第16卷 第4期 空间科学学报 Vol.16, No.4
1996 年 10 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Oct., 1996

日冕中的Ⅲ型爆发源与行星际磁场线的比较*

纪树臣 曹文达
(中国科学院云南天文台，昆明 650011)
魏奉思
(中国科学院空间科学与应用研究中心)

摘 要

本文将 Nancay Mark Ⅲ射电日像仪 1980 年 3 月至 1981 年 9 月高空间、高时间分辨率观测资料作了处理，发现日冕中大多数Ⅲ型爆发源都集中在黄道面附近；分布在黄道面北面的Ⅲ型爆发多于南面，西面多于东面；92.0% 的Ⅲ型爆发源分布在黄纬 40°以内．这些源与同期的 ISEE－3 飞船射电频谱仪获得的行星际磁场线相比对，发现行星际磁场的黄纬分布同Ⅲ型爆发源的分布有明显的对应关系．证实了行星际Ⅲ型爆发与日冕中的Ⅲ型爆发源的密切关系．

关键词 日冕，Ⅲ型爆发，行星际磁场

一、引 言

Ⅲ型射电爆发是太阳粒子加速机制和行星际等离子体辐射过程的最基本探针之一[1]，观测和研究Ⅲ型射电爆发源可以获得日冕和行星际等离子体的重要几何参数和物理参数[2－4]．Wild[5]最先指出，太阳射电Ⅲ型爆发产生于太阳抛射的快速粒子，是快速粒子穿过日冕时，与途中所遇到的等离子体相碰撞，而产生的不同频率的等离子体辐射所致．Ginzburg 和 Zheleznyakov[6]在理论上解释了 Wild 的观测和想法。七十年代初，Lin 等人[7－11]先后证实了引起Ⅲ型爆发的快速电子的能量为几 keV 至几十 keV，均来自太阳耀斑．

正是基于这样的思想，七十年代后期在 ISEE－3 飞船和 Voyager 飞船上设置了射电频谱仪，对于行星际磁场线进行了首次测量．由于Ⅲ型射电爆发源沿着磁场线运动，因此，根据 ISEE－3 飞船上测出的射电源轨迹，便可画出行星际磁场线的轨迹．由于观测仪器技术条件的限制，至今还不能证实行星际磁场线来自太阳上的具体活动区．

我们采用法国 Nancay Mark Ⅲ射电日像仪的观测资料，在巴黎 Meudon 数据中心

* 国家自然科学基金资助．
本文于 1995 年 7 月 11 日收到，修改稿于 1996 年 2 月 6 日收到．

进行处理，观测频率为169MHz，日冕高度为1.30 $R_{\odot}$. 这样，来自太阳活动区的高能快速电子穿过日冕时，在1.30$R_{\odot}$高度的日面上定格，得出日冕中Ⅲ型射电爆发源的纬度分布. 与同期的ISEE－3飞船上测得的行星际Ⅲ型射电爆发源轨迹相比较，从而证实了行星际磁场线与日冕中Ⅲ型射电爆发源的密切关系.

二、日冕中的Ⅲ型射电爆发源

ISEE－3飞船在1980年1月至1981年8月处于最佳观测位置，因此，Nancay Mark Ⅲ射电日像仪的观测资料也选在这一时期. 这一时期日像仪的东西向分辨率为1.2′. 而南北向分辨率在一年中是变化的，因此在研究高经度处源的二维结构分布时，观测资料限定在3月15日至9月15日之间. 此期间南北向分辨率处于最佳状态，即2.7′ — 4.3′之间.

工作在169MHz的Nancay Mark Ⅲ射电日像仪，每秒钟可提供东西向和南北向日面图25张，且具有偏振测量，共获得Ⅲ型射电爆发源188个，分布在表1的47个爆发群内.

爆发频谱的证认采用同时期的SGD资料和Nancay射电频谱仪的观测资料.

