

說淺保安技術礦煤

萬之俊編

中南工業部燃料工業管理總局審校

中南人民出版社出版

目 錄

一	井內空氣.....	(1)
二	瓦斯爆炸.....	(4)
三	爆發瓦斯的特性.....	(5)
四	爆發瓦斯引火的原因.....	(6)
五	瓦斯礦井的等級及限制.....	(9)
六	瓦斯檢查.....	(10)
七	井內溫度與濕度.....	(13)
八	通風的目的和要點.....	(15)
九	風流阻力.....	(18)
一〇	自然通風與機械通風.....	(20)
一一	怎樣控制風流.....	(22)
一二	停風及反風的措施.....	(25)
一三	通風設備.....	(27)
一四	測風方法.....	(30)
一五	煤塵爆炸.....	(32)
一六	煤塵的檢查與處理.....	(33)
一七	自然發火的象徵.....	(36)

一八	怎樣防止自然發火.....	(37)
一九	怎樣滅火.....	(39)
二〇	水害的教訓.....	(41)
二一	井下防水.....	(42)
二二	探水及放水.....	(44)
二三	冒頂事故.....	(48)
二四	支柱應注意的事項.....	(50)
二五	炸藥的管理.....	(54)
二六	放炮應注意事項.....	(55)
二七	怎樣防止運輸事故.....	(57)
二八	怎樣防止電機事故.....	(58)
二九	爆炸後的措施.....	(60)
三〇	下井須知.....	(62)

一 井內空氣

普通空氣是氧與氮的混合物，它的成份，在100容積中，氧佔21，氮佔79，還有少量的稀有氣體，習慣上都不單獨計算，而包括在氮氣之內。乾燥空氣的成份如下表：

名 稱	按體積計 %	按重量計 %
氧氣	20.93	23.024
氮氣	78.10	75.499
二氧化碳	0.03	0.040
氫	0.94	1.437

然而，井內空氣，與此大不相同，由於人和驢馬（大巷運煤用）的呼吸、燈火的燃燒、炸藥的爆發以及各種礦體的氧化、木材的腐朽等原因，常有氧氣減少，其他氣體增多的現象。而且有幾種有害有毒的氣體，也在井內發生，特別是自煤層中或其附近岩石中所放散出來的沼氣（即煤氣），對井內空氣影響最大；它的存在，不但使人窒息，更重要的是可能釀成爆炸災變。此外，還有一氧化碳氣，發生於爆炸後或自然發火區域，是一種極毒而能爆

炸的氣體，對井下安全威脅很大，應該隨時警惕。煤井中，主要的有氧氣、二氧化碳、沼氣、氮氣、一氧化碳、硫化氫等氣體。下面分別說明各種氣體的性質及其對人們的關係。

氧氣的化學符號是“ O_2 ”，為一種無色無味無臭的氣體，是人類生存所必需的氣體，比重為1.054（比重是和同體積的空氣比較的重量，這裏表示空氣重為1，同體積的氧氣重為1.054，就是氧氣比空氣稍重的意思）。當空氣中氧的含量減少到17%時，便要使人呼吸稍快而深，相當於在五千英尺高山上呼吸（高山上空氣稀薄，氧氣含量也少），到16.25%時，燈火熄滅，到7%時，性命不保。所以保安規程規定井下空氣含氧氣量不能少於20%。

氮氣的化學符號是“ N_2 ”，也是無色無臭無味的氣體，性很安定，不能幫助呼吸，因此，在氧氣缺乏的空氣中，氮氣相對地增加，能使人窒息，而致傷亡。

二氧化碳的化學符號是“ CO_2 ”，是一種無色無臭的氣體；但是帶一點酸味，比重1.529，空氣中含量達0.5%時，使人呼吸變快，達10%時，使人窒息。保安規程規定井下空氣中二氧化碳的含量不得超過0.5%，總出風道中不得超過0.75%。因為它比空氣重，所以多積存在下山，當我們進入老巷下山時，應該特別留心這種氣體，必須把安全燈放在前面，如果發現燈火熄滅，應該立刻向後走開。

沼氣的化學符號是“ CH_4 ”，是一種既能爆炸而又能使人窒息的氣體，它的特性，以後將要詳細說明；因為它比空

氣輕，所以多積存在上山中，工作人員如不小心，冒失進入老巷上山時，常常會發生窒息事故；造成死傷，這種實例很多，防止的辦法，就是要事先詳細檢查，不認為絕對安全，不可進入工作。

