

铁 路 基 建 施 工 技 术 丛 书

爆破施工

卢世荣 编

中国铁道出版社

铁路基建施工技术丛书

爆 破 施 工

卢 世 荣 编

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

内 容 简 介

本书为“铁路基建施工技术丛书”之一。

全书分六章和三个附录。第一章主要介绍爆破器材的知识,第二章介绍安全起爆技术,第三章主要叙述一般爆破的施工方法,第四章概括介绍大量爆破的施工基础知识,第五章简单介绍深孔爆破的概念,第六章介绍一些特殊地区的爆破作业。

铁路基建施工技术丛书

6. 爆破施工

卢世荣 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 李云国

封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{4}$ 印张: 5 字数: 111 千

1982年5月第1版 1982年5月第1次印刷

印数: 0001-5,000册 定价: 0.45元

目 录

第一章 爆破器材	1
第一节 基础知识.....	1
第二节 炸药.....	2
第三节 点火器材.....	20
第四节 起爆器材.....	22
第五节 爆破器材的保管和搬运.....	30
第二章 安全起爆技术	36
第一节 安全起爆的一般规定.....	36
第二节 导火索的起爆体加工.....	37
第三节 导爆索起爆.....	40
第四节 电力起爆.....	46
第五节 微(秒)差爆破.....	57
第三章 一般爆破	61
第一节 裸露药包法.....	61
第二节 炮孔法.....	63
第三节 药壶法.....	74
第四节 蛇穴法.....	79
第四章 大量爆破	84
第一节 概述.....	84
第二节 洞室开挖.....	88
第三节 装药堵塞和起爆.....	99
第五章 深孔爆破	107
第一节 概述.....	107

第二节	钻孔作业	114
第三节	爆破作业	131
第四节	光面和预裂爆破	133
第六章	特殊爆破	137
第一节	冻土爆破	137
第二节	水下爆破	138
第三节	破冰爆破	139
附 录		144
附录一	工地对爆破器材的简易检验	144
附录二	电雷管及电爆网路测定	151
附录三	爆破器材仓库的避雷装置	153

第一章 爆破器材

第一节 基础知识

爆破器材包括炸药、点火器材和起爆器材。把爆破器材按一定的要求结合在一起，并给以一定的触发能量就会发生爆炸，利用爆炸时产生的热和极高的压力，来改变或破坏其周围的物质就是爆破。

现以鞭炮爆炸为例来观察说明爆破现象：当我们点着引线（导火索）之后，不久便会听到轰的一声，同时出现火光和烟雾，爆炸点附近压力骤然升高，鞭炮和有时用来夹住鞭炮的小竹棍被炸坏，就是说临近的介质被破坏了，还会感觉到温度升高了和一股气浪猛烈地冲击过来（叫冲击波冲击），此外还可以嗅到一股火药味。概括起来说，就是爆炸点的压力突然增大了很多倍，周围的介质遭受破坏和冲击，同时伴有声响效应。从理论上讲，就是发生爆炸的物质，从原来的固体、胶质或液体状态瞬间经过物理和化学的变化，成为气体状态，在极短的时间内释放出巨大的能量而作机械功，这样一个过程就叫爆炸。爆炸分物理爆炸和化学爆炸。

如果发生爆炸的物质的化学成分和性质都没有发生改变，只是因状态或压力突变而形成爆炸的过程称物理爆炸，如暖瓶、自行车内胎、锅炉等爆炸，它们爆炸前后物质的化学成分没有变化，水仍然是水，气体仍是气体。

如果物质得到了发火能量，迅速进行分解（如刚才举例的鞭炮），又释放出一定的能量，分解产生的气体具有高

压、高温、迅速膨胀作功，这属于化学变化过程又具有爆炸的规律，称化学爆炸。

能够发生化学爆炸的物质称为炸药。

炸药爆炸必须具备：爆炸（变化）过程以高速度进行，可以在一瞬间完成变化；释放出大量的热量；生成大量的气体产物等条件。

热量是爆炸作功的能源，如果不释放出大量的热量，化学变化本身就维持不下去，更谈不上产生高温、高压、高能量密度的气体来膨胀作功了。

爆炸瞬间，变化生成的气体被压缩，随后又迅速膨胀，将能量传递给周围的介质作功（造成破坏），如果爆炸不能产生大量的气体，变化过程就会成为放热反应，就形成不了爆炸。所以爆炸前后炸药的体积变化是很大的，以梯恩梯为例，一公斤重炸药爆炸之后产生727.2升气体，是爆炸前体积的1180倍。

