

反坦克导弹设计 原理

万春熙 编著

国防工业出版社

TJ 372
/

反坦克导弹设计原理

万春熙 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书结合反坦克导弹的特点，讲述了战术导弹总体设计的原理。内容包括：反坦克导弹的发展及研制过程，战术技术要求，方案分析组成，基准弹道设计及参数选择原则，导引弹道和导弹系统动力学的分析与设计，弹体外形设计及结构强度分析等。在论述中，着重于各分系统之间的总体联系，但对若干专题（如弹体滚转及脉冲调宽式控制等问题）也进行了较深入的分析。

本书可作为高等院校的教学参考书，也可供有关的工程技术人员参考。

反坦克导弹设计原理

万春熙 编著

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 25⁵/₈ 593 千字

1981年9月第一版 1981年9月第一次印刷 印数：0,001—1,600册

统一书号：15034·2257 定价：2.65元

前 言

导弹是一个复杂的工程系统，包含着许多分系统和部件。在导弹的总体设计工作中，必须恰当处理各个分系统之间的关系。因此，所谓“导弹设计原理”，并不是一门单独的学科，而是多种学科的综合运用。

不仅专门从事导弹总体设计工作的科技人员需要从总体上了解导弹的设计原理，而且，在导弹技术领域工作的各种专业科技人员和从事管理、制造、试验及使用工作的技术人员也需要了解导弹总体设计的原理。这样，他们才能在处理本职业务同总体设计的关系问题时取得主动。

因此，在编写本书时，不仅考虑到教学的需要，还力求照顾到各有关方面的科技人员有可能以自学的方式研读本书。

近年来，在反坦克导弹等小型战术导弹领域中的研究工作非常活跃，在设计思想、设计方案、作用原理方面都出现了很多独特的发展。但是，世界上现已出版的屈指可数的论述导弹总体设计原理的书籍文献，通常只以大型导弹做为讨论对象，极少注意反坦克导弹等小型战术导弹的设计特点。

所以，在编写本书时，力求反映反坦克导弹的设计特点。但是，另一方面，我们相信，通过对于反坦克导弹设计的特殊性问题的深入研究，也有可能帮助读者对于导弹设计的普遍性原理获得更深刻的理解。

当前，在导弹的设计工作中，计算机是必不可少的工具。为了能够把导弹的设计过程编成计算机程序，首先必须建立数学模型。就是说，对导弹系统工作的物理过程进行数学的抽象。此外，为了正确地分析和理解计算机的运算结果，也需要设计人员对于导弹系统的工作过程的物理本质有清楚的认识。

所以，在编写本书时，力求阐明导弹系统工作过程中的主要物理概念；必要的计算及例题的引入，只是为了有助于读者加深对于物理概念的理解，而不是为了追求个别计算数据的高度精确性。

在绪论和第一章中，阐明了反坦克导弹发展的规律性和设计的指导思想。

在第二章“总体方案的确定”中，读者可以领会反坦克导弹系统各组成部分之间的相互配合而又相互制约的复杂关系。任何一个有创造性的设计师，他的设计思想首先要体现在总体方案的先进性和高度的协调性之中。

为了把总体方案置于合理可行的基础上，还必须从各方面进行定量的分析。这就是后面第三章～第八章所要解决的问题。

第三章讨论基准弹道的设计和主要设计参数的选择问题。这一部分工作的中心是确定导弹的速度图，主要为发射装置及动力装置的设计提出总体要求。

第四章讨论三点法导引弹道和导入段弹道的设计。工作的中心是确定导弹的需用过载，但问题的关键往往在于启控点散布。

第五章讨论制导系统的设计中的各种总体问题。包括射手反应延迟造成的系统稳定性问题，还有动态误差和起伏误差问题，并比较详细地研讨了脉冲调宽式控制系统以及弹体滚转情况下的设计问题。

第六章介绍了自动导引的反坦克导弹的设计问题。包括基准弹道的分析、导引弹道的设计、变参数系统的稳定性及导弹脱靶量等问题。

第七、八章分别论述了导弹外形设计，弹体载荷分析，以及强度计算问题，并简要介绍了有限单元法原理。

在“总结及展望”中，对导弹总体设计的全过程做了概括，并介绍了利用计算机进行一体化设计的前景。

在附录一及附录二中，简要介绍了国外反坦克导弹的研制和发展情况；附录三介绍了本书所采用的坐标系。

在阅读本书时，要求读者具有工科高等院校的数学、力学知识（包括概率论、拉氏变换及线性代数的基本概念）；最好还应具有一定的导弹概论、空气动力学、飞行力学和自动控制理论方面的知识。

本书第八章是由李名兴同志编写的。文仲辉、姚德源、陆秀娣等同志参加了第六章、第七章及附录的编写工作。在编写过程中，除上述诸同志外，还有苗瑞生、黄一鸣、俞仁顺、韩洪波及夏咸松等同志，对书中内容提供了许多宝贵意见。

