關於基本天文常數問題的現況

國際天文學會委員會對於基本天文常數的建議

捷列夫著

陳 彪節譯

1. 前 言

1950年3月27日到4月1日由法國國家研究中心所召集的國際天文委員會作了關於基本天文常數的討論，以便向將於1951年8月在列寧格勒開會的國際天文學會提出建議（註：此會已因故停開）。在這會上出席了蘇聯、法國、美國、英國、荷蘭以及德國的天文學者。

至今為止在各處所應用的紐科姆(Newcomb)的歲差常數(5025."24)，章動常數(9."21)，光行差常數(20."47)和太陽視差(8."80)是根據1896年在巴黎所舉行的關於基本星表的國際會議的決定採用的，這一會議同時建議所有的歷書採用同一的基本星表，即紐科姆的N₂星表。1911年又在巴黎召開會議，主要討論了編輯太陽、月亮、行星和恒星的視位置問題，建議在所有的歷書裏採用格林尼治標準時，採用地球扁率為1/297作為日月交食和掩星以及地心視差的計算基礎。地球大小的數字是1924年在馬德里召開的國際測地學會和國際地球物理學會的聯合會議決定的。地面向心加速的標準公式(Cassini 公式)是於1930年該二學會於斯德哥爾摩所決定的。所有這些會議，尤其是1896年的，對於天文有極大的意義。半世紀來，世界各地的天文學者都應用了同一的基本天文常數系統，而使得比較不同的觀測和理論的計算方便許多。

但現在，所採用的基本天文常數已經呈現了本質上的缺陷。

1. 在紐科姆的工作中用了1750—1890年間對太陽、月亮、行星的觀測，這些觀測都是用所謂“眼與耳”方法，具有相當大的“個人系統誤差”，這

當然在結果中反映出來。後來所進行的比較精確的觀測不但使得增加有關太陽和行星系統的常數的精確度有可能，而且也給予研究行星軌道要素和一些常數的長期變化以優越的條件。

2. 紐科姆工作中沒有包括二十世紀的天文和物理方面的進步：如相對論，地球轉動的不均勻性以及銀河系的自轉等。現在太陽、月亮、水星、金星和火星的曆書都是在原有的引力項外加以新的經驗項(Empirical Terms)的公式計算出來的，以便能使曆書和新的觀測符合。這些經驗項可以由把地球轉動的不均勻性和相對論的效果加進去代換掉。現今在紐科姆的歲差常數中也不能不把銀河系自轉的效果加入。

3. 對現今所用的天文常數系統最重要的不滿足在它缺乏內在的統一。個別的常數並不能滿足它們相互之間為人所熟知的關係，而在太陽、月亮和行星的運行表上就用了不同的常數。此地可以指出一些缺乏內在統一的地方：(甲)目前所用的回歸年和恒星年以及行星的公轉周期並不和赤經方向的歲差值相符。(乙)紐科姆表中四個內行星的運動中所取的地球質量相當於8."79的太陽視差值而在布朗(Brown)的月離表中却用了8."80549的數值。這二者並不和國際值8."80相符。(丙)所用的太陽視差和光行差常數之間的不符。它們的乘積應等於所熟知的由光速、地球赤道半徑和地球軌道的離心率以及地球在軌道上運動的平均速率所決定的常數。(丁)在太陽表和月離表上所用的地月質量之比的不同數值。

所以現在所採用的基本天文常數系統並不能滿足需要，而求得內部的統一的。對所有的觀測結果都滿足的基本天文常數的尋求是目前最重要

的一項工作。但是改用另一套天文常數系統還有可怕的困難的，因為它需要根本上把所有的曆書和星表都重新算過。例如改用新的歲差常數就要把基本恒星表改編，並重新計算所有恒星的自行。尤其可怕的是若把大行星的新質量數值應用，就應當重新計算所有的攝動。由此可見，改用新的常數系統需要巨大和謹慎的準備工作，而非能在

