

火 工 品

第一节 火工品的基本特性与分类

火工品是指装有少量火炸药的较敏感的一次性小型元件或装置,容易在外界作用下发生燃烧、爆炸等化学反应,释放出大功率的能量,用来引燃、引爆或做功,是所有引燃和引爆器材的总称。

一、火工品的基本特性

火工品在军事上具有广泛应用,是各种常规弹药、核武器、导弹及其他航天器的点火与起爆元件。在航天器中的很多系统(如控制、应急、级间分离、整流罩释放、回收和着陆、安全保险和自毁等系统)还用它去完成特定的作用。美国阿波罗登月飞船就装有 100 多个火工品。在民用方面,火工品是矿山开采、毫秒爆破、爆炸成形、石油勘探等方面非常有用的器件。

火工品的基本特性可以归纳为:

- (1) 尺寸小,在整个能量或爆炸系统中占据的体积很小。
- (2) 装药少,相对于发射药、猛炸药等主装药,火工品中装填的火炸药量非常少。
- (3) 有较高的感度,能在外界较小的初始冲能(如机械能、热能或电能)作用下,发生燃烧、爆炸等化学反应。
- (4) 具有很高的能量释放效率,能够点燃火药、起爆炸药或者形成某种特定的动力能源等。
- (5) 在燃烧或爆炸序列中通常处于初级位置,属于第一个作用的元件。
- (6) 可靠性高。
- (7) 使用安全性较好,长储安定性和生产经济性好。



二、火工品类别

火工品的种类较多。

(一) 按主要用途区分

(1) 引燃用火工品,主要包括火帽(引信火帽、底火火帽)、底火、导火索、点火具、电点火管、导火索等。

(2) 起爆用火工品,主要包括雷管(火雷管、电雷管)、导爆索、导爆管等。

(二) 按激发能源的形式区分

按激发能源的形式分为机械作用的火工品、火焰作用的火工品和电能作用的火工品三类。

(三) 按适用对象区分

主要分为军用火工品和民用火工品两大类。除了火帽、底火等弹药中使用的军用火工品之外,导火索、雷管、导爆索等相同种类的火工品在结构上大同小异,因此某些火工品具有一定的农民通用性。

三、火工品装药

(一) 点火药

一般点火器材中的点火药大多由氧化剂、可燃物和辅助添加成分构成。有些药剂的感度较低,或某些制品要求用专门的点火药剂,即引燃药剂。它具有发火温度低(低于 500°C),燃烧温度高,有适量固体或(和)液体生成物等特点。点火药可以按性能、用途和组分进行分类。

含硝酸盐点火药剂主要成分为硝酸盐,可燃物为木炭、硫、蔗糖等。表 3-1 为含硝酸盐点火药的配方,表 3-2 为含氯酸钾点火药剂,表 3-3 为含高氯酸钾点火药剂,表 3-4 为镁粉点火药的配方及组成,表 3-5 为含金属氧化物(过氧化钡)点火药的配方,可用于点燃曳光剂等烟火制品。

表 3-3 所列点火药,其外观是灰绿色均匀细颗粒,无肉眼可见的杂质,水分 $\leq 0.1\%$,灰分 $\leq 0.1\%$ 。该药剂主要用作炮弹和火帽的点火装药,也用于烟花礼炮中。



表 3-1 含硝酸盐点火药的配方 %

配 方	组 分 及 用 量					
	硝酸钾	硝酸钠	无硫黑火药粉	硅	蔗糖	木炭
配方 1	40	—	20	40	—	—
配方 2	—	47	—	—	47	6
配方 3	90	—	—	—	—	10

表 3-2 含氯酸钾点火药的配方 %

配 方	组 分 及 用 量		
	氯酸钾	硫氰酸铅	铬酸铅
配方 1	55	45	—
配方 2	50	47	3

表 3-3 含高氯酸钾点火药的配方 %

配 方	组 分 及 用 量					
	高氯酸钾	亚铁氰化铅	松香粉(外加)	硫黄粉	锆粉	酚醛树脂(外加)
配方 1	55	45	2	—	—	—
配方 2	5	—	—	20	75	5

表 3-4 几种镁粉点火药的配方及组成 %

配 方	镁 粉	BaCrO ₄	PTFE	PCTEF	氟化钠	重铬酸钾
配方 1	30	70	—	—	—	—
配方 2	50	—	25	10	7.5	7.5
配方 3	40	—	35	10	7.5	7.5
配方 4	30	—	45	10	7.5	7.5

