

绪 论

本章简要叙述航空器、飞机的分类及发展，对旅客机的要求与航空安全，航空器的主要组成及其功用以及航空器系统与动力装置课程的主要内容。

0.1 航空器与飞机的分类

在地球大气层内或大气层之外的空间（含环地球空间、行星和行星际空间）飞行的器械通称飞行器。通常，飞行器可分为三大类：航空器、航天器、火箭和导弹。在大气层内飞行的飞行器称为航空器；主要在大气层之外的空间飞行的飞行器称为航天器（见图 0.1）；依靠制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器称为导弹；靠火箭发动机提供推进力的飞行器称为火箭。

0.1.1 航空器的分类

任何航空器都需要产生升力克服自身重力才能升空飞行。按照产生升力的基本原理，可将航空器分为两大类（见图 0.2）：轻于空气的航空器（即靠空气静浮力升空飞行的航空器）和重于空气的航空器（靠航空器与空气相对运动产生空气动力升空飞行的航空器）。

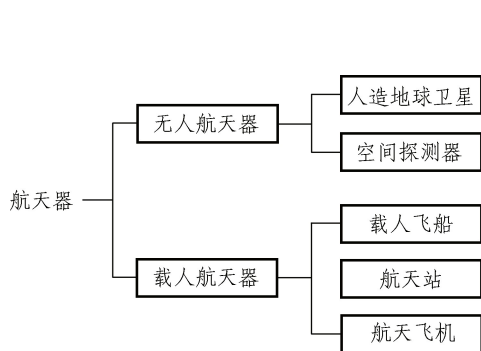


图 0.1 航天器的分类

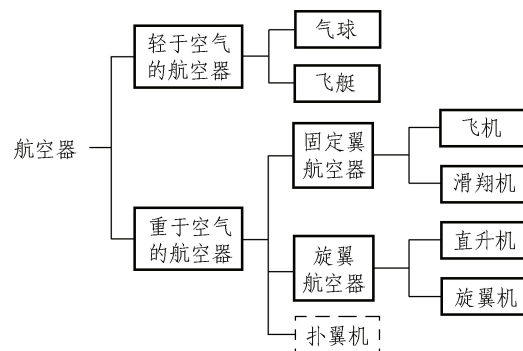


图 0.2 航空器的分类

1. 轻于空气的航空器

轻于空气的航空器包括气球和飞艇（见图 0.3、图 0.4）。它们的主体是气囊，里面充以密度小于外界空气的气体（如热空气、氢气或氦等）；由于气球所排开的空气重量大于气球本身

的重量，故产生静浮力而使气球升空。气球没有动力装置，升空后只能随风飘动或被系留在固定位置上（见图 0.3）。按充入的小密度气体不同，气球又分为氢气球、氦气球与热气球。气囊的材料有纸、麻布、丝绸、橡胶、尼龙和塑料等。球下挂有吊篮，可装人和仪器设备。气球可用于体育运动，训练航空和跳伞人员，进行气象观察和大气科学研究等。



(a) 自由气球

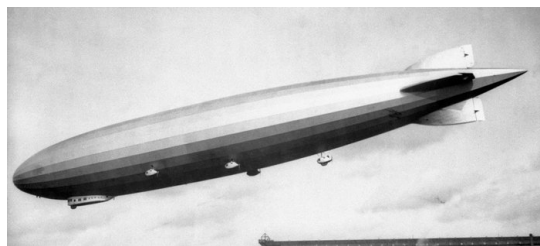


(b) 系留气球

图 0.3 气球



(a) 软式飞艇



(b) “齐柏林伯爵号”硬式飞艇（长 236 m、高 34 m、宽 30.5 m）

图 0.4 飞艇

飞艇又称可操纵气球，靠推进系统辅以操纵面使之按要求的方向飞行。艇体呈流线型，上有安定面与操纵面。飞艇靠发动机和螺旋桨推动前进，操纵方向舵控制方向，水平安定面保持纵向稳定性。可通过改变充气量、抛掉压舱物、改变推力方向等方法，操纵飞艇垂直升降与水平运动。按照构造特点，飞艇可分为软式、半硬式与硬式 3 种。软式飞艇气囊无骨架[见

