

doi: 10.11799/ce201811026

新安煤田矿井充水条件时空变化规律研究

李松营¹, 杨培^{1,2}, 申青春³, 张万鹏¹

(1. 义马煤业集团股份有限公司 地质研究所, 河南 义马 472300;

2. 河南理工大学 资源环境学院, 河南 焦作 454003;

3. 义马煤业集团股份有限公司 地质测量处, 河南 义马 472300)

摘要: 为了科学制定防治水对策, 以区域水文地质条件时空差异为基础, 并利用采矿对围岩的破坏规律, 研究了新安煤田矿井充水条件的时空差异与变化规律。结果表明: 水库蓄水后, 49.5km² 煤田和库区内小煤矿直接被淹; 奥灰水压最多可提高 0.2~0.5MPa, 奥灰突水风险有所增加。顶板砂岩水与底板太灰水在首采工作面充水作用较强, 随后逐渐被疏干; 奥灰含水层随着开采区域形成降落漏斗而突水风险降低。煤田东部小窑水受水库水补给, 没有可疏性; 而西部不受补给, 具有可疏性。煤田浅部与小煤矿采空区相邻地段, 小窑水威胁采掘与矿井安全; 向深部, 底板隔水层承受的奥灰水压增加, 突水危险性增大。奥灰含水层的折向汇流区富水性强、径流集中, 突水风险高、治理难度大, 是奥灰水防治的重点区域。

关键词: 新安煤田; 矿井充水条件; 时空变化; 小窑水; 地下水降落漏斗; 小浪底水库

中图分类号: TD741 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2018)11-0103-05

Spatial-temporal variation rules of mine water filling condition in Xin'an Coalfield

LI Song-ying¹, YANG Pei^{1,2}, SHEN Qing-chun³, ZHANG Wan-peng¹

(1. Geological Institute, Yima Coal Industry Group Co., Ltd., Yima 472300, China;

2. School of Resource and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China;

3. Department of Geology and Measuring, Yima Coal Industry Group Co., Ltd., Yima 472300, China)

Abstract: Abstract: In order to formulate a scientific water control measures, based on the spatial-temporal differences of regional hydrogeological condition, and using the laws of mining damaged to the surrounding rock, the spatial-temporal differences and variation rules of mine water filling condition in Xin'an Coalfield were investigated. The results indicate that 49.5km² coalfield and small mines were directly submerged in reservoir area after reservoir storage, and hydraulic pressure of Ordovician karst aquifer increased 0.2~0.5MPa, and its water inrush risk also increased; The water filling function of roof sandstone aquifers and floor Carboniferous limestone aquifer are strong in first mining face and gradually decrease; The water inrush risk of Ordovician karst water decreases along with the depression cone gradually formed; The goaf water of small mines in east area can't discharged on account of supplied by reservoir, while the west area opposite; The goaf water threaten the mine safety in shallow coalfield, while the water inrush risk of Ordovician aquifer gradually increases and Ordovician karst water becomes the key dangerous factor; The confluence zone of Ordovician karst water is the highest water inrush risk area due to the rich-water property and strong run-off. The spatial-temporal differences and variation rules of mine water filling condition in Xin'an Coalfield are the scientific basis for formulating the targeted water control countermeasures.

Keywords: Xin'an Coalfield; mine water filling condition; spatial-temporal variation; goaf water of small mine; groundwater depression cone; Xiaolangdi reservoir

收稿日期: 2017-10-08

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(41130419)

作者简介: 李松营(1967—), 男, 河南巩义人, 博士, 教授级高级工程师, 从事矿井防治水、物探等方面的科研与管理工作, E-mail: Lea161@163.com。

引用格式: 李松营, 杨培, 申青春, 等. 新安煤田矿井充水条件时空变化规律研究 [J]. 煤炭工程, 2018, 50(11): 103-107.

