

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 06 - 0754 - 05

# 淮南市典型采煤塌陷区水域环境现状评价

何春桂, 刘 辉, 桂和荣

(安徽理工大学 资源与环境工程系, 安徽 淮南 232001)

**摘 要:** 通过对塌陷区水域的监测, 从不同角度对塌陷区水域的水质状况进行了分析评价。结果表明: 大通塌陷水域属于轻度污染, 潘三矿塌陷水域属于中轻度污染, 而谢二矿南大塘污染相对较严重, 属于中度污染; 从富营养化程度划分, 大通塌陷水域是贫营养型, 潘三矿塌陷水域是中营养型, 而谢二矿南大塘是富营养型。大通矿和谢二矿塌陷水域水质属于 Ⅲ 类, 潘三矿塌陷水域达到 Ⅳ 类水质标准。

**关键词:** 塌陷区水域; 污染; 浮游生物; 评价

**中图分类号:** X524 **文献标识码:** A

## Environment evaluation on typical water area resulting from coal mine subsidence in Huainan

HE Chun-gui, LU Hui, GUI He-rong

(Department of Resources and Environment Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

**Abstract:** The present situation of the water area subsided by coal mining was inspected, and the water quality was analyzed and evaluated from different angle. The results indicate that water area of Datong coal mine is classified as the slight pollution level, that of Pansan coal mine is at slight to medium pollution level, and water of Xie'er coal mine is polluted seriously, then it is at moderate pollution level. Divided from trophic degree, water area of Datong coal mine belong to oligotrophic state, and Pansan coal mine is mesotrophic and Xie'er coal mine is eutrophic. Water area of Datong coal mine and Xie'er coal mine can reach Ⅲ class standard, and water area of Pansan coal mine can reach Ⅳ class standard.

**Key words:** subsided water area; pollution; plankton; evaluation

淮南市地处安徽省中北部、淮河中段, 是一座以煤炭为主体的能源城市, 煤炭资源非常丰富。但是由于煤炭开采引起的采煤塌陷区在不断扩展, 至今已有采煤塌陷区约为  $7\,262.17\text{ hm}^2$ , 其中植被破坏不可恢复面积为  $50.6\text{ hm}^2$ , 塌陷区大面积积水, 70%以上为塌陷水域。塌陷区的生态系统不断遭到破坏, 要恢复其生态环境的功能, 制定行之有效的措施, 正确认识和真实掌握水体现状, 对水体进行评价是十分必要的<sup>[1]</sup>。

## 1 研究方法

### 1.1 监测布点

监测点的布置选在淮南采煤塌陷区具有代表性的较大的 3 个塌陷水域: 大通矿塌陷水域、潘三矿塌陷

收稿日期: 2005-03-22

基金项目: 安徽省高校“十五”学科拔尖人才基金资助项目 ([2003] 022)

作者简介: 何春桂 (1978-), 女, 山东茌平人, 硕士研究生. E-mail: hguiz99@etang.com

水域、谢二矿南大塘。其中大通矿于 1921 年开采,于 1980 年矿井报废,开采活动停止,塌陷水域已经稳定,基本上是一个孤立封闭的水体;而潘三矿处于开采阶段,塌陷区积水深度在 6 m 以下,塌陷仍在继续;谢二矿南大塘是塌陷较严重的一个塌陷区,最大水深达 14 m,目前仍在继续塌陷<sup>[1]</sup>。

每个水域设置 3 个采样点,分别在水域的中心和边缘取样:大通矿塌陷水域编号为 1 号(中心)、2 号(东)和 3 号(南);潘三矿塌陷水域编号为 4 号(中心)、5 号(西)和 6 号(南);谢二矿南大塘编号为 7 号(中心)、8 号(东)和 9 号(北边出水口)。

