

KNOWLEDGE

知識之門 07

審訂者 中央氣象局科技中心主任研究員 盧孟明

導讀者 美國威斯康辛大學王寶貴 教授

氣候·天氣 與人類

氣候和我們的生活

Klima, Wetter, Mensch.

尼科·斯特爾Nico Stehr

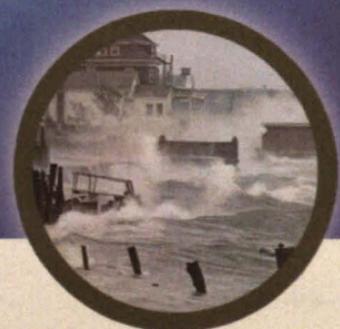
漢斯·馮·斯多赫Hans von Storch 著

李理 譯

晨星出版

氣候、天氣與人類

尼科·斯特爾 & 漢斯·馮·斯多赫◎著
李理◎譯



晨星出版

氣候、天氣與人類

「天氣」(Wetter) 與「氣候」(Klima) 的主題，一直強烈吸引著公眾的注意。自從科學家們滿懷憂慮地警告地球正持續變暖，人們就一直在思考，設想這類氣候變化的過程及極其災難性的後果。由於這般思考與設想，天氣和氣候就更加頻繁地出現在人類的日常觀察、交談，以及潛在的恐懼中。因此，不同國家、不同社會、受不~~同~~教育的人對「氣候」的理解和闡釋不盡相同，也是自然的現象。

本書試圖闡述當今對「氣候」一詞的理解，描述人們對「氣候」的理解如何地隨著歷史發展而發生了巨大改變，同時指出，~~但~~「氣候」此一概念如何地必將成為既是自然科學，也是社會科學的議題。

尼科·斯特爾 (Nico Stehr) 是一位社會學教授，目前在加拿大溫哥華 (Vancouver) 不列顛哥倫比亞大學 (University of British Columbia) 的永續發展研究所任高級研究員。

漢斯·馮·斯多赫 (Hans von Storch) 是吉斯達赫特 (Geesthacht) GKSS研究中心水文物理研究所所長，同時也是漢堡大學 (Universität Hamburg) 氣象學研究所教授。

CONCENTS 目錄

導讀 氣候與中國 王寶貴 4

第一章 概要 7

第二章 氣候發展史 11

第三章 氣候—限制狀況和資源 17

3.1 氣候—環境體驗 21

3.2 氣候—自然科學體系 40

3.3 氣候—社會的構成部分 53

3.4 社會和人—天氣的構成部分 56

第四章 氣象作為風險和威脅 71

4.1 氣候變化的觀念史 74

4.2 自然氣候變化 82

4.3 人為的氣候變化 92

4.4 氣候變化作為社會結構 101

4.5 人為氣候災難的歷史 112

4.6 氣候變化對社會的影響 121

第五章 總結 143

參考文獻 149

導讀：氣候與中國

美國威斯康辛大學 王貫教授

東方的中國似乎自古代起就認為氣候對國家社會的穩定有極為密切的關係。最明顯的證據就是從中國人在一般節慶時的祝頌成語：「風調雨順，國泰民安」。在一般的認知上，這兩詞是彼此關聯的，就是說要風雨要在適當的時節以適當的數量出現，才會達到國家太平社會安定的效果。中國最古的古書之一的《尚書》中，就有一篇〈洪范〉，相傳是前朝（殷商）的遺老箕子呈獻給前來拜訪的新

◎科技越是進步，所有關於氣候與天氣的預測越是精準，人們反而更加憂心於變化的變化。
到底氣候的研究隸屬於社會科學還是自然科學？

朝（周）的統治者周武王的一些治理國家的意見。其中就提到了統治者必須注意天氣氣候變化的問題。而其後的兩千多年，中國政府正式官員中，就有一批人擔任觀測天象及氣候變化的職責，他們的名稱不一：有時稱為『太史』，有時稱為『欽天監』等等。這些觀測人員留下了大量可供復原歷史時期氣候的文獻（參閱Wang and Zhang, 1989; 1991; 1992）。

至於為何中國人在遠至周代初期（大約西元前第八世紀）就會有這種認識，可能與中國特殊的地理環境及歷史因素有關。長久以來，農業一直是中國國家經濟最重要的活動，而農業生產當然和氣候的關係異常密切。中國的重要農業區全部位於東亞季風區內，而東亞季風氣候的特點就是變率很大，以致溫度的寒暖及雨量之多寡不但在時間上有甚大的季節及年際變化，在空間上的分布也很不均勻（尤其是雨量）。大的氣候變率對農業生產十分不利，而以農業為主要國家經濟的中國因而也就對氣候的變化可能會影響政治的穩定性一向十分敏感，也就不足為奇了。

中國歷史上因氣候極端的變化而導致農產歉收，終於引起政治系統的崩潰的例子所在多有。近代最明顯的例子便是明末清初，華北的大乾旱引起大片的農業崩潰，而明帝國的中央政府無力處理這項危機，於是引發了以李自成、張獻忠為首的華北饑民的暴動，直接導致明帝國的覆滅。

參考文獻

- Wang, P. K., and De'er Zhang, 1988: An introduction of some historical governmental weather records in the 18th and 19th centuries of China. Bull. Amer. Meteor. Soc., 69, 753-758.
- Wang, P. K., and De'er Zhang, 1991: Reconstruction of the 18th century precipitation of Nanjing, Suzhou, and Hangzhou using the Clear and rain Records. in Climate Since 1500 AD, R. S. Bradley and P. D. Jones, Eds., Routledge, London , 184-209.
- Wang, P. K., and De'er Zhang, 1992: Recent studies of the reconstruction of East Asian monsoon climate in the past using historical literature of China. J. Meteor. Soc. Japan, 70, 423-446.

第 1 章 概要

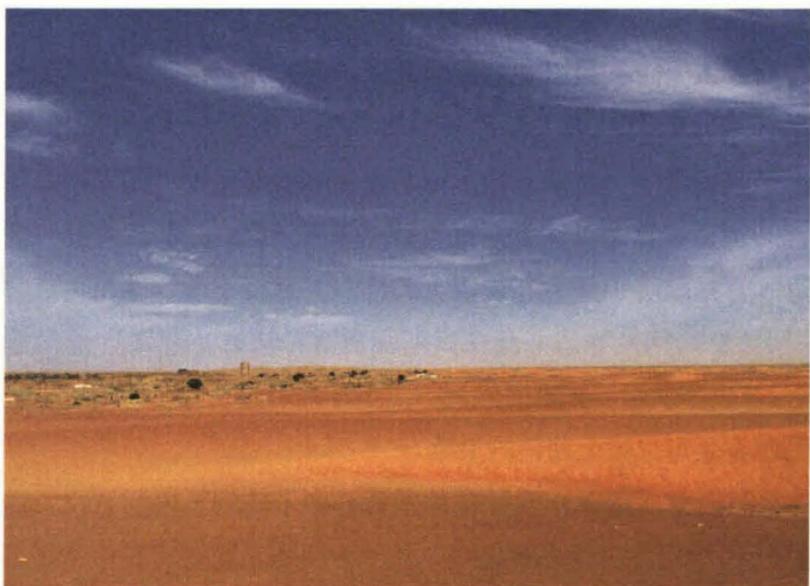
第一章 概要

自然氣候為人類生存提供了最重要的基本條件之一，而成為數百年來人類關注的主要問題。氣候不僅是人類文明的基礎，還以它獨特的方式為人類的進步或落後提供了條件，使不同氣候域的人或受其恩澤，或遭其負累。人類不僅僅是經由氣候所決定的造物，氣候也不僅僅是人類映射的客體。氣候在某種程度上還人類行為的結果，這一看法最近逐步得到了確認。

關於人類導致全球氣候變化的討論日趨激烈，僵持不下，使「溫室效應」(Treibhauseffekt) 成為了眾所周知的名詞。一位美國國會議員稱氣候變暖是「我們地球最大的威脅」。根據蓋洛普 (Gallup) 調查機構的一項研究指出，在工業國家由社會大眾列出的最威脅名單中，全球性氣候變化排在首位。科學家們表示非常憂心並直接警告：一場氣候災難即將來臨。本書將論及這個大膽提出的假設以及其所引起的激烈爭論，並進行討論。另外，本書也將就這些問題的基本原理、先決條件以及我們的認識展開探討。

第一章簡短介紹本書一些重要主題的概述，同時也引導進入「氣候與社會」的領域。

氣候是許多社會科學研究所一再探索的主題。它不僅是屬於日常生活，也與學術、政治和經濟有關。因此「氣候」這個術語在不同領域有著完全不同的涵義。一方面，「氣候」是個自然學術語，許多人由此認為這是它唯一的正確意義，但除此之外，同時也是歷經數百年形成的，象徵天氣現象、氣候型態及其影響的名詞。科學上對氣候的理解並沒有廢除或令人完全遺忘它的這些常用涵義，現在它們還在社會日常生活中扮演關鍵角色。不同的觀察方式同時存在，並為社會、政治的作用與反作用提供條件。



◎氣候與社會科學

氣候是許多社會科學研究所一再探索的主題。它不僅是關於日常生活，也與學術、政治和經濟有關。因此「氣候」這個術語在不同領域有著完全不同的涵義。一方面，「氣候」是個自然科學術語，許多人由此認為這是它唯一的正確意義，但除此之外，它同時也是歷經數百年形成的，象徵天氣現象、氣候型態及其影響的名詞。

本書試圖找出「氣候」各方面的涵義，並描述這一概念怎樣影響了社會和政治，它如何隨著歷史過程發生了改變，或是如何地保持了原樣。我們將舉例證明，氣候與社會間一確切的說，與人類的福祉間一自很早以前就有著緊密聯繫。過去的數百年間，在近代氣候術語科學化之前，要描述一個無人居住的地方，或是人類無法居住的地方的氣候，比如海洋的氣候，是難以實現的。氣候學曾經是地理學的輔助科學，而從生理與心理的觀點觀察氣候對人類的影響即是地理學的問題核心。時至今日，氣候在科學上的含義已經變得更為廣泛。在本書第二章中，我們將描述「氣候」涵義是如何隨著時間推移而發生變遷。

第三章「氣候作為狀態和資源」我們將研究氣候是如何不需要人類的幫助而呈現。氣候給人的印象似乎是可靠的環境因子，它為

人類和社會預設了行為的框架，使之面對可預見的危險。確實上，對個人來說，只有在面臨這種危險時才能對氣候有所體驗。因為氣候變化的時期與人類歷史長度相當，甚至往往更長。這樣看來，氣候就像是一台博彩機，它有固定的機率，可以預期地輸出不同的獎金。我們可以信賴它，雖然難得一但有時的確可能會中頭彩。有些賭客中頭彩（氣候上的極限）之後不理智地花更多時間（氣候正常時期）等待。而在長期觀察博彩結果（天氣）、評估機率（對於「正常狀況」和極限狀況）之後，在對將來會賺還是會輸的基本問題上是可以給出理性的策略。

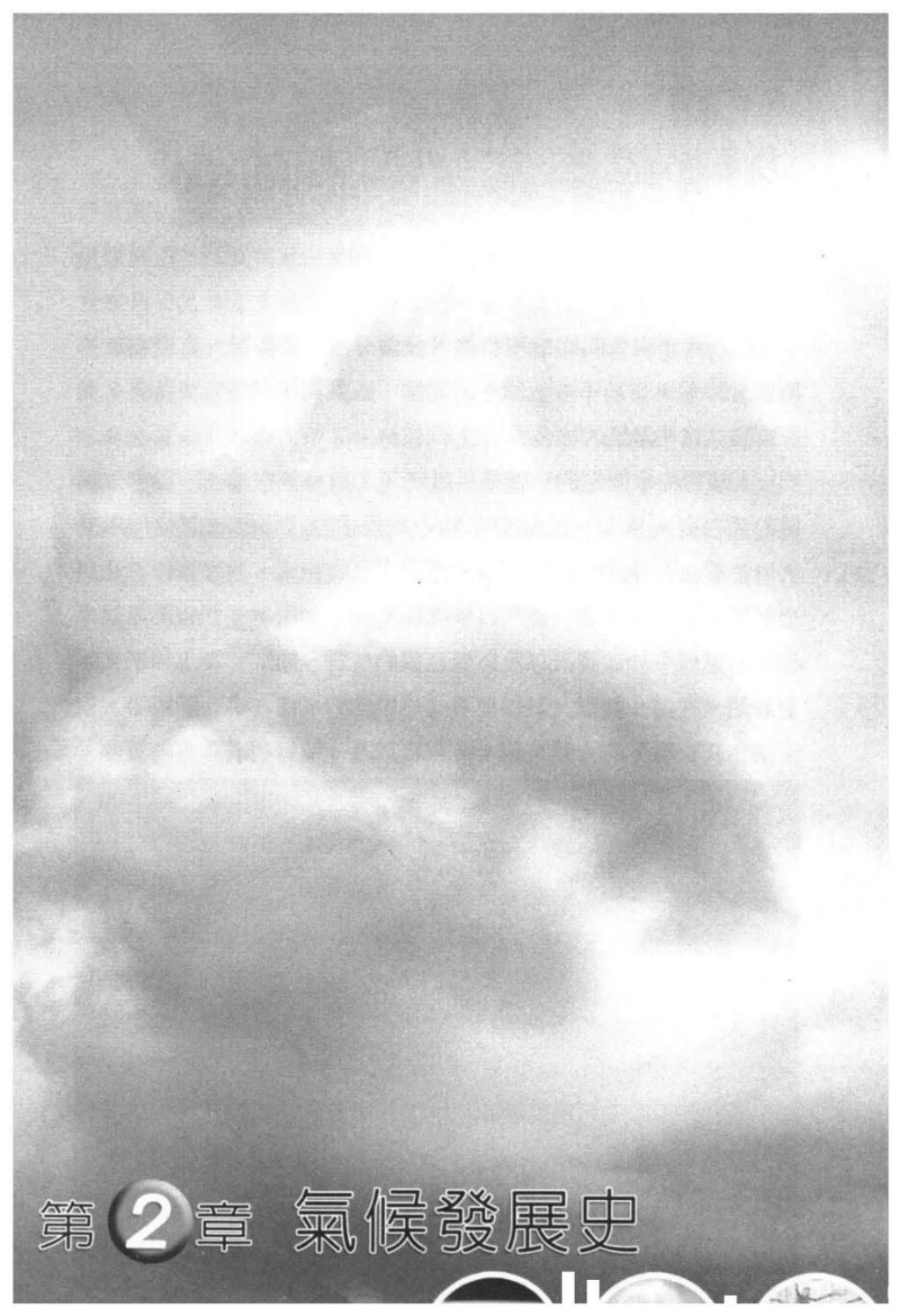
在第四章「氣象作為風險和威脅」中，我們不再把氣象看作是「常量」，而認為它是會變化的。書中會用圖表闡述在歷史進程人類對氣象變化的影響，現在看來這種影響確實存在——我們會發現：它幾乎一直都存在著。



氣候辭典

熱島效應

人類活動對氣候的影響，在城市氣候中表現最為突出。城市人口密集，高密度，高速公路密集，工廠、汽車、空調及家庭爐灶和飯店等大量消耗能源。除造成大氣污染外，還釋放出廢熱進入大氣，使城市年平均氣溫比郊區可能高一度，甚至更多，在溫度的空間分佈上，城市猶如一個溫暖的島嶼。城市密集大的建築物，是氣流通行的障礙物，使城市風速減小，由於城市熱島效應市與郊區形成了一個晝夜相反的熱力環流。由於城市建設的飛速發展，城市熱島效應越來越明顯。



第 2 章 氣候發展史

第二章 氣候發展史

對氣候學現象的觀察和解釋可分為三個主要階段，它們處於不同歷史時期，長短不一，關注的問題、觀察和解釋的方法各異，而有時關注這些議題的社會大眾也不同。

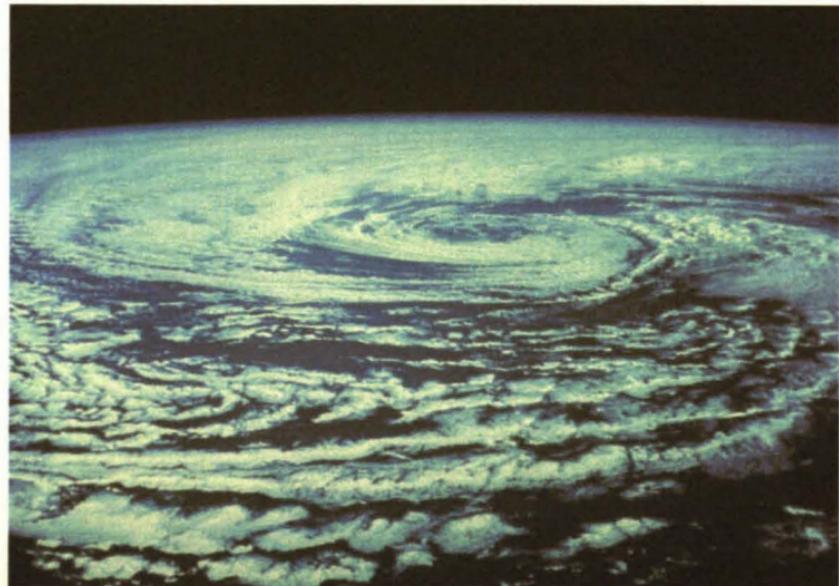
人類對氣象問題的興趣很早就表現了出來。在第一階段中，關注的重心是人本身。人類最早關心氣候是為了了解它怎樣作用於人，影響人的情緒和身體健康。直至十九世紀末，用純物理方法研究氣候逐漸成為主流，這門科學開始為社會所用。人們藉由氣候學提供的氣候平均值圖表以及極端氣候的性質、類別和發生頻率來制定計劃。在這一階段，氣候被看成是中性的，而在第一階段中，對生活在其影響下的人類來說，氣候可以是一種有利或有害的資源。今天我們正經歷第三階段的發展，氣候不僅是永恆的給予物，也可以在一一定範圍內為人類改變和操縱。該階段以特定的方式回歸了第一階段的主題。因為氣候變化對各地區影響不均等，在地理上看有「獲利者」(Gewinner) 也有「損失者」(Verlierer)，所以氣候失去了中性的地位。「氣候變化」(klimawandel) 成為了政治事件的一部分，對氣候的知識被用作實現社會目標和社會價值的討論工具。

今天，研究氣候對生態和社會系統的影響被認為比研究氣候變化的機制更為重要。對「氣候」這一主題，身處象牙塔的研究者們放棄了先描述後分析的研究方法。如今的氣候研究者往往不再與世隔絕，反而成為了宣傳家，為人們生動地描畫出未來的圖景，指出未來人類和社會的生存狀態將岌岌可危，以之警醒世人。

亞歷山大·馮·洪堡 (Alexander von Humboldt, 1769-1859) 屬於第一階段早期的觀察者：他1845年初版的著作《宇宙，世界的物

理藍圖》（注：中譯通常簡略譯為《宇宙》）第一卷中就氣候的概念這樣寫道：「氣候此一概念所表達出最普遍的意涵是，在大氣中，對我們的器官產生明顯影響的各種改變：溫度，濕度，氣壓變化，穩定的空氣狀態或是不規律的風的影響，電壓強度，空氣的純淨度或是空氣與有害氣體的混合，還有天空的透明和晴朗程度。這不僅有利於地面熱輻射的增多，植物的生長和水果的成熟，對人的情緒和心境也是很重要的。」

在洪堡對氣候現象的表述中，一方面描述了一些地球物理過程及大氣變化過程，從而強調了氣候的形成與狀態，另一方面也提及了氣候對人類健康狀態的影響。



◎氣候、地球、人類

氣候此一概念所表達出最普遍的意涵是，在大氣中，對我們的器官產生明顯影響的各種改變：溫度，濕度，氣壓變化，穩定的空氣狀態或是不規律的風的影響，電壓強度，空氣的純淨度或是空氣與有害氣體的混合，還有天空的透明和晴朗程度。這不僅有利於地面熱輻射的增多，植物的生長和水果的成熟，對人的情緒和心境也是很重要的。

十九世紀末，對氣候的理解發生了革命性的變化，~~此~~同時，氣候成為了一門成熟的科學。氣候被賦予了更加引人注目的新的涵義，解釋為「氣象學現象的總稱，描述地球表面任何地方的大氣狀況。」（引自漢恩（Julius von Hann），1839-1921）氣候~~身體~~、心理和社會的影響很少再被提起，儀器測得的氣候學變數~~取而代之~~，被大量用於氣候描述。氣候和天氣被區別開來：天氣是當~~短期~~期內的真實大氣狀況，而氣候是對經過計算處理的，較長時間內~~的~~氣資料的統計，常常針對更大的地理區域。這類統計由一些大氣~~數值~~—主要是溫度和降雨量—的測量和觀察決定，在這裡取平均值~~顯得尤~~



◎特洛伊戰爭

圖為西元15世紀的圖繪作品，內容描述的是荷馬所著的史詩裡著名的特洛伊戰爭場景之一。風神位於畫面上端的左右兩側，手持號角興風作浪，但位居畫上方中央的海神則一臉憤怒地像在抗議風神無故入侵他所掌理的領域。



聖·嬰·現·象 (El Niño)

「聖嬰」一詞源於西班牙文 *El Niño*，是南美秘魯及厄瓜多爾一帶的漁民用以稱呼一種異常氣候現象的名詞。這種氣候發生於聖誕節期附近，鄰近熱帶太平洋海域的表層海溫及洋流發生異常高溫變化。此現象大約每二至七年發生一次，其生命週期從開始、成熟到衰退前後可達一年半到二年之間。

為重要，甚至具有決定性的作用。對氣候的研究主要是對不同的區域進行地理學描述，以及對很長時期內該區域各種天氣狀況的平均值進行歸納。氣候多少顯得比較穩定。區域上空的大氣邊界為氣候設定了地理限制，而全球氣候不過就是區域氣候的總和。

1920年代，由於技術的革新，科學研究不再受限於在地表進行的大氣觀察，第三階段的氣候研究才真正開始。氣候學成為了一門特別的科學，幾乎所有氣候學過程的表達都是物理描述，越來越多的物理學家轉向大氣和海洋問題的研究。像是「大氣物理」(physik der Atmosphäre) 以及「海洋物理」(physik des Ozeans) 這樣的新學科出現，也更加減弱了迄今為止氣候學與地理學間傳統的聯繫。隨著這種概念的變化，氣候對生物圈和人類的影響退居次席。氣候研究的科學化有三個特點：

一、我們不僅會對未來地球氣候關係的了解越來越全面，對過去的氣候關係也將是如此。從前，認為氣候根本不會改變是主流的思想，現在這種想法卻讓位給了認為歷史上也出現過明顯氣候變化的觀點。這種看法與對影響氣候系統因素的分析一起，證明了人類活動能引起氣候的變化。實際上，現在的許多氣候研究者認為，在過去一百年中氣候發生了明顯的變化，並將因溫室效應和其他人為因素的作用繼續變化下去。



◎人類從很早已前就開始表現出對氣象問題的興趣。人類最早關心氣候是為了了解氣候怎樣影響人的情緒和身體健康。

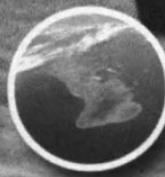
二、由於人造衛星觀察系統的引入，氣候系統在全球範圍~~都~~是可以測量的。當然，目前還缺乏長期的衛星觀察資料，因此~~不~~能滿足研究長期氣候發展的需要。但至少「簡要地」(synoptically)表達大氣物理狀態（詳細的真實狀況描述，例如在天氣圖中）~~是~~以實現的。18世紀時，人們就立志實現這一目標，並因此而建了「帕拉替那氣象學會」(Societas Meteorologica Palatina, 1781-1790)的觀測網路。今天，這樣的網路是每日天氣預報不可或缺的常規~~工具~~提需要。

三、物理的數學化也導致氣象學、海洋學和氣候研究的~~變化~~。數學方程被用來描述大氣和海洋的~~變化~~過程。電子計算機~~出現~~之前，要解出這些方程必須將式子做相當程度的簡化，所以只能研究一些最基本的關係。有了電子計算機之後，就能建立起常用的氣候模型，模擬真實的自然過程，模擬在這樣的過程中受人類影響引起的細微變化，使它接近真實的狀態。這些氣候模型可以如~~測驗~~儀器一般進行工作。

由於最近透過這些新的方法，加深了對氣候動力學的了解~~而~~而使氣候研究更有能力觸及科學和公眾所關注的核心問題。



第 3 章 氣候—限制狀況和資源



第三章 氣候—限制狀況和資源

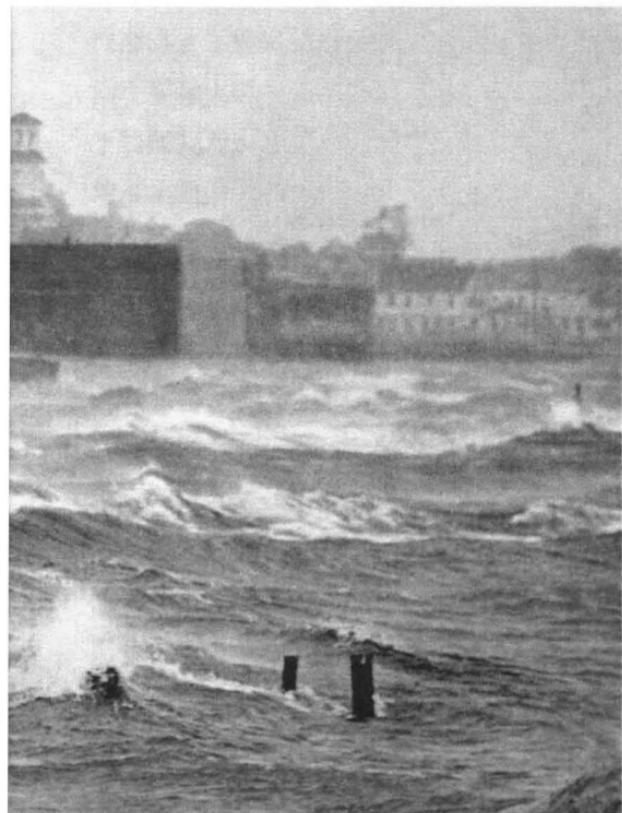
天氣是人們聊天中很容易提到的話題，它影響著人類的日常生活、行為，乃至身體健康。幾乎人人都樂於仔細觀察天氣，在現房屋住宅中，最常備的或許不是體溫計，而是室內外溫度計。

人們隨意閒聊天氣時，常常提及另外一個相關話題—氣候。人們常說「天氣」變糟了，其實指的是天氣的資料統計，即氣候。而人們總抱怨風暴來得更加頻繁和猛烈，其實天氣本來是較難預測的。



的，季節特徵也不易分辨，反而是人類在企圖毀掉—至少是破壞—氣候和我們賴以生存的環境。我們將會發現，這種所謂的新觀點絕不是最近才出現的，過去人們就曾問自己，到底人類行為對氣候能產生多大的影響，以及氣候狀況對人類生活究竟能有什麼作用。

本章我們將討論靜態的，或者說不變的氣候。雖然常常出現各種災害性氣候極端現象，如海嘯、洪水和乾旱，但這正好反映了天氣的不變性。因為在這些「常規性」(normal) 災難之後，天氣狀況又回復正常。百年一遇的洪水，應當每百年發生一次，如果百年內洪水沒有出現，一定是氣候發生了變化，或者是估算方法有問題。如果兩百年一遇的洪水短期內接踵而至，就令人不得不擔憂了。我



◎氣候多變？

雖然常常出現各種災難性氣候極端現象，但這正好反映了天氣的不變性。因為在「常規性」災難之後，天氣狀況又回復正常。圖為西元1954年8月的一場暴風雨在美國麻塞諸塞州造成的災難，從畫面上可以看見由風暴造成的巨浪正在席捲城市的情形。

們個人體驗到的氣候有個重要的特點：是值得信賴的，或者說是正常的，這令我們能正確對待氣候變化和災難。可是現代社會，這種信賴正被逐步侵蝕。媒體總在報導氣候極端現象，說氣候將會「發狂」(*verrucketer spielt*)，報復人類對它的影響。人們就認為氣候已經「發狂」了，只有當它變得更加瘋狂或是完全恢復平靜時，才會引起人們的擔憂。

在3.1一節中我們將氣候看作人類的日常體驗以及環境系統與人類活動的限制因素，對其進行介紹。從這個意義上看，氣候就是對當地可體驗的天氣變化所作的資料統計，它表現在數值上，就是日照長度、降雨量、降雨機率、氣溫和風。這些數值對需要氣候資訊的行業來說非常重要，例如林業、自然保護、航海、航空、海上交通和旅遊業。而對於氣候學家來說，這些數值比較次要了。在他們看來，氣候首先是一個結構複雜的系統，由包括海洋和大氣等不同組成相互影響，共同作用（參見3.2節）。因此，溫度高低就不太吸引他們。氣候學家更加重視的是另一些數值，外行和使用氣象資訊的人們都很少會提到這些詞：熱量交換，流函數，垂直運動，雲層對射線的吸收和反射。氣候被認為是一個各組成部分相互作用的系統，對其中的組成都可以進行物理描述，所以無論從氣候研究綜觀全球的角度，還是從外行和氣候資訊用戶關心本地狀況的角度，氣候學家都能解釋當今氣候形成的原因，以及它是怎樣形成的。自然科學上的解釋對公眾來說並不很重要。與氣候系統的自然科學構成相對立的，是它的社會構成；雖然兩者互不依賴，但它们不同的社會範疇中都很重要且有效。氣候的科學構成從概念上說，注重的是氣候的形成 — 為什麼會有風暴？ — ；而其社會構成更偏向氣候具體的，能令人感受到的影響。3.4部分我們談到「氣候決定論」(Klimatischen Determinismus) 的思考方向，謔論認為大部分人類活動都由當地氣候的特異性決定。

3.1 氣候 — 環境體驗

在人們看來，只有當氣候代表了自己居住當地天氣現象總和的時候，它才是可體驗的。這時所說的氣候就是對環境的體驗，即「典型天氣」(das typische Wetter)。這類體驗還包括：時而夏天極其燥熱，時而又不停下雨；有時狂風暴雨接連不斷，有時幾乎整個冬季半年無一場風暴。不能將「典型天氣」與「平均天氣」(durchschnittlichen Wetter)相混淆，後者是一種數學上的虛擬現象，非真實現象，而後者的典型特徵是極端氣候現象按一定頻率突然發生。



◎風神形象一
埃俄羅斯 (Aeolus)
是希臘神話中的風
神，在荷馬所創構
的史詩《奧德賽》
(Odyssey) 曾經
幫助迷航於海上的
主角歐底修斯返回
家鄉。

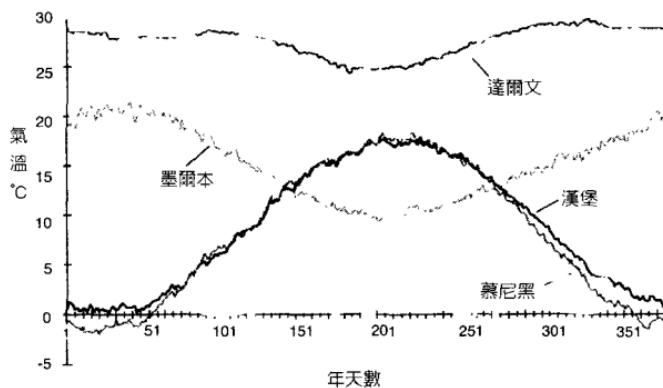
十九世紀末二十世紀初最著名的氣象專家之一，奧地利學者漢恩（Julius von Hann，1839-1921）教授在其長期被作為基礎教材的氣象手冊中寫道：「……氣候科學……的任務是了解地球表面和地區的平均大氣狀況。」照這種看法，氣候學成了氣象學的一部分。氣象學（Klimatologie）從來就是不同於氣候學，因為它主要對氣候活動進行物理研究。我們前面提到，氣象學的主要任務是預測天氣。過去的很長時間裡，預測天氣的方法都是不合理的（比如給天氣情況分類，或是從過去的天氣中尋找類似狀況）。1940年代雷達發明後，氣象學才建立在了一個更加堅實可信的科學基礎之上。

最重要的日常體驗都與以日或年為週期的「日循環」（Tagesgang）與「年循環」（Jahresgang）有關：早晨日出之前最冷，空氣濕度大。隨著氣溫以年為週期的變化，既空氣熱量的逐月升高或降低，形成了季節。最冷和最熱的月份出現在冬天和夏天。實際上「官方」（offiziellen）的季節劃分是由天文學確定的。這種季節劃分與氣象學定義相當吻合，雖然從氣象上看，將十二月、一月、二月劃為冬季，三月、四月、五月劃為春季，以此類推，更為合理。這裡的「冬季」，指的是北半球，而十二月、一月、二月正是南半球一年中最熱的三個月。（如頁23圖表一）

圖表一與圖表二描述了在德國和澳大利亞的四個氣象站測得的典型氣溫年循環。圖中能明顯看出北半球和南半球氣溫變化相反。另外在澳大利亞北部的達爾文（Darwin）熱帶觀測站，氣溫沒有顯著的季節變化。頁23圖表二為德國東部兩個地方的七月氣溫循環圖。

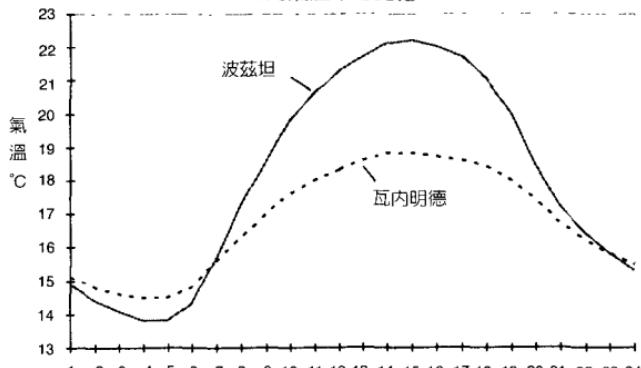
季節劃分儘管建立在觀察氣溫變化的基礎之上，但是它與畫長短並不一致。溫帶氣候地區，最低溫度不在一年中白晝最短那天出現，最高溫度也不在一年白晝最長的那天。用物理學來解釋這個現象比較容易理解：熱水正注入游泳池時，水溫不是最高，而是

