

条目分类目录

火药.....	1
发射药.....	6
单基火药.....	7
双基火药.....	7
三基火药.....	8
硝化纤维素.....	8
液体发射药.....	9
发射装药.....	9
烟火药	10
烟火技术	15
点火药	16
延期药	17
黑火药	18
火药力	19
炸药	19
猛炸药(见炸药)	25(19)
〔单体炸药〕	
梯恩梯	25
黑索今	27
奥克托今	28
太安	29
特屈儿	29
苦味酸	30
六硝基芪	31
三氨基三硝基苯	31
硝化甘油	32
硝基胍	33

662 炸药	34
混合炸药	34
高聚物粘结炸药	38
含铝炸药	40
熔黑梯炸药	41
硝铵炸药	43
燃料空气炸药	44
液体炸药	45
代那买特	45
感度	46
爆速	47
火炸药安定性	48
火炸药相容性	48
炸药装药	49
起爆药	50
雷汞	52
叠氮化铅	52
特屈拉辛	53
斯蒂芬酸铅	54
二硝基重氮酚	54
四唑起爆药	55
火工品	56
爆炸序列	59
火帽	61
底火	63
雷管	64
电爆管	66
点火具	67
爆炸逻辑线路	67

索类火工品	69
动力源火工品	71
弹药	71
枪弹	79
手枪弹	87
步(机)枪弹	88
大口径枪弹	89
小口径枪弹	90
中间型枪弹	91
达姆弹	92
滑膛枪弹	93
空包枪弹	94
无壳枪弹	94
手榴弹	95
1967 年式木柄手榴弹	98
反-3 式反坦克手榴弹	99
密尔斯手榴弹	99
枪榴弹	100
炮弹	103
〔主用弹〕	
杀伤弹	109
爆破弹	110
杀伤爆破弹	110
混凝土破坏弹	111
霰弹	112
穿甲弹	113
破甲弹	117
碎甲弹	120
低阻力远程弹	121

子母弹.....	123
燃烧弹.....	125
化学炮弹.....	126
火箭增程弹.....	127
末段制导炮弹.....	128
〔特种弹〕	
发烟弹.....	129
照明弹.....	129
宣传弹.....	130
电视侦察弹.....	131
战场监视弹.....	132
干扰弹.....	132
辅助弹.....	133
药筒.....	134
迫击炮弹.....	137
火箭弹.....	139
航空炸弹.....	142
鱼雷.....	144
水雷.....	148
地雷.....	153
引信.....	157
触发引信.....	165
近炸引信.....	169
非触发引信(见近炸引信)	173(169)
周炸引信.....	173
时间引信.....	174
指令引信.....	176
多选择引信.....	177
引信可靠性.....	178

引信安全性.....	179
引信与战斗部配合.....	180
〔人物〕	
诺贝尔, A. B.	182

huoyao

火药 (propellant) 在适当的外界能量作用下,自身能进行迅速而有规律的燃烧,同时生成大量高温燃气的物质。在军事上主要用作枪弹、炮弹的发射药和火箭、导弹的推进剂及其他驱动装置的能源。是弹药的重要组成部分。

简史 火药是中国古代的四大发明之一。中国古代炼丹家从把硝、硫和草木合炼,发现起火现象,到把火药应用于军事,经过了500多年的历史过程。中国唐宪宗元和三年(公元808年)炼丹家清虚子在其所著《太上圣祖金丹秘诀》中就有黑火药配方的记载,它是由硝石(硝酸钾)、硫磺和木炭组成的一种混合物。直到19世纪,它是世界上唯一的火炸药。10世纪火药开始用于军事。此后火药传到西方,13世纪后半期在欧洲才有了火药用于战争的记载。16世纪以后,随着金属熔炼、铸造技术的发展,枪炮在战争中应用逐渐广泛,推动了火药的制造和使用。1846年瑞士人C.F.舍拜因发明了硝化棉,A.索布列罗于同年制成了硝化甘油,为现代火药的发展奠定了基础。1884年法国人P.维埃耶用醇、醚混合溶剂塑化硝化棉制成了单基火药。1888年瑞典人A.B.诺贝尔在研究代那买特炸药的基础上,用低氮量的硝化棉,吸收硝化甘油制成了双基火药,称为巴利斯太火药。1890年英国人F.艾贝尔和J.迪尤尔用丙酮和硝化甘油一起塑化高氮量的硝化棉,制成了柯达型双基火药。1937年德国人在双基火药的基础上加入硝基胍制成三基火药。1942年美国利用有机粘合剂(沥青)与无机氧化剂(KClO_4)制成了复合推进剂。此后随着高分子粘合剂的迅速发展,先后出现了聚硫橡胶火药、聚氨酯火药及端羟基聚丁二烯等火药。主要是作为固体火箭推进剂使用。20世纪50年代中期,研制成功由双基粘合剂与无基氧化剂(如高氯酸铵)、金属燃料(如铝粉)组成的复合改性双基推进剂,推动了高能推进剂的迅速发展。

分类 按物理状态火药分为固体火药和液体火药。根据火药主要组分的分布状态,又可分为均质药和异质药。通常的单基火

药、双基火药即属于均质药,而黑火药、烟火药、改性双基火药、硝基胍火药和高分子复合火药则为异质药。也可以按照用途把用于发射枪炮弹丸的火药称为发射药,把用于推进火箭和导弹的叫做推进剂。对某些具有特殊使用性能的火药,还可冠之以特定的名称,如无烟火药、平台火药、缓燃火药、低易损性火药等。无烟火药原指燃烧产物中不含凝固相质点的单基火药和双基火药,根据导弹技术的发展,现泛指燃气产物基本上不影响红外光、可见光、激光等电磁波信号传输功能的火药。平台火药是指在一定压力范围内燃速基本上不随压力而变化的火药。此类火药对提高火箭、导弹的飞行稳定性和命中率具有十分重要的意义。

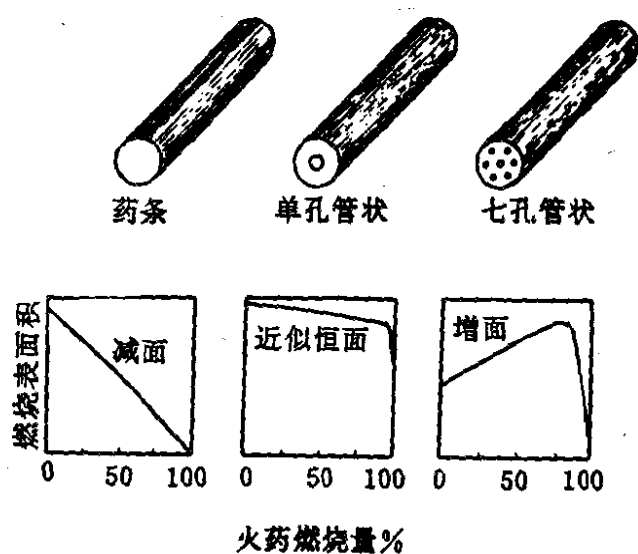
性能 火药是通过燃烧反应,将化学能转变为热能,以其所释放的大量高温燃气迅速膨胀而作功。火药能量的高低及其燃烧的快慢,是控制这一过程的主要因素。火药的力学性质、物理化学安定性、安全性也是决定其使用价值的重要因素。

能量特性 描述火药作功能力的参量。常用火药力或比冲来表示。火药力是指1 000克火药燃烧时,其气体产物在1个大气压下膨胀所作的功(千焦/千克),也称定容火药力。用容积限定的密闭爆发器来测定,专用于枪炮发射药。也是枪炮等身管武器弹道学计算中的重要示性数。比冲是指1 000克火药(在火箭发动机中)燃烧时所产生的推力冲量的大小(牛·秒/千克)。是用火箭发动机在静止试验台或弹道摆来测量的。比冲也是火箭、导弹外弹道学计算的重要参数。火药力或比冲虽与测试条件有关,但主要决定于火药本身的化学能。标志火药化学能的参量有爆热、比容和爆温。它们分别表示1 000克火药在规定条件下燃烧所释放的热量(千焦/千克)、气体量(升/千克)和气体产物所能达到的最高温度(开)。当爆热基本相同时,比容大的火药爆温较低。提高爆温,火药力或比冲量随之增加,但相应增大了对武器的烧蚀作用。提高比容,同样可以提高火药力或比冲量。选择恰当的火药成分和配比,可以获得火药力大或比冲高而爆温合理的配方。火药密度的高低是单位体

积内所含能量多少的标志,所以火药的密度也是能量特性中的一个重要参量。

燃烧特性 描述火药能量释放速率的参量。火药能量释放的快慢影响着武器的弹道性能。此过程主要取决于火药的燃烧速度和燃烧表面积。燃烧一般是按平行层规律进行的,燃面垂直于燃烧的方向平行地由表面向内部逐步传播。火药稳定燃烧的压力范围很宽(0.1~1 000 兆帕),而且其临界值因火药的成分、结构而异。单位时间内燃面的传播距离,称为火药的线性燃速。若以单位时间内,单位燃烧表面所烧掉的火药质量来表示,则称为火药的质量燃速。火药的线性燃速一般为每秒几毫米至几十毫米。燃烧速度与火药的组成、物理结构以及环境条件(初温和工作压力)密切相关。不同类型火药的燃烧速度各不相同,同一类型的火药的燃速也随火药的热值、成分的性质、含量、形态等因素而变化。火药燃烧反应的快慢一般取决于固相区域的预热温度和能量成分分解气化的速率。加入增速催化剂,嵌入金属丝或石墨纤维、使用细粒度的氧化剂和金属粉等,都有助于提高燃速,反之,加入降速剂,增大氧化剂粒度或降低火药的热值,都会使燃速下降。利用这些因素,可以在相当宽的范围内调节火药的燃速。燃烧速度与压力的关系通常用经验公式 $u = a + bp^n$ 表示,其中 u ——燃烧速度; p ——燃烧时所处的压力; a 和 b ——常数; n ——压力指数,表示燃烧速度受压力影响的程度。火药在枪、炮膛内工作时,压力指数会影响弹道性能,在火箭发动机内工作时,燃烧室的平衡压力,对火药的压力指数十分敏感,当 $n > 1$ 时,发动机即不能保持稳定的工作状态,燃烧室很易产生压力急升而导致发动机爆裂。一般要求 $n < 0.4 \sim 0.6$,目前调节压力指数的办法,是在火药中使用含铅、钼、锡、钡等化合物作燃烧催化剂,在一定的压力范围内可实现“平台”燃烧效应。火药的温度对燃速的影响用温度系数(即初温每升高 1°C 时,燃烧速度的相对变化量)来表示。通常火药的初温高,则燃速也升高。火药的几何形状、尺寸以及表面处理情况等,

决定燃面的大小及其变化规律，亦即决定了武器弹道性能的特点。按照火药燃烧面积随时间的变化规律，将火药的药形归结为递增、递减和恒定不变3种。相应地把这3种燃烧过程，称为增面燃烧、减面燃烧和恒面燃烧(见图)。火药的几何形状和尺寸需严格按照武器对弹道性能的要求而设计。常用的药形有单孔或多孔的粒状，内孔为各种形状的管形以及片状、带状、环状等。火药的尺寸



药形对燃烧表面积的影响示意图

寸决定于武器的要求，小粒药的直径可小于1毫米，大型推进剂的直径可达几米。

力学性质 是指火药抵抗各种载荷作用时维持原有形状而不破坏的能力。通常采用模量、强度、延伸率、泊桑比等参量来描述。对火药力学性能的要求随使用条件而异。枪炮发射药在膛内工作时，所承受的主要是高温燃气对火药的压缩力和点火气体的冲击力，所以要求火药有较高的模量值和较高的抗压强度和抗冲强度。目前使用的单基火药和双基火药一般均能满足要求。用于火箭发动机内的固体推进剂，则随发动机内的装药形式而有不同的力学性能要求。对自由装填的装药形式，要求药柱有较高的抗压强度和模量。壳体粘结的装药，则要求药柱在一定强度下，有较大的延伸率。由于火药是一种高分子材料，其力学性质的各种参量对温度和加载速率(时间)都是敏感的。(见表)

物理化学安定性 是指火药在一定条件下，维持其原有物理化学性质不发生超过允许范围变化的能力。火药的吸湿、渗油、挥发、晶析、迁移、机械强度下降和收缩变形等属于物理安定性范围；火药成分的热分解、水解、光解、氧化及火药成分间以及分解产物

几种火药性能表

性 能	单 位	火 药 类 型			
		单基发射药	双基发射药	双基推进剂	复合推进剂
氧化剂及其含量	%		硝化甘油 25~40	硝化甘油 30~45	高氯酸铵 50~88
粘结剂及其含量	%	硝化棉 94~96	硝化棉 55~60	硝化棉 45~55	C ₂ H ₄ O 48~12
密 度	克/厘米 ³	1.52~1.53	1.52~1.60	1.6	1.55~1.75
火 药 力	千焦/千克	900~1000	900~1140		
定容爆热(水为液态)	千焦/千克	3000~4500	3500~5400		
定 容 爆 温	开	2200~3000	2400~3600		
比 容	升/千克	900~1000	750~1000		
燃温(压力为6.9兆帕)	开			1900~3000	1900~3400
理 论 比 冲	牛·秒/千克			1764~2350	1862~2600
燃速(21℃, 6.9兆帕)	毫米/秒			5~32	2.5~38

注:理论比冲是在工作压力为6.9兆帕, 喷管出口为海平面压力情况下的数据。

与火药成分间的各种化学作用,均影响火药的化学安定性。改善火药化学安定性的方法一般是加入安定剂,如在单基火药中加入二苯胺,在双基火药中加入1号或2号中定剂,以及在复合药中加入抗氧剂等。维持火药物理安定性的方法,是控制火药的包装和贮存条件。适当降低贮存温度和防止火药吸潮,都有利于维持火药的物理安定性。通常采用加速反应,观察火药某些特征量(分解气体的压力、失重、安定剂余量等)发生明显变化的特征,来判断火药常规贮存条件下的安定性。

安全性 是指火药在生产、运输、贮存、使用过程中发生燃烧、爆炸的难易程度,通常以感度表示。衡量火药安全性的参量有爆发点(火焰感度)、撞击感度、摩擦感度、静电感度和爆轰感度等。火药为一类爆炸性物质,在研制、生产、运输、贮存及使用过程中都要采取一系列措施,以保证有足够的安全性。

展望 火药是弹药的重要组成部分,随着武器系统的不断发展,也不断对火药提出新的性能要求。火药的发展方向主要是继续提高和完善其性能,研制满足不同武器弹药所要求的火药。如研制高能、高强度、低烧蚀的发射药、液体发射药、高能无烟推进剂、高能平台推进剂、高燃速和低燃速推进剂及贫氧推进剂等。

参考书目

周起槐、任务正编著:《火药物理化学性能》,国防工业出版社,北京,1983。

(谭惠民)

fasheyao

发射药 (gun propellant) 用于发射枪、炮弹丸的火药。发射时,点燃的火药在膛内产生高温高压燃气,推动弹丸高速射出。早期的发射药是粒状黑火药。现代发射药出现在硝化棉和硝化甘油的发明之后,一般分为单基火药、双基火药和三基火药3种。与黑火药相比,现代发射药具有能量高、燃烧无烟等优点。20世纪70年代以来又发展了硝胺发射药和液体发射药。

(谭惠民)

danji huoyao

单基火药 (single base propellant) 以纤维素硝酸酯为唯一能量组分的发射药。药形一般为单孔或多孔粒状、单孔管状,还可制成片、带、环等其他形状,广泛用作枪弹和炮弹的发射药。1884年法国人 P. 维埃耶首先用醇醚溶剂处理硝化棉,制得了单基火药,称硝化棉火药,法国也称 B 火药。主要由 91~96% 的硝化棉、挥发物(溶剂和水)、安定剂(二苯胺)、钝感剂(如樟脑)、消焰剂(硝酸钾)、降温剂(二硝基甲苯)和光泽剂(石墨)等组成。爆热 3 000~4 500 千焦/千克,比容 900~1 000 升/千克,爆温 2 200~3 000 开,火药力 900~1 000 千焦/千克。单基火药的缺点是生产周期长,难制成大尺寸的药柱;贮存期间火药中挥发物含量有变化,对火药的内弹道性能有影响。(罗秉和)

shuangji huoyao

双基火药 (double base propellant) 含有纤维素硝酸酯和多元醇硝酸酯两种主要能量组分的发射药。分双基推进剂和双基发射药两种。也有用液体硝酸酯的名称来命名的,如硝化甘油火药。双基火药能量范围大,常用于大口径火炮、迫击炮发射药;双基火药也适用于大尺寸的药柱,用作火箭发动机装药,称双基推进剂。用于双基火药的液体硝酸酯,有硝化甘油、硝化乙二醇、硝化二乙二醇等。按制造方法分为巴利斯太型火药和柯达型火药。巴利斯太型火药用无溶剂方法加工制造,其主要成分为低氮量纤维素硝酸酯(含氮量约 12.2%)50~60%,硝化甘油(或硝化二乙二醇,或混合硝酸酯)25~40%,和少量附加物,如:增塑剂(苯二甲酸二丁酯和二硝基甲苯)、化学安定剂(中定剂)、弹道改良剂(铅的化合物)、工艺附加剂(凡士林)、消焰剂(硫酸钾)、钝感剂(石蜡)等。爆热 3 000~5 400 千焦/千克,比容 750~1 000 升/千克,爆温 2 400~3 800 开,火药力 900~1 200 千焦/千克。双基火药可制成管状、

片状、带状和内孔星形等药形,也能制成直径较大的药柱,还可采用浇注法制造各种异形药柱。与单基火药比较,优点是能量高、吸湿性小、物理安定性和弹道稳定性好,能制造大型和异形药柱。缺点是爆温高,对炮膛烧蚀较严重,生产时危险性较大。柯达型火药用挥发性溶剂(如丙酮)加工制造,其主要成分的含氮量高达 13~13.5%。

1888 年瑞典人 A. B. 诺贝尔首先发明双基火药。1890 年英国人 F. 艾贝尔和 J. 迪尤尔制得了柯达型双基火药。其中含有高氮量硝化棉,为使其溶解,除硝化甘油外,还需加入挥发性溶剂,因而制造工艺与单基火药相似,这种方法现已较少使用。

(罗秉和)

sanji huoyao

三基火药 (triple base propellant) 在双基发射药组分中加入固体炸药(如硝基胍等)作为基本能量组分所组成的发射药。典型的三基火药由纤维素硝酸酯、硝化甘油和硝基胍 3 种能量组分组成,通常也称硝基胍火药。它较双基火药爆热低,比容高,所以能量高,烧蚀性小,又称“冷火药”。主要用于大口径炮弹的发射装药。1937 年首先出现在德国。硝基胍火药一般含有纤维素硝酸酯(含氮量约为 12.6%)20~28%,硝化甘油 19~22.5%,硝基胍 47~55%,及少量安定剂(中定剂),消焰剂(硫酸钾或冰晶石)和钝感剂(石墨)等。爆热约为 4 000 千焦/千克。比容 1 000 升/千克左右,爆温一般小于 3 000 开,火药力接近 1 100 千焦/千克。

(罗秉和)

xiaohua qianweisu

硝化纤维素 (cellulose nitrate) 单基发射药的一种。是纤维素与硝酸进行酯化反应的产物。又称纤维素硝酸酯。化学式 $[C_6H_7O_2(OH)_{3-r}(ONO_2)_r]_n$ 。当以棉花为纤维素原料时,该产物称硝化棉。1846 年瑞士人 C. F. 舍拜因首先用硝硫混酸处理棉花,制得

棉纤维素硝酸酯。用作发射药的硝化棉按其平均含氮量可区分为：1号强棉(含氮量 13.13%以上)，2号硝化棉(含氮量 11.88~12.38%)，3号弱棉(含氮量 11.75~12.10%)。含氮量 12%以上的硝化棉是制造火药的重要原料。3号弱棉主要用来制造爆破炸药。含氮量低于 12%的硝化棉一般用于制造硝基漆及赛璐珞等制品。硝化棉受热后发生分解，爆发点为 453~463 开。干燥的含氮量为 13.1%的硝化棉，被压缩到密度为 1.30 克/厘米³ 时，爆速为 6 300 米/秒，铅壅扩大值为 375 毫升。含氮量为 13.2%的硝化棉，爆温为 3 430 开，爆热为 4 410 千焦/千克。不同含氮量的硝化棉分别溶于不同的溶剂中，常用的溶剂有丙酮、醇醚混合溶剂、硝化甘油、乙酸乙酯等。硝化棉含水量大于 25%时，可安全贮存。

(厉宝琯)

yeti fasheyao

液体发射药 (liquid gun propellant) 由液态物质组成用于身管武器发射的火药。液体发射药分为单组元和双组元两种。单组元液体发射药可以由单一材料组成，也可以由几种相容性好的、互溶的或易混合均匀的物质组成，如异丙基硝酸盐、硝酸羟胺和水，或三甲基硝胺和水等混合物。双组元发射药是在注入枪、炮膛之前，分别储存的液态氧化剂和燃料，如硝酸、四氧化二氮用作氧化剂，肼、一甲基肼和三乙基胺等用作燃料。液体发射药的优点是能量高，火焰温度低，安全性较好，可以调节喷入药量和燃烧速度，采用液体发射药还可取消药筒，提高武器射速等，是大幅度提高枪、炮性能的重要措施，将是身管武器发展史上的一项重大变革。应用液体发射药的研究始于 20 世纪 40 年代后期。液体发射药的应用主要取决于如何向枪、炮药室灌注和密封技术的解决。

(罗秉和)

fashe zhuangyao

发射装药 (propelling charge) 为满足一定弹道性能和射

击要求,由发射药及必要的元、部件按一定的结构组成,用于一次发射的组合件。

发射装药由发射药(火药)、药筒、底火和辅助元件组成。一种或数种牌号的发射药和用来点燃发射药的点火传火系统是装药必不可少的基本元件。根据武器性能要求,装药中还可选择其他辅助元件,如:减缓火药燃气对内膛表面烧蚀的护膛剂;清除铜质弹带与膛壁摩擦而残留在内膛表面积铜的除铜剂;抑制射击时产生的膛口焰、炮尾焰的消焰剂;减少射击时生成的烟雾的消烟剂;以及紧塞具、绑扎火药的袋、绳、纸等。发射药通常盛装在药筒或药包中。

发射装药可按不同的特征分类。按用途可分为战斗装药、空包装药和专用装药;按发射药量可变与否可分为定装药和变装药;按发射药牌号的多少可分为单一装药和混合装药;按装药所获得的不同弹道性能可分为正装药、强装药和减装药。此外还有按装药特定结构和特定功能而特殊命名的装药,如:随行装药、密实装药、固定装药、超远射程装药、低温度系数装药、标准装药等。

为了正确无误地使用发射装药,在发射装药的外包装表面印有明显的标记,有适用的武器、弹种、火药牌号、生产厂家、年分、批次等。

装药元、部件和装药结构的变更,会引起射击武器的内弹道性能变化。因而,优化匹配的装药结构是保证射击武器的弹道性能稳定性和安全性的先决条件;调整装药元、部件和装药结构,是改变武器内弹道性能最灵活、最有效的手段。(曲作家)

yanhuoyao

烟火药 (pyrotechnic compositions) 在隔绝外界空气的条件下能燃烧,并产生光、热、烟、声或气体等不同烟火效应的混合物。通常由氧化剂、可燃剂和粘合剂组成,有的还加有附加物。军事上用来装填特种弹药和器材;民间用于制造焰火、爆竹以及其他

工业制品。

烟火药本质上属于炸药,在一定条件下也会产生爆炸,但多数烟火药是利用燃烧反应产生的各种烟火效应,达到使用目的。烟火药的性质,主要决定于它的组分。燃烧速度是重要示性数之一,对同类药剂来说,燃烧速度与装药密度有关,而不同品种药剂的燃烧速度相差极大。如发烟剂每秒为十分之几毫米;照明剂每秒2~10毫米。此外,燃烧温度、燃烧热和燃烧产物等,对烟火效应都有很大影响。大多数烟火药容易吸湿,并且对静电和机械作用(特别是摩擦)敏感。

分类 按生成物产生烟幕分为遮蔽或迷盲发烟剂、有色发烟剂、干扰发烟剂。按能量分为动能、光能、热能、声能等类型。动能的有气体发生剂、弹底排气剂、烟火推进剂。光能的有照明剂、摄影闪光剂、曳光剂、发光信号剂、红外诱饵剂。热能的有燃烧剂、点火药。声能有模拟剂、哨音剂等。按反应速度分还有延期药。

照明剂 利用化学反应产生强烈光辐射的药剂。其比光能可达50 000坎·秒/克。一般用于装填各种照明弹药,便于夜间照明观察目标。照明剂通常由硝酸钠、镁粉、合成树脂组成的混合物。为了保证观察者有足够的时间观察目标,照明剂应以一定的燃烧速度保证适当的燃烧时间,它由照明弹药药柱的尺寸来保证,一般照明弹药的发光强度为40~200万坎,发光时间为30~40秒。

摄影闪光剂 在极短时间内能发出光强数千万至数十亿坎的强光,用于飞机夜间照相,或为发射火箭、导弹指示目标和校正弹道。通常由金属粉和氧化剂组成,例如铝粉40%、高氯酸钾30%、硝酸钡30%的混合物。

曳光剂 以燃烧产生的一定强度的可见光显示弹道的药剂。由内装曳光剂的曳光管,装于弹丸底部组成曳光弹,在射击时显示弹道轨迹。曳光剂由氧化剂、金属可燃剂和粘合剂组成。根据装填金属粉的不同,燃烧时可产生红、白光或其他色光。红色曳光剂有利于远距离观察,使用较多。红色曳光剂含有硝酸锶、镁粉和粘合

剂,有时还加入六氯苯、聚氯乙烯等染焰剂。一个曳光管的燃烧时间一般在 3~20 秒,发光强度为 200~2 000 坎。

发光信号剂 利用燃烧反应产生有色光信号的药剂。由氧化剂、可燃剂、粘合剂和染焰剂等组成。常用的光色为红、黄、绿、蓝色。有色光的光色是靠燃烧生成物的原子或分子辐射相应波长的光而产生的。例如红光是一氯化锶或氧化锶的分子辐射;黄光则是钠的原子辐射;绿光是一氯化钡或氧化钡的分子辐射;蓝光是一氯化铜或氧化铜的分子辐射。发光信号剂的主要示性数有波长、比色纯度、发光强度和燃烧速度等。

红外诱饵剂 燃烧时能产生强烈的红外辐射的药剂。用以装填红外诱饵弹,在飞机、舰艇上施放,发出类似飞机或舰艇的红外辐射,形成假目标以引诱红外制导的导弹偏向假目标,而使真正的飞机或舰艇脱离危险。飞机用红外诱饵剂由镁粉、聚四氟乙烯、硝化棉组成。美国有一种红外诱饵弹直径 40 毫米,长 127 毫米,重 0.32 千克,燃烧时间 3 秒,输出功率 15 千瓦,辐射的红外波长 3~5 微米。舰艇用红外诱饵剂系液体四氯化钛和烟火剂,利用烟火剂燃烧产生的热使四氯化钛气化,生成的烟云能辐射主波段为 8~14 微米的红外线。具有诱饵和干扰双重作用的复合诱饵弹,是一种新型的弹种,弹体内装红外诱饵剂、金属粉或箔条,能起到诱饵和干扰雷达的双重作用。

延期药 压装在延期元件中,用来控制火焰传递时间的药剂。延期药点燃后,能等速稳定燃烧,经过一段时间后引爆或引燃其他火工元件或开启控制器件。通常用黑火药作延期药。以金属可燃剂为主的延期药,燃烧时很少产生气体或无气体,称为微烟药,按金属组分的不同,分为钨系、硅系、硼系等。按延期时间分为微秒级、毫秒级和秒级 3 种。

模拟剂 用以装填辅助弹药或模拟器材产生闪光、声响和烟云等模拟爆炸效应的药剂。用于部队演习或训练,模拟火炮射击和弹丸爆炸等效应。模拟剂一般是氧化剂和可燃剂的二元混合物。多

用 70% 高氯酸钾和 30% 细铝粉组成,或用高氯酸钾、细铝粉、硫化梯按 4 : 1 : 1 比例组成。为显示弹着点和模仿地雷爆炸,有的模拟剂采用有色发烟剂装填模拟器材。

哨音剂 燃烧时能产生哨(笛)音的一种药剂。也称啸声剂。它是可燃剂和氧化剂按零氧平衡配比混合而成。可燃物为芳香族结构的有机酸或其碱金属盐,如没食子酸、苦味酸钾、苯二甲酸氢钾等。氧化剂则为氯酸钾或高氯酸钾。发声机理是反应出现快速抑制与加速的有节奏的振荡燃烧,引起燃烧表面气体的压缩与稀疏交替,而产生哨音。哨音频率一般在 2 500~5 000 赫兹。军事上作为引起心理恐惧的啸声剂,民用作烟花笛音剂。

燃烧剂 燃烧时能放出大量的热,形成高温的药剂。通常用于燃烧弹或纵火器材。胶状的凝固汽油(美国称纳旁)燃烧剂,燃烧温度为 760℃,用于火焰喷射器或燃烧航空炸弹。20 世纪 60 年代美国出现的纳旁 B 是一种由 50% 聚苯乙烯、25% 苯和 25% 汽油组成的粘性液体,它的燃烧温度约 850℃。以镁或镁合金为主要成分的金属燃烧剂(作燃烧弹外壳),燃烧温度可达 2 000℃。以铝粉和氧化铁混合物的铝热剂,燃烧温度可达 3 000℃。三乙基铝和黄磷一样是一种自燃物质,燃烧温度可达 1 300℃ 以上,通常用聚异丁烯稠化,用作自燃燃烧剂装填小型火箭和大口径燃烧弹。20 世纪 80 年代已将燃烧合金(混合稀土和各种形式的锆)应用于各种弹药,不仅增大了杀伤、破坏威力,而且可使一弹多用。

点火药 热感度较高,点火能力较强的药剂。用以点燃发射药、起爆药和烟火药的药剂。也称引燃剂。分为单质点火药和混合点火药。单质点火药通常为有机化合物,均匀性好,但制备工艺复杂,造价较高,性能不可调,应用受到一定限制。混合点火药主要由氧化剂、可燃剂和粘合剂组成,制备工艺简单,配方可调,适应性强,使用广泛。

气体发生剂 能产生气体作功的药剂。根据气体工作温度,可分为热气发生剂和冷气发生剂。热气发生剂一般由硝基胍 90%、

二氧化锰 10% 组成, 工作温度达数百度。温度为 200°C 时能生成 90 升/千克的气体。冷气发生剂是一种冷燃药, 以二氧化碳和酒精组成的冷却剂来降温, 其组分为叠氮化钠 58%、碳酸氢钠 10%、维通 A30% 和二氧化硅 2%, 工作温度只有 $50\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。气体发生剂在军事上用于火焰喷射器, 民用可作驱动装置的动力和充气安全袋充气等。

弹底排气剂 装在弹丸底部, 燃烧时能产生大量气体, 减小底阻力、提高射程的药剂。底部排气技术是炮弹增程的一种新技术, 在 20 世纪 60 年代瑞典首先研究和装备部队。它可以使炮弹增加射程 $15\sim 30\%$ 。弹底排气剂的配方有两类, 含金属粉的配方, 如镁粉 28%、硝酸锶 55% 和聚氯乙烯 17%; 不含金属粉的配方, 高氯酸铵 75% 和端羟基聚丁二烯 25%, 外加增塑剂等。

烟火推进剂 提高固体火箭发动机推力的药剂。现代出现一种新的固体冲压式火箭发动机, 与之相应的固体燃料, 称贫氧烟火推进剂。其工作原理, 贫氧推进剂在初燃室燃烧产生一次燃气, 经喷嘴向复燃室喷出, 与火箭飞行时冲压注入的空气混合和燃烧(称二次燃烧)。提高了比冲(可达 $6\,860\text{ 牛}\cdot\text{秒}/\text{千克}$), 减轻了发动机的重量, 提高了火箭飞行距离。例如苏联的萨姆-6 地对空导弹就是用贫氧烟火推进剂。

发烟剂 燃烧时能形成烟幕(气溶胶), 具有遮蔽、迷盲和干扰等作用的药剂。生成烟幕的物质种类很多, 其中有硫酸酐、无机氯化酐和金属氯化物等。发烟剂的蒸汽与大气中的水蒸汽作用, 生成的烟雾, 称为吸湿性发烟剂。黄磷和赤磷都有很高的发烟能力, 称为磷发烟剂。燃烧时先生成五氧化二磷, 再与空气中的水分起作用, 形成磷的白色烟雾。锭子油等脂肪族碳氢化合物和萘、蒽、菲等芳香族碳氢化合物, 加热时都能生成烟雾。

另有一类燃烧混合发烟剂, 分为受热升华发烟剂和金属氯化物发烟剂。前者含有可燃物(如蒽)、氧化剂(如氯酸钾)和发烟物质(如氯化铵)的混合物; 后者含有金属成分(锌)、氯成分(如六氯乙

烷)和一些吸收剂(如氧化锌)等组成。

有色发烟剂,产生有色烟幕,用于昼间传递信号的药剂。又称发烟信号剂。它有明显的色彩和一定的持续时间,便于远距离识别。有色发烟剂有红、黄、绿、蓝等颜色。成烟方法有分散法和凝结法两种。大多用有机染料升华而制取的凝结法,即将染料加入氧化剂和可燃剂混合物中,燃烧生成的热使染料挥发,再在空气中凝结成有色烟幕。有色发烟剂用于各种弹药和器材,其分辨距离可达3 000米。

干扰发烟剂,对红外、激光、微波等进行干扰的发烟剂。组成干扰发烟剂的物质很多,从无机化合物到有机化合物;从黑色和有色金属到非金属元素,直至高分子聚合物都能在不同程度上起到干扰作用。如有箔条发烟剂、CP发烟剂。其原理是产生的烟幕对电磁波有散射、反射、衰减和吸收作用。使红外夜视仪、红外摄影、红外制导武器、热成像仪、激光测距仪、微波雷达等所接收的信号在不同程度上减弱,甚至完全失效。

第二次世界大战之后,对烟火药的研究十分活跃,有了较大的发展。80年代以来,有些国家开始研制无毒、无刺激、无腐蚀烟火药和防红外光、防激光、防微波的发烟剂。烟火药使用的氧化剂由狭义含氧物扩大到广义氧化剂(得到电子的物质),可燃剂由合金或金属互化物代替单纯的金属元素,使其产生最大热能,提高药剂的火焰温度(如照明剂、燃烧剂等)。(徐云庚)

yanhuo jishu

烟火技术 (pyrotechnics) 研究烟火药及其制品和烟火器材(弹药)的设计、工艺、测试和应用的一门综合性技术。利用烟火药在燃烧时能产生光、热、烟、声或气体等效应的特点,军事上用来装填照明弹、燃烧弹、发烟弹、信号弹及红外诱饵弹等。民用则制造爆竹、焰火及其他工业用的烟火制品。随着科学技术的发展,在现代军事技术中,烟火技术应用于火箭、导弹、核装备和航空航天等

方面,另外,又可利用烟幕来干扰红外辐射、激光、微波等制导武器以及减弱原子爆炸的光辐射。民用方面,除把烟火技术用于娱乐外,广泛用于人工降雨、防霜冻、灭火、爆破、加热、切割和气动等等。

中国远在公元前 781 年就有“烽火台”的记载,白天用烟,晚间用火作为联络信号。成书于约公元前 500 年的《孙子兵法》一书中有“火攻篇”。汉末(公元 227 年)魏蜀战争已使用了引火的“火箭”。但这种烟和火都是利用自然界的可燃物点燃后产生的。自中国发明黑火药后,燃烧武器得到发展,烟火技术也随之有所发展。北宋(公元 1044 年)的《武经总要》详细记载有“毒药烟毯”、“蒺藜火毯”等就是产生有毒烟幕和燃烧作用的武器。明代的《武备志》详述了“五里雾”、“五色烟”等烟火药剂的配方。到了公元 1225 年,中国的烟火技术逐渐传入欧洲及中东各国。民用烟火技术的发展晚于军事烟火技术。公元 1163~1189 年出现烟花(焰火)。现代的焰火已由单一的火焰发展到与造型艺术巧妙的结合,使光、色、音响组成绚丽多姿,声色具备,瞬息万变的造型。

欧洲在 18 世纪发明了铝热剂。19 世纪出现照明弹,20 世纪,由于化学工业的发展,又经过两次世界大战,烟火技术又得到了进一步发展。70 年代把烟火技术应用在红外诱饵和利用烟幕干扰红外辐射、激光、微波等制导武器,以及用于减弱原子弹爆炸的光辐射等作为对抗措施。由于固体化学的发展,使许多未被认识的烟火反应现象得到了科学解释,烟火技术正逐渐发展成为一门综合性的应用科学。

(徐云庚)

dianhuoyao

点火药 (igniting compositon) 用以点燃烟火剂、起爆药、发射药、炸药等的烟火药。是各种点火器材的基本装药,它的作用是产生足够的燃烧温度和点火强度,可靠地引燃下一级装药或火工品。对发火点很高、难燃药剂的点火,除可采用点火强度高的点

火药外,还可采用多层过渡药阶梯升温的方法,以保证点火。此种点火药称为过渡药的点火药。

按点火药组成可分为混合点火药(由氧化剂、可燃剂和粘合剂组成)和单质点火药(通常是有机化合物或弱起爆药等)两大类。根据性能和用途的不同,可分为:①有气体点火药,广泛使用的是黑火药。②微气体点火药,属混合点火药。通常是由氧化剂(如氯酸钾、氧化铅等)和燃烧后生成高溶点的氧化物的可燃剂(如镁、铝、硅、硼、镁铝合金等)组成。适用于高空点火具装药。③无气体点火药,主要组分为铅/硒、锆/氧化铁/硅藻土、钡铝(金属互化物)等。低温发火性能好,用于特殊要求的点火具中。

根据药剂的特殊性能分类有:①钝感电点火药,如低氢化钛/高氯酸钾、镁/二氧化碲,对静电、射频、雷电钝感。适用于航空、航天运载装置等。②耐高温点火药。如硼/二氧化碲,耐高温达 350℃ 以上,适用于石油钻井和航天运载器内的点火机构。③缓燃点火药,由硝酸钠、糖和木炭组成。燃烧温度较低,燃速较慢,易点燃,用于销毁文件。④暗燃点火药,又称无光点火药,燃烧时发火强度较低,通常用于防暴露炮位和防迷盲炮手眼睛。

习惯上有以可燃剂区分的,如以硅、硼、锆、硫氰酸铅等为主要可燃剂的,分别称硅系、硼系、锆系和硫氰酸铅点火药。用于引燃点火药的药剂,称为引燃剂,也是一种点火药。

对点火药的要求是:有良好的点火感度,有足够的点火强度,燃烧后有较高的燃烧温度,产生较多的灼热凝聚相产物,一定的火焰长度及热流量。性能稳定、吸湿性小、能长期贮存。

(黄浩川)

yanqiyao

延期药 (delay composition) 在传爆序列或传火序列中,使爆炸或燃烧延时发生的烟火药。通常装在金属管中,或压成柱状(称为延期药柱),构成延期元件。主要用于延期爆破雷管、点火具等,在引信中作为延期药盘或解除保险元件的装药。使用时延期元

件一端被引燃,经过一定时间燃烧后,在另一端输出火焰,引燃下一级火工品。

按延期时间分为微秒、毫秒和秒级延期药;按燃烧时产生气体量,分为有气体、微气体延期药;按加入金属可燃物种类,分为钨系、硼系、硅系延期药等;按组分分为单质延期药(通常是改性弱起爆药)和混合延期药两大类。

对延期药的要求是:延期时间要精确,长期贮存稳定性好,有良好的物理及化学性能,机械感度低等。影响延期药时间精度的主要因素,除药剂的纯度、装药密度、管壳材料、外界温度等外,点火能量与延期药引燃能量相匹配是非常重要的因素。

6~7 世纪中国使用烟火引线中的黑火药,是最早的延期药。1929 年出现了硅和氧化铅组成的第一个微气体延期药。20 世纪 50~60 年代发展了一类金属互化物(称为 pyro fuse)延期材料,系用两种金属(如钯、铅)制成的,具有延期时间精度高、重现性能好、体积小、易成型等优点。近代延期药的品种很多,但工艺及理论研究工作尚须努力开展,以解决延期时间及长贮稳定性两个关键问题。

(黄浩川)

heihuoyao

黑火药 (black powder) 为硝酸钾、硫磺和木炭的混合物。又称有烟火药。它是一种最古老的火炸药,是中国古代四大发明之一。中国至迟于 808 年以前就发明了火药,于 10 世纪开始用于军事。作为火炸药,直到 19 世纪后半期才逐渐被能量更高的无烟火药及猛炸药所取代。但它具有对火焰敏感,燃烧产生大量灼热固体微粒,传播速度快、安定性好等特点,至今仍广泛用作胶质火药及烟火药的点火药;导火索及引信的传火药、延期药;榴霰弹及特种弹的抛射药和猎枪弹、礼花弹的发射药。

黑火药通常由硝酸钾、硫磺、木炭按 75 : 10 : 15 的比例组成。硝酸钾是氧化剂,硫磺和木炭为可燃剂。硫磺还具有粘合剂与催化

剂的作用,能降低火药的发火点。木炭的种类与碳化程度对火药的性能影响极大。改变组分配比,可以改变黑火药的性能,从而能满足不同使用要求。此外,还有用硝酸钠、硝酸铵、硝酸钡、氯酸钾及过氯酸钾等作氧化剂、以煤粉作可燃剂或无硫的黑火药。

黑火药的制备,是先将硫磺与木炭进行粉碎、混合,然后加入硝酸钾粉,进一步研细与混合,制得灰黑色黑火药粉。将药粉压制成高密度的药饼,经造粒、筛分、滚光、净化、混同等过程,可制得粒状黑火药。粒状药具有金属光泽,密度约 $1.6\sim 1.9$ 克/厘米³,表观密度为 $0.8\sim 1.0$ 克/厘米³;发火点约为 400°C (5 秒),在火焰或火花作用下极易燃烧,对冲击与摩擦敏感;少量药点燃后只燃烧,在密闭容器内用强起爆药起爆,能发生爆轰。燃速决定于环境压力和药的密度,当密度小于 1.7 克/厘米³ 时,不按平行层规律燃烧;燃烧的固态产物的质量分数约为 50%;气体比容约 280 升/千克;爆热为 $2\,500\sim 3\,300$ 千焦/千克;爆温约 $2\,500$ 开;火药力约 300 千焦/千克。

(许又文)

huoyaoli

火药力 (force of powder) 1 000 克火药定容绝热燃烧后的气体生成物在1个大气压下,当温度由0开升到 T_0 开时,膨胀所做的功。也称定容火药力。它实质上不是力,而是作功的能力。它是枪、炮内弹道学中重要的特征参量,是火药及枪、炮内弹道设计的基本参数,也是比较发射药能量大小的特性参数。在火药技术上,常用一种叫密闭爆发器的仪器,来研究火药在密闭空间内的燃烧情况。计算公式为: $f = n \cdot R \cdot T_0$ 。式中 f 火药力 J/kg; n 火药燃气物质的量 mol · k; R 摩尔气体常数 J/mol · k; T_0 火药爆温 K。

(厉宝琯)

zhayao

炸药 (explosive) 在适当的外界激发能量作用下,能产生

化学爆炸的化合物或混合物。是火炸药中一大类别。爆炸是一物质系统受激发，迅速释放其内部潜能的过程。炸药的爆炸不同高压锅炉蒸汽等的物理爆炸，也不同于原子弹等的核爆炸，而是由化学原因引起的爆炸变化；其化学反应不依赖外界物质的引入即能自行传播，瞬间放出大量热能，形成高温、高压气体，使爆炸周围介质受到强烈冲击、压缩、变形、碎裂、抛掷和冲击波的作用等，并常伴有火光、声响和烟等，可造成严重的破坏效果。爆炸可区分为爆燃和爆轰。通常认为爆燃是火药释放能量的典型形式，其燃速是亚音速的；爆轰是炸药释放能量的典型形式，其爆速是超音速的。因而将主要能产生爆轰的化合物或混合物称为炸药；将主要能产生爆燃的混合物或化合物称为火药。在一定条件下，火药的爆燃会转为爆轰，炸药也可以燃烧而不爆轰。以某些炸药为原料还可制成火药，炸药和火药都可在爆炸性质的概念下统一起来，常被称为火炸药。

炸药在军事上可用作杀伤爆破装药以装填炮弹、航空炸弹、导弹、地雷、水雷、鱼雷、手榴弹等。其作用是：高温高压爆炸产物突然膨胀从而破坏弹壳或容器，以其高速飞散的碎片杀伤有生力量；产生的冲击波破坏工事、建筑物和设备；产生的爆炸聚能效应以穿透装甲目标；也可利用炸药的高爆速以引爆核装置等。炸药也可用于采矿、筑路、兴修水利、人工降雨、灭火、工程爆破、地震探测、石油勘探、金属加工等民用工程。应用于军事上的炸药需要具有一定条件：如有足够的能量、气体量及爆速，以保证所需要的抛掷作用和破坏作用；有适当的感度，以保证使用时易于起爆和勤务处理安全；有良好的安定性，以保证有足够的使用寿命和储存寿命。

炸药的爆炸特性 炸药是大功率能源之一，能在瞬间产生几万兆帕压力的高温气体，向炸点周围迅速膨胀而做功。炸药爆炸的做功能力(威力)。主要取决于爆炸时释放的热量和气体产物的多少。通常用铅埭扩大值或用弹道臼炮值表示。炸药的铅埭值为 85

~610 厘米³/10 克。爆热转为功的效率,随爆容的增长而增大。炸药爆炸时对其密切接触的炸点周围介质的粉碎能力,称为炸药的猛度,可用实验测定的铜柱或铅柱压缩值表示。它主要决定于爆速和爆压以及装药密度。炸药的密度大、爆速大和爆压高,爆炸时对周围介质粉碎的效果就大;若爆容大和爆速小,爆炸时对周围介质的粉碎效果就差,但抛力强。综合评定一种炸药的爆炸特性,常用下列 5 个参数为标志量:

爆热 通常指定容下爆炸变化时,单位质量炸药放出的热量。其数值取决于炸药元素组成、化学结构和爆炸反应条件。爆热一般为 2 000~8 200 千焦/千克。可用热化学方法计算,也可以实测。爆热是炸药对外界做功的最大理论值;炸药的其他参数也与爆热有关,爆热是非常重要的示性数。

爆容 单位质量炸药爆炸时,生成的气体产物在标准状态(273 开,101 千帕)下的体积。其数值为 280~1 100 分米³/千克。爆容可计算,也可实测。气体是炸药爆炸时对外做功的工质,爆容大的炸药容易将爆热转化为功。

爆温 炸药爆炸时,全部爆热用来定容加热爆炸产物所达到的最高温度,是爆炸示性数之一,其值为 2 000~5 000 开。爆温取决于爆热和爆炸产物的组成,可用热化学方法计算,也可用仪器近似测定。军事上要求炸药的爆温高,民用炸药则要求爆温低一些。

爆速 爆轰波在炸药中稳定传播的速度,其值为 1~9.5 千米/秒。爆速可理论计算,也可实测。爆速是炸药对外界作用能力的重要示性数。

爆压 炸药爆炸时,爆轰波阵面的压力,其值为 10~40 吉帕,可理论计算,也可用实验法间接测定。

从理论和实验定量研究炸药的上述 5 个参量,弄清它们之间的相互联系,并加以调节,对于炸药的合成和应用,具有重要指导意义。

另外,炸药的特性还有感度、安定性、相容性等。

感度 炸药在各种外界作用下,发生爆炸难易的程度,一般用引起爆炸的外界刺激的最小能量表示。

安定性 在一定条件下,炸药保持其物理、化学和使用性能不发生超过允许范围变化的能力。物理安定性的测定通常采用测定吸湿性、挥发性的方法。化学安定性的测定,通常采用炸药的热分解速度,或在特定条件下产生的分解气体量、热量和失重表示。

相容性 在一定条件下,混合炸药各组分间,或炸药与其他材料(如弹体金属材料、零部件、非金属材料 and 涂料等)接触时不发生超过允许范围变化的能力。一般用化学热分解的方法评定相容性。

分类 炸药种类繁多,按应用可分为起爆药、猛炸药两类;按组成为单体炸药、混合炸药两类。

起爆药 对外界作用敏感,是燃烧转为爆轰的临界压力最低的一类炸药,其临界压力一般不到一个兆帕。起爆药又称初发炸药、主发炸药和第一类炸药,常用的有叠氮化铅、雷汞等。

猛炸药 爆炸时能对周围介质作猛烈的破坏功,故而得名。军事上主要用做战斗部装药和爆破装药。猛炸药又称次发炸药、第二类炸药。猛炸药燃烧转爆轰较为困难,其临界压力需数十到数百兆帕。起爆药可用火焰引爆,猛炸药则必须用冲击波或其他炸药(如起爆药)产生的爆轰波引爆。由于在炸药中猛炸药的品种和数量最多,有时人们就把猛炸药称作炸药。常用的猛炸药有梯恩梯、黑索今、奥克托今、太安、特屈儿和各种类型的混合炸药等。

单体炸药(单质炸药) 具有炸药性质的单一化合物,又称化合炸药。由于这种化合物分子结构不够稳定和内部分子链存在很大的内应力,分子一旦受激发,其原子间链断裂,形成自由原子或离子,当它们重新组合成新产物时,释放大量的热能。

单体炸药按分子结构主要分为 5 类:①硝基化合物:含有 C—NO₂ 分子结构的有机化合物,如三硝基甲苯、三硝基苯酚、三硝基苯甲硝胺、三氨基三硝基苯等;②硝基胺化合物:含有 N—NO₂ 分

子结构的有机化合物,如环三亚甲基三硝胺、环四亚甲基四硝胺、硝基胍等;③硝酸酯基化合物和硝酸盐:含有 $\text{O}-\text{NO}_2$ 分子结构的有机化合物和硝酸根离子的盐,如丙三醇三硝酸酯、季戊四醇四硝酸酯、硝酸铵、硝酸脲等;④叠氮化物:含有一 N_3 分子结构的化合物,如叠氮化铅等;⑤雷酸盐:含雷酸根 CNO 分子结构的盐类,如雷汞等。前3类多构成猛炸药,后两类多构成起爆药。威力大的单体炸药通常是混合炸药的主体炸药。

混合炸药 两种或两种以上物质构成的炸药。有气态、液态或固态,它们可以由炸药与炸药、炸药与非炸药、或都是非炸药组成,由不同炸药相互混合而成的炸药有:熔黑梯炸药、奥梯炸药、太梯炸药、铵梯炸药、活性代那买特等。它们的性质大多按组成比例介于其间。由炸药与非炸药添加剂组成的最大一类为高聚物粘结炸药,它以高能炸药黑索今、奥克托今等为主体,以高聚物如树脂、聚酯、橡胶等为粘结剂混合而成,有高强度炸药、耐热炸药、塑性炸药、挠性炸药、泡沫炸药等。它们往往有特殊的性能,以适应特殊的需要。由氧化剂和可燃物组成的炸药有:黑火药、液氧炸药、铵油炸药、燃料空气炸药等,它们具有价廉的特点。混合炸药的品种繁多,性能变化范围很广,随着新炸药和新材料的发展,混合炸药的品种和应用范围还在逐步扩大。

简史 早期的火药,由中药演变而来,因这种医药具有爆炸着火的能力,故称为火药。黑火药是世界公认的第一个爆炸物质,由硝、硫、炭混合组成,是中国古代炼丹家发明的。中国和日本曾把火药作为爆炸物的同义词,是炸药、发射药、烟火药的总称。19世纪以后,多种爆炸物出现,西方采用炸药作为火药、猛炸药、起爆药、烟火药的总称。与黑火药爆燃性质相近的发射药和推进药都归属为火药。当代火药和炸药有并称的趋势。20世纪50年代后期中国将火药和炸药统称为火炸药。

中国古代炼丹家为迎合帝王、贵族“长生不死”的欲望,在自然界寻找各种矿物和生物等进行合炼,试图生产出灵丹妙药,从而产

生了炼丹术。大约在 3 世纪炼丹家将硝石、硫磺和其他碳化物质在密闭的炼丹炉内合炼时,曾发生着火和爆炸现象。至迟于 808 年中国有了黑火药配方的记载。10 世纪开始用于军事,使武器由冷兵器时代逐渐转为火器时代。中国宋王朝在开封设有较大规模的“火药窑子作”,从事火炸药生产,曾制成“霹雳砲”、火枪、铁火砲等火器,以击退金兵。13 世纪火炸药技术经阿拉伯传入欧洲,于 14 世纪开始用于火炮发射药。1627 年匈牙利人首先用于开矿。

近代炸药的兴起是与化学的发展及化学工业的建立分不开的。1825 年英国 R. D. 克莱顿博士从煤焦油中分离出苯、甲苯、萘等物质,为炸药的发展提供了基础原料。1833 年法国化学家 H. 布雷克诺第一次制出硝化淀粉和 1834 年德国化学家 E. 米彻利希第一次制出芳香族硝基化合物——硝基苯和一硝基甲苯以来,开创了现代炸药合成的先例,促使新炸药不断出现。17 世纪 J. 孔克尔研制出雷汞(1832 年第一次用于火帽,1865 年瑞典化学家 A. B. 诺贝尔用它制造了雷管)。1846 年意大利化学家 A. 索布列罗制得硝化甘油。1858 年 B. 格里斯制得二硝基重氮酚,1916 年用作起爆药。1863 年德国化学家 J. 威尔布兰德发明梯恩梯。1867 年诺贝尔以硅藻土吸收硝化甘油制成代那买特,是炸药发展中的一个突破,1875 年诺贝尔申请了爆胶专利,以后又制成一系列活性代那买特。1867 年瑞典发明家 C. J. 奥尔森和 J. H. 诺宾申请了硝酸铵(1654 年发明)矿用炸药专利。1873 年德国化学家 H. 斯普伦格尔发现苦味酸可用雷管起爆,1885 年法国科学家 E. 特平首次用苦味酸铸装炮弹。从而结束了用黑火药作弹体炸药装药的历史。1877 年 L. 约色林发明硝基胍,在第一次世界大战用于弹体装药。同年 K. H. 默顿斯制出特屈儿,第一次世界大战时用作雷管和传爆药的装药。1894 年 B. 托伦斯合成了太安,第一次世界大战中广泛用于雷管、导爆索、传爆药柱和炮弹装药。1900 年用接触法制造发烟硫酸成功,为炸药生产所需的混酸奠定了基础。C. 豪泽曼的三段硝化法在 1891 年使梯恩梯的工业生产得到了改进。1902 年德国人

首先用梯恩梯取代苦味酸装填炮弹。1922年 G. C. A. 赫茨测定出黑索今为优良的高能炸药。第一次世界大战期间曾用硝基苯、二硝基萘、三硝基二甲苯等代替梯恩梯,也使用了梯恩梯与硝酸铵的混合物阿马托和含铝粉的混合炸药阿莫纳尔,以弥补炸药来源的不足。1941年用醋酐法生产黑索今时,发现了爆炸威力更大的奥克托今。

20世纪50年代混合炸药有较大发展,美国先后定型了 A、B、C 3类含黑索今为主的混合炸药,还研制了一系列新型粘结炸药,如含奥克托今 95% 的 PBX-9501 炸药,爆速达 8830 米/秒(密度为 1.843 克/厘米³)。在民用炸药中研制出了铵油炸药和含水炸药等。1961年 M. F. 墨菲和 N. L. 科尔伯恩首次制得耐热炸药塔柯特(TACOT)。1964年瑞典人 K. G. 希普制得六硝基芪等。60年代还制成了燃料空气炸药和乳化炸药。80年代正在探索低易损性炸药的研制、应用和改善奥克托今的生产经济性能,发掘有更高性能的炸药。

