

高纬度太阳活动的纬度漂移

高朋鑫 李可军* 李启秀

(中国科学院国家天文台云南天文台, 昆明 650011. * 联系人, E-mail: lkj@ynao.ac.cn)

摘要 利用 Carte Synoptique solar filament archive 的暗条观测资料研究了高纬度太阳活动的纬度漂移. 定量分析了高纬度活动的两种漂移: 已知的太阳活动从中纬度(40°)向太阳两极的纬度漂移, 以及新发现的从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移. 在一个太阳活动周内从中纬度向太阳两极的纬度漂移的时间(约 4.4 a)比从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移的时间(约 6.6 a)要短约 2.2 a, 这两种漂移的转换发生在太阳活动的极大期. 将来, 太阳活动发电机理论要考虑这种从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移. 太阳活动延伸周是从太阳两极向太阳赤道的连续纬度漂移活动周的一部分.

关键词 太阳活动 活动周 纬度漂移

日面上出现黑子群的平均纬度随太阳活动周的进程而变化. 在活动周开始时, 南北半球黑子群的平均纬度分别为 30° 左右, 然后分别向赤道转移, 在太阳活动极大年附近分别为 15° 左右, 在活动周末尾, 约为 8° , 同时, 在每一个活动周的末尾, 新的黑子群又开始在高纬度处出现, 形成大约在 1 a 左右的时间里旧周黑子在低纬度和新周黑子在高纬度同时存在的局面. 这种黑子平均纬度的变化就是 Sporer 定律. 如果以时间为横坐标、黑子群的纬度为纵坐标作图, 将可以得到一串蝴蝶形图样, 称为 Maunder 蝴蝶图^[1~4]. 最近文献[5,6]对黑子蝴蝶图 and 全日面综合磁图进行了定量的分析研究, 发现黑子群的纬度漂移速度在活动周开始时最大, 随着活动周演化, 漂移速度变慢, 在一个活动周内平均漂移速度为 $1.6(^{\circ})/\text{a}$. 同时在太阳活动高纬度发现了向太阳两极的漂移^[4]. 依据这两种漂移特征, 很多太阳发电机理论模型被提出来再现太阳活动的周期变化^[7~13]. 实际上, 到目前为止, 我们对全日面太阳活动的纬度漂移的认识还不全面, 对高纬度太阳活动的纬度漂移只有一些较粗浅的定性认识. 因此, 有必要详细分析研究高纬度太阳活动纬度漂移, 给太阳活动发电机理论提供全面的观测基础. 本文将利用 Carte Synoptique Solar filament archive 资料^[14,15]来分析研究高纬度太阳活动的纬度漂移.

1 高纬度太阳活动的纬度漂移

所用资料 Carte Synoptique Solar filament ar-

chive^[14,15]可由网站 ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SOLAR_FILAMENTS 下载. 该资料记录了 876 太阳活动自转到 1823 太阳活动自转周(对应 1919 年 3 月~1989 年 12 月)的 41042 个暗条. 我们依据这种暗条资料作出了暗条纬度随时间变化的关系图, 如图 1. 暗条纬度随时间的变化在中低纬度呈现出所谓的蝴蝶图, 与黑子纬度随时间变化的活动黑子蝴蝶图类似, 但比黑子蝴蝶图的纬度要高, 这是因为黑子一般出现在纬度 50° 以下, 但暗条是全日面分布的. 由图 1 可以看出, 在中低纬度的向赤道的纬度漂移(蝴蝶图)和高纬度的向两极的漂移(rush to the poles)^[4].

我们依据太阳活动周的极小期, 分别将 50° 和

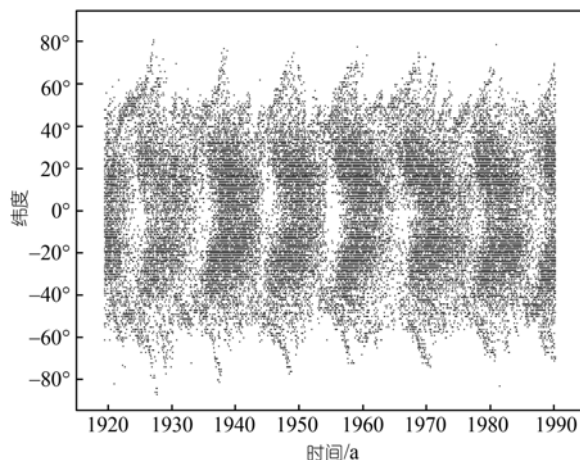


图 1 1919 年 3 月~1989 年 12 月暗条的纬度-时间分布 (“蝴蝶图”)

