第11卷第4期 空间科学学报 Vol. 11, No. 4
1991年10月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Oct., 1991

1989年8月5日太阳边缘活动区之上的绿日冕线

堵 锦 生
(北京师范大学天文系)
Н. Ф. Тягун Г. М. Хмыров
(Саянская Обсерватория, СССР)

摘 要

我们观测了1989年8月5日博尔德编号5629号黑子群上方的、具有激发连续谱和明亮节点的绿日冕光谱线. 根据连续谱强度估算其电子密度为 3×10^9—$10^{11}cm^{-3}$, 半宽达 1.2Å. 不考虑湍流速度求得电子的运动温度为 4—5×10^6K. 沿视线方向辐射较强区域的大小是 0.5×10^9cm.

关键词 绿日冕线,太阳活动区

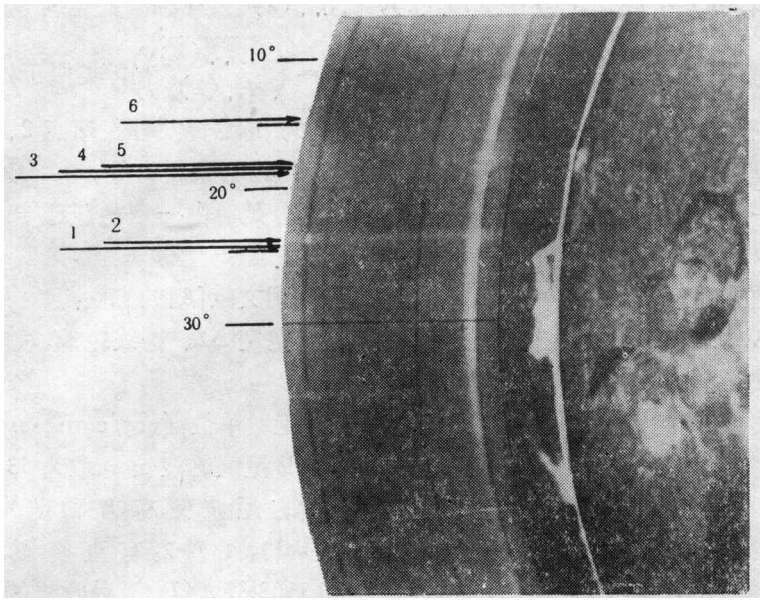
一、引 言

非日食时, 光学波段的日冕光谱的观测通常以 FeXIV λ5303Å、FeX λ6374Å、CaXVλ5694Å三条线为主. 它们以自己的方式反映出太阳活动的总起伏. 对各种诊断较常用的是绿线. 这条线作为球尺度太阳日冕活动的指标是与日面纬度[1]、经度[2,3]、行星际磁场[3]有关,随黑子11年活动周期的强弱而变化[4]. 绿日冕单色象与 HeI λ10830Å单色象相比较, 两者显示出的冕洞位置一致性较好[5]. 绿线中较亮的稳定部分是黑子上方的日冕凝聚区;绿线的精细结构和快速变化是与耀斑、爆发日珥有关的[6];它的强度、密度随时间的变化与日冕瞬变过程密切相关[7].

二、观测和结果

我们使用苏联萨扬天文台口径为53cm、焦距为800cm的大型日冕仪, 于1989年8月5日世界时 (UT)2^h07^m 拍摄了光球之上东边缘 20000km($\approx 1.03R_\odot$) 处绿日冕发射线谱. 摄谱仪光栅的大小为 250×230cm, 600条/mm. λ5303Å处, 色散度为 0.98Å/mm, 分辨率是 0.″8×0.05Å. 使用弧形狭缝, 狭缝宽度为 0.2mm, 高度为 129mm. 选用德制 ORWO 光谱片的 WO-I 型玻璃底片, 露光时间 30s, 拍摄了太阳东边缘位置角 55° 处的绿日冕发射线. 为进行光度测量,同时还拍摄了十阶减光板的像. 显影液用 Agfa-1, 温

本文于1990年10月29日收到.



