

国外煤和瓦斯突出

资 料 汇 编

(第一集)

科学技术文献出版社重庆分社

一九七八年七月

国外煤和瓦斯突出资料汇编

(第一集)

中国科学技术情报研究所重庆分所 编 辑

科学技术文献出版社重庆分社 出 版

重庆市市中区胜利路91号

新华书店重庆发行所 发 行

陕西省宝鸡市人民印刷厂 印 刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 10.5 字数: 34万

1978年7月第1版 1978年7月第1次印刷

印数: 3000

书号: 15176·297

定价: 1.10元

编 者 的 话

在英明领袖华主席抓纲治国战略决策的指引下，在党中央关于向科学技术现代化进军的伟大号召下，全国科技战线呈现出一片繁荣兴旺的景象。

为了加强科技情报交流，使科技情报工作更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为实现四个现代化服务，结合国内有关部门的需要，我们选编了近几年来某些有代表性的国外煤和瓦斯突出的科学实验和研究成果等方面的资料。其主要内容有国外煤和瓦斯突出的研究动向、机理、预测和防治措施。文后附有1966—1977年的国外煤和瓦斯突出资料索引。可供我国从事矿山安全技术工作的科研、生产和教学人员了解和查找国外科技资料参考之用。

本资料在编辑过程中，承蒙重庆市煤炭工业管理局、辽宁省煤炭科学研究所、重庆煤炭科学研究所和重庆大学采矿系矿山工程物理研究所等单位协助选题、译校，提供了宝贵意见，在此表示衷心的感谢！

由于取材和水平有限，文中的错误和欠妥之处恐难避免，希望读者提出批评指正。

一九七八年四月

U181:28
2466
:1

国外煤和瓦斯突出研究综述 (1)

苏联马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所

煤和瓦斯突出的主要研究成果及今后的主要研究方向 (8)

比利时和法国煤矿瓦斯突出的研究成果 (10)

煤和瓦斯突出危险的原因和性质的研究总结 (17)

关于煤、岩石和瓦斯突出问题的讨论总结 (19)

关于瓦斯突出的研究—地质构造条件和爆破的影响 (21)

地质条件对煤、岩石和瓦斯突出的影响

及今后的研究方向 (27)

关于瓦斯突出的试验 (29)

突 出 机 理

国外煤(岩)和瓦斯突出机理的研究现状 (34)

解决煤和瓦斯突出问题的途径 (50)

关于煤和瓦斯突出原因的个人看法 (56)

关于矿井煤和瓦斯突出机理问题 (62)

煤和瓦斯突出过程的形成 (67)

论突出的本质 (70)

煤和瓦斯突出发生的原因和发展的机理 (73)

顿巴斯煤层突出危险区域煤的分子结构特性 (76)

顿巴斯中央区用综合方法对突出危险煤层的应力状态的研究 ... (78)

355000

地压对形成突出的影响	(80)
------------------	--------

突 出 预 测

国外煤和瓦斯突出预测及其发展趋势	(82)
西德用测定K值的方法早期预测瓦斯突出危险	(94)
苏联根据钻孔中瓦斯泄出量预测煤和瓦斯突出的方法	(102)
波兰煤矿利用解吸研究法预测煤和瓦斯 突出和煤层瓦斯含量	(105)
有突出倾向的煤的若干性质	(109)
煤层潜在的突出危险性的确定	(112)
煤层突出危险性的新指标	(115)

防 治 措 施

国外防止煤和瓦斯突出措施的发展及其现状	(117)
顿巴斯矿井解决煤和瓦斯突出问题的新方向	(124)
防止煤和瓦斯突出方法的改进	(126)
防止煤和瓦斯突出的区域性措施	(128)
捷克斯洛伐克煤矿用煤层深孔注水方法防止煤和瓦斯突出	(130)
用超前水力冲孔的方法揭开突出危险煤层的试验	(131)
在新水平煤层开采前消除突出危险的可能性	(133)

资 料 索 引

一、煤和瓦斯突出	(135)
(一) 综述	(135)
(二) 突出事例、分类及一般规律	(138)
(三) 防止突出措施	(139)

(四) 突出机理	(150)
(五) 突出预测	(157)
(六) 岩石和瓦斯突出	(160)
(七) 冲击地压	(164)
二、防治煤矿瓦斯的新措施	(167)
(一) 微生物法处理煤层瓦斯	(167)
(二) 煤层的物理化学处理	(167)
(三) 水力压裂煤层	(168)

国外煤和瓦斯突出研究综述

重庆煤炭科学研究所于不凡编译

一、概 况

煤和瓦斯突出既是发生在煤矿井下的一种极其复杂的动力现象，又是严重威胁煤矿生产的自然灾害。自从1834年法国发生世界上第一次煤和瓦斯突出以

来，至今已有144年。目前发生煤和瓦斯突出的国家和地区已增加到18个。除我国以外，计有法国、苏联、波兰、日本、匈牙利、比利时、英国、捷克、保加利亚、澳大利亚、荷兰、西德、加拿大、罗马尼亚、南斯拉夫、印度及南非。根据国外资料的不完全统计，各国煤和瓦斯突出简况如表1所示〔1〕。

各国煤和瓦斯突出简况

表1

国 别	起止时间	突出次数	最大突出强度，吨	参与突出瓦斯种类	发生突出的最大深度，米	备 注
中 国	1951—1975	5000	8500	CH ₄	90	
法 国	1879—1965	6278	5600	CO ₂ , CH ₄ , 混合气体	320	
苏 联	1906—1969	4109	14000	CH ₄	120	
波 兰	1962年前	1006	7000	CO ₂	80	
日 本	1925—1964	1000	3000	CH ₄	250	
匈 牙 利	1894—1963	500	1400	CH ₄	140	
比 利 时	1892—1963	257	1600	CH ₄	280	
英 国	1912—1972	192	1000	CH ₄	200	
捷 克	1894—1974	273	110	CH ₄ , 混合气体	225	
保加利亚	1933—1972	106	320	CH ₄	120	
荷 兰	1937—1962	12	55	CH ₄		
西 德	1972年以来	23	500	CH ₄		
澳大利亚			400	CH ₄ , 混合气体	180	突出次数和强度不详
罗马尼亚		41		混合气体		突出次数和强度不详
南斯拉夫				混合气体		不详
加 拿 大				CH ₄		"

