

河流上下游控制断面非点源污染特征的分析

丁 劲¹, 李怀恩¹, 刘铁龙², 李家科¹

(1. 西安理工大学 西北旱区生态水利工程国家重点实验室培育基地, 陕西 西安 710048;

2. 陕西省渭河流域管理局, 陕西 西安 710018)

摘 要: 为了深入研究河流上下游断面非点源污染的特征及其变化,以及同一断面不同年份的非点源污染特征,以渭河的支流沔河上游大峪口断面和中游秦渡镇断面为研究对象,根据两控制断面 2009-2011 三年的非点源污染水质水量同步实测资料,运用平均浓度法估算非点源污染负荷,并结合河流断面控制流域的土地情况、人类活动等情况,分析了河流上下游控制断面的非点源污染特征。结果表明:非点源污染是沔河的主要污染源,河流上游区域非点源污染负荷所占比重大于下游区域;河流上下游断面非点源浓度基本相当,下游点源浓度大于上游;下游 COD、TP 和 NO_2-N 的非点源负荷量是上游的 10~20 倍;人类活动所产生的点源排放对中下游河流水质影响更大。

关键词: 河流上下游断面; 非点源污染; 基流比例; 人类活动

中图分类号: X522

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)06-0026-04

Analysis of non-point source pollution characteristics in control sections of upstream and downstream river

DING Jin¹, LI Huaen¹, LIU Tielong², LI Jiakel¹

(1. State Key Laboratory Base of Eco-Hydraulic Engineering in Arid Area, Xi'an University, Xi'an 710048, China;

2. Administration of Weihe River Basin of Shaanxi Province, Xi'an 710018, China)

Abstract: In order to study the feature of non-point source pollution in control sections of upstream and downstream river, and the characteristics of non-point source pollution in the same section of different years, the paper took Dayukou section of Fenghe river upstream and Qinduzhen section of Fenghe river middle stream which is the tributary of Weihe River as the object of study, and analyzed the feature of non-point source pollution in control sections of upstream and downstream river according to the synchronous data of water quality and quantity from 2009 to 2011 by using the mean concentration method to estimate the load of non-point source pollution and combining the different basin situations of human activities and land types. The result shows that non-point source pollution is the main pollution of Fenghe River. The load proportion of non-point source pollution in upstream section of river is larger than that in downstream section of river; it is basic equivalent for the non-point source pollution concentration between upstream and downstream sections of the river, but the point source pollution concentration in downstream section is higher than that in upstream section; the non-point source load of COD, TP and NO_2-N in downstream section is 10-20 times that in upstream section; the point source pollution produced by human activities has greater influence on water quality in middle and downstream sections of river.

Key words: upstream and downstream section of river; non-point source pollution; proportion of base flow; human activities

收稿日期: 2015-05-25; 修回日期: 2015-07-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(51279158); 国家重大科技水专项专题(2009ZX07212-002-005-002); 全国水资源保护规划相关专题研究项目(环 0202042012-2)

作者简介: 丁 劲(1990-), 男, 内蒙古包头人, 硕士研究生, 研究方向为生态水文与水资源保护。

通讯作者: 李怀恩(1960-), 男, 陕西商南人, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源保护研究。

1 研究背景

根据实测资料、结合河流控制流域内人类活动情况及土地类型,研究河流上下游断面非点源污染的特征及其变化,以及同一断面不同年份的非点源污染特征有着相当重要的意义。这样不但能更全面地了解河流整体的污染状况,能更准确地看出河流水质变化情况,还能更清晰地探明河流非点源污染随人类活动的变化情况。

非点源污染(non-point source pollution, NSP)是水环境污染的重要方面,随着点源污染控制水平的不断提高,非点源污染在水环境污染中的危害性愈来愈突出^[1]。与点源相比,非点源污染具有发生机理复杂、影响因素众多、具有时间上的随机性和间歇性、空间分布上的广泛性、污染物组成和负荷的不确定性、控制和管理上的困难性等特点^[2]。从水环境变化与人类社会发展相互作用和耦合的角度出发,河流水质变化的研究已成为世界各国众多学者关注的热点问题^[3]。如今,针对河流上下游断面的水质变化对比的研究主要有:Tiffany L Messer 等^[4]研究了地下水中硝酸盐氮污染在上下游断面的变化情况;Sayed M Ali 等^[5]研究对比了上下游农业工业污水经微生物处理后水质的变化;Sun Chengchun 等^[6]研究了溶解无机氮在沿长江 3 个断面的污染情况变化;Jain 等^[7]对比了河流上下游断面的重金属含量变化;吴运敏等^[8]研究了 2009 年密云水库曹家路小流域上下游污染的情况,得出下游水质比上游水质差,王宪恩等^[9]研究了东辽河上下游非点源污染情况,得出下游断面非点源污染严重与同时期农业种植面积紧密相关,赵晨等^[10]通过分析漫湾水电站上下游 11 个断面的沉积物中重金属与营养元素的分布特征,得到大坝下游断面的环境风险值低于大坝上游断面,杨增荣^[11]通过研究 2006—2010 年汾河太原段上下游水质污染平均综合指数,得到下游水质严重低于上游水质,但下游水质有好转趋势,王华等^[12]研究了渭河支流沔河上下游大峪口和秦渡镇两个断面洪水期水质与流量的关系,于婕等^[13]研究了 2009—2011 年渭河流域西安段上下游水质情况,发现西安地区水质比相邻上下游水质都差。

