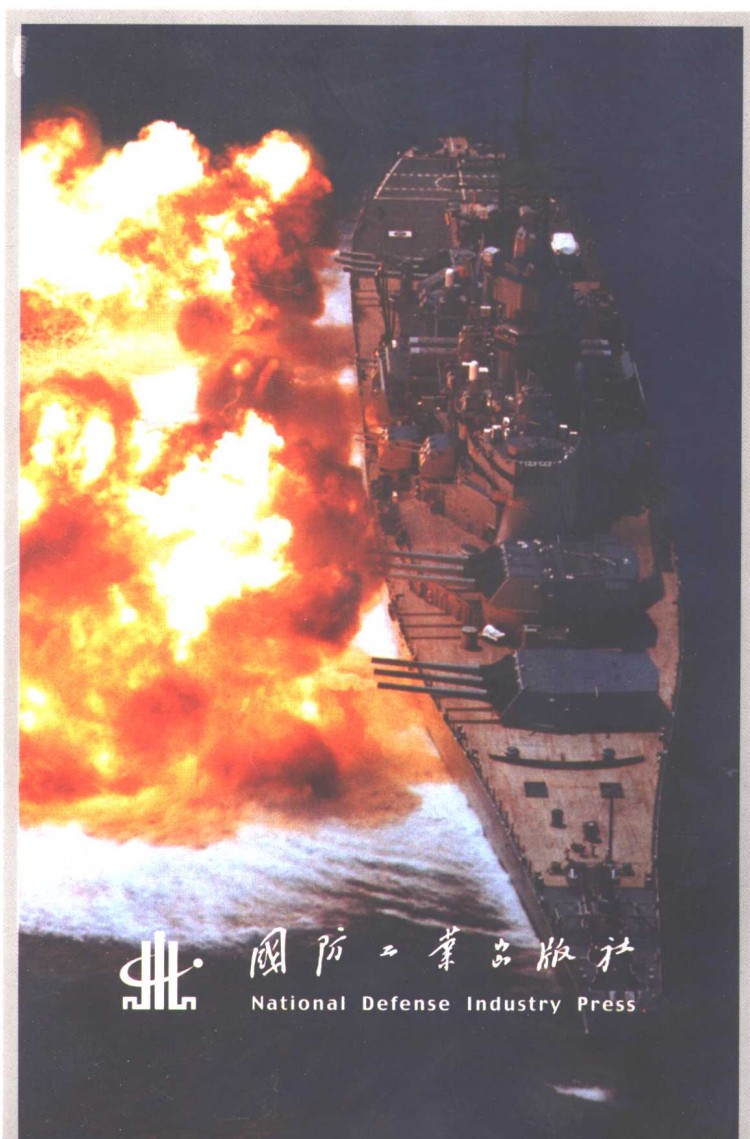


ZHONGDIAN XIAOYING JIQI YINGYONG JISHU

终点效应 及其应用技术

张国伟 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

终点效应及其应用技术

张国伟 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

终点效应及其应用技术/张国伟著. —北京:国防工业出版社, 2006. 2

ISBN 7-118-04540-3

I. 终... II. 张... III. 弹药—武器效应
IV. TJ41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 052074 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16½ 字数 379 千字

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 31.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

随着现代化战争的需要,常规弹药向着精确制导、超远射程、高效毁伤方向发展已成为主流,同时,涌现出了大量的新概念弹药。

终点效应及应用技术较详细地讨论了弹药战斗部的作用原理及终点效应的基本理论和知识,并对部分典型终点效应的靶场试验测试技术做了简单介绍。全书共分九章,第一章,目标易损性。简要介绍了人员、车辆、建筑物、飞机等不同目标的易损特性,最后讲解了该领域最新内容即电力系统易损特性。第二章,穿甲作用。介绍了量纲理论与阻力定律、弹丸对靶板的侵彻理论、破甲影响因素和侵彻效应等。第三章,聚能破甲效应。介绍了聚能射流形成理论、射流侵彻理论、自锻破片等内容,最后介绍了聚能破甲的数值仿真。第四章,碎甲效应。介绍了应力波基础知识、层裂效应的工程计算及层裂效应的影响因素等。第五章,杀伤作用。介绍了破片速度特性和飞散特性、破片性能影响因素、杀伤威力等,并简要讲解了创伤弹道的相关内容。第六章和第七章分别介绍了装药在空气中和岩土等介质中的爆炸理论和效应等;第八章,软杀伤效应概述。简要讲解了部分软杀伤武器弹药的毁伤效应,包括高功率微波辐射效应、激光致盲效应、音频效应、信息干扰效应、短路毁伤效应等尖端技术内容。第九章,终点效应靶场实验及测试。主要介绍了穿甲弹的威力性能靶场实验及测试,破甲弹的威力性能靶场实验及测试,战斗部的破片性能靶场实验及测试,战斗部的爆破威力性能靶场实验及测试等。

