

苏 联
維·普·卡諾格萊依著



矿井是怎样通风的

煤炭工业出版社

內 容 提 要

这是一本通俗地介绍矿井通风基本技术知识的小册子，它的主要内容包括：矿内空气的成分和它们的特性；井下工作的气象条件；矿井的通风方法和各种通风设备；矿井通风状况的检查等。

这本小册子可供矿井通风安全工作人员阅读，并可作为采矿业技工学校学生的参考读物。在煤矿工作的非工程技术人员要了解通风常识，阅读这本书也是有帮助的。

КАК ПРОВЕТРИВАЕТСЯ ШАХТА

苏联 В. П. КОНОГРАЙ 著

根据苏联国立煤矿技术书籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1955年莫斯科第1版译

572

矿井是怎样通风的

何建史译 刘巍和校订

煤炭工业出版社出版(地址：北京东长安街煤炭工业出版社)

北京市书刊出版业营业登记证出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华书店发行

开本78.7×109.2公分 1/32 * 印张1 1/2 * 字数33,000

1957年6月北京第1版

1957年6月北京第1次印刷

统一书号：15035·339 印数：0,001—1,860册 定价：(10)0.50元

序 言

苏联的党和政府对自己的科学家和工程师提出的最重要的任务之一，就是要为井下工人創造与地面工人区别很小的劳动条件。

在矿井中建立正常的大气条件是上述任务中的一个組成部分。

最先开始研究矿井通風理論的是俄国的天才学者姆·伏·罗蒙諾索夫(1711—1765)。除此之外，在当时，他还介紹了許多新的通風方法。

目前在矿井通風理論与实践方面已經获得了重大的成就。在这一方面，以阿·阿·斯闊成斯基院士为首的苏联科学家的工作起了巨大的作用。

矿井通風分为自然通風和人工通風。在苏联的煤矿中，只采用人工通風，自然通風是被禁止的。

现代矿井的人工通風，是采用离心式和軸流式扇風机进行的。

这些扇風机的第一个發明人是俄国采矿工程师阿·阿·沙伯路克(1783—1857)。

现代矿井扇風机的設計構造是以气体力学为基础的。气体力学这门科学的創始人是著名的俄国学者恩·耶·儒可夫斯基教授(1847—1921)。

儒可夫斯基教授是中央流体力学研究院(ЦАГИ)的第一个领导人，这个研究院是按照弗·伊·列宁亲自的指示于

1918年創立的第一流的科學試驗機構。

在蘇聯，由於中央流體力學研究院以及其他科學機構的工作，創造了有效的和現代化的礦井扇風機。

在這本小冊子里，只是簡要地研究煤礦通風的一些基本問題。但是，雖然如此，通曉這本小冊子可使讀者對煤礦通風的必要性，以及對如何進行礦井通風方面的知識會獲得比較完整的概念。

目 录

序言

第一章	矿内大气及其特性	4
第二章	矿井、采区以及个别巷道的通风方法	18
第三章	矿井扇风机设备	30
第四章	矿井通风设备	46
第五章	矿井通风状况的检查	52

第一章 矿内大气及其特性

1. 矿内大气的組成部分

从地面进入矿井巷道的大气空气总要發生某些变化，無論这种变化的大小及性質如何。充滿在矿井巷道內的空气就叫做“矿内空气”。如果变化不大，那么矿内空气就叫做“新鮮空气”，变化大时，就叫做“污濁空气”。

矿山巷道中大气空气發生变化的大小叫做矿内空气的污濁程度，这种污濁程度决定于：1)煤層及其圍岩的瓦斯含量；2)煤及岩石的吸收氧及氧化傾向；3)矿井巷道的長度以及空气沿巷道流动的速度；4)岩石的温度；5)生产过程。

地下巷道中大气空气所遭受的变化包括：氧量的减少，二氧化碳量的增加，混入爆炸性、窒息性或毒性气体（沼氣、氮、一氧化碳、硫化氫等等）以及煤塵和岩塵，比重、温度、湿度和气压的增高（或降低）。