中国从1959年开始研制浆状炸药,60年代合成了662炸药等多种新炸药,70年代研制出一系列品种的高聚物粘结炸药,满足了国内新武器研制的部分需求。民用炸药自70年代制成乳化炸药以来发展迅速,已形成一个具有特色的较完整的抗水工业炸药体系。80年代在奥克托今炸药制造新工艺的研制方面取得了进展。

参考书目

孙荣康等著:《猛炸药的化学与工艺学》,国防工业出版社,北京,1983。

周发岐著:《炸药合成化学》,国防工业出版社,北京,1984。

(赵子立)

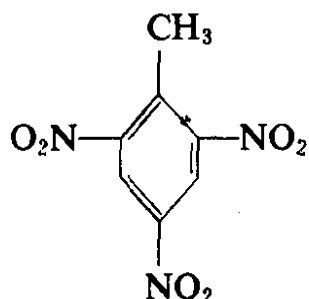
mengzhayao

猛炸药 (secondary explosive) 见炸药。

ti'enti

梯恩梯 (trinitrotoluene) 一种单体炸药。代号 TNT, 梯恩

梯是其音译。通常采用硝酸和硫酸的混合酸硝化甲苯,再以亚硫酸钠精制硝化产物而成。化学名 2,4,6-三硝基甲苯,分子式 $C_7H_5N_3O_6$,分子量 227.14,氧平衡-73.9%,结构式如下:



梯恩梯于 1863 年由德国化学家 J. 威尔布兰德首先制得。1891 年德国按照 C. 豪泽曼提出的方法,开始进行工业化生产。1902 年德国首次用梯恩梯装填弹药,以代替苦味酸。第二次世界大战时,梯恩梯是主要的军用炸药。现在梯恩梯和以它为主要成分的混合炸药,广泛用于炮弹、航空炸弹、手榴弹及爆破装药,在军用和民用炸药中都占有极为重要的地位。

纯梯恩梯为无色针状结晶,工业品为浅黄色鳞片状物,它的吸湿性很小,室温下不易挥发,易溶于苯、甲苯、丙酮及氯仿等,微溶于室温下的乙醇、二硫化碳及四氯化碳等,难溶于水。纯梯恩梯凝固点 80.9°C ,军用梯恩梯凝固点一般为 80.2°C 或 80.4°C 。梯恩梯晶体密度 1.654 克/厘米^3 (21°C , 单斜晶体),爆速 $6942\pm16\text{ 米/秒}$ (密度 1.637 克/厘米^3),爆压 $18.9\pm0.1\text{ 吉帕}$ (密度 1.637 克/厘米^3),爆热 4540 千焦/千克 (密度 1.59 克/厘米^3),爆容 $690\text{ 分米}^3/\text{千克}$ (密度 1.59 克/厘米^3),做功能力(铅埭扩大值)285 毫升,猛度 16 毫米(铅柱压缩值),撞击感度 $4\sim8\%$ (10 千克落锤,25 厘米落高的爆炸百分数),爆发点 475°C (5 秒)。梯恩梯在 150°C 下不分解, 200°C 下分解 0.8% 需 385 分钟。

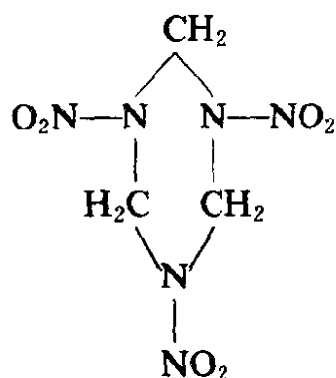
梯恩梯制造工艺成熟,原料来源充足,爆炸性能及化学安定性良好,机械感度较低,具有较好的压装、铸装和螺旋装药工艺性,还能和多种炸药及其他物质组成各种混合炸药,是一种生产和使用量最大的炸药。但梯恩梯能量不很高,凝固时体积收缩,梯恩梯还

有渗油现象,对长期贮存不利。

梯恩梯的蒸汽及粉尘有毒,空气中粉尘浓度应不超过 1.0 毫克/米³。
(欧育湘)

heisuojin

黑索今 (hexogen) 一种威力和感度都比梯恩梯大的单体炸药。一般以乌洛托品(六亚甲基四胺)与硝酸作用的直接法,或以乌洛托品、硝酸、硝酸铵和醋酐为原料的醋酐法而制得。化学名环三亚甲基三硝胺,代号 RDX,分子式 $C_3H_6N_6O_6$,分子量 222.1,结构式如下:



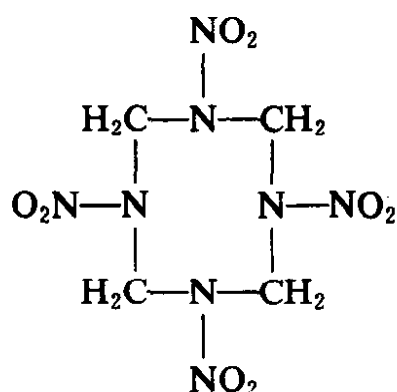
黑索今为白色晶体,熔点 204.1℃,密度 1.799 克/厘米³(22.8℃),爆发点约 230℃(5 秒),爆热 5 734 千焦/千克,爆速 8 639 米/秒(密度 1.767 克/厘米³),爆压 33.79 吉帕(密度 1.767 克/厘米³),撞击感度 80%(落锤 10 千克,落高 25 厘米)。不溶于水,微溶于醇、醚、苯和氯仿,易溶于丙酮。

1899 年 G. 亨宁首先作为医药合成了黑索今,1922 年 G. C. A. 赫茨证实为一种炸药。由于它能量高,热安定性好,综合性能优良,自第二次世界大战以来被广泛地研究、生产和使用。以黑索今为主再加入钝感剂、增塑剂等已发展为 A 炸药、B 炸药、C 炸药等 3 个系列的混合炸药,广泛用于各种弹药。黑索今还可作为高聚物粘结炸药、雷管装药、导爆索装药和推进剂的组分。空气中允许黑索今粉尘的最大浓度为 1.5 毫克/米³。

(于永忠)

'aoketuojin

奥克托今 (octogen) 一种大威力单体炸药。主要由乌洛托品、硝酸、硝酸铵、醋酐为原料的醋酐法制得。化学名环四亚甲基四硝胺。代号 HMX, 分子式 $C_4H_8N_8O_8$, 分子量 296.2, 结构式如下:



奥克托今为无色晶体,有 α 、 β 、 γ 、 δ 4 种晶型。 β 晶型在室温下是稳定的,熔点 $278.5 \sim 280^\circ\text{C}$, 密度 1.905 克/厘米^3 , 爆速 9110 米/秒 (密度 1.89 克/厘米^3), 爆压 39.50 吉帕 (计算) (密度 1.90 克/厘米^3), 爆发点 327°C (5 秒), 撞击感度 100% (落锤 10 千克 , 落高 25 厘米)。不溶于水, 常温微溶于冰醋酸, 略溶于丙酮, 在二甲基亚砜、二甲基甲酰胺中有较大的溶解度。

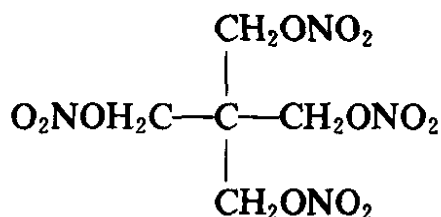
1941 年 G. F. 赖特和 W. E. 巴克曼在生产黑索今的杂质中发现奥克托今, 但直到第二次世界大战后才被作为单体猛炸药进行研究, 并得到迅速发展。它比黑索今有更高的热安定性、密度和爆炸性能, 是综合性能最优良的炸药。奥克托今适用于制成混合炸药。如与梯恩梯可组成奥克托儿, 与高聚物制成高聚物粘结炸药, 广泛用于导弹、核武器和反坦克弹药的战斗部装药。由于它有良好的热安定性, 可用于高速自动火炮弹药和石油射孔弹的炸药装药, 还用作高性能固体推进剂的添加组分。随着生产成本的下降, 它的使用范围将越来越广泛。

空气中允许奥克托今粉尘的最大浓度为 1.5 毫克/米^3 。

(于永忠)

tai'an

太安 (pentaerythritol tetranitrate) 一种单体炸药。太安由俄文 ТЭН 音译而来。季戊四醇与浓硝酸硝化而制得的高能炸药。化学名季戊四醇四硝酸酯, 代号 PETN, 分子式 $C_5H_8N_4O_{12}$, 分子量 316.2, 结构式如下:

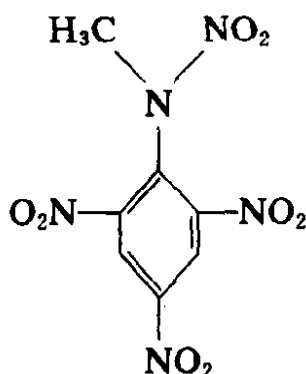


1894 年 B. 托伦斯首先制得。用于制造导爆索、传爆药柱和雷管中的次发装药。与梯恩梯熔混后称彭托莱特, 曾用于聚能装药以及某些高聚物粘结炸药。还可用于治疗心绞痛。太安为白色晶体。熔点 142.9°C , 密度 $1.778 \text{ 克/厘米}^3 (22^\circ\text{C})$, 爆发点 225°C (5 秒), 爆热 6258 千焦/千克 , 爆速 8300 米/秒 (密度 1.7 克/厘米^3), 爆压 31.0 吉帕 (密度 1.67 克/厘米^3), 撞击感度 100% (落锤 10 千克 , 落高 25 厘米)。不吸湿, 中性, 不溶于水, 可溶于丙酮等有机溶剂。

空气中允许的太安粉尘最大浓度耐受时间 8 小时内为 15 毫克/米^3 。
(于永忠)

tequ'er

特屈儿 (tetryl) 使 N-二甲基苯胺先与硫酸成盐, 然后硝化而制得的一种高能炸药。化学名 2,4,6-三硝基苯甲硝胺, 代号 CE, 分子式 $C_7H_5N_5O_8$, 分子量 287.1, 结构式如下:



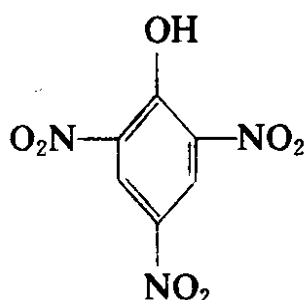
1877 年 K. H. 默顿斯首次制得, 1906 年开始作炸药使用。第一次世界大战时用于装填雷管和传爆药柱。因其毒性较大, 太安、黑索今出现后, 特屈儿用途逐渐减少。特屈儿为白色晶体, 工业品为淡黄色。熔点 129.5°C (伴随分解), 密度 1.74 克/厘米^3 (21°C), 爆发点 257°C (5 秒) (燃烧), 爆热 $4\,600\text{ 千焦/千克}$, 爆速 $7\,850\text{ 米/秒}$ (密度 1.71 克/厘米^3), 撞击感度 48% (落锤 10 千克 , 落高 25 厘米)。特屈儿难溶于水, 不吸湿, 中性, 易溶于苯、二氯乙烷和丙酮等。

空气中允许的特屈儿粉尘最大浓度为 1.5 毫克/米^3 。

(于永忠)

kuweisuan

苦味酸 (picric acid) 俗称“黄色炸药”。分子式 $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$, 分子量 229.1 , 结构式如下:



学名 2,4,6-三硝基苯酚, 代号 PA。苦味酸由苯酚经磺化和硝化而成。淡黄色晶体, 味苦, 有毒。熔点 122.5°C , 加热至熔点的过程中, 在未全部熔化时已有部分晶体升华。晶体密度 1.763 克/厘米^3 。易溶于热水、乙醇、乙醚, 难溶于冷水。爆热 $4\,395\text{ 千焦/千克}$, 爆速 $7\,350\text{ 米/秒}$ (密度 1.70 克/厘米^3)。

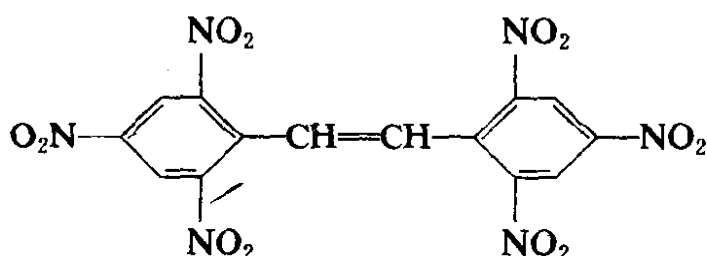
1771 年英国人 P. 沃尔夫首先制得了苦味酸, 开始只用作黄色染料。直到 1885 年法国人 E. 特平开始用它作为炸药装填炮弹。第一次世界大战期间, 苦味酸是主要的军用炸药之一, 在弹药上得到广泛应用。曾用于炮弹、航空炸弹、地雷等的爆炸装药。它的爆速、威力、猛度虽然都比梯恩梯大, 但它是一种酸性化合物, 易与多种金属 (除锡外) 作用, 生成更敏感的苦味酸盐, 受撞击、摩擦易爆炸。

第一次世界大战后,逐渐被梯恩梯所取代。但苦味酸还可制成苦味酸铵和二硝基重氮酚,用作炮弹炸药装药和起爆药。

(吴宝镇)

liuxiaojidi

六硝基芪 (hexanitrostibene) 是一种良好的耐热低感度炸药。由梯恩梯在四氢呋喃—甲醇溶液中与次氯酸钠反应制得。化学名六硝基二苯基乙烯,代号 HNS,分子式 $C_{14}H_6N_6O_{12}$,分子量 450.3,结构式如下:



六硝基芪具有良好的热稳定性,机械感度低,对静电火花不敏感,并具有良好的抗辐射性能,可制成高聚物粘结炸药,用于火箭、导弹。以六硝基芪制成软导爆索曾用于宇航飞行器上,但制造成本较高。

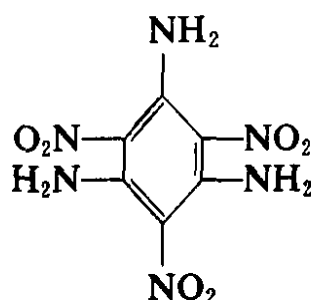
1964年由 K. G. 希普和 L. A. 卡普兰等人首先制出六硝基芪,并取得专利权。六硝基芪是黄色晶体,有 HNS—I 和 HNS—II 两种产品,彼此性质略有差异,通常应用的为 HNS—II。熔点为 $313 \sim 315^{\circ}\text{C}$,用硝基苯或 N,N—二甲基甲酰胺重结晶后熔点为 318°C 。纯六硝基芪易溶于发烟硝酸,溶于 N,N—二甲基甲酰胺和硝基苯,密度 1.74 克/厘米^3 ,真空安定度 0.23 毫升/克 (260°C 1 小时),撞击感度 63 厘米(12 型砂纸,2.5 克落锤),爆速 7000 米/秒 (密度 1.70 克/厘米^3)。

(曾敏修)

san'anjisanxiaojiben

三氨基三硝基苯 (triamino trinitrobenzene) 是一种优良的耐热低感度炸药。由均三氯三硝基苯与氨在甲苯中反应而制得。

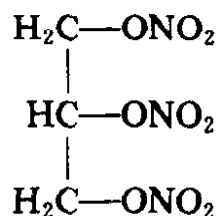
化学名三硝基均苯三胺,代号 TATB,分子式 $C_6H_6N_6O_6$,分子量 258.2,结构式如下:



三氨基三硝基苯是最早的一种耐热炸药,具有润滑性,易于压装成型,可制成高聚物粘结炸药。1888年由 C. L. 杰克逊制得,因制造成本高未被使用。从 20 世纪 70 年代起重新进行了研究,美国于 1976 年进行了中型试生产。三氨基三硝基苯为黄色粉状结晶,在太阳光或紫外光照射下变为绿色。除能溶于浓硫酸外,几乎不溶于所有的有机溶剂。熔点 350°C (伴随分解),密度 1.937 克/厘米^3 ,爆速 7606 米/秒 (密度 1.857 克/厘米^3),撞击感度大于 320 厘米,摩擦感度为零。差热分析放热反应温度 347°C ,真空安定性 0.5 毫升/克 (200°C , 48 小时)。(曾敏修)

xiaohuaganyou

硝化甘油 (nitroglycerine) 是一种液体单体炸药。由甘油经硝酸和硫酸的混合酸酯化而制得。化学名丙三醇三硝酸酯,代号 NG,分子式 $C_3H_5N_3O_9$,分子量 227.1,结构式如下:



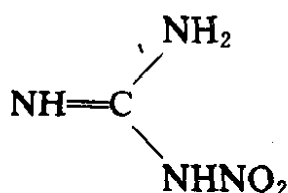
意大利化学家 A. 索布列罗于 1846 年首先制得硝化甘油。1867 年瑞典化学家 A. B. 诺贝尔用硅藻土吸收硝化甘油而首次制得代那买特混合炸药,在历史上硝化甘油曾广泛用于生产代那买特炸药,近代主要应用于发射药和推进剂。

纯硝化甘油为无色油状液体,易溶于甲醇、丙酮、乙醚和苯,微溶于水。密度 1.591 克/厘米³(25℃),有稳定型(熔点 13.5℃)和不稳定型(熔点 2.8℃)两种晶体。硝化甘油爆速为 7 700 米/秒(密度 1.60 克/厘米³),爆热为 6 280 千焦/千克,但它对机械、撞击、摩擦、振动和热都很敏感,在结晶状态下尤为敏感,安定性能达到使用要求。

硝化甘油有扩张血管的作用,制成水剂(滴剂)或片剂,用于治疗心绞痛病症。
(曾敏修)

xiaojigua

硝基胍 (nitroguanidine) 是一种耐热高能单体炸药。用浓硫酸将硝酸胍硝化而制得。代号 NQ,分子式 CH₃N₄O₂,分子量 104.1,结构式如下:



1877 年化学家 L. 约色林首先制得硝基胍。1900 年用作火药组分。第一次世界大战时,德国开始将硝基胍用于弹体装药,以弥补 TNT 的不足。硝基胍热稳定性好,爆温低。由硝基胍、硝化棉、硝化甘油为主要成分制得的火药称为三基火药,也称冷火药。硝基胍又是制备起爆药特屈拉辛的原料。以硝基胍为主组成的混合炸药,广泛用于各种弹体装药。

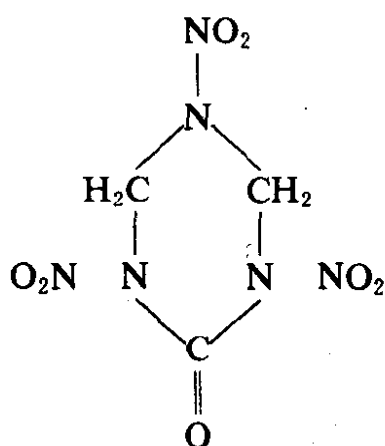
硝基胍为无色结晶,溶于二甲基亚砷和二甲基甲酰胺,难溶于水,熔点 232℃(伴随分解),密度 1.77 克/厘米³,爆发点 275℃(5 秒),爆速 7 650 米/秒(密度 1.55 克/厘米³),撞击感度(10 千克落锤,25 厘米落高)和摩擦感度(表压 39 千克/厘米²,摆角 90°,滑距 1.5 毫米)为零。

硝基胍的爆轰感度低,压药密度过高也不易起爆,因而压药密

度一般控制在 1.50 克/厘米³ 左右。硝基胍耐热、低感,与六硝基芪、三氨基三硝基苯皆为低易损性炸药。(曾敏修)

662zhayao

662 炸药 (662 high explosive) 以乌洛托品、尿素和硝酸合成的单体高能炸药。学名 2,4,6-三硝基-2,4,6-三氮杂环己酮。分子式 $C_3H_4N_6O_7$, 分子量 236.1, 结构式如下:



1966 年中国李文杰等研制出 662 炸药。为白色结晶体,熔点 183℃,理论密度为 1.940 克/厘米³,爆速 9 182 米/秒(密度 1.895 克/厘米³),与奥克托今相当,但燃烧时易转为爆轰,水解安定性较差。在密封、干燥的条件下可贮存,装弹后可正常使用。生产成本比较低廉。以 662 炸药为主体组成的高聚物粘结炸药,爆炸能量较高,爆速 8 820 米/秒(密度 1.810 克/厘米³),具有较低的撞击感度,优良的物理和化学安定性、成型性和力学性能,适用于装填破甲弹。(萧连阶)

hunhe zhayao

混合炸药 (composite explosive) 两种或两种以上物质组成的炸药。常由单体炸药和添加剂或由氧化剂和可燃剂以适当比例混合制成。混合炸药弥补了单体炸药在品种、成型工艺、原料来源和价格方面的不足,具有较大的选择性和适应性,扩大了炸药的

应用范围。

分类 混合炸药分为军用和民用两大类。军用混合炸药按用途、物理状态、成分、性能和装药方式分为许多类型。中国将军用混合炸药分为粒状高聚物粘结炸药、液体混合炸药、燃料空气炸药、熔性炸药、含铝炸药、钝化炸药、挠性炸药、塑性炸药、热固性炸药（注装高聚物粘结炸药）等类型。每一类型可分为许多品种，如熔性炸药可分为熔黑梯、熔奥梯、熔铵梯、熔太梯等。军用混合炸药也可按装药方式分为压装、铸装、螺装、挤注等炸药系列。在 20 世纪 60～70 年代，又出现了低易损性炸药和耐热炸药等混合炸药的新系列。在各类混合炸药中，以黑索今为主要成分的混合炸药在军事上应用最广。民用混合炸药在中国按特征成分分为硝化甘油炸药、粉状铵梯炸药、铵油炸药、太乳炸药等类型；也可按用途分为岩石、煤矿、露天、水下、光面、顶裂、石油射孔、地震勘探和爆炸焊接、成型、切割等。另外，还可按性能特点分为抗水和非抗水、安全和非安全、浆状、水胶、乳化、粒状粘性、难冻、耐热、当量型、被筒、离子交换炸药等类型。其中以硝酸铵为主要成分的混合炸药在工业炸药中应用最广、用量最大。

组成 混合炸药的组成一般有两种。一种以单体炸药为基本成分的混合炸药要加入不同成分的添加剂，一种以氧化剂为基本成分的混合炸药要加入适当比例的可燃剂。常用的单体炸药或氧化剂有脂肪族和芳香族硝基化合物、硝仿、硝胺、硝酸酯、氯酸盐、硝酸盐、高氯酸盐、含碳基类、液氧、过氧化物、氟化物和活性粘结剂和活性增塑剂等。可燃剂有碳、硫、硼及其化合物，肼、金属粉，以及某些有机化合物等。添加剂有粘结剂、钝感剂、增塑剂、防潮剂、胶凝剂、交联剂、表面活性剂、乳化剂、抗静电剂等。在选择军用混合炸药组分时，应着重考虑爆炸性能和安全性能；而设计工业炸药配方时，除要有一定的爆炸性能外，更强调经济性和使用方便。

爆炸特性 混合炸药的能量与组成成分和比例、氧平衡、颗

粒大小、混合均匀性、装填密度和装药直径以及外界条件有关。每种混合炸药都有其相应的爆炸示性数、做功能力和猛度。军用混合炸药爆热 3 000~9 000 千焦/千克；爆速 2 000~9 000 米/秒，爆压值为 10~40 吉帕，爆容 600~1 100 分米/千克，爆温 3 000~5 000 开。以梯恩梯百分数来表示混合炸药的猛度为 90~170%，做功能力为 90~200%。炸药装填密度取决于它的成型性和装填方法。通常用精密压装和铸装方法装填的混合炸药，其结晶密度可达最大理论密度的 94~98%。几种典型的军用混合炸药的性能见下表。

几种典型军用混合炸药性能表

炸药品种	密度 g/cm ³	爆速 m/s	爆压 GPa	猛度 TNT 当量%	作功能力 TNT 当量%	爆热 kJ/kg	爆容 L/kg
A3 混合炸药	1.65	8100	29.2	126	135	5070	
B 炸药	1.68	7840	25.7	132	133	5190	
PBX-9404 高聚物粘结炸药	1.846	8782	37.0	135		5790	
熔奥梯 70/30	1.80	8377	33.6		115		847
熔奥梯 75/25	1.81	8480	34.3				
熔黑梯 70/30	1.73	8060		136	135	5080	854
熔黑梯 50/50	1.60	7752	26.1	121	126	5100	
奥梯铝 (HTA-3)	1.90	7866			180	5955	680
塑-4	1.59	8040		115	130		
钝黑铝 (AIX-I)	1.77	8090		116	150~155	6449	760

注：表中一些混合炸药的组分比例是：A3 混合炸药 (RDX/蜡 为 91/9) 系钝化炸药，B 炸药 (RDX/TNT/蜡 为 60/40/1) 系标准炸药，奥梯铝 (HMX/TNT/Al 为 49/29/22)，塑-4 (RDX/粘接剂和增塑剂 为 91/9)，钝黑铝 AIX-I (RDX/Al/蜡 为 76/20/4)。

军用混合炸药不仅要求有优良的爆炸性能，还要求有较低的机械感度，良好的安定性和贮存稳定性，故在混合炸药中常加入蜡、石墨和高聚物等添加剂。高聚物是混合炸药中一种多功能的添加剂，以造粒或捏合方式包覆于炸药晶体表面，形成可模压

的造型粉或可浇注的粘流体，保证成型产品具有优良的机械性能。

用途 军用混合炸药大多用作弹药的炸药装药，以一定方式装填弹药。直接使用药块、药包和药棒的场合较少。熔黑梯炸药是常规武器应用最为广泛的一种军用混合炸药，用来装填杀伤弹、爆破弹、破甲弹、航空炸弹、深水炸弹、导弹和火箭弹等。熔奥梯和高聚物粘结炸药，具有高的爆速和爆压，常用来装填破甲弹、导弹和核弹。含铝炸药具有高爆热、高做功能力，常用来装填对空武器和水中武器。塑性炸药和钝化炸药常用来装填碎甲弹、漂雷和制作工程爆破药块。挠性炸药用于制作挠性切割索、导爆索、柔韧薄片药块和特殊爆破器材。能浇铸成型的熔性炸药多用作水中武器、导弹战斗部和航空炸弹的炸药装药。压装成型的钝化炸药，用于装填小口径炮弹。在工程爆破中，采用近似零氧平衡，爆炸产物中有毒气体少的混合炸药。

简史 最早发明的黑火药属于一种低能量的混合炸药，也是一种应用时间最长的混合炸药。直到 19 世纪后半叶，苦味酸和梯恩梯、代那买特的出现，才被取代。第一次世界大战后，以梯恩梯与硝酸铵组成的阿马托和梯恩梯、硝酸铵、铝粉组成的阿莫纳尔炸药，广泛用来装填炮弹、炸弹和地雷。第二次世界大战期间，随着武器的发展，出现了一系列以黑索今为主要组分的熔黑梯炸药、钝化炸药(A 炸药)、塑性炸药(C 炸药)和熔太梯炸药。20 世纪 50 年代出现了高聚物粘结炸药，60~70 年代又出现了耐热混合炸药和燃料空气炸药。与此同时，高能量的奥克托今混合炸药进入了实用阶段。80 年代以来低易损性炸药和挤注炸药开始受到各国的重视，得到了迅速发展。

中华人民共和国成立后，经过 40 多年的努力，混合炸药的生产 and 研制取得了许多重要成果，基本满足了国内武器发展的需要。形成了自己的军用混合炸药和工业炸药体系。

展望 军用混合炸药今后发展的重点是改善综合性能，研制

能量高、成型性、安定性、力学性能好的新型混合炸药。以奥克托今为基的压装和铸装混合炸药、低易损性炸药、燃料空气炸药以及成本低、性能较好的混合炸药将有新的发展。进一步改进硝酸铵炸药、乳化炸药,增加能量、降低成本、提高贮存稳定性是发展工业用混合炸药的重点和方向。

参考书目

孙荣康等著:《猛炸药的化学与工艺学》下册,国防工业出版社,北京,1983。

(郑世宗)

gaojuwu nianjie zhayao

高聚物粘结炸药 (plastic bonder explosive) 由高聚物与高能炸药及其他成分粘结而成的混合炸药。代号 PBX。常用的高能炸药有黑索今、奥克托今、太安等。以聚酯、氟橡胶等作为粘结剂,以有机酯类作为增塑剂,或以硝基化合物作为活性增塑剂等组成高聚物粘结炸药。具有高爆速、高密度、高机械强度、较低机械感度、良好的物理、化学安定性及加工成型性能。广泛用于反坦克导弹、水雷、鱼雷、航空炸弹及核战斗部装药。

高聚物粘结炸药的种类很多,随着高聚物的发展,已有粒状高聚物粘结炸药(造型粉)(MP)、高强度炸药、耐热炸药、塑性炸药(PX)、挠性炸药(FX)、泡沫炸药等。

造型粉 一种采用高聚物粘结剂和钝感剂将炸药结晶颗粒均匀包覆成光滑、密实的球状颗粒物。造型粉用途很多,其中最主要是压制硬质药柱装填破甲弹战斗部。如美国用奥克托今 95.5%、聚氨酯 4.5%组成 LX-14 炸药,爆速 8 833 米/秒(密度 1.833 克/厘米³),用于陶式反坦克导弹。

高强度炸药 又称热固性炸药或高聚物粘结浇注炸药。由高能单体炸药与热固性高聚物粘结而成,具有较高的机械强度,抗压强度可达 100 兆帕,是以梯恩梯为主体的浇注炸药的 7 倍,适于浇注大型药柱。高强度炸药采用浇注或压伸浇注后加热固化成型。主体炸药通常用黑索今、奥克托今(含量占 70~85%),粘结

剂用尼龙、聚酯、聚氨酯、聚硅酮树脂、端羧和端羟聚丁二烯等，在配方中加入固化剂和交联剂。高强度炸药爆速为 7 200~8 600 米/秒。

耐热炸药 由高爆发点单体炸药为主体与耐热高聚物材料组成，具有高温安定性的混合炸药。单体炸药有：二氨基三硝基苯 (DATB)，三氨基三硝基苯 (TATB)，2, 6-双苦胺基-3, 5-二硝基吡啶 (PYX)，六硝基芪 (HNS) 等。耐热高聚物有尼龙、氟橡胶、硅橡胶等。二氨基三硝基苯 95%，氟橡胶 4%，硅树脂 1% 组成的混合炸药，耐热温度高于 300℃。可用于井下爆破和宇宙飞行器中。

塑性炸药 以高能单体炸药为主体与高聚物粘结剂组成面团状(腻子状物)的混合炸药。塑性炸药在 -5~70℃ 具有塑性和柔软性，易捏成需要形状，有一定的粘附力，撞击感度低，操作使用较为安全，起爆性能好，爆炸能量高。可装填复杂弹形的弹体，广泛用于碎甲弹和特种爆破装药。主要品种有 C-4 炸药系列，爆胶和胶质炸药，粘性炸药以及糊状炸药等。黑索今 91%、聚异丁烯 2.1%、癸二酸二辛酯 5.3%、马达油 1.6% 组成的塑性炸药，密度 1.59 克/厘米³，爆速可达 8 040 米/秒。

挠性炸药 又称橡皮炸药。由高能单体炸药与高弹态聚合物(如天然橡胶，合成橡胶及热塑性弹性体)组成的混合炸药。有时也在挠性炸药中加入增塑剂。挠性炸药具有优良的挠性、自持性和一定弹性、韧性，能制成绳索、板、片、带、管和棒状产品。成品可以弯曲和折叠，具有良好的高低温力学性能。制成导爆索，可用于水下和油井的爆破作业；制成线型切割器可用于各种分离装置；制成片状炸药用于爆炸成型。以太安炸药 84%，天然橡胶及添加剂 16% 组成的挠性炸药，密度 1.51 克/厘米³，爆速 7 200 米/秒。抗张强度可达 1.0 兆帕。破坏伸长率 160~400%。

泡沫炸药 由单体炸药黑索今、太安等粒状炸药与高聚物粘结剂聚氨酯泡沫组成的低密度、低爆速、低爆压混合炸药，成型性

好,耐水性强。用于制作飘浮水雷,爆炸焊接及平面波发生器。密度 $0.15\sim 0.30$ 克/厘米³,爆速 $600\sim 2\,000$ 米/秒,爆压 $50\sim 300$ 兆帕。

最早的高聚物粘结炸药是美国开始研制的。1947 年生产了少量的由黑索今—聚苯乙烯组成的造型粉 PBX—9205。早期的高聚物粘结炸药使用黑索今,以后为提高炸药的能量使用奥克托今。1960 年研制出挠性炸药。美国又在 1961 年成功地研制出以聚异丁烯为粘接剂的 C—4 塑性炸药。中国在 1962 年开始研制高聚物粘结炸药,已用于装填弹药。(萧连阶)

hanlǚ zhayào

含铝炸药 (aluminized explosives) 由炸药与铝粉组成的混合炸药。含铝炸药具有爆热大、爆温高、作功能力大等特点。含铝炸药爆炸时,铝能与爆炸产物中的水、氮及碳的氧化物发生二次反应,放出大量热,使爆炸作用的持续时间延长,爆炸作用的范围扩大;在水中爆炸时,还可以使分配在冲击波上的能量减少,而分配在气泡扩张上的能量增加,有利于对水下目标的破坏;但加入铝粉后,炸药的爆速和猛度下降,铝粉受潮后安定性降低。含铝炸药主要用作对空武器、水中武器弹药的装药。含铝炸药的爆热随铝含量的增加在一定范围内增高。如果铝加入过多时使爆速及猛度显著降低,同时由于产物中的气态组分减少,还将导致作功能力下降。军用含铝炸药的铝含量一般为 $15\sim 30\%$ 。几种含铝炸药的组成及性能见下表。

自 1897 年首次采用含铝炸药以来,已经在军事及民用爆破中得到了广泛应用,它既可压装也可铸装。20 世纪 80 年代主要发展具有特种性能(如高爆速、耐高温等)的含铝炸药;在生产中主要研究解决如何降低含铝炸药的机械感度;改进生产工艺,提高混合均匀性,以及减少铝粉飞扬对环境的污染等。

几种含铝炸药的组成及性能表

炸药名称		钝黑铝	梯黑铝	钝梯黑铝	托儿佩克斯	H-6	HBX
组成 %	梯恩梯	—	60	60	40	30	38
	黑索今	76	24	24	42	45	40
	铝	20	16	16	18	20	17
	钝感剂	4	—	5(外加)	—	5	5
装药方法		压装	铸装	铸装	铸装	铸装	铸装
爆速 m/s		8 090	7 120	7 020	7 500	7 390	7 140
爆热 kJ/kg		6 440	5 170	4 880	—	5 490	—
爆容 l/kg		760	—	—	—	763	—
铅柱压缩值 猛度 mm		19.2	18.2	18.1	—	—	—
作功 能力	铅块扩张 值 ml	513	408	—	476	—	—
	TNT 当量%	150~155	148	146	138	134	136

注：H-6 含铝炸药的组成外加氯化钙 0.5%。

(俞统昌)

rongheiti zhayao

熔黑梯炸药 (cyclotol and composition B) 由黑索今和梯恩梯组成的不同配比的熔铸混合炸药,简称黑梯炸药。它既保持有黑索今的高能量,又保持有梯恩梯可用蒸汽熔化浇注的特性。具有机械感度低、安定性好和可浇注成型的优点,是常规武器最重要的炸药装药。

分类 熔黑梯炸药通常分为赛克洛托儿和 B 炸药两类。除黑索今和梯恩梯配比为 60/40(或加入少量钝感剂)组成的 B 炸药外,其他配方均为赛克洛托儿炸药。B 炸药分为标准 B 炸药、B-2、B-3、B-4 炸药以及改性 B 炸药,其中标准 B 炸药又分为 I 型、II 型两种。并按黑索今粒度不同,标准 B 炸药 I 型又细分为 A、B 两级,熔融状态下,A 级比 B 级流动性好。B 级粘度大,黑索今颗粒沉降速度慢,适用于装填大型弹药。赛克洛托儿炸药按黑索今与梯恩

梯配比不同有 25/75、29/71、50/50、65/35、70/30、75/25、77/23、80/20 等品种。

性能 熔黑梯炸药的爆炸能量随黑索今含量的增加而提高,但悬浮体系的粘度也随黑索今含量的增加而急剧上升,当黑索今含量高达 80% 时,悬浮体则丧失流动性,用常规方法难以浇注成型。当黑索今含量低于 70% 时,则有较好的浇注成型性,并能获得优良爆炸性能。以黑索今/梯恩梯 70/30 为例,装填密度可达 1.73 克/厘米³,爆速 8 060 米/秒以上,爆压 30 吉帕,作功能力为 135% 梯恩梯当量,猛度为 136% 梯恩梯当量。在配方中加入少量蜡,可使炸药机械感度明显降低。黑索今颗粒形状和颗粒大小的分布范围都对混合体系粘度有较大的影响,采用等轴形颗粒(球形颗粒),并以大小不同粒度进行级配使用,可以改善体系的流动性和成型性。黑索今多以 2~3 种粒径的颗粒配制。试验表明,两种颗粒级配的大小粒径比为 8:1、含量比以 7:3 为宜。混熔温度、熔化次数、搅拌速度等对体系粘度也有一定程度的影响。几种熔黑梯炸药性能见下表。

几种熔黑梯炸药性能表

炸药名称	组成 (RDX/TNT)	氧平衡	密度	爆速	爆压	作功能力	猛 度	可浇注性
		%	g/cm ³	m/s	GPa	TNT 当量 %	TNT 当量 %	90℃
标准 B 炸药	59.5/39.5/1	-43	1.68	7 840	25.7	133	132	容易
B—2	60/40	-43	1.68	7 900	27.7	133	132	容易
熔黑梯	50/50		1.69	7 752	26.1	126	121	容易
熔黑梯	65/35	-43	1.71	7 975	29.56	134		可浇注
熔黑梯	70/30	-40	1.73	8 060		130	136	真空浇注
熔黑梯	75/25	-35	1.74	8 252	31.0	135		真空振 动浇注

用途 熔黑梯炸药主要用来装填大、中口径炮弹、复杂弹形的导弹和破甲弹等。A 级标准 B 炸药可制成含铝炸药,用以装填水中兵器和对空武器的弹药,B 级标准 B 炸药可装填杀伤弹、爆破弹和

航空炸弹。B-2 炸药主要用于装填破甲弹。黑索今含量低的赛克洛托儿炸药用于海军、空军武器的装药和制作含铝炸药；黑索今含量高的赛克洛托儿炸药可作为导弹战斗部和破甲弹的主装药。

简史 20 世纪 30 年代，英国研制出 B 炸药，第二次世界大战期间美国将 B 炸药标准化。40 年代前后，美国和德国都研制了熔黑梯炸药，美国命名为 B-2 炸药。第二次世界大战后，出现了一系列黑索今高含量的赛克洛托儿炸药，明显地提高了炮弹杀伤、爆破和破甲能力。针对铸装黑梯炸药脆性大，容易产生缩孔、裂缝、渗油和药柱有不可逆膨胀等缺点，70 年代以来，对黑梯炸药作了一系列改进。如加入表面活性剂、弹塑性材料、六硝基芪、一硝基甲苯、硅酸钙和二硝基甘脲等，可改善体系粘度，使成品结晶细密，增大机械强度，降低脆性，克服不可逆膨胀，满足高膛压炮弹装药的要求。

(郑世宗)

xiao'an zhayao

硝铵炸药 (ammonium nitrate explosive) 以硝酸铵为主要成分与可燃物或单体炸药组成的能量较低的混合炸药。可用作炸药装药的代用品，在战时主要用于装填迫击炮弹、手榴弹、深水炸弹、地雷。还可用于采矿、筑路、地震勘探和爆炸加工等。硝铵炸药原料丰富，工艺简单，价格低廉，能量可调范围广，机械感度低，使用安全，便于大量生产。缺点是吸湿性较大，易结块，爆轰感度低，易腐蚀金属，长期贮存性能差。

1867 年瑞典 C. J. 奥尔森和 J. H. 诺宾首先制出硝铵炸药。军用硝铵炸药是以硝酸铵为基加入适量的单体炸药，组成能量较高和安定性较好的混合炸药，如铵梯、铵黑梯、铵蔡、铵胍、铵黑梯铝等；民用硝铵炸药是以硝酸铵为基加入适量的可燃物组成的价格低廉的混合炸药，如粉状铵梯(含木粉)、铵铝、铵油、铵沥蜡、铵松蜡、浆状、水胶、乳化炸药等。

硝铵炸药爆炸能量一般低于梯恩梯，爆速 2 000~7 000

米/秒。在配制硝铵炸药时,要注意混合炸药的氧平衡,防止有毒气体的生成。根据用途不同可加入适量的添加剂,如敏化剂、抗水剂和消焰剂等。在硝铵炸药中加入一定量的黑索今、梯恩梯、铝粉,可提高爆轰能量和爆轰感度。在生产贮存中为防止吸湿和结块,可加入憎水剂、晶型改变剂、表面活性剂、疏松剂、高聚物和敏化剂等,以改善其性能。煤矿使用的安全硝铵炸药,除限制能量外,还需加入食盐、氯化钾等消焰剂,以防止瓦斯爆炸。

(郑世宗)

ranliao kongqi zhayao

燃料空气炸药 (fuel-air explosive)(FAE) 由燃料与空气混合而成的炸药。是一种液—气或固—气悬浮炸药。用于航空炸弹、火箭弹等,也可用于核爆炸模拟和地震探测等领域。使用时,将装有挥发性碳氢化合物的液体燃料装入弹丸,发射或投掷到目标上空,在预定时间爆破容器,释放燃料,与空气混合形成一定浓度的气溶胶云雾。经第二次引爆,可产生 $2\,500^{\circ}\text{C}$ 左右高温火球,爆速 $2\,000\sim 2\,500$ 米/秒,爆轰超压值为 $2\sim 3$ 兆帕的区域爆轰波,起到摧毁目标和杀伤人员的作用。由于在产生爆轰波的同时形成一个缺氧区域,可使人窒息致死,这种弹药也称“窒息弹”。有人根据其爆炸后有一股强大的热爆炸气浪冲击和气溶胶云雾爆炸的特点,形象地称为“气浪弹”和“云爆弹”。

燃料空气炸药中的燃料,应具有较低点火能量,与空气混合时易达到爆炸极限浓度,且爆炸极限浓度范围较宽广,以及爆轰时所产生的热值较高等特性。常采用的燃料有环氧乙烷、环氧丙烷、甲烷、丁烷、乙烯和乙炔、丙炔—丙二烯混合物、过氧化乙酰、二硼烷、无水偏二甲肼、硝基甲烷和硝酸丙酯等。

燃料空气炸药的爆轰,大多为液—气或固—气两相爆轰,爆轰波在空间云雾区内传播,爆轰产物直接作用目标,冲击波持续时间长,威力大,作用面积也较大。试验表明,环氧乙烷—氧爆轰时,所释放的能量比同等质量的梯恩梯高,冲击波作用面积大 40% ,而

爆压却低得多。燃料空气炸药爆炸时,充分利用爆炸区内大气中的氧,使单位质量装药能量比一般固体炸药有明显提高。

燃料空气炸药的出现,被认为是常规弹药的重大发展,美国和苏联先后于 20 世纪 60 和 80 年代在战场上使用,中国对其也开展了应用研究。提高燃料空气炸药的爆炸能量,改善它对使用环境的适应性,将二次引爆改为一次引爆(或自行爆炸),以及改进引爆控制技术以提高精度等是燃料空气炸药发展的方向。

(郑世宗)

yeti zhayao

液体炸药 (liquid explosive) 在规定环境温度下呈液态的炸药。分液体单体炸药和液体混合炸药两类。液体混合炸药是由液体单体炸药或氧化剂中加入液态的可燃物(或可溶性固态成分)和爆炸物,充分混合而成。可直接注入弹体、塑料筒和炮眼内,用于扫雷、开辟通道、快速挖掘掩体和战壕、以及用于装填航空炸弹等。在工业上可用于筑路、采矿和地震勘探等领域。液体炸药爆炸性能良好,爆速可高达 8 500 米/秒以上,爆轰感度高,临界直径小,能在 0.3~0.8 毫米直径的金属管内传爆,装填工艺简单,原材料来源广泛,价格低廉。缺点是撞击感度高,安定性差,有一定的毒性和腐蚀性,使其应用范围受到限制。

从 1846 年开始出现液态单体炸药以来,已使用的液体混合炸药有以浓硝酸、硝酸酯、乙腈、液态氧化氮、过氧化氢、硝基烷、碳硼烷、高氯酸盐、胂类、硝酸胂等为基的混合物,以及含氟液态混合炸药等类型。一些国家正研制能量大,使用温度范围广($\pm 50^{\circ}\text{C}$ 仍可保持液态),安定性更好的液体混合炸药以及耐热 250°C 以上的(24 小时)的液态混合炸药。

(郑世宗)

dainamaite

代那买特 (dynamite) 一种早期的混合炸药。由硝化甘油、

硝化棉、硝酸铵、可燃物添加剂与安定剂等组成。基本类型是由硝化甘油 75% 与硅藻土 25% 组成代那买特。硝化甘油含量 90% 以上并以硝化棉胶化的称为爆胶,硝化甘油 90~25% 与硝化棉组成胶质代那买特。硝化甘油含量 25~10% 称为半胶质代那买特。代那买特具有可塑性、抗水性,起爆感度高、威力较大等特点,是一种广泛用于岩石爆破和含水矿井开采的工业炸药。1867 年瑞典 A. B. 诺贝尔以硅藻土吸收硝化甘油首先制成代那买特。1875 年诺贝尔又在硝化甘油内加进硝化棉制成胶质代那买特。从此,代那买特取代沿用已久的黑火药,成为重要的工业炸药。由于在使用中发现代那买特感度高,易发生事故,硝化甘油易挥发,毒性大,价格昂贵等缺点。20 世纪 50 年代逐渐被胺油炸药、浆状炸药等代替。

(萧连阶)

gandu

感度 (sensitivity) 在外界作用下,火炸药发生燃烧或爆炸的难易程度。根据外界作用性质的不同,感度又可分为热感度、火焰感度、机械感度(撞击、摩擦、针刺)、爆轰感度、冲击波感度、静电火花感度等。

对火炸药感度总的要求是一方面在意外的外界作用下不产生燃烧或爆炸,另一方面使用时能在预定的作用下准确可靠地点火或起爆。不同用途的火炸药要求有不同的感度,如起爆药在一定的针刺和火焰的作用下要求能准确起爆,因此要有适当的机械感度和火焰感度。炸药在起爆器材的作用下要能很快达到稳定爆轰,要求有适当的爆轰感度和冲击波感度,对在高温条件下使用的火炸药,要求有较低的热感度。同一种火炸药的各种感度之间并没有当量关系。

感度是决定火炸药能否得到实际应用的重要的特性。评定火炸药的感度有不同的方法:如评定撞击感度是用一定质量的落锤以一定的落高撞击一定质量的火炸药,得到火炸药的爆炸概率,或一定质量的落锤撞击火炸药得到爆炸概率为 50% 时的落高(临界

落高);评定摩擦感度是用一定挤压应力及摆锤下落摆角时的爆炸概率;评定热感度是用满足一定延滞时间(5秒或5分)火炸药发生爆炸的环境温度(爆发点)等。

在火炸药中加入一定量的附加物(如蜡、高聚物、石墨、玻璃粉等)对火炸药进行钝化或敏化处理,可获得符合使用要求的感度。

(俞统昌)

baosu

爆速 (detonation velocity) 爆轰波在炸药中的传播速度。它是炸药对外界作功能力的重要示性数,每种炸药在一定装药条件下(如一定的直径、密度),爆速是不变的。爆速与装药直径有一定关系;装药直径过小时,即使采用强的起爆能,爆轰也不能稳定传播,爆轰稳定传播的最小装药直径称为临界直径。超过临界直径后,爆速随着直径加大而增加,加大到一定程度后爆速达到最大值,直径加大爆速不再增加的最小装药直径称为极限直径,此时的爆速称为理想爆速或极限爆速,常说的炸药的爆速均指理想爆速。

爆速与炸药的能量有关,一般能量愈大,爆速愈高。在不同的使用条件下,对爆速有不同要求。炸药的爆速主要决定于它的化学性质、组分和密度,在某些情况下还受起爆能的影响;随着装药密度提高爆速成线性增加,一般密度提高 0.01 克/厘米^3 ,爆速增加 $30 \sim 40 \text{ 米/秒}$ 。常用炸药的爆速为 $2000 \sim 9000 \text{ 米/秒}$ 。

爆速可以根据经验公式求得,也可由爆轰产物状态方程进行数值计算。在各种经验公式中,康姆莱特公式计算较简便,精度及适用性较好。实验测量爆速的方法有道特里什法、记时仪法和高速摄影法。道特里什法是利用和已知爆速的导爆索进行比较以测定爆速的方法,操作简单,不需要专门仪器,但精度较差。记时仪法是利用爆轰产物的导电性或压力突跃依次使预先以一定距离分布在装药中的若干对探针接通,用高精度记时仪测定各对探针接通的时间间隔,从而求出平均爆速,此法精度高,测量的相对误差不大于 0.1% 。高速摄影法是将爆轰时发出的移动光迹,用转镜式高速

摄影机拍摄记录在胶片上,可测出各爆轰点的瞬时速度。

(俞统昌)

huo-zhayao'andingxing

火炸药安定性 (explosive stability) 在一定条件下,火炸药保持其物理、化学性能不发生超过允许范围变化的能力。安定性可分为物理安定性和化学安定性。物理安定性指延缓火炸药发生吸湿、挥发、组分迁移、晶析、渗油、机械强度降低和药柱收缩、变形等的能力。化学安定性指延缓火炸药发生分解、水解、氧化、后固化和自动催化反应等的能力。两者是互有关联的。

测定火炸药化学安定性的方法很多,大多是以试样在一定条件下所发生的质量变化和能量变化作为安定性的判断标准。如测定分解产物反应的艾贝尔法和维埃耶法,测定气态产物体积(压力)的真空安定性法,测定质量损失的热失重法,测定气态产物组成的气相色谱法,测定反应热效应的差热分析和差示扫描量热法等。这些传统的安定性试验,都是在强化条件下进行的,不能全面反映火炸药正常贮存时的变化情况,还需要在接近实际贮存温度下进行长期贮存试验。

安定性是火炸药贮存性能的质量指标,为了提高火炸药的安定性,以利其长期贮存和延长其使用寿命,可往其中加入安定剂。安定剂是以多元醇硝酸酯为基的火药不可缺少的组分,最常用的为二苯胺(用于单基火药)及中定剂(用于双基火药)。

(欧育湘)

huo-zhayao xiangrongxing

火炸药相容性 (explosive compatibility) 火炸药与其他材料(含火炸药)混合或接触时,体系的物理和化学性能与原组分相比,不发生超过允许范围变化的能力。物理性质的变化属于物理相容性,化学性质的变化属于化学相容性。混合炸药或火药内各组分间的相容性,称为组分相容性或内相容性;火炸药制品与接触材

料(如药室、弹体和涂料)的相容性,称为接触相容性或外相容性。

当火炸药与其他材料混合或接触构成不相容体系时,体系安定性会明显恶化,在设计火炸药配方和选用接触火炸药制品的材料时,必须进行相容性试验。组分相容性一般可采用安定性试验方法进行测定,即分别测定各组分和组分混合物的安定性,再根据两者的差别评价组分相容性。差别愈大,组分相容性愈差,反之则愈好。测定接触相容性的方法有两类,一类是测定接触材料对火炸药性能(如安定性)的影响(这类方法与测定组分相容性的方法相同),另一类是测定火炸药对材料性能(如对材料的腐蚀)的影响。测定相容性的方法和条件,应根据有关评价相容性的标准确定。

(欧育湘)

zhayao zhuangyao

炸药装药 (explosive charge) 装填在弹药弹体内,具有一定的密度、一定强度和一定形状的猛炸药,又称爆炸装药。通过其爆炸实现弹药对目标的毁伤。航空炸弹、导弹战斗部、炮弹、鱼雷、地雷等各种弹药均装有炸药装药。不同弹种对装药有不同的要求。杀伤弹要求装药与弹体呈最佳匹配,具有良好的破碎性能,以保证杀伤威力。爆破弹要求装药量尽可能大一些,以提高弹药的爆破能力。将装药表面做成一定的凹陷,爆炸时产生聚能效应的空心装药主要用于破甲弹和自锻弹丸等弹药上。蜂窝状空心装药结构则可用于控制破片的大小和形状。炸药装药的机械强度与装填质量的好坏,直接影响弹丸发射过程的安全性。装药中应尽量防止出现缩孔、气孔、粗结晶、崩落以及裂缝等缺陷。

不同的弹种,由于其弹径、弹体结构和炸药性质不同,炸药装药常用的工艺有注装、压装、螺旋压装、热塑态装药和复合装药等方法。装填梯恩梯的大弹径弹药,一般采用注装和螺旋压装法,小弹径弹药多采用压装法。空心装药战斗部常采用真空注装和真空压装等方法。

(高森烈)

起爆药 (primary explosive) 易受外界能量激发而发生燃烧或爆炸,并能迅速转变成爆轰的敏感炸药。对外界一定的热、电、光、机械等激发能量有较大的敏感性,并能输出足够的能量,引爆猛炸药或引燃火药。广泛用于装填各种火工品和起爆装置中作始发装药。常用的起爆药有雷汞、叠氮化铅、斯蒂酚酸铅、二硝基重氮酚和特屈拉辛等。军用火工品起爆药除有足够的起爆力、适当的感度外,还要具有高度的安全性、良好的安定性和流散性。

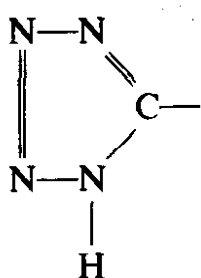
起爆药的发展与火工品、引爆装置密切相关。早期用于引燃和引爆作用的都是黑火药。17 世纪 J. 孔克尔用汞与硝酸和酒精溶液反应,首次制出雷汞。直到 1799 年英国 E. 霍华德论述了雷汞的制备方法和性质。1864 年 A. B. 诺贝尔发明雷汞雷管,从而开创了用起爆药引爆猛炸药的新领域。1890 年 T. 库尔齐乌斯发现叠氮化铅,20 世纪初用于弹药,使火工品发展进入新的阶段。1910 年出现四氮烯起爆药以及相继研制出二硝基重氮酚、斯蒂芬酸铅等重要的起爆药,为火工品提供了新的始发装药的药剂,使火工品和引爆装置有了新的发展。

起爆药按组分为单质、混合和复盐起爆药 3 类。

单质起爆药 由单一化合物组成的起爆药。分子中含有特征爆炸性基团,依价键结合特点分为:

N—N 结合 ① 重氮化物类。其基团特征是 (—C—N_2 或 $\text{—C—N}\equiv\text{N}^+ \text{X}^-$)。如二硝基重氮酚 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_2\text{ON}_2]$ 。② 叠氮化物类。其基团特征是 ($\text{—N}=\text{N}\equiv\text{N}$)。如叠氮化铅 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 、叠氮化银 AgN_3 。③ 长链或环状多氮化物类。其基团特征是:

($\text{—N}=\text{N—N—N}$ 或 N—N)。如四氮烯 ($\text{C}_2\text{H}_8\text{ON}_{10}$)。



N—C 结合 其基团特征是含有雷酸基($\text{—O—N}\equiv\text{C—}$)的重金属盐,如雷汞 $[\text{Hg}(\text{ONC})_2]$ 。

O—H 结合 其基团特征是含有硝基酚的重金属盐。如三硝基间苯二酚铅 $[\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 。

