

空间射电天文观测研究

李春生

(南京大学天文系)

提 要

本文评述了空间射电天文观测研究的新发现和成果。综合介绍了太阳、三大行星(地球、木星和土星)以及银河系的空间超长波观测方法和观测得到的物理特征,比较了三大行星千米波辐射的异同,讨论了当前空间射电天文观测的局限性和对未来的展望。

一、引 言

1963年在超越地球电离层以外的太空飞行器 Aloutte-1 号卫星上首先观测到太阳射电爆发^[1],揭开了空间射电天文观测的历史;从那时起到现在,已经发射了30个以上与射电天文观测有关的人造卫星或宇宙飞船,取得了大量有科学意义的研究资料。空间射电天文探测的特点是避免了地球电离层对长无线电波(波长大于30米)的截止作用和地面的强电磁干扰,从而把射电天文观测扩展到30米波以外的百米波、千米波、万米波甚至于十万米波。但是,空间射电天文探测,迄今仍然受到太空飞行器发射重量以及银河系中自由电子自由-自由吸收的限制,前者使装置在飞行器上的接收天线只能采取轻便的偶极子天线,而后者则因自由-自由吸收是与波长的平方成正比,射电波长越长,吸收也越大,这样就使空间射电天文探测达不到深远的宇宙空间而局限于银河系内,主要是对太阳、地球、木星和土星等射电辐射,获得一批新的发现和新的成果。

二、太阳射电爆发的空间观测

最常装载在太空飞行器上的射电天文观测仪器是工作波长从约1百米到几千米波段内的多通道动态频谱仪,使用的天线是长度从几十米到几百米的偶极天线(可以观测太阳和行星的射电爆发)。利用上述仪器进行对太阳射电爆发的空间观测表明:具有漂移特征的Ⅲ型和Ⅱ型爆发是日地空间最常见的射电现象,这些爆发产生的空间范围从距太阳表面0.1AU到1AU左右。这些区域就是日冕性质从日面近乎固体自转的情况改变为行星际介质中的共旋特征,而且磁场结构的开放形式也得到了充分发展。

1. Ⅲ型爆发的跟踪观测

快速漂移的Ⅲ型太阳射电爆发是由能量为10—100keV的电子流所产生的,电子流从太阳喷出并沿着开放的磁力线运行到行星际空间。因此跟踪观测这样的射电源也就可以描

绘出这些电子流运行所沿磁力线的轨迹。利用飞行器的自旋,可以使装在自旋面 XY 面(垂直于自旋轴 Z) 内偶极天线接收射电源的辐射功率受到调制,如图 1 所示,当对准射电源 S 时,接收功率为极大 A_{max} ,转过 180° 后为极小 A_{min} ,根据自旋周期的大小,连续观测就可决定源的方位角 φ (在 XY 面内),这样所得的方位角精度可达 1° 。如果再在自旋轴方向装置一偶极天线,还可确定射电源的仰角 θ (相对于自旋面而言)[2],仰角的符号可以从两个天线接收信号的比对中得到。在此基础上,利用射电频率 f 直接同激发电子流周围等离子

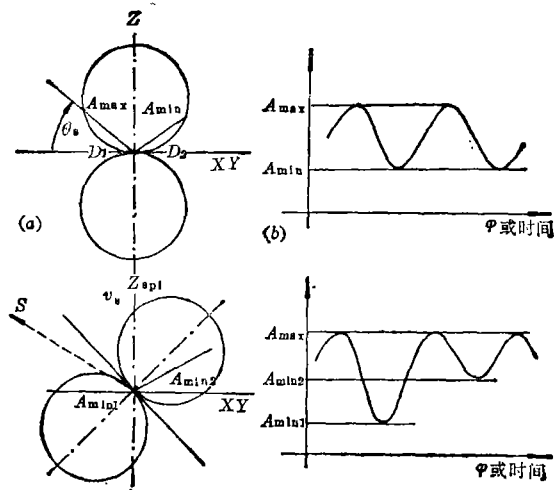


图 1. (a)装在飞行器自旋面(XY 面)内偶极天线的辐射方向图与射电源 S 的位置;
(b)射电源的辐射调制图形[2]。

密度 $N(R)$ (电子数/厘米³)有关的公式 $f = 2f_p = 18\sqrt{N_e(R)}$ kHz (二次谐波),只要能给出电子密度沿径向距离 R 的分布 $N(R)$,就可测定 III 型爆发源的空间三维位置。显然,如果知道飞行器对日心的径向距离 R ,根据上式,还可测定电子密度的三维分布 $N(R, \theta, \varphi)$ 。

图 2(a)表示 1971 年 6 月 19 日飞行器 IMP-6 观测到的 III 型射电爆发的一部分动态频谱。插入的右图显示出 250kHz 频率上的自旋调制图形。由于自转平面平行于黄道面,所以方位角是在该面内量度的[3]。图 2(b)表示借助电子密度模型和自旋调制方法,每隔 5 分钟所描绘出的 III 型爆发源的螺旋轨线[3]以及行星际磁场的螺旋性质。