在矿内空气中照例是比大气空气含有較多的氮和二氧化碳。因此矿内空气一般可以看成是由大气空气、活躍性气体及窒息性空气三部分所組成。

如所周知，大气空气按体积計算，平均含氮79%，氧20.96%，二氧化碳0.04%。除此之外，大气空气中还含有水蒸汽和惰性气体。

在矿山巷道中，混合在矿内空气中的毒性气体和爆炸

性气体都属于活躍性气体。

窒息性空气就是氮和二氧化碳的混合物。氮和二氧化碳在矿内空气中的含量要比在大气中多得多。窒息性空气没有毒性，但会减低矿内空气中的氧量，结果就要使人们呼吸困难。

我們已經大略地研究了矿内空气的組成部分。現在我們再进一步对这些部分个别加以研究。

氮(N_2)是一种惰性最大的、無色、無味、無臭的气体；比空气輕；不能維持呼吸，也不能助燃。

矿内空气中氮的增加是由于：1)有机物質(例如木支架)腐爛时放出；2)直接从煤和岩石裂縫中湧出；3)窒息性空气的湧出；4)进行爆破工作时放出。

氧(O_2)是一种活躍性很大的無色、無臭、無味的氣體；比空气重；是呼吸及燃燒所不可缺少的。

矿内空气中氧的減少是由于：1)有机物質和無机物質(支架木料、煤、岩石)的緩慢氧化；2)与地下巷道中湧出的瓦斯(二氧化碳、沼氣等等)混合；3)人員呼吸及灯火的消耗。

除这些原因之外，当發生地下火災以及瓦斯或煤塵爆炸时，矿内空气中所含的氧气就要急剧減少。

在有人或可能有人的地下巷道里，空气中氧的含量按体积計^①不应少于20%。

二氧化碳(CO_2)是一种無色而稍帶酸味和酸臭的气体，

① “煤矿与油母頁岩矿保安規程”第113条，煤炭工業出版社，1953年版。

比空气重；無助于呼吸和燃燒。

茲根据空气中二氧化碳的比例含量來說明其對人体的影响：

当空气中含有3%的二氧化碳时，即使在休息状态下，呼吸次数也要增加一倍；当含有5%的二氧化碳时，呼吸次数就要增加兩倍，同时呼吸变得非常困难；当二氧化碳达到6%时，就發生劇烈的喘息和疲困；在达到10%或更高时，可能进入昏迷状态；在达到20%或更高时，就有使人中毒死亡的危險。

矿內空气中二氧化碳增加的原因是：1)有机物質的腐朽(例如，支架木料的腐爛)；2)从煤及岩石中連同爆炸瓦斯一起或者以純淨的状态^①直接湧出；3)爆破工作；4)人員呼吸及灯火。

当矿內發生火災及瓦斯或煤塵爆炸时，会生成大量的二氧化碳。

保安規程規定在矿內空气中二氧化碳的含量不得超过0.5%，而在总回風流中二氧化碳的含量不得超过1%。

爆炸性瓦斯或矿井瓦斯。純淨的沼气，或者是在大多数情况下)帶有少量的其他气体(氮、二氧化碳、有时还有氢、乙烷、一氧化碳、二氧化硫和硫化氢)的混合物都称之为爆炸性瓦斯或矿井瓦斯。

沼气(CH_4)是一种比空气輕、無色、無味、無臭的气

① 在某些国家的煤田中，純淨状态的二氧化碳是因大量的这种气体同粉煤一起發生突出时直接放出的。二氧化碳的突然噴出，在苏联的矿井中还没有發生过。

体。

沼气是矿内空气中最危险的混合物，因为沼气容易燃烧，此外，它与空气相混合还能爆炸。在有高温火源存在的情况下(例如有明火)，沼气与空气所组成的混合气体就会发生燃烧和爆炸。当空气中的沼气含量为5—6%时，混合气体能够发生燃烧；当沼气含量从5—6%到14—16%时，混合气体就会爆炸；超过14—16%时，必须从外面通入氧气才能燃烧。