用数字 1—6 表示各节点

图 1　活动区上方的绿线(λ5303 Å)的照片

Fig. 1 The spectrogram of green line (5303 Å) above active region (The knots are expressed by number 1,2,3,4,5 and 6 respectively)

度 20℃ 时显影时间为 5 分钟. 用苏制 ИФО-45I 型测微光度计对底片进行光度测量,测量误差为 ±2%. 测微光度计的直狭缝放置于对光谱线来说相切的位置上，底片上对应直狭缝的大小是 13″×0.04 Å. 沿色散方向描迹放大 20 倍、描迹比例尺根据方和斐线 5296.70 Å 和 5397.37 Å 确定.

图 1 照片给出 FeXIVλ5303 Å 发射线谱和 8 月 6 日 Hα 单色象的一部分. 图上标明的数字 1,2,3,4,5,6 表示激发连续谱不同部位、发射线上的明亮节点;10°、20°、30° 是角度间隔. 所以用 8 月 6 日的 Hα 单色象是因为 8 月 5 日萨扬天文台色球层望远镜没拍到当日的资料.参照对应的 SGD 资料，表明在日面纬度—18°——19° 之间的边缘,可看到色球呈现出明亮的两个环状日珥 (5、6 日均有). 博尔德编号的 5629 号黑子群,日面纬度—18°、日面经度 36°, 8 月 4 日出现在东边缘， 8 月 12 日产生一个质子耀斑. 8 月 5 日激发连续谱较强,可惜我们只获得绿线资料. 8 月 6 日激发连续谱较 8 月 5 日减弱,由于 6 日天气条件较好,我们获得了日冕绿、红、黄三线的光谱资料. 图 1 日冕连续谱看起来似乎不很清楚,但在底片上用肉眼可清晰地看到.

1. 连续谱强度的确定

由图 1 照片看出，绿日冕线上的明亮节点 1,2,3,4,5,6 分别对应于 Hα 色球单色象上环状日珥系的顶部,节点附近的连续谱呈现出受激发而较亮些;无节点处所对应的连续谱无增强现象. 描迹时,测微光度计的直狭缝置于底片上垂直于色散的方向,这种测法与 Jefferies 和 Orral 的方法是一致的[8]. 对无激发连续谱单色强度，我们消除了日晕的影响. 对激发连续谱单色强度我们用这样的方法求得其强度: 设激发连续谱单色强度为

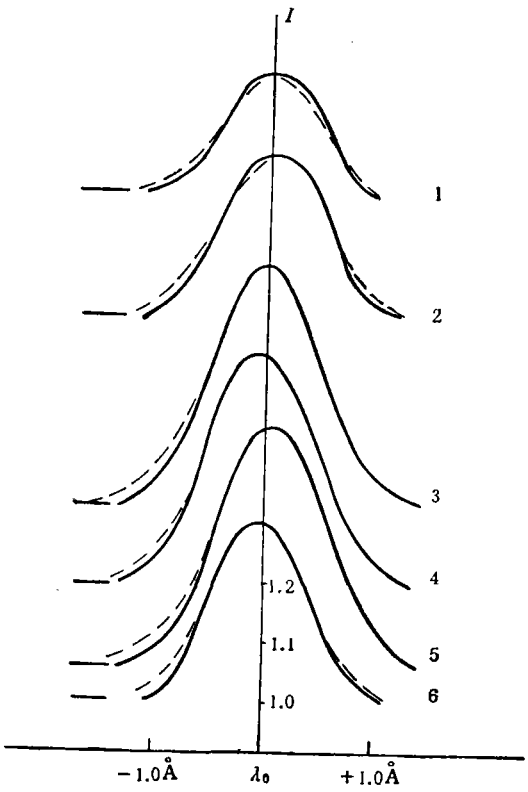
$I_{e,c}(\lambda)$，则 $I_{e,c}(\lambda) = I_{obs,e,c}(\lambda) - KI_{o,c}(\lambda)$，$I_{obs,e,c}(\lambda)$ 为观测激发连续谱单色强度、$I_{o,c}(\lambda)$ 为无激发连续谱强度，K为比例因子 $\left(K = \left(\frac{\overline{I_{obs,e,c}(\lambda)}}{I_{o,c}(\lambda)}\right)\right)$，类似于处理发射线强度的方法[9]。这样求得以日面中心连续强度为单位的节点外无扰区、节点 2、3、4、5 邻近激发连续谱单色强度。考虑到我们所获得的激发连续谱与日珥有关，可认为 $I_{e,c}$ 由两部分所组成，一部分是汤姆逊散射部分 $I_{e,c,T}$；另一部分是自由—自由跃迁部分 $I_{e,c,ff}$，即

