

# 火 星 上 之 氣 象 問 題

泰仁義譯

## 一、火 星 概 述

在太陽系諸行星中，捨金星外，火星距地球最近。其繞日之軌道在地球之外，且以種種相似之點尚多，故有若干地球上所用之值或常數亦可移用於火星。惟須知火星與地球相較：質量僅及  $\frac{1}{10}$ ，直徑  $\frac{1}{2}$  強，重力亦僅當地球之 37%。

火星上之一日，較地球長約四十分鐘，如廢續每晚作定時觀測，其中央經線移動甚緩（每日約  $9^{\circ}$ ）。如觀測者每晚定時在地球上某固定地點觀察火星，則約在四十晚間即可見其正好轉過一周。火星軸與黃道間之傾斜角幾與地球相同，故其亦有四季之分，惟因軌道在地球之外（距太陽平均為地球之一倍半），公轉時間較久；故火星之年較地球長將及兩倍。各季自亦皆然，此點對火星上之氣象問題甚具關係，以後將再論述。火星雖因距日較遠，致所吸收之輻射亦較地球為少，但其反射率小至 0.15。有此抵償，遂使此兩行星實際所吸收之輻射量相差不鉅。（註 2）。

當火星位置對太陽時，最宜於觀測，即當地球在火、日之間時。此種機會每兩年餘可遇一次，持續約一二個月。惟以每晚最多觀測數小時，又必須天朗氣清；故過去四十八年來，天文學家觀察可稱滿意之情況，共計未逾十五個月。且火星軌道因比較橢圓，兩者相遇時有近有遠，僅當其為近日點時（如 1956），方能作攝影及翔實之觀測。（圖 1）是以一位獻畢生事業於火星研究之天文學家，其能在真正有利條件下作觀測之時間，尚不及一年耳。今日我人所有廣袤之資料，均屬少數幾位學者藉熟練技巧及耐心守候所得，彌足令人欽敬。

以肉眼觀火星，相當於在二百公尺外看一輔幣。在望遠鏡中則有類一橘色圓盤，綴以青綠色區域，頂端覆有冰冠（極冠）Polar Caps。青綠色區域及冰冠常有變易，大致依季節為序。就大體言，黯淡區域無論地域、幅員、形狀均屬固定性。其分布及名稱見圖 2。若干觀測者均曾見其上尚有線紋狀痕跡一即所謂「運河」者。以前對此點爭議紛紜，現已為甚多人所見並有照相為證。然其究竟應如何解釋則迄無定論。

隨季節而變化之線紋及極冠之概略過程可由圖 3 見之。大致為：當春夏時，極冠漸消褪，而青綠區域之色澤則漸形加深。通常解釋為極冠冰溶以及近赤道區之植物生長使然。在冬半球似亦有上述相反過程。惟以此半球對地球及太陽經常偏外，較難得清晰之觀測。

火星之表面極為平坦，此係由反證而得。蓋其如有高山深谷，我人必可於火星上之晝夜交界線上見到清楚發亮之高山突出狀。然事實上細究此明暗交線却平直整齊。據洛威耳（Lowell 1906）估計：二千五百呎以上之地形，即可使此線看來呈不規則形狀。由此假定，火星上山峯無逾半哩高者。然若有坡度極緩之地形，其最高處較火星「海平面」高出此數，仍有可能。

火星上亦有大氣殆無疑義。其理由有四：①火星上極冠，每年秋冬間積聚，顯係一種源自大氣中物質之凝結現象。②望遠鏡中所見火星愈近邊緣光度愈亮（此因吾人觀測時，光線所經邊緣空氣必較厚，光行途徑亦較長，空氣分子增加散射因而亮度增加）。③曙光之存在（該星球實際為日光所照射之區域應較理論為大）。④火星上常有雲之出現（此種雲之出現並使火星邊緣及晝夜分界線暫時呈現不規則狀）。

火星大氣之成份，已知其包含二氧化碳甚多，以每單位氣柱論，約為地球之兩倍。至於氮氣，以其在自然界本極豐富，分子量又重，足以為火星之重力所攪留，且以其化學上之遲滯性三點原因，故料其在火星上，為量必亦不少。此外由於放射程序之結果，氬氣亦可能有少量存在。

火星之異于地球者在此。即雖同有大氣包圍，但火星地面幾乎經常可以見到。此非指火星上無雲之存在。火星上之雲可分為兩類，一為黃雲，因其能用黃色光圈攝得。用眼睛在望遠鏡中亦可見到，因人眼對黃綠色一帶之光譜感應最靈敏。但所謂黃雲之黃實際上近於白色。此種黃雲出現較少，覆被之區域不廣，常於一兩晚中消失。圖 4 即示黃雲情況。另一類所謂「藍雲」也者，人眼大致均不能見，惟以藍色光圈攝影結果則可見有顯明之廣大視障環繞火星全周。易言之，火星幾經常為此種雲或霾所覆。然有時大氣之透明度增加，仍能使大部份地面標識以短波攝影得之。由此觀之，藍雲與黃雲，其性質正互異其趣。前者廣被而持久，後者局部而短暫。圖 5 示通常

