

γ 噪 Blazar 天体的 γ 射线和近红外光辐射研究*

张 雄¹⁾²⁾³⁾ 谢光中³⁾ 赵 刚²⁾ 马 力¹⁾ 伊继东¹⁾ 白金明³⁾

¹⁾ (云南师范大学物理系, 昆明 650092)

²⁾ (中国科学院北京天文台, 北京 100081)

³⁾ (中国科学院云南天文台, 昆明 650011)

(1999 年 12 月 13 日收到, 2000 年 8 月 7 日收到修改稿)

收集了 29 个有 γ 噪的 Blazar 天体 (其中有 16 个 BL Lac 天体和 13 个平谱射电类星体) 的近红外流量密度和 γ 射线流量密度, 获得以下主要结果: 1) 23 个天体中的 γ 射线流量密度和近红外流量密度在低态时存在较强的相关性而在高态时有弱的相关性. 2) 在 29 个天体中, 有 6 个天体只有一个观测数据点, 将其认为是高态时, γ 射线流量密度与近红外光流量密度之间有弱相关性, 而认为是低态时有强相关性. 3) 29 个源的 γ 射线流量密度与 X 射线流量密度在低态时有相关性, 但是 γ 射线流量与光学流量密度, γ 射线流量与射电流量密度均没有相关性. 4) 在 16 个 BL Lac 天体中 γ 射线流量与近红外光流量不论在高态还是低态都有相关性, 而 13 个平谱射电类星体没有相关性. 讨论了 γ 噪 Blazar 天体的 γ 射线辐射机制, 认为 γ 射线的辐射机制主要是同步自康普顿散射, 而逆康普顿散射来自绕中心核且温度约为 2000K 的尘埃, 这些尘埃的区域大约有 $r = 3\text{pc}$. 聚束的相对论电子也可能是这种尘埃模型辐射机制的一个重要补充. 平谱射电类星体和 BL Lac 天体的 γ 辐射机制可能有些不同.

关键词: Blazar 天体, 星系- γ 射线观测, 辐射机制, 非热辐射

PACC: 9760L, 0432

1 引 言

最近几年康普顿 γ 射线天文台 (Compton Gamma-Ray Observatory CGRO) 的 EGRET (Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope) 仪器获得了许多 Blazar 天体的重要观测结果. 这些 Blazar 天体 (约 64 个天体, 其中平谱射电类天体 46 个, BL Lac 天体 18 个) 在高能 γ 射线波段 ($E > 100\text{MeV}$) 有较强 γ 射线辐射. 这一发现不能被现有的天体物理论模型所检验和预言, 由此不少天文学家为此提出了许多新理论模型来解释这一重要的天文发现. Dondi 等人认为 Blazar 天体辐射出的大量 γ 射线是强光子相互作用所致^[1], 有的模型则用同步自康普顿辐射解释这一现象^[2], 也有人认为大量 γ 辐射是相对论电子群的同步辐射所致, 近期有的天文学家认为是软光子被吸积盘逆康普顿散射或被星云物质, 或被绕中心黑洞的外层物质散射所致^[3-6]. 虽然近年来有大量的辐射模型来讨论和解释 Blazar 天体辐射高能 γ 射

线这一重要观测结果, 但在解释 γ 辐射机制的模型中, 并没有哪一个模型是占主导地位的. 众所周知, 辐射模型随不同的波段有不同的变化. 由此所获得的辐射机制有其相对应的解释. Dondi 等人直接用 EGRET 观测数据研究了 γ 射线辐射和射电、光学、X 射线波段辐射的相关性^[1], 他们发现 γ 射线光度与射电光度的相关性比其与光学光度和 X 射线光度的相关性好. 随 Dondi 之后, 我们收集了 16 个有 γ 射线噪的 Blazar 天体的近红外和 γ 射线辐射流量^[6], 对其辐射机制进行了深入研究, 我们发现: 1) 近红外光度与 γ 射线光度有较好的相关性, 并且 γ 射线光度与近红外光度的相关性比 γ 射线光度与 X 射线光度的相关性好. 2) γ 射线光度与近红外光度的相关系数为 $\gamma = 0.98$, 置信度为 $p = 4.675 \times 10^{-10}$.

这个结果表明近红外与 γ 射线辐射之间的相互关系十分重要. 同时也说明 Blazar 天体光度的强相关与红移有关, 特别是当观测样品分布在较宽的空间区域时, 原来表现出相互之间存在强相关的光度,

* 国家自然科学基金 (批准号: 19963001) 和云南省自然科学基金 (批准号: 97A017M) 资助的课题.

