

宇宙觀、天文學及地質學的發展

人類早期對宇宙的認識，十分粗淺，並且常帶有宗教及神話的色彩。例如中國人過去認為「天圓地方」，而天地則是由盤古開天闢地所造成的。另一方面，從前的西方人則長期受到基督教之影響，認為地球是宇宙的中心，其餘天體如太陽、月亮、星星等均繞地球旋轉。而這種錯誤的觀念直到文藝復興時代以後，才被打破。而其中幾位關鍵人物，介紹如下。

哥白尼與太陽中心學說

15世紀波蘭天文學家哥白尼在其70歲時發表其巨著「天體運行論」。書中記載日蝕、月蝕、火星衝日、木星衝日、上星衝日等27項實際觀測之數據，推論出地球繞太陽公轉之事實，並對教會展開公開批判。

克卜勒在天文學上之貢獻

1572年，克卜勒發現一顆新星，並連續記載其亮度變化達18個月之久。其一生觀察了719顆恆星，並記錄了太陽系中6大行星之運動狀況，而歸納出行星運動三大定律。並確定慧星是一種實際的天體。

伽利略之貢獻

伽利略發明並改良望遠鏡，使之觀察天體更加方便。而他因為支持哥白尼的太陽中心之論點，而遭教會迫害，其一生最後9年均在牢獄中度過。

Eg. 世界最大的望遠鏡

作者：黃淑娟 現職：駐德國代表處科技組助理

文章來源：馬普研究所(Max-Planck-Institute) 發佈時間：94.01.11

今年10月16日世界最大的望遠鏡出現在美國亞利桑那州高達3190公尺的葛拉罕山上。這一新型的望遠鏡具有兩個直徑為8.4公尺的聚光鏡，名為Large Binocular Telescope (LBT)。此望遠鏡造價一億兩千萬美元，為國際合作，由美國主導計畫和建造。德國有5所研究機構在海得堡的馬普天文研究所的主導下參與，參與額為四分之一。

德國參與機構主要是負責製造該望遠鏡所需極為精密之測量儀器。該望遠鏡製造過程達八年之久。其所在地之葛拉罕山也是波昂馬普輻射天文研究所與美國亞利桑那大學設立Heinrich-Hertz望遠鏡之地方。不遠之處亦即Vatican Advanced Technology望遠鏡。因此Large Binocular Telescope (LBT)之於該地建造可享用既有的基本建設。Large Binocular Telescope (LBT) 兩鏡展開後共佔地約110平方公尺，其效能可達單面直徑12公尺聚光鏡之效，其攝取影像之敏銳度與單面直徑23公尺聚光鏡所能達到的無異。用Large Binocular Telescope (LBT)甚至可看到250萬公里外一枝燃燒的蠟燭。

2005年將加入一新的主鏡，2006年海得堡馬普天文研究所製造的LINC-Nirvana望遠鏡亦將加入該設備。如此，10到15年內Large Binocular Telescope (LBT)將是全球最大的望遠鏡設備。

幾項重要的天文發現及其理論之介紹

望遠鏡發明後，幾項重要的天文發現及其理論歸納如下：

提丟斯-波德定律(Titus-Bode law)：太陽系中，假設地球與太陽間平均距離為1，則各行星與太陽之平均距離為 $0.4+0.3 \times 2^n$ 。此一定律對水、金、地球、火、木、土星均十分準確。且後來亦用此定律發現了天王星(n=6)及小行星帶(n=3)。

而此定律是一種「經驗公式」(Empirical formula)，即純粹是由實驗觀察所湊出來的公式，並無其他物理根據。

雙(子)星：兩顆距離很近的星體，彼此繞著共同質量中心旋轉，(子)星。例如天狼星與其一顆黑暗伴星形成一組雙星，故看天狼星，其亮度會有週期性變化。注意：「視覺距離」顆星，不一定「真實距離」十分靠近。而吾人可利用「恆算出恆星與地球之距離。此法只要知道地球之軌道大小，行星與地球在兩個不同位置之張角，即可算出此星與地球之距離。此種方法對距離較近的恆星有效。

