

大氣分層學說總述

Structure of The Atmosphere

戚啓勳

人類在二十世紀內征服了大氣層，踏進了所謂「太空時代」，對於整個大氣圈多少有了進一步的認識。雖然知道得並不透澈，在觀念上也沒有能統一，但無論如何值得作一番綜合性的報導。

地球周圍的大氣，我們稱它為「大氣圈」(Atmospheric Shell)，大氣圈又可以分為若干層，但劃分的標準有很多種，最常用的就是根據溫度的垂直分佈。以此標準則可分為四層：

(一)對流層(Troposphere)：指大氣最低的十至二十公里之高度層。它的特徵是溫度隨高度的增加而降低。

(二)平流層(Stratosphere)：既可指對流層頂以上大致屬等溫的區域；也可指自對流層頂向上伸展至離地約七八十公里的溫度較低層。

(三)中氣層(Mesosphere)：指離地二十公里至七八十公里間的氣層，大約在四五十公里處有一寬廣的暖層。

(四)增溫層(Thermosphere)：位於中層之上，溫度隨高度的增加而激增。

由此可見，平流層如是採用第一種定義，是指中氣層的底部；如果採用第二種定義，它的高度範圍和中氣層相同。但近世則多指對流層與E層間的區域。

大氣層的第二種區分標準是根據各種物理和化學過程的分佈。依照這樣標準也可以分成四層：

(一)臭氧層(Ozonosphere)：離地約十公里至五十公里，是大氣輻射平衡的主要角色臭氧的集中區。

(二)中性層(Neutrosphere)：從五十公里開始到七八十公里，大氣游離作用不很顯著的區域，也就是在游離層的底部。

(三)游離層(Ionosphere)：約自七八十公里開始，內中又可按照它的性質分為若干層，大氣的游離成份非常明顯。

(四)光化層(Chemosphere)：此層一般認為包含平流層和中氣層，有時連增溫層下部也包含在內。並無明顯的上限，光化作用即在內中發生。

第三種標準是根據動力和運動過程來劃分。主

要有所謂外氣層(Exosphere)。此層位於大氣圈的最外層，在逃逸臨界高度之上。

第四種標準是按大氣的成份來劃分，這樣可以分為：

(一)均勻層(Homosphere)：此層內並無光化作用和重力分解作用，因此大氣的平均分子量不變。

(二)不均勻層(Heterosphere)：位於均勻層之上，內中大氣成份和平均分子量並非常數。這兩層的界限可能在分子氧開始分解的高度，也就是說離地約八九十公里附近。

以氣象上的觀點來說，最重要的是：對流層、平流層、臭氧層、游離層、和外氣層。現時所知道的情形大致如下：

一、對流層：這一層我們知道得最清楚；更因為差不為所有天氣都是在這一層內產生，所以氣象上最為重視。整個對流層內溫度向上遞減，赤道處約可到達十八公里，兩極處不過七八公里。此對流層的頂部，稱為「對流層頂」(Tropopause)。此字源出於希臘，意指：「混合之頂」；而「對流層」(Troposphere)一字則指：「混合之層」。對流層既以赤道上空最厚，兩極最薄，在對流層內溫度又以每公里減攝氏6.5°C度的直減率向上遞減。因此在地面附近雖以赤道處最熱，兩極處最冷；但是到了對流層頂，赤道上空溫度反而最低，離地十至二十公里處溫度低至攝氏零下八十五度竟是司空見慣；但在兩極則高度七至十公里處常不致超過攝氏零下六十度。

對流層頂不僅是幾乎所有雲和風暴的上限，並且也是對流層內對流活動的頂部。對流層頂通常都有顯著的逆溫現象。在此以上，溫度反而向上增加。這種向上增暖現象有時候雖然不太顯著，但至少溫度遞減率遠不及對流層內之明顯。對流層內約含大氣全部質量的四分之三，而厚度只不過十多公里，一年之內隨季節而變，夏季較冬季為厚。雖然這樣，溫帶地區的對流層即使在夏季也難以和赤道地區相比，冬季最薄的時候也不及兩極地區那樣薄。

二、平流層：平流層(Stratosphere)一字希臘的意義是：「分層之域」，所謂對流層和平流層

兩名詞最初係由戴保德(Teisserene de Bort)所創；至於「對流層頂」(Tropopause)一字則為蕭納伯爵士(Sir Napier Shaw)首先引用。平流層我國過去譯為「同溫層」，後經氣象學家決定修正為「平流層」。這一層內僅有貝母雲和夜光雲兩種稀有雲，渦流至為微弱。平流層的底部常具有等溫的特性，或者向上略增。此溫度特性一直伸展到大約三十至三十五公里。在此高度以上，溫度大約以每公里增加攝氏五度的變率向上激增，在五六十公里處到達較高點，該處溫度大約在絕對溫度二九〇至三五〇度之間，和地面氣溫相等或更高。此暖層係一九二三年林德曼(Lindmann)與都伯森(Dobson)研究流星而推知。因為流星以每秒25哩之高速從外太空侵入下氣層，前面空氣被強烈壓縮，假定溫度均勻，只能有一層最多消失層。兩氏測得竟有兩層所以斷定有一暖層存在。後來魏伯爾(Whipple)研究聲波已證明有這一層。

