

# 天气学原理

上册

C. II. 赫罗莫夫著

高等学校教学用书



天 气 学 原 理

上 册

C. H. 赫罗莫夫著  
黄士松等译

人 民 教 育 出 版 社

本书系根据苏联水文气象出版社 (Гидрометеопиздат) 出版的 С. П. 赫罗莫夫 (Хромов) 著的“天气学原理” (Основы синоптической метеорологии) 1948 年版译出。原书经苏联高等教育部审定为水文气象学院教学参考书。

本书为天气学书中比较完备的一本书。书中介绍了一系列动力气象问题, 探讨了天气分析的技术工具, 还阐述了关于气压场与风场, 关于气团、对流层锋、气旋活动及大气环流、天气形势预报与天气状况预报的问题、大型天气研究与长期预报问题等基本知识。

本书可供天气业务工作者、研究生与教学上参考。

本书译本分上下二册出版。上册包括前六章, 由黄士松 (第一、三章)、陈其善 (第二、三、四章)、吴伯雄 (第五章)、徐尔灏 (第六章)、周芸婕 (第一章)、戴淑芬 (第二、五章)、赵頌华 (第三章)、李琼芝 (第四章) 等同志译出。

## 天 气 学 原 理 上 册

С. П. 赫罗莫夫著

黄士松等译

人民教育出版社出版 高等学校教材编辑  
部北京宣武门内大街27号  
(北京市书刊出版业营业许可出字第2号)

上海市印刷四厂印刷  
新华书店上海发行所发行  
各地新华书店经售

统一书号13010·736 开本787×1092 1/16 印张26 5/8 插页3  
字数557,000 印数1—6,000 定价(4)¥2.30  
1960年4月第1版 1960年4月上第1次印刷

## 作者的 話

此書為本人在天氣學的發展、系統化以及編著方面十五年來工作的成果。在這以前曾出版了兩種不同版本——“天氣分析初步”(1934及1937)與“天氣學”(1940)。現在此書是在1942—1945年間所寫，這項工作因戰爭時期的情況而大大地拖延了。在以後兩年中，在從準備書稿到出版的过程中以及在校對時，書中曾引入了一連串修改與補充。

在寫書的第一階段(1942—1943年間)，В. А. 布加耶夫(Буцаев)教授以合著者身份參加了工作。在本書90節中他寫了9節，即是：§§ 12—18, 26與74，以及§§ 29, 30, 70的在正文內已有註明個別小段。與我們共同寫了§ 19與§ 20。此外，我曾獲得極寶貴的機會和В. А. 布加耶夫教授討論了大部分材料。

就在1948年，我採用了Н. Л. 塔波羅夫斯基(Таборовский)博士親切的建議，並從他那里得到了§ 59的新的正文以及§§ 31, 51, 57, 70, 71, 72, 73的在正文內所註明的小段或小段的某些部分。這些材料總起來乃是平流動力分析問題的權威作者的敘述文。此外，А. С. 茲維列夫(Зверев)副教授寫了§ 75及§§ 78, 79與80中有关于他自己的工作的三段。§ 85中若干小段為Г. Я. 萬根蓋依(Вангенгей)教授與В. Л. 捷爾澤耶夫斯基(Дзедзеевский)教授所寫，同樣也是关于他們自己的工作的。А. С. 茲維列夫也是本書一個仔細的編輯者，在原文的最後修飾中曾給予我極大幫助。我對於上述各位同志的寶貴的合作表示誠摯的感謝。我同樣也考慮了在排校中閱讀本書的Х. П. 帕哥香(Погосян)博士，С. Т. 帕加瓦(Парава)博士及Н. В. 彼特連科(Петренко)副博士的許多批評意見。

此書並非是1940年的“天氣學”的再版。基本上它是重新寫過的，讀者可以認識到此書在結構、選材、敘述特點以及某些方法上的處理等各方面都是新的。現在我寫此書能較在八年前寫“天氣學”時可以更完備也更明確地反映出眾多的蘇聯天氣學人員為蘇聯科學在天氣學的許多分支中用勞力所爭取得到的主導作用。遺憾的是我不能夠以應有的程度顧及某些發表在1946年後半年與1947年的結果，因為當時書已交給出版社了。在這時期內最重要的著作畢竟可在一些附錄中找到(此附錄已在書出版時作出)，其中有關於С. Т. 帕加瓦與Н. Л. 塔波羅夫斯基的學術論文，В. Л. 捷爾澤耶夫斯基與В. М. 庫爾甘斯基(Курганский)的著作，А. С. 茲維列夫的學術論文以及其他等等。

本書超過了適用於教科書的範圍，因此，顯然必須作某些調整才可以作為教科書使用。但是，對於受過訓練的讀者，首先對於實際工作的預報員，本書篇幅的增大反而會有用的。即使本書篇幅這樣大，著者仍然必須注意精簡，並且嚴格地選擇材料。