爲藍雲所蔽及偶然消散之情形。

## 二、火星上氣壓與密度隨高度之變化

海斯氏 (Hess 1948) 由火星雲之高度及輻射測量儀所得火星溫度，推算得火星氣壓在其地面上為  $80\text{mb}$ ，其大氣質量每單位面積約當地球大氣之 20 %。杜弗斯氏 (Dollfus 1948) 用火星及其大氣所反射來光之極化現象推算得結果亦為  $80\text{mb}$ 。此兩種完全無關之方法所得結論一致，足證此數值之可靠性。更從而證明第一方法中所採用之基本假設—利用雲之觀測—亦屬有效。則火星上有水汽一說亦有所自矣。總之，我人用此數值作此後進一步之推演，當無大舛。

至於氣壓隨高度之變化，首先須知溫度亦為高度之函數，且假定其為在一種絕熱情況下計算者。在此種大氣情況中氣壓  $P$  (該處高度  $z$ ，絕對溫度  $T$ ) 可由下式計得：

式中  $m$  為大氣之分子量， $c_p$  為在定壓下之比熱， $R$  為宇宙氣體常數， $\Gamma$  為溫度之絕熱直減率。附字零表示地面上之各值。設  $P_0$  為  $80\text{mb}$ ， $T_0$  為  $273\text{A}$ ，以及海斯氏在 1948 年所採用之其他各常數值代入後，可得結果如圖 6 之左半部。為便於比較，特將地球上之平均氣壓值隨高度之變化一併列出。由圖可知達 28 公里頃之高度，兩行星上之氣壓趨于相等。28 公里以上則火星大氣之氣壓更大於地球者。此蓋火星上氣壓隨高度之遞降率較小，而其所以較小，則由於火星上重力及空氣密度均小。密度之計算亦可用類似之方法。在絕熱情況下密度  $\rho$  可由下式得來：

同樣用上述各常數及地面之數值代入計算，我人可得密度和高度之關係如圖 6 之右半部。地球上平均密度隨高度而變化之虛線仍列入以資比較。兩線相交于 26 公里頓表示：此上火星大氣之密度反較地球稍高。故在 25—30 公里高度間，火星與地球之氣壓，密度大致相埒。此點雖早經洛威爾（1900）及其同僚所知，惟當時尚無量之計算，不悉其究竟應在何層高度耳。以上推算得之結果與所採用之地面氣壓數值精確與否息息相關。又須注意所用之絕熱率係假定為一種標準情況者。如火星上實際之大氣平均絕熱率與此有偏差，則結果自將稍有出入。但此種偏差在下層大氣中不甚顯著，至平流層中則影響甚大。蓋平流層中應為等溫情況而非絕熱直減之情況也。

### 三、火 星 平 流 层

我人討論此一問題時，祇能就已知地球上之平流層來比較推論之。而其困難在於即使地球之平流層亦尚未研究透澈。對此，我人最可靠之解釋，係基于平流層為一種輻射平衡狀態，並使在此高度內大致達于一種等溫情況。在對流層頂以下則因對流作用為大氣之主要熱力程序而使輻射平衡

之理論不能應用。又地球之平流層尚雜有其他問題致更形複雜，如氣流之水平方向傳導熱量及臭氧層之吸收熱量（常使平流層低層微有逆溫現象產生）等是。

但現在既作火星平流層之初步研究，當可不計上述之複雜因素，而僅就輻射平衡之基本觀念立論。艾姆登氏（Emden）就火星大氣研究，以求在某一高度之溫度  $T$ 。此高度以上每單位水平面積中之吸收物總量為  $\tau$ 。此式為

式中  $S$  為史旦芬·波爾茲曼常數， $\delta$  為在大氣頂層上未受行星本身反射部份太陽入射能之平均強度。 $k_1$  與  $k_2$  各為對短波與長波之吸收係數（如假設為「半灰輻射」 Semi-grey radiation，則此種係數與波之長短無關，又  $k_1 k_2$  與  $\tau$  亦無關係）。在地球上主要之吸收物為水汽，然在火星上則應為二氧化碳。此二種物質之有效吸收係數