根据单个飞行器的观测,不能唯一地确定爆发源对日心的径向距离。通过两个相隔很远的太空飞行器进行三角测量可以消除这一困难。

根据轨道绕太阳的 Helios-1 和 Helios-2 号宇宙飞船以及轨道绕地球的 IMP-8 和 Hawkeye 卫星跟踪(波长 > 300 米)三维 III 型爆发的立体定向测量,得到下面一些重要结果:

(1) III 型射电爆发是产生在 Helios-1 和 -2 号飞船对太阳风等离子密度测量所得当地等离子频率二次谐波附近。如图 3(a)所示,随着频率的降低和对日距离的增加,射电爆发的到达方向出现系统的向东偏移,从而表明 III 型爆发源的阿基米德螺旋轨道性质。图 3(b)表

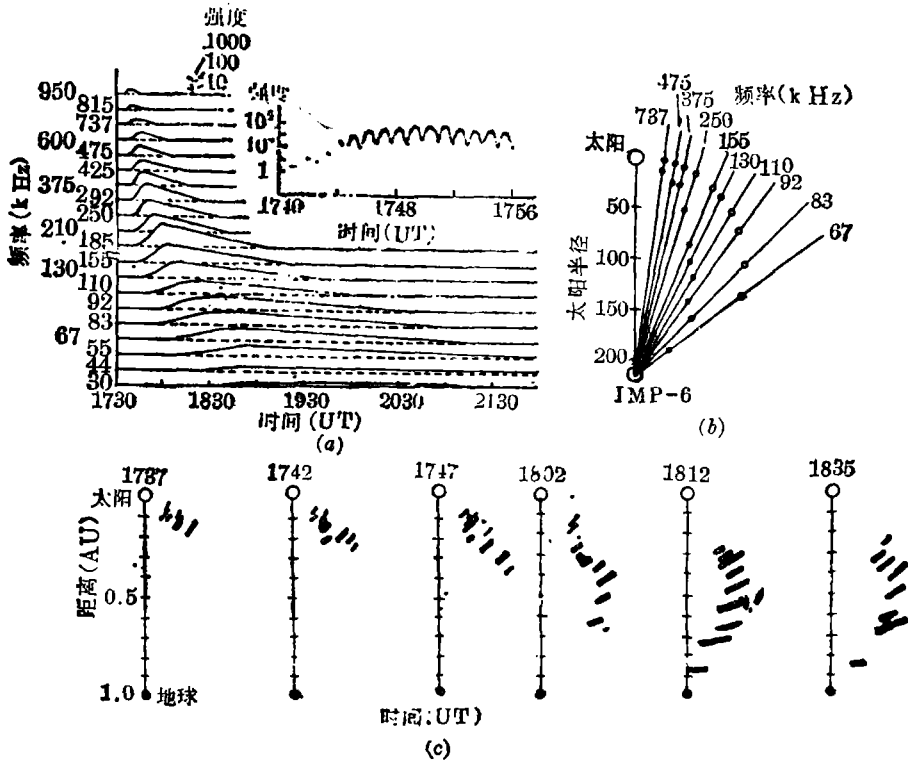


图 2. (a) III型射电爆发的动态频谱和天线自旋产生的调制图形(右上方);
 (b)借助电子密度模型和自旋调制确定的方向,每隔5分钟所描绘出的螺旋轨道。

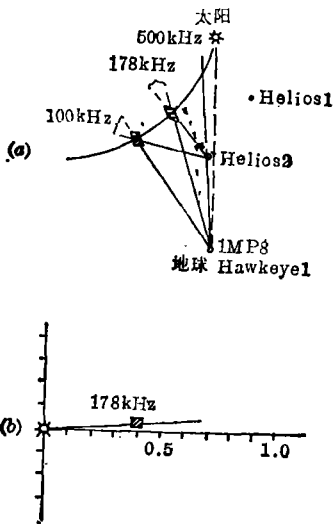


图 3. (a)由IMP-8, Hawkeye-1和Helios-2三角测量决定的III型爆发源位置在黄道面内的投影[6];(b)观测到的III型爆发源在黄经面内位置,表明III型源的轨道接近黄道面[6]。

示 Hawkeye-1号卫星测得黄道外 III型轨道在黄经圈上的投影[6]。

(2)由等离子振荡导得的90个III型射电爆发表明,在日心距0.5AU以内,曾经发现电场很强的振荡(场强梯度1—10毫伏/米)。在1AU以外,观测到场强约100微伏/米的弱事件。场强振幅随 $(1/R)^{1.4}$ 而变化[7],这些观测解释了为什么很少在地轨处观测到有与III型爆发共生的等离子振荡的原因。由此可见,空间射电天文观测不仅可以对了解太阳外层大气中过程,而且可以对重要性日益增长的日地关系的研究课题作出贡献。

(3)空间射电天文观测为理论预测提供了有利的验证。Helios-1和-2号飞船的空间原位测量得到了与III型爆发共生的强电子等离子振荡,从而证实了金兹堡等在1958年提出的III型爆发起源于等离子振荡机制的理论[8]。1979年2月17日,

