

炸藥与膛内彈道学

概 論

A. П. 斯多尔鮑申司基 著
H. H. 尼基福洛夫



國防工業出版社

25

1221

炸藥与膛內彈道学 概 論

上校 A. II. 斯多爾鮑申斯基

上校、講師、軍事科學碩士 II. H. 尼基福洛夫

合著

解 軍 譯

國防工業出版社

本書共分为兩部分：第一部分簡單扼要地叙述了炸藥的性能、制造、用途及炸藥理論等；第二部分簡略地叙述了发射藥在各种不同条件下的燃燒情况、測量初速与膛压的方法及影响初速和最大膛压的一些因素。

本書可作为炮兵学校的教材，并可作为炮兵和炮兵軍官及有关中等或高等专业学校学生的参考書，本書也可供有关工程技术人员参考。

А.П.Столбошинский
Н.Н.Никифоров
КУРС АРТИЛЛЕРИИ

Вонноее Издательство
Министерства Вооруженных Сил Союза ССР
Москва-1949

本書系根据苏联軍事出版社
一九四九年俄文版譯出

炸藥与膛內彈道学

概 論

〔苏〕斯多尔鮑申斯基 著
尼基福洛夫 著
解 軍 譯

*

國防·工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074号
北京新中印刷厂印刷 新华書店发行

*

850×1168 耗 1/32·5 7/8 印張·158,000 字

一九五七年七月第一版

一九五七年七月北京第一次印刷

印数：1—1,100 册 定价：(11)1.30 元

目 录

第一篇 炸药概論

第一章 炸药概說

§ 1. 炸药的历史簡述	1
§ 2. 爆炸現象和炸药——能源	5
§ 3. 炸药按其成分的分类	7
§ 4. 硝化	11
§ 5. 爆炸变化的形态	12
§ 6. 爆轟	12
§ 7. 爆炸变化之反应	19
§ 8. 气体爆炸生成物的体积	21
§ 9. 爆炸时所放出的热量	24
§ 10. 爆溫	27
§ 11. 炸药的初次冲击和敏感度	30
§ 12. 炸药的密度	38
§ 13. 炸药的安定性	39
§ 14. 炸药安定性的試驗与檢查	41
§ 15. 炸药的威力和潛能	43
§ 16. 炸药的猛度作用和爆破作用	45
§ 17. 炸药的定向作用(聚能作用)及其实际应用	48
§ 18. 炸药依其用途的分类	49

第二章 起爆药

§ 19. 雷汞	51
§ 20. 氮化鉛	52
§ 21. 斯蒂酚酸鉛(三硝基間苯二酚鉛)簡写THPC	53
§ 22. 特屈拉辛	54

第三章 爆炸药

§ 23. 梯恩梯	55
-----------------	----

§ 24. 苦味酸	57
§ 25. 特屈儿	59
§ 26. 黑索金	60
§ 27. 太恩	61
§ 28. 二硝基苯、三硝基二甲苯、二硝基萘	62
§ 29. 硝酸铵炸药	64
§ 30. 强棉	67
§ 31. 硝化甘油和代拿买特	71

第四章 发射药（火药）

§ 32. 无烟药	74
§ 33. 无烟药的性能	76
§ 34. 黑药	79
§ 35. 火药标志	82

第五章 点火器材和起爆器材

§ 36. 火焰传递器材（导火索）	84
§ 37. 火焰激发器材	84
§ 38. 引爆和传爆器材	85

第六章 烟火器材

§ 39. 烟火器材的概念及其分类	87
§ 40. 烟火药的性能	87
§ 41. 照明剂	88
§ 42. 信号弹	89
§ 43. 曳光剂	91
§ 44. 燃烧剂	91