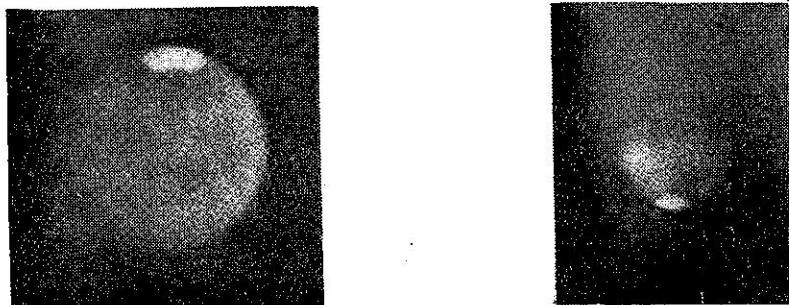


圖 1：左圖為南半球春季，右圖為北半球春季。其大小按實際觀測時之視直徑。由此可知火星在最佳與較劣觀測點所見到之大小差別甚大。其上之極冠已開始消退。照相係望遠鏡所攝原狀。故南、北方向相反，南極在上。

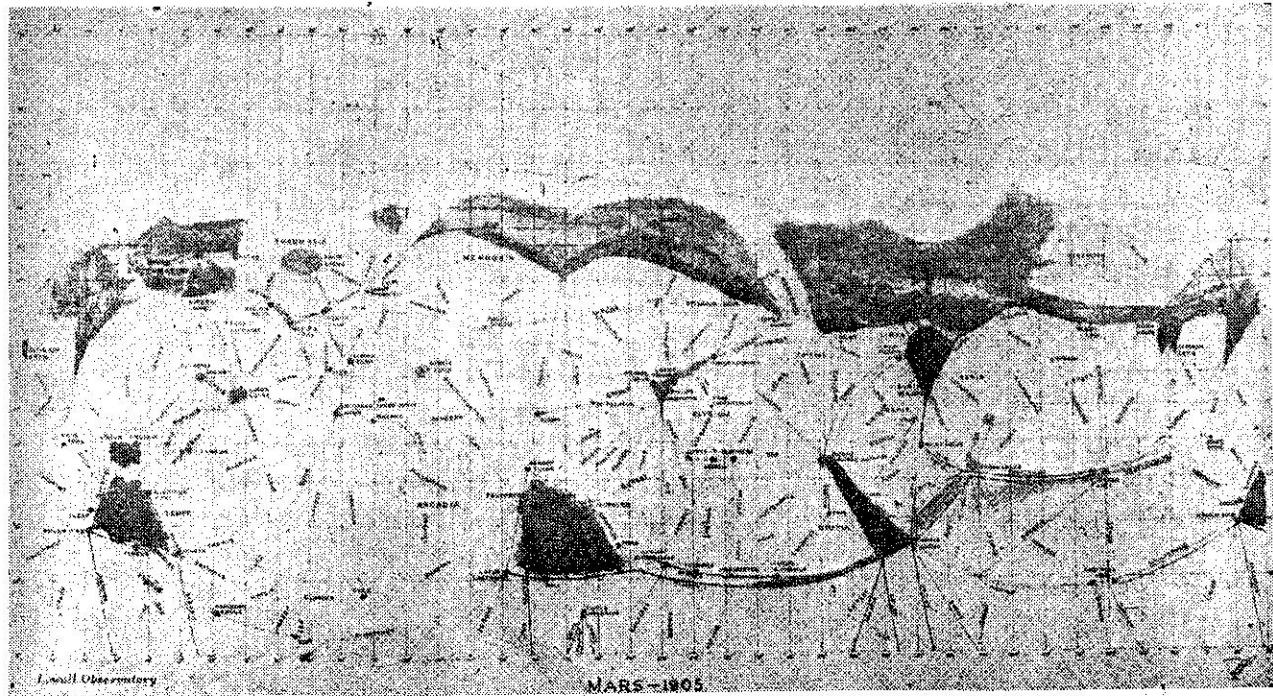


圖 2：1905年洛威爾所測繪之火星圖。因係直接就望遠鏡所測，故各方向正相反，南在上，東在左。

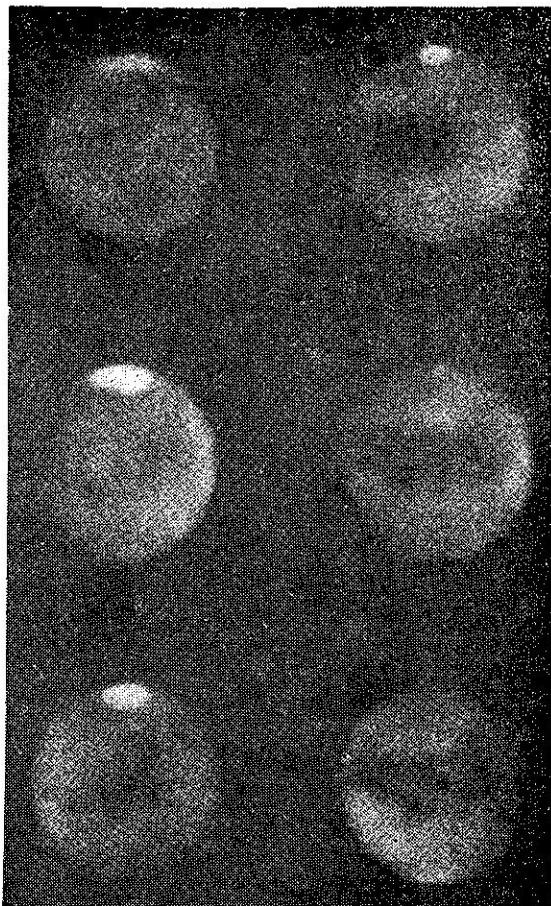


圖 3：火星之季節變化，括弧內之日期為攝影日期：

九月十一日 (1922.6.6) 十二月廿三日 (1909.9.23)  
十一月十三日 (1924.7.31) 正月廿八日 (1926.10.26)  
十一月三十日 (1924.8.31) 二月十六日 (1926.11.29)  
注意南極冰冠逐漸消失，同時中央地帶色澤逐漸加深。



圖 4：火星上之黃雲。兩圖之火星位置略同，但左圖無黃雲，右圖則有黃雲。

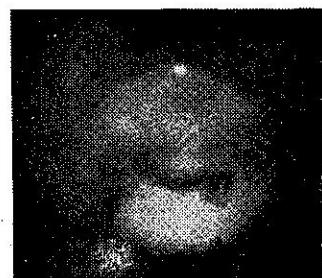
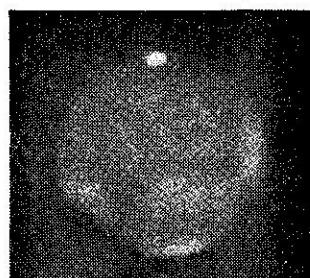
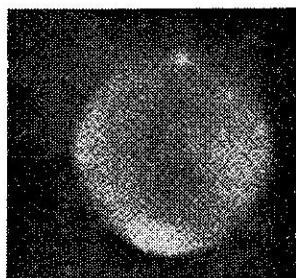


圖 5：火星上之藍雲。火星位置大略相同，自左至右：

