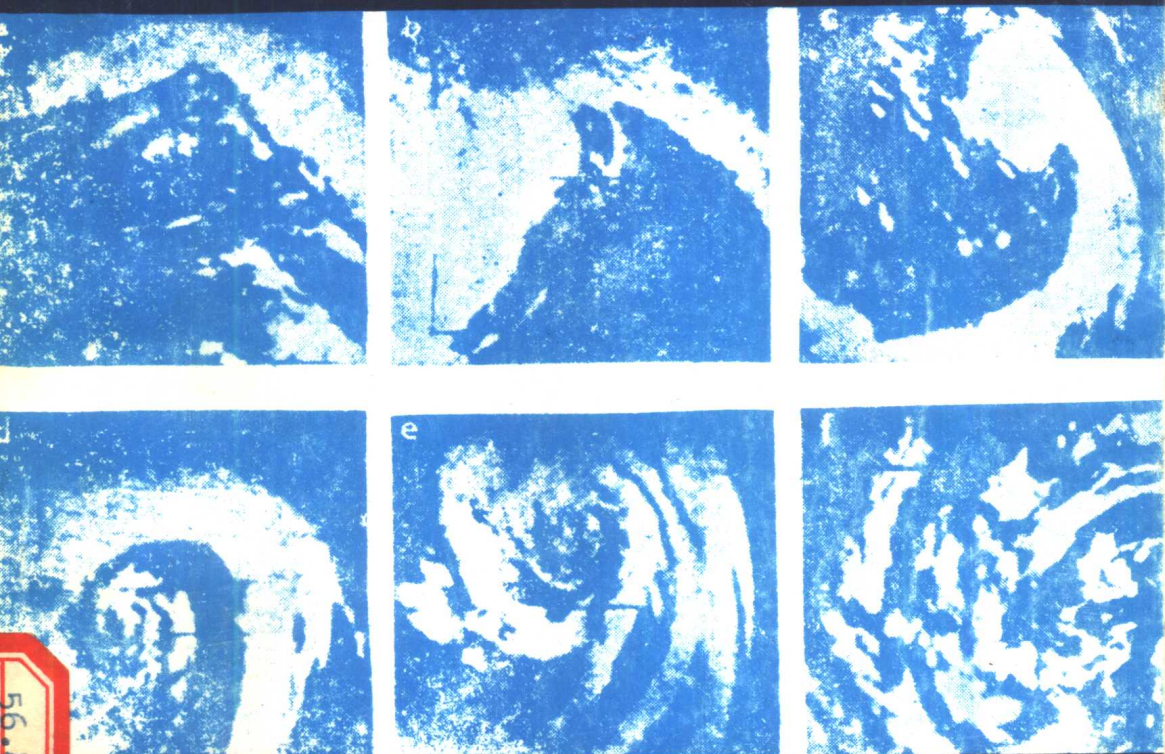


中華科學叢書第二十種

大氣與氣象

著者：I. J. W. Potheary

譯者：劉君勳



臺灣中華書局印行

象氣與氣大

著者：I. J. W. Potheary

譯者：劉君勤

臺灣中華書局印行

中華民國六十八年八月二版
中華科學叢書第二十種

大氣與氣象 (全一冊)

基本定價：壹元柒角正

著者 I. J. W. Potheary
譯者 劉君 勤

中華科學叢書編輯委員 (以姓氏筆劃爲序)

伍法岳 沈君山 沈慶春 李天培
林多標 吳京生 吳家璋 吳錦鉉
夏道師 浦大邦 許翼雲 趙曾珏
劉樹元 劉全生 鄭伯昆 錢致榕



發行人 熊鈺生
臺灣中華書局股份有限公司代表

本書局登記證字號 行政院新聞局局版
台業字第捌叁伍號
臺灣中華書局印刷廠
臺北市重慶南路一段九十四號

臺北市重慶南路一段九十四號

甲書

No. 7728

(貴・廠)

