



论文

伽玛噪 Blazar 天体的中心黑洞质量

杨江河^{①②*}, 樊军辉^{②③}

① 湖南文理学院 物理与电子科学学院, 常德 415000;

② 广州大学天体物理中心, 广州 510405;

③ 广州大学天文观测与技术广东省高校重点实验室, 广州 510405

* E-mail: yjianghe@163.com

收稿日期: 2009-07-15; 接受日期: 2009-11-24

国家自然科学基金(批准号: 10573005, 10633010)、国家重点基础研究发展计划(编号: 2007CB815405)和湖南省“十一五”重点建设学科基金资助项目

摘要 费米伽玛射线空间大区域望远镜(Large Area Telescope, LAT), 以前称为 Gamma ray Large Area Space Telescope (GLAST))比 Energetic Gamma Ray Experiment Telescope (EGRET)提高了观测精度, 在服役的初始几个月中已经检测到一些具有快速光变伽玛射线源. 用 LAT 观测结果并结合 EGRET 观测到的伽玛噪 Blazar 天体的变化时标和伽玛射线光度来估计天体的中心黑洞质量. 我们发现中心黑洞质量下限范围为 $(0.3\sim24)\times107M_{\odot}$, 并将此结果与其他作者的研究结果进行了比较, 发现结果是一致的. 我们也给出了 18 个有已知超光速伽玛噪 Blazar 天体的洛伦兹因子(Γ)和视角(θ).

关键词 活动星系核 (AGNs), 时标, 中心黑洞质量, 多谱勒因子

PACS: 98.62.Ve, 95.75.Wx, 98.70.Rz

Blazar 是活动星系核(Active Galactic Nucleis, AGNs)的极端子类, 它显示快速大幅的光变, 高而变化的偏振, 超光速运动和高能伽玛射线辐射^[1]. 假定辐射是各向同性的, 其热光度为 $10^{44}\sim10^{49} \text{ erg s}^{-1}$ ^[2], AGN 的所有类天体的能量几乎都来自于超大质量($10^6\sim10^9 M_{\odot}$)黑洞的吸积^[3]. 人们广泛讨论了 AGN 伽玛射线与低能波段辐射的关系^[4-8], 它们的伽玛辐射机制也被广泛研究^[2,9-11]. 一些 Blazars 在伽玛射线波段的时标变化从几天到几个月^[12], 小于 1 天的流量变化时标也被观测到. 一些研究人员认为伽玛射线产生于中心黑洞的 $\sim100 R_g$ ^[13]或几百个施瓦西半径内^[14], 在 $205 R_g$ 范围内也有发现^[15]. 该距离是一个重要的参数, 如果已知, 人们便可估计中心黑洞质量.

中心黑洞质量对于弄清楚 Blazar 的辐射机制与

演化是非常重要的^[16-21]. 质量估算有多种方法: (i) 反映图像技术(如文献^[22]); (ii) 气体和恒星动力学方法^[23]; (iii) 光变时标方法^[24-26]; (iv) 宽线辐射宽度方法(文献^[27]中, 基于假定在宽线(Broad Line Regio, BLR)区域的物质被引力约束, 且以开普勒速度环绕). Barth 等人^[28]和 Wu 等人^[21]用 $M_{\text{BH}}-\sigma$ 关系估计了 Mkn 501 和其他一些 AGN 的中心黑洞质量. 另外, Cao 等人^[16]估算了一个 BL Lacertae 天体样本的中心黑洞质量, 他们假定黑洞周围吸积盘的发射线电离的云产生了宽线辐射.

费米伽玛射线空间大区域望远镜(LAT, 以前称为 GLAST, 开始于 2008 年 6 月 11 日)较 EGRET 有更高的观测精度. 该望远镜提供了 AGN 的伽玛射线活动的新数据^[29], 仪器运转的最初 3 个月, 费米伽玛

射线天文望远镜观测了超过 100 个 Blazars, 其中一些源显示了大的暴发^[29]. 我们将用观测的伽玛射线辐射光度、短时标光变等数据来估计中心黑洞质量.

1 方法

一些 Blazar 在伽玛射线波段具有几小时到几天的变化时标, 在此我们将介绍估计它们基本参数(中心黑洞质量与多谱勒因子)的方法. 如果我们以光变时标为辐射区域半径 R 的度量, 则辐射半径 R 满足下列不等式^[30]:

$$R \leq c \Delta T_D \frac{\delta}{1+z} \quad (\text{cm}), \quad (1)$$

式中 c 为光速(cm/s), δ 为多谱勒因子, z 为红移, ΔT_D 是流量密度变化两倍时标(s), 且 ΔT_D 可表示为^[31]

$$\Delta T_D = (F_{\text{initial}} / \Delta F) \cdot \Delta T, \quad (2)$$

式中 F_{initial} 和 ΔF 分别为初始流量密度和流量密度的变化量.

