

8-25-2019

Water inflow law of the first working face based on water pre-draining from roof

LI Yongtao

Uxin Banner Mengda Mining Industry Co. Ltd., Uxin Banner, Wushenqi 017307, China

YANG Jian

Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China, yangjian@cctegxian.com

Follow this and additional works at: <https://cge.researchcommons.org/journal>



Part of the [Earth Sciences Commons](#), [Mining Engineering Commons](#), [Oil, Gas, and Energy Commons](#), and the [Sustainability Commons](#)

Recommended Citation

L Y. (2019) "Water inflow law of the first working face based on water pre-draining from roof," *Coal Geology & Exploration*: Vol. 47: Iss. 4, Article 17.

DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2019.04.016

Available at: <https://cge.researchcommons.org/journal/vol47/iss4/17>

This Hydrogeology, Engineering Geology, Environmental Geology is brought to you for free and open access by Coal Geology & Exploration. It has been accepted for inclusion in Coal Geology & Exploration by an authorized editor of Coal Geology & Exploration. For more information, please contact 380940179@qq.com.

文章编号: 1001-1986(2019)04-0104-06

基于顶板水预疏放的首采工作面涌水规律

李永涛¹, 杨建²

- (1. 乌审旗蒙大矿业有限责任公司, 内蒙古 乌审旗 017307;
2. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要: 为了建立符合蒙陕接壤区煤炭开采防治水技术体系, 以纳林河二号矿井首采工作面为例, 开展了覆岩破坏规律、水文地质条件、涌水量预计、顶板水预疏放等研究, 结果表明: 应用钻探取心、钻孔冲洗液漏失量观测和钻孔彩色电视探测手段, 实测得到首采工作面导水裂缝带高度为 103.23 m, 裂高(导水裂缝带高度)采厚比为 18.8, 导水裂缝带可沟通 3 段含水层, 其中直罗组底部含水层钻孔涌水量 92.0~136.0 m³/h、水压 4.0~5.6 MPa, 呈“水量大、水压高、分布不均”的特点, 是威胁工作面回采安全的最主要含水层。回采过程中顶板水主要由静态储存量和动态补给量构成, 采用“动静储量结合法”计算得到静态储存量和动态补给量分别为 2.596×10⁶ m³ 和 417.6 m³/h。对顶板水开展分段预疏放条件下, 整个工作面回采过程中采空区涌水量与推采步距呈正相关关系, 随着顶板周期性滞后垮落, 导水裂缝带也周期性发育至高点(直罗组底部含水层), 采空区涌水量又呈台阶式增长。最终总预疏放水量 4.235×10⁶ m³, 采空区总涌水量 5.313×10⁶ m³, 首采工作面总排水量为 622.8 m³/h, 与预计排水量 596.9 m³/h 相差 4.2%。涌水量准确预测和顶板水提前预疏放, 是实现首采工作面防治水安全的关键, 可以为鄂尔多斯盆地北部深埋区提供防治水技术支撑。



关键词: 涌水规律; 首采工作面; 预疏放; 导水裂缝带; 纳林河二号矿; 蒙陕接壤区
中图分类号: TD754 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1986.2019.04.016

Water inflow law of the first working face based on water pre-draining from roof

LI Yongtao¹, YANG Jian²

(1. Uxin Banner Mengda Mining Industry Co. Ltd., Uxin Banner, Wushenqi 017307, China;

