

中学生课外读物

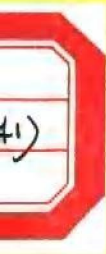


天体中的 剧烈活动现象

夏晓阳 邓祖淦 著



人民教育出版社



55-3
418(144)
中学生课外读物

现代科学技术丛书

天体中的剧烈活动现象

夏晓阳 邓祖淦 著

人民教育出版社

内 容 提 要

本书从基本的天文观测出发,由近及远地介绍了太阳、恒星、特殊恒星、星云、银河系、河外星系等各类天体内部的活动现象,阐述了天文学最基本的历史研究事实和最新的研究成果,向人们展示了这些神秘天体的发展过程及其内在的本质。

本书语言通俗,可供高中学生和具有中等文化程度的一般青年阅读,也可供中学教师参考。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

天体中的剧烈活动现象

夏晓阳 邓祖淦 著

*

人民教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京顺义永利印刷厂印装

*

开本787×1092 1/32 印张 3.5 字数 70,000

1989年 3月第1版 1989年 3月第1次印刷

印数 1—2,000

ISBN 7-107-10206-0

G·1108 定价 1.15元

目 录

一、引言	1
二、太阳上的活动现象	5
(一) 宁静太阳和一般的活 动 现 象	7
(二) 太阳耀斑爆发	16
三、恒星风、新星和超新星	26
(一) 恒 星 风	27
(二) 新星	38
(三) 超新星爆发	43
四、X 爆和 γ 爆	49
(一) X 爆	50
(二) γ 爆	60
五、活动星系核和类星体	72
(一) 塞佛特星系	78
(二) 强射电星系	81
(三) 类 星 体	95
(四) 蝎虎座BL 天体	99
六、结束语——宇宙的大爆炸	105

一、引 言

在晴朗的夏日夜晚,当你仰望天空,看到那闪烁的星星,那乳白色的银河,偶尔还会看到那划过天空瞬间即逝的流星,你都会想些什么呢?你是否想到过你所看到的一切是怎样产生出来的,而当它们的生命“终结”的时候,又将变成什么呢?当你沉浸在宇宙的和谐与宁静的美中时,你又可曾想到在那生生死死的过程中,时时会发生各种各样的剧烈活动现象?正是这纷繁多样的天体的各种不同层次的活动,激起了天文学家们的极大兴趣。

那么什么是天体的活动现象呢?所谓活动现象,既不是指诸如行星绕太阳转动或太阳系绕银河系中心转动这类天体的运动,也不是指象太阳内部热核反应^①那种正常地给太阳提供能源的过程。我们所说的活动现象主要是指在各种天体上所发生的剧烈爆发现象,即通过不同途径积聚起来的巨大能量,在很短的时间内突然释放出来,象炸弹或原子弹爆炸那样的现象。不过既然天体的尺度比一个原子弹大得多,当然在天体上发生的猛烈爆发所释放的能量就比一个原子弹爆炸释放的能量多得多。大家对火山爆发,对地震现象是有所了

^① 在太阳内部进行着4个氢核聚合成一个氦核的反应。这种反应叫聚变,由于只能在很高的温度下发生,所以也叫热核反应。在热核反应时要放出大量的原子能。——编者注

解的,对我国唐山1976年发生的特大地震也许还记忆犹新。但就是这样一次造成了那么巨大损失的地震所释放的能量也不过是太阳上发生一次大耀斑过程所释放能量的一亿分之一。我们也知道,在广阔无垠的宇宙中,太阳不过是我们所在的银河系中的一颗恒星,而银河系包含了1000亿颗到2000亿颗恒星。在宇宙中还有千千万万个如银河系那样的星系,在一些星系的中心,有时也发生猛烈的爆发。大家可以想见,在星系那样的尺度上所发生的爆发现象该是多么的壮观!

