

宁夏冯记沟煤矿水文地质特征及矿井水利用分析

郭天辉

(宁夏回族自治区煤田地质局,宁夏 银川 750011)

摘要:冯记沟煤矿地处西部干旱区,地表水及地下水极为贫乏。矿井井下的主要含水区段为侏罗系直罗砂岩含水层()、一煤—六煤砂岩含水层()和采空区积水。现生产二号井煤矿开采过程中,由于三煤层顶板的垮落,裂隙增加,III含水层与II含水层连为一体。目前二号井的正常涌水量为115m³/h,最大涌水量280m³/h。根据勘探资料及水质分析结果,对矿区地下水进行了评价,认为矿井地下水不宜作生活饮用水,处理后可做为锅炉用水、冷却用水、绿化灌溉用水及混凝土建筑用水。

关键词:水文地质特征;老空区;排水量预算;水质评价;冯记沟煤矿

中图分类号:P641

文献标识码:A

Hydrogeological Characteristics and Mine Water Analysis in Fengjigou Coalmine, Ningxia

Guo Tianhui

(Ningxia Bureau of Coal Geological Exploration, Yinchuan, Ningxia 750011)

Abstract: The Fengjigou coalmine is situated at western China arid area, and seriously short of surface water and groundwater. Main water-bearing sections have Jurassic Zhiluo sandstone aquifer (II), Nos.1-6 coal seams sandstone aquifer (III) and gob water. During the mining of active No.2 mine, because of No.3 coal seam roof caving, fractures have connected the III and II aquifers. The common inflow of No.2 coalmine is 115m³/h, maximum 280m³/h. Based on exploration data and water quality analysis, evaluated groundwater in the coalmine area, considered that the mine water can not suitable to be drinking water, can only be boiler, cooling, greening and concrete mixing water after processing.

Keywords: hydrogeological characteristics; gob area; water discharge estimation; water quality assessment; Fengjigou coalmine

0 序言

冯记沟煤矿生产的矿井有一号井和二号井,一号井已关闭,二号井1991年投产,目前生产能力为25万t。矿区主要含水层为松散层孔隙潜水、煤层顶板含水层。二号矿井正常涌水量为115m³/h,最大涌水量280m³/h。因此,适时、合理地开发该区地下水资源,利用井下排水作为临时水源,不仅有利于解决煤矿邻近各矿井临时生活用水和生产用水,而且可以减轻矿井开拓涌水的危害,对于矿井节能减排,促进宁东能源基地可持续发展具有重要的现实意义。

1 地质概况及水文地质特征

矿区位于毛乌素沙漠西南边缘,为低缓的半沙漠丘陵地貌,属黄河流域,干旱少雨,无常年地表径流,仅存在宽缓流程短的季节性沟流。该区为中温带半干旱大陆性季风气候,降雨多集中在7、8、9三个

月,年降雨量最大为299.1mm,年蒸发量达2771mm,地表水及地下水极为贫乏。

1.1 地层

矿区全部被新生界地层覆盖。根据钻孔揭露,地层由老至新依次有:三叠系上统上田组(T_{3s});侏罗系中统延安组(J_{2y})、侏罗系中统直罗组(J_{2z})与侏罗系上统安定组(J_{3a})、古近系(E)和第四系(Q)。含煤地层为侏罗系中统延安组(J_{2y}),含煤(包括煤线)30余层,可采及局部可采煤层有13层,其中二号井目前主采二、三、四煤。

1.2 构造

矿区位于华北地台南北向逆冲构造带青龙山—云雾山逆冲带中部的长梁山—马家滩向斜东翼。根据地震解释成果和钻探资料显示,矿区整体受西侧杜窑沟断层和东侧马柳断层的控制,主体构造为尖儿庄背斜和与之相伴的断层。

区内无大落差断层,唯矿区西北3km处的新老庄平移断层影响到井田,致使局部地区地层倾向变陡,其落差小于30m。由于井田受马柳断层和新老庄断层的影响,靠近马柳断层一带小断层呈叠瓦状出

