

# BL Lac 天体近代观测和理论研究的某些进展

谢光中 刘碧芳 刘富坤 李开华

(中国科学院云南天文台)

## 提 要

本文评述了 BL Lac 天体近代观测和理论研究的某些新进展。第一节为引言；第二节分析了近几年来 BL Lac 天体在观测方面的某些新进展；第三节综述了 BL Lac 天体的某些理论与模型，着重讨论了吸积与喷流模型及利用光变时标对这两种模型的判别方法；最后一节讨论了 BL Lac 天体的宇宙学含义。

## 一、引 言

80年代天体物理最重要的前沿课题之一是活动星系核的研究。活动星系核的数量虽然只占星系总数的10%，但其研究内容却十分丰富，意义更十分重大。主要体现在如下两个方面：(1) 活动十分激烈，它们往往以几星期甚至以几十分钟为时标在亮度上呈现巨大变化，它们最亮时亮度为正常星系一万倍。根据有的亮度变化发生在几星期或几十分钟内的事实，可知道正在发出辐射的区域必定只有几光周或百分之几光天的大小。而单位时间输出的能量，却是银河系能量的一万倍！如此大的能量怎样从这么小的区域产生的问题，已成为一大难题；(2) 活动星系核的另一显著特点是红移大，红移覆盖范围也大，因此非常有利于确定减速因子 $q_0$ 及宇宙的性质。可是，在哈勃图上类星体的代表点却很弥散，得不到统计上相关性很好的直线。这有两种可能性：第一种是活动星系核的红移是非宇宙学的，第二种是类星体并非单一类天体，可能包括许多种次型，各次型的绝对星等差别很大。如果将各个次型分别挑选出来进行统计，视星等和红移之间的关系就可能显现出来<sup>[1,2]</sup>。目前大多数人赞同后一种看法，越来越多的观测事实也支持后一种观点。但是，它仍有许多问题有待解决。例如，分成次型后为什么线性关系仍不理想<sup>[1,2]</sup>？作为一种次型的 BL Lac 天体，其哈勃图为何也很弥散等<sup>[3]</sup>？因此，为解决这些问题所取得的任何进展，将有十分重大的意义。

1989年9月2日收到。

1990年5月16日收到修改稿。

## 二、观 测

### 1. 射电宁静问题

大多数 BL Lac 天体是射电搜寻发现的, 最新的 BL Lac 天体表有三个, 分别是由 Urry (1984)<sup>[4]</sup>, Burbidge 等(1987)<sup>[13]</sup>以及 Veron-Cetty 等(1989)<sup>[6]</sup>给出的。综合这三个稍有差异的星表, 我们得到了 120 个 BL Lac 天体的星表(将另文发表)。

按照  $F_r(5\text{GHz}) < F_r(5000 \text{ \AA})$  才算射电宁静的数据, 现在还没发现射电宁静的 BL Lac 天体。基于这一事实, 有人把它作为寻找新的 BL Lac 天体的判据之一。具体做法如下: 首先在蓝色天体中寻找没有特征线的作为 BL Lac 天体的候选者, 然后再根据  $F_r(5\text{GHz}) \geq F_r(5000 \text{ \AA})$  的判据看这些候选者是否有较大偏振, 如有, 再监测它们是否有快速光变。显然, 这种做法本身就有选择效应, 也许它正是缺乏射电宁静的 BL Lac 天体的原因<sup>[6]</sup>。

### 2. 宽波段谱

已对近 30 个 BL Lac 天体和 OVV 类星体进行过多波段同时性观测<sup>[7-10]</sup>。一个典型的宽波段谱如图 1 所示<sup>[6]</sup>, 为便于比较, 在同一张图上还给出蟹状星云的能谱(它是一个典型的同步源)。从射电到 X 射线波段, BL Lac 天体和 OVV 类星体的宽波段谱, 总的特征十分类似, 与蟹状星云的谱相比, 也没什么区别; 在某一能谱带, 大体是幂律谱, 谱指数随能谱的增加而变大; 从射电到红外波段, 谱十分平坦, 在一些情况下还出现倒转谱。如果宽波段能谱由同步辐射产生, 自吸收的转向点将会被清晰地看到。射电谱的极端平坦, 证明在分离的凝块或喷流结构中存在着局部光学厚区域。在光学波段, 谱的陡度更大,

