

# 簡單的科學

## 續編

曹友琴 曹友芳 譯述  
曹惠羣 楊孝述 校閱

中國科學圖書儀器公司

上海

# 簡單的科學續編

## 地球和人

赫胥黎 安特萊德 合著

曹友琴 曹友芳 合譯

曹惠羣 楊孝述 校閱

中國科學圖書儀器公司印行

上海

中國科學社通俗科學叢書

# 簡單的科學續編

中華民國三十一年五月初版

版權所有 翻印必究

原 作 者

Julian Huxley  
E. N. da C. Andrade

譯 述 者

曹友琴 曹友芳

校 閱 者

曹惠羣 楊孝述

發 行 者

楊 孝 述

發 行 所  
發 印 刷 所

中 國 科 學 公 司  
上海福煦路 649 號

合 2000

# 內 容

## 第一章 地球和氣候..... 1—55

分類和適應——地球是圓的——地球怎樣轉動——量角法——經度與緯度——四季與氣候——爲什麼一年有不同的季候——地球上空氣的環流——世界上水的循環——地球的氣候帶——寒帶中的生活——溫帶和沙漠帶的生活——赤道附近的生活

## 第二章 地球的構成和歷史..... 56—102

地球的構造——地球有一個長久的歷史——岩層與其成因——化石——岩層怎樣褶曲和傾側——地殼中的盆地和穹地——侵蝕及其效應——侵蝕，地質學和風景——生命的歷史——火成岩

## 第三章 生命的化學..... 103—128

物質經過生命的循環——碳的循環——碳和動力——氮的循環——磷的循環——人的浪費

## 第四章 土壤..... 129—166

土壤怎樣構成——土壤怎樣包容水份——土壤的結構——



—耕耙與輾壓——早土與晚土——石灰的效果——耕耘——  
土壤中植物的遺體

第五章 農事.....167—190

植物的食物——糞肥和肥料——氮與農事——土壤，植  
物生命和風景

第六章 發育與生命之流.....191—220

動物的生命史——一隻雛鷄發育的情形——發育動物如  
何受照顧——植物像動物一樣的發育——其他發育的方法——  
—生命之流——細菌的生命

第七章 生物的改進.....221—257

動植物能變——遺傳與環境——受精與基因——遺傳與  
性質的新配——遺傳與天演——生物的人為改進

第八章 科學史.....258—287

科學的發軔——古希臘羅馬的科學——黑暗時代和中古  
時代的科學——現代科學的開始——十八世紀之科學——十  
九世紀之科學

第九章 科學與思想.....228—306

科學方法和原理——科學與思想——科學與控制自然界  
——科學史的重要階段——科學上各科發達的次序

# 簡單的科學續編

## 第一章

### 地球和氣候

分類和適應——地球是圓的——地球怎樣轉動——量角法——經度與緯度——四季與氣候——爲什麼一年有不同的季候——地球上空氣的環流——世界上水的循環——地球的氣候帶——寒帶中的生活——溫帶和沙漠帶的生活——赤道附近的生活

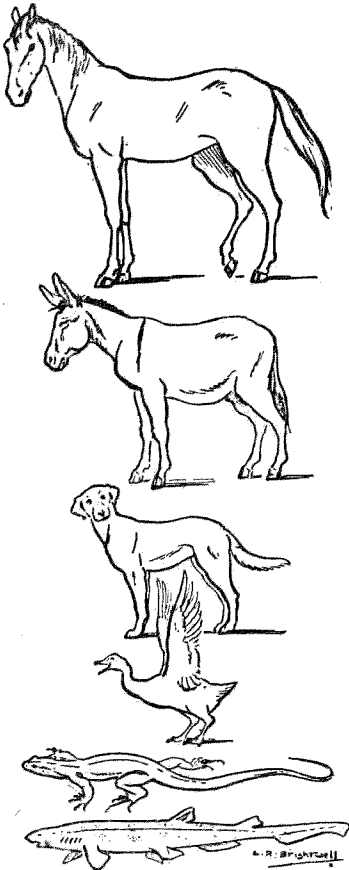
#### 分類和適應

在本書中，我們將要討論幾種定則，關於生物和它們所居的行星地球的關係，以關於人和地球以及和別的生物的關係的許多事實爲結束。

讓我們先想到動植物的種類。許多人不知道動植物不同的種類共有多少，例如英國一國不同的鳥種就有約三百之數，蝶和蛾在二千以上，甲蟲約三千五百之數。世界上不同種的動物數在五十萬以上，每年科學家繼續有新種的發見，尤其是在熱帶區域中。至於植物亦有好幾十萬不同的種。

我們必須要在這許多生物種類中求出一種秩序來。一個

法子是將動植物照它們的構造樣子，有相同的，有相異的，分別歸類；按這種計畫，一匹馬和一隻驢是很相近的。驢馬又和狗貓可以分入一大類中，包括一切有毛和哺幼用乳的動物（我們稱做哺乳類）。這些又可分入



更大一類動物有脊骨的，裏面包括鳥類，爬蟲像蛇，蜥蜴和龜，雙棲類像蛙和水蜥；以及魚類。這類叫做有脊椎類。多數脊椎動物有四肢和尾。蜘蛛，蟹和種種昆蟲就不能歸入這一類，因為它們沒有脊骨。但是它們都是有幾對多節的足，並且有硬骨在身體的外面而不在內部，這都很相似的。這一類叫做節足類（英文 arthropod，是從希臘文來的，即節足的意義）。水母和海白頭翁又另在一大類中，叫做腔腸類。蚯蚓，水蛭，沙蠅又入一類，叫做環蟲類（annelid）。

我們還有另一方法可以將這許多動植物分門別類。就是

圖 1 動物分類 六種脊椎動物：馬，驢，犬，鴨，爬蟲，狗鮫。

考慮它們生活在什麼地方和怎樣的生活。當我們照這樣的做，

我們知

道它們

常和環

境是多

少相適

的。取

一個極

明顯的

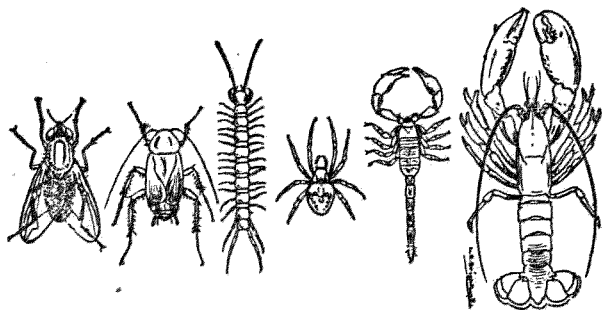


圖 2 動物分類 六種節足動物：蠅，螞蟓，百足，蜘蛛，蠍，龍蝦。

例來說。一個動物要是在海裏發達，必須能在水中呼吸和泅水；至於一個動物要是在水外發達，必須能在陸地上容易行動和在空氣中呼吸。一匹馬不能在海中生活，亦和一條鯉魚不能在陸上生活一樣。同樣的蓮不能長在沙丘上，亦和仙人掌不能長在池塘中一樣。

這種生物適合環境的性質叫做適應。但在討論這事之前，我們應當要知道動植所必須適合的各環境的大概。換句話說，我們要學習一些地理學，同時就不能不研究氣候和四季的道理。要明白這些，就不能不先注意地球本身，了解它在空間運轉時的行動和遭遇。

## 地球是圓的

我們都知道地球是一個極大的圓球，它像陀螺般的自轉，

並且繞着太陽旋轉。倘若有人告訴你地球是平的和固定的，並且太陽繞着它走的，你就以為他們是無知識。但是你曾經問過你自己為什麼相信是這樣的嗎？恐怕唯一的理由就是在你的青年時代或是有人告訴你這樣的，或是你從書本中讀到的。其實真正的理由並不是容易得到。人類住在地球上已有數千年，才得知道它的形狀和它運動的奇狀。

看起來，地球好像是很平的。它雖有山有谷，但是普通的地平面係常常相同的。其實地球的不平確是顯而易見的。倘若在一個晴天，你在海邊見有一隻汽船正在駛出的時候，起初你能看見船的全身。但是它開得更遠後，它的下部開始不見，過了一會，你只能看見上層甲板，煙囪，和桅了。這就是水手們所說的「船身下沉」了。雖然你有一個望遠鏡，漸漸的，煙囪不見了，後來船桅亦不見了，結果是只能看見一縷烟尾。

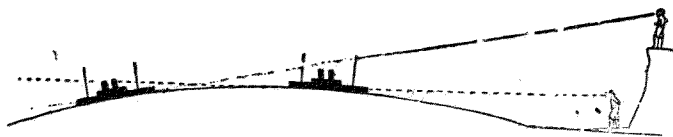


圖 3 怎樣證明地球是圓的。在岸上的人，只見遠處船上的桅杆和煙囪，但是在山崖上尚可見船身。（船的大小和人的大小當然是畫得和海面的曲線相比起來過分不稱的）。

這就是因為地球是圓的，所以海面不平，而有一些彎曲。這船駛出之後，那地面的彎突就把它遮去了，而你的視線却只是直的，圖 3 中表示得很明白。同樣的，倘使你在一隻船上駛近一個多山的地方，並且在天氣晴朗的時候，你必定先看見山

頂，然後漸漸看見低的斜坡。

在海邊沙灘看見汽船正在船身下沉的時候，你可以在山崖的頂上看見它的全身，因為你現在可以看過在你和它中間的彎出部分。從懸崖的頂上你確是可以看見更多的地面。

地平線就是你所能看見的地面的邊。地平線沒有固定的地位。例如在海上，你所在的地方愈高，則地平線愈遠。關於地平線可以用一個簡單的規則來計算的，不過你必定先要知道你在海平面以上的呎數。將這數開方。於是你和地平線相距的哩數就是這數的  $1\frac{1}{4}$  倍。例如，若你在 25 呎高的地方，你離開地平線大約是： $1\frac{1}{4} \times \sqrt{25} = 6\frac{1}{4}$  哩。若你在 400 呎高的地方，離開地平線大約是： $1\frac{1}{4} \times \sqrt{400} = 25$  哩。

用環遊世界而能回到出發的地方事來證明地球是一個圓球，當然是最好的。環行世界的第一人是 1520 年的探險家馬巨蘭(Magellan)。可是哥崙布開始他航行的動機，實由他堅信地球是球狀的和人能環繞它而行的一種見解，歐洲人早已發見中國，和東印度羣島，得着絲綢香料和別的貨物，但是他們要達到目的地或者是坐大車在陸上走數千哩，或是繞着非洲南端駛行，經過印度和馬來。哥崙布自己想：『倘使地球是圓的，並不要向東走這麼長而難的路到東印度去，我可以向西直駛過海洋，也能達到那裏。一旦我能找到這樣一條路，那末和這些遠的地方通商要更加便利了』。

事實上，雖然他的意思是對的，但是他所計算的地球的大

小是錯誤了。他做夢也沒有想到，向西面走去，在歐洲與東印度之間，還有一個美洲，和另一個大洋。當他最後尋到陸地時，他以為他已到了東印度。不久就發見了錯誤：但是他所尋着的島仍叫做西印度羣島，這使我們回憶到哥崙布幸運的錯誤，因為若是他沒有這種錯誤，就不能發見新大陸，就是南美洲和北美洲的總名。

用另一方法來表示地球是圓的，是看星。我們看見極星似乎是不動的，而且別的星都環繞着它而運行。倘若你向南或向北走，極星就改變它在天上的位置。倘若你在北極，你就看見極星在你的頭頂上。倘若你在非洲，鄰近赤道，極星就剛在地平線上。倘若你走到澳洲，你就不能看見極星。在英國，極星在地平線與天頂間的一半以上，所謂天頂就是恰正在頭頂上的一點。你看了圖4就知道只有地球是一個球體時，才會發生這種情形；若地球是扁的，就不會發生了。

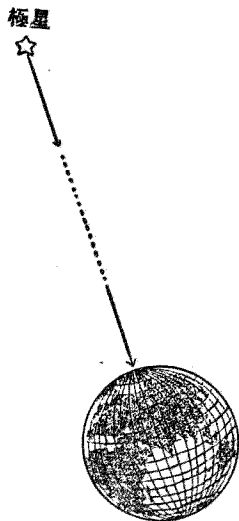


圖4 除非在北極上，看北極星是永不在當頭的，在南半球是決看不見的。

## 地球怎樣轉動

我們常常聽見說地球好像是一個陀螺般的在旋轉着，或照科學上的說

法，在軸上自轉。但是我們每天明明看見太陽在移動，我們怎樣能夠相信地球是旋轉的和太陽是固定着的呢？我們看見它從東方升起，漸漸升高一直到中午，然後漸漸降低，末後在西方沉落。

事實上，太陽的這種視在運動，雖然告訴我們運動的不是太陽便是地球，但不能使我們說定究竟那一個在運動。譬如你在停在火車站的火車內，看着另一輛在你附近的火車開始行動的時候，你常常以為你自己的車在相反的方向移動。但是你會立刻發現你的錯誤，一部份因為你不覺得火車行動時的震動，一部份因為當你從另外一個窗看出去時，你看見月台和人們仍在那裏，並沒有移動。但是假使這二列火車都走得很平穩而沒有震動，並且從窗裏看出去，除了附近的火車，不能看見別的東西，你就完全不能說到底那一輛火車在移動了。那時你所能說的，只是有一種運動在發生而已。照科學上的說法，就是你和另一輛火車是有相對的運動。在車動過的時候，你很容易從數車輛的數目知道這移動的速度，但你不能說那一輛是停的，那一輛是動的，除非在你的火車和另一輛火車之外有另一種東西取來作判斷。

對於太陽和地球，也是同樣的道理。太陽和地球顯然是相對的動着，否則太陽不會在東方出現，然後漸漸升高，又向西走了。但是要決定兩者之間那一個在動，却不是簡單的呀。

倘若地球是不動的，就有一件事很難明白。因為若地球是



定的，那末除了太陽之外，別的恆星也要二十四小時繞它旋轉一週了。但是我們知道恆星是極大的，有許多比我們的太陽還要大得多，並且它們在幾萬萬萬英里以外。倘若是繞着地球旋轉，它們的速度必定是大得可怕。所以設想我們的地球在它自己的軸上旋轉，比了想像有幾千萬的大星都繞着這小的物體——地球——旋轉，要簡單得多。

除此以外，還有被天文家所發見的複雜理由，使我們確信地球是在自轉而並不是宇宙間一切的東西在旋轉。

使我們相信地球除自轉外，還繞太陽而行的理由也是不易明白的。這與別的行星大有關係。天文家很仔細的研究過各行星和地球相對的行動。若地球與各行星不繞太陽公轉，而以地球爲一切天體的中心，那末行星行動的情形是要極端的複雜了；若是所有的行星包括地球在內，行動被太陽所統制，使牠們都環着太陽走，這樣去說明它們的運動，就變成又簡單又容易了。

第二件事是要說明地球實際行動的狀況。我們明白了這一點以後，我們就可知道它對於生存在地面上的植物，動物，和人類有什麼重要的影響。

讓我們先來研究地球的旋轉。當一個陀螺轉得很穩的時候，我們就說它是『入定』，它的表面上有二處——上下兩端——一是不動的。倘使你在這兩點之間穿過陀螺，畫一條線，這條線是不動的，其餘陀螺的各部分都環着它旋轉。這線就叫做陀

螺的旋轉軸。地球必定也有它的旋轉軸，並且在地面上軸的終點一定是不轉的。這兩個地方就是我們所說地球的極——南極與北極。倘若你真的在任何一極上站立廿四小時，你只不過因地球的旋轉而轉一個圈子。

試想一想，在地球表面的中部必定有一條線圍着，一個人站在這線上，離兩極的距離是相等的。這條線就是赤道。

因為地球是圓的，所以無論何時它總有半面被太陽的光線所照耀着，還有半面是在黑暗中。並且因為它在自己的軸上轉動，地面從光明轉到黑暗，從黑暗又轉到光明，繼續不斷，——換言之，日和夜就是地球自轉的結果(圖10)。

我們一天有二十四小時的事實，就是說我們的地球每二十四小時轉一週。倘若它旋轉一週的時間改變，那末一日的時數也要改變了。

## 量角法

現在先讓我們來解釋我們怎樣在地面上定位置。在幾何學中，一個圓為了便利起見，分成 $360^\circ$ 度。一度是在圓心量出一定大小的角。角的大小，譬如 $22\frac{1}{2}$ 度總是一樣的，無論你所量的圓是大的或是小的。一個圓餅的一片，量見 $22\frac{1}{2}$ 度，如圖5，總是餅的十六分之一，至於所吃的一塊是大是小却要看餅的大小。一直角總是一圓的四分之一，換言之， $90^\circ$ 度。表示度數通常在數目之後畫一個小圓圈——如一直角的數目寫

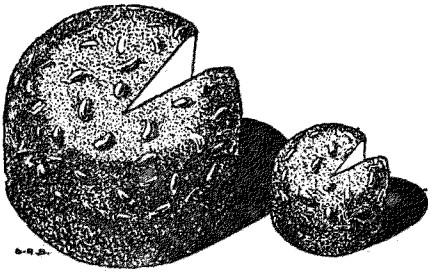


圖 5 量角度 大的圓糕中切下的一塊,比小的圓糕中切下的要大些,但是兩塊的角度是相同的。

作 $90^\circ$ 。

要明白角度有各種簡單的實驗可做。先畫一個小圈和一個極大的圓,並且在每一個圓中畫同度數的角。 $45^\circ$ 角是容易做的,因為它是全圓的八分之一。然後量

圓的半徑(即圓心到圓周的距離)與弧(即是在你所畫的角以內的一段圓周)。在圖 6 中, AB, AC 與 PQ, PR 各為半徑,而所量的弧為 BC 和 QR。你可用一根線來量弧,然後放在尺上,你就知道在兩個圓中弧與半徑的比例是相等的。不論你的圓怎樣大小,只要你所取的角是相同的,比例總是一樣。

兩角是同樣大小的,倘使你能將夾着一角的兩條線放在夾着另一角的兩條線上,或者如幾何學家所說的能把它們疊置起來。

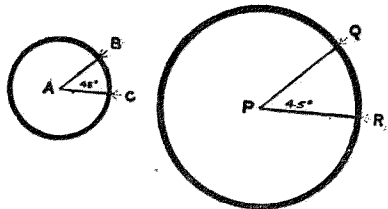


圖 6 量角度  $45^\circ$  的角,在小圓中 and 在大圓中一樣。

倘使你想像有線從你所看的物體的極端畫到你的眼睛,那末在線中間的角就是這物體對於你所跨的角度。一物所跨的角的大小,是照離開你眼睛的距離而改變;它愈遠,所成的角也就愈小。倘若你放許多同

樣長的棒，插在廣場上，棒插得愈近，所成的角亦愈大(圖 7)。

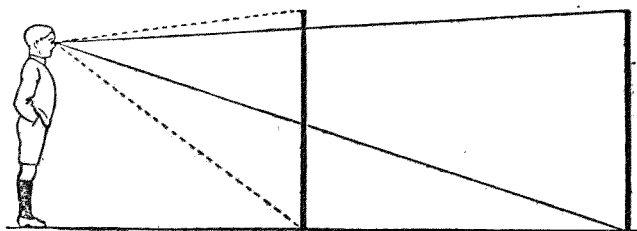


圖 7 靠近的一個竿子所跨的角度，比更遠而長度相同的竿子所跨的角要大些。

量每棒的距離，依比例縮畫出棒和距離的圖，再用量角器量角，你就很容易明白了。

在一個月望的晴夜，倘使你用一個夾子夾住一個銅圓，你就能找出在什麼距離它可以完全遮去月球。這距離大約是九呎，而一個銅圓的直徑是一英寸，並且我們知道月離地球 240,000 英里。事實上月離地球的長短並不是一定的，不過，它的平均距離大約是 240,000 英里。從這些事實，我們能計算月的直徑(即通過圓心的一邊到另一邊的距離)；因為月的距離與它的直徑的比例，和九英尺與一英寸的比例相同。九英尺是 108 英寸，所以月的直徑是  $240,000 \div 108 = 2,222$  英里。事實上，一個銅圓要在九英尺三英寸的地方才會完全從你的眼睛中遮去月，月的直徑實在是 2,160 英里。在較近的小東西和在較遠的大東西所跨的角會使相等的，這一個事實在研究日蝕時是很重要的(圖 8)。

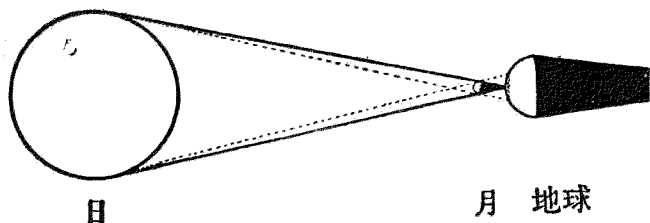


圖 8 日食的情形。月比日小得多，但是離地比日近得多，所跨的角和日所跨的角差不多相同。所以遇到的在日與地之間，日即被遮了，即日食了。

能夠說出星或太陽在天上多高，即是在地平線與當頭頂一點(天頂)之間是多高，是很重要的。量高須量星和地平線之間的角就可得到。至於太陽，你可以自己測量。你須拿一根已知長度的直竿，把他豎直的插在一塊很平的地，於是記明它的影子頂端的地位。倘若全天分幾次做着，你就可以知道兩件事。第一，影子方向的改變。在早晨它向西指着，中午時指着北面，黃昏時指着東面。這當然是因為地球旋轉使太陽在天空中的位置改變。第二，影子長度的改變。在早晨時，它是長的，中午時變短，黃昏時又長了。倘若你在十一時半至十二時半之間很留心的每隔幾分鐘記着影子頂端的地位，你就知道正十二點鐘時最短了。

這不過是一個草率的方法，若要準確地量太陽在地平線以上的角度，人們現在用一個叫做六分儀的器具。倘若你在海洋上遊歷，每在有太陽的中午你可看見船長用他的六分儀來量太陽的高度。這就是水手們常說的「射日」方法(Shooting

the Sun)。

船長這樣做了以後，就可以知道一些關於他的船在地面上的位置。讓我們假定是在三月廿一日(以後我們可以明白爲什麼要揀選這個日子)，並假定他的船正駛過赤道，那末中午的太陽就剛在頭頂：它在地平線以上的角度是  $90^\circ$ 。倘使他是——一個北極探險家，在北極中午時太陽是剛在地平線上露面，並且又立刻沉下去不見了：可說是它在地平線以上的角度是  $0^\circ$ 。倘若船正離泰晤士河出口時，太陽在中午就在地平線以上約  $38\frac{1}{2}^\circ$ 。知道了午刻太陽高度在地平線上的  $38\frac{1}{2}^\circ$  以後，就可知道它在赤道與極之間的地位了。

## 緯度與經度

爲要說明一個地方在赤道與極之間的準確的地位，我們就用赤道做定點，並且作爲零度—— $0^\circ$ 。從赤道到南極或北極是一個圓的四分之一，或  $90^\circ$ 。於是我們說某地在赤道南或北多少度，就可說明它的位置。凡是在一個和赤道並行的圓圈上的點，都有同樣的赤道以北(或南)的度數。

這種度數告訴我們一點在赤道以南或北多少遠的，叫做緯度：因爲這個圓是橫繞地球的。緯度只能告訴我們這地方是在和赤道平行的某圓圈上，所以要確定一個地方的地位，我們還要知道它在緯度圓上東西的地位。

要明白這一點，我們須想一想在世界各部的鐘點。



圖 9 經度與緯度。一個球體上面記出(每第十條)經度的子午線和緯度的圈。

當太陽在天空中最高的時候，我們叫正午。倘使你想到地球在軸上自轉，你就明白同時有許多地方是正午。例如當倫敦是正午的時候，在它正南和正北面的地方都是正午。倘使你從倫敦的北面到南面畫一直線，並且延長到

兩極，所有在這線上的地方同時都是正午。這條線就叫做子午線。在六小時以後，在另一串的地方在另一條子午線上，又是正午了，但六小時是廿四小時的四分之一，所以這另一子午線一定是地球一周的四分之一。因為一全圓是 $360^\circ$ ，這兩個做例的特別子午綫是 $360^\circ$ 的四分之一，即相隔 $90^\circ$ 。

倘使我們取定一個特別的子午綫作為我們的出發點，我們就能量出一切別的子午綫離出發點有幾度了。事實上經過倫敦，或者說得更準確些，經過在格林尼治的皇家天文台的子午綫，就是用作出發點的。這在地圖上作為 $0^\circ$ ，而說到別的子午綫就指在它的東或西多少度。例如上海差不多在格林尼治東 $122^\circ$ 的子午綫上。

這種在格林尼治以東和西的子午線的度數，叫做經度。經度的子午線與緯度的圓交成直角。所有的子午線在兩極相接，所以在二子午線之間的距離是在赤道上最大，向南走或向北走愈變愈狹。但是緯度是和赤道平行，並且互相並行，所以兩緯度之間的距離是相同的。

我們現在能夠明白船長怎樣求中午太陽在地平綫以上的高度而知道他是在什麼緯度上了。但是他怎麼會知道他的經度呢？這是經過好幾百年不能解決的問題。唯一實用的方法就是用一個非常準確的錶，叫做時計，在起程前校準在格林尼治標準時刻上。當船長用他的六分儀在『射日』的時候，即測出太陽在地平綫上的最高度，他能正確知道什麼時候是正午了。於是他看他的時計的時刻，（即格林威治的標準時），再與他所在地的時刻，即中午，比較出相差多少，他就可以知道他是在什麼經度了。

例如當他在正午的時候，時計告訴他格林尼治標準時是下午六時，這是六小時的相差，意思就是他一定和格林尼治相

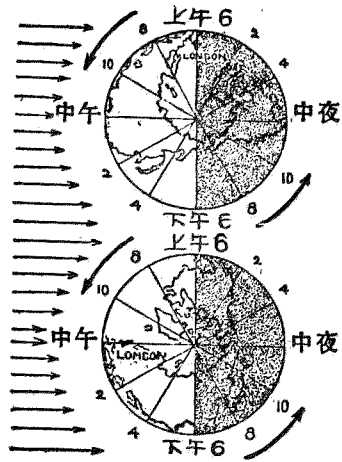


圖10 當地球自轉，在面上的地方，走入太陽的光中，後來又回到黑暗裏。上圖時間是在倫敦春分或秋分的早晨六點鐘。上圖是倫敦的午刻。



差地球全週的四分之一(就是經度 $90^\circ$ )。但是他是在東面，還是在西面的四分之一呢？這也容易想出的。太陽好像從東面升起，向西面移動：這就是說，地球向反方向旋轉，從西到東。所以倘使他所在的地方比格林尼治早，他一定是在格林尼治的西面，並且他要再過六小時才能轉到他測定時的格林尼治所在的地位。他所在的經度是西經 $90^\circ$ 。倘若他所在的地方已是中午，而格林尼治標準時只是上午十點鐘，那末，他一定是轉過地球全周的十二分之一，並且是在格林尼治的東面，他的經度是東經 $30^\circ$ 。

倘使你有一隻準確的錶，你就容易知道怎樣去做；但是要一隻足夠準確的錶却是極難得的。雖然你的錶一天只快或慢十秒鐘，就是說一個月中差五分鐘，但是五分鐘的錯誤就要錯經度一度多，而且這或許有很嚴重的結果。

準確的時計對於航海者是這樣的重要，所以英國政府在1713年懸賞二萬金鎊，徵求誰能製造一個每天的差不超過三秒鐘的時計，要能使一隻船在航行六星期之後，決定經度準確到在三十海里以內。在1762年，一個著名的製鐘匠叫做哈里生(Harrison)的，製成了一個比這還要好的時計(原來的器具仍保存在格林尼治的皇家天文台)，於是他終於在十一年之後得到了全部獎金。近代最好的時計是更加準確了。它們不會每天快或慢逾一秒鐘。若用科學上的說法，它們每天只有不到一秒鐘的錯誤。

自從無錄電發明，時計變成比較的不重要了，因為船上有  
了無錄電，就能每天正午收到從格林尼治發出的時間信號了。

現在我們已經說明怎樣人們在無論何地可以定出經緯  
度。說出了一個地方的經緯度後，你就可把它的地位完全確定  
了。爲了準確的說明，每一度分成60分，每一分分成60秒。緯度  
一分是一海里，差不多  $1\frac{1}{2}$  的普通英里。分的記號是'，秒是"。格  
林尼治的地位是北緯 $51^{\circ}29'$ ，經 $0^{\circ}0'0''$ ；紐約是在北緯 $90^{\circ}43'$ ，  
西經 $74^{\circ}1'$ ；上海是在北緯 $31^{\circ}11'$ ，東經 $121^{\circ}25'$ 。

當然在地球上並沒有真正的線表示赤道或經緯度，並且  
也沒有旗杆表示北極。在地球上的線不過是想像的，只有在地  
圖與地球儀上畫着這樣的線。

你一定要記得並不是真的北在上面和南在下面。我們的  
地圖常取同樣的方向是爲了便利的緣故，並且常把北面放在  
頂上。但是它們也可以把南面或任何方向放在頂上。看地圖最  
好的方法是把它放平在一張桌上或地板上，並且把它的北面  
正對着真正的北面。

## 四季與氣候

地球非但在自己的軸上旋轉，並且環日而行。地球繞太陽  
所走的路叫做它的軌道。地球的軌道是在一個平面內的，好像  
畫在一張大而平的紙上，並不像一個盤旋鐵路這樣的上下走  
動又是轉圈子。

地球的每天是二十四小時，和每年為三百六十五天多一些，那也是偶然的事。我們已經知道除了地球以外，尚有別的天體環日而行：這是些不同的行星。水星與金星比地球離太陽還近，火星，木星，土星，天王星，海王星和冥王星比地球離太陽還遠。

水星的一年不過是我們的八十天，但是它的一日比我們的一日長。土星的一年有我們的三十倍這樣久，但是它的一日只有十個多個鐘頭。我們不知道海王星的一日有多少長，因為我們的望遠鏡不能看見它表面上的東西，所以也不能說出這行星自轉的速度，但是它的一年——環日一週的時間——是我們的一百六十五年。

## 爲什麼一年有不同的季候

關於地球的運動還有一個事實。它的軸並不是直立在它

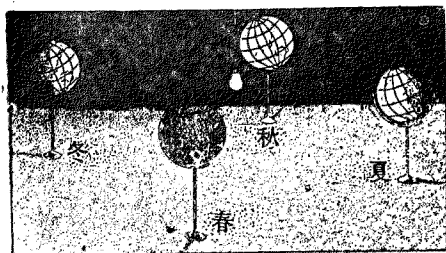


圖11 表示地軸傾斜怎樣發生四季的情形。圖中地球儀的地位是相當於北半球的夏至，秋分，冬至，春分。在南半球的四季是和北半球相反的。

的軌道的平面上，而是傾斜的(圖11)。當一個陀螺不直立而旋轉時，它的軸就先傾斜在一面，然後又在另一面。但是地球並不如此。它的軸總是傾在一面，所以總是

和某一定直線平行，這條假想的直線是斜立在地球軌道的平面上(圖11)。

結果是當地球在軌道上的一點時，它的軸的北端是斜對着太陽，而在軌道的對面一點時，它斜背着太陽。地軸的斜度差不多正確的 $23\frac{1}{2}$ 度——比一個直角的四分之一多一些。

地球傾斜而轉的事實對於人類有極重要的關係。倘使地球是直立而轉的，那末日和夜就要同樣長短，並且也沒有冬與夏的分別，一年就沒有四季了。爲了地軸傾斜的這個事實，生活是格外有趣了。

讓我們來解釋地軸的傾斜怎樣產生四季。在地球環太陽的路上，每年總有一次由它的軸的傾斜，使在北極的地面差不多面對着太陽。當然南極在這時總是背對太陽。倘使你有一個適當的地球儀，你可用它來明瞭這是怎樣發生的，另用一盞電燈或一支蠟燭代表太陽。倘使你沒有適當的地球儀，你可拿一個足球或一個皮球來代替，在它的面上記着兩極和赤道，並且有些國家的地位，你當然要留心把它傾斜到一直角的四分之一。一個地球儀的軸常是裝得和它所放的桌面成一定的傾斜度，把這地球儀在桌上轉動，恰好摹倣地球在軌道上的行動。

當北極傾斜而對着太陽時，地球每天的旋轉不會使這一極轉入黑暗中，於是廿四小時內就沒有夜。相反的，南極在這時只有黑暗。在赤道以北的地方，廿四小時一半以上的時間有太陽光，所以是日長夜短，在赤道以南，是日短夜長。

加之太陽光線差不多是垂直射着北部的地方，且差不多

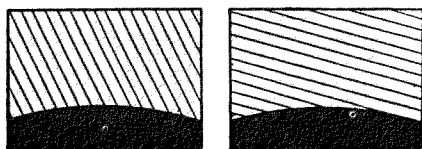


圖12 在英倫，夏天太陽光線差不多直射地面(左)，冬天的時候是斜射的(右)。

是在那地方的當頭頂的天上；但在赤道以南同緯度的地方，太陽在天上就更低，所以它的光達到地面時更是傾斜(圖12)。

當然這就是說北部地方在二十四小時內比在赤道以南相當地方受到較多的光與熱，事實上南半球的冬天，就是北半球的夏天。

拿一塊平的木板或一張紙板，如圖13所示，先使正對着電燈光綫，然後在同距離使斜對着光，你就明白光

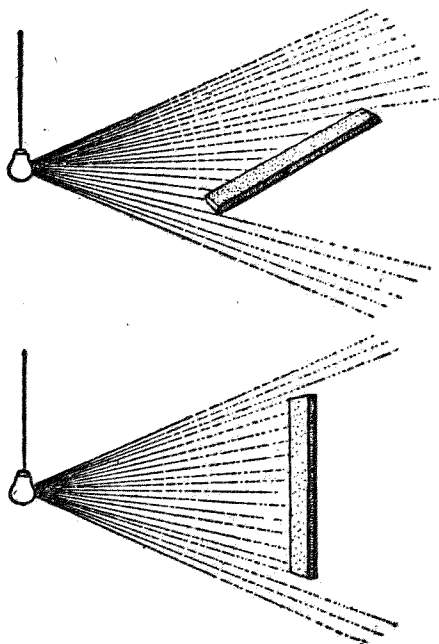


圖13 一塊板斜放在光中，要比垂直於光的板所受着的光少得多。

斜射着地面有什麼不同了。當紙板是斜放時，同一大小的一個面積是被較少的光所照射。倘使你用一道狹光，例如手電筒，你就知道當板斜放的時候，這道狹光必散佈在較大的板面上。

六個月後地球已轉到它繞日軌道的對邊，所以它的南極已傾斜到對着太陽，同時北極背對着太陽。現在南半球是夏天，北半球就是冬天了。

在冬夏之間，地球走過二個位置，那時兩極的傾斜，既不對着太陽，也不背着太陽，而是側對的。在這樣的時候，全地球的日和夜就完全相等，兩極和赤道日夜都是十二小時。這兩個時候叫做二分點。春分在冬與夏之間，秋分在夏與冬之間。當在北半球是春分，當然在南半球是秋分。

在二分點時，正午的太陽恰好在赤道上的當頭頂上（這就是前面所說，船長在正午量太陽高度爲什麼要選定三月廿一日，這是北半球的春分日）。但是，在北半球夏天的夏至日，太陽在中午就在離赤道若干距離的地方的頭頂上了。這些地方當然都在一個緯度圈上的，各地的中午在二十四小時內，依次到臨。在赤道與這些地方所在圈之間緯度的度數，就和地軸傾斜的度數相同，這是從圖 11 和圖 14 可以看得出的。

當然在赤道以南亦有一個相當的圓圈，到中夏，在這個圈上的各地，太陽也在頭頂上，這圓圈是在赤道以南的同一距離。這兩條線就叫做回歸線。只有在這二回歸線以內的地方，太陽可以是直當頭頂的。

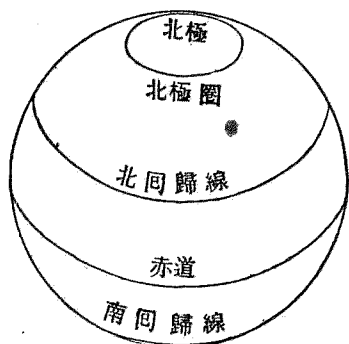


圖14 一個球體，註明北極圈、二回歸線和赤道，有相同的傾斜度。

此外，在北半球的中夏，不但北極本身終日接受陽光，並且在地面上很大的一區域內，太陽也終日在地平綫以上。在離極若干遠，其距離和回歸線離赤道相等的地方，午夜太陽剛沉到地平綫，即又開始升起來。環着北極而連串這圈地方的綫叫做北極圈。環着南極的

相當的綫叫做南極圈。

在北極或南極圈內的地方，雖然在它們的夏天，是終日有太陽光的，但是太陽在天空中雖在正午也不很高，並且太陽光線射在地面上是很斜的，所以它們只受到很少的熱。除此之外，在整個冬天裏，太陽是幾星期或幾個月不升起來的，並且地面由輻射作用繼續散熱到空間去，所以甚至於夏天來了，還有厚層的冰和雪等着要烱解。

相反的，在回歸線以內的地方，——即熱帶太陽能使地球較暖，因為陽光差不多是垂直射下來的，並且也沒有什麼長夜讓大量的熱逃失。除此之外，還有一個使熱帶更暖的理由。熱空氣比冷空氣能含更多的水蒸汽；這熱帶的熱空氣中所含額外多的濕氣，作用好像是一條絨毯，阻止了熱在夜間逃散，至於在沙漠區域中，無論白天是怎樣的熱，而熱却很容易由乾燥

的空氣中散失，所以夜間常是很冷的。就是爲了上面所說的這些理由，兩極的區域——寒帶（在北極與南極圈以內，）是冷的，而熱帶（在兩回歸線之間）是熱的，至於在兩帶中間的地方叫做溫帶，就常有溫和的氣候了。

即使地球的軸不傾斜，在不同的地方的氣候還是不同。不過軸傾斜了，更使這些不同加大。例如，在熱帶內冬夏是沒有什麼大不同的，但是你愈向北或向南走，四季的相差也就愈大，直到兩極相差到了極點。在夏天白日繼續了六個月，在冬天黑夜也繼續了六個月。倘使地軸是不傾斜的，情形就不會這樣了；在地面上日夜就都相等，而兩極與赤道間氣候上的不同就在太陽光綫射在兩極上更斜的一個事實上；在地球各處就並沒有四季了。

## 地球上空氣的環流

倘使地面上都是海洋，那末氣候就可恆定的改變，從赤道到兩極將有一定的規則了。所有在同一緯度圈上的地方，氣候都是相同，並且，倘使你知道了一個地方的溫度和雨量，你就可決定在同一緯度上別的地方的溫度和雨量了。

但是在事實上，事情並不這樣簡單。例如，你看見地圖上倫敦和南臘布拉多(Labrador)在同一緯度上，然而倫敦的氣候是溫和的，而南臘布拉多的氣候却是非常的寒冷，差不多是像北極一樣。爲什麼氣候不是有規律的依着緯度而變更呢？



主要的原因，是由於地球上陸地有陸，有水，並且因為陸地是很不規則的列佈在地面上。

陸地上的氣候變化得比較的劇烈些。在太陽光下，陸地比海洋熱得快，但是在黑夜也冷得快。所以在同一緯度內的一大塊陸地上，日和夜與夏和冬相差比海洋為大。還有，洋流是從海洋的一部分因對流的作用，將熱傳到另一部分，所以倘使沒有洋流，近赤道的海就要比現在更熱，而近兩極的海就要更冷了。爲了這種種的原因，近赤道的大陸就比海洋熱些，近兩極的大陸就冷些。

除此之外，還有濕氣的相差。大多數落在地面上的雨都是從海中來的。從海洋吹來的風是含着從海面得到的水汽的空氣。倘使這空氣遇到冷卻的情形，例如升過山峯時，它就不再能含這麼許多水蒸汽，於是這水蒸汽就凝結而成雨點落下了。風愈向內地吹，水蒸汽也就失去愈多，於是雨也就下得愈少。這種情形在風從海面吹過高的山峯後，更加顯著；那時它就只有很少的水蒸汽存留，不足以帶雨到山的背風的地方。我們已經知道水蒸汽的作用，好像是一條防散熱的絨毯，所以不但大陸中央的雨量比邊上少，並且有更極端的氣候，夏天極熱，冬天極冷。

我們都知道在高山頂上的平均溫度比在低平原上低些；高地上的平均溫度要比海面上或靠近海平面的陸地低些，這是大概不錯的。所以在靠近兩極的任何高地，雪堆積起來要比

融解的快些，因此大雪原就此形成了。頂層雪的重量壓在下層的雪上，使成冰塊，所以靠近兩極的高地蓋着厚層的冰，面上又蓋雪，這就是普通所說的冰台。在格林蘭中部的冰台有幾千英尺深；在有些地方，它的深度大約有一英里半。

冰台一旦形成之後，就對於氣候有特別影響。它們有二方面使氣候更冷。第一使在它們上面經過



圖15 北極景象。愛斯基摩人在海冰中一個洞口等待海豹出來呼吸，他已捉住一個。在後面可見一條冰河從山上流入海；有幾個小冰山已從冰河折裂下來，浮在海中。

的空氣變冷，第二使周圍的海洋變冷。它們使海洋變冷的方法就是推冰入海。雖然冰是固體，但是在大壓力下也能像液體一樣流動，不過很慢，所以當幾百或幾千英尺的冰雪堆積而蓋着兩極上的高地，所有巨大的壓力就把冰擠出到冰台的邊緣。倘使冰台是被山所破裂，這冰就沿山谷流下，這種在山谷中冰所形成的河就叫做冰河。在兩極地方冰河是常常推下海洋中去。但是倘使這冰台是足夠的厚，它就能遮着整個的海岸，並且散

佈在海面上成一大片的浮冰。在任何情形下，許多大冰塊會從冰的邊緣折裂，變成冰山流去，於是漸漸融解；並且因為融冰需要大量的熱，所以使附近的海比較的更冷了。

當我們將南極與北極比較一下，近極的高地對於使氣候更冷的影響就顯得很清楚了。所有環着北極的地方都是海，約佔了北極圈以內的地方的一半。但是南極是在海平綫上（海拔）一萬英尺以上，居於一個大陸的中央，這大陸佔據差不多四分之三在南極圈以內的地方，並且裏面有高原和大山脈。南極上面蓋着一個巨大的冰台，這冰台在一處矗起伸入海中，成一條幾百英里長的高冰崖，叫做大冰堤。有時候好幾英里長的大冰山，從這堤邊破裂浮去。結果，南極大陸周圍的氣候是極冷的，倘使你比較南半球和北半球的平均溫度，你就可知道在南半球的溫帶地方，比在赤道以北同一緯度的地方更冷些。

我們也要一說風的影響。熱空氣升高和冷空氣沉落。所以在地球表面上必定有一種有規則的空氣的環流，在赤道附近熱空氣升上後，必有更多的空氣從南和北吸入去補填，所以我們就可有從兩邊恆定的吹向赤道的風。

起先我們以為這些風是從正南和正北吹來的。這是錯了，因為我們不要忘記了地球旋轉的事實。這在初看起來，雖是有些詫異，但是地球的旋轉對於地面上向南或向北的空氣流與洋流的方向，的確有一種影響。

在一正在旋轉的陀螺上，除軸線以外，每一部分都在動

着。但很明顯的，某一部分比別的部分動得快些，動得最快的部分離軸最遠。地球也有同樣的情形。在近兩極地方的人，在二十四小時內僅走了一個極小的圓圈；他離極愈遠，一日內被地球帶走的距離就愈大，所以也動得愈快，直等到他在兩極的半路即赤道上，他走得最快了。地球的一周是差不多25,000英里，係在二十四小時內轉一週，所以立在赤道上的人每小時要繞地軸走一千多英里（每分鐘17英里）

試想一股空氣流——即一陣風——在北半球內向南吹向赤道。它是在地面上向南動，但是像地球的其餘部分，它也是在由西向東旋轉，可是它愈近赤道時，在它下面的地球轉得愈快，所以它好像被地球丟在後面了。因為地球是向東轉，結果是，對於立在地球上的人而說，這風乃有了一種向西的運動。但是同時亦有一種繼續向南的運動。

不論什麼東西，像這樣的想向兩個方向移動的，結果所動的方向就是在這兩個方向中間。若一架飛機以每小時六十英里的速度，依指南針向正南飛，同時有每小時六十英里的東風吹着，這飛機實在是向西南飛了。我們的風也就有同樣的情形發生。原來，風向南的運動，和因地球比它動得更快而向西的運動，結合起來使它向西南走。我們說風常常是指從它吹來的方向。所以地球的旋轉，把應當為北風的改成東北風了。

同樣的事情也在南半球發生。應當是南風變成了東南風。所以有二股風從二面會向赤道（圖 16），但都傾向西吹。

(實際上這只有在海洋上這是對的。在大陸上和附近，尚有別

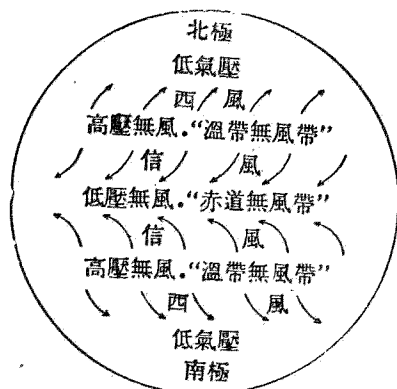


圖16 圖示地面氣壓和風的大概分佈。實在的情形確是更要複雜些；地面若完全為海洋所蓋，情形就像這樣的簡單了。

的主動力來干涉這種有規則的空氣環流。)這些有規則的風，從二邊斜吹向赤道的，叫做信風(或貿易風)因為它有恆定的方向。這在古昔的帆船時代是很重要的；因為倘使人們在有信風的緯度中行駛，他們一定可以得到一定方向的順風來航行。現在大多數的船，是用蒸汽或汽油了，

這信風就不是直接有用的了。但是在別的方面，它對於我們仍是重要的。在我們解釋明白以前，我們一定先要講一些關於地球的旋轉對於風與水流的影響。

信風向西是因為它們是從接近兩極的地方來的，在這些地方的地是轉得比近赤道的慢些，所以風被近赤道地面更快的向東運動留在後面。倘使風向反方向吹，從赤道向地極，當然相反的事情就會發生。它出發時有一個高速度向東的運動，而要吹過地面動得更慢的地方。所以它就要比地面向東走更快些，就有向東的傾向了。凡從赤道直吹出去的風，在北半球變成西南風，在南半球變成西北風。

從熱帶升起的熱空氣必定成一回轉的氣流，從赤道去代替在信風中的空氣。我們就料到這高處回轉的熱空氣流，要到了極圈冷卻後才下沉，成一個很簡單的空氣循環，信風靠近地面吹着，從靠近兩極的地方吹到靠近赤道的地方，而那高處的空氣回流是從相近赤道的地方吹到相近兩極的地方。

但是在事實上事情並不是這樣簡單。這高的回轉流，因為是從地面運動更快的地方吹來，一定要折向東面，我們在上面已經講過。它們要彎折到不能再和極更近些的時候為止。所以常有空氣從靠近赤道的地方來，而在地面的特別圈中積起，這是大約在到兩極的三分之一的地方發生。

這種空氣的壓積，是不能繼續下去的。因為空氣有重量，倘使壓積起來，一定要向下沉。所以在這些地方的空氣常常是回下到靠近地

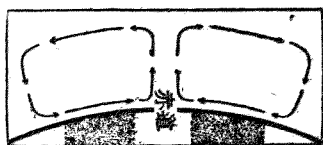
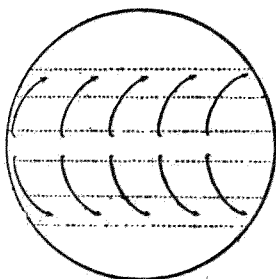


圖17 信風的空氣環流圖，假定地面全被海洋所蓋的

(上)空氣流靠近地面，有吹向西的傾向而成信風。

(中)空氣流高出地面，有吹向東的傾向。

(下)從側裏看的空氣環流。近赤道的空氣，上升至高處動向兩極，在溫帶中下沉，再靠地面動向赤道。

面的地方。於是它遇到了信風，即被它帶到靠近赤道。到了赤道，它又是熱了上升；這樣一個循環就成立了。在信風以外的兩帶中，空氣壓積起來，地面氣壓當然就更大些，氣壓計的度數當然常是很高；在靠近赤道空氣上升的地方，氣壓就要比平常的低些。

要解釋世界上其餘部份的空氣環流和正確的理由是太費時間了。但是我們一定要說及一件重要的事實，就是在空氣下沉的二條高壓帶以外，還有二條闊的帶，在這中間的氣壓大概是低的，流行的風是濕的，並且是從西面來的。暴風雨和氣候的突變是常有的事。英國就在這種帶中間。

再繼續向極前進，情形又變了，恰正在極圈裏的氣壓是高的。

## 世界上水的循環

我們可以應用解釋空氣在旋轉的地球面上移動的理由，來解釋水在地面上的流動。因同樣的理由，凡是向赤道流的洋流就像信風一樣，都要向西面移動。而那向極移動的洋流就取一種向東的傾向。

我們現在可以再提到信風說明它們對於我們的重要。當它們從兩邊斜吹向西的時候，它們就沿着赤道兩邊，把海的面層推向西去而造成有規則的洋流。洋流的速度在不同的季候和在不同的地方各各不同，但是普通是在每小時半英里至一

英里之間。至於大多數的船每小時不過走十英里至十五英里，所以洋流對於它們就有很大的關係。

當這種赤道洋流撞着陸地，就折轉向兩極，並且，因為它們是從地面運動較快的地方而來，它們就同時既向極流又向東走，如在圖 18 中可見。

它們的一大部份終究回到出發的地點，去補足被信風推向西面的水。因此在每一大洋中有一種成對而慢轉的旋渦，一個向赤道以北，一個向赤道以南。這種洋流的正確路徑是要跟許多事情變的。一件就是它們所對着流的

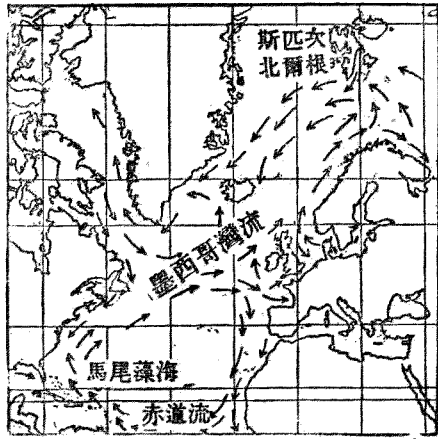


圖18 大西洋北部的主要洋流。

陸地的形狀，還有別的海流，如從北極圈沿加拿大海洋而下流的冷流，這些也能干涉主要的旋渦。並且信風和赤道流的組織實在是比我們所說的還要複雜，例如，在兩信風帶之間實在有一個無風帶。這就是空氣升起的地方，所以在這裏實在有一股向上的風。但是一直向上的風對於航行是無益的，所以在水手的眼光看來，這是一個平靜的區域(圖 16, 17)。無論如何，普



通的分佈大概是對的。

這赤道流當然是熱的，所以當它們遇到陸地和折向兩極時，就由對流而帶熱到更冷的地方。最著名的例就是墨西哥灣流或弗洛利達(Florida)灣流，這是各洋流中最快的一個，可說是有趣的一件事。在弗洛利達與巴哈馬(Bahamas)之間，它的平均速度每小時三英里，並且在某幾個季候中能達到每小時五英里，這是比大河米西西比(Mississippi)的河流還要快。在1513年西班牙探險家蓬舍第雷翁(Ponce da Leon)有一個懊惱的經驗，看見他的船隻之一被這灣流衝散和其餘的船隊分道而去。

墨西哥灣流最重要的影響就是對於大西洋一邊的許多國家，尤其是大不列顛，愛爾蘭和挪威。這些地方的氣候比在它們所在的緯度應當有的氣候要溫和得多。倘使沒有墨西哥灣流的熱流，棕櫚就不能在得文(Devon)和康瓦爾(Cornwall)生長，愛爾蘭就不會有翠玉島的美名，挪威的大部份也都要像格林蘭一樣的蓋着雪。

我們所已經說的，解釋了爲什麼我們從赤道走向兩極時，氣候一定要改變，並且爲什麼我們必不希望它變得很有規則。溫度對於氣候是最重要的事情，雖然下雨和別的事當然也是重要的。平均溫度確是從赤道到兩極逐漸下落的。大陸和洋流也有影響。例如，在南極的大陸有大量的雪和冰積在上面，就使在南半球的地方比在北半球相當緯度的地方更冷些。還有

墨西哥灣流的影響使歐洲西北部更溫和些，也是很明顯的。至於南美洲和南非洲的西海岸要比它們所應有的氣候冷些，是爲了從南面來的冷洋流。

水能有二種完全不同的方法，在地球面上循環。或者它能一直是水，成洋流而循環；或者它能從液體變成氣體，再回成液體，即從海洋和濕地上面蒸發到空中，然後再變液體成雨而落在地面上。有的雨落在海中。有的落在陸地上，一部分再直接蒸發，或是被植物從地中吸出經過它們的葉子散入空中；其餘的就從河流回到海中。

除了溫度之外，對於氣候最重要的事情就是雨量。在任何區域中雨量很是靠空氣在環流時的動是向上或是向下。熱空氣升起，必經過氣壓低的地方，因爲上面的空氣稀少了，遇到低氣壓空氣就要膨脹。我們知道空氣受壓後就變熱，例如，在一個打氣筒內。反過來，空氣膨脹，的確就會變冷。空氣愈熱，就能含有更多的水蒸汽。所以倘使熱的濕空氣因上升和膨脹而很快的冷卻，就不再能保持所有的濕氣，於是一部分就變成雲，或竟變成雨落下了。

因爲這個緣故，在熱的夏天的下午，雲常常就形成了。在早晨太陽使陸地熱，陸地使靠近地面的空氣熱，這空氣就開始上升；到了下午就冷卻得足以成雲。每一個奇峯狀的雲就是一股上升的濕空氣的上端。

就因了這個緣故，靠近赤道的地方常有大雨，往往連幾個

月每天早晨是晴的，到了下午就有暴風雨。這是因熱的濕空氣上升而冷卻就成雨，而放棄它的濕氣。

當空氣從高處下降時，就發生相反的事情。當空氣降近地面，就被壓縮，受壓就變更熱。當它是更熱，就能保持更多的水蒸汽，所以不會下雨，這就是為什麼在熱帶兩邊的乾帶中下雨是很少的，因為空氣升過赤道區域，就成雨而放棄了大量的濕氣，然後又開始下降(圖 17)，所以變得更熱和更乾。這些地方是沙漠，確是不足為奇的事了。普通在氣壓低而空氣上升的地方，雨下得比較多些，在氣壓高而空氣下降的地方，比較少些。

山是又一個下雨的極普通原因，山攔住風的去路，成為障礙物，使前進的空氣不得不上升，因上升而冷卻，就成雨而放

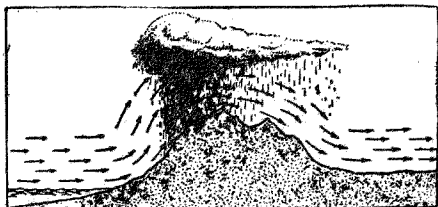


圖19 近海的山上落雨的理由。從海上吹來的風被迫上升，這就使空氣膨脹，膨脹就冷卻，冷卻就凝成雨點下落。

棄所含的濕氣。若一個山是在海岸的附近，海風載着從海中吸起的濕氣受它攔阻，那裏雨量必是最多。(圖 19)。印度的西高止(Ghats)山脈是靠近孟買(Bombay)的海岸，就是一個好的例子，在七月裏，當一恆定的風從海中吹來時，靠近高止山頂就能有五十英寸的雨量；至於在東面的得坎(Deccan)平原，同時只下少到一英寸的雨。另一個例子，就是英國北威

爾士和湖區，(Lake District)的山地，這是在從大西洋中來的西風的路上，並且有大量的雨（在湖區內的一點每年有雨

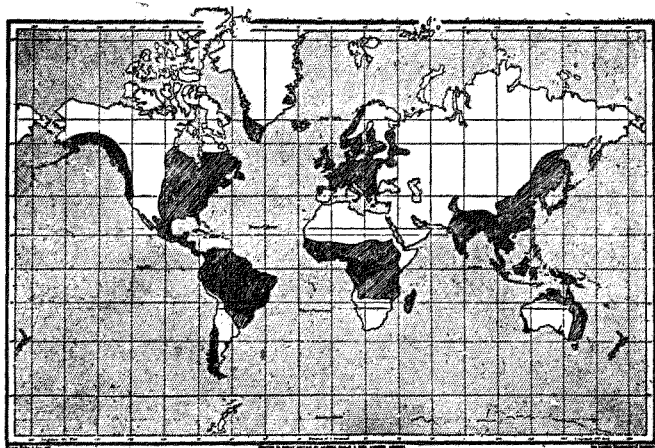


圖20 地球上主要雨帶。圖中黑的區域是陸地上一年中平均雨量在60英寸以上者，畫斜綫的在20至60英寸之間，白的區域不到20英寸。

180英寸)；至於在英國東面的海岸雨就少了。圖20表示在地面上各地不同的雨量。

## 地球的氣候帶

讓我們假想乘了飛機從北極到赤道，注意下面經過的地方是怎樣的情形。當我們從北飛到南就知道所有改變是有規則的，並且設法解釋所以改變的緣故也是很有趣的事。沿着東經二十五度的子午線飛是很好的飛行路線，而夏天是最好的

時間。

起初是不看見什麼東西，只有一大片冰，上面有着裂痕，這就是北冰洋的冰面，有些地方被風和潮流所破裂。走了許多路不見生物，但是大約在六百英里以後，我們就可希望看見幾隻海鳥和海豹，或一二隻極熊。於是我們就走過斯匹次北爾根 (Spitsbergen) 的東北角，我們所看見的大部分，是被一冰台所蓋，有冰河從此處流入海中。環着冰台的邊是一片不毛的平原，只有幾隻馴鹿和狐在上面；沒有樹木生長在這上面，只有幾英寸高的植物。苔原就是北極無樹的地方的名字。

飛過了巴倫支 (Barents) 海，起初只有漂浮的冰塊，後來或者有幾隻漁船。在拉伯蘭 (Lapland)，我們又遇着另一片苔原，大約闊一百英里，這裏我們可以看見拉伯蘭人，和他們的馴鹿羣。過此以後，就要跨過一個巨大的森林帶——沒有別的，只有樅樹，有幾個湖和稀疏的開拓墾清地，在靠近海岸有幾個更大的開拓墾清地和城市。最後，在芬蘭灣 (Gulf of Finland) 的北面，濃密的森林換了一望無際的曠野，但其中有不少的森林地，也有不少的耕種地。

過了芬蘭灣有一千多英里的陸地，再到第二個海。當我們向南走，樅樹更少而橡樹一類的樹更多，它們的葉子在冬天脫落；這地方有更多的田，種的是小麥和別的穀類，有更多的鄉村，更多的人民。然後我們飛過喀爾巴阡高山 (Carpathian Mountains)，上有岩石的峯巔，凸出於覆着森林的斜坡上；到

達肥沃的多瑙(Danube)平原,在上面生產大量的麥;然後,再飛過巴爾幹(Balkan)山脈而到愛琴海(Aegean Sea)。

有山地方的氣候是大概比別的地方冷些和濕些;並且在事實上,在這條路線上喀爾巴阡山使我們錯過了一種有趣的地方:倘使我們換了向東十度飛行,那裏就沒有大山,我們就走過同樣的苔原帶,杉林帶,上面有種植東西的零散森林地,但是,在黑海以北二百英里光景,有一大片差不多無樹的陸地,除了沿河的地方以外,這在春天是鮮綠的;但是在夏天的時候大部分就變成黃色,因為那裏的雨太少,所以草很快的變了棕色。這種地方叫做大草原,並且有一個大草原從黑海西端向東伸展二千五百多英里。

