

1996—2009年渭河干流氮素污染特征

董雯¹, 张振文¹, 孙长顺¹, 李怀恩²

(1. 陕西省环境科学研究院, 陕西 西安 710061; 2. 西安理工大学 水资源与环境生态重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要:通过对渭河干流华县站1996—2009年氮浓度与流量监测数据进行分析,探讨了渭河流域氮素污染特征。结果表明:(1)氨氮、亚硝氮和硝氮的年平均浓度在研究年内呈减小趋势,分别从1996—2000年的7.31, 0.74和2.25 mg/L,减小到2001—2009年的6.88, 0.71和1.99 mg/L;总氮年均浓度与年均负荷1996—2006年总的趋势是减小;(2)研究年内氮素年平均浓度为:氨氮>硝氮>亚硝氮;(3)枯水期氨氮浓度均高于平水期和丰水期,可能是河流径流量少和流域废污水增加所致;(4)1996—2006年氮污染的点源贡献都呈现减小趋势,非点源污染贡献呈上升趋势,并且总体上非点源污染贡献突出。

关键词:渭河; 氮; 点源污染; 非点源污染

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0114-04

中图分类号: X824

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.028

Nitrogen Pollution of Weihe River During 1996—2009

DONG Wen¹, ZHANG Zhen-wen¹, SUN Chang-shun¹, LI Huai-en²

(1. Shaanxi Provincial Research Academy of Environmental Science, Xi'an,

Shaanxi 710061, China; 2. Northwest Key Laboratory of Water Resources and Environment

Ecology, Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: Through analyzing the nitrogen concentration and the flow at hydrologic station of Huaxian County during 1996—2009, the characteristics of nitrogen pollution in Weihe River were discussed. The results showed that: (1) The annual mean concentration of ammonia, nitrite and nitrate decreased in the study years from 7.31 mg/L, 0.74 mg/L and 2.25 mg/L during 1996—2000 to 6.88 mg/L, 0.71 mg/L and 1.99 mg/L during 2001—2006, the average concentration of total nitrogen was also decreased. (2) The magnitude of the nitrogen average concentration in Weihe River was: ammonia>nitrite>nitrate. (3) The concentration of ammonia in the dry season was higher than that in wet and normal seasons, which was due to the decrease of flow and the increase of waste water in the Weihe River basin. (4) The point source pollution load proportion of the nitrogen pollution decreased and the non-point source pollution load proportion increased, and the general trend was that the non-point source pollution load proportion increased strikingly from 1996 to 2006.

Keywords: Weihe River; nitrogen; point source pollution; non-point source pollution

渭河为黄河第一大支流,流经甘陕两省,起源于甘肃省渭源县,经陇西、武山、甘谷、天水诸县由宝鸡县凤阁岭入陕,呈东南向蜿蜒于甘陕两省之间,形成甘陕两省的一段天然分界,最终向东注入黄河。流域属暖温带半湿润气候,多年平均降水量为500~800 mm,其中50%~60%集中在7—10月。流域多年平均水资源总量 1.11×10^{10} m³,其中天然径流量 1.00×10^{10} m³,地下水资源量 6.99×10^9 m³,扣除二者之间重复量后,天然径流量与地下水资源量之间不重复量 1.12×10^{10} m³。75%偏枯水年份和95%枯水

年份水资源总量分别为 8.37×10^9 和 6.05×10^9 m³[1]。

陕西省环境保护局公布的陕西省主要河流水质状况显示,氮是渭河水的主要污染指标之一,且主要包括氨氮、硝酸盐氮和亚硝酸盐氮污染[2]。2004年韩涛等[3]研究了渭河临潼断面以上氮污染,得出渭河非点源污染主要以硝氮为主,点源污染主要以氨氮为主。2006年韩凤朋等[4]估算了黄河6条支流非点源污染物(N,P)的排放量,结果表明,大于53%的全氮来自于非点源污染,硝态氮、氨氮和全氮主要来自于渭河和泾河。2007年李越等[5]通过分析渭河华县站

收稿日期:2013-11-16

修回日期:2013-11-31

资助项目:陕西省科技统筹创新工程计划项目“渭河水污染防治关键技术研究及示范”(2011KTZB03-03)

作者简介:董雯(1980—),女(汉族),陕西省宝鸡市眉县人,博士,工程师,主要从事水资源保护与可持续发展方面的研究。E-mail:dongwen-abc@126.com。

