

苏联 伊·姆·普嘎赤 雅·耳·波列森 爱·爱·舒伯著

程 西 銘 謝 之 熙譯

矿井事故预防 与救护工作



煤炭工业出版社

矿井事故預防与救护工作

苏联 伊·姆·普嘎赤 雅·耳·波列森 爱·爱·舒伯著

程西銘 謝之熙譯

煤炭工業出版社

內 容 提 要

这是一本系統介紹矿山救护队如何預防和处理矿井事故的著述。全書有兩篇：第一篇，主要介紹預防和处理井下火灾、瓦斯和煤尘爆炸、煤和瓦斯突出等事故的方法，此外，对軍事化矿山救护队的任务、組織和战斗計劃，也作了具体扼要的說明；第二篇，專門論述救护队所用各种装备（氧气呼吸器、消防設備和輔助救护設備）的構造以及檢查、使用这些装备的方法。

本書可以供矿井技術人員特別是安全工作人員學習和参考，也可作为訓練矿山救护人員的教材。

ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ШАХТНЫХ АВАРИЙ

苏联 И. М. ПУГАЧ Я. Л. ПОЛЕСИН Е. Е. ШУБ 著

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1955年莫斯科第1版譯

617

矿井事故預防与救护工作

程西銘 謝之熙譯

*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版營業許可証出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

开本85×116.8公分 $\frac{1}{32}$ * 印張13 $\frac{1}{2}$ * 插頁2 * 字数295,000

1957年10月北京第1版

1957年10月北京第1次印刷

統一書号：15035·377 印数：0,001—2,000册 定价：(10)2.50元

前 言

苏联对于劳动的安全条件是极为关怀的。在采矿企业中，特别是在井下开采工作中，劳动的安全条件非常复杂。

苏联設有强有力的技术监察机构，来对安全作业进行监督。为了与事故进行斗争，煤矿中有军事化矿山救护队的组织。

矿山救护队的基本任务是：

- 1) 营救为事故所困于井下的人员，处理已發生的事故；
- 2) 采取预防事故的措施，創造足以迅速排除事故的条件。

为了能够顺利地与井下事故进行斗争，所有工程技术人员和军事化矿山救护队员，必须经常研究并切实掌握发生事故的原因和条件。这些知识将有助于选择必需的和最正确的预防事故的方法，而在发生事故时，则有助于采取最有效的排除事故的措施。

編著本書时曾广泛利用各煤矿科学研究所的研究成果、各煤矿矿山救护队的有关文件和經驗总结以及苏联科学院煤矿研究所和 A.A. 斯闊成斯基院士的著作。

本書第一篇“矿井事故、事故的预防和處理”为 И.М. 普嘎赤工程师所編写；第18节“防火牆”为 E.E. 舒伯工程师所編写，第二篇“矿山救护队的装备”为 Я.Л. 波列森工程师所編写。本書著者將以感激的心情，来接受讀者的批評与建議。

