382	0.039
8	05-02T09 :15	0.000	0.000	18	08-07T05 :40	0.772	0.199
9	05-02T15 :40	0.118	0.080	19	11-05T09 :40	0.188	0.019
10	05-05T06 :10	0.199	0.045	20	11-05T14 :50	0.233	0.021

表 3 青龙桥断面泥沙测量成果

序号	时间	断面		序号	时间	断面	
		流量/ (m ³ · s ⁻²)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)			流量/ (m ³ · s ⁻²)	输沙率/ (kg · s ⁻¹)
1	04-30T06 :45	0.000	0.000	16	07-11T11 :55	2.660	0.344
2	04-30T18 :45	0.000	0.000	17	07-12T07 :20	1.160	0.138
3	05-01T06 :45	0.470	0.338	18	07-12T11 :40	1.000	0.076
4	05-01T11 :15	1.130	0.180	19	07-12T18 :40	0.852	0.083
5	05-01T19 :15	1.050	0.526	20	08-07T06 :10	2.760	0.386
6	05-02T06 :15	0.781	0.107	21	08-07T12 :20	2.250	0.204
7	05-02T12 :25	0.720	0.080	22	08-07T19 :50	2.050	0.263
8	05-02T18 :35	0.430	0.144	23	08-08T06 :10	1.340	0.386
9	05-03T06 :30	0.300	0.044	24	08-08T11 :30	1.150	0.116
10	05-03T17 :45	0.260	0.035	25	08-08T19 :10	1.090	0.246
11	05-04T06 :45	0.869	0.095	26	08-09T06 :30	0.585	0.148
12	05-04T11 :40	1.160	0.139	27	08-09T18 :50	0.524	0.035
13	05-05T07 :35	0.206	0.027	28	11-06T07 :20	1.040	0.086
14	05-06T06 :45	0.000	0.000	29	11-06T11 :30	1.000	0.121
15	07-11T06 :15	0.000	0.000	30	11-06T17 :25	0.558	0.055

c. 年统计。青龙桥断面全年共测流 (测沙) 30 次 ,测得过水量 83.60 万 m³ ,输沙量 139 t。浮山桥断面全年共测流 (测沙) 20 次 ,过水量 10.92 万 m³ ,输沙量 33.9 t。陈家棚子断面全年共测流 (测沙) 15 次 ,过水量 16.61 万 m³ ,输沙量 27.6 t。按照两条河流入库水量占水库总入库水量的比率为 70% 计算 ,2005 年方便水库总入库水量为 143.2 万 m³ ,总入库沙量约为 238 t。由总输沙量和流域控制面积推算出 2005 年方便水库整个水系的侵蚀模数为 3.09 t/km² ,

其中青龙河的侵蚀模数为 3.61 t/km²,司家瓦河的侵蚀模数为 3.58 t/km²,从侵蚀模数来看司家瓦河的水土流失与青龙河基本相同。

3 泥沙监测成果的主要计算方法

3.1 沙样处理方法

沙样由技术人员在江苏省水环境监测中心化验室进行分析,按照规范要求,利用焙干法处理,经沉淀、浓缩后倒入烘杯烘干、冷却,然后称重、计算,得出垂线平均含沙量。

经对水样处理后计算实测含沙量公式为

$$\rho = \frac{W_s}{V} \times 1000 \tag{1}$$

式中: ρ 为实测含沙量,kg/m³; W_s 为水样中干沙重,g; V 为水样容积,cm³。

3.2 总输沙量(流域总侵蚀量)的计算

断面输沙率采用式(2)计算:

$$Q_s = \left(\rho_{m1} q_0 + \frac{\rho_{m1} + \rho_{m2}}{2} q_1 + \frac{\rho_{m2} + \rho_{m3}}{2} q_2 + \dots + \frac{\rho_{mn-1} + \rho_{mn}}{2} q_{n-1} + \rho_{mn} q_n \right) / 1000 \tag{2}$$

式中: Q_s 为断面输沙率,t/s; ρ_{m1} ρ_{m2} $\dots$ ρ_{mn} 为各取样垂线的垂线平均含沙量,kg/m³; q_0 q_1 $\dots$ q_n 为以取样垂线分界的部分流量,m³/s。

入库总水量、总输沙量(流域总侵蚀量)采用实测过程线面积包围法计算。

4 资料分析

4.1 流域水流沙关系分析

根据实测水流沙过程资料,点绘青龙桥断面日水量-沙量-雨量过程线对比图(图2);点绘青龙桥断面日流量-输沙率实测点数据过程线对比图(图3)。由图2可见,2005年青龙桥站最大日雨量值为53.0mm,出现在8月6日,对应的日水量为32.39万m³,日输沙量为51.5t,该时段内水量、沙量有明显的涨落过程,洪峰、沙峰基本同步,水量、沙量的峰值明显与降雨量及强度有关。当降雨强度越大时,断面过水量越大,输沙量也大;当降雨强度减小时,断面

