

新科技 新概念

太阳风暴及其影响

林元章*

(中国科学院国家天文台 100012)

去年以来,各种新闻媒体多次报导太阳风暴事件。今年4月,又发生了一次剧烈的太阳风暴,导致无线电通讯受阻。到底什么是太阳风暴?它对地球有哪些影响?本文将简要介绍这些问题。

太阳风暴实际上是指太阳活动引起的太阳光辐射和粒子发射增强的现象,俗称太阳风暴。它不是科技术语,它与科学术语“太阳风”(solar wind)是两回事。太阳风是指太阳最外层大气永不停止向外膨胀的稳定现象,太阳风暴则是太阳活动引起的偶发事件。因此,要理解太阳风暴,就得从太阳活动讲起。

肉眼看到的太阳似乎完美无缺,洁净无瑕,但实际情况并非如此。借助各种专门的太阳望远镜进行观察,就可发现太阳表面常在一些局部区域出现某种特殊现象,或者说发生一些事件,即所谓太阳活动现象。例如在太阳的低层大气(光球层)中出现成群的太阳黑子和光斑,在高层大气(色球和日冕)中出现日珥和谱斑,有时发生太阳耀斑和日冕物质抛射等现象。黑子是日面上的暗黑斑块,它们的本质是太阳表面的局部强磁场区(磁场强度为几千高斯),且具有复杂的磁场极性分布。但黑子区的温度比周围低,显得暗黑。光斑是光球层的高温区,谱斑是色球层中的高温区。日珥是突出于太阳表面的火焰。耀斑则是太阳大气中大规模的能量释放现象,就是太阳爆发,是最剧烈的太阳活动现

象。日冕物质抛射也是另一种形式的剧烈太阳活动。黑子、光斑、谱斑和日珥等活动的空间尺度一般为几万至十几万公里,寿命为几天至十几天。日冕物质抛射涉及的空间尺度更大,但持续时间较短。太阳耀斑区的大小约为几千至几万公里,持续时间只有几分钟至几十分钟。耀斑发生时,从耀斑区发射出很强的光辐射(主要为X射线和紫外波段),以及高能粒子流(主要为质子和电子)和低能等离子体。一次耀斑释放的总能量可达到 10^{32} 至 10^{33} 尔格。太阳耀斑是各种太阳活动现象中对地球影响最大的现象。

观测表明,上述各种太阳活动现象倾向于发生在以黑子为中心的局部区域中(称为太阳活动区)。因此一般来说,当太阳上的黑子群和黑子数目较多时,其他各种活动现象也增多。换句话说,可以用黑子群和黑子多寡来代表太阳活动的平均水平。

通常用所谓黑子相对数来代表每天的太阳活动水平。黑子相对数定义为 $R = 10g + f$,其中 g 和 f 分别代表当天日面上的黑子群和黑子数目。人们通过长期观测发现,黑子相对数 R 的年平均值具有11年左右的周期性变化。年平均值极小的年份表示该年日面上很少出现黑子,因而其他各种活动现象也不多,这样的年份称为太阳活动极小年。反之, R 的年均值极大的年份,意味着该年日面上太阳黑子和其他活动现象频繁和剧烈,称

* 林元章研究员是天文学名词审定委员会副主任。

为太阳活动极大年。相邻两次极小年之间的时间间隔(11年左右),称为一个太阳活动周。国际上统一规定从1755年极小年起算的太阳活动周为第一周。目前我们正处在从1996年开始的太阳活动第23周。它的极大年在2000年附近,因此从去年至今,日面上经常出现很多大黑子,太阳风暴也经常发生。

宏观上稳定的太阳为何会出现太阳活动现象,一直是太阳物理学家的重点研究课题。目前认为太阳活动系起源于太阳内部的原有弱磁场(许多天体,包括恒星和行星都有磁场)与太阳自转相互作用的结果。太阳自转很特殊,即赤道区的自转较快(约27天转一周),两极区较慢(约34天转一周),称为较差自转。理论研究表明,正是这种较差自转能够把太阳内部的微弱磁场拉伸放大,形成管状的强磁场,称为磁流管。因磁流管具有磁浮力,会逐渐向太阳表面升浮。当这些磁流管升浮到太阳表面时,与太阳表面碰撞,并拱出表面,在那里形成局部强磁场区,就是太阳黑子。而光斑、谱斑、日珥、耀斑和日冕物质抛射等其他活动现象,则是黑子区的强磁场与太阳等离子体相互作用的结果。太阳活动具有11年左右的周期,也可以用太阳发电机理论予以解析。

