

LINERs 多波段特性的研究

张天治¹ 程福臻^{1,2} 孔 旭^{1,2,3}

(1 中国科学技术大学天体物理中心 合肥 230026)

(2 中国科学院国家天文台 北京 100012)

(3 北京天体物理中心 北京 100871)

摘 要

总结了近期对 LINERs 的一些研究结果, 通过对 LINERs 在各波段上表现出的一些特性讨论了 LINERs 的几种模型, 重点讨论了 LINERs 是典型的 AGN 的可能性。结论为具有如下至少一个特征的 LINERs 可能是典型的 AGN: (1) 有宽的发射线成分; (2) 有双峰宽 H α 线发射; (3) 有硬的 X 射线的连续谱; (4) 有点状紫外源; (5) 有致密射电核和喷流。

关键词 活动星系核 — 窄发射线 — 宽发射线 — 多波段观测

分类号 P157.6

1 引 言

1980 年 Heckman 定义了一类低电离核发射线区 (LINERs, Low Ionization Nuclear Emission Line Region), 并根据其光学发射线的特征把它们归属于活动星系核^[1]。LINERs 的许多观测特征和 Seyfert 2 星系特征很相似, 不同的是 LINERs 的低电离发射线, 如 [OI] λ 6300 和 [NII] λ 6540、6583 相对强一些。Ho 等人 (1997) 对约 500 个邻近的星系进行了光学观测, 发现在所有视星等 B_T 小于 12.5 mag 的星系中约有 20% 具有 LINER 型的光谱, 另外有 13% 表现出介于纯的 LINERs 和纯的 HII 区之间的光谱特征^[2~4]。因此 LINERs 可能是在所能观测到的范围内宇宙中最普遍的一类星系活动现象。如果 LINERs 确实由吸积来提供能量, 那么它们可能是类星体低光度端的代表, 将对类星体的演化、AGN 光度函数及附近星系中可能存在的大质量黑洞等问题的研究起重要作用, 因此对 LINERs 现象的研究具有重大意义。对 LINERs 的研究的中心问题之一就是其辐射机制。自从 Heckman 定义了这类天体以来, 这一直是一个最具争议的问题。对于 LINERs 的辐射机制到现在

国家自然科学基金 (No.10073009) 资助课题 国家重点基础研究项目经费资助课题

国家攀登计划项目资助课题

2000-08-14 收到

为止已建立了许多不同的模型,如碰撞电离发射^[5]、冲击波加热^[6]、热星引起的光致电离^[1,7,8]、非恒星连续辐射源引起的光致电离^[9~13]。这些模型都能解释 LINERs 的光学发射线,但在其他波段上都存在一些问题。因此只从光学波段进行分析不能唯一确定 LINERs 的辐射机制。目前还有一种看法认为 LINERs 虽然都由相同的条件来定义,但在实质上并不能视为同一类天体,它们可能是由多种发射机制在不同星系中起主导作用的成分不同的几种天体组成的,或许在一个 LINER 中这些机制共同在起作用,即不同的 LINER 仅仅是起主导作用的机制不同。也就是说到目前为止有关 LINERs 的本质还没有定论。但有一点是肯定的,仅从某一波段入手不可能彻底揭示其本质,而必须进行多波段的联合观测和分析。本文将综述在各波段上对 LINERs 观测的一些最新研究成果。

