

苏联 A.Э.彼特罗晓恩著

多瓦斯缓斜煤层的开采

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書分析了矿井瓦斯湧出量的問題，介紹了怎样以煤層圍岩中湧出的沼氣為基礎來編制矿井氣體平衡表。

此外，根據對頓巴斯各矿井瓦斯湧出的研究，擬定出一種回采巷道瓦斯湧出量計算的圖解法，以及提出一系列保證在多瓦斯緩傾斜煤層中採用長壁式開采法和後退式開采法的具体建議。

РАЗРАБОТКА ПЛАСТОВ ПОЛОГОГО ПАДЕНИЯ С ВЫСОКОЙ ГАЗОНОСНОСТЬЮ В ДОНБАССЕ

苏联 А.Э. ПЕТРОСЯН 著

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1954年莫斯科第1版譯

532

多瓦斯緩斜煤層的開采

王英敏 龍惠章 韓紹文譯

煤炭工業出版社出版(地址：北京朝陽安德里長工礦部)

北京市書刊出版業營業登記證出字第084號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

開本78.7×109.2公分 1/32 • 印張5 1/4 • 字數58,000

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷

統一書號：15035·314 印數：0,001—3,050冊 定價：(10)0.48元

煤炭工業對於國民經濟的發展起着重要的作用。

在蘇維埃政權的年代里，蘇聯的煤炭工業達到了空前的發展。現在，蘇聯在采煤方面已居世界第二位。

煤炭工業沿着第十九次黨代會所指示的道路繼續發展。根據第十九次黨代會的指示，1955年的采煤量應比1950年大約增加43%。

在蘇聯的主要煤田——頓巴斯增加采煤量的方法之一，就是掌握深部的開采。但采煤工作越轉入更深的水平，礦井瓦斯湧出量就增加得越多。因此，為了在這種條件下保證順利地工作，就有必要從理論上和實際工作中創立與瓦斯作鬥爭的方法。

在許多學者，其中包括科學院院士阿·阿·斯闊成斯基，姆·姆·普羅托吉雅可諾夫教授，格·得·李金教授，契·契·車爾尼欽及其他等人的著作中，都報導了用井工方法開采瓦斯煤層時由沼氣帶來的巨大災害的情況。

在防止井巷湧出沼氣的問題上佔有重要地位的礦井通風理論，在蘇聯有了極大的發展，儘管蘇聯學者們以阿·阿·斯闊成斯基為首曾在這方面做了巨大的工作，但是，還有些個別問題需要繼續發展。

到目前為止，在頓巴斯瓦斯礦井中防止沼氣的基本方法是將沼氣稀釋到保安規程所規定的界限以下。在多瓦斯礦井中，這種方法引起了通風上的複雜化，增加了采煤成本，失去了把礦井中湧出的沼氣用於工業上的可能性。

本書的目的在于尋求消除這些缺點的途徑。

目 录

原 序

第一章 矿内巷道沼气湧出量的基本概念	3
概 論	3
煤層及岩層的沼气含量	4
煤層中沼气存在的状态	5
向矿内巷道中湧出沼气	6
矿内巷道的绝对和相对沼气湧出量	11
工作面空間的沼气湧出量与頂板管理方法的关系	13
第二章 頓巴斯开采緩傾斜煤層的某些矿井的 瓦斯湧出量	14
頓巴斯煤田瓦斯含量的簡單特征	14
德龙諾夫斯基和茲勞特高勒夫斯基的矿井瓦斯湧出量	17
德龙諾夫斯基区矿井瓦斯湧出的特征	33
第三章 根据相对沼气湧出量的通風計算	40
用矿山統計方法計算沼气湧出量	40
根据安全規程，沼气湧出量的計算	42
矿井绝对沼气湧出量与矿井晝夜产煤量之間的关系	45
第四章 用圖解法計算矿井沼气湧出量	54
采空区落頂，工作面移动及回采区的沼气湧出量	54
采煤工作的进展对回采区沼气湧出量的影响	59
回采区的最大绝对沼气湧出量	63
工作面空間的绝对沼气湧出量	70
老頂陷落初期采空区最大绝对沼气湧出量	74
回采区到达稳定工作時間的确定	76
矿井及回采区沼气湧出量的指标	76
从采空区中排除沼气及其做为燃料的利用	80
采煤方法的选择	81
影响回采区沼气湧出量的諸因素	90
落煤方法对采区沼气湧出量的影响	93
按回采区沼气湧出量的条件校正工作面設計長度	97

