

高硫煤采前脱硫技术研究

黄祥宽

(四川广旺能源发展集团公司 地质测量部,四川 广元 628017)

摘要:为提高煤炭脱硫率,在阐述现有煤炭脱硫技术的基础上,提出煤炭采前脱硫技术构想及采前脱硫技术方案,分析了采前脱硫技术存在的问题,并提出发展建议。在考虑煤层赋存条件、煤层结构、煤质特征、含硫矿物构成,以及采掘工程、治灾工程、瓦斯抽采等与煤炭开采有关的空间工程布局情况的基础上,运用化学脱硫、生物脱硫方法,可采用巷道+钻孔漫灌法、巷道+钻孔注入法、加压注入+综合抽排法等工艺实现采前脱硫。采前脱硫存在脱硫方法适应性有待提高,影响采掘布置及煤炭开采,加剧煤炭自燃,脱硫后副产物对环境有潜在影响等问题。未来应开发高效化学脱硫液和生物菌群,加强采前脱硫技术理论研究及应用,实现采前脱硫与采后脱硫相结合,提高脱硫效果。

关键词:煤炭开采;化学脱硫;生物脱硫;采前脱硫

中图分类号:X701

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)06-0026-04

Desulfurization technologies of high-sulfur coal before mining

HUANG Xiangkuan

(Department of Geological and Surveying, Sichuan Guangwang Group, Guangyuan 628017, China)

Abstract: In order to improve coal desulfurization rate, one assumption about desulfurization before mining was provided based on the existing desulfurization technologies. The corresponding technologies and possible problems were also analyzed. After considering seam occurrence condition and seam structure, coal characteristics, sulfur minerals and mining engineering, disaster resistant engineering, gas drainage, space project layout relevant to coal mining, chemical and biological desulfurization methods were adopted. The roadway and drill hole irrigation method, roadway and borehole injection method, pressurized injection and comprehensive discharge methods and desulfurization process were used. The adaptability and environmental protection property of the existing desulfurization method was poor. The mining layout and efficiency were also effected. The desulfurization method led to coal spontaneous combustion more easily. The development of efficient desulfurizer and biological bacteria group, desulfurization theories should be strengthened.

Key words: coal mining; chemical desulfurization; biological desulfurization; desulfurization before mining

0 引言

我国煤炭资源总量世界第二,煤炭生产量和消费量居第一,但人均占有资源量和矿井可采储量却远不及世界平均水平^[1]。且资源储量中1/3为高硫煤,目前煤炭开采量中约1/6为高硫煤^[2]。盛明等^[1]认为长期开采和利用低硫煤并不现实,高硫煤的脱硫费用随技术完善可逐渐降低,要重视和充分利用高硫煤资源。运用高效、经济的脱硫技术,实现

高硫煤的绿色、高效开采,提高煤炭利用效率,实现煤炭洁净利用,对于实现我国能源战略和资源利用,解决我国能源安全与环境困局具有重要意义。目前脱硫技术主要是运用物理、化学、生物手段,进行煤炭的燃前脱硫、燃中固硫、燃后脱硫^[3]。路迈西等^[4]认为燃前脱硫最经济,燃后脱硫成本最高,我国应以燃前脱硫为主要发展方向,燃中固硫、燃后脱硫作为辅助手段予以补充。燃前脱硫技术涵盖了物理法、化学法和生物法^[5-6]。物理脱硫投资大,化学

收稿日期:2015-08-01;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.06.006

作者简介:黄祥宽(1966—),男,四川泸县人,教授级高级工程师,硕士,现任四川广旺能源发展(集团)有限责任公司地质测量部部长,从事煤田地质、矿井地质及技术管理工作。E-mail:hkx30@126.com

引用格式:黄祥宽.高硫煤采前脱硫技术研究[J].洁净煤技术,2015,21(6):26-29.

HUANG Xiangkuan. Desulfurization technologies of high-sulfur coal before mining[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(6): 26-29.