本文研究河流上游、中下游两断面非点源污染的连续 3 年的变化特征,并估算河流中 COD、可溶性正磷酸盐、TP、NH₃—N、NO₂—N、NO₃—N 和 TN7 项指标的点源和非点源浓度、总负荷量,非点源负荷量及其在总负荷量中所占比重,并结合控制断面以

上河长控制流域的流域面积、人口、人类活动情况、土地类型,以研究河流上下游控制断面非点源污染特征及污染特征变化的合理性为研究目标。

2 研究方法

基于渭河支流沔河上游的大峪口和中下游秦渡镇两个控制断面 2009—2011 三年的实测水量、水质资料,运用平均浓度法原理^[14]估算两控制断面污染物点源浓度、非点源浓度及非点源污染负荷量,并结合研究年份的地表径流和基流情况,以及流域中两断面位置控制的流域内土地类型、工农业生活生产活动、人口等系列因素的情况,分析河流上下游断面的非点源污染特征及其成因、分析污染特征的合理性。

3 研究区域和资料

3.1 研究区域

沔河是黄河流域中渭河的一条一级支流,是西安市第 3 大河流。沔河发源于西安市长安区,流经西安市户县秦渡镇、咸阳市秦都区,从咸阳段进入渭河。沔河全长 78 km,流域面积 1 243 km²。沔河大峪口断面位于沔河上游,断面所处位置以上河流所控制的流域面积约为西安市长安区南 1/3 的面积;秦渡镇断面(沔河 5 个主要监测断面之一)位于沔河中下游,该断面以上河长所控制的流域面积大约是长安区全部面积及西安市户县东边部分面积,大小约为大峪口断面以上流域面积的 3 倍多。

3.2 研究资料

3.2.1 大峪口、秦渡镇断面水量资料 查询并统计 2009—2011 三年《黄河流域水文年鉴—渭河水系》^[15]中两控制断面的逐日流量表,得到两控制断面 2009—2011 三年的年径流总量,再采用数值滤波法将各年径流总量分割成地表径流和基流量两部分,同时得出各年基流比例;另外,根据将秦渡镇断面各年年径流量对照秦渡镇年径流量频率曲线,得到所研究 3 年的频率(见表 1)。

表 1 两断面 2009—2011 年径流分割结果

断面	年份	地表	基流	年径	基流	频率/
		径流量/ 亿 m ³	流量/ 亿 m ³	流量/ 亿 m ³	比例/%	%
大峪口	2009	0.14	0.13	0.27	48.4	
	2010	0.14	0.15	0.29	52.7	
	2011	0.17	0.11	0.28	39.1	
秦渡镇	2009	1.03	1.26	2.29	55.0	45
	2010	1.06	1.67	2.73	61.2	33
	2011	1.81	1.87	3.68	50.7	11

从表 1 中可知,2009 年为平水年,2010 和 2011 两年为丰水年。由于大峪口断面处于上游,故其年径流总量小于秦渡镇断面的年径流总量。比较两个断面 3 年各自的基流比例,秦渡镇 2009 – 2011 年的基流比例均高于大峪口,可能所控制流域面积大,基

流补充量也较大,使得下游断面的基流比例偏大。
3.2.2 大峪口、秦渡镇断面水质资料 对大峪口和秦渡镇两控制断面 2009 – 2011 三年的水质资料进行统计、整理和计算,得到河流控制断面主要污染物的非点源平均浓度和点源平均浓度(基流浓度),结果见表 2、3。

