

文章编号:1007-2985(2012)05-0056-03

Blazar 3C454.3 长期偏振变化的周期分析*

袁聿海,邓文婷,何唐梅

(广州大学实验中心,广东 广州 510006)

摘要:针对 Blazar 3C454.3 的长期偏振变化现象,采用 Power Spectrum 方法分析其变化周期,结果显示其变化周期是 $\tau_1 = 17.9$ a, $\tau_2 = 6.9$ a 和 $\tau_3 = 3.9$ a. 利用 $\text{bin} = 10$ d 得到各个分段的谱指数和平均偏振度,发现两者之间存在一定的相关性.

关键词:blazar; 单个; 功率谱; 偏振变化

中图分类号:P142

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.1007-2985.2012.05.014

Blazars 因为其剧烈光变和变化时标而出名,并且其变化时标从小时到年,覆盖的波段从射电到 X 射线波段^[1-2]. 长时标的光变一般为年的量级或者是年以上的长周期光变,并且具有准周期的性质,光变时标包括 2 类:短时标光变和长时标光变,长时标光变已经在很多文章中被讨论过^[3-5].

3C273 被发现具有 13 a 的长周期光变是最早涉及此类问题的研究工作^[3],并且该源在 1973 年又被发现具有 7 a 的光变周期^[6],这 2 个周期可能存在倍数关系. 0235+164 被发现具有 5.7 a 的长周期^[7]. Cipriani 等^[8]利用光学数据,得到 BL Lac 0109+224 存在约 6.4 a 的光变周期^[9].

3C454.3 (PKS2251+158) 是属于变化强度大且变化剧烈的 blazar,其光学和射电之间存在着很强的相关性^[9],其长期的光变可以扩展到年的量级. Webb 等^[10]利用 B 波段从 1971 年到 1985 年的光变曲线得到该源具有 0.8, 3.0, 6.4 a 的长周期光变. Ciaramella 等^[11]利用 UMRAO 大学的观测数据得到其光变周期是 6.3 a. Kudryavtseva 和 Pyatunina^[12]利用 UMRAO 和 MRO 数据库的数据得到该源存在 6.1 a 和 12.4 a 的长周期光变. Fan 等^[13]利用 UMRAO 数据库得到该源在 4.8 GHz 的长周期光变是 $P_{4.8 \text{ GHz}} = 6.2, 12.3$ a; 在 8 GHz 的长周期光变是 $P_{8 \text{ GHz}} = 4.6, 6.7, 13.6$ a; 在 14.5 GHz 的长周期光变是 $P_{14.5 \text{ GHz}} = 6.3, 12.3$ a. Yuan^[14]利用该源的光学数据,发现该源具有 12.39 a 的长周期光变. Yuan^[15]利用该源长期的谱指数变化得到的变化周期是 (6.3 ± 1.1) a.

1 观测数据和计算方法

观测数据来自美国的 UMRAO 数据库 (University of Michigan Radio Astronomy Observatory). 从 1978 年 6 月到 1999 年 4 月,总共有 554 个偏振数据,变化范围从 $2.21\% \pm 0.12\%$ 到 $7.85\% \pm 0.14\%$,平均值是 $4.41\% \pm 1.17\%$,如图 1 所示.

2 长周期光变的计算方法

有多种 blazar 的长时标光变周期的计算方法,考虑到观测数据的非等间距性,一般采用一些对等间距要求较低的方法,这里利用功率谱方法 (Power Spectrum) 分析 blazar 3C454.3 长期偏振变化的长周期光变.

功率谱方法是用来计算长周期光变中最常用的方法,主要利用能谱的频率特征来计算包括等间距时

* 收稿日期:2012-08-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目 (10633010)

作者简介:袁聿海(1980-),男,山东青州人,广州大学实验中心实验师,博士,主要从事天体物理研究.

标和非等间距时标信号的周期性^[15],Lomb^[16] 对该方法进行了改进,并采用如下的描述阐述该方法.

假定某波段的观测数据 $x(n)$ 具有 N 个数据点,然后假定 f 为频率, τ 为变化时标.该观测数据的平均值和标准偏差可以利用 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n)$ 和 $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x(n) - \bar{x})^2$ 计算.

功率谱 P^L 作为角频率 $\omega \equiv 2\pi f > 0$ 的函数,可采用如下的方法得到:

$$P_N^L(\omega) = \frac{1}{2\sigma^2} \frac{\left[\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - \bar{x}) \cos \omega(t_n - \tau) \right]^2}{\sum_{n=0}^{N-1} \cos^2 \omega(t_n - \tau)} + \frac{1}{2\sigma^2} \frac{\left[\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - \bar{x}) \sin \omega(t_n - \tau) \right]^2}{\sum_{n=0}^{N-1} \sin^2 \omega(t_n - \tau)},$$

其中 τ 可以通过 $\tan 2\omega\tau = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} \sin 2\omega t_n}{\sum_{n=0}^{N-1} \cos 2\omega t_n}$ 得到.

