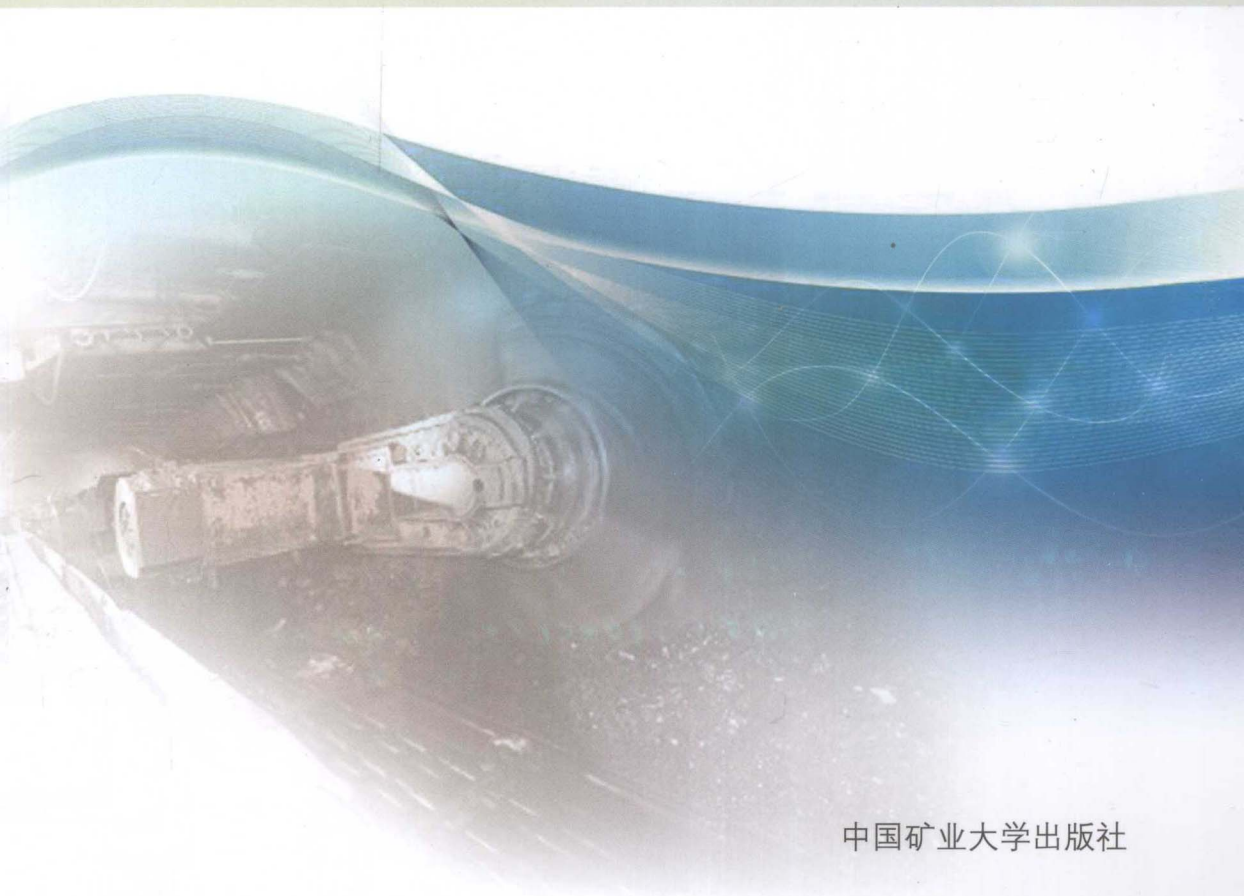


Shimen Ji Jingtong Jiemei De
Tuchu Weixianxing Yuce Fangfa Ji Fangzhi Jishu

江苏省自然科学基金项目（BK20150180）资助

石门及井筒揭煤的 突出危险性预测方法及防治技术

陈裕佳 蒋承林 著



中国矿业大学出版社

江苏省自然科学基金项目(BK20150180)资助

石门及井筒揭煤的突出危险性 预测方法及防治技术

陈裕佳 蒋承林 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在研究现有煤与瓦斯突出机理的基础上,综合采用新型交叉学科的理论和方法,对现行的石门及井筒揭煤突出危险性预测指标进行了科学研究和检验。分别从煤与瓦斯突出的影响因素、预测指标的考察选取及参数的测定方法三个方面进行研究论述,并提出了适用于现场的石门及井筒揭煤的突出危险性预测、校检及防治技术。

本书可作为高等院校相关专业师生学习资料,亦可作为煤矿现场工程技术人员参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

