

天体运行与板块构造运动驱动力探索^①

王 征 东

(山东省物化探勘查院)

提要 天体内部物质运动的研究是天体理论物理研究的内容之一,也是探讨板块构造运动驱动力的唯一方法。本文根据动量守恒原理结合天体演化,天体运行规律,推演出地球内部物质的两种基本运动规律:第一种运动——壳、核的南北向相对运动及第二种运动——垂直自转轴的开普勒式旋转运动。从而获得地球内部板块构造驱动力的存在。所以,板块构造驱动力的起源,不在地下而在天上。存在于无垠宇宙的、天体运行之动量守恒之中。

一、天体演化与动量守恒

天体演化理论指出^[1],许多天体的形成都是由旋转星云物质集结而成。原始星云物质的旋转角动量与其后期演化成个体天体时的角动量应当相等。这就是运动物质的动量守恒定律。星云物质在集结过程中,由引力能变为热能的同时,促使组成天体的物质温度逐渐增高。当达到某些物质的熔点时,由于重力分异作用使熔融天体中较轻物质“上浮”,较重物质“下沉”。熔融物质也在自身引力作用下形成同心层状正球体。因为,只有这样的正球体才能使引力中心对天体表面各部分物质形成的位能为最小,从而达到距离为最短的目的。与此同时,为保持原始星云物质旋转角动量守恒,天体又要沿其自转轴,产生由外向内的物质加快旋转运动,这就是单个天体的简单演化模式。但是,在有心力场作用下,天体的演化及内部物质运动就不会这样简单。下面讨论在有心力场中,两种简单天体在运行中的物质演化与动量守恒。

(一) 自转轴与公转轴平行且角速度相等的天体演化与动量守恒

设 M 为有心力场中心、质量为 M ; m 为绕 M 公转的天体,质量为 m 、半径为 r 。 m 的自转角速度为 ω_2 ,绕 M 公转角速度为 ω_1 。 R 为有心力场中心与天体 m 的几何中心点连线。该线交天体 m 表面于两点 A 、 B 。分别称为天体 m 的向心点及背心点。交公转轨道于两点 C 、 D 。如图 1 的示。因为 $\omega_1 = \omega_2$,且自转轴与

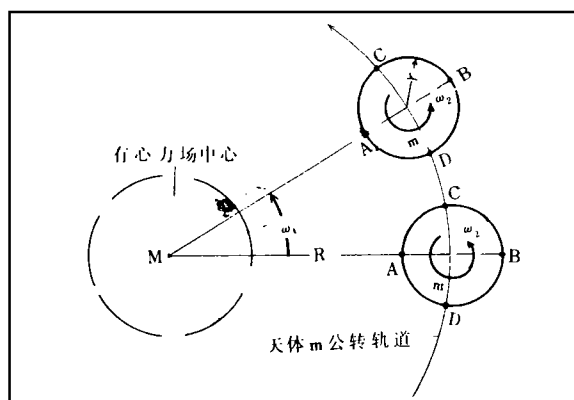


图 1 公转角速度(ω_1)与自转角速度(ω_2)相等的天体

^① 本文 1994 年 5 月收到,1994 年 6 月改回

公转轴平行。所以,天体 m 绕 M 旋转时,向心点 A 及背心点 B ,对引力中心 M 的相对位置不变。 C 点及 D 点亦然。在此情况下研究自转角动量及公转角动量各自都守恒条件下,天体 m 的演化规律。设天体 m 形成初期由均匀物质组成,且已演化到变热、熔融,开始重力分异阶段。则天体 m 表面 A 、 B 两点处单位质量所受的引力分别为图 2 所示。

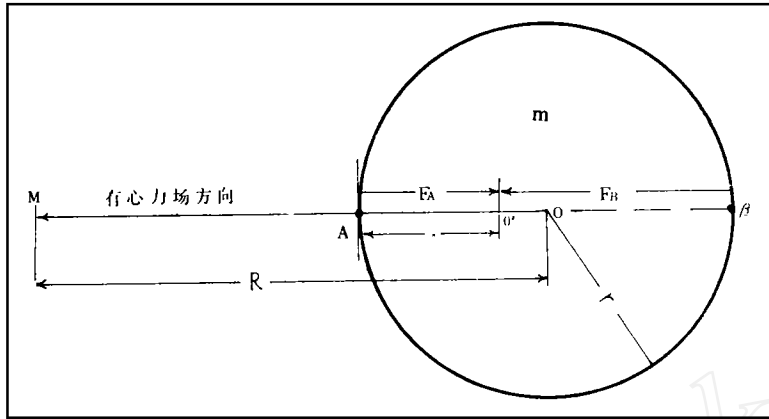


图 2 天体(m)向心点(A)及背心点(B)处的引力强度(F_A 、 F_B)及引力中心(O')

