

# 焦作煤矿区矿坑排水对地下水环境的影响<sup>①</sup>

孙越英, 王兴民, 阳结华

(河南省第二地质队, 河南焦作 454002)

**摘要** 焦作矿区随着煤矿资源的开发, 矿坑排水造成的环境地质问题日益突出, 主要表现为区域地下水位下降及矿区水环境污染问题, 已严重制约着焦作煤炭工业的发展。本文就煤矿开采引发的环境地质问题进行了剖析并提出了相应的防治对策。

**关键词** 焦作煤矿 矿坑排水 环境污染; 防治对策。

中图分类号: P641

文献标识码: A

## 1 前言

焦作市煤矿区是我国著名的突水矿区, 面积  $675 \text{ km}^2$ , 煤炭储量  $587\ 655 \times 10^3 \text{ t}$ , 基础储量  $1\ 310\ 695 \times 10^3 \text{ t}$ , 资源量  $1\ 154\ 632 \times 10^3 \text{ t}$ 。煤矿主要开采山西组( $P_1s$ )煤, 区内煤质优良, 煤种齐全, 现有煤矿中马煤矿、小马煤矿、冯营煤矿、方庄煤矿、韩王煤矿、李封煤矿、演马煤矿、王封煤矿、朱村煤矿等。

焦作市地下水资源较为丰富, 焦作煤田开采以突水矿而闻名全国。据统计历年来矿坑突水 700 余次, 其中大于  $1 \text{ m}^3/\text{min}$  的有 272 次, 最大突水量达  $243 \text{ m}^3/\text{min}$ , 目前焦作市的工业、农业及生活用水绝大部分是开采地下水和利用矿坑排水<sup>[1]</sup>。

## 2 环境地质条件

焦作市地处太行山脉与豫北平原过渡地带, 属暖温带大陆性气候, 地表水系比较发育, 河流纵横, 分属黄河、海河两大流域。纵观全区地形, 西北高, 东南低, 地貌类型齐全。区内出露地层主要有太古界变质岩、震旦系石英砂岩、寒武系和奥陶系碳酸盐岩、石炭系和二叠系煤系地层、三叠系页岩、新近系砂岩、泥岩、第四系黄土。焦作市处于新华夏系太行山隆起的南端与晋东南山字型构造东翼反射弧的前缘和东秦岭纬向构造带之北缘相交联合弧地带。区内广泛发育燕山运动以来所形成的多种构造形迹, 以高角度正断层为主。根据构造形迹及其生成关系和空间展布特征大致可分为: 东西向构造体系、山字型构造体系、新华夏构造体系及北西向构造体系。经过矿区的主要断层有盘古寺断裂、凤凰岭断层、九里山断层

① 收稿日期 2005-05-18

万方数据

作者简介: 孙越英(1959~), 男, 广东省梅州市人, 高级工程师, 研究方向: 地质及环境调查。

等。矿区主要含水岩组为碳酸盐岩裂隙岩溶水,分布在凤凰岭断层及焦作矿区等地。含水层岩性为奥陶系中下统灰岩,构造裂隙及岩溶发育。其次为碎屑岩夹碳酸盐岩裂隙岩溶水,主要分布在焦作矿区石炭系砂岩和灰岩互层。灰岩可达九层,其中第二层和第八层灰岩为主要含水层<sup>[2-3]</sup>。

### 3 矿井富水的成因

焦作煤矿区奥陶系碳酸盐岩出露面积大,地层厚,岩溶裂隙发育,常沿层面发育溶洞,成为裂隙-溶洞含水层,具有较强的储渗和导水性能,为岩溶地下水储集、运移提供了有利的物质基础和空间场所。地下水在流动的过程中,通过岩溶裂隙发育地段、断层破碎带向山前运移,进入矿区断裂构造发育带。由于岩溶裂隙水的赋存、运移、富集规律和构造水的主导作用,形成了凤凰岭断层富水带,朱村断层富水带,九里山-一方庄断层富水带及九里山断层富水带,单井涌水量 140~150 m<sup>3</sup>/h。

