

高等學校教學用書

礦井通風習題彙編

苏联 阿·依·克謝諾鳳朶娃著

煤炭工業出版社

高 等 学 校 教 学 用 书

礦井通風習題彙編

苏联 阿·依·克謝諾鳳朵娃著

北京礦業學院編譯室譯

北京礦業學院通風安全教研組校訂

煤 炭 工 業 出 版 社

“礦井通風習題彙編”全書共分十三章，其內容包括：礦井通風計算所必需的參考資料、計算例題和題解、習題和答案。

本書是高等學校採礦專業學生的教材，並可供設計機關和採礦工業企業部門工程技術人員的參考。

本書由北京礦業學院編譯室王毓賢、卞沛新同志合譯，許自新同志校，並經通風安全教研組作技術校訂。

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

苏联 А. И. КСЕНОФОНТОВА 著

根据苏联國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科修訂補充第二版譯

365

礦井通風習題彙編

北京礦業學院編譯室譯

北京礦業學院通風安全教研組校訂

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版營業許可證出字第084號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

開本78.7×109.2公厘 * 印張15 $\frac{3}{4}$ * 字數300,000

1956年8月北京第1版第1次印刷

統一書號：15035·232 印數：1—4,100冊 定價：(10)2.20元

序 言

“礦井通風習題彙編”一書是在1948年出版的。近幾年來，蘇聯採礦科學和技術在礦井通風領域方面獲得了非常巨大的成就，因此，必須以新資料來修訂和補充從前刊行的習題和計算。

本書包括礦井通風課程各個主要部分的計算和計算例題的參考資料。

“礦井通風習題彙編”的第二版，對下列問題補充了新的資料和例題：

(1) 在採用新型支架的場合下，平巷式巷道和石門式巷道的空氣動力阻力；

(2) 有裝備的井筒的空氣動力阻力及其減低的方法；

(3) 瓦斯礦井和非瓦斯礦井中長距離獨頭準備巷道的通風；

(4) 礦內巷道放炮後通風所需風量的計算；

(5) 硃室等的通風阻力。

本書編寫時曾得到 A. A. 斯闊成斯基院士，Ф. A. 阿布拉莫夫教授和工學付博士 B. B. 弗拉季米爾斯基的極寶貴指示，作者向他們表示謝意。

A. И. 克謝諾風朵娃

目 錄

序 言	
導 言	4
第 一 章 礦內大氣	6
第 二 章 礦井通風所必需的与足够的風量的計算	14
第 1 節 煤礦与頁岩礦通風所需風量的計算	14
第 2 節 金屬礦通風所需風量的計算	42
第 三 章 礦內空氣的物理性質	58
第 四 章 礦塵	70
第 五 章 單獨巷道的空氣動力阻力	78
第 1 節 單獨巷道的負壓	78
第 2 節 礦山巷道空氣動力阻力系数	79
第 3 節 礦山巷道空氣動力阻力之單位	112
第 4 節 例題与習題	115
第 六 章 局部阻力	154
第 1 節 風流突然擴大时所引起的压力損耗	155
第 2 節 風流突然縮小時所引起的压力損耗	156
第 3 節 風窗引起的阻力	158
第 4 節 風流轉弯时所引起的局部压力損失	159
第 5 節 复雜的局部阻力	164
第 6 節 例題与習題	170
第 7 節 硐室阻力	182
第 七 章 礦山巷道通風網路的总空氣動力阻力	187
第 1 節 串聯式联接的礦山巷道	187
第 2 節 礦山巷道的並聯式联接	188
第 3 節 礦山巷道的角聯式联接	193