此暖層靠近臭氧集中區的頂部，當然是因是臭氧吸收紫外輻射之故。約在六十公里以上，溫度再降低。至離地七八十公里處達於最冷，大概在絕對溫度二百度至二百五十度。該處另有一明顯的逆溫層。在它上面，溫度再上升，一直到極高。

三、臭氧層：臭氧層離地約自十公里至五十公里，最大集中是在二十二公里附近。因此事實上包含在平流層之內。根據分光儀觀測，推知在正常大氣壓力下，如果所有臭氧都集中到地面，也只能構成厚約兩三公厘一的薄層。即使在離地二十二公里的所謂最大集中區，其量所佔亦僅五萬分之一。因此稱它為「臭氧層」實有未妥。可是話又得說回來，此層臭氧集中，關係非常重要。原因是臭氧吸收太陽輻射的能力要比它種永久氣體強得多，特別是吸收紫外光線。假定大氣中沒有臭氧存在，太陽紫外光線到達地面的晒焦能力要比夏季高山上的晒焦能力至少超過五十倍。再者，動物的眼睛也不能像現在那樣。但另一方面，假定臭氧量有顯著的增加，到達地面的紫外光線將會減少，以致不能產生維他命D，動物的骨骼將不能正常發育。紫外光線還有殺菌作用，缺少它會妨碍健康。

臭氧是因為分子氧被紫外光照射而成。此種照射產生原子氧，而後再和分子氧結合成臭氧。在五十公里以上之所以沒有很多臭氧是因為氧氣太擴散，原子和分子間不容易碰撞。在極高處，所有氧都分解成原子狀態。至於在十公里以下之所以無臭氧

產生是因為上面的臭氧已經吸取了解氧所必需的紫外光線。離地十至五十公里間產生的臭氧逐漸因渦流而混合，僅極少量到達地面。此種氣體很不穩定，所以需要在高空不斷產生來維持它近乎不變的微量。

四、游離層：大約在六十公里以上，游離效應開始出現。這種效應可由各種不同現象表現出來，大家最熟知的就是：有幾層能够反射無線電波，以及有各種形狀的北極光。大氣中游離作用出現是在有足夠「自由電子」能阻止電磁波穿過它傳播的時機。當一個原子的外圍有一個電子暫時卸除它化合的正常狀態時就會產生這種自由電子，此種情況可經由各種途徑完成，但在大氣中最普通的兩種是：紫外光子或高速質點的轟擊。此時外軌中有一電子會暫時脫離，平均也許只在幾分之一秒。

假定平均而論有很多電子像這樣脫離，此氣體即被稱為「游離化」。游離的一個重要條件就是低壓，因為在平常壓力下，分子和原子太多，電子不能自由活動。在大氣中，高度約在六十公里，氣壓才會很低能容許游離，該處氣壓約為0.三五毫巴。自此向上也許達一千公里，業經觀測得有各種游離效應，因此大氣中該區即稱游離層。若干專家認為游離層在八十公里開始，但因D層有時可低至六十公里，所以應該是從六十公里開始。其間按折返電波的特性而又可分成數層：

(一)D層：此一最低反射層到現在還沒有完全明瞭。它的高度範圍約自六十至一百公里，平均為九十公里上下。D層反射低頻無線電波，但能吸收中頻和高頻無線電波。此層常不明顯，可能由於分子氧受強烈紫外輻射而游離之故。此種作用所需的強烈輻射大概主要因為太陽色球爆發，部份則由於它表面的反常活動所致。

另有認為D層乃由於氧的分解而成，也有認為係鈉原子游離化之故，產生D層的問題到現在還沒有解決，雖然大多數認為是分子氧游離和分解所致。

D層和太陽輻射密切關聯，日落後立即消失。在顯著的太陽火焰期發展最盛，中頻和高頻無線電通信常會全部停頓。

(二)E層：標準E層大約在離地九十公里至一百三十公里之間。大部時間強度不一，具有強烈反射中頻和高頻無線電波的特性。此層遠較D層為明顯，可能是因為來自太陽的光子和分子氧和分子氮發

