

类星体3C 273光学波段的周期分析*

殷洪强 张皓晶[†] 张 雄 赵刘英 李 刚 欧建文 付军平

(云南师范大学物理与电子信息学院 昆明 650500)

摘要 搜集了类星体3C 273在光学B波段近100 yr的数据, 得出光变曲线, 并在此基础上应用Period04软件对它的光变周期进行了分析. 发现光变曲线中存在周期为 $T_1=2.06$ yr、 $T_2=13.03$ yr及 $T_3=21.15$ yr的3个光变周期, 这与Fan等人的结论(3C 273的光学B波段存在2.0 yr、 (13.65 ± 0.20) yr及 (22.5 ± 2.0) yr的周期)基本上是一致的. 然后用这3个周期再次拟合观测数据做一个周期反演, 周期拟合曲线与观测数据的爆发周期规律基本一致, 说明这3个周期是比较可靠的. 并通过其长周期可以得出其中心黑洞质量为 $M = 1.87 \times 10^6 M_\odot$, 最后讨论了其中心黑洞质量以及3C 273产生这种周期的可能机制.

关键词 类星体; 个别: 3C 273, 星系: 基本参数, 方法: 数据分析

中图分类号: P157; **文献标识码**: A

1 引言

活动星系核(AGN)是目前天体物理学研究最热门的领域之一. 光变是活动星系核剧烈程度的一种重要表现, 它提供了活动星系核内部丰富的物理信息, 因而对光变进行分析一直是研究活动星系核的一条重要途径, 是人们研究AGN本质的重要手段之一. 不同的光变可能对应不同的辐射模型, 通过光变研究, 能得到关于这类天体的活动机制的有用信息, 这对AGN模型有着重要的意义.

3C 273(红移 $z=0.158$)是离我们较近、非常亮的类星体^[1-2], 其光变观测资料很丰富, 在各个波段都有光变^[3]. 3C 273最早被Bowyer等^[4]认证为X射线源, 由COS-B卫星观测认证为银河系外的 γ 射线源^[5], 后又被CGRO/OSSE (Compton Gamma Ray Observatory/Observing System Simulation Experiment)在0.05~10 MeV波段^[6], CGRO/COMPTEL (Compton Gamma Ray Observatory/Compton Telescope)在0.75~30 MeV波段^[7], CGRO/EGRET (Compton Gamma Ray Observatory/Explorer Gamma-Ray-Experiment Telescope)在100 MeV以上波段等认证^[8]. 最近Paltani等^[9]对此天体的特性进行了综合研究, 对此源光学波段的监测始于1887年, 是目前具有完备历史记录的外河源之一. 很多学者和研究机构加入到3C 273的研究中, 对其进行了长期多波段的监

2014-06-11收到原稿, 2014-09-25收到修改稿

*国家自然科学基金项目(U1231203, 11063004)、云南省自然科学基金项目(2012FB140)、云南省引力理论创新团队资助项目(2011CI127)、云南省高校高能天体物理创新团队项目资助

[†]kmzhanghj@163.com

测, 获得了3C 273较完备的观测数据, 例如: Qian等^[10]分析3C 273光学波段的周期为15 yr, Fan等^[11-12]用Jurkevich方法和离散相关函数(DCF)方法分析了3C 273的光学B波段存在2.0 yr、 (13.65 ± 0.20) yr及 (22.5 ± 2.0) yr的周期. Zhang等^[13]研究了3C 273的光变周期, 发现其存在10.5 yr的光变周期. Wang等^[14-17]研究了3C 273在射电、光学波段的变化特征, 发现在22 GHz波段存在7.0 yr和14.7 yr的周期, 在37 GHz波段存在7.2 yr和14.5 yr的周期. 2007年, Fan等^[18]分析3C 273在射电波段存在 (8.8 ± 0.3) yr的周期. Wu等^[19-20]研究了类星体3C 273在X射线波段2~10 keV的光变特性. Wang^[21-22]研究了该类星体得出的结论是: 在5个波段都存在6.82~7.00 yr的周期. Wen等^[23-24]研究了类星体3C 273在近红外波段的变化特性. 毛李胜^[25]研究了类星体3C 273在射电、光学波段的变化特征, 发现3C 273在射电、光学波段都存在周期性光变特性. Soldi等^[3]收集了3C 273长期多波段的历史观测数据, 并建立了多波段观测数据库, 为人们研究3C 273的多波段辐射特性和理论模型提供了一个很好的平台.