煤区内分布于山前平原的孔隙水,其富集规律受地貌、地质及水文地质条件的控制。出山口地带含水层为砂砾石层,厚 20~50 m,富水极强,单井涌水量 120~200 m<sup>3</sup>/h。分布于冲洪积扇间含水层为砂砾石、中细砂,厚度 10~30 m,为中等富水区,单井涌水量 47~120 m<sup>3</sup>/h。分布于倾斜平原的前缘地带含水层以细砂为主,厚度 5~10 m,为弱富水区,单井涌水量 20~50 m<sup>3</sup>/h<sup>[4]</sup>。近山前地带孔隙水由于长期以来煤田开采,因矿坑排水松散岩类孔隙水已被疏干。孔隙水水位变化见图 1。

## 4 矿坑排水开发利用现状

### 4.1 矿坑排水利用现状

矿坑排水主要为岩溶水和孔隙水的混合水,以岩溶水为主。1991年以来矿坑排水矿井主要有焦西矿区:朱村矿、王封矿、焦西矿;焦东矿区:小马矿、韩王矿、演马矿、冯营矿、中马矿、九里山矿、古汉山矿、方庄矿、白庄矿共 12 大煤矿。1996 年 3 月王封矿关闭,1999 年 10 月焦西矿关闭,2000 年新增古汉山矿。1991 年至 1995 年矿井排水平均 7.008 m<sup>3</sup>/s,占地下水开采总量的 61.6%。1996~2000 年随着王封矿、焦西矿相继关闭,矿坑排水量随之减少。近 5 年间,矿坑排水平均为 5.898 7 m<sup>3</sup>/s,占地下水开采总量的 53.56%。2000~2004 年焦作矿务局所属的 9 座矿井排水总量平均为 5.17 m<sup>3</sup>/s 见表 1。

焦作供水公司所属的三水厂、五水厂 2000~2004 年共利用矿坑水平均为 0.207 1 m<sup>3</sup>/s,2004 年利用矿坑水为 0.115 7 m<sup>3</sup>/s。

### 4.2 矿坑排水剩余量分析

矿坑排水是焦作地下水主要开采方式,开采程度高,而利用程度低。根据前人所做的大量工作可知,矿坑排水有 19% 的矿坑水通过坑、塘、渠道直接回渗补给给矿坑,成为矿坑排水重复排水量。大量矿坑排水除供水公司的三水厂、五水厂利用以及农业灌溉利用外,其它矿

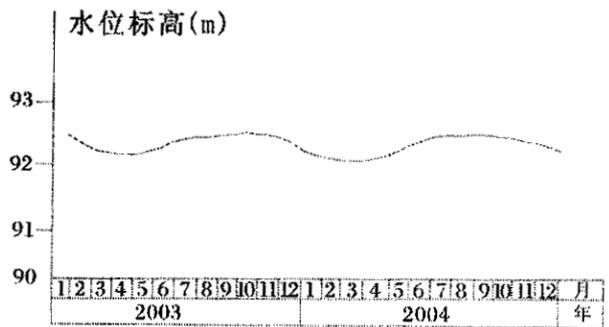


图 1 焦作煤矿区孔隙水水位动态曲线图

Fig. 1 Dynamic diagram of pore water level in Jiaozuo Mine

坑水都白白地流出境外,构成矿坑排水的剩余量。

表 1 2000 ~ 2004 年矿井排水量统计表

Table 1 Water discharge statistics in mine during 2000 ~ 2004

年份	2000	2001	2002	2003	2004	平均
矿井排水量 $\text{m}^3/\text{s}$	5.4049	6.159	6.811	5.9785	5.17	5.8987
供水公司利用 $\text{m}^3/\text{s}$	0.69	0.0766	0.0766	0.0766	0.1157	0.2071
农业灌溉利用 $\text{m}^3/\text{s}$	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

根据 2000 ~ 2004 年实际资料可知 5 年间矿坑排水平均为  $5.8987 \text{ m}^3/\text{s}$ ,供水公司利用平均  $0.2071 \text{ m}^3/\text{s}$ ,农业灌溉和其它利用平均  $1.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ,重复排水量为  $1.1207 \text{ m}^3/\text{s}$ 。矿坑排水剩余量  $3.3709 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2004 年,矿坑排水平均为  $5.17 \text{ m}^3/\text{s}$ ,供水公司利用  $0.1157 \text{ m}^3/\text{s}$ ,农业灌溉和其它利用  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,重复排水量  $0.9823 \text{ m}^3/\text{s}$ ,矿坑排水剩余量为  $2.872 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 5 问题的提出