氣溫的年平均變化



◎〔圖表一〕在德國漢堡和慕尼黑觀測站及澳大利亞達爾文、觀測站獲得的氣溫年變化。澳大利亞北部城市達爾文地處熱帶。

7月氣溫平均變化



◎〔圖表二〕瓦內明德和波茲坦7月氣溫變化。

注入的熱水溫度比游泳池整體溫度僅高出一點點時，水溫才達到頂點（忽略其他過程）。

北半球溫帶和南半球溫帶的四季多少更加分明。熱帶許多地方因為每年受到兩次太陽直射，一年內分別有兩個最高及最低溫度，故只能用「半年溫度波動」（Halbjahreswelle）來描述，不像其他地



◎風神形象二

日本的風神名為Fujin。只要Fujin敲擊背上那一圈鈴鼓，便能讓世界開始颶風下雨，打雷閃電。

區的「全年溫度波動」(Jahreswelle)，只各有一個最高及最低溫度。

溫帶的人們注意和體會到了季節的變化，季節更替對他們的生活來說有著積極的意義。一旦讓他們居住在其他季節特徵不明顯的氣候帶，大部分人就會因為季節捉摸不定，覺得似乎生活環境中缺少了什麼。

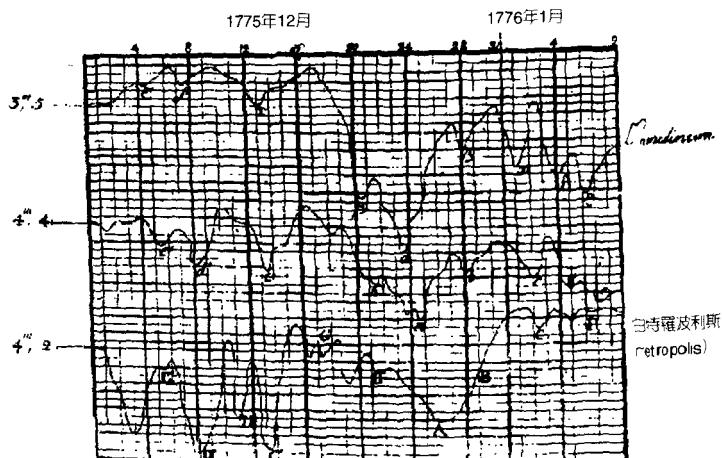
上世紀末，對氣候的理解科學化以後，首先改變了前所未準確的氣候描述，如：「我們這兒冬季的氣候很差」(Das Winterklima unserer Region ist streng) 或是「我們那兒夏天的氣候又潮濕又多變」(Unsere Sommer sind feucht und veränderlich) - 這類說法現在的日常生活中還經常出現-，取而代之的是由客觀儀器測定的觀察結果。

因此在氣候科學研究中，能對觀察到的氣候變數作出可信的描述，一種數值語言也應運而生。研究者希望在研究重要的氣候變數時可以找到一種方法，使得出的資料既能描述觀測當地的情況，也能與其他地方的觀測資料作比較。這個想法聽上去似乎很容易實現，其實不然。照這種想法，「日平均氣溫」(Tagesmitteltemperatur)的觀察既可以選在六點，十二點，八點和二十四點進行，也可以在七點，十三點，九點和一點，得出的平均氣溫卻完全不同。1940年代，某次測量海洋表面溫度所得的原始數值下降達半攝氏度，原因竟是這年沒有用桶將海水提到甲板上測量，測量到的是冷卻輪船發動機的水。在氣象學和海洋學歷史上常常出現此類觀察資料的「不均一性」(Inhomogenitäten)，有些科學論文中描述的並非氣候系統的變化，而只是獲得或分析處理資料方法的變化。前文提到的「帕拉替那氣象學會」(Societas Meteorologica Palatina)提出了一種方法可靠的測量技術，該技術曾於十八世紀末在歐洲數個地方被用於同步進行的、可比較的測定。

早期氣候學有能力對「氣候」進行大量的科學描述之後，就出現了這樣的問題，這許多測得的資料中，究竟哪些對社會和科學是真正有資訊價值的？換句話說：我們必須將可能進行的觀察集中在可重複測得的，對實際應用來說重要的，在某地區或是某段時間內有代表性的變數上。

除了地表空氣溫度、濕度外，對生物來說最重要的氣候變數還有空氣濕度、風、雲量和日照長度。另外還有一個氣候變數，它不是氣象學變數，而是來自水文地理學的：沿海，湖泊以及河流邊的水位高低。

還有個疑問沒有解決，就是要怎樣合理地限定氣候測量的時間長度和地點呢？氣候變數應該具備一個地區的典型特徵，並在一定時間內有代表性。但是與之矛盾的是，實際上任何氣象變數，無論



◎【圖表三】紀錄的1775年倫敦、雷根斯堡、聖彼德堡、氣壓變化

(引自呂德克, 1997, 氣候學雜誌《*Newe Folge*》6, 242-248)

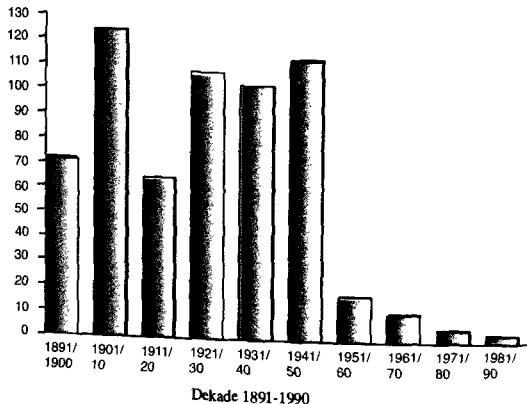
是時間上還是空間上，都是處於變動中的。

我們將就典型性問題對兩個例子進行討論。第一個例^子是在漢堡（Hamburg）進行的對大風的觀察，表中列出的是每十二風強度達7級和7級以上天數的總和（頁28圖表四）。圖中數值顯示，1951-60年之前有超過90天出現了大風，其後只有十天有大風。這種變化不是由於任何氣候變化，而只是和觀測過程有關，具體地說，是因為觀測地點從聖保利（St. Pauli）的海洋天氣辦公室搬到了福爾斯波特（Fuhlsbuettel）機場。這項觀測被認為是正確的，但是顯然無法代表漢堡典型的大風氣候。從氣候學的角度看，對「漢堡的大風危險程度有多高？」（Wie hoch ist das Starkwindrisiko in Hamburg?）或是「漢堡大風出現的頻率是否發生了改變？」這（Gibt eine Änderung in der Häufigkeit von Starkwindereignissen in Hamburg?）



◎風神形象三

印度地區的風神名為Indra。Indra不但製造風暴以及颶風，還司理國內的「風調雨順」，絕不讓風雨毫無規則理性的亂下。

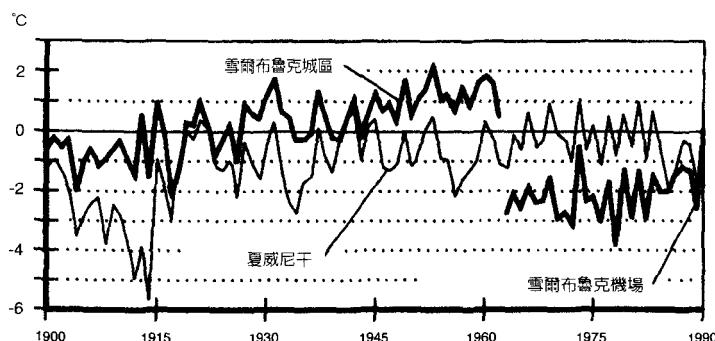


◎〔圖表四〕顯示的是漢堡在90年間遭受七級以上強風襲擊的次數。1950年前後，觀測資料出現大幅度減少的現象，是由於觀測地點發生了改變。

類的典型問題，圖表四中的數值獲得解答解除疑惑。

第二個例子與「城市熱島效應」(Stadteffekt) 有關。城市中觀測到的氣溫比在農村地區觀測的高。由於城市地表經常有遮蔽物減少了地表蒸發量，空氣冷卻就比農村地區慢。（見Cotton和Pielke的《人類對天氣和氣候的影響》(Human Impacts on Weather and Climate)，1992）。在歐洲中部，出現了超過一度的溫差。圖5描述了這種效應，圖中所示為加拿大魁北克省(Quebec)相鄰兩個社區的年氣溫範圍。「雪爾布魯克」(Sherbrooke) 天氣觀測站觀察在漸發展中的雪爾布魯克市的氣候，「夏威尼干」觀測站觀察小城夏威尼干(Shawinigan)附近農村地區的氣候。1966年，「雪爾布魯克」觀測站從市中心搬到了城外的機場。很明顯，像對漢堡大風氣候的觀測一樣，觀測地點的突然改變導致了「雪爾布魯克」觀測站的觀測結果不能再代表雪爾布魯克地區，尤其是城市周圍地區的氣候狀況。

況。因此，我們在圖中看到的城市持續變暖的現象，搬到了鄉村的雪爾布魯克觀測站是觀察不到的。除了它所在的具體觀測點外，雪爾布魯克觀測站的觀察結果對任何地區的氣候狀況均不具代表性，所以它在氣候學上也沒有任何意義。其觀測結果既不適用於農業規劃，也不能用於準確預測人為的氣候變化是否將會繼續。由對「城市熱島效應」系統化觀察得出一個結論：確定地區平均氣溫只能使用在未被影響的觀測站測得的溫度。最長的氣溫觀測紀錄對模擬過去的氣溫波動僅能起到有限的作用。要判斷現在氣候的持續變暖，需要與過去只受到自然影響的氣候變暖相比較，這要求有盡可能長久持續的觀察資料，且這些資料必須不受人類影響的干擾。令人遺憾的是，全世界有很多長時間的氣溫觀測紀錄，有的追溯到十七世紀，但是多數的早期氣溫資料都在波隆尼亞（Bologna）之類的城市中測得。



◎【表五】加拿大魁北克省雪爾布魯克和夏威尼幹兩處觀測站測得的每日最低近地氣溫的一年平均值。1996年前，雪爾布魯克觀測站位於城區，其後遷至城外機場。夏威尼幹觀測站一直位於鄉村。

（斯多赫和茲維爾斯，1999，氣候研究的統計分析，康橋大學出版社）

所有氣候變數都會隨著時間變化而變化。由時間解析度（temporal resolution）高的週期測量儀測得，風的強度和氣溫，是每世紀、每年、每周、甚至每秒內都在變化的。因此必須對反映觀測的變動範圍和極端現象出現機率的測量數值作出精確的描述。

這時就需要用到統計學的一些概念和術語。我們知道，氣溫變化包含了許多不同的時間尺度。除了前面提到的「年循環」和「日循環」以外，這些變化大致是隨機，無規律的。更準確地說，它們可以把這些隨機變化量以和「年循環」或「日循環」量的差值表示，此差值或稱為「距平」（Anomalien）。界定了這些隨機量之後，就可以數學的架構來描述這些彷彿沒有規律的變化。



◎風神形象四
猴子Ehecatl是阿茲特克族的風神形象，阿茲特克人相信EtheCatl除了掌管風雨之外，祂的呼吸能夠推進太陽，朝黃昏前進。



◎今天的天氣是對明天最好的天氣預報。我們常常發現，氣候中的變數在某一時間點的值，完全由前一時間點決定，而之後所有時間點的值，在一定程度上都受初始值影響。

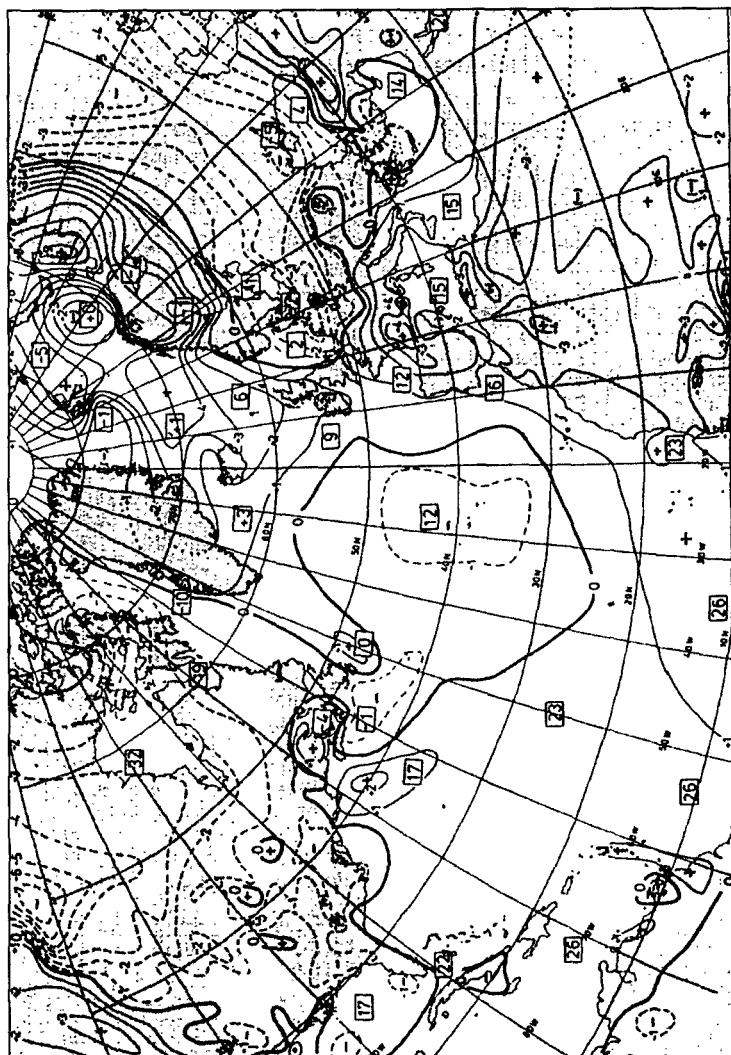
下面先簡單介紹一下統計學。我們想要了解一個事件的過程，在該過程中得到一組資料，其值符合某種機率分佈。最著名的此類分佈是曾被印在十元面額德國馬克上的高斯分佈。機率分佈體現了各可能數值的出現機率，可由一組特徵值—特別是平均值和標準差一來描述。平均值是所有觀測結果的代數平均值—這樣在大多數情況下，所有觀測結果就一半高於平均值，一半低於平均值。嚴格地說，對稱分佈才符合上述情況。頁23圖表一、圖表二的年變化和日變化就是這種平均值（分別對每月、每小時的資料進行計算）。

標準差用於亂數變動範圍的計量。三分之二的亂數處於「平均值±標準差」(Mittelwert plus/minus eine Standardabweichung)範圍內，另有三分之一可能超出這一範圍，高於「平均值+標準差」(Mittelwert plus eine Standardabweichung)或低於「平均值-標準差」(Mittelwert minus eine Standardabweichung)。

機率並不代表兩個相鄰時間點的資料相互不再有關聯；如一句格言所說：「今天的天氣是對明天最好的天氣預報 (Das Wetter morgen ist im wesentlichen so wie das heutige Wetter.)」，我們常常發現 — 尤其在氣候學上 — ，變數在某一時間點的值，完全由前一時間點決定，而之後所有時間點的值，在一定程度上都受初始值影響。但是隨時間推移初始值的影響逐漸減弱，直到變數值與初始值不再相關。所謂的「不再相關」(Nichts-miteinander-zu-tun-Haben)可以理解為資料的重新排列，而資料組的特徵並未受到影響，僅僅保留了下來。這可以看作是的「記憶」(Gedächtnis) 功能。

實際觀測時，無論是資料的分佈還是所謂「記憶」，都無法一眼看出，所以要從觀察結果中選取特徵資料。為了使統計合理，需要進行多少觀測呢？我們將二十年的氣溫觀察資料均分成長度各為一年的兩段，分別求出氣溫的平均值，得出結果一定不同。但是若此二平均值具有一定代表性，其間相差就不能太遠。對進行氣候觀測統計的時間範圍，沒有「天然」(naturlichen) 的規定，所以人們確定了一個慣例。氣象學上規定的觀察時間長是三十年。氣象部門均被要求執行這個標準，但在氣候學研究中，年限規定不嚴，如果有值得觀察的變數，可以不遵守該標準，觀察時間範圍允許超過三十年。

我們可以計算不同測量地點、不同氣候變數的特徵值，以圖表的形式為科學研究及大眾提供氣象資訊。圖表六即為此類圖表，圖中所示為1996年一月氣溫與常年平均氣溫間的偏差分佈。從該圖



◎〔表六〕1996年1月所測量的溫度與常年平均值相比較，出現了偏差。圖中顯示的就是1996年1月的溫度。

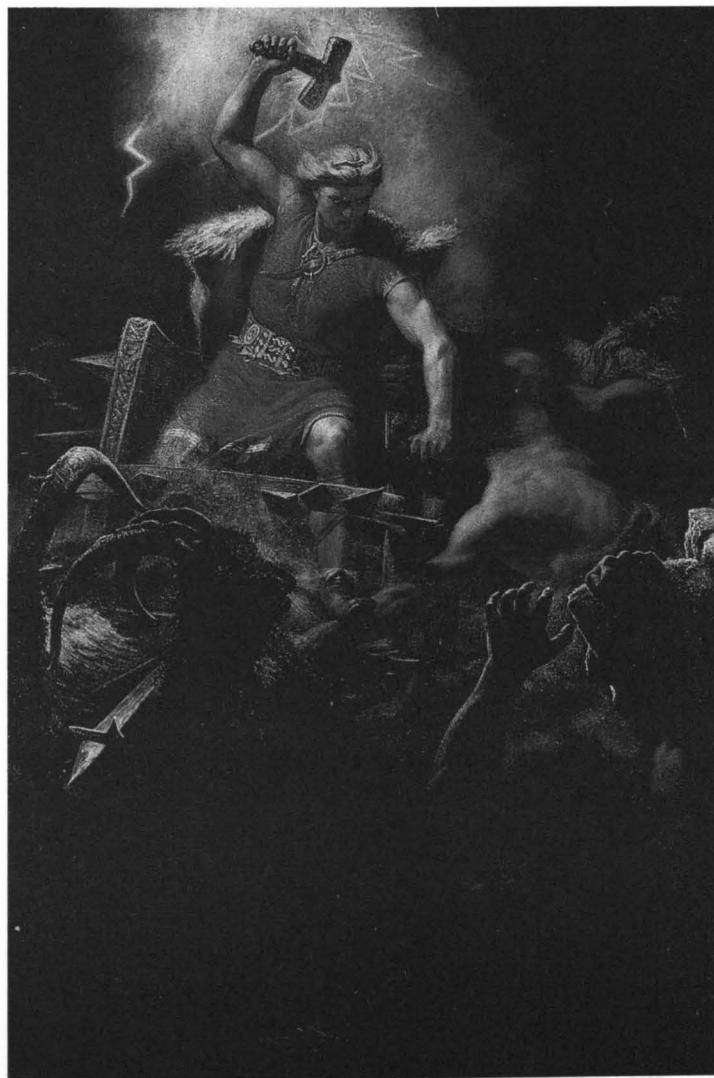
以清楚的了解，1996年的大多數時候，德國北部天氣異常寒冷，即使當時易北河（der Elbe）封凍。（參考頁73圖表十）接下來是五十年一遇平均最高風速的分佈圖。（頁39圖表七）由圖可知弗爾島（Foehr）五十年一遇的平均最高風速為每秒五十公尺（50m/s），而勞恩堡（Lauenburg）的平均最高風速超過每秒三十八公尺（38m/s）。

根據這類氣象資訊，人們通過推測和理解，確定氣候條件可能影響社會、經濟、政治的發展進程。對這些進程進行的研究、推測和評價中，肯定了氣候因素的影響。氣候對社會、經濟、政治發展進程的影響涵蓋了形形色色的主題，其中最主要的是氣候對人類影響的應用研究：

一方面研究是關於人類起居和健康狀況可能受到的氣候影響，人對氣候條件的反應和對人與氣候間關係的理解。後文中將進行這方面的討論。

另一個重要的方面，是借助氣象極端值來避免災難。如對於典型的氣象災害洪水和暴潮來說，降雨量和風強度的資料就具有決定性意義，可幫助確定潛在的危險程度及估計和測量堤防高度。山崩和土石流也同屬氣象災害，雖然這兩類災害的發生與火山爆發一樣難以準確預測，但它們的出現與降雨量有著明顯的關係。

影響人類和社會的同時，氣象資料對植物世界也有著重要的意義。哪種作物適合種植，常常並不取決於夏季或冬季的中間溫度，而由極端最低氣溫或霜凍期的到來決定。一旦出現極端最低氣溫，無論同一時期又有多少次極端低溫出現，還是雖出現一次極端低溫，冬季總體的平均溫度還是有可能屬於「正常」（normal）。以佛羅里達（Florida）為例，有無霜凍是當年柑橘產收的決定性因素，因為一次霜凍可以是柑橘致命的一擊。但是對另外一些植物，極端的溫度變化卻可能無關痛癢：例如雪花蓮（Schneegloeckchen）何時開放，主要是根據於一月、二月的平均溫度。



◎風神形象五

本圖是北歐的雷神Thor的畫像，他的右手持有雷霆之鎚，只要敲擊雷霆之鎚，天空便會烏雲密佈，閃電交加，打雷閃電之後，便會開始狂風暴雨。

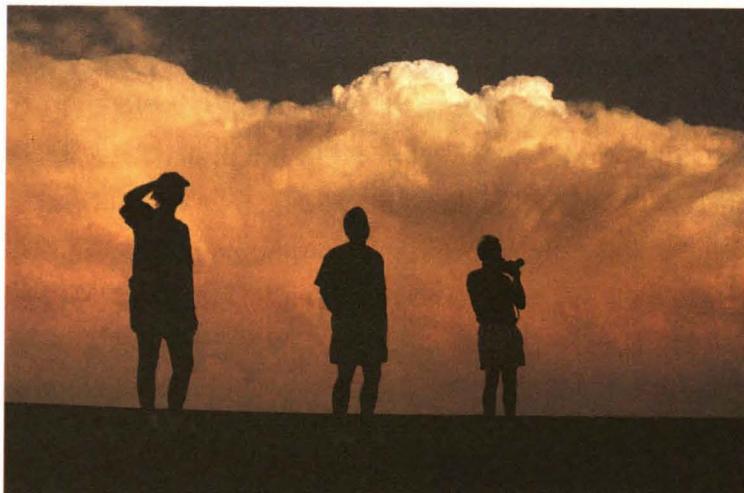
氣象資料還有個重要的用途，即用於評估災害原因是特殊的氣候條件還是其他非氣候因素。可列入此類災害的有：可能因北海富營養化或是森林枯竭而發生的「赤潮」(Algenbluten)。

一百年多年前，商船對觀察到的氣候現象進行了詳盡的紀錄，為氣象的基礎理論研究提供了重要材料。下面將要舉的例子是對氣候異常現象中遠距效應的研究，特別是瑞典人希爾德布蘭德茲森(Hildebrandsson)十九世紀末所著《聖嬰現象(El Niño)／南方



◎史上首座氣象觀測台

西方歷史上第一座氣象觀測台出現在西元一世紀的希臘雅典。此建築為八角形，以象徵八個風向。這一座氣象觀測站的屋頂是活動的海神波塞頓(Triton)像，他手中握的指揮棒，指向八個風的風向。這座建築除了能讓人一眼就知道當下吹什麼風之外，日光在建築上的挪移，也能讓人知道現下的時刻。



◎氣候變數的數值和相對意義隨著對氣候的科學研究過程發生著變化。過去人們總是對某一個氣候變數進行相對單一的觀察；現在人類則嘗試利用多種氣候變數描述一個綜合的氣候系統。

振盪（Southern Oscillation）現象》一書。另一個大範圍氣象異常現像是北大西洋振盪（Nordatlantische Oszillation），它描述了北大西洋地區氣壓氣溫的反相關關係：當格陵蘭島（Grøenland）上空氣溫比平常高時，按規律北歐上空氣溫就降低。相應地，格陵蘭島上空氣壓升高，而亞速爾群島（die Azonen）上空氣壓降低。這個機制對歐洲氣候意義重大。它可能是在丹麥傳教士漢斯·艾格德·索比耶（Hans Egede Saabye）《Dagbog holden I Groenland I Aarene》一書中被初次提到。

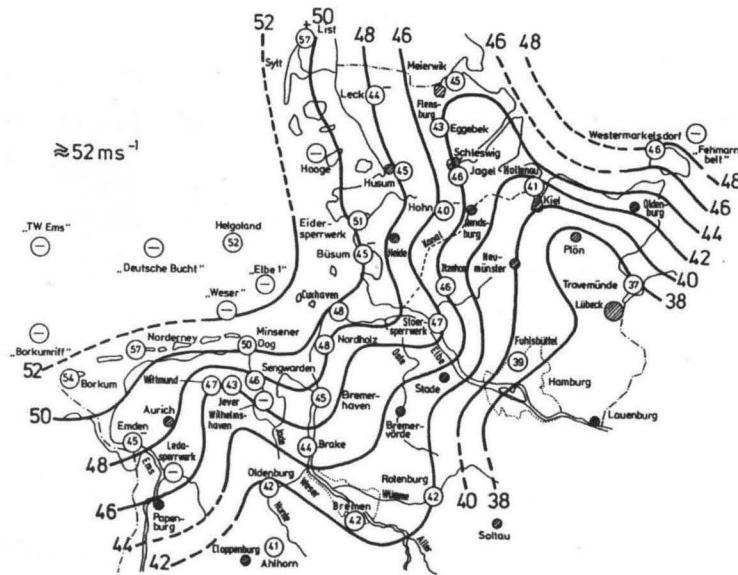
氣候變數的數值和相對意義隨著對氣候的科學研究過程發生著變化。過去，人們總是對某一個氣候變數進行相對單一的觀察。如今，人們正嘗試用多種氣候變數描述一個綜合的氣候系統，以便將海洋、湖泊、生物圈等因素均考慮在內，對氣候系統的作用有一個整體的了解。

一百年前，由於技術條件有限，氣候觀測基本都在地面進行，限制了氣候研究的定義及範圍。1820年代，人們可以借助高空探測氣球，風箏，飛機和無線電探測從空中不同高度採集觀察資料，這為二十世紀初平流層的發現提供了條件。在登山和巨型載人氣球飛行的觀察過程中，人們發現海拔每升高一百公尺，氣溫下降約0.6攝氏度。赫爾曼·馮·赫爾姆霍茲（Hermann von Helmholtz）據此得出結論，認為三十公里高空的氣溫應達到絕對零度（-273°C）。所以當無人氣球首次在11公里以上的高空測得幾乎不隨高度變化時，許多氣象學家都以為測量出現了錯誤—那裡實際上是對流層向平流層的過渡區域。



◎技術與限制

由於技術條件的限制，一百多年前的氣候觀測方式主要都是以「地面」進行氣候的測量，三度空間的測量，要等到後來技術革新了才逐漸獲得解決。



- ◎〔圖表七〕50年一遇的2秒極大強風
極大2稍強風級分布。圖為50年一遇平均極高風速
(由德國天氣部門及施密特先生友情提供)

氣候觀測的新形式使得氣候學發生了根本的變化。經歷數十年的發展後，氣候學不再是地理學的一個分支，而成為了涵蓋環境物理學和環境化學的一門科學。許多年輕氣象學家為這種發展方向所吸引，並加速了氣候學模式的改變。下一部分我們將詳細介紹「新」（neuen）氣候學研究對氣候的理解。

3.2 氣候 — 自然科學體系

為了區別物理氣候學和繼承地理學傳統的早期氣候學，首先介紹曾獲得諾貝爾物理學獎的瑞典化學家斯萬特·阿爾赫尼烏斯（Svante Arrhenius，1859-1927）提出的溫室效應理論。該理論是氣象研究開始向物理學方向發展的典範。十九世紀末，物理學家和化學家就決定地表層氣溫的因素展開討論。此問題提出的背景是，數千年前地球曾一度處於冰河時代，故而地表層氣溫必~~定~~發生過巨大的變化。阿爾赫尼烏斯認為，地面長波輻射和太陽短波輻射間存在平衡關係，如果平衡被打破，氣溫就會上升或下降，直至再度平衡。

假設地球和太陽間是真空，地球平均氣溫應處於-5°C左右。當然，實際情況並非如此，地球的大氣層除了雲，還含有水蒸氣，二氧化氮和甲烷等氣體。這類「溫室效應氣體」吸收太陽的長波輻射，再將其輻射至各個方向。這樣，本應直接進入空~~中~~的長波輻射，被部分送回了地球表面。溫室效應氣體濃度並不~~一~~，除含量最高的水蒸氣外，二氧化氮僅占空氣體積的0.03%，非溫室效應氣體的氮氣和氧氣卻分別占了20%和80%。

僅有40%的地面熱輻射進入了宇宙空間，60%的熱~~量~~被重新輻射回地面。地面不僅受到來自太陽的短波輻射，還受到~~太~~氣的長波輻射。假設系統的正常氣溫為前文提出的-10°C，也會由於獲得熱量而變暖。系統變暖使長波輻射增強，又因為溫室效應，其中只有40%進入宇宙空間。輻射隨溫度升高而增強，所以升溫就產生更多的長波輻射。當長波輻射能的40%與太陽到達地面的輻射相抵消時，變暖終止，終止時的氣溫明顯高於初始時的-10°C然而~~太~~大氣不僅吸收和重新向地面輻射長波，還通過雲層等遮罩了太陽短波輻射，兩方面相互綜合，減弱了變暖效果，最終達到15°C的平均氣溫。這與觀察結果也相符合。（實際上，這是簡化的表述，省略了對流等其他過程。）



◎北風之神

在希臘神話裡的北風之神，一般喚祂為波勒斯（Boreas），Boreas的形象是一名長著翅膀的性感鬍渣熟男。



◎南風之神

希臘神話裡的南風之神諾托斯（Notos）。



◎東風之神
希臘神話裡的東風之神Apeliotes又名Euros。



◎西風之神
希臘神話裡的西風之神，一般喚祂為仄菲洛斯（Zephyrus），祂的性情友善又高貴。

這就是「溫室效應理論」(Treibhaustheorie)。實際上用溫室作比喻不太恰當，因為導致溫室中比室外溫暖的是一些別的原因。但值得注意的是，在百年以後的今天，這個理論幾乎仍是完全正確的。阿爾赫尼斯還認為空氣中二氧化碳濃度的變化可能是冰河時代的起因。對冰蕊的研究證實，二氧化碳濃度和冰河時期溫度明顯相關。(《南極冰蕊》(Vostok-Eiskern)，頁85圖表十二)溫室效應氣體濃度的增加，究竟是冰河時期的根本起因，還是這種氣候變化發生的條件，尚不能確定。而且對於冰河時代的起因還存在其他的一些猜想。

阿爾赫尼斯還計算出了空氣中二氧化碳濃度增加一倍時，氣溫升高的值，換算成現在的計量單位，約為 3°C 。他認為二氧化碳濃度倍增是可能的，但至少會在一千年或更長時間以後，因為85%的二氧化碳積聚於海洋中。而現在，海洋對二氧化碳的吸收變得更加緩慢，所以二氧化碳的濃度極有可能在幾十年後增加一倍。第四章我們會就此討論人類對氣候變化的影響。

氣候研究不再是為了收集分析具體的觀測結果，以便人們作出合理的計劃安排。它深入到物理學基礎理論中，以能量守恆的原理為起點，發展出了熱力學。氣候開始引起人們的好奇，氣候觀測主要被用於各種假設、理論和模型的驗證。儘管如此，氣候學的基礎研究仍在繼續，並取得了前所未有的地位，比如氣候學直接影響著世界政局。第四章中將對此作詳細介紹。

另外，值得我們注意的是，從十七世紀英國人喬治·哈德里(George Hadley)開始，人們為了解釋總體大氣環流——例如，為什麼赤道南北兩側總是規律地出現信風？——所作的努力。德國哲學家伊曼努爾·康德(Immanuel Kant)也曾涉獵這個領域，他曾研究船隻在東南亞進行的風觀測結果，由之得出結論，認為再往南一定有大陸存在—當時尚未被發現的澳大利亞。

二十世紀上半葉，在眾多科學家的努力下，物理氣候學研究進一步繁榮發展。挪威科學家威廉·畢雅可尼斯（Vilhelm Bjerknes）對中緯度地區風暴內部結構作出了權威的闡述；瑞典人卡爾·古斯塔夫·羅士比（Carl Gustav Rossby）解釋了中緯度區域天氣的不穩定度；二次世界大戰結束後，美國人約翰·馮·諾伊曼（John von Neumann）發現可以把電子資料處理技術應用在天氣預報上。他首先利用當時才剛被發明的電腦進行天氣預報，現在的氣候模式就是直接延續當年第一個天氣數值預報模式而繼續發展的。

現在的氣候研究認為，氣候系統並非限於地表大氣層中的單一過程，而是由大氣圈、水圈、冰圈（冰雪圈）和生物圈中各種相互影響的過程組成。這樣的氣候研究不再是描述性的工作，而主要是系統分析的過程。如果將氣候系統比作內燃機，其工作由鍋爐和冷卻箱間的溫差驅動，那麼就大氣而言，熱帶「鍋爐」它的「活力元素」（aktive Element）；而就海洋而言，副極地「冷卻箱」（Kühler）維持了全球海洋循環。

大氣通過截取太陽的短波輻射變暖，尤其是在熱帶地區。熱帶的地表氣溫急劇升高，各空氣層梯度變得不穩定，下層空氣比上層空氣更輕，就會引起強烈的空氣垂直交換。垂直交換過程中，空氣上升、擴散、冷卻、部分水蒸氣重新凝結為液體，使雲中水蒸氣含量降低。凝結過程中，原來液態水轉化為水蒸氣時吸收的能量被釋放出來。因為這樣，水蒸氣被認為是「隱藏的」（latent）熱量，它提供的額外能量加熱了上升的空氣，使之再次變輕，繼續上升。如果坐飛機經過熱帶，就能清楚地觀察到這一現象，那裡的雲常常像塔一般，層疊到一萬一千公尺以上的高空。

