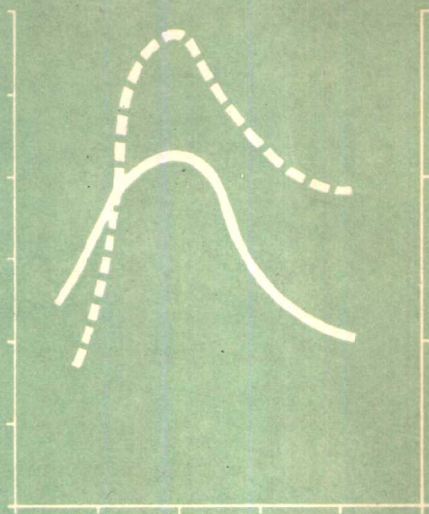




# 浆状炸药的性能和使用

〔日本〕木村 真 著  
潘 祖 民 译

煤炭工业出版社

V464  
M199

# 浆状炸药的性能和使用

〔日本〕木村 真 著

潘祖民 译

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

浆状炸药是世界各国研究采用的新炸药,也是我国目前正在试验生产的新品种炸药,本书一般地介绍了浆状炸药的爆炸机理、制造工艺、性能及使用。对火药的发展及世界各国对浆状炸药的使用现状、品种也作了简单的阐述。在翻译出版时,对内容作了部分删减。

本书可供火工专业技术人员、从事矿山工作的工程技术人员以及有关院校师生参考。

木村 真 著  
スラリー-爆药性能・使用法  
山 海 堂  
东京 1975

\*  
**浆状炸药的性能和使用**  
潘 祖 民 译

\*  
煤炭工业出版社 出版  
(北京安泰门外和平北路16号)  
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 $787 \times 1092^{1/32}$  印张 $5^{1/4}$   
字数112千字 印数1—6,760  
1978年10月第1版 1978年10月第1次印刷  
书号15035·2177 定价0.45元  
(限 国 内 发 行)

## 原 序 (节译)

有人说, 浆状炸药的发明是炸药的又一次革命 (前一次革命是发明了代拿买特, 从而代替了黑火药)。正是由于浆状炸药的出现, 使过去关于炸药的印象、概念、学说为之一新。谁能想象, “水火不相容” 这句成语中的水, 会成为炸药中的一种成分, 和一些毫无爆炸性的东西混合在一起, 竟成了炸药。又谁会把枪击不爆炸、大量燃烧也不会转为爆炸的东西看成炸药呢? 说它是炸药的革命, 是恰如其分的。

浆状炸药是集中了现代化学和物理学的精华而得的结晶。M. A 库克即使是一个伟大的发明家, 如果没有爆炸技术、流变学技术、电子计算机技术等, 恐怕今天的浆状炸药也不会诞生。

浆状炸药在日本, 已试制十多年了, 但是真正认真的研究, 则是在1974年引进了美国的技术以后, 1975年各家公司才开始生产和销售。可以设想, 浆状炸药的广泛使用, 必将引起炸药制造厂, 也包括用户的很大变化。在广泛使用的过程中, 道路也未必是平坦的。但是经过人们的努力, 困难一定会被克服。

本书的执笔者, 是为了给有关人员今后进一步研究, 提供一点线索。本书只是对有关浆状炸药的文献加以整理, 使之易于理解。书中日本资料很少, 这是因为日本正处在从外国引进技术开始试制的过程中。