为确保煤矿井下安全生产,必须大量疏排矿坑水。据测算平均生产吨煤需排水  $4.5 \text{ m}^3$ 。目前矿坑水排放量  $5.4 \text{ m}^3/\text{s}$ <sup>[6]</sup>。因矿坑排水加上地下水集中开采,在焦作市区附近已形成大面积降落漏斗。因矿坑排水造成的区域地下水位下降问题突出,造成居民生活用水,农业用水困难,制约着当地经济的持续发展。另外,受开拓及采煤的影响,矿坑水中含大量煤灰、岩粉等悬浮物杂质及其它污染物质,颜色呈灰黑色,矿坑排水造成矿区水环境污染严重,已成为制约该市社会经济持续发展的重要因素之一。为促进焦作市资源、环境协调发展,实施可持续发展战略,就必须对矿区环境地质灾害进行恢复治理。

## 6 矿坑排水引起的主要环境地质问题

随着矿产资源的开发,矿坑排水造成的环境地质问题日益突出。主要表现为区域地下水位下降问题、矿区水环境污染问题。开展焦作市矿坑排水对地下水的影响调查工作,查明地下水污染机理、地下水污染区域、地下水持续下降区域,为进一步开展焦作市地下水污染治理工作提供系统完善的基础性、研究性资料,对促进当地生态环境建设提供地质依据。

## 7 矿坑排水造成矿区水资源环境破坏现状

### 7.1 区域地下水位下降

焦作市煤矿区是我国著名的突水矿区,为确保煤矿井下安全生产,必须大量疏排矿坑水。孔隙水因受矿区长期排水及人工开采的影响,水位下降流场特征发生了变化。勘查区内出现了水位深埋区—疏干区,水位降落漏斗区及水位相对稳定区。疏干区分布于山前一带冯封—岗庄—百间房—安阳城—古汉山一线以北<sup>[5]</sup>。面积约  $100 \text{ km}^2$ ,由于长期大量抽水及煤矿排水、水位下降,水位埋深大于  $30 \text{ m}$ ,含水层处于疏干—半疏干状态。降落漏斗区主要为九里山漏斗区及焦南漏斗区,九里山漏斗区面积约  $9 \text{ km}^2$ ,2004 年底中心水位  $83.25 \text{ m}$ (见图 2),焦南漏斗区面积  $7.3 \text{ km}^2$ ,中心水位  $92.55 \text{ m}$ 。水位稳定区分布于贵屯—府城—恩村—待王一带,孔隙水位埋深小于  $4 \text{ m}$ 。

万方数据

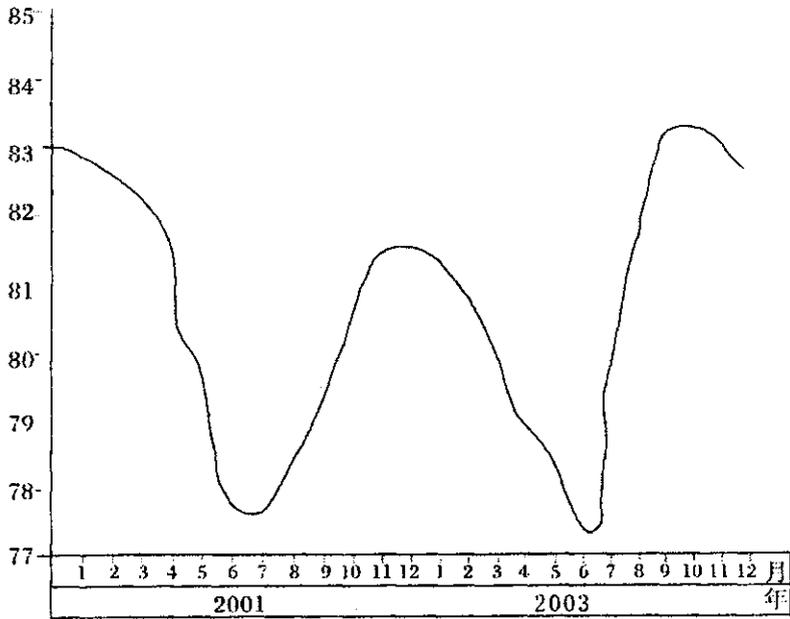


图2 九里山矿区降水漏斗中心水位动态曲线图

Fig. 2 Dynamic diagram of precipitation funnel center water level in Jiulishan mine