由此可见，上面讲的三个条件是炸药爆炸反应必须具备的基本条件，是相辅相成，缺一不可的，只有它们同时存在并结合起来，才能形成爆炸。

第二节 炸 药

炸药的种类很多，通常可按其物理状态、组成成分、猛烈程度和用途来区分。

按物理状态炸药可分为固体、胶质和液体三类。黑火药、梯恩梯和硝铵都是固体炸药，它们可以制成粉末状、鳞片状或铸、压成一定形状。硝化甘油类炸药具有可塑性属胶质炸药。液体的有液氧炸药、硝酸和硝基苯混合炸药。

按组成成分，可分为化合物和混合物两种，特屈儿、黑索金、梯恩梯属化合物，硝铵类炸药、黑火药属混合物。

按猛烈程度可分为高级（烈性）如黑索金、泰安、特屈儿；中级（中间性）如梯恩梯、硝化甘油；低级（缓性）如黑火药。按炸药的用途、可分为起爆炸药和工业炸药两类。

一、炸药的性 能

（一）敏感度，指炸药在外界作用的影响下，发生爆炸反应的难易程度，敏感度的高低可以用引爆炸药所需的最小外界能量来表示，如果引爆炸药时需用的外界能量少，说明这种炸药易爆，称敏感度高。很多种能量都可以引起炸药爆炸，其中以冲击、摩擦、热和爆轰四种形式为主，光能（如激光）也会引起爆炸，本书不作介绍。

1. 冲击感度，指炸药在机械冲击外力作用下，对冲击能量的敏感程度，感度高易爆，相对讲不安全。例如：炸药在装卸时不慎由高处落下，运输过程中的剧烈冲击、震动，炮弹自膛内发射时受到的惯性力都属于这一类。各种炸药的冲击感度通过试验决定，表 1—1 列出猛炸药中的几种，百分比大的敏感度高。

猛炸药的冲击感度

表 1—1

炸 药 名 称	冲击感度 (%)	炸 药 名 称	冲击感度 (%)
黑 火 药	50	特 屈 儿	48
硝铵炸药	16~32	黑 索 金	72~88
硝化甘油	100	泰 安	100
梯恩梯	4~8		

试验条件：锤重10公斤、落高25厘米。

炸药内加入了坚硬物质如沙子、碎玻璃、金属屑之类带棱角的硬物，冲击感度会提高。因此凡炸药混入了上述物质，使用时应考虑其感度的变化。相反，炸药加入了惰性物

质如石蜡、硬脂酸、机油时，冲击感度会降低。

起爆药的冲击感度见表 1—2。从表中可看出，雷汞、叠氮铅等的冲击感度是很高的。

起爆药的冲击感度

表 1—2

起 爆 药	落锤重 (公斤)	落锤高度 (厘米)	
		上 限	下 限
雷 汞	0.4	9.5	3.5
糊精氮化铅	0.4	33.0	10.0
二硝基重氮酚	0.4	—	17.5
结晶三硝基间苯二酚铅	0.4	36.0	11.5

注：①试验条件：药量0.02克，压药力为400公斤/厘米²；

②上限指起爆药能100%爆炸时最小落高，下限是指不发生爆炸的最大落高。

2. 摩擦感度。摩擦可作为起爆能的一种形式（如同划火柴引起火柴头着火一样），目前一般很少采用，只有在拉火管、手榴弹发火机构使用。各种起爆药的摩擦感度，见表 1—3。

起爆药的摩擦感度

表 1—3

起 爆 药 名 称	摩 擦 感 度
雷 汞	100
氮 化 铅	100
糊精氮化铅	76
二硝基重氮酚	25
结晶三硝基间苯二酚铅	70

注：试验条件：试样0.01克，6个大气压，摆角80度。

百分比值大的表示敏感度高。

3. 热感度，指炸药对热能的敏感程度。热感度大小以爆发点温度来表示，将炸药加热五秒和五分钟两种时间而发

生爆炸的最低温度称爆发点。量值小的易爆，亦即感度大，这个量对炸药生产、保管均有重要意义。表 1—4 列出了部分炸药的加热时间的不同爆发点。

炸药爆发点

表 1—4

炸 药 名 称	爆 发 点 (°C)		炸 药 名 称	爆 发 点 (°C)	
	(5 秒)	(5 分钟)		(5 秒)	(5 分钟)
雷 汞	210	175~180	梯 恩 梯	475	285~295
氮 化 铅	345	330~340	硝 铵		280~320
糊精氮化铅	325		黑 火 药		290~310
三硝基间苯二酚铅	315		胶质炸药		200~210
二硝基重氮酚	180		苦 味 酸		290~300
特 屈 儿	257	195~200	无烟火药		180~200
黑 索 金	260	230			
泰 安	225	215			

