

藥用發射藥与裝藥

У. 格 里 維 契 著

BBX48/9



國防工業出版社



與藥射發用砲 裝藥

Y·格里維契 著
孫慧英、岳廼英、王紹良 譯
李兆麟、程志遠、蔣繼孝 校



國防工業出版社

內容介紹

本書主要是舊德軍在砲用裝藥的設計技術和實驗方面，及以二硝酸二乙二醇和硝基胍爲主的新型發射藥之研究方面實際經驗的總結，還包括很多試驗資料和靶場實例。深入地研究和參考此資料，會給砲兵技術人員及發射藥與裝藥設計工作者的實際工作以一定的幫助。

本書俄文版的譯者爲 Б. А. 米格林那，校者爲技術科學博士 К. К. 斯尼特潤。

АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ
ПОРОХА и ЗАРЯДЫ

ОБОРОНГПЗ

Москва 1950

本書係根據蘇聯國防工業出版社

一九五〇年俄文版譯出

(原書以德文出版)

*

砲用發射藥與裝藥

[德] У. 格里維契 著

孫慧英、岳迺英、王紹良 譯

李兆麟、程志遠、蔣繼孝 校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

旅大日報印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 1/32 79 印張 165,600 字

一九五六年六月第一版

一九五六年六月大連第一次印刷

印數：1—5,000 冊 定價 (10) 1.20 元

俄 校 者 序

《砲用發射藥與裝藥》一書於1944年在柏林由舊德軍軍械局出版。該書的作者烏·格里維契在該局彈道與彈藥處任處長多年，並兼任發射藥和砲用裝藥科學研究和試驗工作的領導人。特別是作者還領導了以硝基二乙二醇和硝基胍爲主的發射藥之研究、生產及發展。此種發射藥在第二次世界大戰中曾是舊德軍在砲裝藥中用以代替硝化甘油發射藥的主要發射藥。

本書對發射藥的化學理論、製造方法和應用問題講述不多。它主要是一本砲用裝藥的設計技術和試驗方面實際經驗的總結。本書包括很多屬於此類問題的試驗資料和靶場實例。

如德文版序言中所述，本書主要是供給與上述各問題有關的砲兵技術人員學習，亦可以作爲發射藥及裝藥專家有益的實際資料參考。

譯者·哥里維契這本書有利於了解舊德軍軍械局對發射藥生產中一些新問題的見解和解決這些問題的方法。

必須注意到本書中作者所述及的材料並不十分系統，且有時欠當，某些問題，主要是探討性質的問題，可能得到另外的結論；因而對本書的內容應批判的接受。

譯本中保留了原文中材料敘述的順序。因爲在譯本校閱中不便對原作個別理論加以修正，以及在個別問題方面主張和論證另外的觀點。

注意地研究和批判地利用此資料，會給發射藥及裝藥方面的工程技術人員底實際工作以一定的幫助。

К·斯尼特闊

目 錄

俄 校 者 序

第一章 發射藥裝藥的結構及性能

1. 膛內彈道學的基本知識	1
2. 發射藥單體的外形	8
3. 發射藥的化學成份	12
4. 加農砲裝藥的結構	23
5. 榴彈砲裝藥的結構	34

第二章 發射藥的幾個主要問題

1. 發射藥功能的提高	39
2. 發射藥裝藥的選擇	40
3. 與表定初速的偏差	41
4. 維耶里壓力波	44
5. 砲口焰	47
6. 砲尾焰	50

第三章 裝藥設計的技術

1. 概 論	53
2. 引燃藥	56
3. 可變裝藥的結構	62
4. 其他的裝藥形式	78
5. 發射藥的外形；發射藥種類的選擇	81
6. 最好的燃燒層厚度	88
7. 裝藥密度	92
8. 溫度影響	96

