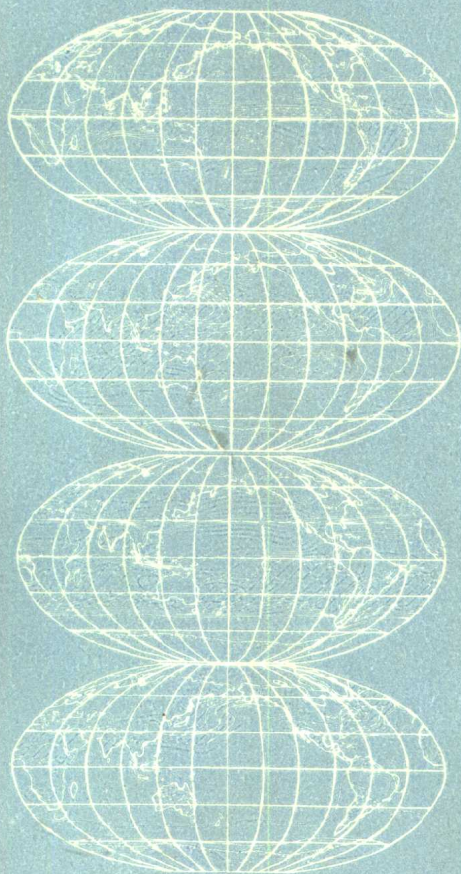


气象

〔日〕伊藤 博主编

气象出版社



新地学教育讲座

气 象

[日] 伊藤 博	主 编
[日] 菊池 幸雄、中山章	执 笔
陈波涪	译
石韞璋	校

气 象 出 版 社

内 容 简 介

本书的内容包括：大气的基本性状及大气圈的组成与结构，云的生成和降水过程，大气的运动及其季节变化，气旋和反气旋的结构与天气，大气中的能量循环与大气运动，等等。

本书主要是供中学地理教师之用，大专师范院校地理系和中等气象学校的师生也可参考。此外，还可供气象学的初学者和业余爱好者阅读。

監修 伊藤 博

気 象 I

東海大学出版会 1977年

気 象

[日]伊藤 博 主编

[日]菊池幸雄 中山章 执笔

陈波谔 译

石韞璋 校

责任编辑：顾仁俭

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷 新华书店北京发行所发行

*

开本：787×1092 1/32 印张：5.75 字数：125千字

1985年10月第一版 1985年10月第一次印刷

印数：1-5,500

统一书号：13194·0190 定价：1.10元

主 编 者 的 话

本卷是由既有丰富教学经验，又是当前著名气象学家执笔写成的。内容之充实、材料之新颖且饶有趣味，作为大学教育过程之前的教科书和参考书，是史无前例的。

本书没有运用过多的数学公式，但包含有相当高深的内容，不仅仅是水平高，而且重要的本质性的部分，都充分引用了新的成果，是其最大的特点之一。

本来，专家的著作往往难懂，但本书却避免了这方面的问题，并“系统概括了地学一般基础”而又使趣味横生的宗旨得到了充分的体现。在气象学迅速发展的今天，在已有的著作之外，与其说可以有这样一本高水平的参考书，不如说是理所当然的应该出版此书。

本书是堪称用新的观点写成的，这些新的观点需要多长时间才能有效地运用于地学教育界，虽然现在还说不定，但我殷切希望这一天的早日到来。

伊藤 博

译 校 者 的 话

本书译自日本地学团体研究会编辑的“新地学教育讲座”第14卷《气象 I》，1977年东海大学出版社出版。译本定名为《气象》。它是一本中等学校地学方面的主要教学参考书，也是一本很好的气象科学的普及读物。

