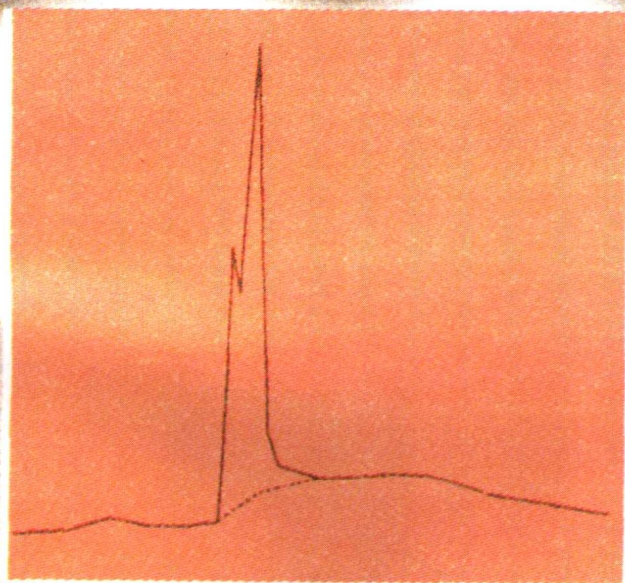


太阳射电微波爆发

赵仁扬 金声震 傅其骏 著



科学出版社

内 容 简 介

本书共分四篇十三章。第一篇为绪论，简要描述了太阳射电天文学概况以及与之有关的太阳物理学部分。第二篇为仪器，扼要介绍了射电天文望远镜和太阳射电高时间分辨率观测方法。第三篇为观测，综述了微波爆发特征及其快速精细结构。第四篇为理论，略述了等离子体特性、辐射的发射和吸收机制以及理论模型。

本专著可供天体物理学、等离子体物理学和空间物理学的科研工作者，以及有关学科的研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

太阳射电微波爆发/赵仁扬等著. —北京: 科学出版社,
1997. 7
ISBN 7-03-005654-X

I. 太… II. 赵… III. 太阳射电爆发: 太阳微波爆发
IV. P162. 11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 17593 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1997 年 7 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1997 年 7 月第一次印刷 印张: 19 3/4

印数: 1 700 字数: 522 000

定价: 40.00 元

前 言

太阳射电微波爆发,在太阳射电天文学中,占有极其重要的学术地位.而太阳射电天文学,则既是射电天文学又是太阳物理学这两门学科的主要组成部分.尤其是,近年来所发现的太阳射电微波爆发中的快速精细结构(含尖峰辐射),则更是目前国际上太阳射电物理学中的热门研究课题.况且,我国科研单位(各天文台和有关大学)目前所从事的太阳射电观测研究,又几乎都集中于这个微波爆发的范畴之中.可是,尽管国外已先后出版了多本有关太阳射电天文学的学术著作,但专门论及微波爆发的书籍迄今尚未问世.由此可见,论述太阳射电微波爆发的专著,具有极为重要的学术意义和实用价值.

因此,本专著的宗旨就是,在作者多年的科研基础上,对太阳射电研究工作做一个学术总结,并将太阳射电微波爆发这门重要学科,全面深入地介绍给天体物理学及其有关学科(例如等离子体物理学、空间物理学等)的科学家们.相信本书在太阳射电的研究上,将会产生一定的影响.

本书共分四篇十三章.第一篇(含第一章和第二章)为“绪论”,由赵仁扬执笔.第二篇(含第三和第四章)为“仪器”,由金声震执笔.第三篇为“观测”,包含第五章、第六章和第七章,分别由赵仁扬、傅其骏和金声震执笔.第四篇(含第八、第九、第十、第十一、第十二和第十三章)为“理论”,由赵仁扬执笔.全书的最后定稿,由赵仁扬负责.

本书的出版获得中国科学院科学出版基金和国家自然科学基金的资助.在本书出版基金的申请过程中,受到中国科学院数理学

部主任、北京天文台名誉台长王绶琯院士和台长李启斌研究员的大力支持,作者表示衷心的感谢.

