

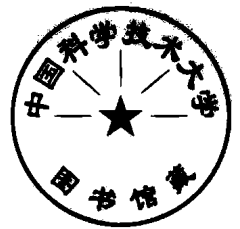
# 国外火工品

GUO WAI HUO GONG PIN

国防工业出版社

# 国外火工品

史山群 编著



国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了国外（主要是美国）近十年来在火工品方面发展的概况。

火工品是一切爆炸装置中必不可少的构件，即使在现代导弹、核武器、宇宙飞行器中，它也是重要的器件之一。历来各国都重视它的研究和发展。六十年代国外火工品发展的一个主要动向，是研究解决导弹火工品因静电和射频的影响而发生事故和失效的问题。

本书在对大量有关资料进行调查研究和综合整理的基础上，论述了火工品的装药药剂、火工品的结构和设计，以及火工品的性能和测试等问题，介绍了抗静电起爆器、防射频起爆器、爆炸线起爆器和激光起爆器等的基本原理、结构、性能和应用技术等。

本书可供本专业或与火工品有联系的专业工人、工程技术人员、管理干部和院校师生参考。

## 国 外 火 工 品

史山群 编著

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 14 326千字

1977年2月第一版 1977年2月第一次印刷 印数：0,001—3,500册

统一书号：15034·1505 定价：1.45元

（限国内发行）

## 毛主席语录

古为今用，洋为中用。

一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

全党都要注重战争，学习军事，准备打仗。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。



# 目 录

第一章 起爆药 .....	5	§ 6-5 抗静电起爆器的设计和试验 .....	122
§ 1-1 雷汞 .....	5	第七章 防射频电起爆器 .....	131
§ 1-2 叠氮化铅 .....	6	§ 7-1 射频对电起爆器的危害 .....	131
§ 1-3 斯蒂芬酸铅及硝基间苯 二酚的金属盐 .....	15	§ 7-2 射频与防射频能力的测试 .....	133
§ 1-4 四氮烯(特屈拉辛) .....	20	§ 7-3 电起爆器的外部屏蔽和射频 “陷阱” .....	136
§ 1-5 二硝基重氮酚 .....	21	§ 7-4 电起爆器元件与结构的改进 .....	137
§ 1-6 新品种的起爆药 .....	23	§ 7-5 半导体起爆器 .....	142
第二章 击发药 .....	29	§ 7-6 钝感起爆器 .....	145
§ 2-1 腐蚀性击发药 .....	30	第八章 爆炸线起爆器 .....	150
§ 2-2 无腐蚀性击发药 .....	33	§ 8-1 概述 .....	150
第三章 点火药与延期药 .....	40	§ 8-2 爆炸线现象 .....	150
§ 3-1 黑药 .....	40	§ 8-3 爆炸线直接起爆泰安 .....	153
§ 3-2 含硅组份 .....	42	§ 8-4 爆炸线起爆器“EWD” .....	171
§ 3-3 含硼组份 .....	44	第九章 激光起爆器 .....	177
§ 3-4 含铅组份 .....	46	§ 9-1 激光技术在火工品上的应用 .....	177
§ 3-5 含锰组份 .....	50	§ 9-2 激光的产生 .....	178
§ 3-6 含钨组份 .....	51	§ 9-3 药剂对激光的感度 .....	181
§ 3-7 含镁组份 .....	51	§ 9-4 激光起爆炸药的装置(LEFD) .....	185
§ 3-8 含其他金属的组份 .....	52	§ 9-5 微型雷管的激光焊接 .....	190
§ 3-9 含有机物组份 .....	54	第十章 火工品例行环境试验 .....	192
第四章 爆炸性能试验与安定度试验 .....	56	§ 10-1 震动试验 .....	192
§ 4-1 爆炸性能试验 .....	56	§ 10-2 磕碰试验 .....	194
§ 4-2 安定度试验 .....	60	§ 10-3 搅动试验 .....	194
第五章 火工品设计的几个问题 .....	66	§ 10-4 冲击试验 .....	195
§ 5-1 对电点火器与引信用火工品的 基本要求 .....	66	§ 10-5 温度与湿度试验 .....	204
§ 5-2 火工品试验和检验的统计 方法简述 .....	73	§ 10-6 真空-蒸气压力试验 .....	206
§ 5-3 电爆装置的电热方程 .....	82	§ 10-7 喷盐试验 .....	208
第六章 静电危害和抗静电起爆器 .....	101	§ 10-8 雷管威力试验 .....	209
§ 6-1 概述 .....	101	第十一章 中子照像 .....	212
§ 6-2 静电危险源 .....	102	§ 11-1 中子照像的意义 .....	212
§ 6-3 起爆药的静电感度 .....	112	§ 11-2 中子照像的原理及其应用 .....	213
§ 6-4 静电危险的防护 .....	119	§ 11-3 中子照像技术的工艺过程 .....	219
		主要参考资料 .....	222

## 前 言

火工品是指在外界较简单的能量激发下就能产生爆炸或燃烧，并能把产生的能量传递给猛炸药、发射药或其他药剂，使之发生预期作用的一种独立元件。虽然它的体积较小，构造比较简单，但它在武器系统和爆破作业中的作用非常重要，是使一切武器发生爆炸、燃烧及其他功能的“源”。

