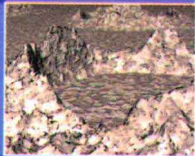


KEXUEMUJIZHE

科学目击者

飞行器设计技术

北京未来新世纪教育科学研究所 编



新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

科学目击者

飞行器设计技术

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学目击者/张兴主编. —喀什:喀什维吾尔文出版社;乌鲁木齐:新疆青少年出版社, 2005. 12

ISBN 7-5373-1406-3

I. 科... II. 张... III. 自然科学—普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160577 号

科学目击者

飞行器设计技术

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:600 字数:7200 千

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5373-1406-3 总定价:1680.00 元(共 200 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

同仁们常议当年读书之难，奔波四处，往往求一书而不得，遂以为今日之憾。忆苦之余，遂萌发组编一套丛书之念，望今日学生不复有我辈之憾。

现今科教发展迅速，自非我年少时所能比。即便是个小地方的书馆，也是书籍林总，琳琅满目，所包甚广，一套小小的丛书置身其中，无异于沧海一粟。所以我等不奢望以此套丛书贪雪中送炭之功，惟愿能成锦上添花之美，此为我们奋力编辑的目的所在。

有鉴于此，我们将《科学目击者》呈献给大家。它事例新颖，文字精彩，内容上囊括了宇宙、自然、地理、人体、科技、动物、植物等科学奥秘知识，涵盖面极广。对于致力于奥秘探索的朋友们来说，这是一个生机勃勃、变幻无穷、具有无限魅力的科学世界。它将以最生动的文字，最缜密的思维，最精彩的图片，与您一起畅游瑰丽多姿的奥秘世界，一起探索种种扑朔迷离的科学疑云。

《科学目击者》所涉知识繁杂，实非少数几人所能完成，所以我们在编稿之时，于众多专家学者的著作多有借鉴，在此深表谢意。由于时间仓促，纰漏在所难免如果给读者您的阅读带来不便，敬请批评指正。

编 者

目 录

飞行器设计.....	1
飞机设计.....	6
飞机飞行性能	11
飞机飞行品质	14
火箭设计	17
航天器设计	23
航天器轨道速度	29
航空航天系统工程	31
航空航天人机工程学	34
计算机辅助设计和制造	37
飞机结构力学	40
火箭结构分析	44
纵向耦合振动	50
航天器结构分析	52
飞行器结构强度分析	55
静强度分析	61

动强度分析	64
直升机地面共振	68
疲劳与断裂	70
热强度分析	73
强度规范	76
载荷情况	79
载荷谱	81
结构分析系统	83
有限元素法	87

飞行器设计

飞行器设计是飞行器研制过程的重要组成部分和第一个环节。飞行器设计综合利用现代科学技术的成果,以系统工程的方法,用工程语言(图纸和技术文件)的形式指导飞行器的制造、试验和使用。同时,它也是研究飞行器设计理论、方法和设计过程的一门综合性技术学科。

19 世纪初,人类模仿飞行动物终于设计和制造出飞行器的雏型,但当时还没有形成系统的设计理论。在理论探索和经验总结的基础上,20 世纪 20 年代形成了飞行器设计的统计法,又称原准法。随后,在进一步分析飞行器各种参数对飞行性能的影响后又产生了分析法。20 世纪 60 年代,随着航空航天活动的进展,飞行器日益复杂,出现了以计算机为工具的、包括优化设计在内的系统设计方法。所有设计方法均力求在当时条件下,以最小的代价(人力、物力、财力和时间)设计出符合要求的飞行器。

设计特点 现代飞行器的设计特点是:①以多学科

知识、新的预研成果、先进的制造工艺和试验手段作为设计的基础。飞行器设计的学科基础包括空气动力学、飞行力学、航天动力学、工程控制论、电子技术、推进技术、传热学、结构力学、气动弹性力学、人机工程学等；②飞行器是由多个分系统组成的整体，属于大系统，需要用系统工程的方法进行综合设计，其中总体设计尤为重要，设计协调工作繁多；③飞行器（特别是火箭和航天器）的设计理论和方法尚不完善，在设计过程中需要进行大量模拟和实物试验，为设计和修改设计提供依据；④为减轻重量，飞行器的刚度一般较小，设计时须将它作为弹性体充分考虑其动态特性；⑤大多数飞行器的飞行环境十分严酷，使飞行器能够适应环境是飞行器设计的一个重要内容；⑥火箭只能一次使用，发射费用昂贵，载人飞行器的安全性要求极高，航天器要能长时间连续工作，这些都需要把可靠性设计放在设计工作的重要地位。此外，各种飞行器的设计还各有自身的特点。