为了进一步研究类星体3C 273的光变特性, 本文搜集了3C 273在光学B波段近100 yr的数据, 基于此数据用Period04软件对它的光变周期进行了分析.

2 数据整理和光变曲线

本文收集了关于类星体3C 273近100 yr (1900—1998年)光学B波段共1 074个数据点, 其数据主要来源于文献[26-41], 并将这些数据进行整理后得到光变曲线, 如图1所示: 横坐标是儒略日(JD), 单位是天(day), 纵坐标是B星等值, 单位为mag. 从图1可以看出, 类星体3C 273活动非常激烈, 可能存在几年至十几年不等的光变周期. 为了准确寻找3C 273的光变周期, 需要用专门的周期分析方法对其进行研究, 本文主要采用Period04对其周期进行研究分析.

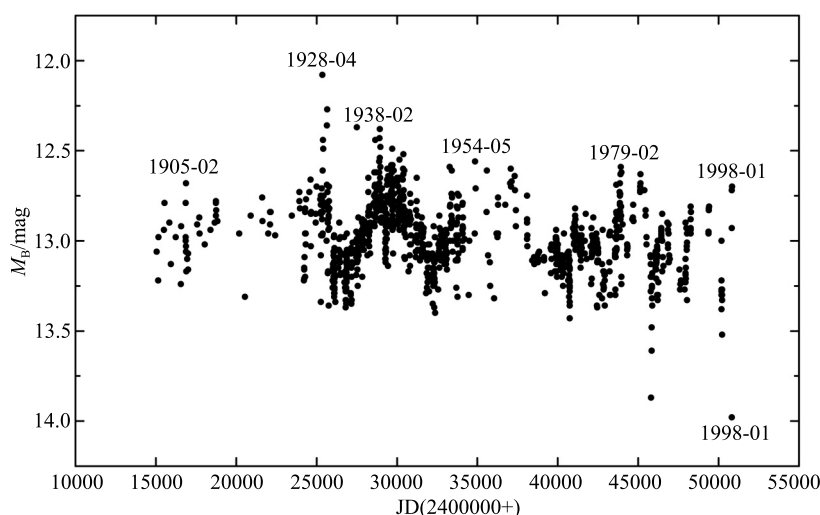


图 1 3C 273光学B波段光变曲线

Fig. 1 The light curve of 3C 273 in the optical B band

从光变曲线可以看出, 3C 273在1900年到1924年这段时间积累的观测数据相对要少一些, 而从1925年到1998年这段时间的观测数据比较多, 可能原因是在很早以前观测设备、天气、观测季节等原因的影响, 所以观测到的数据点比较少. 整体上星等值从1928年的大爆发(12.08 mag)变化到1998年的宁静态(13.98 mag), 它的变化范围约为 $\Delta B=1.90$ mag. 6次相对较大的爆发状态是在1905年2月、1928年4月、1938年2月、1954年5月、1979年2月、1998年1月, 其相对应的星等分别为12.68 mag、12.08 mag、12.38 mag、12.56 mag、12.59 mag、12.70 mag.

