

太空時代之氣象學

魏元恒

A Description of Planetary Atmospheres

Abstract

Y. H. Wei

A brief description of planetary atmospheres and some details of climatic conditions on Mars and Venus were given in this paper. The historical development of terrestrial atmosphere was also described in this paper.

今日太空時代，對地球以外，其他行星上氣象之研究，日增需要，此亦為氣象學上新領域之興起。

太陽系內，行星間之太空，係受太陽主宰；各行星非僅受太陽吸力之影響，即各行星上之溫度、光線及大氣化學成分，亦均受太陽之控制。

近十餘年來，利用火箭及人造衛星，開創了太空時代；接之而來者，在航行太空中，其他行星之狀況，有待瞭解者更多。行星上大氣之化學成分，對人生命最為重要，欲瞭解今日各行星上大氣之組織，必先究其來源，及歷史發展過程。茲就地球大氣之演變為例，予以闡釋。

關於地球及其他行星之來源，就上世紀及本世紀初之學說，均認為行星起源於極熱之氣體雲，或極熱之太陽物質，此說可謂係熱源說。依照最近25年來之新學說，行星係生成於太陽邊緣，比較低溫之太陽塵（此說可謂係冷源說），由於物質之積聚融合，因而溫度增高，再次達於2000°C左右。

蓋言之，行星之發展，可分為三個階段：

第一為「前原始行星期」——此時雲狀太陽塵點，及微星雲，逐漸凝聚。

第二為「原始行星期」(Proto-planet)——即行星本體初形成期。

第三為「行星期」——即行星形成後初期階段，與今日地球情況相似。

地球年齡，一般估計為四十億年，太陽系之年齡為五十億年。在二十五億年前，地球在原始行星期，溫度達2000°C，地球為巨大濃厚水汽層所包圍，太陽光不能透入。由於此種高溫，地球上之水，幾均為汽體；經過數百萬年之過程，地球表面漸冷，水汽逐漸凝結，最後大氣中水汽，均凝為雨而降至地面，大量之水，積聚地球上，造成沸騰之海洋，此為自天文至地質時代之時期。約在二十五億年之前，空中全部水汽，凝為水於地球上，太陽光線可通過大氣而至地

面，水界與氣界分開，為地球大氣生成期。此時之大氣為「原始大氣」(Proto atmosphere)，與今日之大氣，在化學成分上，有顯著不同。

今日之大氣，主要包含氧與氮，以及氧化物，如二氧化碳等，可謂係一氧化大氣。而「原始大氣」，則主要包含氫及氫之化合物，如沼氣、阿蒙尼亞及氮等，為由沈澱後之大氣，未具氧化作用者。就化學作用言，今日之大氣，主要為具有「氧」的大氣，而原始大氣，主要是具有「氫」的大氣。

按照近代天文物理學說，原始大氣之進化，始自大氣邊緣之水分子，由於太陽紫外線作用，水分子被分裂為「氫」及「氧」。質量輕之「氫」逃入太空；較重之「氧」，留於地球。原始大氣，循此過程產生之氧，而具有氧化能力，因以造成大氣之進化。阿蒙尼亞(NH₃)經氧化而為自由氮(N₂)及水；而沼氣(Methane, CH₄)變為二氧化碳及水。

原始大氣，經如此之進化，其氧化作用，逐漸加速，至約十五億年前，開始發生葉綠現象(Chlorophyll)，更加速了氧化過程，因之生物出現於地球上大氣圈內。氧及碳氫化合物之產生，更氧化其餘之氫化合物，遂有過量之氧，大量積聚於大氣中，成為今日世界大氣，此可稱為「新大氣」(Neatmosphere)。詳如下列所示：

原始大氣主要成分：H₂, He, Ne, H₂O, NH₃,
CH₄, A, (依含量多寡為序)

今日大氣主要成分：N₂, O₂, H₂O, A, CO₂

關於其他行星上之大氣，吾人可假定，各行星之原始大氣(Proto atmosphere)，在二十至二十五億年前，具有與地球原始大氣，同樣化學成分。速時至今日，各行星上之大氣，必有極不同之化學成分，因其離太陽之距離各異，所受太陽之輻射強度，各有不同也。