這大草原是太乾,不會生長樹木,對於耕種也是太乾。所以大部分地方,尤其在東面的,只住着遊牧的民族和他們的獸羣,並且難得有什麼城市或鄉村,和度安定生活的人民。

但是我們一定要沿着東經二十五度的子午線進行我們的路程。我們跨過地中海的角叫做愛琴的,在許多小島上飛過,結果達到非洲的北岸。恰好在埃及(Egypt)和意屬的利比亞(Libya)的邊境上。

在地中海的北岸就有許多變化可見。這地方是更乾;那裏有許多葡萄園和橄欖樹的種植地。但是跨過了克里特(Crete)和非洲之間的二百英里的海以後,顯有一種大的變動。有一狹條肥沃的土地,以後的地方又變得更加荒蕪些。再向南飛行二

百英里後，我們就真的在沙漠上飛行了。這就是世界上最大的沙漠撒哈拉(Sahara)的東端。我們在沙漠上飛行了一千多英里。在棕黃色的風景中有幾個綠點。這就是一片植物生長在沙漠中水穴周圍的；這種在沙漠中又綠又濕的地方叫做一個沃歇(Oasis)，除此以外真是只見沙石不見別的東西，有時或見



圖21 亞拉伯沙漠中的生活：一羣亞拉伯人在「沃歇」中張幕露營，帶了他們的駱駝。一個駱駝隊正從沙丘中行來。

有一隊沙漠駱駝旅行隊而已。

最後我們走出一望無際的大沙漠，但是還要跨過三英里的乾燥而荒蕪的地方，沒有樹木，只有少數的荆棘叢，才到風景從新變綠的地面。

我們走過了沙漠；最後到了熱帶，開始看見非洲黑人了。但是這地方是一個高原，起初是略為乾燥的，只有起伏的草原

和零星的樹木。但是沿着河邊的山谷有森林，這種森林漸漸擴大並且佔了大多數的地面，直到最後，大約在赤道以北四百英里，所有的地方，除了剛果（Congo）河的支流所經過的地方外，都蓋着樹木，造成稠密的叢林。

永存的冰——苔原——杉樹林——草牧地和森林地連着稻田和葡萄園——大草原，沙漠和灌木地——熱帶森林，這就是我們從北極飛到赤道途中所看見的情形。這些不同樣的區域可分成地帶，環繞着北半球。在南半球上也是如此，但是在那裏並不如此容易跟蹤，因為在赤道以南的陸地是分散的。但是例如在澳洲，就容易辨出熱帶在北面，然後是沙漠帶，然後是森林帶和耕種帶。在有幾個地方，這種地帶是不完全的，如大草原是在東經二十五度的子午線上，並且帶是常常走得不規則的。這是因為局部的關係，如一個山脈，或一個海股之類。普通的次序是相當的有規則的。

我們就可以把不同的氣候帶分成四大類。靠近赤道有熱而濕的赤道帶，在赤道的兩邊是熱而乾燥的帶，中間有灌木地，大草原和沙漠。在這些乾燥帶以外，又是一雙潮濕帶，但並不很熱，這差不多包括地球上溫和部份的全部；我們向極走直到沒有樹木生長的地方是它們的界限。在這些以外。到了極帶內，氣候又是更乾燥了，但是很冷。這極帶就是覆着兩極的蓋。雖是在海中，也能看得出這些地帶來，例如，成珊瑚礁的各種珊瑚，只能在環着赤道的闊帶中得到。



我們能在一個山上找着各種氣候帶，也是很有趣味的。例如叫做魯文孰利 (Ruwenzori) 的大山脈，在東非洲靠近赤道的地方，在山腳下蓋着濃密的赤道森林。一路上山，這樹林就變成像是在溫帶中的一樣。在約一萬一千英尺高的地方，森林就沒有了，只有矮小植物的草原。再向上走，就好像到了苔原一樣的地方。最後是沒有植物的地方，即是凸出在冰雪外由鋸齒狀的岩石所成的峯巔。在一座山上的這些氣候完全是爲了溫度的關係，所以沒有像在赤道和溫帶之間的沙漠帶相類的部分。

世界的分成氣候帶，對於我們人類和別的住在上面的動植物，是關於地球的一種重要的事實。因爲氣候不同的關係，生物也就隨地而異了，

## 寒帶中的生活

讓我們再假想從極飛到赤道的路程。靠近極區，第一種重要的地方是冰雪的區域。極少的樹木能在這極帶中生長；在陸地上，泥土即使不是終年蓋着雪，一年中也只有幾個月不蓋着雪的。所以大多數的動物都靠着海活命。如海豹和海象靠吃魚蟹和甲殼類度日，極熊又靠吃海豹度日。海鳥是最多的動物。它們的飛行力使它們在北極的夏季飛到北方來生育；一到食物被海面冰斷之後，它們就再飛到南方來。有些鳥類完全在水中生活，是用它們的翅膀來游泳，而不能飛了。最著名的就是

鱗鷗(Penguin),但是只能在南半球看見它們。在北極,曾經有過一種鳥,叫做大海燕(Auk),但是已被水手們不斷的捕殺了作為食物,現在世界上已沒有這種大海燕——全種已滅絕了。

在北極區域中,冷血動物是比較的少。當我們到北極有人類居住的地方(在南極是沒有人的),我們就知道人也像鳥類一樣是大多數依海為生的,在北極最有名的人種叫做愛斯基摩人(Eskimo),大都

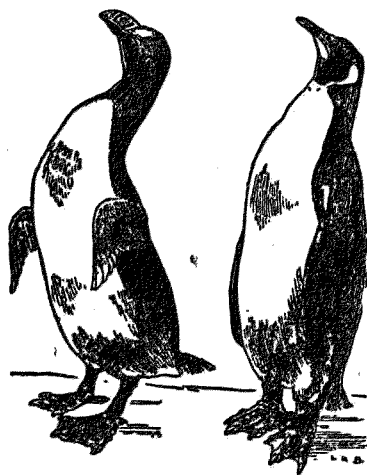


圖22 不能飛的海鳥。左：一隻大海燕；右：一隻鱗鷗的王。鱗鷗用翅游水，翅就變了鰭的作用。大海燕是用足游泳的。

靠海豹度日。生在北極的人困難非常，所以愛斯基摩人人口的總數只有一萬五千，不比一個鄉鎮的人口多些。

其次，我們就到了在永遠有雪的區域以外的苔原帶。苔原是一個無樹的原野。樹木的不能生長，就是因為這氣候帶中的平均溫度是很低的，雖是在夏季，離地面不很深的泥土還是凍得堅硬的。樹木倘使要得到滋養和不被風吹倒，一定要它們的根深入泥土，所以苔原樹木決不會在那裏生長了。

在北極的苔原中，實際上可以找着柳樹，但是它們並不長

成爲樹和大灌木，不過靠地蔓延，所以不需要很深的根。在苔原上的大部分，雪一直要延到五月或甚至仲夏才融，而到了九月，冬季的情形又開始了，所以並沒有四季而只有二季——夏與冬。因此在苔原的植物，一年中只有幾個月的活動生活。可是到夏天來臨，生活就很能活潑。在西伯利亞苔原的一部分，每年有許多鳥從南方飛去築巢。它們吃上年的漿果，被雪保留過冬的，和因溫暖而滋生成羣的昆蟲，苔原上的蚊蟲常是很多，所以人們就不得不在帽子上戴着面紗。

馴鹿與狐是苔原上的主要大動物，有的部份有麝牛（一種小種的牛，不大於大綿羊）。苔原的生活對於人類是很苦的，大多數，如拉伯蘭人，靠養馴的馴鹿度日的。這些拉伯蘭人是游牧人民，意思就是過着流浪的生活。當他們的馴鹿羣需要新鮮的食草時，地們就隨着遷移他們的篷帳。在這一帶內現在所有的居民總數也很小。有人提議在那裏生產大量的馴鹿和麝牛，將來苔原或須能供給全世界肉類的一大部分。

其次我們來到圍繞北半球的一大森林帶，橫過加拿大，歐洲北部及亞洲北部。森林在泥土周年不凍的地方開始。大部分的樹，尤其在北方，是產球果的樹如樅，有針類的葉子，冬夏常綠的。針狀葉只有很少的葉孔，所以不很讓水散逸，並且有和體積比較更少的面積，若是扁平的葉子就要有較大的面積了。我們可以明白這些特性都是在乾燥氣候中很有益的，事實上有各種常綠球果樹，在這種狀況中生長得最發達，例如蘇格

蘭樅(其實是松樹)和別的松樹如奧國松。但是若根的工作不是很活潑,即使泥土中有許多水,植物亦得不到多少水;這在泥土冷的時候,常是這樣的情形。所以在冷的地方,樹木亦必須慎防不由樹葉中喪失水份太多,這就是為什麼在北方的和高山上的森林中的樹都有針狀葉的理由。在冬天樹根是冷到這樣的地步,使它差不多不能工作,就更沒有多少水來供養樹木了。但是因為樹葉放出很少的水汽,所以無脫落的需要,若是葉的形狀大而扁平和有許多氣孔的,就非脫落不可了。因此差不多一切有針狀葉的樹是常綠的。

在冷氣候中的樅樹差不多都是『聖誕樹』的形狀,就是它們都有向下斜的枝,可以使冬天的雪容易滑下,如果不是這樣,就要因負了過重而易折斷了。在溫和的乾燥地方,有針狀葉的樹就不必這樣生長,如在意大利常見的傘松,有很不同的樣子,從它的名字上就可以猜想出來。

在這些北方森林中,樹葉都是



圖23 加拿大的北長青林。在樅林樹蔭之下,不能有什麼生長的。一雙山貓在林中徘徊。

叢密成蓋，下面幾乎沒有別的植物可以有生長的機會。因為這樣，動物也就稀少。那裏有兔，有鼯鼠，有豪豬，有鹿；還有吞噬它們的山貓，狼和狐。好幾種動物是適宜於在樹上生活的，如松鼠和肉食像鼬鼠（黃鼠狼）的貂，還有各種林鳥如啄木鳥之類。

在這些幽暗的森林中，人民亦是很難過日子的，大部是以捕捉動物，採取毛皮而度日。在今日因需要大量木材來造紙，大部的森林已被砍伐，清除出的地面可以種植了。那些地方若有水力發電，且有清除的田地可資耕種，文化就可向北發展到從前的森林地帶中去了。

## 溫帶和沙漠帶的生活

大部分現代的大文化是存在於幽暗的樅林和無用的沙漠之間的一帶中，我們已經知道這是一個氣候易變而多暴風雨的區域。但是它不太熱亦不太冷，不太濕又不太乾。在大部分地方，樹木生長得很好，在有史以前，其中許多地面上曾是蓋着森林的。

在這一區域的樹大多是冬天落葉的樹，像橡樹，榆樹和山毛櫸之類。這是因為它們生在不很乾的地方，所以最好有關的葉子和充分的葉孔。這樣，它們便能有充分的水流過樹身，意思就是它們能從根上得到更多的鹽類，並造成食料更快些。至少它們在夏天能夠這樣做。但是在冬天，地是寒冷的時候，根

就不會工作得這樣好，那就沒有足夠的水來補足從葉子上變成蒸氣所失去的水，植物就要萎枯而死了。爲了要避免這種危險，所以它們在沒有到天氣太冷的時候，就脫落了葉子。祇有在溫帶中一切闊葉樹在冬天是無葉的。

在溫帶中較乾的區域，除了靠河流的地方，樹就不會生長，那裏就有廣大的綠草原，如俄國的大草原，加拿大和美國的大草原，或在南半球中，如南美洲的大草原和澳洲的大草原。

適於生存在這些平原上的動物，或是小的穴居動物（在地下比較的安全，因爲在那裏沒有樹或叢林可避）或是大的捷足動物。土撥鼠（圖 24 左），場撥鼠和地松鼠就是第一種的例。屬於第二種的，如大草原中的野馬和野驢，澳洲的袋鼠。以及美國大平原上現在已經滅絕了的大羣野牛（常常誤稱爲水牛）

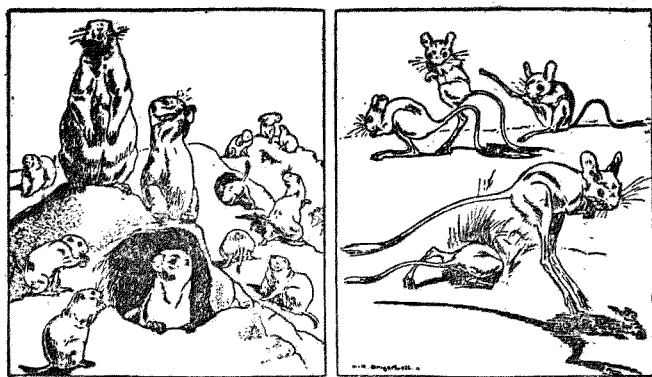


圖24 乾燥不毛之地的動物。左，草原上的土撥鼠。右，阿刺伯的跳鼠。

和叉角羚羊。在小動物中，跳鼠(圖 24 右)甯可跳得快，不願在地下掘洞。有些跳鼠雖是只有大鼯鼠這樣大，但能跑得比馬還快。在昆蟲中，蚱蜢和蝗蟲在草原中是非常的普通。

在全溫帶中，鳥的種類是非常之多，最著名的鳴鳥都住在那裏。在冬天，許多鳥向南遷徙，因為昆蟲食物稀少了；爲了同樣的理由，許多四足小動物，如睡鼠，土撥鼠和地松鼠之類，就從事冬眠。

在這一帶裏，不論是在森林區或平原，人已經做了許多改造工作。他把森林伐除，變成了農場。他在草原和森林開拓地種植了麥和玉蜀黍和別的農作物。他養了食草的家畜。例如，在南美洲的大平原上，儘量的養牛，以供牛肉，在澳洲的草原上放牧着幾百頭的綿羊(圖 25)。

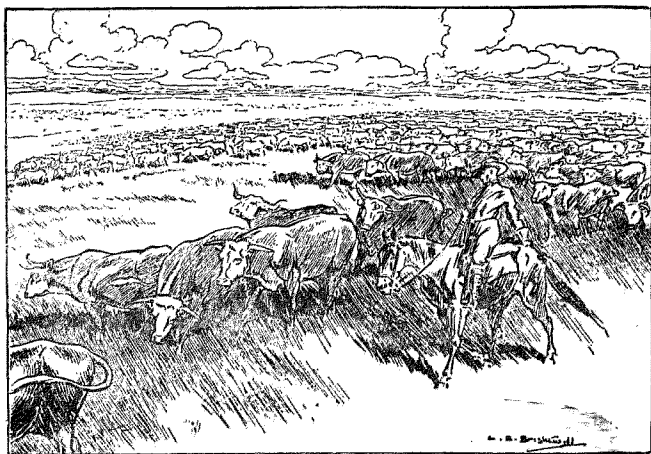


圖25 南美洲草原上的大牧牛場。

經過這種改造，人差不多或竟完全把許多種族的鳥獸滅絕了。在美國的野牛就是一個例。不到一千年以前，狼在英國是常見的，在覺得太危險的時候，人們就不得不成羣結隊去行獵了。在那時鹿，野豬，和野貓亦是很多的。實際上，這一帶對於人是一個最適宜的區域；也是全世界經人改造得最多的地方，在所有肥沃的部分，人就剷除了大多數天然生長在那裏的植物和水土相宜的野動物，而培養了有益於人的動植物。

當我們愈走近氣壓高而雨量少的地帶，就遇到更乾的地方，大樹都換了疏散的灌木，耕種也愈變成爲不可能，最後我們到了沙漠，就覺得是到了一個不利於人類的地方，好像近極的荒地一樣。

在沙漠中，你常常找到鹽水湖或厚塊的固體鹽。這是因爲那裏沒有足夠的雨水使湖水滿到溢出。從它們蒸發的水量，是和加進去的水量相等，或竟多些，所以沒有河川會從它們流出。在大部份土壤中含有少量的鹽，而流過的水就提取一些，變成溶液，所以在一個沒有出口的湖，鹽是不斷的增加。但不能夠出去，因爲當水蒸發的時候，凡是溶解在水裏的東西都須剩下。因此湖愈變愈鹹；倘使遇到氣候是乾得非常，湖就完全乾涸，只剩了一層白的固體鹽。在巴勒斯坦(Palestine) 的死海和在美國鹹湖城的大鹽湖都是這種鹽湖的明例。

關於生命，沙漠的第一特點是植物不能遍地生長。那裏沒有亭亭的樹蓋或如茵的草地，只有疏散的植物。一棵植物和



第二棵植物的距離是隨情形而不同的。在最荒的沙漠上，如阿剌伯或撒哈拉的幾部分，荒地上根本不見植物；但這是很少見的，大多數的沙漠亦有少量植物散布着。

當然這些沙漠植物因生活而取用的水量比在別種環境下植物所用的要少些，它們須經過絕無雨水的長時期。有幾種植物大半年在地下過活，取球莖的形狀；一遇到下雨，就向上生長，放出葉和花來。大約在兩個星期之內，他們獲得一年中所需的食物，其餘的時間是生活在休息狀態之中。在有定期雨季的沙漠中，在第一陣雨下了幾天之後，整個地方就鋪滿着美麗的花。在這稀有雨水下過之後，它們又隱到地下，地面上仍是一片不毛的沙漠。

但是大一些的樹是不能在地下過活的。所以它們會儲蓄着多量的水在自己的體內，賴以耐過久旱。有時候水是貯藏在莖的擴大底部裏。有人從美國西南亞里桑那 (Arizona) 沙漠中帶出一棵這一種的灌木，放在博物院的架上。它就靠藏在自己體內的水活了十一年，每年春天還生一次葉而脫落一次咧。這是最高的紀錄，以我們所知，沒有別的沙漠植物能藏兩年或三年以上的水。大多數生在沙漠以外的植物，沒有了水只能生存幾日或幾小時。

多數大的沙漠植物都把全部的幹和枝脹大，用做貯水的處所。最著名的例子是多刺的腫狀植物叫做仙人掌屬，但許多別的植物也是這樣的。在美國沙漠中有一種圓筒狀的仙人掌，

口渴的旅行家可以飲此解渴。他把頂部割去，搗爛軟絮似的內部，用草桿來吸它的汁。最大的仙人掌，如圖26中所見，長得有二三十英尺高，在這種地方，別的樹都不能生存。

當然，倘使沙漠植物要貯水適當，它們更須防止蒸發所失的水。唯一的好方法就是不生葉子，那末就沒有葉孔了。例如，仙人掌是用綠幹來製造：它們或是完全沒有葉，或是有很小的葉。另一方法就是盡量用一種防水蒸發得很快的東西來遮蓋表面。有的植物在表面上好像塗了一層假漆，就是說，有一層似蠟的不透水的遮蓋物；有一種印度葫蘆叫做「本甯加薩」(Benincasa)的，因此產了許多蠟，土人就刮下來做蠟燭。軟木樹皮亦是有同樣的作用；我們所用的軟木塞即是從生長在乾地的軟木樹的皮得到的。還有別的植物，如普通的毛蕊花屬，在葉子上生着一厚層的絨毛，藉以包住水份，減少蒸發。

最後，因為生活在沙漠中的



圖26 沙漠植物。美國亞里桑那沙漠中的仙人掌。人在敲頂的仙人掌中吸水止渴。

植物是這樣的少，更是要特別保護得不被動物所侵食，所以必須是非常多刺。仙人掌屬又是一個最好的例；它們蓋着像細針一樣尖的毛刺。許多在沙漠和乾地的別的植物都有刺，有時非常之大。

沙漠中的動物生活亦和植物一樣的困難。大多數生有黃沙色做掩護，以避敵人；有許多動物的足是扁闊的，以免陷入沙中，好像在軟雪中行走時要穿雪鞋或滑雪屐一樣。有許多掘穴容身，以避烈日的熱。它們採用種種方法來適應缺水的生存。有的，像幾種沙漠植物一樣，在乾季時住在洞中，作一種蛰伏的狀態。有的，像幾種羚羊，除了在它們的食物中得到所需的水以外，絕不飲水。還有的，像植物中的仙人掌屬，在它們自身的體內藏着水。在澳洲沙漠中有一種蛙，它有一個很大的囊，裏面貯着的差不多是清水。土人找不到飲料的時候，有時就用這水來解渴。

駱駝在沙漠中對於人是最為重要的牲口。駱駝有扁闊的脚，使它們能很自然地在軟沙上走，換了人，馬，或汽車就要陷下去了。它們在胃中藏水，且能載着貨物連接三四天趕路而不飲水。

在沙漠地方，如蒙古，阿剌伯和撒哈拉，人是依靠駱駝的，好像愛斯基摩人的靠海豹或拉伯蘭人的靠馴鹿。例如，在阿剌伯沙漠中的人只能住在為駱駝放牧的地方。在一個地方的草吃盡以後，他們就包起他們的營帳和財產，放在駱駝背

上，移到別處去。因此固定的文化是不可能的，只有流浪的遊牧民族能存在，除非用了運河來施人工的灌溉一法以外，沙漠只能維持極少數的居民，

## 赤道附近的生活

在沙漠和豐盛的熱帶叢林之間，普通還有一個乾曠平坦的區域，常常點綴着疏散的樹木，好像一個公園。最著名的這種公園似的地方是在非洲。這裏又是像在溫帶平原一樣，最適宜的動物是跑得非常之快的食草獸。通常是羣集而居的，所以倘使一個獸看見或嗅着了危險，全羣就都被警告了。

這種動物在非洲還能找到許多。有斑紋馬，野牛，犀牛，奇怪的羚羊叫做角馬，許多別種羚羊，駝鳥，和各種野豬，都在這



圖27 非洲平原的動物，一隻飛機驚動了獸羣，使狂奔四散。有斑馬，駝鳥，各種羚羊——角馬，格蘭特小羚羊，藥羊，巨羚羊。

平原上徘徊(圖27)。麒麟是在這地方的另一種動物,它有長頸特別適宜去吃別的動物所達不到的多葉荊樹的頂。這些食植物的動物,常給成羣的食肉獸如獅,豹,鬃狗,和兇猛的野狗所捕食。

最後我們到了真正的赤道森林。這是一個熱帶濕熱的產物。這裏水量充沛,空氣潮濕,所以植物的困難不在於怎樣保持水份,而是在怎樣放棄水份,以便水從樹根流上來。因此樹木都長着多氣孔的闊葉,有的在它們的枝葉上生有特別的腺,以便從體內放出水滴到空氣中去。那裏沒有冬天,所以樹木雖然有闊葉,並不需要同時脫落,因此森林是終年常綠的。情形是非常適宜於植物的生長,所以不但有許多種類不同的大樹,且樹的本身可給別種植物所依靠。各種蔓藤從它們垂下,羊齒和蘭科植物都在它們的枝上生長。有許多樹上生長的植物,其根是懸空的,因此能從空氣中吸取濕氣。

世界上最大的熱帶森林是在南美洲。在那裏我們可看到許多適合於樹上生活的動物。一切猴子都有捲尾(用處是在握持東西),當作額外的手。在樹的高處,樹獺在慢慢的走着,倒掛在樹枝上。它們對於樹林生活是這樣的適合,所以完全不適宜於別種生活了。它們不能直立在地上,更不能走,因為它們的腳已變成鈎形。它們終身過着倒懸生活;無疑的,在我們以爲顛到,在它們則以爲是正的呢。有樹上豪豬和樹上食蟻獸用捲尾助它們攀登。很多的樹蛙用腳上的吸盤粘在樹葉上,各種

的蛇在樹枝間爬行，難得下到地面。有捲尾的蟒蛇是最大而最出名的。還有些依靠樹上的菓子生活的大蝙蝠，以及許多食菓子鳥，如怪形怪狀的大嘴鳥是用它的大嘴來採食菓子的。還有些動物是完全靠菓子爲生。這種情形只有在熱帶上爲可能，那裏的菓子是終年不斷地可以找到，不像我們只在夏秋才有。各種爬樹的貓，最大的美洲虎，捕食別的動物。

能消化木材的小昆蟲，叫做白蟻的（圖28，其實根本不是蟻），是非常之多，因爲有大量倒下的樹木可吃，有幾種蜘蛛極大，並且有時竟能

在它們的網中捉住小鳥。有幾種熱帶森林的動物生有摺皮，可當作降落傘，幫助它們從一樹跳到另一樹，免得下



圖28 白蟻蛀蝕一片木。有大頭大顎的是兵蟻。

來走在覺得不舒服的地上，其中最著名的要算飛松鼠。熱帶森林中還有飛狐猴，飛栗鼠，飛蜥蜴，飛蛇和飛蛙。

在大平原上，視覺和嗅覺是大多數動物所賴的主要官能。但是在森林中，因爲光線不足，且有樹木分散風力，聽覺乃是最重要的官能。所以我們會看見喧噪的動物像呼噪的猴和鸚鵡；它們高聲的叫，在使一羣中的各個不會失去接觸。大多數的這種動物有很大的耳朵。

在熱帶森林中，人的生活是很不容易的。地上老是黑暗；真正森林的表面有一百多尺高，樹頂構成了一層濃葉的蓋，在這上面才有陽光和新鮮空氣。各種東西都生長得快，倘使要開拓一塊地，須要費大量勞工來維持，才能使它不再復生而蔓延。那裏又有幾千種的昆蟲，終年能活動，所以任何農作物是很易遭到它們的襲擊，

因此，在熱帶大林區裏，如南美洲和中非洲，在最近以前，只有分散的野蠻部落。只有用現代機械幫助作大規模的開拓，才能使這種地方對於人有用而生產。



圖29 爪哇的稻田。女人插秧，男人犁田，田中滿滿着水。

在熱帶中，凡環境不適於生長大森林的各地，已經做過大量的開拓工作，因此能維持大量的居民。例如爪哇島，大小與英倫和威爾斯一樣，但是每方英里的人口較多。米和橡皮，可可粉和棕櫚油，糖，香料，和許多菓子，都是熱帶地方的產物。

黑皮膚在熱帶是一種利益，因為藉此能抵禦某幾種因過

強而有害於人的太陽光線，所以所有天生在熱帶的人是黑色或棕色的。許多人都有大的鼻孔，像非洲黑人和熱帶南美洲的印第安人；這可使空氣易於流入肺部；至於如愛斯基摩人和大多數北美洲的印第安人都有狹窄的鼻，不會讓空氣容易通過，好使那些地方的冷空氣經過鼻孔變熱，以免肺部受寒。如非洲的黑種人還有比白種黃種人民更多的汗腺。這可使他們在熱氣候中保持涼爽。這樣可知人類和動物一樣，有的是適宜於一種氣候，有的是更適宜於另一種氣候。

所以我們知道氣候帶決定了世界上大部分的生物。它們決定動植物應該是豐盛或是稀少，並應該是像什麼。氣候對於人類亦有很大的影響。有的地方，如北極和沙漠，那裏的生物是太少，或者人不能很舒服的居住。別的地方，像赤道森林，那裏的生物是如此的繁茂，使人類極難做事，人口稠密而發達的二個地方是在沙漠的兩邊。在向極一邊，冷而多雨的一帶是最適宜於白種和黃種民族的文化，至於棕色和黑色民族適宜於近赤道的熱帶，生活在那裏的人口其數極多。



## 第二章

# 地球的構成和歷史

地球的構造——地球有一個長久的歷史——岩層與其成因——化石——岩層怎樣褶曲和傾側——地殼中的盆地和窪地——侵蝕及其效應——侵蝕，地質學和風景——生命的歷史——火成岩

### 地球的構造

地球是一個直徑約八千英里的球，關於它的內部，我們所知道的很是有限，但是我們所知道的已足以斷定這一部是和表面的部份大不相同，我們知道它的溫度很高。當你走下一個礦，溫度逐漸上升——大約平均下降一百英尺，溫度升高近 $1^{\circ}\text{C}$ ——地球的內部在30英里以下，一定有極高的溫度。

火山的爆發就證明地球內部有高溫度。在火山中間像是一個管子，或可說是一個裂縫，一直通下去，穿過地殼，達到一個溫度極高的地方，可使岩石熔化。當火山爆發時，熔化的岩石被壓，經過這管子上升，沿山邊流下，漸漸冷卻，就是所謂熔岩。我們所能看到的一部份火山，凸出地面上，好像是一座山似的，是以前從管子中被壓上來的熔岩與灰燼所做成的。

地球的內部壓力也是很大——千萬倍於我們日常所受的空氣壓力。

地球外面有一較輕的薄層，常稱為地殼，包着一個較重的內層物質。這是已經用下述方法證明過的。

科學家已做過了許多試驗，因此能算出地球的質量：從質量和地球的大小，就能算出密度。這數目很高，大約每立方厘米(cc.)是5½克，——就是地球比全用水做的同大小的球重5½倍。我們又知道，若將造成地層的各種岩石擊成小塊，在實驗室裏測量出它們的密度即得到一個平均數，約等於整個地球的密度的一半。

地殼和其餘的部份比較起來是很薄的。大約是10英里厚，或地球半徑的四分之一。構成地球大部份的中心物質是很重，或許完全是金屬，大概是鐵。在此之外是別的地層，比中心輕些，但比地殼重些，也含不少金屬在內。

假使金屬如鐵，和泥土或別的雜質混合放在火爐裏加熱，到熔化時，較輕的物質會浮在熔化的純鐵面上，成一種浮渣，或稱鑛滓。假使讓它們冷卻，上面的浮渣比下面的鐵冷得快些，就成一層殼在上面。或許（我們雖還不能確定）我們的地球從前是熔化的混合物，好像這種火爐裏的混合物，較輕的部份浮在表面；同時亦較快冷卻，變成了殼。我們所在的地殼，就像一層輕鑛滓的的薄膜，下面還有多層較重的鑛滓。在中間是一個大的金屬球。

但是重的物質和輕的物質分開的事，不是就此完結。在地殼之外，大部份是一層鹽水。它的密度是恰比每立方厘米一克多些，所以還不到岩殼密度的一半。在海裏的水量，足夠做一英里厚的一層，罩着全球。但是因為地面不平滑而是凹凸的，一部份地殼凸出水層，成了乾地。實際上，海佔了全球的十分之七，陸地只有十分之三。

在海陸面之外，再有更輕的一層，就是空氣或大氣，即使在靠近地面最濃厚的地方，它的密度也只有水的八百分之一。我們愈離開地面，大氣的密度愈小；在二萬英尺以上地方的密度，已經不到海平面上的一半。我們不能說大氣究竟達到多高，因為它愈高愈稀疏，漸漸達到真正的空處。我們從電學研究，知道北極光要在空氣壓力極小的地方才會產生。我們也能量出極光高出地面的距離，大約是從十五至一百五十或二百英里。所以即在如此高的天空，還有一些空氣，不過是極少罷了。事實上，百分之九十九的空氣，是在離地面二十英里以內。

所以我們的地球，是由一層一層各種不同的物質所構成，好像一個圓蛋有幾層殼。而且很特別，每一外層殼的密度較裏一層的為小。最外的殼，就是大氣，是氣體所成。次一層是水層，組成我們習常所說的地球表面。再次一層是薄的實體岩殼，有幾處凸出水面，就成陸地。更次是較厚較重的一層。最後是一個大的中心物質好像蛋黃，大部是金屬所成。這個極重的核心是地球的最大部分，約佔它的直徑的四分之三。地殼平均

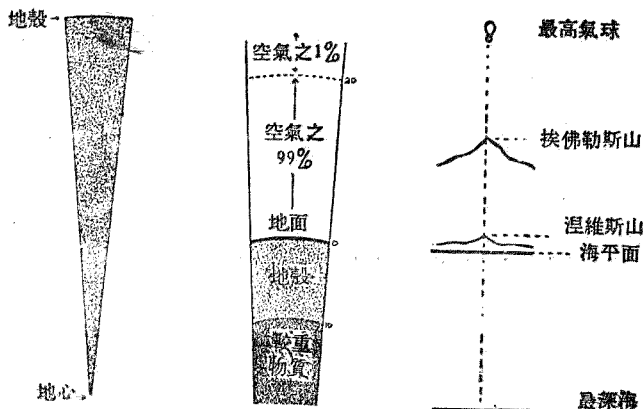


圖30 地球的構造 左：從地面到地心的一片，表示地殼比較地球全部是怎樣的薄。中：地面的部分，邊上的數字是地面上或地面下的英里數。地殼約十英里厚。所有空氣約在地上二十英里內。右：圖示人上升達到的最高點，和最高的山，最深的海 相比。

約僅十英里厚。至於大氣，我們已講過，在二十英里以外的高空是很少的了。即使我們將三個外層，氣體，水，岩殼合在一起，算是五十英里厚，也不過是地球半徑的八十分之一。照比例說，好比是一個橘子的皮，這僅抵到橘皮的十分之一或八分之一的厚薄。

至於在地球上動植物所生存的部份，真是不過靠近地面的極薄一層。只有少數人曾經駕了飛機，昇到約八英里高，或乘氣球升到約十二英里。少數的鳥有時或能飛到像埃佛勒斯峯的高處——約六英里；但是在海平面以上超過四或五英里的地方，就難有生物存在了。海的最深部份不到七英里，那裏有沒有生命是一個疑問，雖是在海平面下五英里深處尚尋得

到多種動物。所以幾乎全部的生物都限制在一個殼裏，一部份是空氣，一部份是陸地，一部份是水，大約十英里厚——只有地球半徑的四百分之一。所以橘子皮上的不平，照比例算，要比地殼上高山深海所成的凹凸，大得許多。

## 地球有一個長久的歷史

我們知道空氣幾乎完全是氧氣與氮氣的混合物，夾着一些水蒸汽和二氧化碳。在地球歷史的初期，空氣或許含有較多的水蒸汽。因為那時地球的表面溫度，大概是高過水的沸點。若果如此，那麼地球上就不會有液體的水，所有不被拘在內部的水，都形成蒸汽而散在大氣中。可是地球漸漸冷下，水蒸汽就能凝結，於是把所有地面的凹處，填滿了水，而成海洋。

那時空氣裏，除了氧氣和氮氣以外，必定還有許多的物質，以氣態存在，這就是說，海水起首就是鹹的，因為這些物質要溶解在水中，一部份就變成各種不同的鹽。但是無論如何，那時的海水一定比現在的淡得許多，近於現在的淡水。我們試想落在地上的一切雨水是怎樣，就會明白了。雨滴落在地上，流過地面，穿過地層，匯合成河流，除了少數的例外，結果都是流入海裏。它們在入海的路上，把各種可溶物，例如鹽，從所經過的岩石土壤中溶解出來，帶入海中。這些物質中最多的是食鹽，即氯化鈉。但是鹽不能蒸發，就留在海裏。在空氣中的一部分水汽，當然凝結成雨，或直接落在海中。或先落在地上，經河

流再入海，一路上又挾帶了許多鹽。水是不停的循環，從海到空氣中，再回到海，但是鹽却只能留在海裏。所以海水愈變愈鹹。

從這一點就可幫助我們理會地球的年齡一定是怎樣的老了。我們知道每一百磅海水含 $3\frac{1}{2}$ 磅的鹽。我們也就能估計海裏的鹽的總數是多了，大約是50,000,000,000,000,000 或約五百萬立方英里。這要比在海平面以上的歐洲的一切陸地上三倍，你可以想像這鹽量是有多了。這鹽量能夠造成一個100英尺厚的實體鹽殼，包圍在全地球的面上。

河水只含極微量鹽的痕跡，所以即使假定海裏的鹽量只有一半是從河水帶來的，你就能明白這必定要好幾百萬年，慢慢的集合，才能達到現在所含的鹽量。

任何沒有出口的湖也同樣會變鹹的。有時變成極鹹，例如死海就有四分之一是鹽——比平常海水鹹七倍以上。密度高到人能坐在上面而浮着。美國猶他州(Utah)的大鹽湖，也差不多是一樣的鹹。有時江河挾帶特種的鹽，例如，在東非的馬伽地(Magadi)湖含多量的蘇打，只有極少量的食鹽，死海含氯化鎂比較氯化鈉(食鹽)多。

沿鹽湖的邊常能發現實體鹽層。這就是表示鹽湖在漸漸的乾涸而縮小。假使完全乾了，就剩下一厚層的鹽，有時這鹽是近乎純粹的氯化鈉即食鹽；有時是石膏，即硫酸鈣，是型塑用石膏粉的原料，或是別種鹽，或是幾種鹽的混合物。巨層的

食鹽可以在地殼裏尋得；例如，在英國的哲夏(Cheshire)烏斯特夏(Worcestershire)諸郡，有時這幾種鹽床會有幾百英尺厚。它們一定是由古代中乾了的海或湖，被別的岩石蓋蔽而成。至於怎樣蓋蔽，以後再講。

生物所在的一層雖是極薄，但是各部大有不同。一個理由是地球各部份的氣候有極大的不同——有些部份，如熱帶的森林，熱而潮濕；有些地方，如沙漠，熱而乾燥；有的如極帶，極冷；還有別的，就如我們所居住的地方，不極熱亦不極冷。

生物所在的地方各各不同的別一個理由，是地殼係由各種不同的岩石所構成。研究各種不同岩石的科學叫地質學；在地質學裏的『岩石』和日常所說的石有些不同。平常所說的石是指一塊極硬的東西，但是地質學家以為岩石是任何造成地殼的物質，不論是硬得如花崗石，或是軟得像粘土，或是不硬不軟像白堊都可以叫岩石。

## 岩層與其成因

我們剛說的海的鹹性和有些地方的鹽層的深厚，都表示地球一定有一個很長久的歷史。我們就會明白，若是我們沒有想到地殼的岩石史，以及它們的性質和成分，我們對於地質學不會有相當的了解。

當你旅行時，你或許行經許多不同的岩石的地方。一個好的例子，就是倫敦與布里司它爾(Bristol)之間的地方。假想

我們坐火車旅行的，起初的景緻是很平凡的。假使看見一個石礦，或許面上是砂礫下面是很堅韌的黏土，在美登罕(Maiden head)過了泰晤士河以後，地勢就開始變得崎嶇了些，鐵路線經過鑿開道時，是鑿過白堊的。於是又經過平原。這種平地都有很重的黏土。後來路線又經過山地，所鑿開的岩石是硬的石灰岩。有時山甚高，火車必須穿過一條長隧道最後又到了黏土的平原，上面蓋着一層沉泥(沉泥是細泥，為洪水或泥水河沉積的)。

你能在別處看到同樣的情形，不過岩石是不同的。有些是軟砂岩；有些是硬石灰岩；有些是紅砂岩；有些在地面上就見煤層。

第一個問題是為什麼在各處的岩石各有不同？第二個問題是怎樣它們會產生在各地方的？

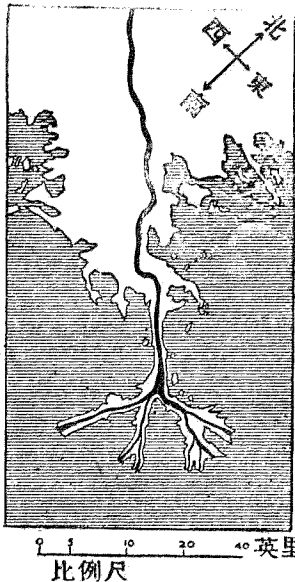
假使你仔細觀察鑿開的地方，你就知道它們是有一定層次的：所以這種岩石在地質學上叫成層岩。這就暗示着它們是一層一層慢慢地形成的，最先是底層，最後形成頂層，岩石的如此形成，顯然是由於水把一層一層的物質沈下所致。這樣沉下的物質叫做沉積物，由它們所造成的岩石有時稱為水成岩。

你一定看見過大雨後的情形，一條泥水的細流流入泥水潭，沿途的水，挾泥而流，但一達到泥水潭，就散開成扇形，於是運動遲緩了，泥就沉到底裏。這扇形的沉泥會一層一層慢慢增高，直到它和泥水潭的水面一樣高為止。同時它的長度亦繼續



增加，流水中的泥或沙如此沉積於靜水中就成三角洲，我們常在湖邊水入口地方會發見三角洲。大約三角洲是在多泥的大河入海處造成。尼羅(Nile)三角洲是著名的一個例子；法國的龍河(Rhone)和美國的密士失必河亦有很大的三角洲。密士失必三角洲向海裏伸張出得很快，它的末端現在已經達至海岸線以外五十英里(圖 31)。密士失必河每年帶下的泥土在五萬萬噸以上。

這是流水能沉積物質成層的一種方法。洪水也能這樣。假



使一條河氾濫兩岸而成洪水，等到洪水退去之後，你可看見兩旁的草地已蓋着一薄層的沉泥，就是水帶來的細泥。在有大泥水河有定期氾濫的地方，沈泥層可生長得很厚。尼羅河就是最著名的例子：在沙漠中部埃及人所住的一條肥沃的地帶，就是被這河所成的流域，且每年因這河的氾濫，受灌溉一次。這種沉積就叫冲積。意大利的倫巴底(Lombardy)平原，亦是一個冲積地的例子；這平原是由波河(Po)及別的小河所成。

圖31 密士失必河的三角洲，慢慢的，但是不間斷的，向海裏展伸。

泥砂物質能沉積在河床上，而形成泥灘和砂灘。大泥灘和大砂灘成於海中，乃是由於挾泥砂的水流，在運動受阻時，將泥砂沉落所致。這種泥砂或是由江河帶下在能成三角洲以前，被急流從河口沖去；或是由海水把陸地剝蝕而來，如在英倫海岸的許多地方。海流亦能沉積巨大的砂礫牀。最著名的例子是在英國的哲錫爾灘（Chesil），有18英里長，35英尺高，約200碼闊。

假使情形適宜，被河水帶下的泥砂，以及被海水沖蝕海岸所產生的物質，即沿着海岸的邊而沉下。這是大片的沙或泥或礫石延展到幾百英里長，所由積成的一種普通方法。

冰的作用亦能沉積大量物質。在世界上冷的地方，如格林蘭和南極大陸，在那山谷裏並沒有分開的沉河，却為廣大的冰原蓋着很大的區域。冰河和冰原是由雪下在高冷而多山的區域，堆起厚的雪廬所造成。上面幾層的重量把下面的雪層擠壓，使雪變成了冰，於是冰又慢慢的向外和向下擠壓，直到它達到海或溫暖到足以把它融化的地方為止。冰河和冰原把它們所經過的陸地磨去物質；它們也帶着從兩旁任何山上落下的物質。接近它們融化的地方，這些物質的大部分，就沉積了。現在我們知道在泰晤士河以北的英國大部份，從前的氣候和現在都很不相同，是蓋着冰原的。在這區域內的許多沉積，是在冰原融化時所沉下。這種沉積物叫做冰河漂積物。冰河漂積物的最普通的形式是漂礫粘土，這是由滑動的冰從岩石上磨

下的極細質粒所造成；埋在裏面的是多角大石和漂礫。原本是從附近的山上落在冰上的。

## 化石

除了在淺水裏被河流沉澱的物質以外，別的物质在深水裏沒有水流的幫助，亦會沉澱。這種物質大都是浮在海面上的細小動物和植物的骨骼所成。當它們死了之後，骨骼較重，就

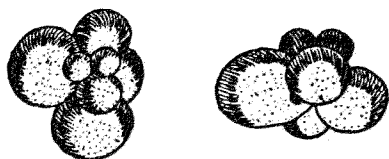


圖32 抱球蟲的殼的兩種形狀，已放大。它們從小孔中穿出活質的絲，由此可攝取食物。

慢慢的沉到海底。矽藻就

是這種植物的一個例子；它們有硬的骨骼。在細小而浮的動物之中，最普通的一種叫抱球蟲（圖32），

有石灰質的骨骼。很厚的

沉澱亦能由植物在海底上繼續生長所造成，最好的例子是珊瑚。有時能尋得極厚的珊瑚岩，在頂上是活珊瑚，生長在下面死珊瑚骨骼的遺體上。

在沼澤中生長的植物，死後的枝葉就會落到底上。有時遇到沼澤中的水含極少氧氣，它們就並不腐爛消滅，而堆積成厚塊。這就成了泥炭地。泥炭不過是沼澤植物的遺體，有時還夾些泥土（泥炭層或許有幾英尺厚，在有些地方可把泥炭切成塊作燃料之用）。

世界上各種物質層確實是由各種不同的方法沉澱而成，

現在如此，幾百萬年前也是如此，地殼的成層岩也就這樣生成。例如，黏土是由河或水流沉下的泥所成。砂岩是砂的沉積。白堊是由深水裏慢慢向下飄流的小動物骨骼，大多是抱球蟲，整個的或是片段的堆積。煤就是在沼澤中的植物遺體堆積所成。

當然黏土比泥更韌，砂岩比砂更硬，煤比泥炭更堅實。這種不同是由於它們初成後在沉澱物中所起的變化。沉澱物或須受着很大的壓力。假使它們上面壓着幾百英尺的新岩層，就會被壓平的。水中如沒有氧氣，在沼澤內的植物遺體會有另一種變化，慢慢的會變成純粹的碳，所以煤是堅厚而黑的。還有別的化學變化能在沉澱物裏發生，使它們黏合成硬塊：這種變化發生在石灰岩中。我們常可以看出岩層原來是什麼造成的。



圖33 在一片煤中尋得的羊齒植物葉的化石。

例如，在砂岩內常能見到分開的砂粒，雖是已經黏合成了堅實的硬石。

有些植物和動物亦能留在中間告訴我們成岩層的沉積原來是怎樣的。枝葉的遺體有時能在煤裏尋見，顯出樹木曾生長在鄰近的地方。假使從白堊礦裏拿出一塊白堊，你可以洗出構成它們的殼形小骨骼的碎片；這些骨骼頗像浮近海面的

動物遺骸，顯示白堊是在大海底裏生成的。

動植物的遺骸被包在岩石內如上述的情形，是實際上已『變為石頭』了，在科學上就稱為化石。化石可大得如煤裏的葉子(圖33)，可小得像白堊裏的抱球蟲。

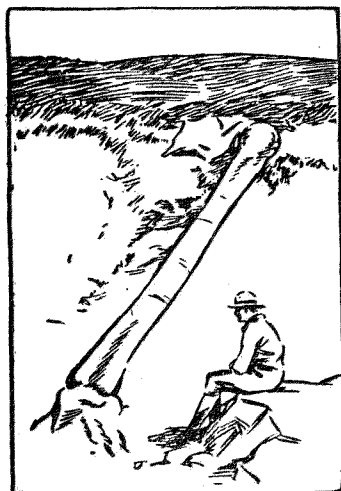


圖34 化石——一種絕種巨爬蟲的後腿骨。

顯出巨足之印(圖40)。有時化石中發現特異動物的骨骼。有許多不同種的絕種動物(絕種就是現在不再生存的種)在倫敦自然歷史博物館內可以看到。

二三百年前，化石對於好學深思的人們確是一個絕大的謎。已絕種動物的遺骸是一個困難。例如1726年在德國所發見的一個動物的骨骼，我們現在知道它大概是一個巨大的水蜥

化石是在多數成層岩裏尋得到的。有些大樹幹的碎片，有時在黏土層中近煤層處尋得，豎立在生長時原來的地位(圖36,37);化石珊瑚在牛津(Oxford)四周的山裏很是普通;在英國許多大教堂裏的大理石柱也充滿着化石，如珊瑚，海螺，海百合(圖38,39)。在古紅砂岩中有時竟發現整個魚體的化石。有些黏土和頁岩顯出化石蟲洞甚至化石雨跡，更有些



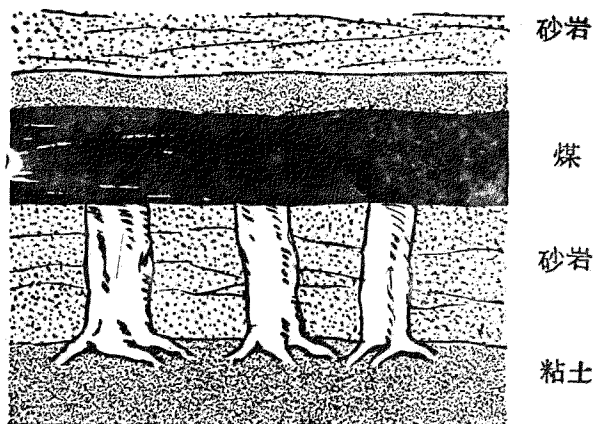


圖37 樹幹化石怎樣在煤牀下各層中尋得的情形。原來的樹根深入在沼澤的泥中，在這裏樹葉以及別的成煤的質料就此積聚起來。

形花紋。

然而把化石經過仔細的考察，我們就很明白它們確是過去動物的遺骸。化石印着鳥的羽毛，完全清晰的羊齒葉，絕種爬蟲的蛋，殼內且有小爬蟲的骨骼，頭顱和別的骨頭都很完好，昆蟲的翼，上面顯出翅脈——這種種和許多別的化石，決不會是別的東西。所以研究化石是很有趣的，一方面因為它們告訴我們，包藏化石的岩石層是在如何情況下成立，一方面因為它們證明古代有許多現在已經絕種的動植物生長着。

## 岩層怎樣褶曲和傾側

現在還有一個難題：就是怎樣會在極高的陸地上，發現貝殼化石。要解釋這個，我們必須回頭來講到關於成層岩的一件

有趣的事實，這是以前所沒有提到的。原來地層並不老是平坦，也可有成角的傾斜，在沿海的懸崖，或鐵路的開挖，或採石的場所，常可看到。有時牠們豎直立起，或甚至被動變成褶曲。這一定是因為岩石初成而變硬之後，又被地殼的動搖而變成褶曲或傾斜的。

這樣就解說海生物的化石是何

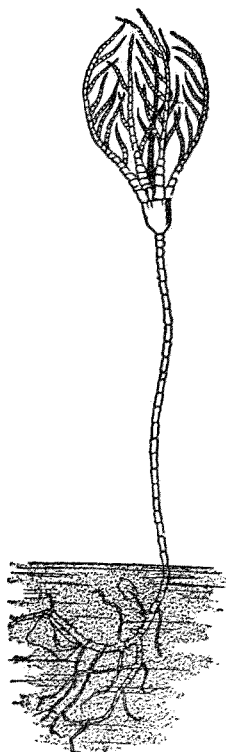


圖38 正在生長的海百合很像星魚的樣子，但有很長的莖定着在泥裏。

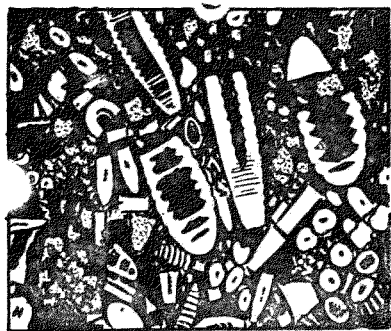


圖39 一片石灰岩磨光後，顯出所含的化石，差不多都是些海百合的莖在各方向的橫切面。

以能在海平面以上的岩石裏存在了。岩石最初一層一層的在水裏沉積起來，水裏有海扇或魚類生存着。過了許多年代，這些岩石因地殼的運動，被迫升高到海平面以上。



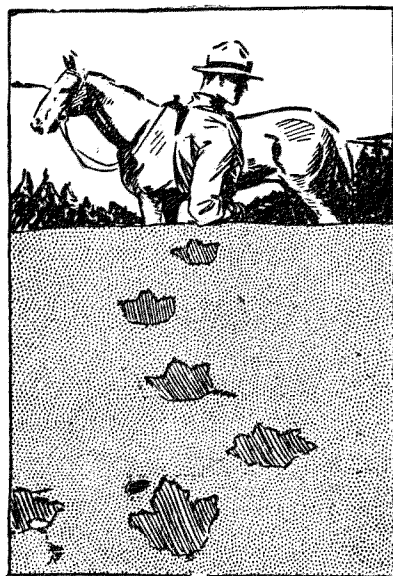


圖40 一種絕種動物(巨爬蟲)的足跡化石，在美國亞里桑那岩層中尋得。圖示一位騎者倚在這塊側轉的足跡石板的邊緣上。

大，所以極小量的收縮所顯出來的縐痕，就是高的山脈了。

除了收縮之外，大塊的地殼會慢慢的升起或沉下。世界上有些地方，有升起的海濱，叫做磯，可為地殼升起的證據。磯就是有砂礫或懸崖的海濱，但是高出海平面以上許多。

在別地方有下沉的證據，例如，在英國海岸，近利物浦的利瑣 (Leasowe) 地方有海底森林——深沒在高水位下的殘株。這表示地平面一定發生過小小的變動。有時有更大的變

要解說地殼各部份各種升沈動態的原因是很困難的。有些似乎是因地球在冷卻時收縮所致。地球的收縮使地殼中造成許多縐紋及褶痕。你要明瞭這事，只須想像一個中空的橡皮球，外面包一層布。假使你使球變小——例如，在把球吹脹之後，再讓空氣逃些出來——布就會起小小褶曲和縐紋。地殼裏的褶曲，並非真像這樣起縐而起，但是收縮能起縐的原理是相同的。地球很

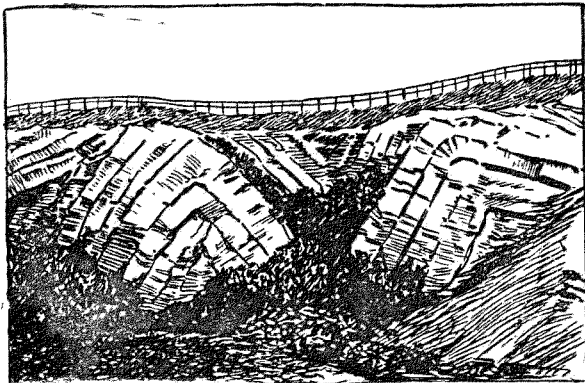


圖41 約克司（英國）褶皺的岩層。

動。例如，從水深測量法證明河谷是由流水的作用慢慢的刻劃出來的；但是決不會照同樣的方法在海牀上造成。所以要解說這種海底谷，只能說牠們是原來已在陸地上被河流所造成，後來這一部份的陸地沉下了，因此位在海平面以下。

這種『沉沒』的河谷在挪威北部的海裏可以尋到，是一個很好的例子。有一個海底大谷，約在陸地到斯匹次北爾根島的中途，向西傾斜到海底很峻峭的斜入深水的地方。這個谷是由許多在海底的支河谷所合成（圖42）。這可見現在海平面以下約一千五百英尺的海底原來是陸地。現在的斯匹次北爾根島，法蘭士約瑟蘭（Franz Josef Land），諾瓦森柏拉都是以前高山的頂，同時有一條大河洩去這區域的水（圖43）。

關於成層岩，我們已發現二個主要事實。第一，它們是在水裏一層一層的沉積，後來漸漸變硬。第二，既成層之後，它們

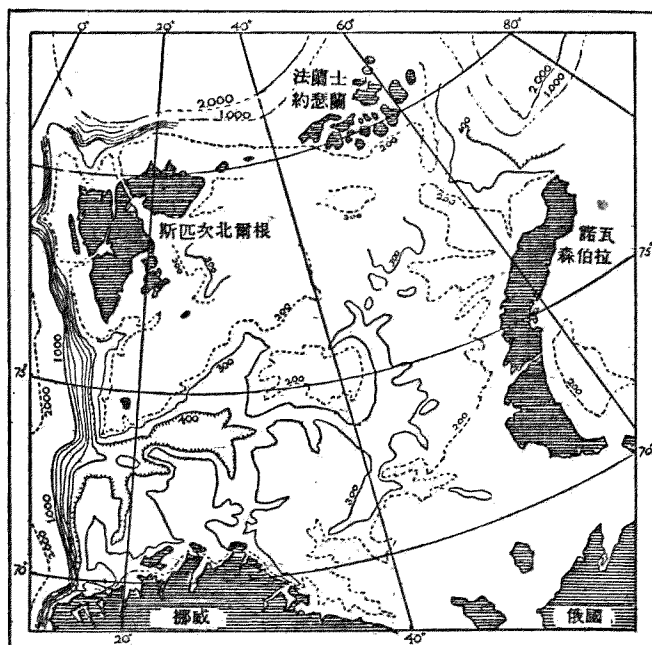


圖42 挪威的北部，表示海的深度。從200至1000米的深度中間，每100米的深度線都畫出。它們顯示一個海底大谷，最深處在面下500米向西走，並有好幾個向東的支谷。

或許改變地位，或只是平面的升沈，或成角的傾斜，或竟褶曲。但是還有許多別的關於成層岩的有趣的事實，已為地質學家所發見。在十八世紀之末，有一個英國的測量家名威廉史密斯 (William Smith) 想把凡是經過他測量的岩石，都做一個精確的記錄：記出發現的地點，是否成層（關於不成層的岩石，我們以後再說），傾斜的角度，所含化石的種類等等。

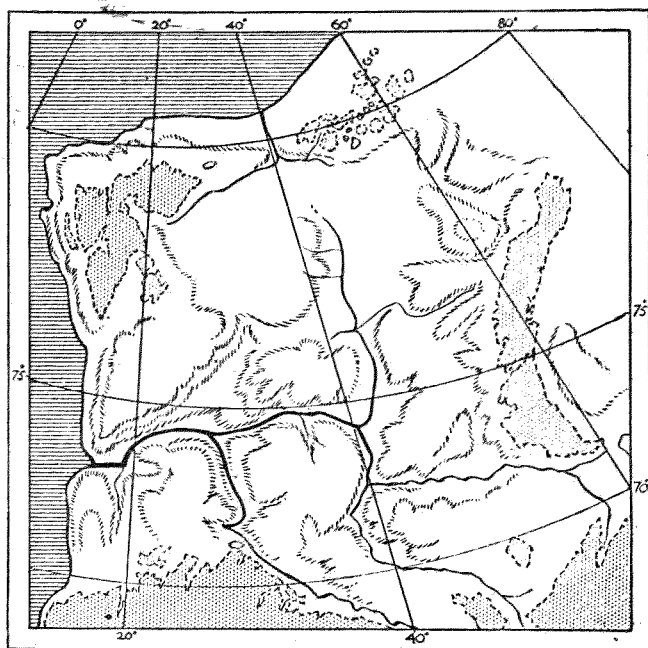


圖43 圖42的同一區域，當陸地比現在高起約500米時的形狀。一條大河和好幾條支河所洩水的區域，即是現在巴期茲海(Barents Sea)和白海的底。

史密斯所做的一件重要而有實用的事情，是畫一張地圖，顯示全英國各種岩石分佈的情形。這種地圖就叫地質圖。別人早就有這種意思，但是史密斯是真正能實行的一人。地質圖現在是普遍的被採礦工程師，石油專家，水丈測量師等使用，好幫助他們找尋金屬或油或地下水。

他對於化石亦有一個大的發見。他證明每一特別岩層含

有某種特別的化石，在別的地層裏所尋不到的。所以任何岩層，可以因所含的化石而辨認出來。試舉一個例，你或許知道一種美麗的化石介殼，盤繞成螺旋形的，叫做石螺(Anmonite 圖 44)，實際上是動物造成的，有些像烏賊。這種只在某岩層

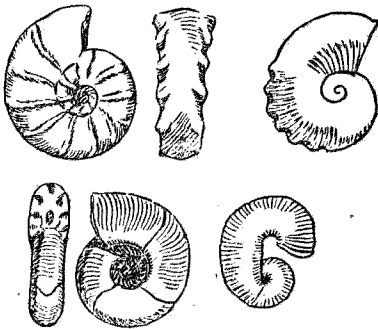


圖44 四種不同的石螺。左面的兩種表示正面和側面的形狀。

裏尋得，而在別的岩層裏所不見的。在能尋得菊石的岩石裏，又因地層高低的不同，尋到石螺種類也不同。

史密斯除了畫出能在地面上尋得各種岩石的地方之外，並且量出它們傾斜的角度。於是地圖的意義就更為清楚了。

我們已經解說地殼的壓抑和曲摺怎樣使岩層變成傾斜或褶曲的情形。史密斯以及後來地質學家所做的測量，顯出它們如何已被攪亂。最簡單的一件事，是因一區域內的地上升，而使許多岩層都向一個方向傾斜。另一事是地殼慢慢的向下褶曲，變成一個槽形地或盆地，更有地殼向上褶曲而成一拱地或平的穹地。

