

# 煤炭基地水污染研究理论体系探讨

冯建国<sup>1</sup>, 李云峰<sup>2</sup>, 张茂省<sup>3</sup>

(1. 山东科技大学 地质科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 长安大学 环境科学与工程学院, 陕西 西安 710054; 3. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 以煤炭基地的水体为研究对象, 以煤炭基地水污染研究理论体系的建立为研究重点, 在分析中国能源形势和煤炭基地发展现状的基础上, 通过查阅大量文献资料, 并结合陕北煤炭基地实际情况, 有针对性地提出煤炭基地水污染研究理论体系框架, 具体分析了该体系五个组成部分的研究目的、研究内容和研究成果用途, 在此基础上以陕北煤炭基地水污染问题为研究实例实践这一理论体系。结果表明: 煤炭基地水污染研究理论体系由煤炭基地水污染背景条件研究、现状研究、机理研究、发展趋势研究和防治对策研究组成; 陕北煤炭基地超过80%的地下水属于轻微污染和未污染, 地表水存在一定程度的污染; 窟野河大部分水化学组成从上游向下游呈先升高后降低的趋势; 陕北煤炭基地未来地下水主要污染区分布在榆林市榆阳区、金鸡滩镇、神木县锦界、神木县城、大柳塔镇、府谷县城等, 对原有污染严重的企业进行技术改造做到清洁生产, 在企业相对集中的区域采取污水厂统一处理进行, 新建企业必须进行污水处理设计, 对生活污水采取土地渗滤或污水厂处理, 固体废弃物要做无害化处理, 农业生产中要求合理施肥。

**关键词:** 煤炭基地; 水污染; 理论体系; 陕北地区

**中图分类号:** X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2010)03-0272-05

## Theoretical System of Coal Base Water Pollution Research

FENG Jian-guo<sup>1</sup>, LI Yun-feng<sup>2</sup>, ZHANG Mao-sheng<sup>3</sup>

(1. School of Geological Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, Shandong, China; 2. School of Environmental Sciences and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. Xi'an Institute of Geology and Minerals Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** Water body of coal base was research object and the establishment of theoretical system of coal base water pollution research was research emphases. Based on the practical situation of coal base in North Shaanxi, the theoretical system of coal base water pollution research was built through collecting related documents and materials, the research object, content, achievements conversion of the five branches of the system were discussed, and the problem of water pollution in coal base of North Shaanxi was taken as an example. The results showed that the theoretical system of coal base water pollution research included five branches, background actuality, mechanism, development trend and control countermeasure of coal base water pollution; in coal base of North Shaanxi, more than 80% of groundwater was no or light pollution, surface water was polluted; water chemical compound firstly increased, and then decreased from upper to lower reaches of Kuye River; in future, the main pollution zones in coal base of North Shaanxi were Yuyang District of Yulin City, Jinjitan Town, Jinjie of Shenmu County, Shenmu County Seat Daluta Town, Fugu County Seat, and so on; seriously polluting enterprises should update technology for cleaner production, polluted water could be treated by sewage treatment plant for the centralized enterprises, new enterprise should have the design of wastewater treatment, domestic sewage could be treated by soil percolation method or sewage treatment plant, solid waste should be treated innocuously, application of fertilizer should be rational in agriculture.

**Key words:** coal base; water pollution; theoretical system; North Shaanxi

收稿日期: 2009-12-07

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010535207); 山东科技大学科学研究“春蕾计划”项目(2008AZZ015)

作者简介: 冯建国(1976-), 男, 河北卢龙人, 工学博士, 从事水文学及水资源教学与研究, E-mail: fengjianguo20316@sohu.com