石门及井筒揭煤的突出危险性预测方法及防治技术/
陈裕佳,蒋承林著. —徐州:中国矿业大学出版社,
2015.10

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2840 - 6

I. ①石… II. ①陈… ②蒋… III. ①岩巷—揭煤—
煤突出—防治②井筒—揭煤—煤突出—防治③岩巷—揭煤—
一瓦斯突出—防治④井筒—揭煤—瓦斯突出—防治 IV.
①TD713

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第220427号

书 名 石门及井筒揭煤的突出危险性预测方法及防治技术

著 者 陈裕佳 蒋承林

责任编辑 黄本斌

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

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

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 277 千字

版次印次 2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

煤与瓦斯突出是破碎的煤、岩和瓦斯在地应力和瓦斯压力的共同作用下,由煤体或岩体内突然向采掘空间抛出的动力现象,是煤矿井下最严重的灾害之一。其破坏性表现:突出形成的冲击波破坏采掘空间的设施;抛出的煤、岩体伤害或掩埋现场工作人员;瞬间涌入采掘空间的大量瓦斯使井下风流中的瓦斯浓度迅速增高,造成人员窒息死亡,遇到火源时甚至可能引起瓦斯爆炸事故。煤与瓦斯突出事故不但造成煤矿企业经济上的重大损失,而且还有可能造成人员伤亡和严重的社会影响。

我国是世界上煤与瓦斯突出最严重的国家。据统计,自1950年吉林省辽源矿务局首次发生有记载的突出以来,到1981年底就有205个矿井发生过突出,突出的次数达9 845次,其中突出次数超过和接近千次的省份有湖南、辽宁、四川(含重庆)和山西。我国国有重点煤矿中高瓦斯和突出矿井占49.8%,累计发生突出15 000余起,根据2012年矿井瓦斯等级鉴定结果,全国共有突出矿井1 191对。

在有突出危险的矿井中,各种不同类型的巷道均发生过煤与瓦斯突出。由于巷道类型不同,突出的条件也不一样,形成了各种不同的特点。在各种类型的突出中,石门揭煤由于其特殊的瓦斯存储条件,导致其发生突出的平均强度最大,破坏性极高,突出一旦发生,就将给矿井带来巨大的灾难。本书将针对井下石门及井筒揭煤的突出危险性预测方法及防治技术展开论述,以期井下揭煤作业提供安全的技术保障。

目前,人们普遍认识到,突出是由地应力、瓦斯压力及煤体强度综合作用的结果。但是,在进行突出危险性预测时,如何确定一个能够准确反映上述因素在突出中的作用进而进行准确预测的指标;在防治中,如何针对突出发生的主要决定因素而采取有效措施?这方面的研究尚待进一步的深入和完善。因此,笔者基于预测科学的一般规律,提出了对预测方法进行评定的标准。在这一标准下对现有石门及井筒揭煤突出危险性预测方法进行研究,通过理论分析、模拟计算、实验室实验及现场验证的方法,对现有的各预测方法进行了对比研究,确定了一套适用于现场石门及井筒揭煤突出危险性预测的方法。该方法包括使用“煤层瓦斯压力快速测定技术”测定煤层原始瓦斯压力,并使用完整煤芯取芯器采取保留地应力作用痕迹的煤样,然后将所取煤样送至实验室在与煤层相同的瓦斯压力、煤层温度等条件下测定煤样的初始释放瓦斯膨胀能。使用这一方法,5~7 d内即可完成预测工作,

能够大大缩短现场突出预测的时间。且从实验室和现场大量的预测样本来看,该方法具有较高的预测准确性,明显优于其他预测方法。此外,以煤与瓦斯突出的球壳失稳机理为理论基础,分析并提出了石门及井筒揭煤的防突措施、效果检验以及安全防护措施,为现场石门及井筒揭煤提供了一套完整有效的方法。

本书的完成得到了中国矿业大学李晓伟、唐俊两位老师的大力帮助,尤其在石门及井筒揭煤的防突措施、效果检验和安全防护措施方面给出了大量宝贵意见并付出了艰辛的劳动;本书中大量石门及井筒揭煤的现场实践也得到了淮南矿业集团潘一煤矿、山西潞安集团李村煤矿和屯留煤矿、河南神火集团薛湖煤矿等相关领导和现场工作人员的大力支持和帮助。至此本书付梓之际,谨向他们表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,书中疏漏谬误之处在所难免,敬请读者不吝指正。