当空气中的沼气含量为9.5%时，所发生的爆炸力量最大。

沼气是有机物质所产生的气体。由于在一种特种微生物的作用下腐朽了的植物被其本身所含的氧缓慢氧化，所以沼气是与煤同时形成的。

当形成煤的植物残骸被厚的岩石所掩盖，沼气就无法挥发出来，它便停留在原来形成的地方，也就是在煤层与邻近的岩层中。

通常可以遇见两种状态的沼气，即自由的沼气和吸附的沼气。

在自由状态下的沼气，充满在几十个大气压力之下的煤和岩石的空洞、缝隙以及小孔中，在吸附状态下的沼气，则密集在煤(以及某些岩石)的表面，或是沼气侵入煤体中形成固溶体^①。

当掘进矿山巷道及开采煤层时就有沼气涌出。各个矿

① 气体被物体空隙的表面所吸附，叫做“吸附”；而气体被全部物体所吸附，叫做“吸收”。

井所湧出的沼氣量各不相同，其湧出量決定於煤層的生成條件、地質條件以及埋藏條件。

煤層及圍岩中所含有的沼氣量表示着煤層及圍岩的瓦斯含量，這種瓦斯含量可以用每立方公尺或每噸煤或岩石所含有的立方公尺沼氣量來表示。

矿井瓦斯湧出量的大小主要決定於煤層及岩石的瓦斯含量。

矿井的瓦斯湧出量一般分為絕對的和相對的兩種。

絕對的瓦斯湧出量就是矿井在一晝夜內所放出的沼氣數量(指體積——譯者)，而相對的瓦斯湧出量是指矿井每晝夜平均采煤1噸的沼氣數量，也就是絕對的瓦斯湧出量與矿井的平均晝夜產量的比例。

但是，我們應該注意到，有些矿井並不放出沼氣。這些矿井屬於非瓦斯矿井。

有些矿井雖然只有一個煤層放出沼氣，也應當列為有瓦斯危險的矿井。

表 1

瓦斯矿根據其相對的瓦斯湧出量可分為四級(表1)。

矿內空氣中的沼氣含量不應超過下列的規定標準(依體積的百分比)：

1)在采區的回風流中——1%；

矿 井 等 級	每晝夜采煤一噸的 相對的瓦斯湧出量 (公尺 ³ /噸)
I	5以下
II	5—10
III	10—15
經級取開采有突出及 噴出①危險的煤層的 矿井	15以上

①關於瓦斯突出及噴出參考下文。

- 2)在全矿或矿井的一翼的回風流中——0.75%;
- 3)在其他回采或准备工作面的回風流中——0.5%;
- 4)在回采或准备工作面中局部聚积的沼气含量必須小于2%;

5)在进行放炮工作之前，沼气含量应小于1%。

必須注意，当發現地下巷道中沼气含量超过上述标准时，人員就應該立刻从巷道中撤出，并应切断电流。除此之外，对于沼气含量不符合标准的巷道应用柵欄或隔板加以封閉。

从煤層及圍岩中湧出的沼气分为三类：

- 1)放出；
- 2)噴出；
- 3)突出。

“放出”就是从矿山巷道中露出的煤或岩石表面連續不断地湧出。在这种情况下，沼气从广大的面积上湧出，同时它的湧出也是不間断的，因此放出产生最大的沼气体量。在某些情况下，沼气的放出，伴随着各种不同的响声（沙沙声，嘶嘶声，哨声，輕微的破裂声）。在沼气高速度湧出的影响下以及在或多或少的沼气压力的作用下，煤被裂开，細小煤粒也發生破裂，这就是产生这类响声的原因。

沼气在压力下从煤及岩石的相当大的裂縫或洞孔中湧出叫做“噴出”。

瓦斯的噴出量^①和噴出的延續時間各有不同：噴出量

^① 在一定時間內放出的瓦斯量称为噴出量。这种噴出量通常用每昼夜所放出的立方公尺瓦斯量来计算。

變動在几立方公尺到几万立方公尺之間，而噴出的延續時間可从几天到几年。

通常瓦斯噴出帶有嘶嘶聲的特征，如果这种瓦斯在水中通过，就会發生劇烈的沸騰現象。

噴出之所以有危險是由于它發生的突然性。这种危險性是相当严重的，因此，規定了一些特殊措施来防止瓦斯噴出，这些措施是：

1. 打探眼或排瓦斯鑽眼；
2. 預先采掘沒有噴出危險的鄰近煤層；
3. 遇到力量不大的噴出时，采用加强工作面通風的方法；
4. 遇到能力相当大的噴出时，采用直接將瓦斯排到回風風流的方法。

