

王英敏編譯

煤和瓦斯突出概论

閱覽室用書不得携出室外

煤炭工业出版社

722

煤和瓦斯突出概論

王英敏編譯

*

煤炭工業出版社出版(地址:北京東長安街煤炭工業局)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084号

煤炭工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

开本787×1092公厘 印张5张 插页2 字数100,000

1958年6月北京第1版 1958年6月北京第1次印刷

统一书号:15025·452 印数:0,001—2,500册 定价:(10)0.90元

出版者的話

“煤和瓦斯突出”問題是一个对采煤工作安全具有严重威胁性的問題。在我国煤矿中对这类事故的預防和处理还缺乏足够的經驗，当然从理論上对这一問題的探討和分析就更嫌不够。苏联的煤矿科学工作者对煤和瓦斯突出問題早已十分重視，設有專門的委员会，在斯闊成斯基院士的领导下进行有关本問題的研究实验工作，若干年来取得了很大成果；有关这一問題的專題著作也是非常丰富的。

为了对煤和瓦斯突出問題作概括性的、比較全面而有系統的介绍，王英敏同志在苏联專家 A. A. 哈摩夫的幫助和指导下，参考近四十种苏联的有关这一問題的文献，編写成“煤和瓦斯突出概論”一書。除对影响煤和瓦斯突出的自然因素作了簡明扼要的分析以外，大部分章节着重在預防和縮小煤和瓦斯突出的危害性方面，并專章介绍了一种簡易可行的鑑定煤和瓦斯突出煤層的方法。当然，本書在取材方面难免还有一定的局限性，但是可以說，对苏联若干年来关于煤和瓦斯突出問題所进行的研究实验工作及其主要成果，已作出了簡要的介绍。因此，这本书的出版，对我国今后研究这一問題的科學工作者，特別是現場的工程技術人員，將有一定的幫助。

煤炭工業出版社

1958年4月

目 录

出版者的話

第一章 煤和瓦斯突然运动概論	4
第1节 煤和瓦斯突然运动的分类	4
第2节 煤和瓦斯突然运动的典型实例	14
第二章 促成煤和瓦斯突出諸因素的分析	25
第1节 用統計法研究自然因素对煤和瓦斯突出的影响	23
第2节 煤中所含瓦斯对突出所起作用的分析	33
第3节 岩石压力对煤和瓦斯突出的作用	63
第4节 煤和瓦斯突出的近代假說	79
第三章 煤和瓦斯突出前的預兆, 預測	
預兆的方法	83
第1节 煤和瓦斯突出發展过程的两个阶段	83
第2节 突出前的預兆	85
第3节 利用微震仪測定突出前的預兆	87
第4节 利用沼气自动記录警报器測定突出前 的預兆	90
第四章 煤和瓦斯突出煤層的鑑定	93
第五章 防止煤和瓦斯突出的措施	102
第1节 預防煤和瓦斯突出措施的概論	102
第2节 保护層开采法	109
第3节 大直徑深孔預排瓦斯的措施	127
第4节 特殊支架及超前支架	142
第5节 震動性放炮	146

第6节	水力开拓煤層.....	148
第7节	用冷却法开拓煤層.....	151
第8节	防止煤及瓦斯突出的各种方法的选择.....	152
第六章	有煤和瓦斯突出危险的急倾斜煤層的 采煤方法問題	153
第1节	开采技术条件对煤和瓦斯突出的影响.....	153
第2节	直綫工作面康拜因落煤并帶有岩石 运输平巷的采煤方法.....	160
第3节	正台阶風鎬落煤，运输平巷落后于 回采工作面的采煤方法.....	165
第4节	直綫工作面鉗煤机落煤的采煤方法.....	169