一氧化碳的化學符號是“CO”，也是一種無色無臭無味的氣體，比重0.967，性極毒；吸入人體後，與血液中的赤血球化合，使血液凝固，因而致人於死。空氣中含量達0.12%時，三十分鐘後，發生心跳；一點半鐘後，發生東倒西歪現象；兩小時後，頭痛惡心。含量到0.4%時，立刻死亡。爆炸後生成的氣體中，它佔很大的成份。所以爆炸死傷人數中，中毒的不少，就是它的緣故。為什麼爆炸後下井搶救必須帶救護器，主要的也就是為了防範它。它本身也能爆炸，爆炸限度為含氣量12.5—74.0%。

硫化氫的化學符號是“H₂S”，無色有臭蛋氣味，也是一種極毒的氣體，好在它易使人察覺，所以易於防範。它是由煤層中的硫化鐵礦與水起化學作用而生成的，所以老窿水常有這種臭氣。人類在硫化氫含量0.1%的空氣中長久呼吸，就能斃命。硫化氫比重為1.191，也能爆炸，爆炸限度為含氣量4.3—46.0%。

討論題：

- (1) 為什麼井下空氣和地面的不同？
- (2) 井下通常有那些有害有毒的氣體存在？它們的性質怎樣？
- (3) 到上山和下山工作時，應該注意什麼氣體？

二 瓦斯爆炸

開採煤礦有一個最可怕的敵人，就是沼氣，通常稱為爆發瓦斯，也稱瓦斯，俗稱煤氣。歷來煤礦工作者中，不知有多少人被它奪去了生命！特別是帝國主義和官僚資本主義所經營的礦山，採取掠奪式的經營方針，沒有把工人階級的生命安全當作一回事，根本談不到保安，所以因沼氣爆炸而死亡的人數，更是多得驚人。例如：一九一五年二月一日中興煤礦爆炸死四五八人，一九一六年撫順煤礦爆炸死一五一一人，一九二〇年開灤煤礦爆炸死四三一人，一九四三年本溪煤礦爆炸死一六〇〇人，一九四七年宜洛煤礦爆炸死一六九人，一九四七年淄川煤礦爆炸死一六一一人，一九四八年五月天府煤礦爆炸死九一人。

從上面的實例，一方面可以看出帝國主義和官僚資本家是如何殘酷地摧殘中國的煤礦工業，同時也可以看出井下沼氣是如何嚴重地威脅着煤礦的安全和職工的生命！難道我們就沒有辦法戰勝這一敵人嗎？不！我們決不能容許它繼續猖狂！分析每次爆炸的發生原因，都是由於疏於防範，主觀努力不夠，祇要把我們的防務搞得踏踏實實了，這些事故是完全可以避免的。什麼是有效的防務？總的要求就是搞好保安；具體的辦法就是切實搞好通風工作，把敵人驅逐出井，并嚴密檢查和監視殘留在井內的敵人，不使它有機會，下面就要詳細地談談這個問題了。

討論題：

- (1) 爲什麼沼氣是煤礦工作者最可怕的敵人？
- (2) 有什麼方法可以戰勝這一敵人？

三 爆發瓦斯的特性

沼氣是炭氫化合物中最輕的氣體，化學符號是“ CH_4 ”，比重0.559，無色無臭，不能幫助燃燒，將燈火放入濃厚的沼氣中時，燈火熄滅，但與空氣混合適度時，即能爆炸，爆炸有一定的限度，當空氣太多時，雖能完全燃燒，但周圍的冷空氣將熱吸收了，溫度不高，所以難起傳播燃燒作用，不能發生爆炸，這就是爲什麼空氣中含沼氣不到5%時不能爆炸的原因，當沼氣量過多時，因空氣中的氧氣不足，化合速度亦緩，因之所生的熱量，不能促進其次的瓦斯的溫度上升到燃燒點，也不能發生爆炸，這個停止燃燒之點，就是沼氣爆炸的最高限界，約爲15—16%。沼氣含量由最低限界升至9.5%時，即與空氣混合達適宜之點，這時所生的爆炸最強。

沼氣引火點，在平常壓力下爲攝氏650—750度。如果加大壓力時，則引火點逐漸降低，所加壓力達60—70大氣壓時，最低引火點爲510度。

沼氣的發生量與掘進的深度有關，掘進越深，則發生量越增加，可能是由於深度增加，地壓加大，沼氣不易發散的緣故。有的煤礦在接近地面的煤層中，沒有沼氣，可

以使用明火燈，但當工作面發展到離地表一百公尺左右的深度時，問題就發生了，上山要作到三四公尺左右，沼氣量即可使安全燈的火焰滿燈，爆炸窒息事故，都會先後發生，這一經驗告訴我們：離地面近的煤層中可能沒有沼氣，深部是可能有的！不要麻痹大意，放鬆警惕。

