

流域植被对水质的影响分析

乔光建¹,张均玲¹,刘春广²

(1. 邢台市水文水资源勘测局,河北 邢台 054000 ;
2. 朱庄水库管理处,河北 邢台 054000)

摘要 根据邢台市西部山区 2 个小流域实验站的水量、水质监测资料,在不同流域、不同植被和不同下垫面情况下,对影响水质的因素进行分析。通过分析可以看出:流域植被、流域下垫面及水土保持等因素不仅对调节径流量起重要作用,对保证水源质量也起重要作用。

关键词 小流域 植被 水质 实验站 邢台市

中图分类号 X171.1 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2004)04-0028-03

水资源的主要来源是降水,由于地形、植被等因素不同,同一场降水过程,可以直接在地面形成径流,或者通过树冠漏下,或通过较好植被渗入土壤中,再汇入溪流。在此过程中,无论是在数量上还是在质量上,水质都发生了很大变化,这不仅与植被、土壤、地形等自然环境有关,还和水利工程、水土保持等人类活动有关。本文就邢台市西部 2 个小流域实验站进行水质分析,比较不同流域和不同植被对水质的影响。

1 流域基本概况

1.1 地理位置

坡底站位于西部深山区邢台县城计头乡,东经 114°02',北纬 37°05',是朱庄水库上游路罗川入库控制站,流域面积 283 km²。该流域农垦面积较小,山林面积大,植被较好,流域内无大型水利工程,只有几处塘坝等小型水土保持工程。

西台峪站位于临城县石城乡,东经 114°17',北纬 37°25',是临城水库上游南河入库控制站。该流域河网密度大,都是小支沟,源短流急,洪枯期流量悬殊,暴涨暴落。流域集水面积 127 km²。由于近年来封山育林卓有成效,基本上消灭了荒山,水土流失得到一定控制,但植被较差。

1.2 水文特征

a. 降水。邢台市西部山区多年平均降水量 610.3 mm。该流域附近有蟬房、獐獐等 700 mm 以上的多雨中心。全年降水量 75% ~ 80% 集中在 6 ~ 9 月的汛期,而汛期降水量又集中在 7 月中下旬至 8 月上中旬的 30 d 甚至 7 d 之内,特别是一些大水年

份,降水量更加集中。降水量的年际变化很大,变差系数坡底和西台峪均为 0.46,单站年降水量最大值与最小值之比一般在 5 ~ 9 之间。

b. 蒸发。坡底站多年平均水面蒸发量 1 187 mm (E601 型蒸发器),西台峪站多年平均水面蒸发量 1 005 mm。水面蒸发量随各月气温、日照、风速而变化,年内变化较大,蒸发量最大出现在 5 ~ 6 月,水面蒸发的年际变化较小,一般不超过 15%。

c. 径流。2 个流域均为闭合流域,径流以降水补给为主,其特点是全年径流量集中在 7 ~ 8 月,年最大流量发生在 7 月下旬和 8 月上旬,径流量占全年水量的 60% ~ 90%。冬季为枯水期,径流量很小,有的年份甚至河干,非汛期水量只占全年的 20% ~ 30%,反映了北方季节性河流的特性。

河流径流量的多年变化与年降水量有直接关系,径流量多年变化基本上反映了降水量的多年变化。变差系数 C_v 值坡底站为 1.20,西台峪站为 1.25。

1.3 土地类型与利用状况调查

流域内地理状况和生产结构及生产条件等,对流域的产流、汇流均有影响。表 1 是 2 个不同流域土地生产类型与利用情况。

从 2 个小流域土地利用情况调查可看出,西台峪流域内农田面积比坡底流域的农田面积还多,农业开发程度较高,而森林覆被率坡底流域是西台峪流域的 3 倍多,因此对流域内土壤、植被产生影响。

根据《邢台市水土保持总体规划》资料,坡底流域内土壤类型以褐土、草甸土为主,土体结构为片状团粒,土壤有机质含量为 2.36%。西台峪流域内土壤类型为褐土,土壤结构为单粒、屑粒,土壤中有

表 1 流域土地生产类型与利用现状

流域	流域面积 /km²	农田面积 /hm²	林地面积 /hm²	天然草地 /hm²	荒地 /hm²	果园面积 /hm²	其他 /hm²	植被覆盖率 /%	森林覆被率 /%	土地利用率 /%
坡底	238	1 170	6 805	233	14 687	224	708	92.2	29.5	38.4
西台峪	127	2 636	952	661	6 354	243	1 023	64.7	9.4	43.4