地球实际上是浸泡在太阳光辐射和粒子流(太阳风)当中,因此地球附近空间环境的主要特征在很大程度上是由太阳光辐射的能谱(辐射强度随波长的变化)和粒子流的能谱(粒子流量随粒子能量的变化)确定的。太阳稳定的光辐射和粒子流确定了地球附近空间环境的定常状态。例如,在太阳X射线和紫外线的作用下,地球大气中形成了电离层和臭氧层,而太阳风则把地磁场压缩成彗星的形状(称地磁层),并在其中形成了内、外辐射带,它们是被地磁场捕获的太阳粒子的集中区。在此基础上,太阳活动产生的光辐射(主要是X射线和紫外线等短波辐射)和粒子流

发射增强,就构成了对定常状态的扰动,产生了各种异常现象,也称为地球物理效应。

太阳活动对地球的影响,最严重的就是太阳上发生耀斑时产生的一系列地球物理效应。最先是耀斑产生的X射线和紫外线(特别是其中波长为1~10埃的X射线)于8分多钟后到达地球,使地球电离层中最低层(D层)的电子密度突然增大,从而使无线电通讯中依靠更高电离层(E和F层)反射的短波(波长约10~50米)在其通过D层时受到严重吸收,造成通讯信号减弱,甚至中断。这一现象也称为电离层突然骚扰*。

耀斑发射的高能粒子流(其主要成分为质子)一般于耀斑发生后几小时至十几小时到达地球附近。这些粒子的能量很大,将对人造卫星和宇宙飞船等航天器造成损害,甚至殃及宇航员生命。1991年3月,太阳的几次大耀斑发射的高能粒子流,曾损坏了日本广播卫星的电池板,造成供电不足,使其3个频道中的一个不能工作。欧洲海事通讯卫星MARECS-A也因表面带电引起局部弧光放电,损坏了太阳能电池板,使其功率下降而退出服务。1990年11月初的太阳耀斑发射的高能粒子流也曾使我国的“风云一号”气象卫星受到轰击,造成计算机程序混乱,无法控制卫星姿态,导致卫星在空间翻转。高能粒子流伤害宇航员事故尚未发生,然而地面实验室的模拟表明,太阳耀斑发射的高能粒子流将会对进行太空行走的宇航员造成伤害,即使对在航天器中的宇航员,也会造成相当严重的危害。因此,应当尽量避免在太阳活动强烈时期进行航天(特别是载人航天)活动。为了避免危险,载人航天器一般都在内辐射带高度以下(低于800公里)飞行。这样可以在一定程度上受到辐射带的保护。甚至在高纬和极区附近飞行的高空飞机,由于那里没有辐射带的保护(地球辐射带的纬度范围只有 $\pm 70^\circ$),也会受到耀斑发射的高能粒

* 天文学名词审定委员会已将“电离层突然骚扰”定名为“电离层突扰”。

子的轰击,危及乘客的安全。英国皇家航空公司就曾制订过避免太阳高能粒子损害的飞行规章。

太阳耀斑发射的更大量的低能粒子为同等数量的电子和质子所构成的等离子体。它们通常在耀斑发生后1~3天到达地球,冲击地球磁层和电离层,引起磁暴和电离层暴。大量低能粒子通过地球两极地区进入电离层(主要是下层)后产生电离层暴,它对无线电通讯造成的损害比上述电离层突然骚扰要严重得多,一般会持续好几天。这些粒子撞击地球极区高空大气的原子和分子,使它们受到激发而发光,出现壮丽的极光现象。另一方面,大量低能粒子在地磁场中运动还会产生强大的感应电流,它在引起磁暴的同时,还会严重损坏高纬地区的供电设备和输油管道,甚至电话线路。例如,1989年3月一系列太阳耀斑发射的等离子体引起的磁暴期间,加拿大魁北克地区的电力系统遭到严重破坏,电力供应中断9小时,影响到600万居民的生活。磁暴期间,由于地磁场的正常状态遭到破坏,因此还会影响到利用地磁场进行作业的其他领域,如物理探矿、导航和航测等部门,甚至使信鸽迷路。

除了耀斑以外,其他一些太阳活动现象,如特大的黑子群、日珥爆发和日冕物质抛射等,也会有X射线和紫外线增强,以及粒子流发射。一般来说它们的强度不及耀斑,但是它们的累积效应也会对地球产生影响。

太阳活动产生的短波(X射线和紫外线)增强和粒子流一般只能到达地球的高空大气,主要对电离层,至多对平流层(位于12~50公里高度,臭氧也在这一层)产生影响。它们不能直接达到天气现象所在的对流层。然而,从上一世纪的统计研究却发现,太阳黑子相对数和太阳耀斑的发生与地球上一些地区的气象和水文参数之间存在相关性。这些参数包括平均气温、气压、雷暴频数、季风频数、旱涝程度,以及大河流的水位和港口冰冻期等。最明显的即许多地区的年平均气温与黑

子相对数年平均值同步变化。研究也显示太阳耀斑发生之后的第3~4天,一些地区的雷暴频数明显增加。这些现象表明,太阳活动与天气现象之间密切相关,但其物理机制目前尚不很清楚。