PTFE 为聚四氟乙烯的缩写,PCTEF 代表聚氯三氟乙烯。

表 3-5 过氧化钡点火药 %

配 方	组 分 及 用 量			
	过氧化钡	镁	硝酸钡	酚醛树脂
配方 1	80	18	—	2
配方 2	30	13	48	9



(二) 导火索用药剂

一般的导火索以黑火药为药芯,常用配方如表 3-6 所示。

表 3-6 导火索用黑火药配方 %

组 分	硝酸钾	木 炭	硫 黄
用 量	63±2	27±2	10±2

该药剂外观呈黑色或灰黑色粉末,无结块,无肉眼可见的杂质,水分≤1.0%,5s 发火点 436℃,撞击感度 30%,摩擦感度 40%,燃速≥6mm/s,导火索燃速 110s/m(相当于 9.09×10^{-3} m/s)。该药剂用于制作导火索,也用于烟火、爆竹和部分爆破作业。压制成形后可用作点火药和延期药。

(三) 摩擦药剂

摩擦药剂有很多种,表 3-7 为三种含硫化锑摩擦药配方,表 3-8 为两种含硫摩擦药配方,表 3-9 为含三硝基间苯二酚铅摩擦药配方。

表 3-7 含硫化锑摩擦药配方 %

配 方	组 分 及 用 量						
	氯酸钾	三硫化二锑	硫	木 炭	炭 黑	阿拉伯胶	虫 胶
配方 1	60	25	10	5	—	—	—
配方 2	66.2	33.1	—	—	—	0.7	—
配方 3	73	12	—	—	4	—	11

注:该药剂外观是灰白色的均匀粉状混合物,主要用作手榴弹点火药(拉火药),也用于各种弹丸的点火引信中。

表 3-8 含硫摩擦药配方 %

配 方	组 分 及 用 量			
	氯酸钾	硅 粉	硫 磺	玻璃粉
配方 1	60	30	10	—
配方 2	70.4	—	17.6	12



表 3-9 含三硝基间苯二酚铅摩擦药配方 %

组 分	三硝基间苯二酚铅	硝酸钡	二氧化铅	玻璃粉
用 量	30	38	28	4

(四) 延期药剂

延期药种类很多,表 3-10 为两种有烟延期药配方,其中木材的树种对木炭的物理性质影响较大,进而会影响到延期药的燃速。

表 3-10 有烟延期药配方 %

配 方	组 分 及 用 量			
	硝酸钾	升华硫	醋柳木炭	柳枝炭或鼠李炭
配方 1(634 延期药)	75±1.0	10±1.0	15±1.0	—
配方 2(675 延期药)	75±1.5	10±1.0	—	15±1.5

634 延期药一般用于火帽和雷管之间,作为炮弹等弹体的发火点燃延期药,可用于烟花、礼炮和弹丸中。675 延期药若用于烟花、礼炮和弹丸中,属于缓燃延期药,其燃速仅为 634 延期药的 2/5~1/2,通常压装在时间引信的延期药盘中,大多用于特种弹。

表 3-11 手榴弹用延期药配方 %

组 分	氯酸钾	铬酸钡	锑粉	酚醛树脂酒精溶液
用 量	13.4	39.2	47.4	适量(后加)

表 3-11 为手榴弹用延期药配方,表 3-12 为微烟延期药配方。

表 3-12 微烟延期药配方 %

组 分	铬酸钡	氯酸钾	五硫化二锑	硝化棉丙酮溶液(外加)
用 量	79±1.5	10±0.8	11±0.5	2±0.25

注：该配方制成的延期药又称 600 引信延期药,主要用于制作火箭引信的秒级延期药。

(五) 火帽用药

火帽的击发药同样以氧化物、可燃物和起爆药为基本成分。表 3-13、表 3-14 分别为含雷汞、无雷汞的火帽用药配方。



表 3-13 含雷汞的火帽用药配方 %

配 方	组 分			
	雷 汞	氯酸钾	硫化锑	玻璃粉
配方 1	27	37	29	7
配方 2	25	37.5	37.5	—
配方 3	16.5	55.5	28.0	—

表 3-14 无雷汞的火帽用药配方 %

配 方	用 量					
	斯蒂芬酸铅	四氮烯	二氧化铅	硅化钙	硝酸钡	硫化锑
配方 1	40	3	5	10	42	—
配方 2	30~35	2~3	5~8	6~12	40~45	6~9

