

煤矿安全技术培训教材

# 防治煤与瓦斯突出 基础知识

张天恩 闻传葳 吕树珍 李士昂 曹明岐 编

3

煤炭工业出版社

TD713

8

3

煤矿安全技术培训教材

## 防治煤与瓦斯突出基础知识

主 编：张天恩  
编 写：张天恩 闻传藏 吕树珍  
李士昂 曹明岐  
主 审：朱义卿 胡 菊  
审 稿：肖调燕 贾 波 李荣轩  
马君信 朱振明

857617

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

煤与瓦斯突出是严重威胁煤矿安全生产的自然灾害之一。本书从贯彻原煤炭工业部颁发的《防治煤与瓦斯突出细则》出发，从理论和实践上全面阐述了防治煤与瓦斯突出的基础知识，内容包括煤与瓦斯突出概论、瓦斯地质、煤与瓦斯突出危险性预测及防治突出措施的效果检验、防治煤与瓦斯突出的技术措施、安全防护措施和管理措施等。

本书可作为煤矿井下工人、基层管理干部、防突专业人员的培训教材；亦可作为有关工程技术人员和煤炭院校师生的参考用书。

责任编辑：邓 荷 香

煤矿安全技术培训教材  
**防治煤与瓦斯突出基础知识**  
张天恩 闻传藏 吕树珍 李士昂 曹明歧 编

\*  
煤炭工业出版社 出版  
(北京安定门外和平里北街21号)  
煤炭工业出版社印刷厂 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本850×1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>  
字数167千字 印数1—20,100  
1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷  
**ISBN 7-5020-0480-7/TD·437**

书号 3260 定价 2.70元



## 前 言

瓦斯、水、火、顶板等自然灾害及各类事故是煤矿井下生产作业的一个突出问题，它直接影响着煤炭生产的健康发展。目前煤矿事故多的一个重要原因是煤矿职工的法制观念不强，安全技术素质较低。为适应煤炭工业发展的需要，促进煤矿安全生产状况的根本好转，对煤矿在职职工实行强制性的安全技术培训是一项十分重要的战略性任务。近年来，这项工作已受到各级部门领导的普遍重视。

为配合正规的安全技术培训工作，我们组织一些局、矿、安全技术培训中心和院校编写了局矿领导干部、采掘区队长、通风区队长、机电区队长、运输区队长、采区电钳工、放炮员、瓦斯检查员、测风员、绞车司机、电机车司机、安全监察员、防突人员、井下采掘工人等类人员的安全技术培训教材，将陆续出版发行，以满足培训工作的需要。

这套教材结合各类人员的工作性质、职责，编写内容上力求通俗易懂，联系本岗位的实际工作，着重从党和国家的安全生产方针、政策、法规；安全技术基本应用知识；各类灾害事故的发生规律、预防措施和事故的处理，以及矿山救护与自救、互救等方面作为编写的基本内容。按本教材进行培训后，对煤矿职工将会增强法制观念，自觉遵章守纪，提高安全技术水平和预防各类事故的能力，促进安全生产。

在编、审教材工作中得到有关单位的大力支持，在此表示感谢。

中国统配煤矿总公司

一九九〇年六月

## 编者的话

煤与瓦斯突出是严重威胁煤矿安全生产的自然灾害之一。它不仅能摧毁井巷设施，破坏通风系统，而且使井巷充满瓦斯与煤粉，造成人员窒息，煤流埋人，甚至引起瓦斯燃烧和爆炸事故。因此，同煤与瓦斯突出进行不懈的斗争是广大煤矿职工的一项艰巨的任务。我国是一个煤与瓦斯突出比较严重的国家，据不完全统计，至今已发生突出12000多次。在长期同煤与瓦斯突出的斗争中，积累了比较丰富的经验，初步总结了这一灾害的基本规律和一系列行之有效的防治措施。煤炭工业部在1988年4月颁发了《防治煤与瓦斯突出细则》，使防治突出的工作有章可循，并为之进一步规范化、科学化奠定了重要基础。

