

MEIKUANG KUANGSHAN JIANSHE YU ANQUAN SHENGCHAN GUANLI SHIWU QUANSHU

煤矿矿山 建设与安全生产管理 实务全书

吉林科学技术出版社

煤矿矿山建设与安全生产管理

实务全书

本书编委会 编

陈 伟 主编

(第四卷)

吉林科学技术出版社

第十五篇

煤矿矿山事故防治

- ☞ 火灾事故防治
- ☞ 水灾事故防治
- ☞ 爆破事故防治
- ☞ 瓦斯事故防治
- ☞ 粉尘事故防治
- ☞ 冒顶事故防治
- ☞ 事故调查与急救

第一章 火灾事故防治

第一节 煤矿火灾现场勘察

一、煤矿火灾的分类

煤矿火灾,是指在煤矿范围内所发生的火灾。根据煤矿火灾发生的地点不同,分为地面火灾和井下火灾两种。

1. 地面火灾:凡是在矿井工业广场的厂房、仓库、储煤堆等处发生的火灾,叫作地面火灾。

2. 井下火灾:凡是在井下机械硐室、巷道、井筒、工作面以及采空区等地点所发生的火灾,叫作井下火灾。如果地面火灾的火焰蔓延到井下,或由伴生的气体、烟雾随同风流进入井下,威胁到矿井生产和工人安全时,也叫作井下火灾。

二、火灾事故的危害及其原因

(一)火灾的危害

它是因物质暴露于很高的温度或热量下出现的,在空气中一般可燃物的燃烧温度可能高达 $1000 \sim 2000^{\circ}\text{C}$ 。但是在氧气或是某些特殊的可燃物中,温度会高得多。火灾破坏损失的调查应考虑以下因素:

- (1)可燃物数量和通风状况;
- (2)可燃物大小、形状和分布;
- (3)可燃物分布距离和暴露期;
- (4)燃烧温度、蔓延速率和释放热量;
- (5)烧损物质耐火特性。

最高的燃烧温度将是通风恰好提供燃烧最佳条件的证据,而热量释放量还取决于可燃物数量和燃烧速率。对于一个完全发展的碳氢化合物或含碳物—空气火灾,大多数井下建筑材料不能承受火灾的温度和热量。耐火性能差的材料,如那些有低熔点或低燃烧温度的材料,将耗尽或将受到较大程度的破坏,特别是那些细的线圈、薄片状的材料或微粒。然而,在火势很大的地方,耐火性好的材料也可能破坏。反之,若暴露时间很短或位

置距火源很远,即使是纸也不会点燃。

正常情况下,在大量可燃物存在(如燃料库)以及在通风或扰动强烈情况(井下风速很高的地方)下,材料破坏最为严重等,几乎没有什么材料会在火炬状的火焰中特别是在高浓度氧气中不受破坏,这么强烈的火灾常常引起金属的强烈腐蚀和溶解。同类的金属破坏也出现在电气火灾中,但是在这种情况下,由于电弧产生的金属溶解往往局限在很小的局部区域,并呈现球状焊点。对于动力设备(如电动机、泵、压缩机等)损失时,应考虑材料的温度极限值和它们的暴露于火灾的程度。

(二)火灾发生的原因

火灾发生的原因,主要有由外源引起和自然发生两种。

1. 外源引发火灾

在井下使用明火(如电焊和气焊)、采用不安全的放炮方法(如用明火和动力线放炮)、油料的运输、使用和保管不善、机械摩擦和撞击引起着火、电气设备绝缘损坏和性能不良,都会引起火灾。

2. 自然火灾引发火灾

在煤矿火灾事故中,约有 70~75%是由于煤的自然引起的火灾。

三、火灾事故勘察技术

在火灾事故勘察中,必须对一次火灾事故的所有方面都一一推断并收集到充足的证据,包括特殊情况、可燃物源、可能的火源、导致的传播和观察到的破坏。通过分析已掌握的证据来设定和验证各种假设,这类假设可以解释事件的发生原因、顺序和后果。任何假设必须与基本的科学原理和已收集的确凿证据统一,下面对重要的证据作一阐述。

(一)燃烧物源

在火灾时,可燃物随火的蔓延而消耗,这包括正常的固体可燃物或粉尘(A类)、可燃液体和气体(B类)、电器设备中可燃物(C类)、可燃金属(D类)或其他混杂一起的可燃材料。可燃气体、高挥发性液体的蒸气和固体可燃物或具有高可燃性的固体微粒往往导致火势迅速蔓延。而无需外部热源就能燃烧的物质包括可自燃的、可自热可燃物或水煤气反应生成物如氢气等。煤烟(炭黑)形成是碳氢化合物或有机燃料火灾的证据。特别高的燃烧温度显示是高能燃料或高强度氧化剂产生的火灾,任何广泛蔓延的火灾总是因分布范围广的可燃物引起。

