

# 煤矿超强吸附性瓦斯的预测与防治技术

雷世刚

四川芙蓉川南建设工程有限公司 四川 宜宾 644000

**摘要:** 煤矿超强吸附性瓦斯的预测与防治技术对于保障煤矿生产安全具有重要意义。本文详细探讨了煤矿超强吸附性瓦斯的预测方法,包括地质预测法、电气法、声波法及空气动力学法等,同时介绍了防治技术,如瓦斯抽采、通风管理、静电控制及瓦斯检测等。通过综合运用这些方法和技术,可以有效减少煤矿瓦斯的浓度,降低瓦斯灾害的风险。

**关键词:** 煤矿瓦斯; 超强吸附性; 预测方法; 防治技术; 安全生产

## 引言

煤矿瓦斯是指在煤矿开采过程中,因煤层瓦斯逸出、积聚等原因而形成的可燃性气体。超强吸附性瓦斯由于其高吸附性,对煤矿安全生产构成重大威胁。因此,对煤矿超强吸附性瓦斯的预测与防治技术进行研究具有重要意义。

### 1 煤矿超强吸附性瓦斯概述

#### 1.1 特性

超强吸附性瓦斯的吸附能力之所以强,主要归因于煤的复杂微观孔隙结构和表面化学性质。煤的孔隙结构多样,包括微孔、中孔和大孔等,这些孔隙为瓦斯提供了大量的吸附位点。同时,煤的表面性质,如官能团、电荷分布等,也会影响瓦斯分子的吸附行为。此外,煤质特征(如煤阶、煤岩成分等)、孔隙结构、温度与压力等外部条件,都会对煤对瓦斯的吸附能力产生显著影响。例如,随着温度的升高,煤对瓦斯的吸附能力通常会降低;而压力的增加则可能增强瓦斯的吸附。

#### 1.2 影响与挑战

##### 1.2.1 安全影响

超强吸附性瓦斯在煤矿中的积聚是一个严重的安全隐患。由于瓦斯具有易燃易爆的特性,一旦其浓度达到爆炸极限,并遇到火源或高温条件,就可能引发爆炸事故,对矿工的生命安全构成直接威胁。此外,瓦斯积聚还可能导致煤矿内的氧气浓度降低,进一步危及矿工的健康。

##### 1.2.2 生产挑战

超强吸附性瓦斯的积聚不仅威胁矿工安全,还严重影响煤矿的正常生产。瓦斯的积聚可能占据煤层中的空间,使得煤炭开采变得困难;同时,瓦斯还可能干扰煤矿的通风系统,降低通风效率,进一步加剧瓦斯积聚的问题。这些都会导致开采效率的降低和生产成本的增加。

##### 1.2.3 环境影响

瓦斯作为一种温室气体,其排放对全球气候变化具有重要影响。煤矿开采过程中释放的瓦斯如果未经处理直接排放到大气中,将加剧全球变暖的趋势。因此,如何有效处理和利用煤矿瓦斯,减少其排放,不仅是煤矿安全生产的需要,也是环境保护的重要课题。这要求我们在煤炭开采过程中采取有效的瓦斯抽采和利用技术,将瓦斯转化为清洁能源或其他有用的产品,以实现煤炭资源的清洁高效利用。

