

消息

红外天文学进展

——红外天文卫星(IRAS)资料述评

1985年5月和7月分别举行了两次关于IRAS资料研究结果的讨论会。5月在英国卢瑟福实验室举行了关于河外红外天文学的工作会议,7月在荷兰举行了关于IRAS在银河系内的发现的会议。本文综合了这两次会议的评述文章。

1. 横穿银河系

在荷兰举行的名为“Light on Dark Matter”的IRAS讨论会上,介绍了IRAS在银河系内的发现。十几篇特邀报告和五十篇文章叙述了IRAS至今为止所揭示的关于恒星的生死、银河系的大尺度结构以及星际尘埃的特性等问题。

IRAS所发现的245,839个源中,有一半处在银道面7度范围之内。三分之二的源处于银河系中心一侧的两个象限之内。银河系恒星(158,000颗)约占星表的65%。其中约有65,000个天体与星际介质的各种相有关,这包括H II区、嵌有主序前星的分子云和冷尘埃的致密团块。还有22,000个河外星系约占星表的9%。IRAS低分辨光谱仪还获得5,000个最亮天体的光谱资料。

IRAS几乎能穿越整个银河系而探测到具有拱星尘埃壳层的恒星。H. Habing利用它们作为示踪器,以空前的清晰度在12和25微米处探测到银盘和银河中心核球。J. Frogel等人所作的地面观测,证实了许多在核球区发现的IRAS星是晚型M型巨星,其光度 10^3 至 $10^4 L_{\odot}$,质量损失率 10^{-6} 至 $10^{-4} M_{\odot}/\text{年}$ 。这些星的年龄及其主序前阶段的质量还很不肯定,但是有一种可能性是:它们开始是一个太阳质量的恒星,年龄不大于十亿年,远小于银河系的年龄。如果是这样,那么在银河核球区就可能已经发生过恒星形成暴,这种暴类似于IRAS探测到的其他红外亮星系中所见到的暴。B. Zuckerman提出两个理由说明认识这些晚型星中的质量损失情况是很重要的。第一,银河系内可观测到许多白矮星,而超新星则相对地比较少,因而必须提供一种不同于超新

星爆炸的质量损失机制,以说明比1.4个太阳质量更大的恒星能失去足够多的质量。第二,由核燃烧产生的碳、氮、氧,正是通过质量损失来注入星际介质,随后加入新的恒星、行星中。综合IRAS及毫米波观测,研究IRAS星的大样本的气体流出,有可能知道更多关于质量损失过程的动力学和化学过程,以及它们与较晚期恒星演化的关系。

在质量损失期之后,晚型巨星变为行星状星云,这种星云由温度为50,000K的恒星及其周围一个薄的电离气体壳层所组成。A. Leene和P. Pottasch用低分辨摄谱仪获得的8至22微米光谱,说明IRAS探测到的700多个行星状星云的辐射不是来自热尘埃,而是来自电离气体的谱线。用S IV、Ne I、O IV和S II的谱线能解释IRAS在12至25微米的巡天带探测到的全部辐射,Leene和Pottasch预言:N II和O II谱线能解释巡天所探测到这些天体在60至100微米的部分或全部辐射。IRAS的行星状星云图可以用来研究这些电离物质的温度、丰度、密度和激发。

IRAS也很适于研究恒星生命史的另一端——它们是如何从星际介质产生出来的。B. Elmgreen指出,IRAS资料中灵敏度与空间分辨率最佳的部分,可以用来研究恒星形成的物理细节和研究产生恒星的星际介质中的大尺度过程。

恒星形成的一种机制是:在新近形成的大质量O星和B星周围的H II区,触发巨分子云中邻近物质的碎裂,并坍缩成新恒星。P. Schwartz考察了IRAS获得的60微米与100微米图象,发现在较早期的恒星形成区周围,存在着形成恒星的环状物,有一个环直径为250pc,它包含许多H II区及其内嵌恒星。

恒星形成的另一种可能的机制是:小团星际介质被压缩到足以克服云内抵制压缩的运动,因而开始了引力爆聚,并导致一个或更多个恒星的形成。可能许多太阳型恒星就是以这种方式形成的。P.

Myers等考察了金牛座和蛇夫座分子云中的100多个小星际气体团。这些云团包含的物质在5到50个太阳质量之间,代表了最可能形成恒星的区域。IRAS巡天表明这种云约有一半与红外点源成协,其中只有很少的天体可以证认为可视的前主序星(金牛座T型星),其余的天体则没有可见对照物。不可见源具有很低的色温,约为100K,光度为0.5—10个太阳光度。有些不可见红外天体大概是类似于金牛座T星的恒星,其年龄不大于 10^5 年,从准稳平衡态星核的慢收缩中获得能量,但仍被产生它们的“胎盘”气体和尘埃所遮蔽。这些IRAS源中有一些可能仍是从下落云物质的引力能释放中得到其大部分光度的。可将这些天体看作真正的原恒星。

红外天文学可看成是研究各种形式的尘埃的科学。所谓红外“卷云”(cirrus)——星际尘埃的弥漫发射——是IRAS的一个重要而又迷惑不解的发现。T.N. Gautier等人指出,在100微米处,“卷云”可能与一种暗尘埃物有关,有些“卷云”可能与在离开银道面较远的银河分子云中见到的弱发射有关。12微米波长上的“卷云”的特性可能证实K. Sellgren的观点,即存在一种尘埃,其视色温比其平衡温度高得多。A. Leger等人证认了呈颗粒状物质的多环芳香烃。

