



中等專業學校教學用書

礦井通風

蘇聯 阿·愛·科瓦列夫等著

燃料工業出版社

252.51
777-2
1

中 等 專 業 學 校 教 學 用 書

礦 井 通 風

苏联工程師 阿·愛·科瓦列夫 工學碩士 尔·德·沃龍妮娜著
南岳 王隆平譯 白靖宇校訂

苏联煤炭工業部教育司審定作为中等採礦專業學校教材
苏联勞動後备部教育方法司審定作为礦業學校生產教育講師与工長教材

燃 料 工 業 出 版 社

080819

內 容 提 要

本書是以阿·愛·科瓦列夫所編的「礦井通風」教科書(1948年出版)為基礎,根據礦井通風方面目前發展的方向與最近獲得的成就重新改寫的。

書中闡述了礦井空氣成分、性質及防止瓦斯和礦塵的方法的基本知識;研討了空氣在井下巷道中的流動規律、礦井通風組織以及所採用的技術。

書中還專章講述了礦用輕便礦燈的照明、燈房業務組織、防止地面和井下火災以及礦山救護工作組織等問題。

本書可作中等採礦專業學校教材,並可供採礦工程技術人員閱讀。

* *

А.Е. КОВАЛЕВ Л.Д. ВОРОНИНА
РУДНИЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社 1951 年列寧格勒俄文第一版翻譯

書号 632 煤 253

礦 井 通 風
南岳 王隆平譯 白靖宇校訂

*

燃料工業出版社出版 (北京府右街26號)
北京市書刊出版業登記證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯: 桂萬宏 校對: 郭益華 祁峨

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 8 $\frac{1}{2}$ 印張 * 2插頁 * 207千字 * 定價(8)一元四角一分
一九五五年十二月北京第一版第一次印刷(1—1,600冊)

0120-0

序 言

在我們的國家——社会主义已取得勝利的國家裏，採礦工業的巨大發展計劃是与勞動生產率的提高相联系的，而勞動生產率的提高是以主要採煤过程日益增長的机械化和採礦工作安全的不断改善为基础的。

党、政府、以及約·維·斯大林个人对礦工們文化生活福利的不断關懷，鼓舞着他們為我們偉大祖國的榮譽去建立勞動功績。

在礦井中創造工作的安全条件，極大程度上是決定於通風的正確設計与实施。

礦井生產能力的增加和深部的採礦工作，引起天然瓦斯洩出与地溫的增高，增加通風的困难，並对通風提出更高的要求。

有效而可靠的礦井通風，是完成國家採煤計劃所必需的主要条件之一。

目前，礦井通風的理論和实际工作，由於苏联學者們的研究，獲得了一系列的成就。在A.A.斯闊成斯基院士領導下的礦井通風的苏联学派，發現了通風時所發生的空气動力学的、瓦斯動力学的以及物理化学变化过程的基本規律。

在礦井通風的理論和实际方面，最初的科学研究工作，是由我們偉大的俄罗斯科学院士M.B.罗蒙諾索夫來實踐的。他是第一个科学地闡明空气在礦井中自然流動的人，他是第一个指明二氧化碳和瓦斯洩出的存在及与其鬥爭的必要性的人。

軸流式与离心式扇風机的空气動力計算的奠基者是偉大的俄國學者H.E.茹闊夫斯基，他的著作奠定了新科学——空气動力学的基礎，这新科学照理應認為是俄罗斯科学。

我國主要的空气動力学研究機關之一——中央气体力学研究所，不斷地在改進採礦工業用的扇風机；最近該所研究出一种效率極高的軸流式扇風机，這是我們祖國在空气動力学方面所獲得的巨大成就。

