

〔瑞典〕R·古斯塔夫松著

瑞典爆破技术

齐景鑫 秦伯士 齐景岳 译



人民铁道出版社

154
44
87.14

内 容 简 介

本书较广泛地介绍了各种爆破技术的施工、设计、计算方法并有一些简单的理论分析及经验数据图表。可供科研、设计、教学和现场从事爆破工作的专业人员及工人参考用。

Rune Gustafsson
SWEDISH BLASTING TECHNIQUE
SPI, Gothenburg, Sweden
1973

瑞典爆破技术

〔瑞典〕R·古斯塔夫松著

齐景鑫

秦伯士译

齐景岳

人民铁道出版社出版

责任编辑 刘曼华 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：13 字数：307 千

1978年12月第1版 1978年12月第1次印刷

印数：0001—9,500册

统一书号：15043·6144 定价：1.05 元

译 校 说 明

本书系由齐景鑫译出初稿经秦伯士，齐景岳校阅定稿。在译校过程中，对发现原书中的明显误漏做了改正。第17章“爆破施工安全”做了较多的删节，其余各章则仅限于个别字句的更动。

由于译校者水平所限，难免有错误，请读者批评指正。

1977年12月

目 录

1. 前 言	1
2. 概 述	2
2.1 爆破工艺的发展	2
2.2 公制度量衡及换算率	3
2.3 专门术语	4
3. 炸 药	7
3.1 炸药的性质	7
3.2 炸药产品	10
4. 起爆器材	19
4.1 起爆方法	19
4.2 起爆器材的检测方法	21
4.3 早爆	28
4.4 NONEL 传爆管——一种新式非电起爆系统	29
5. 梯段爆破	35
5.1 装药计算	35
5.2 破碎度	44
5.3 膨胀	49
5.4 飞石	52
5.5 整平爆破	55
5.6 选择炮眼直径	56
5.7 大块岩石的爆破	57
5.8 爆破成本分析	59
6. 装 药	64
6.1 装药方法	64
6.2 用炮棍及炮锤装药	65
6.3 使用压缩空气装药	66
7. 管道沟槽爆破	72
7.1 装药计算方法	72
8. 覆 盖	76
8.1 覆盖材料	76
8.2 怎样进行覆盖	79
9. 隧道爆破	81
9.1 装药计算	81
9.2 平行直眼掏槽及扩槽眼的装药计算	86
9.3 楔形或V形掏槽——计算扩槽眼装药量	89
9.4 扇形掏槽和其它掏槽	91
9.5 光面爆破	93
9.6 计算实例	96

9.7 隧道爆破成本分析.....	103
9.8 用计算机进行炮眼设计.....	104
10. 光面爆破.....	106
10.1 普通光面爆破.....	106
10.2 预裂爆破.....	110
10.3 特殊光面爆破.....	116
11. 地下洞室爆破.....	118
11.1 地下洞库.....	118
11.2 亚阶段梯段式采矿爆破——采矿爆破范例.....	124
11.3 分层崩落式采矿爆破——采矿爆破范例.....	127
12. 深孔爆破开挖天井.....	130
12.1 爆破方法.....	130
13. 控制爆破.....	134
13.1 地层振动.....	134
13.2 地层振动的量测方法及其与装药之间的联系.....	136
13.3 台阶控制爆破——不同的方法.....	142
13.4 管道沟槽控制爆破.....	150
13.5 隧道控制爆破.....	155
13.6 防止抛掷的措施.....	158
13.7 多建筑物地区的计划爆破.....	159
13.8 控制爆破的经济分析.....	160
13.9 爆破的空气冲击波.....	162
14. 水下爆破.....	165
14.1 装药计算.....	165
14.2 水下爆破方法.....	168
14.3 特殊措施.....	169
15. 建筑物及设施爆破.....	174
15.1 建筑物爆破.....	174
15.2 混凝土爆破.....	180
15.3 桥梁爆破.....	183
15.4 液压爆破.....	185
16. 特种爆破.....	186
16.1 天然巨石爆破.....	186
16.2 金属爆破.....	187
16.3 土壤爆破.....	189
16.4 永冻层爆破.....	190
16.5 堤坝爆破.....	191
16.6 沟槽爆破.....	194
16.7 冰的爆破.....	195
16.8 采石场块石爆破.....	196
16.9 树桩爆破.....	198
17. 爆破施工安全.....	199

