

# 新型充填材料在特厚煤层巷道高冒区的应用

张耀辉，王文，张伟，汪超

(河南理工大学 能源科学与工程学院，河南 焦作 454003)

**摘要：**为了解决厚煤层综放开采时引起巷道高冒区危险的问题，在分析高冒区成因和危害的基础上，研发了一种新型高冒区充填材料，并结合巷道高冒区具体情况选用合适的充填工艺。现场应用结果表明：该充填材料具有轻质不燃的特性，3 d 抗压强度达到 1.4 MPa，膨胀率为 6% ~ 8%，通过钻孔窥视可知高冒区充填体内部致密，没有裂隙和断裂，充填体能够很好地与高冒区顶部黏结，在周期来压和采动的影响下，高冒区充填体不会发生变形和离层，该充填材料和充填工艺能够很好地解决高冒区安全问题。

**关键词：**高冒区；充填材料；特厚煤层；充填工艺

中图分类号：TD327.2 文献标志码：A 文章编号：0253-2336(2012)09-0006-03

## New Backfill Material Applied to High Roof Falling Zone of Ultra Thick Seam Gateway

ZHANG Yao-hui, WANG Wen, ZHANG Wei, WANG Chao

(School of Energy Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

**Abstract:** In order to solve the highroof falling zone danger problems of the mining gateway occurred in the fully mechanized top coal caving mining in thick seam, based on the analysis on the cause of the high roof falling zone and danger, a new backfill material of high roof falling zone was developed. In combination with the certain conditions of the high roof falling zone in the gateway, a suitable backfill technique was selected. The site application results showed that the backfill material could have the features of the material with the light weigh and non-combustion, the compressive strength after three days could reach at 1.4 MPa and the swelling rate could be 6% ~ 8%. The borehole sight showed that the backfilled material in the high roof falling zone was compact with no crack and broken and the backfilled material were well bond with the roof of the high roof falling zone. Under the influences of the periodical pressure and mining activities, there were no deformation and bedding occurred in the backfilled material of the high falling zone. The backfill material and the backfill technique could well solve the existed problems of the high roof falling zone.

**Key words:** highroof falling zone; backfill material; ultra thick seam; backfill technique

随着综合机械化的发展，综放开采工艺得到广泛应用，虽然其开采效率高，但也引起一系列的问题<sup>[1-2]</sup>，如工作面巷道布置过程中会形成高冒区。高冒区是指在巷道掘进过程中，顶板垮落超过正常的巷道设计高度 500 mm，体积大于 0.5 m<sup>3</sup>的顶部空间<sup>[3]</sup>。高冒区的存在不仅影响工程进度，而且引起顶板垮落造成人员伤害。另外，还易形成瓦斯积聚和遗煤自燃，同时加大巷道支护难度。针对高

冒区存在的问题，国内外处理高冒区的材料和工艺方法很多。主要方法有：①人工木垛充填，配以粉煤灰，黄土或其他材料充填；②注射有机材料，例如，发泡树脂、马丽散、FCC 化学材料、波雷因材料、罗克休材料及瑞米材料等<sup>[5-10]</sup>。人工充填效率低、充填过程危险性大，充填效果差；有机材料充填效率虽高，但是充填物反应过程为放热反应，曾经发生过充填后有机材料发生自燃引起火灾的案

收稿日期：2012-05-12；责任编辑：曾康生

基金项目：中国煤炭工业协会 2011 年度科学技术研究指导性计划资助项目 (MTKJ2011-405)

作者简介：张耀辉 (1985—)，男，河南上蔡人，硕士研究生。Tel: 13703892397, E-mail: zhangyaohui1223@163.com

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.20120917.1033.201209.6\_002.html

引用格式：张耀辉，王文，张伟，等. 新型充填材料在特厚煤层巷道高冒区的应用 [J]. 煤炭科学技术，2012, 40 (9): 6-8, 89.

例, 给矿井安全生产造成了很大威胁。因此, 研发一种新型安全的高冒区充填材料解决高冒区问题显得尤为重要。

## 1 矿井概况及高冒区成因

山西某矿可采煤层为3号煤层和15<sub>3</sub>号煤层, 2012年矿井生产能力达到800万t, 3号煤层位于山西组的中下部, 是本区主采煤层, 煤层厚度4.54~7.32 m, 平均厚度6.01 m。工业试验地点选在N1-3进风巷, 该巷道北邻N1-4工作面(已回采), 东接N1进风巷, 西邻N1排水巷, 南邻N1-3回风巷, 全长813 m。试验巷道所在煤层总厚为5.86~6.23 m, 平均厚度为6.04 m, 含1层夹矸, 平均厚度为0.17 m。煤层直接顶为泥岩, 平均厚度1.33 m。N1-3进风巷断面呈矩形, 净宽4.8 m, 净高3.2 m, 净断面面积15.36 m<sup>2</sup>。