换成流量密度后相关性随之消失^[7], 由此表明在研究天体的辐射机制时, 流量的相关性显得更为重要.

本文收集了 29 个 Blazar 天体的观测数据, 研究了 γ 射线辐射流量密度 F_γ 与近红外流量密度 F_{IR} 相关性, 为了进行比较, 也讨论了 F_γ 与射电流量密度 F_R , F_γ 与光学流量密度 F_O , F_γ 与 X 射线流量密度 F_X 相关性. 获得 γ 射线的辐射区域.

2 γ 射线噪 Blazar 天体的流量密度相关性

在研究 γ 射线噪 Blazar 天体的流量密度相关性时, 流量密度的观测结果应该是具有同时性观测获得的结果, 但由于具有多波段同时性观测结果的 EGRET 源数量非常少^[8], 在不同波段范围寻找具有最小流量密度的观测结果就变得非常有用^[9]. 我们

认为天体具有最小流量密度值时应该是该天体相对应的宁静态(或称低态), 天体具有最大流量密度值时为该天体的爆发状态(或称高态). 根据长期 Blazar 天体的观测, 天体处于宁静态的时间比爆发状态的时间长得多^[10]. 在天体物理的基本理论中, 爆发状态的物理过程非常复杂, 流量密度变化极不稳定. 因此, 在没有多波段同时性观测资料的情况下, 我们研究不同的波段有 γ 射线噪 Blazar 天体宁静态的流量密度相关性. 根据 EGRET 的观测报道^[1], 由于 γ 射线噪 Blazar 天体的 γ 波段 EGRET 观测数据在低态时, 有些源的观测值已经超出了仪器的极限灵敏度, 有较大的观测误差. 为此我们同时收集了 γ 射线噪 Blazar 天体的各波段的高态流量密度值进行相关分析比较研究. 因为现已有部分观测表明, 有些源在 γ 射线爆发时也同时伴随有光学波段的爆发^[5].

表 1 各类 Blazar 天体

Source	Name	Class	F_K	F_X	F_γ	F_R	F_O					
(1)	Z	type	/mJy	Ref.	/uJy	Ref.	Ref.	/Jy	Ref.	/mJy	Ref.	Ref.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	4C15.05	RQ			0.35	[31]	5.28 ± 2.64	[38]	3.62	[58]	7.017	[72]
0202+149	1.202	HP	0.34	[69]	0.06	[77]	0.87 ± 0.28	[38]	2.4	[31]	0.005	[48]
	3C66A	BL	13.1 ± 0.9	[1]	1.25	[31]	3.42 ± 0.43	[32]	1.04	[43]	16.6	[64]
0219+428	0.444	HP	4.68	[2]	0.16	[26]	1.52 ± 0.41	[32]	0.52	[3]	0.85	[64]
	OD	BL	20	[3]	1.56 ± 0.41	[27]	8.25 ± 0.91	[32]	2.85	[52]	6.6	[3]
0235+164	0.940	HP	3.0 ± 0.1	[4]	0.17	[26]	1.13 ± 0.46	[38]	1.03	[4]	0.6	[29]
	PKS	RQ	13.9 ± 0.1	[5]	0.52 ± 0.15	[28]	6.78 ± 3.3	[38]	6.99 ± 1.1	[57]	0.296	[60]
0420-014	0.915	HP	7.0 ± 0.2	[6]	0.38	[26]	1.4 ± 0.72	[38]	3.50	[26]	0.23	[60]
	PKS	RQ	3.56	[7]	0.11 ± 0.03	[3]	1.47 ± 0.42	[38]	2.2	[26]	0.91	[54]
0454-234	1.009	HP	2.51	[7]	0.085	[26]	1.4 ± 0.4	[40]	1.86	[53]	0.04	[54]
	PKS	BL	19.39 ± 0.97	[5]	1.78	[27]	3.75 ± 1.12	[38]	9.7	[54]	3.72 ± 0.13	[65]
0521-365	0.055	HP	4.79	[8]	0.68	[26]	1.4 ± 0.4	[41]	1.0	[55]	0.72 ± 0.21	[65]
	OQ147	RQ			0.65	[31]	30.76 ± 3.46	[38]	4.3	[58]	0.38	[31]
0528+134	2.07	LP	0.65	[69]	0.19	[77]	2.29 ± 1.23	[38]	2.98 ± 0.03	[57]	0.062	[81]
	PKS	BL	13.29	[9]	0.79 ± 0.05	[73]	8.98 ± 1.45	[38]	4.81 ± 0.04	[57]	2.05	[73]
0537-441	0.896	HP	5.89	[8]	0.20	[29]	1.74 ± 0.41	[37]	4.00	[52]	0.37	[28]
	S5	BL	11.1 ± 8.9	[10]	3.01	[30]	5 ± 1.2	[41]	1.12	[54]	20.5	[66]
0716+714	0.3	HP	11.07 ± 8.9	[10]	1.28	[31]	1.86 ± 0.27	[37]	0.57	[82]	2.46	[26]
	PKS	BL	33.88	[7]	0.33	[26]	8.63	[37]	3.65	[56]	6.90	[3]
0735+178	0.424	HP	5.62	[11]	0.22 ± 0.03	[27]	1.29 ± 0.38	[32]	1.99	[3]	0.71	[3]
	OJ049	BL	18.62	[8]	1.07 ± 0.3	[25]	1.9 ± 0.57	[37]	2.105	[57]	3.09 ± 0.07	[65]
0829+049	0.18	HP	2.86	[11]	0.19	[26]	1.4 ± 0.5	[41]	0.47	[3]	0.62 ± 0.01	[65]