新安煤田矿井曾发生过大型或特大型底板奥灰含水层突水事故4次,造成淹井或淹工作面,经济损失高达数百元^[1-4];也发生过老空水溃入事故多次,其中一次导致42人死亡^[5];发生顶板砂岩水突水量超过100m³/h的7次,较严重地影响工作面正常回采;小浪底水库设计最高水位+275m,淹没新安煤田49.5km²,存在水下采煤难题^[6-8]。新安煤田矿井充水条件复杂,存在多种水害,被形象地称为“脚踏承压水,怀揣小窑水,头顶水库水”。水害防治形势严峻。

区域水文地质条件时空差异决定了矿井充水条件变化;准确把握矿井充水条件是做好矿井防治水工作的基础^[9-11]。新安煤田矿井充水条件伴随区域水文地质条件在小浪底水库蓄水前后以及前后期、开采前后并随着季节改变等发生演变,在煤田东部与西部、浅部与深部以及地层垂向上等方面存在着空间性差异^[12,13]。关于新安煤田水文地质条件与矿井充水条件已有较多科研成果^[14-20],但之前没有针对其矿井充水条件时空变化开展过专门研究。研究并掌握矿井充水条件时空差异可以为制定差异化的、针对性的防治水措施提供科学依据。

1 煤田与区域水文地质概况

1.1 煤田概况

新安煤田地处河南省西部,面积约700km²,主采二叠系下统山西组₂煤,剩余煤炭资源30亿t,为义马煤业集团主要煤田之一。现有4对大型生产矿井、1对中型生产矿井,水文地质单元与煤田位置关系如图1所示,合计生产能力约600万t/a。地表属丘陵地形,西高东低。煤田西北部为煤层出露区,地层倾向SE。新安煤田位于新安水文地质单元之内。小浪底水库为该区的常年地表水体。新安井田、云顶井田在煤田浅部与小煤矿采空区相邻,深部则以-200m煤层底板等高线为界,与新义、义安、孟津三井田毗邻;新义、义安、孟津三井田深部以-600m煤层底板等高线为开采下限。新安煤矿矿井水文地质类型属极复杂,其它煤矿中等~复杂。

1.2 区域水文地质概况

新安水文地质单元为一完整的岩溶水系统。区内发育

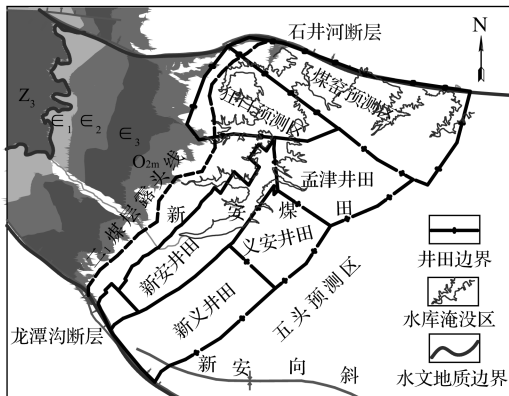


图1 水文地质单元与煤田位置关系图

有岩溶、裂隙承压含水层和地表潜水含水层,水文地质柱状图如图2所示。寒武系灰岩和奥陶系灰岩岩溶发育,二者水力联系密切,厚度数百米,是区域内最主要含水层;石炭系灰岩、二叠系砂岩等承压含水层厚度小、富水性弱、相互间缺乏水力联系;第四系松散潜水含水层厚度小、岩性不一、片状或条带状分布,富水性差别较大。石井河断层为新安水文地质单元北界,龙潭沟断层系西南边界,元古界石英砂岩露头线构成西北隔水边界,地层倾向东南逐渐形成深部滞流边界(见图1)。天然条件下,西北部约108km²的灰岩露头区是地下水的主要补给区域,接受大气降水;然后,岩溶地下水沿地层倾向流向东南,至深部滞流区后再折向东北,最终排泄入黄河。小浪底水库蓄水以来,地表水也成为地下水的重要补给水源。

地层			厚度/m	柱状	主要含水层
系	统	组			
第四系			0~84		第四系孔隙潜水含水层
新近系			0~50		
三叠系	下统	刘家沟组	0~220		
二叠系	上统	石千峰组	170~280		平顶山砂岩裂隙承压含水层
		上石盒子组	43~100		
	下统	下石盒子组	160~220		石盒子组砂岩裂隙承压含水层
		山西组	200~283		山西组砂岩裂隙承压含水层
石炭系	上统	太原组	76~136		太原组灰岩岩溶承压含水层
	中统	本溪组	35~60		6~16
奥陶系			>65		奥陶系灰岩岩溶承压含水层
寒武系			>300		寒武系灰岩岩溶承压含水层