9. 發射藥試驗.....	99
A 新幾何尺寸發射藥的試驗.....	100
(a) 發射藥的溫度射擊.....	100
(б) 濕度影響射擊試驗.....	102
(в) 發射藥機械強度試驗.....	104
(г) 以新砲管作發射藥射擊試驗.....	104
B 由新藥料製得之發射藥的試驗.....	107
(a) — (г) 溫度射擊, 濕度影響射擊試驗, 發射藥機 械強度試驗和發射藥以新砲射擊試驗.....	107
(д) 發射藥保存試驗.....	107
(е) 發射藥的大量射擊試驗.....	114
(ж) 發射藥化學試驗.....	114
10. 影響彈道性能的因素.....	115
(a) 全彈裝配時彈壳收口.....	115
(б) 部份藥包的裝配.....	116
(в) 閉 氣.....	116
(г) 由於砲膛磨損 v_0 降低時裝藥量的增加.....	118
(д) 化學雜質對 v_0 值的影響.....	121
11. 溫度高低對發射藥和彈道性能的影響; 熱帶用裝藥.....	124
12. 每組射擊結果的評定.....	127
13. 砲尾焰和砲口焰.....	132
14. 關於幾個特殊的發現.....	136
15. 無彈壳裝藥.....	140
16. 各種發射藥的評定.....	142
17. 特別事故的考察.....	144
18. 在發射藥方面的若干《發明》.....	146

附 錄

現代化發射藥的發展和性能

1. 歷史簡述.....	153
--------------	-----

2. 舊式無烟藥的缺點·····	154
3. 各國發射藥的製造·····	156
4. 現代發射藥的要求·····	157
5. 二乙二醇發射藥的發展·····	158
6. G 型發射藥的發展·····	163
7. G 型發射藥的質量·····	166
8. G 型發射藥的含熱量·····	171
9. 孤島里發射藥·····	174
10. 孤島里發射藥的質量·····	177
11. 展 望·····	179

第 一 章

發射藥裝藥的結構及性能

1. 膛內彈道學的基本知識

1346年在克列斯（索姆馬河口）的戰役中曾首次應用黑火藥發射。

當時對黑火藥掌握的很不够，所以雖然法國人使用了它，但仍被英國打敗（英法百年戰爭）。

隨後的五百年中黑火藥一直是各種槍砲的唯一的發射藥。直到現在黑火藥仍廣泛使用，但不是用於發射而是作為另外的用途。

從化學的觀點來看，黑火藥是一種成分並不複雜的物質，並可以它為例來確定現代發射藥的一些基本概念和規律性。

黑火藥是由74份重硝酸鉀（ KNO_3 ）、10份重硫（S）和16份重炭（C）組成的混合物。

若以常溫（ 15°C ）和壓力為一個大氣壓計算時每千克黑火藥燃燒時可生成約280公升的氣體。

但是當黑火藥燃燒時，在化學變化之後約剩有三分之一的固體，其中主要是碳酸鉀和硫酸鉀（ K_2CO_3 和 K_2SO_4 ）。

自然這些黑火藥燃燒後所剩之固體生成物對作用於砲彈的發射力沒有什麼影響，但是無益，甚而是有害的灰渣。

若將一千克黑火藥燃燒所生之熱用來加熱水時，則此熱量可使約665千克的水升高 1°C 。

因為使 1 千克水升高 1°C 所需之熱量稱為千卡，故黑火藥之含熱量約為 665 千卡/千克。

每千克黑火藥所析出之熱（665 千卡/千克）可使 280 公升氣體加熱至 2380°C 。在此溫度下氣體體積幾乎增加到 10 倍，即 2800 公升。

如果假設在砲彈運行前全部發射藥都燃燒完畢，且一千克的發射藥是在容積為一升的空間中燃燒，那末當燒燃生成之氣體為理想氣體時，則於藥室中所產生之壓力約為 2800 大氣壓。

實際上砲彈運行是在發射藥完全燃盡以前，因此發射藥氣體所生成之壓力即迅速減低。假設砲彈在砲膛內運行時，壓力增減過程中的平均壓力約為 1000 大氣壓。此時如果已知砲彈重量（10 千克）和砲彈在砲膛內的行程長度（2 米），則可計算出砲彈飛出砲口瞬間的初速（ v_0 ）。

