

自然科学学科简介



航空技术

(试行本)

科学出版社

出版说明

为了向干部提供自然科学领域中主要学科的基本情况,以供工作参考,我们组织编写了《自然科学学科简介》。它简单地介绍自然科学主要学科的研究对象、研究目的、在社会主义革命和社会主义建设中的意义,以及当前国内外研究现状等基本情况。

目前,我们暂以试行本的方式分册出版。以期征求各有关方面的意见和听取领导同志对该书编写工作的指示,待修改补充后正式出版。

自然科学学科简介

航空技术

(内部发行)

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1972年12月第一版

1972年12月第一次印刷

定价: 0.50 元

前 言

本简介涉及的范围比较广泛,它简单介绍了自本世纪以来,特别是第二次世界大战以来,航空工业和航空技术的迅速发展。同时介绍了诸如空气动力学、飞行力学、弹性稳定理论、薄壁结构理论、热力学、化学、燃烧理论、材料学、工艺学、航空仪表学、电子学、无线电学和自动控制理论学科在这一时期的相应发展。

主要介绍的内容是:

1. 飞行器(各种飞机、火箭和导弹、空间飞行器)。
2. 飞行器的动力装置(燃气涡轮发动机、冲压喷气发动机、火箭发动机和原子发动机)。
3. 飞行器的制导系统。
4. 材料在飞行器上的应用和某些工艺问题。

这本简介是为县、团级干部使用而编写的,所以在收集材料方面比较广泛,文字力求通俗易懂,对国内外的情况尽可能作了介绍,以便使读者对航空技术有比较全面地了解。当然这还远远不能把全部实际情况反映出来,一定会存在一些缺点和错误,希望读者批评指正。

目 录

第一章 飞行器	1
第一节 飞机	1
概述	1
飞机性能的主要指标	8
1. 最大飞行速度	8
2. 升限	9
3. 航程	10
4. 机动性	10
几种主要类型的飞机	11
1. 歼击机	11
2. 轰炸机	18
3. 运输机	19
4. 直升飞机	22
5. 无人驾驶飞机	23
机体结构问题和大型试验设备	25
1. 气动-弹性问题	28
2. 结构疲劳强度问题	29
3. 气动加热问题	29
A. 风洞	30
B. 结构试验室	32
第二节 火箭和导弹	35
概述	35
弹道导弹	37
有翼导弹	40
1. 地对空导弹	41
2. 空对空导弹	43
3. 空对地导弹	45

4. 反导弹	46
第三节 空间飞行器	47
概述	47
主要的几类空间飞行器	51
1. 人造地球卫星	51
2. 月球飞船和其他飞船	55
3. “航天”母舰和“航天”飞机	58
附 录: 美帝的几种主要类型飞机	60
苏修的几种主要类型飞机	62
美帝的几种主要类型火箭和导弹	63
苏修的几种主要类型火箭和导弹	64
第二章 飞行器的动力装置	65
前 言	65
第一节 空气喷气发动机	65
燃气涡轮发动机	65
1. 涡轮喷气发动机	65
2. 涡轮螺桨发动机	68
3. 涡轮风扇发动机	69
4. 涡轮轴发动机	72
5. 垂直起落动力装置	74
6. 部件发展中的一些情况	77
7. 试验设备	79
冲压喷气发动机	79
附 录: 国外燃气涡轮发动机的性能情况	82
第二节 火箭发动机	83
1. 固体推进剂火箭发动机	83
2. 液体推进剂火箭发动机	87
3. 固体和液体火箭发动机的比较	92
4. 固体和液体火箭发动机的一些发展情况	93
5. 固液混合型火箭发动机	96
第三节 原子发动机	97
1. 原子火箭发动机	98

