

BL Lac 天体和 FR-I 射电星系的 统一模型 (I)

张有宏¹ 谢光中^{1,2} 刘江^{1,3} 王学明¹ 王建诚¹

(1 中国科学院云南天文台 昆明 650011)

(2 中国高等科学技术中心(世界实验室), 天文和天体物理分中心 北京 100080)

(3 云南师范大学物理系 昆明 650092)

摘 要

从射电结构的角度评述了 BL Lac 天体和 FR-I 射电星系的统一模型的最新进展, 内容包括射电结构、延展射电光度 (P_{ext})、最大角尺度 (LAS)、射电核主导系数 (f) 的比较以及对相对论聚束的测试。最新的射电观测资料表明 XBLs 是介于 FR-I 和 RBLs 之间的过渡型天体, 这为 BL Lac 天体是聚束的 FR-I 射电星系提供了一个很好的证据。

关键词 (星系:)BL Lac 天体: 一般 — 星系: 结构 — 星系: 喷流 — 星系: 射电光度

1 引 言

BL Lac 天体是活动星系核 (AGNs) 中最罕见、性质最独特、也是目前最不了解的一类天体。早期的 BL Lac 天体都是通过射电巡天发现的, 称为射电选择的 BL Lac 天体 (RBLs)。最近已经证明 X-ray 巡天是一种发现 BL Lac 天体的有效方法^[1,2], 这类 BL Lac 天体称为 X-ray 选择的 BL Lac 天体 (XBLs)。RBLs 和 XBLs 有以下特征^[3]: (1) 很平的幂律谱在红外或光学波段变陡; (2) 快速、大幅度的光学、射电或 X 射线光变; (3) 很高的光学和射电偏振度也是快速变化的; (4) 非常小的或没有紫外过剩 (“蓝包”); (5) 非常弱的或没有发射线。但是 XBLs 和 RBLs 也存在明显的差别: 与 RBLs 相比, XBLs 通常是较弱的射电源, 红移较小, 而且其光变和偏振度都比 RBLs 小^[4]。许多作者已证明在 $\alpha_{ro}-\alpha_{ox}$ 关系图上^[5,6], RBLs 和 XBLs 占据不同的区域, 即 RBLs 的全波段连续谱更类似于平谱类星体。由于 XBLs 主要选择于低红移, 所以 XBLs 也许表现出负演化^[7], 而 RBLs 趋于高红移选择的, 表现出与类星体相似的正演化^[8]。

BL Lac 天体的特殊性质, 目前认为是辐射等离子体喷流的相对论运动方向非常接近于观

1994 年 7 月 2 日收到, 1994 年 12 月 15 日收到修改稿

云南省应用基础研究基金(青年基金)资助项目

测者的视线方向, 它们的许多确定无疑的特征, 都可用 Doppler 增强和聚束辐射得到解释^[9]。

这个所谓的“相对论聚束模型”已经导致了 BL Lac 天体“统一模型”的建立, 即假设 BL Lac 天体是喷流方向接近于视线方向的射电星系。统一模型的实质是: 当射电星系的喷流方向接近观测者时, 它就可能成为一个 BL Lac 天体。RBLs 比 XBLs 更特殊的性质, 说明 RBLs 的喷流方向比 XBLs 更接近于视线方向或者说有更大的聚束因子。近几年来, 根据射电结构、光度函数、发射线以及寄主星系等特征, 许多作者假设 FR-I 型射电星系 (FR-Is)^[10] 是 BL Lac 天体最可能的“母体” (parent population)^[11-18]。FR-I 射电星系的特征是^[10]: 低射电光度 ($P_{178\text{MHz}} < 10^{25.5} \text{WHz}^{-1}$), 其喷流的准直性较差, 射电辐射能量峰值的空间位置在其光学对应体上, 而且向远离中心方向减弱 (edge-dimmed)。如果喷流方向和观测者的视线方向的夹角 (称为视角, 下同) 很小, 那么 FR-Is 中的任何相对论运动都会在所有波段产生辐射光度的 Doppler 增强。FR-Is 的延展射电光度 (非聚束) 和 BL Lac 天体相似^[12,17], 像 BL Lac 天体一样位于亮的椭圆星系中^[17,19,20], 而且是其空间密度唯一能成为 BL Lac 天体母体的一类 AGNs^[21,22,23]。最近, 我们也从 Hubble 图上论证了 BL Lac 天体 (经过相对论修正的) 和 FR-Is 的统一^[24], 受到了国际同行的重视。