第 4 節	例題與習題	195
第 八 章	巷道中風量分配的調節	239
第 1 節	降低分支(或個別巷道)的通風阻力	239
第 2 節	安設風窗	241
第 3 節	輔助扇風機	242
第 4 節	例題與習題	242
第 九 章	獨頭巷道掘進時的通風	259
第 1 節	獨頭巷道的通風方法	259
第 2 節	獨頭工作面和獨頭巷道(在其整個長度內)排除炸藥發生的瓦斯時通風所需風量的計算	259
第 3 節	有沼氣散出的獨頭巷道通風所需風量的計算	270
第 4 節	風管和風幃的類型, 通過風管和風幃時的風量損失 係數及風管的空氣動力阻力係數	274
第 5 節	局部扇風機和噴射器的選擇與風管的負壓計算	279
第 6 節	例題與習題	284
第 7 節	瓦斯礦和非瓦斯礦中長距離獨頭巷道掘進時的通風	305
第 十 章	造成礦井總風流通風的機械設備和自然因素	322
第 1 節	礦井總扇風機	322
第 2 節	兩台以上礦用扇風機共同工作	336
第 3 節	礦井自然通風	346
第 4 節	礦井井筒中滴水的影响	360
第十一章	根據經濟指標選擇礦井通風網路內巷道的尺寸	364
第十二章	井筒的保暖	368
第十三章	全礦通風計算舉例	376

序 言

“礦井通風習題彙編”一書是在 1948 年出版的。近幾年來，蘇聯採礦科學和技術在礦井通風領域方面獲得了非常巨大的成就，因此，必須以新資料來修訂和補充從前刊行的習題和計算。

本書包括礦井通風課程各個主要部分的計算和計算例題的參考資料。

“礦井通風習題彙編”的第二版，對下列問題補充了新的資料和例題：

(1) 在採用新型支架的場合下，平巷式巷道和石門式巷道的空氣動力阻力；

(2) 有裝備的井筒的空氣動力阻力及其減低的方法；

(3) 瓦斯礦井和非瓦斯礦井中長距離獨頭準備巷道的通風；

(4) 礦內巷道放炮後通風所需風量的計算；

(5) 硃室等的通風阻力。

本書編寫時曾得到 A. A. 斯闊成斯基院士，Ф. A. 阿布拉莫夫教授和工學付博士 B. B. 弗拉季米爾斯基的極寶貴指示，作者向他們表示謝意。

A. И. 克謝諾風朵娃

目 錄

序 言

導 言	4
第 一 章 礦內大氣	6
第 二 章 礦井通風所必需的与足够的風量的計算	14
第 1 節 煤礦与頁岩礦通風所需風量的計算	14
第 2 節 金屬礦通風所需風量的計算	42
第 三 章 礦內空氣的物理性質	58
第 四 章 礦塵	70
第 五 章 單獨巷道的空氣動力阻力	73
第 1 節 單獨巷道的負壓	73
第 2 節 礦山巷道空氣動力阻力系数	79
第 3 節 礦山巷道空氣動力阻力之單位	112
第 4 節 例題与習題	115
第 六 章 局部阻力	154
第 1 節 風流突然擴大时所引起的压力損耗	155
第 2 節 風流突然縮小時所引起的压力損耗	156
第 3 節 風窗引起的阻力	158
第 4 節 風流轉弯时所引起的局部压力損失	159
第 5 節 复雜的局部阻力	164
第 6 節 例題与習題	170
第 7 節 硯室阻力	182
第 七 章 礦山巷道通風網路的总空氣動力阻力	187
第 1 節 串聯式联接的礦山巷道	187
第 2 節 礦山巷道的並聯式联接	188
第 3 節 礦山巷道的角聯式联接	193

