

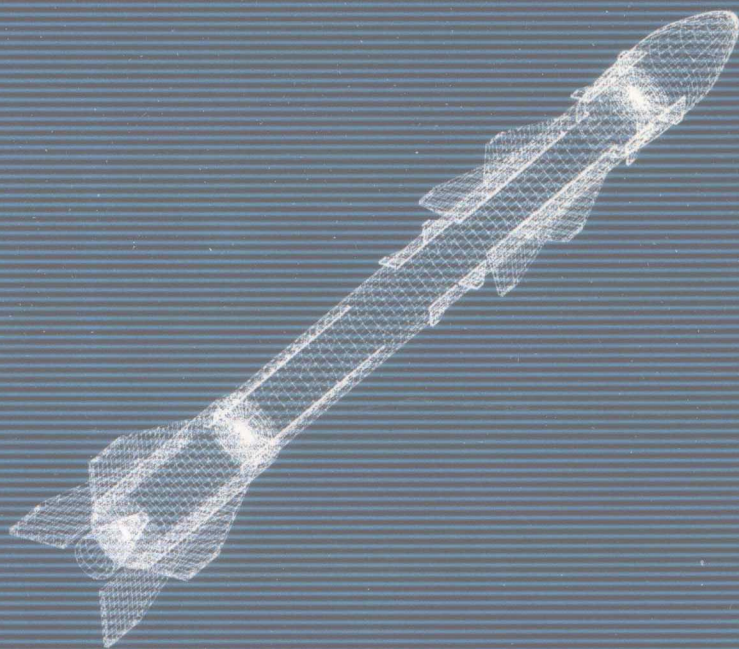
航空宇航科学与技术



国防科工委「十五」规划教材

导弹制导控制系统 分析、设计与仿真

●刘兴堂 主编



西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工程大学出版社



国防科工委“十五”规划教材·控制科学与工程

导弹制导控制系统分析、设计与仿真

主 编 刘兴堂

副主编 康凤举

编 著 刘 宏 柳世考 刘 力
李为民 何广军 牛中兴

西北工业大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社

哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

制导控制系统从来就是导弹最重要、最关键的系统之一,它的科学分析与正确设计在很大程度上决定着导弹武器的功能和性能;系统仿真是实现导弹精确制导与控制不可缺少的技术手段。因此,本书集制导、控制与仿真为一体,全面、系统地阐述导弹制导控制理论和技术,包括制导控制系统的硬、软件分析、设计及仿真研究。其内容丰富、新颖,力求反映当今该领域的先进理论和学术技术水平,同时概括作者们多年来的主要教学和科研成果。

本书可作为航空、航天、航海高等院校相关学科专业高年级学生、研究生的教材;亦可作为从事飞行器制导、控制及其他复杂机电控制、计算机应用与系统仿真的科学工作者和工程技术人员的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

导弹制导控制系统分析、设计与仿真/刘兴堂主编. —西安:西北工业大学出版社,2006.1

ISBN 7-5612-2017-0

I. 导… II. 刘… III. 导弹制导—控制系统—高等学校—教材 IV. TJ765.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 119444 号

导弹制导控制系统分析、设计与仿真

刘兴堂 主编

责任编辑 傅高明

责任校对 高立新

西北工业大学出版社出版发行

西安市友谊西路 127 号(710072)

市场部电话:029-88493844

<http://www.nwpup.com>

陕西向阳印务有限公司印制 各地书店经销

开本:787 mm×960 mm 1/16

印张:25.875 字数:543 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

ISBN 7-5612-2017-0 定价:38.00 元

国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任：张华祝

副主任：王泽山 陈懋章 屠森林

编 委：王 祁	王文生	王泽山	田 蔚	史仪凯
乔少杰	仲顺安	张华祝	张近乐	张耀春
杨志宏	肖锦清	苏秀华	辛玖林	陈光禡
陈国平	陈懋章	庞思勤	武博祯	金鸿章
贺安之	夏人伟	徐德民	聂 宏	贾宝山
郭黎利	屠森林	崔锐捷	黄文良	葛小春



总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。党的十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济做出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,产生和传播国防科技



新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、华北工学院、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴



国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



前 言

随着科学技术的发展,人类经历了徒手战争、冷兵器战争、热兵器战争和机械化战争时代,从而进入了现阶段的信息化战争。信息化战争中使用的兵器统称为高技术兵器,它包括精确制导武器、高度电子化武器、人工智能武器、聚能武器、隐身武器、天基武器和新概念武器等。其中,精确制导武器在近几年局部战争中显示了超常的作战能力,已经成为现代高技术战场中武器的主角,并不断地影响着现代战争的模式和进程,改变着人们早先的军事思想和传统观念。

