

BL Lac 天体的 γ 射线和 X 射线辐射研究^{* **}

张皓晶^{1,2} 张 雄^{3†}

(1 中国科学院国家天文台 北京 100012)

(2 中国科学院研究生院 北京 100049)

(3 云南师范大学物理系 昆明 650092)

摘要 收集了 18 个 γ 射线暴 BL Lac 天体的 X 射线流量密度和 γ 射线流量密度, 以及 X 射线波段(1keV)和 γ 射线波段(>100 MeV)的平均光谱指数, 研究了它们之间的相关性. 结果表明: 1) X 射线流量密度与 γ 射线流量密度在高态、低态和平均态均有较强的相关性. 2) X 射线波段和 γ 射线波段的平均光谱指数之间有较强的负相关性. 3) X 射线和 γ 射线波段的平均光谱指数与 X 射线和 γ 射线辐射流量密度在高态和平均态时均无显著的相关性. 4) γ 射线波段的平均光谱指数与 X 射线辐射流量密度的低态有较强的负相关性. X 射线波段的平均光谱指数与 γ 射线波段的流量密度的低态之间也存在弱相关性. 分析结果支持 BL Lac 天体的 X 射线和 γ 射线辐射可能来自同一相对论电子分布的同步辐射和同步自康普顿(SSC)辐射.

关键词 星系: 活动, 蝎虎天体: 普通, γ 射线: 理论, X-射线: 星系, 方法: 数据分析

中图分类号: P 158; **文献标识码:** A

1 引言

从 1991 年至 2000 年间, 康普顿 γ 射线空间天文台 CGRO(Compton Gamma-Ray Observatory)上的 EGRET(Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope)仪器获得了许多 Blazar 天体的重要的观测结果. 由此, 天文学家提出了许多的理论模型来解释这一重要的天文发现^[1,2], 最重大的发现之一是 BL Lac 天体和平谱射电类星体(FSRQs) 在高能 γ 射线波段($E > 100$ MeV)都有强的 γ 射线辐射. 虽然目前有很多的辐射模型在讨论和解释 Blazar 天体辐射高能 γ 射线这一重要观测结果^[3]. 但是辐射模型随不同波段有不同的变化^[4], 有人对 γ 辐射提出了几种模型: (1) 外围光子的逆康普顿散射模型(ECS), 在这种模型中软光子直接来自附近的吸积盘或者来自 AGNs 某些区域的盘辐射过程^[5,6]; (2) 同步自康普顿模型(SSC), 在这种模型中, 软光子来自喷流中的同步加速辐射^[7], 由此所获得的辐射机制也有其对应的解释. Cheng 等^[7]直接用 EGRET 观测数据研究了 γ 射线辐射和射电、光学、X 射线波段 Blazar 天体的相关性, 他们发现了一些多个波段辐射流量密度有较强相关性的重要证据, 较好地解释了 Blazar 天体的 γ 射线产生机制问题.

Zhang 等人研究了 Blazar 天体 γ 射线和近红外波段光学辐射流量密度的相关性. 较

* 2007-07-02 收到原稿, 2007-08-20 收到修改稿

** 国家自然科学基金(批准号: 10521001, 10433010, 10663002; 10763002)资助项目

† E-mail: kmzhangx@sohu.com

好地解释了 Blazar 天体的 γ 射线辐射流量是红外光子被相对论电子受逆康普顿散射产生, 热尘埃的作用是为逆康普顿散射提供大量光子^[8]. 上述研究仅限于 Blazar 天体的多波段光度、辐射流量密度, 而 BL Lac 天体是 Blazar 天体中一个极为特殊的子类. 它们高能波段的 X 射线和 γ 射线辐射流量密度在不同状态下的研究, 对辐射机制和天体实测的指导极为重要^[9]. 特别是 BL Lac X 射线波段和 γ 射线波段的平均光学谱指数 α_X 、 α_γ 及高能流量密度等相关性研究, 对探索 BL Lac 天体的能谱双峰图十分有效^[10].