①加藍色光圈用短波所攝火星，顯示其為一層霾矓所障之外貌，②示有時藍雲消失大部，可見到地表之形狀，③係與②圖同時拍攝，但③加黃色光圈用長波拍攝，兩者比較，此圖之地面標幟極為明顯。

數均對長波之地面輻射 ( $k_3$ ) 為大，對短波之太陽輻射 ( $k_1$ ) 為小； $\tau$  亦隨高度而減小，故(3)式所得之結果，無論地球、火星均表示溫度隨高度降低，但降低率則愈高愈緩。至極高處，即近似等溫情況矣。至是在理論上已找得何以火星上亦如地球之應有一平流層存在。此種理論係根據輻射平衡之學說及  $\text{CO}_2$  對長波輻射具有相當大吸收力之基本假設。

此項理論其內容既甚單純，對其中數量計算等之細節方面即不再予詳究。但有一重要數值尚宜一提，即溫度遞減終有一不能再低之極限。此應出現于大氣之最外層，該處  $\tau$  等於零。由（3）式此項最低溫度為：

其中  $k_1/k_2$  近于一，故可忽略不計。則由此理論導致來之最低溫度爲

既云大氣上層實際近于等溫，我人似可逕以上述最低溫度作為平流層之平均溫度觀。亦即火星與地球上平流層中氣溫之比等於兩者平均有效日射四次根之比。

平均有效日射在火星上較地球者為小，則火星上之平流層亦必較冷。根據(6)式，火星平流層之溫度可能低至 $-100^{\circ}\text{C}$ 。

#### 四、對流問題

上節已指出火星天氣分爲平流層（大致在輻射平衡情況下）與對流層（主要爲對流程序所控制下之情況）。兩層之間必有一分界面，此其上對流平衡即爲輻射平衡所取代。以地球上之經驗，緣于太陽加熱地面而生之對流