第七章 炸药的保管和运输

§ 45. 炸药的保管	95
§ 46. 炸药的运输	98

第二篇 膛内弹道学概论

第八章 膛内弹道学概说

§ 47. 膛内弹道学	101
-------------------	-----

§ 48. 发射现象	103
------------	-----

第九章 发射药在固定容积内的燃烧

§ 49. 发射药的燃烧速度	107
§ 50. 药粒形状对于发射药气体形成的影响 及发射药燃烧的持续时间 和 气体形成的规律	110
§ 51. 发射药燃烧的增燃性	113
§ 52. 发射药气体在不变容积内的压力	123
§ 53. 各种与发射药燃烧有关的问题的解决	126
§ 54. 装填密度与固定容积内压力的关系	129
§ 55. 固定容积内的压力测定法	133

第十章 发射药在可变容积内的燃烧

§ 56. 炮膛内发射药气体的压力	136
§ 57. 膛内压力的测定法	137
§ 58. 作用在弹底上的压力曲线	138
§ 59. 作用在膛底和膛壁上的压力	140
§ 60. 发射药气体的功、发射药的有效系数	142
§ 61. 后座力的大小	146
§ 62. 发射药气体的运动力及其图解法	147
§ 63. 发射药气体有效功的图解法	148
§ 64. 根据弹底压力曲线的速度计算法、速度曲线	149
§ 65. 使用图表计算压力和速度的方法	154
§ 66. 速燃发射药和缓燃发射药的速度曲线和压力 曲线	155
§ 67. 平均压力、对发射药质量的评价	156
§ 68. 迫击炮膛内弹道学的特点	158

第十一章 初速的实际测定

§ 69. 列-布朗兹测速仪	163
§ 70. 线圈式测速仪	167
§ 71. 希尔斯基式毫秒计时器的使用法	169

第十二章 各种不同因素对于初速和最大压力的影响^①

§ 72. 装填密度改变的影响	171
-----------------	-----

§ 73. 装药重量改变的影响·····	174
§ 74. 弹头重量改变的影响·····	176
§ 75. 装药湿度改变的影响·····	177
§ 76. 装药温度改变的影响·····	178
§ 77. 药粒厚度改变的影响·····	179
§ 78. 炮膛长度改变的影响·····	179
§ 79. 口径的影响 (火炮相似) ·····	180
§ 80. 火炮的改良·····	182

第一篇 炸藥概論

第一章 炸藥概說

§ 1. 炸藥的历史簡述

人类最早知道的第一种炸藥，就是用硝石，硫黃和木炭混成的有烟藥，即黑藥^①。

这种火藥是什么人在什么时候发明的，直到現在还没有得到明确的答案；关于它的起源，牽連着許多傳說，但是較有根据的是認定它是中国或是印度发明的。根据这些国家古代民族文字的記載，远在紀元前数世紀时，他們就知道了这种火藥。

阿拉伯人又从中国人处知道了火藥，因为阿拉伯人从八世紀初就开始与中国进行着十分頻繁的貿易；能証明这种事实的，就是阿拉伯文的两个硝石的名称都有着中国雪和中和盐的含义。在开始时，这种火藥仅仅当作燃燒剂来使用，可是阿拉伯人很快又发现了它的拋射性能，并开始广泛地使用。关于黑藥（有烟藥）的制造及其使用方法的專門書籍，也隨着出現了。

十四世紀初叶，欧洲人，首先是西班牙人又从阿拉伯人那儿知道了黑藥，因为阿拉伯人曾与他們为了爭夺庇里尼半島的霸权进行过战争。

黑藥在俄罗斯的使用，則在十四世紀下半叶。

在1382年諾夫加罗德城之年鑒上已述及火器的名称如：火銃

① 此处黑藥应理解为炸藥分类中的一类。

(Самострел)、秋发克炮 (Тюфяк) ^①，小炮 (Пускач) 大炮 (Пушка)。在1382年亚历山大城之年鑒上記述关于韃靼可汗多黑大馬思的兵队圍攻莫斯科时的景象，年鑒編汇者写道：“捍卫城防抵御韃靼人之市民，有依垣作箭射、有者擲之以石、亦有使用秋发克炮者、有射滿充火药之火銃者，尚有使用巨形之大炮者。”

