

# 淮河蚌埠段水质演变及其原因

李万莲<sup>1</sup>, 由文辉<sup>2</sup>, 郑梅<sup>3</sup>

(1. 安徽财经大学商务学院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200241; 3. 安徽省蚌埠市环境监测站, 安徽 蚌埠 233030)

**摘要** 运用水质综合污染指数表征水污染状况, 分析淮河蚌埠段近 20 年来的水质演变规律, 采用灰色关联度法分析了水质变化与社会、经济影响因素间的关系。结果表明, 淮河蚌埠段水质变化主要分为缓慢恶化(1983~1988 年)、加速恶化(1989~1996 年)和逐渐改善(1997~2003 年)三个阶段, 其中工业污染是影响水质变化的最主要因素, 第三产业产值占 GDP 的比重对水环境的影响也非常显著。

**关键词** 水质; 综合污染指数; 灰色关联度; 淮河干流蚌埠段

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)04-0030-03

## Water quality changes and its influencing factors in Bengbu reaches of Huaihe River

LI Wan-lian<sup>1</sup>, YOU Wen-hui<sup>2</sup>, ZHENG Mei<sup>3</sup>

(1. School of Business, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China; 2. School of Resources and Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 3. Center of Environmental Monitoring in Bengbu City of Anhui Province, Bengbu 233030, China)

**Abstract** Water quality in Bengbu reaches of Huaihe River in the latest 20 years was analyzed. The integrated pollution index of water quality was chosen for investigation of the situation of the water pollution, and the impacts of social and economic development on water quality were studied by the approach of grey correlation coefficient. The results showed that the changes of the water quality can be divided into three stages, namely, the period of gradual deterioration (1983 to 1988), accelerating deterioration (1989 to 1996) and gradual improvement (1997 to 2003). Industrial pollution was the most important factor affecting water quality. The percentage of the third industry in GDP was also of great prominence to water environment.

**Key words** water quality; integrated pollution index; grey correlation; Bengbu reaches of Huaihe River

20 世纪 60 年代以来, 发达国家普遍开展了水环境演变与保护研究, 特别是水质的时空演变规律以及水质演变与城市化<sup>[1]</sup>、土地覆盖类型<sup>[2]</sup>间的关系研究较多。国内的相关研究多侧重单项或多项水质指标浓度演变趋势和污染治理对策的研究<sup>[3-6]</sup>。但总的来说, 相关研究多为定性分析, 量化研究较少。本研究主要采用水质综合污染指数的变化表征淮河蚌埠段的水质演变规律, 同时运用灰色关联度法定量分析影响水质变化的主要因素。

蚌埠作为沿淮经济带的中心城市, 以化工、酿造等重污染为基本特征的产业在区域经济发展中占重

要地位, 淮河蚌埠段干、支流水体均受到了不同程度的污染, 而市区工农业需水及居民饮用水基本上全部依赖淮河供给, 水污染已经成为影响蚌埠区域可持续发展的重要因素。本研究主要开展淮河蚌埠段水质演变规律及其影响因素的分析评价, 找出影响区域水质变化的主要因素, 为当前和未来实施科学的水环境管理提供科学依据。

### 1 水质演变规律分析

#### 1.1 数据来源与分析方法

水质数据主要来源于近 20 年(1983~2003 年)

基金项目: 安徽财经大学青年科研项目(ACKYQ0646ZC)

作者简介: 李万莲(1973—), 女, 安徽凤台人, 讲师, 博士, 主要从事生态环境可持续发展研究。E-mail: Liwanlian2003@163.com

来蚌埠市环境保护局公开发表的各类环境质量报告,且以《蚌埠市环境质量报告书(1983~2003)》、《蚌埠市环境监测年鉴(1983~2003)》为主要数据来源,评价标准采用 GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水水质标准。采用逐年综合污染指数的变化趋势来说明淮河干流蚌埠段水质演变情况。水质综合污染指数的计算公式如下:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (1)$$

式中: $P$ 为综合污染指数; $n$ 为参与评价的水质指标数或河流断面数; $P_{ij}$ 为单项水质参数 $i$ 在 $j$ 点的污染指数。 $P_{ij}$ 的计算公式如下:

$$P_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_{0j}} \quad (2)$$

式中: $c_{ij}$ 为某水质指标的实测平均浓度值; $c_{0j}$ 为某水质指标的评价标准值。

## 1.2 水质演变规律

从图1可以看出,近20年来水质变化主要分为三个阶段。第一阶段(1983~1988年)为水质缓慢恶化阶段, $P$ 值变化曲线相对平缓,变幅较小,水质状况总体较好;第二阶段(1989~1996年)为水质加速恶化阶段, $P$ 值较第一阶段呈上升态势,曲线变化幅度大,1989年河段发生重金属严重污染事件,水质急剧恶化,且1994~1996年期间水质呈重度污染;第三阶段(1997~2003年)为水质逐渐改善阶段,