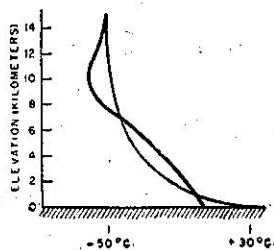


圖 7：地球上溫度隨高度之變化曲線，細線係輻射平衡之理論情況，粗線係加入對流作用後分為上下兩截之情況（對流層頂以上仍為輻射平衡情況）。

況（對流層頂以上仍為輻射平衡情況）。

現象不能過高，對流層之厚度不大。是以對流層頂之高度基于由地面而上熱力混合所能達之限度。圖 7 示輻射平衡在上，對流平衡在下，兩者聯合乃表示地球上溫度隨高度變化之實際曲線。細線爲純係艾姆登氏輻射平衡理論之曲線。該曲線下部溫度遞減之速，造成力學上之不穩定，而不能保持原狀；即促使對流發生而呈粗線所示之型式。圖中又可知對流能達之高度約十公里，其上之溫度即迅速接近于理論上應有之輻射曲線型式，幾乎爲等溫性質矣。並請注意對流領域似已達一足夠高度，使其在對流層頂所產生之最低溫度尤低于依輻射理論所推算得者。因之假若對流影響能達相當高度，則最低溫度之出現，實由于對流而非輻射程序。此圖固不能將細微之點均行表示出；然地球大氣垂直結構之主要形態可謂已圓滿表示，諸種重要因素均已顧及而包含其中。好在火星大氣之結構本不可能亦不必考慮至如斯精密，故我人可就此概念以進行下述探討。

其下之探討方法包含兩部份。先計算：如將某定量之能加入于一原為熱力穩定之大氣內；則對流所能達之高度如何？次復假定將同量之能分別加入同樣穩定情況下之火星及地球大氣內；則對流所能達之高度兩者可得一比較。然後根據已知地球上對流層頂之高度，即可估計出火星者矣。

假定有一小層空氣，厚度自  $z=0$  至  $z=h$  間，溫度大致相等。則此小氣柱單位面積內熱能與勢能之總和為：

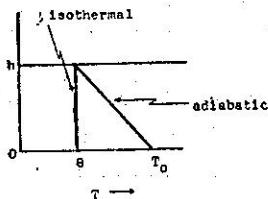
$E$  為單位面積內之能量， $C_v$  為大氣在定容積下之比熱， $g$  為重力加速度，用靜力方程式代入，此式變為

已設此 $h$ 即氣層之厚度甚小，故變數 $p$ ， $z$ 及 $T$ 均可應用此層內之平均值 $\bar{p}$ ， $h/2$ 及 $\bar{T}$ 。欲使穩定形式變爲絕熱遞減形式（如此方能對流自如）如圖 8 所示，則所需增加之能量應爲：

$$\Delta E = \left\{ \frac{mc_v}{R} \Delta \bar{P} + \frac{m\bar{P}}{RT} \cdot \frac{gh}{2} \left( \frac{\Delta \bar{P}}{\bar{P}} - \frac{\Delta \bar{T}}{\bar{T}} \right) \right\} h \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

在此小氣柱中之平均氣壓根據靜力方程式爲：

而平均溫度之變化又可使平均氣壓作如下之變化：



而欲使等溫狀態之溫度  $\theta$  變為絕熱遞減狀態之溫度（上面溫度為  $\theta$ ，地面溫度  $T = \theta + \Gamma k$ ），其平均溫度之變化應為

$$\triangle \bar{T} = \frac{1}{2} [\theta + (\theta + \Gamma h)] - \theta = \frac{1}{2} \Gamma h \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

將(11)與(12)兩式代入(9)簡化後得

$$\Delta E = (-1 + mc_v R^{-1} + mgh/2RT) \frac{m\bar{p}g\Gamma^3}{4R\bar{T}^2} \dots \quad (13)$$

圖 8：下層加熱使從等溫直減率變為絕熱直減率之說明。

上既假定將同量之能分別加入同樣為等溫情況下之火星與地球大氣中，則兩者產生之對流所能達到高度，其間之關係為：

$$\frac{h_{\text{水}}}{h_{\text{地}}} = \left\{ \frac{\left( \frac{m \bar{p} g R \bar{T}^{-2}}{m \bar{p} g R \bar{T}^{-2}} \right) \text{地}}{\left( \frac{m \bar{p} g R \bar{T}^{-2}}{m \bar{p} g R \bar{T}^{-2}} \right) \text{火}} \right\}^{\frac{1}{3}} \times \left\{ \frac{\left( -1 + mc_v R^{-1} + mgh / 2R \bar{T} \right) \text{地}}{\left( -1 + mc_v R^{-1} + mgh / 2R \bar{T} \right) \text{火}} \right\}^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (14)$$

將合理之數值代入上式第二個括弧中之結果爲

$$\left\{ \frac{(2.5 + h/16)_{\text{壁}}}{(2.5 + h/42)_{\text{火}}} \right\}^k$$

此中  $h$  用公里表示。顯然  $h$  之值若不太大，此分數之值即頗近于一。然即使將地球之對流層厚度全部作為  $h_{\text{地}}$  值計算（約為 10 公里），火星者則以 70 公里（不致超過此數）作為  $h_{\text{火}}$  計算，此分數之值仍與“一”相差不及百分之十。故（14）式可簡化為下式（即第二個括弧不計）：