由于作者学知浅薄, 收集的文献有限 (1975年3月以前的文献), 故不足之处甚多。本书的目的是将现在的浆状炸

And 1/224/01

药的概念作一介绍，它的出版从现时来看，相信还是有意义的。

作 者

1975年9月

# 目 录

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>第一章 火药界的技术革新 .....</b> | <b>1</b>  |
| 第一节 代拿买特的发明 .....         | 1         |
| 第二节 硝酸铵的应用 .....          | 1         |
| 第三节 铵油炸药 .....            | 3         |
| 一、铵油炸药的特点 .....           | 3         |
| 二、铵油炸药的缺点和优点 .....        | 4         |
| 三、改进的铵油炸药 .....           | 6         |
| 第四节 浆状炸药 .....            | 8         |
| 一、种类 .....                | 8         |
| 二、特点 .....                | 9         |
| <b>第二章 浆状炸药的发展 .....</b>  | <b>11</b> |
| 第一节 浆状炸药的产生 .....         | 11        |
| 第二节 浆状炸药的变迁 .....         | 11        |
| 第三节 浆状炸药的现状与发展 .....      | 15        |
| 一、浆状炸药在火药界的动向 .....       | 15        |
| 二、各国炸药需求的现状 .....         | 17        |
| <b>第三章 浆状炸药化学性质 .....</b> | <b>23</b> |
| 第一节 爆炸机理 .....            | 23        |
| 一、热点 (Hot spot) .....     | 23        |
| 二、发泡的方法 .....             | 26        |
| 三、气泡的安定化 .....            | 28        |
| 第二节 成分 .....              | 29        |
| 一、可燃剂 .....               | 30        |
| 二、水 .....                 | 42        |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 三、氧化剂 .....             | 48        |
| 四、胶粘剂 .....             | 49        |
| 五、交联剂 .....             | 54        |
| 六、发泡剂及其它 .....          | 55        |
| <b>第四章 制造 .....</b>     | <b>57</b> |
| 第一节 包装浆状炸药和散装浆状炸药 ..... | 57        |
| 第二节 包装浆状炸药的制造 .....     | 58        |
| 第三节 有关浆状炸药的规章和条例 .....  | 61        |
| 一、美国 .....              | 61        |
| 二、加拿大 .....             | 67        |
| 三、英国 .....              | 68        |
| 四、日本 .....              | 68        |
| <b>第五章 性能 .....</b>     | <b>71</b> |
| 第一节 与爆破有关的炸药特性 .....    | 71        |
| 第二节 爆速 .....            | 72        |
| 第三节 爆轰压 .....           | 77        |
| 第四节 威力 .....            | 79        |
| 一、概述 .....              | 79        |
| 二、有效能 .....             | 80        |
| 三、威力的测定法 .....          | 81        |
| 四、与威力有关的因素 .....        | 87        |
| 五、与其它炸药比较 .....         | 90        |
| 第五节 炮孔压 .....           | 93        |
| 第六节 感度 .....            | 96        |
| 一、概述 .....              | 96        |
| 二、实用感度 .....            | 97        |
| 三、危险感度 .....            | 100       |
| 四、影响感度的因素 .....         | 105       |
| 第七节 抗水性 .....           | 109       |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第八节 有毒气体和炮烟 .....                 | 110 |
| 一、有毒气体 .....                      | 110 |
| 二、炮烟 .....                        | 114 |
| 第九节 安全度 .....                     | 114 |
| 第十节 综合性能 .....                    | 117 |
| <b>第六章 使用</b> .....               | 122 |
| 第一节 浆状炸药爆破概述 .....                | 122 |
| 一、浆状炸药爆破的特点 .....                 | 122 |
| 二、起爆药 .....                       | 123 |
| 三、用浆状炸药爆破时的注意事项 .....             | 125 |
| 第二节 包装浆状炸药的爆破 .....               | 126 |
| 第三节 散装浆状炸药的爆破 .....               | 129 |
| 一、现场混合 .....                      | 129 |
| 二、井下使用 .....                      | 135 |
| 三、露天矿使用 .....                     | 139 |
| <b>第七章 各国的浆状炸药和起爆药</b> .....      | 143 |
| 第一节 浆状炸药 .....                    | 143 |
| 一、埃列克化学公司 (Ireco Chemicals) ..... | 143 |
| 二、杜邦公司 .....                      | 147 |
| 三、加拿大工业股份有限公司 .....               | 149 |
| 四、大力神公司 (Hercules Incorp) .....   | 152 |
| 五、日本 .....                        | 154 |
| 第二节 起爆药 .....                     | 157 |

# 第一章 火药界的技术革新

## 第一节 代拿买特的发明

黑火药于1300年代发明于中国<sup>①</sup>，经阿拉伯传入欧洲。它的发明是中世纪中国三大发明（黑火药、印刷术、指南针）之一。黑火药几乎没有进行过什么改进，而应用了500年之久。直到1800年代才先后发明了雷汞（1800年）、硝化棉（1833年）、硝化甘油（1846年）。然而这些东西在当时由于爆炸危险性大，都没有达到使用阶段。