1. 前 言

瑞典很早就需要有一本爆破技术的实用手册。这一要求，由于负责爆破工作的管理人员、工长及其他人员的日益迫切的需要而进一步地受到重视。

除实际经验外，按照一个恰当的计划进行训练也是重要的。

本书是作为教材编写的，但是对负责设计和计算工作者，以及需要实际指导的爆破现场人员使用也同样是理想的。

作者的意图是力求简明而不复杂化，书中包含许多从未发表过的经验计算方法，这些方法对关心理论和实践的人员同样是有用的。

瑞典以往的岩石爆破技术，都依据Ulf Langefors由Björn Kihlström协助所著的“岩石爆破”一书。

瑞典爆破研究基金会（SDRF）的鲁德伯格和帕松已经完成了关于爆破空气冲击波传播的测定。他们使得我有可能提出一个实际后果的简化图表。

“爆破施工安全”一章乃是由瑞典劳动保护部的 Gösta Silfverbrand所写。

R · 古斯塔夫松

1973年11月

2. 概 述

2.1 爆破工艺的发展

使用炸药来爆破岩石是在17世纪初期。德国将火药爆破用于采矿业。那里以前均用收缩破裂法。这种方法是用火来加热岩石，然后泼水使其迅速收缩，在岩石中引起应力，从而造成开裂。然后就可使用大锤撬棍和楔子破开岩石。19世纪末叶，瑞典采矿业开始应用爆破法*。自1632年德国采矿工程人员采用火药之后，Nasa银矿是瑞典第一个使用火药的地方。

到1864年，诺贝尔开始以液体硝化甘油为基础制造油质炸药。这一产品迅速得到极其广泛地应用，很快遍及全世界。新品种的油质炸药，不久即在全世界的工厂中生产。

几年之后，诺贝尔发现可以将硝化甘油吸入某种形式的材料，使之能够做成炸药卷。油质炸药的不利之处是它可能渗入岩石的断层和裂隙之中，从而对后续施工形成危险。油质炸药还对撞击很敏感，并且在气温降低时迅速凝固。第一个硝化甘油炸药卷是用硅藻土（Kieselguhr，也叫做 diatomite——一种硅沉积物，也用于耐火水泥，绝热材料以及炉壁后的耐火材料）吸入硝化甘油制成的。在这种最初做成药卷形式的炸药之后，又出现了用硝化纤维代替硅藻土的可塑炸药。这种通称为狄纳米特**炸药，其中一定比例的硝化甘油已逐渐被硝酸铵和其它爆炸物质所代替。

1872~1880年，穿越阿尔卑斯山的一些长隧道开始施工时，使用了狄纳米特炸药。此后各国使用的狄纳米特炸药，其成分已逐年有所改变。现在则往往含有比硝化甘油更大百分比的硝酸铵或类似物质。

五十年代末美国大力推广混合的铵油炸药（ANFO 硝铵加燃油）和浆状炸药，并已相当多地进入了市场。现在，欧洲则有所不同，那里最普遍的是采用硝化甘油和硝铵炸药药卷。

岩石钻孔技术大大地影响了炸药和爆破工艺的发展。美国在露天爆破中倾向于使用越来越大的钻孔。这些大直径钻孔对使用比较便宜的混合炸药，提供了很重要的技术上和经济上的有利条件。

要确定欧洲炸药的发展趋势为时尚早，但浆状炸药的使用范围是有一定局限性的。预计，将来在较大的岩石爆破工程中，浆状炸药将比现在会更多地被采用。

在使用炸药的这个时期中，仅仅在最近几年才出现了可与之竞争的破碎岩石的新方法。今天，已使用全断面隧道掘进机来开挖隧道。

掘进机在软岩石中取得了良好的成绩；而在较硬的岩石中，则比使用炸药花费要大。最近10年中，隧道爆破有了迅速发展。考虑到建筑物和围岩稳定性的十分精细的爆破技术，已使得其具有相当的竞争力。采用特殊炸药进行控制爆破，和使用仪表量测爆破对周围环境的影响，已使爆破工艺大有改进。控制爆破法，使得有可能在城镇和多建筑物地区破碎岩石而不致破坏周围环境。岩石爆破技术已具有用越来越低的代价来爆破大量岩石的可能性。对炸

* 原文为收缩法，有误。应为爆破法。译注。

** dynamite，即狄纳米特，最早是硅藻土吸收硝化甘油这种工业炸药的商品名称。以后通常表示含有硝化甘油成分的工业炸药。原注。

药的效力和改进爆破效果知识的了解,使爆破部门掌握了与爆破有关的全部经济问题。在生态学和环境保护成为很大的国际问题的时代,采用危害因素较少的爆破工艺是极其重要的。在这方面,值得提到的是,在坚硬的岩石中爆破开挖的一些设施和装置,从而改善周围环境的可能性。不过,在坚硬岩石中,用爆破法开挖地下工程而旨在避免环境问题,则似乎还仅仅处于发展之初。

