

# 太阳活动第 22 周峰年和峰年联合观测

刘 炎

众所周知,太阳的活动有着为期 11 年的周期性变化,目前太阳正处在第 22 活动周的峰年期间。那末,什么是太阳活动峰年?为什么要研究峰年太阳活动,这是当前人们颇为关心的话题。

## 一、太阳活动周期

太阳活动周期,也称为太阳黑子活动周期,它是根据日面黑子数的变化规律而确定的。1848 年,德国天文学家沃尔夫提出了一种太阳黑子的计数方法:  $R = K(N + 10g)$ , 式中  $g$  为日面上出现的黑子群的群数,  $N$  是日面上单个黑子的总数,  $K$  则是一种改正数,与观测时的仪器、方法、条件和观测人员的个人因素等有关。  $R$  称为黑子相对数或沃尔夫数,由于其简便有效,一直沿用至今,成为序列最长、最重要的一种太阳活动指数。

观测表明,  $R$  数每天都有变化,把  $R$  数的月平均值随时间的变化画在图上,就可以发现它们有平均为 11 年的周期性变化。人们就把黑子数最少的时期称为太阳活动极小期或谷年,而把最多的年份称为极大期或峰年。根据瑞士苏黎世天文台的规定,把从 1755 年开始的周期称为第 1 周,迄今已是第 22 个太阳活动周了。

随着太阳观测研究的不断发展和深入,人们又提出了许多新的太阳活动指数,例如黑子面积、谱斑面积、太阳各波段的射电辐射总流量、耀斑数等等。所有这些指数都各有特色,有其自身的变化规律,但都呈现为 11 年的周期性变化,并且与  $R$  值的相关甚为密切。

在太阳活动峰年期间,不仅黑子频繁出现,而且日面上各种活动变化、各种活动指数,特别是耀斑爆发的数量和规模都达到一个周期中的最高水平。可以说这是日面上的一个“风云变幻,狂飚突起”的非常时期。

## 二、第 22 周太阳活动峰年

如果仔细分析一下太阳活动变化的规律,我们会发现,每个周期的长短,活动性的强弱,上升和下降的变化趋势都是各不相同的:周期最长的曾达 13.7 年,而最短的仅有 9 年。除了 11 年的周期外,还有 22 年、80 年甚至其它许多纷繁不一的周期,其中短的不到 1 年,长的竟达 2000 年。此外,还有一些非周期性的变化因素。因此,实际上还找不出两个完全相同的黑子活动周期。

因此,研究和预测太阳活动的变化趋势,特别是预报峰年期间太阳活动指数的强度,就成为太阳物理学家们极感兴趣而又颇为头痛的问题,那末第 22 周太阳活动峰年的情况又究竟如何呢?

第 22 活动周始于 1986 年 9 月。当时大多数人都倾向于认为 22 周只是一个中等的、甚至是低水平的周期,而我国云南天文台的太阳物理工作者则认为 22 周很可能是一个甚强的活动周期。

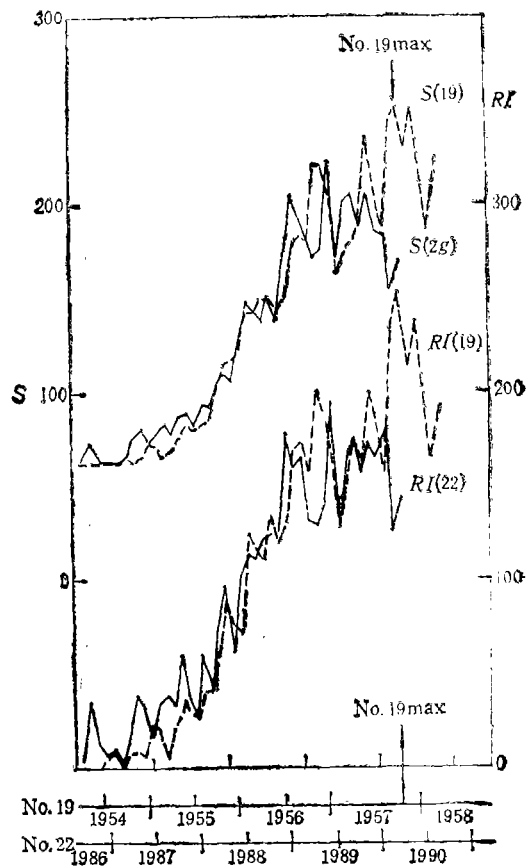


图 1 第 19 周和第 22 周太阳活动指数变化图  
 $RI$  为相对黑子数,  $S$  为 10.7cm 波长太阳射电流量  
(瓦·米<sup>2</sup>/赫)

历史上最强的活动周是从 1954 年 4 月至 1964 年 9 月的第 19 周,其峰值期在 1958 年 3 月,当时黑子数的月平均平滑值  $\bar{R}_{max}$  达到 201.3。1988 年,太阳活动