在本书的编写过程中，还受到有关单位许多同志的大力支持和帮助。王兴治和赵家崢同志组织和主持了对书稿的审校工作。参加审校工作的还有姜明顺、陈洪印、吴立新、吴文杰、李杰斌、代福民、邹淦声、张秀英、李锡伯、蒋伯如等同志。他们都对初稿提出了很多宝贵的意见。尤其是，本书的某些部分，乃是主要参考了姜明顺（§4-3-6）、吴文杰（§4-2-7及§4-4）、陈洪印及邢文兴（§5-5-9）等同志提出的理论见解而写出的。在此谨向为本书的出版做出贡献的众多同志一并表示深挚的感谢。

然而，由于编著者本人的水平不高，实际经验又少，书中错误不妥之处仍所难免，诚恳希望读者及各方面同志继续提出指正意见。

目 录

绪论	1
§ 0-1 反坦克导弹的发展	1
§ 0-2 反坦克导弹在战争中的地位和作用	2
§ 0-3 反坦克导弹同一般导弹技术及科学技术之间的关系	2
§ 0-4 反坦克导弹的研制过程	4
第一章 关于反坦克导弹的战术技术要求	7
§ 1-1 战术技术要求的意义	7
§ 1-2 有效射程范围	7
§ 1-3 射击精确性	8
§ 1-4 威力	10
§ 1-5 导弹系统的可靠性	10
§ 1-6 导弹武器的安全性	12
§ 1-7 导弹系统对于实战条件的适应性	13
§ 1-8 勤务处理过程中的方便性及安定性	15
§ 1-9 大量生产时的经济性和工艺性	15
§ 1-10 反坦克导弹武器系统有效性的综合评价	16
第二章 反坦克导弹总体方案的分析	17
§ 2-1 反坦克导弹的战斗部方案	17
§ 2-1-1 战斗部类型的确定	17
§ 2-1-2 关于战斗部破甲威力的分析	17
§ 2-1-3 聚能破甲战斗部的结构参数	19
§ 2-1-4 战斗部方案同总体的协调	19
§ 2-1-5 自锻战斗部	20
§ 2-2 反坦克导弹的制导系统方案	20
§ 2-2-1 制导系统的类型及特征	20
§ 2-2-2 以光学装置实现三点法导引的几个总体问题	23
§ 2-2-3 控制指令的调制方式	25
§ 2-2-4 将控制指令转化为舵上控制力的方法	26
§ 2-2-5 舵机构造及弹上能源的类型	28
§ 2-2-6 弹体滚转同制导系统的关系问题	29
§ 2-3 反坦克导弹的弹道方案及发射、动力装置方案	30
§ 2-3-1 反坦克导弹的弹道方案	30
§ 2-3-2 反坦克导弹的发射方案	30
§ 2-3-3 反坦克导弹的动力装置	31
§ 2-4 反坦克导弹的空气动力外形及总体结构方案	32
§ 2-4-1 气动外形方案	32
§ 2-4-2 总体部位安排	33
§ 2-4-3 弹体的结构	35
第三章 反坦克导弹的基准弹道及主要设计参数	37
§ 3-1 速度图设计	37

§ 3-1-1 基准弹道和速度图	37
§ 3-1-2 第一代反坦克导弹的速度图设计	37
§ 3-1-3 第二代反坦克导弹的弹道分段及速度图设计	38
§ 3-2 起飞段的速度及行程	39
§ 3-2-1 按理想速度计算起飞段速度	39
§ 3-2-2 起飞段速度的简化计算	42
§ 3-2-3 空气阻力及重力对于起飞段速度的影响	42
§ 3-2-4 由预定的起飞段速度反求起飞发动机应装燃料重量	44
§ 3-2-5 导弹在起飞段上的行程	45
§ 3-3 导弹在续航段上平飞的条件	46
§ 3-4 续航段上的速度	48
§ 3-4-1 规定及假设	48
§ 3-4-2 续航段速度的计算	49
§ 3-4-3 速度计算公式的无量纲形式	53
§ 3-5 续航段上的行程	54
§ 3-5-1 运动方程	54
§ 3-5-2 运动方程的无量纲化	55
§ 3-5-3 运动方程的积分	57
§ 3-6 无动力水平飞行中的速度及行程	60
§ 3-7 导弹设计参数的分析及选择	61
§ 3-7-1 设计参数及其选定原则	61
§ 3-7-2 导弹设计参数的选择和优化的一般原理	63
§ 3-7-3 续航段等速飞行的反坦克导弹的设计参数的选定	65
§ 3-7-4 续航段加速飞行的反坦克导弹的设计参数的选定	70
第四章 反坦克导弹的导引弹道的分析和设计	80
§ 4-1 三点法导引的运动学分析	80
§ 4-1-1 三点法导引的理想弹道	80
§ 4-1-2 导弹的理想飞行时间与飞行路程	82
§ 4-1-3 三点法导引理想弹道的曲率	83
§ 4-1-4 导弹的机动能力、需用过载和可用过载	89
§ 4-2 启控点散布	91
§ 4-2-1 反坦克导弹设计中的启控点散布问题	91
§ 4-2-2 关于弹道散布的一般研究方法及概念	91
§ 4-2-3 各种扰动因素对弹道方向角偏差的影响分析	97
§ 4-2-4 各种扰动因素对弹道的线偏差的影响分析	105
§ 4-2-5 弹道方向角偏差同线偏差之间的相关性——偏差相关系数	106
§ 4-2-6 启控点偏差及散布的计算	108
§ 4-2-7 反坦克导弹启控点的散布域	110
§ 4-3 反坦克导弹的导入段的分析及设计	111
§ 4-3-1 反坦克导弹的导入段问题	111
§ 4-3-2 第一代反坦克导弹的理想导入段弹道	112
§ 4-3-3 第一代反坦克导弹的最小有效射程和可能攻击区	117
§ 4-3-4 第一代反坦克导弹的线性导入段弹道	120
§ 4-3-5 关于第一代反坦克导弹的操纵方法	124
§ 4-3-6 第二代反坦克导弹的导入段弹道	125
§ 4-4 启控状态的调整	134
§ 4-4-1 启控域及散布域	134
§ 4-4-2 调整启控状态的几种方法	136
§ 4-4-3 改变发射定向器仰角对启控点散布域的影响	136