$$F_A = G \frac{M}{(R-r)^2} - G \frac{m}{r^2}$$

$$F_B = G \frac{M}{(R+r)^2} + G \frac{m}{r^2}$$

G 为引力常数

M 对 A 及 B 点的引力比 m 对 A 及 B 点的引力小很多。但在天体演化的漫长过程中不能忽略。因此,长期有 $F_B > F_A$ 存在,且方向相反。熔融的天体在重力分异作用下,重物质最终要向天体 m 的引力中心下沉。而引力中心(使 A 、 B 两点物质产生大小相等方向相反的引力点)必然位于 A 点及天体 m 几何中心点 O 之间。设该点为 O' ; AO' 的距离为 x (图 2)。根据上式可以求出 x 。以 A 点为零点,使 $R' = R - r$ 。则上式变为等式:

$$\frac{Gm}{x^2} - \frac{GM}{R'^2} = \frac{Gm}{(2r-x)^2} + \frac{GM}{(R'+2x)^2}$$

$$\frac{1}{x^2} - \frac{1}{4r^2 + x^2 - 4rx} = \frac{M}{m} \left(\frac{1}{R'^2 + 4r^2 + 4R'r} + \frac{1}{R'^2} \right) = Q$$

Q 为已知时则上式变为:

$$Qx^4 - 4Qrx^3 + 4Qr^2x^2 + 4rx - 4r^2 = 0$$

用简单的迭代法,即可求出上述方程的有用根。

这就是在上述条件下,天体 m 的引力中心(也称质量中心)位置。由于 $0 < x < r$, 所以 $MO > MO'$ 。可以看出,它比均匀物质天体的几何中心,有移向有心力场(M)方向的趋势。

如果天体在有心力场的演化过程中外壳已固化,内核则继续演化。此时天体 m 的引力中心,将在天体内部继续向有心力场(M)方向偏移。如此,就会在天体的向心点 A 处产生由内核向外壳的挤压作用力。根据动量守恒原理,它会使固化外壳稍微向外隆起,并形成表面层的张裂区(张应力)。最终导致天体内部熔融物质,沿固化外壳较薄区(向心点 A

周围)冲出。同样,又会使固化外壳的背心点 B 周围产生壳层的继续加厚的作用力,且有稍微向内凹陷的倾向。由此形成了表面层的挤压区(压应力)。这样,在有心力场条件下,天体 m 的严格同心球状演化模式被破坏。形成了偏心球型模式(图 3)。

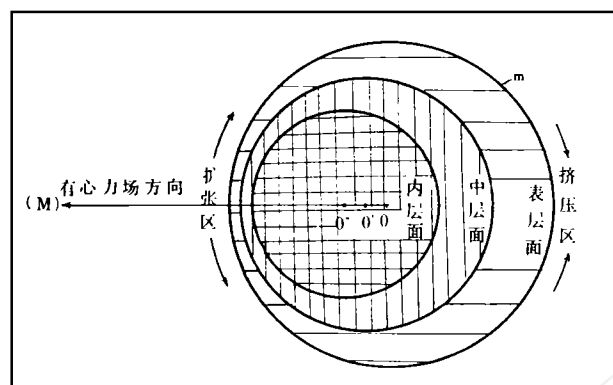


图 3 在有心力场 M 作用下天体(m)的偏心球型模式
(O 、 O' 、 O'' 为表层、中层、内层面对应演化中心)

上述偏心球型的天体演化模式,相当于已知天体中的地球——月球系统。所以,天体运行时其内部物质的运动状态是遵守动量守恒原理的。它们表现为天体绕质心的动量守恒或是绕天体自转轴的动量守恒。地球内部的物质运动状态也是如此。