火工品的品种众多、用途广泛，不仅用于常规武器弹药，也用于导弹、原子弹及宇宙飞船。如美国的阿波罗宇宙飞船上就采用了各种类型的火工品二百多件。火工品在武器系统中用作起爆器、点火器、分离装置、延期装置、接力体、气体发生器、阀门、启动器、切割装置、熔断装置和闭合装置等等。在民用工业上又广泛用于修路、开矿、采油、采煤、兴修农田水利，以及爆炸成型、航空救生、铁路信号和捕象等许多方面。火工品本身虽是一个小元件，但一旦发生问题，就会引起整个武器系统和工程作业中发生重大事故和损失。因而，对不同用途的火工品提出了各种不同的性能要求，有的要求是非常严格的，如导弹和宇宙飞船上的火工品要求有足够的抗静电与抗射频的能力等等。为了满足这些要求，需要对火工品的装药药剂、结构性能及其测试技术，进行不断地研究和改进，这就要涉及相当广泛的技术知识领域。

我国随着国防建设和工农业建设的日益发展，需要研制和生产大量性能优越的各种品种的火工品。毛主席教导我们：“自力更生为主，争取外援为辅，破除迷信，独立自主地干工业、干农业、干技术革命和文化革命，打倒奴隶思想，埋葬教条主义，认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒，这就是我们的路线。”为了批判地吸收国外有用的东西，我们以美国政府研究报告文摘、美国化学文摘、各国专利公报为检索工具，以美国的 AD、PB 报告、军事标准、有关期刊杂志和专利为资料来源，并参考有关专业书籍，编写出了这本书。书中对起爆药、击发药、点火药和各种品种火工品先简要地阐明了一些基本原理，然后谈到它的性能、结构和国外当前研究发展的概况，因此，本书可供从事火工品研究、生产的工人，工程技术人员和管理干部参考，也可供有关院校的师生参考。

由于我们对马列主义、毛泽东思想学习得不够好，业务水平也较低，资料来源很窄，因此书中的缺点错误和遗漏之处肯定不少，恳请读者批评指正。

编 者

# 第一章 起爆药

起爆药是用来引爆猛炸药，使其发生爆炸并达到稳定爆轰的一种药剂。因此，国外常把起爆药称为第一炸药，猛炸药称为第二炸药。

起爆药最主要的特征是对外界作用比较敏感，可以用较简单的击发机构（如撞击、摩擦、点火、加热等）而引起爆炸，它爆炸的特点是在很短的时间内，爆速就增长到最大值，即它的爆轰增长期非常短，它的爆炸变化的主要形式是爆轰。在雷管中，起爆药一直是必不可少的第一装药。在火帽装药所采用的击发药中，起爆药也是其不可缺少的一种组份。因此，一般一谈到火工品，必然令人联想到起爆药。但是自从导弹技术迅速地发展起来以后，国外在近十年来大力发展安全的钝感起爆器，它不装敏感的起爆药，只装猛炸药，采用直接起爆猛炸药的方式。于是，火工品和起爆药不是不可分的了。当然，起爆药仍有它的独特的难以代替的作用，不能完全把它抛弃，大量的火工品仍要装填起爆药。

国外对常用的几种起爆药如叠氮化铅、斯蒂芬酸铅等进行了不少改性工作，以保持它们所特有的优点，克服其存在的缺点。主要的工作是改善斯蒂芬酸铅的静电感度，改善叠氮化铅的火焰感度等；另一方面，也探索研制新品种的起爆药。从公布的文章来看，新品种起爆药大多数缺乏实用价值，对于几个较为有用的新品种，我们将在本章的后几节中加以介绍。

## § 1-1 雷 汞

雷汞的分子式为、 $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ ，是雷酸（ $\text{HONC}$ ）的汞盐。雷汞最早发现于1690年。1799~1800年重新报导了雷汞的制法与性能。1867年，应用到雷管上。

自从雷汞出现以后，代替了火工品中起爆用的黑药，从而使武器的性能和结构有了一个很大的改进。到十九世纪末叠氮化铅发现之前，在大约一百年中，雷汞一直是主要的起爆药。

雷汞是雷酸盐中最有实用价值的一种。人们对雷酸盐的研究很早，在1602~1604年就研究了雷金，1788年研究了雷银，1825年研究了雷铂。但都没有实用价值。其它如雷镉、雷铜、雷铊，也都没有雷汞那样实用。雷银是这些雷酸盐中性能较好的一种，但比雷汞敏感，在水中也能爆炸，实用价值仍不如雷汞。

雷汞的主要用途，是作为雷管装药和火帽的击发药中的主要成分。

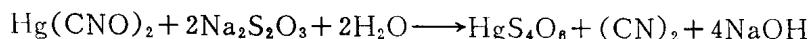
雷汞的安定性不很好，比较敏感，含雷汞击发药具有一定的腐蚀性，损坏炮膛与铜药筒；国外有些国家还存在汞的资源问题，因而雷汞不是一种较好的起爆药。二十世纪初，发现了叠氮化铅，不久又发现了斯蒂芬酸铅。此后，雷汞多年来在雷管装药的独特地位，首先被叠氮化铅、斯蒂芬酸铅所代替，其次被二硝基重氮酚（DDNP）所代替。

