



国防特色教材·航空宇航科学与技术

National Defense
TEXTBOOK



现代飞行器设计 理论与技术

王和平 杨华保 陈江宁 等编著



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



国防特色教材·航空宇航科学与技术

现代飞行器设计理论与技术

王和平 杨华保 陈江宁 等编著

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

本书在讨论现代飞行器设计理论与技术的基础上,重点介绍了飞行器的研制过程、飞行器设计方法和设计理论的基础、飞行器设计方案的评价准则和评价方法、预测技术与回归分析、工程优化理论与算法、多学科综合优化设计、健壮设计技术、并行设计技术、计算机辅助飞行器设计、常用飞行器设计软件介绍等内容。目的是使学生在较少的学时(60~80学时)内,较具体地了解现代飞行器设计理论与技术,了解现代设计与传统设计的联系与区别,了解常用的飞行器设计方法与软件,并初步掌握这些理论与技术,以满足对知识面更广、专业面更宽、综合设计能力更强的飞行器设计人才的需求。

本书可作为高等工科院校航空航天类专业学生的教材,也可供飞行器研制行业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代飞行器设计理论与技术/王和平等编著. —西安:西北工业大学出版社,2012.7
国防特色教材·航空宇航科学与技术
ISBN 978-7-5612-3371-9

I. ①现… II. ①王… III. ①飞行器—设计—高等学校—教材 IV. ①V42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 159193 号

现代飞行器设计理论与技术

王和平 杨华保 陈江宁 等编著

责任编辑 张 友

*

西北工业大学出版社出版发行

西安市友谊西路 127 号(710072) 发行部电话:029-88493844 传真:029-88491147

<http://www.nwpu.com>

陕西兴平报社印刷厂 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:20.375 字数:433 千字

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷 印数:2000 册

ISBN 978-7-5612-3371-9 定价:45.00 元

前 言

现代航空航天科学技术向两个方向发展:一是学科越分越细,二是跨学科高度综合。为适应这种形势,航空航天高等教育也正在进行改革。过去航空航天工科院校各专业过多地设置分析性课程,而忽视各门学科知识的综合,这不利于培养学生解决实际问题的能力。本书试图用系统工程观点,综合飞行器设计各门课程基础知识,使学生掌握现代飞行器设计理论与技术的通用方法。

飞行器设计是一种创造性活动,最终目标是保证飞行器功能满足社会需求。飞行器设计直接影响飞行器性能、质量、成本和企业经济效益。商品市场的竞争促使人们去探索新的设计理论、方法和技术,以创造出质高价廉的新型飞行器。因此,对飞行器设计方法的研究有着十分重要的意义。

现代飞行器设计理论与技术属于设计方法学,是研究飞行器设计规律、飞行器设计程序以及飞行器设计各阶段具体方法的一门综合学科。其目的是总结设计规律性、启发学生创造性,在给定设计条件下,实现高效、优质的设计,培养开发性、创造性飞行器设计人才。

设计方法学介绍的是现代设计方法。与传统设计方法相比,现代设计方法是运用系统工程理论,把飞行器设计放在人机环境系统中所形成的科学的、一体化综合分析设计的方法。现代设计方法不是对传统设计方法简单的取代,而是在常规设计法基础上的进一步发展和延伸。

关于设计的方法、程序、规律,国内外学者、专家有过许多论述,但本书与其他“设计方法学”内容不同的地方是注重实用性,既提倡创造性思维,更重视实际应用。一般说,发明创造并不能直接显示出社会效益,只有把它用在产品上,并且使产品在市场上畅销,才能显示出社会效益,才能真正为社会所公认。所以,本书力求使设计方法学理论和原则,应用于飞行器设计;既定性又量化,这是本书特点之一。另外,根据笔者多年从事飞行器设计科研与教学的经验体会认为,创造性的飞行器设计在于设计综合。量的综合能引起质的飞跃,纵观许多发明创造并非都是基于全新的原理和构造,而多半是对已有技术的综合结果。将设计综合应用于飞行器设计是本书又一特点。