Elmegreen指出,如果在致密分子云的中心(而不是其外围)存在很小的颗粒,那么它们将会被充电,并且会控制着气体与磁场的耦合。这些颗粒的特性和丰度可能控制着分子云的坍缩。

60和100微米IRAS图象可用来研究银河系中星际物质的大尺度结构。B. Burton等人发现,120微米发射标高约为120秒差距,与原子氢(H I)的高度相同;为CO观测得出的分子气体标高的2倍。因此,IRAS揭示的是相对弥漫区中的暖尘埃(22K)的分布,而不是更冷、更密物质的分布。

2. 观察银河系外

在卢瑟福实验室举行的河外红外天文学工作会议,其中中心议题是关于星系内恒星的形成。

关于恒星形成和H II区的演化,还有一些基本问题需要回答。例如,在每一个形成恒星的事件中,新形成恒星的质量相对分布如何?由于高质量恒星演化得比低质量的快,因而质量相对分布的变化是“星暴”积分特性的时变特征之一。另一个基本

问题是恒星形成的效率与星系大尺度形态特性之间的相关问题,这种相关可能有几种方式存在。例如,星系棒的出现可能提供运动学的激发因素,它为物质进入星系核星暴区开辟了通道。星系的相互作用是另一种可能提高或触发恒星形成暴效率的因素,R. Joseph及其同事普查了相互作用星系时,发现星暴的证据相当普遍。

C. Telesco讨论了恒星形成模型中,哪些观测输入数据是关键。他认为一个恒星形成区的总红外光度是一个重要参数,它粗略地指出了年轻恒星的数目。为此,IRAS的观测对于求总红外光度来说是很理想的,因为它覆盖了12至100微米的波长区。另一个全局性的特征是质光比。老星族星的质光比(大于 $3M_{\odot}/L_{\odot}$)与处于演化前期的星族(小于 $0.01M_{\odot}/L_{\odot}$)不同。因此可以用它来测量星族的年龄,以及量度星暴的存在和强度。Telesco由此得出M82中星暴的年龄为二千万年,利用远红外光度可导出恒星形成速率为 $34M_{\odot}/\text{年}$ 。如此大的恒星形成速率必须要求新生星的质量分布有一上限。这样,在大光度星暴中,新的低质量恒星就相对较少,质量转换率就高,暴的时间就短。这些结果对于演化的恒星模型具有重要意义。

蓝致密星系,即河外H II区,是处于演化前期的恒星系统。它们的近红外颜色说明它的年轻或贫金属,这意味着只有较少的质量通过恒星演化转化为较重的元素。IRAS观测表明,这种星系的气体与尘埃之比值比太阳附近要高一千倍,从而支持了上述观点。如果尘埃是在恒星大气中形成的,则尘埃含量低既意味着恒星形成速率低,且又说明恒星形成开始得晚。

M. Ward报告了Seyfert星系的X射线入选样本的红外结果,大多数情况下,它们产生强红外辐射的主要机制不是强星暴。几微米波长上的近红外发射似乎和很致密区的发射有关,Ward发现,很宽的发射线的强度与X辐射相关很好,而在20微米波长上则是窄发射线与X辐射相关最好。20微米处的光度可能来自与气体混合的暖尘埃(200K),并被活动核中心的很致密的源所加热。M. Rowan-Robinson指出,根据IRAS资料,Seyfert星系可能分为三个部分:一个较冷的盘(如正常星系中所见),一个较暖的星暴成分和一个峰值在25微米波长上的Seyfert

成分。25微米辐射可能来自Seyfert星系中心的微类星体的辐射被尘埃吸收,并在红外区再辐射所产生的。

Rowan-Robinson 考察了 IRAS 观测的宇宙学含义,他主要关注银极冠区,那里的“卷云”混淆效应最小。他注意到南银冠与北银冠的 IRAS 60 微米原的数密度之间,有显著的各向异性。这似乎不是本地现象,而可解释为:在约200Mpc内星系分布对我们本星系群的纯引力拖曳的结果。Rowan-Robinson 也指出,IRAS探测的100微米背景辐射可以分为几种

成分:行星际尘埃产生的辐射,星际尘埃产生的辐射,以及一个大致各向同性的成分。后者可能起源于宇宙学。

唐小英据

Nature, 316 (1985), p.294-297;

Nature, 316 (1985), p.296-297.