因此, 本文收集到了 18 个 γ 射线噪 BL Lac 天体的 X 射线和 γ 射线辐射流量密度在高态、低态和平均态时的值. 研究了相关性, 结果表明不论在高态、低态或平均值状态时, 它们都具有较强的相关性. 同时收集到了其中 16 个 γ 射线噪 BL Lac 天体的 X 射线波段和 γ 射线波段的平均光谱指数. 研究了在平均光谱指数之间, 平均光谱指数与 X 射线和 γ 射线辐射流量密度在高态、低态和平均态时的相关性.

2 X 射线与 γ 射线辐射相关性研究

2.1 观测样本

在研究 γ 射线噪 BL Lac 天体的流量密度相关性时, 所选择的样品流量密度的观测结果应该是在同时性观测获得的结果. 由于 EGRET 源中 BL Lac 天体数量很少 (仅 18 个源)^[11], 要获得多波段同时性观测的结果很难. 因此, 在不同波段寻找具有最小流量密度、最大流量密度和平均流量密度的观测数据就显得非常有用^[12]. 在通常情况下, BL Lac 天体具有最小流量密度值时是该天体相对的宁静态 (或称低态). 当天体具有最大流量密度时为该天体的爆发状态 (或称高态). 根据对 BL Lac 天体的长期观测, 天体处于宁静状态的时间比爆发状态的时间要长, 在 EGRET 源的 18 个 BL Lac 天体的长期观测中, 天体处于宁静状态的时间比爆发状态的时间要长^[13], 本文选择低态来作为准同时性观测, 用所获得的结果研究 X 射线和 γ 射线辐射流量密度的相关性.

同时, 我们注意到在 EGRET 的 BL Lac 天体观测数据中, 低态的观测值有的已经超出了仪器的极限灵敏度, 有相对较大的测量误差^[1]. 为此我们同时收集 γ 射线噪 BL Lac 天体的高态流量密度值进行相关性分析的比较研究. 同时, 在 18 个 γ 射线噪 BL Lac 天体中, 在多个波段均有较多的观测数据. 我们也计算了这些观测数据的平均值, 并作相关性分析, 以便进行比较研究.

我们从 31 篇文献中收集了 18 个 γ 射线噪 BL Lac 天体的观测数据 (详细的参考文献, 若有需要可根据表 1 中参考文献上网查询, 也可以向本文作者索取), 表 1 显示所有收集到的数据. 在表 1 中, (1) 为样品名; (2) Z 为样品的红移, HBL 为高频 BL Lac 天体 (high energy peaked BL Lacs), LBL 为低频 BL Lac 天体 (low energy peaked BL Lacs)^[14], HBL 和 LBL 也称为样本天体的类型. 由于 EGRET 的选择效应, 我们的样本以 LBL 主导; (3) $F_{X\max}$ 为 X 射线流量密度的最大值 (高态), $F_{X\min}$ 为最小值 (低态), 单位为 1 keV . (4) 为 X 射线流量密度参考文献. (5) 为 $>100 \text{ MeV}$ 处 γ 射线流量密度, $F_{\gamma\max}$ 为最大值 (高态), $F_{\gamma\min}$ 下面一行为最小值 (低态), 单位为 $10^{-7} \text{ Photons} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. (6) 为 γ 射线流量密度的参考文献. (7) $F_{X\text{aver}}$ 为 X 射线流量密度的平均值, 单位为 keV . $F_{\gamma\text{aver}}$ 为 γ 射线流量密度的平均值,

单位为 $10^{-7}\text{Photons. cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. (8) α_{X} 为 X 射线波段(keV)的平均谱指数, α_{γ} 为 γ 射线波段(100 MeV)的平均谱指数. (9) 为 α_{X} 和 α_{γ} 的参考文献.

