

基于Amati关系对长暴观测角的限制*

林一清^{1,2†} 江华丽^{1,2}

(1 厦门理工学院光电与通信工程学院 厦门 361024)

(2 福建省光电技术与器件重点实验室 厦门 361024)

摘要 从1997年2月至2023年9月期间具有已知红移和良好能谱参数的323个长暴样本中, 选取其中123个由Fermi伽马暴探测器(Fermi Gamma-Ray Burst Monitor, Fermi-GBM)观测的样本重新拟合了各向同性能量 E_{iso} 与静止系峰值能量 $E_{\text{p},i}$ 之间的关系(Amati关系). 结果显示: 5个暴(GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227、GRB 080123A)的 E_{iso} 和 $E_{\text{p},i}$ 散点偏离Amati关系最远, 表明其观测的视线方向最有可能偏离喷流轴. 基于 $E_{\text{iso}} - E_{\text{p},i}$ 关系以及洛伦兹因子 Γ 与 E_{iso} 之间的关系($\Gamma - E_{\text{iso}}$), 估算这5个暴的观测视线与喷流边缘的夹角 θ'_{obs} . 结果分别为GRB 980425的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.42^{+0.29}_{-0.14})^\circ$ 、GRB 061210的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.27^{+0.21}_{-0.10})^\circ$ 、GRB 070714B的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.10^{+0.09}_{-0.02})^\circ$ 、GRB 071227的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.13^{+0.09}_{-0.05})^\circ$ 、GRB 080123A的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.12^{+0.14}_{-0.03})^\circ$. 结果显示5个 θ'_{obs} 都很小, 最大的是目前观测到的离我们最近的长暴GRB 980425 (红移为 $z = 0.0085$), θ'_{obs} 为 0.42° . 这意味着大部分长暴可能是正轴观测, 仅有少数临近暴的观测视线稍微偏离喷流边缘线.

关键词 伽马射线暴: 普通, 黑洞物理, 恒星: 中子星, 引力波

中图分类号: P172; **文献标识码:** A

1 引言

伽马射线暴(Gamma-Ray Bursts, GRBs, 简称伽马暴)是来自于宇宙深处的伽马射线在短时间内忽然增强, 随后又迅速减弱的现象. 经典的GRB分类是简单地根据GRB瞬时辐射持续时间 T_{90} (累积光子数计数从5%到95%的时间)的双峰分布, 把GRB分为长暴($T_{90} > 2\text{s}$)和短暴($T_{90} < 2\text{s}$)两种类型^[1]. 长暴通常与大质量恒星的塌缩有关^[2], 而短暴可能来源于致密星双星系统(如中子星-黑洞^[3]、双中子星^[4]或者中子星-白矮星^[5]等)的并合.

传统观点认为, 在大质量恒星的塌缩过程中会释放出大量的能量, 其中很大的一部分会形成

极其狭窄(准直)、极其高速(高度相对论性)运动的喷流, 喷流的中心区域亮度远高于外围^[6-9]. 但是对于相对论喷流是如何发射和准直的, 以及喷流的几何结构和成分是什么到目前为止还是一个谜^[8]. 伽马暴瞬时辐射可能由喷流内的碰撞壳或者磁重联过程产生, 这个喷流模型可用具有恒定洛伦兹因子(Γ)的“顶帽”(top-hat)模型来描述^[10-12]. GRB余辉的能谱可以用截断的幂律谱来拟合, 根据余辉光变曲线的喷流截断特征可以推断喷流的张角^[11]. 长暴具有比较小的喷流张角($\sim 5^\circ$)^[8, 13], 与喷流辐射的观测与视线方向密切相关. 当喷流朝向地球或者以偏离地球相对较小的倾角入射时, 地面望远镜可以探测到伽马暴的瞬时辐射以及瞬时辐射

2025-02-18收到原稿, 2025-04-02收到修改稿

*福建省自然科学基金项目(2025J011302), 福建省中青年基金项目(JAT241123)资助

†yqlin@xmut.edu.cn

结束后几个小时到几天内的余辉辐射^[14].