从国外公布的文章来看，自1958年以后，有关雷汞的重要研究资料就几乎没有了。所以本节对它只作一些简要介绍。



## 一、雷汞的性质

雷汞是菱形的结晶。有两种形态：白色的雷汞和灰色的雷汞。制作时添加少量的盐酸和铜，即得白色的雷汞，不添加盐酸和铜，则得灰色的雷汞。它们具有相似的爆炸性能。雷汞的比重为 4.4，表观密度约为 1.2 克/毫升。雷汞难溶于水，12°C 时，100 克水中溶解雷汞 0.07 克。雷汞不易吸湿，湿的雷汞即失去爆炸性能，含 10% 的水分的雷汞只燃烧而不爆轰，含 30% 的水分的雷汞就不能点燃，因此利用这个性质，可将雷汞保存在水中，以达到安全的目的。在水中加以煮沸，雷汞即行分解。雷汞不溶于一般的有机溶剂中，但溶解于氨水和氰化钾水溶液中，浓酸和浓碱都能使雷汞分解，浓硫酸能引起它的爆炸。雷汞溶于硫代硫酸钠溶液中，同时分解，反应式为：



这反应可应用于雷汞纯度的定量分析和少量废雷汞的销毁。

雷汞有甜的金属味道，是一种有毒的物质，其毒性与汞相似。雷汞与镍、锡及铅不起作用，在有水分时，才与铜起很慢的作用，生成雷酸铜。雷酸铜的摩擦感度比雷汞大些。雷汞和铝能起较强烈的作用，放出大量的热，并生成不爆炸的化合物，因此不能将雷汞装填在铝的帽壳内。

雷汞在低温时很安定，在 90°C 以上长时间加热则引起分解。雷汞的爆发点为 170°C。

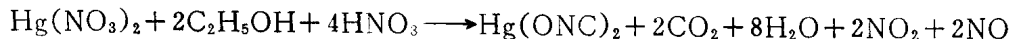
在目前常用的几种起爆药中，雷汞是最敏感的。雷汞的针刺感度和火焰感度，随装填密度的变化而变化，装填密度过大时，爆炸性能降低，甚至“压死”，压力超过 1660 公斤/厘米<sup>2</sup> 时，难于发火，即使发了火，也只燃烧而不爆轰。雷汞对针刺和火焰都很敏感，因此雷汞用作针刺雷管和火焰雷管的第一装药。低温时，针刺与火焰感度则降低。雷汞的爆轰增长期较长，爆速为 4850 米/秒。

## 二、雷汞的制造

制造雷汞的原料为：金属汞、62% 的硝酸和 96% 的乙醇。在制造白色雷汞时，添加盐酸和铜屑。

先配制硝酸汞，即将一定比例的硝酸加到汞中，同时加入少量的盐酸和铜屑，当汞完全溶解以后，再加入一定比例的乙醇。反应时放热。

硝酸汞和乙醇的反应非常复杂，同时产生一系列的副反应，不考虑这些副反应时，其作用方程式可简单表示为：



将制得的雷汞经过过滤、洗涤，在水中保存，使用时烘干。

### § 1-2 叠氮化铅

叠氮化铅又名二叠氮化铅，简称氮化铅（下文均用此简称），分子式为  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 。是氮氨酸（ $\text{HN}_3$ ）的铅盐。氮化铅是一种性能较好的有用的起爆药。

氮化铅的首次发现是在 1891 年。第一次制造氮化铅的方法是把醋酸铅加入到叠氮化钠或叠氮化铵的溶液中反应而成。由于制造时生成危险的结晶，所以氮化铅的使用耽搁了许多

年。到1907年才取得了用于雷管装药的专利。1930年左右,德国、美国相继在军工上采用糊精氮化铅,后来英国采用碱式氮化铅。苏联采用氮化铅较晚,开始是采用石蜡钝感的氮化铅,以后也改用糊精氮化铅。1932年,美国的匹加丁尼兵工厂研制了一种不含糊精的胶体纯氮化铅,1947年美国的20毫米口径炮弹雷管M47,需要装填比糊精氮化铅威力更大的起爆药,因为M47雷管尺寸很小,直径为0.145吋,高度为0.290吋。于是研制了一种叫做聚乙烯醇氮化铅(PVA-LA),并取得了专利。同时美国又引进了英国的含羧甲基纤维素的RD-1333氮化铅,用于军事工业上,并列入了军事标准。美国列入军事标准的氮化铅主要有三种:糊精氮化铅、胶体氮化铅、RD-1333氮化铅。英国还研制了RD-1343氮化铅和RD-1352氮化铅,但都没有解密公布。

## 一、氮化铅的用途

氮化铅主要用于雷管装药。自从十九世纪末氮化铅发现以后,不久就几乎代替了比它敏感但威力要小的雷汞。氮化铅广泛应用于火焰雷管和针刺雷管中,作为中间装药,这是因为氮化铅的火焰感度和针刺感度比较钝感,所以在火焰雷管中,氮化铅的药层上面压装少量的斯蒂芬酸铅,在针刺雷管中,氮化铅的药层上面压装少量的针刺药。氮化铅也广泛应用于工程爆破雷管中。

