

现代天文学的知识有很多是通过分析天体的电磁辐射得到的,天体的电磁辐射的范围是相当宽阔的,它从无线电波、红外光、可见光、紫外光一直延伸到X射线、 γ 射线,对天体辐射观测越广,就越能较全面地认识宇宙,所以天文学家总希望把研究领域扩展到所有波段,随着空间时代的到来,70年代前后,红外天文学、紫外天文学、X射线天文学和 γ 射线天文学相继诞生,

天文学终于进入全波段研究阶段。本文要介绍的是起步最晚,但在近二十年来发展迅速,已为现代天文学界所瞩目的 γ 射线天文学。

从 γ 射线到 γ 射线天文学

γ 射线是维拉德在1900年研究镭的放射性时发现的,它的穿透力很强,能使乳胶感光,并不为磁场所反射。这种 γ 射线是原子核能级跃迁发出的。我们现在所讲的 γ 射线,其来源要广泛得多,只要能量大于0.5 MeV的光子,不管它的来历如何均叫做 γ 射线,宇宙间很多原子核和基本粒子的反应和衰变过程都产生 γ 射线,故研究 γ 射线天文学是很有意义的。

γ 射线天文学的概念起源于1958年菲利普·莫里森发表的一篇文章。他从理论上预言某些天体可能发射强的 γ 射线,因而激发了人们探测 γ 射线的兴趣。观测在 10^7 eV \sim 10^{11} eV范围中的 γ 射线,对于研究脉冲星发射机制、银河系中高能粒子的分布、活动星系核过程、高能背景辐射的起源、 γ 源中的物质成分及状态、 γ 射线爆发的本质等问题都是非常重要的。由于 γ 射线天文学直接同核现象、高能粒子现象和高能物理现象相联系,所以不论是高能天体物理学家还是高能物理学家都十分重视这一领域的研究。

γ 射线天文学的重要成就

γ 射线的高能量、低吸收特性,使它们能从宇宙的任何遥远地方(远至哈勃极限,约一百亿光年)到达地球。又因为光子是电中性的,不受星际磁场的偏转,它能更多地保留原初方向的信息。但也正是因为这一特性给实际探测带来了诸多困难,天体中的辐射过程,通常随能量的上升流强下降得很快,在探测微弱流量的 γ 射线时,不得不面对带电宇宙线的强本底的挑战。这就要求 γ 射线探测器要有足够高的探测效率,和足够长的探测时间。由于卫星上仪器的重量和大小受到限制,而火箭、气球观测因大气次级 γ 射线及探测器本底 γ 射线的混入而难以成功,使得早期 γ 射线天文学进展缓慢。

γ 射线探测工作首先是从太阳开始的。1972年8月4日,“轨道太阳天文台7号”首次探测到高能太阳 γ 射线谱线,当时发生了3B级太阳耀斑。耀斑加速的粒子同太阳大气相互作用的核过程产生 γ 射线,“轨



道太阳天文台7号”完整地记录了这一事件。

同年11月5日,美国发射的“小型天文卫星-2号”(SAS-2)上面载有一架名叫“火花室”的 γ 射线望远镜,利用 γ 射线与物质作用产生的正负电子对来测量 γ 射线强度,取得了成功。它勾画出了银河系大尺度 γ 射线图,描绘了河内局部源的分布,发现一些强射电脉冲星也有强的高能 γ 射线脉冲发射。可惜由于电子线路出了故障,这颗卫星仅工作了7个月,记录到8000个 γ 光子事例。一般认为 γ 射线天文学真正成为天文学的一支,是从这颗卫星的研究开始的。

1975年8月9日,欧洲空间局发射了Cos-B卫星。该卫星也载有一架“火花室” γ 射线望远镜,灵敏度比SAS-2更高。到1982年停止工作时,它记录到10多万有用 γ 光子事例,探测到银河系 γ 射线点源,弥漫 γ 射线背景,脉冲星和低能 γ 射线爆发。迄今人类对天体 γ 辐射的认识主要依赖于SAS-2和Cos-B,特别是后者所提供的资料。利用它们的观测结果,可以给出一个 γ 射线源表,包括几十个源,或者集中着源的区域。表中包括著名的类星体3C273,以及蟹状星云和X射线双星天鹅座x-3等。在银河系中心方向,还观测到能量为0.5 MeV的 γ 射线,这是由于电子正电子对湮没而产生的。

