

煤矿安全技术丛书

矿井防灭火技术

王家棣 赵其文 刘明编

中国经济出版社

前 言

《煤矿安全技术丛书》（以下简称《丛书》），是根据中华人民共和国煤炭工业部1986年2月颁发，并于1986年7月1日开始执行的《煤矿安全规程》的规定组织编写的。

《煤矿安全规程》第500条明确规定：“直接从事煤矿井下生产建设的职工，都必须进行强制性的安全技术培训，经考核合格并取得《安全资格证书》，才能上岗。否则，干部不能担任领导职务，工人不准上岗。”所以，从事煤矿生产建设的干部和工人都必须学习党和国家有关安全生产的方针、政策；学习和掌握矿山救护、创伤急救的基本知识，能抢救、自救和互救。此外，干部还必须学习安全技术理论知识、井下灾害的发生规律、预防措施和处理方法，能制定职责范围内矿井灾害的预防和处理计划，如遇险情能采取应急措施，正确处理，化险为夷；工人也必须学习矿井安全基础知识、与本工种有关的煤矿安全规程的规定，了解与本工种有关事故的发生规律，学习预防措施和处理方法，遇有险情能采取应急措施，学习本工种的操作规程以及有关设备、仪器仪表的安全操作，做到能排除故障安全生产。

为了满足广大煤矿职工安全技术培训的需要，我们组织北京煤炭管理干部学院、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所等单位有关专家和专业人员编写了：《煤矿采掘基础》、《矿井通风》、《煤矿瓦斯防治技术》、《矿尘防治

技术》、《矿井防灭火技术》、《矿压及顶板事故处理》、《矿井水灾防治技术》、《矿井爆破安全技术》、《矿井提升运输安全技术》、《煤矿安全用电》、《煤矿安全监测技术》以及《矿山救护》等。这套《丛书》适合于从事煤矿生产建设的职工安全技术培训，并可作为煤炭院校师生的教学参考用书。干部和工人的各种培训班，可根据本地区、本单位的具体情况，结合培训对象，对《丛书》内容酌情增减。

《丛书》在编写过程中，得到了煤炭部有关司局、煤炭部技术咨询委员会、重庆煤矿安全研究所、山西矿业学院、山东矿业学院、开滦矿务局、阳泉矿务局、大同矿务局、北京矿务局等有关同志的大力支持，并由煤炭部安监局朱美丽高级工程师、山西矿业学院刘吉昌副教授、中国矿业学院徐永圻副教授、通化矿务局张卫国总工程师、北京矿务局田荣林总工程师、煤炭部技术咨询委员会童有德高级工程师、北京煤炭管理干部学院王振铎副编审、《煤炭企业管理》编辑部周培玉副主编等同志进行了审阅，提出了宝贵意见，在此一并致以深切的谢意。

书中不足和错误之处，诚请广大读者批评指正。

《丛书》编写组

1986年9月

《煤矿安全技术丛书》编辑委员会

主 编：岳 翰

副主编：贾悦谦 孙承仁 于不凡

编写组成员：（以姓氏笔划为序）

于不凡	万长慈	王家棣	白 帆
孙承仁	刘 明	刘福佺	陈 光
宋 吟	严志才	陆春元	余德绵
张 枫	岳 翰	苗建国	赵其文
袁钟慧	贾悦谦	黄 侃	虞 人
魏 青			

目 录

第一章 矿内火灾发生	(1)
第一节 矿井火灾	(1)
一、矿井火灾的概念.....	(1)
二、矿井火灾构成因素.....	(2)
三、矿井火灾分类.....	(3)
四、矿井火灾的危害.....	(5)
第二节 矿井火灾发生原因	(6)
一、外源火灾发火原因.....	(6)
二、内因火灾(自然火灾)发火原因.....	(7)
第二章 矿井火灾预防	(20)
第一节 矿井火灾预报	(20)
一、人体感官早期发现矿井火灾.....	(20)
二、分析矿井空气成分预报火灾.....	(21)
三、测定煤的自然倾向性预报火灾.....	(29)
四、测量井下发热体温度预测自然发火.....	(30)
第二节 外因火灾预防	(33)
一、外因火灾预防的分析.....	(33)
二、外因火灾的预防措施.....	(34)
第三节 自燃火灾预防	(39)
一、开采技术措施.....	(39)

