

空间紫外天文探测器

万 同 山

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

摘 要

现代紫外天文学的观测波段是 $3100\sim 100\text{\AA}$ ，和 X 射线相接。紫外观测要把望远镜放到 150 km 高度以上，以避免臭氧层和大气吸收。90 年代发射的专用紫外空间探测器有 Astro-1, Astro-2, IUE, EUVE。在 HST 和 TRACE 上也安装有紫外空间探测器。这些紫外空间观测已覆盖了全部紫外光谱。1999 年 6 月 24 日发射升空的 FUSE 卫星是 NASA 的“起源计划”项目，将通过氦或“重氢”的探测来研究轻元素丰度，以探索大爆炸宇宙学理论的宇宙形成和演化。

关键词 紫外天文学 — 探测器

分类号：P172.1

1 引 言

对现代天文学来说，历史上紫外和可见光划分在 3900\AA 现已无实际的意义。当时划分的界限是肉眼可见或不可见。现在已经不用肉眼作为辐射检测器，更合乎逻辑的划分是 3100\AA ，在这里臭氧层限制了地面的紫外观测。紫外辐射的长波范围 ($3100\sim 3900\text{\AA}$) 可以穿透臭氧层，它可以在地面上用具有底片和光电设备的普通光学望远镜来观测。因此，紫外天文学的观测波段是短于 3100\AA ，而且要用到一整套新技术，特别是紫外望远镜必需放到臭氧层以上。这是因为，紫外观测所遇到的困难比红外还要大，红外观测可以把望远镜放在高山上，而臭氧层比珠穆朗玛峰还高出 3 倍以上，考虑到大气吸收，紫外观测实际上要把望远镜放到 150 km 以上。第一次紫外望远镜用的是高空气球，以后用了火箭，但在臭氧层外仅能停留了几分钟。利用航天飞机和卫星等空间探测器才是最理想的。

在紫外波段的观测有重要的天体物理意义：在紫外灼热恒星辐射了它的绝大部分能量；通常元素的中性和电离态的共振线在紫外波段比可见光丰富得多，获取这些信息对研究天体的物理状态和化学组成很重要。此外，它对研究星际介质和恒星风也有特殊意义。

随着紫外天文学的发展，现在紫外观测又可分为 UV (ultra-violet) 和 EUV (extreme ultra-violet, 极端紫外)。UV 的范围是 $3200\sim 910\text{\AA}$ ，而 EUV 的范围是 $910\sim 100\text{\AA}$ ，和 X 射线相接。FUV (Far ultraviolet, 远紫外) 是指 $1195\sim 910\text{\AA}$ 。紫外光谱的范围和受大气影响的情况

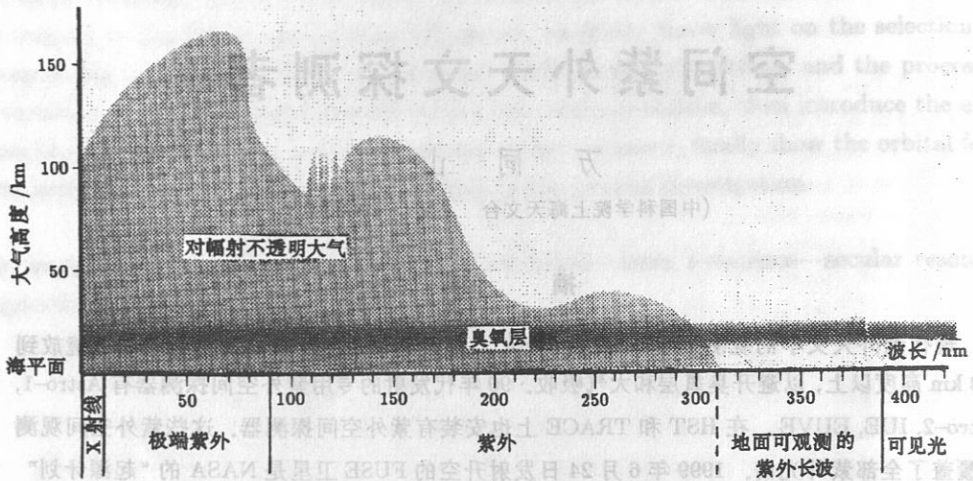


图 1 地球大气对紫外天文观测的限制

地球大气中的底层臭氧把紫外天文观测限制在波长 310nm 以下。高层大气吸收紫外的短波。紫外的长波 (310 ~ 390nm) 可以在地面上观测, 但意义不大。绝大部分的紫外天文学发现靠火箭和卫星在大气层以上的观测, 示于图 1。