目 录

前 言

第一篇 矿井事故、事故的预防和处理

第一章 煤矿矿井事故的种类及

其对矿井大气成分的影响 5

第1节 矿井空气及影响其成分的原因 7

第2节 有毒气体 12

第3节 煤塵 22

第4节 测定矿井空气成分的仪器 26

第5节 研究矿井空气的瓦斯分析法 34

第二章 井下火灾、發生的原因、預防

和排除方法 42

第6节 井下火灾概說 42

第7节 燃燒的过程 43

第8节 影响煤的自然的因素 44

第9节 井下火灾發生的原因 49

第10节 火灾瓦斯和矿井火灾的几个阶段 53

第11节 矿井火灾的預防 58

第12节 矿井中的灭火措施 59

第13节 外因矿井火灾的預防 63

第14节 預防因煤自燃而引起的火灾的措施 72

第三章 矿井火灾的發生及扑灭时的一般措施 87

第15节 人員的营救及火情的偵查 87

第16节 扑灭矿井火灾的主要方法 89

第17节 用防火牆隔离火源 98

第18节 隔离防火牆 102

第19节	火灾中矿井通风的调度	117
第20节	熄灭外因火灾的基本方法	119
第21节	扑救外因矿井火灾的示例	128
第22节	因煤自燃引起的矿井火灾的扑灭	134
第23节	军事化矿山救护队员在高温下的作业	136
第24节	注泥浆法	141
第25节	泥浆制造	143
第26节	灌浆钻孔和检查钻孔	150
第27节	煤自燃火灾的灭火示例	153
第28节	火区空气的检查与火区的开放	156
第29节	火灾的熄灭	158
第30节	已熄火区的打开	158
第四章	瓦斯和煤尘的爆炸; 煤和瓦斯的突出	160
第31节	煤矿矿井中影响瓦斯和煤尘形成的因素	160
第32节	预防瓦斯和煤尘爆炸的措施	167
第33节	防范爆炸的措施和保证人员的安全	173
第34节	煤尘爆炸的预防	174
第35节	瓦斯和煤尘爆炸后果的排除	180
第36节	煤和瓦斯的突出、瓦斯喷出和地压冲击	183
第37节	煤和瓦斯突出的分类及其预兆	185
第38节	预防矿井中煤和瓦斯的突出, 瓦斯的湧出和 地压冲击的基本措施	189
第39节	军事化矿山救护队在排除煤和瓦斯突出以及地区冲击 所造成的后果时的作用	202
第五章	被淹井巷和坍塌巷道中的善后工作	203
第40节	军事化矿山救护队在处理巷道冒顶片帮后果中的作用	203
第41节	巷道被淹时军事化矿山救护队的行动	206
第六章	矿井救护业务的组织	208
第42节	军事化矿山救护队的任务	208

第43节	矿山救护工作組織	214
第44节	軍事化矿山救护队的战斗組織	217
第45节	处理事故的戰鬥計劃	225

第二篇 矿山救护队的装备

第七章	矿井氧气呼吸器	231
第46节	呼吸生理簡述	231
第47节	矿井氧气呼吸器的分类	239
第48节	隔离式氧气呼吸器的动作系統	240
第49节	使用压缩氧气的氧气呼吸器	243
第50节	自救器	281
第51节	隔离式氧气呼吸器的使用規則	289
第52节	隔离式氧气呼吸器的維護及保管	298
第53节	氧气呼吸器的檢查及試驗規程	301
第54节	氧气呼吸器的檢查仪器	308
第八章	矿山救护队的消防設備	315
第55节	概說	315
第56节	消防水泵	316
第57节	移动式噴水裝置	331
第58节	灭火器	336
第59节	輔助消防設備	347
第60节	矿井的綜合防火設備	357
第九章	輔助的矿山救护設備	377
第61节	用于施行人工呼吸的器具	377
第62节	运送罹难者的工具	387
第63节	氧气压縮机	391
第64节	通訊工具	400
第65节	通風設備	410
第66节	提升裝置	418
第67节	輔助工具	426
第68节	矿山救护队的运输	427

第一篇 矿井事故、事故的預防和处理

第一章 煤矿矿井事故的种类及 其对矿井大气成分的影响

现代的煤矿矿井，是一个拥有大量巷道的、拥有多种多样的机械、设备和裝置的机械化了的企业。

用井工法采煤，工作地点(采区)势必佈置在距地表相当远的深处，对于供給井下工作人员新鮮空气，也必须采取特殊的办法，同时还必須对岩層压力、煤的自燃和瓦斯的洩出等现象进行斗争。

因此，整个采煤工艺过程这一鏈条明确而协调的工作，是非常必要的，对这一鏈条任何一种破坏，甚至極微小的破坏，也能引起后果严重的事故。

对于矿井事故一詞应当了解为：矿井或个别采区抑或机器设备(设备事故)的正常而有节奏的工作遭到意外的、突然的破坏，从而引起煤产量和物質上的損失，有时且威胁到井下工作人员的人身安全，这种破坏叫做事故。