ISEE-3号飞行器在1AU附近观测到与Ⅲ型爆发共生的高能电子流和朗缪尔波(电子等离子波)，这是空间射电天文观测对太阳物理的又一大贡献[9]。根据ISEE-3号的观测，还第一次得到与行星际磁场平行的电子速度 v_{\parallel} 的一维速度分布函数 $f(v_{\parallel})$ 。这一分布函数曲线随着时间而变化，曲线上的正斜率部分的起始时刻对应于朗缪尔波的起始时刻[9]。由于电子流中电子速度的弥散，速度快的电子要比速度慢的电子到达得早，形成尾部分布上的驼峰，导致朗缪尔波增长的不稳定性，直接支持了电子流经过行星际等离子体时激发朗缪尔波，通过非线性相互作用转化为Ⅲ型射电辐射的过程设想。

2. Ⅱ型爆发观测

Ⅱ型射电爆发是耀斑产生的激波穿经日冕向外传播时所激发的等离子辐射。这种爆发的频漂率同激波速度有关。地面观测到的Ⅱ型爆发只能达到十米波涉及的 $\lesssim 5R_{\odot}$ 的高度上。1971年在IMP-6卫星上第一次用千米波在距太阳 $37R_{\odot}$ 处记录到Ⅱ型爆发[10]。1972年8月7日—8日，还在该卫星上观测到一个大耀斑激波产生的Ⅱ型爆发事件，该事件持续了两天，从日冕一直运行到地球附近，并引起地磁暴的急始，激波传播的平均速度为1,270公里/秒，Ⅱ型爆发辐射频率随太阳距离而减小，如图4所示[10]。Voyager-1和-2号飞船曾在 $20R_{\odot}$ 到1AU之间距离上，记录到激波产生的231米波Ⅱ型爆发。这一事件中所有波长上的爆发极大对应于 $\sim 10\text{keV}$ 电子的冲击，而爆发衰落却是同 $5\text{--}6\text{keV}$ 电子的随后到达一致的[11]。

利用在150米到1万米波长范围内工作的动态频谱仪，ISEE-3号飞行器进行了Ⅱ型爆发的观测，从所得资料的分析中，证认出1978年9月到1981年12月期间出现的37个行星际Ⅱ型爆发事件，并得到下面一些结果[12]，在行星际Ⅱ型爆发事件前出现有衰变时

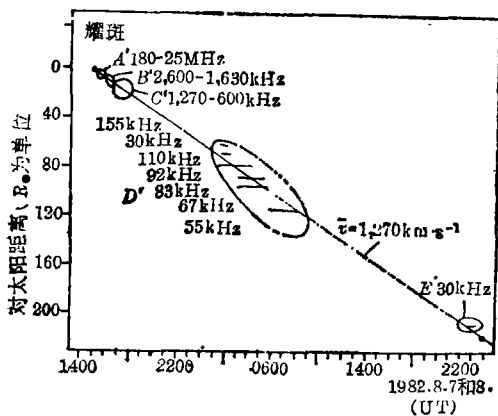


图4. 1972年8月7日—8日IMP-6飞行器和地面观测得到的Ⅱ型射电爆发演化图[10]。

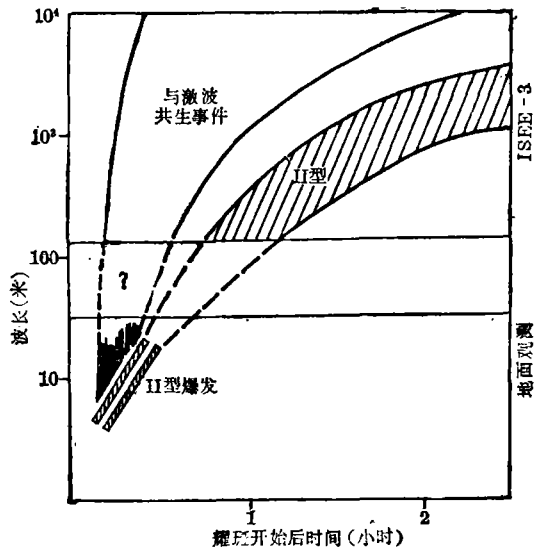


图5. 具有人字形结构的米波Ⅱ型爆发与千米波Ⅱ型爆发之间的关系示意图[12]。

间长而且很强的软 X 射线以及米波 II 型或 IV 型爆发，或两者兼而有之。米波爆发一般很强并呈现人字形结构，这种结构也可延伸到千米波上而显示为快速漂移的射电特征（参看图5）；这些事件称为激波共生的射电事件，它们对于强激波和粒子加速的重要诊断。大多数行星际 II 型爆发是与高能粒子事件共生的。高能太阳激波的平均运行速度是 800 公里/秒，相应的运行时间约 2 天。初步分析表明，激波共生事件同白光瞬变现象可能存在着很高的相关性[12]。

三、行星的空间射电天文观测

空间射电天文探测，发现了地球、木星和土星都发出很强的超长波非热射电辐射，从而为比较行星天文学的研究揭开了新的一页。

1. 极光千米波辐射 (AKR)

