



冶金工人安全教材

金属矿山的 爆破安全技术

冶金工业部安全局编



中国工业出版社

根据冶金企业安全生产工作的需要，我們根据企业中几年以来在安全生产方面积累的經驗，編写了这本金屬矿山爆破安全技术。編写这本书的目的是为了便利企业中更好地开展安全教育，进一步提高职工的安全知識水平，保证安全生产，促进生产的发展。书中叙述了基本安全常識。在編写时，我們力求文字通俗，易懂。本书可以作为安全訓練班用教材或作为安全教育的資料，也可以作为工人、干部学习安全知識的参考材料。

金屬矿山的爆破安全技术

冶金工业部安全局編

*

冶金工业部图书編輯室編輯（北京前门大街78号）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）

（北京市書刊出版事業許可証出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $4^{1/8}$ ·字数91,000

1961年12月北京第一版·1961年12月北京第一次印刷

印数0001—2,420·定价(7—2)0.34元

*

統一书号：15165·1194(冶金-222)

目 录

第一篇 爆炸和炸药

第一章 爆炸和炸药的基本概念	1
§1 什么叫爆炸和炸药	1
§2 炸药的起爆和传爆	2
§3 炸药的主要性能	6
§4 聚能效应	9
第二章 矿山工业炸药	11
§1 硝酸类炸药	12
§2 硝化甘油类炸药	16
§3 黑火药	17
§4 液氧炸药	18
§5 几个結論和炸药代用問題	20
第三章 起爆材料	21
§1 起爆炸药	21
§2 起爆材料	23
§3 簡易起爆材料	29
第四章 起爆方法	30
§1 火花起爆法	30
§2 电力起爆法	33
§3 传爆綫起爆法	42
§4 微差起爆法	43
§5 增加起爆可靠性問題	45

第二篇 爆破技术

第五章 爆破作用和药包計算原理	46
§1 在均匀岩石中的爆破作用	46
§2 計算药包的基本原理	47
第六章 爆破方法	50

§1 爆破方法分类	70
§2 浅眼爆破法	72
§3 深孔爆破法	73
§4 药室爆破法	61
§5 药壶爆破法	63
§6 外部敷药爆破法	69

第三章 爆破安全技术及先进经验

第七章 金属矿山爆破事故的一般原因分析	71
第八章 爆破材料的运输、贮存、检查和销毁	74
§1 爆破材料的运输	75
§2 爆破材料的储存	76
§3 爆破材料的检查与销毁	81
第九章 爆破安全点火方法	86
§1 土引绳一次点火法	86
§2 导火绳一次点火法	92
§3 点火筒点火法	97
§4 电力点火法	100
§5 炮竹点火法	104
§6 简单的结论	105
第十章 盲炮的防止和处理	106
§1 概述	103
§2 电雷管爆破产生盲炮的原因和防止办法	107
§3 火雷管爆破产生盲炮的原因和防止办法	114
§4 盲炮的处理	117
第十一章 爆破安全技术及其他问题	121
§1 爆破安全距离	121
§2 预防炮烟中毒事故	121
§3 加强爆破警戒	129

第一篇 爆炸和炸药

第一章 爆炸和炸药的基本概念

§1 什么叫爆炸和炸药

爆炸是物质从一种状态很快变成另一种状态并放出巨大能量作机械功的现象。闪电、火山爆发、锅炉爆炸、放鞭炮等等都是爆炸现象。

爆炸以后，物质的化学成分不变的，叫物理爆炸，如锅炉爆炸。爆炸以后，物质的化学成分改变的，叫化学爆炸，如放鞭炮。所有的炸药爆炸都是化学爆炸现象。

化学爆炸的必要条件是：

1. 高速化学反应。反应的时间为千分之一到百万分之一秒。
2. 放热量大。通常每公斤炸药可放热600~1500仟卡。
3. 产生气体多。只有气体受热膨胀，才能作机械功，才能爆炸。通常每公斤炸药可产生700~900升气体。

