

煤矿 沼 气 涌 出

〔苏〕A.Э.彼特罗祥 著

宋世钊 译 王佑安 校

煤炭工业出版社

TD712

8

3

煤矿沼气的涌出

[苏]A.Э.彼特罗祥

宋世钊 译 王佑安 校

煤炭工业出版社

B 029913

内 容 简 介

书中列出了苏联不同煤田矿井中沼气显现的大量资料,指出了决定各煤田瓦斯含量的规律性(煤层瓦斯含量与主要开采技术因素的关系)。书中给出了预测巷道瓦斯涌出量和按瓦斯因素对巷道参数进行工程计算的科学基础。

本书供从事含瓦斯煤田开采工作的科研、设计、建设和煤矿工程技术人员阅读,也可作为采矿高等院校师生的参考书。

责任编辑:金 连 生

А.Э.ПЕТРОСЯН
ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАНА
В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ
Издательство «Наука»
МОСКВА 1975

*
煤 矿 沼 气 涌 出
〔苏〕А.Э.彼特罗祥
宋世钊 译 王佑安 校

*
煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路16号)
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $6^{1/2}$
字数 141 千字 印数1—3,620
1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷
书号15035·2542 定价0.70元



译 者 的 话

A.Э.彼特罗祥所著《煤矿沼气涌出》一书总结了苏联在研究煤矿沼气涌出方面所取得的成就和经验。作者在书中对煤矿中沼气的赋存和涌出形式、沼气的涌出规律、预测沼气涌出量及按瓦斯因素确定矿井开采工艺诸参数的原则等问题作了比较详细的论述和探讨，并提出了一些与众不同的见解和观点。所有这些，对我们研究矿井瓦斯涌出和防治矿井瓦斯的工作具有一定的参考价值。

我国不少煤矿为高瓦斯矿井，防治瓦斯已成为煤矿生产中不可缺少的、十分重要的一环。但我们对矿井瓦斯的涌出规律和预测瓦斯涌出量的方法还缺乏系统的、全面的、深入的研究，而对已经作过的研究工作及从中所积累的资料也缺乏系统的、认真的分析和归纳。译者希望该书的翻译和出版能够促进这方面的研究工作，同时能有助于开展我国煤矿瓦斯的防治工作。

应当指出，译者虽然认为该书有参考价值，但并不完全赞同著者在该书中所阐述的某些论点及为某些论点所作的论证。但是，这并不减少翻译出版该书的意义，因为对学术问题的讨论是无止境的，也是可以各持己见的，同时，我们也不能要求一本书是十全十美的。

此外，因考虑原书第一章主要是介绍苏联煤矿沼气涌出研究工作的发展概况，对我们参考价值不大，故在翻译出版时删去了。

由于水平所限，该书在翻译中难免有不妥之处，敬请读者指正。

前 言

已经查明，在天然气和石油的开采速度不断增长的情况下，它们在地球上的储量将在下一世纪的中期被耗尽。假如注意到煤的变质过程是在十公里、甚至更大的深度进行的这一点，则煤的储量实际上是取之不尽的。今后，核能、太阳能、地热能及水能等在世界能源组成中的比重将不断增大。但是，煤中所含的多种化学元素，以及煤加工所得的液体和气体能源，实际上将是永远需要的。因此，正像 H.B. 梅利尼柯夫院士所指出的，露天和井工法采煤，以及将煤进行地下气化和化学分解，在很远的将来也仍然是必要的。

还应当指出，在天然围岩实际上是不透气的条件下，成煤过程中每形成1吨煤要涌出多达 600~700 米³的沼气。因此，必须把超深的煤矿床看成是煤-气田。

巷道中沼气的涌出，使井下采煤遇到很大的困难。现在，苏联煤炭工业部所属的生产矿井中，50% 以上是三超级瓦斯矿，这就使这一问题显得更加重要。苏联三、超级瓦斯矿的比重逐年增大，这在很大程度上是由于矿井的延深及煤层瓦斯含量的相应增大造成的。