氮化铅优于雷汞的地方是:威力大,使用安全,装填密度大时,也没有“压死”现象,原材料易得,成本较廉。

氮化银于1890年发现,是氮氢酸的银盐。各国曾作了不少性能与制法的研究工作。在二十世纪的初期,有些国家用以代替雷汞,但近年来,有关氮化银的文章发表的很少。

## 二、氮化铅的性质

### 1. 物理性质

氮化铅的分子量为291.26,含氮量为28.86%。氮化铅是白色的细结晶,工业品可为浅黄色或浅粉红色。氮化铅的晶体有两种:斜方晶系即 $\alpha$ 晶系和单斜晶系即 $\beta$ 晶系。熔点为245~250°C,分解时生成铅和氮。晶体氮化铅的爆发点为315~360°C,糊精氮化铅为275°C。 $\alpha$ 晶系氮化铅的比重为4.71, $\beta$ 晶系氮化铅的比重为4.93,糊精氮化铅的比重为4.38。晶体氮化铅的表观密度为0.8,糊精氮化铅的表观密度为1.5。氮化铅的爆热为260~367千卡/克。活化能为10~55千卡/克分子。氮化铅在恒压下的生成热为-114.5~-126.3千卡/克分子, $\alpha$ 晶体氮化铅为-115.5千卡/克分子, $\beta$ 晶体氮化铅为-115.8千卡/克分子。

氮化铅基本上不吸湿,也不溶于水,在100°C水中的溶解度为0.05%。氮化铅与雷汞不同,即使在潮湿的状态下,也不失去爆轰能力。

### 2. 化学性质

氮化铅在水、酸、碱中长时间煮沸时则分解,氮化铅在碳酸气的作用下,尤其在有水分时,逐渐变成碳酸铅,而降低其敏感度。

氮化铅和镍、铝不起作用,但和铜起作用,并生成极敏感的碱性氮化铜。因此氮化铅应压装在铝壳内。氮化铅有较好的化学安定性,即使在100°C温度下长时间加热,也不改

变它的性质。氯化铅遇阳光变暗，表面呈棕黄色，但是变色仅限于表面薄层，而不继续向内部发展。氯化铅几乎不溶于乙醚、丙酮、乙醇、氨水和有机溶剂中。氯化铅在醋酸中溶解，在硝酸中分解。

### 3. 敏感度和起爆力

氯化铅的机械敏感度比雷汞低。在锤重 975 克时的冲击感度，上限为 230 厘米，下限为 70 厘米。氯化铅单独用作针刺雷管装药时，针刺感度是不够的，摩擦感度也比雷汞低得多。氯化铅优于雷汞之处是压药压力增加和温度降低并不影响其感度。氯化铅的爆轰增长期极短，即使在很少量时也能爆轰，爆速为 4800 米/秒。氯化铅的起爆能力比雷汞大 3~8 倍。加入少量钝感剂，如小于 5% 的石蜡，稍微降低其起爆能力。

### 4. 毒性

氯化铅不象雷汞那样毒性大，但也有毒性，吸入氯化铅的粉尘会引起头痛和血管扩张。为防止吸入中毒起见，规定在空气中的氯化铅粉尘浓度每立方米要小于 0.2 毫克。氯化铅中的铅与其他铅盐一样，会积存和分布于人体的组织中。氯化铅的氮氢酸基团的毒性比铅大得多。

### 5. 爆炸性质

国外在使用氯化铅的初期，进行了不少氯化铅的爆炸性能的研究，其研究结果介绍于下：

(1) 沙试 95% 的糊精氯化铅和纯的晶体氯化铅一样，75% 的氯化铅和雷汞一样，37% 的氯化铅和二硝基重氮酚一样；

(2) 爆速 密度为 3.8 时的爆速为 4500 米/秒；密度为 4.6 时为 5300 米/秒；最大密度时为 5400 米/秒；

(3) 爆发点 纯氯化铅为 315°C；糊精氯化铅为 275°C（5秒钟内爆发的最低温度）；

(4) 爆轰气体生成量 氯化铅为 308 升/公斤；雷汞为 315 升/公斤；

(5) 冲击感度 糊精氯化铅的冲击感度比雷汞、斯蒂芬酸铅、二硝基重氮酚、特屈拉辛和结晶氯化铅都钝感。用水或乙醇弄湿的氯化铅冲击感度不变。锤重为 2 公斤时，对雷汞的落高为 5 厘米，对氯化铅则为 12 厘米；锤重为 500 克时，对雷汞的落高为 10.5 厘米，对氯化铅则为 30~40 厘米；

(6) 铅铸威力 89% 的糊精氯化铅的威力与纯氯化铅相同；80% 的糊精氯化铅与雷汞相同；

(7) 爆压 爆轰时产生的压力为 94930 公斤/厘米<sup>2</sup>；

(8) 热安定性 氯化铅在 100°C，48 小时失重为 0.5%，96 小时失重为 0.1%，雷汞则爆炸。100°C 真空安定性试验 40 小时气体生成量为 0.4 毫升；

(9) 比能 4380 公斤/升，361.2 焦耳/克；

(10) 爆温 3420~3484°C；

(11) 贮存稳定性 氯化铅在 50°C 贮存 25 个月，或在室温的水-乙醇溶液中贮存 25 个月，纯度与感度都不变化；80°C 贮存 15 个月，感度不降低。雷汞在 80°C 贮存一天，纯度降到 92%，起爆威力也受影响；