The Progress in Infrared Astronomy
——Review on the Results from IRAS
(Tang Xiaoying)

天体的高分辨率微波研究

通过高分辨率微波观测,能进一步了解太阳及其近邻恒星的活动区和爆发的物理特性。例如,用 VLA(甚大天线阵)多波长观测能确定出冕环中磁场的强度、结构和演变,用 VLA 快拍图可检验耀斑理论模型。近主序晚型星与太阳相似,也能发射出缓变微波辐射和恒星微波爆发。

1. 太阳活动区微波发射

用 VLA 在 $\lambda=2$ 、6 和 20cm 三个波长上,对太阳活动区进行了多波长综合观测,这些波长上的发射起源于冕环中不同的高度层次。2cm 发射起因于 10^5 K 等离子体的轫致辐射,该等离子体位于黑子上空约 5,000km 高度,此处纵向磁场约为 1,000G。6cm 发射来自冕环腿部,起源于二次或三次谐波上的回旋辐射,亮温度为 2×10^6 到 5×10^6 K,位于黑子上空约 30,000km,该处纵场约为 600 到 900G。20cm 发射来自俘获于冕环中的热密等离子体,这些冕环具有 2×10^6 — 4×10^6 K 的亮温度,延伸范围 $\sim 100,000$ km。20cm 发射可能产生于热轫致辐射或回旋共振辐射,也可能同时产生于这两种辐射。

近年来观测研究的成果之一,就是发现了活动区微波辐射的圆偏振环或马蹄状结构。例如,采用 Westerbork 综合孔径射电望远镜,在 $\lambda=6$ cm 波长上,从圆偏振综合图中看到环绕着黑子本影的马蹄状结构。这种辐射结构起源于黑子半影弯曲磁场中的回旋共振辐射,位置介于黑子的本影和半影之间,而在黑子本影上空没有观测到圆偏振辐射。波长 6cm 上的总辐射强度往往在黑子本影上空增高,其亮温度约为 10^6 K。

高分辨率观测研究的另一个成果是发现了与冕环——对应的微波辐射区。例如,用 VLA,在 $\lambda=20$ cm 波长上进行观测,就能可靠地画出这种冕环,并能确定出冕环的磁结构和温度结构。产生 20cm 波长发射的热等离子体,也同时产生 X 射线发射。

2. 太阳微波爆发

近来已经知道,日冕中的磁场演变,对于触发太阳爆发可能起主要的作用。理论分析表明,磁环的浮现、单一冕环中的磁剪切以及冕环间相互作用,都可能触发太阳爆发并为其提供能量。目前利用 VLA 已观测到这些重要效应,且确定出活动区中的磁场拓扑,从而对各种耀斑理论模型进行检验。

通过观测发现,在耀斑爆发前几十分钟,活动区中微波发射的强度和偏振度都有所增加。由 VLA 所提供的高角分辨率的快拍图表明,这些增加与冕环中的爆前加热有关,也与日冕磁场拓扑的变化有关。例如,由 $\lambda=20$ cm 爆发形态可以判明在冕环或冕拱中的这种爆前加热,并由 $\lambda=20$ cm 综合图看出冕环在空间中的明显扭转。另外,在产生爆发的冕环附近的一些冕环中,也发现了爆前活动。在耀斑开始前,有时观测到双极特征中的偏振反转,这表明有新磁通量浮现或磁场拓扑变化。新浮现的冕环,与老冕环发生相互作用,当两者磁通量的极性不同时就会产生电流片,从而触发射电爆发。因此,由高分辨率微波观测研究可以得出结论:在耀斑位置周围磁环的上升和扭转会触发耀斑的发生。

由最近的 VLA 观测还得到了微波爆发过程中出现磁力线重联的直接证据。例如观测到一次 6cm 波

长的爆发,它由开始的缓变成分和随后的脉冲成分叠加而成,前者沿着一条东西向磁中性线,后者则发生在一条新出现的南北向磁中性线上。这条南北向中性线表明出现了新的反极性磁环系统,它与老磁环发生重联,从而给脉冲成分提供能量。

有时观测到微波源向边缘漂移,这可能由于磁环以每秒几百公里的速度径向扩张所致。换句话说,有时观测到,在太阳大气中由低到高接连出现爆发。相继出现的强爆发可能发生在相邻的不同冕环,而相继出现的弱爆发则位于同一冕环之中。

3. 近主序晚型星的微波发射

近主序晚型星发生的宁静X射线发射的绝对光度,可达太阳的一百倍,可推测这些恒星有大尺度冕环和强磁场。由对太阳的观测可以预期,采用 $\lambda=20\text{cm}$ 波长应能发现星冕热等离子体,而通过 $\lambda=6\text{cm}$ 偏振发射则会揭示出大尺度的磁场结构。

实际观测表明,红矮耀星在 $\lambda=6\text{cm}$ 波长上的确存在缓变的、圆偏振的微波发射,它与太阳活动区的宁静微波发射相似。如果发射区域面积是恒星可见表面面积三倍大的话,则可得到与太阳微波发射相似的亮温度,即约为 10^6K 。红矮耀星的这种微波

发射可解释为在纵场约为 300G 的磁场中作螺旋运动的热电子的回旋共振发射。

此外,红矮耀星也会发生类似于太阳的微波爆发。对太阳来说,有时会观测到100%圆偏振的快速毫秒级精细结构,其亮温度高达 $\sim 10^{15}\text{K}$ 。对于狮子座AD星这颗红矮耀星,曾记录到一次 $\lambda=20\text{cm}$ 波长的脉冲爆发,也是由一系列快速的、高偏振的尖峰成分(spikes)所组成的,其上升时间短于200毫秒,偏振度达到100%。由上升时间可推出发射区的尺度上限为 $6 \times 10^8\text{cm}$ 。如果发出辐射的星斑对称,它的面积应小于该恒星表面面积的3%,因而可推出它的亮温度超过 10^{15}K 。这些恒星微波爆发的高亮温度和高圆偏振度,可以用在纵场约为 250G 的磁场中二次谐波上的电子回旋微波激射(maser)来解释。

赵仁杨据 *Science*, 228 (1985), 9—15.

