

# 煤矿瓦斯灾害防治技术的研究

陈 铭 王继仁

(辽宁工程技术大学 安全科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000)

**摘 要:** 简要分析了我国煤矿瓦斯概况, 煤矿安全生产所面临的严重形势、任务及我国煤矿瓦斯防治主要目标与措施, 从瓦斯的成分和所具备的爆炸条件出发, 研究了瓦斯的爆炸机理和传播机理, 分析了目前防治技术的优缺点, 探讨了当前我国煤炭工业所面临的挑战, 并指出了今后的研究方向。

**关键词:** 瓦斯; 爆炸条件; 爆炸机理; 传播机理; 防治技术

## 0 概 述

中国是世界上少数几个一次能源以煤为主的国家。在中国生产和消费的一次商品能源中, 煤炭约占 74%, 煤炭提供了 78% 的发电能源、70% 的化工原料和 60% 的民用商品能源。然而瓦斯灾害, 特别是瓦斯煤尘爆炸和煤与瓦斯突出是煤矿井下最严重的灾害之一, 它直接威胁着井下人员的生命安全, 并可摧毁矿井设施, 迫使矿井停产。据统计, 我国所有煤矿均为瓦斯矿井, 在 100 个国有重点煤炭生产企业的 609 处矿井中, 高瓦斯矿井占 26.8%, 煤与瓦斯突出矿井占 17.6%, 低瓦斯矿井占 55.6%。因此, 煤矿瓦斯灾害防治技术的研究对我国的煤矿安全具有重要的作用。

在煤矿生产过程中, 伴随着生产的进行, 瓦斯涌出到生产空间, 对井下生产构成威胁。不论其涌出量多少, 一直是矿井生产最主要的一个危险源, 瓦斯灾害的治理就成为矿井最根本、最重要的任务。瓦斯对矿井安全的威胁主要有爆炸、突出、窒息 3 种表现形式。瓦斯防治技术的研究主要从两方面入手。一方面是瓦斯涌出和突出预测, 包括对煤岩层中瓦斯含量的预测、采掘过程中瓦斯涌出量和涌出形式的预测、煤与瓦斯突出危险性的预测等, 根据预测结果确定合理的采掘部署及防治瓦斯灾害的措施; 另一方面是瓦斯灾害预防, 包括对煤层及采空区中的瓦斯进行抽放、采掘空间的合理通风、煤与瓦斯突出危险性的消除等, 其目的是减少瓦斯涌出量、消除瓦斯异常涌出、将采掘空间中瓦斯浓度稀释到可爆炸限以下, 保证充足的氧气供给。

## 1 煤矿瓦斯的成分和爆炸条件研究

### 1.1 煤矿瓦斯的成分

瓦斯由甲烷及其同系物、非烃类气体  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  以及稀有气体氦、氩等组成, 其中  $\text{CH}_4$  含量较高, 一般在 60%~80%;  $\text{CO}_2$  易溶于水且被地下水带走,  $\text{N}_2$  分子较小, 运移速度快, 因而, 它们的含量与地下水活动及上覆盖层有关, 一般靠近地表,  $\text{N}_2$  和  $\text{CO}_2$  的含量相对偏高。

### 1.2 煤矿瓦斯的爆炸条件

(1) 瓦斯的浓度。在新鲜空气中, 当瓦斯浓度达到 5%~16% 时, 就达到爆炸浓度, 也称爆炸界限。因矿井内涌出的可燃性气体不单纯是沼气, 还有一部分重碳氢化合物, 重碳氢化合物分子量越重, 其爆炸下限越低。

