

Analysis of Water-Filling Characteristics for Wangjialing Coal Mine*

Kun Xu

Shanxi Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Taiyuan
Email: pipihu-001@163.com

Received: Sep. 30th, 2013; revised: Nov. 20th, 2013; accepted: Nov. 26th, 2013

Abstract: Xiangning mining area in the Hedong Coalfield is one of the main coking coal production areas in Shanxi. Wangjialing Coal Mine lies in the south part of Xiangning mining area with 6 million tons/year of the initial design production capacity and adit exploration. The water level of the Ordovician karst groundwater, lying in Wangjialing Coal, is above 2# coal and 10# of the main coal seam. Based on the analysis of relations among supply sources, supply ways and runoff discharge, it determines hydrology & geology characteristics of coal mine and provides evidence for technology and measures of water-proofing.

Keywords: Water-Filling of Coal Mine; Water Filling Condition; Damages of Water Gushing; The Old Empty Water

王家岭煤矿矿井充水特征分析*

许昆

山西省水文水资源勘测局, 太原
Email: pipihu-001@163.com

收稿日期: 2013年9月30日; 修回日期: 2013年11月20日; 录用日期: 2013年11月26日

摘要: 河东煤田乡宁矿区是山西省主要的炼焦用煤产地之一, 王家岭煤矿位于乡宁矿区南部, 矿井初期设计生产能力为 600 万 t/a, 采用平硐开采, 王家岭井田的奥陶系岩溶地下水水位标高在主采煤层 2#煤和 10#煤以上, 属于奥灰水带压。本文通过对煤系地层含水层的补给来源, 补给方式以及径流排泄关系分析, 确定矿井水文地质特征, 为矿井的防治水技术路线和防治水技术措施、防治水方案提供依据。

关键词: 矿井充水; 充水条件; 涌水危险性; 老空水害

1. 矿区概况

河东煤田乡宁矿区是山西省主要的炼焦用煤产地之一, 王家岭煤矿位于河东煤田乡宁矿区南部, 属华晋焦煤有限责任公司, 由王家岭精查区, 走向扩大区, 深部扩大区三部分组成, 矿井初期设计生产能力为 600 万 t/a, 采用平硐开采。

*基金项目: 国家发展和改革委员会核准“山西王家岭煤矿项目”。
作者简介: 许昆(1968), 女, 山西太原, 高级工程师, 大学, 从事水文水资源勘测研究。

井田内主要含煤地层为山西组和太原组, 含可采及局部可采煤层 5 层, 2#煤、3#煤、7#煤、10#煤、12#煤, 其中 2#煤、10#煤为全区稳定可采煤层, 3#煤为较稳定大部可采煤层, 7#煤、12#煤层属不稳定局部可采煤层。

王家岭煤矿属华北型石炭二叠系含煤建造, 本井田地层出露中等, 除北部山梁外, 多出露于沟谷中。地层由老到新, 自东南向西北依次出露有奥陶系中统

马家沟组、石炭系中统本溪组、上统太原组、二叠系下统山西组、下石盒子组、上统上石盒子组、石千峰组、新第三系上统和第四系中上更新统及全新统以不整合覆盖于不同时代的地层之上。构造体系处于祁吕贺山字型前弧的东翼，其外侧东南为临汾——候马挽近断陷盆地。其所处的构造体系位置决定了其构造特点：为大致向西和西北倾斜的单斜构造并伴有小型褶曲，地层走向大致北东，倾角平缓，一般小于 10° 。在井田的西南部为一挠曲带，地层倾角为 20° 左右，区内的构造较简单，落差大于 20 m 的断层共五条。