飞行器设计全过程包括计划、设计、制造、试验、销售、售后服务各阶段。本书

将系统介绍飞行器设计程序,因为,合理的飞行器设计程序能保证产品质量,提高设计效率,减少设计失误。本书内容包括现代飞行器设计方法学,工程优化理论与算法,多学科优化,并行设计技术,CAD技术等,重点介绍设计阶段的方法步骤,例如,飞行器概念设计、结构方案设计、飞行器总体设计、评价决策等。对现代飞行器设计中需要用到的预测技术、回归分析与统计检验、总体参数优化、多目标优化、多学科优化、评价方法及常用计算机软件均通过实例来进行讲解。书中叙述力求深入浅出、突出重点、通俗易懂。

本书是笔者在多年讲稿的基础上编写而成的,可作为飞行器设计与工程、飞行器制造与工程等航空航天类专业本科生和研究生的教材,也可作为航空航天类工程师培训班教材,同时可供从事飞行器设计工作的工程技术人员和科研工作者、大专院校教师参考。

本书第1,2,6~8章由王和平教授编写,第3~5章由杨华保副教授编写,第9~10章由陈江宁高级工程师编写,第11章由北京索为高科系统技术有限公司编写。

限于理论知识和业务水平,书中难免有疏漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编著者

2012年3月

目 录

第 1 章 飞行器的研制过程	1
1.1 飞行器设计概述	1
1.2 飞行器设计的定义和任务	2
1.3 飞行器设计的各个阶段	2
1.4 现代飞行器设计的特点	5
习题	7
第 2 章 飞行器设计方法和设计理论的基础	8
2.1 设计——创造性的过程	8
2.2 飞行器设计方法的发展	11
2.3 系统设计方法学	13
2.4 飞行器设计模型的形式	17
2.5 应用实例——飞机总体设计模型及总体参数优化	19
习题	30
第 3 章 飞行器设计方案的评价准则和评价方法	31
3.1 飞行器设计方案评价意义和内容	31
3.2 飞行器设计方案的评价准则	33
3.3 飞行器设计方案的评价与决策	35
习题	40
第 4 章 预测技术与回归分析	41
4.1 预测技术	41
4.2 回归分析	51
4.3 应用实例——飞机重量预测的非线性统计分析方法	64
习题	69
第 5 章 工程优化理论与算法	70
5.1 引言	70
5.2 传统优化算法	72

5.3 现代启发式算法	82
5.4 应用实例——歼击机总体参数的多目标优化方法	88
习题	90
第6章 多学科综合优化设计	91
6.1 引言	91
6.2 多学科设计优化体系	94
6.3 多学科优化设计建模与近似方法	98
6.4 多学科设计优化灵敏度分析	107
6.5 多学科设计优化策略	111
6.6 应用实例——传感器飞机总体参数优化	120
习题	123
第7章 健壮设计技术	124
7.1 概述	124
7.2 试验设计	126
7.3 损失模型法	129
7.4 响应面模型法	135
7.5 容差模型法	143
7.6 随机模型法	149
7.7 应用实例——翼尖小翼的健壮优化设计	158
习题	163
第8章 并行设计技术	164
8.1 概述	164
8.2 并行设计学科	166
8.3 人员协同集成的并行设计法	172
8.4 面向下游环节的并行设计	177
8.5 计算机网络环境下的并行设计支持技术	183
8.6 CAD/CAPP/CAM 集成技术	186
8.7 并行设计中的产品数据管理	192
习题	198
第9章 计算机辅助飞行器设计	199
9.1 计算机辅助设计技术	199

