

Light Variation Analysis of Mini-BAL in the SDSS J024304.68+000005.4 Spectrum

Weirong Huang¹, Caijuan Pan², Hongyan Huang², Meimei Lu²

¹School of Physics & Electronic Engineering, Guang Zhou University, Guangzhou Guangdong

²School of Materials Science and Engineering, Baise University, Baise Guangxi

Email: wrhuang@gzhu.edu.cn

Received: May 19th, 2017; accepted: Jun. 3rd, 2017; published: Jun. 6th, 2017

Abstract

We found a mini-BAL between 4542 Å - 4598 Å (in the observation frame) in the spectra of Quasar J024304.68+000005.4. This mini-BAL can be fitted very well using five Gaussian functions, which contains a pair of intrinsic CIV λ 1548,1551 narrow absorption doubles. The CIV absorbing material is at a red-shift of 1.942, and its relative velocity is 6750 km/s. In the timescale of 3629 MJD, the variation trends of the equivalent width of this mini-BAL are accordant with the CIV λ 1548,1551 narrow lines. For the five narrow Gaussian of the mini-BAL, we found that the smaller is the minimum of equivalent width of the Gaussian component, the greater is its variability amplitude. Our results provide useful data for the study of the origins of mini-BAL and of outflow absorption lines.

Keywords

Quasar Spectrum, Absorption Line, Variation

类星体SDSS J024304.68+000005.4光谱 Mini-BAL光变分析

黄伟荣¹, 潘彩娟², 黄红艳², 陆美美²

¹广州大学物理与电子工程学院, 广东 广州

²百色学院材料科学与工程学院, 广西 百色

Email: wrhuang@gzhu.edu.cn

收稿日期: 2017年5月19日; 录用日期: 2017年6月3日; 发布日期: 2017年6月6日

摘要

类星体J024304.68+000005.4在观测坐标系4542 Å~4598 Å出现一个mini-BAL, 可以被5个高斯很好地

拟合, 其中包含一对内禀的CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551窄吸收线。CIV吸收体红移为1.942, 与发射体的相对速度大小为6750 km/s。在3629个MJD内, mini-BAL等值宽度的变化趋势与其中的CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551窄线的等值宽度的变化趋势一致。对mini-BAL内5个窄高斯进行分析, 发现等值宽度最小值越大的高斯成分, 其光变幅度就越大。本文的研究结果可为mini-BAL起源和外流吸收线的变化原因的研究工作提供有益的数据参考。

关键词

类星体光谱, 内禀吸收线, 光变

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在当今的大数据时代, 斯隆数字化巡天(Sloan Digital Sky Survey, SDSS)为我们带来了极为庞大的光谱数据, 其中类星体光谱就达到几十万个[1]。类星体(QSO, Quasar)是活动星系核(AGN)的一种, 它距离我们极为遥远并且光度异常大。AGN按其不同的观测特征可分为不同的类型, 根据目前大家普遍接受的AGN统一模型[2][3], 不同的观测特征是由于星系核心与观测者之间有不同的朝向, AGN的主要结构为: 1) 超大质量黑洞(SMBH), 类星体的中心就是超大质量的黑洞, 质量约为 $10^{16}\sim 10^{10}$ 个太阳的质量; 2) 吸积盘(AD), 围绕着超大质量黑洞旋转的最内层物质为吸积盘; 3) 宽线区(BLR): 吸积盘往外就是宽线区, 由许多高温云团所组成; 4) 尘埃环(TOUR), 宽线区往外则为尘埃环, 由尘埃和气体组成的环状物质; 5) 窄线区(NLR), 位于尘埃环以外, 由密度较小的气体云团组成; 6) 喷流(jet), 并不是所有的AGN都可以观测到喷流, 尺度较大, 约为10 kpc, 甚至可达到1 Mpc。

类星体距离我们极为遥远, 其光谱往往存在较多的吸收线。吸收线的产生是因为在我们视线方向上的吸收气体对于背景光源有吸收。类星体吸收线可分为内禀吸收和插入吸收两类。内禀吸收与类星体有着直接的物理联系[4][5][6], 而且更为复杂, 其吸收线红移近似等于发射线红移, 即 $Z_{\text{abs}} \approx Z_{\text{em}}$, 红移的差别主要由于吸收体与类星体之间有相对运动; 插入吸收与类星体没有直接的物理联系[7], 其吸收线红移显著小于发射线的红移, 即 $Z_{\text{abs}} \ll Z_{\text{em}}$, 红移的差别是由于吸收体和类星体处于不同的宇宙位置。

