文章编号:0253 - 9993(2010)01 - 0007 - 08

生态脆弱矿区含(隔)水层特征及保水开采分区研究

王双明[1,2],黄庆享[1],范立民[3],杨泽元[4],申　涛[3]

(1. 西安科技大学 能源学院,陕西 西安　710054;2. 陕西省煤炭工业局,陕西 西安　710001;3. 陕西省煤炭地质测量技术中心,陕西 西安 710001;4. 长安大学 环境科学与工程学院,陕西 西安　710054)

摘　要:研究发现,沙漠区植被对地下水水位埋深具有很强的依赖性,揭示了陕北榆神府矿区内合理生态地下水位埋深为 1.5 ~ 5.0 m,煤层开采的导水裂隙导致地下水位下降,表生生态退化,控制地下水水位是生态脆弱矿区科学开采的核心。室内模拟实验和开采实践表明,当煤层上覆隔水岩组厚度≥33 ~ 35 倍采高时,煤层开采不会导致地下水位下降;煤层上覆隔水岩组厚度≤18 倍采高时,煤层开采会破坏隔水层,导致水位下降;18 ~ 35 倍采高时,可采取"限制采高"等措施实现保水开采。剖析了煤层、含水层的空间关系,划分了保水开采条件分区,提出了区域采煤方法规划方案,指出以控制地下水水位为目标,以采动隔水层稳定性分区为基础,以采煤方法规划为手段的开采方法是生态脆弱矿区煤炭资源科学开采的有效途径。

关键词:生态脆弱矿区;隔水层隔水性;保水开采;浅埋煤层;生态水位;采煤方法规划

中图分类号:TD322　　**文献标志码**:A

Study on overburden aquclude and water protection mining regionazation in the ecological fragile mining area

WANG Shuang-ming[1,2], HUANG Qing-xiang[1], FAN Li-min[3], YANG Ze-yuan[4], SHEN Tao[3]

(1. *School of Energy Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an*　710054, *China*; 2. *Shaanxi Provincial Coal Industry Bureau, Xi'an* 710001, *China*; 3. *Technical Center of Shaanxi Provincial Coal Geological Survey, Xi'an*　710001, *China*; 4. *School of Environ Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an*　710054, *China*)

Abstract: The study find that the desert area vegetation is dependence the depth of groundwater level. It is revealed that the proper groundwater level for vegetation is 1.5 ~ 5.0 m in Yu-Shen-Fu Miming Area in the North Shaanxi Province. The mining fracture zone decreases the ground water level and causes hypergene ecosystems retrogression. So, water level control is the core of scientific mining in the ecological fragile mining area. Mining practice and simulation model tests show that if the thickness of resisting overburden is equal or greater than 33 ~ 35 times mining height, coal mining will not decrease the ground water level, if the thickness of resisting overburden equal or less than 18 times mining height, coal mining must destroy aquiclude and decrease the ground water level, and when it is in 33 ~ 35 times mining height, the proper mining method as "restricting mining height method" can be use for water protection. The effective approach of scientific mining can be carried by the mining method plan with the water level control as the aim and the subarea of coal mining condition as the base in the ecological fragile mining area.

Key words: ecological fragile mining area; mined water resisting property; water protection mining; shallow coal seam; ecological water level; mining method plan

陕北侏罗纪煤田是我国煤炭资源富集程度最高、　煤质最优、开发前景最好的大煤田[1],该区煤层埋藏

收稿日期:2009 - 08 - 25　　**责任编辑**:柴海涛

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50574074,40572155);教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET - 04 - 0971);教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(教外司留 2008 - 890);陕西省自然科学基金资助项目(2002D13);陕西省软科学计划资助项目(2008KR58)

作者简介:王双明(1955—),男,陕西岐山人,教授级高级工程师,博士生导师。Tel:029 - 87671620,E - mail:wsm@ sxmt. gov. cn

浅,采动对地表影响明显,称为浅埋煤层[2-3]。2008 年区内原煤产量 1.55 亿 t,并且以每年 2 000 万 t 的速度递增,煤炭采掘业处于快速发展时期。20 a 的采煤使该区出现地下水位下降,泉水、湖淖干涸,河川基流量衰减乃至断流,流域生态变异和表生生态环境恶化等一系列严重的环境问题。调查发现,地下水位埋深是影响矿区表生生态环境的主控因素,2^{-2}煤开采是引起地下水位下降的主因[4]。研究控制地下水位下降的采煤技术,是保护矿区生态环境面临的重大课题,也是科学采矿、建设绿色矿区的重要任务[5-6]。

