

天文学家眼中的日全食

包星明 王晓帆 屈中权 邓元勇

进入8月下旬,无数天文爱好者向往的日子即将来临。美国当地时间8月21日,宽度为112公里的全食带将扫过美国北部的14个州,全食带地区的天空将暂时变得如同有满月的夜晚一般。这是时隔近40年后,日全食再度“光顾”美国本土。

太阳光芒退避,色球现身

太阳是太阳系的中心天体,占太阳系总体质量的99.86%。按照由里往外的顺序,太阳是由核心、辐射区、对流层、光球层、色球层、日冕层构成。光球层之下称为太阳内部,光球层之上称为太阳大气。

1860年7月18日的西班牙日全食期间,英国天文爱好者家德拉瑞拍摄下第一张银版日全食照片,并认为突出于月球外的“红色火焰”来自太阳,即太阳日珥。

由于色球的光比较弱,平时被光球的光掩盖。1868年10月,英国天文学家洛基尔首次在有日光条件下,观测到了日珥光谱。进而认识到太阳光球层外面有一

这是让许多人向往的场景。而在天文学家眼里,它不仅仅是一场难得而又壮观的天象。在日食期间,科学观测可以得到许多平时看不到的、有趣而重要的现象。历史上,科学家正是利用这个难得的机会,更新了人类对自己母恒星的认知。

层稀薄的大气——色球层。色球是太阳光球层上约两千多公里厚的大气层,温度从6000到20000摄氏度。色球层和日珥一样,主要由氢和氦气组成。色球层中最强的谱线由氢元素产生,呈粉红色,色球(chromosphere)也因此得名。

一次日全食包括初亏、食既、食甚、生光和复圆五个阶段。在食既前和生光后的短暂瞬间,光球的光被月球挡住,色球发出了红色的亮光,被称为闪光光谱。云南天文台研究员屈中权带领的观测组在2008年8月1日中国酒泉的日全食期间观测到了许多的带有强线偏振的闪光光谱。

捕捉日珥光谱,发现“太阳元素”

1868年8月18日的日全食期间,法国天文学家詹森(Janssen)在当时的英属印度刚托,从突出日轮边缘以外的日珥观测到一条黄色谱线,波长为587.49纳米。起初许多科学家认为是钠元素产生的一条光谱线。然而太阳日珥是由氢元素组成的炽热气体,不可能产生金属钠的谱线。

仍然是英国天文学家洛基尔,仍然是1868年10月,他在没有日全食的日光下成功的观测到了日珥的光谱,同时也确

定了这条谱线不是钠元素的谱线。洛基尔称之为D3线,并认为产生D3的元素在太阳非常丰富,于是将这种元素命名为氦(Helium, Helios是希腊语,意为太阳)。

直到1995年,英国化学家拉姆塞发现地球上的铀矿里也存在的氦气。氦,这个原来的“太阳元素”终于被认证为地球的一个元素。1983年的日全食期间,紫金山天文台研究员尤建圻等观测了氦线的闪光光谱。

神秘日冕绿线,引出未解难题

日冕是太阳大气的外层,厚度达到几百万公里以上,通常只有在日全食时或通过日冕仪才能看到。1879年8月7日日全食期间,杨(Yong)和哈克尼斯发现了一条新的非常亮的日冕谱线,波长是530.3纳米。当时没有找到地球上元素对应的谱线,于是将产生该谱线的元素称为Coronium(冕元素)。直到1941瑞典天文学家艾德林确定这条绿色的日冕谱线是铁离子(铁原子失去了13个电子)产生的。

不同的元素之所以会形成不同的光谱,是因为其电子从能量较高的轨道跃迁到能量较低的定态轨道时,将多余的能量以特定波长的光发射出去。

按照量子力学的规则,可以从谱线的波长反推出原子跃迁前后的轨道能量。然而,在地球的常温环境下,形成日冕绿线的电子能级跃迁是不符合量子力学的规则的,被称为“禁线”。只有在高达几百万摄氏度的高温下,铁粒子经过连续撞击,原来禁止的跃迁被“允许”了。由此,科学家推断日

