

渭河陕西段水体主要污染物变化趋势分析

关建玲, 王 蕾, 裴晓龙, 杨玉珍, 杏 艳, 刘 勇

(陕西省环境监测中心站, 陕西 西安 710054)

摘 要: 根据 2005—2010 年渭河流域(陕西段)26 个断面的水质监测资料,采用综合污染指数法、超标倍数法和秩相关系数法等对该段水体进行了评价,对造成渭河水污染严重的化学需氧量(COD)和氨氮(NH₃-N)的时空变化趋势和主要污染原因进行了分析。结果表明,渭河流域(陕西段)污染程度基本呈下降趋势,其中宝鸡段水质较好,咸阳至渭南段污染仍然严重;污染减排是促进渭河 COD 浓度下降的主要原因;渭河干流污染以支流汇入污染为主,渭河干流排污口污染负荷以西安市和咸阳市为主。

关键词: 渭河流域; 污染物; 变化趋势

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)06-0051-04

中图分类号: X824

Trends of Major Pollutants Found in Weihe River in Shaanxi Province

GUAN Jian-ling, WANG Lei, Pei Xiao-long, YANG Yu-zhen, XING Yan, LIU Yong

(Shaanxi Environmental Monitoring Center, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: The methods of comprehensive pollution index, double weight index, and Spearman's rank correlation coefficient were used to evaluate the spatiotemporal variations in water quality of Weihe River in Shaanxi Province. According to the water quality data collected at 26 monitoring sections from 2005 to 2010, the temporal and spatial trends of COD and NH₃-N and the driving forces were analyzed respectively. The results indicated that the overall water quality has improved certainly as shown by the reduction of COD. The water quality of Baoji section was classified as of the third grade. However, the pollution level in the section from Xianyang to Weinan City was still quite high. The polluted tributaries and drainage outlets in the areas of Xi'an and Xianyang City contributed mainly the pollution in the mainstream.

Keywords: Weihe basin; pollutants; changing trend

渭河是黄河的最大支流,流经陕、甘、宁三省区。渭河干流全长 818 km,陕西省境内河长 502 km。陕西省境内渭河流域面积为 6.71×10^4 km²,占渭河流域总面积的 50%^[1]。陕西省境内渭河流域面积占陕西省国土总面积的 1/3,但却集中了该省 2/3 的人口和生产总值,56%的耕地,72%的灌溉面积^[2]。渭河水质直接影响到当地人民的生产和经济社会发展^[3]。随着社会经济的发展,大量生产和生活污水导致的渭河污染负荷加重和水质恶化,已经对关中地区的社会经济发展形成了制约,也对黄河潼关以下河段的水环境产生了较大影响^[4]。因此,改善渭河流域水环境,不仅是关中地区经济、社会、环境协调发展战略的客观要求,也是关中地区跨越式发展的迫切需要^[5]。“十一五”是开始渭河污染专项治理的重要时期,本研

究依据“十一五”期间渭河流域水质监测资料,分析了渭河水质变化的主要影响因素,对造成渭河水污染严重的化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)两项指标的时空变化趋势进行了分析,以期为渭河流域(陕西段)污染防治工作的进一步开展提供参考。

1 监测断面及评价方法

1.1 监测断面

为全面反映陕西省境内渭河流域的水环境污染状况,综合考虑渭河流域的水系分布、主要污染源位置和河流功能区划,选择收集了 2005—2010 年渭河流域 11 条河流共 26 个监测断面的监测资料。其中渭河干流 13 个断面,包括林家村、卧龙寺桥、魏镇桥、常兴桥、兴平、南营、咸阳铁桥、天江人渡、耿镇桥、新

收稿日期:2012-04-26

修回日期:2012-06-11

作者简介:关建玲(1963—),女(汉族),陕西省澄城县人,高级工程师,主要从事环境监测与环境质量综合分析与评价工作。E-mail: 349229707@qq.com。

通信作者:王蕾(1983—),女(汉族),陕西省商州市人,博士,主要从事环境质量综合分析与评价工作。E-mail: 19416253@qq.com。

丰镇桥、沙王渡、树园和潼关吊桥。另外 13 个断面分别监控金陵河、黑河、涝河、沔河、皂河、灞河(2 个)、临河、漆水河(3 个)、沔河和北洛河共 10 条渭河支流的水质状况。