一些作者认为伽玛射线来自于几百个施瓦西半径的中心区域内^[13-15], 而施瓦西半径 $R_g \equiv \frac{GM}{c^2} = 1.48 \times 10^5 \frac{M}{M_\odot}$ (cm), 式中 G 为万有引力常数, $M_\odot$ 为太阳质量. 由于在超大质量黑洞周围 $200R_g$ 吸积盘内的电子是极端相对论的, 因此 $200R_g$ 是一个重要的参考半径. 所以, 我们取辐射区域 R 在 200 倍引力半径内^[15], 即

$$R \leq 200 R_g. \quad (3)$$

由(1)~(3)式, 我们有

$$\frac{M}{M_\odot} \geq 1 \times 10^3 \frac{\delta}{1+z} \Delta T_D. \quad (4)$$

对于一个质量为 M 的源, 其爱丁顿光度极限为^[32]

$$L_{\text{Edd}} \approx 1.26 \times 10^{38} \left(\frac{M}{M_\odot} \right) (\text{erg s}^{-1}). \quad (5)$$

因此, 一个质量为 M 的源的本征光度 L_{in} 应满足:

$$L_{\text{in}} \leq L_{\text{Edd}}. \quad (6)$$

在相对论喷流模型中, 观测的光度与本征光度由下式关联^[24]:

$$L^{\text{ob}} = \delta^{(4+\alpha)} L^{\text{in}}, \quad (7)$$

式中 α 是伽玛射线能谱指数, 且 $\alpha = \alpha_\gamma - 1$, α_γ 是伽玛射线光子谱指数.

由(4)~(7)式, 我们有

$$L^{\text{ob}} \leq 1.26 \times 10^{41} \frac{\delta^{(5+\alpha)}}{1+z} \Delta T_D (\text{erg s}^{-1}). \quad (8)$$

伽玛射线光度并不总是主导低能波段辐射^[12], 如: PKS 0528+134 和 3C 279, 它们的伽玛射线光度 L_γ 分别是 $0.80 L_{\text{bol}}$ 和 $0.5 L_{\text{bol}}$ ^[13,33]. 况且我们考虑的是天体的高态, 因此, 我们可以用伽玛射线光度近似地表示热光度的一半, 即

$$L_\gamma \approx 0.5 L_{\text{bol}}. \quad (9)$$

由(8)和(9)式可得

$$L_\gamma \leq 6.3 \times 10^{40} \frac{\delta^{(5+\alpha)}}{1+z} \Delta T_D (\text{erg s}^{-1}), \quad (10)$$

所以

$$\delta \geq \left(\frac{L_\gamma (1+z)}{6.3 \times 10^{40} \Delta T_D} \right)^{\frac{1}{5+\alpha}} = \left(\frac{L_\gamma (1+z)}{6.3 \times 10^{40} \Delta T_D} \right)^{\frac{1}{4+\alpha_\gamma}}. \quad (11)$$

根据(4)和(11)式得中心黑洞质量下限满足:

$$\frac{M}{M_\odot} \geq 1 \times 10^3 \frac{\Delta T_D}{1+z} \left[\frac{L_\gamma (1+z)}{6.3 \times 10^{40} \Delta T_D} \right]^{\frac{1}{4+\alpha_\gamma}}. \quad (12)$$

伽玛射线光度用下式计算:

$$L_\gamma^{48} = 4\pi d_L^2 \nu F_\nu, \quad (13)$$

式中 d_L 是光度距离, 计算公式为^[34]

$$d_L = (1+z) \cdot \frac{c}{H_0} \cdot \int_1^{1+z} \frac{1}{\sqrt{\Omega_M x^3 + 1 - \Omega_M}} dx, \quad (14)$$

式中 $H_0 = 73 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, $\Omega_M = 0.27$. F_γ 取 K 改正后的 1 GeV 伽玛射线流量, 可由下式计算得到^[35]:

$$F_\gamma = 6.64 \times 10^{-(11+\alpha_\gamma)} (\alpha_\gamma - 1) F^{\text{ob}} (1+z)^{\alpha_\gamma-2} (\text{Jy}), \quad (15)$$

式中 F^{ob} 是伽玛射线光子流量 ($E > 100 \text{ MeV}$), 单位为 $10^{-8} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

2 数据和结果

2.1 数据

我们仅考虑被 Fermi 或 EGRET 观测到且有短时标光变的伽玛噪 Blazar 天体. 这里我们找到 25 个 Blazars 天体具有短时标光变, 光变时标和伽玛射线流量来自以前的文献和 LAT 的最新观测数据.

B3 0650+453: 红移 $z = 0.933$, 它是一个平谱射

电源. 从文献[29]中的图 1 可知有一个大的光变流量从 $0.16 \times 10^{-6} \sim 0.565 \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 时标是一个星期. 根据(2)式有 $\Delta T_D = 0.16 \times 7 \times 24 / (0.565 - 0.16) = 66 \text{ h}$. $\alpha_\gamma = 2.32 \pm 0.06$ [29].

