

## 星的诞生和死亡

恒星的演化是天体物理学中最重要的课题之一。本世纪初,赫茨普龙(E. Hertzsprung)和罗素(H. N. Russel)根据大量的观测数据制成了赫罗图(即恒星光谱型——恒星光度关系图),发现绝大多数恒星位于图中的主星序位置上。30年代末,美国核物理学家贝特(H. A. Bethe)用氢核的聚变成功地说明了恒星能量的来源是热核反应。这两项研究为恒星演化理论奠定了基础。

恒星是由星云凝缩而成。这个过程开始于冷的暗星云中某些密度较周围稍大的部分由自身的引力引起的收缩。以后物质逐渐凝聚,直到收缩产生的热量使内部温度达到700万度以上,热核反应出现,收缩停止,恒星便诞生了。

恒星的演化可依恒星内部结构理论推算出来。根据热核反应提供的能量和流体静力平衡的条件,可得出恒星温度、光度等的演变。原则上,只要知道恒星的初始质量和化学组成,就能推断出它从诞生到死亡的各个阶段的特性。我们看到的千千万万颗性质不同的恒星都是具有某种初始质量的星体演化到一定阶段的状态。主星序是演化最缓慢的阶段,它占去恒星全部寿命的90%左右。氢核烧尽后,恒星离开主星序变成红巨星,抛失大量质量,甚至出现新星或超新星爆发,把大量物质变为气壳或气体云。最后演变成行星状星云的中心星、白矮星或中子星、黑洞,结束了恒星

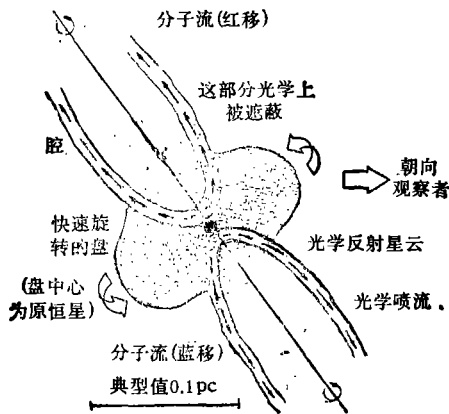


图3(A) 由分子谱线观测得出的原恒星周围的气体盘和向外抛射的分子流的图示模型。箭头表示气体分子的运动方向。这张图显示了恒星形成区的详细结构和运动情况。



## 解宇宙的新窗口 分子天体物理学进展介绍(之四)

· 李守中 ·



的一生。

对恒星形成和演化的了解是20世纪天文学最伟大的成就之一。但这个理论远非完美无缺。特别是对恒星演化的最早期和演化的晚期,由于数学上的困难和不清楚许多演化中的重要细节,使理论模型显得过分简化,而根本的问题是缺乏足够详尽的观测资料。

以恒星诞生阶段的研究来说,尽管60年代林忠四郎等发展出来的理论对各种质量不同的恒星如何从星云中孕育出来描绘了一个轮廓性的图景——引力收缩使巨大的星云裂成较小的碎块成为星的前身即星胚——星胚经过快收缩阶段成为原恒星——原恒星再经过慢收缩阶段直到热核反应出现。但这个过程中由于激烈运动造成的种种复杂现象在理论模型中并没有详细考虑实际上也不清楚会出现哪些现象。

60年代红外和射电望远镜的进步冲破了这种局面。猎户座星云中先后观测到一些新奇的天体,包括温度只有600K的红外BN天体、温度只有70K的红外星云KL源,后来又发现了只有10K的致密暗星云(称为球状体)和一种半星半云状的H-H天体。

天文学家确信,这是一个正在孕育着新恒星的区域,而上述各种天体代表着从星云向恒星演化的不同阶段。星际分子的微波和红外谱线大大地促进了天文学家对恒星形成区中许多重要的物理化学参数的了解。特别是在这区域中发现了天体微波激射源和两极喷流这些前所未有的重要现象。这些成就使天文学家越来越清楚的认识,星际分子的作用决不仅限于提供天文观测的探针而且它们本身在演化进程中也起着举足轻重的作用。例如分子的复合或解离时的能量传递;分子谱线对电磁辐射的吸收和发射都是影响星云的冷却或加热膨胀或收缩的重要因素。喷流的观测则能够告诉我们恒星形成过程中大量物质被抛射的动力学情况。

近年来,各国的天文台包括空间观测卫星正在用各种波段的观测手段向恒星形成区展开强大的联合攻势。恒星诞生前的演化图象已逐渐变得明晰起来。图3(A)是用高分辨力望远镜分析若干个恒星形成区后得出的详细结构示意图。图3(B)则是一个反映恒星形成的各个阶段的示意图。相信这两张图能够让读者感受到80年代分子天体物理学的精采成就和星际分子谱线观测的巨大威力。