1.2 评价方法

渭河水体总体污染状况主要采用综合污染指数法评价,根据陕西省境内渭河流域污染源的特点,参与评价的指标选取溶解氧、化学耗氧量(锰法)、生化需氧量、氨氮、化学需氧量、挥发酚、氰化物、汞、6 价铬和石油类共 10 项;评价标准依据《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》。其表达式为:

$$\text{综合污染指数: } I = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

式中: C_i ——为监测值; S_i ——标准值[《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》的Ⅲ类标准限值]; n ——评价指标的个数。

断面水质类别采用单因子评价法评价,即将所评价的河流某断面的实测平均浓度值与标准限值进行比照,低于或等于该类标准限值时评价为达到该类标准、超过Ⅴ类标准限值时,称为劣Ⅴ类,以该断面参评指标中最高类别作为该断面(河段)的水质综合类别。

主要污染指标按照环保部《关于印发“地表水环境质量评价办法(试行)的通知”》环办[2011]22 号中的要求确定。

水质在时间上的变化趋势采用 Spearman 秩相关系数法定量分析^[6]。

2 渭河流域陕西段水质污染现状

“十一五”期间,渭河水质总体有所改善,但目前污染仍较严重。渭河干流Ⅰ—Ⅲ类水质断面比例由 2005 年的 15.4% 上升为 2010 年的 23.1%,劣Ⅴ类水质断面比例保持在 69.2%;综合污染指数由 2005 年的 39.79 下降到 2010 年的 15.85,降幅达 60.2%;“十一五”期间,渭河干流水质类别变化不大,仍为重度污染,但污染程度逐年下降。渭河支流Ⅰ—Ⅲ类水质断面比例由 2005 年的 7.7% 上升为 2010 年的 15.4%,劣Ⅴ类水质断面比例由 2005 年的 69.2% 下降到 2010 年的 38.5%;综合污染指数由 2005 年的 87.69 下降到 2010 年的 20.23,降幅达 76.9%。“十一五”期间,渭河支流污染程度明显下降(图 1)。

根据上述评价方法,综合考察 2010 年渭河各污染因子对应的水质类别、超标倍数、断面超标率等发现,目前渭河陕西段水体中 COD(“十一五”重点减排目标)和 $\text{NH}_3\text{-N}$ (已列为“十二五”减排目标)仍为渭河干流和支流的主要污染物。

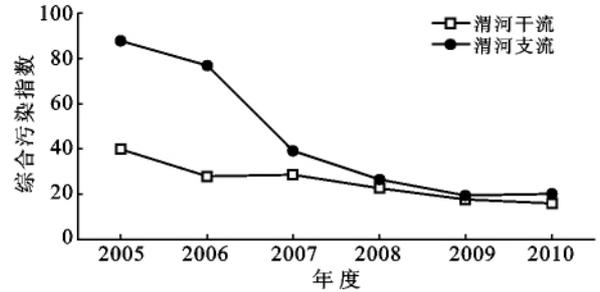


图 1 “十一五”期间渭河流域陕西段水体综合污染指数变化

3 渭河流域陕西段 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化趋势分析

“十一五”期间,渭河流域 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染程度明显下降,COD 年均浓度从 2006 年的 89.0 mg/L 下降至 2010 年的 35.1 mg/L,降幅为 60.6%,渭河流域 COD 总体水平从劣Ⅴ类下降为Ⅴ类;而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 年均浓度从 2006 年的 8.704 mg/L 下降至 2010 年的 4.253 mg/L,降幅为 51.1%,目前渭河流域 $\text{NH}_3\text{-N}$ 总体水平仍为劣Ⅴ类。说明 COD 污染势头得到控制,而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染仍旧严峻。