因而需以發射藥氣體之平均壓力 p 乘以砲膛橫斷面 s 和砲管長度 l 。此積等於砲彈的動能：

$$psl = \frac{mv_0^2}{2}$$

式中

m —— 砲彈質量；

v_0 —— 初速（註）。

當砲膛橫斷面 $s = 100 \text{ 厘米}^2$ 時，則我們的例子可得出：

$$1000 \times 100 \times 200 = \frac{10}{1000} \times \frac{v_0^2}{2}$$

或

$$v_0^2 = 40 \times 10^8 \text{ (厘米/秒)}^2,$$

故

$$v_0 = 632 \text{ 米/秒}。$$

註：因次 $[p] = \left[\frac{\text{千克}}{\text{厘米}^2} \right]$ ； $[s] = [\text{厘米}^2]$ ； $[m] = \left[\frac{\text{千克} \times \text{秒}^2}{\text{厘米}} \right]$ ；

$[l] = [\text{厘米}]$ ； $[v_0] = \left[\frac{\text{厘米}}{\text{秒}} \right]$ —— 作者。

當然這種計算是十分近似的，並且其精確度主要是決定於發射藥氣體的平均壓力測定是否正確。雖然如此，但仍適用於概算，且能得到與真實數值相差百分之十的結果。

舉此例的目的是爲了藉此明確《膛內彈道學基本任務》，就是說：如何根據發射藥的性能、砲和砲彈的彈道數據來計算砲的威力，或者，在實際中更重要的是，根據戰術所需的砲威力計算出它的數據，以及裝藥火藥單體的形狀和尺寸。

從引證的例子中我們熟悉了以下幾種概念：

- 1) 發射藥的燃燒速度；
- 2) 發射藥的藥室容積；
- 3) 在標準狀況下 1 千克發射藥燃燒所生成的氣體體積；發射藥氣體的比容；

- 4) 發射藥的含熱量；
- 5) 發射藥氣體在砲膛內的最大壓力；
- 6) 砲彈在砲膛內運行時發射藥氣體壓力的變量；
- 7) 射擊時發射藥氣體壓力的平均值。

約在 50 年前，發明了一種所謂“無煙”藥。此名稱可惜已被大家公認，雖然並不十分正確，因爲現代用的發射藥決不是完全沒有煙的。

另一方面，“無煙”一字並沒表明現代發射藥的特殊性質，就是說沒表明使其與黑火藥相比而功能顯著增高的性質。

無煙藥之所以具有大的功能是由於以下三個原因：

1. 燃燒時該藥的全部質量幾乎完全變爲氣體；在現代的德國發射藥中一般只有 0.3~1% 的成分不變爲氣體。

2. 現代無煙藥的含熱量變動範圍很大；可製造含熱量由 1300 至 800 千卡/千克和更低的發射藥。

3. 無煙藥的燃燒速度不是固定的，而是增燃的。發射藥增燃的定義是燃燒時速度不斷增加，其改變幾乎與發射藥氣體的壓力成正比(註)。

註：此定義是不準確的，因爲發射藥增燃性的意義是在壓力不變時，由於燃燒面相對值的改變或者由於發射藥的性質使燃速增加，結果使氣體生成的速度增加。

——俄校者

發射藥的增燃性可以想像如下。發火最初瞬間，即還未產生發射藥氣體壓力時，藥的表層燃燒很慢。當第一層的燃燒將近結束時，即產生具有一定值 p_1 的發射藥氣體壓力；而第二層已在 p_1 壓力下燃燒，因而燃速較第一層要大，此時發射藥氣體壓力即達 p_2 ，該值自然比 p_1 要大，因此發射藥第三層之燃燒速度就更大，依此類推。

發射藥與炸藥的區別就是它具有增燃性。

如果說發射藥的作用是在射擊時將砲彈从砲膛盡可能安全地拋出，那麼，炸藥的作用就是藉撞擊作用以達到破壞的目的。爲了達到這一目的可以採用這種化學物質，其爆炸變化不是增燃性地發生，而是以很大的不變速度——由3000到8000米/秒發生。

如果畫出壓力與時間關係— $p=f(t)$ 的圖表，則可明顯的看出發射藥的燃燒過程。

前已述過，第一次近似計算中燃燒速度與發射藥的氣體壓力成正比，即：

$$\text{或} \quad \frac{dp}{dt} = \text{const} \times p,$$

$$\frac{dp}{p} = \text{const} \times dt.$$

將此式積分時即得出 $\ln p = \text{const} \times t$ (當 $t=0$ 和 $p=0$ 時，因爲大氣壓力與所生成的發射藥氣體壓力相比可取爲零)。