## 1.2 水样的采集与测试方法

本文采用各监测点在 2004 年的春季(4 月)和秋季(9 月)的采样数据,透明度、水深于现场测定。水样用 2.5 L 采水器置于水面下 0.5 m 处采集,倒入 250 mL 的溶解氧瓶中,立即加入 1 mL 的  $MnSO_4$  溶液和 2 mL 碱性 KI 溶液固定。采集浮游生物定性样品时用 25 号筛绢浮游生物网(63  $\mu m$  孔径,200 孔)在水面下 0.5 m 处以 20~30 cm/s 的速度成“ ”字形缓慢拖曳约 1~3 min,样品用 4% 的甲醛溶液固定,带回实验室分析鉴定。

同时将水样带回实验室,测定 pH、溶解氧(DO)、5 日生化需氧量( $BOD_5$ )、总磷(TP)、总氮(TN)和叶绿素 a 含量(Chla)等指标。其中 pH 值用 S-2C 型精密酸度计测定,透明度用塞氏圆盘法测定,溶解氧用 JYD-1A 型溶解氧测定仪测定,总磷用过硫酸钾消解、钼锑抗分光光度法测定,总氮用过硫酸钾氧化、紫外分光光度法测定,叶绿素 a 含量采用分光光度法测定,选用 TU-1901 双光束紫外可见分光光度计<sup>[2]</sup>。

## 2 生态环境现状及其评价

### 2.1 生态环境现状

(1) 水质理化指标 通过对各采样点的水样进行监测分析,测定的各项理化指标见表 1。

表 1 塌陷区水域水质监测结果

Table 1 Monitoring results of the water quality in subsided water area

采样点	pH		SD/m		DO/ $mg \cdot L^{-1}$		$BOD_5$ / $mg \cdot L^{-1}$		TP/ $mg \cdot L^{-1}$		TN/ $mg \cdot L^{-1}$		叶绿素 a/ $\mu g \cdot L^{-1}$	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
1号	7.86	7.88	1.2	1.00	8.88	8.795	6.84	2.86	0.044	0.069	5.880	4.141	1.905	5.809
2号	7.74	7.87	1.0	1.00	8.34	8.703	6.78	2.86	0.118	0.053	6.719	6.006	1.291	3.208
3号	7.76	7.89	0.8	0.75	9.41	8.703	6.68	3.05	0.036	0.045	6.202	4.150	1.548	3.518
4号	8.48	8.39	0.5	0.40	8.88	7.590	7.17	3.59	0.262	0.109	0.863	0.612	4.769	8.609
5号	8.47	8.38	0.6	0.40	9.09	6.590	7.05	3.86	0.220	0.053	0.863	0.081	3.473	14.510
6号	8.49	8.37	0.5	0.50	10.91	7.680	7.26	3.54	0.187	0.061	0.658	0.390	5.561	7.395
7号	8.28	8.43	0.5	0.60	5.56	8.970	5.04	6.62	1.436	0.300	4.973	1.308	10.400	15.170
8号	8.46	8.44	0.4	0.30	6.95	8.600	6.43	6.16	1.470	0.432	4.455	1.240	9.300	16.700
9号	8.45	8.45	0.3	0.30	6.74	8.460	6.22	5.79	1.463	0.280	4.226	0.221	11.120	9.879

(2) 水生生物群落状况 由于绝大多数水生生物终生生活在水中,它们与其生存的水环境是相互依存、相互影响的统一体,水质的变化必然对生存在其中的生物产生影响,生物也对此作出不同的反应和变化,其反应和变化是水环境评价的良好指标<sup>[3]</sup>。因此在进行水质评价时,需要对其中的水生生物进行调查。根据水生生物在水体中的分布与生活方式的不同,将调查区的水生生物分为维管束植物、浮游植物和浮游动物进行 3 类监测,其中塌陷区水域高等水生维管束植物的分布情况见表 2,浮游藻类的群落组成见表 3,浮游动物种类数及其优势种列在表 4 中。其中浮游生物的群落组成、优势种和多样性以及现存量(密度和生物量)是水质污染状况和营养水平的重要标志。对水体中浮游生物的组成、数量的调查,将为水体营养状况的判定及富营养化防治提供重要数据。

