

Fangzhi Mei Yu Wasi Tuchu Peixun Jiaocai

防治

煤与瓦斯突出培训教材

华福明 王树玉 著

FANGZHI
MEI YU WASI
TUCHU
PEIXUN JIAOCAI



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

防治煤与瓦斯突出 培训教材

华福明 王树玉 编著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

防治煤与瓦斯突出培训教材/华福明,王树玉编著.
北京:中国矿业大学出版社,2005.6

ISBN 7-5622-1713-4

Ⅰ.防… Ⅱ.华… 王… Ⅲ.煤与瓦斯突出-防治-技术培训-教材 Ⅳ.TD713

IV.TD713

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第046001号

书 名 防治煤与瓦斯突出培训教材

编 著 华福明 王树玉

责任编辑 朱明华

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 7.5 字数 185千字

版次印次 2005年6月第1版 2005年6月第1次印刷

印 数 1~5100册

定 价 28.00元

前 言

煤与瓦斯突出是煤矿生产中遇到的一种极其复杂的矿井瓦斯动力现象,它能在极短的时间内,由煤体向巷道或采场空间抛出大量的煤炭,并喷出大量的瓦斯,不仅会造成人员伤亡,还会造成国家财产损失。因此,煤与瓦斯突出是严重威胁煤矿安全生产的重大自然灾害之一。

多年来,世界主要产煤国家对防突减灾问题进行了大量的科学研究和现场试验,并取得了明显的成效。但由于对突出的机理尚未搞清楚,对在各种地质、开采条件下突出发生的规律还没有完全掌握,因此,迄今为止尚不能完全杜绝突出事故的发生。

我国的防突减灾工作,大体经历了安全防护、防治技术措施和综合防治等几个阶段。1988年制定并颁布了《防治煤与瓦斯突出细则》,把我国综合防突技术总结为预测、防突措施、效果检验和安全防护措施“四位一体”,又经过近20年的深化,目前我国防突技术已达到世界领先水平。但从目前了解的情况看,煤矿安全的突出事故,有许多是对其认识不足、重视不够、执行措施不力等原因造成的。

为配合国家煤矿安全监察局对学习贯彻新修订的《煤矿安全规程》的要求和工作部署,我们结合几十年来从事防突减灾工作的实践,整理出版的这本小册子,希望能对煤炭企业经营者、有关工程技术人员和防突从业人员有所启迪和帮助。鉴于时间仓促,水平有限,如有疏漏和错误,恳请批评指正。

编 者

二〇〇五年四月于北京

目 录

前言

第一讲 概述.....	(1)
一、国内外煤与瓦斯突出概况	(1)
二、瓦斯动力现象分类及鉴别	(5)
三、突出机理的研究与进展	(13)
四、防治煤与瓦斯突出的综合措施	(21)
第二讲 煤与瓦斯突出预测技术	(22)
一、概述	(22)
二、区域突出危险性预测	(23)
三、工作面突出危险性预测	(31)
第三讲 防治煤与瓦斯突出技术措施	(41)
一、区域防突措施	(41)
二、局部防突措施	(70)
第四讲 防突措施效果的检查.....	(116)
一、检查措施效果的必要性	(116)
二、按照瓦斯涌出动态检查防止突出措施效果 的方法	(116)
三、按照瓦斯涌出初速度绝对值来检验防止	

突出措施效果	(119)
四、按瓦斯涌出初速度和钻粉量来检验防止 突出效果	(120)
五、用钻屑解吸量检验措施效果的有效性	(122)
第五讲 安全防护措施	(124)
一、震动放炮	(124)
二、远距离放炮	(133)
三、安全设施	(133)
结束语	(134)
附录(一) 防治煤与瓦斯突出细则	(135)
附录(二) 2001~2003 年 5 起煤与瓦斯突出 典型事故案例	(202)
参考文献	(234)

第一讲 概 述

一、国内外煤与瓦斯突出概况

煤与瓦斯突出是煤矿中的一种动力现象,其产生的机理较为复杂,且突出要素之间相互制约,因而要想防止并预测它的突出地点、突出强度与发生时间,显然是难度很大的。正因为如此,煤与瓦斯突出具有明显的突发性特征,破坏性极大,对煤矿的安全生产危害是十分严重的。有效防治煤与瓦斯突出已成为世界煤矿安全技术领域一个亟待解决的技术难题。