2. Xi'an Research Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to establish water control technology system in Inner Mongolia-Shaanxi contiguous area, we carried out some researches(e.g. overburden failure law, hydrogeological conditions, prediction of water inflow and pre-drainage of roof water) in Nalinhe No.2 coal mine. The results showed that three methods(i.e. coring, drilling fluid leakage observation and borehole color TV detection) were used to explore water-conducting fracture zone(103.23 m), and the ratio of the height of the fractured zone to the mining height was 18.8. Water-conducting fracture zone could connect three aquifers, and the Zhiluo Formation bottom aquifer was the main aquifer threatening safety mining. Water inflow and pressure of borehole were 92.0-136.0 m³/h and 4.0-5.6 MPa respectively. There were obvious characteristics with large amount of inflow, high pressure and uneven distribution. The static storage capacity and dynamic supply capacity were calculated with dynamic and static reserve combination method, and the values were 2.596×10⁶ m³ and 417.6 m³/h respectively. Subsection method of roof water pre-draining was used to discharge static storage capacity. There was a positive correlation between water inflow in goaf and mining interval in

收稿日期: 2018-11-22

基金项目: 煤炭开采水资源保护与利用国家重点实验室开放基金资助项目(SHJT-16-30.10); 中煤科工集团西安研究院有限公司创新基金面上项目(2018XAYMS03)

Foundation item: Open Fund of State Key Laboratory of Water Resource Protection and Utilization in Coal Mining(SHJT-16-30.10); Science and Technology Innovation Fund of Xi'an Research Institute of CCTEG(2018XAYMS03)

第一作者简介: 李永涛, 1966 年生, 男, 山东邹城人, 工程师, 从事矿井防治水技术管理工作。Email: sdzclty@126.com

通信作者: 杨建, 1979 年生, 男, 江苏盐城人, 博士, 副研究员, 从事煤矿防治水方面研究。Email: yangjian@cctegxian.com

引用格式: 李永涛, 杨建. 基于顶板水预疏放的首采工作面涌水规律[J]. 煤田地质与勘探, 2019, 47(4): 104-109.

LI Yongtao, YANG Jian. Water inflow law of the first working face based on water pre-draining from roof[J]. Coal Geology & Exploration, 2019, 47(4): 104-109.

the whole working face during mining process. With the periodic lag collapse of roof, the water-conducting fracture zone also developed periodically to the highest point. Water inflow in goaf increased stepwise too. The total inflow of pre-draining was $4.235 \times 10^6 \text{ m}^3$, and water inflow of working face goaf was $5.313 \times 10^6 \text{ m}^3$. The error was 4.2% between actual drainage ($622.8 \text{ m}^3/\text{h}$) and calculated drainage ($596.9 \text{ m}^3/\text{h}$) in the first coal mining face. Accurate calculation of the inflow and upfront roof water pre-draining were key steps for roof water safety of the first coal mining face, and the technology could be used in other coal mines of Inner Mongolia-Shaanxi contiguous area.

Keywords: water inflow law; first coal mining face; roof water pre-draining; water-conducting fracture zone; Nalinhe No.2 coal mine; Inner Mongolia-Shaanxi contiguous area

西部是我国煤炭资源富集区和重点开发区, 2017 年西部煤炭资源开采量已占全国的 74.9%, 神东等侏罗纪浅埋煤田区是当前开发的重点, 蒙陕接壤区等中深埋煤田区则是未来的主产区, 目前已开工建设十几座特大型现代化矿井, 其中纳林河二号矿井是最早建设的煤矿。蒙陕接壤区位于毛乌素沙漠区, 煤层顶板直接充水含水层呈“水压高、富水性强”特征, 对煤炭开采具有较严重的水害隐患, 尤其是首采工作面, 回采过程中涌水量波动较大, 会影响综采面正常生产, 造成工作面排水系统瘫痪、工作面被淹等水害问题。从防治水角度, 前人已经开展的研究发现, 受控于印支运动向燕山运动转折, 在总体沉降的构造背景下, 在中生代延安组形成了厚而连续的煤层^[1-2]; 煤层顶板以中粗砂岩、砂质泥岩为主, 硬度大, 脆性好^[3], 且厚煤层多采用大跨度大采高开采, 导水裂缝带发育较高^[4]; 受河流相和多旋回沉积作用, 导水裂缝带范围内发育有多层含水层(主要包括真武洞砂岩、七里镇砂岩)^[5], 呈高压富水、富水性不均一特征^[6-7], 工作面回采过程中涌水量起伏较大, 一旦超过工作面排水能力, 就会造成工作面被淹等水害事故。为了保障工作面回采安全, 非常有必要以首采工作面为对象, 开展顶板水预疏放和回采过程中涌水规律研究, 以期对蒙陕接壤区深埋煤田区的煤炭开发提供防治水方面的科学依据。