在1998年之后, 有很多学者对3C 273做了研究工作. 例如: Fan等^[42-43]对类星体3C 273从1998年2月至2008年5月进行了监测, 发现最大的变化 $\Delta V=(1.363\pm0.088)$ mag、 $\Delta R=(1.299\pm0.023)$ mag、 $\Delta I=(1.041\pm0.088)$ mag. 并在以前的研究工作基础上, 得到光变周期为 (21.10 ± 0.14) yr、 (10.00 ± 0.14) yr、 (7.30 ± 0.09) yr、 (13.20 ± 0.09) yr、 (2.10 ± 0.06) yr和 (0.68 ± 0.05) yr的几个周期. 2011年, Volvach等^[44]对3C 273 进行长期监测, 收集了1963年至2011年从射电到 γ 射线的多波段数据, 使用交叉相关性进行分析, 发现在变化的射电光变曲线中有时间的延迟. 2009年Dai等^[45]以及2006年Chernyakova等^[46]都对类星体3C 273在2003—2005年间的观测做了一些更为深入的研究, 得到了一些很好的结论.

3 用Period04软件对光变进行分析

3.1 连续傅立叶变换

傅立叶变换是进行谱分析最基本也是最常用的方法, 这是因为傅立叶变换所体现的天体参数变化周期的正弦曲线在很多情况下都具有重要的物理意义.

对于任意一个周期信号, 都可以表示为: $f(t+nT) = f(t)$, 其中 T 为信号的周期, 一般情况下都可以用一个无穷三角级数表示, 即:

$$f(t) = f(t+nT) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(\omega_k t + \varphi_k), \quad (1)$$

上式可以展开为如下形式:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c_k \exp(i\omega_k t), \quad (2)$$

其中

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt, \quad (3)$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos \omega_k t dt, \quad (4)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin \omega_k t dt, \quad (5)$$

$$c_k = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \exp(i\omega_k t) dt, \quad (6)$$

由于 k 为整数, 因此 ω_k 不能连续取值, 只能取基频的整数倍. 因此, 对于周期信号, 傅立叶变换的结果为离散谱.

3.2 离散傅立叶变换

在实际研究工作中, 常常用到对连续信号 $x(t)$ 以间隔为 Δ 采样得到的信号进行分析, 这样的信号可以表示为:

$$x_{\Delta}(n) = x(t) \sum \delta(t - n\Delta), \quad (7)$$

由周期脉冲链的傅立叶变换对和频率卷积定理得采样信号的频谱为:

$$x_{\Delta}(n) \leftrightarrow X_{\Delta}(\omega) = \frac{1}{2\pi} X(\omega) \frac{2\pi}{\Delta} \sum_m \delta(\omega - m\omega_p) = \frac{1}{\Delta} \sum_m X(\omega - m\omega_p), \quad (8)$$

其中, 定义 $\omega_p = 2\pi/\Delta$ 为采样角频率. 这说明一个连续信号经采样后的频谱是原频谱 $X(\omega)$ 的周期性重复, 且振幅减小了 Δ 倍.

离散傅立叶变换(DFT)基本公式如下:

$$X(f) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp(-i2\pi fn), \quad (9)$$

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{i2\pi nk/N}. \quad (10)$$

傅立叶变换最主要的应用还是在电子学上, 当然其也应用于天文学上天体的周期分析. 天体的光变观测由于受天气的影响, 以及观测时间上的不连续, 因而观测数据必然是离散的. 因此, 必须利用离散傅立叶变换对其求解. 但是上面所阐述的离散傅立叶变换只是针对等间隔取样而言, 而在实际观测中, 可能有种种情况导致采样不能符合等间隔条件, 因此, 在这里必须用到非均匀采样信号的离散傅立叶变换算法.

