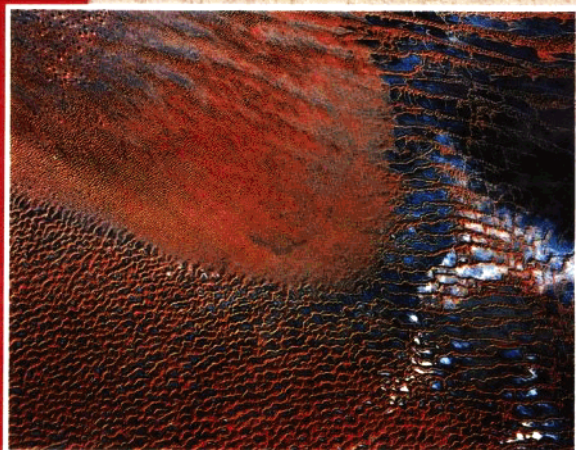


The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

地球科學(II)——大地奇觀



Newton

牛頓現代科技大百科 4
地球科學(II)——大地奇觀

出版者 / 牛頓出版股份有限公司

負責人：高源清

原著作名稱 / Face of the Earth

原出版社 / Equinox (Oxford) Ltd.

譯者 / 楊殿武

發行所 / 牛頓出版股份有限公司

地址 / 臺北市和平東路二段107巷25-1號一樓

電話：7061976 • 7061977 • 7059942 • 7062470

郵撥 / 1179402-3 牛頓出版股份有限公司

製版 / 詮盛印刷股份有限公司

印刷 / 偉勵彩色印刷股份有限公司

單冊定價 / 新臺幣 750元

初版 / 1989年4月15日

出版登記證 / 局版臺業字第3139號

法律顧問 / 林樹旺律師

● 版權所有 • 翻印必究 ●

本書如有缺頁、破損、裝訂錯誤，請寄回本社更換。

Printed in Taiwan, R.O.C. 1989

總編輯 / 劉君祖

科學主編 / 陳育仁

科學編輯 / 高孟忱 • 劉曼君 • 賴彩瑾 • 曾月卿

李傳楷

美術主編 / 洪家輝

美術編輯 / 陳素芬 • 石佩琪

封面企劃 / 陳融賢

The World of Science Encyclopedia

Face of the Earth

Volume Editor

Dr Peter J. Smith

Editor

Dougal Dixon

Art Editor

John Ridgeway

Designer

Ayala Kingsley

Picture Editor

Linda Proud

Picture Researcher

Caroline Lucus

Senior Editor

Lawrence Clarke

Advisors

Dr Preston Cloud,
University of California
Sir Kingsley Dunham FRS,
University of Durham
Dr John Tuzo Wilson FRS,
Ontario Science Center

Contributors

Dr Philip Allen'
Dr John Catt
John Downes
Dr Stephen Drury
Professor Andrew Goudie
Dr John Gribbin
Professor J.L. Knill
Dr Peter J. Smith

Additional picture research

Mary Fane

Cartographic editors

Nicholas Harris and
Zoë Goodwin

Cartographic production

Location Map Services
Alan Mair
Lovell Johns Ltd

Indexer

Susan Harris

Typesetters

Peter MacDonald
Ron Barrow

Artists

Robert Burns
Kai Choi
Chris Forsey
Alan Hollingbery
Kevin Maddison
Julia Osorno
Colin Salmon
Mick Saunders

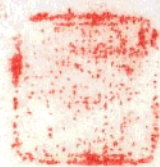
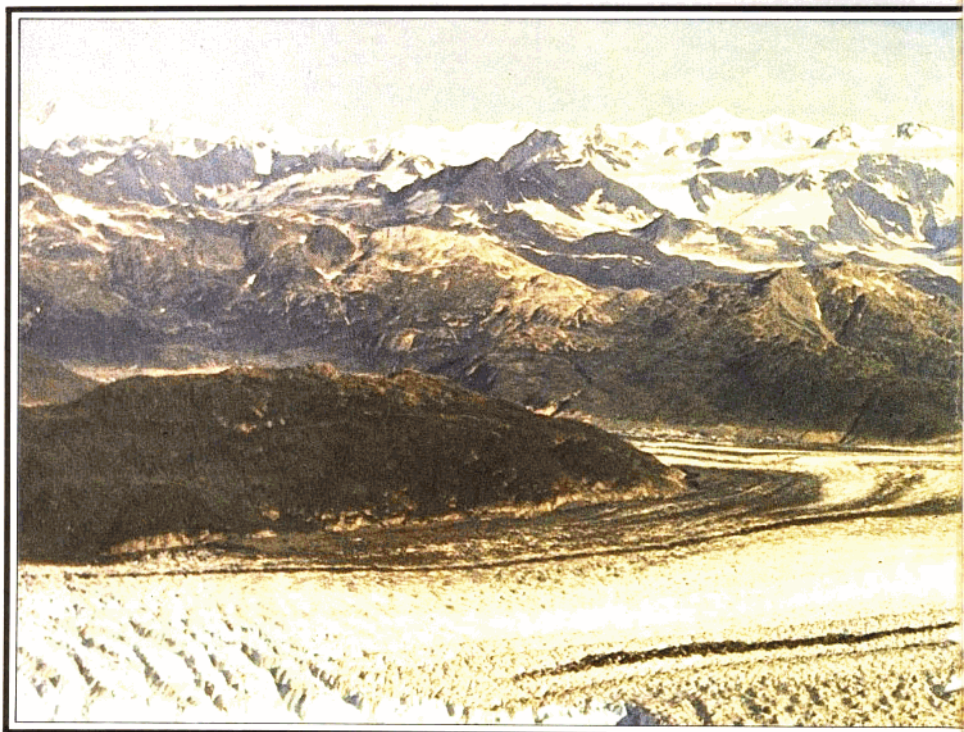
The World of Science Encyclopedia