2 多波段特性

2.1 光 学

LINERs 的定义和确认都是在光学波段上进行的。因此 LINERs 在光学波段的最主要

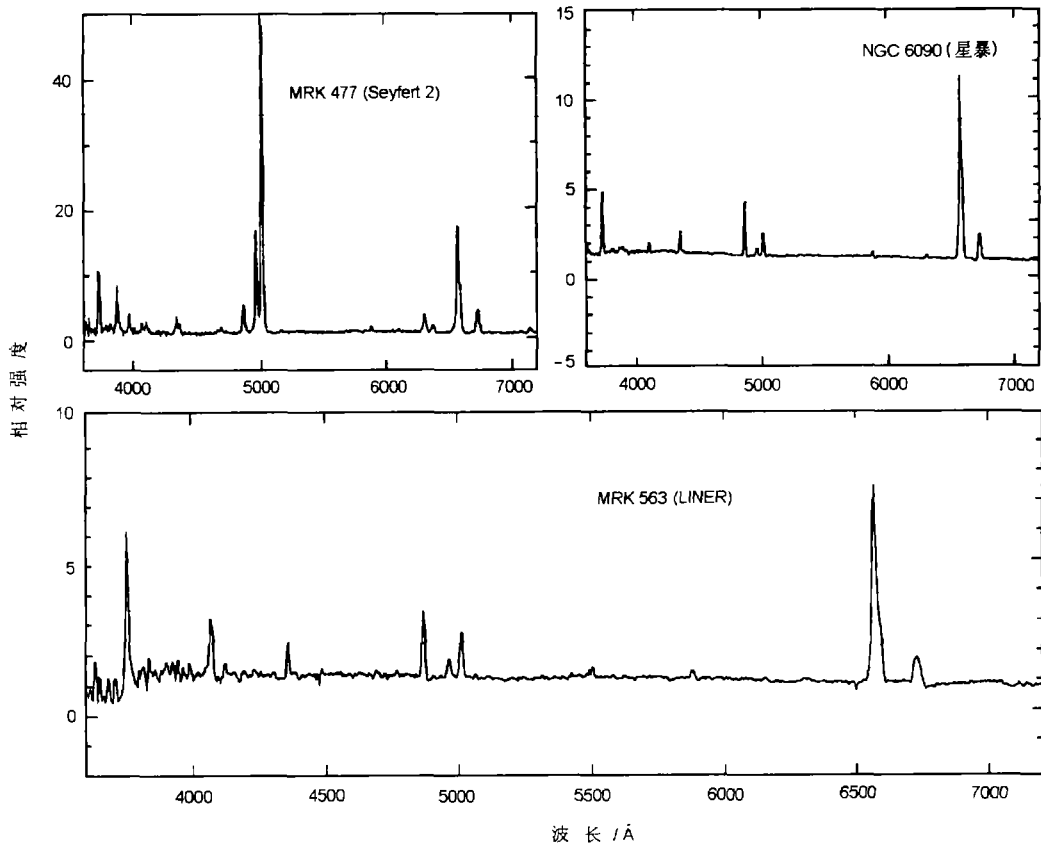


图1 NGC 6090(星暴星系)、MRK 477(Seyfert 2)和MRK 563(LINER)的光谱
由孔旭、程福臻利用北京天文台2.16m望远镜观测得到

的特性也就是引出其定义的一些特征。追溯到 1980 年 Heckman^[1] 曾描述过的一类星系核, 这类天体的光学谱线与 H II 区和经典活动星系核都有很大的不同, 其特点是具有电离度相对低的窄线发射。这类天体被定义为 LINERs, 其定义标准为 $[\text{O II}] \lambda 3727 / [\text{O III}] \lambda 5007 > 1$, $[\text{O I}] \lambda 6300 / [\text{O III}] \lambda 5007 > 1/3$ 。比较而言, H II 区和星暴星系的 $[\text{O I}] \lambda 6300$ 发射线非常弱, 原因是其内部 O 型星附近的中性氢和电离氢之间的过渡区很小而非常弱。而 Seyfert 星系核的窄线区则具有极强的 $[\text{O III}] \lambda 5007$ 的发射, 有时 $[\text{N II}] \lambda 6584$ 也非常强。这些区别可以在图 1 中看出。

除了电离度低这个主要特点外, 在光学波段的观测中 LINERs 还表现出以下特性:

(1) LINERs 在我们的观测范围内是非常普遍的。从 Heckman^[1] 等人的早期观测一直到最近的光学巡天结果都证实了这一点。最近的一次光学巡天是由 Ho 等人用帕洛马天文台的 5m Hale 望远镜完成的^[3]。他们对北天 ($\delta > 0$) 的 486 个 $B_T < 12.5\text{mag}$ 的邻近星系进行了观测, 其统计结果为: 19% 的星系表现出 LINERs 的光谱特征, 另有 14% 具有介于 LINERs 和 H II 区之间的光谱特征。总的来说在我们附近的亮星系中约有 1/3 表现出 LINERs 的特征。