最近, 由于 Perlman 等人对完备的 EMSS XBLs^[1] 以及 Laurent-Muehleisen 等人对完备的 HEAO-1 XBLs^[2] 射电结构的观测, 证明了 XBLs 是 FR-Is 向 RBLs 过渡的中间型天体, 从而把统一模型的研究推向一个新高潮。因此, 在本文中着重从射电结构角度评述有关统一模型的最新进展, 在本文的第二部分, 我们将从其他方面对统一模型作更全面更详细的讨论。

2 BL Lac 天体的射电结构

2.1 RBLs 的射电结构特征

由于 VLA 的广泛应用, 人们已经对许多 BL Lac 天体的射电结构进行了深入而细致的研究^[12,13,15,25,26], 但这些研究基本上是对 RBLs 进行的。观测大都利用 VLA 的 A- 模式, 波长 20cm (1.4GHz) (一些源用 VLA B- 模式, 波长 6cm)。他们都发现许多 (但不是全部) RBLs 具有和 FR-Is 相似的延展射电结构和辐射, 对于其结构可以分解的 RBLs, 所观测到的形态也和 XBLs 非常相似^[1]。一些 RBLs 的确为单边 (如 Ap Librae) 或结构大体可分解的 WAT (wide-angle-tail) 源 (如 3C 66A, Mrk 421, PKS 2155-304), 这正是大多数 FR-Is 具有的结构特征^[1]。尽管 1400+162^[13,28,29], 3C 371^[27,30] 和 2007+777^[25,27] 这三个源有确定的双瓣结构, 但 1400+162 和 3C 371 并没有明显的 FR-II 形态特征, 即临边增亮 (edge-brightening) 或热斑 (hot spots)。根据其光度和射电形态, 2007+777 可能是一个 FR-II 源。一个值得引起注意的现象是 Kollgaard 等人最近对 17 个 RBLs 的高动态范围的观测^[27]。在至少 4 个源中, 灵敏度足以表现出延展射电辐射的线偏振特征。对于有延展辐射和红移的 10 个 RBLs, 从它们的射电形态和偏振特征以及延展射电光度来看, 至少 3 个源 (0954 + 658, 1308 + 326, 1823 + 568) 有 FR-II 射电源的所有特征, 1749 + 701 和 2007 + 777 也可能是 FR-II 源候选者。另外 3 个源 (0300 + 471, 1219 + 285, 1652 + 398) 确定无疑是 FR-I 源。其他一些源很难从形态上分类, 但在毫角秒尺度上, 这些 RBLs 没有一个表现出 FR-II 源的偏振特征。不仅窄线而且宽线 BL Lac 天体的偏振特征都与类星体不同^[27], 这意味着宽发射线 BL Lac 天

体不可能是类星体, 也与大多数 BL Lac 天体是类星体的微引力透镜像的说法相抵触。以上分析表明 RBLs 射电形态的复杂性。

2.2 HEAO-1 XBLs 的射电结构特征

Laurent-Muehleisen 等人最近对完备的 HEAO-1(高能天文台一号) XBLs 样本 (29 个源) 中的 15 个进行了 VLA 1.5 GHz 的延展射电形态观测^[2], 其中 12 个 XBLs 表现出与 FR-I 射电星系相似的延展射电形态。XBLs 并不像 FR-Is 那样经常表现出双瓣结构, 反而表现出不定形的延展射电结构, 这正是内禀具有双瓣结构的源对准观测者时应该出现的现象。其中 4 个源 (0414+009, 0549-322, 2201+044 和 2155-304) 出现了单边喷流, 4 个源 (0706+592, 1426+428, 1536+619 和 2356-309) 是第一次探测到延展辐射。

