

泊江海子矿水文地质致灾因素 及防治水工程实践

朱翔斌¹, 尹宏昌¹, 田 丰¹, 王凤祥¹, 许光泉², 何玉鹏²

¹淮河能源西部煤电集团泊江海子矿, 内蒙古 鄂尔多斯

²安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2023年3月5日; 录用日期: 2023年4月6日; 发布日期: 2023年4月14日

摘 要

为了防治鄂尔多斯地区深埋煤层水害, 为其提供重要依据, 本文以鄂尔多斯北部泊江海子矿为对象, 分析开采水文地质条件和煤层顶板砂岩水及采空积水形成的矿井水害条件; 总结工程物探、水文地质钻探、不良钻孔封堵等地面治理技术与治理效果; 探讨采空积水防治技术与方法; 构建井下地下水动态监测信息保障系统, 并提出井下疏放工程优化方法和修订工作面涌水量方法。在生产实践中得到了推广与应用, 效果显著。

关键词

致灾因素, 防治水工程, 修订“大井法”, 泊江海子矿

Hydrogeological Disaster-Causing Factors and Water Prevention and Control Engineering Practice in Bojianghaizi Coal Mine

Xiangbin Zhu¹, Hongchang Yin¹, Feng Tian¹, Fengxiang Wang¹, Guangquan Xu²,
Yupeng He²

¹Bojianghaizi Coal Mine, Huaihe Energy Western Coal and Power Group, Erdos Inner Mongolia

²School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Mar. 5th, 2023; accepted: Apr. 6th, 2023; published: Apr. 14th, 2023

Abstract

In order to prevent and control the water disaster of deep buried coal seam in Ordos area and provide an important basis for it, this paper takes Bojianghaizi coal mine in northern Ordos as the object to analyze the mining hydrogeological conditions and the mine water disaster conditions formed by sandstone water in coal seam roof and goaf water; summarize the ground treatment technologies and treatment effects such as engineering geophysical exploration, hydrogeological drilling, and bad boreholes plugging; discuss the prevention and control technology and method of goaf water accumulation; build underground water dynamic monitoring information guarantee system, and put forward the optimization method of underground drainage engineering and the method of revising the water inflow of working face. It has been popularized and applied in production practice with remarkable results.

Keywords

Disaster-Causing Factors, Water Control Engineering, Revised the "Large-Diameter Well Method", Bojianghaizi Coal Mine

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着煤炭资源向深部开采, 矿井水害严重威胁程度日益突出[1]。在采掘过程中, 因水文地质条件复杂性增大, 水害因素隐蔽程度加大, 常造成煤矿突水事故发生, 产生严重经济损失和社会不良影响[2] [3], 其中, 顶板突水往往给矿井生产带来极大危害, 直接影响煤矿安全开采[4]。中国西部的采矿活动不仅破坏了生态环境, 还破坏了原有的地下水系统。因此, 研究矿区地下水动态特征是防治矿井突水的主要措施之一[5]。

泊江海子矿作为鄂尔多斯北部深井开采的代表, 前期做了大量基础工作, 如穆金霞[6]采用地理信息系统和层次分析法对泊江海子矿二盘区 3₁ 煤层顶板涌水条件进行综合分析; 李振兴[7]等通过优化“三图-双预测”法对泊江海子矿 3₁ 煤层顶板充水含水层危险性进行分区评价; 李守好[8]等通过对泊江海子矿侏罗系和白垩系含水层放水试验认识到二者之间不存在水力联系, 且为构造运动和沉积环境共同作用结果; 李洪明[9]通过综合物探与地质资料对泊江海子矿侏罗系含水层富水性与充水规律进行了系统研究。限于施工条件和技术方法的局限性, 矿井的水文地质勘探程度较低, 对矿井安全开采极为不利, 因此, 本文从水文地质条件、放水试验和影响地下水动态因素等方面开展系统研究, 并对工作面涌水量进行预测, 从而为矿井安全生产奠定了坚实的基础[10] [11] [12]。

2. 工程实践背景

2.1. 地层与构造

泊江海子矿位于东胜煤田的西北边缘, 区内地层由新至老发育为第四系(Q)松散层, 厚度 0 m~49.80 m; 白垩系下统志丹群(K₁zh), 厚度 199.10 m~380.55 m; 侏罗系中统(J₂)砂、泥岩层, 厚 220.09 m~324.80 m; 侏罗系中下统延安组(J_{1-2y}), 厚度 130.39 m~206.11 m, 含 2、3、4、5、6 煤组。

井田地层为倾斜单斜构造, 地层倾角较小, 一般 $1^{\circ}\sim 3^{\circ}$, 局部达 10° , 发育近东西向宽缓褶曲, 包括苏家村北向斜、泊江海子矿西背斜和台什村西向斜等(图 1)。

