2013—2017 年延河水质变化及其影响因素

裴晓龙，丁 强，杨玉珍，程俊侠，郭 琦
（陕西省环境监测中心站 水环境监测室，陕西 西安 710054）

摘 要：[目的] 分析延河水质变化趋势及其主要影响因素，为延河水质状况评估和水污染防治提供科学依据。[方法] 应用 Pearson 相关性原理，构建适用于延河水质评价分析的指标体系，在此基础上对延河 2013—2017 年 283 组水质监测数据进行统计分析。[结果] 2013—2017 年延河水质的内梅罗指数逐年上升，水质状况逐年下降；延河水质变化中，氨氮在评价指标体系中的贡献率逐年增大，2017 年已经达到 38.7%，远超其他污染物。改善延河水质，氨氮的总量控制和治理会是重中之重。[结论] ①在满足科学性、合理性的前提下，采用由氨氮、总磷、石油类、化学需氧量这 4 个因子组成指标体系，可以使水质评价工作简化，操作性更强。②改善水源的生态补给状况同时控制入河污染物总量是延河生态发展的必由之路。

关键词：延河；水质；氨氮总量；皮尔斯相关性

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2019)02-0115-03 **中图分类号**：X824

文献参数：裴晓龙，丁强，杨玉珍，等. 2013—2017 年延河水质变化及其影响因素[J]. 水土保持通报，2019，39(2)：115-117. DOI：10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 02. 018；Pei Xiaolong，Ding Qiang，Yang Yuzhen，et al. Change and influencing factors of water quality in Yanhe River from 2013 to 2017[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2019，39(2)：115-117.

Change and Influencing Factors of Water Quality in Yanhe River from 2013 to 2017

Pei Xiaolong[1]，Ding Qiang[1]，Yang Yuzhen[1]，Cheng Junxia[1]，Guo Qi[1]
(*Water Environment Monitoring Office*，*Shaanxi Provincial Environmental Monitoring Center Station*，*Xi'an*，*Shaanxi* 710054，*China*)

Abstract：[Objective] In order to provide scientific support for the prevention and control of water pollution in Yanhe River，the change trend of Yanhe water quality and the main influencing factors were studied. [Methods] An optimal index system was established by Pearson correlation principle to evaluate the water quality of Yanhe River. Based on the system，283 data series of water quality(2013—2017) were analyzed. [Results] The Nemero index of Yanhe water quality increased and the water quality deteriorated year by year from 2013 to 2017. In the change of Yanhe water quality，the contribution rate of ammonia nitrogen in the evaluation index system increased year by year. It has reached 38.7% in 2017，far exceeding other pollutants. To improve the water quality of the Yanhe River，the total amount of ammonia nitrogen should be mainly controlled. [Conclusion] ① Using an index system including the four factors of ammonia nitrogen，total phosphorus，petroleum and chemical oxygen demand can make the evaluation work more simple and exercisable. ② Controlling the total amount of ammonia nitrogen into the river and improving fresh water supply would reverse the deteriorative trend of Yanhe River.

Keywords：**Yanhe River**；**water quality**；**total amount of ammonia nitrogen**；**Pearson correlation**

延河发源于陕西省靖边县天赐湾乡周山，由西北向东南，流经志丹、安塞、延安，于延长县南河沟附近汇入黄河，全长 286.9 km，流域面积 7 687 km^2，落差 938 m，平均比降 3.3‰，主要有杏子河、西川河、蟠龙川等 14 条支流，是陕北第 2 大河。延河多年平均年降雨量 520 mm，多年平均年水面蒸发量 980 mm，干

收稿日期：2018-05-14 **修回日期**：2018-06-11
第一作者：裴晓龙(1988—)，男(汉族)，河南省平顶山市人，学士，助理工程师，主要从事水环境质量评价方面的研究。E-mail：peixl5067@163.com。

旱指数在 1.57～1.92[1]。随着工业化进程的推进，特别是陕北油气煤等资源的开发，以及人们生产生活方式的改变，人类活动的影响使得延河的水质发生变化，而针对延河水质的变化趋势鲜有研究。因此，本研究应用 Pearson 相关性原理[2]，建立适用于延河水质评价的指标体系。在此基础上对 2013—2017 年延河水质状况进行分析，分析水质变化趋势，研究各指标污染贡献程度及影响延河水质的因素，以期为延河水质状况评估和治理提供科学依据。

1 评价方法

选择内梅罗指数法进行水质定量评价，用 Spearman 秩相关系数法进行水质变化趋势分析，用污染分担率研究指标体系中各项污染因子的贡献程度。

1.1 内梅罗指数法[3]