關於長期預報，如同從前一樣，書中只是介紹原理的說明，並不追求實用的目的。書中並沒有區域天氣的系統性敘述，尤其是在蘇聯領域上的天氣過程。為此，當具有豐富的材料

时,最好应该另写一册新巨著。

系统性的分析和预报的课程对通晓本书论题的原理来说,是不可缺少的补充部分。作为对于这种课程的参考书,可推荐“天气图教学图集”,B. A. 布加耶夫的“等压面形势图方法”与“天气分析技术”以及H. II. 貝佐夫(БЫЗОВ)的“预报员初级教程规定任务汇集”等书,这些均由水文气象出版社出版。不过,在这方面,再没有比直接参加业务工作更好更重要的了。

1948年5月于列宁格勒



# 符 号

## I. 数学的

細体字表示标量; 粗体字表示矢量;  $\cdot$  为矢量的标量积符;  $\times$  为矢量的矢量积符。

$\frac{d}{dt}$ —对时间的个别微商。

$\frac{\partial}{\partial t}$ —对时间的局地微商。

$\frac{\delta}{\delta t}$ —在移动着的坐标系统中的对时间微商。

$\nabla A$ —标量  $A$  的升度。

$-\nabla A$ —标量  $A$  的梯度。

$\text{div } \mathbf{A} = \nabla \cdot \mathbf{A} = \left( \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \right)$ —矢量  $\mathbf{A}$  的散度(辐散)。

$\text{rot}$ —涡度(旋轉)。

$\nabla_2$ —水平升度。

$\text{div}_2$ —水平散度。

$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla$ —尤拉(Эйлер)运算符。

$$P_{lmn} = \frac{\partial^{l+m+n}}{\partial x^l \partial y^m \partial z^n}$$

$a, b, c$ —在线性运动方程( $u = u_0 + ax + bx - cy$ ;  $v = v_0 - ay + by + cx$ )中的变形系数, 散度系数及旋轉系数。

$n$ —(对等压面, 等压綫等等的)法綫的方向。

## II. 物理学的与物理气象学的

$\mathbf{A}, A$ —地球自轉偏向力(其水平分量,  $A = 2\omega \sin \varphi V_2$ )。

$\mathbf{A}_F, A_F$ —鋒的加速度。

$\mathbf{A}, A$ —气压中心加速度。

$A$ —热功当量。

$a\theta c$ —温度的绝对标度。

$b$ —以水銀柱毫米計的压力。

$C$ —环流加速度。

$\mathbf{C}, C$ —向心力。

$\mathbf{C}_F, C_F$ —鋒的速度。

$c_p$ —干空气的等压比热。

$c_v$ —干空气的等容比热。

$c_{pw}, c'_p$ —水汽与湿空气的等压比热。

- $d$ —单位体积水蒸气的重量。
- $D, D'$ —单位体积干空气及湿空气的重量。
- $E$ —水汽饱和蒸力(在水面上为  $E_w$ , 在冰面上为  $E_e$ )。
- $e$ —水汽蒸力。
- $F$ —环流周线内的面积。
- $f$ —相对湿度(对于水为  $f_w$ , 对于冰为  $f_e$ )。
- $G, G'$ —气压梯度力。
- $g, g'$ —重力加速度。
- $H$ —以皮德克计的动势高度(位势)。
- $I$ —内能。
- $-I$ —等变压梯度。
- $J$ —热功当量。
- $K$ —动能。
- $k$ —泊松方程中的常数:  $\left(k = \frac{AR}{c_p} = 1 - \frac{c_v}{c_p} = 0.288\right)$ 。
- $l = 2\omega \sin \varphi$ 。
- $M$ —质量。
- $m$ —混合比。
- $N$ —力管数目。
- $p$ —大气压力。
- $p_d$ —干空气部分压力。
- $Q, q$ —热量。
- $R$ —干空气的气体常数。
- $R_w$ —水汽的气体常数。
- $R'$ —湿空气的气体常数。
- $R, R'$ —摩擦力。
- $R$ —地球半径。
- $r$ —凝结潜热。
- $r$ —水滴半径。
- $r$ —曲率半径。
- $s$ —比湿。
- $s$ —环流周线。
- $T$ —绝对温度。
- $T_a$ —大气柱中(局地的)的绝对温度。
- $T'$ —相当温度。
- $T_v$ —虚温。
- $T_w$ —湿球温度表的温度。
- $t$ —时间。
- $t$ —以摄氏计的温度。
- $u$ —沿  $x$  轴的速度分量。
- $V, V'$ —速度。
- $V_1, V_2$ —水平速度。