小事故通常以本矿的工程技术人員和工人的力量就能排除，無需外力的帮助。这一类事故不在本書討論的范围之内。

需要有專門訓練的人員和使用各种裝置与设备才能处理的严重事故，有下列几种：

- 1)瓦斯或煤塵的爆炸，瓦斯与煤塵混合爆炸；
- 2)矿井火灾；
- 3)煤与瓦斯的突出；
- 4)由于瓦斯的噴出或經常洩出(如果通風不良)的結果，巷

道中發生的瓦斯积聚；

5)煤或圍岩的冒落；

6)井巷淹水；

7)粘土或充填材料向使用中的巷道湧出等。

在矿井中發生的事故，与發生在地面上的同样事故有很大区别。如果在地面上發生火灾、人們通常都可以从四面八方撤离火区的话，那末当在井下發生了火灾，人們就只有一条退路，而且有时也会完全与地面隔絕而無出路。例如，当矿井中發生瓦斯爆炸时，巷道的支架常要遭受破坏，巷道一發生塌陷就阻碍了人們走向安全地点的通路。在井下火灾时期中(这种火灾可能延續几星期、几个月甚至几年)，回風風流中所含燃燒时所产生的气体的襲击，对人們是有严重危险的。

1942年在中国东北(日本侵佔时期)本溪湖矿井中，曾發生瓦斯和煤塵爆炸事件。因为矿山救护工作組織得不好，救护工作开始得極為迟緩，以致有1547名中国工人罹难。

在美国的賀肯-威烈煤田中，由于矿山業主之間的不和，1884年所發生的井下火灾至今尚未熄灭，火区所佔面积極大(在3000公頃以上)，已經有5千万吨煤被毁灭。

矿井火灾的發生可能由于外来的原因(各种材料或设备的燃燒：坑木，可燃液体，电气絕緣材料等)，同样也可能由于有益矿物(煤，油頁岩，硫，硫化物等)的自燃。

矿井火灾除了直接威胁在發生火灾的采区工作的人員以外，对于在井下其他地点工作的人員，只要那里有含窒息性和有毒的火灾瓦斯的風流通过，同样也是有危险的。此外，矿井火灾也可成为瓦斯和煤塵爆炸的原因，从而使排除事故的工作大为复杂。

所謂煤和瓦斯突出的事故，就是在正常生产条件下(常發

生于开拓有突出傾向的煤層時)突然從工作面上有大量的瓦斯和非常細碎的煤為極大的力量所拋出的現象。

處在突出區域內的人員，就突出的規模和力量的大小來說，可能遭遇到極大的危險。

因礦井上部采空區的積水或地表上天然儲水池(窪地積水、水塘)中的水突然湧出所造成的事故，對於在下部水平工作的人員危險性極大，因為此時除了有被淹沒的危險以外，還有缺少空氣和食物、巷道被淹沒或被淤塞而失去走出礦井的通路的危險。

有益礦物或岩石的片幫冒頂，是最常發生的事故，在這種事故中會使大量工人受到外傷。

洩出的沼氣，自老塘透出的二氧化碳，以及放炮時所產生的一氧化碳和其他有害氣體突然將巷道和工作面充滿，這是一種嚴重的事故。當巷道和工作面中充滿瓦斯的時候，周圍空氣中所含的氧很快便被擠掉，這對於沒有來得及撤退出去而又沒戴氧氣呼吸器的人員，是非常危險的。

礦井中發生事故的原因，絕大多數是由于違背保安規程和不遵守勞動紀律所造成的，只有極個別的情況才是由於自然的災害。

大多數礦井事故都與礦井空氣成分的变化有關，因為在這種变化中，有毒的或窒息性的瓦斯便混入礦井空氣里了。

第 1 節 礦井空氣及影响其成分的原因

大氣中的空氣是由氧、氮^①、二氧化碳和水蒸汽混合而成的。

在地面上的空氣，其成分差不多到處都是一樣的，其組成

① 其中也還含有數量極微的惰性稀有氣體，如：氫、氦、氖、氬、氙等。

部分間的比例也是固定不變的，但在地下巷道中情形就完全兩樣了。空氣在通過這些巷道時，它的成分與最初的成分相比就要起很大的變化。

這時氧的含量或將減少，二氧化碳的濃度將要增大，同樣也可能增加上一些有害的瓦斯（沼氣，一氧化碳，氮的氧化物，硫化氫等）。此外，在礦井中空氣的溫度和濕度也都會發生變化。

