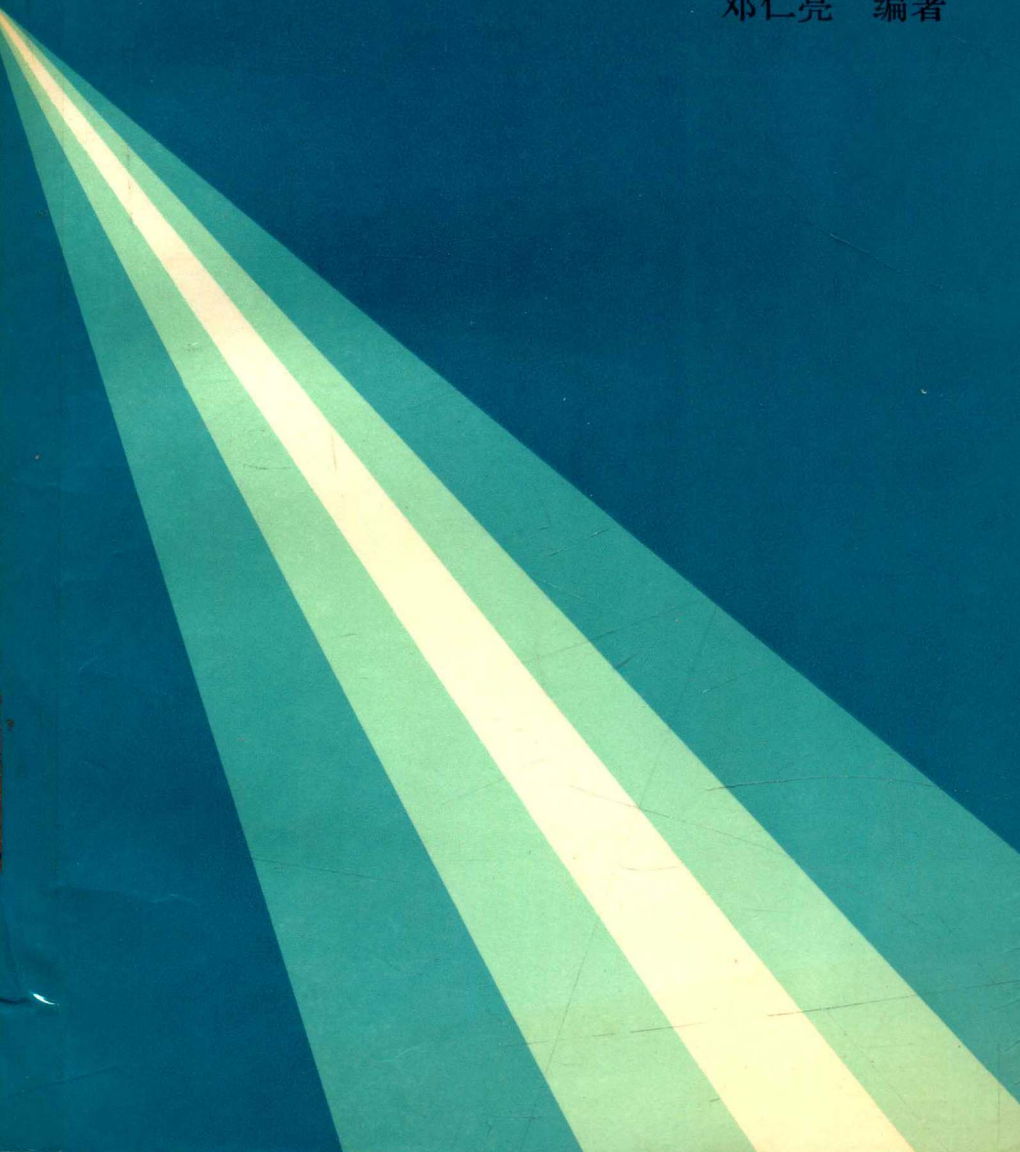


光学制导技术

邓仁亮 编著



V448
1009

V448
1009-1

光学制导技术

邓仁亮 编著



30706831

国防工业出版社

706831

(京)新登字106号

内 容 简 介

光学制导技术是现代精确制导武器的主要组成部分。本书从武器制导的角度阐述有关光学技术的原理、构成和实例；从光学技术的角度阐述武器制导的途径、前景和限制。重点讨论了电视、红外、激光如何在寻的制导和遥控制导中的应用。引用了大量的专利文献。