(二)自转轴与公转轴平行且绕公转轴平动条件下的天体演化与动量守恒

设天体 m 公转角速度 $\omega_1 = \omega$; 自转角速度 $\omega_2 = 0$ 。并设自转轴依内核固定。即内核的 A' 、 B' 、 C' 、 D' 点绕 M 平动(图 4)。如果公转角速度很小,使天体有充分时间进行一定程度的演化,造成天体在自身演化时有偏心球状结构。如上所述,它保持了公转及自转角动量守恒。在位置(1)时,天体 m 表面的 A 、 B 、 C 及 D 点与演化内核(有影线的内圆)的对应点为 A' 、 B' 、 C' 及 D' 点。则 $A-A'$ 处的演化壳层最薄; $B-B'$ 处最厚; $C-C'$ 及 $D-D'$ 处适中。 O 为天体 m 的偏心引力中心(即质心)偏向 $A-A'$ 处。 $R=MO$ 为两天体引力中心间的距离。因为天体 m 的公转是平行移动的。因此,在天体 m 顺时针旋转至位置(2)时,就应该使 C 点处壳层变薄, D 点处变厚, A 、 B 两点处适中。 A 点处壳层加厚的物质来源可以从 C 、 D 两点供给。 D 点处壳层的物质亦可从 C 点通过 B 点获得。由于天体 m 由位置(1)移动到位置(2)时需要保持角动量守恒,所以,必须迫使天体的内核产生向外壳(向心点 A 处)的挤压作用。因此,当天体由位置(1)缓慢移动到位置(2)时。根据最小作功原理,内核将推动壳层物质,以最短路径由 C 点经 B 点到达 D 点及 A 点。并在 D 点附近集结加厚。此时,壳核间对应点为 $D-A'$; $A-C'$; $C-B'$; $B-D'$ (图 4)。即当天体 m 顺时针公转 45° 角时,壳层沿自转轴也顺时针转 45° 。但内核沿自转轴是不动的。当天体公转达到位置(3)及位置(4)时,壳层会继续沿该方向移动。因此,天体 m 绕 M 顺时针绕行一周时,具偏心结构的壳层物质亦将绕天体自转轴(内核)顺时针移动一周。相对来说,壳层的移动方向也就是内核朝相反方向移动。内核永远朝向引力中心方向移动。壳层永远背离引力中心方向移动。

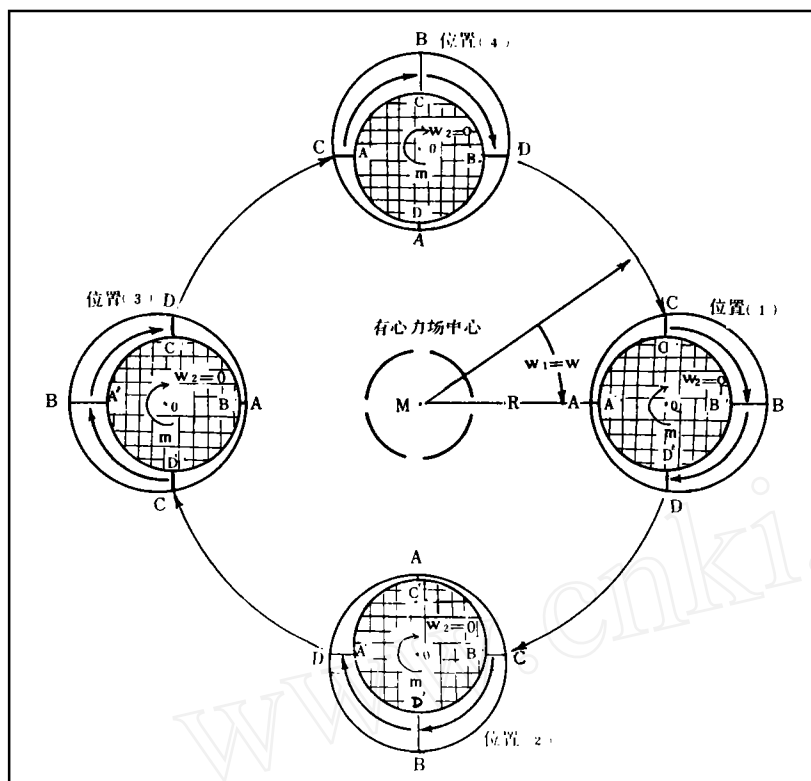


图4 自转轴与公转轴平行且绕M平动天体(m)的演化
(有影线的内圆为核)