赵仁扬

1995 年 8 月于中国科学院

目 录

第一篇 绪 论

第一章 太阳射电天文学概况	(1)
第一节 发展历史	(1)
第二节 内容概述	(4)
一、宁静太阳射电	(5)
二、太阳缓变射电	(6)
三、太阳射电爆发	(9)
第三节 微波爆发研究意义	(17)
第四节 结束语	(18)
第二章 太阳概述	(20)
第一节 太阳大气	(21)
一、光球	(21)
二、色球	(23)
三、日冕	(24)
第二节 太阳活动	(26)
一、黑子	(27)
二、谱斑	(28)
三、耀斑	(30)
四、日珥	(35)

第二篇 仪 器

第三章 射电天文望远镜	(37)
第一节 射电望远镜和射电天文学发展简史	(37)
第二节 射电望远镜的性能	(40)
一、灵敏度	(41)
二、角分辨率	(42)
三、频率分辨率	(44)

四、时间分辨率	(45)
五、偏振性能	(46)
六、小结	(50)
第三节 射电信号和接收系统	(51)
一、射电信号的数字特征	(51)
二、相关函数和功率谱的关系	(52)
三、线性系统	(54)
四、平方律检波	(57)
五、接收机的灵敏度	(61)
六、接收机的稳定度	(66)
七、各种类型射电接收机	(68)
第四章 太阳射电高时间分辨率观测方法	(77)
第一节 太阳射电微波爆发总功率接收系统	(77)
一、北京天文台微波爆发高时间分辨率研究工作	(77)
二、总功率接收系统的设计	(79)
三、接收系统的放大器	(82)
四、接收系统的数字电路	(85)
五、实时系统控制和数据采集程序	(94)
六、计算机脱机数据管理和分析软件	(96)
第二节 密云综合孔径相加模式系统	(98)
一、概况	(98)
二、密云米波综合孔径射电望远镜简介	(99)
三、相加模式设计概念	(103)
四、总体设计	(111)

第三篇 观 测

第五章 微波爆发的观测特征	(125)
第一节 一般特征	(125)
第二节 微波爆发分类	(129)
一、基本分类	(129)
二、演化阶段	(132)
三、细致分类	(135)
第三节 微波爆发特性	(142)

一、强度和持续时间	(142)
二、流量密度频谱	(146)
三、赵、M、S 给出的 f_p 和 t_r 关系	(152)
四、偏振特性	(159)
五、吸收特性	(173)
六、谐波结构	(183)
七、空间特性	(189)
第四节 微波爆发与其它事件的关系	(216)
一、与米波射电爆发的关系	(216)
二、与光学耀斑的关系	(221)
三、与 X 射线爆发的关系	(224)
第五节 小结	(244)
第六章 微波爆发中的快速时间结构	(246)
第一节 引言	(246)
一、微波爆发中不同时标的时间结构	(246)
二、不同时标的物理过程	(248)
三、快速时间结构研究的发展及分类	(250)
四、微波快速精细结构的可靠性	(252)
第二节 微波尖峰辐射	(255)
一、微波尖峰辐射的观测特征	(256)
二、尖峰辐射与其它太阳活动现象的关联	(280)
三、产生微波尖峰辐射的物理图像	(334)
第三节 微波 II 型爆发	(339)
一、II 型爆发的一般特征	(339)
二、微波 II 型爆发的发现及观测特征	(345)
第四节 微波高频端的精细结构	(361)
一、毫米波段爆发的精细结构	(362)
二、短厘米波段爆发的精细结构	(375)
第五节 裂化模型和微耀斑	(380)
一、微耀斑理论的实测基础	(380)
二、微耀斑理论简介	(382)
第七章 尖峰辐射和 FFS 的偏振、频漂以及准周期振荡	(386)
第一节 尖峰辐射偏振状态的快速变化	(386)

