

中国科学院大气物理研究所科普丛书

李鸿洲 编著

翱翔在蓝天云海上海

——漫谈航空气象



气象出版社

China Meteorological Press

中国科学院大气物理研究所科普丛书

翱翔在蓝天云海上

——漫谈航空气象

李鸿洲 编著

 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

近数十年来,我国航空运输事业飞速发展,航空客运已纳入人们出行代步的重要交通工具;近年来各种民间航空活动也日趋频繁,呈发展之势。各种航空活动受多种气象条件的制约,很自然,航空气象知识也随之进入人们的生活,并引起不少求知者的普遍兴趣。作者正是基于这种背景及读者可能关心的问题,引领着读者一起在蓝天云海上翱翔一程。本书内容包括航空气象方面的基本知识;气象条件与飞机性能;气象因素与飞行活动的关系;飞机积冰与飞机颠簸;航空气象业务保障工作以及与此相关的一些飞行常识。本书内容新颖,文字流畅,通俗易懂,堪称为一本专业性较强的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

翱翔在蓝天云海上/李鸿洲编著. —北京:
气象出版社, 2011. 6

ISBN 978-7-5029-5225-9

I. ①翱… II. ①李… III. ①航空学:气象学
IV. ①V321.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 099667 号

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室: 010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑: 方益民

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京京科印刷有限公司

开 本: 880 mm×1230 mm 1/32

字 数: 90 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版

定 价: 25.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 黄润恒

责任技编: 吴庭芳

印 张: 4.125

彩 插: 8 页

印 次: 2011 年 6 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。



前言

近年来,中国科学院大气物理研究所从事气象科研工作多年已退休的几位老同志凑在一起,议论着有关科普工作的话题,大家都想为气象科普工作再做贡献。在这样的动议下,我们先参加了一些院、所举办的暑期夏令营,如“大气科学之路”,做了一些青少年的科普接待工作。通过这样的工作,初步了解到气象科普还是有一定需求的。于是大家商定写几本有关气象知识的科普书……。由于我曾经从事过航空气象业务工作多年,还做过一段兼职航空气象教员,恰好手头上又有些参考资料,就这样确定由我写一本有关航空气象业务基础知识的科普书,取名为《翱翔在蓝天云海上》。

本书力图以通俗易懂的语言,尽可能多地把与航空相关的气象知识介绍给读者,写这本专业知识较强的科普书,对我而言,也是一种尝试。之所以说是一种尝试,是因为书中的内容多是以空军编写的《气象学教程》、《天气学教程》、《航空气象云图》、刘春达先生译的《航空气象》、国防大学出版社出版的《空军气象保障学》为蓝本,结合本人多年从事航空气象业务工作实践和任教时的教学大纲,为参考依据,努力把前述书籍的系统性基础知识译成“白



话文”。作者为了探求本书的可读性还特地请了几位非气象专业的人士试读后方定稿,继而写成了这本中级科普读物,故此说是一种尝试。

全书共分八章,第一、二章主要介绍了各种气象要素及其与航空活动的各种关系;第三、四章介绍了对于航空活动受多种气象条件的影响,而出现的一些航空特有的物理现象——飞机积冰和飞机颠簸;第五章着重介绍了与航空气象业务有关的基础性工作,即航空气象观测及其情报传输等问题;第六、七、八章则是比较系统地介绍了多种特殊航空任务的气象业务服务保障以及日常飞行活动各阶段的气象保障,还扼要介绍了一些简单的飞行常识。

本书可作为广大中学生的一般科普读物,亦可供广大从事航空勤务工作的非气象专业人员、社会各界航空爱好者想了解有关航空气象知识的参考书。

致谢:本书的完成,得到了我的启蒙老师、老领导乔树同志、刘瑞晨同志、老战友扈忠慈同志、卫星气象专家方宗义教授、台风专家蔡则怡教授、长期天气预报专家周家斌教授以及空间技术专家荆其一教授的热情支持和帮助。书中的云图均取自《航空气象云图》,卫星云图均取自国家卫星气象中心,特致以诚挚的感谢。特请朱瑛、王翠贞女士试读本书并提出宝贵意见,特此致谢。另有刘宇红女士负责全书文稿的录入,顺表谢意。