作者简介:郭天辉(1959—),男,陕西白水人,1982年毕业于西安矿业学院,水文地质高级工程师,一直从事水工环工作。

收稿日期:2008-10-24

责任编辑:樊小舟

现。

1.3 水文地质特征

根据地质、水文地质情况调查,按煤层分布、岩性组合及含水层水力性质、埋藏条件等,由上而下划分为三个主要含水层组。

1.3.1 松散层孔隙潜水含水层()

全区分布,厚度 18.30~62.95m,平均 48.58m。地下水主要赋存于风积沙、洼地及沟谷冲洪积层中。地下水补给以大气降水为主,排泄以蒸发为主,部分以人工开采或沿地层裂隙及风化破碎带补给基岩含水层。按地下水赋存条件,可分为风积沙潜水层、风积~冲洪积潜水层。

1.3.1.1 风积沙潜水层

厚度 3.0~5.0m,岩性以粉、细砂为主,分选性好,渗透性强,不含水或微弱含水,局部含沙漠凝结水,地下水位随地形起伏而异,枯水期水位一般埋深 1.2~2.60m,丰水期水位上升,一般埋深 0.8~1.2m,水量随季节变化,变化范围为 1.2~2.6m³/h;特别是相对周围地形低洼的地区,受大气降水补给及表层潜水汇集,水量相对较大。

1.3.1.2 风积—冲洪积潜水

主要分布冯记沟乡以西地形低洼地带,岩性以中、细砂为主,局部底部含少量砂砾石;含水层厚 8.0~40.0m。该含水层涌水量普遍较小,一般为 15~20m³/h;在厚度较大的向斜轴部涌水量有所增大,最高可达 30m³/h。矿化度为 2.3g/L,水化学类型属于 SO₄·Cl-Na 型。

1.3.2 侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙含水层()

主要分布于马家滩向斜控制区内,厚度 1.51~106.54m,平均 69.39m。含水层位于直罗组下部,主要由粗粒砂岩构成。粗砂岩结构松散,成分主要为石英和长石,岩石遇水或日晒后会碎裂,故俗称“豆腐砂岩”,除冯记沟背斜和尖儿庄背斜轴部遭剥蚀外,其它地区均有分布。据抽水试验资料,涌水量平均为 0.299 7L/s,单位涌水量平均为 0.009 52L/(s·m),渗透系数平均为 0.009 8m/d。水质分析结果表明,该含水层 pH 值 8.26,矿化度 1.214g/L,水化学类型属于 SO₄·Cl·HCO₃-Na 型。

1.3.3 一煤—六煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层()

由灰、灰白、深灰色不同粒级的砂岩、泥岩和煤层组成,层位较稳定,厚度 15.07~66.47m,平均 36.86m,水位埋深 72.56m,属于富水性极弱—弱含水层。受粉砂岩、泥岩等较为致密岩石的隔水作用影响,含水层不同深度富水性差异明显,故将该含水层

分为上、下段两段。

1.3.3.1 上段(一煤—四煤)

分布于马家滩向斜内,由三角洲平原相和河流冲积平原相组成,每个旋回均具正粒序特征,岩性以灰、灰白色中、细粒砂岩为主,矿区扩大区中部变为灰、灰黑色泥岩、粉砂岩及互层。含水层厚度 10.56~49.27m,平均 28.91m,含水层砂体在勘探区中部较厚,东西两侧较薄。该段含水层水文地质条件较简单,涌水量平均为 0.411L/s,单位涌水量平均为 0.090 667L/(s·m),渗透系数为 0.034m/d,富水性弱。据水质化验资料,地下水矿化度 1.935g/L,水化学类型为 SO₄·Cl-Na 型。二煤顶板水 pH 值为 7.35,矿化度 2.599g/L,水化学类型属于 SO₄·Cl·HCO₃-Ca·Na 型。

1.3.3.2 下段(四煤—六煤)