本书融进了许多国内外最新研究成果,并结合了作者最新的科研成果及原有讲义,同时参考了大量的相关文献。本书在内容的编排上,力争做到通俗易懂。本书可供从事弹药战斗部教学、科研、设计和生产及靶场实验的技术人员参考,亦可作为相关专业本科生及研究生的教学参考书。

在本书的撰写过程中参考了大量的相关专业的书籍、参考文献,在此对其作者深表谢意。其中张景玉教授在本书的撰写过程中给予了很大帮助,本书作者表示衷心的感谢。同时,对本书出版做出贡献的相关人员也一并感谢。

由于作者水平有限,虽竭尽所能,谬误之处,在所难免,恳请读者批评指正。

著 者

2005. 12

目 录

第一章 目标易损性	1
1.1 概述	1
1.2 人员目标	1
1.2.1 丧失战斗力的判据	1
1.2.2 破片、枪弹和小箭	2
1.2.3 冲击波	5
1.2.4 火焰和热辐射	7
1.3 地面车辆	9
1.3.1 装甲车辆	10
1.3.2 非装甲车辆	15
1.3.3 终点毁伤威力的评定方法	17
1.4 地面和地下建筑物	19
1.4.1 地面建筑物	19
1.4.2 地下建筑物	22
1.4.3 常规炸弹破坏力分析	23
1.4.4 地面目标的破坏概率	26
1.5 飞机	27
1.5.1 易损性及影响因素	27
1.5.2 破坏等级及其评定	28
1.5.3 飞机类型及所处的场合	29
1.5.4 飞机终点弹道试验数据分析	30
1.5.5 飞机易损性预测	33
1.6 电力系统	36
1.6.1 毁伤等级划分	36
1.6.2 高压变电站短路毁伤易损性	37
1.6.3 输电网满负荷状态或处在峰值载荷时短路易损性	38
1.6.4 大系统短路毁伤易损性	38
第二章 穿甲作用	40
2.1 概述	40
2.1.1 靶的分类	40
2.1.2 贯穿破坏基本形式	41

2.1.3	冲击速度划分	42
2.1.4	弹道极限和冲击状态图	43
2.2	量纲分析与阻力定律	43
2.2.1	无量纲经验式	43
2.2.2	通用侵彻公式	45
2.2.3	Poncelet 阻力定律	46
2.2.4	De Marre 公式	49
2.3	弹体冲击变形理论	51
2.4	瓣裂动量理论	60
2.4.1	模型建立	60
2.4.2	锥形头部条件下的解	61
2.4.3	截顶蛋形头部条件下的解	64
2.5	冲塞模型	66
2.5.1	动量守恒模型	67
2.5.2	流体阻力模型	67
2.5.3	剪切阻力模型	68
2.5.4	能量守恒模型	69
2.5.5	斜冲塞时方向改变的预测模型	70
2.6	空穴膨胀理论	73
2.7	长杆弹穿甲理论	74
2.7.1	长杆弹的穿甲过程	75
2.7.2	长杆弹的侵彻模型	76
第3章	聚能破甲效应	80
3.1	概述	80
3.2	金属射流形成定常不可压缩理想流体理论	82
3.3	金属射流形成的准定常不可压缩理想流体理论	85
3.4	压合过程中药型罩壁厚中速度和压力的分布	88
3.4.1	速度分布	88
3.4.2	压力分布	90
3.5	形成金属射流的临界条件	92
3.6	金属射流的稳定性	94
3.7	金属射流侵彻的定常不可压缩理想流体理论	97
3.7.1	金属射流的侵彻过程	97
3.7.2	金属射流侵彻的定常不可压缩理想流体理论	97
3.8	金属射流侵彻的准定常不可压缩理想流体理论	98
3.9	考虑强度和断裂影响的侵彻理论	100
3.9.1	考虑靶板强度的修正	100

3.9.2 断裂射流的侵彻计算	101
3.10 破甲影响因素	102
3.10.1 炸药	102
3.10.2 隔板	102
3.10.3 药型罩	103
3.10.4 炸高	105
3.10.5 壳体	105
3.10.6 旋转运动	105
3.10.7 靶板材料	105
3.11 自锻破片	105
3.11.1 自锻破片形成机理	106
3.11.2 自锻破片速度分布计算	106
3.12 聚能破甲效应的数值仿真	107
3.12.1 软件简介	108
3.12.2 算例分析	109
第四章 碎甲效应	111
4.1 概述	111
4.2 应力波基础知识	112
4.2.1 应力波的概念	112
4.2.2 平面应力波	112
4.2.3 应力波的性质	117
4.3 层裂效应的工程计算	122
4.3.1 破片厚度计算	122
4.3.2 裂片速度计算	125
4.4 层裂效应的影响因素	126
第五章 杀伤作用	128
5.1 概述	128
5.2 破片初速计算	129
5.2.1 爆炸作用下弹体破裂的刚塑性模型	129
5.2.2 计算破片初速的能量模型	134
5.2.3 计算破片初速的动量模型	138
5.3 破片初速沿壳体的分布	140
5.4 破片在空气中的运动	144
5.5 杀伤威力	148
5.5.1 杀伤标准	148
5.5.2 杀伤威力	150
5.6 破片性能影响因素	159

