

Study on the Function of Jupiter in the Formation of Sunspots Weeks

Yueming Wu

Hangzhou Normal University, Hangzhou Zhejiang
Email: wuyueming001@hotmail.com

Received: Jan. 8th, 2016; accepted: Jan. 22nd, 2016; published: Jan. 28th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

After analyzing the relationship between the orbital motion of the Jupiter and the activities of the sunspot, the author pointed out that the orbital motion of the Jupiter controls the activities of the sunspot. Due to their common center of mass being on the chromosphere of the Sun, the orbital motion of the Jupiter can transfer its angular momentum (energy) to the Sun and produce tropospheric particle tangential force (perpendicular to the center connection line of the Sun and the Jupiter), which breaks the plasma tube on the surface of the Sun and then forms the sunspots. As the orbital motion of the Jupiter is affected by the other planets like the Saturn, the distances between the Jupiter and the Sun has been changed; the orbital motion of the planets like the Jupiter controls the sunspots and forms butterfly diagram. It is "Maunder Minimum" during the 75 years after 1645. In recent years, the sunspot activities remain quiet, because in this period the Uranus, the Neptune, the Saturn and the Jupiter (in the meantime or many of them) stay at the aphelion position or at the Jupiter conjugate points, which makes the distance between the Sun and the Jupiter further than a certain threshold, reducing the particles of the Sun and the tangential force from convection layer. Due to quantitative calculation on other planets Jupiter disturbing force, so it can predict the sunspot cycle start and stop times and the strength of the solar activity.

Keywords

Jupiter Orbiting, Solar Activity Cycle, Public Mass, Butterfly Diagram, Forecast

木星在形成太阳黑子周中的作用研究

伍岳明

杭州师范大学, 浙江 杭州

Email: wuyueming001@hotmail.com

收稿日期: 2016年1月8日; 录用日期: 2016年1月22日; 发布日期: 2016年1月28日

摘要

通过木星轨道运动与太阳黑子活动周的关系研究, 发现是木星、土星等巨行星的轨道运动调控太阳黑子活动。因太阳与木星的公共质心在太阳色球层, 处在该位的木星轨道运动能将其角动量(能量)转移给太阳, 并对太阳对流层质点产生切向力(垂直于日木质心连线)作用, 使太阳表层等离子管破裂形成太阳黑子。木星在轨道运动中受土星等巨行星的摄动, 使木星与太阳距离发生变化, 从而随木星等行星的轨道运动调控太阳黑子周并形成蝴蝶图。1645年后的75年“蒙德极小期(Maunder Minimum)”, 近年太阳黑子活动平静期的原因是该时间段, 天王星、海王星、土星及木星(同时或多个)处在木星的远日点位或近日点位, 使日、木距离超过某一阈值(如使日、木系质心趋近日面或进入太阳内部), 减小(或丧失)对太阳对流层质点的切向力作用之故。由于能够量化计算其他星球对木星的摄动力, 故能预测太阳黑子活动周的起始和终止时间及活动的强弱。

关键词

木星轨道运动, 太阳活动周, 公共质心, 蝴蝶图, 预测

1. 引言

德国人施瓦布(Schwabe)在 1843 年就宣布说, 根据他 43 年的黑子观测记录, 太阳黑子的出现有大约 10 年的周期[1]。此后, 瑞士苏黎世天文台台长 Wolf 研究了从 1700 年至 1848 年太阳黑子的观测资料, 发现存在 11.1 年的平均周期。他和 Carrington 等人注意到这个周期长度与木星绕日运动的周期十分相近, 由此揭开研究行星运动与太阳活动关系问题的序幕。20 世纪 90 年代中国科学院陈协珍等人根据观测资料进行: 《关于太阳活动与行星摄动关系的研究》[2]。提出行星的轨道运动对太阳黑子活动的动力作用的可能性。本文进一步讨论木星等行星的轨道运动对太阳黑子活动的动力作用, 发现是木星的轨道运动调控着太阳黑子活动的周期性。由于日、木系的公共质心在日冕层不在太阳内部, 木星等行星的轨道运动对太阳对流层质点的切向力(垂直于日木质心连线)作用是产生太阳黑子活动周期性(蝴蝶图)及“蒙德极小期”和近年太阳黑子活动“超常平静”的原因。

2. 太阳黑子是日幔对流层中离子管柱破裂所致

太阳内部结构不能直接观测到, 但可以从有关的观测资料出发进行计算分析和推理, 目前有下列几条是可以肯定: 太阳的半径约为 $R_{\odot} = 6.9551 \times 10^8 (m)$; 太阳的质量约为 $m_{\odot} = 1.989 \times 10^{30} (kg)$; 太阳自转时日面呈现“较差自转”, 太阳赤道区自转快, 高纬自转慢, 由于地球的轨道运动, 日面赤道的自转会合周期为 27.275 天, 相应太阳自转的恒星周期为 25.38 天[3]。根据太阳光谱推定太阳上元素丰度“最丰富的是氢, 其次是氦……”以及太阳射电频谱可推断太阳是个等离子组成的气体星球。根据对太阳磁场及黑子磁场的测量, 证明太阳活动现象跟磁场有密切关系, 太阳黑子是聚集着大量磁通量的区域。太阳黑子为我们研究太阳结构和太阳活动规律带来很多信息, 为我们研究等离子导电流体提供大尺度的实验基地。正如曲维政先生所说: “处于等离子体状态的太阳大气大尺度辐散辐合的涡旋运动以及与之相联系的强烈对流运动, 不仅形成了极性不同的黑子, 同时产生了与黑子极性一致的强大磁场和与磁场正交

