

高等學校教學用書

# 火藥學

A. Г. ГОРСТ 著  
鍾以文 譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



火 藥 學

A. Г. 高斯特著  
鍾以文譯

高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立國防工業出版社（Государственное издательство оборонной промышленности）高斯特（А. Г. Горет）著“火藥學”（Пороха и взрывчатые вещества）1949年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校教學參考書。

本書簡要地論述了火藥理論，猛性炸藥，起爆藥，點火點爆材料及發射藥和火工術等。

本書除作高等學校教材外，可供中等專業學校和軍事學校學生閱讀，並可供設計局和製造兵器彈藥工廠的工作人員參考。

本書由鍾以文譯。

## 火 藥 學

書號337(課314)

高 斯 特 著  
鍾 以 文 譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

〔北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號〕

新華書店總經售

商務印書館印刷廠印刷

上海天通菴路一九〇號

開本850×1168 1/32 印張7 10/16 字數 176,000

一九五五年七月上海第一版 印數 1—2,500

一九五五年七月上海第一次印刷 定價(8) 1.16

## 序

在現今砲兵技術情況下，火砲、步兵兵器和彈藥設計師應當要具有發射藥、炸藥和火工術領域內的一定知識；須通曉砲兵和步兵兵器的彈藥構件之結構，以及射擊時所發生的諸現象。

爲了使設計師所需的這些知識的性質更明確起見，乃簡要地研討彈藥構件，隨而論到與由發射裝藥點火時起以至砲彈擊中目標爆炸時爲止的射擊現象同時發生的一連串事實。

爲了進行射擊，就必須使發射裝藥點火；點火係以火焰來進行，而火焰則得自火帽（步兵兵器、飛機平射砲、迫擊砲用）；火帽和少量黑藥裝藥接合而成的底火（砲兵兵器用）；門管（藥袋裝填的火砲用）；電點火管（火箭式兵器，如火箭彈用）以及其他火具。由火帽、底火、門管以及電點火管等等而生的火焰直接地或藉傳火藥之助以點燃發射裝藥。由此可見，通曉彈藥的這些構件和其中所含的擊發劑或其他藥料是設計師所必需的。這些知識述於“起爆藥”，“點火點爆材料”和“黑藥”諸章。

發射藥燃燒時，在砲管（兵器）膛內發生的諸現象係在專業課程（內彈道學）中所研討者。爲便於研究內彈道學，則須具發射藥的知識和炸藥理論的某些學識。此在 I—VII 和“膠質發射藥”各章中論之。

砲彈離開砲膛後的運動法則，係外彈道學所研究之事。

在彈道終點（目標附近）起作用的砲彈，按其用途和作用是多種多樣的。現代戰爭中廣泛採用裝填猛性炸藥的爆破砲彈、高猛砲彈、空底砲彈和穿甲砲彈。這些必需的知識述於“猛性炸藥”一章中。

在現代戰爭裏，大量使用燒夷彈、照明彈、信號彈和曳跡彈。

設計師必須具備裝填這些彈丸的火工藥料知識。此載於“火工術”一章中。

要使所有這些砲彈起作用，就須有一特殊機構，即點火引信（或稱藥盤引信）和引信是，而引爆連鎖（或稱引爆順序）的構件是這類機構的最重要的部份。火帽、雷管、擴燒藥、延期藥、傳爆劑、特殊時間引信延期藥等屬之。顯而易見，設計師設計一引信或點火引信時，不僅應當正確選擇引爆連鎖的構件，同時亦要能夠在鑑定試驗時，根據受試的一批新構造引信之試驗結果，而判斷在這些試驗時可能有的缺點的原因，並將這些缺點加以消除。

關於這些引爆連鎖構件的簡要知識，述於“起爆藥”和“黑藥”二章中。

前七章所述的火藥理論知識為學習其餘各章所必須者。

在工作過程中，承砲兵科學院院士 К. К. 斯尼特柯(К. К. Снитко)，砲兵科學院通訊院士 Ф. А. 包門(Ф. А. Бауму)，博士 К. К. 安德烈夫(К. К. Андреев)教授，博士 А. Ф. 畢雅耶夫(А. Ф. Беляев)教授，技術科學候補博士 И. Е. 莫依薩克(И. Е. Мойсак)、А. А. 希德洛夫斯基(А. А. Шидловский)、Н. С. 普札依(Н. С. Пужай)、В. Д. 哈佐夫(В. Д. Хазов)等副教授，和化學科學候補博士 Д. И. 圖馬爾金(Д. И. Тумаркин)等對原稿提出了寶貴的指示和意見，著者謹致以謝忱。