至於沼氣洩出與空氣壓力和溫度的關係，由很多學者研究得出很多的關係來，有一個結論就是沼氣在煤層內部時，存在着巨大的壓力，外面空氣壓力的昇降或氣溫的增減，對它的發洩是很少影響的，不過，積存於煤層或頂底板裂隙中及舊掌子內的瓦斯，又當別論；它是與空氣壓力及氣溫的變化關連着的，當空氣壓力急降與氣溫驟昇時，沼氣洩出容易，沼氣的含量就會很快地增加；存水的老窿，當其中積水放出或透水以後，其中積存的沼氣，因壓力減少，常會突然湧出，所以當井下氣壓驟降或透老窿之後，往往易起爆炸事故，這時應該特別注意沼氣的噴出情形。

討論題：

- (1) 沼氣爆炸為什麼有最低最高限界？為什麼有爆炸最強之點？
- (2) 沼氣洩出與氣壓氣溫的關係怎樣？
- (3) 沼氣的發生量與掘進的深度有無關係？

四 爆發瓦斯引火的原因

井內瓦斯引火的原因：大略可分為如下各項：

- (1) 火焰的引火，
- (2) 熱表面的引火，
- (3) 電氣火花的引火，
- (4) 炸藥的引火，
- (5) 壓縮生熱引火。

茲分別說明於後：

火柴之火，電石燈及油燈等之火焰，與瓦斯相接觸，皆可引火而發生災變。用以點燃導火線（引線）的線香，雖不能引火，但是，倘若受到風流煽動而生焰，則亦能引火，所以最好把它放置於有鐵網罩的容器內，以策安全，劃火柴吸烟及打開安全燈取火，都是肇成災變的主因，必須堅決禁止。

熱表面的引火：如安全燈內的火焰，燒熱鐵絲網，電燈泡的破壞，金屬工具與岩石摩擦生熱以及自然發火時被燒成白熱的煤面與瓦斯接觸等，都是引火原因，由此而引起的爆炸，也屢見不鮮。因此，在使用安全燈時，要小心不讓火焰燒着了鐵絲網，并須每班清理鐵絲網，不使積烟生銹。對於礦燈，要小心愛護，不要在井下打開燈罩損壞燈泡或亂接電線，以防電熱金屬線之引火。

電氣火花的引火：多起於電氣機械電氣信號及放炮器與摩擦面所生之火花等，為了避免因此而引起的爆炸事故，除盡量採用防爆型的電氣設備外，并須切實注意其附近的瓦斯量，嚴遵保安規程的規定，不要超過限度（參看下節），電氣設備本身也須經常檢查，看有無冒火之處，絕

緣是否正常，開關是否缺油等。

炸藥引火發生爆炸也是很常有的，它的原因多半是放炮後所射出的火星及填塞不良噴出高溫高壓氣體使瓦斯或煤塵點火，煤礦中適用的炸藥，應以爆焰小、爆溫低、爆發後無火星射出者為宜。但欲根本使它對瓦斯煤塵不能引火，幾乎難以做到，故於爆破時，須將炸藥量裝填在其限度以內，不可過量多裝；炮眼要切實填塞，不使打筒冒火；放炮員在放炮前要仔細檢查當地瓦斯與煤塵，並施行撒水工作，如此方可避免因放炮所引起的爆炸事故。

壓縮生熱引火：當氣體受壓縮時，雖不自外界吸入熱量，但因其分子的衝擊作用，本身能夠發生熱量，如向鋼罐內壓入氧氣時，慢慢就覺得罐子發燙，就是壓縮生熱的現象。這時如果所生的熱，不向外界放散，則為氣體本身所吸收，結果必致使氣體溫度增高。沼氣與空氣的混合體，在有限的空間內突然被壓縮時，基於上述的理由，可使溫度升高到引火點，存在於井內小掌子的沼氣，由於放炮時的炮壓作用，而呈急激壓縮的現象，常能引火爆炸，就是這個緣故。