图 0.4 (a)], 硬式飞艇则为轻金属骨架[见图 0.4 (b)]。飞艇椭圆形气囊下悬挂吊舱, 可装人员、货物及仪器设备。

在历史上飞艇曾用于航空运输, 图 0.4 (b) 所示的“齐柏林伯爵号”硬式飞艇为世界上最大、最著名的飞艇之一。现代飞艇借助高新技术再次悄然崛起: 在军事上, 研制了早期预警飞艇、巡逻勤务飞艇、海上扫雷飞艇、反潜飞艇等, 它们在运送军用物资(尤其是送往无机场条件下的区域)方面, 更显优势; 又因为飞艇素有燃料消耗少、成本低、速度低、维修简便等特点, 可用于地质勘探、鱼类资源保护、道路交通监控、空中特色旅游、商业广告或进行空中研究与试验、向无机场地区运送大型整体物件等。

2. 重于空气的航空器

重于空气的航空器是靠自身与空气相对运动产生的升力升空飞行的。这类航空器有飞机、滑翔机、直升机、旋翼机以及扑翼机、无人驾驶飞机、地面效应飞行器等。

飞机和滑翔机均由固定翼产生升力。有动力装置的称为飞机, 它是目前应用范围最广泛的航空器: 在民用航空器中, 飞机的数量占到 98% 以上。滑翔机在飞行原理与构造形式上与飞机基本相同, 只是它没有动力装置和推进装置, 一般有 4 种方式升空: ① 弹射器: 将滑翔机架设在弹力绳并向后拉, 由驾驶员给予信号后释放绳索而弹射出去。② 汽车拖曳: 将滑翔机系绳于车上拖曳达适当高度后, 驾驶员将绳索松开。③ 绞车拖曳: 与汽车拖曳相似, 只是利用固定在地上以马达驱动的绞车来拉滑翔机。④ 飞机拖曳: 以另一部有动力的飞机拖至一定的高度后, 滑翔机脱离而自由翱翔。在无风情况下, 滑翔机在下滑飞行中依靠自身重力的分量获得前进动力, 这种损失高度的无动力下滑飞行称滑翔。在上升气流中, 滑翔机可像老鹰展翅那样平飞或升高, 通常称为翱翔(见图 0.5)。



(a) 初级滑翔机



(b) 高级滑翔机

图 0.5 滑翔机

旋翼航空器分为旋翼机与直升机(见图 0.6)。旋翼机实际上是一种介于直升机和飞机之间的飞行器。它除去旋翼外, 还带有一副螺旋桨以提供前进的动力, 一般装有较小的机翼在飞行中提供部分升力。旋翼机与直升机的最大区别在于, 旋翼机的旋翼不与发动机传动系统相连, 发动机不以驱动旋翼的方式提供升力, 而是在旋翼机飞行的过程中, 由前方气流吹动

旋翼旋转产生升力；而直升机的旋翼与发动机传动系统相连，既能产生升力，又能提供飞行的动力。由于旋翼机的旋翼为自转式，传递到机身上的扭矩很小，因此旋翼机无须设计单旋翼直升机那样的尾桨；但是它一般装有尾翼，以控制飞行。在飞行中，旋翼机同直升机最明显的区别在于直升机的旋翼面向前倾斜，而旋翼机的旋翼则是向后倾斜的。需要说明的是，有的旋翼机在起飞时，旋翼也可通过“离合器”同发动机联系，靠发动机带动旋转而产生升力。这样可以缩短起飞滑跑距离，几乎可以陡直地向上爬升，但它还不能垂直上升，也不能在空中不动（即“悬停”），升空后再松开离合器让旋翼在空中自由旋转。旋翼机飞行时，升力主要由旋翼产生，固定机翼仅提供部分升力。有的旋翼机甚至没有固定机翼，全部升力都靠旋翼产生。



(a) V-22 “鱼鹰” 倾斜旋翼机



(b) AS355 “小松鼠” 直升机

图 0.6 旋翼航空器

扑翼机是仿鸟类扑翼飞行的航空器，目前尚在研究中。无人驾驶飞机是一种靠无线电遥控或按某种程序自控的无驾驶员飞机，它在民用方面用以大地测量、气象观测、环境监测、人工降雨等。地面效应飞行器又叫地效器或“气垫”飞行器，类似气垫汽车，可在地面或水面上使用。