PKS 1502+106 [36]: 2009 年 1 月 21 日, LAT 从 PKS 1502+106(OR 103, S3 1502+10, $z = 1.83$)上检测到伽玛射线流量的变化, 此时该源处于高态, 伽玛射线流量为 $(1.8 \pm 0.3) \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. 由观测知 $\Delta T_D = 12 \text{ h}$, $\alpha_\gamma = 2.17 \pm 0.02$ [29].

PKS 1510-089 [37]: 该源在 2009-03-18 05: 45~2009-03-19 05:33 被 LAT 观测, 检测到一个最大值约为 $4 \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 的流量. 在 24 h 内, 流量从最小到最大有 3 倍的变化, 因此 $\Delta T_D = 24/3 = 8 \text{ h}$.

B2 1520+31 [38]: 从 2009-04-20 开始, LAT 在平谱射电类星体 B2 1520+31($z = 1.487$)上观测到伽玛射线流量的增加. 2009-04-20 该源处于高态, 伽玛射线流量($E > 100 \text{ MeV}$)为 $(1.0 \pm 0.3) \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 在 6 h 的时间间隔内流量达到 $(1.9 \pm 0.7) \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. 因此, $\Delta T_D = 1 \times 6 / (1.9 - 1) = 6.67 \text{ h}$. $\alpha_\gamma = 2.39 \pm 0.06$ [29].

GB6 J1700+6830 [39]: 从 2009-03-20 开始, LAT 在平谱射电类星体 GB6 J1700+6830 ($z = 0.301$)上观测到伽玛射线流量的增加. 2009-03-20 该源处于高态, 伽玛射线流量($E > 100 \text{ MeV}$)为 $(0.99 \pm 0.21) \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 在 6 h 的时间间隔内流量达到 $(1.79 \pm 0.56) \times 10^{-6} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. 因此, $\Delta T_D = 0.99 \times 6 / (1.79 - 0.99) = 7.43 \text{ h}$. 该源开始没有被 LAT 发现, EGRET 在同一位置没有报告该源.

PKS 2022-07: 红移 $z = 1.388$, 它是一个平谱射电源. 从文献[29]中的图 1 可知有一个大的光变流量从 24.8×10^{-8} 到 $61.5 \times 10^{-8} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 变化时间是一星期. 根据(2)式有 $\Delta T_D = 24.8 \times 7 \times 24 / (61.5 - 24.8) = 113 \text{ h}$. $\alpha_\gamma = 2.30 \pm 0.04$ [29].

其他源: 对于 0208-512, 0219+428, 0235+164, 0528+134, 0537-441, 0735+178, 0851+202, 1101+384, 1127-145, 1156+295, 1219+285, 1226+023, 1253-055, 1633+382, 1652+398, 2155-304, 2200+420, 2230+114, 和 2251+158, 我们可以从文献[29]得到它们的伽玛射线光子流量($> 100 \text{ MeV}$, 单位: $10^{-8} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)和伽玛射线光子谱指数, 以及从其他文献中得到它们变化两倍的时标. 以上这些数据列于表 1.

2.2 结果

将表 1 中的相关数据代入式(11)和(12), 我们便

可得到多谱勒因子和中心黑洞质量下限. 结果见表 1.

3 讨论与结论

3.1 中心黑洞质量

我们估计了 25 个 Blazar 天体的中心黑洞质量. 如表 1 所示, 中心黑洞质量下限范围为 $(0.3 \sim 24) \times 10^7 M_\odot$. 0208-512 中心黑洞质量最大, 为 $23.53 \times 10^7 M_\odot$, 0851+202 中心黑洞质量最小, 为 $0.29 \times 10^7 M_\odot$. Dermer 和 Gehrels [3] 得到的黑洞质量范围为 $(10^6 \sim 10^8) \times M_\odot$, 我们的结果与该结果十分一致. 我们也与其他人的结果进行了比较:

对于 0208-512, 我们的结果是 $23.53 \times 10^7 M_\odot$, Dermer 和 Gehrels [3] 的结果是 $82.9 \times 10^7 M_\odot$, 两结果是一致的.

对于 0528+134, 我们的结果是 $4.42 \times 10^7 M_\odot$, Cheng 等人 [25] 给出的结果是 $5.09 \times 10^7 M_\odot$, Fan 等人 [24] 得到的结果是 $6.69 \times 10^7 M_\odot$, Dermer 和 Gehrels [3] 给出的结果是 $3.9 \times 10^7 M_\odot$. 可见, 我们的结果与这些作者的结果是一致的.