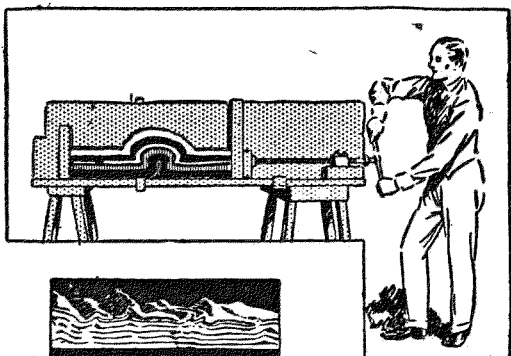
用許多層的布堆疊放着做試驗，就容易明白這種情形了。放一條長木片在布下靠近一邊，所有的布層會掀起斜向這一邊。假使把它放在中間，就成一個拱。假使放二條平行的木片

在兩邊，就成一個槽。假使四面都放了木條，就成一個淺盆。假使放一塊方的木頭在中間，就成一個穹。

或是不放東西在布層下，而在二塊木板中間將布層橫擠。假使用力均勻，就能得到一組槽和拱。假使用力不平均，就

得到斜向一邊的褶曲。用三四塊木板作種種擠壓，就可得到各種盆地和穹地。

用粘土或別的東西亦可做同樣的試驗(圖45)。



當岩層彎曲得太厲害的時

圖45 模仿岩層褶曲的實驗。塑像泥，粘土和沃土相疊成層，放在二木板間擠壓。左角小圖為又一實驗，擠壓粘土層縮至原長的三分之二，生成許多褶曲。

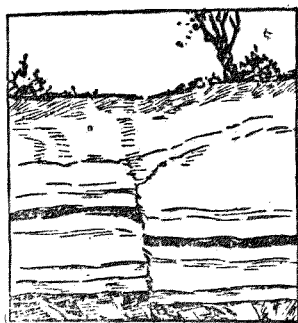


圖46 斷層。岩層中有了裂斷的變化，在右邊的部分稍微下沉。黑層是煤層。

候，或受着別方面的壓力，它們會裂開或折斷。於是岩層的一邊通常會向上略移，因此裂口的二邊就不再相合了(圖46)。這種裂斷就叫斷層(Fault)。

## 地殼中的盆地和穹地

我們現在要就英國各地把岩石

中的褶曲與掀斜的不同狀態舉幾個例子。從倫敦到布里司它爾的一條路上，是一個簡單掀斜的好例。遇到白堊之後，所經過的一切岩層都是稍微向西北面傾斜的。這就是表示在岩層生成之後，在它們的西北的陸地都被推了起來。以後我們再解說爲什麼不同的岩石，都有截止的地方。

褶曲會造成槽形地或盆地。在倫敦四周的地方亦有很好的例。倫敦西北有啓爾吞丘 (Chiltern Hill)，在南面有北丘 (North Down)，全是白堊所成，都有同樣的化石，所以它們一定屬於同一地層的。啓爾吞的地層都是向西北的稍偏北傾斜而北丘的地層向南傾斜。這樣看來，似乎倫敦四周的白堊層

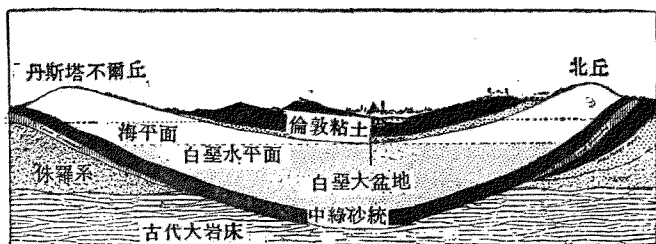


圖47 在倫敦下面的白堊盆地。圖中岩層是作爲從北(左面)至南切斷的要比實際上傾斜得過分些。黑層是粘土，不讓水透過。白堊盆地浸透了水，直升至虛線所示的水平面。中綠砂統(Gault)是一種粘土。

是褶曲成一種不整齊的盆地，最深部份適當倫敦的下面，兩邊升高造成啓爾吞和北丘(圖47)。這是的確如此，因爲假使你在倫敦鑽一口井，經過了一厚層的粘土，就達到白堊了。

事實上，這個白堊盆地對於倫敦是極重要的，在上面蓋

着一層黏土，下面又是一層別種黏土。白堊是多孔性的，能容着大量的水，但是黏土却不讓水透過。所以落在倫敦四周白堊山上的大量雨水，都下沉而將盆地的白堊厚層浸透；白堊吸水好像海綿。水不能再沉下去，因為下面是黏土層，又不能升到地面，因為上面又是黏土而且這水是受壓的，因為它在白堊丘下面有幾百英尺深。所以只要鑽洞，用管子穿過上層的黏土，插入白堊層，水就會從管中升起，能供應用。在有些這一類的槽形地中，壓力大到可使水直噴出地面上來。但有時水只能升到某一高度，其餘的路又需用唧洞抽起，在倫敦即是如此。像這種集取在壓力下的地下水的井，就叫噴水井或稱鑽井。最深的鑽井有一英里以上的深度，裏面的水常是熱的，因為它是從地面下很深的地方來的。在倫敦市中心的許多大建築，就從這種噴水井取水。有時在沙漠中亦可用噴水井得水，撒哈拉沙漠的有些地方就是這樣。

現在讓我們來講岩石拱起成一穹地的例子。近登橋井 (Tunbridge well) 造成亞士塘 (Ashdown) 林與聖略那特 (St. Leonard) 林山區的砂岩層，有一個很好的例子。靠近倫敦的一邊，這些岩層傾斜得向南高起(見圖48)，但是在諸山之頂，它們就彎過去，向南傾下或可說是向北高起。在諸山的四周有黏土的平原，叫做「威爾特」(Weald，譯作林區。這字是撒克遜語森林的意思，因為在史前時代全是深密的櫟樹和麻栗樹林，大部份遺留到幾世紀以前)。砂岩層從諸山的中心四



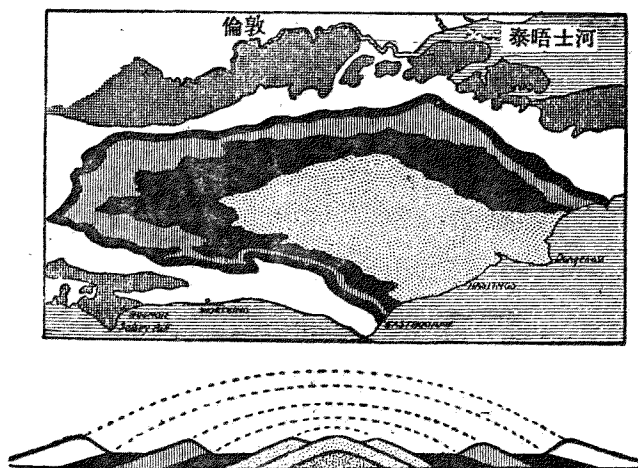


圖48 上圖：威爾特區域即林區的地質圖。下圖構成威爾特區各地的圖，從北北東至南南西橫切的。傾斜的角度要比實際上大得許多。靠邊的岩層原來是拱在中央的。

亞士塘林區的砂岩	
林區粘土(闊帶)和中綠砂統粘土(狹帶)	
利斯山(Leith Hill)等之砂和砂岩	
白堊	
其他地層，包括倫敦粘土。	

面向下傾斜，但向東向西的坡度比向南向北的緩和得多。所以這些砂岩層形成了一個橢圓形的穹地。

上圖中的整個地區一定曾經是拱起成一種穹地的。後來所有岩層的高的中部慢慢的裂碎而被沖去，直到餘下來的只有中央一片，構成了亞士塘森林區，並且也是不完整，四邊

已有了下陷的谷。圖中虛線表示該地區最初四面受擠，慢慢的拱起時，原來各地層必曾有的情形。例如，黏土比白堊柔軟些，所以威爾特黏土已比別層要消磨得多些，就變成平原，而白堊的山就矗起得好像圍繞了全區的環。

## 侵蝕及其效應

或許你不會相信天氣會使一個地方起這樣大的形勢上的改變，或這樣多的岩石的磨壞，或侵蝕。但是我們還有一個證據，證實這一定是這樣的，即是威爾特區裏河流的路徑。取一張畫出地勢高低的地圖一看，就可知道在威爾特平原的周圍，雖是有白堊岡成了圍牆似的，但是河流並不從它流入平原，而是在反方向裏流去，直穿過白堊的山岡，割成峽江狀的陡峭狹谷。假使這部份地方從前一向是同現在一樣的，就絕對不能解釋這種峽的形成的道理。河流只能流下山，可是這些峽已經是從白堊的頂直割出來，高出威爾特平原有幾百英尺。但若這區域從前是一個穹地。頂上是白堊層，那末一切都明白了。河流發源是在穹地的頂中央，沿着斜坡下流，在白堊中割出了深谷。於是白堊的中央部完全磨去。慢慢的這白堊殼中的洞的邊緣又一天一天受侵蝕，到得後來，只剩得現在的白堊的沿邊。一方面峽谷也愈刻愈深，所以河水仍能由谷繼續向外流出。

關於河流的路徑，以及它們為何受地質構造的影響，更有許多有趣的事情。不過因限於篇幅，我們只能說一件了。取威

爾特區的地圖一看，就可知道河水的流徑，差不多常是二種。從穹地中心直流出去，例如穿過白堊峽的是一種。還有一種是和這個垂直，就是和丘脊平行的。

顯然的，當穹地初拱起的時候，最先形成的河流是跟着岩層的斜度而向外流的。這樣的河叫做順向河 (consequent)，就是順着該地原來的斜坡。後來，下面柔軟些的岩層受了侵蝕作用，於是生成了側谷。在側谷中行過的河流，叫做後成河 (subsequent)，因為是隨後生成的。它們靠近硬岩石的脊下而流，當然和原來的順向河是垂直的，而成爲順向河的支河。因為河流在山中迂迴侵蝕，就發生新的變化。例如，後成支河會變成幹河，原來的幹河會縮小而成爲支河。但是這兩種總是存在的。在任何區域中，有一列緩和傾斜的或褶曲的岩層的地方，總是這兩種河——就是沿原來斜坡流下的河(順向河)，和垂直於原斜坡沿硬石脊下一軟層而流的河(後成河)。

這使我們明白大量的陸地能被風和水所消磨，再加以熱脹冷縮而坼裂，以及泉水流入裂縫裏結冰，因膨脹而使縫裂開。

這種作用就叫「侵蝕」或「磨剝」。關於侵蝕和它進行的情形，有許多有趣的事情。在世界上有些地方，水是很少的；岩石就因着冷和熱而裂開。它們亦可被強風吹着砂，在面上衝擊而受侵蝕，這樣的效果是很有力的，(人工噴砂在壓力之下從噴口吹出，可用以鐫刻玻璃或金屬，圖 49)。在這種情形之下，岩石裂成細砂。有時砂慢慢從山側的小谷流下去成了所謂砂河，

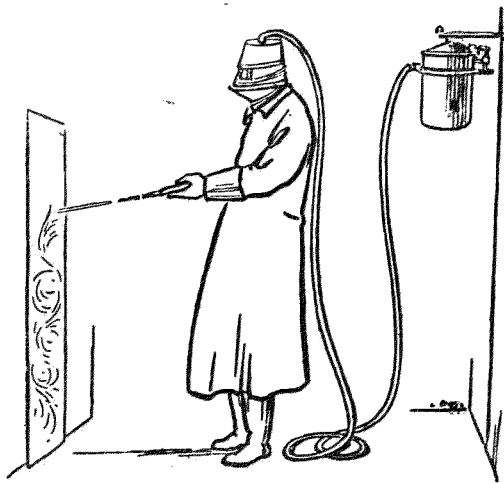


圖49 噴砂鑄蝕法。用噴砂鑄刻金屬(在戶外工作的狀況)。工人必須有充分的保護。

在平原散佈成扇形的三角洲，倘使你經過蘇彝士運河，即可在紅海的海岸上看到。有時它會被風吹散開來，形成大砂地，上面常有高的沙岡或沙丘，例如在撒

哈拉沙漠中。

此外還有冰的侵蝕(圖50)。在冰河下面，石塊和砂礫因受着上面冰層的大壓力，在岩石上摩擦，使大量的岩石磨成細粉。在瑞士就見到這種由冰烱成而從冰河底下流出的河。看起來好像是肥皂水，因為水中含有磨成細粉的岩石。從這種種作用，冰河的河牀會被挖空。岩石常被帶在冰底下的尖銳石塊所擦傷。

英國現在沒有冰河了。但在有史以前。威爾斯，蘇格蘭，以及英倫北部曾有許多冰河。我們從種種方面能夠知道這事，例如在岩石上留着被冰下石子所摩擦的痕跡。我們還能看見



圖50 冰的一個效應。從前掩在冰原下面的岩石；在岩石和移動的冰中間的石塊和砂礫造成了許多差不多平行的劃紋。



圖51 冰所侵蝕的山谷。從前曾有冰河，填滿這山谷到兩邊的肩部。這樣的谷不像水所浸成的V字形乃是從U字形的橫切面。

冰河所留下的特種空谷，兩壁很峭，但是橫斷面是U字形，而不是像被流水侵蝕過的V字形(圖 51)。這種谷不到盡頭已是最深點，於是又升高起來：升起的地方是在冰不很厚的地方，因此不能生出很强的侵蝕力。在英國西北部湖區內的湖與蘇格蘭的湖大都是由冰河所形成：冰河谷下端的升高，作用如一個壩，一部分從谷流下的水，被這個壩所阻住，就成了一個湖。

在有大冰原而不是分開的冰河的地方，侵蝕的規模要更大些，有時所有的泥土和面層都被掘起而被冰原帶走，例如在美國的中西部地方所見的。

## 侵蝕，地質學和風景

在今日的英國，侵蝕幾乎完全是水的作用。水侵蝕的一種是海水侵蝕。海岸絕壁是因巨浪蝕去山脚的岩石而成，於是上層不能再支持，小塊的岩石就坼裂而落下。這種落下的小塊常很快碎裂，被海浪帶走，所以侵蝕作用繼續蝕入陸地。在懷德島 (Isle of Wight) 的西端有著名的白堊岩叫『石針』(Needles 圖52)。你若一看從前的圖畫，就知道這種石針比現在粗大得多，即在最近的一百年內，它們也被侵蝕了許多。凡在陸地不很高，質地又不很堅的地方，海侵蝕可以是很快的。瑙福克 (Norfolk) 海岸近希林漢 (Sheringham) 地方，有房屋園林在上面的陸地，每年必有幾碼地落入海中。當然有些地方

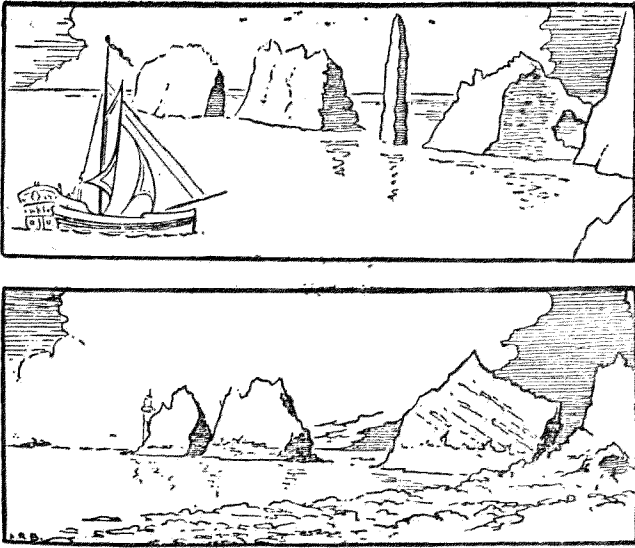


圖52 浸蝕老是不斷的進行。上為英國懷德島上的著名石針的兩圖。

上圖是1782年的舊圖，下圖是近圖。在這一百五十年中間，高的尖頂完全消亡了，別的岩石也變得小些了。

是被海侵的，可是在別的地方，例如騰其耐斯(Dungeness)就因砂礫的沈積而使陸地增長了。

另一種水侵蝕是由於流水。雨落在地面上，一部份雨水就沿着原來的斜坡，挾帶些泥土流下，所以沿山邊流下的雨水從未見過有不混濁的。有些雨水滲透土壤和岩石，常常一路溶解物質。大部份雨水由河流帶走，表面的水直接流入江河，同時已經浸入土壤的水亦再成泉水而流出。除了流得極慢的河川之外，一切河川都侵蝕所有流過的地方，常常切去一部份的水岸，並且挖深河床，造成峽或谷。

流水的若干最非常效力，可於下述情形中見之。有時陸地慢慢的升起，使河流自多雨的高山上發源，後來流過雨水極少的低地。於是它們把陸地愈割愈深，造成深峽，具有險峻的壁和尖銳的邊。這種有峭壁和銳邊的峽就叫峽谷(Canyon)。最奇特的峽谷是在美國阿利桑那 (Arizona)省，由哥羅拉陀河所造成，該河經過一個平高原，全年雨量極少，只有一個短季的傾盆大雨。這峽谷差不多有三百英里的長，最深的地方(叫大峽谷 Grand Canyon 圖 53)有一英里多深，平均是十英里闊，雖然別部分不見得比此更深更闊。這峽谷就是由這急的河流在河底下所沖成。在美洲西部還有許多峽谷。藍尼羅河 (Blue Nile)從阿比西尼亞的山中流到下面乾的平原上，在它的途中亦造成一個很奇特的峽谷。英國的布里斯陀爾峽差不多亦



圖53 美國大峽谷的景象。這個一英里深的巨峽，是被在中間流的河所侵蝕的。



可算是峽谷。

當河流流過多雨的區域時，雨水侵蝕該地的兩旁，但不再成銳邊的峽，而只是一個谷。在多雨的高山中有疾速的急流，很快的切去它們的河床，而且雨和霜亦會很快的侵蝕谷的兩邊，於是就造成一個深谷，起伏都是很峻峭，以致它的橫截面成了一個狹的V字形。在低山之中，水流不會流得這樣快，所以山谷也不會深得這樣快。但是雨的侵蝕是繼續的，所以河谷會像一個張開的V字形，好像是壓扁了的。當河道行過平原時，河會流得很慢，侵蝕力就減小得許多。有時甚至把上面帶了來的泥砂沈積，填滿它所流過的淺凹，所以頗難成谷，而變得更平坦了。而且河流沒有切直的能力，只能在平原上繞成大彎大套。這種大彎子叫做蜿蜒（譯音綿逗 Meander，由小亞細亞的蜿蜒河綿逗得名）。

當你見了這種蜿蜒的河，就常會見到它的侵蝕力的證據。當它沿着曲部流的時候，水會靠住曲部的凹邊（河岸的凹邊），流得更有力，而在岸的凸邊較弱。因此水流把岸的凹面切成小懸崖，而將泥沙沉澱在凸邊上，於是一個小的沙灘就從這邊河岸伸張出去。幾年之後，那曲部更形顯著，河岸的一邊因土壤被沖去而更彎進，另一邊却因為泥沙的沉澱而更長出。結果兩曲之間的地頸會變得很狹，有時竟會穿通。於是河流直流過這新的捷徑，那老的曲部，由沙灘的沉積，會慢慢的與河床脫離關係。這種有水的曲部遺跡叫做弓形沼，就是河流改道的證

據。英國泰晤士河旁有這種弓形沼，美國密西失必河亦有很大的幾個。

這種迂緩的河可流過幾百英里長的兩岸平坦的大平原，或流過低坡小山中間的狹平原，叫做洪水沖積平原。這種平原實由河流和從山上流下的小支流帶下的淤泥所造成。當河道氾濫時，淤泥就沉積在谷底上。

即使平原是這樣的生長出來，兩邊的山仍是不停的受侵蝕，因為落在山上的雨常帶些泥土到谷底，就沉積在平坦的氾濫地上，否則即被混濁的河流帶入海中。

因此我們知道侵蝕常有削平土地的力量。它從高山和小山帶下物質，堆積較低的平面，即是在氾濫地上；或在湖裏或在海裏。在峻峭的高山中，侵蝕是比較快些，而且沈積得很少。高山的側面被蝕成深峽，而雨，霜和太陽侵蝕去山脊和頂。在小山之間也有同樣的進程序，但是當河流一近海平線，水流會變慢些，於是開始沉積，因此土地變成較平坦，這不僅因為小山的磨剝，並且因為在谷的中心建起了平原的緣故。

當然，這一切都進行得非常之慢。你很少能看見目前所發生的侵蝕結果，例如河流稍變它的河牀，或一小塊懸崖落下，或一薄層淤泥因着氾濫而散鋪在草地上。但是假使你知道這種情形是幾百萬年一直繼續進行着的，你就會承認悠久的年代自會積成大的變化了，雖是我們一生的數十年中間不能希望看見許多。

或許你要想，那麼爲什麼世界上還有這許多小山和高山呢，爲什麼在地球的長歷史過程中，不曾完全被蝕而成平原呢？這答案是，因爲又有新的高山生長出來，由於地殼的起皺和別的我們所講過的各種變動。所以山雖是要經過好幾百萬元才能磨損而盡。但亦有像生產，幼年，以至於老死似的。在一千或一萬年中，差不多不會顯出什麼分別。山只有在年紀輕的時候是高而峻峭的。當它們變得老了，就很慢的變圓而低。因爲山頂是被侵蝕去了，久而久之，它們會被侵蝕到差不多是平坦了，就成平原或似平原。

河谷亦是同樣的與日俱變。它們在少年時候是峻峭而橫截面成 V 字形的，在底裏有着急流。幾萬年之後，它們變老而長成了，就會變成闊的淺谷，曲曲折折的在洪水沖積平原上流過。

我們現在要回頭來一講侵蝕對於各種地質岩層所生的效應。

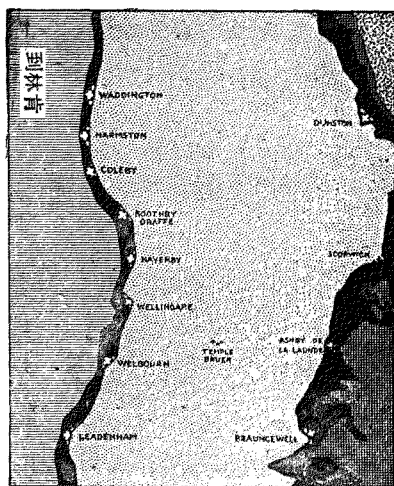
由岩層傾側或拱起之後，因頂層被蝕而磨去，就露出了下面的別層。我們已經講過這樣的例。譬如倫敦附近本來的白堊層，應當是繼續在上面，一直向西北伸展的。但是在較高部份內的侵蝕作用，比較利害，因爲有更多的雨和霜。所以高處的白堊是消盡了，只剩下向東南的下部，露出了粘土層和砂層。

如果要證明本來是白堊在上，有時你在粘土平原裏可以尋出沒有被磨去的白堊層的小塊，矗起像小山的。這種原來覆

蓋在上面而剩餘的地層叫做舊圍層(outlier)。在英國牛津夏有白堊舊圍層，即是很好的例。在高處的粘土和沙亦消磨了，就露出石灰岩層。

由此可見地面常有極慢的，但是不斷的變動。最初到英倫的人尚見英國和歐洲大陸是相連接的，山峯亦是無疑的比現在高，因為後來曾經過了幾千年的磨剝的。

岩層的消磨既是快慢不同，侵蝕和原來的褶曲或傾斜對於風景當然就有影響，軟層削成平原，硬層則留為高岡。不同的岩石又變成不同的土壤，就生長不同的植物。例如在北丘（白垂層）有山毛櫸樹（beech wood）和短草土，（short turf），在威爾特的粘土平原上有櫟木（oak）和豐富的草原，近利斯山的砂岡上有石楠（heather），松和樺木（birch）。足見地質和風景很有關係。



比例尺 0 1 2 3 英里

圖54 林肯夏的一部分，顯示一個地方的地質構造，對於村莊坐落有相當的關係。村莊差不多都是靠近泉水的。泉水遇到多孔的石層，一種石灰岩（細黑點之部）接觸着別的石層，有粘土在內的（全黑色），就流出地面，因為粘土不讓水穿過之故。

你若把你所在的地方畫成一張地質圖，看看風景與岩石的傾斜有什麼關係，是一件有趣的事情。河流的所在，山坡的方向，植物的種類，樣樣與本區的地質有關。

地質對於人類生活亦有影響。泉水從多孔的地層(如白堊或砂)裏遇到了一層不透水的(如粘土)地層，就要流出地面，所以村鎮常是靠近有泉水的地方建立，不是在山坡上，亦不低在平原上。在荒漠的沙地上就不能有許多的農場。築路常避去



圖55 泉水生成的一法。落在地面的水浸入多孔的地層(有黑點的)，但不能穿過粘土層，所以遇到粘土的頂透露地面時，泉水就流出來。

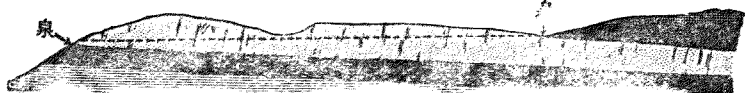


圖56 泉水生成的又一法。遇到石層微傾，在兩層不透水的粘土層中間，有一多孔的石灰岩層吸飽了水，直到虛線所示的平面，泉水就在下粘土層之上和上粘土層之下流出。

沼澤之地和峻峭的山。若岩石中含有值錢的礦物，如工業所必需的煤，那末它的鄰近就會有大工業興起了。這些都是在地理學上所學到的。但是要學到地理學的所以然，必須知道些地質學，這可以從仔細研究地質圖而明白的。

## 生命的歷史

從威廉史密斯(William Smith)的工作中還得到一個有趣的見解。假使一組的岩層是一層一層互疊着，而且是被水所

沉積的，那末一定是底層先沉澱，而最上層是最後沉澱。假使每一層含有它的化石，那末造成這些殼或骨化石的動物，必定生長在不同時代的：在底層尋得的一定比在頂層所尋得的生長要早許多年代。

試設想一個極古的城市，就能容易明瞭這種情形了。凡遇到已毀滅的古城市，如特樂(Troy)，就是荷馬所寫有名的希臘人和特樂人十年戰爭的地方，或在米索撲坦米亞的阿伯拉罕所住的厄爾(Ur)，可以在遺跡之中，掘出些東西來尋覓有關這些地方的歷史。在掘下去的時候，他們發現一層一層的垃圾，和混合着泥土的造屋磚瓦，陶器的碎片，有時還有些美麗的東西如珠寶或金飾，或小黏土板，上面留着文字。常常是層次很多，在各層裏陶器的種類也各是不同。在最下層的垃圾裏的陶器，一定是最早時代的人所製造的。最新近的人所製的陶器，一定留在最頂上的垃圾裏。

至於岩層以及化石亦正是一樣的情形。所以假使你能將成層的岩排成適當的次序，全部就會像一部書，記着地殼長時期的歷史：每一種主要的岩石好像書裏的一章，每一小層岩石就好像書的一頁。而且在這本岩石書裏，你還能知道在過去時代地球上生命的歷史，至少你能知道一切容易變成化石的動植物。

事實上，這本岩石書裏的許多頁已經失去了，尤其是較早的幾頁，因為它們被太陽和雨雪所風化掉了。而且還有許多

頁，我們即使讀了，也不能知道關於那時的生命歷史，因為它們在很深的地面上受了大壓力和高熱度而被壓平和壓硬，因此在它們裏面的化石都毀滅了：例如，黏土在這種情形之下被烘硬和壓平，變成普通的板岩，石灰變成大理石，雖是如此，我們把一切事實貫串起來靠着研究岩層和化石，仍可以發見不少關於地球上過去動植物的歷史。

例如，在最早層的岩石裏沒有脊椎動物，沒有陸地動植物。魚的化石只有在較近的岩石裏發現，更近些才有陸地植物和首先呼吸空氣的動物的化石。這種水陸兩棲的動物，現在已

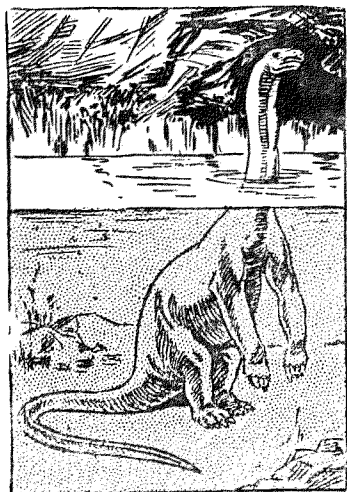


圖57 一個巨大的絕種動物。古代爬蟲 Brontosaurus 一定像這樣的，長約100英尺，重約40噸，大概在沼澤和河中生活的。

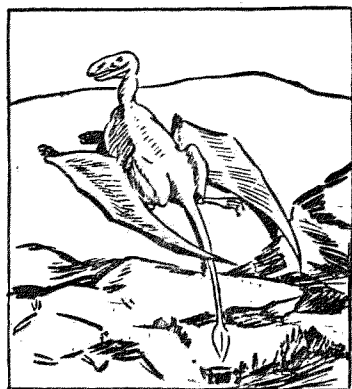


圖58 一個絕種的動物。最大的飛行爬蟲 Pterosaurs 活時一定像這樣的，有皮革支翅，持在擴的大『小』指上。

絕種了，但是很有些像極大的水蜥。在那時候，大部份的樹也毫不像現在的樹，但是很像大的羊齒植物，木賊或石松(Club-moss)。

以後過了若干時代，才有脊椎動物開始出現，能夠完全在陸地上生活，而不兩棲的了。這種就是爬蟲類，卵生，有鱗而無毛，但是大多數現已絕種了，而且和現在的爬蟲大不相同（圖 57, 58）。

有些種類，有極大的角和奇怪的骨狀甲；有些生長到大得任何四足動物所不及的；有些在空中飛行像蝙蝠，更有些生長在水裏，游水像鯨。有些有史以前的奇怪動物在生活時候的樣子已在博物院裏陳列出來。這時期佔地球歷史中很長的一個時代；我們叫做爬蟲時代。那時就是在海中有大量的石螺(ammonites)的時期。

在這個時期之末，白堊沉澱下來，這種爬蟲的大部份滅絕了，只有蛇，蜥蜴，鱷，龜繼續生存着。石螺也絕種了。約在這時之前，花卉飛禽和哺乳動物開始在地上出現。第一隻鳥是一隻樣子很奇怪的東西，叫原禽(Archaeopteryx，是希臘字，意思是原始有翼動物。圖 59)。它有牙齒，翅膀上有爪指，有一個長的接合尾。要是沒有它的羽毛在化石裏保存得很好的話，我們從它的骨骼看來，一定要當它是爬蟲了。

在爬蟲的主要種類死滅以後，也有各種奇怪的哺乳動物出現了。有些有四隻角，有些有一個 V 字形的角在鼻子上。這



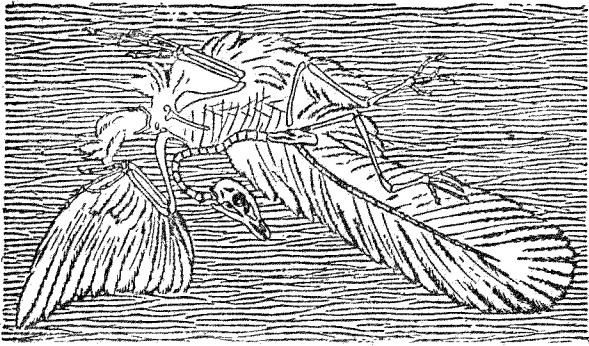


圖59 原禽，即第一隻鳥的化石遺跡。有齒，翅上有爪，有長的接合尾。羽毛的印跡保存得很完善。

本岩石書的後來幾章是保存得很好，所以我們能發現些關於生命歷史的很有趣的詳細情形。例如：在最近的岩層裏，一切的馬就像現在的樣子，每隻腳上有一個蹄，幾個很長的牙齒，有着複雜的研磨面，用以咀嚼硬的草。在這時期以前的地層裏所發見的馬，每隻腳上只一個大蹄和二個帶着小蹄的側面小趾；再早一些，一切的馬都是較小，而且有三個同樣大小的足趾，都帶着蹄，它們的牙齒較短，研磨面也比較簡單些。更早一些的馬，和現在的中等大小的狗一樣大，有四個足趾：假使你用這些化石和今日的馬的骨骼比較起來，你一定想不到這小的四足獸是屬於馬一類的。但是紀錄是這樣的完全，使你知道連續一串的變遷。所以無疑的，這種原本的小四足獸的子孫，漸漸的愈變愈像馬，經過一個有三趾相等的時期，變成一個大足趾和二個側面小足趾，直到最近的子孫變成真正的馬。事實

上,如果你觀察一隻馬的骨骼,你能看見馬的每一隻腿上有二

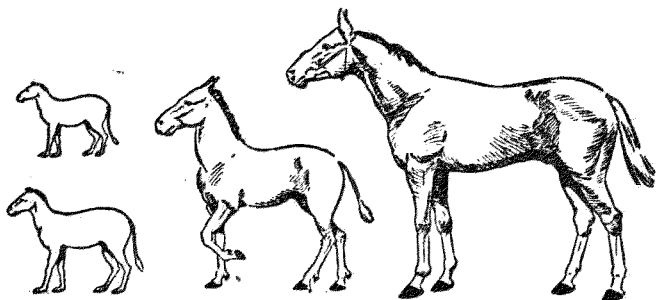


圖60 馬的歷史。右面今日的馬,每個足上有一趾(蹄)。向左早一期的馬,身材略小,每個足上有一大趾二小趾。左面下:似馬的動物,每足上有三個大小相等的趾。左面上:最早的似馬動物,身材很小,前足有四趾,後足有三趾。

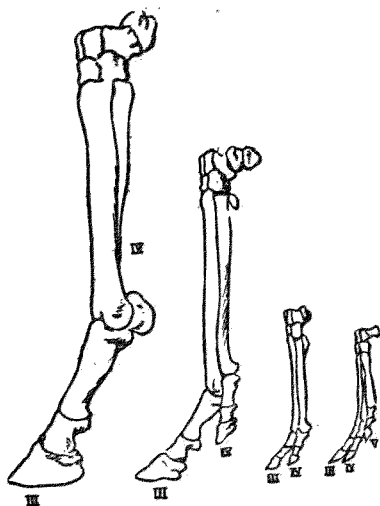
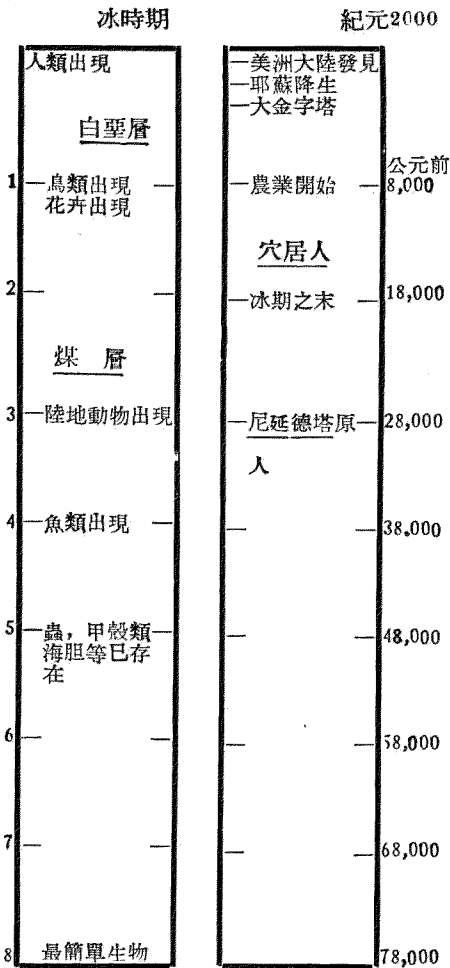


圖61 各種似馬動物的前足的骨。左:今日的馬骨。其餘均為化石骨,即圖五所表示的動物的骨。數目字表示趾數。小趾(V)在馬史上早就消失了。在這代的馬,IV趾和II趾都不過是小腓骨了。

個極小的骨,連在大的腿骨上。這種骨叫做腓骨,就是由側裏的二個小足趾所遺留的。這種變化需要極長的時間,或許要三千萬年(圖60,61)。

許多別種動植物,在它們的歷史中,也同樣顯出這種遲緩



的變遷——如象，鯨，駱駝之類。最早的人類的骨骼比較像猿猴而不像現在的人，有較大的牙齒和牙床，不大凸出的下頰和較小的腦。

這種變化是很慢很慢的。在地球史中所佔的時間是極久的，久到甚至於不能想像。圖62表示生命歷史中幾件重要的大事，是化石和岩層裏拼湊起來的，大約的時期亦註出。對於我們怎樣知道各種岩石的實在年紀，不能在此細講。

在結束本章以

圖62 地球史上幾件大事。左：生命史的階級，每格代表 100,000,000 年。右：最近八萬年中的階級，僅代表左圖的頂級的萬分之一。

前，我們必須還要講些關於不成層的岩石，因為它們佔地殼很重要的一部份。許多岩石原來是沉積成層的，因為很深的埋在別的岩層下面而改變，又受到大的壓力和高的溫度，就改變得辨認不出了。有時這種變形岩石中所有岩石的層次竟完全不見了。大理石就是變形的石灰岩。在別種變形岩石中，原來的石層都已消滅，但是壓力將物質另排成新層，常是和原來的岩層成斜角的。我們說過板岩就是黏土的變形岩石。現在能劈分板岩的層，大概和原來泥滓沉澱所成的黏土層毫不相關，這是由於黏土受到極大的壓力，而所壓的方向又和原來岩層的方向是成斜角的。這種岩層叫剪碎層(Shear-planes)。

## 火成岩

除了這些變形的成層岩之外，還有從來不會成層的岩石，叫做火成岩，因為它們不是在水中沉積，而由熱烱後所成，原來是被地球內部的高熱所熔化的。火成岩有兩種，一種是火山爆發而噴在地面上的。另一種是當它尚是液體的時候，被別部地殼的岩石所擠起來，冷後變成固體，從未接近地面的。假使這一種在現在地面上發現，那末一定是因為在它們上面的岩石是被侵蝕去之故。

第一種叫火山岩。每次火山爆發就噴出岩燼，浮石，融岩，火山塵。這都變成火山岩。浮石是熔化的岩石，在火山爆發時突然噴入空中的。它本來所受的壓力極高，噴到空中壓力忽然

變小，熔化在融岩中的氣體膨脹，後來岩石冷卻而變成固體，就含有許多小孔，所以浮石是很輕的。有時火山爆發得猛烈，將岩石吹成小片，這樣噴出的就成火山塵。在1883年，東印度的克蘭加道(Krakatoa)火山爆發，大量的火山塵噴入空氣中，十分細碎，所以浮在空中有好幾個月。在這火山爆發以後幾個月，在英國見到非常好看的夕陽；這是因為這些極細的

灰塵，曾浮散到全世界各處之故。

當厚片的融岩冷卻以後，有時會變成一串六面柱的岩石。這是由於很有規則的收縮。這種岩石叫做柱形岩。在火成岩最普通的柱形岩是玄武

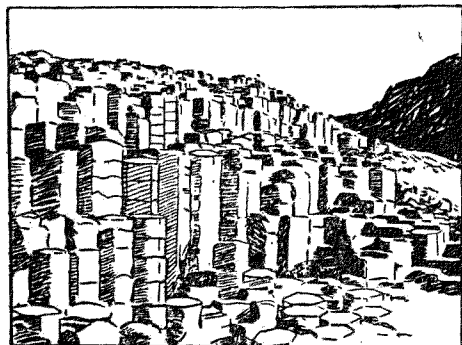


圖63 在愛爾蘭北部的巨人堤所見的柱形玄武岩，大都是六邊形的柱狀岩石。

岩(basalt)。北愛爾蘭的巨人堤(圖63)在蘇格蘭史太發島(Staffa)上的芬蓋兒洞(Fingal's Cave)都有很好的柱形玄武岩。世界上有些地方，如印度的但根(Deccan)和西蘇格蘭，融岩層伸展到幾千方里大，有幾百英尺厚，顯示在過去時期一定有極大的火山爆發。斑岩也是一種曾經熔化的岩石。有時很美麗的像大理石一樣，可以裝飾華麗的建築物。

有時火山爆發，使液體的熔化岩石流入四周岩層中的裂

縫裏，冷後變成固體融岩。裂縫常是垂直的，於是當岩石開始受到侵蝕時，融岩有時會比四周的成層岩更堅硬，所以經過了許多時候，就像牆壁一樣豎立了(圖64)。這種老融岩的牆壁，突出於四周的平地上，叫做岩脈，可以連綿橫過地面好幾英里。在蘇格蘭各處是常見的。可見從前英國一定是有活潑的火山，



圖64 一個岩脈是一層熔岩充填了岩層中的裂隙所成的。因為熔岩比較硬些，所以被蝕得少，現在矗起好像一堵牆。



圖65 一片磨光的花岡石面，顯示是長石(灰色)、雲母(黑色)，和石英(白色)三種晶體所成。

雖是現在一個火山也沒有了。

還有一種火成岩叫侵入岩，

因為它們被迫而入更深的部份，在地面下很遠而冷卻成固體。這就是說，它們冷卻得很慢，因為冷得慢，液體凝固時會結出較大的

晶體，所以我們就從這種大的晶體，能辨別出侵入岩。最普通的叫花岡岩。假使細察一塊花岡岩，你就看出它是三種晶體所組成：長石是灰色或紅色的；石英是半透明的；雲母是黑色光亮的小片(圖65)。

大量的岩石質料常被熔化而擠入地殼，造成了大塊的花岡岩和別種侵入岩。假使在上面的岩層漸漸被風化之後，花岡岩會暴露在面上。有時這種花岡岩的結塊，大得可以成一座山或高山脈。

所以我們知道地質學有許多有趣的事物告訴我們。它告訴我們過去的火山爆發和熔化岩石的侵入。它告訴我們那一部份的地從前是在海底，地殼這樣起皺成高山，以及高山被蝕而成小山和平原。它告訴我們山谷怎樣形成，變老時怎樣改變。它又告訴我們已滅絕的動植物種類，並給予我們地球上過去生命歷史的知識。它幫助我們明瞭本鄉地方的天然風景，而且說明各種土壤的不同。它告訴我們地球是多麼的老，而且指示我們現在所見正在這進行的又慢又小的變化，積久之後，就有很大的結果。

# 第三章

## 生命的化學

物質經過生命的循環——炭的循環——炭和動力——氮  
的循環——磷的循環——人的浪費

### 物質經過生命的循環

一切生命，人類，動、植和看不見的細菌，都是一樣的從四個普通元素碳、氧、氫、氮所合成的。差不多任何動物或植物的生活質，有十分之九以上是這些元素所成。除此以外，還有別的元素雖是微量，亦是構造生物質所絕對必需的。最重要的是磷、鈣(石灰中的元素)、鐵、硫、鉀，大約鈉和氯(尋常食鹽就含這兩個元素)也在內。這是指實在生活的物質各部，當然還有別的部分，不是生活的，是從生活的部分所造成，作為支持或保護的骨骼，像我們骨裏的硬質，蟹和甲蟲的硬殼，蚌和蝸牛的殼，珊瑚的骨幹之類。再是骨骼裏常含着在生活部分裏所不常見的物質，像珊瑚中的鈣質，我們骨中的鈣、鎂、磷；或是含着普通生物中所不見的物質，像矽藻和海綿的骨骼是矽土(燧石)所成的。



有好幾個比較少量的物質是特別有趣，讓我們慢慢再講。現在先就四個普通元素碳、氧、氫、氮來討論。這些當然都是在身體中化合成各式各樣的東西。最複雜的生活的物質（就是化學家所知道的最複雜的物質），要算是蛋白質。這就含以上這四種元素，並且常含別種元素和硫在內。在它們的一個分子中會有幾百甚至幾千個原子。還有糖和澱粉（或碳水化合物），脂肪和油。除了許許多多別的有機物質以外，有不少種的鹽，例如我們的血液含氯化鈉和碳酸氫鈉（小蘇打），當然在身體中還有不少氫和氧合成的水，差不多佔人身的三分之二。在水母體中，水要佔到百分之九十九。

我們且不必細講在身體內部所造成的東西的性質，和物質造成時所經過的各種步序。我們現在所要講的是這些元素和動植物得到這些元素的情形。

第一件事要不忘記的，就是這些元素常是在世界上循環。活的植物或動物常是吸取新鮮的物質，並排洩出來。即以我們的身體而論，第一是氧。我們在吸入的空氣中得到不少的氧氣，在呼出的氣中又放出相當的量，雖不是自由的氧，而是和碳化合的二氧化碳。我們在飲食中又攝取不少化合的氧。第二是氫，也是同樣的在各種飲食中化合成各種形式，被收入身體中。我們將這種飲食中所得的氫和氧，就在呼息、汗水、小便中排除出來。第三是碳質。我們從食物中各種物質如糖、澱粉、脂肪、油、蛋白等等，得到所需的碳質。大部分是從呼息中排除出

去，有些是在小便中排泄。第四是氮質，亦是從食物中獲得的。因為空氣中的氮氣於我們是不能直接利用的，只有從一種食物名為蛋白質的，如蛋白、精肉、乳餅之類，才能獲得。我們排出的氮質都是從腎臟中放出的尿液裏離開身體的。尿液中還含排出的鹽質。其餘的鹽質是從汗水中帶出來的。我們所飲的水是由三種方法排泄出來的：一經過肺，在呼氣中出來，二經過腎，在尿液中出來，三經過皮膚，在汗水中排出。

所以單講一個碳原子在人身中的經歷，已是足夠使人注意。碳原子或是先從米粒中澱粉裏混入我們身體，又在溶解血裏的幾百萬糖分子中的一個分子裏，隨着在身體中流轉；遇到我們的肌肉收縮時，又作為燃料，再回到血中成為被溶解的二氧化碳分子的一部分；最後成為二氧化碳氣從肺中排出。但是碳原子在未進我們身體之前，一定有過一樣有趣的經歷，並且在離開身體之後，更有許多有趣的經歷。讓我們仔細的將這一部分的歷史講來。

碳在沒有進我們的身體或別的動物身體之前，曾經做些什麼呢？碳一定要取食物的形式，糖、澱粉、脂肪、油或蛋白質，才能進我們的身體。空氣中二氧化碳裏的碳是於動物毫無用處的。食物不是植物的一部分像五穀中的澱粉，便是動物的一部分像肉類中的脂肪，但是雖從動物身上取得的食物，究竟這種動物也是從植物得到食物的。譬如我們吃牛肉，當然是從牛身上得着的；牛又是從草裏得着的碳質。或是我們吃鯡魚，原

來鯽魚吃的是小蝦和別的小動物，但是這些小動物又吃渺小的植物叫做矽藻，可說是『海洋中的草』。

所以凡是進我們身體和一切別的動物身體的碳質。都是根本從綠色植物上來的。而綠色的植物又從空氣中所有大宗的二氧化碳裏取得碳質的。

在一個動物生存的時候，碳質常是成二氧化碳的形式，離開那個動物的身體，散入所在的空氣中或水中。至於植物亦是一樣的情形。假使那個動物或植物，不會被吃而天然的死亡了，結果就是腐敗；身體中的碳質也大部分變成二氧化碳。

## 碳的循環

碳的經歷可見是很簡單的，常是在動植物身體中流轉，回到無生命的物質。一個元素經過了活的生物，回到無生命的自

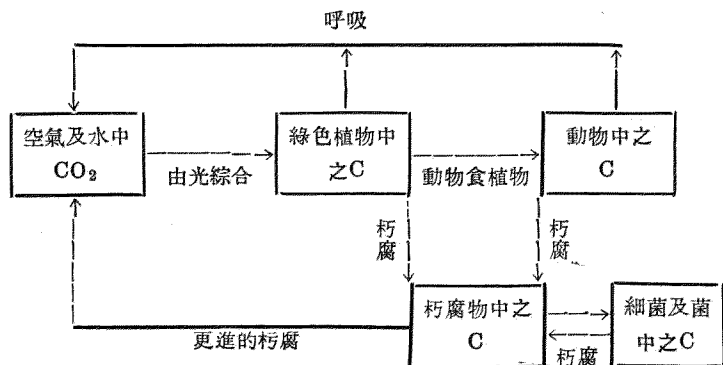


圖66 碳的循環，封鎖在煤，泥煤，油，石灰岩等等中之碳不計。

然界，這種流轉常名爲循環。碳的循環大概是像下面所述的。植物所需的碳取給於二氧化碳，或是空氣中的自由氣體，或是溶解在江河湖海的水中的，好像是綠色植物的儲碳的倉庫。它們取用來造成糖、澱粉、和別的物质。這些物質終究是要分解的。所含的碳質仍變爲二氧化碳，散入空氣或水中；或是直接由植物呼出，或由吃食植物的動物呼出，或是動物或植物腐敗的結果所化成。

空氣中二氧化碳的儲量是大約保持一定不變的。因爲綠色植物在造成枝、葉、根、莖、種籽所需用的量，差不多和植物呼出，以及靠植物而生存的動物呼出的量，適足相抵。

假使動植物不會被吞食而死亡腐敗，那末有些碳質在腐敗變化的時候，會變入無綠色植物的體中，如細菌和黴菌之類。這不過是一種小的糾紛，結果碳質還是要回到二氧化碳的儲蓄庫中。但是有更重要的糾紛，有時將許多碳質受化學上的封鎖，以至脫離循環的作用。就是碳若成了一種化學的形式，不會再在自然界起循環的變化了。

碳質被封鎖起來的形式之一，就是在煤和泥煤中。當死的植物積聚在沼澤一類的地方，是氧氣所不能達到的，就因沒有慢燃燒而化成二氧化碳的作用，於是產生煤和泥煤。

像這樣被封鎖的碳量是非常之大，估計起來，世界還含七百萬個百萬噸的煤。其中大部分是碳質。褐煤含百分之50—70的碳，別的煤裏碳的百分數高過九十以上。所以世界上的煤一

定含被封鎖而不起循環的碳，有五六百萬的百萬噸。空氣中的炭量還不到七八十萬個百萬噸，而溶解在鹹水和淡水中的二氧化碳，大約在一千五百萬個百萬噸。我們知道地球中巨量的煤是逐漸產成的；從地球上最先有樹木的時候起，大約至300百萬年以前，並且一定都是從空氣中的二氧化碳得到的。所以那時的空氣中，大概含二氧化碳的量，要比現在的空氣所含的豐富得許多。

巨量的碳可以被封鎖了幾百萬年的，別一種形式，就是鑛油或石油。但是在油中炭的總量是比煤中的少得很多。再有一

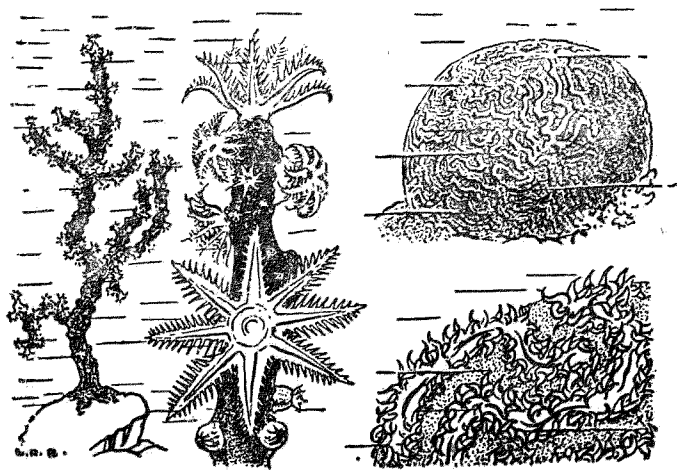


圖67 珊瑚(左)一莖寶(紅)珊瑚;(右)一個腦珊瑚(Meandrina)。珊瑚的部份都是分別用高度顯微鏡放大出來。寶珊瑚是一羣小水生動物，每個有許多觸絲圍着一個嘴。在腦珊瑚中，各個小動物聯合起來成爲行列。

種形式是石灰石，就是碳酸鈣( $\text{CaCO}_3$ )。天然有很多巨量的石灰石是從動物或植物的遺骸所成的。珊瑚(圖67)就是一個例，白雲石山是有史以前珊瑚島的遺跡。再有一個例是飄浮的海洋小動物，叫做抱球蟲，曾造成白堊山的大部分。

尚有海百合，甲殼類和幾種海草在它們的石灰狀的骨幹中，封鎖了些碳質。有時這類骨幹成很大的沉積物。加之岩石曝露在空氣中和水中，受熱受冷，起侵蝕作用，逐漸分解；常有化學變化，使空氣中一部分的二氧化碳，成為碳酸鹽的形式變為固定了。

久而久之，這些儲積的碳質仍可回復到普通的週轉。煤和石油露在地面上的逐漸被空氣中的氧所氧化，所以碳仍回到二氧化碳裏了。碳酸鈣的岩石可以被流過的水所溶解(水若含有二氧化碳)。這樣又變成動植造成新骨幹的材料。假使水有酸性，那末二氧化碳是從碳酸鹽中分解出來，可以被綠色植物用來造出生活的質料。大量的二氧化碳不斷的從地球內部被深的溫泉和火山帶到空氣中，或面層的水流中。像南美的大火山哥多伯西(Cotopaxi)曾經有人估算過，每年要放出二百萬噸的二氧化碳咧。

## 碳和動力

目前最活躍的變化是人類所造成的。人類忙着開煤礦，掘泥煤，採煤油，藉燃燒了這些東西，可以得熱或動力。當然在燃

燒的過程中，燃料中的碳又和氧化合成二氧化碳可以回復到普通的週轉了。

人能大宗的利用煤，不過一百多年；利用煤油不過五十多年。照現在的消耗率算來，全部祇夠幾百年的用處。例如目前我們每年大約用去1500百萬噸的煤，照這樣的速率估計，世界上所有煤的來源，祇夠供給五百年的耗費。但是有許多餘下的煤量是深埋在地下，很難開掘，即使開掘，費用又很大，實際上不能作為有用的來源，所以未必有五百年的用量。在開採煤礦最久的國家如英國，照現在的消耗率，大約再有一百年的開採，就要用盡來源的容易取得的部分了。

至於煤油的情形更是不好。因為我們雖是用煤油只約抵用煤量的十分之一。但是一則煤油的消耗進步要比煤快得許多，二則煤油的存量要比煤少得許多。曾經有人估計過，照現在的消耗率，在地殼中可用的煤油，到二十世紀的末期就要完結。那時恐怕還有許多讀本文的青年，能看得見這種情形咧。人類在不到一千年的時期中，消費了幾百萬年才能積聚起來的碳藏！

因此我們又想起一件事。動植物為什麼吸取碳和別的元素的理由，是為它們需這些去造成自身的生活體素或骨骼。但是人類還用許多元素來作別的用處：——動機器、產熱、造房屋、築路、製機械、肥田、製造種種有用的東西像顏料、炸藥、玻璃、電影片、香料、和金屬工具等等。

人類所做的事情亦可說是和別的動物做的一樣，無非是利用天然的資源來供自己的使用，增進自己的發育和進展。不過他的方法不同而已。除了像別的動物一樣，採取各種東西做食物，造成身體的活機構，以及產生能量之外，人還用天然的元素來發生能力，和造出人工的機械和工具，和物質以補充他身體所自然產生的不足。照這樣，他對於自然界化學元素的循環所起的影響是很大的。例如大部分人用的碳質，不是爲取做食物而是用來產生熱和動力的。

往古所封存在地下的碳藏，照這樣的快消耗，一定有人要以爲將造成不堪設想的災難。但是形勢並不真正這樣嚴重。一則燃燒含碳的物質不是產熱和動力的唯一方法，別種取能的來源確是不少。我們可以相信，等到煤和煤油的鑛藏將要用盡的時候，人還可以從別的取用不竭的能源，想出方法來很省力的得到動力。這種能源本來是可以隨時取用的，現在任令自然消失，不能利用。水力和太陽的光與熱是很顯明的能源。俄國人已經在特尼伯河上造了水閘，可以供給八十一萬匹馬力。在美國和別處有能發生更大動力的水閘，正在進行築造中。再從海潮取得動力，亦是可能的。在英國的塞文河口就有築一大水閘的計劃，要從漲潮時內流的水，落潮時退出被閘阻住的水得到動力。

從日光得到動力的機器亦已有人製造了。在開曠的平原上造起許多風車來取得動力，亦是可能的。



但除以上這些方法之外，人到了煤和煤油的礦藏真正用完的時候，還可以得到巨量含碳的燃料，作燃燒之用。因為植物尚可供人的利用。例如從各種植物和植物的產物裏，造出酒醇，不是難事。有了酒醇就可用來替代汽油，運轉馬達，祇須引擎上的設計略加改動就辦得到了。現在有許多地方公共汽車上，就用汽油和酒醇的混合物了。差不多從任何含糖或澱粉的物質可以大宗製造出廉價的酒醇。目前常用的原料是番薯，紙廠的廢料和不很值錢的黑糖漿。有特別貯囤的輪船造成，運這種糖漿從甘蔗中榨出的地方，輸送到酒醇廠變成燃料。在近赤道溫熱的區域中，植物一年四季總是長得很快，所以我們可以期望人類終究要利用這些區域來培養植物，造成燃料的。現在有許多地方在非洲、南美洲、亞洲是熱帶森林，將來可以種滿速長的農產品，規定做成動力用的酒醇。化學家雖是早已知道怎樣從農產品中造出酒醇的方法，但是到得近年來才發明經濟的製造法。或許在將來他們還可以發明怎樣用經濟的方法從植物中造出別的含碳的燃料，像苯精或汽油。

無論如何，空氣和地面水流中的二氧化碳有充分的量，供給一切在地面上可以蕃殖的綠色植物的需要而有餘。從植物造成的燃料，再是被燒，其中的碳又變成二氧化碳回到大氣層的儲蓄庫中。所以就碳質而論，決沒有短少的危險。因為碳經過動物用做食物，或被人類用做燃料之後，最後出現的形式總是二氧化碳。綠色植物立即可以利用，又可以週而復始的循環

了。這個儲蓄量是連續不斷，中間並沒有永久的走漏。

## 氮的循環

我們再要講的是氮和它的循環。氮的循環要比碳的循環複雜得許多，但是在有些方面亦更有趣味。

氮和碳亦是一樣的由綠色植物從無生命的物質中所攝取，以供生活之用。陸地的植物是從根上吸取氮質。完全浸在水中的植物是從全部面積都可吸取氮質。所吸取的是溶液，含着簡單硝酸鹽。

在植物的體中，氮質就用來造成很複雜的化學物質如蛋白質。這些物質是氮質的來源。蛋白質是由更簡單些的物質名爲銜基酸(amino-acids)亦稱氨基酸的所成，均含有氮質。最簡單的一種是叫銜基醋酸，有下列之公式： $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ 有些含碳原子要比這多上許多。有些還含硫，如從羊毛裏來的重脬銜基酸或名歇司丁(cystine)。在蛋白質中銜基酸是取直鍊式的，或是一串一串接聯的，有些像烴族或醇類中碳原子的銜接。所不同的是在烴族中碳原子所成的基，除鍊的兩端不同外，均係一樣。而在蛋白質中串接的銜基酸，常是各不相同，雖在一種蛋白質中都是這樣。我們試用一串珠鍊來作有機化合物的比擬。例如在烴族的情形，所有的珠除兩端帶着特別的扣子外，都是一樣大小，一樣形式，一樣顏色。至於蛋白質的情形，各珠的大小不同，形式不同，顏色不同了。

當一個動物吃了植物或另一動物，它胃腸裏的消化液汁將所食的植物或動物裏的蛋白質，分裂成各種銜基酸。這些銜基酸被吸收到血裏，輸送到身體的各不同體素，又造成蛋白質。因為好像在一隻匣子中間，有十種不同的珠，可以用來串成許多樣子不同的珠鍊；或是留出一種或第二種珠，或是用同是幾種的珠，排列成各種不同的次序。所以在食物中所有的銜基酸，種類雖不很多，但是可以造成全套的不同蛋白質了。

實際上每一種動物像是各有特種的蛋白質，或許就因為各有它的特種蛋白質的事實，使一種動物和別的動物有區別，這比較別種原因的關係最是重要些。所以一種動物能消化蛋白質成為銜基酸，再利用各種銜基酸造成新的蛋白質。這種能力是動物生命中最重要的一件事。

