

第一章 绪 论

飞机设计是一门应用科学，实践性强、其理论基础广泛，它来源于实践，是几十年飞机型号设计工作实践经验的科学总结。在逐渐发展成独立的学科以后，它反过来又用于指导飞机设计的实践。飞机设计学科也是各项先进的航空科学技术综合应用的结果，其内容涉及空气动力学、飞机结构与强度、航空发动机、航空材料、航空电子技术、自动控制及制造工艺等多种学科和专业技术领域。离开各项先进的航空科学技术，没有坚实的理论基础，飞机设计学科就不可能得到进步和发展。飞机总体设计课程是飞机设计学科的重要组成部分。

§ 1.1 飞机设计工作的一般过程

在航空科学高度发达的今天，设计一种新型的飞机，从设计方案的提出到试制生产和投入使用，一般都要经过几年，有时甚至是十几年的时间，这是一个很复杂的过程。简单地归纳起来，飞机设计的过程一般如图 1.1 所示。

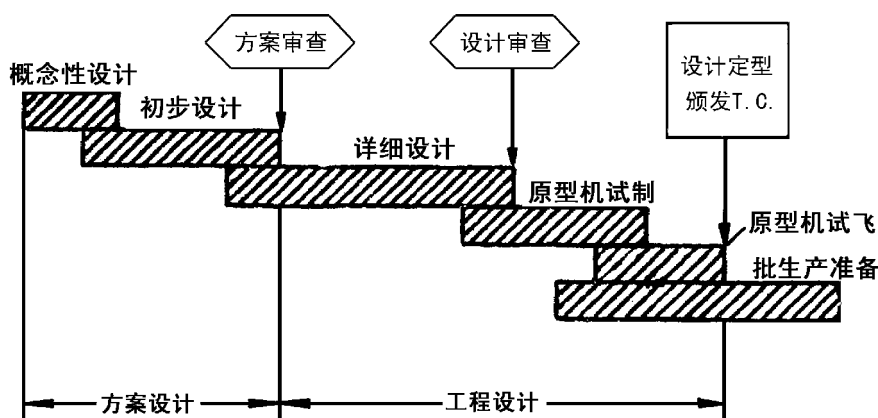


图 1.1 飞机的一般设计过程

按设计内容的粗细程度和大致的先后次序，飞机设计可以划分为 3 个有内在联系的不同阶段：

1. 概念性设计 (*Conceptual Design*)；
2. 初步设计 (*Preliminary Design*)；
3. 详细设计 (*Detail Design*)。

在飞机开始进行设计之前，首先由使用部门提出或由使用部门与设计部门共同拟定设计要求，在概念性设计阶段要对飞机的设计要求进行充分分析、研究和论证，有的文献把这阶

段工作称为“外部设计”。

概念性设计阶段的任务是根据飞机的设计要求，对所要设计的飞机进行全面的构思，形成飞机设计方案的基本概念，并草拟一个或几个能满足设计要求的初步设计方案。主要内容包括：初步选定飞机的型式和气动外形布局；初步选择飞机的主要参数；选定发动机和主要的机载设备；初步选择各部件的主要几何参数；绘制飞机的三面草图；初步考虑飞机的总体布置方案并初步估算性能，检查是否符合飞机设计要求给定的性能指标，然后修改整理所拟定的初步方案，组织专门的评比和论证，选定最合理的方案，经主管部门批准后，进行下一阶段的设计工作。

概念性设计阶段的工作，通常多限于纸面上，不做很多实验，所需费用较少。为了缩短设计周期，可以用计算机进行辅助设计，采用已有的程序系统选择参数、估算性能和修改外形布局。因此，在这个阶段中，通常可以多选择几个方案进行对比，经过充分的论证后，从中选出具有足够的先进性和实际可行的最理想的初步方案，做为进一步设计的基础。这个阶段的工作虽然花钱和耗时都不很多，但却非常重要，一般对飞机设计具有全局性影响的重大决策，有很大一部分都是在这个阶段做出的。