5.6.1	炸药性质	159
5.6.2	壳体	160
5.7	创伤弹道	161
5.7.1	抛射体致伤机理	162
5.7.2	组织对抛射体的反应	162
5.7.3	影响致伤效应的物理因素	162
5.7.4	创伤弹道的形态	163
第六章	空气中爆炸	164
6.1	空气中爆炸现象及其描述	164
6.1.1	爆炸产物的膨胀和爆炸空气冲击波的形成	164
6.1.2	爆炸空气冲击波的传播	165
6.2	爆炸空气冲击波参数	165
6.2.1	爆炸空气冲击波初始参数	165
6.2.2	爆炸相似律——无限空气介质中爆炸冲击波参数的经验算法	167
6.3	战斗部(弹丸)在空气中的爆炸	170
6.3.1	带壳装药的爆炸	170
6.3.2	装药运动的影响	172
6.4	空气冲击波对目标的作用	172
6.4.1	空气冲击波在刚性壁面上的反射	172
6.4.2	空气冲击波的绕流	175
6.5	空气中爆炸的破坏作用	177
第七章	岩土中爆炸	179
7.1	概述	179
7.2	岩土中爆炸的基本现象	179
7.2.1	装药在无限均匀岩土介质中的爆炸	179
7.2.2	装药在有限岩土介质中的爆炸	180
7.3	岩土中的爆炸波及其传播规律	182
7.3.1	岩土中爆炸波的基本关系式	183
7.3.2	岩土介质的状态方程(本构关系)和爆炸波参数	183
7.3.3	岩土中爆炸波的传播规律	185
7.4	岩土中的爆炸相似律	186
7.4.1	岩土中爆炸相似律的基本内容	186
7.4.2	岩土中爆炸相似律的应用	191
7.5	岩土中的爆炸效应	193
7.5.1	爆腔	193
7.5.2	爆破漏斗	196
7.6	战斗部在岩土中的爆炸	199

7.6.1 侵彻深度	199
7.6.2 引信作用时间	200
第八章 软杀伤效应概述	202
8.1 基本概念	202
8.2 软杀伤等级划分及指标体系	203
8.2.1 软杀伤指标体系	203
8.2.2 软杀伤社会效应评估体系	205
8.3 软杀伤效应	206
8.3.1 高功率微波辐射效应	206
8.3.2 激光致盲效应	213
8.3.3 音频效应	214
8.3.4 非致命化学战剂	215
8.3.5 战场宣传效应	216
8.3.6 计算机病毒	217
8.3.7 短路毁伤效应	221
8.3.8 信息干扰效应	221
第九章 终点效应靶场实验及测试	224
9.1 概述	224
9.2 穿甲弹的威力性能试验及测试	224
9.2.1 靶板与靶架	225
9.2.2 穿甲弹的弹道极限速度	228
9.2.3 穿甲威力试验	229
9.3 破甲弹的威力性能试验及测试	230
9.4 战斗部的破片性能实验及测试	233
9.4.1 弹体破碎性试验	233
9.4.2 扇形靶试验	236
9.4.3 球形靶试验	241
9.4.4 破片速度测定	243
9.4.5 破片对目标的毁伤威力性能参数测试	245
9.5 战斗部的爆破威力试验及性能测试	249
9.5.1 爆坑对比试验	249
9.5.2 爆炸冲击波试验	249
参考文献	255

第一章 目标易损性

1.1 概 述

所谓目标,是指弹药预计毁伤或获取其他军事效果的对象。在战场上,目标类型繁多,有各种各样的目标,诸如:坦克、装甲车辆、人员、布雷区、建筑物和工程设施等地面目标和地下目标,各种船只和潜艇等水面和水下目标,以及各种飞机、伞兵和导弹等空中目标。

所谓目标易损性,是指目标对于破坏的敏感性。

1.2 人 员 目 标

人员在战场上易受许多杀伤手段毁伤,其中最重要的手段有破片、枪弹、小箭、冲击波、化学毒剂和生物战剂,以及热辐射和核辐射等。尽管毁伤人体的方式不同,但最终目的都在于使人丧失行使预定职能的能力。

1.2.1 丧失战斗力的判据

按照当前关于杀伤威力标准的规定,所谓一名士兵丧失战斗力,系指他丧失了执行作战任务的能力。士兵的作战任务是多种多样的,取决于他的军事职责和战术情况的不同。在定义丧失战斗力时,应考虑4种战术情况:进攻、防御、充当预备队和后勤供应队。无论哪种情况,看、听、想、说能力均被认为是必要的基本条件,丧失了这些能力,也就丧失了战斗力。