再以合理之各值代入計算（註1），得結果為  $h_{\text{火}} = 4.5h_{\text{地}}$ 。此表示用同樣之能量投入，所能產生之對流高度，火星應較地球高四倍半（註2）。

如以地球之平均對流層頂為10公里，則火星者可能為45公里，此種結果當然為概略的，然現既無其他更精確之方法計算；我人亦祇得從此基礎出發推論。

現假定平流層底在 45 公里處，又設午後地面溫度為  $0^{\circ}\text{C}$ ，用絕熱遞減率可算出對流層頂之溫度約當  $-170^{\circ}\text{C}$ 。因實際上即使午後之溫度遞減率平均亦總較絕熱遞減率為小，故我人不無理由將之修正為  $-160^{\circ}\text{C}$ 。在其下為近于規則之遞降曲線；其上則漸轉為平流層，溫度約在  $-100^{\circ}\text{C}$  呈輻射平衡之等溫曲線形態。圖 9 即為溫度分布之合理曲線形態。

以上探究火星大氣垂直結構之方法，一切均基於一個基本概念，再重申之即：對流層頂以下由對流程序控制，以上則由輻射程序控制。至于大氣直接吸收日射一點並未計入，因我人認其對上述之主要程序而言無重要性也。對地球上20公里以下之氣層言，此點亦同樣不重要，然在此高度以上則不然，臭氧層及其以上原子化，離子化之氧及氮對吸收均具頗大影響。火星大氣因氧份極少，故臭氧帶之吸收效應可以不計，然氮之各種型態則仍極有可能使大氣加溫，一如地球之土層空氣然。此種加溫最低可在何種高度發生作用，及其大小如何，則均難以估計。在地球上，此種高度在75—80公里間，該處以上空氣質量約為0.1克／公厘<sup>2</sup>。如此種高度與其上空氣質量之必須甚小一點有關（看來應如此），則我人至少可言火星對流層即應不受此種吸收加溫作用影響，蓋火星上45公里處之大氣質量大達1.3克／公厘<sup>2</sup>之譜也。

五、鱉雲

火星表面上有一層半永久性之藍色雲翳，常將其地面遮蔽，已見前述。而其性狀如何，自發現至今，迄無完善之解釋。以下將各種假說逐一介紹，且各將其不妥之點一併提出。

(一)此種障礙可能為一種極微之塵粒所致。因此種微粒根據光學原理可使外來光線之藍色部份散射回去(Scatter back)而任長波部份通過。此假說可對一種「永久」性之現象解釋得通，惟與現在實際之現象不符。因此種藍雲有時可在一兩日之短時間內消失大部，或重新出現。塵粒若微至足以發生選擇性散射作用者，不可能在如此短之時間內倏生倏滅。

(二) 假定其微粒非塵埃而為小冰晶，則對觀察到之迅速消失現象固可解釋得通，因冰晶可能于短時間內受熱汽化。然對另一事實，即火星大氣之極度乾燥一端復有問題。火星上雖非絕對無水汽，然其能形成水汽組成之雲一事仍具疑問。即使有之，亦應為例外而非經常情況。復有一點不利于此說者。即根據杜弗斯氏在1948年所研究之結果，此種藍雲所自來之光線，其偏極角 (Angle of polarization) 顯然與水晶雲應具者不同。

(三) 此種藍色光或非微粒之選擇性散射結果，而係一種藍色極光射線。然如確系此種射線，則應有其特定之光譜線，且此種極光光譜線，應極易在火星之光譜上辨明之。事實上則從未發現。(現所見者為與通常一樣分布于光譜之藍色光段。)

綜上以觀，三說均不足對此種現象供滿意之解釋。我人勢必另覓途徑。自上節所得火星上溫度之垂直分布，似可構成另一較屬可信之假說。蓋由於對流層頂之溫度已低至足以使二氧化碳凝結之程度。二氧化碳又屬已知火

星大氣構成物之一。圖9中之虛線代表  $\text{CO}_2$  饱和溫度（露點）隨高度之變化。此自係根據火星大氣之溫度分佈及火星上  $\text{CO}_2$  之含量而計算者。（須記  $\text{CO}_2$  之含量每單位面積內為地球之兩倍）當圖中溫度線相交露點線之處（約當45公里）， $\text{CO}_2$  晶粒即可形成。如其粒子甚微，即能使藍色光線發生選擇性散射作用，亦即解釋藍雲之所自來矣。