## 2 煤矿超强吸附性瓦斯的预测方法

### 2.1 地质预测法

地质预测法,作为煤矿超强吸附性瓦斯预测的重要手段,其精髓在于深入剖析煤层的地质构造与瓦斯赋存之间的微妙联系。该方法首先聚焦于煤层的地质特征,这包括煤层的沉积环境、煤质特性(如煤阶、灰分、水分含量等)以及煤层的物理结构(如孔隙度、渗透率)。这些特征共同决定了煤层对瓦斯的吸附能力和瓦斯的运移路径。进一步地,地质预测法细致考察煤层的构造条件。地质构造,如断层、褶皱、裂隙系统,不仅影响着煤层的连续性,也充当着瓦斯运移的通道或积聚的“陷阱”<sup>[1]</sup>。例如,断层附近的应力释放区可能促进瓦斯的释放,而褶皱的紧闭区域则可能因挤压作用而富集瓦斯。此外,岩浆侵入和热液活动等地质过程,也可能通过改变煤层的物性条件,进而影响瓦斯的分布格局。在充分理解煤层地质特征和构造条件的基础上,地质预测法结合瓦斯赋存的普遍规律,如瓦斯含量随煤层深度的增加趋势、构造对瓦斯运移和积聚的导向作用等,构建瓦斯分布的地质模型。通过地质勘探数据的综合分析,如地震勘探、测井资料等,地质预测法能够较为准确地预测未开采区域煤层的瓦斯含量和分布状态,为煤矿的安全开采提供科学依据。

## 2.2 电气法

电气法,作为一种非侵入性的煤矿瓦斯预测技术,其核心在于利用电流和电阻的响应特性来间接探测煤层中瓦斯的分布状况。该方法基于煤层及其所含瓦斯在电学性质上的差异,特别是电导率和电阻率的变化,来实现对瓦斯赋存状态的评估。在电气法测量中,首先通过向煤层施加特定的电流或电压,监测由此产生的电场或电位分布。由于瓦斯在煤层中的存在会改变煤层的电学特性,如降低煤层的电导率、增加电阻率,因此,电流的传播路径和电阻的测量值能够反映出煤层中瓦斯的分布情况。具体而言,当煤层中瓦斯含量较高时,瓦斯的绝缘性质会导致电流传导受阻,电阻率相应增大。反之,瓦斯含量较低的区域,电流传导相对顺畅,电阻率较低。通过精确测量不同位置的电阻率变化,结合煤层的地质结构和瓦斯赋存规律,电气法能够构建出煤层中瓦斯的分布图谱,为煤矿的安全管理提供关键信息。电气法的优势在于其测量过程相对快速、简便,且能够覆盖较广的探测区域,尤其适用于复杂地质条件下的瓦斯预测。然而,该方法的准确性也受多种因素影响,如煤层的电学特性、测量设备的精度以及数据处理技术的先进性等,因此,在实际应用中需结合其他预测手段,共同构成瓦斯预测的综合体系。

## 2.3 声波法

声波法,作为一种创新的煤矿瓦斯预测技术,其运作机制基于声波在煤层及其所含瓦斯中传播特性的差异。声波,作为一种机械波,在不同介质中的传播速度、反射、折射和衰减特性各不相同,这些特性为探测煤层中瓦斯的分布提供了物理基础。在声波法应用中,首先通过专门的发射装置向煤层发射高频声波信号。这些声波在穿透煤层时,会与煤层中的瓦斯发生相互作用,导致声波的传播速度发生变化,同时,声波的能量也会因煤层的吸收和散射而逐渐衰减。瓦斯的的存在对声波的传播有显著影响。一方面,瓦斯作为一种气体介质,其声速与固体煤层不同,当声波遇到瓦斯富集区时,会发生传播速度的变化,这种速度差异可以通过测量声波的传播时间来捕捉<sup>[2]</sup>。另一方面,瓦斯对声波的吸收和散射作用较强,导致声波在瓦斯含量高的区域衰减更快,回波信号的强度相应减弱。通过接收并分析反射回来的声波信号,特别是其传播速度、振幅衰减以及频率变化等参数,声波法能够构建出煤层中瓦斯的分布图像。这种方法具有非破坏性、测量范围广、分辨率高等优点,尤其适用于复杂地质结构下瓦斯的精细预测。然而,声波法的准确性也受煤层物理特性、瓦斯浓度、测

