

《定向与指挥控制技术丛书》第 004 号

# 无线电制导

刘应和 王沛林 李相平 编著

国防工业出版社

《火力与指挥控制技术丛书》第 004 号

# 无线电制导

刘隆和 王灿林 李相平 编著

国防工业出版社

·北京·

885.031

图书在版编目(CIP)数据

无线电制导/刘隆和等编著. —北京:国防工业出版社,  
1995. 11

ISBN 7-118-01393-5

I. 无… II. 刘… III. 无线电制导 IV. V 448. 133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 14072 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)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850×1168 1/32 印张 12 $\frac{3}{4}$  327 千字

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月北京第 1 次印刷

印数:1-2000 册 定价:18.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

## 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,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

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工作,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

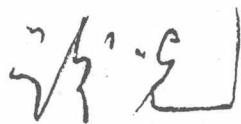
## 第二届评审委员会组成人员

名誉主任委员	怀国模		
主任委员	黄宁		
副主任委员	殷鹤龄	高景德	陈芳允
	曾铎		
秘书长	刘瑄德		
委员	尤子平	朱森元	朵英贤
(按姓氏笔划为序)	刘仁	何庆芝	何国伟
	何新贵	宋家树	张汝果
	范学虹	胡万忱	柯有安
	侯迁	侯正明	莫梧生
	崔尔杰		

金基洲出版图序序刊刊图

员人组组会员委审野国二第

我国火控系统研制工作开始于 50 年代,经历了由仿制到自行设计、研究发展的全过程。几十年来,我国在陆用、海用和空用火控研制方面都取得了很大成绩,也积累了不少经验和教训。当然,我们也清楚地看到,和先进国家比较我们还有很大差距。为了总结我们自己的科研成果和研制中的经验教训,为了更快地缩短与先进国家的差距,为了向广大科技人员及从事科技工作的领导干部介绍有关火控方面的知识,国防科技系统一批长期从事火控科研、生产、教学、试验的专家学者,决定编写出版一套《火力与指挥控制技术丛书》。这是一项很有意义的事情,受到了各级领导的重视和支持,受到了广大火控专业科技人员的欢迎。我深信,这一套丛书的出版必将对我国的国防现代化起到积极的推动作用。



1992 年 11 月 22 日

# 《火力与指挥控制技术丛书》

## 首届编委会

主任	谢光		
副主任	范学虹	曾铎	谭庆海
	李博	柳克俊	
委员	孙隆和	董志荣	太史瑞
	戴轶群	朱培申	张兆华
	王克勤	郭治	夏金柱
	么树朴	朱如玲	沃长生
	王校会	田校斌	张践山



《火力与指挥控制技术丛书》

第一批出版的书目

1. 头盔显示/瞄准系统  
王永年 等编著
2. 航空火控技术  
陆彦 等编著
3. 舰艇指控系统的理论基础  
董志荣 著
4. 无线电制导  
刘隆和 等编著
5. 海军武器系统分析  
夏金柱 等著
6. 现代火控理论  
郭治 等著

## 前 言

在未来战争中,谁先掌握了制导武器的先进技术和战术,谁就能赢得战争的主动权,谁就可能赢得战争的胜利。

制导武器产生于第二次世界大战末期,法西斯德国研制成功 V-1 型和 V-2 型远程制导导弹是它诞生的标志。从 V-1 型和 V-2 型导弹出现到现在,已经过了半个世纪。半个世纪在历史的长河中是短暂的,然而,导弹、制导武器在这一瞬间却得到了突飞猛进的发展,发展速度之快、发展范围之广、发展种类之多令人目眩。目前,制导武器已成为高技术战争中的主要兵器。

制导武器与一般武器的根本区别在于“制导”,“制导”是使制导武器能够准确命中目标的根本保障。制导的种类很多,按制导原理可分为自主制导、无线电遥控制导(指令制导、波束制导)、寻的制导和复合制导等。

