



“十二五”江苏省高等学校重点教材



航空航天工程类专业规划教材

飞机结构设计

FEIJI JIEGOU SHEJI

姚卫星 顾怡 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



飞机结构设计

姚卫星 顾怡 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

飞机结构设计是飞机设计的主要内容之一。本书面向飞机方案设计和详细方案设计,以定性设计内容为主,借助结构传力分析,阐述了飞机结构设计的基本理论和方法,介绍了各种不同型式的飞机结构及其设计方法,兼顾了军用和民用飞机结构。本书可作为飞机设计专业的教科书,也可供从事飞机设计工作的研究和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

飞机结构设计 / 姚卫星, 顾怡编著. — 北京: 国防工业出版社, 2016. 4

航天航空工程类专业规划教材

ISBN 978-7-118-10502-5

I. ①飞… II. ①姚… ②顾… III. ①飞机—结构设计—高等学校—教材 IV. ①V221

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 049760 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 100048)

三河市鼎鑫印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 440 千字

2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前言

进入 21 世纪后,新型和新概念飞行器层出不穷。我国的军用飞机和民用飞机新型号的研发取得了辉煌的成果。伴随着材料和制造技术、航空电子技术、通信和信息技术等的发展,飞机的研发速度越来越快,技术含量亦越来越高。相应地,对设计人员的知识和技能水平要求也越来越高。

飞机结构设计是飞机设计的主要内容之一。飞机结构设计的根本要求是在满足飞机结构的强度、刚度和寿命的要求下,结构的重量最轻。飞机结构设计的具体要求是多种多样的,且往往是相互矛盾的,飞机结构设计人员的任务就是合理地解决这些矛盾。

飞机结构设计的范围十分广泛,主要包括新型/新概念飞机结构、飞机结构设计的理论和方法、飞机结构设计的技术和手段等。新型/新概念飞机结构主要包含因新材料引发的新结构(如复合材料结构、梯度结构、低密度芯材夹芯结构等)、新工艺产生的新型结构(如金属数控加工的整体结构、3D 打印结构、搅拌摩擦焊等新型连接结构等)、新思维设计出的新型结构(如功能结构、模块化结构、仿生结构、变体结构等),等等;结构设计理论和方法主要包括结构优化设计、结构抗疲劳设计、结构防断裂设计、结构可靠性设计等;结构设计的技术和手段主要有 CAD/CAE、虚拟设计和动力学仿真、知识工程(KBE)等。这些内容十分浩瀚,不可能囊括在一门课程和一部教材中,这给本教材内容的选取提出了挑战。我们按照本专业人才培养的目标,针对本专业在结构设计方向的研究内容,列出了结构设计的知识点,将这些知识点整合成主题清晰、内容独立、规模适度的课程。本教材相应课程的主要任务是介绍飞机结构设计基础知识,以定性设计内容为主,主要包括了飞机结构设计思想、结构的外载荷、结构设计的基本理论、飞机各部件的分析和设计等。

本教材部分内容以 2004 年编著的《飞机结构设计》为基础。2004 版教材的结构分析部分主要取自莫斯科航空学院的《飞机结构学》一书,较多地涉及了军用战斗机结构的内容。通过 10 多年的教学实践,结合国内外飞机结构设计技术的发展,我们认为 2004 版教材还存在很多需要改进和补充的地方。本教材的编写兼顾了机动类和运输类飞机结构的不同型式,将结构分析和设计合在

一起阐述,并对结构分析部分重新进行了编排,对结构设计部分作一点扩充,避免了重复叙述现象,并添加了大量插图。

本教材部分内容在南京航空航天大学飞行器设计与工程专业的教学中使用了多年。金海波副教授细致地审阅了全书,并提出有益的修改意见,我们对此表示由衷的感谢。

在本教材的编著过程中,参考了大量国内外的文献资料和有关教材,特别是牛春匀教授的 *Air-frame Structural Design* 和 Житомирский Г. И. 的 *Конструкция самолётов*,在此对所有原作者表示诚挚的感谢。尽管在本书的编著过程中经过了反复思考,但其取材、论述、论据等方面仍有可能存在不当之处,衷心希望读者批评指正。

作 者
2015.5 于南航东华湖畔

目 录

第1章 绪论	1
1.1 飞机结构设计在飞机设计中的位置	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 结构的几何形状协调	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	5
1.3 飞机结构设计的基本要求及其分析	5
1.3.1 飞机结构设计的四个基本要求	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	9
1.6 飞机结构设计的方法与手段	10
1.6.1 设计方法的发展	10
1.6.2 设计技术的进步	11
1.6.3 设计手段的更新	12
1.7 本书的主要内容	12
第2章 飞机的外载荷	13
2.1 飞机结构上的主要载荷	13
2.1.1 坐标系	13
2.1.2 过载的概念	14
2.1.3 过载与加速度的关系	14