初步设计阶段的任务是对前面草拟的飞机设计方案进行修改和补充，使其进一步明确和具体化，最终绘出完整的总体设计方案。这一阶段的工作包括：修改、补充和完善飞机的几何外形设计，给出完整的飞机三面图和理论外形；全面布置安排各种机载设备、各个系统和有效载荷；初步布置飞机结构的承力系统和主承力构件；进行较为详细的重量计算和重心定位；计算比较精确的气动力性能和操纵性、稳定性；详细绘出飞机的总体布置图。在此设计阶段，通常还要对飞机及各系统进行一系列的试验研究，制造模型进行大量的吹风试验，有时还需要制造全尺寸的样机，供协调各系统和内部装载布置之用。因此，与前一段的工作相比，要耗费较多的时间和资金，并且需要各有关专业部门的配合和参加，协调解决在设计中所遇到的各种技术问题，经过多次反复，最终得出完整的总体设计方案。由于其各种图纸和技术文件已经过多轮修改，并且经过了专项试验的验证，故可做为正式的方案提交审查和论证。论证通过后，飞机总体方案的设计工作告一段落，可以转入下一阶段进行详细设计。

详细设计阶段主要是进行结构设计，包括部件设计和零构件设计。设计完成后，要绘出飞机各个部件及各系统的总图、装配图、零件图和详细的重量计算及强度计算报告。此阶段的工作量很大，而且还要进行许多试验，包括静强度、动强度和寿命试验，各系统的地面台架试验等等。

下一步工作是试制原型机和进行地面试验，包括全机静、动力试验和各系统的地面试验。如发现问题，要修改原型机。解决问题后，再进行试飞。试飞合格后，按照实际试验和试飞的情况，最后修改设计，并申请设计定型，由国家有关部门审查，发给型号合格证书（*Type Certificate*），至此，完成整个设计过程，下一步是转入批量生产。

如前所述，飞机设计是一个很复杂的过程。为了方便，通常把整个飞机设计工作划分为若干个阶段，但具体的分法和名称并不完全一致。例如在苏联叶格尔等所著的《飞机设计》一书中，对飞机设计工作阶段的划分如图 1.2 所示。

设计工作阶段的划分与设计部门的组织分工有关，各阶段的名称和内涵也不统一，这一点在参阅各种文献资料时应该注意。

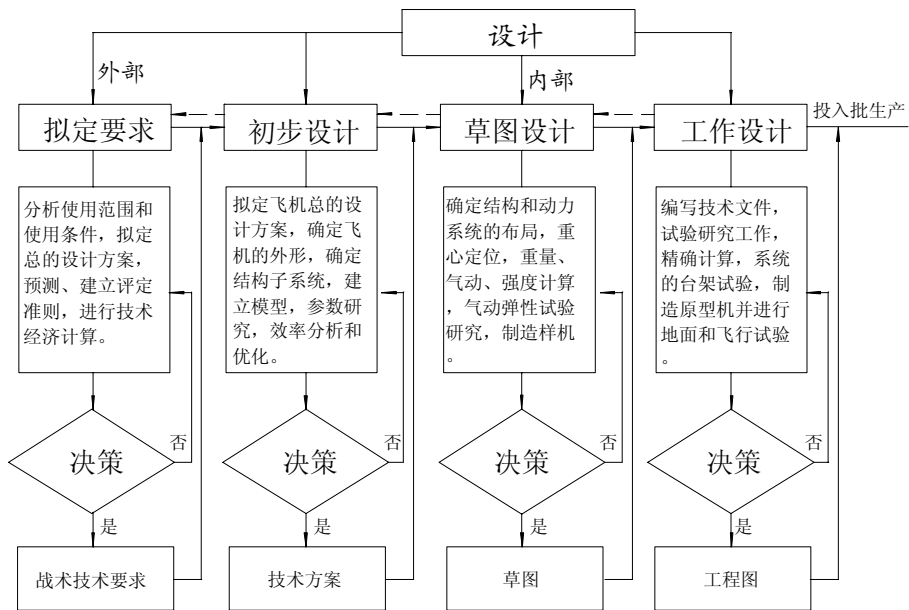


图 1.2 飞机设计工作框图

§ 1.2 飞机总体设计工作的特点

飞机总体设计是指从概念性设计到初步设计阶段, 进行总体方案设计的全过程, 其最终的目标是定出最优的总体方案。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、在时间上和经济上造成损失, 而且往往直接影响到新机研制的成败。因此, 飞机总体设计是飞机研制工作中最为重要的一个阶段。