作 者

2011年3月



目 录

前 言

第一章 飞机的性能与气象 (1)

一、飞机飞上天靠的不是机翼的扇动 (2)

二、飞机性能与气象因素 (4)

1. 时刻变化的空气密度 (4)

2. 非常重要的空气温度 (5)

3. 空气压力与飞机高度表的设计 (6)

第二章 气象因素对飞行活动的影响 (7)

一、风对飞行的影响 (7)

1. 地面风 (7)

2. 机场跑道上的地面风 (8)

3. 进场区域风的垂直切变 (9)

4. 环境风与飞行 (11)

二、飞机在云海中航行的 (11)

1. 五花八门的云	(11)
2. 天外看天	(21)
3. 空气的运动与云的生成	(27)
4. 不同的云对飞行的不同影响	(28)
5. 飞机在航行中的“千里眼”——天气雷达	(29)
三、能见度与飞行	(33)
1. 能见度何所指	(33)
2. 能见度怎样定	(33)
3. 能见度词语何其多	(33)
4. 造成能见度障碍的主要因素	(35)
四、全天候飞行还需要设定飞行的气象条件吗	(36)

第三章 飞机积冰面面观

一、飞机积冰	(38)
1. 飞机积冰过程	(38)
2. 飞机积冰有几种	(39)
二、什么因素能影响飞机积冰强度	(41)
1. 积冰强度分几等	(41)
2. 云中含水量和飞行速度与积冰强度	(42)
3. 高速飞行产生的增温与积冰强度	(42)
三、云在什么样条件下可出现飞机积冰	(43)
1. 飞机积冰与云中温度和湿度	(43)
2. 云中的飞机积冰	(44)
四、飞机各部位的积冰对飞行的影响	(46)
五、天气形势和环境与飞机积冰	(48)
六、山脉地形与飞机积冰	(50)

七、飞机发生了积冰怎么办	(50)
1. 有没有防止飞机积冰的装置	(50)
2. 飞机除冰装置并不是万能的	(51)
3. 防冰装置与航运计划的制订	(51)
4. 血的教训要牢记	(52)
第四章 飞机在颠簸中前进	(53)
一、飞行在“崎岖不平”的航线上	(53)
1. 从骑自行车谈起	(53)
2. 哪里有颠簸？颠簸有多大？	(54)
3. 颠簸给飞行制造麻烦	(55)
二、飞机颠簸与扰动气流紧密相关	(56)
1. 扰动气流从哪里来？	(56)
2. 扰动气流与飞机颠簸并非“孪生兄弟”	(57)
三、何时何地有颠簸	(57)
1. 锋面扰动	(57)
2. 气压、气流、温度都跑来制造颠簸	(60)
3. 急流也是制造颠簸的元凶	(61)
4. 无端发生的事故谁来买单？	(62)
四、云生颠簸面面观	(63)
1. 层积云与高积云	(63)
2. 浓积云	(63)
3. 积雨云	(64)
五、从容面对是上策	(64)
第五章 航空气象观测与常规气象观测的区别	(65)
一、风的观测	(66)

二、能见度观测	(66)
三、现在天气观测	(67)
四、云的观测与通报	(68)
1. 云的观测何其复杂	(68)
2. 云的通报	(69)
五、雷达气象观测	(69)
1. 天气雷达就像“千里眼”	(69)
2. 测风雷达堪称“顺风耳”	(70)
六、飞机气象观测是一个特种勤务	(70)
七、天气实况的通报与传递	(71)
八、卫星气象观测是一个新生学科的有机组成 部分	(71)
第六章 安全飞行的守护神之一——航空天气预报	(74)
一、日常天气预报与航空天气预报的区别	(74)
二、航空天气预报门类多	(76)
1. 航站天气预报	(76)
2. 航线天气预报	(76)
3. 航空区域天气预报	(77)
4. 恶劣天气的预报图	(77)
三、天气分析和预报是航空天气预报工作者 的基本功	(78)
四、常见的引起大尺度扰动的天气系统	(79)
1. 一分为二看急流	(79)
2. 锋面常给飞行制造多种麻烦	(80)