对于非均匀采样信号, 其傅立叶变换公式变为如下形式:

$$X(f) = \sum_{n=1}^{N-1} x(n) \exp(-i2\pi ft_n) (t_{n+1} - t_n). \quad (11)$$

3.3 周期分析软件Period04

本文中运用的Period04软件是天文学中常用的谱分析软件之一^[47], 专门处理有间隔的时序数据, 它是一个从多周期复杂的时序数据中抽出周期的工具. 在做离散傅立叶变换时, 我们假设时序数据 $x(t)$ 是连续的函数, 其中只有些不连续时间点 $t_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 已知. 它们的离散公式为^[47]:

$$F_N(v) = \sum_{i=1}^N x(t_i) \exp(2\pi i v t_i). \quad (12)$$

离散傅立叶变换与连续傅立叶变换可以有一个窗函数联系起来, 定义一个窗函数:

$$W_N(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta(t - t_i), \quad (13)$$

则连续、离散变换之间的关系为:

$$\frac{F_N(v)}{N} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t_i) W_N(t) \exp(2\pi i v t_i) dt. \quad (14)$$

窗口函数的傅立叶变换叫做谱线窗口 $W_N(v)$ ^[47](如图2最上面的Spectral window):

$$W_N(v) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \exp(2\pi i v t_i). \quad (15)$$

如果 $F(v)$ 在频率为 v_1 时是 δ 函数, 则 $F_N(v)/N = W_N(v - v_1)$. 若 $F(v)$ 由 M 个 δ 函数构成, 则

$$\frac{F_N(v)}{N} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \exp(2\pi (v - v_k) t_i). \quad (16)$$

以上为Period04软件的基本原理.

在这以前, 这种方法大多数应用于研究恒星的周期, Fu等^[48-49]首次应用Period04方法较好地分析了类星体PKS 1501-089的光变周期, 得到的结果与Xie等^[50-52]在2004、2005及2008年以及Wu等^[53]在2005年, Li等^[54]在2007年采取其他数据分析方法获得的结果是一致的; 郭飞^[55]应用Period04方法分析了3C 446的光变曲线, 得出其周期为7.0 yr, 并与其它几种计算活动星系核长周期的方法算出来的周期相比较, 也互相吻合. 由以上可以说明Period04方法得出的周期是比较可靠的.

3.4 用Period04软件对光变的分析结果

利用Period04软件对3C 273光学B波段数据进行周期分析, 如图2所示. 利用上面的方法对光变曲线做离散傅立叶变换, 先求出 F_1 , 然后除去 F_1 的频谱, 再进行下一次傅立叶变换, 进行多次循环, 直到最后剩下噪声为止^[56], 信噪比 $S/N=1.90$ 时(如图2中最下面一幅图), 即只剩下噪声(noise).

我们选取了类星体3C 273从1900年到1998年光学B波段近100 yr的数据进行分析, 运用Period04分析处理的结果如表1所示.

表 1 3C 273光学B波段的处理结果

Table 1 The processing results of 3C 273 in the optical B band

Frequency/d ⁻¹	Amp/mag	S/N	Period/yr
$F_1=0.000129529448$	0.1225	7.35	$T_1=21.15$
$F_2=0.000210250698$	0.0631	4.38	$T_2=13.03$
$F_3=0.001327207530$	0.0367	4.21	$T_3=2.06$