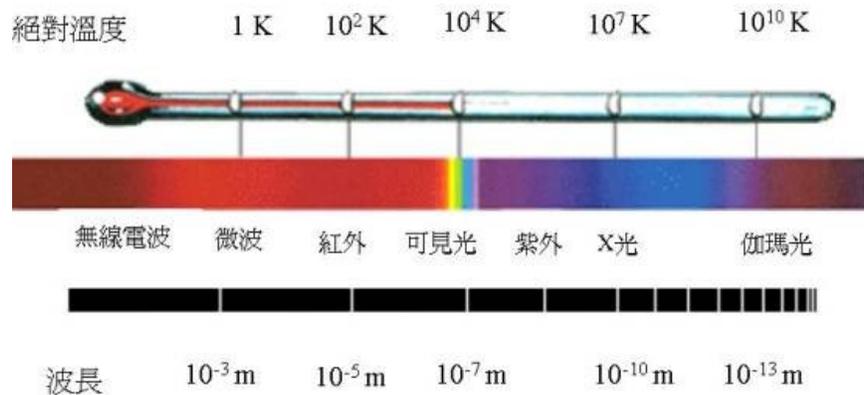


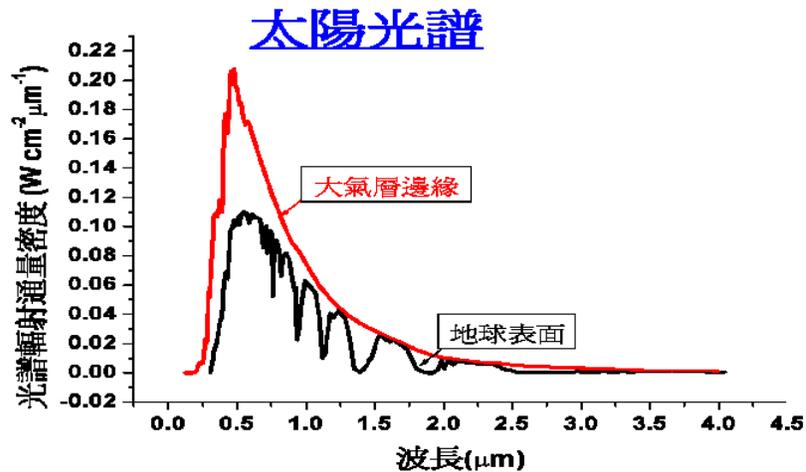
星：兩顆距離很近的星體，彼此繞著共同質量中心旋轉，(子)星。例如天狼星與其一顆黑暗伴星形成一組雙星，故看天狼星，其亮度會有週期性變化。注意：「視覺距離」顆星，不一定「真實距離」十分靠近。而吾人可利用「恆算出恆星與地球之距離。此法只要知道地球之軌道大小，行星與地球在兩個不同位置之張角，即可算出此星與地球之距離。此種方法對距離較近的恆星有效。

銀河系：由一群恆星所構成，而太陽系為其中的一員。



太陽光譜：光譜的成因為電子在不同的能階之間躍遷，而產生不同的光波長，而不同的光譜線代表物質含有不同的元素成份。



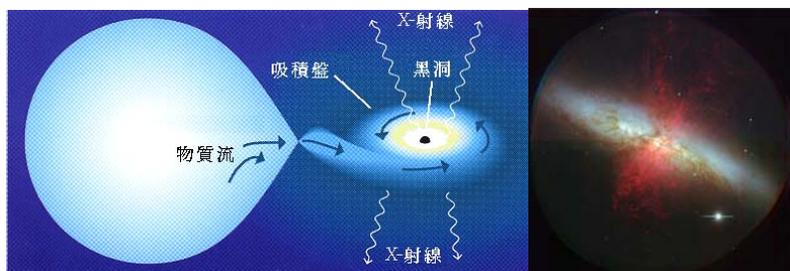


文氏定律(Wien's displacement law)：光譜分布中光強度最大處之波長與 T^4 成反比，而 T 為絕對溫度。利用此定律，吾人可知藍色恆星上的溫度的比紅色恆星的溫度高，因為藍光之波長小於紅光之波長。