2.2 公制度量衡及换算率

长 度		换 算 率	
毫米 (mm)	$\left. \begin{array}{l} 1\text{m}=100\text{cm} \\ 1\text{m}=1000\text{mm} \end{array} \right\}$	1 英寸=25.4毫米	
厘米 (cm)		1 码=0.9144米	
米 (m)		1 英尺=0.3048米	
公里 (km)	1km=1000m	1 公里=0.6214法定英里	
		(1 法定英里=1.609公里)	
重 量			
克 (g)		1 盎司=28.35克	
公斤 (kg)	1 kg=1000g	1 磅=0.4536公斤	
		(1 公斤=2.205磅)	
公吨 (t)	1t=1000 kg	1 短吨=0.9072吨	
		1 长吨=1.016吨	
		1 公吨=1.102短吨	
		1 公吨=0.9842长吨	
速 度			
毫米/秒 (mm/sec)		1 英尺/秒=0.3048米/秒	
米/秒 (m/sec)		1 米/秒=3.281英尺/秒	
压 力			
压力单位 (kp/cm ²)		1 p.s.i (磅/英寸 ²)=0.0731kp/cm ²	
(较早通称为公斤/厘米 ²)		(1kp/cm ² =14.22 p.s.i)	
=kg/cm ²)			
体 积			
立方米 (m ³)		1 码 ³ =0.7646米 ³	
		1 英尺 ³ =0.02832米 ³	
		(1 米 ³ =1.308码 ³ =35.31英尺 ³)	
单位体积重量			
公斤/米 ³ (kg/m ³)		1 磅/码 ³ (1b/cu.yd)=0.593公斤/米 ³	
		(1 公斤/米 ³ =1.685磅/码 ³)	
面 积			
厘米 ² (cm ²)		1 英寸 ² =6.452厘米 ²	
米 ² (m ²)	1m ² =10000cm ²	1 英尺 ² =929.0厘米 ²	
		1 码 ² =0.836米 ²	(1 米 ² =1.196码 ²)