自主制导是以弹内或弹外的某些固定基准为依据,使导弹的飞行相对于这些基准保持某种特定的关系,最后命中目标的制导。它的突出特点是制导功能的完成,既不需要接受外界的任何信息,也不需要向外界发送任何信息,因此是一种完全自主的制导方式。它包括有惯性制导、捷联式惯导、多普勒导航、地形匹配制导等。采用惯性制导的制导武器只能用来对付固定目标或飞行轨道已知的运动目标(如弹道导弹),且它命中目标的精度只取决于惯性仪表的精度和弹内设备,仪表与设备的积累误差是它的致命弱点。惯性制导是制导武器采用的主要方式之一。目前已向复合制导(惯性制导+其它制导方式)方向发展,如:

惯性制导+雷达制导;

惯性制导+地形匹配制导;

惯性制导+星光制导。

无线电遥控制导包括无线电指令制导和无线电波束制导。无线电指令制导是利用无线电信道,将控制指令从制导站发送到弹上,按一定导引规律控制导弹攻击目标;无线电波束制导是利用制导站的雷达天线波束,控制导弹按一定导引规律攻击目标。

寻的制导主要包括无线电寻的制导和光电寻的制导。

无线电寻的制导(又称雷达寻的制导),包括有主动式雷达寻的制导、半主动式雷达寻的制导、被动式雷达寻的制导等。

光电寻的制导包括有红外寻的制导(点红外寻的制导、红外成像寻的制导)、电视寻的制导和激光制导等。

复合制导是上述制导方式的组合应用。

本书主要介绍无线电制导的基本原理及其技术的新发展。自主制导和光电寻的制导的内容不作为本书的主要内容。

近年来,随着科学技术的发展和攻击活动目标的作战需求,无线电制导技术得到了飞速发展:

(1)随着被攻击目标的性能提高和作战环境的复杂化,人们提出实现从探测、跟踪、寻的、拦截到最后命中目标的整个制导过程完全自主的制导问题,出现了导弹制导系统的智能化课题。

(2)随着电子对抗技术的发展,制导武器遇到了强有力的电子对抗,为保证制导武器在复杂的电子对抗条件下完成制导功能、有效的打击目标,必须提高制导武器的电子反对抗能力,出现了研究制导系统电子反对抗技术问题。

(3)随着制导武器系统的日趋复杂,战术技术指标的提高,为设计出满足战术技术要求的制导控制系统,确定制导方案,进行参数优化,出现了制导系统的计算机仿真技术。

(4)导弹制导武器是一次性使用武器,对武器系统的可靠性要求愈来愈高,研究导弹及其制导系统的可靠性,进行可靠性设计已成为目前研究的热点。

上述无线电制导技术的新发展是本书阐述的重点内容。

本书的内容安排与作者:

第一章绪论由刘隆和编写,第二章目标与环境特性、第三章无线电寻的制导由李相平编写,第四章遥控制导、第五章复合制导由王灿林编写,第六章制导系统的智能化、第七章制导系统的电子对抗、第八章导弹及其制导系统的仿真由刘隆和编写,第九章导弹及其制导系统的可靠性由李相平编写,第十章制导技术展望由刘隆和编写。刘隆和负责全书的统编。