全书共分五章：第一章概括地叙述大气的基本性状及大气圈的组成与结构；第二章说明大气中云滴形成和降水过程的物理机制；第三章从空气受力的分析进而阐明风与气压的关系（地转风）及风随高度的变化（热成风）规律，并论述了大气环流的空间特征及其季节变化；第四章较详细地介绍了各类气旋和反气旋的结构与天气特征；第五章在分析地-气体系的辐射热能交换的基础上，说明大气环流的成因与大气环流的作用。

本书的特点是：内容广泛而充实，且有相当深度；结构严谨，体系不俗；观点新颖，吸取了气象学和天气学的科研新成果；没有繁多的数学公式，着重物理意义的解释，深入浅出，且富有趣味，图表较多，数据充分，运用了实际航空观测的资料。

本书由河南师范大学地理系陈波涔翻译，石韞璋校阅。原书插图由该系绘图室的袁业茜、孙玉秀绘制。由于我们水平有限、难免有译得不妥和错误之处，敬希读者指正。

1983年4月25日

新地学教育讲座出版说明

最近，地学和宇宙科学得到了惊人的发展，国民对地学的关心也空前高涨，书店各种各样的普及读物日益增多。

但是，在学校的地学教育，地学对中小學生来说仍然是“无兴趣的”、“不懂得如何学习才好的”一门学科。而且，无论是从事其他学科的教师，还是从事地学的教师，往往都具有这样一种看法：地学是需要知识渊博而又“难教”的一门学科。

地学团体研究会，近十多年来，对地学教育和地学科学发展问题进行过反复讨论，对地学的内容和教学方法也一直进行研讨。在这些活动的背景上，根据教师和中小學生的疑问与要求，为适应地学教育的现状和地学科学的发展，迫切要求出版既系统地概括地学一般知识，又使教师和中小學生能理解的贯穿正确自然观那样内容的地学教育普及书籍。计划出版新地学教育讲座，是纪念地学团体研究会三十周年工作的一环。

地学团体研究会1955年（昭和30年）出版过《地学教育讲座》（福村出版）全16卷。当时几乎没有地学方面的教育书籍，能抓住“关键时机”以讲座形式出版，获得了大家的好评和广泛的普及。但是，出版后约20年，从地学的进步和地学教育的要求来看，该讲座的内容的确是陈旧了，深感内容过时，很多人发出了出版新教育讲座的呼声。

在制定本讲座的编写方案时，向全国从事地学教育的中小学和大学教师进行过征询意见的调查；在汇集对地理教育

内容和方法的意见与要求的基础上，写出了详细的内容；又经过很多教师的讨论，对其内容进行多次修改。

本讲座的主编者，邀请各方面经验丰富的有代表性的研究者，对本书提出了很多宝贵的意见。

而且，笔者借助于活跃在第一线研究者的帮助写成原稿后，又根据从事中小学地理教育的教师的意见，从教育的角度，修改成通俗易懂的内容；为提高学生对地学的兴趣，还插入了很多珍贵话题的内容和简便的实验与实习等。

本讲座，作为室内或室外地学教学必备书之用，如能使教师和学生中“以学地学为趣”、“以教地学为乐”的人增加，哪怕是增加一个人，也是极大的愉快。

本讲座，想以充分而系统的内容，供教师和中小學生踏实地学习地学基础之用，并解答讲授中和平时学习中产生的疑问。为了使本讲座改得更好，如蒙指出不妥之处，甚幸！

地学团体研究会

《新地学教育讲座》编辑委员会

1976年9月30日

目 录

译校者的话

新地学教育讲座出版说明

主编者的话

第一章 大气与气象.....(1)

第一节 大气状态的表示方法.....(1)

一、行星大气.....(1)

二、风向、风速.....(2)

三、气温、气压.....(3)

四、水汽量.....(4)

第二节 气压随高度的变化.....(5)

一、气压、密度随高度的变化.....(5)

二、气压和高度的关系式.....(6)

三、气层厚度和气温的关系.....(7)

四、测高公式和海平面订正.....(8)

第三节 大气的组成和大气圈的构造.....(9)