2. 矿井充水因素分析

煤矿开采充水条件包括三个方面，一是充水水源，二是充水通道，三是充水强度，即充水水量^[1]。

在天然条件下，煤层是不含水的，但其邻近的围岩通常是充满一定数量的不同性质的水体(源)。在开采条件下，各有关水源在重力或矿压力作用下，通过各种渗透通道进入矿坑，这个过程称矿井充水过程。其涌水量大小称充(涌)水强度。由此可见，充水水源和渗透通道是构成矿井充水不可缺少的两个方面。没有水源，就不存在矿井充水，有了水源而没有渗透通道，矿井也不会强烈充水，其他因素只能影响充水强度因素。矿井充水水源和涌水通道以及充水强度综合作用，称为矿井充水条件。

矿床充水的基本条件可分为天然充水条件和人为充水条件两大类(见图 1)。

通过对矿局地质及构造条件分析，王家岭矿在 2[#]、10[#]主采煤层开采过程中，砂岩裂隙水、太原组岩溶裂隙水及奥灰岩溶水均可能成为矿井充水水源，老空水、2[#]煤层采空积水和地表水也是不可忽视的充水水源。

王家岭矿矿井充水途径主要为：断裂构造，在井田的带压范围内存在有 F₃₀、F₂₁、F₃₄、F₁₉ 断层，这四条断层的断距最小为 5 m，都有可能成为矿井的充水通道；人为导水通道，主要包括冒落裂隙带、矿压破坏带、上世纪七、八十年代及前期施工封闭不良钻孔及井田南部、南西部及南东部边界大量地方煤矿的小窑井巷。

3. 煤层顶板涌水危险性分析

3.1. 顶板充水含水层富水性分析

根据钻孔的简易水文观测和煤系抽水试验资料

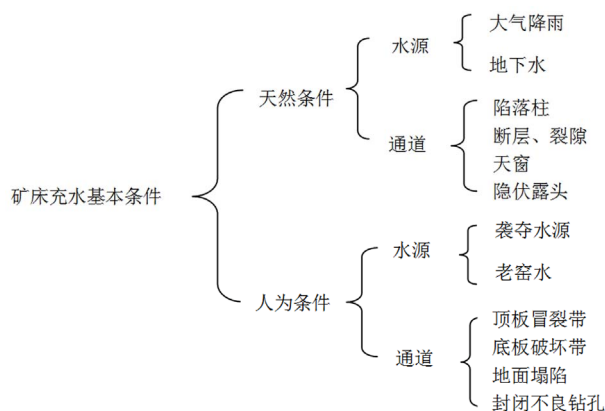


Figure 1. Classification map for water-filling conditions of coal bed

图 1. 矿床充水条件分类图

等综合分析评价，井田内煤层顶板砂岩含水层大部分地段富水性弱，但在断层附近、砂岩较厚地段、沟谷切割较深处以及太原组灰岩埋深小于 300 m 的局部区域，富水性相对较好。

3.2. 顶板冒落安全性分析

根据顶板冒落安全性分区原则及主采煤层顶板至主要含水层间距离，开采 2[#]煤层导水裂隙带发育高度将沟通 K₈、K₉ 及 K₁₀ 砂岩；开采 10[#]煤导水裂隙带发育高度不仅将沟通 K₂、K₃、K₄ 及 K₈ 砂岩，更主要的是将沟通 2[#]煤采空区。2[#]、10[#]煤冒落安全性进行分区评价结果：2[#]煤冒落危险性较大区，分部于勘查区西部边界附近；冒落危险性中等区，分布于勘查区中南部、东部；冒落危险性较小区，分布于勘查区东北部边界附近。10[#]煤冒落危险性较大区，分部于勘查区中部及东北部边界附近；冒落危险性中等区，分布于勘查区南部及中北部地区。

3.3. 顶板涌水危险性评价

2[#]煤顶板危险性分区划分了危险性较大区、危险性中等区和危险性较小区三个级别。富水性相对较好区与冒落危险性较大区叠加部位、底板带压范围内断层带附近，评价为顶板涌水危险性较大区；弱富水区与冒落危险性较大区叠加部位、富水性相对较好区与冒落危险性中等区叠加部位，评价为顶板涌水危险性中等区；弱富水区与冒落危险性中等区、较小区叠加部位为顶板涌水危险性较小区。