在进攻中,士兵首先需要利用的是手臂和双腿的功能,能够奔跑并灵活的使用双臂,这是进攻的理想条件,若士兵不能移动,或不能操纵武器,则认为士兵丧失了进攻的战斗能力。在防御中,只要士兵能够操纵武器就有防御能力,所以,若士兵不能移动,又不能使用武器,则认为士兵丧失了防御的能力。预备队和后勤供应队更易丧失战斗力,他们可能由于受伤就不能投入战斗。

丧失战斗力判据中常采用时间因素,这是指自受伤直到丧失功能而不能有效的执行战斗任务为止的时间。

各种心理因素对于丧失战斗力也具有确定无疑的作用,他们甚至能够瓦解整个部队的士气。

现行的杀伤判据主要在于确定创伤效应与人体四肢功能的关联。所以,在分析一名士兵执行战斗使命的能力时,应以他使用四肢的能力为主要依据。当然,无论在任何的战斗条件下,某些重要器官如眼睛、心脏等直接受到损伤时,都会使人立即丧失战斗力。

1.2.2 破片、枪弹和小箭

为了定量地讨论人员对破片、枪弹和小箭的易损性,目前常用命中一次使用目标丧失战斗力的条件概率来表述。该概率是根据破片、枪弹或小箭的质量、迎风面积、形状和着速确定的,因为这些因素将决定创伤的深度、大小和轻重程度。所以,上述诸因素应针对各种不同作战情况和从受伤到丧失战斗力所经过的时间来具体评价。

一、杀伤标准

为了评价反步兵武器的杀伤概率,必须制定一个定量的杀伤标准。所谓杀伤标准是指有效地杀伤目标时杀伤元素参数的极限值。在老式的分析方法中认为,只有毙命或重伤才能使士兵丧失战斗力。基于这种分析,破片、枪弹和小箭的杀伤标准有如下四种。

1. 动能标准

破片、枪弹或小箭杀伤目标一般只以击穿为主,而击穿则是靠动能来完成的,所以通常以破片、枪弹或小箭的动能 E_d 来衡量其杀伤效应

$$E_d = \frac{1}{2} m V_0^2 \quad (1-2-1)$$

式中, m 为破片、枪弹或小箭的质量(g); V_0 为破片、枪弹或小箭与目标的着速(m/s)。

对于人员,杀伤概率的标准定为 78.4J。78.4J 标准是一种陈旧的杀伤威力标准,它以粗略的形式规定,动能小于 78.4J 的破片、枪弹或小箭,不能使人致命,大于 78.4J 就能使人致命。这种判据大致只适用于不稳定的特重破片,而不适用于衡量现代的杀伤元素。的确,即使在少数常见致伤情况下,人体的功能效应就足以证明,单一而简单的动能标准不适用于一般情况。

2. 比动能标准

由于破片的形状很复杂,飞行过程中又是不稳定的,因此,破片与目标遭遇时的面积是随机变量,故用比动能 e_d 来衡量破片的杀伤效应较动能更为确切

$$e_d = \frac{E_d}{A} = \frac{1}{2} \frac{m}{A} V_0^2 \quad (1-2-2)$$

式中, A 为破片与目标遭遇面积的数学期望值。

1968 年斯佩拉扎(J. Sperrazza) 等人用不同直径的子弹对皮肤进行射击实验表明,穿透皮肤所需的最小着速(弹道极限) V_l 在 50m/s 以上,侵入肌体 2cm ~ 3cm 时,所需弹道极限在 70m/s 以上,并提出其速度与断面比重的如下关系式

$$V_l = \frac{125}{\bar{S}} + 22 \quad (1-2-3)$$

式中, $\bar{S} = m/A$ 。

这时,穿透皮肤所需的最小比动能关系式可表示为

$$e_l = \frac{1}{2} \frac{m}{A} V_l^2 \quad (1-2-4)$$

显然,对于一定厚度的皮肤,其 e_l 值是一定的。在惯用的杀伤标准中,对人员一般取 $e_l = 160\text{J}/\text{cm}^2$ 。有关人员通过对创伤弹道学的研究,提出擦伤皮肤的最小比动能为

$$e_l = 9.8\text{J}/\text{cm}^2。$$

3. 破片质量标准

为直观地表示破片对目标的杀伤概率,过去还曾采用过破片质量杀伤标准。对一般以 TNT 炸药为主的弹药,其壳体形成的破片初速往往在 800m/s ~ 1000m/s,这时杀伤人员的有效破片质量一般取 1.0g,随着破片速度增大,也有取 0.5g 甚至 0.2g 为有效破片。所以,破片质量标准实质上仍是破片动能杀伤标准。