图2 水文地质柱状图

2 矿井充水条件时空变化

2.1 主要充水水源

1) 大气降水、地表水、潜水:在煤层埋深较浅的区域,若采后导水裂隙沟通地表或潜水含水层,大气降水、地表水、潜水就可对矿井起充水作用,甚至威胁矿井安全。

2) 小窑水:煤田范围内分布有数以千计的古时期煤窑和已关闭的近现代小煤矿,主要分布在+100m以浅区域,存在大量积水,一旦误揭或防水煤柱留设不足,就可能导致小窑水溃入事故,威胁矿井安全。

3) 岩层水: 主要包括顶板砂岩水、底板太灰水与奥灰水等。大占砂岩、香炭砂岩等砂岩含水层位于煤层顶板, 在采后冒落裂隙、导水裂隙沟通等条件下常以滴、淋形式向矿井充水, 是矿井的顶板直接充水含水层; 太原组薄层灰岩含水层位于煤层底板, 采后底板破坏带波及, 常以涌水形式进入采掘场所, 是矿井的底板直接充水含水层。二者由于含水层厚度小、富水性弱、补给不足, 不对矿井构成安全威胁, 却是矿井的直接的、经常性的充水因素, 是日常矿井水的主要组成部分。奥灰含水层厚度大、补给充沛、富水极不均匀, 距₂煤层一般 50~60m, 现生产采区奥灰水压 3.0~6.0MPa, 现开发井田深部最高水压达 8.0MPa 以上, 采掘场所通过富水(径流)条带时, 若底板隔水层薄弱, 就可能引起奥灰含水层突水, 威胁矿井安全。

2.2 矿井充水条件时间性变化

2.2.1 水库蓄水前后

1) 小浪底水库蓄水之前, 不存在常年地表水体, 河水仅在汛期对浅部小煤矿起阶段性充水作用, 甚至能造成淹井; 现生产煤矿由于采深大, 导水裂隙难以波及地表, 受其影响较小。蓄水之后, 最高水位时, 约 49.5km² 煤田面积(新安井田 12.5km²、孟津 3.5km²、义安 0.1km²) 被淹没。水下采煤时, 地表水可能起充水作用; 若措施失当, 还可能威胁矿井安全。

2) 蓄水之前, 奥灰岩溶水排入黄河, 排泄出口在 +230m 以下; 之后, 水库水通过原有排泄通道进行反向补给, 但在上游高水位作用下, 地下水最终仍排入水库, 但排泄出口上移, 下游地下水位最大提高 50m 并变得平缓, 煤层底板承受水压最大提高 0.5MPa, 新安煤矿东翼最大提高 0.2MPa, 突水风险增加。

3) 蓄水之前, 浅部小窑水以静储量为主, 尚具可疏性; 之后, 库区内数十个小煤矿直接被淹, 库区小窑水受水库水补给, 不具可疏性, 危害剧增, 一旦透水, 就难以治理。

2.2.2 水库蓄水初期与后期

蓄水初期, 地表水直接淹没裸露基岩, 不仅起到侧向补给地下水作用, 还可以通过沟通地表的采后导水裂隙等下渗进入矿井; 到后期, 在持续的风化、沉积作用下, 库区底部将形成泥沙淤积层或软弱粘土层^[17], 能够削弱或隔绝地表水补给和下渗。

2.2.3 初采与其后

1) 矿井首采工作面涌水量往往较大, 多在 100m³/h 以上, 其中新义煤矿首采面最大涌水量超过 300m³/h; 其后, 随着顶板砂岩水和底板太灰水逐渐被疏干, 工作面涌水量明显减小, 多在 20m³/h 以下。

2) 随着底板探查孔放水、井下水文孔取水等, 开采区域奥灰含水层水位不同程度下降, 奥灰水位等值线图如图 3 所示, 其中新义矿下降近 200m, 底板承受奥灰水压减小 2MPa, 突水风险也明显降低。

