

# 太阳活动与地球的空间环境

李 良



光辉的太阳是地球万物生长的天然能量源泉，它不断地向太空发射大量的光和热。观测表明，太阳光球及其以上的太阳较外层大气中，时常有较大尺度或局部区域的、缓慢的或爆发型的变化现象，诸如太阳黑子、日珥和耀斑等，太阳物理学家把这些现象统称为“太阳活动”。太阳活动现象非常复杂多变，可以说是相当的丰富多彩。太阳黑子数目的变化具有显著的周期性，太阳黑子大量出现的期间叫做太阳活动峰年，黑子极少的期间称为太阳活动谷年或低年，两个峰年之间的周期平均约 11 年。

随着 21 世纪的来临，美国国家海洋和大气管理局的科学家发出警告说，2000 年太阳活动将进入极大年——即太阳活动高峰期，剧烈的太阳活动可能会扰乱近地空间环境，来自太阳的突发性“暴风”会造成一些地区大停电、短波通讯障碍和人造卫星故障，诸如发生无线电通信系统、卫星导航系统，以及人造地球卫星偏离轨道或宇航员遭受太空辐射袭击等等。根据太阳观测卫星和有关学者的分析预计，从 2000 年起进入第 23 周太阳活动最剧烈的极大期，这个时期可能将持续 2 年或 4 年时间。

太阳是唯一的近到可以详细研究其表面状况的恒星，对科学家来说，太阳又是一个巨大的天体物理实验室，研究它的结构和物理状况，具有非常现实的应用价值。太阳活动的主要表现是太阳黑子、日珥、耀斑以及太阳风等。太阳活动的强弱是以日面出现黑子的多寡为标志的，太阳黑子增多时，太阳耀斑、日珥等爆发活动也随之增多和剧烈。观测表明，太阳活动的强弱变化具有大约 11 年的周期性。按照天文学家

的计算规则，从 1755 年开始算起，目前太阳活动正处于第 23 个活动周期的高峰期。前一次太阳活动峰期出现在 1989 年，1991 年又出现了次高峰。再前一次活动峰期出现在 1979~1980 年间。

虽说太阳黑子究竟是什么迄今还未完全确定，但科学家们的观测结果表明，太阳黑子具有极强的磁场，日面上这种强大的电磁旋涡变化难测，有时发作起来就像日面上的“台风”，对日地空间环境造成破坏性影响。

在日面上（通常在黑子群上空）有时会突然出现迅速发展的亮斑，亮斑很快扩大，面积可超过 3 亿平方千米以上；它的寿命仅仅在几分钟到几十分钟间，其亮度上升迅速，下降却比较慢，这种现象即太阳耀斑。除了日面局部突然增亮的表面现象外，耀斑最主要的表现是从无线电波段直到 X 射线的辐射通量的突然增强，同时伴有大量的高能粒子的喷发；在短短的一、二十分钟内，太阳耀斑可以释放  $10^{25}$  焦耳的巨大能量，相当于地球上十万次至百万次强火山爆发的能量总合。在耀斑爆发 20~40 个小时后，地球电离层和地磁场往往会出现强烈的扰动——即电离层暴和地磁暴，这些扰动往往造成短波无线电通信受到严重干扰甚至中断，磁暴会使得罗盘失效，给飞机或远洋船舶航行造成危害，甚至酿成灾难性事故；此外，地球高纬度地区上空会出现缤纷的极光等日地物理现象。

当太阳上出现耀斑的时候，从太阳发出的紫外、远紫外、X 射线以及高能带电粒子的发射强度突然增大。这些辐射中的强 X 射线和远紫外线可贯穿到电离层底部，使那里的电离过程增强。电子密度在几分钟之内突然增大，引起突如其来的电离层骚扰。这时从电离层反射

北京天文馆 100044

的、用于正常通讯的无线电短波便遭受强烈的吸收,也就是说,原来能够反射的高频无线电信号,这时却不能反射或严重衰减,因此出现短波通讯中断现象. 还有一种受太阳大耀斑爆发引起的称为磁层亚暴的强烈扰动,可以破坏正常的空间环境,例如造成地球高纬度区视距雷达系统受到严重干扰而无法工作. 磁层亚暴时地磁场的剧烈变化可在长导线中产生很强的感应电流,比如曾检测到高达 1000 安培以上的感应电流,从而引起电缆通信的严重故障;同时还可破坏输电线路系统,造成大面积停电事故. 难怪有的天文学家把耀斑称为日面上的“惊天动地”的爆炸!