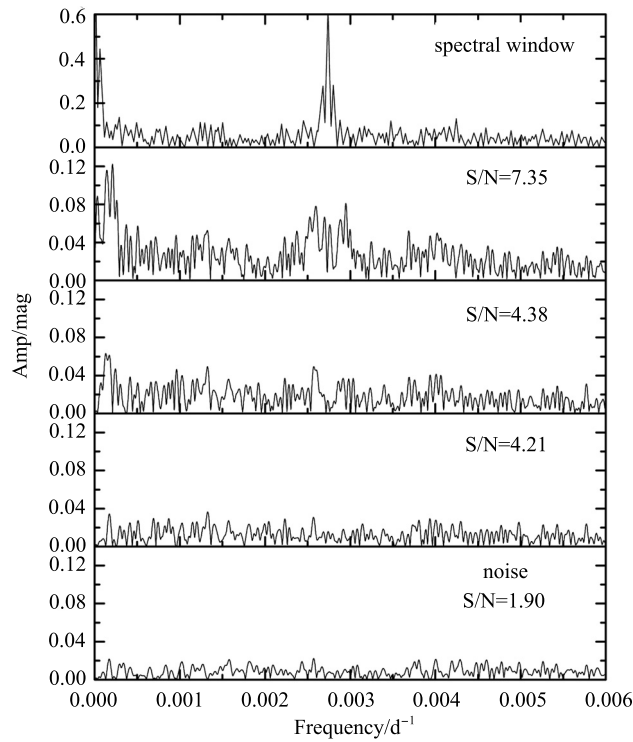


图 2 3C 273在光学B波段的频谱图

Fig. 2 The spectrum of 3C 273 in the optical B band

4 周期反演

为了验证以上用Period04算出来的这3个周期的可靠性, 下面利用这3个周期去拟合观测数据做一个周期反演.

通过以上3个周期 T_1 、 T_2 、 T_3 , 利用公式 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, 可求得相对应的3个频率 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 .

用函数 $y = a \sin(\omega_1 t - 3.5) + b \sin(\omega_2 t - 693.9) + c \sin(\omega_3 t + 2.5) + 12.8$ 去拟合观测数据, 拟合参数如下: $a=0.34$, $b=0.55$, $c=0.25$; $\omega_1 = \frac{2\pi}{7720}$, $\omega_2 = \frac{2\pi}{4756}$, $\omega_3 = \frac{2\pi}{753}$; 其中时间 t (JD)从2415000到2453000, 拟合曲线和结果如图3所示.

从图3可以看出, 用 T_1 、 T_2 、 T_3 这3个周期值拟合观测数据, 得到的周期拟合曲线与观测数据的爆发周期规律基本一致.

周期拟合, 即周期反演结果进一步表明, 这3个周期($T_1 = 21.15$ yr, $T_2 = 13.03$ yr, $T_3 = 2.06$ yr)是比较可靠的, 也进一步说明Period04方法的可靠性.

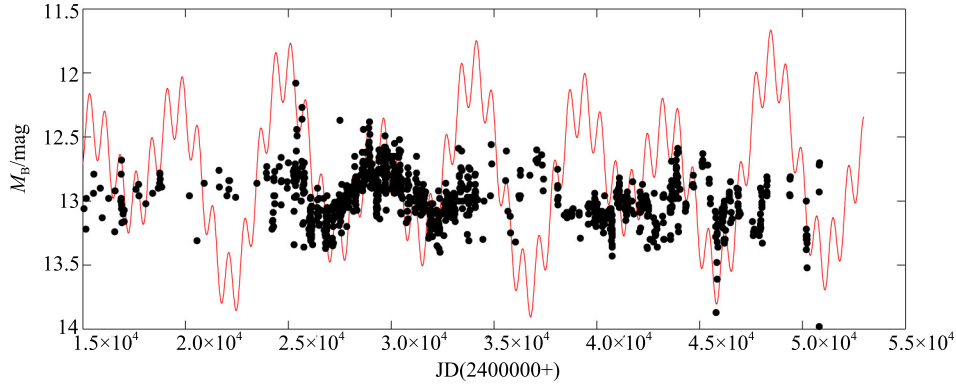


图 3 用3个周期值拟合观测数据得到的结果

Fig. 3 The fitting results of the observed data with three periods

5 中心黑洞质量估计

根据周期分析获得的周期, 我们利用薄吸积盘理论^[57]来分析3C 273的中心黑洞质量. 通常情况下, 热有限周期性取决于粘滞度参数 α 、中心黑洞质量 $M_6 = \frac{M}{10^6 M_\odot}$ 和广义应力张量参数 μ . 因此其爆发时间为:

$$t_{\text{burst}} = 4.52\alpha_{0.1}^{-0.62} M_6^{1.37} \text{ yr}, \quad (17)$$

其中, $\alpha_{0.1} = \alpha/0.1$, $\alpha \in (0, 1)$ 是粘滞系数; $M_6 = \frac{M}{10^6 M_\odot}$, 以 10^6 倍太阳质量为单位, M 是中心黑洞质量.