早期紫外天文卫星 OAO-2 (The Second Orbiting Astronomical Observatory) 和 European TD-1A 的任务是对天空紫外辐射作一般性普查观测。第 3 个轨道天文台被命名为哥白尼号于 1972 年升空, 它携带了一架 0.8m 的紫外望远镜, 并正常工作了 9yr, 观测了 950~3000Å 的紫外谱。1978 年发射了国际紫外探测器 (IUE), 其望远镜口径虽比哥白尼号小, 但其检测器的灵敏度比过去已有了极大提高, 因而可以观测到更弱的源。原先以为星际气体会产生对极端紫外 (EUV) 观测的自然限制, 现已清楚它是成团的, 因而仍可以在某些方向上进行观测, 从而发展了极端紫外探测器 (EUVE)。哈勃望远镜作为多波段的空间天文台也安排了相当多的紫外观测。

用 UV 和 EUV 检测器的首次太阳观测是 60 年代和 70 年代初的轨道太阳天文台, 继而有太阳峰年飞行任务 (SMM)。更大规模的太阳紫外观测是 1973 年的天空实验室 (Skylab), 有 3 名字航员在上面工作了 5 个半月, 其任务之一就是利用 Skylab 的阿波罗望远镜装置 (Apollo Telescope Mount, ATM) 监视太阳。ATM 监视太阳用了 8 架望远镜, 波段从可见光到 UV 和 EUV、X 射线。

新近发射的远紫外光谱探测器 (FUSE) 与哥白尼号卫星相比, 灵敏度提高了 10000 倍, 达到银河系和银河系以外的微弱、遥远的天体。

UV 观测的仪器与技术和一般光学观测的差不多, 所以 UV 波段就成了从空间紫外探测的首选。普通铝反射面的反射望远镜就可以用来聚焦紫外光。和可见光一样, 紫外光也转向像增强器。紫外望远镜所用的像增强器是微通道板, 由上千个微小的玻璃小管组成, 厚 1mm, 宽几 cm, 形成平行的通道。微通道板放在玻璃盒内, 保持真空, 以防空气分子的干扰。盒子的前窗有敏感的金属电极, 后窗有在电子轰击下发光的荧光屏。紫外光入射到前电极轰出电子, 电子受高压加速, 在微通道中多次撞击而加强, 因此微通道板就起了像增强器的作用。

2 空间紫外天文探测器

在 60 年代升空的轨道天文台 OAO-2 和 European TD-1A 都是紫外卫星。在 90 年代, NASA 的 Astro-1 和 Astro-2 搭载在航天飞机上, 轨道达 500 km, 其优点是望远镜可以反复使用。TRACE 和 HST 上也装置有紫外探测器。表 1 列出了主要紫外探测器。

表 1 从 60 年代起发射升空的紫外天文探测器

天文探测器	发射日期	主要紫外观测仪器	光谱范围
OAO-2	1968-12-07		UV
European TD-1A			UV
OSO 系列	1960s~1970s		UV-EUV
Copernicus	1972	0.8m 望远镜	95~300Å
Skylab	1973	Apollo Telescope Mount	UV-EUV
Astro 1	1990-12-02	HUT,UIT,WUPPE,BBXRT	425~3200Å
Astro 2	1995-03-02	HUT,UIT,WUPPE	425~3200Å
IUE	1978-01-26	45cmRC 望远镜	1150~3200Å
HST	1990-04-25	2.4m 望远镜	1000~3200Å
EUVE	1992-06-07	EUV 摄谱仪, 3 个扫描望远镜	70~760Å
TRACE	1998-04-02	30cm 望远镜	EUV,UV
FUSE	1999-06-24	4 个高轴抛物面镜 (面积 1400cm ²)	905 ~ 1195Å

注: 表中的简称请参见第 3 节有关内容。其中 HST 和 TRACE 是多波段的飞行任务。

2.1 Astro-1 天文台^[1~4]

Astro-1 天文台是 1990 年 12 月 2~11 日装载在哥伦比亚航天飞机上的天文观测设备, 共有四台紫外 (UV) 望远镜, 其中 3 个具共同的指向, 分别是霍普金斯紫外望远镜 (HUT, Hopkins Ultraviolet Telescope)、威斯康星紫外光偏振实验 (WUPPE, Wisconsin Ultraviolet Photo-polarimeter Experiment) 和紫外成图望远镜 (UIT, Ultraviolet Imaging Telescope), 另外一台望远镜有独立的指向, 它是 X 射线望远镜 (BBXRT, Broad Band X-Ray Telescope)。

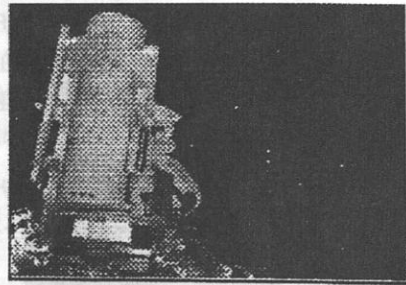


图 2 Astro-1^[15]

