

# 太陽黑子

张元东 李维宝 著

41

中国华侨出版公司

P182.41  
549

---

# 太阳黑子

张元东 李维宝 著

中国华侨出版公司

---

# 太阳黑子

张元东 李维宝 著

\*

中国华侨出版公司出版

(北京北新桥三条四号)

新华书店总店北京发行所经销

中国科学院印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 4插页 7印张 160千字  
1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数: 1—3500册

\*

ISBN 7-80074-060-9/P·01

定价: 3.00元

7/1/67 ML

## 畴界老牛序

天文学是一门观测科学,观测对象是日月星辰,而在日月星辰的天体中,首先引起观测者注意的是太阳。

人的肉眼是天生的望远镜,所以在望远镜未发明之前,人类全靠肉眼观测。我国古代太阳黑子观测记录,在“史记”中多有记载。

史志把观测的情况,叫做“日变”,它把太阳黑子和气象并列,因而须加以判断。由于论事简略,有时文字费解,因而须加以分析。

本书作者张元东与李维宝分别在北京天文馆和云南天文台负责黑子观测工作,各根据廿余年的经验,写成本书,内容丰富而实际,对学习太阳黑子者提供全面的知识。

特别对于分析我国古代太阳黑子的记事,将起很大的作用。

如《后汉书·五行志》称:“日数出东方正赤如血,无光,高二丈余,乃有景见;入西方去地二丈亦如之”,这显然没有写到黑子的现象。

《宋书·文帝纪》:“宋文书元嘉廿九年十一月己卯朔日始出,色赤如血,外生牙块垒不员”。它虽可能是黑子,但不能

肯定。

《新唐书·天文志》：“唐文宗太和二年十二月癸亥有黑侵与日如斗”。

《明史·天文志》：“明熹宗天启四年十二月辛巳午刻，非烟非雾覆压日上，摩荡如盖如吞，通天皆赤”。

从这些记事现象来看，好象是黑子，但不能肯定。为慎重起见，我都不把它当作黑子记录。

属于太阳黑子的，史志多记为“黑子”或“黑气”，据统计，史志用“黑子”的记事共八十二次，用“黑气”而属于黑子的记事共二十九次。

从本书的内容，可使读者对这些史志所载给以正确的分析，余因此乐于作序。

陈遵妣

1987年冬至于北京天文馆

# 前 言

太阳黑子是日面上最容易观测到的现象，是太阳活动区的主体。黑子的多寡，常被作为太阳活动强弱的标志。而太阳活动对地球和人类有重大的影响。所以对太阳黑子的观测与研究，具有重大的实用意义。

在我国悠久的历史上，曾有过丰富的太阳黑子记录及其它天象记录，这些记录对世界文明史有重大的贡献。这也是国际科学界所称颂的。我们应当加以发扬光大。

新中国成立以来，我国天文事业以过去不可比拟的速度在前进。紫金山天文台、北京天文台、云南天文台等天文台站在太阳黑子的观测与研究上已取得不少成就。随着太阳黑子观测与研究工作的日益发展，已经在为国防建设与经济建设服务上发挥了重要作用。所有这些，应当有所介绍。

以上是我们编写这本书的出发点。

本书的开头几章，主要介绍我国古代的太阳黑子记事、太阳黑子的观测方法。接着的几章介绍太阳黑子的结构与物理状况，太阳黑子与太阳活动的区别与关系，太阳活动的周期性。最后几章介绍太阳活动对地球的影响及黑子的理论。

由于太阳活动与天气、气候的关系，涉及到能否准确预报某些自然灾害这样的重大问题，所以书中作为重点来加以叙

述。太阳-天气/气候关系，国内外的研究方兴未艾。但是由于关系的物理机制还没有确切的结论，所以在依据太阳活动来作长期、超长期水文气象预报上，应当谨慎，尽管已有不少成功的预报例子。