2. 原子飞机发动机.....	101
3. 电火箭和空间核能电源.....	104
第三章 飞行器制导系统...	106
第一节 概述.....	106
第二节 自动驾驶仪.....	108
第三节 自动导引系统.....	113
第四节 各种导航系统.....	115
第五节 雷达装置.....	123
第六节 计算装置.....	129
第七节 无线电遥控遥测系统.....	133
第八节 几种典型飞行器的制导系统.....	137
第九节 弹道导弹与卫星发射的制导问题.....	140
第十节 关于洲际弹道导弹的截击和反截击问题.....	142
第十一节 星际航行的制导问题.....	144
第十二节 登月飞行的一些制导问题.....	147
第十三节 关于模拟试验问题.....	151
第十四节 制导系统发展中的几个主要问题.....	153
第四章 材料在飞行器上的应用以及某些工艺问题	158
第一节 引言.....	158
第二节 飞机结构材料.....	159
1. 铝合金的应用.....	159
2. 钛合金的应用.....	161
3. 结构钢的应用.....	163
第三节 航空发动机结构材料.....	165
1. 钛合金的应用.....	167
2. 高温合金的应用.....	167
3. 高熔点合金的研制.....	172
第四节 复合材料在飞机和发动机上的应用.....	175
第五节 火箭和导弹结构材料.....	181
1. 弹头材料问题.....	182
2. 液体火箭结构材料.....	183

3. 固体火箭结构材料·····	184
第六节 空间飞行器的材料问题·····	188
1. 人造地球卫星的结构材料·····	189
2. 再入式飞行器的结构材料·····	190
第七节 制导系统中的金属材料——精密合金·····	194
1. 磁性金属与合金·····	195
2. 弹性合金·····	198
3. 膨胀合金·····	198
4. 热双金属·····	198
5. 精密电阻合金·····	199
6. 超导合金·····	199
第八节 材料在飞行器上的应用·····	199

第一章 飞 行 器

第一节 飞 机

概 述

很早以来,人类就想飞上天去,于是就进行了种种飞上天去的尝试:最原始的如学鸟飞,在人身上装上大翅膀,从高处起飞;也有利用热空气上升原理,把重物升上天去。但是这种种尝试都没有解决人在空中飞行的问题。这正如毛主席教导我们的:“**人们要想得到工作的胜利即得到预想的结果,一定要使自己的思想合于客观外界的规律性,如果不合,就会在实践中失败。**”在早期,正因为人们没有找到比空气重的物体在空中飞行的客观规律性,所以失败了。但是人们并没有因此心灰气馁,而是从失败中取得教训,总结经验,继续尝试,反复实践。也正如毛主席教导的:“**人们经过失败之后,也就从失败取得教训,改正自己的思想使之适合于外界的规律性,人们就能变失败为胜利,……**”人们通过实践,改正了自己的思想使之适合于外界的规律性,找到了在空气中飞行的客观规律性——飞行原理,就能变失败为胜利,不但实现了飞上天去的原始理想,而且出现了全新的航空事业,大大扩展了人类的活动领域。

飞行原理是了解飞行器运动规律的基础,所以在介绍飞行器之前,先简单谈谈飞行的基本原理。

要在空中飞行,首先必须解决两个根本问题,即(1)要产生一种举力(或称升力)把飞行器重量举在空中,不使下落;(2)要有一种动力能克服阻力使飞行器不断向前飞行。机翼就是产生这种举力的主要部件,而航空发动机就是产生推力克服阻力使飞行器不

