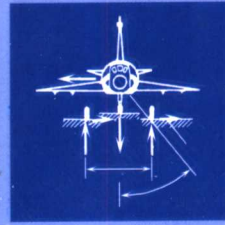
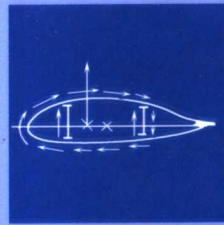
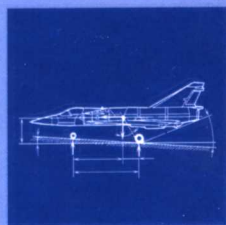
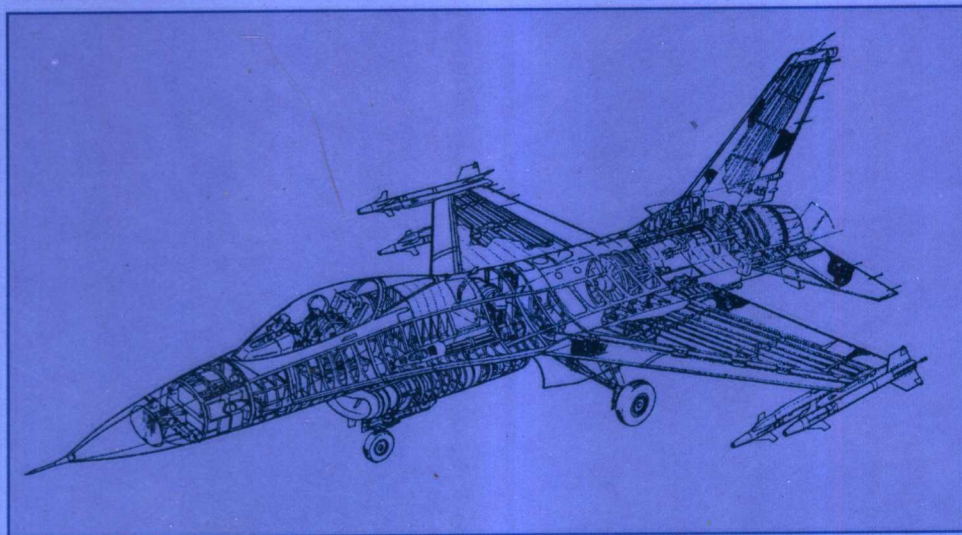
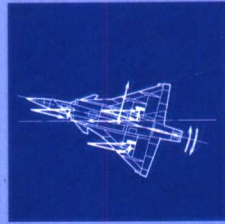
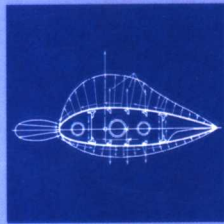
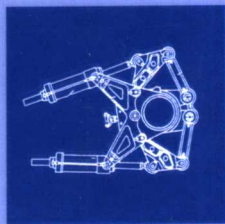
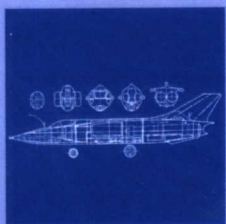


飞机结构设计

王志瑾 姚卫星 编著

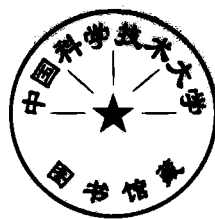


国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

飞机结构设计

王志瑾 姚卫星 编著



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

飞机结构设计/王志瑾,姚卫星编著. —北京:国防工业出版社,2004.9

ISBN 7-118-03511-4

I. 飞... II. ①王...②姚... III. 飞机-结构设计
IV. V221

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 063038 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)

国防工业出版社印刷厂 印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 $\frac{3}{4}$ 357 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

随着航空科学和技术的快速发展,各种新型飞机不断出现,民用飞机的使用技术要求和军用飞机的战术技术指标在不断提高。相应地,航空宇航工业对即将从事飞行器设计的学生的知识和技能水平提出了更高的要求。目前飞行器设计与工程专业已有了一套完整的教科书,但其内容没有能够充分反映当前飞行器设计研究和工程的现状。