表2 焦作王封矿矿井水水质一览表(mg/L)

Table 2 The list of the water quality in Wangfeng mine, Jiaozuo city

项目	2004年3月	2004年9月	2005年3月	2005年9月
pH	8.1	7.1	8.1	7.6~8.8
悬浮物	58.1	53	55	65
总盐量	1014	1231	757	780
硬度	708.93	5	532.14	717.08
铁	0.036	0.018	0.013	0.030
锌	0.036	0.036	0.014	0.021
COD	56.8	27.3	14.1	29.8
BOD	0.69	0.78	0.47	0.74~0.64
硫化物	/	/	/	0.40
砷	未检出	0.002	未检出	0.006
镉	0.007	0.010	0.002	/
铅	0.11	0.12	0.10	0.12
氟化物	0.15	0.16	0.25	/
挥发酚	未检出	0.001	0.004	/
铬	未检出	0.008	未检出	/
汞	未检出	未检出	未检出	/

火车站南漏斗面积  $6.3 \text{ km}^3$ , 九里山一带漏斗面积  $12.34 \text{ km}^3$ , 岗庄水源地漏斗面积  $17.42 \text{ km}^3$ , 漏斗中心水位埋深  $75.22 \text{ m}$ 。东小庄水源地漏斗面积  $3 \text{ km}^3$ , 漏斗中心水位埋深  $73.47 \text{ m}$ <sup>[7]</sup> (图3)。上述漏斗区, 九里山一带主要是由于矿坑排水造成的, 岗庄水源地, 东小庄水源地漏斗区是由于矿坑排水和地下水集中开采造成的。区域地下水位下降造成区内泉点枯竭, 对矿区居民人畜饮水和工农业用水造成极大的影响。

