

无壳弹

邹德忠等编译

J411

国防工业出版社

内 容 提 要

本书简要介绍了无壳弹的意义、发展历史及现状，并重点分类介绍了各种无壳弹的结构特点、性能及制造方法，又对研制无壳弹的几个重要技术问题进行了分析，最后谈了研制无壳弹的方法方面的意见。

本书可供有关工厂、院校、科研单位和部队的有关专业人员参考。

无 壳 弹

邹德忠等 编译

*

国防工业出版社 出版

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

*

787×1092¹/₃₂ 印张 35⁵/₁₆ 68 千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷 印数：0,001—1,100册

统一书号：15034·2138 定价：0.36元

前 言

无壳弹是近年来国外发展起来的一种新型弹药。由于其经济价值和某些战术性能比传统的金属弹壳弹药有很大的优点（当然也存在许多技术难点，甚至要牵涉到原来武器结构的改变），因此世界上工业发达的国家都以极大的兴趣长期不懈地进行研究。据报导，美国从1959年开始一直没有间断无壳弹的研究。西德研制的使用无壳弹的4.7毫米口径的步枪“G11”已参加了北大西洋公约组织1978年步兵武器选型试验。

为了介绍有关无壳弹的基本知识，我们曾查找并翻译了国外近年来有关无壳弹的资料并搜集了各兄弟单位编印的有关资料，经归纳整理，编写过《国外无壳弹研制动态》报告。

为使更多的读者了解无壳弹，除对原《报告》进行重新编排、增补内容外，还根据编者的粗浅看法进行了评述。最后编写成这本小册子。

本书介绍了无壳弹的发展历史和现状；分类介绍了无壳弹的结构、制造工艺和性能特点；分析了无壳弹发展过程中的一些技术关键问题。可供有关同志参考。

在本书的编写过程中除了引用210、208等单位的大量资料外，张豪侠、陈柏荣等同志还把自己工作中积累的有关资料无保留地提供给我们。有关情报网为我们提供了有关无

壳弹的检索目录。萨白等工程师为本书进行了详尽的审校。

在此，向上述老师和同志们表示感谢。

由于我们的水平和能力有限，书中错误难免，请读者批评指正。

邹德忠等

目 录

第一章	引言	1
第二章	无壳弹的结构	5
第一节	半无壳弹	6
第二节	全无壳弹	7
2-2-1	无壳装药无壳弹	7
2-2-2	可燃药筒弹(无壳弹)	16
2-2-3	弹丸自行推进无壳弹	17
第三节	特种弹丸无壳弹	19
2-3-1	次口径无壳弹	20
2-3-2	空心无壳弹	21
第三章	模制无壳弹	23
第一节	模制无壳弹的各种结构	23
3-1-1	“典型”(结构)无壳弹	23
3-1-2	实心装药无壳弹	23
3-1-3	套筒式(装药)无壳弹	24
3-1-4	底火在装药内部的无壳弹	33
3-1-5	多层装药结构无壳弹	33
3-1-6	弹丸和装药分开的分装式无壳弹	35
第二节	模制无壳弹的制法	35
3-2-1	火棉胶粘结法	36
3-2-2	液体湿润法	37
3-2-3	非挥发性粘结剂模压法	38
3-2-4	干模压工艺	40
3-2-5	用纤维状硝化棉直接模制无壳弹装药	41
第三节	模制无壳弹燃烧规律的探讨	42

第四章	无壳弹的底火	46
第一节	击针击发底火	46
第二节	电底火	52
第三节	压缩空气底火	54
第五章	研制无壳弹的几个技术关键问题	56
第一节	无壳弹的可靠性及弹道性能的稳定性	57
第二节	无壳弹的环境保护	59
5-2-1	无壳弹的受力分析	59
5-2-2	无壳弹的环境(模拟)试验	60
第三节	热传递和自燃	64
第四节	无壳弹的涂层	71
第五节	高点火温度发射药	74
第六节	弹膛结构的改进	79
第七节	无壳弹的包装	81
第六章	按无壳弹的特点研制无壳弹	84
第一节	选择研制无壳弹拟配用的武器问题	84
第二节	无壳弹研制工作中的几个关键技术问题的 研制方法及指标的选择	88
附录		92
附录 I	美国 67 年会计年度无壳弹研制合同表 (摘要)	92
附录 II	美国 68 年会计年度无壳弹研制的 计划和经费 (摘要)	93
参考文献		97