第一章 矿内巷道沼气湧出量的 基本概念

概 論

在井下开采煤層时是用地表供給的空气进行巷道的通風。

地表的空气(大气)基本上是由三种气体混合組成的：氮气——79%，氧气——20.96%和二氧化碳——0.04%。此外，在地表大气中还含有各种有机生成和無机生成的混合气体，并且含有水分。大气在矿内巷道中流动时，改变了本身的組成，变为所謂矿内空气。自由散佈和充滿在矿内巷道中的矿内空气称为矿内大气。

矿内空气的成分是有变化的，它随着开采深度、地表供給的空气量以及各生产过程而变化着。

矿内空气成分的变化，基本上是由于含氧量的減少。氧气的消耗是由于人的呼吸、坑木的腐爛、煤的氧化、矿灯的燃燒、爆破工作及其他等等。同时在矿内大气中增添了二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫、硫化氢、二氧化氮、氨、重碳氮化合物及沼气。除沼气以外，防止上述各种气体的为害并不是很困难的，因为这些气体的發生量并不很大，容易被大气冲淡。防止沼气就有很大的困难，因为这种气体的湧出量是很大的。

沼气(CH_4)是碳(C)与氢(H)化合而生成的气体。

沼氣無色、無臭、無味，其比重為 0.554，分子量為 16.03，氣體常數為 52.90。

在自然條件下，沼氣是有機物質隔絕空氣腐爛而生成的，例如在沼澤的底部。沼氣本身對人體無害，但是它与空氣混合後形成爆炸性混合物，因此沼氣在礦業上被稱為爆炸性氣體。

此外，沼氣的存在就降低了空氣中氧氣的含量。

根據蘇聯科學院院士阿·阿·斯闊成斯基的資料，空氣中含爆炸性氣體達 57% 時，空氣中氧氣的含量就降低到 9—12%，這對人是有致命危險的。在其他條件相同時，空氣中爆炸性氣體含量為 7—8% 時最容易着火，含量為 9.5% 時其爆炸力最強。

爆炸性氣體(沼氣)，在工業中可以作為民用燃料。

煤層及岩層的沼氣含量

“沼氣含量”一詞與“瓦斯含量”一詞意義是相同的。在研究煤層時，每一噸煤或一噸岩石中所含沼氣的立方公尺數叫煤層或岩層的“沼氣含量”。

蘇聯科學院礦業研究所對於煤田瓦斯含量的研究進行了巨大的工作，在這些工作的基礎上編制出蘇聯各主要煤田假定的瓦斯含量圖。

技術科學博士格·得·李金從研究中確定了，煤田中自然瓦斯的化學成分是隨著深度而有規律地發生變化的，並形成了幾個帶：氮氣-二氧化碳帶、氮氣帶、氮氣-沼氣帶及沼氣帶。

由此可見，在前兩帶中几乎不含沼氣，它們被稱為瓦斯風化帶。瓦斯風化帶的深度是不一致的，在頓巴斯東南部為 800—1000 公尺，而在該煤田的西部則為 100—200 公尺。

瓦斯風化帶中煤層的沼氣含量很少，每噸煤中通常不會超過 1—2 立方公尺，但隨著深度的增加，它可以增加到 30—40 立方公尺/噸。

煤田的瓦斯含量可以分為原始的與現時的瓦斯含量兩類。

煤田的原始瓦斯含量與煤生成的複雜條件有關。

根據推想，瓦斯是煤在岩層構造變位所產生的極大壓力下發生變形過程中生成的，而且煤層的原始瓦斯含量要比現時的瓦斯含量大得多，後者是決定於該煤層的煤的性質、煤層的地質條件和埋藏條件的。