§ 4-4-4	自主控制对启控点散布域的影响	137
§ 4-4-5	启控前弹道的调整设计	138
第五章 反坦克导弹系统的动力学分析及设计		140
§ 5-1	弹体环节的动态特性及动力学参数的选择	140
§ 5-1-1	引言和主要假定	140
§ 5-1-2	反坦克导弹在控制作用下的运动方程	142
§ 5-1-3	传递函数的概念	147
§ 5-1-4	弹体环节及运动学环节	150
§ 5-1-5	弹体环节的分析及简化	152
§ 5-1-6	弹体环节对几种简单指令的响应特性	154
§ 5-1-7	导弹的法向过载同弹体环节动态特性的关系	161
§ 5-1-8	在扰动控制运动中导弹重心位置的变化	163
§ 5-1-9	弹体环节的频率特性	165
§ 5-1-10	弹体环节的参数选择问题	173
§ 5-2	三点法导引的反坦克导弹系统的稳定性	176
§ 5-2-1	引言	176
§ 5-2-2	射手环节的数学模型	177
§ 5-2-3	反坦克导弹系统的开环和闭环传递函数	180
§ 5-2-4	含有射手环节的反坦克导弹系统的稳定性	182
§ 5-2-5	等效的固有振荡频率及相对阻尼系数	193
§ 5-3	三点法导引的反坦克导弹的制导误差	196
§ 5-3-1	引言	196
§ 5-3-2	导弹系统的动态误差计算	197
§ 5-3-3	减小动态误差的途径	201
§ 5-3-4	制导过程中的随机干扰因素及起伏误差	203
§ 5-4	脉冲调宽式控制系统的设计特点	209
§ 5-4-1	脉冲调宽指令信号及其引起的舵控力的谱量分析	210
§ 5-4-2	同脉冲调宽控制方式有关的总体设计问题	215
§ 5-5	弹体滚转的反坦克导弹的动力学及设计问题	217
§ 5-5-1	引言	217
§ 5-5-2	不滚转的导弹的俯仰与偏航运动的复合	218
§ 5-5-3	弹体滚转的导弹的陀螺效应及马格努斯效应	220
§ 5-5-4	滚转导弹的运动方程	224
§ 5-5-5	滚转导弹的自由运动及动态稳定性	226
§ 5-5-6	滚转弹体的舵上控制力	236
§ 5-5-7	滚转导弹弹体环节的传递函数及控制运动	248
§ 5-5-8	滚转导弹弹体环节的频率特性	255
§ 5-5-9	滚转导弹的转速选择	256
第六章 自动导引反坦克导弹的设计问题		260
§ 6-1	自动导引反坦克导弹的基准弹道	260
§ 6-1-1	自动导引反坦克导弹的弹道类型	260
§ 6-1-2	捕获目标的条件	260
§ 6-1-3	基准弹道的分析	262
§ 6-1-4	抛射弹道的分析	264
§ 6-2	自动导引的比例导航法	268
§ 6-2-1	导引规律和比例导航法	268
§ 6-2-2	对自动导引头的要求	269
§ 6-2-3	导引头的类型及动态特性	269
§ 6-3	比例导航的理想弹道及其线性化	271