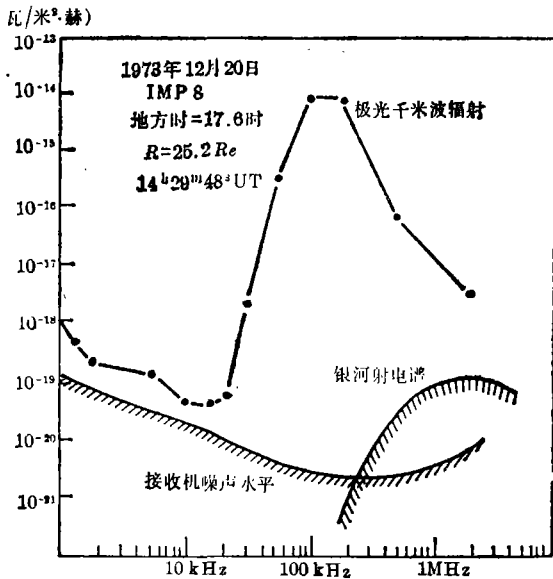


图 6. 1973 年 12 月 20 日 IMP-8 太空飞行器在距地 25.2 R_e 处观测到的 AKR 射电频谱。

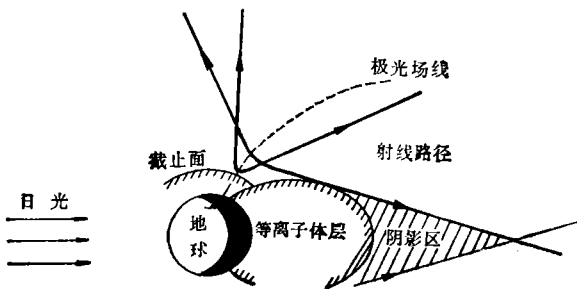


图 7. AKR 的源区和射线路径示意图。

极光千米波辐射的研究是介于天文学和地球物理学之间的一个边沿课题。由于地球磁层中发生的等离子体物理过程也会在其他行星大气中产生，因而这种研究实际上也具有重要的天文意义。

早在 1965 年就发表了 ЭЛЕКТ-POH2-和-4 号卫星的观测资料，第一次证实了从地球磁层有逃逸的射电辐射，并在 130—414 米波段内观测到与地球磁暴有着密切共生关系的射电爆发[13]。不过，一直到 1974 年，在对 IMP-6, IMP-8 和 DAPP 卫星等广泛的观测资料分析后，才发现它主要发生在千米波段，所以我们称为地球千米波辐射 (TKR)[14]，其后又以它与极光弧有密切的共生关系而定名为极光千米波辐射 (AKR)[15]。图 6 表示 IMP-8 太空飞行器在距地球 25.2 R_e 处 (R_e 为地球半径)，当地黄昏观测到的极光千米波辐射射电频谱[14]，它的射电流量约为 10^{-18} — 10^{-14} 瓦米⁻²·赫⁻¹。图 7 为极光千米波辐射源区和射线路径示意图。

根据近年来空间飞行器在近地距离内的观测表明：

- (1) 极光千米波辐射是产生在高纬

度极光区中与分立极光弧共生的强电磁辐射。它与倒 V 形电子沉降事件相关性很好[14],[15][16]。ISIS-1 号在远地点 3,500 公里处观测到夜间极光区的强 AKR 源区,最常出现在磁地方时 $22^{\text{h}}00^{\text{m}}$ 和纬度 70° 处[17]。

(2) 虽然 AKR 一般是由右旋偏振的 RX 模和左旋偏振的 LO 模两种分量所组成的,但是通常占优势而很强的分量为 RX 模[18],[19]。ISIS-1 号卫星观测资料表明,当源区的等离子频率 f_p 对回旋频率 f_B 的比值从 0.1 改变到 1.3 时,AKR 的特征发生一系列重大的变化,最显著的是当 f_p/f_B 由较小值改变到较大值时,辐射可从 RX 模占优势转变为 LO 模占优势。

(3) AKR 的典型频率范围是由 >10 千赫到 700 千赫,即波长范围从 430 米到约 3,000 米。正常情况下,峰值频谱出现在 ~ 200 到 300 千赫中(参看图 6)。

(4) AKR 产生的源区高度随地磁活动而不同,一般认为是处在沿着磁力线从高度 3,000 公里到大约 1,200 公里的范围内。辐射频谱的精细结构还表明,尺度为 100 公里的辐射源以平均速度 5—10 公里/秒不断向极区电离层下落[20],而且源的运动紧密地同平行场与电场的形成和结构有联系[20]。

自从 AKR 发现以来,提出过众多的理论解释,然而其中最引人注目的是美籍华人吴京生教授等在 1979 年提出“电子回旋脉泽”机制理论,该机制所需的电子分布函数,已由 ISIS-1 和 S3-3 卫星的观测所证实,从而促进了它的发展[17]。