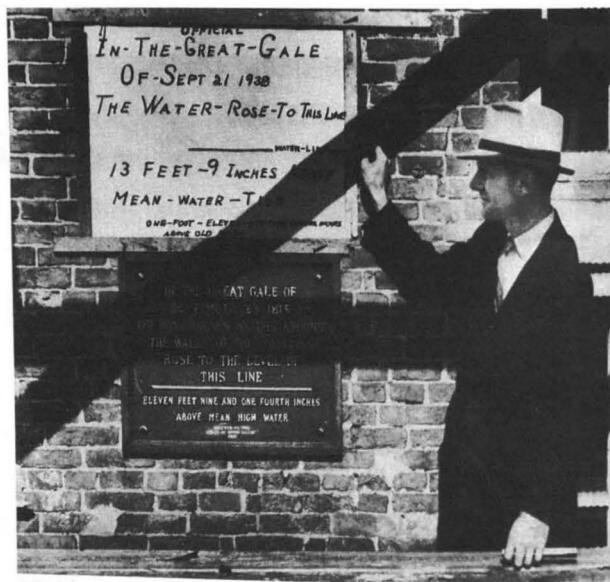
空氣經垂直交換到達一萬公尺至一萬四千公尺的高度，然後向極地運動，在副熱帶上空慢慢下降並回轉，形成信風。當信風回到赤道時，環流完成。受地轉偏向力（也稱科氏力，Coriolis-Kraft）

影響，信風不是正北或正南的，而是東北風或西南風。該環流以前文提到的英國人哈德萊命名，稱為哈德萊環流（Hadley-Zelle）。緊鄰哈德萊環流，是更靠近極地的費雷爾環流（Ferrell-Zelle），它比哈德萊環流弱，方向與之相反。此二環流不僅傳輸了熱量，還為強烈的西風氣流，即「西風噴流」（Westwindstromung）的形成提供了動力。

西風噴流不穩定，形成直徑可達1000km左右的短期水平氣旋——即我們日常所說的風暴。此氣旋沿極地方向運動，傳輸水蒸氣和熱量。運動途中，其攜帶的熱量輻射到空間。運動初期，吸收能量大於損失能量。隨著向極地的靠近，太陽輻射逐漸減少，直到損失能量超過吸收能量。為了平衡能量差異，就要通過風（和洋流）傳遞能量。這樣，大氣能量的不平衡（在熱帶上空獲得能量，在極地上空失去能量）就導致了風的形成。好比駕駛蒸汽火車，風是前後拉動的活塞杆，赤道和極地地區是鍋爐和冷卻器，鍋爐與冷卻器間的溫差為火車提供動力。



◎現在的氣候研究認為，氣候系統並非限於地表大氣層中的單一過程，而是由大氣圈、水圈、冰圈（冰雪圈）和生物圈中各種交互影響的過程組成。



◎海水上升了嗎？

圖為1938年羅德島的兩張告示牌。上方的告示牌所標示的是1938年12月最高水線（high-water line）；下方為西元1815年9月的最高水線。一百多年來，水位上升了2英呎。

理論上，南北半球的環流應該是相似的。但是由於北半球陸地面積大，東西方向的吸放熱不成比例。夏季陸地吸熱迅速，海洋受熱緩慢；冬季陸地散熱快，海水散熱遲緩。吸放熱的速度差異導致了熱帶季風系統的形成，以及北半球東西方向的大範圍氣象差異。喜瑪拉雅山（Himalaya）、落磯山（Rocky Mountains）等巨大山脈以及格陵蘭島進一步加強了北半球的東西差異。而歐洲的阿爾卑斯山等山脈對這一現象並無影響。

南半球不存在明顯的東西氣候差異，氣候更多受到前述所述大氣環流的影響：不穩定的噴流以及由之帶來的風暴。風暴多出現在南緯40-50度左右，所以南半球中緯度地區被稱為「咆哮40度」（roaring forties）。南半球月／年平均氣壓圖中，等壓線幾乎與緯線

平行，但是拿出每日氣壓變化圖，我們卻會看到，每日氣壓分佈是極不規則的：在「咆哮40度」左右的中緯度海洋地帶，每天會出現4至7場風暴。但是風暴在中緯度各個地區均有發生，所以一段時間內的平均氣壓圖中，等壓線相當平滑，無法顯示風暴發生的詳細狀況。

海洋環流機制分兩部分：由洋面上空的風力推動，以及由副極地海洋區因溫度下降和海冰形成而下沈的海水推動。洋流中處於海洋上層的海水主要由風力推動。風不僅引起了南、北美洲西海岸富含浮游生物的海水上湧，也是大西洋灣流（Gulfstrom）和日本群島附近的黑潮（Kuroshio）發生的原因。在《海洋一瞥：輪機長與海洋學家關於大洋環流的對話》（A View of the Sea: A Discussion between a Chief Engineer and an Oceanographer about the Machinery of the Ocean Circulation）一書中，非常清晰地解釋了海洋環流的物理原理。作者是著名的海洋學家亨利·斯托梅爾（Henry Stommel），他在書中虛構了科學考察途中海洋學家和輪機長的一番對話，藉以闡述海洋環流的原理。

「深海」（tiefen Ozeans）環流，意指海面下數千公尺處的洋流，它與大氣環流原理近似，由海水密度的垂直梯度引起。不同的是，大氣環流是由熱帶地區空氣受熱上升引起，深海環流則是由於副極地上層海水的冷卻下沈引起。溫度下降令海水比重增大（熱效應，thermischer Effekt），海冰形成過程中，鹽分被析出，也使海水比重增大（鹽度效應，haliner Effekt）。表層海水比重增大到一定程度時，海水垂直梯級間就會發生熱對流，表層海水將沈入深海。現在，在北大西洋北部和南極附近海域時有這類現象發生。下沈海水從熱對流區域流到別處，經大範圍流動，到達到太平洋等其他海域，最終再次回到海面。這類環流稱為「溫鹽環流」（Zirkulation als thermohaline）。



◎溫度實驗

17世紀是科學長足進步的時代。西元1658年，伽力略（Galileo）、斐南迪二世（Ferdinand II）與托斯卡尼的大公爵會晤，利用溫度計進行溫度冷熱的實驗。「溫不是跟熱一樣具有反映（reflection）的特性？」是這個實驗的焦點內容。

溫鹽環流比風生環流緩慢許多，故此對上層海水影響不大。但因為它對深海狀況起著決定性作用，從長期來看，也對海洋面氣候有所影響。深海的水溫很低，海底溫度接近冰點，但並非~~自然~~如此。1907年，美國人托馬斯·查姆·張伯倫（Thomas Halm Chamberlin）就提出，深海海水在古老的地質年代曾經是~~熱~~的。（參考范·安德van Andel著作，1994）溫鹽環流在全球完整~~環~~一周需要一千至二千年的時間，今天大西洋海底的海水，維京時代時曾處於海面。通過跟蹤海水中的放射性碳元素（碳14），可以~~清晰~~地重現海水自海面下沈至深海的過程。

海洋不是氣候系統中被動的組成部分，常常對大氣施以反作用。它保持著低空大氣的氣溫，並且是大氣最重要的水蒸氣來源。海洋面積占地球表面的71%，這使全球水循環成為可能，為地球上生命活動提供了條件。海面的海水蒸發到大氣中，影響著大氣的輻射能力，從而也影響著大氣對太陽輻射的吸收和反射。水蒸汽凝結時會放熱，凝結成的水以雨或雪的形式降落到地面，隨著河流重新匯入大海，至此全球水循環完成。

冰圈是由冰雪覆蓋的區域，從氣候動力學來說，它有兩個功能：第一，冰圈將海洋和土地、大氣分隔開來，減少了熱量和水分的交換；第二，地表的冰雪能有效反射太陽短波輻射，即比海洋，沙漠和覆蓋植被的地區「反照率」(albedo) 高。反照率指反射的太陽輻射在所受太陽輻射中所占比例。初雪的反照率高達95%，而海洋的反照率不足10%。

地球大氣圈，即我們通常所說的空氣，也不是孤立的物理系統，它受到多種因素影響，並與水圈，生物圈等其他部分相互作用。

前文曾提到，氣候動力學隨時間的推移不斷變化。不同氣候現象中動力學變化各異。除了我們提到過的有規律的氣候變化和週期循環外，絕大部分動力學變化都在內部發生，它們常常是「非線性」(Nichtlinearität) 和「由無限多動力學因素構成」(unendlich viele, miteinander wechselwirkende Faktoren) 的。對於「非線性」的特徵，可以用「蝴蝶效應」(Schmetterlingseffekt) 作範例：蝴蝶翅膀的扇動可能引起整個氣候系統的劇烈變化。微小因素也許會迅速造成巨大的影響，這並不是指氣候系統會變得面目全非，而是認為細微的干擾有可能導致與原來發展方向近似的系列變化。無論蝴蝶是否扇動了翅膀，明年一月都會是寒冷的，但也許因為蝴蝶的翅膀，那時的天氣會更像1963年的一月，或是1979年的一月。而「由無限

海洋不是氣候系統中被動的組成部分，常常對大氣施以反作用。它保持著低空大氣的氣溫，並且是大氣最重要的水蒸氣來源。海洋面積占地球表面的71%，這使全球水循環成為可能，為地球上生命活動提供了條件。海面的海水蒸發到大氣中，影響著大氣的輻射能力，從而也影響著大氣對太陽輻射的吸收和反射。水蒸汽凝結時會放熱，凝結成的水以雨或雪的形式降落到地面，隨著河流重新匯入大海，至此全球水循環完成。

冰圈是由冰雪覆蓋的區域，從氣候動力學來說，它有兩個功能：第一，冰圈將海洋和土地、大氣分隔開來，減少了熱量和水分的交換；第二，地表的冰雪能有效反射太陽短波輻射，即比海洋，沙漠和覆蓋植被的地區「反照率」(albedo) 高。反照率指反射的太陽輻射在所受太陽輻射中所占比例。初雪的反照率高達95%，而海洋的反照率不足10%。

地球大氣圈，即我們通常所說的空氣，也不是孤立的物理系統，它受到多種因素影響，並與水圈，生物圈等其他部分相互作用。

前文曾提到，氣候動力學隨時間的推移不斷變化。不同氣候現象中動力學變化各異。除了我們提到過的有規律的氣候變化和週期循環外，絕大部分動力學變化都在內部發生，它們常常是「非線性」(Nichtlinearität) 和「由無限多動力學因素構成」(unendlich viele, miteinander wechselwirkende Faktoren) 的。對於「非線性」的特徵，可以用「蝴蝶效應」(Schmetterlingseffekt) 作範例：蝴蝶翅膀的扇動可能引起整個氣候系統的劇烈變化。微小因素也許會迅速造成巨大的影響，這並不是指氣候系統會變得面目全非，而是認為細微的干擾有可能導致與原來發展方向近似的系列變化。無論蝴蝶是否扇動了翅膀，明年一月都會是寒冷的，但也許因為蝴蝶的翅膀，那時的天氣會更像1963年的一月，或是1979年的一月。而「由無限



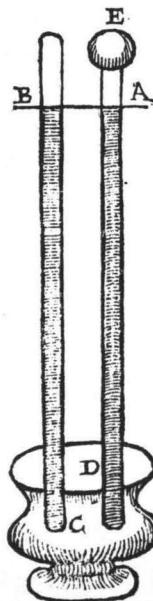
◎氣候變化的外因素

海洋和大氣的潮汐屬於影響氣候系統變化的外因。其他外因還包括太陽輻射的變化、火山爆發引起的平流層的視覺改變、地球軌道特徵變化以及大陸的位置和地形變化等等…。

多動力學因素構成」這一特徵，可以看作是千萬隻蝴蝶不停扇動翅膀的結果，其影響是偶然的，不規律的。氣候系統的動力學總繼續候變化表面的不規律現象，給出了變化的長期模式。

海洋和大氣的潮汐屬於影響氣候系統變化的外因。其他外因還有：太陽輻射的變化，火山爆發引起的平流層的視覺改變，地球軌道特徵變化以及大陸的位置和地形變化。由太陽和月球引力引發的潮汐，其發生明顯而迅速；火山爆發通常在一兩年時間內完成；太陽輻射影響持續的長度存在爭議；而地球軌道特徵和大陸地形的變化則延續了千百萬年（詳情可見前文提到過的范·安德的著作）。

另外，我們要討論地球氣候、區域氣候以及當地氣候之間的關係。傳統上，地球氣候知識是由區域氣候知識推斷而來，科學研究中則不同。我們知道，高緯度地區和低緯度地區輻射的差異決定了地球大氣的結構：赤道地區的哈德里環流、中緯度地區的西風帶和風暴地帶。高大山脈的阻隔和海陸分佈狀況進一步加強了這種差異。實際上，只有最最主要的總體結構才會對地球氣候的形成產生影響—即使澳洲大陸消失，也不會明顯影響全球氣候，至少氣候環流的模式不會變化。（當然，澳洲地區氣候發生了改變）



◎托里西利的水銀氣壓計

氣壓乃靜止時大氣之壓力。托里西利（Evangelista Torricelli, 1608-1647）是十七世紀西方的頗負盛名的科學家，他指出空氣有重量所以會有壓力，而且氣壓隨著時間的不同和地點的改變也不一樣的理論。同時他也發明了世上第一座水銀氣壓計。托里西利水銀氣壓計由兩個等長的玻璃試管組成，試管內賴以偵測氣壓的是水銀，試管的底部是盛滿水銀的水盆。

另一方面，區域氣候其實就是局部修改後的全球氣候。考慮在內的區域特徵有：土地利用（沙漠、熱帶雨林、草原）、區域中山脈（阿爾卑斯山）、臨近的海洋（地中海）、以及大湖（*Kaspisches Meer*）等等。當地氣候則是考慮當地具體情況，比如：大城市、小湖泊（博登湖 *Boden See*）、小型山脈（赫茲山脈 *Harz*），將區域氣候局部修改而成。在建立全球氣候模型時，應充分考慮氣候形成的複雜性，僅對長達幾百公里甚至一千公里地帶的共通氣候特徵進行描述，才能保證對氣候形成的觀點是恰如其分的。不能在全球氣候模型中描述小範圍的氣候特徵，否則就變成了區域氣候模型。同樣，也不能過於詳細地描述區域氣候。只有避免過多描述當地氣候和區域氣候的負面影響，才能成功地模擬全球氣候狀況。

最後，簡要介紹對我們日常生活中至關重要的天氣，在科學上是怎樣理解的。

天氣圖再現了大氣的實際情況。圖中包含了最重要的三種變數：氣壓，風向，風強和氣溫。天氣圖適合用於呈現空間度在一千公里以內的高壓和低壓區域。此外，還可以描述大的天氣架構結構比較小的雨帶。

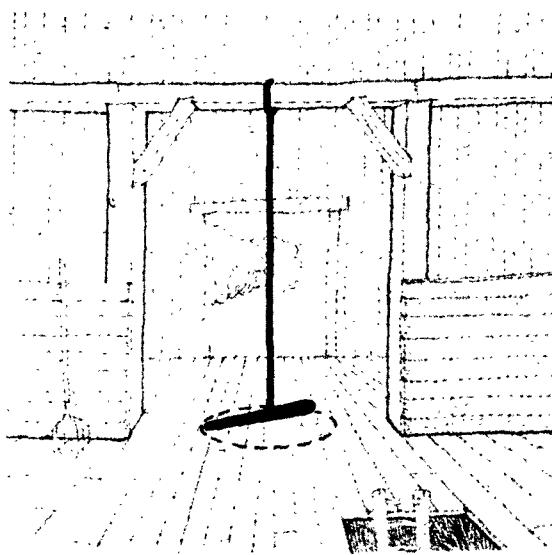
從天氣圖中可以看出，短時間內的天氣變化，尤其是高氣壓系統的出現、遷移和消失，與週期固定的年循環、日循環完全不同。

由於天氣動力學的非線性，只在高、低氣壓區域的近似論內 — 最高不超過數天 — 具有可預測性。大範圍天氣系統的不穩定性越高，天氣預測就越難。也許可以提前幾天預測風暴的發生，但要預測到雨帶、雷雨區等規模小、時間短的天氣系統，則只能縮前一天或是數個小時。

3.3 氣候 — 社會的構成部分

天氣和氣候自古以來就非常重要。人們的日常言談總是離不開天氣，種種身體不適也歸咎於它。大眾傳媒均設有天氣預報；氣候分析，特別是氣候對人與社會的影響，向來令科學家和大眾著迷。

一百多年前，著名德國醫生和人類學家魯道夫·威喬（Rudolf Virchow）曾在科學會議中提到氣候適應的問題：「就像一個人離開祖國去到異鄉，顯得與那裡格格不入，也許最初會有些新鮮，但是過了一陣，頂多幾天，就會感到不適。根據環境不同，他需要幾天，幾周甚至幾個月時間才能夠重新找到平衡……這樣的情況大家



◎常民文化

相對於官方的精確濕度測量，鄉野村民對於氣候的濕度也有自己的觀測方式。圖中的裝置叫做「乾草濕度計」，這個濕度計由一條普通的繩索組成，懸掛在糧秣庫房的天花板的橫木上，當天氣越來越潮濕的時候，繩索就會因為空氣中的濕氣，使得麻繩本身變得沈重而下降，氣候越潮濕，繩索越接近地面。

都知道，也都準備著經歷它。我們都認為，一個人處於這種境地，又不那麼粗枝大葉的話，必定會採取防備措施，讓這段時日過了些。」威喬這樣說，就是為了指出，人類器官為了適應氣候發生了改變。改變過程，如他所說，就像是永久性矯正。按照威喬的看法，這一過程甚至可能引起氣候疾病。新形成的，適應氣候的器官功能可能成為永久性的特徵，被遺傳給後代。

歷史上，與氣候有關的活動及其影響曾一度成為最重要的學問問題。有關氣候的活動影響著人類、社會、國家形式、整段時期、道德、真理、疾病症狀等等諸多方面。後文還將詳細介紹過去和現在多種多樣的氣候活動。

宗教觀念占統治地位的時期，日常和系統概念中對天氣和氣候的看法與宗教和占星密切相關。在古代，神決定著天氣變化，人們從神那裡了解未來的天氣狀況。當然，祭司的作用不僅限於預測未來天氣，還包括舉行各種儀式和象徵性活動，乞求神明賜予人們盼望的天氣。

中世紀時，氣候極端現象被認為是惡魔造成的。一些婦女告發，當作操縱天氣的女巫而被燒死。洪水、乾旱、冰雹等極端氣候時常間接引起各種鼠疫、瘧疾、雞瘟，或是農業欠收。這些現象均被解釋為聖經中天譴的重現，甚至是末日的到來；他們的出現及導致的後果，如糧食緊缺、糧價高漲，在人們眼中不是偶然事件，而是神對人類罪惡行為的懲罰。罪大惡極的女巫遭到殘酷迫害。在那段時期，對女巫的迫害成了可隨意施行的，政治上的氣候政策。

也會有相反的趨勢，認為宗教信仰體系與氣候條件無關。伏爾泰（Voltaire）就曾嘗試說明一神論起源於沙漠地區。過去，人們嘗試圖藉氣候因素解釋宗教對於人生、信仰的觀念的多樣性和獨特性。這樣的方法如今已不為現代科學所用了。



◎女巫與氣候

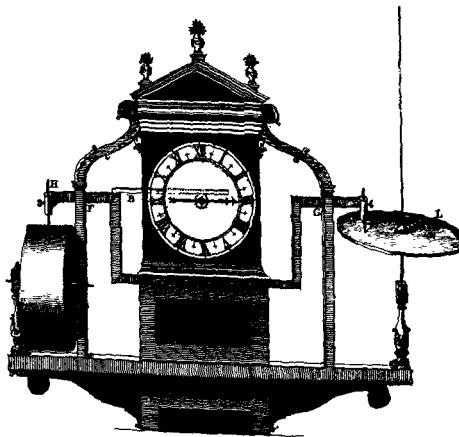
中世紀時，氣候極端現象被認為是惡魔造成的。某些婦女被告發，視為操縱天氣的女巫而被燒死。洪水、乾旱、冰雹等極端天氣時常間接引起各種鼠疫、瘟疫、雞癟，或是農業欠收。這些現象均被解釋為聖經中的天譴甚至是末日的到來。西元1626-1628年的夏天歐洲，獵巫運動如火如荼展開的同時，竟然發生大風雪，氣象史上名為「夏天消失的一年」。本圖為女巫為烈火燒刑處死的畫面。

巴比倫人和埃及人曾企圖藉由星座預知天氣。希臘哲學家延續了他們的做法。古羅馬帝國天文預測天氣之風盛行。此外，天文學觀點總是與對世事的預言聯繫在一處：地球之外的一切都與地球相關聯，圍繞地球而存在。當時已知的七大行星被奉為天氣的主宰，地球天氣由它們決定。冷濕天氣由最上方的土星司掌；水星司乾冷天氣；太陽當然司掌溫暖，過於乾熱的天氣不屬於它的管轄。一年三百六十五天，每日天氣均由七大行星掌管。因此，要預知某年主要天氣如何很簡單，只用將年份除以七就知道了。1996除以七餘數為一，所以掌管1996年天氣的是太陽，預示這一年將會溫暖乾燥。而1997年則是由水星決定，所以天氣更潮濕些。

占星學從來沒有消失過。直到今天，它還被很多人用來預測天氣。甚至克卜勒（Kepler）也無法拒絕占星學的誘惑：「占星學是天文學親愛的傻女兒，但是她支援著她的母親。」萬年曆暢銷至今，並被廣泛地接受和使用。

3.4 社會和人一天氣的構成部分

古典時期許多希臘、羅馬哲學家參與了有關氣候影響的論述，尤其是希波克拉底（Hippocrates，BC.460-377）、柏拉圖（Plato）和亞里斯多德（Aristotle）。中世紀早期和文藝復興時期也有很多這樣的討論。出生於寇斯島（Kos）的醫學家希波克拉底在其著作中提出的一些理論，佔有舉足輕重的地位。其理論影響波及中世紀文藝復興時期以及啟蒙運動時期。希波克拉底流傳至今的《空氣、水、地方》（Luft, Wasser und Ortschaften）一書以氣候對人類影響為主題，是這方面最早的綜合研究之一。書中描寫了氣候、水和土壤狀況對國內居民的物質、精神和身體狀況的影響，並且提出，居民的生活習慣與各地的不同特點和周圍的氣候狀況有關。他提出的假設



◎最早的天候自動紀錄器

這部人類氣象史上最早具有自動紀錄的氣候測量機器，為克里斯多福·溫（Sir Christopher Wren）在1633年所發明。這部機器的中間部分是一般的鐘；左側為氣壓表；再輔以一個能12小時紀錄的小裝置。但這類的機器真正在氣象學的應用上，則遲遲花了200年的時間。

之一，就是土壤肥沃地區的人性情溫和，土壤貧瘠一些的地方，居民較為英勇。希波克拉底認為，以氣候為形式的大自然是判斷健康和疾病的標準和指導性原則。對他來說，合乎自然的生活，就是與自然所造就的自己和諧相處-很久以後，法國哲學家孟德斯鳩（Charles Louis Montesquieu，1689-1755）也呼應了這種看法。

啟蒙運動時期，關於氣候地位的討論被重新提起，其激烈程度不減當年。各科學院較急於找出「真理」（Wahrheit）之所在。途徑之一，就是展開競賽，尋找這類問題的最佳答案。如1743年比賽提出的問題就是：「人的不同氣質是否受到了出生時氣候的影響？」這段歷史時期，出現了有關氣候地位最重要的批評和結論，由此形成的文化傳統直到今天還影響著我們。人們接受了孟德斯鳩表述的觀點，認為沒有其他事物比氣候的影響力更大。德國哲學家黑格爾（Wilhelm Friedrich Hegel，1770-1831）則認為，毋庸質疑，只有在溫和的氣候框架中「文化」（kultur）才會發展。當時的百科全書也認為，人種不同是氣候差異的結果。

孟德斯鳩在其分權理論（1748年出版）中提出，沒有最佳的政府形式，儘管如此，國家公共機構和司法應與已有的自然狀況和人們的「天性」（Natur）和諧相處。他認為，可觀察到的人與人的差別以及人種差異是氣候狀況不同造成的。在解釋不同社會和文化現象時，無論是政治機構、家庭結構還是哲學體系，氣候對人類特徵的影響都被孟德斯鳩當作了最重要的論據。按他的理論，氣候寒冷地區的人們與溫暖地區的人相比，心理和生理上都更加活躍。

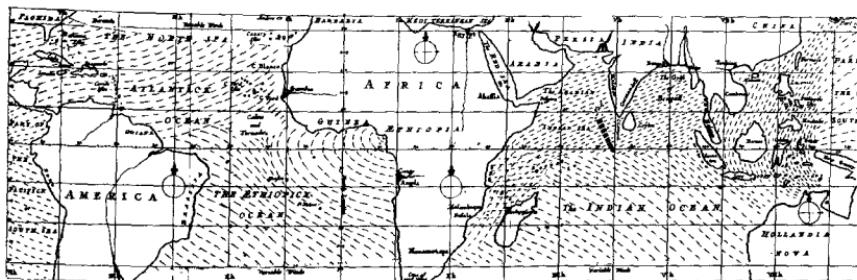
約翰·哥特弗里德·赫爾德（Johann Gottfried Herder，1744-1803）在他的代表作《人類歷史哲學的概念》（Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit）中提出這樣的問題：「氣候是什麼？它對人類身體和心理的構成有怎樣的影響？」就此，他就氣象問題作了詳細討論。然而與孟德斯鳩相比，他持有一定的

懷疑態度。他在論述開始就強調，我們對氣候的理解是「艱難而迷惑」(schwer und truglich) 的。由不確定的氣候知識得出結論，需要格外勇敢，因為研究物件是「所有人類和地區，是的，甚至人類頭腦中最細微的想法以及偶然形成的社會佈局」。常有人提出反覆的歷史範例來反駁孟德斯鳩的結論，以及類似看法。雖然赫爾德的態度有所保留，但他強調說：「我們是氣候手中可供拿捏的黏土，但氣候的手指模樣不同，受力規則各異，也許只有天才能分析出那受力關係。」

儘管赫爾德持批評保留態度，十九世紀的教科書中都承認氣候對人類和人類文明起著重要的決定性作用。就這個觀點，斐德利希·烏姆勞夫 (Friedrich Umlauff) 在其1891年面世的教科書《大氣》(Das Luftmeer) 中寫道：「現在來說人類！……地球不僅是人類的棲身之地，還是人文形成的學校，我們必須首先將人類、民族和文化間的差異與氣候狀況聯繫在一起。氣候給予人類的待遇多麼不同，它賜予有的人慷慨的恩惠，令其安逸度日；別的人卻必須勤懇努力，遭受它的剝奪，令身心得到完全發展。……所以一個民族的文學與他們在地球上所處位置的氣候有著什神秘的聯繫，哲學教育系統也是如此。所以整個人類文明都與大氣的狀態變化有關。奧斯卡·佩舍爾 (Oscar Peschel) 的主張是正確的，歐高雅文化的形成的確受惠於四季的雨水，中國古代文明高度發達有夏季降雨的功勞。」

有關氣候的第三階段討論從十九世紀後半葉開始，一直延續到1940年代晚期。參與討論的學者來自各個領域，如人類學、歷史學、醫學、地理學、社會學，等等。討論趨勢不僅僅限於假設氣候對社會和人類的影響，還包括對這種影響進行量度。

美國耶魯大學地理學研究員韓廷敦 (Ellsworth Huntington，1876-1947) 是這一時期最重要的氣候研究學者之一 (見 Martin 所著)

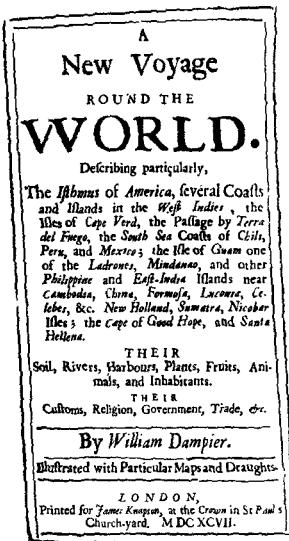


◎史上首幅風向圖

1686年大氣研究學者哈雷（Edmund Halley）繪製了這張現代大氣循環圖，開啟了現代大氣研究的藍圖。這張圖精確標記了貿易風在回歸線的對流。

傳記，1973）。韓廷敦熱心於研究氣候對人類和社會的影響，在當時，他對自己見解的宣傳顯得極為成功。今天在某些圈子中他還相當「知名」，或者說，臭名昭著。在其1915年初版的代表性論文《文明與氣候》（Civilization and Climate）中，韓廷敦堅持認為氣候應該是人類歷史的成因。由於他所謂的「人類進步的地理分佈」（geographische Verteilung menschlichen Fortschritts），實際氣候狀況應該是文明發展的決定性因素，也是「人種」（Rassenzugehörigkeit）和「文化發展水平」（kultureller Entwicklungszustand）的決定性因素。這種理論認為，文明的起落與氣候狀況是完全同步的。

韓廷敦認為最佳氣候狀況，即溫度與溫度變率的組合，決定了社會經濟績效和社會成員的健康。每當氣候偏離最佳狀況，人類健康和社會經濟狀況就隨之惡化。如果氣候發生變化，人們的心理、生理功能以及健康狀況也發生改變。



◎丹皮爾船長
西元1697年，丹皮爾船長（William Dampier）將他歷來在海上航行所收集的氣候資料集結成冊，以《航海搜尋（A New Voyage round the World）》成為氣象學上最偉大貢獻者之一，書中頭度披露了中國海上颱風。

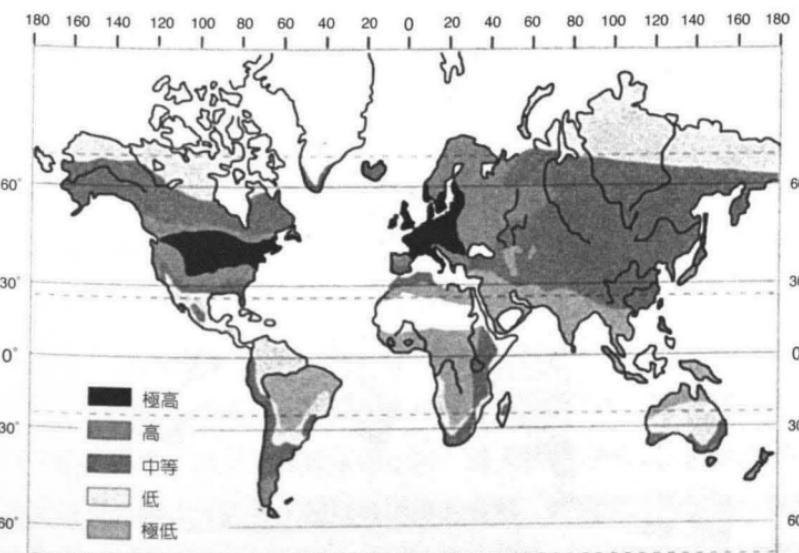
韓廷敦等一干學者的研究內容很難概括。共通之處是，他們試圖將紛繁的物理學、心理學和社會學現象等與氣候聯繫在一起。他們提出的一系列氣候變數及對其影響的解釋幾乎是專制的，受限於自身的想像。用到的氣候變數從尋常的量度，如溫度、濕度、風況，延伸到較特殊量度的磁暴、大氣臭氧濃度、太陽黑子數量或月亮的陰晴圓缺等等。悉數其影響的範圍包括了：人生期望、犯罪率、羅馬帝國的衰亡、肺結核、智力、工人數量、自殺率、婚姻、經濟危機、圖書館借出主題較「嚴肅」（ernsten）的圖書本數、政治提案、宗教戰爭、警察緝拿、動亂以及股市行情。

韓廷敦的一切推論都基於對1910-1933年間美國新英格蘭地區計件工人工作的生產統計。他將每月每人生產的件數與室外平均溫度聯繫，確定「氣候能」（klimatischen Energie）與季節和工作時間相關，理想室外溫度為15°C。一月，計件工人生產件數增多，效

率」(Effizienz) 略微提高。隨後效率持續升高至六月，達到最大值。夏季生產件數減少，但十月底十一月初時再次升到最高。韓廷敦還用同樣方法分析了中小學和軍校學生的智力狀況。

根據新英格蘭地區統計所得的基本資料和全球近一千一百個氣象站測得的平均溫度，韓廷敦繪製了一幅世界「氣候能」分佈圖（見圖表八）。該圖隱含的前提是，全球狀況均與新英格蘭地區相同。他還依據對十五個國家五十位學者的調查繪製了另一幅世界「文明程度」分佈圖。（見頁62圖表九）韓廷敦認為兩幅圖的相似證明瞭氣候對世界不同地區文明和文化發展的影響，並且其影響將會繼續。

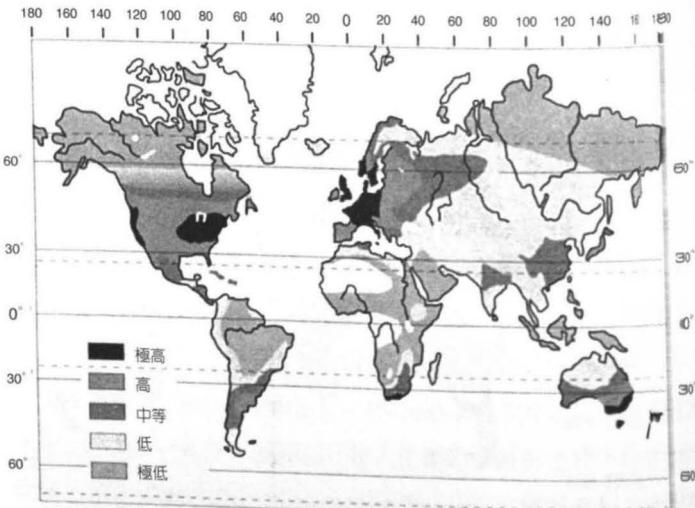
根據該假設，歐洲最具刺激性的天氣主要分佈在以利物浦(Liverpool)、哥本哈根(Copenhagen)、柏林(Berlin)和巴黎(Paris)為四角的長方形區域內。北美洲大陸氣候最佳地帶則在西北部臨近太平洋地區(西雅圖、溫哥華)以及新英格蘭的新罕布夏到



◎〔圖表八〕「人類能量」(menschliche energie) 導致的全球氣候後果與預期的生產效果有關。
(韓廷敦，《文明與氣候》(Civilization and Climate, 1924) 第三版，紐黑文，耶魯大學出版社)