- $V_G, V_G$ —地轉風速度。  
 $v$ —沿  $y$  軸的速度分量。  
 $v$ —比容。  
 $W$ —不穩定能。  
 $w$ —速度的鉛直分量。  
 $\alpha$ —風與梯度的偏角。  
 $\alpha$ —鋒面的傾角。  
 $\alpha$ —伸脹軸與矢量  $\nabla\theta$  之間的角。  
 $\beta$ —等壓面的傾角。  
 $\beta$ —伸脹軸與等溫綫之間的角。  
 $\Gamma$ —干絕熱溫度直減率。  
 $\Gamma'$ —濕絕熱溫度直減率。  
 $\gamma$ —溫度直減率。  
 $\lambda$ —地理經度。  
 $\lambda$ —波長。  
 $\rho$ —空氣密度 ( $\rho_a$ —大氣柱內局地密度)。  
 $\theta$ —位置溫度。  
 $\theta_c$ —以攝氏計的位置溫度。  
 $\theta'$ —相當位置溫度:  $\theta' = T \left( \frac{p_n}{p} \right)^k + 2.5 s \left( \frac{p_n}{p} \right)^k$ 。  
 $\theta''$ —相當位置溫度:  $\theta'' = T \left( \frac{p_n}{p} \right)^k + 2.5 s$ 。  
 $\theta_{ps}$ —假位置溫度。  
 $\theta_w$ —濕球位置溫度。  
 $\tau$ —露點。  
 $\phi$ —位勢。  
 $\varphi$ —地理緯度。  
 $\phi$ —熵。  
 $D$ —轉矩。  
 $\omega$ —地轉角速度。

## III. 云的記号

Ci—卷云	cong—濃
Cs—卷層云	hum—淡
Cc—卷積云	dens—密
As—高層云	lent—莢狀
Ae—高積云	unc—鈎[狀]
St—層云	fil—毛[狀]
Sc—層積云	trans—透光[的]
Cu—積云	op—蔽光[的]
Cb—積雨云	Str—層云狀
Ns—雨層云	Cuf—積云狀
F—碎云	Und—波狀



## IV. 气团、锋及气压中心的符号

AB—北极气团。	TM—暖气团。
ПБ—极地气团。	MM—地方性气团。
TB—热带气团。	AΦ—北极锋。
ЭБ—赤道气团。	ΠΦ—极锋。
M—海洋的。	TΦ—热带锋。
K—大陆的。	XΦ—冷锋。
ΠP—以前的。	TΦ—暖锋。
B—回归的。	H—气旋中心。
XM—冷气团。	B—反气旋中心。

## V. 电码中气象要素的符号

在本书正文中为了简短起见我们只得用那些在气象电码中表示用的特定字母来标记气象要素。这里我们将介绍这些符号中最重要的如下：

a—气压倾向特征。
C <sub>L</sub> —低云状。
C <sub>M</sub> —中云状。
C <sub>H</sub> —高云状。
DD—风向。
E—土壤表面情况。
F—蒲福风力。
HH—拔海高度，以百米计。
h—最低云底的高度。
III—站号。
N—总云量。
N <sub>h</sub> —低云量。
PPP—订正到海平面的气压。
pp—气压倾向数值。
RR—最近12小时内降水量。
S—海上情况。
SS—雪盖高(积雪高度)。
TT—气温。
T <sub>s</sub> T <sub>s</sub> —白天最高气温。
T <sub>n</sub> T <sub>n</sub> —夜间最低气温。
T <sub>s</sub> T <sub>s</sub> —海面温度。
t <sub>d</sub> —气温与水温之差。
U—空气相对湿度。
V—水平能见度距离。
V <sub>s</sub> —向海的水平能见度距离。
W—从上次观测时间来的天气特性。
ww—在观测时间或最近一小时内的天气特性。

## 目 录

作者的話	9
符号	11
第一章 緒 言	
§ 1. 天气学的对象与方法	1
1. 天气(1) 2. 天气学(1) 3. 天气的周期性变化与非周期性变化(2) 4. 天气学方法(3) 5. 研究对象的限制(4)	
§ 2. 天气学的历史及近况与天气服务	4
1. 天气分析方法的产生(4) 2. 杜万与费兹罗伊的见解(5) 3. 天气服务的开端(6) 4. 等压綫式的天气学(7) 5. 天气学发展的新阶段(8) 6. 天气服务的近况(10)	
§ 3. 大气状态的基本特征	11
1. 大气压力(11) 2. 将气压訂正到海平面上(11) 3. 风(12) 4. 位势与等势面(14) 5. 位势的单位(14) 6. 位势的压高公式(15) 7. 气温(15) 8. 位温(16) 9. 位温与焓(17) 10. 温度的干絕热变化(17) 11. 干空气的层結结构(18) 12. 饱和水汽压(19) 13. 相对湿度与露点(20) 14. 絕對湿度(20) 15. 比湿与混合比(21) 16. 空气的密度(21) 17. 虛温(22) 18. 温度的湿絕热变化(23) 19. 饱和湿空气的层結(24) 20. 相当温度(24) 21. 相当位温与假位温(25) 22. 湿球位温(25) 23. 云(26) 24. 雾(28) 25. 降水(28)	
§ 4. 天气学的基本概念	29
1. 气象要素場(29) 2. 气团(30) 3. 鋒(31) 4. 气旋活动(32) 5. 大气环流(32)	
第二章 天气分析的工具	
§ 5. 天气的情报	35
1. 天气台站网(35) 2. 观测记录的傳遞(36) 3. 观测时间(37) 4. 天气电碼(37)	
§ 6. 天气图	38
1. 天气图的形式(38) 2. 空白天气图(38) 3. 投影和比例尺(39)	
§ 7. 綜合天气图	40
1. 图的編制(40) 2. 填图的格式(40) 3. 填图的規則(41) 4. 测风观测的填写(42)	
§ 8. 观测資料的誤差	42
1. 偶然誤差及其发现(42) 2. 可能发生的誤差的例子及其修正(43) 3. 系統性誤差(44)	
§ 9. 天气分析的任务和原理	44
1. 分析的要点(44) 2. 分析的例子(45) 3. 分析原理(47) 4. 对照原理(48) 5. 代表性原理(48) 6. 物理邏輯原理(50) 7. 历史持續原理(51) 8. 三維空間原理(51)	
§ 10. 分析綜合图的技术	52
1. 气团内部的凝結系統(52) 2. 連續降水(52) 3. 主要的气团(53) 4. 等趋势綫(53) 5. 鋒(53) 6. 等压綫(53) 7. 鋒的性质(54) 8. 最后阶段的分析(54)	
§ 11. 变压图	54
1. 等变压綫(54) 2. 变压图的繪制(55)	
§ 12. 高空图表	55
1. 高空图表的用途(55) 2. 图上主要的等值綫(56) 3. 压力比容热力图表的等值变换(56)	

