

陕北煤矿区地表水环境评价与水矿捆绑模式研究

王 腾, 延军平, 刘新颜, 胡娜娜, 方 兰

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘 要: 为解决陕北煤矿区的经济发展与水环境关系问题,更好地保护矿区生态和环境。通过对陕北主要煤矿区地表水环境的实际监测和对历年水文数据分析,依据国家《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》和内梅罗水质指数法进行了地表水环境安全评价。结果表明:(1)陕北煤矿区的窟野河、窟野河人工湖、秃尾河、榆溪河、中营盘水库和红碱淖的水均为 V 类水质;(2)陕北煤矿区地表水量呈减少趋势,尤其是煤炭工业发展以来地表水量减少速度加快。针对陕北煤矿区的水环境问题,提出了能解决经济发展与水环境关系的“水矿捆绑”发展模式,介绍了其具体实施流程,并对该模式的优势及不足之处进行了评价。

关键词: 水环境评价; 水矿捆绑; 陕北矿区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2013)02-0209-04

中图分类号: TV213.24

Evaluating Surface Water Environment and Water—Mine Bundle Model in Coal Mining Areas of Northern Shaanxi Province

WANG Teng, YAN Jun-ping, LIU Xin-yan, HU Na-na, FANG Lan

(College of Tourism & Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: To solve the conflict between economic development and water environment and to better protect the ecological environment of coal mining areas, we analyzed the field monitoring data regarding surface water environment and the hydrological data collected in coal mining areas of Northern Shaanxi Province. Evaluation of surface water environment safety was conducted according to the groundwater quality standard (GB3838—2002) and Nemerow Index. The results showed that most of the rivers met the V grade of the standard, such as Kuye River, Kuye River lake, Tuwei River, Yuxi River, Zhongyingpan Reservoir, and Hongjiannao Lake. The capacity of surface water was reduced at an accelerated rate in the main mining areas after the development of coal industry. Thus, we proposed "water—mine bundle" model as a development model to solve the problem in water environment in coal mining areas. We also specified the procedures of implementation and evaluation regarding advantages and disadvantages.

Keywords: water environment evaluation; water—mine bundle; coal mining areas in Northern Shaanxi Province

陕北矿区位于陕西省榆林市北部,主要包括榆林市榆阳区、神木县和府谷县。地处毛乌素沙漠南端与黄土高原北部之间,属干旱、半干旱大陆性气候区,3地多年平均降水量 415.17 mm,多年平均蒸发量高达 2 048.58 mm。水资源贫乏,植被稀疏,生态环境脆弱^[1],是我国沙漠化危害严重地区之一,又是黄河上中游水土流失最严重的地区和黄河泥沙的主要来源之一。同时,储存有国内埋藏浅、水平开采条件较好的煤炭资源,也是国家能源基地和重点建设区域。水质的污染和资源性缺水,已经制约了经济社会的可

持续发展,水污染被视为我国当前最重要的发展问题之一^[2]。自 20 世纪 90 年代以来,特别是 1997 年以来陕北开始了大规模煤炭开采,矿山的数量和规模不断增加,随之而来的就是环境问题以及由于环境恶化而带的社会问题日益显现^[3]。煤炭的开采使当地经济实现了快速发展。同时,采煤使矿区地表水和地下水造成了严重污染^[4]。一些学者对榆林市矿区生态问题做了研究,郭志贤等^[5]针对神榆横煤田开发现状,提出生态保护的重要性和必要性;莫宏伟等^[6]运用遥感影像方法研究发现榆林市水域面积不断减小;

收稿日期:2012-02-29

修回日期:2012-06-07

资助项目:国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性:结构、机理与适应对策”(41171090);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“西部经济发展与生态环境重建研究”(04JZD00010)