设计内容 飞行器设计是按照从总体到部分、从预测到验证的顺序进行的。①首先根据飞行器的任务和用途，把需要与可能结合起来，确定飞行器的技术指标或战术指标，借以作为设计的依据；②在指标确定的基础上，进行必要的工程分析、估算和试验，选择技术途径，对众多可行的总体方案进行比较，从中选出或综合出最合理

的方案进行总体设计；③选定飞行器推进系统、飞行器的外形和主要参数并确定部位安排，绝大多数飞行器都有在大气层内的飞行段，所设计的外形应有良好的空气动力特性，易于操纵或控制，设计时进行理论分析和计算，通过风洞实验来验证；④在总体设计中提出飞行器的各种载荷，选定主要结构用的材料，既要使飞行器安全可靠，又要千方百计减小重量，这是所有飞行器设计都会遇到和需要解决的难题，为此，不仅要从总体布局和结构设计上解决，进行仔细的结构分析、静强度分析、动强度分析、热强度分析和刚度分析，往往还要选用当代比强度和比刚度最好的材料，除铝合金、钛合金外，许多复合材料已广泛采用，如碳纤维和芳纶纤维材料等；⑤复杂系统的综合设计是所有飞行器都会遇到的另一个难题，总体协调成为设计中非常重要又十分困难的工作。要将所有分系统和组件综合成一个有机的整体，使它能满足性能要求，彼此在结构、电气和工作方面又很协调一致，例如，避免火箭弹性振动与稳定系统耦合的协调设计，减小或消除大功率耗电时电压波动对自动驾驶仪和计算机等精密仪器工作的影响；航天器姿态控制既要满足温度控制的要求，又要符合跟踪、导航和通信时天线方向性的要求等。在设计上解决这些协调问题需要进行综合设计，往往还要通过制作模型、进行仿真试验、综合匹配试验和驾

驶员(或航天员)参与研究等措施来辅助设计工作。

设计方法 飞行器的主要设计方法有统计法和系统设计法。

(一)统计法。选定一种与设计目标接近的、资料较全的、成功的飞行器作为参考样机,用数理统计方法找出性能与设计参数的关系,经过分析对比,得出新飞行器的相应关系,进而确定新飞行器的总体设计参数。这种方法多用于早期的飞机设计和现代飞行器改型。

(二)系统设计法。又称预研综合法。在对理论和关键技术进行预先研究的基础上,结合已有的理论和经验,将飞行器及其有关部分看成一个大系统,应用系统工程的理论和方法,对综合出来的多个方案进行比较,利用计算机辅助设计找出最优方案。还要通过反复试验和其他实践验证,对某些问题作出工程判断,决定取舍,同时保证新技术的稳定使用,在此基础上完成飞行器的工程图纸和技术文件的设计工作,这是现代常用的方法。在有的情况下两种方法可以兼用。

在现代飞行器设计方面,人们已成功地解决了一系列重大技术难题,诸如:通过大功率发动机的设计和先进的制造工艺成功地制成能乘坐 500 人以上的大型洲际旅客机;对于射程超过 1 万千米的洲际导弹,不仅解决了驻点温度高达上万摄氏度的弹头再入大气层的防热问

题,而且落点的圆公算偏差达到了百米左右;人们已成功地设计了将人送上月球、将探测器送到行星的大型多级运载火箭,设计了新型航天器电源系统和微电子器件,解决了远达数十亿千米的信息传输问题以及在月球上准确软着陆和返回地球的导航问题,掌握了能在短时间完成普查的地球资源卫星的遥感技术等。所有这些设计集中应用了当代最先进的科学技术成果。

飞机设计

完成用于飞机制造和使用的全部图纸和技术文件的过程。

设计特点 飞机设计除具有飞行器设计的一般特点外,还有自身的特点:①飞机要长时间在大气层内飞行,靠机翼产生升力和操纵面产生控制力,无固定航迹和速度程序,机翼的布局 and 气动外形设计对提高飞机的飞行性能影响极大;②保证驾驶员和旅客安全是飞机设计需要着重考虑的问题。如结构设计时不仅要考虑足够的强度和刚度,而且要考虑疲劳,以适应长期使用和频繁起落的特点;在系统设计时,还要设置各种航空救生设备和应急出口等;③总体布局和结构设计复杂。飞机要尽可能扩大货舱或客舱空间,在余下的有限空间内布置各种功能的部件、操纵系统、电源系统、电子系统、发动机、燃油系统、润滑系统和起落装置。军用飞机还要挂火箭、导弹和副油箱等。在设计时,要使结构紧凑又彼此协调,还要考虑工艺要求;④座舱设计要保证乘员在航行途中有较