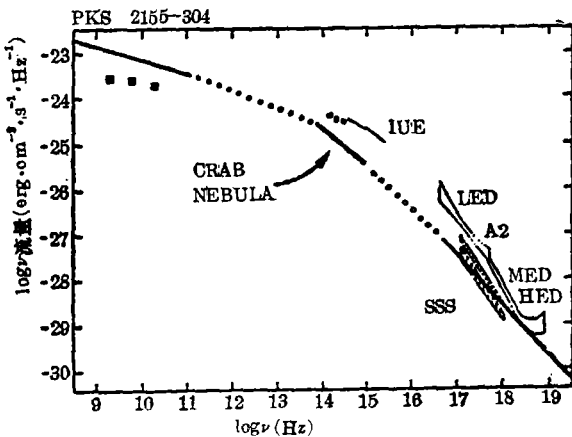


图 1

PKS2155-304 的宽波段谱, 包括非同时性的射电、红外、光学、紫外和 X-ray 谱。作为比较, 图中同时给出了蟹状星云的同步辐射谱, 只是强度缩小了 1000 倍(Urry, C. M. 1988)图中“CRAB NEBULA”表示蟹状星云谱

“IUE”为国际紫外卫星观测结果

“A2. LED. MED. HED”是高能天文台 1 号 A-2 实验中的低、中、高能探测器观测结果

“SSS”为爱因斯坦天文台的固态光谱仪探测结果

然后平滑地连续到紫外波段, 谱指数  $\alpha \geq 1$ 。X 射线谱常常是紫外谱的外推(尽管在一些情况下稍有涨落)<sup>[7]</sup>。在 BL Lac 天体谱中没看到蓝包(blue bump, 在通常的类星体幂律谱中具有蓝色或紫色剩余), 但是, 小蓝包(比总光度小 1%)已在 OVV 类星体 3C446 的谱中看到<sup>[7]</sup>。这一点十分重要, 因为通常的 BL Lac 天体的连续谱与 OVV 类星体的连续谱并无区别, 但 OVV 类星体具有明显的强发射线, 而 BL Lac 却没有。这意味着两者被观测的连续谱的主要部分不代表光致电离光子(像相对论喷流一样), 或者两者产生连续辐射区域的物理条件完全不一样: OVV 可能有丰富的光致电离的冷气体, 而 BL Lac 天体却非常少。

### 3. X 射线谱

BL Lac 天体的 X 射线谱是不规则的,

它们的幂律谱( $F_\nu \propto \nu^{-\alpha}$ )的谱指数展示了很宽的范围,  $0 \leq \alpha_x \leq 5$ , 平均谱指数  $\langle \alpha_x \rangle = 1.1 - 1.6$ , 比其他活动星系核的谱指数都大<sup>[11,12]</sup>。按照低能X射线( $E \sim 0.1 - 0.2 \text{ keV}$ )测量的推断, 沿视线方向冷气体的柱密度总是与星系阶中星际质的柱密度一样, 这意味着在BL Lac天体本身之中没有内在的冷气体<sup>[12,13]</sup>。5个X辐射强的BL Lac天体的观测指出, 它们的谱形都可以分成两部分, 在低能部分是陡谱, 大约在10 keV处开始向上弯曲形成一个平坦的高能尾。

#### 4. 视超光速运动与喷流

目前已有4个BL Lac天体观测到了确定的视超光速运动, 它们是0735+178, 0212+735, 0851+202(OJ287), 2200+420(BL Lac)。另外还有4个对象0454+84, 0716+71, 1749+70, 2007+77, 如果它们的红移超过0.3, 则也表现有视超光速运动<sup>[14]</sup>。事实上, 视超光速运动与BL Lac天体是紧密相联的, 迄今为止, 至少有70%的视超光速射电源被证认是BL Lac天体或OVV类星体。视超光速运动从一个侧面说明了相对论喷流的存在。

从射电形态上看, BL Lac天体的VLBI图像总是呈现出核-喷流形态, 这种形态不仅在视超光速射电源中观测到了, 而且在没有探测到视超光速运动的BL Lac天体中也出现了<sup>[15]</sup>。Sticke等<sup>[16]</sup>对43个射电选择的BL Lac天体的射电结构分析发现, 大约40%的天体有清晰的延展喷流。除了大尺度喷流, 也观测到致密喷流, 并且发现它们往往是单边的<sup>[17]</sup>。迄今为止, 已有5个BL Lac天体观测到单边射电喷流, 它们是: 3C371<sup>[18,19,20]</sup>, PKS0521-365<sup>[21,22]</sup>, PKS 0735+178<sup>[20]</sup>, 1221+809<sup>[23]</sup>, MC1400+162<sup>[24]</sup>。其中PKS 0521-365还观测到光学喷流<sup>[22,25]</sup>。