内禀吸收线的变化是研究类星体的一个重要手段。吸收线按其谱线展宽的大小来分类, 可分为窄吸收线(NAL)和宽吸收线(BAL)。一般认为, 线宽速度小于500 km/s为NAL, 线宽速度500~2000 km/s为mini-BAL (mini-broad absorption line), 线宽速度大于2000 km/s为BAL[8][9][10]。其中, mini-BAL和BAL普遍认为是内禀吸收线。BAL具有较大的线宽速度, 通常认为其来自类星体核心区域的外流风对宽线区(BLR)发射物质的吸收[11], 当视线方向的光线通过吸积盘附近快速而密集的风时, 会引起BAL的吸收; 当视线所看到的是吸积盘的边缘较低密度的风时, 则会引起mini-BAL的吸收。NAL、BAL、mini-BAL也可能描述的是外流的流出现象, 而其所具有的不同特点可能是它们正处于某个时期的演变阶段[12]。

研究表明: NAL和mini-BAL比BAL更容易光变。在一定的光变时标下, 约50%的mini-BAL显示出明显地变化[8], mini-BAL会成更强吸收的BAL, 也可能变弱, 甚至是完全消失; 但也可能变得更强, 甚至变为BAL。大约57%的mini-BAL变为更强的BAL, mini-BAL可能只是演变过程中的一个阶段[13]。在光学观测的类星体中, 观察到具有BAL特征的占15% [14], 同时观察到NAL和mini-BAL特征的占

12%~30% [9]。

目前,多数研究集中在 mini-BAL 如何变成更强的 BAL,而较少研究 mini-BAL 与窄吸收线的变化。基于这点,本文重点研究不同观测间下 mini-BAL 与 NAL 的变化关系。在文献[12]认证的 52 个具有 CIV λ 1548,1551 窄吸收线变化的源中,不少源的光谱中出现有 mini-BAL,我们从中挑选出一个具有 mini-BAL 的源作为研究对象。这个源 SDSS J024304.68+000005.4 比较有趣[12],不仅 CIV λ 1548,1551 窄吸收线落在 mini-BAL 的蓝端,而且 mini-BAL 还显示出多根窄吸收线的轮廓,我们认为该源的 mini-BAL 很可能是由多根窄线混合而成的。

下文将给出该 mini-BAL 的拟合数据,和光变分析结果。

2. 样本

从 2000 年 10 月 4 日~2010 年 9 月 11 日 SDSS(Sloan Digital Sky Survey)的望远镜对类星体 J024304.68+000005.4 进行了 6 次光学光谱的重复观测(<http://www.sdss.org/dr12/>),其中前 4 次(2000 年 10 月 4 日、2000 年 11 月 23 日、2001 年 9 月 25 日、2001 年 10 月 17 日)为 SDSS 第一或第二巡天阶段(SDSS-I/II, 2000 年~2008 年)的观测,后 2 次(2010 年 2 月 20 日、2010 年 9 月 11 日)为 BOSS(Baryon Oscillation Spectroscopic Survey, 2009 年~2014 年)的观测。这 6 次观测的光谱信噪比分别是 14.59、13.87、14.12、12.70、29.08、30.11,BOSS 光谱的信噪比相对于 SDSS-I/II 光谱的信噪比平均增强了约 114%,因此,相比于 SDSS 的光谱,BOSS 的光谱将能得到更可靠的分析结果。