脱硫操作复杂且对煤炭特性有破坏,生物脱硫占地空间大耗时长,三者均属于煤炭产品后处理阶段,未与煤炭开采相结合。采前脱硫是全新脱硫技术,将高硫煤脱硫工艺拓展到采前脱硫,在煤炭开采及准备过程中,充分利用煤矿采掘工程空间上的布局,将已有的燃前脱硫工艺,通过适应性优化后移植到煤炭开采前及开采准备过程,实现高硫煤的采前脱硫,将目前脱硫工艺面临的时间、场地、消耗、成本等问题,结合采前布置、采前治灾一并解决,掌握煤炭脱硫的主动性、超前性,减少燃前脱硫工艺在空间、时间上的占用,并减少投资资金占用。采前脱硫可以极大地促进我国煤炭资源的开发利用,更有利于环境与经济协调发展,符合我国可持续发展的基本战略。鉴于此,笔者在综述煤炭脱硫技术现状的基础上,提出煤炭采前脱硫技术构想和实施步骤,针对采前脱硫存在的问题,提出建议,以期促进高硫煤采前脱硫技术的应用。

1 煤炭脱硫技术现状

目前常见的煤炭脱硫技术是根据煤炭开发利用的相应阶段,采用物理脱硫、化学脱硫和生物脱硫工艺,实施煤炭的燃前脱硫、燃中固硫、燃后脱硫。燃前分选脱硫比较经济,但煤中无机硫脱除效率较低;燃中固硫主要是在煤中添加固硫剂将含硫物固定在煤渣中,投资少、运行费用低、不产生废气,但对炉膛温度有一定要求,且脱硫效率很低;燃后脱硫主要是烟气脱硫技术,脱硫效率较高,但工艺过程复杂,投资及运行费用较高,且占用场地较大。

1.1 物理脱硫与化学脱硫

物理脱硫是根据煤炭与含硫化合物在表面化学性质、电性、磁性和密度等方面的差异而去除煤中无机硫的方法。常用方法有重介质法、浮选法、电选法、选择性絮凝法、磁选法等。物理脱硫具有工艺简单、成本相对较低、易于大规模生产等优势,但仅能脱除煤中的无机硫,对有机硫几乎没有脱除效果,不适于采前脱硫。

化学脱硫主要是利用氧化剂将硫氧化或置换出来从而达到脱硫的目的,是一种不受煤种限制的超低硫煤制备方法^[7]。化学法脱硫效率较高,能脱除大部分无机硫和相当部分的有机硫。研究发现,无机酸脱硫法不仅能有效脱硫还能降灰;碱液脱硫法既能脱硫还能脱除煤中部分有害金属元素;超临界萃取法总硫脱除率可达90%以上;铁盐氧化法能脱除

煤中大部分硫铁矿物质;水溶液空气/氧气氧化法无法用于炼焦煤的脱硫;硼氢化钠还原法脱硫快捷、费用低且条件温和;煤电化学脱硫法工艺简单、能量收益高,同时可联产大量高纯 H_2 ;微波法脱硫对有机硫和无机硫都有较好的脱硫效果。上述方法中,大部分可根据煤矿开采特点,通过降低反应强度,提高脱硫效率,控制脱硫成本,优化脱硫工艺方案后纳入采前脱硫研究范畴。

1.2 生物脱硫

煤炭生物脱硫技术主要指微生物脱硫,即在常温常压下利用微生物代谢过程的氧化还原反应选择性地除去煤中有机硫和无机硫从而达到脱硫目的^[8]。其优点是既能脱除结构复杂、嵌布粒度很细的无机硫,又能脱除部分有机硫,且投资少,运行成本低^[9],脱硫效果好。不足是占用场地大,时间长,且微生物细菌对环境含氧量、温度、湿度、压力的适应性有限制。目前,比较成熟的生物脱硫技术主要有浸出脱硫法、表面改性法、生物浮选法、生物选择性絮凝法^[10]。浸出脱硫法是利用微生物菌,采用浸出法工艺过程对煤进行脱硫处理,结合采掘工程和菌种优选后,可运用于采前脱硫。