§ 6-3-1 比例导航的理想弹道	271
§ 6-3-2 比例导航的直线弹道	272
§ 6-3-3 比例导航的导引弹道的线性化	274
§ 6-4 比例导航的导弹系统的动力学分析	276
§ 6-4-1 比例导航的导弹系统的动态特性	276
§ 6-4-2 比例导航的导引过程的分段	279
§ 6-5 自动导引反坦克导弹的脱靶量	280
§ 6-5-1 脱靶量及其产生原因	280
§ 6-5-2 瞬间脱靶量	281
第七章 反坦克导弹的外形设计	283
§ 7-1 反坦克导弹的可用攻角确定	283
§ 7-1-1 可用攻角及其确定原则	283
§ 7-1-2 升力及阻力随攻角的变化	283
§ 7-1-3 升阻比及最有利攻角	284
§ 7-1-4 可用攻角的选定	285
§ 7-2 弹翼形状及弹翼面积的设计	287
§ 7-2-1 弹翼设计的基本问题	287
§ 7-2-2 导弹的可用过载同弹体外形的关系	289
§ 7-2-3 在可用攻角已定的情况下设计弹翼	292
§ 7-2-4 在可用攻角 $\alpha_{可用}$ 随展弦比 λ_H 变化的情况下设计弹翼	294
§ 7-3 弹翼位置的确定	296
§ 7-4 操纵器位置的确定	298
§ 7-4-1 根据可用攻角来计算操纵器位置	298
§ 7-4-2 根据可用过载来设计操纵器位置	300
§ 7-5 滚转导弹的空气动力设计问题	301
§ 7-5-1 导旋方式及滚转力矩	302
§ 7-5-2 导弹的稳态滚转运动	306
§ 7-5-3 等加速导弹的滚转运动	307
§ 7-5-4 滚转导弹的转速设计	309
§ 7-5-5 卷弧形弹翼的设计问题	312
第八章 作用在弹体上的载荷及主要部件的强度计算	314
§ 8-1 弹体载荷分析	314
§ 8-1-1 载荷及过载系数	314
§ 8-1-2 导弹弹体载荷的设计情况	316
§ 8-1-3 安全系数和剩余强度系数	319
§ 8-2 弹身的载荷及强度	320
§ 8-2-1 弹身上的载荷	321
§ 8-2-2 弹身内力图	321
§ 8-2-3 弹身的强度计算	325
§ 8-3 弹翼的载荷及强度分析	328
§ 8-3-1 弹翼载荷	328
§ 8-3-2 弹翼的强度分析	330
§ 8-4 有限单元法原理简介	336
§ 8-4-1 弹性力学的一些基本概念	337
§ 8-4-2 平面应力问题的基本方程及边界条件	338
§ 8-4-3 平面应力问题的有限单元法	344
第九章 总结及展望	359

附录	362
附录一 国外反坦克导弹概况一览表	362
附录二 典型反坦克导弹的评介	366
附录三 关于坐标系的规定	380
附录四 拉氏变换简表	382
附录五 正态分布函数 $\phi(x)$ 表	383
附录六 弹道表(按“加尔涅定律”)	384
附录七 计算导弹滚转角速度的 $I(x)$ 函数表	387
符号表	387
主要参考文献	399

绪 论

§ 0-1 反坦克导弹的发展

反坦克导弹是一种战斗武器，它在战斗中的对立面主要是敌方坦克。所以，它的产生和发展是同坦克的产生及发展相联系的；更广泛地说，它是同战争方式的发展相联系的。

在第一次世界大战时期，在战场上出现了坦克。紧接着，出现了以坦克为目标的各种反坦克武器。但是在很长的时期内，没有一种武器能十分有效地在战场上同坦克抗衡。

在第二次世界大战末期，随着火箭、导弹技术的发展，有的国家开始研制反坦克导弹，但并未在战场上实际应用。

第二次世界大战以后的三十多年来，许多国家竞相大力发展火箭导弹武器，其中包括反坦克导弹。据公开资料报道，所研制的反坦克导弹型号达三十种以上，其中比较成功并大量装备了部队的约有二十余种型号。此外，还不断地有新的型号投入研制。

反坦克导弹的发展，有一个从低级到高级的历史过程。从世界范围看，从四十年代中期到六十年代初期的 15~20 年间是发展的第一个阶段，在这个时期中研制的导弹都是属于所谓“第一代”反坦克导弹。第一代反坦克导弹的技术特点可以归纳为四点，即：目视瞄准（坦克）、目视跟踪（导弹）、手动操纵（手柄）、有线传输（指令）。第一代反坦克导弹系统的构造比较简单，只包括光学瞄准具、控制盒、导线及导弹。射手借助瞄准镜来瞄准目标并跟踪导弹，同时按三点法原理，根据导弹偏离瞄准线（从瞄准镜到目标的连线）的情况，操纵控制盒上的手柄，控制盒按照手柄的偏斜方向及偏斜程度形成控制指令，通过导线传往导弹，借助弹上接收机、舵机及操纵器形成舵控力，改变导弹的飞行姿态，进一步改变飞行方向，操纵导弹向瞄准线靠拢。

第一代反坦克导弹的构造虽然简单，作战效果却相当显著。只是，这种导弹对于射手的要求太高，即便是经过严格挑选和训练的射手，也很难把这种导弹的命中率提高到 80% 以上。在实战条件下，一般的命中率只能达到 50% 左右。