0.1.2 飞机的分类

作为使用最广泛、最具有代表性的航空器，飞机可按其用途、构造形式及性能特点等分类。

1. 按用途分类

飞机按用途可分为军用机与民用机，其中民用机包括旅客机、货机、农业与林业机、教练机与运动机等。旅客机、货机及客货两用机又称为民用运输机，其余的民用机则统称为通用机。

2. 按构造形式分类

飞机按构造形式分类如图 0.7 所示。它按不同的机翼、机身、尾翼、动力装置、起落架装置等又分为若干种形式。民用运输机多采用后掠下单翼，单机身与单垂尾（高或低平尾），涡桨式或涡扇式发动机吊装于机翼下或机身尾部，前三点轮式起落架装置。

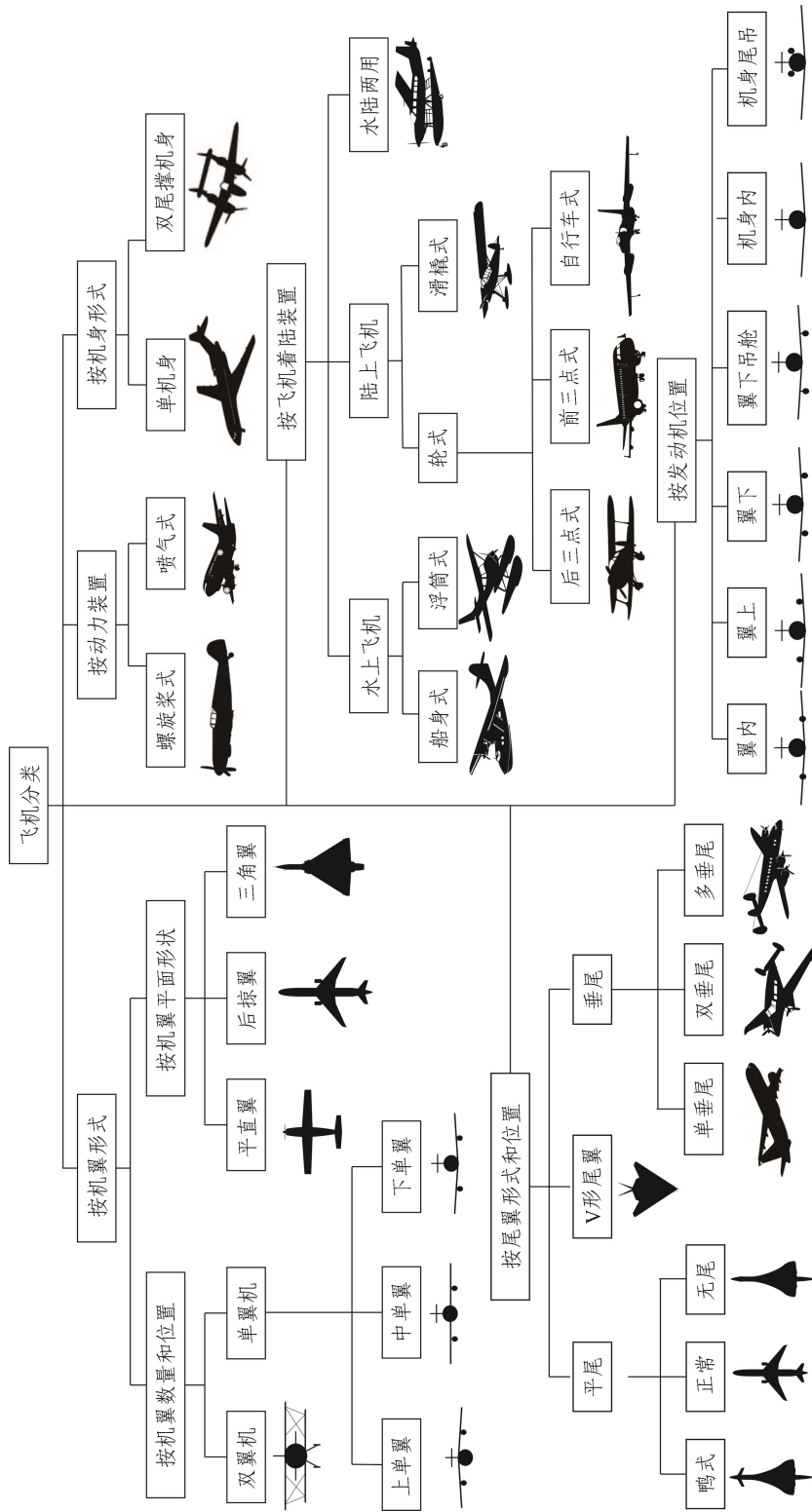


图 0.7 飞机按构造形式分类

3. 按主要性能特点分类

客机按主要性能特点分类见表 0.1, 需要说明的是, 表中所列参数及划分范围目前并不完全统一。

表 0.1 旅客机按主要性能分类

性能款项	分 类	性能指标
巡航速度	低速客机	$Ma < 0.4$
	亚声速客机	$0.4 < Ma < 0.6$
	高亚声速客机	$0.6 < Ma < 1.0$
	超声速客机	$Ma > 1.0$
载重航程	短程客机	航程 2 500 km 以下
	中程客机	航程 2 500 ~ 5 000 km 以下
	远程客机	航程 6 000 ~ 10 000 km 以上
客座数量	小型客机	100 座以下
	中型客机	100 ~ 200 座
	大型客机	200 ~ 350 座以上
机身宽度	窄体客机	宽小于 4.1 m 或一排 6 座以下
	半宽体客机	宽 4.2 ~ 5.5 m 或一排 6 ~ 8 座
	宽体客机	宽 5.6 ~ 6.6 m 或一排 9 ~ 10 座以上
	双层宽体客机	宽 6 m 以上

4. 按进近速度分类

根据空中交通管制要求, 在最大允许着陆重量下, 仪表进近程序规定的进近速度是着陆形态下失速速度的 1.3 倍 (也称为跑道入口速度)。据此又将航空器分为以下 5 类:

- A 类: 指示空速小于 169 km/h (91 kts);
- B 类: 指示空速 169 km/h (91 kts) 或以上, 但小于 224 km/h (121 kts);
- C 类: 指示空速 224 km/h (121 kts) 或以上, 但小于 261 km/h (141 kts);
- D 类: 指示空速 261 km/h (141 kts) 或以上, 但小于 307 km/h (166 kts);
- E 类: 指示空速 307 km/h (166 kts) 或以上, 但小于 391 km/h (211 kts)。

