

海市蜃樓與熱對流

白小瑩 姚乃丹

國立臺北師範學院數理系自然組

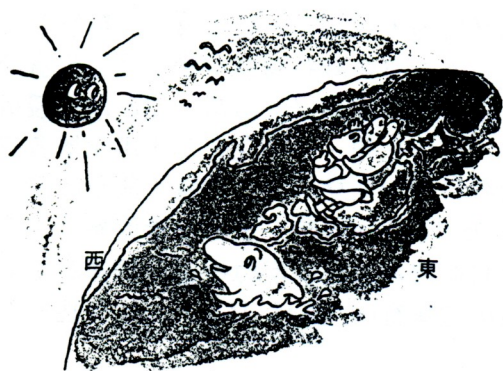
海市蜃樓、星光與天氣

晨曦時出現紅色天空，使水手們恐懼；

日落時出現紅色天空，使水手們欣喜。（英諺）

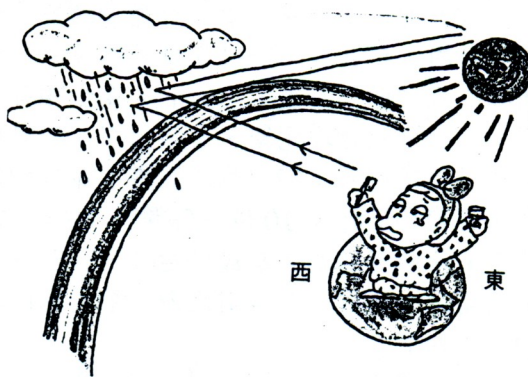
在最古老的天氣傳說中：紅色的落日將會帶來好天氣，令人驚訝的是同樣的現象出現在早上就會帶來壞天氣，而傍晚時刻觀看日落約可看達 400 哩的西邊天空。一般來說，紅色的落日用來預測北方是好天氣的可能性約為 70 %。而格外紅的日出將帶來壞天氣是由於薄卷雲散射暖鋒邊緣的光（如圖一及圖二）。

• 有晚霞的日子，第二天一定放晴



圖一 晚霞是在西方天空沒有雲時可見到的美景。由於天氣是自西方開始轉變的，所以西方無雲時即表示不會下雨，第二天將是晴天。

• 早晨的彩虹會帶來雨



圖二 彩虹是太陽光折射在雨滴上形成的。早晨太陽在東方，如果西方有雨，就會出現彩虹。而西方正在下雨時，則表示本地不久之後也會下雨。

偶爾在太陽落到地平線之下後將近 20 分鐘仍可以看到火紅的落日，這火紅的顏色是熱帶風暴的最佳徵兆。而低氣壓和強風將雲帶到極高處，並且散射光線達 400～600 哩遠（約 643.6～965.4 公里）。在陸地上，黃色的落日是天空中含有大量塵埃的徵兆。當大風來臨時，沙漠地區經常有這種情形出現。

人們相信：當太陽在黃泛微紅的黃色雲帶之間落下，暴風雨將從西南方來襲；若日出帶有紅黃色，暴風雨將自東邊來襲，這可能無法適用於各地區；不過，已經有關於格外紅和黃的落日及日出的研究了。將“在不尋常的紅或黃色日落”，24 小時中下雨機率的百分比列表如下：

	冬 天		夏 天	
	紅	黃	紅	黃
日出	61%	40%	70%	38%
日落	29%	58%	43%	51%

當你的眼睛隨著落日向下看，你將看見藍色天空逐漸褪色成模糊的綠色再轉為紅和黃色。綠色天空比紅或黃色天空更準確地預測雨的來臨，但它是淡淡的。當你注意在紅色落日之上有綠色的色調，儘管有紅色落日，第二天仍然下雨。水手們過去常說：「綠色的天空將有風。」

在冬天，綠色的天通常意味著下雪。在日出，當天空轉為翠綠色，那天就可能下大雪。這種景觀可以在阿爾卑斯山看到。

這種“綠色的閃爍”可能是所有天空現象中最有趣的。當太陽升起或落到地平線下，在黃光映照下的島嶼，看起來就像飄浮在太陽之上。當黃光消失，綠色光在水平線開始閃爍，這種景象與天氣較無關連，但高緯度的風可增加其發生機率。