牛頓 **現代科技大百科**

地球科學(Ⅱ)——大地奇觀



RW1971/06



The World of Science Encyclopedia

牛頓

現代科技大百科

地球科學(II)——大地奇觀



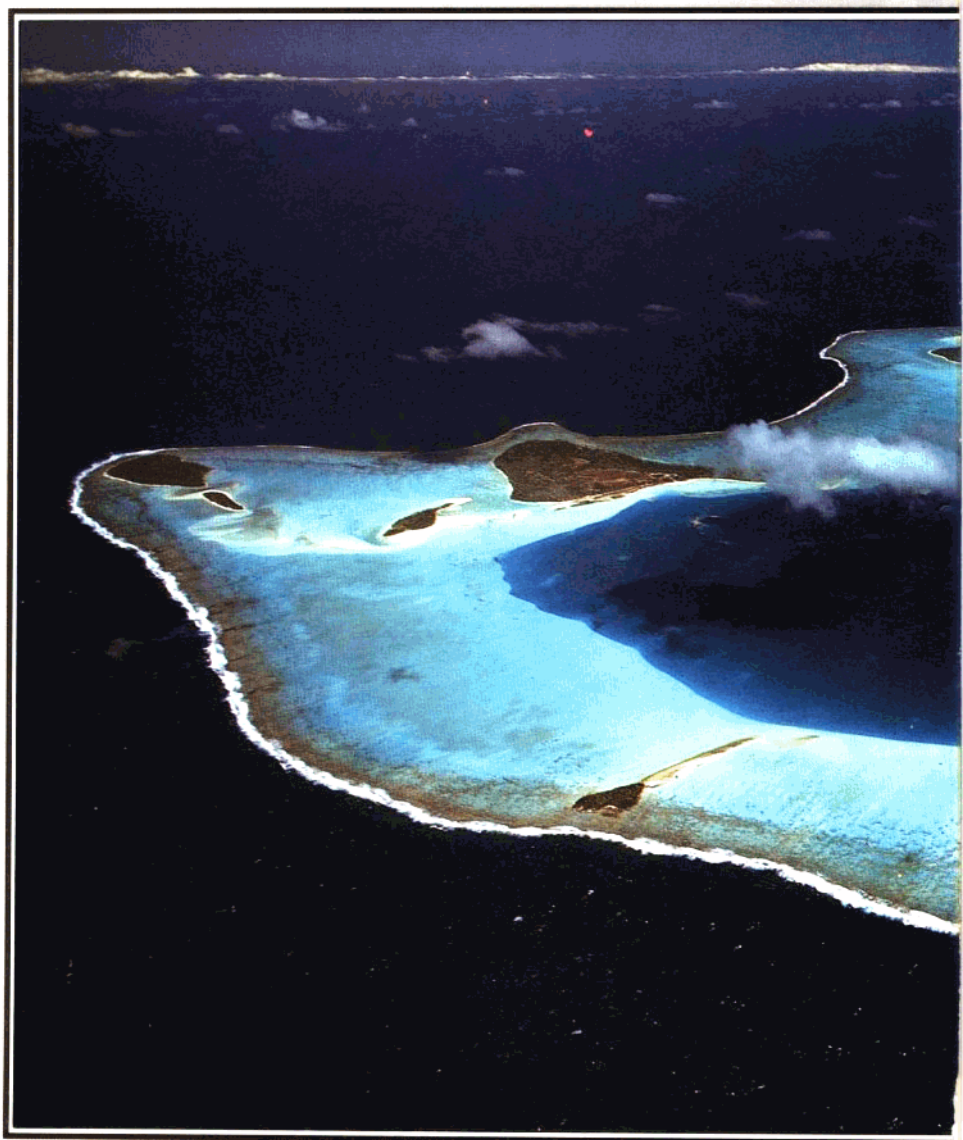
牛頓出版公司

1196997



21196997

试读结束：需要全本请在线购买：www.ertongbook.com



圖片說明(1~8頁)

- 1 加州死亡谷
- 2~3 阿拉斯加一景
- 4~5 大澤地附近的環礁
- 7 地平面的夜景
- 8 亞利桑納州大峽谷



目 錄

引 言	6
地表的形成	
1 氣候與氣候變化	9
2 岩石與岩石循環	21
3 斷層與褶曲作用	33
地表的環境	
4 沉積環境	37
5 土壤的演化	53
6 地形景觀	61
地質學與人類	
7 來自岩石的資源	77
8 地貌的改變	93
9 工程地質學	109
10 預測天然災害	121
11 人造地震	125
語 彙	130
索 引	132

引言

有些地球科學家喜歡將地質學(geology)稱為最古老的科學，石器時代的人類不早就懂得利用地質材料了嗎？古代羅馬人開採過礦石；西元前六世紀的希臘人畢達哥拉斯(Pythagoras)便對遺留在陸地上的海洋化石十分熟悉；西元前一世紀中國人也發明了羅盤，這種儀器是利用地球的基本物理性質而製成的。雖然如此，但是只具備少數地質現象的知識或應用並不足以構成一門科學。

較為沈穩的地質學界人士則認為地質學是在十八世紀末或十九世紀初才逐漸發展成一門科學的，這種說法與事實較為接近，被稱為「現代地質學之父」的哈頓(James Hutton, 1726~1797)首度在一七八五年發表他的偉大學說。

第一次革命

哈頓認為地球是個永遠不停地運轉的巨大機器，大陸會逐漸受到侵蝕，侵蝕後的碎片被沖刷至海洋中而堆積成沈積層，這些沈積層愈壓愈緊密，再加上地熱的膨脹力量，便使其隆起並呈扭曲狀，於是又開始另一次侵蝕—隆起的循環，周而復始，永無休止。地球的熱量在海底深處足以溶解岩石，而侵入地殼外表的岩石則易受侵蝕作用。