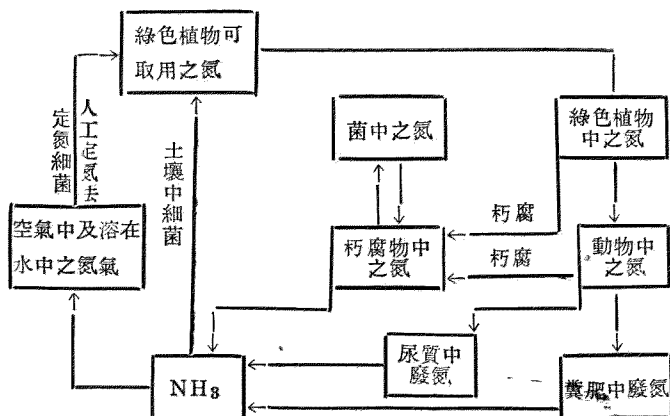


圖68 氮的循環，封鎖在固體物中之氮不計。

我們既講了這許多事關於生活體中氮化合物的造成，現在要講氮化合物的分解了。動物所要排除的廢棄的氮質是從腎臟離開身體，取簡單有機化合物的形式，其中以尿素( $\text{CON}_2\text{H}_4$ )為最著名。尿質一物更有一種理由令人注意，就是它是在化學實驗室中從無機化合物用人工法造成的第一種有機化合物。

當動植死亡之後，身體即起腐化。當動植的一部分脫落，就像植物每年的落葉或鳥類的脫毛，這一部分亦起腐化。腐爛是主要的由於各種微渺細菌的作用，細菌祇能吸取簡單的物質，所以必須先將死的動植體素中所有蛋白質和別的複雜的物質分裂之後，才能取用。它們自己所用的亦是很少，其餘的都是成二氧化碳散入空氣中，或成各種簡單的化合物散入泥土中。體素的氮質經腐化後常取的形式是極其簡單，即是銨氣(氨, ammonia)。人都知道銨水有刺鼻的臭味，和常用作洗潔器物的。銨是氮和氫的化合物—— $\text{NH}_3$ 是這氣體的公式。銨水是將銨氣溶解在水中所成的，照化學上說成爲  $\text{NH}_4\text{OH}$ 。動物所排的尿質和別的化合物亦由腐化細菌變成銨或銨(銨)的鹽。凡是嗅過便溺中銨臭的人都知道這事實。所以銨是在生命中一切化合物分解後歸結的終點。

氮循環中的第二步是很有趣味，和碳質的情形大不相同。碳質的排洩腐化的最後終點是二氧化碳，立即被綠色植物所利用，開始做新變化的起點。但是綠色植物不能吸收銨氣，所

以銨必須先在泥土中變成硝酸鹽，才能用了作為氮質的來源。這種變化又由腐化細菌以外的別一種細菌來發生的。它們先使銨和氧化合成為硝酸 ( $\text{HNO}_3$ )。硝酸再和泥土中別的物质相化合而成硝酸鹽。氧和銨起的化合作用就是慢燃燒的一種，所以是發出「能」來的。起這種化學變化的細菌利用這能來助它們自己的生長，但是它們亦是對於我們很重要的。要是沒有了它們，循環之中就有了斷處，植物因此不能得到氮質而造成使我們可以消化的東西了。

但是那還不是全部的故事。從動植物體內所有的氮質不是都變成硝酸鹽，有一部分銨分解成水和氮氣。氮氣回到空氣中就於綠色植物毫無用處。這是主要的由於別種細菌將銨變成氮氣而不變成硝酸鹽。但是尚有些氮質成氣散入空中，如在木料燃燒像天然的森林火災，或有意的作為燃料，以及煤的燃燒等等。煤平均約含氮質百分之一。

氮質亦有因被封鎖而脫離生命循環的。少量的封鎖在煤中，比較多一些在泥煤中。有不少封鎖在鳥糞中(圖69)，即是海鳥的糞積聚起來，常有數尺以上的厚，尤其在乾燥的氣候中，不曾經雨水所沖散。尚有許多氮質封鎖在硝石的礦藏中，這種硝石照化學上說是硝酸鈉或硝酸鉀；最大的礦是在南美的智利(Chile)，厚度從數寸至一丈不等，綿延250多英里，沿着海岸山脈的東坡。這樣大的礦藏怎樣形成的原由，還不曾明白，無論如何，這裏面的氮質是暫時被封鎖，不加入循環了。

碳的循環和氮的循環有大不相同的地方，就是這兩種元素雖是同在天然界有巨大的儲蓄庫，空氣中的氣體和水中溶解的氣體。但是氮的儲蓄庫，於綠色植物毫無用處，而二氧化碳的儲蓄庫確是植物取給碳質的來源。氮的儲蓄量是很大，空氣的重量有四分之三是純粹氮氣。但是對於植物好比一海洋的鹹水，對於渴得要死的人是一樣的無用。

因為有一部分氮氣不斷的洩漏到空氣中，因而停止循環，變為無用，猜想起來，將來植物所需要的，最後就是動物所需要的，氮質的來源，要逐漸減少到一切生物有因缺氮而不能繼續生存的危險了。但是幸而尚有幾種事情可以恢復氮的循環。這又是幾種細菌為其餘的生命服務。有些可以直接利用氮氣，造成氮的化合物，供綠色植物的取用。我們就說細菌有固定空氣中氮氣的功用。有些固定氮質的細菌在泥土中隨處生活，有些生長在幾種植物如

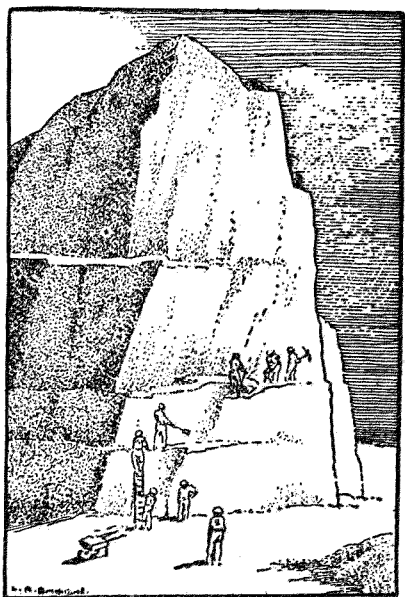


圖69 離南美西海岸的一個島上，人們掘取鳥糞。山崖全部是海鳥的遺矢積聚而成。

豆科一類的根上。除細菌以外，大約有幾種似霉的菌亦有同樣的力量，這些菌類大概生長在幾種植物的根上，所以叫做根霉菌(mycorrhiza)，它們從綠色植物取給大部分的碳質，即以所造成的綠色植物所需要的氮化合物為交換品。因此綠色植物和長在根上的根霉菌成了一種患難之交，相依為命了。

就靠這樣的變化，足夠的氮質從無用的氣體收回來維持循環的進行了。

雖是有這樣補救的情形，但是不論水中陸上，大多數的植物還不能儘量的得到它們所要用的氮質。所以它們常是感到氮荒的情形。這是因為大多數植物可以應用的氮質祇有成了硝酸鹽的化學方式才可吸收，而硝酸鹽在多數泥土中都是比較的稀少。差不多沒有什麼耕種的土地加了額外的硝酸鹽，會不增加生產量的。同樣的，硝酸鹽對於砂藻和別的水生植物的生長，亦有很大的效應。有時為了要得到硝酸鹽的良好效應，別的物質亦一定要加入的，例如磷質，待將來再談。在這種時候，磷比氮更是短少，但是在這種阻礙生長的主因消除之後，加入氮質就有很可觀的效應了。所以任何人工的方法可以使氮氣從空氣中回到循環的變化，變成植物好取用的形式，即可增進世界的氮產，使陸地的農產品增加生產了。

這種人工的方法已經發明了二個：一電弧法，二化學法。化學法是使氫和氮合成氫。在尋常溫度和壓力下，純氫和純氮不會起化合的作用，但是到了幾百度攝氏的高溫 and 一千氣壓

的高壓，再加土觸媒或催化劑的幫助，這兩種氣體就化合成銨了。銨是很容易的被用來造成化學肥料。這種方法的一個曾在德國發明的，在第一次世界大戰中，曾幫助德人抵抗聯軍的封鎖，使他們無須倚賴國外硝酸鹽的輸入了。

在電弧法中所用的原料祇是空氣。空氣通過一種繼續發生的電弧爐，使氮氣的一部分和氧氣的一部分化合後，轉成硝酸。電弧中的溫度約  $3000^{\circ}\text{C}$ 。在這高溫中，氧和氮化合，先成氣體的氧化氮 $\text{NO}$ ，再成二氧化氮 $\text{NO}_2$ ；二氧化氮在塔中上升，遇着流下的水，合成硝酸 $\text{HNO}_3$ ；從硝酸即可造出硝酸鹽。這個製造法祇在利用水力發電的國度，像挪威用得最為合算，因為電價低廉，成本較輕（圖70）。

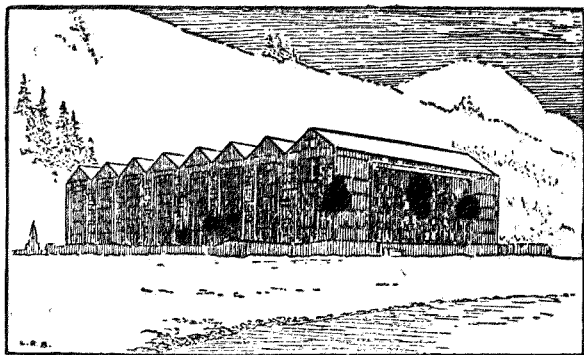


圖70 在挪威的薩海姆（Saaheim）地方大硝酸鹽工廠的一部分。在這建築中用了電弧的助力，使空氣中造成的二氧化氮吸收在水中，化成硝酸。

定氮的細菌所能做的事情，即固定氮氣成為適合取用的



化學方式的工作，人類居然亦能用人工的方法來做了。但是人要用巨大的溫度和壓力才能辦到，而細菌就能在日常的情形之下，完成它們的工作。這些發明無論如何是很重要的，因為從此我們可以隨意增加經過生物中循環的氮量，不受很大的限制了。

## 磷的循環

除了碳和氮在生物中的循環以外，磷的循環亦是很重要的。磷亦像氮，是元素中間常顯短少的一個。在地面上許多地方，植物要是能取得更多的磷質，生長更要茂盛些。大部分耕種的田土就是這種情形，加入了含磷的肥料，差不多常可增加農產的收穫。

海洋中亦有同樣的情形。在海中生長的主要植物產品是極渺小的植物，叫做矽藻，當然都是限於日光可透的面層範圍以內。在定量的海水中，矽藻的數目是可以測定的。先是用採集標本用的曳網（要細眼的），將矽藻採取，再放在顯微鏡下面，用特別的計數儀器一一數清。若是在溫帶中某一地點，經過全年中每隔一定時期，做這樣的手續，就可以知道在冬季的數目是很小的。水的溫度上升，數目亦逐漸增多，約到五月底為止。以後的數目不但不增，並且逐漸減少。猜想起來，水的溫度仍是繼續上升，矽藻的化學活動似乎亦應當繼續上升。但是事實是相反的。這滋生中止的理由，就是因為面層磷質的短

少。祇須有充分的磷質，溫度升高即助滋生的增進。但是所有的磷質祇夠供給有限數的矽藻的需要。

矽藻所用的磷質大部分因矽藻死後下沉到深水中，從面層被帶走了。矽藻在深處腐化後，磷質再取溶解鹽（磷酸鹽）的形式回到水中。

空氣的溫度保持不降低的時候，海洋的面層是比下層溫暖些，所以是輕些，就可留在面上。但是到了冬天，面層溫度降低，就變重些，因此下沉，由一部分下層的水升上來替代了。由此上層中的磷質又補充了，到下一年新的一批矽藻又可以生長，到磷質用罄為止。在這裏每年循環的磷質成了我們所說的極限因子（limiting factor）；意思就是指限制矽藻產量的多少，不是碳或氮或氧，而是磷的量。

在陸地上，由土壤中轉入植物體中的磷質，又從植物體中轉入動物體中，在腐化的進程中，又回到磷酸鹽。磷酸鹽能被植物的根所吸收。照這樣看來，磷的循環似乎是週轉得靈動滿意了。但是有些可溶的磷酸鹽，溶入流水，被帶到海中去；既下了海，就大部分不回到陸上來。祇有動物和人們捕獲魚類才收回些到海裏去的磷質，但是所得的不過抵到所失的很小一部分而已。

被封鎖的磷質可供我們用來施肥於天然磷質已經耗盡的田土上的來源，是大都從鳥糞來的。鳥糞中含有不少的磷質，有些積存含有大量絕種動物的化石糞，有些全是些魚骨魚齒。

但是磷的儲蓄庫並不大，並且沒有人工的方法像對於氮質的那種發明，可以開闢未經動用的磷質的天然庫藏。磷是一種比較稀少的元素，祇佔地殼約七百分之一，和鈣佔約三十分之一，鐵佔近二十分之一相比，已差得很多。每一個男人或女人含磷約1½磅；以世界上人口的總數計算，共有約一百萬噸之多。

最嚴重的不必要的浪費，是將人身糞穢放入海洋的一種流行的習慣。單就美國而論，每一年中照這樣損失的磷質，約有二十萬噸之多。

因此對於磷亦和對於用做燃料的碳一樣，人類是不停的消耗天然在往古積聚下來的資產。我們雖是可以取別種物質或方法來代碳，用以產生動力，但是沒有替代磷的東西，可以保持土壤的肥沃。我們若是不早設法阻止目前進行的浪費，世界必有告磷荒的一日，因此不到許多世代以後，就要受糧食飢荒的災難了。

## 人的浪費

人的浪費要算在歷史上的現代最爲顯著。消費比自然的積儲快得多。即如煤是多年積藏的日光，煤油亦一是種貯藏的碳質，此外還有儲蓄的硝酸鹽和磷酸鹽等等。這些都是人的資本，曾經揮霍無度的浪費。對於森林野獸，甚至土壤，都是一樣的浪費。森林被斬伐了，用來供給木材的燃料和製紙的材料，

但是大部分的地是爲了種植或畜牧之用而開闢的。有時一國的地利完全因了森林的毀滅而改變了。例如中國若干地方有很廣大的地面，不見一樹，即使有幾株，亦是花園中的裝飾品而已，所以祇能取垃圾做燃料了。

當森林被毀之後，人們並不準備着相當的計劃，重新培植。有些國家確已注意到這一點。在美國有廣大的面積指定作爲森林區。在瑞士和德國的許多城市和鄉區，各有各的林地，保存起來，逐年可得到相當的收入。英國的森林委員會，亦在荒地上佈種幾十萬株的樹。但是若非世界上可以植林的國家都加入這種運動，恐在不多幾代以後，就有世界鬧木荒的危險了。

斬伐森林對於土壤亦大有害處。山不論大小，有樹就可以阻止雨水流去得快。樹陰可以阻止快的蒸發，土壤就像海綿吸住了水，祇讓點點滴滴逐漸的流去。但是樹林若被斬伐，土壤就得不到樹陰的庇護，也沒有根株的牽連，過了不久就被沖瀉了。再遇到下雨就更沒有東西阻止，泥土的奔散流去得很快，進一步侵蝕面層，急流勇退的到平地上去。即使雨量是和以前一樣的多，落在山上，而土地因爲留不住水的緣故，就變爲乾燥不毛了。下面的低原不能從山上得到河港中不斷的水源。大部分的水是一時洶湧的奔流下來，在其餘的時候水就告涸了。

沿着伊利里亞(Illyria)和達爾馬梯亞(Dalmatia)海岸的山，就是不顧利害，亂伐森林，造成惡果的一個明例。在非洲

許多地方，伐林亦造成不少惡果。在恰尼亞(Kenya)和坦干伊喀(Tanganyika) 有些地方，土壤差不多是完全被沖去了，餘下來的祇是光石。下雨後的急水使河流在鄉間割成光滑深入的峽谷，不見有草木叢生的峽谷了。遇到一切這種的情形，就應當立即擇取適當的地位造起林來，才是道理。即使這樣做，還需要很長的時期才能收形成土壤的效果咧。

除了實在喪失土壤以外，人們常由無意識的種植或畜牧，將有用的元素從土壤中提出。關於磷質，我們已經講過，還有別的元素亦有同樣的情形。地上的各種產物——每一斗的麥，每一磅的牛羊肉，每一加侖的牛乳，每一包的羊毛——都代表若干氮、鈣、鐵、硫和別的元素，從土壤中庫藏裏取了出來。我

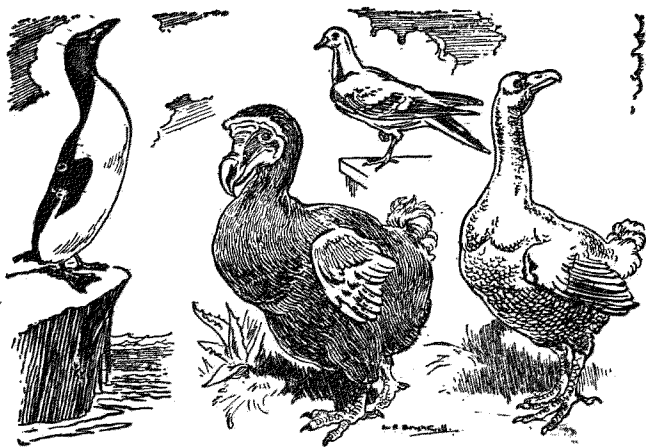


圖71 在古時即絕種的幾種鳥。自左至右，大海燕，獸鴿，旅鴿，孤鳥。

們若是不用肥料或其他方法歸還相當的量進去，就是動用資本，決不能繼續持久的。

至於許多野獸的情形亦是十分嚴重。有些動物竟是絕種了。這是真正的罪孽，因為它們永遠不會再在這世界上出現了，大海燕就是給水手們取作食物而絕跡了。不會飛的巨鵓和獸鵓(Dodo)和孤鳥(Solitaire)現在已經完全滅種了。美洲的旅鵓(Passenger Pigeon)雖在不到一百年以前成羣的飛翔可以遮蔽天日。但是現在也絕跡了(圖71)。

別的動物亦有到了日暮途窮的地步。巨大的野牛(Bison)從前在北美的大平原上是成千成萬，甚至數十萬成羣的來往(圖72)。後來人們獵取了來食肉寢皮，(有時因白種人要征服紅印度人，用計斷絕他們的天然食料的來源，不惜屠殺大量野牛)，現在祇有少數的小羣生存着，很鄭重的監護起來在自然保存之中。歐洲的野牛情形更是危險。



圖72 在十九世紀北美的大陸上屠殺大量的野牛。

有時人們是貪得無厭到做出蠢事，殘殺會生金卵的鵝(英

國成語，指祇顧目前的利益，不惜犧牲將來的利益)。在十七世紀中，沿斯匹次北爾根的海邊，有廣大的捕鯨工業。但是捕鯨人爲了取鯨油的緣故，儘量的捕殺鯨魚。以致這種工業歸於衰落，到今日在北半球任何地方沒有什麼捕鯨工業了，就因爲當初殘殺得太厲害。現在捕鯨的人大部到南冰帶去工作了（圖73）。但是同樣的情形亦正在發生。鯨魚的生產要比被殺死亡相差得太遠啊。

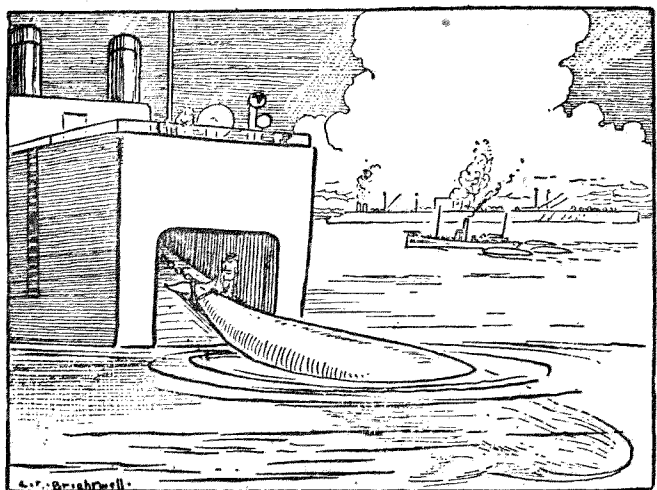


圖73 鯨魚正在被消滅的情況。南冰洋中的一個『製造廠船』。在鯨魚被鉤獲後，就從罨門中拽到船上，這裏的罨門即是船尾的方洞。鯨的脂肪在船上做成油。在遠處又是一隻『廠船』和一隻獵船，拖着脹大的死鯨。

在前世紀中間，海豹工業亦受到同樣的威脅。形勢日趨嚴重，所以國際立了一個協定來保護海豹，在它們生殖的地方，

居然很有成效。到現在產毛皮的海豹又是很繁殖了。對於鯨魚，我們若是希望在我們子孫的時代還有捕鯨的工業的存在，應當亦採取同樣的辦法才好。

在英國有許多美麗有趣的鳥類現已差不多絕種或竟絕種了。從前在倫敦街道上有鴛常做啣拾雜物的工作，直到十七世紀為止。現在全英國祇有兩三對了。壯麗的大野雁 (Bustard) 從前在東安格利亞 (East Anglia 英國的古王國) 築巢的，現在是沒有了。海鷺 (Avocet) 和鶻鷓 (Ruff) 在數代以前本是

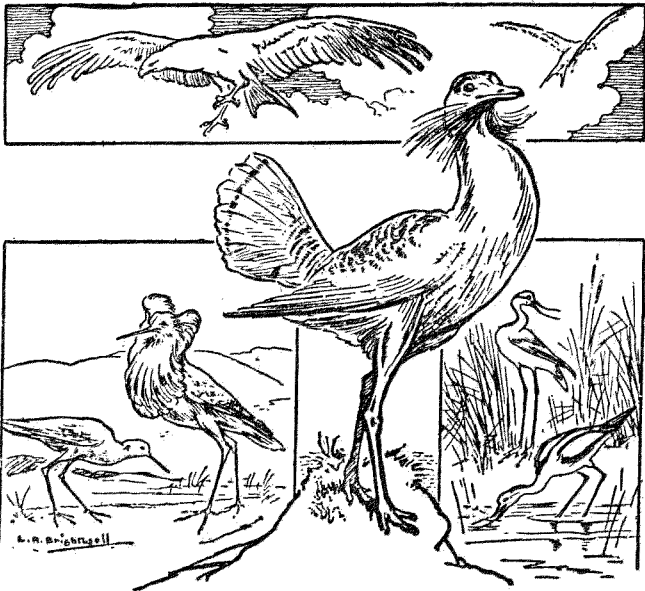


圖74 在不列顛從前有的而現在已經種或將絕種的鳥。上，鴛；左，鶻鷓；中，大野雁；右，海鷺。



英國普通的海濱鳥，現在亦滅絕了(圖74)。在荷蘭尚有餘種。

應用科學最先所能做到的一件事，是用新法大規模的快取地球的富源。我們現在開始明白進行的方法有正當的和不正當的兩種。進一步的科學研究又揭示儲積的資本可以取用的共有多少，和要不妨害資本或濫用儲蓄所能得到的收入共有多少；指點出窮奢極欲的浪費和小心謹慎的節儉有怎樣的<sup>1</sup>不同；發明種種補充用虧的資財的方法。在採取天然資源上，人類必須和全世界取適當的途徑，發生事業的關係，正像一個普通商人要和他的主顧，他的批發莊主，取適當商業的途徑做交易的一樣。研究關於天然資源的科學事實和規則，大可幫助我們向正道上前進啊。

## 第 四 章

# 土 壤

土壤怎樣構成——土壤怎樣包容水份——土壤的結構  
——耙耕與輾壓——早土與晚土——石灰的效果——耕耘  
——土壤中植物的遺體

### 土壤怎樣構成

我們已經解釋了許多關於地殼的岩石，但是還不會說起地殼中對於我們很重要的一層。這一層和岩石層比較起來確是很薄，就是地面上的一層——土壤層。這一層的所以重要，是因為土壤能維持植物在地上生長。園丁種花種菜就靠土壤。農夫供給我們食物也靠好的土壤。

讓我們來想農夫對於土壤做些什麼事(圖75)。他們耕地，他們滾平地土，他們耙土。有時一季中他們讓土壤不耕不種，有時他們加些生石灰或礦物質肥料或農場肥料在土壤中，常常要掘溝和排水。你可知道他們為什麼做這種種的工作嗎？農夫叫有些土壤是重土，有些是輕土，有些是溫土，有些是冷土，有些是肥土，有些是瘠土，有些是酸土，有些園裏的土壤叫病

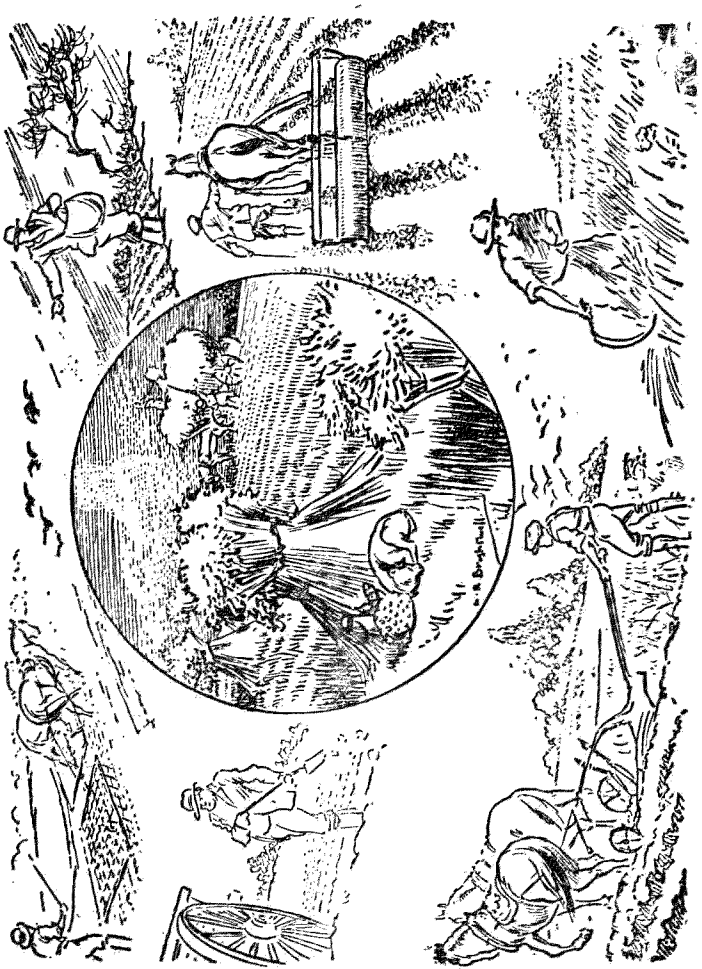


圖75 農人在田中所做的事。耕，鋪石灰，除草（芸），下種，滾平，收割。中圖：秋收。

土。你可懂得這些名詞應用在土壤上的真正意義嗎？你如果在鄉間，一定會注意到同一區的土地上，有些地方種着穀類，有

些長着草，有些任它做不平的牧場或荒蕪的原野，有些仍植着樹木。這裏面是不是有什麼道理？如果是有的，究竟是什麼道理呢？

這些問題却是我們喜歡要尋出答案的。農夫或者會說：他們在一年中不同的時候所做的種種工作，是因為對於收穫是有益的，並且在各種不同的地方所種的種種東西，是因為他們覺得是值得的。

這是一個很好的答覆，但並不是一個科學的答覆。在科學中我們需要知道『為什麼』和『怎樣』發生，並且我們相信尋出了有些事為什麼和怎樣的發生之後，我們終久能夠得到改良的方法，和造成更好的結果；雖是許多做實際工作的人並不知道他們向來這樣做的科學理由，僅從經驗上得到好的結果已有幾百年之久。

爲了要得到一個科學的答案，我們一定要說回到土壤上去，並且盡量的尋出關於土壤的種種。

究竟土壤是什麼呢？我們都知道植物生長在土壤中，光光的岩石是不會長植物的。即使你有時看見小的植物在一塊岩石上生出，但是它們的根鑽在一個罅隙裏，下面必有些土壤。但是究竟土壤是什麼呢？是怎樣構成的呢？爲什麼任何植物僅生長在土壤裏，不生長在自然界的別處呢？

讓我們先來尋出土壤是怎樣構成的。我們從察看石礦或開掘所顯露的石層，先就得到一個答案（圖76）。在底層是某一

種的岩石——或是沙石，或是花崗石，或是石灰石，或是玄武岩，或是白堊。在頂層是土壤，顏色黝黑，有深有淡，裏面長着

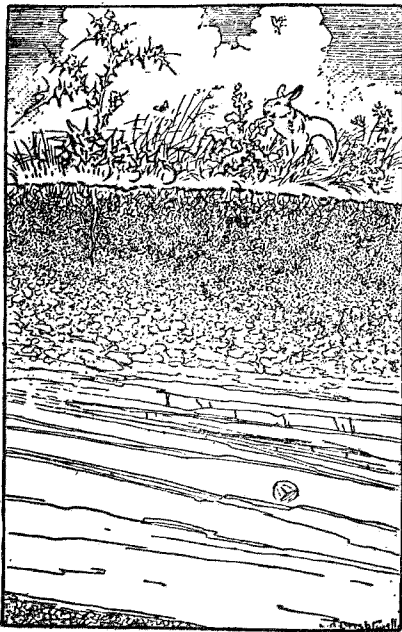


圖76 石礦的頂。植物生長在土壤中，土壤接着下層土，下層土接着岩石。

植物。在岩石和土壤之間，時常另有一層，普通叫做下層土，因為在土壤下面發見的。這一層的底部漸入岩石層，頂部漸入土壤。有時這一層是很薄，有時竟和土壤分辨不出。

遇到一層很顯著的下層土，它的較上一部分和土壤的通常分別是：下層土的顏色不像土壤那樣深，並且常比土壤難掘。下層土的底層和岩石的主要分別是：岩石是堅實的，在上面是岩石的碎片，再在

上面的是下層土的粉末質。照這樣看來，大概土壤是由岩石到地面上來碎裂和變化後所成的。這確是實在的情形。岩石的面層逐漸碎裂，一半是由於有水流進了小石罅而凍結，一半是由於溫度的變化引起脹縮，有時由於溶解在水中的酸質。這就叫風化(Weathering)。

你若在鄰近的地方，看見一個內地的斷崖，就會在山脚看見許多石塊，靠着峭壁堆在那裏。這很顯然的是從斷崖面上一小片一小片的分裂落下所積成(圖77)，因為你能看出石塊和

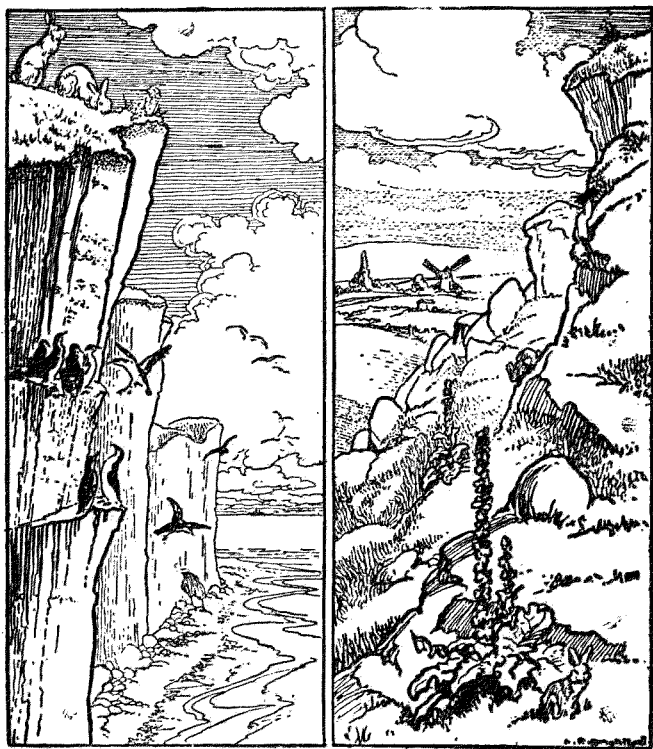


圖77 海崖(左)和內地的斷崖(右)。海崖是峻峭，因為水浪將落下的小石冲去了；在內地的斷崖脚下，小片積成斜坡，風化而成土壤。

斷崖的岩石是同一種的。(在海邊斷崖上落下的碎片，也是有同樣的情形；但是在這裏不會堆積大的斜石堆，因為被海浪所

冲去了)。你若仔細觀察這種石堆，就會看出有些石片和峭壁面上的相同，有些是表層鬆脆的。你亦能發見小量的土壤在石塊中間。這種土壤一定是從石堆上產生出來的——既沒有人會帶了土壤去放在那裏，亦不會有這許多從頂上落下的。這是很明顯的，土壤一定是從石片表面鬆碎所成的細屑而來。這是由風化而產生的。當石塊碎裂下落的時候，土壤並不是從斷崖的頂上落下的。你若細看新落下的石塊，就知道石塊中間並沒有夾着土壤了。

在平面上的岩石也會發生同樣的變化，可是這種岩石片不會碎裂剝落，所以就在原來的地方被風化了。有時堅實的岩石很靠近地面，土壤層就很薄，並且差不多沒有什麼和岩石不同的下層土發生。在白堊崗上的就是這種例子(圖78)。在別的地方，岩石和土壤的中間，常有一層非石非土，是岩石逐漸變土的程序。

現在我們知道土壤構成的一個道理，是岩石表面露在地面上，受了風化作用所成的。但是不是一切土壤都是這樣化成的。有時是那麼碎的岩石小片，或已成的土壤被水冲去，或被風吹去，或被冰帶去，沈積在離原地很遠的地方。在這種情形之下，所以水帶的沈積物在河流汎濫的平原上，聚起來了。大片的漂礫粘土在從前埋在冰下面的地方鋪出來了。在世界上有些氣候乾燥的地方，如在中國河南的北部，風吹的細粒會積聚，造成厚層的黃土(loess)。

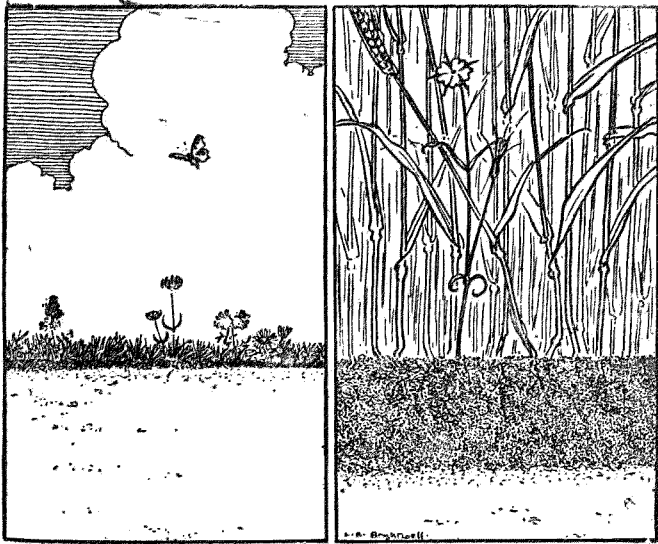


圖78 左，白堊岡上掘出的溝，顯示白堊岩石上土壤層怎樣的薄。右，在同區域的田地繼續種植，產生了較厚的土壤層。

像這些的材料都不是固實的岩石，而是已經碎裂的細屑所成。若是岩石質料經過相當的風化作用，並且在適當的面層上積下，就變很現成的土壤：例如尼羅河每年汎濫兩岸所沈積的材料。但是這種材料不一定是土壤。假使你在一個水平原上，或在英國有漂礫粘土蓋着的地方，你就能看見一層黑的真正土壤，和在下面的下層土多少有明顯的區別。所以從岩石變成土壤有二個步驟：第一步是岩石碎成鬆粒的物質；第二步是頂層的鬆粒變成真正的黑色土壤。如果這兩步是在同一地方進行，我們叫這種土壤做安定土壤(sedentary soils)。有時



岩石在一個地方起了碎裂，而細粒又移到別處才成真的土壤，我們叫這種土壤做運送土壤(transported soils)。

你應當設法在各種地方看土壤造成的進程，越多越好，如察看峭壁和石礦，河岸和鑿壁，以及在花園中和各種田場中挖掘溝道或洞穴。你應當記下土壤的厚薄和顏色，生長的植物種類，下層土的種類和漸變岩石的情形，土壤開掘的難易，下層土開掘比較上難到什麼程度，植物的根鑽入的深度；並且設法用地質圖的幫助，尋出岩石的種類和土壤下漂積物的種類。再有一件事尤應做的，是比較在不同情形之下，從同樣的岩石或下層土所成的土壤，例如在樹林中，在牧場上，在耕種的田裏。有時這種不同之點很是明顯，如在白堊岡上暴露的草泥下面的土壤是很薄，而在農田中就厚得許多。

你看了許多土壤的樣子之後，自會發覺一件重要的事情，就是土壤有許多不同的種類。最顯著的區別是在土壤的組織，有鬆而易掘的，有堅而難掘的。所以老圃老農就說是輕土重土。你立即會發覺這種不同是大都和成土壤的顆粒的大小有關係的。輕土是較大的顆粒所成，重土是較小的顆粒所成。事實上輕土大部分是砂，重土大部分是粘土。在砂土和粘土之間，尚有別種土壤，開掘不甚費力，是大粒小粒以及中粒混合起來所成的。這些就是農家叫做沃土(壩母, Loam)的。在各種土壤之間，當然沒有分明的界線，有極粗的砂和細些的砂，有輕的或砂的沃土和重的或粘土狀的沃土，又有各種輕重不同

的粘土。



圖79 在沼地上掘起泥煤並積成堆。

再有一種主要的土壤，和尋常的砂或沃土或粘土不同，因有植物遺體夾在中間。最純粹的一種就是我們叫做泥煤的（圖79）。泥煤含有很多的植物質料，和很少的岩石質料，所以可以燃燒起來。在有些地方，尤其是在大沼地所在的地方，如愛爾蘭和蘇格蘭的一部分，長方的草泥從泥煤沼地上掘起來，堆積晾乾，作為鄉間人民的主要燃料。可是從能做燃料用的泥煤到因含石質太多，雖含植物遺體而不能燒的泥煤砂，中間亦有許多等級。

盡量收集許多不同種的土壤樣本是很有趣的。最好是約了許多各地的朋友，幫助着採取各種樣本。

## 土壤怎樣包容水份

我們再要尋出土壤中除了岩石粒子和植物遺體之外，還有些什麼。最顯著的東西要算是水了。假使你掘起一塊土壤，秤得重量，再放在熱的地方蓋着，候乾燥後再稱，你就會發覺它的重量減輕了。這重量的改變表示因水份的蒸發而減輕的。但是你再取這一塊土壤放在爐裏（最好的溫度是 $105-110^{\circ}\text{C}$ ）烘乾，重量的失去還要多些。這塊烘乾的土壤一定要放在乾燥的空氣中冷卻才好上秤，因為空氣是含水汽的，烘乾的泥會立即吸收空氣中的水份。土壤在尋常溫度中能吸收多量的水份，所以需要如爐中的高溫度才能將所有的水份排出。

另一件事亦是很容易發見的，就是各種土壤容水的量大有不同。所以在空氣中乾燥的一種粘土，要比一種沙含水的量多些。所以在爐中烘乾後，重量也失去得多些。假使你將一塊

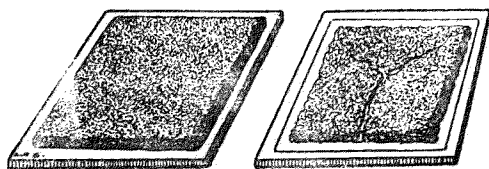


圖80 左，一塊濕黏土展開在木板上，周圍劃線記着外形。右，乾後，這塊黏土縮小許多，且已裂開。

粘土放在一塊方板上，四周用筆劃線記着外形，到乾後你就會發覺這粘土縮小許多（圖80），這

也是由於失去水份的緣故。

土壤怎樣包容水呢？在我們回答這問題之前，讓我們先來解說一二個實驗。假使我們取一個很細的玻璃管，這種玻璃管是要從一根普通的玻璃管在火上燒熱後所拉成的。豎插細玻璃管在水中，使下半部能浸在水裏，我們就看見管中的水平面比管外的高。最好在豎直以前，將管推到在水中，使內部完全確實濕過。管的內徑愈細，水愈升得高。假使管的直徑是  $\frac{1}{100}$  英寸，那末管內的水平面高出管外的水平面  $2\frac{1}{2}$  英寸。但是假使管徑是  $\frac{1}{25}$  英寸，那末高出的水面只會有  $\frac{1}{2}$  英寸了。在細管中水面所以升起，說是由於毛細管吸引的作用，（英文 Capillary 一字是從拉丁字 Capillus 來的，意思是毛髮），因為在管的內徑細得像毛髮一樣的時候，這種作用很是顯明。這毛細管作用不僅在管中會發生，即在細的溝道或罅隙也會發生同樣的作

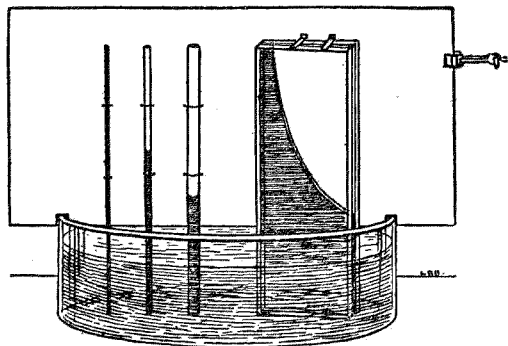


圖81 毛細管作用，水在狹的空隙間升高。左，水在最細管內升得最高。右，兩片玻璃面定着於一小角度，水在兩面最接近處升得最高。

用。譬如二片玻璃面對面的放得很接近，只離開一個很小的角度，豎放在水中，水就在兩個面最接近的角裏升得很高，離這角愈遠，水面就愈低，

如圖81中所示的曲線形。假使要看得更明顯些，水中加些紅墨水就更好了。

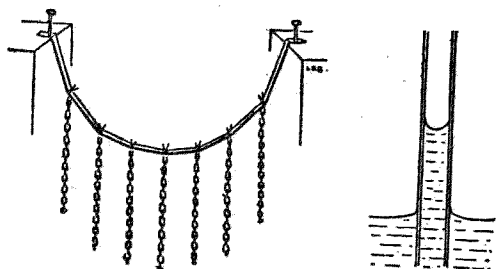
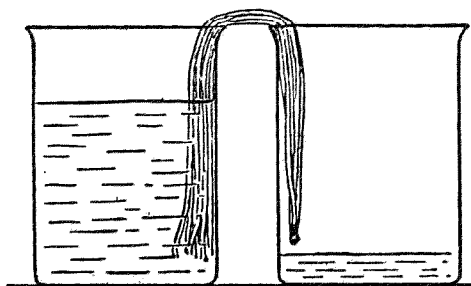


圖82 右，水在細管中有杯形的表面。這表面支持起下面的水柱，好像一條橡皮帶支持着一排小鏈（左）。

水就更好了。

在細小的管中，頂上的水面不是平的，而是像杯形的，在外圈高些，在中間低些。這四周的高起和這特別的作用相關的。水的

表層好像是一層有彈性的皮膚，科學家叫這種性質為表面張力。在圖82右面，緊貼管邊的表面發生一種向上吸的力量，所以能支持一柱的水，很像一根扁平的寬緊帶，兩端都固定之後，可以支持一排小鍊條的情形。（圖82左）。



我們若取一條 圖83 若把一條濕毛巾放在杯邊，一端浸在一杯水中，另一端懸在空杯內，水就因毛細管作用在巾中升起，在另一面落下，直到兩杯中的水面等高。

中，一半在水裏，一半在水外，就造成一個毛細管作用在不規

則的細溝道中表現的實證。水會在毛巾的一端升起，在另一端落下，須到全杯空了為止(圖83)。假使一個管盛滿了乾的細沙，豎直在一盆水裏，水就會在沙的縫裏升起。

組成土壤的質點在不同的土壤裏，大小是各不相同的。你用肉眼看得出粗沙所含的各顆細粒，但是看不出粘土的質點。你若取些沙和粉細的乾粘土，各加些水，大沙粒子差不多立即下沉，而和粘土的水可以繼續混濁到幾小時，甚至幾天。粘土質點是很小，以致面積和質量相比是很大的，所以下沉得極慢。要確定這種事實的發生，你應當不用水而用稀淡的(百分之0.05)碳酸鈉溶液，若是沒有碳酸鈉，粘土的細質點就常併合成較大的質點，那當然要沉下得快些了。假使你取普通的土壤，就會發覺這裏面又含沙粒又含粘土質點例。

取花園中普通的土壤和水，放在細圓筒內搖盪，你察看質點沉下的情形，就見粗礫沙粒先落下去。使水混濁的細質點要長時間才能沉下，到了實在沉澱之後，你就知道它們成了一層粘土了，你若用各種不同的土壤，和沙性的壩母和重的粘土，做同樣的試驗(當然用一樣多少的土壤和水，以及一樣大小的圓筒)，就會發見在不同的土壤中，礫、沙和粘土的比例是各不相同的。你可以用一個放大鏡和一支尺大約的量出多少來。

一個更準確的方法是將水和泥搖盪之後，靜置一二分鐘，再將混濁的水傾入一個大瓶，於是再加水和在底裏的沈澱搖盪之，靜置後又將水傾入大瓶裏。這樣繼續做好多次，等到沙

礫不再使水混濁，竟是十分清明爲止。你就可以發覺這種不會浮的沉澱物是砂礫的大粒子所成的，同時你讓這個大瓶裏的水靜置了許久直到澄清爲止。於是很小心的將水傾出或用虹吸取出，你就看見餘下的沉澱是粘性的細粒的粘土，實在就和做模型用的粘土調了水，搖混後沉澱所得的一樣。在各種土壤裏沙和粘土的比例是各各不同。取許多種粘土，沙土，壩姆來尋出裏面的比例是很有趣的事(圖84)。



圖84 沙土(左)，輕壩姆(中)和重壩姆(右)內之粘土(細點)，細沙(中等點)粗沙和砂礫(粗點)的比例。

我們可以證明土壤的質點大小和土壤對於水的作用是很有關係的。在二個玻璃圓筒裏(例如玻璃燈罩倒放了。下端蒙上一層麻布)，分別放着等量的沙土和乾粘土。從頂上傾水下去，水滲過沙定是快些，並且你會發見在沙裏停留的水少些，在粘土裏停留的多些。(圖85，最好將水傾注二三次，確定粘土是濕透了，再讓土壤

放着不動，等到沒有水滴下去爲止，並且最好預試幾次使土壤填裝到適合的程度，因爲填裝得太鬆或太緊，都會改變結果的)你若將這些圓筒擱置在很乾的沙上，就會發覺沙因此沾濕了：本來被這二種濕土壤所容留的水

不知怎樣的被乾沙所吸出來了。我們亦可說：土壤現在是完全疏泄(排水)了。放在濕粘土下面的沙，沒有放在濕沙下面的沙那樣潮濕：這就是說，粘土放棄水份要比沙難得多。你可以覆核這種結果：先將疏泄的土壤在排水的前後都秤量過，決定水量。疏泄後的粘土一定含水多些——大約是二倍或更多於沙所含的水。

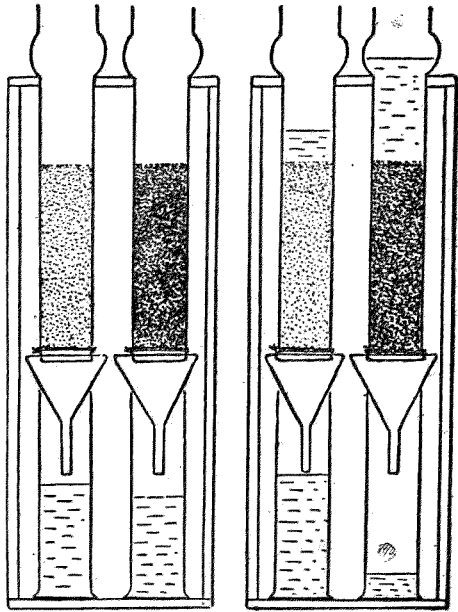


圖85 左，表示乾粘土比乾沙土保留較多的水份。較黑的一筒是粘土。曾用等量的水倒在這兩種土上，流過沙土的較多。右，濕粘土比濕沙土容許較多的水經過。這二種土壤均經飽和，然後將等量的水倒在它們上面。一小時後，四分之三的水已經過沙土，但流過黏土的只有十分之一。

你取一個普通的花盆，盛滿了略乾的土壤，放在一碟水中，

過了一會，土壤就變得很濕。這表示水能在土壤中升起。取許多長管，裝了各種乾的土質——粗沙，細沙，壩姆粉，粘土——插在水中，注意水在管中升起的快慢和遠近。你就會發覺在



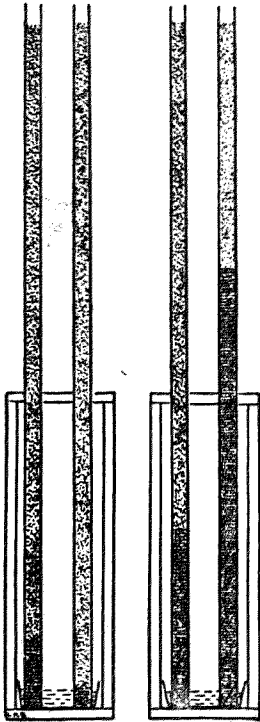


圖86 水在沙中升起較快，但在黏土升得較久較遠，一玻管裝沙（粗點），一玻管裝粘土，同豎立在一盆水中。左，半小時後，水已在沙中升得較高。右，一個月後，水已在粘土中升得較高。

粗沙中，水升起得最快，在粘土中繼續上升的時間最長，結果升到的地位也最高（圖86），土壤的質點愈細，水升起得愈慢，但愈升得高。在這裏土壤也要填裝得適當才好。濕的粘土在乾燥後比濕的沙要多收縮些。同樣的，乾的粘土在沾濕之後要比乾沙多膨脹些（圖87）。

你可再試看粘土經搗過後的結果是怎樣的，就是弄濕和捏堅的結果。假使你放搗過的粘土在一個漏斗中，再放些不會搗過的同樣的粘土在另一個漏斗中，你就發覺水會慢慢的漏過不會搗過的土壤，但是完全漏不過搗過的土壤。同樣的，一層搗透的粘土會阻止水在盛滿乾泥的管中升起；水可以

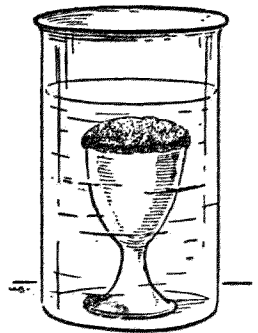


圖87 乾粘土沾濕後膨脹。

高起到這層粘土為止，但是在這層粘土以上的泥保持乾燥。可是沙就不能擰的，隨你怎樣擠捏，純粹的沙總是做不到不漏水的。

## 土壤的結構

沙會漏水和粘土不會漏水的理由，是爲了沙和粘土的顆粒大小不同(圖88)。沙的粒子比較的大得許多，在顯微鏡下面就能量得出來。即使被擠捏得很緊，在粒子中間仍有空間讓水穿過或是漏過。經過擠捏的粘土，在

質點中間也有空間，但是和沙粒之間的空間比較起來，是小得多了，好比一堆豌豆中間的空間比一堆網球中間的空間一樣。並且還有一個粘土不漏水的理由，我們記得濕的土壤雖是經過排水之後，還沾着一部份的水，粘土比沙所留住的水多些。這是因爲水少到只餘一薄層在土壤

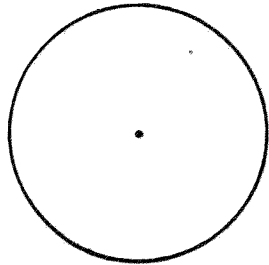


圖88 大圓代表普通沙粒，放大的倍數和小點代表粘土質點一樣。沙粒的直徑約爲1/100英寸。

的質點面上，水更是黏得牢些。這又是毛細管吸力或是表面張力的作用。這一薄層水好像一層有彈性的皮膜，包在沙粒或粘土質點上面。這種水膜顯然的是在粘土裏比較多些，因爲水膜是在每個質點的面積加起來，一定比質點較大的各個面積加起來

要大得多(略加計算就得)。倘使鼠身比普通的再小些,象比普通的更大些,一百萬個鼠假定祇有一個象那麼重;這許多鼠身的皮要比一個象的外皮大一百倍,雖是它們的重量相等。粘土和粗沙的質點大小相差,常如鼠和象的比較。所以定量的一堆土壤中間,細質點面積總加起來,比粗質點的總面積亦是一樣的相差得很多。所以質點上的水膜亦是相差得很多。

你若將粘土經水濕過,再用力擠緊,就會將質點中間有空氣的空隙都擠得沒有,一個質點上的水膜和鄰近質點上的水膜接觸了。因為不餘有大的空間可以讓水從粘土質點表面移到別處,所以當一層水膜包在質點上面,就好像一層有彈性的皮膜,緊靠着固體的表面,於是水不能透過搗捏的粘土,所有的空間都充滿了緊包的水膜。

搗捏的粘土用做土壤是毫無價值的,因為植物不能這裏面生長。好的土壤中要有水又有空氣,因為植物像動物一樣的要呼吸氧氣,植物的根和它們的花葉一樣的需要氧氣。假使你造成一個放大的土壤模型,就對於土壤中空氣,水,和固體質點配備的情形,更明白得多了。取些大理石珠(或軸承中的鋼珠)代表土壤的質點,放在一個漏底的玻璃瓶中(瓶是很容易做成的,祇須用一個大玻璃管,一個穿着小玻璃管的木塞,一條橡皮管,和一個夾子)。再將瓶盛滿一種厚膩的油代表水。油充滿了大理石珠中間的空隙,就表示土壤浸濕了水,沒有空氣在內的樣子,這對於植物的生長是不利的。於是將下面的夾子

放開，讓許多油從瓶中流出，但是還餘一部份油留在石珠面上，成爲一層油膜（圖89）：因爲這層膜和珠面的吸力，比向下的地心吸力大些的緣故。這樣情形就代表一種好土壤的樣子。

許多固體質點有好幾點互相接觸着：（圓形物如石珠，堆成很密接的樣子，像一堆彈丸一樣，每一個質點有十二點和別的質點互相接觸）。在質點之間，有一片相連的水，成一層薄的水膜。有許多空氣隙，每一個小空氣隙和相鄰的聯絡起來，所以空氣的區域是連續不斷的。實際上土壤的大小和形式並不很整齊劃一，所以有時一個空氣隙和別的一個空氣隙斷絕聯

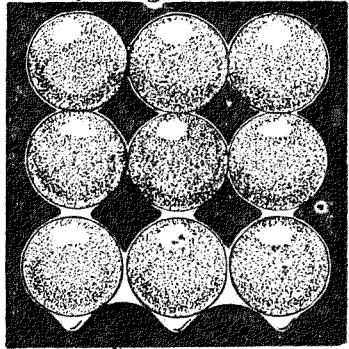


圖89 許多小球浸透了油，再讓油流去後的模型圖。油在球的周圍成了一層連續的膜，中間夾着空氣隙。

絡，或是充滿了水，但是一般的佈置大抵相同的。土壤確是有一種很特別的配置。土壤是液體、固體、氣體三種造成的——就是水膜，土壤質點，空氣。這三種至少在適中濕度的土壤中，成一個連綿不斷的結構。固體質點互相接觸着，液體水組成一層相連的膜，空氣隙互相聯絡組成一個空氣的網。所以土壤能有某種硬度像一個固體，能溶解物質和轉移它們的位置像一個液體，又能擴散像一個氣體。

上面所說的模型還可以幫助我們明白更多關於水在土壤中的情形。以前所做的實驗不過是將土壤從下面弄濕。水是由於毛細管吸引而上升，浸透了土壤，質點間所有的空隙是充滿了水。但是好的土壤不是浸透水的，而是一層水膜，一面和固體質點接觸，一面和空氣隙接觸。(圖90)。

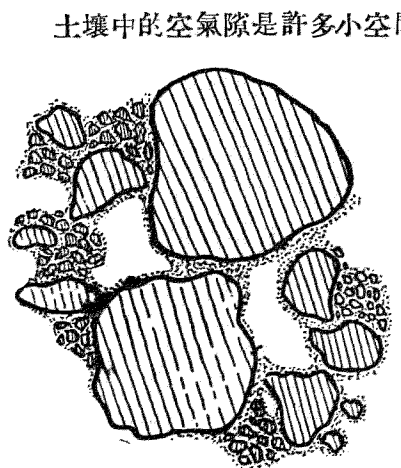


圖90 放大的土壤構造圖。固體質點(畫線的)集成所謂組合質點，有水膜(黑點)包圍着，給空氣隙(空白)所分開。

土壤中的空氣隙是許多小空間所構成，中間有小溝連通的。你若是將大理石珠堆起來做模型如上面所說的，你就會見到空氣隙的形式。放二層的大理石珠在一個鋸箱中，取熬烱的蠟注入，待冷卻後仔細的將大理石珠切出。餘下的蠟就表現在大理石珠中間的空隙的形式，這也就是土壤中的空氣隙的情形，不過空氣隙是比較很小，而且有許多的形狀和大

小，確是和模型中整齊的排列很不相同。

土壤質點當然有許多點相接觸。當土壤中有少量的水份，水僅集在固體質點相接觸的部分，成爲薄的水圈。假使土壤再加濕一些，這些圈就會變大到互相接觸，聯合起來，產生一層

連接的水膜，包圍着空氣隙，但是尚餘有聯絡的空氣網。假使土壤再加濕，水膜在小空氣隙中間的纖狹部分，接連起來，以致有些就被水割斷了聯絡。最後你繼續加水，結果將土壤中所有的空氣都排出來，土壤就變成浸透了。

## 耙 耕 與 輾 壓

試想一片濕的土壤和在晴天的時候發生什麼變化。它的頂層的水份一部分因蒸發而散入空氣中。土壤質點周圍有着一層連接的水膜，能保持不斷，下層的水就有些因毛細管吸引作用，升到上面來替代散發的水份。但是進行得很慢，而且不能經過長的距離。大約三四英尺是最深的下層水，會從那裏被吸到面上來的。

等到水膜一破，水就成了許多圍着土壤質點相接處的水圈，這種流動當然是不可能的了：水就停留在原來的地方。假使空氣是很乾燥，有些水就蒸發，慢慢的散入空氣中去，以致土壤愈變愈乾，但是同時已成水圈的水不會流去，因為有表面張力可以保住這樣的小水膜，停頓在一處，比地心吸力要強些。所以土壤能保持長時間的微濕。這就是為什麼土壤要耕得透徹，碎成細粒，當做很重要的工作一種理由。因為土壤愈碎，成水圈的地方愈多，就能多保持些水份。

不論在什麼情形下，最好要注意不讓頂層土壤中的水全乾。要辦到這種地步，是在地面上舖一層很乾的土壤，中間不

含有連接的水膜。這好像變成一層被蓋着，不讓下面的土壤失去水份。因為毛細管作用停止了，水蒸汽要從經過這一層發散到空氣中去必然是很慢的。我們很容易的做一個實驗，證明這樣乾土壤的被有怎樣的效用。取二個底裏有一孔的盆或瓶，都很堅實的盛滿了土壤，同時裝置燈芯在底裏如圖91中所示，一端散開在土壤中，一端經過一個木塞，掛在下面一個瓶中。瓶中盛滿四分之三的水，留着一個盆不動(圖91左)。在另一個盆

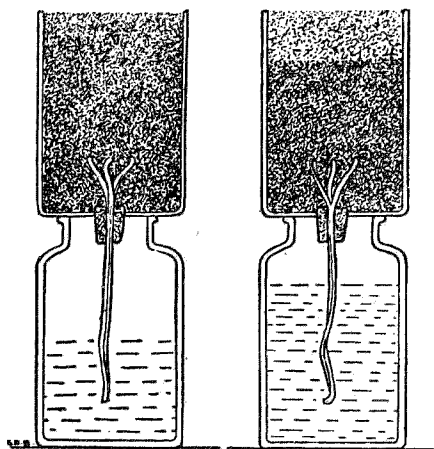


圖91 鬆土防止蒸發。二瓶水用燈芯通到堅實的土壤中。上層的面上雖有蒸發，然土壤因有毛細管作用經過燈芯吸上去的水，得保持濕潤。(右)一盆中土壤的頂層攪拌得鬆散。露在風和太陽中一天後，水從這盆裏蒸發去的要比另一盆裏少得許多。