討論題：

- (1) 井內瓦斯引火的原因有那幾種？
- (2) 如何避免電氣火花引火？
- (3) 如何避免火藥爆發引火？

• • •

五 瓦斯礦井的等級及限制

瓦斯煤礦的等級，按每晝夜產煤一噸，放出沼氣的多少來決定，保安規程規定如下：

第一級——5立方公尺以下。

第二級——5—10立方公尺。

第三級——10—15立方公尺。

超 級——超過15立方公尺。

同一礦井中，每噸煤所發生的沼氣量，與掘進深度有關，已如前述；此外，還與開採時期有關，即開採時較多，回採時漸少，由於這兩個因素影響着它的發生量，因此對於瓦斯礦井等級的鑑定，並不是一成不變的，必須每年四月及十月實行鑑定一次，作為通風的參考。

依據保安規程規定井內瓦斯限度如下：

(1) 總出風道含沼氣量不得超過0.75%，如超出限度，須立即停止工作，並作改善措施，同時以最迅速方法報告上級機關。

(2) 井下工作地點含沼氣達到1%時，停止放炮及送電。但採用防爆型電氣設備及校正精確之瓦斯檢定儀器者，得於沼氣量達到1.5%時，停止送電。

(3) 井下工作地點含沼氣量達到1.5%時，必須立即停止工作，但採用防爆型電氣設備及校正精確之瓦斯檢定儀器者，得於沼氣量達到2%時，停止工作。

(4) 井下任何地點含沼氣量達到3%時，須設置欄柵及警標，禁止通行。

以上各項情況，經總工程師許可時，准在下列條件下進行改善通風工作：

(1) 使用安全工具。

(2) 在指派專人監視下進行工作。

(3) 沼氣量達到3%或3%以上時，由救護隊或指定專人擔任該項工作。

討論題：

(1) 瓦斯礦井的等級是怎樣規定的？

(2) 瓦斯含量的限度如何規定？

六 瓦 斯 檢 查

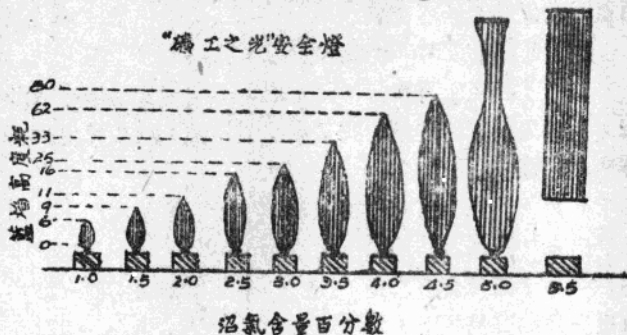
井內檢查瓦斯，最普通的器具是揮發油安全燈，其次各種檢定儀器，這裏我們談談安全燈的使用法：

安全燈的檢查，分為常焰及微焰兩種；前者檢查沼氣的有無，後者檢查含量的多少，試將常焰安全燈置於含有少量沼氣的空氣中，燈焰即刻伸長，上端呈顯著的尖銳狀，拿回新鮮空氣中，將燈焰捻下，使其縮小成為即將消滅之微焰，再置於含有少量沼氣的空氣中，則於其微焰上，即可辨出具有淡藍色的冠狀焰，稱為“沼氣冠”或“沼氣焰”，一般稱之為藍焰，由藍焰的伸長度，可以決定沼氣的含有率。各種安全燈的藍焰高度與沼氣含有率的關係各不相

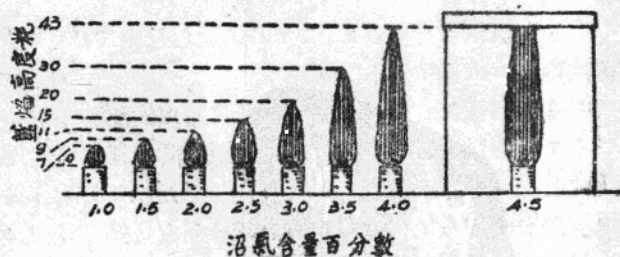
同，檢查時應注意。（參看第一圖）

第一圖

安全燈的藍焰高度與空氣中沼氣含量的關係



M. S. A. Koehler Round Wick 安全燈



在礦井內使用安全燈檢驗沼氣時，要沉着將燈上舉，燈身要直，檢驗應從巷道底部開始，慢慢持高，用右手握住燈的底座，使與眼平，觀測藍焰的長度，以判明沼氣的

含有率，這時若火焰滿燈時，即證明附近充滿沼氣至相當程度，不要繼續檢查了，應慢慢持燈落下，切不可驚惶拋燈，致引起危險，如果燈焰因沼氣太多而熄滅時，須攜燈到新鮮空氣處，始可重燃。