量设备的精度等多种因素影响,因此,在实际应用中需结合其他技术手段,以提高瓦斯预测的综合精度。

## 2.4 空气动力学法

空气动力学法,作为一种煤矿瓦斯预测的高级技术,其核心在于应用流体力学原理,通过精确测量煤层中瓦斯与空气混合物的流速参数,来揭示瓦斯的分布状态和运动规律。这种方法特别适用于动态监测煤层中瓦斯的积聚、扩散以及运移过程。在空气动力学法的实践中,首先需要在煤层中布置一系列高精度的流速传感器,这些传感器能够实时捕捉到煤层中气体流动的微小变化。由于瓦斯与空气的混合比例、密度以及粘度等物理属性的差异,它们在煤层中的流动特性也各不相同,这种差异为瓦斯分布的预测提供了重要依据。当瓦斯在煤层中积聚或扩散时,会引起周围气体流速和流向的变化。空气动力学法通过监测这些变化,结合流体力学中的质量守恒、动量守恒以及能量守恒等基本原,可以构建出煤层中瓦斯流动的数学模型。这一模型能够模拟瓦斯在煤层中的运移路径,预测瓦斯积聚的高危区域,以及瓦斯在矿井通风系统作用下的扩散趋势。空气动力学法的优势在于其能够提供瓦斯分布的动态图像,对于预防瓦斯超限、优化矿井通风设计以及制定应急响应策略具有重要意义。然而,该方法的实施也面临诸多挑战,如煤层复杂的地质结构、瓦斯流动的非线性特性以及测量设备的精度和稳定性等,因此,在实际应用中需与其他预测技术相结合,共同提升瓦斯预测的准确性和时效性。

## 3 煤矿超强吸附性瓦斯的防治技术

### 3.1 瓦斯抽采

瓦斯抽采,作为煤矿瓦斯灾害防治的关键措施,其目标在于通过科学的方法和先进的设备,有效降低煤层中的瓦斯含量,从而消除瓦斯积聚引发的爆炸风险。这一技术基于瓦斯在煤层中的赋存状态和运动规律,通过预先设计的抽采系统,将煤层中的瓦斯安全、高效地抽出。瓦斯抽采系统通常包括抽采泵站、抽采管路、抽采钻孔以及相关的监测与控制设备。在实际操作中,首先根据煤层的瓦斯分布特征和矿井的通风条件,合理规划抽采钻孔的布局 and 深度,以确保抽采效果的最大化。随后,利用高功率的抽采泵,通过管路系统对煤层进行负压抽采,形成瓦斯流动的驱动力,促使煤层中的瓦斯向钻孔汇聚并抽出。在抽采过程中,还需密切关注瓦斯浓度的变化,以及抽采对煤层稳定性的影响<sup>[3]</sup>。通过安装瓦斯浓度传感器和煤层压力监测装置,可以实时掌握抽采效果,及时调整抽采参数,避免瓦斯浓度波动或煤层结

构破坏带来的安全风险。瓦斯抽采技术不仅能够有效降低煤层中的瓦斯含量,还能改善矿井的通风条件,减少瓦斯向矿井其他区域的扩散,为煤矿的安全生产提供有力保障。

### 3.2 通风管理

通风管理,作为煤矿瓦斯防治的另一核心策略,其本质在于通过科学调控矿井通风系统,确保空气流通,有效稀释煤层中瓦斯浓度,将瓦斯爆炸的风险降至最低。这一策略的实施,依赖于对矿井通风网络的精细设计和严格管理。在通风管理中,首要任务是构建合理的通风系统,包括确定通风方式(如自然通风或机械通风)、布置通风巷道、设置风门和风桥等通风设施。这些设施的设计需充分考虑矿井的地质结构、煤层分布、开采强度以及瓦斯赋存状况,以确保通风系统的稳定性和高效性。通风管理的关键在于实时监测和调整通风参数,如风量、风速和风向,以维持矿井内空气的动态平衡。通过安装风速传感器、风压计等监测设备,可以实时掌握通风状态,及时发现并处理通风不畅或瓦斯积聚的问题。此外,定期进行通风阻力测定和通风网络优化,也是保持通风系统高效运行的重要措施。在特殊作业区域,如高瓦斯煤层开采面,还需采取局部通风措施,如使用局部通风机或风筒,将新鲜空气直接送入作业点,快速稀释瓦斯浓度。同时,加强作业人员的通风意识培训,确保在作业过程中保持通风设施的完好和有效运行,是通风管理不可或缺的一环。