导弹是精确制导武器家族中的佼佼者,它区别于常规弹道武器,在于能借助制导控制系统导引并控制其飞行路线,从而精确地命中、毁伤目标。因此,导弹制导控制系统的分析与设计从来就是决定导弹武器系统功能和性能的关键环节。

50 多年来的导弹发展史表明,导弹制导与控制技术的发展始终同系统仿真技术的应用有着不解之缘。它们总是相互促进,共同进步。目前,仿真技术已经成为导弹制导控制系统论证、研制、试验、鉴定、作战使用和训练不可缺少的手段,仿真技术应用已贯穿于导弹制导控制系统的全寿命周期。这就是我们将导弹制导、控制与仿真融为一体来撰写本书的出发点。

全书共分 9 章。第 1 章导论,阐明包括导弹在内的精确制导武器概念;论述导弹制导与控制系统组成及原理;提出导弹制导控制系统分析与设计问题;讨论系统仿真技术及其在导弹制导控制系统全寿命周期中的应用。第 2 章导弹制导控制系统的主要设备和装置,重点讲述生成信息装置、信息计算设备、自动驾驶仪及气动和燃气动力控制装置。第 3 章导弹制导体制、方法和导引律的分析与设计,综述导弹各种制导体制与方法及其原理;研究形成导引律的各种方法并讨论导引律设计问题。第 4 章导弹弹体运动动态特性分析,包括对制导控制对象——弹体——设计的一般要求、导弹气动布局和控制特点,弹体动力学与运动学模型及空间运



动特性和稳定性分析等。第5章舵系统及其扩展对象的分析与设计,主要讲述舵系统分类、结构组成,各类舵机及其传递函数,舵系统及扩展对象的数学模型及其特性分析,舵系统稳定性分析和设计方法,以及舵伺服系统优化设计。第6章导弹稳定控制回路分析与设计,讨论稳定控制回路结构;研究弹体弹性变形对稳定回路的影响,并在对侧向和倾斜回路分析与设计的基础上讨论了几种典型稳定控制系统的分析与设计;提出改善导弹空间运动稳定性的方法;简述新一代导弹控制系统的总体结构及特点。第7章导弹制导回路分析与设计,详细讲述了遥控制导系统、寻的制导系统、自主式制导系统、复合制导系统及多模寻的制导系统的分析与设计方法和技术。第8章制导控制系统设计中的若干技术问题,深入研究了制导控制系统设计中的某些关键环节与技术。如导引精确估计、各种比例导引及其有效导航比选择、自主回路寄生反馈和制导回路惯性对导引精度的影响、天线罩斜率误差及其补偿,以及制导系统抗干扰设计等。第9章导弹制导控制系统仿真,着重讲述仿真方法,主要仿真设备及应用,各种仿真系统,包括数学仿真与半实物仿真系统(如,射频、红外、成像、激光制导等的半实物仿真系统)的设计及实现。

为了使读者更好地掌握本领域坚实、广阔的基础理论和系统、全面的专门知识,并便于深入研究,在每章之后附有思考题。

本书在撰写过程中得到了许多专家及同行的热情鼓励和帮助。王子才院士、梁晋才院士和黄先祥院士提出了不少宝贵建议;徐杰、孙文、姜晓赞、夏伟鹏等硕士付出了极大的辛劳;雷虎民教授为本书提供了许多宝贵资料。这里,一并深表衷心感谢。

另外,本书引用了不少可贵文献,从中汲取了丰富营养。在此,对撰写这些文献的中外专家、学者表示崇高敬意。作者尤其要感谢出版社的领导和同志们的大力支持。

本书涉及知识面很广,而作者水平有限,其缺点和错误在所难免,敬请广大读者指正。

作者

2005年8月10日

目 录

第 1 章 导论

1.1 精确制导武器与导弹	1
1.2 导弹制导控制系统概念、特点、组成及原理	4
1.3 导弹动力学与运动学环节及其数学模型	6
1.4 导弹制导控制系统分析与设计问题	10
1.5 制导控制系统设计依据和工作	14
1.6 导弹制导控制系统仿真问题	16
思考题	20