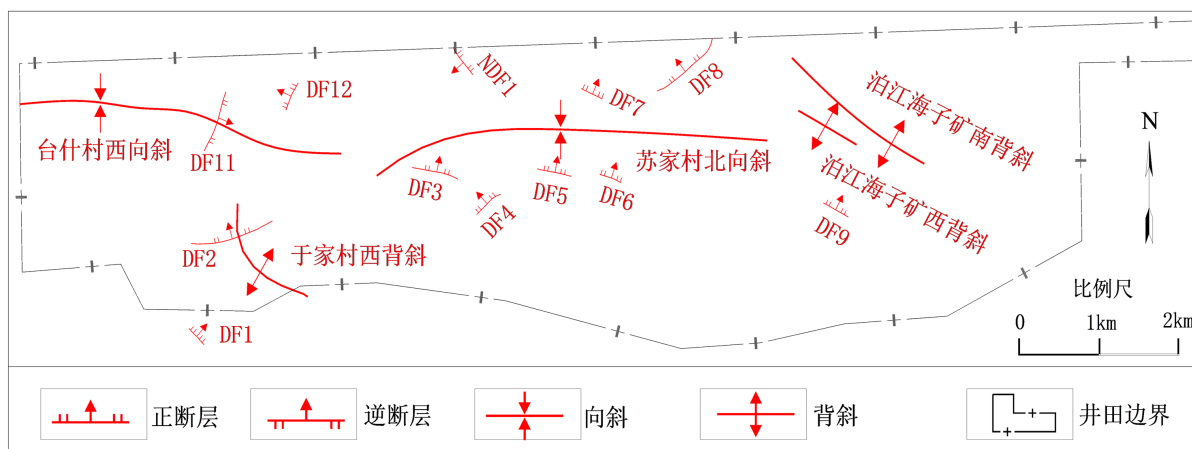


Figure 1. Mine geological structure map

图 1. 矿井地质构造图

2.2. 含隔水层结构

2.2.1. 含水层特征

井田内为中生界地层, 含隔水层结构简单, 含水层自上而下为:

(1) 第四系(Q)松散层潜水含水层

井田范围内厚度为 1.85 m~49.80 m, 平均 12.49 m, 地下水水位为 1.60 m~8.30 m, 埋深较浅, 一般为 3 m~5 m。涌水量 0.016 L/s~1.120 L/s, 富水性弱~强, 透水性能较强。水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Cl-Mg-Ca}$ 和 $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$, 溶解性总固体 313 mg/L~1210 mg/L, 水温 $10^{\circ}\text{C}\sim 12^{\circ}\text{C}$, pH 值为 7.3~7.5, F 含量为 0.48 mg/L~0.78 mg/L。

(2) 白垩系下统志丹群(K_1zh)含水层

白垩系地层厚度为 184.75 m~393.32 m, 平均 277.08 m。含水层主要为砂岩、砾岩及砂砾岩组成, 受地形地貌影响, 地下水位埋深一般在 1.20 m~47.65 m 之间, 含水层厚度为 136.50 m~283.52 m。单位涌水量 0.005 L/(s·m)~0.0456 L/(s·m), 渗透系数 0.003 m/d~0.0128 m/d, 富水性弱, 渗透性较差, 因隔水层在空间非连续性, 在局部地区会存在“天窗”。水化学类型为 Na-Cl 和 Na-HCO_3 , 矿化度 TDS 为 657.75 mg/L~2670 mg/L, pH 为 7.3~8.3。

(3) 侏罗系中统(J_2)含水层

侏罗系中统含水层主要为中粗砂岩、砂岩组成, 局部发育一定厚度的泥岩, 且底部发育有一定厚度砾石层。地层厚度 142.39 m~324.80 m, 平均 257.14 m, 含水层厚度为 72.43 m~285.57 m, 平均 208.32 m。单位涌水量 0.0008 L/(s·m)~0.1171 L/(s·m), 渗透系数 $K = 0.0002\text{ m/d}\sim 0.0654\text{ m/d}$, 富水性弱至中等, 渗透性差, 为 3_1 煤层的主要充水含水层。水化学类型为 Na-Cl 、 Na-Cl-SO_4 和 $\text{Na-SO}_4\text{-Cl-HCO}_3$, 矿化度为 504 mg/L~1540.3 mg/L, pH 为 8.92~9.23。

(4) 侏罗系中下统延安组(J_{1-2y})含水层

侏罗系中下统延安组含水层为 3_1 煤层开采的直接充水含水层, 主要为粉砂岩、细砂岩和和砂质泥岩等组成。单位涌水量 0.0013 L/(s·m)~0.036 L/(s·m), 渗透系数 0.0024 m/d~0.0239 m/d, 富水性弱、渗透性差。水化学类型为 Na-Cl 、 Na-Cl-HCO_3 和 Na-Cl-SO_4 , pH 为 7.40~9.50。

(5) 三叠系上统延长组(T_{3y})承压水含水层

依据勘探资料, 地下水初始水位为 1488.99 m, 涌水量为 0.0817 L/s, 单位涌水量 0.00204 L/(s·m), 渗透系数 0.00673 m/d, 富水性弱, 渗透性差。

2.2.2. 隔水层特征

井田内隔水层自上而下为:

(1) 白垩系与侏罗系之间隔水层

白垩系中下部砂岩或砾岩底部, 发育一层较稳定砂质泥岩, 与下伏侏罗系呈不整合接触, 厚度 0 m~132.40 m, 平均 20.91 m。

(2) 侏罗系中统与中下统之间隔水层

侏罗系中统底部发育一层厚度 12.91 m~60.28 m 的砾岩层, 该层连续性好, 一盘区为稳定隔水层, 但二盘区胶结较为松散。侏罗系中统与中下统顶部间隔水层厚度 0.5 m~39.95 m, 平均 13.73 m, 为相对透水体。

(3) 侏罗系中下统延安组底部隔水层

侏罗系中下统延安组底部隔水层以砂质泥岩为主, 发育稳定, 厚度 12.08 m~16.30 m, 具有一定隔水性。

2.3. 补径排条件及地下水动态

2.3.1. 补径排条件

在自然条件下, 侏罗系中统承压水从井田东南侧流入, 西北侧流出, 但受井下疏放水和开采影响, 平面上地下水水流场形成类似“无限含水层系统中抽水”的降落漏斗, 从上至下不同含水层之间地下水补径排关系如图 2 所示。