#### 5. 光变

天体的最短光变时标  $\Delta t_{\min}$  是一个十分重要的物理量。首先, 它可以给出辐射区域  $\Delta R$  的上限, 即

$$\Delta R \leq \delta c \Delta t_{\min} \quad (1)$$

其中  $\delta = (1 - \beta^2)^{1/2} / (1 - \beta \cos \theta)$  是喷流运动的Doppler因子,  $\beta = v/c$ ,  $v$  是喷流运动的速度,  $\theta$  是喷流方向与视线方向的夹角。在此必须指出,  $\Delta R$  不一定必须是一个大质量黑洞的线度, 它既可能是喷流外一定距离的薄平面冲击波的厚度, 也可能是一个光学厚辐射压的边界层的厚度<sup>[26]</sup>。其次, 如果可变辐射由某个吸积盘产生, 其半径为

$$R = 2lR_g \quad (2)$$

其中  $R_g = GM/c^2$ ,  $l \geq 2\pi$  是一个无量纲因子, 因而, 天体的光变时标将给出其质量  $M$  的上限<sup>[27]</sup>

$$M/M_\odot \leq 1.62 \times 10^4 \delta \Delta t_{\min} (\text{observed}) \quad (3)$$

这里的  $\delta = \gamma^{-1} (1 - \beta \cos \theta)^{-1} (1 + Z)^{-1}$ , 考虑了母体红移。此外, 对于球对称、均匀、非相对论喷流区域, 吸积物质转化成辐射能的效率  $\eta$  为<sup>[28]</sup>

$$\eta \geq 5.0 \times 10^{-43} \Delta L / \Delta t_{\min} \quad (4)$$

如果  $\eta > 0.1$ , 按现代吸积盘理论, 则只能以喷流为主<sup>[55]</sup>。以上三点充分表明, 光变的最短时标的确是一个十分重要的物理量。因此, 世界上许多天文学家利用不同手段(从X射线到射电波段)对它进行了搜索, 然而却收效甚微。主要原因有三: (1) BL Lac天体的光变没有规律性; (2) 光变爆发时间较短, 而宁静的时标却很长, 因而很难搜索到, 需要长期的监测; (3) 望远镜的分配时间有限, 因此大家都愿意找一些容易出成果的课题去观测, 这样一

来, 监测的人也越来越少。

鉴于这个问题的重要性, 从 1980 年开始, 利用云台一米望远镜, 我们对 BL Lac 天体进行了长期监测, 通过 10 年的持续工作, 监测 20 个对象, 仅搜索到 8 个 BL Lac 天体的短时标光变的完整样品(以小时为量级)<sup>[29-33]</sup>。到目前为止, 连同我们所发现的 8 个样品在内, 世界上也仅纪录到 25 个<sup>[34]</sup>。还值得指出的是, 在这 25 个当中, 变幅较大、重复被观测到并被大家公认样品更少。值得高兴的是, 在这些公认的少数样品中, 也有我们的 4 个样品<sup>[40,50]</sup>。

### 6. 新的 BL Lac 天体的搜索

为什么我们对 BL Lac 天体的知识至今仍然比较贫乏? 为什么在过去 10 年内人们对 BL Lac 天体的研究所取得的进展仍然不大? 除了它们难以理解的本质外, 其重要原因之一就是现在已知的 BL Lac 天体的数目太少。

1980 年, 在 Hewitt 和 Burbidge<sup>[35]</sup>所编辑的类星体总表中, 类星体的数目为 1491, BL Lac 天体的数目为 58。在 1987 年<sup>[36]</sup>他们编辑的表中, QSOs 的数目已猛增到 3594, 而 BL Lac 天体的数目却只增长到 87 个。尽管有些人利用 BL Lac 天体的偏振性质企图对它们作特别的搜索<sup>[37,38]</sup>, 但都失败了。最近, Jannuzi 和 Green<sup>[39]</sup>进行了类似的试验, 尽管扩大了搜索区域并提高了偏振仪器灵敏度, 但至今仍没找到一个。与此相反, 在寻找新的 BL Lac 天体过程中, X 射线波段的搜索却非常成功, 仅在爱因斯坦天文台扩大中等灵敏度的搜索(EMSS)中就发现了 32 个候选者<sup>[40]</sup>, 结合 Giommi<sup>[41]</sup>小组在证认 EXOSAT 的 X 射线源过程中发现的 11 个, BL Lac 天体的数目已大大超过过去 10 年用其他方法所增加的数目。除了爱因斯坦和 EXOSAT 两台 X 射线望远镜的搜索资料外, 美国海军实验室也发表了他们的高能天文台 HEAO-1 的观测资料, 并列出了 20 个 X 射线源的 BL Lac 星表<sup>[42]</sup>。现在看来, 发现新的 BL Lac 天体的有效方法是 X 射线波段的搜索。在未来 10 年中, 随着 ROSAT 的发射, 可望进一步证实这一观点的正确性。

## 三、理论与模型

### 1. 吸积

与类星体相反, BL Lac 天体在宽波段谱中没有蓝包, 光变也没有周期性, 这些现象表明, 吸积所产生的辐射强度只可能是总辐射强度的一小部分。尽管没有吸积盘存在的直接证据, 但仍有间接证据。例如 PKS 2155-304 的 X 射线谱与大麦哲仑云(LMC X-3)的软 X 射线的高态很相似。大家知道 LMC X-3 是一个很好的黑洞候选者, 它的 X 射线光度大约是爱丁顿极限的 10%, 至于没观测到蓝包, 也可能是它的温度太高,  $T \geq 2 \times 10^5 \text{K}$ , 因此, 蓝包移到远紫外去了。