从六十年代初期到七十年代末期的 15~20 年间，是反坦克导弹技术发展的第二阶段。在这个阶段中，许多国家研制了“第二代”的反坦克导弹，它与第一代导弹相比，其主要特点是，把“目视跟踪导弹”改变为“红外线测角仪自动跟踪导弹”，并且将“手动操纵手柄”改进为“自动形成控制指令”。在导弹系统的构造上，增加了一个红外测角仪。它同光学瞄准镜同轴安装，并能根据导弹偏离瞄准线的情况自动输出一个误差信号；根据这个误差信号即可进一步形成控制指令。于是，在导弹发射之后，射手就只需把瞄准镜中的十字线始终对准目标的中心就行了，其他的操纵导弹的工作都能由仪器自动地完成。这样就大大地提高了反坦克导弹的性能。在有效射程范围内，一般的第二代反坦克导弹的命中率可达到 90% 左右。

大多数的第二代反坦克导弹都是从第一代导弹的技术基础上发展起来的，保持了原有的“目视瞄准目标”和“有线传输指令”两个特点。

在第二代导弹发展的同一时期中，有些国家还研制了一些不用导线传输控制指令的反

坦克导弹，如“橡树棍”、“阿克拉”、“海尔法”和“铜斑蛇”等。由于这些导弹撇开了传统的导线，而采用了红外线传递指令或激光制导等新方法，所以有些人把这些导弹称为“第三代”反坦克导弹。

但是，另一方面，从战术使用的角度讲，这些导弹除了可采用火炮发射或者具有较高的飞行速度之外，在“目视瞄准目标”方面仍然离不开射手（或另一个瞄准手）。所以，也有些人反对把这些导弹列为“第三代”，而认为它们仍然属于“第二代”，只不过在速度（或射程）方面性能有所改进。这后一种意见还认为，真正的第三代反坦克导弹，应该能做到“发射后就不再管”（fire and forget）的地步。这种意见可能有其一定的道理。

抛开关于“第三代”导弹的定义的争论不谈，问题的实质是，反坦克导弹下一步的发展方向是什么？看来，不容置疑的是进入八十年代之后，反坦克导弹技术正面临着一个新的飞跃发展的阶段。

§ 0-2 反坦克导弹在战争中的地位和作用

在现代战争中，反坦克导弹究竟能够发挥怎样的作用呢？

现代战争中包含多种多样的战斗，坦克及反坦克武器之间的战斗只不过是其中的一种战斗形式。在反坦克武器中又包含了多种多样的武器，而反坦克导弹仅是其中的一种武器。为了取得反坦克战斗的胜利，必须组织协调各种反坦克武器之间的配合。

所以，不应该把反坦克导弹在战场上的作用抬高到不适当的地位。

然而，另一方面，从当前的实际情况出发，又应该对反坦克导弹在战场上的作用给以足够的重视。这是由于反坦克导弹本身具有许多优点：足够的射程、很高的命中率、可致坦克于死地的破甲威力、小巧轻便（因而便于运动及隐蔽）……。所以，在同拥有强大的装甲力量的敌人进行生死较量的时候，反坦克导弹是比较理想的防御性武器之一。

具体地说，一辆坦克的造价大约相当于数十枚以至上百枚反坦克导弹；一辆坦克需要三名乘员，而一个反坦克战斗小组却可以携带好几发导弹；坦克炮的直接瞄准有效射程为1500米左右；而反坦克导弹的最大有效射程一般可达3000米左右。所以，在拥有性能良好的反坦克导弹的条件下，在一场组织得很好的反坦克战斗中，防守的一方能使拥有大量坦克的敌方遭到惨重损失，而自己付出的代价却小得多。

在1973年10月6日爆发的第四次中东战争里，交战双方都出动了大量的坦克，同时，也使用了各种各样反坦克武器——其中包括大量的反坦克导弹。这是第一次大量地使用了反坦克导弹的战争，从公开透露的情况来看，反坦克导弹的作战效果是很显著的。

中东战争对反坦克导弹的作战效果进行了实战的检验，并引起各国对发展反坦克导弹普遍予以重视。今后反坦克导弹技术的发展，将在一定程度上影响作战方式和其它军事技术的发展；而军事技术的发展又会反过来影响反坦克导弹技术的发展。

§ 0-3 反坦克导弹同一般导弹技术及科学技术之间的关系

反坦克导弹是一种结构简单，成本较低的导弹，同其它类型的导弹相比，它具有自己的特点。

反坦克导弹的主要特点是：战斗部能破坏装甲，射程较近，速度大多较低，重量轻，

体积小，结构简单，生产成本低，生产量大和使用操作简便等。

反坦克导弹又与一般导弹具有许多共同点，受控飞行，射击精确性高，构造复杂（具有大体相同的组成部分），研制周期较长，产品换代较快等。

特别值得注意的是，反坦克导弹与其它导弹在技术上有互相渗透的现象。例如，弹体滚转和脉冲调宽式控制是首先在反坦克导弹上被采用，后来在某些地-空导弹和地-地导弹中也被采用。

