

# 太阳耀斑的物理预报

范大雄 周爱华 夏昌立

(中国科学院紫金山天文台)

## 提 要

本文概略地评述了近年来太阳耀斑物理预报和有关的太阳耀斑理论的进展,也介绍了这些理论在太阳预报中应用的可能性。最后叙述了探索耀斑物理预报的设想。

## 一、引 言

太阳耀斑预报在宇航环境、短波通讯、国防与国民经济方面有着十分重要的应用价值,这个课题受到国内外太阳物理工作者的重视。使用太阳活动区的有关资料,进行统计相关分析或经验判别,得出一些判据来进行预报,这是目前国内外对常规太阳活动水平预报的通常做法<sup>[10]</sup>。由于对耀斑前所发生的这些现象与耀斑的内在联系还缺乏实质上的了解,这些统计规律虽然在使用,但其物理意义还不十分明确。为了有效地解决耀斑预报问题,必须弄清耀斑产生的机制,寄希望于耀斑物理预报。近十年来耀斑理论研究取得了不少的进展,并将其研究结果逐步地应用到太阳预报中去。

本文着重讨论太阳耀斑物理预报和有关的太阳耀斑理论的最新发展,也介绍了这些理论在太阳预报中应用的可能性。最后叙述了今后探索耀斑物理预报的设想。

## 二、耀斑理论进展

耀斑理论一般要回答耀斑能量如何储存?怎样触发?粒子如何加速?各个波段的辐射是如何产生等一系列问题。对于耀斑预报工作者来说,最感兴趣的是前两个问题。

耀斑的能量是如何储存的? De Jager 在文[1]中提出,它基本上是靠剪切运动。所谓剪切,这里指的是由于磁环的足点在导电等离子体中的位移所引起的磁环扭曲。由此而产生的感应电流沿着与足点连接的磁力线流动,从而通过  $H_{\alpha}$  单色光望远镜可以在活动区周围观测到色球纤维与中性线几乎平行,或在黑子半影中发现旋涡结构。Zirin 等<sup>[2]</sup>于 1973 年提出:产生 1972 年 8 月份大耀斑的活动区磁场存在着大的剪切。随后 Tanaka 等<sup>[3]</sup>假定该活动区磁场是无力场,并计算出这种剪切无力场所释放的自由能足以供给一次耀斑爆发所需要的能

## (ii) 双带耀斑

大耀斑通常以双带耀斑的形式出现。它在初相阶段,磁环顶部大约以 20 公里/秒速度上升。到达高度为  $10^8$  公里以后,其顶部速度仅为 0.5 公里/秒。磁环顶部的密度和温度开始为  $10^{17}$  米<sup>-3</sup>与  $2 \times 10^7$  K,在几小时以后下降到  $10^{16}$  米<sup>-3</sup>与  $5 \times 10^6$  K。在耀斑爆发之前,暗条激活,X射线发射增长。随后在暗条附近形成 H $\alpha$  亮条,它是由于本身或外部触发的 MHD 不稳定性而产生的。

两种不同类型的耀斑有着不同的物理机制,应当采用不同的预报模式。

## (4) 要着重研究耀斑发生的物理过程与各种先兆现象的内在联系。

耀斑的先兆是太阳预报工作者多年来探讨的课题。宁静暗条的激活是双带耀斑的先兆<sup>[36]</sup>。曹天君等<sup>[37]</sup>认为暗条激活是由于支持暗条的磁场结构重新调整引起的。当宁静日珥中磁场梯度和顶部磁力线曲率超过一定的阈值时,会引起日珥磁场结构中的 Rayleigh-Taylor 不稳定性,导致暗条的突然消失。当这种不稳定性发生时,支撑日珥的磁场会产生中性电流片,并能引起中性线两边的磁流向内挤压,当电流片内电流密度超过微观不稳定性的临界电流密度时,双带耀斑立即发生。这样就把暗条激活这一先兆现象与耀斑发生的物理过程联系起来。

太阳峰年(SMY)国际组织在 1980 年 6 月 24—30 日使用空间与地面仪器对 No. 2522 和 2530(Boulder 编号)两个活动区组成的复合体进行了联测,观测到 10 个大耀斑,级别在 M<sub>1</sub>—M<sub>6</sub> 之间(NOAA 的 X 射线耀斑分类)。Schmahl<sup>[38]</sup>从获得的 X 射线、紫外、微波与白光等项资料中,发现在这些耀斑产生以前的几十分钟内有如下先兆:(A)在耀斑前 X 射线谱线相当弱;(B)X 射线(5—15keV)的“闪光”现象发生在离耀斑为 1'—2' 处;(C)在 H $\alpha$  和紫外波段可看到暗条的升起;(D)微波辐射增强、偏振度增加;(E)在爆发相前或爆发相期间,内在边缘耀斑上有日冕扰动。耀斑发生的物理过程与这些先兆现象(包括 Martin<sup>[29]</sup>归纳在表 1 中的先兆现象在内)的内在联系,在理论上尚待进一步研究。