2.1.4	过载系数的实用意义	15
2.2	不同飞行状态下的过载	15
2.2.1	水平面内的匀速直线飞行	15
2.2.2	垂直平面内的曲线飞行	16
2.2.3	水平面内的曲线飞行	16
2.2.4	着陆过载	17
2.2.5	突风过载	18
2.2.6	局部过载	19
2.2.7	最大过载 $n_{y\max}$	19
2.3	其他载荷情况	20
2.3.1	热载荷	20
2.3.2	噪声载荷	20
2.3.3	瞬时响应载荷	21
2.3.4	特殊情况的载荷	21
2.4	疲劳载荷	21
2.5	飞机设计规范简介	23
第3章	飞机结构分析与设计基础	26
3.1	基本元件的承力特性	26
3.1.1	紧固件	26
3.1.2	受力元件	26
3.1.3	受力构件	27
3.1.4	附注	28
3.2	结构传力分析的基本方法	29
3.2.1	传力分析的目的	29
3.2.2	传力分析模型	29
3.2.3	结构的传力特性	30
3.2.4	判别结构设计合理性的三条标准	32
3.3	飞机结构材料	32
3.3.1	常用飞机结构材料	32
3.3.2	不同情况下的比强度与比刚度	34
3.3.3	结构材料选取的基本方法	35
3.4	结构设计的基本理论	37
3.4.1	结构型式选择的基本参数和理论	37
3.4.2	结构型式选择的举例	39
3.4.3	结构元件强度与刚度的设计要点	43
3.4.4	结构元件强度设计与刚度设计的区别	44

第4章 机翼结构的分析与设计	46
4.1 机翼结构的设计要求	46
4.1.1 机翼的功用	46
4.1.2 机翼的结构设计要求	46
4.1.3 机翼的受载	47
4.1.4 机翼结构设计的原始依据	49
4.1.5 机翼结构设计的基本任务	50
4.2 机翼结构的主要受力构件	51
4.2.1 蒙皮	51
4.2.2 桁条	51
4.2.3 翼梁	52
4.2.4 纵墙	53
4.2.5 翼肋	54
4.3 直机翼结构的受力型式与传力分析	56
4.3.1 机翼结构的受力型式与特点	56
4.3.2 双梁式机翼的传力分析	57
4.3.3 其他梁式机翼的传力分析	63
4.3.4 单块式机翼的传力分析	65
4.3.5 多腹板式机翼的传力分析	67
4.4 后掠翼结构的传力分析	69
4.4.1 后掠翼的结构特点	69
4.4.2 后掠翼结构的受载特点	70
4.4.3 后掠翼的结构型式	70
4.4.4 梁式后掠翼传力分析	74
4.4.5 单块式后掠翼传力分析	79
4.4.6 前掠翼结构分析	80
4.5 三角翼结构的传力分析	82
4.5.1 平行梁式三角翼结构的传力分析	83
4.5.2 等百分比梁式三角翼结构的传力分析	84
4.5.3 内撑梁式三角翼结构的传力分析	85
4.6 结构受力型式的确定	86
4.6.1 确定机翼结构型式的基本参数	86
4.6.2 选择机翼结构受力型式的注意事项	88
4.6.3 布局优化设计技术	89
4.7 可变机翼结构的传力分析	89
4.7.1 可变后掠角机翼	90
4.7.2 可变安装角机翼	94

4.7.3	可折叠机翼	95
4.8	机翼主要受力构件的布置	97
4.8.1	主要受力构件布置的准则	97
4.8.2	受力构件布置的基本原则	98
4.8.3	机翼受力构件布置的步骤	99
4.9	机翼整体油箱设计	100
4.9.1	对整体油箱结构的设计要求	100
4.9.2	整体油箱的构造型式	101
4.9.3	整体油箱结构设计要点	101
4.9.4	整体油箱的密封	102
4.9.5	整体油箱密封结构变形设计	103
4.10	机翼结构的主要元构件设计	104
4.10.1	长桁设计	104
4.10.2	翼肋设计	108
4.10.3	梁的设计	108
4.10.4	机翼蒙皮与壁板的设计	111
4.10.5	集中力扩散件的设计	114
4.10.6	机翼开口设计	117
第5章	尾翼和控制面结构的分析与设计	122
5.1	尾翼的结构分析与设计	122
5.1.1	尾翼的功用和组成	122
5.1.2	尾翼的结构设计要求	123
5.1.3	尾翼的载荷	123
5.1.4	尾翼的结构型式	125
5.1.5	水平尾翼安定面的结构设计	125
5.1.6	垂直安定面	128
5.1.7	全动水平尾翼	131
5.2	操纵面的结构设计	136
5.2.1	副翼	136
5.2.2	升降舵和方向舵	139
5.2.3	扰流板和减速板	140
5.2.4	调整片	141
5.2.5	操纵面前缘缺口的补强设计	142
5.2.6	重量平衡	143
5.2.7	气动补偿	143
5.3	增升装置	144
5.3.1	增升装置的功用	144