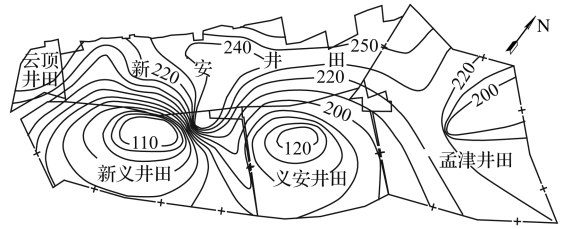


图3 2016年1月奥灰水位等值线图(m)

2.2.4 季节性变化

随着降水强度的季节性变化以及相应的周期性蓄泄水, 水库水位规律性地升降, 水面周期性地涨缩。矿井涌水量不同程度地呈现季节性变化。新安、义安、孟津等 3 个井田淹没区面积约 12.7km², 其中 78.9% 属间歇性淹没区。地表水随涨缩决定了矿井的充水作用强弱变化, 地表水面积越大, 其直接或间接充水作用也越强。煤层底板承受的奥灰水压也随着地下水位季节性涨落而大小变化, 奥灰水位越高, 其充水作用越强。奥灰水位高位期, 易发生奥灰突水, 4 次奥灰突水中的 3 次处于这一时期^[1-4,9]。

2.3 矿井充水条件空间性差异

2.3.1 煤田东部与西部

1) 小浪底水库淹没区集中在煤田东部, 而西部仅发育有畛河等季节性河流。因此, 水下采煤主要在东部, 地表水威胁集中在东部。

2) 小窑水是矿井的重要充水因素, 但东、西部存在差异。受石寺镇保护煤柱阻隔, 东部小窑水与水库水联系密切, 而西部小窑水不受水库水影响。东部小窑水不具可疏性, 对矿井安全威胁更为严重, 新安煤田东西部小窑水差异性如图 4 所示。

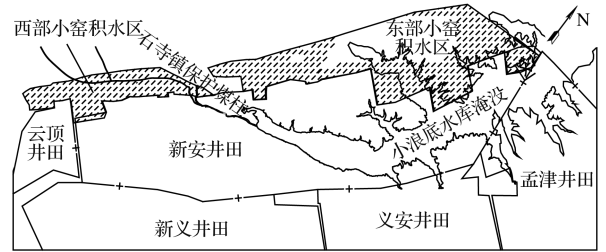


图4 新安煤田东西部小窑水差异性图

2.3.2 煤田浅部与深部

1) 浅部, 采后导水裂隙可以沟通地表或潜水含水层, 大气降水、地表水、潜水可对矿井起充水作用; 随着采深增加, 采后导水裂隙逐渐远离地表, 大气降水、地表水、潜水对矿井的充水作用逐渐减弱直至消除。因此, 浅部小煤矿矿井涌水量呈现明显的季节性变化, 而深部的新义、义安、孟津等三矿的矿井涌水量季节性特征不明显。

2) 浅部, 顶板砂岩水、底板太灰水对矿井充水作用较强; 随着采深增加, 由于侧向补给不足, 充水作用减弱。

浅部,煤层底板承受的奥灰水压较小,突水风险小;向深部,奥灰突水系数随水压增加,奥灰突水风险增加,奥灰水成为矿井防治水工作的重点,奥灰突水系数等值线图如图5所示。

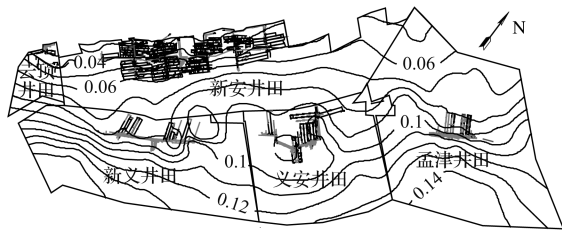


图5 奥灰突水系数等值线图(MPa/m)

2.3.3 二₁煤小窑水与七₂煤小窑水

二₁煤小窑水主要分布于新安、云顶井田的浅部,七₂煤小窑水分布于新安井田深部与义安、孟津井田局部区域,如图6所示。二₁煤小窑水对矿井起充水作用,是新安、云顶两矿矿井水的重要组成部分;而七₂煤小窑水距开采煤层二₁煤超过370m,采后导水裂隙带距七₂煤采空区尚远,故七₂煤小窑水一般不对矿井开采造成影响,不起充水作用。