1976—2000 年氮浓度与流量监测数据,发现氨氮、亚硝氮和硝氮的年均浓度呈现增加趋势,总氮年均浓度呈现相反趋势。2006 年李家科等^[6]通过在渭河临潼断面进行非点源污染监测表明,氨氮、亚硝氮、硝氮在总负荷中所占比重分别为 23.89%,42.50% 和 88.38%。

本文选择 1996—2009 年渭河干流华县水质监测站的部分月氮污染水质监测数据、逐月月均流量数据以及逐月月均水质数据等实测资料,并计算丰、平、枯各期流量均值及氮素平均浓度,拟分析渭河干流断面氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮和总氮的污染特征,试图揭示渭河干流氮污染变化规律,以期为治理和提高渭河流域及黄河流域水环境质量提供参考。

1 渭河流域径流量年际变化

渭河干流华县站 1996—2009 年年径流量在 2002—2008 年都较大,平均径流量 $4.80 \times 10^9 \text{ m}^3$,其中 1998—2002 年趋于减少,2003 年急剧上升,达到 $9.34 \times 10^9 \text{ m}^3$,2003 年以后又开始减小,最小值为 $1.29 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。华县站 1996—2009 年径流量年际变化过程见图 1。

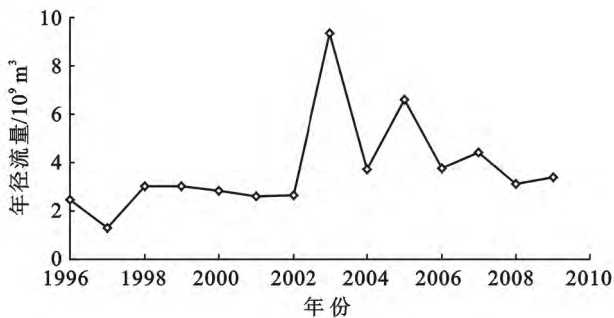


图 1 1996—2009 年渭河华县站径流量变化

2 渭河河水氮污染特征分析

2.1 氨氮的污染特征

将一年分为丰(6—9 月)、平(3—5 月,10—11 月)、枯(12—2 月)三季来分析氨氮平均浓度的变化(表 1),1996—2006 年氨氮浓度变化为:枯水期 > 平水期 > 丰水期;丰水期氨氮浓度 2001—2009 年大于 1996—2000 年,2002 年达到最高 12.62 mg/L,自此有所降低;平水期氨氮浓度变化不大,2003 年最高为 11.16 mg/L;枯水期氨氮浓度总体呈现先减小后增加的趋势(图 2),这是因为氨氮大部分是由工业废水和生活污水带来的^[7],即点源污染贡献为主,而在此期间流域点源排污量有所减少^[5]。

表 1 华县站 1996—2009 年丰、平、枯期氨氮均值与平均流量

年份	流量均值/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)			氨氮平均浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
	丰水期	平水期	枯水期	丰水期	平水期	枯水期
1996	223.70	91.48	32.38	4.86	7.95	13.40
1997	50.39	71.38	27.57	3.17	5.39	9.23
1998	243.32	100.65	17.15	2.55	6.06	15.17
1999	204.41	110.04	27.94	3.77	6.36	9.56
2000	100.88	164.96	31.38	4.20	7.64	10.40
2001	127.91	108.29	33.25	10.60	9.78	12.53
2002	48.75	78.22	29.08	12.62	10.53	10.28
2003	304.14	310.55	43.84	11.95	11.16	12.12
2004	119.55	111.61	60.20	8.98	7.36	9.68
2005	340.31	265.86	53.87	9.87	5.56	10.19
2006	96.45	131.87	48.23	10.58	9.27	8.69
2007	133.50	217.30	61.50	9.70	9.60	6.76
2008	110.06	89.75	67.23	7.62	9.15	12.48
2009	75.24	178.05	62.8	3.36	10.8	13.20
均值	160.20	144.50	45.23	7.42	8.33	10.98

1996—2009 年,氨氮枯水期平均浓度始终比平水期和丰水期都高(图 2),这是因为:(1) 枯水期水量较小;(2) 大量工业、生活废污水的排放,而氨氮是工业、生活废污水的主要氮素;(3) 氨氮的硝化作用是温度的函数,枯水期(冬季)水温较低,氨氮转化速率慢,河流中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量较高,平水期和丰水期的温度升高,氨氮的含量降低;(4) 平水期和丰水期的大水量对河水氮浓度有一定的稀释作用^[8]。

