

浅埋煤层大面积火区快速治理技术实践

张 忠 温

(中煤平朔集团有限公司, 山西 朔州 036006)

摘 要: 针对安太堡露天矿开采过程中, 由于废弃小煤矿煤自燃引起的火区分布情况不详, 火势大、范围广, 采用单一小流量灭火技术难治理的现状, 采用基于热电复合响应的火区发展区域探测技术、大空洞及松散高温区两相泡沫充填、煤岩较密实区水与三相泡沫交互降温 and 地表隔氧封堵相结合的综合灭火降温技术, 仅9个月即彻底治理了安太堡露天矿 22.7 万 m² 火区, 为我国新疆、内蒙古、山西等地浅埋煤层火区的治理提供了参考。

关键词: 浅埋煤层; 大面积火区; 热电复合响应; 火区探测; 三相泡沫

中图分类号: TD751 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336 (2012) 09-0064-04

Practice and Rapid Control Technology of Large Firing Zone in Shallow Depth Seam

ZHANG Zhong-wen

(China National Coal Pingshuo Group Corporation Ltd., Shuozhou 036006, China)

Abstract: According to the firing zone distribution unknown, high firing tendency, wide firing scope, a single small flow fire control technology would be slow to control the firing caused by the coal spontaneous combustions in the small abandoned coal mine during the mining process of Antaibao Surface Mine. A comprehensive fire control and temperature reduction technology combined with the survey technology based on the electric thermal complex response in the developing area of the firing zone, the two phase foam backfill in the large cavity and the loose high temperature zone, the water and three phase foam interactive temperature reduction in coal and rock well compact zone and the surface ground oxygen isolation was applied. Within nine months only, a firing zone with area of 227 000 m² in Antaibao Surface Mine was completely controlled, which could provide references to control the firing zone of the shallow depth seam in Xinjiang, Inner Mongolia, Shanxi and other areas.

Key words: shallow depth seam; large firing zone; electric thermal complex response; firing zone detection; three phase foam

在我国内蒙古鄂尔多斯、山西朔州等地区煤层埋藏较浅, 易自然发火, 煤矿企业兼并重组工作之前这些区域星罗密布地分布着大量小煤矿。小煤矿一般安全投入与资源采出率较低, 一旦发生自燃后多采用直接封闭的方法进行处理。当大型矿井开采至小煤矿附近后受采动影响, 破坏了原有的封闭环境, 极易造成采空区遗煤复燃。这类火灾一旦发生后普遍存在以下治理难点: ①引起火灾的原小煤矿地质资料不全, 火源位置分布不清; ②火势发展快, 范围大, 常规的单一小流量防灭火技术难以满足快速有效治理的需求。针对以上难点, 以中煤平

朔集团有限公司安太堡露天矿大面积采空区地表火灾治理为背景, 开展了浅埋煤层大面积小煤矿火灾快速治理技术实践研究。

1 火区概况

安太堡露天矿位于山西省平朔市平鲁区, 是我国年产 2 000 多万 t 的大型露天矿井。2008 年该矿开采 9 号煤进入原废弃小煤矿阳工煤矿采空区 (面积约 80 万 m²) 后, 小煤矿受采动影响, 破坏了原有的封闭环境, 造成采空区遗煤复燃形成煤炭自燃火区。2008 年底火区烟气缭绕, 明火四起,

收稿日期: 2012-04-16; 责任编辑: 代艳玲

作者简介: 张忠温 (1964—), 男, 河北南皮人, 教授级高级工程师, 现任中煤平朔集团有限公司总工程师。

网络出版时间: 2012-09-17 10:33:18; 网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120917.1033.201209.64_018.html

引用格式: 张忠温. 浅埋煤层大面积火区快速治理技术实践 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (9): 64-67.

形成采空区火灾和地表火灾相结合的大面积火区(图1)。安太堡露天矿火区是典型的由原小煤矿乱采乱挖形成的浅埋煤层火区,火区煤层平均厚度15 m,火区形成后由于原小煤矿地质资料不全,使得火区分布情况不清楚。同时,随着矿区剥离开采的推进,小煤矿采空区漏风通道增多、漏风量加大,造成火势发展快、范围大,常规的单一小流量防灭火技术难以满足快速有效治理的需求。火区发展初期利用地表暴露旧巷大量灌水治理,但发现大量治理水沿采动裂隙直接流至低洼处,利用率低,治理效果差。因此快速有效地治理此类废弃小煤矿引发的大面积火区是亟待解决的难题。