§ 13. 高空图表的个别特征.....	58
1. 埃梅图、湿度-对数压力图(58)	
2. 温熵图(59)	
3. 高空图(59)	
4. 高空图表上补充标尺(61)	
5. 施取威图(61)	
6. 罗斯贝图(62)	
7. 声达图(62)	
§ 14. 高空图表上层结情况的分析.....	62
1. 层结曲线(62)	
2. 湿度曲线(63)	
3. 状态曲线(63)	
4. 平衡型式与层结分析(64)	
5. 对流不稳定平衡(65)	
6. 相当位温-高度图(66)	
§ 15. 高空图表上状态特性量与绝热变化的确定.....	66
1. 比湿和混合比的计算(67)	
2. 没有补充标尺时相当差的确定(67)	
3. 露点的计算(67)	
4. 确定虚湿的图解法(67)	
5. 位温和部分位温的计算(67)	
6. 相当温度与相当位温的计算(68)	
7. 假位温的计算(68)	
8. 湿球温度表位温(湿球位温)的计算(68)	
9. 状态绝热变化的确定(68)	
§ 16. 高空图表上不稳定能量的确定.....	69
1. 不稳定能量(69)	
2. 在湿度-对数压力图上不稳定能量的计算(70)	
3. 温熵图上不稳定能量的确定(71)	
4. 在高空图表上上升空气的不稳定能量与加速度的计算(72)	
§ 17. 等压面的位势.....	72
1. 绝对位势与相对位势(73)	
2. 等压面位势的计算(74)	
3. 确定等压面位势的间接方法(75)	
§ 18. 气压形势图及其分析技术.....	76
1. 定义(76)	
2. 气压形势图有什么用?(77)	
3. 绝对形势图(77)	
4. 相对形势图(78)	
5. 绝对形势图的分析(78)	
6. 相对形势图的分析(79)	
7. 气压形势图上误差的检查(79)	
8. 高空风图(80)	
§ 19. 铅直剖面图与等值线.....	80
1. 空间的剖面(80)	
2. 气象要素及其填写次序(80)	
3. 剖面的分析(81)	
4. 时间的剖面(82)	
5. 等值线(82)	
§ 20. 等熵图.....	83
1. 等熵分析的基本前提(83)	
2. 有代表性的等熵面(84)	
3. 等熵面图的绘制与分析(84)	
4. 气压差图。等熵的变压线(85)	
§ 21. 天气预报原则.....	86
1. 气候资料的应用(86)	
2. 根据相似性的结论(86)	
3. 气象惯性(87)	
4. 过程韵律的计算(87)	
5. 外延法的应用(87)	
6. 物理理论的原则(88)	
7. 天气的“轉移”(88)	
8. 局地观测的利用(89)	
9. 天气的数值计算(89)	
<b>第三章. 气压场和风</b>	
§ 22. 关于 $\rho$ (压场)的一般概念.....	92
1. 等压面,等压线(92)	
2. 气压梯度(93)	
3. 在等压线图上梯度的确定(93)	
4. 在气压形势图上确定梯度(94)	
5. 气压梯度力(94)	
§ 23. 关于风场的一般概念.....	95
1. 风场的描述(95)	
2. 流线的绘制(96)	
3. 风场中的奇异点和奇异线(97)	
4. 流线的汇合和辐散(98)	
5. 空气的轨迹(99)	
6. 空气轨迹的绘制(100)	
7. 速度的散度(100)	
8. 根据天气图决定水平的速度散度(103)	
9. 动量散度与连续方程式(103)	
10. 在横截面改变着的气流中速度与密度之间的关系(104)	
11. 速度的水平散度与铅直分量的联系(104)	
12. $\rho \mathbf{V}$ 的散度与压力的变化(105)	
§ 24. 气压系统.....	106
1. 气旋(106)	
2. 气旋中的流型(106)	
3. 反气旋(108)	
4. 次生气旋,脊(108)	
5. 低压槽(108)	
6. 锋区(109)	
7. 高压脊(110)	
8. 鞍形区(110)	
9. 气压场高度的变化(111)	
10. 气压等压线随着高度的变形(112)	
11. 气旋轴的倾斜(112)	
12. 气压系统	