2. 木星射电辐射的新发现

1955 年 Burke 和 Franklin 偶然在频率 22.2 兆赫上首次发现了木星的十米波爆发[21],其后地面观测又记录到木星的分米波非热射电辐射。此后直到 1973 年利用 RAE-1 和 IMP-6 太空飞行器才第一次检测到木星的百米波辐射[22]。但是把木星的空间射电天文观测推向更高水平的研究,还是在于 Voyager-1 和 Voyager-2 宇宙飞船与木星的相遇以后实现的,它们为研究木星的射电辐射提供了大量宝贵的资料。在这两个飞船上装置有一对互相垂直的 10 米长电单极天线,联接到一个工作在从 1.2 千赫到 40.5 兆赫频率范围内的动态频谱仪,这一仪器系统可以独立地接收左旋和右旋圆偏振波[22]。观测资料分析表明,Voyager-1 和 -2 至少发现三种新辐射成分;即宽带千米波辐射、窄带千米波辐射和弧状十米波辐射[23]。空间观测得到的木星各种射电辐射成分的频谱如图 8 所示。各种辐射成分的主要特征分述如下:

(1) 十米波辐射(记作 DAM) 十米波辐射是木星射电辐射中最强的部分,峰值流量的相应波长为 30 米,短波端截止波长为 8 米(见图 8)。它在动态频谱图上的显著特征是成群出现的弧状结构,组成了很强的、有周期性的噪暴。弧的形状、弧顶频率和频率范围是中央子午线经度(CML)和木卫一位相的函数。观测表明有两种弧形结构,一种是“大弧”,它的曲率半径较大,频率常延伸到 20 兆赫以上,以右旋椭圆偏振为主;它们对应于受到木星自转和木卫一位置强烈调制的辐射。另一种是“小弧”,主要集中在比 20 兆赫要低的频率,弧形弯曲更大,偏振旋向决定于中央子午线经度。“大弧”同辐射源的太阳时角无关,但“小弧”却表现有周日关系和与中央子午线有关。DAM 辐射强烈依赖于观测者纬度的关系,这证明了辐射的尖锐纬度聚束效应。上述弧状结构都有着几分钟的寿命和重复周期。

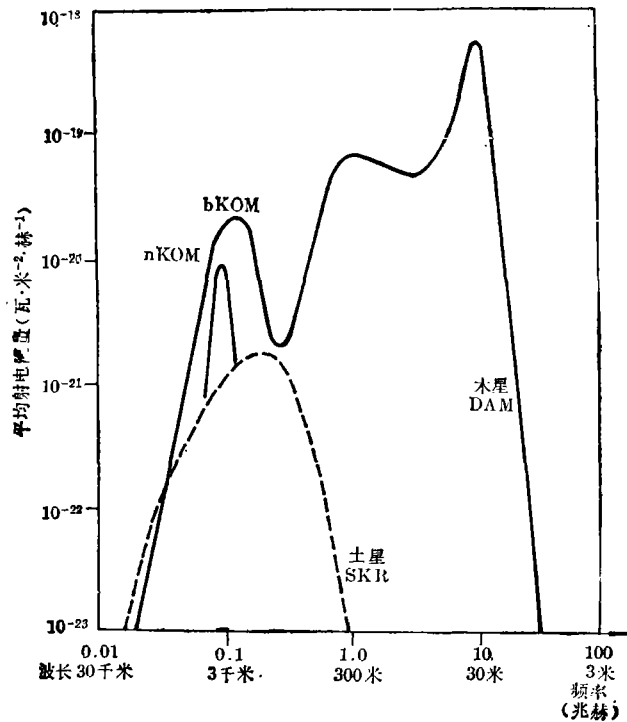


图 8. 木星和土星的平均射电流量谱(观测者与行星距离归一化到 1AU)。

(2) 百米波辐射(记作HOM) 百米波辐射特征大致与十米波者相似,特别是“弧形结构”。它的峰值流量对应波长约在 300 米附近。HOM 是太阳风控制的主要辐射,但同木卫一无关。

(3) 宽带千米波辐射(记作 bKOM) 这种辐射的频率范围从 5 千赫(波长 60 千米)到 1 兆赫(波长 300 米)的宽频带内,因而取名为宽带辐射。它在 70 千赫附近流量达极大。辐射呈现爆发式的和漂移的特征。它的动态频谱、射电流量谱以及出现概率轮廓都是 CML 的函数,这显示出决定于观测者-木星-太阳所张角度(地方时)和观测者纬度的关系。大多数 bKOM 出现在以 200° 为中心的 CML 范围中(北半球),当从日照半球观测时,这些辐射是左旋偏振的,但从背阳半球观测时,不仅变为右旋偏振,而且测得的 bKOM 平均强度和高频极限都减小了。在 20° 的 CML 附近,对于南木面纬度的观测者有时还可看到南半球的 bKOM 源。上述观测现象的解释符合于这样的模型,即以左旋圆偏振波模发射的北半球 bKOM 源是处在木星北半球昼侧电离层上空区域中,当这些 bKOM 辐射穿经或通过木卫一等离子环面时,所受到的折射很可能影响 bKOM 的频谱特征。

(4) 窄带千米波辐射(nKOM) 它只产生在可同木卫一等离子体环面边沿附近电子等离子频率比拟的窄频带范围内(50—180千赫)。辐射强度要比 bKOM 的弱些;nKOM 讯号不是爆发式的,而是缓升缓落的,在不同的时间观测到不同旋向的偏振。根据 Voyager 在木星最接近点附近观察的几何关系以及辐射重复周期和木星自转周期的一致性,有人