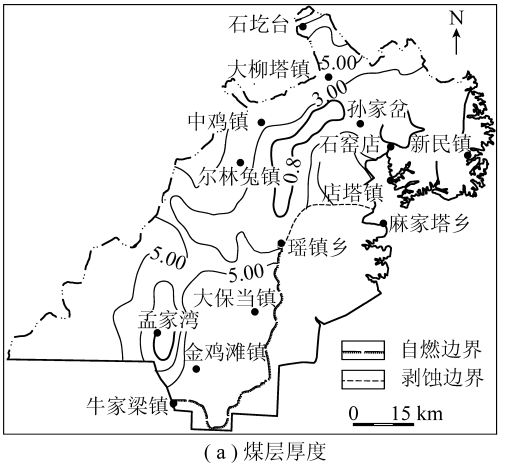
近年来,国内地质界针对陕北侏罗纪煤田保水采煤问题开展了大量研究,探讨了保水开采的对策和方法[7-12],韩树青等最早提出了陕北侏罗纪煤田开发应高度重视对萨拉乌苏组地下水的保护、开发和合理利用,指出对于煤层开采导水裂隙带到达萨拉乌苏组含水层的区域,应采用充填式采煤方式保护地下水[7]。1993 年,黄庆享等对大柳塔 1203 首采工作面进行采前模拟,发现了浅埋煤层开采覆岩垮落直达地表,工作面将出现涌水溃沙的现象[8]。范立民以该工作面开采水位下降造成植被枯死事例,认为大面积采煤将造成脆弱生态环境破坏,指出通过开采区域和采煤方法的合理选择可实现保水采煤,并划分了 3 类开采条件分区[9-10]。李文平等[11]对保水采煤的工程地质条件进行了类型划分。王力等[12]提出地下水资源是支撑矿区生态环境可持续发展的重要因子,采煤对地下水的破坏会严重影响矿区植被的恢复与重建。刘洋、石平五等研究了“围岩-煤柱群”保水开采的技术参数[13]。许家林等[14]研究了神东矿区关键层结构类型,指出单一关键层结构是导致浅埋煤层特殊采动损害现象的地质根源。缪协兴等研究了隔水层的力学性质[15],从矿区水文地质结构分析、采动覆岩导水裂隙通道发育规律与隔水关键层稳定性、有隔水层区上覆含水层保水采煤方法、无隔水层区上覆含水层预疏放转移存贮等多个方面,提出了含水层的 4 种类型和保水采煤分区[16]。马立强等[17]针对陕北浅埋煤层开采特点,研究了导水裂隙带发育规律。黄庆享[18]采用隔水层压力应变全程相似技术,研究了陕北榆树湾煤矿开采隔水层的稳定性,提出了限高保水开采方法,开采实践取得成功。

上述大量开拓性的工作,对陕北地区采煤、保水问题进行了多角度理论研究和工程实践。但陕北采煤区合理生态水位的确定、区域上煤层与含水层空间组合类型及关系、保水开采地质条件分区以及采煤方法规划等方面,仍未见到系统的报道,本文正是对这些涉及保水采煤(保水开采)、绿色矿区建设的重要问题进行论述,以期促进生态脆弱矿区大型煤炭基地建设健康发展。

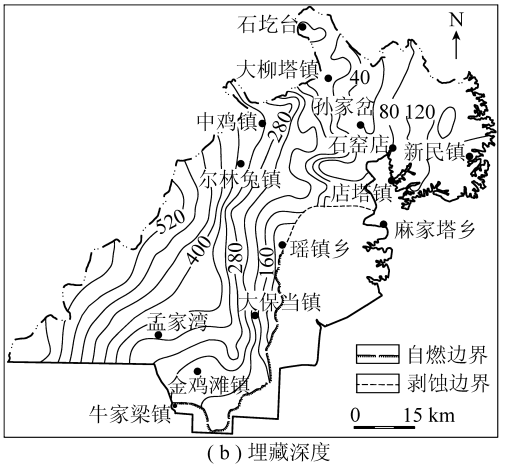
1 煤与含(隔)水层特征

1.1 煤层特征

研究区 2^{-2}煤为煤系上部主要可采煤层,所诱发的表生生态效应也多是 2^{-2}煤层开采引起的,因此,本文主要研究 2^{-2}煤的空间分布。2^{-2}煤厚度 0.26 ~ 12.50 m,平均 6.50 m,可采面积为 3 619 km^2(图 1(a)),富煤区位于大保当镇—金鸡滩镇一带和孟家湾以西,神北区也有煤厚大于 5 m 的区域。埋深总体特征为东浅西深(图 1(b)),最浅小于 40 m,位于神北矿区,最深大于 580 m。



(a) 煤层厚度



(b) 埋藏深度

图 1 2^{-2}煤层厚度及埋藏深度等值线

Fig. 1 Thickness and buried depth contour of 2^{-2}coal seam

2^{-2}煤上覆基岩厚度整体自东向西逐渐增厚[1],受沉积因素的影响,在局部地段有增厚或减薄现象,而砂岩占岩石组成的比例一般为 40% ~60%,总体变化不大。厚度 <50 m 的区域主要分布在神北矿区和新民区,最小不足 10 m,如哈拉沟煤矿的瓷窑湾一带,厚度 3.14 m。厚度 50 ~100 m 的区域分布于中鸡—瑶镇一带,总体呈南北向展布。100 ~250 m 的

区域分布于尔林兔—金鸡滩一带,总体上呈南北向条带状展布,北部向北西偏转,南部向西南偏转。大于 250 m 的区域分布于尔林兔—小保当—孟家湾一线以西,最大厚度 485 m,位于西南部的陕蒙边界附近。

1.2　含(隔)水层特征

研究区地表为萨拉乌苏组含水层,岩性以细砂、中砂为主,厚度差异较大,0 ~ 175 m,一般在古沟槽及低洼中心沉积最厚,如前石畔井田内的瓷窑湾煤矿,在约 4 km^2的范围内,萨拉乌苏组厚度由 0 增到 61 m(图 2),而有些至分水岭处尖灭。萨拉乌苏组含水层水位埋藏较浅,一般在 0.90 ~ 9.27 m。总观全区,萨拉乌苏组沉积厚度受古地形的制约,各沟槽之间有相对的分水岭。各沟槽或泉域均具独立的水文地质单元,各沟槽或泉域之间的分界与现在地表分水岭基本一致。