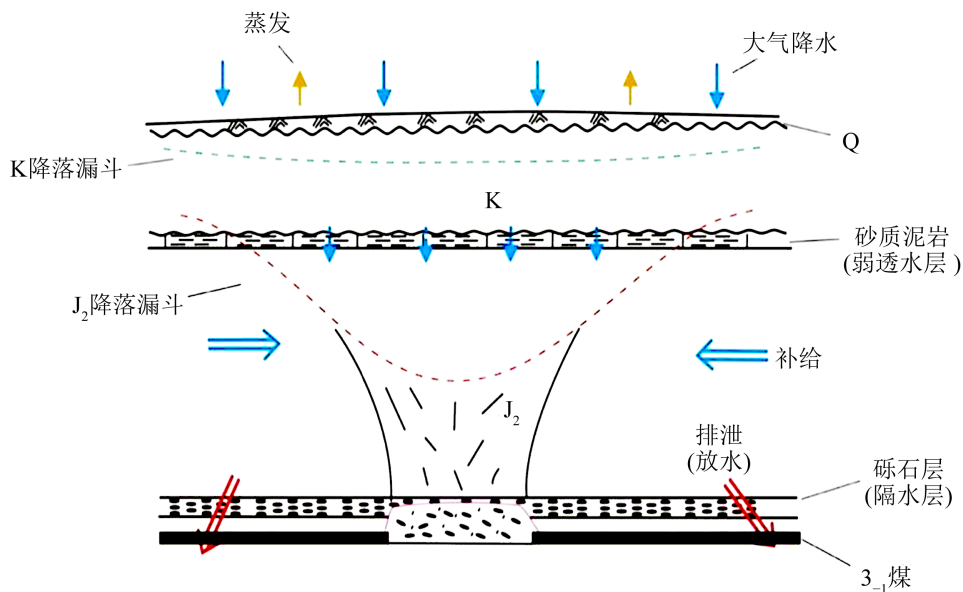


Figure 2. Schematic diagram of hydraulic relationship between goaf and various aquifers

图 2. 采空区与各含水层之间水力关系示意图

3_1 煤层开采后, 上覆含水层之间可通过垂向裂隙发生不同程度的水力联系, 侏罗系中统及中下统砂岩水则是工作面主要的、直接充水水源, 补给量大。

2.3.2. 地下水动态变化

随着并井掘进和工作面疏放水工程实施, 以及一盘区 6 个工作面连续回采, 侏罗系中统及中下统含水层水位发生变化。通过统计 2015 年以来地下水动态监测数据, 分析主要含水层地下水水位随矿井涌水量动态变化过程(图 3), 结果发现地下水水位前期下降较为明显, 后期趋于稳定。

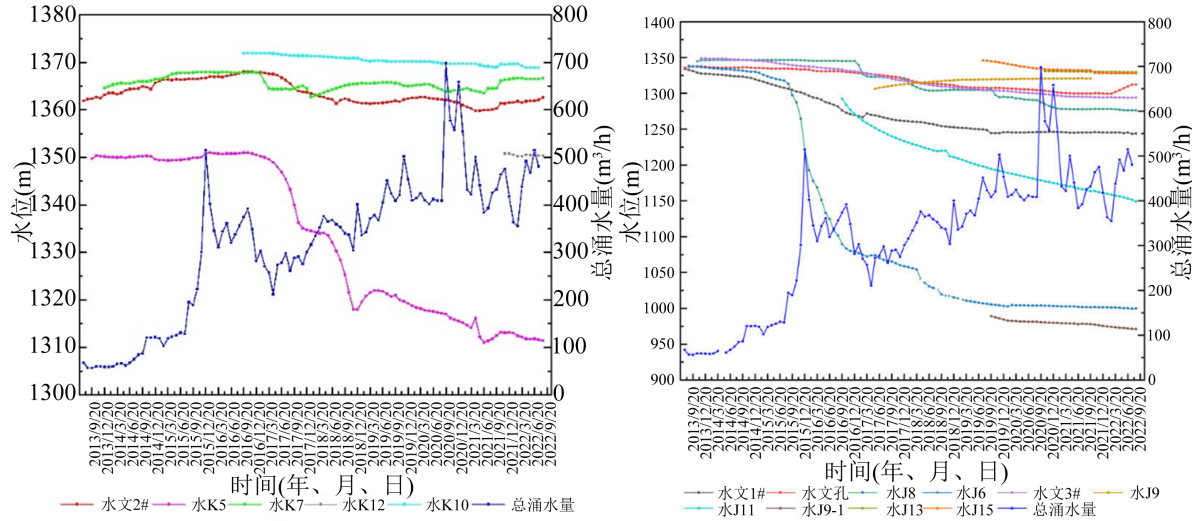


Figure 3. Dynamic duration change curve of groundwater level in different aquifers
图 3. 不同含水层地下水动态历时变化曲线图

