

煤矿采掘一线工安全技能
培

巷道掘砌工

■ 李银生 王修峰 主编

煤炭工业出版社

煤矿采掘一线工安全技能培训教材

巷道掘砌工

主编 李银生 王修峰
编写 田银林 徐志刚 王修峰 尚建军
审稿 薛建元 王栓营

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

巷道掘砌工/李银生, 王修峰主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2011

煤矿采掘一线工安全技能培训教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3919 - 6

I. ①巷… II. ①李… ②王… III. ①巷道掘进 - 技术培训 - 教材 IV. ①TD263.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 168609 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 11¹/₄

字数 260 千字 印数 1—3 000

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

社内编号 6729 定价 28.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

煤矿作为高危行业之一，安全生产始终是生产领域中的头等大事。特别是目前煤矿企业集团兼并重组的很多小煤矿，不同程度地存在着技术装备落后、职工素质不高、安全管理薄弱等诸多问题，安全生产问题显得尤为突出。为适应煤矿采掘一线工种，特别是兼并重组小煤矿新工人安全、技能培训教学的需要，规范安全操作技能和提高自主保安意识，减少煤矿事故的发生，河南省义马煤炭高级技工学校在广泛调研的基础上，组织编写了这套《煤矿采掘一线工安全技能培训教材》。本套教材分《煤矿安全生产基本知识》、《采煤工》和《巷道掘砌工》三本。

本套教材依据采煤工、巷道掘砌工国家职业标准和国家煤矿安全监察局下发的新工人培训统一教学大纲要求，突出“以职业活动为导向，以职业技能为核心”，紧密结合本岗位的工作实际，力求通俗易懂、明了实用、针对性强。经本教材培训学习后，可以了解煤矿安全生产法规及职业道德的基本要求，熟悉煤矿新工人入井生产和安全保安的基础知识与基本要求，掌握本工种技能要求所需的相关知识，提高预防和处理各类事故的能力和技能操作水平。

本套教材主要用于煤矿采掘一线工种上岗前的安全、技能培训，尤其适合兼并重组煤矿采掘一线工入职前培训，也可作为煤矿在职采掘工的技能鉴定培训学习用书和技工学校采掘专业相关课程教材。

本套教材由李银生任主编，薛建元任副主编。本书由李银生、王修峰任主编，第一章、第二章由田银林编写，第三章至第六章由徐志刚编写，第七章由王修峰编写，第八章至第十一章由尚建军编写。本书由薛建元、王栓营审稿。本书在编写过程中，得到义马煤业（集团）公司安全健康环保部、人力资源部领导和专家的支持和指导，在此表示感谢。由于时间仓促，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

编委会

2011年9月

煤矿采掘一线工安全技能培训教材

编 审 委 员 会

主 任	武予鲁	翟源涛				
副主任	田富军	李建新	魏增亮	乔国厚	王文良	
委 员	刘克敬	段明道	李银生	牛东风	李帮虎	杜青炎
主 编	李银生					
副主编	薛建元					
编 审	南社平	魏 鹏	王修峰	夏新建	郑书贤	程红伟
	徐志刚	尚建军	田银林	张芳芳	郭 繁	田丽丽
	李雪玲	李博章	王栓营	王加升	鲁 雷	王 军
	楚乐平	王 斌				

目 录

第一篇 巷道掘砌专业相关知识

第一章 岩石性质及矿山压力	1
第一节 岩石性质与工程分级	1
第二节 矿山压力及显现规律	3
复习思考题	5
第二章 爆破安全技术	7
第一节 矿用爆破器材	7
第二节 采掘工作面爆破作业	13
第三节 爆破作业安全注意事项	20
复习思考题	30