断前进的动力源。举力和重量，推力和阻力就形成飞行器发展中的两对基本矛盾。下面先说明产生举力和阻力的道理。

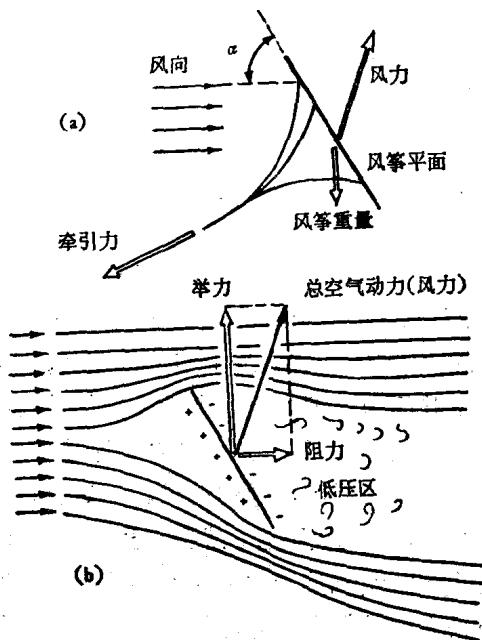


图 1-1-1 空气动力的产生

机翼产生举力的道理可用我国很早就流行的儿童玩具风筝的运动特点来说明。如图 1-1-1(a)，当人牵着风筝迎风向前跑时，风筝的重量渐渐被一种向上的风力所举起，风筝就逐渐上升，升到一定高度，如使风筝平面和风向保持一个适当角度，风筝就能飘扬在空中而不至下坠。这时在风筝上作用有三种力：一种是风筝本身的重量，这是向下的；另一种是绳子的牵引力，是向前下方的；这两种力都不能保证风筝不下坠，所以第三种力——风力——是唯一产生向上举力的力量，它的方向是向后上方的。当这三种力互相平衡时，风筝就停留在空中。现在再来分析一下：风力为何向后上方？参看图 1-1-1(b)，在风筝平面的前面，由于气流的冲击，压力提高了；在风筝后面，由于气流绕过风筝后面形成低压区，压力降低了；风筝前面增压，后面降压，就形成了一个压力差，其方向

就是向后上方的,它们的合力,就是总空气动力,也就是上面所说的风力。这种总空气动力,可以分解为向上(与气流方向垂直)的举力和向后(与气流方向平行)的阻力。显然,阻力为绳子的牵引力所平衡后,风筝就能稳定地飘在气流中了。这里还需说明,阻力是为获得举力而不可避免地要产生的一种副产品。

风向和风筝平面所成的夹角 α 叫迎角,放过风筝的人都知道:这个迎角如果太小,风筝就起不来,所以风力的大小与迎角 α 成正比例。另外,风速越大,风筝扬起也越快,实践和理论都证明风力是和风速的平方成正比的。

机翼产生举力也是这个道理。图 1-1-2 表示一个机翼剖面被气流绕流的情形。机翼外形有意做成下表面比较平直,上表面则相当拱起,翼剖面最前一点,叫前缘,最后一点叫后缘。两点之间的连线叫翼弦,翼弦与迎面气流之间的夹角 α ,就是上面讲到的迎角。当气流流到机翼前缘时,就分成两股:向上的一股由于要绕过拱起的上

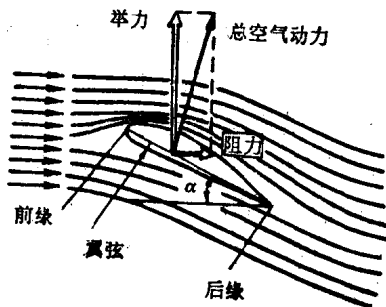


图 1-1-2 机翼绕流图

翼面,气流就被往上挤,正象河水流经狭窄的河面时流速会加快一样,上股气流的流速就加快,而流速加快,气流中的压力就降低;向下的一股气流是绕过比较平直的下翼面,由于机翼有个迎角,使气流受到阻挡,流速减慢,压力增大。这样,机翼上下表面间产生了压力差,其合力(总空气动力)是向上向后的,它的两个分量就是举力和阻力。机翼上产生的举力可用以支持飞机的总重量,还可用以使飞机作各种复杂的机动动作。与举力相伴而产生的阻力,则只能由发动机的推力来加以克服。任何机翼的剖面形状都应保证举力远远大于阻力,举力和阻力的比例叫升阻比,一般在几倍到十几倍之间,高速机翼的升阻比要小些。