飞机结构设计是飞机设计的主要内容之一。与其他结构设计相比,它有着很多显著的特点,飞机结构要求重量轻、长寿命和高可靠性。飞机结构设计的各种要求是相互矛盾的,进行飞机结构设计,不仅仅是简单地综合并解决这些矛盾,而是在已有理论、试验结果、已有结构的综合分析基础之上进行的再创造过程。这就要求设计人员必须掌握飞机结构设计的基本理论,对各种现代飞机的结构有较为全面的了解,跟踪飞机结构设计技术的发展,并充分发挥自己的主观能动性,才能在设计上有所创新。

据此,作者基于多年来从事飞机结构设计理论研究、工程实践和教学工作中积累的经验,完成了本书的编著工作。书中保留了传统飞机结构设计教材中的基本部分,同时又加入了近年来我们在基础理论和工程实践中总结的一些理论和经验。根据现代飞机结构设计的基本要求,新编著了飞机结构分析与设计基础、飞机的气动弹性两章。本教材的另一个特色是引入了更多的现代飞机的结构型式,并配备了大量的飞机结构插图,新添加了有关旋转翼(可变后掠翼、可折叠机翼)、前掠翼等现代飞机上采用的新的结构型式。编著本教材的基本目的是给飞行器设计和工程专业提供一本合适的教科书,使学生能够掌握飞机结构设计的基本理论和方法,启发学生的创新设计思维。

全书共分九章,第1、第5、第7章和第2章2.4节、第3章3.4节由姚卫星编著,其余由王志瑾编著。本书的初稿在南京航空航天大学飞行器设计与工程专业使用了多年。胡传泰教授和曾建江副教授细致地审阅了全书,并提出有益的修改意见,在此表示由衷的感谢。另外,还要特别感谢南京航空航天大学教务处和航空宇航学院对本书编著工作的支持。

作 者

2004年4月于南航东华湖畔

内 容 简 介

本书根据现代飞机结构设计的基本要求,结合国内外新型飞机实例,对飞机的外载荷、飞机结构分析与设计基础、飞机各部件(机翼、尾翼、舵面、机身、起落架等)的结构型式和受载特点、飞机部件(机翼、尾翼、机身等)的结构设计基本原理和方法、飞机的气动弹性现象等做了较全面的阐述。

本书适合于飞机设计专业教学使用,也可供从事飞机设计,特别是飞机结构设计工程技术人员参考。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 飞机结构设计在飞机设计中的地位	1
1.1.1 飞机的研制过程	1
1.1.2 飞机结构设计的地位	2
1.2 飞机结构设计的原始条件	3
1.2.1 结构的形状协调	3
1.2.2 结构的外载荷	4
1.2.3 结构的使用条件	4
1.2.4 结构的产生条件	4
1.3 飞机结构设计的基本要求及其分析	5
1.3.1 飞机结构设计的基本要求	5
1.3.2 对基本要求的分析	6
1.4 飞机结构设计思想	7
1.4.1 飞机结构设计思想的演变	7
1.4.2 飞机结构设计的现代理论与先进技术	9
1.5 飞机结构设计的内容与方法	9
1.5.1 飞机结构设计的基本内容	10
1.5.2 飞机结构设计的方法	10
第 2 章 飞机的外载荷	12
2.1 飞机结构上的主要载荷	12
2.1.1 过载的概念	13
2.1.2 过载与加速度的关系	14
2.2 不同飞行状态下的过载	14
2.2.1 水平面内的匀速直线飞行	14
2.2.2 垂直平面内的曲线飞行	15
2.2.3 水平面内的曲线飞行(正常布局)	15
2.2.4 最大过载 $n_{y\max}$	15
2.2.5 局部过载	17
2.2.6 突风过载	18
2.2.7 着陆过载	19
2.3 其他载荷情况	19
2.3.1 热载荷	19