第一章 煤和瓦斯突然运动概論

第 1 节 煤和瓦斯突然运动的分类

在岩層中开掘巷道或采煤工作面之后，由于出現了自由空間，从而改变了原岩中的应力分佈状态，使周圍的岩石开始变形、弯曲、破碎以至最后引起岩石崩落。与此同时，在煤層或岩層中原来处于高压状态的地下水和瓦斯也开始向自由空間流动。这些运动，从其發生的時間和强度来看大致可以分为平緩的运动和突然的运动两种。属于前种运动形式的，例如：頂板的緩慢沉落；底板凸起；煤的塌落；煤層暴露面上瓦斯均匀洩出及地下水正常流出等等。属于后种运动形式的，例如：突然冒頂；冲击地压；突然湧水；煤及瓦斯抛出；煤和瓦斯突出等等。

應該說明，無論是緩慢的或突然的运动，都不能看成是偶然的、無規律的現象。事实上，上述的很多現象，目前不仅能解釋其發生的原因，而且能計算出其作用力的大小，并在生产中事先估計到这些現象的危害，从而采取一系列的有效的預防措施。当然，也还有些复杂的現象，目前还不能完全掌握其运动的規律，对生产还存在着严重的威胁。煤及瓦斯突出就是属于这种复杂的現象之一。

那么究竟什么是煤和瓦斯突出呢？

煤和瓦斯突出就是在地下开采过程中發生的一种煤和瓦斯的突然运动，这种运动是在很短時間內（几秒鐘到几

分鐘)破壞了工作面煤壁，從煤層的深處噴出大量的煤和瓦斯(沼氣或二氧化碳)，並伴隨著強大的沖擊力量，這種沖力能折斷支架，打翻礦車，使風流倒轉。這種強烈的運動對井下采煤工作的安全是一種嚴重的威脅。

煤和瓦斯突出所產生的動力效應較瓦斯或煤塵爆炸還是輕些的，它與爆炸現象是不同的。瓦斯或煤塵爆炸時，形成爆炸生成氣體的時間極短，其破壞力表現的時間也非常短促；但是，煤和瓦斯突出過程及其破壞力的作用多多少少具有較長的時間。在進行爆破工作時，崩落的礦石的塊度較大，而在煤及瓦斯突出時，多半是粒度較小的粉狀煤。

煤和瓦斯突出時，噴出的煤量可達數百噸，甚至上千噸，能使很長一段巷道完全被噴出的煤粉堵塞，被堵塞的巷道的長度有時可達數百公尺，堵塞在巷道中的煤粉有時非常堅實，甚至用鐵鏟都是很困難的。

突出後在煤層中殘留空洞的形狀也很特別。在急傾斜煤層中空洞的形狀多為小口徑的長條形空洞，空洞的軸線大致與煤層傾斜方向是一致的。

煤和瓦斯突出常常不是在整個煤層厚度上發生，而僅是在其中某一個小夾層，甚至有時上下的夾層均未破壞，只是中間夾層發生突出。

每噴出1噸煤的瓦斯湧出量在大多數情況下不超過該煤層正常的相對瓦斯湧出量。

產生煤和瓦斯突出的動力來源應該認為是由於煤層中含有的高壓瓦斯、岩石壓力、煤層的自然性質、急傾斜煤層中煤的自重等因素綜合作用的結果。

應該說明，在矿井中除了煤和瓦斯突出以外，還存在着与之类似的其他种煤的、瓦斯的及煤与瓦斯共同的突然运动現象。这些現象就其作用本質來說与煤和瓦斯突出是不同的，因而所采取的預防措施也不相同。必須学会区别这些現象，找出那种动力現象才算是真正的煤和瓦斯突然噴出。总括起来，煤和瓦斯突然运动大致可做如下分类：煤和瓦斯突出；煤的抛出并伴有瓦斯湧出；煤被挤压出；瓦斯噴出；矿山冲击。

