

A. A. 希特洛夫斯基 著

烟火学原理



国防工业出版社

烟火学原理

A. A. 希特洛夫斯基 著

諸葛嵩 沈玉华 译



国防工业出版社

本書为高等学校化工系学生的教材。其中包括关于烟火药的計算及性能的主要知識。本書对烟火药工厂的工程技术人員及从事烟火或烟火有关的科学工作者亦有参考价值。

А. А. Шидловский
ОСНОВЫ ПИРОТЕХНИКИ
Государственное
Издательство Оборонной Промышленности
Москва 1954

本書系根据苏联国防工业出版社
一九五四年俄文版譯出

烟火学原理

〔苏〕 А. А. 希特洛夫斯基 著
諸葛嵩 沈玉华 譯

*

国防工业出版社出版

北京市書刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

*

850×1168 耗 1/32 • 9²/₁₆ 印張 • 插頁 1 • 233 千字

一九五八年七月第一版

一九五八年七月北京第一次印刷

印数: 1—1,360 册 定价: (10) 1.80 元

序 言

近来烟火具及烟火剂在軍事上得到了广泛的应用。由于烟火学已发展为一門独立的科学，因此很早就已不用手工业方法来制造烟火具了。现在研究烟火药是采用复杂的仪器和最新的物理和物理-化学的方法。因而烟火专家必須掌握广泛的知識。

烟火学中存在着一系列的規律性，这些規律性仅运用其相近的科学領域內所获得的知識来导出和确定是困难的。因此現代的烟火学应看作是一門独立的知識領域，需要独立的科学文献和教学文献。

本書的第一篇論述了所有烟火剂的构成原理及其分类和理化性能。

本書的第二篇分別地論述了每种烟火剂和其特有性能以及對它們的要求。

本書于1943年由国防工业出版社初版。出版后的几年中証明，該書不仅对专科学生有益，并且对工程师及科学工作者亦有裨益。

本書再版时，作者考虑到對該書必須作一些适当的修改和补充一些新的資料。当本書准备再版时，許多章次均作了根本修改。第十四章“摄影剂”是由斯大林奖金再次获得者И. И. 維尔尼杜勃（Вернидуб）工程师写成的，第十三章中的第六节“照明制品的光度測量”是由工程师 А. В. 斯密丹（Сметан）写成的。

本書还增添了新的章节：俄罗斯烟火学发展史的概要，第二十一章中叙述无气体药剂和烟火剂在国民經济中的应用兩节。

作者在本書中指出了俄罗斯学者在將烟火学发展成一門科学的工作上所起的优先和主导作用。

屬于現代有关烟火剂和烟火具制造和性能本身的文献极为有限，而从事烟火工作的工程师或科学工作者所需的知識領域却极

廣，他們必須經常和一些有關的知識領域相接觸，如燃燒化學、燃燒物理、熱化學、光學、色學、礦物鹽化學、粉末冶金學、樹脂化學、顏料化學及其它等。

因此，在本書中每章末均附有有關上述知識的現代文獻。這些文獻對煙火工作者是必需的。

И.В. 彼斯脫洛夫、И.И. 維爾尼杜勃、Н.Ф. 瑞洛夫、В.Г. 伯夫柳申和 И.М. 波卡爾斯基在校閱手稿中提出了寶貴的意見，使得能避免許多錯誤及不正確的地方，作者對他們表示衷心的感謝。