表 2 塌陷区水域高等水生维管束植物的分布

Table 2 Distribution of advanced aquatic vascular bundle plants in subsided water area

采样点	时间	高等水生维管束植物
大通塌陷区水域	春季	金鱼藻 ( <i>Ceratophyllum demersum</i> )
	秋季	狐尾藻 ( <i>Myriophyllum spicatum</i> )
潘三塌陷区水域	春季	水蓼 ( <i>Polygonum hydropiper</i> ), 苦草 ( <i>Vallisneria spiralis</i> )
	秋季	凤眼莲 ( <i>Eichhomai crassipes</i> )
谢二矿南大塘	春季	金鱼藻 ( <i>Ceratophyllum demersum</i> ), 水蓼 ( <i>Polygonum hydropiper</i> )
	秋季	喜旱莲子草 ( <i>Ahemanthera philoroides</i> ), 芦苇 ( <i>Phragmits australis</i> )

表 3 塌陷区水域浮游藻类群落组成

Table 3 Constitutions of Phytoplankton alga community in subsided water area

采样点	黄藻门	绿藻门	蓝藻门	硅藻门	裸藻门	甲藻门	隐藻门	金藻门	总计
大通塌陷区水域	0	20	8	25	7	12	2	1	75
潘三塌陷区水域	0	48	15	10	3	2	3	0	91
谢二矿南大塘	0	52	22	15	4	0	2	0	95

表 4 塌陷区水域浮游动物种类及其优势种

Table 4 Zooplankton species and the dominant species in subsided water area

采样点	浮游动物属种数	优势种
大通塌陷区水域	7	匣壳虫
潘三塌陷区水域	9	萼花臂尾轮虫
谢二矿南大塘	8	螺形龟甲轮虫, 缺刺秀体溇

## 2.2 生态环境现状评价

(1) 评价方法 一个群落中的种类多样性是群落生态组织水平的独特的、可测定的生物学特性, 是反映群落功能的组织特性, 种类多样性指数能够反映水环境污染造成群落结构的明显变化. 藻类的污染指数是从藻类的生态学特性来指示水环境污染程度的, 根据需要本文采用了多样性指数和硅藻指数<sup>[3,4]</sup>法进行评价.

Margalef多样性指数<sup>[5]</sup>为

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中,  $S$ 为藻类种群数;  $N$ 为藻类总个体数;  $D$ 的取值以 2.5为界,  $<2.5$ 者为环境受到严重干扰.

硅藻指数<sup>[3]</sup>为

$$I = \frac{2A+B-C}{A+B-C} \times 100$$

式中,  $A$ 为不耐有机污染的种类数;  $B$ 为对有机污染无特殊反应的种类数;  $C$ 为污染区内独有生存的种类数.

(2) 评价结果及分析 由表 1可知: 春秋两季 3个塌陷区水域的  $pH = 7.74 \sim 8.49$ , 表明水都略呈碱性. 叶绿素含量的次序为: 大通塌陷区水域  $<$ 潘三塌陷区水域  $<$ 谢二矿南大塘, 这与水域中浮游植物的多少有关, 表 3中各水域的浮游植物生物量也证实了这一点. 横向比较可以看出, 在温度较高的 9月份, 3个采样水域对应的浮游植物叶绿素 a含量都较 4月份高, 这正说明了浮游植物的生长受温度的直接影响.

氮、磷是浮游植物生长所需的主要营养盐, 水体中富含磷、氮营养物质会造成水体中浮游植物的异常繁殖, 带来的后果就是水体的富营养化<sup>[7]</sup>.

