

太阳活动的近况、趋势和IUWDS计划

Present State and Tendency of the Solar Activity and IUWDS Program

王家龙

(中国科学院北京天文台太阳活动预报中心主任)

地球上气候、气象、水文等变化给人类生产活动和生活带来的巨大影响,以及人类关于太阳活动知识的积累是人们在历史上开始关注太阳活动的两个重要原因。随着人类生产活动、国防和生活现代化程度的提高,人类活动与太阳活动的关系越趋紧密,人类活动受太阳活动的制约就越严重。人们通过实践逐步了解到太阳活动对人类生存环境有巨大的,甚至控制性的作用,从而对太阳活动的水平和性质的关心日益增长。在现代科学技术发达的国家中,太阳活动和地球环境的监测与研究尤为受到重视。

太阳活动是指太阳外层大气中出现的异常结构或现象。所谓异常是相对于大部分日面的宏观“宁静”区域而言的。太阳活动按其速度可分为缓变型与爆发型两类。太阳黑子是人们最熟悉的典型的缓变型太阳活动,黑子常常成群出现,在数目和总面积上都有显著的11年左右的周期变化。每一个周期称为一个太阳黑子周或简称太阳周。从1755年计起,当前正处于第22太阳周黑子活动峰期略后。黑子的寿命短则为几小时或更短,长则可超过几个月。黑子群在日面上出现的位置遵从以时间为参量的统计规律。通过长期的观测与分析,人们发现河流湖泊水位的起伏、大气温度的高低、雨量的多少等水文、气象现象与太阳黑子的多少有一定的关系,这种关系又往往随地区、时间的不同而变化。比如,维多利亚湖水位与太阳黑子数的关系在1880~1930年间呈正相关,1930~1950年间两者无关,而在1950年以后呈负相关。近几十年人们还注意到地震灾害、人为灾害也可能与太阳活动有关。实际上,这些领域中所涉及的太阳活动主要是指太阳黑子等缓变型活动。太阳爆发或称太阳耀斑是爆发型太阳活动的典型。爆发型太阳活动可以使地球环境发生突然的大幅度的变化。在地面上观测到大的太阳爆发

的同时,在地球运行轨道附近常常能测量到X射线辐射强度成百倍的增加,稍后又能探测到太阳高能粒子流量密度成千倍的增长。这些变化会导致地球电离层的扰动、高层大气的异常和强烈的磁暴发生,引起短波通讯信号减弱以至长时间中断,人造飞行器出现故障,地球物理探矿失误,高纬地区高压输电网和输油管道毁坏,以及宇航员遭受过量粒子轰击等严重后果。据统计,1971年2月至1986年11月美国卫星出现的1589次异常事件中,70%与卫星的空间环境有关,而空间环境正是受控于太阳活动的。1991年初海湾战争中,多国部队曾对伊拉克军队大量使用高技术武器,其中包括大规模电子战,效果可观。实际上,太阳活动也正是自然界提供这类电子战的一种好机会。

显然,我们可以选用各种太阳活动现象的不同参量作为表征太阳活动水平和性质的指标。例如,可用太阳黑子数、黑子面积、某波段的太阳辐射流量等反映缓变的太阳活动,可以用爆发数的多少来反映爆发型太阳活动。缓变与爆发型太阳活动在物理上有紧密联系,因此,不同的活动指标之间存在着统计上的相关性。但是不同的太阳活动指标随着时间的变化并不一定同步。例如,上一个太阳周的黑子数年均值在1979年为极大,而耀斑爆发数以1980年为最多。实际上,缓变型太阳活动决定地球空间环境的缓变的背景情况,决定着总的缓变趋势,而爆发型太阳活动则是在缓变背景上增添变化。这种增添的变化量有时很大,对地球空间环境的影响很严重,在某些情况下会发生剧变。所以,了解太阳活动状况,预测未来缓变型和爆发型太阳活动的趋势不仅有自然科学研究的意义,更具有潜在的和现实的应用意义。这也正是太阳活动预报学产生和发展的原因。