由於缺乏有系統的教材，因此要編著一本適合高等工業學校教學大綱的教本是一件極為艱巨的任務。作者將對指出本書疏漏及缺點的讀者致以感謝。

作者

目 录

序 言.....	V
俄罗斯烟火学发展史的概要	1

第 一 篇

第 一 章 关于烟火具和烟火剂的一般概念	7
§ 1. 烟火具和烟火剂的分类.....	7
§ 2. 药剂的燃烧.....	9
§ 3. 对烟火具和烟火剂的要求.....	11
§ 4. 烟火剂中各种成分的用途.....	13
第 二 章 氧化剂.....	14
§ 1. 氧化剂的选择及分类.....	15
§ 2. 氧化剂的理化性能.....	17
§ 3. 氧化剂的吸湿性.....	22
§ 4. 对氧化剂的技术要求.....	25
第 三 章 可燃物.....	27
§ 1. 可燃物的选择及分类.....	27
§ 2. 可燃物的物理化学性能.....	30
§ 3. 对可燃物的技术要求.....	36
第 四 章 粘合剂.....	39
§ 1. 使药剂紧密的方法。粘合剂的用途.....	39
§ 2. 压制好的药剂的强度试验.....	40
§ 3. 影响压制好的药剂强度的因素。粘合剂的分类.....	42
§ 4. 粘合剂的理化性能.....	44
§ 5. 加入药剂中的粘合剂的数量.....	48
第 五 章 烟火剂的组成和计算原则	50
§ 1. 二元混合物的组成及计算.....	50
§ 2. 三元和多元成分混合物的组成及计算.....	53
§ 3. 负氧差药剂的计算.....	55
§ 4. 金属氧化物的药剂和含氮有机化合物的发光信号剂	

	的計算.....	57
第 六 章	烟火剂燃燒反应的热效应	60
§ 1.	燃燒反应热效应的計算.....	60
§ 2.	燃燒反应热效应的实验測定法.....	63
§ 3.	烟火剂用途与其燃燒反应热效应之間的关系.....	66
第 七 章	烟火剂燃燒反应的气态生成物	67
第 八 章	烟火剂的燃燒温度	71
§ 1.	药剂燃燒温度的計算.....	71
§ 2.	燃燒反应温度的实验測定法.....	81
§ 3.	药剂用途和燃燒区最高温度之間的关系.....	85
第 九 章	烟火剂对热和机械作用的敏感度	86
§ 1.	烟火剂对热作用的敏感度測定.....	87
§ 2.	烟火剂对机械作用的敏感度測定.....	91
§ 3.	影响药剂对各种初次冲击的敏感度的因素.....	95
第 十 章	烟火剂的燃燒历程和影响燃燒速度的因素	100
§ 1.	烟火剂的燃燒历程.....	100
§ 2.	影响药剂燃燒速度的因素.....	104
第 十 一 章	烟火剂的爆炸性能	113
第 十 二 章	烟火剂的化学安定性及其測定法	123
§ 1.	保存时药剂所发生的变化.....	123
§ 2.	药剂吸湿性及化学安定性的測定法.....	131
§ 3.	保存时药剂效应的降低及其許可存放期限.....	134

第 二 篇

第 十 三 章	照明剂	136
§ 1.	对照明剂的特殊要求.....	136
§ 2.	发热及发光輻射.....	138
§ 3.	照明剂的发光性能.....	140
§ 4.	照明剂二元混合物的組合.....	143
§ 5.	多成分的照明剂.....	149
§ 6.	照明制品的光度測量 (光度学)	152
第 十 四 章	摄影剂	158