3. 影响飞行的一对“孪生兄弟”——气旋和反气旋 … (87)

4. 影响飞行的恶魔——台风 …… (89)

第七章 安全飞行的守护神之二

——机场(航空港)航空气象要素预报及危险

天气警报 …… (91)

一、航空气象要素预报 …… (91)

1. 什么类型的云是最应关注的 …… (92)

2. 航空气象预报所关注的风 …… (93)

3. 不可缺少的预报项目——能见度 …… (93)

4. 降水的影响不容小视 …… (95)

5. 雷暴的预报至关重要 …… (96)

二、机场危险天气警报 …… (99)

第八章 安全飞行的守护神之三

——航空气象业务保障服务 …… (102)

一、飞机在天上飞行有没有规矩 …… (102)

1. 航空管制分区 …… (102)

2. 航空管制与气象保障是匹配的 …… (103)

二、飞行组织和气象保障 …… (103)

1. 飞行先期准备阶段 …… (103)

2. 飞行直接准备阶段 …… (103)

3. 飞行实施阶段 …… (104)

4. 飞行总结阶段 …… (104)

三、航空交通管理的重要性 …… (104)

1. 航空交通管理 …… (104)

2. 航空港的等待空域	(105)
3. 飞行动态的掌握	(105)
四、飞在天空的飞机是怎样做到有序的	(105)
1. 制定航线飞行高度和时间间隔的原则	(105)
2. 在航行中要掌握好备降机场的天气	(106)
3. 飞行安全的最低气象条件	(106)
4. 人们常说的“黑匣子”	(107)
五、各种飞行任务的气象保障服务	(108)
1. 常规飞行任务的气象保障服务	(108)
2. 特殊飞行任务的气象保障服务	(108)
3. 特殊专项任务的气象保障服务	(115)
六、航空与航天	(118)
1. 航空与航天	(118)
2. 发射窗口	(119)
3. 航天飞行环境	(119)
4. 航天气象服务	(120)
参考书目	(122)



第一章 飞机的性能与气象

人们常常从媒体上见到这样的报道,某某航班或某某机场因天气恶劣,使得航班延误或取消。这样的报道本身当然没有错,但它容易给人造成一种印象,那就是气象是妨碍飞行的。实际上,这对老天爷是不公平的。请问,做任何事都需要一定的条件,为什么要老天爷保证任何时候飞机都能够安全飞行呢?

多年来,在航空领域中,常有一种说法,即“全天候”飞机,这个叫法很容易使人认为这种飞机刀枪不入、天马行空、我行我素,在任何天气气候情况下都能飞行。实际上,航空界所说的“全天候”飞机指的是这种飞机对各种气象条件有极强的适应力。所谓“全天候”的概念,也随着科学技术的发展而变化着,现在一般泛指四种气象条件下的飞行,即昼、夜的“简单气象”和“复杂气象”。“简单气象”泛指目视飞行,一般多在云下或在少云、能见度良好、风力不大、气流平稳等条件下飞行;“复杂气象”指只靠仪表飞行,即使是仪表飞行,在飞机起飞、降落的过程中也是有最低气象条件的,起、降中也很难完全脱离人的具体操作。所谓“全天候”也只是受气象条件的限制较小而已。这里所谓的最低气象条件,离不开机