2.3 专门术语

本节摘要叙述与爆破工作有关的通用概念。

拱脚高度——由隧洞底沿隧洞壁量到洞顶开始点的高度。

加速度——地振动的单位，以 g 计 ($1g=9.81\text{米/秒}^2$)。

引入隧洞——由地面进入到一个主隧洞或洞室的隧洞。

进尺——单位时间隧洞掘进的长度。

每循环进尺——与钻眼深度相关的进尺。

振幅——地振动的单位（波峰值）。

拱高或拱矢——拱顶的高度，即由拱脚到隧洞最高点的高度。

梯段——水平的岩石梯台。

梯段爆破——至少具有两个自由面来爆破梯段的爆破。

梯段清除——清除梯段表面的土石，或是在一次爆破后再清除已破碎了的岩石。

梯段边缘——梯段正面上端的限界。

放炮器——起爆电雷管的设备。

爆破方案——说明有关钻孔、装药、起爆计划及爆破中所采用的防护方法的方案。

爆破记录——记录爆破工作细节的笔记。

下台阶——岩石隧洞开挖中的台阶，往往配合上部导洞使用。

底部装药——常指在炮眼底段中的集中装药。

底部炮眼——隧道或洞室开挖时的底排炮眼。

大块岩石——爆破产生的过大的石块。

开裂导向线——采石场上顺着一列钻孔的纵向，由打出的小裂缝作为开裂的导向线。

压顶眼——掏槽眼以上的接近隧洞顶板的崩落眼。

抵抗线——由炮眼口到自由面的距离。

烧结掏槽——用于隧道爆破的一种平行直眼掏槽。

精细爆破——多指必须考虑到围岩稳定的爆破。

“Cathole”——烧结掏槽的俗称。

控制爆破——要顾及周围建筑物的谨慎的爆破。

药室爆破——用炸药包逐步扩大钻孔的药壶爆破法，是一种老式爆破方法。

“Chest”——一种天井堵塞的方法。

封闭缝——通常指按间隔10~30厘米排列的密布钻孔。

柱状装药——炮眼中底部装药以上的一段柱状装药。

混凝土灌注或灌浆——用来加固岩石的方法。

震动冲击爆破——用外贴药包来爆破大块岩石。

周边炮眼——接近或设在最后轮廓线上的炮眼。

漏泄电流——由于雷管或线路损坏使流过雷管的电流产生分流。

掏槽——隧道爆破中掏开岩石的切入口。

截留炮眼——残留有前一次已爆过炮眼的岩石断面。

洞口明挖——用露天台阶爆破法开挖隧道洞外拉沟。

- 爆速——炸药起爆后的传播速度（以米/秒为单位）。
- 浮碴——清碴后仍残留在爆破工作面底部的松动岩石。
- 平巷——隧洞在采矿业上的叫法，与一条隧洞的始末均在地面上这一点相对应，平巷则被限定为其首尾都要在地下。
- 掘进工——专门从事巷道爆破的矿工。
- 钻头——钻杆前端镶有合金刀片的部分。
- 钻屑——钻机在岩石中钻眼所产生的石粉。
- 钻孔——钻孔样板上的基本单元。
- 钻杆——钎头到钎尾之间的部分，或指接杆钻杆的螺纹间那一段。
- 钎尾——钻杆承受钻机锤击的部分。
- 钻机——机械化钻孔设备。
- 接地故障——（见“漏泄电流”）。
- 掌子面——水平坑道掘进时的自由面。
- 扇形掏槽——采用扇形排列钻孔掏槽的一种隧道爆破的掏槽类型。
- 断层——岩石中的天然断裂面。
- 钻眼误差——实际的钻孔与其预计方向的偏差。
- 爆破电缆——用以把爆破网路的连接线连接到放炮器上的电缆。
- 底板——隧道或洞室的底面。
- 破碎度——爆破的岩石块度或块度分布。
- 频率——地振动特性的单位（周/秒）。
- 全断面钻进——使用特殊掘进设备而不用爆破法掘进隧道。
- 地振动——爆破产生的冲击波在围岩当中的传播。
- 灌浆锚杆——用水泥浆埋设锚杆以加固岩石。
- 半秒雷管——每段迟发时间间隔0.5秒的雷管。
- 工作面——隧道开挖面。
- 大直径炮眼——直径超过40毫米的炮眼。
- 炮眼角度——炮眼与垂直线之间的夹角。
- 炮眼间距——一排炮眼中各个炮眼之间的距离。
- 斜井——倾斜的巷道或隧洞。
- 注浆或灌浆——在岩石裂缝中灌入水泥或其它材料的方法。
- 松散岩石——已被断层或裂隙松散了岩石。
- 预留量——隧道爆破中，考虑为下一循环提供安放钻机的空间，而把周边眼向轮廓线外插钻出。
- 毫秒雷管——每段迟发时间间隔小于100毫秒的雷管。
- 毫秒爆破——用毫秒雷管起爆的爆破方法。
- 瞎炮——一个循环中的部分或全部炮眼拒爆。
- 拒爆炮眼——爆破后，炮眼中的装药仍然没有起爆，或仅有部分炸药起爆。
- 装碴——Mucking为清除爆破后的石碴的加拿大术语。南非术语为“lashing”。
- 挪威式掏槽——所有掏槽炮眼都具有两个方向的角度隧道爆破掏槽形式。
- OD（覆盖层钻孔）爆破——特殊爆破方法——一般用于水下爆破。

明挖天井——用于掘进天井的方法之一，由地表向下开挖。

超挖——超过预定的理论断面开挖的岩石。

悬石——悬在顶板表面的危石。

平行炮眼掏槽——采用平行钻孔的隧道掏槽。

“Pig”——风动装碴机的俗称。

导坑——在隧道开挖方向上以有限面积先掘进的坑道。

楔形掏槽或V形掏槽——采用以楔形布置的掏槽炮眼的隧道掏槽。

预裂爆破——在一个循环的其余炮眼之前先起爆周边炮眼，以获得沿着开挖轮廓线的纵向裂隙。

传播速度——地震波在介质中传播的速度。

天井——垂直的，或至少向上有45°角的巷道。

岩石锚杆或顶板锚杆——通常指长于1米的加固锚杆。

循环——爆破作业的一个周期。

找顶——爆破后撬下松石。

二次爆破——大块岩石的二次破碎爆破。

浆状炸药——含有梯恩梯等成分的高比重的粘性炸药。

光面爆破——为得到较光滑的最后周边及较少的破裂而采用宽间距*炮眼和低装药量的爆破。

比装药量——单位体积岩石的装药公斤数。

比钻眼量——单位体积岩石的钻眼米数。

木棍间隔装药——采用木棍和 $\frac{1}{3}$ ~1个药卷相间隔装药的低集中度柱状装药。

开门——钻孔的开始或一个隧道的开端。

堵塞——往往在装药之上方，炮眼的未装药部分填充诸如砂、钻屑等炮泥材料。也可以用粘土等。

崩落眼——具有垂直于自由面的抵抗线的炮眼。（通常用于地下爆破）。

剥离——除去覆盖在岩石表面的松散物。

残留岩柱——理论爆破底面上的多出的岩石突起。

分段回采——指通常至少有一个自由面，应用梯段爆破进行的采矿方法。

分段崩落——要回填废矸石的采矿方法。

膨胀——岩石由坚实到松散状态时体积的增大。

炮棍——炮棍或炮杆。用于装填炸药和炮泥的工具，常常用木料或塑料制成。

抛散——爆破的飞石过度地飞散。

梯段底部炮眼——常系水平或接近水平的炮眼。

上导洞——沿着岩石洞室，平巷的顶部开挖的隧洞。

超钻——超过理论爆破底面之下的钻进。

垂直炮眼——垂直或倾斜于岩石表面而钻出的炮眼。

宽间距炮眼——主要用于梯段爆破的一种特殊方法，其炮眼按特殊型式排列。

木架巷道——采用嵌入木支护的隧洞或巷道。

* 原文如此，应理解为相对于预裂爆破及线状钻孔等方法来说是宽间距的。——译者注。

3. 炸 药

3.1 炸 药 的 性 质

对于有效的炸药有许多要求，它必须能够在困难的环境条件下，如封闭在钻孔里，浸在水中等等，都能起爆。在全部复杂的爆炸过程中所需的全部物质，都必须包含于炸药本身之中。比如，它所需要的氧气，就不能像汽油燃烧时那样由空气中得到。