在表 1 中,所有源都有 γ 射线和 X 射线的流量密度值. 但 1604+159 和 2254+074 因为观测数据少,而无平均谱指数. 样品数为 $N=16$.

表 1 BL Lac 天体样品
Table 1 The sample of BL Lac objects

(1) 样品名	(2) 红移 Class	(3) $F_{\text{X max}}$ $F_{\text{X min}}$	(4) Ref.	(5) $F_{\gamma \text{ max}}$ $F_{\gamma \text{ min}}$	(6) Ref.	(7) $F_{\text{X aver}}$ $F_{\gamma \text{ aver}}$	(8) α_{X} α_{γ}	(9) Ref.
0219+428	0.444	1.25	[15]	3.42	[28]	0.705	1.49	[15]
3C66A	LBL	0.16	[16]	1.52	[28]	2.47	2.01	[38]
0234+285	1.213	0.19	[17]	3.14	[29]	0.14	0.7	[39]
CDT	HBL	0.09	[15]	1.09	[29]	2.115	2.47	[29,38]
0235+164	0.940	35.6	[18]	8.25	[28]	17.89	2.1	[40,22,18,15]
OD	LBL	0.17	[16]	1.13	[30]	4.69	1.59	[41,29,36]
0537-441	0.896	40.79	[19]	8.98	[30]	20.495	1.16	[15]
PKS	LBL	0.20	[20]	1.74	[31]	5.36	2.13	[41,29,42]
0716+714	0.3	3.01	[21]	5	[32]	2.145	2.03	[18,21,15]
S5	LBL	1.28	[15]	1.6	[31]	3.43	1.73	[41,29,43]
0735+178	0.424	33.0	[16]	8.63	[31]	16.61	0.71	[22]
PKS	LBL	0.22	[18]	1.29	[28]	4.96	2.55	[41,29]
0829+049	0.18	1.07	[22]	1.9	[31]	0.63	2.26	[22]
OJ049	LBL	0.19	[16]	1.4	[32]	1.65	2.30	[29]
0851+202	0.306	2.16	[23]	2.9	[33]	1.39	1.45	[15]
OJ287	LBL	0.62	[15]	1.22	[29]	2.06	2.03	[29]
0954+658	0.368	0.17	[15]	1.78	[30]	0.165	0.23	[15]
	LBL	0.16	[18]	1.47	[30]	1.625	2.08	[29]
1101+384	0.031	36.13	[15]	4.97	[28]	23.065	2.14	[15]
MrK421	HBL	10	[24]	1.57	[28]	3.255	1.50	[29,44,32]
1219+285	0.102	0.21	[25]	2.84	[34]	0.12	1.79	[22,15]
ON231	LBL	0.03	[26]	0.69	[34]	1.765	1.73	[29]
1604+159	0.357	0.15	[16]	4.14	[30]	0.135	...	...
4C15	LBL	0.12	[26]	1.71	[30]	2.925	...	...
1652+398	0.033	9.37	[23]	3.2	[35]	7.625	2.63	[18]
MrK501	HBL	5.88	[25]	3.6	[33]	3.4	1.5	[35]

表 1(续)
Table 1 (continued)

(1) 样品名	(2) 红移 Class	(3) $F_{X\max}$ $F_{X\min}$	(4) Ref.	(5) $F_{\gamma\max}$ $F_{\gamma\min}$	(6) Ref.	(7) $F_{X\aver}$ $F_{\gamma\aver}$	(8) α_X α_γ	(9) Ref.
2005—489	0.071	5.3	[15]	6.3	[36]	3.755	1.89	[15]
PKS	HBL	2.21	[15]	1.8	[32]	4.05	2.2	[43]
2032+107	0.601	1.22	[22]	2.442	[30]	0.66	1.43	[22]
PKS	LBL	0.10	[15]	1.34	[30]	1.891	2.16	[29,45]
2155—304	0.116	16.47	[22]	4.25	[30]	11.225	1.61	[22]
PKS	HBL	5.98	[22]	2.62	[37]	3.435	1.53	[29,43]
2200+420	0.069	43.2	[22]	7.81	[37]	21.87	1.34	[22]
BL Lac	LBL	0.53	[25]	1.84	[30]	4.825	1.9	[41]
2254+074	0.19	0.15	[27]	2.7	[27]	0.0995	...	...
PKS	LBL	0.049	[25]	0.8	[27]	1.75	...	...