中用刀或別種工具仔細攪拌靠近面上一寸光景的土壤使成鬆碎。每天照這樣小規模的耨耙。做多次之後，攪動的土壤不久就顯出比其餘的部分乾得多，同時你還會發覺下面瓶中的水準要比在不曾動過的盆下水瓶中的水準高得多(圖91右)。這是因為在頂層攪動過的一盆，所有蒸發的作用比較的少，燈芯因有毛細管作用，從下面供給上面蒸

發所失的水。

這種間隔濕土壤和空氣的一層蓋被，叫做浮壅(mulch)，不一定用土壤做，園丁常用稻麥的稈或死草做浮壅。但是普通方法總是用耕或耙鬆的法子，造成一層乾的土壤。再有一個要浮壅的理由，是不使濕的土壤因蒸發而變冷。

由此我們明瞭農夫在播種以後，所以將田耕鬆的理由之一是要盡量的保持土壤中的水份。但是這種效果並沒有像向來相信的那樣重要。我們現在知道，在中等潮濕的土壤中，水膜不久就碎裂成許多水圈，於是就沒有水因毛細管作用而能從下面升上來。這樣在較深層的土壤，失去水份要比我們從前所猜想的慢得許多。耙耕和別種浮壅法的效用都可達於某種程度，在某些情形下，可防止土壤變乾得過速，但是主要的作用是除去莠草，因為這種莠草能從土壤中吸去本來可以供給穀種用的許多水份和滋養料；還有一種利益是土壤頂層不致於乾枯成一層硬殼。

輾壓是另一種正規的農場工作。從前以為它的主要效果亦是關於土壤中的水份，但是和耙耕恰正相反。人們以為壓緊土壤，水膜就更是連成一片，上層的土壤會很快的將儲藏在下面的水吸上來。我們現在知道這種效果是不重要的。輾壓的主要益處是單在機械的作用，使壓着土壤更靠緊植物的根，因此使根鬚更易和水膜水圈等互相接觸。



## 早 土 與 晚 土

再有一件關於水在土壤中的重要事實，就是對於土壤溫度的影響。發生影響的作用，由於兩種不同的原因：一即是蒸發。簡單的科學第四章中曾講及蒸發是要吸熱的；液體水要吸收了「能」才會變成水汽，而「能」一定是要用熱的方式來供給的。假使水從田場中蒸發，就從土壤中吸取熱，即阻止土壤不能照常升暖。這對於土壤的溫度很可有測量得出的效應。因為水在蒸發時確用大量的熱。一磅水變成水汽所需要的熱量，足夠使水熱起華氏 $1^{\circ}$ ，使同樣重的乾土壤熱起華氏 $5^{\circ}$ 到 $7^{\circ}$ 。

流動的空氣要比較靜空氣蒸發的力量大得許多，所以風會保持土壤寒冷。我們已經知道一切生物除了常溫動物以外，都在高溫度之下生活，工作和發育得快些。升高 $6^{\circ}\text{F}$ 到 $8^{\circ}\text{F}$ 可以使植物生長加快一半，並且低到了一定溫度之下，植物就不會生長了。

這就是農夫和園丁為什麼要種防風林的一個理由。這並不是因為風的直接力量有害，而是因風的蒸發力對於植物有吹散水汽的作用，並且對於土壤亦有作用。

在春天，土壤要在植物能開始萌芽之前，從冬寒後徐徐溫暖起來。我們才說過，在一定溫度之下，植物的活力就愈變愈慢，終究到完全停止。各種不同的植物所需要的最低限度，亦各有不同。大多數英國的穀種植物約需 $0^{\circ}$ 至 $5^{\circ}\text{C}$  ( $32^{\circ}$ 至

41°F);最適宜的溫度是從 25°至 30°C。要察看這種情形的最明顯的方法,是看種籽的發芽。在冬天,取許多粒種籽——豆或豌豆是很好的——浸在水中一天,再種入盆中。盆裏放濕的土壤或木屑,將各盆放在各種溫度之中,一盆露置在室外,一盆放在不加暖的戶外披屋,一盆放在涼爽的室內,一盆放在溫暖的室內。假使你能調整到準確的溫度,這種試驗當然是更好。但是這又需要精美的培養器和溫度調整機了。你假使要做得稍為準確些,就在一盆的外面圍着搗碎的冰。如果有冰箱的話,可以放一盆在冰箱裏。再在另一盆的外面圍着自來水管中流下的水,這水的溫度是比較的不變的。照這樣想出種種方法來保持盆外的溫度,你就會發見在較涼的環境中,種籽在發芽後生長得很慢,不論是幼枝或根;但若降至某一溫度以下,甚至種籽不會發芽。你若用玉蜀黍子做試驗也會見到同樣的情形,不過要較高的溫度,種籽才會發芽。有些種籽像瓜子,需要更高的溫度。

還有別的因素影響植物的發芽和生長。但是土壤的溫度是最重要因素之一。可見土壤在春天溫暖起來的速率是很重要的。到了某種溫度,植物的根才能開始工作。以後穀種的生長速率就大部分靠在根的活動上,所以就靠在土壤的溫度上。土壤中細菌活動(我們以後再講,見181頁)亦和溫度有連帶關係。細菌工作造成植物的食物,供穀種的根吸收;土壤溫度適宜,細菌工作亦因而活動,所以是很重要的。

在土壤中的水量對於土壤加溫的速率很有影響。要懂得這個道理，我們一定先要明白什麼是叫做比熱。我們可以用實驗比較：放一磅有沸水溫度的鉛在一磅通常溫度的水中，和放一磅沸水在一磅通常溫度的水中，結果是怎樣的不同。鉛祇能使水微溫，而沸水使水很熱。於是我們知道水所含的熱一定比等量的鉛要大得許多。

假使我們要做正確的實驗，我們須得很小心的用溫度計在放鉛入水之前和入水之後，量出水的溫度，容許充分的時間使熱可以勻佈，並將溫度計放在水中攪動，然後記取第二次的溫度。用一磅水和一磅鉛所得的結果大致如下：

鉛的溫度-----100°C

未放鉛時水的溫度-----15°C

水中已放鉛攪和後的溫度-----17.7°C

於是我們可以作以下的討論：一磅的鉛冷下  $100 - 17.7 = 82.3^\circ$ ，曾發出足夠的熱使等重的水升起  $17.7 - 15 = 2.7^\circ$ 。因為下降  $82.3^\circ$  所放出的熱一定是等於升起  $82.3^\circ$  所要收的熱，所以我們可以說，使一磅的鉛升起  $82.3^\circ$  所要的熱量，就祇等於使一磅的水升起  $2.7^\circ$  所要的熱量了。

我們可以再換一種說法：使一磅的鉛升高一度所需要的熱，是祇有  $\frac{2.7}{82.3}$  或約  $\frac{3}{100}$  的一磅水升高一度需要的熱。凡一種物質熱起一度所需要的熱，和同樣重量的水熱起一度所需要熱的比較，就叫做比熱。所以我們說鉛的比熱是 0.03。假使我

們用銅做試驗，就知道銅的比熱是 0.09，或是一磅銅升高一度所需要的熱僅抵一磅水升高一度所需要的熱的  $\frac{1}{11}$ 。沒有尋常物質升高一度所需要的熱比等量的水升高一度的熱再多的了。所以比熱總是分數，常小於 1。

土壤的固體部分的比熱是很小，祇有約  $\frac{1}{11}$ 。因此水量的多少對於土壤需要多少熱才能溫暖起來，是最重要的一件事。或是換句話說，譬如，日光照着土壤要有多少時候才會溫暖起來，要看水份的多少。

假使土壤含着多量的水，就會比乾些的土壤熱起得慢。我們已經知道黏土含水比沙多，所以黏土的土壤在早春熱起要慢些，到了暮春還比沙土冷些。所以農人稱黏土的土壤做「冷」土或「晚」土。因為土壤變溫要晚，所以收穫也晚了。

可是比熱對於冷卻和溫起有同樣的影響，即容易熱的東西亦容易冷卻，難熱的東西亦難冷卻。所以到了季節的終了時，太陽的力量變衰弱了些，空氣的平均溫度逐漸下落，黏土就比沙土冷卻得慢些。祇有在春天的時候稱黏土做「冷」土是確實的。

這是土壤中水量不同的一種重要結果。但是另外還有一種咧。我們知道沙土比黏土含水少些，所以溫暖起來亦快些。但是沙土變乾亦快些，一半固然是因為含水較少，一半是因為溫度高些，我們已經知道溫度愈高，蒸發就愈快。土壤中水的短少影響到植物的開花結子，大多數要比較早些，這是一個事

實。假使水是充足的，植物的葉，莖，和根都會繼續生長得長久些，整個的植物就又碩大又茂盛了，最後結成的子實也比在乾



圖92 水分多，生長速，但成熟遲緩。二盆麥生長在一乾(右)一濕(左)的土壤中；在乾壤中的麥不及在濕壤中的高，但已有了成熟的穗。

旱狀況下瘦小植物所結的子實大概要重得許多。但是乾旱的植物無論如何也總結成些子實，寧可預早的開花，少得些種籽，不願冒着在種籽沒有長成以前已遭乾枯的危險。(圖92)。

因此，在沙土上的農產物發育得早些，生長得快些。但是除了雨水很多的年份以外，植物不得不在沒有長足以前，就急於開花結子；因此，收成亦

就少些。你或須想，對於不一定要急着收穫的東西，如穀類，儘可揀最晚的土壤來種，可望收得最豐足的收成了。但是你又冒

了另一種危險，就是收穫太晚，植物會在穗還沒有成熟之前遇到早秋的霜，被傷殘了。在每種情形之下，農人必須權衡利害，仔細考慮。有些農產物，如春季菜蔬，新番薯，幾種水果等等，趕早上市可以得到好的價格。農人就要利用沙性土壤，雖是這種土壤含植物的滋養料較少。所以他要多化費金錢在人工肥料上，並且他還願化費更多的金錢去種植避風林，以防風吹冷土壤。在這裏，早收是比什麼事情都重要些。但是對於多數農產物冒最小限度的危險，得到最高的收穫是用好的壟埤——不像沙土那樣太早乾，也不像重黏土那樣太晚。黏土的土壤還有別種壞處，就是不容易耕耙，並且很容易浸水，需要更多的排水工作。

對於許多重的土壤要不浸水的話，排水工作是不可少的，尤其是在深的下層。遇到這種情形，植物的根就不能向浸水層裏生長，因此，植物就不能在這些層裏吸收水和食物，助它們的發育。排水的普通方法是掘許多溝道，都向一個方向微傾，再在溝道的底上放些不上黏的陶製管或彎瓦；以後將泥土放還溝道中。這些管子不一定要接連的：祇要一個貫通的溝，流水總會滲入，不但是從上面流下，並且從兩邊的相近地方匯攏來不停的流去。有時深的溝道必須要四通八達的開掘，預備排洩田中的水。而在平坦的區域如芬司（Fens）沼地和荷蘭的一部分地方，必須要用抽水機將水從這些溝裏抽入河流才好。

排水工工作可以改良地區的例，最著名的在東英格利亞

(East Anglia)的芬司地方見到，這廣大的地面差不多有一千方英里。經過好幾個世紀，一向是蘆葦沼澤，祇有幾個“島”，突起在中間。排水工作在查理第一時開始，經過二百年之後，全部地區才告成功。現在這沼地是列入世界上最肥沃的農地了。近劍橋的惠根沼地(圖93)，從來沒有經過排水工作，因為要留着去俘獲在沼澤內生存的少見的飛禽，昆蟲和植物。假使



圖93 不曾疏濬的沼澤地方：在英國劍橋區的惠根沼地的風景，可以看到很多的池沼和蘆葦。

有機會去實地考察，就可以明白排水工作所造成的變化了。沼地的土壤和普通的土壤不同，是大部分經植物遺體的有機質所成；又和泥煤的土壤不同，雖是泥煤大部分亦為有機質，但沼土沒有酸性。爲了這些理由，沼土是非常的肥沃，但是不經過排水工作就不會變成肥土的。

在英國各處有許多低濕的地方，在十九世紀中，曾用鋪瓦

排水法開闢的；但是還有許多地方可以用排水工作去改良。所不幸的，掘溝排水費用很大。但新方法已經發明，可以排去很重黏土土壤中的水，是用一個鋼「鏝」（按鏝本是一種鑽地的動物，現在用鋼鐵做成鑽地的機械，所以叫做鏝）在地面下相當距離拽過；所鑽的洞可以很久的開通不塞，作用像溝渠一樣。

## 石灰的效果：耕耘

最後，我們要說到石灰。有許多化學物質常是叫做石灰。但是，在土壤中，最普通的是碳酸鈣（ $\text{CaCO}_3$ ）。就是，白堊的原料。農人所稱石灰，是指碳酸鈣，或是別種石灰，如生石灰，舖在土壤上面，不久就變做碳酸鈣的。

爲什麼農人在土地上加石灰呢？假使你細看舖上石灰的土壤，你差不多常發見這是黏土的土壤，不是沙土亦不是輕的壟母。要知道石灰對於黏土有什麼明顯的效果，又應當用實驗的方法。我們已經知道，黏土和沙的主要不同點是固體質點的大小不同；別的不同也就因此而起，例如它們吸收和包容水量的大有差別。所以我們可先做以前做過的實驗，來試驗土壤漏水的多少，可是現在我們要在一個漏斗裏放一層未搏過的黏土，在另一漏斗裏放同樣的土壤，加上少許石灰粉混和。所得結果是加石灰的黏土讓水漏過容易得多（圖94）。

或者你搏捏一層黏土在二個漏斗中，在一個的上面撒些



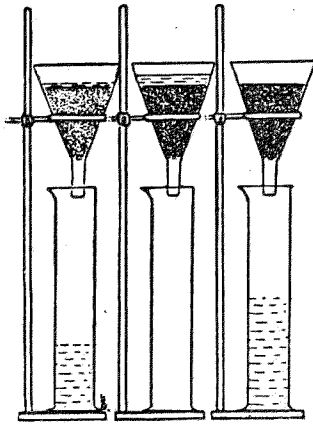


圖94 加石灰到黏土裏使水容易漏過些。傾水在未經摶過的黏土(左),摶過的黏土(中),和加過石灰的黏土(右)。摶過的黏土完全不讓水漏過。加石灰的黏土要比不曾處理過的黏土漏水多得很多。

石灰粉,再將水傾入。結果不加石灰的漏斗不讓水透過,加了石灰的漏斗不久就讓水滲透。若是你願意將普通黏土和加入石灰的黏土分別做成二個杯子,你就發見一個可以盛水,一個不可以盛水了。

你若再摶一塊黏土和大小相等而加入石灰的一塊黏土(加重量的百分之五的石灰),就知道感覺很是不同,原來的黏土要容易摶捏得多。你若取製過的和未製過的黏土做成一樣大小的方塊,再烘焙成磚,就知道未製過的黏

土所成的是很好的硬磚,而製過的黏土所成的是脆而容易碎裂成小片的。

經過種種試驗之後,你就發見加石灰的黏土就很像沙。這就應當表示加石灰的粘土含着比普通粘土的質點較大的粒子了。事實上的確是這樣,你可以用一個

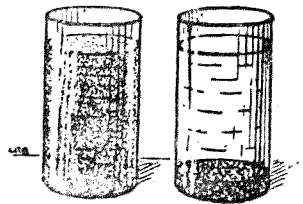


圖95 普通黏土調勻在水裏可以使水混濁到很久(左);若加了石灰,黏土沈下很快而水就澄清了(右)。

簡單的實驗來證明的。在水裏磨些粘土，將所成的混泥液體盛滿二個瓶。在一瓶中攪些石灰水，不多時水就變清，所有的固體物質都沈到底裏。另一瓶依然是混濁的(圖95)。假使你仔細觀察，你就知道石灰的作用，是使小片或小粒在混水中出現，再逐漸下沈。石灰能使肉眼所看不出的砂小粘土質集合起來，結成更大的質點(理由很多，在這裏沒有細講的機會)。這些較大的質點自然要比砂小的質點沉下得快些(在142頁上我們已經說過的)，這種作用叫做集結(flocculation)。

所以，我們明白從集結砂小粘土質點成爲較大的粒子，石灰果真使粘土土壤在性質上很像壩姆了。我們就可以明白爲什麼農人在重的土壤上要加石灰的理由。因爲這樣可以幫助排水和透氣，可以使土壤易於耕耘，又可以防止土壤乾後坼裂成大的罅隙，或變成像磚的硬塊。

石灰還有別種好的效果。它幫助農產物免除幾種病，如蕪菁和胡蘿蔔的指趾病(finger-and-toes)，因爲這種病菌祇能在酸性土壤中生長，而石灰可使土壤有鹼性。石灰還能幫助細菌的工作(這些待下一章中再講)，使儲藏在土壤中的氮質開放出來，供滋養植物之用。有了這種作用，石灰常能增加收穫。但是俗語說得好：「但加石灰不施肥，農民田地都失依」。這是因爲石灰並不增加土壤中滋養料的總量，祇是幫助植物容易得到食物而已。所以假使一年一年的加石灰而不加肥料，終究將土壤的肥沃部分耗盡無餘咧。但是我們對於植物的食物，現

在要暫且擱起不講。

我們說到土壤中質點的大小，還有一點亦須說明。農夫從經驗上知道一種好的田土，在耕過之後預備要播種的時候，應當是像什麼樣子。他們常講到「良土」或「薄土」。假使你從耕種的田裏，取些農夫所稱爲「良土」的土壤，輕輕打碎。用一個放大鏡察看，你就知道這是秒小的塊粒所成的，大多數的直徑約 1 毫米(mm)，這些就是土壤專家所稱爲土壤的「複合質點」(compound particles)，都是非常纖細的質點，寬鬆的聯合起來所成的。每個複合質點中間的空隙與複合質點間所有的空隙，比較起來是很小。在良土中，太部分的水是在這些內部的小空隙中。所以複合質點好像海綿，成爲水的儲藏器。至於複合質點中間的大些的空隙，主要爲疏通土壤中空氣之用。土中水和空氣量的平衡的適合與否，全在複合質點的大小。在自然界中，土塊被犁鋤所翻起，經過風化(侵蝕)，就產生複合質點。你可以親自察看這種變化，祇要在秋天取一大片新耕過的田土，放在一個板上，留在露天中過冬春兩季，你就發見這塊有黏性的土片，逐漸碎裂變成「良土」了。

現在我們發覺耕耘所費的一切繁重工作所爲的是什麼了。耕耘可以除去老穀種的餘根和莠草；耕破土壤，翻起新層到面上來；暴露黏膩的堅土板片在外面，使受到空氣和水，熱和冷的作用，因此使它們風化成小的複合質點。這樣才使土壤有容水進氣的適當能力；並且能使細菌將土壤中植物的遺體

等分解，變為穀種的現成滋養料。耕耘真是農事中最重要的工作，田若不耕，農夫休想得到辛苦而致的收穫呀。

我們還要記得蚯蚓是園丁和農夫的天然盟友。它們的鑽地幫助土壤透氣。它們費了很多的時間，在土壤中咬穿它們的路，要使中間所含的植物碎屑，消化出來。這樣將土壤磨得很細。並且它們將不會消化的泥上，經過了它們的身體之後，都拋到地面上，成為蚯蚓糞的形式。從這種方法，它們不停的將深層的土壤翻到地面上來，受空氣的作用，風化得格外快些，因此開放了植物滋養料的倉庫。所以在許多方面，蚯蚓好像是成千成萬的小型的犁鋤，幫助人類種田（圖96）。達爾文著有一本關於蚯蚓的書，很值得一讀；在那裏面，他說明這些小生物怎樣的有趣，又對於我們做怎樣有用的工作啊。

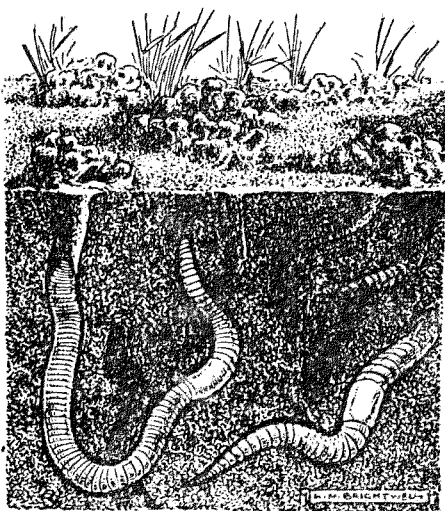


圖96 蚯蚓在土壤中鑽掘。它們吃土，將不會消化的泥粒推到地面上成為蚯蚓糞，

## 土壤中植物的遺體

土壤除了含水，空氣，岩石微粒之外，尚含許多別的重要物質。其中的一種叫做腐植質，是土壤中植物質腐化所成的。你若將一堆草或稻草埋在耕過的田土或園土下幾英寸深，這些草慢慢的腐化，變成棕色。隔了許多時候，植物原有的莖葉構造就完全消失，祇餘一堆黑色的東西了。所以一切枝葉自然的落在地上或被耕入土壤後，亦發生同樣的變化。這樣化成的物質就是我們所說的腐植質。有時腐植質會大量的生成。譬如在一個樹林中積有大量的枯葉，這種就叫葉泥。園丁常常堆積許多枯葉，讓它們慢慢的腐化，經過一個冬季就成葉泥了。

腐植質大部分含的是碳，略含些氮質和氫質，所以可以燃燒，和普通土壤中的固碳質點不同。你若將一塊這種土壤燒到紅熱，所失去的重量要比放在爐中祇是烘乾時所失去的重量多些。這是因為腐植質被燒了。燒過的這種土壤冷卻之後，就失去了黑色，因為本來是腐植質使成黑色的。大概變成帶黃或帶紅的顏色，像純粘土經烘焙後一樣。這是由於所含少量的鐵，燒成了氧化鐵。你可以另用一個方法來證明的。我們知道燃燒是一種物質和氧迅速的化合。你若能使物質和氧化合不這樣的劇烈，就不會得到這樣的暴熱。但是化學上的結果是絲毫無二的。二氧化氫( $H_2O_2$ )是很容易放棄一部分的氧和別的物质化合。你若將少量的土壤放在五六倍重的二氧化氫

裏攪動，再加微熱，氧就從二氧化二氫放出，和腐植質起作用。土壤漸漸失去黑色。你若在加二氧化二氫的前後。用顯微鏡察看土壤的質點，你就知道質點上面原來有一層黑膜。但是二氧化二氫會除去這層膜。事實上，多數土壤中的腐植質常是在固體質點的表面上積成一薄層的。

腐植質是土壤中植物的食物的一種重要來源，所以普通黑色的土壤是對於農產物很肥沃的土壤，讓我們以後再講。現在我們要講的土壤，其中植物遺體並不分解到這樣完全的程度，但是僅積聚起來，不很腐朽。發生這種情形的土壤就是我們從前所說的泥炭性土壤。

泥炭性土壤有許多種，而爲什麼其中的植物遺體不像在普通土壤中腐化到一樣程度，亦有許多理由。有時因爲植物遺體本身不容易腐化，如在松林中。有時如在沼澤的浸水土壤中，因爲空氣太少，所以氧氣太少。有時沼地泥炭的不腐，半由氧氣不足，半由於土壤是酸性，細菌不能在酸性土壤中發達。

不論是何種理由，結果都是落葉枯枝一年一年的堆積成層，不完全朽腐啊。

泥炭亦有很大的容水量，像海綿一樣的吸收水，於是大大的浮腫起來。在山邊上的泥炭場地，經過久雨之後，會起過份的膨脹，使泥炭爆開，就流下山來像一條土壤的河，有時造成大的災害。今日在多數泥炭場地上，掘溝排水，不致有這種汎濫的危險發生。乾泥炭常常用在馬廐中鋪地，就因爲它有吸濕

氣的能力。

在泥炭和泥炭性土壤中，不多幾種植物可以在其間生長的，一半是因爲酸性，一半是因爲很容易浸水；所以作爲農耕的田是毫無用處的，除非經過特別的處理。最好的方法改善酸性土壤使合於耕種，是加些石灰在上面，和酸質化合，使它中和。所以石灰對於農夫有二種功用：一使重粘土土壤變輕鬆些，一使酸性土壤中和或變鹼性。

我們對於土壤已經知道了許多——怎樣的從岩石化成；怎樣的由空氣隙，水膜，和黑腐植質所包的固體質點等所構成；爲什麼泥炭和別的土壤有這樣的不同。

但是我們對於土壤中植物的食物尙知道得很少。當然對於農產物的生長是和水，空氣一樣的重要，一定要在後面細細的講明。

## 第五章

# 農事

植物的食物——糞肥和肥料——氮與農事——土壤，植物生命和風景

### 植物的食物

綠色植物由葉在空氣中取得食物的一部分，其餘的則自根上從泥土中得到的。這是動植物根本不同的地方，在今日已成爲人人所知的事實，無足爲奇了。但是這亦經過二百年的科學實驗，才能看定這些事實。

人和一切普通動物都是由口中進食物的，要像植物那樣兩端都是進食的，好像不很自然。希臘科學家像亞里士多德尙以爲植物都是從根上攝取食物的。

對於這問題的最初一個實驗是在十七世紀初年。比國一個醫生名叫海爾蒙脫 (Jan van Helmont) 曾用仔細稱量的方法，證明植物生長的時候，固體部分(從乾的重量所得)所增加的量要比泥土所失去的乾重量多些。約在一百年後，英國一個教士名叫海耳士 (Stephen Hales) 確然證明植物是從空氣



中吸取一些東西；我們現在知道這東西是二氧化碳中的碳質了。

所以農人不必費心問碳質從何而來，祇須知道植物見到光和空氣就能儘量得到它們所需要的碳質，因為空氣中二氧化碳的量常是不變的。植物亦從空氣中得到呼吸所需的氧，除了綠色部分用以吸取二氧化碳以外，甚至根和根鬚亦像葉一樣，必須和氧接觸的。因此農人必須要注意到泥土適當的虛鬆透氣，否則根不會長，並且不做所應做的工作了。但是農人亦不必費心到供給額外的氧氣上面，因為空氣中的氧很夠應用，不怕缺少。他祇須注意到泥土不浸水，或是堅結得不透氣就好了。

至於植物所需要的別種東西，情形就不同了。這些一定是要從根上吸起，取水和溶解在水中的鹽類的形式。它們的存量亦各處不同；有些地方竟少到不夠使植物長得茂盛，或竟至不長。植物需要鹽類和需要水是一樣的情形。對於泥土中的水，我們已經講過，讓我們記牢，根若要會吸收鹽類，我們必須先使鹽溶解在泥土的水層中才好。

最準確的方法求得植物從泥土中得到的是些什麼，是用所謂水中培養法，就是植物的根不是放在泥土中生長，而是放在水中，預先加有一定物質在內的。

植物體素的化學分析證明植物含碳，氧，氫，氮等質，此外尚含少量的磷，鈣，鐵，硫，鎂，鉀，鈉和氯。我們知道植物從空

氣和水中得到碳,氧,氮三質。我們做成一種溶液含有上述各種元素,但祇缺少其中的一種,看有什麼變化。

開始用一種溶液,照下列的成分配合,作為基本,每1000 c.c.水中加:

- 1克硝酸鉀( $KNO_3$ ), 供給鉀和氮
- $\frac{1}{2}$ 克氯化鈉( $NaCl$ ), 供給鈉和氯
- $\frac{1}{2}$ 克硫酸鈣( $CaSO_4$ ), 供給鈣和硫
- $\frac{1}{2}$ 克硫酸鎂( $MgSO_4$ ), 供給鎂和硫
- $\frac{1}{2}$ 克磷酸氫鈣 $CaH_4(PO_4)_2$ 供給鈣和磷

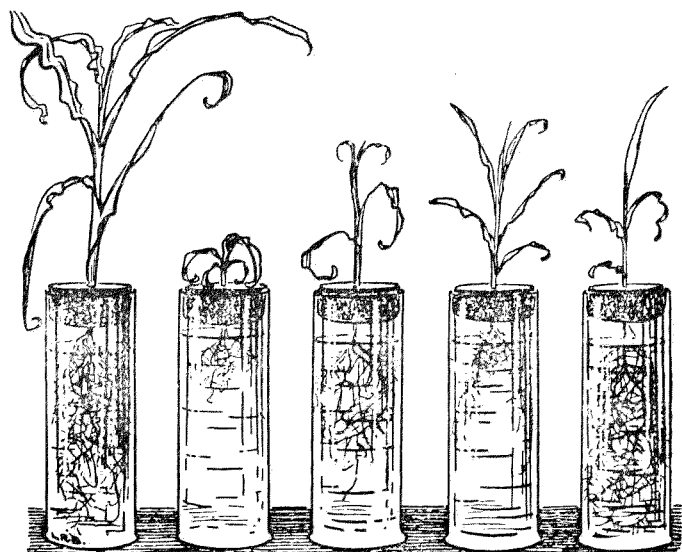


圖97 用水栽法培養的五瓶玉蜀黍。自左至右,1.正常生長所需的元素都有;2.無氮;3.無鈣;4.無磷;5.無鉀。

略加氯化高鐵( $\text{FeCl}_3$ ),供給鐵和氮

取玻璃瓶若干個,最好用褐色皮紙圍住,使根不受到強光。一瓶盛着上面所說的溶液。第二瓶減去硝酸鉀,用磷酸鉀替代,使溶液中缺氮。第三瓶減去磷酸鈣用硝酸鈣替代,使溶液中少磷。照這樣的辦法,依次缺鉀,缺鈉,缺氯,缺鎂,缺硫,缺鐵,在瓶上一一注明(圖97)。

照這種方法,我們就知道氯和鈉不是必需的,其餘的元素對於適宜的生長都是不可少的,並且所缺的元素又各有不同的影響。

這種實驗很是有趣,不過要費時間和勞力很多。在實用上我們所要知道的是泥土中所缺乏的短少的是些什麼東西。差不多一切田土(雖不是一切畜牧地)都有足夠的硫,鎂和鐵在內,所以我們要注意到的元素是氮,鉀,磷,鈣四種。最合實際的方法,以測驗這些元素的影響,是將植物培養在純沙之類的瘠土中間,再加上不同的各種礦質肥料的配合品,或人造肥料。這些肥料已在市面上出售,說是可以改良荒地的。

在說明這種實驗之前,讓我們先來討論肥料。

## 糞肥和肥料

農人和園丁對於土地施肥是增加泥土的肥性。糞肥的英文是manure,係從法文 manoeuvre 一字而來,意思是手工,即是耕田。我們已經解釋明白,泥土經耕種後怎樣增加肥性

了。從經驗上得知，將各種天然物質加入泥土，可以助進收穫。這些就是天然的肥料。最普通的農場肥料，大都是動物的糞穢和植物的遺體如稻草之類。沿海地方即常用腐爛的海草，有時用骨粉，毛棉織廠的廢料，魚肉的廢料，鳥糞（即海鳥或蝙蝠所遺的堆積物）以及乾血都是使用的。

人們開始用科學方法研究植物生長之後，最先以為植物祇能從有機化合物中得到氮質；天然的是直接從腐植質（humus）得到的，所以若是使用肥料，亦必須用動物或植物的遺體。

直到十九世紀的中期，化學和植物生理學都有進步，加礦質施肥的見解才能正式的成立。用這樣的方法可以確然增進土壤的肥性，不能不歸功於德國大化學家里比許（Liebig）和英國實驗家勞司（Lawes）和吉爾勃脫（Gilbert）等人的發明。（這兩英國人的工作在1843年在洛塔司推特（Rothamsted）開始。至今這種工作還繼續不斷）。往昔的農人聽見說泥土中加礦石，要譏笑以為無效的。到了今日，大部分的施肥是用礦質肥料了。有些是來自天然的礦藏如智利硝，北斐洲燐石等等。但是大部分是化學工廠裏用人工造成的了。

我們現在要回頭講到以前所說的一套試驗盆，在沙裏加入各種不同的鹽。在這種實驗中，我們就是做着農人每年對於田土大規模的實施的事情。

燕麥和芥草是做試驗用的好植物。在許多放着饑瘠的砂

土的盆中，播下這些植物的種子。最好先將沙洗清，除去一切取礦鹽形式存留在裏面的植物的滋養料。這樣所得的結果更是確定可靠。於是加入盆中各種配置的人工肥料，一個供給氮質，一個供給磷質，一個供給鉀質，——例如硝酸鈉，過磷酸鹽，硫酸鉀。在一盆中不加肥料，在一盆中三種都放。另在三盆中各放一種。我們還可以試驗加任何二種的配合，看有什麼效應。



圖98 瑞典蕪菁的產量：左，從肥的土壤，不加肥料；中，從鄰近的地，每畝加了十噸的農場肥料；右，相同的一塊地，除加等量的農場肥料之外，又加了一千磅的化學肥料，含氮，磷，鉀，鎂，等質。

結果在不加肥料的盆中，種子長出的苗最不發達。在三種肥料都有的盆中，自然長得最好。所用元素的各別效應要算氮質最大。沒有氮質，植物在用盡了種子中所儲藏的食物之後，就不能再繼續生長。

照這樣的實驗，可以用各種不同的植物，不同的土壤，不同量的各種礦質，在整個的一季中進行的。若在試驗農場上做，就不必用盆而用一小方一小方的地了。從這種試驗得到許多有趣的結果。譬如我們發見過量的氮質可使植物長得格外

茂盛，有深綠色的葉，但是延緩了成熟的時間。（就像第155頁已經講過的，水分充足亦有同樣的影響）。氮質短少，就成矮小有黃葉的植物。過量的磷質常使早熟，並且使在幼苗時的根發達得多。鉀質幫助保護植物不病，但是氮質過多，鉀質過少，常使植物更容易染病。

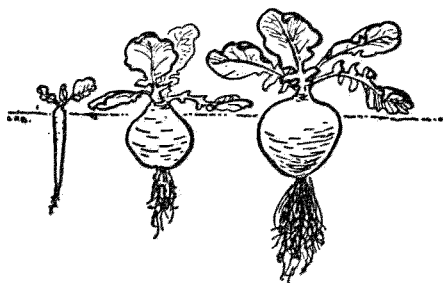


圖99 從相鄰的地上所產的三個蕪菁。左，不施肥；中，施肥含磷鉀而不含氮；右，施肥含氮磷鉀三種。

磷質的大用處之一是促進良好牧場的

發達。一片荒野的草地長些粗草的，可以用含磷質的肥料，常使變成一片豐饒的牧場，生長很多的紫雲英(金花菜)和細草。

至於土壤，多數的粘土以磷質為適宜，多數的砂土以鉀質為適宜。但是每種土壤需要分別檢驗分析，並且不同的農產品亦是各有所需要。例如綠色菜蔬和根莖植物像青菜和蕪菁之類，農家最希望在開花結實之前，得到豐富的收穫，就可使之受用很多的氮質。至於植物的有價值部分是在子實，如麥或豆，多受了氮質就延緩開花結實的時期到太久了。即此可見對於土壤化學和植物生長的科學知識，逐漸發達，有幫助農人的益處了。

若要得到最好的實益，必須要對於氮，磷，鉀的量配得適當。例如若干硝酸鹽單獨使用，和配磷酸鹽同用，就有絕不相同的效應。適當的比例亦跟着氣候和土壤種類而變的。祇有在許多不同的地位，經過多年的長期實驗，才可以做實施的南鍼。

再有一點須要知道的，就是用了肥料所能得到的額外收穫，不見得隨所加的肥料量，照比例的增加起來。當我們達到了植物所能滋長和出產的極限，再加上等量的肥料，亦不見大的功效了。農人下了本，所得的利就此愈變愈輕，所以在實行方面，所加肥料的量要看怎樣是利益最大而定。不但考慮到出產的量，並且估算對於肥料所下的成本和出產品的價格。

關於土壤的化學尚有一件事情是重要的，就是土壤對於動物的影響。動物像牛羊是吃草的，草是從土壤中吸取礦質食物的。所以牛羊終究亦是從土壤中得到所需要的礦質；若是在土壤中短少了某種礦質，農夫必須要設法補足，否則牲畜就不會照常發育，甚至生病或則死亡。野獸每每走到很遠的地方去舐鹽，或是現成的石鹽，或是富有礦質鹽類的土壤（圖100）。但是家畜的牛羊決不能這樣的。

主要的礦物元素對於放牧的動物有短絀的可能性的，是磷，鐵，和鈣。在東斐洲有些地方缺少鐵質，所以在那裏的牛羊常會整羣的生病。在西蘇格蘭許多荒野的牧地很缺石灰，所以缺鈣質。假使農人要在這地上種植，應當要知道非在土壤中加入石灰不可。但是因為草在這上面一樣的長出，所以他們亦

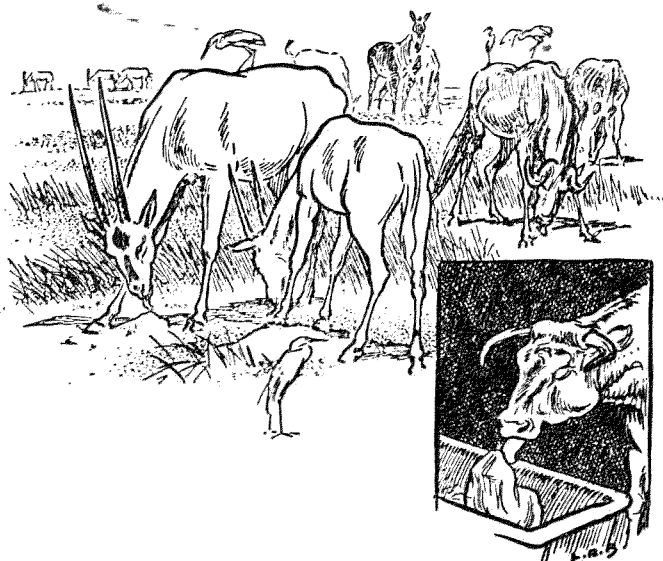


圖100 動物需要多種礦鹽可以保健。非洲的羚羊在地上舐鹽。插圖，家畜的牛須取鹽塊使舐。

不會放在心上。土壤中原有的一些石灰逐漸的被羊吸取了，大部到它們的骨裏，不再回到地上來。終究有一天真正的成鈣荒了。於是羊亦不很發育了。等到發見這是由於草中短絀鈣質的緣故，趕快在土壤中加入石灰，果然羊就長得又大又快，並且不會生病了。

短絀磷質大概亦是很普通的困難。這又是骨裏需要的元素，若是沒有充分的磷質，骨就質地低劣，並且停止發育。

在牧場上要加肥料，確是和農田上一樣的重要。原理是相同的——農人從土壤中取出氮，磷，鈣，和別的元素，或在農產



品中，或在牲畜中。若是不補進，就有短少的結果。加硝酸鹽到牧場上可以使草長得格外茂盛，就可以使一畝地多養些牲畜。對於牧場施肥得適宜，還可以使羊牛減少許多疾病，或者可以養成現在所有的兩倍以上的牲畜（指大不列顛）。

我們上面所講的都是化學肥料，因為從這種肥料，我們容易分辨土壤肥性上所需的各種化學物質的效應。但是農場肥料（即天然肥料）亦是重要肥料之一種，我們一定要討論的。我們所說的肥料中三種最有價值的元素——氮，磷，鉀——在農場肥料中都有，不過分量少些——每噸祇有約二十磅而已。所以假使用農場肥料的目的是為供給這些東西的話，那就比較起用礦質肥料來，沒有多大的價值了。但是農場肥料還有別的重要效用咧。它含着許多植物遺體，在這些分解成為腐植土之後，它們可以幫助輕的土壤吸住水份。所以農場肥料對於乾沙地是很有價值的。葉泥同樣的在園地上很有價值——它增加植物滋養料，又幫助輕的土壤留住水份。

可是農場肥料又含幾種物質，對於粘土的作用亦和石灰有差不多的樣子。所以它可以使粘土的土壤容易種些，不很有浸水的結果。這樣它對於很輕和很重的土壤都能改良組織的！最後，它可以有些影響到土壤上的溫度。大家都知道肥料堆會有熱氣蒸騰的，這是因為腐爛時的慢燃燒所發的熱。到得肥料鋪在土壤上面時，起熱的效應仍是繼續發生，但是不足以有實際的效用，除非是所用的量很大，像有時施用在園地上的情

形。有這種原因，農場肥料到現在還是助農人增加土壤肥沃性的主要材料。但是我們知道要得到最好的結果，在大部分的地上需要用礦質肥料來加以補充才是。

## 氮 與 農 事

有一件很奇怪的事實我們一定要說一說。大多數植物種在純沙中單加磷質和鉀質而不加氮質，都不很發達。但是苜蓿偏不這樣，差不多可以和加了氮磷鉀三質一樣的好。我們知道苜蓿中間所含氮質不比麥或燕菁少些。所以它一定從旁的地方取得氮質的。假使它從土壤中得不到氮，那末一定是從空氣中得到的，因為空氣有五分之四是氮氣。實在的情形是這樣的。你若察看一個苜蓿的根，你就看見根上面有許多很奇怪的小節或塊。在這些節裏是充滿了一種特別的細菌，能在所寄生的植物上面利用天然的氮氣，造成蛋白質。但是綠色植物本身只能取用鹽類如硝酸鹽中的氮質。這些細菌可以固定空氣中的氮氣。

細菌和苜蓿好像是相依為命的。苜蓿像一切綠色植物是很能造成碳水化合物如糖澱粉；細菌是很能造成含氮的物質，各取所餘來補其他的不足。這就是為什麼苜蓿會生長在缺少氮質或竟沒有氮質的土壤中的理由。

這些小節和定氮的細菌是發見在多數豆科植物上的——就是說，豆一類的植物如苜蓿，大巢菜(Vetches)，豌豆，大豆，

羽扇豆(lupine)或紫花苜蓿(lucerne 或 alfalfa)。

播種豆科植物常能有效的恢復地土的活性，至少已經知道了二千年之久，但是真正的理由還祇是近五十年來才發見



圖101 幾種豆科植物有「固定」氮氣的能力，自左至右，豌豆，菜豆，白苜蓿，腎形豆。

的。當然普通的種植物對於土壤中的氮質只有消耗。例如小麥或大麥的穀粒和稈莖都含不少的氮質，這都是植物從土壤中取出來的。過了幾時就沒有足夠的硝酸鹽來供種植物發長之用了。假使在那時苜蓿或羽扇豆經播種後耕鋤入土，它們自能從空氣中取出不少氮氣，化成氮質化合物，遺留在土壤中，供下年的穀種之用了。

這個方法現在有時還使用的。但是在礦質肥料價廉的時候，農人大都改用肥料，不必費整個一季，用豆科植物在他的地上儲積氮質了。

豆科植物有定氮的能力，是由於細菌的作用，這一種知識是現在在英國和歐洲的別處正都被應用來改進農業。有一種豆科植物叫紫花苜蓿(圖102)是一種好的秣料，尤其是在輕的土壤上，因為它有很奇的根系，可以鑽得很深，因此有防旱的能力。但是在有些區域裏它是不會生長的。後來發見這是因為那些地方的土壤中間沒有什麼適宜的定氮的細菌。現在，想出了一種方法，在播種以前，先將紫花苜蓿種籽混和了細菌的純種，這樣就可以有把握使籽配得充分的定氮伙伴而合作了。



圖102 紫花苜蓿。左，一單枝顯出豆類（似豌豆）的花。右，指示根深透入乾的土壤有好幾尺深。

現在我們可以回講到土壤。我們已經知道氮質取硝酸鹽的形式，在植物是必需的，並且用在肥料中加入土壤可以使多數農產品增進收穫。一方面在洛塔司推特所做的實驗證明麥

種在同一片地上，一年一年的不斷，將近有一百年，仍可以保持相同的收穫，和開始時一樣——很中等的收穫，每英畝不過十二噐(bushel)，但是常有同樣的平均數。從我們知道麥實和麥稈中的氮量，就能計算從1843至1914的七十二年中，麥自地中每英畝取出1200磅的氮質。但是在1914年用化學法分析土壤，在頂上的九英寸裏，每英畝含2570磅的氮質。因為雖是最豐盛的麥收，不會從每英畝取出多過一百磅的氮質，可見土壤中尚有充分的氮量儲積在裏面了。但是爲什麼收穫是這樣的小，要比加了硝酸鹽小得許多呢？

顯然的解答是，大部分的氮質是封鎖在一種化學的形式中，不能給農產物利用，祇能逐漸的變成硝酸鹽，放些出來。這是像資本和進款的關係。譬如一個人可以有一萬元的資本，但是受了一個遺囑上的條件，不許動用分毫。那末他所能用的祇是從投資在一種商業中所得的收入。從資本上得到的利息要看商業經營的情形而定——今年有六百元，上年或祇有三百元的收入。植物所不能動用資本氮是取腐植質或其他動植遺體的形式。在作爲所得可以動用之前，這些有機物質必先分裂，並且和氧化合。植物遺體中的碳質結果變爲二氧化碳，氫質變爲水，氮質變爲硝酸鹽。

土壤中有什麼東西做這轉變『資本』氮爲『所得』氮，就是變有機氮爲植物所可用的硝酸鹽的工作呢？說起來確也有些奇怪。這是由於某幾種細菌生在土壤質點周圍的水膜中之故。

## 土壤中的微生物

五十年前有人發見，假使土壤接觸了氯芳(chloroform)氣或消毒劑，或被熱到 $55^{\circ}\text{C}$ 以上，土壤中硝酸鹽的生成會暫時停止進行；假使熱到水的沸點以上一些，就會毫無作用了。

這就證實是和一種活的東西有關的。後來又能人工培養這種有關係的細菌，辦到可以找出它們實在做的工作。

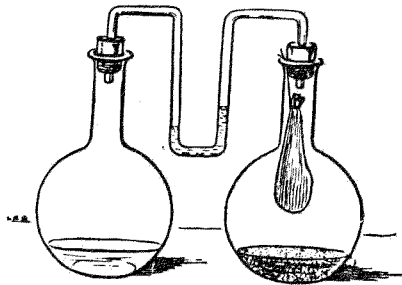


圖103 土壤含有活的東西。在一個玻璃瓶中。掛一袋泥。用一條玻璃管彎曲得可以在中部放些水，接連着兩個玻璃瓶。每個瓶中放些石灰水。隔了幾天有土壤的瓶中。石灰水變混濁，證明有  $\text{CO}_2$  發生出來，玻璃管中的水亦向這邊移動，證明有一些空氣已被用去了。

這個發明在農作的常法上幫助解釋了許多事情。例如我們早就知道將深的地下土層翻到地面上來，差不多不好種什麼東西，一定要經過長的時期才能變成沃土。這是一半由於中間儲藏着很少的有機氮質，一半由於不含什麼造硝酸鹽的細菌。

再是細菌是生物，要能活動，必須溫暖，溫度愈高，它們也工作得愈勤，但是溫度祇能高到一定的限度(約 $25-30^{\circ}\text{C}$ )。有時遇到春天乾燥的冷風，種在田裏的麥會變黃，而發育不良。

這大概是因爲蒸發作用，使田土變冷到造硝酸鹽的細菌差不多或竟不能活動了。（約在 $5^{\circ}\text{C}$ 以下，它們就完全不能工作，真是無所事事）。正在發長的麥用盡了所有的可用硝酸鹽，因爲缺乏氮質，就此變黃。這裏又可想到農家所稱做「溫土」的一種長處；在春天有高一些的溫度，不但可以促進農產生長得很快，並且可以供給多些硝酸鹽給植物利用了。

這些細菌亦如別的生物，需要氧和水。氧是從土壤中空氣隙得到的，水是從土壤質點中水膜得到的。所以我們所說關於土壤有空氣和水的需要，對於農產品的根是這樣，對於細菌亦是這樣，這是雙重的需要。但是田地上即使未種東西，亦依然需要空氣和水。因爲沒有氧或沒有水，細菌就不能進行工作，造成許多硝酸鹽儲積起來，供下屆穀種的利用了。

這就說明了爲什麼地田上雖是不種什麼，也常要耕耘的理由。在古時這是一種慣例。每隔多少年——常是隔兩年——田地就讓休息或『賦閒』着；在上面不種什麼東西，但是仍舊時時的照常耙耕。這樣使土壤碎裂，做到十分透氣，可以造成最好的情形，預備細菌做製造硝酸鹽的工作。

後來採用了根莖農產，如蕪菁，大頭菜之類，就改變這個制度。在中古時代，歐洲還不知道根莖植物的種法。直到十八世紀之末才普遍的播種了。這類植物預備做家畜的飼料，這是老的制度所沒有的。因爲有了這種飼料，所以農家可以多養許多牛羊過冬，不必在秋天要殺死大部分的牲口，用鹽做醃肉保

存起來，備作冬天的食品了。但是蕪菁的行列相隔很疏，所以農人仍可在植物生長時，就行列中間耕土；若是種麥或別的穀類就辦不到的了。這種改革在農業上實施，大都是英國柯培德 (William Cobbett) 一人之功。他在十九世紀的初年詳細調查過英國的農業。

假使你注目到種蕪菁的田地，你就知道在一年中和暖的時期裏，地是耕得很勤，很徹底的：這是鼓勵硝化細菌的工作，所以蕪菁雖是取去一部分硝酸鹽，但仍留下許多在土裏。實際上，每隔兩年種一次根莖植物，大部分的地土可以得到老法休息的好處，而同時又可以得到有用的收穫。

最近發見土壤除含有細菌外，尚有別的微小的『居民』。細

菌是植物，那些別的生物是動物，並且吞食細菌；大都是屬於稱做變形蟲或阿米巴的一種 (圖 104)。這是非常簡單的一種動物。一個變形蟲不過是小塊透明

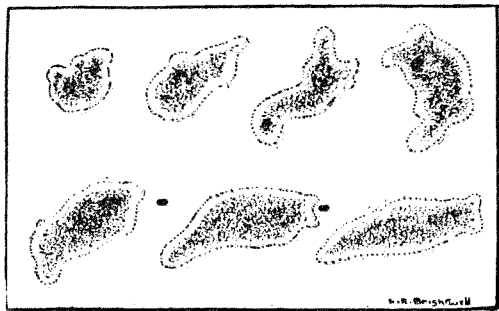


圖 104 從土壤中來的一個變形蟲，直徑約  $\frac{1}{1700}$  英寸，表示它形態的變化。在下一列可見它在吞食一個土壤細菌。

半似液體的物質，可伸出它的身體的一部分作為一種臨時的



足(偽足)，向任何方向行動。它沒有口腔，單是包圍所需的食物而已。此外再有別種微小的土壤動物，但是都屬於稱做原生動物的一類。這是單獨一個細胞或生命單體所成，至於一切普通動物是幾百萬個甚至於幾兆兆個細胞所成的。

土壤中這些生物的數目實在大得可驚。好的沃土，平均每克的乾土中要有約3700百萬個細菌，七十五萬以上個原生動物。當然它們都是很渺小的——約須28兆兆個細菌才有一盎司的重量！——不過雖是這樣，土壤中的生物，單是這種需用顯微鏡看得出的動植物，除出大的動物像蚯蚓之類或普通植物的根，在土壤的面層六英寸中，每英畝就會有約二噸半之重，約佔土壤重量的千分之四。

土壤若是在短時間被熱到將近水的沸點之後，它的沃性不久就會增加起來，這是因為產生硝酸鹽的力量增高了。這種增加的沃性至少可有一年之久。

這究竟是什麼理由呢？大約是因為全部或差不多全部的土壤原生動物給熱所毀滅，但是許多細菌，包藏在一層堅強的衣裏，變成有抵抗性的狀態，叫做芽胞 (Spore)。在這種情形中，它們會抵抗毀滅原生動物所施的強熱。等到情形再回復原狀的時候，又可以開始生長增殖了。土壤中原生動物和細菌的關係，有些像非洲的獅虎對於它們所捕食的動物如斑馬羚羊之類。你若將一個區域中的獅虎殺盡，那末斑馬羚羊就很快得多起來，要到有獅虎從別的區域中再來侵入為止。

有時情形會對於原生動物異常的有利，那時的細菌就被逼到寥寥無幾，因此很少硝酸鹽產生出來。這在花房肥沃土壤中就有時遇到這種情形：種花的人說這土壤是『有病』。在古時的辦法，就將這『病土』拋棄，另取新的土壤耕作施肥，使能合用為度。到了今日，我們明白了原生動物的性質，就得到另一個方法，祇要將病土加熱，既省力，又省錢，就可以恢復土壤的沃性了。

## 土壤植物生命和風景

我們對於土壤所說的事情，幫助我們明白許多關於鄉間



圖105 鄉景。農田是在疏洩的斜坡上，陰濕的谷地盡是蘆葦的牧地，暴露的山頂有樹木。

的事情。我們常見在山谷之底有草地，在山坡上有農田，每遇到這種樣子，大概常是因為斜坡疏洩得好，而谷底潮濕的緣故。草和蘆葦都能受得起土壤的潮濕，比穀種要好得多(圖105)。再是離海平面愈高的地方，種植的地就愈少，生草的就愈多。在英國海平 600 英尺以上，就不見種多少麥或根莖植物，到 800 英尺以上就很少了：再到高些，就少見些好的牧場，多見些粗的牧地和獵場。這是因為草比穀類植物要耐冷些，粗劣的草又比精細的草要更有抵抗性些。

在山頂常見有樹木，因為那種地方是冷而暴露無蔽，不值得耕種的。

當然土壤各有所宜。在這方面最有趣味去研究的是野生植

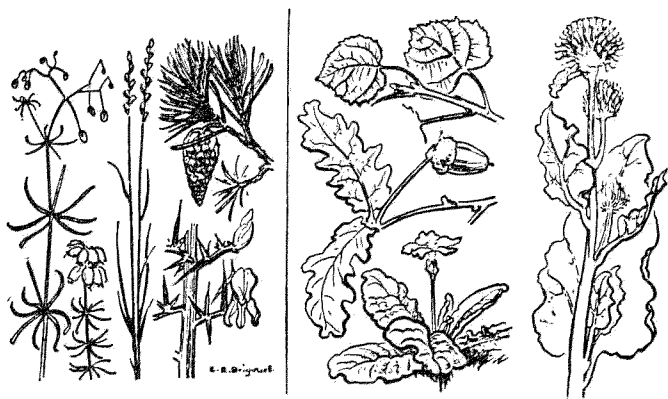


圖106 (左)乾燥的砂土所長的幾種植物有狹長的葉，大爪草，石楠，羊鞭草 (sheep's fescue)，松，檜柏。(右)潮濕的墟埤土壤所長的幾種植物有闊葉的白楊，槲樹，蓮馨花，牛蒡。

物。砂土常缺水而易遭旱，所以所長的植物一定要有特別的能力，使在內部經過的水流小得異常；否則就有枯萎而死的危險。在植物中經過的水從葉上蒸發到空氣中，所以長在沙土上適宜的植物，常有小的葉。你立刻就可想到松樹，石南 (heather) 金雀枝 (broom)。你若注意觀察，就會發見許多別的例子。在沙土的公地上不大見許多平常闊葉的樹。

至於在粘土裏，一般的常有很多的水，植物可以有大的水流，所以有大些的葉。試想羊蹄 (dock)，牛蒡 (burdock)，蓮



圖107 生在不含石灰的土壤中的幾種植物。金雀枝，毛地黄，山躑躅。

馨花 (Primrose)，款冬 (butter-bur)。在沙土上和粘土的土壤上所長的草，你很可以辨別得出葉的大小相差得多咧。

有些植物要土壤裏有石灰，而又有有些植物竟不能容受石

灰。你若見有毛地黃(foxgloves)或金雀枝野生的地方,或是有杜鵑花(azaleas)或山躑躅(rhododendrons)長生的花園或公園,你就知道那裏的土壤中沒有石灰了。

你若住在鄉間,將你家園周圍的區域,畫出土壤和植物的地圖是一件很有趣的事(圖108)。在一張圖上,你可以註明各

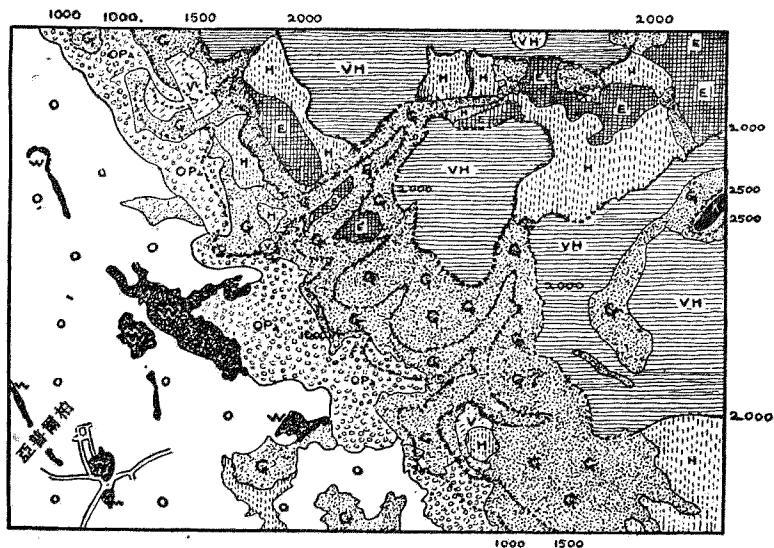


圖108 植物地圖。在亞普爾柏(Appleby)之東的地方包括彭富(Pennine)山的一部分。註出1000,1500,2000,2500英尺地形綫。W,林地。O,低農地有雀麥(oats)。OPa,牧地生長秣草用。G,天然草地。H,沼地,石南生長最多。VH,沼地有覆盆子(bilberry)和石南。V,最盛是覆盆子。E,高沼地有棉草。A,高平原有泥煤或矮小的高山植物,連許多苔蘚。

種土壤——沙,壩坳和粘土,以及乾燥,滋潤,潮濕的不同。看了地質圖就可以知道在面上是那一種岩石或堆積物:對於植

物生命特別重要的，是知道在什麼地方有含石灰的岩石像石灰岩和白堊之類。你可以在別一張圖上，填明農田，好牧場，粗草地，樹林，荒地像沼地，沙丘，沼澤等，各種的分佈。最後你可以對於特別幾種野生的植物造成地圖，例如松樹，石南，蓮香花，大爪草(spurry)，桔梗，羊蹄，白頭翁(anemone)等等。你就發見每一種各有它的一定的分佈，而從中你也明白不少種爲什麼是這樣分佈的道理。

現在我們可以對於先前所提出的，土壤是什麼這一個問題，得到解答了。土壤是一種很有特性的東西，從微小的質點，動植遺體所得的有機質，帶着溶解鹽質的水，空氣，和微生的細菌等混合起來的。這些都是能支持植物生長的土壤所必需的部分。礦物的質點是從地殼的岩石風化而來的。在風化的時候，岩石裂成碎片，愈分愈細，同時又起了化學的變化。要做成好的土壤，固體質必須有一定大小的限度；水不好太多，亦不好太少；空氣要充足；適宜的礦質的鹽類要豐富；溫度的上落必須在一定範圍以內，至少在一年中的一部分時期中間，不好過高亦不好過低；有機質必須有儲蓄量；適宜的土壤細菌要充足得可以變換這種儲積的資本成植物可用的所得，再要有別種細菌，可以從空氣中所儲積的氮氣資本得到新的收入。土壤是在大部分的地球陸地面上，天然所生成的，但是人力可以把它增加出來，並且用種種方法改良它的性質——如阻止它受侵蝕的損失呀，用力耕作使它碎裂和透氣呀，加入石灰和相