短期解決的。

在這些方面德西載 (de Sitter)，和克列姆士 (Clemence) 都提出了新的基本天文常數，而美國海軍天文台和蘇聯的一些天文台都作了一些工作。

1950年3月27日至4月1日在巴黎召開的國際天文委員會就下列各基本問題分組討論過：

太陽視差和光行差常數 主要發言者為鍾斯 (H. Spencer Jones) 和古力科夫 (К. А. Куликов)
章 動 古力科夫和哲非士 (H. Jeffreys)
月亮和行星的質量 波文 (D. Brouwer) 和 克列姆士
歲差和基本星表 歐都 (E. Oort)、毛爾根 (H. Morgan)、柯波 (А. Копф) 和尼米洛 (А. А. Немыло)
地球的形狀和大小 哲非士 和 捷列夫
地球自轉和時間的決定 鍾斯、克列姆士 和 斯大意古 (Н. Стойко)
以下就是各問題的討論和結論。

2. 太陽視差和光行差常數

太陽視差、光行差常數和地球質量(精確一點

講，就是地月質量和太陽質量之比)之間有熟知的關係，並在太陽和月亮運動的主要變項中的係數中用及。可以用下列六種方法求得太陽視差：

1. 幾何方法：觀測愛神星(第433號小行星)的結果(鍾斯)	$8.''790 \pm 0.''001$
2. 由光行差常數求得(古力科夫)	$8.''788 \pm 0.''001$
3. 由恒星的視綫速度(鍾斯)	$8.''803 \pm 0.''004$
阿當士 (W. S. Adams)	$8.''805 \pm 0.''007$
4. 引力法，根據地球質量由行星攝動算得(羅比)	$8.''7984 \pm 0.''0004$
5. 由月角差求得	
天頂觀測(波文)	$8.''792 \pm 0.''003$
月亮中天的觀測	$8.''798 \pm 0.''003$
6. 利用雷達決定發光體的距離	—— —

許多天文學者認為決定太陽視差的直接幾何方法是最根本的。所以在鍾斯處理二十四個天文台所收集的觀測愛神星的資料得到 $8.''790$ 的數值和紐科姆在他的行星表中所採用的數字相符，它就應被認為是最後的數字。但羅比由 1926—1945 的愛神星觀測的極端精確的工作 ($8.''7984 \pm 0.''0004$) 以及與之符合的研究 1893 年以來愛神星的運動結果〔納塔波姆 (Нотобоом) 於 1921 年，威特 (Витт) 於 1933 年所得到的同一數字 $8.''799 \pm 0.''001$ 〕顯示太陽的真實視差似乎近於一般所用的 8.80 的數字。應該注意，在幾何方法中可能有由於愛神星和比較星的顏色的不同所引起的誤差。另一方面，用引力方法以新求得的行星質量並把由現用時間的不均勻性計算在內所得的結

果却沒有系統誤差。

波文(美國)強調用月角差來求太陽視差的正確性，他的結果為太陽視差應為月角差係數的 $1/14.2$ 。但討論結果認為這一方法因為月球形狀和邊緣的不平而有系統誤差，因此他的結果是初步的，不能作為定論。

鍾斯提出利用不受地球運行的影響的恒星的視綫速度來求太陽的視差。達讓 (А. Данжон) 建議由蘇聯的天文工作者在阿姆巴楚米揚 (А. Амбарцумян) 的領導下擔任這件工作。

關於決定光行差常數一事，一般認為各不同天文台的結果使人信服地證明由經緯度的觀測來決定光行差常數和太陽視差是很難的。這下列表中就可以看出來：

天文台	觀測年代	光行差常數K	太陽視差 π	工作者
普耳科瓦	1915—1929	20."512 $\pm$ 0."002	8."788	古力科夫
格林尼治	1911—1936	20."489 $\pm$ 0."003	8."798	鍾斯
華盛頓	1915—1948	20."446	8."816	柏格(Sollen Berger)