瓦斯突出较为严重的是前面五个国家，其中瓦斯突出次数最多的是法国，已达到6278次，并且主要集中在塞伟内煤田。苏联瓦斯突出也很严重，不但次数多，而且强度也很大，例如：在顿巴斯加林煤矿曾发生过迄今世界上最大的一次煤和瓦斯突出，突出14,000吨煤和250,000米³沼气。东德的韦腊矿曾发生过世界上最大的一次钾盐和二氧化碳突出〔2〕，突

出100,000吨钾盐。

大多数国家参与突出的瓦斯是沼气，而法国、波兰的一些煤矿则突出二氧化碳，法国、捷克、澳大利亚和罗马尼亚也有时同时突出两种混合气体。突出物主要是煤炭，有时伴有岩石，而东德的岩盐钾盐矿突出的是盐和二氧化碳。

随着开采的加深，苏联、波兰、西德等国家都发

生了岩石(砂岩)和瓦斯突出,仅苏联的顿巴斯煤田,从1955年到1974年共有14个矿井曾发生过3,000余次岩石突出,最大的一次突出强度达2327吨岩石。

煤和瓦斯突出(岩石突出也一样)大多数发生在构造破坏带。保加利亚有90%的突出发生在构造破坏带,英国的南乌艾里萨矿区及捷克的奥斯特拉夫斯科一卡尔文斯基矿区的突出几乎都集中在构造破坏带,而法国、比利时、日本、匈牙利也都有类似的情况。

许多国家都设立了专门研究机构,对煤和瓦斯突出都开展了研究工作,例如:法国在1914年即已设立防止瓦斯突出专门委员会。在苏联,不论煤和瓦斯突出,或者岩石和瓦斯突出都是极其严重的,并集中发生在顿巴斯等主要产煤区,因而对这方面的研究工作所投入的力量最大。在1951年第二次全苏防止煤和瓦斯突出会议后,便设立了防止煤(岩石)和瓦斯突出中央委员会,指导并协调全国20余个研究所和6个高等院校的研究工作。在1948—1972年期间已召开了6次全苏防止煤(岩石)和瓦斯突出科技会议并举行了有关的座谈会及学习班等。

六十年代以来,许多国家都加强了煤(岩石)和瓦斯突出的研究工作,并广泛地开展了国际学术活动。由联合国西欧经济委员会筹集〔3,24〕,于1964年10月在法国尼姆召开了第一届防止煤和瓦斯突出国际讨论会,参加这次会议的有15个国家的代表85人,提出报告17篇;第二届会议曾于1969年8月在匈牙利的霍尔茨召开,有11个国家参加、2个国家列席,提出报告24篇;第三届会议曾于1974年在苏联的顿涅茨召开,参加这次会议的有11个国家的代表73人,提出报告33篇。西欧煤钢联营的比利时、法国、西德、荷兰等国也都召开过有关会议。这些会议讨论了煤(岩石)和瓦斯突出发生的原因及其规律,并交流了突出预报和预防的方法及其应用的情况。

二、煤和瓦斯突出机理

许多国家运用统计分析、现场观测和实验室模拟等方法,对于煤和瓦斯突出的原因和机理开展了广泛而深入的研究,并取得了一些成果。但是,迄今关于煤和瓦斯突出机理并未得到根本解决,只是根据现场统计资料及实验室模拟研究提出了各种不同的假说。这些假说只能对某些现象给予解释,而不能得出统一的和完整的突出机理理论。对煤和瓦斯突出机理的研究工作所投入的力量最大的是苏联,既有实验室模拟研究,又有现场观测;日本偏重于实验室研究;西欧着重于预报、预防措施,对理论研究工作所投入的力量不大。真正在现场观测到的突出发生和发展过程的

第一手材料还很少,已见于文献的只有马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所〔4〕于1957—1958年在顿巴斯《红色国际工会》煤矿杰列佐夫卡煤层试验区的考察研究,它观察并记录了突出过程中煤体变形、瓦斯压力、透气性和声响的变化,这是一份研究突出机理的有价值的参考资料。

关于煤和瓦斯突出机理的假说很多,归纳起来,大致有四种类型假说,现将其要点介绍如下。

(一) 瓦斯为主导作用的假说〔5—13〕

1. “瓦斯包”说 认为煤层内存在高压“瓦斯包”,当工作面接近这种“瓦斯包”时,煤壁会发生破坏并抛出煤炭。提倡者有法国的鲁夫、苏联的贝可夫和英国的果耶。

2. 突出波说 认为瓦斯潜能要比煤的弹性变形能大十倍,并且用数学分析法研究了瓦斯压力作用下煤壁发生顺序破坏的可能性。提倡者是苏联的赫里斯基阿诺维奇。

3. 裂缝堵塞说 认为由于各种原因使均匀排瓦斯的裂缝系统地封闭和堵塞,使得在煤层中形成增高的瓦斯压力带,从而引起突出。提倡者是苏联的阿莫索夫。

4. 瓦斯膨胀说 认为煤层中存在有增高的瓦斯含量带,从而引起煤体膨胀并增加煤层应力。此处煤层透气性接近于零,当巷道推进时,应力急剧降低,造成煤的破碎和突出。提倡者是苏联的尼克林。

5. 卸压瓦斯说 认为突出煤层的透气性较低,瓦斯难以流出。由于采掘而使之卸压,迅速卸压的瓦斯使得瓦斯压力升高,将分散的煤迅速抛出或向巷道挤出。提倡者是苏联的尔热夫斯基等。

6. 瓦斯水化物说 认为在一定的温度、压力下,多孔的煤层中有可能生成瓦斯水化物 $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,它以介稳状态存在,具有很大的潜能,受到采掘工作影响,即能迅速分解,形成高压瓦斯,破坏煤体而造成突出。提倡者是苏联的巴利维列夫和马柯贡。

7. 火山瓦斯说 认为由于火山活动,煤受到二次热力变质,产生热力变质瓦斯和岩浆瓦斯,而形成高压瓦斯区,当进入这些地带采掘时即能引起突出。提倡者是日本的栗原一雄。

8. 瓦斯粉煤说 认为突出时的粉煤原来就存在于煤层中。当含有瓦斯时,这些粉煤象流体一样,瓦斯压力不大时就能引起突出。提倡者是日本的植木土郎。

9. 瓦斯解吸说 认为卸压时煤的微孔隙扩张, 孔隙吸附潜能降低, 吸附、吸着瓦斯解吸, 瓦斯压力增高, 可破坏不坚硬的煤而引起突出。提倡者是东德的克歇尔。

(二) 地压为主导作用的假说

[5—7, 14—16]