下面对其他几种动力現象的特点，和它們与真正的煤和瓦斯突出之間的差別做一簡短的介紹。

1. 煤的抛出并伴有瓦斯湧出

煤的抛出是在有利的自然条件和开采技术条件下，由于煤本身自重的作用而發生的煤和瓦斯突然运动現象。有利的自然条件是指煤的傾斜角度較大，煤層在垂直方向上的重力表現得特別明显；煤層或煤的小夾層的机械强度特別低，或者是松散状态的煤，在重力作用下易于抛出。有利的开采技术条件是指在开采过程中由于工作面附近造成減压地帶，岩石压力降低就会減少围岩对煤体的压缩力，从而降低煤的摩擦力和內集力，当煤的重力大于煤的摩擦力和內集力时，就可能發生煤的抛出。

煤抛出的过程是这样，当采准巷道或回采巷道进入煤的机械强度較低的地帶，在工作面不支架的暴露面上及上部悬煤处，便开始發生煤的緩慢沉落，如果这一过程在开始时未受到外力的阻止，繼而逐漸向煤体深部發展，最

后,当煤的自重足以克服煤的摩擦阻力和内集力时,便产生了煤的抛出。

因煤的抛出是由于煤本身自重引起的,抛出后的空洞常常是沿着煤层的倾斜方向,形状则取决于很多因素,其中主要的有:煤体上部岩石压力的分佈状态(因为它影响到煤层中减压带的分佈状态);煤层或个别小夹层机械强度的变异性;煤层中瓦斯压力的分佈情况等。如前所述,在一般情况下煤的内集力是大于煤的重力的,当煤层中出现局部的岩石压力降低,就使煤颗粒之间的摩擦力及煤与其围岩接触面之间的摩擦力降低,因此,煤抛出后空洞的形状决定于内集力与摩擦力之间力平衡线的形状。煤抛出后空洞的几何形状或多或少是有一定规则的,一般情况下多为梨形或椭圆形。

抛出的煤量一般比煤及瓦斯突出时少些,抛出的强度亦不大,瓦斯涌出量一般不超过抛出的煤量所具有的正常瓦斯涌出量。抛出的煤多为粉煤,抛出的距离不远,在工作面附近按煤的自然安息角堆成圆锥体形状。

为了区分煤的抛出并伴有瓦斯涌出与煤和瓦斯突出这两种不同的运动形式,А. Э. 别特劳兴[1]●根据固体物质在重力作用下沿水平方向上最大运动距离的计算,导出了在煤抛出时抛出的最大距离。公式如下:

$$r = l \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \left(\sqrt{1 + \frac{H \cdot \sin \beta}{l \cdot \sin^3 \alpha}} - 1 \right) + 0.9 \sin \alpha \sqrt{\varepsilon},$$

● 方括号内数字指参考书目顺序,下同。——编者

式中 r ——沿水平方向最大抛出距离，公尺；

α ——空洞傾斜角度；

β ——工作面与水平綫所成角度；

H ——巷道高度，公尺；

l ——空洞的長度，公尺；

g ——抛出的煤量，吨。

如果煤被噴出的实际距离为 l_q ，那么，当用計算法求出的最大抛出距离 $r > l_q$ 时，証明是属于煤的抛出并伴有瓦斯湧出。如果用上述公式計算所求得的最大抛出距离 $r < l_q$ 时，証明是属于純粹的煤和瓦斯突出，因为，煤的自重力的作用不可能使煤抛出的距离大于 r （当煤被噴出的实际距离 $l_q > r$ ，这說明煤被噴出的动力来源除煤的自重以外必定还有其他的力的作用）。

最后还应說明，在具有煤和瓦斯突出危險的矿井常常同时出現煤的抛出并伴有瓦斯湧出。因此在实际生产中善于区别这两种煤和瓦斯的突然运动，从而采取不同的預防措施是很有实际意义的。

2. 煤被挤压出

工作面上煤被挤压出是由于頂板岩石压力加大而引起的，被压出的煤，脫落在工作面附近，空洞的形狀多为圓錐形或拱形。瓦斯湧出量一般是不大的，虽然可使風流中沼气濃度有某些增加，但不致达到爆炸界限以上。在緩傾斜煤層及急傾斜煤層，煤被挤压出的情况是有差別的，下面对这两种情况分別加以說明。