C—C 结合 其基团特征是含有乙炔基($\text{—C}\equiv\text{C—}$)的金属盐。如乙炔银 (Ag_2C_2) 。

O—O 结合 其基团特征是含有过氧基团(—O—O—)。如过氧化三丙酮 $(\text{C}_3\text{O}_2\text{H}_6)_3$ 。

O—X 结合和 N—X 结合(X 为卤素) 如重金属氯酸盐或高氯酸盐以及三氯化氮 (NCl_3) 。

混合起爆药 两种以上单质起爆药或起爆药与可燃剂、氧化剂等组成的混合物。如用于各种引信火帽和底火火帽的击发药,受针刺或撞击激发引起发火的针刺药以及摩擦药(拉火药)和引燃药等。依据产品性能需要,混合起爆药常加入钝感剂、敏化剂、粘合剂或安定剂等添加剂。如叠氮化铅加入 2~3% 四氮烯制成针刺敏感的起爆药。叠氮化铅与斯蒂芬酸铅在添加剂的作用下,湿混制成火焰敏感的起爆药等。

复盐起爆药 两种单质起爆药中,阴离子成分与共同金属离子通过共沉淀合成方法制得的一类起爆药。由硝基胺基四唑基与斯蒂芬酸基,在共沉淀剂硝酸铅的作用下,生成的复盐起爆药(又称双铅盐起爆药),既有原单质起爆药的性能,又有综合的优良效果。含有钴、镍等金属阳离子与氨、胍或胺,在高氯酸的作用下,生成高能量的配位化合物如高氯酸 2-(5-氰基四唑酸)五氨络钴(Ⅲ)(简称 CP),既有起爆药的特性,又有猛炸药的性能,未加约束的药粉,对冲击钝感,用明火和火花都不能点燃。当压入管壳或适当约束时,可用热桥丝、火焰或火花点火并迅速转成爆轰。这种起爆药比其他起爆药安全,也可做雷管的输出装药,因而可简化雷管设计,为发展起爆药开拓了新领域。

(劳允亮)

leigong

雷汞 (mercury fulminate) 单质起爆药的一种。学名雷酸汞,雷酸的汞盐。分子式为 $\text{Hg}(\text{ONC})_2$,是氰酸汞的异构体。17 世纪 J. 孔克尔用酒精处理硝酸汞的硝酸溶液,首次制得。1799 年英国 E. 霍华德论述了雷汞的制备方法和性质。1865 年 A. B. 诺贝尔发明了雷汞雷管,用以起爆硝化甘油,开创了用起爆药引爆猛炸药的新领域。雷汞依其制法的不同可得灰、白两种晶体。将一定量的盐酸和紫铜加入反应混合液中,生成白雷汞。它们都属斜方晶系,常呈现单个菱形晶体或类似几个菱形结晶重叠而成的多菱形结晶。密度为 $4.3 \sim 4.4$ 克/厘米³。雷汞具有良好的火焰感度,对针刺和撞击敏感性适中,近百年来一直是雷管的主要装药和火帽击发药的重要组分。因其耐压性不好,热安定性差,有毒性,含雷汞击发药易腐蚀炮膛和药筒等缺点,逐渐为叠氮化铅和二硝基重氮酚等起爆药取代。
(劳允亮)

diedanhuaqian

叠氮化铅 (lead azide) 单质起爆药的一种。是叠氮酸的铅盐,简称氮化铅。分子式 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 。1890 年 T. 库尔齐乌斯将醋酸铅溶液加入叠氮化钠或叠氮化铵溶液中,首次制得。1907 年法国人 F. 海罗尼米斯首次在炸药工业中获得专利。第一次世界大战中叠氮化铅开始用于制造火工品。由于早期在制造纯结晶叠氮化铅过程中,经常出现针状晶体发生自爆现象,限制了它的使用。直到 1931 年美国用糊精作晶形控制剂,生产出安全无自爆危险的糊精叠氮化铅白色短柱状晶体,叠氮化铅才得以大量使用。20 世纪 50 年代后期英、美两国联合研制出羧甲基纤维素叠氮化铅球形聚晶,是应用最广的叠氮化铅品种。

在不同介质条件下,叠氮化铅可生成四种结构不同、形态和性能相异的晶体。在工业生产中常见的有 α -型斜方晶系和 β -型单

斜晶系。 β -型叠氮化铅是在水溶液慢扩散成长过程中生成的针状晶体,具有不安定的自爆性质。 α -型叠氮化铅是稳定的短柱状或球形聚晶体,其爆轰成长期短,起爆能力比雷汞大数倍,有良好的耐压性和安定性,适应雷管小型化发展的需要。

叠氮化铅有良好的热安定性,50℃下存放3~5年其性能几乎无变化。在120℃恒温48小时分解变化甚微,温度超过200℃经几小时虽有部分分解,但仍能保持一定的起爆能力,常用作深井采油耐高温雷管的装药。

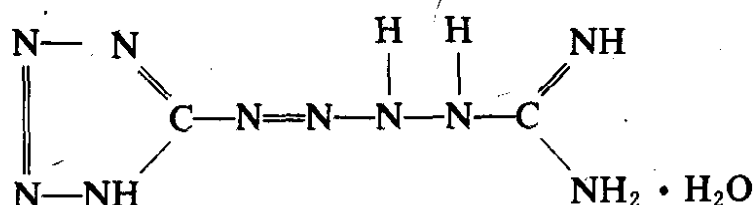
叠氮化铅的爆发点在327~360℃。当密度为3.8克/厘米³及4.6克/厘米³时,爆速分别为4500米/秒及5300米/秒。但它的撞击感度和火焰感度低于雷汞,不能单独做针刺雷管和火焰雷管装药。可以在叠氮化铅表面压装上三硝间苯二酚铅、四氮烯、硫化锑和硝酸钡等,以改善其针刺感度和火焰感度。

叠氮化铅有毒性,其分解产生的氮氢酸毒性更大,因此在生产、贮存和使用时要采取一定措施,防止对人的危害。

(劳允亮)

tequlaxin

特屈拉辛 (tetrazene) 一种富氮单质起爆药。又称四氮烯。学名1-(5-四唑基)-4-脒基四氮烯,系四氮烯基(—N=N—N—N—)的衍生物。结构式为:



1910年K. A. 霍夫曼首次制备和研究了这种化合物。1921年德国首先将四氮烯应用于火帽药剂中,制出了第一种以四氮烯作为敏化剂的混合起爆药,为无雷汞击发药奠定了基础。

用氨基胍重碳酸盐或氨基胍硝酸盐与亚硝酸钠进行重氮化反应制得,四氮烯为白色或浅黄色楔形晶体。用表面活性剂控制晶

形，可制成细粒状四氮烯。其结晶密度为 1.46 克/厘米³，表观密度为 0.4~0.5 克/厘米³，5 秒延滞期爆发点为 154℃。用 400 克锤重测出的撞击感度上限为 6.0 厘米，下限为 3.0 厘米。四氮烯的摩擦感度和火焰感度都低于雷汞，其猛度和起爆能力均小，不能单独作起爆药用，只能作为无雷汞或无腐蚀击发药的一个成分。四氮烯晶体表面常吸附一些低分子挥发物，使其热安定性变坏是重要的性能缺陷。四氮烯是有毒物质，在生产和使用中应采取防护措施。

(劳允亮)

sidifensuanqian

斯蒂芬酸铅 (lead styphnate) 是单体弱起爆药。学名 2,4,6-三硝基间苯二酚铅。分子式 $C_6H(NO_2)_3 \cdot O_2 \cdot Pb \cdot H_2O$ 。2,4,6-三硝基间苯二酚的铅盐。1914 年 V. 赫茨首次制得。通常是将硝酸铅溶液与斯蒂芬酸(2,4,6-三硝基间苯二酚)的钠盐或镁盐溶液反应生成。因 pH 值、温度等反应条件的差异，可生成中式盐(正盐)、碱式盐或酸式盐。斯蒂芬酸铅(正盐)是棕黄色苯环棱柱状晶体，铅离子数与阴离子数 $[C_6H(NO_2)_3O_2]^{2-}$ 为 1:1。碱式斯蒂芬酸铅是棕黄色晶体，铅离子数与阴离子数为 2:1。中式和碱式斯蒂芬酸铅在火工品中都有广泛的应用，在火焰雷管中用作火焰敏感剂，在针刺雷管中是针刺药的重要成分，在火帽击发药中是无腐蚀击发药的主要组分。斯蒂芬酸铅的静电火花感度为 0.0009J，是起爆药中最敏感的。碱式盐较中式盐钝感。美国多采用碱式斯蒂芬酸铅制造击发药和针刺药。苏联生产的火焰雷管采用经沥青钝化的斯蒂芬酸铅。

(劳允亮)

erxiaojichongdanfen

二硝基重氮酚 (diazodinitrophenol) 是含有硝基和重氮基的一种起爆药。简称 DDNP。学名 4,6-二硝基-2-重氮基

—1—氧化苯。分子式为 $C_6H_2(NO_2)_2N_2O$ 。1858 年 P. 格里斯在苦氨酸钠的水悬浮液中,加入亚硝酸钠和盐酸溶液,进行重氮化反应首次制得。开始用作染料。后发现它具有良好的起爆性能和猛炸药的威力,撞击和摩擦感度均低于雷汞和叠氮化铅,起爆能力比雷汞大一倍,有良好的火焰感度。20 世纪 40 年代后,作为工业雷管装药取代了雷汞,并被用来装填电雷管和毫秒延期雷管及其他火工品,成为生产量最大的起爆药品种。纯 DDNP 为黄色针状晶体,工业品为棕紫色球形聚晶。表观密度为 $0.23\sim 0.75$ 克/厘米³。在 DDNP 的工业生产中,应防止酒精脱水后贮存蓄热引起自爆现象。同时需改善流散性和耐压性,减少因粉尘引起雷管装配过程的爆炸事故。同时也应有效地治理生产废水,防止对环境的污染。

(劳允亮)

sizuo qibaoyao

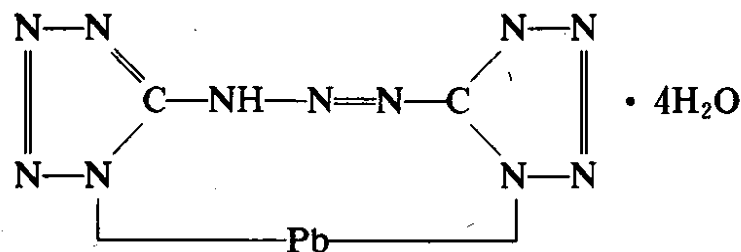
四唑起爆药 (tetrazole primary explosives) 具有起爆药特性的四唑或四氮烯基的衍生物。四唑是由一个碳原子与四个氮原子组成的五元杂环系有机化合物。由铅、铜、汞等重金属离子形成的四唑衍生物,都具有起爆药性能。其起爆能力有的优于叠氮化铅,火焰感度有的比斯蒂芬酸铅好。典型的四唑起爆药有:

5,5'—重氮氨基四唑铅,在含有少量阿拉伯胶的 5,5'—重氮氨基四唑钠溶液中,滴加乙酸铅溶液制得。橙黄色晶体,流散性好,起爆能力近于叠氮化铅。

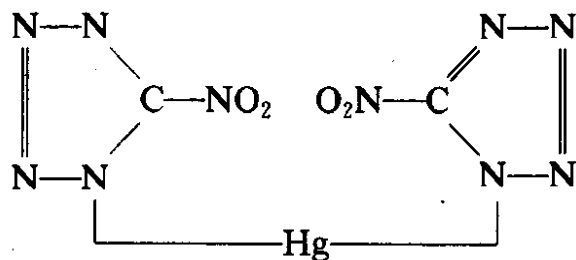
5—硝基四唑汞,1932 年首次报导,1976 年已工业生产。可用于雷管单一装药,作为叠氮化铅的代用药剂。

二银氨基四唑高氯酸盐,5—氨基四唑高氯酸溶液与高氯酸银取代反应制得。1972 年首次报导。具有良好的热安定性,250℃条件下耐热 50 小时分解甚微。用于深井采油耐高温雷管的装药。

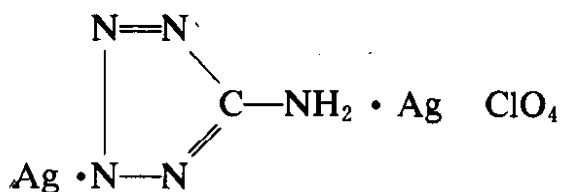
5,5'—重氮氨基四唑铅结构式



5-硝基四唑汞结构式



二银氨基四唑高氯酸盐结构式



(劳允亮)

huogongpin

火工品 (initiating explosive devices) 装有火药或炸药,受外界刺激后产生燃烧或爆炸,以引燃火药、引爆炸药或做机械功的一次性使用的元器件和装置的总称。包括火帽、底火、点火具(管)、导火索、延期件、雷管、传爆管、导爆索、切割索、爆炸开关、爆炸螺栓、驱动器等。火工品是武器、弹药及其他燃烧、爆炸系统的关键部件。在较小的外界刺激(如热、机械、电、冲击波、化学、激光等)作用下易被激发,产生燃烧或爆炸,实现预定的功能。

在枪、炮弹药中,靠火工品点燃发射药将弹丸发射出枪、炮膛,靠火工品引爆其引信及战斗部装药。在航空航天方面,火工品用于座舱弹射、火箭级间分离、切割、驱动、瞬时热量供应、遥测遥控等。在民用方面火工品广泛用于爆炸成型、切割钢板、合成金刚石、石油勘探、矿藏开采、开山筑坝、填沟修路、炸礁建港、航空救生等。

火工品应具有适当的感度和威力,良好的安定性,作用可靠性

和勤务处理安全性,以适应使用的要求。

分类 按外界刺激输入方式,分为电火工品、非电火工品两大类:①电火工品:用电能激发的火工品。一般都装有由绝缘电极塞、电极、桥丝或桥膜及脚线组成的发火件(换能器)。靠电压在电极间放电击穿绝缘层,发生火花引燃装药的,称为火花式电火工品。电极间装有桥丝或桥膜,通电后发生灼热或爆炸引发装药的,称为桥丝或桥膜式火工品。装有半导体桥的也属此类火工品。如电极间有导电药或碳膜,通电后引发装药,因发火形式介于火花与桥丝之间,通常称为中间式电火工品。电火工品有电雷管、电底火、电点火管、电爆管等。②非电火工品:以各种非电能量激发火工品。种类较多。撞击引发的火工品,靠撞击作用起爆,如撞击火帽等。针刺引发的火工品,有较薄的金属盖片或帽壳,靠针刺刺激引发,如针刺火帽、针刺雷管等。摩擦引发的火工品,又称拉发火工品,如摩擦火帽、拉发雷管等。爆炸作用引爆火工品,如传爆管、导爆索。火焰引发的火工品,如火焰雷管、导火索。化学能引发的火工品,装置内有装液体药剂的容器,当药剂混合时产生化学反应引爆装药,如酸点燃雷管、酸点火具等。激光引发的火工品,靠激光穿过专门设计的窗口引发装药,如激光雷管。

按输出功能可分为引燃、引爆及动力源火工品3大类。①引燃火工品能产生火焰,引燃传火序列中下一级火药装药或火工品。这类火工品有火帽、底火、点火具(管)、延期件、导火索、电爆管等。②引爆火工品能输出爆轰形式的能量,引爆传爆序列中下一级炸药装药或火工品。这类火工品有雷管、导爆索、导爆管等。③动力源火工品是利用燃烧、爆炸输出的能量作机械功的火工品。有切割器、火药开关、爆炸螺栓、驱动器等。通常将导火索、导爆索、塑料导爆管、切割索等称为索类火工品。

为了保证弹药引燃、引爆的可靠性和使用安全,常以多种火工品组成一定的序列,称为传火序列或传爆序列。其中火工品一般按感度递减和(或)输出能量递增的原则排列,最后输出较大的能量,

以可靠地引发炸药装药或发射装药。在引信的传爆序列中,火工品的种类和数量取决于引信的要求。

组成 火工品主要由外壳、发火件(换能器)和火工品药剂等组成。

火工品药剂,简称火工药剂,是火工品的能源。火工品内装填的一切燃烧性和爆炸性的药剂,均称为火工品药剂。一般包括起爆药、猛炸药、火药和烟火药等。起爆药用于引燃火药、引爆炸药。猛炸药是雷管、导爆管、塑料导爆管、导爆索的输出装药。黑火药是导火索、点火具(管)等的基本装药。火工品所用的烟火药有点火药、曳光剂、延期药等,分别用于点火具(管)、曳光管、延期件等。火工品药剂对火工品的敏感性、输出威力、贮存安定性和勤务处理安全性及作用可靠性等有很大影响。

简史 火工品伴随火器出现。宋代路振《九国志》记载公元904年郑璠攻豫章(今江西省南昌)时,曾用“发机飞火”烧了龙沙门。“发机飞火”使用了“信线”,这是火工品的雏型。15世纪前出现简单引火烛(用软纸皮包装细粒黑火药)及引火线(由浸有硝酸钾或乙酸铅溶液的软麻纱搓成),用于火器。早期的火工品的作用可靠性是很低的,而且其作用时间是概略的。17世纪J.孔克尔制成雷酸汞,1817年英国人制成了最早的火帽,是一种装有击发药的铜盂火帽。1840~1842年采用这种火帽装于枪、炮弹中,火帽的应用对后膛装填射击武器的发展有重大意义。1830年美国M.肖取得火花电火工品专利。1831年英国W.毕克福德发明了导火索。1865年瑞典A.B.诺贝尔发明了雷汞雷管。1870年H.J.史密斯首次将桥丝用于电火工品。1895年H.J.史密斯制成延期件。1907年法国人F.海罗尼米斯取得叠氮化铅专利。这些火工品和起爆药的出现,提高了火工品作用的可靠性,保证了武器弹药发展的需要。第二次世界大战时,火箭弹、反坦克破甲弹、原子弹等新型弹药的研究与发展,促进了电雷管、电发火管的发展。20世纪火工品的应用范围有所扩大,并有了新的发展。随着导弹及航天技术发展的需

要,1945年出现了动力源火工品,70年代得到大量应用。50年代初期在美国出现了防射频、防静电、防雷击的电雷管。1960年出现了塑料导爆索,1976年制成塑料导爆索延期雷管。

中华人民共和国成立以后,发展了各种常规武器弹药用火帽、底火和雷管,60年代以后,研究与设计了航天、航空、舰艇、导弹、核武器等使用的各种用途火工品。

展望 现代武器弹药和航空航天技术的发展,对火工品提出了更高的要求。新技术在火工品上的应用,使火工品的性能有所提高,应用范围进一步扩大。80年代以来,新型火工品的研制取得了进展。逐步发展了与电子发火线路相结合的微电子火工品。如半导体桥雷管及冲击片雷管的出现,促进了引信直列式爆炸序列的发展。半导体桥发火件的动力源火工品的出现,可以广泛用于航空航天技术。固体快速反应的研究将使火炸药由爆燃迅速转变为爆轰现象在雷管的设计中得到实际应用,火工品中起爆药以猛炸药或其他药剂取代,从而可能制成无起爆药的新型雷管。80年代出现的爆炸逻辑线路,可多点引燃引爆和多点输出,使弹药、火箭和导弹系统具有爆炸逻辑功能。

(黄浩川)

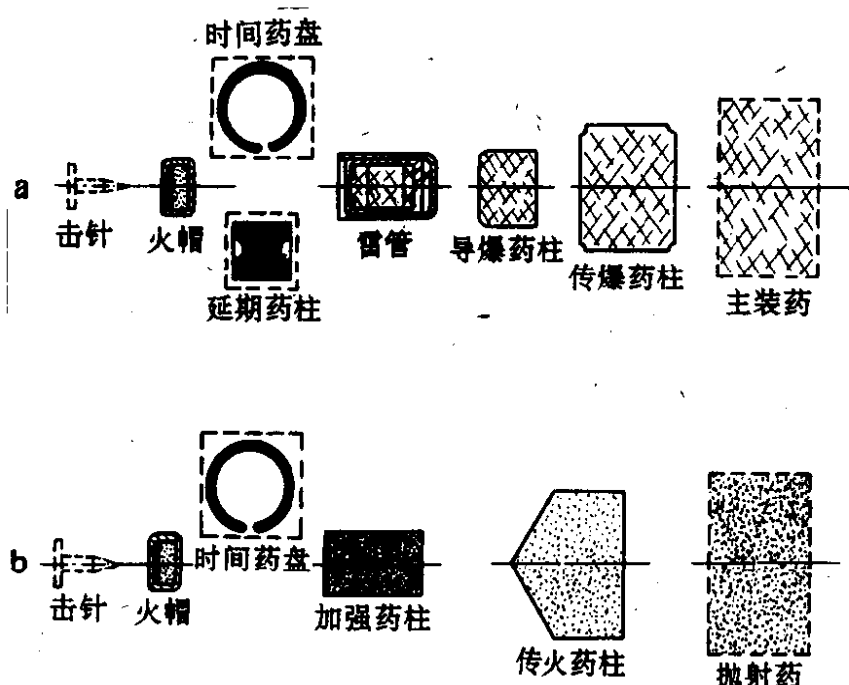
baozha xulie

爆炸序列 (explosive train) 弹药和爆炸装置内以感度递减而输出能量递增方式所构成的一系列火工品组合体。用以保证炸药、发射药或烟火药引爆、引燃的可靠性,以及勤务处理和使用的安全性。

分类 通常根据主装药所用火炸药类型或输出能量形式,分为传爆序列、传火序列(图 a,b)。传爆序列由一系列引爆火工品构成,输出爆轰能量,引爆炸药装药。传火序列由一系列引燃火工品构成,输出火焰能量,引燃发射装药。在传爆序列中去掉最后一级火工品(传爆管),通过其输出的爆轰产物引燃发射药、推进剂或烟火药主装药而起传火序列作用的,称为双作用爆炸序列。还可根据

其组成中有无隔爆件(回转式隔板、滑块或转子)或传爆通路是否永久对正,分为隔爆式(又称错位式)爆炸序列和非隔爆式(又称直列式)爆炸序列。隔爆式爆炸序列是利用锁定隔爆件,将第一级敏感火工品(雷管或火帽)与其下级火工品(导爆管或传爆管)之间的传爆通路隔断,或使其错位而起保险作用。解除保险时移动隔爆件,使第一级敏感火工品与其下级火工品之间的传爆通路接通,或使其对正。非隔爆式爆炸序列是第一级火工品与其下级火工品之间无隔爆件或不需错位的爆炸序列。它的安全性靠以下 3 个途径

保证:①第一级火工品采用钝感型高电压强电流无起爆药雷管;②利用两级保险开关控制第一级火工品的最小激发输入能量;③传爆元件必须使用钝感传爆药。



传爆序列(a)与传火序列(b)

组成爆炸序列的组成根据所配用弹药或其他

爆炸装置的要求而定。大、中口径炮弹引信的传爆序列一般由火帽、雷管、导爆管、传爆管、延期元件(延期药柱、时间药盘和延期索等)、爆炸逻辑元件(爆炸二极管和爆炸逻辑门元件)等组成。小口径炮弹引信的传爆序列,有的包括火帽、雷管和传爆药柱;有的只有雷管和传爆药柱。使用高输入激发能量的冲击片雷管的直列式传爆序列只有电雷管与炸药主装药连接。传爆序列的第一级火工品可以是火帽,也可以是雷管,有延期要求时,火帽后增设有延期元件和接力元件(继爆管等)。为防止意外引爆,隔爆式传爆序列的

敏感元件与下级元件之间有隔爆件；直列式传爆序列用爆炸桥丝雷管或冲击片雷管、触发电路和保护开关取代隔爆机构。传火序列一般由点火具或火帽、加强药柱、传火元件、延期元件和引燃药柱组成。特定传火序列的组成根据引燃要求而定。最简单的传火序列只有与其发射装药相毗连的底火组成。发射药量较多而与底火之间距离较长时，其间还应有传火元件。

原理 爆炸序列第一级火工品在接受电或非电激发能量后，其装药被激发，迅速形成爆轰或爆燃反应，产生引爆或引燃下一级火工品装药的输出能量，激发下一级火工品，使其能量继续向下传递，直至其输出能量有效地起爆或点燃主装药。爆炸序列的作用时间应适应主装药在最佳时间内起爆或点燃的要求，一般在几微秒到几百秒之间。引信在未解除保险状态下，直列式爆炸序列的雷管，在其高压电容器未被充电和发火电路未被接通时，不可能激发。隔爆式爆炸序列的第一级敏感元件，因与下一级火工品之间被隔爆件隔离，即使激发，其输出能量因被隔爆件阻挡而传递不到下级火工品，从而保证了弹药、爆炸装置勤务处理和发射时的安全性。

简史 中国明代《武备志》等史书所记载的炸炮、地雷和水雷中使用的点火具、导火索、火槽和黑火药构成的组合体是爆炸序列的雏型。18世纪机械触发引信出现了无隔爆件的爆炸序列，促进了弹药的发展，但其感度过高，易发生膛炸。19世纪90年代改进为隔爆式爆炸序列，提高了安全性，奠定了现代弹药的基本类型。20世纪以来，无起爆药雷管、爆炸桥丝雷管、冲击片雷管、半导体桥雷管，以及爆炸逻辑技术的出现和微电子技术的发展，使得研制性能优良的高级非隔爆式爆炸序列成为可能。

(贺树兴)

huomao

火帽 (primer) 一种比较小的，激发后发生爆燃，起点燃作用的火工品。一般都作为传火序列或传爆序列中的第一级火工品。

在较小的机械能(撞击、针刺、摩擦)、电、激光的作用下引发,喷出火焰,引燃发射药、点火药、延期药、导火索或火焰雷管等。火帽由金属帽壳、盖片、加强帽和发火药剂组成。

分类 火帽按输入刺激分为撞击火帽、针刺火帽、摩擦火帽、电火帽、压空火帽、激光火帽等。按用途分为引信火帽、底火火帽。

①撞击火帽(图 1a)由撞击刺激发火的火帽。药剂为击发药。撞击火帽主要用于枪弹和炮弹底火中,用于枪弹和小口径炮弹和猎枪弹的撞击火帽,也称底火火帽或枪弹底火。用于大、中口径炮弹的撞击火帽,装入底火装置内,经撞击引燃后,再点燃药筒内的传火药或发射药。有些撞击火帽装有火台,利于撞击发火和简化底火结构。

②针刺火帽(图 1b)由针刺刺激发火的火帽。药剂为针刺药。针刺火帽主要用于引信。

③摩擦火帽(图 1c)又称拉发火帽。由摩擦作用发火的火帽。药剂为摩擦药(拉火药)。主要用于手榴弹、爆破筒。

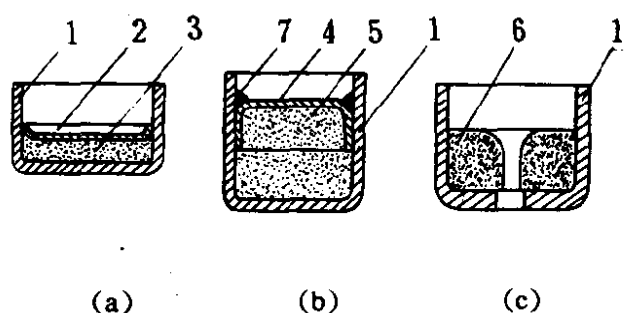


图 1 火帽

a. 撞击火帽 b. 针刺火帽 c. 摩擦火帽

1. 火帽壳 2. 盖片 3. 击发药 4. 加强帽
5. 针刺药 6. 摩擦药 7. 虫胶药

帽壳为铜制,内装摩擦药和带刺或加工成锯齿状的铜丝拉簧,用力牵动拉簧时,铜丝与摩擦药摩擦而发火。

④电火帽由电能作用发火的火帽。用于电底火中,发火时间一般较短,主要用于射速较快的小口径炮弹。分为导电药式(图 2)和桥丝式两种。

导电药式电火帽帽壳和正负极常用黄铜制成,并镀锡或镀银,绝缘片及盖用绝缘强度较高的纸或尼龙制成,导电药用三硝基间苯二酚铅与石墨混成,其配比由发火电压而定。桥丝式电火帽是在正负极间焊上桥丝,利用电能使桥丝灼热使两极之间的发火药发火。

火帽的药剂 击发药已往多用雷汞、氯酸钾及三硫化二锑混成,后为四氮烯、糊精叠氮化铅、结晶三硝基间苯二酚铅、氯酸钾及三硫化二锑等无雷汞击发药代替。现代针刺药由四氮烯、叠氮化

铅、氯酸钾、三硫化二锑及硝酸钡组成。摩擦药一般由雷汞、氯酸钾、三硫化二锑、木炭及虫胶组成。

简史 1817年英国人制成了装有击发药的铜孟火帽。1840~1842年采用这种火帽

装于枪、炮弹中,促进了武器的发展。1900年采用了无氯酸钾击发药。1970年英国研制了一种伊蕾装药,制造方法安全、方便,已用于火帽。

(黄浩川)

dihuo

底火 (artillery primer) 装在枪弹或炮弹药筒的底部,靠输入机械能或电能刺激发火的火工品。用于输出火焰引燃发射装药或传火药包。按配用武器分为枪弹底火和炮弹底火。按其于药筒结合方式可分为压入式底火和旋入式底火。按输入刺激方式的不同,又可分为撞击底火、电底火和电、撞两用底火。①撞击底火 以撞击作用发火的底火。用于枪弹和炮弹。枪弹底火即撞击火帽。炮弹底火一般由底火体、火帽、火台、传火药、闭气塞和盖片组成。传火药一般是黑火药,也有装亚铁氰化铅和高氯酸钾混制的点火药。大、中口径炮弹都采用旋入式底火,(见图)一般都有锥形体起单向阀门作用,配合连接处涂有密封剂,以防止发射药燃烧产物泄漏。②电底火 以电能作用发火的底火。基本构造同电火帽(见火帽)。一般用于小口径炮弹,发火时间一般要求在一毫秒以下。③电、撞两用底火 在撞击和电能两种作用下都能发火的底火。其结构特点是在撞击底火上加装电发火件。撞击时由火帽发火点燃传火药,当电能作用时,电发火件发火点燃传火药。

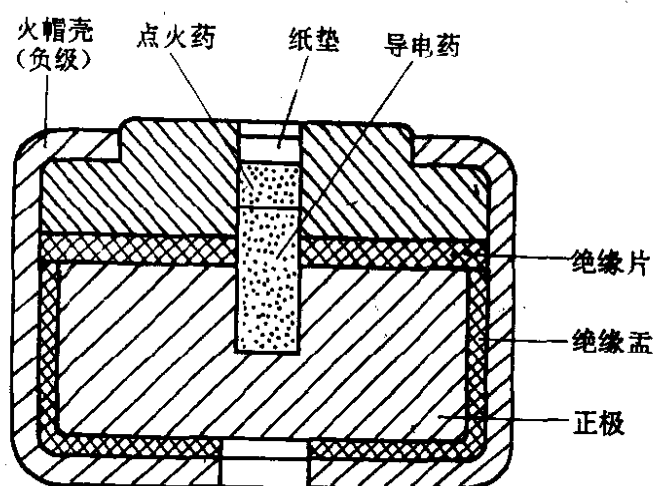
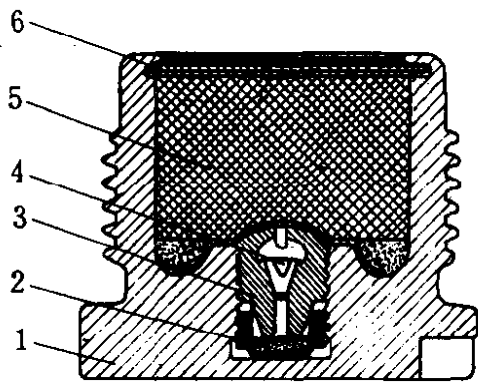


图2 导电药电火帽



旋入式底火图

1. 底火体 2. 火帽 3. 压螺
4. 闭气塞 5. 传火药 6. 盖片

下,以利药筒修复再用。

为了保证大、中口径炮弹的发射装药点火,常采用具有多孔传火管的长管底火。长管底火以黑火药作为传火药,底火引发时,点燃黑火药,火焰从孔中喷出,同时点燃周围的发射药,使其充分燃烧。

底火应具有适当的感度,合适的点火能力,以及足够的耐压强度,以保证发火可靠,勤务处理安全。对于旋入式底火,要求射击后便于卸下,

(黄浩川)

leiguan

雷管 (detonator) 能在较小外界刺激激发后输出爆轰能量(高温高压气体、碎片和冲击波等)的管状火工品。主要用于弹药爆炸序列和爆破装置中作为起爆元件,并可利用其输出能量直接引爆猛炸药和作为动力源火工品使用。

分类 雷管种类繁多。按输入能量形式分为电雷管和非电雷管两大类。电雷管又可分为火花式电雷管、中间式电雷管和电桥式电雷管 3 种类型。中间式电雷管兼有火花式和电桥式电雷管的发火机理,包括石墨桥膜电雷管和导电药电雷管。电桥式电雷管包括桥丝式、桥膜式和半导体桥式电雷管。桥丝式电雷管又分为灼热桥丝式和爆炸桥丝式两种。桥膜式电雷管又分为金属桥膜式和石墨桥膜式两种。非电雷管包括针刺雷管、拉发延期雷管、火焰雷管、化学雷管和激光雷管等。按作用时间分为微秒延期雷管、毫秒延期雷管和秒延期雷管。作用时间较短,未装延期药的雷管称为瞬发雷管。数发同时爆炸,作用时间一致的雷管称为同步雷管。装药中无起爆药的钝感型雷管称为无起爆药雷管,这类雷管已有爆炸桥丝雷管、爆燃转爆轰雷管、飞片雷管、冲击片雷管和半导体桥雷管等。

飞片雷管和冲击片雷管尚有金属飞片和塑料飞片之分。按用途分为引信雷管(图 1)、工程爆破雷管(图 2)和特种雷管等。

结构原理 雷管一般由管壳、加强帽、装药、发火件和附加器件构成。

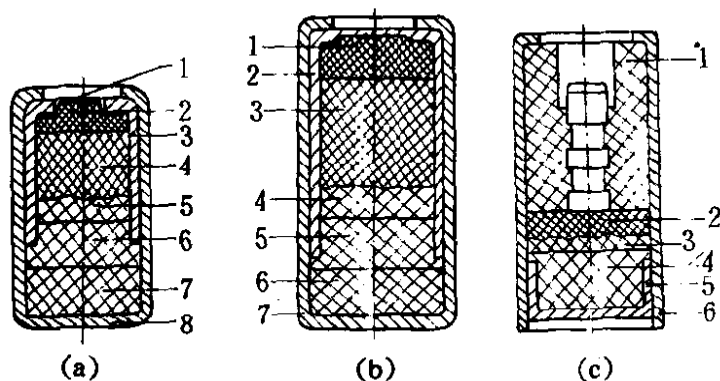


图 1 引信雷管

a) 火焰雷管 b) 针刺雷管 c) 导电药电雷管

- a) 1. 铜垫 2. 4. 起爆药 3. 加强帽
5. 6. 7. 炸药 8. 管壳 b) 1. 针刺药
2. 加强帽 3. 起爆药 4. 5. 6. 炸药
7. 管壳 c) 1. 电极塞 2. 导电药
3. 4. 炸药 5. 底帽 6. 管壳

管壳材料有铝、铜、镍铜合金、不锈钢、塑料和纸。装药一般有三层：第一层是发火药，有较高的感度，最先接受外界刺激而发火。火焰雷管和桥丝式电雷管发火药多用对火焰和热桥丝敏感的三硝基间苯二酚铅，针刺雷管用对撞击敏感的针刺药。延期雷管的发火

药之后尚有延期药，保证规定的延期时间。第二层是中间装药或过渡装药，在接受第一层装药产生的爆燃能量后迅速转变为爆轰，多用叠氮化铅等起爆药。第三层是底装药或输出装药，用以增强爆轰输出能量，保证雷管的起爆能力，多用黑索今、太安、奥克托今等猛炸药。为防止在矿井内使用时引起粉尘和沼气爆炸，矿井用的雷管装药内还掺有盐、蜡和醋酸丁酯等消焰剂。有些无起爆药雷管只有一层猛炸药装药，靠桥丝、桥膜或半导体桥爆炸气化产生的热等离子体或飞片引爆。电雷管发火件由电桥、脚线或电极和塞子构成，用以将电能转换成热能或火花，使发火药发火，然后激发起爆药，引爆底装药，输出爆轰能量。雷管的附加器件有射频衰减器、低通滤波器、静电泄放器、保护开关或保护电路等，用在防射频雷管、防静电雷管、冲击片雷管和半导体桥雷管内，以增强雷管的防射频、防静电、防雷电和防止使用环境中发生其他意外发火的能力。

从制造、使用和勤务安全性考虑,雷管的尺寸、装药量和输出

能量应适宜,可使其直接起爆炸药装药,也可通过爆炸序列或传爆药予以增强。

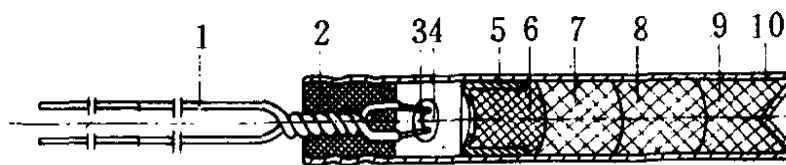


图2 工程爆破电雷管

1. 导线 2. 电极塞 3. 桥丝 4. 点火药头
5. 加强帽 6. 起爆药 7. 8. 9. 火药 10. 管壳

简史 瑞典化

学家 A. B. 诺贝尔

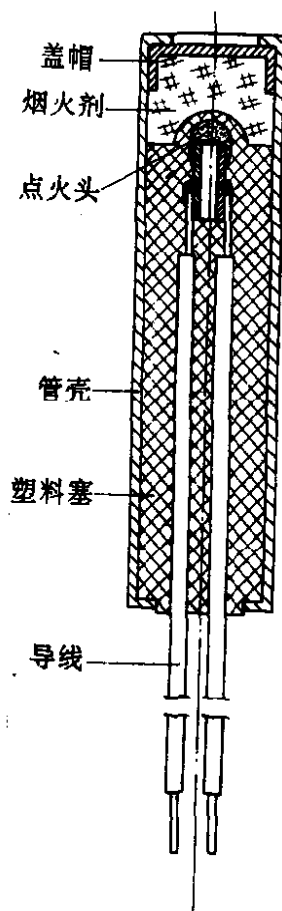
于 1865 年发明了铜壳雷汞雷管,利用导火索输出的火焰激发其装药,用于起爆硝化甘油和爆胶,推动了炸药的广泛使用。1907 年德国人 L. 韦勒发明了装填叠氮化铅起爆药的雷管,取代了雷汞雷管。19 世纪 80 年代出现了电雷管,促进了弹药和爆破技术的进步。20 世纪以来,随着火炸药、弹药、核武器、航天和爆破技术的发展,出现了许多性能优越的电雷管、非电雷管和特种雷管。80 年代以来研制出的高电压强电流冲击片雷管 and 低电压半导体桥雷管,为弹药实现直列式传爆序列提供了可能性。

(贺树兴 胡学先)

dianbaoguan

电爆管 (electric squib) 薄壁壳体内有少量点火药装药起点燃作用的火工品。主要用作小型动力源,也可用作点火具。电爆管由管壳、导线、桥丝、塑料塞、烟火剂(或炸药)、点火头和盖帽组成(见图)。当导线通入电流时,使埋在引燃药中的桥丝灼热,点燃点火头、烟火药或炸药,输出高温高压燃气和火焰。用于点燃火箭发动机的固体推进剂或动力源火工品内的烟火药或炸药。在导弹和航天器中还常用于完成开锁、闭锁或抛掷等动作。

(胡学先)



电爆管结构图

dianhuoju

点火具 (igniter) 在外界刺激能量作用下激发,输出较大火焰,直接点燃发射装药或烟火药的火工品。又称点火管、点火药盒。广泛用于航天器、导弹、炮弹、火箭、鱼雷、航空炸弹等。

点火具通常由发火件、点火药、扩燃药和壳体组成。发火件是装配在点火具壳体内的电发火头、火帽或其他发火件。常用的点火药是三硝基间苯二酚铅、硫氰酸铅与氯酸钾的混合物。扩燃药用于增强输出火焰,常用黑火药、铝粉和高氯酸钾的混合物。壳体一般为铝、铜、铁等金属,也可用赛璐珞片制造。

点火具按用途分为火箭点火具、发射装置点火具(如鱼雷、航空炸弹、抛射弹点火具等)和药柱点火具(如燃气发生器、火焰喷射器和文件销毁器点火具等)。按刺激方式分为电点火具和非电点火具。电点火具又有单桥式、双桥式、双引火头式、薄膜式等类型。电点火具用于火箭,火箭发射时,电发火头发火,引燃黑火药,点燃火箭推进剂。非电点火具又分为惯性点火具、隔板点火具、酸点火具等。惯性点火具又称机械发火点火具或延期点火具,用于火箭增程弹,利用炮弹发射时的惯性力使击针撞击火帽,点燃延期药柱,延期药柱点燃点火药,点火药的火焰点燃火箭推进剂,使炮弹增程,故又称增程点火具。隔板点火具利用施主装药(上一级装药)产生的冲击波,穿过金属隔板而引发受主装药(下一级装药),使之在密闭状态下燃烧并输出火焰。其外壳有较高的耐压性,作用时完整无损。可装在火箭发动机外面,便于检查;不受静电、射频影响,比较安全。酸点火具是利用酸与装药发生化学反应激发燃烧喷出火焰的点火具。

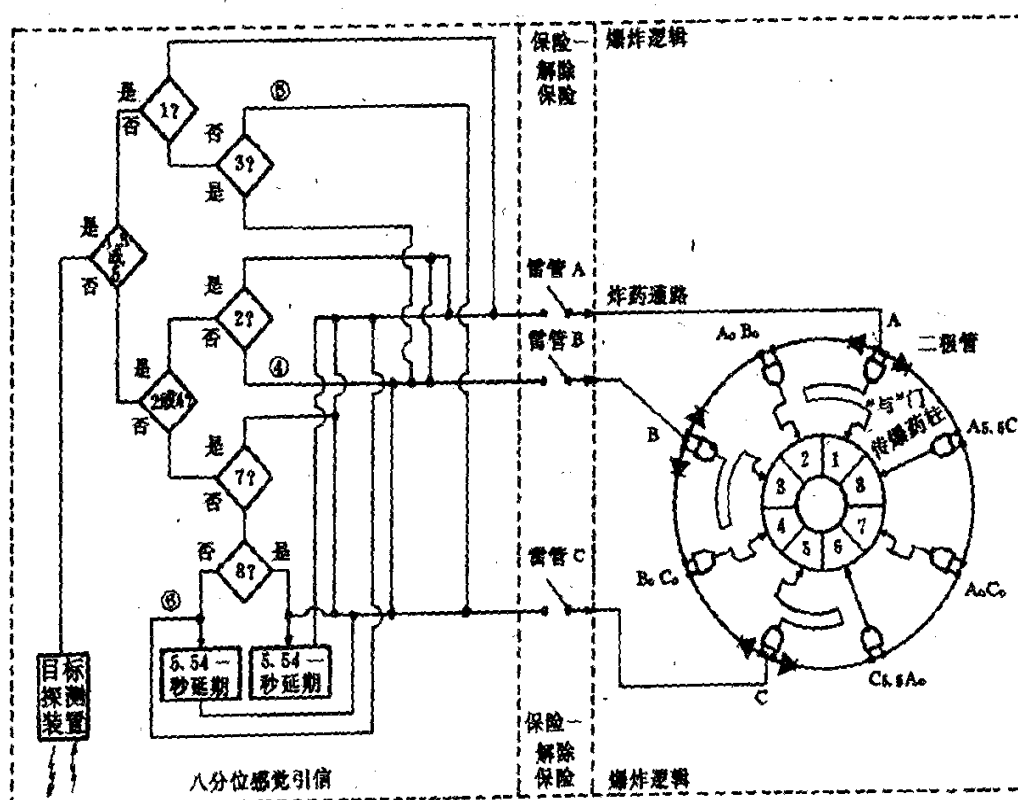
(胡学先)

baozha luoji xianlu

爆炸逻辑线路 (explosive logic circuit) 具有逻辑功能的爆炸序列。适用于弹药的引信传爆序列,也适用于火箭、导弹发动

机点火系统和级间分离系统的程序传火序列,使其所配用的弹药、火箭或导弹的爆炸序列具有布尔逻辑功能。

爆炸逻辑线路由大于临界直径的炸药通路或接近临界直径炸药的铠装式导爆索、火工品和爆炸逻辑元件构成(见图)。炸药通路加工在聚碳酸酯、有机玻璃或铝质基块内。所用的火工品有雷管、延期元件和传爆管等。雷管用于产生爆轰波,并输入给炸药通路;延期元件用于延时传爆;传爆管用于增强给主装药的爆轰输出能量。爆炸逻辑元件是线路的最重要组成部分,有单向传爆的爆炸二极管、可切断爆炸通路的爆炸零门、起逻辑开关作用的爆炸逻辑开关、控制爆轰传递方向的爆炸可控整流器、起逻辑“与”作用的爆炸“与”门元件、起逻辑“或”作用的爆炸“或”门元件、起逻辑“与”和“与非”作用的爆炸“与”门和“与非”门元件、熄爆桥接通路、非熄爆



美国研制的40毫米炮弹爆炸逻辑线路图

桥接通路和爆炸 Y 形结构等。通常雷管位于线路输入端,输出端接传爆管,爆炸逻辑元件在输入端和输出端之间。

爆炸逻辑线路具有多起爆点、多传爆通路、多输出方向和按布尔逻辑随机选择传爆的特点,与引信感觉电路和指令信号系统连接,可增加弹药、火箭和导弹爆炸序列的功能。爆炸逻辑线路于 20 世纪 60 年代在美国最先出现,中国和法国也在研制。

(贺树兴)

suolei huogongpin

索类火工品 (linear explosive charge; fuse) 具有连续细长装药的柔性火工品。包括点火索、导火索、延期索、导爆索、切割索和塑料导爆管等。索类火工品由外壳和药芯两部分组成。其结构因功能不同而有差别。

点火索 又称点火绳或点火线,用于点燃导火索。索芯为浸渍硝酸钾溶液或铝热剂药浆后烘干的棉线或麻线,外部缠绕棉线或塑料带,并涂蜡防潮。硝酸钾药芯点火索的外径 6~8 毫米,燃速为 0.4~1.0 米/分或 60~150 秒/米。铝热剂药芯点火索的外径 1.6~2.5 毫米,燃速 1~20 米/分或 3~60 秒/米。使用时以明火点燃。

导火索 以黑火药或烟火药为芯药,用于传递火焰的索类火工品。按用途分为军用导火索和民用导火索两大类。军用导火索又分为工程爆破导火索和手榴弹导火索两种。民用导火索包括普通导火索、煤粉导火索、塑料导火索、秒延期导火索、速燃导火索和缓燃导火索等。导火索的药芯装药有黑火药或烟火药,外壳由包缠层和防潮层组成。包缠材料有棉线、纸条、玻璃纤维、聚乙烯塑料等。普通导火索的外径约 6 毫米,燃速 100~140 秒/米。导火索可用明火、点火索或导火索点燃,以等速燃烧,产生火焰和炽热气体,可点燃延期药、黑火药、发射药等,并可引爆火焰雷管。

导爆索 以炸药为芯药,用于传递爆轰波的索类火工品。广泛应用于弹药及其他爆炸装置、地质勘探、石油射孔和其它爆破作业

等。按外壳或包缠材料分为棉线导爆索、塑料导爆索、橡胶导爆索和金属管导爆索。金属管导爆索包括柔性导爆索和铠装式导爆索等。按用途分为军用导爆索和民用导爆索(其中包括:油井导爆索、煤矿导爆索和震源导爆索等)。导爆索的药芯装药有太安、黑索今、奥克托今、特屈儿、六硝基芪和苦基矾等,一般装药量 10~13 克/米。外壳或包缠材料有棉线、纸条、塑料扁丝、化纤、合成橡胶和铅铋合金管等。导爆索可用雷管或导爆索引爆,爆速可达 5 000~8 000 米/秒,可同时引爆多个炸药装药,或利用其爆轰产物及能量直接做功。

塑料导爆管 塑料管内壁附着一层太安或奥克托今与铝粉混合物的索类火工品。内径约 1.4 毫米,外径 3 毫米,装药量约 16 毫克/米。它可用火帽、雷管等引爆,爆速约 2 000 米/秒,用于引爆火焰雷管,对火焰、静电、射频和杂散电流比较安全,但其输出火焰容易引燃粉尘和沼气。

延期索 装有延期药的索类火工品。药芯一般为微气体延期药,外壳一般为金属管,故又称为金属管延期索。通常外径 1.8~2.4 毫米。金属管外有包覆的延期索称为小直径隔离延期索,延期精度较高,常用于导弹战斗部和引信中作延期元件。可用火帽或点火药头引燃,燃速取决于延期药性能和制造工艺。

切割索 引爆后产生聚能效应进行切割的索类火工品。药芯装炸药,一般装药量为 1~32 克/米,有的可达 106 克/米以上,构成倒 V 形等聚能穴。外壳常用具有柔性的铅铋合金。使用时将聚能穴对正所切割的部位,用雷管或导爆索引爆,可切割金属板和电缆等。

简史 索类火工品起源于公元 904 年中国当时所使用的信线,其药芯为黑火药,外壳为纸或竹管。1831 年英国人 W. 毕克福德发明的导火索,外壳用皮、布和纸制成,药芯也是黑火药,19 世纪 70 年代广泛用于爆破作业。1908 年法国最先制出了铅壳梯恩梯药芯导爆索。20 世纪 60 年代以来,索类火工品的装药、外壳材

料和结构种类都有很大发展。70年代瑞典发明了塑料导爆管。

(贺树兴)

dongliyuan huogongpin

动力源火工品 (explosive actuated device) 以火炸药燃烧、爆燃产生的气体,或爆炸产生的能量为动力,作机械功的火工品。一般由壳体、装药、发火机构及运动部件等组成。装药采用火药、烟火药或炸药。广泛用于飞机、火箭、导弹、卫星和飞船等。

动力源火工品的品种很多,可完成多种机械功能。以爆炸作用分离部件的,有爆炸螺帽、爆炸螺栓等,使部件变形的有爆炸铆钉、爆炸地锚等;以爆燃气体产物推动活塞作功的有火药驱动器、启动器和推力发生器等;以气体产物冲破薄膜的有气源开关和爆发塞,推动活塞转接电路开关的有火药接线器(或爆炸继电器),推动带刀刃活塞的有火药驱动切割器、伞绳切割器、电缆切割器等;以持续燃烧的气体产物提供短期使用能源的有燃气发生器等。

动力源火工品具有比能量高,可靠性高,体积小,重量轻,结构简单,作用时间短,瞬间内释放能量大,所产生的力可以精确控制,能按特殊需要完成机械动作,以及一次性使用等优点。在飞机上用作抛放悬挂装置、起落架及弹射救生系统的动力。如抛放航空炸弹、鱼雷、油箱、挂架,切割降落伞绳,弹射座椅等。在火箭及航天器上,用于级间分离、应急救生、回收和着陆系统,作各种弹射分离,机构解锁,某些绳索或电缆的切割;某些电路或气路的接通和断开等。如多级火箭的级间分离和头体分离,整流罩释放、舱盖弹射、稳定伞弹射、漂浮装置充气等。在汽车上用于安全保护装置,如汽车安全缓冲气袋充气的气体发生器。

(陆佩茹)

danyao

弹药 (ammunition) 一般指有金属壳体,装有火药、炸药或其他装填物,能对目标起毁伤作用或完成其他任务的军械物品。它

包括枪弹、炮弹、手榴弹、枪榴弹、航空炸弹、火箭弹、导弹、鱼雷、水雷、地雷、爆破筒、爆破药包等。用于非军事目的的礼炮弹、警用弹、以及采掘、狩猎、射击运动的用弹,也属于弹药的范畴。弹药是武器系统中的核心部分,是借助武器(或其他运载工具)发射至目标区域,完成既定战斗任务的最终手段。

结构原理 弹药结构应满足发射性能、运动性能、终点效应、安全性和可靠性等诸方面的综合要求,通常由战斗部、稳定部和投射部等部分组成。

战斗部 是弹药毁伤目标或完成既定终点效应的部分。某些弹药仅由战斗部单独构成。典型的战斗部由壳体(弹体)、装填物和引信组成。壳体容纳装填物并连接引信,在某些情况下,又是形成破片的基体。装填物是毁伤目标的能源物质或战剂。常用的装填物有炸药、烟火药、预制或控制形成的杀伤穿甲等元件;还有生物战剂、化学战剂、核装药及其他物品。通过装填物(剂)的自身反应或其特性,产生相应的机械、热、声、光、化学、生物、电磁、核等效应来毁伤目标或达到其他战术目的。引信是为了使战斗部产生最佳终点效应而适时引爆、引燃或及时抛撒其他装填物(剂)的控制装置。常用的引信有触发引信、近炸引信、时间引信等。有的弹药配用多种引信或多种功能的引信系统。战斗部中全部爆炸品,从引信中的雷管(火帽)直至弹体中的炸药装药,按感度递减而输出能量递增的顺序配置,组成传爆或传火序列,保证弹药的安全性和可靠性。

根据对目标作用和战术技术要求的不同,不同类型战斗部的结构和作用机理呈现不同特点。①爆破战斗部具有相对较薄的壳体,内装大量高能炸药。它主要利用爆炸的直接作用或爆炸冲击波的作用毁伤各类地面、水中和空中目标。②杀伤战斗部具有适中厚度整体的或刻有槽纹的金属壳体,内装炸药及其他金属杀伤元件,通过爆炸后形成高速破片场的作用,杀伤有生力量,毁伤车辆、飞机或其他轻型技术装备。③动能穿甲战斗部具有实心的或装少量

炸药的高强度高断面比重的弹体,以其动能击穿各类装甲目标。④破甲战斗部具有空心装药结构,利用聚能效应产生的高速金属射流或自锻破片,毁伤各类装甲目标。⑤特种战斗部具有较薄的壳体,内装发烟剂、照明剂、宣传品等,以达到特定目的。⑥子母战斗部,母弹体内装有许多子弹和抛射系统等,到达目标区后,抛出子弹,毁伤较大面积上的目标。

投射部 是提供投射动力的装置,使战斗部具有一定速度射向预定目标。射击式弹药的投射部由发射药、药筒或药包、辅助元件等组成,并由底火、点火药、基本发射药组成传火序列,保证发火的瞬时性、均一性和可靠性;弹药发射后,投射部的残留部分从武器中退出,不随弹丸飞行。火箭弹、鱼雷、导弹等自推式弹药的投射部,由装有推进剂的发动机形成独立的推进系统,发射后伴随战斗部飞行。某些弹药,如地雷、水雷、航空炸弹、手榴弹等,一般没有投射部。

稳定部 保证战斗部飞行稳定性和射击精度,以正确姿态接触目标。典型的稳定部结构,有赋予战斗部高速旋转的导带或涡轮装置;有使战斗部空气阻力中心移于质心之后的尾翼装置,以及两种装置的组合形式。

某些弹药还有制导部分,用以导引或控制其进入目标区,或自动跟踪运动目标,直至最终击中目标。

分类 按用途可分为主用弹药、特种弹药、辅助弹药。主用弹药用来毁伤各类目标,包括杀伤弹、爆破弹、穿甲弹、破甲弹、燃烧弹等;特种弹药配合作战完成某些特定任务,如照明弹、发烟弹、信号弹、宣传弹、干扰弹等;辅助弹药包括训练弹、教练弹、试验弹,是部队完成演习、训练、试验等非战斗使用的弹药。按装填物(剂)的类别可分为常规弹药、核弹药、化学弹药、生物弹药等。按投射方式可分为射击式弹药、自推式弹药、投掷式弹药、布设式弹药。按配属可分为炮兵弹药、海军弹药、空军弹药、轻武器弹药和爆破器材等。