炸药在炮眼中爆炸时，在其反应过程中，每单位时间放出的能量是相当巨大的。

1 公斤炸药所具有的能量大约是 1 公斤汽油的 $\frac{1}{10}$ 。但是，对炸药来说，因其反应速度猛烈，因而每单位时间释放的能量巨大得多。

例如：一辆以 100 公里/小时速度行驶的小汽车，每小时消耗汽油 10 公升（约为 10 公斤）。另把炸药以集中装填方式装入直径 100 毫米的炮眼中，可以得到 10 公斤/米的装药集中度。其爆炸速度高达以公里/秒计，如为 5 公里/秒。即 10 公斤炸药在 0.0002 秒内爆炸。二者单位时间内释放的能量对比如下：

汽 油	炸 药
$10 \times 10 = 100$	$\frac{1 \times 10 \times 60 \times 60}{0.0002} = 180,000,000$

炸药爆炸的过程中，约有 10 万个大气压的压力作用在炮眼壁上，温度高达摄氏数千度。

炸药最重要的特性可分为以下四个方面：

爆破效力

运输和使用的安全性

起爆感度及爆轰稳定性

贮藏时间

爆破效力

爆破效力是炸药在一定条件下，作一定数量功的能力。关于这一点，要找到一个简单的概念来概括各种各样炸药的所有特性，并用它正确地标示出炸药作功的能力，是非常困难的。单位重量炸药的威力，已被用作比较各种炸药威力的指标。本书下文中将介绍到计算单位重量炸药威力的方法。

影响爆破效力的主要因素大致有：

炸药在爆轰中产生气体的特性

温度

体积

压力

炸药的爆速

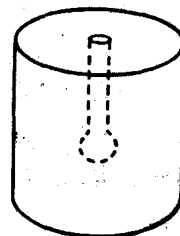


图 3.1.1

比较炸药效力，可以用铅铸扩张法量测。即把微量炸药放在铅铸元柱体的小孔中起爆，小孔扩张的体积以立方厘米计，作为爆破效力的一个指标。

近年来，包括榴弹炮弹道法的其它方法，已比铅铸试验用得更广泛。

一种炸药的能量系数常常可以吨米/公斤为单位进行计算。炸药生产者常常用与明胶炸药的威力相比，来表示他们的产品的爆破威力。这时常以单位重量，或单位体积炸药的威力进行比较。

进行二次爆破，或爆破清除建筑结构单元时，使用炸药作为拆除装药，则炸药的爆速是极为重要的。如果要求爆破的拆除效果较强，并产生必要的拉应力，高爆速自然是重大因素。

在常规岩石爆破的情况下，爆速对破碎效果的影响也是讨论的主题。经验表明，爆破的岩体振动波传播速度高的，高爆速似乎是有利的。软岩或有裂隙的岩石，即使爆速不高，炸药主要依靠爆生气体膨胀工作，效果同样良好。

单位重量炸药的威力可采用公式 $\frac{5}{6}e + \frac{1}{6}v$ 来计算（按U. Langefors）。其中：

e ——能量系数； $e = \frac{A}{500}$ ；

v ——体积系数； $v = \frac{V}{850}$ ；

式中 V —— 0°C 及一个大气压下的气体体积。

A ——作功系数。 $A = \frac{425 \times Q_v}{1000}$ 。

Q_v ——爆热，千卡/公斤。

上述计算建立的基础是已知炸药的化学成分。首先计算出的爆热 Q_v ，是通过计算炸药所含物质中的综合爆炸热得到的。

氧平衡是另一个重要的基本要素。它必须依照炸药的各组成物质的负氧平衡量来计算。缺氧，生成一氧化碳；正氧平衡则生成氮氧化物。为防止这些气体过量产生，必须使用混合充分的氧平衡炸药，很好地装填并正确地进行起爆。由于地下工程中避免有害气体是重要的，因此对于一种炸药的质量，对于其影响这些有害气体生成的那些特性，就应提出特别要求。

爆生气体的体积，可由炸药的组成物质计算出。

经验表明，计算往往是根据不同的观点做出的，因此，在对不同产品的炸药的某些基本特性进行直接比较时，是应该特别注意的。在有关的岩石中进行试验爆破，可为鉴定炸药提供最可靠的根据。

运输和使用的安全性

对炸药的另一明显要求是，它能在正常条件下运输和使用，并且不会危及爆破工作人员的安全。炸药在得到瑞典有关当局的可认可之前，规定要进行内容广泛的试验。机械感度试验中包括有落锤试验。即将一重锤自一定高度落到炸药上，由此来决定炸药的冲击感度。