目前, 由于吸积盘粘滞度的起源和特性都还不十分清楚, 用磁流体力学对其讨论是一种常见的方法, Horiuchi等^[58]提出如果磁场的逃逸率比较低, 可以认为 $\mu = 0.5$. 如果使用这个参数值, 长周期爆发时间大约为 $2t_{\text{burst}}$, 即:

$$t_{\text{cyc}} = 9.0\alpha_{0.1}^{-0.62} M_6^{1.37} \text{ yr}. \quad (18)$$

对于3C 273, 如果取 $\alpha = 0.1$, $\mu = 0.5$, 根据所获得的周期 $T=21.15 \text{ yr}$, 可以得出其中心黑洞质量为 $M = 1.87 \times 10^6 M_\odot$. 这个黑洞质量对于3C 273来说太小了, 由于利用薄吸积盘理论的分析方法, 未考虑黑洞的自旋, 所以中心黑洞质量结果偏小. 根据克莱因—仁科区域的 γ 射线观测的爱丁顿吸积极限估计, 给出最小黑洞质量大约 $10^8 M_\odot$ ^[59], 并且光谱中的紫外超只能由黑洞质量至少为 $5 \times 10^8 M_\odot$ 的光学厚盘模型拟合^[60]. 由不同方法估计出的实际质量具有 $10^{10} M_\odot$ 量级^[61–62].

6 结论

在本文中, 我们只对3C 273在光学B波段近100 yr的数据进行周期分析研究, 并得到其B波段的光变曲线, 运用Period04软件对其进行周期分析, 考虑信噪比S/N较高的频率进行周期分析^[63]. 如表1所示, 分别用 T_1 、 T_2 和 T_3 表示频率 F_1 、 F_2 和 F_3 相对应的周期. 从对3C 273光学B波段的数据进行分析的结果可以看出: 3C 273光变曲线中存在周

期为 $T_1 = 2.06$ yr、 $T_2 = 13.03$ yr 及 $T_3 = 21.15$ yr的3个光变周期, 这与Fan等^[11-12]的结论(3C 273的光学B波段存在2.0 yr、 (13.65 ± 0.20) yr及 (22.5 ± 2.0) yr的周期)基本上是一致的. 然后用这3个周期值拟合观测数据, 周期拟合曲线与观测数据爆发状态的时间间隔基本一致, 说明这3个周期是比较可靠的. 光变是活动星系核的一个显著的特征, 目前研究发现在3C 273、3C 345、OJ 287、Mrk 421、PKS 0716+714、PKS 1510-089等天体中都存在周期性光变现象^[64-68]. 引起天体光变的原因很多, 天文学家已经提出了一些模型来解释活动星系核中的长周期变化, 如厚盘扰动模型、单次穿越吸积盘黑洞模型、双穿越模型等.

厚盘扰动次黑洞并不穿过主黑洞的吸积盘, 但在最近点处产生潮汐扰动导致吸积增加. 13.03 yr周期对应于每次通过时喷流流量以及其亮度的增加几年后, 一个强激波在喷流的远处形成, 并且由于喷流的进动具有螺旋形式, 产生周期性流量变化为21.15 yr^[69], 盘上的扰动以旋涡激波传播, 在盘面上形成短暂的“热斑”^[70]. 这些斑点形成和消逝的典型时标, 在此模型中对应于2.06 yr周期.