(12) 热分解 氯化铅加热难以分解，除非爆炸。β 晶系氯化铅比 α 晶系氯化铅分解

速度要快。 $\alpha$ 晶系氮化铅的临界值为47600卡， $\beta$ 晶系氮化铅为38800卡。氮化铅在爆炸诱导期中的分解速度稍增，随后增加迅速，最后爆炸；

(13) 射线影响 氮化铅经受  $3.5 \times 10^8$  伦琴剂量的 X 射线照射后，破坏 98%。氮化铅可经受 100 瓦/厘米<sup>2</sup>、1 兆周频率的超声波处理 20 分钟不发生爆炸。受 75 千伏电子束流的射线照射则爆炸；

(14) 比热 0.09 卡/克·℃，雷汞则为 0.1 卡/克·℃。

氮化铅在空气中的分解产物为  $2\text{PbCO}_3$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 。湿的氮化铅与钢铁接触无变化，而雷汞则发生变化。氮化铅能腐蚀铜，生成更敏感的氯化铜。

## 6. 销毁方法

氮化铅的破坏和销毁，可用以下四种方法：

(1) 将氮化铅和五倍以上重量比的 10% 氢氧化钠溶液混合，放置 16 小时，不时搅拌，分解成的氯化钠溶液即可倒去。

(2) 将氮化铅溶解于 10% 的醋酸铵溶液中，加入 10% 的重铬酸钠或重铬酸钾，到不再生成黄色的铬酸铅沉淀为止。

(3) 将氮化铅先加入 500 倍重量的水中，慢慢加入 12 倍重量的 25% 的亚硝酸钠溶液，一边搅拌一边再慢慢加入 14 倍重量的 36% 的硝酸或冰醋酸。可用氯化铁溶液检验是否破坏完全，如呈红色，则氮化铅尚未破坏完全。

(4) 将氮化铅溶解于 50 倍重量的 15% 的硝酸铯铵溶液中，氮化铅则分解。

美国对糊精氮化铅 (LA-I 型)、胶体氮化铅 (LA-II 型)、聚乙烯醇氮化铅 (PVA-LA)，以及引进英国的 RD-1333 氮化铅这几种主要品种氮化铅的性能做了研究，列表于下：

表 1-1 美国主要品种的氮化铅性能

性 能	糊精氮化铅 (LA-I 型)	胶体氮化铅 (LA-II 型)	聚乙烯醇 氮化铅 (PVA-LA)	RD-1333 氮化铅
颜色	浅黄色	白色	白至浅黄色	—
纯度 (%)	92.7	99.9	96.0	98.7
铅含量 (%)	69.3	71.67	71.6	71.00
颗粒大小 (微米)	24.5	3.4	19.0	34.5
表观密度 (克/毫升)	1.83	0.85	—	—
15000 磅/时 <sup>2</sup> 时密度 (克/毫升)	3.14	—	3.81	—
沙试值	13.8	15.0	—	—
爆发点 (5 秒) (℃)	340	344	340	345
冲击感度				
匹加丁尼兵工厂仪器				
落高 (时)	4~6	2~3	4~5	5
药量 (毫克)	28	25	30	23
矿务局仪器				
2 公斤锤重的落高 (厘米)	100	35	100	100
真空安定度				
100℃ 释放气体 (毫升/克·40 小时)	0.32	—	0.20	—
120℃ 释放气体 (毫升/克·40 小时)	0.46	—	0.44	0.43
100℃ 加热试验				
8 小时样品失重 (%)	—	—	0.12	0.30
48 小时样品失重 (%)	0.34	—	0.13	0.30
96 小时样品失重 (%)	0.39	—	—	0.30
100 小时 (爆炸)	未爆	—	未爆	未爆
起爆 M47 雷卡 (基本装药 60 毫克黑索金) 极限装药量 (毫克)	90	—	30	25
90% 湿度下的吸湿性				
室温 56 小时增重 (%)	1.18	0.02	0.03	—
溶解度 (克/100 克水中)				
10℃ 时	0.056	—	0.017	—
35℃ 时	—	—	0.041	—

### 三、常用氯化铅

美国常用的军用氯化铅主要有三个品种：糊精氯化铅、胶体氯化铅、RD-1333 氯化铅。现分别简介于下：

#### 1. 糊精氯化铅

糊精氯化铅用于雷管装药和击发药组份中。其规格要求为：

- (1) 颜色 白至浅黄色
- (2) 形状 无针状结晶（晶体的长度与直径之比大于 7/1 的为针状结晶）
- (3) 纯度 大于 91.5%
- (4) 酸度 无
- (5) 水中不溶物 小于 1.0%

美国橡胶公司制造糊精氯化铅时采用的硝酸铅浓度为  $73.25 \pm 0.75$  克/升，内含 0.4% 的糊精，pH 值为 4.6~4.8。氯化钠溶液的浓度为  $31.75 \pm 0.25$  克/升，氢氧化钠的浓度为 0.794 克/升，氯化钠与氢氧化钠之比为  $40.0 \pm 0.5$ 。