冕的温度高达百万摄氏度以上。

而太阳的经典模型表明,太阳的底层大气——光球的温度只有6000摄氏度。光球与日冕两者间巨大的温差一直困扰着天文学家。如果日冕的热量来自光球层的传导的话,将不符合热力学第二定律。因为根据热力学第二定律,热量总是从高温区域传导到低温区域。如何解释日冕高温的来源,即日冕加热问题一直是困扰天体物理学家的太阳三大未解难题之一。

2008年8月1日,国家天文台副研究员包星明等在日全食期间观测到了日冕和日珥的发射线,发现日珥及色球的温度比日冕低很多。这些延伸到色球层以上的亮冕环,类似于从严寒的冰缝里冒出的火焰。从卫星拍摄的极紫外影像也显示活动区上方一直增亮的区域,其实是由一系列不同的亮环交替增亮形成的。因此,分析冕环的加热机制或许是解释日冕加热问题一条重要途径。

看见太阳后面的星星,验证广义相对论

与日全食有关的各种观测中,这应该是最为著名的一个。

爱因斯坦在1915年发表的广义相对论里,讨论了相互有加速度的物体之间时空变化,并预言引力会使时空弯曲。天体的质量越大,引起的空间变形越严重。一个大质量天体的引力场会使其周围的空间发生弯曲,形成“引力透镜”。

八月日全食,科学家准备好了

日全食期间,月亮将在38万公里以外挡住太阳光球的强光,这期间对太阳的科学观测可能有意想不到的新发现。因此各国科学家都将即将到来的日全食视作探析太阳奥秘的“天赐良机”。

针对这次日全食,美国国家航空航天局和美国国家科学基金委支持了飞机上观测日全食的近红外光谱项目。从地球上,此次日全食持续最长时间为2分钟40秒。科学家将利用飞机“追踪”,将观测日全食的时间提高到7分钟以上。

我国科学家则集结在美国俄勒冈州,对太阳日冕磁场展开较为精密的观测。日冕磁场是产生太阳剧烈活动从而影响空间天气的源头,也是解开日冕加热难题的钥匙。但是,日冕磁场的测量是迄今为止没有完成的任务。日全食提供了最小杂散光的环境,为日冕磁场测量提供了绝佳的机会。

由中科院云南天文台和北京大学组成的观测团队带来了四架望远镜,将共同完成精细测量日冕磁场和其他物理以及日冕物质精细结构的任务。其中,中科院云南天文台带来的第一代光纤阵列太阳望远镜FASOT-1A是这次观测的主力。这是一台口径304mm反射式望远镜,将对日冕磁场辐射强度和偏振强度进行测量。

此外,四川理工学院也在美国俄勒冈州架起一台太阳半径精确测量望远镜,希望通过采集日食开始时分和结束时间,以及月亮相对太阳运动速度来精确测定太阳半径。

太阳是距离人类最近,也是人类了解最多的恒星。然而到目前为止,关于这颗恒星仍有许多未解之谜。这次横跨美洲大陆的日全食将为广大公众和科学家进一步了解和研究太阳物理提供难得的机会。

(作者单位:中科院国家天文台、中科院云南天文台)

光谱志

记录“黑日”的壮阔

戴建峰 王俊峰

拍摄小攻略

拍摄日全食,巴德膜是必备。它如同太阳镜,保护感光元件不被太阳光烧毁。在初亏到食既阶段,需要在镜头前加装巴德膜,并根据实际情况设置拍摄参数。食既阶段前3分钟取掉巴德膜。由于食甚阶段很短,不宜现场测光,可使用经验参数,进行连拍。进入生光阶段后,需再次装上巴德膜,重复之前的拍摄。拍摄贝丽珠、日冕、日珥等现象时,则需要使用长焦镜头。