4. 破片分布密度标准

弹药爆炸形成杀伤破片在空间的分布是不连续的,且随破片飞行距离的增大,破片之间的间隔也愈大。因此,就单个破片而言,并不一定能够命中目标。可见,单纯的规定破片动能、比动能或质量作为杀伤标准是不全面的,还必须考虑破片的分布密度要求。显然,有效破片的密度愈大,命中目标和杀伤目标的概率就愈大。

二、杀伤概率

杀伤判据是在生物实验研究的基础上制定出来的,并且在医学上建立杀伤判据与人体生理构造之间的联系。这方面的工作正随着创伤弹道学的深入研究而迅速发展,因此现行的杀伤标准可能必须予以修改,以适应现代的杀伤元素。1956 年艾伦(F. Allen) 和斯佩拉扎曾提出一个考虑士兵的战斗任务和从受伤到丧失战斗力所需时间的关系式

$$P_{hk} = 1 - e^{-a(91.36mV_0^{\beta}-b)^n} \tag{1-2-5}$$

式中, P_{hk} 是表示钢破片(枪弹或小箭)的某一随机命中,并使执行给定战术任务的士兵丧失战斗力的条件概率; m 为破片质量(g); V_0 为着速(m/s); a 、 b 、 n 和 β 是在不同战术情况下,从受伤到丧失战斗力的时间由实验得到的常数,其中 $\beta = 3/2$ 与实验吻合较好。

在考虑 4 种标准战术情况下,即防御 0.5min、突击 5min 和后勤保障 0.5d 条件下,杀伤士兵所需要的最长时间见表 1-2-1。四种情况下的 a 、 b 和 n 值见表 1-2-2 和表 1-2-3。杀伤概率 P_{hk} 的变法曲线如图 1-2-1 ~ 图 1-2-4 所示。应当指出,这些图表是根据几种质量和几种撞击速度的钢破片的实验数据得到的,它显然较之过去的粗略判据前进一步,但仍很不完善。随着更多的实验数据的获取及高新技术的采用,杀伤判据会得到改进和完善。

表 1-2-1 人员杀伤试验采用的 4 种标准情况

标准情况			所代表的情况	
编号	战 术 情 况			
1	防御	0.5min	防御	0.5min
2	突击	0.5min	突击 防御	0.5min 5min
3	突击	5min	突击 防御 防御	5min 30min 0.5d
4	后勤保障	0.5d	后勤保障 后勤保障 后勤保障 预备队 预备队	0.5d 1d 5d 0.5d 1d

表 1-2-2 非稳定破片的 a, b, n 值

战术情况编号	a	b	n
1	0.88771×10^{-3}	31400	0.54106
2	0.76442×10^{-3}	31000	0.49570
3	1.04540×10^{-3}	31000	0.48781
4	2.19730×10^{-3}	29000	0.44350

表 1-2-3 稳定小箭的 a, b, n 值

战术情况编号	a	b	n
1	0.55311×10^{-3}	15000	0.44371
2	0.46134×10^{-3}	15000	0.48535
3	0.69193×10^{-3}	15000	0.47352
4	1.85790×10^{-3}	15000	0.41498

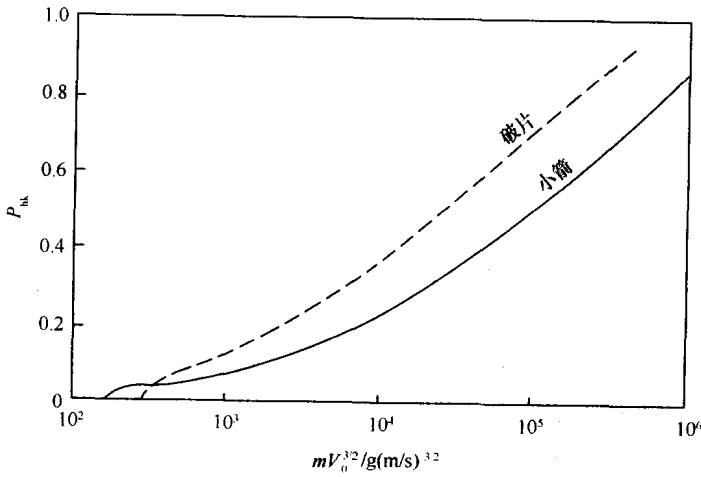


图 1-2-1 非稳定破片或稳定小箭的 $P_{hk} \sim mV_0^{3/2}$ 曲线
(第一种战术情况: 防御 0.5min)