作者简介:王腾(1987—),男(汉族),陕西省汉中市人,硕士研究生,从事全球变化与自然灾害防治研究。E-mail:ssdwangteng@163.com。

通信作者:延军平(1956—),男(汉族),陕西省绥德县人,教授,博士生导师,从事区域发展与自然灾害研究。E-mail:yanjp@snnu.edu.cn。

曹小星^[7]针对榆林市的经济与生态水平做了详细评价,提出生态捆绑发展模式的解决措施。榆林市矿区生态问题日趋严重,尤其是水环境问题尤为明显。为了有计划地保护水资源,就必须处理好煤炭开采与水环境的关系,建立一种新型的“水矿和谐”关系。因此,探讨煤炭开采所造成的水环境问题以及对水资源采取有效保护措施已成为一个迫切的研究课题。本研究通过对陕北煤矿区的实地考察及采集水文资料,进行水环境评价,提出适合陕北矿区发展的“水矿捆绑”模式,提倡走“在保护中开发,在开发中保护”的绿色矿业之路。旨在为有关部门制定可持续开采规划提供参考依据。

1 资料与方法

水质实验数据通过实地采样及实验分析得到,采样方法和实验过程严格按照水环境监测规定进行;窟

野河年径流量数据来源于温家川水文站;榆林市 14 a 原煤产量数据来源《榆林市统计年鉴(1997—2010 年)》;陕北煤矿区 60 a 降水数据来源于陕西省气象局。

水质评价采用单项因子指数法,结合内梅罗水质指数污染等级划分标准,得出水质受污染程度;在水量评价中采用对比分析法得出水量变化趋势。最后提出适合陕北煤矿区的“水矿捆绑”发展模式。

2 陕北矿区水环境评价

2.1 陕北矿区地表水水质评价

根据研究地域特点,以常规水质因子为监测对象。以《地表水环境质量标准(GB3838—2002)》中所要求的化学需氧量(表中用 COD 表示),溶解氧(表中用 DO 表示),氨氮, pH 值,氟化物, As^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{+} 水质因子为检测项目^[8],检测结果详见表 1。

表 1 陕北矿区地表水水质监测数据

监测河流	pH 值	COD	氟化物	氨氮	DO	As^{2+}	Zn^{2+}	Hg^{+}	总氮
窟野河	7.97	214.0	1.64	8.91	0.57	0	0	0	10.61
窟野河人工湖	8.56	152.9	1.56	1.49	3.29	0	0	0	2.89
秃尾河	8.12	72.7	0.17	0.06	3.31	0	0	0	1.02
榆溪河	8.03	53.3	0.20	0.34	1.75	0	0	0	1.54
中营盘水库	7.85	77.9	0.20	0.25	2.05	0	0	0	1.17
红碱淖	9.40	1 176.3	2.70	0	2.39	0	0	0	0

注:除 pH 值外,单位均为 mg/L;检测时间均为 2011 年 8 月。

根据地表水水质、水域功能和建设项目的排污特点,采用标准指数法对单项水质因子进行评价。

(1) 单项水质因子:是随污染物本身浓度增加而使水质变差的水质因子, i 在第 j 点的标准指数为:

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$$

式中: S_{ij} ——标准指数; C_{ij} —— i 项污染物在第 j 点的浓度; C_{si} —— i 项污染物的评价标准值(mg/L)。

(2) 溶解氧的标准指数:

$$S_{DO,j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s} \quad (DO_j \geq DO_s)$$

$$S_{DO,j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad (DO_j < DO_s)$$

式中: $S_{DO,j}$ ——DO 的标准指数; DO_j ——溶解氧在第 j 点的浓度; DO_f ——饱和溶解氧的浓度; DO_s ——溶解氧的评价标准(mg/L)。

(3) pH 值的标准指数为:

$$S_{pH,j} = \frac{7 - pH_j}{7 - pH_{sd}} \quad (pH_j \leq 7)$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7}{pH_{su} - 7} \quad (pH_j > 7)$$

式中: $S_{pH,j}$ ——pH 值的标准指数; pH_j ——实测值; pH_{sd} ——评价标准规定的 pH 下限; pH_{su} ——评价标准规定的上限^[9]。参照《中华人民共和国地表水环境质量标准(GB3838—2002)》中 V 类水为标准值,依据内梅罗水质指数污染等级标准划分其污染等级(表 2)。