2.3.2 噪声(声振)载荷	20
2.3.3 瞬时响应载荷	20
2.3.4 特殊情况的载荷	20
2.4 疲劳载荷	21
2.5 飞机设计规范简介	22
第3章 飞机结构分析与设计基础	26
3.1 基本元构件的承力特性	26
3.1.1 基本元构件及其受力特性	26
3.1.2 基本元构件传力的充分条件 I——边界条件	29
3.1.3 基本元构件传力的充分条件 II——力的作用点	30
3.2 结构传力分析的基本方法	31
3.2.1 传力分析的目的	31
3.2.2 对实际结构进行传力分析的基本方法	32
3.2.3 结构的传力特性	32
3.2.4 结构传力的合理性	35
3.3 飞机结构材料	35
3.4 结构设计的基本理论	38
3.4.1 结构材料选取的基本方法	38
3.4.2 结构型式选择的基本参数和理论	39
3.4.3 结构元件强度与刚度的设计要点	45
第4章 机翼尾翼的结构分析	47
4.1 机翼的功用、设计要求和受载	47
4.1.1 机翼的功用和设计的要求	47
4.1.2 机翼的受载	48
4.2 典型受力型式机翼的气动载荷传力分析	51
4.2.1 蒙皮的初始受力	51
4.2.2 桁条将载荷传到翼肋上	51
4.2.3 翼肋将载荷传到蒙皮和翼梁腹板上	53
4.2.4 翼梁的受力	54
4.2.5 蒙皮的总体受载	55
4.3 机翼主要受力构件的用途和结构型式	56
4.3.1 蒙皮	56
4.3.2 桁条	56
4.3.3 翼梁	57
4.3.4 纵墙	57
4.3.5 翼肋	58
4.4 直机翼的结构受力型式及其分析	61
4.4.1 梁式机翼(单梁、双梁和多梁机翼)	62
4.4.2 单块式机翼	64

4.4.3 多腹板式机翼	66
4.5 机翼的对接原则	67
4.5.1 梁式机翼与机身的对接	67
4.5.2 整体式机翼与中央翼的对接	69
4.5.3 对接方式对机翼受载的影响	70
4.6 机翼开口处的结构型式	70
4.7 后掠机翼的传力分析	71
4.7.1 后掠机翼的结构受力型式和根部受载特点	71
4.7.2 纵向受力构件轴线转折的后掠机翼	73
4.7.3 带内撑梁的后掠翼	78
4.8 前掠翼	80
4.9 旋转翼	81
4.9.1 可变后掠角机翼	82
4.9.2 可变安装角的机翼	84
4.9.3 折叠机翼	85
4.10 三角翼的传力分析	86
4.10.1 带平行翼梁的多梁三角翼	87
4.10.2 带辅助翼梁的单梁三角翼	88
4.10.3 等百分比布置的多梁式三角翼	89
4.10.4 带辅助翼梁的单块式三角翼	89
4.10.5 带内撑梁的梁式三角翼	89
4.11 机翼上的增升装置	90
4.11.1 增升装置的功用	90
4.11.2 对机翼增升装置的要求	91
4.11.3 机翼增升装置的种类	91
4.11.4 减速板和扰流板	95
4.11.5 机翼前缘的增升装置	97
4.12 副翼	98
4.12.1 副翼的用途	98
4.12.2 副翼的结构	99
4.12.3 副翼的受载	100
4.12.4 气动补偿	100
4.12.5 调整片	101
4.13 尾翼	102
4.13.1 尾翼的用途和对尾翼的设计要求	102
4.13.2 尾翼上的载荷和尾翼的承力结构	104
4.13.3 水平尾翼的结构	104
4.13.4 垂直尾翼的结构	107
4.13.5 全动水平尾翼	110

第5章 机翼、尾翼的结构设计	113
5.1 机翼结构设计的原始依据	113
5.1.1 机翼结构设计任务与内容	113
5.1.2 结构设计的原始依据	113
5.1.3 机翼结构设计准则	115
5.2 机翼受力型式的选择	115
5.2.1 各种受力型式的特点	115
5.2.2 相对载荷 $\bar{M}$ 和有效高度比 $\bar{H}_{\text{eff}}$	116
5.2.3 选择受力型式的注意事项	118
5.3 机翼主要受力构件的布置	119
5.3.1 主要受力构件布置的准则	119
5.3.2 受力构件布置的基本原则	120
5.3.3 机翼受力构件布置的例子	121
5.4 机翼结构元件设计	126
5.4.1 长桁设计	127
5.4.2 梁的设计	130
5.4.3 机翼蒙皮与壁板的设计	132
5.4.4 翼肋设计	135
5.5 集中力扩散件的设计	135
5.6 机翼整体油箱的设计	138
5.6.1 对整体油箱结构的设计要求	138
5.6.2 整体油箱的构造型式	139
5.6.3 整体油箱结构设计要点	139
5.6.4 整体油箱的密封	139
5.7 飞机尾翼和操纵面结构设计	141
5.7.1 尾翼安定面	142
5.7.2 操纵面	142
5.7.3 全动平尾的设计特点	146
第6章 机身结构分析	149
6.1 机身的功用、对机身的要求和机身的外形参数	149
6.1.1 机身的功用	149
6.1.2 对机身结构的基本要求	150
6.1.3 机身的外形和参数	150
6.2 机身上的载荷及其平衡	152
6.2.1 机身上的主要载荷	152
6.2.2 机身的内力图	153
6.3 机身结构的受力型式及其受载情况	153
6.3.1 构架式机身	154
6.3.2 薄壁梁式机身	155