§ 1. 攝影劑之用途。夜間空中攝影·····	158
§ 2. 夜間空中攝影所用之軟片·····	160
§ 3. 攝影航彈·····	163
§ 4. 照像閃光性能的測定法·····	164
§ 5. 攝影劑及其要求。影响閃光光学性能的因素和 攝影劑的理化性能·····	167
第十五章 曳光劑 ·····	172
§ 1. 曳光管結構的簡述。照明技術的計算·····	172
§ 2. 对曳光劑的要求·····	176
§ 3. 曳光劑的配方和藥劑的試驗方法·····	177
第十六章 发光信号劑 ·····	180
§ 1. 信号系統和对发光信号劑的要求·····	180
§ 2. 发光信号劑的火焰輻射特点·····	181
§ 3. 发光信号劑構成原則·····	182
§ 4. 原子輻射。黃光劑·····	183
§ 5. 紅光劑·····	186
§ 6. 綠光劑·····	189
§ 7. 藍光劑和白光劑·····	194
§ 8. 在发光信号劑里所使用的有机物質·····	195
§ 9. 发光信号劑的試驗方法·····	196
第十七章 燃燒劑 ·····	199
§ 1. 被燃材料·····	199
§ 2. 燃燒劑之分類及其要求·····	201
§ 3. 高热劑·····	202
§ 4. 高热-燃燒劑·····	208
§ 5. 含氧化劑——鹽的燃燒劑·····	210
§ 6. 液体的石油产品和凝固易燃物·····	211
§ 7. “鎂鋁”合金 (Электрон)·····	214
§ 8. 磷及其化合物·····	215
§ 9. 火焰噴射的混合物·····	217
§ 10. 其他燃燒劑和混合物·····	218
§ 11. 燃燒劑的試驗方法·····	219
§ 12. 燃燒劑的扑灭·····	222
第十八章 烟幕劑 ·····	223

§ 1. 关于气溶胶的概論.....	223
§ 2. 气溶胶的光学性能.....	227
§ 3. 制造气溶胶的方法.....	229
§ 4. 烟幕剂和对它的要求.....	231
§ 5. 金屬氯化物的烟幕剂.....	234
第十九章 有色烟剂	238
§ 1. 有色烟云信号.....	238
§ 2. 产生有色烟的方法.....	240
§ 3. 发烟信号剂中所采用的顏料.....	242
§ 4. 有色发烟剂.....	249
§ 5. 有色发烟剂的試驗方法.....	253
第二十章 引燃剂	254
§ 1. 引燃剂的用途和对它的要求.....	254
§ 2. 引燃剂的配方.....	255
第二十一章 其他种类的烟火剂。烟火剂在国民經济 中的应用	258
§ 1. “无气体”或少气体的葯剂.....	259
§ 2. 噴射(动力)葯剂.....	261
§ 3. 模仿的和发嘯声的葯剂.....	261
§ 4. 烟火剂在国民經济中的应用.....	262
附录	266
参考文献	276

俄罗斯烟火学发展史的概要

“烟火学”（пиротехника）一語是由希腊文 πῦρ——火和 τέχνη——艺术組成。在很古时就已发明了火，并掌握了它。

尚約在 100 年前，烟火学是包括制造火药、炸药、各种烟火剂的知識和方法的总称。但是由于这些軍事技术部門領域的扩大，因此現在每一門都已成为独立的知識部分。

从我們以前的历史資料中可知，尚在 15 世紀时就已使用了第一种烟火剂——黑火药，当时在俄罗斯产量很大并質量良好。

在依凡雷帝时代大多数的制炮匠及火药师都是俄罗斯人。1563 年时在依凡雷帝的炮兵中共有 200 門炮，此时每年所生产的火药达二万普特。

在 1607 年~1621 年間，俄罗斯炮匠奥尼西姆·米哈依諾夫（Онисим Михайлов）曾写成了“軍事、炮学及其它有关軍事科学的法規”在这本作为俄罗斯炮兵实际指南的法規中亦叙述了烟火的报导。

在 1674 年烏斯丘克城曾建立过烟火作坊并放过花火和爆竹。

在彼得一世时花火已成为在任何庆祝大会上不可缺少的欢庆部分。

彼得一世亲手制造了爆竹和烟火制品等，并且他尚开办了“烟火作坊”，我們有彼得一世亲手写下的关于花火成分的記錄。彼得一世命令在部队中采用照明火箭作为信号通信之用。

在彼得一世时在彼得堡建成了奥哈丁斯基火药厂；这样就大大地增加了火药的产量。

天才的俄罗斯学者 М. В. 罗蒙諾索夫（Ломоносов 1711~1765），当他在科学院工作的一段时期中曾創造了不少出色的花火。由火工长馬脫維·馬尔斗諾夫（按照顧間及教授罗蒙諾索夫所发明的花火）制成并于 1754 年新年时在莫斯科燃放过描述烟