机质含量为 1.30%。

2 流域水质评价

采用 2000 ~ 2002 年坡底站和西台峪站水质监测资料,评价项目为 pH 值、DO、COD_{Mn}、NH₃-N、TP、铜、氟化物、砷、汞、镉、Cr⁶⁺、铅、氰化物、FN、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、溶解性铁、硝酸盐、总硬度共 20 项。评价标准采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中基本项目标准限值中第Ⅲ类水质标准,《地表水环境质量标准》标准限值中未列入的项目,采用集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值中标准值或 GB 5749—85《生活饮用水卫生标准》进行评价。

用单项污染指数表示某种污染物对水环境产生影响的程度：

$$I_i = C_i / C_{si} \tag{1}$$

式中： I_i 为单项污染分指数； C_i 为评价项目监测浓度值； C_{si} 为评价项目浓度标准值。

污染危害程度随其浓度增加而降低的评价参数(如 DO),其单项污染指数按式(2)计算：

$$I_i = \frac{C_{imax} - C_i}{C_{imax} - C_{si}} \tag{2}$$

式中： C_{imax} 为该评价项目的最大值,DO 为该条件下的饱和浓度。

对具有最低和最高允许限度的评价参数(如 pH 值),单项污染指数按式(3)计算：

当 $C_i < C_{sip}$ 时
$$I_i = \frac{C_i - C_{sip}}{C_{simax} - C_{sip}} \tag{3}$$

当 $C_i > C_{sip}$ 时
$$I_i = \frac{C_i - C_{sip}}{C_{simin} - C_{si}}$$

式中： C_{sip} 为容许值界限间平均值； C_{simax} 为最大容许值； C_{simin} 为最小容许值；平均值按下式计算：

$$C_{sip} = \frac{C_{simax} + C_{simin}}{2} \tag{4}$$

综合污染指数的计算方法采用算术平均法,即

求各单项污染指数的算术平均值：

$$I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \tag{5}$$

式中： I 为综合污染指数； I_i 为单项污染分指数； n 为参加评价的项目数。

根据综合污染指数,划分 6 个地表水质量分级标准,见表 2。

表 2 地表水分级标准

综合污染指数	级别	综合污染指数	级别
< 0.2	清洁	0.7 ~ 1.0	中污染
0.2 ~ 0.4	尚清洁	1.0 ~ 2.0	重污染
0.4 ~ 0.7	轻污染	> 2.0	严重污染

对 2 个流域不同时期水质的综合污染指数和水质评价结果进行计算,结果见表 3。通过对比可以看出,西台峪流域综合污染指数明显高于坡底,坡底水质也好于西台峪。

表 3 坡底、西台峪站水质综合污染指数计算结果

年份	坡底			西台峪		
	时段	综合污染指数	水质评价结果	时段	综合污染指数	水质评价结果
2001	汛期	0.12	清洁	汛期	0.20	尚清洁
	非汛期	0.13	清洁	非汛期*		
	全年	0.12	清洁	全年	0.20	尚清洁
2002	汛期	0.13	清洁	汛期*		
	非汛期	0.18	清洁	非汛期*		
	全年	0.16	清洁	全年		

* 发生河流干枯。

3 流域对水质影响分析

采用坡底、西台峪水质监测站 1991 ~ 2000 年水质监测资料,监测项目选用 pH 值、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、Cl⁻、硫酸盐、碳酸盐、重碳酸盐、矿化度、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-N 等项目,计算其平均值,然后进行比较。表 4 是 1991 ~ 2000 年 2 个流域水质监测结果多年平均值。通过对坡底站、西台峪站水质中物质含量比较可以看出,植被较好的坡底站水质中的监测指标含量明显低于植被较差的西台峪站。

表 4 坡底、西台峪流域水质不同监测指标多年平均值

站名	pH 值	监测指标质量浓度/(mg·L ⁻¹)											
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	硫酸盐	碳酸盐	重碳酸盐	矿化度	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
坡底	8.1	52.3	13.8	6.21	17.0	13.9	49.8	1.48	198	354	0.23	0.026	3.75
西台峪	8.1	85.7	23.7	16.70	17.0	20.8	140.0	1.14	201	492	0.32	0.033	2.08

3.1 产流汇流过程对水质的影响

同一流域中流量变化,是随着降雨径流和基流的比例变化而变化。降水在地下表层存留时间的长短,对水质产生一定影响。坡底流域内植被覆盖率为 92.2%,而西台峪流域植被覆盖率为 64.7%。由于植被的不同,对降雨产流及汇流都产生影响,坡底流域植被截流水量的百分数明显高于西台峪流域。表 5 是 1991~2000 年坡底、西台峪流域水量截流率统计表。坡底流域水量截流率为 67.5%,西台峪则为 55.7%。