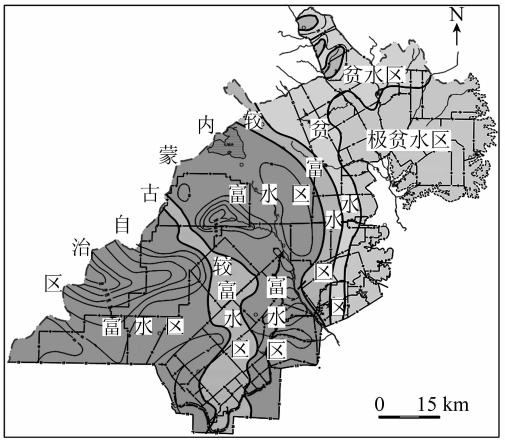


图 2　萨拉乌苏组含水层厚度及富水性分区

Fig. 2　Thickness contour of aquifer and watery zone

本区隔水层由第四系离石黄土(Q_{21})、新近系三趾马红土(N_2)组成(图 3)。离石黄土为浅棕黄、褐色亚黏土及亚砂土。三趾马红土(N_2)为棕红色黏土、亚黏土。红土的黏土矿物成分主要以绿泥石为主,少量高岭石、伊利石和微量蒙脱石,粗矿物有方解石、石英和长石。颗粒中砂粒占 10%,粉粒占 55%,黏粒占 35%,为粉质黏土。红土一般结构致密,中硬状。一般厚度 30 m,东部榆树湾井田最厚达 170 多米(图 3)。

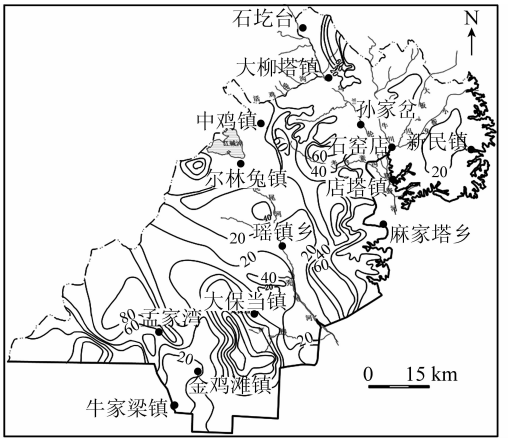


图 3　土层隔水层厚度等值线

Fig. 3　Thickness contour of soil aquiclude

土的水理性质见表 1,离石黄土黏粒含量为 14.8%,孔隙比为 0.62 ~ 0.88,中密—密实,渗透系数为 0.097 6 ~ 1.5 m/d 之间,属于弱隔水—较强隔水层。红土的黏粒含量高达 35%,渗透系数为 0.005 96 ~ 0.6 m/d,为较强—强隔水层。

1.3　煤与含(隔)水层空间组合特征

研究区煤与水赋存空间组合总的特点是“煤水共生,水在上、煤在下,煤、水间隔水岩组厚度变化大”。例如,神北矿区瓷窑湾煤矿仅间隔 3.14 m,榆神矿区深部超过 400 m,大部分区域为 50 ~ 150 m。煤与含水层之间的红土隔水层主要分布在榆神矿区,神北矿区局部分布,新民矿区缺失。煤层顶板基岩厚度与含水层厚度负相关,基岩变薄区含水层厚度大、富水性强;基岩增厚区往往是地下水分水岭,含水层厚度小、富水性弱。地层倾向与煤层坡向相反,基岩总体变薄的矿区浅部,也是地下水的主要排泄区。

表 1　土层的水理性质

Table 1　Hydrological characteristic of soil layers

岩性	液限/%	塑限/%	塑性指数	液性指数	渗透系数/(m·d^{-1})	饱和度/%	湿陷系数	自由膨胀率/%
黄土	25.9 ~ 31.8	16.9 ~ 18.7	7.9 ~ 13.1	<0	0.097 6 ~ 1.5	41.1 ~ 65.6	0 ~ 0.005 5	无
红土	33.2 ~ 36.2	21.1 ~ 26.7	7.7 ~ 12.1	0 ~ 0.09	0.005 96 ~ 0.6	65 ~ 70	无	2.65 ~ 26

依据含水层、隔水层厚度及平面分布特点,煤水赋存空间组合可分成 4 种类型(图 4)。

(1)孤立含水盆地型煤 - 水组合:含水层为孤立分布的小型含水盆地,主要位于神北矿区,潜水面高于侵蚀基准面时,以泉水形式排泄,盆地底界面距煤层一般小于 50 m,属于局部富水的区域。