按A.A.斯闊成斯基院士所作的定義，礦井空氣等於大氣空氣加活性瓦斯加死空氣。

所謂活性瓦斯是指地下巷道中形成的有毒的和爆炸性的瓦斯而言。死空氣就是完全失去了氧的，成為 CO_2 （5—15%）和 N_2 （85—95%）混合氣體的空氣。

在通風的巷道中，所遇到的死空氣的數量是很小的。在與新鮮風流隔絕了的巷道中，死空氣的含量可達80—90%或更多。

礦井空氣中氧的含量降低的基本原因，通常有下列幾種：

1) 坑木、煤和岩石緩慢的氧化過程，在這一過程中消耗掉大量氧氣並產生大量的二氧化碳；

2) 在井巷中有從煤和岩層里面洩出的沼氣、二氧化碳和其他瓦斯，從而使氧氣的含量相應地減少；

3) 爆破作業之後有大量二氧化碳、一氧化氮和一氧化碳產生。

屬於引起氧氣的消耗和使礦井空氣中氧的含量降低的次要原因有：人的呼吸、汽油燈的燃點、電機車蓄電池的充電等等。

當發生礦井火災，瓦斯和煤塵的爆炸時，礦井空氣的成分就要起劇烈的變化。

在這種變化中，氧的含量急驟地降低，二氧化碳的含量驟

形上升，同时并有大量的一氧化碳出现。

潔淨的大气中氧的含量为 20.96%，氮为 79%，二氧化碳为 0.04%。

氧(O_2)——無色、無臭、無味的气体。与空气的比重为 1.11。氧在化学上是極为活性的气体，它很容易与許多种气体相結合。氧为呼吸与燃燒所必需，它不易溶于水。

人所需的氧气量，視其所从事的工作而不同。已經确定出来的是：人在休息时每分鐘需要 0.25—0.3 公升的氧，工作时則每分鐘需要 1—3.2 公升。

在一般条件下，呼出的二氧化碳与吸入的氧气体积的比例，即所謂呼吸系数(ДК)为 0.8—0.9。

在兴奋状态中或从事緊張的劳动时，这一系数甚至可增大到 1 以上。

人的正常呼吸、良好的感觉，以及正常的工作效率，要求空气中有 19—20% 的氧气。苏联的保安規程規定使用中的井巷里空气中的氧气含量，应不少于 20%。

当矿井空气中的氧气含量減少到 17% 的时候，就会引起人們哮喘和心跳的病狀。

氧气含量低于 16%，就应当認作对生命有危險的情况，因为在这种情况下，人可能失去知觉并因缺乏氧气而死亡（缺氧血症）。

在不通風的或通風不良的旧巷中，以及發生火灾时或瓦斯爆炸以后，空气中氧气含量可以減少到 1—3%。

当矿井空气中氧气含量为 19% 时，汽油安全灯的火焰將發生显著地跳躍，这时光的强度將比正常时降低 2/3。若矿井空气中氧的含量減少到 16.5—17.5% 时，汽油安全灯則將熄灭。

氮——無色、無臭、無味的气体，無助于呼吸与燃燒，也

無毒性。与空气的比重为 0.972。

氮气是由于有机物質的腐爛，爆破作業，以及以單一的形式或以与沼氣混合的形式自煤和岩石中洩出等方式，而滲入矿井空氣的。在上述情況下，氮气在矿井空氣中的含量會大大增長，從而也就相應地降低了氧氣的含量。

我們知道，吸入的氮气會完全經由呼吸系統于呼氣時排出的。

二氧化碳(CO₂)——無色、無臭、但有微酸味道的气体，無助于呼吸与燃燒，極易溶于水：在普通的大氣中，在正常的表壓力下，于溫度為15°時，1公升水可溶203.5立方公分的二氧化碳。在同上的條件下，溶于1公升水中的氧氣量，僅為7.2立方公分。

二氧化碳与空氣的比重為 1.529。因此，當通風不良時在靠近巷道底板和下山的底部等處，二氧化碳常常會積聚到危險的濃度。在要進入通風不良的巷道或旧巷時，必須考慮這一情況，并用汽油安全燈檢查二氧化碳。此外，在矿井扇風機一時中斷運轉以後，也必須檢查巷道中的二氧化碳。