4. 爆轰感度（起爆感度），指炸药受到另外的炸药爆炸时产生的爆轰波能量作用下的敏感度，通常用最小起爆药量来表示。它是指将被试验的猛炸药引爆时所需最少的起爆炸药药量。用起爆药量少说明猛炸药的爆轰感度高，反过来也说明起爆药的起爆能力大，表 1—5 列出了猛炸药的爆轰感度。应当指出，这个量和很多因素有关系，而且随试验条件不同而变化，这是一个相对量，只供参考，实用时最好采用与遇到的具体情况相同的条件进行试验。同时，为了保证起爆的可靠性，所选的起爆药装药量应稍高于试验所得的最小值。

（二）起爆能：使炸药发生爆炸而消耗的外界能量，称起爆能。借助起爆能使炸药发生爆炸的过程，称起爆。引爆炸药所需起爆能的大小，取决于炸药的敏感度。因此前述的敏感度四种量值都可以作为起爆能的量值。铁路路基工程常

猛炸药的爆轰感度

表 1—5

猛 炸 药	最 小 起 爆 药 量 (克)	
	雷 汞	氮 化 铅
硝铵炸药	0.30~0.60	—
硝化甘油	0.25	—
梯 恩 梯	0.36	0.09
特 屈 儿	0.29	0.025

用热能和爆炸能充任起爆能,例如: 用敏感度高的雷汞、氮化铅制成雷管, 受到导火索的火花作用即可起爆, 而硝铵炸药则要雷汞或其他炸药的爆轰波作用才能起爆。

(三) 爆轰速度, 是指爆轰波沿炸药内部传播的速度, 简称爆速。爆速是炸药的主要特征之一, 在一定条件下是一个常数。爆速除了与炸药的品种有关之外, 还应考虑下列因素。

1. 起爆药的能力。

2. 装药直径。如小于一定数值时, 爆轰便不能进行, 俗称“传不过去”, 大于某一数值之后, 爆速为常数, 居中随直径增大而增大。

3. 装填密度。在一定密度范围内, 密度增加爆速也大。但如果密度大于一定限度, 就不会爆炸或者破碎效果反而降低, 俗称压死。

4. 颗粒大小及含水量。颗粒大, 爆速低。含水量大, 爆速也低, 这在硝铵炸药特别明显。

5. 炸药纯度。如果混入了附加物, 如惰性物质则爆速降低, 只有雷汞一种是例外, 后者混入了少量石蜡爆速会增高。表 1—6 为几种猛炸药的爆速。

(四) 威力(爆力), 指炸药爆炸时作功的能力, 也就是

说对周围介质的破坏能力。威力大的炸药破坏力也大，破坏范围或体积也大。威力通过专门试验决定。表 1—7 为几种炸药的威力值。

猛炸药的爆速

表 1—6

猛 炸 药	密 度 (克/厘米 ³)	爆 速 (米/秒)
铵梯炸药	1.40	5200
硝化甘油	1.60	7450
梯 恩 梯	1.60	6856
特 屈 儿	1.59	7334
黑 索 金	1.76	8660
泰 安	1.72	8083

猛炸药的威力值

表 1—7

炸 药 名 称	密 度 (克/厘米 ³)	威 力 (毫升)
2*铵梯岩石炸药	1.00~1.10	320
硝化甘油	1.60	600
梯 恩 梯	1.50	285
梯 恩 梯	1.60	300
特 屈 儿	1.60	350
特 屈 儿	1.65	383
黑 索 金	1.70	600
泰 安	—	580

(五) 猛度，指炸药爆炸后对周围介质破坏的猛烈程度，它主要用来衡量局部破坏能力。猛度大，对周围介质粉碎破坏程度就大，其值通过专门试验决定。表 1—8 为几种炸药的猛度值。

