 ISSN：2661-3735(Print)；2661-3743(Online)

丁集矿区界沟水体富营养化现状评价及防治措施

贺懋利 [1] 马晓磊 [1] 张永风 [2] 刘少敏 [2*]

1. 淮沪煤电有限公司丁集煤矿，中国 ·安徽 淮南 232001

2. 安徽理工大学，中国 ·安徽 淮南 232001

摘要：界沟水质受矿区开采过程中产生的选矿废水、煤矸石淋溶水、地表径流携带的土壤养分及农业面源污染物等多重因素影响，本论文阐明了丁集煤矿界沟水体平水期、丰水期、枯水期三个季节水质现状，提出了水质净化防治措施。为矿区界沟水体的治理提供借鉴。

关键词：水质分析；富营养化；水体修复；污染治理

Evaluation of the current situation of eutrophication and prevention and control measures about the boundary ditch water in Dingji mining area

He Maoli[1] , Ma Xiaolei[1], Zhang Yongfeng[2], Liu Shaomin[2*]

1. Dingji Coal Mine, Huaihu Coal and Electricity Co., Ltd., China Anhui Huainan 232001

2. Anhui University of Science and Technology, China Anhui Huainan 232001

Abstract: This paper clarifies the current water quality of the boundary gully water body in the three seasons of normal water, wet season and dry season, and puts forward water prevention measures. It provides reference for the management of boundary ditch water bodies in mining area.

Keywords: Water quality analysis; Eutrophication; Water body remediation; Pollution control

0 引言

煤炭开采与加工过程在推动区域经济发展的同时，也不可避免地引发了一系列生态环境问题，其中矿区周边水体污染尤为突出[1-3]。界沟作为矿区与周边区域的重要水文连通纽带，兼具排水、防洪、灌溉等多重功能，是矿区生态系统与周边农业、居民区生态系统物质交换的关键载体。近年来，受矿区开采过程中产生的选矿废水、煤矸石淋溶水、地表径流携带的土壤养分及农业面源污染物等多重因素影响，目前，为修复水质，基于微生物和与浮床植物组合的人工湿地，利用沉水植物不仅能有效去除水体中的营养物质，还能通过化感作用抑制水华优势藻类的繁殖，因此在富营养化水体治理中的潜力备受认可[4-6]。本文对我国地表水体内黑臭水体产生的原因及污染物来源进行分析，得出较有效的防治措施，对界沟水体进行防治。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

丁集煤矿位于淮南市凤台县，县内水系发育，矿东侧和南侧有一条界沟将矿主体区与附近居民生活区相隔。围绕矿区 1600 米左右，属于人工沟渠，水源来自矿区处理后生活污水排放、周边居民生活污水和农田地面污水、雨水排放，属于排洪浇灌农田的季节性沟河。水从西往东流入农村生活污水排放口，采样点选为代表性水样点，依次为上游 1、排放口 2、下游 3，如图 1 所示。

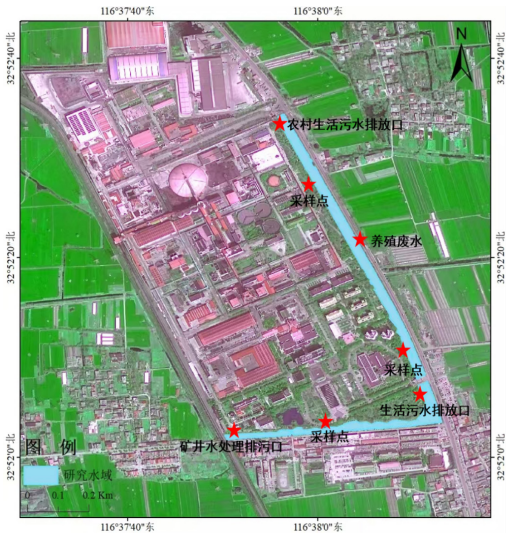

图1 研究区采样点分布图

着矿井采煤量逐年增大和周边居民人口增多，排放污水增大，生活污水中氮磷等污染物排放进入水体，造成淤泥越积越多，污泥中氮磷造成藻类繁殖，生活污水中好氧菌排入水体引起水体缺氧，厌氧菌类排入因菌菌生长引起氮磷竞争，致使水体部分浮游生物死亡悬浮水体造成水体色度变异。研究区域主要集中在矿区周边界沟水域，分别

