

Analysis on Spontaneous Combustion Law and High-efficiency Prevention and Control Technology of Goaf in Fully Mechanized Top-coal Caving Face

Chao Gao

Ili No.1 Mine, Chabuchar County, Ili Kazakh Autonomous Prefecture, Xinjiang, Ili, Xinjiang, 835399, China

Abstract

Spontaneous combustion of coal in goaf of fully mechanized top-coal caving face is a complex physical chemistry process, involving coal oxidation, heat release and heat dissipation. Spontaneous combustion is affected by many factors, including coal quality, particle size, moisture content and other internal factors, as well as ventilation conditions, temperature, humidity and other external factors. The interaction of these factors determines the possibility of spontaneous combustion of residual coal. In this paper, the spontaneous combustion law of goaf in fully mechanized top-coal caving face is deeply studied, and the application of high-efficiency prevention and control technology is analyzed. The main influencing factors of spontaneous combustion in goaf are revealed by discussing the mechanism of spontaneous combustion. At the same time, this paper evaluated the effect of various control techniques, and put forward a set of highly effective control program.

Keywords

goaf of fully mechanized top coal caving face; spontaneous combustion of coal; firing regularity; high-efficiency prevention technology; safety production

综放采空区遗煤自然发火规律及高效防治技术分析

高超

新疆伊犁哈萨克自治州察布查尔县伊犁一矿, 中国·新疆 伊犁 835399

摘要

综放采空区遗煤自燃是一个复杂的物理化学过程, 涉及煤炭的氧化、放热、散热等多个环节。自燃的发生受多种因素影响, 包括煤炭的煤质、粒度、水分含量等内在因素, 以及采空区的通风条件、温度、湿度等外在因素。这些因素的相互作用共同决定了遗煤自燃的可能性。论文深入研究了综放采空区遗煤的自然发火规律, 并分析了高效防治技术的应用。通过对采空区遗煤自燃机理的探讨, 揭示了其发火的主要影响因素。同时, 论文评估了多种防治技术的效果, 提出了一套高效防治方案。

关键词

综放采空区; 遗煤自燃; 发火规律; 高效防治技术; 安全生产

1 引言

综放采空区作为煤炭开采时产生的空区, 受诸多因素影响, 采空区遗留物易自燃。自燃在造成煤炭资源浪费的同时, 也会诱发火灾、瓦斯爆炸等安全事故的发生, 给矿井生产带来了严重的影响。所以研究综放采空区遗煤自然发火规律并探讨其高效防治技术对确保矿井安全生产有着十分重要的意义。

2 综放采空区遗煤自燃的机理及其影响因素

综放采空区遗煤自燃过程是涉及诸多因素相互作用与

影响的复杂物理化学过程。煤炭开采时, 受技术限制, 操作失误或者地质条件等因素影响, 有些煤没有被充分开采出来而留在采空区。这些遗煤经过长期暴露与堆积, 在氧、水、温度等诸多因素作用下, 会逐渐产生氧化反应并放热。热累积到一定程度就会导致遗煤自燃。遗煤自燃机制有物理吸附、化学吸附和化学反应三个阶段, 遗煤表面对空气中氧的吸附作用产生了一层物理吸附层。随吸附量增大, 氧气分子在遗煤表面活性位点化学吸附生成不稳定化合物。在特定条件下, 这类化合物进一步化学反应放出热和可燃气体。在热量积累速度大于散热速度的情况下, 遗煤的温度会逐渐上升, 最后可能会到达自燃点。影响综放采空区遗煤自燃有很多因素, 其中有如下几点: 一是遗煤性质, 如煤种、煤质、含硫量等等, 它们对遗煤氧化速率及放热性能有直接的影

【作者简介】高超(1987-), 男, 中国山东兖州人, 本科, 助理工程师, 从事综放工区(采煤)研究。

响；二是环境因素，如采空区内部温度、湿度和通风条件对遗煤氧化过程有显著作用。遗煤开采过程、遗煤处理措施以及其他人为因素都会通过遗煤分布及暴露程度的变化而对自燃风险产生影响。为有效地防治综放采空区遗煤自燃问题，有必要对遗煤自燃机理及影响因素进行深入研究，并有针对性地制定防治措施。一方面可采取优化开采工艺，强化遗煤处理以降低遗煤生成与揭露；另一方面可通过强化监测预警，设置灭火系统及时发现并治理自燃隐患。与此同时，还应强化安全教育与培训，增强人员安全意识与应急处理能力。

综上所述，综放采空区遗煤自燃属于不可忽视的安全性问题。对其自燃机理及影响因素进行深入研究，可对自燃规律及特征有更深入的认识，从而为采取有效防治措施提供科学依据。与此同时，强化安全管理与培训是防治遗煤自燃工作的一个重要途径。只有在充分考虑各方面因素的基础上采取综合性防控措施才能够保证煤炭在开采过程中的安全性和稳定性。