射击式弹药 各种枪炮身管武器以火药燃气压力发射的弹

药,包括炮弹、枪弹、枪榴弹。榴弹发射器配用的弹药也属于射击式弹药。炮弹、枪弹具有初速大,射击精度高,经济性好等特点,是战场上应用最广泛的弹药,适用于各军兵种。

炮弹是供火炮发射的弹药。主要用于压制敌人火力,杀伤有生力量,摧毁工事,毁伤坦克、飞机、舰艇和其他技术装备等目标。一般炮弹由弹丸(弹头)和发射装药构成。定装式炮弹的弹丸与发射装药结合为一整体,射击时一次装入炮膛。由于装填动作少,发射速度快,特别适用于攻击快速活动目标的穿甲、破甲及对空弹药中。分装式炮弹的弹丸与发射装药分开,发射时先装弹丸再装发射装药,发射装药数量可根据需要灵活调整,适于地面中大口径火炮上的爆破、杀伤弹药。迫击炮弹的发射药包直接捆装在稳定装置上,没有药筒,便于前装和调整装药量。

大多数线膛火炮弹丸多采用旋转稳定方式,以适应超音速飞行条件。破甲弹为排除旋转对射流带来的不利影响,多采用尾翼稳定方式;滑膛炮弹及迫击炮弹多采用尾翼稳定。

炮弹具有类型齐全的各种战斗部,并获得迅猛发展。穿甲弹从一般适口径结构形式,发展至次口径脱壳结构形式,大大提高了穿甲能力。破甲弹广泛地采用了双锥药型罩精密装药、串联战斗部、火箭增程等技术,进一步提高了破甲深度、直射距离和反装甲的能力。杀伤爆破弹发展了底部排气等各种低阻力外形结构,大幅度提高了射程。中、大口径火炮装备了子母弹,大大增加对各种面目标的毁伤概率。20世纪70年代末研制成功末段制导及末段敏感炮弹,实现了曲射火炮远距离射击命中坦克的构想。

枪弹是从枪膛内发射的弹药。主要对付人员及薄装甲目标,结构与定装式炮弹类似。普通枪弹弹头多是实心的。穿甲燃烧弹弹头除有穿甲钢心外,还装填少量燃烧剂,藉助高速撞击压缩而引燃。20世纪60年代开始发展无壳弹,它的发射药压成药柱形状,再与底火、弹头粘成一个整体。由于去掉了金属弹壳,弹长变短,可提高射速和点射精度,并减轻了弹药重量,提高了单兵携弹量,射

击后无需退壳,有利于武器性能的提高。

枪榴弹是用枪和枪弹发射的超口径弹药。由超口径战斗部及外安尾翼片内装弹头吸收器的尾管构成。发射时,将尾管套于枪口部特制的发射器上,利用射击空包弹的膛口压力或实弹产生的膛口压力及子弹头的动能实现对枪榴弹的发射。枪榴弹战斗部直径在 35~70 毫米之间,质量一般在 0.25~1 千克,射程可达 200~400 米,采用火箭增程可达 1 000 米。具有破甲、杀伤、燃烧、照明、发烟等多种战斗部,是一种用途广泛的近战、巷战单兵弹药。

自推式弹药 本身带有推进系统的弹药,包括火箭弹、导弹、鱼雷等。这类弹药,靠自身发动机推进,以一定初始射角从发射装置射出后,不断加速至一定速度后才进入惯性自由飞行阶段。由于发射时过载低、发射装置对弹药的限制因素少,使自推式弹药具有各种结构形式,易于实现制导,具有广泛的战略战术用途。

火箭弹是指非制导的火箭弹药。利用火箭发动机从喷管中喷出的高速燃气流产生推力。发射装置轻便,可多发联射,火力猛,突袭性强,但射击精度较低,适用于压制兵器对付地面目标。轻型火箭弹可用便携式发射筒发射,射程近,机动灵活,易于隐蔽,特别适于步兵反坦克作战。

导弹是依靠自身动力装置推进,由制导系统导引、控制其飞行路线并导向目标的武器。制导系统不断地修正弹道与控制飞行姿态,导引射弹稳定、准确地飞向目标区。小型战术导弹通常采用破甲、杀伤或爆破战斗部,多用来攻击坦克、飞机、舰艇等快速机动目标。装核弹头的大型中远程导弹,主要打击固定的战略目标,起威慑作用。

鱼雷是能在水中自航、自控和自导以爆炸毁伤目标的水中武器。以较低的速度从发射管射入水中,用热动力或电力驱动鱼雷尾部的螺旋桨或通过喷射发动机的作用在水中航行。战斗部装填大量高能炸药,主要用于袭击水面舰艇、潜艇和其他水中目标。

投掷式弹药 包括各类航空炸弹、深水炸弹和手榴弹。

航空炸弹是从飞机和其他航空器上投放的弹药。主要用于空袭,轰炸机场、桥梁、交通枢纽、武器库及其他重点目标,或对付集群地面目标。常以全弹的名义质量(千克或磅)标示大小,又称圆径,圆径变化范围宽广(从小于1千克至上万千克)。航空炸弹弹体上安有供飞机内外悬挂的吊耳。尾翼起飞行稳定作用。某些炸弹的头部还装有固定的或可卸的弹道环,以消除跨音速飞行易发生的失稳现象。外挂式炸弹具有流线型低阻空气动力外形,便于减小载机阻力。超低空水平投放的炸弹,在炸弹尾部还加装有金属或织物制成的伞状装置,投弹后适时张开,起增阻减速,增大落角和防止跳弹的作用;同时使载机能充分飞离炸点,确保安全。航空炸弹具有类型齐全的各类战斗部,其中爆破、燃烧、杀伤战斗部应用最为广泛。

手榴弹是用手投掷的弹药。杀伤手榴弹的金属壳体常刻有槽纹,内装炸药,配用3~5秒定时延期引信,投掷距离可达30~50米,弹体破片能杀伤10米范围内的有生力量和轻型技术装备。手榴弹还有发烟、照明、燃烧、反坦克等类型。

布设式弹药 地雷、水雷及一些干扰、侦察、监视弹等。用空投、炮射、火箭撒布或人工布(埋)设于要道、港口、海域等预定地区。待目标通过时,引信感受目标信息或经遥控起爆,阻碍并毁伤步兵、坦克和水面、水下舰艇等。具有干扰、侦察、监视等作用的布设式弹药,可适时完成一些特定的任务。有的在布设之后,可待机发射子弹药,对付预期目标。

地雷是撒布或浅埋于地表待机作用的弹药。反坦克地雷内装空心装药,能炸坏坦克履带及负重轮;大锥角药形罩形成的自锻弹丸可击穿坦克底甲,杀伤乘员。反步兵地雷还可装简易反跳装置,跳出地面0.5~2米高度后空炸,增大杀伤效果。

水雷是布设于水中待机作用的弹药。有自由漂浮于水面的漂雷、沉底水雷以及藉助雷索悬浮在一定深度的锚雷。其上安装触发引信或非触发引信。非触发引信感受舰艇通过时一定强度的磁场、

音响及水压场而作用；某些水雷中还装有定次器和延时器，达到预期的目标通过次数或通过时间才爆发，起到迷惑敌人，干扰扫雷的作用。

生物、化学、核弹药 不仅具有大面积杀伤破坏能力，同时污染环境，属于大规模杀伤破坏性武器。

生物弹药是装有生物战剂的弹药。生物战剂为传染性致病微生物或其提取物，包括病毒、细菌、立克次氏体、真菌、原虫等。能在人员、动植物机体内繁殖，并引起大规模感染致病或死亡。它可制成液态或干粉制剂，装填在炮弹、炸弹、火箭弹的战斗部中。通过爆炸或机械方式抛撒于空中或地面上，形成生物气溶胶，污染目标或通过传染媒介物（如昆虫）感染目标。

化学弹药是装有化学战剂的弹药。化学战剂为各种毒性的化学物质，可装填炮弹、航空炸弹和火箭弹的战斗部，亦可应用撒播器从飞机中直接喷洒，使人员中毒，器材、粮食、水源、土地等受到污染。

核弹药是指原子弹利用核裂变链式反应，氢弹利用热核聚变反应，放出核内能量产生爆炸作用的弹药。威力极高，用梯恩梯（吨）当量标示大小。氢弹威力可高达数千万吨梯恩梯当量。爆炸后产生冲击波、地震波、光辐射、贯穿辐射、放射性污染、电磁脉冲等，对大范围内的建筑、人员、装备、器材等多种目标具有直接和间接的毁伤作用。核装药主要装填在航空炸弹及导弹战斗部中，用于对付战略目标。原子弹已日益小型化，20世纪70年代后，美军将它配用于155毫米和203毫米火炮。中子弹是热核弹药的一种类型，爆炸后的冲击波及光辐射效应较小，但产生大剂量贯穿辐射极强的高速中子流。可在目标（坦克、掩蔽部等）不发生机械损毁的情况下，杀伤其内部人员。

发展简史 古代用于防身或进攻的投石、弹子、箭等可算是射弹的最早形式。它们利用人力、畜力和其他机械动力投射，利用本身的动能击伤目标。中国至迟于公元808年发明了黑火药，10世

纪用于军事,作为武器中的传火药、发射药及燃烧、爆炸装药,在武器发展史上起了划时代的作用。黑火药最初以药包形式置于箭头射出,或从抛石机抛出。13世纪中国创造了可发射“子窠”的竹管“突火枪”,子窠是最原始的子弹。随后有了铜和铸铁的管式火器,用黑火药作为发射药。13世纪火药及火器技术西传,经阿拉伯至欧洲。14世纪欧洲应用了火药和火器。早期火器是滑膛的,发射的弹丸主要是石块、木头、箭,以后普遍采用了石质、铸铁实心球形弹,从膛口装填,依靠发射时获得的动能毁伤目标。16世纪初出现了口袋式铅丸和铁丸的群子弹,对人员、马匹的杀伤能力大大提高。16世纪下半叶出现了一种爆炸弹,由内装黑火药的空心铸铁球和一个带黑火药的竹管或木管信管构成,先点燃弹上信管,再点燃砲内火药。17世纪出现了铁壳群子弹。17世纪中叶发现和制得雷汞。19世纪后膛与线膛武器的进展,击发火帽及击发点火方式、旋转式弹丸结构、金属壳定装式枪弹结构、雷汞雷管起爆方式、无烟火药的发明和应用、苦味酸、梯恩梯炸药的发明和应用等,是这一时期弹药最重要的发展,这些成就全面提高了武器系统的射程、射击精度、威力和发射速度,使弹药进一步完善。与此同时,随着目标的不断发展,弹药类型增多。射击武器弹药除爆炸弹、榴霰弹、燃烧弹外,还出现了对付舰艇装甲的穿甲弹。在海战中已普遍使用了水雷,19世纪后半叶出现了鱼雷。

20世纪初,梯恩梯已作为一种军用炸药广泛装填于各类弹药。第一次世界大战中随着飞机的作战使用和坦克的出现,相应发展了各种航空弹药和反坦克弹药。化学弹药也用于战场。第二次世界大战期间和战后,迅速发展了基于聚能效应的破甲弹。火箭技术、核装药、制导技术的应用及其结合,是现代弹药技术中最重大的发展,它使弹药的发展水平达到了一个新的高度。

展望 未来弹药的发展方向,主要是采用高破片率钢材制作弹体或装填重金属、可燃金属的预制、半预制破片,提高战斗部的杀伤威力;发展智能引信,实现最佳引信与战斗部配合,提高战斗

部对目标的作用效率;研制复合作用战斗部,增加单发弹药的多用途功能;发展集束式、子母式和多弹头战斗部,提高弹药打击集群目标和多个目标的能力;在航空弹药和炮弹上加装简易的末段制导或末段敏感装置,提高弹药对点目标的命中精度;发展各类特种弹药,执行军事侦察、战场监视(听)及通讯干扰等任务,适应未来全方位作战需要;采用高能发射药、改善弹药外形,或探索简易增程途径,增大弹药射程。此外,在弹药部件结构上,还应实现通用化、标准化、组合化,简化生产及勤务管理。

参考书目

于骥等编:《弹药学》,国防工业出版社,北京,1987。

(魏惠之)

qiangdan

枪弹 (cartridge) 从枪膛内发射的弹药。俗称子弹。主要用于枪械射击,杀伤有生目标,击穿薄壁装甲目标,以及完成燃烧、爆炸、曳光指示目标或校正射击等战斗任务。

枪弹的主要类型是军用枪弹,此外还有警用枪弹和运动枪弹等。军用枪弹按枪械种类分为手枪弹、步(机)枪弹和大口径机枪弹;按弹头用途可分为普通枪弹、特种枪弹和辅助枪弹;在中国通常称口径6毫米以下的为小口径枪弹,口径12毫米以上的为大口径枪弹,介于二者之间的为普通口径枪弹。步(机)枪弹在沿革过程中相继出现了大威力步(机)枪弹、中间型枪弹和小口径枪弹;特种枪弹又分为穿甲、燃烧、曳光、爆炸等单作用枪弹和穿甲燃烧、穿甲曳光、燃烧曳光、穿甲燃烧曳光、爆炸燃烧曳光等多作用枪弹;辅助枪弹是非战斗使用的枪弹,包括生产用检测枪弹、训练枪弹和空包枪弹等。各种枪械都以满足基本战斗要求的枪弹做为主用枪弹。手枪、步(机)枪以普通枪弹做主用枪弹,大口径机枪以穿甲燃烧枪弹做主用枪弹。主用枪弹用量最大,结构尺寸和弹道性能是设计、制造枪械和其他种类枪弹的依据和基准。军用枪弹应达到在有效射程内足以使有生目标丧失战斗力,或足以完成破坏敌方军事装备

的任务;弹道性能与射击精度合乎规范;射击安全可靠;勤务性和生产经济性良好等战术技术要求。

枪弹一般由弹头、发射药、底火和弹壳组装构成(图 1)。发射

时,击针撞击底火,使底火内的击发药发火,引燃发射药,生成高温高压火药燃气,推动弹头沿枪膛加速运动。弹头射出枪口,脱离火药燃气作用后,沿弹道减速飞行,直到命中目标或落于地面。

弹头 射出枪膛的枪弹部件。可直接对目标起杀伤、破坏作用或达到特定目的。现代枪弹的旋转稳定式弹头,多为回转体,整体分为弧形部、圆柱部(导转部)和尾部,长度一般不大于 5.5 倍口径。发射时弹头以圆柱部嵌入枪管膛线。与弹道性能有关的弹头特征量,口径、弹头

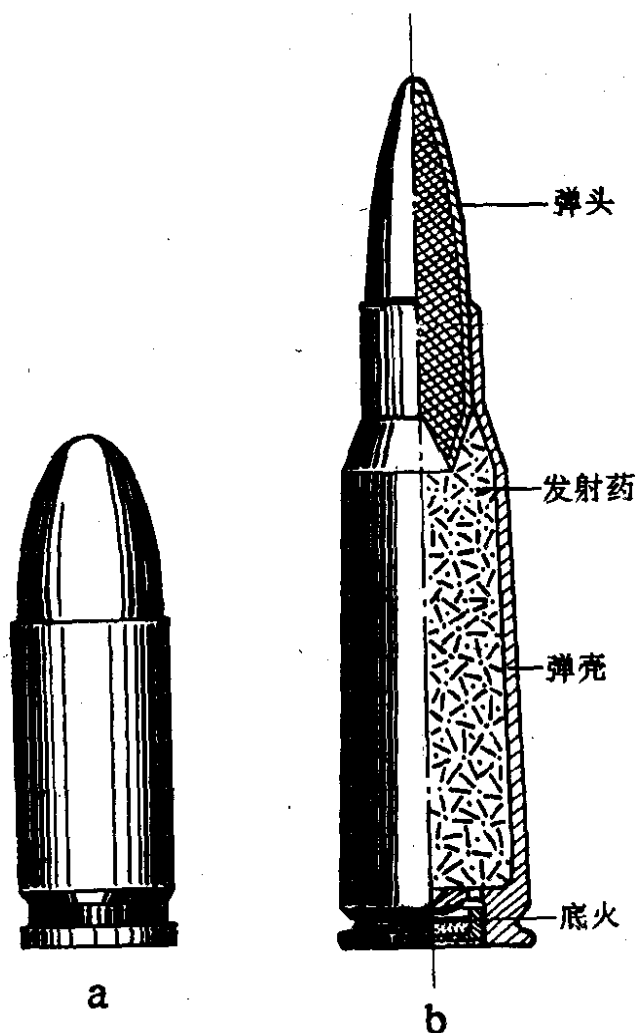


图 1 枪弹的外形与结构

a. 手枪弹 b. 步(机)枪弹

质量、质心位置、赤道和极转动惯量、初速、旋转角速度、弹头内部结构界限、外形和尺寸等的合理性与一致性,影响弹头飞行稳定性、远射性和射弹散布密集度。枪弹的口径与发射它的枪械口径相同,弹头直径的实际尺寸一般都大于口径。

普通弹头 主要用于杀伤有生目标的全金属弹头(图 2a、b、c)。也可用于击毁军事装备。普通弹头一般由弹头壳(亦称被甲)、钢心和铅套构成,也有少数没有弹头壳。弹头内部采用钢心,可节

约贵金属铅并增强其侵彻能力,出现于第二次世界大战中,已被广泛采用。以前用的内部只有铅心的普通弹头,侵彻能力不足。弹头对有生目标的致伤效果取决于对目标的侵彻能力、侧向作用和传递能量的多少与快慢。手枪弹常在近距离使用,初速低,空气阻力小,常采用较大口径的圆头平底铅心弹头,命中目标时易变形,能使有生目标迅速丧失战斗力,停止作用强。步(机)枪弹为了减小空气阻力,增加远程毁伤能力,弹头锐长带尖,初速高,命中人体时产生直接破坏作用、瞬时空腔效应和远达效应,会使人体造成严重损伤。

曳光弹头 以曳光显示飞行轨迹的弹头(图 2d)。用于指示射击目标或校正射击,且有一定的杀伤破坏作用。一般由弹头壳、铅

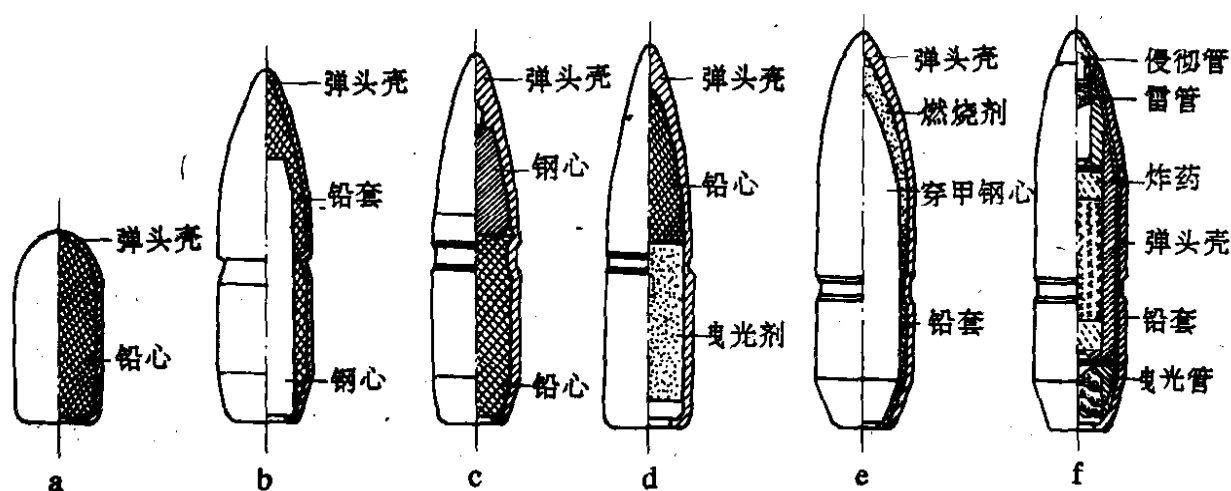


图 2 几种弹头的一般结构示意图

- a. 手枪弹头 b. 普通钢心弹头 c. 钢铅复合弹心弹头
d. 曳光弹头 e. 穿甲燃烧弹头 f. 瞬发爆炸弹头

心和曳光管构成。曳光管由金属孟逐层压入曳光剂,并在表层压入引燃剂制成。曳光剂为可燃剂(常用镁铝合金粉)、氧化剂(发红光的硝酸锶或发白光的硝酸钡)和可燃性粘合剂(虫胶或酚醛树脂)的混合物。引燃剂为曳光剂加入钡盐氧化剂(常用过氧化钡)配制而成。光迹颜色取决于氧化剂的成分。射击时火药火焰先点燃表层引燃剂,再逐层燃烧。为了隐蔽射击位置,要求弹头出枪口一定

距离后才开始曳光。从枪口到曳光剂烧完的距离称为光程。光程一般大于有效射程。曳光枪弹与主用枪弹应有较好的弹道一致性。

穿甲弹头 带有穿甲弹心的弹头。主要用于击穿薄壁装甲,毁伤其掩护的人员和技术装备。弹头结构与普通弹头相似,只是弹心锐尖,用高强度钢、硬质合金或其他比重大、硬度高的金属材料制造。铅套在发射时对弹头挤进线膛具有缓冲作用,穿甲时可以防止跳弹。穿甲性能与钢心直径、形状、质量、机械强度和装甲质地、厚度、强度以及命中时的着速、着角等有关。

爆炸弹头 有爆炸作用的弹头。能以弹头的爆炸力和产生的破片毁伤目标,或以爆炸后产生的烟和火光显示炸点。常用的有瞬发爆炸弹头,还有延时爆炸弹头。延时爆炸弹头在火帽后置有延时药柱,但延时的时间很短。由于步(机)枪弹口径小,弹头体积有限,爆炸力不大。爆炸弹头多用于大口径枪弹,且多与燃烧作用和曳光作用结合构成多作用弹头。爆炸弹头要求结构简单,起爆灵敏,安全可靠。

穿甲燃烧弹头 具有穿甲和燃烧双重作用的弹头(图 2e)。通常在穿甲弹头结构的基础上装填燃烧剂构成。命中目标时借助弹头运动的惯性,使燃烧剂受到冲击并发火和燃烧。构成方式主要有两种,一种于弹头壳内钢心弧形部周围压装燃烧剂;另一种将燃烧剂装在钢心尾端,燃烧剂后置有重金属物。后一种火焰集中,引燃性强,但两者都需受钢心的冲击才能可靠发火。此外,也有前后都压装燃烧剂的。燃烧剂多由硝酸钡和镁铝合金粉混合制成,要求其发火敏感,引燃性强,可在穿甲后一定距离内引燃汽油或其他易燃物。

燃烧曳光弹头 具有燃烧和曳光双重作用的弹头。用于引燃易燃物、显示弹着点或校正射击。弹头由带有弹头帽的弹头壳、燃烧剂、击发体和曳光管组成。击发体由易变形的金属筒支撑火帽和击针构成,火帽与击针间有一定距离,以确保平时安全。命中目标时,击针以惯性冲刺火帽,使其发火,点燃燃烧剂。要求发火敏感,

引燃性强,命中软质目标也应可靠发火和燃烧。

爆炸燃烧曳光弹头 具有爆炸、燃烧和曳光多种作用的弹头。用于显示弹头飞行轨迹、弹着点,破坏和燃烧易燃目标,如油桶、飞机和汽车等。通常在瞬发爆炸弹头结构的基础上,增加燃烧剂和曳光管构成。图 2f 所示的一种爆炸燃烧曳光弹头,也常简称为瞬发爆炸弹头。这种弹头命中目标后,薄壁弹头帽被冲击变形,压缩侵入管内空气,产生热能和金属破片,起爆雷管,引爆炸药(太安),使弹头爆炸,并引燃目标。弹头尾部的曳光管有通孔,显示弹道轨迹后,可引燃点火药,使未命中目标的弹头在空中自毁。结构较复杂,只适用于大口径机枪弹。

弹壳 用于连接弹头、底火并盛装发射药的枪弹零件。又称药筒。具有确定药室容积、使枪弹在膛内定位、射击时保护弹膛不被烧蚀、密闭火药燃气以及利于枪弹装填和存贮等功能。弹壳整体分为口部、斜肩部、体部和底部。口部较薄可固定弹头,射击时膨胀变形密闭火药燃气。体部的内腔用于盛装发射药。斜肩部是体部与口部间的过渡部分。底部用于安装底火,分为有突缘、无突缘、半突缘和底带式等结构形式,供进膛定位和枪机抽壳钩抽壳之用。弹壳在膛内依靠口部端面、斜肩、底带或突缘定位。弹壳外形尺寸与枪膛应有适宜的配合间隙(初始间隙),以保证枪弹确实定位,枪机确实闭锁;射击后弹壳与膛壁间应形成最终间隙,以利抽壳。弹壳一般在底部中央有底火室,底火室与药室间的隔板上有一传火孔,底火室内的火台是枪弹底火的发火击砧。弹壳多采用铜合金或用低碳钢制造。钢制弹壳内外表面通常镀铜或涂漆防腐,并可在抽壳时减小摩擦阻力。为减轻弹药重量,已有铝合金、塑料和可燃材料的弹壳出现;无壳枪弹的探索研究也取得了重要进展。

枪弹底火 枪弹上用于点燃发射药的击发火帽。一般由底火壳、击发药和盖片构成。枪弹底火装配在弹壳底火室内,要求装入一定深度,具有安全、可靠的发火感度,点燃火药和密闭火药燃气确实,防震、防潮性能好,贮存安定等性能。常用的底火有美国人

H. 伯尔丹于 1870 年发明的底火;和英国人 E. M. 博克赛于 1860 年发明的底火。伯尔丹底火使用广泛,博克赛底火在美国和加拿大采用较多,它们的主要区别是后者自带火台。含雷汞的击发药,发射后汞离子附着于枪膛,可与铁作用生成汞齐,对枪膛有腐蚀作用。现代枪弹底火的击发药多采用特屈拉辛和斯蒂酚酸铅代替雷汞,无氯酸盐和硫化物,以硝酸钾作氧化剂,以氧化铅或其他物质为固体质点,称为无锈蚀击发药。用这种击发药制成的底火称为无锈蚀底火。

枪用发射药 供枪械发射枪弹弹头的火药。枪用发射药是枪弹的能源。早期用黑火药;现在用胶质火药,又称无烟火药。胶质火药分为单基火药和双基火药(见发射药)。枪用发射药按燃烧性质可分为渐增性燃烧火药和速燃性火药。枪用单基火药,常制成柱形颗粒的单孔药、七孔药或多孔药。单孔药以阻燃剂(樟脑)、乙醚混液喷涂表面称为钝化火药。枪用双基火药,常制成球形或方片形状,扁球形火药燃烧一致性好。球形与扁球形火药也可加钝感剂制成钝化火药。单、双基钝化火药燃烧速度由表及里增长,七孔药燃烧表面积随着燃烧量的增加而增加,统称为渐增性燃烧火药。这种火药燃烧可使长身管武器最大膛压变小、降压变缓,获得较大的做功效果,常用于步(机)枪弹的装药;球形钝感火药颗粒小,能量大,多用于小口径步枪弹;七孔药多用于大口径枪弹的装药。速燃性火药是在单基火药制造胶化时,加入水溶性无机盐(常用硝酸钾),制成后以水浸出,火药颗粒有较多空隙,亦称多孔性火药。双基方片药由于厚度薄也具速燃性。速燃性火药燃烧时膛压增长迅速,多用于手枪弹装药。胶质火药成分中一般都加入安定剂,以延长枪弹装药的存贮年限。

枪弹识别 为了便于枪弹的使用与管理,枪弹及其包装上,常标有弹种识别标记。枪弹生产后密封装箱,弹箱表面标有枪弹名称、生产厂、年代和火药批号等,并有鲜明的弹种色标。弹种色标用于识别枪弹种类,也涂在弹头尖端。中国规定普通弹弹尖不涂色,

弹尖涂红色表示燃烧弹,黑色表示穿甲弹和穿甲燃烧弹,绿色表示曳光弹,紫色表示穿甲燃烧曳光弹。弹壳底面一般都有数字或英文字母压印,示以国别、生产厂家和年代。枪弹命名一般以口径为主,前后辅以年代(或国别、厂号)和弹种,如 1956 年式 7.62 毫米步枪弹;欧美一些国家常采用枪弹口径乘弹壳长度(毫米)的表示方法,如 7.62×51 毫米枪弹。

几种枪弹的性能表

国 别	弹 名	口径 (毫米)	全重 (克)	弹头重 (克)	全弹长 (毫米)	弹壳长 (毫米)	初速 (米/秒)
中 国	1964 年式手枪弹	7.62	7.45	4.8	24.9	17	300
中 国	1956 年式普通弹	7.62	16.4	7.9	56	38.7	715
中 国	1956 年式穿甲燃烧弹	14.5	182	64	156	114	988
苏 联	马卡洛夫手枪弹	9	10.1	6.1	25	18.05	340
苏 联	普通步枪弹	5.45	10.65	3.415	56.7	39.5	900
苏 联	1908 年式步枪弹	7.62	22.88	9.6	77.16	53.72	868
美 国	M2 普通弹	12.7	116.6	46	138.4	99.06	893
北约各国	标准手枪弹	9	10.6	7.45	29.7	19.3	396
北约各国	标准步枪弹	5.56	12.3	3.95	57.3	44.7	940
北约各国	标准步枪弹	7.62	24.3	9.72	71.12	51.05	853

枪弹简史 中国在宋理宗开庆元年(1259)创制了世界上最早的管形射击火器——突火枪,用竹筒装火药发射“子窠”(石子、瓷片之类),14 世纪改进为铜管火铳,发射金属弹丸,这种“子窠”和金属弹丸以及所用的黑火药就是分别装填的原始枪用弹药。14 世纪以后欧洲出现的火门枪、火绳枪、燧石枪,用黑火药发射铜或铅质弹丸,都是早期火药和弹丸分装的前装弹药。16 世纪中叶开始采用了将火药用纸包封和弹丸分装入膛的办法,能较准确地控制装药量。17 世纪中叶首先在瑞典采用纸包弹,将弹丸和火药包装在一起,便于弹药携带和从枪口装入枪膛。19 世纪随着冶金和火工技术的发展,枪用的弹药结构、发火方式和装填方法有了较多的改进。1807 年英国人 A. J. 福赛思发明了击发点火装置,用于枪械,不久以后有人发明了火帽,用于击发点火。1812 年在法国第一

次用纸弹壳将弹头、发射药和击发药结合在一起,制成了定装枪弹,定装枪弹促进了后装枪的发展。19世纪中叶曾出现不少便于前装,又能密闭火药燃气的弹头方案。1849年法军上尉C. C. E. 米涅创制了便于前装,底部中空,发射时底部膨胀,能可靠嵌入膛线密闭火药燃气的弹头。米涅弹头射程远,精度高,许多国家相继采用。19世纪30年代以后,德国首先研制出德莱赛后装击针枪,英、法等国家也先后制出后装击针枪及后装枪弹。19世纪60年代黄铜金属弹壳的应用,能确实地密闭火药燃气,有明显优越性,为自动武器的出现和发展奠定了基础。1871年继斯奈德步枪之后,马蒂尼—亨利步枪发射的枪弹,在弹壳上部径向缩小,形成现代瓶形弹壳枪弹的雏形。1875年在瑞士开始采用带铜锌合金弹头壳的铅心弹头,弹头壳嵌入膛线确实,并为提高弹头初速和发展特种弹头创造了条件。1886年在法国首先将无烟火药枪弹用于勒贝尔步枪。此后,由于火药性能改善,残渣减少,弹头初速得到提高,枪械的口径也大多减小到8毫米以下。19世纪末研究空气阻力的外弹道学有了迅速的发展,开始采用阻力小的尖头流线形弹头,初速、射程和威力均有提高,枪弹结构也日臻完善,具备了现代枪弹的各种特征。经过两次世界大战,各种枪械都配备了特种弹,枪弹种类大为增加。在第二次世界大战期间,为适应战术的需要,在德国和苏联出现了威力介于手枪弹和大威力步(机)枪弹之间的中间型枪弹,为步枪自动化的推广,加强火力和简化弹种,统一步兵班用枪械弹药和枪械的进一步发展创造了条件。1953年北约国家把美国7.62毫米T65枪弹(亦称0.308英寸温彻斯特枪弹)选定为通用的标准步(机)枪弹。1958年美国开始试验5.56毫米的小口径枪弹,配用于1963年正式装备美军的M16步枪,这种正式命名为M193的枪弹重量轻,士兵携弹量增加,初速高,弹道低伸,侵彻能力强,武器后坐力小,射击精度好,且命中目标后易失稳翻转,释放能量多,有较大的致伤效果。1980年10月北约国家选定比利时的5.56毫米SS109枪弹为通用的标准枪弹。1974年苏联也定型了口

径 5.45 毫米的小口径枪弹。

随着科学技术的进步和生产力的发展,根据战术应用的需要,步枪弹将普遍减小口径,并继续提高性能;大口径枪弹由于所对付的目标防护不断加强,需要进一步增大威力。此外,各国竞相研制无壳枪弹、箭形枪弹、脱壳穿甲弹以及增加命中概率的霰弹枪弹等,正继续在增加威力效果、提高应用性能、减轻重量和降低成本等方面进行努力。例如,联邦德国于 1969 年开始研制的 4.7 毫米无壳枪弹,已经取得了重大进展,它不仅能大幅度地提高单兵携弹量,还可以节约大量金属,改善武器性能。今后应用新技术、新材料,研制新型结构的枪弹,改善枪械系统性能,仍是枪弹发展的主要趋势。

(肇普丰)

shouqiangdan

手枪弹 (pistol cartridge) 供手枪发射的枪弹。一般冲锋枪也发射手枪弹。供手枪发射时,有效射程通常为 50 米;供冲锋枪发射时,有效射程通常为 200 米。手枪弹的口径通常为 6~12 毫米,以 9 毫米居多;运动手枪弹的口径通常为 5.6 毫米。

手枪弹主要用于杀伤近距离的有生目标,经常在突发情况下,面对面使用,对其首发命中率和弹头的停止作用要求较高。通常采用较低的初速(300 米/秒左右),既能保持一定的枪口能量(200~500 焦耳),又能减小射击时手枪的后坐力,提高射击稳定性和射击精度。军用手枪弹一般采用较大口径和较大重量的钝弹头,弧形部近于半球形,以提高对目标的接触面积和能量传递能力,增大停止作用,使有生目标迅速丧失战斗力。手枪弹的弹壳较短,且多为直筒形(见枪弹图 1a)。

各国装备的手枪弹种类很多。其中以德国的 9 毫米巴拉贝鲁姆手枪弹,生产和装备的国家最多。其生产型号多种多样,性能各有差异。被定为北约标准弹的巴拉贝鲁姆手枪弹,弹头重 7.45 克,初速 396 米/秒。美国 11.43 毫米柯尔特自动手枪弹是美国的制式

手枪弹,也是世界上广为使用的军用手枪弹之一,弹头重 15.16 克,初速 250 米/秒。苏联的 7.62 毫米托卡列夫手枪弹,弹头重 5.52 克,初速 432~462 米/秒,在华约和第三世界各国应用甚广。

一些国家正在研制新型手枪弹,如多头手枪弹、火箭手枪弹等,苏联已研制并装备了 5.45 毫米小口径军用手枪弹。警用手枪弹的弹头,除常用的普通结构外,有的采用平头、空尖等结构,有的非致命性弹头用塑料或橡皮等特殊材料制成。

(杨金耀)

bu(ji)qiangdan

步(机)枪弹 (rifle cartridge) 供步枪或步枪与机枪发射的枪弹。通常简称为步枪弹。各种步(机)枪弹均以杀伤有生目标为主的普通弹作为主用枪弹,根据需要适当配备穿甲、燃烧、曳光等单作用或双作用特种弹,用以打击薄壁装甲目标、易燃目标、指示射击目标或修正射击。有些情况下还配备有空包枪弹,用于射击训练、军事演习,鸣放礼枪等象征性射击活动或发射枪榴弹。步(机)枪弹是军用枪械的基本弹药,装备量最多,消耗量最大。

在步(机)枪弹的发展历史中,相继出现过大力步枪弹、中间型枪弹和小口径枪弹。第一次世界大战前,步枪是步兵的主要作战武器,要求配备的枪弹射程远、威力大。19 世纪末,后装线膛枪和定装式枪弹逐步完善,步枪的口径多在 6.5~8 毫米之间,作战距离可达 1 000 米,弹头在 2 500 米甚至更远的距离上仍有一定的杀伤威力。在两次世界大战中,各交战国普遍装备了轻机枪和重机枪,原来仅供步枪射击的枪弹成了步、机枪通用弹药,有效射程大约是步枪 600~800 米,轻机枪 800 米,重机枪 1 000 米,有的还采用弹头重量不同的轻弹和重弹,分别供轻、重机枪射击。随着步兵装备和战术的变化,步枪的作战距离逐渐缩短。这一趋势在第二次世界大战中得到了肯定。战争结束时,各国公认的步枪有效射程应在 400 米以内。这样,继续使用旧式威力较大的步(机)枪弹,已显得威力有余而火力强度不足;且在射击时使武器后坐力大,连发精

度差,不利于全自动射击。因此,第二次世界大战期间发展了威力介于旧式步(机)枪弹和手枪弹之间的中间型枪弹(又称中间威力枪弹),为简化弹种,统一班用武器弹药创造了条件。20世纪60年代以来,进一步发展了口径小于6毫米的小口径枪械/弹药系统。小口径枪弹的综合性能明显优于中间型枪弹,促成了世界范围的班用枪械更新换代。

为区别于中间型枪弹,人们将威力较大的旧式步(机)枪弹称为大威力步枪弹。迄今仍在列装的重要的大威力步枪弹有,苏联1908年式7.62毫米步枪弹,法国7.5毫米玛斯枪弹和北约的7.62毫米标准步枪弹等,主要供重机枪、通用机枪或狙击步枪射击使用。

在步(机)枪弹向小口径化发展的同时,一些国家还在积极应用新技术、新结构、新材料,研制新型枪弹。无壳枪弹的研制已有重大进展,很可能成为一种全新的换代产品。

(李惠昌)

dakoujing qiangdan

大口径枪弹 (large caliber cartridge) 口径大于12毫米的枪弹。军用大口径枪弹包括早期的大口径单发步枪弹,和第一次世界大战后出现的大口径单发反坦克枪弹;现在主要是指用大口径机枪发射的枪弹,因此又称大口径机枪弹。现代大口径机枪多以穿甲弹或穿甲燃烧弹为主用枪弹,有时也配备一定数量的普通弹,用以打击低空或地面薄壁装甲目标和易燃目标;亦可作为压制火力,对掩体、火力点和集群有生目标射击。多数大口径机枪配有与主用枪弹弹道一致的曳光弹或兼有曳光作用的多作用枪弹,用以指示射击目标或修正射击。根据需要,有些情况下还配备其他特种枪弹,如爆炸枪弹等。现代狙击步枪有的也发射大口径枪弹。大口径枪弹的口径多在12~15毫米范围内,有效射程一般为1 000~2 000米,威力显著大于步(机)枪弹。

第一次世界大战期间战场上开始出现飞机和轻型坦克,口径

为 6.5~8 毫米的步枪与机枪无法对付,导致了大口径枪械/弹药系统的相应发展。最早出现的是大口径单发反坦克枪,随后很快又出现了大口径机枪。初期配备的弹种主要是普通弹和穿甲弹。两次世界大战之间,大口径机枪/枪弹系统发展迅猛,各国相继研制并装备的大口径枪弹主要有法国 13.2 毫米哈其开斯机枪弹、美国 12.7 毫米勃朗宁机枪弹、英国 13.9 毫米包埃式反坦克枪弹、苏联 12.7 毫米机枪弹等。第二次世界大战中,苏联又发展了 14.5 毫米机枪弹。战后,大口径机枪的口径趋向集中,北约各国采用 12.7 毫米,华约各国采用 12.7 毫米和 14.5 毫米。50 年代开始,由于装甲车辆抗弹能力提高,飞机飞行高度上升,从而使大口径机枪/枪弹系统作用减弱,仅作为车装武器和地面压制火力继续使用。80 年代以来,为减少被雷达发现的可能性,飞机的突防高度降至超低空,各种直升机也广泛使用,步兵战车、装甲输送车和装甲侦察车等急剧增多,促使大口径机枪/枪弹系统的发展再次活跃。科学研究证明,大口径机枪发射大长径比箭形弹体、高密度金属弹心的次口径高速脱壳穿甲弹,对提高穿甲性能具有显著效果。70 年代初期,中国开始研制的 12.7 毫米钨心脱壳穿甲弹,现已少量装备部队试用。

(李惠昌)

xiaokoujing qiangdan

小口径枪弹 (small caliber cartridge) 口径在 6 毫米以下的枪弹。第二次世界大战以后,为了进一步提高步兵作战的机动性,增强 400 米以内杀伤有生目标的火力密度和火力持续性,改善自动步枪的连发射击精度,许多国家开始研制战斗用小口径枪弹。

50 年代末期,美国雷明顿公司在雷明顿民用枪弹的基础上,研制出 5.56 毫米小口径枪弹,全弹重 11.8 克,弹头重 3.56 克,用膛线缠距为 305 毫米的枪管发射,初速为 997 米/秒,配用于 M16 步枪,1964 年命名为 M193 枪弹。美军于 1963 年首先正式列装小

口径步枪/弹药系统,随后北约和其他许多国家陆续装备了发射M193枪弹的各种小口径枪械。由于M193枪弹400米以外的威力小,不适于作为轻机枪的主用枪弹,1980年10月北约选定比利时FN公司的5.56毫米SS109枪弹作为小口径枪械的标准化弹药。SS109枪弹全弹重12.3克,弹头重3.95克,初速940米/秒。其弹头采用钢、铅复合弹心,增加重量,改善弹形,用膛线缠距为178毫米的枪管发射,提高了远射性能,兼顾了突击步枪和轻机枪的使用要求。苏联于1974年定型了5.45毫米小口径步枪弹,全弹重10.65克,弹头重3.415克,用AK74突击步枪发射,初速为900米/秒,用PIIK74轻机枪发射,初速为950米/秒,已装备苏军。德国研制的4.7毫米小口径无壳枪弹,全弹重5.0克,弹头重3.4克,用G11无壳弹步枪发射,初速930米/秒,在解决无壳弹技术方面已取得重要进展。中国也于1987年定型了小口径的5.8毫米枪弹。

小口径枪弹大幅度缩小了体积,减轻了重量,增加了初速,减小了武器的后坐力,因此能减轻枪械/弹药系统重量,成倍增加弹药携带量,提高枪械/弹药系统的战斗机动性和火力持续性,通过提高初速、改善弹头结构,具备了弹道低伸、命中率高、射击精度好、杀伤和侵彻效果令人满意、节省材料等优点,且能满足班用枪族弹药通用化的要求,已成为班用步(机)枪弹发展的基本趋势。

运动用小口径枪弹广泛采用5.6毫米口径、无被甲铅制弹头和边缘发火的直筒形壳。常用的运动手枪弹,弹壳长10.4毫米,弹头重2.15克,初速225米/秒;运动步枪弹,弹壳长15.5毫米,弹头重2.57克,初速322米/秒。

(杨金耀)

zhongjianxing qiangdan

中间型枪弹 (midpower rifle cartridge) 尺寸和威力介于大威力步枪弹和手枪弹之间的步枪弹。在第二次世界大战中,提高

枪械机动性和实现步枪全自动射击的要求非常迫切,当时人们已经认识到,步枪的开火距离绝大多数在 400 米以内,使用远射性能好的大威力步枪弹,威力过大,枪械弹药系统重量太大,连发射击精度很差;而使用冲锋枪射击的手枪弹有效射程又不够,因此出现了有效射程在 400 米以内的中间型枪弹,以及发射这种枪弹的突击步枪。

德国 1941 年研制出的 7.92 毫米库兹短弹,是世界上第一种供突击步枪发射的中间型枪弹,全弹重 17.3 克,弹头重 8.0 克,初速 650 米/秒。苏联也研制出了 1943 年式 7.62 毫米枪弹,全弹重 16.4 克,弹头重 7.9 克,初速 715 米/秒。后来成为华约及第三世界一些国家的制式枪弹,中国仿制命名为 1956 年式 7.62 毫米枪弹。

中间型枪弹与大威力步枪弹相比,减小了体积和重量,可以减轻枪械/弹药系统重,增加弹药携带量;同时降低了初速,减小了枪械的后坐力,能提高武器的连发射击精度,适用于突击步枪、自动步枪和轻机枪,为班用枪械实现弹药通用化和武器枪族化创造了条件。

(杨金耀)

damudan

达姆弹 (Dum-Dum) 约 1897 年,英国在印度加尔各答附近达姆达姆地方的兵工厂制造的,一种弹头尖端去掉被甲,裸露铅心的 7.7 毫米枪弹。达姆弹弹头铅心外露,射入人体后铅心从被甲内突出,被压扁成蘑菇状,发生扩张或破裂,迅速释放能量,扩大创伤出口,具有类似爆炸弹头的致伤效果,会造成严重伤害。

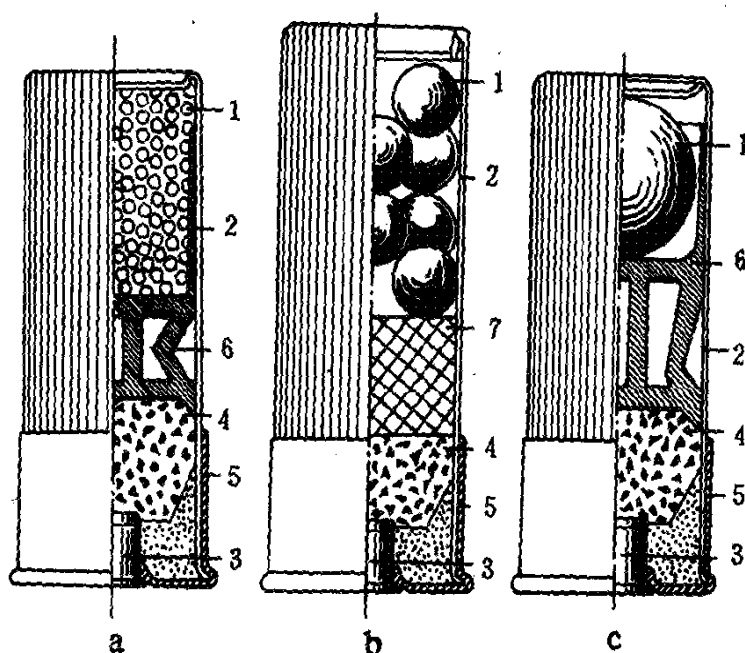
达姆弹由达姆达姆兵工厂军方总监 B. 克莱上尉设计,首次用于英布战争(1899~1902)。后来就出现了为数众多的不同口径不同结构的类似性能枪弹,并且都被不准确地称为“达姆弹”。例如弹头壳尖端带十字切口或数条纵向裂纹,弹头前部开一纵孔或再在孔内放一细薄金属管,削掉尖部的弹头前端盖上薄金属被甲或安

上风帽,空尖被甲弹头,用铅或其它材料制成无弹头壳的软弹头等。1899年第一届海牙和平大会宣言,禁止各签署国在战争中使用此类枪弹。
(杨金耀)

huatang qiangdan

滑膛枪弹 (smoothbore cartridge) 供滑膛枪发射的枪弹。主要用于杀伤近距离的有生目标。滑膛枪弹按用途分为军用、警用、狩猎用和运动用等类型。弹种有霰弹(猎枪弹)、箭形弹、杀伤爆破弹、穿甲弹、燃烧弹、火箭弹、照明弹、烟幕弹、信号弹、毒气弹、催泪弹、抛绳弹、橡皮弹等。其中最常用的是霰弹。

霰弹是一种装有能集束射出枪口的众多金属弹子的滑膛枪弹。常用的猎枪弹,就是一种霰弹。霰弹规格号等于霰弹枪的口径号。其弹子规格一般按直径等差(0.25毫米)进行编号。根据弹子



滑膛枪弹

a. 霰弹 b. 鹿弹 c. 独弹 1. 弹子 2. 弹壳管

3. 底火 4. 发射药 5. 弹壳底座 6. 弹托 7. 毡垫

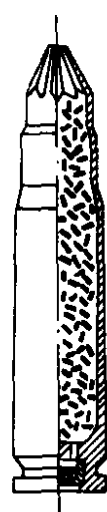
不同规格分霰弹、鹿弹和独弹。霰弹弹子直径为1.25~5毫米;鹿弹弹子直径为5.25~9毫米;独弹弹子一般为大于9毫米的单个圆球或带螺旋刻槽的圆头柱体。霰弹通常将1至数枚铝合金弹子与发射药装入底部带有金属底火的圆筒形弹壳内,折边或滚边封口而成(见图)。为保护弹子,密闭火药燃气,弹子和发射药间加有塑料弹托或毡垫。弹壳有整体

式和组装式,前者为金属材料冲制而成,后者由塑料(或硬纸)管、底垫和金属底座组成。滑膛枪弹可以在维护社会治安,制止暴乱,以及军队近距离战斗中,发挥重要作用。

(尹心华)

kongbao qiangdan

空包枪弹 (blank cartridge) 射击时,距枪口数米外即无杀伤作用的枪弹。主要有战斗用和演习用两类。前者供发射榴弹使用;后者服务于射击训练、战斗演习和鸣放礼枪等象征性射击目的,具有模拟枪械实弹射击的声、光、烟、焰效应和连发射击功能。空包枪弹在结构上又分无头和有头两种。无头空包弹由金属弹壳、速燃发射药和底火组成,弹壳在装入发射药后,或在口部加盖密封塞、帽,或将口部前端收折成星形锥体,涂漆密封(见图);有头空包弹装有用塑料、木材或纸制成的弹头,和用金属或塑料制成的弹壳。通常塑料弹头和弹壳注为一体,壳底配以金属底座。射击时,弹头出枪口即破碎落地,在枪口前限定距离(一般为5~10米)处不应击穿纸幕。自动枪械发射无头空包枪弹时,需在枪口部加装空包弹助退器,才能完成自动动作。



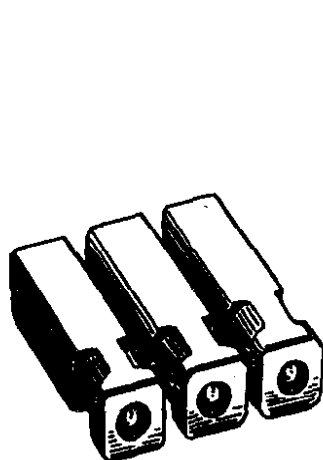
无头空
包弹

(尹心华)

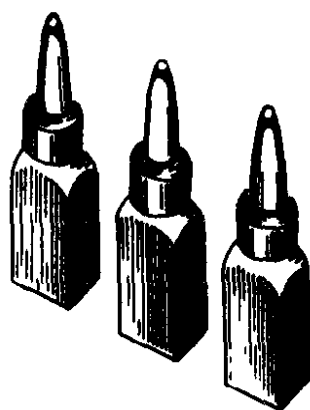
wuke qiangdan

无壳枪弹 (caseless cartridge) 发射后不需退壳,并无零件留膛的枪弹。早期的枪弹大多是无壳或以可燃物(纤维织物或纸张等)包覆的弹药。19世纪中叶,采用金属弹壳后,促进了枪械性能的提高;但金属弹壳增加了枪弹重量和金属材料消耗。第二次世界大战初期,德国率先着手研制7.92毫米无壳枪弹。战后,美国、联邦德国和北约其他一些国家先后开展了此项研究。联邦德国于1969年开始研制的4.7毫米G11无壳弹枪和枪弹,已取得了重要成果。

无壳枪弹可分为整体药柱弹、半无壳弹和可燃弹壳弹。整体药柱弹(见图)是最主要的一类,一般由弹头、整体药柱和可燃底火组成。



弹头嵌入式



弹头外露式

无壳枪弹

成。弹头可部分或全部嵌入药柱内。整体药柱可由火药整体成形,也可由小粒火药模压成形。常见的模压成形药柱用常规或高点火温度粒状发射药,加入适量粘结剂模压制成,药柱

形状多为方形或圆形柱体。射击时药柱分裂,按原药粒规律燃烧,以获得相当于常规金属弹壳枪弹的内弹道性能。可燃底火粘固于药柱底端凹穴中,底火孟和盖片也多用药柱材料模压而成。无壳枪弹除普通弹外,尚有曳光弹、次口径弹、塑料教练弹和空包演习弹。半无壳弹的结构特点是发射药和底火(或击发药)均装于弹头后部空腔内,底火多为环形结构,安排在弹头与发射药之间,药室由不透水的可燃外罩封闭。该弹装药量有限,初速较低,不适于步枪使用。可燃弹壳弹与常规枪弹不同之外,在于弹壳和底火构件由可燃材料,或与发射药相同的组分加入少量纤维材料制成。射击时全部燃完。此弹工艺复杂,弹壳强度低,轻武器难于采用。

采用无壳枪弹的好处很多,据介绍,某种研制中的无壳枪弹,与常用枪弹相比,弹重减轻了53%,体积缩小了34%,成本降低了25%。对环境适应性、点火可靠性、膛内高温自燃、弹膛闭气和烧蚀、弹体强度和退弹等问题的研究,也都取得了重要进展。

(尹心华)

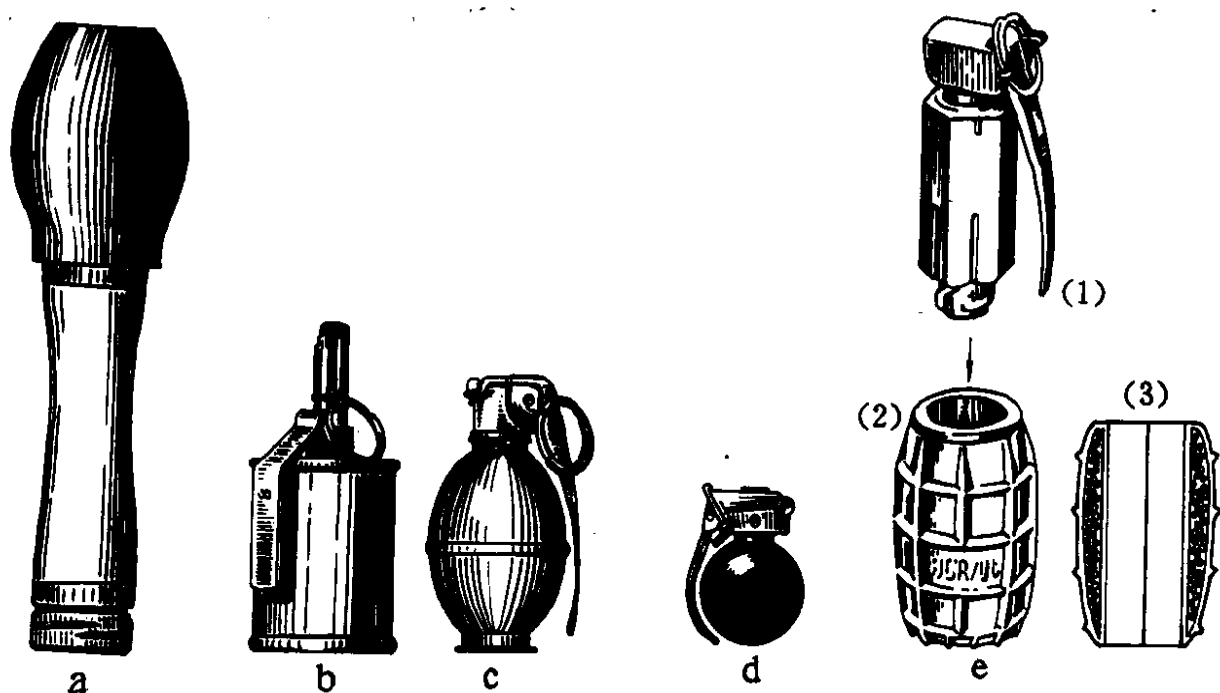
shouliudan

手榴弹 (hand grenade)