3. 光谱分析

类星体 SDSS J024304.68+000005.4 在 6 次观测中,均在观测坐标系下 4542 Å~4598 Å 处出现一个较大的吸收坑,吸收坑的等值宽度约为 23Å,其线宽速度约为 1589 km/s,为 mini-BAL。在前 4 次观测中,光谱的信噪比较低,此吸收坑的轮廓并没有展现出太多的细节。而在最后 2 次观测中,BOSS 光谱的信噪比更高,吸收坑的已表现出较为清晰的窄线混合轮廓。其中第 5 次观测(2010 年 2 月 20 日),坑内清晰显现 4 个向下的尖峰,并且尖峰的起伏幅度明显大于连续谱噪音的振动幅度大,因此我们假设这个 mini-BAL 由 5 根窄吸收线混合而成。通过认证,这 5 根窄吸收线依次为 CIV λ 1548、CIV λ 1551、line3、line4、line5。类星体 SDSS J024304.68+000005.4 源 6 次观测的谱线名称、认证的窄吸收线的线芯等数据如表 1 所示。

3.1. mini-BAL 的拟合

在第 5 次观测的光谱中,mini-BAL 的蓝端显示出 4 个清晰的向下的尖峰,因此,我们用 5 个高斯函数拟合这个 mini-BAL,其中 4 个高斯的线芯由这 4 个尖峰的位置确定,而最后一个高斯则为 mini-BAL 红端的剩余部分。通过固定 4 个高斯的线芯和改变每个高斯的大小进行拟合,我们发现 5 个高斯同时拟合的结果与 mini-BAL 的轮廓符合得很好。由于限定了 4 个高斯的线芯位置,宽坑内的高斯并非可以通过随意的组合来拟合,因此该拟合结果具有较高的可信度。因此,我们认为该 mini-BAL 是由 5 根窄吸收线混合而成。

用同样的方法拟合其它 5 次观测的光谱,这些 mini-BAL 都拟合得较好,拟合结果如图 1 所示。

3.2. CIV 窄吸收线

在类星体 J024304.68+000005.4 光谱 mini-BAL 轮廓的左侧可以认证出一对 CIV λ 1548,1551 吸收线,其吸收线红移是 1.944。用我们的方法认证得到的 CIV λ 1548,1551 窄吸收线与文献[12]的认证结果是一致的。但是,我们认为该 mini-BAL 是由多根窄吸收线混杂而形成的,因此分析 CIV λ 1548,1551 吸收线时

Table 1. The parameters of mini-BAL for SDSS J024304.68+000005.4
表 1. SDSS J024304.68+000005.4 的 mini-BAL 吸收线参数

序号	Name	species	λ_{obs} (Å)	N_{σ}	$W(\text{Å})$
1	spec-0408-51821-0080	CIV λ 1548	4555.50	9.92	4.13 ± 0.24
		CIV λ 1551	4563.00	7.35	3.31 ± 0.32
		Line3	4570.50	13.58	8.29 ± 0.22
		Line4	4580.00	15.11	9.24 ± 0.26
		Line5	4585.80	5.49	1.50 ± 0.14
2	spec-0409-51871-0355	CIV λ 1548	4555.50	9.63	4.57 ± 0.21
		CIV λ 1551	4563.60	8.87	3.24 ± 0.23
		Line3	4570.10	15.51	6.09 ± 0.16
		Line4	4579.00	16.23	9.68 ± 0.26
		Line5	4586.80	6.43	2.58 ± 0.18
3	spec-0707-52177-0389	CIV λ 1548	4555.50	11.87	4.58 ± 0.18
		CIV λ 1551	4563.00	9.95	3.22 ± 0.21
		Line3	4570.00	15.57	7.61 ± 0.24
		Line4	4576.50	15.95	7.76 ± 0.22
		Line5	4579.00	9.78	3.21 ± 0.15
4	spec-0706-52199-0080	CIV λ 1548	4555.40	7.00	4.31 ± 0.26
		CIV λ 1551	4563.20	7.73	3.77 ± 0.32
		Line3	4570.50	12.93	6.31 ± 0.25
		Line4	4578.70	13.98	8.44 ± 0.27
		Line5	4581.00	6.88	2.87 ± 0.24
5	spec-3651-55247-0320	CIV λ 1548	4555.50	16.25	2.25 ± 0.10
		CIV λ 1551	4563.50	14.36	2.05 ± 0.09
		Line3	4571.00	36.08	5.65 ± 0.06
		Line4	4579.00	38.00	7.06 ± 0.08
		Line5	4586.00	13.54	1.51 ± 0.06
6	spec-4241-55450-0514	CIV λ 1548	4555.50	16.01	2.48 ± 0.09
		CIV λ 1551	4563.00	11.78	2.84 ± 0.13
		Line3	4571.00	31.70	6.61 ± 0.10
		Line4	4579.00	31.68	6.58 ± 0.09
		Line5	4586.00	16.22	2.08 ± 0.07