例如，在1950年，开采深度超过700米的矿井只有3对，而到1973年，这样的矿井就超过40对。并且，这些矿井基本上都是在顿巴斯的含瓦斯煤田。今后，主要是发展炼焦煤和无烟煤的开采，而顿巴斯的这类煤田基本上已经开发。所以，开采深度将日趋增大，矿井的瓦斯涌出量也将随之增加。炼焦煤和无烟煤产量进一步增长的途径是，延深现有的生产矿

井及建设少量深度大于1000米的新井。例如，A. A. 斯柯钦斯基矿，现在的开采深度已是1200米，而其设计深度为1500米。

随着矿井产量和开采深度的增加，绝对瓦斯涌出量将增大。绝对瓦斯涌出量愈大，为把瓦斯稀释到安全浓度所需送入井下的风量也就愈大。但是，可能送入井下的风量是有限的，而一些技术的和经济的因素又阻碍着矿井瓦斯抽放率的提高。决定巷道绝对瓦斯涌出量的大小除了一般的沼气涌出外，在煤矿尚有所谓的特殊沼气涌出，其中包括煤和瓦斯突出及瓦斯喷出。这些特殊的沼气涌出，给矿工带来了更大的危害。

为防治这些现象，需要研究沼气涌出强度与开采深度、采煤工艺过程，以及诸如煤岩层瓦斯含量、瓦斯压力、煤岩的透气性及瓦斯容量等一系列自然因素的关系。

现代的科学技术是沿着工艺过程所有环节的自动化的道路发展的。不研究瓦斯涌出的规律性，就不可能使防治煤矿瓦斯涌出的技术沿着这一道路发展。

本书是在A. A. 斯柯钦斯基矿业研究所多年的实践经验和研究工作的基础上写成的，作者也亲自参加了上述的研究和实践工作。

目 录

第一章	决定煤田现今瓦斯含量的规律性	1
第二章	煤层瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量与开采 深度的关系	56
第三章	井下巷道的瓦斯涌出量与开采技术因素的关系	83
第四章	预测巷道瓦斯涌出量和按瓦斯因素确定 巷道参数的原则	135
第五章	论煤和瓦斯突出的实质	175

第一章

决定煤田现今瓦斯含量的规律性

地质年代中煤层的形成，是原始植物变成泥煤和煤、以及煤变质过程的结果，它伴随着大量瓦斯的涌出。大致的计算表明，在原始物质的整个碳化期间，每吨煤能涌出 600米^3 以上的沼气，而在从长焰煤到无烟煤的变质过程中，则要涌出近 240米^3 的沼气。

某一煤层煤中所保存的瓦斯量大小，取决于煤周围介质的透气性、自由瓦斯所占据的容积及煤的吸附性能。

在其它条件相同的情况下，这一介质的透气性愈好，则瓦斯的风化过程就进行得愈剧烈，煤的瓦斯含量就愈少，瓦斯风化带的深度就愈大；而当周围介质的透气性相同时，煤的变质程度愈高，则煤的瓦斯含量就愈多。

由十分不均质的原始物质（地上和水下植物、浮游生物、从外界带入的泥煤和从大气尘埃沉积下来的无机物等等）形成的煤层，是一种各向十分不均质的物体，它是由煤质物（可燃物）和各种杂质组成的，这些杂质有各种不同的岩石组分和物理-化学性质。

煤层的主要（虽不是唯一的）组份是煤，而煤的主要组份是碳质物。

甚至，对单个煤粒也只可假定地说是均质的。

在地质勘探时期，为确定煤的煤岩组分和生成类型，用宏观和微观方法进行的大量研究表明，由同一煤层的相近点

取得的煤样，具有不同的煤岩组份，且不是均质的物体。

给定煤层的基本部分——煤质物，其成份和物理-化学性质是均质的。根据变质程度的不同，煤质物乃是碳的一定的同素异性体。

由于煤层中煤质物是沼气的主要吸附剂，故在实验室测定煤的吸附性能后，可以代表该种煤，甚至该煤层的吸附性能。因此，按吸附性质来说，某一种煤或某一层煤可以假定地认为是各向同性的物体。

