

类太阳恒星磁场的太阳标度^{*,**}

汪景琇

(中国科学院北京天文台, 北京 100080)

摘 要

假定太阳是一颗普通的恒星,对太阳磁场的高分辨率观测,则从内禀磁场强度,尺度谱,面积填充因子,成穴分布趋势,双极分布特征和演化时标等多方面,为类太阳恒星磁场测量提供了一个基本标度。本文综述了与恒星磁场测量有关的、太阳磁场若干观测特征。与类太阳恒星测量结果对比表明,类太阳恒星磁场的内禀强度与太阳磁场接近,但面积填充因子大1—2个数量级。这可能真实地反映了恒星磁活动对恒星参数的依赖关系,也可能部分由于恒星磁场测量技术上的缺陷。恒星成像技术得到的黑子可能并不是单一的黑子,而是在太阳观测中被确切证认的活动穴,即相继在同一范围浮现和消失的黑子群的集合。

1 引 言

在本文中,类太阳恒星系指无伴星或伴星对自转的影响可以忽略的下主序星^[1]。70年代末到80年代初,对类太阳恒星磁场和磁活动的研究,开始了一个崭新的时期。这是以Wilson发现太阳和类太阳恒星磁活动的相似性^[2],Robinson等人提出测量普通恒星磁场的方法为开端的^[3]。迄今,已测量过30颗普通恒星的磁场^[4]。近年,恒星黑子的多普勒成像技术有了进一步的发展。恒星天体物理学已经开始了一个以恒星磁活动研究和动力学现象研究为重点的活跃阶段。

一个基本的事实是,太阳是唯一一颗有高空间分辨率和高灵敏度磁场测量的恒星。从Hale证认黑子的磁场以来^[5],已积累了85年的太阳磁场观测资料。近年来,对太阳磁场观测的空间分辨率,已达到 $0''.4-0''.6$ (相当于太阳表面300—500km),观测的动态范围已经可从最弱的磁通量密度5G到最强的3000G以上。假定太阳是一颗普通的恒星,而我们对太阳和恒星发电机过程的理解是基本准确的,至少对与太阳恒星参数接近的下主序星,应当再现若干太阳磁场的观测特征,或至少存在可与太阳比较的磁场。相反,如果所有类太阳恒星磁场测量所得到的图像,都与精确测定的太阳磁场迥异,那么我们将不得不猜测,现有对恒星磁场的测量是否存在根本性的缺陷。

* 国家自然科学基金资助项目

** 首次类太阳活动恒星和太阳耀斑理论讨论会特邀报告

1993年8月29日收到

由于作者知识的局限, 本文不可能对现有恒星磁场的测量给出系统的评价, 而只能对太阳磁场有关的观测特征作初步的综述, 特别是介绍近年来新的观测结果。以一颗有分辨率的恒星磁场的已有知识, 为认识目前无分辨率观测的恒星磁场测量方法和观测结果提供一个参考的标度, 也可从另一方面对发展恒星磁场的观测研究有所补益。对太阳磁场的评述主要限于对理解恒星磁场和磁活动直接有关的方面。

应当指出, 太阳磁场在多维恒星参数(质量、年龄、自转和化学成分等)空间中, 只给出了一个座标点的值, 将类太阳恒星磁场测量结果与太阳对比, 对认识多维恒星参数空间内磁场的演化规律, 有重要的天体物理意义。

本文第2节讨论太阳普在磁场和内禀场强; 第3节讨论大尺度磁场图样; 第4节讨论太阳磁场演化的元过程; 第5节讨论太阳磁场和太阳总亮度变化的关系。最后部分是简短的讨论。

2 太阳普在磁场

近十几年来, 太阳磁场研究的一个重要进步, 是发现在太阳黑子之外, 无论是在活动区、宁静区, 还是在冕洞内, 甚至包括极区, 到处分布着小尺度的网络(network), 和网络内(intranetwork)磁场, 连同小尺度浮现的双极区, 即瞬现活动区简称瞬现区(ephemeral region), 被总称为太阳普在(ubiquitous)磁场^[6]。这里的小尺度, 是指比太阳超米粒小得多的尺度。