1986 年, Lin 和 Shieds<sup>[43]</sup>把白矮星的有限循环理论推广到类星体(见图 2), 用来解释周期光变, 他们得出的循环时标为  $10^4 - 10^7 \text{yr}$ , 从而解释了为什么这种跳跃不容易观测到的事实。他们得到不稳定区域的温度  $T \sim 2000 - 5000 \text{K}$ , 显然, 这一区域离盘内区是较远的。

在 Lin 等人<sup>[43]</sup>的工作基础上, 我们把吸积盘的 S-型有限循环理论发展到高温( $T \geq 2 \times$

$10^5\text{K}$ )、短时标光变(爆发时标为小时量级,宁静时标为星期量级)的情况,成功地解释了 BL Lac 天体 ON + 231 的“准周期”光变现象<sup>[51]</sup>。

按照本文介绍的理论(见第三段“喷流”),ON + 231 的能量转换系数  $\eta \approx 0.1$ ,因此它的吸积盘性质表现得比其他 BL Lac 天体突出,而在观测上呈现出“准周期”光变现象。这可能是 BL Lac 天体中心存在吸积盘的又一间接证据。

## 2. 同步自康普顿模型(SSC)

许多工作所得到的一些 BL Lac 天体及 OVV 类星体的辐射谱,几乎全部能用同步自康普顿模型进行解释<sup>[46,47]</sup>。因此,这一模型也是 BL Lac 天体可能的辐射机制之一。

诚然,同步自康普顿模型也存在着一些困难,其中最典型的是最亮温度与康普顿灾难问题:标准的同步自康普顿模型中,存在着一个亮温度极限<sup>[48]</sup>,  $T_{\max} \sim 10^{11} - 10^{12}$ ,超过这个极限,同步辐射所需要的电子密度很大,以致于逆康普顿散射骤增,这使大量同步光子散射到 X 射线波段,这么强的高能辐射将大大损耗电子自身的能量,使电子灾难性地冷却。这时亮温度又急剧下降直到低于  $10^{12}\text{K}$ 。实际上,同步自康普顿模型能自动调节射电源的亮温度,使同步辐射和逆康普顿辐射强度大致相当 ( $T \sim 10^{12}\text{K}$ )。可是,目前 BL Lac 天体的观测表明,许多对象的光变时标极短,以致于基于源的线度大小的亮温度,远远超过康普顿极限。此外, Madejski 和 Schwartz(1987)对 16 个已观测到  $1\text{keV}$  流量密度的 BL Lac 天体进行的统计<sup>[48]</sup>,发现其流量和同步自康普顿模型所预言的流量相差  $10^{-3} - 10^0$  因子。因此,简单的同步自康普顿模型需要改进,并加工成更复杂的模型,其中最为大家所普遍接受的模型就是喷流模型。

## 3. 喷流

与吸积盘相反,喷流与 BL Lac 天体的关系已有广泛的讨论,借助同步自康普顿机制,相对论喷流能自然地解释 BL Lac 天体的宽波段谱、高光度、快速光变、高偏振及高释能效率等特性,同时还能解释 BL Lac 天体的视超光速运动。BL Lac 天体的射电喷流形态,则从另一侧面支持了喷流模型。

对于一个 BL Lac 天体,其辐射到底是以喷流为主还是以吸积为主,从观测上怎样来判别呢?显然,这是一个十分重要的问题。总结前人的工作,我们认为主要有如下三个判别法<sup>[27]</sup>。

第一种判别法是 Fabian 和 Rees 在 1979 年<sup>[28]</sup>提出的。大家知道,如果一个源的辐射产生了振幅为  $\Delta L$  的爆发,其光变时标不可能比光线掠过其辐射区域的时间更短。考虑一个半径为  $R$  的球对称区域,如果电子散射的光深是  $\tau_{es}$ ,我们看到<sup>[28]</sup>

$$\Delta t \geq (\tau_{es} + 1)R/c \quad (5)$$

按照吸积盘理论,我们有[28]

