

# 煤矿超强吸附性瓦斯的抽采与利用技术研究

雷世刚

四川芙蓉川南建设工程有限公司 四川 宜宾 644000

**摘要:** 煤矿瓦斯抽采与利用技术是保障煤矿安全生产、提高能源利用效率、保护环境的重要手段。针对煤矿超强吸附性瓦斯的抽采难题,本文介绍了当前国内外先进的瓦斯抽采与利用技术,分析了其技术特点和应用效果,探讨了未来发展趋势。

**关键词:** 煤矿; 超强吸附性瓦斯; 抽采; 利用

## 引言

煤矿瓦斯是指在煤炭开采过程中产生的一种可燃性气体,主要成分是甲烷。瓦斯的积聚和泄放不仅对矿井安全构成威胁,还对环境造成污染。超强吸附性瓦斯的抽采尤为困难,因其吸附性强、解吸速度慢,使得瓦斯解吸及其在煤层中的运移十分困难。因此,研究煤矿超强吸附性瓦斯的抽采与利用技术,对于提高煤矿安全生产水平、促进清洁能源发展具有重要意义。

## 1 煤矿瓦斯抽采技术分析

### 1.1 传统抽采技术

在早期阶段,煤矿瓦斯抽采技术的应用主要聚焦于提升井下作业的安全性,因此,当时普遍采用的是较为直接的钻孔抽放方式。这种技术虽然在一定程度上缓解了瓦斯积聚带来的安全隐患,但其抽采效率相对较低,难以满足随着开采深度增加而日益增长的瓦斯处理需求。随着科技的不断进步和煤矿开采技术的革新,瓦斯抽采技术也经历了显著的发展,涌现出一系列更为高效、针对性的抽采策略。其中,本煤层抽采、邻近层抽采以及采空区抽采等技术逐渐成为主流。这些技术不仅提高了瓦斯抽采的效率和精度,还更好地适应了不同地质条件和煤层特性的需求。尽管如此,对于某些具有超强吸附性的煤层而言,即便是这些先进的抽采技术也面临着挑战。这类煤层由于瓦斯分子与煤体之间的强相互作用力,使得瓦斯难以被有效抽离,从而限制了抽采效果。因此,在面对这类特殊煤层时,仍需进一步探索和优化抽采技术,以实现更高效、更安全的瓦斯管理。

### 1.2 新型抽采技术

针对超强吸附性瓦斯的抽采难题,近年来出现了多种新型抽采技术。

#### 1.2.1 水力压裂与水力割缝

水力压裂与水力割缝是近年来发展起来的有效提升煤层透气性的技术。水力压裂技术通过向煤层中高压注

入水,利用水的压力作用在煤层内部形成裂缝,这些裂缝的形成显著提高了煤层的渗透率,为瓦斯的解吸和运移提供了更多通道。水力割缝技术则是在煤层中利用高压水射流切割出特定形状的缝隙,同样旨在增加煤层的透气性。这两种技术均基于水力的物理作用,不依赖化学试剂,因此具有环境友好性。在实际应用中,水力压裂与水力割缝技术能够显著改善煤层的透气性,特别是在煤层较硬、透气性较差的情况下,效果尤为明显。然而,对于超强吸附性煤层,尽管水力作用能够增加煤层内部的孔隙和裂缝,但瓦斯分子与煤体之间的强相互作用力仍可能限制瓦斯的解吸速率,因此,这些方法在超强吸附性煤层中的应用效果可能仍有限<sup>[1]</sup>。尽管如此,水力压裂与水力割缝技术仍被视为提高煤层透气性、促进瓦斯抽采的有效手段之一。它们为瓦斯抽采提供了新的思路和方法,尤其是在处理透气性较差的煤层时,这些技术能够显著提升瓦斯抽采效率,降低煤矿开采过程中的瓦斯浓度,为煤矿作业的安全提供了有力保障。未来,随着技术的不断进步和研究的深入,水力压裂与水力割缝技术有望在超强吸附性瓦斯的抽采中发挥更大的作用,通过与其他技术的结合应用,实现更高效、更环保的瓦斯管理。

