

气象与航空

B. A. 斯大里 著



国防工业出版社

气象与航空

B·A·斯大里 著
李 瓊 芝 译



国防工业出版社

233.9
U.9706
U.9997
U.9902
U.9950
—59.50
216.50
59.15
44.37
1930U

內 容 簡 介

本書用簡短通俗的方式說明了航空氣象學中的主要問題，重點地闡述了氣象條件對飛行的影響（並考慮了現代噴氣式飛機的特點）和航空氣象保證工作。

本書可供廣大的水文氣象勤務工作人員閱讀，特別是對那些與飛行氣象保證工作有直接或間接關係的人（氣象台站網和氣象機關的工作同志）是適用的。

本書也可以供學習航空氣象學原理的學生、國防體育協會的飛行員、參加傳遞航空氣象情報的通信工作人員、以及所有對實用氣象學問題感興趣的人閱讀。

В.А.Шгаль

МЕТЕОРОЛОГИЯ В АВИАЦИИ

Гидрометеорологическое издательство
Ленинград, 1956

本書系根據蘇聯水文氣象出版社
一九五六年俄文版譯出

气 象 与 航 空

〔苏〕В.А.斯大里 著
李 瓊 芝 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號
北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 1/32 · 3印張 · 插頁2 · 62,000字

一九五七年五月第一版

一九五七年五月北京第一次印刷

印數：1—2,100冊 定價：(10)0.50元

目 录

I. 緒言	1
II. 气象条件对航空活动的影响	12
§ 1. 大气是飞行的介質	12
§ 2. 气温、气压和空气密度对飞行的影响	19
§ 3. 云对駕駛技术和领航的影响	29
§ 4. 能见度及其对飞行的影响	33
§ 5. 风和扰动对飞行的影响	40
§ 6. 飞机积冰	45
§ 7. 雷暴区中飞行的特点	50
§ 8. 气象条件对机场状态 和航空机械地面维护的影响	53
III. 飞行的气象保証工作	57
§ 1. 地面工作者	57
§ 2. 航空气象台的气象观测	60
§ 3. 航空气象台气象情报的收集与传递	62
§ 4. 危险天气通报和警报勤务	66
§ 5. 航空天气预报	68
§ 6. 在高空及复杂条件下飞行气象保証工作的特点	73
§ 7. 山区区域飞行气象保証工作的特点	76
IV. 飞行人員对气象学的运用	78
§ 1. 飞行員的气象教育	78
§ 2. 飞行准备时对气象条件的考虑	80
§ 3. 飞行中对天气的观测和判断	83
§ 4. 航空天气侦察	87
附 录	

I. 緒 言

1882年春天，在紅村（Красное Село）廣場上進行了世界上第一架飛機的試飛准备工作——俄羅斯的發明家和學者莫扎依斯基（А.Ф. Можайский）第一個指出了征服空氣海洋的道路。

遠在1856年，他就產生了製造比空氣重的飛行器的思想。莫扎依斯基在海軍帆艦上航行的時期就經常觀察鳥禽的飛行，後來他又專心研究空中的紙鳶，自己還乘在上面升起過，在七十年代中期，他曾兩次乘上自己製造的牽引滑翔機升到空中。經過了許多年的頑強的工作，最後，莫扎依斯基獲得了成功，實現了自己神聖的理想——製造世界上第一架飛機。

飛機的試飛確定在7月20日進行。那時莫扎依斯基已經有57歲了，他自己不能進行試飛。這個任務由他的機械師郭魯別夫（И.Н. Голубев）完成了。莫扎依斯基的飛機曾升到空中好幾次。1882年就作為航空事業誕生的一年而記載到史冊中去了，莫扎依斯基的飛機第一次飛行的時間要比萊特（Райт）兄弟的第一次飛行早二十多年。

莫扎依斯基致力於實現在比空氣重的機器上飛行而為征服空間打下基礎的時候並不是孤立的。前一世紀七十年代在彼得堡就成立了飛行和航空愛好者的科學家小組。其中以門杰列也夫（Д.И. Менделеев）和雷卡契夫（М.А. Рыкачев）為最著名。