通常认为大部分长暴的观测视线正好沿喷流轴(即: 正轴观测)^[14-16]. 反之, 如果观测视线偏离喷流的边缘线(偏轴观测), 那么将会因为相对论效应显著降低GRB的亮度, 使观测仪器没办法探测到GRB的瞬时辐射^[17-18]. 然而, 近年研究表明偏轴观测暴可能存在. 如: Ryan等^[19]推断有相当一部分的偏轴观测暴, 而GRB 140903A和GRB 170817A的余辉观测证实了偏轴观测暴的存在^[20-23]. 本文基于Amati关系(静止系峰值能量 $E_{p,i}$ 和各向同性能 E_{iso} 之间的关系 $E_{iso} - E_{p,i}$)以及 $\Gamma - E_{iso}$ 关系, 估算了5个长暴(GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227、GRB 080123A)的观测视线与喷流边缘的夹角 θ'_{obs} .

2 关系分析和样本选择

一个典型GRB的能谱大致为高能段和低能段两段幂律谱, 并且大都可以由Band函数很好地拟合, 高能段和低能段都有一个谱指数, 在中间平滑地连接^[24]. 伽马暴能谱 νf_{ν} 的峰值能量 E_p 是伽马暴一个很重要的物理量, 它与一些观测量(如: 流量 F , 各向同性光度 L_{iso} 或 E_{iso})之间存在着相关性, 这些相关性不仅可以为理解伽马暴物理提供线索, 还可以用来限制宇宙学参数^[6]. 如: 2002年Amati等^[25]发现 E_{iso} 和 $E_{p,i}$ ($E_{p,i} = E_p(1+z)$, z 表示暴的红移)之间存在紧密的联系, 称为Amati关系. 长短暴遵从不同的Amati关系, 因此Amati关系还可以作为区分长短暴的依据^[26].

Amati关系最早是2002年提出的, 接下来的几年时间陆续有人用不同观测仪器的数据和不同的方法再次拟合这个关系^[27-32]. 为了再次检验Amati关系, 我们收集了1997年2月至2023年9月期间具有良好的能谱参数和已知红移的长暴样本, 共323个^[33-34], 包含12个爆发具有扩展辐射成分的暴, 红移范围从0.0085 (GRB 980425)到9.4 (GRB 090429B)^[34]. 这些样本中的爆发主要由Konus-Wing、Swift和Fermi卫星观测, 其中来自Fermi伽马暴探测器(Fermi-GBM)观测的具有已知 $E_{p,i}$ 和 E_{iso} 的长暴样本有123个.

由于每个观测仪器具有不同的观测波段和不

同的灵敏度, 导致它们的观测数据有所偏差. 为了得到相对准确的Amati关系, 我们从323个长暴样本中筛选出123个Fermi-GBM观测样本来拟合 $E_{iso} - E_{p,i}$ 关系, 并且得到它们的拟合参数. 考虑 $E_{p,i}$ 和 E_{iso} 的中心值, 对它们进行线性拟合得到 $E_{iso} - E_{p,i}$ 关系式以及相关参数:

$$\lg E_{p,i} = C_1 + C_2 \lg E_{iso,52}, \quad (1)$$

其中 $C_1 = 2.23 \pm 0.09$ 、 $C_2 = 0.38 \pm 0.07$, $E_{p,i}$ 的单位为keV, $E_{iso,52} = E_{iso}/10^{52}$ erg. 这123个Fermi-GBM长暴的 $\lg E_{p,i}$ 与 $\lg E_{iso}$ 散点关系以及线性拟合结果如图1所示.

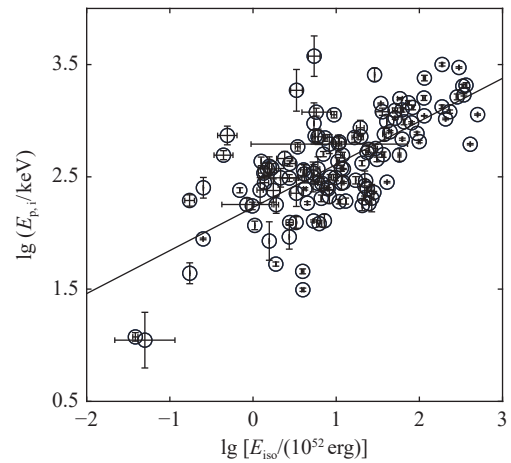


图 1 123个Fermi-GBM长暴(LGRB)的 $\lg E_{p,i}$ 和 $\lg E_{iso}$ 散点关系图. 实线为用 $E_{p,i}$ 和 E_{iso} 中心值拟合的直线.