火的刻板画至今还保留着（图1）。

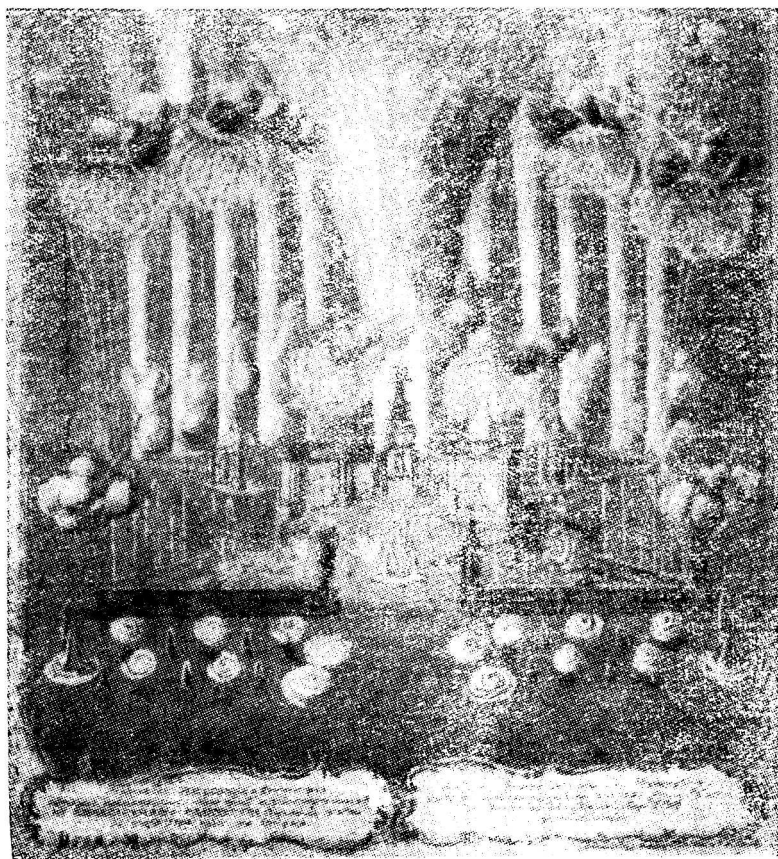


图1 1754年的花火刻板画

罗蒙诺索夫在1756年的工作报告中写道：“第三条：现在在我的领导下的克立曼契耶夫实验室根据我的指示，探求如何制造出高空的绿色花火”。

俄罗斯的花火术在18世纪的下半期取得了巨大的成绩，这时所制的花火很大：长达50沙绳（俄尺度名，合中国六尺六寸——译者），高达25沙绳。

文献对烟火的发展亦起了促进作用。在1779年烟火技师M. B. 坦尼洛夫 (Данилов 1722~1790) 在莫斯科出版了一本指南, 名叫“制造花火及各种灯彩的详明手册” 该书在出版后的几十年中是一本最好的烟火学指南。

19世纪初, 花火的制造规模更加发达了, 使得政府颁布了“花火条例”。

1824年Ф. С. 契莱耶夫出版了“配制花火及军用射击烟火和燃烧物的详明指南”。该书共包括5篇。在第5篇中有二十页是叙述制造燃烧物及发光体的。

自19世纪的30年代, 在俄罗斯开始制造含氯酸钾的有色花火药剂。

1832年在奥哈丁斯基火药工厂中创办了五年制的炮兵烟火学校。讲授的课程是火药学, 军事实验工作及花火的制造。此时花火又有了新的发展: 带降落伞的烟火及军用烟火在花火上的应用。后者是在专门烟火厂中制造的。