参考文献

- [1] Courvoisier T J-L, Robson E I, Blecha A. A&A, 1990, 234: 73
- [2] Kataoka J, Tanihata C, Kawai N, et al. MNRAS, 2002, 336: 932
- [3] Soldi S, Türler M, Paltani S, et al. A&A, 2008, 486: 411
- [4] Bowyer C S, Lampton M, Mack J, et al. ApJ, 1970, 161: L1
- [5] Swanenburg B N, Hermsen W, Bennett K, et al. Nature, 1978, 275: 298
- [6] McNaron-Brown K, Johnson W N, Jung G V, et al. ApJ, 1995, 451: 575
- [7] Schonfelder V, Bennett K, Blom J J, et al. A&AS, 2000, 143: 145
- [8] Hartman R C, Bertsch D L, Bloom S D, et al. ApJS, 1999, 123: 79
- [9] Paltani S, Courvoisier T J-L, Walter R. A&A, 1998, 340: 47
- [10] Qian S J, Zhang X Z, Krichbaum T P, et al. ChJAA, 2001, 1: 236
- [11] 樊军辉, Romero G E, 林瑞光. 天文学报, 2001, 42: 9
- [12] Fan J H, Romero G E, Lin R G. ChA&A, 2001, 25: 282
- [13] Zhang H J, Zhao G, Zhang X, et al. ASPC, 2009, 408: 388
- [14] 王洪涛, 白金明, 邓文国, 等. 天文学报, 2008, 49: 1
- [15] Wang H T, Bai J M, Deng W G, et al. ChA&A, 2008, 32: 229
- [16] 王洪涛, 杨俊英. 天文学报, 2010, 51: 27
- [17] Wang H T, Yang J Y. ChA&A, 2010, 34: 343
- [18] Fan J H, Liu Y, Yuan Y H, et al. A&A, 2007, 462: 547
- [19] 吴霄, 刘智敏, 闫大海, 等. 天文学报, 2010, 51: 236
- [20] Wu X, Liu Z M, Yan D H, et al. ChA&A, 2011, 35: 10
- [21] 王洪涛. 天文学报, 2014, 54: 116
- [22] Wang H T. ChA&A, 2014, 38: 389
- [23] 文盛乐, 彭智敏, 樊军辉, 等. 天文学报, 2002, 43: 140
- [24] Wen S L, Peng Z M, Fan J H, et al. ChA&A, 2002, 26: 398
- [25] 毛李胜. 天文研究与技术, 2007, 4: 216
- [26] Türler M, Paltani S, Courvoisier T J L, et al. A&AS, 1999, 134: 89
- [27] Burkhead M S, Parvey M L. PASP, 1968, 80: 483
- [28] O'Dell S L, Puschell J J, Stein W A. ApJS, 1978, 38: 267
- [29] Schaefer B E. PASP, 1980, 92: 255
- [30] Sitko M L, Stein W A, Zhang Y X, et al. ApJ, 1982, 259: 486