類的物質改變他的粘度和酸性呀，用糞肥供給額外的有機質和礦質鹽呀，促進適宜的細菌的滋生呀。土壤是和天然間的別的物质不同，研究土壤是獨成一種科學的。

## 第六章

# 發育與生命之流

動物的生命史——一隻雞發育的情形——發育動物如何受照顧——植物像動物一樣的發育——發育的方法——生命之流——細菌的生命

### 動物的生命史

我們的身體看來有些像機器。但是又和平常的機器相差得很多。一則因為身體會有感覺，思想，和計劃，所以比機器的作用還多些；單說思想，就非平常機器所有的了。二則它們產生的方法完全不同。普通機器是先從各部份都打樣再製造起，然後將各部份集合起來而造成。但是活的身體機器，一切動植物都同我們一樣，是在生長時自己造成的。

它起初是小的而結果是大的。它起初是簡單的而結果是複雜的。它的各部份不是各別做成後再集合成功，而是在開始時即在適當的地位生長起來的。它們並不是一生出來就做好東西，而是須漸漸生長成形。我們總括一句說，就是動植物能發育，而普通機器不能夠。母雞曾經一度是個雞卵；我們



的父母曾是嬰孩；最大的橡樹曾是一粒橡實。但是一個鐵路大機車在開頭就是一個機車。

我們試先看蛙的發育，這是非常便於學習的，尤其是在鄉村。若你住在城市中，亦可請鄉間朋友寄來幾個蛙卵，保存起來看有什麼變化。在夏末秋初的時候，有時可見幾百隻小蛙在近池沼的地上跳躍，它們差不多完全像長成的蛙，但是大約要兩年才能長足。在夏初的時候，在水中可以看見像小蛙的動物，有長的尾巴而沒有前腿。取幾個放在一隻盛水的盤中，將盤側轉，使一部份的盤底是乾的。過了些時之後，可以看見它們的前腿從皮膚中穿出，它們就爬出水來；它們的尾巴就開始萎縮，直到最後完全不見，它們已成一隻小蛙了。大部份的時間住在陸地上。無尾的青蛙就是從一個住在水中有長尾，而會游泳的動物發育出來的。

在這個時期叫做蝌蚪。在春天，一個長不及四分之一英寸的蝌蚪，從一個透明的膠質球體中孵出，這個球體只有半粒煮熟的西米那樣大小，而膠質是母蛙所生數百粒卵中一粒卵上的包衣。包衣會保護卵；因為它是非常柔韌而滑，所以即使被動物看見了，也難於取食其裏面的卵。有些卵像海盤車的卵一樣，生在海中時祇有一層薄膜包圍着。但是脊椎動物的卵大都是保護得很好的。有時它們有一個硬殼，如鳥卵；有時為似革的殼，如蜥蜴或蛇的卵；有時為角質的，如狗鮫(dog-fish)的卵；有時祇有一層膠質的包衣，如蛙或水蜥的卵。蛙卵本身是

在膠質包衣裏面的，是一個黑色的小圓球，直徑約二毫米，差不多像第五號槍珠一樣大小。所以蛙的發育有以下的幾個階段：第一，母蛙生卵。卵是絲毫不像一個蛙或任何長成的動物。但在第二期，卵雖是仍在它們的包衣中，但會變成爲一個能夠

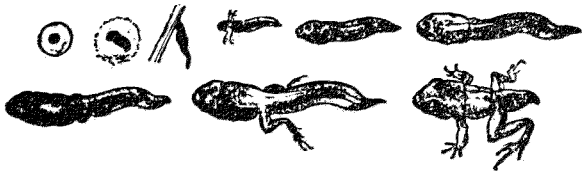


圖109 青蛙發育的情形。卵變成胚胎，再孵成蝌蚪。蝌蚪長出腿，最後尾巴萎縮，就到陸地上成一隻小蛙。

自謀生活的小動物，這小動物就是小蝌蚪。它從透明的卵衣中孵出，然後繼續生長，這是以前所不能的，因爲它在卵內的時候不能吃東西，只能利用儲藏在卵中像蛋黃一般的食物。當蝌蚪生長時的變化是很慢。起初它頭旁有羽毛似的鰓，但後來在上面長滿一個像魚鰓蓋的保護平片（觀圖109）。當它孵出時沒有腿，但過了些時候在適當的地方生出小芽來，慢慢長成兩隻腳，帶有指芽在上，然後就成正常的形式的腿。最後，到了蝌蚪有一英寸多長之後，它的身體的顏色和形狀才變成像一個蛙，它的前肢在鰓蓋的下面長出，它的尾巴和鰓開始萎縮，最後完全縮到身體裏面去了。這個小動物，就不再能在水底下呼吸，必須跑到陸地上來了。在陸地上它可以運用四肢並運用同時在身中長成的肺來呼吸。自此以後，它的發育差不多完全在生

長上；要兩三年的功夫才可使一隻小蛙變成一隻長成的蛙。然後它就能生卵，從新開始這生命的循環。到這期為止，發育是向上的，但向下的發展總究要發動的；青蛙即使逃過了仇敵，也要衰老而終於死亡的。

所以一個動物的發育像蛙一樣的，總是一部分向上和一部分向下。在向上部份有二種程序在進行工作。一種是生長，就是在發育的動物身中生活質的量的增加。又一種是叫做分化作用，就是在動物的各部份陸續有新的分別出現，所以它愈長愈複雜。在一個時候，分化作用是非常的快，在水中呼吸而游泳似魚的蝌蚪一變而為空中呼吸的跳躍的蛙，離水而登陸。這種澈底進行的變化，在高等動物的發育中是很普通的。我們以後就要看見蝴蝶又是一個例。發育的向下部份是身體機器漸漸衰敝，結果就有老年的現象，直至最後，總有原因使機器不再能工作，於是動物就死了。

## 一隻雛雞發育的情形

大多數高等動植物的發育都顯示相同的特點。讓我們先比較正在發育的蛙和雞。

一個鳥卵當然是比蛙卵大得多，而且受保護和照顧更好，所以鳥卵只須生幾個，而不須生幾百個。家禽在一年中可以生一兩百個卵，但這是全因它們受了人的處理之故。在自然界，它們生了八個或十個卵之後，就要伏下來孵的。當小雞孵出之

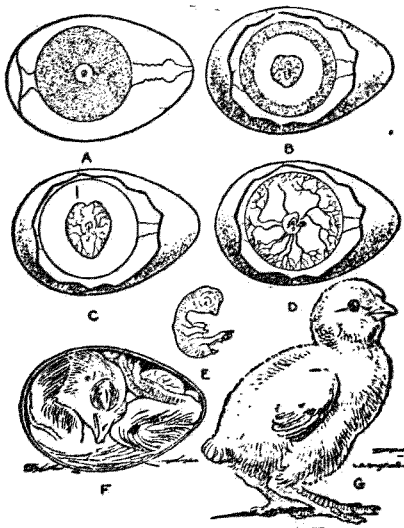


圖110 雞雞發育的情形。A. 孵伏十二小時後的雞卵。蛋黃(點子部份)有兩條韌帶掛在蛋白中。B. 孵後二十四小時，胚胎恰看得出。胚胎長得略大，血管已在上長出。C. 二天之後，頭眼都可見。D. 四天之後，卵胎正長出肢體來。E. 十天的胚胎，點子是羽毛的開始。F. 二十一天的胚胎，正要孵出來。喙上的圓塊是預備擊碎卵殼的，羽毛是完全濕的。G. 新孵出的雞雞，羽毛已乾。

後，母雞就要看顧它們，並不終年生卵。

雞卵有一個硬殼保護着。大多數的卵在殼中藏有食物，使在發育中的小雞能在孵出之前得食。這食物有二部份，白的蛋白（只在煮過後成白色；在生蛋中它是稀薄透明膠質）和黃的蛋黃。

蛋黃在母雞的卵巢中發育（卵巢指產卵的器官）。倘使母雞被殺而剖開，我們很容易看見在卵巢中有各種大小的蛋黃正在裏面生長。當這蛋黃長至相當大小時，就從卵巢裂出，經過一根管叫輸卵管下來而

生出(圖111)。當它沿這管經過時，在輸卵管的第一部份中的腺就沿這蛋黃的四周注出蛋白，而在較下面的部份的另一種

腺造成殼，殼是石灰質做的。有時雞所生的蛋殼很軟。這是因為它們沒有從食物中得到充分的石灰質之故。所以養雞人往往把打碎的牡蠣殼或別種含有石灰質的東西餵它們。有的鳥有第三種腺，在輸卵管中噴出有色物質射到殼上去；這就使卵發生紋記，常是很美麗的。

事實上，同樣的事亦在蛙中發生。蛙中有卵巢和輸卵管，活卵在卵巢中生長，成熟後就裂出來，經過輸卵管，在輸卵管中的腺噴出膠質，圍在它們的四周做成包衣。在一個剖開的母蛙中，把腸推在一邊，我們就可以看見卵巢和輸卵管了(圖112)。

照這樣看來，雞的真正的卵好像就是黃的部份。這確是事實。黃的部份是一個卵中間充滿了食物，我們稱做蛋黃，一直長到比蛙卵大一千多倍以上。普通人所稱的雞卵是蛋白，蛋殼和真卵的全體；但是通常所稱的蛋黃才是真卵，因為它大部份是由蛋黃質做成的。

雞卵的活的部份是一小塊在蛋黃頂上的透明東西。你若買一套雞卵放在一隻孵伏的母雞下面，或放在人工孵卵器內，

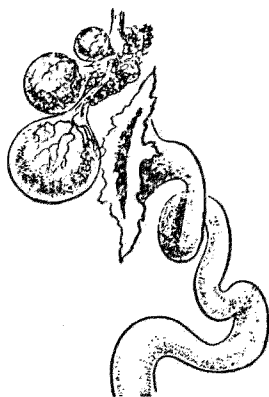


圖111 母雞的卵巢和輸卵管。蛋黃在卵巢中發育，長足後裂出卵巢，移到輸卵管的口上。蛋白和殼是當蛋黃經過輸卵管下行時加上的。

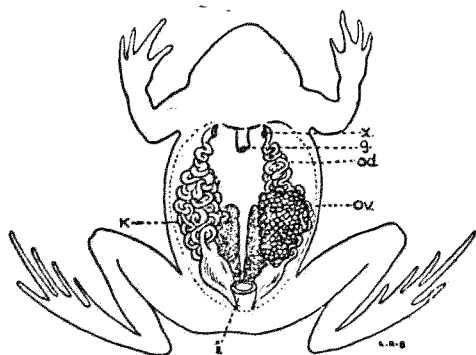


圖112 蛙的卵巢 (ov) 和輸卵管 (od), 在胃腸割去後所見。k. 腎。g. 喉管的截頭。i. 腸的截頭。x. 卵脫離卵巢後移入輸卵管的口。

任它們進行發育。若在不同的時期把卵剖開來看，你就可以知道裏面發生些什麼事情。最初間隔的時期要短，因為那時的變化很快。

在第一天中，在頂上的那一小塊活的東西生長得很

快，不久胚胎的開始就能很清楚地看見，如(圖113)所示。胚胎是一個正在發育的動物或植物，存在一個卵或一粒種子內，或在它的母體中，尚不能自己照顧自己或謀生活。大約在廿四

小時之後，小雞胚胎中所能看見的最主要部份是將來的腦子和脊髓，在這兩邊有將來要發展成肌肉的小方塊。幾小時之後。心臟可以很清楚的看見，並且開始跳動。同

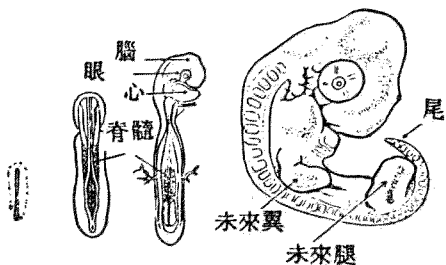


圖113 發育的雞放大形。左，胚胎的起始。次，二十四小時的胚胎。示脊髓和腦的起始。次，二天的胚胎。右 四天的胚胎。

時在胚胎周圍的活的東西在蛋黃上展開來像一長片。心把血液打入在這片內長出的血管中，血液從蛋黃中吸取已溶的食物而把它帶回去供給胚胎，胚胎亦正需要東西來供它生長。

經過二天的發育之後，如圖113中所見的，頭已彎轉，眼和耳的萌芽已可看見，身體亦是更長了。在第二和第三天之間，全身包在一個含液體的透明袋中。這好像是一個水墊子，可以防止胚胎受到損傷。約過三天之後，翅和腿的形跡可成小芽狀顯出，並且尾亦開始顯露，這胚胎仍是毫不像鳥。但它變大得很快；肢芽長出，且生出足趾；喙亦出現了；約再隔十天之後，羽毛亦開始可見了。在此以前，這片在胚胎外活的東西早已長滿在蛋黃的外面，並且遮滿了血管網，這些血管從蛋黃中將食物供給胚胎，並從空氣中將氧供給胚胎，空氣是穿過了有細孔的殼而漏進去的。

以後主要的變化祇是體量的變大。在蛋黃中餘下的部分終究給胚胎本體所長滿，且作為小雞啄出殼以後幾天的食物，在這時期中間，它尚在學習怎樣的自己尋食。

自始至孵出的全部發育共要二十一天(圖110)。在這中間分各時期來畫出雞的胚胎圖，並記出各種器官，如眼，心，肢芽，尾，羽毛，等等的出現日期，是一件很有趣的事。

小雞在孵出後尚要逐漸長大不少，但在幾個月之內它就長成，並且自己會開始生卵，於是向上發育又是生長和分化作用。動物一到孵出了卵殼，在生活方面有一個澈底的變化。在

以前，它是靠母雞爲它所儲藏的蛋黃和蛋白而生活的；它用體外在殼下面的薄膜上的血管來呼吸；它是浸在它的水墊裏的汁中，這好像是胚胎自己私有的池塘，那時它還是太柔弱經不起摩擦或碰撞的——倘使你細看一隻新孵出的小雞，你就看見它全身都是濕的。它在孵出之後，就像別的陸地上的動物一樣的呼吸和飲食了。

## 發育中的動物如何受照顧

在蛙和雞的發育上主要的分別，是雞在胚胎時期受保護較好，且備有更多的食物。因此它能保持胚胎的狀態到更大而更發育的地步，但還無須開始自己尋食，直到許久以後。甚至當它孵出以後數星期之內，它還受母雞撫育，要到它真能看顧自己爲止。但是青蛙不管它們的卵，蝌蚪亦從不知道有母。最後，因爲正在發育的家禽比正在發育的青蛙受更好的保護和照料，所以不需要產生這麼多，在它們長成以前死掉的，或被吃的是更少了。

爬蟲類如蛇，蜥蜴和龜鼈，是在蛙和鳥的中間；它們有大的卵，其中有大量的蛋黃和一個堅強的白殼，但差不多母爬蟲總不孵伏或竟不保護它們的卵，在小動物孵出之後，更不看顧它們。所以龜生的蛋數要比鳥多，但比蛙少些。

有些動物對於正在發育的小動物盡力得比蛙更少。例如，海盤車和海胆，多種的水母和海蝸牛，和海蚯蚓所生細小的卵



中差不多沒有蛋黃。這就是胚胎在發育時沒有什麼預貯的食物可吃，所以只得儘早的孵出來趕快自尋食物。例如海盤車的卵在廿四小時之後孵成纖小的動物，看起來一點也不像長成的海盤車，但是能用纖毛游動在海面上，取極微的植物作為食物——大都為矽藻 (diatoms)。別的動物生這種卵的亦發生同樣的實情。

這種纖小的動物是完全沒有保護的，並且它們大多數是被小蝦和小魚所食。所以倘使要發育為長成的海盤車，蝸牛和蚯蚓，一定要有極大的數目。事實上，每一個普通的雌海胆每年要生五百萬個卵——差不多和上海的人口一樣多——還有特種的雌海盤車，每個每次要生四千萬個卵咧！雖是如此，但海胆和海盤車並不一一年一年的增多；所以在這幾百萬發育的動物中，只有極少數能逃過它們早年所遇的危險而長大的。

正如有些動物對於它們的幼生比蛙盡力得更少，所以亦有別的動物對它們比雞盡力得更多。這種動物叫哺乳動物，包括兔，貓，馬，以及人類。這些動物是不生卵的；母親自己替胚胎做了一切事。胚胎不是在一個被保護的殼中發育，而是在母親的身體中受着保護。母親並不以預備着的整塊食料供給胚胎，像雞卵這樣，而是經它自己的食物中逐天用它血中所能溶解的食料來餵養胚胎。

當胚胎長得夠大，它就生出來。那時這母的哺乳動物仍繼續餵它。有些鳥，如畫眉，和別的鳴鳥亦是這樣的，但它們是捕

捉昆蟲和蠕蟲來餵幼生的。而哺乳動物則用它們自己身中做成的一種特別滋養物，即乳，來餵它們的小孩。等到小的長得大了，母親才停止餵乳，它們只好吃普通的食物了。

很有趣的，有些動物是在哺乳類和爬蟲類中間的。有鴨嘴的鴨鰪(platypus, 圖114)，是最著名的一種。它用乳餵它的幼生，像別的哺乳類一樣，但它又產生有蛋白，有殼，又有大蛋黃的卵，像龜或蛇一樣。

還有些動物是在鴨鰪和哺乳類(如我們所熟知的狗或猴)

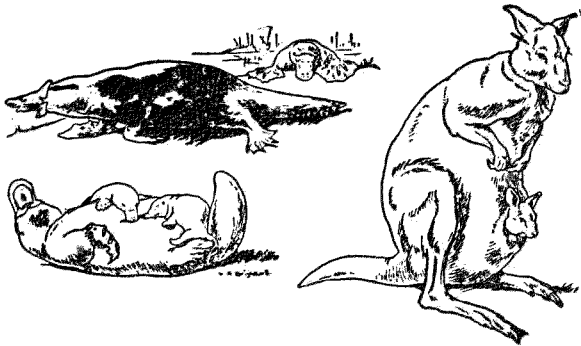


圖114 動物撫育幼生的情形。鴨鰪生卵，但亦餵乳，乳是噴在一塊光皮上像一個小碟。袋鼠帶幼鼠在皮袋中。

之間的。這是有袋的哺乳動物，如袋鼠(圖114)和美國的鼯(opossum)。這些動物對於胚胎在母體中受營養的佈置是不十分完備的，小動物在很短時期之後就生出來了。例如，一隻新生的袋鼠只有一英吋長。但是母親有一個特別的袋，像一個皮囊在它的身上，小孩在這裏面住了一個很長的時間，同時吃

它母親的乳。

有些鳥，如營塚鳥 (brush-turkey)，幼鳥在孵出之後就得自己看顧自己。但是一切哺乳動物，甚至於鴨鵝，母親總是看顧小孩的。有許多哺乳動物，父親亦幫助看顧幼生（有許多鳥亦是如此），所以家庭在一起長大。遇到這種情形，父母有時教它們小孩怎樣尋覓它們的食物和躲避它們的仇敵。大多數的鳥和哺乳動物的幼生，在幾星期或幾個月之內就預備離開它們的父母而自謀生活，雖是有些動物留得更長，像象，和無尾猿如黑猩猩。但人類的小孩受照顧和教養的時間最長。因此他們保護得更好，而在生長時期中死亡更少。所以海盤車要生幾百萬個卵，蛙要生幾千個卵，鳥要生一或二窠卵；差不多所有的哺乳動物在它們的一生中至少要生十或二十個孩子，而在人類的一家中小孩的平均數目只有三個或四個，但已足夠保持人種的數量了。

所以我們知道一切動物都一樣的要發育，但在它們發育之中有些比別的受照顧得更好些；它們愈是受照顧得好，就愈學得多，並且它們在要自謀生活以前更使自己能適應於長成的生活環境。

## 植物像動物一樣的發育

我們只講過動物，但植物是怎樣的呢？它們是否用同樣的方式發育？這是自己很容易研究的。拿幾粒種子——豆或玉蜀

黍——浸在水中一天，再種在一個木箱中的濕泥或鋸屑中。倘使你要看它們的根的生長，取一個大的果醬瓶，用吸墨水紙做一個空圓筒放在裏面剛好到頂，再在瓶中裝滿鋸屑。將種子放在吸墨水紙和玻璃中間的狹的地位，再將鋸屑濕透，你就可以

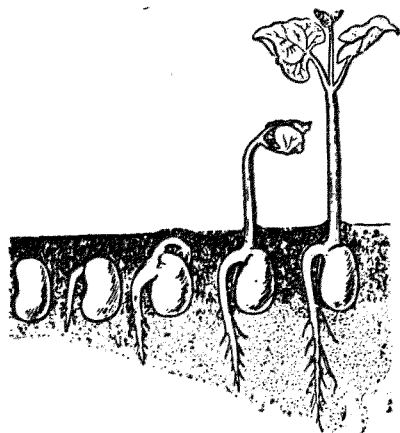


圖115 種子是怎样發育的。一個豆子種在土壤長出根來，再長出芽來，根再分枝長得深些，芽則衝上至空氣中，在莖上生出葉來。

隔玻璃看所發生的事，不必連根把植物拔起了。倘使你用的是豆，你看見它們浸水後脹大了許多，這是因為它們真的吸取了大量的水。

大約在種了一天光景之後，豆的外衣裂開，並且有一個小而尖的白東西在裂縫處出來（圖115）。這是根的開始。它彎下去漸漸向下生長。

不久有小的毛在它的尖端出現，這是吸收食料的根鬚；不久以後又有邊枝從主根長出。到得根向下長好以後，葉和莖從種衣內的罅隙中刺出。莖向上長，在幾天以內，葉子（有二瓣）就展開得很好，並且變成綠色，所以它們能從空氣和日光中，替植物製造食物了——糖和澱粉。莖和根繼續生長，新的枝根和新的葉子都發芽而出。在幾星期或幾個月之後，植物就足夠的成

熟會開花和結子了。

可是，植物這部分的發展祇相當於母雞孵出小雞後的發展。在這以前發生些什麼呢？你若在浸豆和種豆以前看一粒豆，你就可以得到一個回答。在種子外面圍有一層堅韌的衣。你能很容易的將衣剝去，發見剩下的大部分是二個多肉似的白色半片。倘使你把它們輕輕分開，你就看見它們之間一個細柄連到一個小東西上。這就是胚胎植物。

它在一端有一個小型的根，在另一端有一個小型的莖和二個小葉子(圖116)。這些都是白的，因為它們是在黑暗中；牠們只在發芽之後才變綠。一到衣裂開，根和莖就等着長出。但這二個多肉的半片是什麼東西呢？它們亦是真的葉子，不過是充滿的藏着各種食料。事實上，它們對於幼植物的作用等於蛋黃對於雞的胚胎——供養到能自謀生活為止。幼植物長

了些時以後，這些籽葉，我們不妨就這樣叫它們，完全萎縮了，因為藏在裏面的食物已被吸出。倘使你很當心的把它們從一個很小的幼苗上割下，這植物就會死亡，因為它沒有了食物的緣故。(籽葉不必定常是充滿了貯藏的食物。在有的植物中，它們是綠的，且能造出食物，但是它們看起來總是和普通的葉子不同。) 所以豆種有一層衣包圍着將要生出來的小植物。幼植

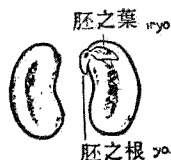


圖116 種子包含幼植物。一個豆子裂分的樣子，是二片多肉的半瓣所合成，裏面含有食料；在它們中間是胚胎植物。

物的最先二片葉子是用作貯藏食物的，不是造出食物的。

倘使你要更倒溯豆的發展，你必須一看綠色未變的豆莢

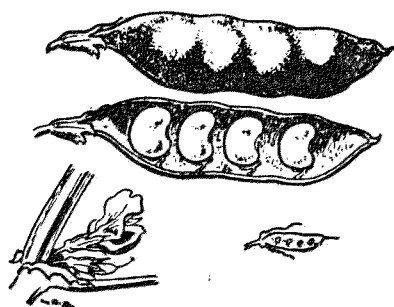


圖117 種子和果實的發育。一個豆莢含有種子接連在莢壁上。莢是從豆花的子房長出來的，而種子是從子房中的胚珠長出來的。

裏面(圖117)。你可看見一排部分發展的豆，每一粒由一小柄和莢壁相連。它們用這柄從母植物中吸取食料，所以能生長。

莢本身曾為花的底部——就是植物家所稱的子房。它的裏面有許多小的綠色物，叫做胚珠。你若細看許多大小不同的莢，就

很容易明白，種子是由胚珠漸漸發展而成，這就是我們所稱的豆。當未來的莢還是子房的時候，胚珠中沒有胚胎植物的痕跡。種子發育時，胚胎植物就漸漸形成，就像雞卵發育，雞的胚胎在蛋黃面上形成一樣。所以這裏又有生長，又有分化作用，又有一個生活的澈底變化，從被動的胚胎到活動的幼植物。

這種發育和蛙或雞的發育有一點不同，即是當豆種子完全形成，從莢中落出後，它能長時間的不再發育，倘使它是保存得很乾的。它是在休息或休止狀態，活雖是活的，但比一隻蟄伏的猬還不活些。這對於我們是很有用的，因為我們能把豆藏起來，直到需要它們的時候才播種。但這對於豆科植物亦是

很有用的，因為種子能在不適宜的情形之下度過一個長的時間，且它們到了適宜的情形就能發芽。有的種子能活好幾年。傳說「木乃伊麥」(Mummy Wheat)——和幾千年以前死去的埃及人埋在一起的麥種子——種下之後，還能發芽。不過這是不確的。沒有麥粒在廿多年之後還會發芽的。在那古墓中所尋着的種子或者是偶然帶進去的，或是埃及人欺詐遊客，將普通的麥賣給他們騙錢，假裝說這是從一個古墓中取出來的。

大多數的種子是這樣發育的。不過不是一切植物在它們的發育中有休止期，亦不是一切動物都沒有一個休止期。例如海草沒有種子，而只有小的卵；且它們多數沒有休息期。蝴蝶和蛾是動物，但是他們確有一種休息期的情形。

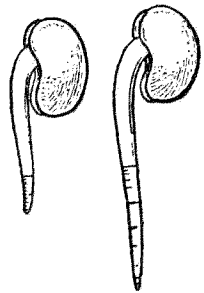


圖118 豆苗的根主要在近尖端生長。

研究幼小植物的生長是一件很有趣的事。取一個約有一英寸長的根的豆苗，用一枝好的筆和黑墨在根上記上相等的分隔，如圖118所示。一二毫米的分隔是便利的；用一支尺放在根的旁邊，你就能正確的分記出來。

再將這苗掛在一個封閉的果醬瓶中，遮蓋起來不使見陽光，在底裏放着水以保持空氣濕潤。一天二天之後再看這個根。你當然看出它是生長了；但你亦看出記號已不是相等的距

離，這就是說有些部分比別些生長得快。事實上，生長得最快的部分是剛在根尖的後面。

用另一個苗，你對於莖亦可做同樣的試驗。你能看見同樣的結果，只是生長的主要地方是離頂尖更遠，而且比在根部更是散開。

對於更大的植物，我們亦可研究生長。簡單的方法是用一

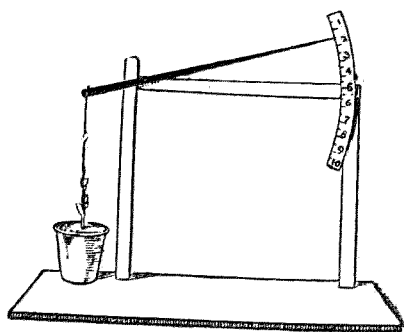


圖119 測量植物的生長。

個『生長槓桿』如圖 119 中所示，這是你自己可以做的。這槓桿是一根長而輕的木條，能在近一端的一個釘上轉動。槓桿的長臂應比短臂稍重一些，並且在尖端的對面要放一個木製標度尺。在短臂的一端上結

一根棉線。再取一盆植物，放一些棉絮圍在莖的近頂端處，再把棉線的另一頭結緊在棉絮上。當植物生長時，槓桿的長臂就落下。倘使你量槓桿兩臂的長短，你就能計算莖長出長短的數目，這是和槓桿尖頭在標尺上落下的單位相當，所以每天注意槓桿所指的地位，就可做成一個植物生長的正確記錄。

## 其他發育的方法



蝴蝶或蛾的發育是很有趣的(圖120)。母昆蟲生下許多小卵,這種卵在擴大鏡下看起來常是很美麗的。在卵中孵出小的蚯蚓狀的動物,毛蟲,立刻開始貪吃東西,並且生長得很快。最後它們失去胃口,變成懶惰,蛻落它們的皮,而變成一個完全兩樣的東西叫做蛹。蛹不能吃,不能看,又不能行動。它被關在一個略硬的殼中,很安靜的留在裏面,在有種蝴蝶和蛹只留約一個星期,別的是要經過冬季的。最後,這硬皮裂開了,完整的昆蟲就爬出。它的翼起初是很小的,但是等到有血流入,它們

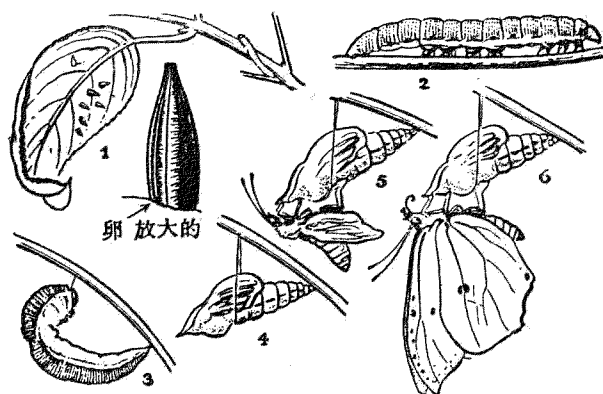


圖120 昆蟲是怎樣發育的。蝴蝶的生命史:(1)卵,(2)毛蟲,(3)毛蟲將要變蛹,(4)蛹掛在一根絲上,(5)蝶剛從蛹中鑽出,(6)雙翼已乾而張開的蝶。

立刻在空氣中展開變硬,於是這動物就能飛了。

這種發育,在好多方面是有趣的。卵中先起分化作用。一個細小的胚胎就此形成(甚至用了一個顯微鏡亦難研究),就

孵出成毛蟲。但是毛蟲祇會生長，不會分化。除了大小之外，當它從卵中孵出和完全長成時，形狀上實在是一樣的。至於蛹呢，並不生長，但是在它的殼中起很多的分化作用，所以鑽出來的有翅的昆蟲和進去時爬行的蠕蟲是完全不同的。所以蝴蝶的發育表示不但在發育過程中動物和植物一樣有一個休止的時期，並且生長和分化作用，雖在發育中，都是需要的，但可以完全各別的發生。

我們只說過從種子或卵的發育。但是任何人曾在園圃和園藝中做過什麼事的，就知道這不是發育的唯一種類。有許多植物是最好不從種子生長，而是從接枝或插木生長。取一小片莖，種在泥中，從它的底端長出根來，從它的頂端長出新葉子

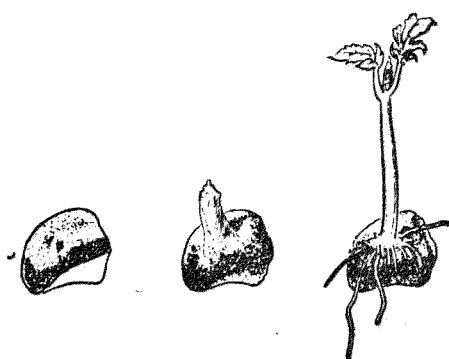


圖121 左，一片馬鈴薯上有薯『眼』。當種入土壤後，隔了幾天，一個芽從眼裏長出(中)。後來一面滋長，一面生出根來(右)。幼植物是靠這片馬鈴薯中所儲藏的食物而生的。

來，漸漸就發育成一個長大的植物。一個普通的例子就是馬鈴薯植物。我們普通吃的馬鈴薯是一個地下莖，脹滿了澱粉和別的营养物，好像是貯藏食物的庫房。人家所稱的薯『眼』，實是小薯。要種植新

的馬鈴薯植物，把馬鈴薯切成小片，每一片上有一個『眼』在上面，而後把它們種在地下。『眼』就開始發育；消耗這片馬鈴薯中所貯藏的食物來生長，不久發芽，變成幼植物(圖121)。

別的植物最好是用所謂接枝法來繁殖。例如玫瑰，把上面有芽的一小枝莖嵌入於一個長成的玫瑰莖上的切口內；這種接枝法叫做芽接法 (bud-grafting)。這棵發長的植物叫本幹，接在上面的小片叫接枝或嫩枝。差不多各種栽培的蘋果和梨樹都是接在本幹上的。對於這些果樹，常常把整個的莖割下作為接枝。把它配合在發長的莖的割端上，再把這兩者緊縛在一起。無論是那一種接法，都會兩片接合在一起，接枝受到本幹的根所營養，就發芽長葉，開花結果了。

還有很有趣的事，不同種的植物能接枝在一起——例如一株美麗的園玫瑰接到一棵野生荊棘上。在這樣的情形下，接枝會保持它的特性——園玫瑰的花並不因為長在荊棘上而變小或變劣，一種好吃的蘋果亦不會因為長在野蘋果的莖上而變酸。這是遺傳力的一個很好的例。

植物能這樣的生長，這一個事實是很有用的。例如有些栽培的果實，所留的種子是不會發育的。大多的香蕉就是這樣；有些果實如無核橘子，根本沒有種子的。還有一切的美麗的『重瓣』花，它們有額外的花瓣，以代替雄蕊。當然，他們既沒有雄蕊，就沒有花粉去使胚珠受精，於是永遠不能生成種子。別種植物，如多數的栽培的蘋果和梨樹，會生出『不肖子』來；倘

使它們的種子被播，許多或竟全數都不會長得像本種一樣，反而發育成劣種。理由是很複雜的，有關於遺傳科學，我們不必在這裏多講。像這一類的情形，我們若要重殖特種的植物，就

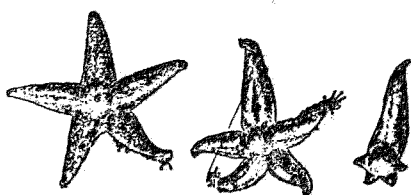


圖122 海盤車的一個斷腕，帶着一些身體，長成整個的新海盤車。

只能取用接枝法或插木法才得達到目的。

甚至在動物中，同樣的情形亦會發生。我們解釋海盤車（圖122）如何能生新的臂，甚至新身體的部份；有許多

動物能被切成數段，而每一段仍能發育而成完全的動物。像各種小而紅的淡水蠕蟲，在滯水溝中找到的小的扁蠕蟲，以及水

螞 (hydra)，有些像渺小的海白頭翁，只是薄得多，自己停留在淡水植物的莖葉上面。你若有意，你可以

對這些動物做些試驗，去看這很奇怪的過程，在一片上會長出失落的各部分，再

長成一個整個的動物，如圖112和113所示。

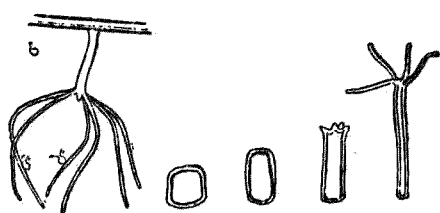


圖123 水螞，一種動物會生長斷落的部分。左，一個水螞掛在一根水草上：用它的觸手捕取微塵子(water-flea)。右(高度的放大)從水螞身上割下的一片，以及它怎樣逐漸變成一個完全的動物的情形。

當然，在構造簡單的各種動物，它們發育亦是很簡單的。例如微生物(細菌)，包括多數的病菌都是這樣的。一個微生物長到某種大小，它就簡單的裂成二個。每半個再會長成全形，這種程序可以一次一次的重複演出。同樣的情形亦發生在動物中，如草履蟲(*Paramecium*)和別種纖毛蟲(*Ciliates*)，雖則這些小動物是相當的複雜。這些動物是靠分裂來增殖的。

## 生命之流

我們在從前所講的發育，祇是從單個動物或植物的觀點而說的。我們發見生物開始它的生命時，通常是形狀微小而構造簡單；要使本身充分的發育必須逐漸變大，並且愈變愈複雜。但是回溯發育的程序，總要遇到一點，在那時單個的動物或植物還沒有獨立的成爲一種東西。在這時以前，它不過是同種的生物的一部分。這在似動物的草履蟲方面最爲明顯。一個草履蟲的整體分裂爲二，而每半個即變爲新的一個動物，逐漸長足，

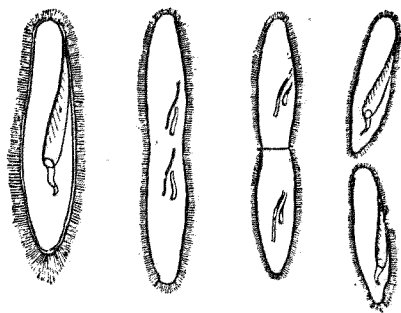


圖124 很簡單的動物怎樣生殖。左，長足的草履蟲。穿入全身三分之二的小管是它的食道，通出露在身體上的淺凹處。這動物在中腰逐漸縮小，最後分裂成兩個一半大小的動物。

再起分體作用，連綿不斷。(圖124)

好像河裏的水向前流動一樣，我們亦可說任何一種動物中的生命亦隨波逐流着；不過不是完全像水流，因為特種的生活物質例如造成草履蟲的，分裂成一組的單個動物。但是每一個動物，以前曾經是母體的一部分；再過幾時它亦分體造出後代來。所以確然是有一種草履蟲的生命流。

至於細菌亦有相同的情形。由插木生殖的植物亦是相同的。譬如你從一株植物上割取十個插木，種下生根，各成新植物，長成後每株再分割十個插木，繼續做去。每株植物，以前都是又一株的一部分；每株植物中間確沒有真正的中斷。

事實上，在所有各種動物或植物中都有這種生活物質的續流的存在。雞本從雛雞而來；雛雞本從胚胎而來；胚胎本是



蛋黃上面的一小片；  
蛋黃又本是另一個雞體的一部分，子房中的卵(圖115)。以蛾而論，它本是從毛蟲而來；

圖125 圖示生命之流。母雞的卵從母雞身上長出來。在母雞中是子房產生新卵。每個母雞是要死的，但是生命之流從它們子房和卵繼續下去。

毛蟲是從卵中孵出的；卵是從母蛾的子房中分出的；子房又是在母蛾發育時從身體上生出來的。

可是蛾或雛雞和細菌或草履蟲大有不同。在草履蟲的情形，全部母體都變為子嗣：一母即成二子。但是在雞的情形，只有卵變成雞的。這鳥的其餘部分，羽毛，頭腦，肌肉，骨骼，消化

器，肺，腎等等，都不發育成爲新的鳥，但是終究不得不死的。

這就是雞的生命流前進的樣子和草履蟲的生命流不同的地方。在每一代中，它的一部分流出，好像進了一種洄汗中。這部分成爲單個鳥的身體的大部分；它不能再變爲新鳥，而全部都是要死滅的。但是另一部分，比較的小得許多，成爲子房中的卵，這些都有變成新鳥的力量。卵發育成骨，血，腦，羽毛以及種種凡是母雞所有的一切別的東西，於是再成新卵，又可以發育起來。這有些像一條水流，流過許多池沼所成的一種情形，水是可以從水流中流入池沼，但不能從池沼回入水流。池沼是像各母雞的身體，水流是像經過雞卵和子房的生命的續流。我們一定還要假定池沼過了幾時要變乾涸的，就相當於各母雞的老死。

每一種的動植物是連續生命流的一部，這一件事實僅是以往二百年內的發明。從前以爲青蠅的蛆總是直接從腐肉裏生出來，亦就是「物必自腐而後蟲生」的觀念。這種從死的物質生出活的生命的觀念叫做自生(Spontaneous generation)。直到1668年，有名的義大利科學家雷第(Redi)方始證明不是這樣的事。他做了很簡單的實驗——簡單得從前竟沒有人想到去一做！——是取兩塊肉，一塊露在外面不用什麼遮蓋，一塊用紗布遮蓋。過了幾天，露出一塊上面生出蛆來了，蓋着的一塊就沒有什麼蛆。當然這是很容易解釋的。紗布隔着母蠅不使在肉塊上生卵。母蠅只能停留在紗布上或竟在這上面

生卵；但是到孵出的時候，蛆就死了。所以出蛆的並不是肉；蛆只能從卵中孵出，卵只能從別的本亦是從蛆變成的蠅生出來的。

這是頗容易證明的，大的動物像蠅或蚯蚓之類常是同樣的動物所生的。（中國古書上說「物生自類本種」；俗語說「有種出種」，即是此意。）但是到了微生物發見之後，這就是非常困難的事情，去證明它們亦常是生活質的續流的一部，而不能從別種物質產生出來。例如肉或肉汗或牛乳露出在外面是要變壞或腐化的。任何人都知道這件事，但是祇在近二百年來才有人發明：不論什麼東西起了腐化，裏面一定有細菌的存在。

起初人都以為肉或任是什麼東西是自己起腐化而朽敗的，並且在這過程中它就產生了細菌。後來慢慢的覺得實在的情形是適得其反——就是肉不能自腐而是由於侵入的細菌所致腐。這是最後經巴斯德（Pasteur），法國大科學家，在上世紀的中期研究後所證明無誤的。他先證一個玻璃瓶盛了肉湯，煮得很透，使裏面所有的生命完全被殺，趁煮沸時即密封起來，即沒有腐敗的事，亦找不到有細菌在裏面。但是一讓空氣進去，它就變壞，並且不久就變混濁，由於幾百萬的細菌生殖的緣故。可是相信肉湯會生細菌的人們還說空氣是必需的去助長細菌，因為沒有空氣，所以肉湯不起腐敗。因此巴斯德又想出兩種實驗法來證明：一種是取玻璃器盛肉湯，煮沸後



用火焰將器口的頸拉成很細的管，使有一個很曲的彎處。(圖126)。於是放在一旁使慢慢的冷卻，但是不將頸口封閉起來。肉湯雖是和空氣仍有接觸，但不變壞，亦沒有細菌的生長。這是因為致腐的作用並不是空氣而是浮蕩在空氣中的細菌的小芽胞或「子」。當玻璃器冷卻的時候，空氣慢慢的被吸入器中，這些芽胞就阻留在瓶頸的彎處，以致沒有一個會跑到肉湯裏去。

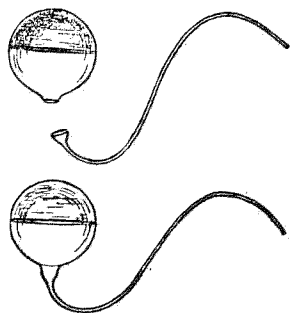


圖126 巴斯德實驗之一。用酵母做成的羹湯放在鵝頸瓶(上)中煮沸，再讓慢慢的冷卻。羹湯不變壞，因為空氣中的細菌胞芽停留在頸中曲處之底。若是將全頸割去，胞芽就能落進，羹湯就會變壞了。

又一個實驗法是取一瓶肉湯，先曾煮過，密封起來，帶到高山頂上，將瓶頸打開讓空氣進去，於是再封閉起來。結果還是不起腐化作用。這是因為在雪線以上的高處沒有細菌(或任何種的生命)，所以沒有芽胞跟着空氣到瓶裏去。

## 細菌的生命

這些巴斯德的實驗引進到許多別的發明。例如知道了細菌的芽胞是在空氣中浮蕩，就用了許多實驗去測定在各種地方的空氣中一定量的空氣含有若干細菌。這是用一種小的扁

圓的玻璃器，上面罩着一個蓋，中間盛着一種膠凍叫做海菜或瓊脂，不是肉湯，盛至半滿。瓊脂是從某種海草所製成的，多種細菌在這上面會生長的。膠凍在熱烱的時候傾入，到冷卻後即凝結。

預備了許多個這樣的器皿，在經熱後保證裏面沒有留着活的細菌，揭開器蓋經過一定的時間。若是有什麼細菌芽胞在左近活動，就有些停留在膠凍上；於是每個芽胞會孵出和滋生成幾千個細菌。當它們在膠凍上生長，它們不會移動。所以一個芽胞所產生的細菌都是聚集在一處，成了我們叫做細菌的集落 (colony)，不久這集落會擴大得用肉眼可以看得出來像一個白點了。因此在空氣中的芽胞越多，皿內的各個集落亦就越多。(當然在實驗的時候，膠凍暴露的時間一定要沒有風或空氣流才好，否則在各種地方所得的結果就無從比較了)。

做這種實驗，但須特別當心，就可發見在一立方米（平常房間約容50立方米的空氣）中，細菌芽胞的數目隨着地點的不同大有上落。在離陸地遠的海洋面上，在高山頂上，和在兩極區域中，竟沒有細菌。在曠野的空氣中，一立方米含幾十個。在城市的室外，同量的空氣常含幾百或竟多至幾千個，至於在人多的惡濁室內空氣中，就可有十萬以上的細菌浮蕩在每一立方米中。

空氣中大多數的芽胞是屬於各種毫無害處的細菌。但是有些屬於起病的種類，又有些可以引起腐化作用，不但在死肉

或肉湯中，並且在割傷露出的活肉中亦致腐敗。所以一個人遇到要用手術開刀的時候，就有空氣中的細菌侵入的危險，以至於中血毒，實即是引起腐化的毒。血毒亦有多種，依侵入的細菌種類而定。古時有許多人經過手術之後就因這種原因而受毒，許多就此送命。中毒的危險很大，所以在往日大的手術如剖腹治療腸胃之類是不大敢輕於嘗試的。

病人中毒而死，沒有人知道是什麼原因。一個英國外科醫生名叫立斯透(Lister 後來封爵稱 Lord Lister) 很對於這件事用了不少的心思。當他聽到巴斯德的實驗，他就了解為什麼有這許多病人是這樣的死法。這是因為細菌侵入傷口使全身中毒。所以他開始試用各種方法在用手術時防止這種事情發生。起初他試用防腐劑（即毀滅有害細菌的東西）如石碳酸洗濯傷口，以消滅混進的細菌。但是後來他發見最好的方法是要做到每樣東西都清潔非常，不使細菌有絲毫機會混進傷口。這就是叫做無膿毒(aseptic)法，亦可說是防腐



圖127 外科醫生預備施手術。他戴一個面具，橡皮手套和套鞋，一頂帽，和穿一件罩衫，都是先要消毒過的。

法。現在遇到有用手術的時候，手術室本是保護得非常清潔，事前再要仔細的消過毒。病人的身體上靠近將要割開的部分都要剃光和用防腐劑洗濯皮膚，不使有細菌的存在。一切所



圖128 外科器械的消毒。器械是一層層的排列在一個容器中，全部是放在汽浴上蒸的。

用的器械都用滅菌法處理，即消毒法，是將它們加熱到消滅一切細菌的溫度（圖128）。醫生和看護一定穿著用同樣方法消毒過的白衣帽。最後要彎身靠近病人的醫生戴着面具，不使呼吸或咳嗽細菌侵入傷口（圖127）。

有了這許多謹慎小心的結果，在用手術後因細菌傳染而致死的事情是非常難得遇到了。往日所認為差不多一定要中毒而死的手術現在可以安然的使用了。凡是這種挽救人命的工作先應當歸功於巴斯德和他所做的實驗，證明細菌亦像別的生物，是從本種傳下來的，決不能從它們所靠着生活的東西裏憑空生出來的。

所以除了我們前面所說有趣的生物發育的事實，和各種動植物都是連綿的生命流的一部分之外，我們又知道科學所發見的，好似毫無用處的事情，可以引到在我們的日常生活中，有絕大用處的結果咧。

## 第七章

# 生物的改進

動植物能變——遺傳與環境——受精與基因——遺傳與性質的新配——遺傳與天演——生物的人為改進

### 動植物能變

在發育中，一個動物或植物可以經過許多階段，常是各期大不相同的。人們若是沒有的確看見一個毛蟲變成蝴蝶，一定不會相信這兩樣東西是同屬一種的動物。竟尚有比這個更奇些的例。一個平常水母的卵不是直接長出新的水母，但是先變成水螅，很有些像小的海白頭翁，這些再從頂端分離出小的皿狀生物，變成水母（圖129）。你若在一個溫溼的花房裏，尋着羊齒植物生長的地方，就可以看見在泥土面上有細小的扁而綠的植物；這些是在羊齒發育中的又一個階段。一個羊齒植物是沒有種籽的；它的葉的背面上棕色的斑紋上，所成的細小芽胞成熟後在空氣中四散，若是有一個落在潮濕的泥土上，它就長成這種扁平的小植物，植物學家叫它做扁平體（prothallus）。扁平體再生卵，卵再長成新的羊齒植物（圖130）。

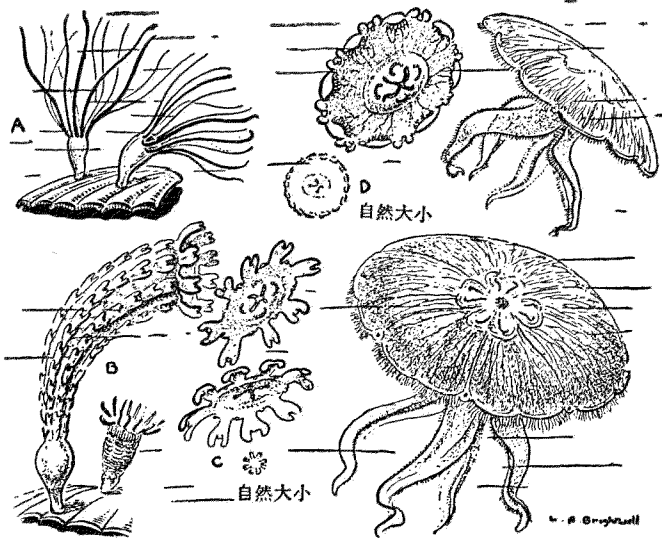


圖129 水母 (Aurelia) 的生命史:(A)從卵中生出的水螅(放大的); (B)水螅分裂成細小的水母,離開游散;(C)再長大,(D)最後變成全形的水母(右下)。

但是不論是那一種生物,生命流常是連續循環的。在羊齒的生命流中,大的羊齒植物先產生小的扁平體,但是終究再生成一個同樣的新羊齒植物,決不是一個苔蘚,並且不是不同種的羊齒。鴨蛋生出鴨來,不是雛雞;白種人生出白種孩子;黑種人生出黑種孩子;就是俗語說的有種像種,後嗣的像父母,就常叫做遺傳性。

但是遺傳性並不單是相像性。我們都知道雖是在一家之中,兩兄弟兩姊妹可以是很不相同,可以一個是白皙的,又一

個是黧黑的，可以一個是聰明的，又一個是愚笨的，可以一個是強壯的，又一個是瘦弱的。所以除了大致相像以外，在細微處有不同——普通所稱變異的程度不同。所有各種生物都顯出變異。沒有二個羊或蠅或麥草或人是完全相像的。這種情形

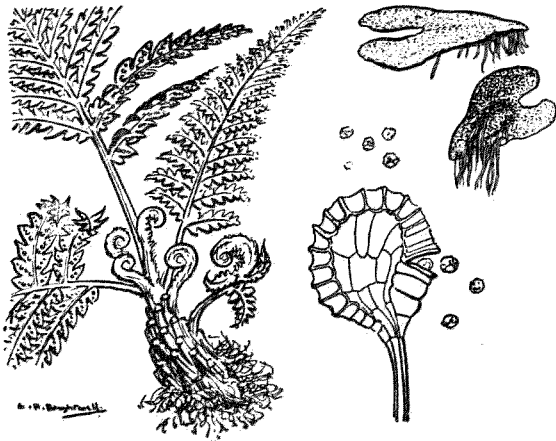


圖130 羊齒的生命史。羊齒植物在葉背有一羣羣的芽胞包；右下，一個芽胞包放大得許多，正在裂開放出芽胞來；這些長成細小扁平的綠色植物，扁平體(右上)，這些再生成新的羊齒植物。

不但是可以應用在不同的父母的子嗣上，並且應用在同父母的子嗣上。所以這是很明白的，要研究遺傳性，變異是和類似一樣的重要。

我們亦知道一種動物或植物不一定是經過長時期不改變的。譬如馬的遠祖是和現今的馬很不相同的，經過了幾百萬年的長期，馬的生命流逐漸的變了。但是亦有別種快得許多的變更，就在我們的眼前發生，常可以看得見的。這些就是在家畜的動物和栽種的植物中所起的變更。



你可會想到狗的種類是非常之多嗎？(圖131)。極大的有大丹犬(great Danes)和獒(Mastiffs),重到154磅以上,差不多和普通的人一樣重,小到像玩物梗只有約五磅的重量。蘇格蘭的斯開梗(Skye-terrier)竟是只見毛不見身,而一個墨西哥種又是光得差不多不見毛。靈提(greyhound)是捷足

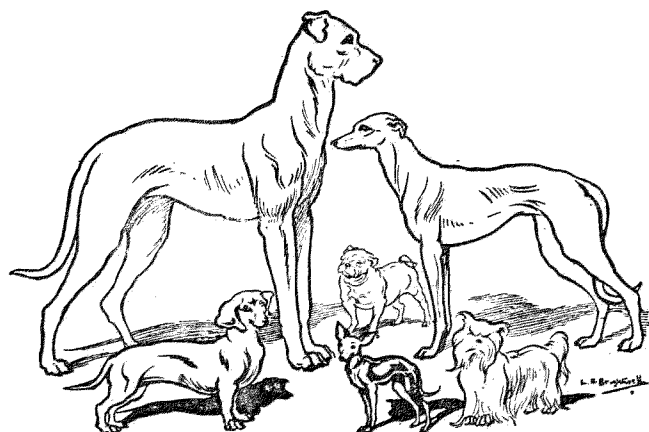


圖131 狗的幾種;大丹麥狗 (Great Dane), 獐狗(Dachshund), 狒 (Pug), 孟却斯忒玩物梗 (Manchester Toy Terrier), 靈提 (Greyhound) 約克夏梗 (Yorkshire Terrier)。

而癩瘡的,有尖鼻。鬥牛犬(bulldog)是有獅子鼻而身強有力。獐狗(Dachshund)有短腿長身,本是用來鑽獐洞的。俄國獵狼犬(Borzoï)有長腿。還有幾十種別的狗。

所有這些種一定都是最近的幾千年來產出的。因為在野狗和狼中間沒有像它們這種東西。它們是靠人用人工造成的。

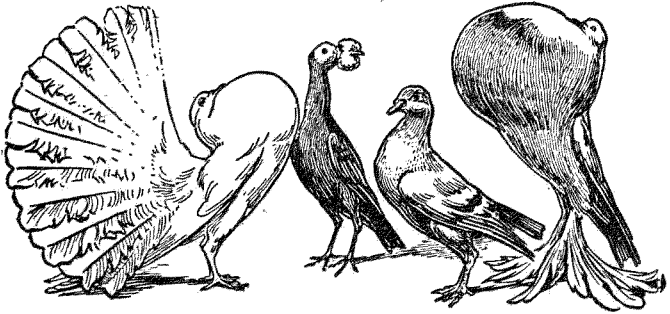


圖132 有些家鴿的種：扇尾鴿，法螺鴿，凸胸鴿都是從野生的岩鴿（自左至右第三）傳下來的。

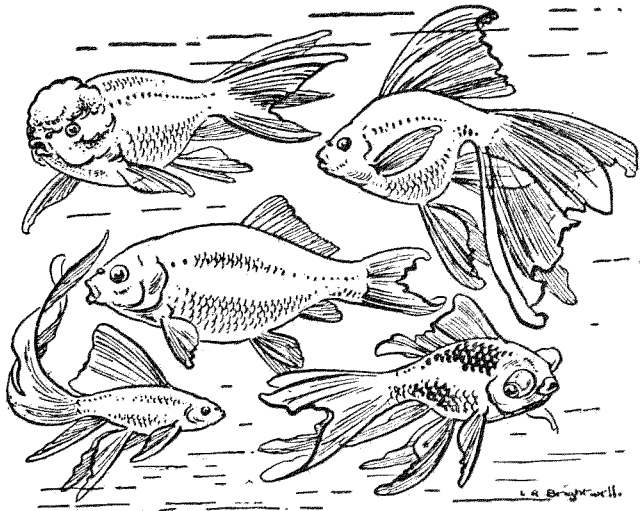


圖133 中，普通金魚，其餘盡是些作賞玩的變種：左上，獅頭（Lion-head），左下，彗星（Comet），右上雙尾的紗尾（Veiltail），右下，雙尾的遠鏡眼（Telescope-eye）。

馬亦有同樣的情形。有種野馬從來不曾養馴服的。所有我們養馴的馬一定是從像它們一樣的動物傳下來的。但是有些馴服的馬種像大的駕馬，是比任何野馬大得許多，行慢得許多。別的像賽德蘭駒 (Shetland pony) 又是小得許多而競走馬又是快得許多。馴鴿都是從野生的岩鳩 (rockdove, 現在尚巢居在英國海濱) 傳下來的。有些家畜的鴿種如扇尾鴿 (fantail 圖132) 比野種有多些尾毛。別的像筋斗鴿 (tumbler) 在飛行的時候不能不在空中翻筋斗。又有別的種生得奇形怪狀。像凸胸鴿 (pouter) 和法螺鴿 (trumper) 頭上有奇怪的肉垂。再說一個例，賞玩的金魚 (圖133) 都是從一種鯉魚傳下來的。這種鯉尚有野產的，並不是金色而是淺綠色的。有些養作賞玩的種有短胖的身體，和野種的很尋常樣子的身體不大相同。有些有枝出的鰓目，向上望而不是向前望的。有些有巨大的尾，垂下好像一股

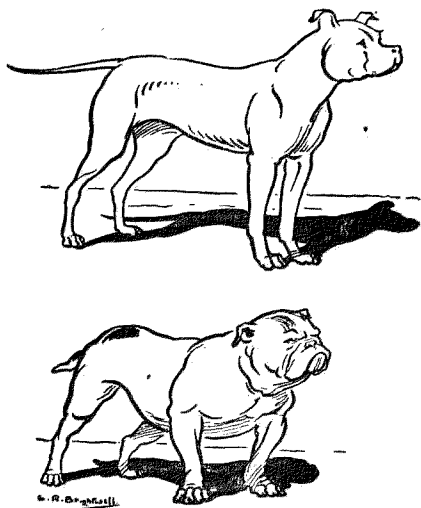


圖134 種有可以變得快的。上：1850年的真正的鬥牛狗 (bulldog.) 下，現代的狗種。

疏紗。有些會有雙尾，不像普通的只是單尾。

一切這些新的常是奇怪的動物種都是人造成的。有時我們知道改變還沒有很久。例如大多數玩賞的金魚種不過在最近幾百年來才有的。有時候可以目睹着變更的進行。現在的鬥牛犬和九十幾年前作戲弄牡牛用的狗是很不相同了(圖134)，

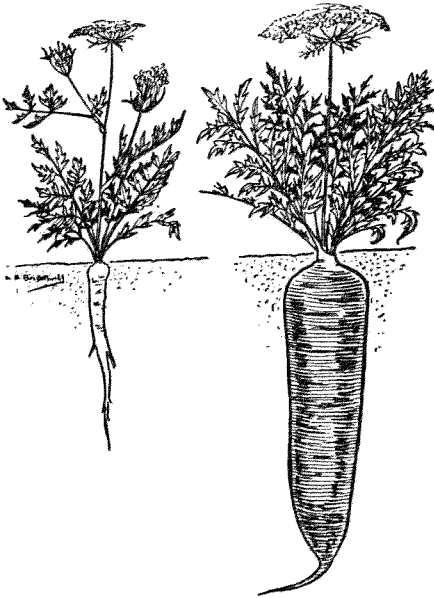


圖135 野胡萊菔(左),栽種的一種胡萊菔(右)。

更是像獅鼻，有更突出的顎部，完全成了一種玩物種了。大部分的改變是在近三五十年來才發生。

你可以看見植物亦有同樣的情形。你若是吃過野藜菜，你就知道它的滋味和平常吃的藜菜怎樣的不同了，但是野的就是家果的祖宗咧。野

胡萊菔是很普通的植物。你若掘起一個來看，就知道它只有一個很瘦的肉根。但是你平常吃的胡萊菔就用人工從這種發展出來的(圖135)。相同的，栽種的大麥，小麥，燕麥都是野草的子

孫。你若細看野生的燕麥和栽種的，比較之後，就知道人力的效應了。

園花亦是同樣的栽培起來的。試想各種的金魚草 (Snapdragon) 或荷蘭石竹 (Carnation)。有不少種的野薔薇，但是沒有一種是雙瓣的，像大多數栽種的薔薇這樣。當天竺牡丹