至于太阳活动的中长期与短期（三天到几小时内）预报，是很重要的课题。不过它的内容已超出本书的范围。想了解它的读者，请参阅本书附录二所列有关书刊。

本书在编写中得到，中国天文学会名誉理事长、北京天文馆名誉馆长陈遵妫先生，云南天文台台长张柏荣研究员、丁有济研究员的关心与指导。北京天文台高级研究员邹仪新、紫金山天文台研究员叶式辉先生仔细地审阅了第一至第九章的初稿，提出不少宝贵意见。北京天文台副研究员林元章审阅了第十章。在这里，对他们表示衷心的感谢。此外，对于提供各种资料的许多作者，亦表谢意。

由于作者水平有限，不妥之处，请读者不吝指正。

本书基本上是在前几年写的，故保留了原先所用的计量单位，如英寸、埃（ $\text{\AA}$ ）、高斯等未作改动。这些计量单位的换算标准如下：1英寸 = 2.54厘米，1 $\text{\AA}$  =  $10^{-8}$ 厘米，1高斯 =  $10^{-4}$ 斯特拉，1尔格 =  $10^{-7}$ 焦耳。

# 目 录

畴界老牛序	i
前 言	iii
<b>第一章 太阳黑子观测的历史概况</b>	1
1. 古代的太阳黑子观测	1
2. 国内用望远镜观测太阳黑子	3
3. 国外观测太阳黑子的重大进展	6
<b>第二章 太阳黑子的观测方法</b>	10
1. 黑子的目视描述观测	10
2. 黑子的照相观测	13
3. 如何得到好的观测资料	14
4. 观测资料的处理方法	15
<b>第三章 太阳黑子的结构</b>	25
1. 黑子的本影和半影	25
2. 黑子的精细结构	27
3. 黑子群的结构和分类	31
4. 黑子群的发展变化	36
<b>第四章 太阳黑子的分布规律</b>	40
1. 黑子的纬度分布和经度分布	40
2. 太阳的自转与日面坐标	44



3. 黑子的自行.....	49
<b>第五章 太阳黑子的物理状况.....</b>	<b>51</b>
1. 黑子的大小与存在的时间.....	51
2. 黑子的光谱.....	54
3. 黑子的温度.....	55
4. 黑子中物质的运动.....	71
<b>第六章 太阳黑子的磁场.....</b>	<b>77</b>
1. 黑子磁场的测量方法.....	77
2. 黑子磁场的特征.....	83
3. 黑子群的磁分类.....	87
<b>第七章 太阳黑子与太阳上其它活动的关系.....</b>	<b>90</b>
1. 黑子与光斑及谱斑的关系.....	90
2. 黑子与日珥及暗条的关系.....	93
3. 黑子与耀斑的关系.....	96
4. 黑子与日冕的关系.....	98
5. 典型活动区的发展过程.....	102
<b>第八章 太阳黑子活动的周期性.....</b>	<b>106</b>
1. 黑子活动的指标.....	106
2. 黑子的 11 年周期.....	109
3. 黑子的 22 年周期.....	113
4. 黑子的 80 年周期.....	116
5. 太阳活动的不规则变化.....	122
<b>第九章 太阳活动对地球的影响.....</b>	<b>127</b>
1. 太阳活动与地磁变化.....	127
2. 太阳活动与电离层的关系.....	132
3. 太阳活动与地震的关系.....	134

4. 太阳活动与天气、气候的关系·····	138
<b>第十章 太阳黑子理论概述</b> ·····	160
1. 太阳黑子概貌·····	160
2. 国外的太阳黑子理论简介·····	164
3. 国内对太阳黑子的理论研究·····	170
4. 巴布柯克-莱顿学说·····	174
<b>附录一 冻结场、磁浮力与阿尔芬波</b> ·····	182
<b>附录二 参考文献及国内有关太阳黑子的论著</b> ·····	195
<b>附表一 中国古代黑子记录</b> ·····	201
<b>附表二 太阳黑子数 R 年平均值</b> ·····	209
<b>附表三 中外人名、书名对照表</b> ·····	212