一、大气的组成.....(9)

二、浓度变化的气体.....(10)

三、大气圈的构造.....(12)

第四节 气象现象的规模.....(15)

一、气象现象的尺度.....(15)

二、常见尺度不同的气象现象的特征.....(16)

第二章 云的生成和降水过程.....(18)

第一节 大气中水分的状态.....(18)

一、潜热	(18)
二、饱和	(19)
第二节 大气中水汽量的表示方法	(20)
一、比湿、混合比	(20)
二、水汽压、露点温度	(20)
三、相对湿度	(22)
第三节 云滴的生成	(23)
一、凝结核	(23)
二、云滴的成长	(24)
三、冰晶	(27)
第四节 大气的稳定和不稳定	(28)
一、绝热变化	(28)
二、大气的稳定和不稳定	(30)
第五节 云的种类和成因	(34)
一、云的种类	(34)
二、各种云的成因	(36)
第六节 雾和烟雾	(38)
一、雾	(38)
二、烟雾	(39)
第七节 雨雪的成因	(42)
一、雨滴的大小	(42)
二、雨的成因	(43)
三、雪、霰、雹的成因	(44)
四、人工控制降水	(45)
第三章 大气的运动及其季节变化	(47)
第一节 地面天气图和高空天气图	(47)
一、天气图	(47)

二、高空天气图·····	(48)
第二节 支配大气运动的力·····	(51)
一、气压梯度力·····	(51)
二、科里奥利力·····	(53)
第三节 地转风和热成风·····	(58)
一、地转风·····	(58)
二、地面风·····	(60)
三、热成风·····	(60)
第四节 大气运动的季节特征·····	(64)
一、季风·····	(64)
二、月平均高空天气图的特征·····	(68)
三、大规模的大气扰动·····	(68)
第五节 无扰动的大气运动·····	(71)
一、扰动运动和无扰动运动·····	(71)
二、气温分布·····	(72)
三、纬向环流·····	(74)
四、平均经向环流·····	(76)
第六节 急流·····	(79)
一、副热带急流·····	(79)
二、副热带急流与梅雨·····	(80)
三、寒带锋急流·····	(81)
第七节 大气中的涡旋运动·····	(82)
一、大气的水平运动形态·····	(82)
二、大气垂直运动的大小·····	(86)
三、位势涡度守恒定律·····	(87)
第八节 定常性扰动的成因·····	(89)
一、山地形成的定常性扰动·····	(89)

二、海陆分布形成的定常性扰动·····	(91)
第四章 气旋、反气旋与天气 ·····	(94)
第一节 气团和锋 ·····	(94)
一、气团 ·····	(94)
二、锋区 ·····	(98)
第二节 气旋的一生 ·····	(102)
一、温带气旋的发生与锢囚 ·····	(102)
二、气旋族 ·····	(105)
第三节 气旋的结构与天气 ·····	(108)
一、温带气旋·····	(108)
二、无锋面气旋·····	(123)
三、切断低压和冷涡 ·····	(123)
四、高空锋（副热带急流锋）·····	(128)
第四节 反气旋（高压） ·····	(133)
一、反气旋的种类和成因 ·····	(133)
二、反气旋与天气 ·····	(137)
第五章 大气中的能量循环与大气的运动 ·····	(141)
第一节 大气中的热能收支 ·····	(141)
一、电磁波与辐射 ·····	(141)
二、太阳辐射能的收支 ·····	(143)
三、长波辐射能的收支 ·····	(147)
四、地面和大气的热量收支·····	(149)
第二节 温室效应和屏蔽效应 ·····	(152)
一、二氧化碳和水汽的温室效应·····	(152)
二、大气中尘埃的屏蔽效应·····	(154)
第三节 移动性扰动的成因 ·····	(155)
一、扰动的发生 ·····	(155)