Source	Name	Class	F_K		F_X		F_γ		F_R		F_O	
(1)	Z	type	/mJy	Ref.	/uJy	Ref.	(8)	Ref.	/Jy	Ref.	/mJy	Ref.
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
	OJ287	BL	18.96	[10]	2.16 ± 0.15	[33]	2.9	[42]	2.85	[26]	1.37	[18]
0851+202	0.306	HP	7.1 ± 0.2	[4]	0.62	[31]	1.22 ± 0.4	[47]	2.2	[23]	1.26	[18]
	MrK421	BL	21.6 ± 0.05	[12]	36.13	[31]	4.94 ± 0.76	[32]	0.73	[54]	7.1	[26]
1101+384	0.031	HP	9.75	[9]	10	[83]	1.57 ± 0.24	[32]	0.49	[26]	5.1	[26]
	4C29	RQ	74.8 ± 1.5	[13]	0.8	[34]	22.84 ± 5.48	[32]	1.65	[54]	5.10	[3]
1156+295	0.729	HP	2.6 ± 0.2	[14]	0.62 ± 0.06	[33]	2.12	[32]	1.4	[3]	0.59	[3]
	ON231	BL	12.85	[15]	0.21	[3]	2.84 ± 0.92	[43]	2.3	[26]	4.58	[67]
1219+285	0.102	HP	1.28 ± 0.01	[16]	0.03	[80]	0.69 ± 0.02	[43]	0.968	[57]	0.1	[67]
	3C273	RQ	134.8 ± 4.0	[17]	12.05	[25]	4.65 ± 0.45	[37]	44.6	[54]	24.6	[54]
1226+023	0.158	LP	24.5	[2]	11.15	[25]	2.1 ± 0.26	[41]	4	[59]	10	[68]
	3C279	RQ	108.8 ± 3.3	[17]	1.34 ± 0.02	[31]	28.7 ± 1.09	[32]	16.6	[54]	15.1	[67]
1253-055	0.538	HP	3.6 ± 0.2	[4]	0.78	[26]	1.34 ± 0.44	[37]	9.90	[26]	0.29	[53]
	PKS	RQ	23.09	[18]	0.84 ± 0.7	[33]	2.7 ± 0.6	[36]	3.35	[54]	1.18	[60]
1510-089	0.361	HP	2.95	[19]	0.44	[26]	1.8 ± 0.7	[41]	3.2	[26]	0.9	[60]
	DA406	RQ			0.24	[31]	7.32 ± 1.56	[38]	3.08	[54]	0.39	[54]
1611+343	1.404	LP	0.68 ± 0.02	[20]	0.08	[75]	1.28 ± 0.11	[48]	2.48	[57]	0.36	[70]
	4C38	RQ			0.42	[31]	10.54 ± 0.94	[37]	4.08	[60]	0.25	[60]
1633+382	1.814	LP	1.95 ± 0.07	[20]	0.08	[76]	1.36 ± 0.34	[47]	1.79	[50]	0.23	[70]
	3C345	RQ	18.3 ± 0.5	[17]	8.3	[27]	2.5	[44]	12.4	[4]	3.90 ± 0.3	[4]
1641+339	0.595	HP	3 ± 0.5	[21]	0.61 ± 0.12	[34]	1.30 ± 0.60	[46]	7.20	[26]	0.80 ± 0.1	[4]
	Mkr501	BL	41.8 ± 0.8	[22]	9.37 ± 0.46	[33]	3.6	[42]	1.28	[61]	3.80	[71]
1652+398	0.033	HP	14.7	[23]	5.88	[3]	3.2	[78]	1.26	[3]	3.30	[3]
	PKS	BL	33.11 ± 1.66	[5]	5.30	[31]	6.3	[39]	1.5	[3]	30	[3]
2005-489	0.071	HP	26.01 ± 1.04	[5]	2.21 ± 0.02	[31]	1.8 ± 0.5	[41]	1.23	[52]	2.82	[3]
	PKS	BL			1.22	[25]	2.442 ± 1.02	[38]	0.77	[26]	2.05	[31]
2032+107	0.601	HP	5.01	[7]	0.10	[31]	1.34 ± 0.77	[38]	0.04	[79]	0.14	[26]
	PKS	BL	31.2	[3]	16.47	[25]	4.25 ± 1.36	[39]	0.34	[62]	28.31 ± 0.5	[65]
2155-304	0.116	HP	22.9	[8]	5.98	[25]	2.62 ± 1.20	[38]	0.26	[3]	8.15 ± 0.11	[65]
	BL Lac	BL	165.0 ± 4.9	[17]	4.32	[25]	7.81 ± 3.83	[45]	3.27	[3]	10.68	[63]
2200+420	0.069	HP	25.3	[22]	0.53	[3]	1.84 ± 0.97	[38]	2.96	[63]	0.95 ± 0.09	[18]
	CTA102	RQ			0.75	74	5.16 ± 1.5	[49]	4.1	[35]	0.7	[71]
2230+114	1.037	HP	1.2	[17]	0.30	[73]	0.74 ± 0.40	[49]	3.5	[3]	0.47	[35]
	3C454	RQ	8.1 ± 0.8	[14]	5.5 ± 1.65	[34]	13.74 ± 2.07	[37]	23.3	[60]	1.42	[54]
2251+158	0.859	HP	2.82	[7]	0.56	[12]	1.4 ± 0.4	[51]	0.9	[12]	0.85	[18]
	PKS	BL	7.1 ± 0.4	[22]	0.15	[36]	2.7 ± 0.400	[36]	1.19	[36]	1.05	[3]
2254+074	0.190	HP	3.37	[24]	0.049	[3]	0.8	[36]	0.52	[3]	0.78	[53]