在气体和粉尘爆炸中,可燃物源往往是那些能在一定的氧化环境中形成能达到爆炸界限的可燃气体、蒸气或粉尘的可燃物积聚区,这要求环境存在一定程度的封闭性。主要的可燃物种类包括可燃气体、低闪点的液体、气化的固态物质。这一可燃物—氧化剂体系的点燃和燃烧特性应与所收集的支持证据对照。在可能的情况下,应通过分析从这一可燃体系中所取的样本来测定其成分。一种可能的可燃物源也必须具有足够的浓度,能产生与现场观察到的爆炸压力破坏相适应的能力。调查人员应注意到即使相当低的可燃物

浓度也是危险的,即使是一个“空”的燃料箱,也可能含有足够的可燃蒸气而引起爆炸。在破坏十分严重的区域,具有足以产生爆炸能力的可燃物体均应作为怀疑对象来考虑。

(二) 点火源

可能的点火源包括电气、机械、化学、核能等能源形式,一些主要的类型如下:

- (1) 由闪电、静电或有故障的电气设备引起的电弧或火花。
- (2) 因机械摩擦、电阻升温、气动力升温形成的炽热表面。
- (3) 小型燃烧器的炽热气体或火焰,燃烧器排气系统和气体压缩机系统。
- (4) 因自燃、自热反应释放的化学热。

许多火灾是电源点燃的,在液体和粉尘流动中产生的静电源可能是点火源,还应考虑摩擦生电的可能。静电源引起的灾害在塑料或绝缘材料情况下可能很严重。最普通的化学热能自热作用是缓慢氧化作用,可能出现于动植物油源和一般的可燃物如煤和焦炭中,自热作用勿需外部热源。

在一些事故情况下,可能从局部热损坏产生的证据查得点火源。如因电弧产生的焊接状的熔化点,因机械摩擦使金属变色或磨损,因异常过程产生的高温造成金属材料的熔化。

在火灾或爆炸破坏情况下,有些情况下的热源(包括静电、自热、炽热气体点燃)并不总能区分,这时,调查者应结合环境证据综合分析。必须综合考虑可供分析的点火源特性和可疑可燃物的物理特性来确定点火源。例如,一种可燃气体(如氢)可能要求很低的点燃能,但却要求很高的点燃温度,而一种可燃喷雾状液体可能要求很高的点燃能(与均质的蒸气和空气混合物比较)。同样,对于一种固体(如煤尘)在粒径大的情况下,要求很高的点燃能,在这种情况下,分析点燃温度的可能性就具有更重要的意义。要作出正确判断就需要参考各类可燃物的点燃特性。

(三) 传播

火灾和爆炸的传播可以从勘察到的物理证据以及已知的可燃物—氧化剂体系的可燃特性来推测。气体和粉尘爆炸仅能在已达到燃烧(爆炸)极限的可燃物和氧化剂混合物积聚的区域中蔓延,然后可能诱发其他可燃物的火灾。与气体和粉尘爆炸不同,火灾并不要求可燃物和氧化剂混合均匀,就能传播进入以任何浓度存在的可燃物区域中。而气相火灾产物因含可燃挥发份物质而具有可燃性,并可在一个封闭的环境中产生爆炸,这种灾难常出现在煤矿中,这在推断煤矿火灾引起爆炸可能性时应特别注意。

为了完全反映火灾或爆炸的传播特性,调查者需要定义反应物消耗速率(燃烧速率)和火焰蔓延速率。这些数据可以从文献资料中找到,但常有必要把实验数据外延到鉴定判断正确性的现场条件下,这种外延常常要求谨慎应用经验性规则和定律。

通常碳氢化合物的气体—空气混合物的爆炸的火焰传播速度在每秒数米至数十米的数量级,大约是这种可燃混合物组成的燃烧蔓延速度的8倍左右。与之相比,火灾的空间传播速度一般低得多,特别是大容积的液体和大块固体的燃烧情况下。然而,所有的火灾燃烧和火焰传播可以因增强通风,风流紊乱流动或风力影响而加速,如在风速高的通风巷

道中;火焰的传播在强浮力作用下将更快,如在竖井、斜井井筒和上山中;对于飞扬或喷成雾状的液体或固体,将出现最高的传播速率。

像 1000m/s 这样高的传播速率也有可能,这时,爆炸发展成爆轰,爆轰最可能在涉及高压、高氧浓度或高能燃料条件下的燃烧时出现。甚至普通的燃料—空气体系也可能发生爆轰,但这要求更强的点火源和更长的火焰传播距离。

第二节 火灾事故预防与处理

煤矿应高度重视火灾的预防工作。根据火灾的不同类型,预防和扑灭的方向也不同。

一、矿井外因火灾的预防与处理

(一)矿井外因火灾发生的原因

矿内可燃物一旦与井下引火热源相遇,就可能燃烧甚至引起火灾。井内可能出现的引火热源有明火、摩擦着火和电火三类。

明火引发火灾的情况包括:使用火焰灯不小心引起火灾;吸烟不小心或保存火柴不当引起火灾;爆破作业或瓦斯和矿尘爆炸引起火灾;焊接作业引起火灾。摩擦着火是指井下机械由于各种运动机构的摩擦而引起附近易燃物(如瓦斯、矿尘、润滑油、木料等)着火。电火火源包括电弧、电火花以及炽热或高温的导体。