2 采前脱硫技术可行性分析

1) 时间上允许。根据国家《煤矿生产能力核定标准》,大中型矿井开拓煤量可采期应达到3~5 a,准备煤量可采期应达到1 a以上,回采煤量可采期应达到4~6个月。小型矿井开拓煤量可采期应达到2~3 a,准备煤量可采期应达到8~10个月,回采煤量可采期应达到3~5个月,瓦斯抽采矿井抽采掘平衡。大量采掘工程圈定的“三个煤量”(开拓煤量、准备煤量、回采煤量),特别是准备煤量、回采煤量,为实施采前脱硫技术提供了较为充裕的时间。

2) 空间上可行。能形成“三个煤量”的开拓巷道、准备巷道、回采巷道,特别是后两者形成的采区石门、采区上山、采煤工作面机巷、风巷、开切眼,以及为抽采瓦斯而形成的瓦斯底抽巷、高抽巷等,对备采煤层进行了大量的揭露、分割,为实施采前脱硫提供了必要的空间和通道。

3) 技术上可拓展。除物理脱硫外,燃前脱硫中常用的化学脱硫、生物脱硫方法将液体反应、液体浸泡类工艺进行拓展优化后,从地面移植到井下,从室内移植到采煤工作面,实现脱硫的同时,节省了煤炭出井后再脱硫的时间和空间。

3 采前脱硫技术方案设计及实施

设计采前脱硫技术方案应充分考虑煤层赋存条件、煤层结构、煤质特征、含硫矿物构成、采掘工程、治灾工程、瓦斯抽采巷及钻孔等与煤炭开采有关的空间工程布局情况,筛选优化适用的生物脱硫、化学脱硫方法,实施采前脱硫工艺。同时还需考虑在相关工程中增加采前脱硫必需的工程及设施,如化学脱硫、生物脱硫所需液体的输入工程及设备、以及脱硫后的气化、液化、固化产物的分离及输出处理设备设施。

3.1 采前脱硫方法分类

采前脱硫的核心是实现脱硫所需的化学脱硫液及生物菌液与井下煤层体内含硫物质的充分接触,通过一段时间的化学、生物反应,达到煤炭脱硫的目的。

1)按工程方式可分为兼用工程法、专用工程法。前者是尽可能利用井下已有的采掘工程巷道、硐室、瓦斯抽放钻孔等协助实现采前脱硫;后者是在已有工程不能完全满足采前脱硫需要时,增加专用的钻孔、小断面巷道。

2)按煤层特性可分为自然浸入法和注入法。对于有一定倾角、裂隙发育程度较高、透气性较好的煤层可在上部工程点,如备采工作面的风巷施放脱硫液,采用自然浸入法,使化学、生物脱硫液在重力作用下,沿倾斜方向渗入煤层发生脱硫反应。如果煤层倾角较缓、裂隙不够发育、透气较差,则需在煤层内施工钻孔,将脱硫液注入煤层。

3)按脱硫液的注入方式可分为常压注入法和加压注入法。裂隙发育、渗透性好的煤层适用于常压注入;反之,则进行加压注入,才能使脱硫液与煤层含硫体充分接触,达到更好的脱硫效果。向煤体注入脱硫液,可利用瓦斯抽放钻孔、管路,以节约工程和费用。

4)按施工顺序可分为平行作业法和交叉作业法。脱硫工程可以与井巷工程施工一并进行,特别是煤层巷道施工。在施工条件允许的情况下,可以一边施工巷道,一边在施工巷道碛头后方实施脱硫相关工序。或根据巷道施工进度,与脱硫工序交叉作业。