Fig. 1 Scatter plot of $\lg E_{p,i}$ versus $\lg E_{iso}$ for 123 LGRBs observed by Fermi-GBM. The solid line represents the linear fit using the central values of the data points.

在图2中, 我们画出所有323个长暴的 $\lg E_{p,i}$ 和 $\lg E_{iso}$ 散点关系图以及123个Fermi-GBM长暴的拟合线(即: 图2中的实线为图1的拟合结果)和上下 3σ 的离散区域(如图中2条虚线所示), 意在选取偏离Amati关系较远的暴. 如图2所示, 5个长暴(在图中用“*”表示)朝着更小的 E_{iso} 方向偏离了Amati关系, 这意味着这5个暴最有可能是偏轴观测. 它们是GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227、GRB 080123A.

3 理论模型分析

洛伦兹因子 Γ 是更好地理解伽马暴物理的另

一个重要参数, 它也与伽马暴的一些观测量, 例如 E_p 、 E_{iso} 和 L_{iso} 等之间存在相关性. 目前, 有几个有趣的包含 Γ 的关系式被发现, 这些关系对于理解伽马暴的物理机制非常有用. 如: Liang 等^[35] 于 2010 年得到 Γ 和 E_{iso} 之间的关系式:

$$\lg \Gamma = C_3 + C_4 \lg E_{\text{iso},52}, \quad (2)$$

其中 $C_3 = 2.26 \pm 0.003$ 、 $C_4 = 0.25 \pm 0.03$. 这个关系给我们提供了一个可以简单估算 Γ 的办法, 同时也给我们提供一个分析伽马暴内在特征的机会^[35].

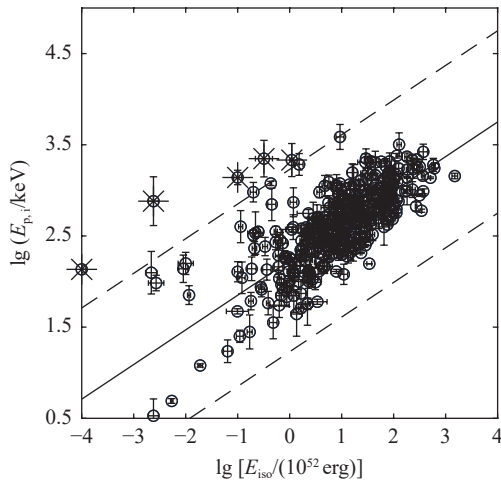


图 2 323 个长暴的 $\lg E_{p,i}$ 和 $\lg E_{\text{iso}}$ 散点关系图. 实线和虚线分别表示 123 个 Fermi-GBM 长暴的拟合直线及 3σ 的离散区域.

Fig. 2 Scatter plot of $\lg E_{p,i}$ versus $\lg E_{\text{iso}}$ for all 323 LGRBs. The solid and dashed lines represent the fit line together with the 3σ dispersion regions based on the 123 LGRBs observed by Fermi-GBM.

假设喷流为均匀陡变边缘模型, 当偏轴观测时, 正轴的各向同性能 $E_{\text{iso,on}}$ 和偏轴各向同性能 $E_{\text{iso,off}}$ 的关系、正轴的峰值能量 $E_{p,on}$ 和偏轴的峰值能量 $E_{p,off}$ 的关系为^[36]:

$$E_{p,off} = a^{-1} E_{p,on}, E_{\text{iso,off}} = a^{-3} E_{\text{iso,on}}, \quad (3)$$

a 为比例系数.

设中心机制出来的喷流的半张角为 θ_j , θ_{obs} 为视线与喷流轴间的夹角, $\theta'_{\text{obs}} = \theta_{\text{obs}} - \theta_j$. 则当 $\Gamma \gg 1$, 且 $\theta'_{\text{obs}} \ll 1$ 时, 有

$$a = \frac{1 - \beta \cos \theta'_{\text{obs}}}{1 - \beta} \simeq 1 + (\Gamma \theta'_{\text{obs}})^2, \quad (4)$$

其中 $\beta = \sqrt{1 - 1/\Gamma^2}$.

