

榆神矿区浅埋煤层多重水体下大采高综采水害影响评价

郭守泉^{1,2}, 宋业杰^{1,2}

(1. 天地科技股份有限公司 开设计事业部, 北京 100013; 2. 煤炭科学研究总院 开采研究分院, 北京 100013)

[摘要] 榆神矿区3煤顶板多重水体并存,对区内浅埋深厚煤层开采构成了水害威胁。以榆神矿区某矿为例,煤层顶板赋存有3类共6重水体,通过分析覆岩水体的赋存条件,确定了不同水体的富水性特征。基于3煤覆岩结构和类似条件矿井开采实践,预计了薄基岩厚土层条件下3煤7m大采高综采的覆岩破坏高度,计算了不同类型安全煤岩柱的尺寸。根据覆岩水体的富水性特征和空间分布,分析了不同水体对3煤大采高综采的水害影响程度,得出基岩风化带含水层、顶板基岩含水层和烧变岩含水层对3煤开采构成直接充水影响;黄土孔隙裂隙含水层对3煤开采构成溃砂影响;萨拉乌苏组含水层、地表十八墩河对3煤开采不构成直接充水影响。为确保安全,在3煤开采前须对基岩风化带含水层局部富水性较好的区域提前疏放,对烧变岩含水层留设20m的侧向防隔水煤岩柱。

[关键词] 浅埋煤层; 多重水体; 大采高综采; 薄基岩; 水害评价

[中图分类号] TD745.21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225(2018)06-0117-05

Evaluation of Water Disaster Influence of Fully Mechanized Mining with Multiply Water Body in Shallow of Yushen Mine Area

GUO Shou-quan^{1,2}, SONG Ye-jie^{1,2}

(1. Coal Mining & Designing Department, Tiandi Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100013, China;

2. Mining Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China)

Abstract: Multiply water bodies existed in coal seam of Yushen coal mine area, and within the area the thick coal seam in shallow mining was influenced by the water bodies. It taking one coal mine of Yushen mine district as an example, in total six water bodies as three kinds existed in roof, the watery of different water body was confirmed based on occurrence condition of overburden body. Based on similar mining situation and overlying strata structure of the third coal seam, and then overburden failure height of fully mechanized coal mining with mining height 7m under thin base rock and thick soil layer was predicted, and different safety coal pillar sizes were also evaluated. Water disaster influence of different water bodies to mining were analyzed based on overburden watery and spatial distribution, and then directly influence that water filling to mining were obtained, which include weathering zone aquifer base rock, aquifer of roof base rock and burnt rock aquifer. Sand inrush induced by loess pore and fracture aquifer to mining of No. 3 coal seam, directly water filling influence to No. 3 coal seam mining by Salawusu group aquifer and Shibadun river would not appeared. So some rich water region of base rock weathering zone should be drained before mining, lateral waterproof coal and rock pillar with size 20m in burnt rock zone should be retained.

Key words: coal seam in shallow; multiply water body; fully mechanized mining with large mining height; thin base rock; water disaster evaluation

榆神矿区地处神府矿区南部,是国家14个大型煤炭基地之一的陕北煤炭基地重要组成部分,矿区面积为5500km²,探明储量30.1Gt,矿区主采煤层厚度平均为10m,最厚可达12m。区内煤炭资源埋藏浅、厚度大、基岩薄,地表大部为萨拉乌苏组富水砂层覆盖,矿区东部边界烧变岩含水层发育,烧变岩积水区静储量丰富,上述水体是影响浅埋深

厚煤层开采的主要水体^[1-2]。榆神一期规划区自1998年开始建设,国内学者针对该矿区浅埋深厚煤层开采的安全性进行了诸多研究。魏久传、蒋泽泉等人通过地面钻孔、井下仰上钻孔和实验室模拟、数值模拟等方法对榆神矿区浅埋深厚煤层开采的导水裂缝带高度进行了研究探索,分析了导水裂缝带发育规律和空间形态^[3-5];弓培林、王金安等

[收稿日期] 2018-09-17

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金资助(51704161)

[作者简介] 郭守泉(1979-),男,黑龙江尚志人,高级工程师,主要研究方向为煤矿围岩控制与灾害防治。

[引用格式] 郭守泉,宋业杰.榆神矿区浅埋煤层多重水体下大采高综采水害影响评价[J].煤矿开采,2018,23(6):117-121.