9.2 计算机模拟功能	207
9.3 采用计算机对飞行器设计的影响	224
9.4 计算机辅助设计需要继续研究的问题	232
习题	238
第 10 章 常用飞行器设计软件介绍	239
10.1 翼型特性计算分析软件	239
10.2 计算流体力学软件 CFD	242
10.3 跨超声速面积律设计软件	251
10.4 结构分析软件	255
10.5 飞机质量分布特性计算软件	263
10.6 飞机方案分析软件	267
10.7 飞机总体参数多目标优化设计软件	269
10.8 三维设计软件	274
10.9 系统仿真软件	282
10.10 系统集成开发软件 Delphi	287
10.11 飞行仿真软件	288
习题	292
第 11 章 飞行器集成设计平台	293
11.1 飞行器集成设计平台概述	293
11.2 飞行器集成设计平台发展历程	296
11.3 集成设计平台框架软件简介及分析	299
11.4 集成设计平台框架(SYSWARE)简介	302
11.5 应用实例——飞机总体方案综合设计系统	305
11.6 集成设计平台展望	313
习题	315
参考文献	316

第1章 飞行器的研制过程

1.1 飞行器设计概述

飞行器由于其独特的飞行特性,在军事和民用的各个领域里得到普遍应用,也越来越受到广泛的关注。随着科学技术的日益进步,飞行器不论在技术还是在应用方面都得到迅速发展,在现代飞行器上综合运用了一系列基础科学、应用科学和工程技术的最新成果。飞行器设计是一门应用科学,是各项先进的科学技术综合应用的结果,其内容涉及理论力学、材料力学、空气动力学、飞行动力学、结构动力学、材料科学、航空发动机、自动控制技术、航空电子、计算机技术以及制造工艺等多种学科和专业技术领域。离开先进科学技术、没有坚实基础理论的指导,飞行器设计技术不可能得到进步和发展,现代飞行器设计就无法进行,而现代科学技术的发展也促进了飞行器设计技术的不断创新和进步。飞行器总体设计是飞行器设计学科的重要组成部分。

作为设计对象的现代飞行器是一个极复杂的工程系统,具有高度的层次结构,包含大量的构件和大概与其数量的二次方成正比地增长着的各种连接件,例如,现代宽机身飞机机体的零件数目就超过100万。

任何飞行器都可以分成若干个完成各种功能的子系统,将这些子系统综合在一起就决定了它的有效性能。其中,有产生升力的子系统,有保证飞机按给定航迹飞行的稳定性和操纵性的子系统,有推力子系统,以及在生命保障、在各种飞行条件下驾驶和导航飞行器等方面有专用功能的子系统。飞行器的每个子系统,在其自己的综合体中都可能包括一些或繁或简的系统和元件。

把飞行器分成若干个子系统是为了分析和研究问题的方便,这决不意味着各子系统是完全独立的。飞行器的各系统是相互联系和互相制约的。例如,现代超声速机动飞机广泛采用的、称之为整体化的布局,就是为了达到使其效率最高的目标,把机翼、机身、动力装置和系统结合在一起来考虑的。

另一方面,飞行器本身只是一种技术工具,需要有人生产它和操纵它才能发挥作用。飞行器只是更复杂的大系统中的一个组成部分,这个大系统包括整个飞行器机队和空勤组人员,进行飞行准备所需要的设备和人员,以及保证飞行安全的设备和人员等。具备了这些条件,飞行器才可能完成赋予它的飞行任务。因此,更准确地说,飞行器只是更复杂的和层次更高的一种系统——航空航天综合体——中的一个子系统。航空航天综合体是一个把人力和物质资源汇集在一起,以满足社会需要的有机结合体。

飞行器的特点决定了在设计时需要考虑到的系统观点,这种观点的理论基础是正在蓬勃发展的——系统工程。

1.2 飞行器设计的定义和任务

飞行器设计过程实质上就是在现实的基础上最佳地拟定“技术文件”的过程,这些技术文件应保证在给定条件下使新设计飞行器能满足使用技术要求。技术文件可分为三类。第一类包括飞行器的设计图纸、设计报告、计算报告、试验报告等技术文件,这类技术文件说明设计的指导思想和原则,回答有关要研制怎样的飞行器的问题;第二类是关于生产飞行器的方法和设备的工艺文件,回答怎样生产飞行器的问题;第三类是关于使用维护方面的技术文件,回答怎样正确使用飞行器的问题。

