

太陽的構造和演化

〔苏联〕A.Γ. 瑪謝薇琪 著



中華全國科學技術普及協會出版

太陽的構造和演化

(苏联) A. Г. 瑪謝薇琪著

鮑永泉、王立文譯

中華全國科學技術普及協會出版
1955年·北京

科 普 小 冊 子

哥白尼在近代科学上的貢獻 竺可楨著 1角2分

卓越的俄羅斯天文學家布列基興

Ф. Ю. 齊格爾著 1角9分

蘇聯天文學的成就

В. А. 伏龍卓夫—維略明諾夫著 1角9分

天上有多少星

К. Ф. 奧高洛特尼可夫著 1角5分

天文台

П. П. 巴連拿果著 2角1分

第一次到月球上去

「知識即力量」編輯部編 2角4分

天文知識

戴文賽著 1角4分

中國古代天文學的成就

陳遵媯著 即 出

出版編號: 197

太陽的構造和演化

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ СОЛНЦА

原 著 者: (蘇聯) А. Г. МАСЕВИЧ

原 編 者: ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО ПО
РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИ-
ЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

原 出 版: ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

譯 者: 鮑 永 泉, 王 立 文

校 閱 者: 李 德

責任編輯: 卞 德

出 版 者: 中華全國科學技術普及

(北京市文津街3號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第01

發 行 者: 新 華 書

印 刷 者: 北 京 市 印 刷

(北京市西便門大街乙1號)

開本: 31×43 印張: 1

字數: 16,000

1955年10月第1版

印數: 12,500

1955年10月第1次印刷

定價: 1角2分

本書提要

本書以先進的蘇聯科學對恆星和太陽的精確研究，向我們介紹了恆星和太陽的年齡、構造、和它們能量的來源，以及它們的演化等，並說明了在宇宙中物質發展的規律，駁斥了資產階級唯心主義科學所認為的「恆星和太陽是同時被創造出來的」、「太陽有一天會爆炸」等等謬言。

目次

太陽和恆星的年齡	5
恆星世界的規律性	9
恆星是怎樣構成的	15
恆星的能源	21
太陽的演化	22

恆星演化問題，是近代天文学中一個使人最感興趣的問題，同時也是一個最複雜的問題。我們的太陽是一個普通的恆星，像這樣的恆星，宇宙間有億萬個。太陽比其他的恆星離我們近。雖然地球離太陽有一億五千萬公里左右，但和其他恆星的距離比較起來，還是「近」得多，因為其他的恆星離地球要比太陽遠上幾百萬倍。太陽離地球「近」，就給了科學家很大的方便。用望遠鏡可以直接看到太陽表面上的各個細微結構（黑子，光斑，表面上的米粒組織）。日全食時，還能夠看到太陽大氣的各層，日冕以及太陽邊緣上的突出物——日珥。現在，使用特殊的光學儀器，在平時也能研究日冕和日珥了。所有這一切都能使我們進

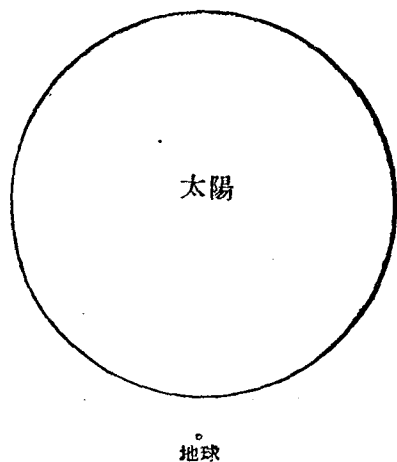


圖1 太陽和地球大小的比較。

一步認識太陽的本質，更因為太陽是一個普通的恆星，所以也能使我們認識其他的、離我們更遠的恆星的本質。

太陽的大小、質量、發光的強度現在已被相當精確地測定出了。

太陽是我們這個太陽系的中心天體，它的體積比地球大一百三十萬倍，質量是地球的三十三萬三千倍。太陽的平均密度僅略大於水的密度（1.3 克/立方厘米），但是地球的平均密度是水的 5.5 倍。所以說，太陽的平均密度等於地球密度的 $\frac{1}{4}$ 左右。太陽的直徑是一百四十萬公里。從地球上看到太陽，覺得它很小，這是因為我們在離它一億五千萬公里遠的地方看它。

