

煤矿瓦斯灾害防治技术探讨

段天祥

中煤科工集团沈阳研究院有限公司

[摘要] 煤矿瓦斯防治是有关部门关注的重大问题,目前,在瓦斯防治领域地下水力压裂技术和采动井技术与传统的地下瓦斯抽放技术相结合,使我国煤矿瓦斯抽放技术研究取得了一定的成效。本文首先具体论述了目前我国煤矿发生瓦斯事故过程存在的一些问题,然后分别提出了几种预防防止我国大型煤矿发生瓦斯事故灾害的有效技术措施。

[关键词] 煤矿; 瓦斯灾害; 防治措施; 水力压裂; 采动井

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.1559

引言

我国作为世界第一大产煤国,煤炭在我国一次性消费能源中占比70%左右,煤炭行业是我国国家经济命脉的重要支柱产业,但是,煤炭行业又是我国安全形势最为严峻的行业之一。预防和治理煤矿重大灾害的发生,是国家以及政府继续解决的重大问题。在我国煤矿灾害中,尤其以瓦斯事故为重,瓦斯事故的发生随时都在直接威胁着工人的生命财产安全。因此,防治煤矿中的瓦斯事故发生一直以来也都是煤炭行业安全生产工作的重中之重。煤矿企业全体生产职工在安全生产技术工作上,开展瓦斯防治工作,确保我国煤矿和谐发展。

一、煤矿瓦斯性质与爆炸条件

(一) 煤矿瓦斯组成成分

通过对煤矿中的瓦斯成分进行系统的化学分析我们可以不难发现,其中的化学气体成分主要有 CH_4 、 CO_2 、 H_2 、 H_2S 、 CO 、 N_2 ,其中 N_2 分子较小,移动速度快, CO_2 易溶于水且易被地下水带走。因此,在比较接近地表处 N_2 和 CO_2 含量相对较高。由于瓦斯的密度相较于空气较低,因此常常集聚在巷道的顶部。

(二) 煤矿瓦斯爆炸条件

1. 一定的引火温度,瓦斯引燃点的温度一般在 $650\sim 750^\circ C$ 之间。
2. 充足的氧气含量,氧气浓度不得低于12%。
3. 一定的瓦斯浓度,瓦斯浓度在 $5\sim 16\%$ 之间。

二、煤矿瓦斯的爆炸与传播机理

煤矿瓦斯爆炸的本质问题是其爆炸机理和点火方式。瓦斯气体被外界的热源所激发时会产生强烈热化学反应,这一过程即为瓦斯爆炸。从化学动力学的角度出发,能够解析出瓦斯爆炸的物理性质和化学特性。瓦斯爆炸的点火阶段是一个支链型链式反应过程,这个过程由众多基元反应一起构成。通过实验可知,煤矿瓦斯爆炸的传播方式为冲击波式,而随着传播空间与时间的变化,冲击波的结构也随之产生变化。最初的燃烧阶段,冲击波的传播方式为爆燃波,而当甲烷气体燃烧殆尽后转化为纯空气冲击波。另外,已经在实验和理论两方面证明了,当满足个别特殊条件时,最初燃烧时的爆燃波有转变为爆轰波的可能性。

三、煤矿瓦斯灾害的现状存在问题

我国煤储层结构复杂,且煤层变形严重。大多数煤田煤结构破碎严重,三、四类煤比例高,煤质偏软,坚固性系数低,煤层透气性差,瓦斯抽放效果较差,造成瓦斯治理难度大。此外,随着采掘工作向深部延伸,传统的抽采工艺效果不明显,瓦斯事故时有发生,所以,必须采取综合瓦斯治理和联合抽采的措施。

加强瓦斯抽采是预防瓦斯灾害和事故的最有效途径,由于地下瓦斯抽采必须与采煤过程相协调,如何保证瓦斯抽采

和采煤工作面瓦斯超压的降低能够满足高效采煤的要求是一个难题。在开采效率高、成本低的约束下,瓦斯抽采的方法也多种多样。然而,各种瓦斯抽采的方法或多或少存在一定的问题,例如,在顺层抽采中,钻孔中经常遇到卡钻、喷孔、塌孔等技术问题,特别是在突出软煤层中,成孔率较低;穿层钻孔抽采效率高,但必须掘进底板或顶板巷道以便布置抽采设备,钻孔施工周期长,工程造价高;保护层开采存在卸压效果差等问题。只通过加强瓦斯抽采的技术和规模来解决瓦斯突出和瓦斯超限的问题,这不仅会影响矿井产量,而且会大大增加瓦斯治理的成本,效果也将受到影响。地面采动井抽采是解决煤矿瓦斯突出、瓦斯超限问题的一种新型瓦斯抽采方法,其施工在地面进行,不影响井下开采,可在回采前完成,同时,可连续进行采前预抽、采煤抽采和采空区抽采,实现煤层瓦斯全过程的抽采和控制。