飞行器设计的任务是确定飞行器的构型、布局、结构和其他各组成部分,以保证在一定的限度内使飞行器最有效地满足给定的技术要求。为此,需要有明确的设计目标,并需建立评估设计方案优劣的准则。由于对飞行器要求的多样性和复杂性,一般来说要在一种型号的飞行器上完全反映或满足所有的使用要求是不可能的。设计人员的职责就是要处理好各种矛盾,对各种要求进行分析和综合,从而确定新设计飞行器的主要设计技术状态。单纯为了达到某些目标而不惜任何代价,显然是不可取的,而“一机多型”常常被认为是解决这一矛盾的方法。

选择和确定设计技术状态及设计任务时,除了要根据实际使用要求外,还要考虑客观条件的可能,包括设计经费、设计周期、技术发展水平、试验手段、所需材料和配套产品的来源、生产工艺条件等单独的或综合的条件限制。这就是说要正确处理先进技术和目前条件、当前需要与长远发展等方面的关系。

飞行器的复杂性决定了其研制工作的特点,为了设计一种新型的飞行器,必须建立专门的设计机构,在这个机构里拥有各个技术领域的众多专家,还包括比较完善的试验和试制基地。随着飞行器技术的发展和设计方法日趋先进,设计机构将是一个庞大的工程研发系统,这个系统的工作还必须依靠和借鉴其他一些科学研究机构的研究成果、批生产工厂及使用单位在生产和使用飞行器中所取得的经验。飞行器研制的实践表明,一架新型飞行器的研制成功,不仅取决于航空航天企业本身的技术水平、生产工艺、试验条件和管理水平,还取决于国民经济一系列工业部门的技术进步,它在一定程度上反映了国家综合科学技术水平的高低。

1.3 飞行器设计的各个阶段

在航空航天科学技术高度发达的今天,研制一种新型的飞行器,从设计方案的提出到试制、生产并投入使用,需要经过一个很长的过程,一般要几年,有时甚至十几年的时间。在这项复杂而周期很长的工作中,需要进行大量的科学研究、工程设计、分析计算、试验验证、工艺试

制等。为了比较清晰地描述这个复杂过程,通常把飞行器研制分为若干个阶段:研制总要求论证阶段、方案论证阶段、工程设计阶段、试制与试验阶段、设计定型阶段、生产定型阶段。设计实际上贯穿于研制工作的整个过程中。

按照设计任务和内容的不同及先后次序,一般把飞行器设计划分为三个有内在联系的阶段:

- (1)概念设计(Conceptual Design);
- (2)初步设计(Preliminary Design);
- (3)详细设计(Detail Design)。

1.3.1 概念设计

飞行器设计工作开始于对所研制新机的设计技术要求的论证和确定。虽然研制总要求是由使用部门负责提出或由使用部门与研制部门共同拟定的,但在概念设计阶段研制部门要配合使用部门对飞行器设计技术要求进行充分分析研究和论证。

概念设计阶段的任务是依据设计技术要求形成对所设计飞行器的构思及基本概念,并拟定出能满足设计要求的初步技术方案。现代飞行器设计都采用计算机辅助设计,因此,在这个阶段中通常可以选择几个方案进行对比分析,经过充分论证后初步确定飞行器的构型和气动布局方案。

概念设计阶段的主要工作如下:

(1)气动布局方案论证。该阶段工作包括构型、形式和气动布局方案的评比和选择,模型吹风,飞行性能及其他气动特性的初步分析计算,全机和各部件(系统)主要参数的选择,各部件相对位置的确定等。最后,绘制全机三视图,并提交有关的分析计算报告。