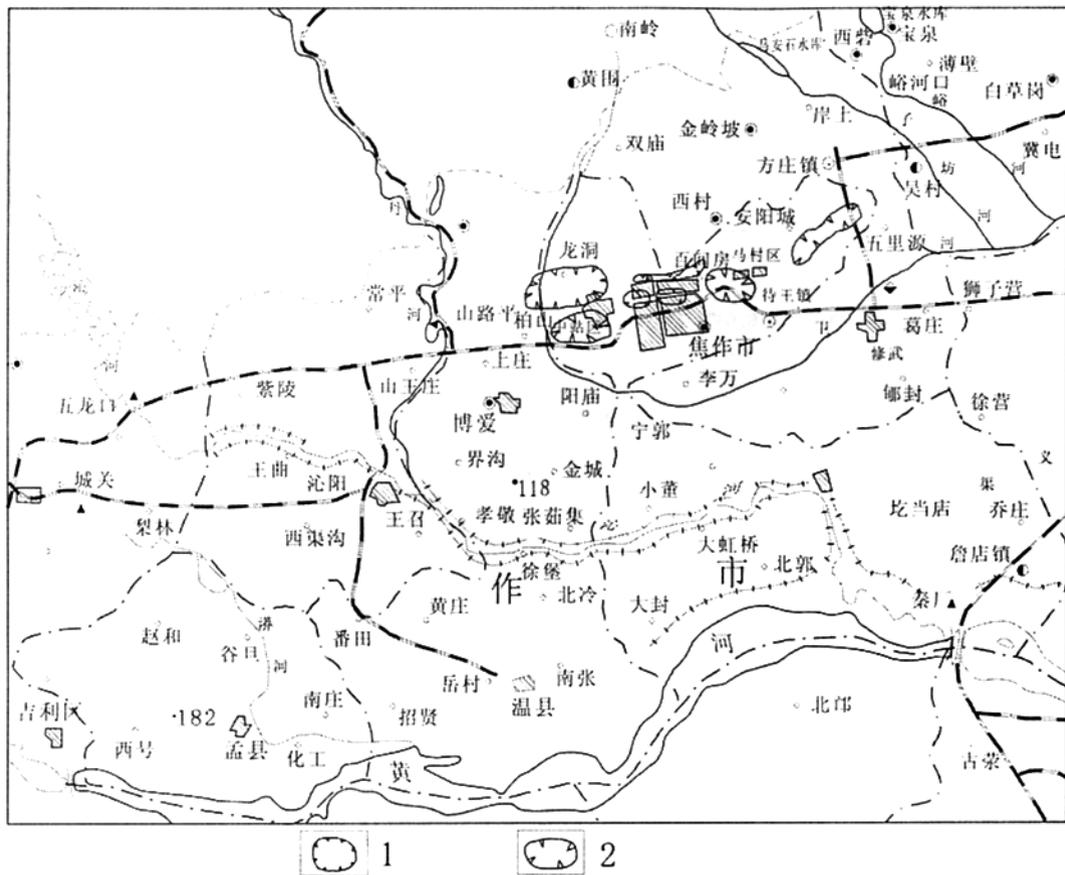


图3 焦作煤矿区地下水降水漏斗分布图

Fig. 3 Distribution of underground water precipitation

1-岩溶水降落漏斗 2-孔隙水降落漏斗

7.2 矿区水环境污染现状

受采煤影响,矿坑水中含有大量煤粉、岩粉等悬浮物杂质及其它污染物质,颜色呈灰黑色,矿井水水质分析结果详见表2。

因矿坑排水及工业废水、生活污水污染,现大部分水水质污染严重,根据2004年9月野外实地调查,实地采集水样进行分析,结果见表3。

表3 焦作煤矿区地表水水质综合评价表(mg/L)

Table 3 The synthetic evaluation of surface water quality in Jiaozuo Coal Mine

水样编号	取样地点	pH	总铜	总锌	硝酸(以N计)	亚硝酸(以N计)	溶解氧	挥发酚	大肠菌数	悬浮物	硫化物
W <sub>01</sub>	王封矿西大石河	7.05	0.014	0.07	0.90	0.025	6.65	0.002	<240	18	0.08
W <sub>02</sub>	李封矿西白马门河	7.56	0.011	0.05	0.80	0.196	7.00	0.001	<240	20	0.07
W <sub>03</sub>	马村矿三门河	8.26	0.012	0.06	1.98	0.186	5.13	0.002	<240	39	0.15
W <sub>04</sub>	九里山矿纸房河	8.10	0.005	0.07	2.56	0.157	6.25	0.0015	<240	30	0.18
W <sub>05</sub>	中马村矿大沙河	7.58	0.012	0.06	1.58	0.175	8.05	0.002	<240	45	0.09

受地表水污染的影响,矿区内地下水污染严重。从总的污染情况看,岩溶水污染范围小,污染程度较轻,孔隙水污染严重、污染成分复杂。据水质化验资料分析<sup>[8]</sup>,矿区地下水已遭到较大范围污染,污染面积343.25 km<sup>2</sup>,污染情况见表4。

表4 焦作煤矿区孔隙水污染情况一览表(mg/L)