本书可供从事精确制导武器系统和制导光学技术的工程技术人员、参谋人员、指战员、大学本科生和研究生参考。

光学制导技术

邓仁亮 编著

责任编辑 沈崇渊

*

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)

新华书店经售

北京昌平长城印刷厂印装

*

850×1168毫米 32开本 印张7 178千字

1992年7月第一版 1992年7月第一次印刷 印数：0 001—1 000册

ISBN 7-118-00949-0/V·70 定价：7.20元

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分，又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展，加强社会主义物质文明和精神文明建设，培养优秀科技人才，确保国防科技优秀图书的出版，国防科工委于1988年初决定每年拨出专款，设立国防科技图书出版基金，成立评审委员会，扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是

1. 学术水平高，内容有创见，在学科上居领先地位的基础科学理论图书；在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖，内容明确、具体、有突出创见，对国防科技发展具有较大推动作用的专著；密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的高科技内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值，密切结合科学技术现代化和国防现代化需要的新技术、新工艺内容的科技图书。

4. 填补目前我国科学技术领域空白的薄弱学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展评审工作，职责是：负责掌握出版基金的使用方向，评审受理的图书选题，决定资助的图书选题和资助金额，以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书，由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就，积累和传播科技知识的使命。在改革开

放的新形势下，国防科工委率先设立出版基金，扶持出版科技图书，这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版，随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物，是对出版工作的一项改革。因而，评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进，这样，才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授，以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来，为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗！

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金

第一届评审委员会组成人员

主任委员：邓佑生

副主任委员：金朱德 太史瑞

委员：尤子平 朵英贤 刘琯德
(按姓氏笔画排列)

何庆芝 何国伟 张汝果

范学虹 金 兰 柯有安

侯 迁 高景德 莫悟生

曾 铎

秘书长：刘琯德

序

光学制导技术是现代精确制导武器的主要组成部分。本书从武器制导的角度阐述有关光学技术的原理、构成和实例；从光学技术的角度阐述武器制导的途径、前景和限制。

本书共分五章。

第一章讨论导弹、制导、光学技术的一些最基本概念和它们之间的关系；第二章、第三章讨论光学寻的制导；第四章讨论光学遥控制导；第五章讨论其它光学制导技术和光学制导技术的有关问题。

第二章、第三章和第四章是本书的主要内容，在这三章中，以现时先进装备为实例、以正在研制的装备为背景，讨论了电视、红外、激光、光纤如何在寻的制导和遥控制导中的应用。总结了作者及其同事们的研究成果，引用了跨越三十年左右的各种文献，特别是大量的专利文献。读者可以发现，现时装备的技术大体上是十多年以前申请的专利，而本书引用的资料已近至交稿日期。尽管不是所有的专利思想都能付诸实现，但这些较全面、较新颖的内容反映了这一领域的最新水平和发展动向。

本书可为从事精确制导武器系统和制导光学技术的工程技术人员、决策机构的参谋人员、有关部队的指战员提供充分的知识和信息，也可供有关专业的大学本科生、研究生参考。

本书得到国防科技优秀图书出版补贴评审委员会的热情支持和责任编辑的大力帮助，作者深表感谢。但由于作者水平所限，错误难免，欢迎读者批评指正。

编著者

于北京理工大学

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 光学技术在武器制导中的地位	1
1.1-1 制导武器	1
1.1-2 武器制导	6
1.1-3 光学技术在武器制导中的地位	14
§ 1.2 光学制导中的一些共同问题	20
1.2-1 光源	20
1.2-2 大气传输	21
1.2-3 光电探测器	22
1.2-4 测量原理	22
1.2-5 信息处理	25
参考文献	26
第二章 光学寻的制导 (上)	28
§ 2.1 概述	28
2.1-1 引言	28
2.1-2 光学寻的器	28
§ 2.2 光学寻的器的稳定、跟踪与搜索	31
2.2-1 寻的器的万向支架和气浮轴承	32
2.2-2 陀螺转子的自旋	34
2.2-3 锁紧与进动	37
2.2-4 陀螺的平衡与章动阻尼	41
2.2-5 搜索	42
§ 2.3 红外点源寻的制导	43
2.3-1 概述	43
2.3-2 “中心零”跟踪系统	47
2.3-3 圆锥扫描系统	51
2.3-4 像点扫描红外点源寻的器	54
2.3-5 双色寻的器	59