1 研究区概况

纳林河二号矿井位于毛乌素沙漠东南缘(图 1), 地形总体上南北高、中间低, 地表均被第四系风积沙覆盖, 多为新月形或波状沙丘, 厚度一般小于 30 m, 整个第四系厚度则在 9.16~174.57 m, 角度不整合于一切下伏地层之上, 没有基岩出露; 无定河及其支流纳林河从井田内流过, 其中无定河是黄河一级支流。本矿井主采延安组 3-1 煤, 受控于鄂尔多斯盆地单斜构造, 在所有已开工建设的矿井中, 煤层标高最低; 煤层顶板发育延安组三段、直罗组、安定组、志丹群等地层, 均属于河流相沉积, 呈含、隔水层互层状展布, 顶板侏罗纪含水层属于区域性地下

水系统的滞流区, 水中矿化度普遍在 $10\ 000 \text{ mg/L}$ ^[8] 左右, 是呼吉尔特、榆横、榆神等矿区的 2~5 倍^[9-10]。

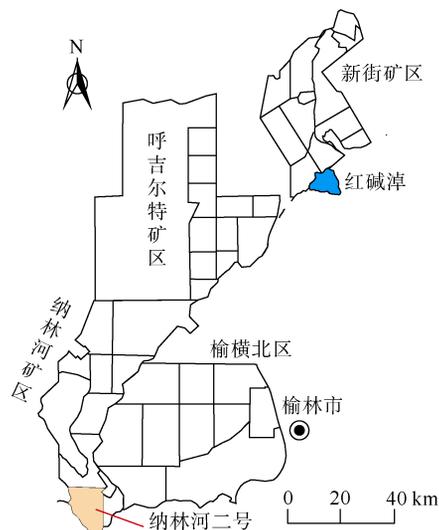


图 1 纳林河二号矿井位置图

Fig.1 Location of Nalinhe No.2 coal mine

首采工作面位于纳林河二号矿井首采区中东部井田边界附近, 工作面回采煤层为侏罗系延安组 3-1 煤, 平均厚度 5.5 m, 可采指数为 1.0, 可采储量 448.0 万 t, 直接顶底板均为厚层状粉砂岩。工作面长 241.25 m、推进长度 2 600 m。采用大采高综采工艺, 全部垮落法管理顶板。工作面整体呈一向西倾斜的单斜构造, 倾角 $0^\circ \sim 3^\circ$; 两顺槽在施工过程中共揭露断层 5 条, 最大落差 1.5 m, 大部发育在停采线附近; 工作面内仅揭露 1 条落差 1 m 的正断层, 对工作面回采工作影响很小。

2 顶板水文地质特征

2.1 覆岩破坏规律

根据勘探期间施工的首采工作面内 5 个钻孔资料(分别是 NL32、MD20、NL43、MD27、NL50), 3-1 煤层厚度 3.97~5.83 m(平均 5.5 m); 2-1 煤与 3-1 煤距离 45.66~57.52 m, 厚度小于 1.0 m; 3-1 煤直接顶岩性为砂质泥岩和粉砂岩, 延安组三段和直罗组一段为砂泥岩互层结构, 包括 3 层岩性为中砂和粗砂的含水层, 分别是 3-1 煤顶板含水层、2-1 煤顶板含水层(真武洞砂岩)和直罗组底部含水层(七里镇砂

