

煤炭行业保水采煤新技术途径分析与总结

高 洋 苗国栋 张志国³

中国华电蒙泰不连沟煤业有限责任公司生产技术部 内蒙古鄂尔多斯 017100

摘 要: 本文针对煤炭保水采煤的内涵及外延、保水开采理论及技术成果前沿方向、推广保水开采意义、保水开采具体技术方案等进行剖析,论述了煤炭保水开采具体技术及未来发展应用方向,煤矿保水开采技术对于海、河、湖、流域生态保护和高质量具有重大意义,是近年来采矿学、地质学、水文水资源学、工程地质学、生态学、植物生态学、水利工程学、环境工程学、采矿经济学、地质勘探、地理信息系统、生态环保领域的研究重点,安全、节约、绿色、清洁、环保是煤炭综合开发利用与建设绿色矿山的大势所趋与时代要求,旨在为相关研究工作提供探索方向与参考依据。

关键词: 煤矿保水开采技术;理论;前沿方向

Analysis and summary of new technical ways of coal mining for water conservation in coal industry

Yang Gao Guodong Miao Zhiguo Zhang

Production Technology Department of China Huadian Mengtai Buligou Coal Industry Co., Ltd. Ordos, Inner Mongolia 017100

Abstract: This paper analyzes the connotation and extension of coal water conservation mining, the theory of water conservation mining and the frontier direction of technical achievements, the significance of promoting water conservation mining, and the specific technical scheme of water conservation mining. It discusses the specific technology and future development and application direction of coal water conservation mining. The water conservation mining technology of coal mines is of great significance to the ecological protection and high quality of the sea, river, lake, and river basin. It is the research focus in the fields of mining, geology, hydrology and water resources, engineering geology, ecology, plant ecology, hydraulic engineering, environmental engineering, mining economics, geological exploration, geographic information system, and ecological and environmental protection in recent years. Safety, saving, green, clean, and environmental protection are the general trend and requirements of The Times for the comprehensive development and utilization of coal and the construction of green mines, which aims to provide exploration direction and reference for related research work.

Key words: water conservation mining technology in coal mine; Theory; Frontal direction

我国 800 毫米等降水量线大致为青藏高原东南—秦岭—淮河一线,此分界线是亚热带季风气候与温带季风气候的分界线;400 毫米等降水量线大致为大兴安岭—阴山—贺兰山—巴颜喀拉山—冈底斯山一线,此分界线是温带季风气候与温带大陆性气候的分界线,而此分界线两端的水资源和煤炭资源呈逆向分布,西、西北部富煤地区煤炭储量及开采量占全国 2/3 以上,水资源量却仅仅占全国的 1/3;西北及内蒙古地区的淡水资源及水能资源贫乏,煤炭资源丰富,这就造成西北地区的水力发电行业发展困难,但近年来依托强大的煤炭储量与开采能力,西北地区已经成为我国电力及煤炭行业的领跑者。与此同时,在煤炭开采过程中也造成了西北地区的水资源破坏,寻求一种兼顾保水与采煤的开采方法已经迫在眉睫。我国在 1995 第一次提出保水采煤技术,煤矿保水

开采是“绿水青山就是金山银山”的具体技术探索,是地质勘探、水文资源、煤炭开采、生态环保等领域的一场技术革命,它能够破除传统开采思维中利润至上的藩篱,提高煤炭企业的环保意识,加强对水资源的保护利用,有效地解决地下水浪费问题。保水开采技术将煤炭利润与水资源利用进行有效结合,提升煤炭开采过程中的防治水水平实现高效、低耗、零排开采,因此是我国未来矿业及环保工程的主要发展趋势。在煤矿保水开采技术的应用过程中,选用更为精准的探查控制技术,有效判别水害隐患及开采对上覆承压水层影响,能在应用过程中及时分析、解决问题,避免安全隐患与水资源浪费,实现煤炭开采、水资源综合利用、绿色矿山的多赢。