一、概况	(386)
二、观测	(388)
三、讨论	(398)
第二节 FFS 和尖峰辐射的快速频率漂移	(402)
一、概况	(402)
二、观测	(403)
三、讨论	(408)
第三节 FFS 和尖峰辐射中的准周期振荡	(415)
一、概况	(415)
二、观测	(417)
三、讨论	(430)

第四篇 理 论

第八章 太阳(大气)等离子体特性	(435)
第一节 基本等离子体参数	(435)
一、固有频率	(436)
二、固有速度	(438)
第二节 电子密度和电子温度	(440)
一、电子密度和温度的经验分布	(440)
二、赵仁扬给出的电子温度和密度模型	(441)
第三节 能量分布函数	(443)
第四节 磁场	(444)
一、磁场的经验分布	(445)
二、无力场	(446)
三、偶极场	(448)
四、赵仁扬推导的爆发源中的磁场公式	(449)
第五节 太阳等离子体中的波模	(456)
一、各向同性热等离子体中的波模	(457)
二、各向异性冷等离子体中的波模	(458)
三、MHD 波模	(461)
四、共振波模	(462)
第九章 辐射传播和转移方程	(464)
第一节 辐射在各向异性冷等离子体中的传播	(464)

一、基本方程	(465)
二、特殊方向上的传播	(468)
三、截止和共振	(470)
四、CMA 图	(472)
五、磁离子模式	(474)
第二节 辐射转移方程	(478)
第十章 辐射的发射和吸收机制	(482)
第一节 概述	(482)
第二节 辐射过程定性简介	(487)
一、亮温度和偏振	(487)
二、具体的辐射过程	(489)
第三节 韧致辐射和 f-f 吸收	(492)
一、Gaunt 因子	(493)
二、热电子的韧致辐射和 f-f 吸收	(495)
三、磁场效应	(496)
第四节 磁回旋发射	(497)
第五节 回旋加速发射和回旋共振吸收	(501)
一、热电子的回旋共振发射和吸收	(501)
二、日冕中的磁回旋吸收	(504)
三、赵仁扬给出的局部射电源模型	(506)
第六节 (回旋)同步加速发射和 Razin-Tsyтовich 抑制	(510)
一、热电子的回旋同步加速发射和吸收	(512)
二、幂律电子的回旋同步加速发射和吸收	(515)
三、幂律电子的同步加速发射和吸收	(518)
四、Razin-Tsyтовich 抑制	(520)
第七节 等离子体辐射	(520)
一、第一阶段: Langmuir 湍流的产生	(521)
二、第二阶段: 射电波的产生	(523)
第八节 赵仁扬对爆发辐射机制的研究	(505)
一、微波爆发的源参数	(505)
二、微波爆发的辐射参数	(531)
第十一章 不稳定性 and 相干发射	(539)
第一节 微观湍流和波粒共振	(539)

第二节 简正模分析	(541)
第三节 等离子体不稳定性分类	(541)
第四节 几个重要的等离子体不稳定性	(543)
一、川流(束流)不稳定性	(543)
二、速度各向异性不稳定性	(545)
三、电阻不稳定性	(547)
第五节 相干发射、负吸收和电磁波放大	(548)
第十二章 快速尖峰辐射的发射机制	(551)
第一节 概述	(551)
第二节 等离子体波-波相互作用机制	(553)
一、快慢等离子体波耦合机制	(553)
二、高混杂波相干波-波耦合机制	(556)
三、我们的研究	(561)
第三节 电子回旋脉泽(不稳定性)机制	(563)
一、ECM 的基本特征	(563)
二、损失锥(分布)各向异性	(564)
三、波-粒共振条件	(566)
四、ECM 增长率	(570)
五、脉泽饱和	(575)
六、各波模各谐波上的脉泽发射和逃逸	(577)
七、我们的研究	(582)
第十三章 微波爆发理论模型	(592)
第一节 磁俘获模型	(592)
第二节 双成分模型	(595)
第三节 热模型	(596)
第四节 耀(斑)环模型	(597)
第五节 小结	(602)
参考文献	(603)

第一篇 绪 论



第一章 太阳射电天文学概况

太阳射电天文学诞生于 20 世纪 40 年代^[1-4],是射电天文学和太阳物理学之间的一个新兴的交叉学科. 太阳射电天文学是利用太阳射电望远镜来观测研究太阳的射电辐射,结合太阳的其它电磁波辐射与粒子发射的资料,进一步揭示太阳的物理本质.