反坦克导弹同常规炮兵武器在技术上互相渗透的现象也很多。例如，无座力管式发射以及近来的制导炮弹，就是显著的例子。

反坦克导弹以及一般导弹的发展，同一般的科学技术和工业基础的发展是密切相关的。

事实上，早在四十年代以前，现代火箭及导弹技术的出现就是以当时的航空工程和空气动力学、无线电和电子学、自动控制理论和技术、化学工业、冶金工业、精密机械工业……的高度发展为前提的。此后，导弹技术的每一步发展都可以从当时的科学技术的重大发展和突破中找到根据。例如，第二次大战之后，红外技术的发展，为六十年代以后第二代反坦克导弹的发展提供了可能；六十年代激光技术的出现，又为七十年代里激光制导反坦克导弹的发展开辟了道路；近来的现代控制理论、计算技术和微电子学、集成光学、毫米波技术、热成像技术和图象识别技术等，为导弹制导技术开辟了全新的发展领域。

然而，导弹技术的发展，也不是完全被动地由其它科学技术所决定的。在近代的科学发展过程中，不乏这样的事例。导弹技术（或者更一般地说，军事技术）在其探索性的发展中，所提出的一些概念、问题和要求，往往给予基础科学及应用科学的发展以强烈的刺激。原子能、计算技术及航天技术的发展就是其中最突出的例子。

另一方面，导弹技术的发展，还有许多内部因素。值得深思的情况是科学技术新成果运用到导弹技术中的速度往往比运用到一般的工程技术中还要慢。以激光技术为例，六十年代初期发现了激光，几年之后即在许多领域内获得应用，然而在导弹技术中，激光的应用却要迟得多，直到七十年代末期激光制导的导弹还未投入使用。造成这种情况的原因是复杂的。相当重要的一个原因是——导弹技术是具有高度综合性的技术。任何一种新的科学技术成果，都不能简单地直接拿来就用，而是要同导弹中的其他组成部分协调配合，最终体现于导弹武器总体性能的重大改进，才是有实际意义的。有一个可说是失败的例子，就是法国研制的激光驾束反坦克导弹“阿克拉”。该弹从1962年开始研制，1973年定型，但不能大量生产和装备部队，据说主要是由于生产成本太高。这个例子说明，新技术本身虽然好，但是把它应用于导弹技术之后能否取得总体性能的全面改进则是另一个问题。新技术的出现为导弹技术的发展提供了新的可能性。然而要把这种可能性转化为现实性，却还需要多方面因素的协调配合，在这里，导弹的总体设计工作将起重要作用。

另外一个可能的原因是，导弹研制工作的周期一般都很长。因此，同一般的工程技术相比，科技新成果在导弹技术中开花结果的时间常常要迟一些。

新的科学技术成果在导弹技术中不能及时得到采用的现象应尽快改变。这需要多方面的努力才能得到解决。现在，许多国家在导弹的研制工作中都有一个“预研”的阶段（在美国叫做“探索性发展阶段”，在苏联叫做“草图前设计阶段”）。在这个预研阶段中，要把新的导弹设计概念同新的科学技术成果结合起来，验证它们的可行性，发展它们的相容性，

以及提高新技术的可靠性。在此之后，才进入正式的研制阶段。这可能是促使科学技术新成就尽快在导弹技术中获得应用的较好的办法。

§ 0-4 反坦克导弹的研制过程

研制任务可能是各种各样的，如仿制和独立设计就大有不同，改型设计和全盘创新也不一样。甚至，在不同的国家，研制程序也略有不同，不能一概而论。这里仅介绍一般的研制阶段的划分原则：

一、提出新武器系统的设想

一个新的武器系统，为了在性能上超越老的武器系统，总得有所创新，提出新的设计概念或设想。这种新的设计概念及设计思想，不应是凭空产生的，而应是经过调查研究及科学分析之后产生的。一方面要根据实际作战的需要，并考虑到敌方的装备及作战方式的发展趋势；另一方面，还要根据我国的科学技术和生产工艺的实际情况，既充分利用早已成熟的研制成果和有效的经验，又尽可能采用最新的科学技术成就。就是说，新的武器系统，在战术上应该是先进的，在技术上应该是经过努力后能够实现的。

二、预研和战术技术论证阶段

预研阶段由研制导弹的单位或受委托的科研单位进行。战术技术论证阶段则由军方及研制导弹的单位共同进行。这两个阶段应该是同时并进互相交叉的。

一个新的武器系统的设想，在战术上是否真的具有优越性？它的有效性到底怎样？对于各项战术技术指标究竟应做如何的规定才合理？这些问题都应经过战术技术的论证给予回答。此外，武器性能的先进性不是绝对不变的，例如一种设计中的武器，若在五年内可以定型，可能算是先进的；但十年后才能定型，先进性就要打折扣了，这因为敌人也在研制和发展新的武器。所以，在确定战术技术要求的时候，应该充分地考虑到所需的研制周期。