上述各种措施不可能詳細地一一討論，只能簡短地研究一下其中將沼氣直接排至回風風流的方法，这种方法叫做“引出瓦斯”。

这种方法在強力噴出的情況下适用，它是用不透气的幕罩將噴出的裂縫蓋住，或建筑不透气的棚室，把瓦斯从幕罩或棚室排到回風風流中，有时甚至直接排到地面。

沼氣的突然湧出一般都叫“突出”。这种湧出是突然地从煤体中噴出大量沼氣(从几千到几十万立方公尺)，同时夾帶着煤的碎末(从几吨到几百吨，有时甚至上千吨)。突出伴随着嘈雜聲，破裂聲或好像机关槍射击时的迅速射击聲，有时又似雷鳴或砲兵射击时的轟隆聲。除此之外，突出还伴随着不同強度的空氣震動。

突出是沼氣湧出最危險的形式，由於突然噴出的本質直到現在還沒有充分的了解，因此，防止瓦斯突出是非常困難的。

突出有下列各種區別：

- 1)煤及瓦斯的突出；
- 2)煤的突然陷落，同時放出大量的瓦斯；
- 3)煤的突然壓出，同時放出大量的瓦斯。

根據突出的種類以及礦山地質條件，在防止瓦斯突出方面^①規定了以下的各種措施：

- 1)鑽進探眼或排瓦斯鑽眼；
- 2)採用震動性放炮；
- 3)預先開采保護層；
- 4)所採用的開采方法應保證工作面上部圍岩有均勻的壓力，並保證工作面形狀齊整，盡量避免有銳角的煤體凸出；
- 5)採用與工作面煤壁緊接的堅強支架。

在上述措施中目前以預先開采保護層的方法為最有效。

預先開采保護層的方法就是：如果在被開采的煤層羣中有突出危險的煤層，那末應當最先開采沒有突出危險的煤層，並且其位置應距危險煤層不超過50公尺。這種最先開采的煤層稱為保護層。假使保護煤層與危險煤層相距在50公尺以上，而且經實驗證明它有保護作用時，也允許利

① 這裡只指出防止瓦斯突出的基本措施。關於防止瓦斯突出的現有方法的詳細記載，讀者可參閱有關這個問題的專門文獻。

用它作为保护層。

开采保护層时，应当注意到这些煤層的回采工作必須超前于具有突出危險的煤層平巷的工作面，其超前距离不应小于煤層間距的兩倍。

应当指出，在采用預先开采保护層的情况下，应当首先开采位于危險層上部的保护層。

由于沼气从危險層排到保护層的采空区，危險層的瓦斯含量便大大減少，結果，突出的危險性也就減少了。

在具有稳定的圍岩条件下，当掘进水平巷道和自上而下掘进傾斜巷道时，以及开拓煤層时，都可以采用震动性放炮。

震动性放炮的實質在于它比一般的安全炸药卷产生更强力的爆炸。在这种情况下，对煤層或圍岩形成的強力震动就会引起人工造成的沼气噴出，或者形成裂縫而使瓦斯沿裂縫排出，防止了突出發生的可能性。

震动性放炮只允許在人員从下連巷道中撤出到安全地点以后进行，这些巷道是从放炮地点流出的風流所經過的巷道和位于进行震动性放炮地点附近的巷道。

一氧化碳(CO)是無色、無味、無臭的毒性气体；比空气輕。这种气体能够燃燒，而当一氧化碳在空气中的含量从 13—75% 时，这种混合气体就能爆炸。一氧化碳含量在 30% 左右时，混合气体的爆炸力最大。