炸药还必须进行另外一些试验，其中最主要的有摩擦感度和爆发点试验。总

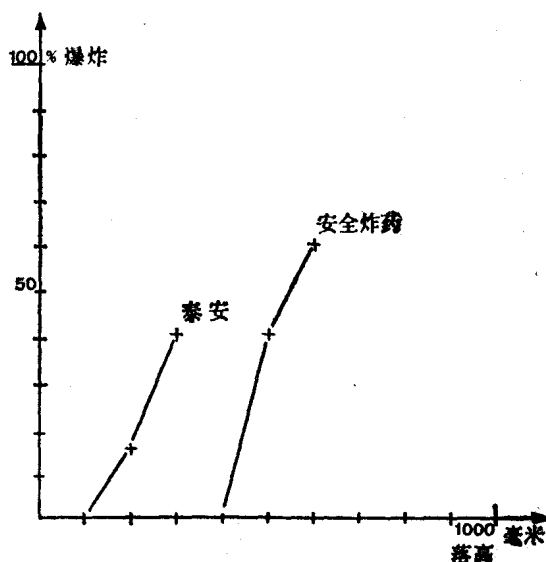


图 3.1.2

之，规定炸药要进行的试验，都相当于炸药在实用中可能遭受到的外力，及其它周围条件的变化。只有通过了上述试验的炸药，才可在实际中应用。

起爆感度和爆轰稳定性

一种炸药必须能够被起爆，并且从爆轰的角度来说，必须是稳定的。一般来说，炸药都是用雷管起爆的；但某些钝感的炸药常常要求采用更强有力的起爆方式。铵油炸药(ANFO)用狄那米斯(Dynamex)炸药作起爆药包；而浆状炸药则用高爆速炸药做成的起爆药包来起爆。

爆轰过程很大程度上依赖于良好地起爆。

爆轰稳定性的意思是，炸药一经起爆，直到整串药包全部爆炸的过程中，不因某些原因而爆轰中断。这是一个难于满足的要求；因为爆轰过程速度太快，而且产生很高的爆轰压力。但在爆轰过程的研究方面，目前已获得一些相当深入的研究成果。

储藏时间

往往炸药要在仓库中存放许久，在存放过程中不使其发生变化，以致会降低其总的工作能力是很重要的。

狄那米斯一类塑性炸药会发生老化现象，这是由于制造过程中存在于炸药中的气泡会全部或部分地消失了。老化使殉爆距离减少，但爆破效果保持不变。

塑性炸药不应在温度很高的条件下存放，高温使药卷软化，渗油，药卷变形，以致难以使用。

粉状炸药药卷在存放时应更为注意环境的湿度。空气过于潮湿，炸药中的盐分会在药卷表面发生离析，然后药卷结块变硬，这种炸药不存在老化问题。

有时，混合炸药会分解，因而使其特性完全改变。厂制炸药，通常在生产过程中尽量做到使其不发生这种情况。保持环境的清洁和干燥，对于贮存炸药是重要的。炸药的存放和使用应有计划，存放较久的炸药应尽快使用。

炸药除上述四点主要特性外，还应补充说明以下特性：

	高	低
殉爆性能	很少使爆轰过程中断；	发生殉爆的危险小，例如：水下爆破有地振动危险的爆破中。
密度	装药集中度高	必要时可很好地分散装药。
抗水性	可用于水下爆破	可迅速地用水销毁。

殉爆性能：爆破工作中，殉爆性能是很重要的，必须予以考虑。殉爆性能低时，若炮眼中的串装炸药是不连续的，或者药卷间已隔进某些东西，则爆破时往往发生爆轰中断。低温会使殉爆性能大为降低。

殉爆性能高的炸药，当炮眼间距太小时，会引起相邻炮眼彼此殉爆。特别是在多断层裂隙及地下水的条件下，殉爆的危险更大。水下爆破时要求避免相邻炮眼间的殉爆，因此，殉爆性能太高的炸药是不适用的。

炸药的密度将决定炮眼中可能的装药集中度。比重大的塑性炸药和浆状炸药可以保证每米炮眼有较高的能量集中度。当需要使用松散的柱状装药时，纳必特和派勒特一类低密度炸药可能是比较合用的。

抗水性：不少爆破作业都需要使炸药装入水下，并保留一段时间，甚至常规的岩石爆破炮眼里也往往是充满水的。塑性炸药通常具有较高的抗水性。包装良好的炸药，装入不过分

破碎的炮眼里，则抗水性将比正规保证期长得多。狄那米斯A炸药可保证在较高的水压下耐水历时1周之久。而有些粉状炸药药卷的耐水性不超过1小时。

铵油炸药如被装填进充水炮眼，则会迅速失效。

目前已有多种具有不同抗水性能的炸药可供使用。因此应按爆破作业性质选用相应抗水性能的炸药品种。

炸药在炮眼中何时起爆？强烈的冲击波在爆生气体达到最高温度及最高压力之前，便在岩石中扩散开来。

冲击波首先在岩石中造成破裂，这是由于继之最先出现的压应力之后产生的拉应力，这些拉应力又由自由面的反射而扩大。因而造成由炮眼向外扩展的裂缝，它们遇到自由面后又朝向其它炮眼集中起来。在岩石破碎的过程中接着发生的是，爆生气体挤入这些最初的裂缝，使岩石开裂。