第二篇 巷道掘砌工艺

第三章 施工前的准备	32
第一节 掘进工作面作业规程	32
第二节 施工前工具、材料的准备及安全注意事项	34
第三节 巷道断面	38
复习思考题	41
第四章 巷道掘进	42
第一节 钻眼作业	42
第二节 装运作业	57
复习思考题	76
第五章 巷道支护	77
第一节 架棚支护	77
第二节 锚杆(索)网喷支护	85
第三节 砌碹支护	99
第四节 其他支护	107
第五节 巷道维护与修复	110
复习思考题	115
第六章 作业后检查	116
第一节 安全评估	116

第二节 工艺验收·····	118
复习思考题·····	122
第七章 巷道顶板事故及防治·····	123
第一节 巷道掘进顶板事故及其预防措施·····	123
第二节 巷道掘进冒顶事故的处理·····	126
复习思考题·····	130

第三篇 掘砌机械设备

第八章 煤电钻·····	131
第一节 煤电钻结构及工作原理·····	131
第二节 煤电钻的维护及故障处理·····	135
复习思考题·····	138
第九章 凿岩机·····	139
第一节 凿岩机的结构与原理·····	139
第二节 凿岩机的维护及故障处理·····	148
复习思考题·····	153
第十章 锚喷机具·····	154
第一节 锚杆钻机·····	154
第二节 混凝土喷射机·····	160
复习思考题·····	170
参考文献·····	171

第一章 岩石性质及矿山压力

第一节 岩石性质与工程分级

岩石是由一种或几种矿物颗粒组成的集合体。大范围的岩石称为岩体。

一、岩石（煤）的物理力学性质

岩石（煤）是煤矿井巷施工的主要对象，它的物理力学性质对凿岩、爆破及支护有很大的影响，了解这些性质有利于在实际工作中采用合理的施工方法。

1. 坚固性

坚固性说明岩石抵抗外力作用的总强度。坚固性大的岩石，围岩不容易变形，巷道就容易支护，但钻眼与爆破的难度相对就大。

2. 弹性与脆性

弹性是指作用在岩石上的外力消除以后，岩石恢复原来形状和体积的能力。岩石的弹性越大，钻眼与爆破的难度就越大。

脆性是指岩石受到冲击或爆破时碎裂成块的特性。越脆的岩石越易破碎，脆性大的岩石应选用猛度大的炸药。

3. 层理与节理

层理是指构成岩（煤）层的各个层面。顺着层面最容易使岩石分裂成块，层理发育的采掘工作面顶板最容易离层，使工作面顶板控制困难，安全条件降低。

节理是指岩（煤）层的纵向裂缝。节理降低了岩体的整体性、固定性和稳定性，使岩（煤）体容易裂开成块，当层理与炮眼方向重合时，容易夹钎子，泄露爆炸生成的气体，降低爆炸效率，喷出的高温气流和火焰容易引燃瓦斯煤尘。当采煤工作面方向与节理方向平行时，工作面煤壁容易片帮伤人；当采煤工作面方向与煤层顶板岩石节理方向平行或接近平行时，极易造成大面积冒顶。

4. 含水性和含气性

含水性是指岩（煤）层中含水的情况和暴露后渗出水的能力。

含气性是指岩（煤）层内含有某些气体，在采掘暴露后排出气体的能力。含水性和含气性与裂隙程度有关。泥质和钙质胶结的岩石，遇水后可能发生膨胀或松散，容易破碎，常使炮眼变形，以致无法装药。

5. 风化程度

风化程度是指岩石受空气、水和温度作用而破坏的程度。风化后的岩石容易钻孔和爆破。

6. 黏性

黏性是指岩石块抵抗岩体分离的能力。岩石的黏性越大，炸药的消耗量越大。一般岩石顺着层理黏性较小，垂直层理的黏性较大。

二、岩石的工程分级

对于井巷掘进，最需要了解的是岩石的物理性质，并要对岩石进行分级，以便能正确地进行工程设计，合理地选用施工方法、设备、器材，准确地制定生产定额和原料消耗定额。我国的大部分矿山都是按岩石坚固性进行分级的。岩石坚固性是指岩石的爆破和凿岩的难易程度。分级指标 f 称普氏岩石坚固性系数，其具体分级见表1-1。这种分级方法将岩石按坚固性分为10级15种，其中的Ⅲ~Ⅶ级还细分为两种，这在现场使用不很方便。为了简化，我国煤炭系统按坚固性将煤、岩分为以下几种。