用手投掷的弹药。因其最初外形

象石榴，故名。通常由弹体、炸药（或其他战剂）、引信和辅助件构成。除可手投，有的兼能枪掷。靠爆炸能量或其他化学作用杀伤有生力量、摧毁装甲目标或完成其他战术任务，为近战的有力兵器。

手榴弹的种类很多，基本弹种为杀伤手榴弹，包括进攻、防御、攻防两用 3 个类型；另外还有反坦克、燃烧、烟幕、照明、毒气、致昏、眩目、干扰、教练等弹种。手榴弹广泛采用定时延期引信，延期时间一般 4 秒左右，少数采用触发（碰炸）引信和触发、定时延期双作用引信。①防御手榴弹，主要靠破片动能杀伤暴露的有生目标，杀伤半径为 5~15 米，危险界较大，投掷后需立即隐蔽。弹体较厚，用铸铁或冲压钢板制成，有的用铁皮壳内衬钢珠、鑿口钢丝等预制、半预制破片制成。一般全弹重量为 0.3~0.6 千克，有效破片重



几种手榴弹

a. 中国 67 式加重木柄手榴弹 b. 苏联 ПГ-42 进攻手榴弹

c. 英国带鑿口钢丝预制破片的 L2A1 杀伤手榴弹

d. 荷兰制当代最小的弹重仅 120 克的 V40 手榴弹

e. 联邦德国的组合式 DM51 攻防两用手榴弹，不加破片套(1)、

可进攻用，加上破片套(2)可作防御用，塑料破片套(3)内装杀伤钢珠 6 500 个

量 0.1~0.4 千克,破片数 300~4 000 片,有的高达 5 800 片,破片初速可达 1 500~1 800 米/秒。②进攻手榴弹,主要靠强大的爆轰冲击波杀伤和震慑有生目标。弹壳壁薄,用铁皮、塑料或纸板制成。危险界小,士兵可在投掷后继续前进不会受到伤害,适于在进攻战斗中使用。一般全弹重量为 0.15~0.40 千克,其中炸药质量占 30~70%。有的两端带有螺纹,能够多发串联作爆破筒使用。③攻防两用手榴弹,有的进攻手榴弹可临时加装破片套,作为防御手榴弹使用,成为组合式攻防两用手榴弹(图 e);非组合式攻防两用手榴弹,弹重轻、投掷远、破片质量小、数量多、速度高且衰减快,既能满足防御时杀伤威力大的要求,又能保证进攻中投弹者的安全。④反坦克手榴弹,有爆破型和破甲型,前者靠爆轰波破坏坦克薄弱部位,后者采用空心装药,靠金属射流击穿装甲,多配用触发引信。手柄内有布带、布伞或外带尾翼等稳定装置,以保证投出后飞行稳定和命中姿态正确。全弹重量约 1 千克,垂直破甲厚度 200 毫米左右,可击穿混凝土工事 500 毫米以上。⑤燃烧、照明、烟幕等特种手榴弹,一般为圆柱形薄壁弹体,内装化学战剂,配定时延期引信,全弹重量约为 0.5~1 千克。

中国宋朝咸平三年(1000),唐福向宋真宗所献火毬,是史料记载中最早的守城用手投弹药。随后,在宋、元、明各朝代战争中,广泛应用不断发展,或者施放烟幕和毒气,或者燃烧与杀伤,常常产生很好的综合效果。15 世纪欧洲国家有了用于城堡和要塞防御的手榴弹。17 世纪把手榴弹配备于精锐部队,出现了“榴弹兵”。后来,随着城堡攻防战的减少和枪炮的发展,使作战距离加大,手榴弹的应用和发展处于低潮。1904~1905 年日俄战争中,大量使用了手榴弹,效果显著,重新引起重视。第一次世界大战时,手榴弹成了攻击堑壕内和障碍物后面目标的有效武器,各国竞相研制、使用。当时英军装备的密尔斯手榴弹和德军装备的木柄手榴弹,性能较好。第二次世界大战时,伴随着坦克的大量使用,出现了反坦克手榴弹。20 世纪 50 年代以后,新式小型手榴弹投入装备使用,如

美国 M26 型防御手榴弹和荷兰 V40 型防御手榴弹(图 d),重量轻,投掷距离远,爆炸时产生大量的小型高速破片,杀伤效果也好。

手榴弹结构简单,造价低廉,携行方便,使用广泛,曾在战争中发挥过重要作用,是步兵不可缺少的近战武器。手榴弹的研制,正向着重量轻型化,弹体卵形化,破片高速和小型化,使用性能更加安全可靠的方向发展,产品趋向组合型、多功能和系列化。

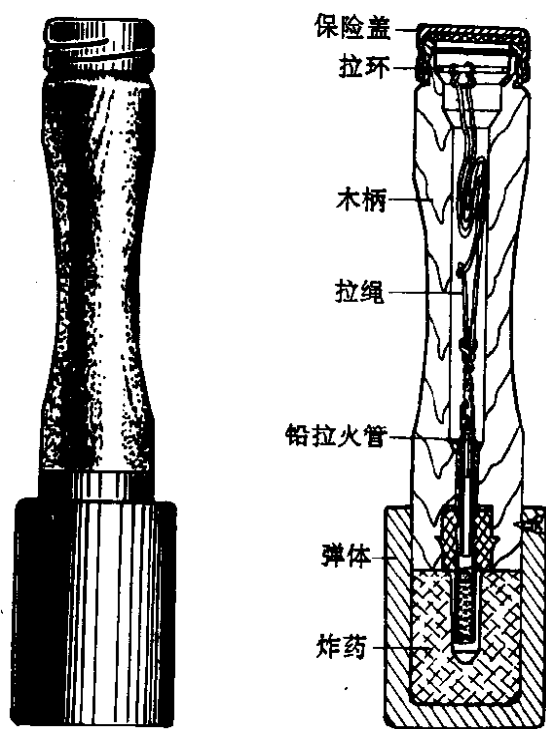
(周广玉)

1967nianshi mubing shouliudan

1967 年式木柄手榴弹 (type1967 stick grenade) 中国

1967 年设计定型的一种木柄手榴弹。弹长 204 毫米,弹重 0.56~

0.63 千克。由弹体、炸药、引信(发火机构)、木柄等组成(见图)。圆柱形弹体用铸铁制造,直径 48 毫米,壁厚 7 毫米,内装梯恩梯炸药 38 克,木质手柄内容纳发火机构,并用以连接弹体,上有防护盖和防险纸。发火机构由拉环、拉绳、铅拉火管、导火索和雷管等组成。铅拉火管由铅管内装摩擦拉火帽和拉火铜丝簧组成。使用时,拧开防护盖,戳破防险纸,扣住拉环投掷。这时,牵动拉绳和铜丝



中国 1967 年式木柄手榴弹

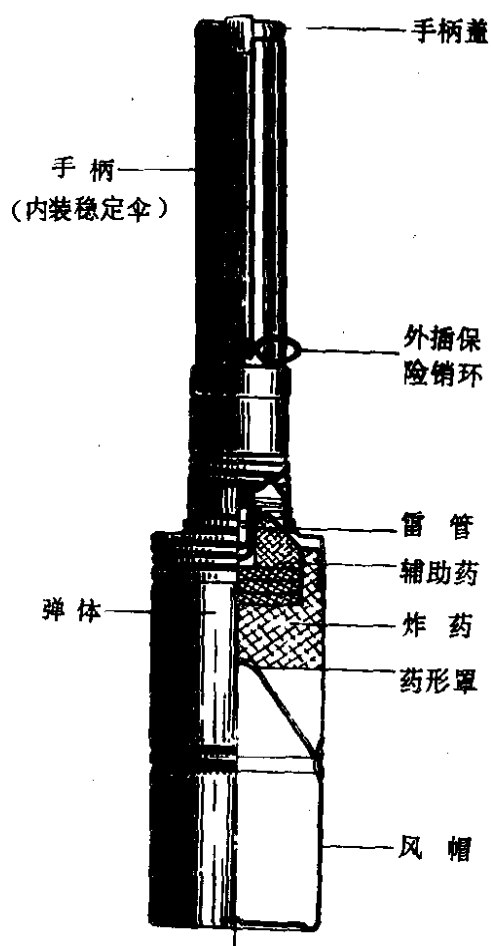
簧,通过摩擦,引发拉火帽,点燃导火索,经过 3~3.7 秒,雷管起爆,炸药立即爆炸,可产生的有效杀伤破片不少于 70 个,杀伤半径约为 7 米。这种木柄手榴弹还有一种加重型(见手榴弹图 a),弹重约 1 千克,弹体为腰鼓形,装药 64 克,可产生有效杀伤破片 150 个以上。由于木柄手榴弹重量不大、结构简单、携行容易,投掷方便,曾被广泛使用。

(周广玉)

fan-3shi fantanke shouliudan

反-3 式反坦克手榴弹 (type-3 antitank hand grenade)

中国对苏联 PKΓ-3 反坦克手榴弹仿制并改进的一种产品。PKΓ-3 反坦克手榴弹是第二次世界大战后苏联研制的,曾在许多国家军队中列装。反-3 式反坦克手榴弹,由圆柱形弹体、空心炸药装药、手柄、发火机构及保险装置等组成(见图)。全长 355~360 毫米,弹重 1.07 千克,弹体最大直径 70 毫米,内装梯黑炸药 310 克。平时,弹体、手柄、雷管分开保管,投掷时,先把雷管放在弹体内,再结合手柄与弹体,然后手握弹柄,用另一手拔出外插保险销,把弹投向目标,随之解脱保险,同时在尾部展开稳定伞,使之飞行稳定,命中姿态正确。头部碰击目标时,击针撞击雷管,引爆空心装药,产生高温、高速金属射流,击穿目标装甲。破甲深度可达 170 毫米,可击穿厚度 500 毫米以上的混凝土工事。

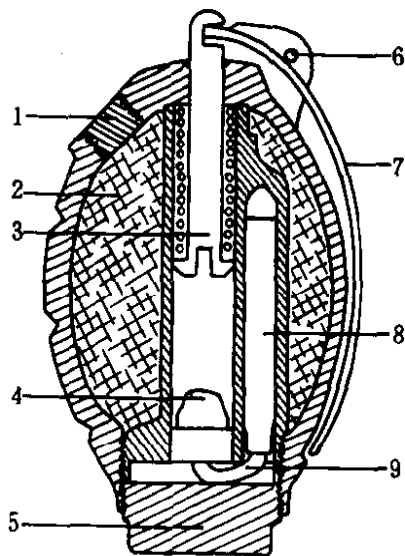
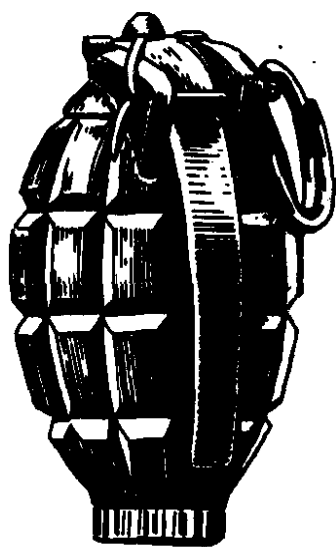


反-3 式反坦克手榴弹

(周广玉)

mi'ersi shouliudan

密尔斯手榴弹 (Mills bomb) 英国 W. 密尔斯爵士于 1915 年春研制成功的一种防御手榴弹。由弹体、炸药、杠杆式针刺定时延期引信和底螺盖等组成(见图)。全弹重 0.68 千克,铸铁弹体呈腰鼓形,外部有纵横破片槽,呈菠萝鳞片状,内装阿马图或阿莫纳尔炸药 71~85 克。平时引信中的发火机构与弹体分装,使用时结合。枪掷时,由闭气板替代底螺盖。手投时,一只手把保险杆握压



密尔斯 36 号手榴弹

1. 装药塞 2. 炸药 3. 击发杆 4. 火帽 5. 底螺盖
6. 带环的保险销 7. 保险杆 8. 雷管 9. 延期导火索

在双耳槽内,用另一只手扣住拉环,拔去保险销,投向目标。保险杆飞落后,击发杆在簧力作用下撞击火帽发火,引燃导火索,经 5 秒左右引爆雷管,主装炸药立即爆炸,产生高速破片,杀伤有生目标。

实践证明,破片槽对破片的最后尺寸

并无明显影响,其大小和分布很不均匀,在有效杀伤半径较小的情况下,少数大破片能飞达 100~150 米,可危及己方人员安全。总的来说,密尔斯手榴弹结构合理,能手投枪掷两用,英军大量装备后,各国纷纷仿造,对现代手榴弹的发展影响很大。直到 60 年代末期,大多数国家装备的杀伤手榴弹,仍属于密尔斯类型。

(周广玉)

qiangliudan

枪榴弹 (rifle grenade) 用枪和枪弹发射的弹药。枪榴弹通常作为非占编武器配备给步枪手使用。主要用于杀伤有生力量,打击坦克及其他装甲目标,破坏土木工事和火力点。枪榴弹一般由弹体、装药、引信和弹尾等部分组成。弹径一般在 35~75 毫米,弹重 0.15~1 千克,直射距离 50~100 米,最大射程 400~700 米。有杀伤、破甲、杀伤破甲、燃烧、烟幕、照明、信号等弹种。破甲枪榴弹常采用机械引信或压电引信,垂直破甲深度约 300 毫米;杀伤枪榴弹一般采用瞬发引信或跳炸引信,可产生 500 片以上的有效杀伤破片,密集杀伤半径 10 米左右。枪榴弹常用步枪以空包弹或普通枪

弹通过枪管口部的发射器发射(图 1)。枪榴弹、枪弹、带发射器的枪械构成了枪榴弹武器系统。

枪榴弹一般可按结构分为尾翼式枪榴弹、旋转式枪榴弹和尾杆式枪榴弹。尾翼式枪榴弹的弹体内装炸药或其它化学药剂,用于完成预定的作战任务;引信则用于在最有利的时机输出火焰或爆

炸冲量以使弹头适时作用;尾管用于承受推力和赋予枪榴弹一定的射向;尾翼用于保持枪榴弹稳定飞行(图 2)。发射时将枪榴弹尾管套在杆式发射器上,通过表尺、弹头部瞄准目标击发,枪弹产生的具有一定压力的火药燃气将枪榴弹射向目标。杆式发

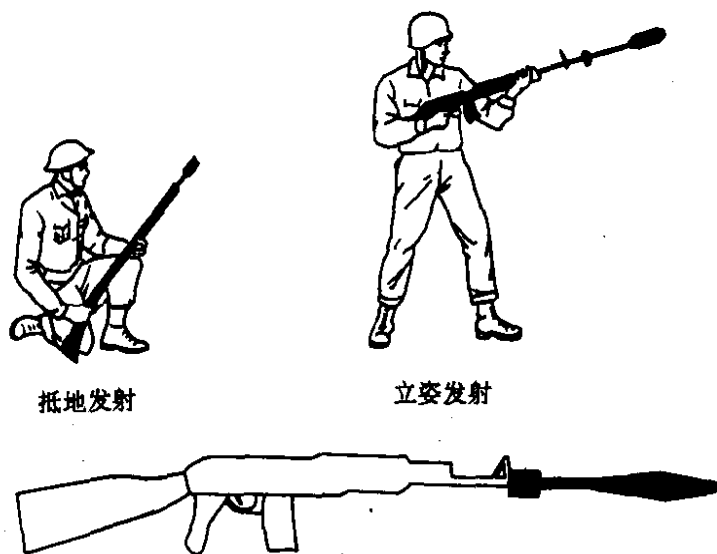


图 1 装在枪口上预备发射的枪榴弹

射器一般长 70~125 毫米,外径 22 毫米,有些现代步枪枪管前端可兼做杆式枪榴弹发射器,既简便经济,又安全可靠。旋转式枪榴弹没有弹尾,靠旋转保持飞行稳定,其弹体外有与发射器膛线相配合的斜向凸起,用带膛线的筒式发射器发射。旋转式枪榴弹体积小、重量轻、装填密度大、精度好,但旋转对破甲不利,且筒式发射器重量大,体积大,操作不便,因此已不多用。尾杆式枪榴弹的尾杆为木质,外圆上刻有射程标线。发射时将尾杆插入专用的筒式发射器中,使要求的射程标线对准筒口,以不同插入深度调整射程。击发后火药燃气压力作用在尾杆底部,推动枪榴弹飞出枪口,在飞行中尾杆可稳定弹体。由于其重量大、射程近、精度差,已不采用。

用于发射枪榴弹的枪弹有空包弹和普通枪弹两种。普通枪弹发射的枪榴弹必须带有弹头吸收器、过弹器或分流器。弹头吸收器

最为常用,由合金钢、合金钢与塑性材料或其他材料制成,安装在尾管底部。发射时,枪弹弹头首先射入弹头吸收器,以火药燃气压力和枪弹弹头的动能将枪榴弹射出。有的弹头吸收器装有辅助装药,可进一步提高枪榴弹的初速。贯穿式枪榴弹带有过弹器,导气分流式枪榴弹带有分流器,都不带弹头吸收器,但仍可用普通枪弹发射。用空包弹发射的枪榴弹重量较大、射程较近,但结构简单,在装备和战术使用上有方便与安全的优点。目前两种枪榴弹都有使用。

枪榴弹在中国出现不迟于 16 世纪,据成书于 1598 年的《神器谱》(明代赵士禎著)介绍,当时的迅雷铳,能专用前端的铁筒,发射火毬,可视为现代枪榴弹或榴弹发射器的雏形。在欧洲枪榴弹的出现也不迟于 16 世纪。17 世纪出现了将手榴弹加尾杆,直接插入枪口,用黑火药发射的枪榴弹。18 世纪中叶,英国人使用了在燧石枪枪口安装可卸式发射筒发射的枪榴弹。在第二次世界大战前夕,出现了专门设计的枪榴弹,特别是出现了打击装甲目标的反坦克枪榴弹。20 世纪 50 年代以来,枪榴弹武器系统得到了广泛的发展,大多采用了以枪管口部兼作发射器;发明了以普通枪弹发射枪榴弹用的弹头吸收器;枪榴弹自带简易表尺;出现了火箭增程枪榴弹、导气分流枪榴弹、跳炸枪榴弹、多功能枪榴弹、可伸缩枪榴弹等新弹种;有些国家还研制了破甲、杀伤、破甲杀伤、烟幕、照明、训练等枪榴弹系列。

枪榴弹体积小,重量轻,威力大,便携性好,操作容易,能使步枪做到点面结合、杀伤破甲一体化,提高了步兵的独立作战能力,特别适用于山地、丛林作战和城市巷战。

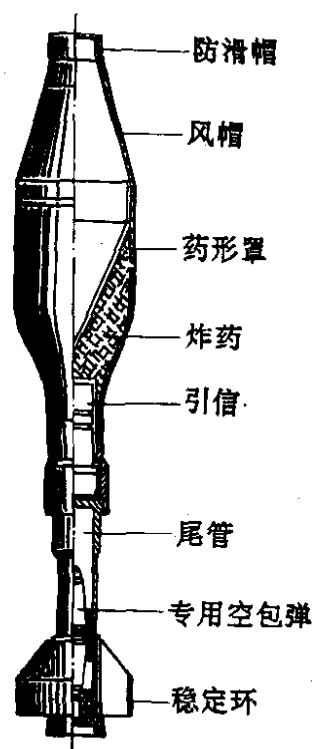


图 2 一种尾翼式反坦克枪榴弹

(穆允金)

paodan

炮弹 (cartridge) 供火炮发射的弹药。依靠炮膛内火药燃气压力推动弹丸而获得初速。炮弹是火炮系统完成战斗任务的主要核心部分,它的发展和改进直接提高火炮系统的威力、射程和精度,并有效地增加了火炮系统的作战功能。炮弹广泛配用于地炮、高炮、航炮、舰炮、坦克炮等武器,毁伤各种目标完成各种战斗任务。

炮弹的组成 炮弹由弹丸和发射装药两部分组成(图 1)。弹丸通常由引信、弹体(壳体)和装填物组成,用以杀伤有生力量和摧毁目标,或完成其他战术任务。引信是利用目标信息和环境信息,在预定条件下引爆或引燃弹药战斗部装药的控制装置(系统)。发射装药由发射药(火药)、药筒、底火、辅助元件组成,发射药是发射弹丸的能源,药筒用来连接弹丸、底火和盛装发射药,保护发射药不受潮湿和损坏,发射时,筒体膨胀与火炮药室贴紧以密闭火药燃气。底火受火炮机械的或电的作用发火,点燃发射药,产生膛压推动弹丸运动。

发射装药的辅助元件有消焰剂、除铜剂、护膛剂、点火药、传火药、紧塞盖和密封盖等(图 1)。

- ①消焰剂通常采用硫酸钾等物质,将其装在药包中置于发射药的上面。其作用是将可燃气体的浓度冲淡,使其与空气接触的机会减小,并提高其发火点,减少出炮口后产生二次燃烧而形成的炮口焰和炮尾焰。
- ②除铜剂采用低熔点的铅锡合金制成。用以清除弹丸在膛内运动时导带在膛壁上形成的积铜。
- ③护膛剂常用钝感衬纸等减轻火药燃气对炮膛的烧蚀,用来保护炮膛,提高火炮寿命。一般在初速较高的火炮上使用。
- ④点火药一般采用黑药,放在底火上部,用以加强底火的火焰,保证瞬时点燃发射药。
- ⑤传火药通常采用黑火药装在有孔的传火管中,轴向置于装药的中间位置或将传火药制成药包,置于发射药中间。以保证长药室火炮一致地点燃全部发射药。
- ⑥紧塞盖为硬纸制成,用以压紧发射药,使其在运输和操作中不致移动。变换

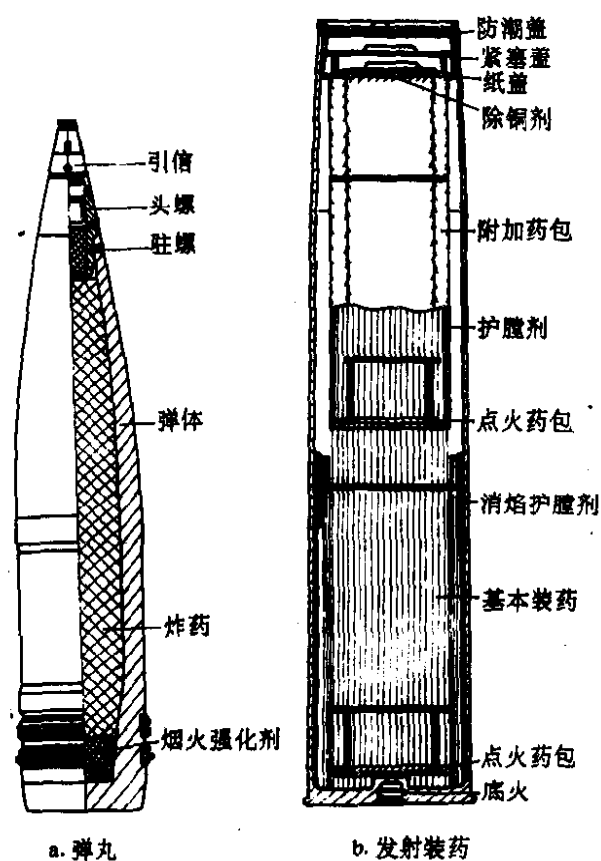


图1 炮弹的组成

发射药后仍需将紧塞盖装入药筒内并将发射药压紧，有利于发射药正常燃烧。⑦密封盖为硬纸板制成，用于药筒分装式炮弹中，从药筒口部压入，紧贴紧塞盖，并在密封盖上涂密封油，用以保护发射药不受潮湿，须在装填火炮前取掉。

分类 炮弹有多种分类方法：①按用途可分为主用弹、特种弹和辅助弹。主用弹是直接杀伤有生力量和摧毁目标的炮弹。如杀伤弹、爆破弹、杀伤爆破弹（这3种弹旧称榴弹）、穿甲弹、混凝土破坏弹、

破甲弹、碎甲弹、燃烧弹、化学弹、霰弹等。特种弹是完成特定任务的炮弹。如发烟弹、照明弹、宣传弹、曳光弹、干扰弹、电视侦察弹等。辅助弹是部队训练和靶场试验等非战斗使用的炮弹。如训练弹、教练弹和试验弹等。②按装填物(剂)的类别，可分为常规炮弹、原子炮弹、化学炮弹、生物炮弹等。③按配用炮种分为加农炮弹、榴弹炮弹、坦克炮弹、航空炮弹、高射炮弹、岸(舰)炮弹、迫击炮弹和无坐力炮弹等。④按装填方式分为定装式炮弹和分装式炮弹。定装式炮弹弹丸和药筒结合为一个整体，发射药质量固定不变，发射时一次装入炮膛。分装式炮弹根据有无药筒可分为药筒分装式和药包分装式。药筒分装式炮弹，发射时先装弹丸再装发射装药，射速较慢，但能改变发射药量，以获得不同的初速和射程。药包分装式炮弹没有药筒，发射时将弹丸、发射药包和点火具分3次装填，依靠炮闩来密闭火药燃气，其射速更慢。⑤按弹丸稳定方式分为旋转稳定和尾翼稳定两类。旋转稳定炮弹由线

膛炮发射，出炮口时因获得高速旋转而产生陀螺效应，使弹丸稳定飞行。尾翼稳定炮弹可以在滑膛炮或线膛炮上发射，利用其尾翼使气动力压心移到质心后面，形成稳定力矩保持弹丸飞行稳定。⑥按弹径(指毁伤目标的弹径)与火炮口径的配合分为适口径、次口径和超口径3种。次口径炮弹弹径小于火炮口径，初速高，有些穿甲弹和杀伤弹为提高穿甲威力和射程采用这种结构。超口径炮弹弹径大于火炮口径，弹丸露于炮口外，可获得较好的毁伤效果，如迫击炮长榴弹。

弹丸结构及其零部件 弹丸通常由引信、弹丸装填物和弹体等组成。

引信 根据与弹丸的结合位置，可分为弹头、弹底引信和弹头激发弹底引爆引信，根据不同弹种的需要选择不同引信。

弹丸装填物 大部分主用弹都装有炸药，炸药的威力、猛度和装药结构应适合弹丸性能的要求，如杀伤爆破弹一般选梯恩梯或B炸药；破甲弹一般选用以黑索今为主体的混合炸药、钝化黑索今或奥克托今炸药并采用空心装药结构；穿甲弹和小口径高射炮弹一般选用黑铝炸药(钝化黑索今加铝粉)；碎甲弹选用黑索今为主体的塑性炸药；迫击炮弹选用硝铵炸药或梯恩梯炸药等。炸药的装填方法根据炸药的性质和弹壳的结构，可选择螺旋压装、注装、压装和热塑态装药法等。原子、化学、生物炮弹的弹丸装填物则为核、化、生物质及其相应的结构。

弹体 是容纳弹丸装填物并连接炮弹各零部件的壳体。分为弹头部、圆柱部、弹尾部等(图2)。圆柱部的两端有定心部、导带与闭气环。①弹头部是弹顶以下的弧形、台锥或两者结合的弹丸部分。为不同形状母线的回转体，母线形状有直线、圆弧、抛物线或这些曲线的组合型等。在超音速下弹头部受到波动阻力作用，适当增加弹头部长度的，并使其尖锐可减小波动阻力。②圆柱部是靠近弹头部或与其连接的圆柱形弹丸部分。是指上定心部至导带之间的位置。它的尺寸能影响膛内导引性能和弹丸的威力。③弹尾部是导

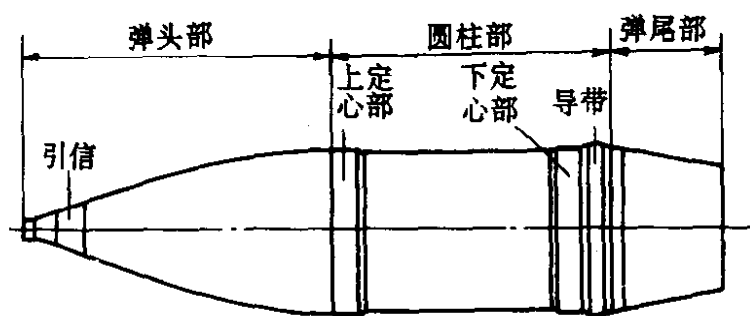


图2 弹丸的外形

引部或圆柱部下边缘以下的弹丸部分。通常由圆柱体和截锥体结合组成,也称船尾部,弹尾部形状影响弹丸的底阻。为了与药

筒牢固结合,一般定装式炮弹圆柱体上有车制的沟槽,以便弹丸与药筒牢固结合。④定心部分为上定心部和下定心部,它的作用是使弹丸在膛内正确定心,两个定心部表面可以承受膛壁反作用力。定心部与炮膛间有一很小间隙,以保证弹丸顺利装填和运动。下定心部一般都在导带之前,保证弹丸装填时的导带处于正确位置,并承受部分膛壁径向压力。⑤导带是弹体上的金属或非金属的环形带。其作用是在弹丸发射时,嵌入膛线,赋予弹丸一定的转速,并密闭火药燃气。分装式炮弹在装填时,导带还起定位作用。导带材料应具有良好的强度和塑性,一般采用紫铜或镍铜。导带的宽度是根据发射时强度要求而确定的,过宽的导带会产生飞边,影响弹道性能,常采用两条较窄的导带,或开环形沟槽(图3a)。导带的直径应大于火炮阴线的直径,其超出的尺寸称为导带的强制量,强制量的大小应考虑到保证弹丸在膛内运动时,密闭火药燃气,避免火药燃气对炮膛的烧蚀,并防止导带对弹体产生相对旋转,使弹丸出炮口有一定的转速。强制量也不能过大,否则会影响火炮的寿命和导带处弹体的强度。⑥闭气环由尼龙或塑料等材料制成,装在导带的后面(图3b),它的作用是补充导带闭气作用的不足。闭气环的直径比导带的直径大,这样在膛线起始部有些磨损的情况下,仍能保证弹丸初始位置不变,使初速不致于下降,延长火炮的寿命。某些尾翼弹也装有闭气环,它的作用是密闭高压火药燃气,以减小对炮膛的烧蚀及漏气带来的影响。闭气环应具有弹性,通常卡入弹体槽内,闭气环在弹丸出炮口后破碎,不会增大弹丸飞行阻力。

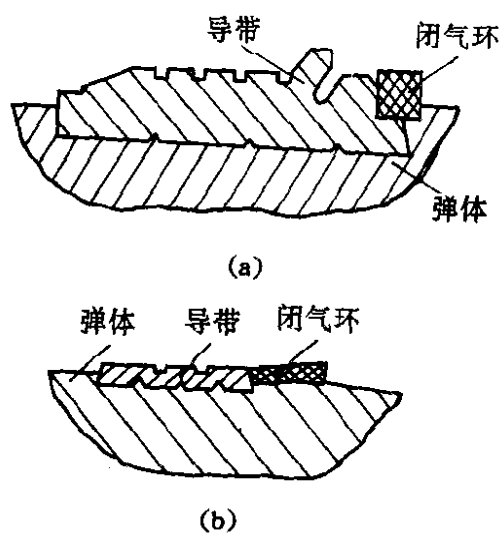


图3 导带和闭气环

除以上弹丸的基本组成部件，有些弹丸还有一些其他零部件和特殊结构。①头螺：当弹丸需要从弹头部抛出装填物(如霰弹、燃烧弹)以及破甲弹的空心装药，常需使用头螺。头螺与弹体连接必须保证同轴性、密封性和结合强度。②底螺：是螺接的底缘。需要从底部抛出装填物(如照明弹、宣传弹)或需要从底部装填炸药(如穿甲弹、混凝土破坏弹)时，常需使用底螺。底螺与弹体必须结合牢固，密封可靠。为了可靠紧塞火药燃气，须在螺纹间隙中填满密封胶或油灰，并使用各种塑性金属(铜、铅)制成垫圈装在弹底和底螺之间。③底凹：是指弹丸底部有空腔的结构形式，采用底凹结构可使整个弹丸具有良好的空气动力外形并提高弹丸的飞行稳定性，增加射程。底凹结构有两种形式，一种是整体式，它与弹体为一整体，结构简单、强度好、与弹体同轴，但工艺性较差。一种是非整体式，底凹件与弹体尾部用螺纹连接，构成弹丸的船尾部，采用铝合金材料，使弹丸质心前移，提高弹丸的飞行稳定性，拆卸方便，必要时可改成底部排气弹。④排气装置：是提高弹底压力，减小弹丸底阻，增加射程的装置。一般由壳体、排气药柱、点火器组成(图4)。壳体构成弹丸的船尾部，其底部有排气孔，中间部分为燃烧室。排气药柱装在燃烧室内，一般用复合火药，做成三块扇形体，以增大起始燃烧面积，并用阻燃材料包覆药柱两端及外表面，使药柱呈减面燃烧。弹丸出炮口时，由于弹后压力迅速下降，排气药柱很容易熄灭，点火器的火焰则可继续点燃排气药柱，保证正常燃烧。⑤风帽：是装在弹丸前端用来改善弹形，减小空气阻力的零件。旋转稳定的弹丸采用风帽能提高其飞行稳定性。风帽用酸洗钢板或轻金属等制成，用滚压或螺纹与弹体连接。通常在次

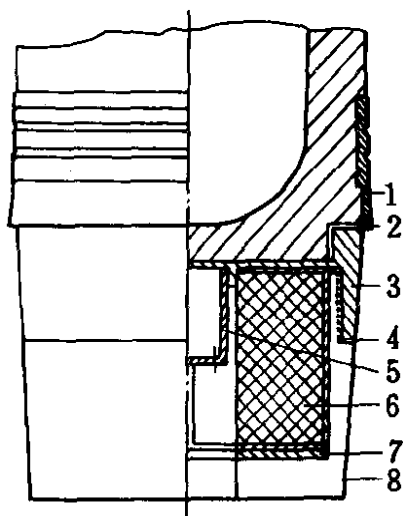


图4 排气装置结构图

1. 闭气环 2. 5. 密封圈
3. 船尾连接螺 4. 排气药柱
6. 点火器 7. 船尾部
8. 塑料垫片

口径脱壳穿甲弹、钝头穿甲弹等弹种上使用。⑥弹托：是次口径弹在膛内承受火药燃气压力、支撑、带动、导引弹体在膛内正确运动的部件。弹托质量尽可能轻，以减少消极重量，并有足够的强度，在膛内保证支撑和正确导引弹丸运动，出炮口后，弹托应能与弹丸迅速同时分离，并对弹体不产生干扰。常用在脱壳穿甲弹、次口径远程弹等弹种上。⑦爆管：是内装炸药的管状部件，插入某些弹丸装填物（毒剂、黄磷等）中间，并借助爆管内炸药的爆炸能量，将弹体炸开，使空气及地面染毒或形成烟幕。主要用于化学弹和发烟弹。爆管平时能密封装填物，为了防止爆管在弹丸发射时因离心力作用而产生振动和歪斜，要求爆管质量尽量轻、长度短，如需要长爆管时，则要做成与弹丸内腔等长，并将其下端固定在弹底中心。⑧尾翼稳定装置：是保证弹丸飞行稳定的装置，分固定式尾翼和张开式尾翼两种。固定式尾翼的翼展多为适口径，常用于迫击炮弹和某些破甲弹。张开式尾翼的翼展大于火炮口径，在膛内呈合拢状态。弹丸出炮口后，可利用不同的结构和力使尾翼张开，有气缸张开式尾翼、涡流张开式尾翼、火药气体直接作用的张开式尾翼。由于低速旋转有利于提高射弹密集度，故常在尾翼片上做成斜面，使弹丸飞行时微旋。⑨杆形头部结构：用杆式头部代替一般弹丸的锥形头部，其气动力的特点是减小头部法向力，且杆形头部的台阶端面提供稳定力矩，这样就比一般弹丸更有利于稳定。杆形头部破甲弹常用适口径筒式尾翼稳定。

筒史 古代滑膛炮多使用发射药和弹丸分装的球形弹。15世纪使用的是铸铁球形弹。16世纪50年代发明了初期的爆炸球形

弹。19 世纪中叶,滑膛火炮装备的球形弹有榴弹(爆炸弹)、霰弹、燃烧弹和照明弹等。19 世纪还出现了线膛火炮发射椭圆形弹,由于弹形结构的改进,使弹丸的战斗性能得到了很大的提高。19 世纪 60 年代出现的穿甲弹。主要用来对付舰艇和装甲目标。第一次世界大战中出现坦克以后,穿甲弹在与坦克斗争中得到了迅速发展。采用高强度合金钢做弹体,内装少量炸药,头部结构有尖头、钝头和被帽普通穿甲弹。1936~1939 年西班牙内战期间,德国干涉军首先使用破甲弹。在第二次世界大战中出现了重型坦克,装甲厚度达 152 毫米,为对付这类厚装甲目标,研制了一种碳化钨弹芯的次口径超速穿甲弹。为了能对付大倾角装甲和现代复合装甲,20 世纪 60 年代开始研制了长杆式尾翼超速脱壳穿甲弹,具有更大的穿透能力。20 世纪 80 年代杆式超速穿甲弹初速可达 1 800 米/秒,可击穿 500~600 毫米厚的垂直均质装甲。破甲弹改进了装药结构,采用旋压、双锥药型罩和高能炸药、精密装药等,其静破甲深度约为药形罩直径的 8~10 倍。为了提高破甲弹的射程、精度和威力,采用了末段制导技术,出现了末段制导炮弹、末端敏感炮弹以及对付远距离坦克群的子母破甲弹。为了提高杀伤爆破弹的毁伤效果,选用威力大的炸药和改进弹体材料,使用各种预制破片(钢珠、小钢筋)、控制破片、子母弹等结构。20 世纪 80 年代已装备有全膛增程弹(ERFB)和次口径远程弹,弹长从 4.5 倍口径增大到 6.2 倍口径,由于弹形改善使射程进一步提高。

参考书目

魏惠之等著:《弹丸设计理论》,国防工业出版社,北京,1985。

(汪东晖)

shashangdan

杀伤弹 (fragmentation projectile) 以弹丸产生的破片来杀伤有生力量和毁伤目标的炮弹。其爆轰产物和冲击波也能对目标起毁伤作用。多用于各种火炮,是炮弹中最基本的主用弹之一。

杀伤弹一般由弹体、炸药装药、引信等组成。口径较大的杀伤

弹一般装填梯恩梯或黑梯混合炸药,其装填系数一般为 5~14%。一般配用触发或时间引信,配用近炸引信时,能在距目标一定距离空炸,提高杀伤效果。某些高射炮和舰炮用杀伤弹,装有显示弹道的曳光管,高射炮用杀伤弹还有自炸装置。杀伤破片按生成方式,分为自然破片、控制破片和预制破片三种。自然破片是弹体在爆炸时形成的不规则破片;控制破片,是对破片形状的一个或两个方向上的尺寸进行控制(如在弹体上刻槽或采用多层弹体),使爆炸后的破片均匀一致;预制破片,是将一定形状的破片(钢珠、钢柱等),预置在弹体内,爆炸后的破片为事先预制的形状和质量,以提高杀伤威力。杀伤力的大小主要取决于爆炸后有效破片的空间分布、速度分布和质量分布(不同质量范围内的破片数量)。采用可控制和预制破片结构,或采用高能炸药,选用高密度破片材料(钨合金)、高破片率钢(高碳硅锰钢)可提高杀伤力。有些杀伤弹还有纵火能力,可扩大杀伤弹的作用效果。(于 骥)

baopodan

爆破弹 (blast cartridge) 以弹丸的炸药装药爆炸产生的爆轰产物和冲击波破坏目标的炮弹。其炸药的装填系数大于杀伤弹和杀伤爆破弹,通常用配用于大口径火炮。主要用于破坏工事和障碍物,在地雷场中开辟通道,以及摧毁导弹发射场、机场、火力点等固定目标。

爆破弹由弹体、炸药装药、引信等组成。弹体为钢质材料,炸药为梯恩梯或黑梯混合炸药。为了多装炸药,弹体壁厚在保证发射强度条件下,尽可能薄。一般配用触发引信。爆破弹的破坏作用是由弹丸对障碍物的侵彻作用和爆破作用来完成的。提高炸药装填系数和使用高能炸药,可以提高爆破弹的威力。

(朱鹤松)

shashang baopodan

杀伤爆破弹 (high explosive projectile) 兼有杀伤作用和

爆破作用的炮弹。其炸药相对质量和炸药装填系数介于杀伤弹和爆破弹之间。广泛配用于地面炮、高射炮、坦克炮、舰(岸)炮、航炮,主要用于毁伤有生力量和技术装备,破坏野战工事和开辟通道,是战场上应用较多的弹种,也是各类火炮采用的最基本的主用弹种。

杀伤爆破弹由弹体、炸药装药、引信等组成。炸药的装填系数一般在10~15%,大口径杀伤爆破弹装填系数较大,偏重爆破作用,口径较小的偏重杀伤作用。实施杀伤任务时,触发引信装定瞬发位置或用近炸引信,以破片来杀伤敌人;实施爆破任务时,引信装定延期位置,弹丸侵入目标一定深度爆炸,以其爆轰产物和冲击波摧毁目标。

(朱鹤松)

hunningtu pohuidan

混凝土破坏弹 (concrete piercing projectile) 以弹丸的碰击动能侵入目标一定深度爆炸,破坏钢筋混凝土和砖石结构等坚固工事与建筑物的炮弹。其特点是在碰击目标时有较高的侵彻能力,弹体中装有足够的爆炸装药。混凝土破坏弹对工事的摧毁,是碰击和爆破综合作用的结果,大口径火炮配用混凝土破坏弹比较有效。

混凝土破坏弹由弹体、炸药、底螺和引信等组成。为保证碰击强度,弹丸具有坚实的整体头部,顶端呈平钝形。弹体采用高强度合金钢制造,并经热处理使其硬度从弹头顶端向弹尾逐步降低。弹体内用注装法或螺旋压药法装填梯恩梯炸药。为避免装药与底螺间出现间隙,保证射击安全,常在其间填充石棉或厚纸垫。混凝土破坏弹均配用有惯性、延期或自动调整延期的弹底引信。

第一次世界大战时广泛使用钢筋混凝土工事,一般爆破弹不能破坏这种永久防御工事,于是促进了混凝土破坏弹的发展。苏联在卫国战争开始前,152毫米口径以上的火炮均装备了混凝土破坏弹。德国也在150~420毫米重炮中先后装备了混凝土破坏

弹。

(汪东晖)

sandan

霰弹 (canister)

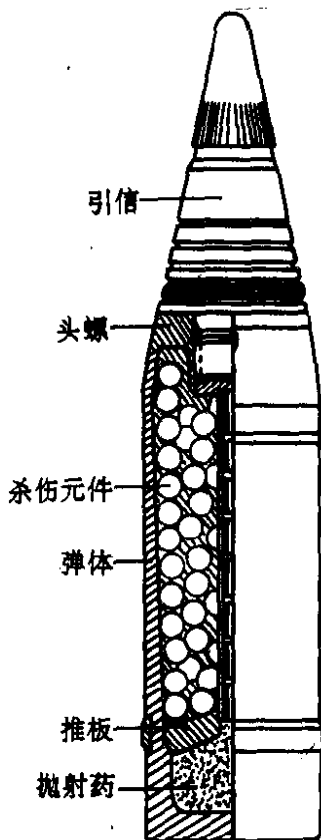


图1 榴霰弹结构

利用火炮或弹丸内抛射药的火药燃气将杀伤元件抛出的炮弹。主要用来杀伤有生力量。霰弹包括榴霰弹和群子弹。

榴霰弹 由弹体、杀伤元件、头螺、抛射药、推板和引信等组成(图1)。弹体、头螺和推板用钢质材料制成。杀伤元件有钢珠、钢柱和钢筋等,钢珠和钢柱有规则的装入弹体,钢筋头尾相间的排列,用线绳编织成带状并卷成圆柱形装入弹体。引信点燃抛射药将杀伤元件抛出,杀伤有生力量。装有大量小钢筋的榴霰弹,称为箭霰弹(图2)。箭霰弹的杀伤元件下面放置推板及抛射药,当弹丸飞抵目标上空时,时间引信发火,引燃抛射药,并同时引爆雷管将头螺炸开,通过推板把杀伤元件从弹头部抛出,杀伤有生力量。为了杀伤炮口前方附近的有生力量,也可改变引信装定,使弹丸一出炮口就能抛出杀伤元件。有的箭霰弹内装小钢筋多达8 000个,单个重量一般仅零点几克,飞散密度大,速度高,有效杀伤面积比较大。射入人体的小

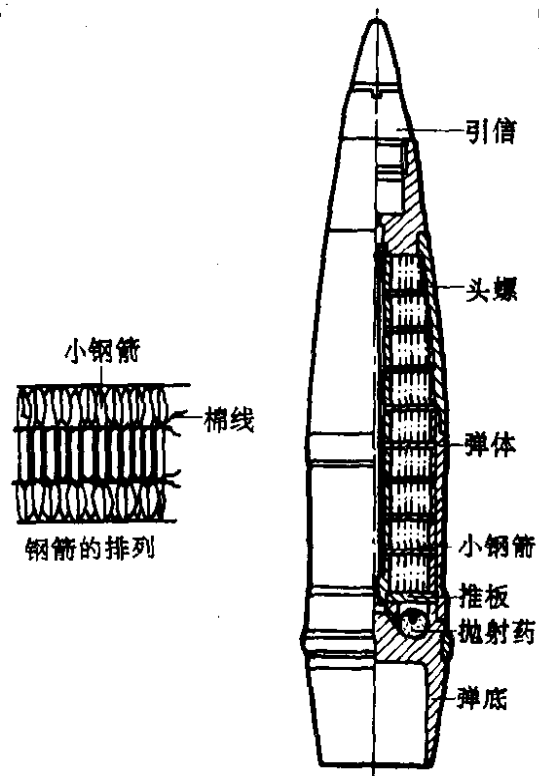


图2 中国122毫米榴弹火箭霰弹

钢筋会产生翻倒,加重创伤效应。

群子弹 主要由弹壳和杀伤元件两部分组成,弹壳内不装抛射药,靠火炮内的发射药压力将弹丸和杀伤元件射出。弹壳为圆柱形,用薄铁皮或厚纸板内衬 3~4 块瓦形铁片制成,杀伤元件为铅球、钢球、钢柱等(图 3)。发射时,弹壳在膛内即发生破裂,出炮口后,将弹内的杀伤元件抛射在炮口前方的圆锥形区域内,可杀伤 300 米以内暴露的有生力量,主要起自卫防御作用。

霰弹是炮兵使用的一种最古老的炮弹。14~16 世纪,士兵将小石块和铁块装入炮膛,放在发射药前面,然后用弹塞盖紧,点燃

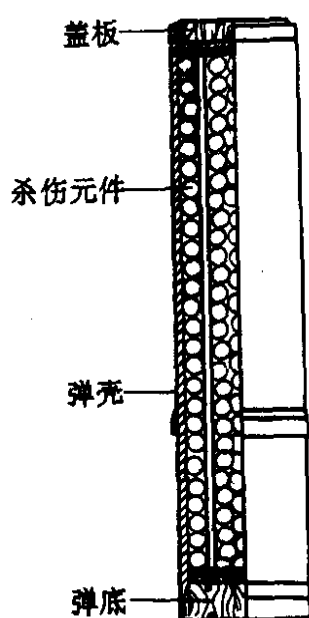


图 3 群子弹结构图

发射药后将小石块等抛出炮口用以杀伤冲到炮位前面的敌人。为了防止炮膛的磨损,后来将这些杀伤元件(当时称霰弹子)装入厚纸板制成的弹壳内。17 世纪以后杀伤元件发展为球形或圆柱形的铁弹子或铅弹子,即为“群子弹”。1803 年英国军官 H. 施拉普内尔首先提出榴霰弹发射原理,经改进而成榴霰弹结构。20 世纪 60 年代,出现了装有新型杀伤元件的霰弹,如装有大量小钢筋的箭霰弹的杀伤效果比杀伤弹破片高得多,使霰弹得到新的发展。

(朱鹤松)

chuanjiadan

穿甲弹 (armor piercing projectile) 主要依靠弹丸的动能穿透装甲摧毁目标的炮弹。其特点为初速高,直射距离大,射击精度高,是坦克炮和反坦克炮的主要弹种。也配用于舰(岸)炮、高射炮和航炮。用于毁伤坦克、自行火炮、装甲车辆、舰艇、飞机等装甲目标。也可用于破坏坚固防御工事。

分类 按弹体直径与火炮口径的配合,分为适口径穿甲弹与次口径穿甲弹。按结构性能分为普通穿甲弹、次口径超速穿甲弹和

次口径超速脱壳穿甲弹。

普通穿甲弹 弹体直径与火炮口径相同。根据头部结构的不同,普通穿甲弹又分为尖头穿甲弹、钝头穿甲弹和被帽穿甲弹。普

通穿甲弹一般在弹体内装少量炸药,以提高穿透装甲后的杀伤和燃烧作用。不装炸药的又称实心穿甲弹,装炸药较多的称半穿甲弹或穿甲爆破弹,装有燃烧剂(燃烧合金)的称穿甲燃烧弹。普通穿甲弹一般由风帽、被帽、弹体、炸药、引信和曳光管等组成(图1)。风帽用于减小飞行阻力。被帽用于保护弹体头部穿甲时不受破坏,并可防止跳弹。弹体用优质合金钢制造,经热处理使头部硬度略高于尾部,以改善穿甲性能。

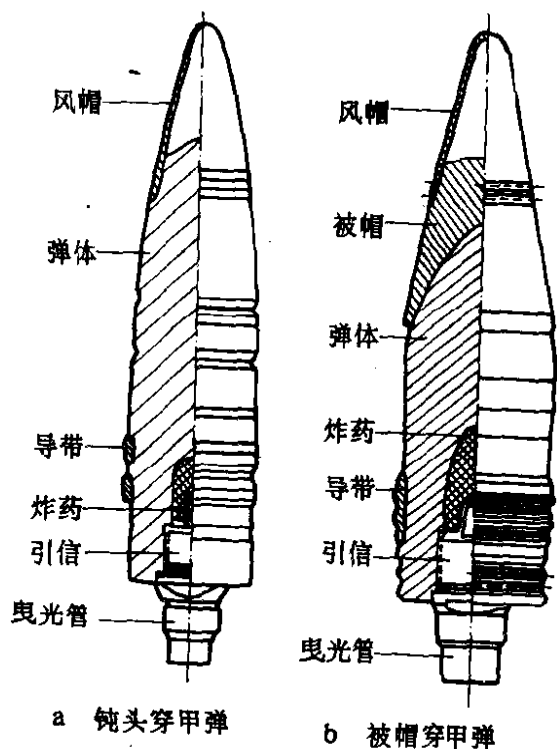


图1 普通穿甲弹结构图

曳光管用于显示弹道。100毫米普通穿甲弹弹丸全长不超过3.9倍口径,初速900米/秒左右,在1000米距离上可击穿110~160毫米/30°(装甲厚度/法线角)的装甲。1000米处的速度损失是初速的11~17%。

次口径超速穿甲弹 按弹丸外形分为线轴型与流线型两种。主要由风帽、弹芯、弹体、曳光管组成(图2)。弹芯是穿甲弹的主体,用高密度(14~15克/厘米³)碳化钨制成。弹体用低碳钢或铝合金制造,主要起支承弹芯的作用,其上有导带,能保证弹丸旋转稳定。弹芯被固定在弹体中间,当碰击装甲瞬间,弹体破裂,弹芯进行穿甲。弹芯直径小,仅为火炮口径的1/3~1/2,提高了着靶比动能(弹丸动能与弹体横截面积之比),垂直穿甲性能好,碳化钨弹芯硬度高,具有抗压不抗拉的特点,穿甲时基本不变形,击

穿装甲后形成碎块，增大了杀伤与燃烧作用。但这种结构工艺性差，弹丸质量小，弹形不好，速度衰减快，仅适于射击近距离内的目标。此外，对于大倾角装甲穿甲时弹芯易折断和跳飞。

次口径超速脱壳穿甲弹 按其稳定方式分为旋转稳定和尾翼稳定两种。由弹托与飞行弹体两部分组成(图 3)。弹托在膛内承受火药燃气压力，支撑、带动和引导弹体正确运

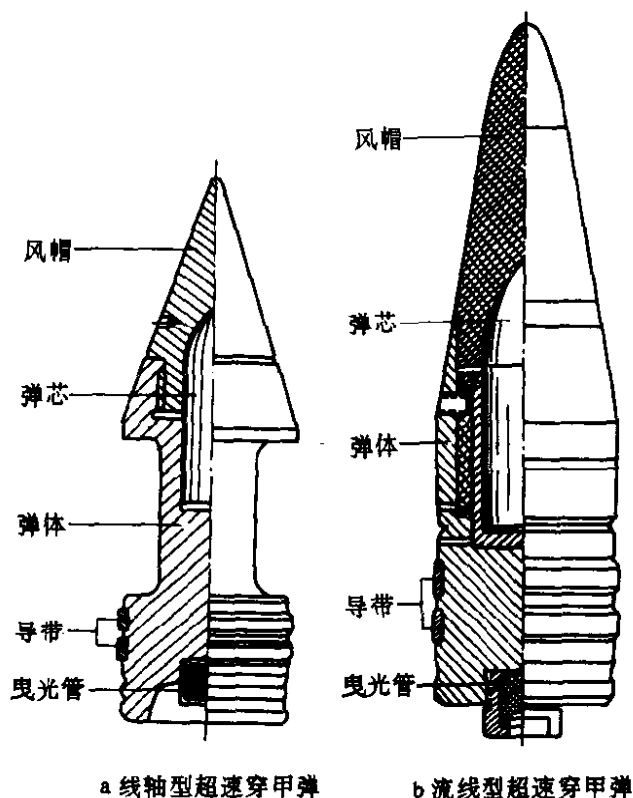


图 2 次口径超速脱壳穿甲弹结构图

动，出炮口自行脱落。旋转稳定超速脱壳穿甲弹仅适于线膛炮发射。由于弹体受旋转稳定性的限制，使穿甲威力不可能有更大的提高。尾翼稳定超速脱壳穿甲弹又称长杆式穿甲弹，其飞行弹体由风帽、弹体、尾翼等部件组成。弹体由合金钢、钨合金或贫铀合金制成。长杆式穿甲弹的弹托有花瓣型和马鞍型两种典型结构，花瓣型结构适于滑膛炮发射，马鞍型结构由于采用尼龙滑动导带，既适于滑膛炮，也适于线膛炮发射，弹托由铝合金制成，弹体材料多为钨合金或铀合金。杆式穿甲弹具有长径比(飞行弹体长度与弹体直径之比)大，长径比可达 12~20，穿甲威力强，飞行速度损失小等优点，初速可达 1 500~1 800 米/秒，1 000 米飞行速度损失是初速的 3~8%，可击穿 300~550 毫米的垂直均质装甲，并具有显著的后效作用。

