

铁路工程施工技术学习丛书

爆 破 工

交通部第三铁路工程局主编

22



本书介绍爆破作用的基本原理，炸药及起爆器材的性能，药量计算，起爆方法，以及各种爆破的施工技术。

本书供铁路基建施工部门培养技术工人用。

铁路工程施工技术学习丛书

爆 破 工

交通部第三铁路工程局主编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷一厂印

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $4 \frac{1}{8}$ 字数 92 千

1973年4月第1版

1973年4月第1版第1次印刷

印数 0001—43,000 册 定价 (科二) 0.36 元

毛主席语录

抓革命，促生产，促工作，促战备。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

前 言

爆破是工程施工中的重要技术之一。对于各种石方工程，爆破是最有效的施工方法。

最初的爆破材料——火药，是我国发明的，早在九世纪，我国就创造了比较完备的黑色火药，直到十三世纪才逐渐由我国通过阿拉伯传入欧州各国。据历史记载，在北宋时期（公元960~1126）我国已应用火药来攻毁城堡、开山采石。到十八世纪末和十九世纪初，由于化学工业的发展，世界上出现了雷汞、硝化棉、梯恩梯等新品种炸药，给爆破工程开辟了广阔的道路，例如采矿、冶金、地质、铁路、公路、航运、建筑、水利、水电、农业以及国防建设中，皆广泛地采用爆破方法来完成各项工程建设。

在铁路工程中，爆破工作者担负着开山劈岭的光荣任务，因此，必须坚持无产阶级政治挂帅，树立“一不怕苦，二不怕死”的革命精神，为革命刻苦钻研技术，做到：

1. 不断学习，有系统地提高技术理论水平，了解爆破工程的基本原理，掌握钻眼、爆破中的操作方法和安全规定；
2. 熟悉各种炸药及起爆器材的性能和炸药消耗定额；
3. 熟悉各种起爆方法和爆炸器材的加工，正确使用放炮器、爆破电桥等仪表；
4. 正确选择炮位，确定炮眼方向、深度及装药量；
5. 能熟练地进行装药、堵塞、接线及点炮放炮工作。

在大规模的铁路工程建设中，爆破工作已取得了很大的成绩，尤其在隧道开挖中，掘进速度有了较快的发展。但是，

随着我国国民经济及国防建设的不断发展，摆在我们面前的任务尚很艰巨，需要我们继续努力，不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进，不断提高爆破理论知识，提高操作技术，在社会主义建设中发挥更大的作用，取得更大的成就。

当前，上层建筑领域的斗、批、改正在继续进行，铁路工程技术规范、规则还在修订中，本书介绍的有关技术安全等规定，如与规范、规则不符的，应以规范、规则中规定为准。

目 录

第一章 爆破的基本概念.....	1
第一节 爆破作用圈及爆破漏斗.....	1
第二节 影响爆破作用的主要因素.....	3
第三节 药包及药包量的计算.....	5
第二章 爆破材料.....	9
第一节 炸药.....	9
第二节 起爆材料.....	15
第三节 爆炸材料的搬运和保管.....	19
第三章 起爆方法.....	24
第一节 火花起爆法.....	24
第二节 传爆线起爆法.....	27
第三节 电力起爆法.....	29
第四章 一般爆破方法.....	42
第一节 打眼方法.....	42
第二节 炮眼法.....	46
第三节 深孔法.....	56
第四节 药壶法.....	61
第五节 缝子炮.....	66
第六节 裸露药包.....	69
第七节 小洞室法.....	70
第八节 大量爆破.....	74
第九节 隧道爆破.....	81
第五章 特殊情况下的爆破.....	94

第一节	冻土爆破·····	94
第二节	水下爆破·····	95
第三节	树根的爆破·····	97
第四节	冰排的爆破·····	100
第五节	炸基础·····	104
第六节	炸建筑·····	106
第七节	炸金属·····	110
附录一	土壤工程分类及其坚实系数表·····	113
附录二	炸药及起爆器材的特性与保管·····	118

