

智能导弹

INTELLIGENT MISSILE

夏国洪 王东进 等 编著



中国宇航出版社

智能导弹

夏国洪 王东进 等 编著

 中国宇航出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书从智能导弹的基本概念出发,讨论智能导弹的功能和特点,论述导弹各分系统,如导弹结构、动力、制导和控制、杀伤、导弹自检检测和自修复、作战指挥控制系统及目标探测系统等实现智能化的技术途径,同时简单描述与导弹智能化相关的一些基础技术。本书可为从事导弹事业的管理、科技人员在探索、创新过程中提供一些方向性的参考,也可作为各大专院校有关专业师生的参考读物。

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

智能导弹 / 夏国洪,王东进等编著. —北京:中国宇航出版社,
2008.3

ISBN 978 - 7 - 80218 - 306 - 3

I. 智… II. ①夏…②王… III. 人工智能 - 导弹 IV. TJ76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 019177 号

责任编辑 艾小军 张艳艳 封面设计 03 工舍 责任校对 王 妍

出 版 社 中国宇航出版社
发 行 北京市阜成路 8 号 邮 编 100830
社 址 (010)68768548
网 址 www.caphbook.com / www.caphbook.com.cn
经 销 新华书店
发行部 (010)68371900 (010)88530478(传真)
(010)68768541 (010)68767294(传真)
零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010)68371105 (010)62529336
承 印 北京航丰印刷厂

版 次 2008 年 3 月第 1 版
2008 年 3 月第 1 次印刷
规 格 787 × 1092
开 本 1 / 16
印 张 24.25
字 数 605 千字
书 号 ISBN 978 - 7 - 80218 - 306 - 3
定 价 98.00 元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

《智能导弹》编审委员会

主 任	夏国洪			
副主任	王东进	花禄森	陈定昌	黄瑞松
委 员	(按姓氏笔画排列)			
	于本水	卫 国	王 永	王 俊
	王卫东	王东木	王来成	尹 东
	尹协振	文鹤鸣	丛 爽	叶中付
	刘石泉	刘明侯	仲伟生	许 东
	陈世年	吴秀清	宋有山	陈登高
	杨 杰	杨宝奎	杨基明	邵爱民
	季海波	张志鸿	张海涛	胡岳东
	侯世明	郝祖全	袁 起	顾炎武
	秦忠宇	黄培康	陶 巍	戴旭初

前 言

当今世界上新军事变革浪潮蓬勃兴起,军事信息技术迅猛发展,计算机技术、传感器技术、微机电技术、信息处理技术、人工智能技术和仿生技术在导弹等武器装备领域中的应用,可以制造出高灵敏度、高精度的传感器,进行数据处理、图像识别和声音识别等,使导弹能具有像人的眼睛一样对目标进行智能探测、跟踪和寻的,像人的大脑一样对数据、图像进行实时处理和识别等功能;使导弹能具有良好的高速机动、变换姿态、改变方向和改变瞄准目标的能力,使武器系统具有针对目标形状、要害部位的智能杀伤能力。这些技术均涉及新一代导弹的发展方向问题,如何正确理解智能导弹的概念,引导导弹设计人员把握住智能导弹的发展方向,开展新一代导弹的创新研究是一个值得探讨的问题。研究智能导弹技术将带动未来各类进攻和防御导弹系统的发展。

航天科工集团公司提出智能导弹技术是一个重要的发展方向,需要加强相关领域的概念性、系统性和创新性的研究,设立和开展智能导弹关键研究项目。本书按照这一思想,从智能导弹的基本概念研究出发,讨论智能导弹的功能和特点,分析国内外导弹智能化的发展方向,研究导弹各部分智能化的技术途径,以推动导弹创新技术的发展。

本书主要涉及导弹本身的智能技术,如智能导弹结构、动力、制导和控制、杀伤、导弹自检测和自修复等。有关导弹武器系统的智能技术只选择一些与导弹作战直接紧密结合的系统,如智能作战指挥控制系统(C⁴ISR)、目标探测系统等进行论述。另外,对智能信号处理和仿生技术等智能基础技术亦作简要介绍。而其他导弹外的系统,如导弹地面发射系统、导弹测试和遥测系统、导弹仿真试验系统和靶场试验系统等智能化虽然也很重要,内容亦很丰富,但由于受篇幅所限未包括在本书的介绍范围之内。

本书共分 11 章。

第 1 章,概论,主要论述智能导弹的 4 个基本概念,即自主的概念、相对的概念、渐进的概念和博弈的概念,描述智能导弹的基本功能和特点,介绍智能导弹的

主要组成部分,分析国外智能导弹的发展动态,列举国外智能化导弹的一些例子,勾画出智能导弹的基本轮廓。

第2章,导弹结构智能技术,描述导弹结构智能变形技术及可能采用的各类智能材料,导弹智能分离技术,导弹智能热防护技术,导弹流场控制技术,结构智能传感、驱动技术和结构智能隐身技术,这些技术概括了弹体结构可能采取的智能化措施,以达到自适应复杂的飞行环境,提高其飞行性能。智能结构是实现导弹智能化的重要组成部分。