炸弹爆炸时要发出火光并伴随着巨大的声音。我们也看过记录原子弹爆炸的电影,当那蘑菇云升起时,也伴随着强烈耀眼的火光和剧烈的振动,同时还有强大的冲击波,它所到之处许多建筑物都被摧毁。当然,与此同时还伴随着放射性粒子流,正是它给生命带来了极大的危害。

事实上任何一种爆发过程(我们这里更关心的是天体的活动现象),都会使辐射增强。前面所说的火光不过是眼睛所能看见的可见光。而一般天体爆发时,不仅可见光,而且眼睛看不见的各种波——无线电波、红外线、紫外线、X射线和γ射线的发射都可能大大增强。炸弹和原子弹爆炸时发出的火光大多是因为爆炸时温度升高而引起的热辐射,而天体中发生的各种爆发现象所发出的各波段的巨大辐射大部分是由非热的原因引起的,这将在下面各章节里介绍。除了有巨大的辐射外,随着爆炸的发生,天体还向外抛射大量的物质流,这些物质流中包含有速度极高,差不多接近光速的电子。正是这种高速物质流的抛射,使得天体的活动现象更加绚丽多彩。

在不同尺度的天体上发生的各种活动现象的原因、爆发的过程和最终释放的总能量是很不相同的。我们将向大家介

绍耀斑爆发、恒星风、新星和超新星爆发、X爆和Y爆、活动星系核和类星体,最后简单介绍宇宙的爆炸。从下面的表中可以清楚地看到不同的爆发所释放的能量和功率是很不一样的。

事 件	能量 (焦耳)	功率 (瓦)
八级地震	10^{16}	
太阳大耀斑	10^{25}	10^{22}
新星	$10^{37} \sim 10^{39}$	$10^{31} \sim 10^{32}$
太阳在 1 万年内的 辐射	10^{37}	10^{26}
超新星	$10^{37} \sim 10^{44}$	$10^{34} \sim 10^{35}$
X爆	10^{32}	$10^{31} \sim 10^{32}$
Y爆	10^{27}	10^{33}
活动星系核	$10^{49} \sim 10^{53}$	$10^{35} \sim 10^{38}$
类星体	$10^{51} \sim 10^{55}$	$10^{40} \sim 10^{41}$

这么大的能量都是从哪儿来的?它们是如何积聚起来,又是通过什么途径释放出来的呢?正如人们迄今为止对地球上发生地震的原因并没有完全了解,也还不能做出准确预报那样,对于不同尺度天体上的爆发过程的了解,人类迄今所掌握的信息还不能对上面提出的问题给出满意的回答。但是正因为如此,才使我们对天体的活动现象产生了更浓厚的兴趣。随着地面接收技术和空间探测技术的发展,可以使人们了解更多的天体活动的信息。正如用高能粒子轰击原子核可以使人关于其内部结构的了解一样,通过对天体活动现象的研究,可以使人们进一步认识天体内部的情况,诸如它们的结

构、成分、磁场、温度和物质运动方式等等物理状况。也正如通过对太阳和恒星能量来源的研究促进了原子核物理理论的发展,从而发现了热核反应释放的能量将成为人类重要的能源一样,通过对天体中猛烈爆发过程本质的了解,也必将促进物理理论的进一步发展,也有可能为人类提供更有效的能源。正因为如此,近年来对于天体活动现象的研究吸引了越来越多的人的注意力。

二、太阳上的活动现象

太阳是一颗极普通的恒星,象这样的恒星在银河系中大约有1000亿颗(10^{11} 颗),而整个宇宙中大约有 10^{22} 颗。由于太阳是离我们最近的一颗恒星,我们从太阳上得到的信息也最多,因而它也是我们最熟悉的一颗恒星。那么关于太阳我们都知些什么呢?我们知道太阳是一颗质量大约为地球质量的33万倍(10^{30} 千克)、半径为地球半径的109倍(140万千米)的火红炽热的气体球,它的年龄差不多为50亿年。

我们还知道,太阳每秒钟发出的能量大约为 10^{26} 焦耳。如果把太阳一秒钟释放的能量全部用来加热太平洋的海水,能使整个太平洋沸腾起来。这么大的能量是从哪儿来的呢?天文学家告诉我们,太阳能量是由迄今为止我们所知道的最强大的能源——热核反应产生出来的。太阳中的热核反应主要是氢原子核在几千万度^①(10^7K)的高温下聚变成氦原子核,同时释放出大量能量。为了产生太阳现在辐射的能量,太阳每秒钟要燃烧掉500万吨氢。由热核反应产生出来的能量和太阳向空间发射的能量差不多相同,因而目前太阳处于整体稳定的状态。正因为如此,我们所看到的太阳整个圆面向空间的辐射基本上是均匀的和稳恒的。天文学家把太阳的这个图