推断 nKOM 是从木卫一等离子体圆环面的外层发射出来的[17]。为了便于比较起见, 图 9 绘出了 DAM 源(位于联结木卫一圆环面的某磁流管中), 和两个可能的 bKOM L-O 模源的位置示意图[17], 表 2 则给出空间观测所得木星各种射电辐射的主要特征[23]。

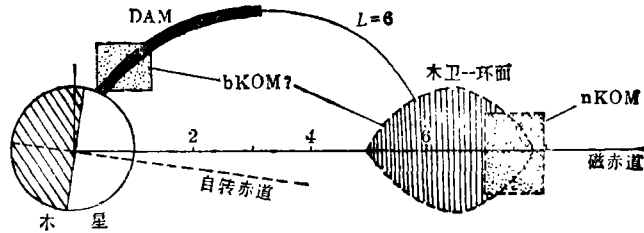


图 9. 木星各种射电源的可能位置示意图[17]。

表 1 木星各种射电辐射的主要特征[23]

辐射成分	十米波和百米波 (DAM-HOM)	宽带千米波 (bKOM)	窄带千米波 (nKOM)
频率范围	~0.2—39.5兆赫	~10—100千赫	40—200千赫
偏振	圆或椭圆偏振; $f > 20$ 兆赫主要为 RH, $f < 20$ 兆赫, 混合偏振。	圆或椭圆偏振。昼侧上空集中在 $CML = 200^\circ$ 附近为 LH。夜侧上空则为 RH。	北磁纬为 LH, 南磁纬为 RH。
峰值流量 (在1AU等效距离)	10兆赫上 为 5×10^{-8} 瓦·米 ⁻² ·赫 ⁻¹	60千赫上 为 $\sim 10^{-19}$ 瓦·米 ⁻² ·秒 ⁻¹	100千赫上 为 2×10^{-19} 瓦·米 ⁻² ·赫 ⁻¹
平均各向同性的等效总功率	4×10^{11} 瓦	$\sim 5 \times 10^8$ 瓦	$\sim 10^6$ 瓦
动态频谱	每一频率上具有寿命几分钟的弧状漂移特点; 在某些 $Io-CML$ 上有时出现毫秒级爆发。	迭加在慢漂移上的短脉冲爆发, 频率越低, 寿命越长。	平滑窄带辐射
起源	极光电离层和内磁层中等离子体不稳定性。可能是 Io 等离子体环面 L-壳层的 R-X 模。	极光电离层或内磁层中的等离子体不稳定性。可能以 L-O 模在白昼扇区出现。	在 Io 等离子体圆环面外层附近内磁层低纬度上的等离子体不稳定性。

3. 土星的非热射电辐射

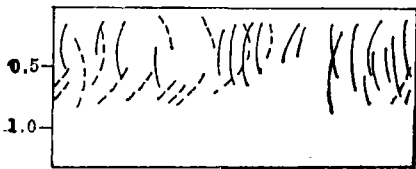
在经历了 20 年之久的搜索以后, 1980 年终于由 Voyager 飞船发现了土星的非热射电辐射[24]。土星的非热射电辐射包含三种成分, 其中两种起源于环绕土星的磁层等离子体中, 第三种可能是由于土星大气中的雷暴所产生的。三种成分的主要特征列于表 2 中。

这里主要介绍一下土星的千米波辐射 (SKR)。1980 年 1 月, Voyager-1 和 -2 号飞船分别在距土星 2AU 和 3AU 较远的距离上第一次观测到土星的非热射电辐射, 由于辐射集中在 50 千赫到 500 千赫的宽千米波范围内而被称为土星千米波辐射 (SKR), 它的峰值强度出现在 ~ 175 千赫处 (图 8)。这种辐射表现出时标从几秒到几分钟的爆发, 在动态频谱图上也可看到类似木星 DAM 中的弧形结构, 如图 10 所示, 但并不像 DAM 中那样常见。

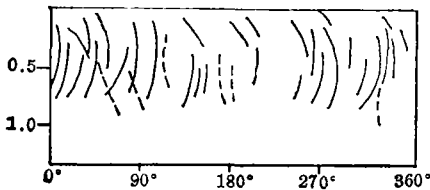
表 2 土星三种非热射电成分特征的比较[25]

特 性	千米波辐射 (SKR)	静电放电 (SED)	低 频 辐 射	
			(逃逸的)	(俘获的)
频率范围	3千赫到1200千赫	~20千赫到>40兆赫	3到100千赫	300赫到3千赫
总功率 (各向同性)	10^8 — 10^{10} 瓦	10^7 — 10^{10} 瓦	~ 10^6 瓦	~ 10^7 瓦
动态频谱特征	弧形和其他复杂结构	通常为非偏振,有时为混合的。	寻常波模	?
重复周期	10时39.4分,25天	~10时10分	~10时40分	无
起 源	低到中高度的昼侧极尖区	大气闪电	接近等离子片梯度	