第3章,目标智能识别和自适应性,分析目标及其背景的光电特性,自然环境与人为干扰特性;描述提高导弹自适应性的多传感器信息融合、特征提取、模式识别和智能决策技术,以求从复杂的干扰背景中区分诱饵等假目标,实现对真实目标的识别。目标智能识别和自适应性是智能导弹中一个重要功能,目标的识别是现代导弹技术中的一个难点,也是智能导弹需要解决的重点。

第4章,导弹智能抗干扰与智能突防,论述智能抗干扰和智能突防系统的组成和功能,描述导弹智能抗干扰和智能突防的一些基础技术,探索智能技术在导弹抗干扰与突防中的应用。以达到突破敌方的各种防御手段,即实现智能导弹“防得住”和“打得进”的特性。智能抗干扰与智能突防是新一代导弹攻防对抗中最关切的问题,也是智能导弹“博弈”概念的体现。

第5章,导弹智能制导和导航技术,列举国外导弹导航和精确制导技术发展概况及典型应用,论述智能导弹对弹载制导信息获取系统的性能需求,重点论述了末制导导引头智能化高精度寻的、图像匹配与成像识别、多模多波段复合及智能信息处理等多项先进技术。

第6章,智能导弹动力装置,主要论述利用推力矢量智能调节,动力装置推进剂流量和燃烧等的智能控制,达到射程最远,机动能力最大。此外,超燃冲压发动机、激光、微波推进和水冲压发动机等新概念推进技术的出现,为智能导弹提供了新的动力途径,是智能导弹关切的重要方面。

第7章,导弹智能飞行控制,提出了在对付大机动、高速飞行及干扰等目标的条件下可能采用各种新型导引规律,气动力/推力矢量(直接力)复合控制、敏捷性导弹的神经网络控制、基于模糊神经网络的导弹控制和粒子滤波算法等多种智能控制方法,提出智能规避与突防、多导弹编队的协同控制与再规划概念,研究弹性体导弹的控制特点和控制模型,以达到控制精度更高,实现智能导弹要求“打得准”的目标。

第8章,智能杀伤技术,阐述引信的智能抗干扰,弹上信息的综合利用以控制战斗部最佳起爆,提高引战配合效率技术,战斗部杀伤物飞散的智能可控技术,弹上安全执行机构的智能化技术。此外还阐述了子母弹头的智能抛撒,智能动能杀伤器新技术,以达到对目标杀伤效率最高的目的。

第9章,智能导弹作战指挥系统,是本书唯一描述弹外设备智能化的一章,其内容涉及智能导弹作战指挥系统的体系结构与集成技术,快速火力打击智能化决策技术,智能指挥控制与网络化的信息保障技术;导弹外的制导信息获取技术,即作战管理、指挥控制和信息获取技术。其中制导信息获取技术主要是指雷达、光电和导航等智能技术。

第10章,智能导弹自维护技术,智能导弹要求能对导弹在飞行中发生的故障进行自检、分析、诊断和定位,并能对一些非致命性的故障自修复,以达到在发生故障情况下仍能完成作战使命的目的。该章对导弹的故障状态从理论上进行建模,提出采用信息融合等几种智能故障诊断方法,论述故障自修复的原理和实现的途径,分析弹上软件实现容错和自修复的设计,评价实现自修复后的导弹作战效能变化。

第11章,导弹智能化基础技术,描述用于智能导弹的一些基础技术,如信息处理和控制技术中的人工神经网络技术,参数寻优技术,智能识别中的模糊逻辑技术,使导弹自身具有一定的推理和思维能力。另外,智能导弹也意味着导弹的灵巧化,需要采用如微光机电系统技术,仿生技术在导弹技术上应用的探索亦可使导弹像人和动物的某些器官那样灵巧。

本书由中国航天科工集团公司科学技术委员会与中国科学技术大学共同编写完成。从夏国洪提出该项目的创意和基本思路到形成书稿,历时近4年的时间,经过深入研究论证、学术研讨、多次审查和修改讨论,数易其稿。各章节的撰写负责人分别为:第1章,夏国洪、王东进、张志鸿;第2章,杨杰、杨宝奎;第3章,黄培康、吴秀清、尹东;第4章,戴旭初、陶巍;第5章,郝祖全、王卫东、杨基明;第6章,顾炎武、刘明侯、李胜利;第7章,季海波、宋有山、王永、丛爽;第8章,张志鸿、文鹤鸣;第9章,叶中付、袁起、王俊、仲伟生;第10章,王永、夏国洪;第11章,丛爽、吴秀清、尹协振、张志鸿等。合作双方的单位为该书的编写工作创造了有利条件,从人力、物力和财力各方面给予了大力的支持,航天科工集团的专家和中国科学技术大学的教授们为编写该书付出了辛勤的劳动。在查阅原始资料、编写和编辑出版的过程中,得到航天科工集团公司和中国科学技术大学领导、机关及其他科技人员的大力支持,以及中国宇航学会和有关研究单位、高等院校专家们提供的帮助,在此一并表示衷心感谢。但因我们的知识面的广度和研究的深度有限,难免有缺陷存在,还望各方面的专家不吝赐教。