(2)全机总体布局方案论证。该阶段工作包括全机各部件、各系统、附件和设备的布置等。此时要考虑布置得合理、协调、紧凑,保证正常工作和便于维护等要求,并结合重心定位要求一起进行。最后绘制全机总体布置图,并编写有关报告和说明书。

(3)全机总体结构方案论证。该阶段工作包括全机结构承力件的布置,全机传力形式的分析,主要承力构件的承力形式分析,全机设计分离面 and 对接形式的选择,全机各种结构的选择等。全机总体结构方案可结合全机总体布局一起进行,并在全机总体布置图上加以反映,需要有相应的报告和说明书。

(4)各部件和系统的方案论证。该阶段工作包括对各部件和系统的要求、组成、原理分析、结构形式、参数及附件的选择等工作。最后,应绘制有关部件的理论图、构造图和有关系统的原理图,并编写有关的报告和说明书。

(5)全机重量计算、重量分配和重心定位。该阶段工作包括全机总重量的确定、各部分重量的确定、重心和惯量的计算等。最后应提交有关重量和重心等的计算报告,并绘制重心定位图。

(6)全机配套附件和设备等成件以及新材料和新工艺的选择和确定。对要求新研制的成件要确定技术要求和协作关系,最后提交协作及采购清单等有关文件。

概念设计阶段将解决全局性的重大问题,必须深入、细致和慎重地进行,要尽可能充分利用已有的经验,以求概念设计阶段中的重大决策有坚实可靠的基础,避免以后出现不应有的重大反复。

1.3.2 初步设计

初步设计过程中,需将前面所得到的飞行器的几何参数、重量参数和能量参数进一步加以具体化,使其符合各种相互矛盾的要求。进一步确定气动布局、总体布局、主要部件的结构形式、各主要系统的原理和组成等。制作飞行器及各部件的吹风模型和进行风洞吹风试验。根据试验结果进一步进行详细的气动力计算、操纵性和稳定性计算,以及动力学问题的初步计算,进行较精确的飞行器重心定位计算。在这些计算的基础上,对飞行器的总体布置进行适当修改,调整重量计算和重心位置,并制造样机,协调飞行器各组合件和各系统相互的空间位置,布置设备,评估空勤组和旅客的布置是否合理等。

此阶段的主要工作内容如下:

(1)气动方面。对所选方案进行全面的气动性能、操纵性和稳定性计算,颤振等动态稳定性计算,进一步的外载荷计算。同时还要进行风洞吹风试验,继续完善外形,给出各种设计计算所需的数据。

(2)结构设计。绘制结构草图,进行结构方案研究,对新结构和新工艺进行试验,并进行强度计算和验证性试验,同时要做好强度试验、振动试验和寿命试验等的准备工作。

(3)系统设计。要进行系统方案的地面模拟试验,进一步修改原理图,绘制安装草图,进行协调性检查和强度估算等。

(4)总体布局。改善外形和内部布置,绘制样机图,配合制作样机,以提供真实的外形和内部布置,供安装、协调和审查之用。此外,对影响全机的振动问题和气动弹性问题也要相应地做进一步的分析计算。

此阶段的工作结果是要提交经反复修改后的总体设计方案、外形理论图、结构打样图和系统原理图等,各种计算、分析和试验报告,供强度计算用的第二次外载荷计算报告,以及附件设备配套表,材料、工艺及协作项目的清单目录,样机及其评审结果报告等。最后将按照此阶段工作成果做出选定该初步设计方案和实现该方案的决策。

1.3.3 详细设计

此阶段要全面实现所确定的飞行器的参数和性能,要提交对飞行器各部件、各系统及全机

进行生产、安装、装配工作所要的全部技术文件,绘制飞行器原型机生产所要的全部图纸(包括零件图、装配图、理论图等),并相应进行全部必要的计算工作(包括气动、强度、动力学和疲劳方面的计算等),进行试制和试验的准备工作。