假设我们选出来的 5 个长暴 (GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227、GRB 080123A) 是偏轴观测, 分别用观测的各向同性能 $E_{\text{iso,obs}}$ 和峰值能量 $E_{p,obs}$ 表示偏轴的各向同性能 $E_{\text{iso,off}}$ 和峰值能量 $E_{p,off}$, 根据公式 (1)–(3) 得到:

$$\lg \Gamma = C_3 + \frac{C_4}{1 - 3C_2} (3C_1 - 3 \lg E_{p,obs} + \lg E_{\text{iso,obs}}), \quad (5)$$

$$\lg a = \frac{1}{1 - 3C_2} (C_1 - \lg E_{p,obs} + C_2 \lg E_{\text{iso,obs}}). \quad (6)$$

这样, 我们就可以在已知伽马暴 $E_{\text{iso,obs}}$ 和 $E_{p,obs}$ 的情况下, 根据 (5) 式和 (6) 式计算出 Γ 和 a , 再代入 (4) 式计算出 θ'_{obs} .

4 计算结果

表 1 列出 5 个长暴 (GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227、GRB 080123A) 观测的 $E_{p,obs}$ 和 $E_{\text{iso,obs}}$. 对每一个暴的系数 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 , 根据它们的中心值和误差, 按照高斯分布随机选取一系列数值 (一般低维问题, 如 6–7 个参数空间的蒙特卡洛模拟常用 10^4 个数值, 而高维问题则需 10^6 个数值^[37], Zou 等^[22] 选取 10^7 个数值进行计算. 我们在计算过程中发现选取 10^3 和 10^6 个数值计算得到的中心值几乎一致, 只是在计算误差时有些许差别, 因而本文选取 10^6 个数值), $E_{p,obs}$ 和 $E_{\text{iso,obs}}$ 也根据它们观测的中心值和误差, 选取相同数量的数值, 代入 (5) 式和 (6) 式进行计算, 得到该暴的一系列 Γ 和 a (这里都是 10^6 个), 再把结果代入 (4) 式得到该暴 10^6 个 θ'_{obs} . 用这个方法计算, 我们可以分别得到 5 个长暴的 θ'_{obs} (表 1), 其分布如图 3 所示, 我们在图中分别标出这 5 个暴的上下误差区域以及中位数. 它们的平均值和误差分别是 GRB 980425 的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.42^{+0.29}_{-0.14})^\circ$ 、GRB 061210 的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.27^{+0.21}_{-0.10})^\circ$ 、GRB 070714B 的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.10^{+0.09}_{-0.02})^\circ$ 、GRB 071227 的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.13^{+0.09}_{-0.05})^\circ$ 、GRB 080123A 的 $\theta'_{\text{obs}} = (0.12^{+0.14}_{-0.03})^\circ$. 这 5 个暴中 GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227 和 GRB 080123A 属于爆发具有扩展辐射成分的暴, 目前还没找到关于它们偏轴观测的研究. GRB 980425 的持续时间 $T_{90} = 22.0$ s, 是标准的长暴, 但是由于它的低光

度(比标准宇宙学伽马暴低约10000倍)、低峰值光度($E_p \sim 30 - 100$ keV)以及它与附近的超新星 SN 1998bw相关联,引起了众多研究者的兴趣^[38-41]. 对于GRB 980425的低光度,可能解释为偏轴观测或者本征弱源^[38-41]. 若用偏轴观测来解释,根据喷流半张角的估计(如若 $\theta_j < 3^\circ$)以及观测约束条件,

可以推断出 θ_{obs} 大约在 3° 和 8° 之间,即: $0^\circ < \theta'_{\text{obs}} < 5^\circ$ ^[41], 但会面临统计问题和观测限制,且GRB 980425的余辉应该非常明亮且容易被观测到,而且实际上并未观测到,所以GRB 980425解释为本征弱伽马暴更为合理^[39-40], 这些结果与我们的结论相符.