炸药就是具有这些条件的固体、液体化合物或混合物，其主要成分是碳、氢、氧、氮等元素。炸药在化学上是不稳定（或者说有暂时的相对稳定性）的。

化学爆炸在放热、产生气体方面和燃烧很相似。但燃烧的传播是依靠热传递，因此传播速度很慢，一般每秒几厘米至几米；爆炸的传播是依靠很大压力和温度的爆炸波，传播速度（即反应速度）很快，通常与2000~8000米/秒。燃烧和化学爆炸的主要不同点在于反应速度。

§2 炸药的起爆和传爆

工业炸药虽是不稳定的，但不受外界作用时，一般不会起化学反应。只有外界给予炸药能量，炸药才会爆炸。这种外界能量叫起爆能。起爆能大致有三种形式：

1. 热能：热或电热；
2. 机械能：冲击、摩擦或振动；
3. 爆炸能：利用一种炸药爆炸来引爆另一种炸药，如雷管、传爆线起爆炸药。

工业上不能利用机械能起爆炸药，但是在运搬、保管和使用时，应当充分注意防止摩擦、冲击等引起炸药意外爆炸。对火花和热能所引起的爆炸也必须警惕。

在机械能作用下炸药起爆的过程，经研究证明是热力过程。冲击时，炸药内的小气泡受绝热压缩而发热；摩擦时，炸药颗粒之间，或炸药与容器壁之间摩擦发热。这些发热区域很小（直径只有 $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{100000}$ 厘米，温度在 400°C 以上），通常叫做灼热核。它实际上就是起爆源，炸药的爆炸就从这里开始。这就说明了冲击、摩擦引起的爆炸，并不需要很大能量，因此特别需要警惕。

在外界作用下炸药发生爆炸的难易程度叫敏感度。敏感度愈大愈容易起爆。应该了解冲击敏感度（重锤自一定高度落下击响炸药）和热敏感度（炸药被加热到一定温度爆炸，用开始爆炸的温度——“爆发点”来表示各种炸药对热的敏感度）。它们与矿山安全工作有密切联系。工业炸药通常用爆炸百分数来表示冲击敏感度（如表1）。工业炸药的热敏感度如表2。

表 1-1 炸藥的冲击敏感度

炸 药 名 称	100次試驗中爆炸百分数(%)
梯恩梯	4~12
特屈儿	50~60
泰安	100
6号硝铵炸药	16~32
62%硝化甘油炸药	100

表 1-2 炸藥的热敏感度

炸 药 名 称	爆 发 点 (°C)
梯恩梯	285~295
特屈儿	195~200
泰安	215
6号硝铵炸药	280~320
雷汞	175~180

炸药的敏感度与很多物理、化学的因素有关：

1. 炸药分子结合愈坚固，其敏感度愈小。因为要使它分解，必须从外界给予较大的能量。炸药分子中含的不牢固原子团 (NO_2 、 NO_3) 愈多，则愈敏感。

2. 炸药物理状态。炸药一般在液态时较敏感，而结块的硝铵炸药敏感度显著降低。

3. 炸药的溫度愈高，愈敏感。因为溫度愈高，炸药愈接近活化状态。

4. 炸药的密度愈大，愈不敏感。密度大时，同量的起爆能作用在每个炸药颗粒上的能量减少；同时，密度愈大，炸药颗粒间的空隙愈少，颗粒相对移动的可能性减少，不容易产生灼热核，因而不易起爆。

5. 掺合物。坚硬有稜角的顆粒（如玻璃等）掺入炸藥，是提高敏感度；掺入油脂（如石蜡、凡士林等），則降低敏感度。

炸藥在外界作用下起爆后，形成爆炸波。爆炸波就是炸藥爆炸时所生成气体的压力和密度最大的区域，其压力和密度是突然劇烈增加的。例如硝化甘油起爆后，其爆炸波上气体生成物的密度达到 2.12克/厘米^3 ，而压力达到30万大气压。