① 以下谈到温度时除特别说明外,均采用热力学温标开尔文(K)。——编者注

象称为宁静太阳。

但是太阳上并不是那么平静的。在太阳上的局部地区,在一些短暂的时间内经常发生着各种各样的猛烈的爆发或缓慢的活动。这些快的或慢的活动影响到地球,影响到人类,如引起短波无线电通讯中断,产生极光和导致气候异常等。尽管各种活动释放能量很大,但它们释放的能量仅占太阳内能的极小部分,因而不会影响到太阳总体的基本稳定,就象最强的地震也不会使整个地球动荡起来一样。所以太阳上所有的局部活动现象都可以看成叠加在宁静太阳背景上的一些更富有生气,更有趣的暂现过程。

在后面我们还将看到,在太阳活动现象中磁场起着决定性的作用。正是那变化多端,千姿百态的太阳磁场结构使得宁静、美丽的太阳更加瑰丽壮观。在所有活动现象中,太阳耀斑是最引人注目的现象。这不仅仅因为它爆发猛烈,对地球影响最大,还因为耀斑爆发涉及了丰富多彩的物理过程,对耀斑的研究还能给我们研究其他天体活动以深刻的启迪。所以,尽管对耀斑的研究已是一个经典的天文课题,但随着空间技术的发展,这个课题仍然吸引着众多的天文学家。当你更多地了解了太阳上这种种有趣的现象后,也会对这给予地球以生命的太阳产生更浓厚的兴趣。

由于太阳上的活动现象仅仅局限在太阳的外层大气中,那么太阳内部就可以看成是没有太阳活动的宁静的对称的球体。在太阳大气的内层,活动区和宁静区是可以分开的,只是到了太阳外层大气,太阳活动的影响才更加广泛。因此就让我们从宁静太阳开始,或者说以宁静太阳作为背景来开始我们对太阳上的各种活动现象的介绍吧。

(一) 宁静太阳和一般的活动现象

光球 早上,一轮红日从东方升起,那美丽动人的太阳的形象实际上是太阳表面上一层厚度仅仅为500千米的太阳大气。由于我们所看到的太阳光是从这里发出的,所以把这一层称为光球。光球层的温度大约为6000 K。

黑子 有时我们还能看见太阳圆面上有一些小黑点,这些小黑点被称为太阳黑子。不知大家是否知道,太阳黑子并不是真正的黑,它的黑只是因为它比周围区域的温度低得多(大约低2000 K),因而周围区域就比它们亮得多。事实上,一个大黑子能发出象满月所发出的那么多的光。①

借助于望远镜可以对黑子观测得更清楚,伽利略是第一个用望远镜观测黑子的人。当然,不能用眼睛对着望远镜看黑子,而是让太阳的像投影在一张白纸上或用照相方法观测。

黑子的数目和它们在太阳圆面上的位置是在不断随时间变化的,变化的周期为11年,而且黑子从出现到消失要经历一系列发展阶段。最初由一个小黑点逐步发展为周围密布小黑子的两个大黑子,形成一个黑子群。如果进一步测定黑子磁场还可以发现,成对出现的黑子具有相反的磁极,磁力线从一个黑子的表面出来,再进入另一个黑子,就好似磁力线从磁铁的北极出来再从南极进去一样(图2-1)。黑子的磁场可以达零