	的高度(113)	13. 在气压形势图上的气旋和反气旋(115)	14. 在气压形势图上的锋区(121)
§ 25.	梯度风	122	
	1. 空气质点个别加速度的分解(122)	2. 梯度风(123)	3. 地转风(123)
	4. 地转风与纬度的关系(124)	5. 地转风和等高线(125)	6. 地转风和实际风(126)
	7. 地转风(127)		
§ 26.	梯度风计算尺	129	
	1. H. J. 塔波罗夫斯基梯度风计算尺(129)	2. BBPMH (高等军事水文气象专门学校) 梯度风计算尺(131)	
	3. A. X. 赫尔吉安与 X. II. 濮哥香计算尺(133)		
§ 27.	摩擦对近地面层风的影响	135	
	1. 摩擦力(135)	2. 风对梯度偏离角的平均值(136)	3. $\alpha$ 角偏离平均值的原因(137)
	4. 近地面的风速(138)		
§ 28.	自由大气中的风与梯度风的关系	138	
	1. 理論上的結論(138)	2. 經驗的結果(139)	3. 风向随高度的波动, 摩擦高度(139)
	4. 自由大气中的风向(140)	5. 自由大气中的风速(140)	6. 风的附加分量的方向(141)
§ 29.	由于温度分布所决定的风随高度之变化	142	
	1. 热成风(142)	2. 在气旋及反气旋的不同部分中风向随高度的变化(144)	
§ 30.	环流理論的气象意义	146	
	1. 环流(146)	2. 环流加速度(148)	3. 环流加速度与力管(149)
	4. 环流加速度的物理意义(150)	5. 环流加速度方程式的其他形式(151)	6. 地球的旋轉对环流加速度的影响(152)
	7. 环流加速度与增热中的局部差异(154)	8. 海陆风(154)	9. 山谷风(156)
	10. 环流加速度与对流(156)	11. 鋒区也是斜压系統(156)	12. 在高空图上計算环流加速度(157)
§ 31.	大气压力的变化	158	
	1. 压力的变率(158)	2. 等变压线(158)	3. 在不同高度上气压变化間的关系(159)
	4. 一些統計的結果(161)	5. 局地气压变化方程(162)	6. 压力变化的流体力学的理論基础(163)
<b>第四章 气团</b>			
§ 32.	一般概念	170	
	1. 定义(170)	2. 气团的范围(170)	3. 源地(171)
§ 33.	暖气团、冷气团和地方性气团	172	
	1. 定义(172)	2. 下垫面的作用(172)	3. 暖气团(172)
	4. 暖气团內的凝結作用(173)	5. 冷气团(176)	6. 冷气团內的凝結作用(180)
	7. 冷、暖气团內位温的分布(181)	8. 地方性气团(182)	9. 自由大气中的平流和层結的变化(184)
§ 34.	气团的地理分类	184	
	1. 气团地理分类的基础(184)	2. 欧洲气团(186)	3. 苏联气团(187)
	4. 夏季苏联欧洲部分气团的频率(189)	5. 苏联东部的气团(189)	6. 北美的气团(190)
§ 35.	气团的保守性	190	
	1. 改变气团性质的因素(191)	2. 热力和湿度的保守性(192)	3. 乳光混浊度(192)
	4. 作为保守性质的混浊因子(193)		
§ 36.	气团的特性	194	
	1. 特性数值(194)	2. 温度的特性数值(194)	3. 湿度的特性数值(195)
	4. 相当温度的特性数值(195)	5. 相当位温的特性数值及相当位温-高度标准线(196)	6. 罗斯貝因上标准的特性曲线(197)
	7. 乳光混浊度的特性数值(198)	8. 混浊因子的特性数值(199)	
§ 37.	气团的变性	200	
	1. 相对的变性和绝对的变性(200)	2. 温度局地变化的分析(201)	3. 平衡温度(202)
	4. 变性和对流(203)	5. 变性和动力过程(204)	6. 关于变性的一些实际资料(204)
§ 38.	气团的地理类型	205	
	1. 北极气团: (a)源地; (b)未隔; (v)鉛直厚度; (r)寒潮; (s)温度年变化的特点; (e)湿度;		

