

银河系大尺度红外特征及其恒星形成

傅承启 蒋栋荣
(中国科学院上海天文台)

提 要

简单回顾了红外天文学观测技术进展情况。对银盘和银心的红外观测作了详细总结和讨论。简单总结了星系演化的两个基本参数：初始质量函数(IMF)和恒星形成速率(SFR)，以及讨论了红外观测在这两个参数研究中的贡献。

最后指出今后大尺度红外巡天的方向。

一、引 言

红外天文学是研究 $1\ \mu\text{m}$ — $1000\ \mu\text{m}$ 波长范围内的天体辐射。通常这个波段还细分为近红外(NIR, 1 — $5\ \mu\text{m}$)、中红外(MIR, 5 — $35\ \mu\text{m}$)和远红外(FIR, 35 — $1000\ \mu\text{m}$)，波长短于 $1000\ \mu\text{m}$ 长于 300 — $500\ \mu\text{m}$ 的波段又常常称为亚毫米波段(SMM)。这里波段的划分没有严格的定义，有时把整个红外波段简单地划分成近红外和远红外两个波段。

从 1800 年 W. Herschel 首先进行太阳红外观测以来，红外天文观测沉寂了将近 150 年，直至本世纪五十年代才有人作了太阳、月亮和亮行星的 NIR 观测。这主要是由两个困难造成的：大气层对 IR 辐射的严重吸收(NIR 和 SMM 上几个“窗口”除外)和极强的背景辐射(大气、望远镜等的发射)。1961 年 F. Low 发明了 Ge 测辐射热计和六十年代空间技术的发展促进红外天文观测飞速发展。1969 年 Neugebauer 和 Leighton 的 $2.2\ \mu\text{m}$ 北半球巡天标志了红外天文学的建立，此后 15 年的发展，确立了红外天文学作为一门天体物理学的分支学科的地位，它的观测对象已涉及各类天体(太阳系天体、恒星、星际介质及其它银河系天体、河外星系、类星体及宇宙背景辐射等)，研究的课题也已深入到当代最重要和最活跃的天体物理学领域之中。

关于红外天文观测的技术进展可简单地归纳如下：

1. 探测器

光电导探测器(如 InSb, Si:As, Si:Ab, Ge:Ga 等)的噪声等效功率 $NEP \lesssim 1 \times 10^{-16} \text{W} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ ，已达到黄道光背景极限，可探测几十毫央的流量。Ge:Ga 光电导响应率已延伸到 $200\ \mu\text{m}$ ，Ge 测辐射热计的 $NEP \sim 1 \times 10^{-14} \text{W} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ ，最近发展的 He³ 致冷技术(0.3 K)可使其提高到 $\sim 几 \times 10^{-16} \text{W} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ 。已研制成 1 — $30\ \mu\text{m}$ 工作波长的列阵探测器(如 NASA 的电荷注入器件 Si:Bi CID，

1984 年 12 月 2 日收到。

1984 年上海天体物理前沿讨论会上的报告。

32×32, 2—18 μm, 电荷耦合器件 InSb CCD, 32×32, 1—5 μm, Ge:Ga 列阵~30 μm), 用于红外成象观测^[1]。

2. 观测方法

除红外单色、多色光度测光外, 光谱和 NIR 偏振观测已十分普遍。已制成各种光谱仪(光栅, Fabry-Perot, Fourier, 外差式), 最好的谱分辨率已达 $\lambda/\Delta\lambda\sim 10^6$ 。近年来, IR 成象观测和干涉测量发展很快, 如近红外的斑干涉技术、NIR 短基线(30 米)直接干涉测量(25 厘米望远镜)等。更长基线、更大口径望远镜的 NIR 直接干涉、NIR 综合口径的研制工作也正在研究之中。

3. 运载工具

有飞机(NASA KAO 91 cm, NASA Lear Jet A.Obs. 30 cm, French Caravelle/NASA CV 990 32 cm)、气球(30—40 km, 最大 1.2 米望远镜, 指向精度 $\leq 1'$, 稳定度~几角秒, 美国已提出 3 米球载望远镜计划)、火箭(AFGL 16.5 cm)和卫星(见表 1)。

表 1 红外天文的空间计划

卫 星	研 制 单 位	望 远 镜	波 段	发 射 日 期
IRAS	NL-UK-NASA	60 cm	8—120 μm	1983.1.25
SPACELAB	NASA	15 cm	4.5—120 μm	1985
GIRL	German	50 cm	3—120 μm	1986/1987
COBE	NASA			1987
SIRTF	NASA	>80 cm	2—100 μm	1989
LDR	NASA/JPL	10—30 m	30 μ—1 mm	1990's
ISO	ESA	60 cm	1—120 μm	?
AELITA	USSR/France	1 m?	亚毫米	?

红外天文学的发展已对天文学作出了巨大的贡献, IRAS 卫星的首批成果也已发表^[2], 它标志着红外天文学发展到了一个新的阶段。这里我们仅将已有的银河系大尺度红外观测结果及其在恒星形成方面的研究予以总结。

二、银河系大尺度红外特征

1. 红外观测对研究银河系结构和演化的意义

银河系主要由四种成分组成: 核球(半径~5 kpc)、银盘(~15 kpc)、银晕(~20 kpc)、银冕或外晕(≥ 60 kpc)^[3]。银河系的一些基本参数见表 2。由于星际介质高度聚集于银道面, 使得光学观测仅局限于太阳邻区(银盘上), 唯有 X、γ 射线、射电和红外观测才能研究和探测银河内部及银心区的结构。这三个波段的辐射有不同的起源和机制, 因此它们研究的对象也各不相同:

X、γ 射线——星际气体、宇宙线

射电——星际气体、早型星

红外——星际尘埃、恒星、星际气体

红外连续谱的辐射机制主要有热辐射，其次是同步辐射、自由-自由辐射、自由-束缚辐射。红外光谱的发射主要有原子、离子的禁线及分子的转动、振动跃迁以及尘埃的一些线发射或吸收^[4]。银河系的连续谱发射示于图 1。很清楚，红外波段上的能量密度比其它波段至少大几个量级，它们主要来自银河尘埃的热发射，而 NIR 和可见区的辐射主要直接来自恒星。由此可见，红外波段的观测是探测和研究银河系结构、特别是星际尘埃的主要手段。下面首先介绍红外观测在研究星际尘埃中取得的成就。

表 2 银河系的若干基本参数

* 绝对 B 星等	-20.1 ^m	° 银晕质量	$0.5 \times 10^{10} M_{\odot}$
* 色指数 (B-V)	0.53 ^m	° 银盘质量	$8 \times 10^{10} M_{\odot}$
+ 总光度 L_T	$5 \times 10^{10} L_{\odot}$	° 核球质量	$2 \times 10^{10} M_{\odot}$
* 总蓝光度 $L_T(B)$	$1.6 \times 10^{10} L_{\odot}$	银盘内气体总质量	$4-5 \times 10^9 M_{\odot}$
△ 总红外光度 $L_T(IR)$	$1-2 \times 10^{10} L_{\odot}$	银盘内中性氢质量	$2.3 \times 10^9 M_{\odot}$
+ 总 Ly α 光子数 $N_{Ly\alpha}$	$3 \times 10^{53}/s$	银河系年龄	$\sim 10^{10}$ 年
+ 射电 HII 区 Ly α 光子数 $N_{Ly\alpha}^R$	$5 \times 10^{52}/s$	太阳银心距离 R_0	10 kpc(目前采用值)
° 银河系总质量	$\geq 7 \times 10^{11} M_{\odot}$		9 kpc(建议采用值)
° 银冕质量	$\geq 6 \times 10^{11} M_{\odot}$	重元素丰度 Z	0.02

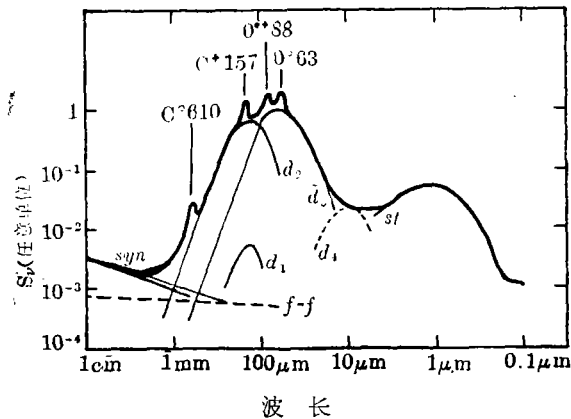


图 1 银河系的连续发射谱(纵坐标为流量密度, 单位是任意假定的)

2. 银河尘埃的特征

尘埃吸收恒星的辐射并在红外波段上进行再辐射,这种频率转换作用使得尘埃在从紫外、光学和红外的天文观测中占有极重要的地位,迄今为止,有关银河尘埃的性质主要来自红外观测,下面简单归纳了银河尘埃的主要特性:

- (1) 银河尘埃可粗分为星际尘埃和星周尘埃两类 它们对星光的作用表现为消光(吸收、红化、散射)、偏振,以及它们本身的热发射。
- (2) 成分 主要有两种:以石墨形式的碳(结晶还是非结晶石墨是不清楚的)和非结晶的硅酸盐。次要成分有 SiC、冰等。

(3) 颗粒大小分布 MRN 尘埃模型^[5]给出星际尘埃颗粒大小 a 的经验分布 $N(a) \propto a^{-3.5}$ 。MRN 模型是两种成分的尘埃模型:一是纯石墨 (a 为 $0.005-1 \mu m$),二是非结晶硅酸盐(a 为 $0.02-0.25 \mu m$),模型对第二种成分不敏感。

(4) 尘埃温度分布及能量分布 ($|b| \leq 1^\circ$) 图 2 给出这两个分布^[6],大部分尘埃处于 $10-15 K$,峰值为 $11 K$ (银道面)和 $13 K$ (银心);尘埃辐射能量分布呈双峰状,大部分辐射能量来自温度为 $20-50 K$ 的星际尘埃,峰值为 $30 K$ (银道面)和 $40 K$ (银心),约 10% 的能量来自温度为 $200-400 K$ 的星周尘埃,峰值为 $300 K$ (银道面)和 $400 K$ (银心)。

(5) 消光曲线 从紫外至 $1 mm$ 的消光曲线见图 3^[6],吸收系数 $Q_{abs} \propto \lambda^{-p}$, $1 < p < 2$,几个主要吸收峰对应紫外 $2,175 \text{ \AA}$ (石墨), 3.07μ (冰)、 9.7μ 和 $18-20 \mu$ (硅酸盐)。

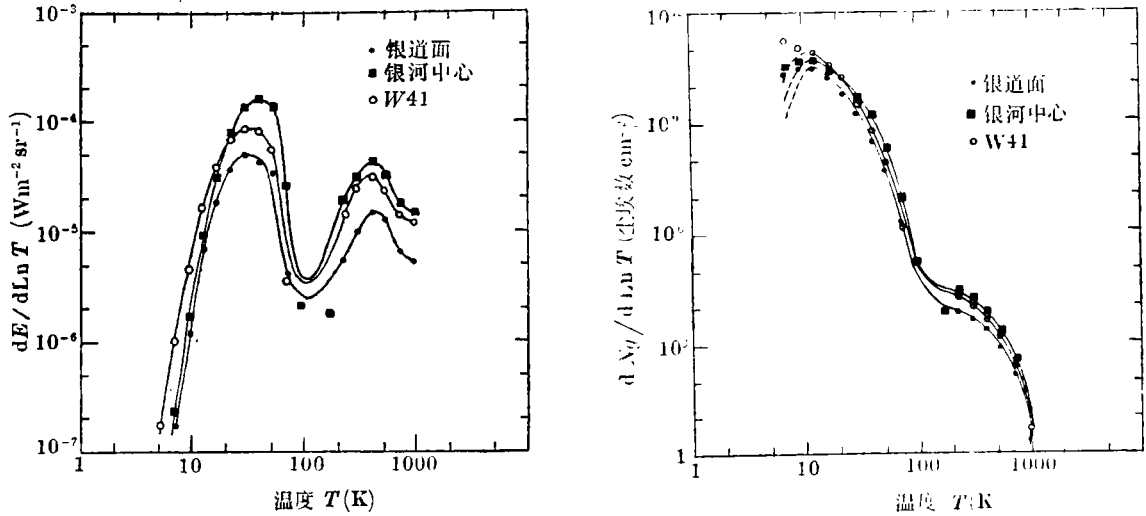


图 2 星际尘埃的温度分布和能量分布

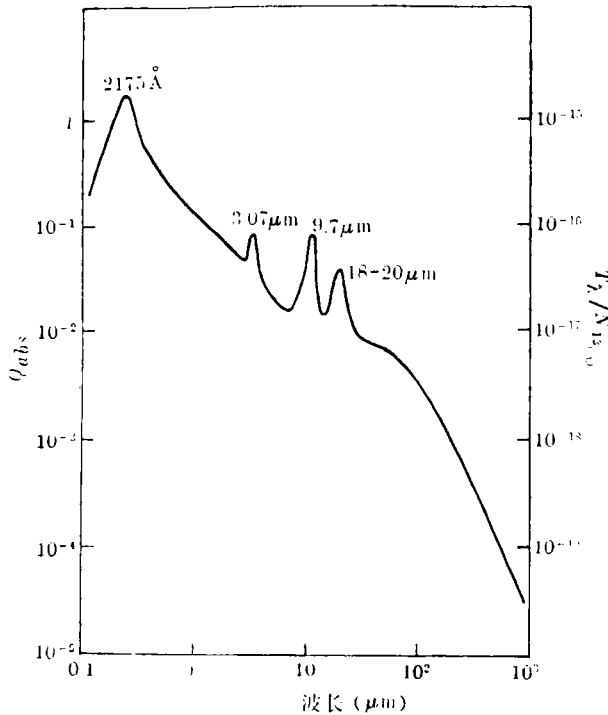


图 3 尘埃消光曲线

——4.67, 6.0, 6.8 μm 吸收: 不清楚起因。

(7) 红外偏振^[8] 有线偏振与圆偏振。许多不同的银河天体都出现红外偏振特征。在 2.2 μm 上, 具有厚尘埃壳层的冷星(典型线偏振大小 ≤ 5%)、双极云(≈ 30%)出现的偏振特征是星周尘埃

(6) 光谱特征^[7] ——9.7 μm(半极大全宽度 FWHM ~ 2—3 μm): 在富氧巨星超巨星中 9.7 μm 带呈发射特征, 对其他天体它呈发射或吸收或混合特征, 碳星和新星无此特征。普遍解释为硅酸盐颗粒中 SiO 振动带。

——3.07 μm 冰吸收特征(FWHM ~ 0.3 μm): 出现于分子云内嵌源, 一般星际介质不出现此特征。不清楚此特征来自 H₂O 冰还是 NH₃ 冰或 CH 冰, 还是它们的混合特征。但目前已观测到 45 μm 的 H₂O 冰特征。

——11 μm 宽带特征(10.5 μm—12.7 μm): 出现于碳星和某些行星状云(PN)的星周气壳中, 很少呈吸收特征, 可能是 SiO 特征。

——3.28, 3.4, 3.5, 6.2, 7.7, 8.6, 11.25 μm 发射特征: 不清楚起因, 可能是冷尘埃的 IR 荧光, 也可能是小尘埃颗粒的热发射。

中的小颗粒对星光散射的结果;星际偏振($<2\%$)是星际介质中有取向的尘埃颗粒对星光的辐射转移结果;与分子云、HII区成协的红外源的偏振($\sim 5\% - 25\%$)可能是辐射转移结果。

(8) 尘埃分布 星际尘埃高度聚集于银道面,半极大全宽度 $\text{FWHM} \sim 1^\circ$,在小尺度上红外光学深度变化很大。银河系的尘埃气体质量比 $M_d/M_g \sim 0.01$ 。IRAS 卫星已发现高银纬以及银心方向都存在大量红外卷云(引力束缚于太阳系)和银河尘埃^[9],这对银河系的隐匿质量及宇宙尺度可能带来很大影响^[9]。

3. 银河系大尺度红外巡天

自从1969年 Neugebauer 和 Leighton 发表第一个 $2.2 \mu\text{m}$ 巡天(赤纬 $-30^\circ - +80^\circ$)以来,总共进行了约30多次巡天工作。除了1971—1972年美国空军剑桥研究实验室(AFCRL)用火箭作全球性三色($4, 11, 20 \mu$)巡天^[10]和美国空军地球物理实验室于1974年的全球性四色(增加了 27.4μ)火箭巡天^[11]以外,大部分巡天是利用气球并对银道面进行的,Okuda^[12](1981)总结了七十年代的24次不同规模的银道面巡天。八十年代以来的一些巡天见表3。Neugebauer 和 Leighton 的 2.2μ 巡天包括5,612个红外源, AFCRL 包括3,198个红外源, AFGL 包括2363个红外源。1982年 Gezari 等将现有的红外观测编成一本“红外观测星表”,包括近10,000个红外源^[13]。表3没有包括 IRAS 卫星的巡天,预计它的结果将汇编成一本约20万个红外源的星表。

大尺度银道面巡天主要结果如下:

(1) 近红外结果

观测结果见图4。近红外辐射主要来自晚型星(K、M型巨星、超巨星)。银道面的近红外辐射由两种成份构成:核球成份和银盘成份。核球大小约 $\pm 15^\circ (\pm 3 \text{ kpc})$ 和 $\pm 7.5^\circ (\pm 1.5 \text{ kpc})$,总光度 $\sim 2 \times 10^{10} L_\odot$ ^[12], $|l| \leq 1^\circ$ 内的平均消光 $A_V = 15^m \pm 4^m$ ^[20]。在 $l = 355^\circ$ 处近红外辐射呈现一峰值,与 FIR、CO 图上呈现极小的情况恰好相反,可能是缺少尘埃的缘故。因此通过这个缺少尘埃的“洞”可看到银河内部更深处。最近的观测^[19]表明银心方向还有三个近红外辐射的暗区(图5中所示的 DC 1、DC 2、DC 3 三个区域)。它们或许是4—6 kpc 处银盘内边缘的过量吸收,或者是银心附近的浓尘埃云。从后一种解释来看 DC 1 的投影距离(250 pc)和总质量($4 \times 10^6 M_\odot$)与银心处 +80

表 3

观测者	年份	l	b	$\lambda(\mu\text{m})$	F.O.V	参考文献
Hayakawa 等	1981	$345^\circ - 15^\circ$	$\pm 10^\circ$	2.4	$0^\circ 5'$	[14]
				3.4	$0^\circ 8'$	
Gispert 等	1982	$358^\circ - 90^\circ$	$\pm 5^\circ$	114—196	$0^\circ 37'$	[15]
				73—94	$0^\circ 4'$	
Jaffe 等	1982	$10^\circ - 16^\circ$		40—250	$1'$	[16]
Stier 等	1982		$\pm 4^\circ$	110, 150, 260	$10' \times 10'$	[17]
Caux	1983	$250^\circ - 0^\circ$		114—196	$0^\circ 37'$	[18]
				73—94	$0^\circ 4'$	
Pajot	1983	$0^\circ - 30^\circ$	$\pm 1^\circ$	0.9 mm	$0^\circ 5'$	[7]
Hiramoto 等	1984	$355^\circ - 5^\circ$	$\pm 5^\circ$	2.42	$0^\circ 41'$	[19]
Matsumoto 等	1982	$348^\circ - 12^\circ$	$\pm 10^\circ$	2.4	$0^\circ 5'$	[20]
				3.4	$0^\circ 8'$	

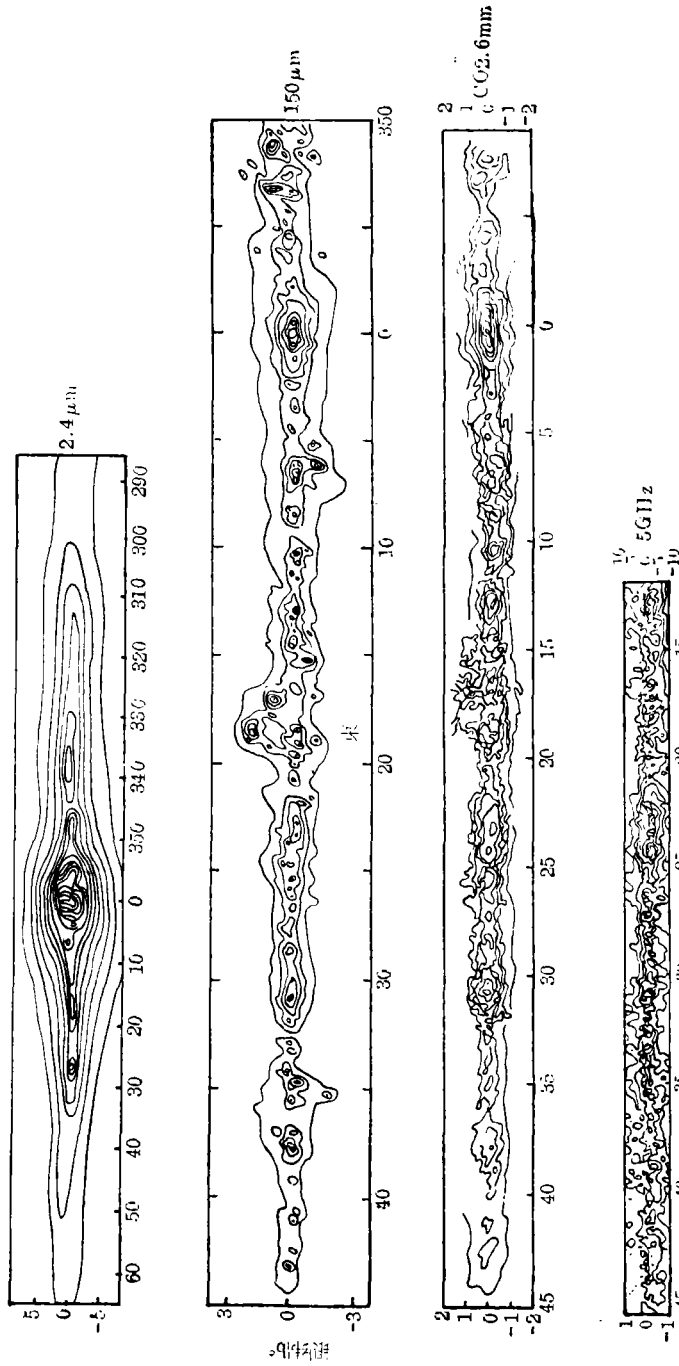


图 4(a) 等强度图

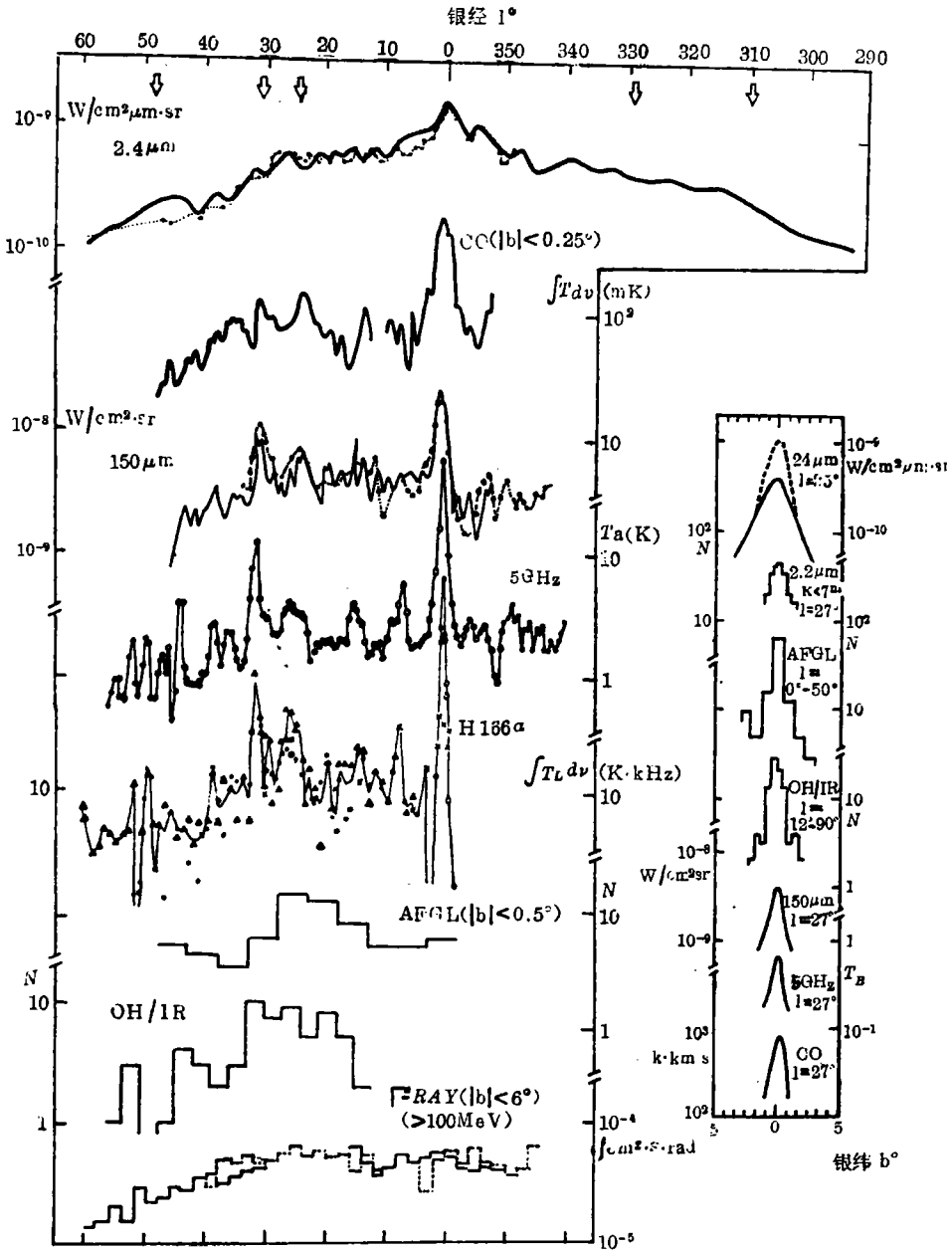


图 4(b) 经度分布 ($|b| \leq 1^\circ$)

km/s 分子云都一致, 因此 DC 1 可能是这个分子云。如果 DC 2、DC 3 也是位于银心区, 那它们离银心仅 100 pc、离银道面 100 pc, 可能是一个与银道面成 45° 的环状云的两个切线方向。

NIR 面亮度的纬度分布偏离银道, 对于 $10^\circ < l < 40^\circ$, $b \simeq -0.5^\circ$; 对 $330^\circ < l < 340^\circ$, $b \simeq +0.5^\circ$ [14]。

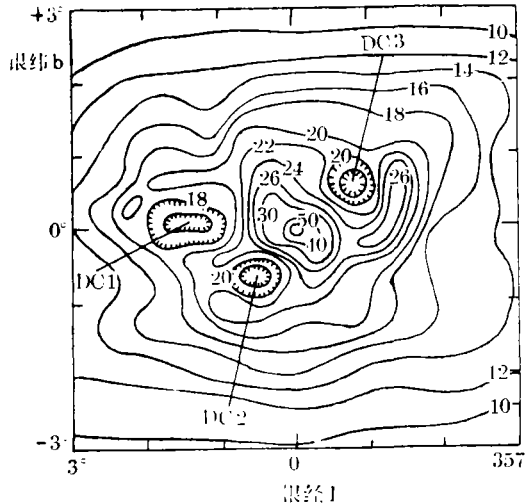


图 5 银河中心区的三个 NIR 洞

M 超巨星密度, 与射电观测不符。M 型巨星虽然在光度上可以与观测符合, 但它们的标高 (400—500 pc) 又太大。因此 Serra 等人 [22], [23] 提出此处的恒星是由质量为 $1.5-3 M_\odot$ 、主序寿命为 $3 \times 10^9 - 3 \times 10^8$ 年的主序星演化形成的 M 巨星, 在 10^9 年前 5 kpc 处的恒星形成速率至少比 10 kpc 处大 5 倍。而 Mezger [23] 认为用与 O 型星有相同的分布、质量为 3—11 M_\odot 的演化星可以解释 NIR 观测。

(2) FIR 结果

FIR 辐射分布见图 4。从图中可以看出下面一些特征: 辐射强烈聚集于银道面, $\text{FWHM} \sim 1.6^\circ$ [24], 其轮廓与 CO、5 GHz 轮廓极其相似, 这表明尘埃与分子云、HII 区很好成协。FIR 辐射在银心有一强峰, 在 $l \leq 30^\circ$ 区亮度平坦, $l \geq 30^\circ$ 突然减少, 表明 5 kpc 臂处存在强 FIR 峰。图 7 给出 FIR 面发射率的径向分布 [18]。FIR 辐射主要由两种成分构成: 离散源和未分辨的弥漫分量 (分别见图 7 的实线和虚线部分)。大部分离散源与分子云、HII 区、 H_2O 微波激射源成协。而对弥漫分量的来源则有两种不同的解释。一种观点以 Mezger 为代表, 他认为 [25], [26]: 由 O 星加热的延伸低密 HII 区 (ELD HII) 对弥漫 FIR 分量的贡献是主要的, 约占 80%, 剩余部分来自被星际辐射场加热的、与氢原子成协的尘埃, 而且主要对 $\lambda > 200 \mu\text{m}$ 区有贡献, 至于与分子云成协的尘埃对弥漫分量的贡献可以忽略。另一种观点主要以 Fazio [27]、Puget [15], [28], [29] 等人为代表, 他们认为: 弥漫分量主要来自未分辨的分子云中的、为星际辐射场所加热的尘埃 ($T_d \sim 15 \text{ K}$)。这两种观点都存在一些问题: ① 加热尘埃的能量问题: 前一种观点过高估计了银河系内 OB 型星的总光度; 而按后一种观点, 除非分子云内有内嵌源, 不然星际辐射场不足以加热分子云尘埃。② 尘埃温度问题: 如前所述, 观测表明银道面 IR 辐射主要来自 $T_d \sim 30 \text{ K}$ 的尘埃。因此, 第一种观点采用的 T_d 过

在经度轮廓图上 (图 4) 可以看到 $10^\circ \lesssim l \lesssim 30^\circ$ 范围内曲线平坦, $l > 30^\circ$ 突然减小, 对于 $l = 30^\circ$ 处, 过去认为是对应 5 kpc 环, 而最近几年的 NIR 观测表明南 ($0^\circ \leq l \leq 180^\circ$)、北 ($180^\circ \leq l \leq 360^\circ$) 半球并不对称, 这与最近 FIR 观测 [18] (图 7) 也一致, 因此 5 kpc 处可能是旋臂。这与 Geogelin 的三臂模型相一致 [21], [14], [18]。按他的模型 $l = 30^\circ$ 的旋臂与 $l = 310^\circ$ 的旋臂相对应。近红外体发射率的径向分布平行于从较差自转导出的质量径向分布 (图 6)。从图 6 可见, 除 5 kpc 臂处, NIR 辐射分布反映了恒星质量分布。但对 5 kpc 处的恒星成分目前却有不同的观点 [12]。NIR 观测表明 5 kpc 处的 $\text{FWHM} \sim 2^\circ - 3^\circ$, 对应标高 $Z_{1/2} \sim 100 - 140 \text{ pc}$, 年龄 $10^7 - 10^8$ 年, 因此一种观点是 5 kpc 处的恒星是 OB 星或 M 超巨星, 但 5 kpc 处 NIR 光度很大, 它要求太高的 OB 星或

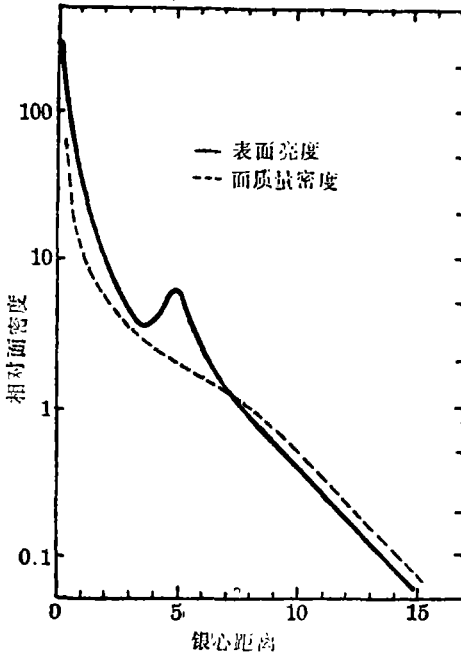


图 6 银道面亮度分布和面质量密度分布的比较(引自 T. Maihara 等人, PASJ, 30 (1978))

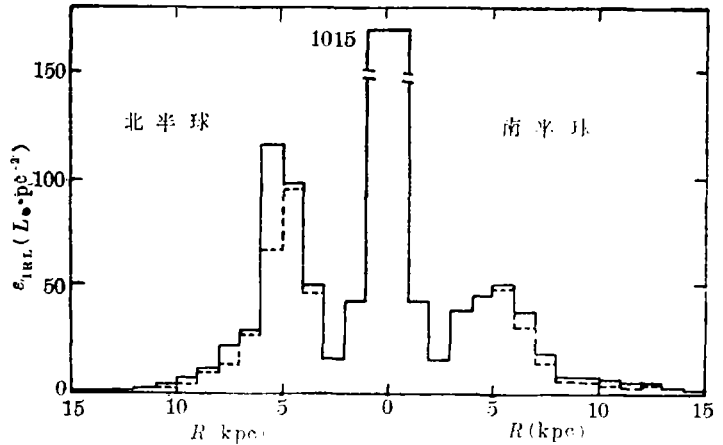


图 7 FIR 面发射率的径向分布

高, 而第二种观点采用的 T_d 又过低。③尘埃质量吸收系数 k_v 的问题: 两种观点意味着不同的 k_v 值, 第一种观点意味着较高的 k_v 值, 第二种观点正相反。近年来亚毫米波段的观测^[30]表明尘埃与 CO 强烈相关以及弥漫分量的 L_{IR}^H 与分子云的 L_{IR}^H 值很接近, 这是有利于第二种观点的。Caux^[18]利用已分辨的离散源建立了光度函数, 由此导出的 FIR 辐射可以解释现有的 FIR 弥漫量观测值。因此, 现有的证据偏向分子云观点。不过 ELD HII 的贡献也可能起部分作用, 最好的解决办法是直接观测测定银道面 40—200 μm 的完整连续谱形状, 以及准确确定 k_v 值。目前法国正在作前一个实验的准备工作。

4. 银心区 ($R \lesssim 200 \text{ pc}$) 的红外观测特征

银心区是银河系内非常特殊的一个区域。图 8 是 Güsten 和 Downes^[31] 根据甲醛 H_2CO 的 4.8 GHz 吸收线的巡天提出的银心区可能的基本结构示意图。它主要由核盘、分子环、分子云和 Sgr A 组成。

核盘半径 $\sim 1.5 \text{ kpc}$, 与银道面交角 $\sim 22^\circ$, 在 1.5 kpc 内银河系质量 $\sim 1-2 \times 10^9 M_\odot$ 。^[33] 但在 $R < 300 \text{ pc}$ 区核盘位于银道面上, 在 $0^\circ < l < +2^\circ$ 区不存在核盘, 因此 $R < 300 \text{ pc}$ 内的核盘呈月牙状, 而不是环状。核盘处于平衡转动状态, 无径向运动。

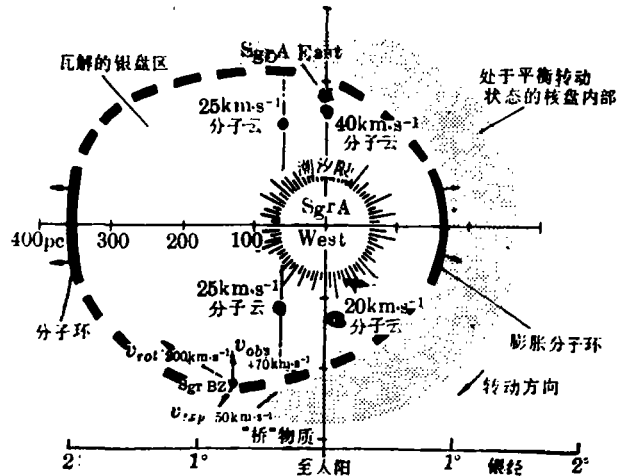


图 8 银心结构示意图

膨胀分子环呈不对称状, $l > 0^\circ$ 的环半径约为 $l < 0^\circ$ 环半径的两倍, 总质量 $\sim 10^7 M_\odot$, 年龄 \sim

几百万年。分子环内($R < 190 \text{ pc}$)的总光度 $\sim 10^9 L_{\odot}$ 。

环内分子云位于离银心 100 pc 以外的区域, 其位置的确定尚有问题。云的半径 $10-20 \text{ pc}$, 质量 $10^4-10^6 M_{\odot}$, 密度 $\sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$, 速度弥散度 $\sim 25 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, 目视消光 $A_V > 100^m$ 。只有两个云在位置和速度上对应两个弱 H_2O 微波激射源, 因此云内的恒星或者是些演化星, 且云内恒星形成不是连续过程, 或者缺少大于 $20 M_{\odot}$ 的大质量星^{[35],[34]}。

射电源 Sgr A 由三部分组成: Sgr A East(非热分量, 可能是超新星遗迹)、Sgr A West(高速运动电离气体), 以及嵌在 Sgr A West 中央的一个非热致密射电源 Sgr A* (被认为是银河系动力学中心), 它的位置(及 IRS 16 源位置)为: Sgr A* $\alpha(1950) = 17^{\text{h}}42^{\text{m}}29^{\text{s}}.335 \pm 0^{\text{s}}.008, \delta(1950) = -28^{\circ}59'18''.6 \pm 0''.24$, IRS 16 $\alpha(1950) = 17^{\text{h}}42^{\text{m}}29^{\text{s}}.35 \pm 0^{\text{s}}.1, \delta(1950) = -28^{\circ}59'20''.0 \pm 1''.5$, Sgr A* 的一些参数如表 4。

表 4 Sgr A* 的观测参数

尺度	$< 10^{15} \text{ cm}$	流量变化 $\Delta S/S_{\text{min}}$	< 1 (7年内)
射电光度	$3 \times 10^{33} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$	软 X 射线光度	$1.5 \times 10^{35} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$
亮度温度	$> 4 \times 10^9 \text{ K}$	硬 X 射线光度	$< 1.5 \times 10^{36} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$
谱指数	~ 0.2	上限质量	$\approx 5 \times 10^6 M_{\odot}$
逆转频率	$\approx 22 \text{ GHz}$		

Sgr A West 内的高速电离气体成团, 目前发现至少有 14 个, 每个电离团的参数为: 质量 $\sim 1 M_{\odot}$, 大小 $0.1-0.5 \text{ pc}$, 光度 $\sim 10^5 L_{\odot}$, 温度 $\sim 10^4 \text{ K}$, $n_e \sim 10^5 \text{ cm}^{-3}$, 速度弥散度 $\sim 200 \text{ km/s}$, 每

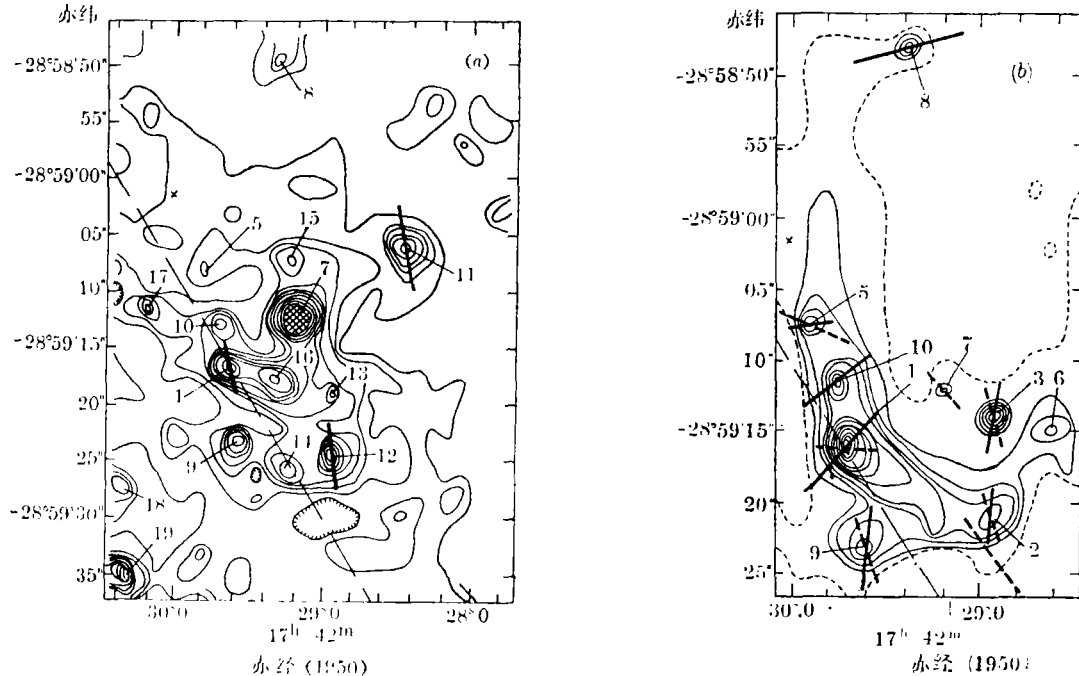


图 9(a) 2.2μ 银心 $1'$ 区高分辨图
(b) 10μ 银心 $30''$ 区高分辨图

个团每秒吸收 10^{49} 个 Ly α 光子, 若电离团的高速运动由引力控制, 则中央致密源的质量 $\sim 3 \times 10^6 M_{\odot}$, 有效温度 $\lesssim 35,000$ K (多重源) 或 $31,000$ K (单源), 电离团年龄为 10^4 年, 由此要求电离团有 $10^{-3} M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1}$ 的产生率^[36]。

(1) 银心区的近红外观测

Becklin 和 Neugebauer^[37]对银心 $1'$ (~ 2 pc) 内 2.2μ 的高分辨观测, 共证认了 15 个离散源。其中最亮的是 IRS 7, 它占 2.2μ 总辐射的 $1/3$, 目前认为是个晚 M 型超巨星, 另外 $1/3$ 总辐射来自其他的离散源 (最暗的 $M_{2.2\mu} = -8^m$), 剩下的 $1/3$ 辐射来自普遍背景。IRS 16 的位置在观测误差范围内与 Sgr A* 一致 (图 9)。 10μ 图上共呈现 9 个离散源, 它们占 10μ 总辐射的 $1/4$; 此外图上还呈现一弧形发射脊, 它们可能是光学薄的尘埃辐射, 占 $1/2$ 总辐射; 剩余的 $1/4$ 辐射来自低面亮度辐射。图 9 (a) 上的短实线表示 2.2μ 偏振测量, (b) 上的短虚线和短实线则为 3.5μ 和 11.5μ 的偏振测量。可见 2.2μ 和 3.5μ 偏振方向几乎平行银道面, 可能起源于旋臂尘埃, 而 11.5μ 偏振可能来自源内部或附近的尘埃。偏振大小约百分之几。

根据 NIR 光度观测得到银核方向的目视消光。Becklin 和 Neugebauer^[41](1968) 得到银心 $5'$ 直径内的消光 $A_{2.2\mu} = 2.7^m$, 对应 $A_V = 27^m$ 。近年来, Matsumoto 等人^[20]得到 $|l| < 1^\circ$ 内的平均目视消光 $A_V = 15^m \pm 4^m$, 银心方向 $A_V = 22^m \pm 3^m$, 他们认为与 BN 结果之差可能是银核内附加消光产生的。

对 10μ 附近连续区及 NeII 线 (12.81μ) 的观测^[39]表明一些离散源有温度结构, 从背景温度 150 K 到源处的 200 — 250 K, 可能表明了内部有热源。从 5μ 和 10μ 观测得到的中央秒差距内色温度结构 (图 10) 同样表明离散源的温度结构^[42], 源内峰值温度 300 — 350 K。不过没有发现 IRS 16 具有温度结构, 另外 Br α 线 (4.05μ) 和 NeII 线观测^[40]还表明 IRS 16 没有或几乎没有电离气体与之成协, 因此该源不象是个星团核, 可能是单个大质量天体。

在中近红外 (ArII、ArIII、SIII、SIV 等) 及远红外 (OI、OIII 等) 上也对银心区的重元素丰度进行了研究^[38]。观测得到 (ArII + ArIII)/HII 之比为太阳处相应值的 2 倍。用 NeII 确定丰度存在几个问题。此外已发现银心区的气体电离度很低, ArIII/ArII ~ 0.1 , SIV/SI $\lesssim 0.02$, 而大多数 HII 区的这两个比分别为 ≥ 1 和 ~ 1 , 表明银心区电离气体的紫外辐射较弱。

(2) 银心区的远红外观测

银心 $30''$ 内的辐射能谱类似行星状云, 峰值 30μ , 总光度 ~ 1 — $3 \times 10^7 L_{\odot}$, 其中 $\sim 10\%$ 位于赖曼连续区, 因此这种能谱相当于一个 $T_{\text{eff}} = 35,000$ K 的晚 O 早 B 星能谱^[32]。

30μ 上的银核是致密的, 与银心同心 (图 11 (a)), 当波长变得大于 50μ 时, 等值图出现双瓣, 它们位于银道面, 且对称于银心。远红外光度轮廓 (图 11 (d)) 和由 50μ 、 100μ 观测得到的色温度 (图 11 (f)) 图上的峰值都与银心同心。上面的观测事实可以解释为: 尘埃聚集于银道面, 但中央

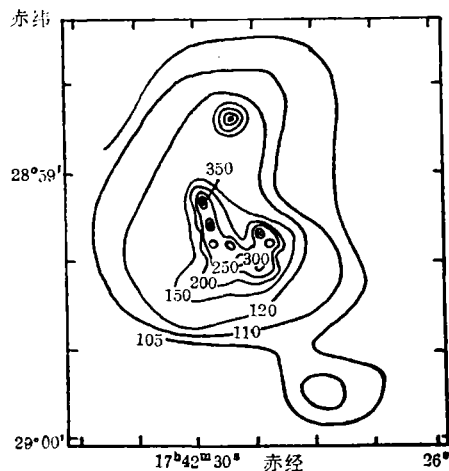


图 10 银心的色温度结构

秒差距内尘埃极少, 所有的尘埃主要被位于中央秒差距的能源加热, 远红外双瓣内无热源。中央能源的辐射加热银心周围银道面上的尘埃, 由于投影关系形成双瓣。

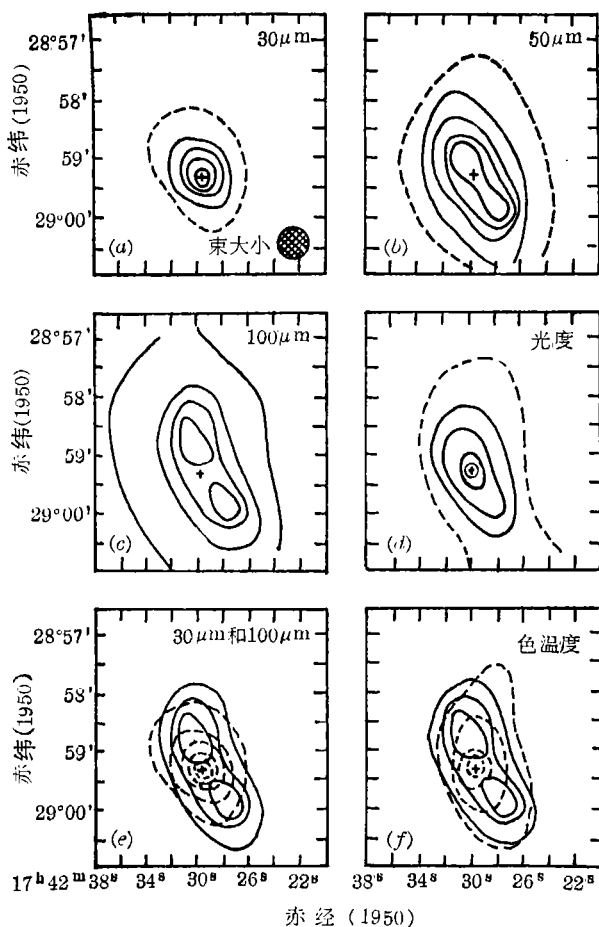


图 11 银心的远红外图

超新星。因此银心处有一个质量 $\lesssim 5 \times 10^6 M_{\odot}$ 的正在吸积的黑洞仍是最有可能的假设, 银心周围的恒星被黑洞潮汐瓦解形成目前中央 1 pc 内的电离气体团。但这种模型在解释中央秒差距内的各种观测现象时也存在一些问题。Lacy^[30]指出恒星潮汐瓦解不可能形成观测到的电离气体团, 即使能够维持它们所要求的吸积速率 $10^{-3} M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1}$, 也会产生太强的 2.2μ 辐射(观测到的 2.2μ 辐射仅要求 $10^{-6} M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1}$ 的吸积速率)。另外, 一个能谱类似 32,000 K 的 O 型星能谱的吸积盘所产生的 2.2μ 辐射也太强。

三、红外连续区观测对研究恒星形成的意义

处于恒星早期形成阶段的天体, 由于被浓密的母体云或恒星包层所包围, 而不可能在光学波

在更大尺度上 FIR 辐射沿银道面延伸, 与 CO 发射、射电连续区发射相关。在 $1^{\circ} \times 2^{\circ}$ 内总光度 $\sim (3-4) \times 10^8 L_{\odot}$ 。

(3) 中央秒差距内各种现象的解释

主要有两种不同的模型:

- a 恒星形成爆发模型;
- b 中央单个非热源模型。

对第一种模型, 认为 $\sim 10^6$ 年前银心区经历了一次强恒星爆发, 目前这一过程已停止。Rieke 和 Lebofsky^[42]发现一些单个非热源模型不能提供足够的赖曼光子数, 他们用 > 7 个红超巨星和 > 80 个蓝超巨星模型解释了中央秒差距内的光度、赖曼光子数、有效温度等, 因此他们认为银心区现象可用恒星形成爆发过程来解释, 银心与许多由恒星形成的旋涡星系星系核相似, 而不同于 Seyfert 星系和有非热活动的星系核。当然还有其他的恒星形成爆发模型, 如 Lacy^[30]的模型。用银心中央处存在一个 OB 星团来解释 1 pc 内观测现象, 不过这个模型在解释色温度结构、电离团形成和中央源的非热性质时存在困难。

第二种模型是用银心中央单个非热致密源来解释 1 pc 内现象。目前的红外观测、射电观测和 γ 射线观测^{[44],[45],[46],[40],[43]}已表明中央源不可能是脉冲星、射电星、原始黑洞、星团或

段上被见到, 对大质量恒星即使已演化到达零龄主序上一般也是不可见的。此时只能通过恒星与周围星际介质的相互作用才可在射电或红外波段上进行观测和研究。在恒星形成区的天体常以下面几种形式出现: HII 区、CII 区、FIR 源、NIR 源、热斑、 H_2O 微波激射源和 SiO 微波激射源。现在普遍认为大多数年轻星只能在 FIR 波段上观测, 因为它们太年轻还不足以产生射电强辐射。根据 York^[47] 对大质量恒星的计算, 表明在恒星早期形成过程中有一段时期天体只以红外源的形式出现。毫无疑问, 恒星形成区的红外观测具有特殊重要的意义。恒星形成区的红外连续区观测用来研究大尺度恒星形成的两个基本参数——初始质量函数和恒星形成速率。这两个量是研究星系演化的基本组成部分, 也是对恒星形成理论模型的一种约束条件, 它们在星系的化学演化、星系恒星成分分析等方面都有重要应用。下面我们首先总结这两个参数的定义, 并简单回顾它们的研究情况, 最后讨论红外连续谱的观测对研究这两个参数的意义。

1. 初始质量函数(IMF)和恒星形成速率(SFR)的定义

定义创星函数 (Creation function) $C(t, \ln m)$ 为单位时间内单位面积上质量为 $(\ln m, d \ln m)$ 的新诞生的恒星数目, 即

$$C(t, \ln m) = dN/dt ds d \ln m$$

通常认为创星函数是可分离变量的函数:

$$C(t, \ln m) dt ds d \ln m = \Psi(t) \Phi(\ln m) dt ds d \ln m$$

这里 $\Psi(t)$ 称为恒星形成速率, 即单位时间内单位面积上新形成的恒星质量, 所以

$$\Psi(t) = dM/dt ds \quad (M_{\odot} \cdot yr^{-1} \cdot pc^{-2})$$

而 $\Phi(\ln m)$ 称为规一化初始质量函数, 将未规一化的初始质量函数 $\varphi(\ln m)$ 定义为一群星诞生时 m 对数质量的频数分布:

$$\varphi(\ln m) = dN/d \ln m$$

则这群星的总质量 dM 为

$$dM = \int_{m_l}^{m_u} \varphi(\ln m) dm$$

其中 m_l 、 m_u 为恒星的 下限质量和上限质量。于是规一化 IMF 为

$$\Phi(\ln m) = \frac{1}{dM} \frac{dN}{d \ln m} = \frac{1}{dM} \varphi(\ln m)$$

创星函数对质量的积分即为恒星形成速率:

$$\Psi(t) = \int_{m_l}^{m_u} C(t, \ln m) dm$$

IMF 与 SFR 是两个相互关联的量。对于主序寿命 T_{ms} 短于星系年龄 T_0 的大质量星, 目前可观测到的主序星面密度为

$$\int_{r_0 - r_{ms}}^{r_0} C(t, \ln m) dt = \Phi(\ln m) \int_{r_0 - r_{ms}}^{r_0} \Psi(t) dt \quad T_{ms} < T_0$$

而对 $T_{ms} \geq T_0$ 的低质量星: 目前可观测到的主序星面密度为

$$\int_0^{r_0} C(t, \ln m) dt = \Phi(\ln m) \int_0^{r_0} \Psi(t) dt \quad T_{ms} \geq T_0$$

上面两式的左端均是可观测量, 它将 IMF 和 SFR 两个参数联系起来。要导出 IMF 必须对 SFR

作某种假定, 反之亦然。通常假定它们是时空不变的。

各种文献对 IMF 的定义有: $dN/dm, dN/d \log m, dN/d \ln m$ 。其关系为 $m \frac{dN}{dm} = \log e \frac{dN}{d \log m} = \frac{dN}{d \ln m}$, 本文采用最后一种定义。

2. 初始质量函数

最早定义初始质量函数的是 Salpeter (1955), 他认为 IMF 可用质量的幂指数律 $m^{-\alpha}$ 来表示, α 称为斜率。他获得 $\alpha = 1.35$ 。IMF 的观测确定是很困难的, 迄今仅限于太阳附近场星、疏散星团、星协和分子云。一些结果列于表 5。显然不同质量范围内的斜率是不同的。Miller 和 Scalo^[68] 指出 IMF 应当用对数高斯分布来表示:

$$\varphi(m) = C_0 \exp[-C_1(\log m - C_2)^2]$$

IMF 的理论研究基本上可分为三类模型: ①云随机碎裂模型(纯统计模型)^[48-54]; ②某种物理过程(如湍流、温度、密度等)参与的云碎裂模型^[55-61]; ③互作用碎片模型^[62-67](考虑云与云之间、云与介质之间的相互作用)。不过, 多数模型对观测的解释似乎并不令人满意。最近的工作有 Ferrini (1983)^[61]的工作, 他考虑了非线性的分子间作用力和磁场的作用。另一工作是 Elmegreen (1983)^[67]的工作, 认为恒星形成过程中有大量的物理过程参与, 它们表现为独立事件, 并导出对数质量高斯分布的初始质量函数。

IMF 研究的其他一些结论有: ①IMF 的观测确定仍不很好, 尤其是 $M/M_\odot < 0.1$ 及 $1 < M/M_\odot < 2$ 的恒星^[68]; ②已有 IMF 具有空间变化的观测证据, 包括星团与场星的 IMF 差别^{[68], [69]}, 及随银河系径向距离的变化^[70-74]。不少人提出双模式恒星形成(Bimodal Star Formation)模型来解释

表 5 IMF 的观测导出结果 (△—分子云, +—星团星协)

作者	年份	X	质量范围	参考文献
Salpeter	1955	1.35	0.4—10 M_\odot	[75]
Hartman	1970	1.2	1—8 M_\odot^+	[76]
Taff	1974	1.74	0.8—80 M_\odot^+	[77]
Andouze 和 Tinsley	1976	1.3	0.2—0.5 M_\odot	[78]
		0.25	0.5—1 M_\odot	
		2.6	2—25 M_\odot	
		0.6	25—30 M_\odot	
		2.3	>30 M_\odot	
Burki	1977	1.52	6—50 M_\odot^+	[70]
Serrano 和 Peimbert	1978	2.2	1.6—8.5 M_\odot	[79]
Lequeux	1979	2	2.5—100 M_\odot	[80]
Miller 和 Scalo	1979	0.4	0.1—1 M_\odot	[68]
		1.5	1—10 M_\odot	
		2.3	$\geq 10 M_\odot$	
Cohen 和 Kuhl	1979	1.5—2.9	0.2—3 M_\odot	[81]
Claudius 和 Grosbol	1980	1.9	2.2—10 M_\odot^+	[82]
Tarrab	1982	1.7	1.25—14 M_\odot^+	[83]
Garmany 等人	1982	1.6	$\geq 20 M_\odot^\Delta$	[71]
Larson	1982	2.3	1—100 M_\odot	[69]

观测事实^{[87],[73]}。③完全不清楚 IMF 随时间的变化情况。

3. 恒星形成速率

有许多天体或辐射的观测可用来示踪恒星形成速率：亮星、OH 微波激射、超新星遗迹、脉冲星、UBV 光度、H_α、H_β 强度、远紫外光度、HII 区射电连续区流量及远红外光度等。一些观测导出的 SFR 在 2—5 M_⊙·yr⁻¹ 之间^{[26],[88],[73]}，Mezger 双模式恒星形成模型^[73]导出银盘内的现今 SFR 为 3.7 M_⊙·yr⁻¹。

另一方面，根据观测到的银盘内的恒星质量、银河系年龄，可估计过去平均 SFR 为 $\langle \Psi(T_0) \rangle = M_*/T_0(1-r) \sim 11.5 M_⊙ \cdot \text{yr}^{-1}$ ，其中 $r \sim 0.42$ ，是恒星形成后抛到星际空间的质量部分。因此过去某个时期应当有比今天更大的恒星形成速率。但迄今仍不清楚 SFR 的时间变化情况，现今与过去平均的 SFR 之比 $b(T_0)$ 的各种结果在 0.2—4 之间^{[68],[84],[85],[88]}。

SFR 的径向变化已为许多观测所证实(O 型星^[26]、射电 HII 区^{[73],[74],[87]}、OH 1612 等)，且在 $R = 4-6$ kpc 处有一极大。关于 SFR 与气体体密度 ρ_g 关系的 Schmidt 定律($\rho_* = \nu \rho_g^n$, $n = 2-3$)^[88]的有效性仍未被观测所证实^{[88],[89]}。相反，一些观测已证实 SFR 与 H₂ 质量密度很好相关。Larson(1982)^[90]、Young 和 Seoville(1982)^[91]对晚型旋涡星系及 Talbot(1980)对银河系和 M 83^[87]的观测分析，都证实了 $\text{SFR} \propto \sigma_{\text{H}_2}$ 的关系。

4. 大尺度恒星形成的红外研究

一些作者根据银道面的红外连续区观测导出了与 IMF 和 SFR 有关的两个物理量：红外过量(infrared excess)和红外光度，这两个量可分别看作是 IMF 和 SFR 的某种量度。

红外光度 L_{IR} 与恒星形成速率的关系可以理解如下：恒星辐射为星际尘埃所吸收并在红外波段进行再辐射，因此 L_{IR} 可看作恒星光度的某种下限值，它可用下式来表示：

$$L_{IR} = \int_{M_t}^{M_u} \psi(t) \varphi(m) [\tau_{ms}(m) L_{ms}(m) + \tau_{rg}(m) L_{rg}(m)] f(m) d \ln m \\ + \int_{m_t}^{m_u} \psi(t) \varphi(m) L_{ms}(m) t f(m) d \ln m$$

式中 M_t 是主序寿命为 t 的恒星质量，下标 ms 表示主序星， rg 表示红巨星， τ 为寿命， L 为光度， $f(m)$ 为质量 m 的恒星的辐射被尘埃所吸收的比例，它是恒星质量 m 的函数，Serra 等人^[92]估计 $f(m)$ 从 0.15(对 $M \sim 1 M_⊙$) 到 0.5(对 $M \gtrsim 15 M_⊙$)。

用上面的公式及太阳附近的 IMF 可以估计各种质量恒星对 L_{IR} 的贡献，Puget^[93]发现对 L_{IR} 有贡献的主要两种星族是： $M < 2 M_⊙$ 的古老的盘族及极端星族 I，后者的主序寿命 $\sim (1-3) \times 10^8$ 年，因此若将观测到的红外光度 L_{IR} 扣除老盘族的贡献估计值，则余下的部分主要来自年龄小于 3×10^8 年的恒星，这样可用这部分红外光度来量度这一时期上的平均恒星形成速率。

红外研究 SFR 所用的参数通常有：红外面发射率 $\epsilon_{IR}(R)$ ($L_⊙ \cdot \text{pc}^{-2}$)、单位气体质量的红外光度 L_{IR}/M_H ($L_⊙ \cdot M_⊙^{-1}$)、及单个氢原子的红外光度 $L_{IR}^H = \epsilon_{IR}(R)/(n_H + 2n_{H_2})$ 。其中 $\epsilon_{IR}(R)$ 与星际物质的多少有关，不能真正代表 SFR；后两个参量则隐含了 $\text{SFR} \propto \rho_g$ 的假定。

图 7 是 Caux^[18]得到的银道面 ($|b| \leq 1^\circ$) 内的 ϵ_{IR} ，它表明银心有特别高的 SFR，以及 $R = 5$ kpc 处有较高的 SFR 和南北不对称的情况，随 R 的增大，SFR 很快减小。Puget^[93]仔细计算了 4—6 kpc 和 9—11 kpc 两个环的 L_{IR}/M_H ，为了估计 M_H ，他用多种途径讨论了 CO/H₂ 的标定值。他

得到 4—6 kpc 的 L_{IR}/M_H 为 9—11 kpc 环处的 10 倍。这一结果与其他结果定性地相符合。

红外过量与初始质量函数的关系可以理解如下: 红外过量 IRE 的定义为

$$IRE = \frac{L_{IR}}{N'_c h\nu_a}$$

式中 N'_c 为气体所吸收的恒星赖曼(Ly)连续光子数。 $h\nu_a$ 为 Ly α 光子能量。

考虑一个 HII 区, 电离星对星际尘埃的加热过程主要通过三种途径: ① Ly α 光子加热: 中性气体吸收电离星发射的 Ly γ 光子而电离, 电离氢复合时释放一个 Ly α 光子、一个巴尔末光子和几个低能光子, 在电离平衡条件下气体每吸收一个 Ly γ 光子便产生 β 个 Ly α 光子, $0.68 \leq \beta \leq 1$, 当电子密度 $n_e \geq 2,000 \text{ cm}^{-3}$ 时, $\beta \sim 1$ 。Ly α 光子经 HI 原子谐振散射而传播, 最终将被尘埃所吸收; ② 尘埃直接吸收电离星的 Ly γ 光子; ③ 尘埃直接吸收电离星 $\lambda > 912 \text{ \AA}$ 的长波辐射, 对于仅由第一种 Ly α 加热的情况下, $IRE = 1$ 。一般情况下存在后两种加热机制, 所以 $IRE > 1$ 。对于大质量星, 其大部分辐射能位于紫外区, 这样前两种加热机制是主要的。红外过量可近似表为

$$IRE \approx 1 + \frac{(N_c - N'_c) \langle h\nu_c \rangle}{N'_c h\nu_a}$$

其中 $\langle h\nu_c \rangle \approx 2.3 h\nu_a$ 为 Ly γ 光子平均能量, N_c 为电离星发射的总 Ly γ 光子数。对银河射电 HII 区, $\langle N_c/N'_c \rangle \sim 2$ (Smith 等人^[74]), 对 ELD HII 区 $\sim 1.2-1.4$ (Mezger^[25])。因此大质量星的 IRE 不大, 对于低质量星, 其辐射能主要位于可见区, 所以第三种加热机制是主要的。由于这种星发射的 Ly γ 光子数很少, 所以 IRE 就很大。这样, IRE 的变化将反映 IMF 的变化。

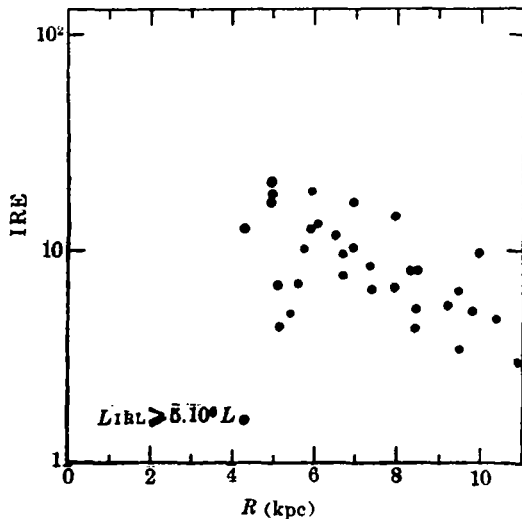


图 12 HII 区—分子云复合体的 IRE 径向变化

图 12 是 Caux 对若干分子云—HII 区复合体观测导出的 IRE, 其中 N'_c 由射电连续区观测得到。图中清楚显示出 IRE 随径向距离的变化。Puget 计算了 4—6 kpc 环及 9—11 kpc 环的银道面弥漫分量 IRE, 分别得到 18.7 和 10。因此 $IRE(4-6 \text{ kpc})$ 大约为 $IRE(9-11 \text{ kpc})$ 的 2 倍。Puget 对这两个环的红外光度进行了分析, 他将恒星分为三类: 老盘族星 ($M < 2 M_\odot$)、中等质量星 ($2-15 M_\odot$) 和电离星 ($M > 15 M_\odot$)。他得到的结果为: 在 4—6 kpc 环内, 这三类星的比例分别为 $\lesssim 18\%$ 、 $\lesssim 64\%$ 和 $\sim 18\%$; 在 9—11 kpc 环内, 对应值为 $\sim 50\%$ 、 $\sim 19\%$ 和 31% 。由此可见, 在 5 kpc 旋臂上缺少大质量星和低质量星, 这与双模式恒星形成模型的结论是一致的, IRE 的径向系统变化正是这种 IMF 变化的结果。

上面仅讨论了红外连续区观测在研究大尺度恒星形成中的应用。当前恒星早期形成过程的研究、

原恒星的搜索、双极云的研究、恒星形成机制的检验、恒星形成的传播问题等都是十分活跃的领域, 红外观测(光度和光谱)对这些领域的研究是极其重要的, 我们将在其他地方总结这些方面的研究进展。

红外观测已对银河系结构和演化的研究作出了许多重要的贡献, 并已成为这一领域中的主要观测手段之一。但是, 对银道面和银心的红外观测结果的解释, 仍存在着争议和不同的模型, 需要进一步开展红外和射电观测。从目前银河系大尺度红外观测和研究的状况来看, 开展下述一些大尺度红外观测将是极为重要的: ①大视场巡天, 以搜索大角直径的低面亮度源; ②高银纬巡天, 以便搜索高银纬红外源和研究星际或星系际物质分布, 这对银河系结构研究和宇宙学研究是很重要的; ③亚毫米波($\lambda > 200 \mu\text{m}$)巡天; ④高空间分辨率巡天, 以便研究银面的精细结构和搜索恒星形成区和原恒星; ⑤低分辨率 IR 光谱巡天($40 \mu\text{—}200 \mu\text{m}$), 对认识银面连续谱的形状及空间变化、探索红外弥漫分量来源是有重要意义; ⑥高分辨率 IR 谱线普查, 这对研究大尺度的丰度空间变化、搜索深嵌于分子云中的早期形成天体具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] Second ESO Infrared Workshop, ed. by F. Moorwood & K. Kjar, (1982).
- [2] Robinson, L., *Sky & Telescope*, 67(1984), 4.
- [3] Schorn, R., *Sky & Telescope*, 67(1984), 119.
- [4] Bok, B. J., *IAU Symp.*, No. 100, 1, (1983).
- [5] Mezger, P. G., *Infrared Astronomy*, ed. by G. Setti & G. G. Fazio, 1, (1977).
- [6] Mathis, J. S. et al., *Ap. J.* 217(1977), 42.
- [7] Pajot, F., *Thèse de Doctorat de Troisième Cycle*, Toulouse, (1983).
- [8] Aitken, D. K., *IAU Symp.*, No. 96, 207, (1981).
- [9] Duck, H. M. & Ionsdale, C. J., *IAU Symp.*, No. 96, p. 223, (1981).
- [10] Walker, R. G. & Price, S. D., *AFCRL Infrared Sky Survey*, (1975), AFCRL-TR-75-0373.
- [11] Price, S. D. & Walker, R. G., *The AFGL Four Color Infrared Sky Survey*, (1976), AFGL-TR-76-0208.
- [12] Okuda, H., *IAU Symp.*, No. 96, p. 247, (1981).
- [13] Gezari, D. Y. et al., *Catalog of Infrared Observations*, (1982), NASA-TM-83819.
- [14] Hayakawa, S. et al., *A. Ap.*, 100(1981), 116.
- [15] Gispert, R. et al., *Ap. J.*, 106(1982), 293.
- [16] Jaffe, D. T. et al., *Ap. J.*, 252(1982), 601.
- [17] Stier, M. T. et al., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 42, (1982).
- [18] Caux, E., *Thèse de Doctorat de Troisième Cycle*, Toulouse, 1982.
- [19] Hiromoto, N. et al., *A. Ap.*, (1984), (Preprint).
- [20] Matsumoto, T. et al., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 48, (1982).
- [21] Geogelin, Y. P. & Geogelin, Y. M., *A. Ap.*, 49 (1976), 57.
- [22] Serra, G. et al., *A. Ap.*, 76(1976), 259.
- [23] Mezger, P. G., in *Session XLI NATO Adv. Study Ins. on Birth and Infancy of Stars*, (1983), France.
- [24] Oda, N., *Space Sci. Rev.*, 36(1983), 285.
- [25] Mezger, P. G., *A. Ap.*, 70(1978), 565.
- [26] Mezger, P. G., *A. Ap.*, 105(1982), 372.
- [27] Fazio, G. G. & Stecker, F. W., *Ap. J.*, 207(1976), L 49.
- [28] Puget, J. L., *Proc. ESA Workshop on Scientific Importance of Submillimeter Observations*, Noordwijkerhout, Netherlands, (1982), ESA SP-189.
- [29] Boisse, P. et al., *A. Ap.*, 94(1981), 265.
- [30] Hauser, M. G. et al., *IAU Symp.*, No. 100, 183, (1983).
- [31] Güsten, R. & Downes, D., *A. Ap.*, 87(1980), 6.
- [32] Gatley, I. & Becklin, E. E., *IAU Symp.*, No. 96, 281, (1981).

- [33] Liszt, H. S. & Burton, W. B., *Ap. J.*, 226(1978), 790.
- [34] Güsten, R., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 9, (1982).
- [35] Brown, R. L., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 204, (1982).
- [36] Lacy, J. H., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 53, (1982).
- [37] Becklin, E. E. & Neugebauer, G., *Ap. J.*, 200(1975), L 71.
- [38] Bussoletti, E. et al., *Astrophysics from Spacelab*, ed. by P. L. Bernacca & R. Ruffini, 395, (1980).
- [39] Aitken, D. K. et al., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 67, (1982).
- [40] Geballe, T. R. et al., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 60, (1982).
- [41] Becklin, E. E. & Neugebauer, G., *Ap. J.*, 151(1968), 145.
- [42] Rieke, G. H. & Lebofsky, M. J., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 194, (1982).
- [43] Lingenfelter, R. E. & Ramaty, R., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, 148, (1982).
- [44] Lo, K. Y., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 1, (1982).
- [45] Rees, M. J., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 166, (1982).
- [46] Leventhal, M. & MacCallum, C. J., *AIP Conf. Proc.*, No. 83, p. 132, (1982).
- [47] York, H. W., in *Session XLI NATO Adv. Study Ins. on Birth and Infancy of Stars*, (1983), France.
- [48] Auluck, F. C. & Kathari, D. C., *Nature*, 174(1954), 565.
- [49] Kruszewski, A., *Acta. Astr.*, 11(1961), 199.
- [50] Reddish, V. C., *Sci. Prog.*, 50(1962), 235.
- [51] Fowler, W. A. & Hoyle, F., *Ann. Phys.* 10(1963), 283.
- [52] Belserene, E. P., *Observatory*, 90(1970), 239.
- [53] Larson, R. B., *Nature*, 236(1972), 21.
- [54] Larson, R. B., *MNRAS.*, 161(1973), 133.
- [55] Takebe, H. et al., *PASJ.*, 14(1962), 340.
- [56] Reddish, V. C., *MNRAS.*, 143(1969), 189.
- [57] Reddish, V. C., *MNRAS.*, 170(1975), 261.
- [58] Arny, T. et al., *Ap. J.*, 169(1971), 289.
- [59] Silk, J. I., *Ap. J.*, 214(1977), 718.
- [60] Larson, R. B., *MNRAS.*, 184(1978), 69.
- [61] Ferrini, F., *MNRAS.*, 202(1983), 1071.
- [62] Nakana, T., *Prog. Theor. Phys.*, 36(1966), 515.
- [63] Arny, T. & Weissman, P., *A. J.*, 78(1973), 309.
- [64] Silk, J. I. & Takahashi, T., *A. J.*, 229(1979), 242.
- [65] Bhattacharise, S. K. & Williams, I. P., *A. Ap.*, 91(1980), 85.
- [66] Bastien, P., *A. Ap.*, 93(1981), 160.
- [67] Elmegreen, B. G., in *Session XLI NATO Adv. Study Ins. on Birth and Infancy of Stars*, (1983), France.
- [68] Miller, G. E., & Scalo, J. M., *Ap. J. Suppl.*, 41(1979), 513.
- [69] Larson, R. B., *MNRAS.*, 200(1982), 159.
- [70] Burki, G., *A. Ap.*, 57(1977), 135.
- [71] Garmany, C. D. & Conti, P. S., *Ap. J.*, 263(1982), 777.
- [72] Mezger, P. G. & Smith, L. F., *IAU Symp.*, No. 75, 133(1977).
- [73] Mezger, P. G., in *Session XLI NATO Adv. Study Ins. on Birth and Infancy of Stars*, (1983), France.
- [74] Smith, L. F. et al., *A. Ap.*, 66(1977), 65.
- [75] Salpeter, E. E., *Ap. J.*, 121(1955), 161.
- [76] Hartman, W. K., *Ap. J. Suppl.*, 41(1970), 513.
- [77] Taff, L. G., *Ap. J.*, 79(1974), 1280.
- [78] Andouze, J. & Tinalley, B. M., *Ann. Rev. A. Ap.*, 14(1976), 43.

- [79] Serrano, A. & Peimbert, M., *Bull. Am. Astro. Soc.*, 10(1978), 648.
[80] Lequeux, J., *A. Ap.*, 80(1979), 35.
[81] Cohen, M. & Kuhl, L. V., *Ap. J.*, 227(1979), L 105.
[82] Claudius, M. & Grosbol, P. J., *A. Ap.*, 87(1980), 339.
[83] Tarrab, I., *A. Ap.*, 109(1982), 285.
[84] Scalo, J. M. & Miller, G. E., *Ap. J.*, 239(1982), 953.
[85] Tinsley, B. M., *Ap. J.*, 208(1976), 797.
[86] Mayor, M. & Martinet, L., *A. Ap.*, 55(1977), 221.
[87] Talbot, R. J., *Ap. J.*, 235(1980), 821.
[88] Schmidt, M., *Ap. J.*, 129(1959), 243.
[89] Guibert, J. et al., *A. Ap.*, 68(1978), 1.
[90] Larson, R. B., *MNRAS.*, 200(1982), 159.
[91] Young, J. S. & Scoville, N., *Ap. J.*, 260(1982), L 11.
[92] Serra, G. et al., *A. Ap.*, 84(1980), 220.
[93] Puget, J. L., in *Session XLI NATO Adv. Study Ins. on Birth and infancy of Stars*, (1983), France.

(特约编辑 宋国玄)

(责任编辑 谢应纯)

Large Scale Infrared Feature of the Galaxy and Stellar Formation

Fu Chengqi Jiang Dongrong

(Shanghai Observatory, Academia Sinica)

Abstract

Brief account on the development and progress in Infrared Astronomy and its observational technology is offered. The observation results of the galactic plane and centre in near- and far- infrared wavelenghtes obtained to date are described in detail. Two main parameters for studying galactic evolution—initial mass function (IMF) and stellar formation rate (SFR) are summarized. Their research situation as well as significance of the large scale infrared observations in studying these parameters is discussed.

As Large scale infrared survey of the galactic plane and centre is expected to continue, the article is concluded by suggesting the focus of future attention in the field of research.