

陕西省丹汉江流域面源污染现状及防治对策

王星^{1,2}, 李占斌¹, 李鹏¹, 张林红¹

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004)

摘要: 面源污染是丹江口水库水质安全的主要威胁。为了探寻陕西省丹汉江流域面源污染的总量及其组成, 采用统计调查、参数计算、对比分析的方法, 对目前陕西省丹汉江流域主要面源污染物的入河量及其贡献率等方面进行了研究。结果表明, 丹汉江流域 COD_{cr}、氨氮、总氮、总磷的年入河量分别为 103 053, 19 851, 213 453 和 39 838 t。生活污水及人粪尿是产生 COD_{cr} 污染的最主要来源, 水土流失是产生氮磷污染的最主要来源。面源污染物入河量与污染源的基数、污染物含量、污染物分散程度等因素有关。建议在治理面源污染过程中采取加大水土流失治理力度, 开展新农村建设和推广生态清洁小流域治理模式等措施。

关键词: 丹汉江流域; 面源污染; 水土保持; 南水北调中线工程

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)06-0186-04

中图分类号: X592

Surface Pollution and Countermeasures in Danjiang—Hanjiang Watershed in Shaanxi Province

WANG Xing^{1,2}, LI Zhan-bin¹, LI Peng¹, ZHANG Lin-hong¹

(1. College of Water Resources and Hydraulic Power, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;
2. Shaanxi Provincial Bureau of Soil and Water Conservation, Xi'an, Shaanxi 710004, China)

Abstract: Surface pollution is the main threat to water quality of Danjiangkou Reservoir. In order to analyze the amount and form of surface pollution in Danjiang—Hanjiang watershed in Shaanxi Province, a study was carried out, and the amounts of the main surface pollutants transported into the rivers and their contribution rates were calculated using the methods of statistical investigation, parameter calculation and comparison analysis. The results indicated that the annual amounts of COD_{cr}, ammonia nitrogen, total-nitrogen, and total phosphorus transported into the two rivers were 103 053, 19 851, 213 453 and 39 838 t respectively. Domestic sewage, human excrement and urine are the main source of COD_{cr} pollution. Soil and water loss is the main source of nitrogen and phosphorus pollution. The amounts of surface pollutants transported into rivers are related to the factors such as pollution sources baseline, pollutant contents and pollutant scatter degree. It is suggested that more efforts should be invested in soil and water conservation, new countryside construction and extension of ecological and clean small watershed, etc.

Keywords: Danjiang—Hanjiang watershed; surface pollution; soil and water conservation; the middle route of south-to-north water transportation project

农业面源污染是指在农业生产活动中, 氮素和磷素等营养物质、农药以及其它有机或无机污染物通过农田的地表径流和农田渗漏形成的水环境污染。由于受自然条件的突发性、偶然性和随机性所制约, 使它具有在不确定的时间内, 通过不确定的途径, 排放不确定的污染物这 3 个不确定性。因而, 面源污染的治理是一个长期、艰巨、复杂的过程^[1-4]。在农业生

产活动中, 面源污染来源主要包括土壤侵蚀, 农田化肥农药流失, 畜禽养殖污染, 农村生活污染等。对于较大尺度的流域还应该考虑城镇地表径流夹带物产生的面源污染^[5-6]。

丹江口水库是南水北调中线工程的水源地, 尽管目前水质总体良好, 但库区水质污染因素和发生污染的隐患依然存在, 沿线河流水质污染和库湾污染情况

收稿日期: 2011-02-17

修回日期: 2011-04-01

资助项目: 国家自然科学基金项目“植被格局对坡沟水蚀过程调控机理研究”(41071182); 陕西省教育厅重点实验室项目“丹汉江水源区水土流失非点源污染过程与调控”(09JS094); 陕西省教育厅重点实验室项目“陕北能源基地开发建设对水土资源环境演变作用机制研究”(08JZ52)

作者简介: 王星(1978—), 男(汉族), 河南省信阳市人, 博士研究生, 主要研究方向为水文学、水资源及水土保持。E-mail: shanxist@163.com。

不容乐观,库区断面有些水质因子在有些时段出现超标现象^[7]。生活废水和垃圾、矿山和工厂产生的点源污染,农药、化肥、人畜禽粪便产生的农业面源污染以及富营养化是造成丹汉江流域水污染的主要原因^[8]。陕西省丹汉江流域是丹江口水库的主要水源区,该流域的水质状况对入库水质具有重要影响。治理面源污染,保护水质安全,对于南水北调中线工程的正常通水尤为重要。

本研究采用统计调查、参数计算和对比分析的方法,以陕西省丹汉江流域的主要地区汉中、安康、商洛 3 市为研究对象,对该流域面源污染的总量进行估算,分析面源污染的来源和组成,为该区治理面源污染提供依据和建议。