注——Name: SDSS J024304.68+000005.4 的 6 次观测的光谱名; λ_{obs} : 观测坐标下拟合高斯的线芯; N_{σ} : 信噪比; W: 等值宽度。

需要扣除其他窄吸收线成分的影响, 扣除其他 3 个高斯成分后(line3、line4、line5), CIV λ 1548,1551 的线心及等值宽度等数据如表 1 所示。

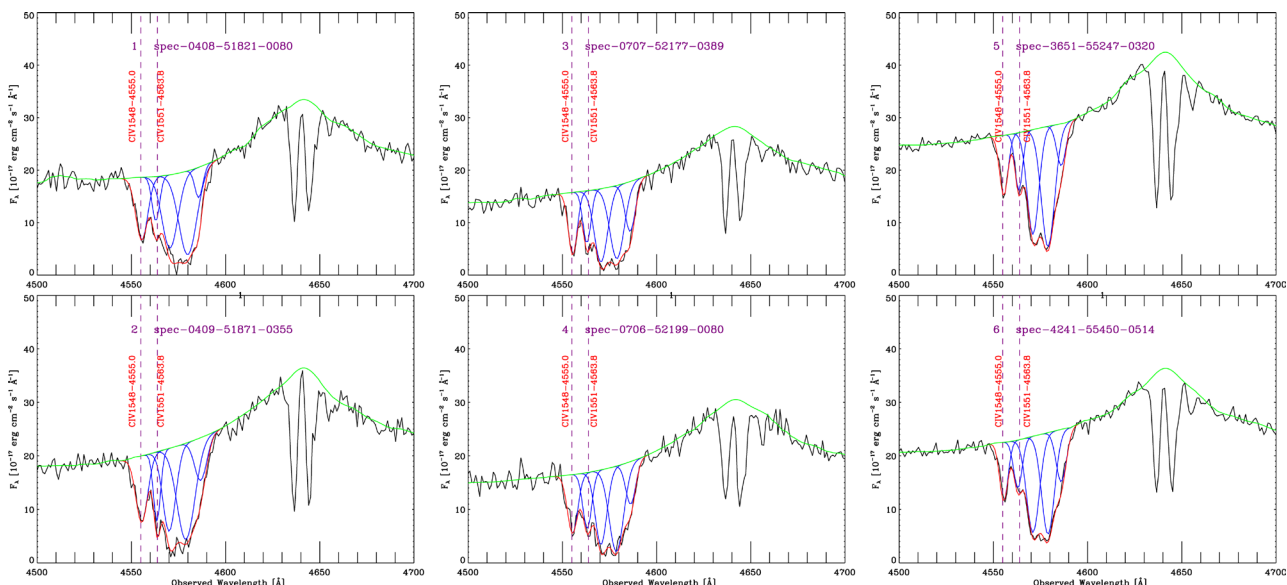


Figure 1. The spectra of the quasar SDSS J024304.68+000005.4 ($z_{em} = 2.009$). The left four panels are the spectra of SDSS-I/II, the right two panels are the spectra of BOSS in the quasar observed frame. The green line is the pseudo-continuum, the blue lines are the 5 Gaussian functions fitting, the red line is the superposition of 5 Gaussian functions, the vertical dotted lines are CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551 absorption lines

图 1. 类星体 J024304.68+000005.4 的红移 $z_{em} = 2.009$ 。从上到下依次是 SDSS-I/II 的 4 次观测光谱和 BOSS 的 2 次观测光谱。绿色实线是伪连续谱，蓝色实线是拟合的 5 个高斯，红色实线是 5 个高斯的叠加，垂直虚线为 CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551 双线的位