的导电流体环流”[4]。笔者在2005年提出的“太阳黑子磁场物理模型”认为：“太阳黑子是日幔对流层中离子管柱破裂所致”[5]通过曲维政等归纳的《太阳黑子磁场极性指数时间序列》与木星等行星轨道运动对太阳黑子活动影响对应关系研究,发现是木星、土星等行星的轨道运动调制着太阳黑子活动的周期。

太阳黑子磁场物理模型认为：“从 $0.71R_{\odot}$ 到 $1R_{\odot}$ 为日幔对流层中的等离子体,在高温、高压、强引力、强电磁力作用,主要是受到安培力、洛伦兹力等力的作用,太阳物质进行着强烈而有序的运动,现定量定性分析如下。

(1) 安培力的作用。根据高斯定理,可计算出太阳球面内的电场强度为零,但是日幔对流层中的等离子体在太阳自转时,正电荷的等离子与负电荷的等离子体一起绕日轴逆时针旋转,运动着的正电荷和负电荷好比通过方向相反的电流,这些电流所产生的磁场对等离子体本身会产生安培力的作用。箍缩效应表现为等离子体同种电荷同向运动的引力而产生的箍缩力。以及异种电荷同向运动产生的排斥力。这二种力的作用下,会使太阳对流层的等离子体形成正负电荷的等离子体管。在洛伦兹力的作用下,离子管会发生左旋或右旋运动。当带正电荷的离子体随太阳自转运动时,好比是一个通过电流的等离子体圆柱(见图1箍缩效应),这电流在等离子体内产生的磁场是随距圆柱轴的距离 r 变化的,即 $B = B(r)$,在圆柱内利用安培环路定理,很容易证明 $B(r)$ 随 r 增大而增大,在圆柱表面处($r = R$),磁场 B 最强。由于运动带电粒子在不均匀磁场中总是被推向磁场弱的地方,等离子体圆柱会沿径向轴收缩。这种现象叫做箍缩效应。这种箍缩效应既能起到对等离子体的磁约束作用,也对等离子体的稳定存在造成困难。首先,高温等离子体圆柱难以保持圆柱粗细均匀,由于某种原因,若粗细出现一些不均匀,譬如中间细了一点,那么在细的部位磁场就会比粗的部位强,中间磁场强的部位的等离子体会被推向两端磁场弱的区域,造成细部位进一步变细,以至发展到等离子体圆柱被截断,这种情况称为“截断不稳定性”或“腊肠不稳定性”[6](图2);再如,等离子体圆柱某处出现了一点弯曲,弯曲部位凹侧磁场就会比凸侧磁场强,因此靠近凹侧的等离子体会被推向凸侧部位,造成等离子体柱进一步弯曲,最终导致等离子体管的折断,这种情况叫做“扭曲不稳定性”。等离子体管的折断处会有强磁场,这就是黑子磁场。

(2) 洛伦兹力的作用。

太阳球面内的电场强度虽然为零,但太阳磁场对太阳球面内的运动带电粒子有着洛伦兹力的作用。带电量 q ,以速度 v 运动的带电粒子,在磁场 B 中受磁场的洛伦兹力 F_m 为: $F_m = q \cdot v \times B$;洛伦兹力 F_m 与带电粒子的运动速度 v 和磁场 B 是垂直的,这就导致了带电粒子在磁力作用下的运动和粒子在其他力场中的运动有一些明显的不同。

由于太阳上存在着二种极性相反的偶极磁场是与时俱进的。这二种极性相反的偶极磁场,在太阳磁赤道上均表现为磁场的径向分量为零,在太阳南北半球上各自极性相反。在太阳日幔对流层中,设赤道附近有二个离子圆柱(见图3、日幔对流层中的洛伦兹力示意图)二个圆柱的A点和B点的离子电荷随太阳自转向纸里运动,则洛伦兹力使北半球A点位离子圆柱会逆时针旋转,而南半球B点位离子圆柱会顺时针旋转。太阳日幔等离子流体表层沿赤道线,有一方向朝向日面的电流。……因此,太阳表层南北半球的等离子圆柱会因以不同偶极磁场作用而产生顺时针或逆时针的旋转。“共旋起电”太阳模型认为:“太阳黑子是太阳日幔对流层中左旋或右旋的离子管柱破裂所致。”[5]在太阳较差旋转及其异种电荷同向运动产生的排斥力作用下,太阳南北半球离子管圆柱会出现南北远离,日幔赤道区两等离子管圆柱距离近,高纬的两等离子管圆柱距离远的较差等离子管圆柱现象(见图6(b))。由于“截断不稳定性”或“腊肠不稳定性”以及较差自转以及木星的轨道运动对太阳对流层质点的切向(垂直于日本质心连线)作用。会首先出现高纬的日幔对流层中离子管柱破裂,导致太阳周黑子首先在高纬对称出现的现象。