此一假說與下列各已知事實均無矛盾，故屬最可信者。第一、火星大氣中有  $\text{CO}_2$  之存在，且其量大約即如圖9中所繪虛線時之計算根據。第二、藍雲之時有消失情形可解釋為  $\text{CO}_2$  晶雲在其高度上因微有增溫而蒸發消失。而任何正常之天氣演變均可能產生此種增溫現象。第三、藍雲之高度甚大為已知事實之一。E·C 史立福氏會攝得正在消失中之藍雲相片。其時殘留部份在晝夜交線上正可看出具有極大之高度。此與本假說中之條件亦正相符合。

前節假設之對流層既有如此深厚，按理非但  $\text{CO}_2$  可達到飽和，即極端少量之水汽亦必能達飽和狀態。雖杜弗斯氏會用光之偏極角證明此種藍雲非由冰晶組成，然亦不能證明定無水汽飽和其事。蓋無足夠之凝結

核則雖飽和仍不能凝結，或即使凝結而因冰晶數量過少，無法產生光學上之效應均屬可能。最近 Barrett, Hernden 及 Carter 即曾在地球之平流層內觀察到飽和而無雲層凝結之現象。彼等究其原因，即如上述所舉者。然而目前對此種現象，若確在火星上存在時，究竟有何重要性，尚難明言。

藍雲之  $\text{CO}_2$  學說雖為迄今最完美之一種，但仍待實驗證明下述兩點後方能確立。即  $\text{CO}_2$  晶粒是否足以構成一種良好散射介質，致令產生我人所觀察到之效應？又以此為散射介質所反射出光之偏極角，是否與杜弗斯分析火星藍雲者相符合？

## 六、行星溫度之測定

通常測量行星之溫度，均藉觀察來自行星之輻射光譜分布情形計算而得。先以輻射測量儀置于反射望遠鏡之焦點處，測出自行星之總輻射能（即反射來之短波日射與行星本身之長波輻射兩者之總和）然後隔之以水，使長波輻射不能通過，則所得者僅為短波輻射能。用其差數即為行星本身所發出之長波輻射能。再應用輻射四次方定律，即可算出其溫度。Coblentz, Lamland Pettit Nicholson 均以此種方法測量溫度。

以氣象學觀點言，此種測量法具有特殊優點，因其收取輻射能之熱偶可設計至甚小，足以分別測量火星上半徑二百哩範圍內之能量。如此條件，即令身入其境實測之，亦不過作到如此耳。因此，此種觀測祇須有相當之次數及精確度，繪一火星之溫度圖乃大為可能之事。

在此之前，應須說明此測量方法困難之點及有何誤差。火星地面所輻射出之能，必須經過兩行星之大氣層而被吸收一部份。對火星言，此點尚不重要，因其過少之水汽及  $\text{CO}_2$  均不足吸收大量輻射。故問題僅在地球。地球氣層內水汽所吸收之量相當重要，是以在計算時均經予以補償。

計算時本當考慮另二因素：一為地域性反照率，一為地面出射率 (Surface emissivity)。第一因素為

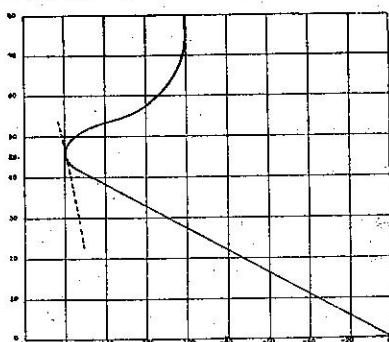


圖9：合理之火星上溫度隨高度之變化線（實線），基於對流層頂以下為對流平衡，以上為輻射平衡，以上為輻射平衡之假設，虛線表示  $\text{CO}_2$  在火星大氣中（其量二倍於地球）「露點」隨高度之變化。

火星所直接反射出之日射，與火星表面之不同各地區有關，故曰「地域性」。緣其極難估計或準確測出，祇能作為一種未定因素。至于出射率亦屬未知數，姑假定其為最大率一。如此算法，當然不太準確（將使算出之溫度嫌低，而各地區溫度之差異則嫌不顯）。所幸兩者均為求其四次根，故其誤差可減至甚小。

最後尤須一提，如此計得之溫度值，非如我在地球上習慣用之氣溫定義一地面上六呎處之溫度，而為火星地面本身之溫度，較氣象學所需求之溫度自當較高。

## 七、北半球冬季之溫度分布

迄今最堪適用之溫度資料，尙為 Coblenz 及 Lampland 兩氏在1926年所測定者。測法係自火星邊緣及中央沿各緯度用極小測量計連續作一個月之結果。為避免日變化之影響（因兩邊緣之溫度恰為一晝一夜），我人現僅採用中央經線上之溫度以填入圖10，並繪出其等溫線，由於上節所述測量溫度之種種困難，難免若干誤差。故