日常井下脱硫方法,应是上述方法的复合型。

3.2 典型采前脱硫方案

现有化学脱硫、生物脱硫工艺均涉及相关的化

学脱硫液及生物菌液。因此,在成功选取与煤炭特性适用的化学脱硫液、生物菌液的基础上,将配型的液体输入煤体,是实施采前脱硫的关键。利用采掘工程、揭煤工程,特别是采煤面机巷、风巷,以及瓦斯抽采巷和瓦斯抽采钻孔,根据煤炭裂隙发育程度,用常压灌注法或加压灌注法,尽可能地将脱硫液均匀分散到煤体中,进行充分化学、生物反应,再利用已有钻孔、巷道,或采用专用引流引气孔、管、巷,将脱硫后的气相、液相产物引出进行合理化处理。

1)巷道+钻孔漫灌法。对于走向比较稳定的倾斜煤层,可利用备采工作面风巷高于机巷的自然高差,在风巷沿煤层走向漫灌施放脱硫液,使之沿煤层裂隙向下机巷方向渗透,实现脱硫反应。此时,风巷为脱硫施工通道,机巷为脱硫产物收集处理通道。这一方法比较适用于顶底板稳定、煤体硬度较大、裂隙较发育的煤层,如果需要增加漫灌速度和效果,可沿煤层施工一定数量的钻孔,脱硫效果更好。但对于顶板、底板、煤体强度都不高的“三软”煤层,采用此法会给后续采煤工作面的支护带来困难。

2)巷道+钻孔注入法。对于缓倾斜或近水平煤层,必须采用注入法。此法既可使用一条巷道作为施工通道,进行沿煤层的钻孔施工并注脱硫液,另一条巷道作为脱硫产物收集处理通道;也可双向施工钻孔,机巷、风巷均是施工通道和处理通道。此方法可将脱硫钻孔及管路、煤层瓦斯抽采钻孔及管路协同使用。脱硫液注入之前,巷道为脱硫钻孔及管路;脱硫液注入完成后,可作为瓦斯抽采钻孔及管路。并且还可利用瓦斯抽采系统,将煤体脱硫反应过程中产生的气体抽采出去,提高脱硫效果。

3)加压注入+综合抽排法。加压注入主要针对裂隙不发育、透气性差的煤层。在煤层机巷、风巷沿煤层施工钻孔,将脱硫液加压注入煤体,实现切割煤体,增加煤层裂隙,增强煤体透气性,使煤层中含硫物与脱硫液充分接触,同时形成脱硫产物的排放通道,有利于煤层瓦斯的排放。如果再利用瓦斯抽采系统对脱硫产物及煤层瓦斯进行抽排,可同时实现煤炭脱硫和矿井瓦斯综合治理。

3.3 采前脱硫技术实施步骤

1)分析煤层含硫特征。对实施采前脱硫的煤层煤样进行含硫特征分析,分别采用化学脱硫、生物脱硫方法进行脱硫效果试验。根据煤炭产品类型性质,确定较优脱硫方法后,再进行规模化试验,最后在井下进行工业性试验。通过矿井煤层与脱硫方法

的配型—再优化—再配型方式,初步确定可行、合理的脱硫方法。

2)研究煤层开采技术条件。全面研究煤层开采技术条件,特别是可能对脱硫造成影响的水文地质条件、煤层硬度及裂隙率等物理条件,煤层倾角及厚度等赋存条件,瓦斯含量及透气性和压力、煤层的自燃性、地温地压等,利于确定更加合理、可行的脱硫工程布置和脱硫方法。

3)确定实施方案。煤层的含硫性(有机硫、无机硫含量)决定采用化学法脱硫还是生物法脱硫,煤层的倾角、裂隙发育程度、透气性、顶板底板岩性强度以及瓦斯含量决定采用漫灌法、注入法、加压注入法还是加压综合抽排法。选取脱硫方案时需从矿井煤层性质出发,预想技术方案实施效果,并进行经济性预测,最后再通过工业性试验验证其可行性。

3.4 采前脱硫后续工作

对井下预定煤层的脱硫方案实施完成后,需对备采工作面的顶板、底板稳定性,瓦斯含量等安全情况,脱硫产物及残留物进行全面评估,确认对煤层开采无重大影响后方可进行采煤活动。实施采前脱硫的煤层在经过采煤工作面的落煤—运输—井下煤仓—运出井等生产过程中,残留在煤层中的脱硫液会进一步与煤炭反应,因此,如果煤炭出井后能进一步实施分选脱灰工艺,脱硫效果会更加明显。