以上分类的界线根据目前客机发展水平而定, 实际使用中常常综合飞机有关性能特点而划分。如波音 747-400 型为远程大型高亚声速涡扇式宽体干线客机, 国产 Y7-100 则为小型短程低速涡桨式支线客机。干线客机与支线客机也按综合性能划分, 并且不同发展时期有不同划分标准。现代干线客机一般指大中型、中远程、高亚声速、宽体或半宽体涡扇式喷气客机,

主要在国际航线和国内大城市之间飞行。支线客机一般指小型、短程、低速、窄体、涡桨式或活塞式客机，主要在国内中等城市间或大城市间飞行。

0.2 航空器及飞机发展概述

自古以来人类就有飞行的愿望，这从许多关于腾云驾雾的神话传说中可以看出。但是在社会生产力低下的年代，这种愿望是难以实现的。不过，许多先驱人物的勇敢探索，却为人类实现飞行提供了有益的经验教训。

18 世纪的产业革命推动了科学技术的发展，从而为人类实现飞行提供了条件。

0.2.1 航空器发展简史

1. 轻于空气的航空器

利用空气静浮力升空，在技术上是较易实现的。中国在 10 世纪初期就有类似于热气球的“孔明灯”出现，升入空中作为战争中的联络信号。18 世纪末期，法国蒙哥尔费兄弟的热气球载上一些动物升空飞行了 8 min 后安全降落。1783 年 10 月 15 日，FP 罗奇埃乘热气球上升到 26 m 高度，飞行 4.5 min。同年 11 月 21 日，罗奇埃和达尔朗德又乘热气球在约 1 000 m 高度用 12 min 飞行了约 12 km。这是人类乘航空器首次飞行。随后，法国的物理学家查理制成了以丝绸作气囊充以氢气的气球，升空 915 m，飘行了约 25 km 后降落。后来他又制造了一只更大的气球，下系可以载人的吊篮。他和一位同伴乘这只气球在空中飘行 50 km，留空时间超过 2 h。气球的出现激起了人们对乘气球飞行的热情，并有人致力于飞艇的研究。经过多年的探索和试验，制成了带动力、可操纵的飞艇，并升空飞行。1900 年，德国的齐柏林制成了长 128 m，容积 11 300 m³ 的硬式飞艇，巡航速度为 60 km/h，并于 1910 年开辟了载客的定期航线（第一次世界大战期间，德国曾用这种飞艇轰炸伦敦）。第一次世界大战后，齐柏林又建造了两艘巨型飞艇，在欧洲到南美和美国的商业航线上飞行。这种飞艇长 245 m，容积 200 000 m³，速度 130 km/h，载客 75 名。1937 年从德国到美国的一次飞行中飞艇突然起火爆炸，旅客全部遇难，从此飞艇结束了商业飞行。20 世纪 70 年代以后，许多国家又应用新材料、新技术研制新的飞艇来执行巡逻任务和吊装大型设备等。