表 2 内梅罗污染指数等级划分标准

指数值	<1	1~2	2~3	3~5	>5
水质等级	清洁	轻污染	污染	重污染	严重污染

经计算得出陕北矿区主要地表水水质监测结果(表 3),分析表 3 可以得出:(1)窟野河各受污染影响较明显,COD,DO,氨氮和总氮指标均大于 1,因此超出了 V 类水质的评价标准。为劣 V 类水质,属严重污染水域。(2)窟野河人工湖水水质相比窟野河水水质有所好转,仅 COD 和总氮含量超出 V 类水质的评价标准。为 V 类水质,属重污染水域。(3)秃尾河受污染较轻仅 COD 高出 V 类水质的评价标准,其余指标都在 V 类以内。为 V 类水质,属轻度污染水域。(4)榆溪河、中营盘水库和红碱淖水质的 COD 和 DO 均超

出 V 类水质标准,其余指标都在 V 类以内,其中红碱淖其余指标均符合 I 类水评价标准。三者均为 V 类水质,属轻度污染水域。

总之,从评价结果看,陕北矿区的几个主要地表水源的水质均不同程度受到污染,所监测的几个地表

水源水质均达到 V 类水质标准,甚至个别指标远超出 V 类水质评价标准。综合分析陕北地表水质情况,主要是 COD(化学需氧量)、氟化物、总氮和 DO(溶解氧)污染所致,其他指标均在 V 类以内,而导致这些指标超标的主要原因则是矿区内的工业污水排放。

表 3 陕北矿区单项污染指数(P_i)计算结果及水质评价

监测项目	窟野河		窟野河人工湖		秃尾河		榆溪河		中营盘水库		红碱淖	
	P_i	类别	P_i	类别	P_i	类别	P_i	类别	P_i	类别	P_i	类别
pH 值	0.48	I	0.78	I	0.56	I	0.50	I	0.43	I	1.20	I
COD	5.35	V	3.82	V	1.82	V	1.33	V	1.95	V	29.40	V
氟化物	1.09	IV	0.04	IV	0.11	I	0.13	I	0.13	I	1.80	I
氨氮	4.46	V	0.75	IV	0.03	III	0.17	II	0.13	II	0	I
DO	7.40	V	0.80	V	0.79	IV	1.04	V	0.99	V	0.94	V
As ²⁺	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I
Zn ²⁺	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I
Hg ⁺	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I	0	I
总氮	5.31	V	1.45	V	0.51	III	0.77	IV	0.59	IV	0	I
评价标准	V 类		V 类		V 类		V 类		V 类		V 类	
水质类别	劣 V 类		V 类		V 类		V 类		V 类		V 类	

2.2 陕北矿区地表水量变化

陕北主要矿区集中分布在窟野河流域内,以窟野河为例分析其多年径流量变化情况。通过分析温家川站 1950—2010 年近 60 a 窟野河年径流量变化可知,其径流量变化呈逐年降低趋势,尤其是 1997 年以来减少速度更为明显。而作为陕北矿区第二大河流秃尾河,同样年径流量有明显的下降趋势,尤其是 20 世纪 80 年代以来,下降趋势更为显著,人类活动是引起径流量急剧减少的主要原因,且影响力度不断在增加^[10]。

红碱淖作为陕北重要的地表水之一,是陕西省最大的湖泊,也是中国最大的沙漠淡水湖,其水位变化同样处于减少趋势^[11]。20 世纪 90 年代以来红碱淖水面面积在大幅度萎缩,水位急剧下降,主要原因是人类活动引起的。如煤矿开采用水排水,灌溉用水,生态环境建设等方面^[12]。

综上所述,无论是河流还是湖泊,近 20 a 内其水量变化都处在急剧减少状态,这与陕北矿区 1997 年来原煤产量每年以 1.72×10^7 t 的速度急剧上升趋势截然相反。分析陕北主要煤矿区即榆林市榆阳区、神木县和府谷县这 3 个地区多年降水情况可知,从 1951—2010 年近 60 a 矿区降水略有减少趋势,这与陕西省及陕甘宁多年降水量减少的趋势吻合^[13-14]。分析区域水资源供需平衡关系可知,陕北矿区地表水量的减少一方面是由降水的减少,另一方面是由当地人为活动过度用水引起的(主要是煤矿业的发展所致)。