著 者

2015年7月

目 录

1 概述	1
1.1 煤与瓦斯突出概况	1
1.2 煤与瓦斯突出的分类与特点	2
1.3 煤与瓦斯突出研究概况	8
1.4 煤与瓦斯突出的基本规律	33
2 预测方法的评价标准	35
2.1 预测科学的一般规律	35
2.2 预测方法评定的标准及要求	37
2.3 突出预测方法的研究步骤	38
2.4 小结	41
3 突出危险性预测方法的理论分析	42
3.1 煤与瓦斯突出的主要影响因素	42
3.2 各因素在突出中的作用分析	42
3.3 突出预测方法的合理性分析	48
3.4 小结	56
4 突出模拟实验的相似性研究	58
4.1 相似理论及相似实验设计的方法和要求	58
4.2 突出模拟实验的物理条件相似性研究	62
4.3 煤与瓦斯突出发生条件的相似性条件研究	67
4.4 小结	79
5 突出模拟实验及各突出参数的测定	80
5.1 突出模拟实验	81
5.2 初始释放瓦斯膨胀能指标的测定	86
5.3 D 、 K 指标的测定	93
5.4 解吸指标的测定	99
5.5 实验结果及数据分析	104

5.6	小结	106
6	突出预测指标的测量不确定度评定	107
6.1	测量不确定度的概念及评定方法	107
6.2	初始释放瓦斯膨胀能指标测量不确定度的评定	112
6.3	D 、 K 指标测量不确定度的评定	121
6.4	解吸指标测量不确定度的评定	126
6.5	各指标不确定度评定结果的比较及分析	131
6.6	小结	133
7	突出预测指标的敏感性分析及现场验证	134
7.1	Fisher 准则下的两组线性判别分析	134
7.2	基于 Fisher 准则的突出预测指标判别分析	138
7.3	预测方法的敏感性分析	140
7.4	石门揭煤突出危险性预测方法的现场验证	142
7.5	小结	147
8	石门及井筒揭煤突出危险性快速预测方法	148
8.1	理想石门揭煤模型	148
8.2	石门及井筒揭煤的快速预测方法	150
8.3	充气对瓦斯压力快速测定的影响	157
8.4	石门及井筒揭煤突出危险性预测方法新探	165
8.5	小结	168
9	石门及井筒揭煤突出的防治技术及方法	169
9.1	石门及井筒揭煤的程序	169
9.2	石门及井筒揭煤工作面防突措施	174
9.3	石门揭煤防突新方法的探讨	183
9.4	小结	187
10	石门及井筒揭煤防突措施的效果检验	188
10.1	区域防突措施效果检验	188
10.2	局部防突措施效果检验	190
10.3	石门揭煤防突效果快速检验方法探讨	190
10.4	小结	202

11 石门及井筒揭煤安全防护措施.....	203
11.1 远距离爆破.....	203
11.2 反向风门.....	205
11.3 小结.....	206
参考文献.....	207

1 概 述

煤与瓦斯突出是煤矿井下采掘过程中发生的一种煤与瓦斯的突然运动。它是一种伴有声响和猛烈力能效应的动力现象,能在很短的时间(几秒钟到几分钟)内,使采掘工作面的煤壁遭到破坏,并从煤壁内部突然向巷道或采掘空间喷出大量的煤与瓦斯,充填巷道,在煤体中形成某种特殊形状的孔洞;喷出煤和瓦斯时伴随着强大的冲击力,能摧毁井巷设施,破坏矿井通风系统,甚至使风流逆转,并可能造成瓦斯窒息、爆炸和煤流埋人等事故^[1]。因此,煤与瓦斯突出是威胁煤矿安全生产的严重灾害之一。

1.1 煤与瓦斯突出概况

世界上第一次有记载的煤与瓦斯突出于 1834 年 3 月 22 日发生在法国鲁阿尔煤田伊萨克矿,当 3 名工人在急倾斜厚煤层平巷掘进工作面架设棚子时,突然发现工作面煤壁外鼓,3 名工人立即向外逃跑,但突出时抛出的煤和瓦斯迅速涌入整个掘进头,整个巷道煤尘弥漫,一人被煤流掩埋,一人被瓦斯窒息,仅有一人逃脱得救。这次煤与瓦斯突出抛出的煤沿巷道堆积长度达 13 m,煤粉撒落的长度达 15 m,工作面迎头的支架被推倒^[2]。

随着采矿工业的发展,世界上各产煤国都陆续发生了煤与瓦斯突出事故。据不完全统计,截至目前,全世界发生的突出次数就达 40 000 多次,突出的煤种从烟煤到无烟煤都有,突出中涌出的气体有甲烷、二氧化碳以及这两种气体的混合物^[24]。其中突出次数超过千次以上的有中国、法国、前苏联、波兰和日本等国,目前世界上最大的一次煤与瓦斯突出是 1969 年 7 月 13 日发生在前苏联的顿巴斯煤田加加林矿,当在 710 m 水平主石门揭开厚度仅为 1.03 m 的一个煤层时,发生了强度为 14 000 t 的突出,突出时涌出的瓦斯量达 $2.5 \times 10^5 \text{ m}^3$ ^[1]。