编著者

2008年1月于北京

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 智能导弹的基本概念	1
1.2 智能导弹的特性	3
1.3 智能导弹的主要组成	4
1.4 国外智能导弹发展动态	6
参考文献	8
第 2 章 导弹结构智能技术	9
2.1 概述	9
2.2 智能材料	11
2.3 导弹结构智能变形技术	23
2.4 导弹的智能分离机构	36
2.5 导弹智能热防护	38
2.6 导弹流场智能控制	44
2.7 导弹智能隐身技术	51
参考文献	61
第 3 章 目标智能识别和自适应性	63
3.1 概述	63
3.2 目标的光电特性分析	63
3.3 自然环境与人为干扰	68
3.4 多传感器信息融合	76
3.5 导弹目标识别	82
参考文献	97
第 4 章 导弹智能抗干扰与智能突防	98
4.1 概述	98
4.2 导弹智能抗干扰与智能突防概念	98
4.3 导弹智能抗干扰和智能突防系统	106
4.4 导弹智能抗干扰基础技术	110

4.5 导弹智能突防基础技术	119
参考文献	123
第5章 导弹智能制导和导航技术	124
5.1 概述	124
5.2 智能制导与导航系统的基础技术	124
5.3 导弹导航和精确制导技术发展趋势	126
5.4 智能导弹对弹载制导信息获取系统的性能需求	134
5.5 末制导导引头智能化技术	136
5.6 典型智能化导引头	150
5.7 智能化导引头应用的专业技术	163
参考文献	170
第6章 智能导弹动力装置	172
6.1 概述	172
6.2 常用动力装置的推力矢量调节	172
6.3 智能导弹动力装置的控制	184
6.4 动力装置的隐身技术	187
6.5 动力装置的自诊断和自修复	188
6.6 智能动力装置发展与展望	191
参考文献	202
第7章 导弹智能飞行控制	203
7.1 概述	203
7.2 弹体运动模型及其特性分析	203
7.3 测量系统与执行机构	205
7.4 导弹控制系统	211
7.5 基于混合系统模型的目标机动模型研究	227
7.6 智能规避与突防	232
7.7 多导弹编队的协同控制与再规划	234
7.8 弹性体导弹控制	237
参考文献	246
第8章 智能杀伤技术	249
8.1 概述	249
8.2 智能引信	249
8.3 智能战斗部	259
8.4 子弹头的智能抛撒	263
8.5 智能动能杀伤器技术	264
8.6 安全执行机构的智能化	267
参考文献	271

第 9 章 智能导弹作战指挥系统	272
9.1 概述	272
9.2 智能导弹作战指挥系统的体系结构与集成技术	272
9.3 快速火力打击智能化决策系统	276
9.4 打击过程的智能指挥控制与信息保障	284
9.5 智能导弹制导信息获取技术	286
参考文献	299
第 10 章 智能导弹自维护技术	301
10.1 概述	301
10.2 导弹故障的检测	301
10.3 导弹故障的智能诊断	303
10.4 导弹故障的自修复	314
10.5 导弹的软件容错设计	324
10.6 自修复作战效能评估与优化选择	332
参考文献	334
第 11 章 导弹智能化基础技术	336
11.1 智能信息处理	336
11.2 模糊逻辑的理论和应用的技术	355
11.3 仿生技术	358
11.4 微机电技术	370
参考文献	376

第1章 概 论

随着时代的进步和科学技术的迅猛发展,战争——这个被人类憎恨但又避免不了的事物,已从人体直接搏斗,持弓箭、枪械战斗发展到机械化、自动化和信息化的阶段;已从小规模杀伤到大规模杀伤,进而发展到能远程精确打击敌目标要害部位,以小的代价获得大的胜利。那么,未来在高科技条件下的战争格局将会怎样?未来要发展什么样的兵器才能克敌制胜、赢得和平?这是我们大家,尤其是从事国防科技学习、研究和领导管理工作的人们要关注的问题。