3 水矿捆绑模式

近年来,黄土高原降水量偏低,大气干旱与土壤干旱形势愈益严峻^[15]。水环境变化会带来众多社会问题,保护水资源刻不容缓^[16]。解决榆林市矿区经济可持续发展问题,必须要妥善解决人与自然的矛盾,做到经济、社会与环境协调发展,实际上就可以保护其生产力,提高生产力^[17]。在榆林矿区实施生态捆绑发展模式是实现矿区水资源利用、社会经济发展和生态与环境三者协调发展的有效方法。矿区水资源的合理有效利用,可以促进社会经济和生态与环境的良性发展;社会经济的高度发展又能反馈促进水环境和生态与环境的一进步改善;生态与环境的高度发展了又能使水资源利用和社会经济进一步协调。该模式使三者相互促进,紧密联系,以实现三者同步健康发展的目标。

水矿捆绑就是指为了实现水环境与经济发展“双赢”的目标,在水环境脆弱的地区以优势企业为依托,把企业所在区域的整体发展速度和质量作为企业考核标准,依据捆绑能力来实现水环境重建。通过经济捆绑带动企业所在区域实现可持续发展,达到水矿捆绑,形成企业所在区域的利益共同体,实现企业与区域的水环境和经济互动“双赢”。

3.1 “水矿捆绑”模式实施流程

水矿捆绑模式的实施流程如图 1 所示,首先政府要成立一个水环境管理机构,对当地煤炭企业的利润

和引发的水环境问题程度进行评估,根据不同水质和水量等级向煤炭企业收取环境保护税,收费标准详见表 4。政府将上收的税款作为水环境治理资金实施生态建设工程。同时,政府部门建立和完善煤炭工业运行政策,运用法律手段对煤炭企业发展整改,鼓励煤炭企业对废水、废渣进行循环利用缓解水环境恶化的速度,政府部门严格监管。通过“水矿捆绑”模式把水环境与煤炭企业紧密联系在一起,使煤炭企业实现经济与环境同时发展的“生态开采”目的。

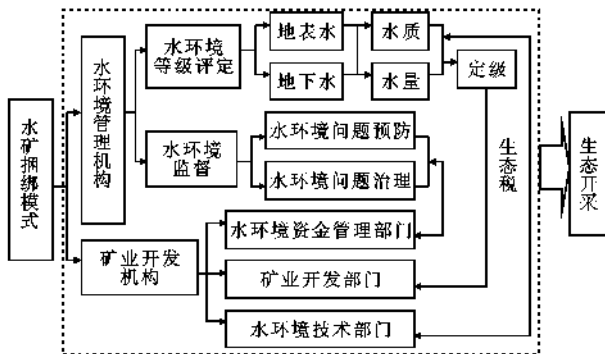


图 1 水矿捆绑模式实施流程

水矿捆绑要求依据煤炭企业的用水量 and 排出的水质来分等级划分收费标准,在水质方面采取分 3 个等级收取费用,第 1 等级为 V 类水质收费较高,第 2 等级为 IV 类水质收费中等,第 3 等级为 III 类水质收费较低, I 类和 II 类水质不收费。在建立水量等级方面我们参考企业原煤产量,生产能力强的矿区,规模也就越大,对水的污染和消耗也就越多,承担的水环境保护责任也就越大,根据不同矿区生产能力大小笔者对企业收取生态税标准作出规定,水质水量收费标准详见表 4。

表 4 水矿捆绑收费标准

水质等级	税收比例/%	原煤生产能力/ ($10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$)	捆绑能力	税收比例/%
1 级	10	≥ 2000	强	15.0
2 级	8	1000~2000	较强	10.0
3 级	5	250~500	较弱	5.0
		≤ 250	弱	2.0