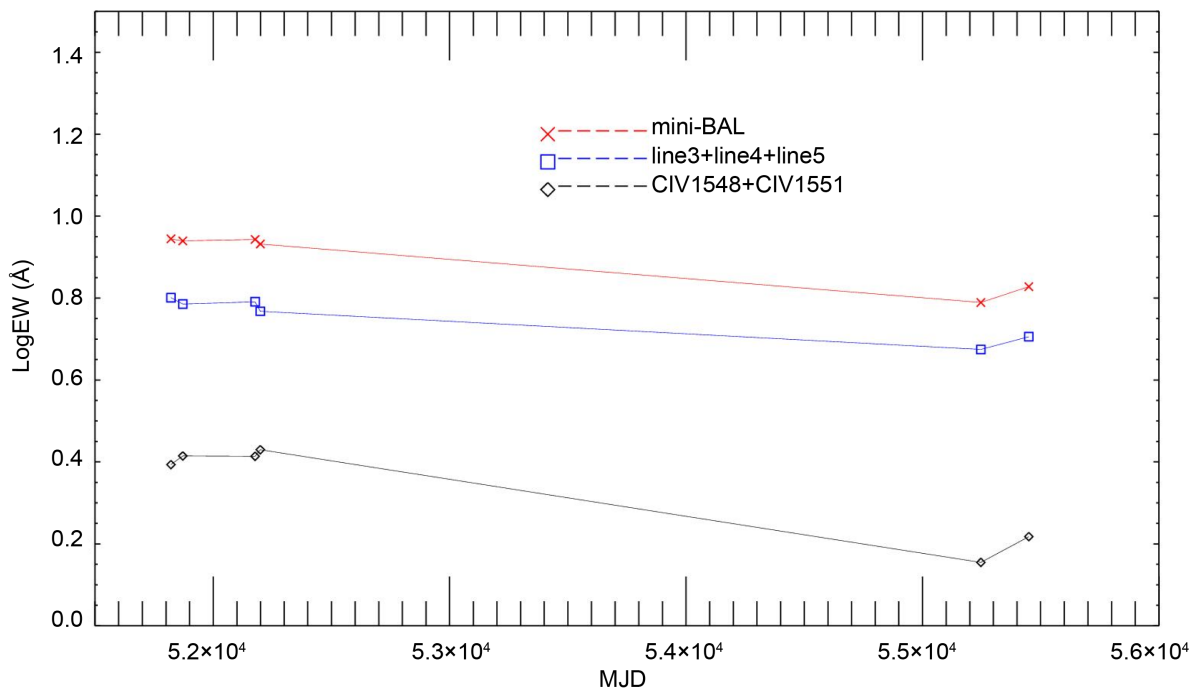


Figure 2. The variation of the CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551 absorption doubles. The black diamond indicates the sum of the equivalent width of CIV λ 1548 and CIV λ 1551, the blue square indicates the sum of the equivalent width of line3, line4 and line5, and the red crossed indicates the mini-BAL. The ordinate is the logarithm of equivalent width; the abscissa is the Modified Julian Day

图 2. CIV $\lambda\lambda$ 1548,1551 吸收双线的 光变关系图。黑色菱形表示 CIV λ 1548 与 CIV λ 1551 等值宽度之和，蓝色正方形表示 line3、line4、line5 高斯的等值宽度之和，红色叉表示 mini-BAL。纵坐标是等值宽度的对数；横坐标是 MJD

从图 2 可以看出,在误差范围内,CIV λ 1548,1551 的等值宽度在第 1 次至第 4 次的观测时间内(Δ MJD = 378)基本保持不变。但从第 4 次到第 6 次的观测时间内(Δ MJD = 3251),等值宽度有明显的变化。在第 4 次到第五次的观测时间内(Δ MJD = 3048),CIV λ 1548+CIV λ 1551 的等值宽度之和由大变,这与文献[12]中 CIV λ 1548,1551 变弱的结论是一致的。但在第 5 次到第 6 次的观测时间内(Δ MJD = 203),CIV λ 1548+CIV λ 1551 的等值宽度之和由小变大,而且变化的幅度也较大。