第一章 引言

金属弹壳（药筒）弹药（以下简称有壳弹）在19世纪60年代用于枪、炮类武器确是当时武器发展的一项重大革新。它使武器系统的战术使用性能有很大进步，但同时又因必须有金属弹壳，致使弹药在资源、生产和运输等经济项目上付出相当大的代价。此代价就目前的技术水平所能制成的无壳步枪弹估算，将多开支30~50%的原料和费用。这对于武器装备供应筹划者将是重大问题。出于考虑战时金属资源的供应能力，法西斯德国于第二次大战初期就着手研制7.92毫米无壳枪弹；美国于第二次大战结束就把轻武器无壳弹列为长期、重点项目研究。减小枪弹重量对提高步兵战斗力作用很大。因为，按目前研制的无壳步枪弹比同口径有壳步枪弹约轻一半，以通常步兵个人配弹数计算，每名步兵约可减轻负重1.2公斤。这对于减轻武器重量来说确是一个不小的量。相反若保持步兵个人负重不变则可约多带弹一半。这将大大提高步兵的机动性和作战持久能力。所以就在有壳弹问世不久，于1871年Brit 7193号专利中提出了为现代人们普遍公认无壳弹标准^[1]。显然这是为发展既能完成有壳弹的战术使用任务又可减少或避免上述弹壳代价的无壳弹提出的。特别是近代各国都越来越多地把飞机和坦克之类的装备用于战争，为使这类装备的体内有限空间尽多发挥作用，对无壳弹武器系统的需求更加迫切。因此，尽管采用无壳弹武器系统

(武器/弹药) 将会使武器结构复杂、弹药包装和后勤供应等工作的变动, 但从两种武器系统的总评价 (任务与代价相结合) 而论, 仍然在很大程度上无壳弹武器系统比有壳弹武器系统优越。特别是科学、技术发展 to 一定阶段, 上述武器结构复杂等问题就会成为无足轻重的问题。所以现在世界上各工业发达国家都仍以极大的注意力从事无壳弹武器系统的研究。

目前研制的无壳弹多为如图 1 所示的全无壳弹。它是由通过一定工艺手段用发射药制成可燃的并具有一定形状和力学性质的装药 (药柱)、可燃底火和普通弹头组成的。因此, 无壳弹基本上是用发射药制成装药 (药柱) 代替有壳弹的弹壳 (金属) 和发射药的“传统弹药”。这种无壳弹武器系统射击时当然不会有不抽壳故障, 但解决排除万一出现的瞎火弹、弹膛闭气和无壳弹的使用安全、可靠以及弹道性能稳定等问题, 比之有壳弹更难解决。

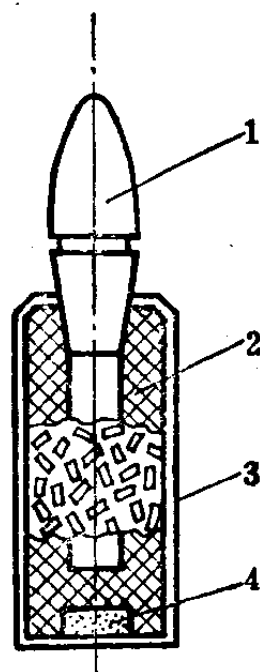


图 1 “典型” (结构)
无壳弹
1—弹丸; 2—装药
(药柱); 3—涂层;
4—底火。

国外研制无壳弹的过程是由简单的半无壳弹发展到全无壳弹; 由单项的基础项目如无壳弹的热传递的研究到无壳弹武器系统的整体研究, 1973 年在国际火炸药会议上, 美国岩岛兵工厂发表了“无壳弹/武器系统相关问题的研究”论文, 其中提出了“无壳弹及其武器系统的八个技术障碍”^[8]; 美匹克汀尼兵工厂发表了“轻武器无壳弹用高点火温度发射药的发展”论文, 并提出“防止无壳弹膛内自燃须使用高点火温度发射药”^[7] 的见解; 其他一些单位也