随着煤炭工业的迅速发展，矿井开采深度的不断加大，煤与瓦斯突出的危险性日益增加。

为了广泛深入地贯彻《防治煤与瓦斯突出细则》，学习和掌握防治煤与瓦斯突出的基本理论知识，并进一步普及到广大煤矿职工中去，以便更加有效地同煤与瓦斯突出灾害作斗争，中国统配煤矿总公司组织平顶山矿务局安全技术培训中心和瓦斯研究所共同编写了《防治煤与瓦斯突出基础知识》一书。本书共分五章：第一章煤与瓦斯突出概论；第二章瓦斯地质；第三章煤与瓦斯突出危险性预测和防治突出措施的效果检验；第四章防治煤与瓦斯突出的技术措施；第五章防治煤与瓦斯突出的安全防护措施与管理措施。

本书在编写过程中曾得到平顶山矿务局有关领导及业务处室的高度重视和大力协助，在此，我们表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，作者水平所限，书中缺点、错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

1990年3月

# 目 录

<b>第一章 煤与瓦斯突出概论</b> .....	1
第一节 煤与瓦斯突出的基本概念 .....	1
第二节 瓦斯动力现象分类及预兆 .....	6
第三节 煤与瓦斯突出机理 .....	16
<b>第二章 瓦斯地质</b> .....	19
第一节 瓦斯地质研究的内容和意义 .....	19
第二节 瓦斯地质基础 .....	21
第三节 影响瓦斯赋存的地质条件 .....	32
第四节 控制煤与瓦斯突出的地质因素 .....	41
第五节 瓦斯地质图的编制 .....	56
<b>第三章 煤与瓦斯突出危险性预测和防治突出措施的效果检验</b> .....	63
第一节 煤与瓦斯突出危险性预测概述 .....	63
第二节 区域突出危险性预测 .....	65
第三节 工作面突出危险性预测 .....	79
第四节 防治煤与瓦斯突出措施的效果检验 .....	93
<b>第四章 防治煤与瓦斯突出的技术措施</b> .....	93
第一节 概述 .....	98
第二节 区域性防治突出措施 .....	100
第三节 局部防治突出措施 .....	133
<b>第五章 防治煤与瓦斯突出的安全防护措施与管理措施</b> .....	163
第一节 防治煤与瓦斯突出的安全防护措施 .....	168
第二节 煤与瓦斯突出矿井的管理措施 .....	186
<b>参考文献</b> .....	199

# 第一章 煤与瓦斯突出概论

## 第一节 煤与瓦斯突出的基本概念

### 一、煤与瓦斯突出概述

在煤矿井下采掘过程中，在极短的时间内（几秒或几分钟）突然从煤（岩）体内喷出大量的煤（岩）与瓦斯的現象，称为煤与瓦斯突出，简称突出。在突出的气体中，一般沼气占80%以上。煤与瓦斯突出包括突出、压出和倾出三种类型。

根据资料记载，世界上煤与瓦斯突出已有150多年的历史。1834年3月22日，法国鲁阿雷煤田依萨克煤矿，在急倾斜厚煤层平巷掘进工作面，发生了世界上第一次煤与瓦斯突出。

到目前为止，据不完全统计，世界上约有20多个国家（地区）发生过煤与瓦斯突出，约计30000余次。这些国家是：中国、法国、苏联、波兰、日本、美国、匈牙利、比利时、联邦德国、英国、加拿大、澳大利亚、保加利亚、罗马尼亚、南斯拉夫和荷兰等。其中中国、苏联、法国、波兰和日本五个国家突出较严重。突出情况见表1-1。

世界上最大的一次煤与瓦斯突出，发生在1969年7月13日苏联的顿巴斯矿区加加林矿。当石门揭穿厚仅1.03m煤层时，发生了突出，突出煤（岩）14200t，涌出瓦斯约25万m<sup>3</sup>。

我国早在1939年吉林省辽源矿务局就发生过瓦斯动力现象。到目前为止，已有200多对矿井发生突出12000余次。其中以四川、湖南、辽宁、河南、贵州和江西等省较为严重。突出次数较多的矿务局、矿有北票、白沙、南桐、阳泉、涟邵、鸡西、六枝、英岗岭、天府、松藻、中梁山等。各省（区）煤与瓦斯突出情况见表1-2。