(二)矿井外因火灾的预防

妥善管理或消除引火热源是预防矿井外因火灾应采取的首要措施。应小心携带、使用和放量火焰灯,注意不能使火焰接触木料、擦拭纱布、油等可燃物,要警惕火焰灯引发瓦斯或矿尘爆炸的危险性;对携带的火柴要妥善保管;擦拭棉纱应放在专用铁桶内;禁止用投掷明火的方法来检查井巷深部的情况;焊接工作必须在没有可燃物的地点进行,或者在其周围挡上铁板并备好消防器材。

爆破作业引起火罩的原因多半是由于火焰外窜,从而点燃了附近的可燃物,甚至可能引发瓦斯或矿尘的爆炸。应限制装药量,以免空爆引火;炮泥及其装填质量要好,其长度不应小于孔深的一半;爆破前要充分洒水浇湿工作面及其 10 ~ 15m 范围内的巷道壁;在岩温超过 45℃ 的炮孔内装药时,事先应用水或风进行冷却,同时用绝热包皮保护药包;在自热矿体的炮眼内装药前应该测温,并采取必要措施以防炸药自爆。

为预防电火引发火灾,应正确选择、安装和使用电力设备和电缆,正确选用熔断丝或者过电流继电器,防止过负载或短路引起线路中电流剧增;保证电缆的各种联接(插头、接线盒和芯线的搭接)和电机的接线都必须牢固和紧密,以免导线接触处的电阻过大;尽量采用具有不燃性橡胶保护层的软电缆,防止发生漏电现象;当用纸绝缘铠装电缆时,应剥取黄麻外皮,接线盒内应充灌电缆油;巷道内的电缆要挂牢实。

(三) 矿井防火技术措施

1. 采用耐火支护

井筒、井底车场、主要巷道及硐室,一旦发生火灾,对整个矿井威胁很大,因此这些工程必须砌墙或采用不可燃支架进行支护。井筒与井底车场或大巷相连的地点必须砌墙。地面井架和井口建筑物必须用不可燃性材料建筑。进风井筒和平硐口由地面起向内延伸不小于 20m 的深度以及暖风机房、暖风道、主扇房、风硐以及井下各种硐室必须用不燃性材料建筑或支护。

2. 建立消防材料库

地面和井下都要建立消防材料库,贮备消防器材。地面消防材料库要设在井口房附近。井下消防材料库要设在每一个运输大巷中。消防材料库贮存的消防材料要定期检查和更换。消防材料非因事故处理不得使用,因处理事故所消耗的材料要及时补齐。

3. 设置防火门

为了防止地面火灾传入井下,进风井口和进风平硐口都要装有防火铁门,铁门要能严密地遮盖井口,并易于关闭。矿山主管部门要对防火铁门进行定期维修。进风井筒和各个水平的井底车场的连接处,都要安装两道易于关闭的铁门或木板上包有铁皮的防火门。此外,机电硐室也应装有防火门。

4. 建立消防供水系统

地面和井下都应建立消防供水系统及其有关设施。除可利用一切天然水源外,消防供水系统一般是与生产及生活供水系统合用水池及管路等设施。井下消防既可利用地面水池供水,也可利用上部水仓的积水。消防管路应每隔 50m 安装标准的管接,以备连接水龙带。

5. 设置火灾信号

为了在发生火灾能及时通知井下作业人员撤出,应在工业场地、井口和井下各主要工作地点设置声、光兼备的火灾信号。

二、矿井内因火灾的预防和处理

井下堆积的煤、硫化矿石、含碳矸石、木料等可燃物质,在适当的环境中,与空气接触发生氧化而产生热量,当产生的热量不能及时向周围散发时,温度就会自行升高,出现自热现象。若自热过程得以继续,局部温度不断升高,当达到着火点时就会引起自燃着火,进而引发矿井内因火灾。

矿井内因火灾与地面火灾不同,一般是在空气有限的条件下缓慢发生的,外部征兆不明显,但会产生较多的有毒气体,发火地点多在采空区,以致人们难以接近和发现,增加了预防和扑灭它的难度。

(一) 开采技术预防措施

为了减少矿石自燃的机会,采用的开采技术应使矿石在空间上和时间上尽可能少地

受空气的氧化,即应能够干净、快速地将矿石采出。同时,万一出现自热区时能够比较容易地将其封闭。

为此,应将开拓和采准巷道尽可能布置在脉外,这样能够减少矿体暴露于空气中的时间,便于隔离采区,同时也可少留矿柱。应合理地划分采区尺寸并快速回采,使采区的回采时间短于自然发火期,采完后立即将其封闭。应采取先采上层后采下层以及自井田边界向井田中央的回采顺序。应合理地选择采矿方法,采矿方法的回采强度要高,矿石损失率要低。此外,要及时从采场清除粉矿,并作好顶板管理工作。

(二)通风防火措施

实践证明,通风不良、通风系统混乱、漏风严重的矿井往往容易发生自燃火灾。有自燃危险的矿井,应该采用主要扇风机通风,不能依靠自然通风。而且,扇风机的风压大小应能保证矿井通风状况不受自然风压大的影响,但扇风机风压又不能过大。主扇应有反风装置。