6.4 机身基本承力构件的用途和构造型式	158
6.4.1 机身蒙皮	158
6.4.2 桁条和桁梁	159
6.4.3 机身的框	159
6.4.4 机身上骨架元件与蒙皮的连接	161
6.4.5 机身上的工艺分离面和使用分离面	162
6.5 其他部件与机身的连接	163
6.5.1 机身与机翼的连接	163
6.5.2 尾翼与机身的连接	165
6.5.3 起落架与机身的连接	165
6.6 机身开口处的结构型式	165
6.7 机身舱段主要结构的受力分析	167
6.7.1 气密舱	167
6.7.2 舱盖结构	170
6.8 地板结构	171
第7章 机身结构设计	173
7.1 机身结构型式的选择	173
7.1.1 机身的内部布置	173
7.1.2 机身结构型式的选择	173
7.2 机身主要受力构件布置	174
7.3 加强框的设计	177
7.3.1 刚框式加强框	178
7.3.2 腹板式加强框	181
7.4 开口区结构设计	184
7.4.1 开口的种类	184
7.4.2 小开口区结构补强设计	185
7.4.3 中开口区结构补强设计	186
7.4.4 大开口区结构补强设计	188
第8章 起落架	191
8.1 起落架的功用和对起落架的主要要求	191
8.1.1 起落架的功用	191
8.1.2 对起落架的要求	191
8.2 起落架的配置型式	192
8.2.1 后三点式起落架	193
8.2.2 前三点式起落架	194
8.2.3 自行车式起落架	195
8.2.4 多支点式起落架	196
8.3 起落架的外载荷及其受载下的工作情况	196
8.4 起落架的结构型式及其受力分析	198

8.4.1	按起落架的受载方式分类	198
8.4.2	按减震缓冲器的位置和作用在其上的载荷分类	202
8.4.3	按机轮的安装方式分类	205
8.5	机轮	208
8.5.1	轮胎	208
8.5.2	轮毂	209
8.5.3	刹车装置	209
8.5.4	自动防抱死系统	213
8.6	起落架的减震缓冲装置	214
8.6.1	起落架减震缓冲装置的用途	214
8.6.2	对减震缓冲器的要求	215
8.6.3	单腔油-气式减震缓冲器	216
8.6.4	双腔油-气式减震缓冲器	219
8.6.5	油液式减震缓冲器	220
8.7	前起落架的结构特点	222
8.7.1	前轮的稳定距	223
8.7.2	前轮的摆振和减摆	223
8.7.3	前起落架机轮转弯机构	224
8.7.4	减摆器	225
8.7.5	前轮的中立机构	225
8.8	起落架收放运动方式	227
8.8.1	主起落架的收放方式	227
8.8.2	前、后起落架的收放方式	228
第9章	飞机的气动弹性	229
9.1	结构刚度和气动弹性概念	229
9.2	静气动弹性现象	230
9.2.1	变形对气动载荷分布的影响	230
9.2.2	发散	231
9.2.3	操纵机构的反效	233
9.3	动气动弹性现象	234
9.3.1	机翼的弯-扭颤振	234
9.3.2	机翼弯曲-副翼偏转颤振	236
9.3.3	尾翼的颤振	237
参考文献		240