太阳射电天文学自问世以来,在为期不长的半个世纪中,发展极为迅速,观测仪器和技术方法日臻完善,资料积累与日俱增,理论探讨逐步深化,在实际应用中也取得一系列重大成果. 所有这些,极大地丰富了科学知识的文献宝库. 不仅为射电天文学和太阳物理学作出了巨大贡献,而且对推动无线电物理学、等离子体物理学、地球物理学和空间物理学等有关学科的发展,也发挥了重要的作用.

第一节 发展历史

1942 年世界大战期间,英国防空部队发现波长为 4—6m 的炮瞄雷达有时突然受到强烈的电波干扰,以后经过 J. S. Hey 的调查研究^[5],终于明白了这种莫名其妙的电波并非来自地球上的人为干扰,而是起因于太阳上的天然现象. 并发现这种太阳射电辐射竟然意外地比 6000K 的黑体辐射强烈得多,而且它与日面上的太阳活动(例如黑子和耀斑等)密切相关. 几乎同时, G. C. Southworth 又独立发现,太阳在波长较短的 3—10cm 的波段中,也会发射相

当稳定的射电辐射,其强度对应于 18000K 的黑体辐射.紧接着, G. Reber 又在 1.9m 的波长上,接收到太阳日冕所发出的射电辐射.到了 1944 年, G. Reber 首次发表了关于太阳射电的文章^[6].从此,一门崭新的科学——太阳射电天文学便宣告诞生了.

1946 年 2 月,当太阳上出现大黑子群时, E. V. Appleton 和 J. S. Hey 凭借射电望远镜的观测,进一步证实了强烈的太阳射电辐射的确与太阳耀斑密切相关.此后,一些天文台站便开始了系统的太阳射电观测研究.不过,当时采用的仪器是一些空间分辨率和时间分辨率都相当低劣的简单射电望远镜.然而,为了连续接收太阳射电辐射的总流量密度,这种低分辨率的射电望远镜,目前在许多波长上仍然被广泛地使用着.而且,就是依靠这些简陋的设备,当时就已经发现了“未受扰动”的太阳射电辐射在逐渐缓慢地变化着;而在太阳“受扰动”期间,则会出现剧烈瞬变的“射电爆发”,这种太阳射电爆发通常与太阳耀斑有着不可分割的内在联系.

同在 1946 年, L. L. McCready、J. L. Pawsey 和 R. Payne-Scott 以及 M. Ryle 和 D. D. Vonberg 首次测量了米波太阳射电爆发源的角径,发现这种射电辐射起源于一个与黑子差不多大小的区域之中.而且, L. L. McCready 等人还确定了这种辐射源的位置,发现它们位于黑子群邻近.他们与 D. F. Martyn、E. V. Appleton 和 J. S. Hey 以及 M. Ryle 和 D. D. Vonberg 等人一道指出,这种太阳射电辐射呈现出强烈的圆偏振.同年日食期间,借助于月掩日面所提供的高分辨率, A. E. Covington 通过在分米波段中的观测,发现太阳射电的“缓变成分”与黑子和谱斑有着紧密的关系.在此期间,对太阳射电的观测研究日益频繁起来.

到 1950 年, J. P. Wild 和 L. L. McCready 首次将第一架频谱分析仪引进到太阳射电的观测中来^[7],因而在太阳射电爆发的研究领域中,获得了突破性的进展.通过这种太阳射电频谱仪的观测,表明在米波段中,存在着多种不同类型的射电爆发,它们是起源于太阳大气中的各种不同的物理过程.