(2) LINERs 主要存在于 Hubble 类型较早的星系中。在上述的帕洛马巡天结果中, LINERs 所在的寄主星系有 40% 的 Hubble 类型属于 E~S0, 另 60% 属于 Sa~Sab。这与 H II 区 (主要是新形成的恒星引起光致电离产生谱线发射) 有着明显的不同。H II 区所在的寄主星系主要是些 Hubble 型较晚的星系 (有 63% 属于 Sc 和更晚的类型)。至于 LINERs 与 Seyfert2 则很相似, 其差别仅在于 LINERs 在椭圆星系中占有相对高的比例。在寄主星系的亮度分布上 LINERs 与 Seyfert2 星系也很相似, 其峰值 $M_{B_T} = -20.5\text{mag}$ ($H_0 = 75 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$), 而 H II 区则要比它们低 0.5mag。

(3) 部分 LINERs 中存在宽 $\text{H}\alpha$ 线发射。经典的 AGNs 与其它类型天体区别的一个明显特征就是其光谱中存在宽的允许线发射。而一般认为宽线区 (BLR) 的存在是由黑洞吸积产生的。所以对 LINERs 进行宽发射线的探测将对 LINERs 的辐射机制的黑洞吸积解释有很大帮助。又因为在光学波段最强的允许线一般是 $\text{H}\alpha$ 线, 所以帕洛马巡天的一个主要目的就是寻找宽 $\text{H}\alpha$ 线。其结果是在所有探测到具有宽 $\text{H}\alpha$ 线的天体中 (为 AGNs 的 22%) 有一半是 LINERs。这是一个重要的发现, 它使我们想到对 LINERs 可以像对 Seyfert 星系一样分成 1 型和 2 型 (具有和没有 BLR 的)。在所探测到的 LINERs 中约有 24% 属于 LINERs1, 而在 LINERs 和 H II 区的过渡区中这个比例降到 4%。这可能是由于某些原因在过渡性天体中存在的 H II 区部分挡住了探测; 也可能在过渡性天体中存在 BLR 的比例确实比 LINERs 低。这也许可以作为对过渡性天体主要是由热星提供能量的观点的支持。总而言之, 在 LINERs 中 (包括过渡区天体) 有 16% 具有宽 $\text{H}\alpha$ 线, 由此可以认为至少有一部分 LINERs 是典型的 AGNs。Shields 等人 (2000) 对哈勃太空望远镜首次发现的具有宽巴尔末发射线的 LINERs NGC 4203 的光谱进行了研究^[14]。1985 年帕洛马 5m 望远镜的地面观测也曾发现 NGC 4203 具有宽 $\text{H}\alpha$ 线^[15]。但在早先的光谱中宽 $\text{H}\alpha$ 线的轮廓可以很好地用高斯型来描述, 其半峰全宽为 $1500\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$, 而哈勃的观测为 $7200\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ 。发射线的轮廓表明在 NGC 4203 中存在相对论性的吸积盘, 为黑洞的存在提供了定性的证据。

(4) 双峰宽 $H\alpha$ 线发射。近些年来对 LINERs 的 BLR 中的双峰宽 $H\alpha$ 线发射研究得很多。具有双峰宽 $H\alpha$ 线的 LINERs 有一个显著的特点就是其谱线轮廓是短时间存在或是高度变化的。近几年发现的几个具有双峰宽 $H\alpha$ 线 LINERs, 如 NGC 1097, Pictor A 和 M81, 而它们以前都不曾具有双峰宽 $H\alpha$ 线的观测特征^[16~18]。为了解释这个观测现象曾建立了许多模型, 如在吸积盘中的相对论性运动^[19,20]、双黑洞产生的两个分离的宽线区发射的叠加^[21]和宽线区的各向异性的照射^[22]。理论和近期的观测结果表明, 这种双峰宽发射线的最可能起源是围绕中心黑洞的吸积盘, 其他解释逐渐被排除^[24]。Ho 等人 (2000) 对哈勃太空望远镜新近发现的具有双峰宽发射线的 LINERs(NGC 4450) 的辐射机制进行了研究, 结果表明 NGC 4450 中的宽 $H\alpha$ 的轮廓可以很好地用一个半径为 1000~2000 倍引力半径的倾斜吸积盘来解释^[24]。