Microwave Study of Celestial Bodies at High Resolution

(Zhao Renyang)

星系吞并, 星暴星系, 类星体活动及大质量双黑洞

近期的一些研究表明,星系间相互作用对刺激星系核活动起着一定的作用。比如对高光度类星体的图像研究发现,其中30%以上有非常靠近它们的正常伴星系(正常星系指质量 $\geq 10^{11}M_{\odot}$ 的星系,比这小得多的伴星系称为卫星系)。正常星系的巡天工作表明,密近双重星系比孤立星系更有可能表现出以光学发射线和射电发射为特征的活动性。据此人们认为大多数或者全部普通大小的星系在中心部分都有大质量的黑洞存在。Toomre等在1972年提出,两个星系的密近相遇可能导致气体进入一个星系的核区,因而或者直接为中央黑洞添料,或者导致内核盘中出现突发性的恒星形成,后者可能间接地增加燃料供应率。双重星系核活动比较强是对这种观点的支持,而且,远红外发射情况的研究说明密近双重星系也使恒星形成率增高。

Toomre等人的观点有两个问题。第一,尽管密近双重星系(指投影距离 \lesssim Holmberg直径三倍的

星系)很可能表现有活动性,比如塞佛特星系或射电星系就是如此,但大部分这类星系($>75\%$)并没有表现出有核活动。因此,这种机制并非100%有效,或者说还需涉及某种其他的因素。第二个问题是尽管密切相遇可以对星系外围部分造成很大的扰动,但核内恒星和气体的运动却不会受到影响,因为它们受到的引力束缚作用是很强的。

我认为触发类星体活动或恒星形成的,实际上并不是所观测到的近邻星系,而是因为与系统中某一个矮卫星系发生了直接的碰撞。因此,就不再需要用距离效应(比如潮汐效应)这类微妙的作用来加以解释。本星系群外的矮卫星系是很难探测到的,因而我们对这类星系的统计情况所知甚微。尽管如此,每个正常星系都可能有2—10个矮卫星系与之成协,我们自己的银河系就是如此。这里“矮”星系指的是绝对星等范围大致为 $-14 > M_b > -18$ 的椭圆星系或不规则星系。在本星系群内就有两个不规

则星系(大小麦哲伦云)与银河系成协,还有4个矮椭圆星系与M31成协。

在我所提出的图象中,当两个正常星系靠得很近时,吞并一个不可见矮星系的可能性就增大,从而造成密近双重星系中类星体式活动出现统计增强。如果在塞佛特星系附近有一个 $10^8-10^{10}M_{\odot}$ 的矮星系,用现在的技术是很难发现的。星系吞并或碰撞时的唯一表现可能是类星体式活动增强,或者出现突发性恒星形成(也许成为一个“星暴”星系),或者两者兼有之。我认为所产生的活动类型应是致碰撞卫星系的哈勃类型以及碰撞参数的某个函数。可以观测到的破坏程度显然还取决于矮星系的质量。如果一个麦哲伦云式的不规则星系撞上一个旋涡星系,最可能的结果是出现一阵突发性的恒星形成。如果撞上星系核,由此造成的气体输入和恒星形成也可能引起类星体式活动。另一方面,由于椭圆星系中气体和尘埃是不多的,一旦撞在旋涡星系的外围区域,其结果可能就不壮观了。矮椭圆卫星系的典型质量只及旋涡星系的1%,而恒星本身是不会发生碰撞的。这类相撞也许只表现为星系盘或旋臂的外形发生变化。

如果在矮椭圆星系的核内包含有一个潜伏黑洞(或近潜伏黑洞),那么它的碰撞就比较有趣了。大部分矮椭圆星系中央部分质量的密集程度是很高的,这一点与不规则星系不同。1984年Tonry提出了有力的证据,说明本星系群的矮椭圆星系M32中心部分的“长钉状”结构是由一个 $5 \times 10^6 M_{\odot}$ 的黑洞造

成的。看来其他矮椭圆星系光度轮廓中的长钉结构很可能也由类似的黑洞所造成。在一次碰撞中,如果碰撞参数足够小,那么矮椭圆星系的核就会被较大星系的核所俘获。两个黑洞将会进入轨道运动。每个黑洞周围相空间中的恒星分布会受到严重的扰动,其结果使一个或两个黑洞的燃料增加。我在1983年已经提出,在许多天体中观测到的发生了位移的宽线峰,便是这类轨道运动的结果,而且业已证明,观测到的速度与超大质量双黑洞的演化相一致。现在,矮椭圆星系中黑洞的发现,说明这种双黑洞产生的可能性要更大得多了;这是因为矮星系比正常星系多一个量级,吞并的可能性相应也就大了。

正常星系和矮卫星系的碰撞,同时为星暴星系和类星体式活动提供了一种可能的解释。正因为如此,需要对各种哈勃类型和不同大小的星系的吞并作详细的计算机模拟,其中需考虑到气体和恒星两种成份。一旦哈勃空间望远镜开始对活动星系作高空间分辨率的研究,就有可能很好地发现由这些碰撞所造成的结果。

赵君亮据 *Nature*, 315 (1985), 386.