2. 重于空气的航空器

人类关于飞行的许多探索和试验是从模仿鸟类的飞行开始的。中外历史文献中都记载着用羽毛制成翅膀尝试飞行的记录，但这些尝试都没有获得成功。19 世纪初，英国的 G 凯利提出了重于空气的航空器的理论，阐明了利用固定机翼产生升力及利用不同翼面控制飞机的设计概念。他制造了第一架滑翔机进行试飞，以验证其理论的有效性，确立了现代飞机的基本构形。他的重要著作《关于空中的航行》为后来航空器的研制提供了重要理论基础和

经验。

为了使飞机能够成功地飞行，必须解决升力、动力和稳定操纵问题。有些人利用蒸汽机作为动力装置进行了探索。随着 1893 年汽油内燃机（活塞发动机）的问世，美国科学家兰利在 20 世纪初制造了安装活塞发动机的飞机，在 1903 年进行了两次试飞均未成功，主要原因是未能解决飞机的稳定、操纵问题。

当时，有一些人沿着另一条道路对飞行进行探索：用滑翔机试验飞行，解决滑翔机的飞行稳定、操纵问题；然后再加上动力，作动力飞行。德国的李林达尔就是这方面的先驱者。他仔细研究了鸟类的飞行，并仿制成弓形翼剖面的滑翔机，于 1891—1896 年期间，进行了 2 000 多次滑翔飞行试验，最终解决了滑翔机飞行稳定和操纵问题，并积累了大量数据。他准备在滑翔机上装上发动机作动力飞行试验，但不幸在一次滑翔飞行中失事牺牲，使得这一愿望未能实现。美国的莱特兄弟在李林达尔滑翔飞行活动的鼓舞下，对航空产生了浓厚的兴趣。他们制造滑翔机进行飞行操纵试验；又自己设计制造了风洞，在风洞中试验不同的机翼模型，测定空气动力数据，再根据试验结果改进滑翔机。1902 年秋季，他们进行了近千次滑翔飞行，取得了完全成功。1903 年他们制造了“飞行者 1 号”飞机，装载 8.8 kW 的水冷 4 缸活塞发动机和螺旋桨，飞机总质量约 340 kg（见图 0.8）。1903 年 11 月 17 日，莱特兄弟驾驶“飞行者”1 号飞行了 4 次，其中第 4 次飞行距离最远，约 260 m，留空 59 s。这是人类最早的持续动力飞行。

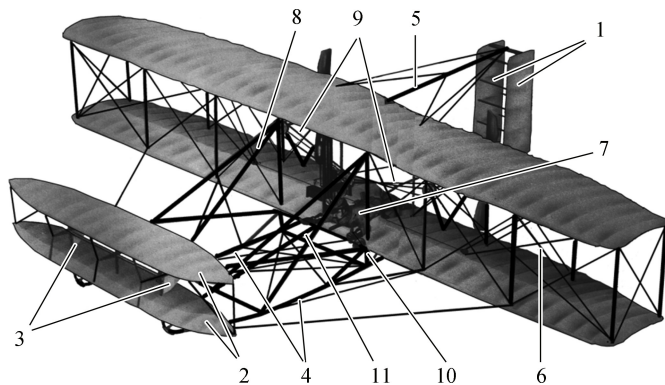


图 0.8 莱特兄弟“飞行者 1 号”飞机

- 1—双方向舵；2—双翼式升降舵；3—前翼龙骨面固定片；4—着陆橇；5—方向舵尾撑；
6—外翼翼间张线；7—驾驶室；8—链条传动；9—翼尖扭曲操纵支架；
10—升降舵操纵器；11—机身加固杆