在1839年炮兵杂志上发表了一篇斯维契尼可夫的论文“花火成分”, 在该文中详细并深刻地分析了各种花火药剂的性能。

在1841年“炮兵杂志”上发表了法捷耶夫的几篇有关红光及绿光药剂性能的文章。

上世界的四十年代, 杰出的俄罗斯烟火专家К. И. 康斯坦丁诺夫开始了他的烟火研究工作 (1819~1871)。在1846年炮兵杂志上出现了他的“研究烟火剂色度的仪器”论文。

1847年К. И. 康斯坦丁诺夫开始了有系统地进行有关军用烟



К. И. 康斯坦丁诺夫 (Константин) 1819~1871)

火的設計和生产研究工作。

从1850~1859年，К. И. 康司坦丁諾夫领导彼得堡的“烟火厂”，在这一时期中他完成了一系列巨大的科学实验，創造了一些新的烟火，这些烟火在克里姆战争中使用时结果良好（1853~1855）。



В. Н. 契可立夫 (Чиколев)
1845~1898)

К. И. 康司坦丁諾夫曾写成了50种以上的科学著作，其中有“軍用烟火”（1864）和“1867年俄罗斯軍用烟火”以及刊登在1869年“尼可萊耶夫斯基通訊”报刊和1870年“炮兵杂志^①”中的专論“火火的改进”。

1852年在莫斯科出版了П. 罗尼采夫所著的“理論和实践烟火学”。

1868年在莫斯科出版了后来成名的俄罗斯电工学家

В. Н. 契可立夫所著的“制造和燃燒花火的指南及电照明结构的叙述”。这本书写得很好，总共出了五版。

К. И. 康司坦丁諾夫曾在1855年成立炮兵軍官学校之一的米哈依諾夫炮兵学院中做过报告，該学院是当时軍事技术科学的中心。在該学院中进行了特种的烟火研究工作。

在十九世紀下半期，在烟火剂中增添了許多新的材料。1861

^① 关于 К. И. 康司坦丁諾夫一些著作的詳情，参見 М. Сонкин, Русская ракетная артиллерия 軍事出版社，莫斯科，1952 以及 А. В. Храмой 所著的“Константин Иванович Константинов”一書（国家动力出版社，莫斯科——列宁格勒 1951）。

年出版了Ф.Ф.馬丘蓋維奇(1818~1891)写成的一本内容极为丰富的小册子“花火的公式和成分的組合”。

在1869年炮兵杂志中刊登了A.И.勃立司佐夫的专論“关于鎂在烟火中的应用”。

在1887~1889年炮兵杂志中刊登了A.奥尔丁斯基大尉的“烟火笔记”，Ф.Ф.馬丘蓋維奇的“含鎂的及其它物質的白光药剂的研究”及П.С.崔多維奇的“烟火药”和“烟火公式”的一些論文。

在九十年代时出版了一系列的花火指南，其中最好的是在1894年几乎同时出版的П.С.崔多維奇(1833~1894)及Ф.В.斯捷巴諾夫(1821~1909)的著作。

1897年在米哈依洛夫炮兵学院中，用石印出版了教授A.В.沙包日尼科夫的报告“軍用烟火学”一文。

由于发明了用电解来炼取鋁的方法，在二十世紀初，烟火学中开始采用高热剂。1865年俄罗斯院士H.H.別盖多夫就已开始利用并研究了高热剂的燃燒反应。

A.И.門捷列夫的亲密助手，海务署科学技术实验室的工作人员С.П.弗柯洛夫自1907年开始从事改良海上用信号彈及从事設計曳光彈的首創式样。

由于在1914年前軍事技术的大大发展，在1914~1918年的第一次世界大战中俄罗斯軍队得到了許多信号彈、照明彈、燃燒彈及烟幕彈。此时B.A.阿尔杰姆耶夫从事改良照明彈的工作。