岩) ,距离 3-1 煤顶板分别为 4.9~16.2 m、48.7~83.2 m 和 77.4~109.4 m(图 2)。在已查清煤层顶板含水层分布特征的前提下,煤层开采的覆岩破坏高度和采动裂隙分布特征,决定了工作面回采过程中涌水量大小和变化规律。为了研究纳林河二号矿井 3-1 煤开采的覆岩破坏规律,在首采工作面范围内施工了 CQ01 和 CH01 覆岩破坏观测钻孔,其中采前对比孔 CQ01 布置在距离切眼 603 m、距下顺槽 68.7 m 的位置,CH01 距离下顺槽 46.8 m,距离切眼 610.3 m;分别采用钻探取心、钻孔冲洗液漏失量观测和钻孔彩色电视探测手段,实测得到导水裂缝带高度为 103.23 m,裂高(导水裂缝带高度)采厚比为 18.8,表明首采工作面 3-1 煤层开采过程中导水裂缝带可发育至直罗组底部含水层(七里镇砂岩)。

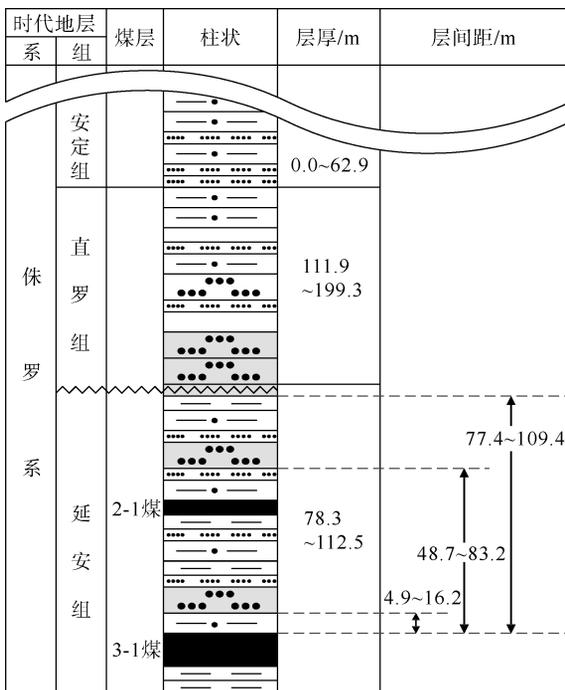


图 2 纳林河二号矿井首采工作面煤层顶板柱状示意图
Fig.2 Sketch of coal seam roof columnar of the first working face in Nalinhe No.2 coal mine

2.2 水文地质特征

为了查清导水裂缝带范围内各含水层的水文地质条件,分别在中央大巷、永久煤仓和工作面施工探放水钻孔,结果表明: 3-1 煤顶板含水层富水性不均一,在地面瞬变电磁圈定的富水区,钻孔涌水量 8.0~10.0 m³/h、水压 1.1~3.4 MPa,在非富水区大部分钻孔不出水; 2-1 煤顶板含水层钻孔涌水量 32.0~42.0 m³/h、水压 4.1~5.0 MPa; 直罗组底部含水层钻孔涌水量 92.0~136.0 m³/h、水压 4.0~5.6 MPa。2-1 煤顶板含水层和直罗组底部含水层呈区域性稳定展布,是工作面回采过程中的主要充水含水层。当工作面开始回采时,一方面顶板导水裂缝带范围内含水

层赋存的地下水会直接进入采空区,属于静态储存量;另一方面采空区及其冒裂带共同构成一巨型疏放水井,由于对顶板各含水层水的持续疏降,形成了以采空区为中心的降落漏斗,在水力梯度作用下,各含水层侧向运移流入采空区,属于动态补给量^[11]。

静态储存量(Q_j)计算采用式(1):

$$Q_j = s \cdot F \cdot M_1 \quad (1)$$

根据首采工作面顶板含水层展布条件,单位贮水系数 s=0.043 3,影响范围 F=7.45×10⁵ m²,工作面范围内含水层厚度 M₁=80.47 m(将所有含水砂体和含水层厚度之和作为计算厚度),计算得到 Q_j=2.596×10⁶ m³。