表 1 的文献 [1] Worrall *et al.*, 1984 [2] Takalo *et al.*, 1992 [3] Ghisellini *et al.*, 1986 [4] Brown *et al.*, 1989 [5] Bersanelli *et al.*, 1992; [6] Gear *et al.*, 1995 [7] Allen *et al.*, 1982 [8] Falomo *et al.*, 1993 [9] Gruz-Gonzales *et al.*, 1984 [10] Sambruna *et al.*, 1996 [11] Massaro *et al.*, 1995 [12] Makino *et al.*, 1987 [13] Glassgold *et al.*, 1983 [14] Smith *et al.*, 1987 [15] Lorenzetti *et al.*, 1990 [16] Worrall *et al.*, 1986; [17] Litchfield *et al.*, 1994 [18] Mead *et al.*, [19] Hyland *et al.*, 1982 [20] Bloom *et al.*, 1994 [21] Stevens *et al.*, 1994 [22] Bregman *et al.*,

1990 [23]Kidger *et al.* ,1992 [24]Stückel *et al.* ,1988 [25]Worrall & Wilkes ,1990 [26]Ledden O. Dell *et al.* ,1985 [27]Urry *et al.* ,1996 ; [28]Maraschi *et al.* ,1986 [29]Wolter *et al.* ,1994 [30]Cappi *et al.* ,1994 [31]Comastri *et al.* ,1997 [32]Thompso *et al.* ,1995 [33]Sambruna *et al.* ,1994 [34]Makion *et al.* ,1989 [35]Makion *et al.* ,1992 [36]Villata *et al.* ,1997 [37]Thompson *et al.* ,1995 [38]Mukherjee *et al.* , 1999 [39]Lin *et al.* ,1996 [40]Thompson *et al.* ,1995 [41]Fichtel *et al.* ,1994 [42]Shrader *et al.* ,1994 [43]Thompson *et al.* ,1996 [44]Von Montigny *et al.* ,1995 [45]Mattox *et al.* ,1993 [46]Von Montigny *et al.* ,1993 [47]Hartman *et al.* ,1999 [48]Chiang *et al.* ,1995 [49] Mukherjee *et al.* ,1997 [50]Kuhr *et al.* ,1981 [51]Hartman *et al.* ,1993 [52]Stückel *et al.* ,1991 [53]Veran-Cetty & Veroh ,1996 [54]Impey *et al.* ,1988 [55]Giommiet *et al.* ,1990 [56]Gear *et al.* ,1994 [57]Mattox *et al.* ,1997 [58]Perley *et al.* ,1982 [59]Fabbiano *et al.* ,1984 [60] Wall & peacock *et al.