航空技術的出現推動了許多科學——空氣動力學、飛

行原理、飞机领航学、气象学等等的发展。

莫扎依斯基了解：即将来临的航空的世纪，需要详细地研究大气。飞机空勤组需要正确的天气情报和天气未来变化情况的报告。为了预测天气，就必须知道决定大气状态的规律和大气中所发生的各种过程的规律。

伟大的俄罗斯学者罗蒙诺索夫（М.В. Ломоносов）早就指出了研究大气的必要性，以及为了各种不同的实用目的而进行大气研究的各种途径。

气象学（метеорология）是研究大气性质、大气中所发生的各种过程和现象的科学（Метеор 按希腊文是大气现象的意思，логос是学识、科学的意思）。罗蒙诺索夫预见到了，在将来气象学会具有很大的实用意义，他指出组织气象站网及为其配备有关的仪器的必要性。他自己在创造气象仪器方面作了很多工作。

用自由气球研究大气的开端是在十九世纪初叶。1804年，在彼得堡，科学院第一次放出了一个以科学研究为目的的气球。科学院院士扎哈洛夫（Я.Д. Захаров）参加了飞行，上升高度达2480公尺。他取了各层空气样品，进行了对罗盘活动的观测和声波传播的观测。

对大气各个层次的性质进行有系统的研究是在十九世纪后半纪开始的。

俄罗斯的海军中尉雷卡契夫乘帆船巡洋舰“奥列格”（“Олег”）号在国外航行的时期，就时常观察云和天气的变化。年青的军官在海洋上就有了征服空气大洋的思想。

1864年，雷卡契夫在海军学院毕业后，就顽强地从事于空气物理性质和大气结构的研究。海军海道测量部派雷卡契夫到物理现象总台台长下面工作，以便在气象学方面

深造。雷卡契夫在海道測量部弄到一笔經費，在他的领导下，觀象台发行每日天气报告表。在1876年，雷卡契夫在地球物理觀象总台成立了海洋气象暴风通报处。暴风通报对海軍有很大的意义。在那时，雷卡契夫还不能預見到，经过50~60年后，天气勤务工作特别是暴风通报^①，对我国空軍有着多么重大的意义。虽然如此，在觀象台工作的46年中，雷卡契夫不仅努力使气象与航海紧密地联系起来，而且他在为发展气象科学的一个新的部門——航空气象学方面也作了很多工作。

还在1868年，雷卡契夫就为了气象科学研究工作两次乘自由气球升到空中。在1873年他还成功地完成了一次升空，达到4040公尺的高度，取了空气样品，并对它进行了温度和湿度的觀測。后来，成为科学院通訊院士的雷卡契夫参加了所有国际飞行家大会。在1913年任海軍上將时退休，以后他还繼續研究气象学。

門杰列也夫在解决許多有关飞行的重要問題上作了許多工作。他理解到未来的航空事业会有巨大的发展，因此他热烈支持А.Ф. 莫扎依斯基的理想、研究和試驗工作。門杰列也夫在彼得堡大学的实验室內进行試驗，得出了許多对空气动力学有很大意义的結論。他在气象方面的学术思想和研究成果記載在論文“論比容”（“Об удельных объемах”），著作“論大气高层的温度”（“О температуре верхних слоев атмосферы”）及其他著作中。

在1887年，門杰列也夫乘自由气球升到空中，觀測日蝕时的大气状态。

① 广义講来即危險天气通报。——譯注

经过几年之后，在1891~1892年，俄罗斯学者波莫尔则夫（М. И. Поморцев）乘自由气球升到空中达40次之多，进行了许多宝贵的观测工作。

除观测者乘自由气球升空外，在十九世纪末，开始采用了其他研究大气的方法——使自记的气象仪器升空。气象自记仪挂在一个体积为数立方公尺的不大的橡皮气球下。这种探空气球起初所达到的高度为15公里。以后它的上升高度增加到30公里以上。

在二十世纪初叶，在研究大气的实际工作中采用了探测风气球的方法。这个方法的实质是：用高空气象经纬仪观测一个体积约为 $\frac{1}{3}$ 立方公尺的小气球的飞行，并每经一定时间间隔记下它的仰角和方位角。近似地假设气球上升速度为一常数，就可以根据记下的角度计算出不同高度上的风向和风速，以及计算出气球所入云中的云的高度。

在1910年，第一次应用了飞机进行气象观测。以后，在高空气象研究的实际工作中，用飞机探测大气就占有显著的地位。

在航空事业发展的最初几年就可以明显地看出，在高空，由于那里空气的密度比地面的要小好几倍，因而可以采用在低空所达不到的高速度来飞行。同时，在高空飞行可以大大增加航程。因此，自航空事业诞生的一天起，就开始了为掌握高空飞行而进行的斗争。这个斗争是有过许多困难的。

在活塞式发动机的飞机上飞行时，困难主要在于：气压和空气密度随高度的增加而减小，同时氧气的分压力也随之而减小，这就使得混合气的成分改变而使发动机的功率降低。气压的降低会增大燃料的蒸发率。气冷式发动机

在高空时气缸的散热性能不良，水冷式发动机在高空时散热器的散热性能不良。在高空由于气压很低，水的沸点也比 100° 低得多。在高空的大气条件同样也影响着航空发动机润滑系统的工作。螺旋桨的效率急剧降低，因此，为了作高空飞行，就要求螺旋桨有可变的螺距。

为掌握高空飞行，就要求我们对对流层，然后对对流层顶与平流层下部进行更为详细的研究。在伟大的十月社会主义革命之后，对这个問題曾予以很大的注意。

1921年曾經为进行大气的科学研究工作建立了莫斯科中央高空气象台，并設有航空組。在1923年曾成立了中央空中领航台（ЦАНС），在1926年改名为空軍气象总台（ГАНС）。

1930年，苏联学者莫尔柴諾夫（П.А.Молчанов）发明了探空仪，对于大气研究的广泛发展具有很大的意义。这个仪器，与气象自記仪一样，也挂在气球之下，用小型短波无线电发射机按規定信号向地面发出各个高度上的气压、气温和空气湿度的数值。探空仪可升到 $35\sim 40$ 公里高度。如果用雷达来观察探空仪的飞行，还可以测定各高度上的风向风速。

苏联学者在平流层气球“СССР-1”（于1933年升到18800公尺高度）和“Осоавиахим-1”（于1934年升到22000公尺高度）上所作的研究，得到了許多关于大气的构造和特点的新的資料。特別在分析了苏联平流层飞行者在这些高度上所取的空气样品之后，証明了美国学者耿佛利斯（Гемфрис）所提出的大气中气体分布理論（按照这个理論，空气的成分会随高度而改变）是毫无根据的。表明了，直到22公里高度上，空气的成分还是与靠近地面上的一样。

平流层气球上升时的科学研究工作不仅研究了空气的成分，而且还研究了气温和空气湿度，确定了臭氧的含量，以及研究了宇宙线。

1934年，在平流层研究會議上，曾經对苏联学者在解决一系列对高空飞行有很大意义的問題上所作的工作进行了总结。

苏联的航空技术順利地克服了在征服高空道路上的困难。在二十年代之初，苏联学者和設計家們就已着手解决高空飞行的許多問題：开始制造高空航空发动机，这种发动机由于增压——送入补充空气之后，可直到某一高度还能保持自己的功率，并制造能够自动改变螺距的螺旋槳；为了改进飞机的空气动力性能，改善氧气設備和制造密封座艙也曾作了很多的努力。近几年来，苏維埃的飛行員繼續为掌握对流层頂和平流层低层的飞行而努力。

还在1935年，飛行員柯金納基 (В. К. Коккинаки) 在波里卡尔波夫 (Н. Н. Поликарпов) 設計的单座飞机的带有氧气設備的无盖座艙中飞升到了 14575 公尺高度。1936年 7 月 17 日，柯金納基在运输机 ЦКБ-26 上，載重 500 公斤升到了 11458 公尺高度。在 1936 年 8 月～9 月，曾完成了載重 1000、5000 和 10000 公斤的創新紀錄的高空飞行。这些飞行以后，苏联航空在这方面赢得了全部国际紀錄。这些高空飞行显示了我国的飞机和航空发动机的質量是卓越的，苏联的飛行員的技能是高超的。

噴气式发动机的出現，为爭取飞行高度打开了新的前途。俄罗斯学者研究了噴气式发动机的原理。康斯坦金諾夫 (К. И. Константинов)，基巴尔奇 (Н. И. Кибальнич)，齐奥尔柯夫斯基 (К. Э. Циолковский) 从事过噴气式发动

机和火箭技术问题的研究。斯杰奇金 (П. С. Стечкин) 首先推导出气輪噴气发动机拉力的公式。許多苏联工程师和科学家制造了能在平流层中飞行的优良的噴气式航空发动机型式。在苏联共产党的领导下，由于苏联飞行员、設計家和科学家的努力，我們的航空事业达到了能掌握整个对流层和平流层低层飞行的成就。目前，在对流层頂和平流层低层中的飞行已是常見的事情了。

在为飞行高度而斗争的同时也产生了力求达到很大的飞行速度的意图。还在1935年，設計家波里卡尔波夫就提出了制造高速飞机的問題。这个問題已經解决了。偉大的衛国战争的經驗証明：苏联空军的高速飞机，在性能上大大地超过了敌人的飞机。“我們的空军——1941年11月斯大林同志說——在質量上优于德国空军，我們光荣的飞行员获得了无畏战士的荣誉”^①。

随着飞行高度的增高和高速飞机的出現，在航空气象方面就产生了许多新的問題。就有必要研究气象条件对噴气式发动机的影响，对高速飞机的空气动力性能的影响和飞机积冰的特点。現代机場的修建和维护、飞机的飞行試驗、在复杂天气条件下和在高空的領航以及其他許多航空問題都与气象問題有紧密的联系。因此，航空气象学的进一步发展是与許多边界学科——高速空气动力学、飞机領航学、无綫电工学、无綫电定位等等紧密联系着的。

最近，由于火箭技术的迅速发展和短波无綫电通訊的改进，加强了对高层大气和电离层低层的研究。

① И. В. 斯大林，論苏联偉大衛国战争，国立政治圖書出版局，莫斯科，1949年

对于暂时还不能用仪器进行研究的大气层次，就采取間接的方法来进行研究。这些間接的方法可以“探測”大气直到数十公里和数百公里高度。間接方法之一是光譜分析，它能研究空气的成分。根据專門的探照灯的光綫就可、能研究到70~80公里高度的大气状态。觀測流星、觀測有时出現在75~80公里高度的夜光云、觀測声波和电磁波的反射和觀測极光，都是研究大气高层的間接方法。

我們社会主义祖国的航空事业，在許多国民經济部門中都得到很广泛的应用。只有在社会主义国家中，俄罗斯爱国者莫扎依斯基的发明才能够首先应用在滿足劳动人民的和平建設需要上。

同时，我們強大的空軍机警地守衛在苏联的国境上。苏維埃飛行員無論在和平时期或在战争条件下，都获得了无限的荣誉，他們多次地向全世界显示了自己的爱国主义精神、对苏联共产党的绝对忠誠，表現了崇高的道德品質和对自己事业具有优良的学識。苏联飛行員完成了許多次的卓越的长途飞行，創造了大量的世界紀錄，建立了战斗功勳和在日常运输、农业、医疗、航空运动等活动方面作出了成績，这一切也都証实了苏联飞机无可比拟的优越性、它的可靠性和对任何气候条件的适应性。

無論在亞热带或是在北极上空，在平原或是在山地上空，苏联飛行員都能在昼夜任何時間，在任何天气条件下进行飞行。

在航空发展的初期，認為只有在相当有利的天气条件下才可能进行飞行。例如，风速为10公尺/秒就認為是最大限度了。有低云和降水就不能飞行。一般飞行是在清晨和黄昏进行，因为那时沒有顛簸。

在第一次世界大战时期，飞行员关心的气象要素主要有两个——风速和云高，因为能否起飞的问题往往就由这两个要素来决定。因此，在那个时候，气象工作主要是供给空军有关的天气实况，解决是否能起飞的问题。

但是，气象条件对于航空活动具有很大的意义，在那时就已是很明显的了。

不过，沙皇俄国的落后的政治制度和薄弱的经济基础，当权集团的保守主义以及它们对一切外国人的崇拜，却阻碍了航空事业的发展。同时，边界科学，特别是保证航空安全的气象学，也未能获得很大的发展。

伟大的十月社会主义革命的胜利，为苏联空军的建设打开了广阔的前程。

在1921年1月进行了开设哈尔科夫（Харьков）——塞瓦斯托波尔航线的第一次试航。此后，很快又开辟了其他的航线，开始安排国际航线，顺利地实行了多次的长途飞行。

为了保证航线上飞机的安全和使航行有规律，就需要有飞行气象保证工作。因此，党和政府除了采取措施发展空军和民用航空外，对航空气象勤务工作也很重视。在1921年，劳动和国防苏维埃通过了一个决议，决议规定人民邮电委员会要优先用电报傳遞气象情报，В.И. 列宁在这个决议上签了字。

空中交通的迅速发展，以及国民经济各部门对航空的需要，给气象勤务工作提出了新的要求。最重要的飞行气象保障工作之一是最近几小时的航线天气预报或昼夜天气预报。天气预报是根据天气图的分析来作的。机场上的航空气象台根据在苏联境内所选定的许多气象台的观测纪录，

以及根据外国气象台的纪录，每天繪制天气图。在天气图上，有各气象台的地点，用规定的符号表示该点的天气条件。

每天把观测纪录用电报傳到有关中心的气象台站，他們的数量和工作質量，对編制正确的天气預报都有很大的影响。因此，改进气象台站网工作的各种措施，对航空工作有很大的意义。这种措施之一是在1929年成立了統一的苏联水文气象机构，它的任务之一是保証飞行。

在这以前，气象台是分属于許多部門的，如：农业部，交通部，教育部等等。苏联境内气象台的分布是不均衡的，标准不一，往往設備低劣，很多台站工作的質量沒有达到应有的水平。成立了統一的苏联水文气象机构之后，使航空气象保証工作得到了很大的改进。近几年来，政府还頒布了許多进一步改进苏联水文气象机构的規定。

除了組織措施而外，苏維埃学者在普通气象学、天气学、高空气象学和气候学方面所进行的許多科学研究工作，对航空气象保証工作的发展也有很大的作用。

赫洛摩夫 (С. П. Хромов)、莫尔柴諾夫、帕哥香 (Х. П. Погосян)、达波罗夫斯基 (Н. Л. Таборовский)、德热尔德热叶夫斯基 (Б. Л. Дзервзеевский)、瓦甘格姆 (Г. Я. Вангенгейм)、阿里索夫 (Б. П. Алисор)、德洛日托夫 (О. А. Дроздов)、尤金 (М. И. Юдин) 等人的工作，使天气預报及其他航空气象工作的質量得以提高。苏联学者在大气扰动問題方面，飞机积冰条件和雷雨云中飞行条件的研究方面的許多著作也促进了航空气象保証工作質量的提高。

随着航空的发展，对气象勤务的要求也日益提高。在

航空发展的初期，飛行員关心天气条件只是为了决定能否起飞。而現在，摆在气象勤务面前的任务是：最有效地保証飞机能在任何天气条件下进行飞行。

以前关于“可飞天气”和“不可飞天气”的概念，已經消失了，而代之以我們現代航空的新的概念：在简单的和在复杂的气象条件下的飞行。

战后，是噴气式航空技术蓬勃发展的时期，新的科学部門——高速空气动力学——具有很大的意义，它的許多原理与气象学問題有錯綜复杂的关系。高速飞行时空气的压缩性問題就是高速空气动力学中的重要問題之一，飞行中必須考虑这个因素，因此，特別是需要修改进行飞机飞行試驗的方法和飞行中測定空速和气温的方法。

这就必須研究气象条件对噴气式航空技术的影响，修訂噴气飞行气象保証工作的方法。

近几年来，人們对复杂气象条件的飞行气象保証工作，开始特別注意起来。苏联的学者、研究家和設計家，在解决許多重要的航空气象問題方面，頑強地工作着。航空气象保証工作的質量逐年提高，为我們祖国国民經济和国防的多种需要，打开了在任何天气都能有效而安全地利用航空的新的远景。

II. 气象条件对航空活动的影响

§ 1. 大气是飞行的介质

一切航空活动都是在大气中进行的。大气的成分，如上所述，由于混合作用，直到150~200公里的高度上都几乎是固定不变的。而大气的性质——气温、空气湿度、空气密度、电场、电离作用——却随高度有重大的变化。

现在我们确知大气是由对流层，平流层，电离层和散逸圈(图1)四个主要层次或圈组成的，各层之间有很大的差别。其中每一层又可分为几个分层。在对流层与平流层之间有一个厚度为2~3公里的过渡层——对流层顶。

在中纬度，对流层自地面伸展到约11公里的高度。在极地，其高度仅有8~9公里，而在赤道地带，它可达17~18公里。空气的质量主要集中在对流层中。在6.5公里高度上，空气的重度约为地面的一半，而在18公里高度上，约为地面的十分之一（参看附录）。

对流层中，气温随高度的增高而降低，平均每升高100公尺降低 0.6° 。然而气温因高度不同而产生的实际的变化，有时与这个平均值偏离相当大。在近地面，以及在自由大气中，往往还出现温度几乎保持不变（等温）或甚至随高度增高而增高的层次。温度随高度增高而增高的现象称为逆温。

空气处于不停的运动中。在对流层中有许多各种各样的上升和下沉气流，以及各种不同方向、速度和结构的水

平气流。这些气流时常形成渦旋，渦旋的直径有时达1000公里及1000公里以上（气旋、反气旋）。它们使气团不停地移动和相互作用，结果在其中产生各种大气现象及频繁

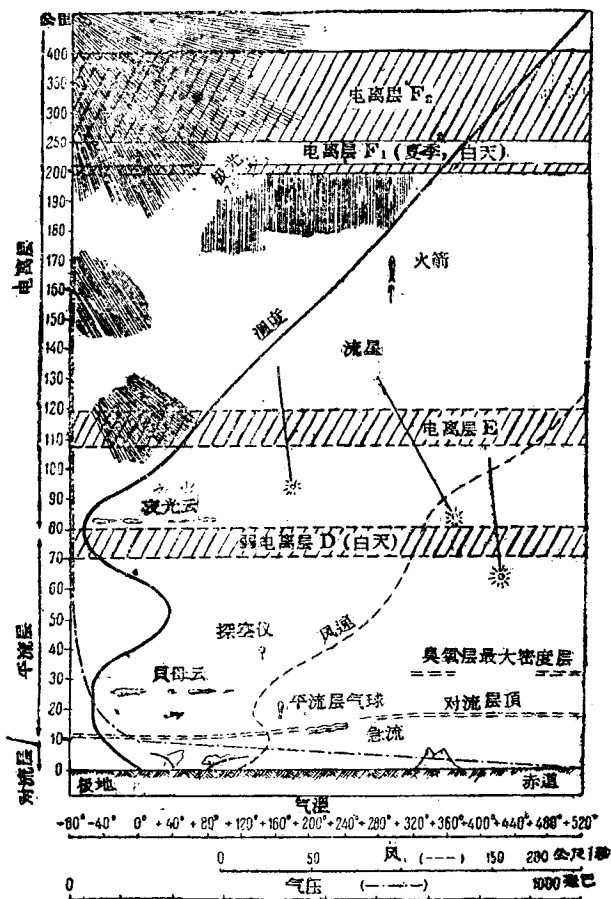


图1 大气结构图