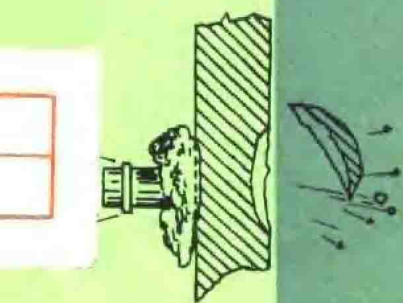
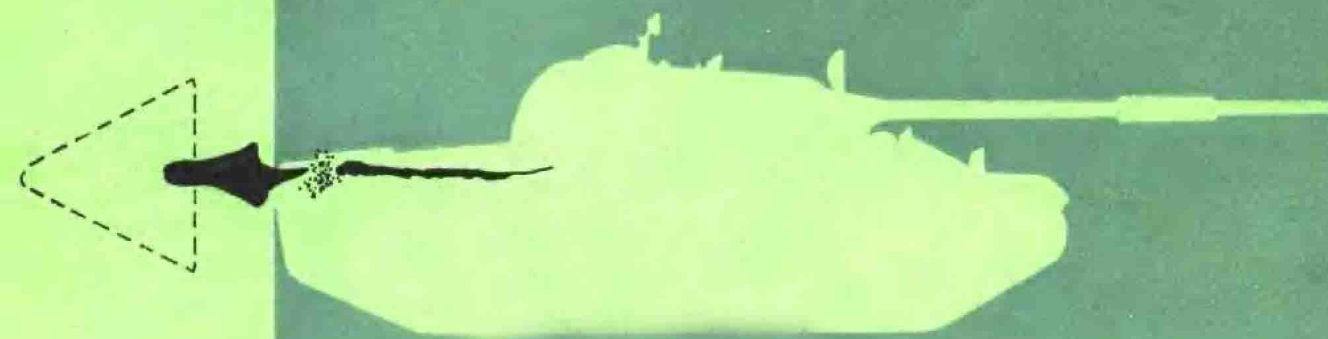
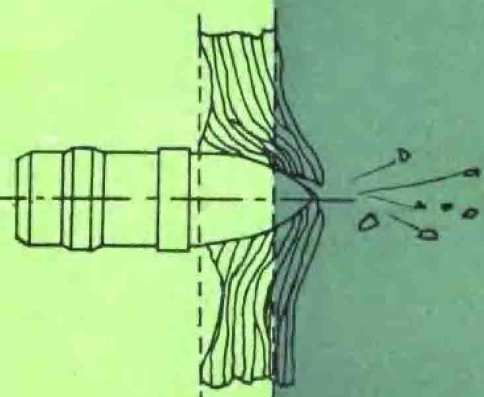


反坦克弹药 作用原理

张 浩 波 编 著



国防工业出版社

内 容 简 介

本书概括介绍了现代坦克目标的战术技术性能以及反坦克武器和弹药的分类；着重阐述了现代反坦克弹药摧毁目标的作用原理，以及现装备各种类型反坦克弹药的构造、性能和作用；并对有关反坦克弹药常用的炸药、火药、引信以及火工品的结构、性能和作用原理也作了适当的介绍。书中还搜集整理了一些国外现装备的反坦克弹药的结构和战术技术性能方面的资料。

本书内容较全面、系统，论述由浅入深，并配用了适当的图、表，可供从事弹药设计、制造及有关专业的科研人员、工程技术人员和大专院校师生参考，也可供工厂业余大学学生和具有一定弹药生产实践经验的工人、管理人员阅读。

反坦克弹药作用原理

张浩波 编著

*

国防工业出版社 出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092¹/₁₆ 印张 10 225 千字

1980年5月第一版 1980年5月第一次印刷 印数：0,001—1,000册

统一书号：N15034·1891 定价1.05元

前 言

在华主席的领导下，党的“十一大”和五届人大确定了全党和全国人民在社会主义革命和社会主义建设新时期的总任务。全国科学大会的召开，更激励着广大群众向“四个现代化”进军的斗志。全党和全国人民正意气风发、斗志昂扬，为在本世纪内把我国建设成为伟大的社会主义强国而努力奋斗。

当前，帝国主义还存在，发生世界大战的可能性也依然存在。因此，我们必须加速实现国防现代化，做好反侵略战争的准备，特别是对付苏军可能的入侵。

单就苏、美的陆军装备而言，不但大量采用新技术，不断更新装备，而且积极扩充军事力量。例如在陆军装备中，据不完全统计苏军已拥有坦克四万辆，装甲车和步兵战车五万五千辆；美军拥有坦克一万辆，装甲车和步兵战车二万二千辆。

又如，苏军现已组成一支现代化的装甲突击队，以主战坦克和步兵战车为主，包括各种导弹发射车和自行火炮，并且还有其他一系列战斗配套车辆和后勤配套车辆。人员在战场上均具有一定的装甲防护，已无徒步和暴露的步兵。

从目前发展的情况来看，到八十年代陆军武器将具有步兵装甲化、摩托化、火炮自行化以及强大的装甲突击能力等特点。

国外现装备的坦克，除少数为七十年代产品〔如（苏）T-72、（苏）T-80和（西德）豹-Ⅱ等〕外，大多均为六十年代产品。但苏、美正以新型坦克取代旧式坦克。这些新型坦克在火力、机动性以及装甲防护方面均有较大的发展。例如，坦克炮口径增大，膛压增高，从而使初速可达1800米/秒。并且普遍发射穿甲效果较为理想的杆式脱壳穿甲弹；采用可燃、半可燃药筒；在装甲材料和结构上普遍采用抗弹能力较高的复合装甲，降低了车高，从而提高了装甲的防护能力。

因此，在未来的反侵略战争中，要求所有地面武器都具有一定的反坦克能力，也即要求地面武器都要配备一定的反坦克弹药。根据反坦克弹药的威力和发射方式的不同，而可从坦克和装甲车辆的正、顶、底、侧等不同方向毁伤坦克和装甲车辆。