对于 1101+384 (Mkn 421), 我们的结果 $0.29 \times 10^7 M_\odot$ 与 Xie 等人 [15] 所得结果 $0.3 \times 10^7 M_\odot$ 是十分相似的. 然而, 文献[21]给出的结果是 $75.9 \times 10^7 M_\odot$.

对于 1226+023 (3C273), 我们的结果是 $4.19 \times 10^7 M_\odot$. Dermer 和 Gehrels [3] 给出的值是 $9.3 \times 10^7 M_\odot$, Woo 等人 [49] 给出的值是 $1.66 \times 10^7 M_\odot$. 然而, Cao 等人 [16,50] 给出的值是 $493 \times 10^7 M_\odot$.

对于 1253-055 (3C279), 我们的结果是 $2.70 \times 10^7 M_\odot$. Cheng 等人 [25] 和 Dermer 和 Gehrels [3] 得到的结果分别为 $4.0 \times 10^7 M_\odot$ 和 $1.9 \times 10^7 M_\odot$. 而 Cao 等人 [16,50] 得到的结果为 $126 \times 10^7 M_\odot$.

对于 1633+382, 我们的结果为 $3.39 \times 10^7 M_\odot$. Cheng 等人 [25] 所得结果为 $3.81 \times 10^7 M_\odot$, Dermer 和 Gehrels [3] 所得结果为 $1.1 \times 10^7 M_\odot$, 这些结果是一致的.

由于我们得到的是黑洞质量的下限, 因此我们的结果与其他研究者所得结果相比偏小. 如: Wu 等人 [21] 给出的黑洞质量范围是 10^7 到 10^9 太阳质量, 这个值比我们的大.

根据我们的研究结果, 可知 0851+202, 1101+384, 2200+420, 1652+398, 1219+285, B2155-304 和 2251+158 的黑洞质量下限范围为 $(0.3 \sim 0.8) \times 10^7 M_\odot$, 它们的

表 1 25 个伽玛暴 Blazar 天体的观测数据与计算结果^{a)}

源名 (1)	C (2)	z (3)	F (4)	ΔF (5)	文献 (6)	α_γ (7)	$\Delta\alpha_\gamma$ (8)	ΔT_D (9)	文献 (10)	d_L (11)	L (12)	δ (13)	M_7 (14)
0208-512	FSRQ	1.003	76.2	6.9	[29]	2.28	0.06	134	[3]	6477	0.50	1.95	23.53
0219+428	BL	0.444	49.6	4.8	[29]	1.97	0.04	30	[3]	23780	0.055	1.70	6.35
0235+164	BL	0.94	104.8	7.1	[29]	2.05	0.02	72	[40]	5973	0.69	2.33	15.54
0528+134	FSRQ	2.06	39.5	6.7	[29]	2.54	0.09	24	[3]	15873	1.55	3.13	4.42
0537-441	BL	0.894	49.7	5.6	[29]	2.19	0.04	16	[13]	5611	0.26	2.47	3.76
0650+453	FSRQ	0.933	56.5		[29]	2.32	0.06	66	[29]	5918	0.30	1.98	12.27
0735+178	BL	0.424	7.5	2.4	[29]	2.10	0.14	29	[3]	2252	0.0066	1.19	4.33
0851+202	BL	0.306	19	4.1	[29]	2.31	0.11	1	[41]	1534	0.006	1.93	0.29
1101+384	BL	0.031	20.9	3.1	[29]	1.77	0.04	2	[3]	130	0.000089	0.86	0.29
B1127-145	FSRQ	1.187	25.8	5.8	[29]	2.69	0.18	6	[42]	7995	0.19	2.60	1.29
1156+295	FSRQ	0.729	16	3.8	[29]	2.47	0.13	11	[3]	4355	0.038	1.84	2.12
1219+285	BL	0.102	17.2	3.5	[29]	1.93	0.07	3.6	[43]	452	0.00073	1.12	0.66
1226+023	FSRQ	0.158	137	13	[29]	2.71	0.05	24	[3]	726	0.0051	1.12	4.19
1253-055	FSRQ	0.537	46.3	6.8	[29]	2.35	0.05	12	[44]	2993	0.056	1.92	2.70
1502+106	FSRQ	1.83	180	30	[36]	2.17	0.02	12	[36]	13711	6.13	4.63	3.53
1510-089	FSRQ	0.361	400		[37]	2.41	0.05	8	[37]	1861	0.17	2.36	2.50
1520+31	FSRQ	1.487	190	70	[38]	2.39	0.06	6.7	[38]	10593	3.31	4.28	2.07
1633+382	FSRQ	1.814	49.8	6	[29]	2.44	0.07	16	[45]	13563	1.45	3.31	3.39
1652+398	BL	0.033	6.9	1.8	[29]	1.70	0.09	6	[46]	139	0.000035	0.60	0.63
1700+6830	FSRQ	0.301	179	56	[39]	2.24*		7.4	[39]	1504	0.059	2.06	2.12
2022-07	FSRQ	1.388	61.5		[29]	2.30	0.04	113	[29]	9720	0.94	2.27	19.43
B2155-304	BL	0.117	29.2	3.6	[29]	1.85	0.04	3.3	[25]	524	0.0018	1.33	0.71
2200+420	BL	0.07	12.8	4.3	[29]	2.24	0.12	3.2	[47]	303	0.00016	0.89	0.48
2230+114	FSRQ	1.04	24.6	6.2	[29]	2.61	0.12	48	[48]	6777	0.13	1.81	7.65
2251+158	FSRQ	0.859	385.8	20.5	[29]	2.41	0.02	1.9	[3]	5339	1.49	4.37	0.81