飞机总体设计也属于工程设计的范畴, 具有一般工程设计中科学技术的各种特性。但由于现代飞机结构复杂, 要求高, 增加了总体设计的难度, 从而使现代飞机总体设计工作明显地具有以下几个特点:

一、创造性与科学性

飞机总体设计必须具有创造性。假如所提出的总体方案没有创新、没有特色, 与现有的飞机相比没有什么新东西, 那也就从根本上失去了总体设计的意义。我们不能在落后的总体方案的基础上, 指望研制出先进的飞机来。特别是在世界航空工业激烈竞争的今天, 飞机设计工作中的创造性显得尤为重要。这首先要要求飞机设计工作者具有创新的精神, 勇于探索, 进行创造性的构思, 并且要有渊博的理论基础和丰富的实践经验, 善于克服心理上的惰性, 这对于保证设计的成功, 或者说对于保证设计工作的创造性, 无疑是重要的。但是, 从另一方面看, 由于现代飞机设计是一项复杂的系统工程, 和普通简单的工程设计及一般的美术作品的创造过程不同, 仅仅靠作者的热情和丰富的想象力是不行的, 必须要有先进的科学技术

和强大的工业基础做后盾，才能保证创造成功。也就是说，在总体设计过程中，应设法避免盲目创新，尽量减少无根据的决策而带来风险。因此，在设计中所采用的各种新技术都要经过预先研究，或是在设计过程中广泛进行试验加以验证。

航空科学技术预研工作非常重要，以便为飞机设计建立科学技术的储备。否则，就不可能使所设计的方案真正具有创造性和先进性。例如，在没有研制出可用的喷气发动机和在空气动力研究中没有解决后掠翼的问题以前，设计超音速飞机只能是空想。

总之，设计就要创新，尤其是在总体方案设计阶段，特别要尽可能多地采用先进的技术措施，以保证设计的飞机具有竞争力，而不至于一出台就落后、过时。不仅设计新飞机如此，渐改设计、改型设计，也一样要采用先进技术，要创新。为减少风险，要加强预研工作和在设计过程中广泛进行有针对性的理论研究和试验研究，做到创造性与科学性相结合。

二、反复迭代，多轮逼近

飞机总体设计另一明显的特点是采用反复迭代、多轮逼近的方法。简言之，首先根据国民经济或国防建设的需要，拟定出飞机的使用技术性能或战术技术性能要求，然后，根据所拟定的设计要求确定飞机总体设计方案的各种参数，定出飞机总体设计方案的过程。由于飞机结构的复杂性，和对飞机所提出设计要求的多样性，使得现代飞机的总体方案设计不可能一次完成，而是需要反复迭代，逐渐逼近。也就是说，每一轮在步骤和原理上都是一样的，但并不是简单的重复，每进行一轮都要使总体方案更加完善、具体和能更好地满足设计要求。此外，飞机设计是一个创造性的过程，方案的确定往往与人的因素有关。在飞机总体设计过程中，离不开设计人员创造性的构思、综合的判断和必不可少的决策。因此，传统的飞机总体设计工作与一般的系统分析工作不同，几乎不存在唯一性。对于相同的设计要求，往往会有若干个不同方案，这就有一个优化的问题。因为分析计算一个方案的工作量大，设计参数变化需要重新估算重量、推进性能、气动特性并在此基础上再次重新计算飞机的各种性能，所以很费时间。目前，国内外的许多飞机设计部门都广泛使用了计算机辅助设计（CAD）的程序系统，不仅可以缩短设计周期，而且也可以在设计过程中引入最优化设计环节，利用计算机对飞机的设计参数进行优化，这样，就可以得到最佳的设计方案。飞机总体设计过程的框图如图 1.3 所示。