一、太阳活动的现状与趋势

太阳黑子相对数是最常用的表示太阳活动水平的指标。从黑子相对数的定义 $R=k(10g+f)$ (式中 R 为黑子相对数, g 是测量日的黑子群总数, f 为测量日的总的黑子个数, k 为与观测台站有关的常数)可知,黑子相对数是一个缺乏物理意义的统计量,它把小黑子与大黑子等同看待,它给予单独小黑子的权重比一群黑子中的大黑子的权重多10。但是由于下面三个原因:1.黑子相对数(简称为黑子数)有长达200多年的较完整的历史记录资料可供统计使用;2.作为一个统计量,黑子数随时间的变化反映了太阳活动水平的变化,特别是黑子数月均值的年平滑值序列清楚地反映出太阳活动的周期性;3.黑子数无论在天文界还是在其它领域经常被用来寻求地球物理、生物现象与太阳活动的种种关系。虽然太阳活动的其它指标含有更明确的物理意义,使用率也在不断增加,但目前应用最广泛的仍然是黑子数。黑子数随着时间的起伏变化很大,为了一般表征太阳活动水平,实际上常用的是黑子数月均值的年平滑值(简称为黑子数平滑值)。

当前的太阳活动处于第22太阳周峰期附近,1989年7月黑子数平滑值达到159,为第22周的第一个峰值。该峰值表明第22周是200多年有系统记录以来的第三个高活动周。图1是记录到的最高周——第19周(1954~1964年)、前一个太阳周——第21周(1976~1986年)和本太阳周——第22周(1986~)的黑子数平滑值随时间的变化曲线。表1中我们给出了高黑子数的太阳周(黑子数平滑峰值 >140)的几个参量:各周起始的黑子数平滑极小值、各周在开始24个月内黑子数平滑值上升速度(黑子数/月)、各周的上升段时间长度(月)和各周的黑子数平滑极大值。从表1可以看

线表明,第22周黑子数平滑值具有双主峰,活动的高峰期较长。以上就是本太阳周太阳活动已出现的几个统计特征。本太阳周尚未结束,它的未来活动趋势将在后文中讨论。

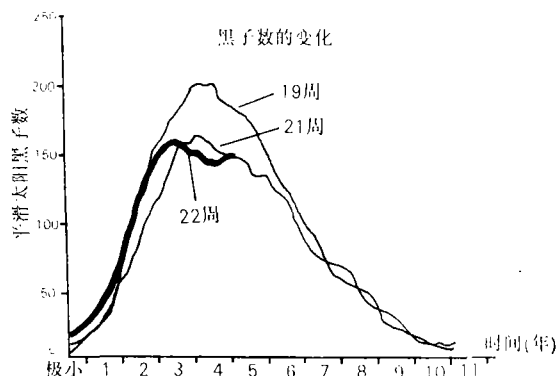


图1 19、21和22周太阳黑子数变化曲线

图2中画出了最近三年(1989~1991年)中级以上太阳X射线爆发数目的月分布。其中图2a为X级($1\sim 8\text{Å}$ 软X射线峰值流量 $\geq 10^{-4}\text{瓦/米}^2$)X射线爆发的分布,图2b为M级以上($1\sim 8\text{Å}$ 软X射线峰值流量 $\geq 10^{-5}\text{瓦/米}^2$)X射线爆发的分布。从图2可以看出本太阳周的另一个活动特点,即在个别时段有极高水平的活动发生。例如,1989年3月日面上的一个强活动区就产生了59次M级以上的X射线爆发,其中含X级大爆发11次。这个活动区包含黑子群面积之大是近几十年来少有的。这一系列大爆发使地球的空间环境发生了可怕的变化,曾导致西半球约60次短波通讯衰减,有两次通讯中断达12小时以上。3月10日的一次大爆发曾使地球轨道附近的软X射线和能量大于10兆电子伏的质子流量剧增,造成了美国国家气象卫星一度中断向地面站发送云图,使军事系统跟踪的几千个空间目标近于失踪,使低轨卫星受到异常加大的阻力而几乎失去姿态控制,使航天飞机难于把通讯卫星送入同步轨道。更可怕的是,这次事件破坏了加拿大魁北克600多万人口地区的输电网,供电中断9个多小时,造成巨大经济损失。如果载人飞船遇到这种情况,宇航员生命将受到威胁,穿越极区的飞机上的乘客和机组人员会受到超剂量的辐射损伤。再如,1991年6月日面上的一个大活动区产生了32次M级以上的X射线爆发,其中含X级6次;6月4日和6日的大爆发曾使短波通讯大范围中断,北京天文台在该活动区观测到了罕见的太阳白光耀斑。