# 第一章

## 太阳黑子观测的历史概况

### 1. 古代的太阳黑子观测

中华民族是具有悠久历史的文明古国之一，我们的祖先最先发现太阳上有黑子现象存在。那时根本没有天文望远镜，看太阳黑子的办法，是在清晨或黄昏，太阳接近地平线（阳光较微弱不刺眼），人们用眼睛直接去看太阳。现在我们已经知道，用这种办法所能看到的太阳黑子，是属于特大的黑子群，而这种特大黑子群是相当罕见的。看见太阳必须又是在晴天，因此可以想象，要遇上这样的机会，是多么不容易！然而，我们的民族，不愧是一个伟大的民族，我们的祖先用自己的勤奋和智慧，取得大量的黑子记录和其他各种天象记录，形成了我国天文学上优良的传统。

第一次发现太阳黑子的时间，现在已无法确切考证了。从历史书籍可以提供的材料看，当是可以追溯到周朝或者还更早，但是那时候记录的时间和现象都不具体。如果我们把对黑子现象有较具体的看到时间定义为“观测记录”，那么，现在公认的世界第一次明确的黑子记录，是在公元前 28 年 5 月 10 日，由我国汉朝人所观测到的。在《汉书·五行志》里是这样记载的：“成帝河平元年三月乙（巳）未，日出黄，有黑气，大如钱，居日中央。”这段记录形象地描述了黑子的大小与位

置。从公元 180 年开始，往后的黑子观测记录就有一定的完整性和系统性了。不过，连续间隔 90 年以上查不到记录的时间有四段：公元 401~498 年；580~825 年；975~1076 年；1277~1369 年。

从观测记录来看，用眼睛直接看到的黑子形状，可以归结成两种类型：

1. 形状规则的近于圆形和椭圆形，描述为如钱、如桃、如瓜、如枣、如杯等等；

2. 形状不规则的，描述为如飞鹤、如飞燕、三足鸟、状若人等等。

对黑子观测记录的整理，在国内先后出现过四次<sup>[4]</sup>。天文界的老前辈朱文鑫先生，以个人的力量，从《汉书》等史籍（总称二十四史或二十五史）中，查阅整理出 101 条记录，收集在《天文考古录》一书中。里面有一条错误，是把《金史》里 1136 年 11 月 27 日的记录，错换算成 1149 年的日期，从而变成了两条记录（1149 年查不到记录）。程延芳先生也进行过工作，将查阅范围扩大到《通志》等史籍（合称十通），整理出 106 条记录（扣除属于重复的 3 条不计在内），刊载于《南京大学学报》（1957.11.4）。云南天文台整研组重新查阅了二十五史和十通，整理出 112 条记录，对前两人整理的遗漏有新的补充，刊载于《天文学报》17 卷 2 期（1976.12）。与第三次整理同时进行的，有古代天象记录全国普查小组，发动各省、市、自治区的一些力量参加，普查了浩如烟海的地方志和其他各种史籍，在普查的基础上进行了整理，得到《中国古代天象记录总集》（江苏人民出版社，待出版），其中“太阳黑子记录”部分，搜集有 200 多条。以上 4 种整理，虽然得到的记录数目不同，但是

所得出的黑子出现的自相关周期大同小异，证明太阳活动周期已长期存在着<sup>[2]、[3]</sup>。

## 2. 国内用望远镜观测太阳黑子

我国用望远镜观测太阳黑子的时间相对较晚，先后开展过太阳黑子观测的单位不少。现按各个观测点开展观测的先后，进行简略地介绍。

青岛观象台从1924年开始，用15.2厘米折射望远镜进行目视描述观测，太阳呈像的直径为16.8厘米。1937年日本侵略军占领青岛后，观测中断，已有资料也散失。直至1957年才重新恢复观测，取得的资料连续性也较好，并且作了数据的归算处理。1978年观象台划归海洋研究所，观测工作又停。