一个新的武器系统方案的提出，在技术上总得采用一些新的原理或者独特的先进措施，才可能超越旧武器的性能。因此，总是有一些关键性的科学技术问题需要解决，只有突破这些关键，新武器系统才有可能实现。预研阶段就是解决这些关键性的科学技术问题的阶段。在预研阶段中，也可能需要对关键性部件进行飞行试验，来检验它的工作原理和基本性能，通常，应尽可能利用飞机或旧有的导弹改装后进行实验。

三、初步设计阶段

初步设计，有时又称为草图设计，方案设计，或总体设计。这一阶段的基本任务是全面地设计整个导弹系统的各组成部分，确定它们的主要特点、主要性能、主要参数以及各部分之间的相互关系，目的是保证满足战术技术要求。

这一阶段结束时，应提出导弹系统总体方案的设计说明书及总体方案草图。

四、技术设计阶段

技术设计是设计工作全面展开的阶段。在此阶段中，承担任务的各有关单位，分别进行各部件的具体细节的设计工作，直到提出每个零件的加工图纸、每个部件的装配图纸、全导弹系统的总装配图纸，以及一切有关的技术文件。

在技术设计中，往往需要进行大量的部件地面试验，如发动机部件的地面试验，舵机部件的地面试验，制导系统的模拟试验，弹体模型的吹风试验和弹体结构的强度试验等，以

考查并改进部件的局部性能。大量的地面实验对于保证武器系统的可靠性及安全性也是极为必要的步骤。

五、样机试制

各部件的设计工作完成后，即投入生产试制，并制出少量的样机。试制工作的目的，不仅是提供样机，而且也是为了考查新设计的工艺性。此外，新的产品往往要求采用新的工艺技术。因此，有时也必须要求生产试制部门进行新工艺的研究。

样机制成后，必须经过严格的质量检验。往往有这种情况，由于任务紧迫或缺乏经验等原因，试制后的样机质量可能不合格，但未经严格检验就进行飞行试验，结果必然造成失败。这样，不仅浪费了人力、物力，而且使实验的结果难于分析，损失了大量的时间。所以，样机的工艺质量是保证研制工作少走弯路的关键。

六、飞行试验

飞行试验是导弹研制工作中最重要的一环，因为设计工作本质上是人们的主观对于导弹这个客观事物的认识，只有飞行实验才是对这种认识的实践检验。

通常飞行实验不可能一次成功。飞行实验的失败，正是深入发现导弹的内部矛盾，进一步摸清其运动规律的关键时刻。正是因为在地面条件下无法全面考验导弹的性能，不能暴露其全部矛盾，所以才需要进行飞行实验。从这个意义上说，有几次飞行实验的失败乃是正常的合乎规律的事情。问题在于要从实验中（不论是成功的、基本成功的或是失败的）总结经验教训，发现矛盾及探索规律，才能取得尽快的成功。试验中，应对飞行过程进行细致地观察，并取得一系列的数据；实验后，对实验结果进行详尽地记录和分析。

通常，在飞行实验中应该使用一整套弹道测量及无线电遥测的设备，来取得导弹的飞行状态及弹上各系统工作情况的数据。如果没有这些设备，就需要以足够的力量来研制这些设备。

一次飞行实验不可能考查导弹的全部性能，只能着重地考查导弹的某几方面的性能。为此，每次飞行实验都应有明确的实验目的及详尽的试验大纲，并据此安排试验设备及试验规程。

七、设计定型

飞行实验后，根据出现的问题，需要对设计进行修改，并再次试制和试验。这样经过几次反复之后，可使导弹样机的性能完满地符合战术技术要求。这时即可进行设计定型。

设计定型前，应对导弹研制过程中的全部技术资料进行总结，整理出一套技术文件和定型图纸，并按此生产出一小批定型用样机，用来进行设计定型试验。

定型试验是在接近实战的环境下，以各种条件进行射击实验。实验的目的是综合地、全面地考查并鉴定导弹的战术技术性能。

定型实验成功后，应整理出定型报告，报请有关领导部门审批。

若有关领导部门认为这一项产品的战术技术性能是可取的，则对它进行国家鉴定。如果鉴定结果是满意的，才能投入正式生产。

以上所述的反坦克导弹研制过程的各阶段不是截然划分的，而是互相交错的。以初步设计而论，在技术设计，样机试制，飞行实验以及反复改进的过程中，都会提出初步设计中考虑不周到或不妥当的问题，需要由负责初步设计的部门来重新协调其他各部门之间的