從上述的等式可得出

$$p = e^{\text{const} \times t}.$$

由後一式中可看出，如遵照所採用的燃燒規律且在燃燒過程中砲彈仍然處於靜止狀態時則壓力按指數增長。

當時間爲 t_1 時全部火藥燃盡，而壓力達到 p_1 值 (圖 1)；這時砲彈開始運行——此假定是十分近似的。

如果當砲彈在砲膛中運行時發射藥氣體絕熱地膨脹 (同樣是近似的)，則壓力的變化符合於普阿遜定律：

$$p \omega^k = p_1 \omega_1^k,$$

式中 ω_1 —相當於 t_1 時氣體的體積，而 ω — t 時的氣體體積。

設砲彈通過砲膛之距離為 l ，砲膛橫斷面為 s ，而砲彈在砲管中的加速度為 a ，則得：

$$\omega = sl,$$

$$\omega_1 = sl_1,$$

$$l = \frac{a}{2} t^2 \text{ (近似) }。$$

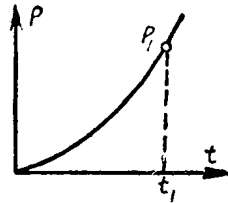


圖 1 氣體壓力變化曲線

因而，

$$p(sl)^K = p_1(sl_1)^K,$$

$$p\left(\frac{a}{2}t^2s\right)^K = p_1\left(\frac{a}{2}t_1^2s\right)^K,$$

$$pt^{2K} = p_1t_1^{2K}。$$

氣體壓力曲線可以絕熱曲線（圖 2）補充。

雖然作了許多概略的假定，但所得出的壓力曲線與實際曲線相差不多。

發射藥氣體壓力的實際曲線如圖 3 所示。

為了正確地比較這些曲線，需要估計到從前所設之一些假定。發射藥氣體壓力的實際曲線與圖 2 所示計算曲線之偏差是由於以下的原因：

1. 發射藥的燃燒速度與氣體壓力不是精確成正比。
2. 砲彈的運行不是在全部發射藥燃盡後開始，而是在這以前，因此在此相當於 p_{max} 的曲線頂點處曲綫即開始彎曲。
3. 發射藥氣體不是絕熱膨脹；發射藥氣體的熱，一部分因使砲膛壁和砲彈受熱而消耗，餘者就隨着排出的發射藥氣體逸出。
4. 部分發射藥氣體衝到砲彈之前，且比砲彈先出砲口（註）。
5. 部分發射藥氣體的能消耗於使彈帶旋入膛綫。
6. 以前所採取之砲彈行程公式 $l = \frac{a}{2} t^2$ 並不正確，因為發射藥

註：1926年柏林出版克蘭茨·П，著彈道學教程，第二冊，15頁。——作者

氣體壓力並不是固定的，因此砲彈的運行將不是勻加速度；因而 l 和 t 之間的關係就應有另外的形式。

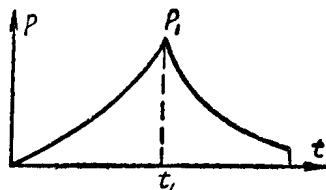


圖 2 氣體壓力曲線



圖 3 發射藥氣體壓力的實際曲線

氣體壓力曲線可以不根據時間 t 來表示，而根據砲彈所經過的行程 l 來表示（圖 4）。

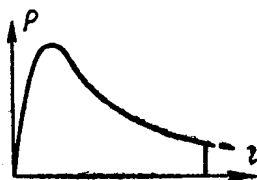


圖 4 以坐標 $P-l$ 表示的發射藥氣體壓力曲線

同時，如上所述，砲彈在砲膛中運行的每一瞬間，發射藥氣體的壓力與彈頭所通過的行程和砲膛橫斷面之乘積等於砲彈的動能。

因為發射藥氣體壓力不是常數，故與砲彈所通行程每一段相應的發射藥氣體壓力最終功以積分表示即：

$$s \int_0^l p dl = \frac{mv_0^2}{2}$$

尤其當 $l = l_n$ （砲口的）時，則

$$\begin{array}{c} l = l_n \\ s \int_0^{l_n} p dl = \frac{mv_0^2}{2} \end{array}$$