3.1 渭河流域陕西段干流 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 变化

渭河干流 COD 的污染程度呈显著下降趋势。COD 浓度由 2006 年的 61.4 mg/L 下降到 2010 年的 31.7 mg/L,“十一五”期间下降了 48.4%,目前渭河干流 COD 总体污染水平达到Ⅴ类。渭河干流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染程度下降但不显著。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度由 2006 年的 4.748 mg/L 下降到 2010 年的 3.686 mg/L,“十一五”期间下降了 22.4%。目前 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染仍然严重,渭河干流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 总体污染水平仍为劣Ⅴ类(表 1)。

从图 2 渭河干流 COD 沿程变化可以看出,宝鸡市的林家村到常兴桥断面 COD 浓度基本保持在Ⅲ类;咸阳市的兴平断面至渭南市潼关吊桥出境断面 COD 浓度在 2008 年前均为劣Ⅴ类,之后该段水质逐步好转,目前潼关吊桥断面(渭南)达到Ⅵ类,兴平断面和南营断面(咸阳)、耿镇桥和新丰桥断面(西安)达到Ⅴ类,而咸阳铁桥(咸阳)、天江人渡(西安)、沙王渡和树园断面(渭南)仍为劣Ⅴ类。从图 2 渭河干流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 沿程变化可以看出,宝鸡市的林家村断面到常兴桥断面 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度基本保持在Ⅲ类;从咸阳市的兴平断面至渭南的潼关吊桥出境断面 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度“十一五”期间除 2006 年咸阳段(兴平和南营断面)外,均远超于地表水Ⅴ类标准值。总的来说,“十一五”期间干流各断面 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度有增有减,但总趋

势仍是污染程度减轻,其中 2008 年是转折点,2010 年达到最低。这与陕西省实施污染减排措施初见成

效有关,也说明污染减排与水环境质量改善有一定协同效应。

表 1 渭河流域陕西段 COD 和 NH₃-N 年均浓度变化趋势

mg/L

监测年度	COD			NH ₃ -N		
	干流	支流	水系	干流	支流	水系
2006 年	61.4	116.7	89.0	4.748	12.660	8.704
2007 年	62.6	71.5	67.0	5.794	7.452	6.623
2008 年	38.9	42.1	40.5	5.275	6.213	5.744
2009 年	32.0	36.4	34.2	4.101	4.888	4.494
2010 年	31.7	38.5	35.1	3.686	4.820	4.253
秩相关系数 R_s	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-1.0	-1.0
污染趋势	下降	下降	下降	下降	下降*	下降*

注:临界值 $W_p=0.9$, $|R_s|>W_p$, * 表示变化趋势在 0.05 的可信度水平上有显著意义。

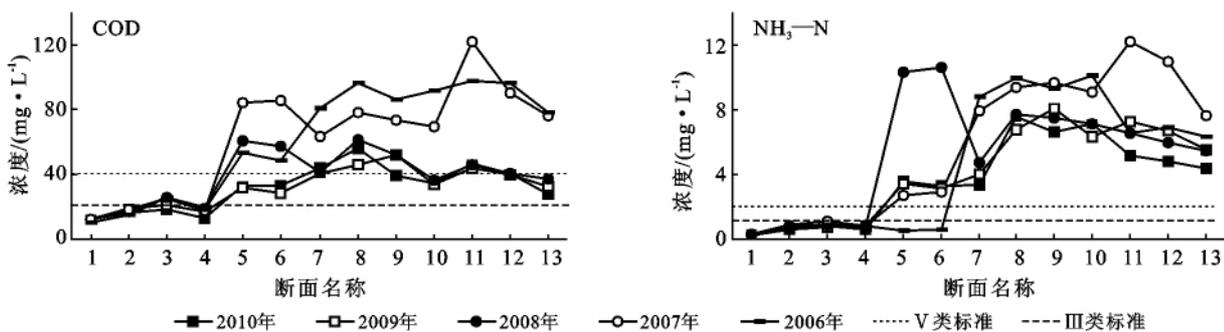


图 2 “十一五”期间渭河干流主要污染指标沿程变化

注:1 林家村; 2 卧龙寺; 3 虢镇桥; 4 常兴桥; 5 兴平; 6 南营; 7 咸阳铁桥; 8 天江人渡; 9 耿镇桥; 10 新丰桥; 11 沙王渡; 12 树园; 13 吊桥