由于我们的水平所限,书中难免有一些错误或不妥之处,殷切欢迎广大读者批评指正。同时我们衷心感谢在本书出版过程中给予我们关心、支持和帮助的所有单位的领导及同志。

编著者

1993年10月于海军航空工程学院

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
§ 1.1 导弹概述 .....	1
一、导弹的分类 .....	1
二、导弹的基本组成 .....	4
§ 1.2 导弹的飞行控制 .....	5
一、有翼导弹的飞行控制 .....	6
二、无翼导弹的飞行控制 .....	7
三、导弹的稳定性、操纵性、机动性及其相互关系 .....	7
§ 1.3 制导系统 .....	9
一、制导方法分类 .....	9
二、对制导系统的要求 .....	10
三、典型制导系统举例 .....	13
§ 1.4 常用导引方法 .....	19
一、两点法运动方程 .....	20
二、三点法导引规律 .....	22
§ 1.5 自主式制导系统概述 .....	23
一、惯性导航系统 .....	23
二、捷联式惯导系统 .....	24
三、地形匹配制导系统 .....	26
四、多普勒导航 .....	28
参考文献 .....	28
第二章 目标与环境特性 .....	30
§ 2.1 舰船目标反射特性 .....	31
一、目标的雷达截面积 .....	31
二、反射的方向性 .....	32
三、幅度起伏和角噪声 .....	33
§ 2.2 海面回波基本特性 .....	34

一、海面状态描述 .....	35
二、海面回波强度与雷达参数及海情的关系 .....	38
三、海面回波的统计特性 .....	41
四、海面回波的相关特性 .....	44
五、海面回波的频率分布特性 .....	47
§ 2.3 制导系统的电磁环境 .....	48
一、电磁能的传播衰减 .....	49
二、地物、背景杂波和多路径效应 .....	49
三、电子干扰 .....	51
§ 2.4 目标隐身技术 .....	52
§ 2.5 目标与环境仿真 .....	54
一、目标模型 .....	55
二、杂波模型 .....	57
三、电磁环境 .....	57
四、其它环境效应 .....	58
参考文献 .....	58
第三章 无线电寻的制导 .....	59
§ 3.1 无线电寻的制导系统基本工作原理 .....	59
一、无线电寻的制导系统的类型 .....	59
二、寻的制导系统的基本工作原理 .....	61
三、雷达导引头 .....	62
四、雷达导引头的一般组成 .....	67
五、雷达导引头的测角方法 .....	69
六、对雷达导引头的基本要求 .....	71
七、寻的制导中引导指令的形成 .....	74
§ 3.2 被动式无线电寻的制导系统 .....	76
一、反辐射导弹导引头 .....	76
二、毫米波被动雷达导引头 .....	79
§ 3.3 半主动式无线电寻的制导系统 .....	82
一、从“零频”上取出 $f_d$ 的连续波导引头——“霍克”的方案 .....	85
二、从副载频上取出 $f_d$ 的连续波导引头——“萨姆—6”的方案 .....	89
三、准倒置连续波导引头——“海标枪”的方案 .....	91
四、全倒置连续波导引头——“改进霍克”的方案 .....	91
§ 3.4 主动式无线电寻的制导系统 .....	96
一、脉冲主动式雷达导引头 .....	97

二、连续波主动式雷达导引头 .....	97
三、脉冲多普勒主动式雷达导引头 .....	98
§ 3.5 毫米波雷达导引头 .....	100
一、毫米波雷达导引头的主要特点 .....	101
二、毫米波雷达导引头的工作模式 .....	102
三、毫米波雷达导引头的发展 .....	104
§ 3.6 数字式雷达导引头系统 .....	105
一、单机系统和多机系统 .....	105
二、数字式弹上控制系统 .....	106
三、弹上计算机的特点 .....	108
参考文献 .....	110
第四章 无线电遥控制导 .....	111
§ 4.1 遥控制导引导方法和导弹的弹道 .....	112
一、重合法引导的理想弹道 .....	113
二、变前置角法引导的理想弹道 .....	113
三、遥控制导时实际弹道及分段 .....	115
§ 4.2 无线电指令制导 .....	116
一、无线电指令制导系统 .....	116
二、无线电指令制导的观测与跟踪 .....	120
三、指令信号的形成 .....	124
四、指令的发射和接收 .....	134
§ 4.3 无线电波束制导 .....	136
一、无线电波束制导的基本原理 .....	136
二、圆锥扫描雷达波束制导 .....	137
三、无线电波束制导应用中的一些问题 .....	139
§ 4.4 “响尾蛇”地/空导弹系统 .....	140
一、系统简介 .....	140
二、制导过程 .....	143
三、系统特点 .....	146
参考文献 .....	147
第五章 复合制导 .....	148
§ 5.1 复合制导的基本原理 .....	148
一、复合制导的提出 .....	148
二、复合制导的基本原理 .....	149