中華科學叢書序

近代物理學，可溯源於十九世紀末年之氣體導電、X光、放射性等之研究。六十餘年來，基本物理中劃時代之發展，如一九〇〇年之量子論，一九〇五年之相對論，一九一三年之原子結構理論，一九二四——一九二八年間之量子力學，一九三幾年之原子核物理，一九三九年之原子核分裂。一九四六年介子之發現，及近十餘年來之基本粒子物理及物理學中之對稱定律等。常言「一日千里」，實不足以形容物理學發展之迅速。即從事一部門物理研究工作之學者，對其他部門之新發展亦時感脫節。故各國各部門科學皆有專書及期刊，由各門專家著述，對各部門工作之結果及發展之情形，作綜合性之報告、檢討及分析。此類著作，不僅便利同儕而已。

年來國人對科學及技術於建國之重要，了解漸深，一般青年，對科學、工程技術之興趣亦日趨濃厚。然限於環境，時或有望洋興嘆之感。增強在臺學校中科學教程，固為一基本工作，但以中文著述，介紹科學之新發展，為學校課外之補充讀物實為一極重要、極有意義之事。

Wt SP6/02

我國留美學者：伍法岳、沈君山、沈慶春、李天培、林多樑、吳京生、吳家瑋、吳錦鋐、夏道師、浦大邦、劉鑒、劉全生、錢致榕、瞿樹元諸先生有鑑於此，曾決定從事科學叢書之編譯，各就其專長，選定寫作部門，目前除計劃於近期內陸續出版關於基本粒子、天文漫談、物理定律的特性，半導體裝置，現代物理等等外，尚有液態氦、高能加速器等陸續出版，並擬擴大科學部門，廣邀各方面學者專家從事著述。

叢書編輯委員會諸君，皆年青學者，學有專長，茲能熱心從事著述，爲我國科學教育及青年效勞；而中華書局亦以服務精神發行科學叢書。筆者年來對我國科學教育，未嘗忘懷，祇以力不從心，無善可述，茲聞此叢書行將陸續出版，謹向國人介紹，並致個人欽佩喜慰之感。

吳 大 猷

一九六六年十月

◊◊◊◊◊◊◊◊◊◊
譯 者 序
◊◊◊◊◊◊◊◊◊◊

科學的進步一日千里，氣象學在近年來也有很大的進步，國內的大學也早已有相關的科系，但對一般人而言，大氣如何作用以及如何影響人的生活也許還覺陌生。

本書是波特凱瑞 (I.J. Pothercary) 先生寫的，文字通俗，沒有高深的物理理論，完全用敘述的方式將一些觀念介紹出來。第一章先就太陽系的行星，簡略的說明它們的大氣組成和運動。第二章介紹了氣團分類及其特性。此後數章對地球上各類型的天氣，影響天氣的因素及氣象儀器都有詳細的討論。最後更告訴讀者天氣研究的發展以及天氣與氣候對人類生活和生存的影響，使人們對氣象有進一步的認識。遺憾的是書中所採用的實例都是以英國為背景，這將使我國讀者感覺不便。譯者不是專學氣象的，加上能力有限，譯文中謬誤之處，還希望讀者諸君不吝指正。