未来战场具有大纵深、立体化、信息化、密集综合火力支援以及快速机动等突出特点,作战范围将由内空间扩展进入外空间,打击的目标种类繁多多样。从空间分布上看,打击目标包括存在于海、陆、空、天中的各种物体;从目标特性上看,打击目标包括地面固定目标、雷达站等电磁辐射源、海面舰船、地面装甲、地下和水下隐蔽目标、空间飞行器;从打击方式上看,可以实施硬杀伤,也可以实施软杀伤。同时,敌我双方的对抗方式也表现出更加强烈和复杂多变的攻防对抗的博弈。在新的作战思想和作战模式下,导弹作为未来战争中的主要兵器之一,必须适应形势发展的需要,其性能必须进一步提高,其概念有必要进一步拓展。

1.1 智能导弹的基本概念

尽管人类对自身的智能还没有一个统一的定义,但是人类智能活动的的能力大致可概括为:

- 1) 通过视觉、听觉、触觉等感官活动,接受和理解文字、图像、语言等各种信息,这称为感知、认识和理解能力;
- 2) 通过人脑的生理和心理活动,对有关信息进行处理,对事物运行的规律进行分析、判断和推理,这称为认知和决策能力;
- 3) 通过教育和学习过程,不断丰富自身的知识和技能,这称为学习能力;
- 4) 对变化着的外界环境条件能灵活地做出正确反应,这称为自适应能力。

当代传感器技术、微电子技术、信息技术和人工智能技术的突破,可制造出类似人的视、听、触觉等传感器,对目标进行高灵敏度和高精度的搜索、探测和跟踪;将观测到的信息通过类似人脑的计算机,对数据、图像、声音和多种特征进行识别,思维判断和决策,从而控制、制导导弹拦截目标;而且,纳米技术、微机电系统(MEMS)技术为导弹的小型化、轻质化提供了条件;仿生技术为导弹精确制导另辟新景。以上技术的发展都为研制智能导弹提供了技术基础,现在不仅可以想象智能导弹的概念,而且可以有条件研制具有一定智能的导弹。但是由于智能导弹涉及多方面的技术,智能的定义也很难统一,因此将智能导弹定义分解为几个基本概念(即自主的概念、相对的概念、渐进的概念和博弈的概念),反而更有利于我们去理解什么是智能导弹,也更有利于进一步探索、发展智能导弹。

(1) 智能导弹是一个自主的概念

像人一样,如果一个人没有自主工作的能力,他只能完全按照别人的指挥去做简单的工作,遇到情况变化时,自身没有智力去随机应变,那么这个人就不是一个智能人,他做的工作就不是智能工作。智能导弹的智能就反映在它自主地通过对各种感知的信息进行处理,对外界环境、目标特性及其变化进行分析、判断和推理,具有一定的思维能力和联想能力,从而能做出正确的决策和反应——能主动地攻击目标,也就是说智能导弹应具有自主性、自适应性。那种完全按人预先设计好的程序动作而不能适应各种复杂环境条件自主攻击敌方目标的导弹不能称为智能导弹。例如:现在通常所称的弹道式惯性制导地地导弹,完全按人事先设计好的程序执行各种飞行动作,飞至人事先装定好的目的地,这种导弹就不能称为智能导弹;而带有地形、图像匹配的超低空飞行的巡航导弹,能够有效地规避敌方的拦截,非常准确地杀伤目标,因此具有一定的智能。但严格来说,巡航导弹的飞行路径也是人事先规划了的,不是完全自主的。因此,随着信息技术、微机电技术、人工智能技术等科学技术的发展,为设计自主的智能制导导弹创造了技术基础,导弹自身能感知来自多方面的信息,能够自主地分析、判断、决策。但同时也应当看到,过多地依赖各方信息并非好事,一旦信息被中断或被诱骗,而自身又无很强的判断能力,这样反而造成了缺陷,因此自主和信息依赖要适度。

(2) 智能导弹是一个相对的概念

人的智商有高有低。弱智和天才都是相对于常人智力而言的,即使是天才,也只是在一方面或诸多方面是天才,不可能在各方面都是天才;而天才在有些方面,很可能是弱智。人的智商比信鸽高,但人的导航能力绝对不如信鸽。智能导弹的所谓智能也是相对的:例如,有对抗敌方干扰能力的防空导弹相对于无抗干扰能力的导弹而言,是智能的,但这种导弹要对付具有变速、变轨、机动能力的飞机和导弹来说,就不是智能的了;因此,智能导弹又是相对于敌方目标的智能而言的。如果我方导弹的智能在某一方面或诸方面高于敌方目标的智能,能克敌制胜,这就是智能导弹,否则,就不能称为智能导弹。从这层意义上讲,就要求我们不断深入了解国际(尤其是可能成为对抗方)的情况,了解敌方目标的智能。我们不需要研制在方方面面都比敌方强的智能导弹,只需针对敌方“弱智”的方面,研制出我方相对“强智”的导弹,达到克敌制胜的目的。这种“不对称战略”的研制思想是:不求全面强,只求比敌较弱的方面强。这样可以最快的速度赶上国际领先水平,以最低的代价获得最好的效果。

