

# 伯方矿充水水源水质特征、成因及判别特征

王 鹏 宋志鹏

(山西兰花科技创业股份有限公司伯方煤矿分公司)

**摘 要:**在对伯方矿各类充水水源水质进行化学分析的基础上,总结其水质特征,分析其化学成分的形成原因、条件,为正确判断矿井充水水源、预计矿井涌水量及动态变化特征、制定水害防治措施及开采方案提供技术依据。

**关键词:**充水水源;水质分析;水质特征;水害防治

## 引 言

水质分析方法是分析判断矿井涌水、突水水源的一种较为有效而又简便的技术方法,在矿井水害防治实践中有着广泛的应用。由于不同充水水源(大气降水、地表水、含水层水及老窑水)的形成、赋存环境一般不同,且补给、径流、排泄、储存条件也存在较大的差异,这使得不同充水水源化学成分也各不相同,从而形成了不同水质特征的地下水。本文在对伯方矿各类充水水源水质进行化学分析的基础上,总结其水质特征,分析其化学成分的形成条件及原因,为正确判断矿井充水水源、预计矿井涌水量及动态变化特征、制定水害防治措施及开采方案提供技术依据。

## 1 伯方矿水文地质概况

伯方矿位于山西省高平市城区西北约7km处的寺庄镇伯方村西,面积27.4916km<sup>2</sup>,为沁水煤田高平矿区的一部分,现开采二叠纪山西组3#煤层,井田发育的地层有奥陶系中统马家沟组(O2m)、峰峰组(O2f)、石炭系上统本溪组(C2b)、石炭系上统-二叠系下统太原组(C2t-P1t)、二叠系下-中统山西组(P1s-P2s)、二叠系中统下石盒子组(P2x)、二叠系中-上统上石盒子组(P2s-P3s)、第四系中、上更新统(Q2+Q3)和第四系全新统(Q4)。生产实践及抽水试验表明,影响伯方矿3#煤层开采的主要充水水源有地表水、山西组砂岩裂隙含水层、太原组灰岩岩溶裂隙含水层、奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层及周边

小窑、本矿开采形成的老空水。

为准确、快速判断各类充水水源,预计涌水量及动态变化特征、制定针对性的水害防治措施,伯方矿地测科对威胁本矿生产的各类充水水源水样进行了化学分析,其典型的分析成果见表1。

## 2 充水水源水质特征

表1 伯方矿充水水源化学成分分析成果

单位:mg/l

水源	地点	pH	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	矿化度
奥灰水	水源井1	7.30	18.37	0.40	355.1	220.0	20.9	147.2	2.27	1.32	55.2	0.00	
	水源井2	7.34	17.94	0.42	357.8	224.7	17.9	150.6	3.67	1.33	56.7	0.00	
	水源井3	7.32	18.16	0.41	356.5	222.4	19.4	148.9	2.97	1.33	56.0	0.00	
太灰水	补4	8.16	58.88	无	518.6	42.81	检不出	7.82	240.71		2.31		664
	补10	9.41	17.73	41.7	300.2	23.46	检不出	0.8	164.81		1.22		422
顶板砂岩水	3204副巷	8.68	50.04	11.57	448.3	0.000	0.000	2.450	113.44	1.566	0.000	0.000	
	3211正1300米	6.79	217.2	0.16	434.0	6.86	10.79	33.65	184.44	1.121	0.000	0.109	
	3302正580米	8.39	117.3	9.11	730.5	5.79	33.77	1.836	272.62	1.435	7.285	0.183	
	3302副1250米	8.36	153.7	9.61	809.8	2.96	28.23	0.257	324.81	1.251	0.000	0.029	
	3205正238米	9.08	30.97	36.6	596.9	0.00	8.83	0.998	213.37	1.804	8.227	0.000	
	3205副150米	8.96	83.19	25.0	540.4	4.58	13.81	0.537	248.44	1.656	3.699	0.000	
地表水	高良河1	7.33	83.8	1.47	1262	5.65	42.73	19.67	70.17	16.58	25.98	0	
	高良河2	7.14	48.1	0.40	508.2	3.05	42.57	37.10	15.53	1.39	29.18	0.02	
	吴庄河1	7.65	16.6	0.95	382.4	66.02	28.41	34.01	0.64	1.83	28.67	0	
	吴庄河2	7.72	15.54	1.15	397.7	65.71	31.10	34.91	0.654	2.644	23.16	0.000	
采空区水	3116采空	7.85	73.88	4.33	1127.9	543.2	0.000	16.01	647.89	1.410	0.000	0.000	
	3114采空	8.09	20.33	3.42	527.3	20.00	1.390	3.610	144.95	1.390	0.000	2.252	
	3204采空	6.89	39.18	0.34	780.6	36.56	16.820	31.58	10.82	6.121	90.81	1.937	
	一盘区水仓	8.29	22.79	7.00	669.9	38.21	11.306	1.857	255.92	1.363	0.000	0.770	
陷落柱水	3206正730m	7.76	4.43	1.46	467.0	0.00	96.03	37.53	62.86	1.24	17.12	0.09	
	3206正730m	8.02	3.96	2.02	434.5	0.00	103.63	33.63	73.00	1.35	19.36	0.009	671.43
	3206正805m	8.04	3.08	2.29	491.5	0.00	67.98	无试剂	44.70	1.38	19.42	0.15	649.43
	3206正820m	7.89	7.27	1.44	363.5	0.00	39.76	无试剂	34.46	1.26	19.22	0.14	490.75