1955.9.10.2



( $\pi$ )透明度; (e)大气层结和凝结核现象; (n)例子 205 2. 极地海洋气团: (a)源地; (5)新鲜的极地海洋气团、温度和湿度; (b)新鲜的极地海洋气团, 层结和能见度; (r)回归极地海洋气团; (x)在大陆上的变性; (e)在远东的极地海洋气团; ( $\pi$ )例子 210 3. 极地大陆气团: (a)源地, (6)在冬季的性质; (b)例子; (r)在夏季的性质; (x)例子 214 4. 热带海洋气团: (a)源地; (6)一般性质; (b)在西欧的性质; (r)在其他区域内的性质; (x)例子 217 5. 热带大陆气团: (a)源地; (6)在欧洲中部的性质; (b)在苏联境内的性质; (r)例子 220

## 第五章 锋

- § 39. 对流圈锋的一般概念 ..... 224
1. 锋的定义(224) 2. 锋与锋区气团(224) 3. 锋的类型(225) 4. 锋区中气象要素的变化(225) 5. 锋的等变压场(227) 6. 自由大气中的锋(230) 7. 特性曲线上的锋和逆温(231)
- § 40. 锋的形成与消失 ..... 231
1. 一般情况(231) 2. 在平面上锋生的确定(231) 3. 线性运动场的分解(233) 4. 基本运动场的锋生性质(233) 5. 在线性运动场的一般情况中的锋生方程式(234) 6. 变形场中的锋生和锋消(235) 7. 在具有双曲线流线的线性运动场中的锋生(237) 8. 在气旋性和反气旋性的线性运动场中的锋生(239) 9. 在实际情况中的锋生场(240) 10. 三维空间的变形场(241) 11. 地形锋生(242)
- § 41. 锋面的坡度 ..... 243
1. 一般见解(243) 2. 不连续面的微分方程式(244) 3. 马古拉斯方程式(245) 4. 马古拉斯方程式的分析(246) 5. 压力场中的锋面(247) 6. 马古拉斯方程式的应用范围(249) 7. 滑动面的普遍情况(250)
- § 42. 锋的移动 ..... 250
1. 空间锋面的移动(250) 2. 与实际风及梯度风有关的锋线移动(251) 3. 借助于梯度风以决定锋的移动(252) 4. 锋的速度与气压梯度及气压倾向的关系(252) 5. 锋的移动方向(253) 6. 移动锋的低层的剖面(253)
- § 43. 作为滑动面的锋 ..... 254
1. 上滑锋与下滑锋(254) 2. 主动与被动滑动面(255) 3. 有限冷空气舌的滑动面(256) 4. 滑动面相对于等压面的坡度(257) 5. 锋上滑动与其等变压场(258) 6. 下滑锋的一些特性(259)
- § 44. 暖锋 ..... 260
1. 定义(260) 2. 锋的滑动(260) 3. 在锋前的气压降低(262) 4. 其他要素的变化(262) 5. 锋面上云的形成(262) 6. 卷云与卷层云(263) 7. 高层云——雨层云(264) 8. 碎雨云与锋前雾(265) 9. 与标准模式的差异(266)
- § 45. 冷锋 ..... 268
1. 定义, 一般性质(268) 2. 冷锋的两种型式(269) 3. 第一种冷锋(269) 4. 第二种冷锋(270) 5. 冷锋圈(273) 6. 急行冷锋的锋消(273) 7. 符号(273) 8. 冷气团在暖气团上展开的可能性(274)
- § 46. 锢囚锋 ..... 274
1. 定义(274) 2. 两种锢囚锋(274) 3. 气压场与等变压场(275) 4. 暖锢囚锋的云与降水(276) 5. 冷锢囚锋的云与降水(279) 6. 高空的冷锋(280) 7. 符号(280)
- § 47. 下垫面对锋的影响 ..... 281
1. 一般叙述(281) 2. 隐蔽的锋(281) 3. 虚锋(282) 4. 关于山脉对气流及锋的影响的一般叙述(282) 5. 冷锋的地形变形(282) 6. 因山脉而起的暖锋变形(284) 7. 焚风(285) 8. 布拉风(287)

## 第六章 气旋活动

- § 48. 关于气旋与反气旋的一般知识 ..... 289
1. 关于气旋结构与频率的一般知识: (a) 低层等压线的形状; (5) 范围; (b) 深度; (r) 近地面的