软煤	$f=1\sim1.5$
硬煤	$f=2\sim3$
软岩	$f=2\sim3$
中硬岩	$f=4\sim6$
硬岩	$f=8\sim10$
坚硬岩石	$f=12\sim14$
最坚硬岩石	$f=15\sim20$

表1-1 普氏岩石分级表

级别	坚固性程度	岩 石	普氏系数 f
I	最坚固的岩石	最坚固、最致密的石英岩及玄武岩	20
II	很坚固的岩石	很坚固的花岗岩类，石英板岩，硅质片岩；最坚固的砂岩及石灰岩	15
III	坚固的岩石	致密的花岗岩，很坚固的砂岩及石灰岩，石英质矿脉，很坚固的铁矿石	10
III a	坚固的岩石	坚固的石灰岩，不坚固的花岗岩，坚固的砂岩，坚固的大理岩，白云岩，黄铁矿	8
IV	相当坚固的岩石	一般的砂岩，铁矿石	6
IV a	相当坚固的岩石	砂质页岩，泥质砂岩	5
V	坚固性中等的岩石	坚固的页岩，不坚固的砂岩及石灰岩，软的砾岩	4
V a	坚固性中等的岩石	各种不坚固的页岩，致密的泥灰岩	3
VI	相当软的岩石	软的页岩，很软的石灰岩，白垩，岩盐，石膏，冻土，无烟煤，普通泥灰岩，破碎的砂岩，多石块的土	2
VI a	相当软的岩石	碎石土，结块的卵石，坚硬的烟煤，硬化的黏土	1.5
VII	软岩	致密的黏土，软的烟煤，坚固的表土层	1.0
VII a	软岩	微砾质黏土，黄土，细砾石	0.8
VIII	土质岩石	腐植土，泥煤，微砾质黏土，湿砂	0.6
IX	松散岩石	砂，细砾，松土，采下的煤	0.5
X	流砾状岩石	流砂，沼泽土壤，包含水的土壤	0.3

第二节 矿山压力及显现规律

一、矿山压力

(一) 矿山压力的概念

地下岩体在未受采动影响前称为原岩。在原岩体内引起的应力称为原岩应力。原岩体内任意一点的应力都处于平衡状态。井下采掘活动打破了原岩体内部的应力平衡,从而促使围岩产生运动,导致围岩发生变形、断裂、位移,直至垮落。这种由于在地下岩体中进行采掘活动而在巷道围岩体中和采掘空间支护物上引起的作用力称为矿山压力,简称矿压(地压)。

(二) 矿压的形成

1. 顶压

掘进巷道后,暴露出来的顶板形成一个岩梁。由于上部岩层和岩梁自重的作用,必然会产生弯曲,这种弯曲往往在巷道中间较大,在巷道两帮较小;顶板以及距顶板较近的上部岩层弯曲大,距顶板较远的上部岩层弯曲小。由于弯曲,岩层下部就会产生拉力,在弯曲大的部分就会出现裂隙。当压力进一步增大时,上下岩层之间就会出现裂缝,叫做离层。此时,如巷道无支架支撑,裂隙和离层继续发展,最后顶板就会垮落。一般说来,巷道顶板是受水平拉力的作用,由于岩石抗拉强度很低,很容易超过其强度,顶板岩石就开始垮落,范围也不断向上发展,最后形成自然平衡拱。如果巷道开掘后立即支护,支架就以其本身的承载力阻止或减小岩石变形和移动。这部分岩石压在支架上的力,就叫顶压。

顶压的大小决定于垮落拱的形状和大小,而拱的大小同顶板岩石性质和巷道宽度有关。在松软岩层中,平衡拱一般为抛物线形;在坚硬有层理的岩石中,平衡拱一般近似三角形;在中硬岩石中,平衡拱介于上述二者之间。