图1所示是北京天文台怀柔太阳观测站取得的高分辨率太阳宁静区视向磁图。为了显示普在磁场的主要特征, 只有磁通量密度大于20G的磁结构绘在下面的等高斯图中, 并清楚地反映在上面的灰度图中。正极磁场由亮特征和实等值线绘出, 负极为暗结构和虚等值线。等值圈的水平为±20G、40G、80G、160G和320G。强磁场表现为多重等值圈; 它们分布成不规则的环状结构, 称为网络。这些网络与超米粒对流元的边界, 即等离子体元下沉运动区域相重合。图中最强的磁场, 磁通量密度大于300G。网络围成区域的内部, 只有1—2个等值圈的磁场, 尺度更小, 被称为网络内磁场, 磁通量密度≤20G。在上图虚线框起的小范围内, 共证认1050个磁结构, 相当于每 $7\,500 \times 7\,500 \text{ km}^2$ 面积内有2—3个磁通量元。每个磁元的平均尺度约4000km。整个区域的平均磁通量密度为10G。

这里, 我们总是采用“磁通量密度”, 而不用磁场强度的概念。这是因为, 实际上太阳表面磁结构的尺度很小, 比现有地面磁像仪的有效分辨率(~1500km)小得多。因而, 在视向磁图中得到的, 并不是磁结构的真正强度, 而是在可分辨的面积元内的磁通量, 即磁通量密度; 或含糊地讲, 平均磁场强度。已经有充分的证据证明, 太阳表面的大多数磁通量, 都以强磁流管的形式存在; 磁流管的内禀场强为1—2kG, 尺度小于300km^[7]。观测区域内磁场的强弱表现为可分辨面元内强磁流管的数密度, 或磁流管总面积占可分辨面元面积的比。这个比值称面积填充因子(filling factor, f)。因而观测的磁通量密度(B_{obs})和磁流管的真实场强(B_{real})满足