著者希望讀者提出批評和意見，以便今後修訂本書時採納和考慮，則不勝感謝。

А. Г. 高斯特 1949 年 10 月於土拉。

# 目 錄

## 序

## 歷史概述

第一章 爆發體系的通性	19
1. 定義	19
2. 決定化學爆發可能性的條件	20
3. 火藥能與燃料能的比較	22
4. 爆發變化現象的分類	23
5. 火藥的分類	24
第二章 火藥的感度和初衝量	29
1. 定義	29
2. 火藥感度的由來	29
3. 初衝量的形式	32
4. 影響火藥感度的因素	39
第三章 火藥的安定性及其測定法	43
1. 火藥在儲存期間的變化	43
2. 火藥的理化安定性	44
3. 決定火藥化學安定性的諸因素	45
4. 化學安定性的測定	46
5. 火藥化學安定性的意義	49
第四章 爆發變化的速度	51
1. 發射藥燃燒過程	51
2. 氣態體系爆發的發生和傳播	55
3. 凝聚狀態體系爆發的發生和傳播	58
4. 激波	61
5. 爆轟流體動力學理論的概念	64
6. 影響爆轟穩定性的各種因素	65
7. 影響爆轟速度的各種因素	68
8. 殉爆	71
9. 激波的破壞作用及安全距離	72

10. 空底作用和空底裝藥 .....	73
<b>第五章 爆發產物的比容、爆熱、爆溫 and 爆壓 .....</b>	<b>75</b>
1. 氧平衡和氧係數 .....	75
2. 火藥分解反應方程式的作法 .....	76
3. 火藥分解氣體產物的體積 .....	81
4. 爆發變化的熱量 .....	83
5. 爆發溫度 .....	85
6. 爆發壓力 .....	88
<b>第六章 火藥的功能和猛度 .....</b>	<b>95</b>
1. 火藥的功能 .....	95
2. 火藥的猛度 .....	97
<b>第七章 猛性炸藥 .....</b>	<b>100</b>
1. 硝酸酯類 .....	102
2. 硝基化合物 .....	103
3. 爆發性混合物 .....	113
<b>第八章 起爆藥 .....</b>	<b>117</b>
<b>第九章 點火點爆材料 .....</b>	<b>122</b>
1. 爆燃品分類 .....	122
2. 火帽和火砲裝藥發火件 .....	123
3. 雷管 .....	141
4. 電點火管和電雷管 .....	148
5. 導火索 .....	150
6. 導爆索 .....	150
7. 迷燃導火索 .....	151
8. 火繩 .....	152
<b>第十章 膠質發射藥 .....</b>	<b>153</b>
1. 通論 .....	153
2. 膠質發射藥分類 .....	155
3. 硝化棉 .....	156
4. 硝化棉發射藥 .....	161
5. 硝化甘油發射藥 .....	173
6. 火藥藥的特徵 .....	178

---

7. 代用無烟火藥 .....	181
8. 裝藥和傳火藥 .....	182
9. 砲膛的侵蝕 .....	187
<b>第十一章 黑藥 .....</b>	<b>196</b>
1. 黑藥成分和其組成物的功用 .....	196
2. 黑藥製造概要 .....	197
3. 黑藥性質 .....	197
4. 黑藥種類 .....	198
5. 黑藥與膠質發射藥的主要區別 .....	200
<b>第十二章 火工術 .....</b>	<b>202</b>
1. 火工藥料的組成 .....	202
2. 對火工藥料和火工品的一般要求 .....	205
3. 火工藥料的特性和試驗 .....	205
4. 照明劑 .....	207
5. 夜效信號劑 .....	212
6. 晝效信號劑 .....	216
7. 烟霧劑 .....	217
8. 曳跡劑 .....	219
9. 燒夷劑 .....	221
10. 引燃劑 .....	225
11. 火工品的試驗 .....	226
<b>中俄名詞對照表 .....</b>	<b>228</b>



## 歷史概述

發射藥和炸藥的發展，正如所有其他科學技術領域的發展一樣，首先是依賴於生產力的發展。

發射藥和炸藥的發展是一方面，火砲的發展是另一方面，而二者是互相關聯的：發展了的火砲向發射藥和炸藥提出要求；發射藥和炸藥的改進也常常對火砲的發展產生很大影響。所以發射藥和炸藥進展的主要階段與火砲歷史的主要階段一致是十分自然的，而這些階段與國家經濟發展的階段和它的生產力增長也是一致的。