我国是世界上煤与瓦斯突出最严重的国家,从 1950 年吉林省辽源矿务局富国西二坑在垂深为 280 m 的煤巷掘进巷道发生的第一次有记载的突出以来,到 1981 年底就有 205 个矿井发生过突出,突出的次数达 9 845 次,其中突出次数超过和接近千次的省份有湖南、辽宁、四川(含重庆)和山西。我国国有重点煤矿中高瓦斯和突出矿井占 49.8%,累计发生突出 15 000 余起,根据 2012 年矿井瓦斯等级鉴定结果,全国共有煤与瓦斯突出矿井 1 191 对^[10]。目前我国发生的强度最大的一次煤

与瓦斯突出在天府矿务局三汇坝一矿主平硐。该平硐的标高为+280 m。1975年8月8日,当采用震动爆破的方法揭开6号煤层时,突出煤岩达12 780 t(其中煤占60%,岩石占40%),涌出的瓦斯量达 $1.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。目前我国发生千吨以上的突出达70多次^[3]。近年来,由于相关法规、规定的发布和实施,尤其是强制推广“四位一体”的防突综合配套技术,大型突出已经很少出现。

随着开采深度的增加,地应力与瓦斯压力都在加大,一些含瓦斯的软岩中也发生了突出。前苏联的顿巴斯煤田在1955~1975年期间就有14个矿井发生了3 293次砂岩和瓦斯突出,最大的一次强度为3 500 t。原民主德国于1953年7月7日在韦拉地区的门寸格拉本矿发生了一次突出强度为100 000 t的钾盐与二氧化碳突出。在我国的吉林营城五井,1975年6月13日于垂深为439 m处,在掘进巷道中第一次发生了砂岩与二氧化碳突出,突出的砂岩为1 005 t,涌出的二氧化碳为 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ ^[1]。

1.2 煤与瓦斯突出的分类与特点^[1,3,16]

在煤矿中,不同类型的巷道中均发生过煤与瓦斯突出现象。由于巷道类型不同,突出的条件也不一样,形成各种不同的特点。表1-1列出了一些矿区各类巷道的突出强度及次数。从表中可以看出:石门揭煤突出的平均强度最大,平巷次之,其他类型的巷道突出的平均强度相对较小。这表明石门揭煤最容易导致突出。在各类巷道发生的突出中,平巷的突出次数最多,这可能与我国的开采方法中煤层巷道较多有关。

表 1-1 一些矿区各类巷道突出情况统计表

地点	项 目	石门	平巷	上山	下山	回采	打钻
重庆地区	突出次数	54	240	131	5	127	38
	平均强度/(t/次)	451	47	35.5	41.6	56.7	37.6
北票矿务局	突出次数	97	320	496	2	18	15
	平均强度/(t/次)	138	34.5	24.3	11	60	6.2
红卫煤矿	突出次数	13	116	33	9	27	13
	平均强度/(t/次)	1 090	93.3	40.5	14.9	32.8	13.3
六枝矿务局	突出次数	5	20	46	9	0	4
	平均强度/(t/次)	1 168	34	111	98	0	4
合计	突出次数	169	796	706	25	172	70
	平均强度/(t/次)	342	42.5	42.5	49.8	53.3	24.4

1.2.1 石门突出

在煤矿现场,根据石门条件下发生的突出情况不同,石门突出又分为爆破揭开石门时的突出、延期突出、过煤门时突出和自行冲破岩柱的突出。其中以爆破揭开石门时的突出所占比重最大。

1.2.1.1 爆破揭开石门时的突出

在有突出危险的地点,围岩的透气性都要比煤层本身小得多。在石门巷道揭开煤层之前,煤层内的瓦斯未经排放,保持着较高的原始瓦斯压力。当爆破揭开煤层的瞬间,具有突出危险的软煤上应力状态突然改变,迅速破坏,而这时新暴露的煤体表面上可以看作是大气压,在煤体表面不远处为原始瓦斯压力,瓦斯压力的梯度很大,受地应力破坏的软煤在这个瓦斯压力差的作用下抛向巷道,又使内部的煤体暴露,暴露的煤体又在地应力的作用下破坏,破坏后又被瓦斯压力抛向巷道,这种连锁破碎及抛出煤体的过程使突出向煤体深部扩展,形成连续的突出。如果是急倾斜煤层,上悬煤体还有重力参与,突出就向上方伸展,形成一个由下往上的突出孔洞。这种突出除了具有前面所介绍的突出的一些特征外,还有以下特征:

- (1) 靠近突出点一段距离的直巷几乎都被突出煤填满,弯曲巷道或上山也有堆积。
- (2) 当煤层中有一个或几个软分层时,突出只沿着这些软分层扩展,如图 1-1 所示。

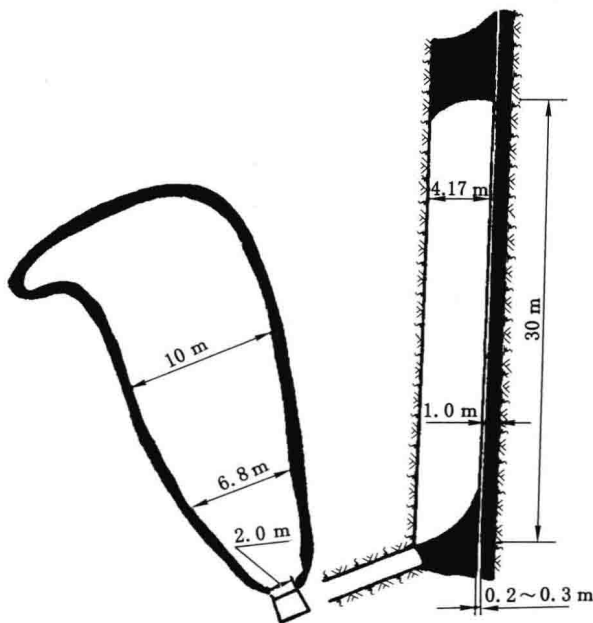


图 1-1 中梁山煤矿北井+290 m 水平车场石门的突出
(图中所示煤层含 0.2~0.3 m 的岩石夹层)

(3) 突出孔的位置、深度及形态主要受瓦斯压力和软煤结构的分布控制,在急倾斜煤层中,因重力参与,对突出孔洞的发育方向有较大的影响。因此在许多大型的突出中,突出孔深入煤层内部很远,超过 10 m 以上,个别的达 60 m,并向上方发展。

1.2.1.2 延期突出

在石门揭煤过程中,大部分的突出都是在爆破后即刻发生的,但也有一些突出却是在爆破后延期一段时间才发生,这种条件下的突出,称为延期突出。此外,在有些急倾斜煤层中,揭开煤层后未能及时进行支护,引起顶部冒落,导致有突出危险的煤体突然暴露,也会引起突出,这种突出也被认为是延期突出。由于这时工作面有人员施工,因而对安全生产的威胁很大。对于延期突出,煤矿现场的防治措施主要有:第一,在爆破揭煤时,要求达到 85%~90% 的炮眼利用率,保证爆出规定大小的断面,使软煤充分暴露,创造一个最有利于突出的条件。第二,在一些易于冒顶塌方的地点,爆破后要及时支护,以防止由冒顶引起上方有突出危险的软煤突然暴露产生的突出。

1.2.1.3 过煤门时的突出

爆破揭开石门时,由于爆破的深揭作用,有突出危险的软煤易于突然暴露,突出极可能在爆破时发生。但也有一些地点,在震动爆破揭开煤层时,突出并未发生,而在穿越煤门、甚至在过了石门后才发生突出,这类突出叫做过煤门突出。这种突出的强度也很大,有的达几千吨,对安全生产的威胁很大。在我国发生过煤门突出的一些例子中,有些煤层往往在底板或顶板中存在坚硬的岩石,从较软的岩石一方揭开岩石时,不发生突出,但在工作面进入坚硬的岩石后,却发生了突出,如表 1-2 所列。

表 1-2 一些矿区各类巷道突出情况统计表

时 间	地 点	煤层厚度 /m	揭开方向 的岩石	煤门穿过后 的岩石	突出强度 /t
1955 年 5 月 3 日	天府磨心坡矿平硐	4.7	页岩	砂岩	48
1958 年 6 月 3 日	鱼田堡矿+150 m 主石门	4.8	页岩	砂岩	1 646
1958 年 6 月 8 日	中梁山南井副井井筒	3.8	黏土页岩	茅口灰岩	600
1969 年 4 月 3 日	南桐一井±0 三半石门	4.0	页岩	砂页岩	3 500

1.2.1.4 自行冲破岩柱的突出

自行冲破岩柱的突出是指掘进爆破时并未将煤层揭露,还留有一段岩柱,但突出煤体自行将这段岩柱破坏导致的突出。这种突出实际上是在揭煤前所留的岩柱已经比较薄,尽管并未进行爆破揭煤,但在地应力的作用下,岩柱破坏,具有突出危