用汽油安全燈可以約略地測出巷道空氣中二氧化碳的含量是否超過允許的極限。當二氧化碳含量在體積上增加到 1.5% 時，幾乎就不能點燃已熄滅了的安全燈❶；當無流動空氣的巷道中二氧化碳含量接近 3% 時，燈光即成昏暗狀態；當二氧化碳增至 3—4% 時，燈即熄滅。在流動的空氣中，即使二氧化碳的含量更高些，安全燈仍可繼續燃着。

含量很大時(25%或更多)，二氧化碳是有毒的。對於眼、口、鼻的粘膜，二氧化碳有刺激作用。當空氣中二氧化碳的含量按體積說佔 5—10% 的時候，人們就都感覺到上述各粘膜處

❶ 當然這樣的試驗方法只准許在無瓦斯矿井中應用。

有微燒和微痛。若二氧化碳的含量非常大(大于20%)，即使是在很短时的作用下，人体的裸露处也会有發热的感觉。

矿井空气中二氧化碳的主要来源有以下几种：

1)坑木的腐爛，这是由矿井中湿润的空气所促成的；但旧巷和通风不良或完全不通风的巷道中，腐爛过程进行得特別强烈，因此也就在其中产生大量的二氧化碳，部分由于扩散作用，以及由于旧巷中冒頂的結果，二氧化碳便流入使用中的巷道。在表压力降低了的时期，二氧化碳自旧巷向使用中的巷道的流动特別强烈；

2)煤的氧化过程，特别是遺留在采空区中末煤的氧化过程。二氧化碳的产生可以是煤的氧化过程的結果，也可以是某些岩石在停滯的空气和矿井的酸性水的作用下而分解的結果；

3)單一的二氧化碳或与沼气一起从岩層或煤層中分解出来。

在法国、德国和西班牙的某些煤田中曾發生过二氧化碳的突然噴出事件，突出来的大量二氧化碳充滿了长达几十公里的地下巷道網路和通向地表的井巷。这种突出通常都有大量的煤末随同突然噴出来，其数量有时可达几百或几千吨之多。在苏联煤田中，类似的現象还没發生过。

矿井內發生火灾或瓦斯或煤塵的爆炸时，同样也可产生大量的二氧化碳。

人員的呼吸，汽油安全灯的燃着和爆破作業，是二氧化碳积聚的次要来源。

矿井空气中的二氧化碳对于人有如下的影响。

当二氧化碳含量超过1%时，人的呼吸急促；含量为3%时，即使处于靜止状态，亦感到呼吸困难，而呼吸的次数倍增。在上述情况下，尚难發現对人体有何显著的不良作用。但在这种

含量之下人仍从事操作，那末他的呼吸將更急促，而很快便会感到疲劳。当二氧化碳含量为 4 % 时，即可發現剧烈的心跳与头痛；含量为 5 % 时，呼吸次数增加兩倍，呼吸时已極感困难；当含量为 10 % 时，人可能即陷入昏迷状态，而当含量达 20—25 % 时，人即中毒死亡。

由于二氧化碳含量的增長，空气中氧的含量就相应地減少，这种情况更增大了二氧化碳对人体的不良作用。

煤矿和油母頁岩矿保安規程中規定：在使用中的巷道里，二氧化碳的含量不得超过 0.5 %，总回風中不得超过空气体积的 1 %。

第 2 节 有毒气体

在煤矿矿井中与大气混合的活性气体中包括：有毒气体和爆炸性气体。

屬於有毒气体这一类的，最主要和最危險的是一氧化碳。

一氧化碳(CO)——無色、無味、無臭的气体，其比重(0.97)極与空气接近。汽油安全灯对于矿井空气中的一氧化碳，即使在很大的濃度下，也無所指示。这些情况都使矿井空气中一氧化碳的存在成为極端危險的事。

可使人中毒的一氧化碳，其主要的的作用至于：人体血液中的紅血球素与一氧化碳結合的速度，要比与氧气結合的速度快到 250—300 倍。因此，当吸入含有一氧化碳的空气时，血液在还未吸收氧气以前將首先为一氧化碳所充滿，从而可使人因缺乏氧气而死亡。此时，处在含一氧化碳的空气中時間的長短，具有極重要的意义。当气温为 10°，气压为 760 公厘时，处在含 0.016 % (按体积計算) 一氧化碳的矿井空气中甚至長至几小时，对人体或是全無伤害，或仅有些輕微的不适的感觉。若一