(2)无黏土隔水层含水盆地型煤 - 水组合:含水层大面积分布,煤层与含水层之间无土层隔水层,煤

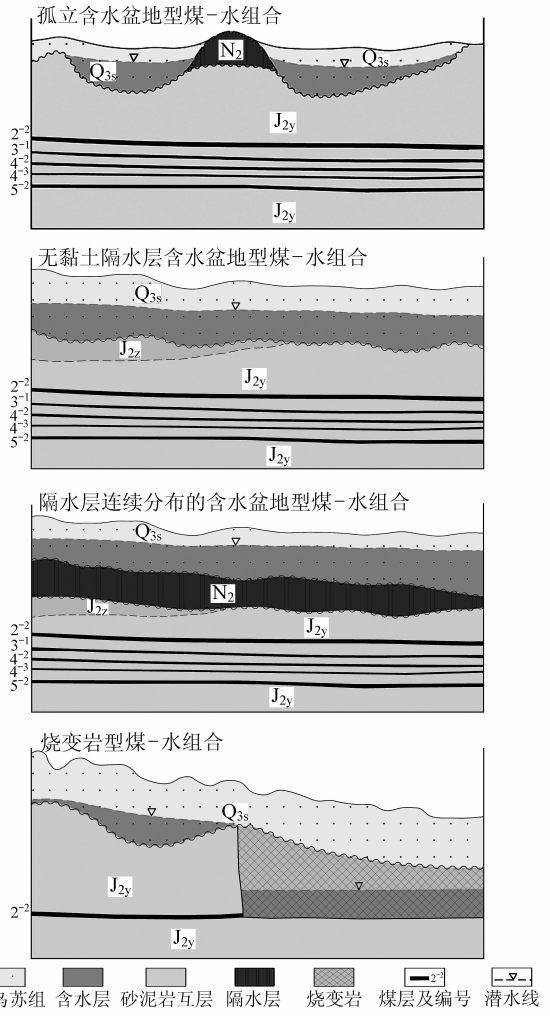


图 4 4 种煤水赋存空间组合

Fig. 4 Four kinds of coal-water occurrence space combination

层上覆复合隔水岩组厚度一般为 30 ~ 120 m,主要分布于榆神矿区东部。

(3)隔水层连续分布的含水盆地型煤 - 水组合:含水层、土层隔水层均大面积分布,厚度变化均较大,土层隔水层厚度 20 ~ 170 m,一般 20 ~ 40 m,煤层上覆复合隔水岩组厚度一般为 120 ~ 480 m,主要分布于榆神矿区。

(4)烧变岩型煤 - 水组合:萨拉乌苏组与烧变岩共同构成复合含水层,主要分布在沟谷沿岸,烧变岩含水层上与萨拉乌苏组、下与煤层直接接触。

研究区内煤水关系复杂,煤层开采对含水层的影响差异较大,孤立小型含水盆地型一旦破坏,整个盆地在短期内迅速疏干;大面积含水区,在无土层隔水层的情况下,采煤将导致地下水位的区域性下降,进而影响河川径流量,导致流域生态变异和恶化;含水层、土层隔水层均大面积存在时,采取合理的开采方式,不会导致地下水位明显下降,但会引起地表变形;烧变岩含水体附近采煤,会造成烧变岩和补给区水位下降,必须留设一定宽度的防水煤柱。

2 保护合理生态水位的开采规划

2.1 合理生态水位埋深及采煤影响

陕北榆神府矿区地跨湖群高平原区、沙漠区和盖沙丘陵区,是典型的生态脆弱矿区,其典型植物长势与地下水位埋深间的关系具有代表性。通过对区内地下水位埋深与植被生长、河湖基流量及土地荒漠化间关系 3 个方面的综合研究,确定出陕北榆神府矿区地下水位埋深小于 1.5 m 为盐渍化水位埋深,1.5 ~ 3 m为最佳地下水位埋深,3 ~ 5 m 为乔灌木承受地下水位埋深,5 ~ 8 m 为警戒地下水位埋深,8 ~ 15 m 为乔木衰败地下水位埋深,大于 15 m 为乔木枯梢地下水位埋深。由此可见,当地下水位埋深下降到 5 m 以下时,表生生态恶化将在所难免。生态一旦恶化,一是难以恢复,二是恢复的代价将非常昂贵,甚至远远超过采煤产生的经济效益。因此,生态脆弱矿区保水开采控制的核心就是要保持合理的生态水位。根据生态安全地下水位埋深的定义[19],可确定出榆神府矿区生态安全的地下水位埋深为 1.5 ~ 5.0 m,这是该区调控地下水位、确定地下水资源开采方式及实现保水开采的基本依据。

根据基岩组厚度与采高比的不同,浅埋煤层可分为典型的浅埋煤层和近浅埋煤层。典型的浅埋煤层顶板为单一关键层结构,覆岩垮落将形成“垮落带”和“裂隙带”,垮落直达地表,形成台阶下沉,采动裂隙贯通隔水岩组与地表沙土含水层沟通。而当基岩厚度达到 60 m 以上就有可能形成两组关键层结构,覆岩垮落能形成包括“弯曲下沉带”在内的“三带”,此种条件称为近浅埋煤层[20-21]。如果不进行合理的采高限制,近浅埋煤层的导水裂隙也会突破弯曲下沉带导通地表含水层。

神北矿区浅埋煤层开采引起萨拉乌苏组地下水位下降 1 ~ 12 m,多数区域已经下降到基岩面以下,导致泉水干涸、河川断流,引发一系列表生生态环境问题。

2.2 科学开采的要求

榆神府矿区的科学开采,就是要在发展现代化矿井和开采技术的同时,将水作为资源看待,合理开发,实现水、煤协调开采,保障地表生态环境。根据矿区 20 a 发展的基本经验和长期研究,榆神府矿区科学开采应该达到以下要求:

(1)以建设亿吨矿区、千万吨安全高效矿井为目标,以长壁高产高效综合机械化采煤方法为主体;

(2)揭示长壁开采围岩破坏规律,保证长壁开采

过程中隔水层的采动隔水稳定性不受破坏[22];

(3)根据煤、水赋存和隔水层稳定性,分类确定合理的采煤方法,确保隔水层稳定和地表水"不漏失",保护合理的地下生态水位。问题的关键就是确保采动后隔水层的稳定性,即采动隔水性。