紐約之間。另外澳大利亞部分地區和新西蘭氣候也很好。基於這種看法，韓廷敦極力建議正在建立中的美國聯邦順應天意將其公地點設在羅德島（Rohde Island），因為那裡的氣候具備世界最強的生產力。

如前文所述，氣候和人種曾被認為是文明「成功」（Erfolg）的必要條件，所以韓廷敦成為1920-1930年代美國優生學運動的領導人之一並不奇怪。優生學為十九世紀擔心人類退化的廣泛憂慮披上了科學的外衣。在其人類生育計劃中，優生學提出用政治手段淘汰所謂的退化威脅。其中的重要政策之一，就是令各民族適應不同的氣候條件。人種概念就屬於優生學的核心範疇。對韓廷敦之流的優生學家來說，最重要的是讓人們在生活中成功地適應當地地理條件。這一適應過程不再被看作是有歷史限度的必需，或是適應環境的某種「投機」（opportunistisch）、靈活的手段，而是一個普遍的、善過



◎〔圖表九〕人類文明程度圖（韓廷敦，《文明與氣候》（Civilization and Climate, 1924）第三版，紐黑文，耶魯大學出版社）

程。該過程由不同人種的能力決定（至少是部分決定）和限制。

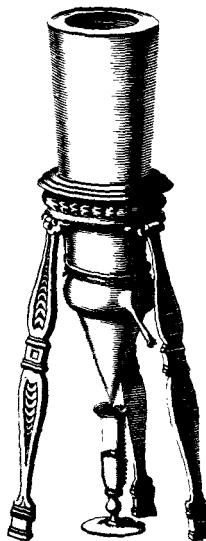
有以上觀點作為背景，就可以理解韓廷敦某些可笑的宣言了。比如，他認為非裔美國人沒有在美國北部地區絕跡，只是因為有來自南部地區源源不斷的移民補充。與之類似地，來自斯堪地那維亞（Scandinavian）的美國人在晴朗乾燥的地區生活就相對不太適應。他們在這些地區的死亡率非常高，如果沒有新移民到來，將在幾代後滅絕。與之相反，如果他們居住在濕潤的美國西海岸，就能迅速繁衍興盛。對韓廷敦來說，成功（人種完善）和失敗（人種退化）的原因很明顯：「像故鄉一樣」（ausgerottet）的氣候條件就像天生的、無法超越的命運跟追隨著人們，使人能夠適應當地文化現狀。而在陌生氣候下人們卻無法適應。另外，依韓廷敦的看法，氣候條件起了決定性作用，世界某些地區之於當地居民既不理想也不具毀滅性。如果氣候變化，當然應歸咎於已經適應了原來氣候的人。人的氣質應當完美地適應「他們的」氣候，從而達到最高級的文明。

俄裔美國社會學家索洛金（Piritim A. Sorokin, 1889-1968）至今仍是韓廷敦氣候決定論的有力批評者。他在1928年出版的《當代社會學理論》（Contemporary Sociological Theories）一書中，首次對韓廷敦的觀點發出異議。索洛金的批評建立在由韓廷敦自己的理論所作的邏輯推理之上。他並未否定將氣候、社會間關係作為大量研究物件的主張，而是舉發韓廷敦使用的許多資料根本不恰當。一些資料極其零碎或完全與其他經驗根據相矛盾。索洛金提到，韓廷敦的大量結論中還有許多闡釋，雖然看似合理，其實也不然。由二十世紀初其他研究者得出的資料，可知各氣候因素對工作效率絕無清晰一致的影響。而且工作效率每小時、每天發生的變化比觀察到氣候因素造成的變化大許多。韓廷敦選擇的資料、研究的方法和資料處理時的統計篩選導向了整個研究系統的錯誤結論。所以他的眾多結論似乎都值得懷疑。

然而韓廷敦沒有為索洛金的批評所動。他並未收回自己核心理論，反而繼續散佈氣候決定人類行為的理論。1945年，韓敦在臨終前不久出版了最後一部作品。圖表八、圖表九兩幅「氣候能」和「文明程度」空間分佈圖仍被原封不動地納入其中。

著名美國經濟學家威廉·諾德豪斯（William Nordhaus）¹將全球暖化敘述為經濟問題，引發了全世界的政治討論。他1994年着手研究韓廷敦的假說，證明韓廷敦的分析至少在經濟方面無法成立。

受馬克思主義者影響的歷史觀念中，也存在同樣的看法，認為氣候影響了社會的發展。這種看法認為，階級鬥爭的動態在氣候和其他自然環境因素的架構下展開。1981年，東柏林洪堡大學氣象研究所的所長伯恩哈特（K. Bernhard）曾以「氣候學，發達社會主義社會氣象服務的基礎」（Klimatologie, eine Grundlage für die entwicke-



◎最早的溫度計

西方科學史上最早溫度計，出現在1650年（如圖所見），為斐迪公爵二世所設計。這溫度計裡頭漏斗狀容器裝滿了冰，當周圍空氣溫度越高的時候，底部的容器的水位越高，漏斗狀的容器溫氣也會越重。

orologische Betreuung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft) 為題演講，表示：「就共產主義社會的秩序，馬克思曾說……，肥沃的土壤決不會最適合共產主義生產方式的進步。因為共產主義『要求人類超越自然的力量』，所以共產主義的搖籃不是熱帶氣候，而是溫帶，因為『社會地控制自然力以便經濟地加以利用，用人力興建大規模的工程以便占有或馴服自然力，— 這種必要性在產業史上起著最有決定性的作用』。有關氣候對社會發展的影響 — 從原始社會和發達階級社會的人類起源學發展，到氣候及其變化作為發展中的社會主義社會的地理環境因素 — 明顯應作更多研究和討論。這些研究不應當僅限於地理決定論及類似的不科學、盲目愛國的反動主張，例如認為有利的氣候能決定戰爭結果，或是颶風地區的居民會統治世界（韓廷敦）。」

撇開對其研究方法的批評，韓廷敦等激進氣候決定論者的觀察也暗藏缺乏客觀性和科學性的危險。而氣候決定論真正的危險是：它掩蓋了人類的自決作用，也就是說，否定了歷史是人類活動的產物。獨立的人類活動及其可能性被地理決定論所取代，人類與社會的影響因素降到了零。人類成了氣候系統的玩物，任由自然法則左右。這樣的姿態要求人類幾乎無限度地，甚至無意識地遵從現有的社會、政治規則。因為依據地理決定論，這些規則都不可改變。政治制度因此可以宣稱自己與自然要求相符，並有責任加強某些對公民的約束。違反約束就會被稱為威脅甚至是毀壞社會自然生活的狀況和資源。這樣就證明瞭人們不應違反氣候的規則，否則將遭到氣候全力的報復。

氣候決定理論為以歐洲為中心重構人類歷史提供了支援，還稱世界的未來歷史也必須以這個模式發展。優生學家和種族主義者希望改良人類與生俱來的特徵，所以他們借助氣候決定論為種族優越論建立了一個理想模式：人種的差異被天真地歸咎於氣候，種族區

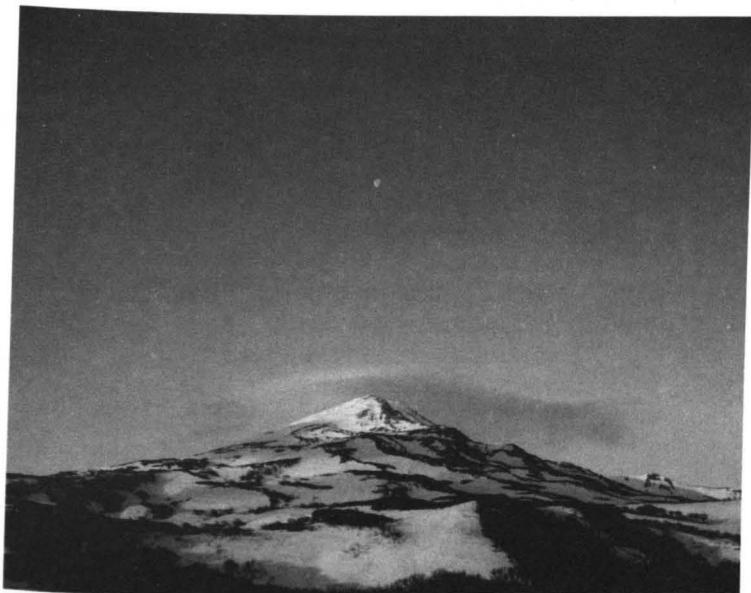
別總被與氣候聯繫在一起。人們接受了這種看似注定的牽連，但是實際上，強勢社會一直都佔據著氣候宜人的地區，因此「蠻人」（Barbaren）和文明不發達的種族才不得不在氣候惡劣的地區生活。

二十世紀中葉，氣候決定論的學說忽然走到了盡頭。二戰後，科學家不再關注氣候對人類和社會的影響。由於在認知和政治上靠近激進理論和國家社會主義，氣候決定論在戰後的歲月裡就聲匿跡了。社會學和自然科學的學術討論完全忽略了這一理論，因為被認為起到制約的作用。地理學家威廉·勞爾（Wilhelm Lauer）約在1981年明確表示：「氣候實際上塑造了人類存在——人類歷史——上演的舞臺，它最廣義地劃定了範圍，限定了可能性，限制了地球上可能發生的情況，但是沒有規定會發生怎樣的事。氣候提供人們需要解決的問題，但是解決與否，怎樣解決，都依賴於人類自己的想像力、意願和採取的行動。打個比方：要寫人類發展的劇本，無論電影還是戲劇，作者不是氣候，而是人類自己。」

對公眾來說，氣候決定論仍然顯得影響深遠。二戰結束不久，海德堡的社會心理學家威利·黑爾帕（Willy Hellpach）仍這樣形容北部及南部地區的居民：「北部地區居民的典型特徵是清潔、嚴肅、冷靜、沈著、勤懇努力、有耐心、堅韌、嚴格、始終不渝的理智和決心。南部地區居民的典型特徵是：活潑、易激動、衝動、感覺和想象力豐富、溫吞和順或者易怒。在同一國家中，北方更實際、可信賴，但是難以接近；南方人有藝術天賦，易相處（友善、可愛、健談），但不可靠。」與黑爾帕同時代的社會學和經濟學家宋巴特（Werner Sombart）在其創作前期，一直認為「土壤和氣候不僅決定了國家的富饒，還在很大程度上決定了人懶惰還是勤勞。」

1993年，英國氣候學期刊《天氣》（Weather）刊登了一篇氣候決定論的驚人文章。一位貝克先生（Beck）滿懷信心地寫道：「許多作者都曾關注過某個地區某民族的特徵和該地區氣候間的聯繫。」

係。中緯度地區和某些內陸氣候的地區較為類似，氣溫極值大，那裡的人往往行為偏執。1930年代，法西斯統治的西班牙、德國和奧地利均是內陸國家，年溫差多超過 20°C 。（義大利南部是例外，年溫差只有 15°C ，但是這就說明這片地區對法西斯的支援弱一些）…美國許多保留絞刑的州年溫差超過 20°C ，較其他西方國家高…也許永遠無法絕對肯定，中緯度地區的溫和氣候有助於形成寬容的社會風氣或極端氣候使人偏於狹隘，但是歷史紀錄讓人很難不作此聯想。而且，這樣的觀點能幫助我們發現有潛在問題的區域，就可以及時採取行動減輕其對和平的威脅…。」



◎人類創造力與氣候

氣候實際上塑造了人類存在 — 人類歷史 — 上演的舞臺，它最廣義地劃定了範圍，限定了可能性，限制了地球上可能發生的情況，但是沒有規定會發生怎樣的事。氣候提出人們需要解決的問題，但是解決與否，怎樣解決，都依賴於人類自己的想像力、意願和採取的行動。

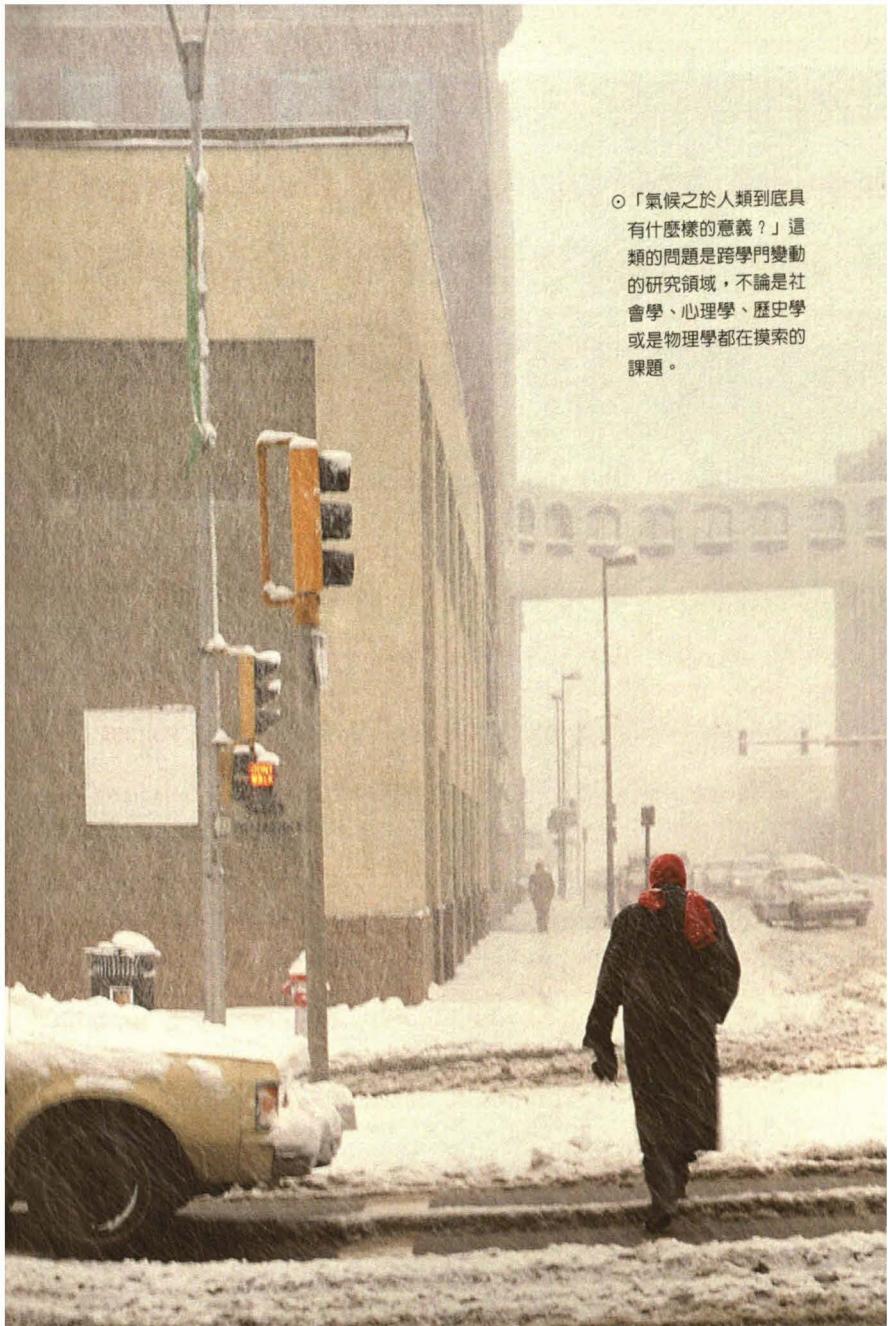
對社會科學家們來說，實驗研究氣候決定論一定相當吸引人。比如，研究氣候決定論對人們日常思維的影響程度，以及該理論與其他決定論 — 尤其是遺傳決定論（以及種族主義）— 之間究竟有多少聯繫。

近年來，偶爾又有學者（比如，在對氣候後果的研究中）試圖再次研究氣候對人類的意義這一經典問題。然而他們卻沒有意識到，分析氣候對人與社會的影響已有悠久的傳統。



溫室效應 (Green House Effect)

地球表由大氣層所包圍，就像溫室的透明玻璃，在陽光照射地球時，有防止地面溫度、濕度散失的功能，使地面溫度不會下降太快，地表年均溫因此能保持攝氏150度左右，此現象即稱為「溫室效應」。二氧化碳、氧化亞氮、甲烷和氟氯碳化物及臭氧，是造成溫室效應的元兇。溫室效應會使全球氣溫節節上升，連帶使得氣溫上升、冰山融化、海面上升、陸地面積減少；若加上氣候帶位移，可能引發動物大遷徙、屆時也有可能促使腦炎、狂犬病、登革熱、黃熱病等疾病的蔓延。1997年12月，149個國家和地區的代表在日本京都舉行《聯合國氣候變化框架公約》開會討論。通過艱苦談判，代表們通過了旨在限制發達國家溫室氣體排放量、抑制全球範圍內氣候持續變暖的《京都議定書》。

A photograph capturing a heavy snowfall in an urban setting. In the foreground, a person wearing a dark coat and a red hood walks away from the camera down a snow-covered sidewalk. To the left, a yellow car is parked, its rear end facing the viewer. A traffic light pole stands prominently, with snow accumulation visible on its arm and the signal lights. The background is a large, modern building with a glass facade, reflecting the overcast sky. The overall atmosphere is one of a harsh winter day.

◎「氣候之於人類到底具有什麼樣的意義？」這類的問題是跨學門變動的研究領域，不論是社會學、心理學、歷史學或是物理學都在摸索的課題。

◎ 廉建平：人類
百來的問題，是
自來社會，怎樣
全部依賴於人類
那三項想像力、想
像力及最後採取的
行動。





第 4 章 氣候—風險與威脅



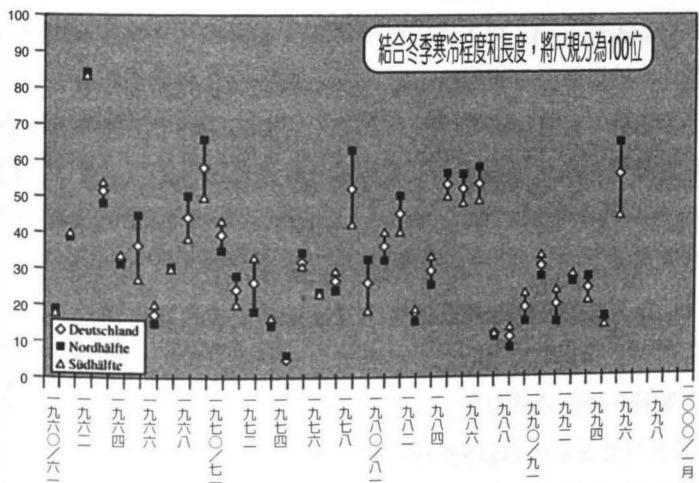
第四章 氣候—風險與威脅

對個人來說，氣候似乎是不變的，偶爾受極端氣候現象干擾。分析更加潮濕或更溫暖年份的長期觀察結果，才證實確有明顯的氣候變化。右頁圖即描繪了這樣的變化。圖中所示為1960／61至1995／96年整個德國冬季的「寒冷指數」。冬季德國北部並不都冷於南部，這相當有趣。而值得注意的是，冷冬、暖冬均繼續出現，有一定的規律。1978-1980年的冬季較冷，而1987-1994年的冬季均比平常溫暖。

1994年3月12日的坦帕論壇報（Tampa Tribune）刊載了這樣一篇文章，列舉了三十年間發生的氣候變化。根據這篇文章，人們可以估算出，在最近的二十二年中 — 1966年至1987年 — 那羅里達只有三十五次颶風。但是在更早的二十三年 — 1943年至1965年，颶風則出現了一百一十六次。



◎今天人們最擔憂的是，向地球大氣中排放溫室效應氣體可能引起人類的氣候危機。



◎〔圖表十〕1960／1961和1995／96冬季全德國對及德國南部、北部分別的氣候寒冷指數。

(引自「der wetterlotse」一書 591頁，1996年3月，資料由德國氣象部門提供)

千百年來，氣候一直在變化。比如，在中世紀暖期，維京人命名格陵蘭島為「Groenland」（意為綠島）。十一世紀至十三世紀時，當地氣候溫和，格陵蘭島還是綠色的。而今天，幾乎沒有人會再為它取這樣一個名字。

本章中，我們將氣候作為對人類的可變化性約束對其進行研究，討論氣候可變性的特點，從而令社會意識到它是不確定的資源。這樣我們才有理由說，氣候在某種程度上是一種風險與威脅。今天社會人們最為擔憂的是，向地球大氣中排放溫室效應氣體可能引起人為的氣候變化。後文將介紹氣候變化的自然科學及社會學構成：這兩種構成，究竟哪一個會決定性地影響氣候政策的形成，答案仍不明朗。

4.1（氣候變化的觀念史）中將概述歷史上以「氣候變化」（Klimaänderungen）為主題的科學討論，它與今天對人為氣候變化的討論在很多方面有著相似之處。然後將在4.2和4.3中介紹氣候變化的科學觀念。4.4將討論公眾對氣候變化的理解，4.5會分析一些歷史案例。最後，我們在4.6中討論氣候變化的兩種構成對社會和政治的影響。

4.1 氣候變化的觀念史

氣候的變化及其歷史、地質史過程一直受到氣候研究的關注，但它並不是最主要的研究物件。十九世紀中葉氣象研究「科學」之初，氣候變化的問題就被極大地忽略了。到了十九世紀晚期，由於愛德華·布呂克納（Eduard Brückner，1863-1927）的觀察分析，氣候的可變性才進入人們的視線，成為重要的研究課題，然而，[◎]

WAR DEPARTMENT.
Office of the Chief Signal Officer.
Washington, March 21, 1873—1 A. M.
TRANSMITTED BY RAILROAD OR BOAT TO COURSES OF STUDY
IN THE UNITED STATES.

SYNOPSIS FOR THE PAST 24 HOURS.

The storm-center that was Monday night over Kentucky, has moved with extreme slowness, and is now apparently over Western Virginia. Northeast winds, with rain or snow, have prevailed over the Middle and Eastern States, and westward over the Lower Lakes; brisk northerly winds, with snow, over the Upper Lakes and southward to Tennessee. North and southeast winds, with partially cloudy weather, are now reported from the South Atlantic coast. The northerly winds predicted for the Southwest have extended as far as high winds over Texas and Louisiana and northward to Missouri. The highest barometer is central over the Northwest. The barometer has fallen very generally at the Rocky Mountain stations, with cloudy weather, and with rain in Oregon.

PROBABILITIES.

The storm-center moves more rapidly northward over the Middle Atlantic States on Wednesday. Increasing northeast winds with rain or snow continue over the Lower Lakes and Middle and Eastern States. For the Upper Lakes and thence over the Missouri valley, continued cold northerly winds with clear or hazy weather. For the Ohio valley, north-west winds and cloudy weather, clearing away in the Lower Ohio during the afternoon. Fresh and brisk northwest winds extend from Louisiana eastward to Georgia, with clearing weather. Winds back to westerly by Wednesday night in Virginia. Contingency signals continue at Mobile, Jacksonville, Savannah, Charleston, Wilmington, Verfall, Baltimore, Cape May, New York, New Haven, New London, Wood's Hole, Boston, and Portland, Me. They will be displayed at the Lake stations from and after April first.

Published by Co-operation of the WAR and POST-OFFICE Departments.

Albert J. Myrick

Brigadier General and Chief Signal Officer, U. S. A.

◎最早的大氣預報
今日幾乎每個人都關注新聞當中的氣象預測。本圖為1873年3月21日美國華盛頓郵局張貼的每晚氣象電報

很快就又退到了幕後。直到如今，可能發生的氣候變化及其過程才再度成為氣候研究的核心問題之一。

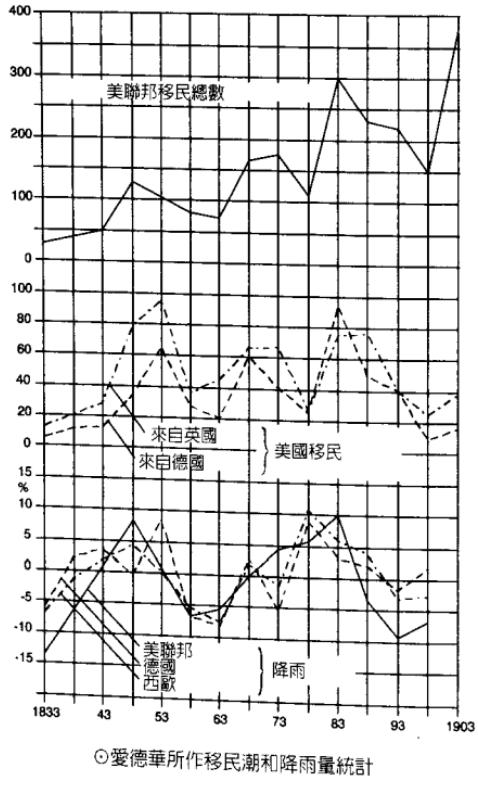
今天，不僅僅是科學家，公眾也參與到對人類引起氣候變化的激烈討論中來。因此，「溫室效應」成為了一種常識。科學家們對於氣候變化非常擔憂，較為直接地警告公眾：一場氣候災難即將來臨。人們似乎認為出現了新的氣候威脅，事實上完全不是這樣！

一個世紀之前曾出現過類似的討論。許多氣候學家發現，我們的氣候不僅在地質史上發生過變化，在幾個世紀，甚至幾十年中也在變更。無出水口的湖泊——比如裡海——的水位資料為觀察提供了支援。水位變化究竟是人類活動的結果，還是自然氣候變化造成的？科學家懷疑長期的森林砍伐和大幅擴張耕地是人為氣候變化的原因。他們在某種程度上確定，這些變化反映了正面的發展趨勢（從「犁到雨隨」(*der Regen folgt dem Pflug*)的意義上說)。但是，人們更多注意到的是氣候變化的負面後果。

尤其值得關注的是，這些討論不只限於科學範圍。像現在人們的做法一樣，當時的一些科學家直接將討論訴諸公眾，要求對人為氣候變化問題採取措施，即今天所說的氣候政策或是氣候保護。他們主張防止氣候在負面的經濟、政治、社會影響下繼續變化。而另一些科學家則認為，觀察到的氣候變化是自然現象，也許與宇宙的某些變化過程有關，社會自身應與其「適應」(*anpassen*)。一些歐洲國家的議會和政府還設立了委員會，討論「適應」氣候變化的問題。

接下來，我們將介紹一個世紀以前這場氣候討論中最突出的兩位領導者。

愛德華·布呂克納和前文曾提到過的漢恩 (Julius von Hann) 分別是維也納大學地理學和氣候學的常任教授。他們對歷史上氣候變化的意義持相反觀點。



◎愛德華所作移民潮和降雨量統計

1890年，布呂克納的代表作《1700年以來的氣候變化》(Klimaschwankungen seit 1700)出版。布呂克納根據世界最大的陸湖 — 裡海 — 水位的波動斷言，在裡海觀察到的氣候變化是於某個週期大約為三十五年的氣候原因。最高水位是大氣溫度降低、濕度增大造成的，而最低水位是天氣乾燥溫暖的結果。布呂克納在另一份論文中分析了降雨和全球相連水位的聯繫。他發現世界各地都存在水位長期變化，並強調他確定的週期原由不明。

布呂克納對氣候變化的經濟、社會和政治後果非常感興趣，研究過氣候變化對人群移居、作物產量、貿易平衡以及人類健康和世界政治權利平衡的影響。他是最早提出降雨量變化直接影響農業

產的人。他後來發現，西歐和中歐農業的高產出現在天氣乾燥溫暖的時期。與之相反，大氣濕潤涼爽的時期，農業產量相對降低。布呂克納發現，在同為大陸地區的俄羅斯和美國中部，氣候變化產生的影響相反—歐洲湧向美國的移民潮隨著氣候的波動減弱或加強。歐洲海洋氣候下農業生產條件變得惡劣的同時，北美洲大陸氣候卻有所改善，反之亦然。布呂克納通過移民人數和降水的資料肯定了這一觀點。（見圖表十一）

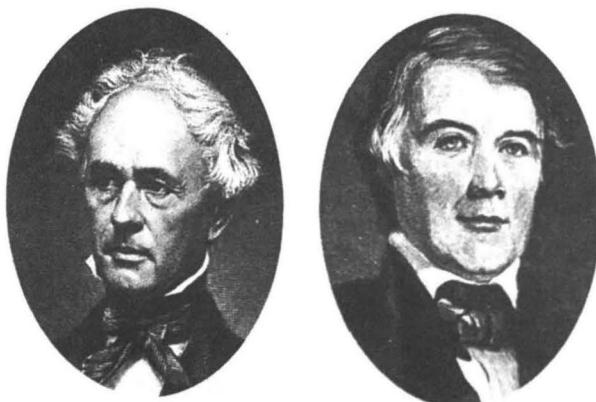
布呂克納在演講和報紙文章中對大眾及受氣候變化影響的職業群—例如農民—公開了他的研究成果。當時的報章雜誌對他提出的看法展開了討論。

漢恩研究氣候學的方式截然不同。他被認為是同時代最重要的氣象學家之一，也是首本氣候學教科書（1883）的作者。對漢恩而言，最重要的是在可信的觀察基礎上陳述氣候狀況。氣候狀況陳述應適用於對不同氣象現象的理解和氣候學討論。他還回避任何有關氣候對社會影響的討論。

在其所著教科書中，漢恩只是略微提及了氣候變化的觀念。當時的氣候討論主要與氣候週期性有關。因此，漢恩區別了「漸進的」（progressiven）變化（即延續的變化，或是我們今天所說的「氣候變化（klimawandel）」）與特定時期內的「循環的」（zyklischen）變化（即圍繞中間狀態的變動和震盪）。根據其列出的觀察資料，（見頁61圖表八）恩認為，沒有確鑿證據可以證實各大洲及國家在歷史上存在過「漸進」氣候變化。他只在其觀察氣候系統反應的資料中找到了一點證據，能夠用來證明太陽黑子數量的週期性變化。因此他抵制一切認為太陽黑子變化影響地球氣候的看法。然而，對布呂克納提出的週期約為35年的氣候變化，漢恩表現出開放和積極的態度。因為與對太陽黑子影響的推測相比，布呂克納的觀點來自對大陸、海洋相反氣候趨勢所作的大量經驗觀察。而且，有了大約三十

五年的氣候變化週期，就能夠解釋為什麼之前在不同地理區域和時間觀察到的氣候變化是相互矛盾的。

十九世紀許多方面的情形和現在是可比較的：科學家都逐漸明白，氣候不是恆定的，它在數個世紀，甚至數十年內都在發生明顯改變。同時，氣候改變根據自然過程的不同，既是系統的——作為人類行為反應（漢恩所說的「漸進的」），也是暫時的（漢恩所說的「循環的」）。引起自然氣候變化的原因不得而知。不同的是，推理假說則認為氣候變化是因為太陽輻射或其他「宇宙」(kosmische)過程。許多科學家錯誤地忽略了目前完全可比較的氣候反應，認為相對緩慢的自然氣候變化才是系統性氣候變化的標誌。比如，一些科學家就認為，布呂克納提出的氣候週期變化是森林砍伐及其他土地商品化行為的永久性後果。



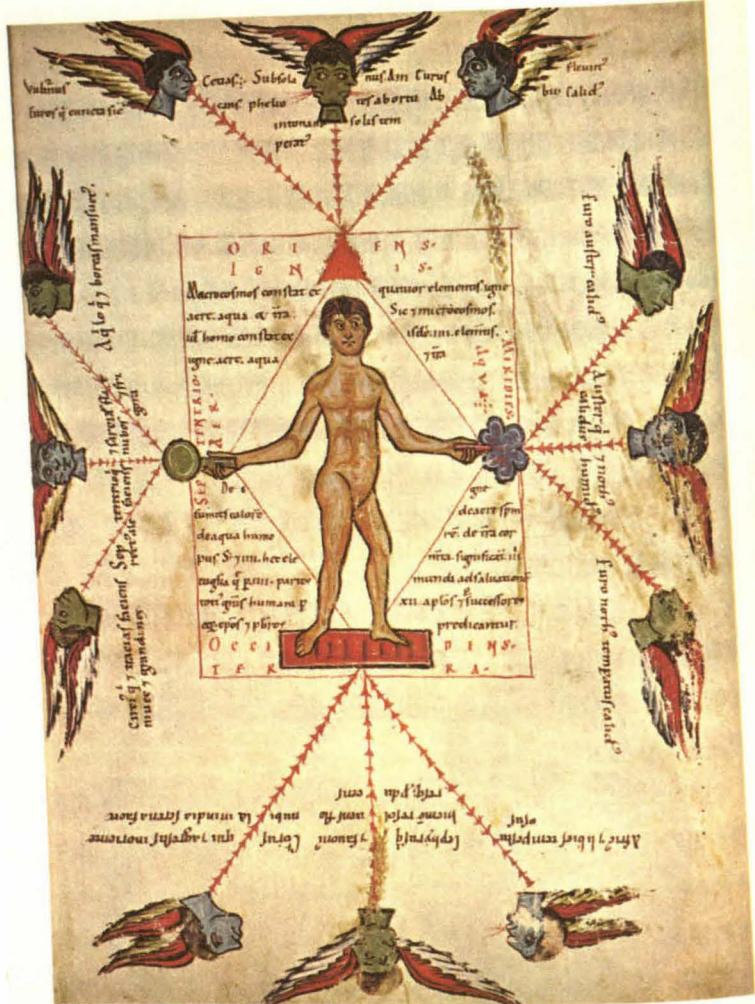
◎瑞菲爾德與艾斯比

十九世紀的最早針對氣象本身進行討論的兩位美國學者（圖左）瑞菲爾德（William Refield）與艾斯比（James Espy）。艾斯比認為，暴風行進的方向是由外圍向中心，而事實證明了瑞菲爾德的看法 — 暴風行進以逆時針方向旋轉 — 比較貼近於事實。

像今天一樣，當時的科學家意識到氣候對經濟和社會機構的某些因素確有相當的影響。考慮到這點，科學家面臨的問題是，僅僅將此知會公眾，還是要明確警告大家，即將有氣候變化發生。以漢恩為代表的科學家選擇固守測量和對觀察資料所作分析的精確性，僅同其他科學家進行溝通；而以布呂克納為代表的科學家自覺在道義上有責任將事情公諸於眾。與今天科學家非常自覺的環境意識及其「鼓吹」(aktivistisch)相比，布呂克納並未要求任何緩和環境變化的特殊政策。然而，其他科學家在這點上卻沒有遲疑。十九世紀末，美國人霍夫 (F. B. Hough) 為了防止北美大陸繼續變乾，以「美國科學發展學會」(American Association for the Advancement of Science，簡稱AAAS) 的名義號召在北美採取植樹措施。實際上，在十九世紀，「人類引起氣候變化」理論的擁護者對公共管理和政治有著一定的影響。好幾個州的議會和政府都設立了委員會，專門處理有關氣候變化的事宜。