险的软煤突然暴露,发生了煤与瓦斯突出。这类突出发生的比较少,从目前我国已发生的四次情况来看,都存在着揭开方向的岩石为硬岩且其煤层内部瓦斯压力较高的情况。图 1-2 所示为南桐矿务局东林煤矿+310 m 水平南十石门自行揭开四号煤层的情况。

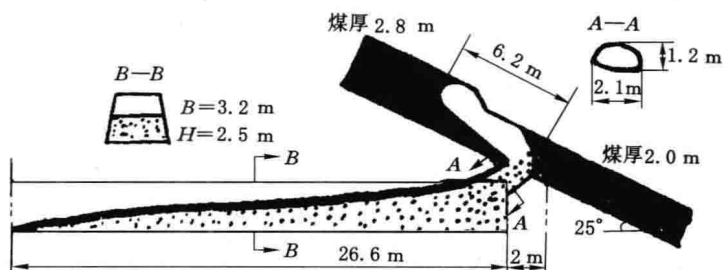


图 1-2 自行冲破岩柱的突出实例

1.2.2 煤巷突出

在有突出危险的煤层平巷中掘进时,发生突出的可能性也是很大的,有时甚至发生大型的突出,图 1-3 是南桐直属一井+150 m 水平 4 号煤层 1406 大巷发生的煤巷突出。在煤巷掘进中发生的突出与石门揭煤发生的突出具有相同的特征,但与石门揭煤突出相比,煤巷中发生的突出平均强度相对要小一些。这种变化反映了巷道类型的不同对突出的影响。

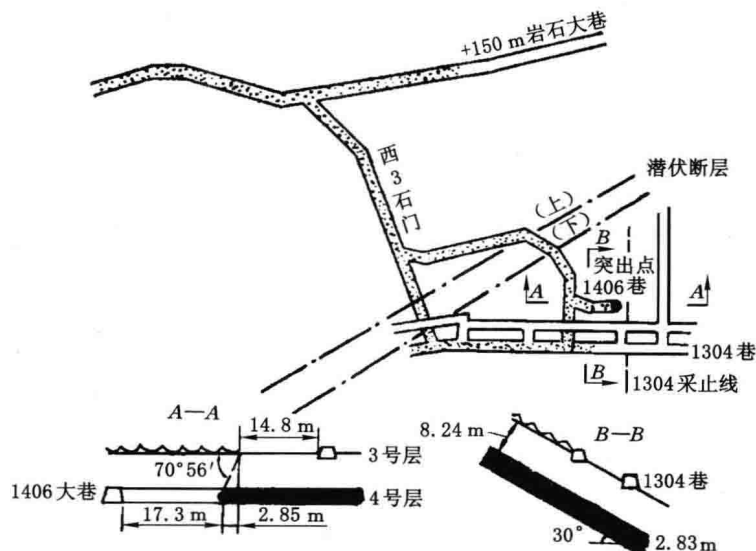


图 1-3 南桐直属一井+150 m 水平 4 号煤层 1406 大巷发生的煤巷突出

在易于发生煤巷突出的地点,煤层厚度及软煤厚度赋存均不稳定,掘进过程中瓦斯涌出往往忽大忽小,突出前地压显现效应特别显著,支架压力增大,底鼓、帮壁掉煤渣,有时伴随有煤炮声。

在煤巷突出中,爆破落煤时发生的突出最多,其他工艺过程也可能发生突出,有时甚至发生延期突出。

1.2.3 上山突出

当煤层巷道沿着倾斜方向向上掘进时,掘进头发生的突出叫做上山突出。这种突出与煤层平巷的突出实际上是一样的,唯一不同的是由于煤体受重力的影响,更容易抛向巷道空间。在煤矿现场,含瓦斯煤体的倾出和小型的上山突出往往是不大容易分辨的。

1.2.4 下山突出

当煤层巷道沿着倾斜方向向下掘进时,掘进头发生的突出叫做下山突出,如图 1-4 所示。在下山突出中,突出煤体的重力是阻碍煤体向巷道空间抛出的。由于突出物也受重力的影响,堆积在掘进头,因此,下山突出是很难看到突出孔洞的。