3. 水文地质致灾因素

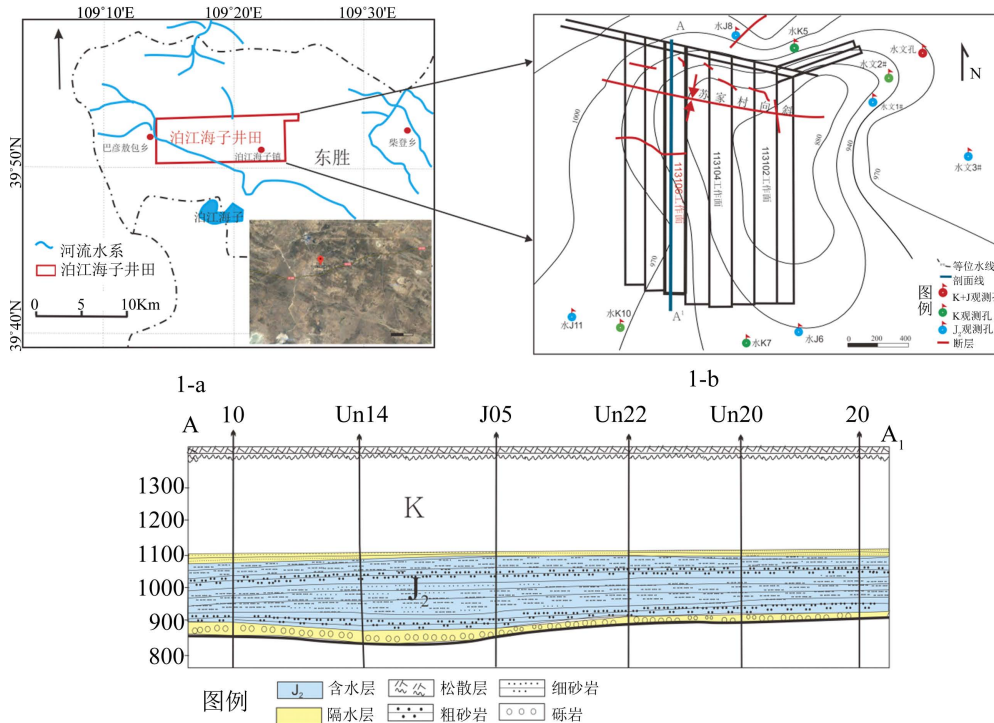


Figure 4. Hydrogeological map of Panel I
图 4. 一盘区水文地质图

矿井位于鄂尔多斯盆地北部泊江海子小流域内,开采埋深 500 m 以下的中生代侏罗系延安组 3₁ 煤层,开采过程中主要受侏罗系中统顶板砂岩水及采空积水的威胁(图 4)。因此,顶底板砂岩水和采空水是矿井主要水害对象。因受沉积环境和后期构造地质运动作用,导致渗透性和富水性在空间上呈现非均质性和各向异性,回采过程各工作面顶板涌水量出现非均匀性涌出,并存在集中出水现象。

采掘过程中,矿井通过断层、裂隙和采动裂隙产生大量积水。2013 年以来,井下出水量随着时间变化呈现先增加后趋于稳定。

3.1. 煤层顶、底板砂岩水害

目前 3₁ 煤层开采过程中,主要采取疏放和开采相结合方式对煤层顶底板进行释放。煤层开采过程中形成的两带高度,以及冒落带直接垮落,导致采动范围内的顶板水全方位释放,其中向上发育的导水裂隙带与侏罗系中统含水层发生联系,与此同时,采动裂隙对底板产生不同程度的破坏,与底板砂岩水发生联系。

各工作面疏放水工程实践表明:在一盘区,从 00 面到 07 面,工作面涌水量逐渐增大;每个工作面从切眼向收作线方向顶板砂岩水量逐渐增大,反映了先期的沉积环境和后期地质构造对地下水赋存和流动起到控制作用。

3.2. 工作面采空水害

目前,矿井已收作六个工作面,每个面的积水深度、积水面积和积水体积均存在较大差异,其中积水深度主要受煤层底板地形起伏的影响,同时也受顶板“两带”发育高度影响,各工作面积水分布如图 5 所示。

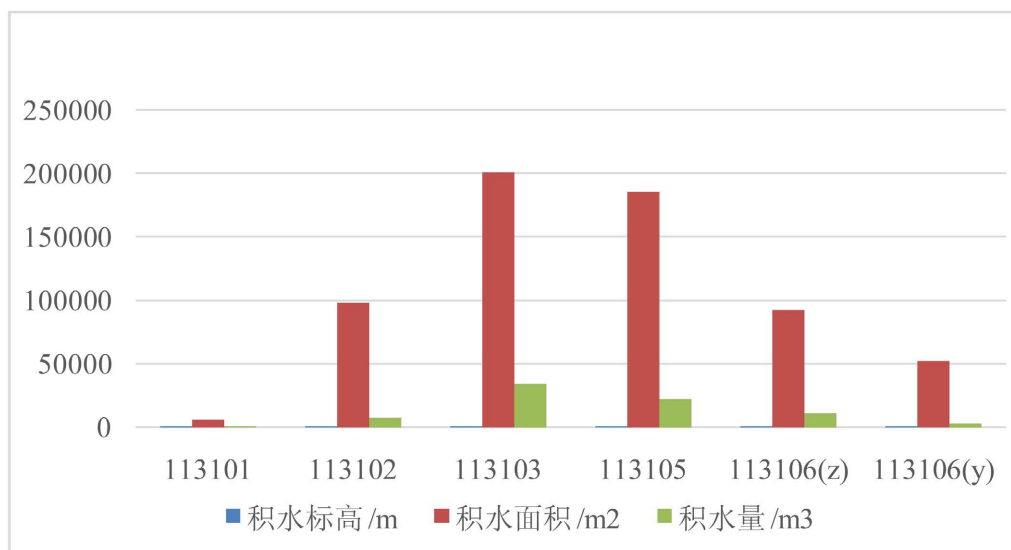


Figure 5. Statistical chart of water depth, area and accumulated water in working area
图 5. 工作面积水深度、面积和积水量统计图

4. 两类水害防治工程与方法

针对煤层开采过程中两类水害问题,从建井至今,严格按照煤矿防治水的相关规定,先后开展地面补充地质和水文地质勘探工作,并对地面以往封堵不良钻孔进行启封,并重新封堵,同时建立充水含水层监测系统,为安全开采和保水开采提供技术保障。

4.1. 地面补充勘探工程

4.1.1. 地面勘探工程

(1) 地面地球物理勘探

为查明矿井范围内地层、煤层赋存结构和构造(断层和褶皱)在空间分布情况,及煤层顶底板砂岩含水层富水性,采用地震和电法相结合方法,开展井田范围内富水性及构造异常探测。结果发现 3₁ 煤层顶底板存在 17 个富水异常区。在白垩系与侏罗系中统、侏罗系中统与侏罗系中下统之间存在稳定的隔水层,各含水层之间水力联系较差,可以推断断层 F1601 和 DF6 含水,断层 DF5、DF7、FW1、DF8 不含水。