来自太阳的这种爆发活动,对于地球的空间环境影响很大. 太阳活动的增强曾经造成了举世闻名的“天空实验室”小型空间站(1973 年发射)的毁灭. 由于太阳耀斑突然地强烈增加,导致地球大气层的温度骤然升高,高层大气密度的增加,严重影响了“天空实验室”的运行轨道. 这种情况对该空间站来说有一种刹车作用,当其速度放慢后,便逐渐脱离原先的轨道. 1979 年 7 月 11 日,在其绕轨道飞行了 3.1 万圈之后,这个空间站发生了爆炸,熊熊燃烧后坠毁. 本来人们预计它应当在轨道上安全运行至少 10 年. 太阳活动会导致空间站过早地夭折,这是科学家们根本没料到的事情. 幸运的是,毁灭的空间站碎片下落时没有造成人员伤亡或财产损失,因为大部分碎片落到了印度洋和澳大利亚西南部的荒凉地带.

根据有关专家统计,在 1977 年到 1982 年间 44 个空间飞行器发生故障次数的 16.5%,是由于空间环境造成的;在 1971 年~1986 年美国卫星出现的 1589 次异常事件中,70% 也是与空间环境有关系. 而空间环境则主要受控于太阳活动. 1989 年 3 月日面上出现了一个大黑子群,其面积达到了 3570(单位为太阳半球面积的百万分之一),后来该黑子群上空发生了几十次强耀斑活动,曾经使西半球的短波通信有大约 60 次衰减,引起 39 次短波通讯突然骚扰,15 次通讯部分中断,24 次全部中断,其中有两次

通讯中断达 12 小时以上.

特别是 1989 年 3 月 10 日发生的一次 7.5 小时长寿命爆发,使地球轨道附近的软 X 射线强度增加了几百倍,因此造成了美国国家气象卫星一度中断向地面站发送云图,还有的系列导航卫星好几天不能正常工作,军事系统跟踪的几千个目标近于失踪,低轨道卫星受到异常加大的阻力而几乎失去姿态控制,航天飞机难于把通讯卫星送上同步轨道. 影响更为严重的是,这次太阳大爆发产生的地磁暴破坏了加拿大魁北克地区的输电网,使供电中断达 9 个小时,600 万居民的生活受到影响,使魁北克省电力公司损失 19400 兆瓦的电力,经济损失巨大!虽然这种太阳活动事件并不经常发生,但它给人们的教训确实是深刻难忘的.

最令人烦恼的是,太阳大耀斑的爆发总是突发性的. 有些天文学家预计,今明两年爆发的频率可能达到高峰. 现代太阳物理研究表明,太阳大耀斑爆发产生的带电粒子流引起地球电离层暴、地磁暴还会严重影响地球物理探测的结果,影响长距离输油管道的管理、缩短输油管道的寿命,造成很大的工业损失. 还有的研究者发现,在太阳活动剧烈时,使许多信鸽(它们靠磁场导航)辨不清方向,影响信鸽的回巢率,人类的交通事故率和某些疾病(如流感)的发病率都与太阳活动有关.

根据美国飞行辐射防护专家认为,通常太阳的辐射对于陆地上生活的人们来说不会有多大伤害,但这种辐射在太阳活动高峰期时将给正在高空中乘飞机旅行的人们带来不良影响. 有人建议飞机乘客事先查看一下太阳风暴的活动情况后再确定行期. 根据有关学者估计,发生太阳耀斑大爆发时所造成的辐射水平,相当于一个人在 1 小时内做 100~200 次 X 光透视,这种辐射会危及乘坐飞机的旅客,尤其是孕妇的健康;对于那些经常乘飞机的乘客以及飞机的机组成员来说,经常暴露在这种高空辐射中会对健康造成危害;有关学者因此提出建议,航空公司应当关注这种来自太阳的较强的高空辐射,在飞机上安装辐射监视器,以监测飞机中的