根据毛主席“洋为中用”的指示，为了适应国防现代化的要求，满足广大科技人员和生产管理人员对科技资料的需要，编者在有关资料的基础上，整理编写了这本书。书中所引用的一些国外现装备反坦克弹药的结构和战术技术性能数据，大多取自有关的科技情报资料和外刊，因而难免有不确之处，故仅供从事这方面工作的人员分析参考。

书中所引用参考资料，已标注于有关内容处的右上角，其中〔〕号表示引自主要参考资料，（）号表示引自一般参考资料。

本书在编写过程中，得到有关单位领导的大力支持和许多同志的热情鼓励，并主动提供这方面的资料。本书得以出版是和他们的支持与帮助分不开的，谨在此一并表示衷心的感谢。

目 录

第一章 绪 论

第一节 概述	1
第二节 对坦克目标的分析	2
第三节 反坦克武器的分类	5
第四节 反坦克弹药的种类	7
第五节 反坦克弹药的战术技术指标	9

第二章 反坦克弹药摧毁

目标的作用原理

第一节 聚能破甲作用	14
一、聚能效应	14
二、金属射流的概念	17
三、聚能破甲作用	21
四、影响破甲作用的主要因素	23
第二节 动能穿甲作用	30
一、装甲破坏的基本形式	30
二、影响装甲破坏形式的主要因素	32
三、各种穿甲弹对装甲的破坏作用	33
第三节 碎甲作用	38
一、崩落效应	38
二、碟形破片的形成	40
三、碎甲作用过程	41

第三章 反坦克弹药的结构

第一节 反坦克炮弹	42
一、聚能破甲弹	42
二、普通穿甲弹	50
三、超速穿甲弹	52
四、脱壳超速穿甲弹	54
五、碎甲弹	60
第二节 反坦克火箭筒弹	62
一、火箭发射式反坦克火箭筒弹	62
二、无座力发射式反坦克火箭筒弹	65
三、无座力发射与火箭增程结合式	67

第三节 反坦克导弹

一、反坦克导弹的特点	75
二、反坦克导弹的结构	77

第四节 反坦克地雷

一、反坦克地雷的分类	79
二、反坦克地雷的结构与作用	80

第五节 反坦克枪榴弹

一、反坦克枪榴弹的特点	85
二、反坦克枪榴弹的结构	86

第四章 反坦克弹药的

能源——炸药与火药

第一节 梯恩梯 (TNT)	88
第二节 黑索金 (RDX)	90
第三节 泰安 (PETN)	92
第四节 奥克托今 (HMX)	93
第五节 塑性炸药	94
第六节 黑火药	95
第七节 单基药	96
第八节 双基药	100

第五章 反坦克弹药的

起爆机构——引信

第一节 概述	106
一、对引信的基本要求	106
二、反坦克弹用引信的特点	108
第二节 破甲弹引信	111
一、压电引信的一般构造	111
二、压电引信的结构与作用	115
第三节 穿甲弹引信	119
一、概述	119
二、穿甲弹引信的结构与作用	120
第四节 碎甲弹引信	123
一、概述	123

二、碎甲弹引信的结构与作用	123
---------------	-----

第六章 反坦克弹药常用的火工品

第一节 概述	125
第二节 火帽	126
一、针刺火帽	126
二、撞击火帽	128
三、击发药	129
第三节 雷管	132
一、针刺雷管	133
二、火焰雷管	135
三、电雷管	136

第四节 火工品常用的起爆药	139
---------------	-----

一、雷汞	140
二、氮化铅	142
三、斯蒂芬酸铅	144
四、特屈拉辛	146
五、二硝基重氮酚 (DDNP)	147

附录一 国外主要坦克性能比较	149
----------------	-----

附录二 国外无座力炮、反坦克炮 主要性能	150
-------------------------	-----

主要参考资料	151
--------	-----

一般参考资料	152
--------	-----

第一章 绪 论

第一节 概 述

“知彼知己，百战不殆”。为了在未来的反侵略战争中，更好地对付敌人的坦克，提高现有反坦克弹药的性能和研制新型的反坦克武器，我们就必须了解其它国家对坦克在战争中作用问题上的观点以及坦克的装备情况。

坦克自第一次世界大战出现以来，经过不断改进和完善，到今天已是具有一定火力、防护能力和机动性的履带式战斗车辆。在两次世界大战及其他一些战场上，确实起了一定的作用。但两个超级大国为了独霸世界，而过分夸大了坦克的作用。无论是帝国主义，还是社会帝国主义都倾向于大量采用坦克作为其突击力量。例如，以美国为首的北大西洋公约集团认为：“装甲车辆，特别是主战坦克和装甲人员输送车与其他武器一起，是实现有现代化装备、有组织的地面部队的强大突击力量的技术手段。”社会帝国主义的军事家们则认为：“坦克是陆地战争的基本手段。”并且预言“在地面部队中，坦克部队的比重将进一步增大。”

从最近几年苏、美在欧洲大陆所布署坦克的密度可以看出，他们对坦克的依赖程度。下列数字是目前苏、美地面部队中，按每千人所拥有的中型坦克数^[37]：

苏 15.9 美 7.1

如果以整个北约国与苏联在北欧和中欧的部队的坦克密度相比较^[37]，则可以看到：

苏 16.7 北约国 10.8

表 1-1 列出了美军在朝鲜战场上坦克的编制情况。

表1-1 美军在朝鲜战场上坦克的编制(辆)

种 类 \ 编 制	步 兵 师	装 甲 师	机 械 化 师
轻型坦克	27	45	43
中型坦克	108	324	162
总计	135	369	205

近几年来，苏、美两个超级大国为了增强陆军实力，都在极力扩充坦克部队，增加坦克生产，大力改进现装备坦克的性能，并加紧研制新型坦克。例如，据资料〔41〕、〔42〕介绍，现在苏联陆军的 160 个师中，坦克师就有 50 个，约占总数的三分之一。在摩托化步兵师中，坦克兵的比重竟高达 24%。在装备方面，苏军正以 T-70、T-72[●] 及 T-80 等新型坦克更替较为陈旧的 T-54、T-55 以及在 1964 年才开始装备的 T-62 坦克。面对苏联坦克数量上的优势，美国深感自己坦克数量上的不足。它一方面大力增加 M60 系列坦克的年产量