为进一步查明井田二盘区煤层赋存与地质构造特征,确保安全开采煤炭资源,采用三维地震勘探方法,解释了 3₁、4₂、5₁ 煤层及侏罗系中统底砾层、三叠系上统延长组地层结构;查明了区内煤层中落差 ≥ 3 的断层位置及发育情况,揭示了落差小于 3 m 断层 6 条;调查了主要煤层起伏形态及波幅 ≥ 5 m 的褶曲,发育有 1 个背斜和 2 个向斜;预测了区内 3₁、4₂、5₁ 煤层厚度变化趋势;综合解释了矿井范围内断层 28 条、异常区 4 个,为二盘区巷道和工作面防治水工程设计提供了地质及水文地质依据。

(2) 地质和水文地质补充勘探

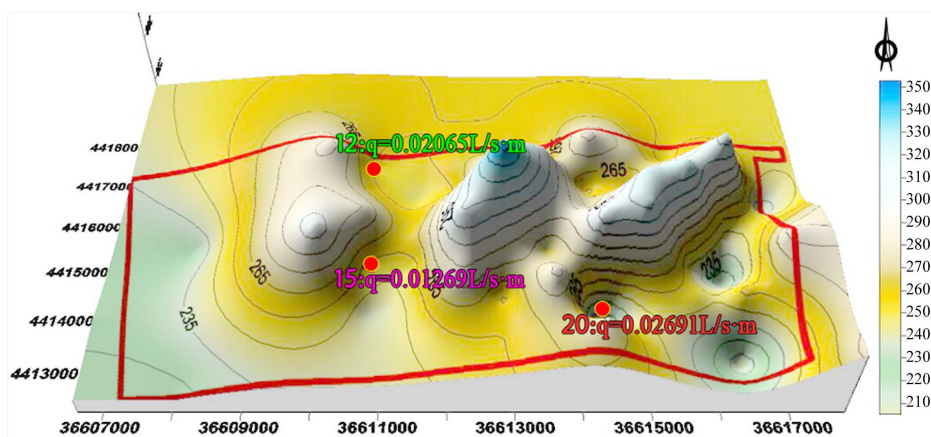


Figure 6. Unit water inflow of middle Jurassic aquifer

图 6. 侏罗系中统含水层单位涌水量

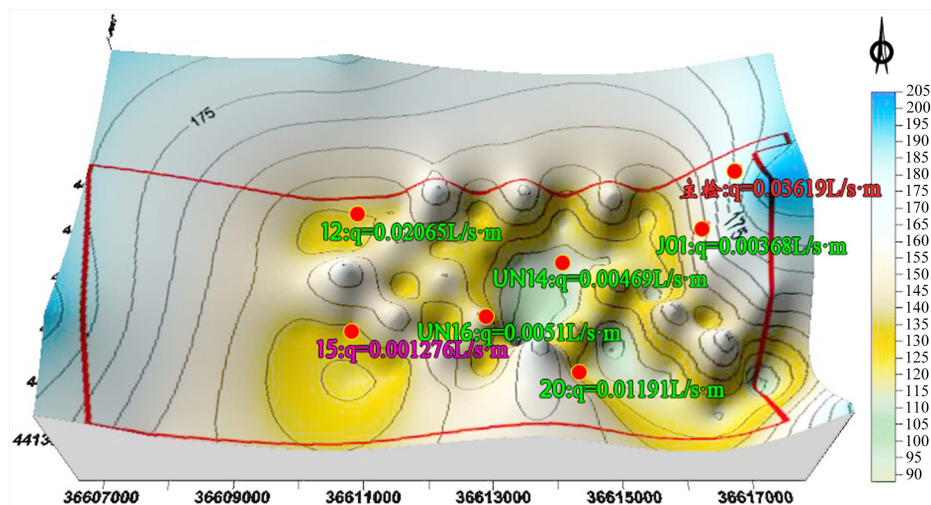


Figure 7. Unit water inflow of middle and lower Jurassic aquifer

图 7. 侏罗系中下统含水层单位涌水量

投产以来,先后开展地质、水文地质补充勘探,查明了煤层的赋存条件、煤岩层结构类型;经对顶底板岩石力学性质测试分析,顶板为软岩类。先后在一盘区连续开展了二次水文地质补充勘探工程,其中白垩系水文地质试验4次,侏罗系含水层水文地质试验8次,混合试验2次,查明了井田范围内含隔水层结构,获得了煤层顶底板主要含水层渗透性和富水性相关参数,总结出“白垩系和侏罗系具有高承压、低渗透、弱~中等富水,且在空间上具有非均质性,补给条件在空间上存在较大差异性”重要水文地质规律,侏罗系中统含水层富水性如图6所示、中下统含水层富水性如图7所示。

4.1.2. 不良地质钻孔启封和封堵

为避免在工作面采掘过程中发生钻孔透水等灾害事故,对盘区内的UN14、J05、UN22、20[#]、J02、J04、J08、UN20、UN21、UN22、UN27和UN28等以往封闭不良的地质钻孔,重新进行启封验证,采用GPS找点,钻孔透孔,最终采用水泥进行封堵。

对于不良钻孔经过地面处理后仍存在不确定因素时,通过在井下工作面采用超前探测方法,然后进行注浆封堵,并在113106工作面取得较好的效果,避免了不良钻孔突水事故发生。