和作用在风筝上的风力一样,举力和阻力都是和气流速度(相

对于机翼而言的气流速度)的平方成正比的,所以飞机在相对静止的空气中是没有气动力的,当飞机运动时,如果气流相对速度增加一倍,则气动力就要增加三倍。迎角越大,举力和阻力都要大起来,但迎角增到一定程度飞机就会失速(举力突然大大下降),所以不能靠无限增大迎角的办法来提高举力。如果迎角是负的,即机翼尾部向上翘时,举力就要向下,形成负举力。显然,机翼平面面积越大,举力和阻力都要成比例增大。另外,飞行高度高了,空气密度小了,气压要变小,作用在机翼上下表面的压力差也要变小,因而作用在机翼上的气动力也相应变小。所以,为了要在高空飞行,即在高空要使有足够举力支持飞机重量,必须用增大迎角、增大机翼面积和增加飞行速度的办法来弥补空气密度减小对举力的影响。另一方面,如果举力不能再增加了,就只能用减轻飞机重量(主要是减小结构重量)的办法来减小对举力的要求。实际上,这两方面是相互补充的。如上所述,当机翼的几何形状给定后,影响机翼气动力的主要因素,就是飞行速度、迎角、机翼面积和空气密度(飞行高度)。

飞行器上除了机翼外,其他翼面(包括舵面)也产生举力,但是所有暴露在气流中的飞机各个部分都要产生阻力。

光有机翼,还不能保证飞行器在空中自由飞行。为了使飞行器能在空中灵活动作,必须有其他辅助“器官”配合。下面简单介绍

一下一架典型现代飞机的主要组成部分及其作用。

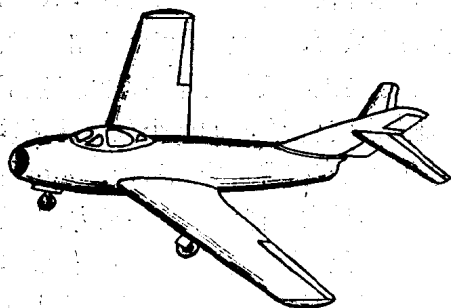


图 1-1-3 歼击机外形图

图 1-1-3 是一架歼击机。飞机的基本部分是机身和机翼,机身用以装人载物,敷设各种与飞机用途相关的机上设备,机翼主要用以产生举力。为了

减小阻力,它的主要动力源——涡轮喷气发动机——就放置在机

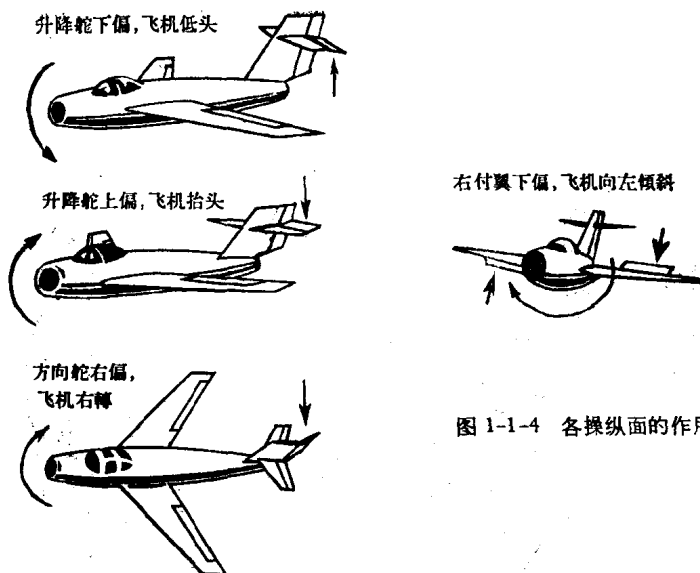


图 1-1-4 各操纵面的作用

身内。前面是进气道，后面是排出废气的尾喷管。机头下面有个前轮，它和机翼下面的一对主起落架(主轮)组成在地面起飞降落的滑行系统，在飞行中，这三个轮子一般都能收入机体之内。机翼外侧后缘部位有一对副翼，可由驾驶员操纵其向上下偏转，左右副翼的转动是反向的。这是用以操纵飞机沿纵轴(机身轴)滚动的装置。当右副翼向下偏转时(参看图 1-1-4)，气流对副翼形成一个正迎角，因为副翼也是能产生举力的翼面，所以在右副翼上就产生一个向上的小举力；与此同时，左副翼是向上偏转的，同理产生一个向下的小举力，这一对大小相等，方向相反的小举力就使机身向左侧倾斜滚动。利用副翼可使飞机翻滚，也可用以抵抗外来的滚转干扰而使飞机保持对滚动的稳定性。在机翼后缘靠副翼内侧还有一对襟翼(因位于机翼下表面，在图中未画出)，是用以增加机翼举力的，当飞机在开始起飞或即将着陆时，需要较大的举力，而整个飞机的速度和迎角又不能随意调大，这时就靠把襟翼偏角放到极限位置来提高全机的举力。左右襟翼的运动方向是一致的。