表1 Ⅲ型射电爆发群的日面位置

日 期	时 段(UT) h m s--h m s	型 别	日面位置 东西	日面位置 南北	高 度 ($R_{\odot}$)
1980.3.28	12 15 02 12 16 21	$Ⅲ_{G}$	20.2	3.2	1.4893
3.31	12 58 45 12 59 08	$Ⅲ_{G}$	17.8	−4.9	1.4954
4.05	09 44 24 09 44 50	$Ⅲ_{G}$	19.9	−4.7	1.4538
	10 24 40 10 24 52	$Ⅲ_{G}$	22.7	−1.3	1.5529
	10 41 22 10 42 00	$Ⅲ_{G}$	22.7	−2.7	1.5190
6.29	10 41 20 10 45 00	$Ⅲ_{GG}$	18.0	−7.0	1.2986
8.22	11 24 00 11 29 04	$Ⅲ_{GG}$	−16.5	3.0	1.0207
	11 39 58 11 40 50	$Ⅲ_{G}$	−16.5	0.2	0.9867
	12 12 56 12 13 22	$Ⅲ_{G}$	−16.5	−0.2	0.9900
	13 08 44 13 09 44	$Ⅲ_{GG}$	−16.5	−0.2	0.9900
9.29	11 35 32 11 36 02	$Ⅲ_{G}$	20.0	7.0	1.7736
	13 30 40 13 32 20	$Ⅲ_{G}$	19.0	10.0	1.7360
9.30	11 48 40 11 51 30	$Ⅲ_{GG}$	−16.5	−1.5	1.0225
1981.3.15	09 54 30 09 55 40	$Ⅲ_{GG}$	−15.5	7.0	1.2260
3.22	11 42 20 11 43 50	$Ⅲ_{GG}$	17.0	0.6	1.0469
	12 06 10 12 06 36	$Ⅲ_{G}$	17.5	2.4	1.1144
3.25	10 50 30 10 51 00	$Ⅲ_{G}$	22.0	−3.5	1.3859
	11 27 10 11 29 10	$Ⅲ_{GG}$	22.5	−2.4	1.3646

续表

日　期	时　段(UT) h m s—h m s	型　别	日面位置 东西　南北	高　度 (R_s)
	11 31 38 11 33 00	Ⅲ$_{GG}$	22.0　−2.4	1.3339
	13 06 24 13 07 36	Ⅲ$_{GG}$	22.5　0.0	1.4591
4.07	12 08 00 12 09 20	Ⅲ$_{G}$	− 15.5　8.0	1.4819
4.26	11 15 50 11 17 10	Ⅲ$_{G}$	19.0　−6.0	1.3031
5.03	12 05 56 12 06 58	Ⅲ$_{G}$	17.5　2.0	1.0716
5.08	11 27 10 11 28 00	Ⅲ$_{G}$	− 15.5　4.0	1.0275
	12 19 00 12 19 50	Ⅲ$_{G}$	− 15.5　6.0	1.2128
5.14	11 21 16 11 22 50	Ⅲ$_{G}$	16.3　−3.2	1.0218
5.27	10 31 00 10 31 20	Ⅲ$_{G}$	− 15.8　−0.3	1.0063
	11 36 00 11 38 00	Ⅲ$_{GG}$	− 16.0　−1.5	0.9831
6.11	09 39 56 09 40 56	Ⅲ$_{GG}$	− 17.0　1.6	1.1764
7.29	10 45 08 10 45 36	Ⅲ$_{B}$	21.5　−0.4	1.3467
	10 53 00 10 53 20	Ⅲ$_{G}$	18.0　−0.4	1.1141
7.31	12 05 48 12 07 00	Ⅲ$_{G}$	23.0　0.0	1.3730
8.02	09 57 16 09 58 10	Ⅲ$_{B}$	− 19.0　1.2	1.3292
8.03	12 18 40 12 19 06	Ⅲ$_{G}$	− 23.0　−3.0	1.4206
	12 48 20 12 49 16	Ⅲ$_{G}$	− 23.0　−4.5	1.4674
8.23	12 26 00 12 26 32	Ⅲ$_{G}$	23.5　−0.5	1.4154
8.24	09 34 20 09 34 28	Ⅲ$_{G}$	− 19.0　0.0	1.5378
	09 38 00 09 40 30	Ⅲ$_{GG}$	− 19.0　0.0	1.5086
	13 07 32 13 08 02	Ⅲ$_{G}$	− 17.5　1.4	1.2683
	13 19 24 13 20 00	Ⅲ$_{G}$	− 18.0　−1.3	1.0314
	13 51 14 13 51 42	Ⅲ$_{G}$	− 20.0　−1.6	1.3675
8.31	09 56 00 09 56 30	Ⅲ$_{GG}$	21.0　−0.3	1.3258
	10 55 10 10 56 34	Ⅲ$_{G}$	17.5　−2.3	1.0920
9.01	11 36 52 11 37 58	Ⅲ$_{G}$	27.0　4.0	1.7639
9.05	11 54 40 11 56 50	Ⅲ$_{GG}$	19.5　1.0	1.1759
	12 26 10 12 26 58	DCIM	16.5　0.5	0.9883
	13 18 40 13 19 10	Ⅲ$_{GG}$	19.5　1.5	1.2345

三、同行星际Ⅲ型射电爆发源轨迹的比较

1978— 1985年，ISEE−3飞船上的射电频谱仪共测得数万条行星际Ⅲ型射电爆发源轨迹．其中，以1980年1月至1981年8月测量的结果最为典型．此期间，ISEE−3

