

燃料空气炸药威力的评价方法

惠君明 刘荣海 彭金华 汤明钧

(南京理工大学, 南京 210094)

摘要 燃料空气炸药(FAE)对目标的毁伤作用,主要由爆炸场参数(超压-冲量)决定。本文分析了FAE爆炸场参数特点与影响毁伤的因素,提出了评价FAE爆炸威力的方法。

关键词 燃料空气炸药(FAE) 威力评价 毁伤作用

1 引言

燃料空气炸药以大体积的云雾爆轰为特征,达到对付大面积“软”目标毁伤的目的。对FAE爆炸作用威力的评价,至今没有令人满意的方法。国外多数同行使用TNT当量的概念,但他们提供或发表的数值差距很大,在处理方法上还没有统一。国内同行也曾对FAE的爆炸输出和爆炸威力的评价方法提出了见解^[1~3]。本文拟在上述工作基础上,进一步明确提出评价FAE爆炸威力的方法。

2 FAE爆炸场参数特点与毁伤的影响因素

FAE对目标的爆炸破坏作用,主要是通过云雾爆轰波及由此引起的空气冲击波实现的;而其窒息作用、高温燃烧和热作用,以及弹片的杀伤作用等在一般的FAE武器中是有限的和次要的。

2.1 爆炸场参数特点

FAE与凝聚相(如TNT)化爆、核爆在装药量相当时爆炸场超压(Δp)随距离(R)变化的规律如图1所示。FAE具有庞大的云雾爆轰直接作用区,这样爆炸场参数可以划分为三个区域,即云雾爆轰区、冲击波作用区和云雾边缘区,后者是爆炸产物和冲击波共同作用区。FAE爆炸场参数特点:

① FAE的密度为 $1.4 \sim 1.8 \text{ kg/m}^3$,

只有TNT的千分之一;FAE的爆轰波传播速度约 2000 m/s 左右,爆炸波超压峰值

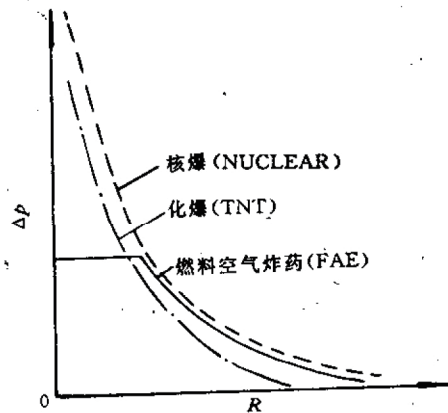


图1 相当药量的核爆、化爆和FAE爆炸地面超压随距离分布的规律

Fig. 1 Distribution of equivalent explosion overpressure on ground vs distance

超压一般为 1.5~3.0MPa,而 TNT 爆轰反应区内爆压可达 20GPa。显然 FAE 的密度、爆速和爆压均比 TNT 小得多。就爆轰参数而言,FAE 是远不及凝聚炸药的,FAE 没有猛炸作用,只适宜于毁伤耐低超压载荷的软目标,而对能耐较高超压的非软目标,其毁伤能力很小甚至毫无毁伤效果。

② FAE 属分布爆炸,具有作用范围较大的面攻击型武器的特点,而凝聚炸药爆炸,具有点爆炸的特征。两者爆炸场冲击波参数有很大差别,尽管凝聚炸药在爆点附近可产生很高爆压,具有猛烈的毁伤作用,但超压随距爆点距离增加而急剧下降,有效毁伤范围小;而 FAE 除有很大的云雾笼罩面积、产生云雾爆炸的直接毁伤作用外,云雾区外的超压均高于等质量的凝聚炸药,冲击波随时间的衰减也比凝聚炸药迟缓。

可见,FAE 单位质量装药的杀伤面积广、冲击波作用时间长、总冲量大,特别适宜于毁伤大面积对冲击波敏感的软目标。

2.2 毁伤的影响因素

2.2.1 冲击波的毁伤准则

空气冲击波对目标的毁伤,与冲击波本身的强弱和目标的特性有关。描述空气冲击波特征有三个参数,即峰值超压(Δp)、正压作用时间(t^+)和比冲量(I)。常见的冲击波毁伤准则有:超压准则,冲量准则和超压-冲量准则。

超压准则认为,只有当冲击波超压大于或等于某一临界值时,才会对目标造成一定程度的毁伤。该准则的根本缺点是只考虑超压,不考虑超压持续时间。设目标的自振周期为 T ,只有当 $t^+ \geq 10T$ 时,目标的毁伤才主要靠峰值超压作用。

由于目标的毁伤效应不但决定于冲击波超压,还与超压的持续时间直接有关,于是提出了冲量准则。该准则认为,只有当作用于目标的冲量达到某一临界值时,才会造成相应等级的毁伤。但该准则忽略了目标毁伤存在一个最小超压的事实。冲量准则的适应范围为 $t^+ \leq \frac{T}{4}$ 。在此条件下,目标的毁伤主要靠冲击波冲量的作用。

超压-冲量准则认为:毁伤效应由超压与冲量共同决定,即峰值超压与冲量对目标的等量毁伤曲线表示冲击波的毁伤性能和目标的易损性。设作用在目标上的全部载荷可用峰值超压和比冲量表示,由 Δp 和 I 值产生一种特有的毁伤等级,达到同等级的($\Delta p, I$)点的轨迹形成等毁伤曲线。发生临界毁伤水平的那些 $\Delta p, I$ 点的轨迹形成一条曲线,这条曲线称为临界载荷曲线,参看图 2。当冲击波的超压和比冲量均大于临界载荷曲线的对应值时,则对此类目标造成毁伤。冲击波参数($\Delta p, I$)点所处位置越远离临界负载曲线的右上方,所产生的冲击波毁伤作用越大。对于大部分受冲击波作用的目标,超压-冲量准则是普遍适用的。

2.2.2 FAE 爆炸毁伤的影响因素

FAE 对目标的毁伤主要是爆炸波或空气冲击波完成的。图 2 是环氧丙烷(PO)FAE 爆炸场参数计算值与目标等毁伤曲线的关系^[4]。PO 的质量是 136kg,它可形成直径 21.3m、高 4.3m、浓度为 8%(按质量计)的圆柱形云雾,毁伤卡车和某设定软目标的半径分别为 12.5m 和 14.5m。只要目标处的峰值超压、比冲量均大于该目标的临界负载曲线的对应值,则可达到或超过所示的毁伤程度。