机身尾部的一对水平尾翼，也产生举力，是用以调整全机举力

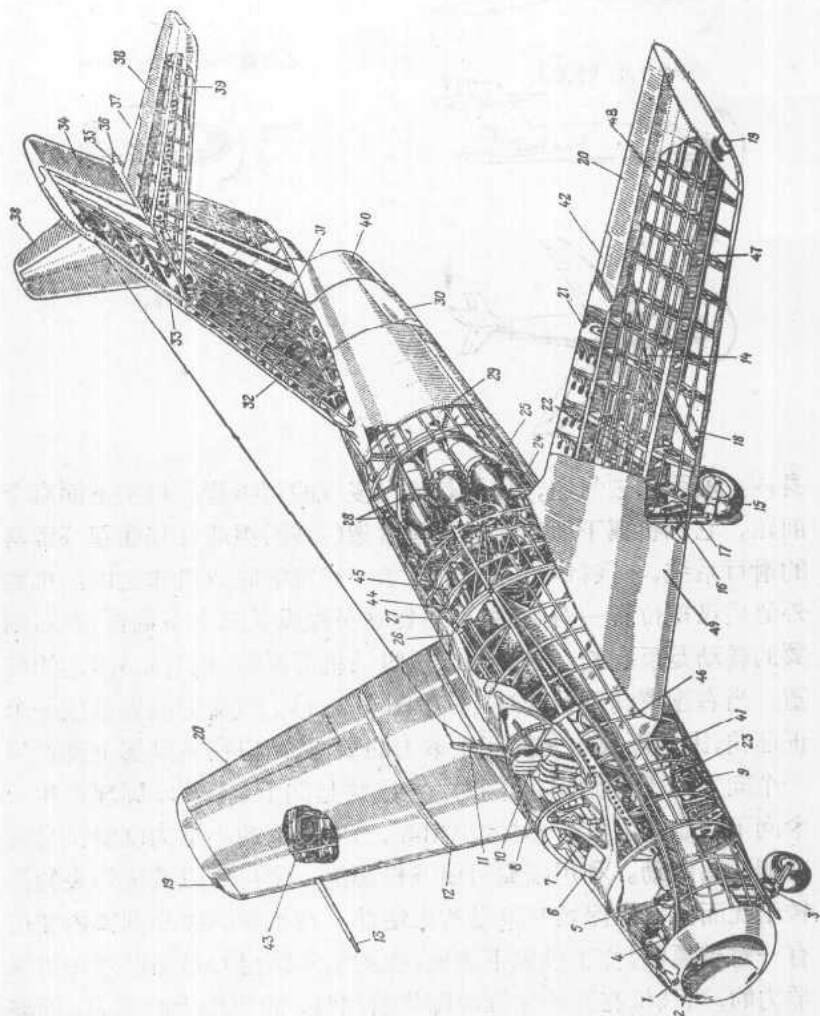


图 1-1-5 典型歼击机解剖图

- | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 1. 照相机 | 14. 副翼操纵拉杆 | 27. 前机身油箱 | 40. 机尾整流罩 |
| 2. 着陆灯 | 15. 主起落架摇臂 | 28. 升降舵和方向舵操纵拉杆 | 41. 照相机 |
| 3. 起落架前轮 | 16. 主起落架减震柱 | 29. 后机身加强隔框 | 42. 副翼调整片 |
| 4. 蓄压器 | 17. 起落架主轮 | 30. 减速板 | 43. 远距罗盘传感器安装部位 |
| 5. 氧气瓶 | 18. 特设悬挂梁 | 31. 垂直安定面翼梁 | 44. 拖动盒 |
| 6. 防弹玻璃 | 19. 航行灯 | 32. 下垂直安定面 | 45. 陀螺仪盒 |
| 7. 瞄准具 | 20. 副翼 | 33. 垂直安定面可拆卸的上部 | 46. 隔框 |
| 8. 座舱罩的可动部分 | 21. 襟翼 | 34. 方向舵 | 47. 翼肋 |
| 9. 武器架 | 22. 翼梁 | 35. 整流罩 | 48. 桁条 |
| 10. 驾驶员弹射座椅 | 23. 进气道内壁 | 36. 尾部航行灯 | 49. 蒙皮 |
| 11. 马刀天线 | 24. 发动机固定架 | 37. 升降舵调整片 | |
| 12. 翼刀 | 25. 喷气发动机 | 38. 升降舵 | |
| 13. 空速管 | 26. 机身分解处 | 39. 水平安定面翼梁 | |

的作用部位，保证飞机飞行时的稳定性的。稳定性有时又叫安定性，所以水平尾翼也叫水平安定面。水平尾翼后面有一对升降舵，可由驾驶员操纵向上下偏转，是用以操纵飞机机头升降的。当需要飞机下降时，应使机头向下偏，这时应将升降舵向下偏，在升降舵上产生的附加举力是向上的，这个举力是使飞机低头的。尾部的垂直尾翼又叫垂直安定面，是用以保证飞机的航向稳定性（即稳定飞机不向左右偏离航线的性能）的，它后面的方向舵是用以操纵飞机使改变航行方向的翼面。

