



第4届国际矿井通风会议论文集

FOURTH INTERNATIONAL
MINE VENTILATION
CONGRESS



中国统配煤炭总公司 安全管理部
煤炭科技情报研究所

7D77-53

C 896566

第 4 届 国际矿山通风会议论文集

FOURTH INTERNATIONAL MINE
VENTILATION CONGRESS

BW 71/213/03



中国统配煤矿总公司安全管理部
煤炭科技情报所

一九八九年三月

前 言

为了不断提高矿山通风技术水平,国际上每四年举行一次矿山通风学术会议。到目前为止已举行了四届:第一届于1975年在南非举行;第二届于1979年在美国举行;第三届于1984年在英国举行;第四届于1988年在澳大利亚举行。

第四届国际矿山通风会议于1988年7月在澳大利亚昆士兰州首府布里斯班市召开,有15个国家的180位代表参加了会议,我国也派代表参加了会议。本次会议共征集论文146篇,其中有76篇选入论文集并在会议上宣读。这次会议选入论文集的76篇论文的主要内容有:远距离通风监测,系统分析,通风机,网络分析,地层瓦斯控制,热流,循环通风,火灾、爆炸与突出,降温与制冷,粉尘,案例分析,柴油机等。可以说内容广泛,各具特色,有的理论性较强,有的偏重于应用,有的属于安全技术现状综述。总之反映了当代矿山通风技术水平状况。

为了借鉴国外的经验,学习先进的通风技术,促进我国煤矿安全技术的研究和安全管理水平的提高,确保煤矿安全生产,我们从第四届国际矿山通风会议论文集中选择了48篇论文,编辑成册。由于水平有限,时间仓促,难免有失误之处,敬请读者给予批评指正。

本论文集的翻译出版得到很多同志的支持,在此谨向参予本论文集译校工作的同志,向大力支持论文集编辑出版工作的同志致以衷心的感谢。

中国统配煤矿总公司 安全管理部
煤炭科技情报所

责任编辑:华慧雯

目 录

预防井下火灾保护矿工安全的措施.....	〔南非〕T.J.希尔 (1)
矿井空气的质量：法律管理的进程与展望.....	〔美国〕R.V.拉马尼 (10)
地下环境工程——未来的展望.....	〔美国〕M.J.麦克费逊 (15)
有关煤矿沼气和粉尘控制的三种专家系统.....	〔美国〕F.N.基塞尔等 (24)
通过矿井大气的实时检测和模拟分析判明矿井下火灾的位置 及特征.....	〔美国〕W.H.波罗伊等 (31)
评价三个煤矿采空区的通风参数.....	〔美国〕R.J.蒂姆科等 (38)
井筒通风阻力和风流特征的分析.....	〔美国〕M.J.莫弗森 (48)
矿井通风系统中多工况点的特性分析.....	〔美国〕Y.J.王等 (59)
低压扇风机的研制及其在金属矿山的应用.....	〔中国〕金恒彬 (69)
煤矿掘进工作面通风的新的有效方法——利用液压驱动 扇风机.....	〔南非〕R.D.D科克等 (75)
用数学模型解算通风问题.....	〔苏联〕G.V.卡拉宾等 (83)
风量对矿井通风网路中分支风路风阻变化的敏感度.....	〔波兰〕A.弗里奇等 (92)
解算通风问题所用测量数据的确认.....	〔法国〕N.达尔伯朗德等 (100)
选择井工矿扇风机和调节风门最优配合方式的计算机程序...	〔美国〕F.卡利扎亚等 (107)
消除沼气危险的新技术.....	〔加拿大〕R.N.查克拉沃蒂等 (120)
混合气体对煤体的吸附作用、解吸作用及其在矿井通风中 的意义.....	〔澳大利亚〕R.D.拉梅 (126)
确定煤中瓦斯流动特性的实验研究.....	〔美国〕S.海帕莱尼等 (140)
长壁回采过程中难以预测的瓦斯泄出量变化.....	〔澳大利亚〕J.伍德等 (149)
突出时的瓦斯流动模型.....	〔美国〕F.奥图奈等 (155)
排放煤层瓦斯的水平钻孔技术.....	〔美国〕P.C.撒库尔等 (163)
澳大利亚新南威尔士州阿坪煤矿用于抽放瓦斯的 深孔钻进.....	〔澳大利亚〕F.汉杰福特等 (169)
台湾煤矿对煤和瓦斯突出采取的防治措施.....	〔中国台湾〕S.A.沈等 (179)
井下风道热量、质量及冲量传输的模拟.....	〔美国〕G.丹柯等 (188)
岩石热扩散率的现场测量及不稳定地下气候预测.....	〔日本〕天野薰松等 (200)
风巷热量和湿度传导的热力学网络模拟研究.....	〔英国〕R.C.莫尔比等 (207)
南非金矿采用受控循环通风.....	〔南非〕R.C.伯顿等 (217)
受控循环通风长壁工作面大气条件预测.....	〔英国〕A.G.R.杰克等 (222)
加拿大矿井利用受控循环通风降低进风预热费用.....	〔加拿大〕A.E.霍尔等 (231)
井工矿采用受控循环通风的经济可行性.....	〔澳大利亚〕J.M.安德森等 (239)
氮气隋化技术在英国的应用.....	〔英国〕M.J.赫伯特 (247)
微机在煤矿灭火中的应用.....	〔美国〕C.E.扎布洛斯基等 (256)