2.3 EMSS XBLs 的射电结构特征

Perlman 等人最近对完备的 EMSS (Einstein extended medium sensitivity survey) XBLs 样本 (36 个源) 中的 14 个进行了射电成图^[1], 所有被观测的对象在 200:1 动态范围的 VLA A-模式 (20cm) 上其形态都是可以分解的。在角秒尺度上, 许多 XBLs 的确具有和 FR-Is 相似的射电形态, 并且都探测到了延展射电辐射。如 MS 2143.2+0704, MS 1534.2+0148 和 MS 0607.8+7108 都是可分解的 WAT 源; 其他几个是不可分解的“头尾” (head-tail) 源, 包括 MS 1407.9+5954, MS 1458.8+2249 和 MS 0158+0019; 至少一个源 (MS 1402.3+0416) 是与 3C 31 相似的 S-形源。这个样本中的其他源 (MS 0257.9+3429, MS 0317.0+1834, MS 0737.9+7441, MS 1229.2+6430, MS 1443.5+6349, MS 1552.1+2020) 具有弥散的单边结构, 没有明显的射电形态, 但这些形态图没有与高光度 FR-II 射电星系或类星体相似的证据。因此, 可以定性地说这些射电图支持 XBLs 是聚束的 FR-I 射电星系。

由此看来, 与 RBLs 相比, XBLs 具有更均匀的延展射电结构, 而且与 FR-Is 的关系更密切。关于每个对象射电结构的详细描述, 请参见所列举的参考文献。

3 延展射电光度的比较

延展射电辐射被认为是非聚束的 (即各向同性), 因此统一模型预言 FR-I 射电星系、XBLs 和 RBLs 的延展射电辐射光度的分布应该相似而与视角无关。图 1 显示了 Perlman 等人分析所用样本的 FR-Is (48 个 B2 源), XBLs (14 个 EMSS 源) 和 RBLs (20 个对象) 的延展射电光度分布的直方图^[1]。

从图 1 可以看出三个样本分布的整体相似性, 峰值大致在相同的光度范围内, 因此可以得出结论, 这三个样本的延展射电辐射内禀相同, 即 FR-Is、XBLs 和 RBLs 是内禀性质相同的一类天体, 它们观测特征的主要差别只是由于视角的不同 (即聚束程度的不同)。通过对这三个样

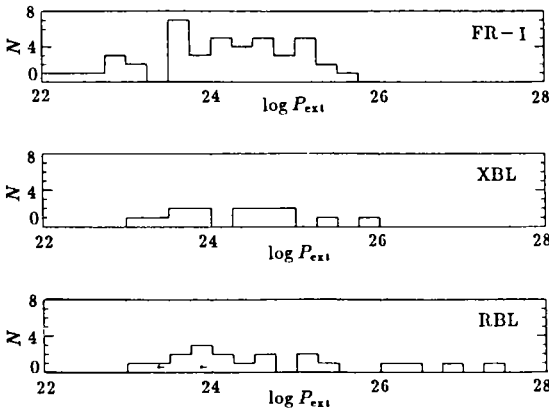


图 1 FR-I 射电星系、XBLs 和 RBLs 的 20cm 延展射电光度 (WHz^{-1}) 分布的直方图^[1]