(六) 殉爆，这是炸药的一种特殊性质，当一个炸药包爆炸时，能够引起距它一定距离的，但是与它没有任何关联的另外一个药包发生爆炸，先爆的叫主动药包，后被其引爆

猛炸药的猛度值

表 1—8

炸 药 名 称	密 度 (克/厘米 ³)	猛 度 (毫米)
2*铵梯岩石炸药	1.00~1.10	12
硝化甘油	—	22.5~23.5
梯 恩 梯	—	12.5~16
特 屈 儿	1.60	21~22
黑 索 金	1.67	25
泰 安	—	23~25

的叫被动药包。两药包能互相引起爆炸的最大距离叫作殉爆距离，超过这个距离便不能互相影响了。引起殉爆的主要原因是主动药包的冲击波传播作用。殉爆距离的大小，决定于主动药包的重量、断面积、威力和密度，也决定于被动药包的爆轰感度，此外，还和两药包之间的介质有关，如果介质是空气，殉爆距离较大，次之是水、木材、粘土、最差的是砂子。

炸药殉爆这个特性在爆破工程中是经常被利用的，如炮眼的装药只用一个雷管即能引爆一定长度的装药，就是利用殉爆的特性。但是装药超过一定长度之后就不能完全殉爆，需要增加起爆雷管了，这在深孔爆破中比较明显，原因是介质限制了它的殉爆距离。通常还利用殉爆来处理瞎炮。

另一方面，殉爆又必须加以预防，例如：在决定两个相邻的爆破器材仓库位置时，为了使仓库占地面积不要过大，又不能让它们发生殉爆，为此库与库之间要保持一个不发生殉爆的最小允许距离。这个最小允许距离在铁路工程爆破安全规则中称为安全距离。

(七) 使用安全事项：

炸药爆炸时对建筑物、人员等存在危害的因素有地震

波、爆破波、空气冲击波、个别飞石等四个方面。

1. 地震波一般对人员不起什么直接危害作用，因人员、牲畜总可以设法撤出危险区，但是建筑物，尤其是重要建筑如：高大烟囱、水塔、砖石结构、拱桥、渡槽等，为了确保其安全，往往对爆破工作起了限制作用。

2. 爆破波，它的影响区域很少，一般只有在殉爆时才注意它的影响。

3. 空气冲击波，对人、畜、建筑物都有很大的危害作用，尤其是屋顶、门窗。裸露的药包较之埋藏的药包危害性要大得多。

4. 个别飞石，主要对人畜有伤害。尤其是爆破工作人员，有时需要在危险区内进行工作，应保持相对足够的安全距离和必要的防护设施。

炸药还有一个安定性的问题，这是指炸药在长期贮存中，保持其原有物理化学性质不改变的能力。

二、工业用炸药

工业用炸药的物理安定性指炸药的吸湿、挥发、可塑、结块、老化、冻结、收缩、机械强度改变等方面，例如黑火药、硝铵炸药、掺有食盐的炸药等易吸湿受潮而变质。存放时堆放方法不合理、堆放高度超过规定，接近地面的下层炸药就易结成大块，而丧失爆炸能力。硝化甘油类炸药，由于硝化甘油易挥发而渗油、冻结老化、收缩变质、安定性变坏，所以变质了的硝化甘油炸药不要使用，应予销毁。

化学安定性的好坏取决于炸药的性质及化学变化的速度，我们都是常温下保存爆破器材，所以化学分解变质情况取决于器材在常温之下的分解性质和仓库温度的高低，当然湿度、阳光照射也会加快分解速度，这是我们选择炸药仓

库时要求通风好、环境干燥的缘故。黑火药、梯恩梯、硝铵的化学安定性好，硝化甘油类则差，这是铁路工程中很少采用硝化甘油类炸药的原因。

工业爆破用的炸药，一般称为工业炸药。工业炸药按其组成成分不同有硝铵类炸药、硝化甘油类炸药、黑火药、芳香族硝基炸药（如：梯恩梯、苦味酸等）。

工业炸药应具有良好的爆炸性能，适当的敏感度和安全性，才能保证起爆方便、可靠、爆破效果好，在制造和运输储存、使用时比较安全。工业炸药要求物理化学性能比较稳定，在规定的使用期限内，爆炸性能的变化范围仍然符合使用的要求。