(2) 具有引燃引爆瓦斯的高温热源。在新鲜空气中，瓦斯的引燃温度为 650~750℃。

(3) 氧气的浓度。氧气的作用是助燃，当空气中氧气的浓度超过 12% 时，就可使瓦斯爆炸，这是最容易获得的条件，因为在正常通风风流中氧气的浓度通常大于 20%。

## 2 煤矿瓦斯爆炸机理和传播机理的研究

煤矿瓦斯爆炸机理及点火方式是瓦斯爆炸研究的一个重要内容。瓦斯爆炸的过程是甲烷气体在外界热源激发下剧烈的热化学反应。从化学动力学角度深入研究，揭示了甲烷爆炸过程的物理和化学的本质特征。事实上，甲烷爆炸的点火过程是由多个基元反应组合而成的支链型链式反应过程。实验结果和理论分析证实，矿井巷道中瓦斯爆炸是以冲击波方式传播的，根据传播时间和空间的推移，冲击波结构要发生变化。在起始阶段，以爆燃波方式传播，随着甲烷气体燃烧完毕，则演变为单纯空气冲击波传播。在爆炸传播方式上，从实验和理论方面都证明，瓦斯爆炸冲击波在一般条件下，以爆燃波形式传播，但在某些特殊条件下，可能演变为爆轰波。

## 3 煤矿瓦斯灾害防治技术的研究

### 3.1 强化矿井通风技术

强化矿井通风是为了稀释瓦斯浓度，但是，我国目前有不少高瓦斯突出矿井存在总供风量不足、通风系统复杂、稳定性差、风流调节与控制困难等问题。要增加矿井的供风量，就需要增加或扩大进回风井硐和巷道、优化通风网络、减少通风阻力、更换大功率通风机械设施等；要增强矿井通风系统的稳定性和可控性，就需要调整采掘部署、实现集约化生产、完善通风设施、强化通风管理。要扩大单工作面生产能力，就会受到瓦斯威胁的制约，风速太大会加速采空区煤炭自燃发火，扬起煤尘，恶化生产环境，甚至引起煤尘爆炸。国内矿井回采工作面的通风量一般不超过 2000 m<sup>3</sup>/min，部分矿井采用无金属支护的尾巷排放瓦斯，尾巷瓦斯浓度一般不超过 3%，尾巷和回风巷稀释的瓦斯量一般要超过 30m<sup>3</sup> / min，但由于瓦斯涌出和瓦斯浓度分布的不均衡性，这种做法并非安全可靠。

### 3.2 瓦斯抽放技术

#### 3.2.1 本煤层瓦斯抽放技术

(1) 顺层长钻孔成孔技术。顺层钻孔抽放瓦斯的关键技术是顺层长钻孔的成孔技术，而在煤层（特别是突出煤层）实施顺煤层钻孔时往往因喷孔、卡钻严重而难以达到需要的深度。为此，“九五”专项攻关研制了 ZSM—250 型顺层强力钻机、多级组合钻头，研究了相应的风力排渣成孔工艺及孔口除尘装置。在芙蓉白皎矿的试验表明，在该矿条件下钻孔深度可达 240m。目前这套技术和装备正在芙蓉、松藻、丰城、淮南等局推广应用，也取得了很好的效果。

(2) 长钻孔预裂控制爆破技术。该技术是通过煤层控制预裂爆破，迫使煤体产生裂隙以释放应力和瓦斯，达到提高煤层透气性和防治突出的目的。为了在爆破时使煤层致裂而又不破坏顶板，研究了专门的炸药配方、爆破工艺等。试验表明：研究的低威力炸药，具有起爆速度慢、爆炸峰值不高、作用时间长等特点，刘煤层的致裂效果较好；研究的压风喷射装药、双雷管引爆双导爆索、双导爆索传爆三级煤矿许用固体（粉状）乳化炸药、径向和轴向不耦合装药的长钻孔控制爆破技术，效果好，安全可靠。

(3) 水力扩孔技术。孔径越大钻孔煤壁暴露面积越大，越有利于应力释放和瓦斯排放，单大直径钻孔施工面临着垮孔严重、排渣困难、成孔长度短以及钻机负荷呈几何倍数增大等诸