圖136 天竺牡丹的原種(下),和在幾百年來人工所栽培的新種幾個:左,侏儒 (Pigmy); 上,仙人掌 (Cactus); 右上,棒棒 (Pompon); 右下,披肩 (Collaret)。

丹 (dahlia, 圖136) 初從它們的出產地墨西哥輸入到歐洲的時候,它們都是單瓣的,有黃心和深紅的花瓣。所有現代的美種,顏色有白有紅有黃有雜色,形狀亦是很多,包括奇怪的棒棒種 (pompon) 和仙人掌種都在內; 這些都是從原種發展出來的。

一切動植物的新種由人工所提拔出來的,都還是有種產種,生出同一特質的子來。從原來的種因曾經漸有變異,到了現在變異亦已是固定成爲新種的遺傳性的部分了。

## 遺傳與環境

我們對於變種與遺傳要進一步的知道得詳細些，因為我們知道它們有互相糾結的關係。第一個最重要的問題是問一切變種是不是都是遺傳的。我們略加思索就可以明白不見得是這樣。試將一包的種子分下在兩片地上，讓第一片地擺置不理，對於又一片地仔細的耘草灌澆和施肥，這兩片地上所出的植物一定顯出不同的樣子——一種是又小又矮，產子量少；又一種是又大又茂，產子量多。換句話說，同是一包種子所出的

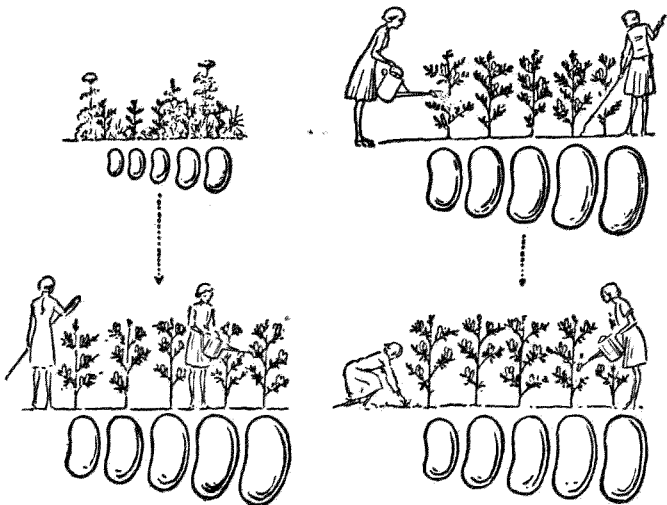


圖137 豆植物在不良狀況下(上左)所產生的豆比在良好狀況下(上右)所產者為小。但若加以適當的栽培(下左)，小豆也會發育出優良植物和種子一如大豆。不良狀況的效應不是由遺傳而來。

植物可有顯著的差異。但是若取兩片地上所出的種子在相同的情形之下栽培起來，所出的植物就沒有什麼差異了。薄生和歉收方面的差異不是遺傳的，茂生和豐收方面的差異亦不是遺傳的(圖137)。

或是再舉一例，英國的小孩和法國的小孩所講的話是不同，確有明白的差異。但是取一個法國嬰孩在英國人中間撫育起來，他會講英國話，到學校裏去學起法文來亦感到和英國人所有的一樣的困難。

兩片地上植物的差異是由於發育時的情形相差而起。兩處的小孩對於講英語或法語的能力所有的差異是由於改變他們自然所學的而起，亦可說是改變他們發育時的情形而起。

在這方面有許多準確的實驗曾經做過，都證明這種差異由於改變動植物生長時的情形而起，不是遺傳的。

假使你取兩包種子，譬如說是紫花的和紅花的豌豆(Sweet pea)，長出來的植物一定是不同的，雖是在相同的情形之下種在同一片地上。或是說英國的小孩和非洲的小孩皮膚的顏色總是不同；即使將黑人的嬰孩帶到英國，還是長成黑皮的人。

這就證明一件很重要的事實。二個植物或動物或人的中間所有的不同，有些是由於環境的不同而起的，有些是由於所指的植物或動物或人的本性不同而起的。不同的原因可分內外兩種。並且因外界情形的不同而發生的不同是不遺傳的。但

是像黑孩和白孩或紅花和紫花的豌豆雖在相同的外界情形中仍顯有不同，這是遺傳的。我們需要一個名詞來指動物或植物遺傳的且可因種而異的『本性』，這常叫做發生的本質(genetic constitution)或遺傳的組織。(因 genetic 本希臘字遺傳之意。)

至於動物或植物的生長中一切外界的情形常叫做環境。

我們知道一切生物都會發育：常是從一個卵起的，有時是從一個孢子或一個芽起的。所以卵或孢子或芽一定要含確定的遺傳組織，並且需要在某種環境中發育。試舉一個顯明的例，蛙卵必須要有多水的環境，若在空氣的環境中是要死亡的，但是雞卵就需要空氣的環境。

動物或植物終究是像什麼——我們普通叫做特性——一部分是視它的組織本



圖138 長成的非洲侏儒立在白種人的旁邊。

性而定，一部分是視它生長時的環境性質而定。一個綠植物的種子有一個遺傳的組織，在適宜的環境中可讓綠色質名叫葉



綠素在幼植物中發育起來。若是在黑暗的地室中生長，動植物就只是白的。但是像菌黴一類的植物永遠不會產生葉綠素，無論是在光中或是不在光中：它們有一種不同的組織。在葉內的真正色質是植物組織中一種東西的結果，並且同時又是外面環境中一種東西（即是光）的結果。

每一個動物或植物的特性都是這樣的。一個人的或長或短，半由於體質——無法可使非洲的侏儒生得和英國人一樣高——半由於環境——一個英國小孩營養充足，有充分的新鮮空氣和健身運動，食充分的維他命，可以長得比營養不足生活惡劣的小孩高出幾寸（圖138）。同樣的要得到好的麥收，必須要用好的麥種，又要有好的土壤，肥料和耕種。有些特性如我們的頭形或有脊椎動物的有雙目，似乎和環境不很有多大的關係。但是這些也會得改變的。例如魚卵或蛙卵若是被放在某種鹽溶液中，就會在當頭發展獨眼，不是尋常的在兩側各生一目了（圖139）。

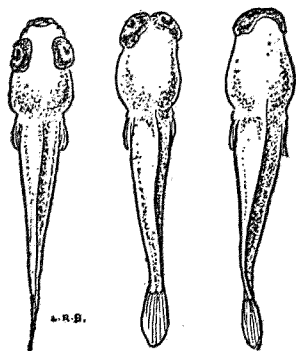


圖139 左：正常的鱸魚（Capminnow）。中和右：放在氯化鎂中的卵長出的二種特型，頭尖小，兩眼接近或竟聯合起來。

所以我們若要歸納所知於一個普通的定則中，我們必須說，一個動物或植物的種種特性是遺傳組織和環境的交互作

用，組織上有改變或是環境上有改變，就會發生特性上的改變。

## 受精和基因

我們以後再談改變環境所能得到的結果，現在且先研究遺傳組織的問題。我們在這方面可以學到許多有趣的事情。

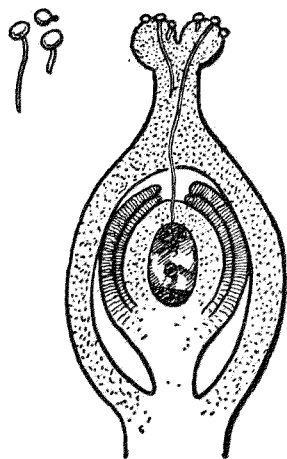


圖140 一個花的子房內部，示花粉管向胚珠下生長，授精於卵；稍放大。左：三個花粉粒更高度的放大，示花粉管生長中的各期，

擺在我們面前的第一件事，就是將兩異種的動物或植物交配之後，察看在後代上發生什麼變化。一個好的例子是交配紅花的和白花的紫茉莉（Four o'clock 或 *Mirabilis*）。在第一代的種子長出來的是淡紅花。但是再經互相交配之後，祇有幾株後代有淡紅花，其餘卽或是紅花或是白花，就像它們的祖種一樣。（閱第146圖。）

對於這個實驗，第一件注意到的重要事實是不論交配是怎樣的做，結果總是一樣，就是無論紅

花植物是母或是父，所得的子種是相同的。

我們以前祇說個體是從卵發育起來的，卵是本來母體的

一部分，但是有母亦有父的。

一個花要產種子，花粉必須要達到子房。胚珠自身不會發育的。實際上發生的事情不是容易知道的，因為是在花的子房的內部，並且需要一個好的顯微鏡。但是植物學家已經證實一個花粉管通下到胚珠，粉管上的生活質的一部分和一個小卵

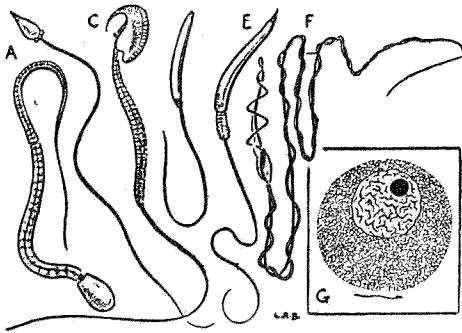


圖141 各種精子。A海膽，B蚯蚓，C田鼠，D蛙，E龜，F綠雀(鶯，greenfinch)都有一個主要的「頭」和一個振盪的鞭絲作「尾」。有了尾可以游動尋卵。此圖已放得很大的。G海膽的卵和精子，二者用同比例放大的。

(因為植物亦和動物一樣的有卵)的生活質聯合起來(圖140);這叫做受精作用。

同樣的，動物的卵亦不是自身會發育的，一定先要受精。不過在動物方面沒有像花粉或粉管的東西；受精

是靠極細的東西叫做精子，有長的尾巴像小鞭絲，在精液中擺動游泳(圖141)。精子是雄細胞，卵是雌細胞。卵是母所生的，本是母體的一部分。精子是父所生的。你若在春天察看許多蛙，你就知道有些蛙是在它們的腕關節上有黝黑似角質的肉趾：這種是雄蛙。若取一個解剖開來就可發見產精子的器官在靠近腎臟的二個橢圓白點，叫做睪丸(圖142)。你若取出一個

的小塊，放在一些水中攪動，再放一滴在顯微鏡下細看，就可以見幾百個精子在游泳了。

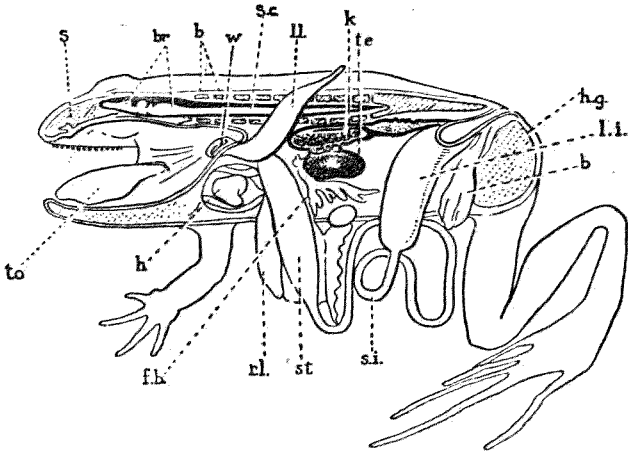


圖142 解剖的雄蛙。從左首起示出產生精蟲器官或睪丸(te)的位置；s. 腦殼；br, 腦；b, 脊骨；w, 喉管口；s.c., 脊索；l.l., 左肺；k, 腎；h. g., 腎帶；l.i., 大腸；b, 膀胱；s.i., 小腸；st, 胃；r.l., 右肺；f.b., 脂肪體；h, 心；to, 舌。

你若要知道精子的形成，一條蚯蚓是最好的動物可供試驗。蚯蚓有大的白色器官叫做精囊，作為儲藏發育的精子的棧房。從這裏面取出一滴液體，放在顯微鏡下，你就可看見在它們的尾巴長出來的時候所經過的各階分了(圖143)。

一個精子遇到一個卵就鑽進去，將尾巴留在後面，精子和卵結合。這是受精作用，卵亦從此可以開始發育了、

有幾種動植物的卵不受精亦能發育的。尋常的蚜蟲 (gr-

eenfly [Aphis]) 是最熟知的例(圖144)。你在夏天所見的蚜蟲都是雌的，它們的卵不需要精子的結合，就發育成新的蚜蟲，所以它們是無父的。但是異性的兩個細胞常是必須要有結合，才能有發育。雄細胞常比雌的要小得許多：或是一個精子，或是花粉管的一部分。

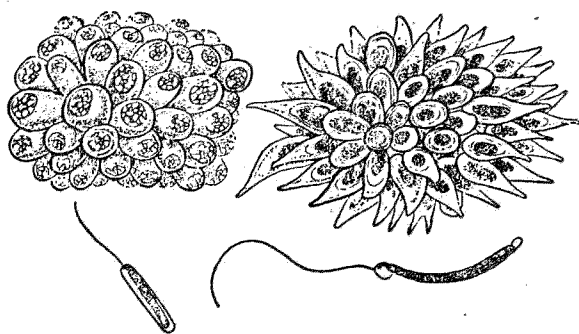


圖143 蚯蚓精子的發育。上左；一束將來的精子仍是圓的像小型的卵。上右：自由端正在長出。下左：單獨一個將成的精子，已延長而產出一個短尾。下右：完全長成的精子，更加延長得多。有一個長尾可作游泳之用。高度的放大。

再有一點要注意的就是性別。在一切熟知的動物中，雄細胞和雌細胞是由不同種的動物——雄的和雌的——所產生的。有些植物亦是這樣；但是別種植物——例如榛——在同一樹上有雄花又有雌花：在多數普通植物上同一個花產生雄細胞和雌細胞(圖145)。在有些動物亦有這種一個東西產生雌雄兩種細胞的事，例如蚯蚓和蝸牛。

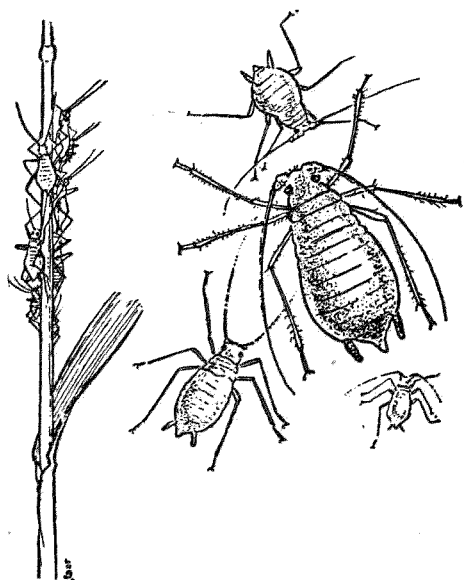


圖144 無父的動物——蚜蟲(Aphis)左：一羣蚜蟲在吸取植物的汁。右：年齡不同的蚜蟲，更加放大。在夏天所見的一切蚜蟲都是雌的。

現在我們再回到遺傳。在我們所舉紫茉莉的例，下一代的花常是淡紅的，不論父種還是母種是紅花。

這是一個普遍定則的例——就是雄細胞雖是比雌細胞小些，有時竟小得許多，但在遺傳上是一樣的重要。

父種和母種對於子嗣的遺傳組織有相等的擔負。

但是我們怎樣

可以說明淡紅花植物交配後的第一代，經互相交配之後，下一代又生出紅花白花和淡紅花呢？最簡單的推測是父種和母種都將與花色有關的生活質的質點傳給子嗣，而這些確定的質點在下一代中雄的或雌的細胞形成的時候，又判然分開。這個推測現在已經證明是真實的，我們叫這種質點做基因(genes, 遺傳原質)。我們看不出基因亦和我們看不出原子一樣：它們

實在是太小了。但是我們確知它們的存在，因為我們可以察到它們的影響。



圖145 兩種植物分別有雄花和雌花。左：榛有一個雌花在頂上，有三個雄花的貓尾在下面。右：水松；下是雄花，上是雌花，常分生在各樹上的。

紅花植物擔任產生『紅』性基因(gene)，(這當然不是真紅的，不過為省時起見稱為『紅』性基因，實是指引起發育花色紅的植物的基因)白花植物擔任『白』性基因。讓我們用兩個符號R 和 r 分別代表它們。後一代的植物都有每種的一個。在發展時，它們發生一種混合的影響，成淡紅的花色。但是它們自己並不混合，仍是各是分存的。到得形成新的生殖細胞或雄或雌的時候，它們又分開，以致任何花粉或卵有 R 或 r，不會兩種都有(亦不會兩種都沒有。) 每種花粉都有相等的機會去

使每種卵受精。一個R粉粒可以授精於一個R卵——就成RR——或者可以授精於一個r卵成Rr。相同的，一個r粉粒可以授精於一個R或一個r卵。各成Rr或rr。

這就是說，在第二代的植物中，平均有四分之一是RR，一半是Rr，其餘的四分之一是rr。但是一個植物有了二個R基

因，當然是有紅花；有了二個r基因是有白花；有了Rr基因的是有淡紅花。

用一個圖表就容易明白些。

基因是不混合的，不像顏色墨水滴的可以調和。它們各自分存不改，它們的分合決定子嗣所承繼的性質。

基因常是成雙的，一個得自母種，一個得自父種。當一雙中的二個基因是不相同的，它們(雖自己不相混合)有一種混合的影響。如我

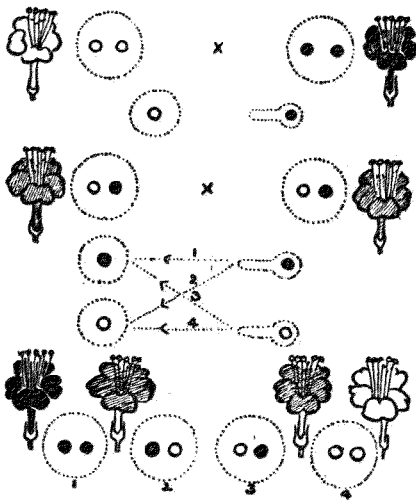


圖146 紫茉莉花色的遺傳圖。頂列，白花和紅花交配；圓圈中表示控制花色的基因。第二列，親種植物的卵和花粉粒。第三列，子種便是粉紅色的，各有一種基因。第四列再交配後，各能產生二種卵和二種粉粒，更有四種可能的配合法。底列，兩種配合的結果：四分之一紅花，一半粉紅花，四分之一白花。



們所舉紫茉莉的例中，紅影響和白影響合起來顯出淡紅的結果(圖146)。但是在別的東西，它們可有不同的作用：一雙中的一個可有很強大的影響，掩去另一個的影響。例如你若有洋鼠，將白鼠——即白毛紅眼的鼠——和有色的鼠——假定是黑的——交配起來，就只有黑的後代。(實際上未必常是這樣。

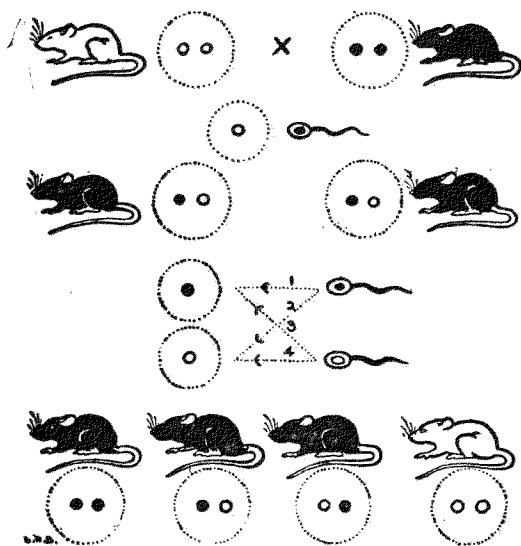


圖147 白鼠和黑鼠交配之後，子種都是黑的，因為黑色顯於白色。當這些雜種再互相配偶，所生的鼠四分之一表出隱性是白色的。控制鼠毛色的基因，在卵和精中所表示的方法和前圖一樣。

你一定要有某系的白鼠。但是假使黑的上一代是屬於純黑種，那末後一代無論如何是全黑的，就沒有白的了。)我們說：這更強的基因是顯的，其他是隱的，因為它的影響是退隱到後塵的地步。

但是隱的白基

因自己亦沒有完全消失，你若將這些黑鼠互相配偶，所產的幼鼠有些(平均四分之一)會是白的像它們的祖種一樣。(圖147)

指出這確和紫茉莉一樣，除了黑種的基因勝過白種的基因。

這是重要的，因為可使我們知道不是單靠察看一種動物或植物，就可以指出它的遺傳組織的：唯一的方法是要做育種的試驗，才能找出它們產那一種的子嗣。有白血統的黑鼠，看起來和黑血統的黑鼠是完全一樣的：但是到產起子嗣來，它們能有白的後代而純黑種是不能的。

這就說明了在人種方面有時發生的種種變化。譬如兩個平常的人會生出一個白子。兩人一定都本帶有白膚色的基因，不過受了那產有色毛髮和眼睛的同伴基因的影響，不能顯露出來。

## 遺傳與特性的新配

以下要問的就是父母的特性所！相同的，不單是有一個而是有好幾個，結果是怎樣呢？用豌豆做實驗，可以作為一種說明。這個例又有歷史上的關係，因為這是前世紀的中葉在捷克國勃倫（Brunn）地方的教士孟德爾（Mendel）所做的實驗之一。孟德爾的實驗都是很重要的，因為他所根據的事實和理論，是我們對於遺傳性所有的一切知識的基礎。事實上現代遺傳學有時亦名為孟德爾學說（Mendelism），以紀念他的成績。

他發見豌豆中黃色和綠色，是像鼠的有色和白色一樣的得自先天的——雙基因是有關的，而其中之一的（黃的）影

響是顯的。他並且攷查豌豆的形狀。豌豆普通是圓而光的，但是有些種是縐皮的。這個不同是由於另一雙的基因，圓的是比縐的顯些。再要問的是若將這兩雙的性質配合起來——例如取一種常在莢內生成綠圓豌豆的，和一種常生黃縐豌豆的交配——結果是什麼？親種的特性是不是在下一代中仍連在一起——綠和圓，黃和縐——呢，還是所有四種特性都有可能的各種配合，包括綠而縐和黃而圓的新種呢？

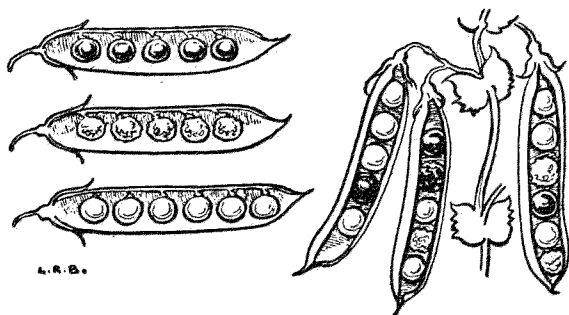


圖148 新配。左上，一個常產綠圓豌豆的豆莢。左中，一個圓常產黃縐豌豆的豆莢。左下，兩種交配後所產的豆莢；種子都是黃的。二個雜種交配後所產的（右）是四個不同的種子——黃圓，黃縐，綠圓，綠縐。

讓我們推算出應當是怎樣的。先讓我們用幾個簡便的符號來代表基因——Y 代表產生黃色的基因，y 產生綠色的基因（最簡單是守住同一字母的變化，代表一雙中的二個基因）；R 代表產生圓豆的基因，r 代表相反的一種產生縐皮的。

原來的二個植物是  $yyRR$  和  $YYrr$ 。讓我們假定花粉是從

第一種植物上取得的，那末所有的花粉粒子一定含有一個  $y$  和一個  $R$ ——就是  $yR$ ——而所有的其他植物子房中的卵是  $Yr$ 。當受精作用進行時，二個生殖細胞聯合起來： $yR + Yr = YyRr$ 。所以  $YyRr$  是第一代中子嗣的遺傳組織。 $Y$  是更顯於  $y$ ，所以一切豌豆都顯黃色；又  $R$  是更顯於  $r$ ，所以都顯圓形。這些特性可在原來作為母植物的莢中的豌豆已經表示，因為綠色和縐皮兩種特性即是籽葉的特性，籽葉是由胚珠經過受精作用所產生的。

這些豌豆於是長成植物，並且開花。花又產生生殖細胞，有雄有雌。在任何一個生殖細胞中，只有每雙基因的一個質。所以例如一半粉粒含  $Y$ ，一半含  $y$ 。相同的，一半含  $R$ ，其餘一半含  $r$ 。但  $Y$  和  $y$  分開是與  $R$  和  $r$  分開毫無關係：二個作用是獨立不相干的。所以一半有  $Y$  的粉粒會含  $R$ ，又一半含  $r$ ；有  $y$  的粉粒亦有同樣的情形。換句話說，有四種粉粒以相等的數目產出—— $YR, Yr, yR, yr$ 。在卵的方面亦是有完全相同的情形。至於那一種粉粒遇着那一種卵只是機會問題——所以每種粉粒都有相等的機會授精於四種卵中的任何一種。你試用比賽網球的方法來比。比賽分二組，共有四隊。一組中的每一隊要和他一組的每一隊比賽，所以共須有十六次賽。照這樣的方法就很容易計算預料的結果了。粉粒和卵可以作為兩組的隊，每一次賽作為可能受精作用，列表如下：

		卵				
		┌───────────┐				
		YR	Yr	yR	yr	
花粉	{	YR				
		Yr				
		yR				
		yr				

每格填入可能的受精結果，再推算出所成的豌豆種是什麼形色，那幾種是純種。

我們在這裏不必細講所成各不同型的平均比例。重要的事情要注意的是所有可能的四種，都是實實在在的產出——綠圓的和黃縐的豌豆像祖種，黃圓的像親種，並有一個完全新型的取綠縐的形色。這些型中每型有些會產生純種，若是和相同的型交配——即是一雙基因的二個都是相同的。例如 YYRR 豌豆會產黃和圓的純種，不像第一代的親種的樣子相同，但有不同的遺傳組織——YyRr。

在別的植物和在動物方面都發生同樣的情形。

這些事實立即使我們回想到開始所說的變種問題了。綠縐的 (yyrr) 豌豆是一新的變種，和它們的親種和祖種不同。這個變種是與它們生長時的境遇沒有關係，但是全靠遺傳組織上的不同。然而又不是基因起了變化，而是由於基因有了一

種不同的配合：並沒有新的基因，不過是舊的基因用一種新的配合法結合起來了。這樣的變種叫做新配(recombination)。我們在上面只說了兩雙的基因的新配。但是三雙，四雙以及多雙亦會發生同樣的事情，不過新配的數目更加多得可觀了。

所以在遺傳學中，關於父母和子女的特性有兩種不同的作用在互起。一種是遺傳，一種是新配。一種使子女像他們的父母，一種使他們不像他們的父母。在兩種作用中，基因都是傳代的，但是基因的新配會產生很新的結果。由於新配的這種變種，解釋了一家之中的子女所以在特性上以及遺傳的形狀上很不相像，且和父母亦很不相像。

我們從這些事實得到遺傳學的基本定律——遺傳組織是基因所成的；在生殖以前，一雙基因的各個判然互分，不相混合；一雙基因的各個分開與別雙的分開毫無關係。在人或任何熟知的動物或植物的遺傳組織中，有很多種的基因——確有幾百或竟多至一二萬。

對於這些定則亦有些小小的例外，遇到實際問題的時候又有許多錯綜的變化。不過我們不必去討論它們。或須有一點是要說明的——就是各個體或各種之間的不同，並不單靠一種基因，但是靠好幾種基因，都有相同的普遍影響。有時大小的不同就是由於這個道理，雖不定常是這樣。例如豌豆的一個矮種和普通的高種，所差就只是一個基因。若將矮種和高種交配，第一代都是高的（因為高長是顯的），但是若再交配起

來，在第二代就又有高種又有矮種，並沒有『中間』(不高不矮)種。

但是在家禽方面大小的不同，像漢堡(Hamburg)的大雞種和像碰答(Bantam)的矮雞種的不同，就不是由於一雙基因的不同，而是由於好多雙，大約是四雙的不同。每個基因在大小上改變一些。你若將兩種雞交配，第一代大概是中間的；但是當這些再在一起生養，它們就自極小到極大各種大小都是齊備，不像豌豆那樣的劃然分清。略加思索，你就可知道爲什麼是這樣的了。

## 遺傳和天演

最後我們再要談一種的變種。有時雖是在動物或植物的純種已有許多代不曾和別的種交配過，忽然會跳出一個新種來，以後就繼續照樣生產下去。例如野的果蠅有深紅色的眼，突生一種白色眼的，以後很容易的從這一種養成一個純白眼的種了。育種試驗曾證明新種和本種所不同的只在一個基因。事實的經過是，在一個蠅中這個基因起了改變，致使眼目不紅而白。一次改變之後，基因繼續照新的路徑進行。這樣的同遺傳組織一部分的改變而起的變種叫做「突變」(mutation)。

突變的很好的例是常養作玩好的小愛鳥 (love-bird)，或美麗的小彩鳥 (budgerigar)。這種鳥是從約 1830 年起才捉來飼養的。原來飼養的種都和綠色的野種一樣，但是現在天藍

的，青蓮的，淡綠的，黃的以及種種別的純種都可以取得了。所有這些種都是從五雙的基因錯綜新配而成的，所有這五種突變是從 1872 年以後才出現的。換句話說，在已往的六十多年中，五個不同的基因在做籠鳥的彩鳥中間已經變出了新的花樣來了。

突變是不大有事，但是在自然界中亦是無時不有。我們已經知道用人工的方法如 X 射線之類可以使突變常起，但是在野生的動植物因何發生突變尚不得而知。

從前推想突變常引起大的或驚人的效果，像果蠅的紅眼變為白眼，或綿羊的長腿變為短腿，（圖 149）因而有安貢種（Ancon breed）之名。但是我們現在知道由於突變的變種可

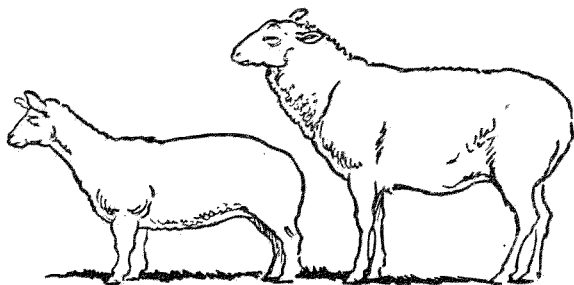


圖149 一個突變。左，短腿的安貢羊種是突然從長腿的一種（右圖所示）變成的。

以變得很少，亦可以變得很多；一個基因可以在它的本性和它的效果上略變一些，

或變得不多，或變得很多。事實上突變可以有任何等級的。

現在我們可以回到開始所講的問題——即生物的漸變的



問題。在產生新種的植物中，最普通的方法之一是用新配法。育種人取不同的各種，每種有特長的性質，但同時亦有幾個短處，將它們交配，再將它們的後嗣亦交配，於是在所成的許多異種中間選擇新配的美性最多劣性最少的幾種。

例如麥有一種很普通的病叫做銹病(rust)。這是由於一種小的菌在麥植物上生活。有種植物對於這種菌天然有抵抗的能力——如它們的遺傳組織中有種東西會防止銹菌在植物上有立足之地的。但是這些純種中沒有一個對於豐產子實方面是令人滿意的。所以畢芬 (Sir Rowland Biffen) 在劍橋用抗銹的一種和豐產的一種交配。抗銹是單靠一個基因，是隱性的。所以一切後嗣都易染銹病。但是在以後的後代中一切可能的新配出現了，包括一種從一個本親得到抗銹的基因，又從另一個本親得到豐產的基因的新種，更從這些成立了一個新的改良種了。

於是就有了選種的方法，假如你要從麥得到子實豐收，就於一田的麥中選取最好的種，作為第二年下種所用的子實的來源，繼續的一年年做去。在開始這幾年中，這或須會有很顯著的效果。這是因為麥的本種含有許多不同的基因，於產籽上有效應的，並且你逐漸除去那種歉產的麥種。但是過了幾時，你的選種就沒有那麼大的效應了。你若能得到一個真正的純麥種，選擇就沒有效應——除非有關的基因之一起了突變。假使突變是可以造成較豐的收穫，你的選擇就可達到目的，慢慢

的老的基因從遺傳組織中剔除淨盡，新的基因剩留在內；你的收成就再達到最高的水準。在動物方面的育種，常用選種法而不交配，尤其是遇有許多血統分明的種，如在畜牛方面。家畜和種植物就是靠人的選取他所合意的新配的突變，而放棄他所不合意的。才使它們改變它們的遺傳組織，久後就改變它們的本性了。

至於野生的動物，沒有人去取舍隨時生長出來的變種。但是仍也有一種選擇發生。有些變種在它們的生命中可賦有少許額外的長處，而有些別的又比較起其餘的同種來是處於不利的地位。在各種動植物的每一代中，有許多在得到延續種的機會以前，就死亡了。一隻鳥像鶉(thrush)或山鳥(blackbird)活了好幾年，並不滿一歲就開始生卵。逐年要生好幾個卵。假定是活五年，每年生四個卵(這大約還在普通標準之下)，那麼一雙的鳥在一生中可以產生二十個卵。(圖 150)所有這些卵若是都發育起來成為大鳥，又再生卵，那末在五年之末一雙老鳥死的時候，一定留了二十個幼鳥；這些中間的最初四個已要生有三十二個孫鳥；還有無數的曾孫玄孫。你可以自己推算這些的總數。這就是說，山鳥的數目每年要用一個大的數去倍起來。事實上我們很知道國內的山鳥數除了因年季的好壞時有上落以外，就保持着不變的。這就是死亡所損失的一定和生殖所增加的恰好相抵，以致平均每雙長成的山鳥只留兩個後嗣會成立傳種的。

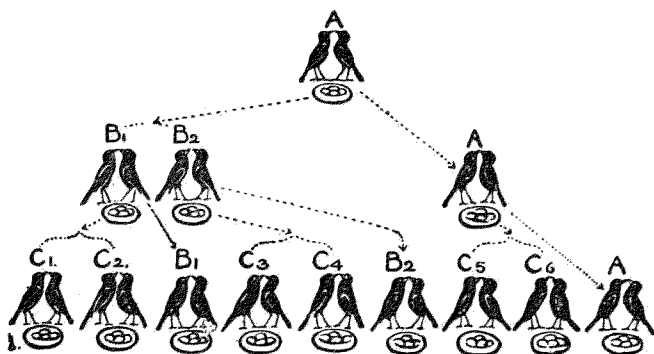


圖150 一雙山鳥若同棲三年，每年生四個卵，所有的幼鳥都長大和相配經過的情形。上，原來的一雙鳥(A)和四個卵。中，原來的一雙和二雙的子鳥(B<sub>1</sub>和B<sub>2</sub>)。下，原來的一雙再配，所以又有二雙從上年留下的種(C<sub>5</sub>和C<sub>6</sub>)；B<sub>1</sub>和它們的一雙幼鳥(C<sub>1</sub>和C<sub>2</sub>)，B<sub>2</sub>和它們的一雙幼鳥(C<sub>3</sub>和C<sub>4</sub>)亦都相配了，所以共有三十六個卵。

植物亦是一樣的情形，只是那種不能長成的後嗣數，在大多數植物中更是大得許多。試想橡樹一年一年所產的橡實數有時連續至幾百年之久，但是橡樹數除了人的或種或斬加以干涉之外，亦保持着不變的。生存和傳種的競爭是常進行着，雖則不是一種有意的有意識的競爭。

任何變種幫助一個植物的子實達到好的土地去出芽，或使在幼小時正和千萬個別的幼種爭取日光和空氣時生長得快些，或使植物更能抵抗病害，或使它產生更多的子實，都是從整個的講來有利於競爭的，所以平均有這種變種的植物要比尋常的植物或是有劣的變種的植物會長生和留種。所以這裏亦有一種選擇。留存的種是照它們在自然狀況下生活的能力

和同種相競的本領而定爲出類拔萃的。這個見解是首先由大博物學家達爾文 (Charles Darwin) 提出的：他叫這種選擇做「天然選擇」，是和「人工選擇」對待的，人工選擇即是人對於家畜和種植物所施行的選擇。

天擇的結果就有時叫做「最適宜的種生存」。但是很重要的，須記得我們所指的最適宜的，我們是指在某種特別狀況下最適宜的。試想一個植物生在潮濕的區域的沼澤的環境中。若是發生一種突變使它能忍受潮濕的環境，這大概是於它有利的，但是一種突變使它可以抵抗乾旱就是毫無益處，雖則對於生長在沙漠區域的邊緣的植物是大有利益的。

很好的一個例是白苜蓿。取白苜蓿的子種在一片老的草牧場上，有動物放牧的，就大部分產出蔓延的植物，若是所取子是從長在潔地上有好幾代專爲取子的植物而得的，就大部分產出直立而高的植物。理由是有草的地方又是一切植物都因由放牧而被抑低的，蔓延的習慣幫助苜蓿可以和草競爭；所以蔓延的白苜蓿要比直立的佔優勢些。但是遇到爲了收子而種植的，刈割機造成選擇立直的穗頭。所以選擇是按照情形而得到趨向不同的結果。

達爾文的這種見解才使人明瞭動植物怎樣的經過多少時候會改變的，並且怎樣能適合環境，時常有奇妙的樣子。所有不很適合於環境的，被選而保存在遺傳組織中。至於野生的動植物好像新配作用不及突變的重要。在遺傳組織上的大部分

變化是由選擇優良的突變而起的，這種突變是經過長時期逐漸累積的。但是研究野生的動植物的變化，以及變化的如何和因何而起，普通叫做天演 (evolution)，這是很大的題目，要寫一本書才能解釋明白，我們在這裏只好從略了。

## 生物的人工改良

現在我們可以回講到人所造成的變化了。當一個畜養家畜的人要養成一種牛，他先要考慮這是作什麼用的——例如是否為牛肉用的，或為牛乳用的，或者是兩種用處要兼備的。但是他還要考慮到牲口將來生活的情形。譬如世界上有許多地方牲口是很重要的——如熱帶的菲州——但是像在歐洲西部的地方所產的種竟就沒有什麼大的用處。理由是它們對於生存的狀況太好了。現代牛棚中的雌牛都是選出來長得很快的，使提早出乳的年紀，並且供給多量的乳(圖151右)。例如亞爾夏(Ayrshire) 乳牛在六年中就長大了，每天可以出八加

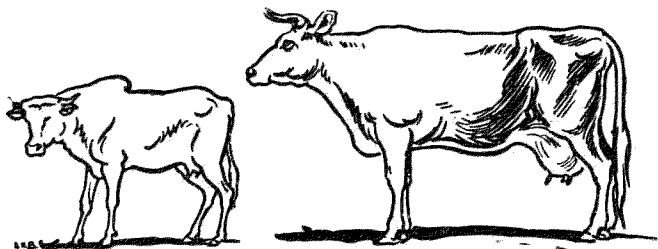


圖151 一頭屬於非洲土著的雌牛和一頭現代歐洲牛乳棚中的雌牛相比較。

倫的乳，但是西菲土人所養的牛要八年到十年才會長大，並且決不會出乳到四分之一以上的量。亞爾夏乳牛生活在潮濕的地方，夏天是充足豐茂的牧場，冬天有草和餅來飼養。西菲地方的土壤是很瘠薄。若將亞爾夏牛放在西菲那裏的牧場，大部分不會給充分的食糧來支持它們的速長。它們的身體機件作用得太快，對於牧場的需求太大。它們的骨要生長，但沒有石灰質和磷適當的供給；在種種方面它們變為不健康。同時本地的牛生長得慢，給乳的量少，所需要亦少，適合於貧瘠的牧地所能供給的範圍之內，所以那些牲口能有健康的生活。

當然本地的牛還可以改良的：更重要的是牧場可以從加用肥料和種種方法來改良的——於是它們可以支持好一些的牛種所求的需要了。

至於麥亦是相類的。能在很早的地區生長的新麥種亦曾在那些老的麥種一無用處的地方產出。這是從選擇不很需要水的植物所做成的，收成沒有像有些尋常的麥種一樣的好，但是從選擇作用來應付困難的狀況，世界產麥的總量就增進了不少。可惜這種科學知識不會能充分採用，因為照現在的制度，農家不能遇到收穫很大的時候仍得着足夠高的麥（或別的農產品）價；所以在許多國中，可種麥和別的農產品的田地不向上增多而向下減少咧。

我們再講幾個草原的例，亦是很有趣的，因為它們證明要有所改良，各種科學上的各種知識都是重要的。草亦和任何

一種世界上最具有價值的農產品一樣的重要，因為差不多所有的農村動物以此為主要食物。我們所吃的牛肉，牛乳，牛酪，皮革，羊毛和許多別的次要的物品像骨粉，牛膠之類，完全的或是主要的草原上的產物。

第一件有趣的事是單是畜牧即可改變牧場的性質。有若干種的牧草比別的會忍受畜牧些。舉一個明顯的例，新的樹決不會長在畜牧的地方，因為所有的幼苗都被嚙盡。在新林 (New Forest) 的有些地方，有籬隔的區域，在這裏你可以看見樺樹和松樹在生長着，一到籬外就沒有樹了。在一個草地上有種草亦會比別種草受了畜牧容易生存些。動物的糞有肥料的作用；可使土壤肥沃些更能供養多些的草，茂盛些的草種。有人做過實驗，將不同數的羊放在荒蕪多蘭（即燈心草）的牧場上，經過長短不等的時間；結果是畜牧單獨可以大大改良牧場，使成爲一種很像好的草原，蘭草少些，苜蓿和柔軟的草是多些。你自己要做這種實驗，可以小規模的用兔或家禽來做的。

在低濕的牧場上，洩水工作亦是有效；在多數情形中加入礦質肥料又可大見不同的效驗。一畝的地所能飼養的牛數，或羊數常可因用肥料而加倍咧。

最後，播種適宜的草種，更可得進一步的改良。在英國亞培利屈司 (Aberystwyth) 地方對於改良山坡牧場曾做了許多有趣的實驗。這些牧場從八百英尺以上大部分是饒瘠的。土

壤不肥，氣候又是比較的惡劣。在自然狀態中土地只能支持帶硬性的草種，不很適宜於飼養牲口，並且在早秋就枯黃了。在威爾斯或蘇格蘭或英倫北部的山坡，在冬季有灰白的外觀，竟和山谷牧場不同。草地在山谷中的可以保持終年青綠。因此在山上牧場飼養的羊多數要送到山下過冬，否則它們的食料就不夠了。

上面說的實驗曾證明雖是像這種荒瘠的畜牧地亦可澈底的改變。先須用耕耙或別的方法使土壤破裂這樣才能去除原有的草木，並且使土壤透氣和洩水，於是硝酸鹽的生產亦更加

變活躍些。其次你一定要加礦質肥料。最後你須播種適宜的草和苜蓿的籽。適宜的種類是低地的牧場植物曾經養育和選擇出來要能忍受山嶺氣候的困難狀況的。你

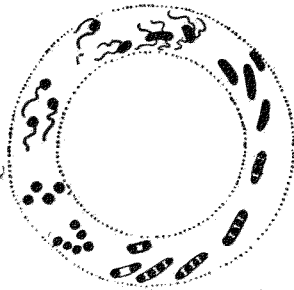


圖152 右，豆科植物的根上有小節。小節含許多定氮的細菌。左，在定氮細菌滋生的循環中它們所有的各種形式(高度的放大)。

還須用定氮的細菌(圖 152)種在苜蓿上，因為這種細菌在高地的土壤中是不見的。當植物長出來的時候，你必須放羊在這地上。羊的放牧和加糞，再每年稍加上些肥料，就能維持牧場到不變。好的草和苜蓿終年保持常綠，照這樣繼續下去。



英國約全面積的百分之五是荒蕪的，高牧地可以照這樣的改進起來，所以你可知這個方法的發明是怎樣的重要了。但是亦和麥種的改良一樣，這是不會有大的效應，除非賣買的制度亦有改進，使牧羊的農人可以得到公平的利益，即使他們有了一倍的羊出賣亦是有利可圖才好。

我們一定不要忘記遺傳學的定則應用到人類上，亦像應用到動植物上一樣。人亦像別的生物互相不同，亦有不少的變新，就像動植物的變新，一部分是由於外界情形的不同，一部分是由於遺傳組織的不同。耶穌聖經中說：你不能從薊上長出無花果。相同的，你不能從劣等的遺傳組織希望得到優等的男女。不論多少施肥不能變薊為無花果，或改低種的麥為良種的麥。同樣的，不論進多少食物不會使非洲矮人長得和平均蘇格蘭人一樣的高大；不論多少教育不會使一個天資愚笨的小孩長成為聰明的男孩或女孩，因為教育不能改進受教育利益的能力——教育只能聽任這種能力有適當的運用。

但是你若不適宜的培養無花果，亦不要希望得到好的無花果：我們已經講過農人要有好的收穫，必須勤耕和充分的施肥。對於人類亦是一樣。你不能希望從他們所繼承的組織上得到最好的結果，除非你預備最好的可能有的狀況使他們在裏面生長起來。

在今日的世界中，有許多不必需的病痛和愚頑和苦難。有不少是起於惡劣的生活狀況：但是我們亦可確然的說，有些是

由於不良的遺傳組織。我們亦知道有一小部分的缺點或疾病是因遺傳而害及後代的。例如有種低能就是這樣的，還有一種身體的缺點叫做血友病(haemophilia)或過分的流血，是因爲血液不能好好的凝結，遇到有很小的傷口或是拔一個牙齒就是非常的危險。像這類的情形，人有這種缺點的顯然不應該有子女了。但是平常不容易或竟不能確知人的特性的大部分那幾種屬於遺傳的，那幾種屬於環境的。第一件事情是設法改良生活狀況——食物，居室，教育，有趣工作的機會，消遣——使得考察有什麼效應的機會。只有到辦成這種事情之後，我們才能更加明瞭那幾種缺點是由於遺傳組織而來的。

但是切不要忘記，我們若是對於人種的遺傳組織和生活狀況加意改進，像對於改良農產品和家畜一樣的盡力，我們在一代之中即能在人的效能和幸福上得到可驚的成績，無異於農夫和畜種人對於他們的農產品和家畜的產量和工作所有的成就了。

# 第八章

## 科學史

科學的發軔——古希臘羅馬的科學——黑暗時代和中古時代的科學——現代科學的開始——十八世紀之科學——十九世紀之科學

### 科學的發軔

科學是尋求一切事物的規則以及怎樣發生的情形。常是有兩面的：一面科學給我們相當的知識，使我們明瞭已往所不曾知道的或神奧的或誤解的東西。另一面又增進我們控制自然的能力，指揮天然勢力的本領。從科學所得的知識，改變了我們的一般觀念和生存的態度（即人生觀。）從運用科學所供給控制自然的方法，改變了我們的日常環境和生活狀況。

我們除了指出各種科學事實的關係，解釋自然的種種見解和應用科學的實用以外，還有一種很重要的關於科學的事實，不可不加以注意。就是科學與時俱進，自有它的歷史。科學永遠是不完全的。在一個時期所知道的，到了下一個時期又進一步知道得多些了。科學從不誇說是完全沒有錯誤的。目前所

公認的科學見解，不過就今日已知的事物解釋得最爲適當而已。

若是我們一看科學史，我們就知道在已往有很長的時代，對於全自然界沒有一些科學知識。例如關於卵和精的明顯事實，關於電磁性的事實，在十九世紀以前是不曾明白的。我們還發見某一個時代的科學見解每每是錯誤的，到了後來有新的見解，就將舊的放棄了。我們一定料到將來在未經科學研究的區域中，必要用科學方法去開發起來，並且許多現在我們的科學見解要讓新的見解來替代的。科學不是一種固定的知識，亦不是一派一成不變的見解。科學是人類格物致知的方法，是不斷的發明新的事實，是不斷的形成新的見解來解釋事實，以求接近真理。我們且略述科學的史實，說明科學的意義和它的成就。

人類在地球上的生命已經有幾十萬年。在這時代的大部分中間，人類所過的是原始狀態的野蠻生活，靠着獵取野獸和採集天然的食物，如蛤蜊，草根，果實，而維持生活的。控制自然的能力亦是極有限的。他們知道取火的方法，並且知道造出工具和兵器的方法。不過工具和兵器都是很粗陋又沒有多少種，常用天然供給的材料如石，木，骨頭之類所做的。他們穿的是粗製的毛皮，若是在熱的氣候中，大約不過是用樹葉遮蓋身體而已。他們不知道怎樣提煉金屬，或種植農產，或用石築屋，或造車輪，或紡織，或書寫文字。

在這幾萬年的中間，就我們所知道的而論，主要的進步要算是石器的逐漸改良。至於別的器械用易於損壞的材料做的，和生活的一般狀況，固然也有相當的進步。

最初人類的大發明是取火法和用火法，以及知道怎樣利用天然的材料如木枝和石頭作為工具。我們說不出這些發明是什麼時代開始的，大約是好幾十萬年以前的事。過了許久，才有一種人發明了怎樣馴服野獸如馬，牛，羊，犬之類。

第二步的大發明我們所確然知道的是農事，就是故意墾地播種，抱有收穫的希望。這大約是在八千至六千年前之間的時代，在近東或是埃及或是美索帕推米亞的地方。農事的發明是根據了種籽會長成植物的科學事實。遠古的人民或是不知道這種事實，或是知道了不會想到應用的方法。

在這裏我們遇到一種科學事實，在實際上應用之後，大大的改變了人類的生活狀況。務農的人於是能收集大量的食物儲藏起來。這是人種史上第一次發生的大事。人民因此可以留住在一一定的地方，成為市鎮，不像以前那樣一羣一羣的散居各地，為了尋求畜牧的草原或獵取野獸的地方，常是遷來遷去，不停的移動了。這樣至少有一部分人比較的有閒，得到深思熟考的機會了。至於科學史方面，我們必須注意到一件重要事實，就是生活狀況因這一種科學發明改變之後，就發生了新的需要，又促進了人類尋出適當的解決方法，自然又引起新的發明。我們可以發見這一類的事情，在科學史上常是發生的。

種田的人要希望有好的收穫，必須在一年之中適當的時候下種。因此必須要知道四季循環的準確時節，好有造曆的本領。我們已經習慣了有現成的準確的曆，所以我們不覺得造曆應當要有多少知識和技術了。實際上約略知道些四季的情形是不夠的。日月星辰的運行是供給我們惟一的準確方法來測定一年中循環的變化。因此古人開始研究天體了，逐漸知道怎樣造曆了。大概古時的廟宇除敬神之外，是一種觀象台，好像在建築的時候，有意在石牆上留出一種缺口，好讓寺僧在太陽東升時觀察日光的位置，就知道這是什麼節日，如夏至之類。但是這些事情不是一時間可以想得出來的。進步當然是很慢的。到了大約四千年前，巴比倫人是上古最早的大天文學家，開始決定了曆法。不過那時的一年祇有360日不是365日，要按時加上一個閏月，才湊足真正的年，就像陽曆逢閏年要多加一日是一樣的道理。

有不少關於日月星辰行動的規則，在古時早就知道得很準確的了。不過那時的天文學和現在的天文學大不相同，當時以為地是平的，天是圓的，離地不很遠，日月星辰是掛在上面移動的。至於地是圓球形，或是地繞日旋轉，或是星辰在空無所有的空間，離地有幾百萬的百萬英里遠，都是不曾夢想到的。

當陸地因墾殖而有了價值，測量地面要有準確的方法，亦是很重要的。所以我們發見在古代文化上幾何學(英文 geo-

metry一字是從希臘文來的，原意是量地法)，是研究得很多的。直到好幾百年以後才有代數學。

幾何和天文這兩種學問是人類最早所得真正科學的知識。這種學問使人有準確的觀念。天文知識還顯示自然界的有規則有秩序絲毫不亂。但是確有許多天然的事變如地震，瘟疫，仍是神秘不可思議，那時的人尋不出科學上的解釋。像這樣的抱着兩種互相矛盾的觀念有好幾百年。一種是有些事情發生得有條不紊的觀念，一種是變化無常的觀念。天然的現象好像有些部分是循規蹈矩，別的部分是不守規則的。

在農事發明以後不久，大約就有紡織，文字和車轂的發明。但是大的科學發明要算是冶煉金屬了。這是又隔了一二千年的事。製煉金屬不但可以造成更好的工具和兵器，並且供給人類做最初真正的錢幣，立定了在貨物和勞役的交易上一種穩定基礎。

在以後的二三千年中間，尤其是在美索帕推米亞，埃及和克里脫那些地方，在各種知識和實用上，以及一般文化的水準上都有許多的進步。石造的建築，有些是規模宏大，有人會營造了。航海的船隻也會製造了。玻璃也會造了。煉冶的金屬用途也推廣了。在煉金方面，銅之後有青銅，青銅之後有鐵。但是在古希臘文化時代以前，還不能說有很大的科學進步。

## 古希臘羅馬的科學

在紀元前六世紀希臘文明時代，發展算術的基礎已經奠定了，已發見的世界已畫成輿圖了，地圓的見解開始有人提出了。到紀元前五世紀中，空氣是物質而不是虛無所有的空間，才得到了公認。物質是原子或元素的質點所成亦有人建議了。但是一切物質是作為四種『元素』——地，水，風，火，或如我們要說固，液，氣和火焰——以各種成分配合所成的。

日和月開始認為和地球一樣的物质所造成，並不是性質完全不同的物體。人身解剖已見實行，以求發見人體構造的真相。醫藥亦初和科學接近。考查雞卵在各時期的變化，實行研究生物發展的經過亦在這時候開始。

紀元前第四世紀得見生物科學的崛起。大科學家和哲學家亞里士多德(Aristotle) 首創動植物的分類；在不少部分這是準確的，例如鯨魚和海豚，他分在陸上哺乳動物中而不作為魚類。他的著作認為第一次試編科學知識的百科全書是很重要的。當時對於自然知識的興趣，可以從亞歷山大出征的時候帶了一班科學家隨行，研究地理學和博物學而想見了。

迦太基人漢諾(Hanno) 的著名航行到非洲西海岸是重要的。他注意到航行的初期，中午的太陽是在南方，後來逐漸變到在當頭，後來是在北方。這事實和別的事實都證明地球是真正的球體。大約同時歐几里德(Euclid) 集成一切關於幾何學的知識，納入完備和適合論理的方式。

紀元前三世紀一個希臘天文家從研究日蝕，證明太陽



比地球大得許多，並能很有把握的估計地的圓周。希臘文化的中心現在已移到埃及的亞歷山大城了。最著名的事業是博物院的成立（西文 Museum 即指司文藝學術的女神 Muses 所居的院）。亞歷山大博物院不僅是個博物院，而是一個大學，有各研究所和一個大圖書館。經過黑暗時代毀壞之後，不曾見有同樣的規模在世上出現，要等到十七世紀科學精神鼓起歐洲大學的勃興才重見光明。

科學的醫藥在這時期中發生很顯著的進步，就是證明腦是思想的主而不是照亞里士多德所說的心。在這時期中，大物理學家和發明家阿基米得（Archimedes）發明了一個重要定理，即是東西浮在液體上面，重量必等於所排代的液體；發明水壓螺旋和新滑車；相傳曾用大凹鏡集光在焦點，使羅馬人圍攻叟拉古司（Syracuse）時所用的機器燒着。在幾何學上他得到  $\pi$  的近似數，就是圓周和直徑的比例。他的計算確是很準確，以為是在  $3\frac{10}{71}$  和  $3\frac{10}{70}$  之間。

在紀元前第二世紀，大天文家希帕慕史（Hipparchus）很準確的測定了月球的大小和距離，並且發明天文學上所說的歲差，即是地軸所指的方向不是永久不變的，而是慢慢的畫圓圈的，——換句話說，地球自轉的時候有些搖動，好像一個陀螺一樣。

在紀元前第一世紀就有不少實用化學的成績，開始造出顏料和新的合金，甚至於造仿真珠了。大約在這時候亞歷山大

的海若(Hero)發明了第一個蒸汽機，當時不過是一種玩具。希臘科學的末後一個大成績是天文家托勒密(Ptolemy)在紀元後第二世紀的成績。他發表了異常完備的關於天體運動的說明，但是他還相信天體是繞地旋轉的，因此他的說明雖是準確，然而十分複雜的。

他又造成古世界的最好輿圖。大約在同時，加倫(Galen)得了些有價值的醫藥上和人體解剖上的發明，並集了當時醫藥知識的大成。

可惜羅馬人在科學上沒有什麼大的發明，因為他們的才能是偏於實用的。他們創造了許多在工程上大有用處的機器。該撒(Julius Caesar)引用了改良的365 $\frac{1}{4}$ 日的曆，比從前的曆要準確得多，於是變為普遍的通用。但是還稍為太長了一些，所以到了十六世紀已是相差了十一日。於是教皇格列高里十三(Gregory XIII)引用我們現在用的陽曆，規定每一百年要缺去一個閏年。羅馬人對於農事，地理，建築，河工，築路都很有實用的知識。他們是第一種人有適當的衛生制度和公衆健康的設施。他們對於博物學亦感興趣。普林尼(Pliny)曾著了一部博物典，但是裏面沒有多少科學方法，神話和迷信常和事實夾雜在一起。大約在第二世紀的末年，古代人民在理論和實用兩方面的科學創造上，竟毫無成績可言。

## 黑暗時代和中古時期的科學

到了羅馬帝國奔潰的時候，文化也大部分跟着奔潰，差不多全部的古代科學都喪失無餘。人衆的心中不知道有科學，他們的行爲也沒有科學的影響。甚至黑暗時代終了以後，接着中古時代，還是很少注意到科學，雖則在建築和藝術，宗教和哲學上，中古時代確曾達到高度的文化，和政治組織上也有成績的。有一千年的長期，西歐不會有什麼科學上的進步，本來存在的也被神學和哲學所壓抑不得抬頭。在這時期的大部分中間，阿拉伯人維持了科學精神。他們受了穆罕默德的領導，在第七世紀大爲強盛；勢力所及，東從波斯起，西到西班牙止。他們研究希臘科學的遺風，實施了醫藥，在實用的知識如光學和化學上，得到不少的進步。他們又發展了算學，得奠定後來科學發展的重要基礎。從西文algebra(代數)一字是原來的阿拉伯字，就可見他們在算學上的成績了。很有趣的是十一世紀的回教大詩人奧嗎凱洽 (Omar Khayyan) 亦著了一部代數學。

再有更大的算學上進步可以從記數法——阿拉伯數字——上想起的。其實這種記數法是印度人所創始，不過阿拉伯人添上了零的符號○，使更切於實用。在以前沒有零的符號，所以不會有適當的十進記數法。假使你要用羅馬數字做一個簡單的乘法或除法，譬如 $738 \times 14$ ，或 $1248 \div 13$ ，你就明白這個新的合理的制度使筆算得到很大的幫助了。事實上在那時以前，計算大概常是用一種簡單的計算器叫做算盤。有許多科

學是靠計算的，要是沒有阿拉伯數字和代數學，就是最簡單的計算也是煩重難解了。

阿拉伯人好像最初應用磁鐵指南的性質——中國人最先發明——到航海上去的。再有一種發明對於後來的科學亦有幫助，就是用活字版印刷的發明。這是十五世紀的事。有了這種幫助，加上中國輸入歐洲的造紙法，科學知識正是一天一天的增積起來，可以藉此傳佈出去。否則要靠手抄在又貴又重的羊皮紙上是不可能的了。

在中古時代歐洲人中，可算是有真正科學實驗的記載，確有貢獻的奇人之一，是十三世紀的英國人培根（Roger Bacon）。根據他的研究，他預料舟車可以用機力發動，甚至有飛機的可能。但是他因曲高和寡，不曾發生大的影響。

近代科學初顯曙光是是在十五世紀的文藝復興時代。新精神出現的理由之一，是君士坦丁在 1453 年被土耳其人所攻陷，君士坦丁是拜占庭帝國（東羅馬帝國）的京城，許多住在那裏的學者逃難到西方去，帶了許多古希臘書的抄本，和他們滿腹的希臘才學。西方的人忽然發現了這許多古人的智慧，就更覺進求新知識的迫切了。