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2018.06.027

人应用现场观测、理论分析、数学建模、实测验证等方法,研究了浅埋煤层开采的采场矿压显现规律及地表移动规律,认识到浅埋深厚煤层开采的覆岩破断、地表沉陷受顶板关键层和工作面开采参数影响^[6-10];武东恩、李磊等人研究了浅埋深薄基岩水体下厚煤层开采的水害类型和影响因素,提出了相应的防治水方法^[11-12]。

国内学者关于榆神矿区浅埋深厚煤层开采安全性的研究主要集中在 3 个方面:

(1) 矿区水文地质条件、水害类型及影响因素研究。

(2) 煤层开采的导水裂缝带发育规律研究。

(3) 工作面覆岩破断、地表移动与矿压显现规律研究。

因榆神矿区煤层顶板发育有多个富水含水层,煤厚大、埋藏浅,厚煤层一次全厚回采后的采动破坏剧烈,采动裂缝可能成为覆岩含水层向采场空间涌水的通道,对生产安全构成威胁。榆神矿区水体赋存形式多样,区内多重水体对厚煤层规模化开采的水害影响相关研究不多,少数学者分析了可能形成的水害类型。

本文以榆神矿区某矿为例,在分析 3 煤覆岩水体赋存特征的基础上,基于覆岩结构特征对 3 煤覆岩破坏高度进行预计,揭示了 3 煤大采高综采工作面充水条件,分析了浅埋煤层多重水体下大采高开采的安全性,提出 3 煤大采高综采安全开采的水害防治方案。

1 工程概况

榆神矿区某矿位于陕北侏罗纪煤田东部,隶属榆林市榆阳区麻黄梁镇管辖。井田处于毛乌素沙漠与黄土高原过渡地带,多为低缓的黄土梁岗区,地表大部为风积沙出露,局部沟壑区域出露地层为黄土。主采 3 号煤层厚度 0~8.80m,平均 8.13m,采用大采高综采工艺回采,设计采高 7m。煤层埋深一般 140~190m,走向平缓。

矿井水文地质条件较复杂,井田地表有常年性河流十八墩河,煤层顶板赋存有第四系萨拉乌苏组孔隙潜水含水层、离石组黄土孔隙裂隙潜水含水层、基岩风化带孔隙裂隙含水层、3 煤顶板基岩裂隙含水层和烧变岩孔洞裂隙含水层,各水体垂向位置关系如表 1 所示。3 煤开采属于浅埋煤层多重水体下大采高综采,由于采厚大,埋深浅,采动破坏对覆岩含水层影响剧烈。

2 覆岩水体富水性特征

(1) 地表十八墩河 十八墩河近东西向从井

表 1 3 煤顶板水体类型及基本特征

水体名称	类型	基本特征
十八墩河	地表水	常年性河流
萨拉乌苏组含水层	松散潜水	强富水
离石组黄土含水层	含水层	弱富水
基岩风化带含水层		弱至中等
烧变岩孔洞裂隙含水层	裂隙承压	强富水
3 煤顶板基岩含水层	含水层	弱富水

田中部穿过,为头道河的一级支流,为常年性河流,流量约 10 L/s,雨季流量大。十八墩水库汇水区进入井田约 400m,水深 0~1.5m,宽 30~50m。

(2) 萨拉乌苏组含水层 该含水层分布于井田内十八墩河河谷底部及大敦梁村东北部低凹滩地处,宽约 200~300m,长约 1000m,含水层基本上呈面状连续分布于滩地区,地层主要由松散的粉砂和细砂夹粉土组成,水位埋深浅,含水层厚度 4~13m,单位涌水量 0.142~1.1175L/(s·m),富水性中等~强,竖井调查涌水量达 800m³/d,与地表水和大气降水水力联系密切。

(3) 离石组黄土孔隙裂隙含水层 全区分布,在井田的北部和南部部分出露,部分地段为风积沙覆盖,部分地段隐伏于现代冲湖积地层之下。区内黄土厚 34~132.63m,平均 73.92m。含水层岩性主要为粉土质黄土,厚度一般为 25~70m,水位埋深 16.30~19.72m,单位涌水量 0.0124~0.0128 L/(s·m),渗透系数 0.009~0.013m/d,富水性弱。