十九世紀末二十世紀初，科學界和公眾關於氣候變化的激烈討論很快從日程中消失了。人們達成了新的共識，認為氣候變化是短暫的，並且由於固有的氣候平衡，變化還是細微的。直到最近，這種觀念還佔據著統治地位。

這段科學史清晰地表明，氣候研究中日趨流行的科學研究類型，尤其是氣候問題的公眾解釋，並不是新的。與一百年前一樣，今天，背景、見解各異的科學家們都參與了氣候問題的討論。而對用於預測天氣變化的資料的懷疑和不確定也不是今天才出現，漢恩在一百年前就提出了這樣的觀點。現在的許多觀察者認為全球出現了許多新的觀點和問題，這是毫無根據的看法。我們的例子說明，十九世紀末的時候就已經預測了氣候的變化。布呂克納就堅信，氣候是一個全球系統，氣候變化在全球範圍內發生，其持續時間達幾十年甚至幾個世紀。



◎人類宇宙學

「人類是萬物的尺度」，希臘哲學家曾經這樣說過。中世紀的時代，一般認為人類是構成萬物的最小宇宙，也就是宇宙的縮小型態。本圖為人類與各個方向的風之間的關係。上為東，下為西，左為北，右為南。

現代氣候研究是由自然科學領域的研究在主導，因為社會和人文學科以不足以應付現代的環境和相關社會問題及其後果的研究。社會科學試圖證明氣候由社會決定的不堪歷史（見3.4）終將消逝，氣候研究將會朝跨領域合作的方向，拓展新的視野和研究課題。

現在，我們只能猜測為什麼對氣候變化及其社會影響曾經熱切甚至熾烈的討論會變得悄無聲息，被人們拋在腦後。其間的確出現了一些其他的重大問題：第一次世界大戰、嚴重的經濟危機、極權制度的崛起等等無疑打偏了人們對氣候變化問題的興趣。另一方面，因著技術的發展氣候研究形態也隨之改變。



◎19世紀末20世紀初，科學界和公眾關於氣候變化的激烈討論的新共識，認為氣候變化是短暫的，而且因為固有的氣候平衡，變化還是細微的。直到最近，這種觀念還佔據著統治地位。

4.2 自然氣候變化

由於自然過程，氣候發生變動的時間尺度很廣。這類自然變動可能是氣候系統的內部活動，也可能由短暫的改變引起，如太陽輻射變化或火山爆發造成的平流層氣懸膠。「變動」(schwankung) 意指氣候偏離正常狀態的改變。有時溫度高於正常，有時低些；有非常的風暴時期，也有時風平浪靜。因此氣候偏離常態的時間長短不等，卻常常與反方向氣候波動相互轉換。比如，涼爽過後隨之而來的是溫暖，乾燥之後就會濕潤，等等。因此，「正常狀態」(normalzustand) 更像是個虛構值，因為在地球地理史中並無「正常」(normal) 狀態。我們提到的正、反向氣候偏差並不是長期均等的，這只是長期平均值的數學結構。如我們所說的，「世界氣象組織」(World Meteorological Organisation) 規定的平均時間間隔為三十年，它並非自然常數，而是社會結構下的慣例，與人類的經驗範圍相符。

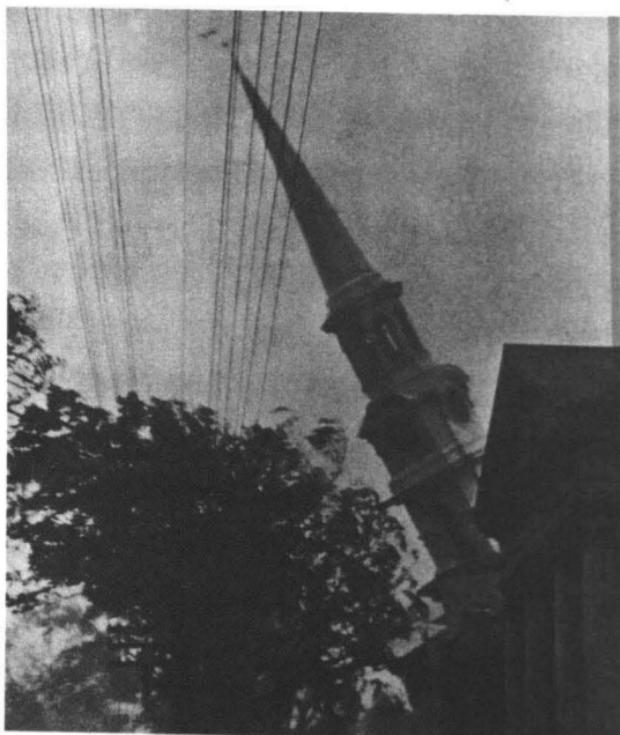
我們不應該用像溫度的「年循環」或潮汐那樣規律的週期性變化來表示氣候的變動。對於具週期性變化特徵的過程，即使對遙遠的未來仍可做出準確的預測，譬如我們可預測：在西元4000年北半球夏季將和現在一樣要比冬季溫暖。然而，我們無法照這樣預測真正的氣候改變。今天對下個季節平均溫度變化的預測，即使僅僅限於「比平常溫暖」(warmer als normal)、「比平常寒冷」(kälter als normal) 這樣的簡單敘述，也幾乎是不精確的。氣候變化的時序沒有一定的規律，經過了十個溫暖年之後接下來的三年是冷還是暖都有可能，經過了多年的乾旱 — 就像撒哈拉 (Sahel) 地區1970、1980年代的例子 — 接下來的幾年有可能是乾旱和濕潤年份交替出現。

這個問題上不適合用「循環式」和「漸進式」氣候變化這樣的說法。「漸進式」改變是不可逆轉的變化，起因可以是輻射平衡或地表狀況的系統變化。人類引起的氣候變化也屬於漸進式氣候改變，我們將在下一節中談及。大陸位置的改變，或是山巒的形成都經歷了數百萬年時間。「循環式」這個詞不僅隱含了一種時間變化的特徵，也代表了一種週期性。「非漸進式」(nichtprogressive)的時間計算方法在形式上是由有限的「波」(wellen) 與特徵週期組成的。若想做預測時只要確定氣候變化的週期和過去一段時間內（例如一年）的氣候狀況，就可以預測。

蕭納伯 (Sir N. Haw) 爵士在著名的1936年《氣象學手冊》(Manual of Meteorology) 中用了相當多的篇幅介紹所謂的氣候系統中顯著的週期，其長度從數天至數個月不等。所列包括之前幾十年間的研究結果。類似的方法不僅用在氣象學，還應用於從經濟循環到地震預測等許多其他領域。人們對「調和分析」(harmonischen Analyse) 的熱衷還表現在「循環學會」(Society of Cycles) 的成立上，前文提到過的韓廷敦就是創建者之一。直到今天，仍然斷有人試圖從觀察資料中找出「明顯的週期」(signifikante Periodizitäten) 並將之用於預測。

在氣象資料集中能找到想像得出的一切週期，這個事實早期一定會令科學家感到懷疑。另外，氣候預測的經常性失敗也是一種警告。但直到1937年，俄國經濟學家斯拉茲基 (E. Slutsky) 出版《對隨機事件的總結作為循環現象的根源》(Das Summieren zufälliger Ereignisse als Quelle von zyklischen Phänomenen，書中的結論1927年即在俄國刊出)，人們無端的擔憂才得到消除。即使資料在結構上不存在有規律的變數，分析任何有限時間序列都會發現週期的存在。這樣，結構完全沒有規則的變數也能被人為分成週期性的各個部分。

我們現在認為氣候的時間序列綜合了外在「決定性」(deterministischen)因素（如火山爆發）和內在非週期性因素。長期以來地球運行軌道參數的改變（地球公轉軌道的形狀以及在該軌道上地球的傾斜）似乎對地球氣候有週期性的影響（Milankovicz理論），這種影響明顯無法充分解釋冰河時期和間冰期的氣候變化。許多人試圖解釋太陽黑子的週期對地球氣候有週期性影響均告失敗，這種看法被完全否定。但在數年以後，來自柏林和博爾德的兩位氣候學家卡琳·拉比茨克（Karin Labitzke）及哈利·房龍（Harry van Loon）在這一領域發現了令人神往的新現象，此後人們才重新開始討論這個話題。

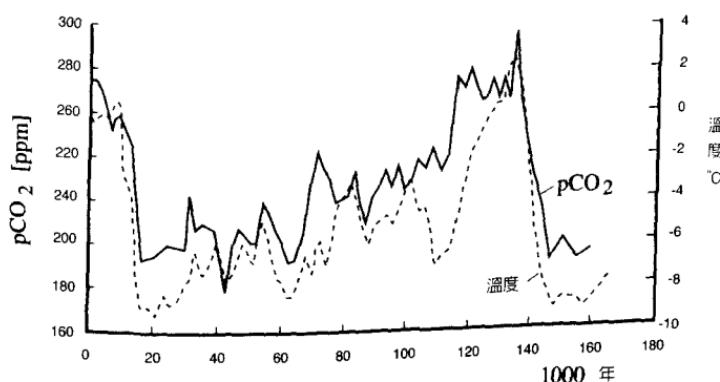


◎極端風暴

短暫氣候變化造成極端風暴的發生。由風暴的頻率、強度的統計學特徵，類似「百年一遇的風暴」或「千年一遇的洪水」的極端氣象狀況隨時可能發生。譬如西元1938年，發生百年一見的狂風暴雨，以每小時90英哩的強風，將新英格蘭的教堂吹得東倒西歪，圖中可以看見教堂的頂已經嚴重左傾倒，將要壓壞大街。

氣候變化的最短週期僅延續數日。這類「天氣變化」以風暴過境或持續高壓（「阻塞」（blockierungen））的形式出現。對氣象學家來說，這種干擾狀況反映了溫帶大氣環流中的渦流長時間內的不穩定性和非線性。「天氣變化」的頻率和強度是變數，可以看作近似隨機分佈的量。短暫氣候變化還造成了極端風暴的發生。由於風暴的頻率、強度的統計學特徵，類似「百年一遇的風暴」（100-Jahres-Strum）或「千年一遇的洪水」（1000-Jahres-Strum）這樣的極端氣候狀況隨時可能發生。在任何時間和地點，這類事件發生的幾率極小，但是不為零。

直至目前為止，氣候研究也很少考慮到每一年的氣候變化，熱帶地區的「聖嬰現象」（El Niño）是例外。「聖嬰現象」是一種不規律現象，它與太平洋赤道區域溫暖海水範圍的擴張和收縮同步。其結果是某些熱帶地區的降水反常。南美洲西岸的降雨明顯增多，而澳大利亞降雨急劇減少。除季節更替外，沒有其他自然現象比聖



◎〔表十二〕過去十六萬年間 溫度(°C)及 CO_2 濃度(PPM)對南極冰核分析得出圖中溫度為與現在平均溫度相比的偏差。

嬰現象延續時間更長，影響更持久。這種氣候異常可通過一定的方式進行預測，通常持續一年或一年以上，並有逐年交替的趨勢。目前已經可以提前一年以上預測聖嬰現象的發生。溫帶大部分地區尤其是歐亞大陸聖嬰現象的影響不明顯。現在，人們認為聖嬰現象的產生過程中太平洋赤道地區的波動傳送在某一時期加劇了大氣變化，尤其是熱帶對流釋放熱量的變化。

另外，氣候系統在十年、一百年以上的時間內表現出明顯的變化。缺乏觀察資料或資料不均勻令人們對氣候變化的紀錄和理解顯得不足。1500至1750年北歐的「小冰河時代」(Kleine Eiszeit)：持續數個世紀的氣候異常的例子。約一萬一千年前，發生了「新女木」(Jungere Dryas)事件，北歐氣候驟然回復到寒冷狀態，也屬於這類氣候異常。圖表十二中由冰蕊推演出的過去十六萬年的地平均溫度和大氣CO₂濃度，它證實了有持續時間更長的氣候變化。所用冰蕊在南極的俄國東方(Vostok)研究站獲得，由俄、法兩科學家共同詮釋。從圖中可以明確看到過去一萬年間相對溫暖的時候狀況、過去九萬年的冰期順序，以及約十二萬年前最後的間冰(「依米安」Eemian期)。由圖還可以看出，溫度和CO₂濃度的變更是同步的—溫度高相應地CO₂濃度也升高。但是，是CO₂濃度變使得溫度改變，抑或溫度CO₂改變濃度，或者兩者都受第三種過程的控制，尚不能確定。

我們對導致氣候變化的自然原因了解並不完全。如3.2中提到的，太陽活動的改變究竟對氣候有多少影響，目前還有待爭論。尤其是太陽黑子，歷史上總被認為是氣候變化的重要原因。

基本的長期氣候變化的形成有三種不同步驟：

●外部影響。塞爾維亞天文學家米路丁·米蘭科維奇(Milutin Milankovicz)的著名理論即為此類。該理論認為，冰期可由地球軌道的週期變化解釋。我們今天知道，這樣的變化只能部分解釋冰

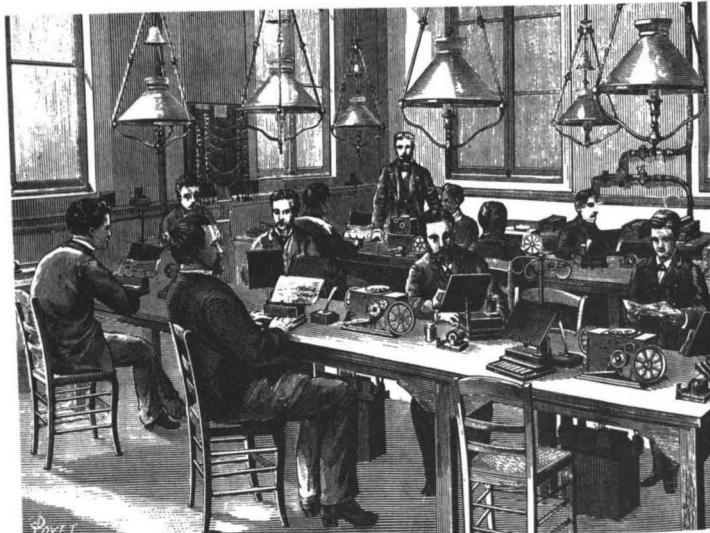
和溫暖時期的交替。其他外部影響因素與地球以外的過程有關，尤其是太陽活動或是地球地形變化。地理史上太陽活動的急劇增多（詳見4.3）以及大陸漂移就是這樣的例子

●1950年代之前，外部影響是解釋氣候變化的唯一途徑。例如，這種思維模式就出現在韓廷敦和費舍（Visher）所著的《氣候變化》（Climatic Change）一書中。

●內部「決定性」動力學，比如系統內非線性相互作用引起的動力學，能夠造成很有趣的時間、空間形式。前文提到的「新仙女木」事件應該就屬於其中。首先要介紹一下1960年代中期美國氣象學家愛德華·勞倫斯（Edward Lorenz）激動人心的發現 — 「混沌理論」（Chaos-Theorie）。但是在「混沌理論」框架下形成的對自然氣候變化的理解還未真正具備說服力。

●最簡單的解釋來自漢堡的氣候學家克勞斯·哈席爾曼（Klaus Hasselmann）。他認為，物理系統可以在迅速變化的隨機事件（稱為「雜訊（rauschen）」）影響下發生緩慢變化。在氣候中，天氣的變化扮演著「雜訊」的角色。哈席爾曼的理論被認為正確地描述了氣候自然變動中很顯著的一部分。該理論與氣候資料統計結果缺乏明確的週期循環和氣候變動的時間特徵是一致的。

自然氣候可變性的研究有各種各樣的途徑：一種方法是分析觀察所得資料，另一種是設計詳細、逼真的氣候系統模型。在嚴格意義上來說，實驗是不可能進行的，因為氣候系統是獨一無二的。它是「開放的」（offen），即受到一系列無法控制的外部影響。此外，氣候系統的界限也很難定義。什麼屬於其中，什麼不屬於？太陽不屬於氣候系統，而地球大氣圈屬於它。但是植物圈呢？人類呢？



◎電報與氣象

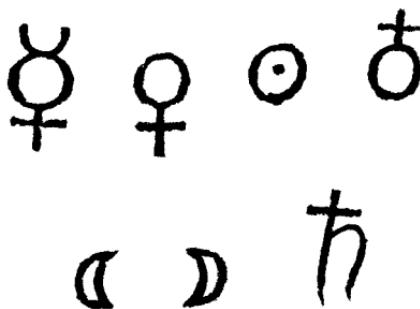
十九世紀的法國電報中心的一角。此電報中心拍打與蒐集每日的氣候資料，長期以來累積許多的資料與資歷，此舉使得法國成為出版氣候地圖的歐洲氣候研究重鎮。

分析觀測資料時，實際上資料常常只能再現一個較小範圍中，或是相對較短時間內的氣候狀況。因此很難確實地估計長時間、大範圍的情況。迄今為止，全球觀測只進行了約一百年，而且這組全球觀測資料有很大的空間遺漏。很長時間裡，太平洋和南半球洋面的大片區域幾乎沒有船隻經過，所以很少有這些地區的資料。大約三十年前，開始例行使用衛星進行觀察，才有了觀測質量有保證、範圍更廣的優良資料組。這樣的資料顯然還不足以用來描述延伸數十年的氣候變化。

氣象學和海洋學研究自一百多年前就開始收集儀器測量的氣候資料。此外，還有間接資料，比如前文提及的冰芯。樹木年輪的幅度或深海沈積物的沈積特性也提供了有關過去氣候變化的資訊。

「樹木年輪寬度」或「海洋沈積物中石灰質貝類的同位素關係」了解到的知識並不瑣碎，只是結果的精確度有限。在專家的闡釋下，它們為了解幾百年、幾千年甚至上百萬年的氣候變化提供了豐富的資訊（見范·安德（van Andel），1994）

氣候模型是對氣候系統組成部分的作用及其相互依賴所作的複雜的數學模擬。它們近似於真實的氣候系統。這種氣候模型能夠極佳地描述大氣、海洋這樣的氣候組成。因為這類氣候組成的動力學有一部分 — 流體動力學 — 至少在理論上是完全已知的。（流體動力學描述了受質量、能量、動量守恆規則支配的氣體和液體流動）流體動力學顯然是非線性的，即大規模和小規模的事件會相互影響。流體力學方程不能獲得精確的解答，科學家就使用了數學近似值，即將描述限定在複雜系統的「重要部分」(signifikanten Teil)。系統的非線性導致了數學近似值也會出現一些錯誤，理想上這樣的錯誤相當微小。



◎下巴里符號

瑞士科學家藍伯（Johann Heinrich Lambert，1728-1777）發明了Cabalistic 符號用來簡潔的紀錄天氣的狀態。這些圖案看起來有點像是傳統的象形文字，卻能夠在當時代表各種不同的氣候意涵。

由左至右由上而下：多雲、多雲時晴、晴朗、有霧、零星降雨、豪雨、下雪

流體動力學描述雖不完美，但是令人滿意。而熱動力學過程模型（比如水份冷凝過程與混合過程等狀態的過渡）就存着問題。總體來說，在較小或最小的空間尺度內，熱動力學氣候過程容易理解。但在氣候模型中，可解析的最小空間尺度仍比熱動力學過程的微觀物理量度大許多個數量級。舉一個例子：大氣層吸收和反射的過程對氣候形成有決定意義。該過程依賴於雲的大小，因此雲就有非常重要的意義。水滴大小對氣候模型無意義，但是它影響著輻射狀況以及地區的升降溫形式。在模型中，這類過程將被「參數化」(parameterisiert)，就是說，範圍內狀態變數受到抽象尺度的綜合影響作出估算。過程參數與基本物理原理不相矛盾，並且與儀器觀測資料相一致。最重要的是，它應使氣候模型對全球氣候狀況的模擬得到改善。這樣所有的過程參數化都是最佳化的，能夠表現當下的氣候。我們還可以期望，過程參數化能夠適用於略有變化的氣候——當然是物理標準的細微變化。

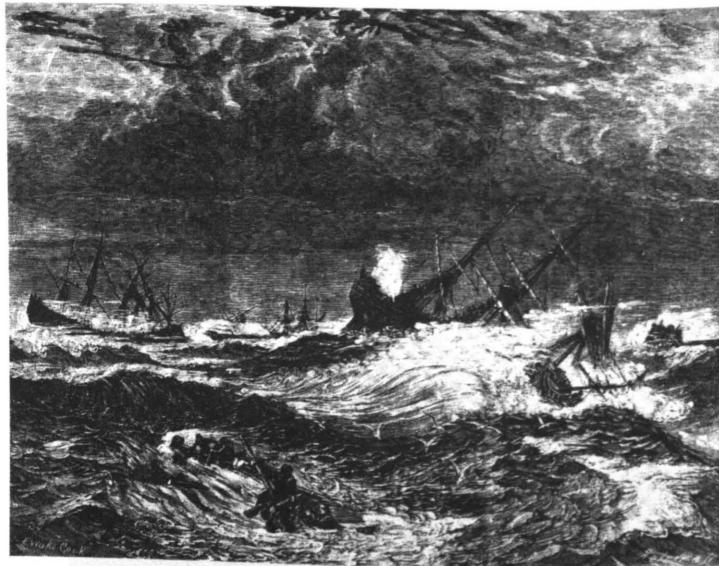
我們只能從表現氣候可變性的能力上檢測氣候模型。標誌一為氣候模型是否正確重現了氣候的年變化過程。

氣候模型的可信度還表現在天氣預測能力和預測「聖嬰」的能力。但是現有氣候模型對長期自然氣候變化的實際掌握能達到怎樣的程度，尚不能確定。

在氣候研究中，氣候模型地位顯著。不僅因為氣候模型能表現未來氣候發展的情景，更重要是由於它們使得「虛擬的、可辦的現實」(virtuelle, manipulierbare realität) 成為可能，從而能在中進行有針對性目的和想法的實驗。與真實狀況相反，氣候模型閉合的系統（該特性也許會造成問題）。至少在理論上，氣候模型按所需的任意頻率和時間間隔運行。這樣就能像古典物理中一樣，產生多個等效的實例。有了這類氣候模型，就可以試著解釋

關於氣候影響最早的科學紀錄，與十七、十八世紀北美殖民地的耕作有關。1770年，威廉姆森（Hugh Williamson）醫生在《美國哲學學會學報》（Transactions of the American Philosophical Society）上發表了有關英國殖民地氣候變化的文章指出，由於土地用途發生改變，新英格蘭地區的氣候有所改善，尤其是冬季西北部的狂風暴雨有減少。這是為數不多的認為人類活動對氣候有益的情況之一。

十八世紀末、十九世紀初，流行於德國和瑞士的觀點認為，降水變化是由避雷針引起的。官方認為有必要反駁這類觀點，並對由此引發的強制行為作出緊急警告。因此，1816年七月九日《新蘇黎世報》（Neuen Zürichen Zeitung）即登載：「六月三十日，官方公



◎海上災難一

風暴不僅對陸地造成嚴重影響，在無法「腳踏實地」的海上遭遇到風暴，更是令人怵目驚心。發生在西元1703年12月英吉利海峽（English Channel）上的風暴，造成8000條人命葬身海上的悲劇、這次的災難也造成14000個家庭的破碎，可謂英國海上災難史上最慘烈的一次傷亡。

佈了以下宣言：地方政府的職責應為使人民了解，這些現象令上級政府非常遺憾和尷尬。錯誤幻覺和偏見目前散佈於各縣郡，認為建築安裝避雷針導致天氣對農業不利，本州一些地方政府廣泛推行破壞避雷針尖端；還有一些極度失去理性或是瘋狂的人乘機破壞社會安全，侵犯神聖財產，企圖強行破壞被無端懷疑的避雷針……不過，應找出那些以避雷針危害為由，愚蠢和荒謬地偷竊其他市民財產，破壞他人生活安寧，危害社會安全的心存不軌者及破壞者。因此……上級政府向地方政府發出最嚴格的命令，要求處罰每起違法行為，嚴懲不殆，以儆效尤。」

愛德華·布呂克納在其《1700年以來的氣候變化》一書的導言中總結了十九世紀自然氣候變化與人為氣候變化的討論。書中認為，土地使用方式的改變，尤其是森林砍伐及植樹造林是最有力的氣候變化因素：1870年代早期，維克斯（G. Wex）出版了有關泉水、河流、溪流水量減少的著作。維克斯認為：「文明國家水位降低是由於降雨量的持續減少。…由研究結果，維克斯總結其定律：文明國家泉水、河流、溪流的水量減少，主要原因是森林砍伐及由此引起的降雨減少。…這個例子應引起認真的思考。1873年在維也納舉行的農林業會議詳細討論了這一問題；普魯士國會委任了特別委員會審議一項法律提案，內容為維護和鞏固有保護作用的林地。提案指出，普魯士河流水位的逐步降低是森林砍伐最嚴重的後果之一，只能植樹造林來設法挽救。值得一提的是，在同一時期，或僅早此數年，俄羅斯也出現了同樣的憂慮，其政界也開始重新考慮森林問題。」

1950、60年代的原子彈實驗曾一再被認為會產生延續的氣候影響。喬治·金寶（George Kimble）在1962年7月8日的「紐約時報」（New York Times），發表了題為〈天氣 — 它為許多人類活動所改變，卻大都不是變好〉（Das Wetter — viele menschliche Aktivitäten

氣候系統形成中的作用、北大西洋風暴對降水的影響，或是被稱作「輸送帶」的溫鹽環流。

與自然氣候系統一樣，氣候模型所模擬的氣候有各種時間尺度的變化，儘管太陽輻射等外部因素並未改變。這些變化沒有週期性一日循環和年循環除外，並根據它們的統計特徵可以對氣候作短期預測。雖然無法根據觀測資料嚴格驗證這些變化時間、空間特徵的正確性，但氣候模型的模擬結果和觀測資料大體上是一致的，並且也可以模擬觀測到的氣候變化動力特性。因此借助模型，能夠深入了解如海灣洋流的穩定度、北大西洋振盪的本質等問題。

氣候模型對細節的重現成功與否，與模型空間範圍有關。根據前文提到的能量串跌（Kaskadensicht），空間範圍越大，模型越成功。相反地，小型空間範圍內的模擬通常會失敗。

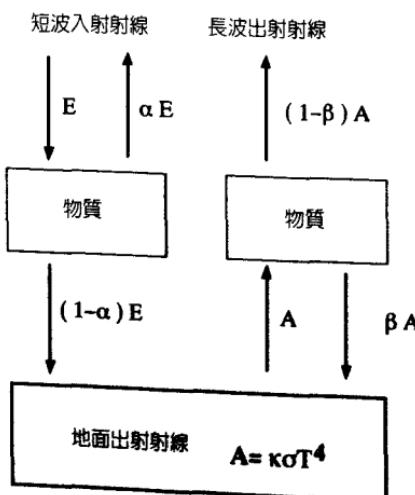


◎氣候模型是對氣候系統組成部分的作用及其相互依賴所作的複雜的數學模擬。它們近似於真實的氣候系統。

4.3 人為的氣候變化

全球氣候在很大程度上取決於全球輻射平衡及維持平衡條件。關於輻射平衡3.2中已有介紹，圖表十三詳細描述了該平衡樣在自然事件和人類行為作用下發生改變的。

首先，太陽輻射產生的能量E到達大氣上層，現在該能量大小為每平方公尺342瓦 (W/m^2)，為短波輻射。能量E的一部分以短波形式反射回太空。該反射在雲層、冰面以及地表等處發生，平均反射率 $\alpha = 0.30$ ，又稱反照率。其餘70%到達地球表面輻射，幾乎完全為不同的地球表面——一般來說為陸地和海洋——吸收，而引起溫度上升。另一方面，根據史蒂芬-波耳茲曼律 (Stefan-Boltzmann)，地球表面還會出射能量，發出長波（熱輻射A，輻射能量與溫度的4次方成正比。地球表面溫度越高，長波輻射能量就越大。該長波輻射經過大氣向太空射出的過程中，部分



◎ (圖表十三)
輻射平衡圖。顯示
活動提供的能
熱輻射，X為反射率，
為被大氣重新輻
向的熱輻。

大氣中的氣體吸收，並被散射到各個方向。這樣，部分能量又回到地面，這部分能量為 βA 。最後，地球表面溫度達到一定時，到達宇宙的長波輻射能量 $(1-\beta)A$ 與未被反射的入射短波輻射能量 $(1-\alpha)E$ 相等，即 $(1-\beta)A = (1-\alpha)E$ 。這就是溫室效應的原理。實際上，真實情況更加複雜，因為其他狀況的影響，地球表面在垂直水分和熱傳遞時有能量損失，溫室效應的基本模式並不受到影響。

如無大氣層存在， α 可減少到極小（沒有雲層）， $\beta=0$ （無氣體和煙霧），這樣地球平均氣溫將為 -10°C 左右。有了大氣層，平均氣溫才可能達到 $+15^{\circ}\text{C}$ 左右。

從對輻射的簡要分析，可推測氣候變化的一系列可能方式：

1. 陽輻射 E 的活動發生改變。地理史上，這種改變的確發生過。在超過一億年的時間裡，太陽輻射明顯增強，但是太陽活動的增強並未導致地球溫度的劇烈變化。這可能是由於地球大氣層化學成分也發生了變化，令 β 升高，緩和了太陽活動的影響。（見第4點）

2. 反射輻射的比例，即反照率，對地球氣溫也有影響。反照率升高，氣溫降低。有人曾提出，通過提高反照率來平衡人類造成的溫室效應引起的溫度上升，建議在地球軌道上設置巨大的反射鏡，反射太陽輻射。反射率受冰雪覆蓋地區大小和雲層遮蓋的直接影響。

3. 地球表面的特徵不僅影響熱輻射，還影響著大氣中水分和熱量的垂直傳遞。因此，地表特徵的變化，如大面積的森林砍伐和都市化，都會改變地表的能量釋放。這是十九世紀時人們最主要的擔憂。

4. 地球大氣吸收長波輻射的能力依賴於大氣的化學成分。大氣中吸收物質的濃度增大，則溫度升高。輻射吸收物質包括水蒸氣、二氧化碳和其他氣體，如氟氯碳化物和甲烷等。大氣的成分一直在改變，這種改變似乎與前文提到的太陽輻射的增加相互平衡，因此地球溫度的變化才較為溫和。地球歷史過程中，大氣中吸收輻射的氣體數量逐漸減少。與之相關，產生了蓋亞假說（Gaia-

hypothesis)：生物圈隨活躍的自然環境變化發生改變（比如由太陽引起的變化），從而人類能持續在地球上生活。

從新石器時代開始人類就影響著氣候狀況。歐洲由原來密布森林轉變為農業地區，至少影響了區域的氣候變化。用更現代的語來說，即為：這是人類無意識的氣候變化實驗，符合方式上述第二點（地表特徵的改變影響氣候）。赫爾德（Johann Gottfried Herder）1794年時就人類對氣候的早期影響作了獨特的解釋，令人印象深刻：「自從他從天上盜來火種，他的雙手學會了駕御鐵，自從他成為獸類的主人和弟兄，種植植物、餵養動物為己所用，他就以各樣方式影響著氣候變化。歐洲曾是潮濕的森林地帶，耕地並不比現少；隨著氣候變換，森林逐漸減少，這些林中住客也發生了改變……我們可以將人類看作一群雖個頭不高，但卻勇敢的巨人。他們在山林中逐漸移居到地面，開墾土地並用他們脆弱的雙手改變了氣候。他們將會把氣候變成什麼模樣，我們拭目以待。」在北美洲也是同樣的情景：中西部草原、東部的大片森林地區以及佛羅里達沼澤被人類變成了耕地。同樣地，這些改變無法由儀器測量的資料來描述和分析。但是，氣候模型的實驗顯示，這些氣候變化僅限於與之緊鄰的地區。

今天，兩個有關氣候變化的問題引起公眾的關注和討論：熱帶雨林地區持續的森林砍伐和「人為的溫室效應」（zusätzlicher Treibhauseffekt）。這裡我們略去熱帶雨林的砍伐不談，來討論一下溫室效應。

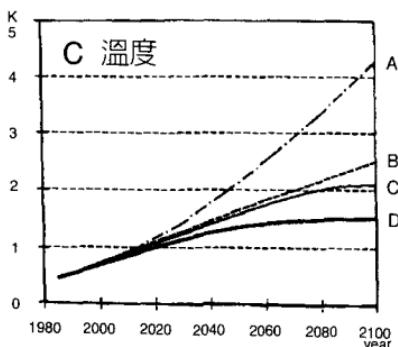
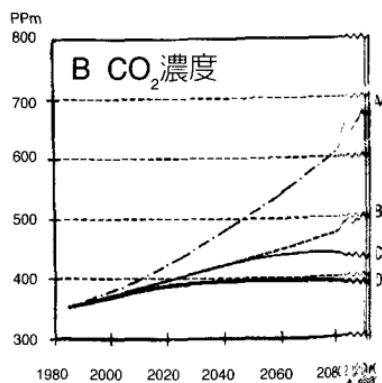
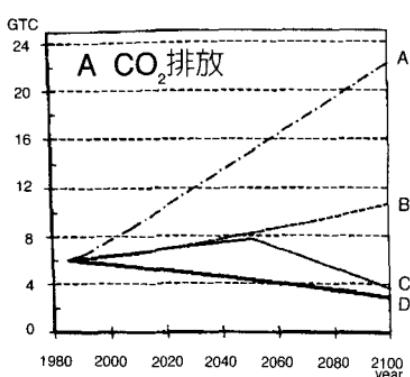
導致溫室效應的原因是地球大氣化學組成的改變，也就是前面提到的氣候變化方式4。根據已經作過的解釋，地球大氣中吸放射活躍的氣體保證了氣溫適宜生命的生存。然而，現在這些氣體濃度急劇升高——主要原因是礦物燃料的燃燒，幾十年後大氣中二氧化氮的濃度可能倍增。甲烷濃度在過去幾十年中也有所升高。甲烷來