廣義言之，上述觀點至今仍成立。侵蝕、隆起和火成活動等觀念現已廣為人所接受，但在十八世紀末，這些觀念甚至引發了地球科學史上的第一次大革命。當時哈頓被抨擊為無神論者，因為在他的理論中地球是非常古老的，可說是「前不見古人，後不見來者」，這對信奉舊約的基督徒而言不啻是大逆不道，因為愛爾蘭的主教尤塞(James Ussher, 1581~1656)不是早就算出創世紀是發生在西元前四千零四年嗎？

此外，爭議不只發生在探討地球的年齡上，在探討地球活動上也一樣。神學中將神祇的涉入視為當然，這從創世紀和大洪水(尤塞也算出大洪水發生在西元前二千三百四十九年)的說法就可以清楚地看出。

相反地，哈頓所提出的理論卻只與「自然」的變遷有關，山脈的磨損、大陸的上升以及岩石的熔化等現象都是地球活動所造成的結果，不僅在以前發生過，以後也會持續發生。過去的地質現象與今天所發生的並沒有什麼不同，而神祇引起災難事件的說法則過去或現在都無關聯。

地質學的兩面觀

經過數十年之後，哈頓的觀點才逐漸廣為人們接受，此後地質學更以驚人的速度成長著，利用化石和疊積定律(law of superposition, 即上層地層的年代較下層為晚)，地質學家們將許多岩層按形成的年代排列出來，尤其是歐洲地區的岩層。

於是地質的時間表產生了，過去的冰河時代也證實存在過，恐龍遺骸也跟著出土，其中許多大陸的岩層均曾經歷過巨大的板塊運動，地質圖呈現出前所未有的完整風貌。

就學術機構而言，地區性、全國性和國際性的地質學會均陸續成立，全國性的地質調查所也設立，地質刊物快速成長，地質方面的書籍也令人目不暇給，收集標本更成為許多人熱中的工作。

如果將地質學稱為十九世紀的科學主流倒是一點也不誇張，同時它並不僅限於專業的地質學家，以往從來不會有任何一門科學會如此普及(尤其是在英國更能看出這種現象)，或許以後也不可能如此。地質學的教科書是當時的暢銷書，同時對知識階層而言，地質學的講授是十分受歡迎的。

為什麼會有這些現象發生呢？大部分的原因當然是因為知識啓發上的渴求，然而並不只是如此而已。地質學和機器一樣，都是工業革命的關鍵所在，地質調查和研究對尋找新工業體系中所需要的原料是不可或缺的，如煤、鐵、建材、沙、黏土、混凝土材料和水等；地質研究可以找出工業社會外在架構的最佳設置地點，如運河、道路、鐵路和土木工程結構等；而且地質學的知識和

經濟層面則互相受益，進行開鑿隧道、道路或其他挖掘工程時往往會發現以前所不知道的地質剖面，並為工業應用提供新的地質資料。

不論在過去、現在或未來，地質學的雙元性——純學術和應用的——都將繼續扮演不可或缺的角色，不過這兩者所占的比例卻會隨時間而變。在十九世紀前半葉，地質學的知識和經濟層面是一起蓬勃發展的；爾後一直到二十世紀初，知識上的鮮度逐漸消褪，但是地質學卻始終是工業社會中重要的一員，它在經濟上所扮演的角色隨著人口的增加和新原料的發現(如石油和稀有金屬)而益形重要。但是若以基礎科學的角度來看，地質學中可供發掘之處似所剩無幾，而變成例行公事似地乏味。

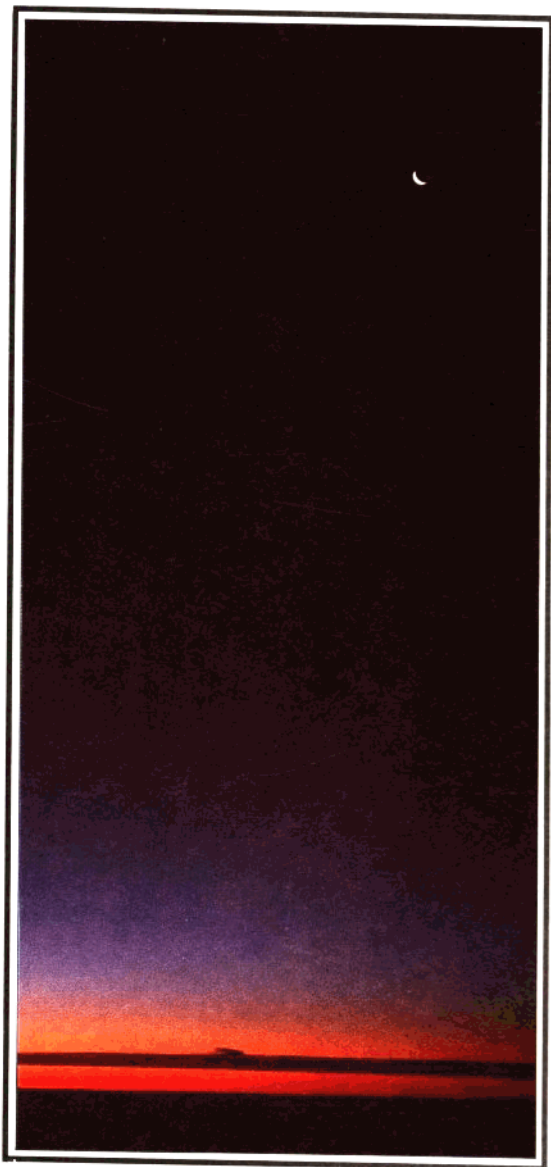
第二次革命

但是後來又發生了一些重大的變化，一九六〇年代板塊構造說(plate tectonics)被提出後，展開了地球科學的第二次大革命。

以前認為大陸是靜止的，後來卻發現大陸一直在漂移中；以前被認為是古老而不活動的洋底，如今卻發現是既年輕而又處在活動狀態；以前認為地球的外殼是單一的實體(海洋和大陸部分均包括在內)，如今則分為數塊相互摩擦、運動的板塊。