5.3.2	增升装置的设计要求	145
5.3.3	前缘增升装置的结构设计	145
5.3.4	后缘增升装置的结构设计	147
第6章	机身结构的分析与设计	153
6.1	机身的功用与设计要求	153
6.1.1	飞机机身的功用	153
6.1.2	机身结构的设计要求	153
6.2	机身的外形	154
6.2.1	机身的横截面形状	154
6.2.2	机身的侧面形状	155
6.2.3	机身的基本参数	155
6.3	作用在机身上的外载荷	156
6.3.1	机身上的主要载荷	157
6.3.2	机身的内力图	157
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	机身的隔框	160
6.4.4	机身上蒙皮与骨架元件的连接	162
6.4.5	机身上的使用分离面和工艺分离面	164
6.5	机身结构的传力分析	166
6.5.1	机身结构的受力型式	166
6.5.2	机身结构的传力分析	169
6.6	机身结构型式的选择	171
6.6.1	机身的内部布置	171
6.6.2	机身结构型式的选择	171
6.7	机身结构主要受力构件的布置	172
6.7.1	框的布置	173
6.7.2	桁梁的布置	174
6.7.3	桁条的布置	175
6.7.4	蒙皮的布置	176
6.8	机身结构主要受力构件的设计	176
6.8.1	桁梁的设计	176
6.8.2	普通框的设计	177
6.8.3	加强框的设计	177
6.8.4	气密增压舱	182
6.8.5	座舱盖(罩)结构	185

6.8.6	地板结构	187
6.9	其他部件与机身的连接	188
6.9.1	机翼与机身的连接	188
6.9.2	尾翼与后机身的连接	194
6.9.3	起落架与机身的连接	196
6.10	机身开口与补强设计	196
6.10.1	侧边大开口	197
6.10.2	驾驶舱大开口	197
6.10.3	机身腹部大开口	199
第7章	起落架	201
7.1	起落架的功用	201
7.1.1	起落架的功用	201
7.1.2	起落架系统的组成	201
7.2	起落架的设计要求	203
7.2.1	对起落架的要求	203
7.2.2	起落架结构设计准则	203
7.2.3	起落架结构的试验	204
7.3	起落架的配置形式	205
7.3.1	后三点式起落架	205
7.3.2	前三点式起落架	206
7.3.3	自行车式起落架	207
7.3.4	多支柱式起落架	208
7.4	起落架的外载荷	208
7.4.1	着陆撞击载荷	209
7.4.2	地面滑行载荷	210
7.4.3	刹车载荷	211
7.4.4	转弯载荷	211
7.4.5	其他使用情况下的载荷	211
7.4.6	疲劳问题	212
7.5	起落架的结构型式及其受力分析	212
7.5.1	按起落架与机身连接方式分类	213
7.5.2	按起落架支柱的受载方式分类	214
7.5.3	按机轮的数量分类	218
7.5.4	按机轮的安装方式分类	221
7.6	机轮与刹车	221
7.6.1	轮毂	221
7.6.2	轮胎	222