① 实际上月亮并不发光,这里说的月亮发出的光是指月亮反射太阳的光。——编者注

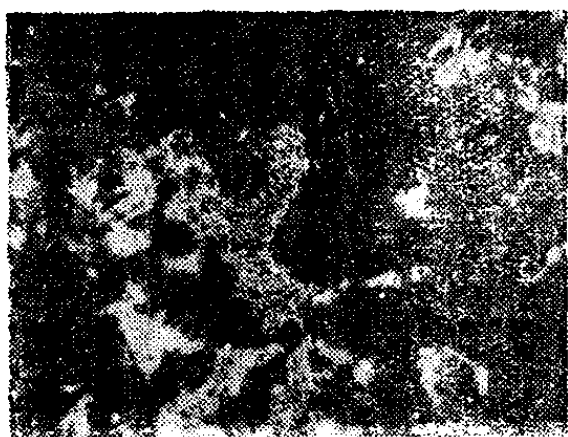


图 2-1 太阳黑子的单色光照片。从照片可以看到黑子向外的旋涡结构,类似于蹄形磁铁周围的铁屑,排列得很整齐。

点几特斯拉,而太阳圆面上其他地方的磁场只有黑子磁场的千分之一。正是因为黑子的磁场强,所以黑子处气体密度低,温度也低。至于为什么磁场强温度就低,至今没有完满的解释,所以在一切太阳活动现象中,黑子是最容易观测到又是最难解释的现象之一。

米粒组织和对流层 从分辨率很高的太阳光球照片上还可以清楚地看到不随时间变化且均匀分布在太阳圆面上的米粒状结构,天文学家称之为米粒组织。米粒组织的直径约为700~2000千米,寿命平均为10分钟,其形状很象被从下面加热的薄油层顶部的对流元胞^①。后来还观测到比米粒组织大18倍,寿命长120倍的超米粒组织。由于观测到的超米粒组织总是与集聚在其边缘附近的象网络一样的磁场结构有关,所以近年来引起了人们极大的兴趣。

1960年还发现太阳大气的有节奏的上升与下降振动,即垂直振动,振动的周期大约为5分钟,故一般也称为5分钟振动。这个图像颇有些象大海中的波浪起伏。

了解了这些直接观测到的现象后,人们不禁要问,光球层

^① 对流元胞:从下面给薄油层加热时,薄油层中到处都会出现小的对流区域,每个小的对流区域就是一个对流元胞。——编者注

以下的物质运动情况怎样呢？然而光球层以下的物质运动情况是不能直接观测到的，因为光球层对它们不透明，这就如我们不能穿过一层厚厚的墙而看到墙外的事物一样。那么人们只能根据物理定律从理论上寻求答案了。

众所周知，质量越大的两物体之间的引力也越大。既然太阳质量很大，太阳物质在自身引力作用下就会紧紧地收缩。在收缩过程中，引力做功物质动能增加。就象一块石头从空中落下速度会越来越大一样。（随着重力势能的减少，动能会越来越大）。在自身引力的作用下，太阳中心的物质被压缩到足以产生热核反应的高温、高压、高密度状态。在太阳半径的 $\frac{1}{4}$ 的中心球内（占太阳体积的 $\frac{1}{64}$ ），集中了 $\frac{1}{2}$ 的太阳质量，在球心处温度高达1500万度，压强高达 2.5×10^{15} 帕。在这样高的温度和压强下，氢原子核可以聚变为氦核。其过程是：由四个氢原子聚变为一个包含两个质子和两个中子的氦核，放出两个正电子（一种带正电而其他性质和电子性质完全相同的粒子）。正电子和电子碰在一起会产生湮灭反应，湮灭后变成高能 γ 射线。

我们都知道，热能传播的方式有三种：传导、对流和辐射。由太阳内核聚变产生的能量主要通过辐射这种方式向外传播。在向外辐射的过程中，由于自太阳内向外温度、压强和密度都越来越低，所以，太阳内发出的高能 γ 射线经过太阳各层的吸收、发射、再吸收、再发射过程，逐步减少其能量，降低其频率，由 γ 射线变为硬X射线、软X射线、远紫外线、紫外线，以及我们可以观察到的可见光。（射线、硬X射线、软X射线、远紫外线、紫外线、可见光、红外线、远红外线都跟无线电波一样，属于电磁波，以 γ 射线频率最高，其余的频率依次降低，由

原子发射出的射线的频率越低,射线具有的能量也越少。)

在太阳内部,由于温度极高,所有物质的存在形式都是赤裸裸的粒子,即没有外层电子的原子核和自由电子,其中以氢核和氦核为主,也有少量重元素的核。但是离太阳中心越远,温度越来越低,电子的动能也就越来越小,就有可能被原子核俘获共同组成离子或原子。正是由于物质组成发生变化,使得在光球层以下大约几万千米的一层中能量的传输形式变成以对流为主。