Table 4 Pore water pollution in Jiaozuo Coal Mine

项目名称	王封矿	九里山矿	马村矿	冯营矿	韩王矿	李封矿	演马矿	朱村矿	方庄矿
浑浊度	1.6	1.0	2.7	0.5	0.7	1.8	0.8	0.4	0.5
臭和味	无	无	无	无	无	无	无	无	无
油浊可见物	无	无	无	无	无	无	无	无	无
pH	7.0	6.5	7.0	7.0	7.0	6.9	7.0	7.0	7.0
总硬度(以CaCO <sub>3</sub> 计)	367	300	346	295	224	227	256	298	248
铁	0.037	0.135	0.112	0.153	0.039	0.184	0.129	0.041	0.029
锰	0.004	0.047	0.013	0.007	0.047	/	/	0.009	0.002
铜	/	/	/	/	/	0.068	/	/	/
锌	0.016	0.113	0.013	0.439	0.007	0.544	0.005	/	0.128
阴离子合成洗涤剂	/	/	0.16	/	0.17	0.06	/	/	0.08
硫酸盐	45	54	35	58	31	26	24	29	70
氯化物	113	87	110	145	57	96	61	21	20
溶解性总固体	708	567	760	516	547	498	495	530	465
氯化物	0.64	0.61	0.71	0.30	0.64	0.76	0.76	0.78	0.82
砷	0.008	/	0.015	/	/	/	0.014	/	/
硒	/	0.00015	0.00015	/	/	/	/	/	/
铬(六价)	/	/	0.005	/	0.005	/	0.009	0.007	/
铅	0.002	0.004	/	0.007	0.002	0.026	0.008	/	/
银	/	/	/	/	/	0.008	/	/	/
硝酸盐(以氮计)	12.99	12.80	11.83	16.67	10.24	3.87	4.89	6.60	5.51
细菌总数	242	107	321	218	425	206	131	68	82
总大肠菌(个)	>230	>230	>230	>230	>230	>230	>230	>230	>230

中马村矿、韩庄矿、王封矿、冯营矿、演马庄矿等矿总硬度、铁、锰、锌、可溶性总固体、氯化物、硝酸盐、细菌总数等指标严重超标,这些矿区孔隙水污染比较严重。矿区内地下水的污染程度与采样点距河流的远近密切相关。采样点距河流越近,地下水污染程度越严重,距河流越远,则污染越轻。地下水污染呈带状分布,主要分布在污水沟、渠、河流两侧,水平污染宽度一般100~200m,垂向污染深度15m左右,主要是由于排污沟内污水入渗补给地下水,造成地下水污染<sup>[8]</sup>。

表5 焦作煤矿区岩溶水氯离子含量变化表(mg/L)

Table 5 The list of chlorine ion content of karstic water in Jiaozuo Coal Mine

井位	1989	1992	1995	1998	1999	2000	2002	2004	增长倍数	超标倍数
中马村矿煤矿		15	66	87	141	517.6	1258	2135	142	8.5
小马村矿煤矿		25				680.7	1329.5	1447	57.9	5.8
马村矿		23				1191			52	4.6
冯营煤矿	19.1	87	98	129	131				6.9	
方庄煤矿	12.8	29	32.2	56		89	102.8		8	
韩王煤矿	15.2					234	365		24	1.5
韩王矿	17.4		47.4	123		136			7.8	
李封煤矿	12.4	18	37	56	65			75.5	6	
王封煤矿						28.36	88.63		3	

注《生活饮用水卫生标准》(GB5479-85) 250mg/L

矿区近几年来岩溶水地下水主要污染因子为氯离子,总硬度等。并有逐年升高的趋势(表5)。中马村矿、韩庄矿、王封矿、冯营矿、演马庄矿等地,部分水井出现超标现象,中马村

矿水并氯离子含量为 2 135 mg/L<sup>[9]</sup>(超标 8.5 倍),小马村矿氯离子含量为 1 447 mg/L(超标 5.8 倍,现已停止使用)。

### 7.3 选煤废水污染

在原煤洗选过程中,产生大量的煤泥水。原则上煤泥水要求循环利用,但由于操作、管理和工艺等存在问题,往往有部分外排。

## 8 地质环境恢复治理对策

根据矿区地质环境条件,开采条件,采矿活动等调查矿区地质环境具有影响和破坏的因素。结合区内地质环境条件重点治理因矿坑排水造成的区域地下水位下降以及矿坑排水造成矿区水环境污染对居民造成的危害。为进一步研究因矿坑排水所造成的地表水污染、地表水对地下水的影响以及形成的区域地下水位下降问题,首先应查明地下水污染机理,并对地下水污染趋势、区域地下水位下降趋势做出预测评价<sup>[10]</sup>。现提出以下防治对策。