稻田和家畜（比如牛），也來自天然氣的輸送和加工過程。這些人為造成的氣體釋放導致氣溫升高。我們稱這種現象為「人為的溫室效應」，以區別於生命存在所必需的自然溫室效應。沒有CO₂光合作用就無法進行，也就不會有植物。在這個意義上說，如果認為二氧化碳是「氣候殺手」（klimakiller）就非常荒謬。

按照二氧化碳和其他溫室效應氣體目前的濃度增長趨勢，二十一世紀末，全球氣溫將升高1°C至4°C。同時降水分佈可能會發生變化，全球水位也將上升數公分。這些變化不會驟然形成，而是逐漸發生的，只有人為氣體排放達到穩定的幾十年後，變化才會結束。具體地區的詳細變化情況均無法確定。

媒體一再表示擔心，認為極冠可能會融化，導致水位大幅上升。1970年代晚期，有關討論開始之初，個別科學家推斷南冰洋西部的冰棚正在融化，全球水位將上升超過6公尺。現在，沒有嚴肅的科學家會作出這樣的論斷——儘管記者都會這樣報導，環境組織也常常有類似說法。與之相反，氣候研究者持正面的看法，認為由於降水增多，格陵蘭和大西洋的冰棚可能會擴大。無論氣溫是-30°C還是-25°C，降下的雨水都會轉化為冰。

氣候模型的模擬支援了這些推測。在模型中，隨CO₂排放，地球大氣的化學組成發生了改變，每年CO₂增加1%。這種假設並不是無稽之談，它備受經濟學家的推崇。然而，考慮到全球經濟系統長時期發展的不穩定和不可預測，這種假設自然有些問題。計算有時使用減少的排放率，例如排放等級與前一年相比穩定或減少。任何此類計算均顯示出，即使現在出現一個穩定的排放等級，相應的穩定溫度要在幾十年後，排放等級相當高時才能達到。根據該計算法，要保持今天的氣溫只能將現在的排放程度盡量降低。頁96圖表十四為幾種排放假設以及一氣候模型「解答」（antworten）出的CO₂濃度和氣溫。

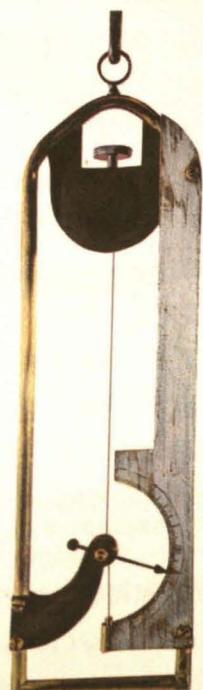


◎ (表十四)

CO₂排放假設由一氣候模型導出的CO₂濃度和全球平均氣溫 (Tahvonen等 1993《氣候研究》, 127-141)

關鍵問題是，對於我們預期的全球氣候變化，是否已能觀察到其初步跡象。在這個問題上，公眾關心的就是對一些短期氣候事件的解釋，比如出現一個或連續多個涼夏，或接踵而至的狂風暴雨。從自然氣候變化的意義上來說，這些其實只是「正常」的現象：百年一遇的降雨、風暴或是寒流在你所在的確切地點發生的可能性很小，但是它們很可能在某處發生。換句話說，你周末玩樂透時猜中所有數值的可能性極小，但是周末某個人會猜中所有數值的可能性則接近100%。

沒有長期的觀察資料，就不能令人信服地檢測人為的氣候變化。只有當資料涵蓋了幾十年的資訊，才能區別氣候發展的「正常」與「不正常」。要了解人為的氣候改變，需要觀察到的變化應比自然氣候改變更大，或者具備不同的空間結構。看一看過去三十幾年中大西洋東北部的風暴資料，我們就會發現風暴持續增多。但是這些數值與二十世紀初的風暴資料比較，則相差無幾。所以低於三十年的資料不足以判斷人為氣候變化與自然氣候變化的差別。很多對氣候系統變化的闡述，其分析的資料組觀察時間都太短。這就是為什麼在氣候檢測方面衛星資料幾乎沒有任何用處。



◎濕度計

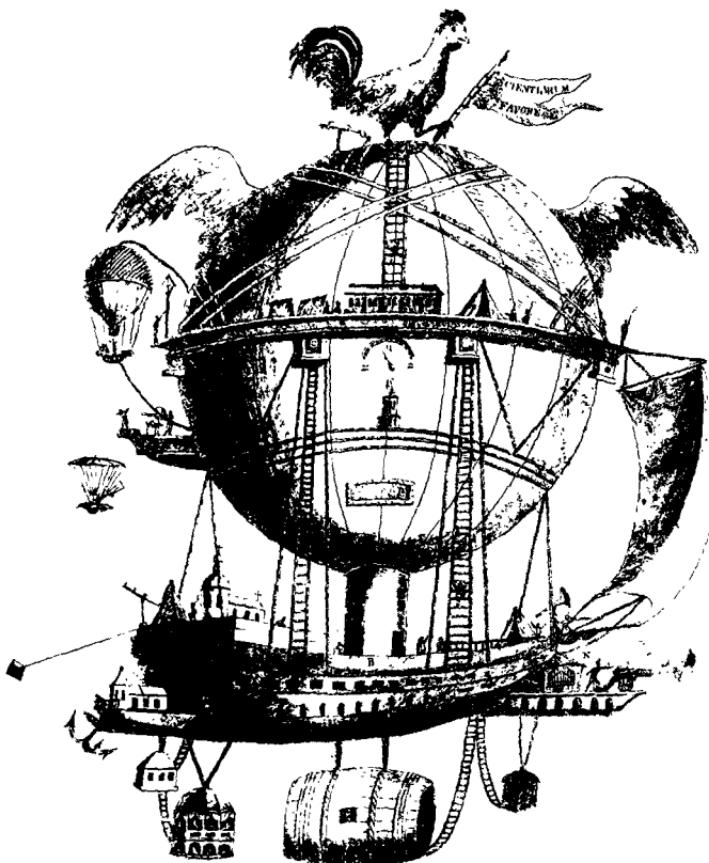
圖為西元1780年由索緒爾（Horace Benedict de Saussure）所發明的濕度計。這個濕度計最特別的在於，它是利用頭髮進行濕度檢測，下方的指針標誌濕度的兩極，一個極端是「乾燥」；而另一個極端是「非常潮濕」。

因此，整個資料組應當完全「均質」(homogen)，即觀測資料的變化必須反應自然環境的變化而不是觀測過程的改變。另外，觀察結束後資料仍應對觀測地情況具有代表性。頁23圖表二中的暴資料就是非「均質」的，因為它表現的不是風暴頻率的變化，而是漢堡兩處地方風速的差別。衛星資料也是如此。地球軌道的幾何形狀在緩慢改變，並且新舊衛星替換時軌道可能出現不連續，因此衛星資料就可能顯示出錯誤的氣候發展方向。這樣看來，頁29圖五中雪爾布魯克的溫度組也不恰當 — 不僅因為於資料不連續，還因為城市化的影響。由於這類原因，大量觀測資料無法用於分析實際氣候趨勢。實際應用中，只有陸地和海洋上的氣溫（由船隻和陸地觀測測得）氣壓資料組才符合必要條件，具備足夠的時間長度和均質性。

對全球氣溫資料的分析表明，過去約一百年中氣溫有所上升（有間斷）。氣候模型預測到了過去三十年間變暖趨勢的空間分佈模式。其空間分佈廣闊，比迄今觀察到的，或是未考慮溫室效應氣體濃度的增加假設出的氣候趨勢範圍更大。將所有觀測和假設出的氣候趨勢作可能性分佈，其中非大氣化學組成改變造成的氣候趨勢的可能性僅占不足5%。（該陳述不甚嚴密，更精確地說，應該是：「非限因素作用下的」(ohne daß externe Faktoren wirken) 或者說：氣化學組成改變非常可能是氣溫上升的原因。）

用統計學術語來說，則為：「顯著水平為95%。」(signifikanz zum 95%-Niveau) 決定該顯著水平時，重要條件是對自然可變性評價應當正確。另外，一些媒體將「95%顯著水平」變成了可笑的「95%的變暖現象是人類造成的」(95% der Erwärmung sind anthropogenen Ursprungs)。

1980年代末，由著名專家組成的政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，簡稱IPCC）建立。他們就人為氣候變化的研究狀況作過三份詳盡的報告（分別在1990



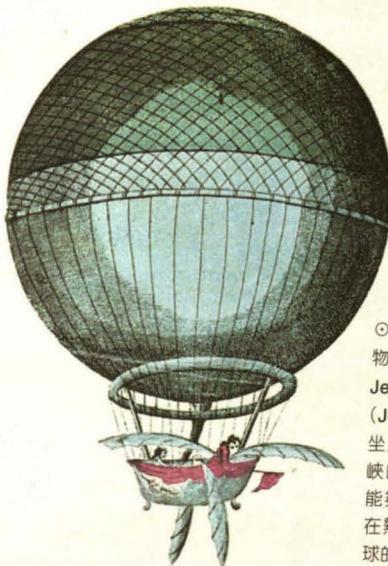
◎熱氣球升空

為了蒐集各種氣象資料，1804年一部名為Mineva的熱氣球問世了。Mineva可以搭載60名氣象學家帶他們環遊世界，蒐集世界各地的氣象資料。不過最後這一部搭載夢想的熱氣球，待在原地，哪裡都沒去。

1992與1995年）。無須辯駁的是，溫室效應氣體濃度從工業化開始便急劇上升。溫室氣體濃度升高對未來的影響只能通過氣候模型進行計算，因為觀測資料時間過短，不均質，且受自然氣候變化的「雜音」(rauschen) 幷擾。地球大片區域長時間內的平均地表氣溫近來有所上升，其上升本質上似乎非常劇烈，實際只略強於1920、1930年代的氣溫升高。因此，1992年IPCC仍慎重表示：「……變暖與氣候模型的假設極為一致，但同時也與自然氣候變化相當。因此觀察到的氣溫升高可能主要反映了週期氣候可變性……完全確定溫室效應的原因還需要十年或更長時間。」1995年的報告更加明確：「……對觀測資料的衡量顯示，人類明顯影響全球氣候。」



◎氣候變化的因
氣候的變化序列
該考慮「外因素」
考慮「內因素」
驚訝的是，地球
數變化的軌道，
樣也會影響氣候



◎飛越海峽

物理學者傑弗瑞斯（John Jeffries）與氣球商布蘭查（Jean Pierre Blanchard）坐上熱氣球，完成橫越海峽的壯舉。他們兩人為了能夠順利飛行，將自身綁在熱氣球上，以減輕熱氣球的重量。

4.4 氣候變化作為社會結構

至今幾乎沒有針對大眾研究其對氣候和氣候變化的理解。當然，分析對氣候的日常看法並非易事。尤其我們日常會使用氣候的概念，這就掩蓋了有關氣候和天氣的複雜社會構成及其起因。日常習慣使我們幾乎都用「自然」（naturliche）、直覺的眼光看待這些現象。然而，這些主題在日常生活中含模稜兩可、脆弱，甚至隱藏著對氣候的誤解。無論如何，日常人們對氣候的理解根深蒂固。了解生活中人民對氣候狀況的解釋不僅是為了有趣、為了深入觀察對自然過程的社會認知，它同時也是有意義的。因為在某些情況下這些解釋能提供重要的線索，展現出公眾對有關氣候和氣候變化的科學知識究竟作何反應。最後，這種對氣候的日常理解還影響著一切氣候政治及其引起的反應。

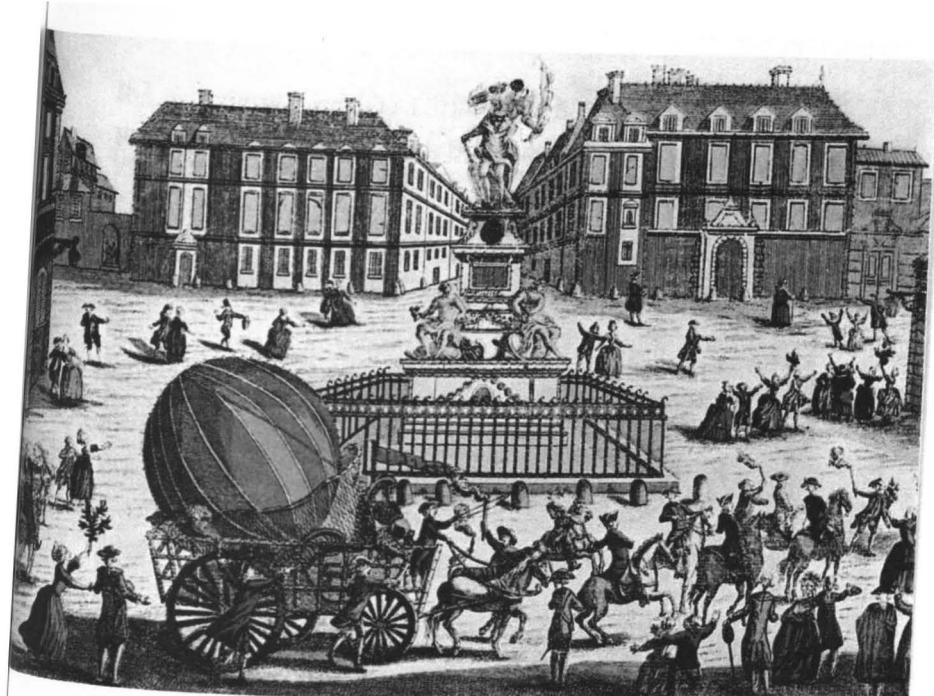
愛德華·布呂克納作了也許是決定性的暗示。他說：「人們確信氣候不可變的看法根深蒂固。這種看法還表現在堅定地相信一個季節或一年不正常的天氣過後，將會緊接著得到補償。」這種堅信氣候傾向於維持常態的看法是否符合實際的觀測則是另一個問題。

至少從啓蒙運動開始，西方社會的公眾似乎就一直相信，天氣正日益惡化。1996年，瑞士科學家瑪蒂娜·瑞貝特（Martine Rebetez）就「白色聖誕」（weiße Weihnachten）進行考察。雖然過去下雪是耶誕節的常規，現在卻幾乎沒有「白色聖誕」。根據瑞士一些觀測站提供的資料，耶誕節期間蘇黎世下雪的機率只有25%（即平均每四個耶誕節中有一次會下雪）。海拔高一些的地方，如海拔八百五十公尺的艾因西德倫（Einsiedeln）機率超過80%，而海拔四百公尺的日內瓦的機率則不足20%。值得注意的是，降雪的機率並不會隨時間推移而降低。實際上過去一個世紀中的降雪是增多了，而不是減少了。公眾認為聖誕下雪機率小是正確的，但是認為這種現象不正常則是錯誤的看法。瑞士低海拔地區12月末沒有降雪，這種現象是正常的，而不是例外。

美國人類學家威利·坎普頓（Willett Kempton）及其同事在美國民間展開了一項研究，內容為日常對氣候、氣候變化和氣候威脅的理解。他們首先以自由回答的形式採訪了一組二十歲的普通人。之後，為了檢測採訪獲得的觀點究竟在何種程度上代表普遍的個人觀點，他們又在人數眾多的一個組別中做了經過改進的問卷調查。

問題之一是：「你認為哪些因素影響了天氣？」某些回答與學院式的氣候學觀點一致，比如「噴流」（strahlstorm）或是「太陽黑子、火山爆發、地理過程」（sonnenflecken, Vulkanismus, Geoloische Vorgänge）。其他答案則令人吃驚：

- 「污染影響天氣」（umweltverschmutzung）
- 「火災，例如熱帶雨林或（美國）西部的森林大火。殺蟲劑及類



◎科學嘉年華

西元1783年12月的某一天，物理學家查理（Jacque Charles）駕著熱氣球，從巴黎的上空從天而降，整個市集裡的人群簇擁而上，歡迎他的成功。查理的飛行經驗，促成後來他成為協助大氣運作原理的重要人士之一。

似物質的擴散。防止雜草生長的除草劑，在牧場之類的地方會用到。最重要的影響因素還是火災和汽車污染。」

· 「原子彈。原子彈對我們的天氣產生了可怕的影響。做的這些實驗……看上去就像之後一切就都變了。地震更加劇烈。天氣極其多變。」

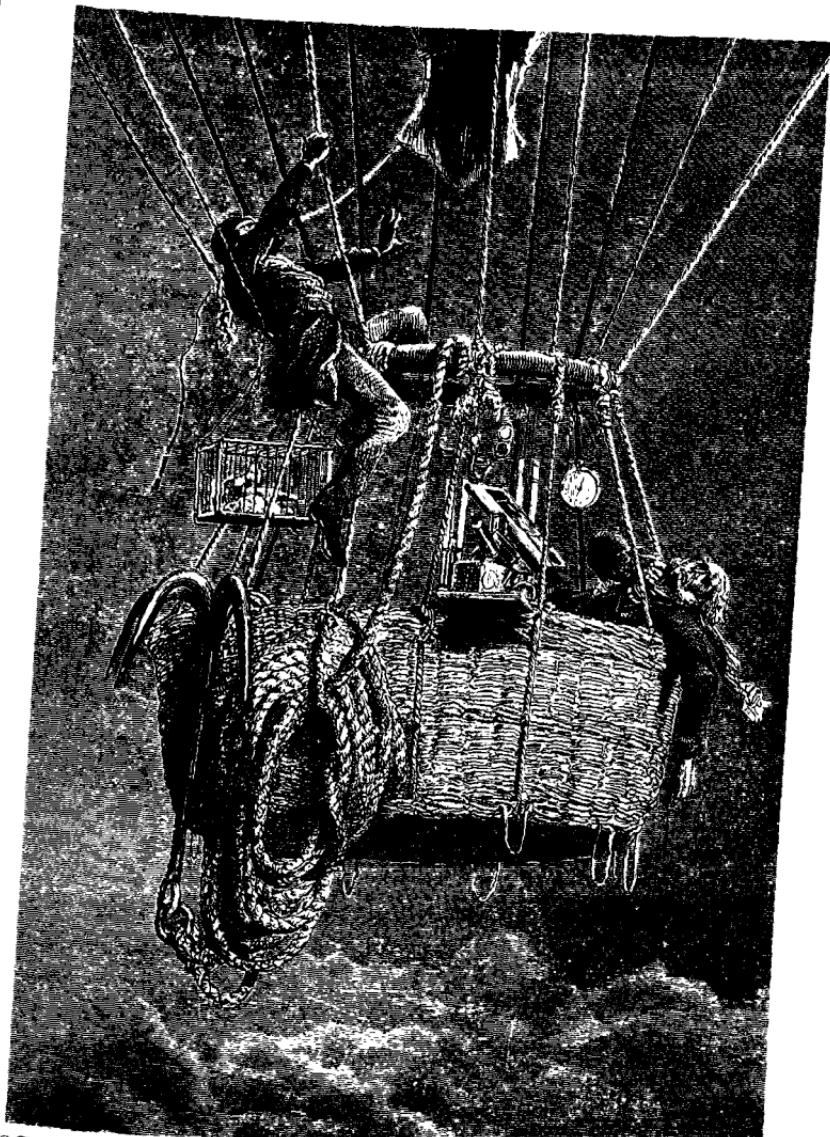
· 「……我的個人觀點是，每次他們發射些什麼到太空裡，大氣層就出現異常。似乎每次天氣都不正常。以前這個地區很少見到龍捲風和頻繁的風暴……」問卷最後列出這樣的觀點：「也許天氣和向宇宙空間發射的火箭有一定聯繫。」43%的受訪者對此表示贊同。

雖然所有受訪者都知道「全球暖化」(Global Warming)、「溫室效應」等概念，大多數人的思維模式與科學對這些氣候過程的理解截然不同。

· 最常見的日常思維模式是「環境污染」，例如「酸雨。(sauren Regens)。人們認為有害物質是人造的，對生物具有毒性：「其實，我個人並不討厭溫暖的氣候，但覺得我們對大氣的破壞是錯誤的。……所有的煙霧、臭氧，等等……這樣做是不對的，因為我們不得不呼吸到這些排到空氣中的化學物質。」有害物質被認為主要來自汽車和工業的氣體排放。根據該假設，則可以發明過濾器解決這個問題。但是這種模式是錯誤的，因為排放物質——二氧化碳對健康無害，也存在於自然界中，並且人類不斷呼出的也是二氧化碳。二氧化碳主要來自核電站、交通工具和暖氣的燃燒過程。到目前為止還沒有經濟上可行的過濾器，能夠限制CO₂向大氣中的排放。唯一的選擇就是減少礦物燃料的使用，或是提高使用效率。不過，現在正在研究從核電廠廢氣中過濾出CO₂的技術。

· 「全球暖化」問題與同溫層臭氧破壞常常被混為一談。有受訪者這樣認為：「……環繞地球，起到保護作用的大氣層……大氣層日漸稀薄，熱量的遺失也越來越多。」按報章雜誌的說法就是：「破壞臭氧層的二氧化碳排放」。實際上，「人為溫室效應」以及「同溫層臭氧減少」(stratosphärische ozonverminderung)互有關聯。因為破壞臭氧的氟氯碳化物(FCKW)對溫室效應有影響。但是「全球暖化」主要與CO₂有關，而CO₂並不影響同溫層臭氧以及臭氧洞。

· 第三種模式的理由是氧氣和二氧化碳的數量直接相關，二氧化碳濃度增加一定會導致氧氣濃度降低：「很快我們就沒有任何可供呼吸的氧氣了。」根據該觀點，二氧化碳的產生主要來自森林地區的砍伐，因為是樹木將人類和動物製造的二氧化碳重新變成氧



◎雲端之上，死亡邊緣

西元1862年，英國科學家葛來西爾（James Glaisher，1848-1948）與同僚兩人搭乘熱氣球，飛越雲端，上升到兩萬九千英呎的高空，其後因為空氣太過稀薄，葛來西爾不支而完全昏迷。不過可慶的是，此二人都在這場死亡邊緣的飛行中存活下來。

氣。所有受訪者中有77%的人認為「如果砍伐了所有的森林，我們很快就會沒有氧氣可呼吸。」實際上，經過粗略計算就能發現，所有森林被燒毀後（產生大約50000億噸二氧化碳）大氣氧氣濃度相比今天的水平會下降20%到19.8%。

總體看來，可以說這份美國的調查揭示了不同職業背景的一般民眾對氣候錯誤的科學觀念。從活躍的環保主義者到因為環境政策失業的伐木工，甚至國會顧問，都有這樣的情況。

公眾是怎樣形成這些概念？社會對氣候認知的形成過程受到了哪些因素和影響力的作用？到目前為止，還沒有人在這個領域作過系統的探索。但是這種研究一定頗為有趣，並會為政治應用提供有用的結論。假定上的重要因素包括了：

- 對氣候和氣候變化的傳統觀念。這在上一部分已有討論。目前的問題是千禧年的臨近。（注：原書出版時間為1999年，故有此說）至少在北美，正統教派基督教牧師對其觀眾宣傳，聖經中所預言的世界末日將在千禧年到來。而氣候災難和極端天氣的出現與他們的說法相吻合。

- 用看待其他氣候問題的觀念解釋新的氣候發展。如前文提到的酸雨和同溫層臭氧損耗的例子。

- 富有力媒體渲染報導以及流行科學書籍，這些文章明顯有為了發行量誇大其辭的傾向，並且觀察籠統，沒有作細節分析。下面我們舉近幾年的數個事例：

一某本將氣候問題戲劇化誇大的英文書，在其封面這樣寫道：「毫不誇張地說，我們將被自身的貪婪和愚蠢吞沒。臭氧破壞和森林採伐將使極冠冰雪融化，近三分之二的世界將消失在水面下。」正如我們已經提到的，沒有合理的科學依據能夠證實書中所說的融化。該猜測與臭氧破壞和森林採伐之間沒有關聯。

—1994年六月，丹麥權威日報《政治報》(Politiken) 寫道：「綠色和平環保組織的一份報告列出了過去三年內逾五百起極端氣候現象，包括颶風、創紀錄溫度、乾旱等等。這些極端現象近來有所增加，綠色和平組織認為，這是溫室效應的初步標誌。提交給環境部長的題為『定時炸彈』的報導應每6個月更新一次。」根據前文我們已經知道，僅憑短短三年的資料不可能確定自然及非自然氣候變化。

—德國聯邦議會的氣候專家米歇爾·穆勒 (Michael Müller) 在接受《法蘭克福評論報》(Frankfurter Rundschau) 採訪時說：「氣候系統的變化 — 尤其是極端變化和不正常氣象現象的增多 — 無疑是人類造成的。」在此幾年以後，慕尼黑再保險公司發現1997年的自然災害與往年相比較少。毫無疑問，由風暴和其他氣候現象造成的投保損失在過去幾十年中上升了，但是生活方式和資源利用對該損失持續上升究竟起到怎樣的影響，我們還不清楚。出現極端氣候的原因在科學上尚未得到任何證實。

· 有趣的是，這些對科學知識的表述和重新建構創造出了全新的事實，尚待科學去驗證。例如，德克·馬克塞納 (Dirk Maxeiner) 在其1997年7月25日登於《時代周報》的〈太陽的情緒〉(Die Launen der Sonne) 一文中提出，根據媒體的誇大描述所作的氣候預測不能實現，就說明了氣候科學知識不正確。氣候研究者哈席爾曼 (Hasselmann) 在他的回應文章〈媒體的情緒〉(Die Launen der Medien) 中提醒人們注意，這種循環總是為媒體提供了新聞，卻犧牲了客觀性。開始的時候，媒體因為銷售壓力誇大事實；接著，由於銷售壓力媒體又揭露科學所作預言為無稽之談，是不可信的誇張。



◎有時氣候學家在公眾環境理論的形成扮演了不確定的角色。除提供資訊外，氣候學家也許還不自覺地懷有面對大眾的動機。而他或她的動機可能是為了獲得更多研究基金，可能為了使世界變得更好，或者只是為了成為媒體焦點。

· 當然還有經濟和社會利益。礦物燃料產生的能量是主要氣候問題之一，所以就出現了競爭和矛盾。環境運動將人為「氣候災難」（klimakatastrophe）作為有力的示範，證明工業社會不負責任地開發和濫用自然資源，對人類和環境系統造成惡劣後果。保險商則發現，當公眾及投保人危機意識愈加強烈，他們的市場機會就更好。

· 有時氣候學家在公眾環境理論的形成中也扮演了不確定的角色。除提供資訊外，氣候學家也許還不自覺地懷有面對公眾的動機。動機可能是為了獲得更多研究基金，可能為了使世界變得更好，或者只是為了成為媒體焦點。科學家也知道誇大的表述更能吸引公眾和政治決策者，使他們更樂於傾聽。這不只代表媒體為吸引注意極盡修辭之能事，還意味著要具有說服力，能在公眾演說中談到許多有競爭力的主題。媒體對氣候學家採訪的開始常常是敘述科

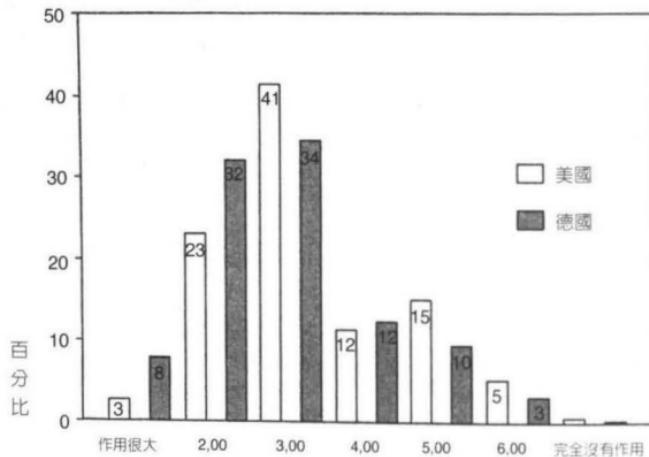
學發現，但是接著記者就會問及此發現作用於公眾、經濟和政治的後果。這時科學家就放棄其專業要求，開始像受過教育的一般民眾那樣推測該發現與社會的複雜聯繫。下面《明星》(STERN)畫報的採訪就是很好的例子：「那麼對大氣層有什麼影響？」—「我們定將面臨更加頻繁發生的強低氣壓系統和風暴。也許這樣農業耕作就不再像以前那樣，因為海面上升可能導致海水滲入地下水。撒哈拉沙漠可能蔓延到地中海。如果陸地某些區域不再適合居住，人們將被迫遷至條件適合的地區。將會出現國家遷徙，爆發氣候戰爭。」而若氣候學家拒絕回答有關氣候變化社會後果—因為這些問題在他們專業能力範圍外，對他們的採訪有時就完全不會報導。

1996至1997年冬，美國和德國氣候研究者被要求回答一份書面問卷。問題如下：

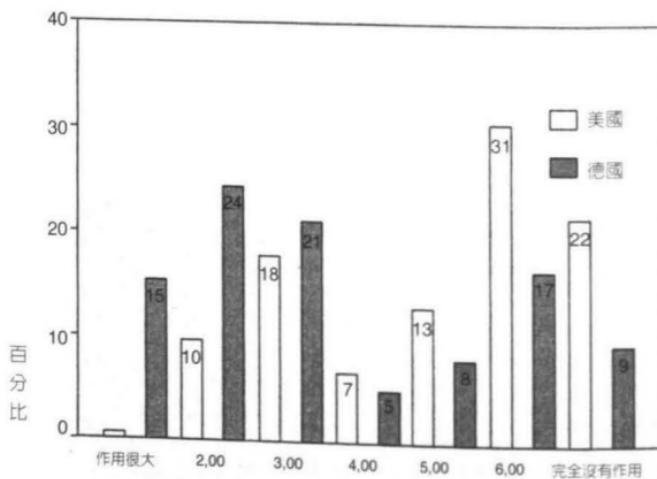
- (1) 你認為科學家在將氣候問題由一個科學主題轉變為社會和公眾的主題時扮演了怎樣的角色？
- (2) 某些科學家為了引起公眾警覺，在氣候爭論中態度較為極端。你是否認同這種做法？



◎氣象資料的均值性
氣象資料的蒐集，必須長達幾十年的資訊才算有效。從這些資料裡頭才能判別氣候發展的「正常」與「不正常」。觀測資料的變化同時必須反應自然的變化，因此整個氣象資料應該具有「均值」的特性。



◎〔圖表十五〕問題一：科學家在將氣候問題由科學主題轉變為社會和公眾主題時，扮演了怎樣的角色？



◎〔圖表十五〕問題二：有關對氣候學研究者看法的兩個問題調查，分別在美國和德國進行，1為非常認同，7為完全否認。4表示不確定

受訪者以1至7的程度作答，1為非常認同問卷提出的觀點，7為明確否認，4表示不確定。圖表十五為調查結果的頻率分佈，美國、德國各一份。

兩國的答卷一致同意科學家本身在將氣候問題轉化到政治領域的問題時起到了作用。問題二的答案各不相同。一方面，許多科學家支援為了喚起大眾的警覺作出極端的氣候表述。另一方面，也有許多科學家看法相反，批評這樣的態度。有意思的是，持前一種態度的主要是受訪的德國科學家，而多數美國受訪者持反對態度。

結論是：通過全球暖化、臭氧層破壞、森林砍伐、現代運輸方式和諸如此類的過程，近期形成了人為氣候變化的概念，在社會中引發了有爭議的討論。至今文明史都被理解為社會從自然（包括氣候）中得到解放的歷史。因此人類認知到了戲劇性的轉捩點，氣候再次逐漸支配人類。作為人類與生態平衡作對的懲罰，自然遭到破壞並引起破壞：「自然作出了反擊。」問題當然也就是：是自然自身發生變化，還是如我們的研究結果顯示一是人類感知自然的方式發生了改變。

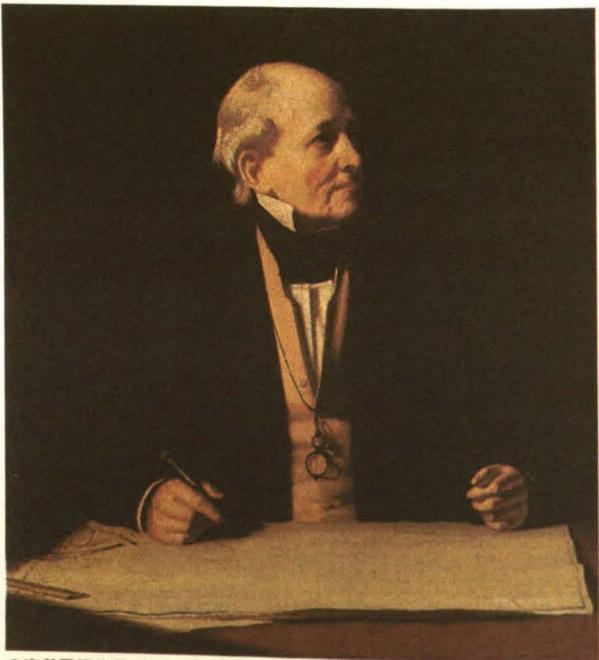
我們常用醫學術語描述這種變化。例如德國氣候後果研究者若姚阿幸·沈胡伯（Joachim Schellnhuber）將「併發症」（syndrom）的概念用於表示病態的環境狀況。對這種併發症，主要由科學系統分析員判斷和處理。

因此是科學知識推動了氣候政治的發展和成形。科學將氣候的變化政治化和社會化：全球氣候變化、溫室效應以及溫度升高都不是日常的小事。對這些難題的科學陳述決定其政治後果的形式和程度。科學家很清楚這一點（參照圖表十五問題一）。他們在日常人們形成和改變對氣候的看法時起到了重要作用。這樣，科學家進行科學研究時，還伴隨政治、意識形態等主觀興趣。因此陳述較偏激的科學家就受到某些媒體的青睞。

4.5 人為氣候災難的歷史

人為的（即由人類引起的）氣候變化不是新的概念。下面列出的已知、及可預期的氣候災難當然還不完全，但是，其中不僅包括了常見的對技術創新的擔憂，還提到了迫在眉睫的氣候災難及其科學解釋。別處或許還有許多這裡未列出的氣候災難，但它們多為巧合，未經系統地科學研究。

較為普遍的情況是，所謂氣候災難與宗教領袖對極端天氣或氣候事件的解釋及對其解釋的傳播有關。極端的氣候現象被認為是神對人類罪行的懲罰，具體有關1314-1317年英國饑荒的事例見下文。



◎定義風級的蒲福

(4.6.c)。另一種情況，氣候變化被理解為人為的結果，例如前文提及的中世紀的女巫。氣候在直接影響（如破壞莊稼的強烈冰雹）之外，還間接地發生了作用。人們認為自己懲罰當地女巫不力，上帝因此被觸怒，以極端天氣懲罰人類。可能從人類歷史早期開始，人們就認為不道德的行為可能改變氣候平衡。

Scale of Winds, Or key to the wind column in this Log.		
1	Light Air	Or, that which just enables a ship to steer.
2	Light Breeze	Or, that which will impel a man of war with all sail ^{by the wind} 3 or 4 knots.
3	Gentle breeze	Or, — — — — 5. — — — 4 or 5.
4	Moderate breeze	Or, — — — — 5. — — — 5 or 6.
5	Fresh breeze	Or, ^{with} that which when 5° log'd, day & night, may be just twice full 14.
6	Stiff breeze	Or, that with which single-topsail 8°. 45° Green, but if driven could be just carried by the wind, by which means freight, then fairly, would be driven.
7	Moderate gale	Or, that which when 6 log'd would just let 2° topsail & jib.
8	Fresh gale	Or, that when 6 log'd would carry away 3° topsail & foretopsail.
9	Strong gale	Or, that when the gale had got a hold with topsails blown away from main topgallant.
10	A whole gale	Or, that when the gale drives as when near land-born gales.
11	Storm	Or, that which would blow away anything made in the usual way.
12	Hurricane	Hurricane!