a) *为平均值; (1) 源名; (2) 源的分类, FSRQ 为平谱射电类星体, BL 为 BL Lac 天体; (3) 红移; (4) 伽玛射线光子流量(> 100 MeV), 单位为 $10^{-8} \text{ photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; (5) 伽玛射线光子流量误差; (6) 伽玛射线光子流量参考文献; (7) 伽玛射线光子谱指数, 从文献[29]获得; (8) 伽玛射线光子谱指数误差; (9) 变化两倍时标(h); (10) 第(9)列参考文献; (11) 从式(14)计算得到的光度距离(Mpc); (12) 伽玛射线光度, 单位为 $10^{48} \text{ erg s}^{-1}$; (13) 从式(11)计算得到的多谱勒因子下限; (14) 从式(12)计算得到的中心黑洞质量下限(单位: $10^7 M_\odot$)

变化两倍的时标(ΔT_D)变化范围是(1~6) h (<1 d). 大部分 Blazars 的中心黑洞质量的下限范围为(1~7) $\times 10^7 M_\odot$, 对应的变化两倍的时标(ΔT_D)的范围是(6~30) h (~1d). 对于 2230+114, 0650+453, 0235+164, 2022-07 和 0208-512, 中心黑洞质量下限范围是(7~24) $\times 10^7 M_\odot$, 其对应的变化两倍的时标(ΔT_D)为 48~134 h (>2 d). 因此, 本文方法确定的黑洞质量对流量密度的变化不太敏感, 但随时标变化较大. 这种依赖关系可从(12)式得到解释.

3.2 喷流因子

Blazar 的快速光变, 高光度, 超光速运动和伽玛

射线辐射被认为源自喷流效应. 本文得到的 25 个 Blazars 的多谱勒因子 δ 从 0.60 到 4.63. 我们所得部分源的多谱勒因子与其他作者所得结果进行了比较, 结果是一致的[43,51,52].

在喷流模型中, 洛伦兹因子 Γ 和视角 θ 是重要的参量, 但它们是不可直接测量的. 不过这两个参数与超光速(β_{app})和多谱勒因子(δ)是相关联的, 即 $\beta_{\text{app}} =$

$$\beta_{\text{in}} \sin \theta / (1 - \beta_{\text{in}} \cos \theta), \quad \Gamma = 1 / \sqrt{1 - \beta_{\text{in}}^2} \quad \text{和} \quad \delta = (\Gamma(1 - \beta_{\text{in}} \cos \theta))^{-1}.$$

因此, 可得不可测参量 Γ 和 θ 为: $\Gamma = \frac{\beta_{\text{app}}^2 + \delta^2 + 1}{2\delta}$ 和 $\theta = \arctan\left(\frac{2\beta_{\text{app}}}{\beta_{\text{app}}^2 + \delta^2 - 1}\right)$. 本文表 2 中

表 2 18 个 Blazars 的洛伦兹因子(Γ)和视角(θ)

源名	分类	多谱勒因子	超光速	洛伦兹因子 Γ	初角 $\theta(^{\circ})$
0208-512	FSRQ	1.95	29.4	223.11	3.88
0219+428	BL	1.70	27.9~14.3	230.46~61.38	4.09~7.89
0235+164	BL	2.33	23.8~7.46	123.16~13.34	4.77~13.95
0528+134	FSRQ	3.13	11.7~9.36	23.58~15.72	9.12~10.99
0735+178	BL	1.19	10.6	48.24	10.65
0851+202	BL	1.93	4.85~3.59	7.31~4.56	20.28~24.69
1156+295	FSRQ	1.84	14.9~5.75	61.49~10.17	7.56~17.97
1219+285	BL	1.12	3.78~0.82	7.37~1.31	27.46~60.37
1226+023	FSRQ	1.12	11.56~6.26	60.47~18.45	9.80~17.61
1253-055	FSRQ	1.92	14.9~3.57	59.02~4.54	7.55~24.83
1502+106	FSRQ	4.63	46.6~13.1	237.01~20.96	2.43~7.77
1510-089	FSRQ	2.36	13.17~5.85	38.08~8.63	8.42~16.78
1633+382	FSRQ	3.31	14.5~10.1	33.52~17.19	7.50~10.22
1652+398	BL	0.60	2.05	4.64	49.02
2200+420	BL	0.89	5.16~4.3	15.97~11.40	21.34~25.19
2230+114	FSRQ	1.81	17.05~12.5	81.69~44.45	6.64~8.96
2251+158	FSRQ	4.37	15.2~1.97	28.73~2.74	6.96~10.16
B1127-145	FSRQ	2.60	28.7~14.9	159.69~44.13	3.96~7.45