二、通风措施·····	(46)
三、预防性灌浆·····	(59)
四、阻化剂防火·····	(81)
第三章 矿井火灾处理·····	(89)
第一节 基本规定·····	(89)
第二节 火风压与风流逆转·····	(90)
一、火风压的概念·····	(91)
二、火风压与风流逆转的关系·····	(93)
三、火风压对主扇风机工作的影响·····	(97)
四、再生火源及火烟的逆退与回流·····	(99)
第三节 井下灭火的技术措施·····	(101)
一、侦察火区确定火源·····	(101)
二、控制风流排除火烟弥漫井巷·····	(104)
三、进入烟气弥漫井巷的措施·····	(109)
四、保护井下人员安全的措施·····	(111)
第四节 直接灭火法·····	(113)
一、用水灭火·····	(113)
二、用砂子或岩粉灭火·····	(115)
三、干粉灭火·····	(115)
四、泡沫灭火·····	(119)
五、挖除火源灭火·····	(128)
第五节 隔绝窒息灭火法·····	(129)
一、火区封闭的顺序·····	(129)
二、密闭墙位置的选择·····	(130)
三、各种密闭墙的作用与筑建·····	(132)
第六节 综合灭火法·····	(136)

一、注浆灭火·····	(137)
二、注惰性气体灭火·····	(139)
三、均压通风灭火·····	(148)
第七节 井下火灾处理的战术分析 ·····	(152)
一、掘进巷道发生火灾的处理·····	(154)
二、回采工作面发生火灾的处理·····	(156)
三、采空区发生火灾的处理·····	(158)
四、回风巷道发生火灾的处理·····	(159)
五、机电硐室发生火灾的处理·····	(160)
六、在井筒、井底车场、主要运输大巷发生火灾 的处理·····	(162)
第八节 灭火救灾的技术措施 ·····	(163)
一、灭火救灾的准备·····	(163)
二、灭火救灾的组织工作·····	(167)
第四章 火区管理及启封 ·····	(170)
第一节 火区管理 ·····	(170)
一、火区管理卡片·····	(170)
二、防火墙(密闭墙)管理·····	(173)
第二节 火区观测 ·····	(174)
一、根据火区的气体分析判别火是否熄灭·····	(174)
二、根据火区内火灾瓦斯的压力判别是否熄灭·····	(175)
三、加速火区熄灭的措施·····	(176)
第三节 火区启封 ·····	(179)
第五章 矿井火灾事故案例及分析 ·····	(184)
第一节 井下发火后火灾气体造成熏人 事故案例 ·····	(184)

(181)	一、井下发火后造成熏人和爆炸事故·····	(184)
(182)	二、井下发火后火灾瓦斯造成熏人事故·····	(186)
(183)	三、井下发火后火灾气体蔓延造成熏人事故·····	(188)
(185)	第二节 井下发火后发生瓦斯爆炸及其引起的事故 ·····	(190)
(186)	一、井下发火后引起瓦斯爆炸事故·····	(190)
(187)	二、筑建防火墙时发生瓦斯爆炸事故·····	(191)
(188)	三、发火时主扇风机管理不当引起瓦斯爆炸事故·····	(192)
(189)	第三节 井下发火后风流逆转引起火灾烟蔓延及爆炸事故 ·····	(194)
(190)	一、井下发火后瓦斯爆炸引起风流逆转扩大灾情事故·····	(194)
(191)	二、在火区内风流逆转引起瓦斯爆炸的事故·····	(197)
(192)	第四节 矿井火灾事故的综合分析 ·····	(198)

第一章 矿井火灾发生

矿井火灾是煤矿主要灾害之一。一旦发生矿井火灾，往往造成瓦斯、煤尘爆炸，使灾害的程度和范围相应扩大。为防治矿井火灾，促进煤矿安全生产，首先对矿井火灾作必要的了解和分析是十分必要的。

第一节 矿井火灾

一、矿井火灾的概念

凡是发生在煤矿井下或地面而威胁到煤矿安全生产，造成损失的非控制燃烧均称为**矿井火灾**。

煤矿井下出现非控制的明火、烟气都是矿井火灾的标志。而煤矿井下非正常出现的煤油味、焦油味、一氧化碳超限和井下环境温度升高等都可能是矿井火灾的前兆。因此，必须提高警惕，查明原因，以免造成重大损失。

当前，由于采煤机械化、自动化程度不断提高，可采煤层不断增多，矿井通风负压不断加大，采空区丢煤量也有上升。因此，矿井火灾发生的次数也在不断增加。以西德为例：1970年发生火灾10起，而在1976年则发生火灾20起。而且火灾的规模和程度也都在增加。因此，为了防治矿井火灾的发生，必须改善矿井生产技术管理、建立健全防灭火组织机