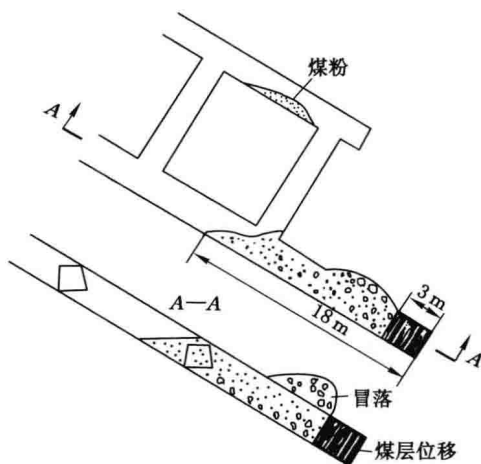
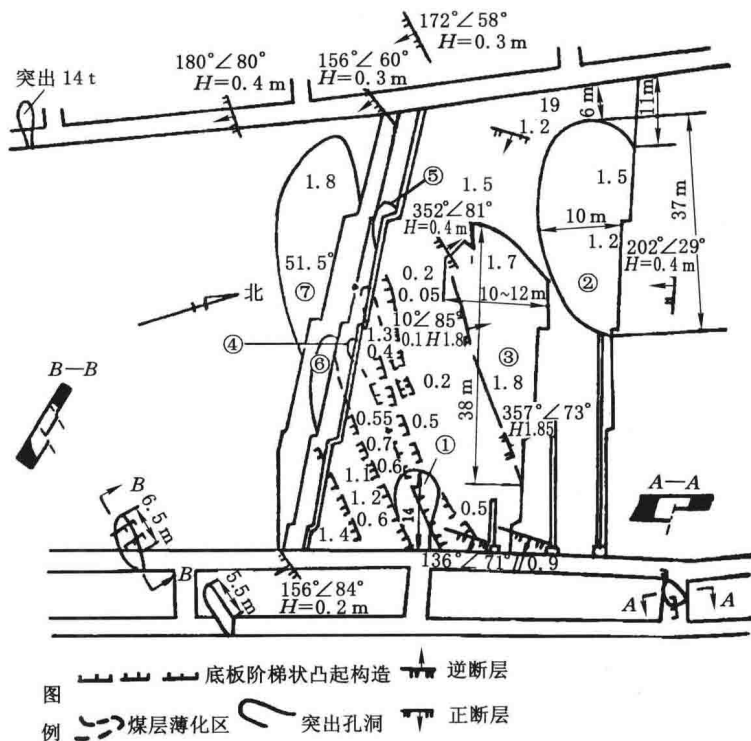


图 1-4 天府南井峰区 9 号临时斜井的突出

1.2.5 采煤工作面的突出

与石门揭煤和煤巷掘进相比,采煤工作面的突出危险性相对要小一些,强度也不大。许多矿区的统计资料表明,在急倾斜煤层的采煤工作面,很少发生突出现象,但在近水平煤层和缓倾斜煤层及倾斜煤层中,如果遇上复杂的地质构造条件,



(172° , $<58^{\circ}$, $H=0.3$ m 分别表示断层走向方位角、倾角和落差;其他数字为煤厚,单位为 m)

① 掘钻场发生压出 60 t; ② 风镐采煤压出 412 t; ③ 爆破压出 776 t; ④ 风镐采煤压出 10 t;

① 掘钻场发生压出 60 t; ② 风镐采煤压出 412 t; ③ 爆破压出 776 t; ④ 风镐采煤压出 10 t;

⑤ 爆破压出 25 t; ⑥ 爆破压出 90 t; ⑦ 爆破压出 774 t

1.2.6 钻孔突出

在突出煤层中打钻,也发生过不少突出,突出来的煤炭从几吨到几十吨。这是因为当钻头快速钻入煤体内部时,相当于在煤层内快速掘进一条小巷道,钻孔前方煤体内的瓦斯来不及排放,新暴露的煤面形成较高的瓦斯压力梯度(即暴露表面外气体压力小,而暴露表面的煤体内部瓦斯压力高),很容易将新暴露的软煤沿钻孔推向巷道,形成突出。特别是打钻过程中的水压不太稳定,水压大时阻碍新暴露煤面上瓦斯的排放,在新暴露面附近积聚,而当水压变小,这些积聚的瓦斯带着破碎的煤体便沿钻孔快速喷出,在暴露的煤面上形成较高的压力梯度,形成连续的钻孔突出。

1.3 煤与瓦斯突出研究概况

煤与瓦斯突出严重威胁安全生产,制约矿井经济效益的提高。我国与世界上各主要产煤国一起,在遭受着突出所带来灾难的同时,也积极开展了大量的基础研究和工程实践,在现场形成了一套卓有成效的管理体系和技术方法。在防治煤与瓦斯突出的斗争中,人们研究工作的重点集中在以下两个方面:一是研究煤与瓦斯突出的机理;二是研究煤与瓦斯突出危险性预测及防治的方法。它们分属“理论”和“实践”的范畴,研究过程中既是相互依赖的关系,又彼此相互促进。