在此阶段中可能还需继续进行性能、操稳、气动、动力学等方面的校核性试验,利用校核试验结果和由图纸得到的重量、重心和惯量数据进行全面的性能、操稳等方面的计算,同时根据正式的外载荷进行零部件的强度校核计算,提前进行零构件、部件的强度试验或有关的振动试验。完成全机和零部件的重量、重心和惯量的计算,提交静力、动力试验任务书和飞行试验任务书。最后给出原型机试制所需的全部图纸和技术文件。

1.4 现代飞行器设计的特点

飞行器总体设计是指从概念设计到初步设计阶段进行总体方案设计的全过程,其最终目标是给出最优的新机总体方案。对新机研制工作具有全局性影响的重大决策大部分都要在总体设计阶段做出。总体设计工作中的失误,不仅会对以后的设计工作产生不利的影响,造成时间和经济上的损失,而且往往会直接影响到新机研制的成败。因此,飞行器总体设计是飞行器研制中最为重要的一个阶段。

飞行器总体设计也属于工程设计的范畴,具有一般工程设计技术的各种特性。但由于现代飞行器技术难度大、结构复杂、研制周期长、成本高,从而增加了总体设计的难度,使现代飞行器总体设计工作具有明显的特点。

1.4.1 综合与协调

现代飞行器结构复杂,飞行器设计涉及空气动力学、飞行力学、航空发动机、结构强度、结构动力学、自动控制、航空电子、武器火控、航空材料与工艺等多种专业技术领域,需要众多的各类专业技术人员参加。所以现代飞行器设计实际上是一种依靠集体智慧进行的具有创新性的工作,需要各专业之间的分工、合作和密切配合,需要总体设计工作者在各专业之间进行综合和协调。

飞行器是一个复杂的工程系统,它由许多专业子系统组成。一个好的总体设计方案,是其各专业子系统综合效应产生的结果,片面、孤立地追求子系统的先进和最优,而不进行各专业子系统之间的综合和协调,是不会形成全机的最优方案的。飞行器总体设计要满足多方面的、往往是相互矛盾的设计要求,设计中对各种问题的处理,都必须从全局出发,综合考虑多方面的要求和影响。如果对各方面的要求、可能产生的问题、需要采取的措施等没有进行综合考虑,就可能造成设计返工,甚至在生产、使用中引起不良后果。因此,飞行器总体设计实际上是对多方面的设计要求和多个专业进行综合与协调的决策过程,这一特点在总体方案设计阶段

反映得最为明显。

1.4.2 反复迭代、逐次逼近

新机研制首先要根据国民经济或国防建设的需要,拟定出飞行器的使用技术要求或战术技术要求,然后根据所拟定的技术要求确定飞行器总体设计方案。由于飞行器的设计要求的多方面的,而且往往是相互矛盾的,再加上飞行器设计的复杂性,所以一般不可能用解析的方法直接得到满足设计要求的总体方案,而只能是一个反复迭代、逐次逼近的动态过程。也就是说首先要有一个初始方案,在这个方案的基础上经过反复迭代逐步达到满足设计要求的最终方案。虽然每一轮在步骤和原理上都是一样的,但并不是简单的重复,每迭代一次都要使总体方案更加完善、具体和更好地满足设计要求。在上面提到飞行器总体设计是一个综合与协调的决策过程,方案的确定往往还与人的因素有关,这与一般的系统分析工作不同,几乎不存在唯一性。满足设计要求的方案往往会有若干个,这就有一个优化问题。目前,在飞行器总体设计中广泛采用计算机辅助设计,利用计算机对飞行器总体方案设计进行综合优化,模拟上述过程,从而得到最优的设计方案。