实际上，在飞机的整个研制过程中，各设计阶段之间也要反复进行迭代，逐渐逼近。例如，在总体方案初步确定后，要进行详细设计。在详细设计阶段，要完成飞机各部件、各系统和零构件的设计，需要进行大量、精确的计算工作和试验研究，所得到的精确的几何数据和重量数据，又成了进一步修改和完善总体方案的依据。根据这些详细、精确的数据，才能最终完成飞机的重量计算、重心定位和内部布置的工作，所以，这也是在更大范围内的反复迭代、逐渐逼近的过程。总之，可以说反复迭代、逐渐逼近是飞机整个研制工作的一大特点，而在总体方案设计阶段尤其明显。飞机设计工作之所以具有这种特点，是由于飞机设计要求的多样性和矛盾性造成的，对一架飞机各方面的设计要求非常多，无论是在飞行性能、使用和维护性能、安全性、经济性以及军用飞机的作战性能等各方面都有一系列的具体要求，而各种要求之间又往往是互相矛盾的，例如，要增大飞机的飞行速度，就需要减小机翼的面积，采用相对厚度较小的翼型，这就与降低起飞着陆速度、减小滑跑距离的要求相矛盾。此外，机翼参数还与结构的强度、重量以及内部容积的利用有关。许多因素互相影响，有的则是互

为因果，这就是造成飞机总体方案设计工作需要反复迭代的基本原因。

三、综合与协调

现代飞机的结构复杂，机载设备的种类和所占的比例不断增加，使飞机设计工作涉及空气动力、结构强度、航空发动机、自动控制、电子技术、航空材料及制造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，所以现代飞机设计实际上是一种依靠集体智慧进行创造性的工作，需要各专业之间的分工、合作和密切配合，特别要注意各方面的综合和协调才能成功。如果大家各持己见，不考虑全局，不注意综合和协调，则不会设计出好的飞机来。

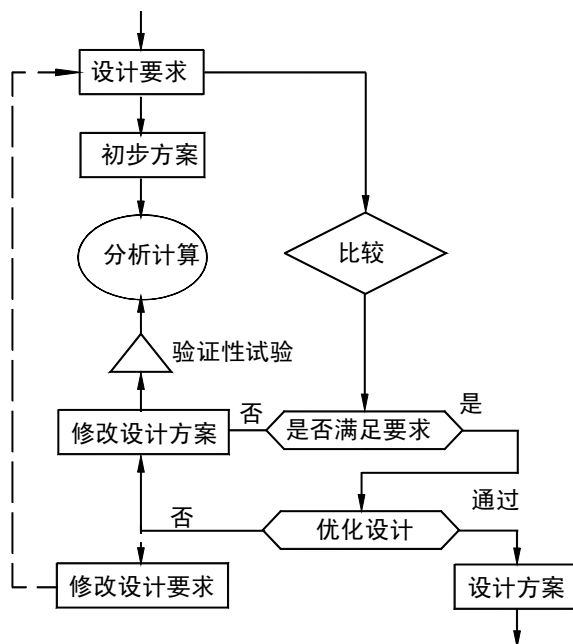


图 1.3 飞机总体设计过程框图

飞机是一种复杂的工程系统，它由许多个专业的子系统组成。好的飞机设计方案，必然是在对其各个专业子系统进行了综合和协调之后产生的。大家知道，不进行综合与协调，孤立地把各子系统都搞成最优的，则合成后而形成的飞机方案肯定不会是最优的。因此，飞机设计，实际上是对飞机的各种设计要求和各个专业进行综合与协调的过程，在总体方案设计阶段，这一特点尤为明显。

以上列举了飞机设计三个方面的主要特点，当然不是全部特点，前面提到飞机设计属应用科学，具有实践性强、理论基础面宽等固有的特性，并且还具有要求高、难度大、耗资金多、协作关系复杂、工作量大和设计周期不允许过长等一些特点。这些特点对飞机的总体设计也有影响。