地球内核游移激发极移与日长变化

献给母校—浙江大学120周年校庆

吴长春

摘要地球具有同心圈层构造，由内核、外核、地幔、地壳等组成，这已是现代人类的常识，突破此思维定势后发现：由于内核物质的密度（12.11g/cm3）比外核物质的密度（10.72g/cm3）大，在太阳、月球及其他行星的引力作用下，地球固态内核在液态外核中不停游移，进而促使地球质心不断迁移，导致产生地球极移、日长变化、岁差与章动等多种表现．

关键词太阳月球引力、地球内核游移、极移、日长变化、岁差与章动

# 0 引言

一百多年来，对极移和日长变化本质的认识一直争论不休，难有进展，促使人们改变思路；二百多年来的天文观测资料未发现钱德勒振幅有任何渐自减弱的迹象（宋贯一，2014），提醒人们极移可能原本就是受迫摆动；日长变化与极移形影相随，相伴相生，提示人们两者可能是同一事物的两种不同表现；科学家们设计多种不同类型的地球模型，运用大型计算手段进行计算，试图证明大气运动、洋流与极移、日长变化的符合度，结果总不能令人满意，这一事实告诉人们单凭符合度难断孰因孰果，可能并不是大气运动、洋流激发极移和日长变化，而是极移和日长变化影响大气运动、洋流；前人将岁差和章动、极移（包括长期极移）、日长变化三者共同归纳于地球自转学科，说明三者之间可能存在某种内在联系，应该予以统筹考虑．

作者通过多年研究发现，太阳、月球及其他行星的引力（外因），通过地球内核物质的密度比外核物质的密度大这个内因起作用，牵引地球固态内核在液态外核中不停游移，进而促使地球质心不断迁移，导致产生极移、日长变化、岁差与章动等各种表现．

# 1. 太阳、月球及其他行星的引力牵引地球内核在外核中不停游移

月球、太阳的引力使地球的海水产生潮汐作用是众所周知的，但月球、太阳的引力牵引地球内核在外核中产生游移却被人们所忽视．下面我们来比较一下月球对地球海水的引潮力及对地球内核的游移牵引力．

## 1.1 月球对地球海水的引潮力

由于距离月球最近的海水水滴受到月球的引力最大，因而向月球方向移动，所以在海面上产生一处向月球方向突起的潮峰．就牛顿万有引力公式$F=G\frac{Mm}{r^{2}}$而言，月球对地球海水引潮力关注的参数是r，与月球的距离越近（即r越小），同样质量m的水滴受到月球（质量M）的引力F就越大，所以这些水滴就向月球方向移动，形成一处向月球方向突起的潮峰．（此处G为万有引力常数）

## 1.2 月球对地球内核的游移牵引力

由于地球内核的物质密度（12.11g/cm3）比地球外核物质的密度（10.72g/cm3）（杨学祥，1995）大，因而地球内核受到月球的引力F内就比相同体积地球外核物质受到月球的引力F外大，所以地球固态内核在液态外核中会产生向月球方向游移．就牛顿万有引力公式$F=G\frac{Mm}{r^{2}}$而言，月球（质量M）对地球内核（质量m）游移牵引力关注的参数是m或物质密度$ρ（m=ρV，V代表体积）$，由于$ρ\_{内}>ρ\_{外}$，所以$\left[F\_{内}=G\frac{M（ρ\_{内}V）}{r^{2}}\right]>\left[F\_{外}=G\frac{M（ρ\_{外}V）}{r^{2}}\right]$，即$F\_{内}>F\_{外}$，所以地球固态内核在液态外核中会产生向月球方向游移．

## 1.3 太阳及其他行星对地球内核的游移牵引力与月球类似．

# 2. 地球内核游移导致地球极移

地球内核的质量约占地球总质量的1.53%（杨学祥，1995），所以内核游移是地球内部的大规模物质迁移，必然引起地球整体物质产生重组，形成新的质量中心．

张焕志1982年以定理形式提出，一个旋转体，特别是一个稳定的旋转体，它的自转轴必定通过其质心．

综上所述，地球内核游移必然引起地球整体物质产生重组，形成新的质量中心，由于地球自转轴必定通过其质心，因而使地轴在地球内部的位置产生了变化，导致地轴与地球表面的交点（地极）产生了位移，亦即产生了极移．