2.3　采动隔水性与科学采矿分区

2.3.1　隔水层的采动隔水性

(1)采动隔水性

煤层开采过程中,隔水层(岩组)内将产生自下而上发育的"上行裂隙带"和从隔水岩组上表面自上而下的"下行裂隙带"(图 5),"上行裂隙带"和"下行裂隙带"的导通性决定着隔水层的稳定性,简称为采动隔水性。如果上行裂隙带与下行裂隙带导通,隔水层失稳。反之,则隔水层稳定。可以通过采用合理的开采方法,控制"上行裂隙带"发育高度,或降低"下行裂隙带"的发育深度,就可提高隔水层的采动隔水性。

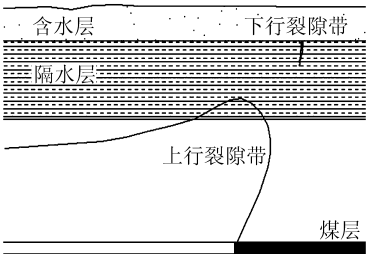


图 5　"上行裂隙带"和"下行裂隙带"

Fig. 5　Up and down fracture zone

(2)"上行裂隙带"的发育高度

我国对裂隙带高度研究[23]认为,缓倾斜煤层开采时,导水裂隙带的高度与采厚近似呈正相关关系。软弱顶板时为采高的 8 ~ 12 倍,中硬岩层为采高12 ~ 18 倍,坚硬岩层为 18 ~ 28 倍。根据大量的模拟研究和实测验证[24],得出榆神府浅埋煤层覆岩"三带"高度(表 2),导水裂隙带发育高度符合坚硬岩层的裂隙带高度规律,可以保守的取 18 ~ 28 倍采高。

表 2　浅埋煤层覆岩"三带"高度

Table 2　Three zones height of overburden in shallow seam mining　　m

矿　井	采高	基岩厚度	垮落带	裂隙带	弯曲下沉带	裂隙带为采高的倍数
大柳塔 1203	4.0	42	9	大于 42	无	大于 10 倍
大砭窑煤矿	3.0	38	5	大于 38	无	大于 12 倍
活鸡兔 21201	3.5	66	6	75	无	大于 21 倍
海湾 3 号井	3.3	53	5	70	无	大于 21 倍
榆树湾	5.0	120	12	90	有	18 倍

在分层重复采动时,导水裂隙带随采厚增加而增加的幅度却越来越小。第 1 分层的开采导致的导水裂隙带幅度最大,保水采煤时第 1 层采厚不宜过大。因此,分层开采可以降低导水裂隙带高度。

(3)采动下行裂隙深度

在弯曲下沉带岩土层上表面存在张拉区,将导致由上向下发育下行张拉裂隙。裂隙的宽度和深度与采深、采厚、顶板管理方法、土层性质及其厚度有关。地表最大的下行裂隙一般位于采空区边界,呈 O 形环绕。根据槽探实测,当基岩直接出露地表时,张口裂隙深度可达 10 m。根据模拟实验表明,地表的下行裂隙深度一般为采高的 2 倍左右。"下行裂隙带"深度可以采用实测和模拟等方法进行确定。

2.3.2　采动隔水性判据与保水开采分类

(1)隔水性稳定 - 自然保水开采型

上行导水裂隙和下行裂隙未贯通,并且具有 3 ~ 5 倍采厚(有黏土隔水层取 3 倍)的安全带厚度,不会导致明显的潜水流失。即隔水层隔水性稳定的判据为

$$H \geqslant H_1 + H_{xl} + (3 \sim 5)M$$

式中,H 为隔水层厚度,m;H_1为上行裂隙带侵入隔水层的高度,m;H_{xl}为下行裂隙带侵入隔水层的深度,m;M 为采厚,m。

代入最大值 $H_1 = 28M$,$H_{xl} = 2M$,则有 $H \geqslant (33 \sim 35)M$。即如果煤层与地表含水层间的隔水岩组厚度大于 33 ~ 35 倍采高,长壁全部垮落法开采隔水层将保持稳定,此类条件可以称为自然保水开采类型。

(2)隔水性失稳 - 保水限采型

考虑极端条件,不计下行裂隙的影响,如果隔水岩组很薄,采用普通长壁开采隔水层完全处于上行裂隙带内,导致隔水性丧失。根据工程经验,导水裂隙带高度为 18 ~ 28 倍采高,取下限 18 倍采高,有

$$H \leqslant 18M$$

此类区域只有采取充填开采等特殊方法,才能实现保水开采条件,应当限制开采,称为保水限采类型。规划为水资源保护的,暂不开采。

(3)隔水性可控 - 可控保水开采型

当隔水岩组介于 18 ~ 35 倍采高时,采动后隔水层位于裂隙带和弯曲下沉带之间,可以根据上行裂隙和下行裂隙的最小距离,判断采动隔水性的稳定性。通过限制采高分层开采和协调开采等方式,降低上行导水裂隙带高度,考虑裂缝弥合特性或采用裂缝弥合控制技术,以避免上行裂隙与下行裂隙贯通,实现保水开采,称为可控保水开采。