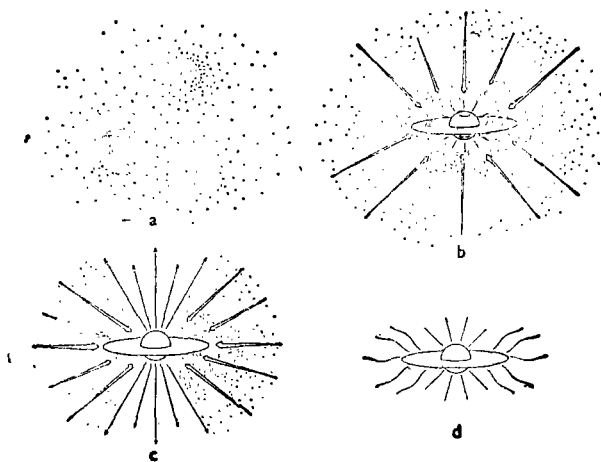


图 3(B) 恒星形成的步骤

- (a) 分子云分裂形成星云核(星胚)
- (b) 星胚塌缩的中心形成一个带有风云盘的原恒星
- (c) 星风沿着该系统的转动轴喷出,形成双极外向流
- (d) 塌缩停止,露出一个带有环星盘的新形成的星。(环星盘的物质可能是行星的前身)

在恒星处于主星序的漫长年代中,大部分分子被高温解离。但是恒星到了晚年,演化为红巨星、行星状星云的中心星,或爆发为超新星后成为超新星遗迹及中子星。在这些年老的天体中,天文分子或天体微波激射源又开始扮演重要的角色。它们的谱线可以为我

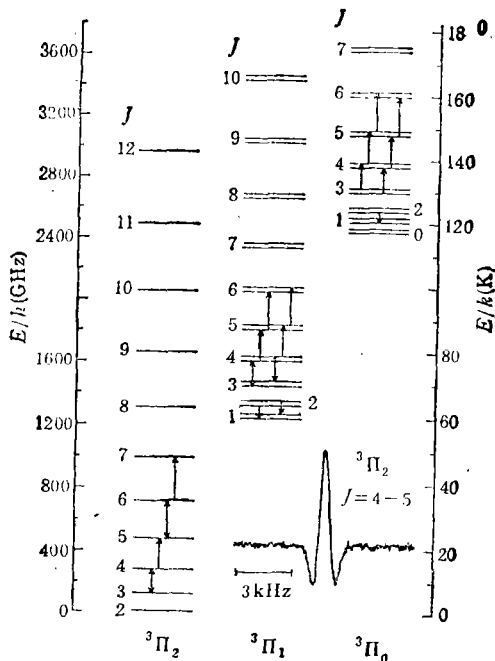
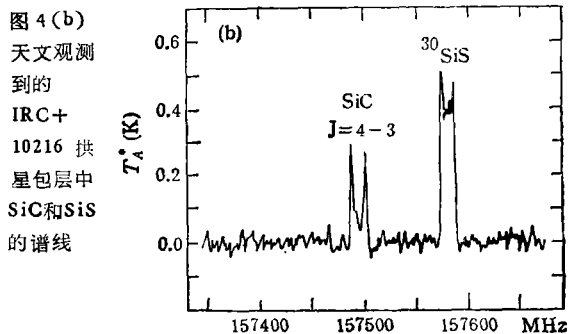


图 4(a) 理论算出 SiC 能级和实验室测出的 SiC 谱线。它们提供晚期拱星包层,年青行星状行星或超新星遗迹的化学、物理条件的信息,使我们对恒星晚期演化有了

更多的了解。

前面提到的 SiC 谱线可以作为一个有趣的例子。在富碳晚型星 IRC + 10216 的拱星包层中找到的 SiC 谱线呈典型的 U 字形的两个尖劈状,与实验室谱线的形状有明显的不同(图 4)。这证明 SiC 分子所在的气体包层正在膨胀,多卜勒效应使得正向(或反向)地球运动的 SiC 分子的谱线频率比实验室测到的静止频率增大(对反向运动的分子是减小),结果就形成了两个尖劈。还可以看到,同样是在 IRC + 10216 中检测到的 SiS 谱线中心部分却“填”得比较满。这意味着 IRC + 10216 的拱星包层在向外膨胀时分成了速度不同若干个层,而且越靠外层膨胀速度越大(图 5)。所以谱线的中心部分对应的是内层的分子的贡献。SiS 分子在各层中都存在而 SiC 分子则主要分布在外层。这一点和观测者



原来的猜测正为相反(先前曾以为 SiC 这样不易蒸发的化合物应该在更靠近星的、温度较高的层面中找到)。

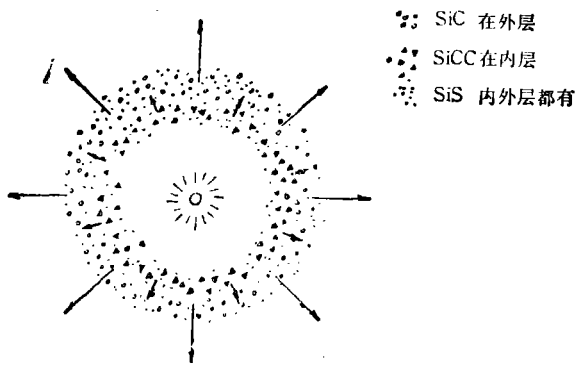


图 5 IRC+10216 拱星包层中分子分布示意图,外层含 SiC 气体膨胀速度大,内层含 SiC 分子的气体膨胀速度小

因此他们猜想产生 SiC 的机制可能就是星际空间的辐射场使来到外层的 SiC 光致电离。后来,用高空间分辨力的望远镜果然直接证实了这个猜想。

除此以外, SiC 谱线还提供了有关包层的温度、膨胀速度, SiC 的密度等重要数据。