**Galactic Mergers, Starburst Galaxies:
Quasar Activity and Massive Binary Black
Holes**

(Zhou Junliang)

II Zw 23: 一个晚熟的星系

一个正处于早期形成阶段的“晚熟”星系为天文学家提供了一个极其难得的机会,通过它可以观测到几十亿年前形成的大部分星系当初的大致情形。这个被命名为II Zwicky 23(根据加州理工学院已故天文学家Fritz Zwicky的命名)的星系,位于金牛座方向1亿7千5百万秒差距远处。对这个星系的各项研究,应有助于澄清有关星系的几何形态、角动量以及星系是在何时以何种方式获得其磁场的等问题。

在亚利桑那州图森举行的美国天文学会冬季会议上,国立基特峰天文台天文学家W. C. Keel报告

了他对II Zw 23的工作。Keel说,虽然II Zw 23并不是天空中唯一的晚形成星系,但它是一个非同寻常的鲜明实例,在此实例中,一个系统“刚刚聚集成一团以便坍缩成一个普通的星系”。

早些时候对II Zw 23的一些观测,显示出它是一个紧密的、蓝色的椭圆星系,通过光学波段可以看到有物质喷流从这个星系射向空间。但是Keel认为,实际情形恰恰相反:他把这个星系描绘为一个带有不规则的纤维状延伸物的“毛茸茸的致密”星系,“总的看来,有点像一只蜘蛛”。对这些纤维状延伸物的探测导致了现在的看法,即:这个星系是正在

坍缩的一团中性氢云，它正在经历着星系规模恒星形成的第一阶段。比较起来，几十亿年前形成的那些星系已经经历过数次恒星形成暴，并已经有效地消除了星系的原始特征，Keel确信，在II Zw23中仍然可以探测到这些特征。

“我们在这里所看到的情形，和所有星系形成史早期应该发生的情形非常相似，”Keel说，“所不同的是，现在宇宙已经老得多了。在一百亿或一百五十亿年前，宇宙中有一些又小又暗的星系，在它们周围有大量的气体云。原始星系相互靠得比现在近得多，因此从邻近星系发出的气体的作用，也比现在重要。从这些星系的残余物中生成的恒星，现在已经很暗淡、很稀少了，我们几乎无法再发现它们的踪迹。它们已经隐没在大量的后来形成的亮星中。”

Keel对目前II Zw23中“惊人”的恒星形成速率的估算表明，在过去大约一亿年期间，这个星系每年至少生成35个太阳质量的恒星，一亿年时间已足够生成多于十亿个太阳质量的恒星。他推测，在此期间恒星的生成率已经增长了10倍到100倍以上，这表明II Zw23目前正处于一个规模宏大的、缓慢的恒星形成暴的中期，在此期间，它的大部分原子气体将被转化为恒星。如果这个过程以目前的速率继续下去，那么这个星系中的中性氢云还可以支持十亿年以上。

“我们不清楚在物质落入这个星系的过程中，有多少恒星形成事件发生，”Keel说。“落入这个星系的大部分物质，都是在进入主体物质团以后才变成恒星的。这些落入物质大部分是氢。不过，当你观

察这个星系的中心时——你可以在那里看到超新星爆发的闪动——可以看出一些较重的元素增多了。无论是从这个星系形象的演变还是从速度研究来看，都表明II Zw23最终将成为一个旋涡星系”。

根据Keel的研究，这个星系发出的射电辐射显然是非热辐射，换句话说，它是由沿螺旋形轨道穿越大尺度磁场的粒子所产生的同步加速辐射。这些粒子有可能被超新星爆发的残余物加速。Keel说：“射电观测表明，在落入物质中存在有大尺度磁场。这说明氢云在开始落入星系之前，里面就已经存在磁场了，还说明这种磁场有可能随着落入星系的物质一起被‘封冻’进星系里”。

可是，尽管这个奇特的年轻星系解决了不少问题，但它提出的新问题也不少。“我无法说明，我所看到的在这些纤维状延伸物中飞舞的原始物质总量，是否就是进入星系的全部物质，”Keel解释说。“我很想知道，除了新形成的恒星之外，那里还有多少物质。对这个问题最容易接受的假设是，这些物质可能已经存在很久了，不过一直被当作是一个星系看待，实际上直到现在，它们才刚刚开始凝聚出恒星。可是，为什么氢会突然间开始形成簇状，并落入这个星系呢？”Keel认为，一种可能性是，在距这个星系大约十万秒差距远处的一个可见伴星系，对气体云施加压力，造成了气体云的凝聚和气体云落入新形成的星系。

李有刚据 *Astronomy*, July 1985.