劉 君 勤

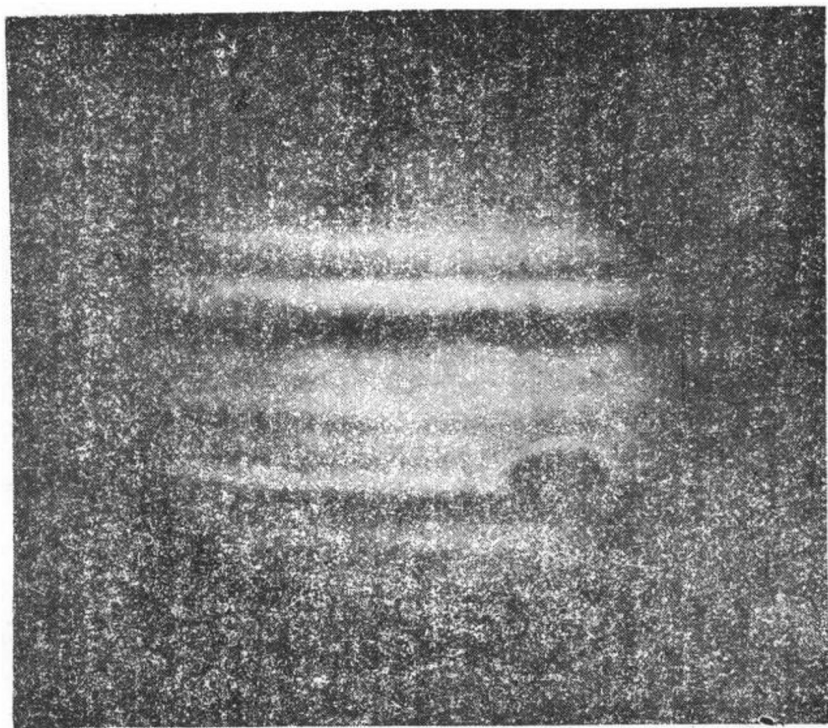
一九七二年九月



著者小傳



I. J. Potheary 在英國及英國協內多年擔任主要科學官員，曾參與皇家飛機局的研究工作，1957 到 1960 年間擔任西印度羣島氣象局的助理指導，後為 Eskdalemuir 天文台主管。現在是倫敦機場的高級預報員。



照片 1，木星大氣的大規模運動，顯示了旋轉行星上大氣的共同特徵。木星的自旋使大氣幾乎以平行赤道的方向流動，因而有許多帶狀的雲系。這照片是由 200 英寸赫爾式望遠鏡拍攝的，南半球上巨大的紅斑(Red spot)清晰可見。(參看第一章)

XXXXXXXXXXXXX
大氣與氣象目次
XXXXXXXXXXXXX

第一章	行星的大氣	1
第二章	地球上的天氣	13
第三章	西風型天氣	28
第四章	區域性的天氣	46
第五章	天氣觀測	59
第六章	天氣服務	81
第七章	天氣之研究	92

第一章 行星的大氣

一千一百多萬年前，當中新紀 (Miocene period) 的造山運動停止後，天氣就開始侵蝕新的山脈，河流的淤泥造出了新的平原。一百萬年前，更新紀 (Pleistocene period) 時，氣候開始在極冷和溫和之間徘徊。冰河時期 (Ice age)，冰河 (glacier) 的重量和能力影響了氣候的形成。地上的風景也和今日吾人所見的差不多了。當冰雪撤退後，變化的天氣使得動植物擴張到新的土地直到全新紀 (Holocene period) 開始，那是大約一萬年以前，地球已有森林、草原、沙漠、高山和野生物，這正是人類發展文明的好準備。在那些穀物可以播種、生長和收穫的地區，文明就發達起來了。

在我們環境的形成，行星的空氣扮演了重要的角色。天氣是決定我們利用行星資源的主要因素，所以氣象學應該是一門非常重要的科學，它是研究關於大氣行動的科學，也就是我們經驗裏的「天氣」(weather)。

我們的大氣是太陽系好幾個之一，當繞着太陽的雲氣和塵埃凝結成行星，並有足夠的重力吸引氣體，最初的大氣就形成了。氣體和行星表面的化學作用，或逃向太空，或火山運動產生了新氣體，於是緩慢的演化成今天存在的大氣。地球大氣的年齡估計約為五十億年，但

現在仍發生緩慢的變化，因為大氣精細的組成，正因火山作用、岩石氧化作用、植物生長和工業活動而改變。

已知太陽系九大行星中的七個存有大氣。金星、地球和火星的大氣是由較重的氮、二氧化碳組成的，木星、土星、天王星是由較輕的氫、氦、甲烷和氨組成的。以上兩組行星，大氣組成不同的原因是金星、地球和火星的質量較小，較輕的氣體能逃出他們的大氣。因熱使許多較輕的氣體，能在大氣外層達到極高的速度，所以脫離了重力的吸引。木星、土星、天王星、海王星由於較大的質量而產生了較強的重力場，因此氣體的原子和分子必須有較高的速度來脫離。但這些主要行星遠離太陽，因而較冷，使氣體分子運動緩慢下來，如此較輕的氣體就容易留下來了。