南京紫金山天文台于1935年建成后，即用20厘米折射望远镜进行目视描述观测。1937年日本侵略军占领南京，观测中断，资料散失，直至1954年才恢复，并作了数据的归算处理，一直延续下来至今<sup>[4]</sup>。

昆明凤凰山天文台于1942年开始，用8厘米折射望远镜进行目视观测，观测记录只有黑子相对数，刊载在《宇宙》杂志上。1945年后处于停顿状态，到1950年又重新恢复起来。1957年改用13厘米折射望远镜观测。从1970年开始，对目视描述用的原望远镜稍加附件，同时也进行日面局部区域的黑子群照相，照相资料只用于专题研究工作。这两项观测工作都一直在延续进行着<sup>[6]</sup>。

上海佘山观象台于1951年开始，用40厘米折射望远镜

进行照相观测，观测至 1962 年停止。

北京天文馆从 1957 年 7 月 1 日开始，用 13 厘米折射望远镜进行目视描述观测，其中除 1966 年至 1972 年因“文革”中断之外，观测一直延续进行着<sup>[6]</sup>。

北京天文台沙河工作站从 1958 年开始，用 8 厘米折射望远镜进行全日面照相观测，观测一直连续进行着<sup>[10]</sup>。

此外，广州中山大学、吉林师范大学、北京师范大学等，以配合教学为主要目的，都先后开展过黑子观测工作，起止时间各不相同。观测资料分别发表在各自的校刊上。可惜连续进行观测的时段都不长。

在 40 年代以前，上述几家的观测都是各自个别地进行，1954 年才形成了全国性的黑子联合观测网，观测数据的联合发布，由南京紫金山天文台负责集中整理。开始有青岛、上海佘山、昆明凤凰山等参加，联合发布黑子数等内容，刊载于《天文学报》副刊上。从 1957 年起，各家观测的太阳呈像直径统一改为 17.4 厘米，增加了发布黑子面积数等内容。北京天文台和北京天文馆也先后参加进行联合发布的系统。1969 年开始，联合发布的内容改由《太阳地球物理资料》刊载<sup>[7]</sup>。

太阳黑子磁场的观测，是比黑子描述观测更为重要的观测，北京天文台从 1963 年制成 60 厘米太阳望远镜以后，开展了黑子磁极性的观测，作出黑子的粗磁图。

紫金山天文台与天文仪器厂联合，研制 40 厘米地平式反射太阳望远镜和多波段摄谱仪，于 1967 年投入使用后，积累了大批黑子和色球耀斑、日珥等光谱资料。云南天文台在 1975 年开始使用同样类型的仪器，开展了相同的观测工作。

南京大学天文系于 1982 年在紫金山南麓建成了我国第

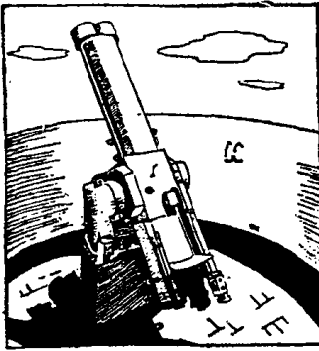


图 1.4 北京天文台怀柔太阳观测站望远镜

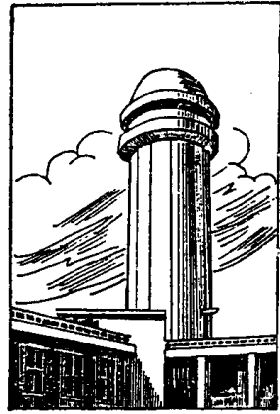


图 1.5 南京大学太阳塔

一座太阳塔。塔全高 21 米，塔顶圆顶内装有两块 46 厘米的定天镜。塔底内的望远镜可得直径为 20 厘米的太阳像，便于观测太阳黑子。此外，在塔底的观测室内还安装 8 个照相机，可以同时拍摄 8 个不同波段的太阳光谱。利用光电磁象仪，能测定太阳磁场的强度与方向。该系现在主要作太阳光球与色球的观测研究。