构、充实加强防灭火基础装备，同时还要开展防灭火的科研工作，以适应防灭火的需要，从而促进煤矿安全生产。

二、矿井火灾构成因素

构成矿井火灾的因素有三个方_面：热源、可燃物、空气。俗称火灾三要素。

(一) 热源

具有一定温度和足够热量的热源才能引起火灾。在矿井里的自燃、放炮作业、机械摩擦、电流短路、吸烟、烧焊等都可能成为引火的热源。

(二) 可燃物

它是矿井火灾发生的基础。在矿井里，煤炭本身就是普遍存在的可燃物，此外，坑木、炸药、各类机电设备、各种油料等都具有可燃性。

(三) 空气

燃烧是剧烈的氧化现象。任何可燃物尽管有热源点燃，但是，如果缺乏足够的氧气，燃烧是不能持续的。所以空气的供给是维持燃烧不可缺少的条件。据实验证明：在氧浓度3%的空气中燃烧不能维持；在氧浓度14%以下的空气中蜡烛不能点燃。因此，这里所说的空气是指含有足量氧气的矿井空气，而不是指贫氧的空气。

以上介绍的三要素必须同时存在、相互结合、而且要达到足够的数量，才能引起矿井火灾。这是矿井火灾发生的根本条件。如果我们把矿井火灾比做一个整体的三角形，如图1—1所示，则矿井火灾的三要素就是组成三角形的三条边。其条件就是互相依存，缺一不可。

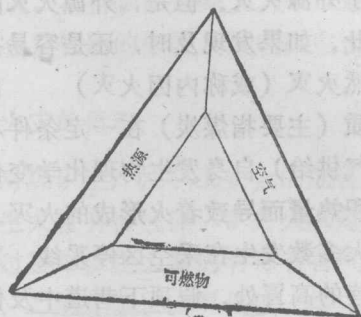


图 1-1 矿井火灾三要素示意图

对矿井火灾有关情况的分析和讨论，都是从这三个要素来进行的。因此，明确的掌握和运用矿井火灾三要素，对正确认识矿井火灾，预防矿井火灾和治理矿井火灾都是十分重要的。

三、矿井火灾分类

根据引火热源的不同，矿井火灾通常分为：外源火灾和自燃火灾两类。

(一) 外源火灾（或称外因火灾） 外源火灾是指由于外来热源（如：明火、炸破、机电设备运转不正常及坏人纵火等）造成的火灾。

外源火灾多数发生在井口房、井筒、机电峒室、火药库以及安置机电设备的巷道或工作面内等地点。

外源火灾的特点：发生突然，来势凶猛，如果发现不及时，往往可能酿成恶性事故。据统计，国内外有记载的煤矿重大恶性火灾事故（指每次死亡数十人至上百人以上的事

故），90%属于外源火灾。但是，外源火灾的燃烧往往是在表面进行。因此，如果发现及时，还是容易扑灭的。

(二) 自然火灾（或称内因火灾） 自然火灾是指由于一些易燃物质（主要指煤炭）在一定条件和环境下（指破碎堆积并有空气供给）自身发生物理化学变化（指吸氧、氧化、发热）聚积热量而导致着火形成的火灾。

自然火灾大多数发生在采空区停采线、遗留的煤柱、破裂的煤壁，煤巷的高冒处，假顶下巷道中及任何浮煤堆积的地方等。

自然火灾的特点：它的发生有一个或长或短的过程，而且有预兆，所以早期发现自燃火灾并不难。但是，由于其火源隐蔽，往往发生在人们难以进入或不能进入的采空区中或煤柱内，因此，要想找到真正的火源并不容易。同时，井下空间狭小，因此，扑灭困难。此外，火区燃烧时间长，有的自燃火区可以持续数月、数年、数十年乃至上百年而不熄灭。鉴于上述特点，充分说明了自燃火灾带来的危害是非常大的。