1. 国外煤与瓦斯突出概况

世界煤矿发生的第一次典型煤与瓦斯突出是 1834 年法国“伊萨克矿”发生的突出。随后比利时的煤矿也发生了突出。20 世纪末起,东欧波、匈、捷、罗和澳大利亚、加拿大、前苏联、德国也相继发生了突出,迄今国外已有 19 个国家发生了突出。据 1989 年末统计资料,各国突出矿井数、累计突出次数、最大突出强度等如表 1-1 所示。由表 1-1 看出,在 19 个国家中,已有 245 个矿井发生了突出,发生突出总次数约为 2.67 万次,最大突出强度超过 1 000 t 的有 11 个国家,其中前苏联煤与瓦斯突出强度最大,为 1.42 万 t,这次突出是 1969 年 7 月 3 日在顿巴斯“加加林矿”石门揭煤层时发生的。应当指出,由于各国能源政策的变化,法国、比利时和荷兰自 20 世纪 70 年代以来已停止开采有突出危险的煤层。日本煤炭工业萎缩,绝大多数突出矿井现已关闭。前苏联解体后,突出最严重

的顿巴斯矿区(该矿区占前苏联总突出次数的 85%)已划归乌克兰。顿巴斯矿区在 1990~1995 年期间,突出矿井的年产煤量急剧减少,由 31 Mt 减至 1.1 Mt。

表 1-1 国外煤矿煤与瓦斯突出统计表(截止 1989 年)

国别	统计时间 /年	突出总次数/次	最大突出 强度/t	突出矿井 数/个	突出气体 种类	发生突出的 主要矿区
法国	1834~1989	7 919	5 600	7	CO ₂ 、CH ₄	塞外纳、北加莱、 海滨、多菲尔等
前苏联	1906~1989	10 988	14 200	142	CH ₄	顿巴斯、卡拉干 达、库兹巴斯、沃 尔古塔等
波兰	1894~1989	1 915	5 000	6	CO ₂ 、CH ₄	下西里西亚
日本	1926~1989	1 129	3 000	4	CH ₄	北海道、九州
澳大利亚	1895~1989	958	1 000	14	CH ₄ 、CO ₂	新南威尔士、昆士 兰
匈牙利	1894~1989	958	1 400	4	CH ₄	别契
加拿大	1900~1989	507	3 500	4	CH ₄ 、CO ₂	克罗斯耐斯、纳奈 莫
捷克斯洛伐克	1894~1989	488	420	6	CH ₄ 、CO ₂	奥斯特洛夫—卡 尔文斯克
比利时	1847~1989	474	1 600	3	CH ₄	博里纳什、中部
德国	1903~1989	417	3 180	10	CH ₄	北莱茵—威斯特 伐利亚
英国	1912~1989	334	4 000	17	CH ₄ 、CO ₂	南威尔士、约克夏 等
保加利亚	1933~1989	264	320	5	CH ₄	巴尔干、斯利文
西班牙	1925~1989	112		3		阿斯图里斯基
土耳其	1961~1989	93	1 100	2	CH ₄	宋库尔达克
罗马尼亚	1893~1989	36		3	CH ₄ 、CO ₂	雷尔查

续表 1-1

国别	统计时间 /年	突出总次 数/次	最大突出 强度/t	突出矿井 数/个	突出气体 种类	发生突出的 主要矿区
南斯拉夫	1958~1989	22		2	CH ₄	苏科、范伦奇木
南非	1970~1989	31		8		
墨西哥	1969~1989	23		3		孜古依拉
荷兰	1937~1989	12	35	2	CH ₄	南林贝格
合计		26 680	14 200	245		

除煤与瓦斯突出外,一些国家还发生过岩石与瓦斯突出。如前苏联的顿巴斯矿区在 1965~1984 年期间,在 22 个矿井中发生了 3 474 次矿岩与瓦斯突出(皆在爆破时发生),最大强度为 3 500 t。德国韦拉地区的“门村格拉本”矿井采岩盐时,曾发生钾盐与二氧化碳突出,突出钾盐达 10 万 t。