4.2. 井下探放水工程

4.2.1. 实施巷道和工作面超前探测

在主要大巷施工前,坚持“有疑必探,先探后掘”的原则,即采用瞬变电磁和电法勘探进行探测验证。在工作面采动前,采用瞬变电磁和槽波勘探方法对煤层顶底板含水层的富水性和煤层结构及构造赋存情况进行探测,如在113113工作面,通过瞬变电磁探测,共获得4个低阻异常区,均为顶板砂岩裂隙相对富水地段。

同时采用槽波地震探测,利用透射槽波能量衰减成果,获得工作面内5个异常区,其中4个为断层引起,1个为隐伏破碎带。

4.2.2. 超前探放水工程

(1) 煤层顶板砂岩水疏放钻孔优化设计

提出了以“以条件为导向,长短相截,疏密相间”的顶板疏放水优化技术:

1) 影响煤层顶板含水层疏放钻孔布置条件因素

① 构造要素:宽缓的褶皱控制裂隙发育程度,褶皱轴的两翼是裂隙发育较为集中的部位;

② 古地貌要素:侏罗系煤层顶板砂岩含水层的地下水流向受控于地形地貌,具有从高处流往低处特点;

③ 沉积相要素:砂岩层厚度和岩性结构具有明显指相性,如河道相形成中粗砂含水层,天然堤和河道分流润湾形成细粉砂层,且与后期裂隙发育程度存在相关性。

因此,构造控制储水和导水;古地貌控制地下水流方向;沉积微环境控制含水量,最终表现在渗透性和补给条件的差异性,是疏放水钻孔布置的前提。

2) 煤层顶板含水层疏放钻孔优化布置

① 围绕上述三个条件因素,系统分析布孔含水层水文地质条件,按照A、B、C、D四类组合,确定布孔优先顺序:

A:构造带发育+低洼地貌+河道相位置;B:构造带发育+低洼地貌位置;C:裂隙带发育+河流相位置;D:裂隙带发育+天然堤+分流润湾相。

② 布孔间距确定:综合考虑上述因素,结合含水层渗透性及补给条件,确定孔间距与疏密程度关系,四类组合具体为:

A: 2 个孔间距/25 m; B: 2 个孔间距/20 m; C: 2 个孔间距/15 m; D: 2 个孔间距/10 m。

③ 布孔长度确定: 依据含水层的渗透性、疏放水量和渗流性之间的关系, 确定钻孔长度与含水层厚度关系, 四类组合具体为:

A: 短孔(含水层的 1/4); B: 中孔(含水层的 1/2); C: 中孔(含水层的 3/4); D: 长孔(含水层的 4/4)。

(2) 优化技术应用

采用上述优化方法, 在一盘区各工作面已开展了疏放水工程, 提前疏放煤层顶板砂岩水, 缓解回采时防治水压力。通过对一盘区各工作面施工 600 多个钻孔的总结分析, 了解到富水性空间变化规律和控制影响钻孔疏放量的因素, 提出了优化设计依据和方案, 且将优化设计方案应用于 113106 工作面, 将 A 类钻孔主要施工在收作线附近, B 类钻孔主要在工作面中段, 而 C 类钻孔主要在切眼附近, 并开展侏罗系中统疏放水试验, 克服了钻探施工的盲目性, 极大地改善了放水效果, 节约了井下疏放水钻探成本, 各工作面施工的情况如表 1。

Table 1. Statistics of water drainage at working face of panel I

表 1. 一盘区工作面疏放水统计表

工作面	疏放水孔数/个	工程量/m	疏放水量/万 m ³
113101	195	26454.7	65
113102	80	11531	14.1
113106	150	20508	457
113107	71	10047	222.8
113100	29	3917	6.7863
113113	62	8243	28.71
大巷	24	2689.3	90.6

4.2.3. 采空积水探放工程

随着一盘区各工作面回采结束, 采空积水成为主要水害防治对象, 采用以下两种方法开展探放水工作。

(1) 采空积水观测方法

在工作面低洼处预埋观测水压(位)装置(滤水管和压力表), 当工作面开采完毕后, 监测采空积水水位, 获得采空积水高度和积水量, 从而为探放水位置选择提供了依据。

(2) 工作面采空区积水探放

以 113106 工作面为例, 在辅运顺槽 6F11 点在整个辅运顺槽处于较低位置, 回采过程中出水较大, 产生大量积水, 具有水患问题, 从而对相邻工作面产生影响。为确保采空积水的相邻工作面安全回采, 在向西翼 1[#]回风大巷或 113107 工作面胶运顺槽 7J11 点施工底板放水定向钻孔, 作为回采过程中放水钻孔使用, 通过实施该工程, 疏放效果显著。

4.3. 留设工作面间煤岩柱宽度

由一盘区从 00 面到 07 面方向推进, 水文地质条件从简单变为复杂, 工作面顶底板结构、岩性、富水性和渗透性发生变化。工作面采掘和回采过程中, 涌出量变大, 积水量增多, 对煤岩稳定性产生不利影响, 同时采空区长期积水浸泡, 水岩相互作用导致煤柱力学性质、稳定性降低。在快速推进过程中围

岩条件发生快速改变, 水压和矿压条件也随之发生异常变化, 采用留设工作面的防水煤柱, 防止采空积水对开采工作面产生影响。为此, 面间的防隔水煤柱按含水或导水断层防隔水煤(岩)柱进行留设, 经验公式计算为[13]:

$$L = 0.5KM \sqrt{\frac{3P}{K_p}} \geq 20 \quad (1)$$

L , 留设煤柱宽度, m; K , 安全系数, 取 2~5; M , 煤厚(采高), m; K_p , 抗拉强度, MPa; P , 采空积水的水头压力, MPa。