學者和發明家們正在繼續研究理論和改進礦井通風的实际工作，並將創造各种新型的礦井通風機器，这些機器在对苏联礦工的工作建立最適宜的大气条件方面，將提供無限的可能性。

目 錄

序 言

第一章 礦井大氣	7
第1節 礦井空氣	7
第2節 礦井空氣的主要組成部分	8
第3節 礦井空氣中主要的有毒氣體	10
第4節 爆炸瓦斯	14
第5節 煤層瓦斯含有量及礦井瓦斯湧出量	25
第6節 影響礦井瓦斯排出量的因素	27
第7節 防止爆炸混合氣體形成的辦法	28
第8節 防止瓦斯的方法	28
1. 瓦斯含量的檢查	29
2. 防止瓦斯引燃的辦法	34
第9節 防止煤與瓦斯突出的方法	38
第10節 限制爆炸的方法	40
第11節 礦塵及其防止的方法	43
1. 礦塵是職業性的危害物	43
2. 礦塵的生成	44
3. 礦塵是礦井內爆炸的原因	44
4. 煤塵爆炸發生的條件與原因	47
5. 煤塵爆炸的性質	48
6. 煤層的煤塵發生量	49
7. 巷道煤塵沉積量和防止煤塵爆炸的安全條件	50
8. 防止煤塵的方法	51
第12節 井下巷道的气候條件	59
1. 空氣溫度、濕度和風速對人體組織的生理影響	61
第二章 井下巷道中的空氣流動	65
第1節 理想液體或氣體的伯諾里方程式	65
第2節 實際氣體和黏滯性液體的伯諾里方程式	67

第3節 礦井風流的結構	69
1.流動狀態	69
2.井下巷道內的气流類型	70
第4節 巷道的摩擦係數	71
第5節 气流的阻力單位	76
第6節 局部阻力	78
第7節 風流的分配	80
1.幾個巷道系統的阻力	84
2.串聯巷道的阻力	84
3.並聯巷道的阻力	87
4.對角聯結巷道的阻力	89
第8節 人工分配	92
1.藉增加翼的阻力來調整	92
2.藉減少翼的阻力來調整	94
3.藉裝設輔助扇風机的方法來調整	95
4.「短路」現象及其後果	95
第三章 通風技術	96
甲、流動压力差的獲得	96
第1節 風流形成的各种方法	96
第2節 井下空气的自然流動	97
第3節 扇風机通風	100
第4節 扇風机發出的压力	105
第5節 扇風机的能力和效率	107
第6節 扇風机的特性	109
第7節 扇風机在網路中的運轉	110
第8節 扇風机的聯合運轉	111
乙、礦用扇風机裝置	114
第9節 吸出式通風与压入式通風	114
第10節 地下和地面的扇風机裝置	115
第11節 礦用扇風机裝置	116
第12節 井口封閉	118
第13節 風蓋	119
第14節 閘門式封閉裝置	121

第15節	風流方向的變換	121
丙、空氣的引導與分配		123
第16節	通風方式	123
第17節	風流方向	123
第18節	分流	126
第19節	風流的調節	128
丁、礦井各巷道和各採區的通風法		130
第20節	獨頭通風	130
第21節	開鑿時井筒與石門的通風	133
第22節	準備巷道的通風	135
第23節	擴散通風	139
第24節	回採工作的通風	139
戊、井下通風裝置		140
1. 擋風牆與風障		141
2. 風門		143
3. 落門		147
4. 風簾		148
5. 風櫥		148
6. 風管		149
7. 對流時的通風裝置		152
8. 風橋		152
己、礦井通風的檢查與計算		154
第25節	通風圖與通風系統	154
第26節	通風所需的風量	155
第27節	無瓦斯礦井用的風量	156
第28節	瓦斯礦井用的風量	153
第29節	獨頭工作面通風需要的風量	153
第30節	風管的漏風係數	160
第31節	通風計算	161
第32節	礦井通風的檢查	166
第33節	負壓測量的概念	174
第四章	井內攜帶式燈照明	177

甲、緒論	177
第1節 前言	177
第2節 照明對井內工作條件的影響	178
第3節 照明工藝學的基本知識	179
第4節 礦燈的分類	183
乙、火焰燈	183
第5節 明火燈	183
第6節 汽油安全燈	185
第7節 汽油燈的保養	189
第8節 燈房業務組織	190
丙、蓄電池燈	197
第9節 從汽油燈過渡到蓄電池燈	197
第10節 ЛАУ-1 型工作蓄電池燈	198
第11節 ЛСК-3 型頭頂式蓄電池燈	201
第12節 ЛАТ-1 型技術檢查員用蓄電池燈	203
第13節 新型攜帶式蓄電池燈	205
第14節 有瓦斯指示器的蓄電池燈	205
第15節 蓄電池燈的保養和使用	205
第16節 蓄電池燈的安全裝置	211
第17節 燈房業務組織	212
第18節 蓄電池燈的試驗	215
第五章 地面火災與井內火災及其消防	217
甲、地面火災	217
第1節 防火保護組織	218
第2節 地面火災的預防辦法	219
第3節 燈房的防火規則	222
第4節 井口的安全閘門	223
第5節 滅火用具及其配置規則	223
第6節 救護工作	228
第7節 防火信號與聯系	228
乙、井內火災	228
第8節 自然	223