实际上,在飞行器整个研制过程中,各设计阶段之间也要反复进行迭代。例如在详细设计阶段,要完成各部件、系统和零构件的设计,进行大量、精确分析计算和试验验证。在此阶段可能还会发现一些在总体方案设计中的问题,而据此得到的精确的设计参数和数据又为进一步更新分析计算、修改和完善总体方案提供了依据。这是一个动态过程,通过设计的不断细化,构件、零部件及全机试验的开展,分析计算和设计方案也会不断更新、完善,并更加准确。所以说,反复迭代、逐次逼近是飞行器研制的一大特点,而这一特点在总体方案设计中表现得尤为突出。

1.4.3 创新性与科学性

设计就意味着创新,飞行器总体设计和其他设计工作一样,假如所提出的总体方案没有创新、没有特色,和现有的方案相比没有新意,那也就从根本上失去了总体设计的意义。特别是在现代航空科学技术迅速发展的今天,飞行器设计中的创新性尤为重要。它首先要求设计工作者具有创新精神,勇于探索,进行创造性构思,并且要有渊博的理论基础知识和丰富的实践工作经验。但是,从另一方面看,由于现代飞行器设计是一项复杂的系统工程,它又与一般的工程设计过程不同,仅仅靠设计者的灵感、热情和丰富的想象力是不行的,必须要有可靠的技术基础才能保证设计的成功。也就是说,在总体设计的过程中应避免盲目创新,尽量减少无根据的决策带来的风险。要注重收集、分析相关资料,充分吸取国内外型号设计中的经验教训。对设计中所采用的各种新技术都要经过预先研究,并要进行充分的试验验证。而且,技术进步

和创新是一个逐渐积累、逐步提高、不断完善的过程,一般来说,一架新设计的飞行器采用新技术的比例要控制在15%左右,超过15%就会有风险。从这个意义上讲,掌握和利用好成熟的技术,或者说处理好继承与发展的关系是非常重要的,也就是创新性与科学性相结合。

现代科学技术的迅速发展,对设计速度的要求越来越高,缩短设计周期已成为对设计工作的主要要求之一。如果设计周期拖长,会使设计中新颖性和创造性的内容过时。因此,在财力、物力和研制周期都有限的情况下,要保证现代飞行器研制规划的成功,在进行新机设计时,对飞行器各种性能、特性分析计算(确切地说是预估或预先计算)的准确性提出了更高的要求。为了减少研制风险,必须开展广泛的预先研究和试验验证工作,以便为设计建立足够的科学技术储备和基础,而且,在设计过程中要结合试验不断更新和完善分析计算方法,以不断提高预估的准确性。据国外的统计,为了研制一种有竞争力而不至于一开始投入使用就变得过时的飞行器,在研制过程中要采用几十项甚至百余项新的技术措施,其中至少有2/3的项目是在设计开始前就进行过研究,并经过模型或全尺寸试件试验验证的。对于像新型气动布局、自适应机体结构或飞行器的任何一种新系统,则需要在批生产的飞行器上或专门的试验机上进行演示验证试验,做到创新性与科学性相结合。

随着现代科学技术的发展,作为高技术产品的飞行器的设计思想、设计技术和设计方法也发生了革命性的变化。军事和民用的需求,对飞行器的用途、性能、经济性、安全性、舒适性和环保性等提出了越来越高的要求;另外,新技术也推动了航空航天科学技术的进步和发展,飞行器新概念、新理论、新结构、新的设计原则和设计方法的应用,使得飞行器设计趋于复杂化和综合化,单纯的总体设计、气动设计、结构设计、工艺设计的飞行器设计概念已不能满足现代飞行器研制的要求。

习 题

- 1.1 简述飞行器设计的任务。
- 1.2 简要论述现代飞行器设计的特点。

第 2 章 飞行器设计方法和设计理论的基础

飞行器设计需要把物理、数学、空气动力学、稳定性和操纵性、材料和工艺、经济学、发动机性能和构造、设计和制图、结构力学等学科以及其他应用科学和基础科学的知识综合在一起。但是,飞行器设计的基础不可能仅仅是将上面所列举的各学科的知识相加在一起,它是一门独立的科学技术学科,有其自身的内在逻辑、自己的规律和方法。