(3) 智能导弹又是一个渐进的概念

人的智能是随着年龄增长、时代的变迁而不断前进和发展的。人学习的知识和获得的经验日趋丰富,因而演绎能力、推理判断能力等都在不断增强;同时,随着时代的前进,信息和科技促使人的智商提高,人借助科技作为工具可做人本身无法直接做的事。以导弹制导技术为例,已从过去的指令制导发展到目前的自动寻的,能实现发射后不管,自主地对准目标,这就具有一定的智能化,但随着科学技术的发展,目标智能水平的提高,目前的自动寻的导弹需要进一步完善和提高智能化水平,否则就称不上智能导弹了。今后,将 MEMS 用于传感器,将纳米材料用于导弹结构,将仿生学用于导弹制导,将天、空、地、海、信息多维空间联成一体考虑,用智能计算机提升认知能力等,并将这些会聚或集成起来(称其为 NBIC),可不断拓展智能导弹的智能空间。因此,这也启发我们研究:如何利用国内外已有的新技术、新工艺、新材料、新能源,将其集成后提高导弹的智能;如何由研制智能导弹的需求为牵引,从基础研究做起,发展新的技术、工艺、材料、能源,以更高地提升导弹智能水平。

(4) 智能导弹还是一个博弈的概念

人在博弈、对抗、比赛中才能表现出其能力和智慧,否则就反映不出人的智能高低。导弹也是如此,只有在敌我双方交战时,哪方导弹能打得进(突防)、打得准(精确制导)、打得狠、防得住,哪方导弹的智能才算更高一筹。而且这种较量、对抗不是一次性的,要经斗智斗勇攻防对抗几个回合后才能取胜。例如:电子干扰→反干扰→反反干扰……;隐身→反隐身→反反隐身……;突防→反突防→反反突防……;机动→反机动→再机动……;谁能坚持到最后才能赢得胜利。显然,这样一种攻防对抗的博弈过程,单单依靠导弹本身是不行的。因此,我们在研究智能导弹时,除了研究我方导弹本身,还要研究导弹系统指挥、控制、通信等(C⁴ISR)各方面;还要研究战略战术;掌握敌方目标的信息,知己知彼,用我之长,克敌之短;研究作战态势,增强自适应能力和自主能力,这样才能使我方智能导弹发挥出最高效能,这也是我们研究智能导弹的最根本的目的。

在作战过程中,从探测、跟踪、寻的、拦截到最后摧毁目标的整个作战和制导过程实现完全自主性的导弹通常称为智能导弹。但从实际情况看,没有可能在一枚导弹上集中对目标进行监视、探测、跟踪机动、直到最后摧毁目标的全部功能。因此,导弹完全智能化只是理想,只有采用多种综合技术在极少量完成特殊使命的导弹才能实现。虽然导弹可以自动地探测、识别和跟踪目标,但仍离不开监视、探测系统对目标的监视和探测,提供的有关目标的初始信息,致使导弹自主性受到限制,因此大多数导弹只能在局部实现智能化。

1.2 智能导弹的特性

通常的导弹使命是在一个定常的环境下探测发现敌方的目标,制导控制自身跟踪目标,最终拦击(杀伤)目标。这种目标可以是固定的敌方军事要地、雷达及其他电磁辐射源、指挥中心等,也可以是移动的导弹、舰船、车辆等。

所谓智能导弹的智能主要反映在其高自主性、自适应性和高效性上,即能做到:

1) 打得进(突防能力)。导弹要在恶劣多变的气象条件下或复杂多变的时空中能打得进敌方去;导弹要在敌方作有源或无源干扰情况下,或在敌方进行种种、层层拦击下能突防进去。

2) 打得准(精确制导)。不管目标在哪里(海、陆、空、天),不管射程有多远,不管目标尺寸大小,不管目标是否移动或机动,导弹均能精确制导到离目标要求的精度范围内爆炸或与目标直接碰撞。

3) 打得狠(高效杀伤)。不管敌目标采用伪装、加固、干扰、机动、移动等方式设防,导弹均能引导弹头或战斗部在合适的部位、合适的时间以合适的打击方式杀伤目标,给敌以重创。

4) 防得住(自卫能力)。如敌方对我方要地、导弹及其阵地进行攻击和硬、软杀伤时,我方要能躲得快、防得住,能在攻防对抗博弈中取胜。

5) 用得起(低成本)。由于智能导弹要采用许多新技术、新工艺、新能源、新材料,是高消耗品;因此,要在信息化与自主化的强度上平衡,在智能化程度上适度,只要保持优势,越简单和便宜越好。

为了达到上述要求,智能导弹在技术层面上要具有下列功能和特性:

1) 强自适应性。当自然环境条件(恶劣天气、昼夜、寒暑、战场硝烟等)发生变化时、在敌人释放有源和无源干扰物时、导弹飞行受到时空变化影响时,智能导弹具有能自动适应这些环

境变化的能力,这样才能提高导弹的作战效能。

2) 高识别能力。当环境变化、目标特征变化、敌方干扰、伪装、隐身时,战场上存在真假目标、敌我目标时,目标存在要害、脆弱部位时,智能导弹具有高识别能力,精确探测定位能力,因而也具有高制导精度、高杀伤能力。

3) 高灵巧性。当敌目标采取机动变轨、目标特征变化时,智能导弹要小巧玲珑,具有快速响应、自动瞄准、跟踪截获目标的功能。为了规避敌方发现和拦击,导弹具有超低空并在山谷或障碍物中穿行的能力,因而也具有了高生存能力。

4) 高可靠性。由于 MEMS 器件的应用、可靠性的智能设计,导弹可靠性会随之提高,再加上自维护系统的作用,对一些非致命性的硬、软故障,具有检测、识别、定位和自维护的功能,这样就大大提高了导弹的可靠性,甚至提高了生存能力。

5) 使用方便性。由于导弹自身具有感知、融合多种信息来源,能自主对外部环境、目标特性及其变化进行分析、判断和推理,具有一定的思维和联想功能;具有融合来自导弹系统和 C⁴ISR 的信息,从而做出正确反应,决定是否发射导弹? 发射哪种或哪几种导弹? 发射几枚导弹? 整个发射、飞行、制导控制、跟踪、瞄准目标,拦击(杀伤)目标的全过程都是自动化的、信息化的、自主化的和智能化的。

6) 高杀伤性。由于以上特性,再加上采用智能杀伤弹头或战斗部等手段,自然带来了智能导弹的高杀伤性和作战的高效性。

1.3 智能导弹的主要组成

智能导弹的主要组成在此处主要指导弹本身,较少论及导弹武器系统,但涉及武器系统中有关智能抗干扰和突防,智能指挥控制、情报和侦察系统等,因为这些系统在导弹武器智能化中起重要作用。此外,为了更好理解导弹智能化的基本原理,本书中加入了导弹智能化的基础技术。

智能导弹的主要组成如下:

1) 智能弹体结构。为了适应环境的变化,对付目标的变化,智能弹体结构可通过改变导弹外形来改变动态气动特性,改变升力、阻力、控制力和防热能力,以适应导弹飞行在不同时空的环境变化。根据各种不同需要,相应地要提升导弹弹体变形结构的设计能力和研制或采用一些智能材料,例如:能伸缩变形的材料,能适应快速时空变化的材料,能吸收或透过热、光、电、声等的材料,能抗大机动的高强度、耐高温的材料及轻质结构材料等。

2) 智能动力系统。为了适应不同的环境变化,对付不同的目标及其变化,导弹动力系统需要与网络和导弹神经中枢系统构成闭环,形成互动,满足导弹的制导控制跟踪目标的需要。当目标进行机动、规避、突防时,动力系统具有对应的适应能力,例如瞬间推力矢量控制能力、大范围推力变化能力、多次点火能力、隐身能力、能适应不同环境(低空—高空、空—天、空—海)飞行的能力等,以及其合理组合。根据上述需要,除了在现有的液体、固体火箭发动机和吸气式动力系统上进行组合、强化智能外,还应发展多种用途的推进系统。例如,电火箭、微波火箭、微光火箭、离子火箭、脉冲爆轰火箭等种类及其组合。

3) 智能制导控制系统。针对部署在陆、海、空、天不同平台上的固定的和移动的目标,导弹的制导控制方法是不同的。对于固定目标,过去主要基于惯导组合的精度来决定制导精度,

现在为了克服惯导组合精度的限制和自然环境等条件影响,也采用其他复合制导手段来提高精度、防止或规避敌方干扰和拦截,提高突防能力;对于移动目标,导弹除了要具有上述手段外,还要对付目标的特征变化、机动变轨、隐身等。但不管是哪种导弹、对付的是什么目标,导弹的制导控制系统都是最重要的部分,它起着类似人的眼睛和大脑神经中枢的作用,智能导弹的智能强弱主要决定于制导控制能力的强弱。制导控制系统的基本功能为:

- 有获取目标类型、威胁程度、位置、速度、图像等特征信息的传感器和网络。这些传感器和网络可以是弹载的,有必要和可能时,也可以利用集群或防御体系中其他传感器,甚至战场 C⁴ISR 系统。随着纳米技术和 MEMS 技术的发展,各种微型高精度传感器会相应而生,为其实现提供了现实基础。
- 有综合利用多源信息,将数据进行融合处理、分析,推理和学习的智能计算机。它能对复杂多变的环境进行判断和决策,对目标类型、真假目标进行自动识别,对导弹软、硬故障进行自动识别,对攻防对抗态势分析,提出最佳博弈策略。随着计算机、人工智能、专家系统、仿生技术的发展,智能计算机的认知能力将会日益提高,最终起到类似人的大脑的作用。
- 有高稳定性、适应性和鲁棒性的控制系统。智能导弹不仅要保证在预定的轨道上稳定飞行,更要具有在恶劣气象条件下飞行时,在弹体弹性振动时,或在跟踪目标作剧烈机动变轨时,或在规避敌方拦击时,或在弹体气动外形改变时,不失稳或失控。因此,各种先进的控制方法,尤其是对于随机的、不确定的、非线性的模型,很难全用准确的数学模型来描述时,而基于知识的逻辑推理控制模式,如人工神经网络控制等可能更为适用。
- 有集目标探测、定位、识别、跟踪和捕获等功能于一体的导引头。它利用成像、智能处理、复合等手段,使导弹具有强抗干扰能力、强环境和目标适应能力、强隐身能力、对目标类型及其要害部位的自动识别能力、高精度瞄准、跟踪和导航的能力。随着仿生技术的发展,模仿生物对目标有探测、定位、识别、跟踪和捕获功能的仿生导引头将是智能导弹导引头的最好选择。

4) 智能杀伤系统。智能杀伤系统通常是由战斗部、安全执行机构和引信(最好与导引头一体化设计)组成。针对不同目标类型,智能引信能根据导弹与目标遭遇条件和环境,自适应地调整引信工作方式、起爆方式和启动点位置,改变战斗部的杀伤方式,以达到对目标的最大或最有效的杀伤效果。因此,智能引信要具有敏感目标类型、环境及其特性(如地物的多路径效应、海平面的镜向反射效应等)的能力,并能自动识别目标要害或脆弱部位,控制弹头直接碰撞目标;或瞄准目标合适部位,适时起爆战斗部,给目标以重创。

5) 智能抗干扰和突防,包括对战场环境的智能感知,对受到的干扰和威胁进行快速的分析、评估和决策,有效的抗干扰方法和突防策略的实施等,其手段涉及无线电和光学系统的对抗,弹头的机动突防等技术。

6) 智能指挥控制、通信情报和侦察系统,包括智能化信息(包括制导信息)获取技术的描述。论述火力环、天基地网、网络中心战和体系作战,导弹协同作战、编队作战,群打群,多对多等指挥控制系统和目标的智能分配,对群目标的攻击等技术。

7) 自维护系统。导弹武器在飞行和作战过程中发生硬、软故障或损伤时,自身具有对其故障或损伤进行检测、分析、诊断、定位,制定最佳维护方案,实施最佳的自修复,使导弹武器仍

能完成作战任务,这样可大大提高导弹武器的作战效能。

8) 导弹智能化基础技术,包括智能信息处理技术,如人工神经网络技术,遗传算法,数据挖掘和知识发现,支持矢量机,信息融合处理技术;模糊逻辑理论和应用技术;仿生技术、如视觉仿生、声学仿生、红外仿生、导航仿生、仿生材料等;微机电系统(MEMS, MOEMS)技术,这些是智能导弹小型化的必要基础。

1.4 国外智能导弹发展动态

目前国外还没有实现全智能的导弹,但在某些方面智能化的导弹已有所发展,如智能化制导导弹,智能杀伤导弹等。国外智能导弹发展方向主要如下:

1) 利用陆、海、空、天等多种平台获取目标和导弹的相关信息,采用智能化信息处理和高速响应的飞行控制技术,提高导弹的攻防对抗能力和制导精度;未来高技术条件下局部战争的主要作战兵器是具有智能制导能力的武器,制导技术的应用领域已扩展至几乎所有的兵器,信息对抗是其核心。

2) 采用在干扰背景下和在多目标条件下目标的智能识别、分配、选择和再瞄准等,提高复杂环境下的导弹作战能力;未来的局部战争是信息化条件下的高技术战争,将在更广阔的空中、空间、地(海)面、水下及更复杂的环境条件下进行,制导武器要在极短的时间内将目标摧毁,仅依靠“打了不用管”显然不够,还要求导弹必须分清敌我,能够分析战场态势,准确打击目标有效部位。

3) 提高杀伤破坏能力为目的的弹药技术,采用智能杀伤技术,如智能战斗部引爆控制等,提高对目标的杀伤效率。

4) 以计算机为核心的微电子技术、软件技术、信息获取与处理技术;以战场监视、目标探测为中心的遥感和传感技术;以传输信号、图像信息为目的的网络与通信技术,以及以提高机动性能,增大导弹作战距离为目的的推进技术、动力技术和能源技术将取得快速进展。