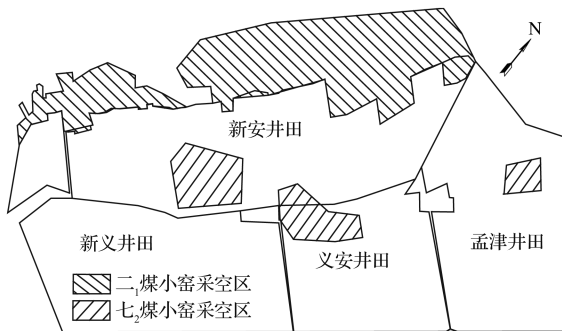


图6 不同煤层小窑水位置分布图

2.3.4 顶板水与底板水

顶板水来自砂岩裂隙承压含水层,采后导水裂隙沟通后多以滴、淋形式进入工作面,有时影响工作面正常生产,水质类型多为 HCO_3^- -Na型水;底板水主要来自太灰与奥灰岩溶承压含水层,以涌水、突水等形式进入矿井,可能威胁矿井安全,水质类型为 HCO_3^- -Ca·Mg型水。

2.3.5 太灰水与奥灰水

太原组灰岩含水层距煤层一般不足15m,采后底板破坏带裂隙直接沟通,以小股涌水形式进行采掘场所,但由于其厚度小、裂隙不发育、补给不足,富水性弱,涌水量一般小于 $10 \text{ m}^3/\text{h}$,且易于疏干,仅对正常生产造成影响;而奥陶系灰岩含水层,与下伏寒武系含水层水力联系十分密切、厚度大、岩溶发育、补给充沛,富水性强而不均,虽不是矿井日常的充水因素,但若措施失当,则易造成大型、特大型突水,甚至导致淹井。

2.3.6 奥灰含水层的富水性差异

奥陶系灰岩含水层,在垂向与水平方向上均存在差异

性。在垂向上,奥灰含水层由于岩性、古风化壳风化裂隙发育及充填程度的不同,富水性存在差异;上覆隔水层强弱不同,最薄不足40m,最厚超过70m,局部还受构造破坏,就造成充水作用的差异。在水平方向上,新安水文地质单元划分为补给区、顺层径流区、折向汇流区、缓流滞流区和排泄区等,奥灰含水层富水性分区与突水点分布如图7所示。折向汇流区裂隙溶隙发育,富水性强,地下水集中径流,是易发生大型、特大型突水的区域,且突水后治理难度大,已发生的4次大型以上突水均处于这一区域^[16]。缓流滞流区,处于煤田深部,裂、溶隙不发育或发育却与主径流区水力联系弱、补给不足,虽突水系数大,易突水,但也较易治理或疏降,在没有采取疏水降压措施的情况下,该区域水位最大降深曾达近200m。

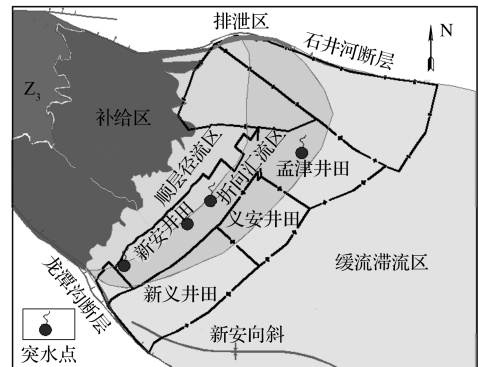


图7 奥灰含水层富水性分区与突水点分布图

3 结论

1) 新安煤田矿井充水条件存在明显的时间性差异与变化规律。小浪底水库蓄水后,不仅出现了大面积水下采煤问题,还由于煤田东部煤层底板承受水压最大提高0.2~0.5MPa,使得突水风险有所增加,还直接淹没了库区数十个小煤矿,使得大矿小窑水威胁更加严重;蓄水后期,逐渐形成泥沙淤积层与软弱粘土层有利于减弱地表水的充水作用。地表水的充水作用随水面的季节性涨缩而变化。初采工作面,顶板砂岩水与底板太灰水充水作用较强,工作面涌水量较大,之后则趋于减弱。