第 1 章 绪 论

所谓“设计”是“技术文件”的拟定,是一种创造性的工作。技术文件包括图纸、设计报告、计算报告、试验报告、说明书等。

飞机是一种复杂的机器。飞机结构设计是将飞机机体构思变成产品实体的技术文件的拟定。完美的结构设计离不开科学性和创造性。结构设计的基本理论与方法是其科学性的体现,没有这些基本理论与方法的指导,现代结构设计无法进行。与分析计算不同,结构设计从其设计方案、结构布局到细节设计均不存在“惟一正确”的答案,体现着设计工作者的创造性劳动。结构设计过程是一个不断追求完美的过程,结构设计理论与方法的发展也随着结构设计的实践在不断发展。

1.1 飞机结构设计在飞机设计中的地位

飞机按其功用可分为军用和民用两大类。军用飞机的功用主要是完成规定的空战任务、空对地战斗任务、军事运输任务、电子对抗任务等。民用飞机的功用主要是空运旅客或货物,也可用于护林、农业生产、医疗救护、空中勘测和体育运动等。

为了完成各种不同的任务,对飞机就有不同的技术要求。对于军用飞机,这些要求称为战术技术要求;对于民用飞机,这些要求称为使用技术要求。这些技术要求,通常用下述一些技术指标表示:飞机的最大速度、升限、航程或作战半径、着陆距离和起飞距离、载重、机动性指标(如加速性能、最小盘旋半径、爬升性能等)和使用寿命等。还有一些技术要求则属于不能用数据定量地表示的,如是否能全天候飞行、对机场的要求、对飞机使用维修的要求等。飞机设计的任务就是创造性地进行能够满足这些技术要求的飞机的技术文件的拟订。

1.1.1 飞机的研制过程

设计一种新型的飞机,从设计方案的提出到投入使用,需要经历很长的时间,是一项很复杂的系统工程。简单地可以将飞机的研制过程分成下述 4 个阶段。

一、拟订技术要求

飞机的技术要求通常确定了飞机的主要性能指标、主要使用条件、机载设备等。飞机技术要求可以由飞机设计单位或飞机订货单位拟订,但是由于飞机的技术要求是一组系统的且相互制约的技术指标,所以新飞机的技术要求通常由订货单位和飞机设计单位协商后共同拟订。设计单位必须保证新飞机能达到这些技术要求,订货单位则根据这些要求来验收新飞机。因此,飞机的技术要求是飞机设计的基本依据。

二、飞机设计过程

飞机设计单位根据已经拟订好的飞机技术要求,进行飞机的总体设计,即把飞机的主

要参数、基本外形与部位安排确定下来。此时必须通过仔细地分析、计算和试验,以保证所确定的总体设计能满足飞机的技术要求。在飞机总体设计阶段以后进行的是结构设计阶段。结构设计阶段需绘制完成飞机结构的所有图纸,并使所设计的结构能满足总体设计的要求,当然也应与飞机的技术要求相协调。

三、飞机制造过程

飞机制造工厂根据飞机设计单位提供的全套图纸与技术资料进行制造。飞机工厂在制造出整架飞机的结构以后,还应把飞机所需的设备、系统都完整地装好。飞机工厂制造出的飞机应能保证满足设计图纸和技术资料规定的要求。这样,由飞机工厂首批试制出来的新飞机即可投入试飞和全机强度试验。

设计与制造是密切相关的。设计人员应了解工厂的生产条件、新工艺和新材料的发展情况,以设计出性能好而又结合工厂生产条件的飞机结构。工厂的技术人员应关心飞机性能的提高,与设计人员协作,制定出良好的工艺方案,以使设计人员设计出的结构能较好地投入生产。

四、飞机的试飞、定型过程

一种新飞机试制出来以后,是不能也不应马上投入使用的。尽管已做了大量的分析、计算、试验等研究工作,但还不能确定这种飞机能否真正投入使用,还必须通过试飞来检验飞机能否确保安全,性能是否满足技术要求。若在试飞过程中发现有缺点或问题,则必须进一步更改设计或改进制造方法。当把试飞中出现的问题都排除完毕,则可把此时的设计图纸与制造方法确定下来,只有通过飞机的试飞过程把一种新飞机初步定型后,方可由飞机制造工厂进行小批量生产。