3 综放采空区内遗煤的自然发火规律

综放采空区遗煤自然发火过程复杂而难于预测，发火规律受诸多因素综合作用。在煤炭开采的长期实践过程中，逐步认识到遗煤的一些规律性及其特征——自然发火。一是遗煤的自然发火时间分布不确定。由于采空区环境情况复杂多样，遗煤分布及暴露程度不一，很难准确地预测出自燃的发生时间。有些采空区在采空后不久可能会自燃，有些采空区潜伏时间较长才能自燃。二是遗煤天然发火位置常与遗煤分布及堆积情况关系密切。一般遗煤堆积较粗，通风不畅地区较易自燃。这些地区受氧气供应的限制，遗煤的氧化过程也许会更缓慢但是更长久，条件一成熟就有诱发自燃的危险。三是遗煤自然发火与采空区环境条件关系密切。如采空区的温湿及通风条件对遗煤氧化速率及散热条件均有影响。环境温度越高，湿度越大或者通风不畅，遗煤自燃危险性也随之增大。

为掌握综放采空区遗煤天然发火规律，必须采取系列监测与防治措施。一方面，通过安装温度传感器和气体监测仪，可对采空区内部温度和气体成分进行实时监测，及时识别自燃征兆；另一方面，可采取强化通风，降低采空区温度和减少遗煤暴露的方法降低自燃风险。同时对已自燃采空区需采取及时有效灭火措施。其中包括灭火剂的应用、隔离带的设置以及通风的增强，以控制火势的扩散，避免火灾给生产安全及人员生命带来威胁。

综上所述，研究综放采空区遗煤天然发火规律对防治自燃现象至关重要。通过对自燃发生规律及特征进行深入研究，并有针对性地制定监测与防治措施，才能在煤炭开采过程中更好地确保煤炭开采的安全性与稳定性。同时不断地探索新型灭火技术与方法，也是增强灭火效果、降低火灾损失

的重要手段。

4 综放采空区遗煤天然发火高效控制技术

4.1 改善通风条件

综放采空区遗煤自然发火问题是煤炭开采中存在的重大隐患，对矿井安全生产构成了严重威胁。为有效地预防和控制遗煤的自然发火，改善通风条件为关键技术措施。通风是矿井生产之本，是预防遗煤自燃发生的一个重要途径。合理设置通风系统保证采空区空气流通顺畅，能有效地降低遗煤温度和减少遗煤表面氧气聚集，进而遏制自燃。具体地说，通风条件的改善需从如下几方面进行：

一是通风网络设计的优化。通风网络在矿井通风系统中起着骨架作用，通风网络设计是否合理直接关系到通风效果的好坏。通过科学、合理的网络布局可降低风流阻力。提高通风效率。保证新鲜空气能顺畅地进入采空区、又能将有害气体及热量及时地排出。二是加强通风设施的管理。通风设施在整个通风系统中占有举足轻重的地位，它的运行状况直接影响着通风效果的好坏。所以，通风设施一定要定期检查、修理与更换，以保证通风设施保持良好的运行状态。同时也要加强通风设施的使用监督，避免人为因素造成通风设施破损或者故障。三是局部通风措施也可采取。遗煤自燃危险性较大地区可安装局部通风机以提高风量降低该区温度及氧气浓度。该措施针对性强，成效明显，能在一定程度降低自燃发生率。四是应重视通风的监控和调节。通过设置风速风向和温度传感器对采空区通风状况进行实时监控，发现有异常现象时，应立即采取调控措施。同时，计算机技术也可用于通风数据的处理与分析，从而为通风系统优化提供了科学依据。综上所述，改善通风条件对预防和控制综放采空区遗煤天然发火具有十分重要的意义。通过优化通风网络设计，强化通风设施管理，采取局部通风措施和重视通风监测与调控相结合，能有效地降低遗煤自燃危险，确保矿井安全生产^[1]。

4.2 注浆作业

注浆操作作为综放采空区遗煤自然发火预防和治理的高效技术手段，通过在采空区内灌注特定浆料形成隔绝氧气屏障，有效制止了遗煤自燃。注浆操作核心是浆料选择与注浆工艺控制。其中浆料选择是关键，理想浆料应该流动性好，渗透性好，固化性好，能快速充填采空区间隙，固化一段时间后形成一层稳定隔离层。通常使用的浆料有水泥浆、黄泥浆，这些浆料可根据具体情况选用与配置。注浆时注浆工艺控制也是重点。注浆之前需详细勘察采空区地质条件，遗煤分布情况等，明确注浆范围及深度。在进行注浆操作时，必须确保保持恰当的注浆压力和速度，以保证浆料能够均匀且充分地渗透到采空区的每一个角落^[2]。与此同时，必须实时监控注浆过程，发现和处理注浆管路阻塞和浆料泄露等潜在问题。注浆操作具有针对性强、效果明显等优点。通过在采空区内灌注浆料，可直接作用在遗煤表面隔绝氧气和遗煤接