§ 5.2 弹道的衔接和目标的再截获 .....	154
一、弹道的衔接 .....	154
二、目标的再截获 .....	161
§ 5.3 复合末制导 .....	164
一、单一末制导的工作特点 .....	164
二、复合末制导的基本原理 .....	168
参考文献 .....	174
<b>第六章 制导系统的智能化</b> .....	<b>175</b>
§ 6.1 导弹智能的基本功能及特点 .....	175
§ 6.2 目标的自动分类与识别 .....	178
一、Bayes 目标判别 .....	181
二、最小二乘 Bayes 分类器 .....	181
三、用最大熵法求 $R^{-1}$ .....	184
§ 6.3 智能探测与自适应控制 .....	186
§ 6.4 高速信号处理的硬件 .....	189
一、采用专用 DSP 芯片的硬件实现 .....	190
二、并行阵列的硬件实现 .....	199
参考文献 .....	205
<b>第七章 制导系统的电子反对抗(ECCM)</b> .....	<b>206</b>
§ 7.1 接收系统的抗过载 .....	207
一、接收机增益控制 .....	207
二、对数接收机 .....	213
§ 7.2 制导接收系统的恒虚警率(CFAR)处理 .....	220
一、参量恒虚警率处理器(参量检测器) .....	221
二、非参量恒虚警率处理器(非参量检测器) .....	223
§ 7.3 保护波门技术 .....	226
一、距离保护波门 .....	227
二、速度保护波门 .....	230
§ 7.4 扫频照射器技术 .....	232
§ 7.5 制导雷达电子反对抗自动管理 .....	236
一、电子反对抗自动管理系统的基本组成 .....	236
二、制导雷达对外界干扰的敏感 .....	237
三、干扰的模糊综合判别 .....	239
§ 7.6 无线电制导系统抗干扰效果度量方法 .....	241



一、单部制导系统抗干扰效果的度量 .....	242
二、战术导弹武器系统抗干扰效果的度量 .....	245
§ 7.7 制导体制的抗干扰 .....	248
参考文献 .....	250
第八章 导弹及其制导系统的仿真 .....	251
§ 8.1 数学模型和建模方法 .....	256
一、数学模型 .....	257
二、建模方法 .....	263
三、模型的可信性 .....	265
§ 8.2 仿真软件与仿真计算机 .....	266
一、仿真软件 .....	271
二、仿真计算机 .....	279
§ 8.3 寻的制导射频仿真系统 .....	297
一、几何约束与强制函数的使用 .....	298
二、可变基准坐标系(VRF)概念 .....	301
三、微波暗室 .....	305
四、目标阵列 .....	307
五、数字接口 .....	310
§ 8.4 制导系统的混合仿真 .....	312
一、数学模型的数模划分 .....	312
二、模拟编排和程序设计 .....	315
三、模型实现正确性评价与精度的提高 .....	317
参考文献 .....	319
第九章 导弹及其制导系统的可靠性 .....	320
§ 9.1 导弹及其制导系统的可靠性指标 .....	321
一、导弹及其制导系统的可靠性指标论证 .....	321
二、导弹及其制导系统的可靠性指标 .....	323
§ 9.2 可靠性预计 .....	327
一、可靠度预计的概念 .....	327
二、元器件的失效率预计 .....	329
三、设备、整机的可靠度预计 .....	329
四、系统的可靠度预计 .....	332
§ 9.3 可靠性分配 .....	334
一、可靠度分配的概念和步骤 .....	334