第15卷 第1期 空间科学学报 Vol. 15, No. 1
1995 年 1 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Jan., 1995

太阳耀斑活动对中层大气温度的影响*

余海仁 马瑞平
(中国科学院空间科学与应用研究中心, 北京 100080)

摘 要

本文利用 NIMBUS-7 SAMS 温度资料,分析研究了 1979 年至 1982 年期间发生的 3.5 级以上大耀斑事件对中层大气温度的影响. 并对其物理过程进行了分析和讨论. 主要结论是:在太阳大耀斑爆发前后的一两天内,在 20°N—60°N 地区的中间层大气上部,大气温度有明显降低,中间层下部则有明显增加. 对平流层顶高度以下的大气温度没有明显影响.

关键词 中层大气温度,太阳耀斑

研究太阳耀斑爆发对中层大气产生的影响,不仅对于深入了解中层大气在日地系统能量传输与耦合过程中的作用有理论意义,而且对建立中层参考大气模式有实际意义.本文利用 NIMBUS-7 卫星的 SAMS 资料,分析研究了 1979 年至 1980 年发生的三级以上大耀斑爆发对中层大气温度的影响,并对其物理过程进行了分析和讨论.

一、数据与资料的处理

1979 年至 1982 年期间有 176 次 1.5 级以上 Hα 耀斑记录[1]. 其中 3.5 级以上的大耀斑有 9 次(见表 1).

表 1 1979 年至 1982 年 9 次大耀斑记录和对应的温度数据组编号

日期	时间(UT)	级别	数据组名称	编号
1979. 2.16	1:44	3.8	790216	A1
1979. 6.10	8:01	3.8	790610	A2
1980.10.15	4:50	3.5	801015	A3
1980.11.12	4:39	3.8	801112	A4
1981. 4. 1	1:02	3.8	810401	A5
1981. 5.14	8:05	3.5	810514	A6
1982. 2. 1	13:50	3.8	820201	A7
1982. 7. 9	7:20	3.8	820709	A8
1982. 9. 4	6:18	3.5	820904	A9

* 中国科学院重点资助课题.
本文于 1994 年 1 月 24 日收到.

SAMS 温度资料提供的数据为日平均温度．它是用多通道红外扫描辐射计测量结果反演而得的，由于观测设备工作条件的限制，每观测三天后停止工作一天，对于缺少的那一天日平均温度值，在分析时采用线性内插值补充．为了分析比较耀斑爆发对不同纬度地区影响上的差别，且便于在我国大陆地区建立中层大气参考模式时参考利用，沿经线 100°E 选用了 60°N、40°N、30°N、20°N 等各网格点上的数据．为了比较分析耀斑爆发在不同高度上的影响，分别选用压力标高值 $H_p = -\ln P/P_0$ 为 12、11、9、7、6 等的各高度上的数据进行分析，参考 USSA-1976 模式，上述各标高值分别接近于几何高度 83km、77km、64km、51km 和 41km．

选取各耀斑爆发日作为第 0 日，将 9 次大耀斑爆发时的各组温度数据按不同的纬度和标高值分类进行时序叠加平均．经过这样处理后，大气温度各天之间的偶然变化和季节变化因素得到一定程度消除，突出了耀斑影响的平均效应．耀斑日时序叠加平均温度值的变异系数，在上述各高度上分别为 0.03、0.03、0.02、0.01、0.01．

二、数据结果的分析和讨论

1. 图 1 所示为在 $H_p = 12$、9、7 各高度上，对不同纬度用时序叠加平均后所得到的结果．横坐标上的 0 日为耀斑日，耀斑前的各日用负号表示．纵坐标取三天以前各天时序叠加值的 10 天平均为基准值，图上示出了耀斑日及其前两天与后两天，各天的时序叠加平均值与基准值之差．由图可见，在各纬度的中间层上部高度范围内(约 70—85km)，在耀斑爆发日前后的一、两天内，大气温度都有明显减小的特征 ($H_p = 11$ 高度上的温度变

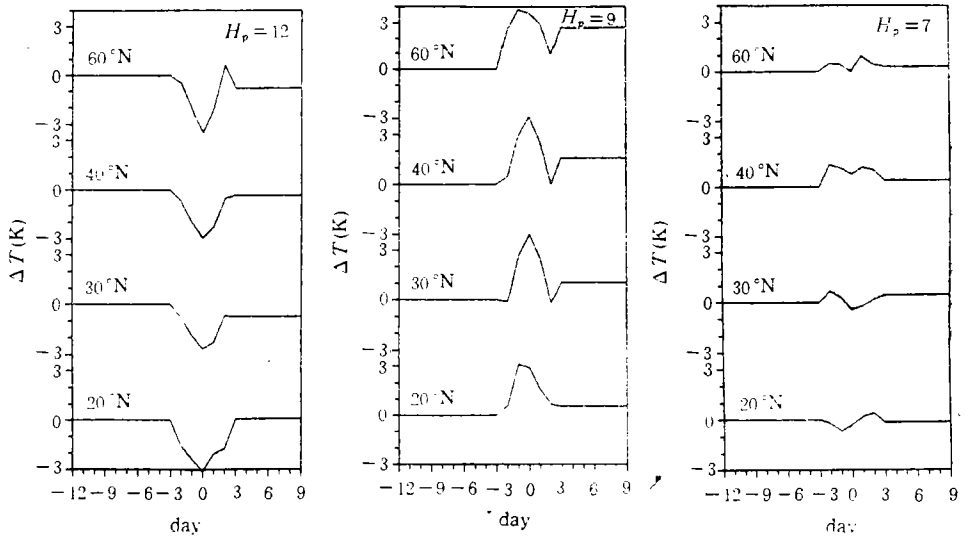


图 1 耀斑期间中层大气温度的变化

Fig. 1 The atmospheric temperature variation during the Solar flares

化特征，类似 $H_p = 12$)。在 83km 附近，平均约降低 3°—4°，在 77km 附近，平均约降低 2°—3°。在中间层下部高度范围内，在耀斑爆发日前后的一、两天内，各纬度上的大气温度则有明显增高的特征，在约 64km 附近，平均约增高 3°—4°。在平流层以下的高度范围内(约 50km 以下)，大气温度的变化已不呈现明显的影响，只有约 1° 左右的不规则起伏。($H_p = 6$ 高度上的温度变化特征，类似 $H_p = 7$)，作者认为，这是偶然性因素引起的。