- [31] Corso G J, Schultz J, Purcell B, et al. *PASP*, 1985, 97: 118
- [32] Corso G J, Schultz J, Dey A. *PASP*, 1986, 98: 1287
- [33] Hamuy M, Maza J. *A&AS*, 1987, 68: 383
- [34] Corso G J, Harris R, Ringwald F, et al. *PASP*, 1988, 100: 70
- [35] Sillanpaa A, Mikkola S, Valtaoja L. *A&AS*, 1991, 88: 225
- [36] Valtaoja L, Valtaoja E, Shakhovskoy N M, et al. *AJ*, 1991, 102: 1946
- [37] Takalo L O, Kidger M R, de Diego J A, et al. *A&A*, 1992, 261: 415
- [38] Takalo L O, Sillanpaa A, Nilsson K, et al. *A&AS*, 1992, 94: 37
- [39] Elvis M, Wilkes B J, McDowell J C, et al. *ApJS*, 1994, 95: 1
- [40] Von Montigny C, Aller H, Aller M, et al. *ApJ*, 1997, 483: 161
- [41] Ghosh K K, Ramsey B D, Sadun A C, et al. *ApJS*, 2000, 127: 11
- [42] Fan J H, Kurtanidze O, Liu Y, et al. *ApJS*, 2014, 213: 26
- [43] Fan J H, Peng Q S, Tao J, et al. *AJ*, 2009, 138: 1428
- [44] Volvach A E, Kutkin A M, Volvach L N, et al. *OAP*, 2011, 24: 82
- [45] Dai B Z, Li X H, Liu Z M, et al. *MNRAS*, 2009, 392: 1181
- [46] Chernyakova M, Courvoisier T J-L, Türler M, et al. *ESASP*, 2006, 604: 603
- [47] Lenz P, Breger M. *CoAst*, 2005, 146: 53
- [48] 付军平, 张皓晶, 张雄, 等. *天文学报*, 2014, 55: 1
- [49] Fu J P, Zhang H J, Zhang X, et al. *ChA&A*, 2014, 38: 367
- [50] Xie G Z, Zhou S B, Li H K. *MNRAS*, 2004, 348: 831
- [51] Xie G Z, Li H T, Cha G W. *IJMPD*, 2005, 14: 1173
- [52] Xie G Z, Yi T F, Li H Z. *AJ*, 2008, 135: 2212
- [53] Wu J, Zhou X, Peng B. *MNRAS*, 2005, 361: 155
- [54] Li J, Fan J H, Yuan Y H. *ChPhy*, 2007, 16: 876
- [55] 郭飞. *Blazar的长周期光变分析研究*. 昆明: 云南师范大学, 2012
- [56] Luo Y P. *Search for and Study of Variable Stars in the Open Clusters*. Kunming: Yunnan Astronomical Observatory, 2012: 173
- [57] Zhang X, Xie G Z, Bai J M. *A&A*, 1998, 300: 469
- [58] Horiuchi T, Kato S. *PASJ*, 1990, 42: 661
- [59] Dermer C D, Gehrels N. *ApJ*, 1995, 447: 103
- [60] Malkan M A. *ApJ*, 1983, 268: 582
- [61] Kafatos M. *ApJ*, 1980, 236: 99
- [62] Abraham Z, Romero G E. *A&A*, 1999, 344: 61
- [63] Breger M, Stich J, Garrido R, et al. *A&A*, 1993, 271: 482
- [64] Zheng Y G, Zhang X, Bi X W, et al. *MNRAS*, 2008, 385: 823
- [65] Liu F K, Liu B F, Xie G Z. *A&AS*, 1997, 123: 569
- [66] Zhang X, Zheng Y G, Zhang H J, et al. *ChPhy*, 2006, 15: 2185
- [67] Fan J H, Lin R G, Xie G Z, et al. *A&A*, 2002, 381: 1
- [68] Fan J H, Lin R G, Xie G Z, et al. *ChJAA*, 2004, 4: 133
- [69] Roland J, Teyssier R, Roos N. *A&A*, 1994, 290: 357
- [70] Chakrabarti S K, Wiita P J. *ApJ*, 1993, 411: 602

The Period Analysis for Quasar 3C 273 in the Optical Band

YIN Hong-qiang ZHANG Hao-jing ZHANG Xiong ZHAO Liu-ying LI Gang
OU Jian-wen FU Jun-ping

(College of Physics and Electronics, Yunnan Normal University, Kunming 650500)

ABSTRACT The data of quasar 3C 273 in the optical B band have been collected for nearly 100 years. Based on the obtained light curve, we analyze the period of light variation using the Period04 software. It is found that there are three periods of light variation in the light curve, including 2.06 years, 13.03 years, and 21.15 years, respectively. These are basically consistent with the conclusion of Fan and others, in which the periods of 3C 273 in the optical B band are 2.0 years, (13.65 ± 0.20) years, and (22.5 ± 2.0) years. Then, a cycle inversion is carried out, and the observed data are fitted by using these three periods. It is basically consistent between the characteristic of the period fitting curve and the outbreak period of the observed data, which indicates that these three periods are reliable. And with its long cycle, it is derived that the mass of the central black hole is estimated as $M = 1.87 \times 10^6 M_{\odot}$. Finally, we discuss its central black hole mass and the possible mechanism responsible for this period of 3C 273.

Key words quasars: individual: 3C 273, galaxies: fundamental parameters, methods: data analysis