紅位移(Red shift)與都普勒效應(Doppler effect)：當波源與接收點彼此遠離時，則量測到的波長會增加(即頻率減小)，而當波源與接收點靠近時，量測到的波長會變短(即頻率增加)，吾人可利用此原理製造棒球測速槍。而紅位移是一種天文上的都普勒效應。當恆星遠離地球時，在地球上所觀察到的恆星之光波長會越來越長。由星球之紅位移現象可推論出宇宙正在逐漸變大中，而其起源自宇宙誕生時的「大爆炸」(big bang)。

恆星演化之理論

恆星是由星際之間的物質凝聚收縮而來的，其所發出之熱能主要是來自於核融合，此核融合的過程是將氫的原子核融合成氦的原子核，因此可釋放出大量的熱；而此時核融合所造成的熱膨脹與恆星物質彼此間之萬有引力所產生收縮會互相平衡，使得恆星之體積能保持固定。當恆星中的氫完全融合成氦的時候，則會將三個氦的原子核融合成碳的原子核，此時恆星的體積會變大，變成紅巨星。而當恆星內部所有的可形成核融合的物質消耗完畢的時候，這時恆星便不再發熱，因此熱膨脹的動力消失，這叫侯恆星中的物質彼此間之萬有引力會使得星體開始收縮。目前天文學的理论已證明：恆星的質量小於太陽 1.44 倍者，最後會收縮變成白矮星；大於太陽 1.44 倍而小於太陽 3 倍者會收縮變成中子星；而質量大於太陽 3 倍者，則會收縮成黑洞。而天文學家第一個經間接觀測所確認的黑洞，是天鵝座之 $\chi 1$ ，其質量約為太陽 5.5 倍。1990 年 4 月 27 日哈柏太空望遠鏡正式啟用，在仙女座大星系 M31 附近的 M32 發現了一個質量大於太陽三百萬倍的黑洞。



Eg. 天文學家在銀河系發現三顆紅巨星 中央社 2005-01-11 11:24

(中央社加州聖地牙哥十日綜合外電報導)美國太空協會今天在加州聖地牙哥舉行年度會議，天文學家在會議上提出研究報告指出，他們已在銀河系中發現三個紅巨星是有史以來觀測到最大的星體。這三顆紅巨星每顆的直徑均超過十億公里，周長為太陽的一千五百倍。如果將這三顆紅巨星放在太陽的位置上，那麼連地球都會被吞沒，紅巨星的外層甚至可延伸至木星與土星軌道之間。科學家說，這三顆紅巨星甚至讓獵戶星座中最龐大且最亮的參宿四都相形見绌；參宿四星的半徑是太陽的六百五十倍。

過去科學家曾測得赫氏石榴星為最龐大星體，但這三顆紅巨星比石榴星還要大一點。一批國際天文學家在研究一簇七十四顆星體時，發現這三顆「紅巨星」。在亞利桑那州弗拉格斯坦夫的羅艾爾天文臺從事研究的馬西說，這三顆紅巨星均已瀕臨生命週期末期，星體溫度降至極低、光度極為明亮，星體體積也相當龐大。天文學家觀測到的三顆紅巨星包括距離九千八百光年的 KW Sagittarii、距離九千光年的 V354 Cephei，以及距離五千兩百光年的 KY Cygni。科學家已得知這三顆紅巨星與地球間的距離，也得知星體的亮度，但無法得知星體的溫度有多低。在恆星物理學中，星體溫度低是一個相對的說法。這些星體的溫度約在華氏五千六百度左右（攝氏三千一百度），而目前所知最熱的星體太陽，其溫度超過華氏九萬度（攝氏五萬度）。

梅西指出，了解紅巨星的溫度是很重要的，因為恆星物理學的基本法則指出，星體亮度與其溫度及體積成比例。在亮度、溫度及體積中得知其二，就能精確得知其三。研究小組利用新的電腦模型，改進紅巨星外層分子的資料，發現事實上這三顆紅巨星的溫度比研究人員原先預期的還要溫暖百分之十。梅西在接受電話訪問時表示，研究人員也能計算出星體體積。梅西表示：「我認為這項發現有趣之處，在於它讓我們知道正常星體能發展至何種極限狀態，一直以來任何一種正常的星體又是如何變大。」