● 目前，世界一些国家对苏军继 T-62、T-70 之后新装备的主战坦克有两种叫法：英、美称其为 T-72，西德等国则称其为 T-64。为与译文统一，本书亦均采用 T-72。

对于继 T-72 后出现的新型主战坦克，本书采用 T-80 的叫法。

量, 另一方面还加紧研制 XM-1 新型坦克。

在现代战争中, 坦克通常都是集中使用的。在一般情况下, 进攻时每公里正面约配置坦克 10~30 辆。在主攻方向, 坦克的密度甚至增加一倍以上。例如在第二次世界大战期间, 有的战场坦克密度曾达到每公里正面 70~100 辆的程度。

为了对付敌人投入战场的大量坦克群, 运用各种反坦克武器(如轻型反坦克武器、反坦克炮、反坦克导弹和地雷等)组织反坦克战斗是非常重要的。例如, 根据在第二次世界大战期间, 西北欧、意大利和北非战场的统计资料分析^[48], 英国共损失坦克约 3710 辆, 其中被反坦克炮击毁的约占 29.8%, 被对方坦克击毁的占 25.3%, 被地雷击毁的占 22.3%, 被自行反坦克炮击毁的占 13.5%, 被火箭筒击毁的占 6.1%, 被其他反坦克武器击毁的占 3%。自从反坦克导弹出现之后, 对坦克的生存更造成了很大的威胁。例如, 在一九七三年十月中东战争中, 首次大规模使用反坦克导弹的头十天里, 交战双方毁于反坦克导弹的坦克就有 1100 多辆, 约占双方投入战场坦克总数的 16.7%。

第二节 对坦克目标的分析

世界上的一切事物都是一分为二的, 一切事物都是在发展变化的。盾的发展促进了矛的发展。坦克的出现及其发展, 同样也促进了反坦克武器的发展。两次世界大战的经验证明了这个真理, 一九七三年十月的第四次中东战争, 同样也证明了这个真理。反坦克武器在对坦克的作战中, 确实发挥了很大的作用。例如, 据资料^[45]介绍, 在十月中东战争期间, 以色列、埃及、叙利亚等参战国投入战场的坦克总数为 6440 辆, 战斗仅仅进行了十八天, 毁于常规反坦克武器的双方坦克至少有 2200 辆之多。一位资本主义国家的军事评论家不得不感叹道:“武器的对比已对坦克不利, 而自第二次世界大战以来, 坦克一直是控制着战场的。”

坦克按其重量不同, 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”。如苏军现装备的 T-62、T-70、T-72 以及 T-80 中型坦克, 美军现装备的 M60 系列(M60、M60 A₁E₂) 坦克, 其重量范围大致都在 25~40 吨之间^[1]。有的国家, 则把重量在 20~50 吨范围内的坦克定为中型坦克。重型坦克由于具有更强的火力, 所以用来支援主战坦克作战。例如(苏) T-10、T-10M 坦克都是重型坦克。由于它笨重、机动性能差等, 所以近几年来生产的数量很少。轻型坦克虽然火力及防护力较差, 但其机动性能较好, 所以主要用来执行侦察、空降等特殊任务以及在某些特殊地带使用, 如(苏) ПТ-76 水陆两用坦克等。此外, 尚有各种特殊用途的坦克, 它们都装有特殊的装备。如水陆两用坦克、喷火坦克、架桥坦克、扫雷坦克和布雷坦克等等。

水陆两用坦克, 顾名思义是一种装有水上行驶装置的坦克。它既能在水上行驶, 也可以在陆地上行走, 是强渡江河和登陆作战的有力武器。

喷火坦克除装备有一般坦克的武器外, 还装有喷火器。可以喷出高温火焰, 有效射程大约为 300 米左右。担任直接支援步兵作战的任务。

架桥坦克是一种装有特种桥梁的坦克, 桥梁平时成折叠状态而“背”在坦克上。在战斗需要时, 可以迅速放开并架在小河或沟渠上, 以便使人员和车辆能迅速通过。

扫雷坦克和布雷坦克是装有专门用于破坏地雷与布设地雷的装置的坦克。扫雷坦克的任务是在对方布雷区给我坦克和步兵冲锋开辟通路; 布雷坦克则是担任在重要地区或可能

出现对方坦克的地方设置反坦克地雷的任务。

各种坦克的外形、种类和战斗性能虽然不同，但其构造基本相同。例如，都可将其分为如下几个组成部分：装甲——车体与炮塔；武器——枪、炮，有的还装备有导弹；动力装置；传动装置；行动部分；电气装备；通讯工具以及灭火设备等。

目前，国外一些资本主义国家对坦克发展趋势的观点是，淘汰笨重的重型坦克，而发展机动性能好和加强了火力的轻型、中型坦克。

在未来反侵略战争中，我们主要对付的是敌人的中型坦克。因此，下面着重分析一下苏、美两国现装备中型坦克（即主战坦克）的战术技术性能。它们的主要战术技术性能指标，列于表 1-2 中。

表1-2 苏、美中型坦克的战术技术性能^[1,42,43]

诸 元	国别、型号	(苏) T-54 A	(苏) T-62	(苏) T-72	(美) M60
全重(吨)		36	37~38	40	46
乘员(人)		4	4	3	4
火炮口径(毫米)		100	115(滑)	125(滑)	105
最大时速(公里)		50	60	70	51.2
车体外形(米) (长×宽×高)		6.0×3.3×2.4	6.2×3.3×2.4	7.4×3.3×2.46	6.9×3.6×2.7
最大行程(公里)		440	710	500	400
装甲防护(毫米/度):					
炮塔		220/弧	220/弧	—	178
车体前		100/60° ^① (上) 100/55°(下)	100/60°(上) 100/55°(下)	—	110/65°(上) 110/55°(下)
两侧		80/0°	80/0°	—	80/弧
后部		45	45	—	50
底部		20	16	—	25
发动机功率(马力)		520	580	1000	750
单位压力(公斤/厘米 ²)		0.8	0.77	—	—
装备年份		—	1964	1975	1961

① 100/60°系指装甲的实际厚度为 100 毫米，倾角（装甲与垂直于地面的平面之间的夹角）为 60°。有的资料以 100/30°表示，其中 30°是指装甲与水平面的夹角。