	风: (1) 温度分布; (e) 云与降水之分布; (π) 高层的等压线与流线; (g) 气旋频率 (289)	2.
	关于反气旋结构与频率的一般知识: (a) 近地面气压场; (b) 地面风; (B) 温度水平分布; (r) 气压场随高度的变化; (R) 反气旋中天气; (e) 气旋与反气旋中的温度差异; (π) 反气旋出现频率 (292)	3.
	气旋与反气旋的移动: (a) 气旋移动的一般情况; (b) 气旋移动的平均方向及主要路径; (n) 气旋平均速度; (r) 反气旋的移动 (294)	
§ 49.	把气旋作为波的扰动	295
	1. 稳定波与不稳定波 (295) 2. 大气中波动形成的因素 (295) 3. 密度与风不连续时的复合型波动 (296) 4. 惯性波 (297) 5. 气旋波 (298) 6. 气旋波内的运动场与气压场 (299) 7. 气旋波的移动 (301) 8. 气旋波动稳定性的判据 (304)	
§ 50.	锋面气旋的发展	304
	1. 波动阶段 (304) 2. 年青气旋 (305) 3. 锢囚 (306) 4. 综合模式 (307) 5. 气旋的二次热力不均称、锢囚后层 (309) 6. 特别强烈的气旋的发展条件 (311) 7. 气旋的再生 (311) 8. 气旋的高度、气旋上空的对流圈顶 (314) 9. 气旋发展的结果 (315)	
§ 51.	气旋内的气压变化	315
	1. 气压局地变化的方程 (316) 2. 气旋与反气旋内的平流变化 (319) 3. 气旋与反气旋内的气压动力变化 (320) 4. 气旋的复合等变压场 (320) 5. 演变场与移动场 (321)	
§ 52.	气旋的能量	321
	1. 能量方程 (322) 2. 变动性能转变为动能及温度变化 (324) 3. 位能与内能的比例 (324) 4. 水平毗列气团的变动性能转变为动能 (325) 5. 压力分布能的作用 (326) 6. 气旋发展时能量的变换 (327) 7. 气旋能量的其他来源 (328) 8. 气旋在二次不均称时及在再生时的能量变换 (329)	
§ 53.	局地的气旋生成	329
	1. 局地扰动发生的模式 (329) 2. 局地气旋生成的例子 (330) 3. 反气旋形成时冷垫面的作用 (331) 4. 局地气旋生成时的散度作用 (331)	
§ 54.	气旋的结构与天气	332
	1. 年青气旋的气压场与运动场 (332) 2. 气旋暖锋前的天气条件 (337) 3. 暖区 (338) 4. 在冷锋前面的暖区上空的温度下降 (339) 5. 冷锋·气旋的后部 (340) 6. 在气旋中心左边的情况 (340) 7. 锢囚气旋·南面边缘 (341) 8. 锢囚气旋·中心部分 (344) 9. 锢囚气旋的后面及对流圈顶漏斗 (344)	
§ 55.	反气旋	346
	1. 一般性质 (346) 2. 反气旋分类 (346) 3. 在反气旋内的锋 (348) 4. 反气旋中气温的平均铅直分布 (352) 5. 在不同类型的温带反气旋中气温的铅直分布 (353) 6. 副热带高压中热力状况 (354) 7. 反气旋的高度 (355) 8. 反气旋中逆温的类型 (356) 9. 贴地逆温 (356) 10. 下沉逆温 (357) 11. 逆温与对流·逆温面上的波混 (360)	
§ 56.	气旋活动	361
	1. 气旋群 (361) 2. 极地空气侵入热带的最后阶段 (362) 3. 中心气旋 (365) 4. 中心气旋与锋生 (366) 5. 在欧洲大陆上气旋活动的特性 (367) 6. 气旋群的频率 (368) 7. 副气旋的性质 (369) 8. 结论 (370)	
§ 57.	气旋及反气旋的移动	370
	1. 统计资料 (370) 2. 在不同地区中气旋移动的特点的解释 (372) 3. 气旋与锋的移动 (372) 4. 皮雅克涅斯-索尔贝规则 (374) 5. 引导气流 (375) 6. 等变压场与气压系统的移动 (376) 7. 气旋的反常移动 (377)	
§ 58.	气旋活动与平流圈	380
	1. 各不同高度上气压及温度的变化 (380) 2. 在不同高度上气压变化与温度变化的统计的联系 (381) 3. 近地面气压变程的第一波动与第二波动 (383) 4. 在气旋与反气旋中的对流圈顶 (384) 5. 关于所观测到的现象的解释 (386) 6. 对流圈顶波动的运动学理论 (387)	

7. 对流圈顶波动的动力学理论(390)	8. “平流圈操纵”理论(393)	9. 施取威方案不可能证明因果关系(395)	10. 在气旋发生过程中对流圈与平流圈在能量方面的作用(395)	
11. 运动的组织(397)				
§ 59. 从平流动力分析观点来看气旋活动				393
1. 米海尔原理(398)	2. 其圈因子的影响(398)	3. 在对流圈下半层的温压场中的锋区与锋(399)	4. 气压动力变化对平流的影响(400)	5. 锋生作用：气压动力变化区的演变(401)
6. 气旋与反气旋发生的平流动力机构(405)	7. 高空变形场及其演变(401)			
附录 1. 埃梅图				
附录 2. T- $\sigma$ 图				
附录 3. 高空图				
附录 4. 施取威图				
附录 5. 罗斯贝图				
附录 6. 一月的气候锋				
附录 7. 七月的气候锋				

# 第一章 緒言

## § 1. 天气学的对象与方法

### 1 天气

在某一時間內所观测到的各个气象要素数值的总体，称为这一瞬时的天气。在某一有限時間間隔內各个气象要素数值的連續变化，称为此有限時間間隔(昼夜、周、月)內的天气。同时，所謂气象要素，乃指大气的物理性质以及发生在大气中的某些物理过程，例如：温度、湿度、气压、风、云况、雾、降水、雷暴、雪暴等等。