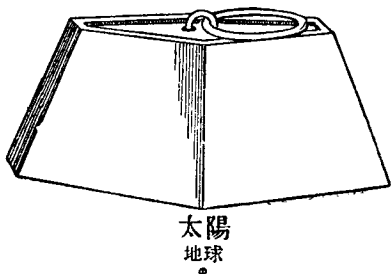


圖 2 太陽和地球重量的比較。

太陽每秒鐘向宇宙空間發射出大量的光和熱。地球大氣上層的每一平方厘米，每分鐘所受到的太陽能，等於一克水升高兩度左右所需要的能量。整個地球在一年中從太陽所得到的能，超過由任何一種燃料所得來的能的全世界產量的百萬倍以上。但這只不過是整個太陽表面總輻射的一小部分，我們地球所接受到的能僅是太陽輻射的二十億分之一（原書為二億萬分之一，是錯誤的——譯者）。

太陽是一個熾熱的氣體球。當我們用望遠鏡觀察太陽表面時，我們能透過太陽周圍的稀薄大氣，看到太陽大氣內幾百公里的深處，直到太陽大氣很不透明時為止。太陽的可見表面叫做光球。太陽表面算是從光球開始，因為事實上在光球之上還

有其他的太陽大氣。太陽「表面」的溫度是攝氏 6,000 度，這也是相互重疊的太陽大氣各層的平均溫度。光球具有米粒組織，即在較暗的光球背景上有着較明亮的米粒狀斑點，米粒的大小可達幾千公里。

週期地出現在太陽表面的黑子——光球上的一種漏斗式的渦流——是太陽物質連續而強烈的位移而形成的。因為黑子的溫度約攝氏 4,500 度，所以它在光球的背景上是黑色的。

太陽內部更深地方的溫度極高，達幾千萬度。

我們太陽的現狀就是這樣。但是，它是不是從來就像我們現在所觀測的這樣呢？或者，在它的生命史中可能發生過許多重大的變化嗎？它的將來又是怎樣呢？這後一個問題特別有趣，因為太陽在人類的生活中起着重大的作用：陽光給我們地球光和熱。若沒有太陽，植物和動物都不能生存，若沒有這生命的源泉，地球表面就成為死寂的世界了。

大体說來，太陽的歷史就是我們已知的大多數恆星的歷史。關於太陽的歷史，我們知道些什麼呢？

天體演化學是天文學的一門分科，它研究天體及天體系統的演化問題，研究形成恆星、星雲、行星等天體的物質的運動問題。天體演化學的題課是極為複雜的。

天體離我們非常遠。研究它們的唯一方法是精密地、全面地研究來自遙遠星球的光綫的性質。光綫通過專門的儀器——光譜儀時，儀器的稜鏡把光綫折射和分解為彩色光，而使我們得到太陽或恆星的光譜。科學家研究了這種光譜，就能知道恆星表面的化學成分和物理狀況。不過，光譜分析並不能使我們洞悉星體的內部情況。所以有關天體構造的一些結論只能根據

間接資料：根據在地球上或我們周圍世界的統一的物理學和力學的普遍定律，根據被徹底研究過的物質特性。

然而，天體的起源和演化問題還更複雜，因為這需要瞭解這些天體在極長的時間內的歷史。如果連探測天體的現狀構造問題都有許多困難，那麼要確定它的構造在幾十億年內所發生的變化就自然更困難了。天體演化的規律很難即刻找到。在這裏，科學所遵循的方法是科學的推測和假說的方法。隨著觀測資料的積累，常常能發現某些推論的缺點，於是這一假說就為另一假說所代替，有時一個新的發現能完全推翻以前的理論。

恩格斯在「自然辯證法」中曾講到假說在科學中的作用：

「只要自然科學在思惟着，它的發展形式就是假說。一件新的事實被觀察到了，它就使得過去用來說明和它同類的事實的方式不中用了。從這一瞬間起，就需要那種最初僅僅以有限數量的事實和觀察為基礎的新的說明方式了。更進一步的實驗材料便會洗清這些假說，取消一些，修正另一些，直到最後建立起一個純粹化的定律。如果我們要等待建立定律的材料純粹化起來，那麼這就等於說在此以前要停止思想的研究工作，而定律也就永遠不會出現。」（註1）