* ,1985 [61]Schwartz *et al.* ,1988 [62]Stoeckel *et al.* ,1985 [63]Webb *et al.* ,1988 [64]Madau & Persic ,1987 [65]Fslomo & Scarpa ,1994 [66]Boznyan *et al.* ,1990 [67]James *et al.* ,1988 [68]Unwin *et al.* ,1985 [69]Burbidge & Hewitt ,1987 [70]Veron-Cetty *et al.* ,1991 [71]Hewitt & Burbidge ,1993 [72]Impey & Tapia ,1990 [73]Trevies *et al.* ,1993 [74]Wilkes *et al.* ,1994 [75]Neumann *et al.* ,1994 ; [76]Bloom *et al.* ,1991 [77]Bregman *et al.* ,1985 [78]Brinkmann *et al.* ,1994 [79]Antonucci *et al.* ,1985 [80]Giommi *et al.* ,1995 [81]Wall & Peacock ,1985 [82]Becker *et al.* ,1991 [83]Madejski & Schwartz ,1983.

我们从 83 篇参考文献中收集了 29 源的多波段观测数据(详细的参考文献,若有需要者可根据表 1 参考文献上网查找,也可向本文作者索取)。在我们收集的 29 个有 γ 射线噪 Blazar 天体中,有 16 个源的近红外和 γ 射线流量来自文献 [6],新增加的源有 14 个,所有数据被列在表 1 中。在表 1 中(1)为源名(2)为源的其他名和红移 Z (3)天体的属性,BL 为 BL Lac 天体,RQ 为平谱射电类星体,HP 为高偏振类星体,LP 为低偏振类星体(4)在近红外 K 波段的流量密度 F_K ,上面一行是高态流量,下面一行是低态流量,单位为 mJy(5)近红外 K 波段数据的参考文献(6)1keV 处 X 射线流量密度 F_X ,单位为 uJy,上面一行是高态流量,下面一行是低态流量;(7)X 射线流量密度参考文献(8)100MeV 处 γ 射线流量密度,单位为 10^{-7} photons \cdot cm $^{-2}$ \cdot s,上面一行是高态流量,下面一行是低态流量(9) γ 射线流量密度的参考文献(10)射电(5GHz)的流量密度,单位是 Jy,上面一行是高态,下面一行是低态(11)为射电波段密度的参考文献(12)光学 V 波段流量密度,单位为 mJy,上面一行是高态,下面一行是低态(13)光学 V 波段流量密度数据的参考文献。

从表 1 中我们可以看出所有源都具有高态和低态的 γ 射线,X 射线,5GHz 射电,光学 V 波段的流量,有 5 个源(0202 + 149,0528 + 134,1611 + 343,1633 + 382,2032 + 107)的近红外观测数据过少,仅有一个观测值,在回归分析中我们将其视为低态,因为天体处于宁静态(低态)的时间比其处于爆发态的时间要长,为了和低态比较,我们也假设其为高态。使用表 1 中的数据,做各波段的相关分析 [11],获得如下结果:

1. 23 个天体中 γ 射线流量密度和近红外流量密度,在低态时有较强的相关性(见图 1),其回归方程的相关系数为 $\gamma = 0.6619$,剩余方差为 $S =$

0.029 ,置信度(显著性水平) $P = 4.2 \times 10^{-4}$,在高态时有相对弱些的相关性,其回归方程的相关系数 $\gamma = 0.5343$,剩余方差 $S = 0.036$ 。