### 3.3 静电控制

静电控制的核心在于减少静电的产生、限制静电的积聚,并防止静电火花的产生。为实现这一目标,煤矿需采用一系列防静电设备和技术。首先,在矿井内安装静电消除器,这些设备能够释放作业过程中产生的静电荷,避免静电的积聚。同时,选用防静电材料制作的工具和设备,如防静电工作服、防静电鞋、防静电输送带等,可以显著降低静电产生的概率。在作业过程中,还需严格控制可能产生静电的操作,如避免使用塑料等易产生静电的材料,减少摩擦和撞击等易产生静电的物理过程。此外,定期对矿井内的设备和环境进行静电检测,及时发现并处理静电积聚的隐患,也是静电控制策略的重要组成部分<sup>[4]</sup>。除了物理措施外,加强作业人员的静电防护意识同样重要。通过培训,使作业人员了解静

电的危害和防控措施,掌握正确的作业方法,如在使用易产生静电的设备前进行接地处理,避免在易燃环境中穿戴易产生静电的衣物等,能够从源头上减少静电产生的风险。

### 3.4 吸附性瓦斯治理技术

吸附性瓦斯治理技术的核心在于利用高性能的吸附材料,对煤层中释放出的瓦斯进行高效捕获、收集与利用。在吸附性瓦斯治理技术的实施中,关键在于选择合适的吸附剂。这些吸附剂通常具有高比表面积、优异的孔隙结构和强大的吸附能力,能够高效捕获瓦斯分子。常见的吸附材料包括活性炭、分子筛、硅胶等,它们在不同条件下对瓦斯的吸附效果各异,需根据煤矿的实际情况和瓦斯特性进行优选。技术实施时,首先需将吸附剂以合理的方式布置于煤矿的瓦斯释放区域,如煤层开采面、巷道壁面或专门的瓦斯收集装置内。随着瓦斯的释放,吸附剂会迅速捕获瓦斯分子,将其固定在材料表面或孔隙内,从而降低环境中的瓦斯浓度。随后,通过定期更换或再生吸附剂,可以收集到富含瓦斯的吸附材料,进一步处理后可作为能源资源加以利用,如用于发电、供暖或作为化工原料等。吸附性瓦斯治理技术的优势在于其处理过程绿色、环保,能够实现瓦斯的资源化利用,同时降低煤矿的安全风险。

### 结语

煤矿超强吸附性瓦斯的预测与防治技术对于保障煤矿生产安全具有重要意义。通过综合运用地质预测法、电气法、声波法及空气动力学法等预测方法,以及瓦斯抽采、通风管理、静电控制及吸附性瓦斯治理技术等防治技术,可以有效降低煤矿瓦斯灾害的风险。未来,随着科研的不断深入和新技术的不断涌现,煤矿超强吸附性瓦斯的预测与防治技术将得到进一步提升和完善。

### 参考文献

- [1]胡彪.煤中多尺度孔隙结构的甲烷吸附行为特征及其微观影响机制[D].中国矿业大学,2022.
- [2]陈鲜展,沈易成,洪飞扬,等.煤矿掘进工作面瓦斯浓度预测[J].工矿自动化,2024,50(04):128-132.
- [3]靳鹏飞.煤矿井下综采工作面瓦斯治理及效果研究[J].山西化工,2024,44(08):194-196.
- [4]王玉龙.煤矿通风安全管理及瓦斯防治技术探究[J].能源与节能,2024,(10):225-227.