在进行这种发射药的研究。

美国研究无壳弹是从 5.56 毫米无壳步枪弹和 27 毫米车载速射武器无壳弹开始的。据美陆军弹道研究实验室 1968 年调查,当时美国已有五个单位从事无壳弹的研制;有五个单位从事使用无壳弹的步、机枪的研制;有七个单位从事使用无壳弹的车载速射武器的研制。此外还有如 Calspan 公司等单位对无壳弹热传递的系统性的研究。于 1977 年该公司公布了题为“无壳弹的热传递卷Ⅲ”(AD-A034159)的研究报告,这是该公司 1970—1976 年期间对此种热传递研究的总结报告。文中对无壳弹与武器系统热传递的性质及自燃的危险性试验进行了系统的分析。同时还发展了计算无壳弹热传递性质的计算机程序,并为克服自燃研制了无壳弹的保护涂层^[6]。

与此同时,西德火炸药研究所为解决无壳弹的环境保护问题,研究了在整个贮存、运输一直到进膛射击以前,无壳弹所受的外力及温度、湿度等环境因素的影响,提出了无壳弹的环境试验的条件和方法^[9]。为了使无壳弹更好地适应外界环境,还有人专门为无壳弹设计了保护装置^[10、11]。

上述事实充分表明,当时无壳弹及其武器已进入专题研究和技术攻关的阶段。

据美刊《陆军研究与发展》1973年7—8月号宣称,“1973年夏由美陆军装备司令部和匹克汀尼兵工厂共同设计的轻武器新型无壳弹通过采用试验枪进行了大量射击已获成功,其初速和膛压都符合设计要求,从而无壳弹的研究试验接近最后阶段”^[12]。然而,迄今为止,还没有见到美国无壳弹已经设计定型的报导。

但德国 H. K 公司研制成 4.7 毫米口径无壳弹自动步枪 G11 参加了 1978 年北约集团新一代自动步枪选型试验。此无壳弹为半嵌入式，采用了高点火温度发射药，从而将自燃问题限制在最低程度。

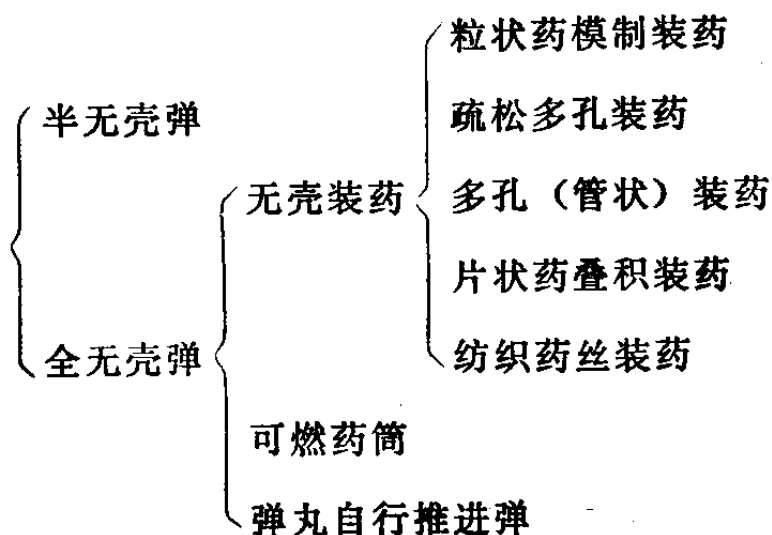
除美国、西德之外，英、法、加拿大等国都在研制无壳弹。从苏刊《技术与装备》1977 年第 6 期透露，苏联也有可能研制无壳弹。