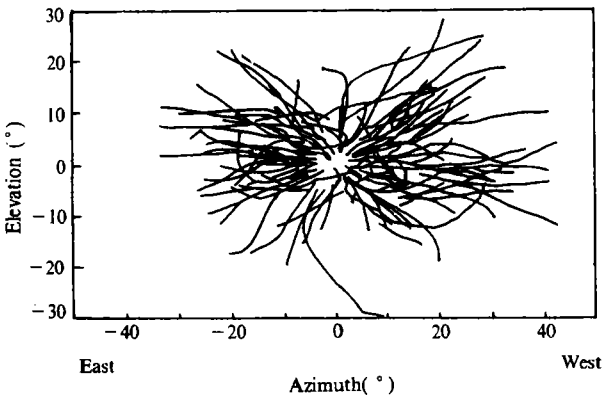

图1 行星际磁场线的纬度分布

Fig.1 Latitude distribution of interplanetary magnetic field line

飞船在拉格朗日点地球向着太阳大约 10^6km 处，Dulk 等人对该时段观测到的行星际Ⅲ型爆发资料首先进行了处理，获得有价值的行星际磁场线 120 条．如图 1 所示．

本文的研究，试图找出行星际Ⅲ型爆发源起源于日冕中Ⅲ型爆发源的证据，因而采用了 Dulk 等人[12]给出的结果．由于两者共同观测的时段处于太阳活动 21 周峰年期，因而资料比较典型丰富．

由于 Dulk 等人测得的行星际Ⅲ型爆发源轨迹是在黄道坐标系．为便于比较，将 Nancay Mark Ⅲ射电日像仪测得的同期Ⅲ型爆发源的日面位置换算成黄道坐标系，并作 188 源的纬度分布，如图 2 所示．

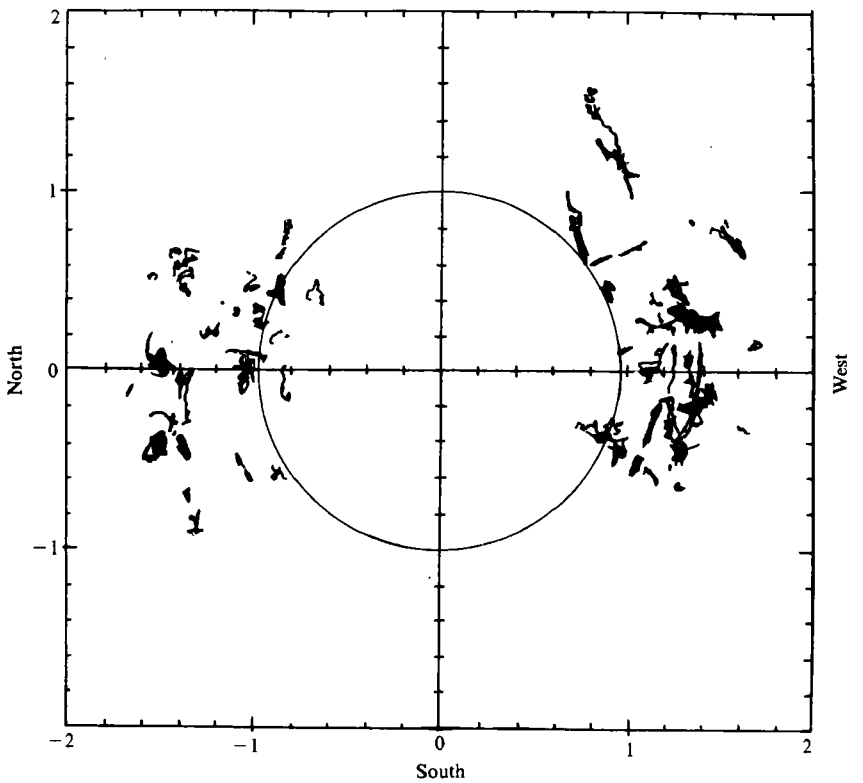

图2 日冕中Ⅲ型爆发源的纬度分布

Fig.2 Latitude distribution of Type Ⅲ burst sources in the corona

日冕中 169MHz 的Ⅲ型爆发源的平均高度为 $1.30R_{\odot}$，而 ISEE−3 飞船上的射电频谱仪测量的行星际Ⅲ型爆发的频谱范围为 1980 — 160kHz，对应的行星际磁场范围为

0.03—0.4AU. 0.03AU对应的行星际磁场线的根为6.45$R_\odot$. 因此，如果行星际Ⅲ型爆发源起源于日冕中的Ⅲ型爆发源，日冕中的1.30$R_\odot$处的Ⅲ型爆发源同6.45$R_\odot$处的行星际Ⅲ型爆发源应该连接上.