爆炸波的压力冲击压缩旁边的炸藥，使其温度突然增高而分解。分解后放出新的能量，不断补充和加强爆炸波的压力，繼續压缩未分解的炸藥使其分解。这样爆炸就传播开了。

用爆炸速度来表示传爆的特点。工业炸藥的爆速列于表3。爆速可以計算，也可以用照相法、火花测速器法、导爆綫比較法等方法来实测。

表 1—3 工业炸藥的爆速

炸 藥 名 称	爆 速 米/秒
6号硝铵炸藥	3500~4500
62%硝化甘油炸藥	5000~6000
泰安（导爆綫药芯）	6800~7200

怎样才能保证稳定传爆呢？那就是爆炸波冲击旁边的炸藥，使其分解的时间应当很短，短到炸藥还没有被爆炸波打散就已经分解了。作到这一点和很多因素有关，择要叙述如下：

1. 炸藥的物理化学性质，吸湿結块的硝铵炸藥爆速較低，爆炸也常常不稳定。硝铵炸藥中梯恩梯的含量愈高，爆炸愈稳定。渗油、冻结、老化（干結）的硝化甘油炸藥，爆

炸也不稳定。上述这些炸药在炮眼中爆炸时，常常发生残留炸药。

2. 药包直径。直径小于某一限度，爆炸不稳定甚至熄灭；直径超过下限，随着直径增大，爆速和爆炸稳定性都有提高。但直径超过某一限度后，直径再增加，爆速却不变（如图1-1）。



图 1-1

对于硝酸铵炸药，下限直径约为15~25毫米（爆速1500~2500米/秒），上限直径约为60~80毫米（爆速3500~5000米/秒）。

3. 炸药密度。对单一化合物炸药来说，密度愈大，爆速愈大；对某些混合炸药（如硝酸铵炸药）来说，密度过大过小爆炸都不好，也就是说，有一个最合理的密度。硝酸铵类炸药的理想密度随其成分中梯恩梯含量增大而增大，随颗粒粉碎度的增高而增大。药卷直径的加大，合理密度也有一定增大。合理密度的数据如表4。

4. 外壳坚固性。药包外壳坚固，爆速可以提高。例如，相同直径的药包，在空气中爆速为2000米/秒，在钢管中爆速增至2500米/秒。因此药包在炮眼中爆炸稳定性比在空气中要高。

5. 颗粒直径。药粉愈细，爆炸的稳定性和爆速都将提

表 1-4 硝鎂炸藥的合理密度

药 包 直 径 (毫米)	硝鎂炸藥的合理密度		克/厘米 ³
	6 号	10 号	9 号
20	1.43	1.05	0.94
25	1.66	1.16	1.00
40	—	1.58	1.20

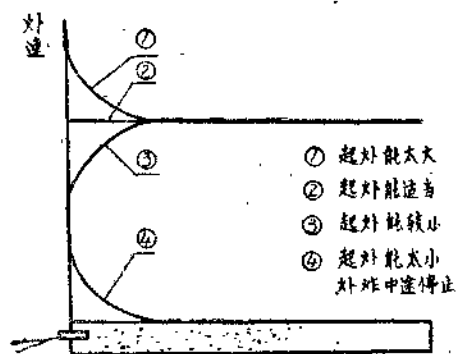


图 1-2

高。結塊的硝鎂炸藥分解不完全，爆炸極不穩定，常常中途熄滅。

6. 起爆能大小。起爆能愈大，藥包達到穩定爆速的時間愈短；起爆能太小，藥包不能起爆，或燃燒一段，中途熄滅（如图1-2）。

§ 3 炸藥的主要性能

通常用爆炸分解熱（爆熱）、爆壓、爆溫和爆炸產物的體積等數據來表示炸藥的性能。這些數據多是理論計算的，對采礦工程的直接指導意義不大。這裡只談談這些指標的綜合效果——爆炸威力。此外，還談談誘爆度和氧平衡。