由图 2 中可以看出,在 6 次观测中,mini-BAL 的等值宽度的变化趋势与 CIV λ 1548+CIV λ 1551 的等值宽度之和的变化是一致的。

3.3. 其它窄吸收线

类星体 J024304.68+000005.4 光谱中的 mini-BAL 除了 CIV λ 1548,1551 双吸收线外,还有 3 根未知的谱线,依次称为 Line3、Line4、Line5,它们的等值宽度值如表 1 所示。根据下式计算 5 个高斯的等值宽度变化情况,其中 EW 是同一种谱线每次观测的等值宽度, EW_{\min} 是 6 次观测中等值宽度的最小值, σ, σ_{\min} 分别表示各自的误差; ΔEW 表示等值宽度的变化量,变化的误差为 σ_{Δ} 。

$$\frac{\Delta EW}{\sigma_{\Delta}} = \frac{EW - EW_{\min}}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_{\min}^2}}$$

下面图 3 是类星体 SDSS J024304.68+000005.4 光谱 mini-BAL 中拟合的 5 个高斯成分的等值宽度变化图,横坐标是每种谱线在 6 次观测中的最小值,纵坐标是每次的观测值与最小值的绝对差值。由图 3

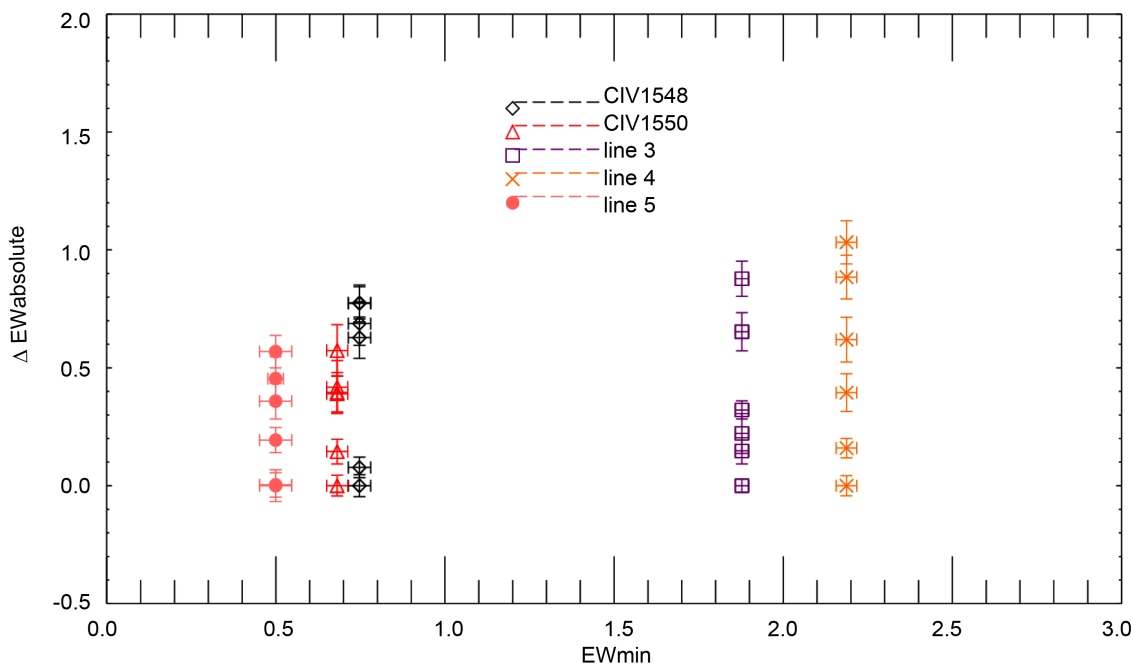


Figure 3. The variations of the equivalent width of the five Gaussian components that are used to fit the mini-BAL. Abscissa is the minimum value of the equivalent width among six observations of each Gaussian component, vertical is the difference of the equivalent width between each observation and the minimum value. Black diamonds represent the CIV λ 1548 absorption lines, red triangles represent the CIV λ 1551 absorption lines, purple squares represent line3, yellow cross represent line4, pink solid circular represent line5. The error bars are also showed in the figure

图 3. mini-BAL 中 5 个高斯成分等值宽度的变化情况。横坐标是每种高斯成分在 6 次观测中的等值宽度的最小值,纵坐标是每次观测的等值宽度与 6 次观测的最小值之间的差值。黑色菱形表示 CIV λ 1548 吸收线,红色三角形表示 CIV λ 1551 吸收线,紫色正方形表示 Line3,黄色叉号表示 Line4,红色实心圆表示 Line5。符号中的上下和左右线为误差棒