10[#]煤顶板危险性分区划分了危险性较大区、危险

性中等区和危险性较小区三个级别。冒落危险性较大区、底板带压范围内断层带附近, 评价为顶板涌水危险性较大区; 富水性相对较好区与冒落危险性中等区叠加部位, 评价为顶板涌水危险性中等区; 弱富水区与冒落危险性中等区、叠加部位为顶板涌水危险性较小区。

3.4. 顶板水涌水量预测

1) 解析法预测矿井涌水量

根据矿区水文地质条件, 涌水量计算适用于平面上分布为无限的多层含水层, 各层透水性差别小于10倍的承压水大井公式^[2], 即:

$$Q = \frac{4\pi K_{\text{平}}(m_1 + m_2)S_{\omega}}{2 \ln R/r_{\omega}}$$

式中:

Q ——矿井涌水量(m^3/d);

$K_{\text{平}}$ ——渗透系数平均值(m/d);

m_1 、 m_2 ——各分层含水层厚度(m);

S_{ω} ——疏干降深最大值(m);

r_{ω} ——大井引用半径(m);

R ——大井引用影响半径(m)(按 $R = 10S\sqrt{K_{\text{平}}} + r_{\omega}$ 求得);

P ——采区周长(m)。

经计算, 地下水水位降至2[#]煤层底板, 201首采区矿井涌水量平均值为110.91 m^3/h , 20,105工作面矿井涌水量平均值为70.84 m^3/h ; 地下水水位降至10[#]煤层底板, 201首采区矿井涌水量平均值为188.35 m^3/h , 20,105工作面矿井涌水量平均值为118.43 m^3/h 。

2) 奥灰、太灰疏水量预测

由于井田西部带压范围内存在奥灰突水危险性较大区、中等区和太灰突水危险性较大区, 威胁煤层开采, 对其应该考虑疏水降压, 在此对奥灰和太灰的疏水量进行了初步计算。采用承压水大井公式计算, 将10[#]煤层奥灰突水危险性较大区的平均水头高度降至带压开采安全值(突水系数0.06 Mpa/m)时, 与首采201盘区同等面积的疏水量为100.36 m^3/h 。对于2[#]煤层底板太灰突水危险性较大区, 将太灰水头高度降至带压开采安全值(突水系数0.10 MPa/m)时, 与首采201盘区同等面积的疏水量为92.04 m^3/h 。

建议井下排水系统应考虑矿井顶板涌水量和奥

灰、太灰疏水量, 按照防治水规定进行设计。对于采空区积水, 一旦发现, 应严格按照探放老空水的规定执行。

4. 煤层底板突水危险性分析

4.1. 底板突水影响因素分析

根据煤层充水条件分析^[3], 对煤层底板最大威胁的充水含水层为奥灰含水层。影响底板突水的主要因素有, 隔水层厚度、隔水底板岩性组合特征及隔水能力, 矿压扰动带深度及关键层位置, 奥灰水头压力、岩溶发育程度及富水性, 构造发育情况等。

4.2. 突水系数计算

突水系数计算公式为:

$$T_s = \frac{P}{M}$$

式中: T_s ——突水系数(MPa/m);

P ——隔水层承受的水压(MPa);

M ——底板隔水层厚度(m)。

根据带压区内的煤层底板隔水层厚度及隔水层底板所承受的奥灰水压, 按突水系数计算公式计算得2[#]煤底板奥灰突水系数为0.001~0.045 MPa/m , 10煤底板奥灰突水系数为0.004~0.148 MPa/m ; 值得一提的是, 2[#]煤底板突水不仅要考虑奥灰, 而且还要考虑太灰。带压区内奥灰水将通过断层沟通太灰含水层, 2[#]煤底板将承受太灰、奥灰的双重水压。由于2[#]煤底板太灰水水位较高, 富水性较好, 突水危险性将大大增强。根据奥灰带压区内2[#]煤底板太灰顶界隔水层厚度及太灰水压, 2[#]煤底板太灰突水系数为0.082~0.183 MPa/m 。