2.2 相关性分析

根据表 1 的观测数据,运用一元线性回归方法^[46],我们研究了观测数据,其分析计算结果列入表 2 中.在表 2 中,(1) 变量 Y 分别对应 >100 MeV 处 γ 射线流量密度的最大值 $F_{\gamma\max}$ (高态)、最小值 $F_{\gamma\min}$ (低态)、平均值 $F_{\gamma\aver}$ 、平均光谱指数 α_γ 、1 keV 处 X 射线波段的平均光谱指数 α_X .(2) 变量 X 分别对应 1 keV 处 X 射线流量密度的最大值 $F_{X\max}$ (高态)、最小值 $F_{X\min}$ (低态)、平均值 $F_{X\aver}$ 、平均谱指数 α_X .(3) 样品数 N .(4) 线性回归方程的截距 a_0 .(5) 线性回归方程截距 a_0 的误差 δ_{a0} .(6) 线性回归方程的斜率 a_1 .(7) 线性回归方程斜率 a_1 的误差 δ_{a1} .(8) 线性回归方程的标准误差 S .(9) 线性回归方程的相关系数 r .(10) 置信概率 P .

3 结果与讨论

3.1 结果分析

从表 2 和图 1 至图 3 中,我们可以看出 F_X 与 F_γ 在高态和低态均有较强的相关性.并且我们发现其高态的相关性比低态强.同时我们发现 F_X 与 F_γ 的平均态也存在较强的相关性,并且其平均态的相关性也比低态强.从表 2 和图 4 中,我们发现 X 射线波段(1 keV)和 γ 射线波段(>100 MeV)的谱指数有较强的负相关性.这一结果(低频峰)与 Fossati 等^[47]发现的在射电波段谱指数与光学波段谱指数(高频峰)有较强相关性的结论是相似的,它从另外一个方面证实了 BL Lac 天体的能谱分布的双峰结构图及其模型的正确性.

从表 2 中,我们有一个十分重要的发现, α_γ 与 $F_{X\min}$ 有较强的负相关性.当 BL Lac 天体的 X 射线辐射流量密度强时, γ 射线平均光谱指数变小.这是一个非常重要的结果.我们知道,BL Lac 天体的能谱分布较广.从低能射电波段一直到高能 γ 射线波段,整个电磁能谱分布以非热辐射为主,由于 EGRET 和地面切仑可夫望远镜的巨大贡献,目前能谱

分布已延伸到了 TeV γ 射线能区,BL Lac 天体能谱最明显、最突出的特征就是能谱分布中存在有两个非常明显的成分,即在双峰图中低能峰位于毫米波到 X 射线辐射能区,高能峰位于 GeV-TeV γ 射线能区^[40],Sambruna^[40]等曾经对 BL Lac 天体的热光度 L_β 与宽波段谱指数 α_{Rr} 的关系进行了统计分析,他们发现了在低能峰热光度 L_β 与宽波段谱指数 α_{Rr} 之间存在强的相关性($P=0.01$)^[40],这一发现表明随着热光度的增加谱形变陡,他们的这个重要结果被广泛得到运用^[48,49,50].我们发现的这一结果与 Sambruna 等^[40]发现的结果非常相似,这一结果很好地支持了双峰结构图,在位于高能峰的 X 射线波段到 γ 射线波段的能区,我们发现了 α_γ 与 $F_{\gamma\min}$ 的负相关性和 α_X 与 $F_{X\min}$ 的弱相关性.这就从双峰图中的高能峰进一步证明了 Sambruna 等^[40]的猜想和 Marscher 等^[51]提出的同步自康普顿模型 SSC(Synchrotron Self Compton)是成立的.