1 方法与数据

本研究涉及的面源污染主要包括农村生活污水及人粪尿排放,固体废弃物排放,化肥施用和流失,分散式畜禽养殖和水产养殖,水土流失污染,城镇地表径流污染等 6 个方面^[9-10]。市、县(区)居民生活污水、人粪尿排放以及固体废弃物排放属点源污染,这里不做统计。

1.1 农村生活污水及人粪尿排放

农村生活污染主要包括生活污水和人粪尿,人均排放量见表 1。农村居民生活污水和人粪尿按 10% 进入水体计算,乡镇居民生活污水和人粪尿按 90% 进入水

体计算^[11-13]。根据陕西省统计年鉴,2008 年 3 市的村人口、乡镇人口分别为 161.43 和 584.50 万人^[14]。

1.2 固体废弃物排放

固体废弃物主要由生活垃圾和作物秸秆组成,产生的污染物主要有氨氮、总氮、总磷,排放系数分别为 0.021%,0.21%和 0.22%,入河量按 7% 估算^[9]。农村生活垃圾按人均 0.7 kg/d。

表 1 研究区生活污水及人粪尿排放量 kg/(a·人)

污染源	COD _{cr}	总氮	总磷
村生活污水	5.84	0.584	0.146
乡镇生活污水	7.30	0.730	0.183
人粪尿	1.98	101.000	11.000

2008 年 3 市农村人口为 161.43 万人,生活垃圾量为 4.124×10^5 t。农作物秸秆折算比例和 3 市农产品的产量详见表 2^[14-15]。经计算,每年秸秆产量为 2.488×10^6 t。生活垃圾量和秸秆产量合计 2.900×10^6 t。

1.3 化肥施用及流失

化肥施用量采用实际调查的折纯量。化肥流失量计算公式为:

$$\text{氨氮} = (\text{氮肥} + \text{复合肥} \times 0.3 + \text{磷肥} \times 0.185) \times 20\% \times 10\%$$

$$\text{总氮} = (\text{氮肥} + \text{复合肥} \times 0.3 + \text{磷肥} \times 0.185) \times 20\%$$

$$\text{总磷} = (\text{磷肥} + \text{复合肥} \times 0.3) \times 15\%$$

表 2 研究区农作物籽粒产量和秸秆产量

农作物名称	小麦	水稻	玉米	高粱	大豆	油菜籽	花生	烤烟
籽粒、秸秆重量比	1 : 1.1	1 : 0.9	1 : 1.2	1 : 1.3	1 : 1.6	1 : 1.5	1 : 0.8	1 : 1.0
汉中市籽粒产量/t	127 400	494 900	219 500	—	17 500	151 344	8 317	5 485
安康市籽粒产量/t	131 500	192 900	237 000	100	18 700	94 859	11 801	19 977
商洛市籽粒产量/t	183 500	5 400	269 300	100	38 700	16 084	10 016	11 738
籽粒总产量/t	442 400	693 200	725 800	200	74 900	216 619	30 134	37 200
秸秆数量/t	486 640	623 880	870 960	260	119 840	324 929	24 107	37 200

一般入河量占流失量的 60%^[9],根据陕西省统计年鉴,2008 年 3 市的氮肥、磷肥、复合肥等农用化肥使用量(折纯量)分别为 136 659,13 215 和 3 262 t^[14]。

1.4 分散式畜禽养殖和水产养殖

畜禽养殖污染物排放调查根据《畜禽养殖业污染物排放标准(GB18596—2001)》以排污系数法进行计算^[10],详见表 3—5。2008 年 3 市大牲畜(牛、马、驴、骡)、猪、羊、兔、家禽的存栏量分别为 52.97,459.84,116.05,12.20 和 1 839.12 万头^[18],生长周期按 365 d 计算。

表 3 研究区单位畜禽粪便排泄量

种类	大牲畜(牛、马、驴、骡)	猪	羊	兔	家禽
排泄量/(kg·d ⁻¹)	25	3.5	2	0.1	0.1

表 4 研究区畜禽粪便污染物含量 %

项目	大牲畜(牛、马、驴、骡)	猪	羊	兔	家禽
COD _{cr}	3.10	5.20	0.46	4.50	4.50
氨氮	0.17	0.31	0.08	0.28	0.28
总氮	0.44	0.59	0.75	0.99	0.99
总磷	0.12	0.34	0.26	0.58	0.58

表 5 研究区畜禽粪便污染物进入水体流失率 %

项目	大牲畜(牛、马、驴、骡)	猪	羊	兔	家禽
COD _{cr}	6.16	5.58	5.50	8.59	8.59
氨氮	2.22	3.04	4.10	4.15	4.15
总氮	5.68	5.25	5.30	8.47	8.47
总磷	5.50	5.25	5.20	8.42	8.42