应结合开拓方式和回采顺序,选择相应合理的通风系统,减少漏风。各作业区采用独立风流并联通风,不仅能降低总风压,扩大矿井通风能力,而且易于调节风量减少漏风,在火灾时期也便于稳定风流,隔绝火区。要加强通风状况和通风构筑物的检查和管理,注意降低漏风地点的巷道的风阻,严防向采空区漏风。如果为了调节通风状况而要安设风窗、风门、风墙或辅扇时,应该安装在地压小、巷道周壁无裂缝的地方。

(三)封闭采空区或局部隔离

即封闭可能发火的地区,杜绝空气漏入,防止矿岩氧化。对于矿柱的裂缝,一般用泥浆堵塞其入口和出口,而对采空区除了堵塞裂缝外,还要在通达采空区的巷道口上建立防火墙。

(四)预防性灌浆

预防性灌浆是将水、黄土、砂子按适当比例制成泥浆,借助输浆设备送入可能发生自燃的区域起防火作用。泥浆之所以能预防自燃是因为:泥浆灌入采空区后,隔离了矿岩、木料同空气的接触,防止氧化;加强了采空区封闭的严密性,减少漏风。如果矿岩已经自燃或自热,泥浆也能起冷却作用,降低封闭区内的温度,阻止自燃过程的继续发展。

(五)锁风直接灭火技术

在实施井下灭火中存在着这样的情况:某些内因火灾,对火源点能基本了解,只是范围较大,并且火源点附近和周围没有瓦斯积聚和超限,具有直接灭火的可能性,但是处理时间较长。在直接灭火过程中,由于正常通风和供氧,灭火效果很差,甚至出现火势增大的局面。倘若按《规程》封闭火区,防火墙往往要远离火源点布置,在封闭火区外实施灭火措施难度颇大。因矿井采用无煤柱开采,采空区呈现程度不同的联系,用窒息的方法熄灭火点很难奏效,致使有的火区封闭几年或十几年仍达不到启封条件。若用井上、下打钻注浆方法熄灭火点,因钻进距离长,落点的准确率极低,灭火效果一般不够理想。鉴于此,在

矿井灭火时有必要采用既控制风流又直接进行灭火的方法,称之为“锁风直接灭火法”。

1. 锁风直接灭火的操作

首先,在适当位置建立挡风墙(即密闭),每处设两道,间距一般 5m 左右。靠近火源点的一道因必须抢时间应抓紧建成,通常采用木板密闭,由救护队员佩带呼吸器施工,外面的一道应采用砖密闭,当气体浓度不超限时,可以在救护队员的监护下由井下工人施工。为了进出火区的方便,两道密闭均安设正反向两个风门,风门尺寸以满足救护人员佩带仪器和工具出人的需要即可。风门与密闭的结合应尽可能严密并能自关。安设风门的密闭位于接近火源点并作为处理火区的通道的进风侧巷道中,其他通道均需建立密闭但不必安设风门。

在对发火地点实施锁风的同时还应做好直接灭火的有关准备工作:成立临时灭火机构,组织各项工作的参加人员并明确任务和职责;建立井下指挥中心和救护基地并安设电话或联络信号;准备直接灭火所需的材料、工具;招请并组织参加灭火的救护人员;向所有参加人员贯彻安全措施和注意事项等。

直接灭火的方法一般采用向火点以及附近灌注水或泥浆。供水(浆)的铁管在建立密闭的同时尽量敷设至密闭内的适当位置,并安设分水器 and 闸门。密闭内设测定 CH_4 、 CO 、 O_2 、 CO_2 和温度的观测点和取气样的地点,有条件的安设束管进行遥测。

在锁风范围内,当甲烷的浓度符合《规程》要求时,由救护队员实施直接灭火。对暴露的明火用水(或泥浆)逐步喷洒,对深入煤体、深埋人浮煤和支架遮蔽的火点要用插管注浆(水)的方法。

为提高直接灭火的效果,有时采用在锁风范围外井下和地面打钻注浆(水)的办法,对火区实行综合治理。

2. 注意事项

(1)锁风直接灭火法是在特定条件下采用的一种特殊的灭火方法。特定条件是指火区范围内瓦斯涌出量较小,其浓度符合或基本符合《规程》要求。该方法与正常的直接灭火法不同之处是在窒息的环境下操作,也就是对通往火区的风流进行控制,故称之为“锁风”。此种“锁风”又不同于“封闭”,封闭的火区要按《规程》要求管理和启封,而锁风却较为灵活。实践证明,锁风直接灭火在现场使用一般能取得处理火点较快的效果。

(2)既然锁风直接灭火是在窒息的状态下进行,所以只能由矿山救护人员佩带呼吸器实施灭火工作。救护人员在火区的操作一定要符合《救护规程》的要求,应在确保救护人员安全的前提下确定灭火方法。因火区内的情况经常变化,要求救护人员能视客观条件灵活机动的处置。

