

[引用格式] 唐奕, 武溪, 王燕, 等. 近距空中支援典型目标特性分析及航空炸弹使用研究[J]. 飞航导弹, 2021(8): 84-90.

# 近距空中支援典型目标特性分析及 航空炸弹使用研究

唐 奕<sup>1</sup>, 武 溪<sup>1</sup>, 王 燕<sup>2</sup>, 江毕进<sup>1</sup>

(1. 湖南云箭集团有限公司, 长沙 410100; 2. 长沙中联重科环境产业有限公司, 长沙 410006)

**摘 要:** 近距空中支援乃现代空军三大作战任务之一, 在执行对敌前沿及浅纵深目标打击任务中, 航空炸弹较其他航空武器具有有效载荷比高、毁伤模式多样、作战消费比高等优点, 在国外历次作战中被大量使用并取得了预期的作战效果。本文对国外航空炸弹发展现状进行了介绍, 例举了多种典型作战场景下的目标类型, 从目标周边环境、目标物理特征、目标运动状态、目标易损性等方面展开分析, 从航空炸弹的制导体制、战斗部毁伤模式及威力等维度提出了航空炸弹的选型及使用建议, 为近距空中支援任务下的航空炸弹使用提供参考。

**关键词:** 近距空中支援; 特性; 航空炸弹目标

**中图分类号:** E932.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-1319(2021)08-84-07

**DOI:** 10.16338/j.issn.1009-1319.20200257

## 引 言

近距空中支援是航空兵为支援地面部队、海上部队、两栖部队、特种部队作战, 对接近己方的敌前沿和敌纵深内直接影响到己方当前行动的作战而进行的有计划的或临时召唤的立体攻击, 打击的范围一般在己方部队前锋线前方数百米至数公里之间。典型打击目标主要包括: 战斗工事、指挥机构、城市建筑、装甲车辆、炮兵阵地、桥梁及战壕等<sup>[1]</sup>。

航空炸弹的作战使用离不开目标特性的研究。地面目标特性通常包括目标周边环境、目标物理特征、目标运动状态以及目标易损性等方面, 根据目标特性的不同, 选择与之匹配的制导模式、战斗部类型、进攻方式, 方能最大程度发挥出航空炸弹的作战效能。

## 1 国外航空炸弹发展现状

美军航空炸弹的种类和装备量一直走在世界

各国的前列, 其中典型的有 SDB 小直径炸弹、MK80 系列 (通用爆破系列)、精确制导炸弹 GBU 系列 (包括宝石路系列、JDAM 系列)、集束弹药 CBU 系列等<sup>[2-3]</sup>。其特点是:

### (1) 构建了较完备的航空炸弹体系

多年来, 美军以战场实际需求为牵引, 以多样载机平台为背景, 开展了航空炸弹顶层策划和设计, 形成了可适应空军、海军各型有人/无人战机外挂/内埋使用的不同圆径的航空炸弹体系, 发展了多种战斗部类型, 实现了对大、中、小目标, 软、硬目标, 点、面目标, 固定、移动目标, 远程、近程目标的打击能力, 形成对战场目标全覆盖的、完备的打击能力体系。

### (2) 通用化、系列化、模块化

从美军制导弹药的发展历程不难看出, 其在研制过程中大都采用通用化、系列化和模块化设计, 形成了 6 大系列约 135 型的较为完备的航空炸弹体系。如以最初的 MK 系列炸弹为基础, 通过更换通用的不同制导组件模块和战斗部类型, 美军

收稿日期: 2020-10-30

作者简介: 唐奕, 高级工程师, 主要研究方向为制导航空弹药总体技术。

发展了宝石路系列和JDAM系列。JSOW、WCMD通过换转子弹药和战斗部类型,也实现了产品的系列化发展<sup>[4]</sup>。小直径炸弹通过更换导引头和战斗部,形成了GBU-39和GBU-53,增强了对坚固目标和移动目标的打击能力。

