

河外IRAS源, 星暴星系和活动星系核

夏晓阳

(天津师范大学物理系)

邓祖淦

(中国科技大学研究生院物理教学部)

提 要

本文对河外IRAS源的最新研究成果作了评述。介绍了河外IRAS源的空间分布,并着重介绍了河外IRAS源中的星暴现象和活动星系核以及它们之间可能存在的联系。

一、引 言

IRAS(Infrared Astronomical Satellite) 巡天覆盖了全天96% 的区域。它给出了一个在 $12\mu\text{m}$, $25\mu\text{m}$ 和 $60\mu\text{m}$ 波段极限流量为 0.5Jy 和在 $100\mu\text{m}$ 波段极限流量为 1.5Jy 的完整样本^[1]。IRAS源与一般光学样本相比最大的优点是整个样本采用统一的定标,而且基本不受银道面消光的影响。

第一批发表的IRAS 源大约包括 25000 个星系,其红移分布如图1所示。IRAS 星系的最

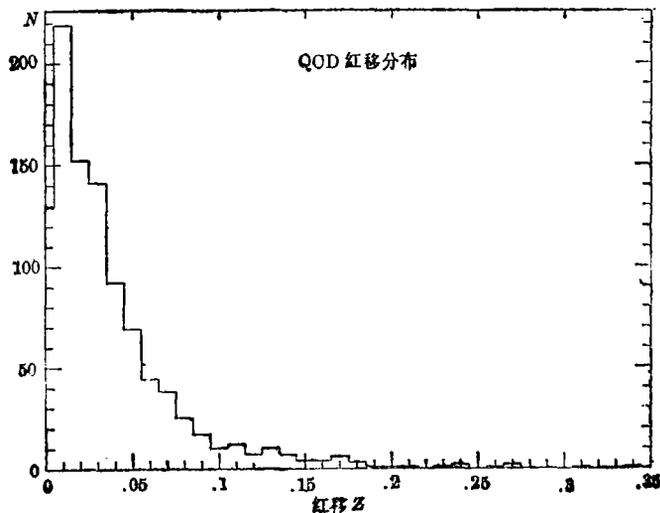


图 1 从QOD样本得到的IRAS星系的红移分布直方图

1989年2月3日收到。

国家自然科学基金资助项目。

大红移可达0.4, 平均红移为0.042。而迄今为止所得到的范围最大的光学样本CfA^[2]仅覆盖20%的天空。由于极限视星等为14^m.5, 所以平均红移仅为0.013。Shanks^[3]等的样本是目前用来研究大尺度结构的比较深的样本, 其极限视星等可达17^m.5, 但它是由十几个大约3°.8×3°.8的锥组成, 所包含的空间范围太小。所以与光学样本相比较可以清楚地看到河外IRAS源, 给人们研究更大的立体角范围, 深至200—300h⁻¹.Mpc ($h=H_0/50\text{km}\cdot\text{s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$)的星系大尺度结构提供了前所未有的机会。

IRAS源的大部分为晚型旋涡星系, 相当大一部分的光谱呈现出低电离发射线, 即为典型的H II区光谱, 如图2所示。人们普遍认为^[1,5], IRAS星系的远红外辐射有几个来源。一是