随着采空区面积的不断扩大,整个降落漏斗的影响范围也逐渐增大,且在采空区附近形成了低于含水层顶板的水位(即非承压),因此动态补给量(Q_d)计算采用承压转无压公式:

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

式中 引用影响半径 R₀=10S√K; 引用半径 r₀=η $\frac{a+b}{4}$ 。

根据实测和收集数据,渗透系数 K=0.087 m/d;水柱高度 H=320 m;含水层剩余水柱高度 h=0;区域性含水层厚度 M=50.0 m(以含、导水且存在侧向补给的含水层厚度作为计算厚度)。回采过程中,随着覆岩破坏形成的“采空区”半径增大,动态补给量将呈逐渐增加趋势,分段计算得到回采 300 m、600 m、1 200 m、2 600 m 时工作面涌水量(动态补给部分)分别为 178.8 m³/h、219.0 m³/h、282.5 m³/h 和 417.6 m³/h。

3 工作面预疏放

3.1 放水试验

由于顶板含水层富水性不均一,静态储存量较大,为了保障工作面安全回采,必须在回采前开展顶板含水层水的预疏放,预疏放水量以静储量为主,主要疏放工作面推进前方顶板含水层涌水,仅包括一部分动态补给量(图 3);而大部分动态补给量进入采空区,形成采空区涌水。

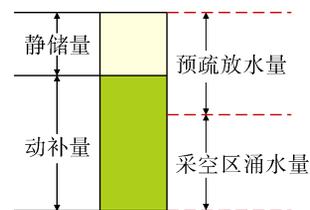


图 3 动静储量与预疏放水、采空区涌水关系
Fig.3 Relationship among dynamic-static water storage, pre-drainage and water inflow in goaf

首先开展了工作面切眼附近的放水试验, 结果如下: 单孔放水试验(Y25-2 钻孔), 初始钻孔涌水量为 $50.4\sim 81.23\text{ m}^3/\text{h}$, 历经 15 d 的衰减后, 逐渐稳定在 $24.0\text{ m}^3/\text{h}$; 两孔放水试验, 待 Y25-2 钻孔涌水量基本稳定, 打开距离 Y25-2 钻孔约 150 m 的 Y28-1 钻孔阀门继续放水试验, 该钻孔初始涌水量 $66.3\text{ m}^3/\text{h}$, 6 d 后稳定在 $7.0\sim 9.0\text{ m}^3/\text{h}$; 多孔放水试验, 在两孔放水试验基础上, 每次增加 2~4 个放水钻孔开展多孔叠加放水试验, 涌水量会显著增加, 最终增至 15 个放水钻孔; 增大的涌水量经过 1~3 d 的疏降, 衰减较快并逐渐达基本稳定; 经过将近 80 d 的放水试验, 最终所有钻孔单孔涌水量衰减至 $3.0\sim 5.0\text{ m}^3/\text{h}$, 中心孔水压力小于 1.0 MPa(图 4)。在工作面切眼段形成了较明显的降落漏斗, 表明鄂尔多斯盆地侏罗系深埋区煤层顶板含水层水可以通过疏降达到回采要求。

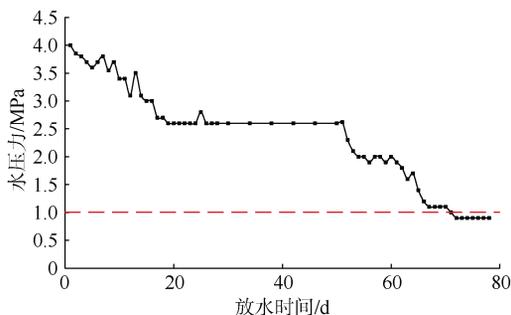


图 4 放水试验过程中心孔压力变化曲线

Fig.4 Pressure variation of central hole during roof aquifer drainage test

3.2 顶板水预疏放

基于工作面放水试验结果, 制定了分段超前预疏放方案, 先期对 0~600 m 范围进行预疏放, 预疏放钻孔共 33 个, 初期最大总涌水量为 $375.0\text{ m}^3/\text{h}$, 预疏放水量累计达 $1.331\times 10^6\text{ m}^3$ 后, 将切眼段顶板