4 存在问题

1)脱硫方法的适应性有待提高。采前脱硫采用的化学、生物脱硫方法,在矿井下特定场所均具有一定的局限性。特别是生物脱硫有关菌种的选育、菌种活性以及温度的敏感性等方面要求更高。国内目前对微生物煤炭脱硫研究较多的是脱除黄铁矿硫^[11],下一步应提高微生物脱硫法对有机硫的脱除率。

2)影响采掘布置及煤炭开采。实施采前脱硫肯定会在时间、空间、工艺等方面对采掘布置、煤炭开采有一定影响。如何化害为利、利弊互补,实现脱硫与开采协同处理是日后的研究重点。

3)脱硫后副产物对环境有潜在影响。化学脱硫、生物脱硫均会产生含硫的有害气体、液体,这些副产物的残留会对环境造成潜在影响,应加强此类副产物的提取、回收和处理。

4)加剧煤炭自燃。高硫煤一般都具有自燃倾

向,采前脱硫采用的化学、生物脱硫方法都需要一定的反应、处理时间,需采取措施防止煤炭自燃。

5 建议

1)开发高效化学脱硫液和生物菌群。进一步研究化学脱硫、生物脱硫技术及煤炭脱硫后处理技术,有针对性地结合采前脱硫技术方案要求,开发更有效的化学脱硫液和生物菌群。

2)加强采前脱硫技术理论研究及应用。高硫煤采前脱硫研究尚属空白,借鉴目前广泛开展的煤炭开采后的燃前脱硫、燃中固硫、燃后脱硫研究成果,并拓展至煤炭开采前,将是煤炭清洁开发利用的重大突破。

3)加强产学研合作。高硫煤矿井应主动与相关高校、研究单位合作,积极探索矿井采前脱硫工艺方案,找准技术突破口,实现煤炭脱硫技术的跨越。

4)实现采前脱硫与采后脱硫相结合,提高脱硫效果。采前脱硫受煤层赋存条件、井下空间以及采掘接替时间的限制,其效果还需要在煤炭采出后在燃前脱硫、燃中固硫、燃后脱硫过程中进行“补强”,才能更好地实现煤炭的清洁利用。

参考文献:

- [1] 盛明,蒋翠蓉.浅谈高硫煤资源及其利用[J].煤质技术,2008(6):4-6.
- [2] 蔡涛.高硫煤直接脱硫研究[D].青岛:山东科技大学,2012:1-17.
- [3] 张鸿波,边炳鑫,康华.当前我国煤炭脱硫方法的应用[J].国外金属矿选矿,2002(8):20-22.
- [4] 路迈西,刘文礼.高硫煤中硫的分布和燃前脱硫可行性的研究[J].煤炭科学技术,1999,27(2):42-45.
- [5] 田正山,王全坤,白素贞.高硫煤燃前脱硫技术[J].化工时刊,2009,23(7):53-56.
- [6] 徐建平.高硫煤脱硫可行性研究[J].煤炭科学技术,2001,29(1):28-32.
- [7] 程建光,薛彦辉,张培志.化学脱硫方法初探[J].选煤技术,2001(5):14-17.
- [8] 刘先树,尹华强.煤炭的生物脱硫技术[C]//中国环境科学学会学术年会论文集.北京:北京航空航天大学出版社,2009:965-968.
- [9] 张兴,李雷.影响煤炭微生物脱硫因素的研究[J].环境科学研究,1992,5(6):14-18.
- [10] 魏德洲,同志付,林永波.生物技术在煤炭脱硫过程中的应用[J].岩石矿物学杂志,2001,20(4):467-470.
- [11] 张东民,解庆林,张萍.等.煤炭脱硫的研究现状[J].广西轻工业,2007(5):84-85.