表 1-1

世界主要产煤国家突出情况统计表

国家	统计时间 (年)	突出次数 (次)	最大的突出		强度千吨以 上突出次数	参与突出的气体种类	始突深度 (m)	备 注
			煤量 (t)	瓦斯(万m <sup>3</sup> )				
中 国	1950~1981	9845	12780	140	69	CH <sub>4</sub> , 极少CO <sub>2</sub>	50	
法 国	1834~1973	6788	5600	185		CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> + CH <sub>4</sub>	180	
苏 联	1906~1981	5621	14200	25	10	CH <sub>4</sub>	120	另有砂岩和瓦斯突出3293次
波 兰	1894~1982	1556	9500	82	68	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> + CH <sub>4</sub>	80	
日 本	1926~1974	1000	3000	17	2	CH <sub>4</sub>	220	
匈 牙 利	1894~1976	530	1400	27		CH <sub>4</sub>	140	
比 利 时	1947~1968	474	1600	13		CH <sub>4</sub>	180	
加 拿 大	1946~1968	475	3500	75		CH <sub>4</sub> , CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	180	
美 国	1921~1982	160	3000			CH <sub>4</sub>		
英 国	1926~1972	192	2500	7		CH <sub>4</sub> , CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	180	
澳大利亚	1895~1982	420	1000	1.4	0	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	180	
捷克和斯洛伐克	1894~1978	380	420	2.5	0	CH <sub>4</sub> , CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	80	
联邦德国	1902~1982	213	750	2.11	0	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>	280	
荷 兰	1937~1964	12	50		0	CH <sub>4</sub>	200	
罗马尼亚	1893~1935	20				CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>		
南斯拉夫	1958~1979	16				CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>		
保加利亚	1933~1974	198	320		0	CH <sub>4</sub>	120	



建国以来，我国有文字记载的第一次煤与瓦斯突出是1950年4月20日，吉林省辽源矿务局富国矿西二坑，在掘进垂深280m的煤巷时发生了突出。

我国最大的一次突出是1975年8月8日，四川天府矿务局三汇坝一矿在主平硐揭穿煤层时发生突出。突出煤（岩）12780 t，喷出瓦斯近140万 $m^3$ 。据不完全统计，截至1985年，全国煤矿（不含地方煤矿）主要突出矿区突出情况见表1-3。

## 二、煤与瓦斯突出的危害

煤与瓦斯突出是煤和瓦斯突然运动的一种极其复杂的动力现象。它在短时间内向采掘工作空间喷出的大量煤（岩）和瓦斯，能摧毁巷道设施，破坏通风系统，甚至充塞巷道，造成瓦斯窒息、燃烧和爆炸及煤流埋人等事故。例如：1879年4月17日，比利时曾发生一次突出，突出强度为420 t，涌出瓦斯量50万 $m^3$ ，瓦斯喷出时，逆风流从提升井冲到地面，距井口23m的炉火导致瓦斯燃烧，火焰高达50m，井口建筑物烧成废墟。两小时后，火焰将熄灭时，又引起瓦斯连续爆炸7次，每隔7 min爆炸一次。当时井下共209人，死亡121人，地面烧死3人，11人被烧伤。

1972年2月20日，湖南红卫煤矿石门揭煤远距离放炮时发生突出，突出煤（岩）量4500t，喷出瓦斯量138.5万 $m^3$ ，高浓度瓦斯从主井口喷出，井口附近瓦斯浓度高达15%，较长时间稳定在9%；从北翼风井口喷出的瓦斯，被信号房内的炉火点燃，火柱高达30m，井口房和主扇被烧毁。

## 三、煤与瓦斯突出的一般规律

根据我国重庆、北票、红卫、焦作、六枝及阳泉等矿区的资料分析，煤与瓦斯突出的一般规律可概括为：

1) 开采深度增加，突出的危险性增大。其主要表现为突出次数增多，突出强度增大，突出煤层数增加，突出危险区域扩大。有的矿区开采浅部时无突出，随着开采深度的增加产生了突出，如平顶山矿区。

2) 突出多发生于地质构造区。如在褶曲、断层处及岩浆岩

## 各省(区)煤与瓦斯

省(区)	历 年 突														
	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
河 北															1
山 西															
内 蒙															
辽 宁		2	5	6	22	28	30	24	65	68	51	69	59	48	24
吉 林	2	14	7	31	43	19	14	16	10	5				1	
黑 龙		1				1	9	1	2		2		9		15
江 苏															
浙 江															
安 徽									1	1					1
江 西										1		7	5	2	4
河 南						5	1		9	10	6	4	1	3	5
湖 北															
湖 南							1		2	16	4	10	21	16	13
广 东															
广 西													1		1
四 川		1		1	8	2	3	10	60	74	103	145	40	38	12
贵 州															1
甘 肃															
全国统计	2	18	12	38	73	56	57	53	163	163	172	246	131	105	81