幾項地質學內容之介紹

地球是宇宙中的一顆行星，而研究地球科學自地質學開始，以下介紹幾項地質學之內容：

岩石的分類

火成岩：自火山噴發之岩漿所凝結之岩石。如玄武岩、花崗岩等。

沉積岩(水成岩)：經水流沉積所形成之岩石。如砂岩、頁岩、石灰岩等。

變質岩：岩石經自然現象所產生之化學或物理變化，而形成之另一種岩石。如黏板岩、頁麻岩、大理石等。這三種岩石其實可以互相轉變。例如大理石即為石灰岩之變質。



地質年代的分類與測量

地質年代一般分為古生代、中生代及新生代，每一代又分若干紀，每一紀又可分若干世。例如侏羅紀為中生代之一紀，而現在為新生代之第四紀的全新世。在未經變動的地層中，老地層在下，新地層在上。而現今測量地質年代的方法是用放射性同位素的測量法。

Eg. 天文新發現修正地質年代表

作者：駐法科技組 現職：駐法科技組 發佈時間：94.01.11

由賈克·雷克斯卡(Jacques Laskar)主導的天體結構與星曆計算協會(IMCCE：Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides)與巴黎天文台共同發表了地球軌道暨旋轉運動長期演進的最新計算結果。根據米蘭科維奇(Milankovitch)的古氣候理論，氣候的巨大改變是受到天文事件的影響。這次的計算結果校正了新第三紀(Neogene)的沉積層紀錄，這段時間相當於地質年代二千三百萬年前。雷克斯卡等人的研究已被國際地層學委員會(ICS：International Commission of Stratigraphy)與國際地質科學協會(IUGS：International Union of Geological Sciences)採用，來重新定義地質年代表(Geologic Time Scale)。這是首次應用天文計算來建立地質年代表中的一個完整時期。

由於行星間重力的擾動，地球的軌道與旋轉軸角度會隨著時間而改變，進一步導致地球接受太陽輻射的改變，而這項改變又與過去氣候的巨大變化有關。在塞爾維亞數學家米蘭科維奇1947年的古氣候理論中，首次描述了天文現象對地球氣候的影響。直到1976年，米蘭科維奇的理論才獲得海斯(Hays)、英柏瑞(Imbrie)與沙克爾頓(Shackleton)實驗證實。我們已經知道，大陸冰帽體積會隨著海洋沉積物中氧的同位素比(isotopic ratio)變化。這三位科學家針對這項變化進行量測，發現冰河時期延續到更新世(Pleistocene，介於十萬年至一百八十萬年之間)時期的原因，和地球軌道與旋轉參數的週期變化有關。這項實驗證實了米蘭科維奇的理論：地球軌道參數影響地球上某些巨大的氣候轉變。因此，對於試圖瞭解地球氣候的人來說，行星軌道的演化是最有興趣的問題。米蘭科維奇應用天文學家提供的計算結果來建立古氣候理論，例如勒威耶(Le Verrier)於1856年所做的軌道計算。勒威耶曾經擔任巴黎天文台台長，於1846年發現冥王星而著名。巴黎天文台研究團隊也因此投入相當長的一段時期在計算行星軌道的變化。行星軌道的計算除了有助於瞭解地球重大的氣候改變之外，也可以讓地質學家們用來修正地質年代表。建立完整、精確的地質年代紀錄是瞭解地球歷史的首要工作之一。

地質年代表與兩項地質紀錄的時間推算有關。首先要收集世界各地的沉積層紀錄，並依照重大事件

將其連結，例如物種的生存與絕滅、古代地磁倒轉等。沉積層紀錄可藉此對應到地質年表上的相對位置。接下來則是計算地質紀錄的日期，並對應到地質年表上的絕對位置。其中一個方法是放射性同位素法，利用元素在樣本中的放射性衰減來計算。這個方法廣用於計算超過一億年的地質紀錄，但是使用天文計算結果能夠更精確地決定年輕沉積層紀錄的年齡。利用天文推算的原則如下：地球過去的軌道參數經過計算之後可以推得地球接受太陽能量的變化。接著，核對日照改變週期與從沉積層紀錄計算而得的古氣候週期，藉此就能得到沉積層紀錄的絕對年齡。

