

H0323 + 022 天体的光变特性和黑洞质量研究^{*}

张 雄^{1)†} 杨卫国¹⁾ 侯德东¹⁾ 胡绍明²⁾ 郑永刚¹⁾ 毛慰明¹⁾

¹⁾ (云南师范大学物理系, 昆明 650092)

²⁾ (中国科学院国家天文台, 北京 100012)

(2004 年 10 月 10 日收到 2004 年 11 月 30 日收到修改稿)

从大量文献资料中,收集了 BL Lac 天体 H0323 + 022 光学 V 波段的大量观测数据,获得了 H0323 + 022 从 1982 年至 2003 年的长期光变曲线.给出了从 2000 年至 2003 年,使用云南天文台 1 米望远镜和上海天文台的 1.56 米望远镜,对 H0323 + 022 进行光学波段近 4 年的监测数据,观测发现了 H0323 + 022 在光学 R 波段有 7min 的短时标光变.色指数 $B-V$ 与 V 波段的星等值有较强的相关性,对 H0323 + 022 CCD 测光的结果与 Bai(1998)观测的结果 $\Delta R = 0.63$ $\Delta I = 0.81$ 是一致的.由观测所发现的短时标光变,推算出了 BL Lac 天体 H0323 + 022 的中心黑洞质量和辐射区域.

关键词: BL Lac 天体, 光变曲线, 短时标光变, 辐射区域, 中心黑洞质量

PACC: 9760, 9760L

1. 引 言

BL Lac 天体是活动星系核 (AGNs) 中的重要子类,在观测上它们有几个显著的特征:光谱没有发射线或仅有一些弱的发射线,短时标快速大振幅光变;射电谱平坦或倒转并呈现高偏振和偏振有快慢变化,有很强的 x 射线及 γ 射线辐射. BL Lac 天体根据发现它们的技术不同而分为 X 选 BL Lac 天体和射电选 BL Lac 天体. H0323 + 022 是一个 X 选的 BL Lac 天体,它们红移 $Z = 0.1471 \pm 0.0005$, 1978 年 8 月 H0323 + 022 第一次在高能 x 射线巡天 (1–2keV) 中被发现^[1,2], 1984 年 Margon 等人发现了 H0323 + 022 有一个非常亮的核,而且在 X 波段存在小时量级的短时标光变^[3]. 他们认为这是一个距离我们大约 1000 ± 500 Mpc 的 BL Lac 天体. 1986 年 Filippenko A V. 等人用光谱的方法确认这个天体的距离为 600 Mpc^[4]. Feigelson 等 (1986) 对 H0323 + 022 进行了 x 射线、光学、射电等多波段的观测,其光学和偏振的变化较好的解释了一些 BL Lac 天体的特性^[5]. H0323 + 022 是较亮的 X 选 BL Lac 天体. 它的光学和 x 射线流量都存在较大的短时标光变^[3,6], 从 1984 年

12 月到 1985 年 2 月光谱测光结果表明在 B 波段有 0.5mag, 在 V 波段有 2mag, 在 R 波段有 0.1mag 的变化. 随后的 2 天中在 B 波段有 2.7mag, 在 V 波段有 0.2mag 的变化^[4]. 在 1982 年的 10 月 14 日至 22 日, Feigelson 等的测光结果表明: V 波段从 16.43 ± 0.04 变化到 15.56 ± 0.04 星等^[5]. Jannuzi 等人从 1987 年至 1990 年对 H0323 + 022 进行三年的监测. 结果表明这个天体在 V 波段从 16.07 变暗到 17.07 星等^[7]. Xie 等人用 CCD 测光方法, 1996 年 12 月和 1997 年 12 月对该天体进行观测, 结果表明在一天的一段时间内, R, B, V 三个波段均有 0.4 星等的变化^[8]. 我们从 1996 年 11 月到 1997 年用 CCD 测光方法进行了观测, 结果表明这个源在大约 5min 时间内变化了 $\Delta V = 0.18$ mag 和 $\Delta I = 0.15$ mag. 在 1997 年 1 月 2 日这个源在 8min 的时间内变化了 $\Delta R = 0.42$ mag. 在观测期间, 变化了 $\Delta R = 0.63$ mag^[6].