可以看出, 等值宽度最小值越大的高斯成分, 其光变幅度也越大。其中, Line5 的等值宽度的最小是最小的, 因此 Line5 在 6 次观测中变化的幅度也最小。Line4 的等值宽度最小值最大, 因此它在 6 次观测中变化的幅度也最大。

4. 结论

本文利用 SDSS 和 BOSS 对类星体 SDSS J024304.68+000005.4 的 6 次重复观测细致地研究了观测波长下 4542 Å~4598 Å 处的一个 mini-BAL。mini-BAL 的等值宽度约为 23 Å, 线宽速度约为 1589 km/s。

1) 经过分析和拟合, 发现该 mini-BAL 是由 5 根窄线混合组成的, 其中有一对为 CIVλλ1548,1551 双吸收线。

2) 根据 CIVλλ1548,1551 每根线 6 次测量的线芯值, 可算得其吸收线平均红移 $z_{\text{CIV}} = 1.942 \pm 0.001$ 。由于该 CIV 双线红移很接近发射线红移, 并且存在光变, 因此认为它存在于类星体的核心区域, 为内禀吸收线。该 CIV 吸收体与类星体处于相同的宇宙位置, 两者的红移差是由于吸收体与类星体核心有相对运动所致(发射线红移 $z_{\text{em}} = 2.009$)。根据文献[2], 由下式可算出内禀吸收体与发射体之间的相对速度, 约为 $|v| = 6750$ km/s, 其运动方向朝向观测者, 因此该 CIV 吸收体以高速从类星体核心喷出。

$$v = \frac{(1+z_{\text{abs}})^2 - (1+z_{\text{em}})^2}{(1+z_{\text{abs}})^2 + (1+z_{\text{em}})^2} c,$$

上式中, v 为吸收体与发射体之间的相对速度, z_{abs} 为吸收线的红移, z_{em} 为发射线的红移, c 为光速。

3) 该 mini-BAL 有明显的光变, 认为是内禀的, 其光变规律是复杂的。在测量的误差范围内, 第 1 次观测至第 4 次的观测时间内($\Delta\text{MJD} = 378$), CIVλλ1548,1551 的等值宽度基本保持不变。第 4 次观测到第 5 次的观测时间内, ($\Delta\text{MJD} = 3048$), CIVλλ1548,1551 的等值宽度明显地变小, 这与文献[12]的发现是一致的。但在第 5 次至第 6 次的观测时间内($\Delta\text{MJD} = 203$), 我们发现 CIVλλ1548,1551 的等值宽度明显地变大。

4) 导致吸收线等值宽度变化的原因主要有: 吸收体与背景辐射之间的覆盖因子发生变化; 吸收体本身的电离状态发生变化[15]-[20]。我们的研究表明, 在 6 次观测中($\Delta\text{MJD} = 3629$), 类星体 J024304.68+000005.4 光谱中 CIVλλ1548,1551 双线、mini-BAL 和 line3、line4、line5, 这三者的等值宽度变化趋势基本一致。我们认为, 等值宽度变化趋势基本一致的情况, 可能暗示着各吸收体具有基本一致的变化状态, 即吸收体与背景光源的覆盖面发生相同的改变; 或者可能是因为背景辐射强度的变化而使得各吸收物质的电离程度发生相似的改变。

5) 对 mini-BAL 内 5 个窄高斯成分进行分析, 发现等值宽度最小值越大的高斯成分, 其光变幅度也越大。我们认为, 吸收强度越大的吸收体越容易发生覆盖因子的改变, 或者吸收强度越大的吸收体的电离状态越容易发生明显的改变。

基金项目

国家自然科学基金项目(11363001)资助; 广西自然科学基金面上项目(2012GXNSFAA053015)资助。

参考文献 (References)