第 2 章 导弹制导控制系统的主要设备和装置

2.1 决定导弹制导控制设备和装置组成的因素	21
2.2 目标和导弹坐标测量装置	22
2.3 导弹稳定和控制设备	40
2.4 制导站收发装置和弹上无线电设备	42
2.5 信息计算装置	44
思考题	49

第 3 章 导弹制导体制、方法和导引律的分析与设计

3.1 引言	50
3.2 导弹基本制导体制及原理	50
3.3 古典制导方法与导引律分析	72
3.4 现代制导方法与导引律	79
3.5 新型导引律分析与设计	91
思考题	96

第 4 章 导弹弹体运动动态特性分析

4.1 引言	97
4.2 对控制对象——弹体——设计的一般要求	97
4.3 导弹气动布局与控制特点	103
4.4 作用在弹体上的力和力矩	108
4.5 刚性弹体运动方程组	111
4.6 刚性弹体运动的传递函数及动态分析	122



4.7 刚性弹体空间运动的稳定性分析	126
4.8 弹性弹体运动数学模型	129
4.9 具有两套控制机构的弹体动态特性	130
4.10 BTT 导弹弹体数学模型	133
思考题	135

第5章 舵系统及其扩展对象的分析与设计

5.1 概述	137
5.2 对舵系统的基本要求	137
5.3 舵系统分类及各类舵机	139
5.4 舵系统的传递函数及特性分析	143
5.5 带力矩平衡式舵机的舵系统特性分析	147
5.6 基于维什涅格拉茨图的舵系统特征方程分析法	151
5.7 舵系统设计方法与实现	152
5.8 舵伺服系统优化设计	160
思考题	168

第6章 导弹稳定控制回路分析与设计

6.1 概述	169
6.2 稳定控制回路原理及结构	170
6.3 理想化稳定控制回路理论及其应用	174
6.4 无差稳定控制回路的基本特性及其分析	178
6.5 导弹空间运动稳定性分析与求解	179
6.6 提高导弹空间运动平衡稳定性的技术途径	188
6.7 稳定控制回路设计概论及要点	190
6.8 侧向稳定控制回路分析与设计	191
6.9 倾斜稳定回路分析与设计	207
6.10 数字式稳定控制系统分析与设计	216
6.11 BTT 导弹稳定控制系统分析与设计	224
6.12 垂直发射导弹控制系统分析与设计	230
6.13 旋转式导弹稳定控制系统分析与设计	236
6.14 自振式稳定控制系统分析与设计	240
6.15 考虑弹体弹性的稳定控制系统分析与设计	244
6.16 未来导弹制导控制系统展望	248
思考题	251

第7章 导弹制导回路分析与设计

7.1 概述	252
--------------	-----



7.2 制导回路设计原则、主要依据和基本要求	253
7.3 制导体制和制导规律的分析与选择	255
7.4 遥控制导系统分析与设计	259
7.5 寻的制导系统分析与设计	267
7.6 自主式制导回路分析与设计	282
7.7 复合制导系统分析与设计	296
7.8 多模复合寻的制导	304
思考题	305
第8章 制导控制系统设计中的若干技术问题	
8.1 引言	307
8.2 可达导引精度估计	307
8.3 导航比选择和最佳导航比计算	309
8.4 制导回路惯性对导引精度特性影响分析	312
8.5 自主回路寄生反馈影响及其减小途径	313
8.6 典型比例导引及其工程实现	316
8.7 天线罩斜率误差及其补偿	324
8.8 制导控制系统抗干扰设计	329
8.9 卡尔曼滤波器在寻的制导回路中的应用	334
8.10 导弹控制力和力矩的产生方法	336
思考题	341
第9章 导弹制导控制系统仿真	
9.1 概述	342
9.2 制导控制系统数学仿真	343
9.3 制导控制系统数学仿真实例	356
9.4 制导控制系统半实物仿真综述	363
9.5 射频制导半实物仿真及其系统设计	372
9.6 红外制导半实物仿真及其系统设计	382
9.7 成像制导半实物仿真及其系统设计	387
9.8 激光制导半实物仿真及系统设计	391
9.9 双模寻的制导半实物仿真系统	394
思考题	396
主要参考文献	397