#### 1.2.2 深孔预裂爆破

深孔预裂爆破是一种针对难抽采煤层的有效技术,其核心原理是通过在煤层中预先钻取深孔,并在孔内实施爆破作业,以此在煤层内部形成广泛的裂缝网络。这些裂缝的形成极大地改善了煤层的渗透性,为瓦斯的解吸和运移创造了有利条件,尤其是在那些传统抽采方法难以奏效的煤层中,深孔预裂爆破展现出了显著的效果。实施深孔预裂爆破时,首先需要精确设计爆破孔的位置、深度和间距,以确保爆破能量能够最大化地作用于目标煤层。爆破过程中,炸药爆炸产生的冲击波和气体压力会迅速向周围煤层传播,导致煤层结构的局部破

坏,形成裂缝。这些裂缝不仅增加了煤层的透气性,还促进了瓦斯从煤体中的解吸和释放。尽管深孔预裂爆破在提高煤层透气性和瓦斯抽采效率方面展现出巨大潜力,但该技术也伴随着一系列挑战。首要的是安全隐患,爆破作业本身具有较高的风险,需要严格的安全措施和专业的操作技能来确保作业安全。此外,深孔预裂爆破的操作难度相对较大,从钻孔、装药到爆破,每一步都需要精确控制,任何环节的失误都可能导致爆破效果不佳或引发安全问题。因此,在应用深孔预裂爆破技术时,必须充分考虑煤层的地质条件、爆破参数的选择以及作业过程中的安全控制。通过科学规划和精细操作,可以最大化地发挥深孔预裂爆破在难抽采煤层中的优势,同时确保作业的安全性和高效性。未来,随着技术的进步和经验的积累,深孔预裂爆破技术有望在煤矿瓦斯抽采领域发挥更加重要的作用。

### 1.2.3 CO<sub>2</sub>预裂爆破技术

CO<sub>2</sub>预裂爆破技术是一种创新的瓦斯抽采方法,它巧妙地利用了CO<sub>2</sub>的物理特性,既作为爆破材料又作为驱替介质,旨在有效提升煤层的渗透率,并促使瓦斯从煤体中解吸。这一技术的核心在于CO<sub>2</sub>与瓦斯之间的竞争吸附作用,通过注入CO<sub>2</sub>,可以促使原本吸附在煤体内的瓦斯分子由吸附状态转变为游离状态,从而显著提高瓦斯的抽采效率。在实施CO<sub>2</sub>预裂爆破时,首先需要将液态CO<sub>2</sub>注入到预先钻好的煤层孔中。随着液态CO<sub>2</sub>的迅速气化,其体积急剧膨胀,产生强大的压力波,这一过程不仅有助于在煤层中形成裂缝,还通过竞争吸附机制,有效置换出煤体中的瓦斯分子。由于CO<sub>2</sub>分子对煤体的吸附能力强于瓦斯,因此,在CO<sub>2</sub>的驱替作用下,瓦斯分子更容易从煤体表面解吸,进入裂缝并随气流被抽出<sup>[2]</sup>。然而,尽管CO<sub>2</sub>预裂爆破技术在提高瓦斯抽采率方面展现出巨大潜力,但其应用也伴随着一定的风险。最主要的风险在于CO<sub>2</sub>注入煤层后可能诱发的突出事故。由于CO<sub>2</sub>气化产生的压力波和驱替作用,有可能导致煤层中的瓦斯和煤粉突然喷出,对作业人员的安全构成威胁。因此,在应用这一技术时,必须进行严格的风险评估和安全控制,确保作业过程的稳定性和安全性。