2. 我国煤与瓦斯突出概况

我国是世界上发生煤与瓦斯突出现象最严重、危害性最大的国家之一,建国前在辽源矿务局富国二矿就曾发生过煤与瓦斯突出现象。新中国成立后,随着我国煤炭工业的飞速发展,其采掘深度不断加深,由于地压与瓦斯压力不断加大,煤与瓦斯突出的次数、强度也不断增加,现已成为我国煤矿重要的自然灾害之一。根据 1995 年的调查统计,建国以来,我国先后有 45 个矿务局、138 个国有重点煤矿的 178 个井口,共发生煤与瓦斯突出 10 815 次,死亡 1 266 人,共突出煤量 815 800 t,平均突出强度为 27.5 t/次,最大突出强度为 12 780 t,突出瓦斯 140 万 m³。随着人们对煤与瓦斯突出动力显现的认识不断深入,为了防止它的发生,采用了煤层预先抽放瓦斯、突出危险性预测预报及各种直径的超前排放钻孔等防治煤与瓦斯突出的措施,有效地控制了煤与瓦斯突出对煤矿安全生产的危害。图 1-1 为全国国有重点煤矿历年煤与瓦斯突出

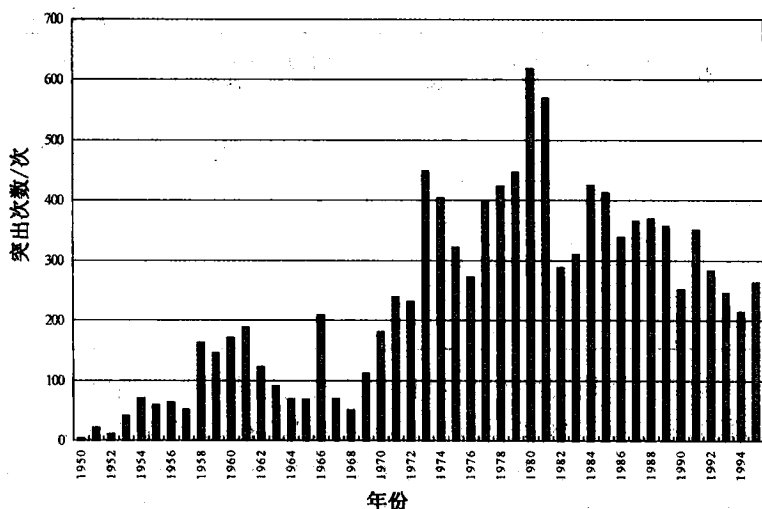


图 1-1 全国国有重点煤矿历年煤与瓦斯突出次数统计图

次数统计图。由图 1-1 可以看出,自 1950 年后全国的煤与瓦斯突出呈逐年上升的趋势,到 1980 年突出次数达到了高峰,而后又呈下降的趋势。尤其是在煤炭工业部 1988 年颁布了《防治煤与瓦斯突出细则》后,全国广泛推行预测煤层的突出危险性,根据突出危险性采取相应的防治突出措施。并在采取措施后,必须再经过措施效果检验,确认防治突出措施有效后,方可采用安全防护措施实施的综合防治突出生产体系,这以后全国的煤与瓦斯突出现象才得到了有力的控制。应当指出的是上述的效果是在采掘深度不断加深、煤层的突出危险性继续加大等不利的条件下取得的,使年突出次数维持在 200~300 次。另外从历年的煤与瓦斯突出类型分类上看,突出所占的比重 1983 年前呈上升的趋势,1983 年后逐渐加强防范,突出比重呈下降趋势,也间接地证实了这一点,见图 1-2 所示。

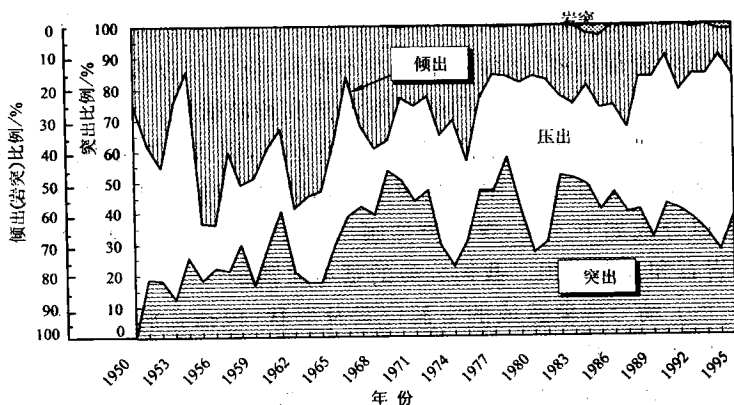


图 1-2 中国历年瓦斯突出类型组合图

众所周知,随着采掘深度的不断增加,地应力与瓦斯压力也日趋增加,尤其是过去一些没有发生过突出的煤层与矿井,也会出现突出动力现象。此种现象在四川、贵州等严重突出的矿区已日趋普遍,就连低瓦斯矿井也会转变成突出矿井。例如:石嘴山矿务局的石嘴山矿。因而,我国的煤与瓦斯突出的发展趋势是不容不容乐观的。