3.2 渭河流域陕西段支流 COD 和 NH₃-N 变化

渭河支流 COD 的总体污染程度呈显著下降趋势。COD 年均浓度由 2006 年的 116.7 mg/L 下降到 2010 年的 38.5 mg/L,“十一五”期间下降了 67.0%,目前渭河支流 COD 总体污染水平达到 V 类。渭河支流 NH₃-N 的总体污染程度呈显著下降趋势。NH₃-N 年均浓度由 2006 年的 12.660 mg/L 下降到 2010 年的 4.820 mg/L,“十一五”期间下降了 61.9%,但目前渭河支流 NH₃-N 总体污染水平仍为劣 V 类(表 1)。

从图 3 渭河 10 条支流 COD 监测结果可以得出,渭河 10 条支流中,2 条支流 COD 基本稳定;2 条支流 COD 有所上升;6 条支流 COD 下降。其中金陵河和灞河 COD 浓度基本稳定,金陵河为 III 类,灞河为 IV 类。黑河和漆水河 COD 浓度有上升趋势,黑河仍为 III 类,漆水河变为劣 V 类。沔河 COD 有所下降,达到 III 类。涝河、皂河、临河、沈河和北洛河 COD 浓度明显下降,涝河、沈河和北洛河由劣 V 类变为 IV 类,皂河、临河仍为劣 V 类。从图 3 渭河 10 条支流 NH₃-N 监测结果可以得出,渭河 10 条支流中,1 条支流 NH₃-N 有所上升,其余 9 条支流 NH₃-N 有所下降。其中黑河 NH₃-N 浓度有上升趋势,但仍保持 II 类。金陵河、沔河、皂河、灞河和漆水河 NH₃-N 有所降低,其中金

陵河和沔河达到 II 类,皂河、灞河和漆水河仍为劣 V 类。涝河、临河、沈河和北洛河 NH₃-N 浓度明显下降,临河由劣 V 类下降到 V 类,涝河和沈河由劣 V 类下降到 IV 类,北洛河由劣 V 类下降到 III 类。

3.3 结果分析

3.3.1 主要污染物的年际变化分析 从年均浓度年际变化情况看,渭河流域陕西段 COD 和 NH₃-N 污染程度整体呈明显下降趋势,但污染形势仍旧严峻。2010 年渭河流域 COD 总体水平达到 V 类, NH₃-N 总体水平仍为劣 V 类。分析其原因可能为: (1) “十一五”期间污染减排是促进渭河流域 COD 浓度下降和水质改善的主要原因。“十一五”期间,陕西省通过工程减排、结构减排、管理减排,削减渭河流域污染负荷,全省 COD 排放量下降了 12.18%,渭河干流沿岸城市 COD 排放量逐年减少。陕西省环境统计数据显示,“十一五”期间渭河干流沿岸城市 COD 排放量逐年减少,减排趋势明显(表 2)。(2) 规模化畜禽养殖业和农业生产等造成的面源污染增加了渭河 COD 和 NH₃-N 污染负荷。近年来,规模化畜禽养殖业和农业生产等非点源污染排放增多^[7]。2009 年,陕西省累计建成的规模化畜禽养殖场共 894 家,其中有污染治理设施的规模化畜禽养殖场仅占总量的 35.9%。畜禽养殖年

产生量 COD 为 48 761.68 t, $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 820.14 t, 大多数有机废水直接排放, 导致大量营养物质随地表径流进入水体, 造成了水体的污染。而农业生产中的化肥使用, 农业产业化发展以及水土流失对渭河造成了一定程度的面源污染。

表 2 “十一五”期间渭河沿岸主要市(区)COD 排放量 t

年度	生活污水 COD	工业废水 COD	合计
2006 年	138 979	113 071	252 050
2007 年	109 377	154 685	264 062
2008 年	137 990	116 096	254 086
2009 年	140 638	101 532	242 170
2010 年	142 094	91 407	233 501