再有一種很不相同的理由是為發展商業遠出探險的流行。這是因為在十三世紀之初，最先使用羅盤，大概是十字軍人從阿拉伯人取得的。有了羅盤，才能辨方向。在十五世紀之初，葡萄牙人探測了非洲海岸，達到耶教徒向來沒有到過的

地方。地圖的見解也漸漸得到普遍的承認了。因而促進尋求橫渡大西洋達到東方富國的新路線。結果是大家知道的：就是哥崙布的大發見，但是他到了新世界，還當作達到了印度。所以他發見的地方，到現在還叫做西印度羣島。幾年後卡僕脫 (Cabot) 才到了我們現在所稱加拿大的東海岸。

馬巨蘭在1576年實現地球的環行，後來北美大陸的探險，秘魯的探險，南菲和東菲的探險，東印度羣島的探險都是十六世紀的事，大開了民衆的眼界。新的國家，新的動物，植物，人種都激動了好奇心，從美洲的金銀流入歐洲，從東方的香料貿易輸入歐洲，造成了新的財富。人們更有力有閒去求滿足他們的好奇欲了。

## 近代科學的開始

科學的復活在十五世紀發端，到十六世紀才確然開始。文啓 (Leonardo da Vinci, 義大利人, 1452—1519) 真是一個大美術家，大工程師，又是大科學家。但是他不曾發表所得的結果，所以不曾生大的影響。

十六世紀前半期發生一件科學大事，就是波蘭天文學家哥白尼克 (Copernicus) 舉出理由來說明地球不是宇宙的中心，而是地球和別的行星圍繞太陽行動的。

約在同時弗萊明人維舍留斯 (Vesalius), 巴杜瓦的解剖學教授，著了人體解剖的大著作，可算是超越古希臘人的知識

之上，對於解剖上始有真正的進步。植物園亦約在那時設立，植物亦開始有系統的研究。十六世紀後半的著名科學家之一是吉爾柏 (John Gilbert)，研究磁和電的現象，英文的 electricity (電)字就是他提出的 (從希臘字琥珀的意義來的，因為琥珀被擦後就帶了電)。他首先指出地球本身就像一塊大磁鐵。

所以十五世紀開闢了現代科學趨進的路，十六世紀看見科學四散的萌芽，實在是十七世紀科學才首先變成有組織的運動，真正的開始得勢。十七世紀的初年，培根 (Lord Bacon) 著了第一部書，講自然科學的方法應當是怎樣的，和預測有什麼實用。

天文學家刻卜勒 (Kepler, 1571—1630) 贊成哥白尼克的地球和行星繞日運動的見解。但是哥白尼克以為它們繞行的軌跡是圓的，刻卜勒證明實際上是橢圓的，並且發明許多很重要的事實，關於它們在運行時各部的速度。

著名的義大利人伽里略 (Galileo, 1564—1642) 是當時的最大科學家。那時望遠鏡發明了尚不久，他就用了放大三十直徑的儀器，發動了天文學上的革命。在這望遠鏡中看出月面不是平滑，而是有山有谷，像地面一樣。(詩人密爾登曾訪問過伽里略，所以在他的名詩迷失的天堂 (Paradise Lost) 裏，描寫在這早期的望遠鏡中所見的月面)。伽里略從望遠鏡中又看清銀河是無數的遠星所成；這又是古時的人所意想不到的。他又

見圍繞木星有四個月。他確然證實了哥白尼克的太陽是宇宙的中心，這一種見解的確切無誤。

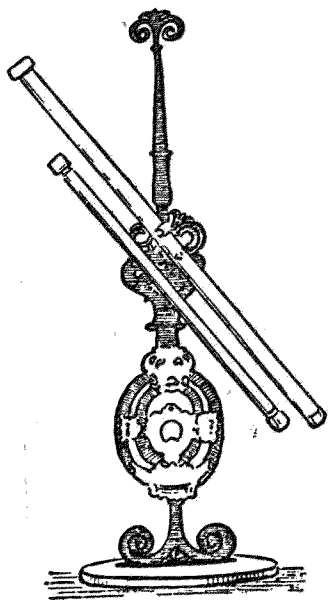


圖153 古望遠鏡是小而放大得不多。  
伽里略所用的望遠鏡。

但是他的最大發明是在力學方面。他用實驗證明重物不比輕物下落得快些。在當時的學者都抱相反的意見。他是第一人發明物體下落速度的定理——我們現在稱爲等加速度——這就成了大部動力學和實際應用的基礎，如計算砲彈的行程之類。他指出一種物體所有的運動，繼續永遠不變，除非受了一種外力的阻礙才會改變。這又是一種完全革新的見解，因爲別人都以爲物體要有力推着，才能不斷的行動咧。

在這種方面，他做了另一個大科學家的先導，就是英國牛頓(Isaac Newton)。伽里略死的一年，就是牛頓生的一年。牛頓最著名的發見是萬有引力的原理：——任何有質量的物體，如地球，常施一種力來吸引別的物體，隨着離中心的距離的平方而減小。他證明這樣的力不但使一塊石或一個蘋果落下，並且使月球不至於向空

間拋出，而是使它繞地而轉。相同的，這種力使地球和別的行星繞日而轉。

他還指示行星和衛星所取的路徑，照這個定律應當是橢圓，恰合刻卜勒所發見的事實。並且他的計算和事實符合得非常準確。因此他證明了行星不是有什麼天神的主動，或是有什麼神祕的不能知的力量指導着，而是根據簡單的力學原理，和一塊石落向地一樣的道理，可以解釋它們的行動。由此宇宙間到處含着普通科學定律的見解，才起始確定不移，這就是對於自然界引起了一種新的觀念。

牛頓在別的科學上又有許多一樣重要的發明。他和德國哲學家和算學家雷勃尼芝 (Leibnitz) 同得創造算學上的微分學的榮譽。這一種算學方法對於研究科學問題中有一種程序的變率 (rate of change) 時，大有用處。他證明潮水是日月相併的萬有引力的結果。他最初分清一個物體不變的「質量」和引力所生的「重量」，完全不是同樣的意義。質量是到處相同，重量是隨處可變的。例如同樣的物體在月球上的重量，要比在地球上小些，因為月球的引力是小些。他是第一人說明白光經過稜晶，分成各種顏色的光譜所起的作用，和虹霓顯現的適當理由。同時期又有一個重要的發見，是丹麥天文學家婁謀 (Römer) 所提出的，就是光的進行亦須耗費時間，不是立即就播到各處的。

在物理學上亦有了不少的進步。波義耳 (Robert Boyle)



和許多人指明空氣是一種有質的東西，有一定的重量。於是證明從前一個古希臘人的推想果然不錯。波義耳亦發明了空氣和別的氣體的體積和壓力的關係——他的定律是壓力加倍，體積減半，壓力三倍，體積縮小到三分之一，依此類推。他再有一個發見，是水沸時的溫度要看在水面上空氣的壓力而定。他還在化學上做了許多重要的實驗。他最後推翻了火是一種元素，或火是永遠一樣的和常分物質做元素的見解。他差不多達到了現代對於化學元素的見解。

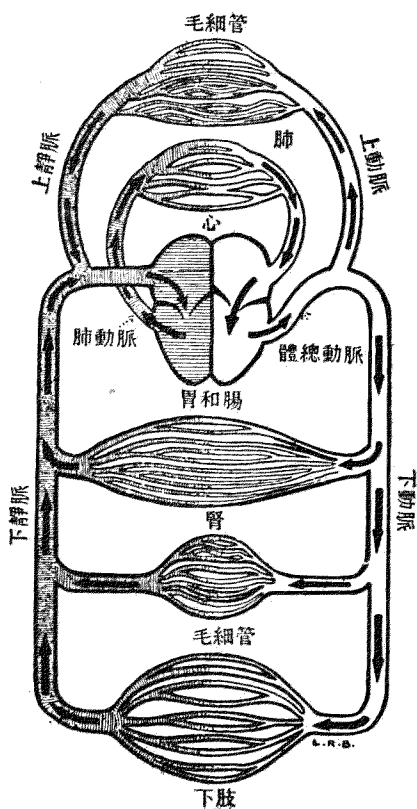


圖154 圖示人身中血液的循環。富於氧的血用空白表明。富於二氧化碳而貧於氧的血用半黑表明。毛細管的比較要比圖中所示的小得多。

約在同時義大利人托里拆利(Torricelli) 創製了水銀氣

壓計。法入巴斯噶 (Pascal) 是一個大宗教家,算學家,著作家,又是大科學家,指明帶了氣壓計上山,水銀柱的高度逐漸下降;因而證明水銀柱是由於空氣柱的重量所支持住的;就此立定了現代氣象學的基礎。

同時在生物學方面亦有根本的發展。哈味 (William Harvey, 1578—1657), 查理士第一的御醫,發明了血的循環

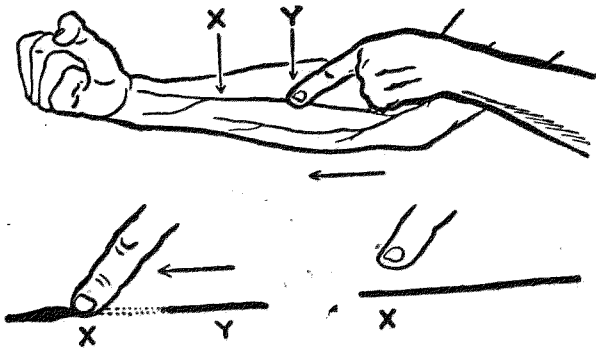


圖155 哈味的靜脈管實驗。(上)按捺手指在Y點一靜脈管上;(下左)移動手指至X點:血液被擠,排出於X和Y間的靜脈管;(下右)移去手指,靜脈管的擠空部份又立即充滿了血。

(圖154),是一切現代生理學和醫學的基礎的事實。古時的人以為血是從心裏流出流入,好像潮水的漲落一樣。至於有些血管裏(動脈管)的血,常是從心臟裏流出,另有些血管(靜脈管)裏的血,常是流回去;這種見解確是聞所未聞。哈味不僅是由實驗和仔細的解剖,就能發見的,並且是從計算出來的。他從尋出心臟每一跳排出的血量多少,和量定跳動的快慢,才指明心

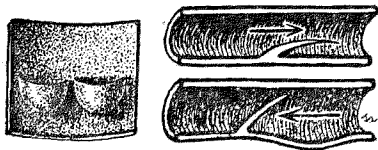


圖156 血在靜脈管中怎樣向一個方向流動的情形。左：一片大靜脈管割開，攤平，顯出一對瓣膜的樣子。右：示瓣膜怎樣工作的情形。上：血向心中流去時，可以通過瓣膜。下：血若是要反流，瓣膜阻住不放過去。

顯微鏡的發明又給生物學一種促進的力量。馬爾批希 (Malpighi) 用了這新儀器，確是看見了微血管或最小的血管。血就從這些細管，由動脈和靜脈裏循環週轉。哈味從沒有見過完全的循環，僅證明了循環是必然的事。顯微鏡亦使馬爾批希能夠首先詳細說明雞雛最初從極小時起的發育情形。在荷蘭有辟文霍克 (Leeuwenhock) 專心從事於顯微鏡的工作，研究

臟在半小時中間，一定抽吸周身所有的血。他又注意觀察生物發育的情形，是第一人說明一切生物都是從卵發育起的。(雖是他對於卵確是什麼的見解，不和我們現在所抱的見解一樣)。

顯微鏡的發明又給

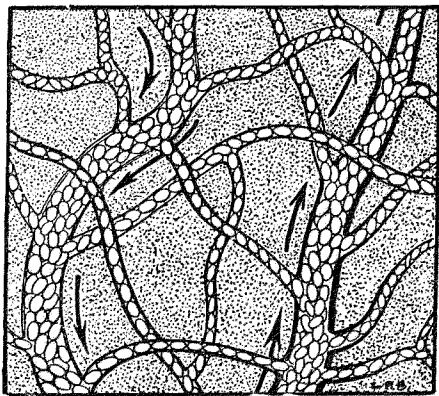


圖157 血在蛙足中怎樣的流轉，如在顯微鏡下面所見的。在右方示一個小動脈管輸送血液到細的微血管中；微血管接連成靜脈管。在左方有一個小靜脈管。

辟文霍克 (Leeuwenhock) 專心從事於顯微鏡的工作，研究

許多前人所不知的  
肉眼所看不見的各种  
生物；第一人能  
見細菌，血球和精  
液。

約在同時英國  
植物學家格魯(Ne-  
hemiah Grew)研  
究花蕊，首先明瞭  
雄蕊和雌蕊是植物  
中生殖的陰陽器。  
他和別的科學家測  
定了花要結子，必  
須先要有花粉從雄  
蕊上達到雌蕊上，才能有效。

再有一個英國人約翰雷(John Ray)在另一方面進行研究，開始將生物着手適當的分類，先是植物，後來是動物。在他以前博物學祇是散亂無紀的雜錄，他開始指示出根本上亦有條理規律可循。

在科學史上最重要的一步，是設立科學團體，如英國的皇家學會，來研討科學上的發明和學說，和發行刊物公佈出來。在十六世紀在義大利已有這樣的學會成立了，但是到了十七

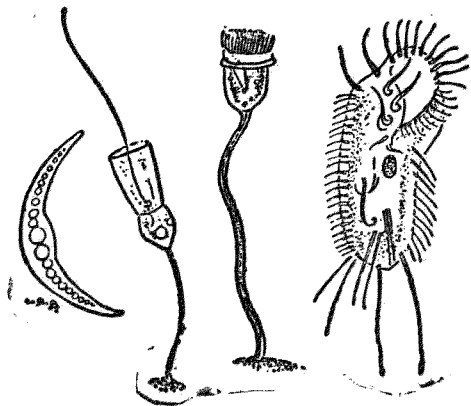


圖158 各種小的生物，從顯微鏡發明之後，使肉眼能看得見的。自左至右，小植物帶藻(Desmid)，三個動物——一個鐘形的鞭毛微蟲，附有鞭條，可以攪動水流，引取食物；一個鐘形微動物，有收縮莖，用了極細的纖毛，攪起食物流來取食；一個自由游泳的纖毛微蟲，叫做 Stylonychia。

世紀學會才有重要的地位。在羅馬的先覺學會 (Accademia dei Lincei), 倫敦的皇家學會, 巴黎的科學院 (Académie des Sciences) 都是在這世紀中成立的, 至今還是存在而發達。

## 十八世紀之科學

在十八世紀中科學的進步大體上是沒有十七世紀中那麼興奮或遠訊。但是亦有不少結實的工作, 新得的事實, 特出的見解。

在地理學上許多從前不會知道的國和海, 都經實地探查, 列入圖表。從航海上的進步, 科學調查才能積極進行; 一半是由於牛頓的工作, 使月球在星辰中的地位可以用算學方法預測; 一半是由於英國鐘錶匠哈里生 (Harrison) 創製了準確的時計。

在生物學上, 瑞典的大博物學家林耐 (Linnaeus) 改進了和擴展了雷氏的工作。林耐不但提出改良的分類法, 並且創出一種便利的動植物命名法, 經改修後至今仍在採用。他不用單表示性質的名來指一個動物或植物, 而提倡用兩個字的名: 一個是屬名, 一個是種名。有些像我們每人的有名有姓, 一律用通行的拉丁文, (或拉丁化的希臘文), 姓放在前面。所以他將獅, 虎, 豹, 貓, 都算姓貓 (Felis, 拉丁文貓義), 分別叫 Felis leo (獅), Felis tigris (虎), Felis pardus (豹), Felis Catu (貓)。要是沒有這樣簡單的雙名制, 生物學家就無從應

付後來發見的這許多生物(現在約有一百萬種)。好像數學要是沒有十進制的簡便法,就不會有相當的進步一樣。在同時期中,包豐子爵(Count de Buffon)著了第一部的近世博物學。

在生物學上尚有別的顯著的進步。義大利有雷提(Redi)和司派蘭蔡尼(Spallanzani)指示大的生物,無論如何是不能自生的。司氏又對於消化和生殖方面有許多發明。同時德國的哈婁(Haller)不但發明了許多東西,並且說明了人體的功用,著了第一部的普通生理學。

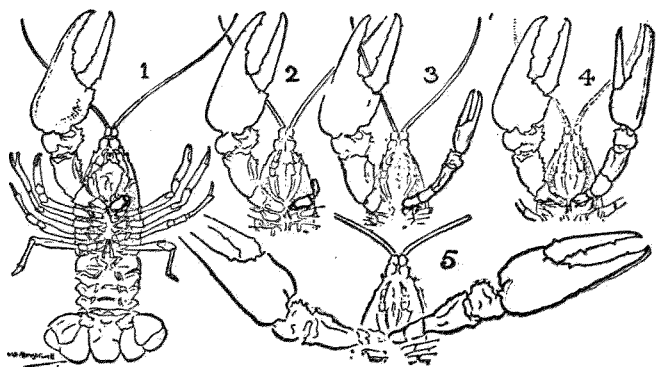


圖159 一個龍蝦(Crayfish)會重新長出一個折斷的螯。1.大螯之一已經折斷,傷口已合攏; 2.在第2期脫殼時一個小螯又長成了; 3.4.5.螯逐漸發達到常度。

從那時起,開始考查動物如蝶螈和龍蝦之類,會重新生出傷殘的部分,又發明有些動物雖是斬碎,仍重新長成整個的。

法國雷渥茂 (Réaumur) 是第一人專心研究蜂和蟻的習慣，英國海耳斯 (Hales) 發明關於植物取得食物的種種重要事實。

但是最重要的進步是在化學方面。愷文迭喜 (Henry Cavendish) 做到了使氣體氫和氧化合成水，就此證明了水不是元素。以前一般的人都認水是元素。許多科學家製得各種純粹的氣，柏利斯萊 (Joseph Priestley) 是其中最著名的一個。最後法國賴福謝 (Lavoisier) 確定了這許多不同的氣是真正的各成純粹的東西，而不是空氣的變種，並且闡明了燃燒和呼吸的性質，以及火燄的意義。

對於火燄和燃燒的作用，在那時以前有各種錯誤的見解。最盛行的一種是說天然有一樣東西叫做燃素或火質，從燃燒的材料裏逃出來；因為金屬燒了之後，重量確然增加，已成為不可否認的事實，於是就指這理想中的燃素一定是有負的重量。但是這重量會有負性的觀念，弄得一般人對於物性和化學作用的觀念，益發糊塗了。例如氧就叫做除去燃素的空氣。賴福謝 從很準確的秤量出燃燒時有關係的東西，氣體和固體一樣包括在內，證明燃燒可以很簡單的解釋出來，就是一定的物質——氧氣，像別的物质一樣的有重量——和被燒的物質化合的結果。他最後還決定呼吸是和燃燒有同樣的性質，祇是作用比較的慢得許多而已。呼吸，生鏽，和燃燒都是氧化的作用。

## 十九世紀之科學

十九世紀開始以後，科學的發明和應用更是蓬蓬勃勃如春花怒放。我們祇能舉幾個最重要的，略加敘述而已。在化學方面，賴福謝的精密工作，開闢了求自然定理的路徑。在這世紀的初年，陶爾敦 (Dalton, 1766—1844)，確然的指示：欲明瞭化學的化合作用，最好想像那些起變化的簡單物質，即元素，是無數看不見的質點即原子所成。他的工作不久即擴展到分子的觀念：一個分子是一種物質的最小質點，而一個原子是每種元素的最小質點，譬如氧氣的一分子是 $O_2$ ——兩個氧元素的原子，硫酸的分子是 $H_2SO_4$ 。從前在化學上已經有過對於物質的種種觀念，如希臘人的見解，以為有四種『元素』——地，水，火，空氣，或如中古時代煉丹術士的見解，以為在化學上起作用的有三種基本要素：——硫黃，或火的要素；水銀，或液體的要素；鹽，或固體的要素。到知識進步之後，這些見解都不能成立了。原子的見解是一切現代化學的基礎，化學知識上所有的進步都靠這一種見解的幫助。

開端是許多新的元素接二連三的發明了。兌維 (Sir Humphry Davy) 做到了用電分解苛性鈉和苛性鉀，就此發明了兩種古怪的金屬，鈉和鉀。到分光鏡創製後又顯出了許多新元素。氣體分析的精妙新方法，證明空氣除含有氧和氮外，尚含好幾種別的氣體元素；其中就有現在用得很廣的電光廣告霓虹燈裏的氖氣，和盛入電燈泡用的氬氣。再後來研究放射性，又引到鐳的發明和別的新元素。我們現在知道地球的全部由



共約九十多種的元素所造成。這些元素錯綜配合，千變萬化，構成了無數不同的化學物質，存在於地球的內部和面上。

化學的主要枝系，無機和有機，都是在十九世紀發明的。特別顯著的是證明尋常在動植物身體中所見的物质，亦可以在實驗室用人工造成的，還可造意製出許多天然所不見的新物質，包括許多有用的新藥品和顏料。再有接觸作用的發明，即有些東西會促進化學變化的作用。

義大利的加爾伐尼 (Galvani) 和伏打 (Volta) 引起了電流的仔細研究，接着就有許多發明，包括從鹽類溶液中沉積金屬，後來就是電鍍的應用；電流經過的發熱作用，現在就是電熱的應用；奧斯特 (Oersted) 和安培 (Ampère) 的特殊發明關於電流和磁鐵的影響，不久就是電報的應用；法拉兌 (Faraday) 的驚人研究，指示在一圈通過電流的線中移動一個磁鐵，可以引起電流以及種種感應的方法，因此就建立了應用電動力的基礎。

再有一種大的進步是關於熱的。以前一向以為熱是一種流質。約在十九世紀的中年前，英人焦爾 (Joule) 繼續倫福特 (Count Rumford) 所提倡的見解，證明無論是機械的或是電的工作，都會生熱，並且很準確的測定熱量。因此證明熱是一種能的方式。這種研究引起了能量不變的見解，就是說，世界上的能量是有一定的，不過顯示的方式可以不同；——熱能，電能，機械能，化學能——並且可以互相轉變的。

因為化學家先就得到了質量不滅的定則（雖從常識上判斷物質好像是會消滅的，如經燃燒之後），科學現在有了一種很可普遍應用的原理——在一切天然的變化中，不論是質是能，都不能毀滅的。它們可以從一種方式變成別種方式，但總量永遠是不變的。

同時在別的學科上亦有相等的大進步。地質學成立為一種科學。地殼岩石的原始，水成岩和火成岩的分別，各種岩層的先後，化石的性質和意義，這些都是十九世紀初年的研究。在地球史上所有的變化，必須作為相當的齊一不亂。極小極慢的變遷，和我們目前周遭所見的相彷彿，祇須有充分的時間，累積的結果，就足以解釋地質上的事情，大到像千萬尺的水成岩層的形成，深峽廣谷的割出，甚至像大陸的升沈，都可以一例的求出因果來。這就是所謂齊一論(Uniformitarianism)的要旨。和齊一論對立的是激變論(Catastrophism)，就以為惟有根據地球史上偶或發生很劇烈的變異，如驟起洪水，或地土坼裂成峽之類，才可以解釋這一類的事實。

大部分由於英國蘭埃爾(Sir Charles Lyell)的研究，激變論在地質學概論中漸趨衰落。但是對於生命史尚能苟延殘喘。法國動物學家居維愛(Baron Cuvier)曾在動物分類方面頗有貢獻，首先真正的大事研究動物化石。他證明在地質的早期，生存於西歐的哺乳動物是和現今的哺乳動物絕不相同，並且證明在一個主期的動物和另一個主期的動物確是不

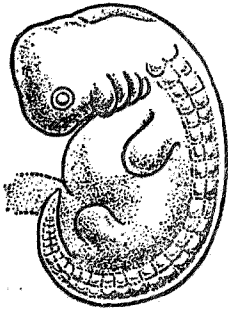
同。他就主張每一期的動物，是因受到很大的災變如洪水之類，而在一期的終了時全數漸滅；並且說在下一期的開始時，再另造全組的不同樣的動物。

但是漸漸由研究的深入，得到許多事實之後，這種見解就不能成立了。最後達爾文(Charles Darwin, 1809—1882)

指出各不同種的動植物，並不是照現在所有的樣子創造出來的，而是從絕不相同的遠祖，逐漸改變或演進所成的。

我們大概都聽說到物競天擇的學說，就是他首先提出來解釋演進的變化或天演的。一時確有許多人很反對這說明人種原始以及物種原始的天演論的。但是判定的事實逐漸被搜集了許多，如人的構造很似猴類，人的初期發展有鰓孔不異於魚，和後來仍留着尾巴，周身蓋着毛的情形。在猴與現代

圖160 胎兒在四肢剛露芽，沒有手指或足指的時間。它有尾巴。在頸部有裂片，相當於鮫或鯊魚的鰓孔。



人中間的許多生物又有化石的發見。最後更是明顯的證明一切生物連人在內，都是經過很久很慢的演進的結果，受許多天然力(如自然選擇)的自動機構所支配。從前的見解，以為人是數千年前特地計畫而創造的，其餘的一切生物都是同時為人所需用享受而創造的。這種見解當然是完全改變了。

在以後的數十年中許多動物研究是從達爾文所開闢的新途徑上，專注意到動物身上，它們的構造和習慣，它們在空間和時間上的分佈，它們的發達等等。到得明白了分類的基礎必



圖161 人不是向來有現在的樣子，圖中是初期古石器時代尼延德塔(Neanderthal) 人的一家。這種人在五萬多年以前生存的，在許多方面像猴要比像現代的人多些。(向後縮的頭額和下顎，彎腿，大顎和齒)。

須設立在同族關係上，動植物的分類才上軌道。假如你將許多動物如狗，熊，鼬，貓，歸在肉食類裏，就是指它們都是從一個公共的始祖而來；假使你將許多別的動物如狐猴(lemur)，獼猴，人猿，人類歸在靈長類裏；再將肉食和靈長類併合納入哺乳類，就是指肉食類和靈長類在地質時期中向更遠的追溯上

去，一定都是從一種具有一般哺乳動物的特性(如週身有毛和用乳哺幼之類)的更原始系統得下來的。

在同時期中，卵的受精作用初次被察出來——在植物是從花粉管，在動物是從精液，同時又成立了生命流和它的連續性的原理。法國大科學家巴斯德(Pasteur)證明細菌和別的微生物亦和尋常動植有一樣的生命。他從證明世界上沒有自生的事情，使我們瞭解腐化中的實況，立定了傳染病由於細菌說的基礎，和保證了外科手術的安全。

科學治農法亦從這時開始。

在十九世紀的後期，物理和天文都有大的進步。X-射線和無線電波都被發明了，證明和光的性質相同。繼而有鐳和放射性的發明，於是對於造成物質的原子又發生新的見解：原來原子還不是物質的最小單體，雖是已經渺小得意想所不及，但是還從更小的單體(電子，質子等)組織而成的。

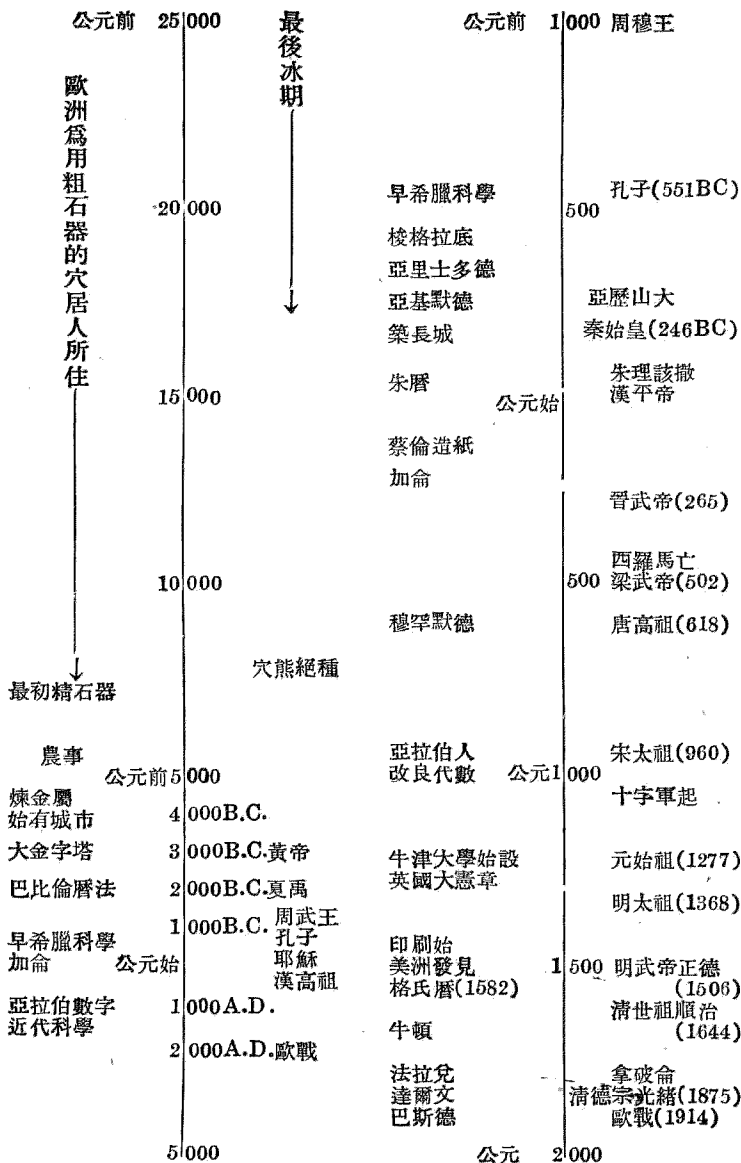
在天文學上用了新的儀器如分光鏡，和改良的舊儀器如望遠鏡，對於星辰有很奇的發見：星的質料，溫度，速度，所行方向，大小，數目，和在空間聚集的怪狀。

約在同時，孟特爾的工作埋沒了三十多年，忽然重見天日，在了解遺傳性方面，得了極速的進步。對於人的心理作用亦有很新的發明，最著名的是法國夏兒哥(Charcot)和截納(Janet)奧國菲洛特(Freud)，心理學於是開始很速的發達了。

有了這許多的發明迎着二十世紀的誕生，自此以後的科學進步，一日千里，真是一言難盡了。

### 三百年間(1600——1900)

培根 Bacon 1561—1626	新科學方法
刻卜勒 Kepler 1571—1630	天體運行定則
伽利略 Galilei 1564—1642	墜物定理
哈味 Harvey 1578—1657	血液循環
托里析利 Torricelli 1608—1647	真空試驗
巴斯噶 Pascal 1623—1662	空氣壓力之理
波義耳 Boyle 1627—1691	證明空氣性質
雷勃尼芝 Leibnitz 1646—1716	微分學
牛頓 Newton 1642—1727	“原理”
海耳 Hales 1677—1761	植物藉空氣而得食物
林耐 Linnaeus 1707—1778	生物分類法
賴福謝 Lavoisier 1754—1794	定燃燒原理
加文第喜 Cavendish 1731—1810	定水之成分
倫福德 Rumford 1753—1814	熱之性質
兌維 Davy 1778—1829	用電解法得元素多種
居維愛 Cuvier 1769—1832	動物分類法及比較解剖學
陶爾敦 Dalton 1776—1844	原子論
法拉兌 Faraday 1791—1867	電磁感應
達爾文 Darwin 1809—1882	種源論
孟德爾 Mendel 1822—1884	遺傳學
焦耳 Joule 1818—1889	熱為能之一種
巴斯德 Pasteur 1822—1895	病菌研究



I. 三萬年：從最後冰期起

II. 三千年：從公元前一千年起

	1600		放射物質之研究	1900	庚子之亂
哈味血之循環		三十年戰爭(1618) 明思宗崇禎(1628)	柏朗克量子論		英美無線電通報
		法路易十四(1643) 清世祖順治 英王查理士被殺	原子破壞放射		西比利亞鐵道成
英皇家學會成立	1650	倫敦大疫(1664)	電視機 相對論	1905	日俄之戰 恩斯坦
			國際心理學會		愷爾文死
牛可門汽機	1706	大彼得在荷蘭 (1697)	活動電影		
		華盛頓(1732)生	航空開始 人造絲	1910	居利得元素鐳
			形式心理學		中華民國成立
			鎢絲電燈		
			巴拿馬運河		歐洲大戰
瓦特汽機 (1764)	1750	美國革命(1769)		1915	
		法國革命(1789) 清乾隆帝在位六十年(1795)			俄國革命 歐戰停止
斯蒂芬孫火車 (1826) 電報		林肯(1809)生 滑鐵盧之戰	無線電廣播	1920	
麻醉法發明	1850	洪秀全(1851)			
大西洋海底線 (1858) 電話(1877)		清同治帝(1862) 普法之戰(1870) 清光緒帝	電視成功 有聲電影	1925	
首次飛行 X-射線	1900	戊戌變法 庚子之亂	南極探險 長途飛行	1930	世界經濟大恐慌

### III. 三百年(1600—1900)

### IV. 三十年(1900—1930)



# 第九章

## 科學與思想

科學方法和原理——科學與思想——科學與控制自然界  
——科學史的重要階段——科學上各科發達的次序

### 科學方法和原理

科學有許多瑣細的項目，有許多獨立的發明和新的觀念，以致初看科學的歷史，好像是雜亂無章的紀載。其實仔細研究起來，就可以找出幾點很有普遍性的趣味，使我們更易了解科學的性質和意義了。

第一點是科學尋求事物確實發生的情形，並不是先定下幾條規則來，指定事物應該怎樣的發生。最著名的例就是伽里略對於物體落下的發見。他證明物體，除遇空氣阻力略有不同外，輕的和重的落下得一樣快。在那時的學者大多數不以為然，因為照亞里士多德的觀念，以為物體中有二種相反的因素，一種是「重素」使物體下降，一種是「輕素」使物體上浮。各種東西中所含的輕重二素多少不同，所以決不會下落得一樣快慢的。但是伽里略用實驗來證明，即從披薩寺的斜塔上落

下輕重不等的東西，同時放手，同時到地。然而許多學者仍是不信，他們成見太深，不願放棄本來的主張，反說伽里略的實驗靠不住，其中必有錯誤。但是伽里略何嘗有錯。他所得到的事實和發見的公理，成了近代力學和天文學的基礎，還有許多實際應用如鎗子砲彈的射程，亦都根據他的定理呀。

許多人起初不信地球是繞日環行的，因為這和他們的成見不合。但是事實的證據太確鑿了，不久就普遍的承認地球繞日而行了。

先定一個理想的原則，再用來解釋一切事物，是在古時，尤其是中古時代，所最流行的事。對於自然界的現象，不用科學的方法先觀察試驗，然後推出結論，而常是先抱一種成見。有時就有很奇妙的結果。例如從前的人以為有些東西和它們的形式，是天然比較別的東西完美些。圓是認為形式中最完美的一種。天上的星辰是最完美的。地球和地上的東西都是美中不足。所以天體動起來都取圓形的。一個完美的物體決不會走一個形式不完美的路徑，是他們所推想的理由。第六世紀以前的天文學都是受這種影響的。後來刻卜勒證明天體完美也好，不完美也好，但是動的路徑都是橢圓的。到了十七世紀伽里略發明了望遠鏡，證明月球上的情形，大致和地球相同。於是天體完美的見解就此推翻了。

在中古時代的人又以為男性比女性完美些。所以有些書上竟說：雄雞是圓卵中孵出來的。有尖頭的卵孵出的是雌雞，

因爲有尖頭的卵，不及圓卵那樣完美。如果有人費神去實驗一次，就可以揭穿這種議論的荒謬了。

有些人更是固執得利害。譬如伽里略用了新發明的望遠鏡，看出月球上有山，亦和地球上的一樣。木星亦有它的月（衛星）。但是派度凡大學哲學教授竟不願在望遠鏡中一望，因爲他所不信的東西是不值得一看的。

這是顯然很不科學的。要求得新知識的唯一方法，就是去尋求新的事實，要明白一個觀念的是否正確，只有用事實來印證。然而像這位教授的這種態度並不是不常見的。我們都常是不知不覺的各有各的成見，各有各的信念，大概不喜歡改變的。所以常聽見人們說：某種思想或事實決不會真，因和常識不合的。常識這個名詞，不過指我們從尋常經驗所得到的見解，和習慣上素有的觀念。現在知道對於幾種疾病的病菌要注意防止傳染，因爲我們有了微生物的知識。這在我們已是常識，但是在一個野蠻的人就不是常識了。因爲他們並不知道有什麼微生物，他確然相信疾病是由鬼魔所纏而起。根據他的「常識」，是要去求一個巫師設醮祈禳或驅除了。當討論地是圓球形或是平坦的問題，許多人以為地決不會是圓的，因爲在地球對面地上的人，決不會是顛倒的，就是中國人和美國人腳底相對，這是常識所不許的。

因此在科學上最重要的一件事情，就是不要顧到習慣上的成見。不管是常識呢，或是哲學的原理呢，或是過度迷信大

人物的意見，在科學上只有觀察和試驗，是有最後決定的權威。

這就是科學和巫術大不相同的地方。野蠻人堅信巫術，所以他們的生活大部分是關於施行種種法術。有的是要使年歲豐收的，有的是使風調雨順的，有的助行獵的，有的是助戰勝的。就是在目前的非洲人還不知道人生的壽夭，是由於天然的原因，常以爲人死是被鬼魔所勾去的，所以用種種祓除的妖術來醫治疾病。

有些妖術是根據一種觀念，以爲模倣一種假想的事件，就可以使這種事件實現了。最普通的就是厭勝術。先用蠟或木做成人形，酷肖仇人的模樣，於是一面念咒，一面用針刺入，或是放在火上燒燬，以爲這樣就可使仇人喪命。這在吾國歷史上不少這種事實，前清的拳匪卽是一個最近的例。非洲野蠻人的獵獸舞，常是一部分人蒙了野獸的皮，裝做野獸，演出逼真的圍獵兇殺的樣子。

還有一種妖術的「原理」，是以爲有些物件會有魔力，可以招致禍福，所以有法寶神符這一類的東西。有時是些形狀古怪觸目的東西；或是怪石，或是異木，非洲土人竟當作偶像崇拜的。有時是些東西，從靈山古刹異人妖巫那裏得來的。

像這種信妖法和念符咒的人們，心中確也存了一定的觀念或道理，這是很明顯的。可惜這種道理是荒謬的，也和我們上面所說的其他道理一樣。

## 科學與思想

這種荒謬的見解和無用的作爲，所以能夠發生的主要理由之一，就是缺少知識。現在的野蠻人種亦和有史以前的人一樣，差不多沒有什麼科學知識，一切都是不可思議的。太陽在東方升起，西方沒落，月形的變化，都是他們說不出所以然的。根本不知道天上的星辰和地球的關係。水災呀，旱災呀，風暴呀，地震呀，荒年呀，疫癘呀，一切的天然原因是沒有一個人知道。所以一切都是神降的禍福，或是妖魔的權力。這樣的觀念在沒有得到適當的解釋以前，固然不好斷作迷信。但是理智告訴我們這些是荒謬的，最後我們得到了科學知識證明事物發生的真相，才明白這種所謂神祇的影響，巫術的靈驗，不過是迷信而已。

科學一天一天的進步，迷信就應當一天一天的減少，這話大概是不錯的。不過很奇怪的是有些迷信依然存在咧。我們若是輕視野蠻人或別國的人，笑他們有迷信，我們就應當想到現在的文明國裏的人也有許多同樣的迷信，並且還有許多人真正相信咧。有些人以爲十三人同席是不吉利的。有些人以爲三個人吸烟合用一枝火柴點烟是倒霉的。有些人相信在星期五不好開始做什麼重要的事，在梯子下不好走過。有許多人買了仙符神品佩帶，作爲引致幸運的保證。讀者試想這些事情究竟有什麼意義，人們怎麼竟會相信的。

最可怕的迷信大約要算信巫術了。在歐洲西部，十六十七世紀的時候，有七八十萬人送了性命，大多數是受了虐刑之後，才被殺的。因為他們有施妖法的嫌疑。其實我們現在就尋不出科學上的證據來，決定他們的罪名。遇着人們舉出別人犯罪的理由，我們應當注意這種理由，不好舍着迷信的成分，或是根據荒謬的理而成立的。

但是到了今日文明的國家，還不免有許多事情發生。許多法律成立，所根據的原理，仍是未經證實的假定，和中古時代哲學上的種種假定差不多一樣的。例如許多人以為白種人是天生比別的有色人種優

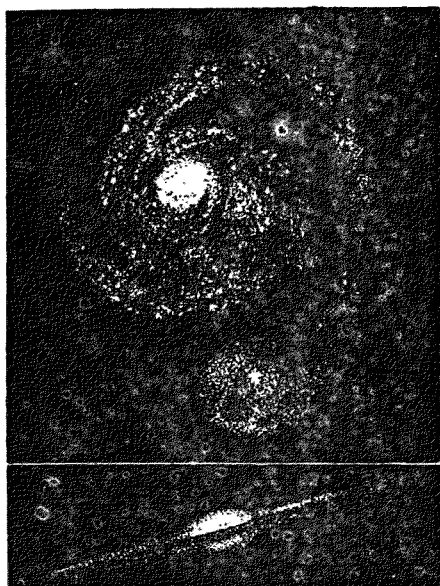


圖162 螺旋星雲，如在大望遠鏡中所見的。上，正面看的；下，側面看的。

良些，這也有些像上面所說過的「完美論」了。古時的希臘人也曾同樣的以為他們比北歐和西歐的蠻人優良些。要證明這種意見是否正確的唯一方法，是對於多數各色人種的生活情形，

教育情形，各方面加以科學上的研究，並且求出他們的成就有什麼差別。

科學知識進步自然就使迷信減少，使虛渺的猜測，無謂的爭論，和無用的舉動都可逐漸停止了。文明人決不分了黨派去爭論水的成分，因為水的成分是確定了，還有什麼爭論呢？文明人遇了火山的爆發，瘟疫的流行，當然也是生畏懼心的。但決不拜求神道去停止火山的噴烟，決不將瘟疫的起源歸罪到仇敵身上，或是妖怪的作祟呀！

科學的進步不能不改變我們的普通觀念，是有許多實例可以舉的。讓我們來述一兩個在下面：天文學上的進步完全改變了我們對於人類在自然界所處的地位的見解。在哥伯尼 (Copernicus, 1473—1543) 以前，人們相信宇宙是有限的，地居中央。日月是為地而發光的。一切星辰是繞地運行的。自哥伯尼首創地球運動說以後，我們的觀念就起了絕大的變化。在今日我們都知道地球繞日而轉，太陽是幾千萬顆星中之一。星辰分佈在空間，相距有數萬萬英里，我們所見的不過是一個星羣。像這種星羣還有百萬多個，在無窮遠的空間移動，從望遠鏡中看起來形成旋渦星雲。我們決不再以為人類或地球是萬物的中心了。我們和宇宙全部比較起來，還不是渺乎其小嗎？

生物學上的進步亦有同樣的影響。在十七世紀以前，人們以為人類在地球上僅僅幾千年前所創造出來，形狀和現在

的人一樣。其餘的動植物都是因人而造出的。但是地質學上的發見，證明了地球的年齡已是很大。達爾文（Dārwin, 1809—1882）和他的信徒證明人類的遠祖，是動物逐漸改變，乃有今日的樣子。現在我們相信生物在地球上已有萬萬年。在這長時期中，逐步演進，變成許多不同的形狀。人類是從猴類演化而來，在地球全史上還是很近才出現的。在演變當中，有許多方面已是改變得和以前不同了。所以我們也沒有理由來斷定將來會不再改變不再演進了。並且其餘的生物也不是爲人而生的。人不過是生物中最優勝的一種，會利用許多動植物來供他的役使而已。

科學在許多方面改變我們的觀念，確是一言難盡。例如我們對於災異，地震，疾病，遺傳和初民的宗教信仰，都因科學的進步而別具見解了。所以在讀歷史的時候，留心研究科學的進步，對於每一個時代所流行的觀念有怎樣的影響，確是一種很有益處的工作呀。

## 科學與控制自然界

科學不但能將關於自然界的知識供給我們，並且將怎樣控制自然界的方法指示我們。所以科學的影響不僅改變我們的觀念，並且改變實際事業和日常生活。最明顯的就是運輸的方法。在一百多年以前，陸地上的運輸和孔子時代的情形還是相差得有限。孔子周遊列國所用的車輿，恐怕和清朝慈禧太



后逃往西安時所坐的車駕，是一樣的快，一樣的舒適（或不舒適吧）。漢朝人說車水馬龍，到了清朝還是一樣的可以說，可是到了現在，就變成文不對題了。水上的運輸雖是有了指南針和船舶的改進，但也沒有很大的進步。於是根據了普通的科學知識，有蒸汽機的發明，又能逐漸改進。結果是汽船火車完全改變了行旅的情形和貨運的方法。更進一層，根據科學上熱學的研究，和氣體爆炸生熱的原理，又有內燃機的發明，結果是汽車和狄士爾引擎，最後就是飛機。目前已經有人談論將來好用火箭機在高空稀薄空氣中推進，每小時有五百英里以上的速度了。在最近的一百二十年中，將每年的海陸空運輸的最高速度加以統計，一定是很有趣味的呀。

至於消息的交通，亦是這樣的逐步進展。不但在輪船火車以後，更有飛機遞送信件報紙，並且加上電學的發明。最先有電報，跟着有電話，無線電報，無線電話。到了今日電視又成功了。不到一百年的功夫，科學的成績竟使天下成爲一家，事實和思想傳播瞬息萬里了。

日出而作，日入而息，完全是因爲光的關係。古人能秉燭夜遊，能焚膏繼晷，已是試用人工的光以代天光的不足。到了近代，才有煤氣燈，電弧燈，細絲電燈，現在又有氣體中放電的新式燈了。

講到衛生方面，有了科學，飲料的水和洗濯的水可以很清潔的大量供給大衆了。講到醫療，在麻醉藥和防腐法未發明之

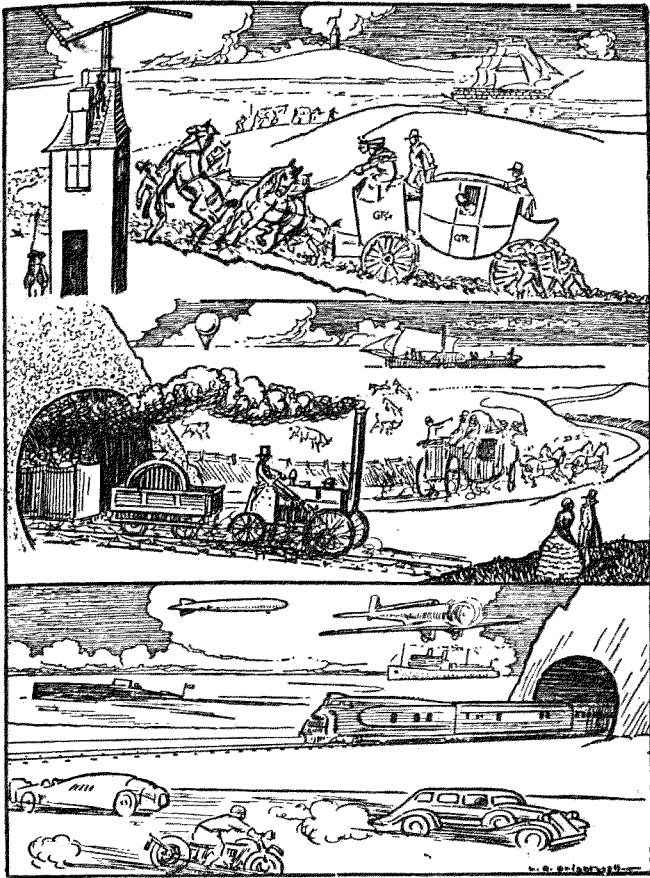


圖163 科學與運輸。上，法國革命時的景象，道路是很壞，牲口是通行。消息是由塔上的信號柱傳送的：這是電報的先聲。中，約1830年最初有鐵路。道路稍好些，但是汽機正在推進使用。氣球上升有時亦試驗。下，現代景象：飛行，流線型，平滑堅硬的公路；速度更高，動力更大。

前和既發明之後，外科手術判然不同，減少多少人類的痛苦。科學不但添備了一切的物質機器，和開闢了動力的來源，並且因而改變了我們的日常生活呢。

我們不要以為科學在實際上的應用常是有利無弊的。有時人們會浪費天然的資源；要是沒有科學的應用，這種浪費竟是不可能的。工業的文明一定需要動力，就想種種方法發生動力，因此消耗大量的礦煤。礦業就大為活動，採取新的方法，減低煤斤的成本；增高煤斤的產量。對於石油亦有同樣的情形。可是千萬年以前逐漸儲藏在地下的『日光』，因此很不經濟地浪用了。不少運輸的改進，可以達到無遠弗屆的地位。多數的野蠻也就因此被殺，漸歸滅絕了。印刷的發達使人人可以有閱看報紙的機會，因此各處參天的森林，毫不顧惜地被斬伐了來造成紙粕。

近代的都市要是沒有科學，決不會繁盛到這個地步。靠了應用科學，才使事業區和住宅區中間的交通便利；才能供給礦煤做燃料；保持室內溫暖，幫助工廠進行（單靠木材燃料是不可能的）；才能將食物從鄉間，甚至國外，用冷藏法保存運來，才能有大量清潔的水以及種種適合衛生的東西。諸如此類，不必細說。

但是近代都市形成之後，就發生了許多新的問題。譬如煙塵就是一個大問題。普通燒煤的方法總是造出許多烟灰，散在空中，成了一層薄霧，籠罩了大多數的工業城市。烟塵中常含

侵蝕房屋損害樹木的酸質，又是污穢，沾染物件，平添了許多清潔的工作。同時太陽中來的紫外線於人生健康很有關係的，也被這層薄霧隔去不少。有烟塵就容易有濃霧，並且常含着有害的物質，引起無謂的疾病。

除了煙塵的害處以外，衛生是現代城市生活的一個重要問題。價廉的食物，每每缺少維他命一類與健康有關係的東西，或則因為是科學製成的代用品(如人造牛酪之類)，本不含有維他命。或則因製造的方法(如有些裝罐法)，或運輸的方法(如有些冷藏法)將原有的維他命毀壞了。在大城市中，每每不容易得到許多日光和新鮮空氣，並且缺少運動。

工業國的人民身體常不很強健。大部分就是因為上面所說的這種緣故。例如英國孩童的四分之三有蛀齒。四分之一有耳疾。有一半以上的身材體重膂力都夠不到標準。無論男女老少若是吃的東西適宜，生活上注意衛生，至少可以有一半人不容易受疾病的侵襲啊。

從科學應用上已往的成績，造成了種種新的問題。需要研究的，例如怎樣設法用煤造成無烟的燃料；怎樣在罐頭食物及冷藏食品中保持維他命不變；怎樣補充食品中所缺乏的維他命等等。對於這些問題的解決，目前已有相當的進展。現代最好的製罐法和冷藏法已可保維他命不變，同時味亦不變。用煤的方法可以造成煤氣，焦煤和煤膠，或是利用發電機變成電流的供給，或用別方法造成汽油和家常的無烟燃料，目前的問題

是怎樣可以達到價廉物美，使人人有享用的機會，並且勸導人們放棄舊的習慣。以前在大城市中，人烟稠密，沒有相當的衛生的市政，防止疾病的傳染。所以瘟疫流行常比較在人口疏散的村鎮為速。結果時常會遭到大疫的災難。英國在1665年有倫敦的大疫，死了七萬人之多。但是到了現在，就再沒有文明國家會發生同樣的災難了。這是因為注意衛生，按照科學方法嚴格的防止傳染的效果。

## 科學史的重要階段

我們細考科學的歷史，就可以分出幾個主要時期。每一個時期各有很明顯的特性。第一是遠古期，是很長的。大部分從有史時代到羅馬帝國崩潰（第五世紀）止，科學初露萌芽，不曾成有系統，但是因在人類的實際需要上，隨時勢偶然發生的。譬如幾何學是因量地而有的，天文學是因造曆而有的，科學的地理學是由商業和游歷而有的。在古希臘亦曾對於自然和元素有許多理論的推測，大部分是空想的猜測，與實際生活絕少或竟無接觸的關係，在這時期的末年，希臘城亞歷山大曾有使科學接近實際的運動，使科學漸有系統，但因古文明的崩潰而受打擊。大概的話，古科學是無組織的，並且偏重猜想的空論，和實際應用及專門技術是不相關連的。

第二時期是黑暗的中古時代，約一千年。在歐洲絕少科學精神。所有的進步大部是亞拉伯人的成績。但除化學，醫學，

算學以外，也就沒有什麼大的進步，可見這長時期中不需要科學。所以科學精神被當時的一般意見所壓抑，當然不會進步。到了第十六世紀，近代科學產生，變成有組織有系統的學問，和以前的大不相同。第一推翻前兩期中通行的根據普通原則而起爭論的見解，規定惟一科學方法是根據事實而得理論。再加以實驗上的證驗。結果是理論和實用接近，科學知識有了有用的應用了。我們且舉幾個例就明白了。牛頓的偉績使航海平安而準確。巴斯德的發明使醫術外科用的方法完全改變。法拉兌的研究使電力工業發達了。

再有一種很重要與前不同之點，是在思想和方法上十分注重到量的方面，我們不但要求普通的答案，並須要很準確的答案。近代科學常提出的問題是『多少』。例如以前以為空氣除二氧化碳和水氣外，全由氧氮二氣所成。但是經過用很準確的定量方法研究之後，才知尚餘一小部分。這餘下的一小部分是好幾種新元素所成，有些如氖，是現在實際上很有用處的氣。最初證明原子的存在和物質不滅的定理，都是先哲像賴福謝做的定量工作，將化學變化前後的物質仔細秤過的結果。

有時量的考慮可以解決一種問題。當哈維計算每小時中有多少血液注入心臟，就立即見到舊時以為血液在動脈靜脈中漲落的見解不能成立。他於是研究出血液的循環了。近代科學證明，最好的科學方法不應單向定性的方面和一般原則上着想，而應向準確的測量和定量的考慮上下工夫。

再有一點不同是科學家開始在專門雜誌上發表他們工作的結果，不僅宣佈他們的結論，並且將所根據的一切事實和實驗方法詳細報告。這樣使別的科學家可以查驗事實，覆做實驗，任意審查某種結論之是否可靠。這些辦法確比古時的科學方法要進步得多了。

久而久之，各種科學知識在起初看來好像各不相關，後來就明瞭互有關係。在十九世紀之後半，才明白一切物質不論是星辰，是泥石，是人身，都是一樣的元素所成。一切活動，不論是火山爆發，是太陽巨熱，是發電機，是人的動作，都是同一能源的不同表現。可見各科學不但在方法上有共同之點，並且成爲知識的整個組織了。

在這時期中，大概純粹科學有所發明，實際應用就隨隨便便的跟着發展。到了下一時期，就是現在的時期，科學除了爲科學知識本身研究以外，特別爲實際問題亦加以研究了。例如大的化學工廠現在都不願等待大學化學實驗室中的專門家有所發明，可以被他們採用，而都自設研究所，直接解決他們實際需要的科學問題。同樣的，各國政府對於專門問題亦仿照這種辦法，設立大規模的特別研究所來設法解決了。

現在的工商界都明白要解決實際問題，最好的方法究竟算是科學研究，即使有時科學家所研究的東西，好像與本題無關，也會有意想不到的成績。所以現在這一個時期是科學研究的時期。有些是私人工廠獨自設立的，有些是幾家工廠聯合設

立的，有些是國立的。這種研究所中研究的問題範圍亦很廣，如化學，電學，農學，航空，礦業，漁業，建築問題，毛棉，鋼鐵，醫藥以及其他種種科目。

純粹科學的研究並不因此置之不顧。相反的，大家更見到關於科學知識和實際應用兩方面，所有真正重要的新進步，大都是從純粹科學研究上得來的。在多數國家中，這種研究所是由政府撥款補助的。可說是我們現在正在一個新時期的開始，科學成爲有系統的知識組織，進一步對於滿足實際的需要，已經組織起來了。

## 科學上各科發達的次序

用科學方法研究的各種科目，我們可以在科學史上看出略有規則的次序。幾何天文是最早的科目，接着是地理和博物。對於理化醫學確也早就有用科學研究的嘗試，不過這種科目過於複雜，不是古時的科學所能得到大的進步啊。

在文藝復興時代之後，科學也就復活，進展的次序也和以前大致相同的。天文和力學最先有大的進步，在生物學方面要算記載解剖學有大的成就。血液循環的發明，即是從解剖學上事實所得的結論。

於是在十八世紀，基本的理化知識有了大的進步。在記載科學方面有博物學和分類法，後來有地質學。到十九世紀，電學和有機化學受到很大的注意。十九世紀最後的二三十年中，



理化成爲進步很快的，整個有組織的科目。不久天文亦連合起來。在十九世紀以前，生理學或普通生物學都沒有科學研究成功的希望，在十九世紀，這兩種科學才有絕大的發展。人類學亦在這些世紀的中期開始正式成立。心理學和社會學都在後來才鄭重的攻治。

理所當然的，比較簡單的科目先有大的進步，複雜的科目落後，就是有不少謬見要逐漸破除，尤其是關於人的科學。反對解剖屍體的謬見，阻止解剖學和醫學的進步，反對人類不是造物主所特造的成見，妨礙達爾文生物演進學說的成立，尤其對於這種學說應用到人種的由來方面。我們差不多人人對於自己的道理和高尚的理想，都有自然的成見，這種成見實在妨礙心理學的上進，正如政治上的成見會妨礙科學的社會學一樣。

但是科學史指示我們：久而久之，成見是可以克服的，時勢的實際需要自然慢慢的歸結到先用科學方法攻查，再應用所得的知識消除成見了。在目前最急迫的需要是關於社會組織和社會問題。我們雖是發見了不少的控制無生命的自然力，並且能夠控制動植（和病菌，蟲害，農產，家畜等）有相當的把握，但是社會的各種變化，正給全世界許多重大的危難啊。

例如工廠必須減少生產，然而同時有好幾百萬失業的人；肥沃的田地不加墾殖，質美的咖啡不向市場出售而付之一炬，味鮮的魚投入海中放生，然而同時有好幾百萬人嗷嗷待哺。這

種矛盾的現象一定是種病態。加以殘酷的戰爭發生，有些國家的人民失了言論的自由，思想的自由，出版的自由，受了心理的麻醉，這更不能不說是一種病態啊！

我們一定要抱定決心去考查出病態的原因，科學的解釋，而後對症發藥，應用相當的知識去管制社會事件，使上正常的軌道。但是要辦到這樣大的改革，必須要先使民衆具有正義的見解。民衆一定要有相當的準備；願意心平氣和的考慮社會問題，應用科學方法，放棄一切成見，才能公正的決定改革的方針和途徑；一定要知道科學不是單單研究理化或動植生長的情形，並且研究人生。在人事上需要的科學精神是和實驗室中工場中一樣的重要。

世界不停的變化。地球從前是熱得滴水都不見，後來漸漸成海洋，然後生命出現。最初的生命不過是很簡單的小生物，慢慢的變化，愈變愈大，愈變愈奇，各種動植出現了。最後動物的一種變成了人。

人類的生活情形也是不停的變。約在一萬年以前，人類單靠打獵爲生。到發明農事之後，才開始有安居的文明生活。文化從那時起到現在，也繼續的變化。古埃及，希臘，羅馬帝國，黑暗時代和中古時期，文藝復興，現代科學和近世國家，新陳代謝，歷史也不是一成不變的。即使我們學老莊的清靜無爲，也不能阻止自然的變化。在最近的幾十年中，變化更是異常的快。第一次世界大戰呀，和平會議呀，無線電和航空的發

展呀，俄德的革命呀，極權國民治國的衝突呀，民生的疾苦呀，人民的新思想呀，這些都是我們親眼看見的改變世界的事情。

在往昔民衆常是不覺得社會的變動，要到身歷其境，才恍然大悟。現在許多人已感覺到變化的進行了。以後就應當研究經濟和社會的變化，求出慎重的控制變化的方案，不是聽任自然變化來控制我們的生活。要辦到這個地步，科學是在所必需。要是沒有科學，沒有科學精神，我們就只能隨波逐流，聽其自然。有了科學的幫助，人類自己的命運就有方法可以指揮了。