最重要的发现是 γ 射线爆发,简称 γ 爆。它是一种短时标、突发性的高能 γ 射线爆发现象。这种爆发上升时间很短,约0.2秒,然后衰减,总持续时间约10秒。最早发现 γ 爆的是美国“维拉”卫星,它于1967年就探测到,但由于它是一颗军事卫星,所以直到1973年卫星解密后这一观测记录才公布,最强的一次 γ 爆发生于1979年3月5日,分布在太阳系不同轨道上的9颗人造卫星同时记录到这次爆发。虽然仅持续了0.12秒,但所释放的能量却比太阳在3000年里所辐射的全部能量还要多。这一事件对天文界、物理界,乃至整个科学界都是一个震撼。 γ 爆这样高的能量是由什么提供的?它的暂现性和时间结构是怎样造成的?释放的能量转变为 γ 光子能量的机制是什么?这是研究 γ 爆理论的三个主要问题,近二十年来对 γ 爆的研究十分活跃,提出的模型不下几十个。

70年代末期,美国纽曼等人在70年代初彗星碰

撞理论的基础上,对 γ 爆提出小行星碰撞假说: 当一颗太阳质量的恒星演化为超新星时,它本身坍缩为中子星,其周围的行星被超新星爆发的“风暴”击碎,形成小行星,当这些小行星再撞击其母星中子星时,产生了 γ 爆。1989年前苏联萨格吉耶夫通过分析哈雷彗星新观测数据,重新提出了彗星激发说,但他认为不是彗星撞击中子星的表面产生 γ 爆,而是当彗核穿越中子星的磁场时,在彗星中感生出强电流导致其蒸发,从彗星散发出来的带电物质使中子星的磁场“短路”而产生 γ 爆。还有一些研究者试图围绕强磁场的中子星寻找答案,譬如有人提出热核爆炸模型,即中子星吸积物质达到一定程度时,发生热核反应,产生 γ 爆。除此之外,还有为了解释 GB 79035 γ 爆释放大能量而提出的星震模型。它假设在中子星核心处发生了某种剧烈活动,从而在中子星固体壳中形成一个重核非平衡层,通过裂变,释放大量子星内能。另一种观点认为中子星内部发生剧烈震动,这种震动以激波形式传到中子星表面,在那里产生正、负电子对等离子体,并发射高能光子。

以上说到的只是 γ 爆的几个主要模型。总之,各种理论正在竞争,究竟哪一种或哪几种比较接近事实,有待观测事实来检验。

二十多年来, γ 射线天文学取得了重要的进展。在我们面前展示出一副丰富多彩 γ 射线的天空图画,发现了象 γ 射线脉冲星等河内 γ 源,以及类星体、塞佛特星系等河外 γ 源, γ 射线的观测为高能天体(如类星体、活动星系等)积累的大量高能辐射的数据,是研究高能天体的本质和能源所不可缺少的资料。此外它还提出了 γ 爆、宇宙的 γ 射线背景辐射等发人深思的课题。现在 γ 射线天文学正处在满怀希望的上升阶段。为了使 γ 射线的观测向高灵敏度、高位置精度和高时间分辨率的方向发展,美国在80年代初拟定了发射 γ 射线天文台(GRO,现改名为康普顿 γ 射线天文台)的计划。经过十年努力,1991年4月5日,GRO由“亚特兰蒂斯”号航天飞机载入太空。