$$B_{\text{obs}} = \langle f \cdot B_{\text{real}} \rangle > 0 \quad (1)$$

磁图 025129 Sep.5,1988

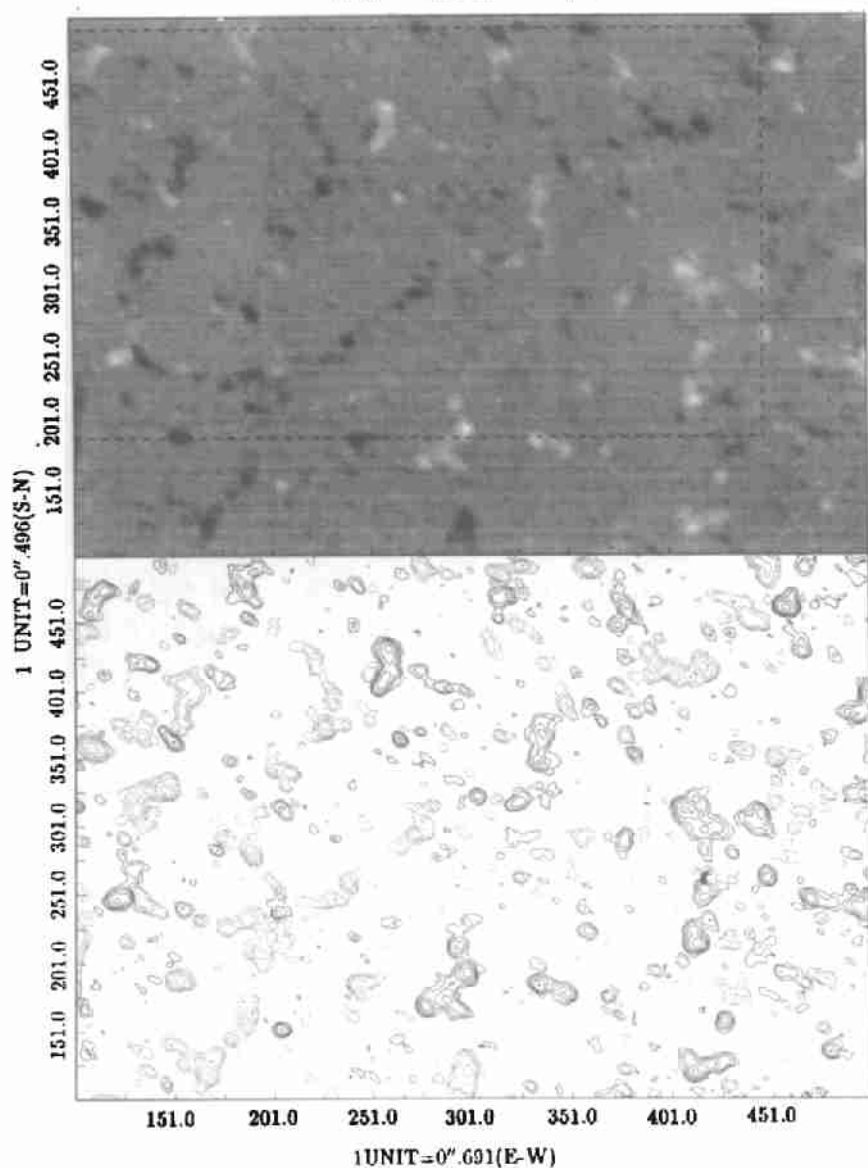


图 1 太阳宁静区视向磁图

图 1 所示的区域是典型的太阳宁静区, 磁图取自太阳活动极小期附近。考虑到黑子区的强磁场的贡献和太阳活动水平的变化, 一个可靠的结论是, 太阳表面的平均磁场强

度 $\geq 10\text{G}$, 而不是低分辨率观测给出的 $\leq 1\text{G}$; 太阳表面磁场的填充因子 f 为 $0.01-0.02$ 。即使是历史上记录到的最大的黑子, 其所占太阳可视表面的面积仅为 5.5×10^{-3} 。

与近年来类太阳恒星磁场观测做一个比较是有意义的。值得指出的是由 Robinson 及其他类似方法测量的是内禀磁场强度和面积填充因子。这一方法得到的恒星磁场, 几乎都在 $1-5\text{kG}$ 之间, 与太阳的结果没有太大的差别。但是几乎所有恒星磁场的填充因子都无例外地落入 $0.1-0.9$ 的范围之内, 比太阳磁场的填充因子大一个量级以上。

太阳磁场的高凝聚特征来源于磁场和等离子体的相互作用, 如对流坍缩。这种物理过程至少同样地表现在某些恒星上。那么, 为什么目前恒星磁场测量都毫无例外地得到很大的填充因子, 为什么由多普勒成像技术都毫无例外地得到大面积、甚至相当于可见表面几分之一的恒星黑子? 这不能不成为恒星磁场和磁活动研究中一个值得重视的问题。

在低分辨率的太阳观测中, 或太阳作为一颗恒星的观测中, 黑子外无所不在的磁网络将不可能被观测到。代之而来的是下一节将要讨论的大尺度图样。但是, 必须指出, 这些磁网络与亮光斑 (bright faculae) 相联系, 是决定太阳作为一颗恒星的亮度变化的因素之一^[8]。因而, 在由测光的方法间接测量恒星磁场时, 磁网络的影响是不可忽视的。

3 大尺度太阳磁场图样

人们曾长期寻找与地球磁场类似的太阳双极普遍磁场, 或背景磁场。在文献中亦不乏“太阳大尺度磁场”的提法。然而, 实际上, 太阳并不存在这样的背景磁场, 也从未探测到大尺度的磁场浮现过程, 却只有由小尺度磁结构组成的大尺度磁场图样。这些图样作为整体, 展示了某些大尺度特征, 表现出长寿命和较少较差自转影响两个主要性质。然而, 正如最近 Snodgrass 和 Wilson 显示的, 有时实际观测到的低分辨率磁图中的大尺度单极特征, 可由未被分辨的许多双极磁结构的某种非均匀分布形成^[9]; 这类磁场本质上是小尺度的, 不具有进入色球和日冕的大尺度特征。

迄今, 两类大尺度磁场图样已被确认: 一是活动穴或黑子穴, 又称复杂活动集合体; 二是冕洞, 包括中低纬冕洞和极区冕洞, 常常作为大尺度单极区的一部分出现。

3.1 活动穴 (active nest)

活动穴反映了太阳活动在时间上和空间上集中分布的一个总体特征, 系指在太阳表面很小的经度和纬度范围内相继出现的一系列活动区的集合。这些相继出现的活动区的经度、纬度范围满足^[10]

$$\left(\frac{\Delta L'}{4}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \Phi}{2}\right)^2 \leq 2 \quad (2)$$