II Zw23: A Late-Blooming Galaxy

(Li Yougang)

椭圆星系具有热 X-射线冕

椭圆星系的X-射线观测表明，在星系周围巨大的暗晕中，可以发现一些所谓宇宙的“隐匿物质”的迹象。尽管这种物质的确切性质还是不清楚的，但新的观测资料提供了一种探索远离椭圆星系的黑暗空间中引力场的理想方法。

史密松天文台W. Forman, C. Jones和W. Tucker等人分析了55个椭圆星系的X-射线辐射，发现有气体包层或者说有热冕，可能是所有椭圆星系的共同特征。从前，人们认为来自单个恒星的气体，由于

超新星爆发而从星系中逸出，然后消失在星系际空间。事实上，在这些星系的光学图象中可以明显地看出，在恒星之间不存在任何的气体和尘埃。

对延伸晕的X-射线观测表明，在星系周围积聚了一些热气体的残余物。它们似乎是被控制星系晕的同一种引力束缚在星系之中。对旋涡星系中类似的晕已作过很多研究，但对椭圆星系周围的晕进行大规模的观测还是第一次。

这些气体的温度约有一千万度，用光学望远镜

是看不见的,但它放射出大量的X-射线已被记录在Einstein天文台的成像望远镜上。

Forman, Jones和Tucker等人估计,一个普通的椭圆星系及其晕的全部质量相当于十亿个太阳质量。然而,X-射线热气体仅占总质量的1%左右,而恒星和其他光学天体的质量也只占10%,这就意味着,在晕中存在着大量的“暗”物质,用现有的仪器直接观察它们是不可能的。

对椭圆星系和旋涡星系周围延伸晕的发现,使人们加深了这样的认识:“隐匿物质”可能包含在各类星系中。更重要的是,用X-射线探测所绘制的晕的形态和结构图形,能使我们第一次直接对椭圆星

系的基本质量分布进行测量。类似的技术正被用来测量各个星系团中总的质量分布状态。

此外,热X-射线气体的探测,便于我们了解各星系团和他们的成员之间互相作用的问题。在对距离较近的室女座的研究中,Forman, Jones和Tucker发现了这样的事例:当星系运行穿过星系团中心的致密区时,星系冕的外层——热气体会被剥去。

林一梅据 *Astronomy*, July 1985.

Elliptical Galaxies Have Hot X-Ray Coronas

(Lin Yimei)

毫秒脉冲星PSR 1937 + 21的高时间精度观测

在脉冲星PSR1937+21发现后不久,M. M. Davis, J.H.Taylor等人就对它的脉冲到达时间进行了一系列高精度测量。测量从1982年11月开始,至少几周一次,多至每天一次。最初二星期的观测数据已足以使我们定出它的脉冲周期变化率。表1给出的参数则是根据1982年11月28日—1984年10月12日期间的观测数据而得到的。这些参数不仅和以前定出的相吻合,而且由于时间跨度大,精度提高了几个量级。

用Arecibo天文台的305米望远镜在1,408MHz上进行观测,同时接收左、右旋圆偏振。所用时标(铷钟)经过改正后,可与协调世界时同步在1 μ s内。对接收到的脉冲星信号到达时间,还作下列改正:(1)星际和行星际空间的色散延迟;(2)通过太阳引力场而引起的相对论传播延迟;(3)由于地球所在地的引力势变化而引起地面钟速的引力红移;(4)由于地球速度的变化而引起的时间膨胀。当经过这些改正以及消去一个固定的自转减慢速率后,发现测量到的脉冲星信号到达时间的稳定度,在长于6个月的时间尺度上好于10⁻¹³,在2年的观测期间内仅有~0.9 μ s的残余噪声。这种长期稳定度相当于或好于现有最好的原子钟。而且,虽然PSR1937+21(以及其他的快速脉冲星)的相对漂移率 \dot{P}/P 大于原子钟,但由于对产生 \dot{P} 的物理机制已有相当了解,我们可以肯定,脉冲星脉冲周期变化的高阶导数要远远小于原子钟。

目前最感兴趣的噪声来源是引力波。一个无量纲幅度 h 和周期 τ 的平面引力波具有能量密度 $\rho = \frac{1}{8\pi G} \left(\frac{2\pi}{\tau} \right)^2 h^2$,并且会对脉冲传播时间有一个 $\delta t \approx h\tau$ 量级的扰动。如果此值足够大,它将会在定时残余噪声中占主要地位。对定时残差贡献最大的最长的周期 $\tau \sim 1$ 年,大约为脉冲星观测期间的一半。因此,对二年定时数据的残差 $\delta t \lesssim 0.9\mu s$,我们得到对周期 ~ 1 年的引力波的随机背景能量密度 $\rho \lesssim 2 \times 10^{-35} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,这一数值远远小于宇宙论的临界密度 $\rho_c \lesssim 3H_0^2/(8\pi G) = 2 \times 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ($H_0 = 100 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$)。

表1 观测到的PSR1937+21参数

周 期	$P = 0.0015578064488724 \pm 2 \text{ s}$
周期变化率	$\dot{P} = (1.05110 \pm 0.00008) \times 10^{-19} \text{ s s}^{-1}$
赤径(1950.0)	$\alpha = 19^{\text{h}} 37^{\text{m}} 28^{\text{s}}.74600 \pm 0^{\text{s}}.00003$
赤纬(1950.0)	$\delta = 21^{\text{h}} 23^{\text{m}} 1^{\text{s}}.46006 \pm 0^{\text{s}}.0010$
赤径方向自行	$\mu_{\alpha} = -0.3 \pm 0.4 \text{ mcs} \cdot \text{yr}^{-1}$
赤纬方向自行	$\mu_{\delta} = -1.4 \pm 1.0 \text{ mcs} \cdot \text{yr}^{-1}$
历元(太阳系质心)	$t_0 = 2445303.2731658 \text{ JED}$
假定的色散常数	$D = 2.94788 \times 10^{17} \text{ Hz}$

这种长周期引力波最可能来源于宇宙早期的某些过程(因为目前引力波的主要来源——超新星和

黑洞所产生的引力波的周期要短得多)。虽然有其他探测引力波的仪器(如激光干涉仪),但在长周期波段(~ 1 年)都不灵敏。因此,PSR1937+21有助于我们了解宇宙早期的历史。

李纲据 *Nature*, 315 (1985), 540, 547.
High-Precision Timing Observations of the Millisecond Pulsar PSR1937 + 21
 (Li Gang)

太阳系是否正在组成中?