### 1.2.4 高压气水混压强化瓦斯抽采技术

高压气水混压强化瓦斯抽采技术是一种针对低渗透性、高吸附性煤层的高效抽采方法。该技术通过循环交替地向煤层内注入高压水和驱替气体(如空气、氮气等),巧妙地利用了水和气体的物理特性,以改善煤层的透气性,并加速高吸附性瓦斯的解吸过程。在实施过程中,首先通过钻孔向煤层内注入高压水,利用水的压

力作用在煤层中形成微小裂缝,这些裂缝的形成成为瓦斯的解吸和运移提供了通道。紧接着,向煤层内注入驱替气体,气体在裂缝中的流动进一步扩大了裂缝的尺度,同时,气体的存在也促进了瓦斯分子从煤体表面的解吸。这种气水交替注入的方式,不仅提高了煤层的整体透气性,还通过竞争吸附机制,有效降低了瓦斯在煤体上的吸附强度,使得瓦斯更容易被抽出。高压气水混压强化瓦斯抽采技术的优势在于其高效性和适应性。通过精确控制注入压力和注入周期,可以针对不同地质条件和煤层特性进行优化调整,实现瓦斯抽采效率的最大化。此外,该技术还具有环境友好性,所使用的水和气体均为常见物质,不会对环境造成污染。然而,该技术的应用也面临一些挑战,如注入压力的控制、气水比例的调配、钻孔布置的优化等。为了充分发挥高压气水混压强化瓦斯抽采技术的潜力,需要科研人员不断深入研究相关机理,完善技术参数,同时加强现场应用的安全管理和效果监测。通过持续的技术创新和优化,这一技术有望在煤矿瓦斯抽采领域发挥更加重要的作用,为煤矿的安全生产和高效开采提供有力保障。

## 2 煤矿瓦斯利用技术研究

### 2.1 瓦斯发电

瓦斯发电是一种将煤矿瓦斯资源高效转化为电能的技术。该技术通过瓦斯发电机组,利用瓦斯燃烧产生的热能进行能量转换,进而驱动发电机发电。这一过程不仅实现了瓦斯能源的有效利用,还显著减少了煤矿对传统能源的依赖,为矿井的自给自足提供了可能。瓦斯发电机组通常采用内燃机或燃气轮机作为动力源。在内燃机中,瓦斯与空气混合后进入气缸燃烧,产生的高温高压气体推动活塞做功,进而通过曲轴驱动发电机发电。燃气轮机则利用瓦斯燃烧产生的高温高压气体直接驱动涡轮旋转,涡轮带动发电机发电。这两种方式都能将瓦斯中的化学能高效转化为电能,且发电效率较高。瓦斯发电技术的优势在于其资源利用的高效性和环保性。煤矿瓦斯作为一种副产品,其直接排放不仅浪费了资源,还可能对环境造成污染。而通过瓦斯发电,不仅可以将这些资源转化为有用的电能,还能减少温室气体排放,实现经济效益和环境效益的双赢。此外,瓦斯发电技术还具有较强的适应性<sup>[3]</sup>。瓦斯发电机组可以根据矿井的瓦斯产量和用电需求进行调整,确保瓦斯资源的最大化利用。同时,随着技术的不断进步,瓦斯发电的效率和稳定性也在不断提高,为煤矿的可持续发展提供了有力支持。