为了较好地了解光学波段的这种激烈光变现象的特征, 我们试图使用理论模型对此进行解释, 因此, 需要有尽可能多的观测数据. H0323 + 022 光变的 CCD 测光数据有大量的有用信息. 通过使用这些数据我们能够估算出 H0323 + 022 的中心黑洞质量和辐射区域.

^{*} 国家自然科学基金项目 (批准号: 10363002)、教育部科学技术研究重点项目 (批准号: 202142) 和云南省自然科学基金项目 (批准号: 2004A0027M) 资助的课题.

[†] E-mail: ynzx@yeah.net

在本文中,我们首次给出了 H0323 + 022 在 B, V, R, I 波段,从 1982 年至 2002 年的长期光变曲线.使用我们的观测数据,分析了 B—V 色指数与 V 星等的相关性.计算出了 H0323 + 022 中心黑洞质量的辐射区域.我们对 H0323 + 022 光变的 CCD 测光结果与 Bai 等人在 1996 年至 1997 年的 R 波段的观测结果是一致的.即 $\Delta R = 0.63\text{mag}$.

2. 观测与数据处理

从 2000 年 4 月至 2003 年 11 月,我们用云南天文台的 1 米望远镜和上海天文台的 1.56 米望远镜对 BL Lac 天体 H0323 + 022 进行了光学波段的监测.云南天文台的 1 米望远镜所配的长焦 CCD 是 1024×1024 像元.它的视场为 $6.5 \times 6.6''$,望远镜所使用的滤光片为^[6]:

B 波段:GG385(2mm) + BG12(1mm) + BG18(2mm)

V 波段:GG495(2mm) + BG18(2mm)

R 波段:RG610(3mm) + 66.2500(1mm)

I 波段:RG715(3mm) + 60.5050(1mm)

观测中对样品的曝光时间,B 和 V 波段一般为 300—400s 或更多.视观测时样品的亮暗程度而定.R 和 I 波段一般取 180—250s.平场取傍晚或黎明时的天空平场.Bias 一般在观测开始和结束时拍摄,每晚拍摄 10 幅以上.所有的图像都用 IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) 中的 CCDRED 软件包进行预处理.然后用 APPHOT 软件包进行测光处理,得到 H0323 + 022 和比较星的仪器星等.比较星的星等值取自 Smith 等的观测结果^[9],在数据处理的过程中,视场中最亮的比较星通常用来定标.亮度与 H0323 + 022 相当的或稍暗的比较星用于估计观测精度.比较星还用于大气消光改正和星等规化中.因为我们多年来的观测证明:比较星在现有观测精度下不变^[10].用软件包处理数据后获得的仪器星等必须转换后计算出绝对星等.这个转换计算过程使用了我们用 C++ 编写的程序.计算结果列在表 1 中.表中的第(1)列是观测日期,第(2)列是相应的儒略日,第(3)列是观测获得的星等值,第(4)列是所测星等值的标准误差,第(5)列是所使用的滤光片波段.

为了研究 H0323 + 022 的长期光变特性曲线,我们从 Doxsey^[1], Feigelson^[5], Filippenko^[4], Pica^[2], Jannui^[7], Xie^[10], Bai^[6], Villata^[11] 等文献中,收集了光学 B, V, R, I 波段的观测数据.这些数据从最早发现

H0323 + 022 是 BL Lac 天体的 1982 年开始至 2000 年.我们之所以选取光学 V 波段的数据作光变曲线图,是因为在参考文献中,V 波段的观测数据比其它波段丰富.为了减少每天的测光中当有短时标光变时对长周期光变曲线幅值的影响,并考虑到不同观测时期所获取数据的误差和权重不同,我们做了天的加权平均值.表 2 是 H0323 + 022 光学波段每天的加权平均观测数据.我们把表 1 中的观测数据,取每天的平均后也列入表 2 中.