四、瓦斯灾害防治技术分析

(一) 矿井通风技术

在矿井生产过程中,矿井通风系统可以有效地控制和稀释矿井中的瓦斯浓度,但目前在我国大多数通风技术低下的高瓦斯、突出矿井仍然存在着风量不足、通风系统复杂、风流调节困难等各种问题,影响着矿井通风效果。为有效解决上述问题,需要增加现有矿井回风井的断面积,选择采用功率更大的通风设备,加强对通风设施的管理,优化通风网络,降低矿井通风阻力来提高通风系统对矿井瓦斯的稀释与控制。

(二) 瓦斯抽放技术

1. 顺层长钻孔成孔技术。顺层长钻孔成孔技术是通过顺层钻孔来进行瓦斯抽放的一项关键,但这项技术存在技术难题,即在煤层,尤其是突出煤层顺层钻孔时会发生很严重的喷孔和卡钻现象,这使得想钻到达标深度非常困难。

2. 长钻孔预裂控制爆破技术。这种预裂控制爆破技术的目的主要是通过对煤层控制欲裂爆破,使煤体产生裂隙,释放地应力和瓦斯,提高煤层透气性,降低煤体内的瓦斯浓度。在煤层爆破过程中,为了在不需要破坏煤层顶板的情况下也能使煤层内部产生裂隙,必须根据实际爆破情况合理选择炸药配方,制定一套安全科学合理技术。大量科学研究和爆破实践成果表明,低威力炸药通常由于爆炸峰值低、起爆速度慢、持续时间长,可以达到理想的煤层致裂效果。

3. 水力扩孔技术。钻孔施工中,孔径越大,煤壁暴露的面积越大,对瓦斯排放和应力的释放效果越理想。单孔大直径的钻孔施工存在返渣困难、塌孔严重、成孔长度短以及钻机电荷增大等困难问题。因此,必须采取有效补救措施来彻底解决这些困难问题。水力扩孔技术是先利用液压钻机打出小孔径钻孔,再选择既能自动旋转又能同时自动喷射高压水射流对钻孔周围煤体进行旋转切割。通过钻头沿钻孔轴向的运动形成对整个钻孔的径向扩孔。随着钻孔持续扩大,使得

煤层暴露面积持续增加,增大煤层卸压范围对改善煤层瓦斯抽采量有理想效果。

(三) 微生物技术

通过氧化煤层中的瓦斯,达到了降低瓦斯涌出量的目的。在一定程度上,能够降低瓦斯事故的发生频率。目前,微生物技术仍然处于技术理论基础研究以及起步试验阶段,尚未取得较多实质性研究进展。然而,微生物技术在煤矿瓦斯灾害防治中的应用发展前景广阔。

(四) 气体水合技术

气体水合物能够固定吸收热量且有高密度吸收的特点。为促进煤层中的瓦斯水合物的转换形态,可以在水中添加表面活性剂。在煤矿开采过程中,对于高瓦斯含量的非突出煤层,采用瓦斯水化技术可以使煤层瓦斯在开采过程中均匀流动。它不仅能有效地消除瓦斯浓度超限问题,还能有效地控制瓦斯爆炸事故。为保证矿山有序开采,有效提高矿山企业经济效益。

(五) 井下水力压裂技术

井下水力压裂技术的应用目前得到了良好的推果,根据井下已有的巷道,针对不同的煤层瓦斯地质条件制定不同的水力压裂技术方案,实施不同的水力压裂技术工艺,实现“一面一策”“一孔一策”。该技术与煤层注水不同的地方是,在压裂液中通过加入表面活性剂,可以有效润湿煤体,而且它还可以有效改变煤体的力学性质,更多的采排煤层瓦斯;通过大量的试验表明,该压裂技术的成功实施可以达到井下区域瓦斯治理的目的,可以有效降低井下煤与瓦斯突出、煤尘爆炸和煤层自燃的风险,提高了瓦斯抽采效果。这为低透气性、无保护层开采的煤层瓦斯治理和利用开辟了一条新途径。对于条件较好的矿井,可以采用泡沫压裂液实施压裂工艺,在相同条件下,压裂效果可以得到改善,但成本较高。

(六) 地面采动井

地面采动井是近年来逐渐发展起来的一种新型抽采技术,通过在地面施工垂直钻井到煤层或裂隙带中,预裂或采动影响煤层透气性,尽可能多的通过裂隙网络通道和钻井将瓦斯直接抽至地表,以减少工作面瓦斯涌出量,缓解瓦斯超压,开发煤层气。一般来说,地面采动井可做到采前预抽、采动抽采与采空区抽采,采前预抽主要用于煤层开采前煤层气的开发;采动抽采主要用于对煤体的扰动增加透气性提高瓦斯抽采率;采空区抽采主要用于解决回采后的采空区瓦斯,减少采空区瓦斯涌出量,解决工作面瓦斯超限。该方法提前对煤层中的瓦斯进行了释放和利用,降低煤层瓦斯含量,从根本上解决了瓦斯事故。