全国煤矿(不含地方煤矿)主要突出矿区突出次数统计 表 1-3

项 目	总计	1970年前	1971~1975年	1976~1980年	1981~1985年
突出次数(次)	8403	1799	1508	2071	3025
突出煤(岩)量(t)	534238	104218	102387	125593	202040

侵入的地区,受挤压扭曲严重易发生突出。据北票矿务局统计,有90%以上都发生于地质构造区和岩浆岩侵入区。

3) 突出的气体主要是沼气,少数情况下突出二氧化碳。一般情况下,沼气含量和沼气压力越大,突出危险越严重。大多数煤与瓦斯突出都发生在瓦斯压力大于0.6MPa的情况下。

突出统计表

表 1-2

出 次 数															
1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	共 计
1		1						6	5		11	8	4	7	44
			4		30	48	41	93	43	20	23	30	44	56	432
								1			5				6
17	26	17	19	50	34	36	51	123	114	90	97	82	100	69	1426
										2	5	2		6	177
2	31	7			26	15	2	9	8	67	20	24	27	49	327
							24	44		10	10	28	37	15	168
						1	1					4	9	26	41
	1	1		1	1		9	9	1	3		3	8	1	41
9	8	1	5	9	5	8	15	24	13	23	27	42	27	27	262
1	6	17	10	1	10	12	7	12	7	17	37	68	51	8	308
					1			1		3			8	2	15
9	39	27	16	44	90	259	204	182	216	276	235	295	401	562	2955
	3	13		3	1	16	8	6	6	15	12	13	14	37	147
							1	1			1			2	7
29	84	24	7	5	20	37	27	45	23	33	48	51	161	140	1236
1	27	4	7	2	9	23	11	4	3	1	1	4	22	51	171
												1	1		2
69	225	112	68	115	227	454	401	560	439	565	532	655	915	1058	7765

4) 煤体破坏程度越严重, 煤的强度越小, 突出危险性越大。如北票矿务局就是以煤结构的破坏类型作为预报突出的指标之一, 具有一定的实际意义。

煤层的厚度大、倾角大或其厚度和倾角发生变化, 以及煤层中的软分层由薄变厚的地区, 容易发生突出。

5) 采掘工作面应力集中区容易发生突出。在采掘工作面推进过程中出现的应力集中地区, 如接近邻近层的上下煤柱, 或两巷相向贯通前的煤柱、上(下)山煤柱内掘进巷道时, 突出危险性更大, 不仅突出次数多, 突出强度也大。突出一般以煤巷掘进时居多, 回采工作面次之。

6) 突出常发生于外力冲击作用下。这是由于煤体内蓄存了大量潜能, 一旦外力冲击, 就能诱发释放, 造成突出。特别是在

爆破时，因对煤体震动而使突出的危险性增加。如重庆地区对132次突出的统计，落煤（包括放炮、水力冲刷、风镐与手镐落煤、打钻）时突出124次，占95%。其中以放炮诱导突出的作用最强，平均突出强度达321t/次，突出次数达44次。此外，水力冲刷突出2次，平均强度为130t/次；风镐落煤突出33次，平均强度为57t/次；手镐落煤突出34次，平均强度为35.4t/次；打钻突出11次，平均强度为25.1t/次；其它突出8次（包括支架作业等），平均强度仅14.6t/次。

7) 围岩的透气性越差，致密的岩层越厚，且所占的比重越大，煤层的瓦斯含量越高，煤层上覆和下部的岩层越致密，越有利于煤层瓦斯的储存，其突出危险性也就越大。

8) 在煤与瓦斯突出之前大都出现预兆。

## 第二节 瓦斯动力现象分类及预兆

依据《防治煤与瓦斯突出细则》（以下简称《细则》）规定，瓦斯动力现象有如下分类及其基本特征。

### 一、瓦斯动力现象分类

#### （一）按动力现象的力学特征分类

按照瓦斯动力现象力学的基本特征，可分为三类，即突出、压出、倾出。这三类动力现象的动力都以地应力为主，它们的预兆相似。由于地质、生产条件不同，这些力的表现也不完全一样。因此，各类动力现象有其明显的动力特征。