利用功率谱方法,分析 3C454.3 的长期偏振变化,得到结果如图 2 所示.结果显示其变化周期是 $\tau_1 = 17.9$ a, $\tau_2 = 6.9$ a, $\tau_3 = 3.9$ a.

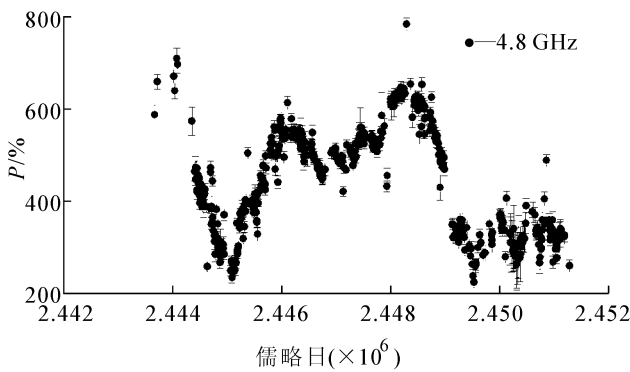


图 1 3C454.3 在 4.8 GHz 的长期偏振变化

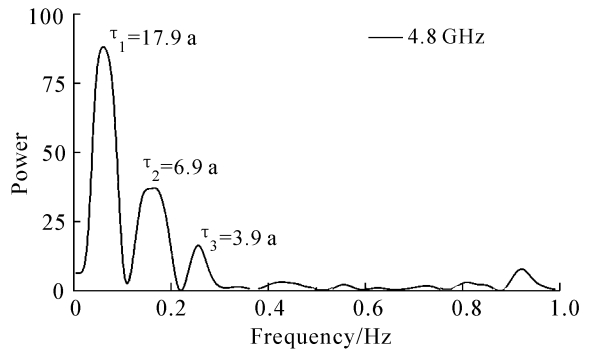


图 2 利用功率谱分析 3C454.3 的长期偏振变化

3 结论

利用功率谱方法得到 3C454.3 在 4.8 GHz 的长期偏振变化的周期是 3.9, 6.9 和 17.9 a. 其中 6.9 a 的光变周期与 Kudryavtseva, Pyatunina^[12] 和 Fan 等^[13]、Bonning 等^[17] 和 Foschini 等^[18] 利用射电波段的光变曲线得到的长周期是一致的,并且与 Yuan^[14] 利用长期谱指数变化得到的变化周期也是一致的.

Stevens 等^[19] 认为变化的偏振来自相对论抖动,并且认为谱指数和偏振之间存在着一致性.然而计算谱指数是不容易的,因为所观测到的不同波段的流量密度是不同步的.为了解决不同步的问题,笔者选取 bin=10 d. 每 10 d 得到多个波段的平均流量和平均偏振度,然后利用不同波段的平均流量($F \propto \nu^\alpha$)得到该阶段的谱指数,如图 3 所示.由上述谱指数和偏振度得到两者之间存在一定的相关性: $\alpha = -0.073P + 0.14$, $r = -0.39$,如图 4 所示,该结果支持了 Stevens 等^[19] 的观点.

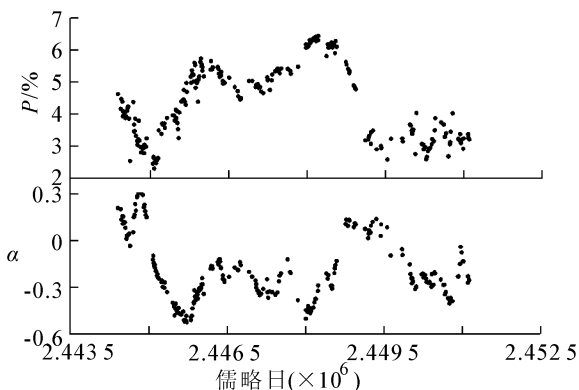


图 3 谱指数和偏振度的关系图

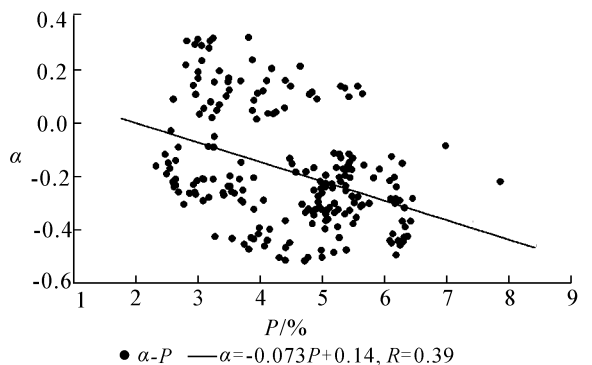


图 4 谱指数和偏振度的相关性分析图

笔者利用功率谱方法对 3C454.3 的长期偏振变化进行了分析,结果显示其变化周期是 $\tau_1 = 17.9 \text{ a}$, $\tau_2 = 6.9 \text{ a}$, $\tau_3 = 3.9 \text{ a}$. 利用 $\text{bin} = 10 \text{ d}$ 得到的谱指数和平均偏振度之间存在一定的相关性.