(1) 土星千米波辐射受到三种调制作用: 第一种是 SKR 中最显著的成片射电爆发强度的涨落, 利用 SKR 中这种强度的调制可以确定



(a) Voyager-1 在与土星最接近点观测到的弧形结构[25]。



(b) Voyager-1 在与土星最接近点后观测到的弧形结构[25]。

图 10

土星共旋磁场的周期为[10.66 小时, 并由此定义出新的土星经度系统, 通常称为 SLS (1980)[26]。第二种是与土卫四(Dione)自转周期一致的 66 小时调制, 这种调制除与土卫四的位相有关外, 还同频率有紧密关系。土卫四与木卫一同处在各自的大行星磁层以内, 它们分别对大行星射电辐射的调制作用, 第一次显示了卫星在天体物理上的特殊意义。但是木卫一的调制作用是使木星射电辐射得到增强而非削弱, 而且木卫一的调制与频率无关, 也不是间歇现象, 这是木卫一与土卫四调制作用的不同之处。第三种是太阳风的影响, 它使得 SKR 的强度所受到的调制与太阳风压力的 25 天周期同步, 图 11 表示 Voyager-2 在 1981 年观测得到太阳风对土星压力(虚线)与 SKR 强度(实线)的比较[25], 充分证实了这一论断。太阳风参量与 SKR 关系的统计分析表明, 太阳风的冲压是土星射电能量输出的主要驱动源, 这同太阳风对地球 AKR 的影响有类似之处。

(2) 土星的 SKR 同 AKR 虽有类似之点, 但也有某些显著的差别。[SKR 与 AKR 虽都是相对太阳定位的, 但不同的是 SKR 还有随经度而变的调制, 极大强度出现在某一经度(100°)区转经土面起始子午线的时候。SKR 的源区最可能集中于纬度 70°, 地方时 11^h00^m 附近。辐射源的位置同电子回旋频率的辐射区一致, 因此高度上的弥散类似于 AKR [17]。

最后, 为易于比较起见, 我们用表的形式(表 3)列出了地球、木星和土星三大行星空间射电观测的特征。

表 3 行星空间射电观测小结

特 性	地 球	木 星			土 星
	AKR	bKOM	nKOM	DAM	SKR
1. 频率范围	50—700千赫	20—1,000千赫	50—175千赫	0.5—40兆赫	3—1,200千赫
2. 平均功率	30兆瓦	400兆赫	50兆瓦	6,000兆瓦	1,000兆瓦
3. 辐射模式	R-X	L-O	?	R-X	R-X
4. 源 位 置 (北半球)	22 ^h 00 ^m 70°纬度	高纬昼侧	木卫一—环面外 层	木卫一—磁流 管和极区	昼侧尖顶区

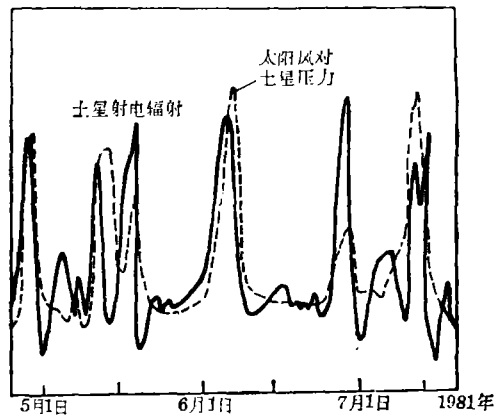


图 11. 1981年 Voyager-2 测得的 SKR 强度(实线)与太阳风对土星压力(虚线)的比较[25]。

四、银河系的空间射电观测

在 RAE-2 射电天文探测器 2 号绕月球运行期间,利用月掩射电源的方法,得到了两个银极方向、银心方向和反银心方向上的射电频谱[27]以及银河系射电辐射的轮廓图。该射电频谱确定了银河电子的自由-自由吸收对频率低于 250 千赫的辐射产生锐截止(见图 12)。在 9 兆赫和 1.31 兆赫之间银河亮度分布基本上与以前地面观测和 RAE-1 观测所导得的盘-晕模型(disc-halo model)一致[28]。日本发射的 ISS-b 卫星利用地(球)掩源的作用,可以区别出银心方向和反银心方向的射电辐射,并得到强度分布相似的谱,但前者的强度要高一个量级[29]。

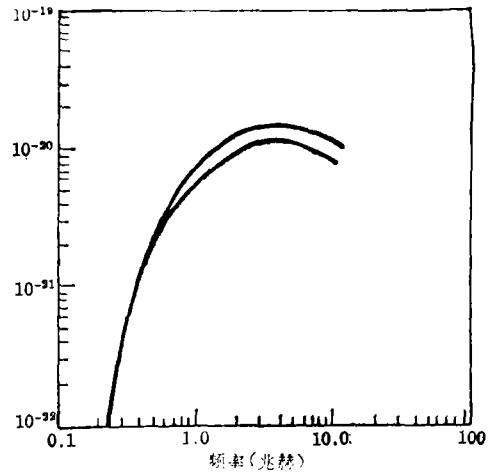


图 12. RAE-2 观测到的银心和反银心方向上的射电亮度谱[27]。

五、结 束 语

综上所述,迄今为止,空间射电天文观测研究,对于太阳以及地球、木星和土星的射电物理获得了新的发现和认识,对日地空间和行星际空间物理取得更全面的了解,为比较行星天文学的发展作出了重要贡献。可以预期,当 Voyager-2 到达天王星最近的相遇点时,将会揭开天王星是否与上述三大行星那样存在类似的磁层和非热射电爆发之“谜”。显然,这些观测发现,对于太阳系天体的射电物理本质,从而对太阳系天体的起源和演化将具有极其重要的意义。

