

太阳耀斑的行星引潮力触发^{*}

董士仑 郑乐平

(中国科学院北京天文台 100012)

摘 要

阐述了太阳潮波动力学的概况, 依据实际资料的统计结果指出: 行星引潮力触发耀斑的效应随耀斑级别的增大而增强; 对于3级及其以上耀斑, 强潮汐触发较之弱触发的耀斑产出率之比高达9.33; 这个重要事实在预报地球和日地空间灾害性扰动方面, 会有相当大的实际价值.

关键词 太阳耀斑—行星—引潮力

1 太阳潮波动力学的发展概况

太阳活动行星效应的研究已近百年^[1-4,**]. 1973年, 丁格尔等人撰文认为太阳耀斑按行星引潮力的分布是随机的, 行星引潮力在太阳上引起的潮高又太小, 便否认了这种效应的显著性^[2]. 其后, 这个领域的研究转入低潮. 似乎丁格尔等人尚未见到1973年北京天文台台刊上董士仑和林柏森发表的文章, 该文给出行星引潮力触发质子耀斑的统计证据. 近来, 董士仑研究了丁格尔等人的工作, 他们的资料是 $\geq 2^-$ 级耀斑, 其中大多数应是2级耀斑, 其尺度偏小, 太阳上众多的较小尺度触发因素便对此类耀斑的发生起作用, 会严重干扰引潮力的效应. 另外, 他们做的是单星统计, 其他行星的引潮力之和的变幅会比该星的大很多, 这对单星统计也是非常严重的干扰; 因而, 在他们的资料中, 行星引潮力效应只能表现得相当微弱, 只有用比较精密的方法才可检出. 1996年, 董士仑仍用他们的资料, 但用更恰当的方法——不同理论假设与观测拟合优度的比较检验, 发现引潮力触发耀斑的各种假设都分别优于耀斑随机发生的假设, 从而确认了这种基本效应^[3]. 同年, 陈协珍又给出100个大耀斑对引潮力特定分布的统计证据; 指出大耀斑在其引潮力极大位相, 有极大发生率^[4]. 故行星引潮力能够触发太阳耀斑已经是客观事实.

这个客观事实如何理解? 地球上潮汐学的发展史上也有类似情况, 即用潮汐静力平衡原理算出的潮高远小于实际发生的潮高; 从而发展了潮波动力学, 使理论与实际的矛盾趋于解决; 一些动力现象(如潮波共振)引起的潮高, 可能比静力平衡计算出的潮大几个数量级^[5]. 鉴于此, 1995年, 董士仑已把太阳上潮汐静力平衡观念推进到太阳潮波动力学, 建立起它的几个基本概念: 太阳潮波动力学方程, 它的典型边界条件——磁中性线沟渠模型, 经典潮波动力学在太阳上的适用性^[**]. 于是, 行星引潮力能够触发太阳耀斑这个客观事实便可理解了.

^{*} 中国科学院国家天文观测中心资助课题

^{**} 董士仑: 太阳活动和太阳潮波动力学. 见: 林元章, 张洪起. 太阳活动二十三周展望. 北京: 中国科学院光学天文联合开放实验室, 1995. 297—300
2000-06-22 收到原稿, 2000-11-15 收到修定稿

另需指出的是，经典潮波动力学早已是相当完善的体系^[5]；基于上述这几个基本概念，这个体系便可被借用过来描写太阳潮波这类基本物理现象，仅需按照实际情况选取适当的边界条件等参数；因此，也可以说太阳潮波动力学的体系已经建立起来了。

2 行星引潮力触发太阳耀斑的观测特征

苏联科学院发表的太阳数据中，1958.7—1968.6 期间，在 21 个低纬大活动区中，有 217 个有效观测区日，观测到 926 个耀斑*。我们对每个活动区的经度逐日计算了行星潮汐力，将其触发强度分为两级。触发强度(强，弱)分类的区日数，各级耀斑数 N 和耀斑产出率 R (每区日的耀斑数)见表 1。