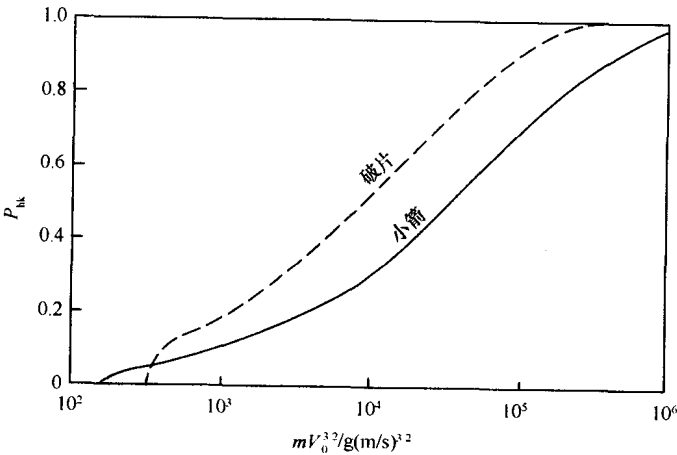


图 1-2-2 非稳定破片或稳定小箭的 $P_{hk} \sim mV_0^{3/2}$ 曲线
(第二种战术情况: 突击 0.5min)

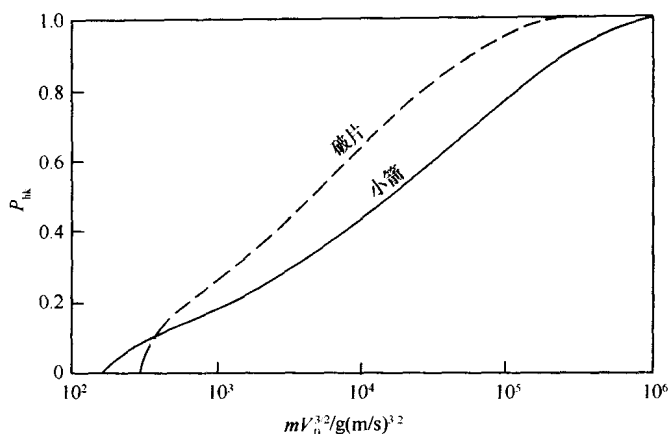


图 1-2-3 非稳定破片或稳定小箭的 $P_{hk} \sim mV_0^{3/2}$ 曲线
(第三种战术情况:突击 5min)

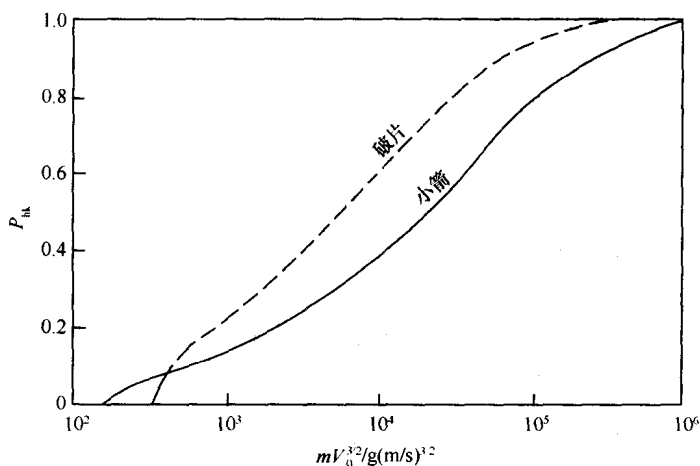


图 1-2-4 非稳定破片或稳定小箭的 $P_{hk} \sim mV_0^{3/2}$ 曲线
(第四种战术情况:后勤保障 0.5d)

1.2.3 冲击波

人员对冲击波的易损性主要取决于爆炸时伴生的峰值超压和瞬时风动压的幅度和持续时间。冲击波效应可划分为三个阶段:初始阶段、第二阶段和第三阶段。

初始冲击波效应产生的损伤直接与冲击波阵面的峰值超压有关。冲击波到来时,伴有急剧的压力突跃,该压力通过压迫作用损伤人体,如破中枢系统,震击心脏,造成肺部出血,伤害呼吸及消化系统,震破耳膜等。一般说来,人体组织密度变化最大的区域,尤其是充有空气的器官更易受到损伤。

第二阶段冲击波效应系指瞬时风驱动侵彻体造成的损伤。该效应取决于飞行的速度、质量、大小、形状、成分和密度,以及命中人体的具体部位和组织。这种飞行伤害同破片、子弹和小箭类似。

第三阶段冲击波效应定义为冲击波和风动压造成目标整体位移而导致的损伤。这类损伤依据身体承受加速和减速负荷的部位、负荷的大小以及人体对负荷的耐受力来决定。

在考虑冲击波损伤效应时,应综合考虑三个阶段造成的伤害,只考虑某一阶段是不合乎实际的。

高能炸药爆炸波对人体的杀伤作用取决于多种因素,其中主要包括装药尺寸、爆炸波持续时间、人员相对于炸点的方位、人体防御措施以及个人对爆炸波载荷的敏感程度。

一、超压的杀伤作用

峰值超压是唯一最重要的爆炸波参量。但是,除了某些特定条件外,峰值超压不能单独用来预计人体对爆炸波的耐受程度。确切地说,只有在持续时间极短的单脉冲条件下和研究某些生物系统的效应时,才单独用峰值超压预测人体对爆炸波的耐受程度。