以上的设想,很不成熟,仅供同行在讨论这个问题时参考。

## 参 考 文 献

- [1] De Jager, C. in Highlights of Astronomy, Vol. 6, p. 53, ed. by R. M. West, (1983).
- [2] Zirin, H. and Tanaka, K., *Solar Phys.*, 32 (1973), 173.
- [3] Tanaka, K. et al., *Solar Phys.*, 33 (1973), 187.
- [4] Tanaka, K. et al., in IAU Symp. No. 91, p. 31, (1980).
- [5] 杨海寿等, *Solar Phys.*, 84 (1973), 39.
- [6] 苏庆瑞, *天文学报*, 25 (1984), 376.
- [7] Wu, S. T. et al., in *Solar Maximum Year Proceedings of International Workshop*, Vol. 1, 149, ed. by V. N. Obridko et al., (1980).
- [8] Sonnerup, B. et al., in *Solar Terrestrial physics: Present and Future*, 1, ed. by D. M. Buter et al., (1984).
- [9] Hones, E. W. (ed.), *Geophys. Monograph*, 30, Am. Geophys. Union, Washington, D. C., (1984).
- [10] Priest, E. W. in *Magnetic Reconnection in Space and Plasma*, 63, ed. by E. W. Hoes, Am. Geophys. Union, Washington, D. C., (1984).
- [11] Ugai, M. et al., *J. Plasma Phys.*, 17 (1977), 335.

- [12] Hayashi, T. et al., *J. Geophys. Res.*, **83** (1978), 217.  
 [13] Milne, A. M. et al., *Solar Phys.*, **73** (1981), 157.  
 [14] Akasofu, S. I., *EOS Trans. AGU.*, **66** (1985), 9.  
 [15] Priest, E. R. et al., *Solar Phys.*, **36** (1974), 433.  
 [16] Heyvaerts, J. et al., *Ap. J.*, **216** (1977), 123.  
 [17] Tur, T. J. et al., *Solar Phys.*, **58** (1978), 181.  
 [18] Sweet, P. A., *Ann. Rev. A. Ap.*, **7** (1969), 149.  
 [19] 艾国祥等, 天文学报, **23** (1982), 211.  
 [20] 林元章等, 中国科学, (1981), No. 9, 1096.  
 [21] Kuznetsov, V. D. *Soviet Astron.*, **25** (1981), 220.  
 [22] Syrovatskii, S. T. et al., in IAU Symp. No. 86, Radio Physics of the Sun. 445, ed. by Kundu, M. R. et al., (1980).  
 [23] 李春生等, 天文学进展, **2** (1984), 195.  
 [24] Rompolt, B., *Acta Univ. Wratislaviensis*, No. 252, (1975).  
 [25] Svestka, Z. et al., *Solar Phys.*, **71** (1981), 349.  
 [26] Сыроватский, С. И., *Письма в А. Ж.*, **2** (1976), 35.  
 [27] Сыроватский, С. И., *Письма в А. Ж.*, **3** (1977), 135.  
 [28] Wang, J. et al., BBSO #0239, CAL. Inst. of Technology, (1984).  
 [29] Martin S. F., *Solar Phys.*, **68** (1980), 217.  
 [30] Simon, P. et al., in *Solar Predictions Proceedings*, Vol. 2, p.287, ed. by R. F. Donnelly, (1979).  
 [31] Martin S. F. et al., in *Advance in Space Research*, **2** (1982), 39.  
 [32] Кузнецов, В. Д., *Изв. Вузав. Радиофизика*, **23** (1980), 648.  
 [33] Zirin, H., *Vistas Astron*, **16** (1974), 1.  
 [34] Vorpahl, I., *Solar Phys.*, **26** (1972), 397.  
 [35] Rust, D. M., *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, **A281** (1976), 427.  
 [36] Dodson, H. W. et al., *Solar Phys.*, **13** (1970), 401.  
 [37] 曹天君等, 天文学报, **23** (1982), 203.  
 [38] Schmah, E. J., in *Advance in Space Research*, **2** (1982), 73.  
 [39] Fan Daxiong, 紫金山天文台台刊, **4** (1985), 16.  
 [40] Hood, A. W. et al., in *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, Vol. 17, p.297, (1981).

(责任编辑 林一梅)

## The Physical Forecast of Solar Flares

Fan Daxiong Zhou Aihua Xia Changli

(Purple Mountain Observatory, Academia Sinica)

### Abstract

In this paper we briefly review the progress in the physical forecast of solar flares and related theories in recent years. Possible applications of these theories to solar flare forecast are also given. Finally we describe some ideas about further studying the physical forecast of solar flares.