1953 年, W. N. Christiansen 和 J. A. Warburton 又将多天线

干涉仪应用到太阳射电观测中^[8],使观测的空间分辨率大为提高,从而使“宁静”太阳射电和“缓变”射电的研究取得关键性的进展.依据这些仪器的观测,进一步表明太阳射电的厘米波缓变射电与黑子相关,是起源于黑子上方的区域;而分米波缓变射电则与谱斑有关,是产生于谱斑上方的区域之中.

从此以后,通过大量的观测研究,积累了丰富的资料,从而促进了世界上许多国家的太阳射电工作广泛、深入的开展.所采用的观测波段,已从 2mm 扩展到 40m. 尤其是在国际地球物理年(IGY)(1957—1958)和国际宁静太阳年(IQSY)(1964—1965)期间,这门问世不久的太阳射电天文学的发展更是日新月异.

以后,为了突破地球大气对太阳射电波的限制,又采用了火箭和卫星的地外高空观测,从而进一步扩展了太阳射电的可测频谱范围.

为了进一步提高空间分辨率,以后又逐步改进了观测的技术和方法.例如,改变干涉仪的位置排列,从简单干涉仪发展成复合干涉仪,制成了相位和扫频辐射计和干涉仪,造出了偏振计,同时采用了获得射电源亮度分布的 Fourier 综合技术方法.另外,又从时间分辨率和频谱分辨率的提高上,改进了观测设备和技术方法.例如,澳大利亚 Culgoora 射电日象仪和联邦德国 Weissenau 频谱仪,在太阳射电的观测研究上,就曾经作出过很大的贡献.

尤其是最近一两个太阳周以来,曾先后建立并发展了一些空间分辨率、时间分辨率和频谱分辨率更高、威力更大的仪器设备.例如,法国 Nancay 射电日象仪、瑞士 Bern 和 Bleien 偏振计频谱仪、美国 Owens Valley 太阳阵和 Clark Lake 射电日象仪、前苏联 RATAN-600 射电望远镜、日本 Nobeyama 射电日象仪,以及我国的高时间分辨率射电望远镜等.当然,还有部分用于太阳研究(主要用于宇宙射电研究)的美国甚大阵(VLA)和荷兰 Westerbork 综合射电望远镜(WSRT)等.这些仪器的投入,导致了一些极有科学价值的新发现(例如微波尖峰辐射就是突出一例),特别是在太阳射电源的(空间、时间和频谱上的)结构、偏振、位置、尺寸、运动

等特性上,极大地丰富了资料宝库,为进一步探讨太阳射电的物理本质,提供了充实而有力的论据.

随着观测技术方法和仪器设备的日臻完善,资料搜集的日益丰富,对太阳射电理论的分析研究也逐渐地深入.自1946和1947年开始系统地观测研究以来,有关探讨太阳射电物理本质的文章,犹如雨后春笋般地出现,并且形成了各种不同的见解和学派.

实际上,关于太阳射电的辐射理论,早在射电天文学的发展初期就已经开始出现.譬如1946年,В. Л. Гинзберг^[9]和D. F. Martyn^[10]就曾经发表过太阳射电的热辐射理论,他们将磁离子理论及Kirchhoff发射和吸收定律引用到太阳射电辐射上来.再如,И. С. Шкловский^[11]和D. F. Martyn^[12]分别在1946和1947年就曾经提出了关于射电爆发的“等离子体假说”的基本内容.