开采緩傾斜煤層时，工作面上發生煤被挤压的現象，对于采煤工作是有利的。因为，被挤压过的煤的机械强度低于处在正常压力状态下煤的机械强度。在頓巴斯的观测表明[2]由于采煤工作引起頂板岩石压力的增加，在煤体内發生了煤的移动，在距离工作面煤壁 10 公尺范围内的煤，向工作面空間方向移动，距工作面愈近，煤的移动愈剧烈，煤被挤出的距离可达 0.2—0.3 公尺。煤層内煤的移动是不一致的，最先被压出的是煤質較軟的小夾層。煤的解理愈發达，煤愈易于被压出，当解理裂縫的方向与工作面方向一致时最易压出。直接頂板岩石的性質对煤的压出有重要影响，坚硬的并能經受較大弯曲的岩層对工作面煤壁施加的压力最大，最易促使煤的压出。由此可见，煤被挤压出是由于工作面附近煤体上部岩石压力加大，頂板快速下沉，破坏了煤体的完整性，最終引起煤壁向采空区方面压出。

在煤被压出的过程中，煤体出現很多新的裂縫，增加了瓦斯渗透性和瓦斯湧出的自由表面，因此瓦斯湧出量势必上昇。但是應該說明，煤被压出的过程不像煤和瓦斯突出过程那样快，一般需要几小时的时间，因此瓦斯湧出的强度不像突出时那样大。可以大致認為，在煤被压出过程中瓦斯湧出量的增加，与使用康拜因采煤时所測得的瓦斯湧出量上昇的程度是一样的，即較正常瓦斯湧出量高 20—30%[3]。

在急傾斜煤層中，煤被挤压出是一种危险的現象。因为在急傾斜煤層中，压出的煤不停留在压出的地点，而

是順着煤層的傾斜方向向下滑落，在這種情況下可能打毀支架，危害工作面的安全。在急傾斜煤層中，煤被壓出的過程由於煤自重的影響，可能轉為煤的拋出並伴有瓦斯湧出，在這種情況下煤被拋出的範圍遠遠大於煤被壓出的範圍。當煤層中瓦斯壓力較大時，煤的壓出過程，由於瓦斯壓力的參與作用也可能轉為煤和瓦斯突出。因此，在急傾斜煤層，特別是當瓦斯含量大、瓦斯壓力高的情況下，應防止煤被壓出過程的發生。

防止煤被壓出可採用下列措施：

(1) 在選擇頂板管理方法時，應降低工作面前方煤體上的岩石壓力；

(2) 加強工作面支架；

(3) 縮短最大允許的控頂距離，在頂板岩石為粘土頁岩時不得大於4公尺，為硬砂岩時不得大於5—7公尺〔2〕。

3. 瓦 斯 噴 出

瓦斯噴出是在開采過程中發生的一種瓦斯突然運動現象。這種現象是在較短時間內由煤層暴露面向回采空間湧出大量沼氣，瓦斯噴出時發出吱吱聲並具有動力效應，能使風流倒轉。它與其他種煤及瓦斯突然運動的區別在於：瓦斯噴出時，並不帶有煤的噴出，因此在煤層中無空洞。

瓦斯噴出只有在一定的自然條件下才可能發生。煤及瓦斯在生成過程中經過了長期的地質變化（經過造山運動），因而在煤層內部產生了天然的空洞或裂隙，在這些地方經常積集着大量沼氣。游離狀態的沼氣是以高壓狀態

存在于煤的空洞或裂隙中的。当开采巷道接近这种空洞或裂隙地带，瓦斯便急剧地向低压地带（巷道中）流出，因而发生了瓦斯喷出。瓦斯喷出时间的长短和强度的大小取决于空洞和裂隙中贮存的瓦斯量的大小，喷出时间最长的可达数年之久。瓦斯喷出的区域经常是地质构造复杂的区域。