一、研究现状与内涵外延

保水开采(保水采煤)的概念:即在干旱少雨且年蒸发量大的地区,煤层开采期间,通过控制岩层移动维持具有供水意义和生态价值含水层(岩组)结构稳定或水位变化在合理范围内,寻求煤炭开采量与水资源承载力之间最优解的开采新技术。保水采煤方法具体包括:留设防水煤(岩)煤柱、限高开采、注浆封堵、河床防渗处理、充填开采、房式开采、条带开采等,目前在山东、安徽、山西、陕西等很多省份得到广泛应用,成为当下及将来“绿水青山就是金山银山”时代背景下煤炭开采技术的新方向。在以往的研究与实践中,一些学者在进行煤炭开采技术的研究工作时仍会片面的认为煤、水二者共同开发是矛盾的。当下推进保水采煤技术正是要解答“煤水之争”问题,所有有利于保护水资源的工程技术手段均应纳入保水开采的范畴并形成体系^[1]。在矿产开采中,将地下水视为资源,通过合理的开采技术方法消除其负面“灾害性”,挖掘其正面“资源性”,掘进及回采时避免破坏与煤系同沉积的含水层结构,无法避免时应积极采取本文所述技术措施进行掘进及回采,实现煤炭和水的“双资源”共同开发与绿色矿山的协调、清洁、可持续发展目标,最终达成水害防控、水资源保护开发、生态环保的多赢目标。

二、技术

2.1 改进采矿方法和工艺

我国长壁式采煤已应用多年并迅速开始领跑世界标准,随着综采综放成套技术及配套设备的完善,我国建成了多个年产千万吨级大型高产高效矿井。近年来,6.3m大采高工作面和300、360、400m超长工作面在神东、内蒙古准格尔矿区得到广泛应用,21m煤厚240m中等长度综放工作面在鄂尔多斯市准格尔旗不连沟、黄玉川、唐家会、龙王沟、小鱼沟等煤矿也已广泛应用。长壁放顶煤(大采高)采煤法具备损失小、单产高、采煤系统简单、适应性强等优势,积极促进了煤炭产业做大做强满足了国家经济建设和人民对美好生活的向往。但长壁式采煤法会形成上覆岩层及地表塌陷,对含水层结构、地下水系统、生态环境形成了巨大挑战。所以,今后必须倡导在矿井回采过程中,当某个开采水平、采(盘)区、工作面采用长壁式(大采高或放顶煤)无法做到煤-水双资源开发时,可以独立或局部考虑采用高效益的短壁式采煤法,如:短壁、条带、房式/房柱式等开采方法,或者考虑采用限高采煤或分层间歇采煤;在井田中因地制宜的选用合适的采煤方法及工艺,会让保水采煤焕发出新的生命力^[2]。

全中国14个大型煤炭区域中有10处于干旱少雨且蒸发量大的厚(特厚)煤层地区,年降水量少雨400毫米,生态恢复能力贫软,高强度的长壁式放煤工艺及疏降强排方式加剧了水资源危机。我国一些地方煤矿直接

将地下水抽排到地表河流,造成水资源浪费和污染。同时矿井水外排还需缴纳水资源费和排污费,加重了吨煤成本。2015年国家《水污染防治行动计划》明确说明:“推进矿井水综合利用,煤炭矿区的补充用水及周边地区生产生态用水必须优先使用矿井水,加强洗煤废水循环利用”。可见,矿井水资源化利用日益受到国务院能源、自然资源、环保等部门和地方政府的重视,将会为缺水矿区缓解用水短缺、减轻环境污染提供更优化的方案。

2.2 煤矿水排、供、生态环保有机统一

可疏性强的矿井,可考虑矿井排水、供水、生态环保有机统一的方式,本质是将矿井疏排水通过分级处理之后,全部或部分用来代替矿区及当地的供水水源。此种方式在保证地下水压力疏降到安全范围并满足矿区一定需水量但不引起环境破坏的条件下,以寻求最大经济效益为优化目标,具体可通过以下举措:井下疏放水采用专门疏水巷道、回采巷道超前疏干及探放水等疏降措施。采用井下排水和地面抽水联合疏降,以最大涌水量作为设计供水量。地面抽水目的是解决因井下事故引起的井下停排造成的水源中断或因枯水期造成的供水缺口等问题。在对矿井水疏降较为有效的地下水系统的某些补给部位,建立可以保证生态环境的供水水源地,预先截取补给矿井的地下水水流。