### 2.2 瓦斯制气

瓦斯制气技术是一种旨在从煤矿瓦斯中分离并提纯

甲烷的高效资源回收方法。该技术通过一系列精细的分离、净化和压缩等工艺过程，能够最大限度地回收利用煤矿瓦斯中的甲烷资源，为各种工业用途提供高纯度的甲烷气体。在瓦斯制气过程中，首先需要对原始瓦斯进行预处理，去除其中的杂质和水分，以确保后续分离效果。随后，利用物理或化学方法将瓦斯中的甲烷与其他气体成分进行分离。常见的分离技术包括变压吸附、低温分离和膜分离等，这些方法能够根据甲烷与其他气体分子在物理性质上的差异，实现高效的分离效果。分离得到的甲烷气体还需经过进一步的净化处理，以去除残留的微量杂质，确保产品的高纯度。净化后的甲烷气体经过压缩和储存，即可作为高品质的能源产品供应给各种工业领域，如化工、发电和交通运输等。瓦斯制气技术的优势在于其资源回收的高效性和产品的广泛适用性。通过这一技术，不仅可以避免煤矿瓦斯资源的浪费，还能将其转化为有价值的工业原料，实现资源的最大化利用。同时，高纯度的甲烷气体作为一种清洁能源，对于促进能源结构的优化和环境保护也具有重要意义。

### 2.3 瓦斯液化

瓦斯液化是一种将煤矿瓦斯中的甲烷转化为液态天然气（LNG）的高效能源利用技术。通过液化处理，瓦斯中的甲烷被冷却至极低温度，从而转变为液态形式，便于储存和运输。液化后的天然气在交通运输和工业用途中具有广泛的应用前景。瓦斯液化过程通常包括预处理、冷却和液化三个主要阶段。在预处理阶段，原始瓦斯经过净化处理，去除杂质和水分，以确保液化过程的顺利进行。随后，在冷却阶段，瓦斯被逐步冷却至接近其液化点。最后，在液化阶段，通过进一步降低温度和增加压力，瓦斯中的甲烷转变为液态天然气。液态天然气具有能量密度高、储存和运输方便等优点。在交通运输领域，液化天然气可以作为清洁的燃料供应给重型卡车、公交车和船舶等，显著减少尾气排放对环境的影响。在工业领域，液化天然气广泛应用于发电、化工生产和供暖等方面，作为一种高效、环保的能源替代品<sup>[4]</sup>。

瓦斯液化技术的优势在于其能源利用的高效性和环境友好性。通过液化处理，煤矿瓦斯这一副产品得以转化为高价值的能源产品，实现了资源的最大化利用。同时，液化天然气的广泛应用有助于减少对传统石油和煤炭能源的依赖，降低温室气体排放，推动能源结构的优化和环境保护的进程。

### 3 存在的问题与发展趋势

尽管煤矿瓦斯抽采与利用技术取得了显著进展，但仍面临一些问题和挑战。例如，煤矿瓦斯浓度不稳定，难以实现稳定抽采；部分煤矿的瓦斯抽采设备老化严重，维护困难；抽采技术相对落后，导致抽采效率低下；管理体制不健全，安全意识薄弱等。未来，煤矿瓦斯抽采与利用技术将向高效、低能耗、智能化方向发展。高效抽采技术和智能化抽采装备的研发和应用将进一步提高瓦斯抽采效率和安全性。同时，瓦斯利用领域将不断拓展，如化工原料、燃料电池等。此外，煤矿企业将加强对瓦斯抽采与利用过程的精细化管理，提高管理效率和决策水平。

### 结语

煤矿超强吸附性瓦斯的抽采与利用技术是提高煤矿安全生产水平、促进清洁能源发展的重要手段。通过不断创新和优化抽采与利用技术，可以有效解决瓦斯抽采难题，实现瓦斯的资源化利用，为煤矿行业的可持续发展做出贡献。

### 参考文献

- [1]邢凯.煤矿瓦斯抽采与综合利用的技术措施研究[J].矿业装备,2024,(05):54-56.
- [2]刘海洋.煤矿瓦斯抽采与综合利用的技术措施研究[J].内蒙古煤炭经济,2022,(24):43-45.
- [3]刘欣欣.抽采利用技术在煤矿瓦斯防治中的有效应用[J].矿业装备,2020,(04):22-23.
- [4]张建为.抽采利用技术在煤矿瓦斯防治中的有效应用[J].当代化工研究,2020,(07):76-77.