(3) 采用标准模块式结构,炸弹成本低廉

以美军目前装备的主力宝石路系列与JDAM系列为例。宝石路系列自上世纪60年代开始装备至今,通过升级战斗部、导引头、伺服系统、气动组件等方式已经发展出四代产品,几十型炸弹。JDAM也通过同样的方式,发展出了不同圆径、不同制导体制的JDAM炸弹。两大系列、不同种类制导炸弹均采用标准模块化结构,在更新换代,性能不断提升的同时,实现了炸弹的低成本化。

## 2 目标特性与航空炸弹选用分析

近距空中支援的航空武器主要包括空地导弹、航空炸弹、航空火箭弹以及航炮等,正确选取与目标特性相匹配的航空武器,是提高近距空中支援作战效能的关键一环。近距空中支援作战时,航空炸弹较其他航空武器具有更高的有效载荷、效费比及所需的命中精度,毁伤类型更加多样。在合理选取攻击弹药时,需要结合战场环境及目标特性进行考虑,如周围环境、目标热特征、目标大小及形状、目标易损性等因素<sup>[5-6]</sup>。

### 2.1 永备工事

#### 2.1.1 目标特性

永备工事分为掘开式(明挖)永备工事和坑道式(暗挖)永备工事。结构形式包括方形和拱形。方形截面高度×跨度为:2 m×3.6 m~3 m×5 m,顶板厚度一般在0.4~0.5 m;侧墙厚度,对钢筋混凝土为0.4~0.6 m,对浆砌块石为0.6~0.9 m。除了主体结构,工事两头还设有防护门或防护密闭门及通风、消波的防护设施<sup>[7]</sup>。在坚固永备工事中,用得最多的材料是30兆帕钢筋混凝土。

拱形标准构造一般分为四层,从上至下依次为:伪装层、遮弹层、分散层及隔离层等,如图1。其各层的作用和常用材料如下:

(1) 伪装层:起伪装作用,由表层土或草构

建而成;

(2) 遮弹层:主要作用是阻止炮弹、航弹的侵彻,常用的材料由块石、轨条和钢筋混凝土;

(3) 分散层:主要是将炮弹、航弹的爆炸动荷载均匀地平布到防护结构上,由土构筑而成。

(4) 隔离层:主要是防毒气、雨水侵入工事内,由粘土、三七灰或油毡筑成。

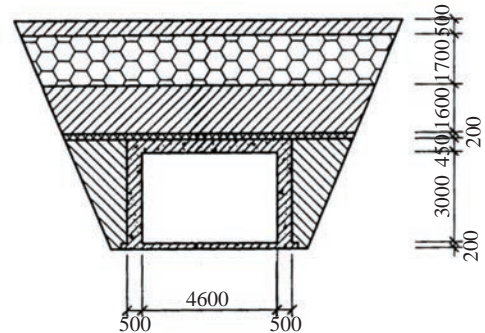


图1 拱形永备工事构造图

对于多层介质,则将每层介质的等效厚度进行叠加,得到整个目标的等效靶厚度。永备工事由土层、岩石、混凝土构成,表1给出了永备工事等效厚度。

表1 典型坚硬目标的等效靶厚(钢筋混凝土强度30 MPa)

目标名称	首层介质材料	首层介质厚度	二层介质材料	二层介质厚度	三层介质材料	三层介质厚度	四层介质材料	四层介质厚度	等效靶标厚度
永备工事1	黏土	4.0 m	钢筋混凝土	0.5 m	无	无	无	无	1.61 m
永备工事2	风化岩石	4.0 m	钢筋混凝土	0.5 m	无	无	无	无	5.46 m
永备工事3	浮土	0.5 m	砂岩	1.7 m	黏土	1.6 m	钢筋混凝土	0.5 m	2.80 m

#### 2.1.2 武器选用分析

由于隐蔽点目标空中探测和指示难以实现,需要有准确的坐标定位和地面引导,因此,要求近距空中支援武器具有坐标攻击、地照本投、大威力及打击坚固工事的能力,毁伤效果以侵爆型

战斗部最佳。

一般的永备战斗工事在建造之初设计了抗航空弹直接命中表面爆炸的能力,对于命中精度较低的航空杀爆弹、爆破弹而言,作战效果相当有限,而选用激光制导或电视制导炸弹,采用计时/计层引信+侵爆战斗部,可在贯穿目标后形成内部爆炸,达到最佳毁伤效果。