2. 侧压

侧压是指巷道两帮对支架的压力,它是由于两帮岩石或煤向巷道内挤压而形成的。巷道开掘后,在巷道的两帮形成支承压力,当承受的支承压力超过其本身强度时,就会向巷道中间挤出。这种变形使巷道两帮逐渐移近,如果巷道两帮不支护或支护后的充填不密实,使变形得不到控制,继续发展下去就会造成片帮。片帮后,新暴露出来的两帮会继续向巷道中间挤出,此时,巷道压力会急速增加。如果巷道采用不能压缩的刚性支架,例如料石砌碛、钢筋混凝土棚子等来控制巷道两帮移近,在变形不严重时,这类支架可以取得较好的效果;而当侧压超过棚腿或砌墙所能承受的压力时,棚腿就会变形、折断或砌墙被破坏。

巷道侧压的大小与两帮岩石性质及所承受的支承压力的大小有关。巷道所处深度越大,在巷道两帮所产生的支承压力就越大,两帮岩石破坏就越严重,作用在支架上的压力也就越大。而两帮岩石较软或稳定性较差时,遭受破坏就较严重,作用在支架上的压力也就越大。

3. 底压

在巷道侧压的作用下,底板内部将会产生侧压力,并产生向上的底压,使底板鼓起、

离层、弯曲或破坏。有的岩石如凝灰岩、黏土质岩石，当巷道内有积水或空气潮湿时，会使岩石吸水膨胀而底鼓产生底压。对于底板来说，除了底板岩层本身的质量是阻止底板向上鼓起的力量外，往往还设支架底梁来阻止底鼓。所以有时底板向上鼓起要比顶板下沉、两帮移近容易得多也严重得多。

巷道底鼓的破坏作用很大，主要表现在减小巷道的实际断面，造成通风、行人和运输困难，以致影响安全。底鼓挤碎了底板，破坏了其完整性，使支架两帮的柱腿容易插入底板、削弱了支架支撑能力，使顶板下沉、破碎，从而给巷道维护带来困难。底鼓还会破坏轨道、输送机、水沟等巷道设备和设施，影响生产。

（三）影响巷道矿压的因素

影响巷道矿压大小的主要因素有巷道深度、巷道断面与支护形式、地质构造、围岩性质等。

1. 巷道深度

巷道所处深度大时，上覆岩层质量大，直接影响到巷道围岩中原岩应力的大小。浅部巷道的压力主要表现在顶板，深部巷道的压力来自四周，而且容易出现底鼓现象，有的巷道还有岩石冲击现象。

2. 巷道断面与支护形式

不同的巷道断面形状与大小，以及不同的支护方式，直接影响巷道围岩应力状态及稳定状况。巷道越宽，所形成的自然平衡拱越大，产生的巷道压力也越大。采用锚杆支护的巷道围岩应力状况优于采用架棚、砌碇等支护形式的巷道。

3. 地质构造

在向斜轴、背斜轴、断层附近等构造处应力集中、地压较大，平行于这些构造走向的巷道更难维护。

4. 围岩性质

围岩强度的大小及稳定程度是影响巷道矿压的主要因素。岩石坚硬、稳定，则产生的矿压小；岩石松软、破碎、不稳定，则产生的矿压大。此外，在掘进过程中，如果受到水的影响，岩石强度会降低，围岩维护难度加大，应特别加强工作面顶板控制。

（四）巷道围岩来压的简易识别方法

1. 观察预兆法

顶板来压预兆主要有声响、掉渣、片帮、漏顶、离层、出现裂缝等现象，由有经验的老工人认真观察工作面围岩及支护的变化情况，直观判断有无冒顶的危险。

2. 木楔探测法

在工作面顶板（围岩）的裂缝中打入小木楔，过一段时间进行一次检查，如发现木楔松动或脱落，说明围岩（顶板）裂缝受矿压影响在逐渐增大，预示有冒顶险情。

3. 敲帮问顶法

这是最常用的方法，其中又分锤击判声法和震动探测法两种。前者是用镐或铁棍轻轻敲击顶板和帮壁，若发出的是“铛铛”的清脆声，则表明围岩完好，暂无冒落危险；若发出的是“噗噗”的沉闷声，表明顶板已发生剥离或断裂，是冒顶或片帮的危险征兆。震动探测法是对断裂岩块体积较大或松软岩石（或煤层），用判声法难以判别时采用的方法。具体做法：用一只手扶在顶板下面，另一只手用镐、大锤或铁棍敲打顶板。如果手指