这里, $\Delta L'$ 和 $\Delta \Phi$ 以日面度为单位, 为经纬度差值的范围。老的活动区衰减和消失, 新的活动区又出现在同样或临近的范围内, 因而活动穴是磁通量集中浮现的区域。

近期研究表明:

- (1) 太阳表面 30% 以上的黑子群出现在活动穴内;
- (2) 活动穴的寿命通常为 6—15 个月, 新近证认的再现性活动穴可持续几年以上;

(3) 活动穴是与再现型太阳活动相联系的, 包括被称为超活动区和“热黑子”的大耀斑集中发生的区域^[11], 同时也包括活动水平不高的活动现象集中的区域^[12]。

(4) 活动穴保持自己的自转速率, 不受光球表面较差自转的影响。

这种间歇性的活动区集中分布和活动现象集中出现的过程, 是太阳磁场的—个很显著的特征。在太阳物理中尚没有满意的理论能解释这一现象。

值得提到, 由多普勒成像技术和拟合恒星光变曲线, 往往得到面积超过几十度、寿命超过几年的恒星黑子。这和太阳磁场的情形形成强烈的反差。在太阳上从未观测到这样大、这样长寿命的黑子, 只有面积比较集中分布的长寿命的黑子集合或黑子序列, 即活动穴。在活动穴内, 老黑子不断消失, 为新黑子所取代, 呈现黑子成团稳定出现在日面同一范围的表象。—个自然的假说是, 在类太阳恒星上观测到的大黑子, 可能相当一部分是与太阳上活动穴相似的恒星黑子群序列。

3.2 冕洞 (coronal hole)

冕洞在所有日冕辐射波段表现为大尺度的暗结构。然而大冕洞在 HeI 10830Å 近红外波长, 表现为吸收减弱的亮特征。冕洞被证明只是单一极性为主的网络磁场组成的大尺度图样中心的一部分。从磁场拓扑看, 表现为发散的开放型磁力线结构, 是高速太阳风的源区, 并由此造成再现型地磁暴^[13]。

冕洞磁场在光球的足点表现为小尺度磁网络, 其 80% 左右的磁通量为单一极性; 冕洞内无大尺度磁通量浮现过程; 其瞬现区浮现几率与—般宁静区无本质区别^[14]。冕洞的寿命通常超过 5 个太阳自转周, 甚至长达—年。冕洞和活动穴—样不受日面较差自转的影响。

图 2 是 1973 年—个大冕洞 X 射线观测的示意图。图中标注的数字是—这冕洞出现以来的天数。图 1 中标注了观测开始的日期。图中冕洞以暗黑的斑块绘出。冕洞外 X 射线辐射的强弱不再加以区别。直到第 314 天, 在极区和南半球部分区域, 冕洞仍得以维持。单从形状和大小, 冕洞的图像与多普勒成像得出的恒星黑子的分布很类似。但在可见光波段, 人们仍然不清楚冕洞是否有诊断性的观测特征。冕洞在太阳周的不同位相, 磁通量密度变化很大^[15]。因而冕洞本身是太阳磁活动现象的一部分。

至今仍不清楚, 类太阳恒星冕洞是否存在, 观测特征是什么, 与太阳冕洞是否类似。如果采用日冕谱线测光, 特别是软 X 射线测光, 光变曲线的暗化相段显然应对应恒星冕洞, 而不是黑子。这一点应当引起注意。