2.3-6 调制盘-光敏面式红外寻的器	62
§ 2.4 激光寻的制导	64
2.4-1 半主动激光寻的器	65
2.4-2 激光目标指示器	73
2.4-3 主动激光寻的制导	88
附录 激光近炸引信	89
参考文献	89
第三章 光学寻的制导 (下)	95
§ 3.1 电视寻的制导	95
3.1-1 电视寻的器的结构	96
3.1-2 电视摄像机	97
3.1-3 目标图象识别与跟踪	104
3.1-4 电视寻的系统	108
§ 3.2 红外成像寻的制导	114
3.2-1 引言	114
3.2-2 光机扫描成像寻的器	119
3.2-3 红外凝视成像寻的器	127
§ 3.3 捷联式寻的制导	134
3.3-1 捷联式寻的器	136
3.3-2 捷联式寻的器与导弹的控制	140
§ 3.4 复合寻的制导	141
3.4-1 激光-红外双模寻的器	141
3.4-2 激光-图象复合寻的制导	142
3.4-3 射频雷达-红外复合寻的器	142
3.4-4 毫米波-红外复合寻的器	143
参考文献	143
第四章 光学遥控制导	147
§ 4.1 光学视线指令制导	147
4.1-1 综述	147
4.1-2 红外非成像跟踪仪	153
4.1-3 成像测角(跟踪)仪	158
4.1-4 激光视线指令制导	162

§ 4.2 非视线光学指令制导	165
4.2-1 无线传输的非视线光学指令制导	166
4.2-2 有线传输的非视线光学指令制导——光纤制导	166
§ 4.3 激光驾束制导	176
4.3-1 激光驾束制导的单元技术	178
4.3-2 激光驾束制导系统	181
§ 4.4 遥控复合制导	185
4.4-1 视线指令-激光驾束的阿达茨 (ADATS)	185
4.4-2 红外寻的-激光束指令制导动能弹	187
参考文献	190

第五章 其它光学制导技术和有关光学制导技术的其它

问题	195
----------	-----

§ 5.1 自主制导中的光学技术	195
5.1-1 天文导航与光电六分仪	195
5.1-2 惯性制导与光学陀螺	196
5.1-3 地域相关制导	199
5.1-4 组合自主制导	201
5.1-5 弹道式导弹的瞄准系统	201
§ 5.2 攻击坦克顶装甲的有关技术	202
§ 5.3 智能制导	203
§ 5.4 光学制导武器的对抗与反对抗	206
5.4-1 光学制导武器的对抗	207
5.4-2 光学制导武器的反对抗	209
§ 5.5 光学制导技术用于非军事目的的可能性与 实例	210
参考文献	211

第一章 绪 论

§ 1.1 光学技术在武器制导中的地位

1.1-1 制导武器

第二次世界大战末期出现了制导武器 (Guidance Weapons) 的概念。当时主要是指德国的 V1、V2、XH7 导弹。它与哑武器 (Dumb Weapons) (指炮弹或火箭弹) 的基本差别是发射后可以继续导向目标, 以较小的圆概率误差 CEP[●] 命中目标。而哑武器则靠发射前的瞄准来获得期望的精度^[1,12]。

70 年代中期出现了精确制导武器 (Precision Guided Weapons PGWs)、精确制导弹药 (Precision Guided Munitions PGMs)、灵巧武器 (Smart Weapons) 的概念 (以下统称精确制导武器)。当时主要指美国的激光制导炸弹、电视制导导弹、有线制导反坦克导弹等。它们对目标有很高的直接命中概率。所以说, 精确制导武器是指直接命中概率很高的导弹、制导炮弹、制导炸弹、制导子导弹等的总称。

精确制导武器对付的目标是多种多样的, 可以是空中目标, 也可以是地面或海上目标, 由于目标性质不同、作战环境不同, 武器制导方式及作战性能也不同。从战术运用角度出发, 当前主要威胁来自低空入侵和地面突防。典型的目標有坦克、低空突防的飞机及掠海、掠地巡航导弹。战场上一些要害目标也是精确制导武器攻击的对象。攻击上述目标, 由于背景十分复杂, 必须采用先进的制导技术抑制背景、识别目标、截获目标, 而且要高精度地跟踪目标。

● 圆概率误差 CEP: 绕瞄准点测得的偏差, 是指发射和飞行中许多误差的函数, 包括: 目标位置误差、瞄准误差、发射脱轨误差、大气湍流误差等。

按照美国导弹司令部灵巧武器规划办公室的定义^[1,2], 精确制导武器的定义和分类如图 1-1 所示。一类是制导武器(Guided Munitions)、一类是灵巧武器(Smart Munitions)、一类是辉煌武器(Briliant Munitions)。