3. 观测结果

3.1. 光学波段的光变曲线

从表 2 和图 1 中我们可以看出 H0323 + 022 是活动非常激烈的 BL Lac 天体,从 1982 年 10 月 14 日至 2003 年 11 月 24 日光光学各波段的光变为:

$$\Delta B = 1.83\text{mag} (17.96\text{mag} - 16.15\text{mag}),$$

$$\Delta V = 1.72\text{mag} (17.28\text{mag} - 15.56\text{mag}),$$

$$\Delta R = 1.00\text{mag} (16.83\text{mag} - 15.83\text{mag}),$$

$$\Delta I = 1.07\text{mag} (16.22\text{mag} - 15.15\text{mag}).$$

在 1982 年 10 月光学 V 波段最亮为 $V = 15.56\text{mag}$,随后在 1992 年和 2003 年分别再次爆发,达到最亮为 $V = 16.13\text{mag}$ 和 $V = 16.19\text{mag}$.我们在 2003 年 11 月 23 日到 24 日的观测表明:H0323 + 022 BL Lac 天体是处于自 1990 年以来的第一个较亮状态,其 $B = 16.75\text{mag}$, $V = 16.19\text{mag}$, $R = 15.80\text{mag}$, $I = 15.14\text{mag}$.从我们 2000 年 4 月 3 日的观测可以看出: $B = 17.02 - 17.08\text{mag}$, $V = 16.70 - 16.80\text{mag}$, $R = 16.24 - 16.25\text{mag}$, $I = 15.84 - 15.95\text{mag}$.而这个结果与 Xie 等 1993 年 12 月到 1994 年 12 月光学各波段的观测结果是相近似的^[6].

通常, BL Lac 天体的光变有两种大的类型.一种是几年到几十年的长周期光变;另一种是几小时到几天的短时标光变.文献[6]等 1998 年观测结果表明 H0323 + 022 的 R 波段在 12min 内有一个 0.42mag 的光变,文献[12]研究了十几个 BL Lac 天体有几小时到几天的短时标光变.我们几年前研究了多个 BL Lac 天体的长期光变^[13].在本文中,我们观测发现 H0323 + 022 存在短时标光变的证据,我们定义短时标光变 $\Delta t_{\min}$ 的依据是使用公认的文献[8,14]所提出的方法.