如果壳层已固化,天体 m 由位置(1)运行至位置(2)时,则 A 点到 C 点间的壳层将逐渐张裂,形成移动的张裂区。由于天体内部的挤压作用会使深部熔融物质沿裂隙喷发。如果内核也固化,且与固态外壳之间有液态壳层分布。则固态外壳将受固化内核的挤压作用,迫使它们之间的液态壳层产生流动。带动了向心点周围的固态外壳扩张的同时,也使背心点周围的固态外壳产生挤压作用,由此形成了固态外壳沿液态壳层间的滑动现象。液态壳层将组成内、外两固态壳层间的滑动面。地球就是这样的结构。

上面描述的是自转角速度 $\omega_2=0$,且绕公转轴平动运行的天体。它等价于自转角速度 $\omega_2 \neq 0$,且自转轴与公转轴有一定交角运行的天体。其中所不同的是,前者壳层沿自转轴(内核)转动,后者使壳层沿自转轴上下摆动。地球绕银河系中心公转,就是这样运行的一个天体。下间将详细讨论之。

二、地球内部物质的第一种运动——壳、核的南北向相对运动

首先讨论地球绕银心运动的情形。太阳带领它的家族绕银河系中心公转,而地球又

绕太阳公转。但银河系中心与太阳系的距离,远比太阳与地球的距离大,视等于地球在绕银河系中心公转。下面均以地球绕银心作正圆形运动的公转来讨论。

从天文学上得知,银河系属旋涡结构。主要有数条旋臂绕银心旋转。地球(太阳系)位于银河系的猎户臂内侧。地球绕银心公转周期约 2.5~2.8 亿年,称为一个银河年。地球位于银道面之上约 40 光年,且地球南极靠近银道面。银北极轴与现代天极轴的空间交角有 62° 之多。也就是地球赤道面与银道面交角大约为 62° (暂不考虑天极轴在地球进动中的影响)。两平面相交于天球上两点。其一,交在天鹰座的 A 点(天球赤经约 $20^\circ 00' 00''$;赤纬约 $00^\circ 00' 00''$)。另一点,交在猎户座与南河三之间的 B 点(赤经约 $6^\circ 30' 00''$;赤纬 $00^\circ 00' 00''$)。现代地球位于银经 180° 方位上。银心位于天球之南约 30° 左右(赤经 $17^\circ 42' 29''$;赤纬 $-28^\circ 59' 18''$)^{[4][5]}(图 5)。在此条件下地球绕银心公转。

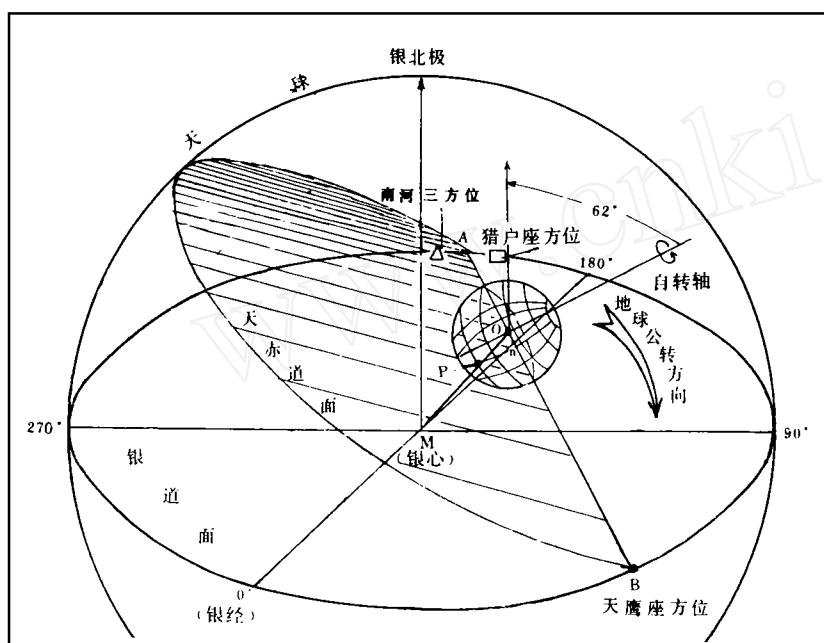


图 5 地球在银道面上的运行及天球方位
(O 为地心;M 为银心;P 为两心连线交地球表面
南纬 30° 点, $On = 40$ 光年; $Mn = 3.3$ 万光年)