第一章 爆破的基本概念

爆破是利用炸药爆炸时所生的热和极高的压力，来改变或破坏其周围的物质。

在石方开挖工作中，爆破是目前最有效的一种方法，它能大大提高劳动生产率，缩短工期，并能减轻繁重的体力劳动。在铁路工程中，爆破主要是用来开挖隧道、路堑，填筑路堤，开采石料，清除沼泽路基下的淤泥，炸除树根、旧基础等。

第一节 爆破作用圈及爆破漏斗

一、爆破作用圈

埋置在地层深处的炸药爆炸后，由于原来体积很小的固体或液体状态的炸药，在极短的时间内，通过化学作用一下子转化为气体状态，体积增加数百倍甚至数千倍，产生很大的压力和冲击力，以及很高的温度，使周围的土石受到各种程度不同的破坏。距离炸药近的范围內，受到的破坏大；距离炸药越远，受到的破坏就越小。因此可以分为以下几个爆破作用圈（如图 1

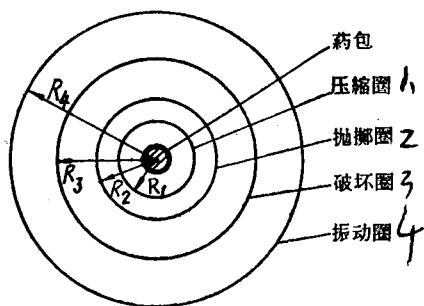


图 1-1

— 1) :

1. 压缩圈：在这个作用圈范围内，由于直接承受了药包爆炸而产生的极其巨大的作用力，如果是可塑的土壤，便

会遭到压缩而形成孔隙；如果是坚硬的脆性岩石，便会被粉碎。所以压缩圈也有称之为破碎圈。

2. 抛掷圈：围绕在压缩圈范围以外至半径达到 R_2 的地带，其受到的爆破作用力虽较压缩圈内小，但土石的原结构受到破坏，分裂成为各种尺寸和形状的碎块，而且爆破作用力尚有余力，足以使这些碎块获得运动速度。如果这个地带的某一部分，处在临空的自由面条件下，破坏了的碎块，便会产生抛掷现象，因而叫做抛掷圈。

3. 破坏圈：在抛掷圈以外至半径达到 R_3 的地带，爆破的作用力更弱，除了能使土石结构受到不同程度的破坏外，没有余力可以使破坏了的碎块产生抛掷运动，因而叫做破坏圈。为了实用起见，一般还把这个地带被破碎成为独立碎块的一部分叫做松动圈，而把只是形成裂缝、互相间仍然连成整块的一部分叫做裂缝圈或破裂圈。

4. 振动圈：在破坏圈范围以外，爆破作用力已微弱到不能使土石结构破坏，只是发生振动现象。

二、爆破漏斗

当埋置在地面下的药包爆炸后，地面上就会出现一个爆破坑，一部分炸碎的土石被抛至坑外，一部分仍落在坑底。由于爆破坑形如漏斗，故称之为爆破漏斗，如图 1—2 所示。

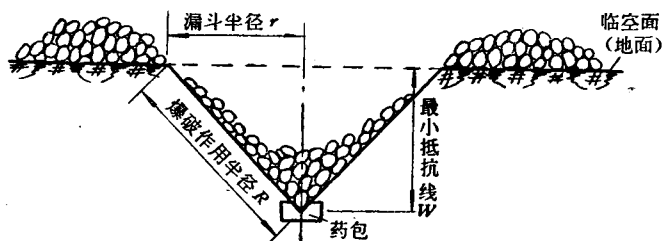


图 1—2 爆破漏斗

仔细观察爆破坑，还可发现爆破漏斗的周围尚有一层土石只是受到不同程度的破碎，但位置没有移动，也是一个漏斗形状，称之为破坏漏斗，如图 1—3 所示。

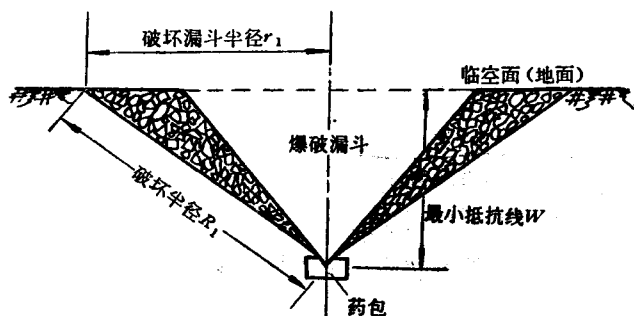


图 1—3 破坏漏斗

爆破漏斗的实际形状，是多种多样的，它随着土石的性质、炸药的性质和药包的大小、药包的埋置深度（即最小抵抗线 W 的大小）而不同。爆破漏斗的大小，一般是以爆破作用指数 (n) 来表示。