科罗拉多一次煤矿火灾分析——实例研究.....	〔美国〕R.J.蒂姆科等 (265)
矿井火灾的模拟.....	〔波兰〕W.齐乌尔津斯基等 (276)
短壁开采法开采的煤矿自然发火危险指数的评价.....	〔印度〕S.C.贝纳基等 (282)
通风巷道风速对输送机胶带火灾危险的影响.....	〔美国〕H.C.维拉凯斯等 (291)
危险性瓦斯积聚的形成特点.....	〔波兰〕P.克什斯托立克等 (300)
1986年吉姆威尔特资源公司3号矿井的火灾.....	〔美国〕J.帕洛维奇等 (304)
矿井冷却用的29MW冰冷却系统.....	〔南非〕R.亨普 (310)
南非深部开采金矿的降温配水系统.....	〔南非〕R.拉姆斯登等 (318)
深井用喷淋式冷却器参数的优化.....	〔西德〕E-U.伦萍等 (325)
专家计算机系统在环境控制方面的应用.....	〔南非〕F.H.V.格莱恩等 (333)
瓦斯量大、浓度低时的爆炸问题.....	〔波兰〕K.T.莱帕克 (339)
井下呼吸性粉尘危害性抽样鉴定方法的标准化准则.....	〔南非〕J.V.西铁特 (347)
抽吸式装置对空气中粉尘的抑制.....	〔英国〕G.C.杰姆斯等 (353)
西部深水平联合矿南矿——一项环境技术挑战.....	〔南非〕R.M.司徒等 (362)
北部矿实例分析.....	〔澳大利亚〕A.芬奇等 (368)
井下柴油机废气的监测技术——两种解决方法.....	〔美国〕J.H.丹尼尔 (379)
自备自救器作用时间作为人机效率和逃走路线条件的 函数的研究.....	〔南非〕A.J.凯尔布洛克等 (386)

预防井下火灾保护矿工安全的措施

〔南非〕T.J. 希尔

内 容 提 要

本文的前半部分，通过回顾过去三十年来在四个采矿国家发生的事件，阐述了由于井下火灾造成的危害。这一简短的回顾表明，尽管在预防火灾和对矿工采取保护措施方面，总的来说已取得很大进展，但仍须切实注意灾害发生的可能性。

本文的后半部分，根据南非采矿工业界的近期调查，概述了面临火灾为保护人员所采取的一套对策。这套对策的相辅相成的要素是：发火的预防、火灾的限制、防护系统和保护设备的设置、应付紧急情况的训练以及各种安全措施的有效执行。对于上述各项的重点内容和今后发展的可能性作了一些评论。

引 言

多年来，世界上的采矿工业界为预防火灾和缩小火灾影响尽管付出了巨大努力，但火灾依然是危及矿山井下生命和财产的经常性灾害。本文旨在通过四个国家的经验简要地评论这一问题的严重性，以便提供某些一般性背景材料，并对制订发生火灾时保护矿工的全面对策提出一些想法。

本文论及的预防性和保护性措施，在大多数采矿国家均已应用，不是采用这种形式就是采用那种形式。近期南非的研究表明，火灾的预防措施必须在全面完整的对策范围内加以考虑，以适应各种开采作业的特定要求。因此，适合于一种类型矿井的个别的防护措施（如配备某种型号的自救器）对于各种不同的开采环境未必是非常有效的办法。

尽管本文着重谈论的是矿山火灾问题，不同于瓦斯或煤尘爆炸，然而这些不同类型的灾害之间明显地存在内在联系，对这种内在联系的描述已屡见不鲜，煤矿所需的人员保护措施其主要内容与其它矿山相比，在原则上并无什么区别，至于爆炸灾害的可能性，需要采取一些预防性措施（如瓦斯监测和撒岩粉）已是众所周知，因此本文对这些问题未作阐述。另一方面，对火灾的扑灭和火区的封闭，这里亦未论及，因为这是一种专门的作业措施，要由训练有素，装备精良的专业人员来执行——尽管这种作业本身是很危险的，但它毕竟不是一般的井下人员。

四个国家井下火灾概述

近几年来，已得到了联邦德国、英国、美国和南非有关矿井火灾的一些资料。但并不打算利用这些资料将这几个国家的火灾或死亡统计做一番比较——这样的比较靠简短性的论述是不能作出的，这是因为从事采矿的人数、开采条件和开采方式相差甚大，还因为公布数字统计的口径不同（例如，火灾的定义不同就会影响统计数字）。本文目的在于以这几个国家为示例，对采矿中的火灾危害提供一个简要的剖析。

联邦德国

尽管联邦德国井下火灾发生的次数多于瓦斯或煤尘爆炸的次数,然而煤矿爆炸造成的伤亡人数远远大于火灾所造成的伤亡。1961年至1985年间,北莱茵威斯特伐利亚和萨尔地区的煤矿井下火灾造成9人死亡,相比之下,爆炸却造成413人死亡。自1958年以来,西德所有煤矿全部采用了随身携带的过滤式自救器,因而在发生火灾时挽救了许多矿工的生命。布利泽和考克(1986年)分析了1964至1985年间使用过滤式自救器的情况,估计在火灾、爆炸或瓦斯突出造成的591起事故中,7000多名矿工中有25%的人使用了自救器,得以免受严重毒害或致命性毒害。通过对采用自救器的1119起案例的研究,他们发现55%的事故是由胶带输送机造成的失火引起的。

近几年来,在改进防火措施方面的齐心努力,已减少了露天矿的火灾次数。这也包括在其它方面采取的种种措施:如大量缩减木料的使用和减少浸染化学物质的木料,采用防火液压油,改用阻燃型输送机胶带,采用一氧化碳监测器综合网络和通讯系统。在八十年代,“大型”火灾的次数一般说来每年少于10次,相比之下,70年代每年平均15次,60年代每年20次。这些“大型”火灾中的绝大多数是自然引起的。

英国

1961至1985年间,英国煤矿井下火灾导致9人死亡,与此相比,113人因爆炸或窒息丧生。在此期间,井下起火或因烟尘而将人员撤出事件1660次。其中胶带输送机运行起火占39%,其次是电器引起的火灾占24%。过去20年间,自然发火不是造成火灾的重要原因。