測定煤層的瓦斯含量有幾種方法：所研究煤層的煤試樣的分析，根據地質資料的研究，潛藏沼氣含量的測定等。

岩石的沼氣含量取決於散佈在岩層中的含煤物質的性質和數量，在頓巴斯煤層的圍岩中，每噸岩石的沼氣含量由 0.02 到 0.05 立方公尺。

煤層中沼氣存在的狀態

沼氣以兩種狀態存在於煤層中：游離狀態和結合狀態，在第一种情況下，沼氣在壓力下充滿於煤及岩石的微孔、裂隙及空洞中，在第二種情況下沼氣吸附和吸收於煤體內。

在压力达 100 大气压时，煤層中大部分瓦斯以吸附状态存在。

煤層中所含的沼气量可能非常大，如果使煤中的沼气处于标准状态，那末，它的容积可能比煤的容积大数十倍，这是因为煤有很大的孔隙性，1 克煤的全部微孔的吸附表面积可达 200 平方公尺。已经确定出，干燥的粉煤中含有大量的瓦斯。

游离的瓦斯以压力状态充满在煤的微孔和空洞中，在目前开采深度情况下，这种压力已达很大的数值，在顿巴斯测得的瓦斯压力为 52 大气压，而在其他国家的煤田也达 50 大气压。

向矿内巷道中涌出沼气

在井下开采含瓦斯煤層时，巷道中的大气含有沼气，这些沼气可能是从开采的煤層中涌出，也可能从邻近的含瓦斯煤層或岩層中涌出，以及从充满沼气的裂缝或空洞中涌出，这种来源的瓦斯涌出叫做初期涌出。

随着生产过程的发展，产生所谓后期沼气涌出：采煤时发生的（从煤体落下的煤），采空区中涌出的。

巷道中沼气的初期涌出可以分为下列的几种形式：正常涌出；瓦斯喷出；突然喷出。

沼气是以不同的强度向外涌出的，现代矿井通风理论是按照沼气存在的不同形式来研究沼气涌出的强度：

a) 游离的；

6) 吸附的；

В)吸收的。

也按照沼氣湧出的不同原因：

а)从煤層的固定暴露表面；

б)从煤層的移動暴露表面；

в)从煤體上采落的煤中；

г)从采空區中；

д)突然噴出及其他。

游離狀態的沼氣向巷道中湧出的強度取決於瓦斯在煤層和岩層中存在的壓力，孔隙的構造及孔隙率的大小。

吸附狀態的沼氣向巷道中湧出的能力也取決於這些條件。在岩石壓力作用之下，煤會被壓實，反之，減少岩石壓力，煤就擴張起來，前者減少煤的孔隙度，後者則增加煤的孔隙度。

如果要作概略的計算，可以認為工作面固定暴露表面的瓦斯湧出強度與時間的平方根成反比例：

$$V_t = \frac{V_0}{\sqrt{t}}, \quad (1)$$

式中 V_t ——單位時間內單位表面積的瓦斯湧出強度，立方公尺；

t ——煤面暴露時間；

V_0 ——煤固定暴露表面初期的瓦斯湧出強度。

从煤層移動的暴露表面中瓦斯的湧出，如果其移動速度是連續的、穩定的、並且與瓦斯排出帶的移動速度是一致的話，那末，煤層在該具體條件下其瓦斯湧出量是固定的，可按勒·莫·克里切夫斯基提出的公式來決定：

$$Q = K_n \frac{P_0}{\sqrt{t + \tau}} \cdot S, \quad (2)$$

- 式中 Q ——巷道中沼气湧出量，立方公尺；
 K_n ——瓦斯向工作面湧出的特征系数；
 S ——工作面的面积，平方公尺；
 t ——巷道掘进期間的时间，晝夜；
 P_0 ——煤層中瓦斯的自然压力，大气压；
 τ ——煤暴露面理想的存在期限，晝夜，在此时期中生成排瓦斯帶，排瓦斯帶的大小与煤層开拓时的固有排瓦斯帶是一样的。