从图 2 可以看出,丰水期流量波动较大,1996—2002 年,有明显的减小趋势,2002 年以后又开始不断增加,2005 年流量达到最高 $340.31 \text{ m}^3/\text{s}$,是 1997 年同期的 7.4 倍。2006 年以后,丰水期和平水期平均流量呈下降趋势,枯水期浓度稍有上升趋势。

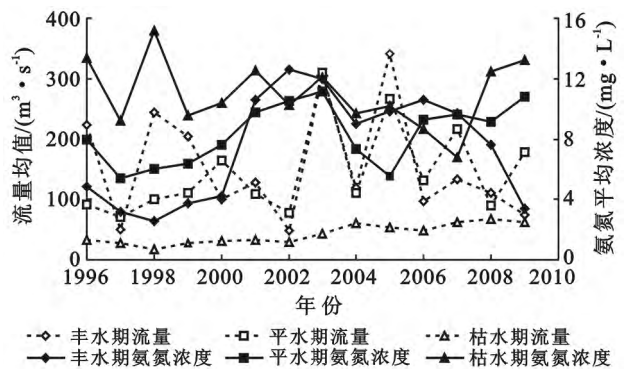


图 2 华县站 1996—2009 年丰、平、枯期氨氮均值与年平均流量变化过程

2.2 三氮浓度变化

由图 3 可以看出,氨氮、亚硝氮和硝氮的年平均浓度在 1996—2006 年内呈减小趋势,1996—2000 年三氮平均浓度分别为 7.31,0.74 和 2.25 mg/L,而

2001—2006 年分别减小到 6.88, 0.71 和 1.99 mg/L, 水质有所好转; 研究年内渭河流域氮素年均浓度大小为: 氨氮 > 硝氮 > 亚硝氮, 总氮年均浓度趋势与氨氮一致, 这说明在氨氮、亚硝氮和硝氮中, 决定总氮浓度高低的主要是氨氮含量, 而亚硝氮和硝氮对总氮的影响较小。

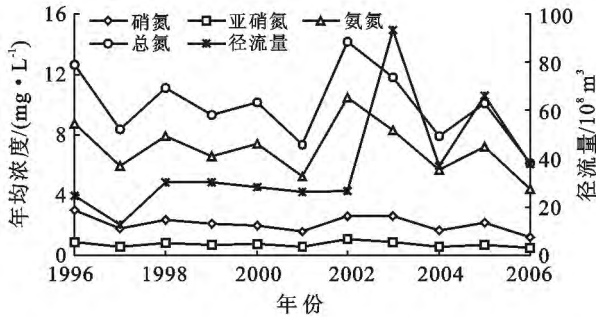


图 3 1996—2006 年华县站三氮均值年均浓度与径流量变化

另外, 在研究期内硝氮浓度变化与年径流量变化基本相同, 这是因为: 一般而言, 在好氧条件下, 土壤中矿化释放的氨氮以及肥料铵, 将很快被氧化为硝氮, 地表径流输出的氮素以硝氮为主, 可占土壤中矿质氮总量的 80% 以上; 另一方面, 由胶体化学可知^[9], 土壤胶体一般带负电荷, 氨氮带正电荷, 易被土壤吸附, 而硝氮带负电荷, 不易被土壤吸附, 所以有降雨时, 硝氮易于淋溶和流失。这说明硝酸盐氮多是由非点源污染引起的, 受年径流量影响较大。因为非点源污染也受降雨强度、溶质运移速率、引水灌溉等多方面因素的影响。

2.3 总氮污染特征

华县断面水质污染负荷的估算运用平均浓度法^[8], 根据华县水质监测站的月氮污染水质监测数据, 计算出水质年均值, 根据逐月月均流量数据, 采用径流分割法^[10] 计算出流量加权值, 然后根据平均浓度法, 分别计算出华县断面洪水过程中污染物的点源负荷、非点源负荷和总负荷, 总氮的污染负荷为点源负荷与非点源负荷之和。

点源与非点源分割采用径流分割。它的基本原理为: 年径流过程可以划分为汛期地表径流过程和河川基流(包括汛期河川基流)过程, 降雨径流的冲刷是产生非点源污染的原动力, 降雨径流又是非点源污染物的载体。流域污染负荷计算公式为:

$$L = L_n + L_p = L_n + L_{枯} \times 12$$

式中: L ——出口断面年总负荷量; L_n ——非点源污染负荷; L_p ——点源污染负荷; $L_{枯}$ ——枯季污染月平均负荷; 12——一年 12 个月。