二、扰动的发展	(157)
三、扰动的消失	(159)
四、斜压不稳定条件	(159)
第四节 大规模扰动的作用	(160)
一、扰动的热量输送	(160)
二、扰动的动量输送	(160)
第五节 急流和平均经向环流的成因	(162)
一、单圈平均经向环流的形成	(163)
二、副热带急流的形成	(164)
三、三圈平均经向环流的形成	(165)
第六节 大气中动量和热量的循环	(167)
一、大气中的动量循环	(167)
二、大气中的热量循环	(170)
编后语	(173)

第一章 大气与气象

第一节 大气状态的表示方法

一、行星大气

地球的形状虽然是一个旋转椭圆柱体，但在研究气象现象时，一般可以把地球当作以6371公里为半径的球体。

地球表面覆盖着一层以氮和氧为主要成分的混合气体的空气。地球是围绕太阳公转的行星之一，一般把覆盖行星表面的气体称之为大气。如表1所示，不仅地球上大气，而且除月球和水星以外的行星上也存在着大气。

行星上的一切物体，不管气体、液体和固体，都受行星的重力作用被吸引向着行星的中心。因此，为了克服行星的重力而从行星上跑出去，当脱离行星时所必须具有的最低速度，叫做逃逸速度。表1列出了各行星的大小和逃逸速度。从表中可明显看出，行星越大，具有的重力越大，逃逸速度也大。通常在大气上层，具有比逃逸速度更大速度的分子和原子，能脱离行星大气，飞向宇宙空间去。这样飞出去的分子和原子的数目也依大气的状态和气体的种类而不同。逃逸速度小的月球和水星上没有大气。

在其他行星大气中，也应因经常发生气体分子和原子逃往宇宙空间而使大气逐渐减少。但是，有的行星能从其内部

表 1 行星的特性

行 星	半径(公里)	逃逸速度(公里/秒)	大气的主要成分
地 球	6,371	11.2	氢、氧
月 球	1,738	2.4	没有
火 星	3,370	5.1	二氧化碳
水 星	2,434	4.2	几乎没有
木 星	67,900~71,600	60.2	氢、氦、沼气、氨
金 星	6,053	10.7	二氧化碳
土 星	60,399	36.3	氢、氦、沼气、氨

放出气体，例如地球、火星和金星即是如此。特别是地球和火星的大气，从行星内部放出的量比逃往宇宙空间的量还多，所以说大气量是在继续增加。然而，这种变化是以数亿年计算的非常长的时间中发生的现象，在短时期内是不成为问题的。

表 1 还表明，各行星的大气组成是不相同的。地球开始形成时期，同木星和土星一样，其大气是以氢、氦、沼气和氨为主要成分的。可是，那种大气既然不存在了，就认为现在的大气是由地球内部不断放出的气体而形成的，称前者为一次大气，称后者为二次大气。据推断，火星和金星的大气也是二次大气。二次大气演变成现有的成分也是经历了各种各样变化的。要说明各行星大气的组成的不同，就必须弄清各行星大气的演化过程。现在，这方面的研究仍然是处于推测阶段。

二、风向、风速

大气除有各地温度高低等物理性质的不同外，还不断地进行着复杂的运动。因此，为了弄清楚大气是处于何种状态，

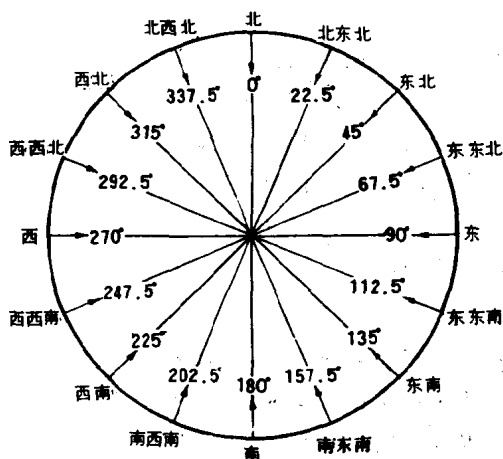


图 1 风向

就应该研究其运动状态和物理性质。

要知道大气的运动状态，最好弄清大气中各地的空气的运动形式。风是由空气流动而产生的现象，一个地方空气运动的速度叫风速，空气运动的方向称风向。如果测出了各地的风向风速，大气的运动状态也就清楚了。