4.3. 底板奥灰突水危险性评析^[4]

按《煤矿防治水规定》, 带压开采范围内底板受构造破坏块段突水系数一般不大于0.06 MPa/m , 正常块段不大于0.1 MPa/m 的划分标准, 对王家岭煤矿底板奥灰突水危险性分区评价。

2[#]煤底板突水危险性较大区, 主要分布勘查区中西部断层附近。该区隔水层厚度相对较薄, 奥灰、太灰水压较高, 并发育有落差30~50 m的 F_{30} 较大断层及落差大于5 m中小断层, 突水危险性较大, 面积约

0.68 km²;

底板突水危险性中等区, 主要分布于勘查区中部奥灰突水系数 0.001~0.045 MPa/m 的正常地段地段。该区隔水层厚度一般, 奥灰、太灰水压中等, 底板突水危险性中等, 面积约 64.00 km²;

底板突水危险性较小区, 主要分布于勘查区中部奥灰突水系数小于 0.018 MPa/m, 太灰突水系数小于 0.1 MPa/m 的 S5#号孔附近。该区隔水层厚度相对较厚, 奥灰、太灰水压相对较低, 底板突水危险性较小, 面积约 1.42 km²(浅蓝色区域)。

矿区东部非带压区, 为奥灰突水安全区, 一般不存在奥灰奥灰突水威胁, 面积约 81.63 km²。

5. 老空水及地表水分析

5.1. 老空水害评价

根据有关资料, 井田 F30 断层以南及井田东部地段存在大量地方煤矿。较大煤矿自西向东主要有吉宁联营矿、坡底沟矿、窑咀煤矿、菩萨滩联办矿、长咀湾矿、谭韩联办矿和毛则渠煤矿等。这些地方煤矿年产量均在 10 万吨/年以上, 矿井涌水以顶板水为主, 涌水量 15~720 m³/d, 主要开采 2#煤层, 存在大量 2#煤采空区, 且开采无序存在越界现象, 受开采布局及开采方式所限, 采空区分布范围不清、积水情况不明。井田南部及东部存在大量老空区, 由于分布无规律, 缺乏测绘资料, 因此, 老空水防治难度大, 在巷道掘进及工作面回采过程中应严格执行超前探放水制度。

2010 年 3 月发生的“3.28”透水事故即是由于老空区突水造成。2010 年 3 月 28 日 13 时 12 分, 2#煤层 201 盘区的 20101 工作面回风巷迎头距回风巷开口处 797.80 m, 迎头巷道顶板标高+553 m, 底板表高+549.2 m 处, 发生透水事故。据专家鉴定报告, 透水点老空巷道距 20,101 工作面回风巷迎头 0.8 m, 高出回风巷顶板 0.8 m。老空水 26 分钟淹没 18,387 m³ 的巷道体积, 峰值透水强度为 42,432 m³/h。据实测最高淹没水位标高+583.168 m 计算淹没巷道总体积, 估算本次透水总量为 133,682 m³; 根据抢险救援过程中实测排水资料, 总排水量为 30 万 m³, 水质与 2#煤层顶底板砂岩水的水化学类型一致, 为 HCO₃-Na 型水。突水事故造成 37 人死亡, 1 人失踪, 直接经济损失 900.8 万元。

由于 10#煤导水裂隙带高度较大, 大部分发育至 2#煤层以上。开采 10#煤层时, 上部 2#煤层采空区积水将通过导水裂隙进入矿井, 威胁矿井安全^[5]。

5.2. 地表水分析

井田北部边界附近碾塔至岭上鄂河沟谷, 宜春沟上游桥头至胡坪东南段沟头部位, 以及区内小型沟谷。由于沟谷切割较深, 底部及两侧零星出露有上石盒子组基岩, 局部地段砂砾石层与基岩接触。上述地段雨季地表径流可通过裂隙直接补给上部砂岩或通过砾石层间接补给砂岩, 最终涌入矿井, 增加矿井涌水量。