诺贝尔于1867年首先试制成功以硅藻土为吸收介质的代拿买特。后来又进一步以加入硝化棉代替硅藻土，制成了爆胶。为了起爆爆胶，他又发明了将雷汞装入管体中制成的雷管。由于这些发明，差不多完成了现在所使用的代拿买特及其起爆方法的研究。以后，大约经过了100年，在这段时间内，开始生产矿用代拿买特以及硝化甘油含量降低到20%的低成本胶质炸药，但基本上与诺贝尔时代的東西没有多大区别。以硝化甘油为主剂的代拿买特，在爆破界一直占据着统治地位。

## 第二节 硝酸铵的应用

在诺贝尔发明硅藻土代拿买特的同时，瑞典人欧尔逊

---

① 黑火药是我国劳动人民在一千多年前发明的。火药发明后，经过不断试验、改进，到宋代已被大量运用在军事上。从十三世纪开始，火药开始传到世界各地。——译者注

(Ohlsson) 和 诺宾 (Norrbein) 发明了将木炭、锯屑、蔡、苦味酸、硝化甘油、硝基苯等加入硝酸铵中制得的炸药，取名叫阿莫尼亚克拉特 (Ammoniakktrut)。这是以最便宜的硝酸铵为主要原料的早期硝铵炸药。它与代拿买特是不同分支上的又一项极重要的发明。

诺贝尔很快注意到这项发明。他把硝酸铵加入到他的代拿买特中，取名叫特级代拿买特 (Extradynamite)。这就是现在的铵胶质代拿买特 (日本的桐代拿买特)。它与其它代拿买特相比，由于成本低、威力大，所以逐渐成为代拿买特的主要产品了。

但是不含硝化甘油的硝铵炸药与原来的代拿买特比，由于威力低、吸湿性强 (尽管搞了防潮包装，在恶劣条件下长时间贮存，仍会吸湿硬化而降低爆破威力)、抗水性差 (在涌水炮眼中使用受到限制)，如欲提高爆破威力则会使加工工序复杂而成本过高，尽管许多人进行了研究改进，但直到1935年杜邦公司 (du Pont de Nemours & Co) 研制出尼特拉明之前，其用途一直没有多大发展。

此外，对硝酸铵本身也进行了抗水性的研究，虽然提出了许多将表面活性剂被复于硝酸铵的建议，但达到完全抗水还差得很远。

在成分中不含炸药作敏化剂、用雷管不能起爆的尼特拉明系炸药，在美国叫爆破剂 (Blasting Agent) 或 NCN (Nitro Carbo-Nitrate)，不属于过去的炸药范围之内，在法规的要求上较宽，所以特别是在战后的美国，尼特拉明的类似品种大量生产，需要量也增加了。但在日本和欧洲起初对于此类炸药几乎未予考虑。原因是：

(1) 如上所述，在美国将尼特拉明排除在炸药类之

外，所以在制造、贮存、运输、使用上，与炸药类相比大为有利。和原来加高价的确化甘油的代拿买特相比，材料费、加工费也都便宜，所以这种炸药大量应用。但在欧洲和日本，从维护治安的观点出发，仍把它看成是炸药，所以对使用者来说，没有多大好处。

(2) 日本和欧洲国土狭窄，在当时没有搞大孔径爆破研究的打算，因而尼特拉明的使用范围受到限制。

### 第三节 铵油炸药

#### 一、铵油炸药的特点

数千吨的化肥硝酸铵曾发生过好几次爆炸的大惨案，这些相继发生的爆炸事故，引起了人们直接利用硝酸铵的热情。于1948年，里(Lee)和阿克莱(Akre)发明了仅以1~12%的炭黑作可燃剂，加入化肥硝酸铵中，制成一种极简单的爆破剂。从以硝酸铵为主要成分这一点来看，它与1867年欧尔逊和诺宾发明的硝铵炸药是一样的；但从属于爆破剂这一点来看，它和尼特拉明是一样的。从欧尔逊发明硝铵炸药到使用化肥硝酸铵做炸药，经过了81年的时间。

后来的实验证明，即使是硝酸铵单体，在下列条件下，也会引起爆轰(表1-1)。

1954年，在美国明尼苏达州的一个铁矿，用硝酸铵和燃料油混合的铵油炸药，在9英寸的炮孔内，用起爆药包起爆，取得了成功。

这是用燃料油制的铵油炸药的第一次爆破。后来，大约到1958年左右，美国、加拿大、瑞典等国，进一步研究了将铵油炸药用于井下。由于它于代拿买特相比，有价格很便宜、能在爆破现场混合制造、很容易使用机械装药等优点。