本表顯示：甚至於天文上最精確的經緯度觀測都不能沒有系統差別，這或者和天文台的位置和儀器有關。

委員會認為現在所用的光行差常數不能說是基本可靠的，它的數字應由太陽視差導出。

古力科夫報告說，蘇聯莫斯科和普耳科瓦天文台正在用不同的天體攝影儀拍攝北極附近天空的相片。這種工作引起委員會的興趣，公認在這類資料聚集很多以後可能推出章動、光行差，甚至歲差常數來。波文聲言在美國這件工作也於1945

年開始用特殊儀器在做。

3. 章 動

德西戴的基本天文常數系統中用已知的歲差、章動、地球扁率以及月亮的質量，按照設想地球可以流體靜力平衡狀態下作類似剛體的轉動而求得理論章動常數為 9."218；鍾士按照同樣的理論求出的數值為 9."2272 $\pm$ 0."0008。但是觀測結果都比他們求得的數值小許多而且相互之間也很一致。

19世紀各種測定的平均	9."210 $\pm$ 0."005	紐科姆
1900—1915 國際緯度觀測	9."207 $\pm$ 0."002	柏息布洛克(Brsbyllok)
1911—1936 格林尼治緯度觀測	9."207 $\pm$ 0."004	鍾斯
1903—1925 華盛頓近極星觀測	9."206 $\pm$ 0."007	毛爾根
1904—1941 緯度觀測	9."211 $\pm$ 0."001	古力科夫

理論和觀測結果的差別成為決定這一天文常數新的困難。這次會中注意到這一差別可以由哲非士於1948年提出的理論解釋。他根據潘伽理(Poincaré)的工作證明，若把地球中心液體包含在固體球殼之內的力學影響考慮在內，理論數值就應為 9."17減小值比所需要減少的大了三倍。若把地殼的彈性計算在內，觀測和理論值就可以接近些，因為在此情形之下，中心的力學影響就比非彈性體的圓球殼小了。哲非士並指出這一效應在經度和緯度方面會有不同，因為在前者方向有相當的切變存在。無論如何，一旦理論指出章動常數和地球構造有關，這就意味着精確的章動常數是只能由觀測得到的，因此就可以把它列為基本天文

常數之一。

4. 月亮和行星的質量

月亮的質量(更精確一些，是月亮和地球質量之比)是一個基本天文常數。

決定月亮質量最直接的也是最精確的方法是由所謂太陽經度值中的“月行變差”(Lunar Inequality)項中求得。這一項是由地球繞着地月系重心的運動引起的，與月球質量和太陽視差有關。它可由觀測太陽、行星中求得，因為這些天體的地心坐標反映了地球運動的特點。會上波文提出了不同的由“月行變差”項而得的月球質量的總結：

		$\pi_{\odot}=8.''79$	$\pi_{\odot}=8.''80$
由 1860 年起的太陽觀測 (紐科姆)	6.''456 $\pm$ 0.''012	81.05	81.15
1900年—1937年太陽觀測 (毛爾根)	6.''450 $\pm$ 0.''009	81.08	81.17
小行星 Victoria 觀測 1888—1889 (Hill)	6.''414 $\pm$ 0.''009	81.59	81.68
小行星 Eros(愛神星)觀測1900—1901 (Hinks)	6.''4305 $\pm$ 0.''0031	81.38	81.47
小行星 Eros(愛神星)觀測1930—1931 (鍾士、哲非士)	6.''4378 $\pm$ 0.''0018	81.29	81.38
小行星 Eros(愛神星)觀測1930—1931 (羅比)	6.''4356 $\pm$ 0.''0028	81.32	81.41
小行星 Eros(愛神星)觀測1930—1931 (Delano)	6.''4429 $\pm$ 0.''0016	81.22	81.32

會上討論指出了觀測太陽和小行星的不同結果，前者沒有系統誤差，後者可能受攝動影響。鍾斯指明最危險的系統誤差是在比較星的座標上。所以公認現在的“月行變項”的數值並不很可靠，因此月亮質量也沒有很好的數字。現在月離表上所用的兩個不同的月亮質量數值：1/81.45 和 1/81.53倍地球質量是沒有現代觀測支持的。