就是說，黑药在俄罗斯于1382年已在应用了。

十四世紀末叶，在莫斯科就开始制造黑药。1400年时，由于对黑药的处理不慎而引起了火灾。年鑒中这样写道：“莫斯科因黑药而半夜起火”。第一个黑药工厂是1494年在莫斯科建立的。除了莫斯科以外，其他的城市也开始生产黑药了。

在伊万雷帝时，火药事业曾获得很大的发展，許多火药工厂都是依照他的命令而在莫斯科近郊建立起来的；在彼得一世时，火药事业則更为发展，譬如已經建成的彼得堡、奥黑大和雪斯特罗立茨克的火药工厂，在其生产能力上都超过了当时在西欧的火药工厂。随后在1761年，舒瓦罗夫对于黑药的制造工艺上作出了許多重大的改进，这样就显著地改善了黑药的性質，并且提高了黑药在保管和运输中的安定性。

偉大的俄罗斯学者 M. B. 罗蒙諾索夫，除了其他的工作以外，还研究了黑药的燃燒規律。在他所著“論黑药之性質”一書中，曾提供了許多卓越的理論上的結論。

黑药曾連續地占有五百年以上的主要地位，直到十九世紀后半叶，它还没有被其他威力較大的炸药所代替。

但是雷汞則屬例外，因为它从 1799 年就已經为人們所知道了；至于对雷酸盐类之了解則更为早些，但均未作实际应用。雷汞是爆炸药类的代表，这种爆炸药在現代是依其爆发性質而得名的（爆炸药 Бризантный——詞是由法語動詞 briser——破坏、

^① 秋发克炮为最早之俄罗斯古炮，系木制之直筒形炮身，后亦有用銅制者，填以火药可以发射彈头——譯者。

粉碎转变来的)，在爆炸药中，雷汞是属于起爆药类的，是用来作爆炸过程中的起爆药。

雷汞的发现（而主要的是雷管的制造方法），使军事上引起了重大的变化。在采用雷汞以前，步枪中的装药都是用钢铁击打火石所生的火花来点燃。用这种方法点火，步枪的发射速度每分钟不能超过一、二发；点火时，火石还有15%的不发火现象，并且只能使用40~50次。如遇刮风，下雨或下雪时，射击就更为困难了。

雷管的使用，提高了步枪的发射速度，同时在任何气候情况下也可能进行射击，对于射击技术提供了许多新的贡献，并且也大大地影响了战术。

在后一阶段，就是1833年发现了强棉。

十九世纪六十年代末，硝化纤维开始在爆破方面取代了黑药的地位，随后又在弹药装药方面（主要在水雷和鱼雷上）取代了黑药。到十九世纪八十年代时，强棉就充作抛射药使用（用作发射药），因为这时已经发明了用强棉制造无烟药的方法，这种无烟药在弹道性能上优越于黑药。

在强棉发明以后，接着又出现了另一种爆炸药，这就是硝化甘油。它是在1846年在某一试验室中，用甘油混合硝酸和硫酸进行试验时偶然发现的。由于制造以及处理上的危险性，硝化甘油在最初还没有在实际中使用。

最早指出用硝化甘油与填料混合用作炸药的是俄罗斯著名的化学家苯胺和有机染料的发明人 H. H. 吉宁。在1854年的赛瓦斯托波尔港战争中，吉宁曾亲自进行着制造硝化甘油及其装填入手榴弹中的危险工作。

H. H. 吉宁和 B. Ф. 彼特鲁舍夫斯基所作的试验获得了良好的成绩，可是，由于沙皇官吏的保守，他们的研究结果未能在俄罗斯得到利用。

在1860~1863年间，彼特鲁舍夫斯基用硝化甘油作出了将近160 普特的代拿买特。

吉宁和彼特魯舍夫斯基的試驗結果。为当时居住在俄罗斯的A.諾貝尔所熟悉，他曾經亲自得到吉宁的試驗报告。

利用俄罗斯化学家的工作成果，諾貝尔取得了代拿买特的专利权；并在德国設厂制造。

这样，硝化甘油炸药在使用代拿买特的名义下，开始使用于爆破作业上。

如今，硝化甘油和强棉都成为制造无烟药的主要原料。

在1886年，苦味酸的爆炸性能才为人們所发现，在1783年以后仅仅用作黄色染料。在軍事上使用的苦味酸具有許多名称：在俄国和法国叫麦立尼脱，在英国叫立达特，在日本叫下瀨药等。