图1 安太堡露天矿火区现场

2 火区发展区域探测技术

2.1 探测原理及步骤

火区燃烧位置及发展范围的有效探测是实现快速治理火区的前提。安太堡露天矿附近小煤矿火区虽然埋藏浅,但受煤岩高热容、弱导热性的影响,地表部分区域通常无明显温度异常,遥感法难以对地表无异常的区域进行探测^[1-2]。此外,火区前期采用旧巷注水治理,大量积水存积于高温区底部,垮落岩石、空气和水这3种介质构成火区系统的不确定性,导致电法在地面测得的电异常通常不明显或被淹没^[1-3]。而磁法对于初期及温度较低(小于500℃)的火区不敏感^[4-5]。这些使得常规的遥感法、磁法和电法不能满足安太堡露天矿火区的探测需求。

安太堡露天矿火区是由废弃的小煤矿煤炭自燃引起的,前期研究表明,只有呈破碎状态分布的煤才能发生煤炭自燃^[6-7]。火区高温区因分布在地下煤岩松散区域,因此,松散煤岩区是火区可能发生的区域。在火区探测过程中,通过对探测区煤岩介质松散垮落情况(即火区可能发生区)的探测,结合布孔测温与温度场反演即可对火区进行精确探测。由于地下煤岩介质松散垮落区域与正常区域存

在明显的介电性差异,温度异常区与正常区存在热信号差异,因此提出采用基于热电复合响应的火区分布区域探测技术对火区进行识别,其测试步骤如下:①依据地下煤岩松散区域与上覆顶板存在的介电特性差异,辨识火区松散垮落区域,确定可能发火的区域;②根据火区与正常区域的热信号差异,在可能发火区域内进行合理布孔测温,结合温度场反演确定火区高温燃烧区域边缘^[7]。

2.2 可能发火区域辨识

安太堡露天矿火区经前期剥离后煤层底板距离上部岩层表面不足30 m,采空区煤岩松散垮落区埋藏浅。为此,采用地质雷达对安太堡露天矿探测区内可能发火区进行识别。

地质雷达在浅埋深异常构造体的探测方面具有分辨率高、操作简便和自动化程度高的优点。该技术通过从地表向地下发射高频脉冲电磁波,当电磁波在地下介质特性变化的界面上发生反射后,通过接收反射回波信号,根据其时延、形状及频谱特性等参数,对目标深度和介质特性等进行解释,已在地下掩埋物、路桥涵洞、建筑结构等探测方面得到广泛应用^[8-10]。在得到原始电磁波后,结合前期掌握的煤岩松散区域电磁波回波信号同相轴不连续、尾波紊乱和空洞界面电磁波回波信号同相轴连续的特征^[7],对原始波进行滤波校正处理,实现对可能发火区的辨识。地质雷达可能发火区识别如图2所示,局部可能发火区探测结果如图3所示,探测区测试过程中地质雷达测线间距为10 m, A₁—A₁₀为地质雷达测线。

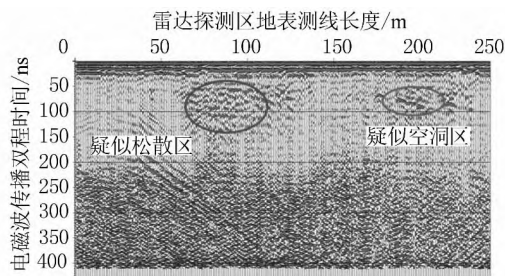


图2 地质雷达可能发火区识别示意

2.3 可能发火区温度场反演

可能发火区内温度场反演是基于反演区内钻孔测点的温度数据进行的。安太堡露天矿剥离开采过程中需要施工间距7~9 m的爆破孔进行爆破,为节省后期爆破期间钻孔施工量,可能发火区域测温孔布距按照爆破孔布距布置。利用测温元件获得可

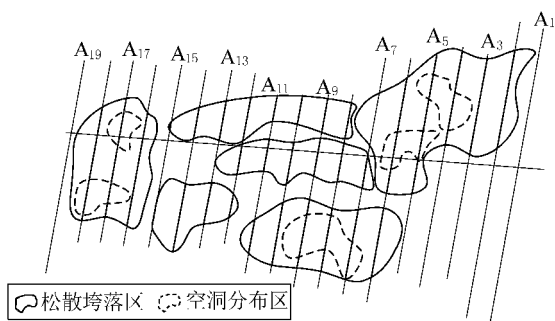


图3 局部探测区地质雷达布线及可能发火区分布
能发火区局部温度测点数据后,采用插值法对可能发火区温度场分布反演,实现了对安太堡露天矿火区燃烧位置及发展范围的有效探测。可能发火区温度场反演等值线分布如图4所示。