多技术问题。水力扩孔是先利用钻机打成小孔径钻机，利用可喷出高压水射流又能自行旋转的高压水射流器对钻孔周围的煤体进行旋转式切割，通过钻沿钻孔轴向的运动形成对整个钻孔的径向连续扩孔。随着钻孔直径的扩大，煤层暴露面积的增加，更多煤炭的排出，煤层卸压范围进一步增大，对于加大钻孔的单孔抽（排）瓦斯量有着显著的作用。在中梁山北矿，扩孔后瓦斯抽放量提高 0.6~1.0 倍；在松藻矿务局，扩孔后瓦斯抽放量提高 1 倍以上，效果非常明显。

### 3.2.2 采空区瓦斯投放技术

对老采空区主要采用密闭插管和地面钻孔抽放的办法，但对有自燃发火危险的煤层，应加强火灾标志气体或温度的监测，目前正在研制监测火灾标志气体并自动控制调节抽放负压和流量的装置，解决瓦斯抽放与发火的矛盾。开采工作面采空区抽放主要采用埋管抽放、采空区靠切眼侧密闭抽放、地面、顶板、底板钻孔抽放等方法。针对采空区抽放瓦斯浓度较低的特点，研制了 CJK 型自动抽排切换器。其原理为：通过抽放点抽放管路瓦斯浓度、矿井瓦斯抽放系统瓦斯浓度及排放段环境瓦斯浓度的监测，实现在低浓度抽放中抽放点浓度或系统浓度有 1 个不低于设定值时，由抽放系统进行抽放；当 2 个值均低于设定值时则自动切换为压气引射器引射状态，由引射器引排至排放段通风稀释；当排放处环境浓度超限则自动停止引排。以此实现在不使系统瓦斯浓度低于设定值、保证安全的条件下，对被抽放点瓦斯进行低浓度强化抽排。该装置在阳泉煤业集团五矿综放工作面初采期开放式采空区瓦斯强化抽放中得到了应用，效果非常明显。

## 4 展 望

科学合理开发利用瓦斯，不仅解除煤矿安全的心腹之患，保障矿工的安全，也有利于经济发展和环境保护。煤炭地质队伍长期从事煤炭资源勘查工作，拥有先进和丰富的钻探装备及技术。近年来煤炭地质队伍的钻探技术除满足煤炭资源勘查外，同时积极开展煤层气、油气勘查，掌握了钻井、压裂、排采等瓦斯钻孔施工技术与工艺，积累了较为丰富的经验，完全有能力在我国煤矿瓦斯防治领域中发挥重要作用。随着国家“先采气，后采煤”的强制性标准的出台，作为瓦斯抽放的主要技术手段——钻孔抽放技术将具有广阔的市场前景，煤炭地勘队伍要积极面对新的机遇和挑战，主动向煤矿瓦斯抽放领域进军，为我国煤矿瓦斯防治做出重要贡献。瓦斯灾害治理是煤矿安全治理的重点，是煤炭工业走持续发展道路的前提和保证，也是社会和谐的重要因素。几十年来，我国在瓦斯灾害治理方面取得了可喜的成绩，但是，随着产业结构的调整，针对矿井瓦斯涌出量倍增、产尘强度大幅度上升、通风压力增大、煤与瓦斯突出和冲击地压危险性增加等情况，瓦斯灾害治理应从以下两个方面展开研究：一是根据矿区煤层条件的不同、瓦斯赋存特征的不同、生产条件的变化，采用新的科技手段进一步完善提高现有瓦斯灾害治理技术体系并进行适应性研究，如采用现代通讯技术、自控技术、计算机技术和传感技术，解决我国现有煤矿安全监测系统相互不兼容、无法互联互通的技术难题；二是不断解决瓦斯治理技术研究中出现的新问题，如伴随我国东部深井开采带来的“三高”和深部矿井的延期突出问题和松软低透气性煤层长钻孔瓦斯抽放的技术难题。只有清楚地认识到这些，才能真正使矿井防灭火技术水平上一个新的台阶。

（转自《煤炭技术》2009 年第 3 期）