第二章 无壳弹的结构

到目前为止，从我们所见到的文献资料来看，已经提出的无壳弹的结构形式有多种多样。为了更清楚地介绍各种类型的无壳弹，我们根据各种无壳弹的结构及其性能特点，进行了如下的归纳分类。

首先，无壳弹有全无壳弹和半无壳弹之分。在全无壳弹中又有无壳装药●、可燃药筒和弹丸自行推进三种不同装药结构的无壳弹。

对于轻武器研究最多的是无壳装药无壳弹。据目前情况看，无壳装药至少又有粒状药模制装药、疏松多孔装药、多孔（管状）装药、片状药叠积装药、纺织药丝装药的五种无壳弹。无壳弹分类表如下：



● 无壳弹的能源件通称装药，但对应于可燃药筒（装药）故有无壳装药之称。

除了常规弹丸可以制成无壳弹外，一些特种弹丸，如次口径弹、空心弹都可以制成无壳弹。

现将各种形式的无壳弹分别叙述如下。

首先应当指出的是，这里所介绍的各种结构的无壳弹，大多数是从专利资料中来的。有些经过了试验，有些未经试验甚至仅是设想，因此其各种方案的可行程度，除介绍原作者意见外，编者又进行了一定的分析，仍可肯定地说有些方案是行不通的。但为帮助读者了解国外一些研究者的设计思想和重要的具体研制方案，以开阔我们的研究思路，介绍它们仍有价值，故仍编写于此。

第一节 半无壳弹

如图 2 所示的叫半无壳弹。它是由弹头、支撑管、装药（药柱）和用作闭气件的金属短壳（装有底火）组成。

支撑管的作用是增加装药的强度，它是由片状双基药卷成的。这种双基药的成份可为硝化棉 55 份，硝化甘油 42 份，粘结剂 3 份。

装药是一个用粒状发射药模压成的空心药柱（其制造方法在第三章中详细介绍）。该弹的各个元件之间都是用可燃粘结剂粘结的^[17]。

金属短壳是用黄铜或其它金属制成的，在它的底部装有底火。金属短壳的作用主要是在射击过程中密闭发

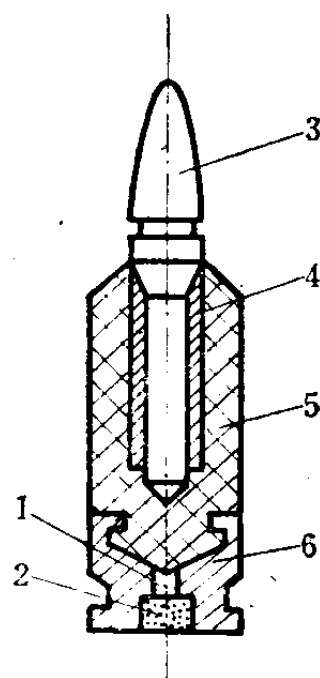


图 2 半无壳弹

1—传火孔；2—底火；3—弹头；4—支撑管；5—装药；6—金属短壳。

射药气体。射击后金属短壳仍留在膛里，需要退壳。

在富兰克福兵工厂研制无壳弹初期，首先采用的就是这种半无壳弹结构，制成“制式的 7.62 毫米枪弹”在制式的 NATO 7.62 毫米步枪上试验的^[18]。但后来研制这种半无壳弹的人不多。到 1970 年又有人提出上面这种半无壳弹，估计是因为全无壳弹的闭气系统不易解决而提出来的。

这种半无壳弹的一个最突出的优点是不必改变制式武器的闭锁机构便可以进行发射。而全无壳弹由于失去了金属弹壳（或金属短壳）这种闭气元件，就必须改变制式武器的闭锁机构，才能解决射击过程中的闭气问题。