采集平、丰、枯三个季节排水口水样，进行水质分析，研究水质现状。

1.2 实验与评价方法

采用实验严格按照规范流程操作，根据影响水质排污特点，选定采样点位，使用合适的采样器与经过前处理的样品瓶，分别采集了不同深度的水样。现场测量水质参数，样品按要求加入了相应的固定剂，并进行了冷藏、避光等现场保存处理，样品封装后及时送至实验室，整个流程规范，

进行界沟水水质相关常规测试、重金属测试。常规理化指标测试包括电导率、总氮总磷、氨氮、COD 等，水质检测结果如表 1 所示。本次评价采用综合营养状态指数法，选取 COD、TN、TP、Chla 为评价指标，计算公式如下：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^{m} Wj * TLI(j) \quad (1)$$

式中，TLI（∑）表示综合营养状态指数；TLI(j) 代表第 j 种参数的营养状态指数；W_j 为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重。以 chla 作为基准参数，则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^{m} r_{ij}^2} \quad (2)$$

式中：r_{ij} 为第 j 种参数与基准参数 chla 的相关系数；m 为评价参数的个数。TLI(b) 为第 b 种参数的营养状态指数，分别由以下公式计算：

$$TLI(COD)=10(0.109+2.661\ln COD) \quad (3)$$

$$TLI(TN)=10(5.453+1.694\ln TN) \quad (4)$$

$$TLI(TP)=10(9.436+1.624\ln TP) \quad (5)$$

$$TLI(Chl-a)=10(2.5+1.086\ln Chl-a) \quad (6)$$

依据国标规范相关系数计算归一化权重（COD：0.2233、TN：0.1984、TP：0.2833、Chla：0.2950），计算综合营养状态指数（TLI(∑)和单指标营养状态指数（TLI）及）分别如下表 2、表 3 所示。

2 水质现状分析

2.1 水质理化指标检测结果（见表 1）

2.2 营养状态评价

采用综合营养状态指数法对沉陷区水域进行富营养化评价，营养状态参数的计算采用均值方法，选取 COD、TN、TP 和 Chla 共 4 个指标，用综合营养状态指数进行营养状态评价，

根据综合营养状态指数大小划分为 5 个等级：TLI(∑) < 30 为贫营养，30 ≤ TLI(∑) ≤ 50 为中营养，TLI(∑) > 50 为富营养，50 < TLI(∑) ≤ 60 为轻度富营养，60 < TLI(∑) ≤ 70 中度富营养，TLI(∑) > 70 重度

表1 界沟水平水期理化指标检测指标表

采样时	特征值	pH	总氮(mg/L)	总磷(mg/L)	氨氮(mg/L)	COD (mg/L)	Chl-a (mg/L)	电导率 (μS/cm)	溶解氧(mg/L)
平水期	最大值	9.0	1.59	0.58	1.91	39.61	0.236	19300	3.0
	最小值	8.6	1.32	0.42	1.34	30.09	0.002	1230	0.9
	平均值	8.9	1.46	0.54	1.63	35.56	0.05	13470	1.9
丰水期	最大值	8.5	2.12	0.90	1.755	30.12	0.053	1010	3.6
	最小值	7.9	1.09	079	1.354	24.62	0.004	1025	4.9
	平均值	8.4	1.77	0.85	1.367	27.76	0.019	1124	3.2
枯水期	最大值	8.9	1.42	0.70	1.287	37.65	0.02	1890	4.2
	最小值	8.2	1.29	0.59	1.209	29.78	0.003	1790	5.2
	平均值	8.5	1.30	0.69	1.211	33.23	0.011	1990	3.9