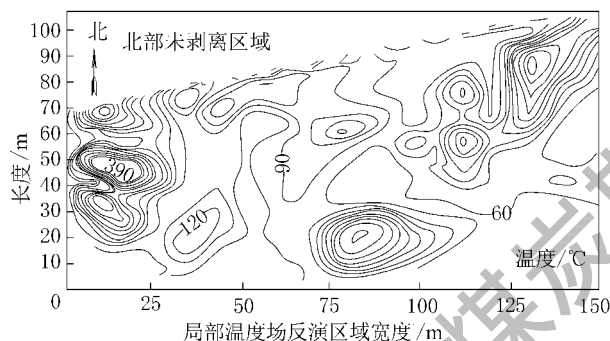


图4 可能发火区温度场反演等值线分布

3 火区快速灭火降温综合技术

3.1 灭火降温工艺流程

安太堡露天矿火区煤层厚(平均厚度15 m),火区探测结果显示原小煤矿废弃后部分巷道保存完好,此外,受原小煤矿开采和安太堡露天矿的剥离采动影响,采空区与外界形成大量的裂隙通道。前期治理实践表明,单一注水虽然成本低,但水会沿煤岩裂隙和废旧巷道直接流至低洼处,只能对低洼处和水流经的裂隙降温,无法对火区煤层的中高位高温区进行治理,灭火效率低、治理用水浪费大。泡沫灭火技术通过对水或水浆发泡,形成的泡沫具有堆积性好、扩散范围广的特点,可以在煤岩裂隙和空洞松散区堆积扩散,增加水与煤岩中高位高温区的接触面积,减少治理用水量。基于此,安太堡露天矿火区综合灭火降温工艺流程为:①采用地表浇灌水对地表高温区进行治理;②对水发泡形成两相泡沫后,利用地表暴露的旧巷和打通大空间区的

钻孔对大空间高温区灌注两相泡沫充填灭火;③对煤岩较密实高温区采用钻孔注水与注三相泡沫交互降温;④对地表空洞及裂隙隔氧堵漏防复燃。

3.2 高温区注水与三相泡沫交互灭火降温技术

安太堡露天矿大面积小煤矿火区中较密实的煤岩混合高温区具有孔隙率低和热交换难的特征,相对于地表高温区与大空间松散和空洞高温区而言是火区治理的难点。该类高温区治理过程中合理确定钻孔布距与终孔位置,是提高钻孔注水与注三相泡沫交互使用灭火效率与有效性的关键。钻孔布距与终孔位置的确定需要在火区钻孔施工前对治理区域的纵向温度场分布和泡沫灭火介质在治理区间的扩散特性进行分析。安太堡露天矿火区治理前利用高灵敏度测温仪对钻孔温度随钻孔深度的变化规律进行测试,结果表明,治理区间最高温度一般分布在煤层顶板以下4 m的区域,考虑到实际钻孔施工过程中提钻塌孔的问题,灭火钻孔时钻孔终孔位置定为进入煤体5 m左右。为合理确定泡沫灭火介质在治理区间的扩散特性,前期采用实验室和现场试验的方式研究了泡沫灭火介质在火区松散煤岩介质中的流动范围及影响因素等特征,在此基础上得出三相泡沫在火区松散介质中的流动规律,确定了安太堡露天矿火区最优的灭火钻孔间距:火区煤层顶板施工灭火钻孔间距为8 m,距离顶板15 m施工灭火钻孔,间距为16 m^[7]。钻孔施工完成后先对底部高温区进行注水,在注水效果不明显时,将水浆发泡,钻孔灌注由水、土和气构成的三相泡沫充填降温^[11]。

3.3 地表隔氧封堵措施

对火区灭火降温后,为防止火区复燃还需对主要漏风通道进行隔氧封堵,安太堡露天矿火区治理过程中利用稠化泥浆的黏结性对地表裂隙进行隔氧封堵,采用黄土、碎石对已扑灭明火的地表巷道和露出的采空区进行回填,以阻断采空区与外界的漏风,该措施的实施达到了理想的隔氧封堵效果。

4 治理效果

安太堡露天矿废旧小煤矿煤炭自燃引发的大面积火区采用以上灭火降温技术仅9个月就成功治理了安太堡原小煤矿引起的22.7万m²火区,火区治理后剥离开采期间未发生复燃,实现了大面积浅埋煤层火区的快速有效治理。2009年火区治理后灭