Astro-1 天文台的天体物理课题很广, 从研究太阳系到研究星系、类星体和宇宙学。Astro-1 天文台是空间实验室 (Spacelab) 飞行任务中第一次在紫外光谱上的天文观测。

(1) HUT

HUT 包含一个口径 0.9m、焦比 $f/2.0$ 的主镜, 和一个主焦点摄谱仪。主镜镀铱, 在 EUV 和 FUV 都具有良好的反射性能, 收集面积 5300cm², 在焦点处的标度是 115"/mm。摄谱仪由孔径轮系统、凹光栅和光子计数探测器组成。探测器包含一个具有 1024 单元的、脉冲计数的铯碘光电阴极阵。摄谱仪的分辨率是 75 μ m, 利用一级光栅可观测 850~1850Å, 分辨率 (FWHM)3Å。也可利用二级光栅观测 425~925Å, 分辨率 1.5Å。在高时间分辨率模式, 时

间分辨率可达 1s, 在直方图模式, 时间分辨率是 2s。绝对定时精度是 3ms。仪器能观测到 $m_v = 17\text{mag}$ 的未红化 B 型星。

(2) UIT

紫外的成图观测是现代天文学的重要组成部分, 而且只有在空间观测的情况下才有可能。UIT 的目的是为了满足获取高质量的、宽视场的紫外宇宙图像的需要。这种图像是发现基本的物理现象和测定已熟知的天体在紫外波段的形态的手段。

UIT 是 38cm、f/9 的 RC 望远镜, 有两个摄像仪置于主镜之后可供选择。焦距 352.9cm, 视场 $40'$, 角分辨率 $2'' \sim 4''$, 数字化后的标称像素 $\approx 20\mu\text{m}$ 。每个摄像仪有一个 6 位置滤波转盘, 一个磁聚焦的、两级像增强管, 用光纤耦合到 70mm Ila0 底片。摄像仪 B 用铯碘光电阴极, 设计工作于 $1200 \sim 1700\text{\AA}$; 而摄像仪 A 用铯钛光电阴极, 设计工作于 $1250 \sim 3000\text{\AA}$ 。Astro-1 用 UIT 已观测了 66 个天体。

(3) WUPPE

WUPPE 开创了在紫外光谱的偏振和测光观测。它通过把进入望远镜的光束分裂成两个垂直平面的偏振波来测量。两个光束进入到谱偏振仪在分开的阵列检测器上聚焦, 进行测光。望远镜把光线馈送到 Monk-Gilleson 型光谱仪, 用两个旋转轮子来选择焦平面孔径和偏振分析仪; 一个磁氟化偏振束分裂器放在孔径和中继镜面之间, 用以把光束分裂成为正交偏振谱, 落到检测器上。检测器包括双 Reticon (光电二极管阵) 自扫描线性阵, 具有 1024 个光电二极管, 同时检测两个光束, 用光纤耦合到一个具有铯-碲光电阴极的微通道平板增强器, 用 CCD 摄像机采集数据。

WUPPE 的研制单位是威斯康星大学, 其光学系统用卡氏系统, 焦比 f/10, 双电子二极管阵列检测器的波谱偏振仪, 主镜直径 50cm, 视场 $3.3' \times 4.4'$, 谱分辨率 6\AA , 波长范围 $1400 \sim 3200\text{\AA}$, 可观测到 $m_v = 16\text{mag}$ 的天体。

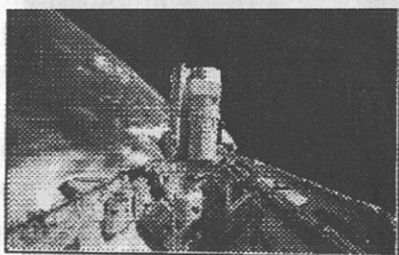


图 3 Astro-2^[16]

2.2 Astro-2 天文台

Astro-2 天文台是空间实验室 (Spacelab) 飞行任务第二次在紫外光谱上的天文观测。飞行了 16 d, 发射时间是 1995 年 3 月 2 日, 用 Endeavour 号航天飞机, 载有和 Astro-1 同样的 3 个紫外望远镜: UIT、HUT 和 WUPPE, 但部分仪器的性能有所改进。天文台在紫外波段观测恒星、星系、行星和类星体, 主要目标是: (1) 用 UIT 获取光谱在 $1200 \sim 3100\text{\AA}$ 的图像; (2) 用 HUT 获取光谱在 $425 \sim 1850\text{\AA}$ 的分光光度测量; (3) 用 WUPPE 获取光谱在 $1250 \sim 3200\text{\AA}$ 的分光光度测量。

由于这三个仪器的研究小组的许多科学项目和所选的天文目标是相互关联的, 安排了所有 3 个仪器的同时观测。所以, 整个紫外数据的价值由于同时观测而提高了, 特别是对于天体变源。Astro-2 天文台要求飞行任务和仪器舱两方面的专家同时在航天飞机飞行中心操作, 对于仪器监测和快速数据分析进行实时操作。Astro-2 没有用 BBXRT。