的变化趋势却出乎大多数人的意料：黑子数迅猛上升，其变化趋势竟与第19周的相应时期十分相似。可到了1989年下半年，太阳活动又再次出乎人们的意料；在10月份以后，其活动指数的变化却开始偏离19周的上升曲线，甚至呈下降的趋势。图1中画出了第22周和第19周中相应的上升阶段中黑子数（非平滑值）的变化曲线 $R(22)$ 和 $R(19)$ 。作为比较，图中还画出了由加拿大OTTA观测站所得到的10.7cm波长太阳射电总流量的月均值 $S(22)$ 和 $S(19)$ 的变化曲线。



图 2

1989年3月13日北京时间11时17分的日面大耀斑

1989年中，日面上产生了570多个黑子活动区和上万个耀斑爆发，而在3月、8月、9月和10月，日面上出现的几个活动区，还特别活跃，它们不仅多次产生强烈的大耀斑爆发和高能X射线事件，而且还伴随有特大的高能质子事件。特别是3月上中旬，出现了一个活动性极强的超级活动区，在发展到极盛时，其黑子群的面积竟达到3589单位（日面半球面积的百万分之一为1单位）。这至少是自第19周以来面积最大的一个黑子群。该黑子群中在3月13日又出现了一个特大的耀斑，其面积相当于36个地球在日面上的投影，这很可能是有记录以来最强的一次太阳耀斑（见图2），而且伴随这次耀斑爆发还发生了特大的质子事件。

根据1989年所发生这些情况来判断，应该认为22周的峰年期确实实地已经逼近，甚至有人认为3月大活动区的出现标志着峰年期的序幕已经揭开。不少人又认为，22周的峰年期中，太阳活动指数变化很可能将是一种呈“双峰”结构的复杂变化过程，1989年仅出现“次峰”，而真正极大的“主峰”还在后面。1989年时，黑子数的月平均平滑值 $\bar{R}$ 已接近160，这已是非常高的水平了，自1755年以来， $\bar{R}_{\max}$ 值超过155的仅只有三次，第2周的158.5，第21周的164.5和第19周的201.3。因此，这次第22周太阳活动性至少已是1755年以来第三或第四位了。

### 三、峰年太阳活动和日地关系

太阳是一个炽热的等离子体“火球”其表面温度有6000K左右，而在其周围的日冕层中，则高达上百万度。太阳核心部分的温度更高，有2000万度以上，那里进行着激烈的热核反应。由热核反应所产生的能量通过对流层的变换和转移过程而到达太阳的表面，最后通过光球层辐射出来。太阳表面的各种活动现象则正是这些能量在太阳表面释放时所产生的种种物理变化，它们包括黑子、黑子群、暗条、日珥、谱斑、耀斑、冲浪、日冕瞬变现象等等。因此，太阳的能量辐射特征、太阳的活动变化规律及其在活动峰年期间的行为，都是由太阳的内部结构、太阳上的物理状态和物理规律所决定的。因此，我们可以由太阳辐射的特征以及太阳的活动变化规律，反过来去探讨太阳内部的结构和物理状态等种种与太阳的基本物理状态有关的问题。

太阳上各种活动现象大多发生在日面的某些特殊区域之中，这些区域称为日面活动区。其中最重要的就是所谓耀斑爆发事件。耀斑，特别是大耀斑爆发乃是活动区中各种活动现象最集中、最综合性的表现。

在通常情况下，太阳向周围辐射出的能量每秒钟有 $10^{33}$ 尔格。而在发生大耀斑时，在日面的一个小区域中（其面积约为日面半球面积的万分之一），在很短的时间之内（约1000时秒），也能突然释放出高达 $10^{32}$ 尔格的巨大能量。伴随着耀斑爆发，从射电波、紫外线到X射线，甚至 $\gamma$ 射线的各种电磁波辐射都迅速上升，增加几十、几百甚至成千上万倍；同时，各种带电粒子（电子、质子、离子）的辐射也会急剧增强。随之，从日冕到行星际空间，直至地球表面都会产生一系列相应的日地空间——地球物理效应，它们会使行星际空间的物理状态、近地空间环境、地球的磁层、电离层、高层和中层大气，甚至人类的活动都会受到各种不同程度的、有时甚至是很严重的影响。

那末，耀斑爆发时辐射出来的如此巨大的能量，是如何预先就积聚在某个小区域之中的？它们以何种形式存在？被贮存在何处？又如何被触发而突然喷发出来？在爆发时这些能量是通过什么样的物理过程而被转换成各种电磁波辐射，并且把周围的带电粒子加速到极高的能量状态？这些电磁波和粒子的辐射是如何在日地空间行进、传播，又如何影响行星际空间的环境？最后；又如何与地球的磁层、电离层和中低层大气作用，并影响地面的气象、水文、地磁等状态乃至人类的活动？要研究和解决这些问题，还得涉及到几乎全部现代物理的基础科学知识以及种种有关的应用科学知识。

### 四、峰年联合观测

要对峰年活动进行深入的分析研究，首先就必须

## 我的物理世界

# 物理学——自然的美学

### 第 21 届国际物理奥林匹克金奖

获得者、北大学生 周纲

已经不少人问过我：你为什么喜欢物理这一门学科，为什么把它作为自己将要为之奋斗一生的事业。我的回答很简单：因为它美，所以我喜欢它。不少人脸上露出茫然的神色：物理学美？它美在何处呢？