2.2 紫 外

在紫外波段上 LINERs 最使我们感兴趣的特性是致密源的存在。因为能够引起光致电离连续谱的中央致密源的存在也许能揭示 LINERs 的非恒星辐射的本质。在这方面紫外波段比光学波段更有优势, 因为它可以减少晚期恒星引起的光污染。哈勃空间望远镜 (HST) 做过两次照相观测^[25,26], 发现有些 LINERs 确实存在致密的紫外发射, 但仅占总数的 20%~25%。其中 Maoz 等人 (1996) 在紫外波段 (2300 Å) 用 HST 上的暗天体照相机 (FOC) 对 110 个邻近星系的核区进行了照相观测^[27]。在总共 25 个 LINERs 中有 5 个核区存在紫外源, 且大多数情况下是不可分辨的, 其尺度 < 2 pc。这种致密源的存在表明它们可能具有非恒星的本质, 但具有这种亮度的致密星团也是可能存在的。这种致密紫外源有如下一些特性:

(1) 源的探测率与星系倾角的关系: 上面提到的两次观测结果表明源的探测率是很低的, 但实际上存在率并不一定这么低。Ho 等人 (1997) 发现, 在一个 LINER 中探测到紫外致密源的可能性与其所在星系的倾角和星际红化有很大关系^[28]。他们发现几乎所有探测到紫外致密源的 LINERs 的倾角都很小, 且寄主星系是低吸收的; 所有探测到紫外致密源的 LINERs 的倾角没有大于 65° 的或是高度红化的 ($H\alpha/H\beta > 3.6$); 倾角 $i < 45^\circ$ 的 LINERs 有 2/3 具有紫外发射; 光学照相显示很多低倾角的星系 (如 NGC 3607) 有光学厚的容易吸收紫外线的尘埃带覆盖着核区。因此实际具有紫外致密源的 LINERs 要比探测到的多得多。

(2) 源的探测率与宽 $H\alpha$ 线的关系: 用 Ho 等人 (1997b) 的宽 $H\alpha$ 线测量结果, 可以对一些 LINERs 的紫外性质和宽线性质进行比较^[4]。Ho 等人 (1997e) 做了这项工作^[29]。在 6 个可探测到紫外发射的 LINERs 中有 3 个具有宽 $H\alpha$ 线, 而在 18 个没有探测到紫外发射的 LINERs 中只有 4 个具有宽 $H\alpha$ 线。尤其是其中 2 个具有不可分辨的紫外源的 LINERs 都有宽 $H\alpha$ 线, 这使我们相信在有点状紫外源的核中发现宽 $H\alpha$ 线的可能性更大, 目前的问题是样本太小了。

(3) 紫外谱的能量分布: Ho 等人 (1997e) 对 7 个 LINERs 的紫外谱的能量分布进行了研究。经过星系红化改正之后大多数 LINER 的紫外谱的能量分布为幂律形式, 谱指数 $\alpha = -0.5 \sim 0.5$, 接近平谱^[29]。

2.3 X 射线波段

在 X 射线波段, 主要是通过研究 LINERs 的 X 射线的光变时标、亮度、源的延展性等来了解 LINERs 的本质。但在 X 射线波段探测过的 LINERs 并不多, 观测的样本很小, 而且手段也不统一。下面介绍最近的一些观测结果。

Komossa 等人 (1999) 利用 ROSAT 的全天巡天结果抽取 13 个 LINERs 的光谱, 对源的空间性质及 X 射线的短时间光变特征进行了分析^[30]。主要结论如下: (1) 这些 LINERs 在 0.1 ~ 2.4 keV 的波段上的光度范围是 $L_X \approx 10^{30.7} \sim 10^{33.8}$ J/s, 比通常的 AGN 低。(2) 这些 LINERs 的 X 射线源大多数为点状源, 有一些具有发射强度较低的扩展源。(3) 在这些 LINERs 中没有发现短时标的 X 射线光变, 这与 LINERs 的吸积模型的预言相符。(4) 有一半的 LINERs 的谱为幂律谱, 谱指数 $\alpha_X \approx 1$ 。

Ptak 等人 (1998) 利用 ASCA 卫星对一些低光度的 AGNs 进行了 X 波段的探测, 其中包括 5 个 LINERs^[31]。结果发现这些 LINERs 可以用一个统一模型来描述。每个 LINER 的光谱由两部分组成, 一部分是软的热发射; 另一部分是幂律谱, 其谱指数 $\alpha_X \approx 0.7$ 。这两部分的相对强度在不同的 LINERs 中并不相同。此前对个别 LINERs 的一些观测结果都支持这个结论。