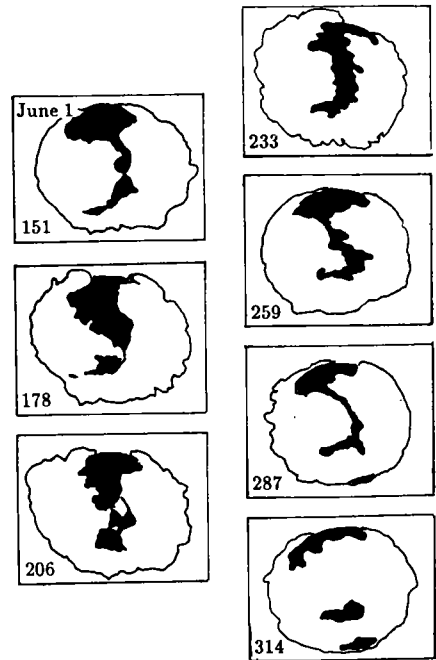


图 2 1973 年—个大冕洞的软 X 射线示意图。图中数字是冕洞产生以来的天数

4 太阳磁场演化的元过程

太阳磁场产生于磁流体发电机作用, 这已从理论和观测两方面得到普遍的确证。太阳发电机理论成为理解太阳周期的基础。一个公认的观点是, 形成太阳活动区和太阳活动的环向磁场, 位于对流层的底部。我们所观测到的太阳黑子, 是部分上浮的环向磁场穿过太阳表面时的截面。一对前导和后随黑子, 实际上是一个双极磁环在太阳表面的磁足点。认识到太阳活动区是完整的三维磁环系统的集合, 对理解恒星磁场是十分重要的。

4.1 Ω 型磁环的浮现过程

在所有太阳表面磁结构中, 下列三类的产生过程仍然是不清楚的。它们是: (1) 最弱的网络内磁场; (2) 黑子半影外不断向外流动的运动磁结构 (moving magnetic feature); (3) 极区磁场。除了这三类磁结构外, 所有太阳大气内的磁场, 都是从光球下浮现到太阳上层的。太阳磁场的最小单元, 实际上是保持自身拓扑联接性的一个个 Ω 型磁环。它们在光球下以某种方式与发电机产生的环向磁环相联系。

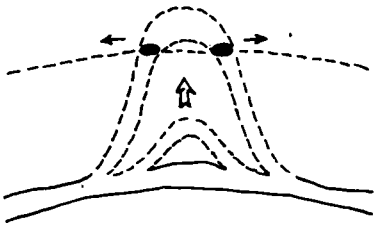


图3 Ω 型磁环浮现的示意图

图3描绘了磁环浮现和黑子形成的过程, 图上部虚线标出的是光球平面, 下部实线绘出的是对流层底部的环向磁环。由这一磁环上浮的双极 Ω 型磁环是由虚线绘出的。这一上浮磁环与光球的截面即观测所见的太阳黑子。在磁通量浮现过程中, 磁环在光球的两个足点系统地分离, 黑子群的两极的磁通量迅速增长。

本节和前文中, 我们采用“磁环”的用语来与磁流管相区别。本文中的磁流管是指基本磁流管, 即太阳表面尺度 $< 300\text{km}$, 场强为 $1\text{--}2\text{kG}$ 的元磁流管; 而磁环是指这类元磁流管的集合和对流层底部的强磁场。其他作者在用到这些概念时, 可能有与本文不同的含义。

上浮的磁环受到一个向上的磁浮力的驱动, 磁浮力的大小

$$f_{\text{浮}} = \frac{B^2}{2\mu\Lambda} \quad (3)$$

这里, $\Lambda = \frac{kT}{mg}$ 是大气的压力标高。磁环还受到一个净的向下的磁张力,

$$f_{\text{张}} = \frac{B^2}{\mu R_c} \quad (4)$$

R_c 是磁环的曲率半径。光球附近 Λ 仅为 150km 左右, $R_c \gg 2\Lambda$ 。因而对磁环几乎总满足 $f_{\text{浮}} > f_{\text{张}}$ 。大多数情况下磁环将上浮。

Ω 型磁环的上浮是太阳磁场演化的一个元过程。对这一过程, 已有 20 多年的较为详尽的观测。在活动区内, 一组上浮的磁环称为新浮现磁通量区 (emerging flux region); 在宁静区则称为瞬现区。磁通量浮现区, 是太阳活动最频繁的区域。

所有磁通量都以双极磁环的方式从光球下浮现到太阳大气内, 这一事实对理解太阳乃至恒星磁场观测具有重要的意义。这意味着太阳表面正负磁通量总是相等; 黑子永远成对出现, 表现为前导和后随两个极性。由于其他动力学原因, 前导黑子往往较强、较稳定, 后随黑子常常较小, 但分布在较大的范围, 较分散。磁通量双极浮现, 黑子成对出现, 对类太阳恒星也是适用的, 不可能有单极浮现的恒星黑子。可靠的成像技术, 应当能够证认出恒星磁通量的双极浮现, 前导和后随黑子系统地增长、相互分离的过程。