第9節	煤自燃學說	230
第10節	影响井內煤自燃的因素	231
第11節	明火引起的井內火災（外生火災）	232
第12節	發生火災的徵兆	232
第13節	运送与使用易燃性材料時的預防方法	233
第14節	預防火災的措施	234
第15節	井內火災的撲滅	241
第六章	礦山救護工作	243
第1節	礦山救護工作的發展概況、現狀及其任务	249
第2節	苏联礦山救護工作的組織	250
第3節	呼吸的生理过程。血液循環	252
第4節	礦山救護器具	253
第5節	PKP-2型再生式氧氣呼吸器	254
第6節	PKP-3型呼吸器	256
第7節	自救器及其保養和供給	257
第8節	帮助遇難者与假死者用的器具	259
第9節	井下救護工作的組織	260

第一章 礦井大氣

第1節 礦井空氣

充滿井巷的各種氣體和蒸汽的混合物叫做礦井空氣。大氣從地面流入巷道，其成分就發生變化。如此種變化很大，則此種空氣叫做污濁空氣。

大氣是下列各種氣體的混合物(按體積計):

氮.....	79%
氧.....	20.96%
二氧化碳.....	0.04%
水蒸汽.....	1%

大氣流入巷道時發生的主要變化是：溫度升高，濕度增加，氧氣含量減少和混入有害氣體——窒息的，有毒的或爆炸的瓦斯(沼氣，氮，一氧化碳，硫化氫等)，有害水蒸汽和礦塵。

礦井空氣污濁的程度依賴於下列因素：

- (1)有益礦物和圍岩的瓦斯含量；
- (2)巷道內的風速；
- (3)巷道的長度；
- (4)有益礦物和岩石吸氧與氧化的程度；
- (5)生產過程的性質。

污濁的礦井空氣由三部分組成：大氣、活躍性瓦斯和窒息性空氣。

活躍性瓦斯是在巷道中洩出的或生成的、同時混入礦井空氣中的有毒的和爆炸性的瓦斯。

窒息性空氣是礦井空氣與井外大氣相比較，含有過量的氮和二氧化碳的混合物，也就是完全失去了部分氧氣的空氣。這種氣體沒有毒，對人體不起劇烈作用，但使人的呼吸和燈火的燃燒發生困難。

第2節 礦井空氣的主要組成部分

氧(O_2) 無色, 無味, 無臭的氣體。對空氣的比重是 1.11, 很易與簡單的和複雜的氣體相化合, 能助燃和維持呼吸。

礦井空氣中氧氣含量的減少, 主要是由於各種有機物和無機物(坑木、岩石、有益礦物)的緩慢氧化過程, 礦井火災, 瓦斯(爆炸瓦斯)和煤塵爆炸以及巷道中洩出的各種氣體(如沼氣、二氧化碳等)的混入等所造成。人的呼吸和燈火的燃燒, 對礦井空氣中氧氣含量的影響是很小的。

按照現行保安規程和技術操作規程的要求, 在工作巷道內的空氣, 氧含量不得少於20%。

在通風微弱或不通風的巷道中, 以及爆炸後和在發生火災時, 氧氣含量可降到不可容許的數值。因此, 在檢查這些巷道時, 必須用安全檢定燈或特殊儀器預先測定空氣。

氧氣含量下降到0.1%時, 燈光的強度大約減少3.5%(圖1)。

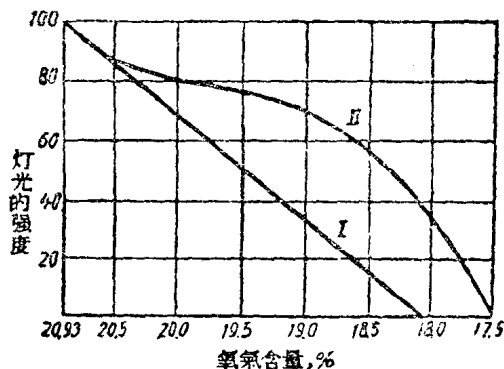


圖1 燈光強度與氧氣含量的關係曲線

氧氣含量為19%時, 燈光的強度減少2%; 氧氣含量為16.5—17.5%時, 燈就熄滅。

電石燈不能當做指示器用, 因為它在氧氣含量為11—12%時, 即人的生命的危險界限時即熄滅。

МакНИИ 型氣體分析器是供測定氧氣用的特殊儀器, 這儀器是根據容器中藉金屬銅吸收氧氣, 縮小空氣體積的原理製成的, 儀器由一個反應容器所構成, 容器下部盛着氨性氯化氨溶液。溶液中放置銅綫圈。為了清除空氣中的二氧化碳, 儀器裝有帶吸收