关于人体对爆炸波超压的耐受程度有两点结论极其重要:第一,瞬时形成的超压比缓慢升高的超压会造成更严重的后果;第二,持续时间长的超压比特持续时间短的超压对人体的损伤更严重。动物实验结果表明,人员对 20ms ~ 150ms 内升至最大值的长时间持续压力的耐受程度明显高于急剧升高的压力脉冲。缓慢升高的超压对肺部损伤明显减轻,对耳膜、窦膜和眼眶骨的损伤依然会发生。

对各种动物的实验数据可用来使人致死的急剧升高的峰值超压的量级。就短时间(1ms ~ 3ms)超压而言,可利用下式进行计算

$$P_{50} = 0.00165m^{2/3} + 0.163 \quad (1-2-6)$$

式中, P_{50} 为造成 50% 死亡率所需的超压(MPa); m 为人体质量(g)。

由式(1-2-6)算得,对于体重分别为 54.4kg 和 74.8kg 的人造成 50% 死亡率的超压 P_{50} 分别为 2.53MPa 和 3.09MPa。

对于长时间(80ms ~ 1000ms)超压动物实验结果表明,致死超压比上述值低得多。急剧升高的长时间持续压力脉冲对人员的损伤作用大致如表 1-2-4 所列。

表 1-2-4 持续压力脉冲对人员的毁伤

超压 /MPa	毁 伤 程 度	超压 /MPa	毁 伤 程 度
0.0138 ~ 0.0276	耳膜失效	0.138 ~ 0.241	死亡率为 1%
0.0276 ~ 0.0414	出现耳膜破裂	0.276 ~ 0.345	死亡率为 50%
0.1035	50% 耳膜破裂	0.379 ~ 0.448	死亡率为 99%

二、飞行物的杀伤作用

爆炸波驱动的飞行物打击人体会对人员第二次杀伤。关于小型脆性破片和大型非侵彻性飞行物对人员的杀伤作用,在低速范围内与前文研究的破片对人员的杀伤作用类似。根据实验结果推断,可将质量为 10g、着速为 35m/s 的玻璃碎片作为玻璃或其他易碎材料破片有效杀伤人员的近似值。较大物体打击人体时同样能造成死亡。研究表明,大约 4.57m/s 的着速就能造成颅骨破裂。为便于研究,对非侵彻飞行物,通常以质量为 4.54kg、着速为 3.05m/s 作为杀伤人员的暂时标准。

三、平移力的杀伤作用

人员受到的平移力是由爆炸风引起的,其大小取决于爆炸强度、人员至炸点的距离、地形条件以及人体方位等。人员在最初受到加速随后产生平移及最后的磕碰都可能受伤,

但严重损伤多发生于坚硬物体相撞的减速过程中。人体与坚硬物体相撞时,其损伤情况大致如下:人体以 3.66m/s 左右的速度运动时,重伤率约 50%;以 5.18m/s 左右的速度运动时,死亡率约 50%。

图 1-2-5 给出了由于平动造成的 50% 爆炸波杀伤概率曲线。图中示出在开阔地带条件下由于平动爆炸波杀伤概率达 50% 时,爆炸高度随地面距离的变化曲线。该曲线是依据 1kt 当量爆炸情况绘制的,将爆炸高度乘以爆炸当量的立方根,地面距离乘以爆炸当量的 0.4 次幂,即可换算成其他爆炸当量情况。如一枚 20kt 当量的炸弹在开阔地带上空 152.4m 处爆炸,求平动使 50% 的立姿人员遭受直接爆炸波杀伤的距离。对 1kt 当量的爆炸高度为