$$\text{爆破作用指数 } (n) = \frac{\text{漏斗半径 } (r)}{\text{最小抵抗线 } (W)}。$$

当爆破作用指数 n 等于 1 时，称为标准抛掷爆破漏斗； n 小于 1 时，称为减弱抛掷爆破漏斗； n 大于 1 时，称为加强抛掷爆破漏斗。

第二节 影响爆破作用的主要因素

一、地形及地质条件

在土石方的爆破中，地形地质是爆破的对象。要取得良好的爆破效果，爆破工应特别注意它，取得经验，以提高爆破效果。

1. 地形条件就是地面的形状。例如凹坑、平坦地形，

只有一面临空，爆破时要受到岩石之间的夹制作用，对爆破是不利条件，炸药消耗大，爆破方数少。因此爆破工作者应设法利用爆破方法，先改造地形，如改成台阶式，使它多面临空。

2. 地质条件：根据土壤岩石的松软坚硬、强度大小、风化程度，工程上是将其分为松土、普通土、硬土、软石、次坚石和坚石六个开挖等级，每个等级又有不同的类别，共分16类。对于不同类别的岩石，可以用开挖工具、钻眼打眼速度，或者岩石的抗压强度来鉴定区别。区分了岩石类别，就可以判断使用那种炸药及用药量多少合适，以及使用那种工具打眼较为适当。

此外如地质构造、岩层层理、断层、节理裂缝等，都会影响爆破效果。岩石的风化程度、脆性、韧性等也都与爆破有密切的关系。

二、炸药性能和药包量大小

炸药的种类很多，有猛烈的（高级炸药）、中间性的及低级的之分，其爆炸的威力各不相同。比如猛烈的炸药，适宜用于坚硬岩石，用于土和松石就不理想。

药包量的大小，对爆破效果更有直接的影响，炸药少了得不到预期的效果，多了不但浪费，而且还将把不该炸除的部分也炸了，造成不应有的损失。

三、施工条件

施工条件主要是指药包的位置，装药的密实度好不好，有水的地方是否进行防水防潮，堵塞材料及堵塞是否密实，这些都与爆破效果有直接关系。爆破工在实际操作中要注意这些条件，避免由于操作不良而影响效果，甚至发生瞎炮现象。

第三节 药包及药包量的计算

一、药包的分类

药包就是指放在土石的内部或表面、准备进行爆破的一定数量的炸药。药包可按其形状或按其爆破作用来分类。

1. 按形状，药包可分为集中药包和延长药包。标准的集中药包应为一个球形，但在实用中，凡高度不超过直径4倍的圆柱形药包，或最长边不超过其他任意最短边4倍的直角六面体药包，均算作集中药包。如果药包的形状超过上面的规定限度，都属于延长药包。在大量爆破工程中，一般都采用集中药包；在一般炮眼法爆破中，都采用延长药包。

2. 按药包的爆破作用，分为内部作用药包，松动药包，抛掷药包，以及裸露药包。

内部作用药包是当药包在土石内部爆破时，对土石的破坏作用仅限于土石内部，而不显露到土石的表面（临空面）上，如图1—4甲。如果破坏范围刚好达到土石的临空面时，又叫做最大内部作用药包。