为了进一步认识第22太阳周作为一个高活动周的活动水平与性质,我们对最近三个太阳周的活动情况做如下比较:第20太阳周(1964~1976年)内总共观测到光学耀斑约58 000个,其中前半

表1 高太阳周黑子数的比较

周号	起始极小值	上升速度(每月)	上升期(月)	极大值
8	7.3	2.6	40	146.9
11	5.2	3.5	41	140.5
18	7.7	2.5	39	151.8
19	3.4	4.9	47	201.3
21	12.2	3.3	42	164.5
平均	7.6	3.4	41.8	161.0
22	12.3	4.5	34	159

到:在第22周开始,太阳黑子活动达到相对高的水平,其起始极小值为12.3,是记录到的最高极小值;第22周开始后以很快的速度上升,上升速度(4.5/月)仅次于第19周;表1第4行数据表明第22太阳周上升到第一个主峰所用的时间最短(约34个月),比高周的平均上升段少约8个月。另外,图1曲

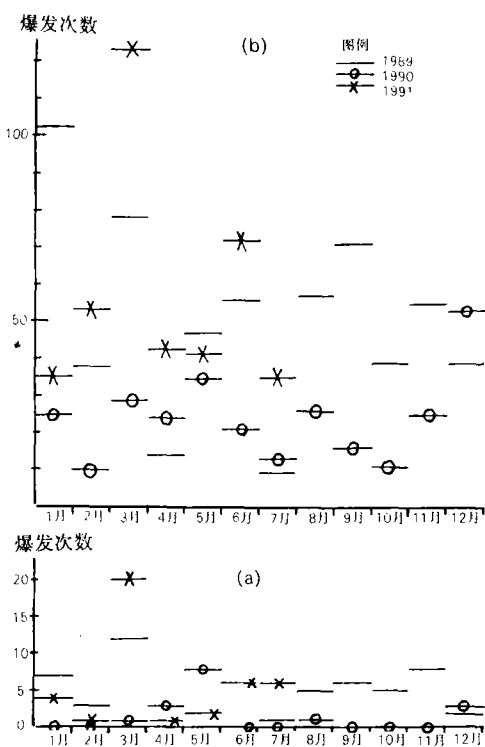


图2 X级(a)和M级以上(b)爆发的
月分布(1989.1~1991.7)

周内观测到约18 000个;第21周(1976~1986年)内总共观测到光学耀斑约53 000个,X级X射线爆发172个,太阳质子事件60次,其中前半周内观测到光学耀斑约16 000个,X级X射线爆发42次,太阳质子事件18次;第22周前半周(1986~1989年)内观测到光学耀斑14 000个,X级X射线爆发70次,太阳质子事件33次。可见,本太阳周(第22周)前半周内产生的光学耀斑数目比第20周前半周和第21周前半周的光学耀斑数目分别减少了20%和10%,而本周的强爆发和太阳质子事件数目却分别是第21周的1.7倍和1.8倍。上述情况不但有助于我们了解近年太阳活动的水平,也使我们能够对本太阳周的未来活动趋势做一粗略的估计。我们的估计是:第22周后半周内还可能观测到大约30 000个光学耀斑、约200次X级X射线爆发、约80次太阳质子事件。另一方面,以往几周的观测表明,强的太阳爆发次数的峰期很可能迟于黑子数的峰期和各类爆发总数目的峰期。因此可以预测,本太阳周强爆发的产率峰将出现在1989年后半年至1992年之间。