Key to the abbreviations in the weather column, in the following log.		
b.	Blue sky.	gl. Gloomy overcast sky.
c.	Clear horizon, distant objects distinct.	gr. Grassy.
cl.	Cloudy.	h. Hazy.
da.	Damp atmosphere.	hs. Hard hoar frost.
dk.	Dark heavy weather.	hr. Heavy rain.
dr.	Dripping.	hsq. Hard gale.
f.	Fair.	l. Lightning.
fg.	Thick fog.	m. Misty.
fg.	Foggy.	
g.		
p.	Passing cloud.	
r.	Rain.	
sh.	Showery.	
sq.	Squalls.	
sr.	Small rain.	
t.	Thunder.	
thr.	Throbbing appearance.	
w.	Watery sky.	
wh.	Whitewash.	

◎蒲福風級

現今的氣象將風力按照等級分為1-12級，此為所謂的「蒲福風級表」(Beaufort Scale)。此級數設定是由英國海軍蒲福(圖左持筆者，Admiral Sir Francis Beaufort, 1774-1857)在1805年測定與建立。左圖為他的筆跡，上面寫有1-12級風的定義。

verandern es, aber meistens ist es keine Verbesserung) 的文章。¹⁰他寫道：「如果說我所在地區的農民在一件事上看法一致，那就~~這~~^{意味著}氣不再像原來那樣了。他們會告訴你，夏季風暴變多了，冬季變長，春季來的更晚。」對這種變化的原因，人們的看法也廣泛地一致認為是原子弹。前文提到的坎普頓等人在美國作的問卷調查¹¹也~~這~~^{曾經}多次出現這個觀點。

約一百年以前就曾有人建議將亞洲中部西伯利亞的河流改道，以豐富農業用水和防止鹹海乾涸。1976年蘇聯第二十五屆共產黨代表大會之後，這項建議真正開始付諸行動。考慮到魚群的生態學問題，也有人提出氣候變化的問題。人們擔心河流改道使流入北冰洋的支流減少，海冰分佈會發生變化。這類變化的海冰將影響到整個北半球的氣候。另一種較為樂觀的看法是，流入北冰洋的河水減少使得海冰減少，可以給西伯利亞帶來溫和的氣候。該計劃沒能實現，所以我們無法知道當時的警告與各種看法的正誤。但是，¹²計算表明，原來計劃的西伯利亞河流分流對氣候的影響應當相~~極~~^微。



今天，森林砍伐和熱帶雨林的燒毀被認為是對全球氣候的絕對威脅，雖然這些氣候影響只具有區域特徵，就像從前北美草原的變化。

飛機高空飛行的水氣痕跡也常被認為具有破壞性氣候影響。德國太空中心認為，現有航空產生的附加溫室效應影響明顯小於其他自然及人為氣候因素。但是德國氣象學家烏爾利希·舒曼（Ulrich

A

GENERAL ACCOUNT, &c.

SECTION I.

ACCOUNTS FROM JAMAICA.

Copy of a Letter from Major General Dalling, Governor of the Island of Jamaica, to Lord George Germain, one of his Majesty's Principal Secretaries of State, received by his Majesty's Sloop Alert, Captain Vaughan, and published in the London Gazette, Jan. 12, 1781.

My Lord, Jamaica, Oct. 20, 1780.

I AM sorry to be under the disagreeable necessity of informing your Lordship of one of the most dreadful calamities that has happened to this colony within the memory of the oldest inhabitant.

On Monday the 2d instant, the weather being very close, the sky on a sudden became very much overcast, and an uncommon elevation of the sea immediately followed. Whilst the unhappy settlers at Savanna la Mar were observing this extraordinary

◎海上災難二

西元1780年的發生在北美和南美交界處的海峽West Indies上的風暴，造成9000人喪命大海（圖左）。倫敦政府官員Jamaica在12月20日的調查報告的解釋，認為這場海上災難，無疑是「百年來唯一發生在該區的海上風暴、不過卻也造成史上最大傷亡」（圖上）。

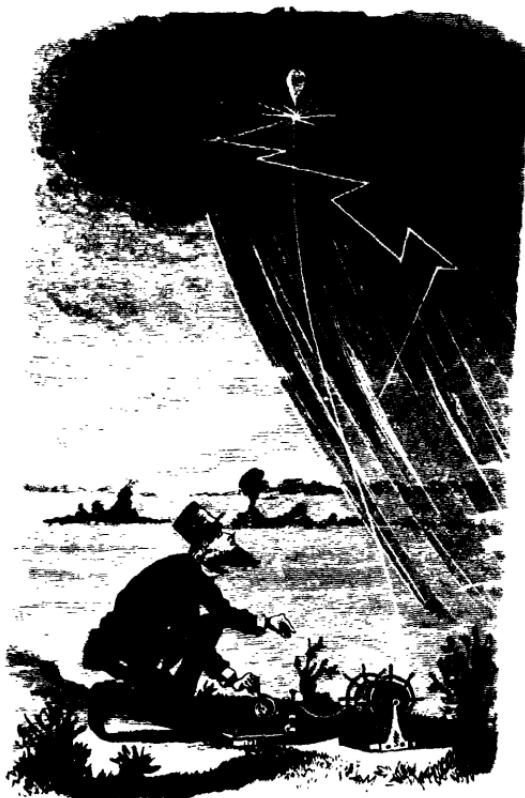
Schumann) 等人指出，這種情況可能發生改變，因為「航空每質量單位的燃料，對氣候的影響比任何其他交通系統更深」且「航空燃料消耗量還在快速地增加，強過其他人為的CO₂來源。」

冷戰高峰時期，人們認為氣候將會受核戰爭影響。核戰對地面大面積的破壞可能導致火勢廣泛蔓延，向大氣釋放大量煙塵。部分煙塵到達平流層，有如火山爆發的產物一般，停留數月，因此將有效阻礙太陽輻射到達地表（類似坦博拉（Tambora）火山爆發後「整年不見夏季」（Jahr ohne sommer）的局面）。這完全可納入生物圈最惡劣的後果之列，現有生命將無法繼續生存。

1991年伊拉克入侵科威特，發生「核冬季」（nuklearen winters）的地區性變異。伊拉克威脅，若美國進攻就會點燃科威特的油井。科學家警告說，由此產生的煙霧將上升至平流層，大範圍地遮蔽陽光，對印度農民致關重要的夏季風就無法生成，從而可能導致災難性的饑荒。當伊拉克兌現其威脅，點燃了科威特的油井，煙霧升上幾千公尺高空。這明顯未到達平流層的高度。最嚴重的環境破壞發生在圓周為數百公里的範圍內，沒有出現預期的大範圍影響。

有關人為氣候變化，相對較新的主題是灣流，確切地說，是「灣流的改變」（Umkippen des Golfstroms）。溫暖的灣流沿美國東岸向北，至哈特拉斯角（Cape Hatteras）轉向東北，穿過大西洋，將熱量傳遞到歐洲北部。因此那裡的氣候相對暖於緯度相同如阿拉斯加的其他北部地區。如果灣流消失，就停止了熱量的輸送，北歐的寒冷時期，甚至冰河時代就會到來。這被認為是全球暖化可以想見的副產品，就是說，隨著全球暖化，可能出現部分地區變冷的現象。專家指出，只要現有的CO₂濃度不成倍地增加，這樣的趨勢就不可能出現。

1997年夏，《美國地球物理學會會刊》(Transactions of the American Geophysical Union)登載了一項頗為奇怪的實驗。據實驗觀察，地中海海水蒸發量極大，所以海水鹽度很高。較重的高鹽度海水從直布羅陀海峽離開地中海，而海面鹽度較低的大西洋海水進入地中海。文章提出，這種循環正在加快。原因之一是注入地中海的海水越來越少——主要由於埃及的阿斯旺大壩，另一個原因是人



◎小蝦米對抗大鱉魚：美國

西元1880年的《科學美國人》(Scientific American)雜誌中的〈造雨新法〉(Novel Method of Precipitating Rain Falls)裡發表了新的造雨方法，圖中男子利用發明的機器「重擊天空」，果然不久之後天空降雨，據聞該機器因此還獲得了專利。

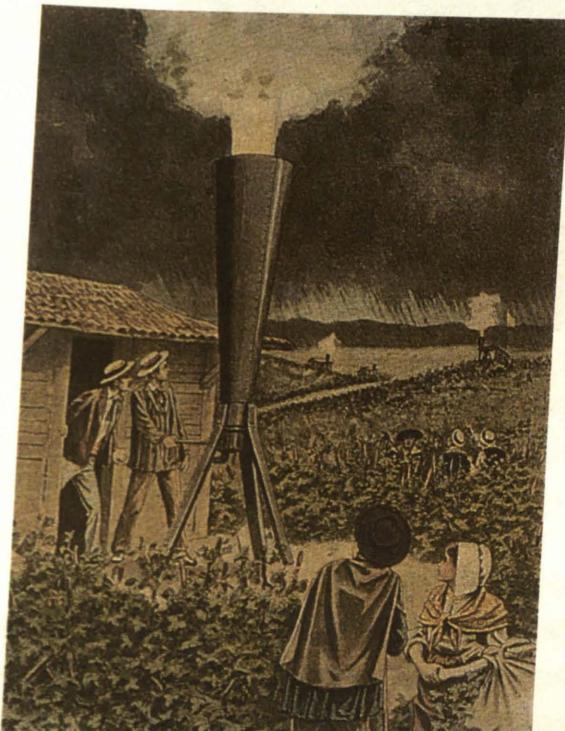
爲的溫室效應加劇了海水蒸發。流入大西洋的高鹽度海水將阻礙灣流，並最終使加拿大東部的拉布拉多海溫度上升，增多的水分被輸送到了加拿大。這種水分輸入在加拿大主要表現爲降雪，那裡將形成新的冰原。因此，歐洲的溫度將會降低，北冰洋西部冰棚將融化，如前文所述，海平線將因此上升。爲了防止這種氣候災難的發生，有人建議在直布羅陀海峽建一座大壩，以有效避免海水流入和流出地中海。德國海洋學家史蒂芬·藍姆史多夫 (Stefan Rahmstorf) 根據一個模擬實際海洋模型所做的獨立計算指出，上述作用機制不足以導致文中描述的後果。也就是說，專家輕而易舉就駁倒了該假說，但是至今我們還能在媒體中聽到和讀到它。

這份氣候災難名單中，當然還有由人類排放二氧化碳、甲烷、氟氯碳化物 (CFC) 等溫室氣體導致的全球暖化。書中提到過，阿爾赫尼斯1897年就已經首次描述了溫室效應的機制。很早以前就有人提出，由於人爲的溫室效應，氣候正有變暖的趨勢。1933年，美國氣象學家金塞 (Kincer) 就在《每月天氣評論》(Monthly Weather Review) 中指出不正常的氣候變暖趨勢；1938年，英國工程師卡倫德 (Callendar) 在《皇家氣象學會季刊》(Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society) 中提到，該趨勢應與二氧化碳濃度增加有關。這些文章發表後不久氣溫就開始下降，因此在1970年代，美國氣候學家史蒂芬·施奈德曾提出，大範圍降溫，甚至冰河時代即將來臨。

受到極大關注的「臭氧洞」(ozonloch)，嚴格來說不是氣候的問題。它與平流層成分變化有關。高度在十公里以上的大氣影響著大氣的過濾能力。當臭氧層出現空洞，平流層中臭氧減少，就有更多的紫外線穿過大氣層到達地面，從而傷害人類、動物甚至可能是植物的健康。臭氧空洞也被歸入人爲現象，因爲臭氧的破壞完全是由人造的氯氟碳化物所造成的。

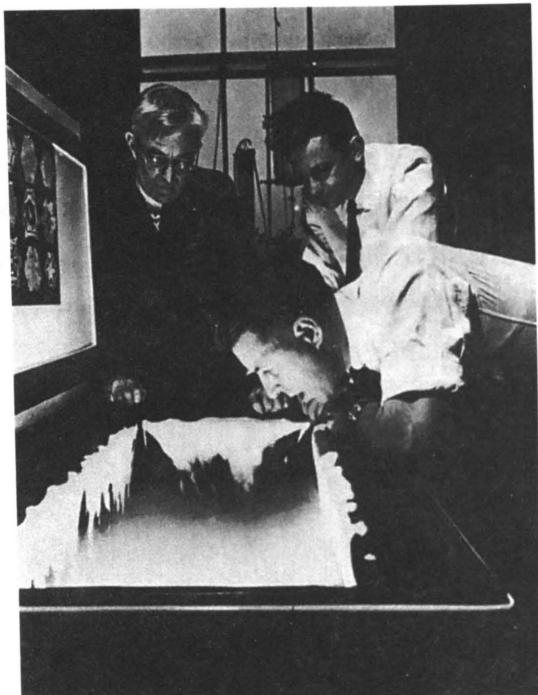
◎ 4.6 氣候變化對社會的影響

要判斷或預測氣候變化之於自然生命基礎的影響，其經濟、政治、社會後果，以及氣候可能受到的反作用，都是非常棘手的問題。本節處理該問題步驟如下。首先將討論氣候變化可預期的直接後果，如農業生產力、海岸保護或是熱帶疾病的蔓延。然後討論的



◎小蝦米對抗大鯨魚：法國

不可預測的氣候造成人們無端的傷亡雖然是「自然現象」，但為了全身而退與「永保安康」人們無不想盡辦法對抗天氣。圖為1901年法國報紙的一幅插畫，內容便是人們為了對抗天候的變化，製造了一部10英呎高的漏斗狀物，裡頭填裝3盎司的火藥。人們藉由這個器具主要的作用在於希望引燃火藥，促使天降甘霖，豐厚人類的農作物。不過這次的實驗除了造成瞬間的轟天巨響之外，可謂一事無成。



◎造雨計畫

凡は太過或者不足都會造成傷害。無常的天候賜給人們的「贈禮」有時太多，有時卻太少。雨量過度會損害農作，打亂作物生長的時辰，雨量不足人們只好想辦法自己造雨。圖為1946年美國氣候研究員歇佛（Vincent J. Schaefer）正在進行的人造雨實驗計畫。

問題是，社會面對這類氣候變化時有哪些選擇，以及怎樣的氣候政策是明智的。這在「全球環境與社會」（Globalen Umwelt und Gesellschaft，簡稱GUG）模式下可以得到實現。與理性的GUG模式不同，「感知的環境與社會」（perzipierten Umwelt und Gesellschaft，簡稱PUG）模型描述的社會不再是理性的、有知識的，而是由社會對氣候變化的基本概念所決定，其中包含許多不確定因素及其影響。GUG模式可用數學表達，PUG不能。

(A) 氣候後果

這裡我們又要重提有關氣候變化發生時間和地點問題。有一個特徵值常被用於衡量人為氣候變化，即全球平均氣溫。全球平均氣溫是氣候變化強度的顯示計，但它實際上在評估區域（lokalen）氣候影響時並不重要，然而這些地方氣候影響對社會與生態系統卻舉足輕重。某些地區氣溫上升比較快，某些地區溫度卻可能下降。總體來說，我們希望水汽循環和降水更加劇烈，這樣全球雨水才可能增多。將來降水分佈可能會發生改變，一些地區會更加濕潤，其他地區更乾燥。另一個常用的計量單位是海平面高度，被認為會因海水熱膨脹而升高。其餘影響海平面的變數有冰河的融化，以及冰原上降雨的增多或減少。就地區而言，風況和海洋狀況對其也有影響。媒體—以及保險業—經常聲稱，中緯度及熱帶地區的風暴將明顯增多或增強。這種猜想並無科學依據。

有關全球氣候變化的主張，其基礎為模擬實際現象的氣候模型的計算。在氣候模型中可對直徑至少數百公里的區域進行推算。但是，氣候影響研究中要求的範圍通常直徑小於一百公里，並需考慮到與政治有關的邊界。現在的氣候模型無法提供這樣的估算，儘管其結果常被繪入地圖，且圖中有當地詳情可查。當然，對當地氣候的評估可通過「降尺度」（Downscaling）的方法獲得，因為當地氣候可以理解為大範圍氣候與本地地理特徵的共同作用。

對時間的把握也有問題，因為氣候模型表現的是將來的氣候狀況，但不能預測具體的天氣。它更傾向於表達這樣的氣候情景：當IPCC經濟學家的猜想成為現實—溫室氣體的排放增加，則溫度可能將持續上升，但是與這個變化同時發生的還有屬於自然變動的溫度變化，這部份是一個未知。雖然氣候大致的變化趨勢可以預期，但沒有人能斷言2013年的夏季會比今年更熱還是更冷。氣候很可能不完全與總體趨勢一致。

仔細檢閱媒體和科學文獻就會發現，對於直接與非直接氣候變化後果，他們的看法與氣候決定論相差無幾，並且隨處可見。

人們普遍認為，溫度升高必將觸及農業基礎。IPCC在其1995年的報告中提出全球農業生產不會發生變化，但人們認為根據地區條件的不同，農業生產的數量和質量都會有改變。霜凍期的縮短可能導致動植物群受到更加強烈的寄生蟲攻擊。一些地區農業狀況將惡化，而某些地區狀況則會有所改善。由於全球氣溫升高，現有的動植物群棲息地界限將向極地方向移動。地區生態系統將在何種程度上適應變化後的氣候條件，也取決於氣候變化的強度和速度。降水量變化可能會影響並威脅到水的供應。大氣中CO₂含量的減少將令許多植物生長繁茂，對農業增產起到正面作用。科技發展以及新型作物的種植將對氣候變化的適應策略起到怎樣的作用，我們還需拭目以待。人類不會被動地接受氣候的變化，因此氣候變化發展的過程還伴隨著人類影響，對其進行調節。

總體來說，溫室效應將會造成海平面的上升。各種不同的研究認為，如果到2100年平均溫度上升3.5°C，則屆時海平面將升高0.5公尺至一公尺，且其後海平面仍將繼續上升。（譯注：因為海水升溫滯後於大氣升溫。）對這些數值進行分析，並根據目前防洪措施作推測，荷蘭將失去現有土地的5%，孟加拉國和太平洋的馬紹爾群島（Marshall-Inseln）也將分別失去20%和將近80%的土地。這類變化將威脅到全球沿海人口，使得旅遊、交通運輸以及居住方式都發生改變。面對這種威脅，工業國家當然不會有太大困難，比如上述的荷蘭等國，歷經數個世紀成功防止了由水位上升（海平面上升）造成的土地淹沒。有時港口和海面設施之類也被列入了可能受氣候變化影響的名單。當然，這類設施通常只有幾十年壽命，因此可以通過正常的設施改進和重建適應變化後的水位。



◎冬季風暴

人們在夏天得提防颶風、颶風的危機，冬天卻又要當心雪是不是下得太過？西元1888年美國紐約的冰風暴至少讓400人送命，在圖中可以清楚看見東倒西歪的人們試著在風雪中努力站立；終於握不住的雨傘也被時速70馬赫（mph）的風暴捲到天上（圖中右上部分）。

預期的氣候變化可能對健康有許多的直接和間接影響。世界衛生組織（WHO）1996年的一項研究顯示，全球氣候變化導致了疾病和瘟疫的明顯增多。由WHO的研究推論，氣候將有利於細菌、病毒及類似疾病傳染媒介的增多。可觀的降雨變化 — 乾燥地區降水量增多以及原濕潤地區的乾旱 — 將引發霍亂、黃熱病和腦膜炎的廣泛傳播。瘧疾將會急劇增多，因為若全球溫度上升約 2.2°C ，瘧

蚊的分佈範圍將比今天擴大42%至60%。據證明，在氣候變化的直接影響中，極端氣候（比如酷暑）狀況增加，疾病和死亡也隨之增多。世界觀察研究所（World Watch Institute）1996年的研究認為，環境變化將刺激傳染病的發生和擴散。

描述這類自然環境變化的影響以及人類生命的氣候基礎非常困難，並包含了巨大的不確定性。對其社會、文化和政治後果的判斷更加不易，判斷物件不僅是未來的氣候威脅，還包括社會對這些預期中的危險所作的反應。現在的日常生活中，我們感受不到人為氣候變化，而必須借助氣候學家的複雜分析，所以對氣候的社會和政治反應僅僅依賴於氣候學家的預測和闡釋。我們的關注並非已發生的、普遍可見的氣候變化。氣候政策不是對氣候變化的反應，而是對預期氣候變化的反應。

因此，要假設氣候變化作用、社會對氣候政策的回應以及氣候政策對我們的生態系統影響都具有極大的難度，甚至有時毫無可能。我們無法簡單地將已有的社會價值系統、技術、結構和處理方法運用到將來的氣候條件中，在現代社會尤其如此。現代社會不僅成長變化迅速，而且在面對出現的許多問題時，各大社會公共機構——如政府和科學界——一定義和實施可為社會接受的恰當政策的能力越來越弱。現代社會是知識的社會，社會組成中小規模團體的影響不斷擴大。隨著這些團體影響的增大以及社會運動的進行，成功地實現社會變化愈加困難——例如世界性氣候政策的認可。因此，採納的任何氣候政策可能都不及氣候本身一致和可信。

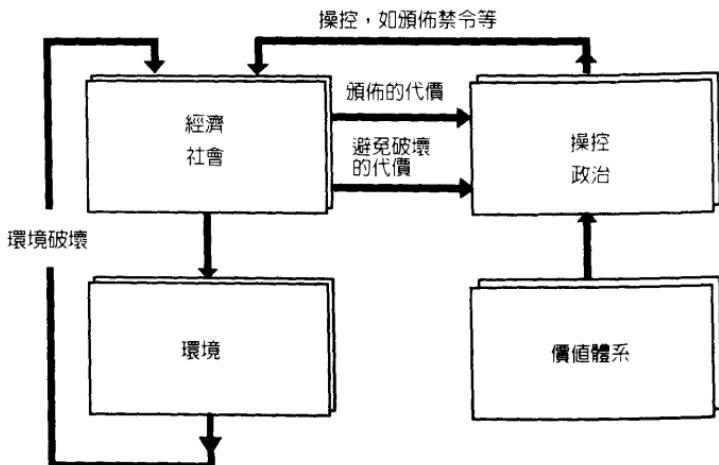


◎逆風而行
強風裡行進除了狼狽之外還是狼狽。圖為十九世紀某標名為「三月／行進之風」(March Wind)，如此一名多關的圖畫，彰顯的就是風的暴力。可以清楚的看見圖中蹣跚而行的優雅男士，不但護不住他的高帽，同時在飄搖風中也失去的自己的優雅之舉。舉凡走在風裡的每個人，無不「躲躲藏藏」，非常有趣。

(B) 氣候政策：技術專家治理的措施

氣候變化最直接的社會後果即為對氣候政策的需求及政策的形成。1992年聯合國在里約熱內盧舉行的發展與環境會議中，各國首腦和政府同意採取措施保護氣候的必要性。這一協定標誌著全球氣候政治的開始。但是，其後數年在具體步驟的統一上遇到了困難，比如溫室氣體的具體排放限制。比較各國對氣候政策的興趣，差別仍然巨大。主要以石油或煤炭生產為經濟基礎的國家並不迫切要求減少排放，而經濟相對較弱的國家則希望富有國家先行讓步。

通常採取的措施，在這裡我們稱之為「技術專家治理」(technokratisch)，來自對哈席爾曼「全球環境與社會」(Globalen Umwelt und Gesellschaft，簡稱GUG)模型的總結（見圖表十六）。根據該理論，人類經濟活動（「經濟，社會」圖框）創造出有價值的產品，同時帶來了環境壓力。這些環境壓力可能來自溫室氣體或



◎ (■表十六) 克勞斯·哈席爾曼的GUG模型

是鉛、水銀等重金屬的排放，也可能是由於熱帶雨林的燒毀。環境壓力作用於「環境」圖框，在那裡引起變化，如土壤退化或海平面上升。「經濟，社會」圖框又受到這些環境變化影響，採取改變農業生產慣例，加強海岸保護等必要對策。另外，這類對策還需要適用於消費品生產和服務的資源。環境破壞會對經濟成績造成影響。

然而，該過程也可能受到政治的引導，如環境稅的徵收、禁令和規定的頒佈等。所有這類措施都與經濟資源相結合，但卻減輕了環境破壞。最佳的環境策略應為最大的經濟成果提供可能。該成果為未經調節的消費品生產及投資與適應環境破壞的支出之間的差異（減少額度），以及減輕環境破壞的支出（「適應」額度）。因此，有待解決的問題是在全球範圍內就氣候變化和氣候政策達成一致，並將策略最佳化。

GUG模型的數學總結是：為描述氣候組成，由通常的複雜氣候模型得到極度簡化的模型。其中為了描述減少額度與適應額度，對國民經濟的作用作了簡單假設。華盛頓白宮在準備里約熱內盧會議時用到的一個GUG模型具有政治上的意義。它表示，略微減少CO₂排放將是「最佳」(optimal)方案。

GUG的陳述假設前提為各國的統一意見或是世界性的政權，兩者都應完全了解現在和將來的氣候過程並對政治措施較為敏感。在此基礎上，假想的世界政權才能理性地計劃並實施其氣候措施。

在該模型中，可以減弱「世界政權」(Weltregierung)的假想。取而代之，我們可以找到許多合作者共同參與其中。他們都力爭使自身獲利最大化。為了實現此一改進，我們用到了數學的競賽理論。然而，該理論的使用帶來了新的問題，又稱「搭便車者」(Free-Rider)問題：假設一百個國家同意簽署減少排放的協定。所有國家全都參與了排放，且都承受了其不良後果。通過協定，所有國家均承擔減少排放的支出，且均得到益處。若一百個國家中只有

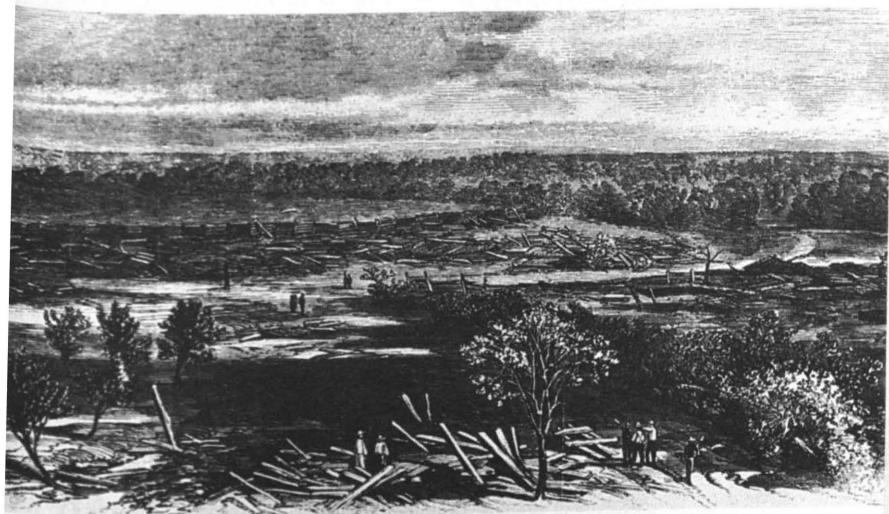


◎龍捲風群

龍捲風的瞬間暴力相當強大，所到之處「無堅不摧」。西元1955年的美國德克薩斯州（Texas）、奧克拉荷馬州（Oklahoma）與堪薩斯州（Kansas）同時為六個龍捲風群所肆虐，據聞整日統計下來，便有19個龍捲風「到訪」。114斃命、700人員重傷於該次的美國龍捲風災難。圖為畫家重建當時的情況。

一個拒絕遵守協定（既而成爲「搭便車者」），只會對排放的減少產生微弱影響，而所有國家，包括拒絕遵守協定的一國，都將從中受益。但範例中就只有九十九國會負擔開支。不遵守協定的一國沒有直接開銷，坐享其成，也許還能通過增加其排放進一步獲利。這種情況對任何一國均有可能，則各國都會考慮是否真有必要遵守協定。各國均有理由對此協定置之不理。

模型中「完全了解」(vollständigen Kenntnis) 所有重要資訊的需要也可能減弱。我們可以假設GUG模型中一系列因素的統計不確定性，如未來的開支或自然的緩慢氣候變化導致的不確定性。這樣，數學問題就變成了隨機的最佳化問題。統計表述的不精確性就要求我們進行一些假設，比如假設一些預期參數有固定平均值，如開銷或靈敏度—溫度每上升1度造成的破壞。不過這類假設無法與社會現實達成一致：舉個例子，實施聖經誠律的基本教義派可能遵行「生養衆多，在地上昌盛繁茂」(Macht Euch die Erde untertan, und mehret Euch)。對於這樣的發展需要對「成本函數」(kostenfunktionen)進行戲劇性地重新定義，並且幾乎不可能將其定為統計變數。



◎超級龍捲風

除了大雨、大雪之外，另一種造成釀成巨災的氣候現象便是龍捲風。突然在1865年7月美國威斯康辛州(Wisconsin)發洛克地區出現的龍捲風，所到之處無不摧毀，經過龍捲風洗禮後的城鎮可以說是滿目瘡痍(圖上)，這次的龍捲風不僅造成人員重大的傷亡、毀壞80棟房舍，威斯康辛當地的教堂無能倖免(頁132圖)。

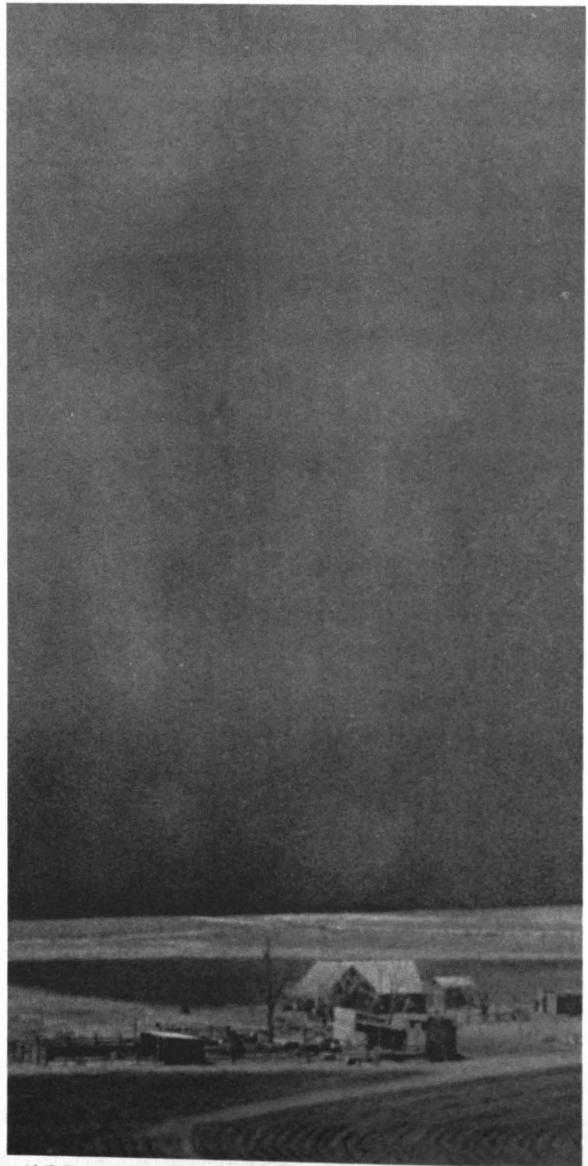


有關GUG模型的另一個問題是，從理論上看，複雜、逼真的氣候模型能夠與複雜性和真實性相似的經濟模型共同作用。但這幾乎是不可能的。首先，實際上不可能實現複雜模型的最佳化，必須用簡化模型取而代之。其次，我們已經討論過，要由全球氣候模型推導出地方氣候狀況，存在有一定的問題。但是由於氣候破壞都在具體地點發生，所以地方狀況的推導是必須的。最後，與氣候模型不同，由於其設計基於經驗，逼真的經濟模型與當時的經濟結構和程式有聯繫，且只在相對短暫的時間範圍內較為樂觀的情況僅為數十年一固定不變。因為氣候變化的週期長度在幾十年至數個世紀，根據這種情況，逼真的經濟模型實際並不起作用。因此，參與作用的模型必須高度統一，即其對許多過程和組成的描述應簡單一致，從而描述範圍不會涉及國家各經濟分支及其相互的依賴性。這樣，GUG模型才在根本上是可用於解釋基礎結構的示範模型。它無法詳述具體的必要和解決辦法。

(C) 氣候政治：實施的角色

除前一部分提到的方法缺陷以外，GUG模型還存在一系列基礎性問題。最重要的是，它的社會構成要是經濟理論和經濟價值判斷。

技術專家治理的手段進一步的缺陷在於，它假設我們的社會及其價值系統面對持續發展的和「氣候變化信號」(klimaänderungssignal)相關的「資訊」(informationen)時會有反應；並且能夠正確地將這些資訊與普遍存在的氣候自然變化及氣候極端事件造成的「雜訊」區分開來。這幾乎是不可能的。社會在描述氣候狀況時遇到的困難清楚地說明，媒體和公眾錯誤地將一切有關極端氣候的資料當成了全球氣候變化的證據：1996、1997年德國「冰封冬季」(Eiswinter)的回歸，1996年十二月積雪厚達一公尺的降雪打