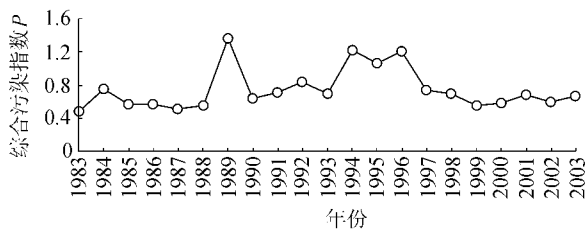


图1 1983~2003年淮河蚌埠段水质综合污染指数变化趋势

表1 1989~2003年蚌埠主要社会经济指标和淮河蚌埠段水质情况

年份	$X_1$ / 万人	$X_2$ / %	$X_3$ / (元·人 <sup>-1</sup> )	$X_4$ / %	$X_5$ / (亿元·a <sup>-1</sup> )(万 t·a <sup>-1</sup> )	$X_6$ / (万 t·a <sup>-1</sup> )	$X_7$ / (万 t·a <sup>-1</sup> )	$X_8$ / (万 t·a <sup>-1</sup> )	$X_9$ / (t·a <sup>-1</sup> )	$X_{10}$ / (万 t·a <sup>-1</sup> )	$X_{11}$ / km	$P$
1989	66.79	66.1	2974	35.35	40.28	9847	2608	6935	5552	1183.1	125.0	1.36
1990	68.13	65.9	3160	36.97	41.11	11443	2355	6753	5490	1350.7	130.0	0.63
1991	69.13	66.1	2949	41.45	42.14	10831	2499	4218	5130	2033.9	133.0	0.71
1992	69.95	66.0	3898	38.65	50.49	10975	2815	5427	7768	2030.0	133.0	0.84
1993	70.67	66.7	4739	38.73	64.38	11541	3016	5161	5401	2188.3	134.0	0.69
1994	71.20	66.1	5757	39.36	76.92	12008	3220	4758	5920	2488.4	135.0	1.22
1995	71.86	66.3	7171	37.30	87.13	13975	3837	6365	6638	2528.7	270.0	1.06
1996	73.02	67.0	7755	39.64	109.10	12941	3866	4458	6864	2701.5	272.0	1.20
1997	73.96	67.1	8527	41.00	110.60	11735	4219	4603	7302	2849.5	286.0	0.73
1998	74.76	67.7	9543	42.27	85.21	11676	4577	4027	7666	2003.0	299.5	0.69
1999	75.30	68.3	9332	44.35	78.84	11095	4124	4462	10136	2855.5	304.7	0.56
2000	76.42	69.5	9842	44.83	87.28	10470	3198	4709	9839	3417.4	312.2	0.58
2001	77.16	69.9	10675	44.74	96.70	10720	5115	4651	9314	4541.5	323.9	0.67
2002	78.53	70.5	11779	43.61	114.01	10995	5473	4552	10200	4545.4	338.8	0.60
2003	79.49	71.0	13772	41.73	136.60	10200	5261	4693	9788	4228.9	366.8	0.66

$P$ 值总体呈下降趋势,水质呈轻度污染,2000年后水质略有波动,但变幅较小。

1997年后淮河蚌埠段水污染状况明显改善,与1994年起国家加大对淮河流域水污染防治工作力度有密切关系,特别是1997年底淮河流域水污染防治的“零点行动”和2000年“淮河水变清”国家行动,对淮河水环境质量的改善发挥了积极作用。近2~3年,河段水质仍呈轻度污染状态。考虑到蚌埠闸上断面的控制河长基本上是蚌埠城市集中饮用水源地,因此维持并逐步改善淮河干流蚌埠段的水环境质量仍是未来较长一段时间内区域乃至全流域水环境保护工作的重点。

## 2 影响水质变化的因素分析

### 2.1 数据来源与分析方法

数据主要来源于近20年(1983~2003年)蚌埠市政府公开发表的各类发展统计报告,以及《蚌埠统计年鉴(1983~2003年)》和《蚌埠市环境统计年报(1983~2003年)》。由于影响水质变化的社会经济因素很多,且近20年期间统计部门的部分统计指标有所变化,从资料的可获得性、有效性和指标数据的可比性等特点出发,最终选择1989~2003年间城市市区总人口( $X_1$ )、城市化率( $X_2$ )、人均GDP( $X_3$ )、第三产业产值占GDP比重( $X_4$ )、工业总产值( $X_5$ )、自来水供水量( $X_6$ )、综合生活用水量( $X_7$ )、工业废水排放量( $X_8$ )、农用化肥施用量( $X_9$ )、工业废水处理达标量( $X_{10}$ )和城市排水管道长度( $X_{11}$ )共11个指标(表1),作为影响水质变化的主要因子,其中水质以综合污染指数 $P$ 来表征,采用灰色关联度方法分析研究其相互间关系。