我同一般学生一样，是从初二开始学习物理的。那时的我，对物理这一门学科没有更多的了解，所以也没在这方面显示出过多的兴趣。记得有一次学校举行物理竞赛，我并没将这件事放在心上，也没作任何准备，还是我们物理老师拉我去参加考试的，我无心于此，并且第一个交了卷，事后我竟意外地得知：得了全校第一名。此后，物理这门学科就引起了我的专门注意。当然，要说我真正喜欢上它，还是在高中时期。那时候，展开在我面前的物理世界更加广阔起来。随着学习的一步深入，随着我对物理概念、物理本质的由浅入深的理解，我发现我已经钻了进去，并且被深深地吸引

住了。我已不再满足于课堂上老师传授给我的那些知识，渴望知道得更多、更广、更深。到高一末，我自学完了高中的全部课程，于是，我的眼光开始搜寻课堂以外的东西。在图书馆，在阅览室，我如饥似渴地学习我需要的知识，我翻出压了二、三十年的我父亲的大学教材，视之为珍宝，一页一页地细细品读。一页一页绚丽多采的物理图景在我面前展现开来，面对这雄伟壮阔的物理学大厦，我感到一种全身心的震颤。几句简明扼要的牛顿运动定律竟然描述尽了我们周围世界的物质运动（经典范围内的机械论），一组优美的麦克斯韦方程概括了那千变万化、丰富多采的电磁现象，而当随着我的视野的进一步的延伸：小到分子、原子、基本粒子……，大到星体、星系，以至整个宇宙……，无不受着物理规律的制约。在这纷繁复杂的自然现象背后，其实只有几个屈指可数的基本自然规律在起作用，多么明了，多么简洁，这就是我为之倾倒的自然美学。

高中三年直到现在，我发现我越来越喜爱物理这门学科了，这绝对不是一时的心血来潮，而是一个在自然美学的潜移默化下，把自己的全身心投入到其中的过程。我崇拜牛顿，麦克斯韦，爱因斯坦——所有那些为揭示我们所生活的这个世界的自然法则而作出贡献的人们，他们是当之无愧的自然美学家。我热爱物理，因为它是自然的美学。



对太阳活动的种种现象进行尽可能全面的监视和观测，以取得尽可能全面的实测资料。

1. 随时间变化的全部过程。这就要求观测必须有足够长的持续时间，而这种时变过程各有长短。黑子演化过程一般为几天到十几天的时间，而一个活动区的演化过程则有几十天到上百天的时间。一个耀斑爆发的过程持续几分钟到几十分钟，而耀斑被突然触发而闪亮的过程（称为“闪光相”，这是耀斑爆发过程中一个最重要的特殊阶段）则只有 1 分钟的量级。此外还有其他种种时标更短的活动变化过程。

2. 在时间演化过程中的细节变化状况。这要求观测必须具有足够高的时间分辨率。目前国内外观测的时间分辨率最高的可以达到几十毫秒甚至 1 毫秒（ $10^{-3}$  秒）的量级。

3. 空间结构的变化。这要求观测必须具有足够高的空间分辨率，目前的观测水平已达到  $1''$  甚至更高的水平。

4. 频谱或能谱的特征。这要求观测应具有足够宽的频谱（所有各种波长的能量辐射）和能谱（各种能量的粒子辐射）跨度。

5. 能谱和频谱的细节变化。这要求观测应具有足够高的能谱和频谱分辨率。

6. 观测所涉及的范围还应具有足够广阔的空间跨

度，也就是应尽可能地观测从太阳表面到行星际空间、直到地球表面的各种相关的变化过程。

总之，对太阳活动现象的观测应尽可能多波段、多能段，以足够高的空间、时间和频谱（能谱）分辨率，天地空的立体、同时的观测，才能取得尽可能“全面”的观测资料。显然，这样的观测决非易事，决不是由少数仪器、少数单位所能做到的，必须发动地面的和空间的各种观测仪器、观测手段，进行区域性的、全国性的、甚至全球性的全面协同观测。而这样的观测就是所谓“峰年联合观测”。

第 19 和 21 周两次极大年期间，国际上曾分别组织过“国际地球物理年”（IGY）和“太阳极大年（SMY）”的世界联合观测，取得了大量极有价值的观测资料和丰硕的研究成果。

在本次第 22 周峰年来临之前，世界各国的太阳物理学家也早已准备了种种峰年的联合观测研究计划。如美国、欧洲、日本、巴西等也都纷纷制定了各自的研究规划。国际性的则有“Flare-22（耀斑-22 周）”的规划，我国也参加了这一全球性的协作。

22 周峰年的动向究竟怎样，人们正拭目以待。然而不管太阳本身的活动状况如何，人们对于太阳活动，特别是对峰年活动的探索和研究，必将越来越深入，对于太阳的物理本质的认识，也将会达到一个新的高峰！