表 1 H0323 + 022 天体的观测结果

UT Date	JD	mag	δ	Band	UT Date	JD	mag	δ	Band
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2000. Aprl. 3	2451638.012	17.02	0.03	B	2002. Jan. 6	.099	16.31	0.03	I
2000. Aprl. 3	.016	16.79	0.02	V	2002. Jan. 6	.101	16.09	0.03	I
2000. Aprl. 3	.018	16.80	0.02	V	2002. Jan. 6	.104	15.77	0.03	I
2000. Aprl. 3	.022	17.02	0.03	B	2002. Jan. 6	.107	15.84	0.03	I
2000. Aprl. 3	.025	17.05	0.02	B	2002. Jan. 6	.110	16.05	0.03	I
2000. Aprl. 3	.028	16.80	0.02	V	2002. Jan. 6	.112	16.01	0.03	I
2000. Aprl. 3	.031	15.95	0.01	I	2002. Jan. 6	.116	16.35	0.02	R
2000. Aprl. 3	.035	16.24	0.01	R	2002. Jan. 6	.119	16.33	0.02	R
2000. Aprl. 3	.037	17.03	0.03	B	2002. Jan. 6	.122	16.19	0.02	R
2000. Aprl. 3	.040	16.75	0.03	V	2002. Jan. 6	.125	16.23	0.02	R
2000. Aprl. 3	.042	15.93	0.01	I	2002. Jan. 6	.128	16.32	0.02	R
2000. Aprl. 3	.046	16.25	0.01	R	2002. Jan. 6	.130	16.06	0.02	R
2000. Aprl. 3	.048	17.02	0.02	B	2002. Jan. 6	.133	16.08	0.02	R
2000. Aprl. 3	.050	16.75	0.02	V	2002. Jan. 6	.137	16.15	0.02	R
2000. Aprl. 3	.052	15.90	0.02	I	2002. Jan. 6	.139	16.12	0.02	R
2000. Aprl. 3	.054	16.23	0.02	R	2002. Jan. 6	.142	16.34	0.02	R
2000. Aprl. 3	.056	16.90	0.02	B	2002. Jan. 6	.145	16.69	0.02	R
2000. Aprl. 3	.058	16.70	0.02	V	2002. Jan. 6	.148	16.37	0.02	R
2000. Aprl. 3	.060	15.85	0.01	I	2002. Jan. 6	.150	16.08	0.02	R
2000. Aprl. 3	.063	16.24	0.01	R	2002. Jan. 6	.153	16.19	0.02	R
2000. Aprl. 3	.068	16.90	0.02	B	2002. Jan. 6	.156	16.14	0.02	R
2000. Aprl. 3	.072	16.70	0.02	V	2002. Jan. 6	.160	16.57	0.02	V
2000. Aprl. 3	.074	15.84	0.02	I	2002. Jan. 6	.163	16.63	0.01	V
2001. Feb.15	2451956.164	16.93	0.01	B	2002. Jan. 6	.166	17.05	0.02	V
2001. Feb.15	.166	16.45	0.01	V	2002. Jan. 6	.169	17.12	0.02	V
2001. Feb.15	.168	16.92	0.01	B	2002. Jan. 6	.173	17.07	0.02	V
2001. Feb.15	.170	16.47	0.01	V	2002. Jan. 6	.177	17.00	0.02	V
2001. Feb.15	.173	16.94	0.01	B	2003. Nov. 23	2452967.120	15.20	0.02	I
2001. Feb.15	.176	16.45	0.01	V	2003. Nov. 23	.125	15.83	0.02	R
2001. Feb.15	.178	16.90	0.01	B	2003. Nov. 23	.130	15.21	0.04	I
2001. Feb.15	.180	16.50	0.01	V	2003. Nov. 23	.136	15.80	0.03	R
2001. Feb.15	.182	16.90	0.01	B	2003. Nov. 23	.140	15.20	0.03	I
2001. Feb.15	.184	16.53	0.01	V	2003. Nov. 23	.143	15.85	0.03	R
2001. Feb.15	.186	15.82	0.02	I	2003. Nov. 23	.147	15.23	0.03	I
2001. Feb.15	.187	16.07	0.02	R	2003. Nov. 23	.150	15.83	0.03	R
2001. Feb.15	.189	16.91	0.02	B	2003. Nov. 23	.154	15.23	0.03	I
2001. Feb.15	.191	16.56	0.02	V	2003. Nov. 23	.159	15.82	0.03	R
2001. Feb.15	.193	15.82	0.01	I	2003. Nov. 23	.160	16.20	0.03	V
2001. Feb.15	.194	16.05	0.01	R	2003. Nov. 24	2452968.070	15.16	0.03	I
2001. Feb.15	.196	16.92	0.02	B	2003. Nov. 24	.074	15.15	0.03	I
2001. Feb.15	.198	16.60	0.02	V	2003. Nov. 24	.079	15.16	0.03	I
2001. Feb.15	.200	16.98	0.02	B	2003. Nov. 24	.082	15.14	0.03	I
2002. Jan. 6	2452281.073	16.11	0.03	I	2003. Nov. 24	.086	15.14	0.03	I
2002. Jan. 6	.076	16.20	0.03	I	2003. Nov. 24	.089	15.94	0.03	R
2002. Jan. 6	.078	16.09	0.03	I	2003. Nov. 24	.093	16.19	0.03	V
2002. Jan. 6	.079	16.22	0.03	I	2003. Nov. 24	.098	16.74	0.03	B
2002. Jan. 6	.085	16.12	0.03	I	2003. Nov. 24	.103	16.18	0.03	V
2002. Jan. 6	.087	15.96	0.03	I	2003. Nov. 24	.110	16.75	0.03	B
2002. Jan. 6	.090	16.08	0.03	I	2003. Nov. 24	.115	16.20	0.03	V
2002. Jan. 6	.093	15.42	0.03	I	2003. Nov. 24	.120	16.76	0.03	B
2002. Jan. 6	.096	15.93	0.03	I					