地球绕银心运行时的演化与动量守恒是比较复杂的。这是由于银极轴与天轴有 62° 交角的缘故。天赤道面交于银道面两点 A、B,相当于地球赤道面交于该两点。因此,地心与银心的连线通过地球表面的南纬 $-28^\circ 59' 18''$ 及北纬 $28^\circ 59' 18''$ 。如上所述,前者为向心点,后者为背心点。向心点与地心的连线,在地球绕自转轴转动的条件下组成一个圆锥面,称为扩张面或扩张带。由此得知,它使地球表面产生纬向张应力——水平扩张带,使地壳物质产生相背的经向运动。背心点与地心的连线组成一个挤压面或挤压带,它使地球表面产生纬向压应力——水平挤压带,使地壳物质产生相对的经向运动。显然,扩张面和挤压面均以地球赤道面作对称分布,且是偶合对称分布,其对应关系见图 6。

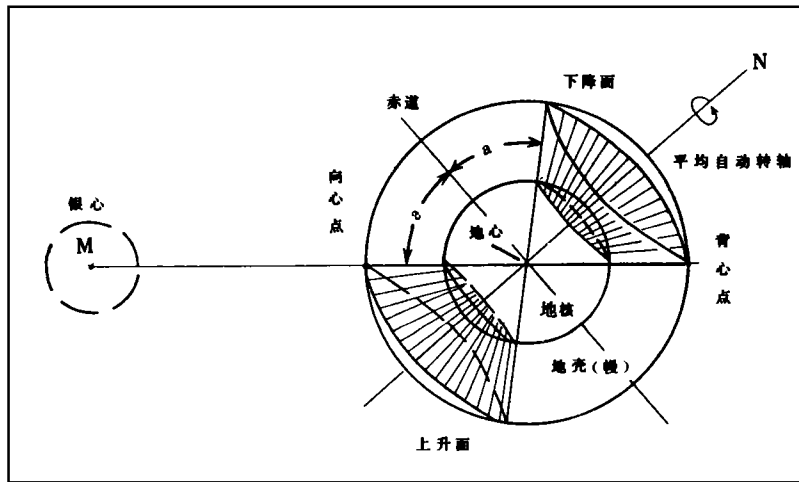


图6 地球公转运行中的几何关系

地球绕自转轴的快速旋转,保证了地球绕银心公转时自转轴方向的不变性,也就保证了地球绕银心公转的平动条件。地球绕银心的公转运行,又使地球表面向心点(背心点)所形成的扩张面(挤压面),产生了沿地球自转轴方向的南北向移动。如上所述,这两个面是偶合对称的。它们能迫使地壳物质产生相对或相背的经向运动。因此,在地球绕银心公转运行时,地球的扩张面与挤压面将沿地球自转轴,有时会相向移动,有时会相背移动。前者使两个面之间的地壳物质产生挤压作用或集中作用,形成了地壳的纬向挤压区,且使两个面外侧的地壳物质(两极区)产生扩张作用或分离作用,形成地壳的扩张带,后者将产生与上述情形相反的结果。这种力是因天体运行而存在。它是保守力、惯性力,不需要地球内部其他产生的动力。这就是地壳相对地核有南北向运动的驱动力,亦即板块构造运动驱动力,也就是我们所说的,地球内部物质的第一种运动。

上面的讨论,显然是指地球已经演化到熔融,重力分异后,有固态外壳及液态内壳阶段。因此、壳、核的相对运动是连续的。在分析地球绕银心公转运动时,它们总是继承前一种状态的后果。具体分析如下(如图7所示):

地球绕行至位置(1)时,即地心与银心连线同时垂直银极轴和地球自转轴。我们称此时为双轴正交(类似日—地系统的“二分点”)。此时,内核居中。扩张面与挤压面重合,使地壳中扩张带与挤压带上的各种应力消失。因此,地球南纬 62° 左右地区地壳将产生上隆、变薄、张裂作用,并形成沿地球表面上的经向运动。地壳将部分南移至南极,部分北移与北纬扩张面南侧的地壳汇合。与此同时,北极地区地壳开始上隆、变薄、张裂,产生南移运动并与北移的扩张面北侧的地壳汇合。当地球绕行至位置(2)时,银极轴与地球自转轴位于同一个空间平面内。此时,我们称为双轴共面(类似日—地系统的“二至点”)。内核相对地壳南移至最南点,并将开始回返,此点称为内核回归点。对应在地壳上的扩张面或挤压面均称为回归面。这和地球绕行太阳时的日照现象一回归线是一样的。这里的回归面相对赤道面也是对称分布的两个面。面向内核运动方向所对应的回归面,在地表为扩张面(带)。背向内核运动方向所对应的回归面,在地表为挤压面(带)。上面说过,由于银极轴与地球自转轴有 62° 的交角。因此,回归面或地表扩张面处所对应的的内核,沿自转轴最