近年来，太阳磁场观测在我国有重大的发展，可以说是进入了一个崭新的阶段。在 1984 年底，北京天文台怀柔太阳观测站，装备了我国自行设计和制造的太阳磁场望远镜，采用光电扫描系统，能够观测到 0.5 高斯的微弱的普遍磁场<sup>[32]</sup>。

云南天文台建成了高分辨率的太阳光球色球望远镜（与天文仪器厂联合研制），于 1986 年投入了试观测<sup>[42]</sup>，能够拍摄到优于 1 弧秒的光球细节照片。这台望远镜的使用，对进一步弄清黑子及其他日面现象的物质结构、物理性质等，可望将会

得到帮助。

### 3. 国外观测太阳黑子的重大进展

意大利物理学家和天文学家伽利略(1564~1642),大约在1610年前后,用自己制成的世界上第一架天文望远镜,看到了肉眼所不能直接看到的太阳黑子。这一伟大的创举,揭开了用望远镜观测黑子的第一页。但是,由于维护传统教会的人视此为“异端邪说”加以反对,至使在此后一百多年的漫长岁月里,只有一些零星的,不一定可靠的黑子记录。

1774年,英国天文学家威尔逊(1714~1786),从研究一个圆形黑子在日面上的对称性变化入手,提出黑子在日面上并非凸起,而是凹陷形的论点。于是,对黑子的观测和研究,开始受到了重视。此后,黑子数便有了系统的观测记录。

1826年,德国业余天文爱好者施瓦布(1789~1875),开始利用业余时间进行黑子观测。他以惊人的毅力和勤奋,每天不间断地工作坚持长达43年之久。他依据自己的观测事实,提出黑子数目的变化存在着10年或11年的周期,后来在1851年得到了证实。11年左右的周期,被后人称为太阳活动基本周期。

费佐(1819~1896)、傅科(1819~1868)于1845年,在法国巴黎天文台第一次拍到了太阳光球照片。虽然照片上只有几颗大黑子,但毕竟是一次有益的尝试。其意义在于,它启发了人们去改进观测所需要的望远镜。

瑞士天文学家沃尔夫(1816~1893),用统计研究的方法,于1849年创立了标志太阳活动水平的指数——黑子相对数。



后来被人们称为沃尔夫数,也简称黑子数。

英国天文爱好者卡林顿(1826~1875),于1853年开始作黑子位置的观测。到了1859年有两个重大的发现:一个是:出现在日面上不同纬度的黑子,自转的周期不一致,后人称之为卡林顿“较差自转”定律;另一个是:黑子由高纬度开始发现,逐渐移到低纬度结束,所经过的时间为一个太阳周期。德国天文爱好者斯玻勒(1822~1895)也得到了类似的结果。后人将黑子的纬度变化定律与斯玻勒的名字连系在一起。这两条定律的内容,我们在后面还将要介绍。

1846年,法国默东天文台首任台长让桑(1824~1907),开始用一架口径不到15厘米的天文望远镜进行照相,终于在1855年取得了第一张高质量的照片,可以清晰地看到黑子半影纤维和光球表面的米粒。

英国伦敦附近的丘天文台,于1858年开始做太阳光球的每日照相观测,并且一直坚持长达14年之久,这项观测工作才转移在格林尼治天文台继续进行。

1908年,美国天文学家海耳(1868~1938)等人,在威尔逊山天文台,使用大色散摄谱仪,发现黑子是太阳上磁场最强的区域,强度高达几千高斯。后来,这项工作在德国波斯坦天文台(1942年)、苏联克里米亚天文台(1955年)等地相继开展起来,并成为一项经常性的工作。

海耳还于1912年开始测量太阳上的普遍磁场,到了1918年提出,太阳上有普遍磁场存在。但是测得的结果误差很大,以致后来许多人测量的结果也不尽相近。直到1953年,巴布科克(1912~ )研制出了太阳光电磁象仪,用于观测太阳表面的磁场,才测定出微弱的普遍磁场是在变化着的。在