

特殊采煤与矿区环境治理

煤矿区保水开采技术实践

王 宇^{1,3}, 王大鹏^{2,3}, 霍丙杰³

(1. 神华集团神东煤炭集团 保德煤矿, 山西 保德, 036603; 2. 山西晋神河曲煤炭开发公司 磁窑沟煤矿, 山西 河曲, 036500;
3. 辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

[摘要] 为了保护水资源, 从工作面的布置、煤岩柱的留设及采煤方法的变革等方面, 提出了保水开采的技术途径。榆神府矿区保水开采的生产实践表明, 留设防水煤柱保证了松散层地下水不向矿井发生大量渗漏, 建立集中供水水源地的技术方案, 减少沙层水含水层向矿坑的垂直入渗量, 保水效果较好。

[关键词] 保水开采; 采煤方法; 应用实践; 地下水

[中图分类号] TD802 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2010) 01-0044-03

Practice of Mining without Destroying Water Resource

我国西北地区煤炭资源丰富, 煤层厚、埋藏浅, 人为的疏干排水和采动形成的导水裂隙造成煤系含水层的自然疏干和第四系含水层的流失, 破坏了地下水资源, 使原本脆弱的西部环境问题更加突出。因此, 在采煤前查明矿区水资源分布范围和状态, 掌握含水层、隔水层厚度等水文地质资料, 合理选择采矿工艺, 有效控制覆岩破坏, 进行保水采煤或尽可能的减少对水资源的破坏, 是矿区保水开采的重要研究内容^[1]。

保水开采的目标是在防治采场突水的同时, 对水资源进行有意识的保护, 使煤炭开采对矿区水文环境的扰动量小于区域水文环境容量。研究在开采后上覆岩层的破断规律和地下水漏斗的形成机理, 以及各种地质条件下开采期间岩层活动与地下水渗漏的关系, 从采矿方法、地面注浆等方面采取措施, 实现矿井水资源的保护和综合利用。

1 煤炭开采对地下水的影响分析

1.1 煤炭开采对地下水水位的影响

(1) 开采对浅、中层地下水的影响 浅、中层地下水是工业用水和生活用水的主要水源, 由于采煤的影响, 导致煤系地层及上覆松散岩层中垂向裂缝增多、增大, 煤系地层中的水以及松散岩层地层中的水均快速地向下渗透, 形成了区域性地下水位降落漏斗, 浅、中层地下水逐年被疏干, 煤矿周围村庄的水井也因无水而报废, 造成了村民的吃水问题^[2]。

(2) 对深层地下水的影响 煤矿在开采过程中, 为维持采矿的正常进行及采煤工作面的横向和纵向的发展, 必须将工作面周围的水或潜在的水排出。随开采深度的加大, 深层各含水层水被截留, 转化为矿坑水排出, 矿井排水量逐年增加, 导致深层地下水位逐年下降, 所形成的地下水降落漏斗范围和幅度也越来越大。深层地下水位一再下降, 很难在短时期内得到恢复。

1.2 煤炭开采对地下水水质的影响

矿井疏排地下水是煤矿对地下水系统的一项最基本操作, 操作后果主要有2个方面: 一方面是当有害地下水排到地面后, 即构成污染源, 可导致地表水体、浅层土壤、地下水含水层等其他环境因素的次生污染; 另一方面煤矿疏排水改变了地下水系统的自然物理与化学格局, 并对地下水系统(包括地下水的储存量和水质流场的介质等)产生反作用。2种作用都引起矿区生态环境发生变化, 并又反过来对矿区开发建设带来不利影响。

随着煤矿疏排水的延续, 地下水环境发生演化, 水—岩作用以及所处化学环境发生变化, 地下水化学环境平衡遭到破坏, 氧化作用加剧, 岩石淋蚀作用加强, 生物作用也明显, 致使地下水化学成分发生变化^[3]。如水中含有较多的有机(褐煤)和无机(粉砂)悬浮固体物质, pH值很低, 随着矿坑水的排放总矿化度不断增加, 某些组分的浓度也增大, 引起地下水矿化度增大、有害成分增多等。环境演化的结果, 致使煤矿地下水水资源枯竭及

水体环境污染，不仅供水系统大量报废，还导致了岩溶地面塌陷的连锁反应。

2 保水开采技术途径

2.1 合理选择开采区域

(1) 对于不存在含水层或煤层埋藏适中，有含水层但其底部有厚度较大隔水层的地区。该区域煤层开采的垮落带和导水断裂带发育不到含水层底部，不至于破坏含水层结构，可以实现保水开采。

(2) 有含水层隔水层分布，但隔水层的厚度有限，煤层开采后需采取一定的措施，才可以保护地下水不受破坏的地区。需要研究煤层采动覆岩破坏规律和地下水位下降与沙漠地区植被生存条件的关系等。应采取有效保水开采措施后方可进行开采，如神东矿区秃尾河沿岸的一些井田。