为避免当大量泥浆或水注入火区后造成水雾和水煤气爆炸威胁救护人员的安全,在注水(泥浆)时一般应将救护人员撤出。

(3)决定能否采用锁风直接灭火的关键是火区内的瓦斯浓度和空气温度。所以在实施锁风灭火的全过程中必须注意监测火区范围内的瓦斯浓度。要视火源点位置和火区状况确定固定的监测点按时进行测定。测定方法尽量采用气体分析力法和束管装置,也可在适当位置安装瓦斯报警器。一旦发现瓦斯浓度超限应停止灭火工作,采取措施后将瓦斯浓度降至《规程》规定浓度以下时再恢复灭火工作。同时还要测定火区内的空气温度,

过高的气温有时也迫使灭火工作中断。

(4)若采取在火区内灭火与在火区范围外(包括地面)打钻注浆相结合的方法,其效果会更好。火区范围外的地点指附近的原有巷道,专门施工的消火巷或地面。但是火区外工作应与火区内灭火相配合,不能给后者带来困难和不利影响。

在火区内实施直接灭火要坚持从边缘向中心循序渐近的程序逐步向火源点逼近。同时还应注意后路安全和已扑灭地区的复燃问题。

(5)在实施火区内直接灭火时,一定要重视注入的水接触高温煤体后产生的蒸汽和烟雾对火区内外部的影响以及水的泄出问题。在火势较强烈的情况下,开始注水时应将救护人员撤至火区外的安全地点。高压气体的排泄需专门保留一条与火区相通的泄压巷道将气体直接排到回风巷道。另外,要加强对所排气体和波及地区的气体监测。

火区还要有泄水的通道,以便废水顺利泄出,避免在火区内形成积水。对注水(浆)和排出的水量要进行记录和比较。若采用淹没火源点的处理方法,必须考虑挡水墙的力度,掌握注水量和水位高度,力避突水酿成水患事故。

(6)在锁风直接灭火的全过程均应加强对火区外围的监测,根据具体条件设置观测点,定时测定各类气体的浓度和温度。

(7)当火源点熄灭后,仍有启封(即去掉锁风风门)和恢复正常通风问题,需编制措施在救护人员监护下实施。

三、预防煤层自燃的措施

预防煤层自然发火,是矿井煤层正常开采和矿井安全生产的重要问题。根据国内开采有自然发火煤层矿井的防灭火经验,应采取预防为主,力求根治的综合治理措施。

综放面防治煤层自燃的主要技术措施如下:

(一)加快综放面的推进速度

加快综放面推进速度,利用采空区“漏风二带”规律,把采空区浮煤在发火期内置入窒息带是防止综放面采空区煤层瞬息万变的重要技术措施之一。据前苏联的实验研究结果表明:冷却带与自然带的宽度(范围)取决于冒落岩石的压实速度(即顶板岩性)、工作面的长度、工作面两端的风压差及工作面的推进速度。

(二)实施区域性的均压通风

区域性均压通风是防治相邻采空区煤层自燃的主要技术措施。在煤层自然的诸因素中,煤的自然倾向性是自燃的内因,漏风供氧是外部因素中的主要因素。由通风阻力定律可知,漏风的大小取决于漏风源与漏风汇之间的风压差和漏风风阻,欲减少漏风,一是增加漏风风阻,二是降低漏风压差。在煤矿井下由于受地质条件和矿山压力的影响,增阻堵漏有很大的局限性,而采用通风技术降低漏风压差来减少漏风的做法比较容易实现。

研究表明,流经煤堆的通风强度在 $0.1 \sim 0.9 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 范围内易发生自燃;低于 $0.06 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 或大于 $1.2 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 时不会发生自燃;最利于自然发火的漏风强度是

$0.4\text{m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^2$ 。因而,把漏风强度控制在易燃值之外,把漏风时间控制在煤层自然发火期以内是均压防灭火的宗旨。综放面发火隐患主要来自相邻采空区,因而实施区域性均压技术要根据采场的准备和推进的动态来实施,具体做法:

1. 注意搞好综放接续工作面沿空掘进巷道掘进期间的均压。为此,应合理确定综放接续工作面沿空送巷的时间,控制沿空送巷与采面的距离,切忌尾随综放面沿空送巷。根据兖州矿区的经验,沿空送巷滞后工作面半年、掘进头距工作面不小于500m为宜。

2. 搞好综放面回采期间与相邻采空区的均压。合理选择工作面的进回风路线,调整采空区周围的风压分布,减少向采空区漏风供氧。

3. 调压的方法要因地制宜,一是要周密分析采场及周围情况,如地质构造、丢煤情况、漏风通道、邻区老的隐患点等,确定符合实际的均压措施,如选择合理的调压方法与恰当的调压设施的位置等。同时针对性地加强注浆、注砂、压注粉煤炭及凝胶阻化剂、喷水泥砂浆或聚氨脂等堵漏措施;二是要提高通风通压设施的质量,加强管理,避免漏风或风流短路,如与该区域系统有关的风门要闭锁,溜煤眼有防放空装置等,以保证通风系统的合理稳定;三是要加强监测。当前,建立区域性的均压监测系统在技术上已经过关,有条件的可建立此系统,实施系统适时监测和人工定时监测相结合,以便随时掌握和调整风压波动。