## 2.2 临时指挥所

### 2.2.1 目标特性

临时指挥所主要包括野外简易木石结构指挥所和建筑物内指挥所,此类目标通常位于地面上,利用周围环境进行伪装和掩护,导致空中目视难以发现。

野外木石结构指挥通常由简易的木头,土层搭建而成,外形尺寸约长 10 m × 宽 5 m,顶部复土厚度 1 m 左右,结构抗力:152 mm 炮弹距离 9 m 爆炸或 82 mm 迫击炮直接命中<sup>[7]</sup>。建筑物指挥所大部分为多层钢筋混凝土结构,外形尺寸为长 36 m × 宽 14 m,一般一层为保障单元,顶层为通信单元,钢筋混凝土厚度 200~300 mm,强度标号 C30,配筋率 3~5%。

### 2.2.2 武器选用分析

临时指挥所属中小型、隐蔽点固定目标,空

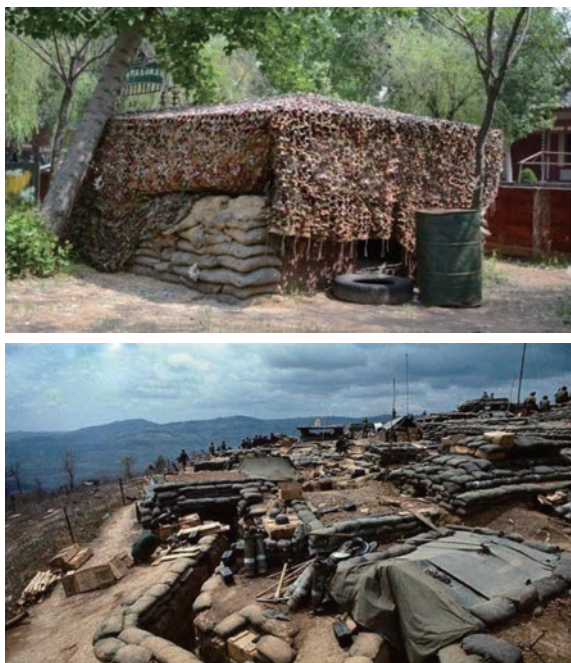


图2 临时指挥所

中探测和指示难以实现,因此,需要有准确的坐标定位和地面引导。在地照的情况下,选用激光制导炸弹(杀爆侵或侵彻战斗部)在中高空投放,从目标顶部侵入,再在内部形成爆轰,达到最大毁伤效果;或是选用航空爆破炸弹,在低空、超低空施行临空轰炸,利用爆炸形成的冲击波超压对建筑物造成破坏。

## 2.3 城市建筑

### 2.3.1 目标特性

城市作战打击目标通常为建筑内的敌方人员。城市建筑属中型固定目标,形状、大小各异,目标周边通常有大量平民及公用设施;地形千差万别,低空通信、激光照射容易被高层建筑遮断,目标定位、识别、跟踪相对困难<sup>[8]</sup>。

城市建筑主要包括多层建筑物和高层建筑物。建筑结构中采用最多的结构形式为框架结构,柱和剪力墙的间距通常采用 3~8 m,层高采用 2.8~3.5 m,使用的建筑材料大部分是钢筋混凝土,标号为 C20~C40,配筋率绝大多数在 2% 以下;楼层厚度大部分在 100~200 mm 之间,顶层较厚,约为 200~300 mm,外墙厚度约 200~250 mm。

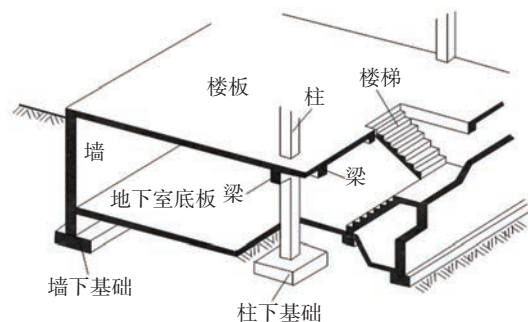


图3 城市建筑结构示意图

### 2.3.2 武器选用分析

城市低烈度反恐作战中,目标建筑物周围通常伴随大量民用及公共设施,要求近距空中支援武器具有低附带毁伤能力以及空照本投或者本照本投规避遮挡的能力。

在已知目标坐标信息或具备空中激光照射的条件下,打击目标位于建筑物顶层时,选择激光制导炸弹(杀爆侵或低附带损伤战斗部),将炸弹引信设置成计时模式,从顶侵入建筑物内部后延