## 0 引言

在中国的能源结构中,煤炭约占到70%,而且这种以煤炭为主的能源结构短期内不会发生根本性改变<sup>[1]</sup>。历史经验表明,在煤炭的开发和利用过程中往往伴随着污染问题。中外学者从不同角度对煤炭开发利用中的水污染问题进行了许多研究,并取得了大量成果。如煤矿排水对河流的污染、采煤活动对地下水的污染等<sup>[2-15]</sup>,但尚存在如下问题:①研究范围大都限制在一个企业、一个煤矿或者一个矿区的范围内,很少从煤炭基地的广度研究区域性水污染问题;②研究重点主要集中在某种或某些污染组分上,缺乏全面性;③很少从研究区的背景条件出发来讨论水污染及其防治问题;④没有形成一整套研究煤炭基地水污染的理论体系。

煤炭基地分布广泛,不同地域所产生的水污染问题也不一样。立足中国煤炭基地开发与水污染之间的实际情况,在煤炭基地水资源保护问题上少走弯路,总结过去煤炭开发对水污染的教训,从现有经济条件与技术手段出发,进行煤炭基地建设与水污染关系的研究,并在此基础上建立具有普遍意义、科学合理的煤炭基地水污染研究理论体系,是目前亟待解决的问题,有着非常重要的理论价值和现实意义。

## 1 煤炭基地水污染研究理论体系

煤炭基地水污染研究是一项综合性的工作,把煤炭基地水污染研究工作全部纳入一个体系当中,并称之为“煤炭基地水污染研究理论体系”。该体系由煤炭基地水污染背景条件研究、煤炭基地水污染现状研究、煤炭基地水污染机理研究、煤炭基地水污染发展趋势研究、煤炭基地水污染防治对策研究5部分组成。这5个部分的有机结合,共同构成了“煤炭基地水污染研究理论体系”,每个部分都有自己独立的研究内容和特定的研究方法。

对于煤炭基地水污染研究来说,这5个部分同等重要。在研究的时间次序上,这5个部分一般可以依次开展,但其中也会出现少量交叉。此外,对煤炭基地水污染背景条件认识的深入、水污染现状的重新评价、水污染机理研究的新进展,都会影响到对水污染发展趋势的判断和水污染防治对策的适时调整,这是一个逐步深化、细化的过程。对大型煤炭基地来说,这一过程2~3 a就应在原来的基

础上重新开展一次。

### 1.1 煤炭基地水污染背景条件研究

#### 1.1.1 研究目的

煤炭基地水污染背景条件研究属于煤炭基地水污染研究的基础部分,研究目的是通过一系列现场观测、勘探等工作,查明煤炭基地的水文地质条件以及影响水污染的各种天然和人为因素,为水污染评价和提出预防、控制以及消除污染的综合措施提供基础依据。

#### 1.1.2 研究内容

煤炭基地水污染背景条件研究主要包括自然地理条件研究、人文社会经济研究、地质地貌条件研究、水文地质条件研究、水化学组分背景值研究5个方面。具体包括研究区的气温、降雨量、蒸发量等气候条件;人口数量、城镇农村人口比例、经济发展水平、主导产业;地面水体的分布、水化学组分的变化规律、地表水与地下水的水力联系;地貌特征及其对水污染的影响;土壤的矿物成分和化学成分及其对水污染的影响,植被类型,主要植被资源的形态特征及其对水污染的影响;地质构造特征,地层分布,岩性特征,地下水含水层的埋深,地下水的补给、径流、排泄条件,地下水中污染物的浓度及当前的污染情况,包气带厚度、包气带介质特征等<sup>[16]</sup>。

#### 1.1.3 研究成果用途

煤炭基地水污染背景条件研究的成果是对煤炭基地的一个初步认识,是煤炭基地内水体所处的外部环境,对于水污染问题而言,属于客观条件部分。这些客观条件虽然不能决定水污染问题的发生和发展,但在水污染问题中所起的作用是不可忽视的。例如,水化学组分的背景值是判断煤炭基地水质发展趋势的前提条件。只有通过对比,才能发现组分浓度的变化,再结合其他各种条件的分析,才能找出发生水质变化的真正原因。

