

雷雨發展階段之特性及其電場活動

戈文力譯

Stages of Thunderstorm Development and Electricity

最近二十年來氣象專家們對於雷雨內的天氣情況和發展過程要比過去瞭解得多，這當然要歸功於雷達觀測對於雷雨的生命過程瞭解之所致。另一方面由於美國空軍當局早在 1946 年起就會同海軍、國家航空顧問委員會和氣象局進行一項飛機探測雷雨計劃，有賴於飛行員們的英勇冒險，使得此項計劃獲致輝煌成果。這些年來，整理豐富的觀測資料，對於過去的雷雨知識已有重大修正。本文將特別對於雷雨的生命階段，內部結構，以及電場的產生作一簡明的介紹。

個別雷雨胞的生命歷程

雷雨是由積雨雲發展而成，它和一般陣雨的差別僅在於有雷聲和閃電而已。根據實際觀測顯示，唯有大量水滴和冰晶帶到溫度遠在 -20°C 以下的地方才會產生雷電，而高空聚集大量水滴和冰晶則唯有在暖濕空氣中才有可能。雷雨中釋出的能量非常可觀，一次發展的雷雨，它的能量據估計大約相當於二次大戰中投落廣島和長崎的原子彈十枚以上。

現在大家都知道雷雨是由幾個積雨雲體所組成，這種積雨雲體我們

稱它為「雷雨胞」(Thunderstorm Cells) 或雷雨雲，一個單獨雷雨雲的生命很短促，通常僅不過一兩小時。在開始發展的時候，雲塊比周圍空氣暖，所以雲內的空氣加速上升。上升氣流向上增強，因此雲塊迅速伸展到溫度遠在結冰點以下的高度。這時候，大量雲滴、雨滴、和雪片聚

集在雲內，較重水滴已經不能被上升氣流所支持，雨水開始降落。降落雨水所產生的摩擦力使上升氣流轉變為下降氣流，所以有傾盆大雨。雷雨內的上升氣流一般在每秒 5-10 公尺，但最強可達每秒 30 公尺，這種上升氣流以離地 10,000-30,000 呎間最為顯著。

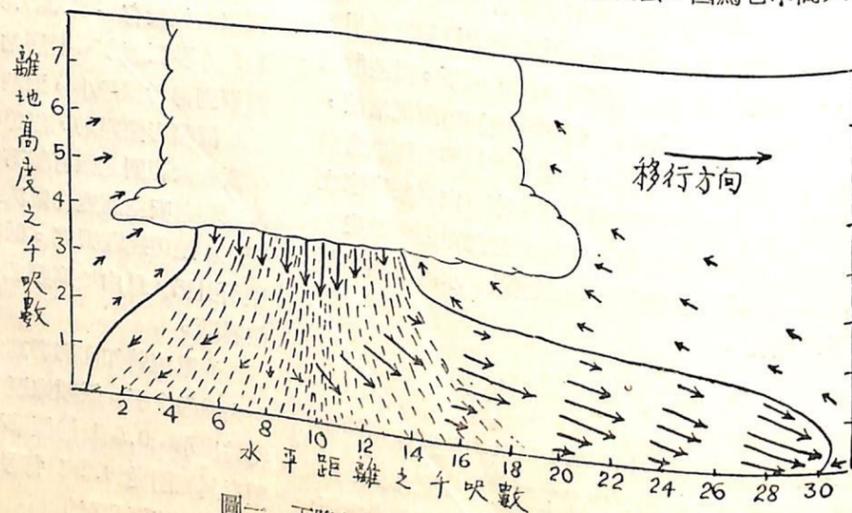
在成熟階段雷雨雲內上升氣流和下降氣流同時存在。降落的雨雪使下降氣流變冷，到達地面附近，氣流呈水平向展開，形成一冷氣潭，(如圖一所示)。

下降氣流到達地面的時候常出現猛烈陣風，最大風速可達每小時 70 哩，氣壓則呈不規則性的跳躍上升。

在成熟階段，下降氣流超越上升氣流，此時稱為消散期，隨後雲內水份析出，雨勢減弱，雲層消散，低空有小塊破碎雲，高空則為髮狀卷雲。

雷雨胞和雷雨群

以上所講的生命歷程只能適用於單獨一塊雷雨雲，通常一次雷雨含有幾個雷雨雲。圖二表示有五個雷雨胞：第 I 胞為一衰老雷雨雲，內中僅有下降氣流；第 V 胞則為一新生雷雨雲，因為它中間只有