$$\frac{152.4}{(20)^{1/3}} = 56.1(\text{m}) \tag{1-2-7}$$

由图 1-2-5 查得,与 56.1m 爆炸高度对应的地面距离约为 396.8m。因此 20kt 当量炸弹爆炸对应的地面距离为

$$396.8 \times (20)^{0.4} = 1315(\text{m}) \tag{1-2-8}$$

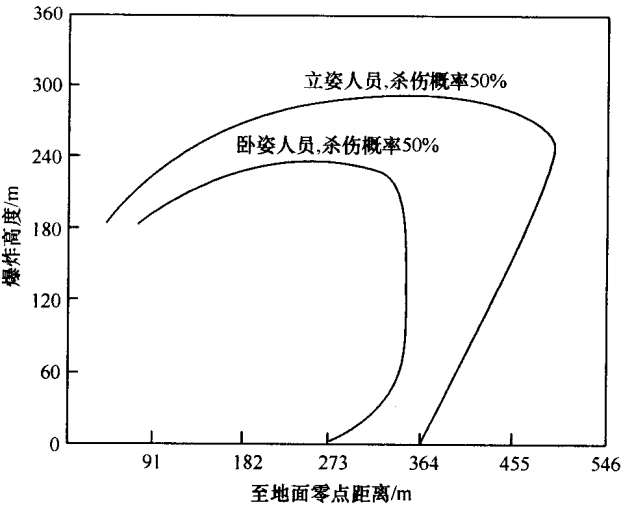


图 1-2-5 平动造成 50% 杀伤概率的爆炸高度对应的地面距离

综上所述,图 1-2-6 和图 1-2-7 给出了由超压、飞行物和平移造成各种器官的损伤程度随作用距离的变化关系。

1.2.4 火焰和热辐射

人员对火焰和热辐射的易损性,可分为闪光烧伤和火焰烧伤两种。闪光烧伤通常发生在人体未受衣服遮蔽的小面积部位上;火焰烧伤则能在身体的大部分区域出现,因为衣服也会起火燃烧。

闪光烧伤的程度随接受热能的多少和热能传递的速率而异。闪光烧伤不会导致皮下积液,其烧伤深度也比火焰直接烧伤显著减小。如果烧伤是由核弹产生的大火或辐射引起

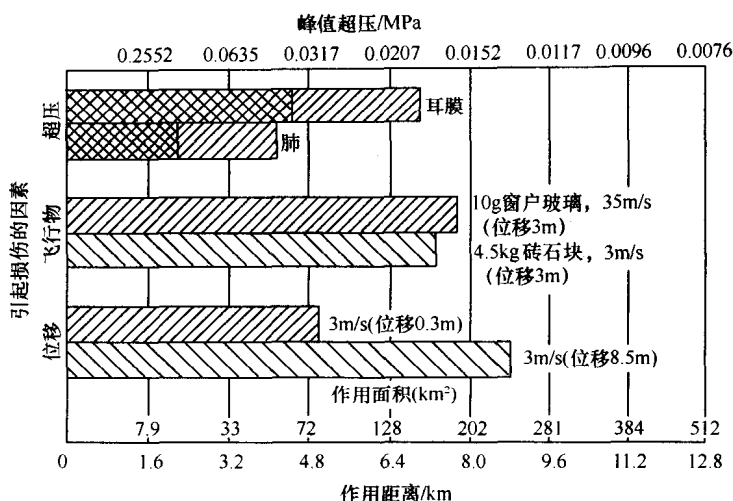


图 1-2-6 超压、作用距离和作用面积的近似值(1Mt 当量)

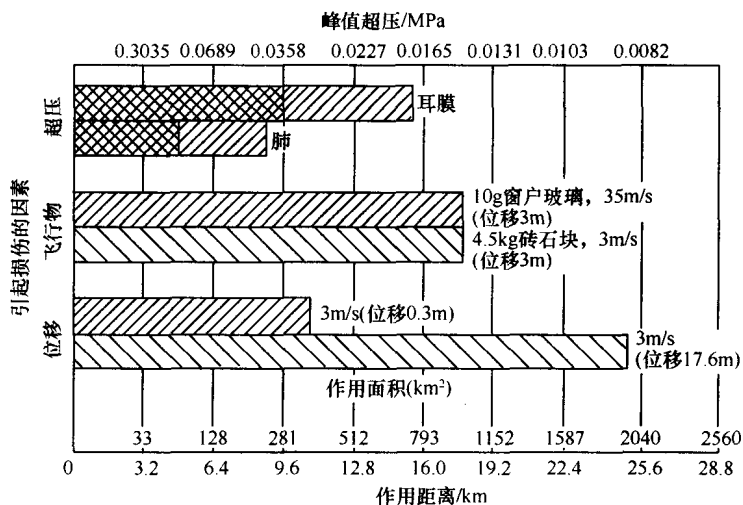


图 1-2-7 超压、作用距离和作用面积的近似值(1kt 当量)

的,则烧伤使士兵丧失战斗力的效果显著增强。

一、皮肤烧伤

领路皮肤的灼伤程度直接与辐照量和辐射能量的传递速率有关,而这两者都取决于武器的当量。在垂直照射条件下,皮肤变红为一度烧伤;局部皮层坏死和起泡为二度烧伤;皮肤完全坏死为三度烧伤。必须指出,实际值将随人体皮肤的颜色和温度而变化。

图 1-2-8 给出了使裸露皮肤产生一、二度烧伤的临界辐照量随武器当量的变化情况。

服装能反射和吸收大部分热辐射能量,所以可保护皮肤免遭闪光烧伤。但在一定辐照量条件下,服装发热或被点燃将会增加向皮肤传递热量,造成比裸露皮肤更严重的烧伤。

二、眼睛损伤

热辐射对眼睛的伤害可分为两类:闪光致盲(一种暂时性的视力丧失症状)和视网膜