由于在 Astro-1 以前, FUV 和 EUV 基本上是未经探测的光谱, 在不同的光谱段观测是必要的。因此, Astro-2 的观测时间长些, 而且安排在一年的中和 Astro-1 不同的时间, 以观测不同的天区。

2.3 国际紫外探测器^[5~8]

国际紫外探测器 IUE (International Ultraviolet Explorer) 是迄今最有成果的天文卫星之一, 它是第一个“全客座研究空间天文台”。该天文卫星是 NASA、ESA 和英国科学和工程研究院 (现粒子物理和天文学研究院—PPARC) 三方合作项目, 于 1978 年 1 月 26 日从肯尼迪角用 Thor-Delta 型火箭发射, 并转而成为大西洋上空的地球同步卫星, 它载有一架 45cm 的望远镜, 设计寿命是 3yr。IUE 和地面望远镜一样, 是实时工作模式, 也就是卫星和仪器的实时控制和科学数据的实时采集。它是仅有的地球同步天文卫星, 能每天连续观测 24h, 由 NASA 的哥达德飞行中心和 ESA 在西班牙马德里附近的 Villafraanca 卫星跟踪站操作。IUE 共工作了 18yr, 于 1996 年 9 月 30 日关闭。

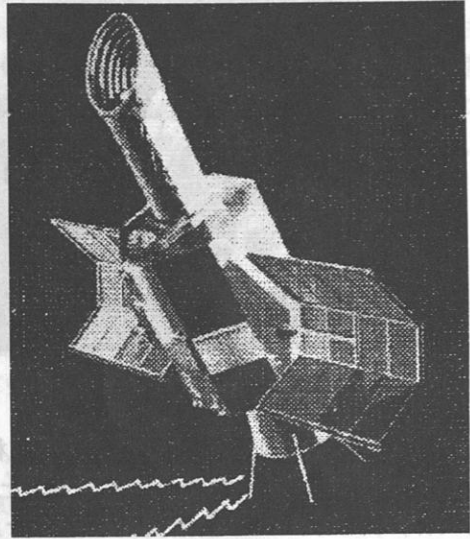


图 4 IUE^[17]

IUE 的 45cm 望远镜采用了 RC f/15 系统, 其分光光度仪利用次级电子导电 (SEC) 视像管 (vidicon) 的摄像机作为检测器, 覆盖光谱从 1150Å 至 3200Å, 分辨率高端 0.1~0.3Å, 低端 6~7Å。次级电子导电视像管可以使信号积分长达数 h。在高分辨率模式, 可观测到 12mag 的恒星源的谱。而在低分辨率模式可到 17mag, 此时积分时间需 14h。

用 IUE 已经得到 100000 个紫外光谱的有关数据, 这些数据由美国国立空间科学中心 (NSSDC) 和 IUE 数据分析中心提供研究者使用。IUE 的“最终数据档案”将是今后许多年重要的天体物理研究资源。研究 IUE 观测资料并发表在刊物上的正式论文已有 3000~4000 篇, 是迄今天文卫星观测资料被研究得最多的。利用 IUE 的客座观测者超过 2000 人。他们来自北美和南美、欧洲、中国、印度、俄国、非洲和澳大利亚。有 500 多个博士生在他们的论文中利用了 IUE 的结果, 证实 IUE 计划对培养下一代天体物理学家起了重要的作用。

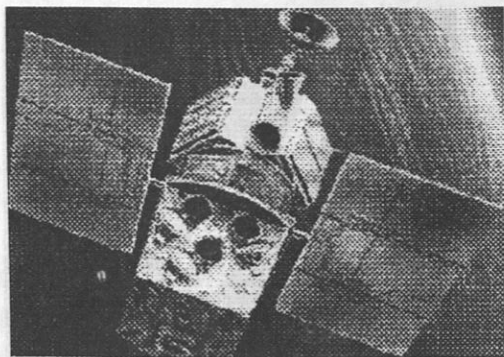
IUE 已经成为大多数多波段观测的中心设施、现代天体物理的重要研究的重要手段, 它可和地面望远镜以及其他天文卫星如旅行者号、伽里略号、ROSAT、ASCA、EUVE、XTE、CGRO、HST 协调工作。

IUE 已多次获奖, 其中包括在发射 10 周年 (1988 年) 时获得的优秀设计美国总统奖。

IUE “最终数据档案”在 IUE 关闭以后继续工作, 以产生同类数据库, 包含整个飞行中观测到的约 9300 个天体的 100000 多个图像。这些图像和用原先处理的结果相比, 信噪比大有提高, 由此可以检测到更弱的特征。同时, IUE 数据分析中心仍将继续工作, 以帮助利用档案的研究者回答有关分析方法和软件方面的问题。