至於行星的質量，會上認為在太陽和行星表上所用的紐科姆數據只需要很小的改正，所以並不反對仍然沿用原有數字。

5. 歲差和基本星表

歲差的決定一般是由恒星自行的統計分析得到的。在統計公式中有太陽對它附近恒星的運動一項，也有銀河系自轉項。在赤經方面的公式中包含了一個代表春分點沿赤道的移動項。在近十五年來大約發表了十個依據 G. C. (普通星表) 和 FK 3 (德國天文學會基本星表) 中所列的星的自行研究，這些研究一致指出紐科姆歲差只需要每世紀 +1" 的改正。

歐都認為最好不要用亮星來作這件工作，因為亮星的自行比較大。決定歲差和銀河系自轉最好的是具有小自行的暗星。應該注意蘇聯某些天文台正在進行的觀測暗星和編製暗星表的工作所選擇的就是這一類恒星。

銀道面的星的系統運動和銀河系自轉對於決定歲差是沒有多大影響的(每年小於 0."0005)。這是因為黃道面和銀道面的交角很大，有 61 度的緣故。決定歲差時最可怕的是星表上赤經的系統誤差 ($\Delta\mu_\alpha$ 和 $\Delta\mu'_\alpha$)，赤緯的誤差只要取相同的南北緯度圈的星就會自己消除的。但在這種情形下，星的選擇就不能只限於銀河帶附近，因為若如此， $\Delta\mu_\sigma$ 和 $\Delta\mu'_\sigma$ 就會有隨銀經不同的變化，即有週期性，因而會把歲差和銀河系自轉的結果根本歪曲了。若把在每一銀緯區的平均 μ 值的差別歸類起來討論就可以消去這一種誤差，但這樣做

却減少了結果的權重。一般認為由星的赤經來求 ΔE 項遠沒有由赤緯求 $\Delta n = \Delta P \sin \epsilon$ 而後取 $\sin \epsilon = \frac{2}{5}$ 再求 ΔP 來得好。

歐都認為有三個最好的 Δn 值：(1) 麥克考密克(McCormick)和開普(Cape)的星表(約為 11 等星)求得 $\Delta n = +0."60 \pm 0."03$ ；(2) G. C. 星(由 6.05—7.05 等) $\Delta n = +0."42 \pm 0."05$ ；(3) 銀河系不同結果的平均值為 $\Delta n = +0."32 \pm 0."06$ 。這三數值的平均為 $\Delta n = 0."49 \pm 0."03$ ，所以紐科姆歲差常數的世紀改正應為 $\Delta\rho = -\frac{5}{2}\alpha\Delta n = +1."23 \pm 0."07$ 。

會上討論了毛爾根所提出的“基本星表”，認為他的星表嚴格說來並不能稱為基本。他的推論也被認為沒有堅固的基礎的。

尼米洛提到了關於蘇聯對於基本星表的工作，包含對 2957 個測地星(Геодезические звезды)以及暗星星表的巨大工作。由於這些工作發現了 FK 3 的亮星的誤差，在近極區竟達 0.2。尼米洛並建議毛爾根和歐都在 1951 年國際天文學會集會上提出最可能的紐科姆歲差改正數，以便用於恒星天文學上(不是用在星表和曆書上)。

由於以上討論的結果，委員會已經明白，在現階段差不多不可能得到一個完全可靠的紐科姆歲差改正數。需要等到 1975 年左右，到那時候根據二十世紀觀測記錄所製的基本星表可以完成。另一方面蘇聯編製暗星的星表，它的位置可以用來幫助觀測小行星，以及由河外星雲來決定自行，形成一種新的，在原理上無可非議的決定歲差常數的資料。

6. 地球的形狀、大小和引力

為了天文上的目的，把地球作為一個旋轉橢圓體是足夠了，天文上所要求的地球常數的精確度，比起測地和引力測量要小些。這些常數數值對計算月球的視差影響甚大。下列現在各國所用的地球常數數字：

求者和年代	長軸(米)	扁率	應用國家
白塞耳 1841	6377397	1:299.2	德,意,瑞士,日本
克拉克 1866	6378026	1:295.0	美,加,墨西哥
克拉克 1880	6378249	1:293.5	法及其殖民地,南非
海福德	6378388	1:297 $\pm$ 0.5	阿根廷,埃及,土耳其
克拉蘇夫斯基	6378245	1:298.3 $\pm$ 0.3	蘇聯