时起爆; 当目标位于高层建筑物的中间层时, 则使用激光制导炸弹从建筑物外墙侵入, 延时起爆并毁伤目标。

## 2.4 装甲车辆

### 2.4.1 目标特性分析

装甲车辆通常包括装甲步兵战车、装甲运兵车、自行火炮以及坦克等, 此类目标具有相近的目标特性, 属静止或低速移动目标。

#### (1) 轻型装甲车辆

轻型装甲车辆主要包括装甲步兵战车、装甲运兵车、自行火炮等, 是轻装甲防护装备, 装甲防护厚度较薄, 一般在 6~16 mm。其中装甲步兵战车装甲防护厚度较厚, 自行火炮装甲防护厚度较薄, 装甲运兵车的装甲防护厚度介于两者之间。

以某型步战车为例, 车体前部和侧上部加挂复合装甲 (厚度: 前下部 5 mm; 侧面 10 mm), 车体顶、底部装甲较弱, 厚度为 6 mm, 首上的厚度为 8 mm, 首下厚度为 12 mm, 侧上厚度为 8 mm, 侧下的厚度为 12 mm, 车体易损面积约 15 m<sup>2</sup>。

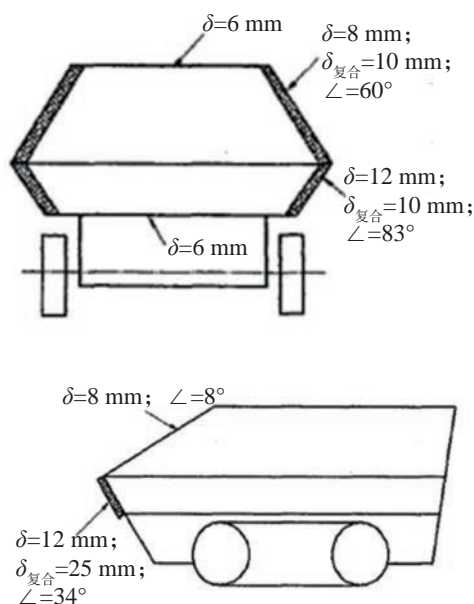


图4 某型步兵战车装甲防护简图

#### (2) 坦克

坦克由武器系统、推进系统、防护系统、通信设备、电气设备以及其它特种设备和装置组成,

成员一般 3~4 人。按重量分, 可分为轻型、中型和重型三种, 中型坦克是作战的主要坦克, 一般称为“主战坦克”, 各军事大国的主战坦克多为第二代、第三代, 正在发展第四代。坦克车体各部位装甲厚度的选择与配置, 随各部位的重要性及易受对方火力威胁程度决定。正面装甲最厚, 两侧次之, 后面较薄, 底部和顶部装甲最弱。第三代坦克的防护水平见表 2。

表2 第三代主战坦克防护水平(折合均质装甲钢板厚度)

部位	车体和炮塔正面/mm	车体侧甲/mm	炮塔侧甲/mm	车体和炮塔后部/mm	炮塔顶/mm	车体顶、底/mm
穿甲	500~600	50~60	250~300	40~70	50~60	20~30
破甲	600~800					

### 2.4.2 武器选用分析

当打击单个低速移动装甲车辆时, 可选择惯导+卫星+激光/红外制导体制的炸弹从顶攻击。打击集群装甲车辆时, 除前面所述制导炸弹外, 最经济、最具效费比的方式是投放航空子母炸弹, 在地面形成数千平米的子弹药散布, 对坦克的顶部或底部装甲进行破甲, 并在装甲车内部形成毁伤。坦克毁伤等级见表 3。