由于该工作面采用综放回采工艺, 巷道沿底板掘进, 煤层厚度大于巷道高度, 在巷道掘进过程中留顶煤, 且该工作面埋深为600 m, 在矿压作用下顶煤和直接顶会变得破碎, 若在掘进过程中支护不及时, 留设的顶煤就会发生冒落, 从而形成高冒区。试验巷道全长813 m, 共有28个高冒区, 高冒区形状、大小各异, 部分在巷道中央冒落, 有的横跨整个巷道, 冒落高度1~2 m, 宽度1~2 m, 长度2~4 m, 体积2~10 m<sup>3</sup>。由于该巷道基本顶较硬, 没有发现基本顶冒落的现象。

试验巷道在高冒区形成后采用锚杆、锚网支护防止二次冒落, 并在巷道高冒处架设风帘, 用来引导风流, 减少瓦斯聚集, 同时在巷道高冒区顶部设瓦斯测点, 瓦斯检测员每天测定高冒区顶部瓦斯含量。N1-3进风巷高冒区处理情况如图1所示。

这种方法处理后的高冒区没有从根本上解决巷道高冒区瓦斯积聚问题, 且高冒区形成蓄热环境,

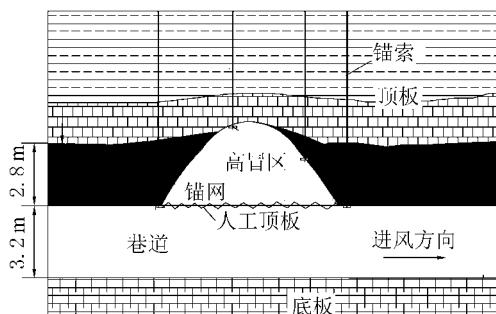


图1 N1-3进风巷高冒区处理方法

易造成遗煤自燃。每天逐个检测高冒区瓦斯浓度, 浪费人力、物力, 而且给矿井生产带来安全隐患。因此必须采用合适的方法对高冒区进行处理。

## 2 新型充填材料在高冒区应用实例

### 2.1 新型充填材料的研发

针对现有材料的缺点, 研制出一种新型不燃、轻质、安全的高冒区充填材料, 并采用适宜的充填工艺对高冒区进行充填, 解决了高冒区引起的问题, 消除了矿井安全生产隐患。

该充填材料包括充填主料和胶结材料以及外加剂, 选取一种无机非金属材料作为充填材料, 该材料具有轻质、不燃等特性。通过胶结料使其胶结, 并添加多种外加剂改善充填材料性能, 通过正交试验的方法确定了充填材料的最终配合比。经过对高冒区材料各项性能测试, 该材料能够满足高冒区充填要求。高冒区充填材料性能: 密度0.62 g/cm<sup>3</sup>, 稠度120 mm, 初凝时间不大于5 min, 终凝时间不小于10 min, 膨胀率6%~8%, 3 d 抗压强度1.4 MPa, 压缩变形率2%。该充填材料在凝结过程中不会产生有害气体, 该充填材料轻质, 可以减少巷道支护难度及对充填体支护强度; 并且该充填材料是无机非金属材料, 具有不燃特性, 不会在具有自燃倾向煤层中发生自燃。

### 2.2 高冒区充填施工顺序

根据试验巷道情况和充填设备特性, 制定的高冒区充填施工顺序如图2所示。

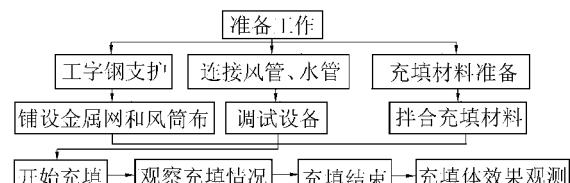


图2 高冒区充填施工顺序

### 2.3 高冒区充填支护方案

1) 充填前, 先确定高冒区上部锚杆和锚网完好, 然后采用工字钢上托金属网的方法封口, 工字钢两端用锚索固定。工字钢间距1.5 m, 锚索规格为φ14.15 mm×5 000 mm, 锚索用树脂锚固剂。