黑子首先在高纬对称出现的现象。

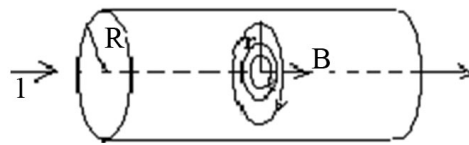


Figure 1. Pinch effect
图 1. 箍缩效应

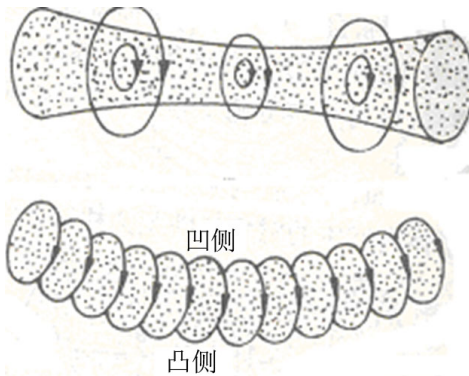


Figure 2. Instability of sausage and distortion
图 2. 腊肠不稳定性 and 扭曲不稳定性

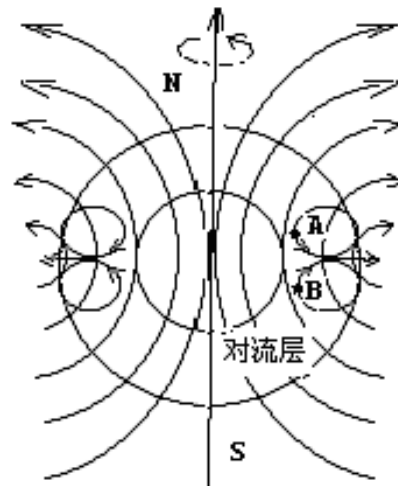


Figure 3. Lorentz force in sun mantle
Troposphere
图 3. 日幔对流层中的洛伦兹力

3. 日、木系质心在太阳日冕层是形成太阳黑子的关键

(1) 太阳系各行星轨道运行过程中与太阳的公共质心位置计算。一般认为太阳系各行星与太阳的公共质心都在太阳内部。经过计算发现木星却是个例外，木星与太阳的公共质心位置不在太阳内部(光球层以内)而是在日冕层的内冕层($<1.3R_{\odot}$)见表 1。

(2) 木星的轨道运动对太阳对流层质点的切向(垂直于日木质心连线)作用。

图 4 中 O、O'、O''为太阳、日木系、木星的质心。将太阳、木星的质量和近(远)日距离代人公式： $R_{jup} = M_{jup} \times r_{jup} / (M_{sun} + M_{jup})$ ；得日、木公共质心的近日心距离： $R_{jx} = 7.0639 \times 10^8 (m)$ ；日木系质心远日心距离： $R_{yx} = 7.7868 \times 10^8 (m)$ 。则日木系质心离太阳表面最近距离： $R_{jx} - R_{\odot} = 0.1088 \times 10^8 (m)$ ；最远

Table 1. The distance calculation table of the sun and the public mass center of planetary system and heliocentric (unit: m)
表 1. 太阳与行星系公共质心与日心距离计算表(单位为: m)

星名	星球质量 (kg)	近日点距离 (m)	远日点距离 (m)	星日系质心近日心距(m)	星日系质心远日心距(m)
水星	3.302e23	4.6002e+010	6.9817e+010	7.6369e+003	8.1134e+003
金星	4.865e24	1.0747e+011	1.0894e+011	2.6317e+005	2.6677e+005
地球	5.974e24	1.4710e+011	1.5210e+011	3.0957e+005	4.5729e+005
火星	6.419e24	2.0668e+011	2.4921e+011	6.4841e+004	7.8183e+004
木星	1.898e27	7.4058e+011	8.1636e+011	7.0639e+008	7.7868e+008
土星	5.685e26	1.3543e+012	1.5124e+012	3.8699e+008	4.3216e+008
天王	8.663e25	2.7544e+012	3.0055e+012	5.8985e+007	6.5870e+007
海王	1.024e26	4.4602e+012	4.5605e+012	6.9722e+007	7.7860e+007

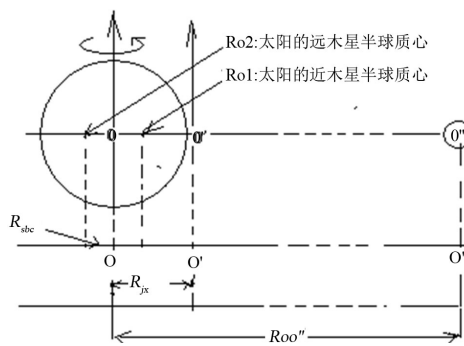


Figure 4. The effect diagram of sun and Jupiter orbiting to the sun troposphere

图 4. 日木星系轨道运动对太阳对流层作用示意图

距离: $R_{jx} - R_{\odot} = 0.8317 \times 10^8$ (m)。即在太阳的日冕的内冕层($< 1.3R_{\odot}$)区域。考察太阳绕日木星系质心运动过程中, 我们分别以日心自转轴为界将太阳分为近木星半球和远木星半球。

据质心公式, 若质量均匀分布, 半径为 R 的半球体, 计算太阳半球的质心位置:

$$R_{sbc} = \frac{\int_0^R \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} r \cdot r^2 \cdot \sin\theta d\varphi d\theta dr}{\int_0^R \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} r^2 \cdot \sin\theta d\varphi d\theta dr} = \frac{3}{8} R = 2.60812 \times 10^8 \text{ m}。即: 太阳半球质心 Ro1、Ro2 离日心距离均为 R_{sbc} 。$$

木星轨道运动(公转)的平均角速度有: $\omega_{jup} = 2\pi / (11.8565 \times 365.242 \times 24 \times 3600) = 1.6793 \times 10^{-8}$ (rad/s); 则: 木星在轨道运行至近日点时, 太阳上的远木星半球质心自西向东运动速度(垂直于日木质心连线)为:

$$V_{scjy} = (R_{jx} + R_{sbc}) \times \omega_{jup} = 16.236 \text{ (m/s)}; \text{ 太阳近木星半球质心自西向东运动速度为:}$$