## 2.5 炮兵阵地

### 2.5.1 目标特性

炮兵阵地按照炮兵类型分为牵引炮阵地、火箭炮阵地和迫击炮阵地, 典型的有美式 M119 牵引榴弹炮、M11A1 式 105 mm 牵引榴弹炮, 侧、顶部装甲厚度一般等效为 12~18 mm 均质装甲钢板。

一般以连为单位, 阵地幅员为 150 m × 100 m~300 m × 100 m, 每门炮配备人员 6 人, 按马蹄形、梯形、波浪形等队形配置, 相互之间间隔 20~40 m, 此外还布有弹药车、维修车、气象雷达、指挥车等。阵地通常选择在射界开阔, 便于充分发挥火力、有适当地幅、便于疏散隐蔽配置、有良好的进出道路, 便于机动以及构筑工事的位置。

### 2.5.2 武器选用分析

战时, 阵地烟雾、灰尘浓厚, 红外热源混乱,

表 3 坦克毁伤等级标准

毁伤等级	功能毁伤指标	物理毁伤指标
重度毁伤	功能完全丧失,不可修复	满足以下任一条件: 1、坦克解体; 2、弹药舱被引爆; 3、驾驶舱内所有关键设备损毁; 4、供油、供电系统损毁。
中度毁伤	丧失火力或机动能力,须返厂修理	满足以下任一条件: 1、车轮损毁; 2、油箱损毁; 3、炮管严重变形; 4、炮台无法旋转; 5、瞄准装置、复进机、驻退机等装置损毁。
轻度毁伤	坦克受损,火力或机动能力部分丧失,可伴随修理	满足以下任一条件: 1、履带断裂; 2、油箱受损,燃油泄漏; 3、瞄准装置、复进机、驻退机等装置受损。



图 5 连级牵引榴弹炮阵地

采用红外成像、可见光成像及激光照射的效果会大受影响,若不能直接命中炮体,毁伤效果则会大打折扣。

在获得敌方阵地坐标之后,可在中高空投放机载布撒武器或低空、超低空投放航空杀爆弹、航空爆破弹或航空燃料空气炸弹等,通过破片、射流、燃烧、冲击波超压等毁伤方式对阵地上的人员及装备进行毁伤,达到最佳的效费比。

## 2.6 桥梁

### 2.6.1 目标特性

在高原/河谷等野外作战时,最常见的桥梁为混凝土斜拉桥,跨径通常为 500~1 000 m 左右。桥梁的强度不决定于桥长,而是与跨度有关,跨度

越大,桥架就越高,梁杆也越粗,强度也就越大,从结构特点方面来看,桥梁为长条状的目标,需要精确命中才能确保摧毁,攻击起来较为困难<sup>[9]</sup>。

桥的主梁由钢筋混凝土建造而成,根据工程经验估计,主梁的配筋率在 1.5% 左右,混凝土标号为 C40。主梁主要承受弯矩作用,下部承受拉应力,上部(靠近桥面)承受压应力,其配筋主要集中在下部,上部钢筋相对较少,这有利于炸弹初始侵彻,使炸弹能侵彻到主梁内部一定深度爆炸,从而达到摧毁的目的。

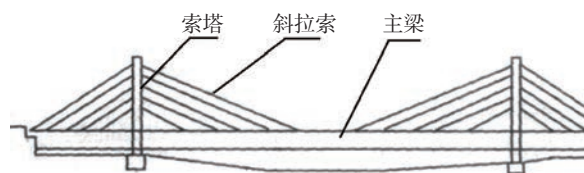


图 6 斜拉桥概貌

### 2.6.2 武器选用分析

电视制导炸弹或激光制导炸弹、侵彻制导炸弹在本照本投或地照本投的引导下,可直接命中桥梁主梁,将引信设置成计时模式,待炸弹侵入主梁一定深度后,引爆战斗部,在梁体内部形成爆炸,达到最大毁伤效果,若同时有几枚弹击中主梁相同位置,则可造成桥体严重受损而断裂。除此之外,还可以选择侵彻弹攻击桥面的方式,将引信设置成瞬发模式,当炸弹接触桥面后瞬爆,利用近场冲击波超压使桥面大面积毁伤坍塌。