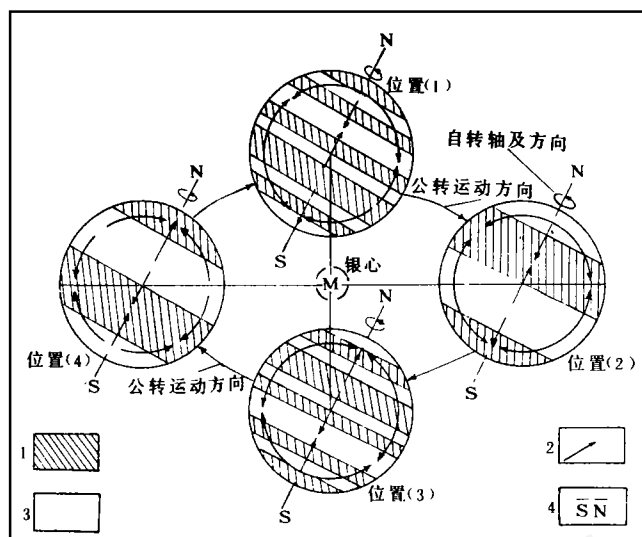


图 7 地球绕银心公转时地壳运动的正侧投影图

1. 挤压带地壳; 2. 地壳运动方向; 3. 扩张带地壳; 4. 南北极

多行至南纬 62° 后开始回返。此时, 地球表面南纬 62° 处及北极地区的水平张应力最大。该区地壳将处于分裂、扩张、上隆、变薄状态。北纬 62° 处及南极地区的水平压应力最大(前者集中大部分陆壳、后者集中小部分陆壳)。地壳将处于挤压、集中、下拗、加厚状态。当地球逐渐绕行至位置(3)时, 内核也逐渐移到赤道面附近。因而又形成了双轴正交的条件。原先在位置(2)处扩张面的水平张应力与挤压面处的水平压应力, 也随即减弱或消失。此时, 北半球集结的地壳开始分裂, 部分向南运移。北极开始下拗, 部分地壳开始集中、闭合。与此同时, 南极地区地壳开始张裂、上隆, 部分地壳将向北运移。此时, 地壳的分布格局, 恰与位置(1)相反。地球绕银心继续运行, 则挤压面越过赤道面南移, 而扩张面也越过赤道面北移, 相应的水平压应力与水平张应力也渐大。当地球绕行至位置(4)时, 内核北移至北回归点, 在北纬 62° 附近形成了扩张面。地壳上隆、张裂、变薄, 产生相背的经向移动。北极地区地壳集中, 下拗且呈加厚状态。南纬 62° 附近为纬向挤压面, 集中大部分地壳, 亦呈下拗, 加厚状态。南极地区地壳变薄、张裂、上隆、产生北移运动。此时地壳的分布格局, 又恰与位置(2)相反。以后地球又绕行至位置(1), 地核与地壳又重复上述的循环运动。这样, 地球在不断的演化, 不断的运行。地球表面的地壳, 也在相对地核自转轴周而复始的往返运动。显然, 位于地球两极区之一的某块大陆地壳, 其固定时间至少要长达半个银河年之久。

地球绕行银心一周, 即一个银河年。地球外壳相对内核, 有一次南北向的往返运动, 也就是大陆地壳在南北纬 62° 之间, 有一次南北向的往返运动。南北极地区地壳交替闭合(形成大陆)或张裂(形成海洋)时期。这样, 我们就不会为特提斯海的存在与否而争论^{[2][6]}。也不会对南极大陆和北极海形态的偶合对称而惊奇^[7]。其实, 这都是为保持公转与自转角动量守恒时, 地球绕银心运行必然出现的一种现象。

三、地球内部物质的第二种运动—— 垂直自转轴的开普勒式旋转运动

地球确实在自转着。然而,没有理由认为地球内部物质的自转形式一定是固体轮子式的。可以接受的,还是垂直自转轴的开普勒式旋转运动。因为,地球内部有多层液态壳层。它们不但是壳、核南北向相对运动的滑动面,也是东西向相对运动的滑动面,后者就是沿地球自转轴旋转的滑动面。但是,这种垂直自转轴的旋转运动,是由表及里加快旋转运动。然而,这种运动状态至今尚无法直接观测到,还要借助天体演化理论及角动量守恒规律来研究它。