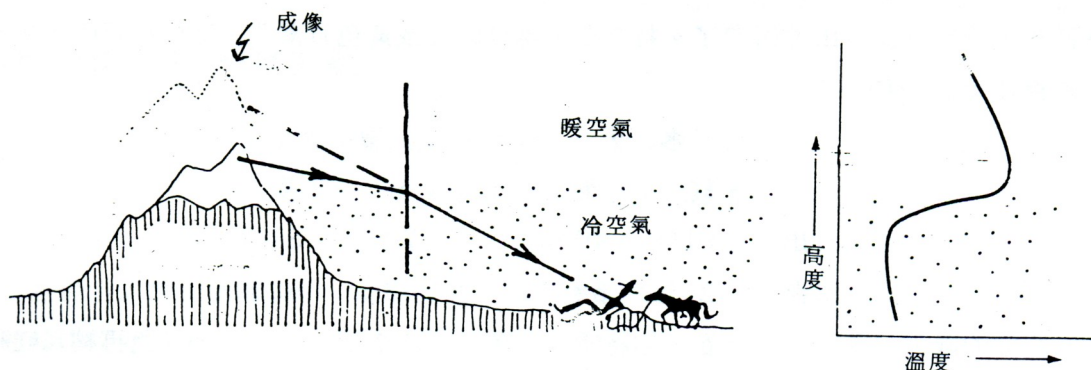
太陽周圍的棕色環和大氣中的大量火山灰塵有關，稱之為“Bishop's Ring”，是因為由 Bishop of Honolulu 最先發現描述的，這是一種冷空氣將來臨的指標。因為有很多的陽光被散射出地球。一般說來，當空氣中有大量的火山灰時，降雨的機會就減少了。

地平線沿著海岸，通常可以看到一條深藍色的線。正常情況下的空氣是最溫暖的，但此時冷空氣恰好在海面上。「藍色的水平線」可能是冷鋒所造成的，但一般都是由於冷的海面空氣所引起的。

幾乎所有不尋常的天氣狀況都是由熱空氣層所造成，冷水面的上空有一暖氣團會使在遠處桿狀的刺呈現物質放大的現象。我們希望科學家無法到達的尼斯湖深處有怪獸在內

部。事實上，我們知道許多景象是由於夏天暖空氣及冷水產生的海市蜃樓。

暖鋒可以產生引起海市蜃樓的上升暖氣流層，通常它們是溫度結合的自然產物。關於海市蜃樓的不尋常故事，包括海軍飛行員發現在海上快要與一艘 3000 呎的船相撞，或是加拿大漁夫，在距捕魚處 80 哩，看到美國的克利夫蘭市呈倒置現象，他可以清楚地辨別馬和篷車，以及街上的車子（如圖三）。



圖三 海市蜃樓成像在實物之上，那是由於逆溫光線產生折射之故。

在猶他州的一項研究發現，各種型式的海市蜃樓都有各自的上升暖流層的型態，越經沙漠，可以看到遠處湖泊和晃動的棕櫚樹影。這是由高溫及少風現象所形成。在地溫約 125°F （約 51°C ）或是距地表 5 英尺處約 95°F （約 35°C ）的狀態下，可形成一個鏡面。此鏡面可反射藍色天空，熱空氣由表面逃出產生搖擺的樹林。

在日出之前，當空氣是熱的時候，相反於海市蜃樓的情形發生在冷的手表上，猶他州的陸軍基地對於交通十分小心，對於其他奇怪的海市蜃樓相當熟悉。他們常訝異於遠方路上有 5 對車燈，卻只有一輛卡車開入基地。

星星的閃爍與濕度有直接的關係。正常天氣下，在地平線上約 40 度角時會閃爍，但在頭頂正上方的星星卻不會閃爍。當相對濕度增加，或高空風擾動上層氣流，星星閃爍的高度會上升。在熱帶地區，人們知道高空星星的閃爍，代表雨季將開始。

「當星星聚集成一堆，泥土變泥漿」是相對溼度的另一種敘述。它表示溼度愈大，星光愈黯淡。藍光波長較短且它在水中行經的路徑比紅光長。當星星閃爍泛綠光表示好天氣，但若泛藍光則意味著你得拿出你的雨衣囉！

熱空氣、對流與雷雨

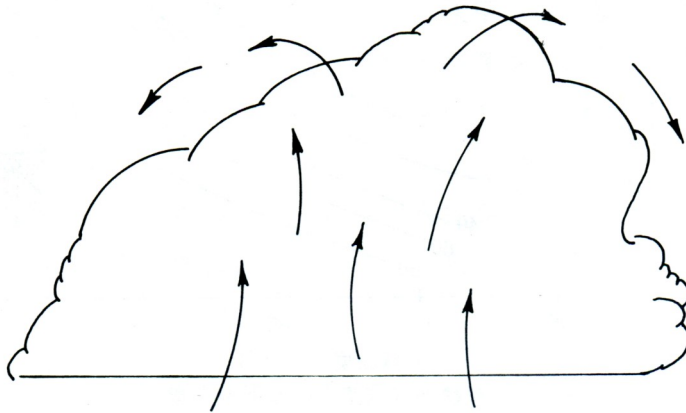
雖然鳥可以感覺到雷雨來臨前的徵兆，而人類的眼睛卻看不見。溫度高的陸地會產生暖空氣而形成上升暖氣流，氣團每上升300呎溫度便下降 1°F 。空氣中的某一點因上升便會達到露點，空氣會繼續上升直到它形成巨雲。