本进行 Kolmogorov-Sminov 测试, 进一步证实了这个结论。测试表明, FR-Is 和 XBLs 延展射电光度分布来自同一母体的概率为 95%, 而 RBLs 和 FR-Is 统一的概率是 59%。Laurent-Muehleisen 等人的分析也得到了相同的结果 [2]。尽管 RBLs 和 FR-Is 的延展射电光度分布的差别在统计上不太明显, 但文献 [2] 的结果初步表明, RBLs 样本与其他样本不太一致, 大致有 $P_{\text{ext}}^{\text{RBL}} \approx 5P_{\text{ext}}^{\text{FR-I}} \approx 8P_{\text{ext}}^{\text{XBL}}$ 。因为瓣辐射可能是“中心发动机”内禀输出的标志, 所以 RBLs 似乎是比较 FR-Is 和 XBLs 内禀更强的射电源, 与视角没有什么关系。这表明一些 RBLs 可能不是聚束的 FR-Is [27], 但是, 对于数量很小的样本, 这个结论很不确定。RBLs 样本的特殊性还表现在相反两个方面: 第一, 几个能量很高 ($\log P_{\text{ext}} > 26\text{WHz}^{-1}$) 的源把 RBLs 的延展能量分布扩展出了 XBLs 和 FR-Is 所占据的范围之外, 它们的光度高得足以成为 FR-II 源 [27]。如果把这些对象从样本中去掉, 则 RBLs 和 FR-Is 分布相同的概率增加到 93%。Kollgaard 等人发现几个高红移 RBLs 在射电光度、射电结构和射电偏振特征方面可能是 FR-II 源 (如 1308 + 326, 1749 + 701, 1823 + 568 和 2007 + 777), 正好说明这个问题; 第二, 也许是更有趣的, 没有探测到 PKS 1413 + 135 和 1749 + 096 的 20cm 延展射电辐射 ($\sim 1000:1$ 的动态范围), 这两个 RBLs 的 $\log P_{\text{ext}}$ 的上限小于 FR-Is 的平均值, 尽管目前的动态范围不能确切排除这些 RBLs 具有 FR-Is 的延展射电光度, 例如, 最近 Kollgaard 等人发现了 OJ 287 和 1219 + 285 以前不可分解的延展结构。PKS 1413 + 135 是最特殊的一个, 其核主导系数最大, 而且还有一些其他特殊性: 不像所有 BL Lac 天体一样是在椭圆星系中发现的, PKS 1413 + 135 发现于气体相当丰富的旋涡星系 [31,32], 其光学、紫外和软 X 射线的消光非常厉害 [32,33]。因此, PKS 1413 + 135 可能是微引力透镜的优先候选者 [33]。其他核主导系数很大的 RBLs (如 OJ 287, 1219 + 285 和 1749 + 096) 也许同样是由微引力透镜产生的。为确定这些 RBLs 的延展射电流量是否很低, 以及它们的射电形态是否很奇特而不可能是 FR-I 源, 这需要要对它们进行更精确的高动态范围的射电成图。

4 最大角尺度 (LAS) 的比较

Perlman 等人分析所用三个样本的 LAS (largest angular size) 分布直方图见图 2 [1], 可以看出 FR-Is、XBLs 和 RBLs 的 LAS (单位为 kpc) 分布的相似性。

与延展射电光度分布的相似性不同, LAS 分布的相似性不是统一模型所期望的结果。根据延展射电结构按

透视法缩小原理, 统一模型预言 LAS 由大到小的顺序应为 FR-Is > XBLs > RBLs。但由图 2 还可以看出 RBLs 的 LAS 在一定程度上比 XBLs 和 FR-Is 反而还要大一些。尽管文献 [2] LAS 的分布表现出 RBLs < XBLs < FR-Is 趋势, 但在统计上不显著 [2]。需要说明的是文献 [1] 和 [2]

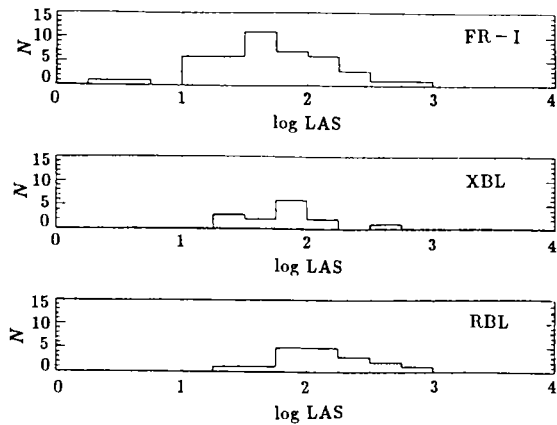


图 2 FR-I 射电星系、XBLs 和 RBLs 的最大角尺度 (LAS) 分布的直方图 [1]