表 1 太阳活动区中行星潮汐触发强度与耀斑产出率

		潮汐触发强度		强触发产出率 / 弱触发产出率		
		强		弱		区日数
		102		115		
		N	R	N	R	
耀	< 1	118	1.16	138	1.20	0.97
斑	1	257	2.52	265	2.30	1.10
级	2	63	0.62	53	0.46	1.35
别	≥ 3	29	0.28	3	0.03	9.33
合 计		467	4.58	459	3.99	1.15

在表 1 中列举的 217 个有效观测区日中，按董士伦 1973 年提出的标准，潮汐强触发为 102 个区日，弱触发为 115 个区日。从表中可看出：

(1) 对于 < 1 级耀斑，强、弱触发的产出率比为 0.97，很接近于 1.00，即潮汐效应不强；

(2) 对于 1 级、2 级和 ≥ 3 级耀斑，产出率比分别为 1.10、1.35 和 9.33，即耀斑越大潮汐效应越强；

(3) 对于全部耀斑(平均级别为 $1^+ - 2^-$)产出率比为 1.15；因耀斑数高达 926，潮汐效应确为显著，但较弱，这与董士伦 1996 年的结果一致。

3 结束语

这些现象的原因应归于潮汐波的大尺度特征，即在活动区范围内，潮汐波的位相几乎相同；其中大量不稳定的微小耀斑源便可被同时触发；耀斑越大，要求同时触发的微小耀斑源越多；即大耀斑的潮汐波触发效应更显著。

太阳活动预报专家都知道“太阳上有特殊活动区时，几天后何时会发生：a. 小扰动，b. 大扰动或 c. 特大扰动？”这是当代太阳活动预报的关键难题。但“太阳耀斑的

* А Н СССР. Солнечные данные. 1958—1968

行星引潮力触发”已可给出较好解决这个难题的具体物理方法。当太阳上出现特殊活动区时,其经、纬度即可定出,其后(10天或更长)作用于此活动区的行星引潮力也可算出,随即定出相应潮汐触发强度;从而可预报何时发生: a. 小扰动, b. 大扰动或 c. 特大扰动。

特别值得注意的是,“对于 ≥ 3 级耀斑,潮汐强、弱触发的耀斑产率比高达9.33”这一事实。因为,目前中短期太阳预报最关键的技巧在于有效预报 ≥ 3 级耀斑(它能引起强质子事件、短波通信中断、大磁爆等),这些现象能引起地球和日地空间强烈的灾变事件。故“太阳耀斑的行星引潮力触发”在预报日地灾害性扰动中,将具有相当大的实际价值。

参 考 文 献

- [1] Brown E W. A Possible Explanation of the Sun-spot Period. *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1900, **68**(10):599—606
- [2] Dingle L A, Hoven G V, Sturrock P A. Test for planetary influence on solar activity. *Solar Phys.*, 1973, **31**: 243—246
- [3] 董士伦. 检验行星潮汐对太阳耀斑的影响. 天体物理学报, 1996, **16**(1):87—90
- [4] 陈协珍. 行星摄动力对太阳活动的调制. 天体物理学报, 1996, **16**(2):207—212
- [5] 陶宗镛. 潮汐学. 北京: 科学出版社, 1980

PLANETARY TIDE FORCE TRIGGERING SOLAR FLARES

DONG Shilun ZHENG Leping

(Beijing Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, 100012)

Abstract

In this paper, solar tide dynamics is briefly reviewed and it is pointed out that the effect of planetary tide force on triggering solar flares is more obvious for flares with stronger intensity, and that the ratio of outputs of strong planetary tide force triggering flares with $\text{Imp} \geq 3$ to weak ones is as high as 9.33. This fact revealed in this paper is significant in prediction of disturbances in solar-terrestrial space.

Key words Solar flare, Planet, Tide force