表 2 H0323 + 022 光学各波段每天平均的观测数据和平均色指数

Date(y. m. d)	B	V	R	I	B−V	V−R	R−I	Ref
82.10.14	16.69 ± 0.04	16.10 ± 0.02			0.59 ± 0.03			[5]
82.10.16	16.52 ± 0.05	15.56 ± 0.04			0.96 ± 0.05			[5]
82.10.18	16.79 ± 0.02	16.00 ± 0.10			0.79 ± 0.01			[5]
82.10.20	16.76 ± 0.05	16.24 ± 0.04			0.52 ± 0.05			[5]
82.10.21	16.91 ± 0.05	16.43 ± 0.04			0.48 ± 0.05			[5]
82.10.22	16.83 ± 0.05	16.42 ± 0.04			0.41 ± 0.05			[5]
87.09.15	16.90 ± 0.09	16.31 ± 0.06	15.91 ± 0.05	15.26 ± 0.05	0.59 ± 0.09	0.40 ± 0.05	0.65 ± 0.09	[7]
87.09.28	16.96 ± 0.03	16.40 ± 0.03	15.93 ± 0.03	15.41 ± 0.03	0.56 ± 0.03	0.47 ± 0.03	0.52 ± 0.03	[7]
87.09.29	16.92 ± 0.03	16.41 ± 0.03	15.94 ± 0.03	15.44 ± 0.03	0.51 ± 0.03	0.47 ± 0.03	0.50 ± 0.03	[7]
87.11.11	17.32 ± 0.06	16.59 ± 0.04	16.18 ± 0.03	15.59 ± 0.03	0.73 ± 0.06	0.47 ± 0.03	0.59 ± 0.03	[7]
88.01.23		16.66 ± 0.02						[7]
88.01.24		16.69 ± 0.02						[7]
88.09.18		16.67 ± 0.02						[7]
88.10.01		16.69 ± 0.04						[7]
88.10.08		16.75 ± 0.02						[7]
88.10.31		16.71 ± 0.04						[7]
88.11.04		16.69 ± 0.03						[7]
88.11.13		16.67 ± 0.04						[7]
89.01.09		16.73 ± 0.02						[7]
89.02.03		17.03 ± 0.02						[7]
89.02.04		16.72 ± 0.04						[7]
89.03.06		16.72 ± 0.06						[7]
89.03.08		16.80 ± 0.03						[7]
89.03.10		16.70 ± 0.03						[7]
89.09.05		16.42 ± 0.04						[7]
89.10.27		16.54 ± 0.05						[7]
89.10.29		16.61 ± 0.02						[7]
90.02.21		16.13 ± 0.02						[7]
93.12.07	17.18 ± 0.08	16.84 ± 0.05	16.35 ± 0.09	15.79 ± 0.11	0.34 ± 0.08	0.49 ± 0.09	0.56 ± 0.11	[8]
94.10.14		16.60 ± 0.14	16.27 ± 0.10			0.33 ± 0.14		[10]
94.11.04		16.80 ± 0.13	16.54 ± 0.07	15.91 ± 0.07		0.26 ± 0.13	0.63 ± 0.07	[10]
94.11.23			16.18 ± 0.06	15.59 ± 0.07			0.59 ± 0.07	[10]
94.12.11		16.80 ± 0.10	16.16 ± 0.07	15.59 ± 0.07		0.64 ± 0.10	0.57 ± 0.07	[10]
94.12.17			16.14 ± 0.01	15.61 ± 0.09			0.53 ± 0.09	[10]
94.12.26			16.31 ± 0.08					[8]
94.12.27			16.31 ± 0.10					[8]
94.12.28			16.37 ± 0.08					[8]
94.12.29			16.34 ± 0.06					[8]
94.12.30			16.36 ± 0.08					[8]
94.12.31			16.32 ± 0.08					[8]