上述9名人员的死亡发生在1967年米夏尔煤矿火灾,当时是由于聚氨脂泡沫衬垫自热升温而着火。1950年以来,英国还曾经发生另外两次火灾,由于毒性气体泄出造成了人员死亡。1950年克利斯威尔煤矿发生的火灾使80人死亡,这是由于输送机胶带破损,磨擦起火。1959年,奥汉盖希矿发生火灾,47人死亡,火是在井下风扇处蔓延开来的,烟气熏倒乘车撤退的人员。此三次火灾都是蔓延迅猛,着火后大约2分钟之内就产生了浓烈的毒气,火势增长之快,使人难以逃离。

在1968年,英国强制携带过滤式自救器。过去的20年间,在大约700次火灾事故中有6300人使用了自救器。据《安全监察》年报反映,改善安全培训和保持高标准培训的必要性日益受到重视,这样就使矿工完全明白什么时候和怎样使用手里的自救器。年报还反映,坚定不移地采用一氧化碳监测仪,以便发现火情和自热现象。

美国

对美国来说(从南非的角度来看),将煤矿和非煤矿井的火灾加以分别对待是合适的。

在1960至1980年期间,美国的煤矿井下发生过646次火灾,如表1所示。特别值得注意的是,1969年《联邦煤矿保健和安全法》通过之前与1969年以后的每年年度统计数字出现很大差异。1952年至1969年,实际上每年约发生50次煤矿井下火灾,而1969年以后这个数字减少到仅10次左右,而且伤亡人数和经济损失也相应减少。近年来美国煤矿最严重的火灾是1984年发生在威尔堡煤矿,27名矿工丧生。当时因空气压缩机发生故障起火,由于没有充分的撤退通道,加之在使用自救器和撤退程序方面训练不够,酿成了一场致命性火灾。

1969年之后,火灾事故情况的改善归功于立法,法律规定了更严密的监察制度,对电气、通风和防火提出了更切合实际的要求,规定了更严格的教育和培训制度。由于采用了火灾监测系统和在初期即将火扑灭的灭火系统,也有助于安全状况的改观。进一步改进安全的最有

效措施应当是强调制定教育和培训计划。

从1971年起，美国联邦法律要求：煤矿井下每个人都要配带可维持“一小时”的过滤式自救器（FSR Filter Self-rescuer）。到1981年，新的规程生效，要求为每个人提供一部“一小时”的隔离式自救器（SCSR Self-contained self-rescuer），该自救器可以随身配带，可以手提或是存放在合适的地方，依具体要求而定（此外还允许加用一部过滤式自救器或隔离式自救器作为备用）。然而，“矿山保健安全局”目前的指导思想是：自备式自救器应当随身携带，第二代“一小时”的背带式自备自救器到1988年底能通过鉴定。

1970年至1984年间，美国的非煤矿（金属矿和非金属矿）井下发生过164次火灾事故。1973年以后没有人员死亡，但在这之前10年间发生的5次事故却夺去了117名矿工的生命。贝利和米特凯尔对102次事故作了分析，其中包括对1976至1980年间美国金属矿和非金属矿各种原因引起的井下毒性气体的分析，再加上对这以前几年10起重大事故的分析。火灾是造成爆炸从而危害呼吸的最经常的根源（有66起）。已经发现金属矿和非金属矿比煤矿更容易发生火灾，而爆炸事故发生的可能性差别不大。

贝利和米特凯尔对火灾的分析还包括了1972年对“森谐因”金属矿的火灾调查，在这次火灾中死亡了91名矿工。火灾发生在一个旧采区，那里有易燃的废旧物料和支护用的木料；据推测为自燃发火。虽然备有许多过滤式自救器，但殉难者仍因一氧化碳窒息而死。丹尼1978年时指出，该金属矿的火灾是一起发生灾害的可能性小，但后果却十分严重的灾难，井下采矿发生这种灾难似乎有一定的规律性，单只靠安全法规是很难避免的。虽然过去只有极少数火灾造成死亡，而且近15年中没有发生过火灾死亡事故，但福斯特1985年还是指出：必须继续注意，火灾仍然是造成重大灾难的主要威胁。福斯特对一些非金属矿火灾的分析认为普遍缺乏某些防护措施。在1985年重新建议需有良好的通风控制，最近已强制规定某些通风标准。在清除矿井中特别是井口处大量废旧坑木方面已有改善。过去几十年来，发火的主要火源已有变化。现在柴油机驱动设备的各种部件（如高温管道和制动装置），使电气设备成了主要的发火根源，焊接迸发的火花和高温熔渣也是火源。福斯特提出警告说，柴油和汽油的储存问题值得高度注意；他还警告说，柴油机设备引起的火灾，特别是如有木料的话，如果不立即采取计划周密措施，就会造成严重的灾难。他最后指出，人员撤退的训练，防火安全和通风控制仍然是预防灾害的关键因素。

美国的法律规定，在金属矿和非金属矿井下的一切人员必须配备“一小时”自救器，现在这些自救器几乎全部是最新型的过滤式自救器。据对非煤矿中使用隔离式自救器的必要性的调研，贝利和米特凯尔认为，煤矿与非煤矿之间存在着很大的区别。在大多数情况下，如严格而正确地执行撤退程序，过滤式自救器足以能够保证人员从非煤矿中撤退。克莱茵茨1988年时指出，对非煤矿来说，过滤式自救器仍然是能适应的。贝利和米特凯尔1983年也曾指出，在过去事故中，最严重的缺点是绝大多数的矿工在撤退时没有使用过滤式自救器。据1976至1980年的调查，共有400多名矿工曾经穿过烟火撤退，但只有19人戴着自救器。另一个严重的缺点是发现烟火后矿工撤退的太迟。这些缺点清楚地表明了强调应付紧急状况的重要作用。

	以 每 五 年 为 一 阶 段				
	1960~64	1965~69	1970~74	1975~80	1981~85
百 万 工 时	823	768	824	1071	892
火 灾 数 次	280	245	80	41	无统计数
火灾造成的死亡	137	234	12	1	27
爆炸造成的死亡			51	32	57
井下死亡总人数 (各种事故)	1229	1008	658	462	383