2.4 极端紫外探测器^[9,10]

极端紫外探测器 EUVE (Extreme Ultraviolet Explorer) 工作在极端紫外波段 (70~760Å),

图5 EUVE^[18]

EUVE 天文学的开创经历了曲折。在相当长的时间里，人们相信冷星际介质在 EUV 波段（从软 X 射线到 912\AA 氢赖曼吸收边缘）上是不透明的。后来在银河系内观测到了高达百万度热气体，而且从 21cm 氢图发现了星际介质不均匀性质。由此提出，EUV 不透明的浓厚冷凝阶段可能只限于星际云，它和大得多的 EUV 的透明的、比较热的、很不浓厚的电离状态的星际介质处于压力平衡之中。加里福尼亚大学的 Bowyer 研究小组曾提出过一个可信的预言，星际介质远非普遍所认为的那样不透明。于是他们做了一系列有关的空间探测。其中有 OSO 卫星系列、Apollo-Soyuz 飞行等。证实了他们的预言。

除了探测星际介质以外，EUVE 能检测的天体还有白矮星、中子星、双星系统、热矮星、类太阳恒星的热外层大气（冕）。现在的 EUVE 有 3 个科学目的：

(1) 用 3 架扫描望远镜，覆盖 $50\sim 740\text{\AA}$ ，利用 4 个通带，对整个极端紫外波段做全天普查观测。

(2) 沿着黄道一个 $2^\circ \times 180^\circ$ 的天区，在 $65\sim 360\text{\AA}$ 两个带通中同时普查，以便在比扫描望远镜更高一级的灵敏度（20 倍）上进行深度探测。

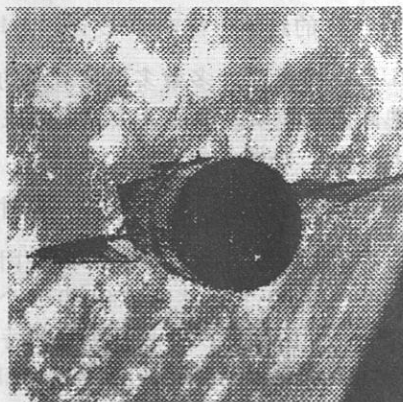
(3) 在普查的基础上，用中等分辨率的分光镜（ $0.5\sim 2\text{\AA}$ ）在 $70\sim 760\text{\AA}$ 的范围内对检测到的源进行观测。

普查已于 1993 年 1 月完成。初步分析显示，已探测到 2000 个源。紧接着的全天普查是对各个源进行分光观测，已对约 130 个源进行了这样的观测。

2.5 哈勃空间望远镜上的紫外观测仪器

哈勃空间望远镜 (HST) 是欧洲空间局 (ESA) 和美国宇航局 (NASA) 的合作项目，它是为国际天文界服务的长寿命空间天文台。HST 的科学研究的实施和协调由霍普金斯大学校园内的空间望远镜科学研究所 (STScI) 负责。为了保证飞船和仪器的正常运行，由 NASA 做定期的维护飞行。

是 NASA 的飞行计划。其科学仪器舱由美国加里福尼亚大学的空间科学实验室设计和研制，配置 3 个扫描望远镜和一个极端紫外 (EUV) 摄谱仪。该科学仪器舱附属于一个多任务组件飞船。EUVE 于 1992 年 6 月 7 日在佛罗里达州的卡纳维拉尔角用 Delta II 火箭运载升空并进入近地 (550 km) 轨道。经过 7 周轨道上的检测，于 6 月 24 日开始了天文观测。为了开创 EUV 天文学研究领域，加里福尼亚大学已经工作了近 30 yr。EUVE 终于打开了这个天体物理学未经探测的光谱窗口。

图6 HST, 空间航天飞机 Endeavor 所摄^[19]

HST 是 1990 年 4 月 24 日在佛罗里达州的卡纳维拉尔角用发现号航天飞机运载升空的。它是一台多用途的空间望远镜, 筹建于 1978 年, 设计历时 7yr, 完成于 1989 年。望远镜的主镜 2.4 m, 测量仪器有摄像仪、摄谱仪、光度计、天体测量仪。由于不受大气湍流、吸收和发射的影响, 其接收的图像的质量大大提高, 波段覆盖从紫外到红外, 检测弱源的灵敏度也大大提高。对光学天文的各个研究领域都有用, 但其主要目标之一是探测宇宙的结构和演化。有鉴于此, 该望远镜以 20 年代美国天文学家哈勃的名字命名, 以纪念他发现了宇宙膨胀。

HST 将作 15 yr 的飞行, HST 由 NASA 管理, 向全世界天文学家开放。

(1) 空间望远镜成图摄谱仪 (STIS)