圖一 下降氣流展開前方形成一冷楔

上升氣流；其餘雷雨胞都屬於成熟階段，其中上升氣流和下降氣流同時存在。

根據觀測顯示：新生雷雨胞大都在一衰老雷雨胞的下降氣流前方產生。在圖一內可以看出：前方寒冷氣流散開，使暖空氣產生一種向上的推力。當下降氣流離開母雲已經有相當距離的時候，下降氣流前面的上升氣流常可產生一新胞。這種情況，雷雨羣在前方得到補充，而後方的雷雨胞則趨於消散。這種成羣的趨勢使得雷雨羣的生命要比單獨一個雷雨雲長久得多。

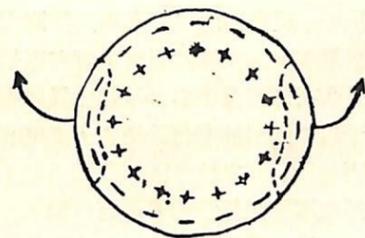


圖二 含有五個雷雨胞之一雷雨羣

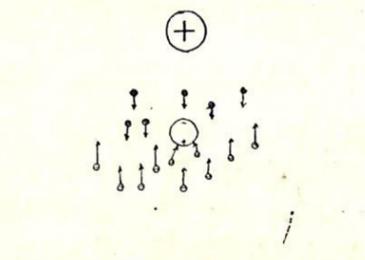
雷雨中的電場

雷雨內產生大量電荷，它的過程非常複雜。現在已經知道了很多種過程，但究竟以那一種或那幾種最重要却迄未瞭解。摩擦生電當然是一種重要的方式；雪片接觸到飛機也會產生電。

和電荷分離相類似的一種情況是雨滴表面具有兩層電。最外一層大都由負電荷組成，緊靠這一層的下面是正電荷。當一顆水滴破裂的時候，一部份已經荷負電的外層加入周圍空氣內，而將水滴



圖三 因水滴破碎而產生之電荷分離



圖四 降落雨滴經電場而產生電荷

的其他部份留下正電荷，(如圖三所示)

電荷分離也可以在水滴凍結或冰質點融解的時候發生。電荷一經分離，立即建立電場，水滴經電場降落可以充份荷電。原屬中性的水滴經過電場降落當如圖四所示。水滴由於電場而偏極化，頂部荷負電而底部則荷正電。荷電的游子在電場內運動，負游子向上，而正游子則向下，因為水滴在降落中，所以捕獲的負游子要比正游子多，結果成為荷負電。

整個荷電過程非常複雜，我們無從斷定一塊雷雨雲內正在如何進行。在晴朗天氣，大氣中的電位梯度都是垂直向下，對空氣來說，地面荷負電。晴天的電位梯度，平均約為每公尺一百伏脫。有雷雨的時候，電場梯度要大得多，通常約每公尺一萬至三萬伏脫，它的符號常和晴天時相反，根據觀測顯示：所有閃電至少有 87% 攜帶負電荷至地面，一次閃電前的瞬間，建立的電場強度約為每公分一萬到三萬伏脫。

一次閃電放電通常都包含幾個分開的閃擊，兩次閃擊間所隔時間相差很大。據照相顯示：40 次閃擊的平均時距是 0.016 秒，個別時距則自 0.0026 至 0.052 秒不等，放電的全部時距是 0.624 秒。造成一次完全的閃電放電，其中第一組閃擊的能量最大，分枝也最明顯。隨後的閃擊很少顯示分枝形態。

一次閃擊包含兩個階段：第一階段稱為導閃流，指一條發光的閃流從雲內向下。以一組中的第一閃擊來說，閃流每次前進約 50 公尺，中間停止約 10^{-4} 秒，第一閃擊顯然是在尋找它的路徑，因為分枝形狀似可代表它想找到一條最容易游離的路徑到達地面。至於第二閃擊和隨後的閃擊，導閃流彷彿是一支不斷前進的箭，長約 50 公尺，進行的速率自每秒 2×10^8 公分至 4×10^9 公分。閃擊的第二階段稱為回閃流階段，在導閃流到達地面時產生，狀如上衝的燄火，平均速率約為每秒 6×10^9 公分。在雲內發生的放電通常並不出現回閃流階段。

單獨一次閃電放電的電力平均約為 20 庫倫，強度範圍則自 2 庫倫至約 100 庫倫。在雷雨雲內能夠得到的電位差約為 6×10^9 伏脫。一次放電前的瞬間，荷電雨滴因有如此強烈的電場，才能維持它不降落。等到放電之後，支持的力量消失，雨滴才降落，由此可見何以閃電後雨勢更猛。電力 20 庫倫穿過一電位差 10^9 伏脫降落，消失的電能量達

(下接第 34 頁)