注: 数据主要为沿岸各地市(宝鸡、咸阳(含杨凌)、西安、渭南等地区)的合计。

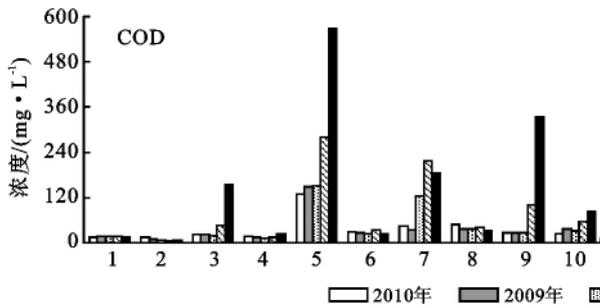


图 3 “十一五”期间渭河流域陕西段 10 条支流主要污染指标变化

注: 1 金陵河; 2 黑河; 3 涝河; 4 沔河; 5 皂河; 6 灞河; 7 临河; 8 漆水河; 9 沔河; 10 北洛河

3.3.2 主要污染物的空间变化分析 从空间变化情况看, 渭河上游宝鸡段水质良好, COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 监测浓度较低, 咸阳段水质明显下降, 至西安段水质达到最差, 到渭南段水质有所改善。其主要原因如下: (1) 干流污染与其汇入支流的空间分布和污染程度密切相关。依据 2009 年陕西省污染源普查动态更新数据, 对沿渭干流大型工业、市政直排口和支流排污口排污量进行现场调查和复核(表 4)。

表 4 渭河干流(陕西段)排污负荷统计表^[8]

项目	汇入干流水量	COD	$\text{NH}_3\text{-N}$
支流 入河量/($10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$)	317 116.53	15.987 6	1.756 0
汇入 污染负荷/%	89.4	72.2	61.2
干流排 入河量/($10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$)	37 722.47	6.156 4	1.081 7
污口 污染负荷/%	10.6	27.8	38.1

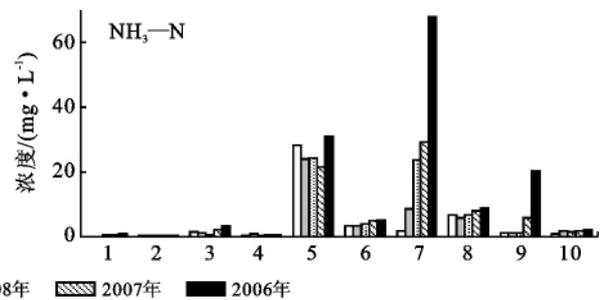
结果表明渭河污染以支流污染贡献为主, 干流排污口为辅, 支流的分布和污染程度影响干流水质空间变化。渭河干流的咸阳到潼关段, 污染严重的断面所在的河段正是污染严重的支流汇入的河段。例如, 支流皂河 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染浓度最高, 其与同区域

(3) 水资源严重短缺也是导致渭河污染物浓度高的重要原因。关中地区水资源本身严重短缺, 约为陕西省水资源总量的 1/6~1/5。而关中地区又是陕西主要农业生产基地, 水利化程度较高, 再加上沿岸工业、居民生活、林牧渔畜等, 用水压力大, 河道生态基流没有保证。近年来关中地区各种用水量基本保持稳定, 但渭河水量有逐年减少的趋势, 使得渭河污染物浓度难以降低(表 3)。

表 3 “十一五”期间关中地区水资源利用情况 10^8 m^3

年度	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
关中地区总用水量	50.82	47.44	50.59	49.67
渭河年径流量	76.35	73.51	59.85	65.52

注: 数据来源于《陕西省水资源公报》; 渭河年径流量含泾河和洛河数据。



(西安未央区)的干流断面天江人渡 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染浓度也最高。(2) 与地区污水排放量有关。干流排污口入河排污量按地市贡献以西安和咸阳地区为主。调研发现渭河干流共有 51 个排污口, 其中西安和咸阳段的 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量占干流排污口总排放量的 88.6% 和 94.4%。

4 结论

(1) “十一五”期间, 渭河流域(陕西段)水质总体有所改善, 但目前污染仍较严重。COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染程度整体呈明显下降趋势, COD 污染基本得到控制, 而 $\text{NH}_3\text{-N}$ 虽有下降但污染形势仍旧严峻。