(三)紧密结合实际,选用新型防灭火技术

1. 注氮防火技术

氮气防火技术防治矿井火灾已被主要产煤国家公认为是一种行之有效的技术措施。目前,德国、法国、俄罗斯、波兰等国广泛采用氮气防灭火技术,成功地抑制矿井自燃火灾,获得了预期的效果。《煤矿安全规程》(1992年版)第224条规定:综放开采有自燃倾向的厚及特厚煤层时,必须采用以注入惰性气体为主的综合防火措施。

(1)注氮防灭火系统选择

目前我国产生氮气的方法有三种:

1) 照冷空分

照冷空分就是通过压缩、膨胀循环,将大气温度降低并使之成为液态,根据大气组份沸点不同而分离空气的过程。

2) 变压吸附

变压吸附就是通过分子筛对氧气的加压吸附排氮、减压脱附排氧而分离氧、氮的过程。其系统一般为地面固定式。

3) 膜分离

膜分离就是用天然或人工合成的高分子薄膜,以外界能量或化学位能差为推动力,对双组份或多组分的气体、溶质、溶剂进行分离、分级、提纯和富集的过程。其系统一般为井下移动式。

设计采用井下移动膜分离制氮系统,其依据为:

①能耗比较低。GENERONHP 薄膜有很高的分离效率,比其他的设备能耗要少15%~20%;

②可靠性高。该薄膜不像其他设备,没有移动部件,静态运行。因此可以减少维护需要,增加使用时数,连续运行可靠性高;

③技术可靠。已有二千多套设备在全世界各地运行,使用效果好。国内克州矿区兴隆庄已经使用,效果良好;

④操作简单。氮气纯度、排气量可调节,温度可自动控制;

⑤易扩容、体积小、重量轻、系统简单;

⑥注氮管路短,漏氮气量小,注氮效果高;

⑦可以在井下移动;

⑧管理集中,人员配备少,成本低。

⑨不占用工业广场面积,无需土建工程。

根据上述分析,设计推荐综放工作面选定膜分离制氮机组,设备应留有扩容余地。

(2) 注氮工作面注氮工艺

1) 注氮方式及管路设备

注氮管铺设位置按 U 型通风方式,根据通风负压作用方向,注氮管铺设在进风顺槽,采用拉管移动注氮方法。

将三趟钻杆埋入采空区进风侧,每趟钻杆的直径为 15mm,长度 40m(用多根钻杆焊接而成),钻有多个出氮孔,用三根高压橡胶软管分别将三趟钻杆连接接到输氮管上,当三趟钻杆进入采空区 20m 时开始注氮,一直注到 40m 时停止注氮,然后用油缸将三趟钻杆分别拉到采空区进风侧 20m 处,恢复注氮。这种注氮方法的优点为钻杆强度大,不易被砸破,也不易被拉断,用三趟钻杆埋入采空区,当一趟出问题,另二趟还可以继续注氮;用油缸抽管,不必在巷道设置笨重的绞车;拉管注氮,可以节省大量钢管。另外采空区的上、下隅角要及时进行封堵。

2) 综放工作面气体监测

为了早期预报工作面自然发火,随时监测注氮效果,必须准确地监测采空区的气体含量和温度值。综采放顶煤工作面气体监测以束管自动监测为主。进、回风顺槽各设一个测点,以掌握进、回风巷风流中的气体含量,在采空区进风侧预埋一趟钢管,管内伸入束管,监测采空区进风侧气体含量;在采空区回风侧预埋两趟钢管,管内伸入束管,设置二个测点,分别监测有空区回风侧气体含量,并根据检测结果,及时调整注氮工艺。

2. 防火灌浆技术

以某煤矿为例,由于该矿矿井煤层有自然发火倾向,为预防采空区自然发火,确保安全生产,设计采用预防性灌浆,并辅助喷注阻化剂,灌浆采用随采随灌的方式。由于煤层埋藏深,灌浆量大,为便于管理和提高效率,此设计确定采用集中灌浆系统。

(1) 灌浆材料

根据本矿的地理位置,确定采用黄土作为灌浆材料。

(2) 灌浆材料用量

1) 日灌浆所需黄土量

$$Q_{\pm 1} = K \cdot G / \gamma_{\text{煤}} \cdot \text{m}^3 / \text{d}$$

式中 $Q_{\pm 1}$ ——日灌浆所需土量, m^3 ;

G ——矿井日产煤量, $G = 16670\text{t/d}$;

K ——灌浆系数, 根据兖州矿区的经验, K 取 0.03;

$\gamma_{\text{煤}}$ ——煤的总体容重, 取 $\gamma_{\text{煤}} = 1.36\text{t/m}^3$ 。

$$Q_{\pm 1} = 0.031 \times 16670 / 1.36 \approx 3677.7\text{m}^3/\text{d}, \text{取 } 368\text{m}^3/\text{d}$$

2) 日需实际开采土量

$$Q_{\pm 2} = a \cdot Q_{\pm 1}$$

式中 $Q_{\pm 2}$ ——日需实际开采土量, m^3/d ;