表 2 两断面 2009 – 2011 年污染物非点源浓度

断面	场次	各场洪水地表 径流总量/ m^3	COD/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	可溶性正磷酸盐/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_2 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_3 - \text{N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
大峪口	2009-09-14 – 09-15	784350		0.034	0.036	0.166	0.010	0.034	3.731
	2010-07-09 – 07-10	413694	20.036	0.031		1.837		0.517	3.398
	2010-07-17 – 07-18	282024	5.724	0.036	0.044	1.177	0.034	0.791	0.548
	2010-07-23 – 07-28	1551582	11.525	0.032	0.057	1.006	0.017	0.376	2.751
	2010-08-23 – 08-28	3428622	33.170	0.040	0.052	1.169		0.597	3.478
	2011-05-11 – 05-12	47628			0.029	3.470	0.029	0.269	
	2011-09-05 – 09-07	2598606	26.431	0.057		2.441	0.009	0.149	2.935
	非点源加权平均浓度		25.403	0.042	0.058	1.461	0.013	0.384	3.125
秦渡镇	2009-09-13 – 09-15	9133452		0.073	0.105	0.241	0.011	0.076	3.495
	2009-09-19 – 09-21	10458720	21.677			0.034		0.010	3.245
	2010-07-09 – 07-10	496800	24.461	0.031	0.157		0.781		
	2010-07-17 – 07-18	1780920	24.528	0.016	0.028	0.538	0.603		0.788
	2010-07-24 – 07-25	7965000		0.031	0.136	0.486	0.831	0.021	1.328
	2010-08-21 – 08-22	5786784	12.311	0.034	0.080	0.866	0.077	0.556	4.309
	2011-05-11 – 05-13	525600					0.025	0.486	4.598
	2011-07-31 – 08-01	8744256	40.690	0.048	0.211		0.040	0.310	2.808
	2011-09-06 – 09-08	39042720	31.356	0.031			0.016	0.235	3.058
	2011-09-17 – 09-20	78952680		0.026	0.113	1.403	0.069	0.233	2.677
	非点源加权平均浓度		29.163	0.032	0.119	1.080	0.099	0.216	2.836

表 3 两断面 2009 – 2011 年污染物点源浓度

断 面	COD	可溶性正磷酸盐	TP	$\text{NH}_3 - \text{N}$	$\text{NO}_2 - \text{N}$	$\text{NO}_3 - \text{N}$	TN
大峪口点源加权浓度	11.462	0.022	0.032	0.687	0.009	0.577	3.152
秦渡镇点源加权浓度	20.001	0.044	0.061	0.762	0.151	0.161	2.748

从表 2 和表 3 中看出,大峪口和秦渡镇两个断面在 2009 – 2011 三年中河流污染物的非点源浓度基本相当,相差不大;但秦渡镇断面污染物的点源浓度除 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 和 TN,其余指标点源浓度值都比大于口断面高,这与秦渡镇以上流域范围内人口较多、有较多点源排放有关。

4 河流控制断面非点源负荷估算

以河流断面各污染物的非点源平均浓度(表 2 中非点源加权平均浓度)乘以 2009 – 2011 三年各年的地表径流量,得到该断面污染物各年的非点源负荷量;以点源浓度(表 3 中点源加权浓度)乘以各年的基流流量,则得到各年污染物的点源负荷量。将非点源负荷

量和点源负荷量加和,得各年总负荷量,同时可以得出非点源负荷所占比重。大峪口、秦渡镇两控制断面的非点源负荷量及其所占比重计算结果见表 4。

大峪口和秦渡镇两断面非点源负荷量均是 2011 年最大,非点源负荷比重均是 2010 年最小。原因是 2011 年的地表径流量大于其他的年份,而 2010 年当年的基流比例明显大于其他两年。

由于秦渡镇断面所在河流位置控制的流域面积大于大峪口,故秦渡镇断面污染物非点源负荷量大于大峪口的非点源负荷量结果合理,又因秦渡镇断面以上流域内的人口数量及工农业人类活动均多于大峪口断面所控制区域,有机污染较为严重,故下游断面污染物负荷量比上游的 COD 和 TP 负荷量大

10 倍、NO₂—N 负荷量大 20 倍,其余污染物基本下游比上游高 5 倍左右。从表 4 也可看出大峪口断面河流中非点源污染物所占比重均高于同年秦渡镇断面中非点源污染的比重,可能是因为上游靠近林地