但是，煤的、尤其是煤层的孔隙率和裂隙性不仅与煤质物的物理性能有关，而且还与煤层中其它组份的数量、分布和性质有关，与在地质年代中发生的构造运动等有关。也就是说，这些物理性质是在大量的自然因素无规则显现结果中形成的。因此，从孔隙率、裂隙性、以至自由瓦斯的容量和透气性的观点看，煤、尤其是煤层，乃是一些各向异性体。

煤（煤层）中的裂隙、大孔和微孔，只是在大小不同的有限范围内互相联通及与围岩中的孔隙和裂隙联通的，从而形成了一些大小不同的、互相隔绝的自由瓦斯空间。这些空间无规律地沿煤层各个方向散布着。赋存于这些空间中的瓦斯量，取决于煤的变质程度及周围介质的透气性。煤的变质程度决定了煤层形成期间产生的瓦斯总量。当其它条件相同时，煤层离地表的深度愈大，其透气性就愈小。根据希利特定律，在矿区的每一点，煤的变质程度是随地层的深度增大而增长的。

此外，十分明显，在变质过程中，每一个一定容积的空间，不管其大小如何，都吸取了从不同体积的煤质物中产生的瓦斯。因此，一些小容积的空间就可能吸取大量的瓦斯，相反也一样。

虽然在煤质物的变质过程中单位重量的某一种煤产生了一定量的瓦斯，但在上述这些空间中充填的瓦斯量可以有很大的差别，并且，根据周围介质的阻力、这些空间的容积和进入其中的瓦斯量的大小，在每一空间中造成了一定的瓦斯压力，其值服从于克拉别龙-门杰列耶夫理想气体的状态方程式。因此，沿煤层的走向和倾斜方向可以遇到上述的任何一种情况，而煤层的瓦斯压力值可以是各不相同的。与此同时，吸附瓦斯量和自由瓦斯量的比值也可以是各不相同的。

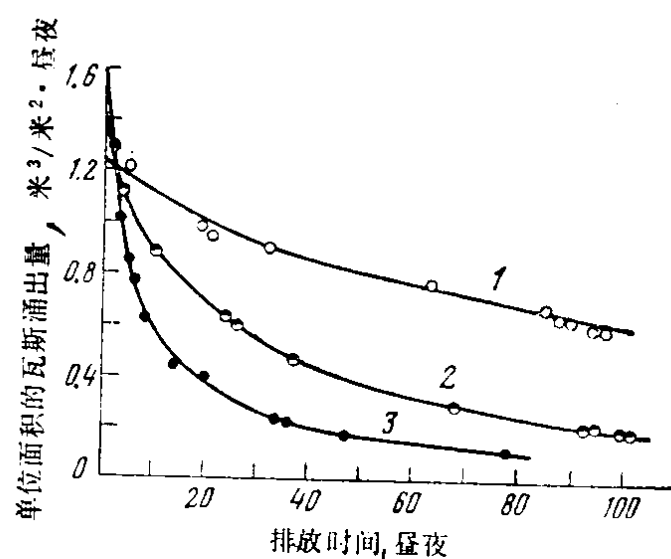


图 1 沿Φ.康矿 l_4 层所打钻孔的沼气涌出
1—一号孔；2—二号孔；3—三号孔

上述观点的一个证明是：沿煤层走向所打的一些深度不同和相互间距不大的钻孔中，有时就测不到相同的瓦斯压力。试验表明，钻孔的影响范围是非常有限的，钻孔涌出瓦斯的特性与煤层暴露面和采落煤块涌出瓦斯的特性是相同的，都是一些衰减曲线（图1）。并且，在这些钻孔有效作用期间，从每一个钻孔涌出的瓦斯量也是各不相同的。一些煤田的实际瓦斯含量也表明，其沼气分布是不均匀的。下面列举斯柯钦斯基矿业研究所整理的一些煤田的瓦斯含量特性方

面的资料，这些资料是在地质勘探钻孔时用直接测定方法和按矿井的实际瓦斯涌出量资料整理而得出的。

顿巴斯矿区

按煤层的沼气含量，矿区可划分为三个区。在第一区范围内分布着各类烟煤，直到低变质程度的无烟煤。煤层的沼气含量一般是随深度增大而增大，最大为40米³/吨。

第二区是排放了瓦斯的煤层，它包括东顿巴斯高变质程度的无烟煤。该区的特点是：在已研究的深度（1500～1600米）范围内，也可能在煤层赋存整个深度，煤层实际上不含沼气。