深入太空的探測器已經環航過金星和火星了。雖說當探測器降落或環航行星後，很快的就有一些有關其大氣組成結構和行為的第一手資料。但是許多有關金星、火星和木星的資料是由望遠鏡觀察得來的，太空的接近探測更補充了金星和火星的資料。

金 星 (Venus)

在有空氣的行星裏，金星是最靠近太陽的。美國太空船水手二號 (Mariner II) 發現金星表面的溫度在攝氏 150 度和 200 度之間。由水手二號的其他證據和雷達信號反射看來，金星經常有一邊面向太陽，正如月亮有一邊經常面向地球。從望遠鏡可見金星的連續表面並不是這行星的地面而是雲層；我們僅知道存有大量二氧化

碳，以及在高空中有些水蒸氣。在炙熱的表層附近，雲可能像塵土一樣，而且二氧化碳可能在大氣中最高和很冷的地方凝結成爲雲。

到目前仍不知道金星表面的天氣如何，雖說水手二號太空船度量的證據，顯示可能發生不同的天氣變動，表層的高溫使不可能發生任何類似我們地球表層的天氣。

火 星 (Mars)

火星大氣的環流 (circulation) 類似地球的環流，但火星上沒有海洋或高山，水的存量也很少，季節的長度是我們的兩倍，因爲火星 1 年相當於 22½ 個地球月。火星表面的氣壓約爲地球表面的十分之一。雖說有這些相異點，由望遠鏡的觀察仍有足夠的證據顯示出火星大氣有類似地球大氣的低氣壓圈 (depressions) 和反氣旋 (anti-cyclons)，同時有隨着季節冠膨脹和收縮的白色極冠，好像他們是雪和白霜組成的。但除了偶而由風引起的黃色塵土雲和罕見的水滴與冰塊的雲以外，火星的天氣變化很小。在夜裏火星暴露的岩石會有很薄的一層白霜 (hoar frost)，冬天在極區白霜可能堆積的很厚，使得景色都變白了。

木 星 (Jupiter)

木星的大氣是由氫、氦、甲烷和氨構成，可能有好幾百公里深，木星日只有十小時，所以它自轉得很快。它的赤道面三度傾斜於它繞日的軌道面，相對的說地球的

赤道面有二十三度半的傾斜。正如同其他行星的大氣，木星的大氣運動是爲補償它表面不均勻的溫度分佈。因爲赤道面傾斜很小，所以在它繞太陽轉一周的 11.8 年當中，木星上任何地方季節變化都很小。因爲從赤道區穩定的獲得熱量，在極區穩定的喪失熱量，所以就產生了一個風力系統，將熱量由赤道帶至極區，由於木星的快速自轉風向偏轉至近乎平行赤道，產生了氣象學上所謂『區流』(zonal flow)。一個木星的望遠照片正顯示這個特色(卷首插圖)。我們可以稱中間爲赤道區(equatorial)，較北和較南的爲熱帶(tropical zone)和溫帶(temperate zone)，甚至接近南北極的地方我們還叫極區呢！(polar region)，引人聯想的，極帽可能由於我們對此區不正確的看法。這些名詞——赤道、熱帶、溫帶和極區只是因爲他們的位置不同，和表面的溫度範圍並沒有關係。我們能看見木星大氣環流的原因是雲隨風動，但這雲是氨的晶體而不同於地球上由冰結晶和水滴組成的雲。我們對木星的天氣一無所知；除了從木星得到類似天電干擾(Atmospherics)的無線電信號，它可能起因於類似產成地球極光(aurorae)的太陽活動。