7.6.3	刹车装置	225
7.7	起落架的减震缓冲装置	228
7.7.1	减震缓冲装置的用途	228
7.7.2	对减震缓冲装置的设计要求	229
7.7.3	减震缓冲器的类型	230
7.8	前起落架的设计特点	235
7.8.1	前轮的稳定距	235
7.8.2	前轮摆振和减摆装置	236
7.8.3	前轮操纵系统	238
7.8.4	前轮纠偏装置	239
7.9	起落架的收放机构	241
7.9.1	起落架的收放形式	241
7.9.2	收放机构的典型运动方式	242
7.9.3	收放位置锁	243
7.9.4	舱门机构及协调装置	246
7.9.5	应急放下装置	246
第8章	飞机的气动弹性	247
8.1	飞机气动弹性问题的提出	247
8.2	翼剖面上的特征点	248
8.3	静气动弹性现象	248
8.3.1	弹性变形对气动载荷分布的影响	248
8.3.2	变形发散	249
8.3.3	操纵面效率与操纵反效	251
8.3.4	气动弹性对飞机静稳定性的影响	253
8.4	动气动弹性现象	253
8.4.1	机翼的弯扭颤振	253
8.4.2	机翼弯曲—副翼偏转颤振	256
8.4.3	尾翼的颤振	257
8.4.4	操纵面颤振	259
8.4.5	非经典颤振问题	259
8.5	飞机防颤振设计中的试验工作	260
参考文献		262

第1章

绪论

自然界中存在着固态、液态、气态等多种介质,在空气介质中运动的物体被称为航空器,飞机是其中的一员,它重于空气,是利用空气升力在空气介质中运动的一种复杂的机器。

“设计”可定义为“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。飞机结构设计就是将飞机机体的设计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。结构与结构分析或计算不同,从设计方案、结构布局到细节设计均不存在“唯一正确”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。

飞机结构分析是对已有飞机结构性能的评价,它是飞机结构设计的基础。通常,现代飞机结构设计是一个反复迭代的过程,每次迭代都需要对已有结构的不同性能进行定量分析,以确定结构设计改进或细化的内容,实现飞机结构的最佳设计。

1.1 飞机结构设计在飞机设计中的位置

飞机按其功用可分为军用和民用两大类。军用飞机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。民用飞机主要是从事旅客或货物等公共航空运输,也可用于护林、农业生产、医疗救护、抢险救灾、空中勘测和体育运动等通用航空飞行活动。

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,这些要求被称为战术技术要求;对于民用飞机,这些要求被称为使用技术要求。这些技术要求,通常用飞机的最大速度、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)、使用寿命等一些技术指标来表示。还有一些技术要求则是不能用具体数据来定量表示的,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技术文件的拟定。

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。简单而言,可以将飞机的研制过程分成下述四个阶段。

1. 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。

2. 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。此时必须通过仔细的分析、计算和/或试验,以保证所确定的总体设计能满足飞机的技术要求。在飞机总体设计之后进行的是飞机结构设计。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。

3. 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。飞机制造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。

4. 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。尽管前期已做了大量的分析、计算、试验等研究工作,但还不能就肯定这种飞机能够真正投入使用,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后,则可把相应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飞机设计,因为飞机技术要求的拟定、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,飞机设计是指飞机制造所需的技术文件的拟定阶段,通常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,并参与初步设计,还涉及原型机试制、试飞、生产工艺准备等,如图 1.1 所示。

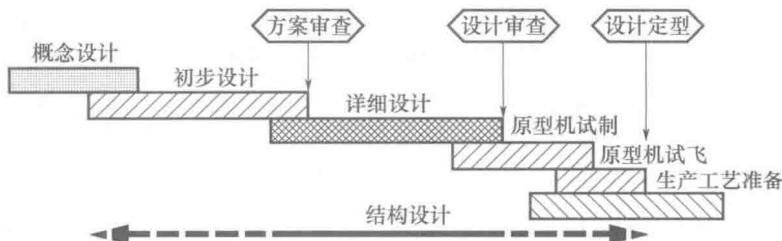


图 1.1 飞机设计的一般过程

1. 飞机总体设计

(1) 确定技术要求。对于军用飞机,战术技术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,使用技术要求则往往由设计单位根据市场需求和技术发展需要而提出。

(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)。通常这个阶段要初步确定机翼的平面形状。

(3) 选择发动机,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提出的性能技术指标;若不满足,则需进行不断调整。

(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作初步安排与协调,画出飞机的部位安排图,并给出飞机各部件的重量控制指标。

2. 飞机结构设计

(1) 确定全机结构布局。对照飞机的主要性能要求,通过结构传力分析,选定主要结构材料,给出全机结构的布局,确定主要部件之间的连接关系,并对结构的应力水平、变形、重量等关键性能进行初步评估,确保后续设计不出现颠覆性的反复。

(2) 进行飞机部件的结构打样设计。按照全机结构布局,完成各部件结构型式和主要尺寸的确定,并完成结构部件性能的评估,此阶段也称为结构的详细初步设计。

(3) 进行飞机零构件设计,完成结构细节设计。

(4) 完成部件的结构图纸。

在新飞机的研制过程中,需要进行大量的计算分析,如全机流场计算、全机结构应力应变场分析等,还需配合做很多试验,如风洞试验、结构选型试验、全机强度试验和疲劳寿命试验等。