(六) 导爆索用药剂

18 世纪末到 19 世纪初首先研制出了以硝化棉为药芯的导爆索。以后由于军事上的需要,导爆索炸药芯由苦味酸、梯恩梯发展为太安、黑索金。表 3-15 为以黑索金为主要成分的导爆索药剂常用配方。表 3-16 为几种导爆管用炸药配方。

表 3-15 导爆索药剂配方 %

组 分	粗晶黑索金	细晶黑索金
含 量	60±1	40±1

表 3-16 导爆管用炸药配方 %

配 方	组 分					
	黑索金	超细铝粉	硬脂酸钙(外加)	奥克托今	石墨粉(外加)	硝基胍
配方 1	92	8	0.25	—	—	—
配方 2	—	9	—	91	0.25	—
配方 3	—	9	0.25	—	—	91



第二节 引燃用火工品

一、火帽

火帽常用作传火序列中的第一个作用的元件,有时也是传爆序列中的第一个元件,是相当小而灵敏的起始元件。火帽在传火序列中受枪机或炮栓上的撞针撞击而发火,发火产生的火焰点燃发射药或发射药的点火药;在传爆序列中通常由击针刺入而发火,发火后产生的火焰点燃雷管或延期药。

火帽的作用就是把机械能转换为热能,即火焰。按激发的方式不同可分为:

- (1) 针刺火帽,由击针刺激而发火。
- (2) 撞击火帽,由此撞针撞击而发火。
- (3) 摩擦火帽,由摩擦生热而发火。
- (4) 压空火帽,由空气绝热压缩产生热量而发火。
- (5) 电火帽,由电能作用发火。
- (6) 其他火帽,如碰炸火帽、激光火帽等。

火帽通常由金属壳和装填的针刺药或击发药剂构成,可借针刺、撞击或摩擦等方式发火,以爆燃形式将能量传递给序列中的下一个元件。针刺火帽用于引信中,由引信的击针刺击发火。撞击火帽用于枪、炮弹丸药筒的底火中,由枪、炮的撞针撞击发火。摩擦火帽用于手榴弹、爆破筒的传爆序列中。击发药的主要成分是起爆药、氧化剂和可燃剂。起爆药的作用是保证感度,火帽受到针刺或撞击时,起爆药首先发火,但它的作用时间短、猛度大,没有足够的点火能力,因此必须加入发热量高的可燃剂。氧化剂的作用是供给可燃剂足够的氧,使之反应完全,放出足够的热量。第一次世界大战时,广泛使用氯酸钾、硫化锑和雷汞组成的击发药。由于有汞害及腐蚀性等原因,雷汞型击发药正被淘汰。第二次世界大战后,出现了无雷汞、无锈蚀击发药,其主要成分为硫化锑、三硝基间苯二酚铅、四氮烯和硝酸钡。表 3-17 为各种火帽的特征。

(一) 针刺火帽

针刺火帽一般由火帽壳、发火药剂、加强帽(或盖片)三个主要部分和虫胶漆密封、底层引燃药等组成,图 3-1 所示为针刺火帽的典型结构。



表 3-17 各种火帽的特征

名 称	药 剂	盖片(加强帽)材料	激发方式	用 途
针刺	针刺药	金属	击针	引信
撞击	击发药	锡箔或羊皮纸	火台和撞针	底火
摩擦	摩擦药	无	摩擦簧	手榴弹、爆破筒
碰炸	击发药	金属	硬障碍物	引信头部
激光	光敏点火药	透明聚光玻璃	激光束	导弹、飞船
压空	斯蒂芬酸铅、氮化铅、梯恩梯	金属(带孔帽壳)	闭气筒	引信