英國至今尚用 阿里 (Airy) (1830) 的數值，印度用厄非爾士 (Everest) (1830) 的數值。

國際間於 1924 年所採用的海福德 數字已經有許多理由可以反對了。(1)這是僅在美國一地測得的，因此，在一國內所測得的地球形狀，很難代表全地球的形狀。(2)海福德所用的數據缺乏內在的統一，也不十分精確。(3)引所用鉛垂綫改正公式歪曲了大地平均面 (Geoid) 的形狀而生出了系統誤差。一般都注意到在蘇聯境內廣泛應用較好的引力測量方法來改正鉛垂綫的區域影響。可注意的是甚至在美國本國內海福德的數值也不在三角測量上採用。尤其有趣的是蘇聯伊 惹 托 夫 (А. А. Изотов) 和 卡爾柯夫 (Д. Д. Колков) 用美國三角測量數據並應用海福德補助表和部份公式計算地球要素所得的不是海福德橢圓體，而是克拉克橢圓體。因此現在沒有人懷疑海福德的地球長軸是多估了 100 米以上。所有上述各點都證明海福德數值作為國際值是錯了。

關於地球大小和扁率的討論有哲非士和捷列夫的不同意見，但沒有統一。

7. 時間測量和地球轉動

常用時間是按照所謂平均赤道太陽 (Mean Equatorial Sun) 的時角決定的。這和黃道太陽時角相近。根據紐科姆的研究，太陽黃徑是時間的函數：

$$L_{\odot} = 299^{\circ}41'27''.54 + 129602768''.13T + 1''.089T^2$$

T 的單位為儒略世紀 (365.25 天)，由 1900 年 1 月 0 日開始算起。式中末項是一個加速項，加速為 $2''.178 / (\text{世紀})^2$ 。這一項由兩個因子合成：第一是春分點沿黃道的長期歲差運動，這在太陽黃徑上表為 $2''.218$ ；第二是太陽的真正減速 $-0''.040$ 。

赤道太陽的赤徑隨時間的變化是和上式相似的，只是最後一次改為 $+1''.395T^2$ 。這樣赤道太陽的赤徑就比太陽黃徑超出 $0''.306T^2 \approx 0.5020T^2$ 。紐科姆認為這一差別會使時間的測量變為困難。為了脫出這一困難德西戴根本人為的使太陽赤徑等於太陽黃徑。

但在以後的 12 年間發現了地球轉動不均的現象，這一不均勻是由觀測到的“時間”和依照天

體運動律以及曆書計算所建築於其上的時間 (即牛頓力學的時間) 的差別發現的。因此若用觀測所記錄下來的與地球轉動有關的時間，行星位置就和曆書上的不同。這相當於積累下來的天文時間的誤差。所以由於地球不均勻的自轉所引起的天體位置的誤差和所經過的角距成比例。最大的誤差是月亮，太陽比之小 13.3 倍，水星小 3.2 倍，金星小 8.2 倍。

有三種不同的原因使地球轉速不均：(1)由潮汐摩擦力引起的長期減速，約 $+1''.80 \pm 0''.16$ ；(2)未知原因的不規則的變化，最大的在 1898 年，一日的長度增加 0.0005；(3)在周年中不大的周期變化。

以前紐科姆後來鍾斯用下列經驗公式來把“觀測時”改正為“曆書時”：

$$\Delta t = +245349 + 7253165T + 295949T^2 + 15821B$$

B 為觀測到的月球徑度和由布朗的月離表所得的徑度的差別。

關於季節變化，斯大意古列表如下：

季節變化改正數 (單位每天千分之一秒)

1 月 1 日	-39	7 月 19 日	+34
20 日	-29	8 月 8 日	+11
2 月 9 日	-16	28 日	-13
3 月 1 日	0	9 月 17 日	-33
21 日	+19	10 月 7 日	-46
4 月 10 日	+39	27 日	-52
30 日	+55	11 月 16 日	-52
5 月 20 日	+64	12 月 6 日	-48
6 月 9 日	+64	26 日	-41
29 日	+54		