的 LAS 分布稍有差异, 这只是由于所选样本及其数目稍有不同。Laurent-Muehleisen 等人认为 LAS 分布不是统一模型的准确测试, 因为射电星系尺度的内禀弥散大, 而且投影尺度也随视角缓慢变化^[2]。Perlman 等人则把这种现象解释为许多 BL Lac 天体的聚束轴(喷流轴)和 LAS 轴明显不一致^[1]。例如在毫角秒和角秒的尺度上 LAS 轴会产生显著的弯曲, 这将减小按透视法缩小的程度, 因而使得 BL Lac 天体的 LAS 不会明显变小。观测表明许多 BL Lac 天体不直准的 VLBI 结构^[27]支持这种观点。

5 射电核主导系数 f 对聚束的测试

从 FR-Is、XBLs 到 RBLs, 核射电光度明显增加。平均来讲, XBLs 的核射电光度比 FR-Is 亮 25 倍, 而比 RBLs 的核弱 125 倍^[2]。因核辐射是几个参数的函数, 故核射电光度不能准确反映有关聚束的任何信息^[1]。

核主导系数 f ($f = S_{\text{core}}/S_{\text{ext}} = P_{\text{core}}/P_{\text{ext}}$) 是聚束程度更加可靠的测试^[34,35]。Laurent-Muehleisen 等人的分析表明, XBLs 的 f 值比 FR-Is 大 60 倍, 而 RBLs 的 f 值超过 XBLs 6 倍。尽管每个样本的 f 值分布(见图 3)有 2—3 个量级的弥散, 但从整体上来讲, 这些结果表明, 相对于 FR-Is,

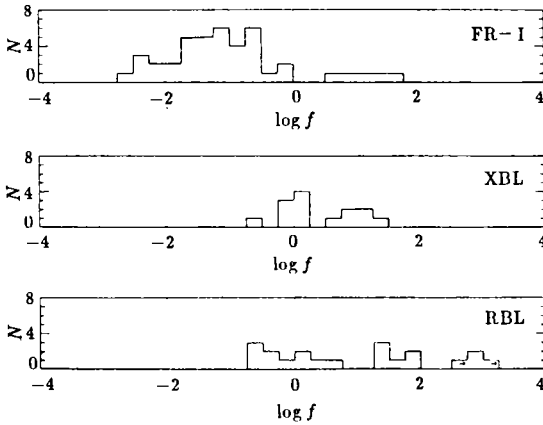


图 3 FR-I 射电星系、XBLs 和 RBLs 的射电核主导系数 (f) 的分布^[1]

XBLs 是中等强度聚束的, 而 RBLs 则是强烈聚束的。观测表明这三类天体内禀性质相同, 如果唯一不同的是视角(光学证据见文献^[36]), 那么 f 的分布应当反映出 XBLs 和 RBLs 的聚束程度的大小。为对比如, 图 4 给出了三个样本的核光度和延展光度的关系图。

由图 3 和图 4 可以看出, 由 FR-Is、XBLs 到 RBLs, f 值的平均增大相当明显。由于 XBLs 和 RBLs 样本的数目很小, 以及每个样本的 f 值的弥散较大, 所以由这些数据得出的聚束大小的特征是粗略的。Perlman 等人采用两种方法对这些结果进行了处理。第一种方法, 确定每个样本 f 的中值, FR-Is 为 0.09, XBLs