在第三区（过渡区），即前两个区之间狭窄的条带区，在较浅的部位赋存着半无烟煤和无烟煤，到深部就逐渐转变为高变质程度的无烟煤。这些煤层的沼气含量开始时随深度而增大，直至40米³/吨，而后随深度的进一步增大而逐渐减少到5～10米³/吨或更少。

库兹巴斯烟煤矿区

该矿区是一个大向斜，其长轴从南东向北西延伸。二叠纪和上石炭纪煤系地层分成两组——较古老的巴拉洪斯卡雅组和较年轻的柯利楚金斯卡雅组。开采工作基本上是在矿区的西部边缘发展，而在北部和南部——发展较少。在已开发区的一些次生褶皱的轴部，煤层的埋藏深度达数千米。该矿区绝大部份矿井的开采深度不超过200米，而只是个别矿井（5/7矿、9/15《北方矿》、《焦煤-1》矿）的开采深度达到了350～500米。

矿区的特点是开采-地质条件十分多种多样。在个别地质区域，煤层的倾角由缓斜变到急斜，甚至倒转过来。经常遇到不同深度的次生褶曲和大量小的断层。煤层的厚度变化

为从不可采到20米。煤的变质程度也是十分不同的——从柯利楚金斯卡雅组的挥发份达40%的长焰煤（列宁区），到巴拉洪斯卡雅组的挥发份为7~10%的瘦煤（阿拉利切夫斯基区），在局部地区（楚米施斯基区）勘探钻孔发现了无烟煤。巴拉洪斯卡雅组煤的煤岩组分十分不均匀，柯利楚金斯卡雅组煤层大部份由亮煤组成。

由于影响因素是多种多样的，所以矿区内煤层的瓦斯含量和矿井瓦斯涌出量也十分不同：

地质构造是矿井巷道瓦斯涌出量的决定性自然因素。瓦斯最大的矿井位于封闭型的背斜区，或在大部分煤层处于与地表露头相隔绝的大断层带，即在长年的瓦斯排放处于困难条件的区域，有时是在轴部很深的向斜两翼；

开采高变质程度煤层的矿井具有较大的巷道瓦斯涌出量；

地层的高含煤率造成了近距离煤层群开采过程中瓦斯涌出的重新分配；

在已研究的距地表500~800米深的范围内，煤层的沼气含量为20~25米³/吨；大的构造破坏和赋存结构形态对煤层的沼气分布有很大的影响。

卡拉干达烟煤矿区

它是一个沿纬度方向的复向斜，北翼缓南翼陡。一些大断层从东到西将其分成三个单独的盆地：上索古尔斯克、卡拉干达和楚鲁拜-努林斯克。在向斜的轴部，煤系地层的埋藏深度为1500~2000米。个别煤层的厚度达5~8米。

卡拉干达盆地是最广泛开采的工业区，这里一些矿井的深度超过了300~350米（全矿区平均为255米）。楚鲁拜-努林斯克盆地的楚鲁拜-努林斯克区和钦捷克斯基区的开发晚

得多。在矿区的已开发区是缓倾斜煤层。煤系地层属中石炭纪。煤的变质程度随地层的深度而增高，从区域看从南西向北东逐渐增高（挥发分的变化范围为20~40%）。

应当指出，在现有的开采深度，各主采层挥发分的变化范围是较小的——25~30%，因此对瓦斯含量不会有很大的影响。

瓦斯风化带深度浅是矿区的一个特点。阿施里雅利斯克煤系最下部煤层和卡拉干达煤系下部煤层的沼气带上部边界位于40~120米深处，而两个上部煤系（多林斯基和钦捷克斯基煤系）各煤层沼气带的上部边界为150~250米。从沼气带上部边界开始，随着深度的增加，煤层的瓦斯含量在开始时增长很快（在最初的100米范围内增长10~20米³/吨），而以后——增长速度减慢。在500~800米深处的煤层，沼气含量一般为20~25米³/吨，局部区域达30米³/吨。