第 4 節	例題與習題	195
第 八 章	巷道中風量分配的調節	239
第 1 節	降低分支(或個別巷道)的通風阻力	239
第 2 節	安設風窗	241
第 3 節	輔助扇風機	242
第 4 節	例題與習題	242
第 九 章	獨頭巷道掘進時的通風	253
第 1 節	獨頭巷道的通風方法	253
第 2 節	獨頭工作面和獨頭巷道(在其整個長度內)排除炸藥 發生的瓦斯時通風所需風量的計算	259
第 3 節	有沼氣散出的獨頭巷道通風所需風量的計算	270
第 4 節	風管和風幘的類型, 通過風管和風幘時的風量損失 系數及風管的空氣動力阻力系數	274
第 5 節	局部扇風機和噴射器的選擇與風管的負壓計算	279
第 6 節	例題與習題	284
第 7 節	瓦斯礦和非瓦斯礦中長距離獨頭巷道掘進時的通風	305
第 十 章	造成礦井總風流通風的機械設備和自然因素	322
第 1 節	礦井總扇風機	322
第 2 節	兩台以上礦用扇風機共同工作	336
第 3 節	礦井自然通風	346
第 4 節	礦井井筒中滴水的影响	360
第十一章	根據經濟指標選擇礦井通風網路內巷道的尺寸	364
第十二章	井筒的保暖	368
第十三章	全礦通風計算舉例	376

導 言

礦井通風設計中所計算的基本數值是

Q 和 h ,

这里 Q ——單位時間內應從地面進入礦內並沿巷道周流以保證整個煤礦或金屬礦以及各個單獨巷道良好通風條件的風量(以體積計);

h ——進入礦內之空氣為了克服礦內巷道的阻力所必須具有的礦井負壓或運動壓力。

任何沿巷道流動的風流都由於摩擦而不斷消耗其機械能力，這種能力變為在周圍介質中擴散的热量。這種機械能力或風壓的消耗可用機械(利用扇風機)或自然通風補償，自然通風是由於各個井筒及礦井地下巷道網路內之各個傾斜巷道中的氣柱重量差造成的。

計算出基本數值 Q 和 h 之後，就可選擇通風設備並確定其功率以及作為通風主要物質消耗的電能消耗。

通風設備的功率等於

$$W = \frac{Qh}{102\eta}, \text{ 瓩}, \quad (1)$$

式中 Q ——扇風機的流量，或如前所述，為了保證通風而利用扇風機從地面送入礦內的總風量(立方公尺/秒);

h ——礦井負壓，也就是扇風機造成的與地面空氣壓力相比的壓力差(公斤/平方公尺)(公厘水柱);

η ——通風設備的總效率。

通風設備的功率也可用另一公式來表示：

$$W = \frac{RQ^3}{102\eta}, \text{ 瓩,} \quad (2)$$

用 RQ^2 代替公式(1)中的負压 h ，式中 R ——煤礦或金屬礦內通風網路之阻力。

R 的值決定於地下巷道網路之空气动力特性。

从公式(2)中可看出，通風設備的功率与進入礦井或金屬礦的風量 Q 之三次方成正比。因此，确定 Q 时，应充分考慮到使礦內具有足以清除礦內大气中之有害气体(輕微性有毒瓦斯、強烈性有毒瓦斯、爆炸性瓦斯)並保持礦內正常的气温标准所必需的風量。

为此必須了解空气沿巷道網路流动时足以引起礦內大气化学成分及其物理性質發生变化的現象，了解瓦斯的特性及礦內空气沿巷道运动的規律，調節風流沿巷道網路的运动及保證向礦內輸送空气和直接向工作地点送風的方法。

确定礦井通風設備功率的第二個数值 R ，也就是礦內空气动力阻力決定於很多因素：風流通过的巷道的横截面及其周边尺寸；巷道支护的类型与井筒裝備的类型；巷道長度，各个巷道之間互相联接的方法；巷道通風網路分叉的程度以及在通風網路內調節風流的方法等。採取某些措施都能使 R 的数值減低。

除确定 Q 和 R 的数值之外，还应掌握防止煤塵及其爆炸危險有关的計算方法。

第一章 礦內大氣

地下巷道內空氣之組成部分是：大氣＋活躍性瓦斯＋窒息性氣體。活躍性瓦斯系指地下巷道內放出或形成的並與大氣混合的各種有毒瓦斯或爆炸性瓦斯，而窒息性氣體則系指在礦內空氣中含有的遠超過大氣中之含量的二氧化碳與氮的混合物而言。