俄罗斯的炮兵家 C. B. 潘布希柯对于苦味酸是否能用作炸药这一問題上，曾作过不少的研究工作。潘布希柯于1892年試驗用麦立尼脱装填彈头时，由于突然爆炸而不幸牺牲。

紧随麦立尼脱之后，又发现了其性能比以往所有炸药更强的炸药——三硝基甲苯或称梯恩梯。使用麦立尼脱时，經常会发生早炸现象，而梯恩梯則几乎没有这种现象。

因此，梯恩梯在很短的时间內就成为主要的炸药，用以装填各种炮弹，迫击炮弹及空投炸弹等。这是因为：第一，梯恩梯对机械作用的敏感度較小，能保証射击时安全。第二，当其与彈头內壁的金屬相接触时不致产生象麦立尼脱那样所形成的敏感性的化合物。

1906年以后，特屈儿得到了广泛的使用。現在，特屈儿已是制造各种引信和傳爆管的傳爆药中的主要炸药了。

在第一次世界大战期間，曾广泛地使用过硝酸铵炸药，这种炸药就是硝酸铵与爆炸药，如和梯恩梯的爆发混合物。

在第一次世界大战以后的时期內，又发现了两种新的爆炸药——黑索金和太恩。

雷汞尽管它有不少的缺点，但在很长的时间內，却曾是唯一的起爆药，在新发现的几种起爆药中，最为普遍使用的就要算氮

化鉛了。近来，又开始使用另外两种新的起爆药：斯蒂酚酸鉛和特屈拉辛。

随着綫膛炮的使用，对火药的要求也就更为严格了。企图改良黑药彈道性能的試驗并没有得到良好的結果，于是，就要求有更好的火药。

想把作为爆炸药的强棉轉变成成为发射药的意图，是很使人感到兴趣的，以致許多科学家都来从事这一工作。

經过不断的研究工作以后（1884年），终于找到了将强棉溶于醇醚混剂中，使之成为无烟药的方法。

1891年，在俄国开始制造硝化棉无烟药。Д.И.門德雷业夫对于硝化棉无烟药，曾作过許多的改进工作。在硝化棉无烟药发明不久以后，很快又开始用硝化甘油作为强棉的溶剂来制造无烟药。从此，就出现了硝化甘油无烟药。

И.М.契立佐夫及其他許多俄罗斯的火药专家在硝化甘油无烟药的研究和制造上，都曾进行过不少的工作。

从二十世紀初叶直到现在的这一阶段中，炸药的研究及其在軍事上的使用更得到了显著的发展和改进。

炮兵事业是奠定在广泛使用炸药的基础上的。由于新式炸药的发明及其使用方法的創造，于是，炮兵射击的方式也有所改变了。为了安全而合理地使用炸药起見，每个炮兵軍官均必須熟記它們的主要性能。

§ 2. 爆炸現象和炸药——能源

广义的爆炸，是指物質急剧的物理变化或化学变化，随伴这种现象的是物質中的潜能迅速地轉变为机械功。爆炸时的机械功，是爆炸过程中所生气体力图膨脹的結果。因此，爆炸往往均有下列三个特征：

- 过程短促；
- 产生气体；
- 放热現象（发热），因此現象而加大了气体的膨脹。

爆炸的主要特点，就是它对于周围的压力的急剧升高。伴随爆发而产生的另一特点，就是或大或小的音响。由于炸药的化学成分以及爆炸条件的不同，因此，爆炸变化也就有不同的速度。爆炸变化的速度愈大，压力增长的也就愈快。伴随爆炸所产生的机械功，是取决于压力的升高速度。如果爆炸过程迟缓，那么，压力的增长也迟缓。在这种情形下当有足够胜过介质抗力的压力形成时，气体的机械功就表现为对周围介质的推动，例如能推动妨碍气体扩张的障碍物（图1），假使爆炸过程是在几乎可以認