当有大量的不可采煤层和含碳岩石层而使煤系地层有高的含煤率时，有邻近层的煤层巷道的沼气涌出量就大。

别卓尔斯克煤田

该煤田与极地乌拉尔和北乌拉尔的西坡相接壤，并具有十分复杂的褶皱构造，其中的沃尔库特和英琴斯克煤田已进行工业性开采。近几年来，开始开发哈尔梅尔-尤尔斯克煤田。

沃尔库特和英琴斯克煤田是一些向斜褶皱，其煤层的倾角是变化的。在沃尔库特短轴向斜的轴部，含煤地层降到了1500米以下的深度。在英琴斯克煤田，只开发了褶皱的中央部份。哈尔梅尔-尤尔斯克煤田的特点是煤层呈急倾斜的单斜构造，但有断裂的和非断裂构造，使地质条件复杂化。

矿区的煤层属二叠纪，煤的变质程度由南向北增高，即

从英琴斯克煤田的气煤和长焰煤变到沃尔库特的肥煤、哈尔梅尔-尤尔斯克煤田的焦煤、弱粘结煤和瘦煤。煤层的最大厚度为4.5米（沃尔库特煤田），煤系地层的含煤率高。

沃尔库特短轴向斜的特点是瓦斯风化带的深度浅（30～150米，在个别情况下到200米），且煤层沼气含量随深度（从沼气带的上部边界算起）快速增大。与卡拉干达矿区一样，当延深到逐渐接近向斜轴部时，瓦斯含量增长的速度变慢。

在英琴斯克煤田的范围内没有多年的冻土层。在已开发的深度，该煤田煤层的瓦斯涌出量比沃尔库特煤田小。

在哈尔梅尔-尤尔斯克煤田，瓦斯风化带的深度为100～250米。煤牌号为气煤、长焰煤、肥煤、焦煤的煤层的沼气含量为9～12米³/吨。这些煤的沼气含量之所以较小，原因是它们的变质程度低和天然水份高（达5%）。第二组煤层（肥煤、焦煤）有较高的沼气含量：在离地表约1000米处，其沼气含量可达24～25米³/吨。

利沃夫斯柯-沃伦斯基矿区

此矿区的矿井开采牌号为长焰煤和气煤的煤层。这些煤层的沼气含量平均为8～10米³/吨左右。由于煤层实际上为水平煤层，所以其沼气含量今后不会有大的增长。

格鲁吉亚煤田

此煤田基本上是气煤和肥煤，深部煤层的沼气含量为15～18米³/吨。现生产水平的沼气含量平均为10米³/吨左右。

基捷洛夫斯克煤田

此矿区是下石炭纪的含煤地层，有一系列子午线方向的褶皱，其中最大的褶皱是基捷洛夫斯克主背斜。在矿区的北部边缘，此主背斜的轴部位于基岩以下，煤层没有直接出露

在表土层之下。该区煤层的瓦斯含量较高。位于轴部和背斜西翼接近轴部的区域的矿井属超级瓦斯矿。在背斜两翼的中部，有几对深井，它们属一级瓦斯矿。在基捷洛夫斯克主背斜的南部和其它构造区，巷道中从未发现有沼气涌出。勘探钻孔查明，氮气-沼气带相当深。

沼气排放带的深度大，达到700~800米（基捷洛夫斯克主背斜的轴部除外，此处沼气排放带的深度减少到270~300米）。这是由下列因素决定的：地层含水大，覆盖岩层大多为裂隙发育的石灰岩和砂岩，煤的变质程度低（挥发份含量为40~45%），地层古老，也就是说，瓦斯在良好条件下得到了长期的排放。