该公司采用的原材料规格为：

#### (1) 硝酸铅

颜色	白色
水份	小于 1.25%
纯度	大于 98.0%
水中不溶物	小于 0.20%
酸度	小于 0.5% (以硝酸计)
铜	无

#### (2) 糊精 (马铃薯的)

水中可溶物	2~4°C 时大于 10 克/升
水中不溶物	90°C 时小于 0.3%

#### (3) 氯化钠 (精制的氯化钠浓溶液)

氯化钠含量	320 克/升
氢氧化钠含量	1~7 克/升
碳酸氢钠含量	0.01~0.05%
水中不溶物	小于 0.008%

英国专利提出一种制造糊精氯化铅的改进方法，即在反应液中加入 0.02~0.2% 重量比的表面活性剂，如烷-芳基磺酸，可以制得纯度较高的颗粒性较好的糊精氯化铅。先将 27.73 公斤水和 2.25 升的烷-芳基磺酸溶液（每升含 50 克二萘磺酸），加入到 45 升的反应槽中，保持 50°C，搅拌速度为 78 转/分。再将保持在 60°C 的 8.02 升糊精溶液（每升含 45 克糊精）加入到 0.1 升的氯化钠溶液（每升含 150 克氯化钠、1.5 克氢氧化钠、0.3 克钠糖）。然后在 40~45 分钟时间内同时将 5 升氯化钠溶液和 5 升硝酸铅溶液（每升含 383 克硝酸铅）加入反应槽中，再在 60°C 继续搅拌 5 分钟，经过滤、洗涤之后，可得 1.65 公斤的表观密度达 2.2 克/毫升，纯度为 96% 的糊精氯化铅。

## 2. 胶体氮化铅

胶体氮化铅用于雷管装药和击发药组份中。其规格为：

- (1) 颜色 白至浅黄色；
- (2) 纯度 大于 99.0%；
- (3) 酸度 无；
- (4) 颗粒大小 平均直径（微米）小于 5：  
最大直径（微米）小于 10。

胶体氮化铅是一种纯度很高的不含任何添加剂的晶体氮化铅。因为它的结晶很细，故名胶体氮化铅。美国在 1918 年开始研究，1932 年匹加丁尼兵工厂首先应用于军工上，1933 年公布了专利。胶体氮化铅的制造方法，是在 25℃ 时，将 4% 的氯化钠溶液迅速加入到稍过量的硝酸铅或醋酸铅溶液中即得。

## 3. RD-1333 氮化铅

RD-1333 氮化铅用于雷管装药和击发药组份中。羧甲基纤维素用作氮化铅结晶成长的控制剂。RD-1333 氮化铅的规格为：

- (1) 颜色 白至浅黄色；
- (2) 羧甲基纤维素含量 0.60~1.20%；
- (3) 颗粒要求 均一、流散（在 150 倍显微镜下检查）；
- (4) 纯度 大于 98.5%（采用 15% 硝酸铯铵气体法分析）；
- (5) pH 值 5.0~7.5；
- (6) 水中溶解度 小于 1.0%；
- (7) 1:4 硝酸中不溶物 小于 0.05%（残渣不得通过 230 号标准筛）；
- (8) 铁与铜 微量（小于 0.001%）；
- (9) 氯化物、硝酸物、醋酸物 无；
- (10) 表观密度 大于 1.1 克/毫升；
- (11) 雷管作用能力 在 50 发 M47 管壳中，装 70 毫克黑索金，25 毫克氮化铅试样，15 毫克针刺药。用重为 3.95 盎司，直径为  $1\frac{3}{16}$  吋的钢球，从 3 吋高落下冲击击针，必须爆炸。爆炸后，在直径为  $1\frac{7}{13}$  吋、厚为 0.1345 吋的 B 级铅板上的炸孔应为 0.156 吋。

专用于航空弹上的 RD-1333 氮化铅的规格，项目要求少一些，只要求颜色、颗粒、纯度、pH 值、硝酸不溶物、羧甲基纤维素含量和表观密度七项。

RD-1333 氮化铅是美国列入军用氮化铅的新品种。RD-1333 氮化铅的起爆能力比糊精氮化铅、聚乙烯醇氮化铅要大，结晶形状比聚乙烯醇氮化铅好，表观密度较高，可达 1.6 克/毫升，无粉末和结晶碎片生成。RD-1333 氮化铅可以在常温下制备，这样，能防止反应时放出有毒的氮氢酸和母液在冷却时析出易爆炸的氮化铅结晶。而且生产得率较高。

RD-1333 氮化铅制备中所加进去的羧甲基纤维素钠，是作为氮化铅晶体生长的晶核，也是晶体成长的控制剂，氮化铅围绕它而聚集，成为相当致密的颗粒。羧甲基纤维素能均匀地分布在氮化铅的颗粒中。而糊精和聚乙烯醇添加剂，是作为结晶改良剂，它只能在氮化铅沉淀过程中被吸附在氮化铅结晶的表面上。糊精氮化铅有吸湿性，贮存中易于分解，

因而其可靠性降低，聚乙烯醇氯化铅制造中生成的碎片较多。

羧甲基纤维素易溶于水，工业品的羧甲基含量为 12~39%。制造 RD-1333 氯化铅时，一般将羧甲基纤维素配成 0.5% 的水溶液。最好是两种互相作用的醋酸铅溶液和氯化钠溶液同时加到羧甲基纤维素溶液中去。反应液中的羧甲基纤维素差不多都结合到氯化铅晶体中，剩留在母液中的数量是很少的。反应液中的羧甲基纤维素含量为氯化铅的重量的 0.01% 就有效，一般达 1% 左右。含 3~5% 时，就起延期作用。所以在美国 RD-1333 氯化铅的规格中，要求羧甲基纤维素含量为 0.60~1.20%。