五、煤矿瓦斯事故防治措施

(一) 建立瓦斯安全管理机制

瓦斯是导致瓦斯爆炸事故发生的物质源,作为引发事故的主要物质因素而存在,为了预防和控制瓦斯爆炸事故的发生,实现安全系统工程中的本质安全,做好瓦斯安全管理工作是控制瓦斯爆炸事故的重要前提。首先,消除瓦斯爆炸的物质危险源。最大限度地抽放瓦斯,抽出开采煤层、邻近煤层和采空区等瓦斯源中的瓦斯,减少井下瓦斯涌出量,是提前预防和控制瓦斯事故的根本措施,可实现瓦斯环境中采煤本质上的安全。对于局部聚集的瓦斯,可采用隔离法、分支通风法、引风法等措施来隔离或者吹散巷道内聚集的瓦斯,保障生产安全。其次,建立健全可靠的通风系统。强化通风的安全管理,保证整个矿井和井下各个工作面上都有足够的风量,有效、稳定和

连续不断,保持足够的风速,足以用来稀释工作面的瓦斯和驱散涌出的瓦斯,这是防止瓦斯聚积含量超限,避免瓦斯爆炸事故发生最根本和最有效的措施。因此,要求矿井必须拥有完善的通风系统,按要求为井下提供足够的风量。最后,建立矿井瓦斯监测系统。配置安全技术装备供瓦斯检测人员对整个矿井井下的瓦斯含量进行监测,每次监测都要如实地反映出现场的瓦斯变化情况,并将监测结果及时填写在记录本和瓦斯日报表上,通知现场工作人员。如果有瓦斯积聚超限的异常状况,应及时采取措施,使之达到安全要求,真正做到及时发现及时改变,杜绝瓦斯事故的发生。

(二) 进行安全教育

造成煤矿瓦斯爆炸事故的原因是多方面的,有客观原因,也有主观原因;有直接原因,也有间接原因。依据安全学原理,引发事故的原因不外乎人(人的不安全行为)、物(物的不安全状态)、环(不安全的环境)三大因素,而人为因素往往是引发事故最直接、最常见的原因。安全教育是为了防止矿工不安全行为,防止人为失误的重要途径。其重要性首先在于通过安全教育能提高企业领导和广大矿工搞好事故预防工作的责任感和自觉性。其次,安全技术知识的普及和安全技能的提高,能使广大矿工掌握事故发生发展的客观规律,提高安全操作水平。最后,矿工可通过安全教育掌握安全检测技术水平和提高安全控制技术,搞好事故预防,起到保护自身和他人安全的作用。安全教育可从以下3个方面进行:

1. 安全知识教育。使矿工掌握有关事故预防的基本知识,提高矿工的安全素质,从而提高煤炭企业整体事故预防水平。教育内容包括安全生产法律、法规知识、安全技术知识和安全管理知识。各种知识教育的深度可结合矿工所在岗位进行安排。

2. 安全技能教育。通过对教育者进行培训和反复的实际操作训练,使其逐渐掌握安全技能。在将知识转化为能力的过程中,使作业人员掌握完成本岗位安全作业技巧,具备相应的安全操作能力和紧急应变能力。安全操作技能教育应结合工种岗位,按照有关规程、标准有计划地进行。

3. 安全态度教育。通过安全态度教育使操作者尽可能自觉地掌握安全技能,克服不利于安全生产的思想和观念,树立科学的安全观念和法制观念,提高安全意识,端正安全态度,自觉遵章守纪,搞好安全生产。教育内容应该包括学习安全生产法律、法规、方针政策和企业规章制度,安全形势教育和结合典型事故案例开展的安全教育等。

结束语

煤矿瓦斯灾害的有效监测防治对加快促进推动我国工业现代化和煤炭工业技术发展进步具有重要战略指导意义。因此,有关部门应进一步加强科技研究,改进设备,丰富瓦斯抽放方式,实现煤与瓦斯联合开采,建设本质安全型煤矿。

参考文献:

- [1] 韦小发. 关于水力压裂技术在煤矿瓦斯治理方面的应用[J]. 区域治理. 2019, (11). 133.
- [2] 郭建忠. 浅析煤矿瓦斯危害及综合治理措施[J]. 城市建设理论研究(电子版). 2014, (19). 625-625.
- [3] 杜培超. 瓦斯灾害的防治技术[J]. 内蒙古煤炭经济. 2013, (1). 153, 156.
- [4] 薛广年. 华胜矿业井下防治瓦斯技术研究[J]. 能源与节能. 2020, (4). 97-98.