表 1 我们样本中5个长暴的观测数据和结果

Table 1 The observational data and the results of the five LGRBs in our sample

GRB	z	$E_{\text{iso,obs}}/(10^{52} \text{ erg})$	$E_{p,\text{obs}}/\text{keV}$	$\theta'_{\text{obs}}/^\circ$
GRB 980425	0.0085	0.0001 ± 0.00002	136 ± 12.7	$0.42^{+0.29}_{-0.14}$
GRB 061210	0.41	0.0024 ± 0.0006	761 ± 648	$0.27^{+0.21}_{-0.10}$
GRB 070714B	0.923	1.1 ± 0.1	2150 ± 1113	$0.10^{+0.09}_{-0.02}$
GRB 071227	0.383	0.10 ± 0.02	1384 ± 277	$0.13^{+0.09}_{-0.05}$
GRB 080123A	0.495	0.32 ± 0.147	2228 ± 1308	$0.12^{+0.14}_{-0.03}$

Note: the observational data of the five LGRBs are taken from references [33] and [34].

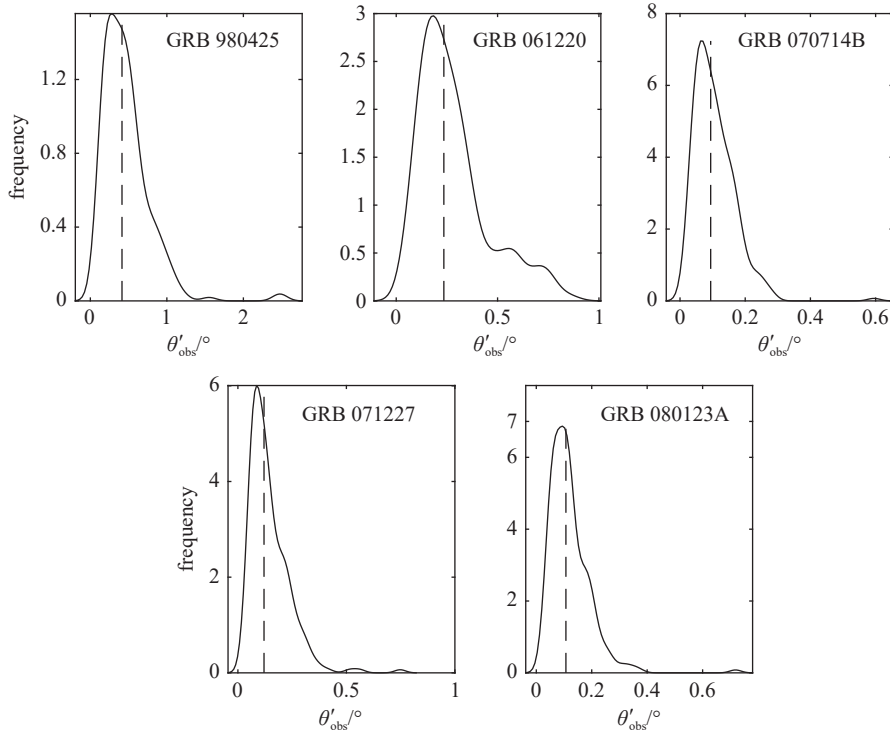


图 3 我们样本中5个长暴 θ'_{obs} 的分布

Fig. 3 Distributions of the angles θ'_{obs} for the five LGRBs in our sample

5 结论和讨论

我们普遍认为长暴通过准直的、高度相对论性外流释放出大量的能量. 这个外流被认为是大质量恒星塌缩时产生的一个具有强磁场的磁星或者黑洞吸积盘释放出来的^[2, 42], 并且可以用一个结构喷流模型来描述. 这个结构喷流模型中, 伽马暴的辐射被限制在喷流中心一个很窄的区域^[9]. 当GRB喷流直接朝着观测者时, 它的超相对论速度可能引起观测流量的多普勒增亮. 如果观测者的视线偏离喷流的边缘线比较大, 相对论效应将会减小GRB的亮度, 导致没办法观测到, 除非这个暴非常亮或者是临近的暴^[16]. 因此, 目前我们观测到的暴通常被认为是正轴观测^[16]. 但是, 如果视线虽然偏离了伽马暴喷流边缘线, 但暴是比较高能或者临近的, 亦或者兼而有之, 那么偏轴观测到暴的可能性就不能忽略.