(1)查明第四系地层岩性结构,埋藏规律及富水性。

(2)查明矿坑排水位置,地表水污染状况,污染地表水对地下水的影响,区域地下水位下降范围。

(3)查明区内污染源、地表水污染状况、矿坑排水对地下水、地表水的影响、区域地下水位下降对当地居民的生存质量的影响。

(4)在查明地下水污染机理的基础上,对地下水污染趋势、区域地下水位下降趋势进行预测评价。

(5)矿坑排水应查明疏干含水层位置,疏干漏斗扩展范围。

(6)污染地表水体对地下水的影响应查明其污染带范围、宽度、深度<sup>[11]</sup>。

(7)加大污水处理力度,提高废水重复利用率。

(8)加强矿区区域地下水水位降落漏斗范围及变化趋势的监测,调整地下水开采布局。控制地下水开采量,对地下水开采层位进行人工回灌,并采取分层取水、以丰补枯等措施控制地下水水位下降的幅度。

(9)矿坑排水作为焦作地区特殊的水资源,开采程度较高,而利用程度很低。目前除供水总公司少量利用和农业灌溉利用一部分外,约 70.5% 的矿坑水作为剩余量白白的流出境外,造成水资源浪费。因此充分合理利用矿坑排水势在必行。

(10)生活用水及对水质要求较高的工业用水应重点开采岩溶水。一般性工业用水及农业用水重点利用矿坑排水和合理开发孔隙水。在此特别提出,焦作矿区的九里山、演马、冯营、位村等矿井,矿坑排水量大,水质较好,经过简单处理后,可作为工业用水及生活用水水源。

(11)对水资源超采区,采取严格控制开采量,集中开采水源地要确定合理的开采量。不合理的取水设施实行调整关闭。已报废的混合开采井、渗水通道及时封孔,以免串通污染。采取有效措施减少矿坑涌水量,从而达到减少孔隙水、岩溶水二者的转化量和减轻矿区地下水的污染<sup>[12]</sup>。

(12)加强矿坑排水综合利用,尽可能利用地表水的可供资源。

## 参考文献

- [ 1 ] 河南省矿产局水文地质一队. 河南省焦作地下水资源评价报告[ R ]. 1984.
- [ 2 ] 河南省地矿局水文地质一队. 中华人民共和国区域水文地质普查报告郑州幅 1:20万[ R ], 1986.
- [ 3 ] 孙越英, 等. 焦作煤矿区主要环境地质问题与对策研究[ J ]. 地质找矿论丛, 2005 ( 3 ): 10-15.
- [ 4 ] 河南省地矿局第二地质队. 焦作市地质环境报告[ R ]. 2004.
- [ 5 ] 焦作市环境保护局. 焦作市生态环境保护规划[ R ]. 2002.
- [ 6 ] 河南省地球物理工程勘察院. 焦作市地质灾害防治规划[ R ]. 2003.
- [ 7 ] 焦作市南水北调工程建设协调小组办公室. 南水北调中线工程河南省供水区焦作市城市水资源规划报告[ R ]. 2001.
- [ 8 ] 河南省地矿局水文地质一队. 河南省焦作地下水资源评价报告[ R ]. 2002.
- [ 9 ] 河南省地矿局水文地质一队. 焦作地区岩溶地下水资源及大水矿区岩溶水的预测、利用与管理研究报告[ R ]. 1998.
- [ 10 ] 河南省地矿局水文地质一队. 河南省焦作地区综合水文地质勘察报告[ R ]. 1989.
- [ 11 ] 河南省地矿局水文地质一队. 河南省焦作市地下水污染现状调查及环境水文地质评价报告[ R ]. 1989.
- [ 12 ] 河南省地矿局水文地质一队. 河南省焦作市二水厂水源地地下水资源评价报告[ J ]. 1996.

# The influence of mine drainage on the environment of underground water in Jiaozuo coal mine

SUN Yue-ying ,WANG Xin-min ,YANG Jie-hua

( No. 2 Team of Geological Survey Bureau of Henan Province ,Jiaozuo 454002 ,China )

## Abstract

With the exploitation of coal mine resources in Jiaozuo coal mine area , mine drainage has caused many environmental geological problems such as the underground water level descending and water environment pollution in the coal mine area , which have seriously restricted the development of the coal industry. After analyzing these environmental geological problems which caused by the exploitation of the coal mine , the authors put forward some prevention and cure countermeasures.

**Key words** :Jiaozuo coal mine ;mine drainage ;environmental pollution ;prevention and cure countermeasures