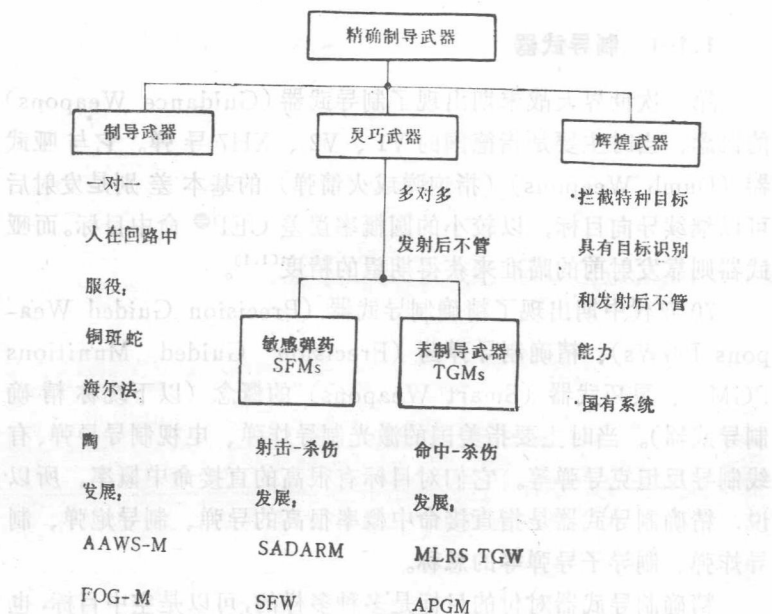


图1-1 精确制导武器的定义和分类

制导武器的特点是单个武器对付单个目标, 往往人在回路中, 战场上使用的“铜斑蛇”(Copper head)激光半主动制导炮弹, “海尔法”(Hellfire)激光半主动制导导弹, “陶”(TOW)筒式发射光学跟踪有线指令制导反坦克导弹, 均属于这种武器。正在研制中的先进中型反装甲武器系统(AAWS-M)和光纤制导导弹(FOG-M)也属于这种武器。

灵巧武器包括敏感弹药(Sensor Fused Munitions SFMs)和末制导武器(Terminally Guided Munitions TGMs)。敏感

弹药是射击-杀伤 (Shoot-Kill) 的武器, 如“萨达姆”(SADARM) 敏感弹药属于此类。末制导武器是命中-杀伤目标 (Hit to Kill) 的武器, 包括“多管火箭发射系统末制导武器 (MLRS TGW) 和自主精确制导武器 (APGM)。灵巧武器的特点是多个武器对付多个目标, 可以实现发射后不管。

辉煌武器可以跟踪目标特征部位, 具有目标识别和打了不管能力, 是用于拦截特种目标的国有系统 (National Systems)。

精确制导武器在 70 年代的越南战争、中东战争、80 年代的马岛战争和 90 年代的海湾战争中获得了十分惊人的实战效果, 被认为是未来兵器之“星”, 它“很有可能使战争发生革命”, 使用少量装备精确制导武器的小部队就可以完成使用大量哑武器的兵团才能完成的作战任务。从而引起了世界各国军政界的很大关注, 研究和发展的规模愈来愈大, 研制的周期愈来愈短。例如反坦克导弹目前已发展到第三代。作为第一代的激光制导炸弹和有线制导反坦克导弹, 作为第二代的激光制导炮弹和激光制导导弹已经服役, 第三代使用毫米波或长波红外探测器的制导武器能做到“发射后不管”(Fire & Forget), 已经研制出样弹。

面对这种形势, 我们应当跟踪先进技术, 重点突破, 发展自己的精确制导武器。

发展精确制导武器的目的在于: 使我们在任何时候都能看到战场上一切值得攻击的目标; 使我们能直接命中我们看到的任何目标; 使我们能够摧毁我们能打击的任何目标。

今后精确制导武器追求的目标是间接瞄准发射, 发射后锁定目标, 能自动截获目标、识别目标、打了不管、高效费比, 具有可靠性和可采购性。但这些要求不一定要集中在一种系统中实现。由于打击目标不同、作战环境不同、采用体制不同、作战方法不同, 使精确制导武器的发展是多体制并存的。武器的有效性和先进性, 不能以技术复杂的程度来衡量, 应该根据特定的战术要求, 用综合性能来衡量武器的优劣。