多的秦岭,人口密度小、人类生活生产所产生的点源污染少,污染主要是由于降水所产生的非点源污染,而中下游人类活动产生的点源污染也有相当数量,是非点源比重有所降低。

表 4 两断面 2009—2011 年负荷量估算

断面项目	大峪口						秦渡镇					
	非点源负荷量/t			非点源负荷所占比重/%			非点源负荷量/t			非点源负荷所占比重/%		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
COD	356.7	345.5	441.0	70.26	66.59	77.58	3003.2	3089.8	5285.5	62.82	48.06	58.61
可溶性正磷酸盐	0.6	0.6	0.7	66.87	63.00	74.72	3.3	3.4	5.7	45.45	31.33	41.12
TP	0.8	0.8	1.0	66.22	62.32	74.17	12.3	12.6	21.6	69.38	55.38	65.50
NH ₃ —N	20.5	19.9	25.4	69.39	65.67	76.85	111.2	114.4	195.7	62.14	47.34	57.90
NO ₂ —N	0.2	0.2	0.2	59.22	55.06	68.01	10.2	10.5	17.9	43.15	29.36	38.87
NO ₃ —N	5.4	5.2	6.7	41.46	37.41	50.92	22.3	22.9	39.2	60.89	46.03	56.61
TN	43.9	42.5	54.2	51.38	47.14	60.75	292.0	300.4	513.9	54.46	39.57	50.05

5 结 语

(1)河流上游断面的非点源负荷比重大于下游断面的非点源负荷比重,河流上游水质受非点源污染的影响更大。

(2)沔河大峪口、秦渡镇两断面主要污染物的非点源负荷比重基本在 50% 以上,非点源污染是河流中的主要污染来源。

(3)两段面在污染物非点源浓度上没有明显的差异,而下游断面大多数污染物点源浓度值大于上游断面的点源浓度值,人类活动所产生的点源排放对河流水质有直接影响。

本文依据平均浓度法及相关水质水量同步实测资料,估算了渭河支流沔河非点源污染负荷量,对比了该河上下游断面的河流污染物浓度、非点源负荷量比重等内容,并结合人口密度和人类生活生产情况进行了原因分析。但文中对非点源污染在自然、经济、社会等方面的具体驱动力因素没有深入探讨,以后尚需深入研究和完善。

参考文献:

[1] 应兰兰,侯西勇,路 晓,等. 我国非点源污染研究中输出系数问题[J]. 水资源与水工程学报,2010,21(6):90—95+99.

[2] 张 静,何俊仕,周 飞,等. 浑河流域非点源污染负荷估算与分析[J]. 南水北调与水利科技,2011,9(6):69—73.

[3] 郭 巍. 渭河陕西段主要监控断面水质变化趋势分析[J]. 安全与环境工程,2010,17(5):47—50.

[4] Tiffany L Messer, Michael R Burchell II, Garry L Grabow,

et al . Groundwater nitrate reductions within upstream and downstream sections of a riparian buffer [J]. Ecological Engineering,47(2012):297—307.

[5] Sayeda M Ali, Shawky Z Sabae, Mohammed Fayez, et al. The influence of agro—industrial effluents on River Nile pollution [J]. Journal of Advanced Research (2011)2:85—95.

[6] Sun Chengchun, Shen Zhenyao, Xiong Ming, et al. Trend of dissolved inorganic nitrogen at stations downstream from the Three—Gorges Dam of Yangtze River [J]. Environmental Pollution, 2013, 180(3):13—18.

[7] Jain C K. Application of chemical mass balance to upstream/downstream river monitoring data[J]. Journal of hydrology,1996,182(4):105—115.

[8] 吴运敏,陈求稳,李 静. 模糊综合评价在小流域河道水质时空变化研究中的应用[J]. 环境科学学报,2011,31(6):1198—1205.

[9] 王宪恩,蔡飞飞,王庚哲,等. 东辽河上下游非点源污染特征对比分析[J]. 科学技术与工程,2014,14(17):129—133.

[10] 赵 晨,董世魁,刘世梁,等. 漫湾大坝上下游沉积物重金属与营养元素分布特征及环境风险评价[J]. 环境科学学报,2014,34(9):2417—2425.

[11] 杨增荣. 十一五期间太原市水环境污染状况分析[J]. 山西建筑,2015,41(7):192—194.

[12] 王 华,李怀恩,王 莉. 沔河水质与流量之间的关系分析[J]. 水资源与水工程学报,2012,23(6):83—88.

[13] 于 婕,李怀恩. 西安市对渭河水质的影响[J]. 环境科学,2013,34(5):1700—1706.

[14] 李怀恩. 估算非点源污染负荷的平均浓度法及其应用[J]. 环境科学学报,2000,20(4):397—400.

[15] 黄河水利委员会. 黄河流域水文年鉴—渭河水系 2009—2011[Z]. 2009—2011.