风速，通常以米/秒表示；风向，经常用北风、东南风等16个方位来表示。所谓风向就是指从该方向吹来的风，如东南风即为从东南吹向西北的风。

三、气温、气压

一般来说，气体的物理性质是由压力、温度、密度来决

定的。这些量相等的气体，具有同样的物理性质。

空气的温度称为气温。通常，气温用摄氏($^{\circ}\text{C}$)单位表示。在理论研究时，则使用绝对温度($^{\circ}\text{K}$)。

大气的压力称为气压。现以某地单位水平面积来说，这个面上的空气对该面积的压力，即以这个面为底的垂直气柱内空气的重量，就是该地的气压。由于气压对各个方向都施加一样的力，所以无论哪个方向的面上所受的压力均与水平面上所受的压力相等。

一般，气压用毫巴(mb)为单位表示。海平面的气压通常为1000毫巴左右。若研究1平方米海面上的压力时，相当于该面上载有10吨重的物体所承受的力，10吨等于10立方米水的重量。我们在这样的重量下之所以能够生活而不被压坏，是由于身体内部的压力与大气压力相平衡的缘故。

关于气体的压力、温度、密度的关系可用下式表达：

$$P = R \rho T \quad (1.1)$$

式中的 P 表示气压， ρ 表示密度， T 表示温度。 R 是气体常数，其值随气体种类而不同。对于取cgs单位的空气来说， $R = 0.287 \times 10^7$ 尔格/克·度。因此，如果 P 以毫巴、 ρ 以千克/米³、 T 以绝对温度为单位，则 $R = 2.87$ 。(1.1)式的三个量中，若测定两个，另一个即可按(1.1)式求出。由于密度非常难测定，为了知道大气的物理性质，一般测定气压和气温。

四、水汽量

大气中的水汽量因时因地而异，完全不含水汽的空气称为干空气，含有水汽的空气叫湿空气。如后所述，水汽不仅在气象现象中起着重要的作用，而且含水汽多的湿空气的物理

性质也和干空气不同。例如，(1.1)式的R值对干空气来说是一定的，对湿空气却依水汽的多少而变化。因此，大气中水汽的含量对了解大气的物理性质也是重要的物理量。

在气象观测中，测定表示大气运动状态和空气物理性质的风向、风速、气压、气温和相对湿度（水汽量的表示方法之一），对掌握大气状态是基本的。此外，也要测定降水量、云量、太阳辐射量、能见度等。气象观测的资料，除用于天气监视、天气预报和服务于气象灾害的防御外，也用于气象现象的调查与研究，而且还用于发展各种生产事业和环境调查等方面。

第二节 气压随高度的变化

一、气压、密度随高度的变化

如本章第一节所说，一定高度的气压乃是该高度上单位截面积上垂直气柱内所含空气的重量。因此，高度越低、由于该高度上的空气量增加，故气压越到大气下层就越大。而且，愈是下层空气的密度也愈大。

表2列出了标准大气（所谓标准大气，是指气压、气温和密度等的高度分布近似大气平均状态的基准大气。种类虽多，但内容几乎一样，一般采用国际标准大气）中气压和密度是如何共同随高度而变化的。由表可知，在下层大气中，高度每增加一公里，气压均减低100毫巴；气压每增加6公里，密度减少约二分之一。

由于大气是气体，它的分界面不象水面那样清楚，因而不可能明确地表示大气层的厚度。如表2所示，由于30公里高度的气压约为10毫巴，所以可以说，大气全部质量的99%