煤，頁岩及金屬礦保安規程中對現用巷道內的最低含氧量與最高含有害氣體量規定出以下標準：

1. 現用礦道內的空氣中的含氧量不得少於體積的 20%。
2. 現用巷道內的空氣中及由礦井總出風流中含有毒瓦斯及爆炸性瓦斯的最高許可濃度為：

一、輕微性有毒瓦斯

二氧化碳 CO_2 ——在個別的用現巷道內不得超過體積的 0.5%。

二氧化碳 CO_2 ——在礦井總出風流中(通風上計算空氣時，以廢風中不超過 0.75% CO_2 為標準)不得超過體積的 1%。

二、強烈性有毒瓦斯

(在只含一種有毒瓦斯的情況下)

一氧化碳 CO ——工人在含有 CO 的大氣中短時間(0.5—1 小時)停留時，不得超過體積的 $8 \times 10^{-3}\%$ 。

一氧化碳 CO ——工人整班時間在含有 CO 的大氣中停留時，不得超過體積的 $1.6 \times 10^{-3}\%$ 。

把氮的氧化物換算為 N_2O_5 ——不得超過體積的 $1.0 \times 10^{-4}\%$ 。

二氧化硫瓦斯 SO_2 ——不得超過體積的 $7 \times 10^{-4}\%$ 。

硫化氫 H_2S ——不得超過體積的 $6.6 \times 10^{-4}\%$ 。

如果氮的氧化物和一氧化碳在空氣中同時存在，那麼就用系數 6.5 把氮的氧化物換算為“假設的”一氧化碳。

三、爆炸性瓦斯 (沼氣 CH_4)

1%——在區段排出的風流中。

0.75%——在礦井總出風流中。

0.5%——在送入工作面進行通風的風流中。

2%以下——在回採工作面或掘進工作面沼氣局部集中處。

1%以下——放炮之前。

例題與習題

例題 1

當人們長期在含有 CO 的空氣中停留時，礦內空氣中所允許的 CO 含量之最高重量標準 $n_B = 0.02$ 毫克/公升。

求一氧化碳所佔的體積%比 n_o 。

題解

任何有毒瓦斯的重量標準 n_B 皆可用下式表示：

$$n_B = \frac{n_o}{100} \times \frac{1000M}{22.4} = \frac{n_o M}{2.24}, \text{ 毫克/公升}, \quad (3)$$