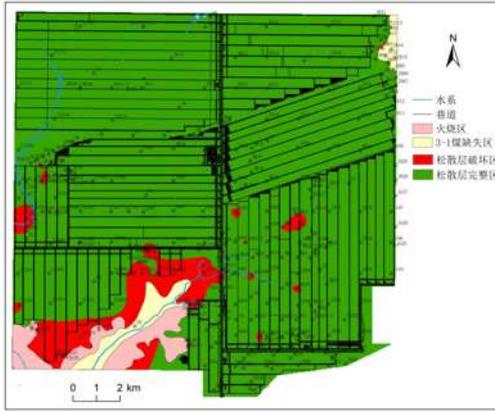
可疏性差的矿井,应采取矿井地下水控制、利用、生态环保互相配合的优化模式,本质是在对补给矿井地下水实施控制、降低矿井涌水量的基础上,将有限的矿井污水分质处理后加以利用。通过对矿井水实施有效控制和利用,防止地下水水位大幅下降和水浪费,避免矿区生态环境系统恶化。控制措施包括:①留设防隔水煤岩柱;②提升隔水层的隔水能力,如煤层顶底板注浆加固、注浆封堵导水裂隙等;③减小导水裂隙带发育高度,如限高开采、厚煤层分层开采,也能在强富水含水层下对煤层覆岩实施局部轻微爆破松散或注水软化;④帷幕注浆,隔离回采区间。

针对适合回灌的矿井,可采用矿井水控制、处理、利用、回灌、生态环保混合的模式,本质是采用各种防治水措施,将有限的矿井污水进行水质处理后,在地面、矿井下利用,最后把剩余的矿井水补充到足够厚度和透水性较好的含水层,防止地下水水位下降,达到的节能减排、绿色开采的要求。

三、保水采煤技术的应用

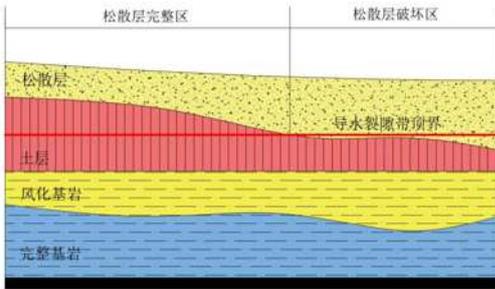
3.1 松散层水保护方案

松散层破坏区分布情况如下图:

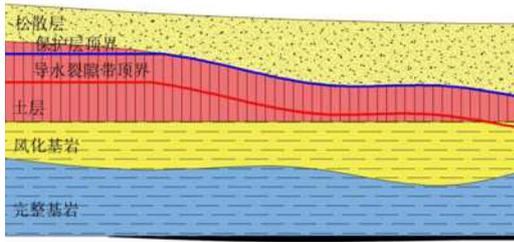
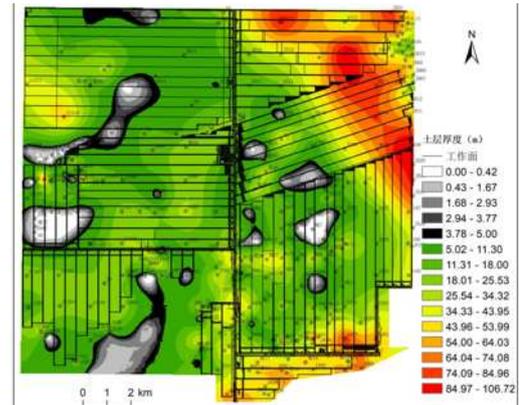


房式采煤区域图

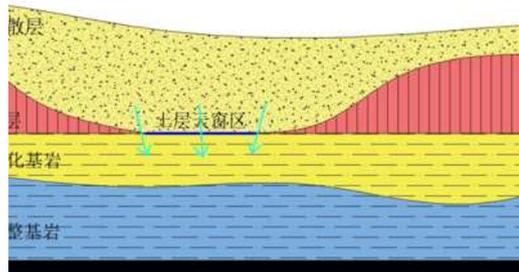
3.2 土层缺失区分布情况:



根据矿井地层实际分布及构造性质等, 提出解决松散破坏区的方案: 限高开采 + 房式采煤

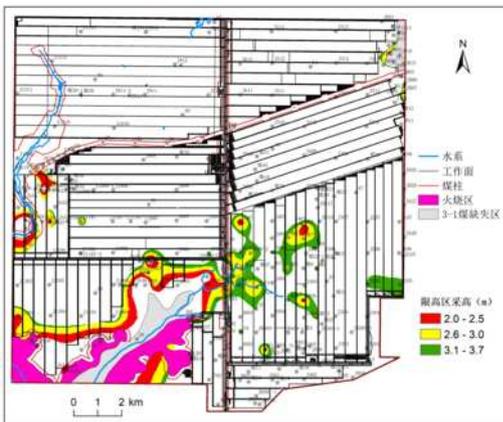


限高开采后导水裂隙带发育情况示意图

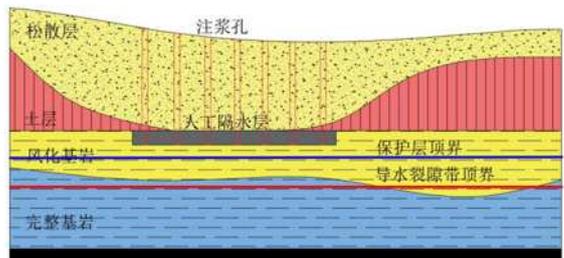


土层缺失区分布情况图

根据矿井地层实际分布及构造性质等, 提出解决松散破坏区的方案: 人工隔水层构建

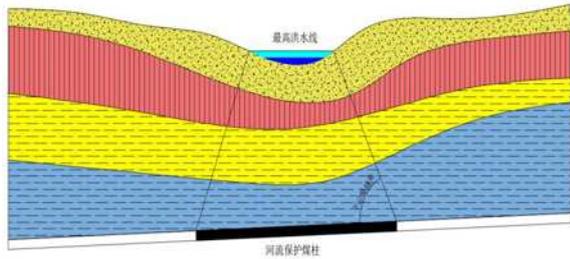


限高区域示意图



人工隔水层构建的目的是切断松散层水对风化基岩含水层的垂向补给, 将人工隔水层的构建层位选在风氧化带内部, 同时考虑到回采可能对人工隔水层的破坏, 需将构建层位放在风氧化带的顶部, 即保护层的范围内, 综合考虑保护层厚度、人工隔水层隔水能力、采煤沉降

等, 确定人工隔水层的有效厚度为 5m, 保证人工隔水层有足够的隔水能力同时有效厚度在保护层范围内, 导水裂隙带不受破坏。



水源保护区地表水保护煤柱留设方法示意图

对于处在水源保护区内的地表水体及采用人工防渗处理水体不经济的区域应当留设防水安全煤(岩)柱。据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》第六十九条: 水体下安全煤(岩)柱水平方向按裂缝角留设, 垂直方向按水体采动等级要求的安全煤(岩)柱类型留设。裂缝角应当根据本矿区取得的参数选取, 如无本矿区裂缝角资料时, 可以在本矿区移动角基础上加大 5° 进行代替。

3.3 保水采煤与矿山生态恢复

开展保水采煤是为了在采煤的同时保护水资源, 利用矿井地下水资源建设绿色矿山。长期以来, 受煤炭开采的影响, 我国西部及西北部干旱矿区出现了严重的生态系统损害和退化现象, 水源保护区、生态功能区的服务能力迅速下降。矿山地下开采造成的生态破坏主要是含水层的结构破坏、地表水体、湿地面积缩减, 植被退化、荒漠化风险加剧, 排矸场、回采塌陷区等对原有土地功能的破坏, 同时破坏了地貌景观、生物多样性等^[1]。

在国家统筹推进“山水林田湖草沙命运共同体”的政策下, 矿山生态恢复面临空前机遇和挑战, 采矿生态恢复也是当今生态环境恢复的重点对象之一, 工作内容主要有矿山生态环境影响的消除和缓解、生态系统功能的建设和恢复等。针对我国西部、西北部干旱区采煤破坏含水层及地下水资源的实际情况, 应当进行以下试验: 含水层再造试验、利用采空区建设地下水库试验。所以, 生态修复不但应该创造新的生态系统, 同时还要维持系统的原生演化。生态重新建设和恢复作为保水采煤的一部分, 必须要充分依托保水采煤理念进行探索。

四、技术应用的总结

4.1 由于长壁式采煤法会形成上覆岩层及地表塌陷, 对含水层结构、地下水系统、生态环境形成了巨大挑战。所以, 在矿井回采过程中, 当某个开采水平、采(盘)区、工作面采用长壁式(大采高或放顶煤)无法做到煤-水双资源开发时, 可以独立或局部考虑采用高效益的短壁式采煤法, 如: 短壁、条带、房式/房柱式等开采方法, 或者考虑采用限高采煤或分层间歇采煤; 在井田中因地制宜的选用合适的采煤方法及工艺^[4]。