时间	坡底			西台峪		
	年径流量	降水直接产流量	流域水量截流率	年径流量	降水直接产流量	流域水量截流率
	/万 m ³	/万 m ³	/%	/万 m ³	/万 m ³	/%
1991	3 150	1 080.0	65.7	1 640	781.2	52.4
1992	1 023	210.3	79.4	913	307.5	66.3
1993	2 809	1 387.0	50.6	1 220	450.9	63.0
1994	1 320	292.7	77.8	505	191.2	62.1
1995	8 536	2 511.0	70.6	6 920	2 833.0	59.1
1996	14 570	8 903.2	38.9	8 112	5 257.7	35.2
1997	2 287	506.4	77.9	1 327	326.8	75.4
1998	1 626	152.7	90.6	86	29.2	66.0
1999	952	78.6	91.7	358	165.2	53.9
2000	8 595	5 903.0	31.3	3 359	2 600.0	22.6
平均	4 487	2 102.5	67.5	2 444	1 294.3	55.7

流域植被对水质的影响,主要表现在土壤对水质的作用,土壤中的黏土及腐殖质形成胶体,其表面具有吸附阳离子的作用。当水流经土壤时,其中的阳离子会被土壤的胶体所吸附,再与被吸附的其他阳离子发生离子交换作用。另一方面土壤中各种各样的生物以及植物根系,经常吸收土壤的营养成分。通常在植被较好流域,植物的根系特别茂密地分布在表土,容易吸收水中的营养成分。

3.2 流域生产结构对水质的影响

流域内森林植被面积和耕地面积的比例关系,也对流域水质产生影响。通过调查,坡底流域内有耕地 1 170 hm²,流域的耕地率为 38.4%,西台峪流域内有耕地 2 636 hm²,流域的耕地率为 43.4%。以氮为例,土壤中氮的蓄存量非常大,但是土壤中的氮几乎全部是以有机态形式存在,不易溶解于水,也不易被植物吸收利用。在耕地面积较大的流域,由于水土流失严重,一部分氮被直接带入水中,使氮的含量明显偏高。

从坡底、西台峪站水质资料分析可看出,坡底站水体中 NO₃-N 含量大于西台峪站。分析其原因有两个方面:①进入水体的含氮物质,通过氨化作用和硝化作用,使一部分有机氮首先转化为 NH₃-N,再转化为 NO₂-N,在一定条件下再转化为 NO₃-N。而 NO₃-N

只能在厌氧条件下,通过反硝化作用,还原为气态氮。在好氧条件下,NO₃-N 不断增加而产生积累;②水体中如果 NH₃-N 浓度高于一定值,则浮游植物对 NO₃-N 的利用便被抑制,也促使 NO₃-N 含量的增加。

3.3 流域水土流失对水质的影响

水土流失首先破坏土壤结构而使土壤的蓄水保水能力减弱,使土壤中的储水量减少。初步测定,轻度、中度、强度侵蚀的土壤有效水容量分别为 15%,12%,10%,在非侵蚀区一般土壤有效水容量在 20%左右。其次,水土流失淤塞地下蓄水溶洞、裂隙,淤积河道、水库,使陆面蓄水量减少。水土流失使土壤溶入水中,使水体浑浊,悬浮物增大,水质受到物理污染。根据邢台市水土保持规划调查资料,坡底流域内上游属微度侵蚀,下游属轻度侵蚀;西台峪流域上游属轻度侵蚀,下游属中度侵蚀。同时,水土流失使土壤中的化肥、农药、盐分和大量营养物质溶入水中,引起水体富营养化,使水质恶化。

造成 2 个流域内土壤侵蚀的主要方式为水蚀,强度较大的降水会引起水土流失或冲刷。根据 1992 年水土保持测试结果,微度、轻度、中度侵蚀区每平方公里年泥沙流失量分别为 0.025 万 t,0.15 万 t,0.38 万 t,泥沙中钾的含量约为 20 kg/t。在地表和表层土壤中,未分解的有机物中的钾,可被直接被水溶解出来,导致流出水中的钾的质量浓度升高。从水质分析资料可看出,西台峪站钾的质量浓度几乎是坡底站的 3 倍。

受地质和土壤植被影响,西台峪降雨产流的水中硫酸盐比坡底站高将近 3 倍。经调查,在西台峪流域上游有硫化矿床分布,局部地下水中硫酸盐含量很高,选矿厂分布较多,不可避免地影响地表水水质,导致硫酸盐含量偏高,说明流域地质和下垫面也是影响水质的因素之一。

4 结 语

坡底站上游流域植被较好,对洪水的调节能力较强,使得该站枯季水量保持在一个相当水平,而水质中大部分常规监测指标含量明显小于西台峪站。西台峪站上游流域片麻岩构成面积较大,植被较差,对洪水的调节能力较低,使得枯季经常出现河干的情况,水中大部分监测指标含量明显高于植被较好的坡底站。由此可以看出,流域植被不仅对洪水有明显的调节功能,同时对提高水资源利用率、保护水质、保持生态环境用水有重要作用,植被保护和水土保持工作等也是水资源保护的重要措施。

(收稿日期 2003-09-16 编辑 傅伟群)