实际上，可以显著地影响到人們生活和經濟活动的那些气象要素，都包括在天气的概念中。这样建立起来的关于天气的概念，必須随着經濟活动的发展而扩大。例如，随着航空事业的出現，产生了关于高层大气中天气的概念；以前很少注意到的能見距离就成为最重要的天气要素之一。对于无綫电員而言，大气放电(无綫电干扰，天电)已是一种重要的天气要素，这种大气放电，在无綫电发明以前，人們一点都不知道它会干扰无綫电收訊的。别的例子还多得很多。

### 2. 天气学

天气学(Синоптическая метеорология, 縮写为 синоптика)是气象学中的一支，約在一百年以前就已产生了，到現在，無論是按研究的对象或研究方法來講，都已經成为一門独立而又丰富的科学了。关于在广闊的地理空間上天气情况及天气演变的原因的学問叫做天气学。这些原因就是在地面大气中所产生的一定的物理过程，首先是动力的和热力的过程。所以还可以这样說：天气学是一种关于在广闊的地理空間上形成天气情况及其变化的物理过程的学問。

这些过程的研究是在它們具体的受地理制約的形式中进行的，并且和地理环境有密切的关联。这就是天气学与确定大气动力学与热力学的一般定律的动力气象学所不同的地方。动力气象学的結論乃在天气学中用来作为解釋所研究的过程的最一般基础。

天气学的結果可用为預測天气时(即編制关于今后天气变化較可靠的預报时)的指南。从这个实用的观点出发，对天气学还可以下定义为：它是一門預測天气的学問。不过这里所指的通常是短期預报，即在未来1—2昼夜內(有时到三昼夜)的或者更短时期內的預报。这一种預报差不多是全世界各国现有的天气服务的基本任务。近来，在长期預报(一周的，十天的，一月的，一季的)方面也已有一定的实际的迈进；这些預报的方法实质上与短期預报的方法是不同的，但是，在頗大程度上也是以天气学的結果为基础的。

在俄文中“天气的”(синоптическая)这一詞可以作为“概觀的”(обзорная)一詞(由希腊字 синопсис——概觀的意思——而来)来看。这个術語的意义将在下面解釋。

### 3. 天气的周期性变化与非周期性变化

天气变化的类型可以分为:

1. 与地球自轉有关的周期性变化(各气象要素的日变化);
2. 与各气象要素日变化无关的非周期性变化。

必須附帶說明:在非周期性变化中是可能存在着不同于昼夜周期的某一些周期的;但是,和它們联系的周期性成分是不稳定的,而且又与純非周期性成分相互重叠交錯,乃造成了与简单昼夜周期性毫无相同处的各种現象的极复杂的变化。此外,非周期性变化是在各气象要素由于地球繞日旋轉而起的年变化的範圍内产生的。

各气象要素日变化的成因是很明显的,它們归結于輻射能对地面的流入与地面輻射。在一連許多天以内都不存在非周期性变化的条件下,温度的日变化往往表现得非常好,因而湿度、风、云量的日变化也是这样。但是,这一種日变化往往被更显著得多的非周期性变化所超过而掩盖了。

举例來說,在白天对正常温度日变化來說應該增暖的却变冷了。在夜里,相反的,温度却可以剧烈地升高。降水可以在一天中任何時間內产生,风增强也同样可以在一天中任何时刻观测到等等。这也就是說,天气的非周期变化及其成因是我們天气学中研究的主要对象。

这些成因到底又怎样呢?它們可以归結于对流圈中大型气团在大气环流的过程中从一地区到另一地区的轉移,以及这些气团在外部作用的影响下的变性,最后,是各气团間的相互作用。关于此种互相作用的結果以后再進行敘述。

由于气团經常的吸收和放出輻射能,为地面所增暖与冷却,从下面获得水汽与灰尘,它們乃具有某一种特性;并且,当它們由一地区向另一地区移动时,也隨而帶着这些特性并随时改变着这些特性。气团的性质确定出气团所占地区中的温度,湿度,能見度,风的性质,常常也可以确定出云况和降水。某个气团頗厚的一层沿着另一气团的斜楔的上升运动(上升滑行)对于天气也是具有非常重要的意义的;这时候乃发生特別显著的云的形成,从这种云中降水下落。最后,在不同气团間的界面上(鋒面上)所产生的特別的波与渦扰动可以确定出温帶的风速及风向。

气团如同大气扰动一样一下子就占据了很大的一个地区;其水平广度为数千千米,因此,在同一个气团範圍内的天气在相当大的空間中基本上將具有类似的性质。同时在气团内部的天气中可以观测到或多或少明显地表現出来的日变化。

倘在某个区域内侵入一个新的气团,那末,很明显,相应的天气变化将在一系列区域内同时发生,并且和气团一起將在这个或那个方向上逐漸傳布出去。因而,某一地点的天气是与周圍区域中同时的、先前的以及将来的天气状态有联系的。在单站上所进行的观测是不