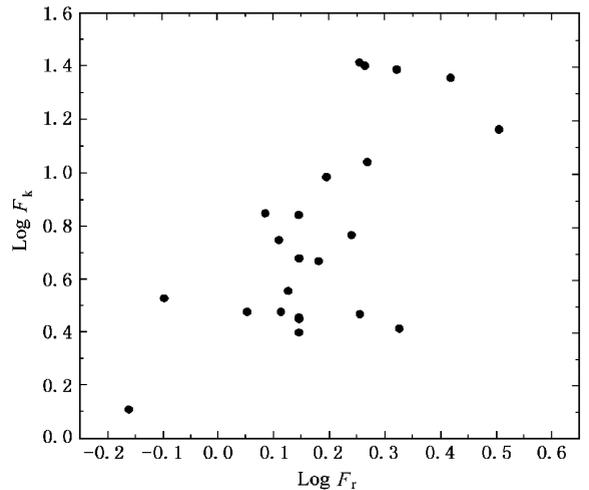


图 1 在 23 个源中, F_r 和 F_k 的低态有相关性

2. 29 个源中,有 6 个源只有一个近红外流量的观测值,如果认为它们是高态,其 γ 射线流量密度和近红外流量密度有弱相关性,认为它们是低态时有强相关性(见图 2),在高态时回归方程的相关系数 $\gamma = 0.562$,剩余方差 $S = 0.046$,置信度 $P = 0.0019$ 。在低态时回归方程的相关系数 $\gamma = 0.7275$,剩余方差 $S = 0.047$,置信度 $P = 3.9 \times 10^{-6}$ 。

3. 29 个源的 γ 射线流量密度(F_γ)与 X 射线流量密度(F_X)在高态时没有相关性,在低态时有相关性, F_γ 与 F_O 和 F_γ 与 F_R 都没有相关性。 F_γ 与 F_X 在低态时回归方程的相关系数为 $\gamma = 0.675176$,剩余方差 $S = 0.051$,置信度 $P = 4.4 \times 10^{-5}$ 。

4. 在 16 个 BL Lac 天体中 F_γ 与 F_k 不论在高态还是低态都有较强的相关性,在低态时回归方程的相关系数 $\gamma = 0.80689$,剩余方差 $S = 0.02$,置信

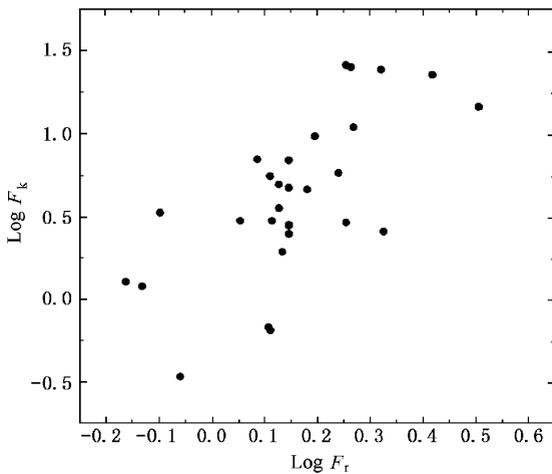


图2 在29个源中 F_r 和 F_k 的低态也有较强相关性

度 $P = 2.8 \times 10^{-5}$. 在高态时回归方程的相关系数 $\gamma = 0.56226$, 剩余方差 $S = 0.03$, 置信度 $P = 0.023$. 而13个平谱射电类星体 F_γ 与 F_k 没有相关性.

3 辐射区域的估算

我们所获得的 F_γ 与 F_{IR} 有强相关性, 为 γ 射线爆发是近红外光子被相对论电子束逆康普顿散射所产生, 提供了一个新的最直接的证据. 最初, 近红外光子的逆康普顿散射有两个模型, 一个是绕热中心核旋转的尘埃模型^[12], 另一个是同步辐射模型^[5]. 我们知道如果绕核尘埃的光学波段辐射是球对称分布, 则温度 T_g 与辐射区域 r 的关系为^[12]

$$\frac{\pi a^3}{4\pi r^2} \int I_\nu e^{-k\nu r} Q_{uv}(\nu) d\nu = 4\pi a^2 \int Q_\gamma B(\nu, T_g) dr, \quad (1)$$

式中 a 是尘埃的半径, I_ν 是源的辐射强度, Q_{uv} 是光学波段的吸积率, K_ν 是超紫外吸积系数, $B(\nu, T_g)$ 是普朗克辐射函数, Q_r 是盘的吸积率. 使用这个尘埃模型, 我们在上述频率范围内取 $Q_{uv} = 1$, 这时天体的辐射能量最大, 由此解方程(1)可以得到

$$\frac{\pi a^3 L}{4\pi r^2} e^{-k\nu r} = 4\pi a^2 \int Q_\gamma B(\nu, T_g) d\nu. \quad (2)$$