2015年北极日全食,月球遮蔽了太阳的光辉,平时看不见的大阳大气露出真容。 王乐天摄

美国当地时间8月21日,一场日全食大剧在美国全境拉开帷幕。也许不少天文爱好者已经开启逐日之旅,奔赴美国。在亲眼目睹日全食的同时,将其“收入”镜头,是许多天文爱好者此行的目标。

日全食是一种特殊的天文现象。当太阳、月球、地球三者正好排成一条直线之时,月球挡住了射向地球的太阳光,而月球身后的黑影也正好落到地球上,就发生了日食现象。如果你正好处在月球的黑影中,那么就可以欣赏观测和拍摄大自然无可比拟的神奇景象。

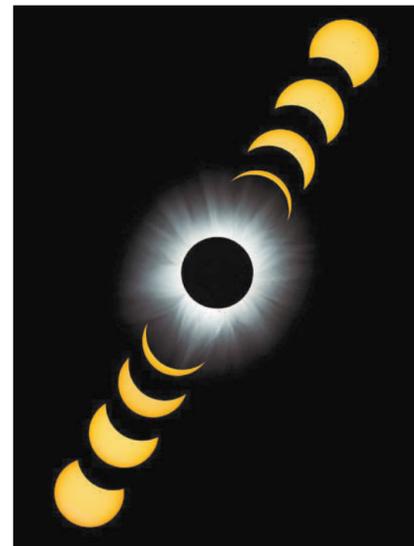
日全食平均每年只出现一次,并只能在地球上特定的一条仅百余公里的狭长全食带上观测。所以,每年在特定的时间,在世界的某个特定位置,一大群“日食追逐者”会相聚于此,共同记录和见证“黑日”的壮阔。今年的美国日全食西起俄勒冈州,东至南卡罗莱纳州,其间横跨14个州,最长持续时间大约2分40秒。这也是美国近一个世纪以来首次出现横跨美国全境的日全食现象。

日全食过程中有很多值得拍摄的目标,使用的摄影器材也是种类繁多。拍摄的镜头焦距涵盖24mm的广角端到600mm左右的长焦端。除了三脚架和快门线外等常用摄影器材外,还需要使用一种被称为巴德膜的减光滤镜。有了它,才能使用望远镜观测和拍摄太阳,否则太阳强烈的光芒将会使你失明或烧毁相机感光元件,而且必须使用巴德膜才能完成对太阳的对焦。

日全食共有初亏、食既、食甚、生光和复圆的五个阶段。可以拍摄日全食串像记录整个过程。这里需要使用广角镜头进行固定拍摄,拍摄间隔约为5分钟。在初亏到食既阶段,需要在镜头前加装巴德膜,并根据实际情况设置拍摄参数。由于巴德膜大小不同,拍摄参数会有差异。在食既阶段前3分钟,就要取掉巴德膜,将拍摄参数设置为:ISO 200, f5.6, 0.5秒,或等效曝光量的参数。由于食甚阶段很短,不宜现场测光,可使用经验参数,进行连拍。进入生光阶段后,需再次装上巴德膜,重复之前的拍摄。后期处理照片时,就需要将全过程的太阳,使用加亮模式叠加到食甚阶段的背景图上。

拍摄贝丽珠、日冕、日珥等现象时,则需要使用长焦镜头。由于拍摄时间非常有限,仅有全食阶段的几分钟,所以需要高速连拍。拍摄参数也是有经验参数,通常为ISO100, F5.6, 1/500秒。如果想要拍摄外冕、日照等现象,则需要使用HDR拍摄,因为两者曝光量差别高达数十档。

拍摄日全食非常具有挑战,所以需要事先制定详细的拍摄方案,并多次进行演练,才不至于忙中出错。而观测日全食,最重要的是亲眼目睹体验。这种感觉,是任何影像都不能够比拟的。



日全食过程串像

(本版图片除标注外来源于网络)

为何要跨过大洋去“逐日”

待在北京,三辈子也见不着一次日全食

天闻频道

日全食是月球把太阳全部遮住的天象,是很多人都想一睹日全食的景观。到底日全食是多久才发生一次的呢?