式中 M ——克分子，即與其分子量相等的瓦斯克量；

n_o ——瓦斯標準之體積%比；

22.4——當溫度為 0°C ，壓力為 760 公厘水銀柱高時，任何氣體之克分子體積。

或者

$$n_o = \frac{2.24 n_B}{M}, \text{ \%}. \quad (4)$$

CO 之分子量

$$M = 12 + 16 = 28 \text{ 克}.$$

因而

$$n_o = \frac{2.24 \times 0.02}{28} = 0.0016\% = 1.6 \times 10^{-3}\%.$$

答: $n_o = 0.0016 = 1.6 \times 10^{-3}\%$ 。

例 題 2

礦內空氣中所含 N_2O_5 的最高許可量的重量標準 $n_B = 0.005$ 毫克/公升。

試求這種氣體的最高許可體積(所佔%)的濃度 n_o 。

題 解

N_2O_5 的分子量

$$M = 28 + 80 = 108 \text{ 克}.$$

N_2O_5 的體積標準等於

$$n_o = \frac{2.24 \times 0.005}{108} = 0.00010\% = 1.0 \times 10^{-4}\%.$$

答: $n_o = 0.00010\% = 1.0 \times 10^{-4}\%$ 。

例 題 3

礦內空氣中 SO_2 的最高許可含量的重量標準 $n_B = 0.02$ 毫克/公升。

試求體積標準 n_o (所佔%)。

題 解

SO_2 的分子量

$$M = 32 + 32 = 64 \text{ 克}.$$

體積標準

$$n_o = \frac{2.24 \times 0.02}{64} = 0.0007\% = 7 \times 10^{-4}\%.$$

答: $n_0 = 0.0007\% = 7 \times 10^{-4}\%$ 。

例 題 4

進入礦內的大氣的成分為

$$20.95\%O_2 + 0.03\%CO_2 + 79.02\%N_2 = 100\%.$$

礦內排出的總風流中含有

$$0.60\%CH_4 + 0.35\%CO_2 + 20.35\%O_2 + 78.7\%N_2 = 100\%.$$

試將上述的礦井總出風流細分為大氣、活躍性瓦斯與窒息性氣體。

題 解

20.35 公升氧的二氧化碳當量為

$$0.03 \times \frac{20.35}{20.95} = 0.0292 \approx 0.03 \text{ 公升}.$$

20.35 公升氧的氮當量為

$$79.02 \frac{20.35}{20.95} \approx 76.8 \text{ 公升}.$$

因此，這一礦井的出風流可細分為

大氣.....	{	CO ₂ ——0.03%
		O ₂ ——20.35%
		N ₂ ——76.80%
計.....		97.18%
活躍性瓦斯(CH ₄).....		0.60%
窒息性氣體.....	{	N ₂ = 78.7 - 76.8 = 1.90%
		CO ₂ = 0.35 - 0.03 = 0.32%
計.....		2.82%
總計.....		100%

例 題 5

如供給井下每名礦工的風量為 6 立方公尺/分，當進入礦內

的風流中含有 0.04%CO₂ 时，出風流中就含有 0.44%CO₂。

当平均每人呼出的 CO₂ 量为 0.8 公升/分，汽油灯放出的 CO₂ 量为 0.2 公升/分时，試求这种气体有多大的部分是由於人呼出和汽油灯放出的？

題 解

1. 由於人的呼吸和灯的燃燒所增加的 CO₂ 量

$$\Delta\text{CO}_2 = \frac{0.8 + 0.2}{6} = \frac{1}{6} \text{ 公升/立方公尺.}$$

2. 所有各种來源所增加的 CO₂ 量

$$\Sigma\Delta\text{CO}_2 = 0.44 - 0.04 = 0.4\% = 4.0 \text{ 公升/立方公尺.}$$

3. 所求之比例

$$\frac{\Delta\text{CO}_2}{\Sigma\Delta\text{CO}_2} = \frac{\frac{1}{6}}{4} = \frac{1}{24}.$$

答: $\frac{1}{24}$ 。

例 題 6

人們吸入的空氣成分为

N₂——79.02%； O₂——20.95%； CO₂——0.03%；

呼出的空氣成分为

N₂——79.17%； O₂——16.63% 和 CO₂——4.20%。

試求人的呼吸系数等於若干？

題 解

呼吸系数就是当人們呼吸时，呼出的二氧化碳与被吸收的氧之比例。

被吸收的氧量为

$$20.95 - 16.63 = 4.32\%$$

所呼出的二氧化碳量为

$$4.20 - 0.03 = 4.17\%$$

那么呼吸系数就将等於

$$\text{呼吸系数} = \frac{4.17}{4.32} = 0.96.$$

答：呼吸系数=0.96。

例 題 7

發生火災時，如一架棚子被燃燒而其木質中含有的全部碳素都變為一氧化碳，这样就形成 95 立方公尺 CO，当巷道横截面 $S=5$ 平方公尺時，試求礦內大氣可能具有一氧化碳致命危險的巷道長度 x 的值。

題 解

因为当人們吸入含有 $n_0=1\%$ CO 的空氣時，就会立即死亡，因此，我們可取一段巷道使其符合在一架棚子燃燒后瓦斯充積的濃度正好符合上述含量的条件，以便近似地計算出二氧化碳沿巷道均匀擴散時具有危險的巷道長度。

瓦斯含量有致命危險的巷道長度可从下式求出：

$$\frac{95}{n_0} \times 100 = 5x,$$

$$x = \frac{9500}{5} = 1900 \text{ 公尺或 } 1.9 \text{ 公里}.$$

答：1.9 公里。

例 題 8

100 个体積的正常大氣加上多少个体積的沼氣能使含氧量減低