氧化碳的含量为 0.048%，一小时后将会有轻微的中毒现象。当一氧化碳的浓度达到 0.1—0.125% 时（这相当使血液中充有 25—30% 的一氧化碳），人先要感觉头痛、恶心、易怒、不久即感到疲倦，随即失去知觉^①。人处在此种空气中 30—60 分钟之后，即可发现这种现象。若在此种空气中停留 2—3 小时之久，染有一氧化碳的血液中红血球素的数量即可增到 50%，在这种情况下，即使稍做不重的体力劳动，人也可失去知觉。

当空气中一氧化碳的含量为 0.4% 时，血液中充有的一氧化碳即可达到 60—70%，在这种情况下即使是极短时间的呼吸，也可引起致命的中毒。

若一氧化碳的含量为 1%，在几次吸气之后血液中的一氧化碳即可达 80%，瞬间即可失去知觉或死亡。

煤的氧化可以产生数量不大、达不到危险浓度的一氧化碳。例如，在莫斯科近郊煤田中就有这种现象。

煤矿矿井中的一氧化碳有以下几个主要来源：1) 火灾；2) 瓦斯或煤尘爆炸，特别是煤尘的单独爆炸；3) 爆破作业。

仅仅一根木棚腿的燃烧，就可以产生 100 立方公尺的一氧化碳，这个数量的一氧化碳足够使长 2 公里以上、断面为 4—5 平方公尺的巷道充满到可以致人死命的危险浓度。

爆破工作可以带来大量的一氧化碳，它可以直接产生于火药的燃烧，也可以由于使用甘油炸药的关系，在炮眼范围内因煤的强烈氧化而产生。一般认为在 1 公斤火药的爆炸中，能够产生 40 公升的假定一氧化碳（包括氮氧化物在内的一氧化碳）。

保安规程对于有人工作的巷道，规定其中一氧化碳的含量

^① 如果迅速供以足够的新鲜空气或氧气，则不太严重的一氧化碳中毒不久就能解除。

不得超过0.0016%。

放炮以后，只有經强力通風將积聚的有毒气体(一氧化碳、氮氧化合物及其他)冲淡到(按体积)0.02%时，才准許人員进入工作面。

送入放炮地点的新鮮風量，应根据放炮后能于20分鐘之內將积聚的有害气体冲淡到規定濃度以下的要求来計算。工人进入工作面后，巷道中的强力通風至少还应繼續2小时。

硫化氫(H_2S)——無色、有臭雞蛋味、微有甜味的气体，比空气稍重一些(比重为1.19)，溶水性極强，比氧气的溶水性大到90倍。当气压为1大气压，温度为 15° 时，在1公升水中可溶3.23公升的硫化氫。

硫化氫是可燃气体，当空气中含有6%左右的硫化氫时，它可以爆炸。因为在矿井中任何时候硫化氫的含量也不会达到这种濃度(6%)，因此它这一性能对我们是沒有实际意义的。

硫化氫的毒性極大——要比一氧化碳的毒性大到5—10倍。硫化氫对于眼粘膜和气管粘膜，以及神經系統有刺激作用。

空气中若含有0.01%(按体积計算)的硫化氫，几个小时之后便可引起輕微中毒。硫化氫的濃度为0.02%时，只要經過5—8分鐘眼粘膜、鼻粘膜和喉粘膜即感到强烈的刺激。

当濃度为0.05%时，經過0.5—1小时即可發生危險性的中毒，濃度若为0.1%，迅速即可發生死亡。

在煤矿矿井中，硫化氫的产生有以下几个来源：

1)坑木及其他有机物質的腐爛。所以在旧巷中有积水的区域內进行工作时，必須特別謹慎。一根倒下来的木柱或一塊岩石都可引起积聚在水中的硫化氫的突出，因为硫化氫是有極易与水分解的性能的；

2)某些含硫矿物(黃鉄矿，石膏等)在水中的溶解；