在这个对流层里,底部的对流元胞被来自太阳内部的辐射加热上升,到达顶部把热量放出冷却后再下降。这很象炉子上正在煮沸的一锅汤,光球就是这沸腾翻滚的对流层的顶层,而米粒组织就是这一个个的对流元胞。

由于气体元胞的加速上升和下降,还会激发出低频的声波、重力波(观测到的五分钟振荡就是存在重力波的极好证明)。一些与磁场有关的波也在这儿产生。这些波可以携带一部分机械能直接传输到太阳外层大气中(图2-2)。

前面我们已经提到,磁场在太阳活动现象中起着决定性的作用,而太阳活动区的磁场又都是从对流层中产生出来的(这一点后面还将进一步说明),所以,这看不见的对流层对发生在太阳大气中的一些重要的物理过程起着关键的作用。正因为如此,人们对对流层的兴趣随着对太阳活动现象研究的深入而与日俱增。

色球层 日冕 在日全食时,太阳圆面(光球)被月亮挡住,我们能看见太阳圆面周围有一层非常美丽的玫瑰红的闪光,这就是色球层,还能看见壮观的日冕。由于从光球向外,太阳大气的密度越来越低,白光的辐射也越来越弱,所以除

了日全食时以外，一般情况下我们不能看到色球层和日冕。

尽管色球层白光辐射比光球层弱很多，但它发射的光谱中 H_α 这条线却很强，原子物理告诉我们： H_α 这条谱线是氢原子外层电子从第三能级跃迁到第二能级而发出的辐射。

因为 H_α 这条线是红色的

(657纳米)，所以我们看到的色球层是玫瑰红的。于是天文学家们就用 H_α 线来观测色球，他们发现，色球层没有明显的边界，厚度大约为2000千米。

在色球中与光球超米粒组织对应的位置上还常常会出现一些由暗斑和亮斑组成的呈多角形的网状结构，这被人们称为色球网络。网络的大小为几万千米，寿命大约为20个小时。色球网络的亮的边界和超米粒组织的边界几乎一致。色球网络反映了色球宁静区的磁场结构。

在黑子上空的色球层中用 H_α 谱线和其他一些谱线还观测到一些范围很大的增亮区域，这被称为谱斑。黑子和谱斑都是由于磁场的增强而引起的，但是黑子比周围区域暗而谱斑比周围区域亮，这也是一个十分有趣的现象。

色球和日冕中还有一个十分引人注目的现象，这就是色球和日冕气体的反常加热。按一般的想法，太阳从内向外温度应该越来越低，但实际上太阳的温度在光球层最低，从光球

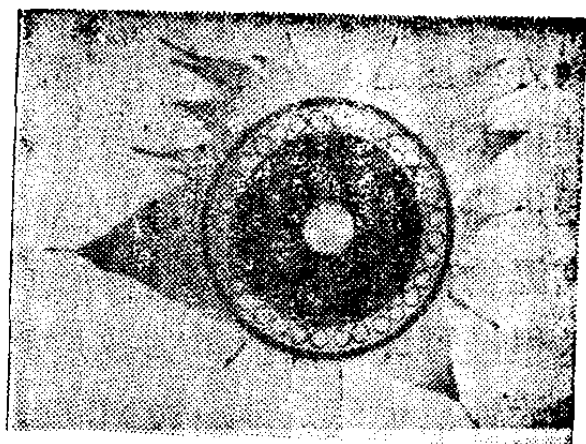


图 2-2 太阳结构示意图

(能量从日核发出，穿过辐射层，再经过对流层，然后由光球辐射出去。)

向外温度逐渐升高,日冕的温度竟高达100万度,是什么原因使得太阳大气的温度从内向外反常的升高呢?当然不可能通过热辐射和热传导,因为热量不会自动地从低温物体流向高温物体,正如水不会自动地从低处流向高处一样。那么在这里最可能的加热机制就是太阳内部的机械能直接转移给太阳的外层大气。前面我们已经讲到,在对流层里激发出了各种波,这些波携带着能量传播到太阳外层大气。在波传播过程中,它将把能量直接转移给粒子。大家见过微波荡漾的湖面上漂浮着的树叶吧?那树叶随着波浪的运动而上下运动,波浪的能量传给了树叶。波把能量传递给粒子的图象也与此类似,粒子“骑”在波上,从而被波加速。粒子动能的增加将导致太阳外层大气温度升高。当然,这个反常加热问题是一个十分有趣的课题,因涉及的知识比较多,这儿就不过多介绍了。