一架现代飞机的结构和组成是相当复杂的，图 1-1-5 是一架喷气歼击机的解剖图，以供读者进一步的了解飞机的发展情况。

飞机性能的主要指标

恩格斯指出：“**社会方面一旦发生了技术上的需要，则这种需要就会比十数个大学更加把科学推向前进。**”大约在 19 世纪末到 20 世纪初，从世界上出现了第一批飞机雏型起，到现在不过数十年，航空事业获得了飞跃的发展。航空事业的发展是和航空科学、技术以及工业生产的蓬勃发展分不开的，而后面这几个方面的发展又和上面所讲的社会需要密切关联着，这个社会需要就是阶级斗争，就是战争。飞机从其诞生的第一天起就和战争联系起来，特别是经历了两次世界大战，航空事业得到了很大的促进，而每一种新研制飞机所以能投产使用，也一定因为它满足了某些特定的战术要求。所以，要研究飞机及其发展，也应该从它的战术使用效果（即性能）开始了解。

性能有飞行性能和使用性能。

飞行性能的主要指标是：最大飞行速度、升限、航程和机动性。它们既反映了阶级斗争和生产斗争的现实需要，又反映了飞机研制过程中内部矛盾斗争的结果。

1. 最大飞行速度 这是飞机的重要性能指标。速度大了，不管进攻或者退却，都较易在战斗中取得主动，在这五十多年的飞机发展中，速度始终是一个活跃的推动因素。前已说明，飞机的阻

力是和速度的平方成正比例的,所以速度越大,需要的发动机推力也越大。推力大了,发动机重量和耗油量要大增,从而飞机重量也要大增。光用加大推力的办法来提高速度是不行的,应该同时尽量减少飞机阻力,这就要求改善飞机外形,如:机身做得细长一些,机头做得尖些,机翼做得薄些,采用大后掠角(即前缘向后退)的机翼和尾翼,表面蒙皮做得很光滑等都是现代超音速飞机上通常采用的措施。速度高了,结构振动问题变得严重起来,所以还要提高结构刚度(即抵抗变形的能力),同时,驾驶员的体力和反应能力也不够了,在飞机上就要更多采用自动化和助力装置。所以,飞行速度提高后,矛盾不仅反映在推力和阻力上,而应在各方面协调和解决矛盾。