参考文献:

- [1] FAN J H, WANG Y J, YANG J H, SU C Y. Superluminal Motion and Polarization in Blazars [J]. ChJAA, 2004, 4(6): 533 - 540.
- [2] ULRICH M H, MARASCHI L, URRY C M. Variability of Active Galactic Nuclei [J]. 1997, ARA&A, 1997, 35: 445 - 502.
- [3] KUNKEL W E. A Harmonic Analysis of the Light Variation of 3C273 [J]. AJ, 1967, 72(10): 1 341 - 1 348.
- [4] XIE G Z, ZHOU S B, DAI B Z, et al. Photometric Monitoring of 12 BL Lacertae Objects [J]. MNRAS, 2002, 329: 689 - 699.
- [5] SILLANPAA A, HAARALA S, VALTONEN M J, SUNDELIUS B, BYRD G G. OJ 287-Binary Pair of Supermassive Black Holes [J]. ApJ, 1988, 325: 628 - 634.
- [6] CHERTOPRUD V E, GUDZENKO L I, OZERNOY L M. ON the Character of Optical Variability of the Quasar 3c 273 [J]. ApJ, 1973, 182: 53 - 56.
- [7] RAITERI C M, VILLATA M, ALLER H D, ALLER M F, HEIDT J, KURTANIDZE O M, et al. Optical and Radio Variability of the BL Lacertae Object AO 0235+16: A possible 5~6 Year Periodicity [J]. A&A, 2001, 377: 396 - 412.
- [8] CIPRINI S, TOSTI G, RAITERI C M, et al. Optical and Radio Variability of the BL Lacertae Object AO 0235+16: A Possible 5~6 Year Periodicity [J]. A&A, 2003, 400: 487 - 498.
- [9] PYATUNINA T B, KUDRYAVTSEVA N A, GABUZDA D C, et al. Frequency-Dependent Time Delays for Strong Outbursts in Selected Blazars from the MetsHovi and Umrao Monitoring Data Bases-II [J]. MNRAS, 2007, 381: 797 - 808.
- [10] WEBB J R, SMITH A G, LEACOCK R J, et al. Optical Observations of 22 Violently Variable Extragalactic Sources-1968—1986 [J]. AJ, 1988, 95(2): 374 - 397.
- [11] CIARAMELLA A, et al. A Multifrequency Analysis of Radio Variability of Blazars [J]. A&A, 2004, 419: 485 - 500.
- [12] KUDRYAVTSEVA N A, PYATUNINA T B. A Search for Periodicity in the Light Curves of Selected Blazars [J]. Astronomy Reports, 2006, 50: 1 - 11.
- [13] FAN J H, et al. Radio Variability Properties for Radio Sources [J]. A&A, 2007, 462: 547 - 552.
- [14] YUAN Y H, FAN J H. Long Term Periodicity Analysis of the Spectral Index of 2251+158 [J]. RAA, 2011, 11(3): 286 - 292.
- [15] DEEMING T J. Fourier Analysis with Unequally-Spaced Data [J]. Ap&SS, 1975, 36: 137 - 158.
- [16] LOMB N R. Least-Squares Frequency Analysis of Unequally Spaced Data [J]. Ap&SS, 1976, 39: 447 - 462.
- [17] BONNING E W, BAILYN C, URRY C M, et al. Correlated Variability in the Blazer 3C354.3 [J]. ApJ, 2009, 697: 81 - 85.
- [18] FOSCHINI L, TAGLIAFERRI G, GHISELLINI G, et al. Does the Gamma-Ray Flux of the Blazar 3C345.3 Vary on Subhour Time-Scales [J]. MNRAS, 2010, 408: 448 - 451.
- [19] STEVENS J A, ROBSON E I, GEAR W K. Variability of the Centimeter-Submillimeter Spectrum and Polarization of 3C 273 During Outburst [J]. ApJ, 1998, 502: 182 - 191.

Long-Term Polarized Variability of Blazar 3C454.3

YUAN Yu-hai, DENG Wen-ting, HE Tang-mei

(Experiment Center, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Based on the long-term polarized variability of Blazar 3C454.3, the authors use the power spectrum to analyze its periodicity, and obtain that the periodicities are $\tau_1 = 17.9 \text{ year}$, $\tau_2 = 6.9 \text{ year}$ and $\tau_3 = 3.9 \text{ year}$. Using $\text{bin} = 10 \text{ days}$, the author obtain the spectral index and averaged polarization, and get weak correlation between them.

Key words: Blazar; individual; power spectrum; polarized variability

(责任编辑 陈炳权)