◎沙塵暴

就算天空萬里無雲、無風雪、無暴雨，平日看不見的空氣中的懸浮粒子 — 塵埃 — 結成「雲團」時，同樣會醞釀成災。沙塵暴不僅會影響人體健康、影響氣候，甚至最可怕在於影響國運。閃電交加，打雷閃電之後，便會開始狂風暴雨。

斷了加拿大城市維多利亞和溫哥華的日常生活，1997年一月加州和華盛頓的洪水和風暴，這些極端氣候狀況都成了媒體和個別科學家評論全球氣候變化的證據，給人們留下深刻印象。1997年十月四日，《波士頓環球報》(Boston Globe)的報導指出：「上週發生的前所未有的暴風雪進一步提醒我們，去年是這些年中觀測到的天氣最多變，最極端的一年。在全國其他地區以及全世界也是這樣，如連續的降雪，一月太平洋西北部冰雪的融化，以及上月俄亥俄河破紀錄的猛烈洪水。我們可以認為，這些不穩定狀況初步證明了因過去一百年中使用礦物燃料造成的大氣及海洋變暖。」實際上，1996／97年冬季德國多風暴的北部地區並未出現風暴，相反地，天氣反常地平穩。冬季少雨導致了春季乾旱，以及戶外火險的增多—在這種情況下，記者們未曾想到過詢問氣候學者是否不出現風暴可能代表氣候災難即將來臨。在他們看來，氣候狀況反常才是正常的情況。幾乎無法確定異常天氣狀況的頻率和強度是否不同於正常水平，因為這些天氣狀況的可變性非常高。

我們不可能借助極度簡化的社會動態模型獲得實際知識，從而使氣候政治與地區、國家以及世界生活狀況相適應。系統學習能力，公共機構的惰性，大量有關人士的既定興趣（如社會運動、聚會、國際組織和公司），道德和政治矛盾，各大社會機構的權利持續削弱，意外的社會動態演變，政治和經濟進程，都阻止了這類模型引導人們作出有用的處理和決定。

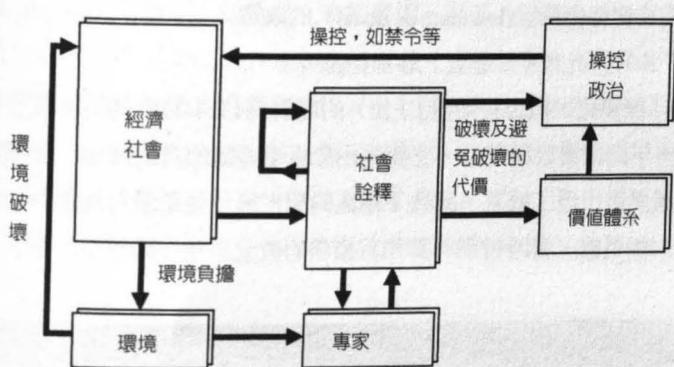
GUG模型可由頁137圖表十七的「感知到的環境與社會」模型(PUG)代替。PES模型與GUG模型只相差兩個圖框：監督、闡釋氣候變化，並將其介紹給公眾的「專家」(experten)；以及「社會闡釋」(gesellschaftliche interpretation)自身，即將專家的解釋調整為有文化內涵，且以實際經驗為基礎的模型的過程。



◎雷雨中的都市

降雨中的都市是什麼樣子？本圖從巴黎的市郊拍攝到巴黎市區降雨的大遠景。從這個大遠景的圖片裡頭，可以清楚的看到城市上空累積的雲量相當厚。

「感知的環境與社會」模型



◎(圖表十七)

在PES模型的框架下，以下（經簡化過的）情況顯得更加合理：

1、在緩慢人為或自然氣候變化的情況下：

a.如果公眾在可信賴的公共機構幫助下作好了準備：則真實的、緩慢展開的氣候變化的信號將無法被察覺。但是公眾會以自然發生的極端狀況（這實際與系統變化無關）為依據，確定氣候變化的發生。可以採取幫助人們適應或減輕氣候變化的積極政策，暫且不考慮該政策最終是否能解決問題。

b.如果公眾不希望氣候變化：則人們將被動地適應變化，而不是自覺地對它有所認識。自然發生的氣候異常和極端情況將被正確理解為正常氣候狀況。

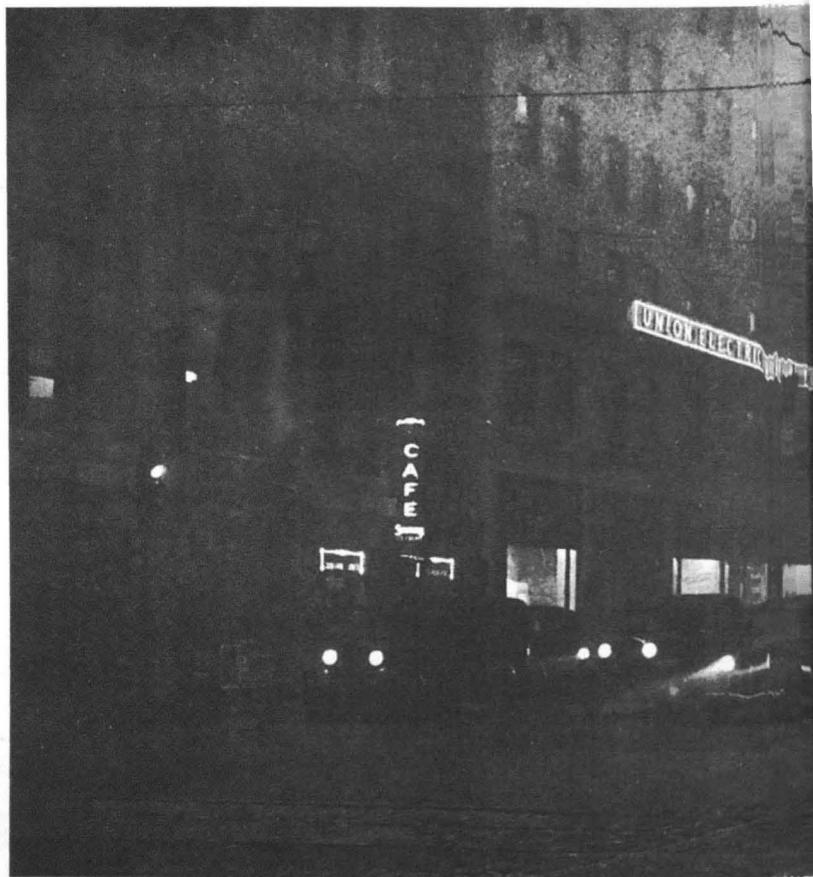
2、在無緩慢氣候變化發生的情況下：

a.如果社會仍期望氣候變化：則當發生自然氣候事件，人們就會希望這是持續氣候變化存在的證明。衡量標準來自歷史和文化觀念。

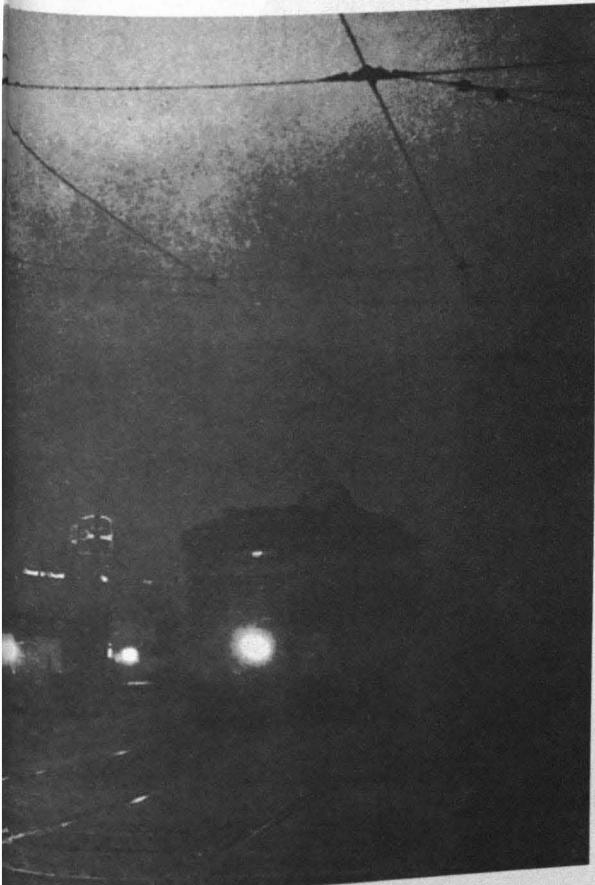
b. 如果社會不期望氣候變化：則即使出現極端氣候狀況，仍將採取「例行公事」(business as usual) 的政策。

2b的情況無疑為歷史上最常見的例子。

「無變化，但存在期望」(2a) 的範例為1314-17年的英國社會。這些年間農業收穫欠佳，主要是由於夏季連綿數月的降雨。伴隨該氣候異常出現了饑荒，導致了極高的死亡率，並承受著沈重的社會壓力和負擔。當時特別可靠和有權勢的教堂事前在講壇反覆警告人



們將遭神譴，並要求人們舉止要帶有對神的敬畏。破壞莊稼的壞天氣被當時的「專家」認為是上帝的懲罰。為使人們免受更多懲罰，教堂採取了「氣候政治」(klimapolitik)。坎特布里的大主教下令，整個國家舉行神聖的服務和遊行，奉上祭品，捐贈救濟品，且每人參與強烈的齋戒和祈禱。該結果可看作是一場勝利，因為之後的夏季不再為雨水困擾，收穫恢復到了正常水平。



◎霧中風景

「小心有霧」是高速公路上常見的標示，尤其在夜間、霧區或者霧季裡，這樣的標誌更是到處可見。濃霧最影響的便是視線，當視線不再清晰的時候，便可能是災難將要發生的前兆。圖為1940年代的美國聖路易斯為濃霧所籠罩的情況，只有招牌和路燈特別清晰。



◎氣候的政治性

科學將氣候的變化徹底地政治化與社會化。因此全球氣候的變化、溫室效應以及溫度上升都不再只是日常的瑣碎小事，成為必須嚴肅面對的課題。

情況1b，即「事先未預料到的氣候變化」(Veränderung ohne vorausgehende Erwartung)。其範例為1920/30年代，全球平均氣溫在幾十年間上升了約0.5°C。該範例在1933年的科學文章中得到了描述，並在1938年被提出與人為溫室效應聯繫在一起。但是這在公開討論中沒有得到任何反響—當然，對公眾來說，由於第一次世界大戰後新的政治秩序，世界經濟危機和極權主義系統的上升顯得比環境變化更加重要，

另一個存在的問題是，預期的由溫室氣體造成的全球氣候暖化屬於1a還是2a？1970年代科學界的討論在十年之後成爲了氣候和環境研究最重要的主題。極端天氣狀況、環境意識的增強以及科學家的反覆警告使媒體和公眾對氣候變化問題興趣愈加濃厚。同時，人們對氣候變化後果的恐懼和焦慮也與日俱增。極端天氣事件的例子有以下幾個：

· 1988年夏美國發生旱災，引起媒體極大的關注。在參議院的一個聽證會中，氣候學家吉姆·漢森（Jim Hansen）提出，洪水「有99%的把握」（mit 99%iger sicherheit）是由於人為溫室效應。之後漢森本人又對這種看法提出爭議，理由為1988年後再未出現過類似的旱災。一種替代的解釋將北美的乾旱歸咎於太平洋特殊的海面溫度分佈。

· 1991和1993年冬季／春季，北歐發生了一系列風暴，在公眾爭論中被認為是「全球暖化」的有力證明。科學權威解釋，風暴頻率和強度（例如北海的風暴）的系統性增加，也許是由於溫室效應的增強。該主張後來被證實為錯誤的，但大眾很難糾正原來的看法。

綜上所述，我們可以斷定社會本身不能感知氣候和氣候變化，但人們相當留意專家的警告和判斷，尤其在面對極端天氣狀況的時候。



◎氣候的變化究竟是出於本質？或者是社會建構的結果？

候。現代社會對氣候的感知基本上都經過了社會的過濾。我們稱這種對真實氣候系統的過濾為「社會建構的氣候」(soziale Konstruktion des Klimas)。對氣候資訊的表達在很大程度上取決於專家的判斷。專家（就我們而言，分別來自科學和宗教）的可信賴程度，更加重要的社會問題的缺席，以及不同國家媒體提出（或是不提）問題的姿態，都影響著公眾對氣候的信念和理解。與真實的氣候經驗相比，這些條件對大眾的影響更大。在另一些國家中，更受重視的是一些其他的問題。比如在中國，人們更關心的是家中擁有冰箱，而不是冰箱對氣候的影響；在孟加拉共和國，人口基本需要的滿足（如防範熱帶風暴帶來的危險）比平均海平面可能的升高更加重要。

因此，對氣候及氣候影響的研究不應僅僅關注自然氣候變化和人為氣候變化。更重要的是，在感知氣候和氣候變化時會遇到的複雜問題，我們應該綜合各個學科的方法對它們進行分析和理解。



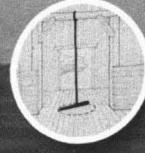
黑潮 (Kuroshio)

黑潮是世界海洋中第二大暖流。只因海水看似藍若靛青，所以被稱為黑潮。其實，它的本色清白如常。由於海的深沉，水分子對折光的散射以及藻類等水生生物的作用等，外觀上好似披上黛色的衣裳。

黑潮由北赤道發源，經菲律賓，緊貼中國台灣東部進入東海，然後經琉球群島，沿日本列島的南部流去，於東經 142° 、北緯 35° 附近海域結束行程。其中在琉球群島附近，黑潮分出一支來到中國的黃海和渤海。位於渤海的秦皇島港冬季不封凍，就是受這股暖流的影響。它的主支向東，一直可追蹤到東經 160° ；還有一支先向東北，與親潮（亦稱千島寒流）匯合後轉而向東。黑潮的總行程有6000公里。

黑潮是一支強大的海流。夏季，它的表層水溫達 30°C ，到了冬季，水溫也不低於 20°C 。黑潮與氣候關係密切。日本氣候溫暖濕潤，就是受惠於黑潮環繞。

第 5 章 總結





第五章 總結

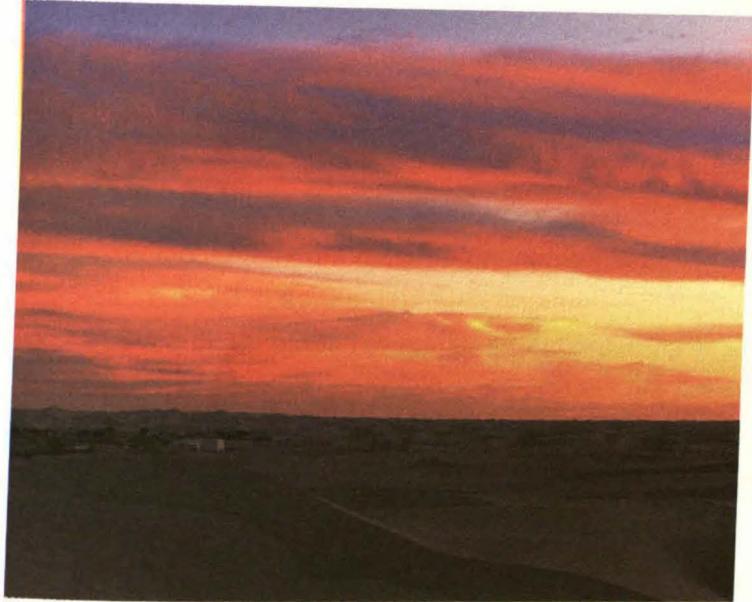
(一) 藉由本書可以清楚地了解，「氣候」的研究主題不僅屬於自然科學範疇，也屬於社會科學和人文範疇。尤其當公眾和政治面對科學氣候研究提出的觀點和警告，需要作出回應時，這一特點尤為突出。

(二) 與多數自然科學一樣，科學的氣候研究缺乏歷史背景。提到氣候研究，大多數人會想起阿爾赫尼斯，一些人記得卡倫德，而布呂克納是何許人也早已無人知曉。人們熱衷於戰爭，為新工作備感興奮，但對幾十年前的研究卻轉瞬即忘。錯誤和誤解都沒有被記住——於是就有了懷著與過去相同的熱誠重蹈覆轍的危險。

(三) 社會科學一直以來都成功地躲避了對社會所承受環境後果的研究。在過去十年中（譯注：本書以1999年為準）氣候決定論和生物決定論的沈痛經驗之後，我們不應再繼續逃避。但是，我們面臨的情況是，幾乎不存在任何社會科學的氣候研究。氣候研究的這一領域或多或少都為自然科學所覆蓋。

(四) 氣候是人類文明和人類行為的決定因素之一，這幾乎是不爭的定論。氣候決定論學說曾是科學和流行的解釋模型的共同組成。今天，我們可以相當肯定地堅持氣候並不具有決定性，而是多少起到調節作用的社會過程。

(五) 同時，人類行為在一定意義上影響著氣候條件。歷史上的人類影響更偏向於地區的形式，如土地用途改變引起的大面積地表變化；而現在的影響則偏向全球性變化。過去的經驗表明，人類將同過去一樣，解決這些氣候變化引起的問題。解決問題的方法一定可以找到。

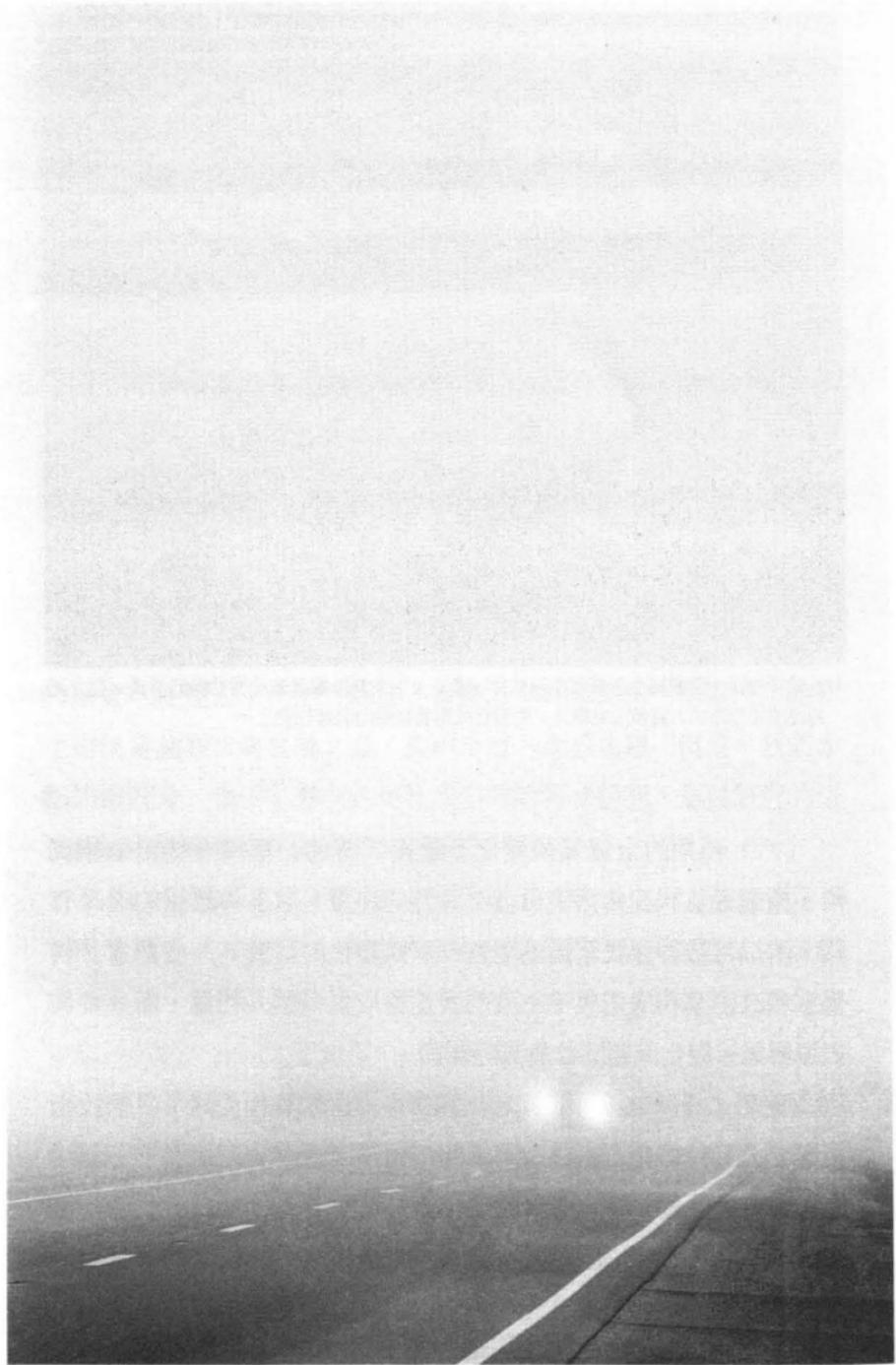


◎人類行為在一定意義上影響著氣候條件。歷史上的人類影響更偏向於地區的形式，如土地用途改變引起的大面積地表變化；而現在的影響則偏向全球性變化。

(六) 預期的全球氣候變化不應與「普通」氣候極端現象相混淆。極端天氣狀況常常吸引公眾強烈的注意，且多與嚴重的後果有關，所以常被普通民眾錯誤地當作氣候變化的信號。一些記者、科學家和政治家利用這些不正確的表達獲取更多個人利益，而其實其表達與氣候變化問題間並無實際關聯。

(七)二十、二十一世紀，人類壽命前所未有的受到了科學技術影響。人對科學和人工技術因素的依賴性逐漸增加。幸與不幸取決於觀察者的看法。對現代科學技術毫無爭議的欽佩、滿意和信任逐漸式微，取而代之的是轉向懷疑的態度。

(八)二十一世紀也會出現社會價值、過程和結構以及科技的巨大改變。任何明智的氣候政策都應將這些改變納入其多層動態之



◎丹麥女王瑪格麗特二世在新年賀詞中這樣說道：當我們面對一天中許多的實際問題，事情有時會顯得太過複雜，令人捉摸不透；但我們決不能拒絕這個時代最偉大的挑戰。

中。因此令人懷疑是否能制定出有效的氣候政策。不過，另一方面，我們也可以安心期待擺脫氣候問題的科技手段形成，如新的過濾技術、能量形式和用途的多變，或是能量利用率的提高。

我們應該怎樣處理所有這些知識呢？對科學家來說，在實際氣候研究中實現跨學科研究將是一個挑戰。我們需要將社會包含在地球生態系統中的「社會自然科學」，而無須將不可數學化的、內在社會動態簡化為環境決定論。

丹麥女王瑪格麗特二世（Margarethe II）在她1998年的新年賀詞中這樣說道：「當我們面對一天中許多的實際問題，事情有時會顯得太過複雜，令人捉摸不透：它與這個世界上存在著的資源分配不均有關；它與保護環境免受污染有關；它與防止自然資源過度開發有關；它有避免二氧化碳排放和臭氧層空洞有關。求助於科學家並不會使我們更加輕鬆。我們會發現，他們要窺其全貌也並非易事，更惶論在這個難題上達成一致。我們不應任由自己跟隨追逐轟動的預言者宣揚世界末日即將到來；我們不應像驚恐的牲畜一般，受狼吠驅使，從柵欄的一邊逃到另一邊。那將只是不負責任的行為。想想我們的後代正旁觀我們所做的一切，我們決不能拒絕這個時代最偉大的挑戰。」



蒲.福.風.級.表

為了能有效地估計及紀錄風速，在 1805 年，由一位英國海軍 Admiral, Sir Francis Beaufort (1774 - 1857) 編造了一個表，名為蒲福氏風級表 (The Beaufort Scale)。蒲福氏風級表最初只適用於海上航行的測量之用，不過後來也適用在陸上。蒲福風級表將風力分為 12 個等級：0 級「海面平靜如鏡，陸地輕煙垂直上升」、1 級「海上鱗片狀柔和波紋，無白沫，陸上輕煙徐徐飄揚」、2 級「海上玻璃狀之浪峰而不破碎，路人開始覺得臉部有風，樹葉微動」、3 級「海上浪峰較大，開始破碎，間中有白頭浪；陸上樹葉擺動，旗幟開始飄揚」、4 級「海面有小浪，並開始拖長，白頭浪較頻密；陸上小樹枝擺動，碎紙飄揚」、5 級「海上中浪，並顯著拖長，更多白頭浪，間中有浪花；陸上小樹開始擺動」、6 級「海面大浪，浪花較多，白頭浪廣泛出現；陸上大樹枝擺動，電線發出轟聲，使用雨傘開始感到困難」、7 級「海面海浪堆疊，白沫吹成條紋；陸地全樹擺動，逆風而行受阻」、8 級「海面中高浪，海浪更長，條紋更顯著；陸上小樹枝折斷，逆風而行舉步維艱」、9 級「海面高浪洶湧，條紋濃厚，視野開始受阻；陸上大樹枝折斷，建築物輕微損毀」、10 級「海面大浪，波濤互相衝擊，視野受阻；陸上狂風把樹木連根拔起，建築物受明顯破壞」、11 級「海面有巨浪，白沫遍佈海面，波濤澎湃，視野明顯受阻；陸上廣泛破壞」、12 級「海面有如排山倒海之極巨浪，浪花四射，視野嚴重受阻；陸上大樹劇烈搖晃，極度破壞。陸上甚少見這種情況」。

參考文獻

- Andel, T. van. (1994). *New Views on abn Old Planet. A History of Global Change.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Cotton, William R. & Roger A. Pielke. (1995). *Human Impacts on Weather and Climate.* Cambridge: Cambridge Press.
- Houghton, J. L., G. J. Jenkins and J. J. Ephraums (eds.) (1990). *Climate Change. The IPCC Scientific Assessment.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Houghton, J. T., B. A. Callander and S. K. Varney. (eds.) (1992). *Climate Change 1992.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.) (1996). *Climate Change 1995.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Kempton, Willett, James S. Boster and Jennifer A. Hartley. (1995). *Environmental Values in American Culture.* Cambridge: The MIT Press.
- Kutzbach, Gisela. (1979). *The Thermal Theory of Cyclone: a History of Meterological Thought in the Nineteen Century.* American Meterological Society.
- Martin, Goeffrey J. (1973). *Ellsworth Huntington: His Life and Thought.* Hamden Connecticut: The Shoe String Press.
- Srommel, Herney M. (1987). *A View of the Sea: a Discuss between a Chief Engineer and an Oceanographer about the Machinery of the Ocean Circulation.* Princeton: Princeton University Press.

飽讀的饗宴

人類智慧的發現之旅，
文明知識的大眾閱讀



《世界史最重要的101個人物》

101個人物簡短生平與影響力

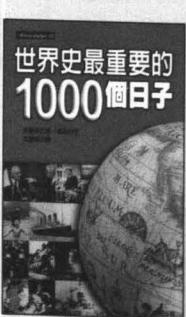
誰是讓世界聽從召喚的大人物？他們如何不凡？如何驚世駭俗？本書以時間為軸，空間為縱深，訴說人類史上重要的101個人物的戲劇人生，呈現出圖文並茂、知性與感性兼具的全方位讀本。精彩豐富的全彩插圖，搭配101位人物。



《上癮的秘密》

癮癖之所以成為全球性的現象的歷史文化及解決之道

癮癖是什麼？來自於什麼地方？又要往哪裡去？癮癖的成因是什麼？癮癖和個人的人格特質之間又有什麼樣的關連？癮癖之所以成為一種全球性的現象的歷史肇因又是什麼？我們能夠擺脫隱癖的糾纏嗎？你知道的這些，這本書會告訴你。



《世界史最重要的1000個日子》

1000個歷史上的關鍵時刻

西元前3000年至西元2001年，發生了什麼？本書圖文並茂，帶您神遊5000年，回顧發生在世界史上的每個時間節點發生的重要大事，自西元前3000年埃及王朝的興衰榮枯到西元2001年的911事件都在其中。專家撰寫、輕薄卻不含糊，扼要但不囉唆。

「知識之門」系列

了解人類發展軌跡，不知不可的文明知識
歷史與文藝、宗教與哲學、醫學與心理、自然科學、人物傳記
簡明的入門書籍／專家的解析導讀／豐富的文明百科



《耶穌》

耶穌是誰？是神還是人？
他「真的」做過了什麼事情嗎？
瑪麗亞之子生活在遠古寂靜的一角，活了一輩子卻未
留下隻字片語，關於他的一切，都是由他人書寫，流
傳下來。
所以耶穌到底是誰？世人該用凡人的角度觀看他，或
是用崇敬神的角度仰望祂？



《世界七大奇跡》

帶您橫越世界穿越時空再探上古高度文明的傳奇
世界七大奇跡象徵人類文明高度發展的里程碑。但卻
大部分都湮沒在歷史塵埃中，只存在於人們的想像世
界裏。
作者為讀者呈現了古希臘世界和當時世界奇跡的史
實，並探詢了這些世界奇跡的發展與意義，從中解開
困惑不已的歷史謎團。

其他主題陸續出版：

巫毒、海盜、亞歷山大、埃及豔后、康士坦丁、耶穌、
穆罕默德、可蘭經、天堂與地獄、天使、神話、善惡、
荷馬、莎士比亞、歌德、文字的歷史、浪漫主義、古典
主義、氣候與人類、地震與火山、昆蟲、蜜蜂與蜂群、
螞蟻、病毒、人類疾病與微生物、細菌、夢與解夢、素
食主義……

氣候、天氣與人類：天氣和我們的生活

作者
譯著
文字編輯
美術編輯

尼科·斯特爾(Nico Stehr) & 漢斯·馮·斯多赫(Hans von Storch)

李理

黃志偉

銳點視覺設計坊

發行人
發行所

陳銘民

晨星出版有限公司

台中市407工業區30路1號

TEL:(04)23595820 FAX:(04)23597123

E-mail:service@morningstar.com.tw

<http://www.morningstar.com.tw>

行政院新聞局局版台業字第2500號

法律顧問

甘龍強 律師

印製

知文企業(股)公司 TEL:(04)23581803

初版

西元2005年05月30日

總經銷

知已圖書股份有限公司

郵政劃撥：15060393

〈台北公司〉台北市106羅斯福路二段79號4F之9

TEL:(02)23672044 FAX:(02)23635741

〈台中公司〉台中市407工業區30路1號

TEL:(04)23595819 FAX:(04)23597123

定價 160 元

(缺頁或破損的書，請寄回更換)

ISBN 957-455-835-5

Klima, Wetter, Mensch by Nico Stehr & Hans von Storch

copyright © Verlag C.H. Beck oHG, Munchen 1999 arranged

through Jia-Xi books co., Ltd.

Complex Chinese translation copyright © 2005 by Morning Star

Publishing Inc.

Published by Morning Star Publishing Inc.

本書圖片版權歸作者所有，如因不查侵權請來信告知，或email至

service@morningstar.com.tw

版權所有 翻印必究

國家圖書館出版品預行編目資料

氣候、天氣與人類：天氣和我們的生活／尼科·斯特爾
(Nico Stehr), 漢斯·馮·斯多赫 (Hans von Storch) 著；

李理譯. -- 初版. -- 臺中市：晨星, 2005〔民94〕

面；公分. -- (知識之門；7)

譯自 : Klima, Wetter, Mensch.

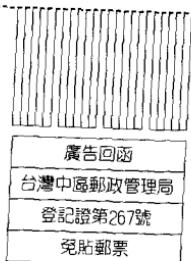
ISBN 957-455-835-5 (平裝)

1.氣候

328.8

94004222

請填妥後對折裝訂，直接投郵即可，免貼郵票。



廣告回函
台灣中區郵政管理局
登記證第267號
免貼郵票

407

台中市工業區30路1號

晨星出版有限公司

-----請沿虛線摺下裝訂，謝謝！-----

更方便的購書方式：

- (1) **信用卡訂閱** 填妥「信用卡訂購單」，傳真至本公司。
或 填妥「信用卡訂購單」，郵寄至本公司。
 - (2) **郵政劃撥** 帳戶：知已圖書股份有限公司 帳號：15060393
在通信欄中填明叢書編號、書名、定價及總金額
即可。
 - (3) **通 信** 填妥訂購人資料，連同支票寄回。
- 如需更詳細的書目，可來電或來函索取。
 - 購買單本以上9折優待，5本以上85折優待，10本以上8折優待。
 - 訂購3本以下如需掛號請另付掛號費30元。
 - 服務專線：(04)23595819-231 FAX：(04)23597123
- E-mail:itmt@morningstar.com.tw

◆讀者回函卡◆

讀者資料：

姓名：_____

性別：男 女

生日： / /

身分證字號：_____

地址：□□□

聯絡電話： (公司)

(家中)

E-mail _____

職業：學生 教師 內勤職員 家庭主婦
SOHO族 企業主管 服務業 製造業
醫藥護理 軍警 資訊業 銷售業務
其他 _____

購買書名：氣候、天氣與人類：天氣和我們的生活

您從哪裡得知本書：書店 報紙廣告 雜誌廣告 親友介紹

海報 廣播 其他：_____

您對本書評價：(請填代號 1. 非常滿意 2. 滿意 3. 尚可 4. 再改進)

封面設計 _____ 版面編排 _____ 內容 _____ 文／譯筆 _____

您的閱讀嗜好：

哲學 心理學 宗教 自然生態 流行趨勢 醫療保健
財經企管 史地 傳記 文學 散文 原住民
小說 親子叢書 休閒旅遊 其他 _____

信用卡訂閱單(要購書的讀者請填以下資料)

書名	數量	金額	書名	數量	金額

VISA JCB 萬事達卡 運通卡 聯合信用卡

•卡號：_____ •信用卡有效期限：____年____月

•訂購總金額：_____元 •身分證字號：_____

•持卡人簽名：_____ (與信用卡簽名同)

•訂購日期：____年____月____日

填妥本單請直接郵寄回本社或傳真(04)23597123

Y Q O ð a z n