所以我們按照火砲發展的基本階段而分發射藥和炸藥的歷史為下列三部份：

1. 火器前時代中的燒夷劑。
2. 滑膛砲時代中的發射藥和炸藥。
3. 膛線砲時代中的發射藥和炸藥。

### 1. 火器前時代

火器前時代，包括從古代至十四世紀火器出現為止的一段時期。這個時期依次包含原始、奴隸和大部份封建社會。

在這些社會形態的時期中，技術發展是非常遲緩的。例如，弓為原

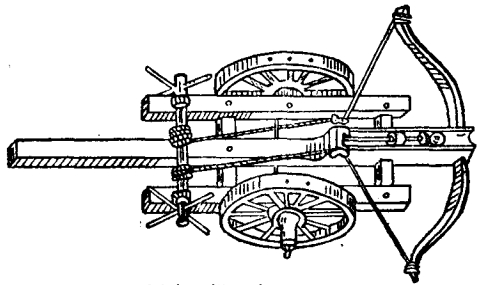


圖1. 拋車。

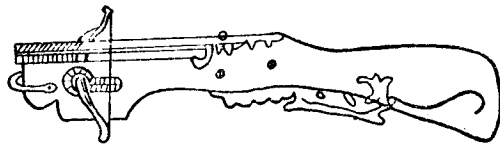


圖 2. 弩。

始人的主要發明，自其出現直至適於軍用的拋石機之發明，大約即經歷了若干千年。

在弓與拋石機陸續發展的過程中(中國在周時有“飛石”，後漢有“霹靂車”，六朝有“礮石”，宋朝有“礮車”一類的拋石兵器——譯者)，出現了“拋車”(аркбаллиста)和弩(арбалет)(圖 1, 2)①，最後又出現了彈槍(аркебуз)——為後來輕兵器和火炮的原始形式。

**含硝藥料** 在弓和箭出現很早以前，人們已開始用火。用火後的若干千年，還在遙遠的古代，在紀元前數百年以前，中國已發現硝石。中國人也首先發現硝石的助燃性質，並且利用它來製造燒夷劑，後來用以製造當作拋射箭用的火箭②。

關於硝石的知識和其用途，是由中國傳至印度，後經印度傳入阿拉伯和希臘。

在一千五百年當中，發生了含硝藥料(燒夷劑用的和後來火箭用的)逐步改善的過程，就是逐漸改善各組分的配合比例，同時成分的粉碎和混合的加工方法也漸次改進，其結果，就得到了一種在當時還不知道具有爆發性的物質——火藥(即現在的黑色火藥)。

**火器的祖先** 火藥出現是火器可能產生的必要前提。在另一方面，這種可能性已由火器前時代中拋射武器的發展而準備好了。其實，由弩和彈槍本身的許多特徵看來，就很快令人聯想到後來的

① 本書插圖 1, 2, 31, 53, 58 及 64 各圖係譯者所加，書中圖碼已參照原書及譯者所加插圖予以改編。又圖 1 及圖 2 係採自俄國軍事百科全書(1911)三卷 2 頁，26 頁。——譯者註。

② 唐朝(約在紀元 600 年)煉丹家孫思邈在其所著“丹經”中，已有類似火藥成分的方子。至紀元 1000 年左右已把火藥作為戰劑，在宋時已大規模設廠製造火藥。——譯者註。

輕兵器<sup>①</sup>。弩同彈槍在拋射箭時和彈槍在拋射彈子時，是利用牛筋或牛腸製成的弦因受緊張而產生的彈力。如將這種武器的弦力代以火藥燃燒時瞬間生成氣體的彈性力，即能夠得到輕兵器。

每次射擊前須緊拉弓弦；這樣就要消耗相當大的體力和時間。

當用輕兵器射擊時，就勿需進行此種類似的工作；拋射彈丸時所需的力，靠儲藏於火藥中的能量而來，且彈藥的裝填也是簡便而迅速的。

顯而易見，當火藥在密閉空間內爆發所生氣體的主要特性一經認識後，不可避免地在思想上就會引起要用火藥氣體所作的功來代替緊張弦的功。當未得到適於戰場上實用的輕兵器的時候，就需要相當長久時期的創造性工作<sup>②</sup>。