羧甲基纤维素的分子量高时，溶液的粘度增大，所以要控制适当的分子量。

RD-1333 氯化铅的制法例举：将 15 升含 72 克羧甲基纤维素钠的水溶液，倒入容积为 50 升的反应槽中，强力搅拌，在 60 分钟内，将 6 升浓度为 315 克/升三水醋酸铅的水溶液和 6 升浓度为 108 克/升氯化钠的水溶液，同时加入到羧甲基纤维素钠溶液中，温度保持在 20~25°C，继续搅拌 10 分钟后，经过滤、洗涤、干燥，可得 1.4 公斤 RD-1333 氯化铅，表观密度为 1.6 克/毫升。

#### 四、改性氯化铅

氯化铅的出现，以它的威力大，安定性好，原料来源充足，工艺简单，化合时可加入控制结晶成长的添加剂，以改善其流散性，并可控制不生成危险的  $\beta$  晶体等优点称著于世，所以很快地代替了使用近百年的雷汞，成为一种性能较好的重要起爆药。如果以 1930 年美国、德国把糊精氯化铅应用于军工上算起，氯化铅的使用，迄今已有四十多年的历史了。虽然氯化铅性能上的优点较多，但是它还存在某些突出的缺点：氯化铅的火焰感度较差，不能直接用作火焰雷管的第一装药，只能用作中间装药（一般火焰雷管要用斯蒂芬酸铅为第一装药），这样，雷管的制造工艺就较复杂。其次氯化铅的静电感度尚需改善。一般认为，氯化铅的静电感度比斯蒂芬酸铅钝感，但是美国阿特拉斯化学公司的数据表明：聚乙烯醇氯化铅的静电感度最敏感，RD-1333 氯化铅、胶体氯化铅都比斯蒂芬酸铅敏感。再者，氯化铅与铜易生成危险的氯化铜，因而它不能装在铜质的壳帽中。克服这三个缺点，尤其是前两个，就是国外研究改性氯化铅的主要目标。我们所以把这类氯化铅叫做“改性”氯化铅，就是表示“改善性能”的意思。

糊精氯化铅、RD-1333 氯化铅、聚乙烯醇氯化铅实际上也是改性氯化铅。那是改善了氯化铅的结晶，使它的流散性改善，并不生成危险的  $\beta$  晶体。由于聚乙烯醇氯化铅制作时生成细长易碎的晶体，静电感度比其他品种的氯化铅为敏感，因而没有应用于军工上。糊精氯化铅和 RD-1333 氯化铅的性能较好，故大量使用。这里，我们把已经大量使用的品种，不再列为改性氯化铅，以便与近年来为改善氯化铅的火焰感度、静电感度与铜的相容性的性能而研制的品种相区别。

##### 1. 氯化铅的苦味酸络合盐

这种氯化铅的络合物是美国六十年代研制的一种新品种氯化铅。据专利介绍，它改善了静电感度和火焰感度性能。这种氯化铅具有的优点是：起爆能力大于糊精氯化铅，静电感度比聚乙烯醇氯化铅、RD-1333 氯化铅钝感，比较安全。火焰感度有所提高，用在火焰雷管中，可以不用斯蒂芬酸铅为第一装药，工艺简单，成本低廉。并且它也不和铜生成危

险的氯化铜。

国外把这类化合物叫做包含化合物或包结化合物。氯化铅分子大量地嵌入在以碱式苦味酸为主晶结构的点阵之中，最多是 11 个分子的氯化铅嵌入 4 个分子的碱式苦味酸盐中，这亦为最好的比例。现将这类化合物的品种、性能和常用起爆药的性能列表于下：

表 1-2 氯化铅的苦味酸络合盐的品种、性能与常用起爆药性能的比较

名 称	爆 发 点 (℃)	晶 形	静 电 感 度 (伏/微微法)		冲击感度 (50%爆炸 时落高, 吋)	极限起爆药量 (克)			
			0/5发火	5/5发火		黑 索 金	特 屈 儿	奥 克 托 金	泰 安
4(碱式苦味酸铅·醋酸铅·氯化铅)·6氯化铅	280	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	4.50	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·醋酸铅·氯化铅)·11氯化铅	285	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	2.07	0.25	0.25	0.75	0.25
4(碱式苦味酸铅·丙酸铅·氯化铅)·11氯化铅	269	黄, 平行六面体	—	—	3.50	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·乳酸铅·氯化铅)·11氯化铅	267	黄, 平行六面体	500/300	1000/300	2.50	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	296	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	1.88	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·异丁烯酸铅·氯化铅)·11氯化铅	275	黄, 针状	4000/300	5000/300	2.04	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·丙烯酸铅·氯化铅)·11氯化铅	283	黄, 平行六面体	6000/300	7000/300	2.04	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·甲酸铅·氯化铅)·11氯化铅	290	黄, 针状	3000/300	3500/300	2.19	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·丁酸铅·氯化铅)·11氯化铅	285	黄, 针状	2000/300	2500/300	2.19	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·醋酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	275	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	2.42	0.25	0.25	0.85	0.25
4(碱式苦味酸铅·丙酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	275	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	1.19	0.25	0.25	0.75	0.25
4(碱式苦味酸铅·乳酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	285	黄, 平行六面体	2000/300	2500/300	1.81	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·甲酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	285	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	1.74	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·氨基醋酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	270	红, 平行六面体	1000/300	1500/300	2.12	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·异丁烯酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	290	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	2.35	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·丙烯酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	295	黄, 平行六面体	1500/300	2000/300	2.65	—	—	—	—
4(碱式苦味酸铅·丁酸铅·硝酸铅·氯化铅)·11氯化铅	295	黄, 平行六面体	6000/300	7000/300	1.60	—	—	—	—
糊精氯化铅	383	—	7000/300	8000/ 300(1/5)	8.08	0.35	0.35	1.05	0.35
RD-1333氯化铅	383	—	20/300	100/300	2.08	0.25	0.25	0.65	0.25
中性斯蒂芬酸铅	320	—	100/300	—	—	—	—	—	—