真正科學的演化假說，只能根據用正確的方法綜合了天文學及其他科學各個部門所積累的實際材料後才能產生。這樣的假說正是許多代自然科學家勞動的總結。重要的在於：如何選擇能說明所研究的天體特點的主要的和最重要的標識，這些標識已為天體形成的初始條件所決定；以及，如何選擇在演化過程中可以忽略的所有次要的因素。這樣的假說不僅應當能解釋我們現在看到的宇宙的狀況，同時也能解釋它過去的情況，甚

至還能預示出新的、人們還不知的現象和目前還沒有發現的天體間的聯繫。

由此可見，天體演化學具有重大的思想性意義。因為，不論過去和現在，天體演化學一向是非常明顯地體現科學中的党性原則的，最鮮明地反映階級鬥爭的天文學的一門分科。

太陽和恆星的年齡

我們今天所看到的太陽，似乎與我們昨天或幾年以前看到的太陽一樣。地球生命的起源與進化的研究証明了，在地球上存在生物的這一期間，即在數萬萬年期間內，太陽並沒有發生多大顯著的變化。但是人類的歷史，比起天體的存在時間來是短促的。關於太陽的年齡我們知道些什麼呢？根據地球的年齡，可以大致來推斷太陽的年齡，因為，一般說來，地球的年齡比不上太陽的大，而在確定地球的年齡方面，有着相當可靠的方法。其中最可靠的，是根據研究放射性蛻變的方法。

大家知道，最重的、即所謂的放射性元素——鐳、釷、釷等的原子可以自行分裂，蛻變為其他化學元素的原子。例如釷，經過一系列的變化後會變成鐳。鐳分裂後，變成鉛。釷的蛻變規律已用試驗方法詳細研究過。現在已知道，在單位時間內，一定量的釷原子的蛻變情況，蛻變一直繼續到形成穩定的、不具有放射性的原子為止。釷蛻變後所形成的鉛的化學性質與普通的鉛相同，只是原子量稍有差別，所以，能把它與由其他原因形成的鉛區別開來。

如果某種岩石中含有釷，那麼在這個岩石存在的時間內，一部分釷原子就要蛻變，並最後變為鉛原子。測量了鉛含量和

鈾含量之比，就可確定，蛻變現象已繼續了多長時間，因為外部的作用，實際上是不影響物質的放射性的，所以這個時間就是地殼上這種岩石的年齡。每當談起測定地球年齡時，我們常常聽到「鈾鐘」這一名詞，這的確是一種特殊的鐘，它能計算出含有放射性元素的岩石的年齡。

許多的岩石和礦物中都含有鈾和它蛻變的產物。地球物理學使用「鈾鐘」法確定了地殼中最古老的岩石已存在約有三十億年了。蘇聯學者 И. Е. 斯大里克教授已極精確地測定了地殼的年齡。地球的年齡顯然是比不上太陽的大。所以說，太陽至少存在了三十億年了，很可能還多些。但是關於其他恆星的年齡，我們能說出些什麼已經確定的資料呢？（無論這裏還是以後所提到的恆星年齡，都是指已形成為恆星而存在的時間，我們不談恆星形成以前階段的物質形態問題。宇宙的整体是永恒的，是無窮無盡的，但是宇宙中的一切都處在不斷的運動和變化中，因而每個天體都有它生存的開始和終結；組成天體的物質，都要由一種狀態變為另一種狀態）。

根據各種資料的計算，天體的存在已有幾百億年的時間。蘇聯的科學首先把恆星年齡的問題提到真正科學的基礎上。在國外，直到現在還仍在宣傳什麼宇宙間所有的恆星都是在幾十億年前同時生成的思想，於是，就輕率地談到「宇宙的開始」和誰創造了宇宙，即「造物主」。在資本主義國家中，直到目前，這些披着科學外衣將宗教觀點和唯心論輸送到天體演化學中的「理論」還層出不窮。А. А. 日丹諾夫在為討論 Г. Ф. 亞歷山大羅夫所著的「西歐哲學史」一書而發起的哲學辯論會上的發言，正是針對着這些「理論」的作者而說的。他說：「許

多愛因斯坦底信徒，不瞭解認識底辯証法的过程，不瞭解絕對真理与相對真理的關係，把研究有限宇宙中的運動法則所得出的結果，搬到整個無限的宇宙上去，而達到宇宙是有限的，宇宙在時間和空間上是有限的等等的觀念。天文學家米倫（英國天文學家——譯者）甚至「計算出」宇宙是在二十億年以前創造的。對於這些英國的學者，可以用他們本國的大哲學培根所說的話來批評他們：他們把自己在科學上的無能拿來誣譏自然界。」（註2）