2.4　保水开采分区

根据榆神府矿区煤水赋存特征和隔水层采动隔

水性,围绕控制地下水位的目标,将生态脆弱区的煤炭开采划分为自然保水开采区、可控保水开采区、保水限采区和无水开采区 4 种类型(图 6)。

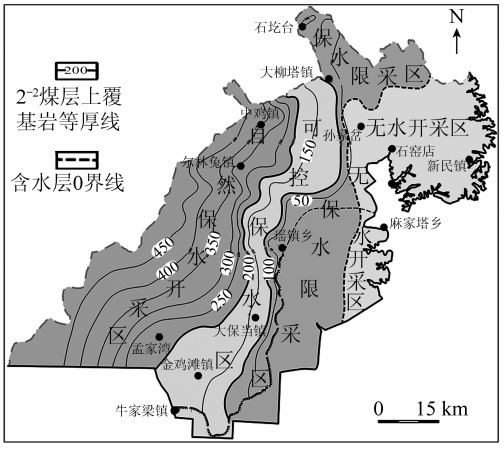


图 6 生态脆弱矿区保水开采分区规划

Fig. 6 Water level protection mining plan of weak vegetation mining area

(1)自然保水开采区:采用一次采全厚的长壁开采方法,水体和地表生态不会受到破坏的区域。

(2)可控保水开采区:通过长壁限高开采(限高分层开采),协调开采等高产高效采煤方法,可以控制实现水体和地表生态不会受到破坏的区域。包括把水和煤炭作为共存资源,在长壁开采煤炭的同时,科学地开采和利用水资源(水煤共采型);在水资源相对丰富的区域,开采后短期采用生态恢复技术,生态环境和含水体能够得到恢复(可恢复型)。

(3)保水限采区(特殊开采区):在现阶段开采技术不能达到保护水资源和生态环境的区域,基于煤水关系的重要性,应当限制开采,在没有研究出合理的保水开采方法前不允许建设矿井。

(4)无水开采区:部分区域地表无水,可以采用全部垮落法开采,减少滞留煤柱,尽量保持地表均匀沉降,降低地表损害程度。

2.5 开采方法分区

采煤方法分区是指在大面积煤炭分布区,在查明煤炭资源、水资源、生态环境、煤层开采技术条件的基础上,以采煤、保水、保护表生生态环境协调发展为目标,所完成的采煤方法区域划分。根据研究区地质环境条件,将该区域大致划分为 3 种采煤方法(图 7)。

(1)长壁综采区。分 2 种情况:① 第四系萨拉乌苏组不含水区,主要分布于片沙覆盖的黄土沟壑区,如新民矿区、榆神矿区东缘等,区内萨拉乌苏组厚度很小,分布不连续,地下水极贫乏,地表黄土沟壑发育,煤层埋藏深度较浅,一般 100 m 以浅,采后引起地面塌陷和整体下沉,经过简单的充填、整平后,就可恢复表生生态;② 煤层埋藏深度大、萨拉乌苏组富水但采动导水裂隙带发育不到含水层底部的区域,分布于榆神矿区深部(榆溪河流域上游),特点是煤层厚度大,一般大于 4 m,埋藏深度≥400 m,煤层顶板基岩厚度≥200 m,萨拉乌苏组底部普遍分布三趾马红土隔水层,且厚度大于 20 m,具有良好的隔水性。该区域采煤,可以保证采煤、保水、表生生态保护并举,是鼓励开采的区域,建议加快煤水综合勘查和矿区总体规划步伐,减轻矿区浅部开发规模过大的压力。

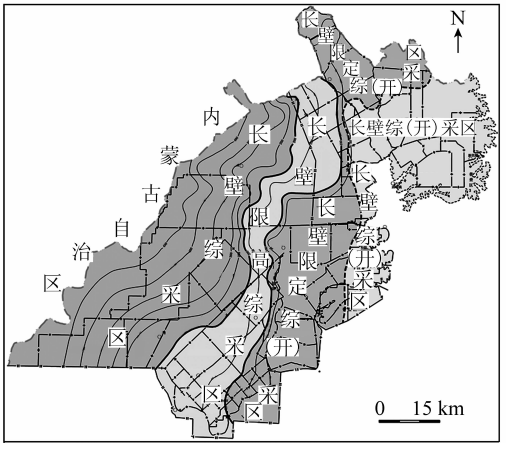


图 7 生态脆弱矿区开采方法分区规划

Fig. 7 Mining method plan of weak vegetation mining area

(2)长壁限定综(开)采区。主要分布于神木北部矿区,地貌类型为风沙区,萨拉乌苏组普遍分布,但第四系萨拉乌苏组含水盆地范围小,一般数平方千米到数十平方千米,黄土零星出露于分水岭地带,如大柳塔井田中部即出露黄土,其以东是悖牛川流域,以西是乌兰木伦河流域,分布有双沟、哈拉沟、五当沟等泉域。该区域多数煤矿建成,煤层埋深小于 200 m,上覆基岩厚度小于 100 m,含水层不连续,呈孤立分布的小型盆地状采煤产生的导水裂隙带发育到含水层底部甚至地表,疏干萨拉乌苏组地下水,引起表生生态恶化。因此,该区域采煤宜用充填式开采,避免顶板塌陷和地下水漏失。

(3)长壁限高开采区。榆神矿区煤层厚度大,2^{-2}煤层厚度 3 ~ 12.49 m,一期规划区的大保当、曹家滩、金鸡滩、榆树湾井田,煤厚≥8 m,经过模拟实验,大采高(一次开采高度 5 m 及以上)或分层连续开采均难以保证导水裂隙带不发育到含水层中,只有限高开采,方可保证地下水位的基本稳定和表生生态环境不受到严重破坏或影响。对于厚度小于 5 m 的井田,可以一次采全高;大于 5 m 的必须分层开采,第 1 分层必须采上分层、采高不能大于 5 m,第 2 分层在覆岩稳定前不得开采。