舒适的环境和完善的生活设施；⑤对民用机要求有很高的经济性，尽量降低人—千米或吨—千米的运输费用。为此，设计时要尽量增大装载量、降低耗油率；⑥民用机设计还要考虑对各种机场的适应性，满足国际民用航空组织制定的适航条例要求，以便扩大飞机的使用范围。军用和民用飞机都应有良好的维修性，便于在各地机场进行维修，降低维修费用；⑦要尽可能降低飞机的噪声，以减小对机内人员和机场附近居民的影响；⑧飞机（包括机身、机翼、尾翼和起落装置等）与发动机一般是分开设计和制造的，要通过总体设计使之彼此协调一致。发动机在飞机上的配置既要满足发动机的工作要求，又有利于整个飞机的性能。除上述特点外，不同用途的飞机还有不同的设计特点，如歼击机要尽可能提高飞机的机动性能和作战能力（特别是中低空、跨音速时），也要考虑驾驶员的生理限制等。

设计过程 飞机设计工作首先要拟定指标和进行可行性论证，在此基础上进行方案设计、打样设计和工作设计。

（一）指标拟定和可行性论证。根据飞机的具体用途，对指标和技术要求进行分析。军用飞机的指标和要求一般由军方提出。民用飞机的指标和技术要求则根据国民经济情况、交通运输结构、航线的类别和需求、国家

的工业基础和技术水平等方面的情况综合考虑后提出。飞机的设计指标和技术要求主要包括:用途、装载量或载客量、航程、速度、机场情况、可能采用的发动机和机载设备、经济指标、可靠性、维修性和使用维护条件等。军用飞机的指标和要求还有作战对象、武器配置、典型作战剖面、机动能力、最大速压、最大过载和重量等,对于这些指标的可行性要加以论证。

(二)方案设计。制定飞机总体方案包括初步确定飞机的型式和外形,主要设计参数,部件的主要几何尺寸,结构型式和重量;初步选择动力装置、设备和武器;根据飞行剖面的要求初步拟定各段航迹的操纵方案;选择模型吹风等。此阶段要作出飞机的三面草图和总体布置草图,进一步论证飞机技术要求的可行性和经济效益。

(三)打样设计。又叫初步设计。设计时要确定飞机各部件的结构受力形式和相互连接关系,进行部位安排和重心定位,绘制各部件的结构打样图,进一步确定几何尺寸、重量和动力装置参数,完成气动计算、强度计算、气动弹性计算、飞行性能和操纵性稳定性计算、系统功能计算等,进行部件、全机的吹风实验、系统功能试验和新结构新材料的试验,作出正式的飞机三面图、结构打样图、总体布置图和重量、重心定位计算,提出各部件和各个系统的设计任务书、发动机安装设计任务书和重量分配指

标。在此设计阶段,需要制造木质样机,以便审查方案并作为辅助设计创造条件。

(四)工作设计。又叫详细设计。根据确定的方案和打样设计的结果,完成零件制造和部件、系统、全机装配的工作图纸和生产、验收的技术文件,包括进行零部件的强度、刚度、颤振和重量计算,飞机气动性能及各系统性能的精确计算,进行结构的静、动强度和疲劳试验以及特种设备和各个系统的台架试验,还要试制原型机并制定试飞大纲。

上述各个阶段之间无明显的界线。根据现代的新机研制要求,飞机设计工作已延伸到生产定型,甚至延伸到使用回授的全过程。

发展 飞机设计由原准法、分析法发展到优化设计和计算机辅助设计。应用计算机可以帮助选择方案、绘制图纸、提高设计质量、减少试验工作、缩短设计周期、降低设计成本。在方案设计阶段,用计算机对存贮的信息进行分析以选择飞机的型式,用优化方法选择飞机的主要参数,进行人机交互设计等,就可以在较短的时间内获得最佳的结果。为了利用计算机,要将设计各个阶段中的主要工作制成相应的数学模型(如飞机型式、几何模型、气动特性、重量、动力装置性能、操纵性稳定性、强度、颤振、部位安排及重心定位、技术经济分析等模型),编制

计算机程序,建立程序库和数据库,构成完整的计算机辅助设计系统。这种系统与辅助制造、辅助管理系统结合起来形成一体化,推动了飞机的研制工作。主动控制技术的应用改变了飞机设计方法,为提高飞机性能提供了可能性。