## 2. 滑膛砲時代

這個時代包括十四世紀前半期至十九世紀中葉。

西歐出現火器約在十四世紀前半期。火藥和火器於 1389 年初次在莫斯科露西亞的德米特里·伊萬諾維奇·頓斯基侯國中出現，當時已開始製造它們。伊凡三世大公在莫斯科建立“大砲廠”。有才能的機師在這裏很快就被提昇。他們製造了許多新穎武器並且遠遠地超過外國機師的成績。

**中世紀的火藥** 從這個時代開始約至十九世紀中葉，幾乎有 500 年之久，其間未曾發現過實際上供拋射用，或裝填榴彈用，或者是供爆破工程用的一種新式炸藥。這就是說明發射藥和炸藥發

① 弩射擊時，箭在槽中進行。彈槍則用圓管代替槽；不只可射箭，也可射彈子。

② 中國在 1132 年已發明管狀射擊性武器，稱為火槍，火槍為一長竹竿，二人執着，先裝火藥於竹管內，再用火點燃發射出去。至 1259 年時則已發展可以拋射子彈的突火槍了。所謂突火槍是“以鉅竹為筒，內安子窠，如燒放焰絕，然後子窠發出如砲，聲遠聞百五十餘步”。子窠即是原始的子彈，而突火槍也就是現代槍砲的祖先——譯者註。

展的可能性是與自然科學，首先是與化學的發展成平行的。化學如其他許多科學一樣，在中世紀的發展是非常遲緩的。科學的發生和發展是由於生產的要求和人們實際的需要；科學服務於實際，而實際又指導科學且刺激它發展。但是，在中世紀時歐洲工業的特殊情況，是很少能促進科學技術發展的。這種工業具有保守和狹隘的特性，即以其中的化學工業而論，它用以調製藥劑的處方，是一代相傳一代的；因此缺乏改良生產的意圖，從而缺乏對科學技術發展的刺激。

**尋求威力強大的火藥** 在十八世紀後半期，由於工業資本主義強大發展，在一些歐洲國家中發生了需要威力較大的火藥之要求，這種火藥的威力要強於當時礦業和軍事上所用的有烟火藥（即黑色火藥）。這就說明從十八世紀末葉起就進行尋找以求得這種火藥的目的所在。

1786年法國化學家貝多萊（Бертолле）發現氯酸和氯酸鹽類，他首次嘗試要製得威力較強的火藥。他企圖製造由氯酸鉀、木炭和硫磺的混合物所構成的火藥。在發生幾次意外爆炸，和嚴重的人員傷亡（在混藥時炸死參觀者二人——譯者註）後，實驗即被終止。

貝多萊的失敗的原因，是由於該時無機化學的基礎方奠定，尚不足以創造新的發射藥和新的炸藥。正如科學往後的發展所證明，要達到上項目的，就必須要有化學的新部門（有機化學）出現。但是，有機化學僅從十九世紀二十年代末才開始發展起來。

**硝化棉與硝化甘油的發現** 只有在有機化學的成就基礎上，1846年才有兩項卓越發現的可能，這就是硝化棉和硝化甘油的發現。這兩項發現是發射藥和猛性炸藥往後發展的基礎。

硝化棉的發現成爲火藥歷史上的轉折點，並導致無烟火藥的發明。十九世紀採礦工業廣泛發達起來，硝化甘油乃應運而生，也

使火藥的歷史有了同樣重大轉折，這就是導致硝化甘油的使用和爆轟現象與猛性炸藥的發現。

**發射藥的點火法** 從十四世紀最初型式的步兵兵器起以至十九世紀前期，約經500年，點火的火焰是經“導火孔”傳給發射藥的。兵器具有一點火用的小孔，這個孔向外擴大，並為導火的火藥裝配一火藥池。起初用原始方法藉一塊陰燃的木炭來點燃導火藥，往後用燒紅了的鐵條，再後則用火繩。點火方法的改進是很慢的：十五世紀出現原始的火繩發火機，十六世紀出現火星發火機，此機開始為摩擦子式的，後來為小齒輪式的。

燧發機是比較完善的，這種發火機是在步槍發火機發展的後一階段發明的。該發火機的構造比轉輪式發火機簡單些；扳機下落打着嵌在機唇間的火石即發生火星，機唇安置在裝有導火的火藥的火藥池上面。