在对坦克目标的分析中，我们将着重研究坦克的外形及装甲防护两个方面。(苏) T-62 主战坦克的结构，如图 1-1 所示。

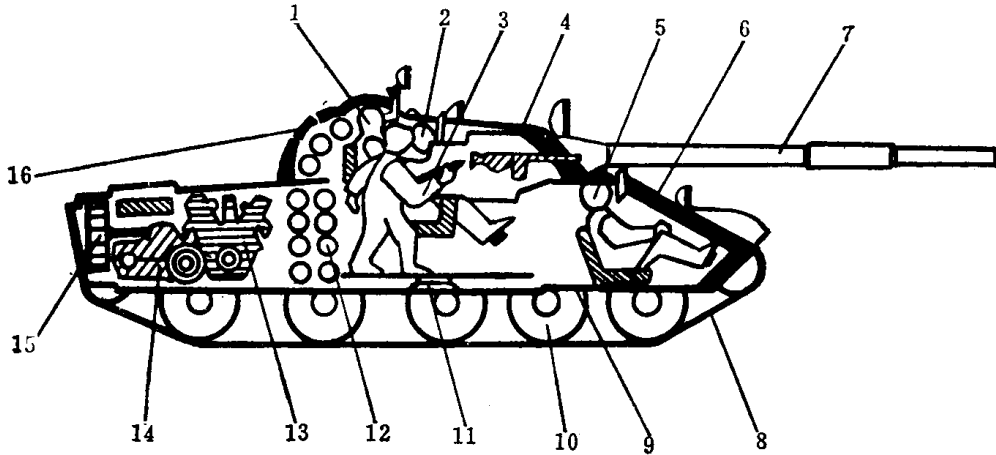


图1-1 (苏) T-62主战坦克的结构

- 1—车长；2—炮长；3—装填手；4—炮塔；5—驾驶员；6—车体；7—火炮；8—履带；9—安全门；
10—负重轮；11—转盘；12—弹药；13—发动机；14—变速箱；15—风扇；16—抛壳窗。

苏、美现装备主战坦克的车体外形尺寸较小，大致在如下范围内：

车体长	6.0~7.4米
车体宽	3.3~3.6米
车体高	2.3~2.7米

由于主战坦克的外形尺寸较小，所以在战场上一般将其视为点目标。对这种目标射击时，通常要求直接命中，并使用着发引信起爆弹丸。坦克外形的另一特点是低矮和流线型，或有较大倾角。例如，炮塔和车体的前部是装甲防护最强的部位，不但装甲最厚，而且具有较好的流线型或有较大的倾角。通常装甲的实际厚度仅为 100~110 毫米，但装甲的水平厚度却均在 200 毫米以上。如以（苏）T-62 和（美）M60 A₁E₂ 主战坦克为例，其前部装甲倾角分别为 60° 和 65°，因此要求弹丸在击中坦克时，引信至少应保证在着角[●]为 65° 时可靠发火，而使弹丸起爆。否则将使弹丸产生滑移或跳弹，而大大影响弹丸的破甲效果或发生弹丸不爆炸现象。

坦克车体的两侧装甲较薄，一般为 80 毫米左右，其倾角通常为零（即装甲垂直于地面）。由于在它的外面尚有履带、负重轮、托轮等的遮护，而使聚能破甲弹[●]不能充分发挥作用。坦克车体后部的装甲，一般为 40~50 毫米。而坦克车体的底部和顶部，由于不易被击中，所以装甲最薄（约 20 毫米）。（苏）T-54A 主战坦克车体装甲的情况，如图 1-2 所示。

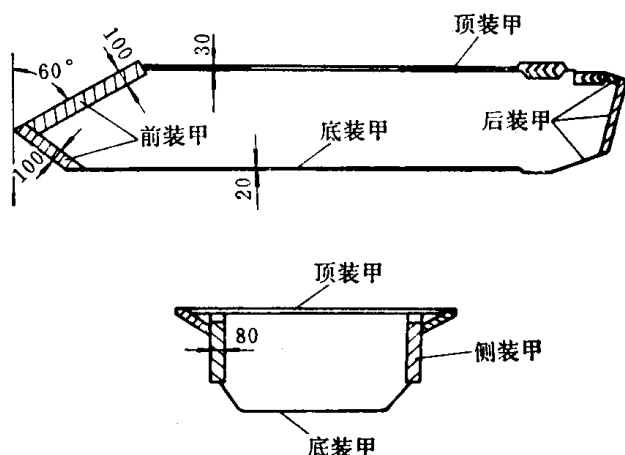


图 1-2 （苏）T-54A 主战坦克车体装甲示意图

坦克装甲一般为均质装甲。装甲材料的机械性能如表 1-3 所示。近几年来，常见的材料大多为镍铬钼钢或镍铬钨钢。通常，其强度极限为 $\sigma_b = 10000 \sim 20000$ 公斤/厘米²，冲击韧性 $a_k = 6 \sim 13$ 公斤·米/厘米²。渗碳钢表面的布氏硬度一般为 HB=550~600。

坦克车体各部位装甲厚度的选择与配置，随各部位的重要性以及易受对方火力威胁的程度决定。正面装甲最厚，两侧装甲次之，后面较薄，底部和顶部装甲最弱。

坦克的另一特点就是具有较高的机动性。例如，苏、美主战坦克的最大时速一般为 50~70 公里（即 14.2~19.4 米/秒）。在公路上行驶的平均时速一般也不低于 30 公里（即 8.3 米/秒）。越野能力也较强，可以超越近 1 米高的垂直墙和近 3 米宽的壕沟，爬 30° 的坡，以及涉渡近 1.5 米深的河流、浅湖。有的坦克还能利用其专门的潜渡装置在 5 米深的水中潜渡。有的还装有红外线夜视、夜瞄设备，可使车长、炮长在夜间看清或瞄准 1000 米以内的目标，大大提高了坦克夜战的机动性。