在上式中 L 是天体的总光度. 如果我们假设经典的 Blazar 天体的光度 $L = 3 \times 10^{40} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[6], 完成方程(2)的积分, 我们发现在 $r = 3 \text{ pc}$ 范围的尘埃其温度为 $T_g = 2000 \text{ K}$, 温度 $T = 2000 \text{ K}$ 的尘埃的普朗克函数其峰值位于近红外区域, 其频率 $\tau_m = 1.18 \times 10^{14} \text{ Hz}$, 由此热尘埃主要辐射近红外和远红外光, 这里

尘埃的辐射场为逆康普顿散射提供了一个产生光子的源, 这是一个非常有趣的现象, 在另一文献中^[13], 我们发现了 EGRET 直接获得的 17 个 Blazar 天体的 γ 射线光度与远红外光度有强的相关性, 只是其相关性比 γ 射线流量与近红外流量的相关性差些. 但 γ 射线光度与远红外光度相关这一结果仍支持了温度为 $T = 2000 \text{ K}$ 的热尘埃模型, γ 射线噪声的流量是红外光子被相对论电子束逆康普顿散射产生, 热尘埃的作用是为逆康普顿散射提供大量的光子. 由于能供研究近红外和远红外 Blazar 天体的源很少, 且 Blazar 天体在这两个波段的观测资料也十分有限, 由此讨论其辐射模型就显得非常有意义了.

4 讨 论

在 29 个有 γ 射线噪 Blazar 天体中, 其 γ 射线和近红外的流量密度不论在高态还是在低态都有相关性, 并且低态的相关性比高态的相关性强, 这一结论可能是具有 γ 射线噪 Blazar 天体的一个共性, 这为将来进一步深入观测有 γ 射线噪的 Blazar 天体的近红外波段, 提供了一个重要的检验依据, 同时选取低态流量密度作为准同时性观测数据的假设也是正确的. 实际上 F_γ 与 F_{IR} 存在强相关, F_γ 与 F_x 也存在有弱相关性, 但 F_γ 与 F_R , F_γ 与 F_O 不论在高态还是在低态都没有相关性, 由此限制了产生 γ 射线辐射机制的模型. 我们知道聚束效应可以解释光度之间的负相关^[14], γ 射线辐射可能直接和近红外辐射有关. 尘埃可能有为逆康普顿散射过程提供光子源的重要作用, 所获得的相关性分析结果与辐射机制模型是一致的, 并且尘埃模型也被非常好的用去研究 γ 射线噪 Blazar 天体 3C 279 中, 近红外和 GeV 能量的相关变化^[15].

从相关分析中我们得知 16 个 BL Lac 天体的 F_γ 与 F_{IR} 有相关性存在, 但 13 个类星体则没有相关性. 由此也为 Blazar 天体的高能 γ 射线辐射提供了一个非常好的尘埃辐射模型的最新证明. 在 Blazar 天体中的 BL Lac 天体, 长期以来在观测上表现出有非常少的绕核尘埃, 光谱观测为无发射线或仅有非常弱的宽发射线谱, 一般认为这是缺乏发射线气体或缺乏电离光子. 我们也注意到在近年来的观测中, 许多 BL Lac 天体的观测存在有窄发射线和强的宽发射线谱报道, Vermeulen 和 Sitk 等解释了在 BL Lac 和 OJ287 观测中找到的宽而明离的

$H\alpha$ 线^[16,17], XIE 等解释了在 PKS0306 + 102 和 PKS0735 + 178 中发现的 Mg II 线^[18]. 从而证实了 Stickel 等随着光学波段 BL Lac 型天体的光谱观测的增加, 其结果中将大量发现有窄的弱发射线和强而宽的发射线的推论^[19], 一种可能的解释是 BL Lac 天体的发射线气体是内禀弱的, 可能由于缺乏电离气体或电离光子. 我们相关分析的结论, F_γ 与 F_{IR} 之间的相关性比 F_γ 与 F_x 好这一事实, 可以表明在 $T_g = 2000K$ 的热尘埃位于 $r = 3pc$ 的区域是一个重要的软光子源区域.