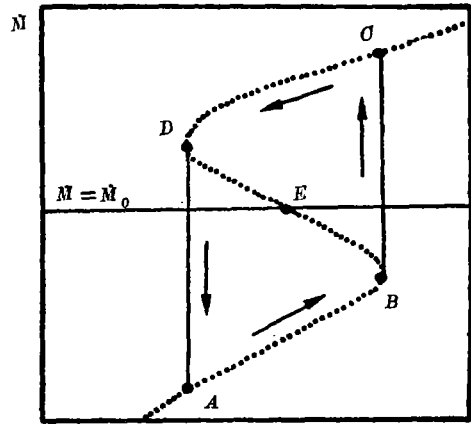


图 2 S形有限循环示意图

$$\Delta L \cdot \Delta t \approx \eta M c^2 \quad (6)$$

其中  $\eta$  为吸积物质转化成辐射能的效率, 而  $M$  是与与辐射能的产生直接有关的吸积物质的质量, 当源具有的半径使  $\tau_{es} = 1$  时, 其  $\Delta t$  为最小值  $\Delta t_{\min}$ , 从公式(5)及(6)可得到

$$\eta \geq 5.0 \times 10^{-43} \Delta L / \Delta t \quad (4)$$

如果  $\eta > 0.1$ , 按照现代吸积盘理论, 则源辐射只能以喷流为主<sup>[55]</sup>。

第二种判别法是考查被观测到的光度  $L$  是否超 Eddington 光度  $L_{\text{Edd}}$ , 我们可形式地写为

$$L = \lambda L_{\text{Edd}} = 1.26 \times 10^{38} \lambda (M/M_{\odot}) \text{erg} \cdot \text{s}^{-1} \quad (7)$$

其中  $\lambda$  是无量纲因子。大家知道, Eddington 光度是在静态、球对称条件下导出的概念, 因此, 只要违背了上述两个条件之一, 就可能产生超 Eddington 光度现象, 这时  $\lambda$  大于 1。诚然, 这并不意味着只要违背上述两个条件之一就肯定要超 Eddington 光度。因为按照现代吸积盘理论, 喷流产生于一个厚盘的漏斗中, 其辐射总光度的最大值为<sup>[54]</sup>

$$L_{\max} = \frac{4\pi GM_c}{K} + \frac{c}{2K} \int_v \left[ R \left( \frac{\partial \Omega}{\partial R} \right) \right]^2 dV - \frac{c}{2K} \int_v \left[ \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} (R^2 \Omega) \right]^2 dV \quad (8)$$

式中各参量含义见文献[54]。从(8)式不难看出, 第一项是质量为  $M$  的通常的 Eddington 光度; 式中第二项包含剪切力, 它将使  $L_{\max}$  超过中心天体的 Eddington 光度  $L_{\text{Edd}}$ ; 第三项包含旋度, 总是减小  $L_{\max}$ 。因此, 总的效果表明, 即使喷流的总光度达到最大值, 它也不一定超 Eddington 光度, 何况在一般情况下还达不到最大值。

综上所述似乎可得出如下推论: 如果  $\lambda > 1$ , 则相对论喷流模型受到支持, 但我们不能由此得出相反的推论, 即如果  $\lambda < 1$ , 并不能因此而否认喷流模型。在这种情况下只有考查  $\eta$ 。如果  $\eta > 0.1$ , 则喷流模型受到支持<sup>[55]</sup>。由此可见, 判据一是一个主要判据, 从(7)式还可看到, 为了求  $\lambda$ , 首先必须估算出质量  $M$ 。

由公式(5), 当  $\tau_{es} = 1$  时,  $\Delta t$  变为最小值。而  $R$  可表为  $lR_g$ , 因此有

$$\Delta t_{\min} \geq 2lR_g/c \quad (9)$$

其中  $R_g = GM/c^2$ ,  $M$  为中心黑洞的质量,  $l = \pi(r_*^{3/2} + a)$ ,  $r_* = R/R_g$ ,  $R$  为光变区域中心的半径,  $a$  为中心黑洞的比角动量,  $l \geq 2\pi$ , (9)式<sup>[44]</sup>给出了中心天体的质量上限

$$M/M_{\odot} \leq 1.62 \times 10^4 \Delta t_{\min}(\text{observed}) / (1 + Z) \quad (10)$$

与(3)式不同的是, 这里是以吸积盘理论为基础, 因而没考虑流的多普勒效应。

从观测上怎样确定(10)式中的  $\Delta t_{\min}$  呢? 目前有两种观点: 一种认为, 可从各波段观测的光变时标中选取其最小者为  $\Delta t_{\min}$ ; 另一种则认为,  $\Delta t_{\min}$  应该是对应于 X 射线波段的最短光变时标。因为吸积盘内的温度比外界高, 半径小, 所以辐射峰值在 X 射线波段。因此, 由其他波段得到的最短光变时标  $\Delta t$ , 应该通过某种吸积盘模型变换到 X 射线波段才能作为  $\Delta t_{\min}$ 。