表2 综合营养指数计算结果

水期	特征值	综合营养状态指数TLI(∑)	营养状态等级
平水期	最大值	61.17	中度富营养
平水期	最小值	48.22	中营养
平水期	平均值	52.61	轻度富营养
丰水期	最大值	56.95	轻度富营养
丰水期	最小值	51.03	中营养
丰水期	平均值	56.69	轻度富营养
枯水期	最大值	54.01	轻度富营养
枯水期	最小值	52.64	中营养
枯水期	平均值	54.81	轻度富营养

表3 富营养单指标计算结果

水期	特征值	TLI(COD)	TLI(TN)	TLI(TP)	TLI(Chla)
平水期	最大值	73.56	59.60	74.39	26.01
平水期	最小值	66.35	57.12	72.99	−6.92
平水期	平均值	69.70	61.21	72.13	1.27
丰水期	最大值	64.99	66.10	81.24	2.01
丰水期	最小值	62.29	53.21	81.24	−5.53
丰水期	平均值	66.84	66.10	81.24	−4.34
枯水期	最大值	71.00	58.64	76.62	−6.92
枯水期	最小值	69.11	58.47	76.31	−7.65
枯水期	平均值	71.00	58.64	76.62	−7.65

富营养。

（1）平水期：营养状态波动最大，最大值达中度富营养，最小值为中营养，整体平均为轻度富营养，是三个水期中富营养化程度最高的时期。

（2）丰水期：营养状态相对稳定，均为轻度富营养富营养化程度略高于枯水期。

（3）枯水期：富营养化程度为三个水期中最低，所有特征值均未超过轻度富营养。

3 水质净化防治措施

根据矿区水质现状分析，采取水质净化，为了防治水质恶化，维护水体景观及生态需求。可以采取以下措施：

（1）控制企业点源污染源，严格控制企业生活污水排放指标达到排放标准要求，控制总磷、总氮、氨氮、防治水体富营养化。

（2）控制周边居民面源污水排放，限制生活污水和畜禽养殖废水随意排放。

（3）采取投加研发菌剂和絮凝剂净化水体藻类和清除水体浮游腐烂生物质。

（4）采取生态治理技术减少水体总磷、总氮含量。

（5）提高水体自净能力，防止水生态系统退化，自净能力丧失，从附近采煤塌陷区雨水积水引入新鲜水体，减轻污染负荷，改善水动力条件差，水体流动性弱；

（6）定期清理淤积底泥，减轻内源污染释放。

（7）长期监测：建立常态化监测机制，跟踪水质指标的动态变化。

4 结语

平水期、丰水期、枯水期三个时期水体轻微富营养。平水期最大值中度富营养，是三个水期中富营养化程度最高的时期。提出控制污染源排放、提高水体自净力、进行生态治理措施控制污染，为矿区界沟治理提供借鉴。

参考文献：

[1] 白凯，张宣，崔鹏等. 河流污染原因分析及管理对策[J]. 北方环境，2013, 25(12): 152−154.

[2] 李紫玲，张文斌，王丹等. 小流域富营养化水体修复研究——以海马齿联合多种基质的人工湿地为例[J]. 中国资源综合利用，2024, 42(09): 242−244.

[3] 朱明石. 河流生态修复技术概述[J]. 广东化工，2013, 40(13): 135−136.

[4] 宋钊. 城市河流水污染治理及修复技术[J]. 工业用水与废水，2013, 44(4): 6−8.

[5] 廖娟，金腊华. 动力辅助活性炭纤维生物膜帘富营养化水体修复实验研究[J]. 水处理技术，2014, 40(10): 91−94.

[6] 彭晓. 大连市地表水环境主要问题及改善调控措施[J]. 绿色科技，2020(16):80−81,84.

[7] 刘立胜. 河道治理的多方位修复技术模式探析[J]. 2020, 48(5)112−113.

基金项目：项目资助：丁集煤矿界沟水环境现状评价及水质提升技术研究。

作者简介：第一作者：贺懋利（1987.01−），男，山东枣庄，淮沪煤电有限公司丁集煤矿，助理地测工程师，从事环境保护工作。

* 通讯作者：刘少敏（1972.02−），男，安徽安庆，安徽理工大学，研究方向：水污染控制。