茲就太陽系，九大行星上，大氣壓力，溫度及氣含量多寡爲序)。體成分列如下表(表內各行星大氣成分，其次序係以

太陽系九行星之大氣要素表

名 稱	對日距離 (百萬公里)	大氣壓力 mb	大氣溫度 °C	大 氣 成 分			
水 星	57.9	?	—	—	—	—	—
金 星	108.2	>160	50—100	N ₂	CO ₂	H ₂ O	O ₂
地 球	149.6	1000	10	N ₂	O ₂	H ₂ O	A CO ₂
火 星	227.9	50—100	0	N ₂	A	CO ₂	H ₂ O? O ₂ ?
木 星	778.3	>50	—120	H ₂	He	CH ₄	NH ₃ H ₂ O
土 星	1428	>50	—150	H ₂	He	CH ₄	NH ₃ H ₂ O
天 王 星	2872	>170		H ₂	He	CH ₄	NH ₃ H ₂ O
海 王 星	4493	>350		H ₂	He	CH ₄	NH ₃ H ₂ O
冥 王 星	5910	?		H ₂	He	CH ₄	

由上表可知，距太陽較近之火星、地球、金星等三個行星，因體積小，其大氣成分，主要爲分子量較重者，進化過程與地球較相近。水星距太陽最近，由於體積小，吸力小，溫度太高，其上可能無空氣。

太陽系最遠之行星爲冥王星 (Pluto)，其大氣成分，假定爲氫、氮及沼氣 (CH₄)，係凍結狀態。天王、海王、土星、木星等較大行星，其大氣成分，主要爲氫、沼氣、阿蒙尼亞、氮、及可能凍結之水，無氧化作用。此四行星之大氣，與地球上，最初之原始大氣相似，其中甚輕之氣體成分，由於各行星體積大，吸力亦大，不易逃脫，更由於距太陽遠，其大氣可能亦處於凍結狀態。

諸行星中，最值得吾人注意者，爲金星、火星、木星。火、木兩行星，均具有較大輪廓，其大氣現象，可由觀察及照像而得。金星亦具較大輪廓，但其大氣層並非透明，故對金星表面實況，所知不多。其他土星、天王星、海王星，由於輪廓太小，不便觀察，其大氣狀況，所知者更少。金星及火星距地球最近，爲將來太空航行，所可能最先接觸者，茲將該兩星，分述如下：

火星——火星上狀況，爲行星中最與地球相似者，其一日幾與地球一日相等，一年約爲地球兩年；其自轉與公轉面之傾斜，與地球相同，故其四季與地球亦相似。

火星與金星以及其他行星不同處，爲火星上大氣，無何遮礙，其地面可明顯看出；惟因此，對火星上氣象現象，如雲之移動等，所能測得者甚少。

火星上有大氣，爲多年前所習知之事，主要由於

其兩極大氣，隨季節變動，發生光線擴散現象，可爲氣體存在之佐證。近年曾首次正確鑑定，在火星大氣成分中，有二氧化碳，其量約二倍於地球。

火星大氣中，有無水汽，尙未得到證明，可能由於爲量太少，分光鏡下不易察出；但由於火星上有雲及「極冕」，乃爲顯示有水存在。火星大氣中，尙有何種其他氣體成分，尙不得知，惟推想必有充分之氮氣，因其不易與星球之地殼，起化學作用，更因其質量重，不易逃出星球吸力圈外。

火星大氣，其性質與地球大氣相似，但可能無氧氣存在，即或有亦甚微；由於火星吸力小（約地球吸力38%），在進化中，其大氣已消失大部，不僅氫已在火星原始時代，大多逃脫，即氧氣亦然，故吾人可認爲，火星上大氣，爲具有低氧化作用之大氣，並由其自由氧分子出現之情況，得知其氧化作用實甚低。

關於火星上溫度之情況，早在1926年，已將火星上氣溫分佈狀態獲知，其法係用輻射計測量，得以估計火星表面上，最小半徑二百哩範圍之溫度。火星上夏季半球，在緯度 20°一帶，溫度最高；冬季半球，溫度低，梯度亦大，惟風速較地球上風速爲小，此可由火星上雲之移動觀測證明之。火星上大氣環流與高低氣壓分佈態式，亦與地球上極相似；並且其高低氣壓在位置及雲之移動方位，與所測定溫度分佈情況，亦極相吻合。

火星上情況，與地球不同者，無海洋及高山峻嶺，水汽含量少，一年時間較長。由於火星地面比較平坦，天氣變化自較規律；雲量特少，氣候特別乾燥，每天及每年之天氣，甚少變化。