剂的吸收管。

氮(N_2) 無色，無臭，無味的气体。不帮助燃燒和呼吸。比重为0.97。

礦井空气中氮气含量的增加，是在有机物腐爛过程中，在爆破工程中，在从煤或岩石裂縫中洩出純氮時，在窒息性空气洩出時發生的。

二氧化碳(CO_2) 二氧化碳或称为碳酸气，是一种無色的、略有酸性的气体，它比空气重一倍半(比重为1.52)，所以多聚集於巷道底板、探井底部和下山的掘進工作面等处。这种气体本身是沒有毒的；甚至人体还需要少量的二氧化碳來調節呼吸。二氧化碳的有害，是因为它的含量增加，空气中氧气含量就相对減少。

礦井空气中二氧化碳的含量約为1.5%時，幾乎就不能點灯；在这時候，人体还直接感受不到它的有害影响。二氧化碳的含量为3%時，灯漸暗淡，呼吸变得困难。当二氧化碳含量为4%時，灯火能勉强燃燒，但到5%時即行熄滅。必須指出，風速对灯火燃燒的影响很顯著：風速愈小，則使灯火熄滅所需的二氧化碳就愈少。

二氧化碳为4%時，心臟剧烈跳動和头痛，如長時間停留在这种空气裏，可能發生喘息。二氧化碳含量为12%時就会昏倒，含量为14—15%時即死亡。

但不容怀疑的，二氧化碳數量不大(1—1.5%)，还没有直接感到有害時，它对人体也是有害的；它促使人体更快地虛弱，因为二氧化碳含量增多，空气中氧气含量就相对減少，而氧气的缺乏，必使肺和心臟作剧烈跳動，彌補氧气的不足。

巷道中生成二氧化碳的來源可举出下列幾點：

(1)井下火災——祇在有充足的空气情況下發生燃燒時，才生成二氧化碳。

(2)木材支架的腐朽——礦井空气潮潤条件下，二氧化碳放出的來源最猛烈。

(3)煤的氧化——这个來源將使得大量的二氧化碳由有益礦

物層中突出。

普通的安全檢定灯，是很好的二氧化碳指示器。在空气中二氧化碳含量還沒有達到對人有危險濃度前，灯焰就開始暗淡和熄滅。因此，在檢查二氧化碳聚集的巷道時，首先要用安全檢定灯進行測定。同時，不要忘記，二氧化碳總是聚集在巷道下方(底板附近)。如果灯熄滅，則必須立即停止工作，直到二氧化碳排出以後。不太深的垂直巷道中聚集的二氧化碳，在沒有扇風机時，可揮動木板或上下提昇水桶等將其排出。此後，必須用安全檢定灯或蜡燭檢查空氣的純淨程度。

用 МарНИИ 型氣體檢定器來測定二氧化碳含量是最精確的。這種儀器的作用原理是：在二氧化碳被吸收後，測定反應室中剩下的氣體容積。

根據保安規程和技術操作規程規定，工作巷道中的二氧化碳含量按體積計算不得超過 0.5%。

第 3 節 礦井空氣中主要的有毒氣體

一氧化碳(CO) 無色，無臭，無味的氣體，微溶於水，有毒。一氧化碳的毒性在於：赤血球中赤血素與一氧化碳化合物較與氧氣化合大 250—300 倍；因此，血液喪失了吸收氧氣的能力。血液被一氧化碳飽和後，則發生下列中毒徵兆(表 1)。

表 1

與一氧化碳化合的赤血素含量(%)	急性(非慢性)中毒的徵兆
10	在筋肉過度緊張時，除輕微喘息外無其它病症
20	除輕微喘息和心跳外，無其它病症，甚至筋肉不太緊張時也是如此
30	頭痛、感到刺激、稍倦、智力模糊、嘔吐
40—50	重感頭痛、軟弱無力、筋肉緊張時昏倒
60—70	處於失去知覺狀態，這些時候(通常時間很短)就死亡
60 以上	立即死亡