1. 岩石变形潜能说 认为突出的发生是由于积聚在煤层周围的变形的弹性岩石的潜能所引起的, 而该潜能则由于过去的地质构造的运动所造成。当巷道掘到该处时, 弹性岩石便象弹簧一样伸张, 破碎煤体而引起突出。提倡者是苏联的别楚克和阿尔沙瓦, 法国的莫连, 加拿大的伊格那季叶夫和日本的外尾善次郎。

2. 集中应力说 在回采工作面前方的支承压力带, 由于厚弹性顶板的悬顶和突然沉降以及引起附加应力, 所以煤体在集中应力作用下遭到破坏而引起突出。提倡者是苏联的别洛夫和卡尔波夫。

3. 振动波动说 认为突出过程的发展是外力震动引起煤体和围岩的振动波动过程的发展。由于岩石的潜能和煤体的破坏而维持和发展了这一过程。提倡者是苏联的奥西波夫。

4. 应力叠加说 认为瓦斯突出是由于地质构造应力、火山与岩浆活动的热力变形应力、自重应力、采掘压力和放顶动压等叠加而引起的。提倡者是日本的矢野贞三。

5. 放炮突出说 认为大多数瓦斯突出(包括冲击地压)的主要原因是由于爆破的应力作用而造成的。提倡者是日本的桥本清等人。

6. 顶板位移不均匀说 认为瓦斯突出是由于煤层顶底板不规则和不连续移动而引起的一种动力现象。提倡者是日本的小田仁平次等。

(三) 化学本质假说[5, 6,

17, 18]

1. 认为瓦斯突出是由于煤在很大的深度内变质时发生的化学反应而引起的。即由于煤的变质, 所以在爆炸性化学转化的物质(爆炸的煤)的介稳区能呈现链锁反应过程, 并迅速地形成大量的 CO_2 和 CH_4 , 而引起爆炸—煤和瓦斯突出。(苏联的缪里尔等)。

2. 认为在煤的形成时有许多重炭(原子量13)及带氢同位素(原子量2)的重水。所形成的重的煤同

位素称为“重煤”原子。当进行采煤时能发生突出。(苏联的盖克)。

3. 认为瓦斯突出现象是以煤层中不断进行的复杂地质化学过程及伴生的经常的瓦斯生成过程为基础的, 突出按退化爆炸型链锁反应进行。(苏联的库兹聂佐夫)。

(四) 地压瓦斯综合假说[4,

5, 6]

该假说最早是由苏联的聂克拉索夫斯基提出的。认为煤和瓦斯突出是由于地压和瓦斯共同起作用而引起的。以后又考虑到了煤质条件。只是对某种因素在突出中所起的作用, 说法不一。例如: 比利时、法国的研究者(伯兰、耿代尔等人)认为其中瓦斯因素是主要的, 而苏联(霍多特及包布罗夫等)、日本(矶部俊郎)及英国(鲍来)等大多数研究者认为地压是主要的, 即地压是发动突出、发展突出的因素, 瓦斯是辅助突出发展的因素。

后者认为, 地压使煤岩积蓄大量的弹性潜能, 在工作面附近, 由三向受力转为临界应力状态。当弹性能不能很好释放时, 会形成不稳定的暂时平衡, 而当掘进时又破坏了这种平衡。由于弹性能瞬间释放, 引起煤高速度的破坏和压出, 大量瓦斯解吸, 瓦斯压力不断增高, 会使煤继续破坏并形成抛向巷道的瓦斯和煤流。

上述假说的主要代表者是苏联矿业研究所的霍多特和马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所的包布罗夫, 其说法大同小异。前者根据实验室研究及模拟而逐步完善的; 后者是根据现场实测逐步完善的。分歧之点在于弹性能的来源上。前者认为弹性能主要储存于煤体中, 而来源于自重应力; 后者认为弹性能储存于围岩中, 主要来源于构造应力。

笔者倾向于包布罗夫假说, 因为它来源于实际资料及现场观测, 能比较客观地解释突出过程的一些问题。

综上所述可以看出以下几点:

1. 突出机理假说的发展趋势是由单项假说向综合假说发展。在1969年第二届防止煤和瓦斯突出的国际讨论会上, 多数国家的代表都一致同意下述论点[24]: 即煤和瓦斯突出是一些因素(煤层的应力状态、煤层瓦斯含量及煤体物理机械性质)综合作用的结果, 而危险煤层工作面的突出危险性在很大程度上取决于生产及矿山技术因素。不过, 对于各因素的主导地位及相互作用关系, 还研究得不够, 所以目前尚

未形成统一的理论,仍处于假说阶段。

2.实验室研究及现场实测表明,煤和瓦斯突出基本上是一种力学现象,这是绝大多数的研究者所承认的。有关化学本质假说,看来还是推测居多,仍缺乏一定的根据。

3.构造应力在突出中的作用,引起越来越多的注意。因而,直接在矿井条件下测定煤层及围岩的应力状态,已逐步提到议事日程上。

三、煤和瓦斯突出预报

煤和瓦斯突出预报是研究突出的一个主要方面。它不仅能保证突出煤层开采的人身安全,而且能指导防止突出措施更合理地应用,减少盲目性。根据苏联马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所的研究结果〔19〕,证明突出危险区只占突出煤层总面积的5—7%,在预报的未突出区,不采取措施,产量和掘进速度可增加25—30%。

突出预报一般可分为:①区域性(长期)预报,确定井田、煤层的突出危险程度、危险煤层中的突出危险带等;②局部性预报,预报某一采掘工作面的突出危险性;③日常预报(突出警报),保证对危险煤层工作面突出危险性的不断检查,在突出将要发生时,发出警报并撤出人员。在苏联顿巴斯有105个矿井进行现时预报。

(一) 区域性预报〔19、20、

21〕

区域性预报是建立在分析地质条件的基础上的,其任务是在勘探时能对各剖面、部位作出突出危险性的估计。在勘探期间及矿井条件下,应研究煤的变质程度、煤层瓦斯压力、瓦斯含量、水文地质条件、岩相组分等。

目前,按苏联马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所规定的煤的变质程度来确定突出危险性,即当煤的挥发份 $V_r > 35\%$ 、无烟煤比电阻的对数值 $\lg \rho < 3.2$ 时,该煤层没有突出危险。此种方法在顿巴斯有11个矿井在应用,捷克也在应用。

煤层的水文地质条件在很大程度上也决定煤层突出危险性,对于顿巴斯的条件,当煤中水分(天然及人工润湿)大于4—6%时,就没有突出危险性。

(二) 局部性预报〔22—30、

12〕

局部性预报目前在国外受到很大的重视,都加强这方面的研究工作。先后曾提出几十种预报方法,试图根据对突出有影响的瓦斯、地压、煤岩结构和力学性质等基本因素以及所提出的各种单项指标或综合指标来预报突出,并相应地研制了一批测定这些指标的装置和仪器。现将其主要部分概述如下:

1. 根据煤层瓦斯因素预报

(1) 瓦斯压力 一般认为煤层瓦斯压力在10个大气压时,具有突出危险性。但是,在波兰也有瓦斯压力不超过2个大气压的区域发生突出的事例〔25〕。

(2) 钻孔瓦斯自喷压力 波兰、捷克、日本、英国等国家都根据钻孔瓦斯自喷压力来预报突出。波兰规定自喷压力大于0.3大气压属于中等危险,自喷压力大于2个大气压属于很危险。

(3) 钻孔瓦斯涌出速度 目前苏联、波兰、保加利亚、法国、捷克、日本等国家都广泛应用此种方法。各国所用的方法大同小异,现以苏联马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所的方法为例,孔径43毫米、长3.5米,掘进工作面每推进2米、回采工作面每推进3米打一次孔,用机械封孔器封堵离孔底0.5米长的一段空间,用ИТ—2МА型仪器测定瓦斯涌出速度,如果瓦斯涌出速度在5升/分以上,就要采取措施。

(4) 煤样瓦斯泄出量 比利时、法国、波兰、日本、罗马尼亚、捷克、澳大利亚等国家都采用此法。打钻时取钻粉煤样,放在解吸器中测量一定时间间隔内的瓦斯泄出量。比利时规定,15分钟内泄出量小于1.2厘米³/克者不危险,10分钟内泄出量为2.4—3厘米³/克者有危险,大于3厘米³/克者很危险。而英国则利用密封煤样中瓦斯泄出的比值为指标,规定正常值为10毫克/克,而将正常值与该煤样泄出量的比值作为危险性指标,此比值大于4时认为有突出危险。

(5) 瓦斯成分 苏联以煤层瓦斯成份缺氮作为无突出危险的指标。日本认为煤层瓦斯成分中重碳氢化合物含量增高是突出危险性指标。

2. 根据地压因素预报

(1) 打钻时的钻粉量 这是苏联、西德、日本、比利时、捷克等国家广泛采用的一种简单方法。西德以钻粉量大于正常量的8倍作为危险指标,而日本则以钻粉量大于6升/米作为危险指标。

(2) 顶底板靠拢速度 苏联、保加利亚、日本等国家都认为,突出前顶底板靠拢速度减缓甚至停

滞,常以工作面采煤时和无作业时顶底板靠拢速度的比值 K 来表示突出危险性。苏联规定 $K>30$ 时有突出危险性, $K=3-6$ 时无突出危险性。

3. 根据煤岩结构和力学性质

(1) 瓦斯放散初速度(ΔP) 这是苏联矿业研究所规定的表示突出危险性的指标。该指标目前在法国、比利时、保加利亚、捷克、日本、罗马尼亚等国家已得到广泛的应用,而在应用方法上大同小异。一般规定 $\Delta P<10$ 不危险, $\Delta P\geq 25$ 有危险。但在苏联、比利时等国家也有非危险区 $\Delta P>15$,危险区 $\Delta P<20-25$,并不能严格地划分界限。

(2) 煤的强度或强度综合指标 苏联、保加利亚、日本等国家常采用煤的强度系数(按普氏指标或插针插入深度)。此外还采用煤的强度系数(f)、筛分系数(C)及瓦斯放散初速度(ΔP)的综合指标($e=1.8(\Delta p-f)+0.7C$),或其他类型强度综合指标。保加利亚规定,当 $f=0.45-0.7$ 或更大时属于不危险层,而当 $f=0.12-0.14$ 时则属于危险层。苏联规定 $e<14$ 时为非危险区,而 $e>21$ 时则为危险区。

(3) 煤的显微结构 日本认为突出煤层中有“分枝性龟裂”。保加利亚认为突出煤层裂隙多(裂隙比长 $7.5-10.2$ 毫米/毫米²,裂隙平均间距为 $0.3-0.16$ 毫米),非突出煤层裂隙少(裂隙比长 $3-5$ 毫米/毫米²,裂隙平均间距为 $0.1-0.2$ 毫米)。南斯拉夫、匈牙利、罗马尼亚和捷克等国家也都在采用电测法、显微镜法观测煤的显微结构。

(4) 煤层围岩性质 苏联、日本认为,突出煤层的围岩应是厚而坚硬的岩石(砂岩、石灰岩等),而紧挨煤层的页岩垫层厚度应小于 2 米。

(5) 其他匈牙利、苏联等国家也采用测定大地电阻的方法,苏联采用测量顺磁中心含量的方法等。

4. 综合指标

应当指出,用单项指标预报突出有一定的片面性。近年来,各国都在探索用多项综合指标来预报突出,如有的把煤的强度与瓦斯压力结合起来,而有的则把煤的强度与地压结合起来。1962年苏联矿业研究所曾提出,根据开采深度、瓦斯压力、煤的强度及其变化率、倾角、煤的厚度及其变化率等12个主要指标和震动声响活性、煤的弹性模数、裂隙等8个辅助指标采用计分方法,对顿巴斯中央区10个煤层的突出危险性进行了预报,主要指标的总分为正值时,即有突出危险。日本也提出了类似的计分方法。

(三) 日常预报

在现时预报中,钻孔瓦斯涌出速度及打钻时的钻

粉量已为各国广泛应用。据报导,最有发展前途的还是震动声响法。1964年前只有苏联应用此法。曾在顿巴斯12个矿井沿走向总长度48公里范围内,予测到其中15公里长范围为突出区,其中发生了517次突出。目前此种方法也在法国、英国、匈牙利、比利时、日本等国家得到了应用。

综上所述可以看出以下几点:

1. 突出预报与突出机理的研究二者是相辅相成的。由于突出机理未搞清楚,突出预报就缺乏有力的理论指导,大多数突出预报工作还只是建立在突出统计分析和生产实践的基础上的,因而往往只适用于某一特定的地质开采条件。在此条件下划分突出危险和非突出危险区(段)是有可能的。

2. 从国外动向来看,从地质构造(地质力学)的角度来进行突出预报,还没有受到足够的重视,地应力测量工作还很少开展。

四、煤和瓦斯突出预防措施

关于煤和瓦斯突出预防措施,本汇编“国外防止煤和瓦斯突出措施的发展及其现状”一文中已详细论述。本文仅就各国常用的主要措施概述如下:

1. 预先开采解放层(保护层)仍然是各国公认的防止突出最有效的根本措施,现在几乎所有发生突出的国家都已普遍应用。

关于解放层的有效垂距,上解放层一般不超过 60 米,下解放层不超过 $100-170$ 米。在一些场合(如解放层采高 $1.55-2$ 米,工作面长度 $190-300$ 米时)下,上解放层可达 105 米(相对有效垂距为 65),下解放层达 242 米(相对有效垂距为 121)。

根据苏联科学院大地物理研究所的研究,在开采远距离解放层时,如果结合抽放被解放层的瓦斯,则可使有效垂距增加 $1.4-1.6$ 倍。这与笔者“远距离解放层配合抽放突出层瓦斯可以提高解放层解放效果”的观点〔33、34〕是一致的。

目前研究的问题主要是:①要进一步加强理论研究,以便逐步过渡到可以进行工程计算;②扩大解放层的使用范围;③极薄的及劣质的解放层的机械化开采。

2. 在无解放层开采的条件下,可以作为区域性的防止措施是:预先抽放瓦斯(日本、苏联、波兰)和微毛细湿润-低压长期注水(苏联)目前已取得一些进展。

一般来说,突出危险层透气性较低,为了达到有效防止突出的目的,须要有较长的抽放时间。为此,各国正在讨论加速瓦斯抽放的新方法〔35〕,这些方

法主要有：①提高抽放负压，②用扩底钻头（变径钻头）钻孔；③扩大孔径；④水力压裂；⑤化学处理等。

对低压长期注水防止突出的作用，多数人倾向于增加煤的塑性，减少煤突然脆性破坏的可能性。不过，当深部水平突出动力相当大时，有效性如何尚有待进一步试验。

3.超前钻孔是各国广泛采用的一种有效措施，它是目前比利时、法国防止突出的主要措施，从五十年代到六十年代也曾是苏联防止突出的主要措施。

关于超前钻孔的直径各国并不统一，总的来讲，有从300毫米缩小到115—150毫米的倾向，孔数3—7个，通过钻孔取出的煤量每米为2—5%。据报导，在钻孔布置合理时，可以有效地防止突出。当前存在的主要问题是怎样保证钻孔打到一定的深度。

4.震动放炮曾是西欧防止突出的主要措施，五十年代才被超前钻孔及其他措施所取代。目前英国、波兰仍将其作为主要措施，而大多数国家则把它作为石门揭开煤层时的辅助安全措施。关于震动放炮的作用，一般认为可震动煤体，人为诱导突出。

震动放炮的主要缺点是：①延期突出，影响放炮后作业安全；②强烈震动容易引起冒顶及煤垮落；③技术经济指标低。

5.水力冲孔（冲刷）作用原理与超前钻孔相似，这是匈牙利、保加利亚所采取的主要措施，苏联、比利时、法国也广为应用。冲孔水压不超过40个大气压。冲出煤量各国规定不一致，例如，在石门揭开煤层时每米煤层厚度为1米³（匈牙利）或70—80%（保加利亚）；煤巷掘进时每掘进一米为0.5—1米³（匈牙利）或30—40%（保加利亚）。

6.高压注水采用大于地层自重（ γH ）的水压，尽管防止突出的作用未能统一意见，但已在顿巴斯得到广泛的应用，在捷克、日本等国家也有所应用。根据苏联的研究，高压注水防止突出的有效性不仅取决于煤体润湿程度，还取决于煤体疏松程度。一般认为，采用长期多循环注水效果较好。

7.除上述防止突出的区域性措施或局部性措施外，还采取了一些辅助措施，借以改善突出危险层的开采条件，减少突出发生的可能性，如合理地布置采掘工作，保证工作面处于开采支承压力带之外，选择合理的开采、顶板管理和落煤等方法。

参 考 文 献

1. 渝岩，试论煤和瓦斯突出的机理，《川煤科技》，1975，№2。

2. Gimm Werner Gegenwärtiger stand der Beherrschung der CO₂-Gasgefahren im Werrakalibergbau der DDR. PЖ. горное дело, 1977, №1.

3. Международный симпозиум по проблеме внезапных выбросов угля, породы и газа. «Уголь Украины», 1974, №9.

4. Бобров И. В. и др., Борьбы с Внезапными выбросами угля и газа. Киев. «Техніка», 1964

5. Скочинский А. А., Современное состояние изученности проблемы внезапных выбросов угля и газа. В кн.: Научно-исследования в области борьбы с внезапными выбросами угля и газа. Углетехиздат, 1958.

6. Ходот В. В., Внезапные выбросы угля и газа. М. Госгортехиздат, 1961.

7. Божко В. Л. и др., Внезапные выбросы угля и газа и борьбы с ними на шахтах Донбасса. «Уголь Украины», 1974, №9.

8. Аммосов И. И. и др., Трещиноватость углей. изд. АН СССР, 1960.

9. Степанович Г. Я., Николин В. И., К вопросу о выбросоопасности угольных пластов на больших глубинах. «Безопасность тр. в пром-сти», 1970, №6.

10. Ржевский В. В. и др., К вопросу о механизме выбросов угля и газа в шахтах. «Уголь», 1974, №12.

11. Макотон Ю. Ф. и др., Внезапные выбросы и участие в них метана в гидратном состоянии. «Безопасность труда в пром-сти», 1973, №12.

12. 栗原一雄, ガス突出, 《采矿と保安》, 1973, №6.

13. Кегель К., Внезапные выбросы и дренирование газа при подземных разработках. Углетехиздат, 1956.

14. Печук И. М., О причинах выбросов. В кн.: Вопросы теории внезапных выбросов угля и газа. М. 1959.

15. Осипов С. И., О вибрационном волновом механизме внезапных выбросов угля и газа, «Уголь Украины», 1975, №10.

16. 矢野贞三, 山ハネ, ガス突出の現状の予知法とその制御について (1)、(2)、(3), 《炭矿技

术», 1972, №9. №10, №11.

17. Мюллер Р. Л., К вопросу о возможной роли химических процессов при внезапных выбросах угля и газа в угольных шахтах. В кн.: Вопросы теории внезапных выбросов угля и газа. М., 1959.

18. Кузнецов А. П., О комплексном изучении проблемы внезапных выбросов угля и газа. В кн.: Вопросы теории внезапных выбросов угля и газа. М., 1959.

19. Тимошинко А. Т., Основные направления деятельности МакНИИ. «Уголь», 1977, №7.