2) 在工字钢的支护下, 用φ10 mm的钢筋, 横跨巷道架设在工字钢上, 间距为150 mm。

3) 在架设的钢筋上沿巷道顶板铺设金属网, 规格为250 mm×250 mm。

4) 在金属网上部贴风筒布，并留设注浆孔和观察窗。金属网下面的钢筋必须支护可靠，使风筒、金属网与冒顶区边缘紧密相接。人工顶板如图3所示。

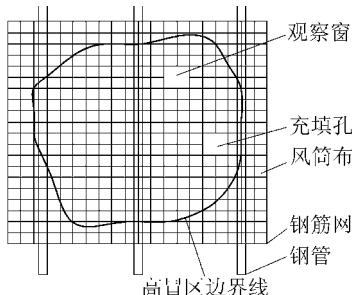


图3 人工顶板示意

#### 2.4 施工过程

1) 准备工作: ①检查锚杆是否牢固,发现及时处理; ②清理现场的矸石杂物,将充填设备安设在顶帮围岩稳定安全的地点。接好风、水管路,输料管路要平直不得有急弯,接头要严密,不得漏风; ③检查充填设备是否完好,并送风空载试运转,紧固好摩擦板,不得出现漏风现象。

2) 配拌料: ①检查充填材料是否符合要求。将充填材料置于干燥处,作防潮处理; ②按设计配比将充填材料送入拌料机,上料要均匀; ③检查拌好的潮料含水率,要求呈松散状,满足充填要求。

3) 充填工作: ①打开风管,保持风压不得低于0.5 MPa,打开水管控制水管出水量,水灰质量比为1.2:1.0; ②送风,开动充填设备,打开马达供气阀门,然后缓慢打开马达节流阀,将风压控制在0.5 MPa,开始充填; ③根据上料情况调整风量、水量,保证充填料尽量满足最终材料试验配比; ④对高冒区进行分段充填,按自下而上先墙后拱的顺序进行充填。施工工艺如图4所示。

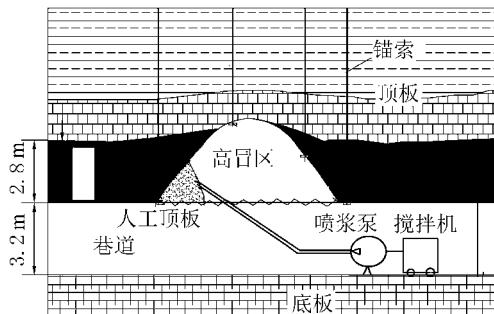


图4 高冒区施工工艺示意

在充填时,应2人配合,1人持喷头充填,1

人辅助照明并负责联络,从观察窗观察充填的质量。在内部和上部充填完毕,盖上观察窗,从充填处向观察窗的位置充填,在观察窗位置充填满后,慢慢将喷枪从充填口退出,并充填满原来喷枪占据的空间。

4) 停机: ①充填结束后,按先停料、后停水最后关风的顺序操作; ②充填工作结束卸开喷头,清理喷射机内外部的材料,整理风管和水管。

#### 3 充填效果检测

根据该矿高冒区充填的具体情况,高冒区充填效果检测主要包括充填材料饱满程度、密实性及胶结性。通过对充填效果检测技术现状分析研究,确定采用钻孔取心检测和窥视镜探测对高冒区充填体进行检测。通过对充填体的检测,结果表明充填体没有发生干缩变形和离层现象,充填体在高冒区内能够较好地保持其性能,但充填体堆积密度及抗压强度要小于实验室试样,并有不均匀现象。通过分析发现,充填体能够很好地解决高冒区问题。通过对窥视仪对充填体内部进行观测,充填体内部结构如图5所示。

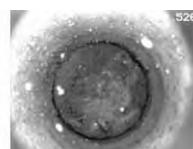


图5 充填体内部结构图像

由图5可以发现,高冒区充填体内部致密,在观察过程中没有发现裂隙和断裂面出现,并且充填体能够很好地和高冒区顶部黏结,在巷道周期来压和采动影响下,没有发生变形和离层。

#### 4 结论

1) 对于采用综放开采的煤层,巷道沿底板布置,在多种因素的作用下会形成高冒区,易形成瓦斯积聚和遗煤自燃。

2) 通过对现有的高冒区充填材料进行分析,现用的高冒区充填材料不能从根本上解决高冒区存在的问题。通过调配,选取一种轻质,不燃无机非金属材料作为充填材料,并通过正交试验的方法确定充填材料的最终配比。同时通过多种手段对充填材料各项性能进行测试。结果表明,该充填材料能

(下转第89页)