1.1.2 飞机结构设计的地位

广义地讲,在整个飞机的研制过程中都涉及到飞机设计,因为飞机技术要求的拟订、飞机的制造、飞机的试飞和定型都离不开飞机设计人员的参与,飞机的研制过程也是一个产品不断完善的过程。狭义地讲,飞机设计通常是指飞机制造所需的技术文件拟定阶段,它一般可分为总体设计和结构设计两大阶段。总体设计主要包括概念设计和初步设计,结构设计主要是详细设计,参与初步设计,并涉及到原型机试制、试飞、生产工艺准备等(图1-1)。

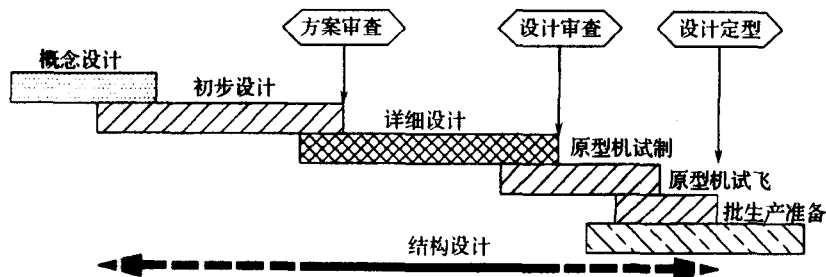


图 1-1 飞机设计的一般过程

一、飞机总体设计

(1) 确定战术技术要求或使用技术要求。这些要求可由使用单位提出,或使用单位

提出初步意见,再由使用单位与设计单位双方协商确定。对于民用飞机,则经常由设计单位根据发展需要提出。

(2) 确定全机主要参数。即全机总重 G , 发动机推力 P 和翼载 G/S (S 为机翼面积)。通常这个阶段还初步确定了机翼的平面形状。

(3) 进一步确定尾翼、机身的初步形状和尺寸,并进行性能估算以校核是否满足原来提出的性能技术指标;若不满足,则反复进行调整。

(4) 在上述基础上,画出飞机的三面图(草图)。

(5) 进行全机的初步部位安排。把全机的内部布置与主要受力构件做初步安排与协调,画出飞机的部位安排图。给出飞机各部件的重量控制指标。

二、飞机结构设计

(1) 飞机部件的结构打样设计(或称为结构的初步设计)。

(2) 飞机零构件设计。

(3) 完成部件的结构图纸。

在新飞机的研制过程中,需配合设计做很多试验,如风洞试验、全机强度试验等。

在新飞机的研制过程中,往往还要进行相当数量的科研课题的研究,例如飞机的选型问题、主要结构的抗疲劳设计或损伤容限设计等问题。

研制新飞机还与飞机的使用密切相关。在设计过程中既要利用已有的使用经验,又要在本飞机的使用过程中不断改进这种新飞机的设计。

1.2 飞机结构设计的原始条件

飞机结构设计的原始条件是指在进行结构设计之前结构设计人员应该知道的外部已知条件,或称之为约束条件,它们通常包括结构的形状协调、外载荷、受力特性、使用条件与生产条件。

1.2.1 结构的形状协调

飞机结构必须处理好与理论外形、内部装置和结构零构件之间连接关系这三方面的协调。理论外形要求必须满足,内部装置、零构件之间的协调应尽量满足。

准确的理论外形是实现飞机气动性能的保证,飞机外形影响飞机的气动性能。不同的部件对于外形准确度的要求是不同的,一般地对于机翼外形的准确度要求较高,而对于机身相对低一些。结构在外载作用下产生变形,在结构变形的状态下,外形的准确度必须满足设计要求。

飞机有很多内部装置,飞机还要装载,所以飞机结构设计要与内部装置相协调。结构设计要尽量满足内部装置对于空间的要求,例如机身加强框的高度要满足发动机对于空间的要求。在考虑内部空间要求的协调时应注意两点:一是通常内部装载与结构间应保持一定的间隙;二是根据具体条件设计出的结构不一定占据整个最大可能空间。

飞机的零构件相互连接起来才组成飞机机体的整体,结构设计人员应在结构设计时明确本零件或构件与其他构件在连接位置和尺寸上的协调关系,设计人员之间要把形状协调好。

1.2.2 结构的外载荷

结构所受到的外载荷的大小和特性是结构布局与结构元件(零件与构件称为元件)尺寸设计的基本依据,强度、刚度和疲劳寿命是对飞机结构的基本要求。

飞机结构所受到的外载荷按照飞机强度规范的要求,通过风洞试验和分析计算给出,飞机结构各零部件的载荷主要由分析得到,飞机结构的载荷特性主要取决于飞机的使用情况、结构设计准则和强度要求。