榆神矿区秃尾河流域是目前正在抓紧进行前期

工作的区域,该区实施保水开采的主要途径是限高开采,其限制条件是保障隔水层的稳定性,放顶煤开采方法应当受到限制,条带开采、房柱式开采和充填开采只能作为特殊开采方法应用[25]。

3　结　　论

(1)根据榆神煤田煤与含(隔)水层组合关系,划分为4 种组合类型,即孤立含水盆地型煤 - 水组合、无黏土隔水层含水盆地型煤 - 水组合、隔水层连续分布的含水盆地型煤 - 水组合和烧变岩型煤 - 水组合。

(2)陕北地表生态环境脆弱,表生生态对地下水位具有很强的依赖性,合理的生态水位埋深为 1.5 ~ 5.0 m,水位埋深大于5 m 时,地表植被种群和生长状态将发生显著变异。

(3)神府矿区浅埋煤层开采引起了区域性地下水位下降和表生生态变异,河川基流量急剧减少,生态恶化趋势明显。

(4)根据煤与含(隔)水层的空间组合关系及采煤对地下水位的影响程度,将研究区划分为自然保水开采区、可控保水开采区、保水限采区和无水开采区4 种保水开采分区,各区域对应分别采用长壁综采、长壁限定综(开)采和长壁限高开采等方法采煤。

参考文献:

[1] 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京:煤炭工业出版社,1996.
Wang Shuangming. Coal accumulating and coal resource evaluation of Ordos Basin[M]. Beijing:China Coal Industry Publishing House, 1996.

[2] 黄庆享. 神府浅埋煤层的矿压特征与浅埋煤层定义[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(8):1 174 - 1 177.
Huang Qingxiang. Ground pressure behavior and definition of shallow seams[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002,21(8):1 174 - 1 177.

[3] 范立民,杨宏科. 神府矿区地面塌陷现状及成因研究[J]. 陕西煤炭技术,2000,19(1):7 - 9.

[4] 范立民. 陕北地区采煤造成的地下水渗漏及对策[J]. 矿业安全与环保,2007,34(5):62 - 64 .
Fan Limin. Underground water seepage caused by coal mining and its prevenment and control measures in North Shaanxi Region[J]. Mining Safety & Environmental Protection,2007,34(5):62 - 64 .

[5] 钱鸣高,许家林,缪协兴. 煤矿绿色开采技术[J]. 中国矿业大学学报,2003,33(4):5 - 10.
Qian Minggao,Xu Jialin,Miao Xiexing. Green technique in coal mining[J]. Journal of China University of Mining & Technology,2003, 33(4):5 - 10.

[6] 钱鸣高,缪协兴,许家林,等. 论科学采矿[J]. 采矿与安全工程学报,2008,25(1)1 - 10.
Qian Minggao,Miao Xiexing,Xu Jialin,et al. On scientized mining [J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2008,25(1):1 - 10.

[7] 韩树青,范立民,杨保国. 开发陕北侏罗纪煤田几个水文地质工程地质问题分析[J]. 中国煤田地质,1992,4(1):49 - 52.
Han Shuqing,Fan Limin,Yang Baoguo. Some hydrogeological and engineering-geological problems concerning development of North Shaanxi Jurassic Coalfield[J]. Coal Geology of China,1992,4(1): 49 - 52.

[8] 侯忠杰,黄庆享. 松散层下浅埋薄基岩煤层开采的模拟[J]. 陕西煤炭技术,1994,13(2):38 - 41.

[9] 范立民. 神木矿区的主要环境地质问题[J]. 水文地质工程地质,1992,19(6):37 - 40.
Fan Limin. Environmental geology in Shenmu mining area[J]. Hydrogeology & Engineering Geology,1992,19(6):37 - 40.

[10] 范立民. 论保水采煤问题[J]. 煤田地质与勘探,2005,33(5): 50 - 53.
Fan Limin. Discussing on coal mining under water-containing condition[J]. Coal Geology & Exploration,2005,33(5):50 - 53.

[11] 李文平,叶贵钧,张　莱,等. 陕北榆神府矿区保水采煤工程地质条件研究[J]. 煤炭学报,2000,25(5):449 - 454.
Li Wenping,Ye Guijun,Zhang Lai,et al. Study on the engineering geological conditions of protected water resources during coal mining action in Yu-Shen-Fu Mine Area in the North Shaanxi Province [J]. Journal of China Coal Society,2000,25(5):449 - 454.

[12] 王　力,卫三平,王全九. 榆神府煤田开采对地下水和植被的影响[J]. 煤炭学报,2008,33(12):1 408 - 1 414.
Wang Li,Wei Sanping,Wang Quanjiu. Effect of coal exploitation on groundwater and vegetation in the Yushenfu Coal Mine[J]. Journal of China Coal Society,2008,33(12):1 408 - 1 414.

[13] 刘　洋,石平五,张壮路. 浅埋煤层矿区"保水采煤"条带开采的技术参数分析[J]. 煤矿开采,2006,11(6):6 - 10.
Liu Yang,Shi Pingwu,Zhang Zhuanglu. Technique parameters analysis of strip mining without destroying water resource in low-burying coal seam[J]. Coal Mining Technology,2006,11(6):6 - 10.

[14] 许家林,朱卫兵,王晓振,等. 浅埋煤层覆岩关键层结构分类[J]. 煤炭学报,2009,34(7):865 - 870.
Xu Jialin,Zhu Weibing,Wang Xiaozhen,et al. Classification of key strata structure of overlying strata in shallow coal seam[J]. Journal of China Coal Society,2009,34(7):865 - 870.