這個新的全球構造學說使我們對地球的看法完全改觀，而且地質學的理論基礎也鮮有不受其影響的。它不但增長了我們對地球的認識，同時也使我們了解自然資源是如何形成的，以及在何處最可能找到這些資源。在理論和實際上對地球的研究工作仍然繼續齊頭並進，但是速度卻增快了許多。

在這本書中我們主要是從板塊構造的觀點來看待地球，但是這並不是說第二次革命以前的地質學知識都是錯誤的，同時現在的理論也不是十全十美的，地質學家仍對許多現象一無所知，而且他們很可能會誤解某些現象。因此追尋地球的完整風貌將是永無休止的，不過就目前而言，這裏所呈現的就是今天我們所知道的地球。





氣候與氣候變化

大氣循環——氣候的變因……錯綜複雜的變因……冰河期的氣候……氣候變化的原因——大氣中塵埃和變動的太陽……人類造成的影響——空氣污染……透視報導……季節……為何會有氣候變化……維京人的航行……塵幕指數……核子冬天



▲由冰帽的變化和風所造成的塵暴，可以看出火星上的天氣(Martian weather)變化。

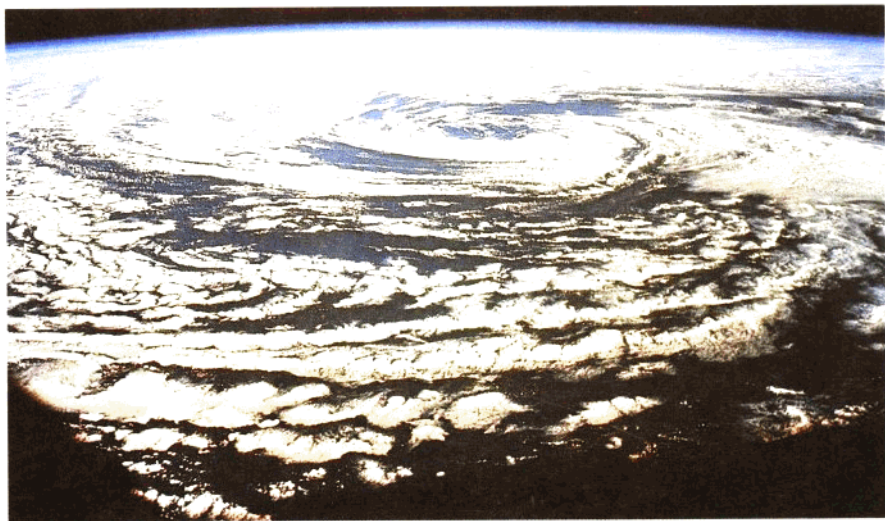
▼金星上的天氣令人難以想像，因為那兒的壓力和溫度與地球完全不一樣。

是什麼因素使得地球與其最鄰近的金星(Venus)和火星(Mars)差異明顯？其理至明，因為地球上生存著無數的生命體而金星和火星卻是不毛之地。然而，何以地球會有生命體的存在？此乃因地球有著大量且流動的水，而海洋(ocean)的存在也恰如其分地成為地球的表徵。

金星、地球和火星都具有大氣層，可能皆源於火山作用(►「地球演化」118頁)所噴發產生(outgassing from volcanoes)；同樣地，原始大氣係由富含二氧化碳(carbon dioxide)及水蒸氣(water vapor)的混合氣體所組成。以金星而言，由於較地球更接近太陽，溫度較高，所以水皆化為水蒸氣。水蒸氣混合了二氧化碳氣體助長了溫室效應(greenhouse effect)，而將大量來自太陽的熱能保存下來，使得金星表面維持著相當高的溫度。至於火星則較地球稍遠離太陽，水皆結為冰，只剩下薄而了無生機的二氧化碳大氣層。

然而在地球上，水形成了汪洋大海、溪流、湖泊，生物賴以繁衍出來。牠們將大氣中部分的二氧化碳轉化為氧氣而促成生命體由海洋向陸地演化。這些生物發源地的海洋是了解地球氣候變化的關鍵，可說是主控天氣變化的機器，它不但提供了形成雲(clouds)、降雨及降雪的水氣，也將熱由赤道攜往極地。

►地球上的天氣是這般地變化莫測。大陸較海洋易於被加熱，而陸塊間各部分卻又有不同的吸熱和散熱率；空氣不斷地由高壓區往低壓區流動，大氣的濕度亦因地而異，並且藉由氣流(air currents)四處傳輸。天氣即是由前述諸因素造成，而各地區的氣候，也就是由一段長時間的各種天氣狀況加以平均而得。



由於空氣的循環現畫出地表各處的天氣與氣候區



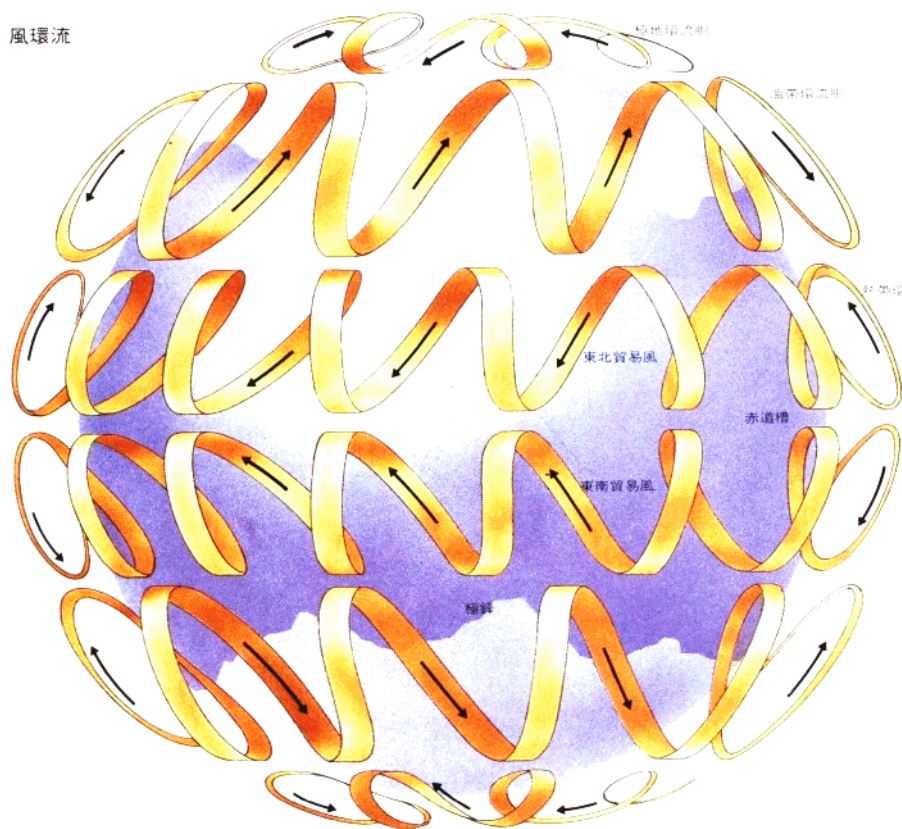
▲極區氣候長年寒冷，屬於高壓區，此區冷空氣沉降並向外擴散，所謂的高緯度區，意即此區承受較少源自太陽的熱效應，且射至此區太陽光線也需經由大氣較長的傳導路徑才到達地表