(3) 对于煤层埋藏浅、又富含水，煤层开采会造成地下水全部渗漏的地区。一旦开采，矿井突水可以通过提前疏降水工程保证，但不能保证地下水含水结构、生态环境的破坏，在没有彻底解决地下水渗漏问题之前，暂缓开发。如神府东胜煤田乌兰木伦河上游的一些井田。已经开采的矿井，应该采取保水开采措施。

2.2 留设防水煤岩柱

目前在松散含水层等水体下采煤，一般根据开采区域岩煤地质及水文地质条件、煤（岩）柱两侧的开采状况及采矿技术条件等因素，采取留设防水（砂）煤（岩）柱的方法进行开采。

首先以钻孔冲洗液法为主，结合其他方法研究确定导水断裂带高度。通常，在工作面上方地表沿煤层走向和倾向布置观测线，施工数个水文钻孔和岩移观测孔，根据钻孔中水位变化、冲洗液消耗量大小及岩芯破碎程度等综合分析，确定深埋近露头煤层开采后导水断裂带发育高度和分布形态。

其次，厚松散层下近风化带保水开采的 GIS 研究，可用于保水条件下的安全煤柱留设设计。该研究建立了 GIS 数据库和图形库，通过 GIS 多因素拟合建立了近风化带覆岩采动破坏“两带”高度的预计模型，提出了开采上限的 GIS 决策模式^[4-5]。

2.3 应用保水采煤方法

(1) 减小导水断裂带高度的开采方法 保水开采可应用国内外“三下”采煤技术与特殊开采方法，使煤层顶板岩层破坏减小，导水断裂带不波及水体。减小断裂带高度的采煤方法有：充填开采、条带开采、分层开采、协调开采、限厚开采及覆岩离层注浆等。

(2) 以底板加固为主导的保水开采技术 对于底部赋存岩溶水或承压水体的煤层，近年来以底板加固为主导技术的保水开采技术取得了长足进展。工作面底板加固是对底板隔水层薄弱带进行注浆强化处理，既降低底板地层渗透性，又提高底板地层抗压性，起到了封堵和加固作用。

(3) 浅埋煤层长壁工作面保水开采方法 中国矿业大学张东升等提出一种浅埋煤层长壁工作面保水开采方法，适用于浅埋煤层的水资源保护。

根据煤层地质测量数据确定开采工作面，采用长度在 200m 以上的长壁工作面；工作面采用 8000kN 以上高强度的液压支架支撑；选用合适的配套设备，保证工作面日推进速度在 15m 以上；在开切眼区域附近 10~50m 范围内局部充填或局部降低采高，以减少采动覆岩贯通裂缝，使基岩不发生整体错动式破坏；并在基本顶初次来压区域附近 10~50m 范围内，局部降低采高或在其对应地表影响范围内局部注浆以减小覆岩的运移空间，使覆岩形成较为稳定的砌体梁结构，增强采动覆岩阻水作用。

3 榆神府矿区保水开采实践

3.1 矿区概况及水资源破坏情况

榆神府矿区地质构造简单，地层平缓向西倾斜。含煤地层为侏罗系中统延安组，煤层多属中厚、厚煤层。榆神府矿区由地表到煤层底板包括以下地层：第四系的风积沙、马兰组、萨拉乌苏组、离石组、三门组、第三系上新统三趾马组、白垩系洛河组、侏罗系安定组、直罗组、延安组和富县组。榆神府矿区对保水开采有意义的主要含水层为砂层（萨拉乌苏和风积沙）和烧变岩水^[6]。

据神木县水利局提供的资料，母河沟泉域是一个完整的第四系地下水流含水盆地，萨拉乌苏组是该泉域唯一的含水岩层，泉域汇水面积 14.25km²，接受大气降水的入渗补给，自然下渗。矿区开发初期，一直以母河沟泉域地下水为矿区的供水水源。1996 年后，该泉域地下水含水层不断下降，1997 年已经下降至基岩附近，表明萨拉乌苏组地下水已被基本疏干，母河沟泉流量也不断减少，主泉口已断流，2002 年 4 月测得流量仅 1680m³/d，衰减达 70% 以上，无法再提供水源。地下水环境，细菌学指标超标，且呈现出悬浮物和有机物污染特点。