太阳活动的长期预报无疑对许多有战略意义的规划工作,例如水、旱灾害的预测和预防、空间的开发利用、战争的策划和防备等都有重要的参考价值。但是长期太阳活动预报是一个尚未解决的预测问题,基本原因是人类对太阳内部的演化过程和宇宙环境对太阳的作用缺乏足够的了解,还没有完全掌握太阳活动的规律。比如,过去对第

21周太阳黑子数峰值的预报,仅有约50%的预报结果与实际相差在20%以内。对第22周峰值所做的预报,绝大部分都和实测结果相差甚远。因此,当前的长期太阳活动预报只是一种趋势性预报。为了估计十年以后太阳活动的水平,我们预测了下一个太阳周(第23周)的活动趋势。为此,我们对过去十几个太阳周的参量做了统计研究,得到了太阳周参量间的关系式:

$$K_{n,n+1} = 5.75 + 0.79D_n \quad (1)$$

$$M_n = 311 - 46.96A_n \quad (2)$$

其中 $K_{n,n+1}$ 是相邻两个太阳周(第 n 周和第 $n+1$ 周)黑子平滑值的峰之间的时间距离(以年为单位), A_n 、 M_n 和 D_n 分别代表第 n 个太阳周的上升段时间长度、峰值黑子数和下降段时间长度。取第8周以后极大值大于100的各周平均长度为第22周的长度(10.7年),再利用(1)式和(2)式,则可以得到下一个太阳周的参量估计值:第23太阳周将开始于1997.5年,黑子数平滑峰值约为120,峰期可能在2001.6年。也就是说,在本太阳周之后,我们将面临一个强度为中等偏高的太阳活动周。

二、数据执行中的IUWDS计划

太阳活动的观测除为日地科学探索工作提供实测基础外,主要是服务于太阳活动预报和太阳资料的国内、国际交换。由于实时的、三天以内的短期预报与航天、国防和民用通讯工作密切相关,许多国家,特别是空间大国和军事大国都很重视这类太阳活动预报。为满足人们对太阳观测资料与太阳活动预报日益增长的需要,1962年国际上制定了“国际无线电科联日地资料快速交换与世界日服务”(IUWDS)计划,并建立了相应的机构。我国于1990年申请参加IUWDS,并于同年被接受为该计划和相应组织的成员。已经执行了30年的IUWDS是一个大规模的太阳—地球空间环境联合监测与预报的国际合作项目,其目的是在各国间迅速通报和交换日地观测数据,做出和交换太阳—空间环境—地球物理的预报,为世界各地的航天、通讯、科学研究服务。当前,在太阳工作方面,IUWDS主要涉及目前最有价值、准确度较高的短期太阳活动预报。

无线电通讯在20年代随着工业、商业和交通事业的发展得到广泛使用,因而长距离短波通讯经常受到干扰的事实大大促进了人们对地球空间环境变化的关注。1928年法国人首先利用埃菲尔铁塔在巴黎播送太阳和地球物理信息,研究实时的太阳活动对无线电波传播的影响。国际无线电科联为推进服务于无线电通讯业务的日地关系研究,在1930年开始了一项称为Ursigram的日地数