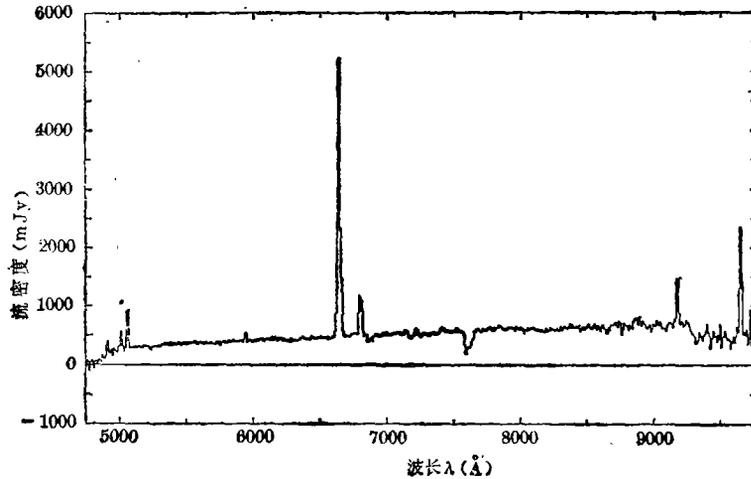


图2 QCD11-26星系的光谱, 为典型的H II区光谱

星系盘上的星际尘埃对星系的可见光和紫外辐射吸收后的再发射, 此分量对应的温度大约为25K; 二是与H II区和分子云联系在一起的尘埃对在分子云中正在形成的大质量O、B星发出的紫外光吸收后的再发射, 对应的温度大约为50K; 三是尘埃对活动星系核的非热辐射吸收后的再发射。此外相互作用星系中气体云碰撞所释放的动能是一小部分IRAS星系远红外辐射的主要来源。星系中恒星形成率越高, 与恒星形成区相联系的第二种成分(热分量)对整个远红外辐射的贡献就越大, 所以研究河外IRAS星系对于研究恒星形成率和星系的形成和演化可能会提供一些有价值的线索。

观测资料的分析表明, IRAS星系的光度函数由两段幂律谱组成^[1], 如图3所示。不同的人用不同的子样本^[4,6,7]所得到的结果基本一致,

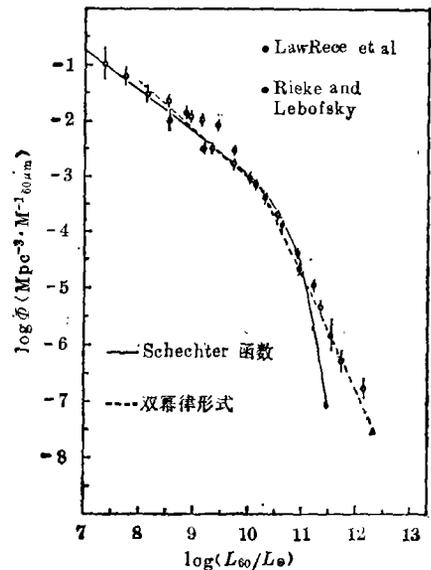


图3 IRAS星系的60 μm 的光度函数, 如虚线所示, 呈双幂律形式。实线是Schechter的光度函数

只是两段的幂指数稍有不同,折点在 $10^{11}L_{\odot}$ 附近。Smith等^[4]认为红外光度高($L_{IR} > 10^{11}L_{\odot}$)和红外光度低($L_{IR} < 10^{11}L_{\odot}$)的IRAS星系可能分别属于两类不同性质的星系。极亮的IRAS星系的远红外光度可高达 $10^{12}L_{\odot}$,即其光度与类星体相当,然而这部分源普遍是光学暗星系。这部分远红外极亮的IRAS星系已引起了人们极大的兴趣。有人认为高红外光度是由星暴所引起^[8],有人认为是由富气的旋涡星系之间的相互作用引起,甚至认为这种极亮的IRAS源就是正在形成的类星体^[9]。红外光度与类星体光度相当的星系的发现是IRAS巡天的令人吃惊的结果之一,对这类天体本质的认识极需从观测上和理论上作深入的研究。

IRAS星系中还包含了一小部分塞弗特星系,这部分塞弗特星系和从光学选、从UV超选以及从X巡天选出的塞弗特星系的性质不完全相同。尤其是观测到一些活动星系核的周围是星暴区^[10]。所以关于两类塞弗特星系的关系,塞弗特星系和星暴星系的关系等问题的研究也是IRAS星系研究中的热门课题之一。