自從米蘭科維奇首次使用勒威耶的計算結果來建立古氣候週期理論之後，巴黎天文台的研究團隊一直對於天文計算的工作十分投入，這對於古氣候的研究有相當貢獻。幾十年來，古氣候學家也一直使用巴黎天文台天文學家的計算結果來校正地質年代表。十年前，賈克·雷克斯卡與他的同僚們計算了地球過去一千萬年的軌道演進，從此使得地質資料的收集更加正確，地質研究也因此需要更多完整的天文計算。賈克·雷克斯卡與他的研究團隊精確地重現地球軌道的過去與未來，約是四千萬年前至五千萬年前的時期。這是史上第一次利用過去地球軌道的推算來校正整個新第三紀（起於二千三百萬年前）的地質年代。這個計算針對新第三紀做出重要的修正，地質科學協會(Union of Geological Sciences)採用了這個結果，並發表在新版的地質年代表(GTS 2004)。

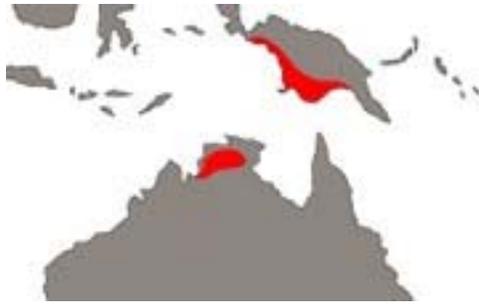
這個新年表還要歸功於世界各地的沉積層學家，因為他們提供了過去三十八億年來遍佈全球的地質資料。由於這項天文計算結果修正了新第三紀的地質年表，古氣候學家才能夠更精確地計算該時期地質事件發生的時間。事實上，過去與未來前後二億五千萬億年間的地球軌道早已計算出來。但是如賈克·雷克斯卡在1989年所指出的一大問題：行星軌道的混沌行為導致計算誤差，只要每一千萬年這項誤差就增為十倍。因此，我們無法精確地計算出超過十億年前的地球軌道，但是這些計算結果仍有其價值。

研究團隊特別研究了地球軌道二億五千萬年來的奇特之處：地球軌道的調變週期為四十萬五千年。相較於此，地球也有二萬年或四萬年等較短的軌道調變週期，可用於校正新第三紀時期的地質年表。但是，這些週期隨著地球軌道混沌行為而改變，較短的調變週期並不適用來校正更古老的地質時期。四十萬五千年的週期則較為穩定，因為這是受木星與土星重力擾動的結果，在侏羅紀(Jurassic)與三疊紀(Triassic)的沉積層紀錄中都顯示出這個週期。

目前，天文學家能夠比較精確地推算地球軌道奇特的調變週期，並建議使用四十萬五千年的軌道週期來校正中生代(Mesozoic)末期（二億五千萬年前）為止的地質年代表。這將提昇地質年代表在該時期的精確度至原來的十倍。最後，賈克·雷克斯卡證明了近未來地球黃赤交角(obliquity：赤道與地球軌道夾角)將有重要變化。由於地球—月球間的潮汐效應逐漸減弱，地球自轉亦隨之趨緩，月球則以每年三點八二公分的速度遠離地球，進而造成黃赤交角的逐年變化。賈克·雷克斯卡的研究團隊指出，這個效應導致黃赤交角每一億年增加二度。但在不久的將來，當地球的進動率(precession rate)超過共震點後，黃赤交角將在未來的數百萬年之內減少零點四度，屆時可能影響氣候甚鉅。令人驚訝的是，通過共震點所造成黃赤交角的驟減竟然是地球五億年間唯一巨大的變化。即將發生的黃赤交角驟減與地球—月球間的距離有關，並非是週期性的行為，可是其他影響地球動態形狀(如兩極冰山體積的增加，或地幔對流等)演進的效應也有可能造成共震點穿越(resonance crossing)。賈克·雷克斯卡的研究團隊因此試著找尋過去發生過的類似事件，但卻一無所獲。因此，除非地球動態形狀演化的新研究結果顯示過去可能也發生過共震點穿越，目前只能當作是巧合來解釋。多虧於這些新的天文計算，地質年代表的新第三紀時期已多有更新，精確度達四萬年。改善地質年代表的下一步將是以天文計算資料校正古第三紀(Paleogene)，大約是二千三百萬年前至六千五百萬年前之間的一段時期。這將需要更多的地質資料以及地球軌道計算模型的修正。