此外，矿井火灾还可以按火灾发生的地点、燃烧物及其性质来进行分类。

按发火地点不同可分为：井筒火灾、巷道火灾、采面火灾、煤柱火灾、采空区火灾、峒室火灾等。

按燃烧物不同可分为：煤炭燃烧火灾、坑木燃烧火灾、火药燃烧火灾、机电设备（皮带、电缆、变压器、开关、风筒等）火灾、油料火灾及瓦斯燃烧火灾等。

按发火性质不同可分为：原生火灾和次生火灾。原生火灾即开始形成的火灾，而次生火灾是由原生火灾引起的火灾，即原生火灾发展过程中，含有可燃物的高温烟流，由于缺氧

而未能完全燃烧，在排烟的道路上，一旦遇到新鲜空气和其它可燃物，就会发生新的燃烧，形成次生火灾。

四、矿井火灾的危害

矿井火灾对煤矿生产及职工安全的危害有以下几方面。

(一) 产生大量有害气体 矿井火灾对人们的危害主要是在火灾发展过程中产生大量的有毒有害气体。煤炭燃烧会产生一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、烟尘等；另外，坑木、橡胶、聚氯乙烯制品的燃烧也会生成大量的一氧化碳、醇类、醛类以及其它复杂的有机化合物。其中一氧化碳气体对人们的危害最为严重。原因是：一氧化碳同人体中血红素亲合的能力比氧同人体中血红素亲合能力高250~300倍，因此，当人们吸入一氧化碳时，会因缺氧而死亡。据医学上的结论：当空气中一氧化碳的浓度达0.4%时，人们呼吸这种空气可立即死亡。据国外统计，在矿井火灾事故中的遇难者95%以上是死于烟雾中毒；而在瓦斯、煤尘爆炸事故中遇难者80~90%也是死于烟雾中毒，而爆炸直接死亡者仅占一小部分。国内也有同样的结论。

(二) 引起爆炸 矿井火灾不仅提供了瓦斯、煤尘爆炸的引火热源，而且火的干馏作用使可燃物（煤、木材等）放出氢气、沼气和多种碳氢化合物等爆炸气体，同时火灾还可以使沉降的煤尘重新悬浮。因此，火灾往往造成瓦斯、煤尘爆炸事故。据国内统计，七十年代重大的瓦斯爆炸事故因火灾引起的占10%；解放后30年中重大的煤尘爆炸事故因火灾引起的占6%，给煤炭事业带来巨大损失。

(三) 毁坏设备和资源 井下火灾一旦发生，生产设备和国家资源就会遭到严重破坏和损失。我国某矿区在70年代

初期仅两年内发火24次,形成火区22处、封闭8个工作面,冻结煤量4000万吨,使煤矿生产十分被动。

第二节 矿井火灾发火原因

懂得矿井火灾的发生,只是了解矿井火灾的一个表面,要深入了解矿井火灾的内幕,还需要进一步分析矿井火灾的发火原因。从上一节矿井火灾分类中已经知道,矿井火灾的发火原因可分为外因和内因,外因形成外源火灾,内因形成自燃火灾。

一、外源火灾发火原因

外源火灾是由于外来热源引起的,地面火灾大部分是外源火灾。井口建筑物内违章使用明火或烧焊作业,往往容易形成外源火灾。据调查分析,形成外源火灾的原因大致如下:

- 1.使用明火,疏忽大意引起火灾;
- 2.电气设备和电路维护不好,造成过负荷或短路等,积聚热量而形成火灾;
- 3.违反技术规程以及坏人纵火等。

据统计,我国从50年代初至70年代末近30年内,发生重大的矿井火灾事故共32起,其中外源火灾占21起(电器火灾15起、明火火灾5起、机械摩擦火灾1起)。由于外源火灾发生突然,因此,往往造成恶性事故。但是,外源火灾的燃烧多数是在表面,所以,发现及时,还是容易防止的。

冻

当达到煤炭的着火温度时就开始进入燃烧状态。

二、内因火灾（自然火灾）发火原因

内因火灾即是自然火灾，矿井自然火灾主要是指煤炭自然形成的火灾。煤炭自然的原因，是当今世界各国都没有完全解决的大难题，各国的学者们发表了许多种学说解释煤炭自然的原因，概括起来有以下几种：自然发火细菌导因学说、自然发火黄铁矿导因学说、自然发火磺化导因学说、自然发火酚的导因学说、自然发火活性煤质粘土岩导因学说、自然发火过氧化物催化导因学说及煤——氧复合物导因学说等七种导因学说。

当前，人们逐渐认可煤炭自燃的原因是煤——氧复合物导因学说。该学说的主要观点是：煤在常温下吸收了空气中的氧气，产生低温氧化，释放微量的热量和初级氧化产物；由于导热不良，热量聚集温度上升，更加促进了低温氧化作用的进程，最终导致自然发火。