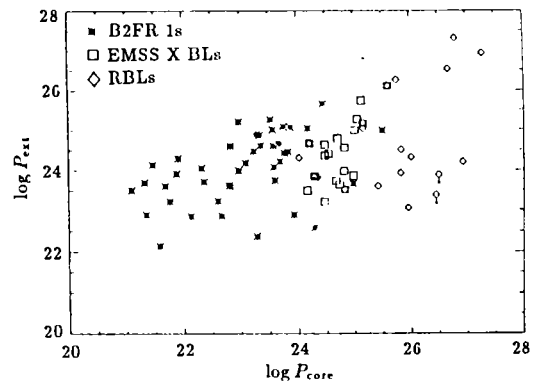


图 4 FR-I 射电星系、XBLs 和 RBLs 的 20cm 延展射电光度和核光度 (WHz^{-1}) 的关系^[1]

为 1.55, RBLs 为 18.6, 由此可得 XBLs 和 RBLs 聚束因子的中值分别为 20 和 200; 第二种方法, 给定 FR-Is 样本的核和延展射电光度间的确定相关性 (图 4), 由此可得 XBLs 和 RBLs 聚束因子分别为 30 和 600。进一步, 假设这三类天体的差别仅由视角引起, Perlman 等人通过 Doppler 增强理论和这些射电数据估算了 XBLs 和 RBLs 视角的范围^[1]。相对论 Doppler 增强的有关公式如下^[1]:

$$P_{\text{core}}^{\text{obs}} = \delta^p P_{\text{core}} \quad (1)$$

$$\delta = [\gamma(1 - \beta \cos \theta)]^{-1} \quad (2)$$

$$\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2} \quad (3)$$

$$\beta = \nu/c \quad (4)$$

其中 δ 为 Doppler 因子, γ 为 Lorentz 因子, θ 为视角, ν 为喷流的相对论速度。为完成视角估算, 还需做以下一些假设: (1) 假设这三类天体喷流的相对论 γ 因子分布相同, 且可用合理的中值代表, 如 $\gamma \sim 8$ ^[18]; (2) FR-Is 的选择与核光度无关 (即与 Doppler 增强无关), 故可设 FR-Is 的视角 $\langle \theta \rangle = 60^\circ$; (3) 核辐射的谱指数设为 $\alpha = 0.3$; (4) 假设表征核光度增强的指数 $p = 3 + \alpha$ (对简单的外向流等离子团), 或 $p = 2 + \alpha$ (对连续性喷流)^[37]。由此得到的视角中值列于表 1 中。简单模型的计算也表明 XBLs 或 RBLs 视角的最大值接近表 1 中的值^[18]。

表 1 各样本视角的中值 (度)^[1]

样本	$p = 3 + \alpha$	$p = 2 + \alpha$
FR-Is	60	60
XBLs	31—33	21—24
RBLs	17—22	9—12

但是, 上面的分析假设了 FR-Is 的核辐射完全非聚束, 这将导致估算 BL Lac 天体视角的中值偏大。例如, 如果 95% FR-I 源的核非聚束, 那么在 $p = 3 + \alpha$ 条件下可得 RBLs 和 XBLs 视角的中值分别为 $\sim 10^\circ$ 和 $\sim 16^\circ$ 。而且上面的分析也过于简单化, 这不仅依赖 XBLs 和 RBLs 样本的大小, 而且只用聚束因子的中值代表每个样本的所有对象, 也假设了 XBLs 和 RBLs 的每个源都是聚束的 FR-Is 源, 鉴于 Kollgaard 等人的观测结果以及两个 RBLs (1413 + 135 和 1749 + 096) 还没有探测到延展射电辐射, 这一点值得怀疑。还有一个问题是, XBLs 和 RBLs 的 f 值的下限几乎等同 (0.23 和 0.30), 这是个不希望得到的结果, 因为如果 RBLs 的观测角总是很小的, 这应该使 XBLs 的 f 值全部小于 RBLs 的 f 值。但是, 当 RBLs 和 XBLs 样本的数量增加时, 如果这种相同的 f 值依然存在, 这就需要找出新的解释。