俄國在1701年彼得一世時，始於軍隊中採用燧發機，用了將近150年，直至克里米亞戰爭之前。

雖然燧發機比火繩發火機完善些，但也具有許多嚴重缺點。所以十八世紀末和十九世紀初便行研究以求點火法之改善；因此遂導致火帽的發明和撞擊機構的引用。

點火問題之能夠解決，是由於化學已有了發展所致，特別是有貝多萊鹽（即氯酸鹽——譯者）的發現。氯酸鹽發現後數年，1793年有蘇格蘭人富爾薩特（Фуркайт）利用一種受打擊時容易爆炸，同時能夠產生點燃發射藥的火焰的混合物進行實驗。這種混合物稱為擊發劑（或稱為爆粉）。試驗成功，於是在1807年就取得了以氯酸鹽混合物作為擊發劑的專利權。為了製造它們的工作安全計，混合物在混合時加水使之潮濕，製成小粒，或大小如碗豆狀的小球或藥片。粒子、小球、藥片皆塗以蠟。

為了適應這種初期的原始的火帽，遂發明特殊的發火機。此

機的扳機具有一撞針，撞針向放有爆發性的藥片或小球的導火窪穴碰擊。

這些藥片和小球在實際使用上有重大缺點(攜帶危險，容易從導火孔脫落等等)。1815年英國砲兵專家伊格(Игг)將擊發劑壓入金屬小帽中，上項缺點乃大為消除。這樣就發明了火帽。

火帽出現，引起了發火機新的變化；往時的導火窪穴為導火柱所代替，導火柱具有一突起部，火帽即套在其上。扳機下落時，撞針擊中火帽，火帽的擊發劑乃發火，這時所生的火焰則點燃發射藥。

火帽首先為打獵者廣泛採用(正如槍的其他任何改進一樣)，而引用於軍用槍上，則曾遭受許多反對，因此，一些西歐國家採用火帽發火槍係在十九世紀30年代和40年代之初期。

俄國在1840年採用火帽槍(李紀氏騎槍 Литихский штуцер)；但這種槍在俄國軍隊中是很少的。1844年方決定將燧發步槍改造成火帽槍；但這種改造進行太慢，以致於1854—1855年的克里米亞戰爭中大部份俄國步兵仍配備滑膛燧發槍。

雷汞在1800年發現，1831年起幾個歐洲國家才在火帽的擊發劑中採用雷汞。

俄國在1843年起方在鄂赫汀斯克(Охтенск)火藥廠中製造火帽，1867年開始用雷汞於擊發劑中。

在俄國工廠中製造火帽是與俄國學者和專家們之努力分不開的。在這個作業上起着顯著作用的是索洛寧(А. А. Соловьев)的工作。

### 3. 膛線砲時代

膛線砲時代包括十九世紀至現代。

砲(由滑膛砲轉到膛線砲)和發射藥與炸藥發展的巨大成就是以經濟迅速發展和物理、化學、數學、機械在十九世紀所獲得的偉大成就為先決條件的。

由滑膛砲過渡到膛線砲 旋狀膛線(或稱來復線)從十七世紀起早已爲人所週知。當時已指出具膛線的槍發射時的射擊精確度較滑膛槍爲佳。後來膛線槍的其他許多優點被確定了。但因缺乏實現它的物質條件,該項發明雖經長久時間亦未能實現。十七世紀的機械製造不能保證大量槍管皆具膛線,而在當時製造膛線的工作是用手工的。爲了可能大量生產膛線槍,還要在二百年內大量發展科學、技術和工業。西歐之用膛線槍起自上世紀30年代;並與此同時而產生了用火帽來點火發射藥以代替燧發機的擊發裝置。直至40年代許多陸軍才配備火帽發火的膛線槍(騎槍)。俄國在克里米亞戰爭後,完成了轉到火帽膛線槍的工作,並在1856年名此新型的膛線槍爲“步槍”。

正如許多其他情況一樣,步兵武器的改良對砲兵發展有着巨大影響。膛線槍使步兵火力的精確度大增,射程增至1200步。砲兵這時的裝備仍保持着射程爲600—700步的舊式滑膛砲。所以砲兵大受步兵火力的損害。從而對砲的射程方面發生了要求。使得幾個歐洲國家差不多同時引用膛線砲的重大作業就開始起來。俄國在1860行實行。

由於膛線砲的採用,射程增加至3—3.5千米是成功了,而新砲的精確度在射擊一千米遠時,約超過滑膛砲的精確度五倍。但是,砲兵的技術並未停滯在這個上面。由於渴望增高砲兵和步兵火器的彈道性能,乃盡力強調早就提出的任務之意義,這個任務就是要發明比舊式有烟火藥(即黑藥)威力更大的發射藥。