（一）硝铵类炸药（简称硝铵炸药）

硝铵炸药目前使用广泛，品种多，用量大。它的主要成分是硝酸铵，加入敏化剂（梯恩梯或二硝基奈），可燃剂（大部分为木粉、谷糠、木炭、油类，有时加铝粉）。有些还加入附加成分如消焰剂（食盐、氯化钾、氯化铵），防潮剂（沥青与石蜡或松香、石蜡与凡士林的混合物），还有粘结剂及吸收剂。硝铵炸药的组成成分和性能见表1—9~11。

1. 铵梯炸药，外观为淡黄色粉末，药卷密度一般在 $0.85 \sim 1.10$ 克/厘米³之间，威力240~350毫升，猛度8~13毫米，爆速2400~5100米/秒之间。在工业炸药中，它是比较安全的，遇火花、火星不会燃烧，有时要点很长时间才会燃烧，撤除热源之后即熄灭或极缓慢地燃烧，除非在密闭的情况下，一般不会由燃烧转为爆炸。它对冲击和摩擦的作用比较迟钝，用步枪子弹对它射击都不会爆炸。它的敏感度取决于敏化剂和可燃剂占成分的多少。化学安定性好，物理安定性差即易溶于水，在空气中吸湿而有潮解性及结块性，而且在有潮气的地方保存时能分解出氨与梯恩梯作用生成敏感

表 1—9

煤矿铵梯炸药的成分和性能

成分和性能 炸 药 名 称	硝酸铵梯恩梯 (%)	梯恩梯 (%)	木粉 (%)	食盐 (%)	沥青 (%)	石蜡 (%)	柴油 (%)	药卷密度 (克/厘米 ³)	威力 (毫升) 不少于	猛 度 (毫米) 不少于	殉爆距离 (厘米) 不少于	保证期 (月)
1°煤矿铵梯炸药	68	15	2	15	—	—	—	0.95~1.10	290	12	3	4
2°煤矿铵梯炸药	71	10	4	15	—	—	—	0.95~1.10	250	10	3	4
3°煤矿铵梯炸药	67	10	3	20	—	—	—	0.95~1.10	240	10	2	4
1°抗水煤矿铵梯炸药	68.5	15	1	15	0.25	0.25	—	0.95~1.10	290	12	3	4
2°抗水煤矿铵梯炸药	72	10	2.2	15	0.4	0.4	—	0.95~1.10	250	10	2	4
3°抗水煤矿铵梯炸药	67	10	2.6	20	0.2	0.2	—	0.95~1.10	240	10	2	4
2°煤矿铵油炸药	78.2	—	3.4	15	—	—	3.4	0.85~1.00	240	8	1	2
1°煤矿铵沥青炸药	81	—	7.2	10	0.9	0.9	—	0.85~1.00	230	8	1	3
2°煤矿铵沥青炸药	76.5	—	6.8	15	0.85	0.85	—	—	—	—	—	—
3°煤矿铵沥青炸药	72	—	6.4	20	0.8	0.8	—	—	—	—	—	—

殉爆距离指在炸药保证期内。

表 1—10

岩石硝酸铵炸药的成分和性能

成分和性能 炸药名称	硝酸铵 (%)	梯恩梯 (%)	木粉 (%)	沥青 (%)	石蜡 (%)	柴油 (%)	药卷密度 (克/厘米 ³)	威力 (毫升) 不小于	猛度 (毫米) 不小于	殉爆距离 (厘米) 不小于	保证期 (月)
1*岩石铵梯炸药	82	14	4	—	—	—	0.95~1.10	350	13	3	6
2*岩石铵梯炸药	85	11	4	—	—	—	0.95~1.10	320	12	3	6
3*岩石铵梯炸药	86	7	6	—	—	1	0.95~1.10	310	11	2	6
抗水岩石铵梯炸药	85*	11	3.2~4	—	—	—	0.95~1.10	320	12	5	6
2*抗水岩石铵梯炸药	85	11	3.2	0.4	0.4	—	0.95~1.10	320	12	2	6
4*抗水岩石铵梯炸药	81.2	18	—	0.4	0.4	—	0.95~1.10	350	14	4	6
3*抗水岩石铵梯炸药	86	7	6	0.5	0.5	—	0.95~1.10	310	11	2	6
岩石铵沥青炸药	90	—	8	1	1	—	0.85~1.00	240	9	1	3

* 指抗水硝酸铵