(4) 基岩风化带裂隙承压含水层 该含水层位于新近系红土底界以下,为基岩顶部的风化裂隙带,一般厚 20m 左右。据井田东北部 Y24 钻孔抽水试验成果,单位涌水量 0.0015L/(s·m),渗透系数 0.003m/d;又据井田西北侧七山煤矿、二墩煤矿和白鹭峁煤矿竖井调查,基岩风化裂隙带内静储量丰富,最大涌水量达 400~800m³/d。因而,研究区基岩风化带顺层方向富水不均一性显著,其含水情况受风化裂隙发育情况控制,整体富水性弱,局部富水性中等。

(5) 烧变岩区孔洞裂隙水 分布于本井田东南部边界附近,厚度 6.47~17.40m,岩石较为破碎,孔洞裂隙发育,为区域主要含水层。煤层烧变后的孔隙裂隙为地下水提供了良好的储水空间及导水通道。在地表沟谷地区烧变岩出露,接受地表降水补给,烧变岩泉流量可达 17.00~250.8L/s,属极富水水体。相邻某煤矿曾因烧变岩突水导致巷道

及生产机械被淹, 矿井井巷揭露实测烧变岩水压达 0.44 MPa, 稳定出水量达 300 m³/h 以上。说明烧变岩含水层富水性强, 静储量较大。

(6) 3 煤顶板碎屑岩类裂隙承压水 分布于 3 煤层顶板, 含水层岩性以延安组第四段的中粒砂岩为主, 夹少量细砂岩, 厚 12~28 m, 平均 22.85 m。含水层水位埋深 12.49~34.69 m, 含水层厚度 25.40~67.93 m, 单位涌水量 0.0001~0.095 L/(s·m), 渗透系数 0.007~0.367 m/d, 富水性弱。

在垂向上, 受厚层新近系红土隔水层阻隔, 基岩含水层与第四系松散潜水含水层水力联系弱。烧变岩孔洞裂隙含水层侧向与基岩风化带裂隙含水层、垂向与地表降水均有密切水力联系。

3 覆岩破坏高度预测

3.1 覆岩岩性结构

根据井田钻孔工程地质及岩土力学的测试结果, 该矿 3 煤覆岩岩(土)体分为 3 大岩类。

(1) 极软弱岩类 包括松散沙层和土层, 总厚度为 104~142 m, 是 3 煤覆岩的主要构成岩类。松散沙层包括风积沙、冲洪积砂层及萨拉乌苏组冲湖积砂层; 土层包括离石组黄土和新近系红土。研究区极软弱岩类井田范围全区分布, 松散沙层孔隙率大, 松散透水, 厚度 5~15 m; 黄土在部分梁峁地区出露地表, 厚度 50~80 m, 抗剪强度较大, 为非湿陷性黄土; 红土全区分布, 隐伏于中更新统离石组黄土之下, 厚度为 11.54~93.98 m, 红土层隔水性好, 天然状态具有一定的固结性, 单轴抗压强度约 4 MPa。

(2) 软弱岩类 包括煤层、烧变岩及风化基岩, 钻孔资料显示该类岩层厚度为 20~35 m。3 号煤层为主采煤层, 平均厚度 8.10 m, 煤层饱水抗压强度 7.8~15.1 MPa, 属软弱岩石; 烧变岩因所处地段的不同, 其烘烤程度轻重不一, 主要位于开采范围以外, 饱水抗压强度 8.2 MPa, 属劣质的软弱岩石; 风化基岩包括泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩等, 全区分布, 强度较低, 强风化段岩石节理裂隙发育, 完整性差, 强度均较低, 平均饱水抗压强度 15.08 MPa。

(3) 中硬岩类 主要为 3 煤顶板未风化的砂岩, 钻孔揭露该类岩层厚度为 3~30 m, 岩性以中~细粒砂岩为主, 粗粒砂岩及粉砂岩次之, 多为泥质、钙质胶结, 泥质胶结的强度相对较小, 钙质胶结的强度较大, 平均饱水抗压强度 38.87 MPa。