中毒程度和速度視空氣中一氧化碳的濃度，單位時間內吸入的空氣量和血液循環的速度而定。

一氧化碳生成的來源是：1)火災；2)爆炸瓦斯和煤塵的爆炸；3)爆破。使用內燃機時也產生一氧化碳。

檢查一氧化碳的方法：

- (1)用化學實驗室的方法分析礦井空氣的試樣；
- (2)用比色計來表示在一氧化碳作用下試劑顏色的改變；
- (3)用熱指示器來表示在一氧化碳因特殊接觸劑氧化時所放出的熱量。

工程師諾維茨基的檢定計是比色計的一種(圖2)，是根據用氯化鈀(PdCl_2)溶液浸潤後的試紙，遇到一氧化碳變黑的原理製成的；按其變黑時間判定空氣中的一氧化碳含量。

根據工程師諾維茨基的觀察，試紙變黑情況如下：

CO含量為0.1%時…經過10分鐘。

CO含量為0.2%時…經過6分鐘。

CO含量為0.5%時…經過4分鐘。

CO含量為1.0%時…經過1分鐘。

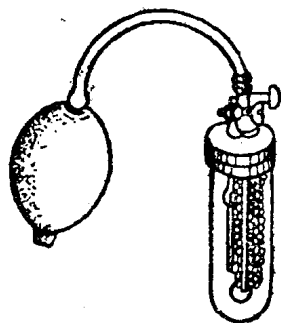


圖2 諾維茨基檢定計

有時，使用碘劑一氧化碳檢定計(圖3)，這種檢定計是根據一氧化碳分解五氧化二碘(I_2O_5)的性質製成的。

這檢定計是由兩根管子構成，其中一根管子1滿裝活性炭，作為清除空氣中 H_2S 、 SO_2 和其他氣體的過濾器。另一根管子2是檢定管，其中裝滿用五氧化二碘浸潤過的浮石塊。當準備測定的空氣通過管子2時，若有一氧化碳存在，則浮石塊變為綠色。顏

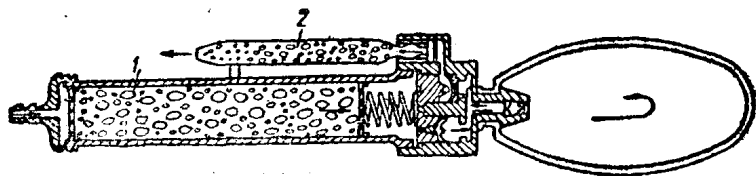


圖3 碘劑一氧化碳檢定計

色的濃度依空氣中一氧化碳的濃度而定。檢定計的感度為0.05%的一氧化碳。

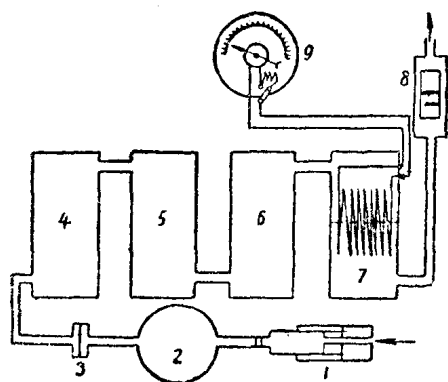


圖4 МакНИИ 型一氧化碳檢定計(C-1型)

最後乾燥室6，裝有特種試劑和放熱管的反應室7，測定空氣壓入速度的儀器——迴轉流速計8和帶有轉換開關的電流表9。

用手泵在緩衝室內造成壓力，這壓力能使空氣以2公升/分鐘速度流過儀器。藉裝在緩衝室2與圓筒4間的橡皮管中的活閥進行調節。在圓筒4裏將空氣中的重碳氮化合物，硫化氫及其他氣體除掉。在乾燥室5和6中，乾燥空氣因水分会使特種試劑的活動性大大降低。反應室7被隔板分成上下兩部。熱電堆的冷接頭裝在上部分，並將其引到電綫的終端。下部分裝特種試劑，熱電堆的熱接頭裝在特種試劑裏，在同一地方裝一層矽酸膠乾燥劑。迴轉流速計指針的工作位置用條黑綫來表示，其表示的速度為每分鐘兩公升。

熱電堆的熱電動勢用電流表來測量，表上裝有測定大濃度和小濃度的轉換開關。

根據馬克耶夫科學研究所的說明書應知道，如除去附加電阻，在刻度表上可讀出一氧化碳濃度為0.001—0.006%，如將附加電阻加上，讀出一氧化碳濃度為0.06—0.1%。