纵向比较可以发现, 谢二矿南大塘的总磷和总氮都远远超过营养化指标值 (总磷指标为  $0.11 \text{ mg/L}$ , 总氮为  $1.2 \text{ mg/L}$ ), 处于富营养化水平<sup>[8,9]</sup>. 而潘三矿水域总磷和总氮浓度基本在营养化指标以下, 大通水域则只有总氮超过营养化指标. 并且潘三矿和谢二矿水域都是中心的总磷和总氮高于边缘的, 这是水深

不同的缘故。只有大通塌陷水域的东边 2 号采样点的磷和氮的含量高于中心 1 号采样点，这是由于附近有小型煤窑、塑料厂等在 2 号点排放工业污水的缘故。

对照表 2~4 可以看出：大通矿塌陷区水域、藻类种类与个数均为中等，浮游植物中硅藻和绿藻较多，还有相当数量的甲藻，浮游动物中匣壳虫较多，都表现出寡污带的生物学特点。潘三矿水域的藻类种类和数量均较多，绿藻和蓝藻占相当大的比例，浮游动物中萼花臂尾轮虫较多，呈现出中污带—寡污带的特点。谢二矿南大塘水域中，藻类的种类和数量均较多，说明该水域中营养物质丰富，含量较多。浮游植物蓝藻、绿藻和硅藻较多，浮游动物缺刺秀体溞、螺形龟甲轮虫大量出现，该水域属于中污带—寡污带。

根据《地表水环境质量标准》(GB 3838 - 2002)<sup>[10]</sup>中几个指标的标准限值(表 5)，结合表 1 中的理化指标数据对评价区进行水质分级：大通矿和谢二矿塌陷水域属于Ⅲ类水质标准，适用于农业用水区及一般景观要求水域；潘三矿塌陷水域达到Ⅳ类水质标准，主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区。

表 5 湖泊水库特定项目标准值<sup>[10]</sup>

**Table 5 The standard values of particular items for lake and reservoir**

项 目	类	类	类	类	类
pH			6~9		
DO	饱和度 90%或 7.5	6	5	3	2
BOD <sub>5</sub>	3	3	4	6	10
TP (以 P 计)	0.01	0.025	0.05	0.1	0.2
TN (以 N 计)	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0

mg/L

Margalef多样性指数是衡量种类多样性的基于藻类种群数与藻类个体总数对数之间线性关系的一个指标。从塌陷区藻类多样性指数(表 6)可以看出：大通矿、潘三矿两矿塌陷区水域，藻类多样性指数无显著性差异，均属轻度污染水域。谢二矿南大塘藻类多样性指数相对偏低，表明此水域污染较重，属于中度污染。

表 6 塌陷区水域藻类多样性指数与硅藻指数<sup>[6]</sup>

Table 6 Alga diversity index and diatom index in subsided water area

采样点	大通塌陷区水域	潘三塌陷区水域	谢二矿南大塘
多样性指数	3.05	2.84	2.13
硅藻指数	151.055	123.65	131.70

所得各水域的多样性指数和硅藻指数分别见表 6

根据硅藻指数划分污染带的标准(表 7)，结合表 6 中塌陷区水域的藻类硅藻指数，可以将 3 个塌陷区的水域大体划分为两个污染带：潘三塌陷区水域和谢二矿南大塘属于 -ms (乙型中污带)，大通塌陷区水域属于 os (寡污带)。

表 7 硅藻指数划分污染带标准

Table 7 Standard of contaminative strip partition based on diatom form

硅藻指数	- 200~0	0~100	100~150	150~200
污染带	Ps (多污带)	-ms (甲型中污带)	-ms (乙型中污带)	os (寡污带)

叶绿素 a 是水体中浮游植物生物量的综合指标，是富营养化水体监测中一个重要的生物学参数。分析其含量则可以了解水域中生物量的状况及其富营养化程度，是治理水体富营养化的基础，对有效的管理和利用水体具有重要的作用。参照 OECD 湖泊营养状态的 Chla 的划分<sup>[11]</sup>和选用标准(表 8)，再结合表 1 中各水域的叶绿素 a

表 8 湖泊营养状态的 Chla 标准<sup>[12]</sup>

Table 8 Chla criterion of lake nutrition state

营养状态	贫营养	中营养	富营养	重富营养
Chla 含量 / $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	<3.0	3.0~11.0	11.0~78.0	78.0

的含量可知:大通塌陷区水域属于贫营养化,潘三塌陷区水域属于中度营养型,谢二矿南大塘富营养化程度较严重,处于富营养化状态.