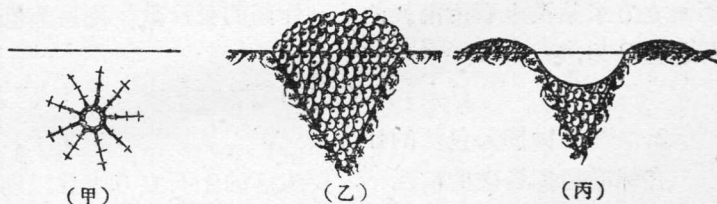


图1—4 药包作用分类图

松动药包是爆破作用只能使土石从内部破坏到临空面，但破碎了的块体并不产生抛掷运动，而仅在原来的位置附近有较小的移动，如图1—4乙。当爆破作用使破碎部分成为直角的倒立正圆锥体时（即破坏漏斗半径等于最小抵抗线），

又叫做标准破碎药包。

抛掷药包的爆破作用与松动药包相同，但将炸碎的土石抛至一定距离，如图1—4丙。最后形成的漏斗，如果是标准抛掷爆破漏斗，叫做标准抛掷药包；如为减弱抛掷爆破漏斗，叫做减弱抛掷药包；如为加强抛掷爆破漏斗，叫做加强抛掷药包。

裸露药包是指放在土石表面上的药包，它的爆破作用可以使岩石表面破碎或飞移。

二、药包量的计算

在进行爆破的时候，用药量要根据岩石的软硬，岩石的缝隙，临空面的多少，预计爆破的方数，以及现场的施工经验来决定。一般采用下面的计算公式。

1. 计算公式的基本原理：

计算药包量的公式，是假定需要装药量的多少是与被爆落的土石方数成正比，又与这种土石对爆炸作用力抵抗程度成正比。比如以 V 代表要爆落的土石立方米数，以 q 代表爆落一立方米某类土石所消耗的某种炸药的公斤数，则所需的药包量 Q 为：

$$Q = qV \text{ (公斤)}。$$

2. 标准抛掷药包量的计算公式：

在标准抛掷爆破的情况下，要爆落的土石立方米数，即为标准抛掷漏斗的体积，也就是：

$$V = \frac{1}{3} \pi W^3 = \frac{1}{3} \times 3.1416 \times W^3 \approx W^3。$$

所以

$$Q = q \times W^3。$$

为了实用方便起见，以1号露天鉍梯炸药作为标准炸药，根据实际经验统计，列出 q 值如表1—1。如果采用的

是其他炸药，则应乘上一个系数 e （如表 1—2 所列）。即

$$Q = qW^3e。$$

W ——最小抵抗线（米）；

e ——炸药换算系数，见表 1—2。

标准抛掷爆破药包的炸药单位消耗量 (q)

（按 1 号露天铵梯炸药计算）

表 1—1

土石等级	q	土石等级	q	土石等级	q	土石等级	q
1~2	0.95	7~8	1.40	11	1.70	14	2.00
3~4	1.10	9	1.50	12	1.80	15	2.10
5~6	1.25	10	1.60	13	1.90	16	2.20

注：土石等级划分见附录 1。

炸药换算系数 e 值表

表 1—2

炸药名称	型号	换算系数	炸药名称	型号	换算系数
煤矿铵梯	1 号	0.97	铵 蔡 炸 药		0.86
煤矿铵梯	2 号	1.12	铵 蔡 炸 药	粒状	0.90
煤矿铵梯	3 号	1.16	62%胶质炸药	普通	0.78
岩石铵梯	1 号	0.80	60%胶质炸药	耐冻	0.78
岩石铵梯	2 号	0.88	35%胶质炸药	普通	0.93
露天铵梯	2 号	1.00	混合胶质炸药	普通	0.88
胶质硝铵	1 号	0.78	苦 味 酸		0.90
硝 酸 铵	2 号	1.35	黑 火 药		1.00~1.25
			梯 恩 梯		0.92~1.00

附注：近年来，很多工地自制铵油炸药（硝酸铵加柴油再加木粉或煤粉）在露天爆破中使用，可取得经济、安全的效果，其换算系数应根据工地加工条件并做爆破试验后再决定，一般为 1.0~1.2。