表 1-1 硝酸铵的爆轰

| 硝酸铵的被复    | 硝酸铵的粒度   | 密 度<br>(克/毫升) | $d_c$ ①<br>(英 寸) | MB①<br>克 |
|-----------|----------|---------------|------------------|----------|
| 无         | -65 +200 | 1.02          | 5                | 150      |
| 石蜡(0.01%) | +20      | 0.88          | 8                | 380      |
| 硅 藻 土     | +20      | 0.82          | 22-F②            | F②       |
| 无         | +20      | 0.86          | 20               | 1500     |

①  $d_c$ ——临界直径；MB——最小起爆药量(均见第五章)；用50/50铸造喷特里特作起爆药。

② F 表示没有爆轰；20-F 表示在直径20英寸没有爆轰。

以后的几年时间，其用量迅速增加，到现在，美国已达到全部炸药用量的70%，在英国达到45%。

## 二、铵油炸药的缺点和优点

### (一) 铵油炸药的缺点

1. 爆破威力低。铵油炸药的爆速约为3000米/秒，比代拿买特(爆速为5000~7000米/秒)低，但其能量则差不多。例如代拿买特的炸药力 $f$ 为9850升·公斤/厘米<sup>2</sup>，而铵油炸药为8900升·公斤/厘米<sup>2</sup>。虽然也有其爆破威力可与代拿买特相匹敌的说法，但实际上由于比重小(代拿买特为1.4~1.6，铵油炸药在自流装药时为0.8，即使机械装药也仅1.0左右)，所以爆破威力要比代拿买特低。另外，若把比重搞到1.15以上就会钝化，用起爆药包也不能起爆。

2. 在涌水炮眼中使用困难。因为硝酸铵溶解于水，所以铵油炸药不能直接用于涌水炮眼。使用时，要先在炮眼里放一根聚乙烯管子，然后将铵油炸药装于其中，或者使用一种叫“卑斯”的东西(装入聚乙烯管的药包)，这样作可以收到一定程度的效果，但不能从根本上解决问题。

3. 用一发6号雷管不能起爆它，必须与起爆药包并用。

4. 用纸筒装药，在无约束状态下的临界直径为4英寸。在孔径12英寸以上的大爆破中，开始可达最大理论爆速（14000英尺/秒）。直径在4英寸以下爆速急剧降低（图1-1）。但用高压粉碎的硝酸铵时，临界直径可降低到1.5英寸。

5. 有毒气体多。与从前的炸药相比，爆炸生成气体中的 $\text{NO}_x$ 特别多，因此通风不足的井下使用时，需要对通风和使用条件给予充分的注意。

6. 对静电有发火爆炸的可能性。使用装药机装药迅速，并能提高装填比重。但必需注意，不要由于装药时产生静电而引起铵油炸药爆炸。

7. 在经过长时间堆积存放之后，在包装容器内的铵油炸药的油往往会分离出来，从而降低了爆炸性能。油少的部分则氧过剩，反应热和爆速均降低，爆炸生成气体中 $\text{NO}_x$ 增加。而油多的部分则由于氧不足而产生 $\text{CO}$ ，同样使爆速降低。另外由于气温通过硝酸铵的晶形变态点（ $32.2^\circ\text{C}$ ）上下变动，还会引起硝酸铵粉体的硬化。

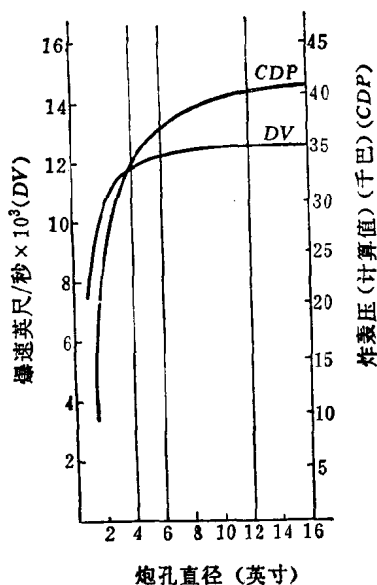


图 1-1 铵油炸药的爆速和爆轰压与炮孔直径的关系

## (二) 铵油炸药的优点

1. 价格便宜。铵油炸药与代拿买特相比价格便宜。但是爆破成本是包括爆破费（炸药费）和工资费（钻孔费、装药费、运输费）的总和，在露天大孔径爆破时，炮孔数相应减少，钻孔费用就降低；但如选错了炸药，爆破效果不好，爆破的岩石块大，则会增加二次爆破的次数，增加很昂贵的运输设备和钻孔设备的停候时间。所以，往往也因使用铵油炸药反而使综合爆破费用增加。