国外目前着重提高和改进坦克的以下几方面的性能：提高坦克的火力和机动性，以积

● 着角是指弹丸碰目标时，其弹道切线与目标法线之间的夹角。有时也称法线角。

● 聚能破甲弹是指利用装药“聚能效应”所产生的金属射流，可击穿装甲的原理而制成的反坦克弹种。详见第二章第一节。

表1-3 坦克装甲材料的机械性能

性 能	国 别	美 国	苏 联
材 料 种 类		锰钼钢、镍锰钼钢、镍 铬 锰 钼 钢、铬锰钼钢	镍铬钢
强度极限 σ_b (公斤/厘米 ²)		7700~11500(轧制) 6600~8200(铸造)	9000~9950
屈服极限 σ_s (公斤/厘米 ²)		6750~9200(轧制) 6100~7300(铸造)	7500~8150
冲击韧性 a_K (公斤·米/厘米 ²)		10.9~21.8(轧制) 10~17(铸造)	—
延伸率 δ (%)		8.5~15(轧制) 2~11.5(铸造)	12.5~15
断面收缩率 ψ (%)		46~67.5(轧制) 43(铸造)	55~66.5
布氏硬度 HB		341~217(轧制) 257~241(铸造)	555~514

极防御为主；研究和采用各种新型的复合装甲；提高装甲的机械性能；增大装甲的倾角和采用流线型炮塔；减小坦克的高度以及改变坦克的体型等技术措施，以便提高装甲的防护能力。

从近几年来已经出现并装备使用的（苏）T-72、T-80主战坦克和（美）XM-1新型坦克的战术技术诸元来看，在上述几个方面已取得了很大进展。

例如，（苏）T-72主战坦克在增强火力方面，已将火炮口径由115毫米加大到125毫米，加之采用钢作弹芯材料，不但大大提高了穿甲能力，而且工艺简单、经济性好。外刊认为“这种非常经济的工艺，能使炮弹的穿甲能力今后还足够保持十五年⁽³²⁾”。另外，在机动性方面也较T-62大大提高了。如最大时速由T-62的60公里/小时提高到70公里/小时；发动机的功率也由580马力提高到1000马力。

（苏）T-72主战坦克在装甲防护方面的改进是它突出之处。如据外刊（39）报导，T-72坦克的新型装甲是一种夹层装甲。在多层钢板之间填充以陶瓷-塑料，总厚度由T-62的100毫米增大到204毫米，并且其前装甲倾角由T-62的60°加大到68°。该刊认为，它可以防迄今为止对坦克威胁最大的聚能装药破甲弹，而大大提高了防护能力。

又如，（美）XM-1新型坦克采用一种完全新型的装甲板，它使XM-1新型坦克的“生存能力”较现正服役的M60系列主战坦克高一倍以上。

第三节 反坦克武器的分类

鉴于坦克在战争中给对方所造成的威胁，尤其是自六十年代以来，随着新型坦克的不断出现，反坦克武器的作用和地位也日益显得重要。世界各国都很重视反坦克武器的改进和发展，大力研究如何提高反坦克武器的效能。

自第二次世界大战以来，反坦克武器的发展速度要比坦克的发展速度快得多。目前，世界各国除了在部队中大量装备火箭筒、无座力炮、反坦克导弹以及反坦克炮外，还积极研究运用多种手段对付坦克。例如在大口径火炮的弹药基数中，均配有反坦克弹种。又如，近

几年来装备的新型坦克、摩托化步兵战车、飞机以及武装直升飞机等，均配置有很强的反坦克火力（如反坦克火箭、反坦克导弹及反坦克地雷）。因此，要切实地将反坦克武器进行分类是很困难的。

为便于读者了解常规反坦克武器的一般概况，现粗略地分类如下：

1. 轻型反坦克武器

亦称为近程反坦克武器。射程较近，一般配备于班级使用。

① 步枪打坦克 发射反坦克枪榴弹，直射距离[●]一般为50~70米，最高可达100米^[36]。

② 反坦克火箭筒 发射反坦克火箭弹。直射距离一般为100~200米，有的可高达800米^[46]。通常由一名射手发射，有的则需要2~3名射手发射〔如(苏)ПГ-9〕。

2. 无座力炮

无座力炮是对付坦克的有力武器，也是伴随一线步兵作战的优良火炮之一。直射距离一般为250~450米，有的可达550米^[40]。这种火炮配用聚能破甲弹，可由地面发射；也可安置在吉普车或装甲人员输送车上进行发射。

3. 反坦克导弹

反坦克导弹是第二次世界大战后出现的新型反坦克武器。有效射程一般为25~3500米，有的最大射程可达6000米^[36]。它可单兵发射，也可在坦克、装甲车或武装直升飞机上进行发射。

4. 反坦克炮

反坦克炮是一种重要的反坦克武器，配用穿甲弹、聚能破甲弹。直射距离为1000~1100米^[36]。可单独牵引或装有辅助传动装置；也可配置在主战坦克及其他装甲战斗车辆上。

5. 坦克

配有反坦克炮，在弹药基数中配有反坦克弹种，用于坦克对坦克的作战。

6. 反坦克战斗车辆

根据反坦克战斗车辆所装备的主要反坦克武器，又可分为：自行火炮和反坦克导弹发射车两种。

7. 反坦克直升飞机

① 装有反坦克导弹的直升飞机 在武装直升飞机上配置有第二代[●]反坦克导弹，一般在3000~6000米以上的距离上攻击并摧毁坦克目标。通常2~4架为一小队。

② 布雷直升飞机 即利用运输直升飞机，作为快速布设反坦克地雷的手段。

8. 飞机反坦克

用来对付敌坦克群最为有效。例如，可投掷反坦克集束炸弹；也可发射反坦克导弹，在发射后作逃逸机动飞行，以退出目标区或另选攻击目标。

● 直射距离是指最大弹道高不超过目标高度（对坦克而言，以2米计）的最大射程。这个概念具有很重要的实际意义。

● 第二代反坦克导弹是指采用了半自动制导系统（光学自动跟踪，有线指令制导）的反坦克导弹。它较第一代采用目视跟踪、有线指令制导系统，在反坦克的效能上有了很大的提高。