感觉到顶板发生轻微震动，则表明此处顶板已经离层或断裂。采用这种操作方式时，人应站在支护完好的安全地点。

二、巷道矿山压力现象及显现规律

1. 矿山压力显现

由于矿压的作用，在脆性岩体中，常常可以看见巷道片帮、冒顶；在塑性岩体内，巷道会产生很大的变形和位移，如顶板下沉、片帮或底板膨胀等。如果巷道支架选择不当或强度不够，也会使支架产生变形或破坏。这种在矿山压力作用下引起的围岩与支架的变形破坏现象，称为矿山压力显现，简称矿压显现。

2. 巷道出现矿山压力现象的原因

矿井巷道的压力既来自地下岩层又来自巷道本身，地下岩层厚达几百米甚至上千米，原岩压力每平方米高达百吨到上千吨，这是造成矿山压力的根本原因。但如果不开凿巷道，再高的原岩压力也无从释放，所以，矿井巷道开凿是造成巷道压力的直接原因。

巷道的开凿打破了原岩的平衡状态，刚掘出的巷道顶板及其上部岩层突然失去了支撑的同时，将其岩体质量转嫁给了两侧巷帮和掘进迎头，使得巷帮和掘进迎头的压力急剧升高，形成尖峰负荷，继而随着巷帮的酥松和剥落、支架的移设和时间的推移，负荷的尖峰逐渐变成了高峰，并使作用点移向巷帮内，这就是巷道出现矿山压力的原因。

3. 矿山压力显现规律

从“开口”第一次爆破后开始的压力，突然集中显现在巷道壁上，是原岩压力的几倍到几十倍，用压力曲线图表示，巷壁压力呈尖峰状态，如图 1-1 中初始压力曲线所示。

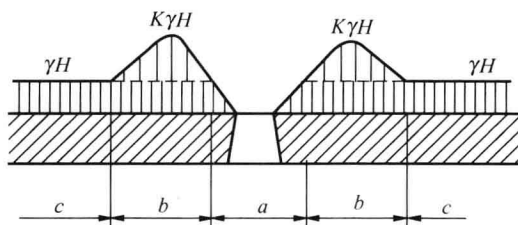


图 1-1 巷道压力显现示意图

随着时间的推移，巷壁在高压作用下逐渐酥碎了，压力则由尖峰变成了高峰并小了很多，其峰值作用点逐渐向巷壁内部移动。由此可以看出，及时支护刚刚失去支撑的顶板，分担巷壁上的尖峰压力，对于缓和在工作面的矿山压力显现和减少片帮、冒顶，都是有利的。

矿压显现会给地下开采工作造成危害，因此必须对巷道或回采空间进行支护，对软岩或破碎的煤岩进行加固，人为地使采空区顶板按要求垮落。特别是在集中压力区域或较软的岩层中掘进，更应注意及时支护和保证支架架设质量。



复习思考题

1. 岩石（煤）的物理力学性质有哪些？它们对凿岩和爆破各有什么影响？
2. 岩石的工程分级有什么意义？我国煤炭系统按坚固性将煤、岩分为哪几种类型？

3. 什么叫巷道压力？什么叫矿压显现？
4. 影响巷道矿压的因素有哪些？
5. 巷道围岩来压的识别方法有哪些？

第二章 爆破安全技术

第一节 矿用爆破器材

一、矿用炸药

(一) 矿用炸药的组成及特性

矿用炸药是指适用于矿井采掘工程的炸药。我国的矿用炸药种类很多，目前常用的矿用炸药主要有以下几种。

1. 铵梯炸药

1) 组成成分

铵梯炸药是以硝酸铵作氧化剂、以梯恩梯作为敏化剂、食盐作为消焰剂，再加入可燃成分——木粉，按一定的比例组成的粉状混合炸药。铵梯抗水炸药需另加石蜡和沥青作为抗水剂，以提高炸药的抗水性能。