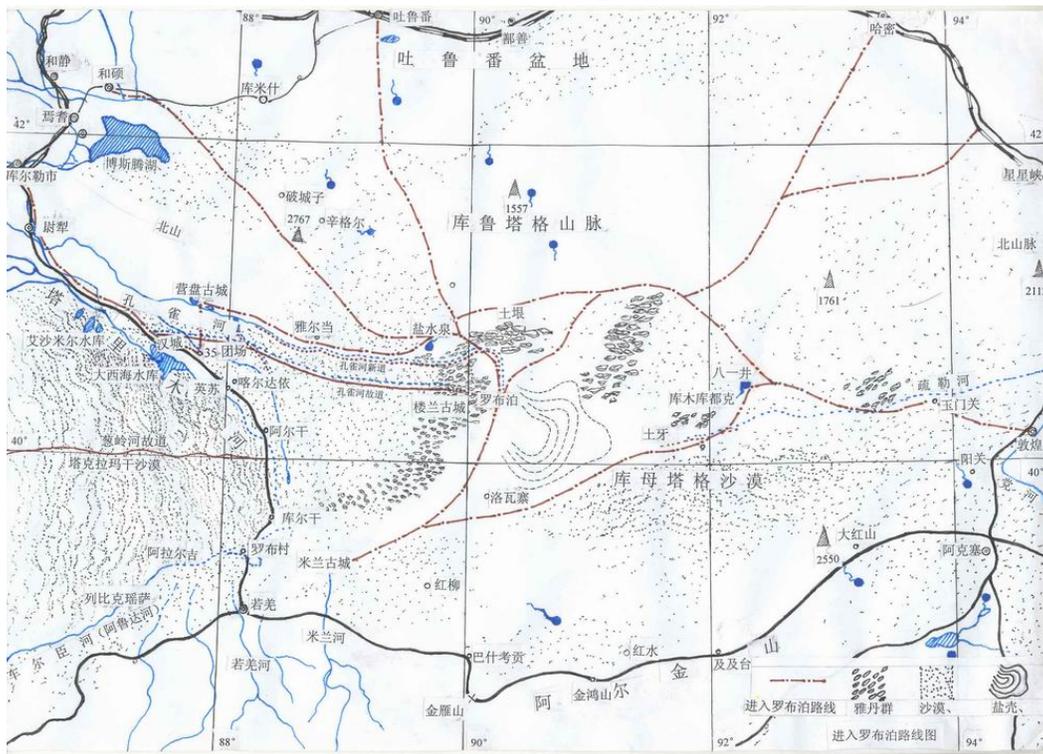
地殼變動的理論

其一般原因是地殼的斷層所造成，如地震、大陸漂移等。而大陸漂移之例證有(a)南美洲之東岸與非洲西岸大約可以互補。(b)澳洲北部之凹陷處與新幾內亞之南部之凸起處大約可互補，且兩地均產袋鼠。



地形地物之改變

地表之山川河流海洋湖泊等，均會隨時間改變，由於其原因非常複雜，便常成為地質學者與地理學家研究之課題。例如中國的黃河，歷史上便記載其曾經改道7次以上，帶給人民許多災難。例如中國大陸新疆的羅布泊，歷史上記載其有時候有水，有時候則乾涸(目前無水，已成為中共核子試爆區)；而中國古代的雲夢大澤，今日則面積縮小成為洞庭湖與都陽湖；而台北盆地在古代，則是一個台北湖。





摄影：地质队员
www.thegreatwall.com.cn