一、爆炸威力

爆炸威力常用爆力和猛度來表示。

爆力的測定常用鉛鑄法。將10克受試炸藥放入鉛鑄小孔

中(如图1-3),用144筛目(相当于0.1毫米)的石英細砂充填,以8号雷管起爆,爆炸后的体积用水或砂子来测量,

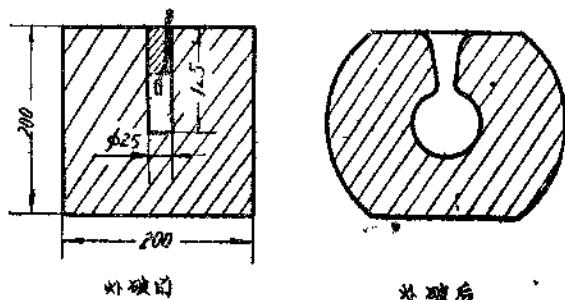


图 1-3

以鉛鑄爆炸前后的体积差表示爆力。

猛度的測定常用鉛柱法。其法是:50克受試炸藥裝入直徑40毫米的紙筒內。鉛柱高60毫米,直徑40毫米,藥包與鉛柱間用厚10毫米,直徑41毫米的鋼板間隔。試驗時布置如图1-4。以爆炸前后鉛柱的高差表示猛度。可以看出,爆力表示

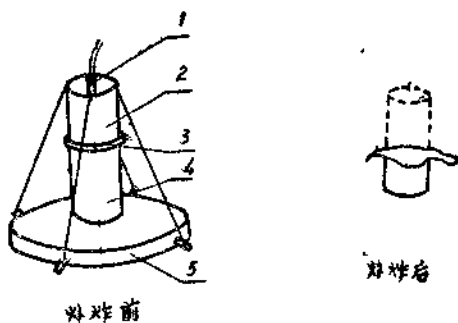


图 1-4

1—8号雷管, 2—炸药 3—鋼板 4—鉛柱, 5—鋼盆

藥包全作功能力(不考虑反应时间); 猛度则反映爆炸开始

阶段炸药做功的大小，即较大程度上表示炸药功率与反应时间密切相关。爆力作为可爆下岩石体积的能力的指标；猛度表示瞬时作用于岩石的能量大小，因而作为破碎能力的指标。

二、诱爆度（又叫殉爆度）

测定诱爆度时，试验布置如图1—5。在坚实地基上，将二药包准确放在一直线上，并间隔一段空气。主动药包爆炸能诱爆被动药包的最大距离 l 叫诱爆度。通常用长度或药径的倍数来表示。

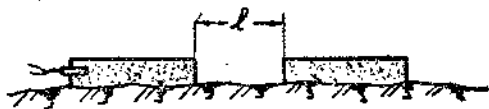


图 1—5

诱爆的产生是爆炸产物和空气冲击波共同作用于被动药包表层炸药的结果。在实际爆破中，如分段装药，处理盲炮，以及确定药库之间的安全距离等等都需考虑诱爆问题。

三、氧平衡

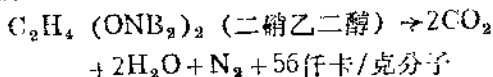
组成炸药的基本元素是炭、氢、氧、氮。

氧平衡是指炸药中含氧量与可燃元素（炭、氢或其他可燃成分，如某些炸药中的铝）完全氧化（生成二氧化碳和水）所需氧量之间的关系。

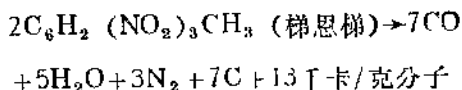
氧平衡 = $\frac{\text{完全氧化碳、氢后多余(或不足)氧的克分子量}}{\text{参与爆炸炸药的总克分子量}}$