2. 上述的结果表明，耀斑爆发对中间层大气不同高度上的影响不同，但对同一高度而言，在较宽的纬度范围内，又有完全相似的特征。由于受到地磁场的制约，太阳辐射的高能粒子部分，对中高层大气的影响主要在极区，然后通过大气过程传输到中低纬度，有不同的延迟时间，因而呈现出纬度差异。这里所观察到的在各纬度上同时显现相似特征的现象，应当认为是耀斑爆发时的电磁波辐射的影响所致。对于中层大气而言，主要考虑 1000—4000 Å 的紫外辐射的影响。

3. 中层大气的温度分布主要由辐射平衡的机制所控制。在 40—80km 之间，通过 O_3 吸收的辐射热大大超过 O_2 吸收的辐射热，在 90km 以上 O_2 吸收的辐射热才显著超过 O_3[2,3]。在太阳耀斑活动期间所伴随的远紫外辐射增强 (EUV 爆发)，主要是在 300—1500 Å 波长区，它将有利于 O_2 的光离解而促使 O_3 浓度增加。其中的 Lyman α 强辐射，在中间层上部也能通过水汽离解产生的奇氢成份 (H、OH、HO_2) 的催化损耗作用，促使 O_3 浓度减小[4,5,8]。在中间层下部因水汽的离解吸收作用已减弱，才能使 O_3 的浓度增加。在平流层顶以下的高度上，由于 EUV 辐射已被整个中间层大气吸收殆尽而不呈现明显影响。文献[6]的定量计算结果表明，太阳的紫外辐射增强能使 57km 以上的 O_3 浓度减少及 57km 以下的 O_3 浓度略有增加。这也有助于说明我们所观察到的现象。

4. 关于温度变化超前于 Hα 耀斑的原因[7,8]。在 Hα 耀斑爆发之前的“前位相”阶段，随着日冕等离子体的热辐射增强，伴随有逐渐增强的远紫外辐射和软 X 射线。空间观测表明，EUV 爆发包含有非热起源的脉冲形态和准热起源的逐渐发展形态，至少在 Hα 耀斑爆发之前的几分钟至几十分钟已能被观察到。此外，在 Hα 耀斑爆发前频繁出现的微耀斑也发出 EUV 辐射。目前空间观测尚未能确定在 Hα 耀斑爆发前有显著 EUV 辐射的详情，但在地面对太阳的长期观测中，早已观测到在 Hα 耀斑爆发前的一两天就有暗条活动现象。太阳活动区的“暗条激活”常被作为耀斑爆发的前兆，不知暗条活动是否也与 EUV 辐射有一定联系。

三、结　论

1. 在太阳耀斑爆发前后的一两天内，中间层大气上部有明显降温，而中间层大气下部则有明显增温。平流层顶以下的大气没有明显影响。

2. 耀斑对大气温度的影响，在 60°N—20°N 的广大地区各高度上都同时存在。

3. 耀斑爆发时的温度效应，是由于耀斑爆发期间太阳的远紫外辐射增强，和它们在中层大气内的臭氧光化学过程而造成的。

4. 上述的温度效应表明，在 Hα 耀斑爆发之前的一两天内，太阳活动区已有较显著

的 EUV 辐射发出.

在本文写作过程中,得到田剑华、张旸、蔡红昌等同志的帮助,在此致谢.

参 考 文 献

[1] IAU Quartely Bulletin on Solar Activity. 1979—1982.
[2] Park, J. H. and J. London, *J. Atmos. Sci.*, Vol. **31**, p. 1898, 1974.
[3] Mlymczak, G. G., *J. Geophys. Res.*, Vol. **98**, p. 10517, 1993.
[4] Hood, L. L. and J. L. Jirikowic, *J. Geophys. Res*, Vol. **96**, p. 7565, 1991.
[5] Solomon, S. and P. J. Crutzen., *J. Geophys. Res.*, Vol. **88**, p. 1140, 1981.
[6] Frederick, J. E., *Planet. Space Sci.*, Vol. **25**, p. 1, 1977.
[7] 胡文瑞等,太阳耀斑,科学出版社,1993.
[8] Hanssen, E. T. and A. G. Emslie, The Physics of Solar Flares, Cambridge University Press, 1988.

THE INFLUENCE OF SOLAR FLARE ON THE TEMPERATURE OF THE MIDDLE ATMOSPHERE

Yu Hai-ren Ma Rui-ping

(*Center for Space Science and Applied Research, Academia Sinica, Beijing* 100080)

Abstract

Using the NIMBUS-7 SAMS GRID-T data, the variations of the middle atmosphere temperature induced by solar flare events classed larger than 3.5 during 1979—1982 is discussed. The results show that the temperature of the upper mesosphere is obviously decreased and that, of the lower mesosphere is obviously increased, while the stratospheric temperature does not varies obviously, within sevaral days around the Hα flare bursts day.

Key words Middle atmosphere temperature, Solar flare