[15] 缪协兴,陈荣华,白海波. 保水开采隔水关键层的基本概念及力学分析[J]. 煤炭学报,2007,32(6):561 - 564.
Miao Xiexing,Chen Ronghua,Bai Haibo. Fundamental concepts and mechanical analysis of water-resisting key strata in water-preserved mining[J]. Journal of China Coal Society,2007,32(6): 561 - 564.

[16] 缪协兴,王　安,孙亚军,等. 干旱半干旱矿区水资源保护性采煤基础与应用研究[J]. 岩石力学与工程学报. 2009,28(2): 217 - 227.
Miao Xiexing,Wang An,Sun Yajun,et al. Research on basic theory of mining with water resources protection and its application to arid and semi-arid mining areas[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2009,28(2):217 - 227.

[17] 马立强,张东升,乔京利,等. 浅埋煤层采动覆岩导水通道分布特征试验研究[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版),

2008,27(5):642 - 652.
Ma Liqiang, Zhang Dongsheng, Qiao Jingli, et al. Physical simulation of water crack distribution characteristics in overlying strata under coal mining conditions[J]. Journal of Liaoning Technical University(Natural Science),2008,27(5):642 - 652.

[18] 黄庆享. 浅埋煤层保水开采隔水层稳定性的模拟研究[J]. 岩石力学与工程学报,2009,28(5):987 - 992.
Huang Qingxiang. Simulation of clay aquifuge stability of water conservation mining in shallow-buried coal seam[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2009,28(5):987 - 992.

[19] 杨泽元,王文科,黄金廷,等. 陕北风沙滩地区生态安全地下水位埋深研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(8):67 - 74.
Yang Zeyuan, Wang Wenke, Huang Jinting. Research on buried depth of eco-safety about groundwater table in the blown-sand region of the Northern Shaanxi Province[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry(Natural Science Edition),2006,34(8):67 - 74.

[20] 黄庆享. 浅埋煤层长壁开采顶板结构与岩层控制研究[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2000.
Huang Qingxiang. Roof structure and roof control theory of longwall mining in shallow seam[M]. Xuzhou: China University of Mining Technology Press,2000.

[21] 黄庆享,钱鸣高,石平五. 浅埋煤层采场老顶周期来压的结构分析[J]. 煤炭学报,1999,24(6):581 - 585.
Huang Qingxiang, Qian Minggao, Shi Pingwu. Structural analysis of main roof stability during periodic weighting in long wall face[J]. Journal of China Coal Society,1999,24(6):581 - 585.

[21] 黄庆享,张 沛. 厚砂土层下顶板关键块上的动态载荷传递规律[J]. 岩石力学与工程学报,2004,23(24):4 179 - 4 182.
Huang Qingxiang, Zhang Pei. Study on dynamic load distribution on key roof blocks of under thick sandy soil stratum[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2004,23(24):4 179 - 4 182.

[22] 黄庆享,刘腾飞. 浅埋煤层开采隔水层位移规律相似模拟研究[J]. 煤田地质与勘探,2006,34(5):34 - 37.
Huang Qingxing, Liu Tengfei. Simulating test on the subsidence law of subsurface water resisting layer upon shallow coalbed mining[J]. Coal Geology and Exploration,2006,34(5):34 - 37.

[23] 邹友峰,邓喀中,马伟民. 矿山开采沉陷工程[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003:295 - 296.
Zou Youfeng, Deng Kazhong, Ma Weimin. Mining subsidence engineering[M]. Xuzhou: China University of Mining & Technology Press,2000:295 - 296.

[24] 黄庆享,蔚保宁,胡火明. 榆树湾首采面保水开采矿压规律[J]. 陕西煤炭,2009,28(1):37 - 39.

[25] 彭小沾,崔希民,李春意,等. 陕北浅煤层房柱式保水开采设计与实践[J]. 采矿与安全工程学报,2008,25(3):301 - 304.
Peng Xiaozhan, Cui Ximin, Li Chunyi, et al. Design and practice of room & pillar water-preserved mining for shallowly buried coal seam in North of Shaanxi Province[J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2008,25(3):301 - 304.

2010 年《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》(《煤炭学报》英文版)征订启事

《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是由中国煤炭学会主办的、向国内外公开发行的英文版煤炭科学技术方面的综合性学术刊物。主要刊载煤田地质与勘探、煤矿开采、矿山测量、矿井建设、煤矿安全、煤矿机械工程、煤矿电气工程、煤炭加工利用、煤矿环境保护等方面的科学研究成果论著和学术论文,以及煤矿生产建设、企业管理经验的理论总结,也刊载重要学术问题的讨论及国内外煤炭科学技术方面的学术活动简讯。

《煤炭学报》英文版《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是向世界传播我国煤炭科学技术的重要媒体,对加强中外科学技术交流,宣传我国煤炭科学成就,提高我国煤炭科学技术的国际地位将起到重要的作用。及时报道我国煤炭科技新理论、新技术、新经验也是《煤炭学报》英文版的主要任务。《煤炭学报》英文版和中文版具有不同的刊登内容和各自的特点。

《煤炭学报》英文版为季刊,每期 112 页,每册国内订价 28 元,全年共收费 112 元。订阅者可直接和本编辑部联系,订单函索即寄,编辑部随时办理订阅手续。

本刊地址:北京市和平里煤炭科学研究总院内《煤炭学报》编辑部 **邮政编码:**100013
联系电话:(010)84262930,E - mail:mtxbbyh@126.com,mtxb@vip.163.com