关系，甚至需要重新修改初步设计等。

上述的研制过程，可用下面的流程图表示，见图 0-1。

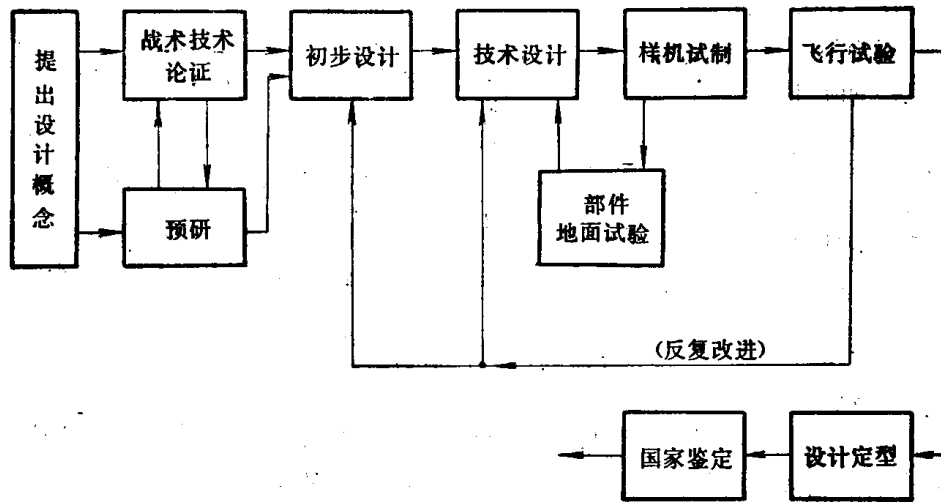


图0-1 导弹研制过程

既然反坦克导弹的研制过程如此复杂，显然在我们这样一本篇幅有限的讲义里，不可能详尽涉及研制过程的一切方面及可能出现的一切问题。我们在这里只能探讨一下“初步设计”的一般原理。

我们希望，读者在读过本书之后，主要地并不是学到若干反坦克导弹设计的具体知识，而是能学到一些分析问题的一般方法和思路；同时也要了解一些导弹设计工作中的基本原理和常用的概念。

随着反坦克导弹技术的不断发展，随着客观条件的改变，在我们面前将要不断地出现新的技术问题，对于具体的问题需要用具体的方法去解决。所以，在这本讲义中处理问题的某些具体方法，肯定不是绝对的，也不是可以到处搬用的，倒不如把它们看做是一种特殊性的“例子”。

理论来源于实践，反坦克导弹的设计思想和设计理论，也是要在实践中发展的，在实践中可以借鉴旧的理论，但不应该受它的局限。

第一章 关于反坦克导弹的战术技术要求

§ 1-1 战术技术要求的意义

任何一种武器，在战术技术性能上总是有别于他种武器，而且在性能上应超过它的上一代产品，否则就没有研制的必要。

“战术技术要求”就是人们对于所设计的武器系统的战术技术性能所规定的要求。战术技术要求通常应由使用部门提出，并会同设计部门、生产部门协商确定下来，做为武器系统设计的基本根据。

对于反坦克导弹系统的战术技术要求，主要应包括以下各方面：

射程，射击精确性，威力，可靠性，使用的安全性，发射的快速性，战斗使用的简单方便性，全天候使用及抗干扰要求，在阵地上的隐蔽性，行军携带的轻便性及机动能力，勤务处理的方便性及安定性，大量生产的经济性及工艺性，等等。

战术技术性能是决定着一个新的武器系统研制成败的根本问题，又是决定着武器研制工作发展方向的原则问题。在这方面是充满了矛盾的，并且正是由于这些矛盾的存在，才促使各种武器系统的不断发展和改进。事实上，任何一种武器系统的发展历史，就是不断地解决上述诸矛盾的过程史。

下面对各项战术技术性能要求逐个进行分析。

§ 1-2 有效射程范围

反坦克导弹的有效射程范围，是指最大有效射程及最小有效射程之间的范围。显然，导弹应具有尽可能大的有效射程范围。

考虑射程时，不能孤立地考虑反坦克导弹这一种武器，而应从多种反坦克武器的系列来统一考虑。对付极近距离的目标，反坦克手雷及炸药包也很有效；对付 300 米以内的目标，反坦克火箭筒的效果也很好；对付 1000 米以内的目标，无座力炮的命中精度与反坦克导弹可以媲美。因此，反坦克导弹的独特优越性是在 1000 米以上的较远射程内才能突出地表现出来。在实际战斗中，需要把各种反坦克武器综合地配置在具有一定纵深的阵地上，并且使它们能够互相支援、互相掩护，协力配合打击敌方坦克。

最小有效射程 小于最小有效射程的距离称为“死区”。对进入死区内的目标，反坦克导弹基本上是无能为力的。没有死区的导弹当然是合乎理想的。然而，从技术现实性上考虑，导弹不可能没有死区。第一，反坦克导弹上的引信必须有一定的炮口保险距离，这个距离应保证射手位于自己发射的导弹的战斗部爆炸威力圈之外；根据这一理由，现有的反坦克导弹至少有 25 米的死区；第二，导弹发射后，必须经过一段过渡过程（常称“导入段”），才能使制导系统稳定有效地工作。在导入段结束之前，导弹的命中率是非常低的；为了不浪费昂贵的导弹，必须把导入段结束以前的距离规定为死区。对于大多数第一代反坦克导弹，这个距离为 300~500 米；对于第二代导弹，这个距离也在几十米以上。