GRB静止系的峰值能量 $E_{p,i}$ 与一些观测量, 如: F 、 L_{iso} 或者 E_{iso} 之间都存在相关性. 同时, Γ 对于理解GRB物理也是一个很重要的参数. 理论上说, 预测的 $E_{p,i}$ 不仅仅依赖于 E_{iso} , 也依赖于 Γ ^[35]. 在这个工作中, 我们收集了1997年2月至2023年9月期间具有良好的能谱参数和已知红移的长暴样本323个. 首先根据Fermi-GBM长达15 yr观测的123个长暴样本拟合了长暴的 $E_{\text{iso}} - E_{p,i}$ 关系. 我们的拟合样本来源于同一个仪器、同一个波段的观测, 避免了选择效应和其他与仪器系统相关的偏差. 接着根据这个拟合出来的关系, 发现在323个长暴中有5个长暴有着更低的 E_{iso} , 偏离了Amati关系. 这5个暴是GRB 980425、GRB 061210、GRB 070714B、GRB 071227和GRB 080123A, 它们的红移分别是0.0085、0.41、0.923、0.383和0.495. 这5个暴的红移都相对较小, 并且都朝着更小的 E_{iso} 偏离Amati关系, 意味着它们可能是偏轴观测.

接着基于 $\Gamma - E_{\text{iso}}$ 和 $E_{\text{iso}} - E_{p,i}$ 关系, 估算这5个暴的 θ'_{obs} . 表1显示, 5个暴的 θ'_{obs} 均小于 0.5° , 其中临近暴GRB 980425 ($z = 0.0085$)的偏离角最大, 为 $(0.42^{+0.29}_{-0.14})^\circ$. 这个结果表明, 由于喷流狭窄且伽马辐射集中于核心, 偏轴观测难以被探测到,

所以大部分长暴可能都是正轴观测. 有一小部分低红移暴因距离较近, 观测视线稍微偏离喷流边缘线也可被观测到, 如本文的5个暴.

致谢 感谢审稿专家对本文的细致评审及提出的宝贵意见和建议, 这些意见对完善本研究起到了重要作用.

参考文献

- [1] Kouveliotou C, Meegan C A, Fishman G J, et al. *ApJ*, 1993, 413: L101
- [2] Woosley S E, Bloom J S. *ARA&A*, 2006, 44: 507
- [3] Narayan R, Paczynski B, Piran T. *ApJ*, 1992, 395: L83
- [4] Metzger B D, Giannios D, Thompson T A, et al. *MNRAS*, 2011, 413: 2031
- [5] Zhong S Q, Li L, Dai Z G. *ApJ*, 2023, 947: L21
- [6] Zhang B. *ChJAA*, 2007, 7: 1
- [7] Gehrels N, Ramirez-Ruiz E, Fox D B. *ARA&A*, 2009, 47: 567
- [8] An Z H, Antier S, Bi X Z, et al. *arXiv*, 2023: 2303.01203
- [9] Dai Z G, Gal L J. *ApJ*, 2001, 552: 72
- [10] Panaitescu A, Mészáros P. *ApJ*, 1999, 526: 707
- [11] Rhoads J E. *ApJ*, 1999, 525: 737
- [12] Sari R, Piran T. *ApJ*, 1999, 520: 641
- [13] Frail D A, Kulkarni S R, Sari R, et al. *ApJ*, 2001, 562: L55
- [14] Bright J S, Rhodes L, Farah W, et al. *NatAs*, 2023, 7: 986
- [15] Piran T, Kumar P, Panaitescu A, et al. *ApJ*, 2001, 560: L167
- [16] Chakraborty S P, Prabhav J S, Resmi L, et al. *ApJ*, 2024, 982: 57
- [17] Fan X, Huang Y F, Geng J J. *A&A*, 2023, 679: 103
- [18] Freeburn J, Cooke J, Moller A, et al. *MNRAS*, 2024, 531: 4836
- [19] Ryan G, van Eerten H, MacFadyen A, et al. *ApJ*, 2015, 799: 3
- [20] Troja E, Sakamoto T, Cenko S B, et al. *ApJ*, 2016, 827: 102
- [21] Evans P A, Cenko S B, Kennea J A, et al. *Science*, 2017, 358: 1565
- [22] Zou Y C, Wang F F, Moharana R, et al. *ApJ*, 2018, 852: 1
- [23] Lamb G P, Lyman J D, Levan A J, et al. *ApJ*, 2019, 870: L15
- [24] Band D, Matteson J, Ford L, et al. *ApJ*, 1993, 413: 281