2.4 红 外

目前对 LINERs 在红外波段的性质了解得较少。因为在这个波段上从核区发出的发射线和连续谱与星光相比非常弱, 且分辨率很低。早期 Lawrence 等人 (1985)、Willner 等人 (1985) 的一些大样本观测发现在波长小于 $5\mu\text{m}$ 时恒星的发射占主导地位, 而在 $10\sim 20\mu\text{m}$ 的范围内可能由于尘埃的存在而具有过量的辐射^[32,33]。这种过量辐射的强度与 $\text{H}\alpha$ 线的强度比显示出是紫外连续谱加热尘埃而引起再辐射。在中红外波段 ($8\sim 13\mu\text{m}$) LINERs 的一些特征和 Seyfert 星系核相似而和星暴星系不同。在红外波段上的几条重要发射线为: $[\text{Fe II}]$ ($1.2567\mu\text{m}$), $\text{Pa}\beta$ ($1.2818\mu\text{m}$), $\text{H}2$ ($2.1218\mu\text{m}$), 及 $\text{Br}\gamma$ ($2.1655\mu\text{m}$)。Larkin 等人 (1998) 用 5m Hale 望远镜对 11 个 LINERs 进行了红外观测, 简要结果如下^[34]: (1) 在 LINERs 中 $[\text{Fe II}]$ 和 $\text{H}2$ 是红外波段最强的发射线。约有半数的 LINERs 的 $[\text{Fe II}]/\text{Pa}\beta$ 和 $\text{H}2/\text{Br}\gamma$ 比典型的 Seyfert 星系高两个数量级, 比星暴星系高 5 个数量级。(2) 以 $[\text{Fe II}]/\text{Pa}\beta = 2$ 为分界线, LINERs 可分成两类: 具有强的 $[\text{Fe II}]$ 发射线的 LINERs 表现出恒星形成的迹象, 其 $[\text{Fe II}]$ 发射线与致密的超新星遗迹的冲击吸收的效果相同; 而具有弱的 $[\text{Fe II}]$ 发射线的 LINERs 更像是 Seyfert 星系。(3) 在 LINERs 的几个谱线比 $[\text{Fe II}]/\text{Pa}\beta$, $\text{H}2/\text{Br}\gamma$ 和 $[\text{O I}]/\text{H}\alpha$ 之间发现有很强的线性关系。

Almudena 等人 (2000) 对 9 个 LINERs 在 J 波段 ($1.15\sim 1.35\mu\text{m}$) 上的谱做了研究, 得到了一些新的结论^[35]。他们发现很大一部分 LINERs 的光学和红外发射线可以用演化的星暴模型来解释。这个模型由一个富金属的、温度 $T = 38\ 000\text{K}$ 的 H II 区和一个超新星遗迹两部分构成。两部分的比例由 $[\text{Fe II}]/\text{Pa}\beta$ 的比来决定。因为 $[\text{Fe II}]$ 线主要是由超新星遗迹驱动的激波激发的, 而 H II 区中的 $\text{Pa}\beta$ 线是由大质量年轻恒星激发的。他们用星暴星系的电离强度对超新星遗迹的产生之比 $L_{\text{ion}}/(SNR)$ 来验证这个模型。由以上关系, 他们预言了星暴星系和超新星起主要作用的 LINERs 之间的相对数量, 结果与观测符合得很好。Taniguchi 等人 (2000) 提出了另外一种星暴模型, 认为 LINERs 中的电离源是行星状星云的核, 其温度为 10^5K , 处于星暴演化的后期^[36]。这个模型可以解释一些不具明