木星顯示了自轉軸並不十分傾斜(3 度)行星大氣可能的情況。在調節不均勻的溫度分佈時，風是平行於赤道吹的，而不是正指北方和南方。不均勻的溫度分佈是因爲赤道附近吸收的熱量多於兩極。

地球的大氣

地球有兩種氣體是其他行星早已喪失的——游離的

氧，我們知道氧是生命所必需的，還有就是大量的水蒸氣。水在地球溫度範圍內能以固體的冰、液體的水和氣體的蒸氣存在，水改變形態時，能吸收或放出大量的熱。當水蒸氣凝結或水結冰都會放出大量的熱，當冰溶解和水蒸發會吸收熱。這種過程包括了所謂“潛熱”(latent heat)，熱量是鎖在分子的運動中，直到狀態發生改變才釋放出來。在大氣中，由這種過程所吸入和放出的熱量，對天氣的影響很大。

大氣中除了其他氣體外，還有三原子的氧(臭氧)和二氧化碳。兩者的存量都很小，臭氧(ozone)主要存在十到二十英里的高空中，但是他們非常重要，因為它有吸收短波太陽輻射而放出長波輻射的性質。臭氧能過濾去有害的紫外線，因此對生命極為重要，同時這二種氣體輻射上的特性，在大氣的結構中扮演了一個積極的角色。氮是大氣組成的主要分子，其他氣體如氬(argon)、氖(neon)、氦(helium)、甲烷(methane)、氙(krypton)、氧化亞氮(nitrous oxide)、氫(hydrogen)、氙(xenon)都只有微量存在。他們對天氣都沒有影響。

主環流 (The General Circulation)

在地球大氣中，風的三度空間形態，就是所謂主環流，大氣在常恒的運動中，始終平衡不均勻的表面溫度分佈，因為赤道附近吸熱較多之故。切斷了從太陽來的熱，大氣就如引擎沒有燃料，引擎會很快停止的。地球若不能再從太陽得到熱量，大氣會在十天左右就停滯了。

想了解大氣如何能繼續作用和為甚麼它要以目前的

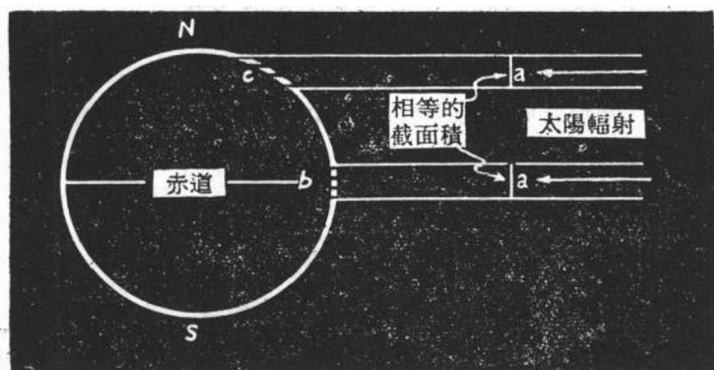


圖 1-1 太陽輻射隨緯度的變化

方式運動。我們需要考慮的是地球的熱量平衡，壓力差如何使得空氣運動和地球自轉的影響。

地球的熱量平衡

如圖 1-1 所示在中午地球上兩點的情況，靠近赤道處和靠近極冠處。地球遠離太陽，所以在圖上太陽輻射的方向可視為平行。從外太空中 (a) 區到達這兩處的太陽輻射先經過相等的截面積，但這兩束輻射到達地球表面時，靠近極冠的 (c) 就會較靠近赤道的 (b) 散佈的面積大些，靠近赤道的單位面積吸收熱量較多，因此，最早溫熱。如此獲得的熱量再消耗成從地球放出的長波無線電。正如電爐將熱傳過一間冷屋子，地球的熱量損失在寒冷的外太空。進入的太陽輻射和發出的長波輻射二者間的熱平衡是熱帶獲得能量而極區損失能量，也就是熱帶進入的太陽輻射多於他發出的長波輻射，極區反之。