就全球发生次数而言,一年内的日食其实比月食更多。从地球上,一年内可能一次月食都没有,日食却必有两次五次,全球范围内日全食平均每1.5年也会有一次。但月食一旦发生,处在黑夜中的半个地球都能看到,可观测范围和持续时间远大于日全食,所以在同一地点被看到的几率更高。

日食发生时,被月球挡住阳光的区域在月地之间形成一个阴影“圆锥”,地球表面擦过它的部分才能看到日全食。由于日月轨道所限,地表能切到“圆锥”的最大截面,直径也不到270千米,随着地球自转扫过狭窄的一条能看到日全食的地带。每次日全食发生时,日、地、月三者的相对位置和角度不同,月影“圆锥”也就扫在地球上的不同地点。虽然日全食并不像彗星、流星雨那样周期动辄千百年,但对某一地区而言,“数百年一遇”并不夸张。

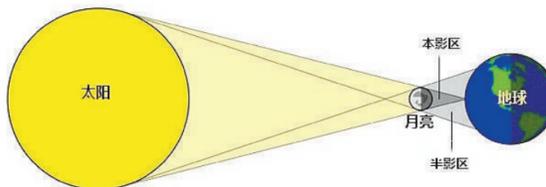
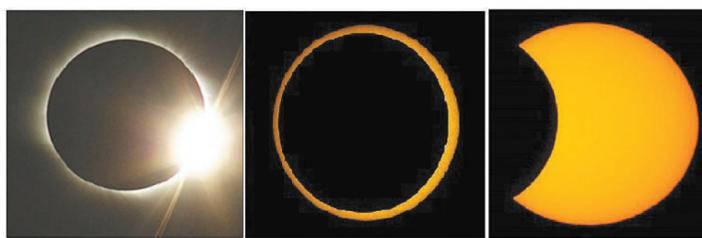
宇宙学博士虞骏在接受央广网采访时表示:“日全食在北京平均275年才能发生一次。如果待在一个地方不动,除非运气非常好才能看到一次日

全食。如果希望能再看到下一次日全食,就只能追随日全食发生的脚步。现在中国有很多人会去美国追日全食。”

上一次发生在中国的日全食是在2009年7月22日,而下次将在2034年发生在西藏北部的山区。另外2035年,还有一次日全食在我国北方发生。

一次日全食的过程可以分为五个阶段:初亏、食既、食甚、生光、复圆。

由于月亮自西向东绕地球运转,所以日食总是在太阳圆面的西边缘开始的。月亮的东边缘刚接触到太阳圆面的瞬间,称为初亏。从初亏开始,就是偏食阶段了。月亮继续往东运行,太阳圆面被月亮遮掩的部分逐渐增大,当月面的东边缘与日面的东边缘相内切时,称为食既。之后,月轮继续东移,当月轮中心和日面中心相距最近时,就达到食甚。对日偏食来说,食甚是太阳被月亮遮住最多的时刻。月亮继续往东移动,当月面的西边缘和日面的西边缘相内切的瞬间,称为生光。在生光将发生之前,钻石环、贝利珠的现象又会出现于太阳的西边缘,但是很快就会消失。接着在太阳西边缘又射出一线光芒,阳光重新普照大地。生光之后,月面继续移离日面,当月面的西边缘与日面的东边缘相切的刹那,称为复圆。这时太阳又呈现出圆盘形状,整个日全食过程就宣告结束了。(本报综合)



当太阳、月球、地球三者恰好连成一条直线时,日食便发生了。但地球上只有位于本影区的人们能幸运地看见日全食,有些区域只能看到日环食或日偏食。