1) 煤与瓦斯（沼气或二氧化碳）突出，简称突出。其基本特征是：

（1）突出的煤向外抛出距离较远，具有明显的分选现象。

（2）抛出的煤堆积角小于煤的自然安息角。

（3）抛出的煤破碎程度高，含有大量的块煤和手捻无粒感的煤粉。

（4）有明显的动力效应，破坏支架，推倒矿车，破坏和抛出安装在巷道内的设施。

(5) 有大量的瓦斯涌出，瓦斯涌出量远远超过突出煤的瓦斯含量，有时会使风流逆转。

(6) 突出孔洞呈口小腔大的梨形、舌形、倒瓶形以及其它分岔形等。

2) 煤与瓦斯压出，简称压出。压出的基本特征是：

(1) 压出有两种形式，即煤的整体位移和煤有一定距离的抛出，但位移和抛出的距离都较小。

(2) 压出后，在煤层与顶板之间的裂隙中，常留有细煤粉，整体位移的煤体上有大量的裂隙。

(3) 压出的煤呈块状，无分选现象。

(4) 巷道瓦斯涌出量增大，造成短时间内风流中瓦斯浓度超限。

(5) 压出可能无孔洞或呈口大腔小的楔形孔洞。

3) 煤与瓦斯倾出，简称倾出。倾出的基本特征是：

(1) 倾出的煤就地按自然安息角堆积，并无分选现象。

(2) 倾出的孔洞呈口大腔小，孔洞轴线沿煤层倾斜或铅垂（厚煤层）方向发展。

(3) 无明显动力效应。

(4) 倾出常发生在煤质松软的急倾斜煤层中。

(5) 巷道瓦斯涌出量明显增加。

4) 岩石与瓦斯突出。在地应力和外界动力作用下，有时岩体瞬间被破坏，并向巷道空间抛出，同时涌出大量瓦斯，即称为岩石与瓦斯突出。仅在个别矿井中有可能发生。其基本特征为：

(1) 在砂岩中进行爆破时，在炸药直接作用范围外，发生岩石破坏、抛出等现象。

(2) 有突出危险的砂岩岩层松软，呈片状、碎屑状，并具有较大的孔隙率和瓦斯含量。

(3) 突出的砂岩中，含有大量的砂粒和粉尘。

(4) 巷道瓦斯涌出量增大，并有明显的动力效应。

(5) 在岩体中形成孔洞。

## (二) 按突出强度分类

各煤层与煤层内各区域的突出危险程度是不同的。突出强度是指每次突出抛出的煤(岩)数量和涌出的瓦斯量。它主要以煤(岩)数量作为划分强度的主要依据,可分为:

- 1) 小型突出: 强度小于100t;
- 2) 中型突出: 强度100(含100t)至500t;
- 3) 大型突出: 强度500(含500t)至1000t;
- 4) 特大型突出: 强度等于或大于1000t。

## 二、煤与瓦斯突出的特点与实例

巷道类型不同,突出的条件也不同,这就使引起突出的各种作用发生一定的变化,各类巷道突出有不同的特点。一些矿区各类巷道突出的强度与次数详见表1-4。

我国一些矿区采掘工作面突出地点突出强度统计 表 1-4

突出情况 矿区	突出次数/平均每次突出强度(t)							合计
	石 门	平 巷	上 山	下 山	回 采	打 钻	岩 巷	
重庆地区: (天府、南桐、松藻、中梁山等局矿)	54/451	240/47	131/35.5	5/41.6	127/56.7	38/37.5	1/	596/85.5
北票矿务局	97/138	320/34.5	496/24.3	2/11	18/60	15/6.2	2/	950/39.7
红卫煤矿	13/1090	116/93.3	33/40.5	9/14.9	27/32.8	13/13.3		211/130.5
六枝矿务局	5/1168	20/34	46/111	9/98		4/4		84/140

下面按采掘工作面所在地点不同,对其突出的特点和实例叙述如下。

### (一) 石门揭煤时的突出

石门的突出强度最大,以揭开煤层时的突出次数最多。放炮揭开煤层的瞬间,煤体地应力状态突然改变,煤层的暴露面在瓦斯压力和地应力作用下,表层突然破碎,急剧向巷道抛出大量煤(岩)和瓦斯。