总氮年均浓度与年均负荷 1996—2006 年总的趋

势是减小的(图 4), 但减小趋势具有一定的阶段性。对于年平均浓度, 1996—2001 年变化不明显, 多年平均浓度为 9.81 mg/L; 2002 年总氮平均浓度达到最高, 为 14.18 mg/L, 之后又逐渐减小, 至 2006 年减小到 6.13 mg/L, 减小趋势明显。

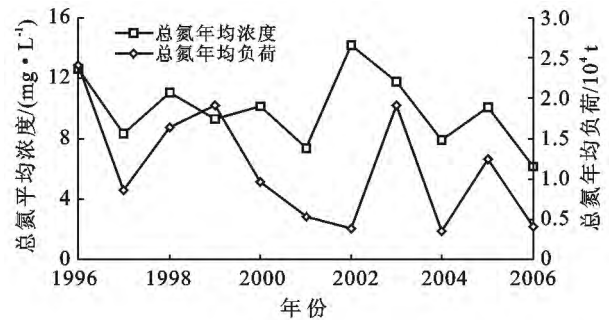


图 4 华县站 1996—2006 年总氮年均浓度、年均负荷变化

对于年均负荷, 1999—2002 年减小特别快, 由 1.91×10^4 t 减小到 3.80×10^3 t, 减小了 1.53×10^4 t, 虽然在 2003 年又增加到了 1.91×10^4 t, 但减小的趋势没有改变。如果以 2000 年为分界点, 1996—2000 年总氮多年平均负荷为 1.56×10^4 t; 2001—2006 年多年平均负荷为 8.10×10^3 t, 比前一时段减小近 1/2。这也说明进入 21 世纪以后, 环境污染治理有所加强, 渭河河水水质有明显改善^[11]。

从 1996—2006 年总氮点源和非点源负荷的分析来看, 除个别年份外, 非点源污染对氮的贡献比点源污染贡献大。点源年均负荷变化不大, 变化范围在 $7.80 \times 10^3 \sim 1.58 \times 10^4$ t, 多年平均负荷为 1.22×10^4 t; 非点源年负荷呈先减小后增加的起伏变化, 2003 和 2005 年非点源负荷增加明显, 其余各年与点源负荷量相差不大, 变化范围在 $7.00 \times 10^3 \sim 7.01 \times 10^4$ t, 各年的负荷值变化幅度不大, 多年平均负荷为 1.95×10^4 t。

受径流量影响, 总氮的非点源负荷在 2003, 2005 年增加趋势与年降雨径流量的增加趋势一致; 2003 和 2005 年降雨量增加, 总氮非点源负荷也增加, 除 2003, 2005 年这 2 a 之外, 1996—2006 年的降雨径流量总的来说较小, 该时期的总氮非点源负荷也小。

分析总氮的点源和非点源负荷量占总负荷的比重, 发现 1998—2001, 2003 和 2005 年非点源负荷量比重均大于点源; 1996, 1997, 2002, 2004 和 2006 年点源负荷量比重大于非点源(表 2), 说明这 5 a 总氮污染点源贡献突出, 研究年内点源负荷量多年平均值也略大于非点源, 但并不表明非点源贡献减小, 非点源贡献的总氮污染量也是呈现增加趋势, 只是点源贡献的增加速率较快。

表 2 华县站 1996—2006 年总氮点源、非点源负荷量占总负荷的比重

年份	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	多年平均
点源	0.56	0.92	0.49	0.44	0.48	0.36	0.58	0.18	1.61	0.19	0.88	0.52
非点源	0.44	0.08	0.51	0.56	0.52	0.64	0.42	0.82	0.39	0.81	0.12	0.48

3 结论

(1) 1998—2002 年渭河径流量趋于减小,2003—2006 年径流量变化不稳定,但总体大于 1996—2002 年。

(2) 氨氮、亚硝氮和硝氮的年平均浓度在 1996—2006 年内呈减小趋势,1996—2000 年三氮平均浓度分别为 7.31,0.74 和 2.25 mg/L,而 2001—2006 年分别减小到 6.88,0.71 和 1.99 mg/L,水质有所好转。

(3) 研究年内氨氮年平均浓度 > 硝氮年平均浓度 > 亚硝氮平均浓度。枯水期的氨氮浓度均比平水期和丰水期高,这主要是因为河流径流减少和流域废污水增加所致。

(4) 1996—2006 年点源贡献的氮污染都呈现减小趋势,非点源贡献的氮污染呈上升趋势。但总体上点源污染贡献突出,这和流域废污水排放量及氮肥施用量增加有关。

[参 考 文 献]

[1] 国家发展改革委农村经济司. 渭河流域近期重点治理规

划[R]. 2004.