表 2 BL Lac 天体的相关性分析结果
Table 2 The correlation analysis results of BL Lac objects

(1) Y	(2) X	(3) N	(4) a_0	(5) $\hat{\sigma}_{a0}$	(6) a_1	(7) $\hat{\sigma}_{a1}$	(8) S	(9) r	(10) P
$F_{\gamma\min}$	$F_{X\min}$	18	1.3844	0.15	0.1346	0.04	0.5658	0.56762	0.014
$F_{\gamma\max}$	$F_{X\max}$	18	3.0242	0.39	0.1231	0.02	1.2994	0.85029	10^{-4}
$F_{\gamma\text{aver}}$	$F_{X\text{aver}}$	18	2.2547	0.23	0.1771	0.21	0.7521	0.81633	10^{-4}
α_γ	α_X	16	2.4768	0.18	-0.329	0.11	0.2755	-0.62011	0.010
α_γ	$F_{X\min}$	16	2.0903	0.08	-0.0732	0.023	0.2718	-0.66333	0.008
α_γ	$F_{X\max}$	16	2.0183	0.11	-0.0039	0.0052	0.3446	-0.19253	0.475
α_γ	$F_{X\text{ave}}$	16	2.0504	0.12	-0.0109	0.0097	0.3364	-0.28649	0.282
α_X	$F_{\gamma\min}$	16	0.9407	0.41	0.3785	0.23	0.6051	0.40142	0.123
α_X	$F_{\gamma\max}$	16	1.6219	0.30	-0.0131	0.068	0.6604	-0.05104	0.851
α_X	$F_{\gamma\text{ave}}$	16	1.4723	0.45	0.0275	0.13	0.6602	0.05583	0.837

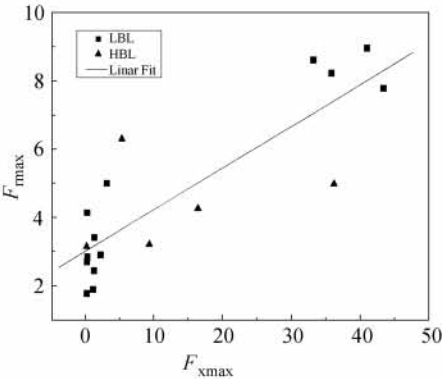


图 1 F_X 与 F_γ 在高态时有较强的相关性
Fig. 1 A strong correlation exists in maximum state between F_X and F_γ

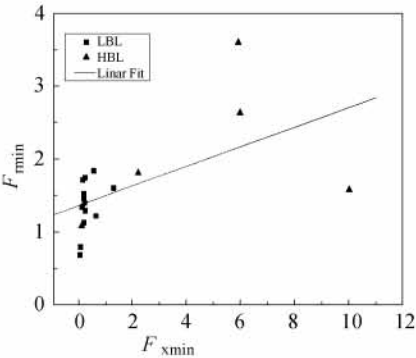


图 2 F_X 与 F_γ 在低态时有弱的相关性
Fig. 2 A weak correlation exists in minimum state between F_X and F_γ

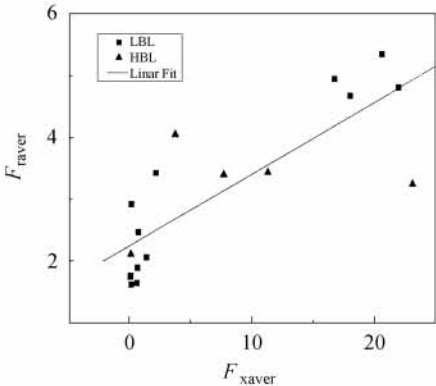


图 3 F_X 与 F_γ 在平均态时有较强的相关性
Fig. 1 A strong correlation exists in average state between F_X and F_γ