從這一關係中可測出砲彈的初速。

也可根據發射藥的常數大略地測出初速。例如，砲具有射擊用的

裝藥重量 $\omega = 1$ 千克，該裝藥發射藥的含熱量 $Q = 1000$ 千卡/千克(註1)，和砲彈重量為10千克。此時發射藥的總能量為 $Q \times \omega = 1000$ 千卡。

因為1千卡的熱功當量等於427 千克米，因而這時裝藥之總能量等於427000 千克米。

此能須等於砲彈的動能 $\frac{mv_0^2}{2}$ 。因此，將重力加速度 g 的值化整到10米/秒²時即得：

$$Q \omega \times 427 = \frac{mv_0^2}{2}$$

或

$$427000 = \frac{10 \times v_0^2}{20},$$

故

$$v_0^2 = 854000 \text{ 和}$$

$$v_0 \approx 920 \text{ 米/秒。}$$

但實際中所得之初速約為500~550米/秒。

如上所述，實驗數據與理論數據間產生顯著差別，是由於發射藥的能未全部變為砲彈的動能，而只是將近1/3或者33%的能變為砲彈的動能。故上式若改為下式則與實際更相接近：

$$\omega Q \frac{427}{3} = \frac{mv_0^2}{2}。$$

發射藥裝藥之其餘能量消耗如下：約22%的能量變成熱和後座能等為砲管吸收，而45%將近總能量的一半隨着發射藥氣體從砲口散出(註2)。此45%發射藥氣體的能主要是變為射擊聲音，因而是一種不希望的現象。

由此可見即在最理想的情況下，砲管之長度應能使發射藥氣體在

註：1. 例如輕型野戰榴彈砲就屬於這一類砲。——作者

2. 這與假定的係數值 φ 並不矛盾，因為在這種情況下指的只是總能量中的損失量。——俄校者。

射擊時擴散至出砲口時壓力為 1 個大氣壓。

以這種砲射擊時也許幾乎沒有聲音（當然彈道波所引起的聲音總是要發生的）。這種砲膛的長度大概將為 1 千米。

2. 發射藥單體的外形

我們再看一看發射藥氣體壓力的增加與時間的關係— $p=f(t)$ 。初速越大，砲管須越長，以便使砲彈不產生太大的加速度，因而，膛壓曲綫陡升也須越小，即發射藥燃燒須更為緩慢。初速越小，砲管應須越短，發射藥燃燒就應當越快（圖 5 和 6）。

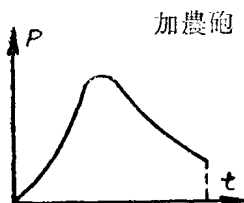


圖 5 加農砲（註）中的發射藥氣體壓力曲線

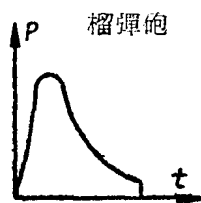


圖 6 榴彈砲中的發射藥氣體壓力曲線

如何能調節發射藥的燃燒速度呢？

必須注意到，發射藥具有呈平行層燃燒的性能。假設在理論上有這種情況，一些砲的整個裝藥是由尺寸為 $100 \times 100 \times 100$ 毫米³ 的立方形組成。

如果在 dt 時間內發射藥層已燃燒的厚度為 1 毫米，若不計立方形的稜邊，則這段時間中發射藥燃燒部分的體積為 6×100^2 毫米³ 或立方形體積的 6 %。因此在 dt 時間內發射藥氣體壓力的增長不大，並且壓力曲線也不是陡升的昇高。

假設將這立方體藥切成 2 毫米厚的薄片。因為這種藥片是從兩面燃燒，故在 dt 時間內全部裝藥都燃盡。

註：本書中所謂「加農砲」係譯自俄文「пушка」一字，並非單指加農砲，但譯者這方面知識缺乏，難因地置宜，希讀者注意。——譯者

發射藥氣體壓力很快地達到最大點，此時曲線將是陡升。已經確定，發射藥單體越小，發射藥燃燒的就越快，壓力曲線 $P=f(t)$ 上升就越陡。

換言之，發射藥燃燒的速度可以藉發射藥單體表面的大小而調節。

當研究裝藥在砲藥室中的燃燒過程時必須估計到第二種情況：在發射藥燃燒時砲彈即開始運行。彈後空間漸漸地擴大；發射藥氣體的壓力，因而，也就是使砲彈運行的力量要比砲彈處於靜止狀態時為小。