太阳活动引起的短波辐射增强和粒子流增强还会使地球大气受到加热。这将使低层大气向高层运动,相当于大气整体向外膨胀,导致高空大气密度增大,从而使在高空运行的人造卫星受到更大的阻力,造成卫星轨道衰变,寿命缩短。有人认为,这种低层大气向高层运动也可能造成大气环流变化,从而影响到天气现象。

此外,太阳耀斑等引起的地球大气膨胀还会改变大气角动量,从而影响地球自转。1959年7月和1972年8月发生的两次大耀斑,均造成地球自转突然变慢。有些研究表明,一些地区的地震发生率似乎与太阳活动有关,有可能是太阳活动引起的地磁场扰动和地球自转的微小变化激发了地震的发生。至于有些研究表明某些疾病、农产品产量、人的情绪、甚至交通事故等与太阳活动的联系,有一部分可能是太阳活动产生的紫外线增强、地磁场变化或天气变化等因素间接造成的,这些方面还存在较大争议。

除了极少数特大耀斑发射的非常高能的相对论性粒子(能量超过500兆电子伏特的粒子),可以突破地磁场的束缚到达地面(这种现象称为地面太阳宇宙线事件)外,一般耀斑和其他太阳活动产生的粒子均被地磁场捕获在高空地带,不会到达地面。各种太阳活动产生的光辐射增强主要限于波长在1500埃的远紫外和X射线波段。而且波长愈短,增强愈剧烈。但在波长大于1500埃的紫外线、可见光和红外波段,辐射强度并无明显变化。探空火箭和人造卫星上搭载的仪器测量结果表明,太阳活动期间,波长在100~1000埃的太阳辐射强度,会比平时增强10倍左右;10~100埃之间的辐射强度,会比平时增大100倍左右;而波长短于10埃的X射线强

度,可以超过平时的 1 000 倍以上。不过值得庆幸的是地球大气对紫外线和 X 射线有屏蔽作用。对于波长为 3 000 埃的紫外线,地球大气的透过率只有 0.011,即只能透过约 1%。对于波长比 2 800 埃更短的紫外线和 X 射线,地球大气的透过率几乎为零。因此,上述太阳活动引起的紫外线和 X 射线增强,虽然高达几十至上千倍,但是只能在高空测量中看到。对于在地面日常生活中的人们来说,这种辐射增强是难以觉察的。因此可以估计,太阳活动期间在地面的太阳紫外辐射增强最多只有百分之几,绝不会超过 10%。同时,即使是在太阳活动峰年,仅仅是太阳活动比较频繁,并非时时刻刻都有太阳活动。因

此因太阳活动峰年而改变人的生活方式是没有必要的。

太阳活动虽然强烈,但它发射的能量与整个太阳辐射能相比,则是微不足道的。例如,太阳大耀斑的发射能量(包括它的光辐射和粒子发射)估计为 4×10^{32} 尔格。假定其持续时间为 1 小时,则可算出其平均发射功率为每秒 10^{29} 尔格。这与太阳的总辐射功率每秒 3.845×10^{33} 尔格相比,是可以忽略的。更何况太阳也并非每时每刻都有耀斑。因此,存在太阳活动丝毫无损于把太阳视作一颗稳定的恒星。大功率的稳定辐射叠加上小功率的周期性的太阳活动,这就是现阶段太阳的主要特征。

神奇的“纳米武器”

周 健

(军事科学院军事百科研究部 北京 100091)

摘 要 本文从纳米、纳米结构、纳米技术等术语出发,引出纳米武器的概念,将纳米武器分为飞行器类、地面爬行类和水中的兵器三类,着重分析了各类纳米武器的性能和作用。指出纳米武器的出现和使用将促使未来的战场形态、作战形式、战争结局等发生根本性的变化,进而使人们重新认识军事领域数量与质量的关系,产生全新的战争理念,使武器装备的研制与生产进一步向质量智能型方向发展,彻底变革未来战争的面貌。

关键词 纳米技术 纳米武器 微型武器 新概念武器

纳米是一种度量单位,1 纳米为百万分之一毫米,即十亿分之一米。纳米结构通常是指尺寸在 100 纳米以下的微小结构,在这种水平上对物质和材料进行研究处理的技术称为纳米技术。纳米技术以空前的分辨率为人类揭示了一个可见的原子、分子世界,它的最终目标是直接以原子和分子来构造具有特定功能的产品。人们普遍认为,纳米技术是信息和生命科学技术得以进一步发展的共同基础,将对人类未来产生深远影响。

科学家为我们勾勒了一幅若干年后的蓝

图:纳米电子学将使量子元件代替微电子器件,巨型计算机将能装入口袋;世界上将出现 1 微米以下的机器甚至机器人;纳米技术还能给药物的传输提供新的方式和途径,对基因进行定点等。

然而,人们一方面利用纳米技术为人类创造财富,另一方面也很自然地将其用于军事目的。利用纳米技术制造出的微型武器,称为纳米武器。

纳米武器不外乎以下几种: