

天 气 学

A. B. 庫尼茲

科 學 出 版 社

天 气 学

A. B. 庫 尼 茲 著

唐勝耕 李瓊芝 張杏珍 譯

科 学 出 版 社

А. В. КУНИЦ
СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
МОСКВА ЛЕНИНГРАД
1947

天 气 学

原著者	A. B. 庫 尼 茲
翻譯者	唐勝耕 李瓊芝 張杏珍
校訂者	張之錡 顧鈞禧
出版者	科 學 出 版 社

北京朝陽門大街117號
北京市書刊出版業營業許可證出字第061號

印刷者	上 海 啓 智 印 刷 廠
總經售	新 華 書 店

1957年10月第一版 書號: 0917 字數: 251 000
1957年10月第一次印刷 開本: 787×1092 1/18
(滬) 0001-1,779 印張: 19 插頁: 7

定價: (10) 3.70 元

內 容 提 要

本書从对天气預报工作所提出的要求出發,詳細地敘述了天气学的原理与应用,也就是討論了决定天气演变的大气物理过程的發展規律以及將这些規律应用于实际預报的問題。

在本書緒論中还詳細地介紹了天气業務的組織与繪制天气圖有关的技術問題。

本書不僅可供大学气象系、气象專業学生与教师在教學上作为参考,并可供气象業務工作者以及農、林、水利等有关方面工作者作为参考書。

原 書 前 言

作者編著本書時是以自己所著的、為訓練空軍氣象勤務部門軍事氣象技術員所用的“天氣學”教本(1941年初版, 1944年再版)為根據的。

作者又根據了水文氣象总局中等水文氣象專業學校天氣學教學大綱, 以及根據作者在莫斯科水文氣象學校對此課程教學的實際經驗, 修改了教本。同時, 捨棄了從航空的觀點來作有系統的敘述, 而是把有關航空的天氣業務問題歸集於專門的一節, 即 § 73 “航空天氣預報” 之中。

在相當長的緒論中, 作者較詳細地敘述了天氣業務的組織和繪制天氣圖的技術。作者又刪掉了某些在普通氣象學教程中學員應該知道的問題, 例如: 焚風、海陸風、雷雨雲的結構以及那些僅對航空有關的問題, 如山地障礙物對飛機飛行的影響、溫度的層結對飛機及高空氣球飛行的影響等等。

本書引用了里恰德遜的判斷標準和 J. 皮葉克尼斯的大氣選擇穩定性的概念, 以及根據巴邱林娜公式計算氣壓形勢的方法, 較詳細地敘述了關於高空變形場的轉換問題。

由於中等專業學校學生的數學水平所限, 本書沒有涉及到最新的天氣預報的數學方法。

目 錄

原書前言

緒 論

§ 1 天气学的对象与天气圖方法	1
§ 2 天气業務組織	3
§ 3 气象电报	5
§ 4 天气圖	10

第一篇 气团与鋒

第一章 大气中的水平运动

§ 5 气压場与單位質量空气的平衡条件	17
§ 6 等势面与动力高度	20
§ 7 气压梯度力	22
§ 8 大气的热力环流	24
§ 9 地球自轉的偏向作用	25
§ 10 无摩擦作用时的空气运动	28
§ 11 梯度計算圖	31
§ 12 摩擦作用对空气运动的影响	34
§ 13 大气环流的基本要素	39
§ 14 气流場	40
§ 15 气压場与風随高度的变化	44
§ 16 不穩定气流对于大气演变过程的作用	45

第二章 大气中的垂直运动与水汽的凝結現象

§ 17 空气状态的絕熱变化	48
§ 18 位溫、相当溫度和相当位溫	52
§ 19 大气的垂直穩定度	55
§ 20 溫度的逆增	59
§ 21 对流	64
§ 22 萊夫斯达尔式溫度对数压力圖	68
§ 23 大气中的乱流	73
§ 24 云与降水按其生成原因的分类	77

第三章 气团

§ 25 气团的源地	81
------------------	----

§ 26 穩定气团与不穩定气团·····	33
§ 27 气团的地理类型·····	98
§ 28 北極气团和热帶气团·····	93
§ 29 極地气团·····	96
§ 30 气团各物理属性的数值特征·····	98

第四章 鋒

§ 31 鋒与鋒区气团·····	105
§ 32 鋒面的平衡条件·····	108
§ 33 鋒面平衡的破坏·····	112
§ 34 暖鋒·····	115
§ 35 冷鋒·····	118
§ 36 綫囚鋒·····	121
§ 37 地形对鋒的影响·····	125

第五章 气旋的產生及發展

§ 38 鋒面波·····	129
§ 39 鋒面波發展的条件·····	131
§ 40 气旋的發展·····	134
§ 41 气旋各个發展階段的主要特征·····	137
§ 42 綫囚气旋的再生·····	144
§ 43 热帶气旋·····	148

第六章 气旋群与反气旋

§ 44 气旋羣·····	153
§ 45 反气旋·····	155
§ 46 对流層上界的鋒面擾动和演变过程·····	158
§ 47 关于气旋及反气旋运动的統計資料·····	160

第七章 天气圖的分析

§ 48 天气分析的概論·····	165
§ 49 气团的确定·····	169
§ 50 确定鋒的位置·····	176
§ 51 鋒型的确定·····	180
§ 52 分析中几种典型的困难·····	185

第二篇 特殊天气現象

第八章 颶及雷暴

§ 53 雷雨云及有关的天气現象·····	191
-----------------------	-----

§ 54 雷暴發展的条件	195
--------------------	-----

第九章 霧

§ 55 平流霧	204
§ 56 輻射霧及平流輻射霧	208
§ 57 鋒面霧	211
§ 58 霧的地理分佈	215

第十章 地方性的風、龍卷風

§ 59 焚風、布拉風及其同類的風	219
§ 60 西羅哥風、干燥風、雪暴	222
§ 61 龍卷	224

第三篇 天氣預報

第十一章 根據天氣圖作天氣預報

§ 62 鋒面移動和狀態的預報	230
§ 63 鋒面擾動的移動和發展的預報	236

第十二章 預報天氣過程的輔助方法

§ 64 等變壓綫分析法	244
§ 65 測風氣球觀測記錄在作天氣預報上的應用	249
§ 66 探空記錄在預報對流上的應用	258

第十三章 氣壓形勢分析法

§ 67 氣壓形勢圖	263
§ 68 氣壓形勢圖的計算	268
§ 69 高空風的計算	273
§ 70 氣壓形勢圖在預報天氣演變過程中的應用	279

第十四章 天氣預報

§ 71 各主要氣象要素的預報	288
§ 72 特殊天氣現象的預報	293
§ 73 航空天氣預報	299
§ 74 天氣預報的填寫及預報的評判	307

第十五章 根據地方性的觀測記錄作天氣預報

§ 75 地方性的天氣征象	312
§ 76 裘碧克的地方性天氣征象系統	315
§ 77 雷暴、陣性降水、颶的地方性征象	320

索 引	325
附 錄	

緒 論

§1 天气学的对象与天气圖方法

天气学,可以簡單地給它下一个定义,就是研究天气的科学。所謂天气,就是某时地球表面上某些地区上空的大气状态,以及大气状态在一定时期内的連續变化。

天气与經常的天气变化,对于人类的生活和活动有很大的影响。因此,天气学有两个任务:第一、研究决定天气演变的大气物理过程的发展規律;第二、將这些規律应用于实用的目的——預报未來一定時間的天气*)。

因为大气中决定天气演变的物理过程是在廣大的空間中進行的,所以天气学的基本方法就是把廣大的气象測站網,在同一時間內所得的觀測記錄作相互比較。

觀測結果是按規定的符号填入空白地圖上該站所在的地点(參看 §4)。

“天气学”这个名称本身,就表明了这門科学所采用的基本方法。俄文上天气学这一个名詞,是从希腊文中引用过來的,它的原意为同时觀察。因此,填有同一时刻觀測記錄的地圖,就称为天气圖;而用天气圖來研究大气的科学,就称为天气学。

應該指出,气候学虽然也是研究决定天气演变的大气状态,虽然也廣泛地应用各种填有气象要素的圖表;可是,它是从不同的观点和不同的实用目的出發的。气候学的实用目的,在于叙述某一地方(区域)出現得較多的天气情况。因此,气候学所关心的,不是个别的具体的大气状态,而是典型的可作为該地特征的大气状况。所以,气候学与比較同一时刻觀測記錄的天气学方法相反,它首先是按空間(一定地点或一定区域)的原則比較觀測記錄。然后將比較所得的結果繪制成圖(例如,多年的月平均气温圖)。

最初嘗試采用天气圖方法时,是將很久以前所得的觀測記錄加以比較。因为那时候由于缺乏通訊工具(电报),要把当天的觀測記錄收集到一个地方是不可能的。例如,第一張天气圖就是勃朗得斯在十九世紀的二十年代,根据 1783 年的觀測資料

*) 有时狹义地認為天气学只是預报天气的实用科学;而將决定天气演变的各种大气現象的理論研究,划分成一門單獨的科学——动力气象学。然而,把上述两部分看作一門科学的兩方面——实用方面和理論方面則更要好些。

繪成的。十九世紀前半紀,有些研究者曾采用天气圖方法去研究熱帶的風暴(颶風),在這工作上,不僅應用了原有的气象觀測資料,而且應用了對風暴破壞痕迹研究的結果。研究的結果証明:這種風暴是極大的、旋轉的、向前移動的渦旋,並且渦旋中心的气压極低,從中心向外气压逐漸增大,直到邊緣部分才達正常的数值。這種渦旋就被稱為气旋。

在中緯度地帶也出現這種渦旋,甚至比熱帶的更頻繁;雖然這裡的渦旋很少能具有巨大的破壞力。气旋往往會帶來強風、風暴和降水等,使天气發生非周期性的變化。由於气旋有沿一定方向移動的特性,所以就有可能預報气旋所將要移到的地區內未來的天气變化。因此,在電報通訊廣泛地應用起來以後,許多國家便嘗試繪制當天的天气圖,並用來預報天气。十九世紀六十年代,西歐有些國家組織了天气業務機構。在俄國從1872年1月1日起,開始繪制每日天气圖;從此,我國也就有了正規的天气業務。

此後,由於無線電通訊的廣泛使用,天气業務便無論在迅速傳遞气象情報方面,或在廣泛播送气象報告和天气預報方面,都獲得了極大的成就。通訊工具的改進和气象測站網的發展,都使得天气圖的內容更加詳細。這樣就使天气學的理論及實際工作進一步充實起來,增加了气团和鋒(兩個气团之間的界面)這兩個概念。

气象學家德威於十九世紀三十年代末,在天气圖方法還未發達的時候,就想到天气變化是由於物理特性迥然不同的气团之間“爭鬥”而形成的。德威的結論是在分析同一地點天气演變過程的觀測記錄的結果而得出的,在同一地點時常發現劇烈的天气變化——這是大家所熟知的現象。但是一開始繪制天气圖時,由於气象站非常稀少,各站之間彼此相隔甚遠,就不可能在天气圖上確定各個气团之間任何顯著的轉變;由於這種原因,就連气团這個概念也很快被遺忘了。於是,一切天气現象都認為只是由气压系統——高气压與低气压——所形成的。

隨著气象測站網的增密,才有可能發現气温、風、濕度及其他气象要素在地理分布上的顯著改變,因而就能判斷气团間的交界面。到這個時期,著名的物理學家赫爾姆霍斯、奧地利气象學家瑪古萊斯、特別是挪威物理學家V. 皮葉克尼斯也從理論上探討了關於大气界面——鋒——的問題。

在十九世紀最後二十五年期間,天气學上這一個新的鋒面分析法獲得了卓越的成就。在大多數的國家內,天气業務機構都採用了這個新的工作方法。因為挪威是

第一个研究出这个新的方法它并首先采用,所以鋒面分析法有时也就称为挪威分析法或卑根分析法*)。苏联是最早推廣鋒面分析法的國家之一,并由于苏联学者的極力探究,而使鋒面分析法日益趋于完善。現今鋒面分析法几乎到处都代替了先前所采用的等压綫分析法。

由上可知,天气学無論在它开始的时候或是在以后的發展过程中,一方面既是一門理論的科学,而同时又是一門实用的科学,而它的目的則是預报天气。这也就使天气学課程分为两个主要部分:

1. 大气演变过程的理論(本書第一、第二两篇);
2. 天气預报(本書第三篇)。

§ 2 天气業務組織

由于天气業務面前有着各种复雜的任务,因此,近代天气業務具有相当复雜的組織。它是由三个基本部分組成的:气象測站網、天气分析中心(“天气預报所”)、气象站与天气分析中心之間以及分析中心与其服务对象(即天气預报和天气情报的使用者)之間的通訊組織。

在1947年上半年以前,苏联國內数百个气象站每日按地方平均太陽时:01, 07, 13及19时作四次基本觀測。在这种情况下,天气圖上所填的就不是嚴格按照同一时刻所得的觀測記錄,然而它們却是完全可以相比較的;因为各种气象要素的日变化对于这些觀測記錄的影响都是相同的。(在西欧气象觀測是嚴格按照統一的时间,即在中欧時間02, 08, 14及18时進行觀測。)

自1947年下半年以后,苏联的气象站和世界各國所有的气象站,都根据國際气象組織的決議,嚴格地在同一时刻進行觀測,并且以格林威治時間00, 06, 12及18时作为基本的觀測時間,而以03, 09, 15及21时作为輔助的觀測時間。

觀測的結果,立即用國際电碼編成电报發往各区分析中心(电报格式及各种气象要素的电碼見§3)。有些站,例如位于北極和高山区域的,則以无綫电报告其觀測結果。高空气象站也屬於气象站之列,它作定时的測風气球觀測,并施放气象仪和无綫电探空仪,將所得的觀測記錄报告天气分析中心。

各区分析中心把收得的电报編成气象报告,用电报报告給中央預报所,并以无綫

*) 挪威气象局位于卑根(Bergen)城。

电通知隣区的分析中心。中央预报所编制苏联全境的观测报告，并根据气象情报国际交换程序用无线电向外广播。中央预报所也收听国外天气分析中心的气象报告，并将这些报告的主要记录编在全国总的气象报告内，以无线电报（模斯电码）及通过广播电台的无线电向外播送。根据这个气象报告，苏联全国任一地点都可在观测后 5—6 小时就能绘制好天气图。此外，中央预报所还用无线电广播所谓天气分析报告，其中包括大气状态的概况，预测的天气变化，并把锋与主要等压线分布的位置一个点一个点地加以描述。这样一来，即使在图上有个别测站的观测记录没有填上，也能绘出有系统的天气图来。

各天气分析中心用无线电和报纸向广大群众发布天气预报；而对使用机关则发给每日天气公报或者用电话通知天气预报。至于那些极需要天气预报的部门（航空站、铁路、等等），则都有专线电话与天气分析中心直接联系。

除了每昼夜广播四次主要的气象报告以外，还要为航空业务组织每小时的天气情报，为此每小时要进行一次气象观测。这类观测报告，根据苏联各区分组，以短波每小时广播一次，广播的顺序应能使空中的飞机能收到任何一次天气报告。所有气象电报的内容和广播时间表均编于专门的手册中。

苏联的天气分析中心可分为：区分析中心、大区分析中心和全苏天气分析中心。区分析中心服务于一个区，而大区分析中心则服务于几个区（例如整个中亚细亚地区）。大区分析中心与区分析中心不同，它不但要广播天气分析报告，并对所负责的大区天气特点要作有系统的科学研究工作。此外，还有专业的天气室，用来满足铁路运输、航空事业等方面的要求。这种天气室在航空方面的数量特别多，每一个航空站都设有包括预报人员在内的航空气象站。

所有的天气分析中心都有下列人员：预报员和技术员。技术员的工作是翻译电报，将观测记录按规定符号填入天气图中，编制电报，填写每天的天气报告表，进行业务与科学研究工作所需的各种计算。预报员绘制并分析天气图，也就是判别气团，确定锋、高压区、低压区的位置及其最近时间内的移动与变化。根据这些材料，预报员才能作出有关大气状态今后变化的预报，以及本地点、本区域或本航线的天气预报。

机场上航空气象站的预报员的工作，所不同的是他应当依据中央预报所或其他天气分析中心的一般预报，针对航空的需要，针对着飞行的方向和起飞时间等等关

系,使預報更精確更周密起來。同時航空業務所希望的是未來數小時的短期預報,但必須是在可能範圍內最肯定、最正確的。因此,航空氣象站的預報員,除了普通的天氣圖外,還要以區域範圍較小,而比例尺較大的,根據每小時最新的觀測記錄繪制的飛行天氣圖作為預報天氣的依據。航空氣象站的工作還有一個特點,就是在缺少每小時天氣報告的地區,在機場周圍組織飛行區域的天氣通報勤務。這勤務是由位於機場周圍不同半徑範圍內的測站網所組成。這些站在規定的時間進行觀測(有時只用目測,不使用儀器),並負責及時(用電話或電報)報告對航空有危險的特殊天氣現象的出現與消失。

近數十年來,又進行了作未來3天、10天、30天等中長期的天氣預報的工作。由於這種預報還不能作得很詳細,因此只在少數專門設有長期預報單位的天氣分析中心才作此預報。因為作長期預報所用的方法有它獨特之處,所以這種預報要由專門作長期預報的預報員來作。

§3 氣象電報^{*}

一切氣象電報均按航空電報的加急程度一樣,向規定地點(例如:“莫斯科天氣”)拍發。拍發前須把所有觀測記錄編成電碼。現在記錄編報所採用的是1953年世界氣象組織會議所決定的電碼。在某些特別規定的情況下,在數字電碼中可以增添簡單的文字註解。氣象電報的電文分成數組,每組有五個數字;其型式如下:

國際電碼型式 FM-11A 式

(II)iii Nddff VVwwW PPPTT N_LC_LhC_MC_H T_dT_dj_aj_pj_p (7RRjj)
(8N_sCh_sh_s)(9S_pS_pS_pS_p)

其中 j_aj_pj_p 三個電碼規定編為 app (a 只限于編發 0—8) 或 9jj, 亞洲區域協會所採用的是 T_dT_dapp 或 T_dT_d9P₂₄P₂₄ (后者限于熱帶地區)。第 7 組內的 jj 為世界氣象組織的各區域協會自行決定的項目,亞洲區協會採用 (7RRT_eT_e) 或 (3RRD_LD_M)。

II——區號, 只在對國際廣播時及要肯定地表明所發報告屬於某一國家或某一區域時才用區號(蘇聯和中國經常使用區號)。

^{*}) 本節和 §4 所講的國際氣象電碼, 系供陸地測站拍發定時天氣預測報告用的電碼, 為國際氣象電碼中最重要的一種, 本書原文所敘述的這種電碼已由前國際氣象組織和現在的世界氣象組織作了几次修改, 修改的結果為 FM-11A 式, 已為許多國家(包括蘇聯在內)所採用。今在譯文中, 已參照原文編寫的程序, 并按修改的結果編入——校者註。

- iii—國際規定的站号，
N—总云量，
dd—風向(以度数的百位与十位編碼)，
ff—風速(以浬为單位，报十位和个位)，
VV—能見度，
ww—現在天气，
W—过去天气，
PPP—海平面气压，
TT—地面气温，
N_h—高度 h 之云(低云或中云)的云量。
C_L—低云狀，
h—最低云云高，
C_M—中云狀，
C_H—高云狀，
T_dT_d—露点(攝氏度数)，
a—3 小时以來的气压傾向，
pp—3 小时以來的气压变量，
7—第七組的指示碼，
RR—降水量，
8—第八組的指示碼，
N_s—报云高的云層云量，
C—报云高的云層云狀，
h_sh_s—云層高度，
9—第九組的指示碼，
S_rS_pS_pS_p—特殊現象，
T_eT_e—最高、高低温度，
D_L—低云云向，
D_M—中云云向。

各种气象要素的电碼

电碼 数字	C _L	C _M	C _H	电碼 数字
0	无低云	无中云	无高云	0
1	淡積云	透光高層云	无底而散乱的毛卷云	1
2	濃積云	蔽光高層云或雨層云	密卷云, 云量不增加	2
3	秃積雨云	呈穩定層的高積云在同 一高度上	伪卷云, 或者是積雨云 的残余或者是远处積雨 云的一部分, 積雨云其 他部分看不見	3
4	積云性層積云	个别的高積云, 常呈荚 狀, 不断地变化	鈎狀卷云, 有系統侵入 天空, 并漸加厚	4
5	普通層積云	透光高積云呈帶狀, 逐 漸廣布天空, 甚至有一 部分蛻變成蔽光高積云 或复高積云	輻輳狀卷云和卷層云, 全部漸漸變厚, 但是連 續云層高度还不到45度	5
6	不是惡劣天气下的碎云, 層云	積云性高積云	輻輳狀卷云和卷層云, 全部漸漸變厚, 但是連 續云層高度已經达到或 超过45度	6
7	惡劣天气下的碎層云或 碎積云	复高積云或蔽光高積云, 或者高積云伴有高層云 或雨層云	卷層云, 佈滿全天	7
8	淡積云或濃積云和普通 層積云, 此两种云的底 部高度不同	堡狀高積云或絮狀高積 云	卷云和卷層云, 云量不 增加, 部分天空被掩盖	8
9	鬚積雨云, 可伴有積云, 層積云, 層云	紊乱天空中的高積云, 常伴有密卷云	卷積云或者以卷積云为 主的高云	9

各种气象要素的电码(續)

电碼 数字	C	h	N, N _h N _s 用天空 $\frac{1}{10}$ 为單位	W	a	电碼 数字
0	卷 云	50 米	沒有云	碧空, 或云量不 超过 $\frac{5}{10}$	升后降	0
1	卷積云	50—100 米	1 或小于 1(包括云 迹)	云量多变化, 在 过去这段时间內 有时云量大于 5, 有时小于 5	升后平, 或升后 緩升	1
2	卷層云	100—200 米	2—3	陰天, 或云量大 于 5	穩定上升或不穩 定上升	2
3	高積云	200—300 米	4	沙(塵)暴, 或吹 雪	微升或平后升, 或平后急升	3
4	高層云	300—600 米	5	霧或濃的霧	穩定无变化或不 穩定变动但无变 量	4
5	雨層云	600—1,000 米	6	毛毛雨	降后升	5
6	層積云	1,000—1,500 米	7—8	雨	降后平, 或降后 緩降	6
7	層 云	1,500—2,000 米	9 或大于 9, 但有云 隙	雪或雨夾雪	穩定下降或不穩 定下降	7
8	積 云	2,000—2,500 米	10, 天空无云隙	陣性降水	平或微升后降, 或降后急降	8
9	積雨云	2,500 米以上, 或沒有云	全天模糊不清, 或 由于黑暗关系云量 无法估計	雷暴, 或有降水		

VV—水平能見度

电碼	仟米	电碼	仟米	电碼	仟米
00	<0.1	34	3.4	68	18
01	0.1	35	3.5	69	19
02	0.2	36	3.6	70	20
03	0.3	37	3.7	71	21
04	0.4	38	3.8	72	22
05	0.5	39	3.9	73	23
06	0.6	40	4.0	74	24
07	0.7	41	4.1	75	25
08	0.8	42	4.2	76	26
09	0.9	43	4.3	77	27
10	1.0	44	4.4	78	28
11	1.1	45	4.5	79	29
12	1.2	46	4.6	80	30
13	1.3	47	4.7	81	35
14	1.4	48	4.8	82	40
15	1.5	49	4.9	83	45
16	1.6	50	5.0	84	50
17	1.7	51	} 不用	85	55
18	1.8	52		86	60
19	1.9	53		87	65
20	2.0	54		88	70
21	2.1	55		89	>70
22	2.2	56	6	90	<0.05
23	2.3	57	7	91	0.05
24	2.4	58	8	92	0.2
25	2.5	59	9	93	0.5
26	2.6	60	10	94	1
27	2.7	61	11	95	2
28	2.8	62	12	96	4
29	2.9	63	13	97	10
30	3.0	64	14	98	20
31	3.1	65	15	99	50 或以上
32	3.2	66	16		
33	3.3	67	17		

注：1) 能見度的距离，如果刚好在电碼表內的两种距离之間，便应报告距离較短的那个电碼。例如距离350米，就应采用03为电碼。

2) 90—99的十个电碼，应避免在航空天气預告中采用。