2. 铵油炸药具有自 流 性（free flowing），故除前述“卑斯”外，与代拿买特不同，是不装成药卷而直接灌入炮孔内的。因而炮孔直径和装药直径是一样的，不会产生所谓“管道效应”<sup>①</sup>。

## 三、改进的铵油炸药

### （一）加铝粉的铵油炸药

因为铵油炸药威力低，试验了在铵油炸药中加入铝粉的办法。这样一来，威力提高了（表1-2），所以在美国与排除炮眼里的水的装置并用，得到推广。

如表 1-3 所示，加入铝粉能使临界直径和最小起爆药量降低，并使爆速提高。

### （二）加硝基丙烷的铵油炸药

波斯特(J·Post)发现将硝基丙烷加入到含硝酸铵 90%、油 10% 的铵油炸药中，用一发 6 号雷管就可以起爆。其比重为 1.25，炮孔压（Borehole pressure，于第五章详述）为 75

---

① 管道效应（channel effect）——当炮孔直径与药卷直径不同时，在正向爆破中，超前于爆轰波的空气冲击波，将炮孔底部炸药“压死”而引起底部炸药拒爆的现象。

表 1-2 加铝粉的铵油炸药 (1)

| 铝 粉<br>(%) | 密 度<br>(克/毫升) | 重 量 威 力<br>(以铵油炸药为<br>100的比较值) | 容 量 威 力<br>(以铵油炸药为<br>100的比较值) |
|------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0          | 0.83          | 100                            | 100                            |
| 2.5        | 0.85          | 110                            | 110                            |
| 5.0        | 0.86          | 118                            | 120                            |
| 7.5        | 0.87          | 125                            | 127                            |
| 10.0       | 0.88          | 133                            | 138                            |
| 12.5       | 0.89          | 139                            | 147                            |
| 15.0       | 0.90          | 146                            | 155                            |

表 1-3 加铝粉的铵油炸药 (2)

| 硝酸铵/<br>油/铝粉 | 比 重<br>(自流装药/<br>包装品) | $d_c$ ②<br>(英寸) | MB③<br>(克) | 爆 速<br>(米/秒) | 硝酸铵粒度 (%) |        |      |
|--------------|-----------------------|-----------------|------------|--------------|-----------|--------|------|
|              |                       |                 |            |              | >28目      | 28~65目 | <65目 |
| 94.5/5.5/0   | 0.86/—                | 4               | 40         | 3000         | 100       | —      | —    |
| 83/2/15①     | 0.86/0.93             | 2 $\frac{1}{4}$ | 8          | 3900         | 100       | —      | —    |
| 83/2/15      | 0.72/0.84             | 3/4             | 0          | 4200         | 34.6      | 65.0   | 0.4  |

① 铝微粉(通过100目留于300目上)。

② 临界直径。

③ 最小传爆药量(用喷特里特)。

千巴<sup>①</sup>(铵油炸药为25千巴)。

## (三) 加石蜡的铵油炸药

铵油炸药爆破威力低的原因在于它的比重小。为了在不使感度降低的条件下提高比重,需要使可燃剂和氧化剂接触紧密。为此,用含水5%的硝酸铵和适当的乳化剂,向其中混入石蜡并填加发泡剂,即可得到加石蜡的铵油炸药。如表1-4所示,其比重在1.00以下的可用雷管起爆,比重约在