总之,对于河外IRAS源的研究,无论对于了解星系的大尺度结构,宇宙中物质的真实分布,还是对于研究活动星系核的本质以及星系的形成和演化都是非常有价值的。

二、河外IRAS源的空间分布

Rowan-Robinson^[11]从IRAS源中选出两个极区,即 $b > 60^{\circ}$ 和 $b < -60^{\circ}$ 的子样本,并且扣除室女团中心 $20^{\circ} \times 20^{\circ}$ 的区域。比较这两个子样本的源密度后发现北极区的源密度比南极区高出20%。进一步的分析结果还表明^[12-14],IRAS星系的角偶极矩和空间偶极矩的指向都与宇宙微波背景的偶极矩方向的夹角为 30° 之内。这说明在大于星系团的尺度上,IRAS星系的分布可能反映了引起银河系特殊速度的质量分布。

Strauss和Huchra^[15]研究了IRAS星系在牧夫座空洞方向上的分布,发现有4个IRAS星系在牧夫座空洞之中,其中三个是在洞中新发现的星系,而且都是具有H II区光谱的发射线星系。当前在牧夫座空洞中所发现的星系总数已达12个,所有这12个星系都是发射线星系,这说明很可能一般光学星系的分布并不真正反映质量分布,而发射线星系可能更好地反映了宇宙中物质的真实分布。由前所述,已知道IRAS星系中的大部分是晚型旋涡星系,且具有典型的H II区发射线光谱,所以IRAS星系的分布很可能比光学星系的分布更接近物质的真实分布。由此,研究IRAS星系的大尺度分布对于了解宇宙中物质的分布是至关重要的。

为了研究IRAS源的大尺度分布,需要知道每个源的距离。经过几年的努力,目前已得到两个比较大的IRAS星系的红移样本。

其一—Strauss和Davis等^[14]与Huchra, Yahil和Tonry等合作用Lick天文台的Cerro Tololo望远镜及Mount Hopkins的望远镜等所做的红移样本。他们从第二版的IRAS点源表(Second IRAS Point Source Catalogue)中用判据 $f_{60} > 1.936Jy$, $f_{60}/f_{12} > 3$ (为排除大部分恒星), $|b| > 10^{\circ}$ 选出2407个星系。此样本包含了76%的天空,深至 $100h^{-1} \cdot Mpc$ 。用此样本所作的初步相关函数分析表明^[16],IRAS星系的相关性比光学星系稍弱。由于IRAS星系的远红外光度可能主要取决于恒星形成率,而不是直接与星系质量有关,所以不同远红外光度的IRAS星系的相关函数没有显著区别是可以理解的。

第二个 IRAS 星系的红移样本是由 Queen Mary College, Cambridge 和 Durham 等用 La Pamar 的 IHT, WHT 及英澳天文台的 AAT 所完成的^[17] (此样本简称为 QCD)。他们从 PSC (Point Source Catalogue), SSC (IRAS Small Scale Structure Catalogue) 和 LSS (IRAS large Galaxy Catalogue) 中按判据 $f_{60} > 0.6 \text{ Jy}$, $\log(f_{60}/f_{25}) > -0.5$, $\log(f_{60}/f_{12}) > 0.0$ (后两个判据用来排除恒星) 和 $\log(f_{25}/f_{12}) > -1.0$ (用来排除行星状星云) 来挑选星系。与前一个样本相比, 由于在 $60 \mu\text{m}$ 的极限流量小了几倍, 因此, 此样本比前一个样本深。平均红移达 0.042, 所包含的星系数就多很多。为了节省望远镜时间, 按一定的方法, 随机选出样本中的 1/6 作为子样本, 此样本共有 2387 个源。因 QCD 样本刚刚完成, 基于它的主要工作还未正式发表。人们希望能在这两个大的 IRAS 星系红移样本基础上对 IRAS 星系的分布, 尤其是在 $20 \text{ h}^{-1} \cdot \text{Mpc} - 40 \text{ h}^{-1} \cdot \text{Mpc}$ 尺度上的分布以及宇宙中物质的真实分布得出一些新的结果。