含水层水压从 5.6 MPa 降至 0.9 MPa, 钻孔总涌水量基本稳定在 $150.0\sim 200.0\text{ m}^3/\text{h}$, 满足了工作面安全回采的防治水要求。随着工作面回采的持续进行, 以 600 m 为一段, 分段超前施工顶板钻孔(共 184 个), 并预疏放直接充水含水层水, 根据预疏放水量变化特征可以看出(图 5): 工作面后期分 3 个阶段进行顶板水分段预疏放, 第一阶段水量从 $192.5\text{ m}^3/\text{h}$ (2014 年 11 月)减少至 $95.7\text{ m}^3/\text{h}$ (2015 年 7 月); 第二阶段水量从 $120.6\text{ m}^3/\text{h}$ (2015 年 7 月)减少至 $71.5\text{ m}^3/\text{h}$ (2016 年 3 月); 第三阶段水量从 $99.2\text{ m}^3/\text{h}$ (2016 年 4 月)减少至 $24.3\text{ m}^3/\text{h}$ 。回采至回撤通道附近时, 预疏放水量为 $24.3\sim 34.5\text{ m}^3/\text{h}$, 这部分水量可视为工作面前方的动态补给量。整个首采工作面回采过程中, 预疏放水量共计 $4.235\times 10^6\text{ m}^3$ 。

4 工作面回采涌水量变化规律

首采工作面顶板含水层水预疏放条件下, 整个工作面回采过程中采空区涌水量与推采步距呈正相关关系(图 6), 其中 0~220 m 段涌水主要来自 3-1 煤顶板含水层和进入采空区钻孔涌水; 220~307 m 段导水裂缝带开始发育至直罗组底部含水层, 首次出现涌水峰值($183.2\text{ m}^3/\text{h}$); 随着推采步距的增加(307~610 m), 采空区涌水逐渐回落, 并稳定在 $100.0\sim 105.0\text{ m}^3/\text{h}$; 610 m 之后, 顶板周期性滞后垮落, 导致导水裂缝带也周期性发育至高点(直罗组底部含水层), 采空区涌水量呈台阶式增长($100.0\sim 105.0\text{ m}^3/\text{h}\rightarrow 150.0\sim 160.0\text{ m}^3/\text{h}\rightarrow 178.9\sim 189.4\text{ m}^3/\text{h}\rightarrow 276.7\sim 315.9\text{ m}^3/\text{h}\rightarrow 340.5\sim 357.5\text{ m}^3/\text{h}$)。另外, 采空区涌水量每上升一个台阶, 都出现了一个小的峰值($10.0\text{ m}^3/\text{h}$ 左右), 主要是由于顶板含水层为砂岩孔隙水, 残留有少量的孔隙型静态储存量, 当导水裂缝带发育至该含水层时, 孔隙内残留水会进入采空区, 导致涌水量增大。