从表1伯方矿充各类水水源水质分析的结果,其水质类型及特征如下:

(1)奥灰水水化学类型为  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型,阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量为主,  $\text{Na}^+$  含量很少,阴离子以  $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4$  离子为主,平均 pH 值 7.32,呈弱碱性。

(2)太灰水化学类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$  和  $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$  型,阳离子中以  $\text{Na}^{++}\text{K}^+$  含量为主,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量很少,阴离子以  $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4$  离子为主,平均 pH 值 8.65,呈碱性。

(3)3#煤层顶板砂岩水化学类型以  $\text{HCO}_3 - \text{Na}$  水为主,阳离子中以  $\text{Na}^{++}\text{K}^+$  含量为主,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量很少,平均 pH 值 8.69,呈碱性。

(4)地表水水化学类型以  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$  水为主,平均 pH 值 7.56,呈弱碱性。

(5)采空区积水化学类型以  $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$  水为主,平均 pH 值 7.78,呈弱碱性,部分水样相比顶板砂岩水 pH 值显著降低。

(6)陷落柱水化学类型以  $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$  水为主,平均 pH 值 7.93,呈弱碱性。

### 3 成因及判别特征

#### 3.1 奥陶系灰岩含水层

为煤系基底含水层,主要由奥陶系中统峰峰组与马家沟组灰岩、泥质灰岩和白云质灰岩组成,该层厚 400m 以上,区内埋深 200m 以上,依据区域对奥陶系峰峰组与马家沟组分别抽水试验及钻孔揭露,峰峰组灰岩岩溶裂隙欠发育,为弱富水含水层;马家沟组局部层段岩溶裂隙发育,为强富水含水层。矿区东部的晋获褶段带的零星露头 and 隐伏于第四系松散层,构成灰岩地下水的主要补给区,总体富水性较强,水循环条件相对较好,是本矿区的主要含水层,

是开采下组太原组 15#煤层时的重点防治对象。灰岩的主要成分为  $\text{CaCO}_3$  和  $\text{MgCO}_3$ ,虽难溶于水,但有  $\text{CO}_2$  存在时会部分溶解,发生如下反应:

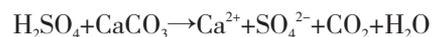
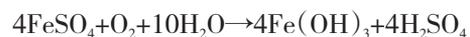
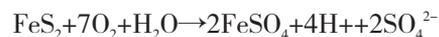


因奥陶系灰岩中常夹有黄铁矿团块,故  $\text{SO}_4^{2-}$  含量较高,从而形成了奥灰水  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  水质类型,其主要水化学特征是:矿化度为 380 ~ 466mg/l, pH 值处在 7.25 ~ 8.35 之间,水质良好,阳离子中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量为主,  $\text{Na}^+$  含量很少,阴离子以  $\text{HCO}_3$ 、 $\text{SO}_4$  离子为主,具有典型的华北奥灰岩溶水特征。