9. 火箭炮

火箭炮是攻击敌坦克群的有效手段，可发射反坦克子母雷或聚能装药集束破甲弹，以破坏敌坦克及其他装甲战斗车辆，或阻滞其前进。

10. 反坦克器材

反坦克器材包括反坦克地雷、爆破筒及炸药包等。

以上所介绍的各种常规反坦克武器，是反坦克战斗在远距离、中距离和近距离三个不同阶段，可以采用的不同的反坦克手段。例如，在远距离上，可以使用飞机、火箭炮、直升飞机施放反坦克导弹或撒布反坦克地雷，也可以动用工兵利用地雷来进行反坦克战斗；在中距离上，使用各种火炮、坦克及其他反坦克战斗车辆（自行火炮、导弹发射车等），发射反坦克炮弹或导弹；在近距离上，使用轻型反坦克武器（如枪榴弹、火箭筒及各种反坦克器材等）进行反坦克战斗等。

各种反坦克武器效能的提高，导致了坦克在战术和设计上的变化。例如，近几年来，许多主要国家将增加坦克防护装甲的厚度降为次要地位，而把加强火力和提高机动性能作为主要解决的问题来考虑。因此，当前提高反坦克武器的反装甲（穿甲、破甲和碎甲等）能力并不是当务之急，而应当把研究解决如何实施射击和在各种距离上，确保命中精度的问题当做重点。

从目前世界各国现装备的反坦克武器水平来看，少量是五十年代的产品，而大部分是六十年代较新的产品。

必须指出，反坦克导弹以及其他新型反坦克武器（如激光武器等）的出现，虽然给坦克造成了很大的威胁，但它并不能完全取代其他类型的反坦克武器。实践经验表明：任何一种反坦克武器的使用都是依据或从属于一定条件的；只有在这一特定条件之下，才能充分发挥其效用。因此，我们应当正确看待各种反坦克武器（或手段）之间的辩证关系。在对坦克的斗争中，它们之间的关系只能是配合使用、相辅相成，以弥补不足，而不能完全取代、留此舍彼的。

第四节 反坦克弹药的种类

配用于各种类型反坦克武器的弹药，按其结构特点和作用原理的不同可分为：

1. 聚能破甲弹

它是利用装在炸药聚能穴内的金属药型罩，起爆时产生“聚能效应”[●]所形成高温、高速、高能量密度的金属射流来摧毁装甲的。因此，它不需要弹丸本身具有很高速度，所以不但可应用于高初速火炮（如加农炮），也可应用于低初速的无座力炮、榴弹炮、火箭筒以及枪榴弹、手榴弹和地雷等。

反坦克导弹也多采用聚能破甲战斗部。

2. 穿甲弹

穿甲弹是依靠火炮发射时所获得的动能击穿装甲（撞击作用）。因此，穿甲弹只能配用于炮口动能大的高初速火炮上，如反坦克炮、坦克炮均属于高初速火炮。

● “聚能效应”也称“空心效应”或“锥孔效应”。利用此效应制成的弹丸，称为聚能破甲弹、空心装药破甲弹或锥孔弹。

按穿甲弹的结构不同,又可将其分为普通穿甲弹、次口径穿甲弹及脱壳穿甲弹三种。

3. 碎甲弹

碎甲弹又可称为碎头弹,它是近十几年来才出现的一个新型反坦克弹种。它是利用炸药的能量作用于装甲后,在均质装甲内部产生应力波,而使装甲背面崩落的破片进行杀伤乘员和破坏装备的。因此,碎甲弹并不穿透装甲,只是造成“崩落效应”。

4. 反坦克地雷

反坦克地雷又称为防坦克地雷。按其作用原理不同,可分为爆破地雷和聚能破甲地雷两种。前者对坦克的破坏主要依靠炸药的爆破作用;后者是利用聚能破甲作用使坦克丧失战斗力。

按发射方式的不同,又可将其分为反坦克弹药分为如下几类:

1. 轻型反坦克弹药

① 反坦克枪榴弹 用步枪发射,弹丸采用聚能装药结构。

② 火箭筒弹 使用反坦克火箭筒发射,弹丸采用聚能装药结构。弹本身有的带火箭发动机,有的则没有,而只靠抛射药的作用赋予弹丸一定的初速。

2. 反坦克炮弹

反坦克炮弹用火炮发射。按其摧毁目标作用原理不同,又分为聚能破甲弹、穿甲弹和碎甲弹三种。

虽然都用火炮发射,但有的炮弹本身尚带有火箭发动机,这种用火炮发射的火箭弹称为火箭增程弹。

3. 反坦克导弹

反坦克导弹是反坦克的有力武器,采用聚能破甲战斗部。在国外,反坦克导弹有代替无座力炮的趋势。目前已发展到第三代(用激光制导)反坦克导弹。

反坦克导弹可由地面、吉普车、坦克、直升飞机或导弹发射车发射。

4. 反坦克地雷

反坦克地雷可利用飞机空投、火箭布设或利用机械、人员提前设置于一定地点或区域,给敌坦克以出其不意的打击。

必须指出,各种反坦克武器的能力是不相同的,而且都有一定的限度。通常,将反坦克武器的这种最大摧毁能力称为反坦克武器的最大击毁坦克数^[41]。

如以反坦克导弹、无座力炮和火箭筒为例,其最大击毁坦克数见表 1-4。

由表 1-4 可以看出:

1) 在敌坦克速度相同的情况下,不同类型反坦克武器的最大击毁坦克数不同。三者相比,以反坦克导弹的最大击毁坦克数最大。也即反坦克的摧毁能力最强,无座力炮次之,火箭筒最差。

在敌坦克速度相同的条件下,反坦克导弹的命中率也最高,无座力炮次之,火箭筒最差。

2) 在敌坦克速度不相同的情况下,对于同一种反坦克武器而言,敌坦克速度越低,则其最大击毁坦克数越多,也即最大摧毁能力越强。其命中率也随坦克速度的降低而提高。

表1-4 反坦克武器的最大击毁坦克数举例^[41]