恒星活动区中前导和后随两极分离的程度, 可能是恒星磁场的一个基本参数。对太阳而言, Howard 对 17 273 个活动区的统计表明, 大多数活动区前导和后随的分离在 3—9 日面度内^[16], 当观测的空间分辨率比两极平均分离低时, 将不可能对活动区磁场给出精确的测量, 而只能对可分辨范围内的两极磁通量的不平衡程度给出一个可能的估计。

4. 2 磁重联和磁环的下沉

由于太阳大气的导电率很高, 磁环的尺度很大, 一个孤立磁环的欧姆耗散很小。假定磁环的直径 $L \sim 10^3 \text{ km}$, 光球附近磁扩散率 $\eta \sim 10^2 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, 则这一磁环欧姆耗散的时标

$$\tau_d = \frac{L^2}{\eta} \sim 10^3 \text{ d} \quad (4)$$

因而一个孤立的磁环在太阳大气中能长期存在, 保持自身的拓扑联接性。

但当两个磁环磁力线方向相反的两足被带到一起时, 情况就发生了根本性的变化。决定磁场变化的特征尺度不再是每个磁环的尺度 L , 而是它们相互挤靠的界面的厚度 l 。后者比前者要小几个数量级。在这样小的线度内, 磁力线方向发生突变, 这意味着这一界面 (separatrix) 上将有电流片形成。因而磁场湮灭和磁力线的重联将发生, 称为磁重联。上述磁环因磁重联而耗散掉的时标是

$$\tau_r = \frac{L}{V_a} \sqrt{R_m} = \frac{L^{3/2}}{(V_a \eta)^{1/2}} \sim 1 \text{ d} \quad (5)$$

这里, V_a 是阿尔文速度, R_m 是磁雷诺尔数。值得指出, 没有磁重联, 磁环的磁力线拓扑将不可能改变, 磁场的耗散将是不可能发生的。如果磁重联发生在光球之上, 重联后形成的下部的磁环因 R_c 很小, 可能在磁张力的作用下重新缩回或下沉到光球之下。

在低层太阳大气中的磁重联, 以及伴之发生的部分磁通量的下沉, 在观测上表现为磁通量对消^[17-19]。已经为高分辨率的大熊湖和怀柔太阳天文台的磁场观测所揭示。

磁通量以双极磁环的方式从光球下浮现到太阳大气内, 又在两个独立磁环相互作用的界面消失。这样一种物理图像, 对相当一部分类太阳恒星可能是同样适用的。在谈到黑子的产生和消失时, 双极浮现和对消常常是必须的。无论在解释类太阳恒星光变曲线变化时, 还是在分析多普勒成像得到的恒星黑子分布特征时, 考虑到太阳磁场演化的这些基本过程都是有益的。发展中的塞曼-多普勒恒星磁场的成像观测, 必须考虑前导和后随两个极性的平均分离的大小, 才可能提出适当的模型。由于多组磁环的复杂的相互作用, 实际上, 任何一对黑子在尺度、磁通量分布上总是不可能完全对称的。

5 太阳磁活动和总亮度变化的关系

70年代末到现在,已积累了14年太阳总亮度变化的空间观测资料。变化的时标从天际到太阳周期尺度都存在。所有观测到的变化,都可以由暗黑子和亮光斑的演化和自转得到解释^[8]。特别值得注意的是,太阳亮度随太阳11年活动周的变化,主要决定于活动区和宁静网络内的亮光斑,而不是暗黑子。因而尽管在太阳峰期,黑子群的数目比太阳谷年多8倍左右^[20],太阳总亮度却有约千分之一的增长。在太阳活动极小年,尽管黑子在太阳表面很少,太阳总亮度却相应减少。在解释恒星光变曲线的变化时,这是一个不可忽略的事实。

时标为10天左右的高频变化也被清楚地证认,其变化幅度约千分之三,并能被黑子和光斑的影响很好地模拟,在太阳总亮度的变化中,还有由活动穴(见第3.1节)引起的时标为6—9个月的不规则的增长。

在由恒星光变曲线拟合求解黑子分布的所有方法中,一个广泛持有的看法是,冷而暗的黑子覆盖恒星表面相当部分的面积。其自转调制给出了光变曲线的暗化相段。这种看法至少在很大程度上,与太阳总亮度随太阳磁活动的变化的精细观测相矛盾。尽管对不同的恒星,恒星黑子的大小和分布,恒星黑子与光斑区的强度和面积比例可能有所不同,但无论如何,光斑区的贡献似不容忽视。