2007-05-28 收稿, 2007-06-30 接受

国家自然科学基金(批准号: 10573034 和 40636031), 国家重点基础研究发展计划(编号: 2006CB806300)和中国科学院创新研究项目和创新性项目资助

60°以上纬度的暗条划归到各个活动周, 计算了各个活动周内的暗条季平均纬度值, 如图2. 图2除了有一个向太阳两极的纬度漂移(即所谓的“rush to the poles”现象^[4])外, 令人惊讶的是, 还有一个从太阳两极向中纬度的纬度漂移, 这种漂移还未报道过, 也被太阳发电机模型所忽略(太阳发电机反演出的磁场在极区磁极性反变后, 在高纬度呈现磁场的堆积).

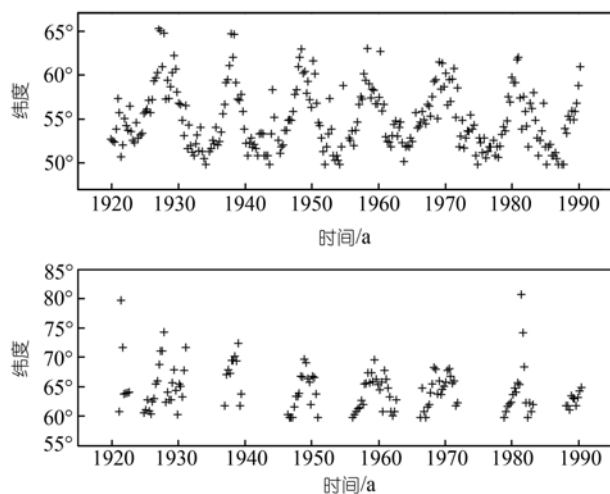


图2 高纬度暗条的季平均纬度值

上图中各个暗条的纬度值大于50°; 下图中各个暗条的纬度值大于60°

对于每个周的暗条季平均纬度值, 我们固定其中一个周, 比如20周, 其他各个周的季平均纬度值分别向其平移(只是沿横向时间轴平移, 没有纵向纬度的平移), 直至两两活动周的纬度值差的平方值最小, 这样各个活动周的值就集中到一个活动周内, 如图3. 我们对这些叠加的季平均纬度值进行了2次多项式平滑, 平滑曲线为 $y = -0.203x^2 + 1.805x + 53.386$ (纬度50°以上的暗条)和 $y = -0.535x^2 + 4.677x + 56.449$ (纬度60°以上的暗条), 相关系数分别为-0.3597和0.1951, 都在95%水平相关. 这两条曲线明显地表明存在一个从太阳两极向中纬度的纬度漂移.

图4将这两条平滑曲线放在一起进行比较. 两条曲线的极大纬度值的时刻基本上是一样的(对于纬度50°以上的暗条, 活动周开始后4.41 a达到极大; 对于纬度60°以上的暗条, 活动周开始后4.43 a达到极大), 表明在一个太阳活动周内从中纬度向太阳两极的纬度漂移的时间(约4.4 a)比从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移时间(约6.6 a)短约2.2 a(太阳活动周一般为11 a), 两者之比和黑子活动周上升段与下降段之比一致^[5], 说明这两种漂移的转换发生在太阳活

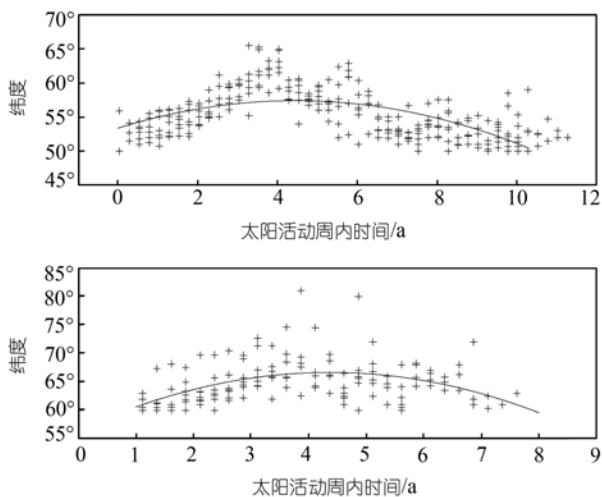


图3 叠加的季平均纬度值(加号)及其二次多项式平滑曲线(实线)