显 AGN 特征的 LINERs 的一些重要发射线的强度比。

2.5 射电

射电波段观测的一个优点是受星际尘埃吸收和光电子吸收的影响小,分辨率很高。它是分离 AGN 核心的一种有效手段。AGN、H II 区及超新星遗迹都有射电发射,但由于 AGN 的射电谱具有平谱、高的亮温度和源的致密性等特点,可以和其他射电源区别开。因此研究 LINERs 的射电谱的特性有助于了解 LINERs 的物理本质,尤其是 LINERs 是否是典型的 AGN。在射电波段上, LINERs 常常具有非常致密的射电源 ($< 0.1\text{pc}$)。早在 1980 年, Heckman 刚定义 LINERs 的时候就注意到了这个现象,他发现 LINERs 似乎总是和致密的核射电源联系在一起^[1]。在他观测的近 90 个亮星系中有 67% 的致密的核射电源属于 LINERs,而在非致密的核射电源中只有 27% 属于 LINERs。LINERs 的出现和致密核射电源的出现在统计上是相关的。在 Hubble 类型较早的星系中 LINERs 和致密核射电源同时出现的频率更高,而有致密射电发射核的 LINERs 具有宽线发射和富金属的倾向明显。van Dyk 和 Ho(1997) 用 VLA 在 8GHz 和 5 GHz 上对帕洛马星系巡天中的 48 个 LINERs 进行了射电观测^[37]。结果在不低于 0.5 mJy (对致密射电源) 或 2 mJy (对相对弥散的射电源) 的水平上几乎所有的星系都表现出致密的射电核,但这种致密的射电核是由致密的星暴星系产生的还是和 AGNs 有关并不清楚。Falcke 等人 (1997) 用 VLA 在 15GHz 上对这些样本进行了谱形的研究,结果发现至少有四分之一的 LINERs 具有平谱的射电核^[38]。这个结果和它们的 $\text{H}\alpha$ 线的流量相结合支持了 LINERs 的 AGNs 的解释。为了进一步证明 LINERs 中的射电核的存在与 AGNs 有关, Falcke 等人 (1998) 又在以上样本中选了 11 个具有平谱且流量大于 3 mJy 的射电核进行观测,其中两个表现出喷流状的延展结构,其余的则基本上是点状源^[39]。其亮温度不低于 10^8K 。因此他们认为,至少有一些 LINERs 的发射机制和典型的 AGN 相同。

3 对几个 LINER 的 IUE 紫外谱的分析

前文提到 Ho 等人 (1997d) 对 7 个 LINERs 的紫外谱的能量分布进行了研究,发现 7 个 LINERs 的紫外谱很接近平谱^[28]。我们也对一些 IUE 观测得到的 LINERs 紫外谱进行了分析。首先选择长波和短波的信噪比都比较大的谱,然后把短波和长波的谱连接起来。再将波长和流量都变成对数形式,通过拟合得到每个 LINER 的紫外谱的谱指数,我们发现 LINER 的谱指数都介于 1 和 -1 之间,紫外谱较平。在图 2 中我们分别画出了星系 NGC 3031、NGC 3994、NGC 4579 和 NGC 4594 的紫外谱。可以看到, NGC 3031 的信噪比最大,发射线比较明显,其连续谱的谱指数约为 0.5。NGC 3994 和 NGC 4594 的谱更平,谱指数接近 0。NGC 4579 的谱的信噪比相对差一些,其谱指数接近于 0.3。图中有的在长波段有翘起,可能是大质量恒星的贡献。