1.3.1 煤与瓦斯突出机理研究简介

煤与瓦斯突出是一种复杂的自然现象,要防止突出带来的危害,必须了解和掌握这种自然灾害及其发生和发展的规律,以便采取正确的防治方法和措施。因此,自从1834年法国发生世界上第一次突出以来,人们就一直在研究煤与瓦斯突出是怎样发生的?是由哪些原因引起的?突出过程又是如何发展的?这些问题统称为突出的机理问题。特别是进入到20世纪以来,人们从突出现场和实验室对突出进行了细致的观察,积累了成千上万次的突出记录,总结了历年来突出防治的成功经验与失败教训,提出了几十种关于突出机理的假说。归纳起来,主要有以下几种类型:

(1) 瓦斯作用说

这类假说认为煤体内储存的高压瓦斯是突出中起主要作用的因素。其代表有“瓦斯包说”,“煤粉带说”,“煤孔隙结构不均匀说”等等。如“瓦斯包说”认为,在煤层中存在着瓦斯压力和瓦斯含量比邻近区域高得多的煤窝,也就是瓦斯包,其中煤体松软,孔隙与裂隙发育,具有较大的储存瓦斯的能力;但这些煤体被透气性差的煤(岩)所包围。一旦巷道揭开这些瓦斯包,在瓦斯压力的作用下,松软的煤体将被瓦斯破碎并抛出从而形成突出。

(2) 地应力作用说

这类假说认为,突出主要是高地应力作用的结果。这类假说的主要代表有“岩石变形潜能说”,“应力集中说”,“应力叠加说”等等。当巷道接近储存有高构造应变能的岩层时,这些岩层将像弹簧一样伸张开来,将煤体破碎,引起煤与瓦斯突出。

(3) 综合作用假说

这一类假说认为突出是由地应力、瓦斯压力及煤的力学性质等因素综合作用的结果。这类假说由于全面地考虑了突出发生的作用力和介质两个方面的主要因素,得到了国内外大多数学者的普遍承认。在这类假说中,有代表性的是“振动

说”、“分层分离说”、“游离瓦斯说”、“能量假说”及“应力分布不均匀说”等等。

前苏联的 И. М. 彼图霍夫提出的“分层分离说”认为,突出时地压和瓦斯共同作用的结果,突出过程分为三个阶段。第一阶段是准备阶段,工作面附近的煤体在地压的作用下压缩,增加了瓦斯向巷道方向渗透的困难,促使煤体内保持有较高的瓦斯压力,煤体强度低,煤柱易于从煤体内分离。第二阶段是颗粒分离波的传播阶段,在突出时,颗粒的分离过程是一层一层地进行的。当突出危险带急剧暴露时,由于瓦斯压力梯度作用使分层承受拉伸力,拉伸力大于分层的强度时,即发生分层从煤体上的分离。分层分离是一切突出的重要组成部分,影响着突出的主要特征,但并没有全面反映突出过程的多种形式。例如,分层分离波绕过部分压碎带,通常决定于地压作用,伴随着声响激发此时暴露面上的分层分离。突出常常是重复的破坏组合,一部分是瓦斯参与下的分层分离而破坏,另一部分是地压破坏。在急倾斜煤层的某些部分,则在自身重力的作用下分离。总之,无论是在突出的准备阶段还是颗粒波的传播阶段,地压都是重要的。第三阶段是瓦斯和颗粒混合物的运动阶段,从煤体分离的煤颗粒和瓦斯急速冲向巷道,随着混合物的运动,瓦斯进一步膨胀,速度继续加快。当遇到阻碍时,速度降低而压力升高,直到增高的压力不能超过破坏条件,过程才停止。

在众多的综合作用假说中,不能不提到前苏联学者 B. B. 霍多特提出的“能量假说”^[4],他认为,突出是煤体的变形潜能 W 与瓦斯内能 Q 突然释放所引起的近工作面煤体的高速破碎。激发突出的第一个条件是:

对于回采:

$$W + \epsilon > F + U \quad (1-1)$$

对于掘进:

$$W > F + U \quad (1-2)$$

对于石门揭煤:

$$W + Q > F + U \quad (1-3)$$

式中 W ——煤的变形能;

ϵ ——顶板岩石的动能;

Q ——煤内游离瓦斯所含的内能;

F ——煤向巷道的移动功;

U ——煤的破碎功。

激发突出的第二个条件是:

$$v_p > v_x \quad (1-4)$$

式中 v_p ——煤的破碎速度;

v_x ——煤裂隙中的瓦斯压力下降速度,取决于煤的裂隙性。

激发突出的第三个条件是要求煤破碎完成之前,瓦斯压力 p 应保持在比已破