几十年前,太阳系的起源问题还是一个科学之谜。而现在很多天文学家认为这一问题已基本解决了。取得这一进展的原因,部分是由于行星形成理论模型的发展,部分则归因于对实际新生恒星的研究。

人们所看到的很年轻的恒星,常常被原始行星状星云的圆盘状物所环绕,行星即由该云团凝聚而成。迄今观察到的圆盘一般均宽达几千个天文单位(AU),比我们的太阳系大许多倍。但是,最近有几位天文学家使用先进技术能够分辨环绕两颗著名的年轻星的较小云团。

康乃尔大学的S.Beckwith和他的三位同事,用红外线谱斑干涉测量方法仔细考察了五颗主序前星,他们发现有颗恒星显微镜座R和金牛座HL都被约1角秒宽的晕尘所包围。从这些星的推测距离来计算,金牛座HL晕的大小为 320×200 AU,而显微镜座R的晕为 $1,300 \times 1,300$ AU。作为对比,冥王星轨道的直径为79AU。

大约在此同时,G.Grasdalen(俄怀明大学)和

其他人用不同的红外线成图技术,对金牛座HL获得了极其类似的发现。在此之前,人们已经在该恒星上发现了冰水和硅酸尘的光谱特征。

这些晕似乎是一些环绕这些星运行的稳定的圆盘状物。Reckwith小组找到的金牛座HL的这种尘埃物的质量,至少可以与地球质量相比,而显微镜座R的要比地球大10倍。预期伴随这些尘埃的气体可能抵得上木星和土星的质量。这些数值仅仅是下限,实际的数值可能大得多。

Beckwith和他的同事还估计了这些圆盘的厚度,他们发现厚度与直径之比:金牛座HL为18%;显微镜座R为11%。在太阳系的形成模型中,一般这样的原始行星状星云在开始时的厚度为20%到40%,而随着时间的推移逐渐变平。

谢应纯据 *Astronomy*, July 1985.
Solar System in the Making?
 (Xie Yingchun)

哈雷彗星OH谱线(18cm)的射电观测

1985年8月由法国Nançay天文台在射电波段上观测到哈雷彗星的射电OH谱线,这在哈雷彗星二千二百二十五年的记录史上是首次,从而真正开创了射电观测哈雷彗星的时代。

在彗星的彗发气体中大部分是水汽分子,它们在太阳光照射下从“脏雪球”似的彗核中蒸发出来,又在太阳的紫外光照射下,水分子等母分子被离解成OH等一些子分子、原子或离子。观测OH分子的 Δ 双态跃迁,就是在1,662、1,665、1,667和1,720MHz等频率上观测OH的发射线或吸收线,从中可以获得有关彗星成份和结构等多方面信息,从测定OH母分子(即水分子)的产生率,到解释彗发的

运动学机制,都要用到OH谱线的观测资料。哈雷彗星此次回归有两个时期只能用射电方法观测谱线。第一个时期是1985年夏,此时哈雷彗星还很微弱,光学技术尚无法很好地观测它;第二个时期是1986年1月和2月,此间彗星最靠近太阳,受紫外光抽运的OH辐射最强,此时光学和UV技术都受到限制,唯有射电方法尚可利用。

从1985年8月到12月,IHW的射电网致力于观测哈雷彗星的OH18cm谱线,并得到了初步结果。在8月22日,法国Nançay天文台的200m \times 40m子午射电望远镜首先观测到1,665和1,667MHz上的OH发射线。从8月22日到9月3日,他们得到的

彗星水分子气体产生率约为 1.1×10^{28} 个分子/秒。在8月23到26日, NRAO的Green Bank 43米天线和Arecibo的305米球面天线也测到了OH的发射线,他们认为Nançay的结果偏大些。到10月29日为止, Nançay, Green Bank, Parkes (64米)和Arecibo的天线先后测到OH发射线,强度相当于Green Bank 43米天线温度为30—40mK。Green Bank还对哈雷彗星进行五点测量,测量图上显示彗发结构是非对称的,测得当时的气体产生率约为 2.5×10^{28} 个分子/秒。11月13日,Green Bank在18'主束内测到的OH线峰流量为0.28Jy,线宽1.8km/s(相当于10kHz);从1,667MHz的OH线强度并用到标准射电模型,得到气体产生率为 $3.5 \pm 0.1 \times 10^{28}$ 个分子/秒,所测得的OH谱线非常对称,能很好地用高斯模型来加以拟合。该天线以9'为间隔测量了彗星的辐射强度,测量图上表明彗星被18'宽的波束稍稍分解了,但图中未见不对称之处。在11月13到