石门突出的特点是强度大，造成的破坏严重，在揭穿突出煤层的全过程中，都存在突出危险，揭穿同一煤层时甚至连续发生突出。由于石门突出的强度大，瓦斯喷出逆风流可达数千米，致使整个矿井形成危险环境。

如南桐矿务局鱼田堡矿150水平主要运输石门，距地表垂深325m，自顶板方向揭穿煤层，煤层倾角 $30^\circ$ ，煤厚2.4m，煤层松软，顶板正常，底板有小错动。揭煤前测得瓦斯压力716kPa（表压力），因为打测压钻时钻孔曾突出1t粉煤，所以测得的瓦斯压力值偏低，以后在同一水平相邻区测得瓦斯压力为2256kPa。石门工作面距4号煤层2m时，曾听到10多次声响。第一次放震动炮揭开煤层时发生突出，如图1-1所示，突出煤粉86t，岩石20t，瓦斯约 $4500\text{m}^3$ 。瓦斯浓度正常后，恢复煤门掘进。在第二次突出前一个班发现煤炭变暗，层理紊乱，煤壁往巷道空间鼓动变形，有煤流出，工作面发冷。当放底帮炮爆破4号煤层底板时，又发

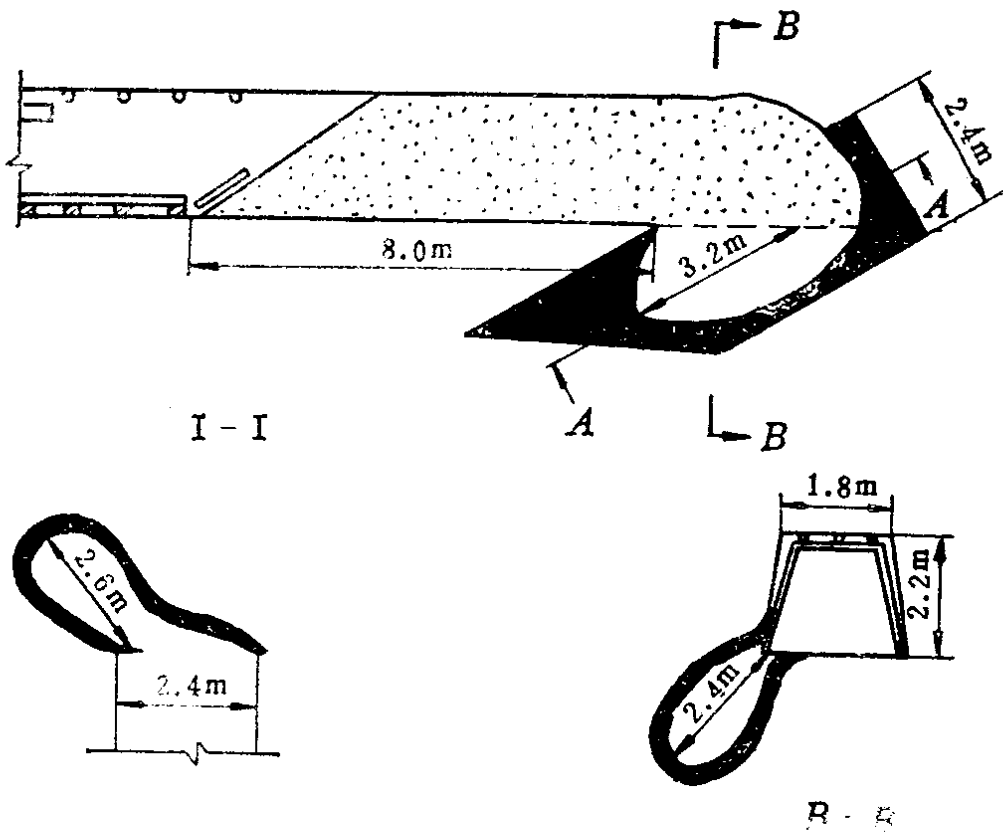


图 1-1 南桐鱼田堡矿主要运输石门自煤层顶板揭穿煤层突出图