除了由天然空洞或裂隙中发生瓦斯喷出以外，在开采过程中所形成的人为空洞和裂隙也能积聚瓦斯而产生瓦斯喷出。在煤层中掘进巷道之后，顶部岩层下沉的速度并不一致，因而岩层之间有脱离现象，同时在岩层下沉过程中破坏了岩石的完整性，这样就在顶板岩层中形成了人为的空洞和裂隙。如果在开采煤层附近存在含瓦斯量大的未开采的邻近煤层，邻近煤层的瓦斯便渗入空洞和裂隙，使之充满瓦斯。当回采巷道与煤层顶底板岩石中所形成的裂缝与充满瓦斯的空洞连通时，空洞中的瓦斯就会急剧地向回采巷道中喷出，而产生所谓由于人为空洞而发生的瓦斯喷出。

И.М.雅鲁沃依[4]分析了顿巴斯矿区多次瓦斯喷出现象之后，对瓦斯喷出的特征做了如下的说明：

(1) 瓦斯喷出不仅发生在瓦斯含量较大的煤层中，在岩石巷道掘进时，同样可以发生瓦斯喷出。

(2) 大多数的瓦斯喷出是发生在地质破坏地带。

(3) 在赫鲁斯达尔斯区最强烈的瓦斯喷出，每分钟喷出瓦斯 40 立方公尺，延续时间达 6 个月之久。

(4) 随着开采深度增加，瓦斯喷出的强度和次数均趋向上升。

(5) 开采时由空洞和裂隙中所發生的瓦斯噴出，有时是从頂板中来的，有时是从底板中来的，主要取决于未开采煤層(鄰近層)的位置。噴出强度的大小决定于鄰近煤層瓦斯含量的大小。

防止瓦斯噴出可采用以下各种措施：

(1) 停工等待。在噴出瓦斯的巷道中停止生产，將噴出之瓦斯利用風筒或專用的通風巷道排出，待瓦斯停止噴出后，再复工生产。有时要等待1年以至数年之久。这不是最好的方法。

(2) 阻塞瓦斯噴出口。利用砂、粘土等物質堵住裂隙。用混凝土漿或泥漿灌注裂隙。

(3) 加强通風。加大工作空間的風量，用噴射器吹散瓦斯，加大瓦斯噴出口处風量及風速。

(4) 利用鑽孔及專用瓦斯管路，預先排瓦斯。

4. 矿山冲击[5]

矿山冲击是由于煤層或頂底板岩層压力使处于極限应力状态下的煤或岩石在瞬間突然噴出，噴出时具有較大的冲击力。矿山冲击發生时具有声响和震动效应，在地表距發生矿山冲击地点数公里範圍內能感到地壳的震动。經受矿山冲击的支架大部分被毀坏，噴出的煤具有不同的塊度，有时也噴出煤粉。發生矿山冲击后殘留下来的煤柱或岩柱經常具有較大的裂隙，或呈压碎状态，其机械强度显著降低。在含瓦斯煤層中發生矿山冲击时也伴有瓦斯湧出，有时瓦斯湧出量也很大，但在非瓦斯煤層，甚至金屬矿也