在结构设计时必须明确所设计结构的受力特性,即需要明确结构所受到的外载是静载还是动载,是否需要考虑寿命要求、刚度要求、破损安全要求和损伤容限要求,是否考虑气动弹性问题、热应力和热刚度等问题。

1.2.3 结构的使用条件

飞机结构的使用条件分下述几个方面。

一、环境条件

环境条件是指飞机在飞行或停机时的气象条件或周围介质条件。气象条件是指温度和湿度变化范围,是否需要考虑在夜间飞行或恶劣气象条件下飞行等。飞机若能在恶劣气候条件下飞行,则称为全天候飞机。周围介质条件是指是否需要考虑海水腐蚀、湿度条件等。

二、起飞着陆场所条件

飞机可以分为只在地面机场起飞着陆的陆上飞机和在水上起飞着陆的水上飞机两大类。机场又可分为水泥跑道、土跑道,水泥跑道又可分为一级跑道和二级跑道;土跑道则是在普通土地上加压压实,然后再简单地整修一下,土跑道有时又称为野外机场。

不同机种的飞机、同一机种内性能不同的飞机,其使用条件也不相同。如:前线歼击机要求在前线机场上使用,因此跑道条件较差,且要求能在土跑道上起飞着陆;拦截歼击机的任务是拦截敌方飞机以保护本国的重要城市或设施,因此其机场条件较好。机场条件的好坏与飞机结构受地面振动载荷、撞击载荷的大小与次数有关。

舰载飞机要在航空母舰的甲板上起落,为了缩短起飞和着陆的滑跑距离,一般要安装起飞助推器和着陆增阻装置,因此飞机结构上要受到一些额外的载荷。

三、维修条件

飞机结构在使用时的维修条件,包括维修周期与次数、维修能力、维修速度要求等。

歼击机在使用时,希望能很快地进入临战状态,因此要求维修速度很快,这就要求结构有很好的开敞性以便于进行维修。歼击机通常要求能全天候飞行。

旅客机的机场条件一般很好,机场的维修能力也较强。中型、大型旅客机一般都要求进行全天候飞行。

军用运输机的机场条件较差。要求飞机结构能便于在野外机场维修。

对于水上飞机,需特别注意结构的防海水和盐雾腐蚀问题。

1.2.4 结构的生产条件

结构的生产条件主要指结构的产量和工厂的加工能力。

飞机结构的产量与所选取的结构工艺方案有很大关系,而结构的工艺方案又与结构的设计方案有关,因此结构的设计方案直接影响结构的产量。产量可大致分为大量生产、成批生产和有限件生产3种。当只生产几件零构件时,一般不宜采用模锻件和精密铸造件,而采用机械加工、钣金加焊、铆接等加工方法。当大量生产时,就可以考虑采用模锻、精密铸造等适合于大量生产的工艺方案。

加工能力是指飞机制造工厂所具有的设备,工艺员和工人的技术水平与加工经验,以及有可能采用的新工艺。飞机结构的设计人员应对生产厂的情况很熟悉,这样才能设计出具有良好工艺性的结构。

1.3 飞机结构设计的基本要求及其分析

1.3.1 飞机结构设计的基本要求

在飞机结构设计时,设计人员应使所设计的结构,满足技术要求中规定的对结构的一些基本要求。这些基本要求可概括为:气动要求、重量要求、使用维护要求和工艺要求。在结构设计中,如何全面考虑这些要求设计出理想的结构,是结构设计人员的基本功。

一、气动要求

当结构与气动外形有关时,结构设计应使结构构造的外形能满足规定的外形准确度和表面质量要求。这些要求主要与气动阻力和升力特性有关。为了保证飞机在气动上具有原定的良好稳定性与操纵性,机翼、尾翼与机身不容许有过大的变形。

二、重量要求

结构设计应保证结构在承受各种规定的载荷状态下具有足够的强度,不产生不能容许的残余变形,具有足够的刚度与采取其他措施以避免出现不能容许的气动弹性问题与振动问题,具有足够的寿命等。在保证上述条件得到满足的同时,应使结构的重量尽可能轻。