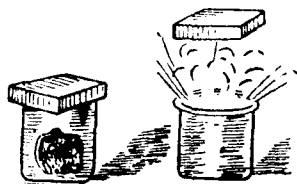


图 1 爆炸时徐徐形成的气体；气体抛起容器的上盖



图 2 爆炸时瞬间形成的气体；气体摧毁附近的物体

为是瞬刻的时间内完成的话（炸药全部进行化学变化），那么，压力就显得十分强大，气体的机械功表现为急剧的震动爆炸处鄰近的介质，如果有障碍物存在，则将其摧毁（图2）。

在军事上，对于炸药的采用，是根据它们的成分以及在各种爆炸条件下所产生的不同效用的机械功而决定的。在炮兵中，炸药是作为能源的，用之于抛射弹头（发射药）及起爆炸作用（爆炸药）。对于炸药作为能源的假定，就能使我们计算出发射药的威力，即能量的大小，以及这种能量在发射时转变为机械功所需的时间。发射药的能量在发射时消耗在：赋予弹头以初速，制胜膛内阻碍弹头运动的阻力，使膛壁膨胀和发热，使火炮后座等；其中一部分留在弹头后面的外逸气体中的能量则没有被利用上。消耗于弹头初速上的能量，可以依运动体的动能的公式求之：

$$E = \frac{MV^2}{2} = \frac{qV^2}{2g},$$

式中：E——能量（公斤公尺）M——运动体质量，等于 $\frac{q}{g}$ ；

q ——物体(彈头)重量(公斤)。 V ——物体(彈头)的运动速度(公尺/秒)

設某一火炮(膛綫部分长为 1.6 公尺)的初速为 400 公尺/秒, 彈头重量为 40 公斤, 即得:

$$E = \frac{40 \times 400^2}{2 \times 10} \approx 320000 \text{ 公斤公尺}$$

为求出发射药在发射时所放出的能量, 可将所得之結果乘上 3^①, 因为我們知道, 賦予彈头初速的能量, 只不过是发射药全部能量三分之一左右, 因此, 发射药所放出的能量应近似于 $320000 \times 3 = 960000$ 公斤公尺。

如果把彈头开始运动以前, 火药气体压力上升的瞬間不計算在內, 那么, 发射药的作用時間就等于彈头在膛內的运动時間。如果把这一段时间計算在內的話, 就可以算出把上面已求得的机械能轉变为机械功的时间。假定彈头在膛內以等加速度运动, 那么彈头运动的平均速度为:

$$V_{ep} = \frac{0 + 400}{2} = 200 \text{ 公尺/秒}$$

如果以此速度去除彈头在膛內的行程即膛綫部分长, (例題中的火炮之膛綫部分长为 1.6 公尺)。則得所求的时间 $t = 1.6 : 200 = 0.008$ 秒。以上两个数据, 都决定于作为能源的炸药的特性——在极短的时间內能够把大量的能轉变为机械功, 即作为能量源泉的炸药特别要具有巨大的威力。如在同样的时间过程 (0.008 秒) 內, 需获得同样数量的能 (960000 公斤公尺) 对于一个机器言, 其所需馬力为:

$$\frac{960000}{75 \times 0.008} = 1600000 \text{ 馬力}$$

§ 3. 炸药按其成分的分类

炸药按其成分通常分为下列三类:

① 参阅 15 节爆发物的潛能。

- 一、爆炸化合物；
- 二、非爆炸性物質的爆炸混合物；
- 三、爆炸性物質的爆炸混合物；

一、爆炸化合物的特点

1. 組成中含有分子內部連結不安定的特有原子团；某类原子团均符合某一类炸藥，此亦即成为进一步将炸藥分类的基础；

2. 由于炸藥分子內含有可燃性的原子和氧原子，故能引起分子內部的燃燒并放出大量的热；

3. 生成时吸热，即在各元素形成炸藥时就蓄入能量(热)。

第一个特点为本类炸藥之通性，至于第二个和第三个特点，則并不是本爆炸化合物类的全部炸藥所共有的。

爆炸化合物中又可分为好些类，其中炮兵最常使用的有下列数种：

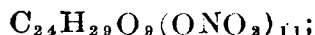
1. 硝酸盐或硝酸酯类，这一类炸藥是用醇类或碳水化合物用硝酸处理而得的。这种处理过程就叫做硝化。

这类炸藥的主要代表物为：

1) 硝化甘油



2) 强棉或称硝化棉



3) 太恩或称四硝酸戊酯



由以上分子式可以看出：硝酸盐类中均含有 ONO_2 原子团。

硝酸盐类(除太恩之外)通常都用以制造其他炸藥(如无烟藥和代拿买特)。

2. 硝基化合物类由碳水化合物用硝酸处理而得，最常使用的有下列几种：

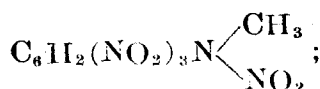
1) 梯恩梯或称三硝基甲苯



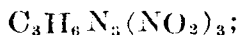
2) 苦味酸或称三硝基酚或麦里尼脱



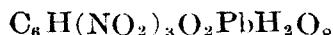
3) 特屈儿或称四硝基代苯甲硝胺;



4) 黑索金或环三次甲基三硝胺



5) 斯蒂酚酸铅或三硝基间苯二酚铅



以上炸药中均含有 NO_2 原子团, 并单独作为炸药使用之;
近代弹头中的炸药大多用梯恩梯。

3. 雷酸盐类

这类炸药, 是某些重金属(汞、银等)的硝酸溶液与酒精相作用而得, 实际上所使用的主要是雷汞:



雷酸盐类的分子中, 含有极不稳定的原子团 ONC 。雷汞在起爆时, 只需极轻微的外力作用, 因此, 常用作起爆其他较为安定的炸药的起爆药。

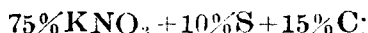
4. 氮化物或氮氢酸盐类, 在实用上有氮化铅 PbN_3 是用氮化钠与硝酸铅溶液作用而得。氮化铅也和雷汞一样, 用以起爆其他炸药。

二、非爆炸性物質的爆炸混合物

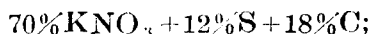
这类炸药是由两种或两种以上的、沒有单独爆炸性能而且在化学上又彼此无关的物質的混合物。它們是由含氧較丰富的物質和可燃性物質所組成，由于氧多，故容易燃燒。

这类炸药的主要代表物为硝石、木炭硫磺的黑药，例如：

軍用黑药：

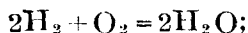


爆破黑药：



属于这类炸药的还有：

1) 氧与可燃性气体的混合物，例如爆鸣气；



2) 氧气与照明气的混合物，氧气和煤油、酒精、霧状石油的蒸气的混合物，和霧状面粉、氧气和煤粉、炭黑等的混合物，有些类似的混合物还使用于內燃机中。

三、爆炸性物質的爆炸混合物

这类炸药因其成分不同各具有特有的爆炸性能，且为数极多，实际中应用最多的有：

1) 无烟药类：由两类强棉的混合物所制成（如硝化棉无烟药类），或由强棉与硝化甘油混合物所制成（如硝化甘油无烟药类）。

2) 硝铵混合类，其主要成分是硝酸铵，它本身具有爆炸性能，不过力量微小。

3) 代拿买特类或硝化甘油炸药类，为一种硝化甘油与各种其他物質（通常也是炸药）的混合物（如爆胶含有88~93%硝化甘油和7~12%胶棉）。