三、IRAS 星系的射电性质

早在七十年代初, Van der Kruit^[18] 和 Rieke 等^[19] 就注意到星系的 $10 \mu\text{m}$ 尘埃热辐射与厘米波段的射电辐射呈线性关系。IRAS 的发射向人们提供了进一步研究 $60 - 100 \mu\text{m}$ 波段的尘埃热辐射和射电辐射关系的更好机会。研究结果表明^[20-22], IRAS 星系的远红外辐射和射电辐射紧密相关。其射电密度在几个量级范围内与远红外流密度呈线性关系。

射电辐射的谱指数是用来确定其辐射是热的还是非热的, 是光学薄还是光学厚发射的重要判据。大部分 IRAS 星系的射电辐射都是陡谱, 且其谱指数大于 0.5^[8], 这表明 IRAS 星系的射电辐射是光学薄的同步辐射, 而不是热韧致辐射。

Dennefeld, Karoji 和 Belfort^[23] 对两个小区间的 IRAS 完全样本作了光谱研究, 他们发现这些 IRAS 星系的远红外光度和 H_α 发射线的强度紧密相关, 这说明 IRAS 星系的远红外发射和 H_α 的发射来自同一能源, 即来自恒星形成区。被包围在氢云、分子云和尘埃中的年轻的大质量 O、B 星发出的紫外光和蓝光被尘埃所吸收而转化为远红外辐射, 而同时也使氢云电离而发出 H_α 射线。但是来自恒星形成区的热远红外辐射为什么会和非热的射电辐射强相关, 这一直是令人们困惑不解的问题。

对邻近 IRAS 星系的观测还发现^[24], IRAS 星系的射电连续谱发射区和远红外的发射区有相同的空间分布。IRAS 星系的射电发射和远红外发射的这种紧密联系使我们看到, 研究 IRAS 星系的射电性质对于了解恒星形成过程, 尤其对于研究星暴现象有可能提供重要线索。

IRAS 星系的射电发射与远红外发射相关的一种直接解释可能是其射电发射来自于单个的超新星遗迹。支持这种解释的观测证据是: 对星系 M82 的射电观测发现有十几个致密的射电变源, 这些源可能对应于单个的超新星遗迹。而 M82 又是众所周知的 IRAS 源。如果超新星爆发率和热光度都正比于恒星诞生率, 那么上述解释就是合理的。

由于用单个超新星遗迹来解释远红外和射电的相关关系时需要相当高的超新星爆发率, 而且 M82 的致密源和银河系的超新星遗迹无论是光度还是衰减率都很不相同。所以更多的人^[25] 倾向于认为 IRAS 星系的射电发射来自于恒星形成区中的宇宙线电子与星际磁场之间的相互作用所发出的同步辐射。宇宙线电子在超新星爆发过程中加速。如果超新星爆发时标为

10^6 年, 宇宙线电子逃逸到星际空间的时标为 10^7 年。因此星暴的时标一定大于 10^7 年。由于远红外光度直接取决于恒星的形成率, 而射电辐射既依赖于宇宙线电子的能量, 又取决于星际磁场的强度, 所以远红外光度和射电光度的相关还表明恒星形成可能受星际磁场的控制。Beck和Colla^[25]就提出, 星系的较差自转可能既影响恒星诞生率, 又影响星系磁场的产生。当然, 关于星系磁场与恒星形成及星暴的关系还远未解决。

四、星暴星系, 活动星系核和远红外极亮的河外IRAS源

1. 星暴星系

人们认识到在一些星系中心几百pc到1000pc的范围内有很活动的恒星形成区已有十年之久。这些星系是晚型旋涡星系, 蓝矮星系和马卡良星系。马卡良星系的一小部分是塞弗特星系, 而其大部分是星暴星系。蓝矮星系和马卡良星系的蓝光主要是由大量年轻恒星所提供的。然而, 由于年轻的正在形成的大质量O、B星还在气体和尘埃云的“襁褓”之中, 所以星暴星系普遍在远红外很活动而在光学波段很暗。IRAS星系中有相当一部分是已发表的星系表中所没有的, 而且有一些在Poss(Palomar Observatory Sky Survey)中也没有, 因此远红外观测是确定这些星系的恒星形成区热光度的唯一可靠手段。由此可知研究星暴星系的远红外性质尤为重要。IRAS发射后, 人们发现在IRAS星系中的确有相当大一部分星系是星暴星系^[1]。所以河外IRAS源给人们研究星暴星系的各种性质提供了可能性。

