

关于太阳黑子和黑子相对数

张先恭

太阳黑子相对数是表征太阳活动的一种常用的指标。黑子的盛衰基本上代表了整个日面辐射能量的变化。虽然黑子相对数只给出了黑子形成活动的一般特征，但基本上表征了太阳活动的强弱。它除了能表示太阳紫外辐射外，而且在黑子活动极大值附近年份还能够反映太阳的微粒辐射部份。特别是完整可靠的黑子记录可追溯到1749年，这就为开展日地关系的研究提供了有利条件。

一、黑子和黑子活动

黑子是太阳光球上一种暗黑、甚至全黑的组织结构，其温度约比光球表面的温度低 $1,000^{\circ}\text{C}$ ，寿命从几天到几个月。从黑子照片上可以看到，黑子是由较亮的边框（半影）围绕着暗核（本影）组成。大黑子的暗核不止一个，常由几个组成。黑子的大小从1,000到200,000公里不等，大的黑子可以用肉眼通过烟熏的玻璃观察到。

黑子通常成群出现。最常见的黑子群是所谓双极黑子群，即在每个黑子群中包括两个较大的主黑子，它们在沿太阳自转方向上一前一后，在前的叫先行黑子，在后的叫后随黑子。先行黑子的直径较大，寿命也长。

黑子在日面上的活动非常规则，黑子的增多和减少有明显的周期变化。每一个新的黑子周期开始

时，黑子首先出现在日面南北纬 40° 附近，以后随着黑子的逐渐增多并向赤道方向移动，在活动周期快结束时，黑子就移到日面南北纬 5° 的地方，这时黑子数减少到最低值。同时下一周期的新黑子又在南北纬 40° 附近重新出现，这一过程平均11年左右。

黑子具有明显的磁场，在南北两半球黑子的磁极是相反的，但同一半球则是相同的，它们的对应关系随着黑子周期的变化而相互逆转。例如在某一周期内，如果北半球处在黑子群前面的先行黑子具有南磁极的话，那么在南半球的先行黑子则具有北磁极。随着黑子周期的变化，两个半球的先行黑子的磁极也转变为各自相反的磁极。所以根据黑子磁场极性来划分一个太阳活动整周期不是11年，而是黑子周期的两倍，即22年。黑子的这一重要特征是在1913年由海尔（G.E.Hale）发现的，所以太阳黑子的22年周期又叫“海尔周期”。

人们很早以来就注意到黑子的变化。早在两千年前，我国史书上就有关于太阳黑子的记载。公元前43年，即西汉元帝永光元年四月第一次记载了用肉眼看到的太阳黑子（如该年汉书上就有“日黑居仄，大如弹丸”的记载）。而西方直到十七世纪初望远镜发明以后才发现太阳黑子。用科学方法观测黑子始于1610年，连续的黑子观测从十八世纪中叶开始，但到1818年起才有每天的黑子记录。

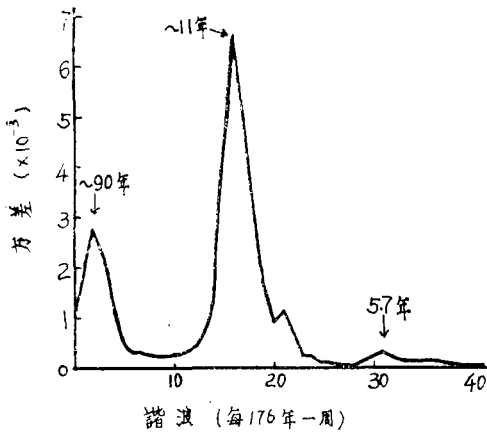


图1 1700—1960年年平均黑子数的谱、最大后延 $m=88$ ，谱的高频部份略去了。

朔韦 (D.J.Schöve 1955) 曾根据古代极光资料，往前推到了公元前 648 年的黑子 11 年周期峰谷出现的年份和峰年的黑子强度，从而使获得了近两千年来太阳活动的概况。根据太阳活动和大气中放射性碳含量以及行星重合周期之间的关系推测，太阳活动除 11 年周期和 22 年磁周期外，根据黑子数的谱分析还有 5.7 年，80—100 年的周期(如图 1) 以及 170—200, 400 以至 2,000 年的周期。