内梅罗指数是当前国内外进行综合污染指数计算最常用的方法之一，是一种兼顾极值或称突出最大值的计权型多因子环境质量指数。该方法先求出各因子的分指数，然后求出各分指数的平均值，取最大分指数和平均值计算。

1.1.1 单因子指数 通过单因子评价，可以确定主要污染物及其危害程度。一般以污染指数来表示，其表达式为：

$$P_i = C_i / S_i \tag{1}$$

式中：P_i——i 因子的污染指数；C_i——i 因子实测值；S_i——i 因子环境质量标准值（地表水环境质量Ⅲ类标准值[4]）。

1.1.2 综合指数 综合污染指数兼顾了单因子污染指数平均值和最高值，可以突出污染最重因子的作用。其表达式为：

$$P_{综} = \sqrt{(\mathrm{avg}P_i^2 + \mathrm{max}P_i^2)/2} \tag{2}$$

式中：$P_{综}$——断面（或河流）的内梅罗指数；$\mathrm{max}P_i$——该断面（或河流）单因子指数中的最大值；$\mathrm{avg}P_i$——该断面（或河流）单因子指数平均值。

1.2 Spearman 秩相关系数法[5]

采用 Spearman 秩相关系数法分析断面（或河流）污染状况随时间变化的趋势，其计算公式为：

$$r_s = 1 - 6 \times \sum_{i=1}^{n} d_i^2 / (N^3 - N) \tag{3}$$

$$d_i = X_i - Y_i \tag{4}$$

式中：X_i——周期 i 到周期 N 按浓度值从小到大排列的序号；Y_i——按时间排列的序号；N——周期次数；r_s——秩相关系数。

1.3 污染分担率[6]

污染分担率是指各项污染因子的分指数在综合污染指数中的比例，是反映污染构成的一个指标。其计算公式为：

$$F_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i} \times 100\% \tag{5}$$

式中：F_i——第 i 项污染因子的污染分担率；P_i——第 i 项污染因子的污染指数；n——污染因子的总个数。

2 指标体系

水质评价指标体系[7]是用来全面衡量水质的尺度，是综合水中各因子的标识。从水质评价过程以及相关评价实例来看，单个指标存在不能准确、合理的表征水质实际状况的可能性，却能直接影响评价结果。由此基于评价结果来筛选指标进而构建针对一条河流的评价指标体系成为一个新的思路。为了能够更直观、更清晰地分析延河水质变化的情况，在满足科学性、合理性的前提下，设计了 3 个指标体系方案。①方案 1：地表水河流评价指标，即《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》中除水温、总氮、粪大肠菌群以外的 21 项指标。②方案 2：省政府考核指标化学需氧量、氨氮，同时兼顾特征污染物石油类和总磷，合计 4 项指标。③方案 3：用地表水环境质量评价办法评价，对延河 2013—2017 年共计 283 条监测数据进行统计分析，样品超标率大于 10% 的指标有化学需氧量、氨氮、高锰酸盐指数、5 d 生化需氧量、总磷、石油类，结合自动站监测指标，增加溶解氧，确定以上 7 项指标。应用内梅罗指数法，采用以上 3 种方案分别对陕西省环境监测网络中延河上 5 个断面 2013—2017 年每月监测数据进行统计评价，结果详见表 1。

表 1 不同指标体系方案年均值内梅罗指数评价结果

断面	2013 年			2014 年			2015 年			2016 年			2017 年		
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3	方案 1	方案 2	方案 3
断面 1	0.76	0.71	0.78	0.76	0.67	0.79	0.95	1.16	1.10	0.89	1.03	1.01	0.88	1.01	0.99
断面 2	0.89	1.00	1.04	0.95	1.06	1.10	1.21	1.45	1.40	1.14	1.38	1.33	1.89	2.19	2.06
断面 3	0.96	1.08	1.11	0.94	1.01	1.08	1.14	1.35	1.31	1.43	1.67	1.62	2.56	2.79	2.69
断面 4	0.97	0.94	1.06	0.91	0.91	1.02	1.01	1.24	1.19	1.10	1.38	1.32	0.96	1.15	1.11
断面 5	0.88	0.90	0.97	0.91	0.92	1.02	0.93	1.11	1.09	1.00	1.25	1.21	1.02	1.17	1.15

将每种方案评价结果作为变量,导入 SPSS 统计软件进行定量相关性分析,采用双侧显著性检验,计算 Pearson 相关系数 r($r>0$ 时正相关,$r<0$ 时负相关,其绝对值大小反映变量相关程度高低)详见表 2。按照 Pearson 相关性原理,若某两个变量的 r 绝对值接近 1,显著性 $p<0.01$,可以认为两个变量具有普遍相似性,两个变量可以相互替代。