南 非

在1970至1985年期间,南非煤矿井下未发生火灾死亡事故,而这段时间内11起爆炸事故造成147人丧生。最后一次大火灾是1964年发生在希格玛煤矿,当时主进风巷胶带着火造成20人死亡。

毛里斯和巴登霍斯特1987年分析了1970年至1985年南非煤矿井下火灾情况,这段时间内有169起事故。自燃和电器故障是两个最常见的事故原因。尽管1980年以来火灾次数明显减少,但自燃还是占火灾总数41%。另一方面,近年来每年因电器引起的火灾次数有了显著增加,占1970年以来火灾总数的33%,但却占1978年以来火灾总数的43%。沼气失火占了1970年以来火灾的15%,并且近几年有增长的趋势。

对南非煤矿从1982年开始使用自救器的情况进行了调查研究。根据火灾和爆炸实际背景材料,对各种救护系统和各种类型自救器混合使用情况作了调研。1986年底公布的法律要求所有矿井必须做到:随身携带能维持“30分钟”的隔离式自救器;在所有需要配带自救器的工作场所范围内都应设置正规的避难所;为实施这些措施,应制定相应的培训计划。南非矿山研究室对许多自救器的实验室和现场试验进行了鉴定,截至1988年初,已批准三种化学制氧隔离式自救器可在煤矿使用。为矿工装备5万套自救器的工作计划已基本完成。

南非金矿约有40多万职工从事井下作业,《政府采矿工程师》年报的统计数表明,1975至1986年的12年间,13起火灾造成281人死亡;15次爆炸造成49人死亡;53起毒气事故造成67人死亡。在向“矿山救护培训服务站”报告的1669起火灾中,死亡事故有13起(在这13起事故中有16000多名工人安全脱身)。南非采金历史上最大的一次灾难事故1986年发生在金罗斯金矿,死亡3177人。这起火灾的原因是在用聚氨脂材料砌衬的一条进风巷中发生了氧乙炔事故。

通过对金矿上述12年中火灾和沼气发火原因的分析,表明大多数火灾是出于电气系统故障,占30%;出于焊接设备和切割设备的火灾占13%;出于炸药和辅助器件占13%。采金工业部门正在努力减少各种原因引起的火灾。矿山研究室已向所有的成员矿发布了新的防灭火指导方针。有关木料处理、更加严格控制氧乙炔设备的使用、移除进风巷中的易燃物料以及完全禁止井下吸烟等等法规亦可望产生。

矿山研究室完成了火灾的详细调查研究之后，迫切需要对金矿实施上述1986年的法规原则。特别是深部狭窄薄矿层中采金的特殊环境面临着安全问题的最严重的挑战。有关对各工种作业的呼吸保护有哪些最有效的措施，已提出了许多有待回答的问题。矿山研究室的建议正在由“政府采矿工程师”组织加以考虑，应对每一特定岗位装备自救器，只要这一最好方案一经决定，就会开始给矿工装备。

以上对四个国家井下火灾的简要考察，可以归纳为以下几点：第一点，近几十年来为减少井下工人面临的火灾潜在危险，研究了一些途径和方法，已有了很大的进展。第二点，由于采取了严密的预防措施，尽管当今发生灾害的可能性变小，但火灾仍然对所有矿井都形成威胁。再一点，世界上已经意识到，良好的训练是决定安全水平的一个至关重要的因素。另外还意识到，每个矿井都需要有一个有效的火灾检测系统。现在人们普遍认为：矿工必须配备自救器，在各种不同的采矿行业采用不同类型的自救器。这些被研制出来的自救器分别形成了各自的特点，以在不同的开采条件下发挥防护作用。

一套综合性的防火对策

为了尽最大可能地保护井下所有矿工，对每个矿井都要在全面综合性对策的基础上制定一整套防护措施，这一点很重要。对这套对策的完整性和实用性必须定期予以分析和反复研讨，以便摸清火灾危险的规律性和采用有关适用技术，确保这套对策的有效性。

金罗斯矿灾害发生后，南非矿山研究室立即成立了多学科的课题研究组，任务是对近期或远期应采取的一般措施提出报告，以便有效地保护井下作业人员。这个课题研究组通过对诸多案例的分析研究，提出了5个要素，形成一套合理的论述，作为制定综合性防火对策的基础。虽然这一对策适用于南非金矿，但其基本概念对于任何矿井都颇具普遍意义。这五个相辅相成的要素是：

- 发火的预防；
- 火灾的限制；
- 防护系统和防护设备；
- 应付紧急情况的训练；
- 安全措施的落实。

近期的研究报告反复强调了全面落实安全措施的重要性，要贯彻这些要素，就要将这些要素加以结合，最大限度地发挥其潜力。五项要素的有关细节论述如下：

发火的预防

从原则上说，在一切可能的措施中，预防发火具有最大的救生潜力。各国的经验已经证实：执行严密的防火规程可以减少火灾事故，1969年以后美国煤矿的经验就是一个很好的范例。对任何一个行业来说，火灾次数一度减少到一定的程度以后，进一步减少次数将是非常困难的。例如，各个国家的煤矿为进一步减少胶带输送机起火面作出的不懈努力，似乎并没有带来多大的改善。

一个重要的方法是按照区域火灾危险指标分级法来落实防火措施（这一方法亦可作为限制火势及烟气蔓延的措施）。这一方法将优先用于那些认为最危险的地区（如井口或主进风巷）避免因火灾或爆炸而可能造成的严重后果。

丹尼在1978年，约汉斯顿、麦克奎德和盖姆兹在1980年对采矿行业中安全概率分析法的

运用都作过说明。采矿行业已落后于核工业、航空、航天和其它工业。在那些工业,这种预测事故的方法似乎已不被广泛采用,而宁愿对过去的事故加以回顾分析。比方说,对火灾危险的多发区应用无差错分析法,专门作为落实严密防火措施的基础,这一点在复杂的开采系统中,特别是在计划改变工作方式的时候,似乎值得认真考虑。