日冕是太阳大气的最外层,从色球层以上一直延伸到几个太阳半径的区域。日冕大气的密度很低,每立方厘米仅有 $10^8 \sim 10^9$ 个粒子,这在地球上的实验室看来已是很好的真空了。正因为如此,日冕比色球更难被观测到。

日全食无疑是观测日冕的极好机会,下面的两张照片分别是在1973年6月30日和1980年2月16日的日全食时拍下的(图2-3,2-4)。我们可以看到这两张照片上日冕的形状很不相同,一张比较对称,另一张极不对称,这分别对应于太阳活动的极大年和太阳活动的极小年。当然日冕的形状还经常发生着变化。

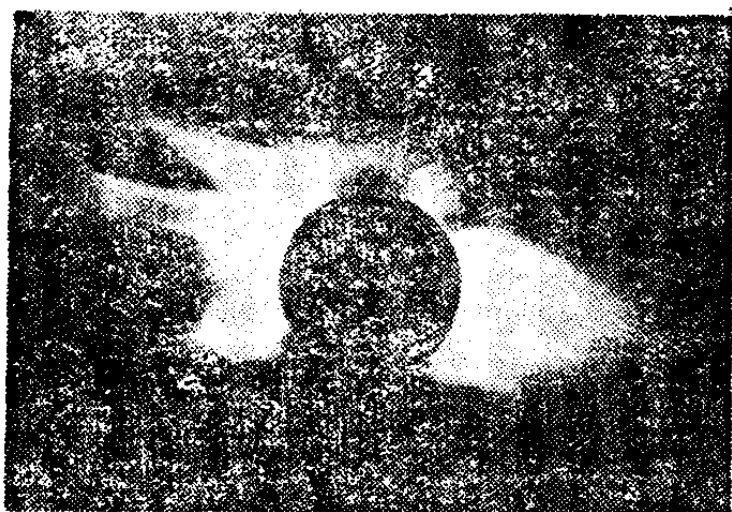


图 2-3 日全食照片(1973年6月30日拍, 扁形日冕说明太阳活动处于极小年。)

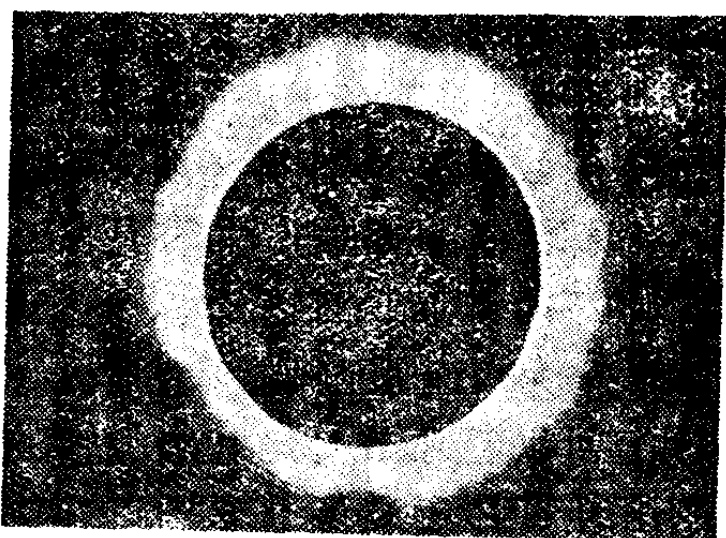


图 2-4 日全食照片(1980年2月16日拍, 接近圆形的日冕表示太阳活动处于极大年。)

要详细了解日冕, 只靠日全食时那短暂的观测是很不够的。人们自然想到, 能不能做一台仪器使得太阳圆面被挡住, 以便随时观测日冕现象呢? 现在看来这种想法是完全有道理的, 不过由于地球被一层厚厚的大气所包围, 大气的散射光比日冕发出的光强得多(日冕的白光辐射只相当于满月的亮