分布于矿区中部,由三角洲平原相组成。砂岩多集中于旋回的中—下部,岩性以灰、深灰色的中、粗粒砂岩为主。岩石坚硬—半坚硬,钙质胶结。层位较稳定,厚度 5.04~18.84m,平均 12.26m。该段含水层富水性弱,据抽水试验资料,含水层水位埋深 72.56m,涌水量平均 0.60L/s,单位涌水量为 0.078L/(s·m),渗透系数平均为 0.044m/d,属弱富水性含水层。据水质化验资料,四煤顶板水 pH 值为 6.95,矿化度 2.638g/L,水化学类型属于 SO₄·Cl·HCO₃-Ca·Na 型。

2 井下涌水的主要含水区段

根据对矿区地层结构、含水层组水文地质特征和充水因素的综合分析,矿区井下涌水的主要含水层为:侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙含水层、一煤—六煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层、六煤—十八煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层。矿区目前仅开采了 2、4、5 煤,因此,与矿井井下水排水有关的含水层目前只有侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙含水层和一煤—六煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层。

2.1 侏罗系直罗组砂岩含水层

煤矿井下涌水的主要含水段为底部“七里镇”砂岩,为灰白、黄褐或红色含砾石英长石粗砂岩,泥质胶结、颗粒支撑结构,胶结程度较差,松散—较松散,锤击易碎,可见水振荡形成的假层理。受向斜构造的控制其厚度表现出不均匀性,即在向斜轴部厚度较大,而在两翼随着地层层位的抬升,厚度变薄以至尖灭。据煤矿开采资料,目前,+1120 水平运输巷主水仓地下水主要来自+1120m 水平二层煤采空区,即直罗组砂岩含水层,涌水量 70m³/h,pH 值为 7.62;矿化

度为 1.847g/L,水化学类型属于 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{-Na}$ 型。

2.2 一煤—六煤砂岩含水层

由浅湖—三角洲体系的三角洲前缘相和三角洲平原相组成,岩性由灰、灰白、深灰色不同粒级的砂岩、泥岩和煤层组成,分选性中等,渗透性较差。二、三煤顶板细粒砂岩富水性相对较好。现生产二号井煤矿开采过程中,由于三煤层顶板的垮落,裂隙增加,III 含水层与 II 含水层连为一体,水力联系密切,造成矿井的涌水量由 $119.88\text{m}^3/\text{d}$ 激增到 $179.88\text{m}^3/\text{d}$,最高可达 $280.0\text{m}^3/\text{d}$ (图 1)。

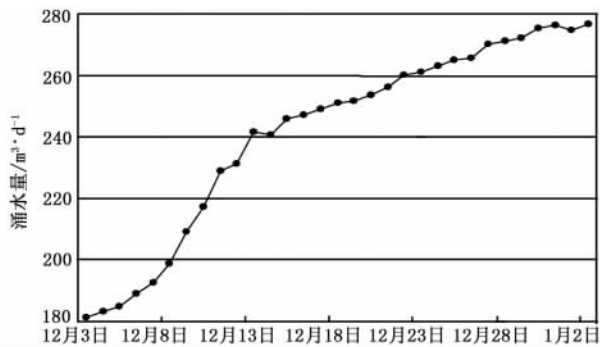


图 1 2005 年 12 月—2006 年 1 月份冯记沟煤矿二号井涌水量曲线图

Figure 1 Mine inflow curve of No.2 mine, Fengjigou coalmine during Dec 2005 to Jan 2006

2.3 采空区积水

主要包括冯记沟煤矿一号井采空区积水和二号井采空冒落区积水。

一号井位于冯记沟背斜和马家滩向斜的转折部,开采对象为八煤,面积约 0.65km^2 ,1999 年关闭。目前,一号井采空区地面出现沉降,沉降面积约 0.35km^2 ,最大沉降差为 1.00m ,在局部地段引起建筑物墙体开裂等现象;八煤开采的平均高度按 2.3m 计算,开拓形成了高度 37.5m 左右的导水裂隙带,导水裂隙带穿越邻近的上部含水层,造成上部含水层地下水通过导水裂隙和节理、断层向老空区渗透,老空积水与直罗组砂岩含水层和松散层含水层具有水力联系。预计老空区内的最大积水为 $150\times 10^4\text{m}^3$,由于矿井位于冯记沟背斜向马家滩向斜过渡的转折部位,因此,老空积水有向向斜部位渗透的趋势。