氧平衡分为零氧平衡、正氧平衡、负氧平衡三种。

1. 零氧平衡——炸药所含的氧等于将其可燃元素完全氧化所需的氧量，例如

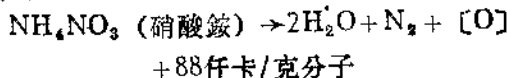


2. 負氧平衡——炸藥所含的氧不足以將其可燃元素完全氧化，例如



$$\text{梯恩梯的氧平衡} = \frac{-[(7+2 \times 7) \times 16]}{2 \times 227} = -0.74 = -74\%$$

3. 正氧平衡——炸藥所含氧量多于將其可燃元素完全氧化所需的氧量，例如



$$\text{硝酸銨的氧平衡} = \frac{+16}{80} = +20\%$$

當負氧平衡時，可燃元素未完全燃燒，發熱量較小，同時生成有毒氣體。因此對爆破效率和安全都不利。

正氧平衡時，多餘的氧與氮生成二氧化氮，是劇毒氣體，對安全威脅也很大。

零氧平衡的炸藥最理想。所有混合炸藥的配方都使全部成分總氧平衡接近零平衡，一般是取正氧平衡（+1~3%），多餘的一點氧用來氧化藥包紙所含的可燃元素。

但是，實際爆破中，產生有毒氣體的原因很複雜，氧平衡僅是一個參考性指標，零氧平衡的炸藥不是完全不產生有毒氣體。防止炮煙中毒事故，是爆破安全工作的重要任務之一。

§4 聚能效應

聚能現象由圖1—6可看出。當藥包直徑、高度和重量相

同时，平底药包爆炸后，只将钢板打一凹坑，而带聚能穴的药包就能穿透钢板。

聚能现象的产生可借用图1—7来说明。爆破波传至聚能穴时，其运动方向向中心轴集中，形成聚能流；聚能流会使压力和温度急剧地提高，因此可以大大提高穿透力、诱爆效果。

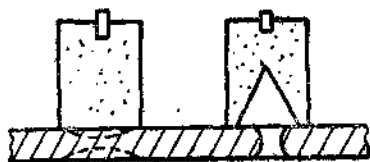


图 1—6

聚能药包在军事上用来作穿甲炮弹；在爆破中，用于雷管上、用于分段装药、提高诱爆度，近年来又用于处理盲炮。

聚能装药能否提高掘进、二次破碎和采矿的爆破效果，还有争论。很多论点并不成熟，尚待研究。

影响聚能效应的主要因素有：

1. 炸药和岩石的性质。炸药的爆速大和适当加大炸药密度、聚能流能量大，可提高穿透效果；岩石愈坚固、密度愈大，则穿透效果愈低。

2. 聚能穴的形状和材料。聚能穴的形状有圆锥、半球、抛物面形等。圆锥形聚能穴应用得比较普遍，不同威力

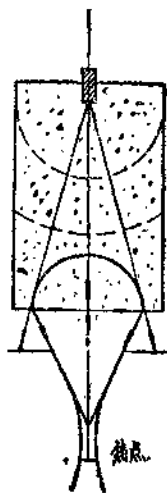


图 1—7

的炸药和穿透对象对聚能穴形状有不同要求。比如，在大气中穿透坚硬钢板，用锥高和底径之比为1.5~2的聚能圆锥效果好；在炮眼中提高诱爆效果，则比值为3~4为好。

聚能穴材料常用纸板、钎皮和陶瓷。在穿透坚硬物体时，常用金属。爆破中纸板聚能穴用得较多。

3. 聚能穴与穿透对象的距离对穿透效果有明显影响。在岩石中作穿孔试验证明，聚能穴和岩石相距2~4厘米时穿透效果最好。

第二章 矿山工业炸药

现代工业炸药，可按爆炸性质分为：

1. 起爆炸药（如雷汞、氯化铅、三硝基间苯二酚铅等）；
2. 烈性炸药（如硝化甘油等）；
3. 弱性炸药（如黑火药等）。

也可按成分分为：

I. 爆炸混合物

1. 硝酸铵类炸药；
2. 硝化甘油类炸药；
3. 黑火药；
4. 液氧炸药。

II. 爆炸化合物

1. 雷酸盐类（如雷汞）；
2. 迭氮化物（如氮化铅）；
3. 硝酸脂类（如泰安）；
4. 硝基化合物（如三硝基甲苯、黑索金等）。

对工业炸药的基本要求是：

1. 能保證運輸、貯存和使用的安全；
2. 爆炸性良好，能用普通雷管起爆，有足够的威力；
3. 原料广泛和价格便宜；
4. 不易变质失效；
5. 爆炸后生成的有毒气体少。