俄罗斯的烟火专家叶尔曉夫，沙尼可夫，高尔宝夫，包格勃布聶科夫及其他等人創造了发烟药柱、照明彈、高热燃燒彈及其



С. П. 弗柯洛夫 (Вуколов)
1861~1940

他烟火彈藥。

近年來祖國烟火專家的事跡不可能全都在本簡史中一一敘述。僅必須指出蘇聯學者、工程師及生產人員曾創造了大量的新的烟火劑及烟火具，這些燃火劑及烟火具曾在1941~1945年的衛國戰爭中使用，在使用中證明質量優良；他們也編制了製造烟火劑的工藝規程並創造了試驗烟火藥的新方法。在祖國經驗豐富的烟火基礎上，我國的化學工藝專科學校正在培養大批烟火專家，並正在編著研究烟火專業所需的教本及教材。

第 一 篇

第一章 关于烟火具和烟火剂的一般概念

烟火学系叙述烟火剂、烟火品和烟火具生产方法及其性能的一門科学^①。

烟火剂在燃燒（或爆炸）时有光、热、烟及声（或动力的）的效能，它用于軍事上和国民經济中（工业中、运输中、农业中、摄制电影中等）。此外，在庆祝大会和节日时，烟火剂用作制造礼花和花火。

有关制造花火方法的指南書籍很多（見本書末参考書）。在本書中对花火烟火学不加以叙述。

在国民經济中所使用的烟火剂将在本書的第二十一章第四节中提到。

本書的主要任务系叙述制造軍用烟火具的药剂之組成原理及其理化性能。

本書对烟火具的构造和作用仅作概述，这是說明这种或那种烟火剂的要求及实际使用条件时所必需的。

§ 1. 烟火具和烟火剂的分类

烟火剂用于装填下列各类的軍用烟火具：

1. 照明彈（枪彈、炮彈、航彈等），用作夜間照明地点；
2. 摄影照明彈（摄影航彈），用作夜間空中摄影；
3. 曳光彈，其用途是为了看清枪彈及炮彈的飞行彈道（以

^① 在軍用烟火学中，烟火彈药的总称名为烟火具，而烟火品則指做为烟火彈药組成的各种单元（发光体、照明烛等）。

及其它移动物)，并借此校准射击在天空中和陆地上快速移动的目标；

4. 夜用信号弹（枪弹、榴弹等）用作远距离传递信号；

5. 日用信号弹（枪弹、榴弹）用途与上相同，不过是在日間使用；

6. 燃烧弹（枪弹、航弹、炮弹及其它），用作毁灭敌人的物质财富，攻击和防御器材，特种燃烧弹尚用作杀伤敌人的有生力量；

7. 掩护剂（发烟药柱、烟幕炮弹及其它），用以产生烟幕；

8. 教练-模仿弹，作演习和教练用亦用为战斗装备。这种弹可模仿弹药的各种性能（如爆破弹丸、航弹、化学弹及其它）；或模仿战场上的各种现象（武器发射的响声或闪光，燃烧或作战目标的其它破坏），这样可迷惑敌人的观测勤务；

9. 目标指示弹（炮弹、航弹及其它），将所需毁灭的敌人目标指示给炮兵或空军。

用以装备上述烟火具的烟火剂可分为下列数类：

1. 照明剂；

2. 摄影照明剂（摄影剂）；

3. 曳光剂；

4. 夜间发光信号剂；

5. 有色发烟信号剂；

6. 燃烧剂；

7. 白色、灰色、黑色的掩护烟幕剂；

8. 引燃剂，在所有烟火具中均少量含有这种药剂；

9. 其它药剂（模仿的、动力的、响声的药剂）。

有许多种药剂是在各种不同的火具中采用。例如：在曳光弹中经常采用照明剂；白色的和黑色的发烟剂不仅可在掩护伪装弹中采用，并且亦可在曳光管、教练-模仿弹及其它弹中采用。

亦可根据烟火剂在燃烧过程中所产生的特点分成下列几类：