上图对应于50°以上的暗条; 下图对应于60°以上的暗条

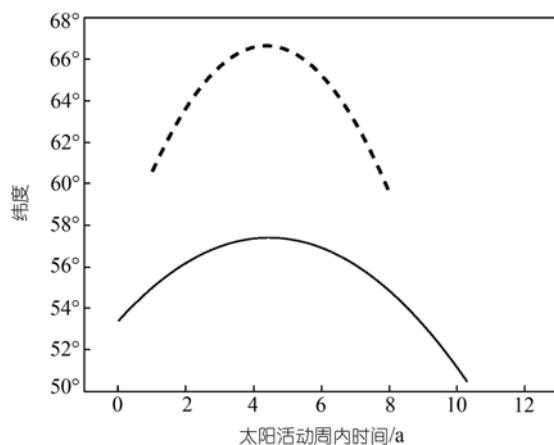


图4 叠加的季平均纬度值的二次多项式平滑曲线

实线对应于50°以上的暗条; 虚线对应于60°以上的暗条

动的极大期附近. 两条曲线不重合的原因是纬度漂移所致.

2 结论与讨论

利用Carte Synoptique Solar filament archive记录的876太阳活动自转周到1823太阳活动自转周(对应1919年3月到1989年12月)的41042个暗条的暗条观测资料研究了高纬度太阳活动的纬度漂移. 发现高纬度太阳活动除了从中纬度(40°)向太阳两极的纬度漂移外, 还存在从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移. 将来, 太阳活动发电机理论要考虑这种从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移. 在一个太阳活动周内从中纬度向太阳两极的纬度漂移的时间(约4.4 a)

比从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移时间(约 6.6 a)要短约 2.2 a, 这两种漂移的转换发生在太阳活动的极大期, 正是太阳磁场极性反转的时刻. 实际上从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移的特征在一些观测资料中出现过^[16,17], 只是被忽略了. 这种约 6.6 a 的漂移可以和黑子蝴蝶图的约 11 a 的纬度漂移连成从太阳两极向太阳赤道的连续纬度漂移, 持续时间约 1.5 个太阳活动周, 说明太阳活动延伸周的时间长度可以达到约 17.6 a. 如果再加上约半个周的、在太阳活动开始时从太阳中纬度向两极的约 4.4 a 的漂移, 则正好组成约 2 个太阳活动周的太阳活动漂移周期, 如图 5. 也许这种划分太阳活动漂移周比一般的仅就中低纬度的太阳磁活动的磁周期的划分更有意义, 因为太阳活动漂移周考虑了全日面的太阳活动.

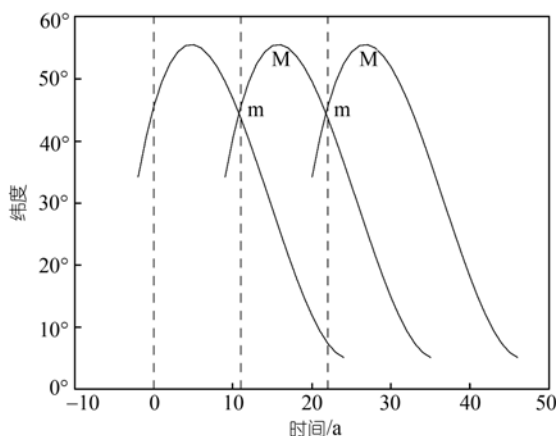


图 5 3 个完整的太阳全日面活动漂移周期(实线)
垂直虚线和字母 m 示太阳黑子活动周的极小时刻, 字母 M 示太阳黑子活动周的极大时刻

太阳活动延伸周的概念^[18-20]表明, 在一个活动周开始前的 1~2 a, 在太阳的中高纬度就出现了太阳活动, 这实际上也反映了从太阳两极向太阳中纬度的纬度漂移的特征, 只是太阳活动延伸周没有明确说明这种漂移可以从太阳两极开始, 因此, 可以说太阳活动延伸周是从太阳两极向太阳赤道的连续纬度漂移活动周的一部分.