“星暴”这个词首先是由Weedman^[26]提出的, 但人们注意到这个现象要更早一些。星暴星系的特点是从光学形态上类似于塞弗特星系, 即有一个非常亮的恒星状的核, 而其光谱是典型的H II区光谱, 即有强而窄的低电离发射线。但至今没有一个对星暴星系的稍严格的定义和判据。一般说来, 星暴星系是描述一个正在经历非常迅速的恒星形成阶段的星系, 即目前的恒星形成率远大于过去的恒星形成率。而实际上人们往往用 H_{α} 的等值宽度作为目前恒星形成率与过去恒星形成率比值的指示, 也就是用 H_{α} 的等值宽度作为星暴星系的定量判据^[27]。

对星暴星系的研究目前仍处于最初阶段, 有很多问题仍待解决。首先是什么机制触发星暴? 星暴是每一个星系演化进程中所必须的阶段, 还是完全因为一些特殊的偶然的原因而引起? 目前讨论得最多的机制是星暴由富气的旋涡星系之间的潮汐相互作用所触发, 或由棒旋星系的不稳定性所触发? Lin等^[28]指出, 有非常肯定的证据说明星系的核活动性和恒星形成的活动性(星暴)是由于星系有很近的伴星系所触发的, Keel等^[29]进一步指出, 任何星系之间的相互作用都会在星系的核心或核心附近触发强的恒星的形成。而Larson和Tinsley^[30]早在十年前就基于星系的UBV颜色得出相互作用星系正在经历星暴阶段的结论。但是也有观测和统计结果并不支持这个结论, 即相互作用星系并没有红外活动增强的趋势。同时很多从IRAS源中选出的星暴星系并没有被观测到处于相互作用或吞并星系之中。如Haynes和Harter^[31]比较光选的孤立星系和双星系(平均距离为50kpc)的红外性质, 得出的结论是双星系的红外活动性并不比孤立星系强。有一些非常密近的双星系, 甚至有相互作用迹象的星系, 也并不是红外活动的星系。所以究竟是什么原因触发星暴, 迄今并没有肯定的结论, 有待进一步研究。

除了星暴的触发机制外, 星暴区域的大小依赖于什么因素, 星暴和活动星系核的关系等

问题也是人们很感兴趣而又远没有得到解决的问题。关于后者在后面一节中还将进一步讨论。

2. 塞弗特星系

判定活动星系核除了有恒星状像(Starlike image)外,最重要的指示是在光学波段有高电离的宽发射线谱。但事实上很多已知的塞弗特星系都不是由其宽发射线谱直接确定,而是由一些间接的方法来确定的。例如用有强的紫外连续谱(对马卡良星系)或有强的射电发射来判断是否是塞弗特星系。与此同时,借助于X射线巡天也是行之有效的一种挑选塞弗特星系的方法。IRAS发射后,De Grijp^[32]提出用远红外谱指数来挑选塞弗特星系的一种新的方法。他认为用这种新方法挑选塞弗特星系的成功率可达70%。这种方法的基本点就是把 $25\mu\text{m}$ 到 $60\mu\text{m}$ 之间的谱指数为 $0 < \alpha < 1.5$ 的IRAS星系,也就是远红外谱很平的星系作为塞弗特星系的候选者。