16日期间,Dapater等人第一次用VLA观测哈雷彗星,在1,667MHz得到了OH发射线,在中心附近3'内是线峰区,但整个谱线延伸的区域更大;OH线峰流量0.1Jy,约为Green Bank同期结果的三分之一;VLA观测到OH峰值位置比IHW的第29号星历表上的赤经、赤纬分别偏离了 $-3'.54$ 和 $-72''$ 。可能因为VLA已将彗星的大部分流量分解了,所以不如单天线测量结果那样大。12月间,Nançay天文台继续监测OH线的结果表明,气体产生率没有增加,似乎稍有减小。目前,IHW射电网有些天线已投入第二阶段的OH谱线观测。上海天文台的25米天线将于1986年3月到4月哈雷彗星二次近地点前后进行OH谱线射电观测。

张卫民据IHW电传通报

OH Line(18cm)Radio Observations of Comet Halley

(Zhang Weimin)

用IRIS甚长基线干涉法测定周日地球自转

在进行MERIT计划期间,IRIS(International radio interferometric surveying)进行了每五天24小时VLBI观测来监测极移和UT1。为了论证单基线每天1小时VLBI测定UT1的精度,在MERIT台网中选择了Westford和Wettzell所组成的基线,其基线长度约6,000公里,该基线的赤纬仅有 5° ,几乎平行于赤道面。在IRIS每五天的常规观测中安排了4天每天1小时的观测。在1小时观测方案中,为了使大气的影响减到最小,选择仰角在 30° 以上的源进行观测,为此在赤纬 13° — 73° 范围内选择了4颗射电源,每颗观测两次。该方案的实施一直持续了三个月(1984.4—1984.6),共获得73天的每天1小时的观测数据段,其中有64天处理出精确的UT1值,其平均精度达到0.1ms。

关于误差来源,认为主要来自极移采用值的误差,在x方向上每毫角秒的误差引起0.03ms UT1误差,而y方向上的误差为0.05ms。

此外,将1小时的观测序列与IRIS常规的每五天观测序列进行了外部比较(IRIS常规序列的每天值用内插方法给出,其中内插函数是 $(\sin(t)/t)$,

发现它们之间差值的加权均方差仅为0.1ms,符合得很好。为了检验每天1小时观测的有效性,他们将IRIS常规的24小时观测段分成若干个子序列,这些UT1的子序列的趋势和1小时观测的UT1序列符合很好,只有10天超过1ms。

用周期短于40天的4个最大的潮汐波拟合每天UT1序列后,在残差中发现有约为60天的周期,拟合值与VLBI测量之差的均方根差为0.17ms。

因此,IRIS的观测证明了单基线1小时的VLBI观测,能够达到0.1ms的测时精度,该精度并不比多基线的24小时的VLBI观测精度差;这就开辟了利用非常短暂的VLBI观测方法来测量UT1的途径,从而可以为分析UT1的短周期项节省大量的人力和观测时间。现已确定从1985年4月起投入常规观测,时间至少持续1年。

赵铭 唐美贤据 *Nature*, **316** (1985), 424.
Daily Earth Rotation Determinations from
IRIS Very Long Baseline Interferometry
(Zhao Ming, Tang Meixian)

精 密 腔 小 型 氢 脉 泽

1985年9月1日—4日,美国 Hughes 研究实验室的 Harry Wang 博士访问了上海天文台。他是 Hughes 研究实验室精密腔氢脉泽研究组的负责人。在上海天文台参观访问期间,他作了题为“精密腔小型氢脉泽”以及“氢脉泽作为波谱仪的应用”的报告,并与上海天文台原子频标组的科技人员进行了讨论。这次讲学活动收到了良好的效果。

Harry Wang 的精密腔氢脉泽概念是一种与众不同的设计思想。这种脉泽有着它的独特特点:采用被动氢脉泽腔制成主动型氢脉泽,由于一种独特的电容性谐振腔可以做得只有5厘米这样小,因而脉泽振荡器也可以做得很小。尽管这种小型腔的 Q 值仅9,000左右,但应用一个正反馈到腔中而有效地增加了腔 Q 值,从而获得脉泽自持振荡。但是,由于腔引入正反馈,从而不得不有一外电路附加到腔上而成为该腔负载,这又为这种脉泽带来一个弱点,因为腔的外负载与腔构成一个共振器,负载的变化势必影响腔的共振频率,成为这种脉泽的一个不利

因素。为克服这一缺点,将一种方波调制用到腔中,而不是基于束流量调制的自动腔调谐系统,使腔频率保持在原子共振频率上。这样就克服了腔频率易受负载变化的不利因素。

精密腔小型氢脉泽,既结合了主动脉泽的特点又采用了被动脉泽原理。但标准本身仍应归属为被动型氢脉泽,它的短稳仍受自动调控的影响而不及主动型氢脉泽。但是它的体积显著减小(与商品铯钟相差不多),长期稳定度尚好,为空间应用开辟了广阔的前景。Hughes 研究实验室的这种精密腔氢脉泽将移交给美国一个公司生产,将为 GPS 全球定位系统的卫星用钟生产批量产品。

(翟造成)

**The Small Compact Cavity Hydrogen
Maser**

(Zhai Zhaocheng)