- [2] 夏星辉,周劲松,杨志峰. 黄河流域河水氮污染分析[J]. 环境科学学报,2001,21(5):564-573.
- [3] 韩涛,李怀恩,李贵宝. 渭河临潼断面以上氮污染分析[J]. 人民黄河,2004,26(12):22-23.
- [4] 韩凤朋,郑纪勇,王云强,等. 黄河支流非点源污染物(N,P)排放量的估算[J]. 环境科学学报,2006,26(11):1893-1990.
- [5] 李越,李怀恩,刘振中,等. 渭河河水氮污染特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(1):41-44.
- [6] 李家科. 流域非点源污染负荷量化研究:以渭河流域为例[D]. 西安:西安理工大学,2009.
- [7] 朱蓓丽. 环境工程概论[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [8] 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,2000,7(4):397-400.
- [9] 严旭世. 给水工程 [M]. 4 版. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [10] 陈友媛,惠二青,金春姬,等. 非点源污染负荷的水文估算方法[J]. 环境科学研究,2003,16(1):10-13.
- [11] 蔡明. 渭河陕西段氮污染及控制规划研究[D]. 西安:西安理工大学,2004.

(上接第 113 页)

[参 考 文 献]

- [1] 高会军,姜琦刚,霍晓斌. 陕北长城沿线沙质荒漠化遥感研究[J]. 自然资源学报,2005,20(3):471-475.
- [2] 朱震达. 中国土地荒漠化的概念、成因与防治[J]. 第四纪研究,1998(2):145-155.
- [3] 杨晓晖,张克斌,慈龙骏. 中国荒漠化评价的现状、问题及解决途径[J]. 中国水土保持科学,2004,2(1):22-28.
- [4] 聂浩刚,李智佩,岳乐平,等. 内蒙古西部额济纳盆地土地荒漠化发展态势及其成因[J]. 地质通报,2008,27(8):1335-1343.
- [5] 李香云,杨君,王立新. 干旱区土地荒漠化的人为驱动作用分析:以塔里木河流域为例[J]. 资源科学,2004,26(5):30-37.
- [6] 李金霞,殷秀琴,包玉海. 农牧交错带土地荒漠化及其影响因子研究:以扎鲁特旗为例[J]. 干旱区研究,2007,24(2):146-152.
- [7] 王涛,吴薇,薛娴,等. 中国北方沙漠化土地时空演变分析[J]. 中国沙漠,2003,23(3):230-235.
- [8] 赵存玉,王涛,封建民. 草原与荒漠过渡地带土地荒漠化特征分析:以库布齐沙漠及毗邻地区为例[J]. 干旱区地理,2005,28(5):621-625.
- [9] 任朝霞,杨达源. 近 50 a 西北干旱区气候变化趋势及对

荒漠化的影响[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(4):91-95.

- [10] 高会军,谭克龙,姜琦刚,等. “3S”技术在沙质荒漠化土地动态监测中的应用[J]. 地质灾害与环境,2005,16(2):182-185.
- [11] 高会军,姜琦刚,霍晓斌. 中国北方沙质荒漠化土地动态变化遥感分析[J]. 灾害学,2005,20(3):36-40.
- [12] 李晓琴,张振德,张佩民. 格尔木土地荒漠化遥感动态监测研究[J]. 国土资源遥感,2006,68(2):61-63.
- [13] 朱金花,黎劲松. 基于遥感与 GIS 技术的吉林省西部土地沙漠化现状及发展趋势研究[J]. 地理科学,2001,21(2):140-144.
- [14] 孙永军,周强,杨日红. 黄河流域土地荒漠化动态变化遥感研究[J]. 国土资源遥感,2008,76(2):74-78.
- [15] 刘淑珍,柴宗新,范建荣. 中国土地荒漠化分类系统探讨[J]. 中国沙漠,2000,20(1):35-39.
- [16] 周兆叶,储少林,王志伟,等. 基于 NDVI 的植被覆盖度变化分析:以甘肃省张掖市甘州区为例[J]. 草业科学,2008,25(12):23-29.
- [17] 秦伟,朱清科,张学霞,等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):163-166.