蘇聯學者所做的研究工作完全推翻了這種反動的觀點。恆星的研究工作證明，恆星不可能都是同時形成的，除單個的星以外，還有雙星、三合星、更多的是聚星系，以及許多恆星集團——星團。

星團有兩種類型：疏散星團和球狀星團。星團和它的運動、成員及穩定性的研究對於天體演化有着很大的意義。如阿爾明尼亞蘇維埃社會主義共和國科學院院長 B. A. 阿姆巴楚米揚所指出構成疏散星團（在空間相當分散的、有着共同運動的恆星集團）的恆星，是些較年青的恆星，它們存在還不過一、二十億年。還有更年青的恆星，它們組成所謂星協——熾熱巨星的集團。星協中的恆星比星團中的恆星稀疏，但是它們也具有許多說明它們起源的共同性的特徵。如果我們研究一下這些集團的穩定性，就可證明，它們存在的時間不可能太久——不過幾千萬年。既然我們在自然界中觀測到了這些熾熱的巨星集團，那麼這就是說，其中的恆星還不到幾千萬歲。

也有比太陽更老的恆星。它們可能是組成球狀星團——具有球形的密集的恆星集團——的恆星。這類的恆星集團非常穩



圖 3 金牛座中的疏散星團
——昴星團。

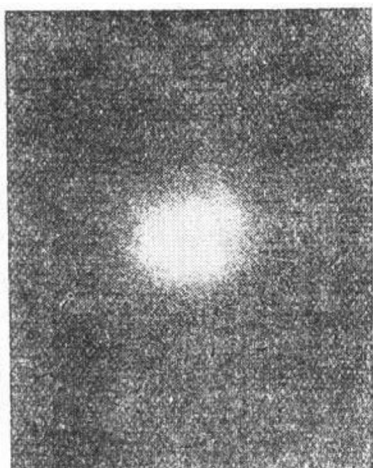


圖 4 武仙座中的球狀星團。

定，它們能在這樣的狀態下存在幾十萬億年。我們有的一切根據來推斷，組成球狀星團的絕大多數恆星都是老年的恆星。

根據星協的研究，B. A. 阿姆巴楚米揚得出了一個重要的推論：在我們銀河系範圍內，就在現在，就有恆星在形成着。大多數恆星的發源地是星協。恆星是成集團地，而不是單獨地生成。經過一定時間後，這些恆星在銀河系中逐漸散開；在某一個時期中，它們還具有較明顯的特徵而有別於其他恆星，隨後這樣的特徵也消失了。B. A. 阿姆巴楚米揚和他的同事 B. E. 馬爾卡良因發現和研究了星協，於 1950 年榮獲斯大林一等獎。

最近，B. Г. 費森柯夫和 Д. А. 羅日科夫斯基用阿拉木圖高山天文台的 Д. Д. 馬克蘇托夫式新型望遠鏡觀測到了一些

非常有趣的現象，這些現象都與恆星的形成有直接關係。在用專門的濾光片拍得的照片上，可以看到氣體塵雲的纖維狀物彷彿分裂成許多類似星鏈的凝聚物。這些凝聚物具有許多和恆星特徵類似的物理性質。可以證明，彼此距離這樣近的恆星的存在時間一定不會太久，不過幾千年。因此，我們在這裏所談的完全是不久前才生成的恆星。

所有這些研究都有重大的科學意義和思想上的意義。這些研究工作證明了蘇維埃科學的力量和生命力，蘇維埃科學是「……不承認偶像，不怕推翻過時舊物却很仔細傾聽實踐經驗底呼聲。」（註5）在資產階級的科學中，散佈着時間的開始「宇宙的開始」等反動思想，這些已完全被蘇聯天文學家所做的研究工作——恆星的形成現在還在繼續進行着的學說——推翻了。

上面已經談過，人類的歷史和恆星的年齡比較起來是很短的，因此我們不能觀測出任何一個恆星——例如太陽——的演化，但是因為恆星的年齡各不相同，所以，觀測了很多恆星，我們就能看到它們的各個演化階段，正如我們在街道上看到不同年齡的人一樣。研究特殊型的不穩定星（新星，類新星等）是最富有興趣的，這種恆星的變化是瞬時和突然發生的。研究這種恆星，也能得出許多關於恆星的一般演化的重要結論。現在我們來談談恆星世界，並來看看，在宇宙空間能遇到什麼樣的恆星。