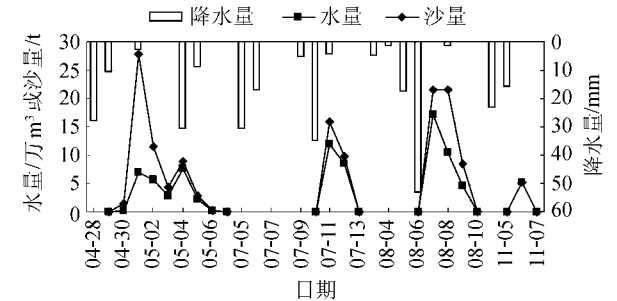


图2 青龙桥水量-沙量-雨量过程线对比

过水量减小,输沙量明显减少。其主要原因就是受降雨强度的影响显著。

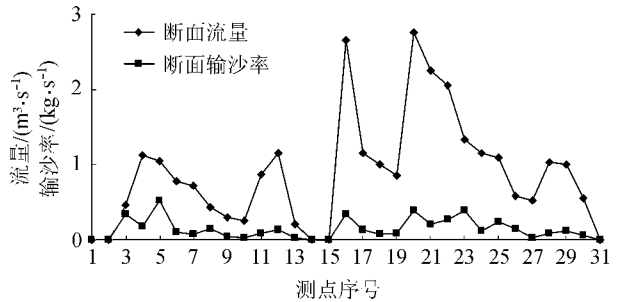


图3 青龙桥断面流量-输沙率过程线对比

从图3看出,输沙率与流量过程线变化趋势基本一致,过程线中7月11日、8月7日受强降雨影响,流量变化快,其余相对比较平稳。

4.2 入库水流沙量分析

根据实测资料,对各站的水流沙特征值进行统计,结果见表4。

表4 方便水库2005年实测水流沙特征值

站名	最大流量 $Q_{max}/$ (m ³ ·s ⁻¹)	最大含沙量 $S_{max}/$ (kg·m ⁻³)	最大输沙率 $Q_{Smax}/$ (kg·m ⁻¹)	出现日期
浮山桥	1.00	0.793 (5月1日)	0.555	7月11日
陈家棚子	1.36	0.568	0.390 (8月8日)	8月7日
青龙桥	2.76 (8月7日)	0.903	0.526	5月1日

从表4中可看出,司家瓦河的洪峰流量不是很大,但其洪水含沙量相对较大,这与司家瓦河附近的丘陵地区植被覆盖差、开垦情况严重、水土流失大的实际情况是相符合的,青龙河的洪峰流量较大,但输沙率却不大,这并不意味着该条水系水土流失情况较好,其主要原因是青龙河上游有大面积的河漫滩,使汇流速度降低,于是泥沙就沉降在河床和漫滩上。

4.3 流域水土流失与水力因素关系

流域由降雨产生的侵蚀,造成了流域的水土流失和生态破坏,甚至会造成地质灾害,同时使泥沙经坡面汇流进入河道后,由水流挟带进入水库产生淤积,因此分析研究方便水库流域的泥沙问题对本流域和其他水系都有着重要意义。流域的水土流失问题,包括下垫面的影响,产汇流过程的研究都十分复杂,工作面广量大,以流域为研究对象,通过降雨-径流-入库泥沙,即流域水文要素的输入输出关系,就可探求出一种较为简单的定量计算方法。根据河道实测的水量、输沙量资料进行入库泥沙计算,将河道的泥沙输送量与水力条件进行相关分析,建立了断面输沙率与断面流量之间的关系,取得了较为满意的结果,见图4和图5。

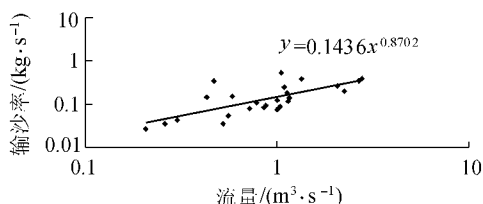


图4 青龙桥断面输沙率与流量关系

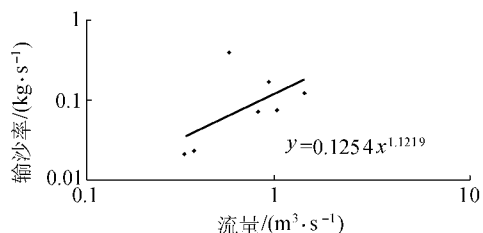


图5 陈家棚子断面输沙率与流量关系

断面的输沙率与流量之间关系可用式(3)和式

(4)表示:

$$\text{青龙桥断面} \quad Q_s = 0.1436Q^{0.8702} \quad (3)$$

$$\text{陈家棚子断面} \quad Q_s = 0.1254Q^{1.1219} \quad (4)$$

(上接第72页)