應用硝化棉供射擊的嘗試 硝化棉一經發現,立即引起軍事家們的興趣;遂立刻進行各式各樣的實驗,企圖研究以硝化棉來代替黑藥供射擊之用;這些實驗方開始有點成績,便引起一些國家建立硝化棉廠。1847年奧地利一廠爆炸,並且連年在法國和其他國家中皆有硝化棉廠發生爆炸。

硝化棉自然分解是這些爆炸的原因。無論實行最精細和最繁雜的洗滌，也未能得到長期安定的硝化棉。

在此以後，阿伯爾(Абель)於 1865 年，實行將硝化棉在打漿機中切碎，藏於硝化棉纖維微細管中的殘酸方有洗淨的機會。同時他採用檢驗硝化棉化學安定性的方法。由於這些改進，就消除了硝化棉自然分解所引起爆炸的危險。

應用硝化棉作拋射藥(即作發射用)的初次實驗，是很少有成就的。主要的困難，在於用鬆散硝化棉發射時，其燃燒是異常迅速而且又不平衡，結果產生很高的壓力，乃造成火炮炸裂。除此之外，用硝化棉發射時所得的散佈界甚大。雖然如此，在 50—60 年代期間，仍繼續企圖要用硝化棉來代替黑藥供發射之用。由於武器的發展，就顯示出對新式無烟火藥有特別強烈要求，因此，這種工作在 70 年代遂加強起來。

**對無烟火藥要求的出現** 上世紀 70 年代為求增加輕火器的發射速度起見，乃進行了許多重大工作來製成彈倉槍。

工作結果，一些國家就製出速射彈倉槍。但用射擊來作比較實驗時，在命中點的絕對數方面，彈倉槍一點也不優於單裝槍。其原因係彈倉槍所產生的烟，在快速射擊時，來不及散開，射手看不清標的所致。

因此，兵器作業的實踐，十分迫切地提出了尋求微烟或無烟發射藥的任務。

**無烟火藥的發明** 以硝化棉為基礎來製造適於代替彈倉槍所用黑藥發射藥，在若干極其多樣的和很少成功的試驗之後，法國人維愛益(Vieille)終於在 1884 年試驗成功，發明硝化棉無烟火藥，從而解決了前述的問題。

這個發明是用醇醚混合溶劑來處理硝化棉使其膠化。由所得的膠體再製出粒狀火藥供步槍發射用，後來又用它製成帶狀藥供



火砲發射用。

用這種方式製得的發射藥，由於它本身組織緻密，乃作平行層燃燒，因而用改變藥粒厚度的方法，可以控制發射裝藥燃燒的時間。

法國人對於維愛益的發明嚴守秘密，僅知新火藥是膠質物，由易揮發的溶劑將硝化棉加工而成；某些報道也談到這個火藥的彈道性能。火藥的成份和形狀人們仍無所知。因此俄國陸軍部才委託著名化學家門德雷也夫(Д. П. Менделеев)來揭穿這種火藥的祕密，他如此迅速地解決了這個問題，以致在 1891 年遂開始了無烟火藥的工業製造。

門德雷也夫對俄國火藥事業的發展所起的作用並不限於此；他提出用酒精除去硝化棉中水份的方法，而使除水操作簡化，並獲得安全；他製出了新式的所謂焦棉(含氮量 12.5—12.7% 的可溶性硝化棉——譯者註)的火藥。在俄國，許多科學家和專家都參與了火藥事業的繼續發展工作。蘇欣斯基(А. В. Сухинский)在製藥技術上實行了將製成的藥用水浸漬以去溶劑的浸藥法，而使製藥時間大為縮短。尼柯爾斯基(В. Н. Никольский)在十九世紀末第一次建議使用二苯胺作為硝化棉火藥的安定劑，以增高火藥的化學安定性。

在以後的工作中，必須指出札哈羅夫(И. Н. Захаров)、卡拉切夫(З. В. Калачев)、薩波尼柯夫(А. В. Сапожников)、基斯涅姆斯基(Г. П. Киснемский)以及蘇聯專家和學校等的研究工作。

彈倉槍的發射速度問題，由於用無烟火藥即告解決。同時，應用無烟火藥可以減小步槍口徑(因為從前有大量黑藥殘渣在槍膛內，清掃很困難，用無烟火藥則易於清掃)。自改用無烟火藥起，槍彈初速由 420 米/秒增至 615 米/秒；並相應地增加了槍彈的射擊精確度、彈道低伸性和侵徹力。