水产养殖的面源污染排放系数参照精养鱼塘的标准^[11-12]; COD_{cr}、总氮、总磷的年排放系数分别为 74.5, 101.0, 11.0 kg/(hm²·a)。2008 年, 3 市水产养殖面积合计为 3 278 hm²^[19]。

1.5 水土流失污染

水土流失中面源污染物计算公式为:

$$W = W_i \times E_i \times C \times 10^{-6}$$

式中: W ——污染物负荷量(t); W_i ——水土流失量(t); E_i ——污染物富集系数; C ——土壤中污染物平均含量(mg/kg)。

总磷的富集比(污染物富集系数)取 2.0, 总氮富集比取 3.0(一般取值为 2.0~4.0), 氨氮的流失量按

总氮流失量的 10% 计算, 水土中污染物入河系数为 1.0^[9-10]。

根据 2006 年陕西省水土保持公告, 2000—2005 年陕西省丹汉江流域平均输沙量为 1.547×10⁷ t^[16]。根据全国土壤普查结果, 土壤中全 N 含量取 3.7 g/kg, 全 P 含量取 1.08 g/kg^[17]。

1.6 城镇地表径流污染

城镇地表径流的年污染负荷简易模型为:

$$L = R \times C \times A \times 10^{-6}$$

式中: L ——年负荷量(kg); R ——年径流量(mm); C ——径流污染物平均浓度(mg/L); A ——集水区面积(m²)。

不同土地利用类型的径流污染物中 COD_{cr}、氨氮、总氮、总磷的平均浓度计算系数分别为 70, 0.24, 2.4, 0.42^[9]。

2008 年汉中市、安康市、商洛市年均降雨量分别为 973.7, 1 008.7, 594.9 mm^[14], 市区建成区面积分别为 27, 29, 24 km²^[14]。每个县城、乡镇的建成区面积分别按 8, 0.5 km² 估算(表 6)。

表 6 研究区建成区面积

市名	县城/个	乡镇/个	市区建成区面积/km ²	县城建成区面积/km ²	乡镇建成区面积/km ²	建成区总面积/km ²
汉中市	10	217	27	80	108.5	215.5
安康市	9	154	29	72	77.0	178.0
商洛市	6	133	24	48	66.5	138.5
合计	25	504	80	200	252.0	532.0

2 结果与分析

以 2008 年的统计资料为基础, 各种面源污染物的年入河量估算结果见表 7。COD_{cr} 入河量为 103 053 t, 以农村生活污水及人粪尿的来源最多, 其次为城镇地

表径流和生活污水及人粪尿。氨氮、总氮、总磷的入河量分别为 19 851, 213 453 和 39 838 t, 均以水土流失的来源最多, 且占绝大部分, 其次有少部分来源于生活污水及人粪尿、农用化肥和分散式畜禽养殖, 而固体废弃物和城镇地表径流的入河量极少。

表 7 研究区面源污染物入河量比较

项目	COD _{cr} /t	比例/%	氨氮/t	比例/%	总氮/t	比例/%	总磷/t	比例/%
农村生活污水及人粪尿	40 682	39.48	—	—	19 106	8.95	2 653	6.66
固体废弃物	—	—	43	0.22	426	0.20	447	1.12
农用化肥	—	—	1 681	8.47	16 810	7.87	1 277	3.21
分散式畜禽养殖和水产养殖	29 347	28.48	842	4.24	4 262	2.00	1 848	4.63
水土流失	—	—	17 172	86.50	171 717	80.45	33 415	83.88
城镇地表径流	33 024	32.04	113	0.57	1 132	0.53	198	0.50
合计	103 053	100.00	19 851	100.00	213 453	100.00	39 838	100.00

2.1 水土流失是产生氮磷污染的最主要来源

水土流失产生的氨氮、总氮和总磷的污染物入河量比例最大, 在 80.45%~86.5% 之间, 占绝大部分。

由于陕西省丹汉江流域水土流失极为严重, 现有水土流失面积 3.40×10⁴ km², 占流域总土地面积的 54.1%^[14], 土壤中的养分随泥沙进入河道, 不仅造成

丹江口水库的淤积,而且导致水质的富营养化。

农用化肥的流失虽然是氮、磷污染的主要来源,但由于陕南地区农业生产水平不发达,2008年汉中、安康、商洛3市的农作物播种面积为11 853.1 km²^[14],平均化肥使用折纯量仅为235.35 kg/hm²,化肥使用量少,再加上山大沟深、地形破碎,化肥流失的入河量十分有限。