煤矿开采后, 尽管导水裂隙带未发育至地表及上石盒子组顶部, 但多沟通了浅层风化裂隙, 第四系孔隙水和地表水充水强度大大增强, 威胁矿井。矿区沟谷底部和两侧有基岩出露或第四系砂砾石与基岩直接接触地段, 评价为地表水易渗漏区^[6]。

6. 结论

1) 煤矿开采充水条件包括三个方面, 一是充水水源, 二是充水通道, 三是充水强度, 即充水水量。

2) 2#、10#煤充水水源为顶板砂岩裂隙水夹薄层灰岩岩溶裂隙水、奥灰水、老空水和地表水。充水途径有断裂构造、冒落裂隙带、底板扰动破坏带、封闭不良钻孔和小窑井巷。

3) 2#、10#煤层开采, 201 首采区矿井涌水量平均值分别为 110.91 m³/h、188.35 m³/h, 20,105 工作面矿井涌水量平均值分别为 70.84 m³/h、118.43 m³/h; 与首采区同等面积的奥灰突水危险区将奥灰水进行疏水, 降低水压值至安全水头值(突水系数 0.06 MPa/m)的疏水量为 100.36 m³/h, 太灰水位降至安全水头值(突水系数 0.10 MPa/m)的疏水量为 92.04 m³/h。

4) 2#煤带压开采范围主要分布勘查区中西部, 带压面积约 66.10 km²。奥灰突水危险性较大区位于中西部断层附近, 面积约 0.68 km²; 10#煤带压开采范围分布在勘查区中西部, 面积约为 83.71 km², 奥灰突水危险性较大区和突水危险性中等区位于西部断层附近及西北部深埋区, 面积 35.59 km²。

5) 井田内及东南部边界附近存在大量小煤窑、老空区和废旧巷道, 在开采前必须疏放老空积水, 以彻

底根除水患。

参考文献 (References)

- [1] 曹小虎. 双柳煤矿矿井充水特征分析[J]. 地下水, 2010, 147(6): 56-58.
CAO Xiaohu. Analysis of water-filling characteristics for Shuangliu coal mine. *Underground Water*, 2010, 147(6): 56-58. (in Chinese)
- [2] 陈崇希. 地下水不稳定流计算方法[M]. 北京: 地质出版社, 1983.
CHEN Chunxi. Calculation methods of unsteady discharge for underground water. Beijing: Geological Press, 1983. (in Chinese)
- [3] 张迎秋, 魏久传, 王敏等. 杨村矿二、四采区奥灰水放水试验及数值模拟分析[J]. 水文地质与工程地质, 2009, 225(1): 65-67.
ZHANG Yinqiu, WEI Jiuzhuan and WANG Min. Water discharge test and numerical analysis of ordovician limestone water for Yangcun coal mine. *Hydrogeology and Engineering-Geology*, 2009, 225(1): 65-67. (in Chinese)
- [4] 史长春. 水文地质勘察[M], 下册. 北京: 水利电力出版社, 1991: 134-191.
SHI Changchun. *Hydrogeology survey*. Beijing: Hydraulic Press, 1991: 134-191. (in Chinese)
- [5] 王大纯等. 水文地质学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 134-191.
WANG Dachun. *Hydrogeology basis*. Beijing Geology Press, 1995: 134-191. (in Chinese)
- [6] 姚光华, 陈正华, 向喜琼. 岩溶山区采煤条件下隔水层破坏及地表水入渗特征研究[J]. 水文地质与工程地质, 2012, 247(5): 16-17.
YAO Guanghua, CHEN Zhenghua and XIANG Xiqiong. Study of characteristics for water-resisting layer damage and surface water infiltration. *Hydrogeology and Engineering-Geology*, 2012, 247(5): 16-17. (in Chinese)