二号井目前正在开采,根据 2005~2008 年涌水情况统计资料,二号矿井正常涌水量为 $115\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量 $280\text{m}^3/\text{h}$ 。II 和 III 含水层为主采煤层直接充水含水层,是井下排水主要水源。矿井开采期间,井下排水主要以直罗组砂岩裂隙孔隙承压含水层地下水为主,排水量占矿井总排水量的三分之二,其它各含水层为次要排水含水层。根据冒落带、导水裂隙带高度计算,矿井主采煤层 2、3、4 煤的冒落带和导

水裂隙带高度均大于煤层层间距,如一煤与二煤平均层间距只有 4.72m ,且直罗组砂岩裂隙孔隙含水层位于直罗组底部,既是直罗组与延安组的分界线,亦是一煤的顶板,二号煤层开采后,导水裂隙带可直接延伸至上部的直罗组底部砂岩含水层。2、3、4 煤开采后,其导水裂隙带均可贯穿 II、III 含水层,导水裂隙带成为井下涌水通道,使得各含水层之间水力联系密切;随着井巷开拓及矿坑水的疏排,承压水头降至含水层顶板以下,地下水则由承压水转无压水。据冯记沟煤矿 4.10 突水事故涌水量变化情况分析,突水呈现出初期水量较大、往后水量逐渐变小的特点,也充分说明直罗组底部砂岩含水层()及 1324 采煤工作面上部的 2 煤采空区、上段的 2、3、4 煤采空区通过 F_1 逆断层、导水裂隙带直接导通,形成水力联系程度密切的含水层,且含水层水量以静储量为主。二号井采区长约 1000m ,宽约 350m ,分布面积约 0.35km^2 ,矿井开采的累计高度按 9.44m 计算,则二号井关闭后老空区内的积水为 $3.30\times 10^6\text{m}^3$ 。

3 矿井资源量评价

3.1 矿井排水量预算

矿井生产期间涌水量采用承压转无压公式。大井水位降深至 $+1120$ 水平,其值与水头高度(含水层底板起,静水位止) H 一致, II、III 含水层渗透系数采用抽水钻孔资料, II 含水层厚度采用各抽水试验钻孔资料平均值,含水层采用抽水钻孔 1~4 煤间细砂岩以上含水层累加值,计算公式为:

$$Q=1.366K\frac{(2H-M)M-h^2}{\lg R_0-\lg r_0};$$

$$R=\frac{2S\sqrt{HK}+10S\sqrt{K}}{2}。$$

式中: Q —矿井涌水量, m^3/d ;

H —水头高度, m ;

K —渗透系数, m/d ;

M —含水层厚度, m ;

R_0 —引用影响半径, m ;

$R_0=R+r_0$, R —影响半径, m ; r_0 —大井半径, m ; S —降深, m 。

通过计算, II 含水层涌水量为 $75.96\text{m}^3/\text{h}$, III 含水层涌水量为 $51.39\text{m}^3/\text{h}$; II + III 含水层涌水量为 $127.35\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量按照经验值两倍计算,为 $254.7\text{m}^3/\text{h}$;据调查,二号矿井正常涌水量为 $115\text{m}^3/\text{h}$,最大涌水量 $280\text{m}^3/\text{h}$,与计算量基本一致。

矿井停止开采后,矿井排水初期仍以含水层地下水为主,后期则以采空区积水为主。冯记沟煤矿二

号井开采对象为2、3、4煤层,根据勘探资料,2煤层的厚度一般为2.62m,3煤层的厚度一般为3.09m,4煤层的厚度一般为3.73m,煤层倾角15°左右,属于缓倾斜煤层,煤层顶板为泥质岩类。根据前述冒落带和导水裂隙带最大高度经验计算公式,计算冒落带平均高度为9.44m左右,导水裂隙带的平均高度约37.5m。导水裂隙带穿越邻近的上部含水层,造成上部含水层地下水通过导水裂隙和节理、断层向老空区渗透,老空积水与直罗组砂岩含水层和松散层含水层具有水力联系。