第1章 导 论

1.1 精确制导武器与导弹

1.1.1 制导武器和精确制导武器概念

制导武器就是按照特定的基准选择航行路线,控制和导引对目标进行攻击的武器。或者说,制导武器就是一种无人驾驶的制导战斗飞行器或陆上、水中兵器。

同非制导武器相比,制导武器有两个显著特点:① 战斗部载体具有制导功能;② 不仅有爆炸杀伤目标的弹头,而且有自动捕获、跟踪和识别目标的能力。

所谓精确制导武器是指命中精度(概率)很高的导弹、制导炮弹、制导炸弹、制导鱼雷等制导武器的总称,而且主要是指非核弹头的高精度战役、战术制导武器。在此,“精确”是一个相对概念。目前国内外尚未有统一认识,但较有代表性的看法是,直接命中概率高于50%的制导武器才称得上精确制导武器。而直接命中的含义是指制导武器对射程内的点目标,如坦克、装甲车、飞机、舰艇、雷达、桥梁、电站、油库、指挥中心等的射击圆概率误差(又叫圆估算误差) CEP(Circular Error Probable)小于该武器弹头的杀伤半径。显然,CEP 越小,武器的命中精度越高。表1-1给出了几种典型制导武器的圆概率误差 CEP 值。

表 1-1 几种典型制导武器的圆概率误差

武器名称、代号	国 别	最大射程/km	CEP/m
V-2 火箭	德国	320	5 000
SS-1C“飞毛腿-B”地地战术导弹	前苏联	300	300~450
LGM-30G“民兵-Ⅲ”地地洲际弹道导弹	美国	13 000	185~225
BGM-109C“战斧”对陆攻击巡航导弹	美国	1 300	9
AGM-84E“斯拉姆”空地导弹	美国	110	≤10
M712“铜斑蛇-2”型末制导炮弹	美国	4~20	1

表1-1中,如(美)BGM-109C“战斧”对陆攻击巡航导弹的 CEP 值为9 m,意指若发射100枚此类导弹,则至少有50枚落入以目标为中心,半径为9 m的圆域内。所以“战斧”巡航导弹称其为精确制导武器。又如对于V-2火箭、“飞毛腿-A”导弹等,其直接命中概率低于50%,故它们是制导武器,而并非精确制导武器。



精确制导武器主要包括导弹、精确制导弹药和制导鱼雷等。精确制导弹药又可分为(末)制导弹药和末敏弹药两类。导弹是类别最多,研制、生产和装备使用数量最大的一类精确制导武器。

与非制导武器相比,精确制导武器具有命中精度高、可实施远程精确打击、作战效能高、发展技术潜力大等突出优点。

1. 命中精度高

非制导武器的一个严重弱点是命中精度低。据统计,第二次世界大战中航空炸弹的命中概率为 7%,大口径舰炮的命中概率为 1%~3%,鱼雷的命中概率为 15%。相反,当前的精确制导武器的命中精度相当高。如激光制导炸弹轰炸的 CEP 仅为 1.5 m,比普通炸弹提高了数百倍;激光制导炮弹的 CEP 小于 1 m,如果以人为目标,可说是百发百中;第四代“潘兴 II”中程导弹射程为 1 800 km,CEP 仅为 25 m;第五代“侏儒”洲际导弹射程为 11 400 km,而 CEP 只有 120 m;“战斧”巡航导弹可飞行 1 300 km,CEP 仅为 9 m,相当于在 1 km 之外可用步枪打中一只小苍蝇。

2. 可实施远程精确打击

由于精确制导武器已经超越了非制导武器的传统的“射程—精度”的规律和概念,不会因射程增大而降低命中率(见图 1-1)。

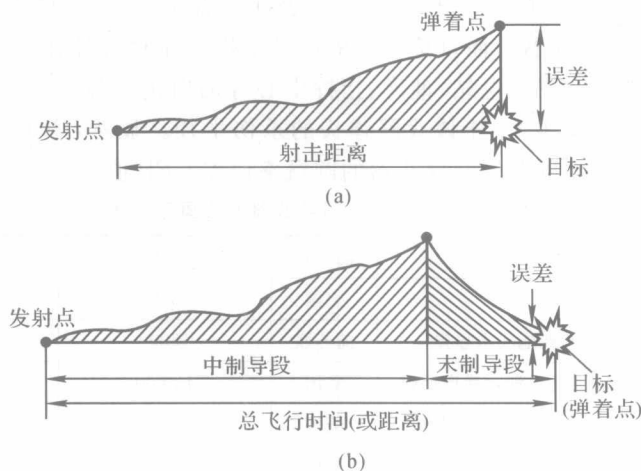


图 1-1 非制导武器与精确制导武器的弹着点误差比较

(a)非制导武器的弹着点示意图;(b)有中制导和末制导的导弹弹着点误差示意图

这样,命中精度不再受距离限制,便给远程精确打击奠定了理论基础。同时,精确制导武器,如导弹由于飞行速度快(高速导弹飞行速度可达 20 000 km/h,从发射到命中上万公里以外的目标只需半小时左右),从而具有赢得战机的远程奔袭能力。正因为如此,现代战争便可