若要避免這種情況，就必須使發射藥的燃燒速度逐增，即使藥的燃燒表面不斷增大。

雖然這個問題也許純粹根據數學計算可得到解決（例如將發射藥單體作成立方體或具有許多小孔的圓柱形），但實際上由於許多原因這樣並不妥當。美國所採用的是七孔粒狀藥（七孔小圓柱藥），實際上未表現出任何特殊的優點，且由於製造煩雜而未能得到廣泛採用（註1）。因此在選擇發射藥單體的形狀時首先必須要求在燃燒過程中發射藥燃面至少不應減少，就是說實際上幾乎保持不變。這是現代發射藥設計的基本關鍵。

已經確定，管狀藥單體最符合於這種要求。若管狀藥的外徑（註2）為 R ，內徑為 r 和長為 l ，如將藥管上下切面（註3）略而不計，則其表面為：

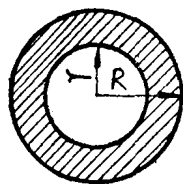
$$S=2\pi l(r+R)=2\pi l(r+R)。$$

若藥管從外部和由內部均勻燃燒時經過一段時間燃掉的層厚為 d ，則管內半徑為 $r+d$ ，外半徑為 $R-d$ ，因此：

$$S=2\pi l(r+d+R-d)=2\pi l(r+R)，$$

亦即藥的燃面仍未變；因此管狀藥是最好的一種發射藥。

假設把管狀藥縱剖開，展後成一平面，則得出條狀藥亦稱作「帶」



註：1. 這種斷言是錯誤的，因為此種粒狀藥的製造簡單，以及用它製造和裝配裝藥也簡單正是它優於其它藥的優點。——俄校者

2. 此處的外徑、內徑可能為外半徑、內半徑之誤。——譯者

3. 只是對於相對長度比較大的管狀藥來說方可忽略不計。——俄校者

狀藥》St. P. (Streifenpulver)。這種藥的燃燒若不計算其稜邊燃面時，也是一種恒燃面。但實際上稜邊很長，具有很大的燃面，因而不能略而不計（註）。

雖然如此這種形狀發射藥仍是很好的一種，因為它製造簡單，故在外國廣泛採用，但是僅用於小口徑的砲。

帶狀藥有下列缺點：

1. 爲了使裝藥不佔據很大位置，必須將一條條的帶狀藥互相壓緊，因而裝藥困難。

2. 由於藥帶放置緊密，火焰很難穿過裝藥引燃，這點可能增大初速誤差；因此大口徑加農砲不採用帶狀藥。

在加農砲上使用管狀藥，縮寫符號爲R. P. (Röhrenpulver)。這種發射藥亦可用於榴彈砲和臼砲的大型裝藥上。

從發射藥的觀點來看，採用管狀發射藥的砲應屬於加農砲類。現代的榴彈砲和臼砲具有相當大的威力，故在採用大型裝藥時可以將它們看作加農砲。

如果以管狀藥作中間裝藥（中型裝藥及小型裝藥）由榴彈砲射擊時，即可發現發射藥十分慢而且不正確地，或是不完全地燃燒。不完全燃燒的程度竟能達到這種程度，甚至從砲口可噴出燃燒着的管狀藥。因此作中間裝藥的發射藥應製成具有很大大燃燒速度的發射藥，這可以藉增加燃燒面而達到，亦即將發射藥破碎爲較小的單體。

此種發射藥的一般形狀爲不大的方形薄片。因此它稱爲片狀藥，或縮寫爲Bl. P. (Blättchenpulver)。類似此種的發射藥不須要作成藥包。

片狀藥裝藥時是將發射藥散裝到專用藥包中。因此將它簡稱爲《散（粒）藥》。

發射時，片狀藥既從方形的上下兩面燃燒，同時也從各稜邊燃燒，因此在燃燒過程中其總表面積是在逐漸地減少。此種發射藥具有很大的燃燒速度，所以能起很大的輔助作用。

註：帶狀藥幾乎是恒燃面。——俄校者