如我们所知,在天体演化中太阳是第二代恒星。围绕它旋转的行星,是组成第二代恒星遗留下来的剩余物质。也就是说,组成行星的大部分重元素都是从第一代恒星经过爆炸后继承下来的^{〔1〕〔3〕}。对于地球这颗太阳系中较小的天体来说,它的内部温度仅约 4300°(k),压力仅约 1400(kb)。这样的温压是不可能进行热核反应的,也不可能造就出新的重元素来。所以,组成它的固态内核及液态外核的成份—主要是较重的铁、镍元素—肯定是由前一代恒星经爆炸后又集结起来的。再由这些物质的自身引力能转变为热能,促使地球这些原始物质的温度增高,当达到铁、镍重金属元素的熔点温度时,原始物质就开始熔融。在重力分异作用下,熔融的铁、镍等重金属元素向地心方向下沉;轻物质要向地表上浮。经过这样的长期演化,就形成现代地球的固态内核、液态外核及塑性态壳层。内核与外核的元素成分基本相同,而性态不同,显然是温度与压力相互作用的结果。

现在我们来研究液态外核的对流。固态内核的半径约 1300 公里。包围它的是液态外核,其厚度约 2100 公里。由上面的讨论得知,地球在围绕银心公转时,地球壳、核的南北向相对运动是以液态外核作为滑动面来实现的,即我们称为地球内部物质的第一种运动。在向心点处,固态内核对液态外核所施的压力,形成了液态外核的扩张面(上升面)。它使底部液态物质上涌到顶部(地幔底部)。又通过动量守恒作用,在背心点处形成挤压面(下降面),使顶部物质下降到底部。液态外核底部物质运移到顶部,或者相反。这种运动所用的时间不会超过 1 亿年,或者仅用几万年就够了,因为对流顶底面距离仅为 2100 公里。但是,在物质垂向运移过程中应保持径向的角动量守恒。相对地心来说,液态外核顶面半径与底面半径之比约为 2.5 倍。因此,在地球的固体轮子式模式的转动中,必然要使液态外核底面的物质密度与顶面的物质密度之比,亦应为 2.5 倍。但这是不可能的。因为,液态外核物质几乎都是均匀分布的流体物质,由底到顶或由顶到底的物质运移时间,最多不超过 1 亿年,这对地球内部流动着的液态外核来说是相当短促的。这样短的时间内,不可能在液态外核物质内部产生这样快的密度变化。否则,地球表面将不会保持现在正常状态下的近似球状体。它将在地球扩张面附近有更高的隆起,在挤压面附近有更深的拗陷。当然,地球内部深度的变化促使物质密度的少量变化,还是可能的。最近,许多研究工作者都表明:地球液态外核的底面密度仅为顶面密度的 1.2~1.3 倍,最多不过 1.5 倍(见表^{〔8〕〔9〕〔10〕})。

地球不同深度面上的密度(g/cm^3)

深度 (km)	模 型 (代 号)					
	Ai	Aii	A	B	HB ₁	JAB ₂
33	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32	3.31(41km)
200	3.47	3.47	3.47	3.94	3.387	3.37(196km)
600	4.11	4.14	4.13	4.18	4.075	3.97(596km)
1000	4.65	4.71	4.68	4.41	4.538	4.59(1021km)
2898(地幔)	5.66	5.72	5.69	5.57	5.527(2878km)	5.58(2886km)
2898(外核)	9.7	9.1	9.4	9.74	9.927(2878km)	9.90(2886km)
5121(外核)	12.0	12.0	12.0	15.4	12.197	12.11~12.28(5156km)
6371(内核)	12.3	22.3	17.3	18.1	12.46	12.58

这样,为保持自转角动量守恒,在液态外核的对流中,顶面与底面就要产生不同步的旋转,由上至下角速度应逐渐加快。当然也影响地球表层地壳间的构造运动。它是一种近东西向的构造运动,也是板块构造运动的另一种驱动力。它也是保守力,惯性力。不过不如第一种运动那样明显罢了。如果除去由下到上,以及液态外核的温度变化及密度变化损失的动量外。推测地球的内核要比地壳(慢)快速旋转多倍。图8就是固体轮子式和开普勒式旋转平面的比较图。