3.2 保水开采工程技术措施及保水效果

(1) 合理留设防水安全煤柱 浅埋型近水平煤层“三下”采煤，合理确定防水煤岩柱高度，

控制垮落带发育在含水层以下，对尽可能减少压煤，又能保住萨拉乌苏组水，实现保水开采是关键。根据保水开采类型分区，对大保当区为保水开采。采用拉断处理的弹塑性非线性有限元法计算三带发育高度，计算系数采用 Hock-Brow 原则，确定了岩体强度，取代岩块强度，冒落物的力学参数采用了大尺寸有侧限加压试验确定，结合基岩强风化带工程地质特征和三轴伺服测试结果，表明采动后位于整体移动带第四系离石黄土和第三系红土亦能够起到良好的隔水作用，确定了大保当矿区垂直方向保水安全煤岩柱留设高度。留设防水煤柱保证了松散层地下水不向矿井发生大量渗漏。

(2) 建立浅排集中供水水源地 该项工作既充分利用萨拉乌苏组含水层水资源作为矿区供水，又起到保护生态环境的作用。通过在烧变岩带建立水源地，使大量砂层水通过水平方向流向烧变岩区，可有效地减少下渗量。烧变岩不属于煤炭开发区，比较稳定，且储水能力大，水量极为丰富。烧变岩地下水是由沙层水补给的，在烧变岩带建立水源地，其实质是利用烧变岩贮水空间抽取沙层水，通过水源地大流量抽水造成大范围降落漏斗，使水量大部分流向烧变岩，减少沙层水含水层向矿坑垂直入渗量，并由此可解放一部分保水煤柱，达到最大限度地开发煤炭资源。

(3) 保水开采的采煤方法划分体系 含水地层能否实现保水开采，取决于采空区上覆岩土层的工程地质性质、地层组合结构以及采矿方法，这些因素决定了采空区上覆岩土层中导水断裂带的发育情况^[7]。各地层的厚度不一，因此，各煤矿的保水开采条件也不相同。如果采空区上覆岩层中的导水断裂带没有发育到含水层，就可以实现保水开采，否则含水层中的水会通过导水断裂带流失，不能实现保水开采。通过相似模拟试验和数值模拟研究不同地质条件下，采用不同开采方法时采空区上覆基岩的导水断裂带发育高度来确定适宜的保水开采方法。

由现场开采实践和相似模拟试验，尝试建立榆神府矿区保水开采的采煤方法划分体系并提出相应的保水开采方法。

按照图 1 进行保水开采的采煤方法区划：非保水开采区即基岩上覆土层中无含水地层，包括赵家梁矿、朱概塔矿和石窑店矿；长壁开采区，包括永乐矿、十八墩矿、金鸡滩矿、补连塔矿和大保当矿部分矿区等；间歇开采区，包括大柳塔矿部分矿区、上海矿、乌兰木伦矿、大保当矿部分矿区和三

一矿等；充填开采或房柱式开采区，包括大柳塔矿部分矿区、石圪台矿部分开采区、郭家梁矿、大保当一矿、三一矿和讨老乌素矿等；分层开采区，包括榆神矿等。

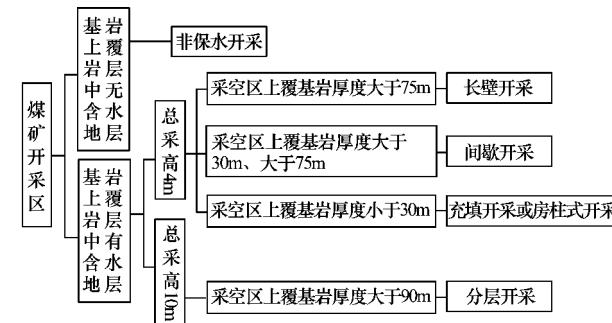


图 1 神府矿区保水开采采煤方法划分体系

4 结论

(1) 煤炭开采对地下水的水位和水质均有较大影响。开采形成了区域性地下水位降落漏斗，随开采深度的加大，降落漏斗范围和幅度也越来越大；开采导致地下水化学环境平衡遭到破坏，引起地下水矿化度增大、有害成分增多。

(2) 保水开采技术途径主要有：合理选择开采区域、留设防水煤岩柱及应用保水采煤方法。

(3) 榆神府矿区保水开采实践表明，保水效果明显，留设防水煤柱保证了松散层地下水不向矿井发生大量渗漏，建立集中供水水源地的技术方案，减少沙层水含水层向矿坑垂直入渗量。

[参考文献]

- [1] 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, 32 (4): 333—347.
- [2] 崔希民, 等 . 开采引起的含水层失水对地表下沉的影响 [J]. 煤田地质与勘探, 2000 (5) .
- [3] 张发旺, 李 锋, 赵 华 . 煤矿开采条件下地下水破坏及其控制 [J]. 石家庄经济学院学报, 1996 (2) .
- [4] 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.
- [5] 董青红, 满海英, 郭典伟 . 厚松散层下近风化带保水采煤的 GIS 研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2004 (2) .
- [6] 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.
- [7] 范立民 . 论保水开采问题 [J]. 煤田地质与勘探, 2005 (5) .

[责任编辑：施红霞]