2) 特点

铵梯炸药原料来源广泛，生产工艺简单，成本低，威力有高、中、低不等，感度适中。铵梯炸药吸水性强，吸水后爆炸威力大为降低，且有毒有害气体生成量增加。

3) 铵梯炸药的种类

(1) 岩石铵梯炸药。岩石铵梯炸药的品种主要有非抗水型1号、2号、3号岩石铵梯炸药；抗水型3号、4号岩石铵梯炸药。适用于中硬以下岩石爆破，但不能用于煤矿井下爆破作业。

(2) 煤矿许用铵梯炸药。煤矿许用铵梯炸药是铵梯炸药的一种，其主要成分与岩石铵梯炸药基本相同，只是在炸药中加入了一定量的消焰剂。主要品种有非抗水型2号、3号煤矿铵梯炸药，抗水型2号、3号煤矿铵梯炸药以及被筒炸药5个品种。

煤矿许用铵梯炸药可用于煤矿井下爆破作业。非抗水型2号和抗水型2号煤矿铵梯炸药适用于低瓦斯矿井的岩石掘进工作面；非抗水型3号和抗水型3号煤矿铵梯炸药可用于低瓦斯矿井的煤层采掘工作面；被筒炸药适用于煤与瓦斯突出矿井和处理被煤（矸）堵塞的溜煤眼爆破。铵梯炸药有效期为6个月。

2. 水胶炸药

水胶炸药是一种含水炸药，常态呈凝胶状。由于它具有威力高、安全性好、抗水性强等优点，是很多粉状炸药无法比拟的，因此水胶炸药的发展特别迅速，可用于井下小直径炮眼爆破，尤其用于井下有水且岩石坚硬的深孔爆破。

1) 岩石水胶炸药

岩石水胶炸药具有爆炸威力大、抗水性能好等特点，且对机械作用、火花均不敏感，

爆炸后生成有毒气体少，生产工艺简单，价格低廉，使用保证期为一年。

2) 煤矿许用水胶炸药

煤矿许用水胶炸药与岩石水胶炸药的组成成分、加工过程基本相同，只是在组分中加入一定量的食盐、氯化铵等作为消焰剂，制成对瓦斯安全性不同的煤矿许用水胶炸药，共分5级，常用的有一、三级煤矿许用水胶炸药。

3. 乳化炸药

乳化炸药又称乳胶炸药，呈乳脂状，它是在水胶炸药的基础上发展起来的一种新型含水炸药。乳化炸药爆炸性能好、爆轰感度高，可以用一支8号雷管起爆。岩石乳化炸药和煤矿许用乳化炸药的使用保证期均为4个月。

1) 岩石乳化炸药

岩石乳化炸药适用于无瓦斯的岩石工作面 and 深孔爆破、光面爆破以及有水的工作面，但不能用于煤矿井下爆破。

2) 煤矿许用乳化炸药

煤矿许用乳化炸药与岩石乳化炸药的组成成分、加工过程基本相同，只是在组成成分中加入一定量的食盐、大理石粉、氟化钙、氯化钾等作为消焰剂。煤矿许用乳化炸药分为5级，目前生产的主要有二、三、四级3种。

4. 被筒炸药

被筒炸药是以2号煤矿铵梯炸药的药卷作药芯，装入直径为42 mm的石蜡纸筒内，在药卷与纸筒间填满粉状食盐，再封口形成单个药卷。其消焰剂含量可高达药芯质量的50%，这样既提高了安全性，又解决了加盐后降低爆炸性能和爆轰不稳定的矛盾。当被筒炸药爆炸时，被筒内的食盐变成一层细粉状的帷幕，将爆炸点笼罩起来，使之与瓦斯隔离，因而可用于高瓦斯矿井或煤与瓦斯突出矿井中。