4.2 针对可疏性强的矿井, 可考虑矿井排水、供水、生态环保有机统一的方式, 本质是将矿井疏排水通过分级处理之后, 全部或部分用来代替矿区及当地的供水水源。针对可疏性差的矿井, 应采取矿井 ①留设防隔水煤岩柱; ②提升隔水层的隔水能力, 如煤层顶底板注浆加固、注浆封堵导水裂隙等; ③减小导水裂隙带发育高度, 如限高开采、厚煤层分层开采, 也能在强富水含水层下对煤层覆岩实施局部轻微爆破松散或注水软化; ④帷幕注浆, 隔离回采区间控制、利用、生态环保互相配合的优化模式, 通过对矿井水实施有效控制和利用, 防止地下水水位大幅下降和水浪费, 避免矿区生态环境系统恶化。针对适合回灌的矿井, 可采用各种防治水措施, 将有限的矿井污水进行水质处理后, 在地面、矿井下利用, 最后把剩余的矿井水补充到足够厚度和透水性较好的含水层, 防止地下水水位下降, 达到的节能减排、绿色开采的要求。

4.3 为了保护松散层内水资源不被采煤破坏, 针对土层缺失区制定了构建人工隔水层的保护方案, 采用地面注浆方法在土层厚度小于 5m 区域的风化基岩顶界注浆, 形成人工隔水层从而阻止松散层对风化基岩水的补给; 针对松散层破坏区制定了限制导水裂隙带发育高度的松散层水保护方案, 主要包括留设防水煤柱、限高采煤及采用房式开采方法;

4.4 为了对地表水进行保护制定了留设防水煤柱的保护方案, 针对处在水源地保护区内的地表水采用留设防水煤柱的方法进行保护, 确保采煤沉降区不波及地表水体^[5]。

五、结论语

本文主要介绍了煤矿保水开采技术的内涵、具体技术措施及应用方法, 从综合角度进行探讨, 针对保水采煤技术发展情况和未来的解决办法进行了详细的论述。21 世纪是协调可持续发展的攻关期, 我国华北、西北地区地下水资源的不断下降已经敲响了警钟, 并引起国家相关部门的重视, 解决水资源问题已经迫在眉睫, 而煤炭开采造成的水资源的破坏更应引起关注。我们可以认识到, 在矿井煤、水资源开发矛盾的解决及探索发展的过程中要提升保水采煤技术的环保性和实用性, 不断激发保水采煤技术的更新迭代, 提升煤水双资源开发技术的应用效果。在将理论转化为应用技术的进程中, 也会煤炭行业的煤-水资源矛盾带来新的发展机遇, 提升煤炭行业的生产效益, 实现经营利益与绿色环保、节能减排共同进步, 用实际行动推动“绿水青山就是金山银山”理念向更深层次迈进。

参考文献:

[1] 武强, 申建军, 王洋“煤-水”双资源型矿井开采技术方法与工程应用[J]. 煤炭学报, 2017, 42(1): 8-16. doi: 10.13225/j.cnki.jccs.2016.5032

[2] 洪益青 祁和刚 丁湘 王洋 许霞 蒙陕矿区深部侏罗纪煤田顶板水害防控技术现状与展望 [J]. 中国煤炭地质. 2017,29(12): 55-62doi: 10. 3969 /j. issn. 1674 - 1803. 2017. 12. 11

[3] 范立民. 生态脆弱区保水采煤研究新进展 [J]. 辽宁工程技术大学学报 (自然科学版), 2011, 30(5): 667 - 671

[4] 孙文洁. 煤矿开发对水环境破坏机理和评价及修复治理模式 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2012: 27 - 40.

[5] 范立民, 马雄德, 冀瑞君. 西部生态脆弱矿区保

水采煤研究与实践进展 [J]. 煤炭学报, 2015, 40(8): 1711 - 1717.

通讯作者: 高洋, 1992.10, 男, 汉族, 内蒙古巴彦淖尔市临河区人, 内蒙古科技大学, 本科, 学士, 工程师, 研究方向: 煤矿智能化开采、煤炭行业保水采煤技术。

作者简介: 苗国栋, 1993.09, 男, 汉族, 山西省忻州市河曲县人, 本科, 学士, 助理工程师, 研究方向: 煤矿开采技术、应急管理。

作者简介: 张志国, 1992.11, 男, 蒙古族, 内蒙古乌兰察布市人, 内蒙古科技大学, 大专, 研究方向: 煤矿智能化信息系统建设、机电一体化