避免了浸泡和水压侧向压力对煤柱产生破坏影响, 及时采取探放水工程, 对采空积水进行疏放, 并留设工作面间煤岩柱宽度为 9.0 m。

4.4. 建立井上下地下水动态监测系统

4.4.1. 建立地面观测系统

为掌握各含水层充水情况, 监测采动过程不同含水层水位变化, 构建了地面水文观测系统, 该系统主要监测采掘和疏放过程中侏罗系中统含水层和白垩系含水层地下水位的变化, 目前已施工 14 个地下水观测孔, 其平面布置图如图 8 所示。其中, 白垩系含水层钻孔有 4 个(水文 2#孔、水 K5 孔、水 K7 孔、K10 孔), 侏罗系含水层钻孔有 9 个(水文 1#孔、水文 3#孔、水 J6 孔、水 J8 孔、水 J9 孔、水 J11 孔、水 J13 孔、水 J15 孔、水 9-1 孔), 二者混合孔有 1 个(水文孔)。

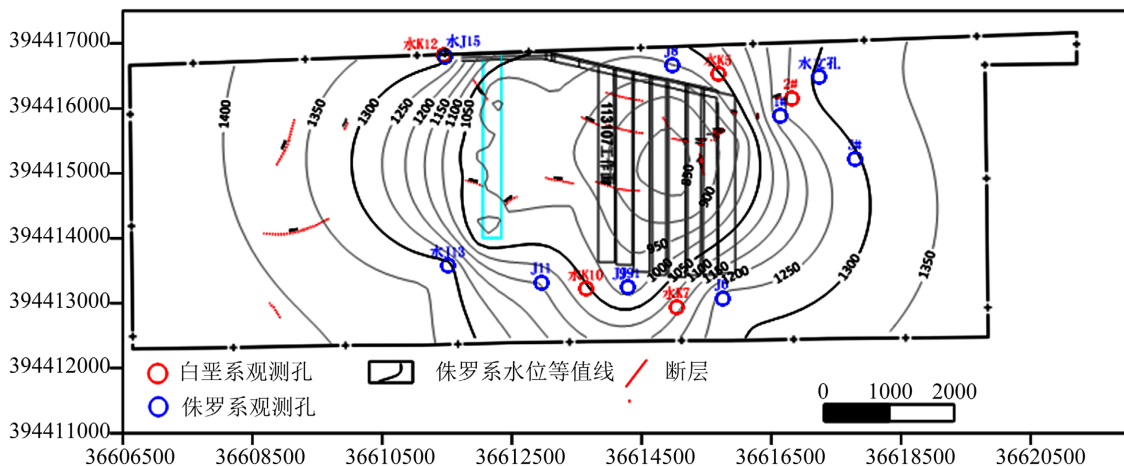


Figure 8. Plane layout of ground observation holes

图 8. 地面观测孔平面布置图

4.4.2. 建立井下观测系统

井下开采工作面上, 对疏放孔安装水压观测孔, 对采空积水设置水压和水量监测点, 以 113113 工作面为例, 共施工 46 个疏放孔, 每个出水孔安装压力表进行监测。

通过地表观测孔、井下正在采掘工作面疏放孔及采空积水区等系统监测, 获得侏罗系中统含水层地下水流场在空间上的变化特征, 为两类水害防治提供依据。

4.5. 修订“大井法”在工作面涌水量中应用

4.5.1. 修订“大井法”计算过程

因侏罗系中统含水层渗透性在空间上为非均质性, 采用传统“大井法”计算水量存在不合理性, 以

一盘区 113106 为例，提出修订“大井法”，其计算过程为：

- (1) 绘制中统含水层渗透系数最大值、最小值和平均值等值线图；
- (2) 依据渗透系数等值线，将工作面分为四段，I 段为 0.001 m/d~0.002 m/d，II 为 0.002 m/d~0.003 m/d，III 段为 0.003 m/d~0.004 m/d，IV 段为 0.004 m/d~0.005 m/d，对应大井法半径每段长度为 230 m、1360 m、2080 m、2830 m，并做出 4 个大圆井，如图 9 所示；
- (3) 根据水文地质勘探资料，绘制最大值、最小值和平均值渗透系数等值线，利用大井法(裘布依承压 - 无压水公式)，分别计算每段渗透系数最大值、最小值和平均值对应的工作面涌水量 Q_i ；
- (4) 以大井圆作为进水范围，依据渗透系数等值线分布范围，并参考含水层水位等值线，分别求取渗透系数(最大值、最小值和平均值时)范围对应各块段进水弧段长度，并计算不同渗透系数块段对应的进水弧长 l_i 与大井圆弧长 l_j 比值，即为权重 w_j ；
- (5) 用渗透系数最大值、最小值和平均值计算对应的涌水量时，应采用对应渗透系数的弧段，按比例进行权重 w_j 相乘，即得出对应渗透系数弧段的涌水量；
- (6) 将渗透系数最大值、最小值和平均值弧段的涌水量分别相加，即可得到累计最大值、最小值和平均涌水量。

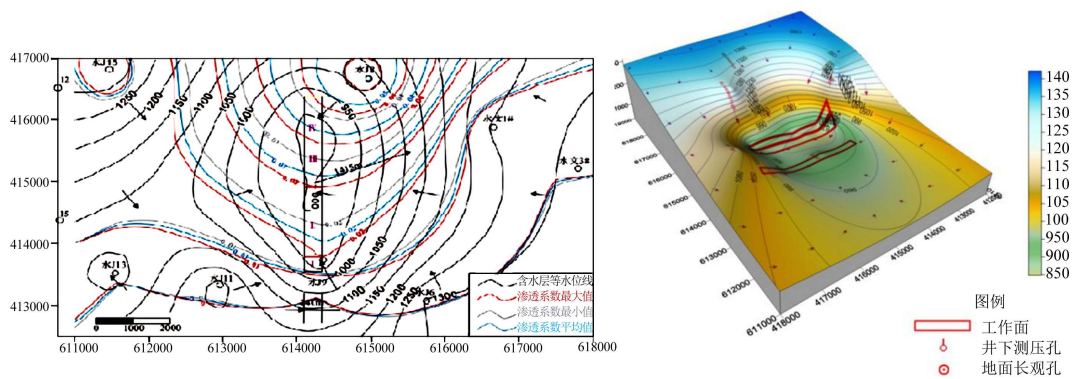


Figure 9. Permeability coefficient isoline and drawdown map of middle Jurassic aquifer
图 9. 侏罗系中统含水层渗透系数等值线与水位降深图