$V_{scij} = (R_{jx} - R_{sbc}) \times \omega_{jup} = 7.4764 \text{ (m/s)}$; 太阳远木星半球质心自西向东运动速度与太阳自转同向, 太阳近木星半球质心自西向东运动速度与太阳自转反向。由于太阳自身自转角速度为:

$$\omega_{sun} = 2\pi / (25.38 \times 24 \times 3600) = 2.86533 \times 10^{-6} \text{ (rad/s)}; \text{ 太阳表层质点的自转线速度为:}$$

$$V_{sun} = R_{\odot} \times \omega_{sun} = 1992.87 \text{ (m/s)}; \text{ 则太阳近木星半球质心的自西向东运动速度为:}$$

$$V_{sjmbej} = V_{sun} - V_{scij} = 1985.39 \text{ (m/s)}, \text{ 木星运行至近日点时, 太阳远木星半球质心自西向东运动速度为:}$$

$V_{sjmbej} = V_{sun} + V_{scjy} = 2009.1 \text{ (m/s)}$ 。因日木星系质心在日冕层会引起太阳的远(近)木星半球质心线速度差, 就是说木星在近日点时, 木星轨道运动能使太阳角动量增加:

$$dL_{sunj} = 1/2 M_{sun} (V_{sjmbcy} - V_{sjmbcj}) \cdot R_{sbc} = 6.15 \times 10^{39} (\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})。$$

同理，木星在轨道运行至远日点时，太阳上的远木星半球质心自西向东运动速度(垂直于日木质心连线)为： $V_{scy} = (R_{jx} + R_{sbc}) \times \omega_{jup} = 17.449(\text{m/s})$ ；太阳近木星半球质心自西向东运动速度为：

$$V_{scyj} = (R_{jx} - R_{sbc}) \times \omega_{jup} = 8.6896(\text{m/s})；$$

太阳远木星半球质心自西向东运动速度与太阳自转同向，太阳近木星半球质心自西向东运动速度与太阳自转反向。太阳近木星半球质心的自西向东运动速度为：

$$V_{symbcj} = V_{sun} - V_{scyj} = 1984.18(\text{m/s})，$$

木星在远日点时，太阳远木星半球质心自西向东运动速度为：

$$V_{symbcy} = V_{sun} + V_{scy} = 2010.31(\text{m/s})。木星在远日点时，木星轨道运动会引起太阳的远(近)木星半球质心线速度存在差异，能使太阳角动量增加： $dL_{suny} = 1/2 M_{sun} (V_{symbcy} - V_{symbcj}) \cdot R_{sbc} = 6.78 \times 10^{39} (\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})；$$$

由于日木质心在日冕层的原因，木星的远近日点轨道运动会将其角动量转移给太阳的对流层，其增值为： $dL_{su} = dL_{suny} - dL_{sunj} = 6.2936 \times 10^{38} (\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$ ；其能量增值是如此之大，形成黑子周就可以理解了，因此说日、木系质心在太阳日冕层是形成太阳黑子的关键。

4. 太阳黑子活动周形成机理探索

图5为应用 Matlab 软件，用倒推法得到的模拟 1940 年~2001 年木、土等巨行星运动调控太阳黑子周的机理示意图。图中上部显示太阳系木、土等巨行星运行过程中木星与其他巨行星相合的年份和月份。图中间红小球为太阳、黄色细线为土星、木星等的运行轨道。轨道上的红色 * 号为星球的近日点位置，蓝色 * 号为远日点位置。粉红色的 + 号及其年份和月份为土星和木星轨道运行过程中会合的位置。图中显示每隔二十年会合在天球的三个方向，如图中的 1940 年、1960 年、1980 年如同一个三角形分布在天球上。1940 年和 2000 年几乎在同一位置，说明六十年一个甲子时间，木星、土星会合回到木星近日点附近的原位附近。将图 5 与曲维政先生在《太阳黑子磁场极性指数时间序列》一文给出的“1749~2007 年月平均太阳黑子磁场磁性指数时间序列数据”进行对照，可得到太阳活动周与太阳系天体运行有如下关系：

(1) 图中显示：1940 年~2000 年的约 60 年间木、土二星的轨道运动中有 4 次二星会合，会合时间均发生在太阳活动的峰位附近。此时的日、木、土三星一线排列，木星居中。见图 5 中红色曲线的正峰位。当三星一线排列为木、日、土，太阳居中时，此时段表示太阳活动红色曲线处在的负峰位附近(绿色曲线为负峰位红色曲线的共轭曲线)。说明太阳活动的峰谷位置与木、土二星的轨道运动存在对应关系。

(2) 证实“海耳和他的同事们于 1919 年指出，太阳活动的真正周期不是 11 年而是 22 年”。[1]与曲维政先生在《太阳黑子磁场极性指数时间序列》一文给出的“1749~2007 年月平均太阳黑子磁场磁性指数时间序列数据”[4]一致(见图 5 中黑色的实际黑子点位置和运用摄动力计算的红色曲线及对应的绿色曲线)。运用摄动力计算的红色曲线和绿色曲线相交点(即木、日、土三星成 $\pm 90^\circ$ 三角形排列时)应该是一个太阳活动周的起始和终止的年份。

(3) 从图 5 可见，描述摄动力的红绿色曲线与实际的黑子数点并非一致，描述摄动力的红绿色曲线交点年份要超前太阳活动周起始和终止年份的 1~2 年。说明摄动力作用在先，然后才有黑子的出现。图中显示：在一般情况下，太阳活动周起始后黑子数量会迅速增加，高峰过后的黑子衰退期时间要长一些。然后到达太阳黑子周的谷年，再开始新的一个太阳黑子周。

(4) 太阳黑子磁场磁性指数时间序列数据，证实太阳活动的形成机制与木星、土星轨道运行过程中所处的位置有关，当木星处在日、木、土三星一线的中间位置时，太阳黑子磁场磁性指数时间序列数据为正；当太阳处在木、日、土三星一线的中间位置时，太阳黑子磁场磁性指数时间序列数据为负。