- [1] Pâris, I., Petitjean, P., Ross, N.P., *et al.* (2016) The Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog: Twelfth Data Release. *Astronomy & Astrophysics*, **597**, 79. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201527999>
- [2] 黄克谅. 类星体与活动星系核[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.
- [3] Beckmann, V. and Shrader, C.R. (2012) *Active Galactic Nuclei*. Springer-Verlag, Berlin, 4749-4751. <https://doi.org/10.1002/9783527666829>

- [4] Proga, D. (2000) Winds from Accretion Disks Driven by Radiation and Magnetocentrifugal Force. *The Astrophysical Journal*, 538, 684-690. <https://doi.org/10.1086/309154>
- [5] Bergeron, J. (1985) The MG II Absorption System in the QSO PKS 2128-12—A Galaxy Disc/Halo with a Radius of 65 KPC. *Astronomy & Astrophysics*, 155, L8-L11.
- [6] Ganguly, R., Bond, N.A., Charlton, J.C., et al. (2001) On the Origin of Intrinsic Narrow Absorption Lines in z Lessim 1 QSOs. *The Astrophysical Journal*, 549, 133-154. <https://doi.org/10.1086/319082>
- [7] Pérezràfols, I., Miraldaescudé, J., Lundgren, B., et al. (2014) The Cross-Correlation of MG II Absorption and Galaxies in BOSS. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 447, 2784-2802. <https://doi.org/10.1093/mnras/stu2645>
- [8] Hamann, F., Kaplan, K.F., Hidalgo, P.R., et al. (2008) Emergence of a Quasar Outflow. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters*, 391, L39-L43. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3933.2008.00554.x>
- [9] Ganguly, R. and Brotherton, M.S. (2007) On the Fraction of Quasars with Outflows. *Astrophysical Journal*, 672, 102-107. <https://doi.org/10.1086/524106>
- [10] Weymann, R.J., Morris, S.L., Foltz, C.B., et al. (1991) Comparisons of the Emission-Line and Continuum Properties of Broad Absorption Line and Normal Quasi-Stellar Objects. *Astrophysical Journal*, 373, 23-53. <https://doi.org/10.1086/170020>
- [11] Elvis, M. (2000) A Structure for Quasars. *New Astronomy Reviews*, 44, 559-562.
- [12] Chen, Z.F., Gu, Q.S., Chen, Y.M., et al. (2015) Narrow Absorption Lines with Two Observations from the Sloan Digital Sky Survey. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 450, 3904-3919. <https://doi.org/10.1093/mnras/stv813>
- [13] Hidalgo, P.R., Hamann, F., Eracleous, M., et al. (2012) Variability of Mini-BAL and BAL Outflows in Quasars. *ASP Conference Series*, 460, 93.
- [14] Reichard, T.A., Richards, G.T., Hall, P.B., et al. (2007) Continuum and Emission-Line Properties of Broad Absorption Line Quasars. *Astronomical Journal*, 126, 2594. <https://doi.org/10.1086/379293>
- [15] Misawa, T., Eracleous, M., Charlton, J.C., et al. (2005) Time-Variable Complex Metal Absorption Lines in the Quasar HS1603 + 3820. *The Astrophysical Journal*, 629, 115-130.
- [16] Wise, J.H., Eracleous, M., Charlton, J.C., et al. (2004) Variability of Narrow, Associated Absorption Lines in Moderate- and Low-Redshift Quasars. *Astrophysical Journal*, 613, 129-150. <https://doi.org/10.1086/422974>
- [17] Johnson, S.D., Chen, H.W. and Mulchaey, J.S. (2015) On the Origin of Excess Cool Gas in Quasar Host Haloes. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 452, 2553. <https://doi.org/10.1093/mnras/stv1481>
- [18] Tytler, D., Gleed, M., Melis, C., et al. (2009) Metal Absorption Systems in Spectra of Pairs of QSOs: How Absorbers Cluster around QSOs and Other Absorbers. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 392, 1539-1572. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.14159.x>
- [19] Wild, V., Kauffmann, G., White, S., et al. (2008) Narrow Associated Quasi-Stellar Object Absorbers: Clustering, Outflows and the Line-of-Sight Proximity Effect. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 388, 227-241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2008.13375.x>
- [20] Netzer, H. (2015) Revisiting the Unified Model of Active Galactic Nuclei. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 53, 365-408. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-082214-122302>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mp@hanspub.org