据分析, 在相当长一段时间, 灵巧武器发展会更为迅速, 制

导化炮弹、制导子导弹、制导子武器[●]的研制将出现新高潮。这种以先进技术为基础的灵巧武器性能会更完善，使用方便，成本低，其作战效果可能逐渐取代那些庞大而复杂的导弹系统。

今后精确制导武器的发展，效费比是非常关键的因素。图1-2给出一些不同武器的效费比。因为效费比越来越受到重视，因此那些技术比较简单、成本低的武器不仅生存下来，而且得到发展。灵巧武器受到广泛重视，很大程度上是效费比高，或者说成本最低。美国预测的采购计划，1995年以后各类灵巧武器的购买量逐年上升，看不出饱和现象。

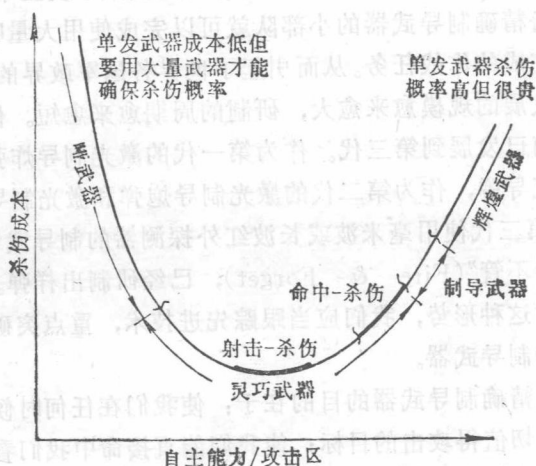


图1-2 不同类型武器效费比

精确制导武器的发展不仅把新的技术用于新的型号，而且用于改造老的型号，特别是后者尤为明显。在原有系统上进行改进，推出新武器，这是正常的研制规律。国外许多导弹或武器采取“换头术”变成战术性能不同的多种武器（如美国的“幼畜”（Maverick，也译为“小牛”）和“海尔法”）。这是提高武器使用