近来南非的调研强调了尽量采取工程技术手段来消除火灾根源的重要意义。一个共同的根源就是电,这是一个很实际的例子。电气故障引起的火灾一般是由于设计安装或维修不好或是由于误用设备。从短期来看,虽然通过采取对电气工程进行彻底检查等措施,可能在老矿中减少电气火灾事故,但从长期来看,应采用的方法是必须设计电气网络系统和设备,从本质上使之缩小因人为差错或干扰所带来的影响。

通过技术措施减少因任何具体原因而造成发火事故的最终步骤,是应在技术上做出能完全消除发火根源的重大变革。例如,为实现金矿开采作业的机械化要确定最佳动力方式,矿山研究室几年来对此进行的工作显示了水力液压的巨大优越性。所谓的“水力液压”系统现已被采矿工业采用,冷却水由导管输入井下直接使用,水压在10至20兆帕(MPa)之间,驱动的设备如液压凿岩机、水枪、扒矿绞车和辅助风扇等。将来,金矿高压出气系统将全部被液压取代,并带来安全上的种种优点,这一前景是现实的。各国经验还表明,采用先进的技术手段还可在很大程度上减少其它一些原因引起的发火事故。

火灾的限制

虽然第一道防线是必须尽可能地消除发火因素,但对矿井同时要采取一切可行的步骤来限制火势,和扼止蔓延,还要限制烟气扩散到其它工作场所。

假设发生火情,决定井下火灾严重程度的一个主要因素是可燃物的性质和数量。井下使用着许多可燃性或有危险隐患的物料,这些物料大多数没有现成替代品,使用这些物料都必须安排好,万一发生火灾造成爆炸,才能最大限度地减少对人员的危害。这就要求认真考虑所用物料的品种,可否用安全的物料代替,在危险地区如何集中和存放,有无足够的灭火设施和火灾控制系统等(如喷洒装置)。

矿井物料的可燃性问题已受到各国普遍重视,许多阻燃物质和防灭火方法已被采用。近来一些出版物介绍了对输送机胶带、聚合物、木料、无轨柴油车辆等的灭火处理方法。一个重要的方面是采取恰当的确定可燃性的试验方法,作为井下选用材料的依据。小规模试验固然具有很大的局限性,但对控制物料质量和对新物料的初选来说都是很重要的,在大规模的试验之前,可据此作最终的选择。在大多数国家里,大型火灾试验巷道是在模拟的不同井下条件下,评定各类物料着火特点的必备设施。

1987年罗伯茨评述矿井防火措施的系统对策,并描述了各种防火办法之间的相互作用:

“这种系统对策必须着眼于用最切实可行的办法尽量减小火灾发生的可能性,尽量加大火灾发生时顺利撤退的机会。如果一个矿井发生火灾,实际上应考虑火中有毒烟气产生并蔓延与人员撤退之间所需时间的竞争。”时间分解的一个重要问题是救生所需时间必须抢在火势扩大到毒性烟气集聚之前。

罗伯茨描述了各种类型的火灾及计算这个时间的特点。

近些年来,人们日益重视发展计算机程序对矿井通风网络内的火灾影响进行模拟。有些程序采用了火区内过于简单的动态模式,致使网络内测得烟气聚集所需的时间不准确。矿山研究室目前正在研究一种通用的网络程序,包括详尽的火灾模式的子程序。这种程序可应用

于重要的设计、培训和实际应用,包括通风区域的设计;防火门的定位;固定式火灾监测传感器;避难所以及撤退路线的设计。

防护系统和设备

矿山研究室的课题组检验了发生火灾时保护矿工的各种可能的措施,要点如下:

火灾监测系统

通讯系统

撤退路线

避难所

自救器(各种型式)

这些措施各自有其本身的救生作用,但必须看到各项措施之间是相辅相成的,没有哪一个是可以取代的。这些措施还必须按指明的顺序应用,自救器只是作为最后救急手段。应付紧急情况的训练当然是非常重要的,这将在下一节全面介绍,以下是上述有关措施的介绍。

迅速测出火灾是至关重要的。统一集中的火灾电子监测系统大大提高了尽早测到火灾的可能性,尤其是在下班的时刻,已经有了可靠的环境监测系统并已越来越广泛地采用。各国对火灾监测系统已进行了大量的紧张工作,这些工作普遍以一氧化碳和烟尘探测为基础。已经有了袖珍式一氧化碳检测器,结合集中监测系统,许许多多的领班使用一氧化碳检测器,可以起到重要的互补作用。监测系统需要有迅速可靠的通讯系统予以配合,以提供完整的报警系统。

通讯系统对人员的保护来说具有生命攸关的意义。在可预见的将来,电话系统仍将是矿山范围内主要的通讯手段。为适应开采条件,还研制出了无线电通讯系统,预料会被越来越多地采用。从长远看,电话和无线电相结合的矿山综合通讯网络可能是最有效的系统。起码有一个金矿已成功地应用了这种系统,其特点是使井下的控制中心与生产作业现场之间达到了协调。经验表明,在紧急情况下如果话音通讯系统是可靠的,这也是日常应当采用的有助生产的一种方法。对危险情况向矿工报警的其它方法包括扩音系统和气笛报警,这对集中作业区值得考虑。

撤退路线的安排必须结合设置避难所和使用自救器一起来考虑。撤退路线要根据开采布置和撤退过程中的生理要求来决定。允许的撤退距离取决于地形情况,短距离撤退一般更适合于深部金矿的条件,那里采面倾斜度大,顶板高度有限,在撤退过程中生理方面的要求高。每一个采区必须至少设置有两条正式的退路,必须随时保持畅通。

对于许多深井救生来说,特别是工作而距新鲜风站很远的地方,设置避难所非常重要。近些年来,通过利用避难所,在南非金矿曾有许多生命得救。但是必须看到,正式的避难所在其它的开采条件下有时并不受宠,因为矿工们往往宁肯紧急撤离而不愿等在避难所里。若是设置避难所,必须做到位置合适,易于到达,维修完好,通讯联络可靠。1985年哈拉兹对避难所的设计和结构已从各方面作过说明,矿山研究室很快就会公布避难所现场演习的结果,包括空气压缩机发生故障时的影响。