埃及金字塔使熱空氣沿著斜坡而爬升，山、丘陵以及大停車場都是天然的熱空氣爬升的產生者。印度的製鋼廠釋放熱氣，以致於下雨量增加大約20%。

雷雨釋放出很多的能量適於鳥類做長期的飛行，幾乎所有的捕食性鳥類都在上升暖氣流的上空飛行。早晨大鷹及大禿鷹會等待第一個陣風吹來，當他們到達某一高度時，即做大範圍的飛行。牠們發現上升空氣時，他們便會飛到暴風圈中。鳥類可以看見上升暖氣流嗎？根據滑翔者的說法，鳥能夠聽到遠距離的上升空氣。

William Espy 首先認定熱空氣會產生雷雨，他收集了森林及大草原大火所產生的暴風事件。他認為當缺雨時，在不同距離燃燒40英畝的樹林可使大平原變得肥沃。

地域性的雷雨供給上升空氣熱量，它提供一定的熱使1磅的沸水轉變為水蒸汽，就如同提升5.36磅的水從冰至沸騰。當水蒸汽再度轉變成水時，熱便釋放出來，所以風暴是熱能的釋放者。上升風暴的中心是溫暖的，這會使濃縮的水上升且下雨（如圖四）。



圖四 熱空氣流產生了積雲

Espy 想預測並創設國際氣象服務處，他和具有影響力的國會議員接觸，並與前總統亞當斯會面。亞當斯在他的日記中寫到：「Espy 先生，暴風的育養者，……，是個

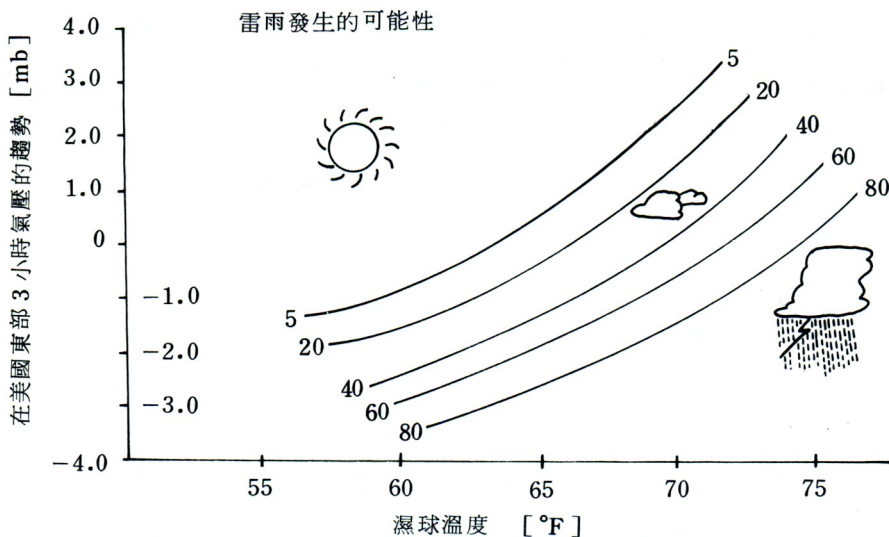
具狂熱的人，關於他瘋狂的記錄氣象已被認同。」

暴風產生的每個步驟都是視上升空氣的產生而定，上升空氣會冷卻且會濃縮溼氣。當空氣飛過山頂時，上升空氣會冷卻且卸下溼氣。當到了山的另一面時，愈下面愈熱，所以這一面是乾燥的。

Bjerkness的氣團理論建立在當不同溫度的氣團相遇時，暖空氣較冷空氣輕，冷暖空氣一交會，暖空氣被迫抬升至冷空氣之上，同時會下著小雨。

當冷空氣與靜止的暖空氣相接觸時，會下大雨且會造成電位活動。在美洲及加拿大，冷風來臨之前會有狂風和龍捲風，但這些並不常出現於歐洲及亞洲。

當天氣預報：「有50%的機會會下陣雨」是預測事件發生的可能性。簡單的雷雨預測是具有很因素的，跟溼球溫度計和氣壓計較有關，它較能正確的預測午後雷雨，溼球溫度高以及氣壓的組合可以提升午後雷雨的機率（如圖五）。



圖五 氣壓趨勢濕球溫度與雷雨發生機率的關係

在早期，幾乎所有的人們都相信閃電和打雷是諸神的遊戲。在斯堪的那維亞，有紅鬍子的 Thor 搖擺他的重鎚；當 Thor 搖擺他的重鎚時，維京人所稱的 vafermest（霧火）以及水會互相分開，同時閃電一擊劃破了天空。