3.2 炸药产品

下表列出了瑞典常用的商品炸药，选自诺贝尔炸药公司产品录。

表 3—1

类 别	运输级别	密 度 (公斤/升)	单位重量威力 (相当明胶炸药 的百分比%)	爆 速 (约束条件下) (米/秒)	殉 爆 距 离 温度 +20℃ 无 约 束 条 件 下 (厘 米)	1972年以前的 名 称
胶 质 炸 药:						
明 胶 炸 药	C	1.4	100	7400	65	
狄那米斯A (DxA)	D	1.4	80	5000	10	狄那米斯IV
狄那米斯B (DxB)	D	1.4	78	5500	10	狄那米斯B
粉 状 炸 药						
纳 必 特 A	D	1.2	70	3500	3	纳必特
古 力 特 A	D	1.3	50	4000	30 *	古力特
无硝化甘油炸药:						
雷 奥 米 斯 A	D	1.2	74	4000	0	雷奥米斯
斯 塔 特 斯 A	D	1.5	72	6500	0	斯塔特斯
派 勒 特 A	D	0.9	66	2400	0	派勒特
派 勒 特 B	D	0.9	74	2200	0	
雷 奥 力 特 A	D	1.5	80	4500	0	雷奥力特A
雷 奥 力 特 B	D	1.5	57	5000	0	雷奥力特10
雷 奥 力 特 C	D	1.5	58	5000	0	雷奥力特20
雷 奥 力 特 D	D	1.5	59	5000	0	雷奥力特30
雷 奥 力 特 E	D	1.0	25	4000	0	雷奥力特04

※ 用25毫米药卷做的试验。

现在已经很少使用明胶炸药了，把它也列在表中是为了便于与其进行比较。由于明胶炸药实际上具有无限长的抗水性能，因此长期来用于水下爆破。今天看来，大多数炸药遇水一

定时间后便会失效，可以认为明胶炸药还是有用的。

狄纳米斯A最初是打算用于水下爆破的。它在装药使用的条件下具有一周以上的耐水性，实际上采用风动装药机装药时，狄纳米斯A和B的抗水期限，要比制造说明保证的时间长得多。

狄纳米斯B是瑞典使用最多的炸药。其最大优点是具有良好的稠度，易于使用风动装药机进行装药，并且可以完全充满炮眼。这种炸药可保证在水下一天后仍有效。

所有狄纳米斯类炸药都有良好均匀的稠度，这意味着使用风动装药机装药效果良好。稠度和密度使得有可能得到较高的装药集中度。

纳必特A是一种粉状炸药药卷，主要用作柱状装药。这时，分布均匀的分散装药要比过分的集中装药更为重要。纳必特还用于永冻层爆破，土壤疏松及树桩爆破等方面。

古力特A具有很低的每米长装药集中度，因而特别适用于希望避免破坏围岩表面的爆破作业中。

古力特炸药还以柱状连续装药的形式，广泛地使用于相对来说炮眼间距较小的管道沟槽爆破及控制爆破中。

古力特管状药卷，由于它所具有的特性，已经在光面爆破和控制爆破技术的发展上，做出了积极的贡献。

派勒特是以硝酸铵为主要成分的粉状炸药。它主要以柱状装药方式使用于地面大直径无水炮眼中。但是，也可以用风动装药机把它压入隧道爆破的小直径炮眼里。在出水不会成为很大问题的地方，派勒特炸药是一种比较经济的柱状装药的选用品。它有良好的存贮性能。派勒特B中含有铝，这使其单位重量的强度有所提高。

雷奥米斯A是不含硝化甘油的卷装炸药新品种，主要用于大直径炮眼。这种炸药比重高，又具有良好的塑性稠度，因此在炮眼中装填时具有较高的每米装药集中度。雷奥米斯和狄纳米斯一样用塑料软管包装，其使用范围也与狄纳米斯相同。通过改变成分，可以把雷奥米斯炸药加工成适用于不同装药集中度要求的品种。雷奥米斯作为一种新品种炸药很有发展前途，而且很有可能取代目前用得最多的塑性炸药。

现在已有小直径的雷奥米斯药卷生产，主要用于地下工程。这种炸药爆破后产生的有害气体数量有限，这对于地下爆破是有益的。为此，雷奥米斯通常加工成25毫米到40毫米不同直径的塑料管装药卷。

雷奥力特是一种密度高、抗水性能良好的浆状炸药。表中资料表明，各种浆状炸药的性质很不相同。要想取得良好的爆破效果，采用的雷奥力特炸药必须与所用的炮眼直径相适应。在计算装药量时，还必须考虑雷奥力特类炸药的单位重量的威力，以及它有无被压入岩层裂隙的危险。炮眼直径足够大时，可以用泵把炸药打入炮眼。合理地使用机械装药的前提是：炮眼直径至少应为100毫米。