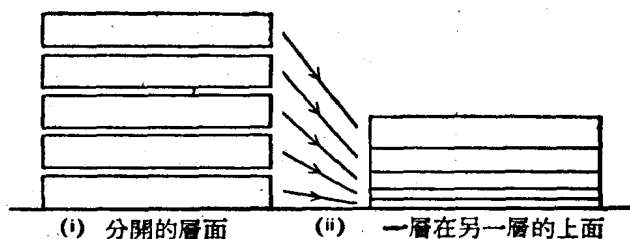


圖 1-2 氣壓隨高度的降低

隨高度而減低的壓力

在圖 1-2 中，(i) 是幾個分開但相等的層，每個都包含同量的空氣。(ii) 是將它們一個接一個的疊在一起。愈底層的空氣，壓縮得也愈厲害，所以從頂層以下每一層都因上面的重量使厚度壓得更小。圖表示得很清楚，對某一已知厚度的區間，壓力隨着高度的增加而減小。同時任何點的壓力是在它以上所有空氣重量的度量，很顯然壓力應隨高度減小。

空氣繼續在運動中

在圖 1-3 中，(i) 是兩個相等的空氣柱 (b) 和 (c)，

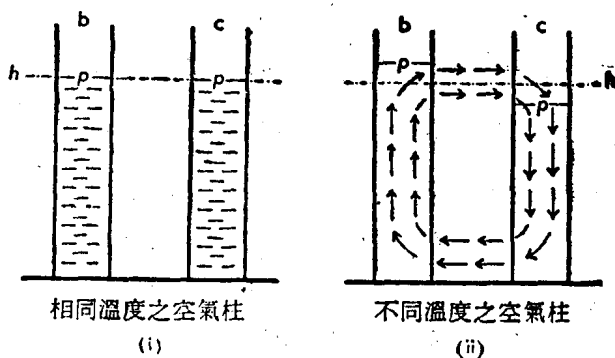


圖 1-3 加熱和冷卻對大氣運動的影響

兩者在任何相同高度的氣壓都應相同，所以沒有任何理由空氣會從一柱流向另一柱。假設吸收的太陽輻射和放出的長波輻射的熱平衡是 (b) 熱起來而 (c) 冷卻下去。柱 (b) 可以想像是赤道 (在圖 1-1 中的 b)，柱 (c) 可以想像為極區附近 (在圖 1-1 中的 c)。柱 (b) 受熱而向上膨脹，柱 (c) 冷卻而向下收縮。在 (i) 圖中高度為 h 的地方，壓力都為 P ，圖 (ii) 中壓力為 P 的地方，在 (b) 柱中要高於 (c) 柱。這就是說在表面以上任何高度的氣壓 (b) 柱都高於 (c) 柱，因此空氣就會從 (b) 流向 (c) 了。在 (b) 柱底基的加熱也會使得空氣上昇 (對流，convection)，(c) 柱底基冷卻會使空氣下降 (沉流，subsidence)。如我們簡單的圖示是一關閉系統，同時也沒有其他過程的糾葛，由溫度、對流、沉流所引起的壓力變化會產生一個循環 (如短箭線所示)。類似的狀況將發生在不自轉而且表面構造完全相同的行星上。在我們對地球大氣完成一個粗略的認識以前，現在只剩下一件事需要考慮了。

地球自旋的影響

在一旋轉的球面上，因旋轉而產生的力將影響空氣的流動。此力是以它的發現者命名的，故稱考里歐里斯力 (Coriolis force)。地球是自轉於一穿過兩極的軸，這就是這某人離極冠愈遠，他與極冠或極冠附近人的相對速率就愈大。現在我們來考慮這不同速率對空氣在地球上運動的影響。最方便而有利一點就是從極冠上往下看，例如圖 1-4 (i) 是一從北極往下看的圖，地球以反時鐘方向旋轉。在靠近赤道 (b) 點的一團空氣就會較靠近極