武器种类	敌坦克速度(公里/小时)			备 注
	15	10	5	
64式反坦克导弹: 命中率(%) 最大击毁坦克数(辆)	55 1.1	60 1.8	67 2.0	有效射程: 400~1500米 飞行速度: 85米/秒
106毫米无座力炮: 命中率(%) 最大击毁坦克数(辆)	33 0.6	38 1.0	45 1.7	有效射程: 1100米 发射速度: 5发/分
40型火箭筒: 命中率(%) 最大击毁坦克数(辆)	20 0.3	24 —	33 —	有效射程: 250米 发射速度: 4发/分

第五节 反坦克弹药的战术技术指标

在战场上,一般将坦克视为点目标。在对坦克作战中,各种类型的反坦克弹药必须满足在给定的距离上直接命中,并且发挥最大威力使其丧失战斗力,在此前提下提出战术技术指标的要求。

对反坦克弹药,在战术技术性能方面的基本要求有如下三方面:

1. 威力

反坦克弹药的威力是指在一定的射击条件下,弹丸对装甲目标破坏作用的最大可能效果。

由于不同种类的弹丸(如聚能破甲弹、穿甲弹和碎甲弹等)对目标处的破坏作用不同,因而衡量各种类型弹丸威力的标准也不相同。例如,对穿甲弹而言,它的威力按穿甲厚度或碰击目标时的比动能大小来衡量;聚能破甲弹的威力,则是以破甲厚度来衡量等等。

现以聚能破甲弹为例,简要介绍一下破甲弹威力的概念和计算方法。

如上所述,破甲弹的威力是以破甲厚度来衡量的。严格讲来,这是不够确切的。此时的破甲厚度是指着角为 0° 时的破甲厚度。而实际上,由于坦克的外形趋于流线型或有较大的倾角,所以着靶时着角为 0° 的情况是极少见的。因此,往往在指出破甲厚度的同时,还附加着角的大小。例如,假定反坦克火箭弹在直射距离为300米时,破甲威力为110毫米/ 65° 。这是指当着角为 65° 时,可以穿透厚度为110毫米的装甲钢板。而其相当于着角为 0° 时的破甲厚度大小(图1-3),则可由如下关系式进行计算。

$$L = \frac{b}{\cos \theta}$$

式中 L ——着角为 0° 时的破甲厚度,(毫米);

b ——对应于着角为 θ 时的破甲厚度,(毫米);

θ ——着角,(度)。

将数值 $b = 110$ 毫米, $\theta = 65^\circ$ 代入上式,可得

$$L = \frac{110}{\cos 65^\circ} \approx 260 \text{ (毫米)}$$

为了保证金属射流在破甲后仍有一定的后效作用(也即具有杀伤乘员、破坏坦克内部

装备的能力),设计人员在进行威力设计时,必须考虑使破甲后残余的金属射流对装甲仍具有一定的破甲能力。

实践证明:当高温、高速、高能量密度的金属射流在侵彻坦克装甲后,如果还具有破甲深度为140~250毫米的侵彻能力的话,它就能对3~5米范围内的乘员有

杀伤作用,也能贯穿距其2米左右的后仓,并使弹药引爆或将发射药点燃;或者能将距破孔出口1米处的坦克前组油箱贯穿并引燃起火。

根据对生物进行试验的结果表明,有效杀伤“破片”(指分散了的金属射流)数可由如下公式进行估算:

$$N = (5.5 \sim 14\%) \Delta L$$

式中 N ——有效杀伤“破片”数;

ΔL ——破甲后金属射流仍具有的侵彻能力,以破甲深度的毫米数表征。

这些有杀伤作用的小破片,大多分布于以破孔出口为顶点的一个椭圆锥内。其锥顶角一般在 $3^\circ \sim 10^\circ$ 范围内。

2. 直射距离

直射距离是指最大弹道高不超过目标高度的最大射程。在直射距离以内,炮手不用变换表尺进行射击,均可命中目标。在战场上,当与坦克面对面的紧张战斗时,是有很大的实际意义的。

根据目前美、苏等国使用的坦克和装甲车辆的高度情况,我们在考虑目标的高度时,一般均以2米计算。这样,直射距离就与目标高度无关,完全可以看成是表示弹道低伸程度的一个物理量了。直射距离越大,表示弹道越低伸。

直射距离越大,越容易命中目标。这一方面是由于目标距离的测量误差对散布的影响减小;另一方面则是因为飞行时间的缩短,对活动目标的命中率大大提高了。所以,一般直射距离大的火炮(或火箭筒),其命中率也高。

由于在直射距离内对坦克进行射击时,可以保证在弹道的每一点上都能有效地击中目标,所以有时称此距离为有效作用半径。

对直射距离影响最大的是初速(尤其是在初速比较低的情况下)。此外,在高初速时,弹道系数对直射距离的影响也不容忽视。

对于反坦克火箭弹而言,其发射特点是瞄准角小(一般均小于 3°),因而射程短。对于这种低伸弹道,其直射距离可以用抛物线理论进行计算。

由抛物线理论可知:

射程

$$X = \frac{2v_0^2 \cdot \cos\theta_0 \cdot \sin\theta_0}{g}$$

弹道高

$$Y = \frac{X \cdot \tan\theta_0}{4}$$

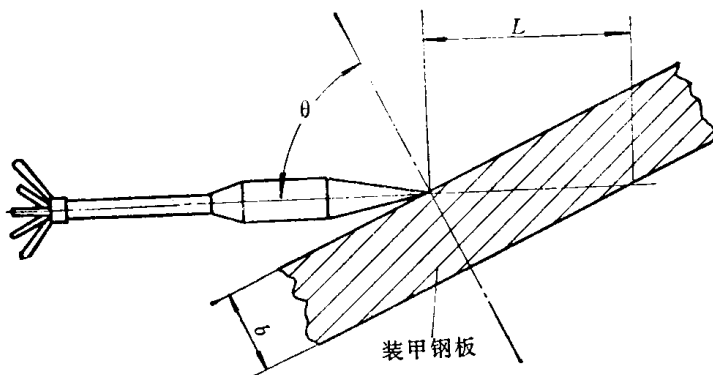


图1-3 有倾角装甲破甲厚度的换算

式中 v_0 ——初速, (米/秒);
 θ_0 ——瞄准角, (度);
 g ——重力加速度, (米/秒²)。

当瞄准角 θ_0 小时, $\sin\theta_0 \approx \text{tg}\theta_0$, $\cos\theta_0 \approx 1$, 代入上式可得到

$$X = \frac{2v_0^2 \cdot \text{tg}\theta_0}{g}$$

将 $Y = \frac{X \cdot \text{tg}\theta_0}{4}$ 化为 $\text{tg}\theta_0 = \frac{4Y}{X}$, 并代入上式

$$\text{得} \quad X = \frac{2v_0^2}{g} \cdot \frac{4Y}{X}$$

$$\therefore \quad X^2 = v_0^2 \frac{8Y}{g}$$

当目标高 $Y = 2$ 米时, 则可求得直射距离的公式为

$$X_{\text{直}} = v_0 \sqrt{\frac{8Y}{g}} = v_0 \sqrt{\frac{16}{9.81}} = 1.28v_0$$