参考文献:

- [1] 曲格平. 关注中国生态安全[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [2] 毛小琴, 倪晋仁. 生态风险评价研究述评[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 646-654.
- [3] 李国旗, 安树青, 陈兴龙, 等. 生态风险研究述评[J]. 生态学杂志, 1999, 18(4): 57-64.
- [4] 程建龙, 陆兆华, 范英宏. 露天煤矿区生态风险评价方法[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2945-2950.
- [5] 孟东平, 张金屯. 山西省能源重工业复合生态带生态风险评价[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1480-1484.
- [6] 殷浩文. 生态风险评价[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2001.
- [7] HARVEY T, MAHAFFEY K R, VELAZQUEZ S, et al. Holistic risk assessment: an emerging process for environmental decisions[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 1995, 22(2): 110-117.
- [8] Peter Calow. Ecological risk assessment: risk for what? How do we decide?[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1998, 40(1): 15-18.
- [9] RAPANT S, KORDIK J. An environmental risk assessment map of the Slovak Republic: application of data from geochemical atlases[J]. Environmental Geology, 2003, 44(4): 400-407.
- [10] 殷晋铎, 么俊东, 薛恩树, 等. 大沽排污河沉积物重金属和砷污染及生态风险性研究[J]. 环境工程, 2004, 22(1): 70-72.
- [11] 何孟常, 王子健, 汤鸿霄. 乐安江沉积物重金属污染及生态风险性评价[J]. 环境科学, 1999, 20(1): 7-10.

式中: Q 为实测流量 m^3/s ; Q_s 为实测输沙率 kg/s 。

由式(3)和式(4)看出, 方便水库河道泥沙输送与流量有较好的相关关系, 流域主河道输沙率与流量的幂次方大于1, 这说明随着流量的变化, 输沙率的变化更为明显, 当流量较大时, 输沙率的增加更快, 输沙的集中程度比水量的集中更为明显, 可见大降雨形成的大洪水输沙量是惊人的, 对流域的溅蚀是巨大的。

5 结 语

以上图表分析及流量与输沙量关系的建立, 为方便水库流域水土流失提供了一种较为简单的计算(估算)方法, 为流域水土保持积累了重要的第一手资料, 同时也为水库泥沙淤积问题的处理积累了数据, 在我国下垫面相同的流域和库区还可根据具体情况进行分析 and 推广应用。

(收稿日期 2006-10-11 编辑 熊水斌)

- [12] 李朝生, 王新伟, 何江, 等. 河流沉积物重金属潜在生态风险及其空间分异[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 308-311.
- [13] 胡宁静, 李泽琴, 黄朋, 等. 江西贵溪冶炼厂重金属环境污染特征及生态风险评价[J]. 地球科学进展, 2004, 19(增刊): 467-471.
- [14] 孙叶芳, 谢正苗, 徐建明, 等. TCLP法评价矿区土壤重金属的生态环境风险[J]. 环境科学, 2005, 26(3): 152-156.
- [15] 周启星, 王如松. 乡村城镇化水污染的生态风险及背景警戒值的研究[J]. 应用生态学报, 1997, 8(3): 309-313.
- [16] 周启星, 王如松. 城镇化过程生态风险评价案例研究[J]. 生态学报, 1998, 18(4): 337-342.
- [17] 李自珍, 何俊红. 生态风险评价与风险决策模型及应用: 以河西走廊荒漠绿洲开发为例[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 1999, 35(3): 149-156.
- [18] 曾辉, 刘国军. 基于景观结构的区域生态风险分析[J]. 中国环境科学, 1999, 19(5): 454-457.
- [19] 许学工, 林辉平, 付在毅, 等. 黄河三角洲湿地区域生态风险评价[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2001, 37(1): 111-120.
- [20] 付在毅, 许学工, 林辉平, 等. 辽河三角洲湿地区域生态风险评价[J]. 生态学报, 2001, 21(3): 365-373.
- [21] 付在毅, 许学工. 区域生态风险评价[J]. 地球科学进展, 2001, 16(2): 267-271.
- [22] 邹亚荣, 张增祥, 周全斌, 等. GIS支持下的江西省水土流失生态环境风险评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 48-50.
- [23] 卢宏伟, 曾光明, 谢更新, 等. 洞庭湖流域区域生态风险评价[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2520-2530.

(收稿日期 2006-09-29 编辑 熊水斌)