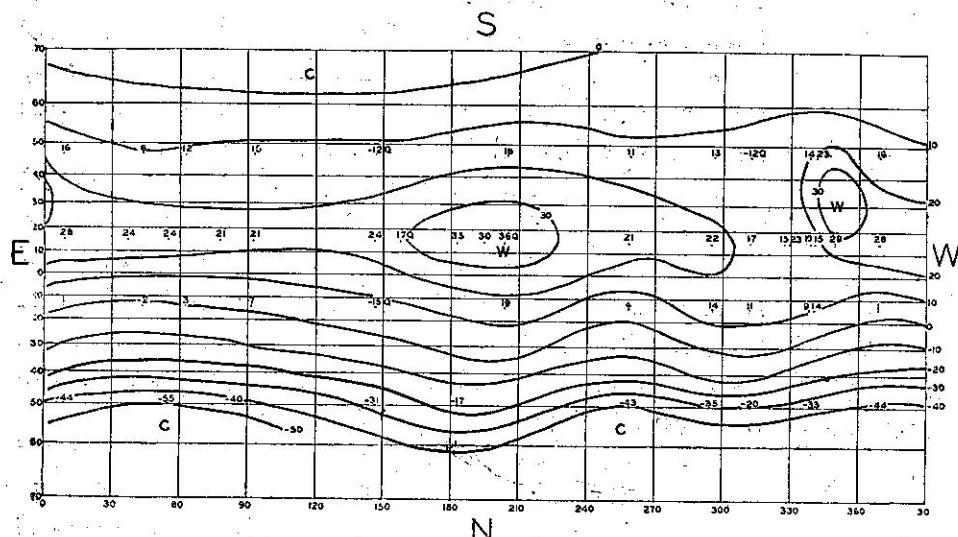


圖10：火星北半球冬季之溫度圖。因係就望遠鏡原式，故南在上。將此圖倒看即得一般氣象學之看法。有Q之處示其數值略有疑問。另有一排在 $78^{\circ}\text{s}$ 上之溫度資料，亦可應用分析，惟未在本圖範圍以內。

繪溫度線時 5—10 度  
上下均不計較。有此  
伸縮範圍後，所繪出  
之圖其情況之合適，  
線條之平滑令人出於  
意料之外，且無一報  
告爲不可用或不合理  
者。此反證觀測溫度  
之方法雖極端複雜，  
其結果之一致性，合  
理化顯示其仍屬有效  
之一種方法。

由氣象學之觀點，此圖上令人注意之點爲：在夏半球約緯度20度處有一高溫帶，而在冬半球則有極

低氣溫及較大之溫度梯度出現。另有一特殊之高溫區位於 $30^{\circ}\text{S}$  緯度， $350^{\circ}$  經度之附近。前兩點與地球之情況在性質上相類似，後一點非但溫度報告如此，並與觀測到之反常風向相符合。留待以後再行討論。

現對溫度梯度進一步作量之研究。蓋由此可利用下式以求得風隨高度之遞增率。

式中  $U$  為東西向風速，以向東為正。 $z$  為垂直軸，以向上為正。 $\omega$  為行星自轉之角速度。 $\phi$  為緯度，以北半球為正，南半球為負。 $T$  為絕對溫度。 $y$  為水平軸，以向北為正。由(16)式即可算出在各不同緯度範圍內之平均垂直風切 (Wind Shear  $\partial U / \partial z$ ) 如下： $15^\circ\text{N} - 50^\circ\text{N}$  間每公里為 4 秒公尺； $15^\circ\text{S} - 47^\circ\text{S}$  為 0.8； $47^\circ\text{S} - 78^\circ\text{S}$  為 1.6。此種結果表示火星上大部地區其西向風分速均向上隨高度而增。事實上溫度既向兩極遞降，自必如此。

上述三個緯度範圍之前兩者均較地球上各相當地帶風之遞增率為小。地面風因受摩擦影響而較小，似可不計，則自由大氣中之風，概略言之，即與垂直風切或正比。亦即火星上自由大氣中之風速，較地球者為小。然則第三值 1.6 較地球相當部份之值為大，是否指該處之風即應大於地球？其答案仍非必然。蓋是處已漸接近南極（是時南半球為夏季），最南 ( $78^{\circ}\text{S}$ ) 處之溫度，勢必漸受冰冠之冷却影響而降低，于是地面之溫度梯度即顯示特大。如我人可測量距地面一公里以上之溫度，冰冠之影響消除，則自北至南之溫度梯度必無如是之大（亦即言現在計得之 1.6 值嫌高），而冰冠附近溫度向上之遞減率，必較任何其他地區為小。此在地球上亦為普通現象之。