$$I_{e,c} = I_{e,c,T} + I_{e,c,ff}. \tag{1}$$

测量计算的结果列于表 1 第 8 列中。$I_{e,c,ff}$ 估算法采用文献[8]的方法。

2. FeXIV λ5303 Å发射线节点处的强度 I_L。半宽度 $\Delta\lambda$、谱线轮廓、视向速度 v_r、电子运动温度 T_e。湍流速度 v_t

用类似文献[9]的方法，在表 1 第 6 列中给出以绝对单位（erg/cm²·s·sr）表示的 I_L。绿日冕线的波长 λ_0 取为 5302.81 Å[9]，在 λ_0 的短波侧有方和斐线 λ5302.31 Å (FeI)，它对 λ_0 有直接影响，我们取 λ5303.37 Å(FeI) 吸收线的位置为基准，以 0.04 Å的精度沿色散方向进行了消除合成的影响。建立绿日冕线的谱线轮廓时，用谱线 λ5281.80 Å订正混合谱线。用上述 λ_0 值借助于表 1 计算出特征轮廓和视向速度。图 2 给出对应于节点 1、2、3、4、5、6 的绿日冕线的谱线轮廓。在表 1 第 3 列中给出视向速度。对节点 3、4、5，虽然视向速度值不大，但有不同的符号，其测量误差值是 ±100m/s。不考虑湍流速度，电子的运动温度 T_e 在 4—5×10⁶K，列于表 1 第 4 列中。当取离子电离温度 $T_i = 1.3 \times 10^6$K 时[11]，求得湍流速度是 30—35 km/s，列于表 1 第 5 列中。



粗实线表示最佳拟合高斯轮廓，细间断线表示 λ5303 Å 谱线轮廓.

图 2 对应于图 1，节点 1、2、3、4、5、6 的 FeXIV λ5303 Å谱线轮廓

Fig. 2 The profile of Fe XIV 5303 A corresponded to the knot 1,2,3, 4, 5 and 6 in Fig. 1 respectively (The thick curves are the best-fitting gaussian curves and the dashed curves are the profiles)

3. 电子密度 n_e 的计算

用连续谱和日冕绿线联合法求电子密度 n_e。过程如下：对无激发连续谱，

$$N_e = \frac{I_c}{I_\odot \sigma \omega}. \tag{2}$$

式中汤姆逊散射截面 $\sigma = 0.66 \times 10^{-24}$ cm²，配分系数 $\omega \approx 0.3$，N_e 是沿视线方向扰动区特征长度为 L 的单位面积中的电子数[10]，有

$$N_e = n_e L. \tag{3}$$

式中 n_e 是电子密度。对绿日冕发射线节点处的辐射强度 I_L，可通过实测得到。假定电子碰撞激发几率大于光致电离激发几率，就可以算出发射量 $ME = \int n_e^2 dL$。根据

$$I_L = 5 \times 10^7 h\nu \cdot A \cdot T_i^{1/2} \cdot ME. \tag{4}$$

式中 h、ν、A、T_i 分别为普朗克常数、频率、铁相对于氢的含量、离子的电离温度[11]。取 $T_i = 1.3 \times 10^6$K，则

$$n_e = \frac{ME}{N_e}. \tag{5}$$

由(5)式算出的 n_e，列于表 1 第 10 列中。这是密度的下限值，未考虑连续谱的激发。考虑到激发连续谱强度，可认为形成激发连续谱的原因仅为汤姆逊散射，这样由观测可求得邻近节点处激发连续谱强度与节点外无激发连续谱强度的比值，此比值在上述假定下，乘以(2)式所得的 N_e，即为邻近各节点激发连续谱所对应的 N_e，列于表 1 第 9 列中。由实测得到对应节点 3、4、5 的 L 为 0.5×10^9cm。由