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、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,又要在这种新飞机的使用过程中不断改进其设计。

1.2 飞机结构设计的原始条件

飞机结构设计的原始条件或称为结构设计的约束条件,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,通常包括结构的几何形状协调、外载荷、受力特性、使用条件与生产条件等。



1.2.1 结构的几何形状协调

飞机结构必须处理好与理论外形、内部装置的协调关系,并处理好结构零部件之间连接的协调关系。理论外形要求必须满足,结构与内部装置、零构件之间的协调应尽量满足。

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

飞机有很多内部装置,飞机还要装载,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。在考虑内部空间要求的协调时应注意两点:一是内部装载通常应与结构间保持一定的间隙;二是根据具体条件设计出的结构不一定要占据整个最大可能的空间。

飞机的零构件相互连接起来组成了飞机机体的整体,结构设计人员应在结构设计时明确本零件或构件与其他零构件在连接位置和尺寸上的协调关系。负责不同零构件设计的设计人员需要协调好结构的几何关系。

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则主要由分析得到。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、热应力和热刚度问题等。

1.2.3 结构的使用条件

飞机结构的使用条件主要包括环境条件、起降场所条件、维修条件等几个方面。

1. 环境条件

环境条件是指飞机在飞行和停放时的气象条件或周围介质条件。气象条件主要包括温度和湿度变化范围、是否需要考虑在夜间飞行、是否需要考虑在恶劣气象条件下飞行等。飞机若能在夜间和恶劣气象条件下飞行,则称为全天候飞机。周围介质条件主要包括是否需要考虑海水腐蚀、是否需要考虑湿热度和空气介质的影响等。

2. 起降场所条件

按照起飞和着陆场所,飞机可以分为在地面机场起降的陆上飞机、在舰船甲板上起降的舰载机和在水上起降的水上飞机三大类。

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。地面机场跑道又可分为刚性跑道(水泥混凝土)和柔性跑道(沥青混凝土、碎石、草皮、土质)。不同机种、甚至同一机种内性能不同的飞机,对起降场所条件的要求也不相同。如:前线歼击机要求在前线机场上使用,因此可能要求在跑道条件较差的土跑道上起飞着陆。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。又如民用飞机中,大型客机起降场所的条件很好,而通用飞机因其不同的特殊用途(如医疗救护、抢险救灾、森林灭火),起降场所的条件差异大,且往往条件较差。

舰载飞机要在航空母舰的甲板上起降,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拦阻装置,因此飞机结构上要受到一些额外的载荷。

3. 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。

歼击机通常要求能全天候飞行,且能够很快地进入临战状态,因此要求维修速度快,这就

要求结构有很好的开敞性以便于进行维修。

旅客机的机场条件一般很好,且维修能力也较好。通常中、大型旅客机都要求能进行全天候飞行。

军用运输机的机场条件相对较差,因此要求飞机结构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。

产量可大致分为大量生产、成批生产和有限件生产三种。飞机结构的产量与选取结构的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将直接影响结构的产量。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,而以采用机械加工、钣金加焊、铆接等加工方法较好;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拥有的设备、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等。飞机结构的设计人员应对飞机制造厂的情况很熟悉,这样才能设计出具有良好工艺性的结构。

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,制订出良好的工艺方案,以使设计人员设计出的结构能较好地投入生产。

1.3 飞机结构设计的基本要求及其分析



1.3.1 飞机结构设计的四个基本要求

在飞机结构设计时,设计人员应当使所设计的结构满足技术要求中规定的一些基本要求。这些基本要求可概括为气动要求、重量要求、使用维护要求、工艺要求、经济性要求等。这些要求通常既相互矛盾又相互关联。在结构设计时,如何全面考虑这些要求,设计出理想的结构,是结构设计人员应具备的基本功。

经济性要求主要体现在合理选择材料、制造工艺、精度要求等,它们与气动要求、使用维护要求、工艺要求基本一致。

1. 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要求和表面质量要求。这些要求主要与气动阻力和升力特性有关。为了保证飞机能够达到预定的气动性能目标,机翼、尾翼与机身不容许有过大的变形,其表面应符合粗糙度要求。

2. 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和使用环境条件下,具有足够的强度、刚度和寿命,避免结构在使用中产生有害的残余变形、出现不能容许的气动弹性问题与振动问题等。在满足上述条件的前提下,应使结构的重量尽可能轻。

这一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