STIS 在光谱范围从 UV(1150Å) 直到可见红和近红外 (1000 nm) 上观测天体的化学成分和丰度, 温度、视向速度、旋转速度和磁场。STIS 的先进在于它能得到二维光谱, 而不是一维光谱。它比早期的 HST 光谱仪得到科学数据更有效。

(2) 弱天体摄像仪 (FOC)

该仪器极为灵敏, 由欧洲空间局研制。FOC 有 2 台完整的检测器。每台配置了像增强管以便在磷光屏幕上产生图像, 使进来的光增强 100000 倍。然后用一个十分灵敏的 EBS(经电子轰击的硅) 电视摄像机扫描该磷光屏幕。

(3) 弱天体摄谱仪 (FOS)

可以在从 UV(1150Å) 直到可见红和近红外 (8000Å) 的很宽的光谱范围上观测。用了 2 个 521 通道的 DIGICON 光电检测器。FOS 有两种工作模式。在低分辨率模式, 在 1h 内可达 26mag, 分辨率 250。在高分辨率模式, 1h 内可达 22mag, 分辨率 1300。

(4) 哥达德高分辨率摄谱仪 (HRS)

HRS 可拍摄入射光光谱, 以便分析天体的成分、温度、运动和其他化学和物理特征。和 FOS 不同的是, 它完全集中在紫外光谱分析, 对亮度极弱的天体具有分析光谱的精细结构的能力。和 FOS 一样, HRS 用 2 个 521 通道的 DIGICON 光电检测器, 不过 HRS 的检测器对可见光完全不敏感, 因为两个管子的光谱范围是 1050~1700Å 和 1150~3200Å。

(5) 高级普查摄谱仪 (ACS)

ACS 将于 1999 年 12 月 2 日用 STS-103 航天飞机发射升空。ACS 将使 HST 的灵敏度提高 10 倍, 它有 3 个电子摄像机, 可以检测从紫外的 1200Å 到近红外的 10000Å, 由霍普金斯大学、哥达德飞行中心和 Ball 航空和航天 (Ball Aerospace) 合作研制。

NASA 采用了轨道上维护方法, 在 HST 的 15yr 设计寿命中, 以 3yr 为周期的轨道上维护, 由 NASA 的宇航员进行太空行走操作。1993 年 12 月和 1997 年 2 月的两次轨道上维护飞行取得了巨大的成功。预计以后的维护飞行是在 1999、2002 和 2005 年。这期间可能还会有由于偶发事件急需维修的情况, 将用航天飞机来完成特定的任务。例如, HST 在 1990 年升空后 5 年, 发现了球面像差, 寻找了实际的解决方法。1993 年 12 月的 STS-61(Endeavour) 航天飞行排除了球面像差问题, 圆满地恢复了 HST 的性能。

HST 24h 工作, 部分用于观测, 部分用于“家政”, 包括移动望远镜到新目标、避开太阳和月亮的方向、转换通信天线和数据传输模式等。观测计划由 STScI 确定并由哥达德空间望远镜操作控制中心 (STOCC) 编制具体的观测计划加以实施。在 STScI 和 STOCC 都有控制台, 可供天文学家到场操作并检查观测中显示的图像或数据。观测者在几 min 内可以检查“原始”图像或数据, 并作及时分析。哥达德飞行中心 (GSFC) 在 24 h 内完成格式化数据并送往

STScI 进行数据处理 (校准、编辑、分发、为科学界保存数据)。HST 的观测时间的竞争很激烈, 只有十分之一的建议书可被接受。该空间天文台已成为一个国际研究中心, 成为世界范围的天文学资源。

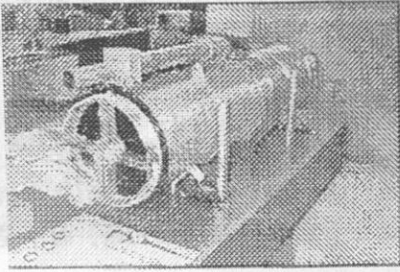


图 7 TRACE 成像望远镜

表面磁场的扩散、加热的变化和整个过渡区和日冕的结构之间的关系。为了达到这一目的, TRACE 的仪器设计成能够捕获温度在 $6000 \sim 10^7 \text{K}$ 的太阳等离子体的数字图像, 空间分辨率 $1'$, 时间分辨率 1s 。有了这些连续的图像, 将能几乎同时地显示出大气的全部区域。TRACE 选择了太阳同步轨道, 可对太阳连续观测数月。TRACE 的发射时间和一个太阳新周期的开始相一致, 也和 NASA/ESA 的太阳和太阳风层天文台 (SOHO) 相一致, 以便协调观测项目。太阳活动开始活跃是研究太阳的黄金时期, TRACE 仅是参加研究太阳的飞船之一, 不过在研究太阳大气的细节方面 TRACE 还是独一无二的。