从理论上讲，日冕中的Ⅲ型爆发源和行星际中的Ⅲ型爆发源的产生机制及其传播理论是一致的，而且是相连的，但还需观测证实. 由于观测技术条件的限制，至今日冕中的Ⅲ型爆发源和行星际Ⅲ型爆发接不上. 因此，只能从两者的纬度分布特征上进行比较分析，从中找到证据. 下面从图1和图2纬度分布的四个方面进行比较:

1. 黄道面分布的比较　从图1和图2纬度的总体分布上看，行星际磁场线和日冕中的Ⅲ型爆发源均有集中在黄道面的明显特征. 图1中靠近两极区磁场线明显减少，在一定仰角处均拐向黄道面分布. 图2中的Ⅲ型爆发源分布则更为明显地集中在黄道面附近. 两极区及其附近的区域均无Ⅲ型爆发源.

2. 黄道面南北的分布比较　图1中黄道北面的行星际磁场线为71条，黄道南面为49条，北面多于南面; 图2中黄道北面的Ⅲ型爆发源为112个，南面为76个，北面也多于南面. 两者是对应的.

3. 黄道面东西的分布比较　图1中黄道西面的行星际磁场线为62条，黄道东面为58条，西面多于东面; 图2中黄道西面的Ⅲ型爆发源为113个，东面为75个，西面也多于东面. 两者也是对应的.

4. 纬度分布的比较　图1中，在40°以内的行星际磁场线，西北纬有29条，西南纬有27条，东北纬有25条，东南纬有22条，共计103条，占总数的85.8%; 图2中的Ⅲ型爆发源在40°以内，西北纬有56个，西南纬有45个，东北纬有41个，东南纬有31个，总共有173个，占总数的92.0%. 两者也是对应的.

从以上比较分析可以看出，日冕中的Ⅲ型爆发源同行星际磁场线有明显的对应关系. 尽管我们不能确认哪个Ⅲ型爆发源对应哪条行星际磁场线，但从纬度的分布上已经证实了行星际Ⅲ型爆发源与日冕中Ⅲ型爆发源的密切依赖关系.

致谢　在资料处理中，得到了巴黎－默东天文台太阳射电组的大力支持，在此表示感谢.

参　考　文　献

[1] Leblanc, Y. and V. J. Bernard, Basic Plasma Processes on the Sun (Ed. by E. R. Priest and V. Krishan), Pergamon Press, p. 509, 1990.
[2] Raoult, A. and M. Pick, *A. Ap.*, Vol. **87**, p. 63, 1980.
[3] Bougeret, J. L. et al., *Solar Phys.*, Vol. **90**, p. 401, 1984.
[4] Reiner, M. J. and R. G. Stone, *A. Ap.*, Vol. **206**, p. 316, 1988.
[5] Wild, J. P., Australian *J. Sci. Res.* Vol. **A3**. p. 541, 1950.
[6] Ginzburg, V. L. and V. V. Zheleznyakov, *Sov. Astron.* Vol. **2**, p. 653, 1958.
[7] Lin, R. P., *Solar Phys.*, Vol. **12**, p. 266, 1970.
[8] Lin, R. P., *Space Sci. Rev.*, Vol. **16**, p. 187, 1974.
[9] Alvarez, H. et al., *Solar Phys.*, Vol. **26**, p. 468, 1972.
[10] Frank, L. A. and D. A. Gurnett, *Solar Phys.*, Vol. **27**, p. 446, 1972.
[11] Lin, R. P. et al., *Astrophys. Lett.*, Vol. **14**, p. 191, 1973.
[12] Dulk, G. A. et al., Proc. 19th ESLAB Symposium on Three-Dimensional Structure of the Heliosphere (Ed. by H. P. Wenzel and R. G. Marsden), Pergamon Press, p. 102, 1985.

TYPE Ⅲ BURST SOURCES IN THE CORONA AND COMPARISONS WITH THE INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD LINES

Ji Shu-chen Cao Wen-da

(*Yunnan Observatory, Academia Sinica, Kunming* 650011)

Wei Feng-si

(*Center for Space Science and Applied Resarch, Academia Sinica*)

Abstract

In this paper, some high spacial and temperal resulation data observed with the Nancay Mark Ⅲ Radio heliograph in the period of 1980 March— 1981 September are processed. It is found that a great number of Type Ⅲ burst sources in the corona are centralized near the ecliptic. Type Ⅲ burst sources located in the north of the ecliptic are larger in number than those in the south; the west are larger in number than the east. For 92.0% Type Ⅲ burst sources are located within 40° of the ecliptic. After a comparison with the interplanetary magnetic field lines obtained with the radio spectrograph on board ISEE-3 in the same period, it is discovered that there are clear corresponding relations on latitude distribution between Type Ⅲ burst sources in the corona and the interplanetary magnetic field lines. It is evidene that the interplanetary Type Ⅲ burst sources originate from Type Ⅲ burst sources in the corona.

Key words Corona, Type Ⅲ burst, Interplanetary magnetic field