(2) 渭河干流断面中, 宝鸡段 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 均稳定在 III 类, 水质较好; 咸阳—渭南段污染程度明显下降, 但仍有 4 个断面 COD 为劣 V 类, 所有断面 $\text{NH}_3\text{-N}$ 均为劣 V 类。

(3) 渭河 10 条支流中, 6 条支流 COD 下降, 9 条支流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 有所下降; 但渭河咸阳—渭南段汇入的支流污染水平仍较高, 漆水河、皂河和临河 COD 仍为劣 V 类, 漆水河、皂河和灞河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 仍为劣 V 类。

(下转第 60 页)

- [7] 梁爱珍, 张晓平, 杨学明, 等. 耕作方式对耕层黑土有机碳库储量的短期影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1287-1293.
- [8] 辛平, 黄高宝, 张国盛, 等. 耕作方式对表层土壤饱和导水率及紧实度的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(2): 203-207.
- [9] 李素英, 李晓兵, 符娜, 等. 内蒙古典型草原区土壤硬度与土壤水分的空间变化分析: 以锡林浩特为例[J]. 干旱区地理, 2007, 30(2): 196-202.
- [10] 焦彩强, 王益权, 刘军, 等. 关中地区耕作方法与土壤紧实度时空变异及其效应分析[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 7-12.
- [11] Carlos M P, Luis H B, Jan W H. Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe [J]. Soil & Tillage Research, 2001, 60(1): 35-42.
- [12] Usowicz B, Lipiec J, Ferrero A. Prediction of soil thermal conductivity based on penetration resistance and water content or air-filled porosity [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2006, 49(25/26): 5010-5017.
- [13] 李文凤. 免耕与秋翻对黑土肥力的对比研究[D]. 吉林长春: 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 2008.
- [14] Smith R G, Januchowski S, Gross K L. Earthworms and weed seed distribution in annual crops [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2005, 108(4): 363-367.
- [15] Bengough A G, Mullins C E. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses [J]. Journal of Soil Science, 1990, 41(3): 341-358.
- [16] Da Silva A P, Imhoff S, Kay B D. Plant response to mechanical resistance and air-filled porosity of soils under conventional and no-tillage system [J]. Scientia Agricola, 2004, 61(4): 451-456.
- [17] 张晓平, 李文凤, 梁爱珍, 等. 中层黑土不同耕作方式下玉米和大豆产量及经济效益分析[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 858-864.

(上接第 54 页)

(4) 渭河干流污染与其汇入的支流污染程度密切相关, 排污口污染次之。渭河干流排污口污染负荷以西安和咸阳地区为主。

(5) 污染减排是促进渭河流域 COD 浓度下降和水质改善的主要原因, 而渭河水量变小、规模化畜禽养殖业和农业生产等非点源排放增多使渭河 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染压力增加。

[参 考 文 献]

- [1] 陕西省人民政府. 陕西省渭河流域综合治理五年规划(2008—2012年)[R]. 陕西 西安: 陕西省人民政府, 2008.
- [2] 刘秀花, 黄兴国, 周春华. 渭河陕西段水环境污染历时分析研究[J]. 水资源保护, 2005, 21(5): 70-72.
- [3] 刘燕, 胡安焱, 邓亚芝. 陕西省渭河流域水质时空演化特性[J]. 水资源保护, 2007, 23(3): 11-13.
- [4] 魏学东, 高飞, 刘鹏, 等. 渭河干流宝鸡至咸阳段氨氮污染现状分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2011, 41(5): 913-916.
- [5] 李孝廉, 杜新黎, 王安林. 渭河干流(陕西段)水污染现状及控制对策研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2008, 38(5): 823-827.
- [6] 周璐红, 刘秀花. 渭河陕西段水质评价及变化趋势分析[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(9): 169-172.
- [7] 范拴喜. 渭河流域陕西段农业面源污染与防治对策[J]. 农业环境与发展, 2010(1): 68-73.
- [8] 熊良虎, 王永杰, 沈炳岗. 渭河“十二五”水污染治理思考[C]// 陕西环境保护厅. 陕西省环保系统环境管理优秀调研报告选集. 西安: 陕西省环保厅, 2010: 78-98.