6 结论

作为总结, 表 2 给出了各种射电参数分布的平均值^[2]。

RBLs、XBLs 和 FR-Is 的延展射电光度和 LAS 统计上的不可区分性 (即相似性), 强烈支持 FR-I 射电星系是 BL Lac 天体的母体这个统一模型的假设。但是, RBLs 的平均延展射电光度比 XBLs 和 FR-Is 稍大一点, 这可能意味 RBLs 是比 XBLs 和 FR-Is 内禀更强的射电

表 2 各种射电参数的平均值^[2]

样本	$\log P_{\text{ext}}^{1.5}$ WHz ⁻¹	$\log(\text{LAS})$ kpc	$\log P_{\text{core}}^{1.5}$ WHz ⁻¹	$\log f$
FR-Is	23.5 ± 0.1	1.6 ± 0.1	22.7 ± 0.1	-1.3 ± 0.1
XBLs	23.3 ± 0.1	1.5 ± 0.1	24.1 ± 0.1	0.5 ± 0.2
RBLs	24.2 ± 0.1	1.4 ± 0.1	26.2 ± 0.2	1.3 ± 0.1

源, 而与任何聚束效应无关。几个 RBLs 使得 RBLs 的延展射电光度分布超出了 XBLs 和 FR-Is 分布的范围。对于一些源(如 3C 66A)可能仅仅是由不正确的红移信息所致; 但对其他一些源, 特别是 1413 + 135 和 1749 + 096, 在 1000 : 1 的动态范围上没有探测到延展射电辐射, 也许聚束的 FR-Is 假设不正确。尽管如此, 这些分布的不可区分性仍强烈支持统一模型, 不过 XBLs 样本似乎比 RBLs 样本更均匀。

射电核主导系数 f 用来作为 BL Lac 天体相对论聚束程度大小的一种量度^[12]。FR-Is、XBLs 和 RBLs 的 f 的中值说明, XBLs 的聚束因子的中值为 20—30, 而 RBLs 的聚束因子的中值为 200—600, 这个结论支持 XBLs 的视角明显大于 RBLs。而且从 FR-Is、XBLs 到 RBLs 的 f 值分布的明显移动(增大), 说明 FR-Is 是不聚束的, XBLs 是中等强度聚束的, RBLs 是强烈聚束的。假设 FR-Is、XBLs 和 RBLs 的喷流有相同的 γ 因子, 可得 RBLs 和 XBLs 的视角中值分别为 10° 和 22°, 这与以前的估计一致^[18], 并与观测到的这两类天体的数密度之比一致。因此, FR-Is、XBLs 和 RBLs 的射电核主导系数的分布明显说明 XBLs 是介于 FR-Is 和 RBLs 之间的过渡型天体, 这正是统一模型所期望的结果。

最后需要说明的是, 以上这些结论是根据数量很小的样本简单分析得出的。很明显, 在由 RBLs 和 XBLs 的射电核主导系数推测出有关它们的相对论聚束因子的确定结论以前, 需要更大样本的 RBLs 和 XBLs 的更精确的 VLA 观测。在我们能够正确理解 BL Lac 天体的特殊性质以及它们和 FR-I 射电星系的关系之前, 需要更多更新的巡天计划发现更多数量的这些罕见的 BL Lac 天体^[38]。