本文在前面已对各国使用自救器的情况作了说明。任一具体型号的自救器的救生能力都要考虑矿井撤退路线的特点,结合矿井的安全对策及具体情况才能予以评论。当今自救器已成为可以采购的商品,是各个有名的制造厂多年积极研究开发的结果。但是必须看到,自救器仍然是一种权宜之计,起码就随身携带式的自救器来说是这样。目前随身携带的隔离式自救器的耐用时间相当短,而过滤式自救器在缺氧的情况下又起不到保护作用。目前的过滤式自

救器，由于呼吸量加大而导致吸入阻滞，在紧急状况下实际上还会使维持时间少于额定的时间。湿度和一氧化碳含量高时，还会加重此问题。众所周知，吸入的温度也会增高。

适于任何类型矿井的理想的自救器，应当是在实际撤退条件下供氧能力至少达到45分钟的随身携带式和隔离式自救器（在南非很深的金矿里，这种撤退条件一般是指吸收量为50升/分钟）。当然这种理想的隔离式自救器，应当小巧轻便，坚固耐用，价钱便宜而又容易使用。已被批准在南非使用的随身携带的隔离式自救器虽然完全符合法规中的性能要求，但已发觉在灾害条件下的一些模拟撤退中，其耐用时间很短（大约只是上述理想时间的一半）。从长远的观点来说，显而易见的是，制造厂家应再接再厉，生产出性能更高的产品来，这当然是严峻的挑战，但是不容坐视不问。前面已经谈到，美国煤矿的最新构思表明了将来自救器的发展方向，这将会适用于许多国家。

有关自救器实际效果的最令人关注的问题是训练使用的问题，此点至关重要。在一些国家里尽管自救器已使用了很长的时间，并规定要进行严格的训练，但矿工们的经常性训练却常常是不尽令人满意的。当前，正在把注意力放在自备式自救器的配戴训练上。在南非和美国，已发现初次训练后的三个月内，操作技巧的熟练程度明显下降，这就需要对经验不足的人员提出更高的要求，要反复地进行训练。现已普遍认为，受训者需要经受吸入阻滞和温度增高的实际体验。制造厂正在提供一种训练用的“高温”模拟器。

除了配戴训练外，紧急情况训练必须包含的一个重要内容，当然是何时使用自救器的问题。过早地启用自救器，可能出现配戴者未到达安全地带之前设备就已耗尽的危险。还面临的一种危险是后来发生的未能预料到的灾害。何时使用自救器的训练问题，必须密切结合特定矿井中的撤退路线一起考虑。

应付紧急情况的训练

富于成效的训练一般是决定人员保护对策成功的最要紧的因素，各国矿井火灾的分析表明，对紧急情况下采取恰当行动有时缺乏理解，导致敲响了丧钟。

应付紧急情况训练方案的基本结构可以参照表2中指明的各项要点为依据。训练模式可以按这样一种构思设计，即要求卷入紧急情况的人员能够应付他们可能面临的处境。一些可能采取的训练模式（特别是与火灾有关的）可参见以下各项：

灾害检测和控制模式：

1. 介绍灾害控制的各项要点（例如，识别出灾害隐患；通讯的重要性）；
2. 防火训练；
3. 各种火灾识别的训练（如电器发火，木材着火）；
4. 各种火灾的对应训练（例如在失火的初级阶段，使用适合的灭火设备）。

撤退程序的训练：

1. 有秩序撤退的训练，撤退路线的利用；
2. 使用通讯系统的训练；
3. 使用自救器的训练——何时使用、怎样使用。

逃生程序的训练：

1. 使用避难所的训练；
2. 当受困或失散时，逃生技巧的训练。

训练应力求简单明确，在紧急状态下应当果断行动。初期训练固然可利用业余时间在教学

室里和地面设施里进行，但必须严格强调按真实的工作情况身临其境一样地行动。无论初次训练进行得怎样彻底，应急训练计划中也仍不能忽视经常性的实际演习。只有在紧急行动程序经过了成功的实践才算是完全有效，矿工能临危不慌，应付自如。应认真地掌握实地演习和随时抽检，如发现问题须重新进行训练，立即纠正。

一切矿井的管理人员均需接受安全保卫管理方面的严格培训。这对于全力以赴和有效地落实各种安全措施是十分重要的。波埃和莎弗指出，管理人员必须懂得他们的一项主要职能就是负责坚持不懈的训练、辅导和再训练。

应付灾害的对策

表2

行动顺序	行动类型	行 动 内 容
1	灾害检测	估计情况，与矿工和管理人员联络
2	灾害控制	消除灾害或限制灾害的范围
3	撤 退	有序地将人员从矿井中撤出
4	撤 离	撤退路线被阻时，矿工可由安全出口撤离(通过备用路线)
5	逃 生	受困矿工逃生，同时等待救援
6	救 护	寻找和救出受困的矿工(由救护队执行专业营救)

安全措施的落实

毫无疑问，全面有效的法令和作业规程组成了全部安全计划的基础。然而这些法规的存在并不能保证避免由于人员的过失而引起的灾害(火灾)。因此还必须有适当的组织安排和各级人员落实安全措施的积极态度。矿山研究室课题组在调研过程中所遇到的一个关键字眼就是“落实”一词。调查发现的事实表明，许多井下火灾和爆炸的原因是未能坚持现行的法规。

在南非采矿业和其它行业中，就有关落实安全规程的某些基本要点已取得一致意见。要点之一就是，最高管理层所采取的态度对于矿井达到安全的高水平和缩小火灾引起的损失起着决定性的影响作用。他们的积极贯彻和参与是至关重要的。另一个要点是要完全负责，确保安全措施由一系列的管理人员的重视而得以加强。波埃和莎弗指出，不应把生产和安全分割开来，不应出现将生产和安全分离或可能分离的管理行为。