现有的药卷规格有：

直径22、25、29和40毫米的药卷仍旧是最通用的，它们均可使用风动装药机进行装药（参看装药一节）。

长600毫米和1000毫米，直径22、25、29、32及40毫米的，塑料软管包装的药卷，不论是用于隧道爆破，还是用于管道沟槽爆破，都更为合理。

直径11毫米和17毫米，长460毫米的，塑料管包装古力特药卷，可以用塑料套管连接起来。

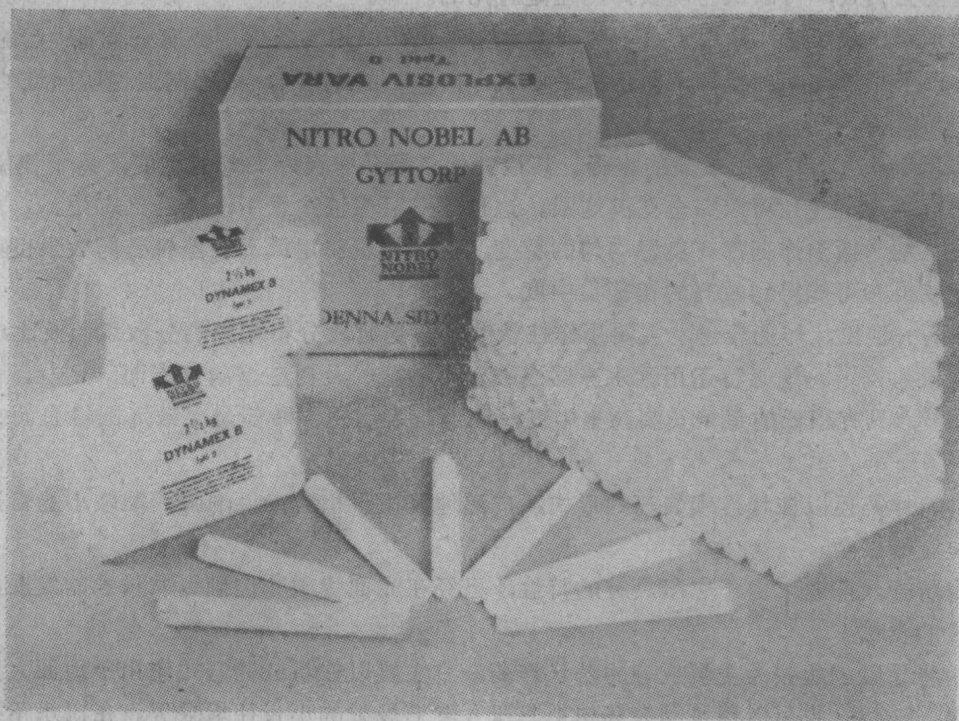


图3.2.1 狄纳米斯药卷

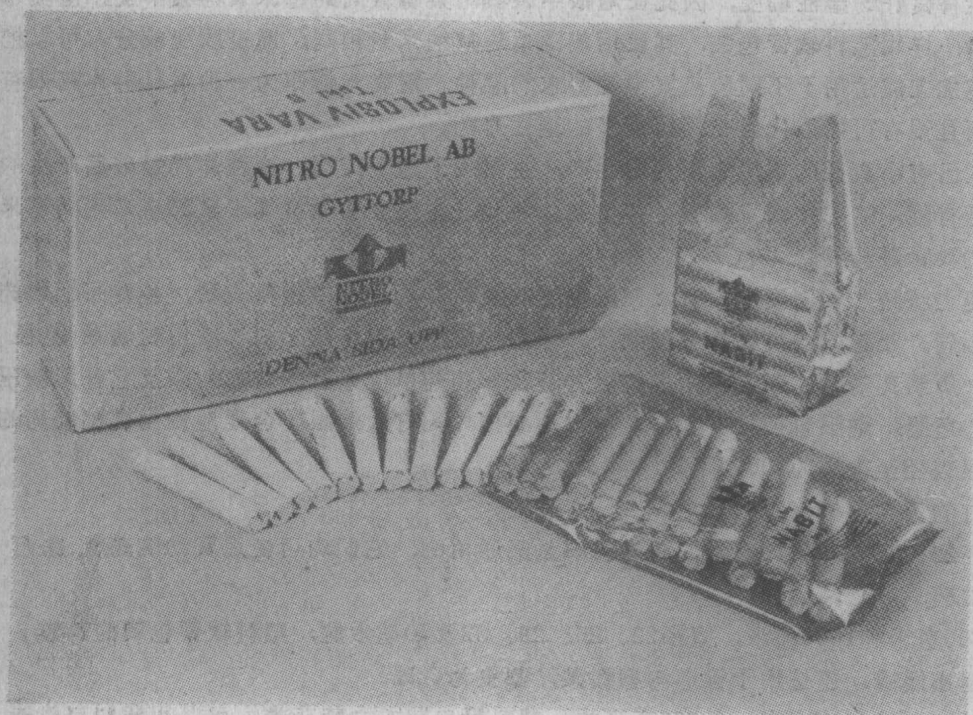


图3.2.2 纳必特药卷