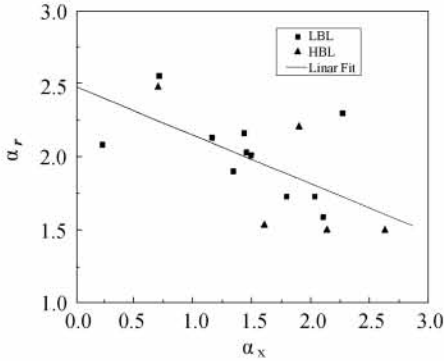


图 4 α_X 与 α_γ 有较强的负相关性
Fig. 4 A strong anti-correlation exists between α_X and α_γ

3.2 讨论

本文收集了 16 个 γ 射线噪 BL Lac 天体的 X 射线波段和 γ 射线波段的平均谱指数. 分析研究了谱指数之间的相关性, 谱指数的负相关性能进一步证实流量之间存在的相关性, 同时, 进一步解释了 γ 射线辐射可能产生于同步自康普顿辐射过程^[52]. 我们也研究了这 16 个 BL Lac 天体的 X 射线波段和 γ 射线波段的平均谱指数与 F_X 和 F_γ 之间在高态、低态、平均态的相关性. 我们发现 γ 射线和 X 射线的平均谱指数与 X 射线和 γ 射线辐射流量密度在高态和平均态时均无显著的相关性. 这一结果可能是由于我们在做平均光谱指数与 X 射线和 γ 射线辐射流量密度的相关性时, 样本数没有足够大. 而对 16 个 γ 射线噪 BL Lac 天体在 X 射线和 γ 射线波段的平均谱指数相关性的研究, 结果发现, 它们的谱指数之间有较强的负相关性. 这一结果证明, BL Lac 天体在 X 射线和 γ 射线波段流量密度的相关性以及平均谱指数之间的相关性, 比与之相对应的光度之间的相关性更为重要, 因为光度的强相关性与红移有关, 特别是为观测样本的分布在较宽的空间区域时. 原来表现相互之间存在强相关的光度, 换成流量后相关性随之消失^[11], 而平均谱指数的相关性在研究天体辐射机制时就很重要了.

在 18 个有 γ 射线噪的 BL Lac 天体中, γ 射线和 X 射线的流量密度, 不论在高态还是低态, 它们均有较强的相关性. 这一结论可能是 γ 射线噪 BL Lac 天体存在的一个共同性质. 这为将来进一步深入观测 γ 射线噪 BL Lac 天体的 X 射线和 γ 射线辐射流量密度, 提供了一个重要的检验依据, 也为增加 BL Lac 天体中 γ 射线噪源观测的候选体提供了选择依据, 以扩大 γ 射线噪源的总观测样本数. Stickel 模型认为 BL Lac 天体在观测上表现出有非常少的绕中心核尘埃^[53], 光谱观测表明无发射线, BL Lac 天体的发射线是内禀弱的. 我们发现的 γ 射线和 X 射线的流量密度, 不论在高态还是低态, 它们均有较强的相关性支持了 Stickel 的模型^[53].

我们获得的 18 个有 γ 射线噪 BL Lac 天体相关性分析结果要比射电辐射 (5 GHz, 6 cm) 之间的相关性强. Dondi 等^[1] 在研究 γ 噪 Blazars 天体时发现射电和 γ -ray 亮度之间有好的相关性. 然而,^[11] 分析并得出了射电和 γ -ray 亮度之间没有相关性. Cheng^[7] 和

Zhang^[54] 又发现它们二者之间有相关性, 在 γ -ray 和射电波段之间的相关性中得出了不同的结论, 主要原因是: 1) 样品很小; 2) γ -ray 和射电波段没有同时观测的数据, 因此对辐射流量数据的不同选择出现在低态时的相关性相对高态弱一些.