#### 3.2 太原组灰岩含水层

为 3#煤层底板的含水层,主要由 5 层薄至厚层灰岩组成,累计平均厚 17.51m,厚度较小,埋深 140m 以上。由于被上伏二叠系砂岩、砂质泥岩、泥岩或第四系黏土层所覆盖,地表水及大气降水对该含水层构不成直接影响,补给较弱。太原组为海陆交互的含煤地层,各灰岩层相互间均有厚度 10m 以上的砂质泥岩和泥岩相隔,限制了岩溶作用的发展。由于该含水层厚度较小、补给有限、岩溶发育程度较低,横向上够不成地下水相互联系的通道,垂向上又有良好的隔水层,主要以局部的静态水为主,以分散独立的水体形式存在。

由于含煤地层中富含硫化铁( $\text{FeS}_2$ ),在氧化环境中形成硫酸盐,

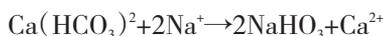
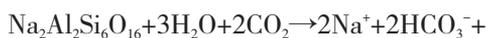


因此  $\text{SO}_4^{2-}$  明显增加。其主要水化学特征是:水化学类型为  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$  和  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$  型,根据补 4、补 10 水文孔总硬度(以  $\text{CaCO}_3$  计)为 28.53mg/l、7.01mg/l, pH 值为 8.16、9.41,阳离子中以  $\text{Na}^{++}\text{K}^+$  含量为主,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量很少,阴离子以

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>离子为主,反映出水循环条件较差,径流不畅的特点。

### 3.3 二叠系山西组砂岩裂隙含水层

为3#煤层的直接充水水源,主要以煤层顶部细至粗粒砂岩含水层为主,平均厚10.39m,富水性弱,局部存在相对富水区域。该层砂岩水在矿区大多数地区补给有限,地化环境条件封闭,水体交替程度很差。砂岩中含有大量的钾长石和钠长石,经过风化水解和离子交换作用,形成大量的K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>和HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,作用式为:



在水中除有较高含量的HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>外,还出现CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>,并使Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>以CaCO<sub>3</sub>和MgCO<sub>3</sub>的形式沉淀析出,再加上离子吸附作用致使Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量降低,Na<sup>+</sup>含量得以上升,可达数百毫克每升,形成HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>—Na型水质,并以较高的负硬度和较高的钠离子含量构成与其他各层地下水明显的水质差异,其pH值一般都在8.3以上,易于判别。

### 3.4 地表水

主要分布于丹河、高良河、吴庄河河谷,由于受大气降水影响,水量、水位随季节性变化大,为当地居民和农业灌溉用水的主要水源,因其成因与奥灰水成因相似,水化学类型以HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>—Ca·Mg水为主,pH值在7.68~8.48。又因在汇聚水源过程中因流经土壤带,Ca<sup>2+</sup>与Na<sup>+</sup>发生阳离子交替吸附作用,与奥灰相比Na<sup>+</sup>含量较高,CO<sub>2</sub>含量略有上升,加上其接近地表易间接受污染,Cl<sup>-</sup>含量也稍高于奥灰水。

### 3.5 老空水

煤层回采后形成的采空区,老空水的水质特征,与老空水形成的时间长短、氧化条件有关,在老空水形成的初期,具有顶板砂岩水的特征,水质类型多为

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>—Na型水,pH较高,一般大于8.3。

随着煤层开采,顶板的含水层的水甚至地表水会随着顶板裂隙带进入老空区,由于含煤地层大多形成于还原环境,含黄铁矿(FeS<sub>2</sub>)的煤层形成于强还原环境,煤层开采后处于氧化环境,黄铁矿与矿井水及空气接触后,经过一系列的氧化、水解等反应,其化学反应过程跟上述太原组灰岩水反应过程相似生成硫酸和氢氧化铁,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量增加,pH值缓慢降低,形成HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>·SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>—Na型水。

伴随着硫化矿物的进一步溶解和游离硫酸的进一步生成,硫酸根离子含量越来越高,而pH值越来越低,致使HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量减少,采空区水的矿化度越来越高,而含钙、镁的矿物越来越多,钙、镁离子成分逐渐超过钠离子,水质类型逐渐演化为SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>—Ca·Mg,这就是老窑水形成的全过程。