### 1.2 煤炭基地水污染现状研究

#### 1.2.1 研究目的

煤炭基地水污染现状研究目的是通过水污染评价、水污染分布分析等手段,掌握煤炭基地内水污染现状,包括污染范围、主要污染物种类、浓度及其空间分布等;全面准确地认清水环境状况,量化水环境质量级别,为水资源的合理开发利用提供必要的水体质量依据,以确保供水的安全性。

#### 1.2.2 研究内容

煤炭基地水污染现状研究主要包括污染源调

查分析、煤炭基地地表水污染现状调查研究和煤炭基地地下水污染现状调查研究 3 个方面。这 3 个方面相辅相成,因为污染源是水体污染的根源,而地表水和地下水之间存在着一定的水力联系。单独研究其中的某一个问题,有时候并不能完整地找出煤炭基地水污染的内在规律。

### 1.2.3 研究成果用途

煤炭基地水污染现状研究成果指明了当前煤炭基地的水体质量。通过对污染源的调查分析,可以预知水体中主要污染组分,明确地表水和地下水污染研究重点。通过地表水和地下水污染研究,可以得出煤炭基地水体中污染组分的分布情况,为水污染预测和治理提供目标和依据。

## 1.3 煤炭基地水污染机理研究

### 1.3.1 研究目的

污染物在环境及其运移中会发生各种变化,这些变化是污染物与其他物质相互作用的结果,掌握水污染机理才能知道其中的内在规律,才能有效利用这些规律为水污染防治服务。

### 1.3.2 研究内容

煤炭基地水污染机理研究内容主要有水污染途径研究、水污染作用研究和水污染实验研究。对地表水和地下水污染途径和污染机理的研究,既要充分抓住二者的特点,又要考虑二者的相互影响,做到找准对象,抓住重点,考虑全局。

### 1.3.3 研究成果用途

煤炭基地水污染机理研究是较高层次的研究工作。通过该项研究,可以得到污染组分在介质中的各种参数及运移规律,为水污染模拟、水污染预测、水污染治理提供依据。

## 1.4 煤炭基地水污染发展趋势研究

### 1.4.1 研究目的

煤炭基地水污染发展趋势是在对前期水污染状况总结分析的基础上对煤炭基地水污染问题做出的预测。研究目的在于把握煤炭基地水污染的发展方向,为水污染防治规划提供依据。

### 1.4.2 研究内容

煤炭基地水污染发展趋势研究的工作内容包括:污染源监测及发展趋势分析;地表水污染监测及变化规律、发展趋势分析<sup>[7]</sup>;地下水污染监测及变化规律、发展趋势分析;大气降水污染监测及变化规律、发展趋势分析;污染源预测;水污染预警<sup>[18]</sup>。其中,污染源监测及发展趋势分析是重中之

重,是水污染发展趋势研究中其他研究的基础。

### 1.4.3 研究成果用途

水污染发展趋势的研究成果为今后水污染防治指明了方向。在环境水量不变的情况下,当水质状况逐渐恶化时,说明进入水体的污染物增加了;当水质状况变好时,说明进入水体的污染物减少了。当然,这只是水体污染状况最直接的表现,接下来就应该分析造成这种状况的原因,为水污染防治提供依据。

## 1.5 煤炭基地水污染防治对策研究

### 1.5.1 研究目的

水污染防治对策研究的根本目的在于有效及时地控制水污染问题的发生和发展,使得煤炭基地在促进经济社会发展的同时,尽量不要发生或尽可能降低水污染问题,营造一个和谐的水环境。

### 1.5.2 研究内容

煤炭基地水污染防治对策研究包括污染源控制、政府管理、水污染处理 3 个方面。减少污染源数量、降低污染物浓度是污染源控制的关键;各级政府应担负起制定水污染防治政策、加大水污染防治投入、严格执法、扩大水污染防治宣传力度的责任<sup>[9]</sup>;重视水污染治理工作。