2) 新安煤田矿井充水条件存在明显的空间性差异与变化规律。煤田浅部与小煤矿相邻地带,小窑水充水作用明显,威胁采掘与矿井安全。在浅部,顶板砂岩水是矿井的主要充水因素;往深部,奥灰突水危险趋于增加。煤田东部小窑水受水库水补给,不具可疏性;而西部不受水库水补给,具可疏性。奥灰含水层的折向汇流区是奥灰突水危险的集中条带,易发生大型、特大型突水,是奥灰水防治的重点区域。

3) 新安煤田矿井充水条件的时空差异与变化规律是制定针对性、差异性、经济性矿井防治水措施的科学依据。

参考文献:

- [1] 李松营. 应用动水注浆技术封堵矿井特大突水 [J]. 煤炭科学技术, 2000, 28(8): 28-30.
- [2] 李松营, 武强, 滕吉文, 等. 新安矿 13151 工作面煤壁侧底板突水分析 [J]. 中国煤炭, 2015, 41(6): 40-43.
- [3] 张建英, 张东营. 孟津矿 11011 工作面突水水源判别及高压动水注浆研究 [J]. 中国煤炭, 2015, 41(6): 110-113.
- [4] 李松营, 李书文. 综合物探的奥陶系灰岩突水预警技术 [J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2013, 32(5): 552-555.
- [5] 赵铁锤. 全国煤矿典型水害案例与防治技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2007.
- [6] 谭志祥, 周鸣, 邓喀中. 断层对水体下采煤的影响及其防治 [J]. 煤炭学报, 2000, 25(3): 256-259.
- [7] 高保彬, 刘云鹏, 潘家宇, 等. 水体下采煤中导水裂隙带高度的探测与分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2014, 30(S1): 3384-3390.
- [8] 孙越英, 王佩钰, 张大志. 浅析小浪底水库蓄水对库区济源段煤矿采空塌陷区的影响 [J]. 水文地质工程地质, 2006(1): 72-75.
- [9] 孙文洁, 王亚伟, 李学奎, 等. 华北型煤田矿井水文地质类型与水害事故分析 [J]. 煤炭工程, 2015, 47(6): 103-105.
- [10] 尹尚先. 煤矿水害防治基础科学发展思考 [J]. 煤炭工程, 2016, 48(S2): 96-100.
- [11] 徐连利, 李林记, 石勇丽, 等. 精准基础水文地质工作在复杂条件煤矿防治水中的应用研究 [J]. 煤炭工程, 2016, 48(S2): 51-55, 59.
- [12] 吕东亮, 李松营, 张春光, 等. 新安煤田区域水文地质条件时空差异 [J]. 中国煤炭地质, 2017, 29(11): 35-40.
- [13] 杨建, 王心义, 李松营, 等. 新安矿井突水水源的水化学特征分析 [J]. 矿业研究与开发, 2005, 25(4): 70-73, 77.
- [14] 李松营. 新安煤田小浪底水库下采煤地表水防治技术研究 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2010.
- [15] 陈亮亮. 新安煤田煤层隐伏断层突水危险性数值模拟研究 [D]. 焦作: 河南理工大学, 2015.
- [16] 张春光, 杨培, 张万鹏, 等. 新安煤田奥灰水特征与防治技术 [J]. 煤矿现代化, 2016(5): 43-45.
- [17] 张春光, 李松营, 廉洁, 等. 底板岩溶径流带综合探查技术 [J]. 煤炭工程, 2017, 49(2): 49-51.
- [18] 张万鹏, 张春光, 杨培. 新安煤田水文地质条件分析及防治水工作建议 [J]. 能源技术与管理, 2016, 41(4): 3-5.
- [19] 李松营, 张春光, 杨培, 等. 水文地质条件时空差异与防治水对策研究 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
- [20] 张俊华, 马怀宝, 王婷, 等. 小浪底水库支流倒灌与淤积形态模型试验 [J]. 水利水电科技进展, 2013, 33(2): 1-4.

(责任编辑 张宝优)