表 2　水质评价指标体系不同方案相关性分析结果

Pearson 验证		方案 1	方案 2	方案 3
方案 1	Pearson 相关性 r	1	0.978	0.993
	显著性 P(双侧)		0.000	0.000
	N	25	25	25
方案 2	Pearson 相关性 r	0.978	1	0.994
	显著性 P(双侧)	0.000		0.000
	N	25	25	25
方案 3	Pearson 相关性 r	0.993	0.994	1
	显著性 P(双侧)	0.000	0.000	
	N	25	25	25

注:N 表示每组变量的数据量。

表 2 显示,在 0.01 的显著水平下,方案 2,方案 3 与方案 1 的 Pearson 相关系数分别为 0.978 和0.993,大于 0.9,呈现高度显著正相关。根据 SPSS 统计软件 Pearson 相关性原理,可以推出方案 2,方案 3 均可以替代方案 1。方案 1 中指标全,能全面、综合地反映水质状况,但评价参数较多,评价的计算量较大,且不能突出重点因子;方案 2,3 与方案 1 的相关程度都很高,参数量小,操作性较强。根据评价指标体系筛选原则,在满足科学性、合理性和可操作性的前提下,可以尽量选择参数少,代表性强的指标进行评价。因此确定方案 2 为延河水质评价中的优选评价指标体系。

3　延河水质变化趋势及影响因素分析

3.1　水质变化情况

采用方案 2 中的指标体系对延河 2013—2017 年水质状况进行评价(表 3)。2013—2017 年延河内梅罗指数的 Spearman 秩相关系数是 1,有着显著的上升意义。由此可见 5 a 间延河水质状况呈明显下降趋势。从表 3 还可看出,氨氮的污染指数、污染分担率均呈现与延河总体内梅罗指数相同的变化趋势,表明延河水质变化主要受氨影响。另外,氨氮的污染指数 5 a 间增长了 168.7%,污染分担率增长了60.8%,延河氨氮污染的典型特征愈发明显。

表 3　延河水质评价指标体系中各因子污染指数及分担率变化

年份	氨氮		化学需氧量		石油类		总磷		内梅罗指数
	污染指数	分担率/%	污染指数	分担率/%	污染指数	分担率/%	污染指数	分担率/%	
2013	0.72	24.1	1.05	35.0	0.58	19.2	0.65	21.8	0.91
2014	0.80	26.6	1.05	34.7	0.41	13.6	0.76	25.0	0.92
2015	1.29	28.1	1.23	26.8	0.83	18.1	1.25	27.1	1.22
2016	1.45	30.2	1.20	24.9	0.98	20.5	1.17	24.4	1.33
2017	1.94	38.7	1.29	25.7	0.63	12.6	1.15	23.0	1.63
r_s	1.00	1	0.87	−0.9	0.60	−0.3	0.60	0.1	1
变化趋势	显著上升	显著上升	无显著变化	下降趋势	无显著变化	无显著变化	无显著变化	无显著变化	显著上升

3.2　影响因素分析

为了研究延河水质变化的原因,引入以下数据:①水质内梅罗指数,用来表征水质污染状况;②河流年径流量,用来表征河流的自然来水量;③地区生产总值,用来表征人类生产生活强度。统计结果如图 1 所示。沿延河各县区生产总值在 2013—2014 年经历小幅上升后,呈现明显的下降趋势,而这一时间段内的延河水质呈现明显的下降趋势,可以推断经济增长不是造成延河水质持续下降的主要原因;延河年径流量从 2013 年开始有明显的下降趋势,特别是 2015 年的年径流量仅为 1.39×10^8 m^3,远远低于延河的多年平均径流量 2.82×10^8 m^3,2014—2015 年延河内梅罗指数增长率 33.55%也远超其他年份,由此可见,延河径流量的多少对延河水质的影响较大。

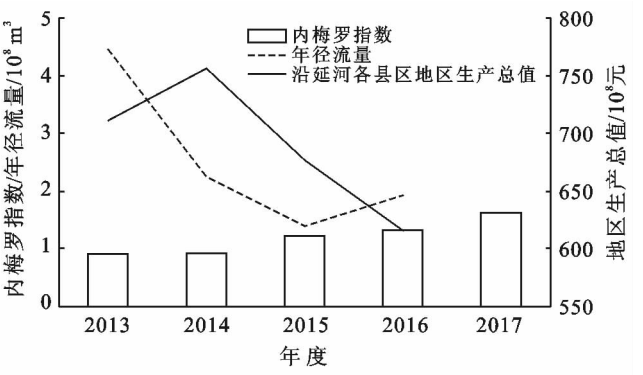


图 1　延河水质变化多重因素分析

(下转第 123 页)