De Grijp由星系的远红外性质来挑选塞弗特星系的方法使人们很感兴趣。但当得到更多的IRAS星系的光学谱之后,对于此方法的有效性开始怀疑。Lawrence^[33]用X波段选出的一个包含37个塞弗特星系的样本(其中大部分是塞弗特I),其中28个是IRAS源,但只有10个满足De Grijp的红外谱指数条件。之后他又用CfA巡天中选出的一个含48个塞弗特星系的样本,其中37个被IRAS接收到,但只有8个满足De Grijp的红外谱指数条件。这表明用红外颜色来选择塞弗特星系,是会漏掉很多塞弗特星系的,同时也可能混进很多别的星系。事实上从后面的讨论可以看到,在远红外性质方面,塞弗特星系和星暴星系很相似。有相当多的星暴星系在远红外的谱也很平,所以用远红外谱指数来选择星暴星系并不一定是一个有效的方法。还有一些工作也证实De Grijp的方法并不有效^[23,31]。但是研究IRAS星系中的塞弗特星系,尤其是研究活动星系核与星暴星系之间的关系,是人们极为关注的课题。

在IRAS源中可以确定的塞弗特星系约占IRAS星系的百分之几,由此推知,在IRAS源的源表PSC中大约有1000个塞弗特星系(当然还未完全挑选出来)。在已证认的塞弗特星系中,大部分是塞弗特II,这表明对塞弗特II,尘埃的吸收和再发射是相当重要的。事实上,按UV超来选择的塞弗特星系,其中塞弗特I的数目是塞弗特II数目的几倍,而光选塞弗特星系中,如CfA星系表中的塞弗特星系,塞弗特I和塞弗特II的数目相当。这强烈地表明,塞弗特I和塞弗特II的数目实际上应该相近。

Rodriquez-Espinosa和Rudy^[10]分析了一个光选塞弗特星系样本的远红外数据。他们比较了大口径的IRAS数据和地面观测所得到的 $10\mu\text{m}$ 和 $20\mu\text{m}$ 的数据后发现,这些星系的远红外发射来自远大于活动星系核典型尺度的区域。而且在他们的样本中,所接收到的UV波段的能量不足以说明通过尘埃对它们的吸收和再发射而发生的远红外辐射能量。由此他们得出结论,在塞弗特星系中,围绕星系核的恒星形成区,尤其是星暴区是产生大量远红外辐射的来源,即塞弗特星系的远红外发射并不主要由活动星系核的非热谱转化而来。这意味着在塞弗特星系演化的某一阶段与星暴星系可能存在某种联系。Wynn-Williams^[20]也指出,已经知道有一些塞弗特星系的活动核被很强的恒星形成区所包围。也就是说,在这些星系中,非恒星的核活动和星暴之间有某种关系。Terlevich^[35]甚至提出至少有相当一部分活动星系核并不需要用黑洞模型来解释,而可以认为是一次或若干次猛烈的星暴的结果。关于星暴星系、射电星系和活动星系核在射电、红外和X波段的性质的连续性,甚至一些重叠也不断地被认识

到。也有越来越多的证据说明星暴星系和活动星系核之间可能存在演化关系^[36]。关于从星暴星系到活动星系核演化的模型也有人详细讨论过^[36]。

3. 远红外极亮的IRAS星系

对IRAS星系的研究中最引人注目的是极亮的IRAS星系,即远红外光度达 $10^{12}L_{\odot}$ 的IRAS星系。Soifer^[1]指出,当 $L_{\text{IR}} < 10^{11}L_{\odot}$ 时,红外选的星系仅是光选星系的20%—25%,当 $L_{\text{IR}} > 2 \times 10^{11}L_{\odot}$ 时,红外亮的星系成为局部宇宙的主要成分,其空间密度大于具有相应光学光度的正常星系和光选星暴星系,而差不多等于光选塞弗特星系的密度。而当 $L_{\text{IR}} > 10^{12}L_{\odot}$ 时,红外选的星系的空间密度就超过了类星体的空间密度。所以研究红外极亮而光学暗的这部分星系是目前人们非常感兴趣的课题。