								续表 1
Date(y. m. d)	B	V	R	I	B−V	V−R	R−I	Ref
95.01.05		16.54 ± 0.09	16.35 ± 0.01	15.69 ± 0.08		0.19 ± 0.09	0.66 ± 0.08	[10]
95.01.09			16.15 ± 0.08	15.67 ± 0.09			0.48 ± 0.09	[10]
96.11.08			16.20 ± 0.03	15.60 ± 0.03			0.60 ± 0.03	[6]
96.12.15		17.05 ± 0.05	16.23 ± 0.03	15.57 ± 0.03		0.82 ± 0.03	0.66 ± 0.03	[6]
97.01.05	17.25 ± 0.06	16.65 ± 0.05	16.20 ± 0.05	15.48 ± 0.03	0.60 ± 0.05	0.40 ± 0.05	0.72 ± 0.05	[6]
97.01.13	17.36 ± 0.08	16.82 ± 0.05	16.33 ± 0.05		0.54 ± 0.08	0.49 ± 0.05		[11]
97.02.06	17.41 ± 0.08	16.77 ± 0.05	16.23 ± 0.05		0.64 ± 0.08	0.54 ± 0.05		[11]
98.01.17	17.96 ± 0.08	17.21 ± 0.05	16.71 ± 0.05	16.12 ± 0.05	0.75 ± 0.08	0.50 ± 0.05	0.59 ± 0.05	[11]
98.01.20		17.21 ± 0.05	16.62 ± 0.05	15.99 ± 0.05		0.59 ± 0.05	0.63 ± 0.05	[11]
98.01.22		17.28 ± 0.05	16.74 ± 0.05			0.54 ± 0.05		[11]
98.01.23		17.08 ± 0.05	16.70 ± 0.05	15.99 ± 0.05		0.38 ± 0.05	0.71 ± 0.05	[11]
98.01.30		17.230 ± 0.05	16.67 ± 0.05	16.13 ± 0.05		0.53 ± 0.05	0.54 ± 0.05	[11]
98.02.01		17.17 ± 0.05	16.70 ± 0.05			0.47 ± 0.05		[11]
98.02.06		17.28 ± 0.05	16.83 ± 0.05	16.22 ± 0.05		0.45 ± 0.05	0.61 ± 0.05	[11]
98.02.12		17.19 ± 0.05	16.76 ± 0.05	16.17 ± 0.05		0.43 ± 0.05	0.59 ± 0.05	[11]
98.10.13		16.89 ± 0.05	16.40 ± 0.05	15.89 ± 0.05		0.59 ± 0.05	0.51 ± 0.05	[11]
98.10.20		16.87 ± 0.05	16.27 ± 0.05			0.60 ± 0.05		[11]
00.04.03	17.00 ± 0.03	16.76 ± 0.03	16.24 ± 0.02	15.89 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.32 ± 0.03	0.35 ± 0.02	[8]
01.02.15	16.95 ± 0.03	16.53 ± 0.02	16.06 ± 0.02	15.82 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.47 ± 0.03	0.24 ± 0.02	[8]
02.01.06		16.91 ± 0.02	16.23 ± 0.02	16.01 ± 0.03		0.68 ± 0.02	0.22 ± 0.03	[8]
03.11.23		16.20 ± 0.03	15.83 ± 0.02	15.21 ± 0.03		0.47 ± 0.03	0.62 ± 0.03	[8]
03.11.24	16.75 ± 0.03	16.19 ± 0.03	15.94 ± 0.03	15.15 ± 0.03	0.56 ± 0.03	0.25 ± 0.03	0.79 ± 0.03	[8]

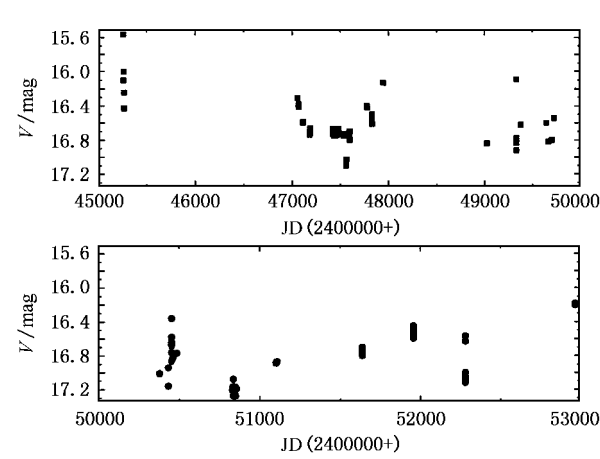


图 1 1982 年至 2003 年 H0323 + 022 在光学 V 波段的长平均的长期光变曲线

图 2 给出了 2002 年 1 月 6 日光 学 R 波段的观测结果. 结果表明 H0323 + 022 有一个 $\Delta t_{\min} = 7\text{min}$ 的短时标喷流光变. 光变的幅值为 $\Delta R = 0.61\text{mag}$. 时

间从 JD2452281.145 至 JD2452281.150. 从图 2 中光变曲线我们可以看出,BL Lac 天体 H0323 + 022 先在 19min 内从 16.35 变亮到 16.06 星等,随后在 20min 内变暗了 0.63mag 至 16.69mag,紧接着在 7min 内又变亮了 0.61mag 至 16.08mag. 在研究短时标光变时,我们特别关注同一视场内标准星的变化. 我们测量了每个点标准星的变化. 结果表明,在昼夜里标准星的变化不大于 0.06mag (标准星 R 波段的光变曲线因为无变化而忽略) 由此,结果表明 H0323 + 022 在 R 波段有一个 $\Delta t_{\min} = 7\text{min}$ 的短时标光变被确定. 这个值与参考文献 [6] 中所给出的在 R 波段存在光变的结果相似.