场、飞机的技术装备条件,也离不开飞行员的个体技术差异。事实上早已存在实用的无人驾驶飞机,这种飞机飞行也是有最低气象条件要求的,否则,所付出的代价,即技术投入和制造投资等是极其可观的。因而,目前还做不到真正的全天候飞行。这是气象条件对飞行不利的一面。但是如果人们积极地利用气象条件,气象还是有许多有利于飞行的要素的。如从飞机原理而言,从一开始进行飞机设计时,气象因素就是一个不可缺少的因素。为了便于把有关的问题说清楚,现在我们要从头说起。



飞机飞上天靠的不是机翼的扇动

很久以前,人们就想象着怎样才能飞上天去,于是人们便设想出许多方法以实现飞上天空的理想。在人类历史上有许多美好的神话故事传说。在天空中的自然飞翔物中,对人类影响较大的就是在天空中自由飞翔的各种鸟类,起初人们开始模仿着鸟类制造各种羽翼,学着鸟儿扑打羽翼的动作来实现飞行,但都没有成功,几经失败,仍不灰心。前人们始终不断地进行着各种探索试验,仔细观察着飞鸟和一些在空中飘浮着的物体,最终人们发明了气球、风筝等飞上天空的器物,直至 1903 年美国莱特兄弟制造的飞机进行了成功的试飞,第一次留空时间为 12 秒,飞行距离 36.5 米,试验效果最好的一次留空时间为 59 秒,前进 260 米……从 1903 年以后的 30 年内(主要是第一次世界大战期间及以后的一段时间)随着工业、科技的发展,飞机的制造也得到了很大的发展和提高,并得到了广泛的应用,尤其在军事方面的应用,大大促进了飞机制造业及技术的突飞猛进。

人们在看到飞机飞上天时,往往很容易想到风筝的升起,从而自然想到的是,飞机也像风筝一样靠风吹向机翼下面,把机翼抬起来。其实这种想法并不全面也不准确。飞机之所以能飞上天是靠发动机推动飞机以一定速度运动,机翼在空气中依一定速度运动时,由于机翼的下侧平坦,上侧凸出,因而机翼在空气中漂浮时,流过机翼的气流其上面的流速比下面的大,由此机翼上面的气压低于下面的气压,与这个压力差相当的力便把机翼向上抬升,称此力为升力(见图 1.1),正是这个升力把飞机托上了天。也就是说,不是通过扇动又重又厚的机翼使飞机飞上了天,而是轻飘飘的空气用看不见的“大手”把飞机托上了天。

当然各种飞机的设计是极其复杂的,但都与升力的原理是分不开的。

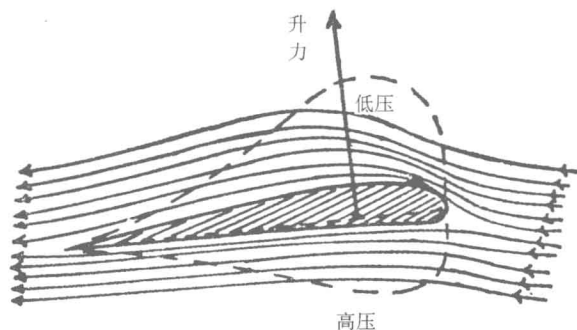


图 1.1 升力图

流经机翼周围的流线,由于机翼上凸,在机翼上面气流加速,使气压降低,便在机翼上产生了由下往上的抬举力,称此力为升力



飞机性能与气象因素

所谓飞机性能是指:表明飞机实用价值标准的要素,如发动机类型、推(拉)力、最大起飞重量、最大有效载荷、巡航速度、最大(小)速度、巡航高度、续航距离、最短起飞滑跑距离等。此外,飞机性能还包括上升率、上升限度、下降率等。