- [25] Amati L, Della Valle M, Frontera F, et al. *A&A*, 2002, 463: 913
- [26] Qin Y P, Chen Z F. *MNRAS*, 2013, 430: 163
- [27] Amati L, Frontera F, Guidorzi C. *A&A*, 2009, 508: 173
- [28] Wang J S, Wang F Y, Cheng K S, et al. *A&A*, 2016, 585: A68
- [29] Fana Dirisa F, Razzaque S, Piron F, et al. *ApJ*, 2019, 887: 13
- [30] Sun H, Wang C W, Yang J, et al. arXiv, 2023, 2307.05689
- [31] Montiel A, Cabrera J I, Hidalgo J C. *MNRAS*, 2021, 501: 3515
- [32] Dainotti M G, Levine D, Fraija N, et al. *Galax*, 2023, 11: 25
- [33] Wang H F, Lang N. *MNRAS*, 2024, 533: 743
- [34] Lan L, Gao H, Li A, et al. *ApJ*, 2023, 949: L4
- [35] Liang E W, Yi S X, Zhang J, et al. *ApJ*, 2010, 725: 2209
- [36] Rybicki G B, Lightman A P. *Radiative Processes in Astrophysics*. New York: Wiley-Interscience, 1979: 111-112
- [37] Ghisellini G, Ghirlanda G, Mereghetti S, et al. *MNRAS*, 2006, 372: 1699
- [38] Lewis A, Bridle S. *PhRvD*, 2002, 66: 103511
- [39] Amati L, Della Valle M, Frontera F, et al. *A&A*, 2007, 463: 913
- [40] Daigne F, Mochkovitch R. *A&A*, 2007, 465: 1
- [41] Granot J, Panaitescu A, Kumar P, et al. *ApJ*, 2002, 570: L61
- [42] Piran T. *RvMP*, 2004, 76: 1143

Limitation on the Viewing Angles of Long GRBs Based on Amati Relation

LIN Yi-qing^{1,2} JIANG Hua-li^{1,2}

(1 School of Opto-electronic and Communication Engineering, Xiamen University of Technology, Xiamen 361024)
(2 Fujian Provincial Key Laboratory of Optoelectronic Technology, Xiamen 361024)

ABSTRACT Fermi, Swift, and other observation satellites provided a dataset of 323 Long Gamma-Ray Bursts (LGRBs) with known redshift and well-defined spectral parameters spanning from February 1997 to September 2023. Among these, 123 GRBs (Gamma-Ray Bursts) observed by Fermi-GBM were selected to calibrate the relationship between the isotropic energy E_{iso} and the peak energy in the cosmological rest frame $E_{\text{p},i}$, known as the Amati relation. The analysis revealed that the E_{iso} of five LGRBs (GRB 980425, GRB 061210, GRB 070714B, GRB 071227, and GRB 080123A) significantly deviated from the Amati relation, suggesting that the jet of them may be off-axis to the line of sight. Utilizing the well-established $E_{\text{p},i} - \Gamma$ and $E_{\text{p},i} - E_{\text{iso}}$ correlations, we estimated the viewing angles θ'_{obs} for these five LGRBs. The results show, $\theta'_{\text{obs}} = (0.42^{+0.29}_{-0.14})^\circ$ for GRB 980425, $\theta'_{\text{obs}} = (0.27^{+0.21}_{-0.10})^\circ$ for GRB 061210, $\theta'_{\text{obs}} = (0.10^{+0.09}_{-0.02})^\circ$ for GRB 070714B, $\theta'_{\text{obs}} = (0.13^{+0.09}_{-0.05})^\circ$ for GRB 071227, and $\theta'_{\text{obs}} = (0.12^{+0.14}_{-0.03})^\circ$ for GRB 080123A. Notably, all five θ'_{obs} values are small, with the maximum angle being 0.42° for GRB 980425, the nearest long burst observed ($z = 0.0085$). The results suggest that the majority of Long GRBs are likely detected on-axis, with only a small fraction of nearby Long GRBs being observed slightly outside the jet edge.

Key words Gamma-ray bursts: general, black hole physics, stars: neutron, gravitational waves