◀溫帶氣候適如其名的既不酷熱也不會嚴寒刺骨，季節變化是指冬季氣候主要受來自極地寒冷地區的影響，而夏季氣候則受控於來自熱帶區的熱氣團

▶沙漠(desert)氣候既乾又熱，是因為遠離海洋的內陸對流層上方的全球環流，攜帶著乾燥空氣沉降而下，或是因風行經交錯的山巒時失去水分造成的結果

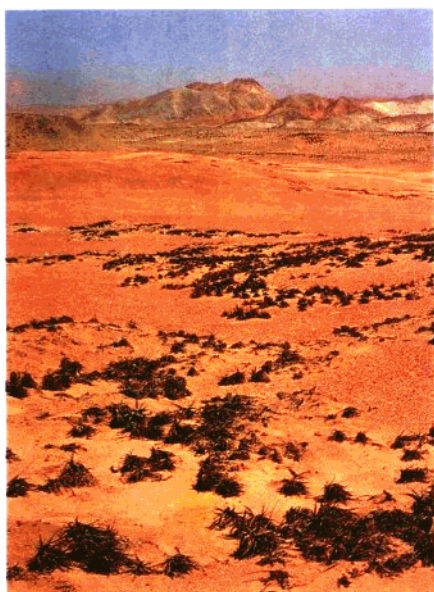
▶▶赤道氣候既濕且熱，是因常年日照影響著熱帶大陸，造成暖空氣上升而形成低壓區，同時又吸收來自南北的濕氣所造成的。此區因高溫及豐沛的雨量而繁衍出茂密的熱帶雨林

風環流



▲地球上的風並非一定向正北吹或向正南吹，而是受到柯氏力(Coriolis force)的影響而傾斜，此係因地球形狀所致，赤道附近的向東運動比高緯度地區快，因此無論風由赤道向南或北方吹都具有強而向東的動量，反之，向赤道吹的風亦然。