然而，这种半无壳弹制造工艺比较复杂，而且在减轻重量和体积方面又不如全无壳弹。

第二节 全无壳弹

相对于前述半无壳弹，不用金属短壳的叫全无壳弹，它又可分为无壳装药、可燃药筒和弹丸自行推进无壳弹。

2-2-1 无壳装药无壳弹

在各种结构、形式的无壳弹中，研究最多的就是无壳装药无壳弹。通常所讲的无壳弹也是指它。从目前情况来看，此种无壳装药无壳弹又可由结构和工艺上区分为下列五种。

1. 粒状模制装药无壳弹

此种无壳弹主要是通过一定的方式（用或不用粘结剂）在模具中把一发弹所需粒状发射药压制成具有一定形状和强度的无壳装药（药柱），配上弹头和底火（一般是通过粘结剂粘结的），就制成一发完整的无壳弹。因此，许多人把这种装

药结构的无壳弹称为模制无壳弹。

由于这种形式的无壳弹研究的历史最长，文献最丰富，内容比较多。为了叙述清楚，把它列入第三章“模制无壳弹”中详细叙述。

2. 疏松多孔装药无壳弹

此种无壳弹的装药 (the porous propellant charge) 是在发射药组份中均匀地加入可驱除的填料，形成一定形状的装药后，驱除填料从而制成疏松多孔的装药。

这种装药可以做成整体的装药 (unitary charge)，也可以先制成疏松多孔的药粒，然后模制成一定形状的装药。

制造这种装药的适当的发射药材料为硝化棉，合适的固体填料为硝酸钾。表 2-1 是这种装药的几个配方示例。

表2-1 疏松多孔装药配方

配 方 例 号	1	2	3	4
硝酸钾①—过100~120目筛 (克)	200	300	400	239
硝化棉—干量(克), $N\% = 13.35 \sim 13.45$	100	100	100	100
二苯胺 (克)	1	1	1	1
丙酮 (毫升)	160	225	300	120

① KNO_3 颗粒粒度分布:

140.3克通过30目筛而留在70目筛上面

41.1克通过70目筛而留在100目筛上面

14.4克通过100目筛而留在120目筛上面

9.6克通过120目筛而留在140目筛上面

14.4克通过140目筛而留在200目筛上面

19.2克通过200目筛

制造疏松多孔装药的工艺过程与制造这样的粒状发射药十分相似。主要工艺过程为：(1) 硝化棉驱水；(2) 用溶

有安定剂等附加成份的适当的溶剂溶解硝化棉，形成面团似的药团；（3）加入填料并均匀混合，上述（2）、（3）两步实际上是胶化过程；（4）挤压上述药团成一定形状的装药，如果想制成整体的装药，则在挤压时压成装药的形状，如果要制成多孔粒药，则须压成所需要弧厚的药粒；（5）除去溶剂并干燥；（6）溶出填料；（7）干燥^[19]。

参考文献〔20〕、〔21〕中也介绍了与上述制造疏松多孔装药的工艺类似的方法，并分析了各工艺过程对装药的理化及弹道性能的影响。

用这种方法生产的 0.22 英寸（5.56 毫米）无壳弹的疏松多孔装药的弹道试验结果如下^[19]：

弹重：29 格令（1.9 克）

发射药重：0.5~0.6 克

初速：1150 ± 40 英尺/秒（350 ± 12 米/秒）

膛压：12000~30000 磅/英寸²（835~2109 公斤/厘米²）

在制造疏松多孔装药时，所使用的固体填料也可以用液体填料来代替。据认为，使用液体填料可以降低成本，基本上消除收缩性，还能使装药的多孔性标准化。然而，在液体填料使用过程中，严格控制溶剂（如丙酮、乙醇）和填料（甲苯）的比例是十分重要的^[19]。