当速度超过两倍音速(音速在地面附近为每小时 1224 公里,在 11 公里高空以上为每小时 1054 公里。通常所用的 M 数,就是表示飞机速度为音速的几倍。如 $M = 2.5$, 即指飞机速度为两倍半音速)后,飞机外表面温度由于与高速气流摩擦而增至摄氏 100 度以上,就产生所谓“气动加热”问题,速度越高,气动加热越严重。这是一个新的矛盾,要求采取新的办法来解决。

目前飞机飞行速度的世界记录是每小时 3300 公里。

最大飞行速度是指一架飞机所能达到的最大平飞速度,此时发动机推到最大油门,耗油很多,不能维持长久飞行。要保持长时间飞行,应选择一个耗油较省的稍低的速度,这个速度就是通常所谓的“巡航速度”。

毛主席教导说:“我们必须学会全面地看问题,不但要看到事物的正面,也要看到它的反面,”对于飞行速度的实战意义当然也应该这样看待:速度高了,转弯很困难,这就大大影响实战中的机动性。空战中常有高速飞机被比较低速的飞机打下来的情况,就是这个原因。

2. 升限 飞机能作水平飞行的最大飞行高度叫做升限。发动机的推力克服飞机的阻力后剩下的那一部分推力叫做剩余推力,飞机爬高就是利用这个剩余推力的。剩余推力越多,爬高就越

快，能爬到的高度也越高。但是发动机的剩余推力是随着飞行高度的增加而减少的。到了某一高度，当发动机的推力只能用以抵消平飞的阻力时，剩余推力就没有了，这时就达到了飞行的升限。所以飞机的推重比(发动机推力和飞机总重之比)越大，其升限也越高。因此，减轻飞机的结构重量，对提高升限有很大作用。此外，减少阻力当然也有作用。

目前，世界飞机的升限记录是近 35 公里。由于在升限还能平飞，如果利用这个平飞速度的能量向上冲，就可以得到更高的高度，我空军战士就曾充分发挥了人的主观能动性，利用这个原理打下比我机升限更高的敌机。

飞行速度和飞行高度这两个指标是互相联系的。为了飞得快，应该避免低空飞行的大阻力，所以必须飞得高些，才能持久。在高空飞行，为了支持同样重量，就要求飞得快些，否则，应采用大面积和能产生更大举力的机翼。

3. 航程 航程是飞机所能飞行的最大距离，它的一半才是飞机的活动半径。所以提高航程，就是增大飞机的活动范围。等速平飞时，推力等于阻力，要增大航程，如果载油量不增加，就应减小飞机阻力，降低发动机的耗油率。这两个措施可以延长续航时间，从而加大了航程。当然，加大航程的最直接方法，就是加大载油量。现代重型轰炸机的载油量，常占飞机总重的 50% 以上。此外，还用携带副油箱或空中加油的方法来提高航程。

4. 机动性 机动性是飞机在一定时间内改变它的速度、高度和飞行方向的能力，这是作战时非常重要的性能指标。为了使飞机能很快加速，必须有大推力的发动机，有时速度过大又须很快减速，就须安装减速板，用骤然增加阻力的办法来减速。飞机改变高度的能力用爬升速度来衡量，它是指飞机每分钟上升的高度(米)。目前超音速歼击机爬升速度可达每分钟上升九千米。爬升速度快，可优先占领制高点，攻击敌机。飞机改变方向的能力就是转弯的能力，转弯越快当然越灵活。和自行车转弯时必须把身体倾斜过来一样，飞机在转弯时也必须把机身向要转弯的方向倾斜，