前面介绍星暴星系时,曾强调了星暴的触发机制可能是密近星系之间的潮汐相互作用。但我们也讨论了问题的另一方面,即相当一部分星暴星系并未被观测到有伴星系,即至少有一部分星暴星系是否处于星系间相互作用的环境中,迄今为止并未得到观测的证实。而且,从统计上看,IRAS星系的 H_{α} 发射线的等值宽度和其远红外光度并没有很强的相关性,即 H_{α} 发射线等值宽度很大的星系,一般认为是星暴星系,但其红外光度并不一定很高。Wynn-William^[20]也指出,高红外光度并不是星暴星系的必要条件。由此可以推断,极高远红外光度的IRAS星系并不一定是星暴星系。由于IRAS星系的光度函数由两段幂律谱组成,折点在 $L = 10^{11}L_{\odot}$ 附近,有人^[4]认为高红外光度和低红外光度的星系可能是性质不同的星系。而且Harwit^[37]等还进一步指出用星暴机制不能很好地解释非常亮的IRAS星系的高红外光度。由于上述原因,对于极亮IRAS星系的研究就成了对IRAS星系研究中的热门课题。

目前人们普遍认为,极亮的IRAS星系是相互作用的富气旋涡星系。Saunders^[9]等用从PSC表中按如下条件: $f_{60} > 1.5\text{Jy}$, $0.2 < f_{25}/f_{60} < 2$, $\delta > -30^{\circ}$, $|b| > 30^{\circ}$ 选出的亮的,热分量大的IRAS星系共90个,其中12个的 $L_{\text{IR}} \geq 10^{12}L_{\odot}$,即为极亮的IRAS星系。他们对这12个极亮的星系作了光学及近红外测光,并用Palomar的1.5米望远镜加CCD作深曝光的光学像。从观测结果可知,所有这12个源的红外光度都达到通常选取类星体的光学光度,即 $M_B < -23.5$ 。而分析深曝光的CCD像后发现,有8个是明显的相互作用星系,即有双核或有潮汐尾巴。有一个的盘明显地被破坏,另两个是恒星像,最后一个是3C273,有明显的喷流结构。这个观测结果说明极亮的IRAS星系的确是相互作用星系,其高红外光度只能是由于相互作用所产生。

由于这些红外极亮的IRAS星系其红外光度与类星体光度相当,且红外谱指数也与从IRAS星系中选出的类星体的谱指数在同一范围,所以他们认为这种红外极亮的IRAS星系是正在形成的类星体。这种类星体还完全被掩盖在尘埃之中,所以中心源还不可能被观测到,其光谱也就不是一般光选类星体的光谱。随着包围这种源的尘埃和气体在辐射压的作用下逐渐消散开去,中心源开始在光学波段被观测到,最终就成为通常的UV选类星体。

如果所有的观测都能得到和Saunders等一致的结果,这种对极亮IRAS星系的解释就将为我们认识活动星系的形成和演化提供一种新的图像。无论如何,这也是一个非常有意义的课题。

五、结 束 语

河外 IRAS 星系的研究, 无论对了解星系的大尺度结构, 还是研究星系的起源和演化都可提供一些前所未有的线索。目前所有的工作都正在开始。文中介绍的几个方面都是目前大家十分感兴趣的课题, 期望在近几年内能有一些新的结果。

参 考 文 献

- [1] Soifer, B. T. Houck J. R. and Neugebauer G., *Ann. Rev. Astro. Astrophys.*, **25** (1987), 187.
- [2] Geller M. D. and Huchra, J. P., *Ap. J. Suppl.*, **52** (1983), 61.
- [3] Shanks, T. et al., *Ap. J.*, **274** (1983), 29.
- [4] Smith, B. T. et al., *A. J.*, **318** (1987), 161.
- [5] Jong, T. De., in *Spectral Evolution of Galaxies* ed. by C. Chiosi and A. Renzini, p.112, (1986).
- [6] Lawrence, A. et al., *M. N. R. A. S.*, **219** (1986), 687.
- [7] Sanders, W. et al., *M. N. R. A. S.*, in press.
- [8] Eales, S. A., C. G. Wynn Williams and C. A. Beichman, *Ap. J.*, **328** (1988), 530.
- [9] Sausers, D. B. et al., *Ap. J.*, **328** (1988), L35.
- [10] Rodriguez-Espinosa J. M. and Rudy, R. J., in *Observational Evidence of Activity in Galaxies* ed. by E. Ye. Khachikian., p. 127, (1987).
- [11] Rowan-Robinson, M., in *Comets to Cosmology* ed. by A. Lawrence, p. 348, (1987).
- [12] Meiksin A. and Davis, M., *A. J.* **91** (1986), 191.
- [13] Yahil, A., Walker, D. and Rowan Robinson, M., *A. J. Letter*, **301** (1986), 21.
- [14] Strauss, M. A. and Davis, M., in the Proceedings of the Vatican Study Week on Large-scale Motion in the Universe, (1987).
- [15] Strauss, M. A. and Huchra, J. P., *A. J.*, **95** (1988), 1602.
- [16] Davis, M. et al., *Ap. J. Letters*, in press (1989).
- [17] Rowan-Robinson, M., *Gemini*, **23** (1989), 1.
- [18] Van der Kruit, P. C. A. *Ap.*, **29** (1973), 263.
- [19] Rieke, G. H. and Low, R. I., *Ap. J. Letters*, **176** (1972) L95.
- [20] Wynn-Williams, C. G., in *Proceedings of IAU Symposium No. 115*, p. 1, (1986).
- [21] Unger, S. W. et al., Preprint of Royal Greenwich Observatory, (1988), No. 84.
- [22] De Jong, T. et al., *A. Ap.*, **147** (1985), L6.
- [23] Dennefeij, M., Karoji H. and Belfort, P., in *Star-forming Dwarf Galaxies and Related Objects*, ed. by D. Kunth, et al., p.251, (1985).
- [24] Wainscoat, R. J., De Jong T. and Wesselins, P. R., *A. Ap.*, **181** (1987), 225.
- [25] Beek, R. and Colla, G. A., *Ap.*, **191** (1988), L9.
- [26] Weedman, D. R. et al., *Ap. J.*, **248** (1981), 105.
- [27] Broadhurst, T. J., Ellis, R. S. and Shanks, T. M. N. R. A. S., in press (1989).
- [28] Lin, D. N. C., Pringle, J. E. and Rees, M. J., *Ap. J.*, **328** (1988), 103.
- [29] Keel, W. C. et al., *A. J.*, **90** (1985), 708.
- [30] Larson, R. B. and Tinsley, B. M., *Ap. J.*, **219** (1978), 46.
- [31] Haynes, M. P. and Herter, T., *A. J.*, **96** (1988), 504.
- [32] De Grijp, M. H. K. et al., *Nature*, **314** (1985), 21.
- [33] Lawrence, A., in *Comets to Cosmology*, ed. by A. Lawrence, p. 217, (1988).
- [34] Salzer, T. J. et al., *A. J.*, **96** (1988), 1192.
- [35] Terlevich, R., Melnick J., and Moles, M., in *Observational evidence of Activity in Galaxies*, ed. by E. Ye. Khachikian, p. 499, (1987).
- [36] Norman, C., and Scoville, N., *Ap. J.*, **332** (1988), 124.

[37] Herwit, M. et al., *Ap. J.*, 315 (1987), 28.

(责任编辑 林一梅)

Extragalactic IRAS Sources, Starburst Galaxies and Active Galactic Nucleus

Xia Xiaoyang

(*Department of Physics, Tianjin Normal University*)

Deng Zupan

(*Department of Physics, Graduate School, University of Science and Technology of China*)

Abstract

The new progress in studying extragalactic IRAS sources are reviewed in this paper. The spatial distribution of extragalactic sources is described. The starburst and the active galactic nucleus in IRAS extragalactic galaxies as well as the possible relationship between them are discussed in some detail.