对太阳而言,活动区内光斑的面积比黑子面积大很多倍,温度比非扰动光球约高300度;而宁静区的磁网络对应的光斑覆盖的面积更大。如果类太阳恒星与太阳的情况类似,光斑对恒星光变曲线必然有可观的贡献。这种可能已为一些作者注意,Pettersen等人建议,恒星表面的磁区可能用亮的光斑网络描述更适当;造成恒星光度自转调制的暗化相段,可能实际上是没有磁场的宁静光球^[21]。这一建议也为部分晚型星的观测所支持。

6 讨论和总结

类太阳恒星磁场的测量和黑子成像的实现,依然处于迅速发展的阶段。由无分辨率的积分光中得出磁场分布的信息,实在是天体物理研究的巨大成就。认识不同参数恒星的磁场的观测特征,一方面对了解太阳磁场历史演化和未来的进一步发展是重要的,另一方面对理解天体物理中普遍的磁活动现象也是急需的。

现在依然没有证据认为太阳不是一颗普通的恒星。对这样一个普通的恒星,已有85年较为详细的磁场观测。近年观测的灵敏度和空间分辨率又有了新的突破性进步。因而在恒星磁场研究的这一阶段,注意精细观测的太阳磁场的结果,注意其中形成的基本图像和概念,可能是非常必要的。但是,由于太阳磁活动水平偏低,与具有很宽参数分布的恒星相比,可能有其特殊性。因而,简单与太阳类比是不适当的,有时是危险的。

下列属性是标度恒星磁场的最重要的方面:

- (1) 恒星磁结构的内禀磁场强度;
- (2) 恒星磁结构的尺度谱;

- (3) 恒星磁场的面积填充因子；
- (4) 恒星磁场空间分布的不均匀性，包括恒星黑子分布的纬度带和活动穴特征；
- (5) 恒星磁通量的极性分布特征，包括大尺度单极图样，双极区两极分离的特征尺度及磁通量平衡；
- (6) 恒星磁场产生和消失的时间尺度等。

这些属性本质上反映恒星磁场产生的物理过程，并依赖于基本的恒星参数。在所有这些方面，太阳磁场的观测特征都可以作为一个标度的基准。在多维恒星参数的空间里，上述磁场属性可对恒星参数在某种程度上被归一化。通过与太阳磁场的对比，首先，可为仍处于开创阶段的恒星磁场测量，做出某种检验和评估，并为其如何改进和发展提供线索。在对恒星磁场测量的可靠性有了基本理解后，这种对比可以得到恒星磁场在多维恒星参数空间内的分布和演化特征，从而对普遍的天体磁场中的物理问题有一个深刻的了解。

由 Robinson 和类似方法得到的晚型星的磁场强度一般为 $1\text{--}5\text{kG}$ 。值得指出，这些方法得到的场强不是表面平均场强，而是某种程度的内禀场强。这一场强范围与太阳磁场的情形无量级的区别。Tanaka 观测到 4300G 的强太阳黑子磁场^[22]。早期恒星磁场测量给出的磁场强度 B ，从统计上与恒星光球气体的压强有相当好的相关关系^[4]。这和对太阳磁场的观测和理论也是一致的。这说明，恒星大气中的磁环是由环外气体压强所约束的。因而其磁场强度是由约束磁环的气体压强所决定的。

目前类太阳恒星磁场测量的结果与太阳磁场的精细观测相比，一个最显著的区别是相对而言太大的磁场填充因子。恒星磁场的填充因子一般是 $0.1\text{--}0.9$ ，比太阳磁场的填充因子大 $5\text{--}50$ 倍。作为间接测量，恒星黑子成像技术得到的恒星黑子相对恒星表面的面积，比太阳黑子相对太阳表面的面积大得多。覆盖恒星表面半径为 $20^\circ\text{--}25^\circ$ 的恒星黑子是很普遍的。对太阳黑子，一般不超过 5° 。另一个显著的区别是，出现在高纬度乃至极区的恒星黑子是普遍的现象。然而，太阳黑子只出现在中低纬度地区。尽管没有理由要求其他恒星一定要具有与太阳一样的黑子分布，但至少对高纬度和极区恒星黑子，我们要有一个适当的理解。恒星磁场和太阳磁场这两个显著的差别是否是物理的，还是至少部分来自恒星磁场测量中潜在的缺陷，是恒星磁场研究中急需探讨的问题，也是太阳磁场研究中需要思考的问题。