8. 委員會的建議

向國際天文學會的建議：

1. 對現用的基本天文常數不宜更改。

2. 為了使月亮和太陽的曆書符合，應在布朗的月離表中對月亮的運行加以改正：除去所有的經驗項而代以下列平均經度改正： $-8''.72 - 26''.75T - 11''.22T^2$ ，其中 T 的單位為儒略世紀，由 1900 年正月起點。英國航海通書局 (Nautical Almanac Office) 應作關於實際進行方式的報告。

3. 不宜對太陽、水星、金星表以及它們的曆

書作任何更改。

4. 各國曆書上的火星曆儘可能根據美國海軍天文台所提出的新理論計算。

5. 各國曆書上五外行星(木、土、天王、海王、冥王)的位置最好根據美國所用的數字積分法計算。

6. 當平均太陽秒的精確度，由於地球不均勻轉動而不够時，須採用1900年起的曆書時。由平均太陽時變為曆書時應加以下列的改正。

$$\Delta t_s = +24s.349 + 72s.3165T + 29s.949T^2 + 1s.821B.$$

其中T爲由1900.00點起的儒略世紀數，B值見英國皇家天文學會月報(M. N. 99, 541, 1939)鍾斯的文章。委員會並不建議任何改變決定世界

時的方法。

對個人的建議：

1. 建議歐都教授和毛爾根博士，求普遍經度歲差值，並刊佈相當的表，以便應用於恒星天文學。這數值不宜用於基本星表中。

2. 希望 埃克特(W. Eckert) 博士盡快結束他關於月亮近地點變動的理論研究。這是非常重要的。

3. 耶科夫金(A. A. Яковкин) 教授關於月球形狀的不對稱性和月亮視半徑隨天轉動的變化的研究工作被委員會認為很重要的，希望他趕快結束這件工作，並發表他的研究結果。

[譯自蘇聯“天文學雜誌”(Астрономический Журнал)28卷2期]

捷克的整形外科

捷克的整形外科學院，有很長一段時期是世界上唯一的這類性質的機構。最初它的活動僅限于試驗工作，特別是以在第一次世界大戰當中面部受傷的士兵爲對象。由於試驗的成功，引起了公衆普遍的注意，許多同病者都來請求醫治。捷克紅十字會和其他的機構因此都安置了少數病床，專作整形外科手術之用。可是有幸得到捷克整形外科先驅者法蘭蒂斯克·菩林的診治而復原了正常面貌的病人，爲數極少；其餘的人只好仍舊過着不幸的生活。他們從工作崗位上被驅逐出來，在街頭求乞，那是對資本主義制度活生生的控訴。

但是在今天，捷克人民民主共和國的保險機構供給任何需要整形外科手術的人民以治療的機會。整形外科手術的機構大大地擴充了。現在這樣的機構有三個。頂大的一個在布拉格，附屬於布拉格醫學院，由著名的外科教授法蘭蒂斯克·菩林博士領導。

在從前，一個孩子生下來如果是重唇，或是鼻子破了相，或是手指併合在一起，或是其他的缺陷，那是他和他的家庭終生的不幸。父母要是並不富有，孩子終將成爲社會上的游民。而現在，外科醫生幫了社會的忙，使得原來不幸的人獲得了有生氣的健康的的生活。

在資本家剝削之下的時候，許多工業上的意外事件使得許多工人成爲殘廢。常常發生的皮膚結核性狼瘡，不但使患者破了相，而且再也不能找到工作，終于做了乞丐。因爲一般男女工人根本沒錢做整形手術。可是如今，和其他別的醫療一樣，所有捷克人民的外科治療是免費的。

如今整形外科學院，爲那些面部或其他部分有缺陷的人服務，恢復他們的正常形態，使他們重新獲得力量和幸福。

(希澤節譯)

[本資料由對外文化事物聯絡局供給，特此致謝]