生第二次突出，突出煤粉1473t，岩石80m<sup>3</sup>，如图1-2所示，瓦斯逆流，并冲出进风立井井口到地面。

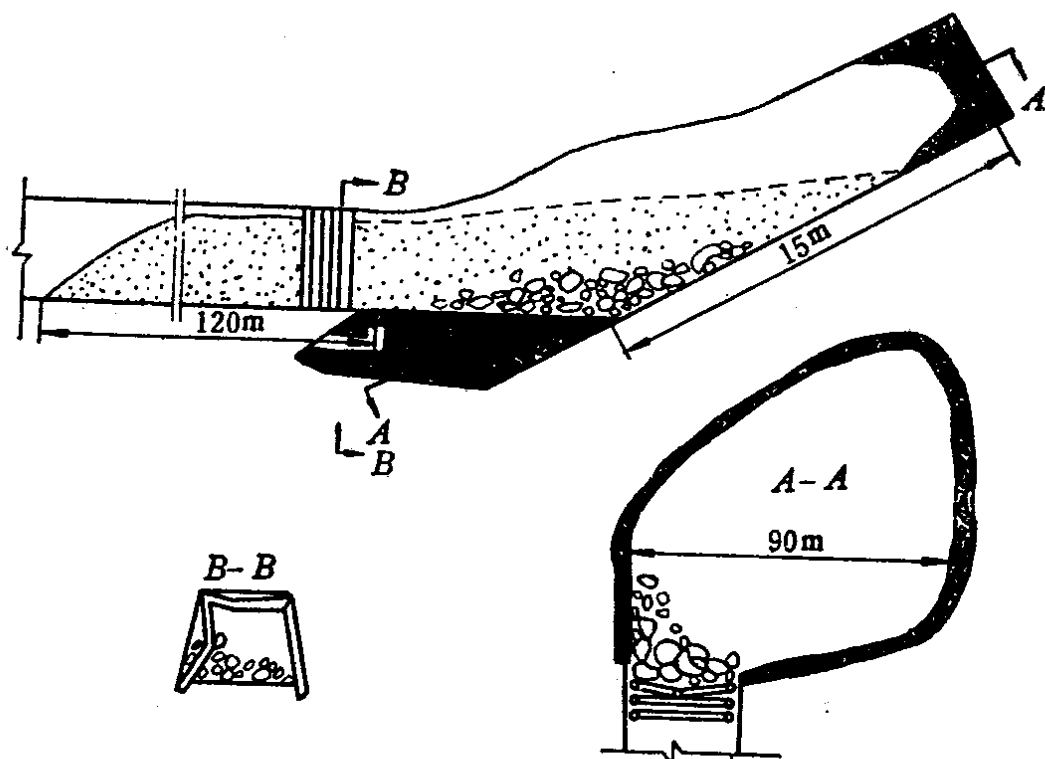


图 1-2 第二次突出图

## (二) 煤层平巷突出

煤层平巷与石门突出相比，压出与倾出类型所占比重增加，突出的平均强度显著降低。但在一定条件下，煤巷突出仍较为频繁，甚至也会发生强度较高的突出。

如平顶山矿务局十二矿已<sub>15-17</sub>-16101采煤工作面（图1-3）掘进煤巷期间，共发生煤与瓦斯突出十一次，突出强度3~140t，抛出距离0~16.5m，涌出瓦斯量169~21000m<sup>3</sup>。

在1989年2月13日机巷发生的一次突出中，突出煤量85t，瓦斯涌出量约2.1万m<sup>3</sup>，动力点距第二联络巷187m，标高-307.4m，距地表垂深407.4m。在打超前排放钻孔过程中，有顶钻、夹钻、喷孔现象。当日巷道已掘过断层12.9m，于8点班清碴后，掘进机抬刨头正准备割煤时，掘进工作面掉一长2.0m、宽0.6m“三棱形”碴块，顶板也频频掉碴，并有煤炮声、闷雷声，随之