20. Кравцов А. И., О влиянии геологических условий происхождения внезапных выбросов угля, породы и газа и дальнейшее направление исследований. «Уголь», 1975, №7.

21. Николин В. И., Опыт прогноза выбросоопасности по выходу летучих веществ. «Уголь», 1973, №4.

22. Лидин Г. Д., Международный симпозиум по внезапным выбросам угля и газа. «Безопасность тр. в пром-сти», 1967, №7, №8.

23. Лидин Г. Д., Внезапные выбросы угля и газа в шахтах зарубежных стран и опыт борьбы с ними. В кн.: Управление газовыделением и пылеподавление в шахтах. М. «Недра», 1972.

24. Середняков П. Я., Международный симпозиум по вопросам борьбы с внезапными выбросами угля и газа. «Безопасность тр. в пром-сти», 1969, №12.

25. Боровский Я., Использование десобометрических исследований для прогно-

зирования внезапных выбросов угля и газа и газоносности угольных пластов (на угольных шахтах ПНР). «Уголь», 1973, №10.

26. Аршава В. Г. и др., Текущий прогноз выбросоопасности угольных пластов.

«Безопасность тр. в пром-сти», 1975, №3.

27. Николин В. И., Гелий в составе газов выбросоопасных пластов. «Безопасность тр. в Пром-сти», 1974, №9.

28. Печук И. М., Определение выбросоопасности пласта, «Уголь Украины», 1963, №11.

29. Артемов А. В., Прогноз выбросоопасности по концентрации парамагнитных центров. «Уголь», 1977, №5.

30. Ходот В. В., Признаки выбросоопасности угольных пластов Донбасса. В кн.: Рудничная аэрология. изд. АН СССР, 1962.

31. Новичелин И. А., Опыт подработки и надработки выбросоопасных пластов на шахтах Донбасса. «Уголь», 1975, №5.

32. Аируни А. Т., Исследования динамики давления метана в опасных по внезапным выбросам подрабатываемых и надрабатываемых угольных пластах при применении искусственной дегазации. Доклады, XVI Международная конференция по научным исследованиям в области безопасности работ в горной промышленности, 1974.

33. 重庆煤炭科学研究所, 重庆地区煤和瓦斯突出概况及其预防措施, 1974, 1.

34. 重庆煤炭科学研究所, 国内外防治煤和瓦斯突出措施的现状和动态, 1975, 12.

35. 重庆煤炭科学研究所, 国外煤矿瓦斯抽放动态, 1976, 8.

苏联马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所

煤和瓦斯突出的主要研究成果及 今后的主要研究方向

В. Л. Божко等

理论研究。在苏联和其他国家，对煤和瓦斯突出危险性的本质、突出发生和发展的机理，研究了将近100年。А.А.斯科琴斯基关于三个因素（地压、瓦斯和煤的物理力学性质）总起来确定突出危险的论断适用于一切情况。

关于突出危险性的本质和突出的机理，作了大量的研究。最有意义的是对与潜在突出危险变化一般规律性及突出危险局部性有关的现象本质的某些方面进行的研究。在对煤层突出危险或然率同煤的变质程度的关系的物理本质研究的基础上，制定并在工业条件下试验了如下预测方法：局部性预测方法，按钻探资料预测方法，煤层石门揭开前预测方法〔1，2，3〕。建造了突出危险煤层多孔隙体物理模型，其某些部分实际上是不透气的，其体积能随瓦斯含量而变化。此模型考虑了B.B.霍多特过去查明的煤的瓦斯透气性同其应力的关系，考虑了瓦斯含量、瓦斯泄出速度、钻孔泄出瓦斯量和瓦斯成分的实验测定结果，从而能找到引起潜在突出危险局部性的主要因素，即自然（残存）瓦斯含量的不均衡性〔4，5〕。

煤层瓦斯含量的增加引起巷道工作面前方安全卸压带的减小，因而，它不会使煤体（如煤样）强度和弹性模数减小，而是提高。

煤和瓦斯突出的局部性预防方法。研究工作遵循三个主要方向：改进现有方法；制定新方法并进行工业性检验；研究煤和瓦斯突出预防方法应用效果的检查方法并进行工业性检验和推广。

研究和改进了超前钻孔、高压注水、煤层水力冲刷等预防突出的方法。虽然，超前钻孔是最老的方法，但是，钻孔有效影响半径 R_0 这一主要参数的确定方法是不完善的〔4〕。马凯耶夫研究所研究出并在矿井条件下试验了原则上新的 R_0 确定方法，这一方法基于这样一个论点，即煤层的卸压导致瓦斯泄出

速度的提高。在使用超前钻孔预防突出的所有工作面内， R_0 的实验测定可以判定，井下所定的 R_0 在很多情况下超过（有时大大超过）实际影响半径，在这种情况下，超前钻孔的使用自然不能是有效的。

实验查明，在突出危险带 R_0 有时可减小到几厘米；所以为了预防突出，只有在连续检查使用效果的条件才允许采用超前钻孔。截止1975年12月15日，顿巴斯记录了钻孔（眼）时发生的163次煤和瓦斯突出。1973年前的安全规程准许钻直径不小于250—300毫米的孔预防突出。马凯耶夫研究所的研究查明，钻孔直径从250—300毫米减小到100—120毫米，钻孔时发生突出的或然率可减少 $\frac{2}{3}$ 。在1973年的安全规程中允许使用直径80—300毫米的钻孔预防突出，但必须测定其有效影响半径 R_0 。

钻小直径孔也有危险性，以及危险带中 R_0 减小的可能性，使马凯耶夫研究所认为，超前钻孔方法是没有前途的，必须缩小其使用范围。截止1975年10月1日，应用钻孔预防突出的有7个回采工作面（2.3%）和49条准备巷道（14%），约比1971年减少了71%。

煤层高压注水消除突出危险效果的物理实质问题，长期以来是有争论的。1971年前盛行的一种意见认为该方法的效果在于煤层瓦斯的部分排除（或储存）和水填满其空隙。马凯耶夫研究所的研究（1972—1973年）表明，注水排除突出危险的效果仅在以下情况下可以达到，即煤层工作面附近区域在巷道（采空区）侧发生变形，同时部分煤体应力降低，瓦斯排除。

上述关于高压注水方法效果的概念导致了两个在应用上重要的情况：必须从工作面一侧（长工作面的采空区侧）进行高压注水；钻孔不应很深，因为煤层工作面附近区域的变形效果证明是不能实现的。校正了高压注水参数。