希臘人相信宙斯在把玩權力的象徵。羅馬詩人 Lucretius 是早期懷疑論者中的一位。為什麼宙斯非得等到雲變厚了才展現它的權力？如果他控制了山岳、海洋，甚至他

的神殿，那又爲何他還散布閃電在這些地方？

在舊時代，舊的觀念很難突破。甚至到了近幾十年來，大家都還相信，天空是耶和華或是耶穌所控制的。當羅馬君王君士坦丁大帝改信基督教，他制定了法律授權給人民：當閃電擊中一建築物時，羅馬人民可持續詢問神諭。

如果你離閃電夠近的話，你可能可以聽到像其他人所描述的像是某物揮動時的瑟瑟聲或是撕衣物的聲音。老水手聽到這種聲音會聯想到帆被快速撕裂的聲音，這真的是閃電的聲音，而非我們平時認爲的雷聲。

閃電在一陣刺鼻似硫磺的氣味後離去，這味道是由於二種化學反應，其一是將 O_2 轉換成 O_3 ；其二是形成氮的氧化物（此對地面農作物的生長有益）。

我們看見閃電在暴風雨之前有如白色條紋或是冰藍色的光。森林看守人員沿襲已久且古老的觀察得知：白光引起森林大火，但紅光卻不會。當一電擊移動經雨區時，它電離了一些雨滴，並產生了偏紅的光，因此看守員的觀察是正確的。

有許多有關閃電顏色的觀察，其中有一些是有充分根據的。它們可由你和閃擊間的距離及雲層來判定：偏藍光的閃電伴隨而來的是冰雹，暴風雨則是開始於紅色的閃電，並結束於黃色的電擊。當閃電是白色的，就只有一聲打雷的隆隆聲，但紅色的閃電伴隨而來的則是不斷的雷聲。

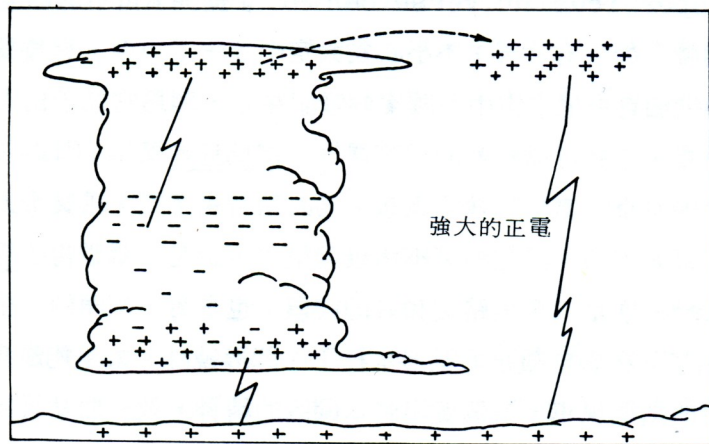
當閃電擊向地面，會產生尖銳的雷聲；這通常是冷鋒型的暴風雨所有的情況。暖鋒型的暴風雨產生的電擊會通過整個雲並發出不斷的吵雜聲，這正是阿拉伯的諺語：「尖銳的雷聲意味著天氣轉好，而連續的雷聲則意味著壞天氣。」的依據，因冷鋒過境時間短，同時天氣很快地就會轉好。

人造衛星已發現了「超級閃電」。一種強而居於高處的風將雲頂吹走，並建立一巨大的電荷。它一次所放出的閃電遠超過數以千計次的一般的閃電。這些是少見的，甚至劇烈的暴風雨也未必可能產生（如圖六）。

空氣挾帶了閃電的熱氣雜亂地擴展，同時這種能量也轉移成打雷。只有一小部分的能量轉移成雷聲，即使如此，大多數的雷聲，其頻率也是在人類所能聽到的範圍以下。一千萬個小喇叭手所製造出來的聲音相當於一馬力，二億個小喇叭手吹 13 秒所製造出的聲音總量相當於一次充足的雷聲。

古代相信打雷是會產生雷箭的出現，但實際上並無雷箭的存在。這些物體是由於隕石，或是其它人們認爲伴隨暴風雨而來的東西出現。閃電擊向沙子，並擾亂之使成花瓶狀的物體，也就是我們所知的 *fulgurites*。這通常在沙漠地區出現，在那兒暴雨沖

（下接第 26 頁）



圖六 一種強大的雷雨雲。雲頂的砧是由於高空的強風所致。雷雨雲的電荷常如圖中排列。

刷沙地並將它們曝露出來。

動物通常能在閃電發生之前就感受到如小雞四散、狗在亂吠。在閃電將來之際螢火蟲會大量閃爍，他們可能感受到在閃電發生之前電場的建立，這種現象和你的頭髮因電的影響而豎立起來一樣。