至于设计是科学还是技巧的问题,至今还有争议。这反映了人们对构成飞行器外形和型别及其子系统的参数与客观规律的认识水平。

2.1 设计——创造性的过程

工程设计的目的是研究和创造出新的、过去从未实现过的目标、过程或系统。虽然利用常规的元件或原理也可以达到这个目的,但往往需要创造性地找出新的和独创的方法,将这些元件和过程结合起来,以达到新的量变或质变。

工程设计的任务如图 2.1 所示。



图 2.1 工程设计的任务

工程设计与其他创造性活动之间的关系如表 2.1 所示。

表 2.1 工程设计在其他一系列科技活动中的地位

给 定	求 解	过 程
输入、自然规律、系统或元件	输出	分析(演绎法)
输出、自然规律、系统或元件	输入	逆分析
输入、输出、系统或元件	自然规律	科学研究(归纳法)
输入、输出、自然规律	系统或元件	工程设计

由图 2.1 可知,如果在“方框”内放置设计对象,显然,要把输入的东西变成所希望得到的性能输出,必然受到自然规律的限制。工程设计的任务就是要给出“方框”里的内容,即确定沿

最近的路线达到目的的方法和途径。

工程设计本身可分为三个组成部分:预先研究、工程分析和选定方案。

1. 预先研究

预先研究(简称预研)是一个创造性的过程,即为了解决某些工程上的问题而研究出新的思路和新的原理。设计对象的性能要求越高则对预研工作的需要越强烈。例如,显然只有在对喷气发动机和后掠机翼进行了预研以后,飞机才有可能克服声障。

预研工作以人们抽象的思维能力为基础,要求工程师有渊博的学识,善于联系各种事物和现象,善于克服心理上的惰性。虽然已经有一些如何搞好预研工作的方法,但从整体来说,预研工作仍属于探索的范畴。

在整个设计过程中都伴随有预研工作,但和预研工作关系最密切的是设计的初始阶段。此时要形成试图达到目标的基本想法(设计思想)。设计飞行器时,往往是由总设计师的独创想法确定未来飞行器的设计思想。

在选定设计思想以后,就确定了完成给定任务的可能方案,但其是否符合物理规律和各种约束条件则需要进行审查。这种审查叫做分析。

2. 工程分析

工程分析要求在允许的时间内和允许的费用条件下给出有关工程性质方面问题的有意义的答案。工程分析贯穿整个设计过程,它保证能在设计的各阶段中选定解决问题的途径,选择系统结构及其实现的技术措施,研究布局 and 结构。在工程分析基础上,比较和选择达到设计目标的技术方案。图 2.2 所示为工程分析过程图。

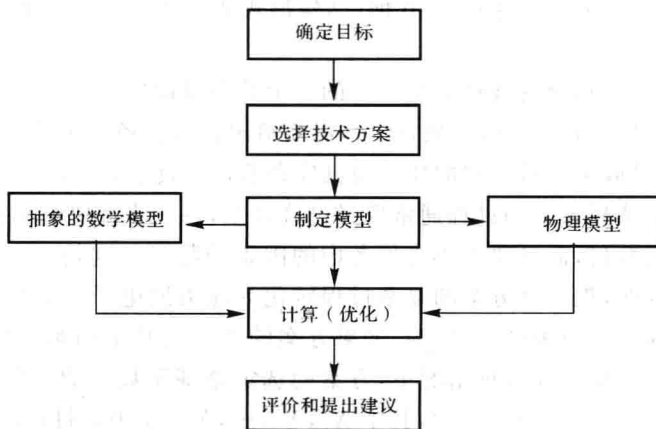


图 2.2 工程分析过程图