# 3. 地球极移轨迹是太阳、月球及其他行星引力共同牵引地球内核游移的反映

自1892年美国天文学家钱德勒宣布极移轨迹由12个月的周期分量与14个月的周期分量叠加而成以来，人们就一直在12个月、14个月这两个周期分量上探讨分析．经过一百多年的研究和争论，14个月左右的钱德勒摆动何因激发，摆动振幅为什么没有观测出渐自减弱的现象及摆动周期的定量解释等基本问题依然悬而未决（宋贯一，2006）．实际上，极移是一种非常复杂的现象，不同的时间段有不同的表现，不只含有12个月的年周期分量和14个月的钱德勒分量（摆动），而是含有多个分量，并且每种分量本身也存在复杂的变化．

张焕志等1982年用最大熵谱分析和最小二乘等方法，对1900至1978年间的地极观测资料作了分析，结果表明：钱德勒摆动除了1.174年和1.197年（还可能有1.155年）这些主峰周期外，在其两侧，以1.174年为中心，对称地分布着两对次峰，它们与1.174年的周期值分别相差±23天和±41天左右．

以下我们从地球极移是太阳、月球及其他行星引力共同牵引地球内核游移的反映——这个角度来分析极移轨迹．

## 3.1 太阳引力牵引地球内核游移导致的极移年周期分量

地球以椭圆公转轨道绕太阳运行一周为一年（12个月）．当地球运行到近日点时，太阳对地球内核的引力最大，因而地球内核相对于地球质心在液核中的游移幅度（以下简称位移）最大，在地球离开近日点向远日点运动过程中，地球与太阳距离逐渐增大，因而太阳对地球内核的引力逐渐减小，导致地球内核相对于地球质心的位移逐渐减小，到了远日点，内核相对于地球质心的位移最小，在离开远日点向近日点运行的过程中，内核相对于地球质心的位移又逐渐增大，直至地球运行到近日点，内核相对于地球质心的位移最大，这样在太阳引力牵引下，地球内核相对于地球质心的位移就有了一个12个月的变化周期，进而导致极移产生一个12个月的年变化周期分量．

## 3.2 月球引力牵引地球内核游移导致极移的月周期分量．

月球以椭圆公转轨道绕地球运行一周为一个月，类似太阳，在月球引力牵引下，地球内核相对于地球质心的位移就有了一个月的变化周期，进而导致极移产生一个月的变化周期分量．

## 3.3 月球、太阳引力共同作用导致的合成极移轨迹

由于月球在朔月前后几天，太阳与月球位于地球的同一侧，因而在太阳引力与月球引力的共同牵引下，地球内核游移幅度将增大，使内核相对于地球质心的位移增大，促使地球质心迁移幅度增大，导致极移增大，日食时刻更大．月球在望月前后几天，太阳与月球位于地球两侧，太阳引力与月球引力对地球内核的牵引力部分抵消，导致地球极移减小，月食时刻更小．因此，地球极移轨迹酷似日、月食的沙罗周期，既有规律、亦有时变，非常复杂．

## 3.4 木星与地球之间的398.89天会合周期导致极移轨迹隐含约13个月的周期分量．

由于木星质量为地球质量的约318倍，虽然木星离地球遥远，但木星还是不仅能通过自身的强大引力牵引地球内核在液核中游移，而且通过影响月球绕地球公转轨道以18.6年的周期在白道上进动，间接影响地球内核游移轨迹，进而影响地球极移轨迹．地球极移轨迹主要由太阳引力导致的12个月的周年分量与月球引力导致的月（交点月）周期分量叠加而成，由于地球内核游移会促使地球质心跟着迁移，因而地球极移轨迹不能闭合，又因为木星与地球的约13个月会合周期影响，所以地球极移轨迹，每一年比上一年移后约一个月，而不能闭合．如图所示．



极移轨迹（傅承义，1976）

## 3.5 金星、火星、土星、水星等行星类似木星对极移轨迹产生影响

除木星外，金星、火星、土星、水星等行星也像木星一样，不仅通过自身的引力牵引地球内核在液核中游移，而且通过影响月球的运行，间接影响地球内核游移．地球与火星的约780天、金星的约584天，土星的约378天、水星的约116天等会合周期与上述行星的绕太阳公转轨道周期以及上述这些周期的排列组合都可能影响地球的极移轨迹，使其变得异常复杂．

# 4. 地球内核游移地轴距与地球自转速率变化（日长变化）相关

20世纪初以后，天文学家的一项重要发现是确认地球自转速率是不均匀的，人们已经发现的地球自转速率有以下三种变化：（一）长期减慢，这种变化使日（即一天）的长度就近期来说在一个世纪内大约增长1~2毫秒．科学家发现在3.7亿年以前泥盆纪中期，地球上大约一年400天左右．（二）周期性变化，天文测时的分析发现地球自转速率有季节性的周年变化，半年变化；月周期、半月周期变化；周日、半日周期变化．（三）不规则变化，地球自转还存在时快、时慢的不规则变化．