火星上一年，幾等於地球上兩年，因此高低溫度之對立，不似地球上為極地與赤道，而係冬半球與夏半球間，冷暖空氣之對流。由於火星上季節較長，促成半球與另一半球間之空氣對流，乃為一重要氣象因素。

金星——金星體積為地球 0.97 倍，兩者幾相等，且為距地球最近之行星。

金星上大氣及表面情況，尚多不知；在普通光線下，僅能見其表面，為雲層所蓋，不能見及其地面；更因其表面無顯著目標，自轉週期，亦無法確定。

由分光之研究，金星自轉週期，約為三或四星期，亦可能其自轉與公轉相等（即地球上 225 日），即金星有一面永向太陽；惟吾人可斷言，金星自轉甚緩，其大氣運行，應無顯著偏向力可言。

由金星各種自然現象，可證知其上確有大氣。在分光研究下，證實其大氣中含有二氧化碳，含量約達地球五百倍，惟未發現其含有可察出之氧及水氣；因此金星上之雲層，不可能為水氣，而可能為塵埃所構成。但近代用氣球升入高空，以分光研究所得，金星上有水之存在。

在紫外線照像中，金星上顯有黑條紋及亮條紋，此種條紋之性質尚不知，惟因其大小及形狀，時時在變化中，可知必為雲層之一種特性。

吾人今日在地球上，曾發現火山噴氣口處，由地心深處噴出之二氧化碳，與金星上大氣極相似；火口處空氣，由於二氧化碳過多，無生物存在，惟在該處，偶有發現死鼠及死鳥，此蓋由於動物，誤衝入此有毒空氣區域而致死者。

金星上大氣之環流，吾人無從得知，但由其自轉週期甚長，向太陽面與背太陽面，冷熱兩半球間大氣之對流，因自轉偏向力甚微，必為直接對流，空氣流動與氣壓梯度近於平行；因此向日與背日兩半球間，熱量交換甚快，此可由背日半球，時有紅外線放射作用察出。另一使背日半球，保持熱量因素，為大量 CO_2 所致之花房作用。

由背日面大氣中， CO_2 所含熱量，放出之紅外線，有時不顯，此並非無此種放射，乃為甚高雲層通過，阻絕此種能量射出；此種甚高雲層之性質，尚不得而知，但必係 CO_2 之凝結所致；因金星上甚熱， CO_2 飽和蒸氣壓力，可達金星地表 20km 之上，故可設想此種雲及其移動，可由紫外線測得其影像而察知。

行星大氣之分類

吾人對地球上大氣之分析，經常用「氣團」(Air

mass) 一詞，今就太空氣象而言，則應用「太空團」(Space-mass) 一詞；各行星之大氣及太陽大氣，應視為太空團之組成因素。例如地球上大氣視為「地太空團」(Geospace mass)；太陽上大氣視為「日太空團」(Heliospace-mass)；伴隨彗星之稀薄氣體及塵埃，視為「彗星團」(Comaspace-mass)。

就近代之研究，太陽系內之行星，約有兩種形態之大氣：一為氫及氫之化合物所組成之大氣，係出現於各外行星者；另一為氧及氧化物所組成之大氣，出現於內行星者，此種大氣又分為三類：(一)地球上之大氣，係屬氧化甚強之大氣，含有大量自由氧氣；(二)金星類大氣，亦為一高度氧化大氣，但所含自由氧極少，或甚至無有；(三)火星類大氣，係屬輕度氧化大氣，只具有極少量之自由氧。

太陽系之內行星，為具有氧之大氣體系；地球上大氣，則為此體系中，最為富有氧氣之行星；外行星，則為氫氣之大氣體系。由此兩體系，又可說明地球上大氣，在歷史之進化。例如地球在 25 億年之前，係屬氫大氣階段，而今日則為富有氧之大氣階段。

因之吾人亦可以此同樣過程，由距太陽最遠之外行星，經歷至距日最近之內行星，其大氣之組成，由氫及氫之化合物，進化至氧及氧之化合物。

外行星之大氣，因超出太陽輻射影響之外，似永久保持其原始大氣狀態。依年代計，內行星與外行星，約為同年代生成；但外行星大氣，在化學結構上，由於未受太陽輻射影響，其進化落後，至今仍處於原始狀態。尚堪注意者，太陽系諸行星中，所具兩種大氣，其間並無一地球上；有此兩種間之過渡性大氣；此可能由於火星與木星間距離特遠之故。