γ -ray 源是在比较亮的情况下探测到的, 因此, 平均值应该与高态时一致. 从上面数据处理结果我们可以看出, 处在高态以及平均值时的 γ -ray 与 X 射线辐射之间的相关性比处在低态时的相关性要好的多. 这表明 γ -ray 很可能产生于同步自康普顿过程 (SSC)^[43].

我们的研究表明: 1) γ -ray 和 X 射线辐射都来自喷流; 2) γ -ray 很可能产生于 SSC 过程; 3) 同时性的多波段观测, 对相关分析是很重要的. 4) 不同类型的天体, 由于观测特征上的差异, 其高能辐射的机制可能不同. 5) 首次发现 γ 射线波段的平均光谱指数与 X 射线辐射流量密度的低态有较强的负相关性. X 射线波段的平均光谱指数与 γ 射线波段的流量密度的低态之间也存在弱相关性. 这一结果首次证明了在高能峰也存在和 Sambruna 等^[40] 在低能峰所找到的热光度 L_β 与宽波段谱指数 α_{R_x} 的相关性一样的结果. 我们的发现支持 BL Lac 天体 γ 射线辐射的 SSC 模型^[51].

参 考 文 献

- 1 Dondi L & Ghisellini G MNRAS, 1995, 273: 583
- 2 Maraschi L & Ghisellini G ApJ, 1992, 397: L5
- 3 Begelman S M, Mitchell C ApJ, 1994, 421: 153
- 4 Blandford R D, Levinson A ApJ, 1995, 441: 79
- 5 Wagner S J A&A, 1995, 298: 688
- 6 Xie G Z, Zhang Y H, Fan J H ApJ, 1997, 447: 114
- 7 Cheng K S, Zhang X, Zhang L ApJ, 2000, 537: 80
- 8 张雄, 谢光中, 赵刚, 伊继东, 马力, 白金明 物理学报, 2001, 50, 354
- 9 Zhang X, Zhao G, Xie G Z, Cheng K S, Zhang L Chin. Phys, 2001, 10: 568
- 10 Mei D C, Zhang L, Jang Z J A&A, 2002, 391: 917
- 11 Mueck A, Pohl M, Reich P A&A, 1997, 320: 33
- 12 Burbidge G ApJ, 1987, 93: 1
- 13 Zhang X, Cheng K S, Zhao G ApSS, 2003, 286: 323
- 14 Padovani P, Giommi P ApJ, 1995, 444: 567
- 15 Comastri A, Fossati G, Ghisellini G, Molendi S ApJ, 1997, 480: 534
- 16 Ledden J E, O'Dell S L ApJ, 1985, 298: 630
- 17 Wilkes B J, Tananbaum H, Worrall D M, Avni Y, Oey M S, Flanagan J ApJS, 1994, 92: 53
- 18 Urry C M, Sambruna R M, Worrall D M, et al. ApJ, 1996, 463: 424
- 19 Treves A, et al. ApJ, 1993, 406: 447
- 20 Wolter A, Caccianiga A, Della Ceca R, & Maccacaro T. ApJ, 1994, 433: 29
- 21 Cappi M, Comasti A, et al. MNRAS, 1994, 271: 438
- 22 Worrall D M, & Wilkes B J, ApJ, 1990, 360: 396
- 23 Sambruna R M, et al., ApJ 1994, 434: 468
- 24 Madejski G M, & Schwartz D A, ApJ, 1983, 275: 467
- 25 Ghisellini G, Maraschi L, Tanzi E G, & Treves A, ApJ, 1986, 310: 317
- 26 Giommi P, Ansari S G, Micol A, A&AS, 1995, 109: 267