这一矿区的特点是围岩中有石油显现，并以液态的石油、气态和蒸气态碳氢化合物的形式涌入岩石巷道（井筒、石门和井底车场等）。

切里雅宾斯克矿区

矿区为中生代地层。从构造看，它是一个非对称的地堑，估计的深度为3~3.5公里。地堑内的含煤地层揉皱成强烈错动的褶曲。沿着大致为子午线方向的地堑长轴，有一个背斜隆起；向东和向西皆为向斜构造，并伴随大量次一级的褶曲。煤是腐植质的，从褐煤转向烟煤。在矿区的已开发部分，主要为缓倾斜和倾斜煤层，开采深度为150~300米，大部份矿井是在沼气风化带开采。但随着深度的增加，巷道瓦斯涌出量有所增大。最大的瓦斯涌出量是在开采煤层群和用分层采煤法开采厚煤层的时候。

叶戈尔申斯克煤田

它位于乌拉尔山的东坡，沉积有下石炭纪的无烟煤。煤层赋存的总特点是单斜。由于火成岩侵入煤系地层，形成了

大量《波纹》状的煤层破坏和断层。无烟煤高的瓦斯容量，再加上小的透气性，使煤层中保存了大量的瓦斯，造成了高的现今瓦斯含量。

白垩纪的苏昌斯克烟煤矿区

它是远东最重要的矿区，是一个大的向斜构造，并为一些附加的褶曲所复杂化。柯尔金斯克向斜的东翼和白巴金斯克向翼的东南翼已进行工业性开发。

对矿区煤的自然瓦斯含量未作过研究。瓦斯最大的矿井（超级瓦斯矿和突出危险矿井）位于矿区已开发区的西南部。矿井瓦斯涌出量向东北方向逐渐减少。断裂构造非常复杂，有火成岩侵入煤系地层是该矿区独特的自然因素，它对矿井巷道瓦斯涌出量有重大的影响。在形成地堑的正断层和平移断层型的地质破坏带附近，瓦斯涌出一般就减少，而当有逆断层形成地垒时，瓦斯涌出量就增大。在岩脉的附近，煤层由于受烘烤而排放了瓦斯。

除苏昌斯克煤田外，在沿海地区还有迈欣斯克煤田、阿尔乔莫夫斯克煤田、波德戈洛德年斯克煤田和塔夫李昌斯克煤田。

迈欣斯克褐煤煤田

它是一个不深的向斜（煤系地层的轴部深达600米），煤层的瓦斯含量不大。

阿尔乔莫夫斯克褐煤煤田

它呈向斜构造，轴部深700~750米。矿井沿褶曲南翼分布。煤田强烈的地质破坏使开采工作复杂化，特别是在用仓柱式开采方法和没有回风水平的情况下，也给防治瓦斯带来了困难。总的说来，煤田的瓦斯含量不大。

波德戈洛德年斯克煤田

它是一个单斜，赋存有缓倾斜的瘦煤煤层。煤系地层含煤率高，有10~12层煤，其中一些为邻近煤层群，且煤的瓦斯含量高。

塔夫李昌斯克褐煤煤田

该煤田的主要构造是一个大向斜，并被一些断层分割成许多单独的区域。断层的断距达50~100米。共有33个煤层和分层，煤层厚度从不可采到12.5米。煤层有高的瓦斯含量。

总的来说，对沿海矿区和煤田的煤层瓦斯含量、地质因素对煤层瓦斯含量的影响和矿井瓦斯涌出量的研究是很不够的。

对库页岛的煤的这些问题则更少研究。这里的生产矿井分布于一系列单独的、地质条件各不相同的煤田内。有各种牌号的煤（从褐煤到瘦煤）。该岛西部煤山区的构造最为复杂，煤层被大量的断裂和非断裂地质破坏所破坏。位于该区的《煤山1-2》矿，其瓦斯涌出量最大。除该矿外，在《库页岛》煤炭联合公司也还有一些超级瓦斯矿。但是，这些矿井中的大多数只有高的相对瓦斯涌出量，而涌向巷道的瓦斯总量却比较少。

布卡恰钦斯克煤田（后贝加尔）和吞古斯克矿区的诺利尔斯克区也有超级瓦斯矿。

布卡恰钦斯克烟煤煤田

该煤田属侏罗纪的沉积层，这里的煤层有出露表土层的露头。瓦斯风化带的深度离地表达350米。开采工作当前已达沼气带的上部边界，一般只有很少的沼气涌向巷道。但在煤田的南部，发现有来自煤层底板的沼气喷出。