3. 加强抛掷药包量计算公式：

$$Q = qW^3(0.4 + 0.6n^3)e。$$

式中 n —— 爆破作用指数。其他符号意义同上。

4. 松动药包计算公式:

$$Q = q' W^3 e$$

式中 q' —— 标准破碎药包的炸药单位消耗量。可近似地采用 $q' = 0.33q$ 。当最小抵抗线在 5 米以内时, 可从表 1—3 内查出。

标准破碎药包的炸药单位消耗量 q'

(按 1 号露天铍梯炸药计算)

表 1—3

土石等级	q'	土石等级	q'	土石等级	q'
5~6	0.40	10~	0.50	13	0.60
6~	0.43	11~	0.53	14	0.64
				15	0.67
9~	0.46	12~	0.56	16	0.70

如用药壶法拉槽时, 5~6 级的 q' 值为 0.5, 7~8 级为 0.6, 9 级为 0.7。

第二章 爆破材料

第一节 炸 药

一、炸药的一般性质

炸药与一般物质比较，具有爆炸时化学反应快、产生大量的热、生成大量的高压气体三个特点。炸药的物理状态有液体、胶质、固体、粉状、鳞片状、熔铸或压制成块状的等形式，密度大致为0.9~1.6克/立方厘米。与工业用途上及运输、保管有关的主要性质有敏感度和安定性。

1. 炸药的敏感度：是炸药在外界作用影响下，发生爆炸反应的难易程度，爆破工作者对它必须有充分的了解。敏感度又分为：

(1) 爆燃点：是指炸药对热的敏感度，即是使炸药发生爆炸的最低温度。常用炸药的爆燃点如表 2—1 所示。

表 2—1

炸 药 名 称	爆燃点 (°C)	炸 药 名 称	爆燃点 (°C)
雷 汞	175~180	梯 恩 梯	285~295
特 屈 儿	195~200	苦 味 酸	290~300
无烟火药 (硝化棉)	180~200	硝 钹 炸 药	280~320
胶质炸药 (硝化甘油)	200~210	黑 火 药	290~310
泰 安	215	迭 氮 铅	330~340
黑 索 金	230		

(2) 发火点：是指炸药对火焰的敏感度。有些炸药爆燃点虽高，例如黑火药为290~310°C，但在接触火焰或火花时很容易发火，引起爆炸。所以在使用和接触炸药过程中

不允许使用铁器工具，防止撞击时产生火花。

(3) 撞击的敏感度：撞击能使炸药局部发生高热，立即爆炸。在制造、加工、运输、开箱、使用、保管过程中，要特别避免撞击、冲击。起爆炸药、高级炸药及胶质炸药受撞最易引起爆炸，更应小心，轻拿轻放。

(4) 摩擦的敏感度：在实际工作中，炸药很少受到摩擦，可能在装药时炸药与眼壁稍有摩擦，但不会引起爆炸。但大包的炸药，由于重的关系，在滑板上滑动装药时，应注意到摩擦的作用。通常对撞击敏感度高的炸药，它的摩擦敏感度也高。

(5) 起爆敏感度：通常以能引起爆炸的最大起爆药量来表示。有些炸药6号雷管可以起爆，有些炸药要8号雷管才能起爆，还有些炸药用8号雷管也不能起爆，要用几个雷管或用起爆药包才能起爆。炸药内加些掺合料，如泥土、石粉、石子、砂子，都会影响它的起爆敏感度，多数炸药加了这些东西之后将起爆困难，容易发生瞎炮。

2. 炸药的安定性：炸药在长期的贮存中，保持其原有物理化学性质不变的能力，叫做炸药的安定性。

(1) 物理安定性取决于炸药的物理性质，其中主要的有：吸湿，结块，挥发，渗油，老化，冻结，耐水等性能。

炸药从空气中吸收水份的能力称为吸湿性，硝酸炸药、黑火药容易吸湿受潮，掺有食盐的炸药，也容易吸湿变质，这样会影响爆炸效能，严重的便会失去爆炸性能。

炸药结块与受潮或受压有关。结块也会减低或失去爆炸能力。例如堆放过高，尤其是下层，接近地面，易受潮而又受压，往往整包结成块，失去爆炸性能。使用时对于轻微受潮或受压结块的炸药，可以将它揉松或使大块加工粉碎后使用，否则容易发生瞎炮。