上表中的静电感度数据是采用“渐近电极”方法测得，就是把试样放在一个电极上，另一个电极逐渐接近，一直到电压能通过试样放电，这是接触放电的方式。通常还采用另一种“固定间隙”方法，就是将二个电极间隙固定在 0.005~0.010 吋，试样放在两个电极的任一个上，不断提高电压，直到放电为止，这是气体放电的方式。不同的方式，测得的静电感度数据明显不同。氯化铅对接触放电特别敏感，故上表中的静电感度发火电压很



低；而斯蒂芬酸铅对气体放电特别敏感，所以通常用固定间隙方法测得的静电感度数据，比氯化铅敏感，而用渐近方法测得的数据，则比氯化铅钝感。氯化铅在渐近电极方法中测得发火静电能量为 20 尔格；在固定电极方法中测得的 50% 发火能量为 50000 尔格，相差很大。在此应予以注意。并可参阅第六章。

从上面可以看出：氯化铅的苦味酸络合盐的火焰感度与斯蒂芬酸铅相似，起爆能力与 RD-1333 氯化铅相似，静电感度显著钝感，冲击感度与 RD-1333 氯化铅相似，比糊精氯化铅敏感。

氯化铅的苦味酸络合盐的制法例举：制备 4（碱式苦味酸铅·醋酸铅·硝酸铅·氯化铅）·11 氯化铅时，各原料的用量如下：

溶液号	溶解物	数量(克)	水量(毫升)
(1)	苦味酸	9.2	300
(2)	{ 氢氧化钠 醋酸钠	4.0 6.0	50
(3)	硝酸铅	50.0	150
(4)	氯化钠	9.75	100

在 60~70°C 和不断搅拌条件下，将溶液 2 加入到 1 中。再在 5 分钟时间内加入 3，保持 10 分钟，生成三重盐的结晶，再在 5 分钟左右加入 4，使三重盐结晶溶解，而生成四重盐，同时络合大量氯化铅，生成上式络合盐结晶。继续加热 15 分钟，过滤、洗涤，可得氯化铅的苦味酸络合盐结晶 38 克。

### 2. 含二硫化钼的氯化铅

为了降低氯化铅的冲击、摩擦感度，使雷管生产中于猛炸药的上层压装氯化铅时，避免在较高的压药压力下冲头上粘着的氯化铅受冲击、摩擦而爆炸，则采用添加直径为 20 微米左右的二硫化钼作为润滑剂。

其制法是：将 50 毫升 38.3% 的硝酸铅溶液和 50 毫升 15% 氯化钠溶液（其中含有 0.057% 酒石酸钾钠溶液）同时等速地加到 337 毫升的 0.5% 明胶、0.2% 辛酸和 0.1% 二硫化钼的溶液中，在 32 分钟内加完。使二硫化钼包覆在氯化铅晶体的表面上。此外，采用其他方法，如在氯化铅制备时加入少量有机染料，也可降低其冲击感度和静电感度。

### 3. 含多元醇多硝酸酯的氯化铅

氯化铅中含 0.2~10% 的多元醇多硝酸酯，如三甲基醇乙烷三硝酸酯，可使它的静电火花能量比未添加多乙醇多硝酸酯的氯化铅提高 25%，即使其对静电感度钝感，而不降低起爆能力。多元醇多硝酸酯的含量在 0.2~15% 范围内，使静电感度钝感的程度类似，没有最大临界点。含量达 20~30% 时，有延期作用。

制法例举：制备含 6% 三甲基醇乙烷三硝酸酯的氯化铅时，先将三甲基醇乙烷三硝酸酯和足够的甲苯混合，然后润湿粉状的氯化铅。氯化铅与三甲基醇乙烷三硝酸酯与甲苯混合液的重量比为 25:15。使三甲基醇乙烷三硝酸酯被氯化铅粉末吸收以后，将甲苯蒸发，氯化铅晶体上就均匀地包覆了一薄层的三甲基醇乙烷三硝酸酯。

这种包覆方法不仅适用于氯化铅，也适用于其他起爆药如斯蒂芬酸铅、雷汞、氯酸钾-硫氰酸铅等。被包覆的起爆药粒度应小于 100 目，最好小于 325 目。