利用灰色关联度分析法<sup>[7]</sup>,可以得到决定系统运行状态的主要及次要因素,实现对系统的精度分析,从而宏观调控和可行决策。

设参考数列为  $X_0$ , 被比较数列(因素数列)为  $X_i, i=1, 2, \dots, m$ 。且

$$X_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$$

$$X_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\}$$

灰色关联度分析法实质上是用几个数列曲线间几何形状的差别判断关联程度, 因此以曲线间差值的大小作为关联的衡量尺度。可以用下述关系表示比较曲线与参考曲线在各点时刻的差:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_{ik} |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_{ik} |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_{ik} |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (3)$$

式中:  $i=1, 2, \dots, n$ ;  $k=1, 2, \dots, m$ ;  $\rho$  为分辨系数, 为削弱最大绝对误差太大而失真的影响, 提供关联系数之间的差异显著性而设定,  $\rho \in (0, 1)$ , 一般情况下取  $\rho$  为 0.5。

将原始数据作无量纲化处理, 即将各序列的原始数据元素分别各除以各序列原始数据的平均值, 得:

$$K_i = \{k_i(1), k_i(2), \dots, k_i(m)\}, k_i = 1, 2, \dots, m$$

这  $m$  个被比较序列与参考序列之间的关联度可用式(4)计算:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (4)$$

## 2.2 影响水质变化的主要因素

利用表 1 数据, 以水质综合污染指数为母序列, 其余 11 个因子为子序列, 进行灰色关联度计算, 所得关联度列于表 2 中。可见, 在所选 11 个影响水质变化的指标中, 对水质影响的关联度大小排序如下: 工业废水排放量 > 第三产业产值占 GDP 比重 > 城市排水管道长度 > 城市化率 > 人均 GDP > 工业废水处理排放达标量 > 自来水供水量 > 工业总产值 > 总人口 > 农用化肥施用量 > 综合生活用水量。

表 2 淮河干流蚌埠段水质与影响因素间关联度分析结果

影响因素	关联度	关联度排序	影响因素	关联度	关联度排序
$X_8$	0.7493	1	$X_6$	0.6515	7
$X_4$	0.7246	2	$X_5$	0.6334	8
$X_{11}$	0.7152	3	$X_1$	0.6319	9
$X_2$	0.6855	4	$X_9$	0.6173	10
$X_3$	0.6651	5	$X_7$	0.5805	11
$X_{10}$	0.6632	6			

由表 2 可见, 工业废水排放总量对城市水质影响最为显著, 说明在近 20 年间工业污染一度是淮河干流蚌埠段水体的主要污染源, 是影响水质变化的最主要因素。随着未来城市的发展, 可以推测蚌埠

城市工业污染源对水质的重要影响不会在短期内发生根本性改变, 因此必须采取“全过程控制”、“清洁生产”及“节约用水”等相结合的对策, 控制和消减城市工业污水排放量; 第三产业产值占 GDP 的比重对水环境的影响也非常显著, 因此适当调整产业结构、大力发展第三产业、增加第三产业在国民经济中的比重, 将有益于水质的改善; 城市排水管道长度对水质影响明显, 说明城市基础设施的建设, 尤其是用于水污染治理和水环境改善的城市管网设施的发达与完善程度对水环境质量的改善起积极作用; 城市化率与人均 GDP 等指标与水质指标的相关程度较高, 反映了城市经济发展水平对水环境质量影响明显。

## 3 结论

近 20 年来, 淮河干流蚌埠段水质演变的时间动态规律明显, 主要分为水质缓慢恶化(1983 ~ 1988 年)、加速恶化(1989 ~ 1996 年)和逐渐改善(1997 ~ 2003 年)三个阶段, 水质状况的波动受国家水污染防治的宏观调控影响明显。淮河干流蚌埠段水质变化受社会经济发展过程中多种因素的影响, 其中工业污染是影响水质变化的最主要因素; 第三产业产值占 GDP 的比重对水环境的影响也非常显著; 城市排水管道长度对水环境质量影响明显; 城市化率与人均 GDP 等指标与水质变化的相关程度较高。

## 参考文献:

- [1] CUN C, VILGINES R. Time series analysis on chlorides, nitrates, ammonium and dissolved oxygen concentrations in the Seine river near Paris [J]. The Science of the Total Environment, 1997, 208: 59-69.
- [2] PERONA E, BONILLA I, MATEO P. Spatial and temporal changes in water quality in a Spanish river [J]. The Science of the Total Environment, 1999, 241: 75-90.
- [3] 李怀恩, 李越, 蔡明, 等. 河流水质与流域人类活动之间的关系 [J]. 水资源与水工程学报, 2004, 15(1): 24-27.
- [4] 陈静生, 李荷碧, 夏星辉, 等. 近 30 年来黄河水质变化趋势及原因分析 [J]. 环境化学, 2000, 19(2): 97-102.
- [5] 范华义, 李玉. 天津市地表水水质变化趋势及对策 [J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(2): 25-27.
- [6] 焦锋, 许朋柱, 李新. 宜兴、溧阳河流主要水质指标的年际变化与成因分析 [J]. 农村生态环境, 2004, 20(1): 52-55.
- [7] 邓聚龙. 灰色系统基本方法 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987.

(收稿日期 2006-01-10 编辑: 傅伟群)