被筒炸药工艺比较复杂，工序较多，药卷直径大，容易吸潮，装药时被筒易破裂，药包之间不易传爆，目前，只适用于爆炸处理堵塞的溜煤眼和煤仓。

(二)《煤矿安全规程》对炸药安全等级及使用范围的规定

《煤矿安全规程》(以下简称《规程》)规定：井下爆破工作，必须使用煤矿许用炸药和煤矿许用电雷管。煤矿许用炸药的选用应遵守下列规定：

(1) 低瓦斯矿井的岩石掘进工作面必须使用安全等级不低于一级的煤矿许用炸药。

(2) 低瓦斯矿井的煤层采掘工作面、半煤岩掘进工作面必须使用安全等级不低于二级的煤矿许用炸药。

(3) 高瓦斯矿井、低瓦斯矿井的高瓦斯区域，必须使用安全等级不低于三级的煤矿许用炸药。有煤(岩)与瓦斯突出危险的工作面，必须使用安全等级不低于三级的煤矿许用含水炸药。

严禁使用黑火药和冻结或半冻结的硝化甘油类炸药。同一工作面不得使用两种不同品种的炸药。

【案例】1989年1月14日上午8时10分，安徽省某县办煤矿发生一起瓦斯爆炸事故，造成12人死亡，5人受伤，直接经济损失59.8万元。

事故经过：1989年1月13日该矿所在地停电，矿自备发电机组供电。14日5时30分关闭发电机，井下局部通风机随之停风。7时50分瓦检员因迟到未检查瓦斯。8时10

分，井下发生爆炸响声，当场 12 人死亡，距爆炸地点较远的另外 5 人因一氧化碳中毒受轻伤。

事故原因：

(1) 局部停风，瓦斯超限。井下工作面停风两个多小时，风筒距工作面 15 m，未能使瓦斯达到安全浓度以下。

(2) 使用不符合要求的炸药爆破，爆破过程产生火焰引起瓦斯爆炸。

(3) 违章作业，爆破工在没有检查瓦斯的情况下自行爆破，引起瓦斯爆炸。

(三) 矿用炸药常见异常及对安全爆破的影响

1. 铵梯炸药受潮或超过保质期发生硬化

硬化后的炸药不准在井下使用，因为炸药硬化后爆力降低，感度差，传爆不好，容易产生残爆、爆燃，以至拒爆引起瓦斯、煤尘爆炸。同时生成的有害气体增多，威胁人体健康和人身安全。

2. 炸药性能不稳定

雷管起爆后，药卷不爆或爆炸不完全，造成爆轰不稳定，易形成爆燃或残爆，增加了爆破引燃瓦斯、煤尘的危险性。

3. 外皮破损，出现漏药、破乳

这种情况使炸药难以发生爆炸，即使发生爆炸，也容易造成爆燃或残爆，使爆破故障增多，同时也达不到爆破工作的要求。

4. 药温过低爆破

当气温较低，特别是在 0℃ 以下时，水胶炸药的爆炸性能随温度降低而下降，有可能出现残爆或拒爆。因此，水胶炸药应在 0℃ 以上使用为好，药温不宜过低。

二、矿用雷管

(一) 电雷管的结构与性能

电雷管是由电能作用而发生爆炸变化的一种雷管。电雷管的主要结构有管壳、加强帽、电雷管装药、电引火装置和延期装置。

1. 管壳

电雷管常用的管壳有铜壳、纸壳、覆铜管壳和发兰铁壳。过去多为铜壳，因成本较高，后多改为纸壳，但纸壳耐压强度不够，易吸潮，受潮后容易拒爆，又改为覆铜管壳。目前广泛使用的是发兰铁管壳。管壳的作用是保护雷管装药免受外界能量的作用和温度影响，保证有足够的爆速，并使炸药爆轰成长迅速。