3.2 矿井地下水水质评价

3.2.1 水质特征

根据冯记沟煤矿勘探资料及本次水质采样测试资料,矿区地下水水化学特征主要受古地理环境及补给、径流、排泄条件控制。勘探区内松散层孔隙潜水虽然直接受大气降水补给,但补给量较少,松散层孔隙潜水一般为无色、无味、透明度好的中性偏碱水,受基岩风化层高矿化水影响,水质较差,总硬度38.76德国度,矿化度2.32g/L。基岩地下水富水性差,矿化度为1.21~2.66g/L,总硬度达14.57~98.25德国度,二煤顶板砂岩水的总硬度为98.25德国度,上部地层含水多属于 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$ 型水,总硬度(德国度)和pH值较大,下部地层含水为 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$ 型,总硬度和pH值较小(表1)。

表1 地下水水质分析结果

Table 1 Groundwater water quality analysis results

采样位置	含水层位	总硬度 (德国度)	矿化度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	水化学特征	pH值
冯外-106	Q4	38.76	2.32	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$	9.30
冯外-110	J _{2c}	17.14	1.21	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$	8.26
冯外-W1	J _{2y} (二煤顶)	98.25	2.60	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$	7.93
冯外-W2	J _{2y} (四煤顶)	55.10	2.64	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na}$	6.95
冯外-106	J _{2y} (一煤—六煤)	14.57	1.93	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$	9.65
冯外-FWS1	J _{2c} 底—八煤底	43.94	2.66	$\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$	8.19

3.2.2 水质评价

3.2.2.1 生活饮用水评价

应用“生活饮用水评价指数法”对地下水的品质和适宜饮用程度进行评价。选择参评指标为 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、矿化度、 F^- 、总硬度、pH值、 NO_3^- 。经计算,参评项目多项超标,各含水层地下水PI值均大于3,属不宜饮用水。

3.2.2.2 灌溉用水评价

按照《农田灌溉水质标准》(GB92),结合本区灌

溉经验,由表1可以看出,本区的矿化度在1~3g/L之间,含水层地下水及矿井地下水均属于适用灌溉水。

3.2.2.3 工业用水水质评价

根据规范及水质分析结果,对矿区地下水的工业用水评价结果如下:

①锅炉用水。属水垢很多的水、起泡的水、半腐蚀性水;

②冷却用水。总矿化度、pH值、浑浊度基本符合标准, SO_4^{2-} 、 Cl^- 、总硬度(德国度)均超过标准1.5~2.5倍,属中等—劣质水;

③水对混凝土侵蚀性。属无分解性侵蚀、无结晶性侵蚀、无分解结晶复合型侵蚀的水。

总之,据采样分析结果,矿井地下水浑浊度0.2~0.35,透明,含水层地下水和矿井地下水不宜作生活饮用水,处理后可作为锅炉用水和冷却用水,可直接作为绿化灌溉用水、混凝土建筑用水。

4 结语

①冯记沟煤矿划分为三个主要含水层组:侏罗系中统直罗组砂岩裂隙孔隙含水层、一煤—六煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层、六煤—十八煤间砂岩裂隙孔隙承压含水层。II和III含水层为主采煤层直接充水含水层,是井下排水主要水源。井下排水主要以直罗组砂岩裂隙孔隙承压含水层地下水为主,一号井采空区积水和二号井采空冒落区积水是井下突水的主要水源。

②冯记沟煤矿井下涌水较大,开采期间井下正常涌水量可达127.35m³/h,一号井老空区内的最大积水为1.5×10⁶m³,二号井关闭后可能的老空区内的最大积水为3.30×10⁶m³。矿井地下水不宜作生活饮用水,处理后可作为锅炉用水和冷却用水,可直接作为绿化灌溉用水、混凝土建筑用水。

参考文献:

- [1] 宁夏煤田地质局.冯记沟煤矿外围煤田地质勘探报告[R].宁夏银川:宁夏煤田地质局勘察院,2007.
- [2] 宁夏煤矿设计院.宁夏旭源煤炭工业有限公司矿井水文灾害防治方案[R].宁夏银川:宁夏煤矿设计院,2008.
- [3] 地矿部水工技术方法研究队.水文地质手册[M].北京:地质出版社,1978.