给出了 18 个源的超光速, 我们可以利用来计算洛伦兹因子(Γ)和视角(θ). 超光速来自文献 Zhang 和 Fan^[53]. 值得注意的是, 本文所得的多谱勒因子是下限, 因此在此计算得到的洛伦兹因子(Γ)和视角(θ)都是上限. 根据我们的研究结果, 可得中心黑洞质量, 视角和多谱勒因子的平均值为: 对于 BL Lacs, $\overline{\log(M_{\text{BLs}})} = 7.13 \pm 0.62$, $\overline{\theta_{\text{BLs}}} = 19.6 \sim 27.4$, $\overline{\delta_{\text{BLs}}} = 1.44$. 对于 FSRQs, $\overline{\log(M_{\text{FSRQs}})} = 7.59 \pm 0.42$, $\overline{\theta_{\text{FSRQs}}} = 6.7 \sim 12.4$, $\overline{\delta_{\text{FSRQs}}} =$

2.64. 有 $\overline{\theta_{\text{BLs}}} > \overline{\theta_{\text{FSRQs}}}$, $\overline{\delta_{\text{BLs}}} < \overline{\delta_{\text{FSRQs}}}$, 因此, FSRQs 比 BL Lacs 有较小的视角和较大的多谱勒效应. 这些结果与 Ghisellini 等人^[54]所得结果是一致的. 虽然 BL Lacs 的中心黑洞质量平均值小于 FSRQs 的, $\overline{\log(M_{\text{BLs}})} < \overline{\log(M_{\text{FSRQs}})}$, 但两者的差异并不明显. 本文所得多谱勒因子和视角与其他研究者所得结果^[54-57]进行了比较, 发现结果是一致的, 我们的结果与他人的结果列于表 3.

表 3 本文所得多谱勒因子和视角与其他研究者所得结果的比较

源名	多谱勒因子(本文)	多谱勒因子(其他文献)	文献	视角(本文)	视角(其他文献)	文献
0219+428	1.70	4.72	[56]	4.09~7.89	7.55	[56]
0235+164	2.33	6.5	[54]	4.77~13.95	1.3~8.8	[54]
0528+134	3.13	2.6	[54]	9.12~10.99	22.9	[54]
0537-441	2.47	11.6	[54]	—	—	—
0735+178	1.19	3.17	[56]	10.65	15.15	[56]
0851+202	1.93	6.8	[56]	20.28~24.69	>7.9	[55]
1101+384	0.86	0.5	[54]	—	—	—
1156+295	1.84	4.9	[56]	7.56~17.97	2.2~8.9	[54]
1219+285	1.12	1.56	[56]	27.46~60.37	36.41	[56]
1226+023	1.12	4.6	[56]	9.80~17.61	10.06	[56]
1253-055	1.92	14	[56]	7.55~24.83	3.2	[54]
1502+106	4.63	11.3	[56]	2.43~7.77	—	—
1510-089	2.36	14.06	[56]	8.42~16.78	4	[54]
1633+382	3.31	2.8	[54]	7.50~10.22	5.48	[56]
1652+398	0.60	1.5	[54]	49.02	42.9	[56]
2200+420	0.89	3.4	[56]	21.34~25.19	13.1	[57]
2230+114	1.81	1.9	[54]	6.64~8.96	4.0~32.4	[54]
2251+158	4.37	4.6	[56]	6.96~10.16	5.8~9.6	[54]

3.3 结论

本文研究了具有短时标光变的 25 个伽玛噪 Blazar 天体的中心黑洞质量下限 M 与多谱勒因子下限 δ . 中心黑洞质量下限范围为 $(0.3 \sim 24) \times 10^7 M_{\odot}$, 多

谱勒因子的下限范围为 $\delta = 0.60$ 到 $\delta = 4.63$. 所得结果与其他作者研究结果进行了比较, 结果是一致的. 同时还给出了 18 个有超光速天体的洛伦兹因子 Γ 和视角 θ .