在类太阳恒星磁场观测研究的这样一个非常重要的阶段，太阳物理和恒星物理工作者都可以在探讨中得到对普遍性的天体物理问题——等离子体中磁场的产生、结构化、演化和消失，以及磁场和等离子体的相互作用的一些新的理解。

致谢 感谢翟迪生和方成教授邀请作者参加类太阳活动恒星和太阳耀斑理论的讨论，感谢审稿者对本文的许多有益建议。

参 考 文 献

- [1] Noyes R W, Baliunas S L, Guinan F. In: Cox A N, Livingston W C, Matthews F eds. Solar interior and atmosphere. Arizona: The University of Arizona Press, 1992. 1161
- [2] Wilson O C. Ap. J., 1978, 226: 379
- [3] Robinson R D, Worden S P, Harvey J W. Ap. J. Lett., 1980, 236: 1155
- [4] Saar S H. In: Stenflo J O ed. The solar photosphere: structure, convection, magnetic fields. Dordrecht: Kluwer Publ, 1990
- [5] Hale G E. Ap. J., 1908, 28: 315
- [6] Zwaan C. Annu. Rev. Astron. Astrophys., 1987, 25: 83
- [7] Stenflo J O. Solar. Phys., 1973, 32: 41
- [8] Foukal P. In: Harvey K L ed. The solar cycle: ASP conf. series Vol.27. San Fransisco: ASP, 1992. 439.
- [9] Snodgrass H B, Wilson P S. Solar. Phys., 1993, 148: 178
- [10] van Driel-Gesztelyi L, van der Zalm Ed B J, Zwaan C. In: Harvey K L ed. The solar cycle: ASP conf. series Vol.27. San Fransisco: ASP, 1992. 89
- [11] Bai T. Ap. J., 1988, 328: 860
- [12] Gaizauskas V. In: Zirin H, Ai G, Wang H eds. The magnetic and velocity fields of solar active regions: ASP conf. series Vol.46. San Francisco: ASP, 1993. 479
- [13] Zirin H. The astrophysics of the sun. Cambridge: Univ. Press, 1988. 217
- [14] Wang Jingxiu, Wang Haimin, Shi Zhongxian. In: Harvey K L ed. The solar cycle: ASP conf. series Vol.27. San Francisco: ASP, 1992. 108
- [15] Harvey K L, Sheeley N R, Harvey J W. Solar. Phys., 1983, 79: 149
- [16] Howard R F. Solar. Phys., 1992, 142: 233
- [17] Livi S H B, Wang J, Martin S F, Aust. J. Phys., 1985, 38: 855
- [18] Martin S F, Livi S H B, Wang J. Aust. J. Phys., 1985, 38: 929
- [19] Wang Jingxiu, Shi Zhongxian. Solar Phys., 1993, 148: 119
- [20] Harvey K L. Dissertation, Utrecht: Utrecht University, 1993
- [21] Pettersen B R, Hauley S L, Fisher G H. IFASG Preprint#61
- [22] Tanaka K. Solar Phys., 1991, 136: 133

(责任编辑 舒似竹)

Solar Scaling of Magnetic Fields on Solar-like Stars

Wang Jingxiu

(Beijing Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

Assume that the sun is a normal star, the high resolution observations of solar magnetic fields may serve as a basic scaling of magnetic fields on solar-like stars in the aspects of intrinsic field strength, size spectrum, surface filling factor, nesting tendency,

dipolar distribution and evolution time scale etc. In this paper, we have reviewed the observational characteristics of solar magnetic fields in these aspects which are relevant to stellar magnetic field measurements. The comparison between the current results for solar-like stars and well-established pictures for the sun shows that the intrinsic field strength for solar-like stars is quite close to that of solar magnetic field, however, the surface filling factors for stars are 1 to 2 orders greater than that for the solar case. This may reflect the real dependence of stellar magnetic activity on stellar parameters, but may also partly comes from some imperperness in current technique of magnetic field measurements for solar-like stars. A starspot detected from imaging technique may not be a single spot, but an active nest which is an assembly of starspots appeared and disappeared in the same surface area continuously; this kind of active nest has been well identified on the sun.