$Q_{\pm 1}$ ——日灌浆需土量, m^3/d ;

a ——取土系数, $a = 1.1$ 。

3) 日制浆用水量

$$Q_{\pm 2} \approx 1.1 \times 68 = 404.8\text{m}^3/\text{d}, \text{取 } 405\text{m}^3/\text{d}。$$

$$Q_{\text{水}1} = Q_{\pm 1} \times \delta, \text{m}^3/\text{h}$$

式中 $Q_{\text{水}1}$ ——日制浆用水量, m^3/d ;

$Q_{\pm 1}$ ——日灌浆需水量, m^3/d ;

δ ——水土比, 取 $\delta = 6:1$ 。

$$Q_{\text{水}1} = 368 \times 6 = 2208\text{m}^3/\text{d}$$

4) 日灌浆用水量

$$Q_{\text{水}2} = k \times Q_{\text{水}1}$$

式中 $Q_{\text{水}2}$ ——日灌浆用水量, m^3/d ;

k ——水量备用系数, 取 $k = 1.2$;

$Q_{\text{水}1}$ ——日制浆用水量, m^3/d 。

$$Q_{\text{水}2} = 1.2 \times 2208 = 2650\text{m}^3/\text{d}$$

5) 日灌浆量

$$Q_{\text{浆}1} = (Q_{\text{水}1} + Q_{\pm 1}) M$$

式中 $Q_{\text{浆}1}$ ——日灌浆量, m^3/d ;

$Q_{\text{水}1}$ ——日制浆用水量, m^3/d ;

$Q_{\pm 1}$ ——日制浆所需土量, m^3/d ;

M ——泥浆制成率, 取 $M = 0.94$ 。

$$Q_{\text{浆}1} = (2208 + 368) \times 0.94 = 2421\text{m}^3/\text{d}$$

6) 小时灌浆量

$$Q_{\text{浆}2} = Q_{\text{浆}1} / (n \cdot t)$$

式中 $Q_{\text{浆}2}$ ——小时灌浆量, m^3/d ;

n ——日灌浆班数, 取 $n = 2$;

t ——班灌浆小时数, 取 $t = 5\text{h}$ 。

$$Q_{\text{浆}2} = 2421 / (2 \times 5) = 242.1\text{m}^3/\text{h}, \text{取 } 242\text{m}^3/\text{h}$$

(3) 灌浆管路的选择

根据小时灌浆量及泥浆在管路中的经济流速, 并筒设计选用 $\varphi 219 \times 9.5$ 的无缝钢管,

大巷选用 $\varphi 159 \times 9.5$ 的无缝钢管,回采工作面顺槽选用 $\varphi 108 \times 4$ 的无缝钢管,工作面选用 $\varphi 102$ 和 $\varphi 51$ 的铠装胶管。

(4) 黄泥灌浆系统

1) 灌浆系统

采用集中灌浆系统,在工业场地风井附近设集中防火灌浆搅拌站、泥浆池。黄土经高压水枪冲洗后由泥浆沟经筛板进入搅拌池,通过搅拌机将黄土搅拌均匀,然后由风井和总回风巷的干管管道送至各回工作面的上顺槽,最后经顺槽内的支管至回采工作面。

2) 灌浆方法

根据本矿井煤层开采特点,采用工作面埋管灌浆的方法进行预防性灌浆,回采工作面随采随灌。沿工作面上顺槽在采空区预埋 $5 \sim 8\text{m}$ 钢管,一端在采空区,一端接高压胶管,胶管长 $20 \sim 30\text{m}$,放顶后开始灌浆,随回采工作面推进,按放顶距离用回柱绞车逐渐牵引灌浆管,牵引一定距离后灌一次。

为了提高灌浆防火能力,可在泥浆中加适量的阻化剂,以达到良好的防火效果。

(四) 改善开拓部署、装备水平及采放工艺

1. 采煤机组,液压支架,前后部溜子、端头支护及顺槽胶带要合理匹配、安全可靠,能力要为快速推进留有余地。

2. 增加或改善端头支架的放煤功能,力争消除沿两道堆积的松散煤体,切眼处要超前采取强制放煤措施,正常放煤后要尽量放净顶煤,最大限度地减少采空区丢煤。

3. 搞好沿空顺槽的喷涂堵漏处理。顺槽的沿空侧、顶和实体煤侧上部 $1/3$ 要用水泥砂。

四、矿山地面火灾预防

地面火灾大部分是由于外来火源引起的。地面火灾,会造成地面工业设施及其它财产的损失,如不能及时扑灭,有时地面火灾的火焰还可能蔓延到井下,或者它产生的烟气随同风流进入井下,造成井下火灾或威胁井下安全。

预防矿山地面火灾的基本措施是严格遵守有关工矿企业地面防火的规程要求,积极取得当地消防部门的指导,在生产过程中加强防火检查、消除一切隐患,并随时作好防火技术措施的准备工作。