(5) 太阳黑子活动与日、木距离关系很大，日、木距离又决定着日、木系质心位置。而日、木距离是由其他星球对木星的摄动(即与距离三次方成反比的引潮力)所决定。1645 年后的 75 年“蒙德极小期

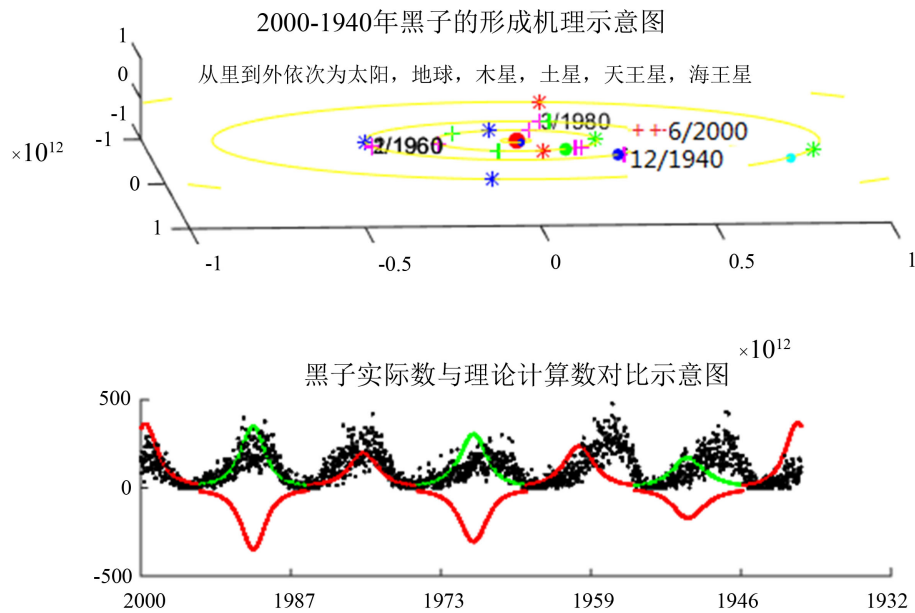


Figure 5. The mechanism diagram of sunspot cycle regulated by the movement of Jupiter and Saturn from 1940 to 2000

图 5. 1940 年~2000 年木、土二星运动调控太阳黑子周的机理示意图

(Maunder Minimum)”，近年太阳黑子活动的平静期，与该时间段，天王星、海王星、土星、木星(同时或多个)处在木星的远日点位或木星的近日点位，使日、木距离超过某一阈值(如使日、木系质心趋近日面或进入太阳内部)，减小(或丧失)对太阳对流层质点的切向力作用之故。日、木距离的阈值大小需进一步探索。同时需要探索太阳黑子活动与木星与土星在轨道运动过程中交角之间的关系，寻找太阳黑子周的形成机理。

5. 探索太阳黑子群“蝴蝶图”形成机理

“太阳黑子活动不仅具有周期性，太阳黑子的纬度分布还遵从“蝴蝶图”的变化规律。其机制是什么？针对这些问题，人们不断提出新的想法和学说，试图在解释这些问题方面更进一步。在众说纷纭中，美国天文学家巴布柯克 1961 年提出的较差自转 - 磁场增强 - 磁力线束上浮的学说受到了比较普遍的肯定，能够较好地说明黑子的生成、“蝴蝶图”、黑子磁性周期的形成，也能解释太阳黑子周的一些特征与性质” [1]。但没有说明太阳原始磁场从何而来？较差自转的能量能否长期维持太阳黑子周的存在、太阳光球下面各层是怎样自转的，为什么有时有长达几十年的时间里很少观测到黑子、太阳南北两半球参加同一个较差自转过程却常在黑子活动方面出现巨大的差异等。笔者试图从星球运动调控黑子周探索太阳黑子群“蝴蝶图”形成机理。

图 6 为太阳黑子群“蝴蝶图”形成机理示意。图 6(a)为太阳处在平静期，由于日球离子层和电子层带有同量又不同性质的电荷，故由它们随太阳自转产生的偶极磁场，在极区的极性虽不明显，但是每一太阳周中总有一主导偶极磁场，图中标有“+”极，表示北极为“N”极，标有“-”极，表示南极为“S”极。当太阳自转时，等离子流体正负电荷也一起绕日轴顺时针旋转，运动着的正电荷和负电荷好比通过方向相反的电流，这些电流所产生的磁场对等离子体本身会产生安培力的作用。表现为等离子体同种电荷同向运动的引力而产生的箍缩力。以及异种电荷同向运动产生的排斥力。这二种力的作用下，会使太阳对流层的等离子流体形成等离子流体管，在太阳偶极磁场的洛伦兹力的作用下，离子管会发生左旋或