生作用。

傍晚太陽輻射隔斷後，標準E層就開始變弱，各種成份重新再化合。再化合以此層的底部進行最快，因此E層在夜間逐漸變薄。通常一夜之間，再化合不足以使此層全部消失，除非是漫長的極夜。

(三)突變E層：另有一種所謂「突變E層」(Sporadic E-layer)，在特種情況下臨時發生。有些突變E層的游離現象係由於流星之故，有些可能是和產生北極光相同的作用所致。突變E層有時會產生明顯的「雲塊」，它的運動可自觀測它們對無電傳播效應來決定，尤其是在極高頻區。研究此種雲表明強風在突變層內出現。佛雷爾(O. P. Ferrell)指出：高度在一一〇公里附近風速可達每小時三百哩。

(四)E域：在標準E層和突變E層之上還有一反射層，此層情況知道得很少，高度大約在一五〇公里，大都在日間出現，也許是由於原子氧的光電游離(Photoionization)所致。

(五)F₁域：大約在一般E域的各反射層上還有一產生反射的寬廣地帶，稱為F域。早年的研究認為是一單純的反射層，現在才知道此域內主要有F₁和F₂兩帶。F₁域對於傳播中頻和高頻無線電波極為重要，此域僅在日間太陽甚高時始出現。偶而在一般游離紛擾的晚上出現。F₁域可能由於原子氧和分子氮二者吸收紫外光子之故。

(六)F₂域：此域雖經研究多時，但有些現象仍還無法解釋。F₂域因為對遠程無線電通信極重要，所以要比其他反射層研究得更徹底。有一重要的現象是此域變動極大，一日內有變動，一年內也視季節而變，且與太陽黑子有關。當地中午略過和冬季中發展最盛，至少北半球如此。對太陽的活動性很敏感，黑子最多時發展最強，黑子較少時最弱。

(上接第31頁)

民服務資格之及格證。

研究課程集中於雷達氣象，繪圖氣象及生物氣象等。

賓州州立大學 (The Pennsylvania State University)

賓大教授氣象學從1887年即開始，原為農業課程之一部份。1945年在地球科學院下，始成為一獨立系。今天雖仍為一專門系別，但為對大氣複雜問題謀求解決，正與其他科學，工程及數學等系合作努力精進中。

決定此域反射本領的自由電子密度變動很大，大概從冬季夜間的每立方公分兩萬個電子至太陽強烈活動期間中午的三百萬個電子。F₂域內的游離也許主要因為紫外光子和分子氮發生作用，小部份則與原子氧發生作用。此外，也可能有一些原子氮的光電游離。除了這些涉及紫外光子的不同過程而外，來自太陽的高速質點或「微粒」(Corpuscles)對於構成F₂層也有一部份作用。事實上有些較低層也是一樣。F₂域的高度大約自二二〇至三八〇公里，平均離地高度為三〇〇公里。

(七)G域：有些不很充份的事實顯示F₂域以上還有一反射層。當F₂域特別衰弱時，此域高度大約在四百公里左右。它可能經常存在，但却不容易測得，因為F₂域通常能反射G層能反射的所有電波。自由電子密度也許遠較F₂域為少。在G域內產生自由電子可能由於紫外光子和氮原子發生作用。

五、外氣層：離地愈高大氣中原子密度愈小。最後因為密度過低，質點之間碰撞極少。在此「逃逸臨界高度」以上，原子自下面較密區向上飛舞，而後經過幾秒鐘的自由飛行後，再受重力影響而落回。此地球大氣的最外邊緣區，碰撞可略而不計者，史畢茲(Lyman Spitzer)稱它為「外氣層」，希臘字的原義為「最外層」。外氣層的實際高度無法確定。史畢茲認為當遠在三百公里以上，也許在五百至一千公里之間。在此範圍以外即可稱之為外氣層。

外氣層中的溫度由於密度過低，已經完全是所謂「運動溫度」(Kinetic Temperature)，與氣體分子速度之平方成正比，在它底部最能接受的數值大約是攝氏一千五百度。大氣頂部的運動溫度一般假定為絕對溫度一萬度。外氣層內氫和氮可能較為豐富，但究竟如何還無法加以確定。

設施及設備方面有觀測站，實驗室，雷文送機，大氣電子裝備，偵察機，全電腦及儀表製造廠等規模宏大設施多種。

賓大有氣象科學之全學位(學、碩、博士)授予。此外，為教學及職業，賓大有一廣泛的受教機會。研究生可受雇擔任校中各方面氣象工作。校中現有主修氣象學大學生150人，研究生40人及部份專科學生。志趣與擅長不同的教授及甚多拿手課程，如大氣渦動，風結構，雲物理及放射塵等均極優秀。此外，對離子層研究，無線電天文學及激勵理化(指電磁及光學等)等實地工作之相互訓練亦極完善。(下接第36頁)