火钻孔温度观测数据如图 5 所示。

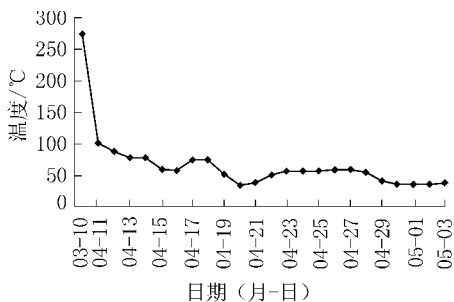


图 5 治理后灭火钻孔温度变化趋势

5 结 语

基于热电复合响应的火区发展区域探测技术和大空洞及松散高温区两相泡沫充填、煤岩较密实区水与三相泡沫交互降温 and 地表隔氧封堵相结合的综合灭火降温技术, 特别适合于浅埋煤层地质资料不全、火区分布不清楚的废弃小煤矿煤炭自燃引发的大面积火区的治理, 具有治理速度快、效率高、效果好的特点, 可为我国山西、内蒙古等地区煤炭企业兼并重组后小煤矿引发火区的快速治理提供可供参考的新技术手段。随着火区埋藏深度的扩大, 必然在火区治理过程中面临着更为复杂的环境和条件, 针对其他类型的火区还需从探测与治理技术及其工艺上开展更为细致的研究, 为提高我国煤矿自燃灾害的防治水平提供技术保障。

(上接第 15 页)

Ca²⁺型, 井下工作面涌水水质为 HCO₃⁻ - Cl⁻ - Na⁺型, 标型离子对比表明, 工作面涌水与地表水没有发生水力联系。

6 结 论

通过现场实测与数值模拟等手段综合研究了综采放顶煤条件下导水裂缝带发育规律, 导水裂缝带高度基本与煤层采高成正比, 裂高采高比与分层综采首分层裂高采高比略小, 裂缝带高度与采高之比约为 20.22。7802 工作面漳河水库下实现了综采放顶煤安全开采, 对相似条件下煤层开采工程具有参考意义。

参考文献:

- [1] 滕永海, 高德福, 朱伟, 等. 水体下采煤 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012: 1-8.
- [2] 武雄, 于青春, 汪小刚, 等. 地表水体下煤炭资源开采研

参考文献:

- [1] 熊盛青, 陈斌, 于长春, 等. 地下煤层自燃遥感与地球物理探测技术 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
 - [2] Mishra R K, Bahuguna P P, Singh V K. Detection of Coal Mine Fire in Jharia Coal Field Using Landsat - 7 ETM + data [J]. International Journal of Coal Geology, 2011, 86 (1): 73-78.
 - [3] 阎述, 陈明生. 高分辨地电阻率法探测地下洞体 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
 - [4] 张建民. 中国地下煤火研究与治理 [M]. 北京: 中国煤炭工业出版社, 2008.
 - [5] 宁靖, 张建民, 宁书年. 磁导成像方法研究及在宁夏汝箕沟煤田火区探测中的应用 [J]. 煤炭学报, 2001, 26 (3): 225-229.
 - [6] 王德明. 矿井火灾学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
 - [7] 中煤平朔集团有限公司. 浅埋藏煤层煤火发展区域探测及快速治理关键技术及应用 [R]. 朔州: 中煤平朔集团有限公司, 2011.
 - [8] 曾昭发, 刘四新, 冯 晷, 等. 探地雷达原理与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
 - [9] 薛建, 曾昭发, 王者江, 等. 探地雷达在城市地铁沿线空洞探测中的技术方法 [J]. 物探与化探, 2010, 34 (5): 617-621.
 - [10] 杨峰, 彭苏萍, 冯正和, 等. 基于谱剖面技术的路基病害地质雷达探测方法研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (5): 6-9.
 - [11] 王德明. 矿井防灭火新技术: 三相泡沫 [J]. 煤矿安全, 2004, 35 (4): 16-18.
- 究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25 (5): 1030-1035.
- [3] 《淮南矿区三下一上采煤试验成果汇编》编委会. 淮南矿区水体下采煤试验研究成果汇编 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002: 5-15.
 - [4] 疏开生. 微山湖下采煤的试验与研究 [J]. 煤炭科学技术, 1992, 20 (7): 44-49.
 - [5] 孟凡和. 龙口矿区海下采煤技术研究与实践 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (2): 19-21.
 - [6] 王献辉, 李强, 冯国才, 等. 大平煤矿水库下首采面综放开采安全分析 [J]. 煤炭科学技术, 2005, 33 (10): 32-34.
 - [7] 孙亚军, 徐智敏, 董青红. 小浪底水库下采煤导水裂隙发育监测与模拟研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (2): 238-245.
 - [8] 赵连涛, 于旭磊, 刘启蒙, 等. 煤层底板岩石全应力-应变渗透性试验 [J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34 (6): 37-40.
 - [9] 刘伟韬, 武强, 李献忠, 等. 覆岩裂隙带发育高度的实测与数值仿真方法研究 [J]. 煤炭工程, 2005 (11): 55-58.
 - [10] 杨建立, 滕永海. 综采放顶煤导水裂隙带发育规律分析 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (12): 100-102.