作者认为<sup>[34]</sup>, 以上两种观点都有些片面性。首先, 由于 X 射线波段的观测时间间隔是

在卫星工作时间内人为安排的, 这一时间间隔一般较长, 因此, X 射线波段的真实变化的最短时标可能比现在观测到的时标小得多, 故各波段光变时标的比较可能是不真实的。其次, 若把吸积盘的辐射谱看作黑体谱,  $\tau_{os} = 1$  所对应半径  $R$  处的温度  $\tau(R)$  的辐射峰值也不一定在 X 射线波段。若观测到的  $L_{op} > L_x$  (或  $L_{IR} > L_x$ ), 这意味着吸积盘辐射谱的峰值是在光学波段 (或红外波段), 而不在 X 射线波段, 因此, 就可选用光学波段 (或红外波段) 的最短时标  $\Delta t_{op}$  作为公式 (10) 中的  $\tau_{min}$ 。反之, 若  $L_x > L_{op}$ , 可选择一适当的吸积盘模型, 根据温度与半径的关系, 将  $\Delta t_{op}$  换成 X 射线波段的  $\Delta t_x$ , 这个  $\Delta t_x$  才是公式 (10) 中的  $\Delta t_{min}^{[34]}$ 。

第三种判别法是基于喷流中的物理现象与喷嘴几何形状之间的强烈耦合关系。若喷流是圆锥状, 光变时标的大小将随辐射频率的升高而减小。反之, 若喷流是抛物面状, 光变时标的大小将随辐射频率的升高而增加。然而, 吸积盘的光变时标只有随辐射频率的升高而减小的一种模式, 因此, 若喷流是抛物面状的, 则光变时标大小与辐射频率的关系, 又为区别喷流与吸积盘增加了一个判据<sup>[58]</sup>。

作者对 24 个 BL Lac 天体进行的计算<sup>[34]</sup>, 取  $H_0 = 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$ ,  $q_0 = 1$ , 发现大约有 54% 的 BL Lac 天体同时满足  $\eta > 0.1$ ,  $\lambda > 1$  的条件, 25% 的 BL Lac 天体仅满足  $\eta > 0.1$  的条件, 即有约 80% 的 BL Lac 天体支持喷流模型。特别值得指出的是, OJ 287, 3C446, Mrk421 及 PKS 0735 + 178 四个 BL Lac 天体不仅  $\eta > 0.1, \lambda > 1$ , 而且光变时标还是能量的增函数。这些结果表明, 这四个 BL Lac 天体不仅具有喷流, 且喷流还是抛物面状的。

总的来说, 相对论喷流模型已被人们普遍接受, 并成为 BL Lac 天体的最基本的特征。

上述讨论结果表明, 目前较公认的 BL Lac 天体的“厚盘喷流模型”很可能是正确的。即 BL Lac 天体中心可能有一个厚吸积盘, 它又产生了相对论喷流。因此, BL Lac 天体在观测上表现了两重性——喷流和吸积。

#### 四、BL Lac 天体的宇宙学含义

大家知道, 红移和视星等的关系是宇宙大爆炸理论中的核心问题, 它不仅决定了宇宙的结构和演化, 也关系到类星体和 BL Lac 天体的红移本质。对于 BL Lac 天体的哈勃图, Burbidge 和 Hewitt 已于 1987 年<sup>[31]</sup>和 1988 年<sup>[52]</sup>作过较深入的讨论, 因为 BL Lac 天体具有迅速而强烈的光变, 因此他们从观测到的最暗视星等作为统计中的视星等, 从而作出 BL Lac 天体的哈勃图。可是, 和类星体一样, BL Lac 天体的红移和最暗视星等之间, 仍没有较好的统计关系, 如图 3 所示。从图 3 可以看出, 其代表点十分弥散, 其相关导数  $\gamma$  仅为 0.510。特别是具有发射线红移和吸收线红移的 8 个 BL Lac 天体, 比具有星系红移的 BL Lac 天体偏离哈勃关系  $m_r = 5 \log Z + K$  更远。显然, 这与 BL Lac 天体是一次型的定义不符。因此, Burbidge 等人认为<sup>[31]</sup>, 这 8 个 BL Lac 天体应从 BL Lac 天体星表中去掉, 重新定义为类星体。可是, 其他天文学家都反对, 他们认为这样做将引起混乱<sup>[31]</sup>。

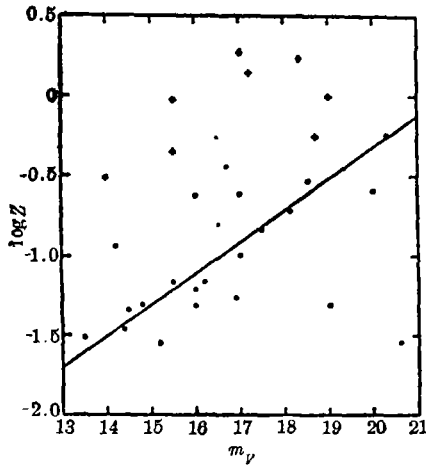
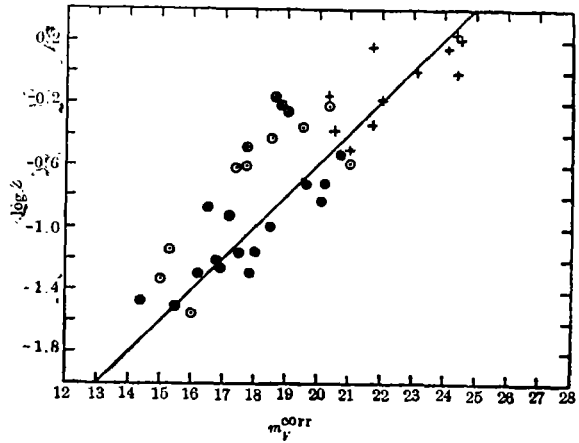
图 3 BL Lac 天体的红移—最暗视星等关系图<sup>[3]</sup>