虽然目前空间射电天文的观测研究成果,还主要局限于太阳系内的天体,但是它的发展前景却是不可估量的。一旦大型天线系统发射上天以后,人类就可立即把空间射电天文观测的波长缩短到厘米波或毫米波,从而克服银河系空间电子的自由-自由吸收,把观测对象扩展到银河系外遥远的天体。在观测技术上就可大大促进空间与地面或空间与空间甚长基线干涉测量的发展。设想把直径几公里的单个抛物镜天线发射上天,组成相距几个天文单位的超长基线射电干涉仪,那么它的空间分辨本领和灵敏度将比现有地面大射电干涉仪提高几百万倍以上,由此可以探测极其遥远而微弱的宇宙射电源,描绘出这些源的三维图像,并精确地测定这些源的距离和运动速度,为天体物理学和宇宙学作出划时代的贡献。当然利用发射上天的较小直径(例如 100 米)抛物镜,在绕地球运行的轨道上也可以建立多个天线组成的环带系统,即空间综合孔径系统,这样便可迅速地获得射电源的观测图像,拍出描绘射电源处在运动变化中的“电影”。凭借这些新技术,人类对宇宙天体的观测研究领域将空前地拓宽了。一个最吸引人的课题首先是探索地外文明世界和外星人的活动讯息。科学发展的进程表明,上述各种设想的实现将为期不远了。

参 考 文 献

- [1] Hartz, T. R., *Ann. d' Astrophys.*, **27** (1964), 831.
- [2] Stone, R. G., in *Radio Physics of the Sun*, 405, ed. by M. R. Kundu and T. E. Gergely, D. Reidel Publ. Co., (1980).
- [3] Fainberg, J. et al., *Science*, **178** (1972), 743.
- [4] Webber, R. R. et al., *Solar Phys.*, **54** (1977), 431.
- [5] Webber, R. R. et al., *Solar Phys.*, **59** (1978), 377.
- [6] Gurnett, D. A. et al., *J. Geophys. Res.*, **83** (1978), 4147.
- [7] Gurnett, D. A. et al., in *Radio Physics of the Sun*, 369, ed. by M. R. Kundu et al., (1930),
- [8] Gurnett, D. A. and Anderson, R. R., *Science*, **194** (1976), 1159.
- [9] Lin, R. P. et al., *Astrophys. J.*, **251** (1981), 364.
- [10] Malitson, H. H. et al., *Astrophys. J.*, (1973), L35.
- [11] Boischoit, A. et al., *Solar Phys.*, **65** (1980), 397.
- [12] Simnett, G. M., *Solar Phys.*, **104** (1986), 67.
- [13] Benediktov, E. A. et al., *Kosm. Issled.*, **3** (1965), 614.
- [14] Gurnett, D. A., *J. Geophys. Res.*, **79** (1974), 4227.
- [15] Gurnett, D. A., in *Magnetospheric Particles and Fields*, ed. by B. M. McCormac, D. Reidel Publishing Company, (1976).

- [16] Green, J. L. et al., *J. Geophys. Res.*, **84** (1979), 5216.
[17] Benson, R. F., *J. Geophys. Res.*, **90** (1984), No. A3, 2753.
[18] Gurnett, D. A. and Green, J. L., *J. Geophys. Res.*, **83** (1978), 689.
[19] Shawhan, S. D. and Gurnett, D. A., *Geophys. Res. Lett.*, **9** (1982), 913.
[20] Morioka, A. et al., *J. Geomagnetism and Geoelectricity*, **33** (1981), 37.
[21] Burke, B. F. and K. L. Franklin, *J. Geophys. Res.*, **60** (1955), 213.
[22] Carr, T. D. et al. in *Physics of the Jovian Magnetosphere*, 226, ed. by A. Dessler, (1983).
[23] Alexander, J. K., *Space Res.*, **3** (1983), No. 3, 17.
[24] Kaiser, M. L. et al., *Science*, **209** (1980), 1283.
[25] Kaiser, M. L. et al., in *Saturn*, 383, ed. by T. Gehrels and M. S. Matthews, The University of Arizona Press, (1984).
[26] Desch, M. D. and Kaiser M. L., *Geophys. Res. Lett.*, **8** (1981), 253.
[27] Novaco, J. C. and Brown, L. W., *Ap. J.*, **221** (1978), 114.
[28] Steinberg, J. L., *Transactions of the IAU*, Vol. XVIIA (1979), Part 3, p. 165.
[29] Kotaki, M. et al., *J. Res. Labs. Japan*, (1981), 20.

(责任编辑 刘金铭)

A Review on Space Radio Astronomy

Li Chunsheng

(Department of Astronomy, Nanjing University)

Abstract

This paper reviewed the new discoveries and progress in space radioastronomy which rose in the early 1960s. It described the low frequency space radio observations and results of the sun, three planets (Earth, Jupiter, and Saturn), and the Galaxy. Furthermore, it also concerned the present limitations and future perspectives in space radio observations.