在儀器未拿到井下前，普通用井外新鮮空氣加以洗滌，同時，熱電堆指針應指向零點。

將儀器帶到測定地點後，用手泵將準備測定的空氣壓入儀器裏。同時必須注視迴轉流速計的指針，使其停滯在黑綫上。如指針比黑綫低，就要用力打氣，如高於黑綫時就輕一些。繼續打氣五分鐘，使電流表的指針對着一定刻綫停止不動，然後根據該條刻綫所對的數字，在儀器蓋的表上查出一氧化碳的濃度。

若指針超過了刻度表的界限，則必須將附加電阻加上。

МакНИИ 型儀器在吸收筒內每裝藥一次，可測定 120—130 次。

硫化氫 (H_2S) 硫化氫是比一氧化碳更為有毒的一種氣體，比重為 1.19。惡臭(臭鷄蛋味)，這種臭味即使含量甚微，對健康沒有危害，也可立即發覺，因為，總的說來，它的危險性比一氧化碳小。空氣中硫化氫含量到 0.1% 左右時，人即失去感覺並中毒。硫化氫易燃燒，空氣中含量約 6% 時就爆炸；但對礦井的條件來說，後一種性質沒有實際意義。

礦井中硫化氫的生成是由於：(1) 有機物質的腐朽；(2) 含硫礦物(黃鐵礦，石膏)的分解；(3) 某些火藥的使用；(4) 岩層中的洩出。

硫化氫的特性是易溶於水，按體積計算，水可吸收兩倍以上的硫化氫；當這種水噴出或流動時，硫化氫即自行放出，混入空氣中。舊巷的積水中常含有溶解的硫化氫。

二氧化硫及其他氣體 二氧化硫(硫酐 SO_2 ，比重 2.2) 在礦井中比較罕見，它的特徵是對眼膜有強烈的刺激作用。

在頓巴斯，二氧化硫與硫化氫的混合氣體，常因刺激而引起流淚，所以有「害眼氣體」之稱。空氣中含有 0.001% 左右的二氧化硫，即劇烈地腐蝕眼膜，含量超過 0.05% 時就有生命危險。

二氧化硫生成的主要原因，應該認為是含硫多的煤在火災時燃燒成的。爆破也產生一些二氧化硫。有時，二氧化硫和硫化氫一起從煤或岩石中洩出。二氧化硫與水化合生成亞硫酸，腐蝕鐵軌和管子，損壞工作者穿的鞋。

在井下所遇到的其他有害氣體中，首先應當指出的，是爆破

時生成的氧化氮(NO 和 NO_2)。甘油炸藥的不完全燃燒，生成的氧化氮達 48%。

這兩種氣體(NO 和 NO_2)跟二氧化硫一樣，對眼膜有強烈的刺激作用，而在深呼吸時對氣管起破壞作用。曾經有過由於中一氧化氮毒而失去工作能力的人。需要切記，如偶然走進爆破產物的空氣中盡量用鼻子來呼吸，儘可能不深呼吸並很快地退出來。

第 4 節 爆 炸 瓦 斯

爆炸瓦斯或礦井瓦斯，是礦井空氣中最危險的混合氣體。

爆炸瓦斯是純粹的沼氣或由沼氣、二氧化碳和氮，有時還有氫和乙烷，硫化氫，二氧化硫和一氧化碳等氣體組成。其中沼氣含量不等，變動範圍甚大。二氧化碳的含量不超過 5%，氮也只含百分之幾。氫和乙烷比較稀少，但卻很危險，因這兩種氣體本身就是爆炸瓦斯。

爆炸瓦斯中混有微量的硫化氫和二氧化硫，由於對鼻子和眼睛粘膜有刺激作用，是非常討厭的。

沼氣無色、無味、無臭；但混有重碳氫化合物時，它可能有輕微的、勉強可被覺察的氣味；沼氣的比重是 0.554，幾乎比空氣輕一半，因此，它總是聚集在巷道頂板處。

沼氣的擴散^①能力，幾乎比空氣強 1.5 倍多。

沼氣無助於呼吸，但沒有毒，這點它很像氮氣。空氣中沼氣的含量約 19% 時，呼吸才感到困難。

在普通情況下，即溫度和壓力不高時，沼氣的化學性不活躍，它只能與氮氣化合生成碳黑。

沼氣具有一種被煤吸附的能力，但在低壓下被煤吸附的瓦斯量與壓力成正比；在壓力相當高時，這比例就消失。

沼氣最重要的性質是它的可燃性和能與空氣混合形成爆炸混合物。

① 擴散——氣體藉分子運動的摻混。