这一条要求可以概括为强度(刚度)–重量要求,也可简称为最小重量要求,或简称为重量要求。

三、使用维护要求

为了确保飞机的各个部分(包括装在飞机内的电子设备、燃油系统等各个重要设备和系统以及主要结构)能经常安全可靠地工作,需要在规定的周期,检查各个指定的地方,如发现损伤,则需要修理或更换。

对于军用飞机,则更需要缩短维护及修理工作的时间,以保证飞机及时地处于临战状态。

为了保证维护、检修工作的高质量、高速度进行,在结构上需要布置合理的分离面与各种开口。

四、工艺要求

要求飞机结构的工艺性要好,即加工快、成本低等。这些需结合产品的产量、机种、需要迫切性与加工条件等综合考虑。

1.3.2 对基本要求的分析

上述4个基本要求之间是互相联系、互相制约的,有些还是相互矛盾的。当然在处理得好时,在某些情况下也会相互促进。因此需要分析这些要求之间的相互关系,分清主次,综合考虑。

(1) 气动要求是一种“前提性”要求。即设计出的结构必须满足气动要求,并在满足气动条件的前提下,要求结构重量尽量轻、使用方便、工艺性良好等。但对于结构设计人员来讲,在此方面需要考虑的工作量并不多,在考虑结构方案时照顾到这一点,使其能够满足要求即可,不是设计人员的主要精力所在。

例如,在机翼与尾翼的前缘,一般不布置桁条而只布置翼肋,这是因为前缘形状对气动阻力和升力的影响较大。加上桁条后,前缘在受到气动力作用发生变形后截面的形状特性较差(图1-2)。

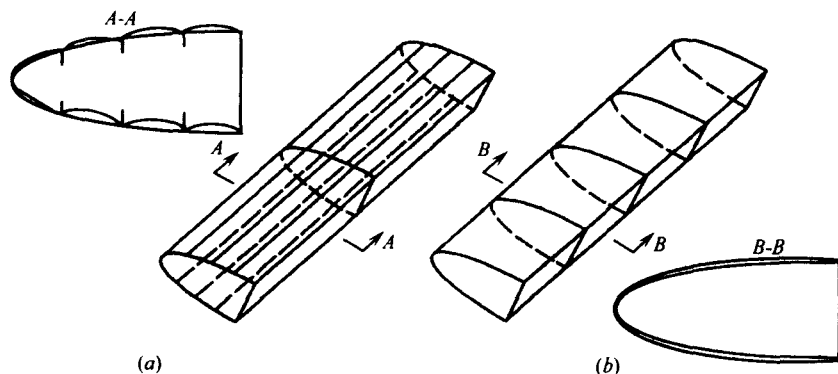


图1-2 翼面前缘变形

(2) 使用要求也是一种前提性要求。即根据飞机的机种、使用特点规定了使用、维护要求。因此,要求结构有与之相应的“开敞性”,即在结构上必须有相应的设计分离面和开口,以保证维护人员有接近内部的装载或内部结构的通道,并使相应结构的拆装迅速可靠。

由于这些分离面和开口存在,结构重量要有所增加。对于结构设计人员来讲,在结构设计时需要综合考虑分离面和开口的位置、大小和形状。

(3) 工艺要求是一种“条件性和发展性”要求。“条件性”是说结构的工艺性好坏要结合飞机生产的条件,如产品数量、产品工期、加工条件等;“发展性”是针对产品数量和加工条件。某些加工工艺适合小批量生产,某些加工工艺适合大批量生产,某些加工工艺在设计时还不具备,但在生产时可实现。因此对于结构设计人员来说,在工艺性方面要求设计人员熟悉本产品的加工条件和了解加工工艺的发展趋势就可以了,要做的具体工作不多。

当然,需要强调指出,虽然考虑气动要求、使用要求和工艺要求在整个结构设计中过程所占的时间不多,但它们还是很重要的,必须认真对待,而且应该在开始考虑方案时就加以重视,把它们处理好。

一个优秀的设计员应在设计初期就综合考虑各方面的要求,并予以解决。设计人员应尽量发挥这些要求的相互协调一面,而减少它们相互矛盾的一面;应尽量了解工厂的生