在高压注水下,回采工作面内煤层变形所需的条件比掘进工作面内优越,因此,此方法最好的应用范围是长工作面。具体工作面内的高压注水参数在编制设计阶段规定后,通常不改变,虽然沿回采工作全长,随着矿山技术条件(一次放顶,顶板岩不悬挂等)和矿山地质条件的变化,煤层或采区的突出危险程度可能极不相同。需要研制一种测定高压注水参数的方法,这种方法考虑了发生事故状况前的所有这些变化。

预计,如在完成高压注水后,立即在钻孔内进行装药爆破,那么,煤体向采空区方面的破坏更强烈。

马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所提出、试验并运用了另一种水力冲刷空洞法。煤层在揭开前,在设计断面到煤层界限以外2米,以水枪冲刷;空洞填以低标号混凝土,此后继续掘进石门。1975年,在揭开10个特别危险的煤层时应用了此方法。

在研究和运用应力重新分布规律和采煤工艺的基础上〔6〕,研制了开卸压槽的方法。顿巴斯在深500—700米处开采很复杂煤层时,甚至钻3米以上的眼也有危险这一事实促进了此方法的出现。原则上是新的研究预防突出的途径在于,想在采煤时利用卸压的和排放瓦斯(挤出)的煤层近工作面部分的存在。如果该煤层小于选择的采深,则减小一循环的采深,或采取措施以加大卸压和排出瓦斯层到工艺规格。采取措施时向煤层的推进深度有限制,因为达到最大支承压力带是危险的。

建议的并在各种复杂条件下经过实际实验的,在平巷和长工作面中开卸压槽的方法,经乌克兰有关主管部门推荐用于平巷、切割眼的掘进,用在缓倾斜煤层的旁洞中,用在急倾斜煤层的倒台阶和正台阶工作面中。首要任务是加速创制开卸压槽专用机械的工作。

为了解决有突出倾向的煤层安全开采问题,预防采准巷道掘进时的突出(最强的突出)有特殊意义。长工作面中当平巷不超前时,大部分突出发生在其边缘部分(采取措施低速掘进平巷,避免超前,在很大程度上解决了长工作面的突出预防问题),采准和回采巷道中发生突出数的比随深度增大。

1973—1975年研制并在《克拉斯诺阿尔缅依斯卡娅-卡皮塔利纳亚》矿及其他几个矿上试验了原则上新的采准巷道掘进工艺,它采用了选择型机组(ΠK-9p, 4 ΠΠ-2)以半煤岩工作面掘进,可预防突出,保证掘进的高速度。该工艺的实质是利用了在单个巷道范围内回采解放层的效果。近期的课题是在缓倾斜煤层采用该新工艺和在沿急倾斜突出危险煤层掘进平

巷时进行工业性试验。

由于预防突出的措施执行不好,或由于矿山地质条件、矿山技术条件的变化,在具体工作面内任何方法可能保证不了消除潜在的突出危险。马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所研究和试验了局部性预防突出方法应用效果的检查方法,并从1973年下半年起,在使用局部性预防突出方法的巷道中采用。1974—1975年,在顿巴斯对马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所、斯科琴斯基矿业研究所,全苏矿山测量科学研究所和煤炭工业安全工作东方科学研究所等单位制定的检查方法进行了比较试验。推荐在顿巴斯条件下推广马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所研制的按瓦斯泄出动力学检查煤层工作面附近区域突出危险的综合方法。该方法也被推荐用来测定不采取预防突出措施时采煤的安全深度范围。

研究的主要方向是,改善方法的同时必须研制测定瓦斯泄出速度的仪器和供在装备有机组的长工作面内(特别是在缓倾斜煤层)用的非工艺性方法。由于长工作面内煤层近工作面部分的突出危险性性与顶板岩石陷落有关,需要为装备机组的长工作面找到不必深入煤体的连续检查方法。

采用突出预防方法和预测突出危险时使用的仪器设备。在第九个五年计划中,马凯耶夫煤矿安全工作科学研究所对这一方面很重视。最重要的是创制预测煤层突出危险的仪器和检查工作面附近区域突出危险的仪器。成批生产了ΠΓ-2MA、3Γ-1和ΠK-1型仪器,使日常预测煤层突出危险的方法和检查预防突出方法应用效果的方法得到广泛的推广。创制向煤层进行高压注水的一套设备(泵、流量计、密封器)的工作接近完成。创制和成功地试验了下列样机:煤层揭开前水力冲刷用泵,ΠK-9pm掘进机组的工作机构,缓倾斜煤层巷道开卸压槽设备。

在第十个五年计划中应提出的主要课题:改善现有的和创制新的预测突出危险的方法;研究安全开采深度的检查方法,以精确查明实际的突出危险,其按定位计算不超过开采范围的1%;改善煤层高压注水预防煤和瓦斯突出的方法(其中考虑脉冲作用);完成在煤层及其围岩中开卸压槽的方法的研究(ΥΠΠ-1M型装置, 4 ΠΠ-2型机组),并进行工业性试验;推广局部性预防突出方法,它仅和检查其应用效果的方法配合使用;根本改善瓦斯泄出速度测量仪器;掌握向煤层高压注水和煤层揭开前水力冲刷设备的成批生产;掌握ΠK-9pm、4 ΠΠ-2 m掘进机组和开卸压槽设备(其中包括ΥΠΠ-1M设备)的成批生产。

研究工作的执行者。关于水力冲刷的研究工作,

同乌克兰水力采煤科学研究所协同完成；关于用ПК-9р、4ПП-2型掘进机组掘进采准巷道的新工艺的理论 and 实验论证，同乌克兰科学院地质工程力学研究所和中央地下机械制造科学研究所协同完成；关于预测突出危险方法的研究、制定和工业性检验，同顿涅茨克和诺沃契尔卡斯克工业大学协同完成。

有煤和瓦斯突出倾向的煤层的安全开采问题的原则解决，可以在实现两个互相有联系的条件过程中达到。预测突出危险的方法、预防突出的方法和检查其使用效果的方法不仅应是可靠的，工艺上也应可行。除了上述开采突出危险的煤层所采取的专门措施外，应当广泛推广先进的技术（柱式开采法，急倾斜煤层掩护式机组开采等）和组织措施（例如，在矿内设立预测和检查突出危险的专门人员，在生产联合企业设立科或组）。

参 考 文 献

1. Колесов О. А., Николин В. И., Степанович Г. Я., Ткач В. Я. Региональный прогноз выбросоопасности угольных пластов донецкого бассейна. «Уголь

Украины», 1971, №5.