辐射量。

太阳活动在近年的阿尔法国际空间站建设期间将达到其高峰,根据最近美国政府特别小组的一份报告估计,在空间站建设期间会发生2~4次比较大的耀斑爆发活动,来自耀斑爆发的强X射线、太阳高能粒子会对执行任务的宇航员构成威胁。宇航员暴露在这种宇宙射线中,增加了他们日后得癌症的可能性。虽然也有科学机构的专家认为尚未找到危及生命的根据,但那份报告认为,在宇航员执行任务时发生危险事件的机率为10%。有关研究机构呼吁,美国航空航天局应在空间站上安装一个放射量测定器,以便尽可能快地向宇航员进行太阳“风暴”的预警;研究人员警告说,空间站建设期间(若遇上剧烈的)太阳活动使宇航员遭受的辐射剂量,相当于作几百次X射线胸部透视。

俄罗斯一位名叫纳塔利娅·卡尔璠霍娃的科学家最近指出,太阳在活动高峰期发出的强辐射可降低淋巴球的功能,致使人体血液中淋巴球的数量升高,从而引起人体免疫力下降。淋巴球即淋巴细胞,它负责人体免疫状态,可以产生对付外来有害影响的抗体。那位俄罗斯科学家利用自己研制出的微型荧光计进行的测量表明,太阳辐射使淋巴球合成蛋白质的功能几乎降低了一倍,而蛋白质正是合成抵御病疫感染的新抗体的原料。这意味着太阳在剧烈活动期发出的辐射是产生病疫的原因之一。正因如此,科学家建议应当尽量避免在强烈阳光下暴晒。

太阳活动还与地球的天气、气候变化有关系。早在1801年,英国天文学家威廉·赫歇耳就已经发现,伦敦市场上的小麦价格是直接受太阳黑子“调控”的,因为黑子数目少的时期雨量也相应地减少了。人们从树木的年轮上发现,年轮的疏密变化正好与太阳的11年周期相吻合,在太阳活动峰年附近年轮渐宽,即树木生长速度快些。

太阳活动引起的种种地球效应,早已受到

了科学家们的广泛关注。目前的太阳活动预报主要分为三种,即长期的、中期的和短期预报。

长期预报以预报未来的太阳黑子周或未来几年的黑子活动水平为主,有关地震、水文、气象等研究与预测常常需要长期太阳活动预报作参考因素。中期预报一般是提前三天以上到几个太阳自转周的预报,一个太阳自转周平均大约27天,这种预报的内容有黑子和太阳耀斑的活动概况以及太阳在2800MHz波段的辐射流量变化趋势等。这种预报对于安排航天器的发射日程、空间飞行任务的执行、通讯计划的实施等具有重要的参考价值。

短期太阳活动预报是指提前量短于三天的预报,太阳耀斑(特别是大耀斑)爆发是主要预报内容,这对于调整或者改变短期工作或执行中会说受到太阳活动影响的任务是重要的参考因素。除此之外,还有所谓太阳活动的超长期预报和太阳活动警报,即根据观测分析研究给出未来几十年或更长期的太阳活动水平估计,太阳活动警报则是在观测到某种太阳爆发后,立刻预报该爆发可能产生的地球物理效应。这种警报在航空航天、国防、外交、交通和商业部门等活动中均有非常实用的价值。

我国早在20世纪60年代末就已经形成了太阳活动观测网和专门的预报机构组织,为国防科研事业承担太阳活动的检测和预报任务。为了提高太阳活动预报水平,世界各国也早已联合起来对太阳作“日不落”观测,即处于世界各地的太阳观测站24小时追踪太阳不停地观测,并且不断迅速地交换信息和预测。国际无线电科联、国际天文学联合会等机构组织了大规模的日-地预报国际合作活动。国际上已经建立了11个区域性日地预报中心,共同从事太阳活动预报的研究与服务,其中心总部设在美国波尔多市,设在我国的中心称为北京中心(在中国科学院北京天文台)。