可见, 研究区 3 煤顶板完整基岩厚度较薄, 受

基岩风化的影响, 基岩柱强度降低。3 煤覆岩以软弱和极软弱岩层为主、厚土层薄基岩的“下硬上软”型覆岩结构, 应属于软弱偏中硬类型。

3.2 覆岩破坏高度预计

榆神矿区厚土层、薄基岩条件下的煤层开采尚无覆岩破坏高度实测资料, 周边麻黄梁煤矿在开采期间曾遇到基岩较薄区域, 可提供一定的借鉴。麻黄梁煤矿位于研究矿井的东北部, 主采 3 煤, 平均煤厚 9.09 m, 应用综放开采工艺。新近系红土层全区发育, 厚度为 56.11~114.84 m, 根据钻孔统计两者累计厚度为 79.3~156.19 m。麻黄梁煤矿已回采工作面实测最低基岩厚度仅 20 m, 自矿井首采面开采以来, 工作面开采期间的涌水量始终稳定在 20~30 m³/h 左右, 工作面附近的地表水源井水位未发生显著下降。由工作面涌水量和水源井水位可以判断 3 号煤层综放开采未导通萨拉乌苏组含水层, 红土层较好地抑制了导水裂缝带的发育, 对比矿井基岩柱与煤层厚度, 可以得出其裂采比应小于 10。

另外, 华北的邢台矿区、华东的兖州矿区开展了较多浅埋深、厚松散层、薄基岩条件下煤层开采的覆岩破坏高度实测研究。据实测数据, 软弱岩性条件下的“两带”高度比中硬岩性一般能降低 30%~40%。多个煤矿的实测值可知, 浅埋煤层厚松散层、薄基岩条件下开采的裂高值或裂采比呈现出随岩柱高度的缩小而减小的规律, 即当岩柱高度大于 30 m 时, 裂采比大于 8; 当岩柱高度为 20~30 m 时, 裂采比为 6~8; 当岩柱高度小于 20 m 时, 裂采比为 4~6, 垮采比为 2~4^[14-15]。

开采实践分析可知, 薄基岩条件下的覆岩厚土层具有较好的隔水性和抗裂能力, 在其受载后易于密实, 在产生裂隙或断裂后, 在围压作用下具有自愈性特点, 裂隙、裂缝易于弥合, 从而可以有效抑制导水裂缝带的发育, 即使开采引起的导水裂缝带上部的微小裂隙进入到土层, 由于其较好的膨胀性, 裂缝会在采动影响的发生和发展过程中自行闭合, 使导水裂缝带高度降低。

参考麻黄梁煤矿的实际开采成果, 结合国内类似地层的覆岩破坏发育规律, 预计研究区 3 煤大采高开采时导水裂缝带高度与采厚的比值取 10 是较为适宜的。参考华东和华北矿区的开采实践, 3 煤开采的垮采比取 3。在采高 7 m 的情况下, 导水裂缝带高度为 70 m, 垮落带高度为 21 m。按照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》^[16]中规定, 选取 2 倍的采厚作为安全煤岩柱的

保护层厚度,则防水安全煤岩柱高度为 84m,防砂安全煤岩柱高度为 35m,防塌安全煤岩柱高度为 21m。

4 多重水体水害影响评价

影响研究区 3 煤开采的水体包括地表水体和地下水,地表水体为十八墩河,地下水体包括萨拉乌苏组孔隙潜水含水层、黄土孔隙裂隙潜水含水层、基岩风化带含水层、3 煤顶板基岩含水层和烧变岩含水层。

4.1 萨拉乌苏组含水层的水害影响

萨拉乌苏组含水层为局部发育、富水性中等的含水层,下伏煤层开采时,需对该含水层留设防水安全煤岩柱。当采厚为 7m 时,萨拉乌苏组含水层底界与 3 煤顶板间的煤岩柱高度应不小于 84m。萨拉乌苏组底部的黄土弱含水层、新近系红土层和 3 煤顶板基岩都可作为防水安全煤岩柱的组成部分。图 1 为防水安全煤岩柱厚度分布,可见,在萨拉乌苏组含水层赋存的地段满足留设防水煤岩柱条件,在该地段开采时,导水裂缝带不会波及萨拉乌苏组含水层,萨拉乌苏组含水层对工作面的开采不构成直接充水影响。