煤与瓦斯突出是一种极其复杂的自然动力现象,其发生与发展过程容易受自然与人为因素的相互制约。因而用现有的突出假说都很难解释清楚煤与瓦斯突出的发生与发展过程,所以造成了一些防治突出的措施有时起作用,在有些时候其效果就难以使人满意。这也是世界各国在防治煤与瓦斯突出工作中未能有效地防止煤与瓦斯突出产生的根本原因所在。

二、瓦斯动力现象分类及鉴别

在开采瓦斯煤层时,经常会发生一些瓦斯动力现象,有时还会

造成一定的动力效应。这些事先没有预计到而突然发生的瓦斯动力现象外表很相似,然而其本质并不相同,应该予以正确的分类和科学的鉴别,以便采取不同的预测方法和预防措施。

各国研究者虽提出了不同的分类方法,但大多数都倾向于按动力现象的成因分类。根据我国的实际情况,我们认为瓦斯动力现象可以分成如下4类:煤的突然倾出、煤的突然压出、煤与瓦斯突出、岩石和瓦斯突出。我们分类的基本原则是:

(1) 动力现象造成的空洞位置及形状(包括孔洞中心线和水平面所成之夹角);

(2) 喷出煤(或岩石)的粒度及其分选情况;

(3) 煤(或岩石)的抛出距离及堆积坡度;

(4) 强度(喷出的煤量及岩石量);

(5) 喷出的瓦斯量及瓦斯流运行方向;

(6) 动力效应;

(7) 现象发生前的预兆。

1. 煤的突然倾出

煤的突然倾出是煤矿中常见的瓦斯动力现象,在顿巴斯煤田的急倾斜煤层,煤的突然倾出占突出总数的50%以上。

煤的突然倾出主要是重力引起的,而瓦斯在一定程度上也参与了倾出过程。这是由于瓦斯的存进一步降低了煤的机械强度,瓦斯压力还促进了重力作用的显现,由于这种关系,煤的倾出能引起或转化为煤与瓦斯突出。在急倾斜煤层中,煤和瓦斯突出又多以煤倾出开始,最终转化为煤与瓦斯突出。

煤的突然倾出具有下列特征:

(1) 倾出空洞具有较规则的几何形状(比如椭圆形、梨形、舌形等)。在上山,空洞常沿煤层倾斜方向延伸,多为梨形;在平巷,空洞多分布在巷道工作面上方及上隅角,形状以椭圆形较为常见,一般空洞的上部多呈自然拱的形状。在平巷内,空洞中心线与水平

面所成之夹角,必然大于煤的自然安息角。

(2) 倾出的煤主要是碎煤,有时也能见到少量粉煤,无分选现象。

(3) 煤的抛出距离及其堆积情况取决于倾出煤量的多少、空洞的大小及倾角。煤的抛出距离一般不超过 50 m,倾出的煤的堆积坡面角,一般接近于自然安息角,但在沿倾斜方向发生大强度倾出时,堆积坡度可能小于自然安息角。

(4) 倾出的煤量由数吨到数百吨,但多数情况下不超过 100 t。

(5) 倾出时的瓦斯涌出量取决于煤层瓦斯含量、煤的破碎程度和倾出煤量等。每吨倾出煤的瓦斯涌出量略少于或接近煤层瓦斯含量。一般不会发生瓦斯流逆流,在正常通风条件下,经过 0.5~1 h,空气中瓦斯含量便能降至正常浓度。

(6) 倾出时产生的动力,可以推倒空车、折断木支架等。

(7) 在倾出前经常出现的预兆是:煤的硬度降低,煤开裂,工作面掉煤渣,支架压力增加等,有时煤体中也出现劈裂声、闷雷声等。

2. 煤的突然压出

煤的突然压出是由应力或开采层集中压力引起的,瓦斯只起次要作用。伴随着煤的突然压出,使回风流中瓦斯浓度增高,但一般不会引起巷道瓦斯超限(或超限时间很短)。按表现形式不同,煤的突然压出又可分为两类。