恆星世界的規律性

在我們的恆星系（即銀河系——譯者註）範圍內，我們看

到恆星世界的各種各樣的代表，從極稀薄的巨星起到極稠密的矮星止。這些恆星或是以質量，或是以半徑，或是以輻射能量（整個恆星表面輻射的總能量稱為光度），或是同時用這些特

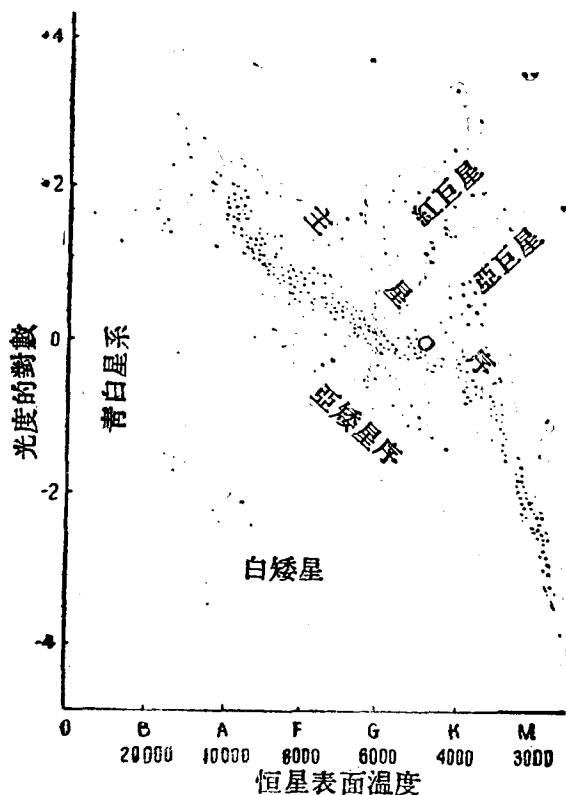


圖5 根據 П. П. 巴連拿果的資料繪成的「光度——恆星表面溫度」圖（即「光譜——光度」圖——譯者）圖中字母（從B到M）是天體物理學中採用的恆星光譜分類符號。每一個字母下邊是標着與其相應的恆星表面溫度。圖中小圓圈是太陽的位置。

微來彼此區別的。但是在自然界中質量、半徑和光度絕不是以任意方式相配合的。如果把全部已知恆星的資料劃在一個坐標上，縱坐標表示光度的對數（用對數表示，是為了使表格緊湊些），橫坐標表示恆星的表面溫度（一般說來，溫度與恆星大小成比例），我們就看到，恆星在這個圖上的分佈並不是雜亂的，而是沿着某一定的方向。圖5是我們因此而得到的赫茨許普龍——羅素圖（簡稱赫素圖——譯者註），這上面並計入了П. П. 巴連拿果教授的修正和增訂。

在這個圖上，恆星的主要部分是沿着所謂主星序分佈的。主星序是從右向左，即由最冷的（當然是相對的冷，這些恆星的表面溫度為3,000度，在地球上看來已是非常高的溫度了）紅矮星向明亮的巨星（白星）伸展。主星序的右上方是紅巨星分支，紅巨星是冷的、但却是非常明亮的巨大恆星，直徑要比太陽的直徑大1,000倍以上；不過這種恆星的平均密度卻很小，數量級僅是 10^{-7} — 10^{-9} 克/立方厘米，也就是說只及我們周圍空氣密度的幾萬分之一。在圖的左下角我們看到恆星物質狀態的相反極端，所謂白矮星，這是些直徑和光度都很小的超稠密恆星，白矮星的平均密度比水的密度大幾十萬倍。

在圖上我們看到，主星序下面還有一個星序，它和主星序平行並向光度小的一端移動。這個星序是1946年П. П. 巴連拿果發現的，他稱它為亞矮星序。亞矮星序中的恆星的質量和半徑和主星序極右部分的恆星——普通紅矮星相似，但比紅矮星明亮得多。在主星序和紅巨星間還有一個中介星羣——亞巨星。Б. А. 伏龍卓夫——維略明諾夫教授證明，熱巨星和白矮星之間被白色的和藍色的恆星（沿圖从上往下）所填充。這