## 2.7 战壕内的武装人员

### 2.7.1 目标特性

战壕是供人员观察、射击和隐蔽机动的壕沟工事。一般跪姿壕深 0.6 m,立姿壕深 1.1 m,交通战壕深度不低于 1.5 m。战壕位置选在有良好视界和射界、便于交通联络和隐蔽伪装的地段上,其平面走向多为曲线形或折线形。

人是影响战争的決定因素,也是战争中不可或缺的成份。人是一种小而复杂的目标,面积约为 0.42 m<sup>2</sup>,人的易损要害部位是心脏、大血管、脑组织等。人员在战场上容易受到破片、冲击波,还有化学毒剂、生物战剂以及热辐射和核辐射等多种杀伤手段毁伤。

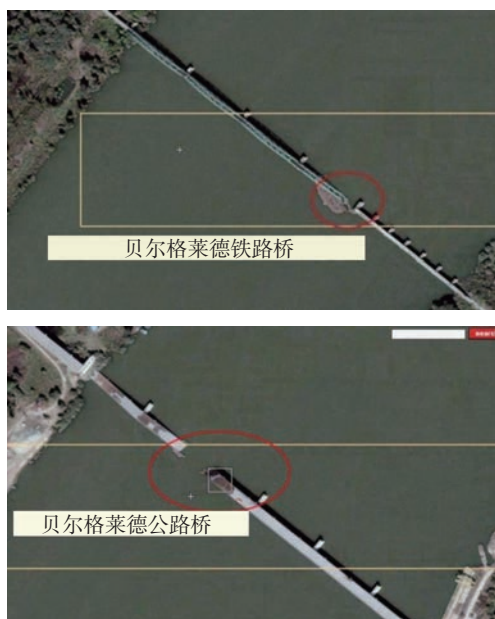


图7 被激光制导弹炸毁的南联盟大桥

破片对人体的致伤机理主要是侵彻作用和空腔效应, 创伤程度取决于破片在目标内释放能量

的快慢和大小。破片对人员的杀伤标准常采用以下三种方式, 如表4所示。

表4 破片对人员的杀伤标准

动能标准	杀伤概率的标准定为78.4 J。动能大于78.4 J的破片能使人致死, 而小于该值就不能使人致死。适用于不稳定的特重破片。
比动能标准	在惯用的杀伤标准中, 对人员一般取160 J/cm <sup>2</sup> 。擦伤破肤的最小比动能为9.8 J/cm <sup>2</sup> 。
破片质量标准	对一般TNT炸药为主的弹药, 其壳体形成破片初速常在800~1 000 m/s, 此时杀伤人员的有效破片质量一般取1 g, 随着破片速度增大, 也有取0.5 g、0.2 g为有效破片。

冲击波超压对暴露人员的损伤程度见表5。冲击波对掩体内人员的杀伤作用要小得多, 如掩蔽在战壕内, 杀伤半径为暴露时的2/3; 掩蔽在掩蔽所和避弹所内, 杀伤半径仅为暴露的1/3。