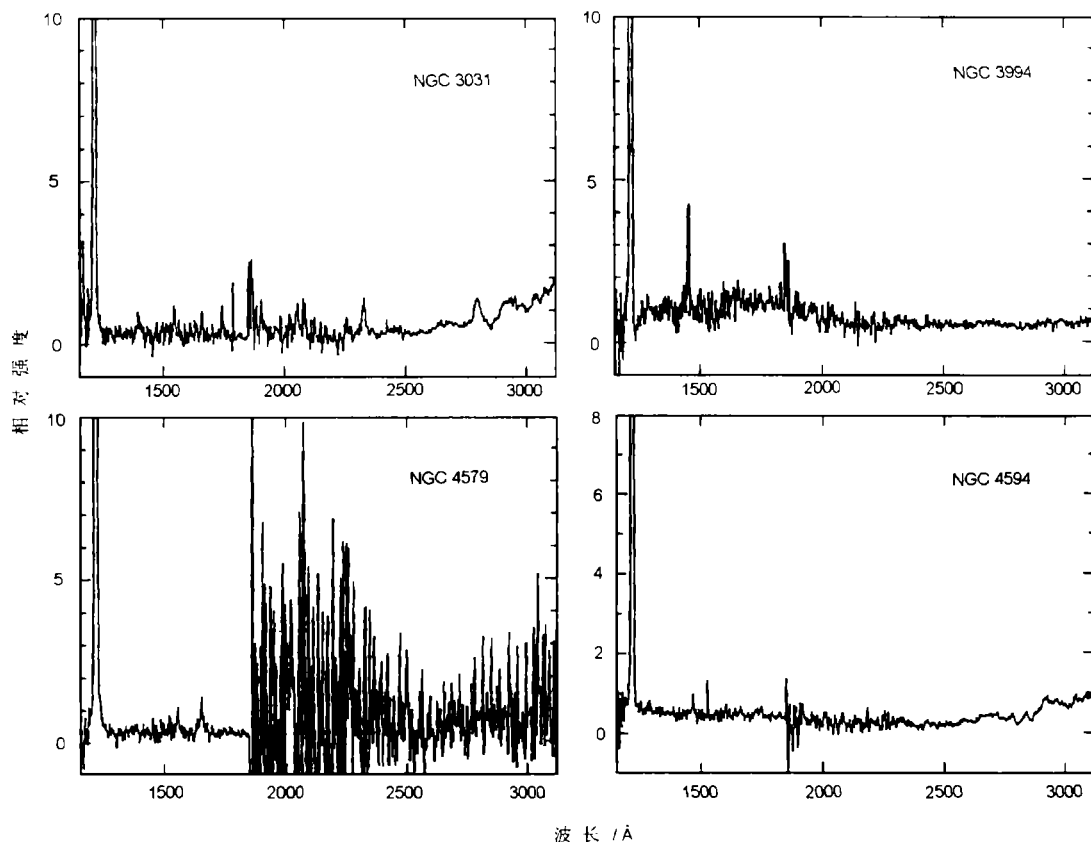


图 2 4 个 LINERs 的 IUE 紫外谱

4 讨论和结论

通过对 LINERs 在各个观测波段上的一些特性的研究, 我们对 LINERs 有了一个比较全面的认识。我们认为, 一些表现出如下至少一个特征的 LINERs 可能是典型的活动星系核: (1) 具有硬的 X 射线的连续谱; (2) 具有宽的光学发射线; (3) 具有双峰宽 $H\alpha$ 线发射; (4) 具有点状紫外源; (5) 具有致密射电核和喷流。应该指出, 这五种特征中往往有两种以上为某些活动星系核和 LINERs 兼而有之。如 (1)、(4) 两种特征, (3)、(5) 两种特征, (2)、(1)、(4) 三种特征常常同时出现, 这些有关联的特征已被活动星系核的统一模型所解释^[40]。但具有以上某些特征的 LINERs 只占总的 LINERs 中的一小部分; 大多数 LINERs 并不具有以上特征, 对于这些 LINERs 它们的能源是什么? 辐射机制是什么? 目前还不清楚。尽管提出了一些模型, 如星暴模型、超新星遗迹假说等, 只能解释它们的部分特征。我们最感兴趣的是, 活动星系核的统一模型能否解释所有 LINERs 的能源和辐射机制; 如果不能, 它们本质是什么? 它们又是怎样形成和演化的? 这正是需