2. 加强帽

加强帽是置于管壳与起爆药之间的由金属或其他材料制成的小管。管底中心有一传火孔。它可以防止漏药，增加电雷管的强度，抗外界冲击并阻止起爆药点火时气体漏掉，使起爆药的爆轰成长迅速，并由燃烧转为爆轰。

3. 电雷管装药

电雷管装药是决定电雷管性能的基本元件。电雷管分正、副两种起爆药。副起爆药多采用猛炸药黑索金，装入电雷管底部。上部装入正起爆药，多采用敏感的二硝基重氮酚。正起爆药有一定感度，先起爆可以保证雷管起爆的准确性，又能使副起爆药安全地起爆，

从而使雷管有足够的起爆能力。

4. 电引火装置

电引火装置是接收外界能量并传递给雷管装药的点火元件。电引火装置的组成元件：

(1) 脚线。为聚氯乙烯绝缘的铜线或镀锌铁线，长度一般为 2 m，直径为 0.45 ~ 0.6 mm，电阻为 3.2 Ω 左右。

(2) 桥丝。焊接在两根脚线的末端，主要有康铜丝或镍铬丝，长度为 3 ~ 3.5 mm，直径为 0.04 ~ 0.05 mm。

(3) 发火药头。它是涂在桥丝上的滴状引火药，起爆时因桥丝发生高热，点燃引火药头，再引爆管体内的起爆药。

(4) 塑料塞。起固定桥丝的作用。

5. 延期装置

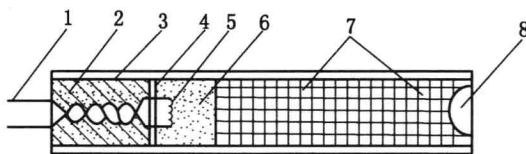
在普通型延期电雷管中，常采用燃烧时产生微量气体的延期药来达到延期的目的，通过改变延期药的成分、比例、药量和压药密度来控制延期时间。煤矿许用型延期电雷管则是在煤矿许用瞬发电雷管基础上增加一个控制延期时间的延期元件。此延期元件为五芯铅管体，置于引火装置和起爆药之间，在规定的延期时间燃烧完后，才使电雷管爆炸。

(二) 煤矿常用电雷管

煤矿常用电雷管包括煤矿许用瞬发电雷管和煤矿许用毫秒延期电雷管。

1. 瞬发电雷管

通入电流后瞬时爆炸的电雷管为瞬发电雷管，其构造如图 2-1 所示。



1—脚线；2—硫黄封口；3—管体；4—纸垫；5—桥丝；6—正起爆药；7—副起爆药；8—聚能穴

图 2-1 瞬发电雷管

瞬发电雷管可分为普通型和煤矿许用型两种。前者可用于露天爆破，后者可用于高瓦斯矿井和煤与瓦斯突出矿井爆破。

煤矿许用瞬发电雷管与普通瞬发电雷管结构基本相同。它之所以具有瓦斯安全性，主要是在副起爆药（猛炸药）中加入适量的消焰剂。消焰剂通常采用氯化钾，其具有降低爆温、消焰、隔离瓦斯与爆炸火焰接触的作用，从而有效预防引爆瓦斯。瞬发电雷管在巷道掘进中只能用于全断面分次爆破，其保证期一般为两年。

2. 毫秒延期电雷管

通电后以若干毫秒间隔时间延期爆炸的电雷管为毫秒延期电雷管，简称毫秒电雷管。毫秒电雷管应用广泛，是实施毫秒爆破的主要器材，煤矿许用毫秒延期电雷管的结构如图 2-2 所示。

毫秒电雷管可分为普通型和煤矿许用型两种。普通型毫秒电雷管可广泛用于各类爆破工作中，但不能用于煤矿井下爆破作业；煤矿许用毫秒电雷管适用于有瓦斯或煤尘爆炸危