行星大氣與生物

太陽系諸行星，其大氣成分甚多不同，但就整個宇宙言，則係屬於同一族。因各行星，在不同距離，圍繞太陽運轉，遂有不同之化學作用，因而對生物之影響甚為重要。並且行星上大氣之溫度，亦因距太陽遠近而異，此對生物影響亦甚大。

行星上之溫度，適合於生物者，只限於距太陽某一定距離之內，過遠或過近，均不適宜。吾人對此適宜距離之範圍，稱為行星系內「生物溫度區」。

在生物溫度區內，金星上較熱，火星上較冷，惟地球上，則最屬溫和。外行星上溫度，約自 -140°C 至 -250°C ，均超出生物溫度標準之外。

在此生物溫度區內，大氣中有水汽及氧氣，此對

生物至屬重要者，故此區又通稱「生物界」，或稱「太陽生物界」(Helio-Ecosphere)。

在太陽系內，此種生物界，範圍並不廣；自太陽至最遠之「冥王星」(Pluto)，廣大距離內，生物界僅佔5%。此種認識，對未來之太空航行，以及旅行至其他行星，均屬重要；並且亦為今日太空時代，為科學界研究之重要問題。

就生物條件言，除地球外，僅火星或金星，係具有生物之行星。在外行星上，認為可能有細菌式微生物，猶如地球在25億年前，原始大氣時代；惟外行星上，溫度太低，是否能如此，則為一疑問。

在有生物界之行星中，金星經年為濃厚雲層所掩蓋，大氣含有晶體二氧化碳，金星地面情況，至今無法窺探，尚為一個謎。由於金星距日太近，大氣中含有大量二氧化碳，具有保熱作用，其溫度太高，不適於人類生存。

火星大氣，比較透明，其地面可窺探，其大氣壓力約為70mm Hg，相當地球上15公里高度之大氣壓力，亦即火星上地面氣壓，相當於地球上平流層大氣壓力。人類飛入平流層，需要密閉艙，加壓、增溫等，若登陸火星，亦需同樣情形。

關於火星上氣候情況，就今日所知者，在火星赤道地帶，夏季晝間氣溫可達25°C，入夜降至-45°C，整個火星上平均氣溫，較地球上低約20°~30°C，火星上是否確有生物，若以地球上為標準作比較，則火星上生物，生存條件必極困難，僅低等級生物，具有極大抗寒力者可生存。惟若就火星上，局部特殊情況下，如在地下或山洞中，氣候可能比較溫和。另有不可忽視者，就生理學言，各種生物，對其所處之環境，均有極大之適應力。

據 Smithsonian 天文台，Sinton 博士對火星

上分光之研究，發現火星上，具有顯著之有機體細胞，對火星上有植物存在之理論，似無須置疑矣。火星上之氣候，似與帕米爾高原及西藏相似，但情況更為惡劣。

其他行星上，有無生物之可能，均係依據地球上生物條件，為衡量之標準；而地球上生物，係以碳為基本原子所構成者。但吾人不可武斷，其他星球上，不能有由其他基本原子，組成之生物；如以矽(Silicone)為基本組成原子，在一般想像中，自為一種，非一般生物矣。

展 望

太空時代，主要發展之方向，為太空航行；將來人類要衝出地球大氣圈外，航行至其他行星或衛星。

今日氣象學之含義，非僅不能局限於地球上大氣現象，而須擴展至各行星上，大氣現象之研究；並且須更進一步，對星際間太空出現之現象，諸如「流星群」(Meteoroid)，「微行星群」，(Asteroid) 太陽輻射線，以及圍繞地球大氣圈邊緣外之 Van Allen 放射環等，凡從事氣象學者，似應有所瞭解及深入研究。蓋以今日飛彈、火箭、人造衛星、太空船，均係由地球表面射出，通過整個大氣層、星際間太空，至其他星球。

在星際間太空，輻射線問題，為不可忽視者；吾人在地球上，因受大氣之遮護，不覺其有何嚴重性；但在太空航行中，所遭遇之宇宙線、紫外線、X射線、太陽活躍期(Solar flares出現時)之射線等，均待進一步研究。

衛星及太空航行，將使氣象學有甚大進步；但由於領域之擴展，使氣象學所面臨之問題，更趨複雜而艱巨矣。(完)