第一类,煤的突然移动,常见于准备巷道,表现为煤体的整体移动。煤体虽保持某种程度的完整外形,而实际上已被压坏并布满裂缝,甚至还有部分煤体被压碎成块状。有时也表现为巷道底板整体向上鼓起。不抛出煤和不形成空洞是煤的突然移动的特点。

这一类突然压出乃是应力的水平挤压作用所造成的。其特征为:

(1) 工作面煤体整体移动或底板煤体向上鼓起 0.2~0.4 m

(有时达 1 m),不形成空洞。

(2) 煤不抛出,无分选现象。

(3) 强度一般在 10~20 t 以下,个别达 50 t 以上。

(4) 瓦斯涌出量小于煤层的瓦斯含量,通常不会引起巷道瓦斯超限。

(5) 动力效应较小,支柱一般不被破坏,只是嵌入压出的煤体中,底板鼓起时,可把矿车、钻机抬起。

(6) 压出前的预兆是:支柱压力增加,掉煤渣,煤体内出现劈裂声、雷声等。

第二类,煤的突然挤出,多发生在倾斜和缓倾斜煤层的采煤工作面,它是由于应力大,煤层中有软分层,有平行工作面的节理裂缝,在直接顶板中有弹性岩石(砂岩、石灰岩等)以及放顶不及时,悬顶过大等条件下,煤层受到采动应力作用使工作面边缘煤体被压碎而发生的,瓦斯随着煤的突然挤出而加剧涌出。其特征为:

(1) 压出空洞沿弧形条带分布,中间最宽达 1~3 m,有时达 6 m;长度一般为 7~30 m,有时达 60 m。空洞分布在软分层中,空洞高度可达到软分层全厚,并向上下两个方向逐渐减少,其剖面呈唇形。

(2) 抛出的煤为小块及大块,煤粉很少,无分选现象。

(3) 压出的煤可抛出 1~3 m,个别情况下在 4 m 以上,堆积坡度比自然安息角小。

(4) 压出的煤量一般为数十吨,大强度压出可达 375 t。

(5) 煤压出后短时间内瓦斯浓度可达 10% 以上,但在正常通风条件下,很快能恢复正常。煤在大强度突然压出时,大量的瓦斯涌出可以延续较长时间,每吨压出煤的瓦斯涌出量略大于煤层瓦斯含量。

(6) 动力效应抛出的煤,一般可将工作面支架打断、折断,在突然压出和老顶(专业术语称“基本顶”)冒落时,有时会出现冲击

气浪,有时还会发生顶板开裂的现象。

(7) 压出前的预兆:软煤分层厚度增加,支架压力增加,工作面掉煤渣,煤体中出现劈裂声、闷雷声等。

3. 煤与瓦斯突出

煤与瓦斯突出是在地应力和瓦斯的共同参与下发生的,而应力是发动突出的主要动力,其特征如下:

(1) 突出空洞的位置和形状是各式各样的,大部分空洞位于巷道上方及上隅角,但也有位于巷道下隅角的。突出空洞的形状为口小腹大的倒梨形或椭圆形,有时也呈很复杂的奇异的外形。空洞中心线与水平面之间夹角可以小于自然安息角,也可大于自然安息角,但很少为水平方向的。

(2) 煤与瓦斯突出的另一个重要特征是喷出的煤具有分选现象,即靠近突出空洞和巷道下部为块煤,其次为碎煤,离突出空洞较远处和煤堆上部是粉煤,有时粉煤能被抛出很远。

(3) 煤的抛出距离取决于突出强度,可以从数米到数百米,突出的煤可以堆满巷道全断面,造成巷道堵塞。煤的堆积坡度通常小于自然安息角。

(4) 煤和瓦斯突出的煤量,可由数吨到数千吨,按强度可把煤与瓦斯突出分成如下5类:

- ① 小型煤与瓦斯突出,强度小于 10 t;
- ② 中型煤与瓦斯突出,强度 10~99 t;
- ③ 次大型煤与瓦斯突出,强度 100~499 t;
- ④ 大型煤与瓦斯突出,强度 500~999 t;
- ⑤ 特大型煤与瓦斯突出,强度等于或大于 1 000 t。

(5) 煤和瓦斯突出时喷出的瓦斯量,取决于煤的瓦斯含量和突出的煤量。特大型煤与瓦斯突出时,短时间能涌出数十万至数百万立方米的瓦斯,吨煤瓦斯涌出量高达 100~800 m³,超过煤层瓦斯含量的 5~30 倍。