### 1.5.3 研究成果用途

水污染防治对策研究的成果最终为煤炭基地水污染控制服务。实际操作中,要在已有数据资料详细分析的基础上,提出具有实际意义和可操作性的意见和建议,为管理和实施部门提供技术支持。

## 2 实例研究

### 2.1 背景条件研究

陕北煤炭基地是国家发展和改革委员会正式批复的 13 个大型煤炭基地之一,包含榆神和榆横 2 个矿区,地域上包括府谷、神木、榆阳 3 个县(区)的全部和佳县、横山县的部分地区,总面积 22 604 km<sup>2</sup>,人口 94 8×10<sup>4</sup>,属温带半干旱大陆性季风气候。基地内河流包括内陆河与外流河,内陆河流至红碱淖等湖泊或海子,外流河属黄河水系,支流众多,主要有黄河、窟野河、秃尾河、榆溪河。

陕北煤炭基地位于毛乌素沙漠与陕北黄土高原的接壤地带。全区地势西北高、东南低,一般海拔为 800~1 400 m。区内西北部为以风蚀为主的风沙高原草滩地区,地势比较平坦,东南部为黄土丘陵区,地面支离破碎,起伏不平,中部为介于二者

间的盖沙黄土丘陵区。

陕北煤炭基地属华北地层区鄂尔多斯地层分区,由东向西地层由老变新,所见最老的地层是奥陶系(仅见于陕北煤炭基地东部),大部分为中生代沉积岩系,岩层倾向大致向西,倾角一般不超过 $5^{\circ}$ ,新第三系零星分布于毛乌素沙漠西缘,第四系遍布全区。

陕北煤炭基地地下水类型涵盖了孔隙水、裂隙水和岩溶水,孔隙水主要包括黄土区风积黄土层孔隙水、河谷区冲积砂砾石层孔隙水、风砂区冲湖积萨拉乌素组孔隙水和白垩系砂岩孔隙水。裂隙水包括石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系基岩裂隙水。岩溶水沿黄河南北向呈条带状分布,含水介质属寒武系、奥陶系碳酸盐岩。

## 2.2 水污染现状

在陕北煤炭基地范围内收集、采集地下水和地表水水样共1272个。

### 2.2.1 地下水污染现状

整个陕北煤炭基地的地下水污染状况并不严重,超过80%的地区属于轻微污染和未污染区,严重污染区出现在榆林、锦界、大昌汗,范围约占整个陕北煤炭基地的5%。

### 2.2.2 地表水污染现状

从基地内10条河流水质评价的结果来看,陕北煤炭基地目前河流污染较为严重。在秃尾河某些河段,总氮、总磷的浓度较高;孤山川的某些河段,铅、锌浓度较高。就整体情况来看,基本达到IV类,即适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区。

从14个水库水质评价的结果来看,陕北煤炭基地水库已经遭受污染,红碱淖湖水的氯离子含量较高,河口水库的氯离子、氟离子浓度较高,3个水库的BOD<sub>5</sub>检测结果都是IV类。就整体情况来看,都在IV类及优于IV类水平,适合于一般工业用水及人体非直接接触的娱乐用水,基本没有V类水出现。I、II、III、IV、V类污染水平按照《地表水环境质量标准》<sup>[20]</sup>划分。

## 2.3 水污染机理

以窟野河为例,分析造成河水水质沿程变化的原因。窟野河在神木县店塔乡以北分为两支:西支为乌兰木伦河,发源于内蒙古鄂尔多斯市柴登乡巴定沟,自西北流向东南,纵贯神北矿区;东支为悖牛川,发源于内蒙古准格尔旗铧尖乡神仙峪子与塔拉