搞清煤炭在常温下如何发展到自燃状态及其特征和形成自燃状态的影响因素，对早期识别和预测预报自燃火灾，对预防和控制自燃火灾的发生、发展及扑灭都是十分重要的。

(一) 煤炭氧化自燃过程 煤的氧化自燃过程一般可分为三个阶段：潜伏阶段；自热阶段；燃烧阶段（如图1—2）

煤炭自燃过程通常分为三个阶段：潜伏阶段、自热阶段和燃烧阶段。潜伏阶段是指煤在常温下与氧气发生氧化反应，释放微量的热量，但由于散热良好，温度不会显著升高。随着氧化反应的进行，热量逐渐积累，温度开始上升，进入自热阶段。当温度升高到一定程度，氧化反应速率急剧增加，热量释放速率超过散热速率，温度迅速升高，最终达到着火点，进入燃烧阶段。

488241

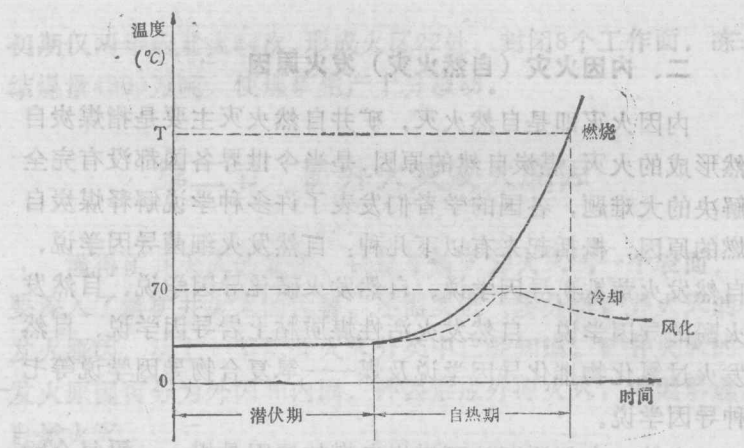


图 1-2 煤炭氧化时温度变化

1. 潜伏阶段 煤炭在常温下能吸附空气中的氧，并在煤的表面生成不稳定的氧化物，此时生成的热量很少，能及时放散掉。因此，煤体温度不会升高，但是，煤体的重量略有增加，而且煤体被活化，煤体的着火温度降低。人们通常将此阶段称为潜伏期。

2. 自热阶段 经过潜伏期，煤的氧化速度加快，如果氧化生成的热量来不及放散时，积热煤体温度将逐渐升高。同时，煤体周围空气中氧的浓度降低，出现一氧化碳和二氧化碳。特别在这个阶段的后期（有人称此为干馏和燃着阶段），煤体周围会出现气温上升，产生雾气，并放出各种碳氢化合物，同时还出现特殊的气味（如：煤油味、汽油味、松节油味及焦油味）。人们通常称此阶段为自热期。

3. 燃烧阶段 经过自热期，若煤体温度继续升高，当达到某一数值——临界温度（一般为70~100°C）以上时，煤体氧化急剧加快，产生大量的热能，使煤体温度迅速上升，

当达到煤炭的着火温度时就开始进入燃烧状态。在煤的燃烧阶段中，如果在达到临界温度之前，供氧减少，散热加快，则煤体增温过程可以终止，煤体逐渐冷却，并继续氧化成惰性的风化状态（如图1—2虚线部分所示）。煤炭自然发火的阶段及征兆，如表1—1所示。

表 1—1 煤炭自然发火的阶段及征兆

阶 段	征 兆
潜伏阶段（低 温氧化阶段）	其特征比较隐蔽，煤重略有增加，煤被活化（化学活性增加），着火温度降低。潜伏阶段的长短取决于煤的变质程度和外部条件，如褐煤几乎就没有潜伏阶段
自燃阶段	其特征是巷道内或老塘及密闭内空气中氧含量降低，一氧化碳、二氧化碳含量逐渐增加，空气湿度增大并成雾状，在支架及巷道壁上有水珠，在自燃阶段末期温度达 100°C 出现煤焦油味
着火阶段	其特征是放出大量一氧化碳、沼气及其它碳氢化合物与水分等。由于这个阶段还没有完全燃烧，所以二氧化碳还不很明显，火区温度及岩石温度显著升高，在巷道还可以出现特殊的火灾气味、烟雾
燃烧阶段	其特征是生成大量二氧化碳，在高温作用下，分解生成更多的一氧化碳，巷道中出现强烈的火灾气体，烟及明火。火源附近温度高达 1000°C 左右
熄灭阶段	其特征是二氧化碳的浓度继续增高，氧气和一氧化碳则急骤降低，烟及火焰消失，灾区空气及岩石温度逐渐降低

根据上述分析，说明正确认识煤炭氧化，自然的发展过