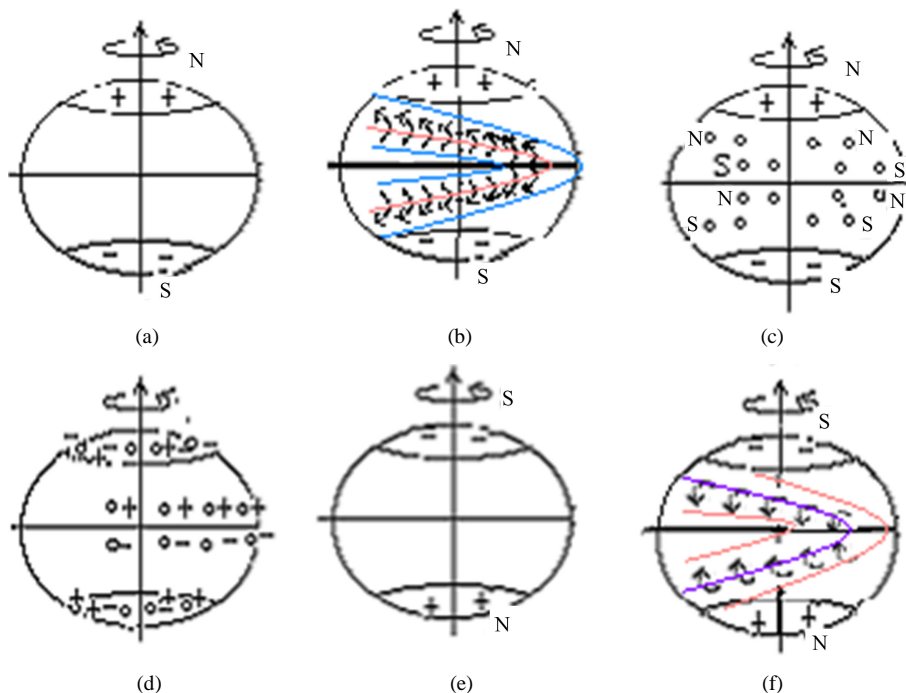


Figure 6. The formation mechanism diagram of sunspot group “butterfly diagram”; (a) the original dipole magnetic field; (b) poor rotation plasma tube into horizontal v-shaped; (c) rupture form pairs of spots; (d) the polar field offset with reverse polarity; (e) reverse polarity; (f) reverse polarity make ion plasma tube inversion

图 6. 太阳黑子群“蝴蝶图”形成机理示意图；(a) 原始偶极磁场、(b) 较差自转使等离子管成横 V 型、(c) 破裂形成成对的黑子、(d) 极区场的抵消与反转极性、(e) 反转极性、(f) 反转极性使等离子管内离子反转

右旋运动，太阳表层等离子流体管随太阳自转时日面呈现“较差自转”，产生如图 6(b)的离子管柱。在北半球离子管柱会发生右旋运动，在南半球离子管柱会发生左旋运动。它们的离子管柱旋转方向不同，南北半球离子管柱形成磁场的极性也不同。

由于太阳偶极磁场是非均匀磁场，太阳对流层内部等离子会受到“磁镜效应”作用，使等离子粒子沿着非均匀磁场磁力线为轴线，沿磁场方向作螺旋运动(类似范爱伦辐射带)，使等离子电荷在日幔内部形成离子螺线管中往返于南北半球之间并与太阳表层日面呈现“较差自转”的等离子流体管对接，形成立体的等离子管回路通道(见图 6(b))。但由于等离子管的截断不稳定性及腊肠不稳定性，受木星轨道运动将其角动量(能量)转移给太阳，使太阳表层等离子管破裂形成太阳黑子。以 23 周为例，1996 年是太阳活动的平静期(如图 6(a))，也是太阳黑子磁场极性转换之年(见图 5 的由负转正红色曲线)。此时土星已由处在天球的西半球(磁场磁性指数数据为负)运行至东半球(磁场磁性指数数据为正时段)。1998 年木星轨道运行从天球西半球至东半球的近日点附近向天球东边的升交点运动，图 5 显示 2000 年 5 月木星和土星两星会合在木星的近日点附近，此时太阳活动急剧变化，太阳活动指数由 2000 年 1 月的 90.1(平均黑子数 150)迅速达到 7 月的 170.1(平均黑子数 248)。随着太阳自转，在偶极场的作用下，由于离子管柱的箍缩力，及在偶极场中产生如图 6(b)的离子管柱。南北半球离子管柱形成磁场的极性也不同。离子管柱靠太阳内侧磁场强，外侧磁场弱，由于运动带电粒子在不均匀磁场中总是被推向磁场弱的地方，靠近凹(内)侧的等离子体会被推向凸(外)侧部位，造成等离子体柱进一步弯曲。太阳对流层中左旋或右旋的不稳定离子管圆柱，它们在安培力、及上浮时的切线力的作用下，南北半球离子管柱会有彼此分离成较差自转运动的趋势，随太阳自转，这些等离子体离子管破裂形成太阳黑子磁场会有如图 6(c)的排列。由于太阳自转周期

比木星的公转周期短得多，在木星的轨道运动对太阳对流层质点的切向(垂直于日木质心连线)力作用下，太阳自转一周中南北半球某一离子管柱均会跟随木星轨道运动使太阳上的远木星半球等离子管柱先断裂。断裂时顺时针旋转或逆时针旋转的离子管断截面的旋涡形成 N 极或 S 极黑子磁场，被折断的离子管柱磁场磁力线会如牵牛花一样向外扩散，黑子中心本影处磁场最强越往外磁场越弱。由于运动带电粒子在不均匀磁场中总是被推向磁场弱的地方，因此带电粒子会在折断截面处一边旋转一边向外喷发，使断面中心凹陷，并带走大量能量，使本影温度降低成为黑子。

由于木星轨道运动使太阳上的远(近)木星半球质心自西向东运动速度(垂直于日木质心连线)引发太阳活动周。因此在一个黑子周中，开始时一般黑子出现在离木星较远的太阳西半球纬度 30° 左右，甚至出现在 35° 左右。