简史 穿甲弹是在与装甲目标的斗争中发展的。穿甲弹出现于 19 世纪 60 年代，最初主要用来对付覆有装甲的工事和舰艇。第

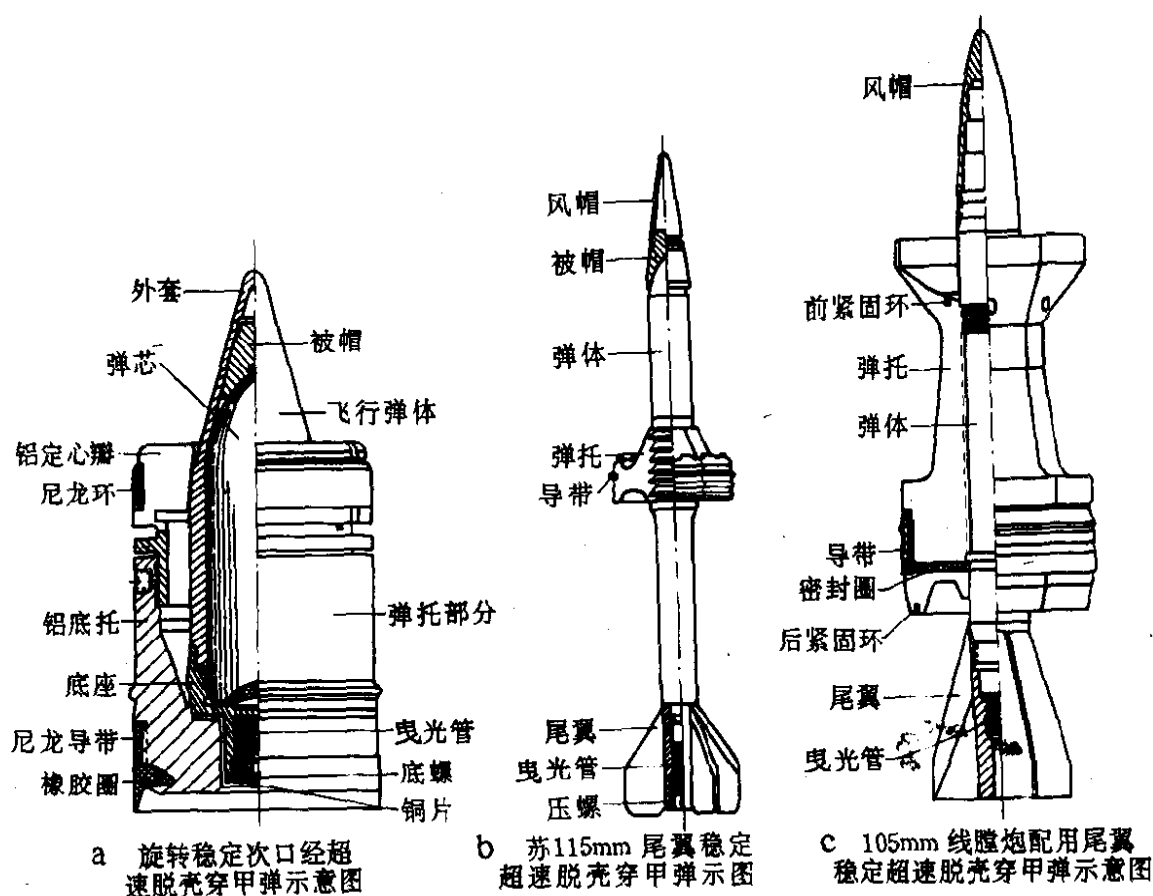


图3 次口径超速脱壳穿甲弹

一次世界大战出现坦克以后,穿甲弹在与坦克的斗争中得到迅速发展。普通穿甲弹采用高强度合金钢做弹体,头部采用不同的结构形状和不同的硬度分布,对轻型装甲的毁伤有较好的效果。在第二次世界大战中出现了重型坦克,相应地研制出碳化钨弹芯的次口径超速穿甲弹和用于锥膛炮发射的可变形穿甲弹,由于减轻弹重,提高初速,增加了着靶比动能,提高了穿甲威力。20世纪60年代研制出了尾翼稳定超速脱壳穿甲弹,能获得很高的着靶比动能,穿甲威力得到大幅度提高。70年代后,这种弹采用密度为 18克/厘米^3 左右的钨合金和具有高密度、高强度、高韧性的贫铀合金做弹体,可击穿大倾角的装甲和复合装甲。随着科学技术的发展和穿甲理论的研究,穿甲弹的初速和材料性能将会进一步提高,长径比将高达30以上,使穿甲弹具有更大的穿透力和后效作用。

(吴锦云)

pojadan

破甲弹 (shaped charge projectile) 以空心装药爆炸后形成的金属射流穿透装甲的炮弹。也称空心装药破甲弹,是反坦克的主要弹种之一。主要配用于坦克炮、反坦克炮、无坐力炮等。用于毁伤坦克等装甲目标和混凝土工事。射流穿透装甲后,以剩余射流、装甲破片和爆轰产物毁伤人员和设备。

组成 破甲弹由头螺(或风帽或杆形头部)、弹体、空心装药、稳定装置和引信等部件组成(图 1)。有的破甲弹还在空心装药中设有隔板,在传爆序列中采用中心起爆调整器。①头螺是保证破甲弹有利炸高的零件,其长度约为药型罩口部直径的 2~3 倍。采用头螺结构还利于装配弹体内零件和改善弹丸气动力外形。杆形头部还可产生稳定力矩。②弹体是盛装空心装药、连接头螺与弹尾,并保证弹丸在膛内正确运动的部件,一般用钢或铝制成。③空心装药通常由药型罩和炸药装药组成。爆炸时产生聚能效应,也称聚能装药。④药型罩是形成金属射流的零件,衬于装药凹槽内。多采用锥形罩,锥角一般为 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。也有半球形罩、曲线组合形罩以及双锥形罩等。材料除要用延性好,密度大的金属外,还可采用两种金属或金属与非金属复合的双层药型罩。最常用的药型罩材料是紫铜。⑤炸药装药一般采用高爆速的猛炸药压制,或用 B 炸药注装而成。装药前端成锥形凹槽,可使爆炸能量集中在凹槽的轴线方向上,用以增大该方向上的爆炸作用。在压药或注药时,一般均带药型罩。⑥隔板是改变炸药装药爆轰波波形,提高破甲能力的零件。一般用惰性材料制成,如塑料等,也可采用低爆速炸药制成。采用隔板的破甲弹可提高破甲深度,但破甲稳定性降低。⑦中心起爆调整器是保证炸药装药对称起爆,以获得良好对称性射流的部件。⑧引信是使破甲弹适时起爆的控制装置。破甲弹一般采用压电引信,有的采用电容感应引信等。⑨稳定装置有尾翼稳定和旋转稳定两种方式。破甲弹大多采用尾翼稳定,这是因为弹丸的高速旋转将使破甲弹的威力下降。根据飞行速度

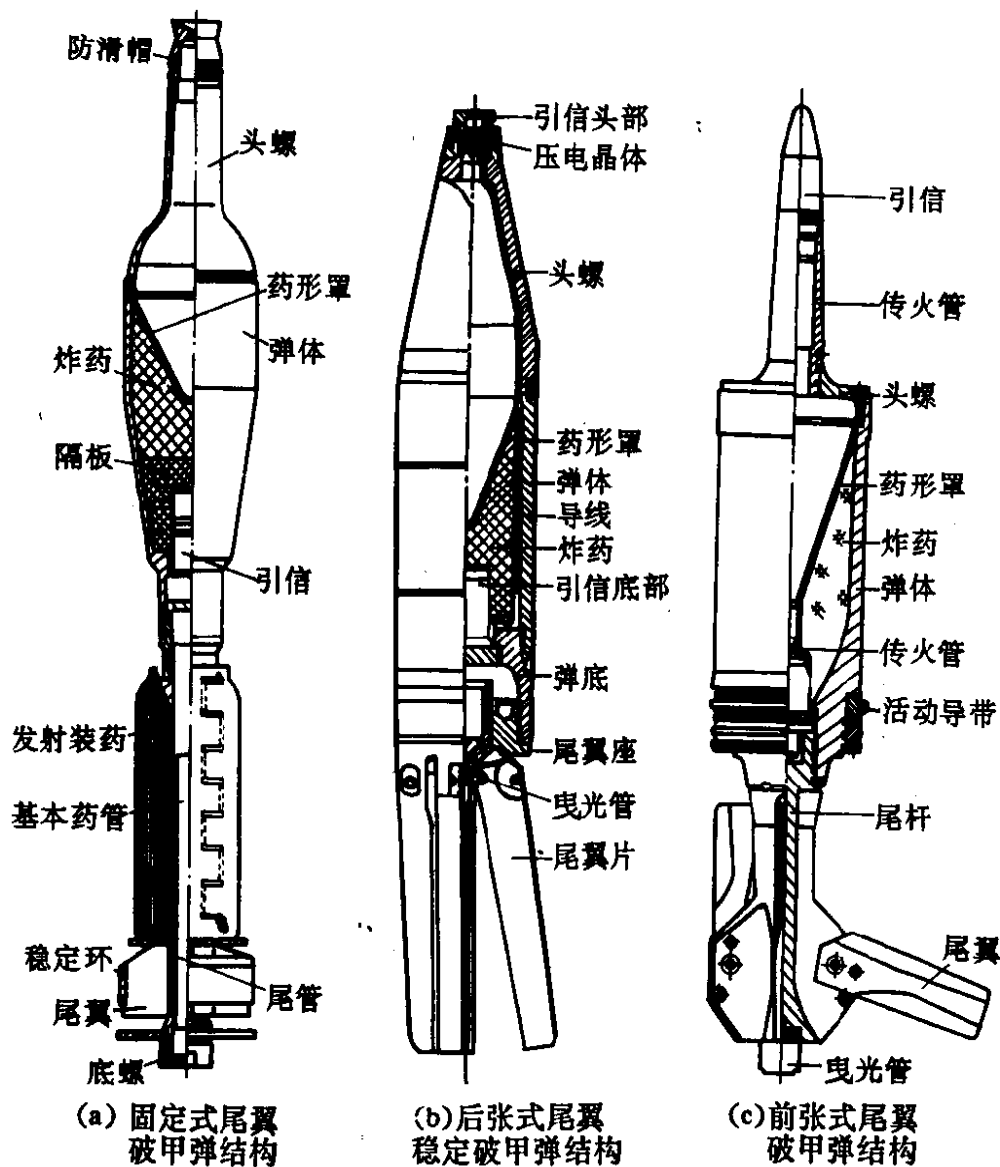


图1 几种破甲弹结构示意图

不同，有的采用适口径固定尾翼，有的采用张开式超口径尾翼，有前张式和后张式两种。

适口径固定式尾翼稳定装置，由尾管和尾翼片组成。有时还可加稳定环，稳定环套在尾翼片外缘，可提高飞行时稳定力矩，同时在膛内起导引作用。前张式尾翼装置(图 1c)的尾翼片质心位置靠近弹轴，致使在膛内惯性力的作用下，尾翼片向前合拢而不张开，出炮口后靠火药燃气压力和弹丸旋转时的离心力张开。后张式尾翼(图 1b)，尾翼片以销轴与尾翼座相连接，尾翼片上的齿弧与活塞的齿弧相啮合，活塞装在尾翼座的中心孔内，发射时，

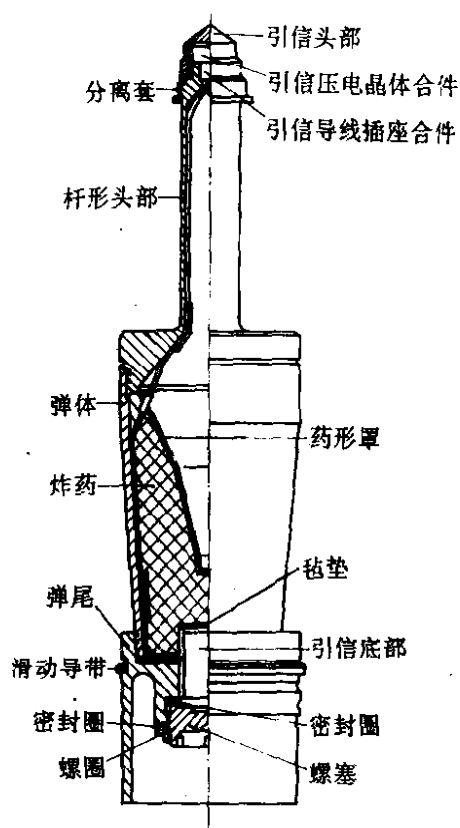


图2 筒式破甲弹结构

火药燃气进入活塞气室内，弹丸出炮口后，气室内压力使活塞向后运动，带动与之啮合的翼片张开。此外，有的破甲弹采用筒式稳定装置(图2)，其特点是没有尾翼片，它依靠弹丸尾部的圆筒达到稳定。一般与杆形头部结构配合使用，既适用于超音速飞行，也适用于亚音速飞行。在破甲子母弹的子弹中，有的还使用飘带柔性稳定装置等。少数破甲弹还采用旋转稳定装置，为了克服弹丸高速旋转时会使破甲威力下降，常在弹丸结构上采取一些减旋措施。例如在弹体内装滚珠轴承，发射时，弹体高速旋转而空心装药不旋转或微旋(图3)。有些

线膛炮发射的尾翼稳定破甲弹，可采用活动导带环结构，使弹体只产生低速旋转，既消除了高速旋转对威力的不利影响；又保持了弹丸的密集度。

破甲原理 空心炸药爆炸时产生聚能效应，在爆轰产物集中的高压作用下，药型罩被压垮而闭合，在其内表面形成高速运动的金属射流，射流碰击装甲时，在碰撞点周围形成一个高温、高压、高应变率区域，其压力可高达 3×10^5 兆帕，因而具有很强的侵彻能力。影响破甲深度的因素有弹径、炸高的大小，药型罩的形状、壁厚和材料，炸药的种类和密度，传爆序列的结构，各零件制造和装配的精度，弹丸的旋转速度和命中角以及装甲的结构特性等。

简史 19世纪发现了带有凹槽炸药柱的聚能效应。在第二次世界大战前期，发现在炸药装药凹槽上衬以薄金属罩时，装药产生的破甲威力大大增强，致使聚能效应得到广泛应用。1936~

1939 年西班牙内战期间，德国干涉军首先使用了破甲弹。

随着坦克装甲的发展，破甲弹出现了许多新的结构。例如，为了对付复合装甲和反应装甲爆炸块，出现了串联聚能装药破甲弹。为了提高破甲弹的后效作用，还出现了炸药装药中加杀伤元素或燃烧元素等随进物的破甲弹，以增加杀伤、燃烧作用。为了克服破甲弹旋转给破甲威力带来的不利影响，采用了错位式抗旋药型罩和旋压药型罩。

20 世纪 80 年代以来，由于坦克装甲防护能力的不断提高，破甲弹的破甲深度已由原来的 6 倍装药直径提高到 8~10 倍的装药直径。并不断提高破甲弹的炸高，研究在大炸高下提高破甲弹侵彻能力的途径。如采用双锥药型罩和精密装药等。为了提高远距离破甲弹的命中概率，还出现了末段制导破甲弹和攻击远距离坦克群的破甲子母弹。（欧阳楚萍）

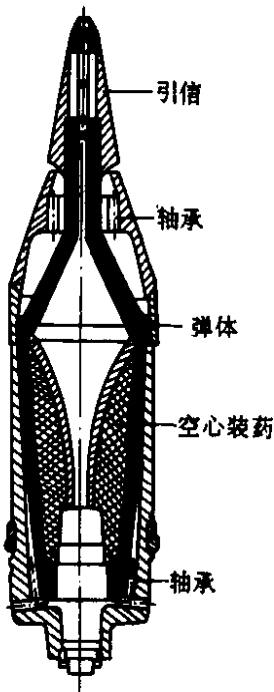
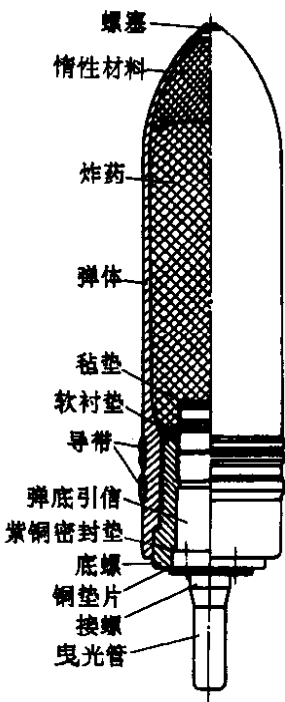


图3 法国105毫米 G 型旋转破甲弹结构图



碎甲弹结构图

suijiadan

碎甲弹 (high explosive plastic projectile)

利用塑性炸药在装甲表面爆炸产生爆轰波，装甲内形成应力波的作用，使装甲背面崩落呈碟形破片的炮弹。是反坦克弹种之一，主要配用于中口径火炮。

碎甲弹由弹体、导带、炸药装药、底螺和弹底延期引信等组成(见图)。炸药装填系数约为 30%。弹体采用易变形的低碳钢制成，头部短钝且壁薄，易在着靶时快速压扁、破碎，使塑性炸药变形并紧贴于装甲表面，当炸药堆积出一定

面积和厚度时,弹底延期引信适时起爆,引爆炸药,在爆轰产物的冲击下,使装甲背面产生崩落,飞出一大块碟形破片及多块碎片,在坦克内部起毁伤作用。对着速稍高的碎甲弹,其头部需装填少量起缓冲作用的弹性炸药或惰性材料,以免发生炸药碰炸而失效。

碎甲弹适用于对付倾角大的中厚均质装甲,以及钢筋混凝土建筑物等目标。其直射距离受弹形和初速的影响,命中概率低于尾翼脱壳穿甲弹。碎甲弹对复合装甲或间隔装甲不起作用,但其爆轰波及破片可毁坏坦克其他部位,也可压制地面兵器和杀伤有生力量。

(翁佩英)

dizuli yuanchengdan

低阻力远程弹 (low drag extended range projectile) 飞

行阻力较小,射程较远的炮弹。包括底凹弹、全膛增程弹、远程次膛弹、底部排气弹等。这类弹的特点是在弹丸总体上有较好的空气动力外形,比普通杀伤弹、爆破弹、杀伤爆破弹飞行阻力小,射程远。配用于中大口径火炮,压制纵深目标,满足进攻与防御战斗时的火力支援。

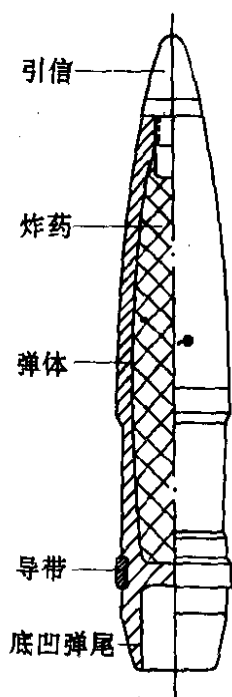


图1 美国 M442 式

105 毫米底凹弹

俗称“枣核弹”(图 2)。全膛增程弹由弹体、定心块、导带和引信等

底凹弹 利用弹底的底凹结构,以改善弹形减少阻力增加射程的炮弹(图 1)。其特点是弹丸长径比较大,减小了头部的波动阻力。由于弹丸尾部有一个向内凹陷的空腔,改善了弹丸尾部流场,从而减小弹丸底部阻力。从弹丸总体结构上看,底凹弹丸的质心较之普通炮弹相对前移,从而提高了弹丸飞行稳定性,增大了射程和提高了射击精度。

全膛增程弹 具有很好的空气动力外形,弹体外形只有弧形部和船尾部,中间没有圆柱部,弹丸长径比较大,形似“枣核”,故又

组成。弹体内的装填物随弹种而异。装在弹体弧形部上的 4 个定心块，与导带一起保证弹丸在火炮膛内定心和正确运动。定心块的纵向轴线与弹丸轴线的装配倾角约 $7^{\circ}\sim 13^{\circ}$ ，可增加弹丸在飞行中的转数，提高弹丸飞行稳定性。导带采用金属材料或塑料制成。当采用塑料导带时，弹丸出炮口后塑料导带脱落，这种炮弹称为远程次膛弹，能进一步减小飞行阻力，提高射程。全膛增程弹、远程次膛弹的船尾部一般装有底凹件，用螺纹与弹体连接，也可以在弹尾装上底部排气装置，更有效地增加射程。

底部排气弹 是弹丸尾部装有底部排气装置，用于减少飞行中的底部阻力以增加射程的炮弹(图 3)。底部排气装置内装点火药及排气药柱，在火炮膛内被火药燃气点燃，产生一定温度的低压燃气，弹丸飞出炮口后，低压燃气经排气孔流向弹底后面的低压区，从而提高弹丸底部压力，并改善了弹丸后面的气流状态，使弹丸飞行阻力减少，增加射程。排气药柱由复合推进剂浇注而成，也可用烟火药剂压制成药柱。典型的底部排气装置增程效应显著，可减少 70% 左右的弹丸底部阻力。比不增加底部排气装置的弹丸可增程 25~30%。与火箭增程弹相比，具有结构简单，射击精度高，炸药装填多，弹丸威力大等特点。

简史 20 世纪 60 年代初期，美、英、法与瑞典等国装备了底凹弹，在射程和杀伤威力等主要性能上，都比普通杀伤弹和杀伤爆破弹有较大的提高，弹丸长径比达 5.7 以上，以 43 年阻力定律为准的弹形系数可降到 0.8，减小了飞行阻力。70 年代中期以后，出现了全膛增程弹，长径比达 6.0~6.2，弹形系数降至 0.7 以

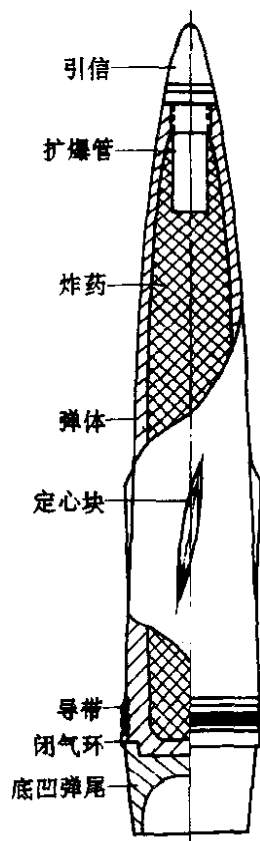


图 2 比利时 155 毫米
全膛增程弹

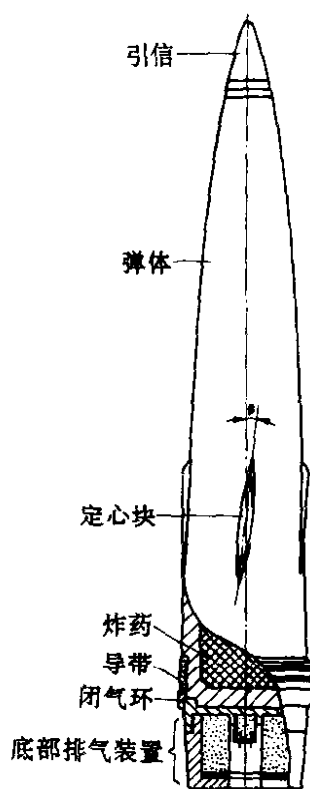


图3 比利时155毫米底部排气弹

下。155毫米全膛增程弹增程率达11~15.4%，远程次膛弹可增程14.5~23.8%。80年代以来，北约各国相继装备的底部排气弹射程进一步提高，瑞典105毫米底部排气弹增程25%，意大利的P₃式155毫米底部排气弹增程26.9%，比利时的155毫米底部排气弹增程30%左右。

低阻力远程弹的结构正逐步取代一般平底炮弹结构，不仅可用于杀伤弹、杀伤爆破弹，亦可用于子母弹、霰弹、烟幕弹、燃烧弹和照明弹等弹种。为进一步减小弹丸飞行阻力，提高射程，有的国家进行了弹尾侧表面排气形成“外部燃烧”技术的研究，可进一步减小炮弹的底部阻力和弹尾部的摩擦阻力。此外，对弹丸头部特殊形状、弹丸底部端面呈三角形的船尾部的研究和应用，是发展低阻力远程弹的发展趋势。

(姚国彬)

zimudan

子母弹 (aimable cluster) 以母弹作为载体内装有一定数量的子弹，发射后，母弹在预定高度开舱抛射子弹，以完成毁伤目标和其他特殊战斗任务的炮弹。用于毁伤集群坦克、装甲车辆、技术装备，杀伤有生力量或布雷。配用于中大口径火炮、迫击炮等。

分类 子母弹按用途分为杀伤一破甲子母弹、动能穿甲子母弹、杀伤子母弹和布雷子母弹等。

构造 火炮用子母弹一般由时间引信、抛射药盒、推弹板、母弹体、子弹、板条和底螺组成(图1)。时间引信装在母弹体头部。母

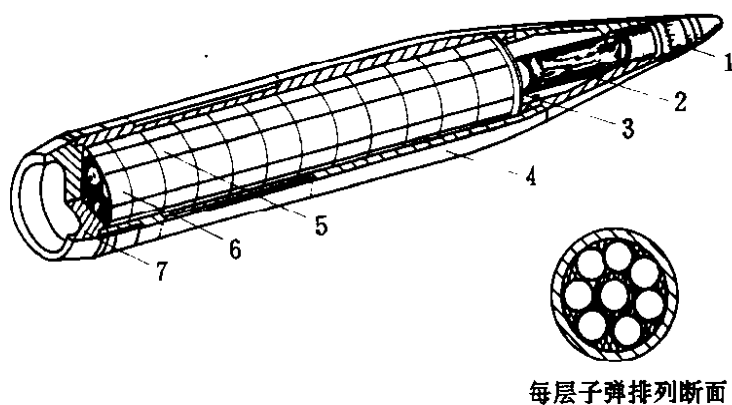


图 1. 子母弹构造示意图

1. 时间引信 2. 抛射药盒 3. 推弹板
4. 母弹体 5. 子弹 6. 板条 7. 底螺

充填间隙予以固紧。底螺与母弹以螺纹连接。不同用途的子母弹有不同的结构,装有不同子弹。

杀伤一破甲子母弹的子弹由子弹弹体、炸药装药、药形罩、飘带和子弹引信等组成(图 2)。子弹直径约 40 毫米,子弹弹体为圆柱形,内装空心装药可穿透 2~2.5 倍口径的均质装甲板。内壁刻有槽纹的子弹,能产生最佳破片,提高杀伤能力;没刻槽纹的子弹,强度高,装在母弹体最底层,以承受火炮发射时产生的惯性力,保证射击安全。子弹引信装在子弹尾部,它主要由飘带、击针、惯性筒、引信体和滑块等构成。飘带可使子弹飞行稳定,解除子弹引信保险。平时,引信中的击针插入滑块上面相应的孔中,使雷管与传爆药错开隔离,使引信处于安全状态。

作用 发射后,子母弹飞抵目标区上空,时间引信按预先装定的时间点燃抛射药,推弹板在燃气压力推动下剪断底螺螺纹,将子弹从母弹底部推出,并在多种环境力的作用

弹体分弹头部、圆柱部和船尾部 3 部分。抛射药盒装在弹头部的内腔里,内装抛射药包,以其燃气压力抛出子弹。推弹板是传递抛射药的燃气压力的零件,用以推出子弹。子弹装在母弹体内腔中,并用板条

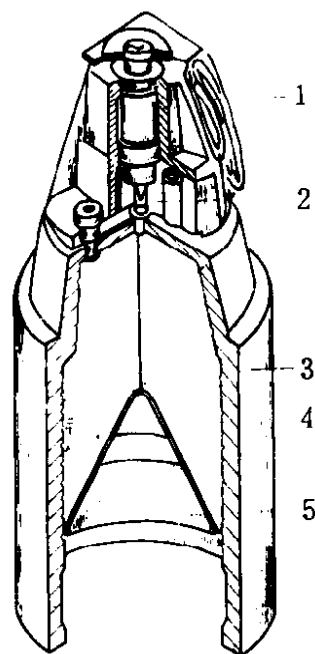


图 2 子弹构造示意图

1. 飘带 2. 引信
3. 子弹弹体
4. 炸药装药
5. 药型罩

下,散开降落。在子弹抛出的同时,飘带展开,以保证子弹稳定飞行,子弹引信解除保险,碰击目标时起爆。子弹靠空心装药产生的金属射流侵彻装甲,子弹壳体生成的高速破片杀伤有生力量(图3)。

子母弹具有对目标覆盖面大,毁伤效率高等优点,是一种反集群目标的有效武器。但子弹落在丛林和松软厚雪等地面时,不容易起爆。

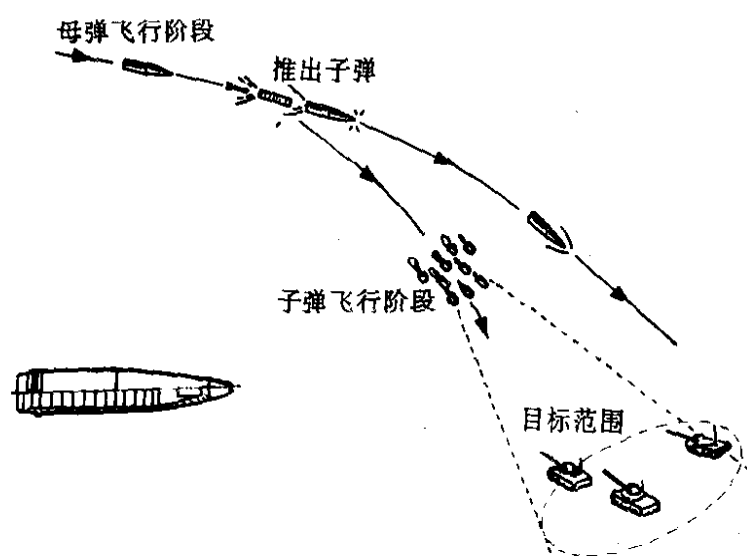


图3 子母弹作用过程

简史 20 世纪 50 年代末,出现了杀伤子母弹。60 年代随着坦克、步兵战车、自行火炮等集群目标出现,美国开始研制 155 毫米 M483A1 杀伤一破甲多用途子母弹,1975 年 9 月配用于 M109A1 式 155 毫米自行榴弹炮上。从

而使得压制武器能在远距离上对付装甲目标,并列为压制武器的主用弹。联邦德国莱恩金属公司也发展了 RH-49 式 155 毫米装有底部排气装置的子母弹,内装 49 枚直径为 42 毫米的子弹,最大射程可达 30 千米。中国 80 年代研制了 122 毫米反装甲子母弹。子母弹在继续提高有效射程、威力和撒布精度的同时,朝着半自动寻的,自动跟踪、自动捕捉目标的趋势发展。

(周员升)

ranshaodan

燃烧弹 (incendiary projectile) 装有燃烧剂的航空炸弹、炮弹、火箭弹、枪榴弹和手榴弹的通称。旧称烧夷弹、纵火弹。它以高温火焰杀伤有生力量,引燃或烧毁易燃军事技术装备和设施,制

造火灾源。弹的结构因类型而异,弹内可装填铝热剂、黄磷、凝固汽油、稠化三乙基铝和其他燃烧剂。

燃烧炮弹主要由弹体、燃烧剂、炸药或抛射药、引火管、引信等构成。当弹体飞至目标上空一定距离,由时间引信顺序引燃引火管、燃烧剂盒和抛射药,抛射药爆炸时将燃烧着的燃烧剂盒抛出,引起燃烧。还有一种燃烧炮弹,弹内装有黄磷和少量炸药,爆炸后黄磷就在空气中燃烧。航空燃烧炸弹的种类很多,常见的有混合燃烧炸弹和凝固汽油弹,一般用磷作引燃剂。混合燃烧炸弹装有铝热剂和稠化油料,弹体较小,重量约10~50千克。使用时,可直接大量投放,或构成集束弹、子母弹投放。凝固汽油弹是用铝板制成的薄壳体,内装凝固汽油及引信和带磷的爆炸装药,重量可达500千克。使用时,可采取触地爆炸,也可采用空中爆炸。燃烧手榴弹、燃烧枪榴弹,弹内装填铝热剂或黄磷,供单兵使用。燃烧弹的发展趋势是弹种多样化,并力求提高各种燃烧剂的热能和燃烧时间。

(陈宏达)

huaxue paodan

化学炮弹 (chemical shell) 装有毒剂的炮弹。通常由弹体、毒剂、炸药、爆管、引信等组成。使用时,借助于炸药的爆炸能量将弹体炸开,使毒剂分散成蒸气、气溶胶、液滴等状态,造成空气及地面染毒,以杀伤对方有生力量,迟滞对方战斗行动。

为有效地发挥炮弹内毒剂的杀伤效能,对毒剂分散技术有严格要求。毒剂的性质不同,战斗状态和中毒途径的要求不一,弹内炸药与毒剂量的比值和结构特点也随着改变。按弹爆后毒剂呈现的状态,可分为:①毒剂呈蒸气状态的炮弹。弹内装光气类型或氢氰酸类型的毒剂。通常采用瞬时触发爆炸方式。弹爆后,毒剂飞散,很快地蒸发成蒸气,造成空气染毒。②毒剂呈气溶胶状态的炮弹。弹内装沙林类型或芥子气类型的毒剂。爆管延伸到弹腔底部,使用瞬时触发爆炸方式。弹爆后,毒剂被分散,一部分被雾化成气溶胶,

形成毒剂初生云团,造成空气染毒;另一部分以细小液滴状散落在弹坑周围,蒸发后形成毒剂再生云团。这类炮弹还有破片杀伤作用。③毒剂呈液滴状态的炮弹。弹内装维埃克斯类型、芥子气类型或胶粘类型的毒剂。通常采用瞬时触发和低空爆炸方式。弹爆后,小部分毒剂被分散成气溶胶状,形成毒剂初生云团,造成空气染毒;大部分毒剂被分散成液滴状,使地面、物体表面和暴露人员染毒。这类炮弹也有一定的破片杀伤作用。有的国家的军队还装备有二元化学炮弹,弹内装填的是可以生成毒剂的两种或两种以上无毒或低毒化学物质,即毒剂前体。装有刺激剂的炮弹,亦称化学炮弹,弹爆后,刺激剂呈气溶胶状态。(马秉华)

huojian zengchengdan

火箭增程弹 (rocket assisted projectile) 弹丸尾部装有火箭发动机,用以增加弹丸射程的炮弹。火箭增程弹通常由战斗部、火箭发动机、稳定装置和发射装药组成。发射时弹丸在膛内受力情况、运动规律和普通炮弹的弹丸相同。在发射的同时,火箭发动机延期点火装置开始工作,当弹丸飞离炮口一定距离,点燃火箭推进剂,火箭发动机开始提供推力,使火箭增程弹在已有飞行速度的基础上增大速度,从而增大射程。

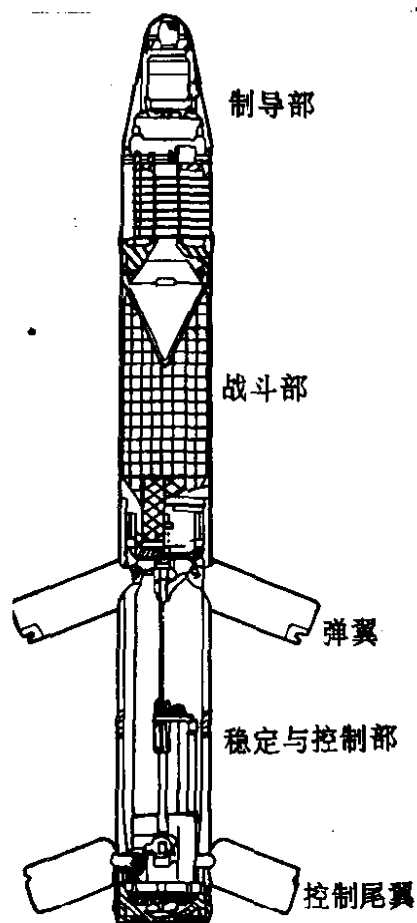
根据稳定方式,火箭增程弹分为旋转式和尾翼式两种。旋转稳定的火箭增程弹,因受稳定性要求的限制,全弹较短,增程幅度较小。尾翼稳定的增程幅度较大。火箭增程弹的增程率为 25~100%。采用火箭增程是提高射程的重要途径之一,不少国家的榴弹炮、迫击炮都配有火箭增程弹。火箭增程弹结构比较复杂,生产成本较高,发动机占用了战斗部的容积,炸药装药量相应减少,威力降低,射击密集度比普通炮弹差,发展受到限制。用火箭筒或无坐力炮发射的火箭增程弹,武器系统轻便、灵活,适于单兵作战,如中国 1978 年式 82 毫米无坐力炮,炮弹初速 252 米/秒,出炮口一段距离后靠火箭发动机的推力使飞行速度逐步增至 460 米/秒,直

射距离可达 500 米,弹重 4.35 千克,这类火箭增程弹已得到广泛应用,是步兵反坦克的重要手段。(韩树楷)

moduan zhidao paodan

末段制导炮弹 (cannon launched guided projectile) 利用炮弹的自身制导装置,在外弹道末段将弹丸导向目标的炮弹。主要配用于榴弹炮,迫击炮和火箭炮等。它是一种打击点目标的精确制导弹药。主要用于从远距离毁伤坦克、车辆、舰艇等活动装甲目标。

末段制导炮弹与普通炮弹发射方法相同,它与普通炮弹的主要差别是弹丸上装有制导系统与控制系统。与战术导弹比较,只是在末段弹道上制导,它具有与战术导弹相同的射击精度,而且比战术导弹的结构简单、成本低。



“铜斑蛇”末段制导炮弹主要组成部分的展示图

末段制导炮弹一般由制导部、战斗部、控制与稳定部组成。制导部装于弹头内,包括寻的器、电子组件和微处理器等。战斗部位于弹的中部,装有空心装药与引信。稳定与控制部在弹的尾部,包括由控制驱动器、电源、控制尾翼组成的控制系统,以及稳定弹翼等。弹丸在末段弹道上,寻的器探测并获得目标信息,所得的信号经电子线路和微处理器的变换、处理、识别和选择目标,获得目标的坐标,并形成控制量,再传给控制系统,由驱动器带动控制尾翼,修正弹道,使弹丸命中所预选的目标。

最早的末段制导炮弹是美国在 1972 年开始研制的用 155 毫米榴弹

炮发射的“铜斑蛇”炮弹(见图),1982年开始装备部队,弹长137.2厘米,弹重63.5千克,炸药重6.4千克,射程4~16千米。“铜斑蛇”采用半主动寻的制导方式,由前沿观察所、直升飞机或无人驾驶飞机上的目标指示器用激光束照射目标,弹上的寻的器接收目标的反射信号,实施制导。20世纪80年代有多种末段制导炮弹处在研制阶段,寻的器将采用主动或被动制导方式,毫米波雷达、毫米波与红外寻的传感器和高性能微处理器,可望在弹上应用,将促进末段制导炮弹实现自动寻的的要求,末段制导技术的应用范围也将更为广泛。

(杨保民)

fayandan

发烟弹 (smoke projectile) 装有发烟剂的航空炸弹、火箭弹、炮弹、手榴弹和枪榴弹的通称。亦称烟幕弹。用以生成烟幕,迷盲和干扰对方的观察、射击和指示目标。发烟弹通常由弹体、发烟剂、爆管、炸药(或抛射药)和引信等构成。按成烟原理分爆炸型和升华型。爆炸型发烟弹弹体内装填黄磷或易挥发的液体发烟剂。装有黄磷的发烟弹爆炸时,爆管将弹体炸裂,黄磷被分散到大气中与氧燃烧生成五氧化二磷形成烟幕。装有液体发烟剂(如三氧化硫)的发烟弹,则在爆炸瞬间发烟剂从弹体内飞散出来,吸收大气中的水分形成烟幕。升华型发烟弹弹体内装有粗蒽、六氯乙烷或有色发烟剂,在投放时装药被擦火棒、导火索或引信点燃,从出烟孔喷出而成烟幕。有的弹体含有数个发烟罐,如发烟航空炸弹、发烟火箭弹和发烟炮弹,投放时用定时引信同时点燃抛射药和发烟罐,抛射药产生的气体将底塞和发烟罐推出,发烟罐产生烟幕。

(蒋士练)

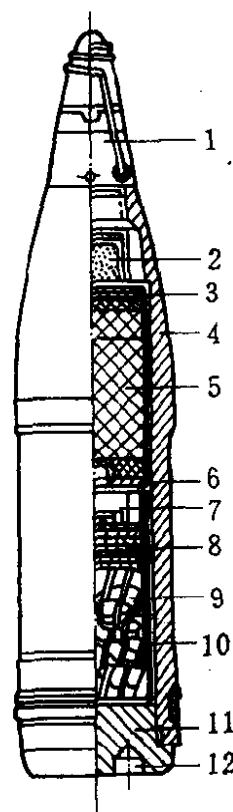
zhaomingdan

照明弹 (illuminating projectile) 弹丸内装照明剂,利用其在夜间点燃后发出的强光来观察目标和射击效果的炮弹。广泛用于作战时照明敌方的一定区域,借以观察敌情和射击效果,也可对

敌方夜视器材实施干扰。

照明弹一般由引信、弹体、底螺、吊伞照明炬系统和抛射系统等组成(见图)。吊伞照明炬系统包括照明炬、吊伞系统和伞炬连接轴承装置。支撑瓦可承受发射惯性力和抛射压力,保护吊伞系统不受挤压和损坏。等分圆环除能支撑照明炬承受压力之外,还可遮挡抛射火药气体进入伞室。时间引信在弹道上的预定时间发火,并点燃抛射药,经推板上的传火孔点燃照明炬内的引燃药。抛射药产生的气体直接作用于推板,并推动照明炬、等分圆环和支撑瓦等压向底螺端面,剪断连接螺纹后,弹体内各件从弹后依次抛出,并与吊伞照明炬系统分离。吊伞张开后,照明炬便悬吊于空中稳定缓降,照明剂被引燃药点燃、发光、实施照明。照明剂主要由金属可燃物(常用镁粉)、氧化剂(白光照明剂用硝酸钡,黄光照明剂用硝酸钠)和少量粘结剂组成。

照明性能主要受照明剂、弹丸口径、结构和运动条件的影响。照明弹的发光强度为 20~200 万坎德拉,照明时间为 20~140 秒,伞炬系统的平均下降速度约 2~10 米/秒。(翁佩英)



中国 1954 年式榴
弹炮用照明弹结
构图

- 1. 引信 2. 抛射药 3. 推板合件
- 4. 弹体 5. 照明炬 6. 等分圆环
- 7. 伞炬连接轴承装置 8. 钢丝绳
- 9. 吊伞 10. 支撑瓦 11. 底螺
- 12. 偏转孔

xuanchuandan

宣传弹 (leaflet projectile) 用于抛撒宣传品的炮弹。主要配用于中、大口径火炮。宣传弹由弹体、底螺、抛射药、推板、支撑瓦、宣传品、隔板和时间引信等组成(见图)。宣传弹飞到预定地区上空一定高度时,时间引信点燃抛射药,其燃气压力通过推板、支

承瓦、隔板等零件传给底螺,剪断螺纹,将弹体内的宣传品和相应零件抛出。由于空气阻力和离心惯性力的作用,诸零件迅速飞离弹道,宣传品则被散开。

宣传品一般以一定尺寸的纸片卷成管状,在阵地装入弹体内备用。宣传品散布面积受飞行速度、抛撒高度和气象条件的影响。

(欧阳楚萍)

dianshi zhenchadan

电视侦察弹 (artillery launched TV)

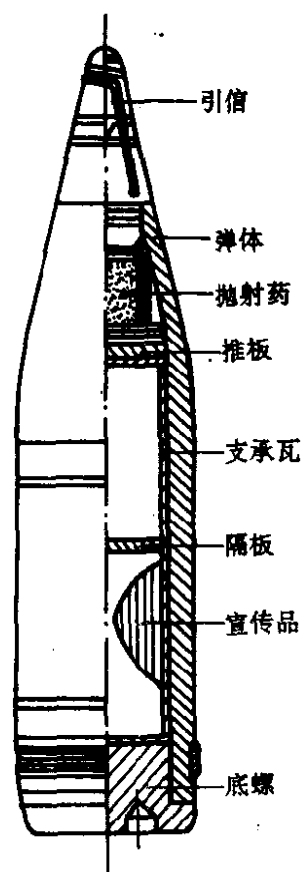
装有电视摄像和发送装置的特种炮弹。通过拍摄图像对战地进行侦察、监视和观测。电视侦察弹由弹体、抛射系统、电源、摄像和发射系统、发射天线等部分组成。摄像和发射系统包括透镜、CCD 阵列、逻辑电路和驱动电路等。一般还有自毁装置。电视侦察弹与

地面装置(包括接收机、接收天线、视频磁带记录仪和 TV 监视器)组成电视传输系统。

为了控制被抛出弹内装置的落速和转速,电视侦察弹到达预定上空时需经二次抛射,由抛射系统将摄像机、发射机和天线抛出,由降落伞悬挂摄像机等徐徐降落,摄下对方阵地图像,图像通过 CCD 阵列将光信号变成电信号,经视频放大送入发射机,然后由天线发出。由阵地的地面装置接收信号后,通过接收机解调为视频信号,再送入 TV 监视器和磁带记录仪,从而获得对方阵地和军事行动的直观图像。

美国陆军地面战争实验室曾将“炮射 CCD 电视”作为一个研究项目。20 世纪 70 年代研制出电视侦察弹。80 年代中期电视侦察弹已装备部队。

(姚国彬)



中国 122 毫米榴弹炮宣传弹结构图

zhanchang jianshidan

战场监视弹 (battle field monitoring shell) 装有传感器用于远距离监测战场情况的特种炮弹。战场监视弹内一般装有地震—音响分类器、发射系统等。用于分辨轮式车辆、履带车辆和人员等目标。战场监视弹与监测接受系统组成战场监测系统。当战场监视弹发射到对方某一地域,弹丸一般要直立于地表面,地震—音响分类器将传感器感受的被测参量变成电讯号,经调制后通过发射系统发射出去,监测接受系统对接收到的信号进行解调和分路解调、记录、处理和显示,从而获得对方军事行动信息。

20 世纪 60 年代后期,美军研制伦姆斯(REMS),即遥测传感器,是第一代地面自动传感器。1971 年美陆军研制伦巴斯(REMBASS),即远距离监视战场传感系统,80 年代初装备部队。研制全天候的能用于各种环境、各种情况并能长时间执行监测任务的和能识别目标图像的战场监视弹,是战场监视弹的发展方向。

(姚国彬)

ganraodan

干扰弹 (window projectile) 能释放干扰物或产生干扰源的炮弹(火箭弹)。利用某些干扰物、小型干扰机,反射、吸收或产生电磁波的特性,完成对雷达、无线电通信、制导武器等电子设备进行干扰,使之失效。干扰弹用火炮、火箭炮发射,也可用飞机、舰艇、战斗车辆的专用发射装置发射。

干扰弹一般由引信、弹体、干扰物或小型干扰机、开舱机构和抛射系统等组成。干扰物包括箔条、悬浮微粒、产生红外辐射的物质等。开舱机构和抛射系统主要由各种功能的火工品(雷管、延期管、抛射药盒或药包等)及其相应的机构组成。

干扰弹被发射到预定区域时引信发火,弹头开舱,抛射系统将干扰物分一次或多次抛撒于空中,当抛出干扰物为箔条时,可在短期内形成箔条云团,多发连射也可构成大面积的干扰屏幕或干扰

走廊,也可形成假目标,实现对雷达及雷达制导武器的干扰。当抛出的干扰物为悬浮微粒时,可形成遮蔽能力很强的烟雾状气悬体,干扰激光或可见光制导武器。当抛出的干扰物为红外辐射物时,可干扰红外制导武器。装有小型干扰机的干扰弹,其抛射系统按要求将带有降落伞的小型干扰机抛出,短时间内悬挂于空中或置于地面,实现对各种无线电通信设备和雷达的主动式电子干扰。

(贾孟义)

fuzhudan

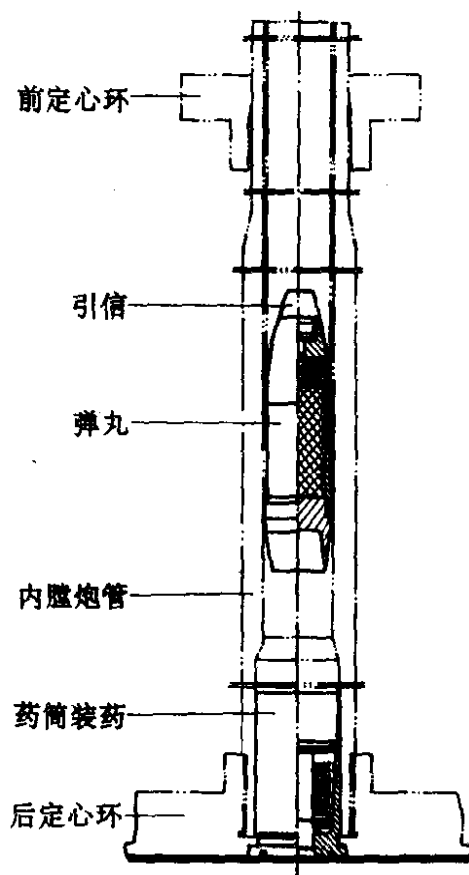
辅助弹 (auxiliary cartridge) 用于部队训练、教学和靶场试验等非战斗使用的炮弹。通常在弹体内装惰性物质或无装填物,有些射击用的辅助弹内装少量烟火药或炸药,零部件可全部或局部多次使用。还有些辅助弹的质量、外形、结构和装填物可全部或局部模拟实弹。

训练弹 供炮手进行射击训练和部队演习用的炮弹。供部队演习射击的训练弹,一般由实弹改装而成,采用实弹弹体和引信,弹体内装填钝感物质和少量黑火药或发烟剂,用以模拟实弹终点的光、烟和声效应,射击操作的全过程都与实弹相同。模拟射击的训练弹,也可用与实弹外形相似的缩小比例的模拟弹。例如中国 37 毫米模拟训练弹(见图),可用于 130、152 毫米等不同口径的火炮内衬 37 毫米内膛炮管发射。可减小火炮身管内膛的磨损,达到多次装填模拟操作训练的目的。模拟射击的训练弹还有空包弹。空包弹无弹丸,通常由药筒、空包装药、塞子和底火组成。由于实弹训练受场地、气候、费用等限制,加之武器装备的更新加快,使用训练弹代替实弹训练已得到各国的重视。

教练弹 供教学示范、训练、操作的惰性炮弹。它由相应实弹的零件或模拟零件组成。弹体可用金属或木料制成,弹体内装惰性物质,发射药用惰性物质代替,引信为假引信。为便于了解弹体的构造及各部分的相互作用原理,弹体及各部件均可制成各种剖面体或透明体。

试验弹 供武器研究、生产、靶场鉴定等试验专用弹。有装甲试验弹、混凝土试验弹、火炮试验弹和弹道试验弹等。前两种试验弹分别为试验装甲和射击混凝土工事用的，其碰击作用分别与穿甲弹和混凝土破坏弹碰击作用相仿，弹体结构和强度与实弹一致，不装炸药。火炮试验弹是供火炮制造或修理之后，用射击来检验火炮的强度和性能的炮弹。弹道试验弹是用来研究火炮结构和强度、发射装药结构和内、外弹道性能的炮弹。其质量、弹尾部和导引部大小和形状均与实弹一致。

(欧阳楚萍)



中国 37 毫米模拟训练弹待发

状态示意图

yaotong

药筒 (cartridge case) 盛装

发射药，连接炮弹零、部件的壳体。在炮弹中称药筒，便于炮弹装填，在膛内定位，提高射速，保护发射药不受潮湿，发射时密闭火药燃气。在枪弹中称弹壳。

分类 按材质分为金属药筒和非金属药筒。金属药筒所用的材料有黄铜、钢和铝等；非金属药筒包括可燃药筒、可消失药筒和塑料药筒等。按装填方式分为定装式药筒和分装式药筒。按炮种分为一般火炮用药筒和无坐力炮用药筒。按药筒结构分为整体药筒和装配药筒。

结构 药筒通常分筒口、斜肩、筒体和筒底 4 部分(图 1)。筒口壁厚较薄，机械强度低，在火药燃气压力作用下容易贴膛，以密闭火药燃气。口部一般为圆筒形，对定装式药筒主要用于连接弹丸。药筒口部端面 and 导带后端面配合，控制弹丸伸进药筒的长

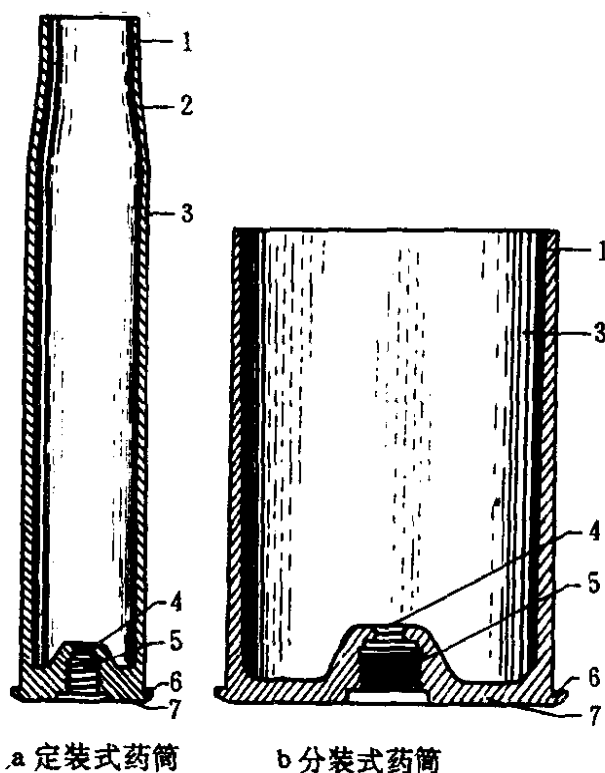


图1 定装式和分装式药筒

1. 筒口 2. 斜肩 3. 筒体 4. 传火孔
5. 底火室 6. 底缘 7. 筒底

度。斜肩是筒口至筒体的过渡部位，有的在膛内起定位作用，分装式药筒无明显的斜肩。筒体用于盛装发射药及辅助元件，是药筒的主体部分，外形是截锥形，锥度直接影响装填和抽筒的性能。有的靠筒体部环形凸起定位。筒底部分由筒底、底缘、底火室等组成，有的靠筒体底缘定位。筒底厚度有一定强度要求，保证射击强度和开闭顺利。

作用原理 炮弹发射

前，药筒与火炮药室之间存在的初始间隙，是根据药筒

材料、结构和武器性能来设计的。当击发后，随着火药燃气压力上升，药筒产生弹性、塑性变形，消除初始间隙，使药筒与火炮药室壁贴紧，起到密闭火药燃气的作用，然后与药室壁一起变形。当达到最大膛压时，变形也达到最大，在膛压下降时，药筒和药室一起弹性恢复，最后药筒与药室形成最终间隙，以顺利退壳。黄铜材料的弹性模量较小，做成的药筒闭气性较好，卸压后弹性恢复量较大，有利于形成最终间隙。因此黄铜被广泛用来制造各种炮弹的药筒；但经济性差，存在应力腐蚀破裂倾向，长期贮存其口部易发生自裂现象。现多用优质低碳钢代替黄铜制造药筒。