考虑空气阻力时,

$$X_{\text{直}} = 1.25 v_0$$

对于初速较低 (例如初速低于 100 米/秒) 的反坦克火箭弹而言, 当已知初速 v_0 时, 其直射距离可按上述近似式进行估算。

3. 射击精度

对于反坦克弹药而言, 射击精度是关系到及时、有效地击毁敌坦克和降低弹药消耗的一项重要战术指标。

射击精度本身有两个含义, 即命中准确度与密集度。准确度是指弹丸炸点散布中心偏离目标中心的程度。准确度高, 说明炸点散布中心与目标中心偏差小。密集度是指所有炸点偏离散布中心的程度。密集度好, 说明各炸点与散布中心的偏差小。这里所讲的散布中心, 是指弹道束中的理想弹道与过目标中心的垂直平面的交点。该理想弹道是为研究问题方便而虚构的, 假定它不受各种散布因素的影响。

准确度和密集度两者构成了射击精度的概念。它们互相之间并不排斥: 准确度高不一定密集度好; 而密集度好也不见得准确度就高。当然, 也可能准确度与密集度都好, 或是准确度低与密集度差同时出现。上述四种情况, 如图 1-4 所示。

对于反坦克炮弹和火箭弹而言, 射击精度的要求包含有对命中准确度和密集度的要求; 而对于有制导的反坦克导弹而言, 则主要是命中准确度的要求。

对大量射击试验资料的统计结果表明: 弹着点 (即炸点) 在高低或方向上的散布是有一定规律的, 并且符合所谓“正态分布律” (图 1-5)。在这种情况下, 弹着点将全部位于

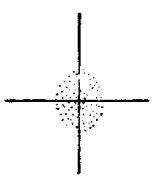
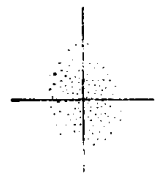
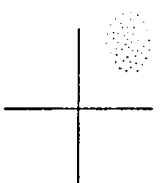
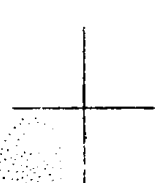
	密集度好	密集度差
准确度高		
准确度低		

图 1-4 命中准确度与密集度

叫做散布椭圆的椭圆平面内。椭圆的中心与散布中心相重合。以弹道低伸的反坦克弹丸对靶板进行射击时,其散布椭圆近于圆形。垂直轴方向的或然偏差用 B_z 表示,称为高低散布或然偏差。而水平轴方向的或然偏差用 B_y 表示,称为方向散布或然偏差。还可以用无量纲的高低、方向散布或然偏差 $\frac{B_z}{X}$ 、 $\frac{B_y}{X}$ 来表示, X 为直射距离。比值 $\frac{B_z}{X}$ 、 $\frac{B_y}{X}$ 通常叫做射击密集度特征数。

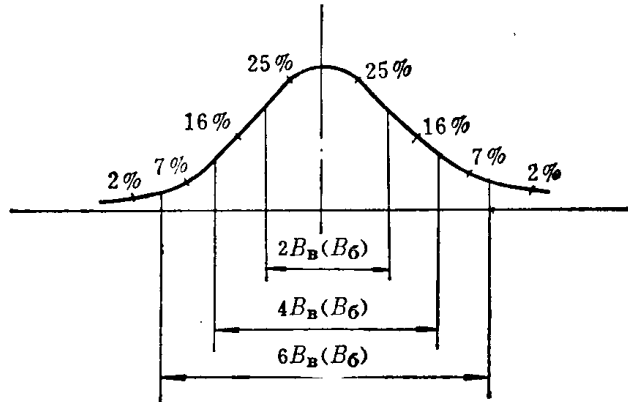


图1-5 弹着点的正态分布律

由图 1-5 可以看出, B_z 和 B_y (或 $\frac{B_z}{X}$ 和 $\frac{B_y}{X}$) 的数值越小,则表示弹着点的散布范围越小,也即弹着点的密集度越高。因此, B_z 和 B_y (或 $\frac{B_z}{X}$ 和 $\frac{B_y}{X}$) 是表示弹丸射击密集度好坏的一个重要指标。

B_z 和 B_y 的数值可根据射击试验结果,由下列公式计算得到:

$$B_z = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_{ep})^2}{n-1}}$$

$$B_y = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ep})^2}{n-1}}$$

其中

$$Z_{ep} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}$$

$$Y_{ep} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

式中 Z_i ——单发弹着点高低偏差;
 Z_{ep} ——一组弹着点的平均高低偏差;
 Y_i ——单发弹着点方向偏差;
 Y_{ep} ——一组弹着点的平均方向偏差;
 n ——有效射击发数。

反坦克火箭弹的射击密集度指标,通常规定为 $B_z \leq 0.40$ 或 0.45 米, $B_y \leq 0.40$ 或 0.45 米。

应当指出,在评价两种反坦克弹的射击密集度时,不能单纯从或然偏差 B_z 、 B_y 的大小确定某反坦克弹的射击密集度高或低。例如,(苏) ПГ-2 火箭筒弹的 $B_z \leq 0.4$ 米, $B_y \leq 0.4$ 米,其直射距离为 100 米;而(苏) ПГ-7 火箭增程破甲弹的 $B_z \leq 0.45$ 米, $B_y \leq 0.45$