壕乡交界地带,由北往南流,是神北矿区与新民矿区界限。

在窟野河上选取5个有代表性的水样进行分析后发现,5个水样点的大部分水化学组分从上游向下游都具有先升高后降低的趋势。另取窟野河支沟水样9个、窟野河邻近地下水水样5个、窟野河沿途排污口污水样6个,经进一步分析,得出如下认识:窟野河从内蒙古发源后进入陕西,到达大柳塔工业园区,开始接受大量污水(包括绝大部分的煤矿排水、电厂排水、少量生活污水等,有些经过处理后排放,有些直接排放至窟野河),后经孙家岔镇、店塔镇、神木县城,一路都有污水汇入,是一条名符其实的纳污河。这些污水的加入是导致水化学组分升高的直接原因。从神木县城向下游看,地形起伏逐步加大,煤炭资源减少,工矿企业减少,加之有其他未污染或污染较轻水流的加入,河水水质逐渐向好的方向转变,水溶组分的浓度开始降低。

## 2.4 水污染发展趋势

目前,陕北煤炭基地建设处于起步阶段,虽然当前基地内的水体污染并不严重,但是随着陕北煤炭基地的大规模开发,必然会出现一大批“污染源”。根据陕西省发展和改革委员会规划的陕北能源化工基地规划布局、榆林市10个规划开发区的规划资料,在陕北能源基地范围内这样的“污染源”还很多。这些“污染源”在污水处理不完全、排污超标、污染物总量超过水环境容量、地方政府监管不力等情况下,就会成为真正的污染源。

由于地表水水质变化较快,当前陕北煤炭基地又处于开发的初级阶段,研究程度较低,缺少相关的监测资料,所以难以对基地内的地表水水污染发展趋势进行预测。

对陕北煤炭基地地下水污染粗略预测基本思路是:规划的工业区在建成之后,区内企业的废水排放会对当地地下水产生一定的影响,故规划区内未来地下水污染状况在现状污染的情况下提高一个等级;规划区以外的区域,在采取水污染防治措施的前提下,暂时保持现在的污染等级,水质不变。预测结果表明,陕北煤炭基地未来地下水主要重污染区分布在榆林市榆阳区、金鸡滩镇、神木县锦界、神木县城、大柳塔镇、府谷县城等地,这些地区当前的地下水污染已较为严重,各级政府应把这里作为主要的污染控制区,防止污染进一步发展。

## 2.5 水污染防治对策

(1)对原有排污量大、污染物浓度高的企业进行技术改造,做到清洁生产。对生产过程中产生的废水经处理后回用,这样既节约了用水量,又降低了污染排放总量。

(2)在企业相对集中的地方(如开发区),对最终排放的废水通过管道收集起来,由污水处理厂统一处理,处理后的水加以合理利用,以节约水源。这样做既减少了各个企业的工作程序,又降低了成本。

(3)新建企业必须进行污水处理设计,处理后的水质指标应符合国家的相关规定。

(4)对县、区、城镇的生活污水,有条件的情况下要合理铺设管道,集中到污水处理厂进行处理;没有条件的时候,可以选择条件合适的地方,采用土地渗滤的方式处理,严禁生活污水乱排放。

(5)企业排放的固体废弃物应做无害化处理,严禁随意堆放,最好做到废物利用,以节约资源、保护环境。

(6)农业生产过程中应做到合理施肥,努力避免因肥料浪费导致的水污染发生。

## 3 结语

通过对中国能源形势及当前政策的分析研究,建立了煤炭基地水污染研究理论体系,并分别论述了体系中水污染背景条件研究、现状研究、机理研究、发展趋势研究和防治对策研究的研究目的、研究内容和研究成果用途。在此基础上以陕北煤炭基地水污染问题为研究实例实践这一理论体系,并明确指出陕北煤炭基地地下水水质总体较好,地表水已经遭受不同程度的污染,污染源是沿河的企业废水和生活污水,河水大部分水化学组成从上游向下游呈先升高后降低的趋势,未来地下水主要污染区分布在榆林市榆阳区、金鸡滩镇、神木县锦界、神木县城、大柳塔镇、府谷县城等;对原有污染严重的企业进行技术改造做到清洁生产,在企业相对集中的区域采取污水厂统一处理进行,新建企业必须进行污水处理设计,对生活污水采取土地渗滤或污水厂处理,固体废弃物要做无害化处理,农业生产中要求合理施肥。