● 制导子导弹、制导子武器和子母弹的子弹在本书中统称为制导子弹药，或子弹药。

的灵活性，缩短武器的研制周期，简化配套设备，甚至使外部设备公用，总体上效费比高，值得借鉴的一种发展途径。

为了节省篇幅，我们将精确制导武器特征较全面地概括表示在图 1-3 中^[1,8]。

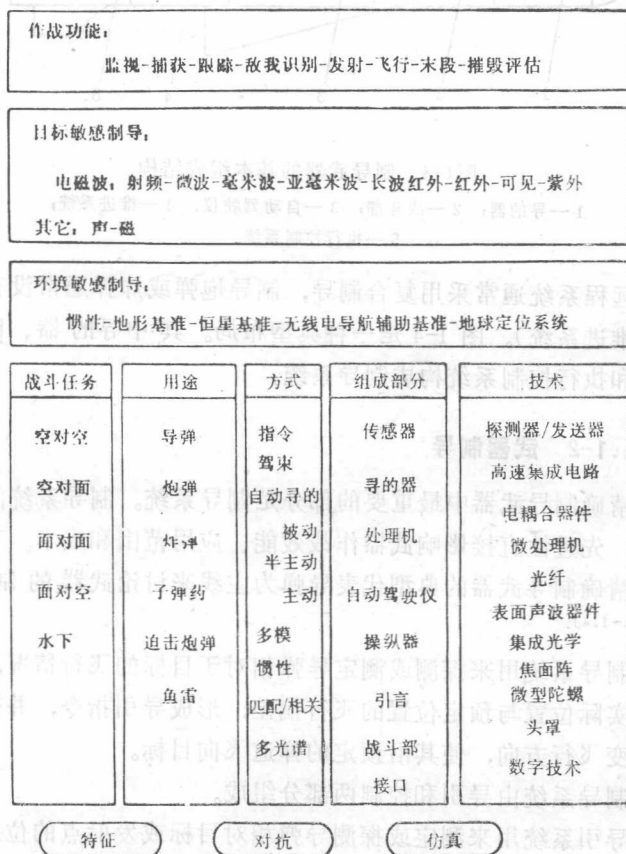


图 1-3 精确制导武器特征概览

制导武器通常由弹体、弹头、发动机、制导设备等部分组成。但根据使用目的的不同各组成部分及布局也可以不同，可增可减。

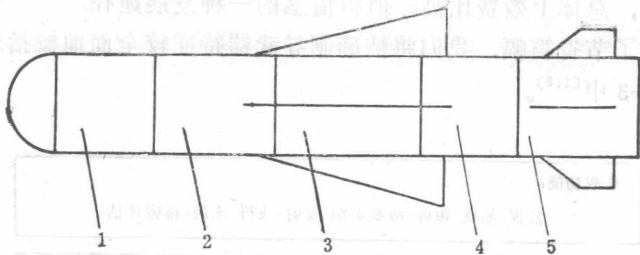


图1-4 制导武器的基本组成结构

1—寻的器；2—战斗部；3—自动驾驶仪；4—推进系统；
5—执行控制系统。

例如远程系统通常采用复合制导，制导炮弹或炸弹通常没有发动机（推进系统）。图1-4是一种典型布局。其中寻的器、自动驾驶仪和执行控制系统构成制导系统。

1.1-2 武器制导

精确制导武器中最重要的部分是制导系统。制导系统的复杂程度，先进性直接影响武器作战效能、应用范围和成本。下面我们以精确制导武器的典型代表导弹为主线来讨论武器的制导问题^[1.2~1.4]。

制导系统用来探测或测定导弹相对于目标的飞行情况，计算导弹实际位置与预定位置的飞行偏差，形成导引指令，并操纵导弹改变飞行方向，使其沿预定的弹道飞向目标。

制导系统由导引和控制两部分组成。

导引系统用来测定或探测导弹相对目标或发射点的位置，按要求的弹道形成导引指令，并把导引指令送给控制系统。导引系统通常由导弹、目标位置和运动敏感器（或观测器）及导引指令形成装置等组成。

控制系统响应导引系统来的导引指令信号，产生作用力迫使导弹改变航向，使导弹沿着要求的弹道飞行。控制系统的另一项

任务是稳定导弹的飞行。控制系统通常由导弹姿态敏感元件、操纵面位置敏感元件、计算机、作动装置和操纵面等组成。

图 1-5 表示制导系统的组成和他们之间的关系。其工作过程如下：导弹发射后，目标、导弹敏感器不断测量导弹相对要求弹道的偏差，并将此偏差送给导引指令形成装置。导引指令形成装置将该偏差信号加以变换和计算，形成导引指令，该指令要求导弹改变航向或速度，导引指令信号送往控制系统，经变换、放大，

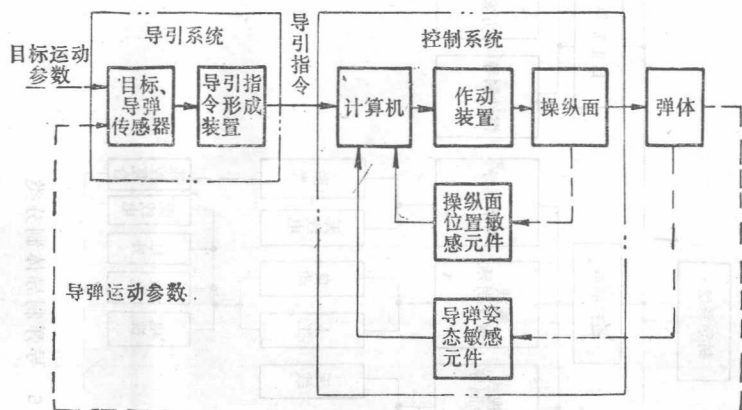


图 1-5 导弹制导系统的基本组成

通过作动装置驱动操纵面偏转，改变导弹的飞行方向，使导弹回到要求的弹道上来。当导弹受到干扰，姿态角发生改变时，导弹姿态敏感元件检测出姿态偏差，并形成电信号送入计算机，从而操纵导弹恢复到原来的姿态，保证导弹稳定地沿要求的弹道飞行。操纵面敏感元件，能感受操纵面位置，并以电信号形式送入计算机。计算机接收导引信号、导弹姿态运动信号和操纵面位置信号，经过比较和计算，形成控制信号，以驱动作动装置。

各类导弹因攻击目标的特性不同，具体的制导设备差别很大。各类导弹的控制系统都在弹上，工作原理也大体相同。导引系统则复杂多样，有的导弹导引设备的主要部分放在导弹发射点；有的导弹导引设备全部放在弹上。有的导弹地面导引设备十分庞大