参 考 文 献

- [1] Perlman E S, Stocke J T. *Ap. J.*, 1993, 406: 430
- [2] Laurent-Muehleisen S A et al. *A. J.*, 1993, 106: 875
- [3] Angel J R P, Stockman H S. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 1980, 18: 321
- [4] Jannuzi B T et al. *Ap. J. Suppl.*, 1993, 85: 265
- [5] Stocke J T et al. *Ap. J.*, 1990, 348: 141
- [6] Giommi P et al. *Ap. J.*, 1990, 356: 432
- [7] Morris S L et al. *Ap. J.*, 1991, 380: 49
- [8] Stickel M et al. *Ap. J.*, 1991, 374: 431
- [9] Blandford R D, Rees M J. In: Wolfe A W ed. *Pittsburgh conference on BL Lac objects*. Pittsburgh: Pittsburgh Univ, 1978. 328
- [10] Fanaroff B L, Riley J M. *M.N.R.A.S.*, 1974, 167: 31p
- [11] Browne I W A. *M.N.R.A.S.*, 1983, 204: 23p
- [12] Wardle J F C et al. *Ap. J.*, 1984, 279: 93
- [13] Antonucci R R J, Ulvestad J S. *Ap. J.*, 1985, 294: 158
- [14] Schwartz D A, Ku W H-M. *Ap. J.*, 1983, 266: 459
- [15] Ulvestad J S, Antonucci R R J. *A. J.*, 1986, 92: 6
- [16] Peacock J A. In: Kundt W ed. *Astrophysical jets and their engine*. Dordrecht: Reidel, 1987. 171

- [17] Ulrich M-H. In L Maraschi *et al* eds. BL Lac objects. Heidelberg: Spring-Verlag, 1989. 45
- [18] Urry C M *et al.* Ap.J., 1991, 382: 501
- [19] Abraham R *et al.* M.N.R.A.S., 1991, 252: 482
- [20] Wurtz R *et al.* Bull. Amer. Astron. Soc., 1992, 24: 731
- [21] Padovani P, Urry C M. Ap. J., 1990, 356: 75
- [22] Padovani P, Urry C M. Ap. J., 1991, 368: 373
- [23] Wolter A *et al.* A. J., 1991, 369: 314
- [24] Xie Guangzhong, Zhang Youhong, Fan Junhui, Liu Fukun. Astron. Astrophys., 1993, 278: 6
- [25] Antonucci R R J *et al.* A. J., 1986, 92: 1
- [26] Ulvestad J S *et al.* Ap. J., 1983, 266: 68
- [27] Kollgaard R I *et al.* A. J., 1992, 104: 1687
- [28] Hintzen P, Owen F. A. J., 1981, 86: 1577
- [29] Saihia D J *et al.* M.N.R.A.S., 1987, 228: 203
- [30] Wrobel J M, Lind R. Ap. J., 1990, 348: 135
- [31] McHardy I *et al.* M.N.R.A.S., 1991, 249: 742
- [32] Stocke J T *et al.* Ap. J., 1992, 400: L17
- [33] Carilli C *et al.* Ap. J., 1992, 400: L13
- [34] Scheuer P A, Readhead A C S. Nature, 1979, 277: 182
- [35] Bridle A H A. J., 1984, 89: 979
- [36] Stocke J T *et al.* Ap. J. Suppl., 1991, 76: 813
- [37] Cawthorne T V. In: Hughes P ed. Beams and jets in astrophysics. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1991. 187
- [38] Schachter J F *et al.* Ap. J., 1993, 412: 541

(责任编辑 刘金铭)

The Unified Schemes for BL Lac Objects and FR-I Type Radio Galaxies(I)

Zhang Youhong¹ Xie Guangzhong^{1,2} Liu Jiang^{1,3} Wang Xueming¹ Wang Jiancheng¹

(1. Yunnan Observatory, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650011)

(2. CCAST(World Laboratory) P.O. Box 8730, Beijing 100080)

(3. Department of Physics, Yunnan Normal University, Kunming 650092)

Abstract

This review presents the most recent progress of the unified schemes for BL Lac objects and FR-I type radio galaxies on the basis of structures, including comparison of radio morphologies, extended radio luminosity(P_{ext}), largest angular size (LAS) and radio core dominated factors (f) among the samples, and a test for relativistic beaming is also given. Recent radio data show that XBLs may constitute an intermediate population between FR-I radio galaxies and RBLs, strongly supporting the suggestions for BL Lac objects to be the beamed FR-I radio galaxies and the relativistic beaming model for BL Lac objects.

Key words (galaxies:) BL Lacertae: general—galaxies: structure—galaxies: jets—galaxies: radio luminosity