① 1千巴 = 14620磅/英寸<sup>2</sup> = 1023公斤/厘米<sup>2</sup>。

1.24以下的，用半卷代拿买特作起爆药包就能起爆。

表 1-4 加6%石蜡的铵油炸药

| 比 重     | 0.69 | 0.72 | 0.90 | 1.00 | 1.15 | 1.24 | 1.27 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| 起爆装药    | 6号雷管 | 6号雷管 | 6号雷管 | 6号雷管 | 代拿买特 | 代拿买特 | 代拿买特 |
| 结 果     | 爆 炸  | 爆 炸  | 爆 炸  | 爆 炸  | 爆 炸  | 爆 炸  | 失 败  |
| 爆速(米/秒) | 2250 | 2830 | —    | —    | 3470 | —    | —    |

但这种铵油炸药没有广泛使用。提高比重最适用的方法是加水，向硝酸铵中加入12%的水，比重约为1.50。

#### 第四节 浆 状 炸 药

##### 一、种类

过去的炸药一加进水分，性能就显著下降（表1-5），所

表 1-5 水分对炸药性能的影响

| 炸 药<br>种 类                      | 水<br>分<br>(%) | 爆 速 (米/秒)<br>(比重0.93~0.98) |                | 弹道白<br>炮试验<br>(以梯<br>恩梯为<br>100) | 猛度<br>(毫米) | 殉 爆<br>(药径1<br>英寸)<br>20℃<br>(毫米) | 落锤试验<br>(锤重2公斤) |        |
|---------------------------------|---------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------|--------|
|                                 |               | 直径9英寸<br>的玻璃管内             | 直径1英寸<br>铁管内   |                                  |            |                                   | 落高              | 爆发率    |
|                                 |               | 8号雷管<br>管起爆                | 8号雷管加起<br>爆药起爆 |                                  |            |                                   | (毫米)            | (%)    |
| 铵<br>胶<br>质<br>代<br>拿<br>买<br>特 | 0.4           | 2200                       | 6100           | —                                | 138        | 24.0                              | 120~140         | 200 0  |
|                                 | 1.03          | 2000                       | 6000           | 6400                             | 136        | 24.5                              | 80~100          | 300 0  |
|                                 |               |                            |                |                                  |            |                                   |                 | 400 10 |
|                                 | 4.6           | 2200                       | 5800           | —                                | 139        | 23.5                              | 0               | 600 0  |
|                                 | 9.3           | 不完全爆轰                      |                | 4100                             | 135        | 20.0                              |                 | 600 0  |
|                                 | 18.1          | "                          |                | 不全爆                              | 135        | 14.0                              |                 | 600 0  |

以要尽量避免水分过大。

另外，硝酸铵即使含有微量水分，当它的温度升降通过 $32.2^{\circ}\text{C}$ 的晶形变态点时，也会引起硬化。所以把硝酸铵配成炸药之前，必须充分干燥。浆状炸药在其成分中加入 $10\sim 15\%$ 的水分，这是和历来的想法完全相反的事。说浆状炸药是代拿买特发明以来划时代的发明，其原因也在于此。浆状炸药有如下两种：

(1) 在浆状炸药成分中含有炸药作敏化剂的。梯恩梯是最常用的敏化剂。此外还有无烟火药、硝化淀粉等（以下将这种浆状炸药叫做加炸药作敏化剂的浆状炸药）。

(2) 不含炸药作敏化剂的。不含炸药而能爆炸是因为浆状炸药中包含着小气泡（air bubble）。这种小气泡与呈微粒状的有机硝酸盐或金属铝以及其它可燃剂接触，在爆炸时受到绝热压缩，由于这些可燃剂与内部气泡壁碰撞而产生的能，形成大量的热点（hot spot），最终导致爆轰（以下将这种浆状炸药叫做不加炸药作敏化剂的浆状炸药）。

另外，还可以分为雷管能起爆的（Capsensitive）浆状炸药和雷管不能起爆的（Capinsensitive 或 Non-capsensitive）浆状炸药。象代拿买特那样，用一发6号雷管就能起爆的，属前一种。象铵油炸药那样，必须用起爆药包起爆的，属于后一种。加炸药作敏化剂的浆状炸药和不加炸药作敏化剂的浆状炸药都有这两种。最初的浆状炸药是加炸药作敏化剂且雷管不能起爆的；后来不断改进成不加炸药作敏化剂而雷管又能起爆的了。雷管能起爆的浆状炸药，过去只限于在大直径炮孔使用，最近用雷管能起爆的小直径药包也出现了。因此浆状炸药达到了可与代拿买特媲美的程度。

## 二、特点