图 5 顶板疏放水量变化曲线

Fig.5 Variation of drained water volume of roof aquifer

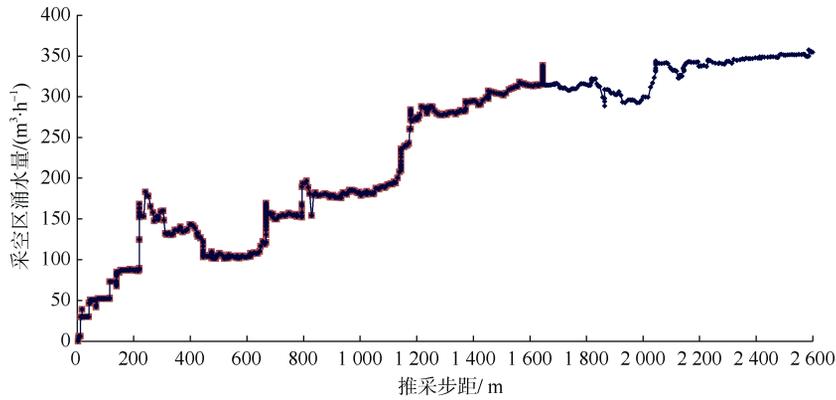


图 6 纳林河二号矿井工作面推采步距与采空区涌水量关系

Fig.6 Relationship between mining length and water inflow of goaf in Nalinhe No.2 coal mine

从开展首采工作面顶板水预疏放至整个工作面回采结束,历时 3.5 a,总预疏放水量 $4.235 \times 10^6 \text{ m}^3$,采空区涌水量 $5.313 \times 10^6 \text{ m}^3$,首采工作面总排水量(预疏放水量+采空区涌水量)合计: $4.235 \times 10^6 + 5.313 \times 10^6 = 9.548 \times 10^6 \text{ m}^3$,单位排水量(将总排水量平均至工作面预疏放和回采时间内)为 $622.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 。首采工

作面总排水量预计中,静态储存量 $Q_j = 2.596 \times 10^6 \text{ m}^3$ (即 $169.3 \text{ m}^3/\text{h}$),动态补给量 $Q_d = 417.6 \text{ m}^3/\text{h}$,合计 $596.9 \text{ m}^3/\text{h}$ 。预计排水量比实际排水量小 4.2%,考虑一定安全系数(1.5 倍)的条件下,本次开展的涌水量计算和预疏放研究,能够为纳林河二号矿井首采工作面的安全回采提供科学依据。

表 1 纳林河二号矿井首采工作面预计涌水量与实际涌水量关系

Table 1 Relationship between calculated water inflow and actual water inflow in Nalinhe No.2 coal mine

预计涌水量/($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)		实际涌水量/ 10^6 m^3		疏放和回采 时间/a	误差率/%
静态储存量	动态补给量	预疏放水量	采空区涌水量		
169.3	417.6	4.235	5.313	3.5	4.2

5 结论

a. 分别采用钻探取心、钻孔冲洗液漏失量观测和钻孔彩色电视探测手段,实测得到首采工作面导水裂缝带高度为 103.23 m,裂采比为 18.8 倍,表明首采工作面 3-1 煤层开采过程中导水裂缝带可发育至直罗组底部含水层(七里镇砂岩)。

b. 3-1 煤开采过程中受到 3 段含水层影响,其中直罗组底部含水层钻孔涌水量 $92.0 \sim 136.0 \text{ m}^3/\text{h}$ 、水压 4.0~5.6 MPa,呈“水量大、水压高、分布不均的特点”,是威胁工作面回采安全的最主要含水层。

c. 首采工作面回采过程中,顶板水主要由静态储存量和动态补给量构成,采用“动静储量结合法”计算得到静态储存量和动态补给量分别为 $Q_j = 2.596 \times 10^6 \text{ m}^3$ 和 $Q_d = 417.6 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

d. 为了保障工作面回采安全,开展了回采前的顶板水分段预疏放,最终总预疏放水量 $4.235 \times 10^6 \text{ m}^3$,采空区总涌水量 $5.313 \times 10^6 \text{ m}^3$,首采工作面总排水量为 $622.8 \text{ m}^3/\text{h}$,比预计排水量 $596.9 \text{ m}^3/\text{h}$ 大 4.2%;涌水量准确预测和顶板水预疏放,是实现首采工作面防治水安全的关键。