迄今为止,关于太阳射电评述和研究的专辑和专著也已经出版多部.例如В. В. Железняков的《太阳和行星和射电辐射》^[13,14]、M. R. Kundu的《太阳射电天文学》^[15]、A. Krüger的《太阳射电天文学和射电物理学导论》^[16]、D. J. McLean和N. R. Labrum编辑的《太阳射电物理学》^[17]等.另外,还出版了有关的专著、专辑和专题论文.例如,Z. Svestka的《太阳耀斑》^[18]、D. B. Melrose的《等离子体天体物理学》^[19]、M. R. Kundu和T. E. Gergely编辑的论文集《太阳射电物理》^[20]、A. O. Benz编辑的论文集《太阳耀斑期间的射电连续谱》^[21]、G. A. Dulk的评述论文“太阳和恒星的射电发射”^[22]以及赵仁扬的评述论文“太阳射电天文学概况”^[3]等.这些论著系统地总结和评论了以往的观测研究结果,并且仔细深入地探讨了辐射和传播的物理过程以及各种理论模型.

第二节 内容概述

太阳射电辐射来自太阳的外层大气,其波长范围遍及地面上能够接收到的整个无线电波段.迄今为止,通过观测研究发现,太阳射电辐射具有三种性质迥然相异的成分(分量),即宁静太阳射

电、太阳缓变射电和太阳射电爆发. 这三种分量分别起源于宁静太阳大气、某些亮区(局部射电源)和像太阳耀斑之类的瞬变扰动.

一、宁静太阳射电

宁静太阳射电是太阳射电天文学中观测得最为充分和研究得最为彻底的一种成分,基本上建立了完整的理论.

宁静太阳射电有时又称之为“B 分量”,它是在太阳未受扰动期间,太阳上无局部射电源时,而仍然存在的一种背景射电辐射. 这种分量是由于太阳大气中的热韧致辐射所引起的,它仅随太阳 11 年活动周期作微小变动. 因此可以说,它是太阳射电中的一种始终存在着的而且基本上不发生任何变化的恒定射电成分.

根据电波在等离子体中的传播理论可知,较低频率的太阳射电仅来自较外层的太阳大气(日冕),随着频率的逐渐升高,相应的射电就来自越来越深的较内层的大气(色球). 因而,波长约为 3m 的宁静射电太阳的图像,则代表了较高且较热的日冕的射电状态,其直径约为可见日面的两倍,亮温度约为 10^6K ;而波长约为 3cm 的射电辐射,则反映了色球的射电面貌,此时射电太阳的直径比光学日面大不了多少,其亮温度仅约为 10^4K .

严格地讲,太阳无论何时总非绝对宁静,因而太阳射电经常包含着宁静成分和非宁静成分. 然而,通过低分辨率的射电望远镜长期观测太阳射电总辐射,利用光学资料,采用统计分析方法,就可以将这两种成分区分开来,从而便可确定出宁静太阳射电辐射^[23,24]. 当然,最可靠的是通过高分辨率的日食观测和干涉仪观测^[25],直接将非宁静射电成分从总射电中扣除出去,即可得到宁静太阳射电了.

早在 50 年代,通过大量的观测,就已经确定出在太阳活动峰年和宁静年期间的宁静太阳在许多频率上的射电辐射,这些结果可以参见有关的图表^[26].

宁静太阳射电辐射在各个波长上沿日面的亮度分布,是一个重要的研究课题. 在太阳射电天文学早期,就对该课题做了大量工

作,获得了丰富的资料.

例如,1950年日食观测就已经发现,波长1.9m上的射电太阳比光学太阳大得多,而且并非球对称(赤道方向最大),当然还有与光学太阳相似的“临边昏暗”现象.以后在1954年日食时,通过波长9.4cm和10cm上的观测,发现了意外的“临边增亮”现象:射电太阳边缘的亮温度反而比中心部分的高得多^[27,28].这种厘米和分米波段上的临边增亮特性,可以用热韧致辐射的亮度分布来解释.