二、黑子相对数的计算

太阳黑子的观测结果，通常是用太阳黑子相对数 R 来表示的。 R 的计算式是：

$$R = K(10g + f)$$

式中 g 为黑子群的数目， f 为日面上黑子的总个数， K 是订正系数。 K 取决于观测仪器的精度、观测方法、天气状况以及观测者的个人因素等。国际天文协会规定，瑞士苏黎世天文台的 K 值等于 1。其它各国天文台的观测结果均以苏黎世天文台的观测结果为标准求得各自的 K 值，以便把不同条件下的观测结果统一起来。因此， K 值就是不同条件下的观测结果归化为统一系统的比例系数。太阳黑子相对数的计算方法是 1848 年沃尔夫 (J.R. Wolf) 提出来的，所以也叫做“沃尔夫指数”。

苏黎世天文台的太阳黑子观测从十九世纪初的沃尔夫开始，在统计相对数时，沃尔夫把他的系数 K 定为 1，当时他没有把只有在很好的能见度下才能看得见的小黑子算在内。从 1882 年起沃尔夫的继承者改变了统计方法，这个新方法统计了最小的黑子，那些有半影的黑子根据其大小和本影的结构给予权

重。新方法观测结果乘上系数 0.6 便和老方法所得数据有同一系统。这种方法一直延用至今。苏黎世黑子数每月发布一次，叫初步黑子数；每年公布上一年经过最后核算的黑子数，叫最后黑子数。《国际天文协会的太阳活动季刊》以及《世界资料中心 A——太阳地球物理资料》上都按期公布苏黎世黑子报告。

中国科学院紫金山天文台发布的太阳黑子数是从 1954 年开始的。联合观测由紫金山天文台、北京天文台、云南天文台、青岛观象台等按照统一的方法共同进行，各台观测结果由紫金山天文台集中整理，经归算为同一系统后每月发表在《太阳地球物理资料》上。

紫金山天文台发表的太阳黑子联合观测相对数乘以表 1 的 K 值后便归化为苏黎世系统。

表 1 紫金山天文台太阳黑子联合观测相对数年平均 K 值表

年份	K	年份	K	年份	K	年份	K
1954	0.97	1959	0.93	1964	0.98	1969	1.13
1955	0.97	1960	1.02	1965	0.91	1970	0.89
1956	1.01	1961	1.01	1966	1.04	1971	0.86
1957	0.97	1962	1.05	1967	0.92	1972	0.81
1958	0.98	1963	0.89	1968	1.14	1973	0.81

三、黑子相对数的修匀

沃尔夫根据大量观测资料得出太阳黑子相对数周期的平均长度为 11.2 年。实际资料表明，短的周期只有 7.3 年，长的周期可达 16.1 年，一般说的黑子 11 年周期是指周期的平均值而言。此外各太阳黑子活动极大年份所观测到的相对数变化也很大，相差可达三倍以上。

太阳自转也反映在黑子相对数的变化上，在日面纬度 40° 的地方，其会合周期为 27.2 天，即黑子相对数有 27 天的重现性。又由于太阳活动本身的变化以及它在日面上分布的不均匀性等使每月的平均相对数呈现较大的起伏，为了突出黑子的长期变化，一般用下面的修匀公式进行平滑：

$$\bar{R}_0 = \frac{R_{-6} + R_0 + 2 \sum_{-5}^5 R_i}{24}$$

\bar{R}_0 为某个月的滑动平均相对黑子数， $\sum_{-5}^5 R_i$ 为第 i 月及其前后各 5 个月共 11 个月的月平均观测值总和。经过这样的平滑，小波动大都平滑掉，而长周期的

规律则能明显地显示出。1961年瓦尔德迈尔 (M. Waldmeier) 整理并发表了苏黎世天文台 1610—1960年黑子观测结果 (资料和图), 其中: 每日黑子数从 1818 年开始 (从 1825 年起有图); 月平均值及平滑月平均值从 1749 年开始 (从 1755 年起有图); 年平均值及图均从 1700 年开始; 黑子极大值和极小值年份从 1610 年开始 (无图)。

四、太阳黑子预报

根据黑子在日面上活动特点, 一般以黑子最少的年份作为活动周的开始年份。由于 1749 年以后才有准确的月平均相对黑子数记录, 所以把这以后第一个低值年即 1755 年定为太阳活动第一周的开始, 到目前为止已经经历了 19 周, 第 20 周是从 1964 年开始的。根据伍德 (K.D. Wood 1972) 预报第

21 周将从 1976 年开始。但科尔 (T.W. Cole 1973) 和格莱斯保 (W. Gleissberg 1971) 均认为下一周可能从 1975 年开始。

科尔的预报如表 2:

表 2

太阳活动周号	低值年	高值年	最大黑子强度
21	1975.3	1981.2	60
22	1988.0	1993.0	70
23	1999.0	2004.0	90

苏黎世天文台每月发布未来 6 个月的逐月黑子相对数预报值。