發生矿山冲击。由此可見，矿山冲击仅为岩石压力作用的結果，它与煤和瓦斯突出不同，瓦斯压力在这种情况下不是必要的条件。

矿山冲击的發生取决于一系列的自然因素及生产技术因素，这些因素可以概括地做如下說明：

(1) 矿山冲击与开采深度有关，經常在距地表垂深 250 公尺以下的地方才發生矿山冲击。

(2) 与頂底板岩石性質有关，岩層愈坚硬、富于彈性，愈能潛藏較大的彈性潛能，因而易于發生矿山冲击。

(3) 煤質愈堅固，受岩石压力作用时不易压塌，愈易于引起矿山冲击。

(4) 所采用的采煤方法，在采空区或回采空間留的煤柱愈多，愈能引起在煤柱上發生应力集中，易于引起矿山冲击。

(5) 在頂板管理方法上，悬頂距离太長，在工作面前方引起的压力集中的程度愈严重，即易于引起矿山冲击。

矿山冲击的發生过程大致是这样：在矿山巷道兩側由于增加了巷道上部岩柱的附加压力，产生了所謂支点压力帶。支点压力的大小与煤層及岩層的物理机械性、煤層厚度、埋藏深度等一系列因素有关，一般来講，較煤層原来承受的岩石压力(rH)約大 2—3 倍。在支点压力作用下，煤層或岩層發生彈性变形或塑性变形。当岩層或煤層具有較大的彈性，那么就能够积蓄大量的彈性潛能。彈性潛能可能在下述兩種情況下轉为动能而做功。一种是煤層逐漸發生塑性变形，使煤体压碎。另一种是煤層本身坚固且富

于彈性，在極大的彈性潛能作用下突然使煤體破壞。在後一種情況下便產生了礦山沖擊。

防止礦山沖擊的發生應按下述方向進行：

(1) 採用在運輸道上部、上下山兩側及回采工作面後邊不留煤柱的採煤方法。

(2) 採用在回采工作面前方掘進最少量的準備巷道的採煤方法。

(3) 採用全部充填法管理頂板。

(4) 在開采煤層羣時先開采煤層較薄，煤質較軟的煤層。在這一煤層中最好不留煤柱。在開采下部鄰近煤層時，為了不致給上部煤層的回采工作帶來困難，其層間垂直距離 h 應符合下述要求：

$$h \geq \frac{3m}{K-1},$$

式中 m ——煤層厚度，公尺；

K ——頂板岩石的體積膨脹係數，根據舍維亞科夫的資料， $K=1.1-1.4$ （與岩石性質有關）。

第 2 節 煤和瓦斯突然運動的典型實例

1. 煤和瓦斯突出的典型實例

(1) 石門開拓煤層時發生的突出事故：

根據 A. M. 卡爾保夫[6]的介紹，在 1930 年 10 月 22 日，在頓巴斯“鍋爐房”礦井 640 公尺水平用石門開拓“馬朱爾卡”煤層時曾發生一次突出。情況是這樣：石門是由“契爾皮切夫卡”煤層向“馬朱爾卡”煤層掘進，當掘進工作

面靠近“馬朱爾卡”煤層，只剩最后一次掘进就可以穿透煤層的时候，在右上角打鑽及放炮后露出煤面，与此同时發生了强烈的煤和瓦斯突出。噴出的煤粉不仅整个充滿長达 23.5 公尺的輔助石門，而且使“契尔皮切夫卡”煤層的運輸道的一部份堆滿煤粉(圖 1)。

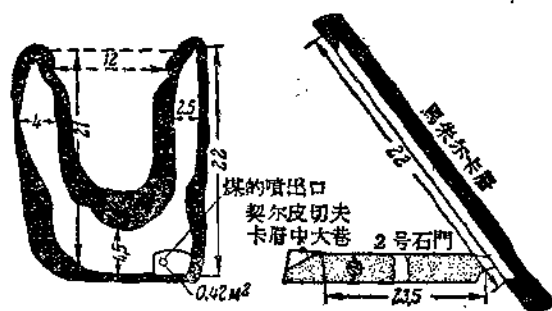


圖 1 頓巴斯中央區“鍋爐房”矿井，640 公尺水平开拓“馬朱爾卡”煤層时，于 1930 年 10 月 22 日發生突出后，巷道及突出空洞的情况

噴出的煤量达 170 吨，大部分是煤粉，也夾有重达 100 公斤的煤塊。煤是从工作面下部，断面为 0.42 平方公尺的小孔中噴出的。噴出的瓦斯充滿采区全部巷道，取样分析空气的成份，沼气濃度达 88%。用局扇和压缩空气进行三晝夜的通風后，才开始清理噴出的煤炭，估計噴出沼气 10000 立方公尺。突出后空洞的形狀呈 V 字形右端長 22 公尺，左端長 21 公尺。值得注意的是煤炭全是由下部小分層中噴出的，上部分層仍保持原狀。

根据 Г. А. 李金的介紹[7]，1952 年 4 月 26 日，在上