12～14 h,测定毛管持水量的适宜时间为置砂 2～2.5 h,测定最小持水量的适宜时间为持续置砂 72～76 h。在测定最大持水量、毛管持水量时需去除环刀中所用滤纸及吸持水重量,提高检测精度。上述检测条件适用于多类型土壤,检测准确可靠,适用于指导批量样品的检测分析。

本试验所用不同类型土壤在保水性、孔隙性等方面表现出明显的物理特性,具有一定代表性。本试验对现有方法所述检测条件中的不确定性进行优化与完善,指出检测误差产生原因,提高了环刀法的可操作性及准确性,为检测批量土壤物理性质提供了有效可行的指导。

[参 考 文 献]

[1] 依艳丽. 土壤物理研究法[M]. 北京:北京大学出版社,2009.

[2] 邵明安,王全九,黄明斌. 土壤物理学[M]. 北京:北京高等教育出版社,2006.

[3] 王果. 土壤学[M]. 北京:高等教育出版社,2009.

[4] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. LY/T1215-1999 森林土壤水分—物理性质测定[S]. 北京:中国标准出版社,1999.

[5] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. GB/T7835-1987 森林土壤水分—物理性质的测定[S]. 北京:中国标准出版社,1999.

[6] 丁绍兰,杨宁贵,赵串串. 青海省东部黄土丘陵区主要林型土壤理化性质[J]. 水土保持通报,2010,30(6):1-6.

[7] 王政权,王庆成. 森林土壤物理性质的空间异质性研究[J]. 生态学报,2000,20(6):945-950.

[8] 庞学勇,包维楷,张咏梅. 岷江上游中山区低效林改造对土壤物理性质的影响[J]. 水土保持通报,2005,25(5):12-16.

[9] 李灵,张玉,孔丽娜. 武夷山风景区不同林地类型土壤水分物理性质及土壤水库特性[J]. 水土保持通报,2011,31(3):60-65.

[10] 吕贻忠,李保国. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2006.

[11] 迟春明. 土壤水分常数与土壤物理性质研究[M]. 四川成都:西南交通大学出版社,1970.

[12] 张万儒,许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986.

[13] 李朝英,郑路. 土壤颗粒悬液搅拌对土壤质地分析的影响[J]. 水土保持通报,2017,37(6):256-260.

[14] 海兴春,陈健飞. 土壤地理学[M]. 北京:科学出版社,2016.

[15] 李天杰. 土壤地理学[M]. 北京:高等教育出版社,2005.

[16] 吉利明,邱军利,夏燕青,等. 常见黏土矿物电镜扫描微孔隙特征与甲烷吸附性[J]. 石油学,2012,33(2):249-256.

[17] 农业部. NY/T1121.22-2010,土壤田间持水量测定:环刀法[S]. 北京:中国农业出版社,2011.

[18] 伍海兵,李爱平,方海兰,等. 绿地土壤孔隙度检测方法及其对土壤肥力评价的重要性[J]. 浙江农大学学报,2015,32(1):98-103.

[19] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京:中国林业出版社,2005.

(上接第 117 页)

4 结 论

(1) 针对延河水质进行评价研究,在满足科学性、合理性的前提下,使用由氨氮、总磷、石油类、化学需氧量这 4 个因子组成指标体系,可以将评价工作简化,操作性更强。

(2) 2013—2017 年中,延河水质的内梅罗指数逐年上升,水质状况逐年下降。

(3) 延河水质变化中,氨氮在评价指标体系中的贡献率逐年增大,2017 年已经达到 38.7%,远超其他污染物。改善延河水质,应该主要控制氨氮的总量。

(4) 延河生态水量是影响延河水质的主要因素,改善河流的生态水补给状况同时控制入河污染物总量是延河水质健康的保障。

[参 考 文 献]

[1] 《中国河湖大典》编纂委员会. 中国河湖大典:黄河卷[M]. 北京:中国水利水电出版社,2014.

[2] 杨宁,冀德刚,李双金. Pearson 相关分析法在京津冀空气质量分析中的应用[J]. 农业科学与技术,2015,16(3):590-592.

[3] 李名升,张建辉,梁念,等. 常用水环境质量评价方法分析与比较[J]. 地理科学进展,2012,31(5):617-624.

[4] 国家环境保护总局. GB3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[5] 万黎,毛炳启. Spearman 秩相关系数的批量计算[J]. 环境保护科学,2008,34(5):53-55,72.

[6] 谈旭初. 依据污染分担率划分地表水污染类型的方法[J]. 环境科学与管理,2009,34(4):7-8,12.

[7] 高红杰,郑利杰,嵇晓燕. 典型城市地表水综合评价方法研究[J]. 中国环境监测,2017,33(5):55-60.