依靠精确制导武器实施远程精确打击。

1.1.2 导弹分类及基本组成

1. 导弹分类

导弹是目前最具代表性的精确制导武器,也是精确制导武器家族中的佼佼者。

通常,导弹可按其作战使命、攻击目标、发射点和目标位置、射程、飞行方式、战斗部类型、弹道形式、外形特征及制导方式等进行多种分类。

导弹按作战使命可分为战略导弹和战术导弹两类。两者又可分为战略进攻型导弹、战略防御型导弹和战术进攻型导弹、战术防御型导弹。

导弹按攻击目标分为反坦克导弹、反舰导弹、反雷达(反辐射)导弹、反飞机导弹、反卫星导弹、反导弹导弹……

导弹按发射点和目标位置可分为面对面、面对空、空对面、空对空导弹。面对面导弹包括地地、岸舰、舰舰、舰地、潜地、潜舰、潜潜导弹等;面对空导弹包括地空、舰空、潜空导弹等;空对面导弹有空地、空舰、空潜导弹等。除此还有,具有天基作战平台的反卫星导弹、卫星反导弹导弹、天基拦截器等。

导弹按射程可分为近距离导弹($<100\text{ km}$)、近程导弹($100\sim1\,000\text{ km}$)、中程导弹($1\,000\sim3\,000\text{ km}$)、远程导弹($3\,000\sim8\,000\text{ km}$)和洲际导弹($>8\,000\text{ km}$)。

另外,按弹道特征可分为飞航式导弹和弹道导弹。按制导方式可分为主动、被动、半主动寻的导弹、遥控指令制导导弹及双模(多模)复合寻的导弹等。

2. 基本组成

导弹是一个很复杂的技术系统。它一般由弹头、弹体、推进系统、制导控制系统、电源等基本部分组成。通常,弹头为战斗装备,包括战斗部、引信和保险执行机构。推进系统由主巡航发动机和助推器组成。图1-2(a),(b)分别给出了美制反舰型和对陆攻击型“战斧”式巡航导弹的系统结构示意图。

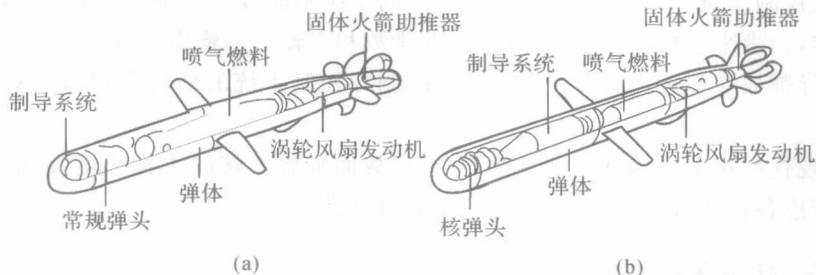


图1-2 美制“战斧”式巡航导弹的系统结构示意图

(a)常规弹头,反舰型;(b)核弹头,对陆攻击型



1.2 导弹制导控制系统概念、特点、组成及原理

1.2.1 制导控制系统概念

制导控制系统是导弹的核心和关键部分,在很大程度上决定着导弹的战术技术性能,特别是制导精度。

作为制导控制系统必须具备两方面的基本功能:第一,在导弹飞向目标的整个过程中,不断地测量导弹的实际飞行弹道相对于理想(规定)飞行弹道之间的偏差,或者测量导弹与目标的相对位置及其偏差,按照一定制导规律(简称导引律),计算出导弹击中目标所必须的控制指令,以便自动地控制导弹,修正偏差,准确飞向目标。这就是所谓的“制导”功能。第二,按照导引律所要求的控制指令,驱动伺服系统工作,操纵控制机构,产生控制力和力矩,改变导弹的飞行姿态和路线,保证导弹稳定地按照所需要的弹道飞行直至命中目标。这就是常说的“控制”功能。依此观点讲,导弹制导控制系统实质上是完成导弹“制导”和“控制”功能的硬件及软件的总称。进一步讲,导弹制导控制系统是以弹体为控制对象的自动控制系统。它将按照选定的导引律不断地调整和修正导弹飞行路线,导引和控制导弹飞向目标,直至最后命中目标。