在设计和建筑厂房时,必须遵守消防条例的有关规定。有火灾危险的建筑物,其建筑质量要达到要求的耐火等级。在进行地面工业广场布置方案设计时,应当考虑地形和常年风向,将火灾危险性大的厂房建于其它厂房的下风侧,并且相邻建筑物外墙之间应保持规定的防火距离。各建筑物之间还应设有通道,其宽度应能保证消防车畅通无阻。

五、煤矿火灾的处理程序

矿井一旦发生火灾,应立即根据平时制定的救灾计划采取紧急援救和灭火措施,迅速

撤出灾区及危险区的人员;稳定矿井风流,控制火灾的发展和火烟的蔓延;采取有效措施尽快消灭火灾。矿领导必须亲临现场指挥。

(一)撤离人员

发生火灾时,灾区人员必须按照救灾计划中规定的路线撤出矿井,因此,工人必须熟悉避灾路线。为了容易辨别方向,可以采取各种标志(如设置巷道名称牌、通往安全出口指示牌或指示灯等),以便能迅速地组织工人沿规定的路线及时撤出。避难人员要迎着新鲜风流撤退。如撤退线路已被火烟隔断时,应尽快构筑临时避难室自救。

(二)侦查火区

要尽快查明火灾发生地点、灾区是否还有遇险人员。由矿山救护队执行火区侦查任务。火灾发生时,产生大量有毒有害气体,因此侦查火区时应沿着新鲜风流方向接近火源。

(三)控制风流

井下火灾可能会引起风流的逆转等紊乱现象。控制风流就是保证矿井正常通风系统不为火灾所改变。为控制火灾的发展和蔓延以及避免工人遭受火烟的有毒气体的毒害,控制风流是应该采取的首要措施。

火灾发生时,火源地的空气由于温度的升高,将会产生局部的自然风压,这种风压称为火风压或热风压。火风压的出现,会使矿内局部或全矿的风流状况发生变化,扰乱正常的通风系统,甚至会造成井下风流方向的逆转。火烟随着风流的传播,引起井下工人中毒,同时给灭火工作增加困难。此外,在高温火烟流经的非水平巷道中,还可能相继产生火风压。矿内出现火风压的地点越多,对通风系统的扰乱程度及危害就越严重。

由于矿内发生火灾的情况不同,通风系统又复杂多变,因此,控制风流和火烟就必须根据具体情况采用不同的方法。这也是人们一直在深入研究的课题。概括起来,采用过的风流控制方法有以下几种:

1. 正常通风或降低一些风量。一般在回风巷道发生火灾时可以考虑采用这一方法。
2. 人工反风。当总进风道及井底车场发生火灾时,可以考虑采用此法,但要慎重。
3. 停风。全矿停风很少采用,一般都是根据需要中断局部地区的风流。
4. 风流短路和用防火门遮断风流。一般都是根据需要在局部地区采用此法。

(四)矿井灭火

矿井灭火有直接法、封闭法和联合法。要根据火灾的性质、发生地点、范围、发展阶段以及现有的灭火器材,采取适当的灭火方法。要尽可能采用直接法灭火。

1. 直接灭火

直接灭火法是采用水、灭火器、砂土、空气泡沫流等在水源附近直接扑灭,或者挖掘火源并将其运走的灭火方法。

用水灭火时要保证供给足够的灭火用水,同时要使喷向火区的水能正常排出,以免高

温水流到邻区促进矿石氧化。要保证灭火区的正常通风,将火烟和蒸汽排到回风道去,同时还应随时检测火区附近的空气成分。火势较猛时,先将水流射往火源外围,逐渐逼向火源中心。对于油类火灾有时可采用水雾灭火,其方法是在火源附近安设若干喷水器,形成扇形水幕,水很快化为蒸汽,隔断对火源的空气供给,而且也起冷却作用。

灭火器主要用于扑灭各种调室和巷道中的小型火灾。惰性砂土灭火方法简单、费用低,主要用于扑灭井下硐室中的电力设备和油料的小型火灾。挖出火源就是在火灾之初尚未出现明火或燃烧范围较小时,用长柄工具将高热物体或燃烧体取出,将其冷却、熄灭和运走,并用惰性物将空洞填塞。

2. 封闭灭火

封闭灭火法就是将火区封闭,以隔绝空气的流入,火灾将因缺氧而熄灭。一般当不能用直接法或其它方法将火扑灭时,可考虑采用封闭法。

3. 联合灭火

当火灾不能用上述灭火法扑灭时,应采用联合灭火法。联合灭火法就是将火区封闭后,向封闭火区注入泥浆或惰性气体。

(五)火区的管理和重开

为了判断火区内火灾是否熄灭和能否重新打开火区,应该经常检查火区。检查火区的方法是定期采集火区内的空气试样并进行成分的分析,测量火区内的温度和流出来的水的温度。如果火区内的空气和矿岩的温度已经稳定地降至 30℃ 以下,火区内流出的水的温度已经降至 25℃ 以下,并且火区内没有一氧化碳和硫化氢,此时可以认为火灾已经熄灭。

当确认火灾已经熄灭才可以考虑重开火区,恢复火区的生产。重开火区要上级主管部门批准,由矿山救护队执行。