4.5.2. 实际应用

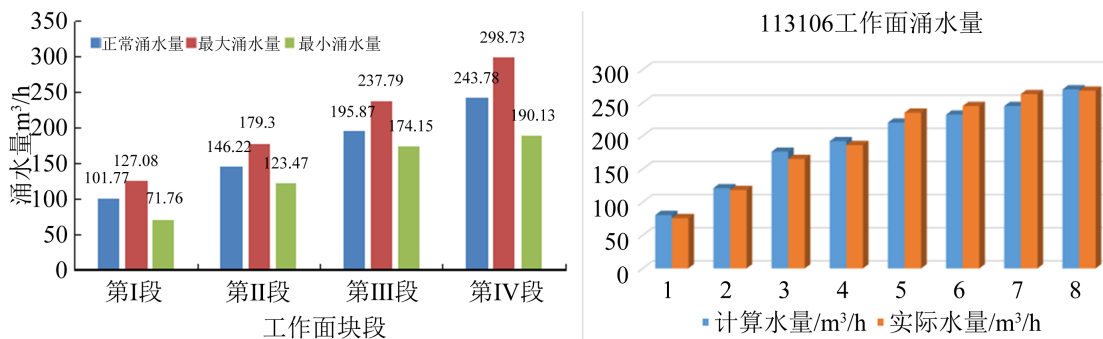


Figure 10. Revise the “large-diameter well method” water inflow prediction and actual water volume comparison chart
图 10. 修订“大井法”涌水量预计与实际水量对比图

根据上述步骤，利用监测系统获得的地下水位过程数据，求出 113106 工作面侏罗系中统含水层渗透系数的最大值、最小值和平均值，并用对应弧段权重，计算出相应涌水量的最大值、最小值和平均值。

同时, 利用大井法计算出侏罗系中下统含水层涌水量的最大值、最小值和平均值, 其结果如图 10 所示。

结果发现, 从切眼向收作线方向推进回采, 实际出水量变化范围为 $55 \text{ m}^3/\text{h} \sim 251 \text{ m}^3/\text{h}$, 与修订“大井法”计算平均值较为接近, 因此比简单的大井更接近实际。

5. 结论

泊江海子矿是鄂尔多斯盆地北部深埋矿井的一个典型代表。通过近十年矿山开采防治水工程实践, 对矿井水害防治主要取得以下结论:

(1) 通过加强水文地质基础研究, 揭示出“沉积环境 + 地质构造 + 采动诱发”三位一体是煤层顶板水害形成机理, 为水害客观评价及其防治措施的制定提供科学依据。

(2) 针对含水层非均质特性, 采用修订“大井法”, 精准预测了工作面涌水量, 从而为矿井排水系统、工作面排水能力设计提供依据。

(3) 依据顶板水形成与控制条件, 采用“疏密与深浅相结合”的疏放水优化布孔方案, 解决了以往顶板疏放水布孔低效性, 提高了疏放水效果, 节约了成本。

(4) 采用监测、探放和工作面煤柱留设等相结合的措施, 解决了采空积水水害问题。

参考文献

- [1] 叶力进, 许进鹏, 刘统学, 等. 煤矿水害基本类型与动态演化类型划分[J]. 煤矿安全, 2022, 53(11): 207-211.
- [2] 刘卫卫. 工作面顶板水立体疏放长短钻孔钻进技术[J]. 煤炭技术, 2020, 39(12): 106-109.
- [3] 邢世平. 基于 FAHP-CRITIC 的孔庄矿东部采区灰岩突水危险性评价[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2018.
- [4] 李振兴, 刘春平. 内蒙古泊江海子矿煤层顶板涌(突)水危险性分区评价[J]. 中国煤炭地质, 2018, 30(4): 45-49.
- [5] 李旭. 泊江海子矿地下水动态特征及其数值模拟研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2016.
- [6] 穆金霞. 泊江海子矿 3-1 煤顶板涌(突)水危险性评价与防治措施研究[J]. 煤炭与化工, 2022, 45(3): 77-81.
- [7] 李振兴, 刘春平. 内蒙古泊江海子矿煤层顶板涌(突)水危险性分区评价[J]. 中国煤炭地质, 2018, 30(4): 45-49.
- [8] 李守好, 金修如, 黎志豪, 等. 泊江海子矿放水试验及地下水动态特征与影响因素分析[J]. 地下水, 2017, 39(5): 43-45.
- [9] 李洪明. 泊江海子矿侏罗系 3-1 煤层顶板孔隙水物探应用研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.
- [10] 疏义国, 李亚昊, 王宏伟, 等. 侏罗系含水层地下水动态特征及其涌水量预测[J]. 煤炭与化工, 2020, 43(6): 50-57.
- [11] 疏义国, 李亚昊, 王宏伟, 等. 侏罗系煤层顶板含水层疏放水评价及防治水分析[J]. 煤炭与化工, 2020, 43(4): 43-49.
- [12] 许光泉, 潘生强, 李亚昊, 等. 鄂尔多斯北部地下水动态特征及其成因模式[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2021, 41(3): 7-14.
- [13] 国家安全生产监督管理总局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿防治水规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.