瓦斯一般顺风流运行,而在特大型煤与瓦斯突出时,瓦斯与粉煤流以暴风形式,可逆风流运行并充满数千米长的巷道。例如,南桐矿务局鱼田堡煤矿 1406 采区大巷发生的特大型煤与瓦斯突出,涌出瓦斯 360 m^3 ,瓦斯逆风流经 $1\,612 \text{ m}$ 长的巷道,到达进风副井井口(进风量 $3\,600 \text{ m}^3/\text{min}$)。同时,沿回风道将鱼塘角抽风机双扇防爆门推开(抽风机仍运转),并使前来关闭防爆门的地面工人窒息。

(6) 煤和瓦斯突出的动力效应明显,常表现为推翻矿车,搬动巨石,破坏木支架,造成冲击气浪以及声响等。

(7) 突出的预兆可分为有声预兆和无声预兆。

有声预兆:俗称响煤炮,通常在煤体深处打闷雷声(放炮声),噼啪声(枪声),劈裂声,嘈杂声,沙沙声等。

无声预兆:煤变软,光泽变暗,掉渣和小块煤剥落,煤面轻微颤动,支架压力增加,瓦斯涌出量增高或者忽大忽小,煤面温度或气温降低等。

石门揭开煤层时发生的煤和瓦斯突出,可以在放炮揭煤时、过煤门放门坎炮时发生,当岩柱强度不足或岩柱尺寸不够时,也会发生自行揭开。若不能一次全断面揭开或揭穿煤层时,还会发生延迟突出,其特点是强度高、危害性大。

沿煤层掘进平巷时,煤和瓦斯突出频繁发生,这是由于煤矿中煤巷多的缘故。沿煤层掘进上山时,由于煤的重力作用,对发生煤和瓦斯突出是有利的。相对来说,下山的突出次数就会较少。

沿煤层打钻时也会发生煤与瓦斯突出。钻头以极高的速度揭开高应力、高瓦斯压力带时,即给煤和瓦斯突出创造了有利条件。因钻孔直径很小,钻孔中一旦发生突出,随即发生煤的自行膨胀,并使孔内瓦斯压力升高,引起突出过程停滞,所以突出强度一般不大(35 t 以内),只在个别情况下达到 420 t (南桐矿务局原东林井 4 号煤层南翼)。

我国煤矿大量采用长壁工作面,在回采之前早就掘好了准备巷道,使准备回采的煤体得到了一定程度的卸压和排放,因此采煤工作面的煤与瓦斯突出次数较少,强度也较低。但随着采煤机械化程度的不断提高、推进速度加快,近年来突出次数又呈上升的趋势。

4. 岩石与瓦斯突出

随着开采深度增加,在我国有些矿井相继发生了岩石与瓦斯突出,尽管目前岩石与瓦斯突出的次数还不多(至 1986 年底为止全国共发生 58 次),但已引起人们的高度重视。

在我国,突出的岩石主要是砂岩,也有含砾砂岩及安山岩,参与突出的气体是二氧化碳和瓦斯。例如营城煤矿五井为砂岩与二氧化碳突出。营城煤矿九井为安山岩与二氧化碳突出。窑街矿务局三矿为煤、砂岩与二氧化碳突出。吉林和龙煤矿松下坪井为砂岩(或含砾砂岩)与二氧化碳突出。北票矿务局台吉竖井为砂岩和瓦斯突出。

根据国内外资料显示,岩石与瓦斯突出一般有如下规律:

(1) 岩石和瓦斯突出大都发生在构造破坏带。如营城五井的突出地点位于井田西部的 F_3 和 F_2 断层之间。营城九井的突出地点则处在这两个断层的东侧。窑街三矿的两次突出与 F_{605} 和 F_{18} 断层面有关;和龙煤矿松下坪井的 23 次突出都发生在断层附近。一般当煤层有突出危险时,该煤层地层中的岩石也会有突出的可能。

(2) 国外的岩石与瓦斯突出,毫无例外均发生在放炮时,我国除 1 次由冒顶引起外,其余的也均由放炮引起。

(3) 岩石与瓦斯突出后,在岩体会形成一定形状的空洞。根据前苏联彼得洛夫斯克深矿井的 502 次突出空洞统计资料,绝大多数空洞(411 次)接近于垂直(偏差在 $\pm 10^\circ$ 范围内),有 213 个空洞位于巷道顶板,169 个位于巷道底板。

目前一般认为岩石与瓦斯突出是岩体的动力破坏,是具有一