沿煤層掘进的独头巷道的工作面所排出的沼气量可按依·莫·別秋克的公式来計算：

$$G = \beta \cdot m \cdot V \cdot \gamma \cdot \omega \cdot T, \quad (3)$$

- 式中 β ——与掘进方法有关的，巷道壁的沼气湧出系数，用实验的方法来确定(無名数)；
 m ——煤層厚度，公尺；
 V ——工作面掘进的平均速度，公尺/月；
 γ ——煤的容重，吨/立方公尺；
 ω ——煤層瓦斯含量，立方公尺/吨；
 T ——出煤系数，用实验方法确定。

根据依·莫·別秋克的研究，由不移动的暴露表面所洩出的瓦斯是非常小的(0.12—0.30 立方公尺/分)。从工作面中洩出的瓦斯是由于岩石压力作用之下，破坏和粉碎了煤体，其瓦斯湧出量在整个工作面長度上是固定的，并且与長度成正比，在頓巴斯各矿，大多数情况下，每1平

方公尺工作面为 0.004—0.0087，立方公尺/分。

从煤层暴露面涌出的瓦斯，在大多数情况下是矿井瓦斯的主要来源，并发生在整个煤的暴露面中。不移动暴露面上瓦斯涌出的强度，在刚一暴露的瞬间瓦斯的涌出量是很大的，而后逐渐减少，以致最终达到零值。

由煤层暴露的瞬间到瓦斯停止涌出的时间叫做排瓦斯期间，其延续时间取决于煤层的含瓦斯量、其渗透性、自然的和人为的裂隙性及其他等等。瓦斯煤层的排瓦斯期间可由几个月到几年之久。

采空区中瓦斯涌出的特征，有些学者研究得非常细致，然而从数量上来确定采空区瓦斯涌出的方法到现在还没有。

很多学者认为，同样重量的煤，其块度越小，由含瓦斯煤层中涌出的沼气量越多。煤块中瓦斯涌出的强度主要取决于所采落的煤的块度、瓦斯含量和瓦斯的渗透性。

圖 1 表明，煤块中瓦斯涌出强度与时间的变化曲线。用最小二乘法来研究这一曲线证明，从采落的煤块中瓦斯涌出的强度与时间按双曲线的关系而变化，其公式为：

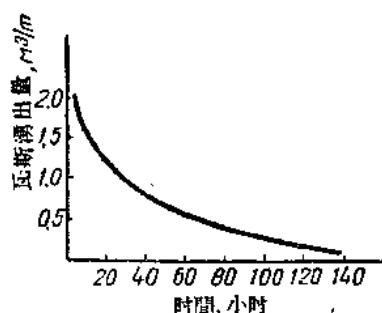


圖 1 煤塊中瓦斯湧出強度與時間的關係

$$G_k = \frac{26.65}{t+0.5} - 0.0025, \quad (4)$$

式中 G_k ——由煤塊中湧出的瓦斯量，立方公尺；

t ——時間，小時。

減小煤的塊度就增加瓦斯湧出量，這是因為煤表面積的總和增加了同時增加了瓦斯的滲透性和透過能力。

在上述基礎上可得出結論，在其他條件相同時，采落的煤其新表面的瓦斯湧出量與其沼氣含量和暴露面的面積成正比，即

$$G = K_y \cdot F_0, \quad (5)$$

式中 G ——采落的煤每晝夜瓦斯湧出量，立方公尺/晝夜；

K_y ——采落的煤每平方公尺暴露面上每晝夜湧出的瓦斯量（由煤樣試驗分析而得），立方公尺；

F_0 ——采落的煤的暴露面積，平方公尺。

這種形式的公式也可以用來確定采空區中的瓦斯湧出量，因為在某些假設條件下，可以認為采空區中的瓦斯湧出過程與采落的煤是一樣的。

這種解釋同樣可以用於對工作面的移動暴露面的瓦斯湧出，因為煤面並不是一個整體，而是破壞的，由脫離煤體的煤塊所組成的（到一定的深度），在這種情況下公式（5）可變為下列的形式：

$$G_n = C_n \cdot K_y \cdot F_n, \quad (6)$$

式中 G_n ——采煤工作面暴露表面的瓦斯湧出量（每晝夜重新露出不少於1次），立方公尺/晝夜；

U_n ——与采煤方法有关的系数(無名数), 当工作面不采用打眼爆破工作时, U_n 值近于 1;