◀全球性風型的產生是因為南北向的氣候受到柯氏力的作用而產生了偏東或西的結果。

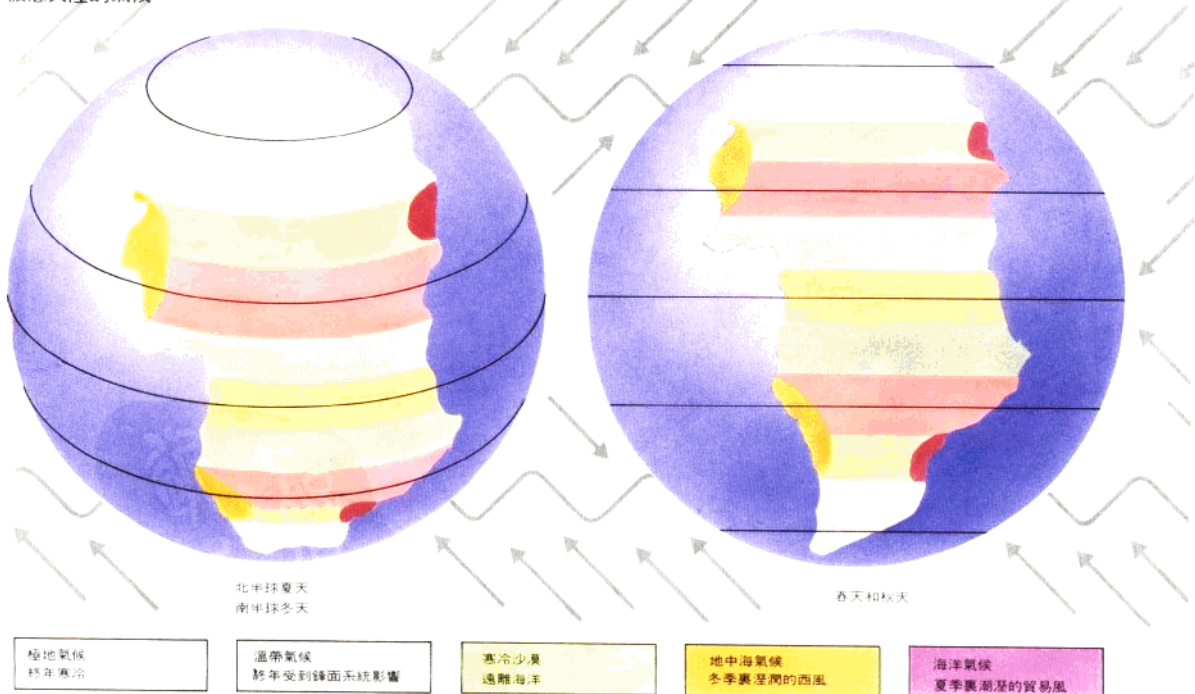


季節變換

取一條假想線連接地球和太陽的中心點，再另取一條線連接地球的南北兩極，發現這兩條線之交角並非九十度，而是比九十度略少23.5度。當地球在繞日軌道上，北極較靠近太陽的一端時，也就是北半球處於盛夏之際；地球在軌道上運行時，其偏斜方向是固定不變的。六個月後，地球南極則處於最偏向太陽之處而北半球則恰適其反，此時北半球正值寒冬而南半球則是酷暑。當地球處於上述兩相對端之間的繞日軌道時，正是春秋兩季，南北兩極既不偏向也不偏離太陽，而此時地球上各處獲自太陽的光和熱則是相同的。由於這些季節性的變化，南北兩半球間的氣候交界區在這一年中也隨之產生南北向的偏移。以氣象學上的赤道——間熱帶輻合帶 (Intertropical Convergence Zone) 而言，該區係南北兩半球貿易風 (tradewinds) 帶之交界區，一旦該區有向南或向北的偏移，則南北兩半球的各氣候區可涵蓋之面積也會隨之受到壓縮或擴張。

▼ 地球上的日照決定了所有的風環流。地球的傾斜度會因一年中季節之不同而變動，因此地球的風環型態也會隨之上下移動，且地球的向陽面也因季節而有些微變動，因此地表的任一地區，會在不同的時間受到不同風系的影響。

假想大陸的氣候



地球上某一區域的氣候係指該地區的平均天氣狀況，恰如您處於當地一段時間後會出現的感受；它可能會在五月或九月下雨呢？夏季是否會既炎熱又乾燥呢？冬天將會是酷寒或是溫和的天氣呢？倘若多年來均在一年中的某一段大約固定的時間內重複出現同一種的天氣，那麼我們也可說這就是該區的氣候特徵。事實上，氣候本身會改變，例如在距今最近的一次冰河期，英國、歐洲、北美洲大部分的地區終年都較現在為冷。總言之，現今的氣候狀況，可由太陽對赤道地區加熱所造成空氣運動的情形得到解答。

大氣環流

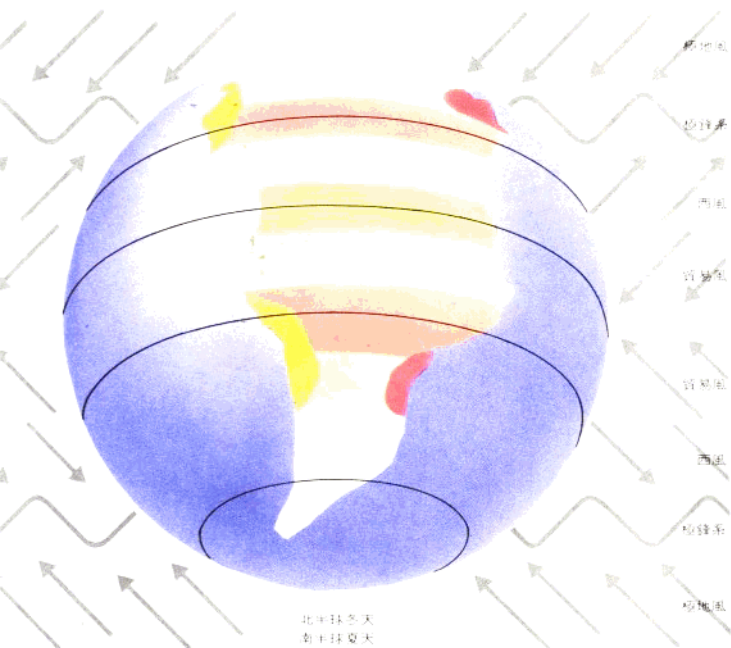
定義出地表天氣和氣候區的環流型式，在自地表算起約十公里的大氣層內產生，此層又稱為對流層 (troposphere) 或天氣層 (►「地球演化」114~115頁)。對流作用僅發生在對流層中，其上稱之為平流層 (stratosphere)，因為氧 (oxygen) 吸收了太陽照射的絕大部分紫外線 (ultraviolet) 能量，所以該區遠較對流層為熱。這兒的熱空氣只有在上方空氣較冷時才會上升。

在赤道附近，大量的太陽熱能不僅加熱了地表附近的空氣，同時也蒸發了海水，使得上升的熱帶天氣飽含水氣。由於熱空氣上升後會受到冷卻作用而產生降雨落到地表，所以熱帶地區不但潮溼也布滿著綠色植物。該區涵蓋北緯十度至南緯五度之間，南北之所以有緯度五度的差距，是由於南北半球陸地分布不平均的緣故。

由於對流作用，赤道區的空氣被舉升起來，同時又被後續更多上升空氣擠壓向赤道上空兩側，而後再於南北緯約二十度處回返地表。這種往復由赤道處舉升再降落回地表、周而復始的運動，即所謂的東北貿易風和東南貿易風，它們是從南北緯約二十度附近吹向熱帶區。

由赤道起過了貿易風帶之後，天氣系統就受來自熱帶的下降空氣影響。該空氣是從赤道處上升，當它遇冷後便形成水氣，而後又被後續升起的空氣推向南北方向。當它開始下降時是乾燥的，繼續地下降後會由於壓力的增加而產生加熱效果——這種作用就如同使用腳踏車打氣筒後會使它變熱一般——加熱後同時增加了空氣中儲溫的能力。由此可知過了貿易風帶後，天氣的主控因素為熱且乾燥，形成亞熱帶高壓系統的下降空氣。此區主要有撒哈拉沙漠(deserts of Sahara)、澳洲中部大沙漠等等。