兩種恆星幾乎全是不穩定的。這個星序稱為青白星序。

我們已知的恆星，大部分都是屬於主星序的。在圖上（見圖5）太陽的位置用一小圈標出。太陽，正如已經談過的那樣，是個平凡而普通的恆星。

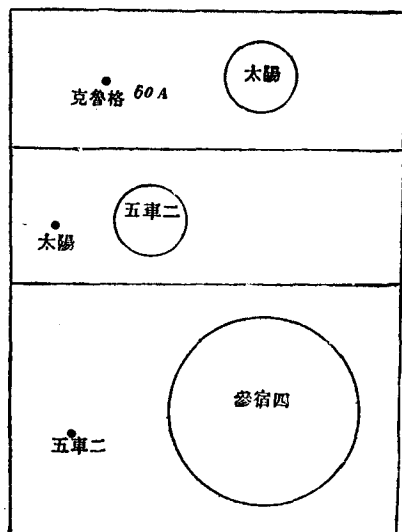


圖6 太陽與幾個恆星大小的比較：

上——矮星克魯格 60A 與太陽；

中——太陽（另一比例尺）與黃
巨星五車二；

下——五車二（另一比例尺）與
紅巨星參宿四。

組成星體的物質可以處在極不相同的狀態下。這種多種多樣性是由什麼引起的呢？原因可能是化學成分的不同，即不同星體中化學元素的相對含量大不相同。

光譜分析給了我們天體化學成分的知識。光譜分析不僅能

將我們所有已知的恆星劃分為不同的星序，並不是偶然的，也不是所選擇的座標的特點。每一個這樣的星序都是充分代表了有一定物理特徵和物理規律的星羣。例如，1950年 П. П. 巴連拿果和本書作者証明，每個星序中的恆星的質量、半徑和光度之間都相互有着關係，而各星序中恆星的空間分佈和空間運動則是各不相同的。

赫羅圖上的許多星序的存在反應了恆星世界的多種多樣性，這就証明，

測定任何一個星體是由哪些元素組成，而且也能測定元素間的比例。詳細的研究工作証明了，我們的太陽有一半以上是由最輕的氣體——氫組成的，另外的 40% 左右（重量比例）是由第二個最輕的氣體——氦組成的，只有 5%—10% 还不到才是由其他元素組成。在其他元素中，首先應列舉氧、碳、鐵、氮、

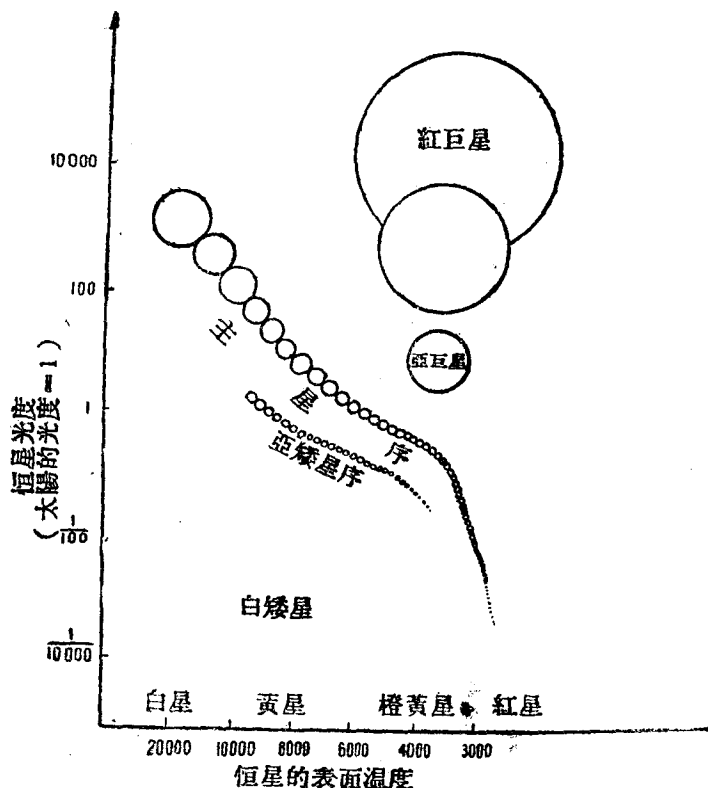


圖 7 「光度——恆星表面溫度」圖。圖中指出恆星大小與顏色差異的概念。沿主星序從左向右星體質量連續減少。