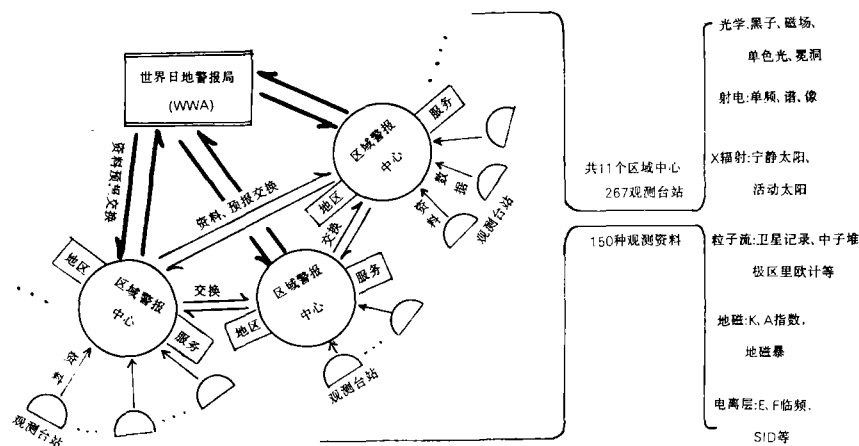


图3 IUWDS工作示意图

据交换计划,取得了相当的成功。到50年代,太阳和地球物理学家已经知道太阳爆发对地球环境可能产生两类影响或效应。一类称为同时效应,主要是电离层突然骚扰现象。另一类可称为延迟效应,主要是地球附近高能粒子流量密度增强、地磁暴和电离层暴现象,延迟时间从几小时至几天不等。要想完整地监测和记录日地现象,就必须每天24小时连续观测,而这一点又是世界上任何单独一个国家难以做到的,所以开展国际合作成了必由之路。为了充分利用第19周太阳活动峰期的好时机,1957~1958年国际上开展了被称为国际地球物理年的观测活动。一系列国际合作计划的成功经验促成了1959年的“国际世界日服务”(IWDS)计划的实施,继续进行国际地球物理年期间的项目。在日趋密切的国际日地合作研究中,信息交流、观测数据和现象预测的快速交换成了完成工作的先决条件。为此,1962年国际无线电科联(URSI)、国际天文学会(IAU)和国际测地与地球物理学会(IUGG)将Ursigram与IWDS两个计划合并,设立了能够高效、广泛服务的IUWDS组织与计划。

IUWDS是国际间非政府的学术机构,也是一个合作项目。它协调全球性日地观测、研究,进行全球性的日地资料与预报的快速交换。IUWDS总部设在美国科罗拉多州波尔德市的国际空间环境服务中心,称为世界日地警报局(WWA)。IUWDS目前有11个区域性警报中心,分别设在各参加国的首都或日地物理研究中心。我国的区域性警报中心在北京,国际上称为RWC—北京。世界日地警报局作为IUWDS的秘书处从事组织工作。在学术上它的主要任务是:总结每天的日地观测数据,发出日地预报和警报,完成特殊报告,交换信息。各区域中心负责相应地区的日地观测资料收集,提出预报建议与世界警报局或各中心交换,为本地区用户做空间环境服务。目前,RWC—北京每天收集我国的太阳光学、射电观测数据、电离层探测和

宇宙线强度资料,作出太阳活动短期预报,与世界警报局进行快速交换,把获得的全球性资料与预报提供给我国用户。同时,RWC—北京还独立做出中、长期太阳活动预报。这样,我们一方面对国际合作做出了积极的贡献;另一方面,国际合作也促进了我国的空间开发,有利于我国的通讯事业和工农业生产。图3是IUWDS主要工作示意图。随着各国科技工作现代化程度的提高,IUWDS将日益显示出它存在的价值。(责任编辑 肖庆山)

(上接第42页)

智能技术的发展,不断提高其智能化程度。

由于机器增加了这一新的组成部分,使机器的功能不仅进一步扩展了人的体力劳动,而且正在越来越多地代替人的脑力劳动,从而使人类的生产活动领域得以伸向宇宙空间,分子、原子以至更小的粒子世界,达到地球陆地和海洋的深处,沙漠和极地;可以使人类在高真空、高清洁度、微重力、高温、深冷、高压、高危险性等超极限条件下进行作业,实现高速度、高精度、高质量的操作,极大地提高了人类社会的生产力。

由计算机控制的,把产品设计、企业管理、加工制造连成一体的计算机集成制造系统的出现和发展,是在现代科学技术条件下发展起来的“机器生产的最发达的形态”。它有可能使企业根据迅速变化中的市场需要,以最快的速度,推出价格性能比最优的新产品,并且可以实现以销定产,批量小到1件,无等待加工时间,无等待加工工件,无废品,无库存的生产,使各种生产要素之间的配置得到最大的优化,各种生产要素的潜力得到最大限度的发挥,实际存在于企业生产中的各种资源的明显的或潜在的浪费减少到最低限度以至消除,从而获得最佳的整体经济效益。计算机集成制造系统的产生和发展是当代科学技术在发展生产力上的集中体现,因而也是我国机械工业在为实现科学技术转化为生产力的努力中的关键性环节。

(责任编辑 蔡 今)