要进一步用多波段观测更大样本并进行深入理论分析才能回答的。

参 考 文 献

- 1 Heckman T M. *Astron. Astrophys.*, 1980, 87: 152
- 2 Ho L C, Filippenko A V, Sargent WLW. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1995, 98: 477
- 3 Ho L C, Filippenko A V, Sargent WLW. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1997a, 112: 315
- 4 Ho L C, Filippenko A V, Sargent WLW. *Ap. J.*, 1997b, 487: 568
- 5 Burbidge E M, Burbidge, G R. *Ap. J.*, 1962, 135: 694
- 6 Fosbury R A E, Mebold U, Goss W N *et al.* *M.N.R.A.S.*, 1978, 183: 549
- 7 Dopita M, Allen M, Bicknell GV *et al.* In: Eradeous A *et al.* eds. *The Physics of LINERs.* *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.*, 1996: 103, 44
- 8 Contiti M. *Astron. Astrophys.*, 1997, 323: 71
- 9 Ferland G, Netzer H. *Ap. J.*, 1983, 264: 105
- 10 Halpern J P, Steiner J E. *Ap. J.*, 1983, 269: L3
- 11 Binette L. *Messenger*, 1984, 38: 13
- 12 Binette L. In: Giuricin G *et al.* eds. *Structure and Evolution of Active Galactic Nuclei*, Dordrecht: Reidel, 1986: 475
- 13 Ho L C, Filippenko A V, Sargent W L W. *Ap. J.*, 1993, 417: 63
- 14 Shields J C, Rix H W, McIntosh D H *et al.* *Ap. J.*, 2000, 534: 27
- 15 Ho L C, Filippenko A V, Sargent W L W. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1997c, 112: 391
- 16 Storchi-Bergmann T, Baldein J A, Wilson A S. *Ap. J.*, 1993, 410: L11
- 17 Halpern J P, Eracleous M. *Ap. J.*, 1994, 433: L17
- 18 Bower G A, Wilson A S, Heckman T M *et al.* *A. J.*, 1996, 111: 1901
- 19 Chern K, Halpern J P, Filippenko A V. *Ap. J.*, 1989, 339: 742
- 20 Chern K, Halpern J P. *Ap. J.*, 1989, 344: 115
- 21 Gaskell C M. In: *Proceedings of 24th Liege International Astrophysical Colloquium, Quasars and Gravitational Lenses*, Liège, Belgium: Université de Liège, Insteiut d' Astrophysique, 1983: 473
- 22 Goad M R, Wanders I. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1996, 496: 113
- 23 Eracleous M. In: Gaskell C M *et al.* eds. *Structure and Kinematics of Quasar Broad-Line Region*, San Francisco: ASP, 1999: 163
- 24 Ho L C, Rudnic G, Rix H W *et al.* *Ap. J.*, 2000, 541: 120
- 25 Maoz D, Filippenko A V, Ho L C *et al.* *Ap. J.*, 1995, 440: 91
- 26 Barth A J, Ho L C, Filippenko A V *et al.* *Ap. J.*, 1998, 496: 133
- 27 Maoz D, Filippenko A V, Ho L C *et al.* *Ap. J. Suppl. Ser.*, 1996, 107: 215
- 28 Ho L C, Filippenko A V, Sargent W L W. *Ap. J.*, 1997d, 487: 591
- 29 Ho L C, Filippenko A V, Sargent W L W. *Ap. J.*, 1997e, 487: 579
- 30 Komossa S, Bohringer H, Huchra J K. *Astron. Astrophys.*, 1999, 349: 88
- 31 Ptak A, Yaqoob T, Mushotzky R *et al.* *Ap. J.*, 1998, 501: L37
- 32 Lawrence A, Ward M, Elvis M *et al.* *Ap. J.*, 1985, 291: 117
- 33 Willner S P, Elvis M, Fabbiano G *et al.* *Ap. J.*, 1985, 229: 443
- 34 Larkin J E, Armus L, Knop R A *et al.* *Ap. J.*, 1998, 114: 59
- 35 Almudena A H, Marcia J R, George H R *et al.* 1999, *Astro-ph/9909316*
- 36 Taniguchi Y, Shioya Y, Murayama T. *A. J.*, 2000, 120: 1265
- 37 van Dyk S, Ho L C. In: Zensus A *et al.* eds. *Astron. Soc. Pac. Conf. Ser.*, 1997: 144, 205
- 38 Falcke H, Wilson A S, Ho L C. In: Ostronski M *et al.* eds. *Relativistic Jet in AGN*, [s.l.]: [s.n], 1997: 13
- 39 Falcke H, Wilson A S, Simpson C. *Ap. J.*, 1998, 502: 199

40 Peterson B M. An Introduction to Active Galactic Nuclei, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1997. 110

Reserch on Multi-band Characters of LINERs

Zhang Tianzhi¹ Cheng Fuzhen^{1,2} Kong Xu^{1,2,3}

(1 Center for Astrophysics, University of Science and Technology of China, Hefei, 230026)

(2 National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100012)

(3 Beijing Astrophysics Center (BAC), Beijing, 100871)

Abstract

This is a review paper of LINERs. We collected the research results of LINERs in multi-band. The models presented different characters in each wavelength band have been discussed. It is important to evaluate the probability of LINERs as typical AGNs. The LINERs classified as typical AGNs at least have one of the following physical characters: (1) the presence of broad emission-line region;(2) the presence of double peak broad H α line; (3) the presence of hard X-ray source; (4) the presence of point-like ultraviolet source; (5) the presence of radio core and jets.

Key words AGN—narrow emission line—broad emission line—multi-band observation