1.2.2 制导控制系统特点

导弹制导控制系统区别于一般自动控制系统,具有如下主要特点,必须在设计与制造中着重考虑:

(1)导弹是一个高速并可机动的飞行器,为了对付目标,必须具有连续测定目标状态的能力,并控制导弹按照一定的规律飞行,这样才能有效地命中目标。

(2)导弹在使用空域内飞行高度和飞行速度的变化范围很宽广,所以飞行中它的运动参数和控制参数都会有相当大幅度的改变,致使导弹动态特性发生很大变化。为了获得满意的导弹自动驾驶仪控制品质和导弹飞行性能,制导控制系统不能按一条特定弹道设计,必须有自适应能力。这样,会带来系统设计中的非线性、变参数和多输入多输出等难题。

(3)由于导弹战斗部威力有一定限制,因此,制导控制系统的精度必须满足对目标命中精度的要求。

(4)由于现代高技术战场越来越复杂,导弹作战面临着严峻的干扰环境,因此制导控制系统设计必须考虑各种随机干扰的影响,具备相应对抗措施。

1.2.3 制导控制系统组成

导弹制导控制系统由导引系统和控制系统组成(见图 1-3)。

导引系统主要担负“制导”功能,由探测设备和导引指令形成装置组成。探测设备用于对



目标和导弹运动状态测量,包括位置标量、速度和加速度矢量等。指令形成装置是信息计算、变换和处理设备。

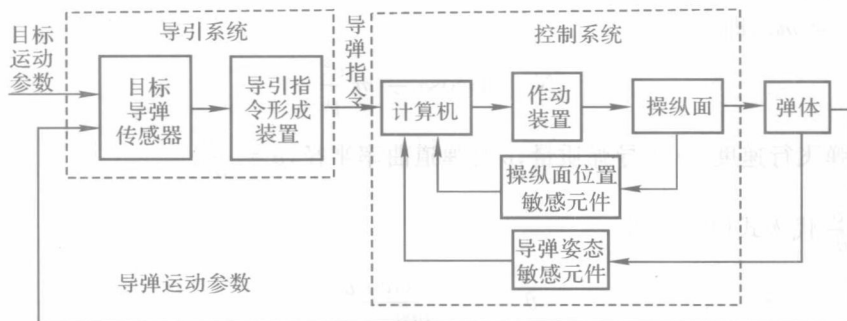


图 1-3 导弹制导控制系统的基本组成

控制系统又称稳定控制系统,是制导控制系统的内回路。通常由敏感设备、综合设备、放大变换设备、执行机构(伺服装置)和控制对象——导弹本身(弹体)——组成,起“稳定与控制”作用。

应该指出,导引系统可以全部安装在弹上,也可以分装在弹上及弹外制导站(地面、舰船、飞机甚至卫星)上,但控制系统必须全部安装在弹上。

1.2.4 导弹制导控制原理

导弹之所以能够准确地击中目标,是由于制导控制系统能够按照一定的导引律对导弹实施控制。控制的目的在于改变导弹的运动方向和速度,其根本方法是产生与导弹飞行速度矢量平行和垂直的控制力。如,在大气层中飞行的有翼导弹主要受发动机推力 P 、空气动力 R 和导弹重力 G 的作用,它们的合力可分解为导弹飞行方向的切向力和垂直于导弹飞行方向的法向力。显然,前者可改变导弹飞行速度,后者能改变导弹飞行方向。通常,切向力大小由改变推力获得控制,而法向力大小则主要通过改变空气动力来控制。对于先进导弹和在大气层外飞行的无翼导弹将通过改变推力矢量和燃气动力的方法控制导弹飞行方向的切向力和法向力。

下面以改变导弹空气阻力的方法为例说明导弹制导控制原理。

导弹传统的制导控制方法是依靠操纵气动舵面来改变作用于弹体上的空气动力实现的。其空气动力可沿速度坐标系分解成升力、侧力和阻力,其中升力和侧力垂直于导弹飞行方向,分别在导弹的纵对称平面和侧平面内。这里,导弹在纵对称平面内的受力情况如图 1-4 所示。

显然,导弹所受的可改变法向力为

$$N_y = Y + P \sin \alpha \quad (1.1)$$

式中, Y 为升力; P 为推力; α 为攻角。