2. Николин В. И., Лышков Б. А., Ткач В. Я. Прогноз выбросоопасности угольных и породных пластов. Донецк, «Донбасс», 1972.
3. Николин В. И., Ткач В. Я., Берзин А. Г. К оценке выбросоопасности угольных пластов Донбасса. «Уголь Украины», 1975, №6.
4. Николин В. И., Карагодия Л. Н., Прохоров Б. И. Использование опережающих скважин для предотвращения внезапных выбросов угля и газа. ЦНИИУголь. 1974.
5. Николин В. И. О природе локальности выбросоопасности. «Уголь», 1975, №3.
6. Николин В. И. Разработка выбросоопасных пластов на глубоких шахтах. Донецк, «Донбасс», 1976.

樊文庄译自《Уголь Украины》，1976, №9, 4—6 白鲁书校

比利时和法国煤矿瓦斯突出的研究成果

J. Belin等

一、决定突出的因素及其作用〔2、18、20、22、24〕

突出是平衡的严重破坏。某些煤层经常发生突出，突出时会突然释放出大量的气体（ CH_4 、 CO_2 或者混合气体），并猛烈抛出煤炭或者岩石，其数量从10吨到5000吨以上。

参与突出发生和发展的因素有三个：煤层中的瓦斯，限制煤体的地应力，煤的构造。

（一）煤层中瓦斯的存在

这应从瓦斯的压力和瓦斯的含量这两方面来考

察，这两者之间的关系由吸附等温线表示〔12〕，但是它们的作用很不一样。

1. 瓦斯压力

在工作面前方的松动区域内，每一个龟裂的煤的体积单元都受到一个指向工作线方向的力，这个力与该体积单元受到的瓦斯压力梯度成正比，并且力图将该体积单元拉出煤层。这种向外拉的力参与了突出的发生。

由此可知，在其它条件相同的情况下，未采动的煤层瓦斯压力越大，则其突出的敏感性越大；掘进巷道推进速度越高，则其突出的敏感性越大；石门第一次达到煤层（或穿透煤层），则突出的敏感性也较大。

2. 吸附瓦斯的含量

吸附瓦斯膨胀到大气压力的过程，也就是参与突

出发生的过程，并促使突出产物喷出和运搬到很远的地方。

对于一个给定的瓦斯压力，无烟煤的瓦斯含量比肥煤的瓦斯含量大，由此可知，在其它条件相同时，在无烟煤中的突出比在肥煤中的突出严重。

同样，在一个确定的煤层中，突出的敏感性是随深度的增加而增加的，因为瓦斯压力和含量是随采区的加深而增加的。

通常我们用可解吸的瓦斯含量来表征煤层中瓦斯的存在，因为测量含量比测量压力容易并且比较准确〔12〕。

（二）地层应力

地层应力的作用有两个：第一是促使煤层内部瓦斯流动；第二是促使煤层的机械破坏。

1. 地应力对瓦斯流动的作用

在工作面前方决定着压力梯度的应力梯度起主导作用，因为具有微隙的煤体在应力越高时，其渗透性越差。

煤体遭受应力的增加或工作面前方应力支点靠近工作面，都会增加突出的危险性。例如：某些局部的构造破坏（重新揭开煤层）或者某些区域性的构造破坏（断层），上部或者下部开采煤柱的影响或者单一开采边界的影响；较高的掘进速度。

2. 煤层的机械破坏

遭受机械破坏的煤不利于抵抗压力梯度产生的破坏力。

煤层的机械破坏表现为许多不同的形式：预先存在于粉碎煤层的地质运动所造成的机械破坏；特别是煤层作为地质运动的滑行平面时所造成的机械破坏；由工作面前方应力支点所造成的向工作面煤壁自由面方向的蠕变；采矿工程和大直径钻孔对周围表面产生的升高压力所造成的破裂或剥落；重力作用所产生的机械破坏；使用某些防治瓦斯措施所造成的机械破坏，例如，密集的大直径松孔或者在不长的工作面，用垂直钻孔进行高压注水；这样得到的防护圈是非常小的。

现在，我们还不能直接测出应力值。我们可以用间接的方式来表征它，有时用压力膜盒观测，有时则用检验爆炸后的微震扰动来表示〔11〕。

（三）煤的构造和裂隙

煤的裂隙决定着：对拉应力的阻力，这个阻力部分地抵抗着由压力梯度产生的破坏力；瓦斯解吸初速

度，这个速度参加突出的发生和发展，而运搬突出产物所必需的能量取决于它；以某种方式决定着工作面前方煤层的渗透性，实验室工作表明〔12〕，某些具有裂隙的煤在很多的应力作用下，渗透性会降低。

用显微镜直接测量煤的裂隙以后，用脆性试验来表征煤的裂隙〔1〕，或者更好地用Ettinger指数 Δp_0^{60} 来表征煤的裂隙〔7〕。

上述对突出的发生和发展中各种因素——瓦斯、应力、裂隙——的分析考察使我们能选择对突出危险煤层和采区的分类方法和防治措施。

二、突出危险煤层或采区的分类〔3, 10, 19, 20, 22〕

（一）进行这种分类的指标

参与突出发生和发展的三个因素由以下的方式表征：瓦斯：可解吸的瓦斯含量 C ，表示为每吨纯煤中瓦斯的立方米数；应力：爆炸后的微震扰动 S ，表示为在掘进过程中，有微震扰动的震动性放炮的百分比；煤的裂隙：有时用脆性试验，但主要是用指数 Δp_s （一个采区或采区的一部分的 Δp 值，所有 Δp 值中至多有5%超过它）。

为了更精确地鉴定突出危险性，我们还用了两个补充指数：瓦斯解吸初速度 V_1 ，表示为10克标准钻屑的立方厘米数〔8〕。这是一个很好的危险性指数，因为它同时依赖于瓦斯含量和指数 Δp ，也就是说，它概括了瓦斯存在和煤的裂隙的联合作用〔12〕；在钻直径为110至140毫米钻孔时，喷出物的体积和强度〔16〕。

最后，我们不主张特别地考察本煤层和邻近煤层的局部构造以及从前的开采情况。

（二）得到的结果

我们是在法国塞伟内（Cévennes）煤矿研究 C ， S 和 Δp_s 的，其结果如下〔8〕：如果 $C \leq 9 \text{米}^3/\text{吨}$ ，则煤层不易突出；对 $C \neq 13 \text{米}^3/\text{吨}$ 的采区来说，不易突出的条件是：

$$(\Delta p_s - 10)(S - 3) \leq 240$$

在 $C—S—\Delta p_s$ 为轴的坐标系中，不易突出的体积如图1所示。