下面叙述矿山常用的几种炸药的性能。

§1 硝铵类炸药

硝铵类炸药的基本成分是硝酸铵、敏感剂和可燃物。视加入敏感剂的种类不同，有铵梯炸药（硝酸铵—梯恩梯）、铵蔡炸药（硝酸铵—二硝基蔡）、铵梯铝炸药等。

一、硝铵类炸药基本成分的性质

1. 硝酸铵 (NH_4NO_3)

硝酸铵是硝酸和氨合成的一种盐类，用合成法以空气为原料而制得，原料丰富，价格低廉。硝酸铵是一种正氧平衡的弱性炸药，在工业炸药中作氧化剂。

硝酸铵是白色结晶粉末，敏感度低，受冲击不易爆炸，一般加热也不易燃烧。苏联和我国露天矿曾用纯硝酸铵作炸药，此时，根据硝酸铵质量不同，须用约为药包总重量5~20%的加强药包（爆炸威力较大的炸药）起爆。纯硝酸铵因起爆能大小不同，爆速介于1500~3000米/秒之间，爆力160~230厘米³。硝酸铵的缺点是极易溶于水、具有吸湿性和结块性。

硝酸铵只在一定温度下，当空气中水蒸汽压大于表层药粉溶液的饱和蒸汽压时，才吸湿。如果空气水蒸汽压还小些，则炸药的水分可以蒸发。在南方或北方的雨季，气候潮湿，硝酸铵常常吸湿到不能爆炸。

硝酸铵结块的原因是：1) 湿度变化时，硝酸铵从吸湿

状态干燥，溶解的硝酸铵重结晶而将各晶粒粘在一起；2）温度 32°C 时，晶粒体积增大 3%，因互相挤压而粘结；3）成堆贮存硝酸铵时，下部炸药晶粒因受压而接触紧密，且因压力增加使溶解度降低，发生再结晶。

吸湿和结块后，爆炸性能急剧降低，常爆炸不完全，威力减小，留残药和大大增加有毒气体。

I. 梯恩梯 ($\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ ，学名三硝基甲苯)

梯恩梯属于硝基化合物，是淡黄色粉末，不溶于水，对冲击摩擦不敏感，与金属不起作用，急剧加热时能燃烧；松散和压缩的梯恩梯对起爆敏感度低，用普通雷管可以起爆，爆炸威力很大，爆速为 $6800 \sim 7000$ 米/秒，爆力 305 厘米³，猛度 13 毫米。梯恩梯是负氧平衡的炸药，爆炸时产生大量一氧化碳毒气。梯恩梯最宜和硝酸铵掺合使用，作为起爆敏感剂。

梯恩梯有毒，对皮肤和呼吸器官有伤害，也危害妇女的生理机能。在矿山加工炸药时，应有口罩、手套等劳动保护用品；加工房通风应良好。

II. 二硝基萘 [$\text{C}_{10}\text{H}_6(\text{NO}_2)_2$]

二硝基萘属硝基化合物，是灰黄色粉末，对冲击摩擦敏感度低，火焰不能引燃，在水中有爆炸性。由于其爆炸威力小，故不用它单独作炸药。通常与硝酸铵混合制成铵萘炸药。

IV. 木粉

木粉在硝铵类炸药中起松散剂作用，对减轻结块有显著作用；同时它又起燃烧发热的作用。

二、铵梯炸药

由硝酸铵、梯恩梯、木粉等混合而成。金属矿山地下工