TRACE 成像望远镜实际上是 4 个望远镜合而为一。其 30cm 的主镜和 6cm 的超抛光副镜分别覆盖 4 个象限, 这样可以使光从不同带宽 (色) 得到反射和分析。电子检测器搜集的图像可达太阳圆面的 25%。TRACE 成像望远镜是卡氏结构, 1.6m 长, 焦距 8.66m , 视场 $8'.5 \times 8'.5$, 空间分辨率 $1'$ 。光被聚焦在 1024×1024 元素的 CCD 检测器上 ($0.5''/\text{像素}$)。时间分辨率小于 1s 。露光时间 $2\text{ms} \sim 260\text{s}$ 。有 3 个镜面的涂层考虑到特殊的铁发射带: Fe IX、Fe XII、和 Fe XV。有 1 个镜面用于紫外宽带观测 (中心在 5000\AA), 还可以用一个装在 CCD 前的滤波器轮来选择观测 UV 的波段。滤波器轮可以允许连续谱观测 (中心波长/带宽: $1700\text{\AA}/200\text{\AA}$) 以及发射带观测: C I 和 Fe II ($1600\text{\AA}/275\text{\AA}$)、C IV ($1550\text{\AA}/20\text{\AA}$) 和 H I (赖曼 α) ($1216\text{\AA}/84\text{\AA}$)。

TRACE 是第一个数据公开的空间科学飞行, 在主科学小组得到数据以后, 很快就公开提供。TRACE 在 1998 年 4 月 2 日用 Pegasus-XL 火箭发射升空。本节内容可参见因特网, 网址: <http://sunland.gsfc.gov/smex/trace/>

2.7 远紫外分光探测器^[11~17]

天体的远紫外波段 (FUV) 辐射是迄今尚很少探测的前沿研究领域, 70 年代的哥白尼卫星开创了远紫外观测, 得到了一些邻近热星的光谱。航天飞机所载的 HUT 和 ORFEUS (Orbiting Retrievable Far and Extreme Ultraviolet Spectrograph, 可回收的轨道 FUV 和 EUV 频谱仪) 已提供了一些远紫外分光探测器 FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer) 工作波长范围的线索。ORFEUS 是 NASA 和德国空间局利用 Astro 平台的合作项目。

FUSE 所打开的这个远紫外波段窗口有许多其他手段不能研究的重要的原子、离子和分子的辐射。哈勃望远镜的空间望远镜成像摄谱仪 (STIS) 仅能观测到 1150\AA 。而在 FUSE 的 905

~ 1195Å 波段中, 有星际气体以及恒星和行星形成物质的大量的谱线, 所涉及的天体物理研究对象有: 活动星系和类星体的核区、大质量恒星、超新星、行星状星云以及冷恒星和行星的外层大气。

FUSE 飞行任务旨在回答天文学有关宇宙演化的基本问题, 是 NASA “起源计划” (NASA Origins Program) 的一部分。FUSE 能探测多种多样环境中氘和金属的丰度, 可用以检验氘的恒星 astration 理论, 并提供银河系 D/H 的参照值, 以便和高红移类星体吸收线系统 D/H 测量值比较; 研究银河系和麦哲伦星云中热星际介质的属性, 以了解星系范围内物质和能量是如何传输的。

在 FUSE 所覆盖的光谱中有星际介质 (ISM) 所包含的许多关键性吸收特征, 因而可用于研究 ISM。FUSE 将用于测定我们银河系盘和晕中 ISM 的结构。而且, FUSE 是第一个有足够灵敏度以完成对邻近星系麦哲伦星云的同类研究的卫星。

FUSE 是“主研究者 (PI)”类的 NASA 天文飞行任务, 其目的是在 905~1195Å 的光谱带通内以高谱分辨率 ($R = 24000 \sim 30000$) 探测远紫外宇宙。

FUSE 由美国巴尔的摩的霍普金斯大学为 NASA 研制。这是首次由一所大学主要负责研制和操作这样规模的飞行任务。它已经由 NASA 提供的 Delta II 运载火箭发射到高度为 800 km、轨道倾角为 25° 的轨道上, 发射时间为 1999 年 6 月 24 日, 预计工作 3yr, 同时也安排了客座研究项目。该飞行任务的飞行操作和科学计划制定地点在霍普金斯大学。

FUSE 卫星由飞船和科学仪器组成, 有 4 个并行的望远镜镜面 (孔径 $39\text{cm} \times 35\text{cm}$)。4 个光通道的光进来后用 4 个球面消像差全息衍射光栅色散。色散光谱由两个延迟线微通道平板探测器记录。两个通道用硅碳涂层, 覆盖光谱 905~1100Å, 另两个通道用锂氟涂层, 覆盖光谱 1000~1195Å。主镜座架上的操作机构保持聚焦 90% 能量在 $1.5''$ 以内。用一个 $21'$ 平方视场的微小误差传感器来保持飞船指向稳定度达 $0.5''$ 。