图 4 相对论修正后的视星等—红移关系

仔细考查 BL Lac 天体朝着我们的相对论喷流效应后, 我们注意到, 由于多普勒效应, 观测到的视星等被放大了  $\delta^{3+\alpha}$  倍。因而, 观测到的最暗视星等应该进行多普勒修正。对 Burbidge 等人给定的 33 个样品, 修正后的哈勃关系令人十分满意<sup>[56]</sup>。随后, 我们又把样品扩充到 39 个, 其修正后的最暗视星等与红移的关系如图 4 所示。从图 4 不难看出, 这些点与哈勃关系符合得非常好<sup>[53]</sup>(相关系数  $\gamma = 0.861$ )。此外, 从图 4 还可以看到, 0954 + 65 等 5 个对象偏离哈勃关系较远(约 2 个星等)。仔细考查不难发现, 这是因为它们的观测资料较少, 因此没有记录到短光变时标, 也许还有更暗的星等没被观测到。所以, 这些对象正是我们需要重点监测的对象, 故图 4 对观测还有重要的指导意义。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 曲钦岳, 秦志海, 韩传寿, 周凤安, 天文学报, 20 (1979), 98.
- [ 2 ] 方励之等, 天文学报, 17 (1976), 134.
- [ 3 ] Burbidge, G. and Hewitt, A., *A. J.*, 92 (1987), 1.
- [ 4 ] Urry, C. M., Ph. D. Thesis, Hopkins University, (1984); NASA Tech. Memo. No. 86103.
- [ 5 ] Veron-Cetty, M.-P. and Veron P., ESO Sci. Rep., No. 7, (1989).
- [ 6 ] Urry, C. M., preprint (1988).
- [ 7 ] Bregman, J. N., Maraschi, L. and Urry, C. M., to be published in the Scientific Accomplishments of IUE, ed. by Y. Kondo, D. Reidel, (1986).
- [ 8 ] Feigelson, E. D. et al., *Ap. J.*, 302 (1986), 337.
- [ 9 ] Landau, R. et al., preprint (1986).
- [ 10 ] Worrall, D. M. et al., *Ap. J.*, 303 (1986), 589.
- [ 11 ] Worrall, D. M. et al., *Ap. J.*, 243 (1981), 53.
- [ 12 ] Madejski, G. M., Ph. D. Thesis, Harvard University, (1985).
- [ 13 ] Warwick, R. S., George, I. M., McHardy, I. and Pounds, K. A., *M. N. R. A. S.*, 219 (1986), 39.
- [ 14 ] Zensus, J. A., in Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings), ed. by L. Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 1.
- [ 15 ] Bååth, L. B., in IAU Symp. No. 110, p. 127, (1984).
- [ 16 ] Stickel, M., Fried, J. W., Kuhr, H., in Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings), ed. by L.



- Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 64.
- [17] De Young, D. S., *Science*, 225 (1984), 677.
- [18] Perley, R. A., Fomalont, E. B. and Johnson, K. J., *Ap. J. Lett.*, 255 (1982), L93.
- [19] Pearson, T. J., Ferley, R. A. and Readhead, A. C. S., *A. J.*, 90 (1985), 738.
- [20] O' Dell, C. P., Barvainis, R. and Challis, P. M., *A. J.*, 96 (1988), 435.
- [21] Ekers, R. D. et al., *M. N. R. A. S.*, 236 (1986), 737.
- [22] Keel, W. C., *Ap. J.*, 302 (1986), 296.
- [23] Saikia, D. J., Shastri, P., Cornwell, T. J., Junor, W. and Muklow, T. W. B., *J. Astrophys. Astron.*, 10 (1989), 203.
- [24] Saikia, D. J., Salter, C. J., Neff, S. G., Gower, A. C., Sinha, R. P. and Swarup, G., *M. N. R. A. S.*, 228 (1987), 203.
- [25] Cayatte, V. and Sol, H., *Astron. Astrophys.*, 171 (1987), 25.
- [26] Guilbert, P. W., Fabian, A. C. and Rees, M. J., *M. N. R. A. S.*, 205 (1983), 593.
- [27] 谢光中, 卢炬甫, 吴建新, 卢汝为, 郝鹏九, *Astron. Astrophys.*, 220 (1989b), 80.
- [28] Fabian, A. C. and Rees, M. J., *X-ray Astronomy*, ed. by W. A. Baity and L. E. Peterson, p. 381, Pergamon Press, New York, (1979).
- [29] 谢光中, 卢汝为, 郝鹏九, 刘新德, 张云, 李开华, *中国科学(A)*, (1986), No. 12, 1304.
- [30] 谢光中, 李开华, 鲍梦贤, 郝鹏九, 周原, 刘新德, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 67 (1987), 17.
- [31] 谢光中, 卢汝为, 周原, 郝鹏九, 张云, 李晓渝, 吴建新, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 72 (1988), 163.
- [32] 谢光中, 李开华, 周原, 卢汝为, 王建诚, 程福臻, 吴建新, 周又元, *A. J.*, 96 (1988), 24.
- [33] 谢光中, 李开华, 程福臻, 郝鹏九, 李自力, 卢汝为, 李光华, *Astron. Astrophys.*, 229 (1990a), 329.
- [34] 谢光中, 刘富坤, 刘碧芳, 李开华, 卢汝为, 卢巨甫, *A. J.*, 101 (1991), 71.
- [35] Hewitt, A. and Burbidge, G., *Ap. J. Suppl.*, 43 (1980), 57.
- [36] Hewitt, A. and Lurbidge, G., *Ap. J. Suppl.*, 63 (1987), 1.
- [37] Impey, C. D. and Brand, P., *M. N. R. A. S.*, 201 (1982), 849.
- [38] Forra, E. F. and Corriveau, G., *Ap. J.*, 276 (1984), 15.
- [39] Jannuzi, B. F. and Green, R. F., in *Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings)*, ed. by L. Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 135.
- [40] Maccacaro, T., Gioia, I. M., Schild, R. E. and Wolter, A., in *Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings)*, ed. by L. Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 222.
- [41] Giommi, P. et al., in *Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings)*, ed. by L. Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 231.
- [42] Schwartz, D. A., Brissenden, R. J. V., Tuohy, I. R., Feigelson, E. D., Hertz, P. L. and Remillard, R. A., in *Lecture Notes in Physics (BL Lac Objects Proceedings)*, ed. by L. Maraschi, T. Maccacaro and M.-H. Ulrich., 334 (1989), p. 209.
- [43] Lin, D. N. C. and Shields, G. A., *Ap. J.*, 305 (1986), 28.
- [44] Abramowicz, M. A. and Nobili, L., *Nature*, 300 (1982), 506.
- [45] Bassani, L., Dean, A. J. and Seybay, S., *Astron. Astrophys.*, 125 (1983), 52.
- [46] 尤俊汉, 谢光中, 鲍梦贤, 李开华, *天文学报*, 23 (1982), 353.
- [47] Blandford, R. D. and Konigl, A., *Ap. J.*, 232 (1979), 34.
- [48] Kellermann, K. I. and Pauliny-Toth, I. I. K., *Ap. J. Lett.*, 155 (1969), L71.
- [49] Falomo, R., Bouchet, P., Maraschi, L., Tanzi, E. G. and Treves, A., *Ap. J.*, 345 (1989), 148.
- [50] Zhang, F. Z. and B  ath, L. B., *Astron. Astrophys.*, 236 (1990), 47.
- [51] 刘碧芳, 谢光中, 卢炬甫, 卢汝为, *Astrophys. Space Sci.* 173 (1991), 101.
- [52] Burbidge, G. and Hewitt, A., *Proceeding of Workshop Held in Como, Italy*, ed. by L. Maraschi et al., p. 420, (1988).
- [53] 谢光中, 刘富坤, 朱月英, 樊军辉, 卢汝为, *Astrophys. Space Sci.*, (1990), in press.
- [54] Frank, J., King, A. R. and Raine, D. J., in *Accretion Power in Astrophysics*, p. 246, Cambridge university Press, (1985).
- [55] Worrall, D. M., in *Continuum Emission in Active Galactic Nuclei*, ed. by M. L. Sitko, p. 97, Kitt Peak National Observatory, Tucson, Ariz., (1986).
- [56] 谢光中, 刘富坤, 刘碧芳, 卢汝为, 李开华, 朱月英, *Astron. Astrophys.*, (1991), in press.

## Some Observational and Theoretical Progress of BL Lac Objects

Xie Guangzhong Liu Bifang Liu Fukun Li Kaihua

(Yunnan Observatory, Academia Sinica)

### Abstract

The recent progress of observational and theoretic researches for BL Lac objects is collected in this paper. Section 1 is an introduction. In section 2 we review some developments about observations. In section 3 some theories and models for BL Lac objects are summarized, especially the accretion disk model and the beaming model and the criteria used for discrimination between these models on the basis of variability time-scale being discussed in more detail. Finally, in section 4 the cosmological implication of BL Lac objects is presented.