表 2-2 介绍了用液体填料制造疏松多孔装药的配方的例子。

使用液体填料的工艺过程大致如下：把乙醇、丙酮和填料甲苯和安定剂溶解到一起，然后在搅拌的情况下加入粘结剂乙基纤维素，形成一种可以流动的浆状液体，然后加入硝化棉，在密闭的情况下胶化半小时。上述整个溶解混合和胶

表2-2 疏松多孔药的液体填料配方

配方例号	例 1	例 2	例 3	例 4
硝化棉(干量, N% = 13.3~13.5%, 克)	50	50	50	50
粘结剂——乙基纤维素 (克)	5	5	5	5
安定剂——二苯胺 (克)	0.5	0.5	0.5	0.5
填料——甲苯 (毫升)	60	60	60	60
乙醇或丙醇 (毫升)	30	27	21	18
溶剂——丙酮 (毫升)	10	9	7	6

化过程都是在密闭的条件下进行的。因为溶剂的挥发将改变配方中各组份的比例，最后将影响装药的多孔性。

把上述胶化好的药料模制或挤压成所需要的形状。然后把装药放入室温下的水浴中，由于醇和酮溶解于水而使装药逐步硬化。填料甲苯不溶于水，这时还留在装药内。最后在水中煮沸，除去甲苯便得到了用液体填料制得的疏松多孔装药。

对用上述方法制得的无壳装药，还有人增加了一道干压缩工序。在至少 1000 磅/英寸² (70.3 公斤/厘米²) 的压力下进行干模压，使其体积至少缩小20%。

例如把 99 份硝化棉 (含氮量为 13.10%)，50 份乙醇，1 份二苯胺，200 份硝酸钾，100 份乙醚混合胶化，在直径为 10.5 毫米带七根针的药模中压伸，然后切成 9.5 毫米长的药柱。在 60℃ 的热水中驱除硝酸钾，并在热空气中干燥。这时药柱直径收缩至 8.4 毫米。然后在模子中用 6000 磅/英寸² (421.8 公斤/厘米²) 的压力下压成直径为 9 毫米，长 3.7 毫米的药柱，上面带有直径 4.5 毫米、深 2.0 毫米的底火穴。这种装药平均重 0.26 克，是钉子枪用的整体多孔装药^[22]。

这种干压缩工艺，可能是针对疏松多孔装药的燃烧问题而提出来的。因为此种装药内尽管有许多细孔，比密实的胶质发射药的燃速有所增加，然而对于制成整体装药来说，燃速还是太慢。这种装药在燃烧过程中不易破碎，燃烧往往不完全而且有残渣。所以要达到与粒状药相当的燃烧及弹道性能是十分困难的。

据认为，这种疏松多孔的装药经过进一步干压缩后，使装药变得更脆、更易碎。这样在燃烧过程中就使装药发生分裂，从而增加了装药的燃烧表面，使燃烧更加完全。

同时，加压以后使装药体积缩小，从而增加了装药的密度，这就有可能增加装药量而提高弹丸的初速。据称，压缩后的装药其燃烧和弹道性能更加均匀一致，点火的可靠性也进一步提高。

疏松多孔装药可以用在武器中发射弹丸，也可以用在民用工业的专用工具上 (professional tool)，如钉子枪 (nail gun)，控制元件 (operating element)，撞击器具 (percussion apparatus) 和快速开关 (quick-action switches) 等。

疏松多孔装药的工艺比较简单，与多孔发射药粒的制造工艺十分相似。但是，尽管这种装药具有多孔性，上面还可以制成针孔，甚至最后再经过一次干压缩，但是其燃速总还是有限的。这就使这种装药的装药量受到很大限制。因而这种装药不可能用在初速要求比较高的军用步枪上，而只能用在初速比较低的手枪及类似的武器和一些专用工具上。

3. 多孔（管状）装药无壳弹⁽²³⁾

此种无壳弹的装药是由硝化棉等原料直接经压伸、浇铸、模压等工艺过程制得的带有许多平行的轴向孔的装药。这种