FUSE 的观测计划主要由 FUSE 科学组制定, 在发射后的头 3 年将拥有 43% 的观测时间。不过, 有 45% 的观测时间将分给客座研究者, 每年由 NASA 来选定。

3 展 望

紫外天文学是现代天文学—全波段天文学的重要组成部分。从载有紫外望远镜的哥白尼号的升空到现在已约有 30yr。在这 30yr 中, 已经发展了紫外波段中的 EUV、FUV、UV 多种探测卫星, 覆盖了全部紫外波段, 和 X 射线与可见光相衔接。利用航天飞机的 Astro 天文台系列还将继续, Astro-3 已经在准备中。其望远镜是可以反复利用的。工作了 18yr 的 IUE 的成果丰硕。EUVE 也已完成了普查, 并在此基础上, 做深入观测。哈勃望远镜上的紫外望远镜也将继续观测许多年。

FUSE 卫星属于 NASA 的“起源计划”。大爆炸宇宙学理论的宇宙形成和演化有 3 个参数是最基本的, 即哈勃膨胀率, 宇宙微波背景和轻元素丰度。FUSE 将通过氘或“重氢”的研究来攻下第 3 参数。哈勃望远镜在测量哈勃膨胀率方面正在取得进展, 而宇宙背景探测者



图 8 FUSE^[21]

(COBE) 将得到微波背景的重要资料。

参 考 文 献

- 1 Stecher T P, Cornett R H, Greason M R *et al.* *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1997, 109: 584
- 2 Nordsieck K H, Anderson C M, Bjorkman K S *et al.* *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1991, 23: 842
- 3 Nordsieck K H, Code A D, Meade M R *et al.* *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1991, 23: 906
- 4 Code A D, Anderson C M, Babler B L *et al.* *Bull. Am. Astron. Soc.*, 1995, 27: 854
- 5 Boggess A, Carr F A, Evans D C *et al.* *Nature*, 1978, 275: 372
- 6 The IUE Project, Report to 30th COSPAR Meeting, 1994, Hamburg: IUE (Website: <http://hypatia.gsfc.nasa.gov/iue>)
- 7 ESA IUE Newsletter No.47 (January 1997) (Website: <http://hypatia.gsfc.nasa.gov/iue>)
- 8 Boggess A, Gondhalekar P, Oliver M B *et al.* *Nature*, 1978, 275: 377
- 9 The Extreme Ultraviolet Explorer - A View Inside the Bubble: A NASA brochure, post-launch (circa summer 1992) (Website: <http://www.cea.berkeley.edu>)
- 10 The Extreme Ultraviolet Explorer - Long Look at the Next Window: A NASA brochure, pre-launch (circa 1991) (Website: <http://www.cea.berkeley.edu>)
- 11 Wilkinson E *et al.* *Proc. SPIE*, 1998, 3356: 18
- 12 Sahnow D J *et al.* *Proc. SPIE*, 1998, 3356: 552
- 13 Sahnow D J *et al.* *Proc. SPIE*, 1996, 2807: 2
- 14 Sahnow D J *et al.* *Proc. SPIE*, 1996, 2863: 27
- 15 Website: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/database/www-nmc?ASTRO!1/>
- 16 Website: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/database/www-nmc?ASTRO!2/>
- 17 Website: http://iuewww.gsfc.nasa.gov/iue/iue_homepage.html
- 18 Website: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/database/www-nmc?92-031/>
- 19 Website: <http://www.stsci.edu/proof/hubble.html/>
- 20 Website: <http://sunland.gsfc.nasa.gov/smex/trace/index.html>
- 21 Website: <http://fuse.pha.jhu.edu/facts/hw-overview.html>

Ultraviolet Astronomy Space Explorer

Wan Tongshan

(Shanghai Astronomical Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

Abstract

This paper reviews the past, present, and future of the space explorers for ultraviolet astronomy. Ultraviolet astronomy explorers launched and planned are described. The observing wavelengths of modern ultraviolet astronomy are in the range of $3100\text{\AA}\sim 100\text{\AA}$ in connection with X-ray. Telescopes for ultraviolet observation are required to be put higher than 150 km well above the ozone and oxygen layers. The devoted ultraviolet space explorers launched in the 1990s are Astro-1, Astro-2, IUE, and EUVE. In addition, there are ultraviolet telescopes onboard the HST and TRACE satellites as well. Ultraviolet Observations in space have been made in the whole spectrum of ultraviolet astronomy. The FUSE satellite is part of NASA's "Origins Program". It is aimed at the exploration of one of the fundamental parameters, the abundances of light elements in the formation and evolution of the universe through the studies of deuterium, or "heavy hydrogen", which was created solely in the Big Bang.

Key words Ultraviolet astronomy—explorer