- 27 Villata M, et al. A&AS, 1997, 121: 119
- 28 Thompson ApJS, 1995, 101: 259
- 29 Hartman R C, et al. ApJS, 1999, 123: 79
- 30 Mukherjee R, Böttcher M, et al. ApJ, 1999, 527: 132
- 31 Thompson D J, et al. 1996a, in AAS CD-ROM Series, Vol. 6 (Washington: AAS)
- 32 Fichtel C E, et al. ApJS, 1994, 94: 551
- 33 Shrade C R, et al. AJ, 1994, 107: 904
- 34 Thompson D J, et al. ApJS, 1996b, 107: 227
- 35 Kataoka J, et al. Astropart. Phys., 1999, 11: 149
- 36 Lin Y C, et al. ApJS, 1996, 105: 331
- 37 Mattox J R, et al. ApJ, 1993, 410: 609
- 38 von Montigny C, et al. ApJ, 1995, 440: 525
- 39 Neumann M, Reich W, Fürst E, et al. A&AS, 1994, 106: 303
- 40 Sambruna R M, Maraschi L, & Urry C M, ApJ, 1996, 463: 444
- 41 Mattox J R, et al. ApJ, 1997, 476: 692
- 42 Chiang J, et al. ApJ, 1995, 452: 156
- 43 Lin Y C, et al. ApJ, 1995, 442: 96
- 44 Lin Y C, et al. ApJ, 1992, 401: L61
- 45 Dingus B L, et al. ApJ, 1996, 467: 589
- 46 李惕碚 实验的数学处理, 1980, 科学出版社
- 47 Fossati G, MNRAS, 1998, 299: 433
- 48 Giommi P, Padovani P MNRAS, 1994, 268: L51
- 49 Giommi P, Padovani P MNRAS, 1995, 277: 1477
- 50 Fossati G MNRAS, 1997, 289: 136
- 51 Marscher A P, Gear E K ApJ, 1985, 298: 114
- 52 Rowan - Robinson M, Nogroponte J, Silk J Nature, 1979, 281: 635
- 53 Stickel M ApJ, 1991, 374: 431
- 54 Zhang X, Zhao G, Cheng K S Chin. Phys. Lett, 2003, 20: 1183

Study of γ -ray and X-ray Emission from BL LAC Objects

ZHANG Hao-jing^{1,2} ZHANG Xiong³

(1 National Astronomical Observatory, Chinese Academy of sciences, Beijing 100012)

(2 Graduate School, Chinese Academy of sciences, Beijing 100049)

(3 Department of physics, Yunnan Normal University, Kunming 650092)

ABSTRACT This paper collects 18 γ -ray-loud BL Lacertae (BL Lac) objects with the observed X-ray and γ -ray flux densities (maximum, minimum, average) as well as the X-ray (1 keV) and γ -ray (above 100 MeV) average spectral indices. These flux densities and average spectral indices data came from 33 literatures. To analysis the character between X-ray and γ -ray flux densities in the maximum($F_{X\max}$, $F_{\gamma\max}$), minimum (

$F_{X\min}, F_{\gamma\min}$) and average($F_{X\text{aver}}, F_{\gamma\text{aver}}$) value and those average spectral indices(α_X, α_γ), we employed the correlation analysis. We studied their correlations in detail, and our results show that; 1) there is a strong correlation between F_X and F_γ in the high, average and low state. This result affirmed Stickel et al. ^[53] model which supposed a few dust around the black hole. 2) there is a strong correlations between α_X and α_γ in the average state. 3) there is not a significant correlation between the average spectral indices and the flux densities in high and average state. 4) there is a strong anti-correlation between the average γ -ray spectral indices and the X-ray flux densities in the low state, and also there is a weak correlation between the average X-ray spectral indices and the γ -ray flux densities in the low state. Our results are in agreement with the scenario that the X-ray and γ -ray emission from BL Lac objects are likely produced by the same population of relativistic electrons through synchrotron and synchrotron Self-Compton model (SSC) process, respectively.

Key words Galaxies; active; BL Lacertae objects; general, Gamma rays; theory, X-rays; galaxies, Methods; data analysis