### 3 结 论

通过对 3 个塌陷区水域的测定指标的纵横向比较分析,得出评价区的水质特征:

(1) 各水域叶绿素 a 含量:大通塌陷区水域 <潘三塌陷区水域 <谢二矿南大塘,叶绿素 a 含量与温度成正比关系,说明适宜的温度是浮游植物生长的重要因素.

(2) 3 个评价区的水质分级:大通矿和谢二矿塌陷区水域属于 Ⅲ 类水质标准,潘三塌陷区水域达到 Ⅱ 类水质标准.

(3) 塌陷区水域的污染状况:大通塌陷区水域属于轻度污染,潘三塌陷区水域属于中轻度污染,谢二矿南大塘属于中度污染.

(4) 水质生物学评价结果表明:大通塌陷区水域属于 os (寡污带),潘三塌陷区水域和谢二矿南大塘属于  $\beta$ -ms (乙型中污带).

(5) 从富营养化程度划分:大通塌陷区水域是贫营养型,潘三塌陷区水域是中营养型,谢二矿南大塘是富营养型.

### 4 分析讨论

塌陷区水域的水质状况是自然因素与人为因素共同作用的结果,在矿井报废后的塌陷区水域,受外界的干扰逐渐减少,内含的有机物由于水体的自净作用将有所减少,水体中浮游生物的种类与数量也将随之减少.而在煤矿开采过程中形成的塌陷区水域,由于有生产、生活废水的排入和塌陷前的农田作物的腐烂,水中营养物质比较丰富,浮游生物种类和数量均较多.塌陷区水域中的浮游生物的种类和数量还同塌陷区水域的面积、深度有关.塌陷区水域已经受到不同程度的污染,为能有效地治理和利用这一特殊水体,加强对水体的监管势在必行.

#### 参考文献:

- [1] 淮南市生态环境现状调查报告 [R]. 淮南:淮南市环境保护局出版, 2001. 132~136
- [2] 国家环保局《水生生物监测手册》编委会. 水生生物监测手册 [M]. 南京:东南大学出版社, 1993.
- [3] 叶文虎, 栾胜基. 环境质量评价学 [M]. 北京:高等教育出版社, 1994. 141~151.
- [4] 金 岚, 王振堂, 朱秀丽, 等. 环境生态学 [M]. 北京:高等教育出版社, 1992. 265~274.
- [5] Karydis M, Tsirtsis G. Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment [J]. The Science of the Total Environment, 1996, 186 (3): 209~218.
- [6] 辛晓云, 杨文杰, 张 红, 等. 内蒙古岱海水质的硅藻生物指数评价 [J]. 山西大学学报 (自然科学版), 2000, 23 (3): 263.
- [7] 蒋因梅, 詹 苏, 程宁生. 阿哈水库浮游植物与富营养化 [J]. 贵州环保科技, 2004, 10 (2): 43.
- [8] 陈宇炜. 太湖梅梁湾浮游植物生态学研究 [D]. 南京:东南大学, 2000. 17~21.
- [9] 姚 云, 沈志良. 胶州湾海水富营养化水平评价 [J]. 海洋科学, 2004, 28 (6): 14.
- [10] GB3838 - 2002 地表水环境质量标准 [S].
- [11] ENVIRONMENT ASSESSMENT REPORT NO. 4 Nutrients in European ecosystems [R]. EEA, 1999, 16 - 19, 39 - 40.
- [12] 金相灿, 刘鸿亮, 屠清瑛, 等. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京:中国环境科学出版社, 1990. 68.