觀測藍焰長度時，應該注意以下各點：

(1) 沼氣含有率為 0.5% 時，不能用安全燈檢驗出來，但是與在新鮮空氣中的基準焰相比較，稍微呈現膨大時，即可斷定為 0.5%。

(2) 沼氣含有率為 1% 時，無論藍焰如何小，也能辨別出來，但是藍焰頂點不能連結在一起。

(3) 沼氣含有率為 1.5% 時，藍焰稍為明朗，藍焰的兩底角雖容易認出，但尚未有頂點。

(4) 沼氣含有率為 2% 時，藍焰更為明朗，兩底角分明，頂點呈朦朧狀態。

(5) 沼氣含有率為 2.5% 時，藍焰長達 10 耗，其濃度雖然增大，但頂點仍不明顯。

(6) 沼氣含有率為 3% 時，藍焰的頂點漸漸分明。

(7) 超過 3% 時，藍焰愈趨明顯，其長度很快地增加，達 4.5% 時，昇至玻璃罩的二分之一處，達 5% 時，藍焰即昇至鐵絲網的上端，達 5.7% 時，開始左右搖動，達 5.8% 時，燈內發生燃燒，火焰熄滅。

用安全燈檢查二氧化碳時，可將安全燈之燈芯擰至露出黃色火光，慢慢持至當頭低處，如火焰縮小，表示空氣中氧氣不足或二氧化碳過多，如達 5—6% 時，燈火即行熄滅。

討論題：

- (1) 安全燈的常焰與微焰怎樣區別？各有何用途？
- (2) 使用安全燈檢查沼氣時，應注意什麼？

七 井內溫度與濕度

井下溫度，往往比常溫為高，而且越深越顯著，主要的原因，是由於地熱的影響。地熱就是岩石的溫度，它能左右附近與它相接觸的井內空氣溫度，這種地熱從地面起到深度15—30公尺以內，是根據冬夏的季節變化的，但過此深度時，就不受地面氣候的影響而全年保持一定了，這種溫度與深度成正比例的增加，但增加的多少，由於岩石的種類及火山的遠近等等關係而有種種不同，通常地熱上昇攝氏表1度的深度，多為20—50公尺的範圍，有時也有更大的，平均約為30公尺，就是說300公尺深的坑井溫度要上昇攝氏10度。

除地熱外，空氣的壓縮也是井下溫度增高的原因之一，隨着井內深度的增加，空氣被本身的重量壓縮而發熱，深度每增加100公尺，溫度可增加攝氏1度。

此外，煤及坑木的氧化(包括自然發火)、燈火的燃燒、人和驢馬的呼吸及放炮的影響等也可使井下溫度增高。

溫度過高，不僅對井下工作人員的健康有害，而且有加速煤的氧化助長自然發火的危險，因此保安規程規定工作地點的溫度不得超過攝氏25度，是非常必要的。

與溫度同樣能影響人們工作效率和健康的，還有空氣的濕度一項；濕度就是空氣乾濕的程度，它的大小由空氣中所含水汽的多少來決定，當空氣中所含水汽達到最高限度的飽和狀態時，濕度就是100%，那末不到這個限度的水汽量，就可以百分之幾來表示了。

由於水分蒸發（蒸發就是液體慢慢化汽的現象），能吸收熱量，所以夏天洒水在地上，可得暫時的涼爽，人體出汗後，可降低體溫，但蒸發的難易，與空氣中濕度的大小有關，如果井下濕度大時，人體流出的汗不易蒸發，熱度不易發散，人就感覺不舒服，濕度小時，汗珠蒸發容易，體溫就較易降低，因此，在乾燥的空氣中，溫度雖高達攝氏40度，人們尚能忍受，而在濕度大的地方，溫度在攝氏30度以上時，工作就不容易做了，井下空氣由於陸續吸收巷道中的水分的關係，濕度常是很大的，（80%以上的地方很多），所以，我們應該竭力設法調節工作面的溫度，使它適合工作的需要。

調節溫度的辦法，通常就是增加通風量，使井內熱空氣被吹走，可以收到冷卻的效果，但當井深逐漸增加，井下溫度不能用這種辦法降低時，即應裝空氣冷卻設備，例如以不傳熱的物質包上送風管的周圍，送入冷的壓縮空氣，利用它的膨脹而冷卻以及使水或冷液在螺旋管內循環，以吸收管外的熱等方法，都可達到調節溫度的效果。

討論題：

（1）井下溫度為什麼比地面常溫來得高？