成对信息的集成与分类, 对信息进行有指向性的传输; ⑤三维可视化监控系统为应用层软件, 完成各子系统间的信息互通, 实现各类终端用户的计算、处理和展现。



图4 矿井三维可视化监控系统界面

## 4 结语

论述了矿山物联网构架下的三维可视化监控系统的设计方案, 该方案已在百色矿务局东怀煤矿得到验证性实施。目前系统运行情况良好, 由于在技术方案的选择上, 没有成熟的技术方案可供参考, 该系统设计路线改变原有软件系统设计的传统思路, 从新的技术视角考虑煤炭企业信息化建设需求, 为矿井复杂环境下的协同管理和控制, 防患井下灾害事故及灾后救援提供技术支持, 为传感器网络在煤矿安全生产大规模应用推广提供参考。

(上接第8页)

够较好地满足充填高冒区的要求。

3) 对试验巷道进行高冒区充填试验, 制定高冒区充填工艺。通过对充填工艺的研究并结合试验巷道的具体情况, 确定了高冒区充填的施工方案。

4) 选择钻孔取心检测和窥视镜探测2种检测方法对高冒区充填效果进行检测。结果表明, 高冒区充填体内部致密, 在观察过程中没有发现裂隙和断裂面出现, 并且充填体能够很好地与高冒区顶部黏结, 在巷道周期来压和采动影响下, 没有发生变形和离层。通过分析发现, 该新型高冒区充填材料能够较好地解决高冒区存在的问题, 对高冒区进行密封, 不会产生瓦斯积聚和遗煤自燃。

## 参考文献:

- [1] 秦书玉, 赵书田, 张永吉. 煤矿井下内因火灾防治技术 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1993: 1-2.
- [2] 余明高, 潘荣锟. 煤矿火灾防治理论与技术 [M]. 郑州:

## 参考文献:

- [1] 钱鸣高. 煤炭的科学开采 [J]. 煤炭学报, 2010, 35 (4): 529-534.
- [2] 孙彦景, 钱建生, 李世银, 等. 煤矿物联网系统理论与关键技术 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (2): 69-72.
- [3] 钱建生, 马姗姗, 孙彦景. 基于物联网的煤矿综合自动化系统设计 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (2): 73-76.
- [4] Salvatore March, Alan Hevner, Sudha Ram. Applying the Technology Acceptance Model and Flow Theory to on Line Consumer Behavior [J]. Information System Research, 2004, 13 (2): 124-129.
- [5] Rikk Carey. The Annotated VRML97 Reference [M]. USA: Accad Osu Edu, 2004.
- [6] 张金钊, 张金镝, 张金锐, 等. 虚拟现实三维立体网络程序设计语言 VRML [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 135-139.
- [7] 周培聪, 李萍, 肖伟. 简单接口实现虚拟现实网络导游 [J]. 科技广场, 2005 (2): 54-56.
- [8] 叶云霞, 刘小勇, 顾志刚. 采用GIS系统集成技术建立流域水资源管理信息系统 [J]. 中国农机化, 2005 (8): 59-61.
- [9] 管恩吉, 郭忠林, 吴世剑, 等. 虚拟现实技术在矿山系统中的应用 [J]. 计算机应用, 2009 (2): 59-61.
- [10] 黎杰, 曹雪梅, 穆利, 等. 信息化系统集成多项目管理与实践 [J]. 运筹与管理, 2009 (12): 151-154.
- [11] 胡向东. 物联网研究与发展综述 [J]. 数字通信, 2010 (4): 17-21.
- [12] 刘志硕, 魏凤, 柴跃, 等. 我国物联网的体系架构研究 [J]. 物流技术, 2010 (4): 1-3.

郑州大学出版社, 2008: 78-79.

- [3] 王展平, 高学东, 陈斌, 等. 注浆法在处理断层带大冒顶区施工中的应用 [J]. 煤炭科学技术, 2008, 36 (7): 38-40.
- [4] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [5] 卞正荣, 邢敦爱, 杨小铁, 等. 用罗克休、马丽散充填加固技术处理巷道冒顶 [J]. 煤炭科技, 2009 (1): 71-79.
- [6] 毕华照, 宋振骐, 乔福祥, 等. 煤矿顶板事故的防治 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.
- [7] 郝玉龙, 李迺梁, 陈庆敏, 等. 煤巷高冒区高水材料固化顶板及防火研究 [J]. 煤, 1998, 8 (2): 21-23.
- [8] 杨胜强, 尹文萱, 于宝海, 等. 煤巷高冒区破碎煤体自然发火微循环理论分析 [J]. 中国矿业大学学报, 2008, 37 (5): 591-594.
- [9] 任万兴, 王德明, 周福宝, 等. 松软巨厚煤层高冒区自然发火原因及防治技 [J]. 煤炭科学技术, 2007, 35 (5): 24-28.
- [10] 刘金成. 巷道冒顶煤炭自然发火的预防和处理 [J]. 煤炭技术, 2004, 23 (6): 72-73.