本文把地球内核受太阳、月球等引力牵引产生游移时，内核核心至地球自转轴的垂直距离定义为内核游移地轴距．内核游移是固体地球内部物质的大规模相对运动，这将引起固体地球各圈层物质的相对角动量变化，当内核游移地轴距增大时，则内核绕地球自转轴旋转的角动量增大，那么外核、地幔、地壳绕地球自转轴旋转的相对角动量就会减小，因而人们就观察到地球自转速率减慢．尤如花样滑冰运动员在冰上作旋转运动，当他把双臂抱在胸前时，转速就快起来，当他又张开双臂时，转速即刻慢下来．

这样，人们就可以把地球自转速率变化的讨论变成地球内核游移地轴距大小的讨论，当内核游移地轴距增大时，表明地球自转速率减慢，当内核游移地轴距减小时，就表明地球自转速率加快．

# 5. 地球自转速率变化的年、半年；月、半月；周日、半日周期

前面几节的讨论表明，极移与地球自转速率变化是地球内核游移这一事物产生的两种不同表现，它们既有联系，又有区别，它们形影不离，相伴相生．

下面我们进一步讨论地球自转速率变化的年、半年；月、半月；周日、半日周期．

## 5.1 年、半年周期

由于地球以椭圆轨道绕太阳运行，上半年从近日点到远日点，下半年从远日点到近日点，地球与太阳之间的距离上半年由近至远，下半年由远至近，因而太阳对地球内核的引力上半年由大变小，下半年由小变大，导致地球极移产生年、半年周期变化，因为极移与地球自转速率变化之间的伴生关系，进而导致地球自转速率的年、半年周期变化．

## 5.2月、半月周期

月球以椭圆公转轨道绕地球运行一周为一个交点月，类似太阳，由于月球对地球内核的引力具有月（交点月）、半月周期变化，进而导致地球自转速率的月、半月周期变化．

韩永刚等2002年对1965年1月以后30余年的地球自转观测资料进行分析计算得出下列表格参数:

近30余年来地球自转速率变化的主要周期的参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| T(年) | A(ms) | Ф (°) |
| 18.4 | 0.519 | 235.03 |
| 11.95 | 0.252 | 296.71 |
| 3.58 | 0.077 | 32.70 |
| 2.36 | 0.088 | 172.68 |
| 2.12 | 0.056 | 263.25 |
| 1.65 | 0.039 | 91.05 |
| 1.28 | 0.028 | 359.75 |
| 1.08 | 0.028 | 110.21 |
| 1.00 | 0.368 | 61.87 |
| 0.83 | 0.031 | 163.20 |
| 0.72 | 0.032 | 14.12 |
| 0.58 | 0.044 | 80.51 |
| 0.50 | 0.355 | 237.67 |
| 0.33 | 0.037 | 55.87 |
| 27.55d\* | 0.190 | 244.98 |
| 14.77d | 0.032 | 46.27 |
| 13.66d | 0.357 | 245.11 |
| 9.13d | 0.069 | 44.40 |
| \* 周期T值后标有d的,单位为天(d). |

由上表看出，振幅最大的周期约18.4年，其次是约1.0年、0.5年、11.95年、13.66天、27.55天。18.4年的周期与约18.6年的月球轨道交点周期较接近，是木星通过17个与地球的约398.89天会合周期，摄动月球绕地球公转轨道以约18.6年（$\frac{398.89天×17}{365.242天}≈18.566年$）的周期在白道上进动，间接影响地球自转的结果。1.0年和0.5年周期如上述5.1小节所述是太阳影响地球自转的结果。11.95年周期与木星绕太阳公转约11.86年周期较接近，是木星引力牵引地球内核游移，进而影响地球自转的结果。13.66天和27.55天周期如上述5.2小节所述是月球影响地球自转的结果。

## 5.3周日、半日周期变化

张焕志1982年通过计算认为地球内核在赤道附近振动，内核的振动中心距地球质心为3公里左右．本文假设某一天内核正好处在距地球质心3公里的地方，而且偏向太平洋一侧，那么当太平洋地区为白天时，内核处于地球质心与太阳之间，内核受到太阳引力牵引向太阳方向游移，内核与地球质心的距离，就会大于3公里，当太平洋地区为夜晚时，内核位于地球质心与太阳的另一侧，内核受到太阳与地球质心的引力共同牵引，向地球质心靠拢，那么内核与地球质心的距离就会小于3公里．由于内核在赤道面附近振动，可以近似地把内核与地球质心距离看作内核与地球自转轴的垂直距离．白天与夜晚，内核游移地轴距的这个微小变化，就反映了地球自转速率的微小变化．综上所述：太平洋地区为白天时，地球内核游移地轴距增大，导致地球自转速率减慢，太平洋地区为夜晚时，地球内核游移地轴距减小，导致地球自转速率加快．这就表明地球自转速率的周日、半日周期变化．