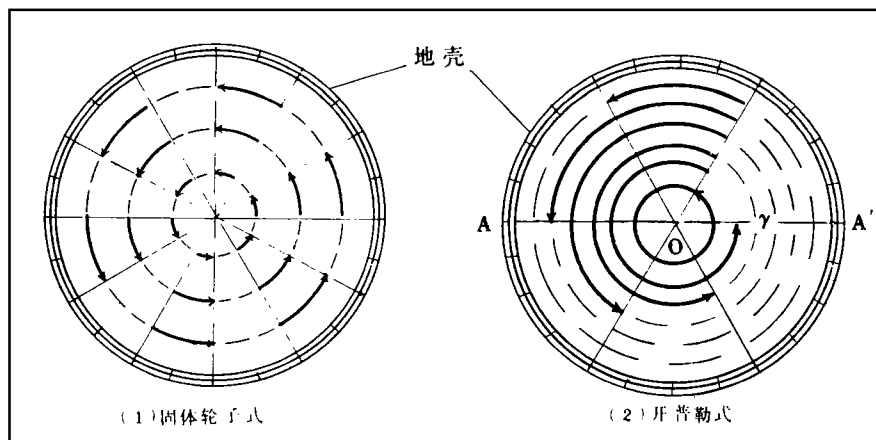


图8 地球内部两种自转模式的平面比较图

(箭头代表质点速度大小及方向)

四、结 语

(一)动量守恒定律,是宇宙间一切运动物质都必须遵守的基本规律。板块构造的相对运动,是地球内部物质整体运动的外部表现,它蕴育在天体运行的动量守恒中,且由天体演化及运行来实现。

(二)地球内部物质的第一种运动及第二种运动,都是地球板块构造运动的驱动力,它们是整个天体演化(重力分异)过程中,保持物质相对运动时遵守动量守恒的结果。前者是保持天体间物质相对运动的公转角动量守恒,后者是保持天体物质自转角动量守恒。它们既是统一的整体,又是各自独立的个体。上述特征,对宇宙间任何形式运行的天体都适用。

(三)地质构造的发生和发展,随时间是变化的。在相对运动中的板块及印证在板块上的地质构造及其特征,也是在地球表面上不断地往返运动,不断地变化着。它们在时间和空间上是统一的、有序的。遵循天体运行规律来研究地质构造特征,可使以往的无序研究变为有序,可把空间和时间有机的统一起来并有目的地追索地球过去和未来。

(四)认为显生宙以来(5.7亿年),地壳一直在向北移动的说法不真。现今大陆仅由一块“联合古陆”分裂而成的说法,亦不真。

参 考 文 献

- [1]载文赛著,1977,天体的演化,第47页,第144页。科学出版社
- [2](美)P. J 怀利著,张崇寿等译,1980,地球是怎样活动的——新全球地质学导论及其变革性发展——,第144~208页。地质出版社。
- [3](苏)A. B 比亚尔科著,程仁泉译,1987,我们的行星——地球,第77页。地质出版社。
- [4]地质辞典(一),上册,第402页,1983。地质出版社。
- [5](美)S. T 英格利斯著,李致森等译,1979,行星,恒星,星系,第418~429页。科学出版社。
- [6](法)L. 利布特里著,孙坦译,1986,大地构造物理学和地球动力学,第100页。地质出版社。
- [7]张之孟著,1978,南北极地质,《地质科技在发展中》之十二,第18页。国家地质总局情报研究所。
- [8]徐保茶、应振华编著,1983,地球概论教程,第62页。高等教育出版社。
- [9](加)GEORGE. D. GARLAND 著,陈颢等译,1987,地球物理学引论(地幔、地核和地壳),第465页。地震出版社。
- [10]傅承义等著,1985,地球物理学基础,第431页。科学出版社

EXPLORATION OF THE DRIVING FORCE FOR RUNNING OF CELESTIAL BODIES AND MOTION OF PLATES

Wang Zhengdong

(*Shandong Institute of Geophisico—geochemical Prospecting*)

Abstract

Study on the motion of the materials inside celestial bodies is one of the subjects in theoretical astrophysics, and is also the way to explore the driving force of plate movement. Based on the principle of momentum conservation and combined with the laws of celestial body evolution and motion, the author has deduced two basic styles of motion of the materials in the earth interior. The first motion is the relative motion between the crust and the second one is the Kepler-type rotational motion by perpendicular to the rotation axis of the earth. Thereby, the driving force of the plate motion exists in the earth, which does not originate from the interior of the earth, but originates from the space and exists in the conservation of momentum of the running celestial bodies in the vast universe.