### 3.6 陷落柱水

伯方矿的陷落柱一般胶结紧密,不含水且不导水,但在3206工作面正巷820m处遇到的陷落柱因内部胶结较差,在揭露时出现导水情况,水质类型为HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>—Na·Ca,水质与地表水相似,但Cl<sup>-</sup>含量比地表水明显较小;与顶板砂岩水相比,Na离子含量较低,Ca离子含量则较高。

该陷落柱在地面巡查时于半山腰发现,在地表形成了直径25~30m的塌陷坑,塌陷坑内会存积部分大气降水,接受了大气降水的溶滤作用,与顶板砂岩水相比,Na<sup>+</sup>含量明显降低,而Ca<sup>2+</sup>含量明显增加,pH值下降明显。因为塌陷坑位于半山腰,地形坡度大,大气降水补给有限,在揭露后经2~3d,水量明显减小,7~8d后逐渐疏干。

## 4 结论

(1)在对伯方矿各类充水水 (下转第38页)

载大,托辊损坏严重,维修率高,如果生产过程中出现问题造成皮带跑偏,直接影响生产。通过利用东炭场废旧小直径滚筒修复后替代托辊,从而减少班中故障停机,保持开机连续性。

### 2.3 人力资源管理配置及其他方面

洗煤厂始终坚持把不放心的人事交给放心的人去做,优化人员配置,关键岗位提高岗位待遇,通过内部考核测评确定上岗人选。

(1)集控模式实行后,密度参数由电脑数据做参考,适当的提高了集控司机的岗位工分,每月无质量事故奖励100元/人。

(2)每年进行一次洗选工内部比武,优胜者每人奖励200元,每班选出两个重要岗位的人员来从事质量控制的关键岗位(总调度司机)。

(3)四大质量控制点(给煤机司机、密度司机、原煤分级筛司机、精煤分级筛)交给责任心强的人来完成,真正把重要的事交给放心的人来做。

(4)内部考核:本着个人对班组负责,班组对连队负责的原则,将考核与班组百分制考核挂钩:

①生产中介质液指标不在规定范围内,查处一次扣1分。

②当班发现精煤中有杂物一次扣1分。

(上接第35页) 源水质进行化学分析的基础上,总结了其水质特征。为正确判断矿井充水水源、预计矿井涌水量及动态变化特征、制定水害防治措施及开采方案提供了技术依据。(2)通过分析伯方矿不同充水水源的赋存环境、补给、径流、排泄、储存条件,对分析相同水文地质条件的水质成因具有借鉴意义。

#### 参考文献:

③发现质量问题未采取紧急措施,扣2分。

④造成质量事故,较坏影响扣10分。

(5)结合实际工作情况编写了《唐安煤矿洗选技术规范》,制定了《生产过程化验实施办法》、《二洗厂产品质量控制及纠正措施》、《均衡生产岗位操作应知应会技能》等一系列和产品品质有关的制度和措施,通过会议学习、过程控制、考核落实等管理来确保产品合格。

### 3 结束语

通过上述的控制举措真正做到了用制度作框架,用科学依据做指导,用机器设备环节控制作保障、用车间文化作烘托,打造出独特洗煤厂管理模式,无一起顾客投诉事件,无一起产品质量事故,谱写了一曲动听的产品质量控制交响乐。

#### 参考文献:

[1]《唐安煤矿第二洗煤厂产品质量控制方案》。

[2] 杨安国.《赵各庄洗煤厂煤炭质量控制问题的研究》科技信息2010年第21期。

[1]王玉民,焦立敏,利用水质分析法判定矿井涌水水源[J].煤矿安全,2001,(10).

[2]王永法.应用矿井主要含水层水质分析方法判别出水水源[J].煤炭科技,2010年第二期。

[3]矿井水质特征研究及在涌水水源判别中的应用,煤炭科学技术[J].1996,(10).

[4]刘峰.煤矿安全高效开采地质保障救贖国际研讨会,2011.

[5]章至洁,韩宝平,张月华..水文地质学基础[M].徐州:中国矿业大学,1995.