随着木星轨道运动，与日、木、土三星一线的土星趋近时，黑子出现数量不断增多，黑子纬度平均值逐渐减小，太阳黑子磁场指数趋强，木星轨道运动到达与土星三星一线(木星居中)位时，黑子数达到极大值。黑子的平均纬度在 $\pm 15^\circ$ 值(+表示北纬，-表示南纬)。由于太阳偶极磁场是非均匀磁场，是“磁镜效应”作用。使等离子螺线管沿偶极磁场磁力线往返于南北半球。所以黑子都出现在与太阳赤道平行的两条纬度带上。绝大部分黑子出现在南北纬度 35° 之间。使 40° 以上和 5° 以下至赤道间黑子相当少。这是由于赤道面上太阳偶极磁场的径向分量为零之故。

从图 6(c)也可看出：黑子群均成对出现，且前导与后随黑子极性相反，南北半球前导黑子的极性相反，这些均因太阳自转引起的“较差运动”而引起。黑子峰期过后，由于较差运动，会使与极区极性不同的黑子向高纬漂移，逐渐与极区原来的极性抵消(见图 6(d))。大约十一年以后，木星运行到垂直于土日连线位，就出现图 6 中(e)的状态，又出现平静期。即极性完全抵消时，出现普遍磁场的反转，也就是使光球电子层产生偶极场起主导作用。在下一周的日幔对流层的离子管在洛伦兹力的作用下，南北半球离子管的旋转方向与上一黑子周的离子管的旋转方向相反，如图 6(f)，随着木星轨道运动，与日、木、土三星一线的会合位的土星趋近时，黑子出现数量不断增多，又会出现新一轮的黑子高峰，黑子峰期过后，由于较差运动，黑子磁场的极性又出现极性反转。又会出现后随黑子向高纬漂移，逐渐与极区的极性抵消而后再出现如图 6(a)的平静期，完成了 22 年周期的循环。由于黑子和黑子群成对出现，南北半球成对称分布，因而从外形看，好像一列伏在赤道线上的蝴蝶，所以叫做“蝴蝶图”。

由于黑子群“蝴蝶图”是主要由土星和木星绕太阳公转时的相互摄动所引起。所以土星运行至天球的南北半球的轨道倾角、离太阳距离的远近均会影响太阳南北两半球黑子数的多寡，因此太阳南北两半球出现巨大的差异均在情理之中。

6. 对 24、25 太阳活动周太阳黑子磁场强度的初步预测

图 7 为运用“木星轨道运动调制太阳黑子活动周物理模型”模拟 2001 年~2028 年的约 28 年间巨星轨道运动调控太阳黑子周的机理计算示意图。图 5 显示：木、土二星于 2000 年 5 月的轨道运动中的二星会合，图 7 显示木、土二星在 2020 年轨道运动中的二星会合。会合时间均应发生在太阳活动的峰位附近。当木、日、土三星在天球上成直角三角形排列的时段会出现太阳活动周的谷位，也就是说太阳活动跟木、土二星的交角余弦值有较好的对应关系。余弦值为 1 时，太阳活动周处在峰位，太阳黑子磁场极性指数为正的最大值。余弦值为 -1 时，太阳活动周处在 22 周期的谷位，太阳黑子磁场极性指数为负的最大值。余弦值为 0 时期是太阳活动的平静期。说明太阳活动 22 年周期的峰谷位置与木、土二星的轨道运动木、土二星的交角余弦值存在对应关系。对探索黑子活动周的形成机理有着重要意义。

由于太阳和土星等星球对木星引潮力作用(太阳为主)，由于土星的轨道运动速度比木星慢，因此土星对木星而言，时而与太阳同一方向，时而与太阳反方向。如图 5 的 2000 年 5~6 月的木星、土星在轨道运

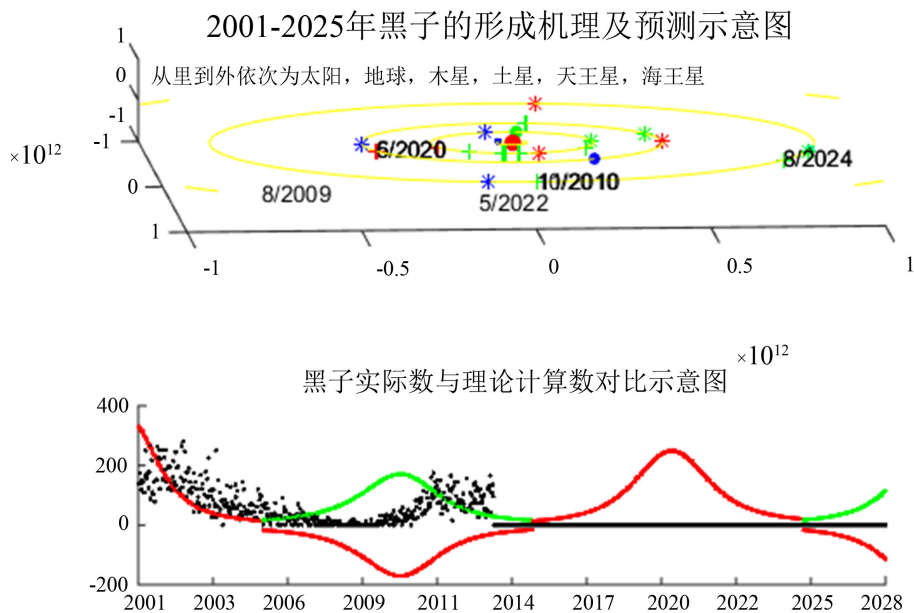


Figure 7. The calculation mechanism diagram of sunspot cycle regulated by the solar system planets motion from 2000 to 2028
 图 7. 2000 年~2028 年太阳系星球运动调控太阳黑子周的机理计算示意图