# 6. 日月岁差与章动

岁差在天文学中是指地球回归年与恒星年的时间差．牛顿第一个指出产生岁差的原因是太阳和月球对地球赤道隆起部分的吸引所致．至今人们都认为岁差问题已经解决，实际上岁差成因可能还只是一个猜测，理由是牛顿未给出严格证明，牛顿以来的科学家也没有给出有力的证明，甚至当后来的科学家们按照牛顿的方法计算水星的岁差时，竟然发现水星的岁差观测值比根据牛顿万有引力定律计算的理论值每世纪快43角秒，以至于人们怀疑牛顿万有引力定律的普遍适用性，这就是著名的水星岁差异常．

下面我们尝试从地球长期极移的视角来探讨岁差．海水受月球引力作用向月球方向突起潮峰，由于地球自西向东自转，人们看到潮水受月球引力牵引相对于地面不断向西奔流，潮峰不断向西迁移．类似的情况是由于地球内核物质的密度比外核物质的密度大，受月球引力牵引，地球内核在外核中会偏离地球质心向月球方向游移，由于地球自西向东自转，内核受月球引力牵引也会相对于地面在外核中不断向西运动，考虑到外核物质的粘滞性比海水强得多，地球自转时，仍会携带着内核一起转，所以内核相对于地面在外核中的西向运动速度会很小，但西向运动应仍然存在．同理，太阳引力亦能牵引内核相对于地面在外核中不断西向运动，这必将促使地球质心相对于地面不断西向迁移，进而导致地轴不断西向进动．

这样地球自转轴与地球表面的交点（即瞬时极）不断西向漂移，导致地球长期西向极移．将地球自转轴投射至天球，表现为地极（真天极）在绕黄极缓慢西向运动，导致春分点在黄道上缓慢西移，春分点沿黄道旋转一周约25800年．这种由太阳和月球引力引起的地轴长周期运动称为日、月岁差．

日、月岁差是长周期的西向极移运动，此一长周期中包含着大量因太阳、月球引力导致的年周期极移、月周期极移以及因月球白道升交点周期导致的18.6年极移周期等，将这些短周期极移投射至天球，即称为章动．岁差和章动的共同影响，使得真天极绕着黄极在天球上描绘出一条不那么规则的螺旋线．即岁差周期中包含着大量的年周期、月周期、18.6年周期等章动周期，此类大量的章动周期之中贯穿一个岁差周期．

## 本节小结与讨论

1、太阳、月球引力牵引地球内核相对于地面在外核中不断西行，促使地球质心相对于地面不断西行，地轴不断西向进动产生日、月岁差．

2、日、月岁差的主导因素是太阳，其次是月球，因为太阳对地球内核的引力约为月球的170多倍．

3、各个时期的岁差值是不均等的，其大小取决于地球内核西向位移的大小．假如能证明：一年之中地球内核西向累积位移值主要取决于近日点附近累积的西向位移值．则内核西向位移值的大小就取决于地球运动轨道的偏心率，偏心率越大，日地之间的近日点距离越小，太阳对地球内核引力越大，一年之中地球内核西向累积位移值越大，岁差值亦越大．由于水星的公转轨道偏心率（0.2056）比地球公转轨道目前的偏心率（0.0167）大，以此类推有可能为牛顿万有引力定律解释水星岁差异常找到答案．

参考文献：

傅承义，1976，地球十讲[M]. 北京，科学出版社，46-53.

本文引自宋贯一，2014.

韩永刚、李志安，2002，地球自转速率变化主要中短周期的分析[J]，地球物理学进展，17（2）：349-352.

宋贯一，2006，极移的成因及其移动特征. 地球物理学进展，21（2）：416-425.

宋贯一，2014，地球自转学科中遗留若干主要难题的解析，地球物理学进展，29（1）：0004-0014.

杨学祥，1995，地球质心偏移与动力学解释，东北地震研究，11（3）：17-25.

张焕志、韩延本、郑大伟，1982，论地球的钱德勒摆动——对观测资料的分析结果，中国科学，A辑（9）：837-846.

张焕志，1982，地极和日长的29.8年波动与内核振动，中国科学，A辑（12）：1129-1139.