20 世纪初，欧洲也有人从事飞机的研究工作。法国的桑托-杜蒙于 1906 年、法国的布莱里奥于 1909 年都成功地用他们自己设计的飞机完成了飞行。布莱里奥驾驶“布莱里奥”XI 号单翼机于 1909 年首次飞越了英吉利海峡，全程 40 km，飞行时间 37 min。

1914 年爆发了第一次世界大战，飞机开始用于军事目的，各国拥有的飞机已达数百架，在初期主要用于侦察和照相。后来由于战争的需要，又出现了带武器的“驱逐机”，其目的是

“控制天空”，接下来又出现了轰炸机和强击机。

第一次世界大战肯定了飞机在战争中的作用，促进了航空科学技术和航空工业的发展。战后，许多国家采用举办民用航空运输的手段，以继续发展航空工业。1919年开始，已出现了几条定期的国际航线。20世纪20年代初，双翼机逐渐向单翼机过渡，到30年代初期，双翼机已趋于被淘汰的阶段，此时出现了可收放起落架、封闭驾驶舱、发动机加装整流罩等一系列提高空气动力效率的构造形式。飞机结构材料也由木材、层板、亚麻布等逐渐改为铝合金，提高了结构强度，降低了飞行阻力。科学技术新成就大量应用于飞机设计中，飞机性能有了很大提高。1937年苏联的“安特25”从莫斯科直飞美国，1938年飞机升限纪录为17 094 m，1939年创755.09 km/h的飞行速度纪录。

第二次世界大战中，飞机得到广泛的应用，飞机性能迅速提高，参战飞机数量大，种类多，出现了总质量62.5 t的轰炸机和速度达784 km/h的战斗机。1944年盟军对德国的轰炸中，曾一天内出动1 000架轰炸机和900架护航战斗机。当时所用的飞机，几乎全是用活塞式发动机和螺旋桨推进的，最大速度700 km/h以上，可以说已接近活塞式发动机飞机的速度极限。当飞机速度接近声速时，气动阻力急剧增大，活塞式发动机和螺旋桨已难以提供足够的推力（或拉力）；同时，由于机翼上气动压力中心的变化，引发了飞机稳定性和操纵性方面的一些新问题，从而为进一步提高飞行速度带来了障碍，这种情况被人们称之为“音障”。要突破“音障”，首先要发动机提供足够的推进力以克服急剧增加的阻力，活塞发动机和螺旋桨已无能为力，而涡轮喷气发动机的出现，解决了这一问题。1939年第一架装有涡轮喷气发动机的飞机——德国的He-178试飞成功。随后，美、英、苏联都先后发展了装有喷气发动机的战斗机和轰炸机。第二次世界大战后，军用飞机基本喷气化。通过空气动力学对跨声速、超声速流动特点的研究和气动弹性力学的研究，解决了超声速飞机设计的一系列问题。在20世纪50年代初期出现了超声速的军用飞机；到60年代，有些战斗机的最大速度已达声速的3倍左右。这时，又遇到所谓“热障”问题，即由于长时间高速飞行产生的气动加热而导致结构材料性能下降的问题，其解决途径主要是研制质量轻、耐高温的新材料和应用新型结构。

民航飞机使用喷气发动机较晚。1952年第一架装涡轮喷气发动机的民航飞机“彗星”号投入航线运行，但由于它在结构设计时未考虑疲劳断裂问题，在1953—1954年之间连续3次失事。吸取了“彗星”号失事的教训，改进了结构设计之后，20世纪50年代末期出现了多种型号的喷气式旅客机。1968年底，苏联首先试飞了超声速旅客机图-144；1969年初，英法合作研制的“协和”号客机试飞，并于1976年用于航线飞行。上述两种超声速飞机的最大速度略大于声速的两倍。但是超声速客机噪声大、耗油率高，加上超声速飞行时产生的“声爆”对地面有不利影响，最终都限制了它的应用和发展。

无论是作为战争的武器，还是作为空中运输的工具，都对速度有要求，不断提高飞行速度一度成为飞机发展的主要努力方向。改善飞机气动性能，增大升力、减小阻力，确保操纵性与稳定性以及提高动力装置的功率，则成为飞机发展的主要途径。