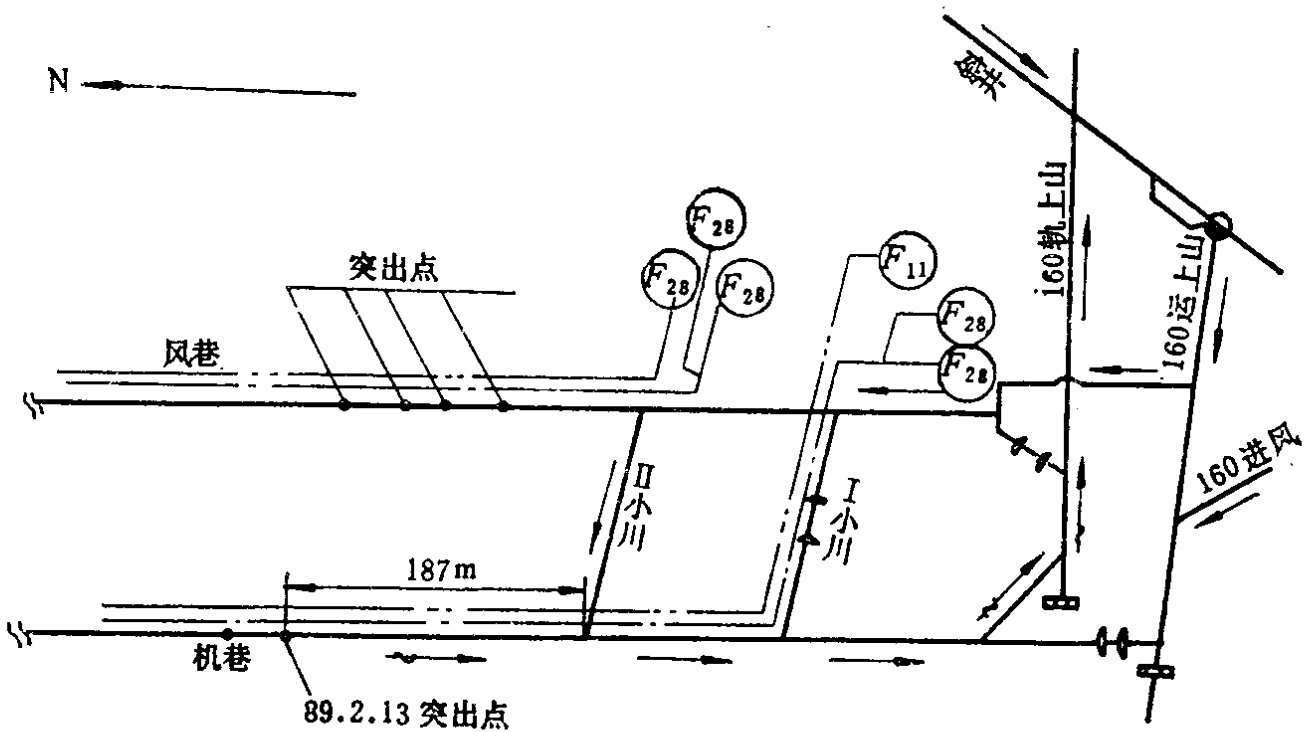


图 1-3 十二矿己<sub>15-17</sub>-16101采煤工作面掘进期间工程示意图

有气浪尘烟阻挡人的视线，联络巷以南瓦斯浓度达40%。此次突出有显著的动力效应，突出煤的堆积角为 $14^\circ$ ，突出的煤被抛出16.5m，并有明显的分选现象，上部为粉煤，煤粉呈波浪状，说明有明显的气体搬运现象。工作面重约250t的掘进机从右帮被挤到左帮。掘进机截割头下扎后上抬共 $22^\circ$ 。工作面支架损坏严重，工字钢支架第一棚扭转 $90^\circ$ ，第二架棚梁滚落到截割头上，第三架棚左帮棚腿弯曲，第四架棚棚梁左端牙口错位，工作面右上角有突出孔洞，如图1-4所示。

该采煤工作面所在的160采区、煤厚平均5.5m，埋深400m左右，位于压性、压扭性构造部位，封闭性好，瓦斯易于保存，瓦斯相对涌出量最高达 $38.5\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{d}$ ；该地区位于牛庄断层尖灭处及牛庄向斜次一级向斜转折端，加之小断层密集（采煤工作面机、风巷、切眼揭露断层共28条，断层落差 $0.3\sim 6.0\text{m}$ ），构造应力集中，加上十矿戊三煤柱集中应力影响，地应力显著增大；由于地质构造的影响，使煤体遭到揉搓，煤层破坏严重（Ⅲ、Ⅳ类），煤的破坏类型高，机械强度低。在上述综合因素的作用下，该采