地球上的实际大气中,各地的各种气象要素随时随地都会发生变化,飞机的飞行性能和某些仪表的示度,都与大气状态有密切联系,为了便于比较飞机的性能和设计各种仪表,必须以一定的大气状态为标准,这种标准状态,就叫做标准大气。行军队列行进时,方队要想排列整齐,行进有序,就需要有一个标兵(只能有一个)为参照点,向他看齐。标准大气就有点像队列中的标兵的意思。标准大气的确定,通常是以某一定地区的气温、气压和空气密度的平均值,加以适当的修订后而确定的,处于这种状态下的大气,称为标准大气。目前各国都以一个统一的标准大气为标准,用以设计飞机性能和仪表。然而各地的实际大气与标准大气之间总是存在着一定的差别,所以依照标准大气数据设计的飞机和仪表,在实际飞行时就必须考虑这种差别的影响,也就是各气象要素与标准大气的差别对飞机各主要性能的影响。下面分别介绍几种主要气象要素与飞机性能的关系:

1. 时刻变化的空气密度

空气密度大小直接影响着空气对飞行的阻力,空气密度小,对飞机产生的阻力也小,而飞行速度就快。研究结果证实,飞行速度

与空气密度的平方根成反比,因此在空气密度小的高空飞行是最有利的。但高空飞行时,由于空气密度小,因而产生的升力也小,故机翼面积必须设计得尽可能大些。同时高空飞行(通常指 4500 米以上)由于氧气不足,飞行员必须自己带氧气面罩,载客舱内要采用增压装置,使客舱气压保持地面气压的四分之三左右或以上,这样才可保证乘客有足够的氧气,以维持正常的活动,而无不适的感觉,又不使机体承受过大的压力从而确保安全。再则,由于空气密度小影响飞机的升力,因而起飞滑跑距离就得增大,才能达到起飞升力所需要的飞行速度。空气密度减小 10%,起飞滑跑距离就要增加约 20%。这也是高原地区机场跑道比平原地区长许多的重要原因。

2. 非常重要的空气温度

气温是决定大气状态的基本因素之一,其变化十分显著,是飞行当中经常要考虑的一个因素。这里着重谈谈气温对飞行速度与起飞和着陆滑跑距离的影响。气温对飞行速度的影响,主要是通过它对改变发动机推力而引起的。气温高时,空气的压缩性较差,发动机的增压比较小;另一方面,空气密度小,如果大气压力和发动机转速保持不变,气温高时,发动机推力就相应变小;气温低时,发动机的推力会相应变大。发动机推力变了,飞行的速度也会发生变化。因此,气温高时空气密度小,发动机功率变小,飞机增速慢,飞机平均速度小,飞机的升力也小,飞机离地速度需增大,所以起飞的滑跑距离就要长一些。气温低时则相反,起飞滑跑距离就要短一些。根据有关计算,如果实际气温比标准大气高(低)10℃时,起飞滑跑距离就要增长(缩短)约 10%。飞机着陆后的滑跑距离也与气温高、低有关,当气温高时空气密度小,阻力小,飞机减速

慢,滑跑距离增长;反之,当气温低时则滑跑距离缩短。但温度对着陆后滑跑距离的影响要比起飞滑跑距离的影响小些。气温的变化还会影响飞行的另一些性能发生变化,这里就不多谈了。

3. 空气压力与飞机高度表的设计

飞机上装的气压高度表,是根据气压随高度抬升而降低的关系设计的,只不过它的读数不是气压,而是所测到气压值相应的高度罢了。它是依照标准大气的地面气压相对应的高度为零点而设定的。在每次实际飞行当中,各个机场的地面不一定是标准大气压,因此需要将气压高度表的“零点”调整到某机场降落时的地面气压值,以克服这种零点变化所产生的误差。当新零点的气压低于标准大气的地面气压时,其高度示值就会大于实际高度;反之其高度示值就会小于实际高度。因此在飞机起飞、着陆前,都需要根据有关机场的实际气压值来重新拨定气压高度表上的气压高度值。除起飞、着陆外,在长距离的飞行或在山区飞行时,气压高度表的拨定就显得更加重要,其拨定方法也随飞行的需要不同而不同,以确保飞行的安全。当然,飞机上还装有其他测高装置,则属另外的问题。飞机上还有一些其他仪表与标准大气参数有关,这里只是介绍一下最基本的,使读者有一个初步认识。