参考文献

- Urry C M, Padovani P. Unified schemes for radio-loud active galactic nuclei. *Publ Astron Soc Pacific*, 1995, 107: 803—845[doi]
- Ghisellini G, Maraschi L, Tavecchio F. The Fermi blazars' divide. *Mon Not R Astron Soc*, 2009, 396: 105—109[doi]
- Dermer C D, Gehrels N. Two classes of gamma-ray-emitting active galactic nuclei. *Astrophys J*, 1995, 447: 103—120[doi]
- Dondi L, Ghisellini G. Gamma-ray-loud blazars and beaming. *Mon Not R Astron Soc*, 1995, 273: 583—595
- Fan J H, Adam G, Xie G Z, et al. Correlation between the gamma-ray and the radio emissions. *Astron Astrophys*, 1998, 338: 27—30
- Mücke A, Pohl M, Reich P, et al. On the correlation between radio and gamma ray luminosities of active galactic nuclei. *Astron Astrophys*, 1997, 320: 33—40
- Xie G Z, Zhang Y H, Fan J H. The Relation between Gamma-ray and Near-Infrared Radiation in Gamma-ray-loud Blazars. *Astrophys J*, 1997, 477: 114—117[doi]
- Zhou Y Y, Lu Y J, Wang T G, et al. Correlation between VLBI radio flux and gamma-ray flux of EGRET active galactic nuclei. *Astrophys J*, 1997, 484: 47—50[doi]
- Dermer C D, Finke J D, Krug H, et al. Gamma-ray studies of blazars: Synchro-compton analysis of flat spectrum radio quasars. *Astrophys J*, 2009, 692: 32—46[doi]
- Graff P B, Georganopoulos M, Perlman E S, et al. A multizone model for simulating the high-energy variability of TeV blazars. *Astrophys J*, 2008, 689: 68—78[doi]
- Böttcher M, Dermer C D, Finke J D. The hard VHE γ -ray emission in high-redshift TeV blazars: Comptonization of cosmic microwave background radiation in an extended jet? *Astrophys J*, 2008, 679: 9—12[doi]
- Mukherjee R, Bertsch D L, Bloom S D, et al. EGRET observations of high-energy gamma-ray emission from blazars: An update. *Astrophys J*, 1997, 490: 116—135[doi]
- Hartman R C. Gamma-ray variability in blazars. *ASP Conference Series*, 1996, 110: 333—339
- Ghisellini G, Madau P. On the origin of the gamma-ray emission in blazars. *Mon Not R Astron Soc*, 1996, 280: 67—76
- Xie G Z, Bai J M, Zhang X, et al. The massive black hole in the center of the active galaxy MRK 421. *Astron Astrophys*, 1998, 334: 29—31
- Cao X W, Jiang D R. Relation between radio core length and black hole mass for active galactic nuclei. *Mon Not R Astron Soc*, 2002, 331: 111—116[doi]
- Fan J H, Li J, Zhou J L, et al. Black Hole Mass Determination for Blazars. Conference held November 23—26, 2005, at the National Central University, Taiwan. Singapore: Published by World Scientific Publishing Co, 2007. 137
- Fan J H, Huang Y, Yuan Y H, et al. Brightness temperature for 166 radio sources. *Res Astron Astrophys*, 2009, 9: 751—760[doi]
- Wang J M, Chen Y M, Ho L C, et al. Evidence for rapidly spinning black holes in quasars. *Astrophys J*, 2006, 642: 111—114[doi]
- Wang J M, Chen Y M, Zhang F. Cosmological evolution of the duty cycle of quasars. *Astrophys J*, 2006, 647: 17—20[doi]
- Wu X B, Liu F K, Zhang T Z. Supermassive black hole masses of AGNs with elliptical hosts. *Astron Astrophys*, 2002, 389: 742—751[doi]
- Kaspi S, Smith P S, Netzer H, et al. Reverberation measurements for 17 quasars and the size-mass-luminosity relations in active galactic nuclei. *Astrophys J*, 2000, 533: 631—649[doi]
- Genzel R, Eckart A, Ott T, et al. On the nature of the dark mass in the centre of the Milky Way. *Mon Not R Astron Soc*, 1997, 291: 219—234
- Fan J H, Xie G Z, Bacon R. The central black hole masses and Doppler factors of the gamma-ray loud blazars. *Astron Astrophys Suppl Ser*, 1999, 136: 13—18[doi]
- Cheng K S, Fan J H, Zhang L. Basic properties of gamma-ray loud blazars. *Astron Astrophys*, 1999, 352: 32—38
- Fan J H. The basic parameters of γ -ray-loud blazars. *Astron Astrophys*, 2005, 436: 799—804[doi]
- Vestergaard M. Determining central black hole masses in distant active galaxies. *Astrophys J*, 2002, 571: 733—752[doi]
- Barth A J, Ho L C, Sargent W L W. Stellar velocity dispersion and black hole mass in the blazar markarian 501. *Astrophys J*, 2002, 566:

- 13—16[doi]
- 29 Abdo A A, Ackermann M, Ajello M, et al. Bright AGN source list from the first three months of the fermi large area telescope all-sky survey. 2009, arXiv0902.1559
- 30 Kembhavi A K, Narlika J V. Quasar and Active Galactic Nuclei, An Introduction. London: Cambridge University Press, 1999. 202
- 31 Wagner S, Witzel A. Intraday variability in quasars and BL Lac objects. *Annu Rev Astron Astrophys*, 1995, 33: 163—198
- 32 Frank J, King A R, Rain D J. Accretion power in astrophysics. Cambridge: Cambridge University Press, 1985
- 33 Sambruna R M, Urry C M, Maraschi L, et al. The high-energy continuum emission of the gamma-ray blazar PKS 0528+134. *Astrophys J*, 1997, 474: 639—649[doi]
- 34 Pedro R C, Priyamvada N. How robust are the constraints on cosmology and galaxy evolution from the lens—redshift test? *New J Phys*, 2007, 9: 445-1—30
- 35 Yang J H, Fan J H. The correlation between gamma-ray and radio emissions in γ -ray loud blazars. *Chin J Astron Astrophys*, 2005, 5: 229—237[doi]
- 36 Horan D, Hays E, 22 Jan 2009; 22:59 UT: ATel #1905
- 37 Vercellone S, D'Ammando G, Pucella F, et al. 19 Mar 2009; 12:07 UT: ATel #1976
- 38 Cutini S, Hays E. 21 Apr 2009; 22:45 UT: ATel #2026
- 39 Gasparrini D, Hill A B. 23 Mar 2009; 18:50 UT: ATel #1986
- 40 Madejski G, Takahashi T, Tashiro M, et al. Simultaneous soft X-ray and GeV gamma-ray observations of BL Lacertae object AO 0235+164. *Astrophys J*, 1996, 459: 156—168[doi]
- 41 Xie G Z, Zhou S B, Dai B Z, et al. Photometric monitoring of 12 BL Lacertae objects. *Mon Not R Astron Soc*, 2002, 329: 689—699[doi]
- 42 Wills B J. Daily and hourly variations in flux density of radio sources. *Astrophys J*, 1971, 169: 221—233[doi]
- 43 Xie G Z, Liu F K, Liu B F, et al. The beaming model and Hubble diagram of BL Lacertae objects. *Astron Astrophys*, 1991, 249: 65—69
- 44 Kniffen D A, Bertsch D L, Fichtel C E, et al. Time variability in the gamma-ray emission of 3C 279. *Astrophys J*, 1993, 411: 133—136[doi]
- 45 Mattox J R, Bertsch D L, Chiang J, et al. The EGRET detection of quasar 1633 + 382. *Astrophys J*, 1993, 410: 609—614[doi]
- 46 Quinn J, Akerlof C W, Biller S, et al. Detection of gamma rays with $E > 300$ GeV from Markarian 501. *Astrophys J*, 1996, 456: 83—86
- 47 Bloom S D, Bertsch D L, Hartman R C, et al. Observations of a correlated gamma-ray and optical flare for BL Lacertae. *Astrophys J*, 1997, 490: 145—148[doi]
- 48 Pica A J, Smith A G, Webb J R, et al. Long-term optical behavior of 144 compact extragalactic objects 1969—1988. *Astron J*, 1988, 96: 1215—1226[doi]
- 49 Woo J H, Urry C M. Active galactic nucleus black hole masses and bolometric luminosities. *Astrophys J*, 2002, 579: 530—544[doi]
- 50 Cao X W. Evidence for the evolutionary sequence of blazars: Different types of accretion flows in BL Lacertae objects. *Astrophys J*, 2002, 570: 13—16[doi]
- 51 Wehrle A E, Pian E, Urry C M, et al. Multiwavelength observations of a dramatic high-energy flare in the blazar 3C 279. *Astrophys J*, 1998, 497: 178—187[doi]
- 52 Henri G, Pelletier G, Roland J. Gamma-ray emission of active galactic nuclei as a signature of relativistic electron-positron beams. *Astrophys J*, 1993, 404: 41—44[doi]
- 53 Zhang Y W, Fan J H. Statistics of superluminal motion in active galactic nuclei. *Chin J Astron Astrophys*, 2008, 8: 385—394[doi]
- 54 Ghisellini G, Padovani P, Celotti A, et al. Relativistic bulk motion in active galactic nuclei. *Astrophys J*, 1993, 407: 65—82[doi]
- 55 Cao X W. Evidence for anisotropic motion of the clouds in broad-line regions of BL Lacertae objects. *Astrophys J*, 2004, 609: 80—84[doi]
- 56 Lähteenmäki A, Valtaoja E. Total flux density variations in extragalactic radio sources. III. Doppler boosting factors, lorentz factors, and viewing angles for active galactic nuclei. *Astrophys J*, 1999, 521: 493—501[doi]
- 57 Xu Y, Cao X W. On the geometry of broad-line regions in BL Lac objects. *Chin J Astron Astrophys*, 2006, 6: 649—654[doi]