动过程中，日、木、土三星一线，而且木星居中，此时的土星对木星的摄动力最大，则会使木星偏向土星，使日、木距离拉大，计算得出木星的轨道运动其角动量转移给太阳对流层的能量也加大。因此出现太阳黑子的峰位。此时为木星居中，木星、土星轨道运动过程中交角的余弦为正值；故图 7 显示 2000 年至 2005 年，太阳黑子磁场磁性指数为正。

查阅天文年历，2000 年 5 月 31 日木、土二星会合在黄经约 53° 的时空范围，该时空位正是木、土二星的近日点位置附近的同一扇面内。土星在轨道运行中对木星的摄动作用使太阳活动急剧变化，于 2000 年 7 月迅速到达峰位。2005 年木星运行到远日点，2006 年木星运行到黄道面的第 4 扇区。据曲维政先生给出的《太阳黑子磁场极性指数时间序列》，2006 年太阳黑子磁场极性指数由正值转为负值。按太阳活动 22 年周期计，应是 2006 年开始了第 24 太阳活动周，以后太阳活动日趋剧烈，到 2010 年应达到最大值。但是实际情况是：“科学家称 2009 年上半年太阳活动为近 100 年来最不活跃的低谷。2008 年，在 366 天的时间里，有 266 天没有太阳黑子活动，没有黑子活动的时间占了全年总时间的 73%；2009 年，太阳黑子比 2008 年还不活跃。在前 3 个月的 90 天里，有 78 天没有太阳黑子的活动，比例达到了 87%”。太阳物理学家迪恩·佩斯奈尔(Dean Pesnell)说：“我们正在经历一个太阳活动极小期。” [7]。为什么会“经历一个太阳活动极小期”。笔者认为这也是巨行星轨道运动调控太阳活动之结果。2008 年天王星、海王星、木星均运行到黄道面的第 4 扇区，且处在天球的南半球。天王星、海王星又处在远日点位。图 7 显示：2009 年底海王星与木星会合、2010 年底天王星与木星会合，这些巨行星会对木星有摄动作用。因为太阳系星球是以太阳为主宰的星系，除木星外，它们的公共质心均在太阳内部，太阳对这些处在同一扇区星球的摄动力是最大的。它们会同时靠近太阳，木星也不会例外。一般情况下日木系质心离太阳表面最近距离：只有 0.1088×10^8 (m)；很有可能处在该时该位的日木系质心会回到太阳内部。由于日、木系质心在太阳日冕层是形成太阳黑子的关键，处在此时的木星轨道运动将不会将其角动量转移给太阳的对流层，当然也不可能出现黑子。因此出现太阳物理学家迪恩·佩斯奈尔(Dean Pesnell)所说的“我们正在经历一个太阳活动极小期”。

鉴于太阳黑子活动强弱是由日、木距离所决定,根据图 7 的预测显示,我们预测第 24、太阳活动周是太阳活动强度较弱的周期,计算预测终止日期应在 2015 年,实际终止时间应推迟 1~2 年。25 太阳活动周应开始于 2016 年,到 2020 年左右达到峰位,应在 2026 年左右终止。预测 25 太阳活动强度比 24 周强,但比 23 太阳活动周强度弱。

7. 讨论

本文通过木星轨道运动与太阳黑子活动周的关系研究,认为下述几点值得讨论:

(1) 认为太阳黑子是日幔对流层中离子管柱破裂所致,日、木系质心在太阳日冕层是形成太阳黑子的关键。因太阳与木星的公共质心在太阳色球层,处在该位的木星轨道运动能将其角动量(能量)转移给太阳,并对太阳对流层质点产生切向力(垂直于日木质心连线)作用,使太阳表层等离子管破裂形成太阳黑子。

(2) 认为木星在轨道运动中受土星等巨行星的摄动,使木星与太阳距离发生变化,从而随木星等行星的轨道运动调控太阳黑子周并形成蝴蝶图。

(3) 认为 1645 年后的 75 年“蒙德极小期(Maunder Minimum)”,近年太阳黑子活动平静期的原因是该时间段,天王星、海王星、土星及木星(同时或多个)处在木星的远日点位或近日点位,使日、木距离超过某一阈值(如使日、木系质心趋近日面或进入太阳内部),减小(或丧失)对太阳对流层质点的切向力作用之故。

(4) 由于能够量化计算其他星球对木星的摄动力,故能预测太阳黑子活动周的起始和终止时间及太阳黑子活动周活动的强弱。预测第 24 太阳活动周是强度较弱的周期,预测该周终止日期约在 2016 年左右。25 太阳活动周要到 2020 年左右达到峰位,预测该周 2026 年左右终止。预测 25 太阳活动强度比 24 周强,但比 23 太阳活动周强度弱。

致 谢

北京国家天文台马利华研究员提供黑子数据资料;计算机编程得到杭州师范大学李炳伟教授的帮助,在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] 王家龙. 我们的太阳[M]. 广西教育出版社, 1999: 42-51.
- [2] 陈协珍. 关于太阳活动与行星摄动关系的研究[J]. 紫金山天文天文台台刊, 1993(4): 213-220.
- [3] 胡中为, 萧耐园. 天文学教程[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 2003: 387-441.
- [4] 曲维政, 秦婷, 邓声贵, 杜凌. 太阳黑子磁场极性指数时间序列[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(6): 1727-1735.
- [5] 伍岳明, 曹明富. 共旋理论初探下册——共旋起电能源理论探索[M]. 科学技术文献出版社, 2005: 99-156.
- [6] 张三慧, 主编. 电磁学[M]. 第二版. 北京: 清华大学教材, 1999: 193-242.
- [7] NASA: 太阳黑子活动近期异常平静[N]. 科技日报. <http://www.edu.cn>, 2009-04-07.