触,从源头上预防自燃。另外注浆操作也能改善采空区地质环境、提高地层稳定性、降低采空区塌陷及其他地质灾害造成安全风险。但注浆操作面临着一些限制与挑战。比如在注浆时可能会遇到地质条件的复杂性和采空区的不均匀分布,使得注浆效果较差。另外注浆操作费用昂贵,需耗费大量人力物力及财力。所以,在实践中需全面考虑各方面因素,拟定合理注浆方案以保证注浆操作高效经济。

总之,注浆操作在综放采空区遗煤自然发火预防和治理方面是一项有效的技术措施。通过选用适当浆料及控制注浆工艺可有效预防遗煤自燃,确保矿井安全生产。同时还需不断地研究探索新型注浆技术与方法来满足不同地质条件及采空区分布的要求。

4.3 喷洒阻化剂

综放采空区遗煤的自然发火问题是煤矿生产过程中存在的主要问题,它不仅造成煤炭资源浪费,而且有可能导致火灾事故发生,给矿井安全生产带来了严重威胁。为有效地预防和控制遗煤的自然发火,喷洒阻化剂已成为一种有效的技术途径。阻化剂是能抑制煤自燃的化学药剂之一,它的作用机制主要是使煤表面活性下降,氧气和煤之间接触面积减小而推迟或制止自燃。喷洒阻化剂时需选择适当的药剂种类及浓度以保证在煤表面生成均匀致密的阻化膜。同时也需结合采空区实际情况制定合理喷洒方式及喷洒量才能取得最佳防治效果。喷洒阻化剂具有操作简单,成本低,效果明显。定期喷施阻化剂可有效降低遗煤自燃倾向性和自燃事故发生率^[3]。另外,该阻化剂环保不污染环境。但喷洒阻化剂有其局限性,例如药剂持久性,对煤炭质量影响有待研究与完善。在实际操作过程中,使用阻化剂与其他的预防和治疗手段相融合,以构建一个全面的防火系统。如可结合通风措施,改善通风条件以降低采空区温度及氧气浓度等;还可结合注浆操作,在采空区内灌注浆料形成隔离层进一步增强防火效果。

总之,喷洒阻化剂为综放采空区遗煤预防自然发火提供了有效的技术手段。综合运用药剂种类及浓度的合理选择喷洒方式及喷洒量的确定,可有效降低遗煤自燃危险,确保矿井安全生产。在今后的发展过程中,喷洒阻化剂技术还会得到进一步的改进与优化,从而为煤矿的安全生产提供更多可靠保障^[4]。

4.4 对温度、气体浓度进行监控

综放采空区遗煤天然发火防治中温度与气体浓度监测

是关键技术手段。通过对采空区温度、气体浓度等变化情况的实时监测,能及时发现自燃发生的前兆,以便采取切实有效的防治措施,保障矿井安全生产。温度与气体浓度是表征采空区自燃危险性的两项关键指标。温度上升意味着遗煤氧化反应增强,存在诱发自燃的可能性;但气体浓度变化能反映采空区通风情况及遗煤氧化程度。所以,对这两项指标的实时监测与分析对遗煤自燃的防治有着重要的意义。要想达到高效、精准地监控,就必须使用先进的监控设备与技术。如温度传感器、气体分析仪可用于采空区温度、气体浓度实时测量及数据采集^[5]。通过对温度、气体浓度等参数的监测,能及时发现自燃发生的前兆,采取适当措施进行防治。在监测的过程中,要辅助信息技术将监测信息进行完整的记录和标准数值进行有机对比,只有这样才可以发现其中的异常情况之后再启动异常应急管理预案,有效消除诸多影响因素。如发现气温上升或气体浓度不正常,可马上加强通风,喷上阻化剂等措施介入制止自燃。通过运用先进监测设备与技术,合理选取监测点及采取适当防治措施等措施可有效防治遗煤自燃,确保矿井安全生产。随着今后监测技术的发展与革新,我们相信该手段会对煤矿安全生产起到更大的促进作用。

5 结语

综放采空区遗煤自燃问题是矿井安全生产过程中最主要的隐患。通过对其自燃机理及规律进行深入研究,并结合运用高效防治技术,可有效地减少自燃风险,确保矿井安全生产。在今后的发展过程中,随着科技的进步与研究的不断深入,相信在综放采空区遗煤自燃防治方面将会出现更加有效、更加切实可行的防治技术。

参考文献

- [1] 杨超社,张兴文,虎琦.综放工作面采空区“三带”测试技术研究[J].能源技术与管理,2023,48(6):99-101.
- [2] 王中举,张德鹏,韩伟.六家煤矿综放采空区自燃危险区域实测及数值模拟[J].现代矿业,2023,39(12):187-190.
- [3] 朱风龙,李会平.特厚煤层综放采空区上行开采技术研究[J].能源技术与管理,2023,48(5):112-115.
- [4] 李建光,张超.不规则采空区下特厚煤层综放面矿压规律研究[J].煤炭科技,2023,44(5):45-51.
- [5] 杜豪豪.大佛寺煤矿综放开采覆岩裂隙演化及卸压瓦斯富集规律研究[D].徐州:中国矿业大学,2023.