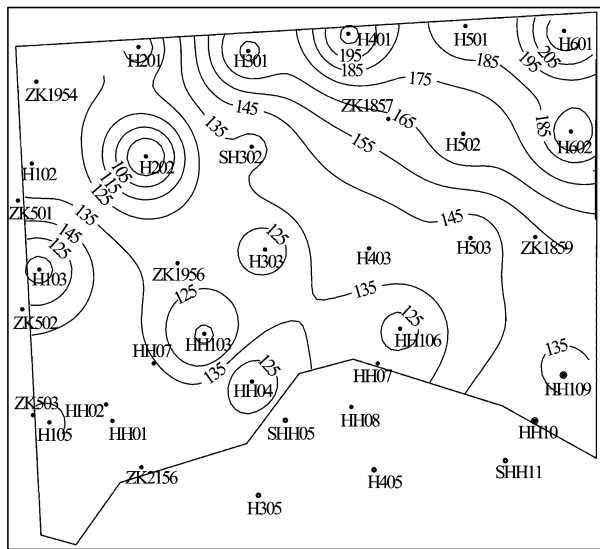


图 1 萨拉乌苏组孔隙中等富水含水层防水安全煤岩柱高度等值线

4.2 十八墩河对矿井的水害影响

十八墩河从井田穿过,河流穿过的区域赋存萨拉乌苏组含水层。十八墩河对矿井的充水影响是通过补给萨拉乌苏组含水层间接对矿井充水,因 3 煤工作面开采时萨拉乌苏组含水层不会对工作面直接充水,因此,十八墩河也不会对工作面直接充水。

4.3 黄土孔隙裂隙含水层的水害影响

该含水层富水性弱,对工作面的充水影响小。但由于第四系地层固结程度差,较松散,工作面开采时会产生溃砂威胁,因此,需对黄土孔隙裂隙潜水含水层留设防砂安全煤岩柱。当采厚 7m 时,黄土孔隙裂隙含水层底界与 3 煤顶板间的煤岩柱高度应不小于 35m,图 2 为防砂安全煤岩柱厚度分布。可见,除 H303 钻孔周边小范围外,均满足对黄土孔隙裂隙潜水含水层留设防砂安全煤岩柱,黄土孔隙裂隙潜水含水层对矿井仅产生充水影响,不会出现溃砂事故,不会对矿井的安全构成威胁。在 H303 钻孔周边小范围区域不满足对黄土孔隙裂隙含水层留设防砂煤柱,如不采取限厚等控制采动裂缝发育高度的措施,可能形成溃砂灾害。

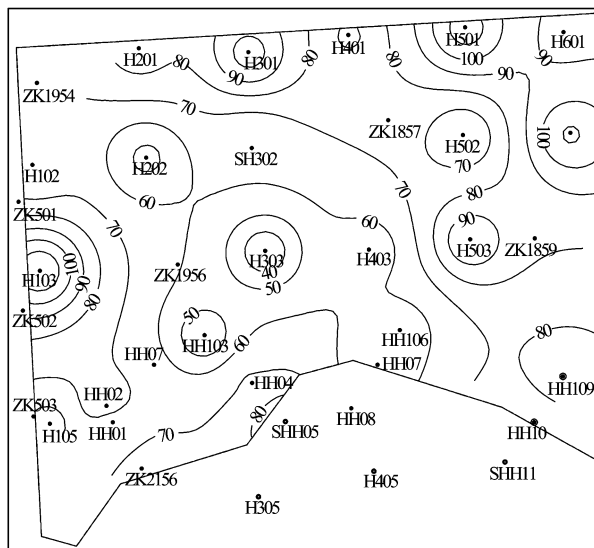


图 2 黄土孔隙裂隙弱含水层防砂安全煤岩柱高度等值线

4.4 基岩风化带含水层的水害影响

基岩风化带含水层富水情况受风化裂隙发育情况控制,总体富水性较弱,局部富水性中等。下伏煤层开采时,需对该含水层留设防水安全煤岩柱,在采厚 7m 时,防水安全煤岩柱厚度应不小于 84m。3 煤顶板的完整基岩可作为基岩风化带含水层防水安全煤岩柱的组成部分。图 3 为 3 煤基岩柱厚度等值线,可见,在井田范围内基岩柱厚度基本不足 30m,均不满足对基岩风化带留设防水安全煤岩柱。

因此,基岩风化带含水层将对 3 煤开采产生充水影响。井田范围基岩风化带总体富水性弱,对矿井影响较小。但由于基岩风化带存在局部富水性中等的区域,可能对矿井生产形成强度较大的涌水,井田范围基岩厚度薄,具有发生突水灾害的可能。因此,为避免发生突水灾害,在矿井回采前,应对顶板基岩风化带含水层的富水性进行探测,对富水