5) 以保障机动、提高生存力和防护力为主要目的的工程技术、防化技术、生物工程技术及以军事运筹学为基础,军事系统工程为核心的军队指挥和管理技术等也将取得快速进展。

下面列举几个国外智能化导弹的例子。

(1) “标准-3”动能杀伤器^[1]

美国海军宙斯盾导弹防御系统(Aegis)中的“标准-3”(SM-3)拦截器动能杀伤器(KW)可称为智能化导弹,其智能反映在杀伤器的红外寻的头采用智能图像识别技术来识别目标弹头的要害作为瞄准点,控制 KW 向瞄准点飞行。由 KW 上的固体姿控和轨控发动机系统保证 KW 的智能飞行控制,使其与目标弹头直接碰撞,保证 KW 以高速碰撞的动能杀伤目标。

(2) “战术战斧”巡航导弹^[2]

美国的战斧巡航导弹系列中最新型号“战术战斧”(Tactical Tomahawk)巡航导弹为具有智能化飞行控制的导弹系统,主要体现为采用智能化“巡航导弹实时再瞄准系统”(Cruise Missile Real-Time Retargeting, CMRTR)。

CMRTR 系统包括:飞行计算机和小型化伺服机构、GPS 接收装置和红外(IR)飞行稳定系统。它能在飞行中进行再编程攻击,从 15 个目标中选择出 1 个按 GPS 定位的目标;它还能在目标区用电视摄像头评估其毁伤情况,重新选择要攻击的目标,具有在飞行中对目标的再瞄准

能力;具有对特别重要的地面固定目标和活动目标瞄准点的精确选择和命中能力;激光雷达导引头具有能在强干扰背景下自动目标识别能力;具有在飞行中对飞行路线自主规划能力。

战斧巡航导弹智能化实时再瞄准系统的三种可选的工作状态:默认状态(Default),灵活任务状态(Flex Mission),应急任务状态(Emergent)。导弹可根据弹上对目标测量和地面控制系统发来的指令在飞行中判断采用哪种攻击目标的工作状态。

(3) 微型杀伤器

美国的微型杀伤器(Miniature Kill Vehicle)将设想用于未来的弹道导弹防御,它是一种高智能化的灵巧拦截器。它具有6自由度的飞行控制,装有很多微型轨控脉冲发动机和姿控发动机。杀伤器上的目标敏感装置为智能化光学寻的器。微型拦截器杀伤技术中的一种设计方案称为“多杀伤器”(Multiple Kill Vehicle, MKV)^[3,4],即子母拦截器技术。MKV设计思想是利用一次发射的带多个杀伤器的拦截器来拦截目标群(包括未能识别的真假目标群),以达到提高杀伤效率的目的。

美国洛马公司当前MKV方案主要包括运载器(CV)和杀伤器(KV)两部分。MKV的智能化体现在运载器用多种光学传感器探测选定的空间目标区域,获取目标群和背景信息并进行智能识别处理,分析目标组成和态势,从目标群中剔除一些明显的假目标;对未剔除的目标向各个杀伤器进行分配,及时释放杀伤器,对飞行中的杀伤器进行数据通信联系并对其进行智能控制,各杀伤器分别跟踪所分配的目标,采用寻的制导KV与目标直接碰撞杀伤,运载器作杀伤效果智能评估等方面的工作。

(4) 智能变形结构导弹

如采用“滑动蒙皮”可以改变巡航弹翼形状,以适应从高速飞行攻击布局到低速远程巡航布局。Raytheon公司正在开发的一种可变形翼面的巡航导弹,采用先进的材料、作动器、传感器和电子技术,使导弹结构在飞行中能自适应改变形状。又如阿莱尼亚-马可尼公司的“菱形后掠”可变弹翼飞行器,可以适应射程的变化。试验器重900 kg,射程可增加到65 km。又如采用变形弹头用以控制导弹气动力特性和机动特性。采用多层PZT陶瓷、树脂和铝材料组成弹头变形作动器。

(5) RAM 导弹成像导引头

RAM是美国末端防御舰空导弹。其红外成像导引头具有较高的智能,它安装在动力陀螺上,采用80元线性阵列,该阵列使用自由陀螺旋转和导弹滚动提供精确的惯性基准红外图像,其智能化的能力为:

- 1) 识别先前发射的导弹的能力;
- 2) 重新瞄准能力;
- 3) 分离和排除诸如云层和海岸背景的结构性杂波的功能;
- 4) 自主IR捕获和跟踪的能力。

从以上国外智能化导弹发展动态和例子说明,智能化作战是一种运用智能武器手段,广泛实现高效指挥控制和灵巧精确打击的高技术作战形式。上述这些技术在导弹上已有了成功应用,使导弹的功能和性能得到极大提升。事实上,智能技术在国外导弹上已经逐步得到实际应用,已经开始渗透到导弹的各个组成部分。