γ 射线天文台

GRO重17吨,是迄今最重的科学卫星。它载有定向闪烁分光仪、成像康普顿望远镜、高能 γ 射线望远镜,以及8个爆发源和偶现源检测仪共4组设备。其中高能 γ 射线望远镜最佳定位精度可达5角分。GRO是第一个具有分光、定位能力的 γ 射线观测卫星,它的工作范围在 $3 \times 10^4 \text{ eV} \sim 3 \times 10^{10} \text{ eV}$,分两次巡天。第一批观测对象有蟹状星云、船帆座高能源、天鹅座 α -1、天鹅座 α -3、塞佛特星系 NGC 4151 等。1991年7月转向第二批观测对象:银河系中心,麦哲伦云超新星 1987A 等。

目前,GRO已探测到来自天鹅座 α -3的 10^{11} eV 和超新星 1987 A 的 10^{12} eV 的高能辐射,1991年7

关于发表《现代物理知识》刊歌的说明

明年是《现代物理知识》杂志创刊五周年,我国一些著名科学家纷纷题词祝贺,他们是严济慈、朱光亚、王淦昌、卢鹤绂、谢希德、周培源、谢家麟、丁夏畦、杨福家、汪德昭、赵忠贤、席泽宗、闵乃本、王梓坤、王绶琯等。江向东、张树梓受本刊委托,写出题为《通向智慧、通向精深》的刊歌,已经长春电影制片厂专业作曲家高鸿亮及本刊编委会主任黄涛、副主任郁忠强,主编吴水清审阅,现公布如下,盼望广大刊友及读者参加修定,尽快将具体意见寄至北京 918 信箱秋楠,以便帮助我们把这首刊歌修改得更好。《现代物理知识》编辑部

通向智慧,通向精深

江向东词
张树梓曲

1=D 4/4
中速 深情地

$\dot{1}$ $\dot{2}$ $\dot{3}$ $\dot{4}$ | 7 \cdot $\dot{6}$ $\dot{6}$ 2 | 4 $\dot{6}$ 5 4 3 2 | 2 3 2 1 | $\dot{2}$ $\dot{4}$ 5 6 5 1 |
多少人跨步

3 4 5 6 5 - | 3 4 5 6 5 1 | 4 3 2 1 - | 3 4 5 6 5 1 | 3 7 7 6 - |
首报刊刊 寻找一条通幽小径; 多少人朝觐 科学圣殿,

5 1 7 6 5 4 3 2 1 - | 5 5 3 3 1 1 | 0 1 3 5 | 7 6 6 - 1 |
梦寐一道 启迪之门。《现代物理知识》是片新绿,

6 6 6 6 4 3 | 2 1 2 - - | 5 5 3 3 1 1 | 0 1 3 5 | 7 2 1 7 6 |
绿得幽邃 绿得晶莹; 《现代物理知识》是座长桥,

6 6 6 6 4 3 | 2 1 5 - | 1 - 7 1 | 2 1 7 6 - | 6 - 4 6 |
通向智慧通向精深, 谱古今 自然真谛, 凝中外

7 5 4 3 - | 1 3 5 1 | 7 5 6 2 | 4 6 5 4 3 | 2 3 2 1 - |
科学神韵。求真求朴, 求是求真。匠心独运, 锐意出新。

5 5 5 3 1 | 6 5 5 5 5 | 5 2 1 2 4 5 | 5 - - - | 6 6 6 4 2 |
她用物理的情趣, 引我们 科苑揽胜; 她用知识的

7 6 6 6 6 | 6 2 4 7 6 | 6 - - - | 5 5 6 6 | 7 - 5 2 1 |
力量, 助我们 奋起攀登! 攀登! 攀登! 攀登!

1 - - - ||
登!

月下旬在低能区检测到银心方向的湮灭谱线辐射,并在南天圆规星座探测到了第四颗 γ 射线脉冲星 PSR 1706-44,该星的射电脉冲周期为102毫秒,经验证,此脉冲星便是 Cos-B 发现的 γ 射线源 2CG 342-02。此外,GRO还探测到11颗发射 γ 射线的类星体,由于它们具有强大的 γ 射线输出,猜测它们可能是一种新型类星体。GRO计划工作2—6年,它的探测正为高能天体物理学孕育着新的飞跃。