致谢 谢谢审稿人给出了对本文质量提高有很大帮助的审稿意见.

参 考 文 献

- 1 Schwabe S H. Sunspot cycle. *Astron Nachr*, 1844, 21: 233—239
- 2 Maunder E W. The sun and sun-spots, 1820-1920. *Mon Not Roy*

- Astron Soc*, 1922, 82: 534—543
- 3 Carrington R C. On the distribution of the solar spots in latitudes since the beginning of the year 1854, with a map. *MNRAS*, 1858, 19: 1—3
- 4 Coffey H E, Hanchett C D. Digital “cartes synoptiques de la chromosphere solaire et catalogues des filaments et des centres d’activite”. In: Webb D F, Schmieder B, Rust D M, eds. *New Perspectives on Solar Prominences*. Aussois: ASP, 1988. 150: 488—492
- 5 Li K J, Yun H S, Gu X M. Latitude migration of sunspot groups. *Astron J*, 2001, 122: 2115—2117[DOI]
- 6 Song W B, Wang J X. Large-scale solar cycle features of photospheric magnetic flux. *Astrophys J*, 2006, 643: L69—L72[DOI]
- 7 Babcock H W. The topology of the sun’s magnetic field and the 22-year cycle. *Astrophys J*, 1961, 133: 572—584
- 8 Leighton R B. Transport of magnetic fields on the sun. *Astrophys J*, 1964, 140: 1547—1552
- 9 Leighton R B. A magneto-kinematic model of the solar cycle. *Astrophys J*, 1969, 156: 1—12
- 10 Wang Y M, Sheeley N R J, Nash A G. A new solar cycle model including meridional circulation. *Astrophys J*, 1991, 383: 431—442[DOI]
- 11 Rudiger G, Brandenburg A. A solar dynamo in the overshoot layer: Cycle period and butterfly diagram. *Astron Astrophys*, 1995, 296: 557—564
- 12 Dikpati M, de Toma G, Gilman P A, et al. Diagnostics of polar fields reversal in solar cycle 23 using a flux transport dynamo model. *Astrophys J*, 2004, 601: 1136—1147[DOI]
- 13 Durrant C J, Turner J P R, Wilson O R. The mechanism involved in the reversals of the sun’s polar magnetic fields. *Solar Phys*, 2004, 222: 345—359[DOI]
- 14 d’Azambuja L, d’Azambuja M. Cartes synoptiques de la chromosphere solaire et catalogues des filaments et des centres d’activite. *Annales de l’Observatoire de Paris*, 1948, Tom (Fascicule): 1—33
- 15 Mouradian Z. The new “Solar activity synoptic maps” of observatoire de Paris-Meudon. In: Balasubramaniam K S, ed. *18th NSO/Sacramento Peak Summer Workshop. Sunspot*. ASP, 1998, 140: 179—184
- 16 Minarovjech M, Rybansky M, Rusin V. Time-latitude prominence and the Green Corona distribution over the Solar activity cycle. In: Web D F, Schmieder B, Rust D M, eds. *New Perspectives on Solar Prominences*. Aussois: ASP, 1998. 150: 484—489
- 17 Leroy J L, Noens J C. Does the solar activity cycle extend over more than an 11-year period? *Astron Astrophys*, 1983, 120: L1—L2
- 18 Wilson R P, Altrock K L, Harvey K L, et al. Extended solar cycle. *Nature*, 1988, 333: 748—750[DOI]
- 19 Harvey K L. The solar cycle; Proceedings of the National Solar Observatory/Sacramento Peak 12th Summer Workshop, Sunspot, NM, Oct. 15-18, 1991. *NM: ASP*, 1992. 27: 580—598
- 20 Li K J, Yun H S, Liang H F, et al. Solar activity in extended cycles. *J Geophys Res*, 2002, 107(A7): 1114—1117[DOI]