2.2 COD_{cr}的贡献率分析

由于陕南地区主要为山区,农民居住分散,大多居民沿河道而居,生活污水和人粪尿随意流淌入河,甚至许多厕所直接修建沟道旁边。畜禽基本为分散养殖,粪便随地表径流进入河道。陕南地区是陕西省经济较为落后的地区,城市化水平低,污水的收集和处理能力十分有限。因而,生活污水、人粪尿、城镇地表径流、分散式畜禽养殖和水产养殖对COD_{cr}的贡献率较大,COD_{cr}污染的来源不仅量大,而且难以治理。

2.3 城镇地表径流和固体废弃物的贡献率分析

城镇地表径流和固体废弃物虽然总量大,但由于其中氮、磷的含量低,产生的面源污染量十分有限。所以,城镇地表径流和固体废弃物对氮、磷污染的贡献率较低。但是随着近年来陕南城鎮化水平的提高和交通的建设,城镇地表和路域(公路沿线)的面源污染应引起重视。生活垃圾中虽然氮、磷的含量低,但随意堆放也会产生视觉污染。

3 对策与建议

(1) 加大水土流失治理力度。面源污染与水土流失是一对共生现象^[18]。所以,解决面源污染问题的最有效和最实用的途径之一就是实施水土保持工程。建议国家应加大对丹汉江流域水土保持工程的资金投入,尽快建立丹江口水库水源区生态补偿机制,为水土流失治理提供稳定的资金来源。

(2) 积极开展新农村建设。按照社会主义新农村建设的要 求,开展村容村貌整治,垃圾集中堆放和无害化处理,建设卫生厕所,道路硬化绿化,推广沼气池,实行舍饲养畜等,减少面源污染物的扩散。

(3) 推广生态清洁小流域建设模式。在丹汉江流域水土保持工程中应大力推广生态清洁小流域治理模式,提高小流域治理在防治面源污染方面作用,最大程度降低污染物的入河量。

4 结论

农村生活污水及人粪尿是产生COD_{cr}污染的最主要来源,水土流失是产生氮磷污染的最主要来源。面源污染物入河量与污染源的基数、含量、分散程度

等因素有关。由于生活污水及人粪尿的来源点多、面广,集中收集处理的难度较大,治理对策应以就地处理、减少排放为主。土壤中的氮磷含量虽然低,但由于流失量大,泥沙中携带的数量极大,防治对策应以治理水土流失为主。

[参 考 文 献]

- [1] 赵本涛. 中国农业面源污染的严重性与对策探讨[J]. 环境教育, 2004(11): 70-71.
- [2] 崔键, 马友华, 赵艳萍. 农业面源污染的特性及防治对策[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 335-340.
- [3] 梁新强, 田光明, 李华, 等. 天然降雨条件下水稻田氮磷径流流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 59-63.
- [4] 柴世伟, 曾超, 王文强, 等. 中国农业环境与可持续农业[J]. 环境科学与技术, 2005, 28(1): 58-60.
- [5] 朱兆良, 孙波, 杨林章, 等. 我国农业面源污染的控制政策和措施[J]. 科技导报, 2005, 23(4): 47-51.
- [6] 梁新强, 陈英旭, 李华, 等. 雨强及施肥降雨间隔对油菜田氮素径流流失的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 14-17.
- [7] 封光寅, 胡家庆, 陈学谦, 等. 南水北调中线水源区水质状况及防治对策[J]. 中国水利, 2005(8): 28-50.
- [8] 张春玲, 李娅妮. 陕西省丹汉江流域水质现状及防护对策[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(3): 87-90.
- [9] 王桂玲, 王丽萍, 罗阳. 河北省面源污染分析[J]. 海河水利, 2004(4): 29-30, 45.
- [10] 金春久, 李环, 蔡宇. 松花江流域面源污染调查方法初探[J]. 东北水利水电, 2004(6): 54-55.
- [11] 张大弟, 张晓红, 章家联, 等. 上海市郊区非点源污染综合调查评价[J]. 上海农业学报, 1997, 13(1): 31-35.
- [12] 李荣刚, 夏源陵, 吴安, 等. 江苏太湖地区水污染物及其向水体的排放量[J]. 湖泊科学, 2000, 12(2): 147-153.
- [13] 钱秀红, 徐建民, 施加春, 等. 杭嘉湖水网平原农业非点源污染的综合调查和评价[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28(2): 147-150.
- [14] 陕西省统计局. 国家统计局陕西调查总队. 2009年陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [15] 网易. 农作物秸秆折算比例表[OL]. (2009-03-04) [2010-03-18]. <http://qingjiasong1987.blog.163.com/blog/static/45989628201021882248802/>.
- [16] 陕西省水利厅. 2006年陕西省水土保持公告[M]. 西安: 2006: 9-10.
- [17] 贾忠华, 赵恩辉. 南水北调中线陕西水源区土壤侵蚀损失估算[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2009, 39(4): 673-676.
- [18] 袁爱萍. 小流域综合治理环境效益分析方法探讨[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 165-169.