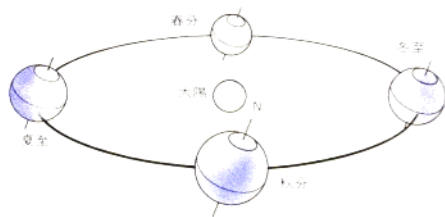
熱帶天氣往往可以有效地預測——必然為既熱又潮濕的天氣；同樣地，沙漠氣候也有相當的可預測性——既熱又乾燥。但在這二區之間，由於全球天氣區域分布隨季節而呈南北偏移現象，以印度西北部為例，該區在一年中某一時期的降雨量(rainfall)隨著熱帶強度而定，這種季節性的降雨即稱為季風(monsoon)。其他在氣候上相關的小改變，可能造成原本富饒的季風區變成不毛之地的沙漠區，使當地居民遭到嚴重的後果，正如如今發生在撒哈拉沙漠南方的非洲撒罕(Sahel)區的災厄。



熱帶沙漠
熱帶高壓區一年之中
大部分時間為乾旱

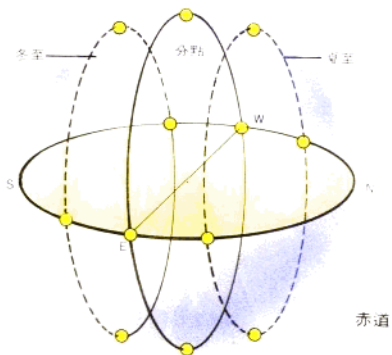
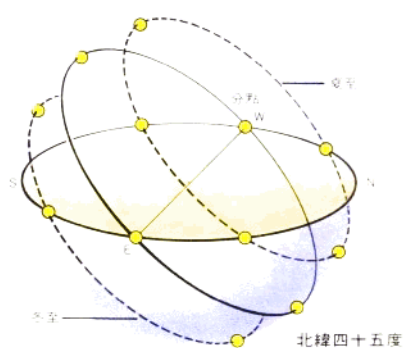
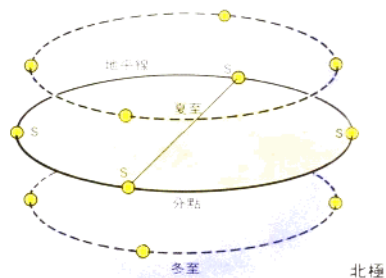
熱帶草原
夏季潮溼冬季乾旱

熱帶森林
一年中大部分時間受
星羣的貿易風吹拂



▲地球自轉軸有著 23.5 的傾斜角，當地球繞日運行時，在夏至時北極偏向太陽，而冬至時則偏離太陽。

▼從地球上不同的地區所看到太陽在天空中起落的軌跡是不同的。在極地見到的軌跡平行於地平線，而在赤道地區見到的卻是垂直的。



赤道

離開炎熱的沙漠帶向極地前進，即所謂的地中海型氣候區，此區主要受盛行西風的控制，其命名是因為氣候特徵與地中海(Mediterranean)地區的氣候相同。此區位於緯度三十到四十度之間，夏季既熱又乾，冬季則溫暖且吹著溫潤的西風。地中海型氣候區只發生於大陸的西側，這是因為到達大陸東側的風已因過於乾燥而無法賜予大地豐沛的雨水。除了地中海地區之外，加州北部亦為典型的地中海型氣候區，人們喜愛的佳釀美酒往往來自此型氣候區。

繼續向北或向南前進，西方的沿海地區與內陸氣候並沒有什麼顯著差異。此區落於北緯四十至六十度間及南緯三十五至五十五度間，是所謂的溫帶氣候區，之所以被定名為「溫帶」係源自西歐人製幣時會寫上「TEMPERATE」一字的緣故。落於此緯度範圍內的大陸核心地區雖然屬於溫帶區，但卻有著極冷的冬季和非常熱的夏季，所以現今有人稱此內陸區為大陸型氣候區，西伯利亞區可作為此區的代表。

溫帶氣候區(如西歐和紐西蘭)由於盛行風(prevaling winds)的調適作用使得冬季不致於過冷而夏季也不致於太熱，所以最適於農業的發展。繼續往高緯度方向推進，則是終年水雪的副極地區(sub-polar region)，就如近赤道的乾熱沙漠區，此區也有遮降的乾燥氣流，形成另一種類型的對流胞系統(convective cell system)。介於極地的嚴寒與溫和的地中海型氣候區間的溫帶氣候區，恰似季風區也介於兩種不同的氣候區之間容易受到其鄰近氣候區的影響。些微的南北向偏移，就使得溫帶氣候區不是受副極地的寒冷，就是受副熱帶區的溫暖影響，這也就是溫帶地區之所以有如此多變化的天氣型態的原因。