无坐力炮弹的药筒(图 2)，筒体上制有排气孔，发射时火药燃气从孔中泄出，再从火炮喷孔中向后喷出，以消除后坐力。

可燃药筒是用可燃材料制成的药筒，特别适用于坦克和自行火炮，可消除射击后药筒堆积在车内所带来的对乘员操作的不

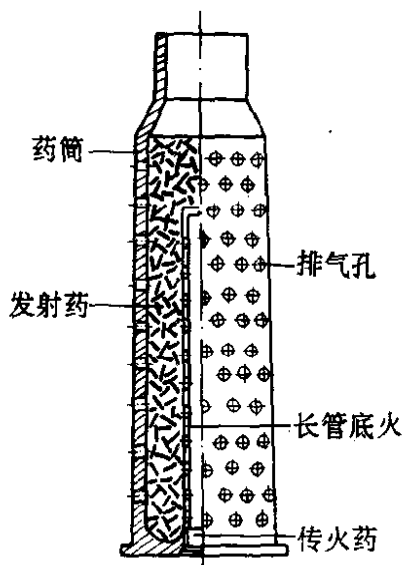


图2 无坐力炮药筒

便。分全可燃、半可燃药筒。半可燃药筒（图3），由金属筒底和可燃的筒体组成，金属筒底可增加强度并密闭火药燃气，筒体一般用硝化纤维等制成，能提供一部分发射能量。可燃药筒减轻了炮弹的消极质量，节省金属材料，简化工艺，制造成本低，原料丰富，是一种有发展前途的药筒。

可消失药筒用容易被火焰穿透的多孔性有机材料制成，在高温、高压火药燃气作用下，经破碎、燃烧、气化等变化

直至消失，不提供推动弹丸运动的能量。

筒史 早期的火器使用的弹药没有药筒，火药和弹丸是从武器口部装填，且粉状的黑火药易吸湿，影响射速和射击效果。16世纪后期，为简化装填并比较准确地控制发射药药量，出现了将发射药和弹丸包在一起的纸壳弹，提高了射速和射击精度。19世纪初期，发明了击发火帽，1812年在法国出现了定装式枪弹，它是将弹头、发射药和纸药筒（装有带底火的金属基底）连成一体，从而简化了装填操作，明显提高射速。19世纪60年代，用黄铜片卷制的金属药筒代替了纸药筒，发射时能更好密闭火药燃气，提高了初速，同时金属药筒能可靠固定底火，并把发射药密闭在药筒内，保证长期贮存和防潮要求。金属药筒的应用，提高了弹药的性能和射速，促进连发自动武器的发展。最初采用黄铜制造药筒，为节省资源，后来采用低碳钢、覆铜钢和铝、塑料等代用材料。药筒对弹药的发展起了积极的作用，但仍是武器系统的消极质量，减轻或利用药

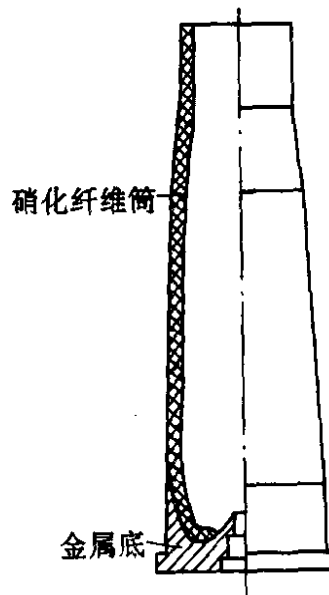


图3 半可燃药筒

筒这部分质量,一直是研究的课题。可燃药筒是 20 世纪 50~60 年代以后发展起来的一种有发展前途的药筒。

(高乃同)

paijipaodan

迫击炮弹 (mortar projectile) 用迫击炮发射的炮弹。其特点是膛压低,初速小,弹道弯曲,落角大,可大射角射击,便于城市巷战和山地作战,有利于毁伤隐蔽物后的人员和装备。

分类 按用途分为主用弹、特种弹和辅助弹。主用弹又可分为杀伤弹、杀伤爆破弹、爆破弹和燃烧弹等。

组成 迫击炮弹一般由弹体、稳定装置、装填物、发射装药和引信等组成。弹体用以盛装炸药或其他装填物,连接引信和稳定装置,其外形通常为流线型,分弹头部、圆柱部(定心部)及弹尾部 3 部分(图 1)。小口径弹体外形一般做成水滴状,以减少空气阻力。弹体材料一般用球墨铸铁、锻钢以及珠光体可锻铸铁等,弹体圆柱部上,有起闭气作用的环形槽。有的迫击炮弹圆柱部较长,称为大容积迫击炮弹,炸药装填量大,威力大,但飞行阻力也大,射程近。稳定装置保证迫击炮弹飞行稳定,有尾翼稳定和旋转稳定两种。多数采用尾翼稳定装置,它由尾管和翼片组成,尾管内放置基本药管,尾管长多为 1~2 倍口径,用螺纹与弹体连结,尾管上有 12~24 个传火孔,翼片多由薄钢板冲压而成,一般有 8~12 片,点焊在尾管上,有的国家采用铸造的方法,翼片和尾管用铝合金一次压铸而成。翼片下缘有一凸起部,其直径与定心部直径相同,它与弹体的定心部共同构成导引部,保证迫击炮弹在膛内正确运动。旋转稳定的迫击炮弹弹体上装有可胀弹带,用线膛迫击炮发射。发射装药,由基本药管和附加药包组成,基本药管置于尾管内,由发射药、点火药、底火和纸质管壳等组成。附加药包置于尾管周围,对准传火孔。基本药管既是迫击炮弹的最小号装药,又是附加药包的点火具,采用这样的装药结构可以保证迫击炮弹发射药正常燃烧,使内弹道性能稳定。主用弹装填物,通

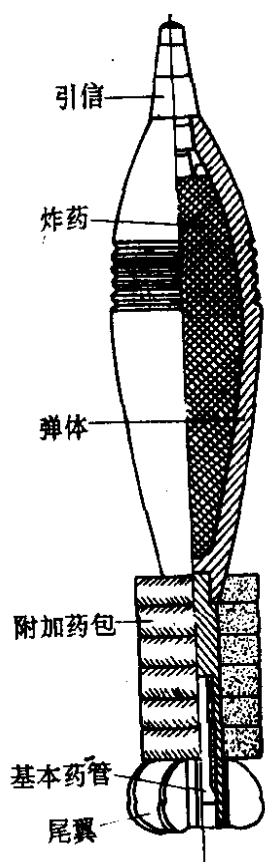


图1 中国1964年式

120毫米迫击炮弹 在火药燃气压力作用下胀开,贴紧炮膛或嵌入膛线,能更有效地密闭火药燃气,提高初速,减少散布。大口径迫击炮弹一般从炮尾装填,利用炮尾击发装置点火。

简史 早在16世纪,欧洲人已经使用迫击炮发射石弹,靠它弯曲的弹道特点,飞越城墙攻击对方。到20世纪初,日本、德国、俄国等国也都先后使用迫击炮弹,在第一次世界大战中由于堑壕战的发展,交战各国开始重视迫击炮的发展和使用,1947年法国制成的斯托克斯—布兰特81毫米迫击炮使用尾翼稳定的水滴状迫击炮弹。第二次世界大战中迫击炮的使用更加广泛,使用的迫击炮弹,口径从50毫米增大到160毫米。20世纪50年代初,苏联制造了口径为240毫米迫击炮弹。20世纪40~50年代中国在抗日战争和解放战争期间,利用迫击炮弹在近距离带送炸药包取得较大战果,还采用了60、82毫米长弹和榴弹的结构形式(图2),其共

常采用梯恩梯、梯黑混合炸药,以及铵梯混合炸药等。迫击炮弹引信一般采用机械触发引信,有的迫击炮弹也配用近炸引信。

作用原理 中、小迫击炮弹一般从炮口装填,在重力作用下沿炮膛下滑,以一定速度撞击底部的击针,使底火发火,点燃基本药管内的发射药。“迫击”两字即源于此。迫击炮弹的定心部与炮膛之间有一定的间隙,便于弹在膛内下滑时排出膛内气体,使弹丸有比较大的下滑速度,以保证底火正常发火和满足发射速度的要求。射击时为了密闭火药燃气,在定心部上车制数个截面为梯形或三角形的环形沟槽,当膛内火药燃气沿间隙流经环形槽时,由于膨胀,而形成涡流,速度减慢,从而减少火药燃气的外泄。某些迫击炮弹在定心部下方装有闭气环或可胀

弹带,嵌在弹体环形槽内,不超过弹径,发射时

同特点是弹径大于火炮口径,弹丸露于炮口外,以提高小口径迫击炮弹的爆炸威力。日本 50 毫米掷弹筒、美国 106 毫米线膛迫击炮装备了没有尾翼,靠旋转稳定的迫击炮弹,弹丸由炮口装填,滑至膛底击发以后,在火药燃气压力作用下,可胀弹带向外涨开嵌入膛线,使弹丸旋转,稳定飞行。

20 世纪 80 年代以来,迫击炮弹采用近炸引信,利用空炸来提高杀伤效果。改善弹形减小飞行阻力,提高初速,增大射程;采用闭气装置来提高射程和射击密集度。利用迫击炮弹弹道弯曲的特点,应用末端敏感和制导技术以及子母弹技术,发展迫击炮发射的反坦克弹药,有可能解决从地面有效地攻击坦克顶部装甲的难题。

(高森烈)

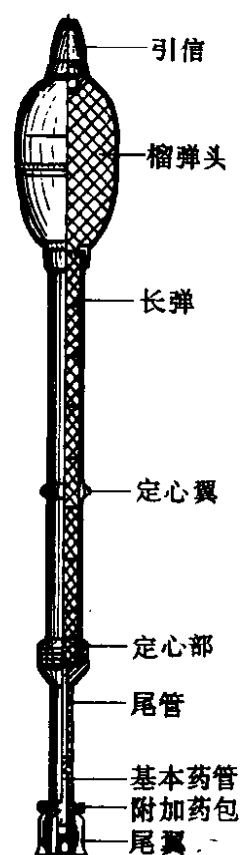


图 2 82 毫米迫

huojiandan

火箭弹 (rocket missile) 靠火箭发动机推进的非制导弹药。由于其自身带有动力装置,发射装置受力小,可多管(轨)联装齐射,与同口径火炮相比火力猛、威力大。通常用于杀伤和压制敌方有生力量,破坏敌方工事及武器装备。

分类 按战斗部类型分:主用弹有杀伤、爆破、杀伤爆破、破甲、碎甲、化学、燃烧和各种杀伤破甲、布雷、扫雷、子母火箭弹等;特种弹有发烟、照明、干扰、宣传火箭弹等;辅助弹有训练、教练、试验火箭弹等。按稳定方式分为尾翼式和涡轮式火箭弹(图 1、2)。按作战使用和所配属兵种分为地面炮兵(野战)火箭弹、单兵反坦克火箭弹、航空火箭弹、海军火箭弹等。

组成 火箭弹由战斗部、火箭发动机和稳定装置组成。战斗部是对目标起毁伤作用的部件。毁伤作用要求不同,其结构也不同。各种火箭弹战斗部的结构、装药和对目标的作用效果基本与相应的各种炮弹弹丸相同。与火炮弹丸相比,火箭弹发射时战斗部所受

惯性力较小,壳体强度要求较低。火箭发动机是火箭弹飞行的动力装置。由燃烧室、喷管、挡药板、推进剂、点火装置等组成。燃烧室是盛装推进剂的容器,呈圆筒形,由碳钢、合金钢、铝合金或玻璃钢制成。推进剂是发动机产生推力的能源,常用双基推进剂、改性双基推进剂或复合推进剂,加工成单孔管状或内孔呈星形的药柱。改变推进剂尺寸、形状及包覆状况,可使燃烧室压力及发动机推力按预定规律变化。喷管是燃气的喷口,它控制燃气流的喷出方向和燃烧室内的压力。其内腔横截面积先由大变小(称为收敛段),又由小变大(称为扩张段),通道横截面积最小处称为喷喉。挡药板是钢或玻璃钢制的有通气孔的支架,其作用主要是限制推进剂沿弹轴方向移动,在发动机工作期间既要保证燃气流动通畅,又要防止药柱从喷管喷出或堵塞喷喉。点火装置由点火线路、点火药、药盒、发火管等组成,其作用是提供适当的点火能量,使推进剂全面瞬时点燃。稳定装置用以保证火箭弹飞行稳定。涡轮式火箭弹靠弹体绕弹轴高速旋转所产生的陀螺效应来保证飞行稳定,使弹体旋转的力矩由燃气从与弹轴有一定切向倾角的诸喷孔喷出所形成。尾翼式火箭弹靠尾翼装置,使空气动力合力的作用点(压力中心)位于全弹质心之后,形成足够大的稳定力矩来保证飞行稳定。

作用原理 火箭弹发射时,点火系统工作,点燃推进剂,在燃

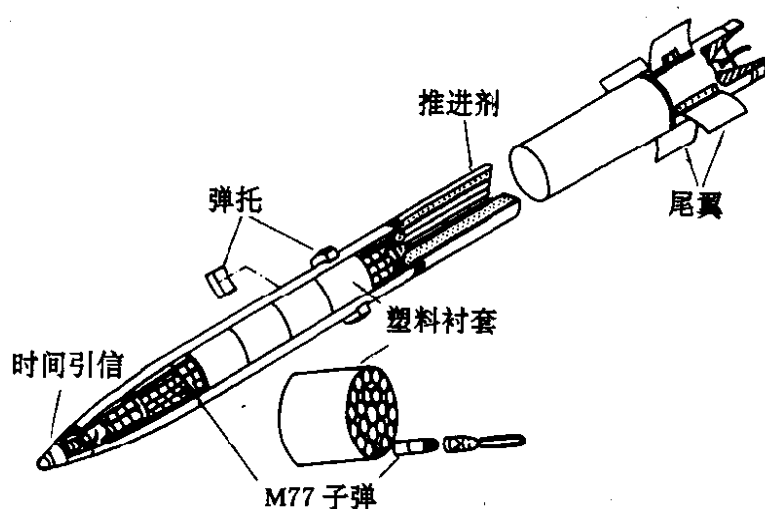


图1 M270尾翼式火箭结构图

烧室内生成大量的燃气,经喷管以超音速的速度向外喷出,产生直接反作用力(即推力),使火箭弹开始运动并加速飞行。发动机工作结束时火箭弹达到最大飞行速度,以后靠惯性飞

行,到达目标区后,引信按预先的装定适时起爆战斗部,发挥战斗作用。在火箭弹飞行弹道上,发动机工作阶段称为主动段,发动机工作结束后称为被动段。一般野战火箭弹在飞离发射装置时,速度较低,抗干扰能力较差。由于阵风的影响、飞离发射装置时起始扰动和火箭弹的推力偏心等因素,造成弹着点散布较大,不适于对点目标射击。单兵使用的反坦克火箭弹,在飞离发射筒之前发动机工作已结束,不存在推力偏心对散布的影响,因而散布较小,适于对点目标射击。

简史 火箭是中国发明的。南宋绍兴 31 年(1161)宋、金采石之战使用的“霹雳砲”就是初期的火箭弹。1232 年开封之战,守城军队大量使用了火箭弹。明朝名将戚继光(1528~1587)著的《练兵实纪》一书中纪录有当时火箭的制造和使用方法。19 世纪初,英国人 W. 康格里夫制成了射程为 2.5 公里的火箭弹。20 世纪 20~40 年代苏、德、美等国都研制了不同类型的火箭武器,同时还研制出航空火箭弹和高射火箭弹。

第二次世界大战后,各国在发展远程导弹的同时,也改进和发展了火箭弹。苏联研制的有 M-14、M-21、M-27 等型号的火箭弹以及“夫劳克”火箭族。中国在 1963 年装备了 107 毫米和 130 毫米涡轮式火箭弹。联邦德国 1969 年装备了 110 毫米火箭弹。1983 年美国装备了 M270 火箭武器系统(MLRS),该系统的火箭弹有三种不同战斗部(M-77 式杀伤破甲子弹、AT-2 破甲雷、末制导反坦克子弹),都采用了子母弹结构,提高了反集群装甲目标的能力。

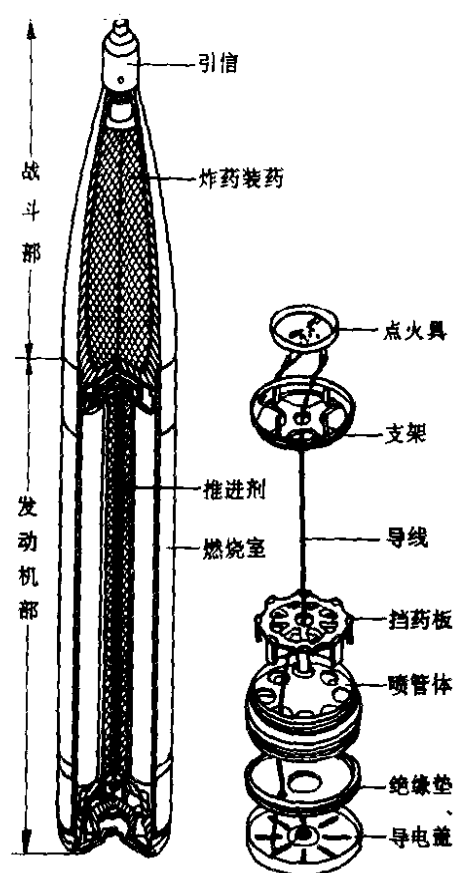


图 2 涡轮式火箭弹结构图

火箭弹的发展趋势将是继续减小推力偏心和各种干扰因素,提高射击密集度;配用多用途战斗部,采用性能更好的燃烧室材料和高能推进剂,进一步提高火箭弹的射程与威力。

(韩树楷)

hangkong zhadan

航空炸弹 (Aerial bomb) 由飞机或其他航空器投掷的无航行动力的爆炸性弹药。是轰炸机和歼击轰炸机的重要武器。

组成 航空炸弹一般由弹体、装药、弹耳、引信等组成。炸弹用弹耳挂在飞机上,从飞机上投下后,靠尾翼使炸弹稳定降落,在预定条件下(地面、地下或离地一定高度上),由引信引爆炸弹装药爆炸,依靠爆炸时产生的冲击波、弹体碎片和高温等效应来破坏目标或完成其他专门任务。航空炸弹的外形一般由卵圆形弹头、圆筒形弹身、圆锥形弹尾和箭羽式尾翼构成。这种外形装药较多、制造方便且具有较好的弹道性能。用于机内挂弹的炸弹,为了增大挂弹数量,弹形比较粗短,炸弹的长径比约为4~5,因而阻力较大;而用于高速飞机外挂的炸弹,为了减少空气阻力,弹体比较细长,炸弹长径比大于7,这种炸弹又称低阻型炸弹。当把低阻型炸弹的普通尾翼更换为减速尾翼时,就成为适用于低空高速度轰炸用的减速型炸弹。如在低阻型炸弹上加装激光或电视导引头和滑翔、控制部件,就成为制导炸弹。

分类 航空炸弹有多种分类方法:按外形大小和重量分为小型炸弹(50千克以下)、中型炸弹(一般100~500千克)和大型炸弹(1000千克以上);按空气动力特性分为高阻型炸弹、低阻型炸弹和减速型炸弹;按有无制导装置分为制导炸弹与非制导炸弹;按装药分为装普通炸药和烟火药的常规炸弹和装特殊装药的非常规炸弹(如化学弹、生物弹、核炸弹);按战术使用分为主要用途炸弹和辅助用途炸弹。主要用途炸弹有爆炸弹、杀伤弹、杀伤爆破弹、燃烧弹、爆破燃烧弹、穿甲弹、反坦克弹、反潜艇弹、反跑道弹、油气弹、子母弹、化学弹、生物弹和各种核炸弹。辅助用途的炸弹有照明

弹、照相闪光弹、烟幕弹、标志弹、模拟弹和教练弹等。

简史 1849年奥地利军队曾尝试过用热气球向威尼斯城投放小型炸弹。1911~1912年的意大利与土耳其战争中,意军首次从飞机上投下炸弹。第一次世界大战爆发后,随着空中轰炸的广泛采用和轰炸机的出现,航空炸弹得到了发展。各交战国都使用了专门设计的航空炸弹,有了爆破、杀伤、燃烧3种类型,后期还生产出重达454千克(1000磅)的炸弹。由于飞机载弹能力有限,直到30年代末,实际使用的炸弹大都不超过227千克(500磅)。第二次世界大战期间,轰炸机的战术、技术性能有很大改进,轰炸活动的规模达到空前的程度。航空炸弹的重量迅速增大,英国制成并使用了重达10000千克(22000磅)的爆破弹(又称“地震”炸弹);种类也不断增加,出现许多新型炸弹,如穿甲弹、反坦克弹、凝固汽油燃烧弹、照明弹,以及为夜间空中照相提供光源的照相闪光弹等。大战后期,美国制成并使用制导炸弹,1945年8月6日美国在日本广岛投下了第一颗原子弹。20世纪50年代以后,为了适应高速飞机外挂弹和低空投弹的需要,设计出气动外形好的低阻型炸弹,研制出炸弹投下后能迅速减速的减速型炸弹;为了提高轰炸效果,制成激光和电视制导炸弹,发展多种航空子母弹。出现了反跑道弹、油气弹等新型炸弹;1952年11月,美国第一次进行氢弹试验,以后又第一次进行中子弹试验,核炸弹继续在发展。尽管近年来导弹有很大的发展,由于航空炸弹的成本较低,易于存放,破坏力强,性能又不断得到改进,因而仍然是作战飞机对地攻击的主要武器,使用量也越来越大。第二次世界大战中各交战国共投弹500多万吨,而美国在1965~1973年间的越南战争中所投放的炸弹就达到700多万吨。

展望 航空炸弹的发展趋势主要是:①改善航空炸弹气动性能,减少载机阻力,提高装药爆炸威力,增大炸弹破坏效能。②发展精确制导技术,制造模块式结构的制导炸弹。通过制导模件、战斗部模件和气动控制面模件的不同组合,使制导炸弹具有在昼夜各

种气象条件下,对多种目标实施高、低空轰炸的能力。③研制新型的面杀伤武器。发展散布面能控制的航空子母弹和带有终端制导、甚至是有探测和计算功能(也称“智能型”)的子炸弹(反坦克弹、反跑道弹和小型杀伤弹);试制威力更大,效能更好的油气弹。④采用航空子母弹加装惯导系统和滑翔部件,甚至再装上小型动力装置,发展防空火力圈外投放的航空子母弹。航空炸弹的这些发展,将使其战术、技术性能大幅度提高,与战术导弹难以区分,并可能使常规航空炸弹代替某些战术核武器。

(张光宗)

yulei

鱼雷 (torpedo) 由携载平台发射入水,能自航、自控、自导或复合制导,以摧毁目标的水中武器。装备于舰艇、飞机及岸基发射台,用于攻击潜艇、水面舰船及其他水中目标。还可作为反潜导弹和自导水雷的主体。现代鱼雷具有隐蔽性好、命中率高和摧毁力强等特点,是海军的主要攻击武器之一。

分类 按携载平台和攻击对象,可分为反舰(舰舰、潜舰、空舰及岸舰)鱼雷和反潜(舰潜、潜潜、空潜)鱼雷。按雷体直径,可分为大型(533~550毫米)鱼雷、中型(400~482毫米)鱼雷和小型(254~324毫米)鱼雷。按制导方式,可分为自控(程序控制)鱼雷、自导鱼雷和线导加自导(复合制导)鱼雷(简称线导鱼雷)。按推进动力可分为:冷动力(压缩空气)鱼雷,亦称冷机鱼雷;热动力(蒸气、燃气、燃气和蒸气、喷气)鱼雷,亦称热机鱼雷;电动力鱼雷,即电机鱼雷,简称电动鱼雷或电鱼雷。还有火箭助飞鱼雷,系反潜导弹之一,空中飞行段由火箭运载,入水后以自身动力和制导方式航行。按装药种类,可分为常规装药鱼雷和核装药鱼雷,核装药鱼雷亦称核鱼雷。

性能 现代大型鱼雷,雷体长度一般为5~8米,总重量1000~2000千克;中、小型鱼雷,雷体长度一般为2~3米,总重量120~500千克。航速,电动力鱼雷35~40节;热动力鱼雷一般

几种鱼雷的主要战术技术性能表

国别	型号	用途	雷体直径(毫米)	航速(节)	最大航程(米)	最大航深(米)	制导方式	装药量(千克)	推进动力
美国	MK 48	潜舰对潜舰	533	50~60	46 000	914	线导+主被动声自导	>120	热动力
	MK 45	潜对潜	533	35~40	20 000	200	线导+主被动声自导	10(核装药)	热动力
	MK 46	空舰对潜	324	40~45	11 000	450	主被动声自导	44	热动力
苏联	CA3T 65	潜舰对潜	533	35~42	36 000	40	主被动声自导	300	电动力
英国	MK 24	潜对潜舰	533	36	13 700	450	线导+主被动声自导	125	电动力
意大利	A184	潜舰对潜舰	533	36~38	15 000	450	线导+主被动声自导	238	电动力
法国	F17p	潜舰对潜舰	533	35	20 000	500	线导+主被动声自导	250	电动力
瑞典	TP61	潜舰对潜舰	533	50	30 000	18	线导	250	热动力
联邦德国	SUT	潜舰对潜舰	533	35	30 000	400	线导+主被动声自导	260	电动力
日本	73 式	空舰对潜	324	40	6 000	450	主被动声自导	40	电动力

为 50~60 节,最高达 70 节。航程,一般为 1~3 万米,有的不足 1 万米,最大可达 4.6 万米。航深,一般为几米到百米。最大可达 900 多米。装药量,常规装药一般为高能炸药 120~250 公斤;核装药为 10 千克。水下破坏半径,常规装药一般为 15~20 米;核装药可达

1 600 米。

结构 鱼雷通常由雷头、雷身和雷尾 3 部分构成。

雷头 分为战雷头和操雷头。自导鱼雷雷头顶端装有自导头,多为声自导头,有换能器基阵(兼接收器)和发射机、微型电子计算机、转换器等电子插件。战雷头,装有炸药,现代常规装药鱼雷都装高能炸药;其引信有触发引信或非触发引信,非触发引信可使鱼雷在接近至目标 7~8 米以内爆炸。装有战雷头的鱼雷,称为战雷,具有 100~380 千克的负浮力,可保持在需要深度航行。操雷头,不装药,而装有益于接收、测量、记录和显示等的电子装置和仪表,以获取目标和目标相对运动参数,显示鱼雷航迹和终航时位置;还有防沉和自动上浮装置,便于回收重复使用。装有操雷头的鱼雷,称为操雷,是专供训练和校验使用的鱼雷。

雷身 装有推进动力源、制导系统和控制系统。推进动力源,初期的冷机鱼雷为压缩空气;以后的热机鱼雷装有液体或凝胶状的单组元推进剂;电机鱼雷则装蓄电池。制导系统和控制系统,有自动驾驶仪(航向陀螺、惯性平台和深度压力传感器),线导鱼雷装有导线线团和放线机构。

雷尾 装有发动机、推进器和操纵舵。发动机,冷机鱼雷是靠工质的位能(动能)做功;热机鱼雷装有蒸汽轮机或燃气轮机。推进器,有螺旋桨或导管螺旋桨;喷气鱼雷则无螺旋桨。操纵舵有水平舵和垂直舵或叉形舵。

简史 1866 年,英国人 R. 怀特黑德工程师在阜姆(今南斯拉夫里耶卡)制成第一条自动鱼雷,称为“白头鱼雷”。雷体直径 356 毫米,长 3.53 米,重 136 千克,装炸药 15~18 千克,利用压缩空气驱动活塞发动机带动正反转螺旋桨推进,航速 6 节,航程 640 米。在 1877~1878 年俄土战争中,俄国海军首次使用这种鱼雷击沉土耳其舰船 6 艘。1892 年,还出现过由发射舰艇利用导线输电作动力源的拖线鱼雷。随后,鱼雷装上运用水压原理的定深器,以控制预定的航行深度。1897 年,奥地利人 L. 奥布里使用陀螺仪控制鱼

雷定向直航。1904年,美国布里斯公司的工程师 W. 莱维特发明燃烧室,以热动力发动机代替冷动力发动机,制成热动力蒸汽瓦斯鱼雷,航速增至 35 节,航程达到 2 740 米。至此,鱼雷的发展,实现了由无动力到有动力、无控制到有控制、冷机到热机的三次突变。在第一次世界大战期间,鱼雷航程达 6 500 米,装药量 150 千克。为克服热动力鱼雷航迹显著的弱点,1898 年,德国制成并在潜艇上装备无航迹的电动鱼雷;1943 年,又制成单平面被动声自导鱼雷,用于攻击水面舰船。鱼雷又实现由无自导到有自导的第四次突变。随后,德国又制成线导加被动声自导电动鱼雷“云雀”线导鱼雷,其雷体直径为 533 毫米,长 7.16 米,最大航速 30 节,航程 5 000 米。这是第一代复合制导鱼雷,是鱼雷发展的又一重大进步。在两次世界大战中,鱼雷被广泛使用。第一次世界大战中,鱼雷击沉运输船 1 153 万吨,占被击沉运输船总吨位的 89%;击沉大、中型舰艇 162 艘,占被击沉舰艇总艘数的 49%。第二次世界大战中,击沉运输船 1 445 万吨,占被击沉运输船总吨位的 68%;击沉大、中型舰艇 369 艘,占被击沉舰艇总艘数的 38.5%。20 世纪 50~70 年代,出现双平面主、被动声自导鱼雷。这种鱼雷除可用于攻击水面舰船外,主要用于在水中三维空间攻击大深度潜航潜艇。还研制出火箭助飞鱼雷,如美国的“阿斯洛克”、“沙布洛克”,法国的“马拉丰”等,其中有的是核鱼雷。火箭助飞鱼雷是反潜的有效武器,尤其是反核动力战略导弹潜艇的有效武器。70~80 年代,鱼雷自导装置采用微型电子计算机技术,自导装置具有逻辑功能,可识别真假目标和海底、水面回波,提高了命中率。线导鱼雷有了长足发展,至 20 世纪 80 年代后期,它已占世界各主要海军国家现役鱼雷的 60%以上,其中 80%以上为电动鱼雷,其余为热动力鱼雷。现代鱼雷综合运用流体力学、水声学、电子学、材料力学、化学、计算机技术、火箭技术、核技术和最优控制理论等先进科学技术成果,其战术技术性能正不断向新的高度发展。

发展趋势 主要的发展趋向有:①采用新材料和新工艺。如采

用高强度铝合金、高强度低合金钢和玻璃钢等,制造耐外压强度更高的鱼雷壳体,以适应在更大的航深(如大于1500米)航行。②采用新的推进动力源,发展新型推进动力系统,除已采用液体单组元推进剂,如奥托(OTTO-2)燃料外,还在研究采用高氯酸羟胺/奥托(HAP/OTTO)燃料;将固体火药推进剂,用于喷气鱼雷或喷气涡轮鱼雷。在闭式循环系统鱼雷中,采用双组元推进剂(如氢、氧推进剂)。已有实验在核鱼雷上将核装药和核反应堆合一,航行中利用其热能推动鱼雷前进;在鱼雷接近目标到非触发引信作用距离范围以内时,引爆核装药。采用固体火药推进剂,经过实验可使鱼雷航速达100节。发展更高性能的电池,如锂电池等。③发展新型自导装置。增大声自导装置的探测距离,改善声自导装置克服目标反措、实施再攻击程序的性能。发展水下激光自导、目标尾流自导装置等。④提高线导技术。加大线导距离,改进放线机构,避免导线断开,以保证线导的有效性和可靠性;发展光纤线导技术。⑤提高鱼雷的水下破坏威力。采用单位重量具有更高梯恩梯当量的炸药和改进装药形状及装药工艺;研究更科学的炸药配方,不增加装药量而增大破坏威力。核装药已成为一个重要手段。总之,现代鱼雷将继续朝着提高航速,增大航程,加大航深和自导作用距离,采用新的制导技术,增强识别和捕捉目标的能力,提高命中率和破坏威力,向更高水平“智能武器”的目标发展。

(杨志本)

shuilei

水雷 (sea mine) 布设在水中,当舰船与其碰撞或进入其引信作用范围,或由人工控制而起爆的水中武器。用于毁伤舰船或阻碍其行动,也可破坏桥梁和水工建筑。由水面舰艇、潜艇或飞机布放。隐蔽性好,威胁时间长,布设简便,扫除困难,用途广泛。可构成攻势或防御水雷障碍。完成战略、战役性任务,包括:封锁敌方基地、港口、航道,限制敌方舰船机动自由;破坏敌方海上交通线;掩护己方基地和沿海交通线;保护己方海上工业设施;抗登陆;掩护

陆军濒海侧翼等。

分类 按在水中的状态分,有锚雷、沉底雷和漂雷。按引信类型分,有触发水雷、非触发水雷和控制水雷;按装药量分,有大型水雷、中型水雷和小型水雷;按布雷平台分,有舰布水雷、潜布水雷、空投水雷和通用水雷;按使用方式分,有战用水雷和训练水雷;按特殊性能分,有火箭上浮水雷、自导水雷和自航水雷等。

性能 全长 1~4.6 米,直径 270~1 200 毫米,总重 125~1 700 千克。装药量 20~1 200 千克;少数使用核装药,通常为 0.5~2 万吨梯恩梯当量。布雷水深,沉底雷为数米到 70 米,最大 300 米,锚雷从数米到 1 800 米,火箭上浮水雷最大可达 2 000 米。战斗有效期,从 12 小时到 48 个月。现代水雷,通常装有非触发引信,主要有磁、声、水压引信及其多种形式的组合引信,并采用计算机技术和信息处理技术,使水雷具有记忆、存储、逻辑和鉴别功能。

结构 水雷的基本构成有壳体、装药、引信、起爆装置、辅助仪表、布雷附件和保持设定深度装置等。壳体,通常为球形、半球形、圆柱形或椭球形,由钢铁、铝合金或玻璃钢制成。装药,分常规装药和核装药,常规装药一般采用梯恩梯、黑索今、铝粉加少量钝感剂的混合炸药。引信,分为触发引信、非触发引信和控制引信。触发引信,在舰船直接碰触下动作而引爆水雷,有电液触发引信、惯性触发引信、接电触发引信和触线引信。非触发引信,在目标物理场或目标对主动引信的回波作用下动作而引爆水雷。按诱发所需物理场种类,有磁引信、声引信、水压引信、电引信、重力引信等;按工作原理,有主动引信和被动引信;按工作方式有单一引信、联合引信、组合引信。控制引信有视发控制引信和遥控引信。起爆装置,亦称发火装置,一般由起爆管、传爆管和插柄构成。起爆管,装有电发雷管或击发雷管和起爆药,受引信控制。传爆管,装传爆药,用以扩大起爆能量,使水雷炸药完全爆炸。插柄,是引信电路与起爆装置的连结件。辅助仪表,主要用以保障己方安全和增加敌方扫雷困难,通常有水压保险器、定时灭雷器、定次器和反拆装置。水压保险

几种水雷的主要战术技术性能表

国别	型号	雷种	长度 (米)	直径 (毫米)	总重 (千克)	装药量 (千克)	引信类型	布雷水深 (米)
美国	MK60	自导水雷	3.68 3.50	533	1 184(空 /舰) 1 069 (潜)	43.5	被动声/ 主动超声	762
	MK67	自航水雷	4.09	485	754	148.5	磁、水压、 地震波	70
	CSM	火箭上浮水雷	3.658	533	907	≤100	非触发	150~300
苏联	KCM	非触发 锚雷	—	—	1 300	150	电场引信	700
英国	石 鱼 (stonefish)	沉底雷	A 型:2.43 B 型:1.50	530 530	990 530	600 300	声、磁、水 压组合引 信	反舰 5~90 反潜 200
意大利	MRP	沉底雷	A 型:2.75 B 型: 2.096 C 型:1.65	533	1 070 820 655	880 630 460	磁、低声、 声、水压 组合引信	5~300(水 压引信最 大 60)

器,在水雷入水前切断引信电源,隔开起爆管与传爆管,使水雷处于安全状态;水雷入水后,在水压作用下,经过一定的延时,接通引信电路,使起爆管与传爆管结合,解除保险,水雷进入战斗状态。定时灭雷器,兼有定时和灭雷两种功能:定时器,利用钟表机构、电化学延时或电子计时原理控制电路开关,当到达设定时间,开关闭合,电路接通,使水雷进入战斗状态;灭雷器,工作原理与定时器相同,当到达设定时间,使水雷失效或自毁。定次器,是一个电路开关,由电计数器控制,当舰船或扫雷具通过水雷上方使引信工作到设定次数时,才接通起爆管电路。定时器和定次器的作用是增加敌方扫雷的困难,灭雷器的作用主要是减少己方战后扫雷的麻烦。反拆装置,用于在敌方拆卸水雷时,因断电、振动或压力变化而引爆。

水雷,以保护水雷的秘密。布雷附件,用以保障水雷适应布放装置的特点顺利布放入水,如舰布水雷的雷车、雷掣,潜布水雷的制止套筒、扳机和连接器。保持设定深度装置,有锚雷的定深装置和自动定深漂雷的寻深装置。

水雷的种类不同,其具体结构也不尽相同。

锚雷 有触发锚雷和非触发锚雷。通常由雷体、雷索和雷锚构成。雷体,内装炸药、起爆装置、引信和辅助仪表,具有一定的正浮力。雷索,用以连结雷体和锚。雷锚,内装定深装置。布放前,雷体与雷锚连成一体。入水后,雷体与雷锚分离,雷索自雷索卷盘放出,由定深装置控制,使雷体系留在设定深度上。

沉底雷 装有非触发引信。一般由雷体和引信舱构成,具有较大的负浮力,布设后沉于水底。其中组合引信沉底雷雷体内装起爆装置和炸药,引信舱内装有传感器、信号处理电路、逻辑电路、辅助仪表和电源。组合引信,包括磁、声、水压等3种引信,布雷前,根据作战需要可进行1~3种引信的任意组合,可构成磁、声、磁—水压、磁—声或磁—声—水压组合引信等。当舰艇驶近水雷时,磁、声及水压传感器分别受舰船磁场、声场及水压场的作用,产生相应的信号电流,送入各自的信号电路,经由逻辑电路按预定方案组合,接通爆炸电路,引爆水雷。

漂雷 分非自动定深漂雷和自动定深漂雷。非自动定深漂雷,有水面漂雷和固定定深漂雷,因隐蔽性差,很少使用。自动定深漂雷,浮力接近于零,由寻深装置控制,稳定漂行在定深带内。寻深装置,由深度控制器、力调节机构、密度调节机构和控制电路构成。当漂雷浮力接近于零但受瞬时干扰力而偏离定深带时,深度控制器控制力调节机构,产生反向推力,使漂雷回到定深带,当漂雷浮力不为零,即受定常干扰时,密度调节机构工作,向雷体内注水或向外排水,调节漂雷浮力恢复到零、保持漂雷漂行于定深带内。漂雷可装惯性触发引信、接电触发引信或声引信。水面漂雷还可装主动红外引信或微波引信。

简史 中国首先发明人工操纵的“水底雷”。1549年(明嘉靖二十八年),唐荆川编纂的《武编》记载:“水底雷,以大将军为之,埋伏于各港口,遇贼船相近,则动其机,铕发于水底,使贼莫测,舟楫破,而贼无所逃矣。用大木作箱,油灰粘缝,内宿火,上用绳绊、下用三铁锚坠之”。1590年(明万历十八年),制成以燃香为定时引信的漂雷“水底龙王炮”。1599年(明万历二十七年),王明鹤发明以绳索为碰线的“水底鸣雷”。1585年,荷兰雇用的意大利工程师吉亚尼贝里使用小船填满火药,用钟表装置定时接通起爆装置,炸掉一座封锁安特卫普的西班牙浮桥。1777年12月,美国D. 布什内尔用小桶装火药制成漂雷攻击英国舰船,史称“小桶战争”。1840年俄国B. C. 雅科比发明电液触发锚雷。1904~1905年日俄战争,开始大量使用电液触发自动定深锚雷。在第一次世界大战中,布设了约31万枚水雷,主要是触发锚雷,炸沉炸伤舰船近千艘。在第二次世界大战中,布设了约80万枚水雷,开始大量使用非触发沉底雷,主要是磁、声水雷,战争后期出现了水压水雷,交战双方因水雷战损失舰船2700余艘。1945年,美军出动飞机1424架次,布放12053枚沉底雷,包括声、次声、磁、水压水雷,封锁日本本土,共炸毁日本舰船670艘,总吨位140万吨,使日本海运交通停顿,有数百万人挨饿,工业减产2/3,称为“饥饿战役”。1950年朝鲜战争期间,朝鲜人民军在元山附近海域布雷3000余枚,炸伤3艘驱逐舰,炸沉4艘扫雷舰,使美军登陆推迟8天。越南战争中,1972年,美国布雷1万余枚,封锁越南北方沿海港口、河道。使越南损失舰船10余艘,水上交通中断。1984年,红海出现布设的水雷,先后有14个国家的20艘商船被炸伤,共有9个国家派出30余艘扫雷舰艇、7架扫雷直升机参加扫雷,兵力达3000余人,持续一个多月。1987~1988年两伊战争中,布放280余枚锚雷,有7艘舰船触雷,8个国家派出19艘反水雷舰艇和8架直升机进行扫雷。

发展趋势 采用高能炸药,改进雷体结构,提高总体性能;使用新型传感器、新型电子元件和微型计算机,采用现代信号处理技

术,改进非触发引信性能,提高其目标识别、炸点控制、抗扫、抗干扰性能,研制“智能水雷”;改进装有动力装置的自航水雷、火箭上浮水雷和自导水雷,提高主动攻击能力;广泛实行标准化、通用化、系列化,提高水雷可靠性和维修性,延长储存寿命和使用寿命,简化操作,提高快速反应能力;研制利用热场、重力场和宇宙线场等物理场引信的新型水雷。

参考书目

孙玉奇编著:《水雷》,国防工业出版社,北京,1983年9月。

(叶平贤)

dilei

地雷 (land mine) 用于布设在地面下或地面上,构成障碍,受到目标作用或被操纵起爆的弹药。其基本组成部分有:雷壳、装药、地雷引信、传动或传感装置。有些地雷还装有保证布雷作业安全的保险机构,防排或防拆机构,以及自毁(或失效)机构。地雷是实施地雷战的物质基础,其主要作用是构成地雷场,阻滞敌方的行动,杀伤有生力量和破坏其技术装备,还能给敌方造成精神上的威胁。

分类 地雷按用途分为防步兵地雷、防坦克地雷和特种地雷;按其所用引信分为触发地雷、非触发地雷和操纵地雷;按制作方式分为制式地雷和应用地雷等。随着科学技术的发展和现代作战的需求,现代地雷又出现了耐爆地雷、可撒布地雷、遥控地雷、寻的地雷和防坦克弹雷等性能先进的地雷。

防步兵地雷 按其杀伤因素可分为爆破型和破片型两种。爆破型防步兵地雷是利用主装药爆炸产物和冲击波的直接作用杀伤人员,通常配用压发引信,动作压力一般为49~245牛顿,主要杀伤单个人员。破片型防步兵地雷是利用雷体爆炸产生的飞散破片(或钢珠)杀伤有生力量。有跳雷、定向雷和在原地爆炸的非定向雷等几种。通常配用拉发、压发或电发火引信,也有配用松发、震发引信的。这种地雷杀伤威力大,一旦被触发后,在其有效杀伤范围内

的人员,都有可能被杀伤。

防坦克地雷 按其破坏目标的部位可分为炸履带防坦克地雷(简称炸履带地雷)、炸车底防坦克地雷(简称炸车底地雷)、炸履带、炸车底两用防坦克地雷(简称两用雷,又称全宽度攻击地雷)、炸侧甲防坦克地雷(简称炸侧甲雷)和防坦克弹雷(用于攻击坦克顶甲和底甲)。炸履带地雷主要用于破坏坦克或其他车辆的行驶部分,使之失去机动能力。这种地雷主要有两种装药形式:一种是集团装药,装药量 1.6~11 千克,地雷全重 3.2~14 千克;另一种是条形装药,装药量 1.3~8.4 千克,地雷全重 2~11 千克。炸履带地雷通常配用压发引信,利用车辆履带或车轮的辗压使地雷起爆,动作压力约 1 471~7 845 牛顿。炸车底地雷用以击穿坦克底甲,破坏其内部设备和杀伤乘员。这种地雷有两种装药结构:一种是射流破甲的聚能装药,装药量约 0.3 千克。另一种是自锻破片装药,装药量 0.6~0.85 千克。炸车底地雷多数配用非触发引信(震动感应引信、磁感应引信、震—磁、声—磁等复合引信),有的也配用触发引信(触杆式机械引信或机电引信、电缆式触发器或开闭器)。两用雷,具有炸车底、炸履带双重战斗功能,其装药结构和配用的引信与炸车底地雷大致相同。装药量 2~6.5 千克。炸侧甲雷,用以击穿坦克的侧甲,破坏其内部设备和杀伤乘员,其装药结构与炸车底地雷大致相同。配用触发引信(电缆式触发器或开闭器)或非触发引信(震—红外、声—红外、震—激光等复合引信),因其通常设于道路两侧,故亦称路旁地雷。防坦克弹雷,是可撒布地雷的一个雷种。它大多采用自锻破片装药结构,装药量约 1 千克左右,有普通型防坦克弹雷和寻的型防坦克弹雷两类。

特种地雷 是指具有特殊性能和用途的地雷。如信号地雷、照明地雷、燃烧地雷、化学地雷、诡雷和核地雷等。一些国家还将陆军水雷、防空雷列为特种地雷。延期地雷(或称破坏雷)是一种定时爆炸装置,但习惯上也把它列为特种地雷。

作用 地雷在近代和现代战争中都曾发挥过重要作用。如在

中国土地革命战争时期的 1933 年,闽浙赣苏区的赤卫队,运用地雷一年内就炸死炸伤敌军 7 000 多人。在抗日战争时期,华北敌后广大抗日军民积极运用地雷同日伪军作斗争,创造了多种机动灵活的地雷战法,给敌人以巨大杀伤。据第二次世界大战的统计,盟军损失的坦克有 20.7% 是被地雷炸毁的,其中英军 22.3% 的坦克,被地雷炸毁。苏联军民在第二次世界大战中共布设 2.22 亿个地雷,给入侵的德军造成 10 万多兵员和约 1 万辆坦克的损失;在库尔斯克战役中,仅用防坦克地雷就炸毁德军坦克 1 055 辆。1970 年美军在侵越战争中,被地雷炸毁的坦克和车辆占其毁伤总数的 70%,损失于地雷的兵员占其伤亡总数的 33%。地雷除具有很高的毁伤率外,还具有阻滞、牵制、诱逼和扰乱敌人作战行动的效能。试验表明,防御时将防坦克地雷场与直射火器相结合,能使进攻的坦克突击分队的毁伤率提高 21~73%;反坦克与坦克对抗的理论研究的结论认为,在某种情况下,增设一道防坦克障碍物,可将防御一方的反坦克武器的毁伤概率提高 8 倍。同时,地雷还具有有一种不可忽视的精神威胁作用。随着可撒布地雷和各种布雷手段的发展,实施远距离的快速机动布雷已成为现实。因此地雷在现代战争中的作用显著提高了。地雷的战术运用在注重防御性布雷的同时,发展了进攻性布雷(或称攻势布雷),指挥员有可能针对敌方的作战行动,抓住各种战机,以出其不意的攻势布雷,使敌突然陷于困境。现代的地雷战将在更大的程度上影响着战斗甚至战役的进程与结局。

简史 中国约在 12 世纪末到 13 世纪初就有了爆炸性武器——震天雷(又称铁火炮)。它由生铁铸成,内装火药,上面安有药捻子(引火线)。这种武器既可用抛石机当炮弹抛射出去爆炸,又可由士兵从高处向低处投掷或滚放下去爆炸,也可用绳索从城上悬吊下去引爆,用以杀伤攻城的敌之人马;还可埋设在隘路地段,当敌人逼近时,用药捻子引爆。可以说它是地雷的雏型。由目标直接接触碰而自动爆炸的地雷,中国至迟在明朝中期就出现了。据《渊

鉴类涵》记载,明嘉靖二十五年(1546年),兵部侍郎曾铣在总督陕西三边军务时就制造了一种掷石地雷:“穴地丈许,柜药于中。以石满覆,更覆以沙,令与地平。伏火于下,可以经日。系其发机于地面,过者蹴机,则火坠药发,石飞坠杀人。”明万历八年(1580)戚继光制成了自犯钢轮发火的石雷。明天启元年(1621年)出版的《武备志》中,茅元仪对明代各种地雷的结构和制作方法进行了全面的总结。可见中国明代地雷的发展已达到一定的水平。

随着各种猛炸药和雷管的相继发明,使地雷向制式化和多样化方向发展成为可能。1904~1905年的日俄战争,俄军在旅顺口防御作战中使用了应用跳雷和可操纵的应用地雷。同时,出现了工厂生产的防步兵地雷。1916年,坦克在第一次世界大战的战场上出现,1918年,德军首先用炮弹改装成应用防坦克地雷,接着德国人又研制成功两种防坦克地雷。第一次世界大战后,许多国家都重视地雷的研究。1935年,苏联、英国、美国和法国先后研制、生产了防坦克地雷装备部队。第二次世界大战期间,地雷在品种、数量和质量方面都有较大发展和提高。据统计,苏联共生产了61种制式地雷,使用过26种引信;德国共生产了36种制式地雷,使用过28种引信。在此期间防坦克地雷的发展尤快,并应用了聚能射流的破甲原理和电子技术。1944年,德国人密斯奈利用聚能装药作爆炸效应试验,使球缺形药型罩翻转,在几百微秒之内锻造成一个高速“弹丸”,能在一定距离上击穿装甲。这一效应后被称为“密斯奈—夏丁爆炸效应”(利用这一技术制作的爆炸装药称为自锻破片装药)。这次试验成功,为后来的炸车底地雷、两用雷、炸侧甲雷和防坦克弹雷的发展奠定了技术基础。同时,防步兵地雷也获得很大发展。20世纪40年代初,德、意两国军队在非洲作战时曾使用飞机空投过防步兵地雷,从而开创了可撒布地雷的历史。

第二次世界大战后,各国对地雷的研究和生产更为重视。50年代以来,一些主要国家在研究提高地雷抗爆炸冲击波能力方面取得了较大的进展,同时采用塑料制作雷壳和引信部件,从而提高

了地雷的防探性。美国从 50 年代开始研究和试验核地雷。60 年代以来,一些国家都先后利用米斯奈—沙夏丁爆炸效应的原理和电子技术,设计成功全宽度攻击地雷。如法国的 HPD 型、瑞典的 FFV—028 型、意大利的 VS—HCJ 型和 SB—MV/T 型、中国的 78 式防坦克地雷均属这种地雷。此外,法国还将上述效应原理和电子技术应用于炸侧甲雷,研制出 MAHF1 型及其改进型 IRMAHF1 型炸侧甲雷。70 年代以来,由于可撒布防坦克地雷的研制成功和迅速发展,使防坦克地雷的发展趋向小型化。如联邦德国的 AF1 型炸履带地雷,长 335 毫米,侧面宽 55 毫米,全重只有 2 千克;AT—2 型炸履带地雷,直径 103.5 毫米,高(含风帽)165 毫米,全重只有 2.22 千克;美国的 1970/1973 型炸车底地雷,直径 127 毫米,高度 76 毫米,全重 2.25 千克。80 年代以来,在加速发展可撒布地雷的同时,一些科学技术发达的国家,利用大规模集成电路技术及微处理技术,研制寻的地雷、防坦克弹雷和遥控地雷等。

展望 进入 90 年代,可撒布地雷作为一种武器系统,仍将是主要发展对象。防坦克地雷将进一步采用高技术,提高其识别和捕捉目标的能力,增大地雷的障碍宽度,增强其主动攻击能力和毁伤概率,使防坦克地雷更好地满足对付各种集群目标的需要。如发展无线电操纵的遥控地雷、可识别敌我的智能地雷和寻的地雷以及具有人工智能、可操纵发射、精确制导的防坦克弹雷等。爆破型防步兵地雷趋向小型化,重视提高其耐爆性能和反排能力。破片型防步兵地雷中,一是发展跳雷,增大其杀伤力,广泛采用非触发引信,提高其机动布设性能;二是发展定向雷系列,着重引信的多样化,使其具有多种作战功能。同时,还将发展对付超低空飞行目标的地雷,扩大地雷的作战使用领域。

(钟逢沂)

yinxin

引信 (fuze) 利用目标信息和环境信息,在预定条件下引爆或引燃弹药战斗部装药的控制装置(系统)。是弹药的重要组成部分

分,用于控制弹药的最佳起爆位置或时机。目标信息是表征目标状态和特性的物理量,例如坐标、形状、尺寸、材料强度、磁场强度、电磁波反射特性、热辐射特性等。环境信息是间接的目标信息即目标所处的环境信息。例如电磁辐射与反射、气动力加热、各种形式的作用力等。预定条件包括:作用方式、经历环境、弹药与目标交会条件、引信启动区、作用时间等。战斗部装药包括炸药、火药以及核能物质等。质量可靠的引信能保证弹药起到毁伤目标的作用,否则将导致弹药过早炸(膛炸或炮口炸)、早炸、迟炸或瞎火,不仅丧失战机,甚至造成己方人员伤亡、装备损坏的严重后果。

引信的基本功能有:在生产装配、贮存、运输、装填、发射等情况下,都要可靠保险和安全;在发射或投放的环境中,可靠解除保险,使引信处于待发状态;遇目标时感受目标信息和目标区环境信息,确定弹药相对目标的最佳起爆位置并发火;具有足够的输出能量,完全引爆或引燃战斗部装药。

一个战斗部中同时配用几个引信,或一个引信分几个部件配置,或引信和附件(如电子时间引信的装定器)的组合,均称为引信系统。

引信的组成 主要有发火控制系统、安全系统、能源装置、爆炸序列等。引信各部分的联系及引信与目标、弹药的关系见(图1)。

引信发火控制系统 其作用是感觉目标信息与目标区环境信息,经鉴别处理后,使爆炸序列第一级元件起爆。包括目标敏感装置、信号处理装置和执行装置(发火装置)3个基本部分。①目标敏感装置是能感觉、接受目标或目标周围环境的信息,并将信息以力或电的信号予以输出的装置。根据引信对目标的感觉方式的不同可分为直接感觉和间接感觉。直接感觉的敏感装置设在引信内部,由引信感觉目标信息。直接感觉又分为接触感觉和感应感觉。接触感觉靠引信或弹体与目标的直接接触而感觉目标,目标信息靠机械力的传递或机械能的转换而传递。感应感觉是引信不接触目