当一氧化碳在空气中的含量达 0.016% 时，对人体組織已能表现出中毒作用，而当含量在 0.4% 时，就有引起中毒死亡的危險。不过应当指出，一氧化碳中毒的速度和

程度不仅根据它在空气中的含量，还决定于在單位時間內所吸入的空氣量以及血液循環的速度。

一氧化碳中毒的程度可以分為三種：

1)輕微的中毒，其標誌是頭痛，耳鳴，頭暈以及心臟跳動加速；

2)嚴重的中毒，最初的特征是頭痛，耳鳴，頭暈，隨即即感到知覺遲鈍，同時喪失行動的能力；

3)有死亡危險的中毒，其特征是失去知覺，抽筋，然後死亡。

礦內一氧化碳的來源是由于爆炸性瓦斯或煤塵的爆炸，礦內火災及放炮。按照保安規程的規定標準，礦內空氣中的一氧化碳含量不應超過0.0016%。

硫化氫(H_2S)是無色、帶腐蛋臭味的毒性氣體；比空氣重。

硫化氫是可燃物，它與空氣混合(當硫化氫含量在6%時)就能爆炸。

當空氣中硫化氫含量在0.01%時，即開始表現出中毒現象，而當含量達0.1%時，就會迅速引起死亡。

煤礦內形成硫化氫的來源是：

1)有機物質的腐爛過程；

2)含硫的岩石被地下水分解；

3)從岩石和有用礦物的裂縫中湧出。

除此之外，在某些情形下，硫化氫可能與沼氣共同湧出，以及在放炮時形成。

硫化氫不僅容易溶解於水，而且當水濺潑時，也能從

水中急速地散發出来。因此，在有积水的旧的地下巷道中必須特別小心，因为任何物体(例如，石塊或支架的頂梁)落入水中都可能引起溶有硫化氫的水的散發，而使生命遭到危險。

按照保安規程的規定矿內大气中硫化氫的含量依体积計算不应超过 0.00066%。

二氧化硫(SO_2)是無色、帶有強烈的窒息氣味的毒性氣體；比空氣重一倍多。

二氧化硫在空氣中的含量達 0.002% 時，便劇烈地傷害粘膜(特別是眼膜)，而當含量達 0.05% 時，甚至在很短的時間內，就會引起生命的危險。

煤矿中生成二氧化硫的來源是矿內火災和放炮。此外，二氧化硫有時與沼氣或硫化氫同時湧出。

根據保安規程的規定，矿內空氣中二氧化硫的含量依体积計算不得超過 0.0007%。

炸藥所產生的氣體主要是：一氧化碳(其性質已如上述)及氧化氮(一氧化氮和二氧化氮)。

放炮後生成的一氧化氮(NO)是無色的、比空氣略重的气体，這種氣體立刻就與空氣中的氧發生反應形成二氧化氮。二氧化氮(NO_2)是褐色的氣體，比空氣重半倍。

氧化氮劇烈地刺激粘膜，毒性最烈：短時間的呼吸含有 0.025% 氧化氮的空氣就能引起死亡。

氧化氮的特徵是人的身體中毒後，其影響並不立刻表現出來。因此，氧化氮中毒者在離開有毒的空氣後，仍感覺到自己很健康，只是在過了一些時間後才感覺到病痛。

矿内空气中氧化氮的含量依体积計不应超过0.0001%。

矿内空气的成分，除上面已研究过的外，还包含有矿塵。矿塵是由悬浮在空气中或沉降在矿井巷道中的煤及岩石的最小的和微細的粒子所組成。

煤矿中矿塵的生成是由于：

- 1)机械截煤及落煤；
- 2)打眼放炮工作；
- 3)煤及岩石的装卸；
- 4)煤及岩石的运输。

除此之外，很大数量的矿塵是由地面上的筛选工作所产生的。

煤矿内的矿塵沒有毒，但能引起各种肺部的疾病，这种肺病一般称为矽肺病或煤肺病。

無論在地下或地面产生大量矿塵的地点，都可以用噴水和吸塵的办法来与煤塵作斗争。

煤塵的爆炸性以及它的爆炸威力决定于下列各种因素：1)煤塵的成分(揮發分，灰分，水分)；2)煤塵的粒度；3)浮游在空气中的煤塵量和沉降在巷道中的煤塵量的关系；4)沼气的存在情况；5)引火源的种类及能力；6)其他情况（例如，巷道的天然湿度，煤塵在巷道断面内的分配等等）。

开采有煤塵危险的煤層的矿井都有專門的規則，这种規則包括下列各項預防措施：

- 1)在所有大量形成煤塵的地点进行除塵或噴水；