最后, 我们有以下几点结论:

1. 从温度为 $T_g = 2000K$, 位于 $r = 3pc$ 的区域被逆康普顿散射的绕核旋转的热尘埃及相对论电子束是乎为一种重要的 γ 辐射机制;

2. BL Lac 天体和平谱射电类星体的 γ 辐射机制有些不同;

3. 我们的统计分析结果支持了 BL Lac 天体的 γ 射线爆发和近红外爆发表现为准同时性发生这一设想.

[1] L. Dondi, G. Ghisellini, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **273** (1995) 583.
 [2] L. Maraschi, G. Ghisellini, *Astrophysical Journal*, **397** (1992), L5.
 [3] S. M. Begelman, C. Mitchell, *Astrophysical Journal*, **421** (1994), 153.
 [4] R. D. Blandford, A. Levinson, *Astrophysical Journal*, **441** (1995), 79.
 [5] S. J. Wagner, *Astrophysical Journal*, **298** (1995) 688.
 [6] G. Z. Xie, Y. H. Zhang, J. H. Fan, *Astrophysical Journal*, **447** (1997), 114.
 [7] A. Muecke, M. Pohl, P. Reich, *Astronomy and Astrophysics*, **320** (1997) 33.
 [8] Montigny, P. V. Ramanamurthy, S. D. Dingus, *PSR 1951 + 32*. IAUC, 1995.

[9] G. Burbidge, *Astronomy Journal*, **93** (1987), 1.
 [10] G. Z. Xie, *Astrophysical Journal*, **80** (1992) 683.
 [11] T. P. Li, *Data Manage For Experiment* (Science Press, Beijing, 1980) [in Chinese] 李惕培, 实验的数学处理(科学出版社, 北京, 1980).
 [12] M. Rowan-Robinson, J. Negroponte, *Silk J. Nature*, **281** (1979) 635.
 [13] Y. H. Zhang, G. Z. Xie, *Astronomy and Astrophysics*, **312** (1996) 9.
 [14] A. Mcke, *Astronomy and Astrophysics*, **320** (1997) 33.
 [15] L. Maraschi, *Astrophysical Journal*, **397** (1992), L5.
 [16] R. C. Vermeulen, *Astrophysical Journal*, **457** (1995) 65.
 [17] M. L. Sitko, V. T. Junkkarinen, *PASP*, **97** (1985), 1158.
 [18] G. H. Xie, *Astronomy and Astrophysics*, **508** (1998), 180.
 [19] M. Stickel, *Astrophysical Journal*, **374** (1991) 431.

STUDY OF GAMMA-RAY AND NEAR-INFRARED EMISSION OF GAMMA-RAY-LOUD BLAZARS OBJECT*

ZHANG XIONG^{1,2,3)} XIE GUANG-ZHONG³⁾ ZHAO GANG²⁾ MA LI¹⁾ YI JI-DONG¹⁾ BAI JIN-MING³⁾

¹⁾*Department of Physics, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)*

²⁾*Beijing Astronomical observatory, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China)*

³⁾*Yunnan Astronomical observatory, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650011, China)*

(Received 13 December 1999; revised manuscript received 7 August 2000)

ABSTRACT

We have collected 29 gamma-ray-loud blazars (16 BL Lac objects and 13 flat-spectrum radio quasars) with both observed near-IR and γ -ray flux densities, with the following main results: (1) there is a very strong correlation between F_γ and F_{IR} in the low state, and a weaker but also significant correlation between F_γ and F_{IR} in the high state for 23 objects with both high and low state fluxes; (2) there is a very significant correlation between F_γ and F_{IR} in the low state, and a weak correlation between F_γ and F_{IR} in the high state for 29 sources; (3) there is a correlation between F_γ and F_x , but not between F_γ and F_O , and F_{R} for both the low and high state of 26 sources; (4) there is a strong correlation between F_γ and F_{IR} in the low and high states for 15 BL Lac objects, but not for 11 flat-spectrum radio quasars. Possible constraints on the γ -ray emission mechanism are discussed. We suggest that the main gamma-ray radiation mechanism is probably the synchrotron self-Compton process. The inverse Compton scattering of the radiation from hot circumnuclear dust with $T_g = 2000\text{K}$, which is located within the region of $r \approx 3\text{pc}$, by beamed ultrarelativistic electrons is likely to be an important complementary mechanism. In addition, the γ -ray emission may be somewhat different for BL Lac objects and flat-spectrum radio quasars.

Keywords: BL Lacertae objects, general-gamma rays observations-radiation mechanisms, nonthermal

PACC: 9760L, 0432

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 19963001) and the Natural Science Foundation of Yunnan Province, China (Grant No. 97A017M).