F_n ——工作面煤暴露面的总面积, 平方公尺。

矿内巷道的绝对和相对沼气湧出量

单位时间内向巷道中洩出的沼氣量叫做矿内巷道的沼氣湧出量, 沼氣湧出量分为绝对的(Q)和相对的(q)。

巷道的绝对沼氣湧出量就是每晝夜向巷道中洩出沼氣的量(按立方公尺計算), 而相对沼氣湧出量是把这一数量分配到每晝夜正常产煤 1 吨的沼氣量。

矿井沼氣湧出量取决于两个基本因素:

1. 开采煤層的沼氣含量;
2. 开采的技术条件(采煤方法、通風系統、頂板管理方法、落煤方式)。

当开采附近有相当大瓦斯来源的煤層时, 其巷道的绝对瓦斯湧出量(Q)是由下列四部組成:

$$Q = A + B + C + D, \quad (7)$$

式中 A ——从矿井已采落的煤炭中每晝夜湧出的瓦斯;

B ——从采煤工作面的暴露面湧出的瓦斯;

C ——从工作面空闊煤層的頂底板湧出的瓦斯;

D ——采空区中湧出的瓦斯。

由 1 种原因的湧出的瓦斯量不是很重要的。

当被开采煤層的圍岩瓦斯含量不大时, 特别是采用全部充填采煤法时, 起决定作用的是 B 种原因; 在相反的情况下, 大半是受 C 及 D 种原因的影响。根据全苏煤矿研

究所的資料，由采空區向工作面空間湧出的瓦斯通常佔 10—20%。

在頓巴斯所調查的大部分工作面，由采空區中直接向回風道湧出的瓦斯比向回采空間湧出的瓦斯量大 1 倍。在距離工作面的上角煤前 50—100 公尺的地方，向回風道湧出瓦斯的強度最大。根據波·耶·道爾關夫^①的資料，在頓巴斯直接由采落的煤中，湧出的瓦斯佔回風道中瓦斯湧出量的 10—15%，或佔矿井絕對瓦斯湧出量的 5—10%。

煤矿和油母頁岩矿保安規程中規定了確定矿井沼氣湧出量的一定步驟。按這規程的指示，矿井或者煤層的沼氣湧出量在每年 6—7 月間取該月中三次測定所確定的最大沼氣湧出量。測定工作應在正常采煤工作日，每月的月初、月中和月末進行。

這些測定工作每晝夜進行三次，每班一次。

進行測定的日子應能代表從采煤方法及頂板管理方面考慮到的最大瓦斯湧出量的時期。

每日絕對瓦斯湧出量的平均值(Q)應按下列公式確定

$$Q = \frac{I_1 P_1 + I_2 P_2 + I_3 P_3}{3 \cdot 100} \text{ 立方公尺/分,} \quad (8)$$

式中 I ——取樣時所測得的風量，立方公尺/分；

P ——試驗室分析出的空氣試樣中含瓦斯的百分數。

相對瓦斯湧出量的大小，根據最大絕對瓦斯湧出量，

^① 波·耶·道爾關夫著“矿井采煤量與其瓦斯湧出量的關係” ДКОУ, 1934年版。

可按公式求得:

$$q = \frac{Q_M \cdot 24 \times 60 \times d}{A_M} \text{ 立方公尺/每晝夜产煤1吨, (9)}$$

式中 q ——矿井或煤層的相对瓦斯湧出量, 立方公尺/
每晝夜产煤1吨;

d ——測定瓦斯湧出量的那个月份的工作日数;

A_M ——矿井或煤層的月产煤量, 吨。

苏联科学院矿业研究所研究了用矿山統計的方法来
确定矿井瓦斯湧出量, 其基本原则如下:

測定由个别巷道或采区流出的風量和測定由通風联络
巷道、天井和井筒流出的風量; 此外, 在这些巷道收集試
样进行分析。这就有可能計算回風風流散放的瓦斯量。在
三級和超級瓦斯矿井, 考虑到瓦斯等級的測定(9次)和所
謂計劃的測定(36次), 每年平均瓦斯湧出量可以按45次
測定資料計算出来。瓦斯湧出量随時間而变化, 因此是不
稳定的, 同时測定的准确度并不大(誤差达20—30%), 所
以才定出按上述測定所計算的瓦斯湧出量的平均值。此时
变化系数为20—25%。

确定了采区或几个采区(翼)、水平及整个矿井的每晝
夜瓦斯湧出量和日产煤量之后, 就可計算出相对的沼气湧
出量。

工作面空間的沼气湧出量与頂板管理方法的关系

当采用全部或局部充填采空区的頂板管理法时, 采煤
工作面發生破坏, 使工作面空間容易增加沼气湧出量, 当

采用全部陷落頂板管理法时，岩石压力向冒落部分伸張，工作面遭受压力較小，工作空間的沼气湧出量比采用充填采空区的頂板管理法时要小。

采空区局部充填的頂板管理法的缺点是集聚在采空区中的瓦斯会穿过采区巷道向工作面空間侵入。

可以認為，全部陷落的頂板管理方法，由于大量地破坏了存在于开采煤層頂板的瓦斯来源，采区的絕對沼气湧出量就要增加。但是采用的这种頂板管理方法比充填采空区时有着更有力的采空区通風，它能够加速采空区瓦斯的洩出。工作面支架的坚固性和煤的硬度，对工作面空間瓦斯湧出量有很大的影响，支架越坚固，煤的破坏就越小，工作面的瓦斯湧出量也越少；开采煤層的硬度越大，对岩石压力的抵抗力就越大，瓦斯湧出的程度也越小。

第二章 頓巴斯开采緩傾斜煤層的 某些矿井的瓦斯湧出量

頓巴斯煤田瓦斯含量的簡單特征

在地形上頓巴斯是一个經過冲积的平緩山区，水文地理網不發达。

頓巴斯为古生代、中生代及新生代的沉积岩所組成。其西南部为前寒武紀的片麻岩及巨塊結晶岩石。泥盆紀为海生砂質粘土沉积層。中間夾有石灰岩夾層，总厚度达600公尺。石炭紀共分下中上三界。

石炭紀夾煤系的厚度从西部 1800 公尺 逐漸增加 到东部的 4000 公尺。

石炭紀下層可分为七个層羣；石炭紀中層按標誌石灰岩同样可分为七个層羣；石炭紀上層分为三个層羣。

煤層厚度由几公尺到 1.5 公尺，仅在个别情况下为 2 公尺，煤層总数达 200 个。

在煤田內主要是腐植土式煤，煤的平均灰分为 10—15%。

开采煤層中約有 80% 为緩傾斜和傾斜煤層，其余为急傾斜煤層。約佔煤田中所有矿井的 70% 是用豎井开拓的，其余的則用斜井。煤田中各矿井基本上采用全面采煤法开采。

頓巴斯的煤層多数含有沼气。

在瓦斯風化帶中，煤層每吨煤的瓦斯含量不超过 1—2 立方公尺，在沼气帶中，瓦斯含量随深度增加达到 30—40 立方公尺/吨。应当注意到，緩傾斜煤層瓦斯含量随着深度的增加，較急傾斜煤層为快，因此在向斜和背斜構造中煤層瓦斯含量由四周向折曲軸增加。

在煤質構造破裂和錯动地帶中，瓦斯含量与裂隙的性质有关，也就是說，当为通向地表的开放的裂隙时，瓦斯含量就減低。如果是封閉的裂隙而且这些裂隙与煤層的錯动有关时，則瓦斯含量就增加。在保克夫斯基、司聶斯納斯基及沙赫琴斯克-聶司維达耶夫斯基区域中，煤層的瓦斯洩出說明了此类裂隙的存在。經過長期浸蝕易于洩出瓦斯的煤層，其瓦斯含量要低些，因此遭受冲刷比东部較輕的