值得提出的是,关于在毫米波段中的亮度分布,以往的日食观测和干涉仪测量得出了各种各样的甚至完全相反的结论.例如,有时呈现出和分米波相同的临边增亮^[29,30],而有时却反而呈现出与米波一样的临边昏暗^[31,32],有时又得到从日心到边缘几乎均匀的平稳的亮度分布^[33,34],尤其是还发现了复杂的双峰的临边增亮^[35]以及亮度分布的不规则结构^[36].然而,通过毫米波段的观测研究,能够给出关于色球层的不均匀结构(例如针状物、网、针状物间区域中的波状结构)的有价值资料^[37].由此可见,毫米波段的亮度分布,是个迄今悬而未决却又极其重要的问题.

此外,宁静太阳射电随11年太阳活动周期发生轻微的变化,在波长3—60cm范围中,峰年时期的视温度仅约为宁静年时期的两倍,而亮度分布的形状几乎没有多大改变^[26,36].在米波段中,不仅其辐射温度随着太阳周变动,而且其亮度分布也会随之发生变化;也就是说,射电日冕的大小和形状都会随着太阳活动周期而改变^[39].

通过对宁静太阳射电的观测研究,证实了日冕的确具有相当高的运动温度($\geq 10^6\text{K}$),也证实了色球和日冕之间的过渡区具有非常陡峭的温度梯度.尤其是,对宁静太阳射电的研究,结合光学资料,就能建立起比以往更为精确的太阳大气(色球和日冕)模型^[3].

二、太阳缓变射电

太阳缓变射电也称之为“S分量”或SVC,它是在太阳上出现

小扰动时产生的一种射电辐射. 这种缓变射电主要起源于太阳大气中的“局部”射电源的热辐射, 它是太阳射电中的一种起伏较小而变动和缓的射电成分.

在太阳射电发现的初期, 1946 年日偏食时, 在 10.7cm 波长上观测发现, 当月掩日面大黑子时, 射电流量立即陡降, 而当露放该黑子时, 流量又立刻骤升且恢复到原来的水平^[40]. 由于干涉仪在 21cm 波长上的观测还发现, 即使日面上黑子消失了, 而谱斑尚存在时, 就仍然存在着这种射电^[8]. 以后所作的一些观测都表明, 在短分米波段中的这种射电成分与谱斑关系较密切^[41]. 于是, 从大量的统计相关分析可知, 太阳射电除了宁静射电分量外, 还存在着一个与黑子和谱斑紧密相关的并逐日缓慢变化着的分量. 这种射电成分, 就是太阳缓变射电. 它的流量密度与黑子和谱斑的面积有很好的统计关系, 它也呈现出随太阳自转周而变化的近似 27 天的周期.

缓变射电辐射占据从 2mm 到 2m 的宽阔波段. 不过, 从短厘米波(例如 2cm)到长分米波(例如 60cm)的波段中, 缓变射电最为突出, 其亮温度接近于日冕温度; 而且, 关于缓变射电的大部分观测资料也是集中于该波段之中^[3].

缓变射电辐射来自黑子和谱斑上空的“凝聚区”中^[42]. 这种区域的电子密度比周围太阳大气的高好几倍, 其电子温度也较高, 而且还渗透进黑子磁场. 这种较密、较热、带磁的区域就是缓变射电源, 也称之为“太阳局部射电源”, 有时也可被叫做“射电活动区”.

在分米波段, 太阳局部射电源的位置一般和谱斑相对应, 位于谱斑的上空^[43]; 而在厘米波段, 则与黑子相对应, 位于黑子上空^[43,44]. 在分米波段, 局部射电源在光球上空的高度通常为 $2 \times 10^4 - 1 \times 10^5 \text{ km}$, 平均为 $4 \times 10^4 \text{ km}$; 而在厘米波段, 则为 $3 \times 10^3 - 5 \times 10^4 \text{ km}$. 局部射电源在分米波段中的尺寸典型值为 $5'$, 而在厘米波段则为 $1' - 3'$ ^[43,45]. 源的亮温度在分米和厘米波段分别为 $2 \times 10^5 - 1.5 \times 10^6 \text{ K}$ 和 $10^5 - 8 \times 10^5 \text{ K}$.

由高分辨率的亮度分布观测发现, 在厘米波段, 局部射电源可