另一个要求是必须利用有效的反馈机制。必须经常不断地监视各个工作区的防火规程的落实。这要由一批监察人员执行，但环境官员和灾害管制官员也应发挥检查作用。此外，对一切火灾均应进行彻底调查，分析事故细节，制订预防类似事故再次发生的措施。

为了识别现行安全程序中的弱点，一个重要的补救办法是在全行业范围内建立一个综合性、随时可用的系统，用于对火灾和爆炸事故的原因及后果给以准确而详尽的统计。此外，当工业研究和开发计划在防火(或其它灾害的预防)方面有所改进时，应主动向矿山通报。由美国矿业局和南非矿山研究室举办的这方面的技术转让研讨会证明是非常有益的。

在组织方面的主要要求应当是(至少对于大型矿井来说)要进行积极主动的安排，以确保有关防火的行动在各个部门之间达到连贯性的完好配合。矿山防火问题，在矿山本身的权限内涉及到多种专业。有时可能需要委托防火专家对一切防火和行动问题进行规划和协调，并向管理部门汇报，付诸实施。

矿井空气的质量：法律管理的进程与展望

〔美国〕 R.V.拉马尼

内 容 提 要

呼吸矿井井下的污染空气，是长期以来一直严重危害矿工健康的公害。这种矿工的公害在某些情况下会引发突然的灾难，而在另一些情况下会造成慢性持久的后果。对公害进行控制体现了管理部门和政府对于矿工的最大关怀。关怀体现在以下四种主要控制方式上：（1）规章制度的控制，通过矿山卫生安全法，制订最低标准；（2）工程控制，按照最佳方案进行设计开采；（3）医疗控制，实行定期体格检查，佩带防护面罩等；（4）法律和社会控制，通过从事危害健康职业的工人补偿法。

井下污染空气中含有有毒气体、爆炸性气体；有毒和爆炸性粉尘；柴油机排出的废气以及氢次级粒子等。在矿井井下空气中最麻烦的、出现最广泛的有害物质也许是呼吸性粉尘。呼吸性粉尘是所有采掘作业中造成煤岩破碎的不可避免的产物。实际上，在采矿和矿物加工工业中对工人健康危害最严重的仍是呼吸性粉尘，至今尘肺病的防治问题尚有待于彻底解决。

本文简短地介绍1969年颁布的煤矿卫生与安全法及其有关井工煤矿呼吸性粉尘标准的条文，综述了在达到标准方面所取得的科研成果，和对标准可行性的认识，并且讨论了新产生的问题。本文还简要介绍通用技术中心的呼吸性粉尘研究计划。

总的来说，井工矿的安全程度正在不断提高，井下空气环境已有明显改善，降低井下空气中粉尘含量的工作已取得了很大的进展。现在大家都一致公认，目前井下的粉尘含量比十年前要少得多。但是，只要职业病的危险性还未彻底消除，就不能放松警惕，还必须加紧探索工程技术上的解决办法。

背 景

1969年前，美国联邦政府非常不愿意干预矿山卫生与安全方面的工作，特别不愿强制执行这方面的标准，起初认为这是各州的责任。但是长期以来，对矿工的健康和安全还是一直关心的。早在1865年，国会就提出成立联邦矿业局的议案。1910年7月国会通过了在内务部

结 论

对于矿山火灾问题以及所需采取的保护井下人员的措施，本文已尽量系统地作了论述。在过去的30年中，全世界的矿山防火虽已有了巨大改善，但是今后随时仍然可能发生重大灾害。这就要求每个矿井仍要作出坚持不懈的努力，从管理方面和技术方面采取有效措施。本文介绍了四个国家的防火经验，得出的结论是：尽管开采条件各异，但所采取的措施中存在着重要的共同点。本文为讨论这类一般性综合对策而提出了一些事实背景，这种综合对策对于任何一个矿井将火灾减小到最低程度似乎是适用的。对策的每一个要点都作了简要的探讨，旨在力图说明这类问题的现状，并强调了一些最重要的问题。

（王永良译 张太艺校）

建立矿业局的法案。1910年公布的矿业局组织法规定“矿业局必须努力研究开采方法,特别是有关矿工安全的方法,并提供最能防止事故的装备和尽可能改善采矿作业的条件…”,但是这个法拒绝授予“任何有关监督或停止开采的权力”(人力资源委员会1978)。其结果是,监督和实施管理权留给各州及各州有关采矿性质和限度的法律。例如可上溯到1869年的宾州法规和1872年的伊利诺斯州法律。值得注意的是,无论是联邦或是州一级的卫生与安全的重要立法都是在发生重大矿井事故之后宣布的。联邦政府对矿山安全的责任是通过一系列立法行动逐渐明确的,如1865年,1910年,1941年,1947年和1952年的立法,以及1966年通过的联邦金属与非金属矿安全法(1966金属法),1969年通过的联邦矿工卫生与安全法(1969煤矿法)和1977年通过的联邦矿山安全与卫生法修正条例(1977矿山法)。

1969年的煤矿法揭开了矿山卫生与安全立法史上重要的一页。在通过此法时,国会宣布:“对煤炭工业来说,最优先考虑的事应是它的最宝贵的财富—煤矿工人的健康与安全。”按照国会的解释,煤矿法的目的在于“建立卫生和安全的暂行标准…保证煤矿工人的健康和安全”。1969年法的第一章列出了监督检查、调查研究、发布关闭矿井的命令、实行处罚等条文(美国国会1969)。第二章关于建立卫生标准,据国会宣称,目的在于“尽可能在每个井工矿的井下提供良好的工作条件,使井下空气中不含呼吸性粉尘,使每个井下工作的工人,在其整个工作期间以及在工作结束时免受尘肺病或其他职业病的侵害”。据国会宣称,第三章的目的是:“保证立即实施根据实践经验和技术进步制订的安全标准,并且要预防煤炭开采新技术引起的新灾害”。国会指示秘书处要“立即进行调查研究进一步提高安全标准的办法,并制订和公布能加强保护矿工的新标准。”第四章考虑到患尘肺病的矿工由于失去井下工作造成的困境和提供煤肺病津贴的办法。第五章列举实施上述任务所需的研究试验工作、示范工作以及提供适当的资金。研究工作包括科学、工程和医疗等方面。安全卫生方面的研究工作包括:

- 1.改善煤矿的工作条件和开采作业,防止发生事故和煤炭行业的职业病;
- 2.发展降低煤矿巷道内空气含尘量的新手段和新方法。
- 3.提供以下各方面的信息:

(a)防治矿工职业病的积极因素;(b)提供尘肺病和矿工其他呼吸道疾病的流行情况信息;(c)提高卫生标准。

- 4.发展防治和控制矿工职业病的技术,包括过敏试验和早期探测;
- 5.评定人身受伤和矿工患职业病的后果;
- 6.研究煤矿环境与矿工职业病之间的关系。

自1969年颁布煤矿法以后,短短的八年时间内,国会又通过了1977年的矿山安全法,把1966年的金属法有关卫生与安全的条文与1969年的煤矿法条文合并一起,并把实施法律的责任由内务部移交给劳动部。新法律除上述内容外,还增添了对新矿工进行卫生与安全培训和对全体矿工进行轮训的规定。1977年的矿山法吸取了1970年职业卫生与安全法的优点,也许成为美国历史上在工人职业卫生与安全方面最重要的一次立法。自1969年煤矿法颁布以来,已将近二十个年头,在矿山卫生和安全作业方面已制定出了很多标准。但本文仅介绍井工煤矿的呼吸性粉尘的标准,目的在于阐述制订标准的原则,讨论迄今为止取得的效果,并对成就与产生的新问题进行检验。

粉 尘 标 准

1969年煤矿法的主要目标是预防煤矿工人患尘肺病。在制定标准的初期,国会认为应把接触高粉尘浓度的危险性做为粉尘标准(教育与劳动委员会1970)。根据内务部送交给国会关于尘肺病起因的报告中宣称,降低粉尘浓度可以减少原发性尘肺病发病的可能性。

据报告称:“粉尘浓度为 $7.0\text{mg}/\text{m}^3$,经过35年接触,每1000名矿工中会有360人得病(36%),粉尘浓度 $4.5\text{mg}/\text{m}^3$,会有150人(15%),粉尘浓度 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$,会有50人(5%),粉尘浓度 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$,会有20人得病(2%)。”继发性尘肺病的发病率也会随着粉尘浓度的降低而减低。何如,“粉尘浓度 $7.0\text{mg}/\text{m}^3$,经过35年接触,每千名矿工中有130人得此病(13%);粉尘浓度 $4.5\text{mg}/\text{m}^3$ 有40人(4%);粉尘浓度 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 有20人(2%)发病”。上述数据是根据英国医学界对不同粉尘浓度与剂量反应的关系推定的。

1969年法规定,“每个矿主应使每个班工作的每个矿工在井下呼吸的空气中粉尘平均浓度低于 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。颁布此法三年后,平均粉尘浓度应低于 $2.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。”显然,国会的意图是要使矿工经过35年工作得尘肺病的危险性大大减少或完全消除,此法并且要求建立粉尘标准的计算公式,以便在井下工作地点的空气中石英含量超过5%的情况下降低呼吸性粉尘的浓度标准。

上述定量的规定所具有的重大意义及其对煤炭工业的影响是很明显的。1968~69年间,美国工业局对29个煤矿进行调查发现,井下空气中的粉尘平均含量超过 $6\text{mg}/\text{m}^3$ (雪彼切,1983),在此情况下由于政府和工业管理部门的共同努力,终于使各煤矿服从规定。但是还有一些问题有待于解决,如达标的可行性、煤矿的经济负担以及标准本身是否合理。

煤 矿 粉 尘 的 研 究

1969年通过煤矿法后,美国矿业局大幅度增加了卫生与安全方面的研究经费。事实上,1969年前,矿业局在卫生与安全方面的经费预算,每年不到200万美元。1970年增加到将近1100万美元,1972年超过3000万美元。1977年颁布矿山法后,卫生与安全方面的研究经费又有了增加,1978年的研究经费总额超过5000万美元,其中很大一部分资金用于改善煤矿的卫生和安全条件。矿业局着手进行的井下粉尘研究课题包括以下几方面:信息资料的收集和传递;井下粉尘的测试手段和采样;粉尘的化学和物理特性;井下呼吸性粉尘的遏制;井下呼吸性粉尘的控制;降低产生煤尘的机器设计以及井下呼吸性粉尘的收集。

各煤炭公司也对卫生与安全方面的工作付出很大努力,到70年代后期,大多数井工煤矿的采区已符合粉尘标准的要求。各采区使用了改进的喷水系统,安装了空气洗涤器并且改善了通风系统(图1),使井下空气的粉尘含量达到了标准。起先,长墙采煤法的煤尘问题非常严重。直到采用改进的喷水装置才有较多的工作面达到标准(图2和图3)。美国科学院专

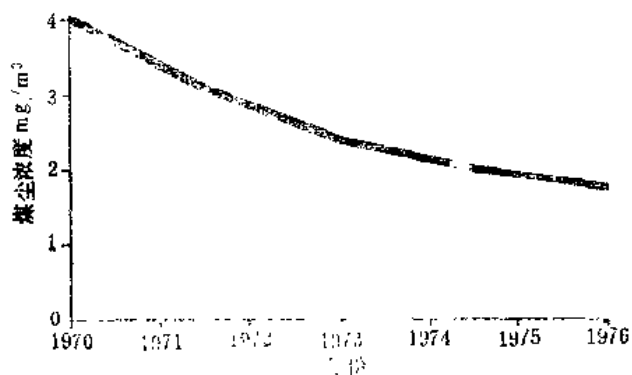


图1 连续采煤机的煤尘控制