参考文献

- [1] 王双明. 鄂尔多斯盆地构造演化和构造控煤作用[J]. 地质通报, 2011, 30(4): 544-552.
WANG Shuangming. Ordos basin tectonic evolution and structural control of coal[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(4): 544-552.
- [2] 李振宏,董树文,冯胜斌,等. 鄂尔多斯盆地中-晚侏罗世构造事件的沉积响应[J]. 地球学报, 2015, 36(1): 21-29.
LI Zhenhong, DONG Shuwen, FENG Shengbin, et al. Sedimentary response to Middle-Late Jurassic tectonic events in the Ordos basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2015, 36(1): 21-29.
- [3] 刘英锋,王世东,王晓蕾. 深埋特厚煤层综放开采覆岩导水裂缝带发育特征[J]. 煤炭学报, 2014, 39(10): 1970-1976.
LIU Yingfeng, WANG Shidong, WANG Xiaolei. Development characteristics of water flowing fractured zone of overburden deep buried extra thick coal seam and fully-mechanized caving mining[J]. Journal of China Coal Society, 2014, 39(10): 1970-1976.
- [4] 魏久传,吴复柱,谢道雷,等. 半胶结中低强度围岩导水裂缝带发育特征[J]. 煤炭学报, 2016, 41(4): 974-983.
WEI Jiuchuan, WU Fuzhu, XIE Daolei, et al. Development characteristic of water flowing fractured zone under semi-cemented medium-lowstrength country rock[J]. Journal of China

- China Coal Society, 2016, 41(4): 974-983.
- [5] 杨建, 梁向阳, 丁湘. 蒙陕接壤区深埋煤层开发过程中矿井涌水量变化特征[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(4): 97-101.
YANG Jian, LIANG Xiangyang, DING Xiang. Variation characteristics of mine inflow during mining of deep buried coal seams in Shaanxi and Inner Mongolia contiguous area[J]. Coal Geology & Exploration, 2017, 45(4): 97-101.
- [6] 杨建, 刘洋, 刘基. 基于沉积控水的鄂尔多斯盆地侏罗纪煤田防治水关键层研究[J]. 煤矿安全, 2018, 49(4): 34-37.
YANG Jian, LIU Yang, LIU Ji. Study on key layer of water prevention and control in Ordos basin Jurassic coalfield based on sedimentary water control theory[J]. Safety in Coal Mines, 2018, 49(4): 34-37.
- [7] 李志伟, 陈德明, 梁向阳, 等. 门克庆井田水文地质条件对矿井开采顺序的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(2): 124-129.
LI Zhiwei, CHEN Deming, LIANG Xiangyang, et al. Effect of hydrogeological conditions on the mining sequence in Menkeqing mine[J]. Coal Geology & Exploration, 2017, 46(2): 124-129.
- [8] 赵彩凤. 纳林河矿区深埋型煤田综合水文地球化学特征研究[J]. 地下水, 2018, 40(1): 12-14.
ZHAO Caifeng. Study on comprehensive hydrogeochemical characteristics in deep buried coalfield of Nalinhe coal mine area[J]. Ground Water, 2018, 40(1): 12-14.
- [9] 杨建. 蒙陕接壤区深埋型煤层顶板水文地质及水文地球化学特征[J]. 煤矿安全, 2016, 47(10): 176-179.
YANG Jian. Study on deep buried coal mine hydrogeological and hydrogeochemical characteristics in Shaanxi and Inner Mongolia contiguous area[J]. Safety in Coal Mines, 2016, 47(10): 176-179.
- [10] 杨建, 刘洋, 方刚. 煤矿水文地质勘探中水文地球化学判别标准的构建[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(1): 92-96.
YANG Jian, LIU Yang, FANG Gang. Construction of hydrogeochemistry criteria in hydrogeological exploration in coal mines[J]. Coal Geology & Exploration, 2018, 46(1): 92-96.
- [11] 刘洋, 张幼振. 浅埋煤层工作面涌水量预测方法研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2010, 27(1): 116-120.
LIU Yang, ZHANG Youzhen. Forecast method for water inflow from working face in shallowly buried coal seam[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2010, 27(1): 116-120.

(责任编辑 周建军)