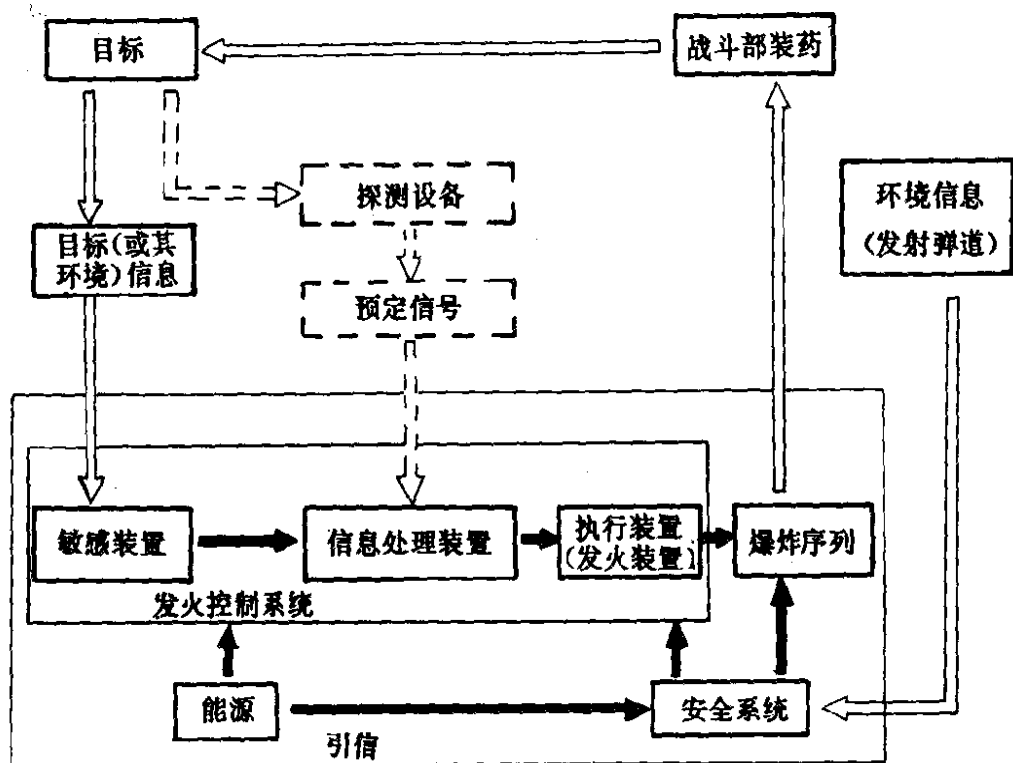


图1 引信的基本组成和引信与目标、战斗部关系方框图

注:虚线表示间接感受的目标敏感装置和引信发火控制系统的关系

标,而是在与目标相对运动中利用目标本身、目标周围环境物理场感觉目标,这些物理场有电磁波、光波、声波、磁场、气压场、水压场等。间接感觉的目标敏感装置是引信外部的探测设备(如雷达),获取目标信息,通过武器火力控制系统转变为装定信号或指令信号输送给发火控制系统中的装定装置或指令接收装置。②信号处理装置是接收和处理来自目标敏感装置的信号,分辨和识别信号的真伪和实现最佳炸点控制的装置。若来自敏感装置的目标信号比较微弱,信号处理装置还将它予以放大,使其达到发火控制信号所需要的能量要求。用于有防护介质的引信,其信号处理装置还要有对侵彻过程的识别和对炸点的自动控制功能,以实现目标的最大毁伤。③执行装置是使引信的爆炸序列第一级起爆元件发火的装置。也称发火装置。常用的执行装置有击发机构、点火电路、电开关等。它往往是各种形式的发火起动装置、贮能装置或换能装置。当受到来自信号处理装置信号的激励时执行装置将预先贮存

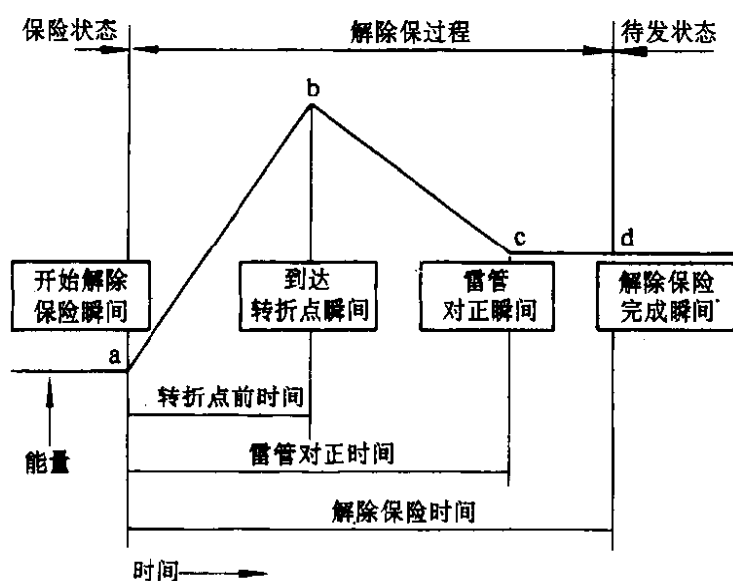
的能量瞬间释放,使第一级起爆元件即时发火。有些引信的发火控制系统还设置一些专门机构,如高射炮弹、地空导弹、远程导弹等引信中的自毁机构,破甲弹引信中的擦地炸机构,航空炸弹和地雷引信中的反拆卸或反排除诡计机构等。

引信安全系统 是防止引信在勤务处理、发射(或投掷、布设)以及在达到延期解除保险时间之前的各种环境条件下,解除保险或爆炸的各种装置的组合。其作用是保证引信进入目标区以前的安全。引信安全系统包括环境敏感装置(主要是发射和飞行弹道敏感装置)或指令接受装置、保险与解除保险的状态控制装置、爆炸序列的隔爆件或能量隔断件等。现代引信安全系统应是冗余保险,也就是要有两个以上的独立保险装置,要在不同的环境信息作用下,按规定的时间和程序解除保险的。不含敏感爆炸元件的无隔爆件的爆炸序列,采用电子式安全系统(ESA)控制发火电能向发火电容和爆炸元件的传递来保证引信的安全性。引信安全系统的功能是保证爆炸序列的安全,控制发火控制系统解除保险。引信的保险状态即所有保险装置及隔爆(或隔能)装置未启动前的状态。引信解除保险就是移开所有保险件和爆炸序列的隔爆件,对正引信爆炸序列中的爆炸元件,或使电子式安全系统的高压发火电容充电达到起爆电压的值,使引信处于待发状态。

引信能源装置 是引信正常工作提供所需的环境能量转换或贮能、换能装置。引信的环境能源是在弹药发射和飞行中所受的后坐力、离心力、切线力、空气阻力、水的压力、高速飞行产生的热量等可以转变为电能或机械能。引信的内贮能源有加载的弹簧、充电的电容器、电池、火药驱动器和压缩的气体等。内贮能源是在外部启动的条件下才能输出能量,其能量形式有机械能、电能、化学能、热能等。换能装置是在弹药发射时或碰击目标时能将接收的后坐力或碰击力转换为电能提供给引信的器件,如压电晶体、磁发电机等。有的引信还可以从弹药的控制系統或制导系統取得所需要的能源。

引信爆炸序列 是爆炸元件按敏感度由高到低排列而成的序列。其作用是将较小的激发冲量,有控制地放大到能使装药完全爆炸或燃烧,分为传爆序列和传火序列。最后一个爆炸元件输出爆轰冲量的称为传爆序列,相应的引信称起爆引信;输出火焰冲量的称为传火序列,相应的引信称点火引信。引信中的爆炸元件有火帽、电点火管、针刺雷管、电雷管、导爆药柱(管)、传爆药柱(管)等。爆炸序列的第一级爆炸元件称为起爆元件,装有敏感药的起爆元件必须用隔爆件使之与导爆药柱、传爆药柱隔开,称为错位爆炸序列;不装敏感药的起爆元件,不需采用隔爆件,起爆元件与传爆药柱直接对正,称为直列(对正)爆炸序列。

引信的作用过程 指引信从发射(投掷、布设)开始到引爆或



引燃战斗部装药的过程。它包括解除保险过程(图2)、目标信息作用过程和引爆(引燃)过程。

解除保险过程

引信平时处于保险状态,发射时,引信的安全系统根据预定出现的环境信息,分别使发火控制系统和爆炸

图2 错位爆炸序列的引信解除保险过程图

序列从安全状态转换成待发状态。

信息作用过程 分为信息获取、信号处理和发火输出3个步骤。信息获取包括感觉目标信息、信息转换和传输。引信感觉到目标信息后,转换为适于引信内部的力信号或电信号,输送到信号处理装置,进行识别和处理,当信号表明弹药相对于目标已处于预定的最佳起爆位置时,它即发出发火控制信号,再传递到执行装置,产生发火输出。

引信作用可靠性主要取决于解除保险过程与信息作用过程中各个程序是否完全正常。

引爆(引燃)过程 指执行装置接收到发火信号的能量使爆炸序列第一级起爆元件发火,通过爆炸序列引爆或引燃战斗部装药的过程。

引信的分类 按作用方式和作用原理、配用弹种、弹药用途和装配在弹药的部位分类,还可以按引信输出特性和引信的安全程度等来进行分类。

①按作用方式和原理分类,就是按获取信息的方式分类,有触发引信、近炸引信、周炸引信、时间引信、指令引信、多选择引信等。

②按配用弹药的种类分类,有炮弹、迫击炮弹、火箭弹、导弹、航空炸弹、水雷、鱼雷、深水炸弹、地雷、手榴弹引信等。

炮弹引信的特点是:要能经受火炮在发射周期内激烈的冲击和震动,具有全天候作战,抗各种自然干扰和攻击不同目标时能适时起爆的性能。迫击炮弹引信要适应迫击炮弹低加速度、不旋转、弹道弯曲的特点,解决勤务处理安全与发射时可靠解除保险的矛盾。火箭弹引信中,尾翼稳定火箭弹的引信,通常利用主动段工作时间较长的特点,解决勤务处理安全与发射时可靠解除保险的矛盾;旋转稳定火箭弹引信可以利用高速旋转产生的离心力解除保险。导弹引信要求有精确控制炸点的性能、高可靠性、起爆完全性和抗各种人工与自然干扰的能力。弹径较大的导弹由多路并联几个引信组成引信系统。大圆径重磅航空炸弹引信常采用头、尾两个或头、尾、身3个引信组成的引信系统,定时炸弹引信中装有防拆卸、防滚装置;反跑道炸弹引信要求能自动识别跑道介质厚度,保证战斗部在穿透介质后爆炸,可采用电子触发引信。小型深水炸弹主要配用万向触发灵敏度极高的惯性触发引信;大型深水炸弹常配用水压定深周炸引信,入水后利用水或气体驱动叶轮解除保险。水雷引信应用最多的是磁、声、水压等引信。磁引信动作局位性好,不怕泥沙掩埋,能水陆两用。声引信利用声波在水中传播速度快、

距离远的特点,得到广泛应用。水压引信作用可靠性高,抗干扰能力强,是水雷引信中的重要品种。水雷引信一般都采用联合(复合)引信系统,如用声引信作值更引信,用磁引信或水压引信作战斗引信。鱼雷引信可采用触发或近炸引信,其解除保险方式是在入水后鱼雷上的专门翼片旋转到位,使引信转入待发状态。地雷引信要求有抗爆炸扫雷的耐爆性和反探测性,对反坦克地雷还要求能分辨出步兵与坦克的不同压力。现代地雷引信大多具有定时自毁性能。子母弹引信包括母弹引信与子弹引信。母弹引信通常选用预先装定或发射后遥控装定的电子时间引信或高炸高的近炸引信。小型杀伤破甲作用的子弹用触发引信;云爆弹的子弹配用探杆式定高触发引信,以压电换能起爆件完成二次起爆功能;反坦克末端敏感子弹配用目标敏感引信,当引信随子弹旋转扫描探测到目标时,精确起爆自锻破片战斗部。手榴弹引信主要配用时间、触发或时间触发双作用引信,其特点是要有失手保险、恢复保险、正确远离解除保险等功能。

③按装配在弹药的部位分类还有弹头引信、弹底引信、弹头激发弹底起爆引信、弹身引信等。

④按安全程度分类,实际是按引信的安全系统特性进行分类,有隔离雷管型、不需隔爆型、隔离火帽型和没有隔离机构的引信。隔离雷管型引信也称全保险型引信,属错位爆炸序列引信,适用于常规武器。不需隔爆型引信,属直列爆炸序列引信,起爆需要较大的能源,用于核武器、航空炸弹、鱼雷等大型战斗部。隔离火帽型引信也称半保险型引信,没有隔离机构的引信也称非保险型引信,这两种类型均不符合引信安全性设计准则要求,现代引信多不采用。

简史 引信是随火药用于兵器而出现的。火药是中国四大发明之一,中国也是引信的发源地。根据《宋史》记载,公元970年冯继升进献“火箭法”;公元1000年唐福、石普献“火箭”、“火毯”、“火蒺藜”;公元1002年刘永锡献“火炮”,这都是中国早期的军用火器。1040年成书的《武经总要》对当时作战中所用的“蒺藜火毯”、

“毒药烟毬”、“霹雳火毬”等兵器上的点火、引爆构件有明确叙述。据该书所载,这些毬形火器的中心部分是以黑火药为主的装药,另在毬的外层做成薄壳状缓燃药层(书中称它为“杂药”)。在作战时用烧红的铁锥烙燃“火毬”的外层薄壳,抛向敌阵,缓燃药将装药点火、引爆“火毬”。这种结构就是引信的雏形。据此,中国引信的出现不迟于公元 11 世纪。12 世纪末到 13 世纪初,中国出现了铁壳装黑火药的爆炸性武器,使用药捻子点燃并起爆。明代《火龙经》称这种有防潮性能的药捻子为“信”或“药信”;《武备志》中记载有“信”的具体制造方法;《天工开物》中已有了“引信”的名称。

16 世纪在欧洲出现了用于铸铁球弹上的引信,是将火药装入芦苇管或木管中,用发射药的火焰点燃。1835 年出现药盘时间引信。19 世纪 60 年代触发引信在战争中得到了应用。19 世纪 80 年代弹丸的装药采用了苦味酸炸药,对引信的发展产生了重大影响,出现了包含雷管和传爆药的传爆序列。由于对发射安全的要求,1893 年出现了隔离雷管型引信。1908 年出现了钟表时间引信。20 世纪 30 年代出现了电引信和声、光原理的近炸引信。1943 年美国研制成功了无线电引信。20 世纪 50 年代出现了压电引信和红外线引信。60 年代以来,引信技术发展更快,出现了各种作用原理的近炸引信。70 年代在集成电路发展的基础上出现了电子时间引信,以及兼有触发、近炸、时间等两种以上作用的多选择引信,可以在发射前装定或发射后遥控装定。70 年代末,随着电子计算机技术和微电子技术的应用,出现了按射弹与目标交会条件变化参量,自动选择起爆位置或时机的自适应引信。

引信曾称信管。日本引用中文“信”字,称引信为信管。中国在 20 世纪 30 年代到 50 年代初,曾将引信与信管两词并用,一度将点火引信称为信管,将起爆引信称为引信。

展望 引信技术的发展,主要解决引信本身的安全性和对目标作用的有效性。如对地、对空兵器弹药要求发展能适应不同目标、不同交会弹道的遥控装定多选择引信和自适应引信;反坦克目

标敏感引信要求提高识别目标和精确定位的能力;地空导弹引信应提高超低空截止距离性能;空空导弹引信要满足全向攻击目标要求;锚雷或沉底水雷引信和深水炸弹引信要求发展根据目标位置控制水雷上浮方向及控制深水炸弹下沉方向的导向引信;为提高战略武器引信的抗干扰和抗攻击能力,应发展精确惯性路程长度引信和当核弹头被攻击毁伤前能起爆的自救引信等。为提高引信安全性、可靠性,应发展工作环境传感器、程控技术、固态隔离模件、电子式安全系统和高能、低能直列爆炸序列。为提高战斗部的毁伤效率应发展引信的多点、多次、定向起爆控制技术。以微电子技术为基础,提高引信的目标探测识别性能、炸点精确控制性能,实现多功能与智能化是现代引信发展的重要课题。

参考书目

马宝华著:《引信构造与作用》,国防工业出版社,北京,1984。

(叶 英)

chufa yinxin

触发引信 (contact fuze) 利用接触感觉获取目标信息控制发火的引信。又称着发引信或碰炸引信。主要配用在爆破、杀伤爆破、破甲、穿甲以及上述作用原理复合的战斗部上,是应用广泛的一种引信。

组成 触发引信的组成特点在于它的触发式发火控制系统,包括触发式目标敏感装置、信号处理装置和发火装置、至于它的安全系统、爆炸序列和能源装置等,则与其它引信类同。

分类与作用原理 按作用原理,分为机械触发引信、电触发引信、光触发引信、化学触发引信以及它们的组合,如机电触发引信。还可按触发式目标敏感装置的功能,以及引信的作用时间进行分类。按触发式目标敏感装置的功能,可将触发引信分成两类。

一类的触发式目标敏感装置不仅提供控制发火的信息,还同时提供发火能量,广泛应用炮弹、火箭弹的机械触发引信。引信是靠碰击目标时的目标反作用力或前冲惯性力,使击针戳击起爆元

件或直接撞击起爆元件而发火；碰击式压电引信，是靠目标反作用力或前冲力，压迫压电元件转换为电能而发火(图1)。这类引信虽然结构较简单，但需要有足够的冲量才能保证引信可靠发火，发火

性能与碰目标的姿态与着速关系较大。

另一类的触发式目标敏感装置只提供控制发火的信息，而发火能量由引信配备的换能装置、储能装置或弹

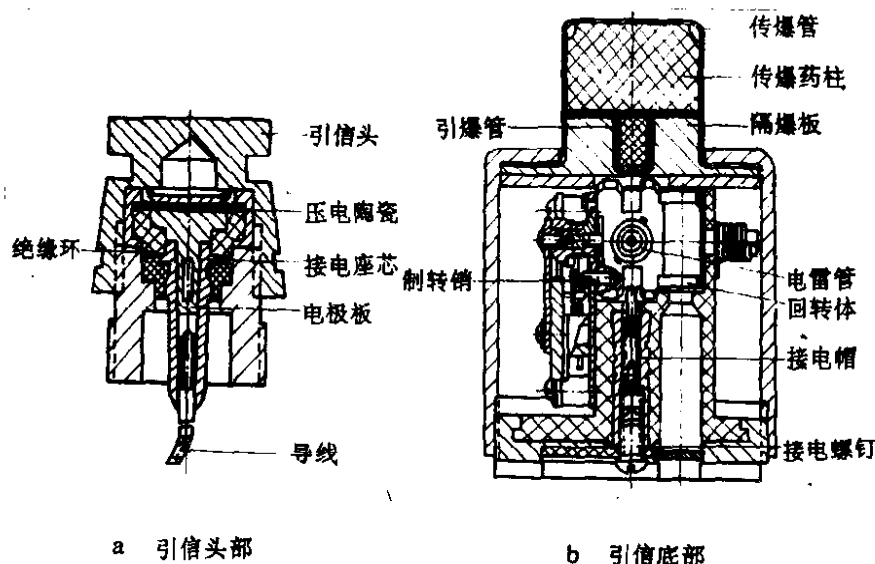


图1 火箭弹用压电引信结构图

上电源提供。换能装置如磁后坐发电机、涡轮发电机、爆电换能装置等，储能装置如化学电池、热电池、预先上紧的弹簧等。电触发引信的目标敏感装置主要是各种类型的碰击开关或惯性开关，碰目标时开关闭合使发火控制电路工作而发火。光触发引信是靠碰击目标时改变光导元件的光通量使发火控制电路工作而发火。化学触发引信是在目标压力或碰击力作用下，将装有化学反应物质的器皿破碎，与另一种物质产生化学反应生热而发火。某些机械触发引信利用目标反作用力释放压缩的弹簧提供发火能量，最常见于地雷拉发和压发引信。由于这类触发引信将发火启动信息与发火能源分开，它的目标敏感装置是独立的，可以根据不同目标和不同交会条件(如对地面松软目标的小落角和对装甲目标的大着角)进行设计，保证可靠发火；同时可通过信号处理装置，对感受到的目标信号进行处理，以提高引信作用的适时性。

按从碰击目标到引信起爆的作用时间还可分为瞬发、惯性(短延期)、延期触发引信。瞬发触发引信直接靠目标的直接反作用力

发火。机械瞬发触发引信的作用时间一般小于 1 毫秒,主要配用于杀伤战斗部对付地面有生力量等目标;电瞬发触发引信的作用时间可短到十到几十微秒,主要配用于破甲弹战斗部对付装甲目标。惯性触发引信靠引信或弹体碰目标时的前冲惯性力作用,其作用时间一般为 1~5 毫秒。主要配用于杀伤爆破弹战斗部,对付地面轻型工事,或进行跳弹射击。延期触发引信在碰击目标后,经延期装置延迟一段时间后再引爆战斗部主装药,其延期时间一般为 2~300 毫秒。其延期装置有机械的、电子的、火药的或化学的,按延期时间又可分为固定的,射击前可调整的和依目标性质及碰击条件自动调整的。延期引信主要配用于穿甲、爆破、杀伤爆破战斗部,对付飞机、舰船、地面工事、机场跑道等有较强防护能力的目标。配用于航空炸弹上的延期触发引信,延期时间可长达数小时甚至数昼夜,这种引信习惯上称为定时炸弹引信。多种装定的触发引信兼有瞬发、惯性、延期三种或其中两种作用,可根据作战需要通过装定装置预先进行装定,多用于对付地面目标的弹种。

现代传感技术的发展,提高了触发式目标敏感装置对目标的感觉能力,以及安全系统对发射环境的感觉能力。微电子技术的发展,为目标信号和发射环境信号的处理提供了新的技术手段。某些触发引信的信号处理装置可以识别水、沙地、水泥、石头等不同性质的目标。可编程发火控制装置可在弹体侵彻多层介质过程中识别侵入的层数。利用发射后可伸出的螺旋状长杆,获得数百毫米到 1 000 余毫米的炸高。以保证战斗部对目标发挥最大的毁伤效能。图 2 是一种炮弹配用的电子触发引信原理图,这种引信有瞬发、延期两种作用,其安全系统通过识别正常发射所伴生的环境信息和从弹丸出炮口开始计时的一定时间间隔才能解除保险。这种引信还可与近炸、时间引信结合在一起组成多选择引信。

触发引信的特殊性能指标是触发灵敏度、瞬发度和延期时间,它们对于战斗部对目标的毁伤效果有重大影响。触发灵敏度是触发式目标敏感装置对预定目标可靠发火的敏感程度,通常用触发

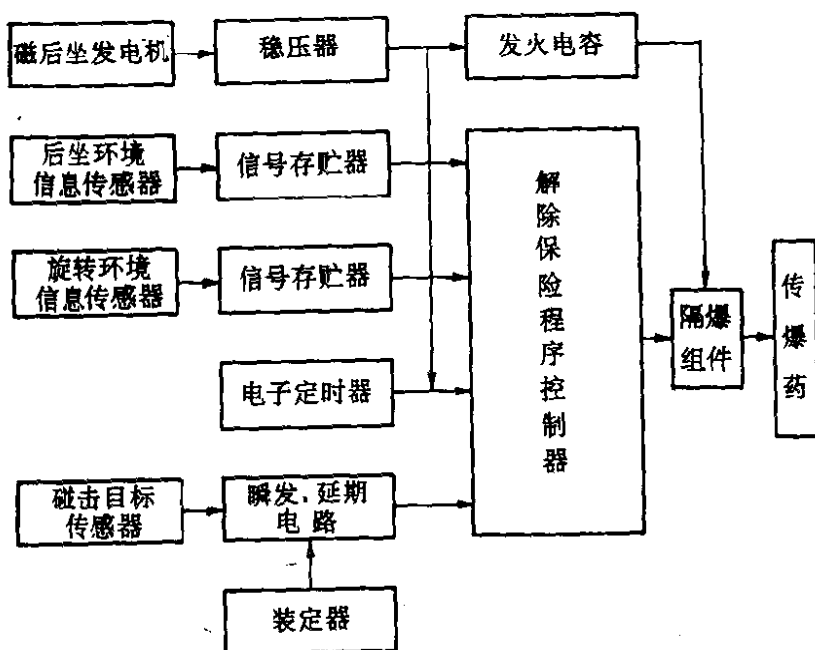


图2 一种炮弹用电子触发引信原理图

装置百分之百发火所需的最小能量来度量，它决定引信对弱目标的发火能力。由于弹道上引信或弹体可能与伪装物、庄稼、雨滴等相碰，为避免引信早炸，要求触发装置适当地钝感，因而对某些

触发引信特别是直瞄式反坦克弹药用的引信有钝感度的要求，对高初速弹药用的引信有防雨的要求。瞬发度是引信作用时间短暂的程度，以从碰目标到传爆管完全起爆所经历的时间来度量。时间越短，瞬发度越高，它决定引信作用的适时性。

简史 最早的触发引信出现在中国，15 世纪初成书的《火龙经》中载有一种地雷触发引信的具体结构和作用原理，这种引信发火动力来自坠石的重力，当人畜绊动预设的绳索时牵动一个铁针，释放坠石，坠石下落，带动钢轮旋转，与火石摩擦而发火，通过火药引线引燃地雷中的装药。1853 年，英国人在克里米亚战役中使用了针刺发火的机械触发引信，用于球形弹上。19 世纪中叶，出现了旋转稳定的弹丸，保证了碰目标的定向性，促进了早期触发引信的发展。从 20 世纪 30 年代开始，触发引信特别是机械触发引信得到较快的发展，40 年代在德国出现了电触发引信，50 年代初美国使用了压电引信。从 60 年代开始，为适应高初速火炮和大威力战斗部的发展，触发引信的安全性不断得到提高，为适应火炮全天候作战的需要，触发引信的防雨技术在 70 年代和 80 年代上半期有了较快的发展。80 年代解决了触发引信的自调延期技术和侵彻炸点

可编程序控制技术。

中国自 20 世纪 30 年代开始成批生产机械触发引信,50 年代开始自行设计机械触发引信,并开始研制压电引信,60 年代开始生产导弹电触发引信,70 年代开始有计划地以隔离雷管的全保险型引信取代非保险型引信。80 年代进一步提高了引信的延期解除保险性能、大着角发火性能和防雨性能,研制成功了新一代电触发引信的磁后坐发电机等物理电源。

触发引信的发展方向是进一步增强对目标的感觉能力,以提高在最不利射弹与目标交会条件下的发火可靠性;增强对目标特性的识别能力,以提高对目标的作用适时性;增强对环境特性的识别能力,以提高安全性;逐步实现解除保险和发火控制的智能化。

(马宝华)

jinzha yinxin

近炸引信 (proximity fuze) 按目标特性或其环境特性感觉目标的存在、距离和方向而作用的引信。曾称非触发引信。近炸引信是靠其感应式的敏感装置,来感应感觉目标的存在、速度、距离和(或)方向。它能大幅度地提高武器系统对地面有生力量的毁伤效果和对地面(水面)、空中、水中目标的单发毁伤概率。广泛配用于各种炮弹、火箭弹、导弹、航空炸弹、地雷、水雷和鱼雷等弹药。

分类 按感受目标物理场的不同,分为无线电引信(又称无线电近炸引信)、光引信、声引信、磁引信、电容感应引信、静电引信和水压(动压)引信等。无线电引信按工作波长的不同,可分为米波、分米波、厘米波和毫米波无线电引信;按工作体制(信息探测方法),又可分为多普勒、调频、脉冲、脉冲多普勒、比相和编码无线电引信等。光引信按光谱特性,可分为可见光、红外光(红外线)和激光引信等。声引信按频率,分为次声、声频和超声引信等;按工作原理,又可分为动声、静声、声梯度、声差动和线谱引信等。磁引信按工作原理,分为磁感应、磁饱和和磁膜引信等;按感受磁场参数的不同,还可分为静磁、动磁和磁梯度引信等。习惯上把无线电引信

、以外的近炸引信,统称为非无线电近炸引信。

近炸引信按作用方式分为主动式(场源在引信上)、半主动式(场源不在引信和目标上而是专门设置)、被动式(场源在目标上)和半被动式(场源既不在引信或目标上,也不受敌我双方控制)近炸引信。

组成和原理 近炸引信一般由发火控制系统、安全系统、爆炸序列和能源装置等组成。它与其他引信的主要区别是发火控制系统(图1)。在射弹与目标接近时,近炸引信的感应式敏感装置利用目标周围的物理场(如电磁场、光场、声场、磁场、静电场和压力场等)所固有的某些特性,或引信周围的物理场由于目标的出现所发生的变化,来感应目标信息,并把载有目标信息的信号传给信号处理装置(信号处理电路)。信号处理装置对输入的电信号进行放大、鉴别,在干扰信号或噪音中区分出有用的目标信息,同时还提取出目标信息所反映的目标位置是在战斗部毁伤区以内或是以外的特征量。当目标处于战斗部毁伤区的最有利炸点时,信号处理装置输出启动信号,启动执行装置(发火电路)使引信爆炸序列中的电起爆元件发火,引爆战斗部装药。

无线电引信是利用无线电波获取目标信息而控制发火的近炸引信。常用的是主动式无线电引信,其敏感装置采用自差收发机或外差收发机。自差收发机的发射和接收系统合一,收发天线共用(图2)。其组成包括6个部分:由弹体本身作为收发天线的自差收发机所构成的高频组件,即敏感装置;由信号处理装置和执行装置所构成的低频组件;电源及其激活机构;钟表机构及保险开关;保险机构及爆炸序列。无线电引信广泛配用在对地面(水面)目标和空中目标的各种弹药的杀伤战斗部上。通常是利用合理地选择天线方向线图和信号处理技术等措施来控制引信起爆面,实现引信与战斗部配合。

光引信是利用光波获取目标信息而控制发火的近炸引信。常用的是红外光引信和激光引信。一般配用在导弹、火箭弹的战斗部

上,用于对付空中、地面和水面目标。当射弹和目标接近时,由双支路构成的光学接收系统组成的光学系统,从两个不同的角度依次接收目标产生的红外辐射,经光电转换器转换为电脉冲。两个支路的脉冲信号经脉冲放大器放大后分别依次加到重合电路的闸流管的两个栅极上,使闸流管的两个栅极电位必须达到同时提高时,闸流管才开始导通,并产生一个负脉冲,使延时电路工作。延时电路经过一定的延期后输出一个正脉冲,启动执行装置,使引信爆炸序列中的电起爆元件发火,引爆战斗部。

声引信是利用声波(或声信号)获取目标信息而控制发火的近炸引信。常配用在水雷和鱼雷上,用于对付舰船等目标。但较少单独使用,常与利用其他物理场的引信组成复合(联合)引信。

磁引信是利用弹(雷)目接近时的磁场变化获取目标信息而控制发火的近炸引信。常配用在地雷、航空炸弹、水雷和鱼雷上,主要

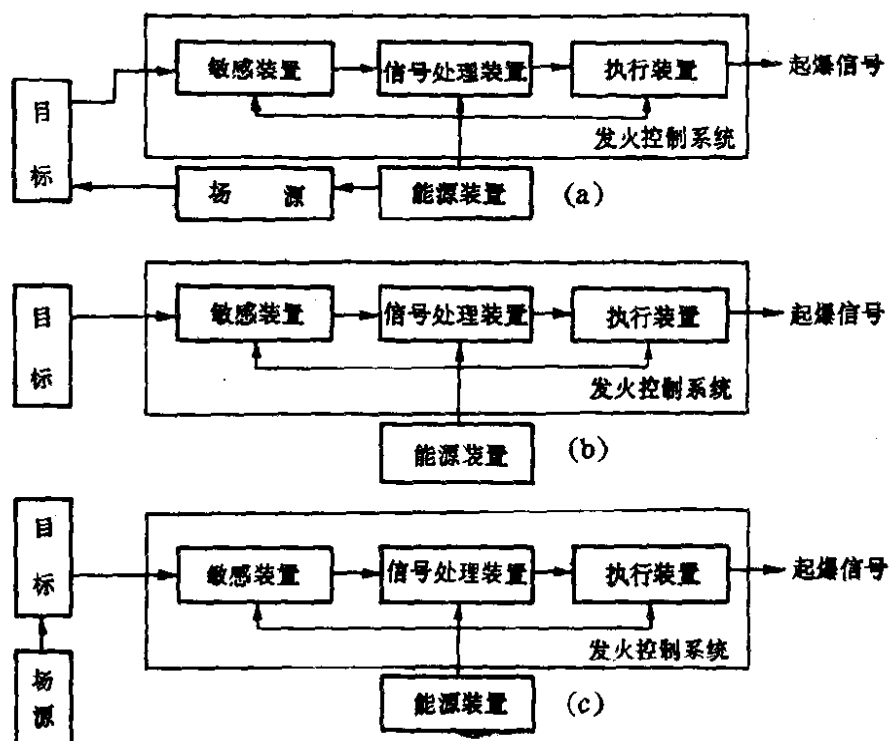


图1 发火控制系统原理图

- a. 主动式近炸引信发火控制系统
- b. 半主动式近炸引信发火控制系统
- c. 被动式近炸引信发火控制系统

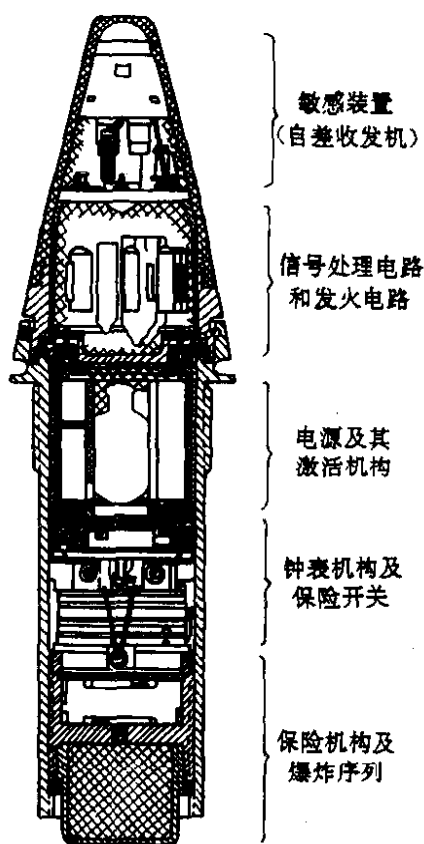


图2 主动式无线电引信
结构图

用于对付坦克、舰船等目标;也可配用在导弹战斗部上,用于对付飞机等带有磁性金属的目标。

电容感应引信是利用射弹与目标接近时电容量的变化获取目标信息而控制发火的近炸引信。常配用在杀伤、杀伤爆破和破甲战斗部上,用于对付地面、空中目标。静电引信是利用弹目接近时的静电感应效应获取目标信息而控制发火的近炸引信。水压(动压)引信是利用目标运动时周围水压场的变化获取目标信息而控制发火的近炸引信。常配用在水雷上,用于对付水中(水面)目标。

近炸引信的主要性能是引信与战斗部配合性能。它受射弹与目标交会条件和目标特性的影响较大,通常是采用各种

不同的原理来实现定距、定高、定向起爆,以满足引信与战斗部配合的性能要求,并可采用自调延时电路、自适应选择炸点、多档起爆、多点起爆等来改善引信与战斗部配合性能。

简史 20世纪30年代开始研制的近炸引信是利用声、磁、光等物理场的声引信、磁引信和光引信等。20世纪40年代研制出了许多新型的近炸引信,如无线电引信、气压引信、静电引信和光引信等。但首先得到装备和使用的是主动式无线电引信(亦称雷达引信),当时称为VT(可变时间)引信。20世纪50年代出现了红外光引信。60~70年代随着微电子、雷达、电子计算机、红外光、激光和遥控技术的迅速发展,以及电子元器件的小型化、集成化,进而出现了激光引信和兼有近炸、触发、时间作用的多选择引信,70年代末出现了对空炸点自适应引信。

中国20世纪50年代开始研制近炸引信,1959年研制出第一

代电子管体制的无线电引信,1967年研制出红外光引信。70年代至80年代初期,相继研制出第二代晶体管体制和第三代集成电路体制的无线电引信、磁引信和声引信等。

近炸引信不仅能大幅度提高弹药对目标的毁伤效果,扩大弹药的使用范围,还能减少弹药消耗,简化训练方法。但比其他引信易受干扰。为进一步提高近炸引信的引战配合效率,增强抗干扰能力,需提高感觉(探测)和识别目标特性及环境特性的能力,采取有效的抗干扰技术,研究使用新原理和多功能的近炸引信,如编码引信、多选择引信、目标敏感引信以及其他联合体制的近炸引信等。

(李占雄)

feichufa yinxin

非触发引信 (non-contact fuze) 见近炸引信。

zhouzha yinxin

周炸引信 (ambient fuze) 受目标周围环境的某种物理特性(不是目标引起的)激励而作用的引信。环境信息特征的选择,取决于战斗部对起爆条件的要求和目标所处环境的特点,而不是目标本身的物理特性。目标所处的环境可以是大气压、水压、地球磁场、重力场等。周炸引信一般配在威力较大的弹药战斗部上,用于对付地面(水面)目标和水中的目标。常用的周炸引信有气压引信和水压(静压)引信。

大气压力随着离海平面高度的增加而减小,在大气层内,高度每增加84米,大气压力约减小1%。气压引信就是利用大气压力与高度的这种函数关系,来控制战斗部在目标上空一定高度处爆炸的。在这种引信的发火控制系统中,设有气压传感器,当外部的大气压力达到与所要求的炸高相对应的数值时,气压传感器即产生引爆控制信号,使引信发火电路发火。由于大气压力随高度变化的梯度比较小,且受气候条件等多种因素的影响,造成引信的炸高

产生较大的散布,因而只能配用在核装药的航空炸弹和导弹等具有大威力、要求大炸高的弹药上,其炸高通常为几百米到几千米。

水压(静压)引信是根据水中静压力与离水面深度有比较稳定的函数关系,利用水压来控制战斗部在进入水中一定深度爆炸的。在其发火控制系统中设置有水压传感器,当弹药战斗部进入水中一定深度,引信周围的水压达到规定值时,水压传感器便产生发火控制信号引爆战斗部。这类引信主要配用在深水炸弹上,用于攻击水下的潜艇或障碍物等目标。(施聚生)

shijian yinxin

时间引信 (time fuze) 是利用发射、投掷或布设后,按照装定的时间而作用的引信。又称定时引信。时间引信广泛用于实现空炸、定时起爆的各类弹药。时间引信的作用时间间隔短则几秒、长则数小时、几个月。

组成 时间引信的组成特点在于发火控制系统,而安全系统、爆炸序列、能源等与其他引信类同。时间引信的发火控制系统包括时间装定装置或装定存贮器(接受定时装定)、定时装置(计量时间间隔)和发火装置(图 1)。

分类 依计时装置原理不同分为火药、机械、化学、电子、射流等时间引信。

火药时间引信 是采用火药计时装置计时的时间引信。常用的药盘时间引信在发射前用装定扳手调整药盘体使其转动某一角度以达到相对应的一段药剂长度,发射后靠这一段药剂等速燃烧达到定时目的。这种引信结构简单,用于迫击炮弹、高射炮弹和特种弹。其缺点是作用时间较短,定时精度很差,在高空、高转速情况下易熄火,长期贮存性能差。

机械时间引信 是采用钟表机构计时装置计时的时间引信。计时装置的原动力多为发条或借离心力转动的齿弧带动齿轮传动擒纵机构和调速器。发射前用引信测合机或装定扳手进行装定。发

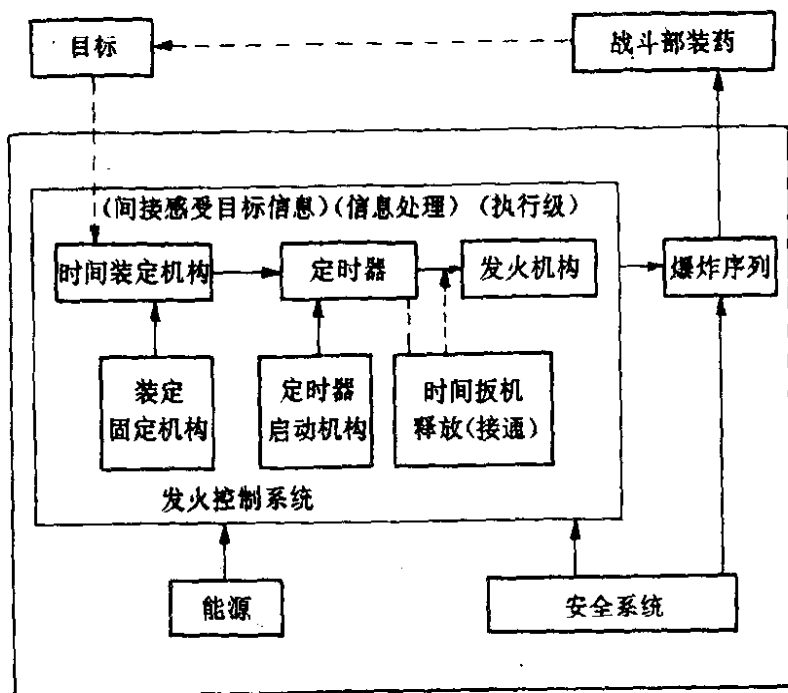


图 1 时间引信原理图

射后，擒纵机构和调速器作等时振动，控制计时装置装定件等速旋转，转到装定角度时释放时间击发体而实现定时发火。机械时间引信常用于地面炮的特种弹、高射炮的杀伤爆破弹和航空炸弹。

化学时间引信
是采用化学计时

装置计时的时间引信。它利用某些有机溶剂溶解或软化某种物质时间过程,或利用某种物质的电解过程,按设计的定时间隔控制发火。定时间隔从数小时到几个月。这类引信结构简单、布设后其控制发火时间不易受人工改变,易受温度影响,定时精度很差。常用于地雷和航空定时炸弹。

电子时间引信 是采用电子计时装置计时的时间引信。有数字式、模拟式两种。数字式电子时间引信(图 2)应用数字计时电路对作等时振荡的电脉冲计数而控制发火。发射前将按比例缩短的装定时间信息,输入引信存贮计数器,发射后,电池供电开始计时,电子计时装置以补码(或原码)方式累计计时,达到装定值就输出点火脉冲使引信发火。时间信息存贮计数器多采用金属-氮氧化物-半导体 MNOS 存贮器,具有在发射前使用地面电源装定时间与检测,断电后存贮信息不易丢失等优点。

数字式电子时间引信具有全作用时间长、定时精度高、可无损检测,易于和火控系统联动、实现遥控装定、电子计时装置通用程度高等优点,广泛用于子母弹的母弹、特种弹和杀伤爆破弹。

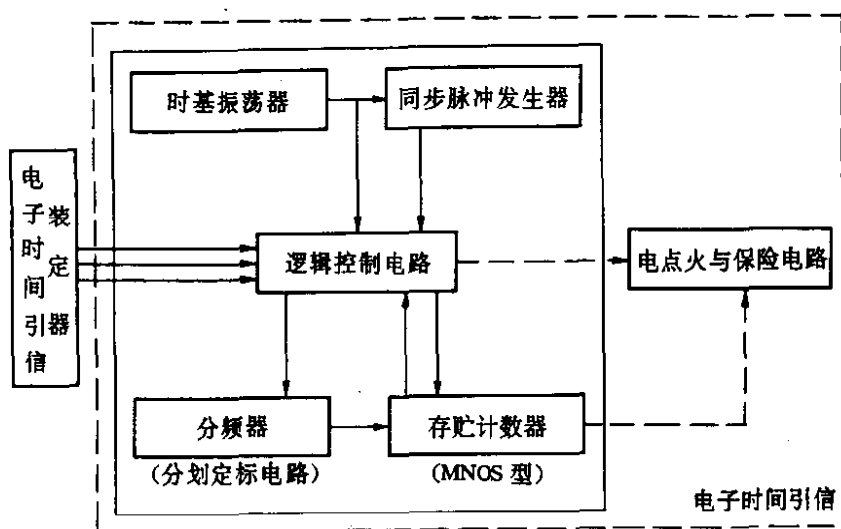


图2 数字式电子时间引信发火控制系统原理图

模拟式电子时间引信利用电压或电流按一定规律随时间连续变化特性工作。利用RC电路充、放电规律获得定时作用，多用于航空定时

炸弹。

射流时间引信 是采用射流计时装置计时的时间引信。应用射流元件组合,控制流体流量、累计经过分频的射流时基振荡器振荡周期计时。计时装置由射流振荡器、分频器、双稳触发器、计数器、时间装定装置、译码器等组成,能源常利用弹体飞行气动压力或内贮气源。射流装定装置使用穿孔带—齿轮传动装置或全部齿轮传动装置进行装定。发射后,振荡器起振,各级计数器依次切换,经历装定的时间间隔后输出点火脉冲。射流计时器无活动零件和电子部件,抗干扰能力强,能承受高过载,使用温度范围宽,工作稳定可靠,可小型化。但这类引信装定方法复杂,尚未见列入装备。

简史 19世纪出现药盘时间引信,20世纪初出现了钟表时间引信。20世纪30年代德国制成阻容式模拟电子时间引信,广为应用,40年代出现化学时间引信,70年代美国制成数字式电子时间引信,70年代末出现遥控装定的数字式电子时间引信。中国于60年代制成85秒机械时间引信,80年代中国制成地炮通用电子时间引信。

(徐家楨)

zhiling yinxin

指令引信 (command fuze)

靠接收指挥站发出的指令作

为发火信息的引信。又称遥控引信。它与其它引信的主要区别是发火控制系统。其发火控制系统由指令接收机、指令识别执行电路和发火电路等组成。弹药发射或布设后,指令接收机与指挥站保持着联系,指令电路不断地鉴别指令信号与干扰信号,并抑制干扰信号,当指挥站确认战斗部已处于摧毁目标的最佳位置时,便发出发火指令。引信的指令识别执行电路,根据接收机从雷达电波或红外光或激光所接收到的指令信号,产生发火控制信号,使发火电路发火引爆战斗部装药。指令引信主要配用在地空导弹、地雷和水雷等弹药上,还可作为弹药在发射出现故障时保障安全的自毁装置。

指令引信的起爆时机,是由遥控指挥站根据所探测的目标信息和战斗部的实际位置和状态计算确定的,引信本身的结构比较简单,具有一定的引战配合性能,并可以利用指令编码技术来提高其抗干扰能力。此外,它还可以利用所接收的指挥站指令,作为引信安全系统解除保险的一种信息。这种引信的缺点是要求指挥站具有精确的探测计算装置,引信的工作对指挥站依赖性很大,一旦指挥站产生故障或遭受破坏,引信将无法正常工作。

(施聚生)

duoxuanze yinxin

多选择引信 (multi-option fuze) 具有触发、近炸、时间、周炸等两种以上作用方式并能选择装定的引信。又称多用途引信或多功能引信。

多选择引信是 20 世纪 70 年代发展起来的。其特点在于它的发火控制系统中同时具有多种功能和作用,并设有可对其进行选择的装定装置。而安全系统、传爆序列和能源等则与其他引信类同。多选择引信不同于具有多种装定作用的触发引信或近炸引信,后者只能在触发或近炸一种作用方式范围内进行装定,如触发引信只能对瞬发、惯性和不同延期时间等作用进行装定;近炸引信则只进行不同炸高的装定。也不同于具有触发功能和具有时间自炸装置的近炸引信,因后者只是在近炸作用失效或没有遇到目标脱

靶时才产生作用,而且不能在它们之间进行选择装定。而多选择引信则可在不同功能和不同作用方式之间进行选择装定。

多选择引信可手工或自动装定。简单的是在阵地上用装定器进行装定、较为复杂的是在出炮口时进行感应装定,或者是发射后进行遥控装定,还可由引信自身根据射弹与目标交会条件进行自适应装定。多选择引信有利于简化引信装备品种,实现引信通用化,提高武器系统的效率,适应现代战争中的快速反应的特点,多选择引信可广泛地配用在常规武器的各类弹药上。

(施聚生)

yinxin kekaoxing

引信可靠性 (fuze reliability) 引信在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力。规定条件包括:引信在勤务处理和长期贮存中可能遇到的振动、冲击、跌落、碰撞以及温度、湿度、盐雾等环境条件;发射前电路及状态检查等维护条件和装于飞机、舰船上伴随载体运动,装定、装填、发射等操作使用条件。规定时间是指引信从成品交验经过勤务处理、贮存、检查维护、发射,直到在目标区正常起爆或点火所经历的时间。规定功能是指引信的安全、解除保险、抗干扰、适时发火、起爆完全等性能指标。

可靠性是衡量引信性能的一个重要方面,包括保证安全的可靠性、正常作用可靠性和长期贮存可靠性。评定引信可靠性的主要定量指标是可靠度、失效率和可靠寿命。引信可靠度是指引信在规定条件下和规定时间内完成规定功能的概率。引信失效率是指从成品交验到寿命期中指定时刻的各个时期内,引信失效数与该时期该引信试验(或使用)总数的比率。当投入试验(或使用)的引信数量足够大时,此比率可做为失效概率的估计值。引信失效的表现形式称为失效模式,有安全失效模式和正常作用失效模式。属于安全性的失效模式,如勤务处理及维护操作中提前解除保险、过早炸及延期解除保险时间过短等。属于正常作用的失效模式,如早炸、瞎火,触发引信的瞬发度、延期作用时间、自毁时间,时间引信的工

作时间,近炸引信的作用距离性能不符合规定的指标要求,引信未按所规定的作用方式作用,起爆不完全等。长期贮存可靠性的主要指标是可靠寿命,即在引信可靠度不低于某一规定数值的条件下,引信能够贮存的最长年限。

引信可靠性通过可靠性设计、元器件选择、加工装配、包装和长期贮存的技术措施与管理措施来保证,并用抽样检验方法通过有关的实验室试验和靶场射击试验来考核。

(马宝华)

yinxin anquanxing

引信安全性 (fuze safety) 在生产、勤务处理、装填、发射直至延期解除保险的各种环境中,引信在规定工作条件下不解除保险和爆炸的性能。安全性是引信最重要的一个性能指标。不安全的引信,不仅不能完成预定任务,反而会造成己方人员伤亡和装备损毁。特别是过早炸,即在未达到延期解除保险时间时战斗部爆炸,包括发射时由于引信的原因导致战斗部在炮膛或发射管内的膛炸,及在炮口附近的炮口炸等,将造成很大损失。

引信安全性包括生产、勤务处理及贮存和使用安全性。生产安全性指产品在装配、检验、厂内搬运、成品验收、试验等阶段的安全性;勤务处理及贮存安全性,指成品在装卸、运输、贮存、维护检查等过程和环境下的安全性。使用安全性,指成品在装弹、挂弹、装定、装填、投掷、布设随弹药、装于飞机、舰船上航行,以及发射时的安全性。要求引信在上述过程中受到冲击、振动、碰撞、跌落、滚动、热冲击、盐雾、静电、电磁或射频干扰,以及常见的不正常操作的影响时,不得提前解除保险和(或)爆炸序列最后一级火工元件不得爆炸。为了防止高炮、航空炮、导弹、航空炸弹等弹丸或战斗部在未命中目标后,失去战机时,落地爆炸毁伤地面人员和建筑,常需在引信中设置自毁装置,以保证使用安全性。至于弹道安全性,即引信经发射解除保险后至预定炸点前的弹道上不爆炸(即不早炸)的性能,则属于引信正常作用可靠性的范畴,由发火控制系统来保

证。

引信安全性主要由安全系统来保证。在安全系统设计中必须遵循引信安全性设计准则的有关规定。例如,引信应采用隔爆机构,平时将爆炸序列中装有起爆药的起爆元件与导爆药柱(管)或传爆药柱(管)隔开;安全系统必须至少包括两个独立的保险件,其中任何一个都必须能防止引信意外解除保险,它们应利用不同的环境信息来启动,即冗余保险的要求;必须至少有一个保险件提供延期解除保险时间,保证引信在安全距离外解除保险,安全距离是指战斗部在弹道上意外爆炸时,不致危及己方发射阵地及人员安全的最小距离,对解除外插保险或变动装定的引信,在不发射时,应易于复原并保证安全。对于不含有起爆药的钝感起爆元件,平时可与导爆药柱(管)或传爆药柱(管)对正,但必须有专门的电子安全系统,保证起爆元件在发射前及发射后的安全距离内不会被起爆;以及采用所允许使用的传爆药等。设计时还应进行引信危害分析,即对引信可能导致人员伤亡或武器装备损坏等意外事故的各种因素与状况进行分析,确定或找出各种危害条件及其可能导致的后果,以便在引信安全设计中,将意外事故控制在一个允许的水平内。在积累足够的数据时,可用计算引信安全系统失效率的方法来评定所设计的引信的安全性。此外,还要在生产过程中,通过元器件选择、隔爆件、原材料检验、加工装配中的技术措施与管理措施,来保证引信的安全性。在引信的勤务处理、贮存和使用中,应严格遵守有关的操作规范和管理条例,避免违章操作。引信安全性用抽样检验方法通过专门的实验室模拟试验和靶场射击试验来考核。

(马宝华)

yinxin yu zhandoubu peihe

引信与战斗部配合 (fuze-warhead coordination) 在规定的弹目交会条件下,引信起爆区与弹丸战斗部的最佳起爆区协调一致的性能。简称引战配合,亦称引战协调。主要内容是引爆

(燃)的适时性,即实现最佳引爆,同时还包括引爆(燃)的完全性以及结构、性能的协调性。

引爆(燃)的适时性,是指弹药战斗部与目标在各种可能的交会(简称弹目交会)的条件下,引信的引爆区与战斗部的动态毁伤区协调一致的性能。它不仅与引信的类型有关,还和目标的物理特性、易损性、战斗部的类型和弹目交会的条件(包括弹速、目标速度、交会角、脱靶方位和脱靶量等)有关,常用引战配合效率来度量。引爆的完全性,是指引信的爆炸序列的输出能量能充分地引爆或引燃战斗部的装药,使其完全起爆或燃烧。结构性能的协调性,是指引信与弹药战斗部及其它部件之间结合时必须协调相互间的影响,包括外形、尺寸连接的要求和机电性能、化学性能的相容性等。

保证引爆的适时性是近炸引信的引战配合性能的一个突出的问题。用配近炸引信的杀伤战斗部对空中目标进行射击时,引爆的适时性就体现为使战斗部的有效破片能密集地飞向目标的关键部位,这就要求引信能根据目标的大小、姿态、易损性、关键部位的位置和弹目交会条件等来调整引信的引爆时机和引爆方法,使战斗部爆炸时,目标关键部位处于破片或杀伤元素密集的区域,为此,在近炸引信中采用了定角引爆技术、延迟时间电路。利用目标信息和交会条件信息用人工或自适应地调整引爆角和延迟时间,和采用多选择引信的遥控装定和自适应装定等技术来改善引战配合。在配用近炸引信的杀伤战斗部对地面有生力量进行射击时,引爆适时性就体现为对离地面的炸高及其散布的要求。而在配近炸引信的破甲战斗部对装甲目标射击时,引爆适时性则体现为战斗部对装甲的炸高及定距精度的要求。

配用在杀伤、破甲、燃烧等战斗部上的触发引信,其引爆适时性体现为瞬发度、灵敏度、大着角和小落角的发火等性能。而配用在爆破战斗部和穿甲战斗部中的触发引信,其引爆适时性则体现为保证合适的延期时间。指令引信和时间引信的引爆适时性是由

指挥站的雷达和计算机给出的指令所决定的,引信的引战配合性能体现为执行指令的性能,这种性能在时间引信中就体现为装定的作用时间范围和定时精度上。

(施聚生)

Nuobei'er

诺贝尔, A. B. (Alfred Bernhard Nobel 1833~1896)



瑞典化学家和工程师,诺贝尔奖金的创立人。

1833年10月21日出生于瑞典斯德哥尔摩。

1842年随母去俄国,在父亲和家庭教师的教育下攻读化学和工程学,16岁就开始显露出其化学才华,还懂得德、英、俄、法等国语言。

1850年去巴黎从事化学研究,一年后赴美国在J.埃里克森工程师指导下工作了4年,返回俄国在父亲的工厂里从事炸药研究工作,

1859年回到瑞典开始研究硝化甘油,1862年第一次成功地进行硝化甘油的爆炸实验。1865年诺贝尔发明了雷汞雷管。1866年他用25%硅藻土吸收75%硝化甘油发明了代那买特安全炸药,1867年在英国、美国取得了专利。这一发明在炸药研究上是一个突破。许多专家认为,这项发明是黑火药发明以来在炸药科学上最大的进展。1875年诺贝尔在代那买特炸药中加入胶棉制成爆胶,它比一般代那买特具有抗水性和更高的爆炸威力。1888年诺贝尔用60%硝化甘油加入40%低氮量的硝化棉制成了巴利斯太双基药。后来被广泛用于炮弹和火箭弹的火药装药。

诺贝尔于1896年12月10日在意大利圣雷莫逝世,他一生总共获得了350多项发明专利。诺贝尔在去世前立下遗嘱,把遗产的主要部分作为基金奖励世界上对和平、文学、物理学、化学、生理学或医学贡献最杰出的人士,这就是被国际科学界视为崇高荣誉的诺贝尔奖金。

(吴宝镇)