## 2.7.2 武器选用分析

战壕可有效抵御破片、射流、冲击波的攻击, 降低其对战壕内人员的伤害, 使得空中投放航空

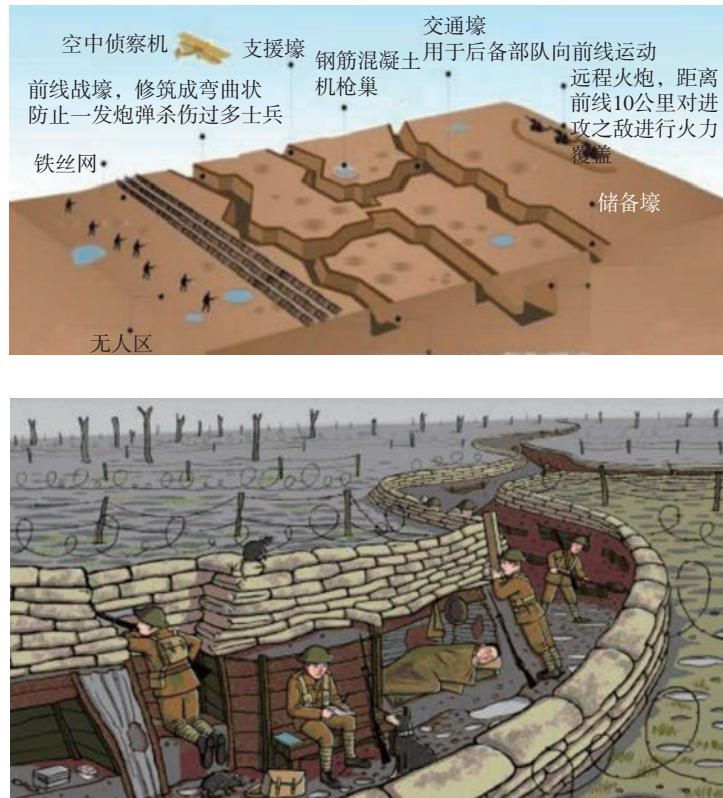


图8 战壕内外构型概貌



表5 冲击波超压对人员的损伤

冲击波超压/MPa	损伤程度
0.02~0.03	轻微(轻微的挫伤)
0.03~0.05	中等(听觉器官损伤、中等挫伤、骨折等)
0.05~0.1	严重(内脏严重挫伤,可引起死亡)
>0.1	极严重(可能大部分人死亡)



图9 子母弹(子弹药)打击战壕内目标效果图

爆破炸弹和航空杀爆炸弹的杀伤威力锐减。航空燃料空气炸弹爆炸后形成的云雾及二次爆轰后形成的冲击波超压,对云雾笼罩范围内的战壕人员形成无死角杀伤,近距作战时可选取覆盖式轰炸。航空子母炸弹携带数十至上百颗子弹药,根据战场战壕的分布形状,以合理的进入角度,在目标区域上空抛撒子弹药,形成数千米的散布面积,对狭长战壕内的目标形成高效毁伤,达到最佳的作战效费比。

3 结束语

航空炸弹的作战使用是建立在获悉目标特征、坐标信息或目标指示的前提下,由载机对其进行任务规划、目标参数及引战系统装定,炸弹离机

后,根据规划弹道飞行或自主识别和攻击目标。

近距空中支援中,航空炸弹的选用不能脱离了战场环境和目标特性,只有相互匹配、“对症下药”,武器系统才能达到预期的作战目的,才能完成规定的战斗任务。本文从目标场景及目标特性开展分析,以武器制导体制与战斗部类型选取为研究对象,提出近距空中支援下的航空炸弹使用建议,但实际作战使用时,还应结合武器投弹条件、命中精度、毁伤效能、作战效费比以及载机挂载能力等方面进行考量。

[参 考 文 献]

[ 1 ] 姚春青. 近距空中支援研探[J]. 中国军事科学, 2016, 000 (003): 90-97.

[ 2 ] 王海宏. 航空制导炸弹技术发展及型谱分析[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.

[ 3 ] 邵长兴, 孙玄, 张迪, 刘慧, 张佳梁. 主辅拦截器协同制导方法研究[J]. 上海航天, 2018, 35 (3): 95-100.

[ 4 ] 唐奕, 王建博, 王燕. 国外模块化制导航空炸弹发展概述[J]. 飞航导弹, 2018 (01): 38-42.

[ 5 ] 周新耀. 大气层外拦截器变结构末制导控制方法研究[J]. 上海航天, 2017, 34 (1): 51-55.

[ 6 ] 雷昊, 杨海容, 朱牧, 钮赛赛, 杨尧. 应用于红外制导武器的动力随动陀螺误差分析[J]. 上海航天, 2017, 34 (1): 86-91.

[ 7 ] 熊武一. 周家法. 军事大辞海. 上[M]. 北京: 长城出版社, 2000 (5): 779.

[ 8 ] 高伟亮. 吴飏. 杨建超. 孙桂娟. 刘学. 典型工程目标特性分析[C]. 中国兵工学会第十一届爆炸与安全技术学术年会. 2014.

[ 9 ] 关成启, 杨涤. 关世义. 地面目标特性分析[J]. 战术导弹技术, 2002, (5): 21-25.