注:税收比例即用于改善水环境的资金占企业净收入的比例。本研究通过估算出水环境建设资金费用,从而制定比例。

3.2 “水矿捆绑”模式的评价

矿区本身就是经济与环境的耦合,据研究^[7]榆林市经济系统整体的综合水平与环境系统的整体综合水平呈负相关,实施水环境与煤炭捆绑发展模式是可行的。水矿捆绑是实现“花园矿区”煤矿生产画面的

必经途径,使得“先开采,再治理”的现象从根本上扭转为“边开采,边治理”,改变了牺牲水环境换取经济效益的现象。但在实际操作时也存在一定的问题。比如,水矿捆绑模式要求向煤矿企业收取环境保护税,是否能被普及和接受;收取的环境保护税资金的保管及合理利用问题是否能被社会认可;水质监测采样点的确定依据什么问题需进一步完善,环境问题我们认为一方面要依靠社会的重视;另一方面依靠科学的规划。人类活动必须要尊重自然,才能科学合理地利用自然资源。

4 结论

(1) 通过对陕北煤矿区地表水环境的监测结果可知,研究区内几个河流和湖泊水质均为 V 类水质,不同程度受到污染;地表水量无论是河流还是湖泊均呈急剧减少状态,与此同时,研究区域的原煤产量呈现急剧增加态势,二者呈负相关关系。

(2) 陕北煤矿区水环境的恶化完全是由当地煤矿企业在开采过程中的人为因素造成,对陕北煤矿区水环境的治理应综合考虑,正确处理经济发展与环境保护的关系。建议国家成立生态监管部门,根据地方自然人文特点建立适合当地的生态制度,使生态建设与经济发展同时进步。

(3) 水矿捆绑模式要求煤矿企业发展与水环境保护紧密结合,以实现水环境保护与经济发展“双赢”的目标,要求在人为工业活动中全面把握水资源的自然属性和社会属性,尊重自然、善待自然,以人为本,实现水矿两利。

[参 考 文 献]

- [1] 魏引尚,韩国锋,袁珍. 陕北矿区水环境安全评价[J]. 煤矿安全, 2011, 42(3): 125-131.
- [2] 郑通汉. 中国水危机: 制度分析与对策[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 40-52.
- [3] 袁珍,王保磊. 陕北矿区环境安全评价体系初探[J]. 中国煤炭, 2009, 35(12): 99-101.
- [4] 吕丹丹,张阳生,张菲菲. 浅析人水和谐与水环境的可持续发展[J]. 地下水, 2011, 33(1): 63-68.
- [5] 郭志贤,茹建峰. 神府榆横煤田能源开发区水土保持与生态环境建设对策[J]. 水土保持通报, 1999, 19(5): 59-62.
- [6] 莫宏伟,任志远,李振国. 陕西榆林市土地生态价值及生态风险动态分析[J]. 水土保持通报, 2009, 29(6): 189-197.
- [7] 曹小星. 榆林市生态与经济发展水平评价及矿区生态捆绑发展模式[D]. 陕西西安: 陕西师范大学, 2010.

(下转第 217 页)

3 结论

研究农业耕作措施减沙水代价,有助于直观认识各类措施减少泥沙时对径流影响的差异,从而结合黄土高原沟壑区农民土地利用方式和习惯,对坡耕地不合理的土地利用方式、种植制度和耕作方法进行优化与合理配置,以保持土地生产力水平,并期望对黄土区河流水沙进行同步调节。

(1) 各类措施的减流减沙比由大到小表现为:横向耕作>防冲沟>浅耕>深耕,且在坡度较缓且基本不变时,随着雨量的增加措施减沙水代价减小,在降雨量相同时,随着坡度的增加,相同措施的减沙水代价明显降低。

(2) 无论坡度陡、缓,低秆作物与高秆作物(玉米黄豆)间作减沙水代价(R_s)均大于中高秆作物(冬小麦/荞麦)轮作和单作低秆作物(扁豆);随着坡度的增加各作物的减沙水代价明显降低,且各种作物在同一坡度下均随年产流降水量的增加其 R_s 减小。

(3) 草木樨、苜蓿轮作的减沙水代价(R_s)较种植农作物冬小麦、扁豆大,而牧草与农作物轮作的减沙水代价远大于牧草轮作,且草木樨与农作物轮作的减沙水代价大于苜蓿与农作物轮作。

[参 考 文 献]

- [1] 李树德. 再论水资源问题[J]. 北京大学学报:自然科学版,2000,36(6):819-823.
- [2] 陈希媛,刁立芳. 黄河水资源现状及保护对策研究[J]. 河南理工大学学报,2006,25(5):386-389.
- [3] 李玉山. 黄土高原治理开发与黄河断流的关系[J]. 水

土保持通报,1997,17(6):41-45.