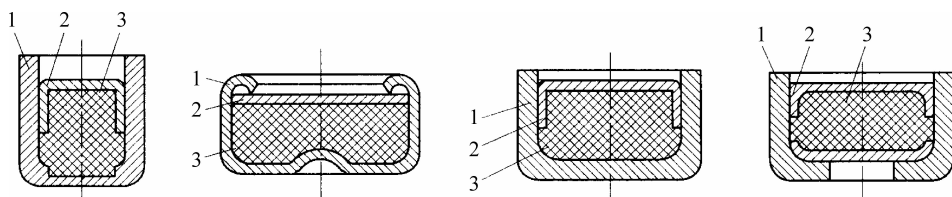


图 3-1 针刺火帽的典型结构

1——火帽壳；2——加强帽(或盖片)；3——发火药剂

针刺火帽中火帽壳用来装击发药,加强帽(或盖片)通常是和药剂一道压入火帽壳的,主要是防止击发药撒出并起防潮作用,使用紫铜冲压、镀镍而成。

(二) 撞击火帽

撞击火帽主要用于枪弹药筒和各种炮弹的撞击底火中,用来引燃底火与传火管中传火药、扩延药和点燃各种枪弹中的发射药,故也称为底火火帽。

撞击火帽的构造基本上与针刺火帽一样,不同的是不用加强帽而只用盖片。

二、底火

单独使用一个火帽来引燃发射药只适用于枪弹和口径很小(小于 25mm)的炮弹,当弹药口径增加后,所装的发射药量也相应增加,单个火帽的火焰就难以使发射药正常燃烧,在这种情况下就要靠底火来完成任务。

底火从本质上是用以引燃发射装药的复合点火装置。它通常由火帽或其他发火元件、点火药及其他零件构成,其中的闭气锥体用以防止火炮发射后



火药燃烧气体从底部逸出,烧蚀炮栓镜面。一般底火由火炮撞针撞击发火。图 3-2 所示为一般底火的结构。

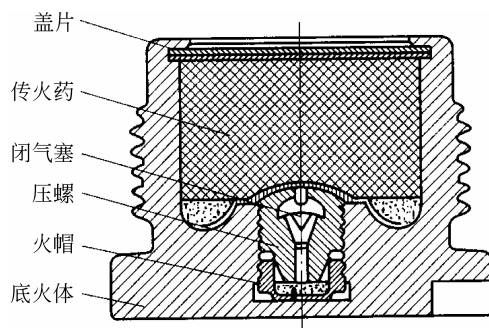


图 3-2 一般底火结构

随着武器的发展,弹丸发射的速度越来越高,机械式底火已很难满足使用要求,于是出现了电底火。电底火接收电冲能而发火,具有结构简单、作用时间短、发射速度高等许多优点,可以大大提高火炮的射速及齐发同步性。

当弹药口径更大(大于 37mm)时,底火的火焰也满足不了发射药正常燃烧的要求,还必须配合使用点火药包才行,而点火药包的装药量随炮弹口径的增大而增大。

三、电点火头

电点火头是通过接收电能引燃点火药的微小火工品。电点火头按照发火结构的特点可分为桥丝式、导电药式和火花式,分别如图 3-3(a)、(b)、(c)所示。应用最为广泛的桥丝式电点火头是在两根导线之间连接有一段细小的桥丝(镍铬、康铜或铂铱金属电阻丝),其上涂有少许发火药。桥丝电阻通常为 $1\sim 2\Omega$,发火电流约为 1A,安全电流约为 0.05A,而后将其包覆或浇注在点火药中。连接至外面的两根导线在装药附近用胶质绝缘材料固定并分开,如图 3-4 所示。

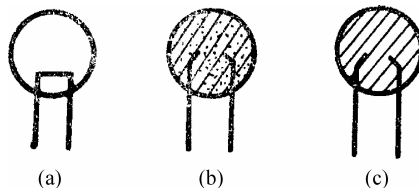


图 3-3 电点火头的三种基本形式



图 3-4 电点火头

四、点火管

点火管是一种用于引燃抛射药和火箭固体推进剂的火工品。其中由电引发的点火管称为电点火管,一般有金属管壳,发火头被包在金属管壳内,引出极有独脚式(见图 3-5)和引线式。发火头结构和电点火头类似,也是将一段金属电阻丝埋入药剂中,两端各与一导线相接,通入电流后桥丝升温,引燃周围的火药或者引爆周围的炸药。

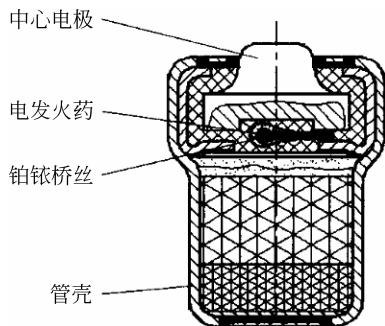


图 3-5 电点火管结构



图 3-6 导火索

点火管有很多种,用机械能(如击针作用)引发的点火管,其作用和底火类似。而用摩擦作用引发的点火管通常称为拉火管。

五、导火索

导火索是最常用的索类火工品,外形呈索状(见图 3-6),是一种具有连续细长装药的柔性火工品,燃速稳定(不应中途熄灭或断火,用黑火药做芯子的导火索的正常燃烧速度是 1cm/s),有足够的火焰感度和点火能力(易于被点燃而且