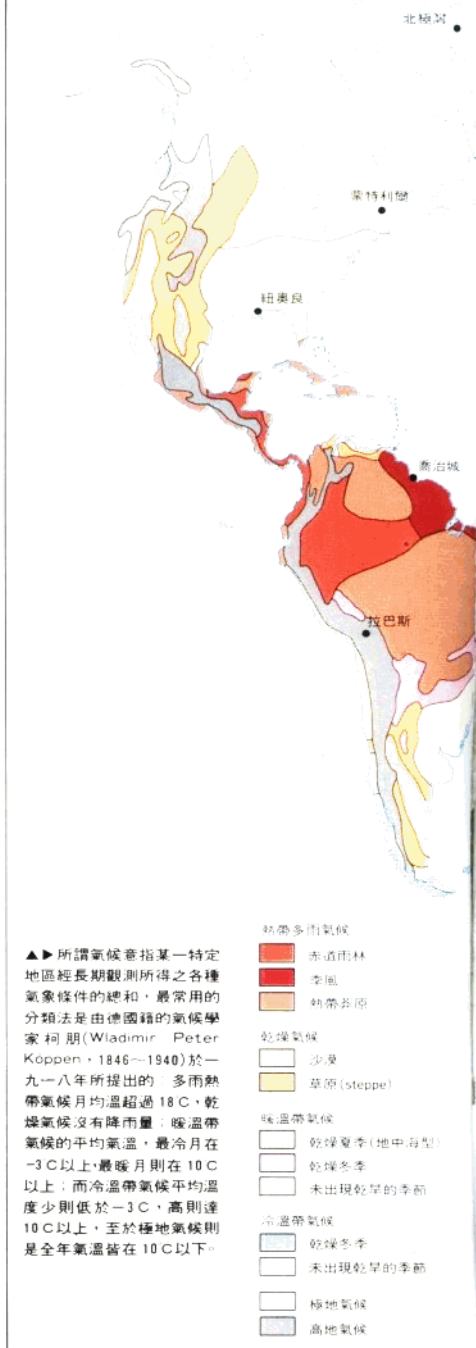
錯綜複雜的變因

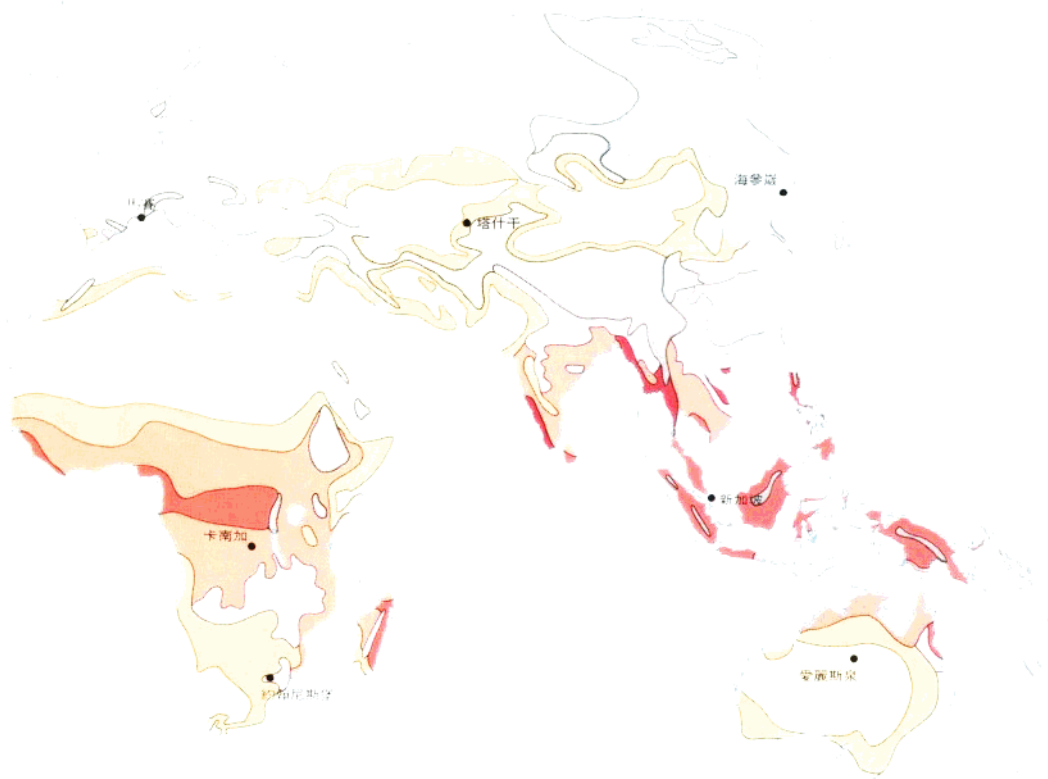
地球上的風並不是僅僅由南向北或北向南吹，由於地球的自轉運動使得氣候型態之變化益形複雜，例如盛行風便會發生向兩側扭轉的現象。以北美洲和歐洲為例：來自西方的盛行風夾帶著潮濕空氣，由海洋上空吹向大不列顛島和奧勒岡州，但我們卻可以發現北美洛磯山脈的背風處反倒呈現出乾旱的景象。

地區性天氣和氣候型態也受到地理現象影響。當風吹著山區，會被舉升和冷卻，於是釋出所攜帶的水氣化為雨水降落在山區的向風面，所以背風面就顯得較為乾燥，北美平原區較所屬的氣候區為乾燥就是一例。而英國由於屬西風帶則遠較西伯利亞潮濕，因為西風行經了長程廣域後方得以到達英國。

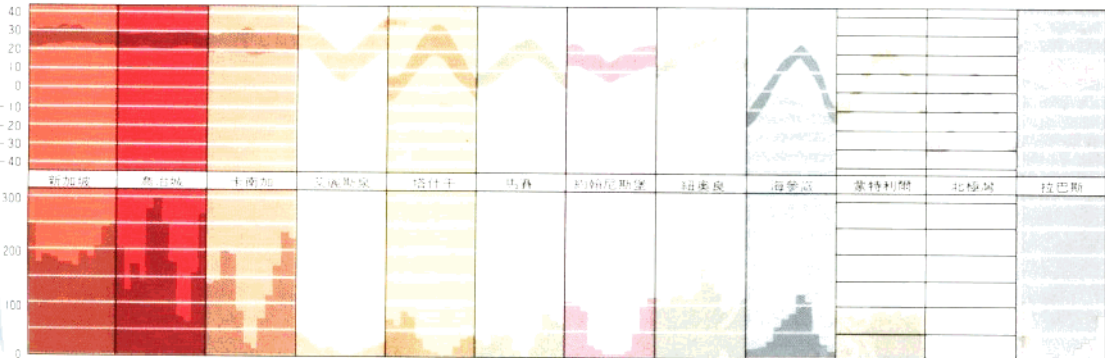
在許多因素列入氣候變化的考慮之下，氣候是「某一區的天氣歷經一段長時間後的平均」的定義，充滿著某種程度的不確定性。一個特別酷寒的冬天、一個漫長夏日的久旱成災，是否意謂著天氣的異常變動，或者僅僅是長期氣象觀測中原本就應該考慮到可能出現的情形呢？每當發生了一些特異天氣狀況，往往有一些專家會宣稱這是氣候改變的證據，而另一些專家則認為，這不過是長期性氣候型態中正常擾動的一部分而已。

氣候區：柯朋分類





C 月均溫範圍(一月到十二月)



mm 平均月降雨量(一月到十二月)