笔者虽然在前人研究的基础上建立了煤炭基地水污染研究体系,但由于篇幅所限,还有很多具体问题没有深入分析和论述。

## 参考文献:

- [ 1 ] 俞善庆. 崇明岛——未来可再生能源基地[J]. 能源技术, 2006, 27(1): 13-15.
- [ 2 ] 白继红, 张永波. 电厂粉煤灰场氟离子对地下水影响的试验[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(4): 408-411.
- [ 3 ] 张军营, 郑楚光, 刘 晶, 等. 煤灰中微量重金属元素的迁移性实验研究[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(12): 83-85.
- [ 4 ] 蒋和平, 职 音, 郭慧霞, 等. 火电厂粉煤灰中  $\text{Cr}^{6+}$  迁移规律的试验研究[J]. 焦作工学院学报: 自然科学版, 2002, 21(4): 262-265.
- [ 5 ] 胡予红, 孙 欣, 张文波, 等. 煤炭对环境的影响研究[J]. 中国能源, 2004, 26(1): 32-35.
- [ 6 ] 张福存. 能源基地地下水污染及防治措施[J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(2): 191-194.
- [ 7 ] 王洪亮, 李维均, 陈永杰. 神木大柳塔地区煤矿开采对地下水的影 响[J]. 陕西地质, 2002, 20(2): 89-96.
- [ 8 ] 徐军祥, 徐 品. 淄博煤矿闭坑对地下水的污染及控制[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(10): 28-30.
- [ 9 ] 钟佐燊, 汤鸣皋, 张建立. 淄博煤矿矿坑排水对地表水体的污染及对地下水水质影响的研究[J]. 地学前缘, 1999, 6(增刊): 238-244.
- [ 10 ] 庞 良, 任润虎, 王献坤, 等. 汝州市浅层地下水污染特征及成因分析[J]. 水文地质工程地质, 2004, 31(1): 75-78.
- [ 11 ] Mandal N K, Vema P K. Impact of Coal Mine Effluent on Physico-chemical Characteristics of Pond Water in Coalfield Area of Godda District, Jharkhand[J]. Nature, Environment and Pollution Technology, 2002, 1(3): 231-234.
- [ 12 ] Potgieter-Vermaak S S, Potgieter J H, Monama B et al. Comparison of Limestone Dolomite and Fly Ash as Pre-treatment Agents for Acid Mine Drainage[J]. Minerals Engineering, 2006, 19(5): 454-462.
- [ 13 ] Tiwary R K. Environmental Impact of Coal Mining on Water Regime and Its Management[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2001, 132(1/2): 185-199.
- [ 14 ] Meck M, Love D, Mapani B. Zimbabwean Mine Dumps and Their Impacts on River Water Quality: a Reconnaissance Study[J]. Physics and Chemistry of the Earth Parts A/ B/ C, 2006, 31(15/ 16): 797-803.
- [ 15 ] Gibbs S. Protecting Rivers and Streams[J]. Public Works, 2005, 136(8): 52-53.
- [ 16 ] 张永波, 时 红, 王玉和. 地下水环境保护与污染控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [ 17 ] 刘满平. 水资源利用与水环境保护工程[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2005.
- [ 18 ] 陈绍金. 水安全系统评价、预警与调控研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [ 19 ] 于琪洋. 对水污染防治的几点思考[J]. 中国水利, 2002(1): 72-73.
- [ 20 ] GB 3838—2002, 地表水环境质量标准[S].