- [4] 穆兴民,徐学选,陈霖巍. 黄土高原生态水文研究[M]. 北京:中国林业出版社,2001.
- [5] 曹文洪. 黄土高原地区提倡节水型水土保持[J]. 中国水土保持科学,2003,1(1):41-44.
- [6] 穆兴民,王飞,李锐. 水土保持是解决黄河问题的根本[N]. 中国水利报,20051105(现代水利评论版).
- [7] 穆兴民,李锐. 论水土保持在解决中国问题中的战略地位[J]. 水土保持通报,1999,19(3):1-5.
- [8] 徐学选,陈霖巍,穆兴民,等. 黄河中游水土保持措施对径流的影响[J]. 人民黄河,2000,22(7):36-37.
- [9] 张文静. 不同水土保持措施对径流的影响分析[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [10] 李传哲,王浩,于福亮,等. 延河流域水土保持对径流泥沙的影响[J]. 中国水土保持科学,2011,9(1):1-8.
- [11] 王宏,秦百顺,马勇,等. 渭河流域水土保持措施减水减沙作用分析[J]. 人民黄河,2001,23(2):18-20.
- [12] 袁希平,雷廷武. 水土保持措施及其减水减沙效益分析[J]. 农业工程学报,2004,20(2):296-300.
- [13] 王飞. 人类活动对区域水土流失影响的定量评价[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [14] 王飞,李锐,穆兴民,等. 渭河流域水保措施减沙水代价分异特征与水沙调节模拟[J]. 中国水土保持科学,2004,2(2):12-17.
- [15] 林和平. 水平沟耕作在不同坡度上的水土保持效应[J]. 水土保持学报,1990,7(2):63-68.
- [16] 王协康,方铎. 植被措施控制水土流失机理及其效益研究[J]. 四川大学学报:工程科学版,2003,32(2):13-16.
- [17] 侯喜禄. 陕西黄土区不同森林类型水土保持效益的研究[J]. 西北林学院学报,1994,9(2):20-24.

(上接第212页)

- [8] 环境保护部环境工程评估中心. 环境影响评价技术方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010:52-70.
- [9] 环境保护部环境工程评估中心. 环境影响评价技术导则与标准[M]. 北京:中国环境科学出版社,2010:68-99.
- [10] 孙天青,张鑫,梁学玉,等. 秃尾河径流特性及人类活动对径流的影响分析[J]. 人民长江,2010,41(8):47-50.
- [11] 刘萍萍,甘文宇,张瑞芳,等. 陕北红碱淖流域水量变化及其影响因素定量分析[J]. 西安交通大学学报,2009,43(1):119-124.
- [12] Li Shuang, Chen Shuo, Zhang Jiawu. Environmental changes analysis of Hongjiannao Lake during recent fifty years:Based on the data of sediments[J]. Resource

and Environment, 2009, 10(6):178-183.

- [13] 延军平. 西北典型区生态脱贫途径研究[M]. 北京:中国社会科学出版社,2010:238-249.
- [14] 王德丽. 全球变暖环境下陕北—关中—陕南气候变化对比研究[D]. 陕西 西安:陕西师范大学,2011.
- [15] 唐克丽. 黄土高原生态环境建设关键性问题的研讨[J]. 水土保持通报,1998,18(1):1-7.
- [16] 王侠. 黄土高原水土保持股份制治理形式浅析[J]. 水土保持通报,1998,18(1):29-34.
- [17] 唐克丽. 煤炭开发与环境建设协调发展的初探:华能精煤神府—东胜矿区环境治理进展简介[J]. 水土保持通报,1994,1(4):18-22.