$$n_e = \frac{N_e}{L} \tag{6}$$

表 1

区域	半宽 Aλ(Å)	v_r (km/s)	$T_e \times 10^6$ K	v_t (km/s)	I_L^*	ME $\times 10^{28}$ cm^{-5}	$\frac{I_{e,c}}{I_\odot} \times 10^{-6}$		$N_e \times 10^{19}$ cm^{-3}	n_e 10^9cm^{-3}	n_e 10^{10}cm^{-3}
							$\frac{I_{e,c,T}}{I_\odot}$	$\frac{I_{e,c,H}}{I_\odot}$			
无扰区							2		1		
1	1.05	1.7	4.3	29	500	1.5					
2	1.15	2.8	5.1	29	725	2.2	2	8	5	2.20	10
3	1.15	6.2	5.1	34	1112	3.3	2	2	2	3.38	4
4	1.18	11.4	5.4	35	1070	3.2	2	2	2	3.25	4
5	1.21	—4.5	5.7	36	1150	3.4	2	2	2	3.49	4
6	1.07	1.1	4.4	30	748	2.2					

* 单位：erg/cm^2·s·sr

L 取上述值，可求得电子密度的上限值，结果列于表 1 第 11 列中。这种处理方法与 Zirin 处理太阳边缘耀斑上方绿日冕线的方法是一致的[11]。

4. 在活动日珥和耀斑条件下日冕激发连续谱的差别

我们的绿日冕谱线资料表明，激发连续谱源是活动日珥型的。自然会产生一个问题，激发连续谱源是耀斑时，两者有何差别？Hirayama 曾说过："日珥的爆发可考虑为耀斑现象的一部分"[12]。这就是说两者是一个事件的不同发展阶段。我们计划结合 1989 年 8 月 6 日的绿、红、黄日冕发射线资料对此问题作进一步的分析讨论，以求得对日冕物质抛射规律有进一步的认识。

参　考　文　献

[1] Waldmeier, M., *Astron. Mitt.*, No. 301, p.130, 1971.
[2] Svalgaard, L., Stanford University Institute for Plasma Report, No. 648, 1976.

[3] Тягун Н.Ф., *Солнечн. Данные*. Вып.2, стр.78, 1983.
[4] Waldmeier, M., *Astron. Mitt.*, No. 302, p. 332, 1971.
[5] Demastus, H. L., W. I. Wagner and R. D. Robinson, *Solar Phys.*, Vol. **31**, p.449, 1973
[6] Zirin, H., Astrophysics of the Sun, Cambridge University Press, 1988.
[7] Jefferies, J.T. and F.Q. Orrall, *Ap. J.*, Vol.**133**, p.946, 1961.
[8] 堵锦生,中达慶光,天文学报,第 **28** 卷,第 329 页, 1987.
[9] Tokio, T. *Solar Phys.*, Vol. **87**, p. 57, 1983.
[10] Никольский Г. М., АЖ, Т.**43**, СТР. 1143, 1966.
[11] Zirin, H., *Ap. J.*, Vol. **140**, p. 1215,1964.
[12] Hirayama, T., *Solar Phys.*, Vol. **100**, p. 415, 1985.

THE GREEN CORONAL LINE ABOVE ACTIVE REGION AT SOLAR LIMB ON 5 AUG. OF 1989

Du Jin-sheng

(Department of Astronomy, Beijing Normal University)

N. F. Tyagun G. M. Khmyrov

(Sayan Observatory, USSR)

Abstract

The green coronal line above sunspot group of No.5629 of 5 Agu. of 1989 with excited continuum and bright knots is observed. According to the intensities of the continuum, the following parameters are estimated: the electron densities are 3×10^{9}—10^{11}/cm, half width is up to 1.2Å, temperature is 4—5×10^{6} K without considering turbulent velocity, and the sizes of strong radiation regions along the direction of line of sight are 0.5×10^{9}cm.

Key words Green coronal line, Solar active region