3.2. 色指数

H0323 + 022 是变化非常激烈的天体,它们的色指数应该从各波段的同时性观测中获取. 在实际观测中,如果各波段之间的曝光时间足够小,我们也可

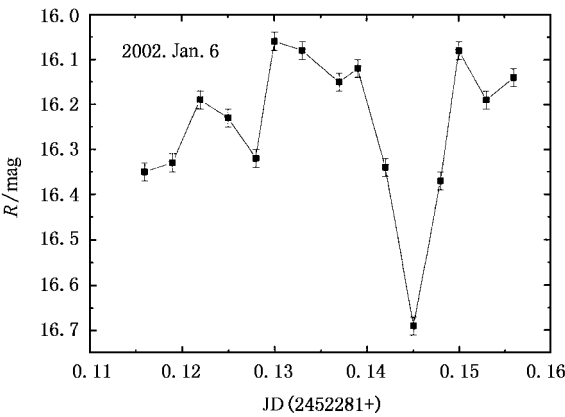


图 2 H0323 + 022 光学 R 波段的光变曲线

以用这种准同时性获取的观测数据计算色指数. 在我们的观测中通常曝光时间小于 6min. 为了研究色指数, 我们选用了表 1 及参考文献 [5] 中的观测数据, 这些准同时性的观测数据均比短时标光变值小的多, B-V 色指数与 V 星等的关系如图 3 所示.

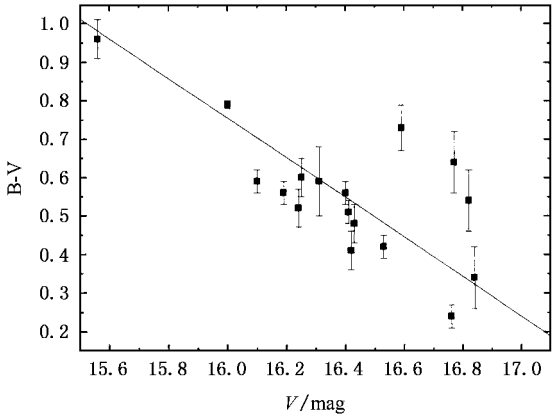


图 3 B-V 色指数与 V 星等相关曲线

其线性回归方程为：

$$B-V = (10.47 \pm 0.07) - (0.609 \pm 0.042)V.$$

相关系数 $r = -0.96526$, $N = 17$, 方程的标准误差 $\delta_{(B-V)} = 0.23$, 置信概率为 $P_r = 10^{-6}$.

从图 3 可以看出, 当 H0323 + 022 变亮时, 其色指数也变大. 我们发现 B-V 与 V 星等有较强的相关性, 这个结果与文献 [5] 的结果是一致的. 我们在 MK421, 3C345, OJ + 131 和 3C66A 等天体的观测研究中, 也获得过 B-V 与 V 星等有较强相关性的相似结果 [12,13,15]. 文献 [16,17] 报道过 MK421 的色指数 U-I 与 U 星等有相似的强相关性.

我们还计算了 H0323 + 022 每天的 B-V, V-R, 和 R-I 平均色指数, 结果列入表 2. 在图 4 中我们给

出了每天的 B-V 和 R-I 平均色指数与时间变化曲线. 在图中我们主要讨论 H0323 + 022 的色指数特征, 因此省略了误差的表示. 在 1982 年 H0323 + 022 爆发时的平均色指数 $B-V = 0.96 \pm 0.15$, 在 2000 年到 2003 年我们观测期间样品最亮时的平均色指数 $B-V = 0.56 \pm 0.03$, H0323 + 022 平均色指数的变化范围是 $B-V = 0.24-0.56$, $I-R = 0.22-0.79$.

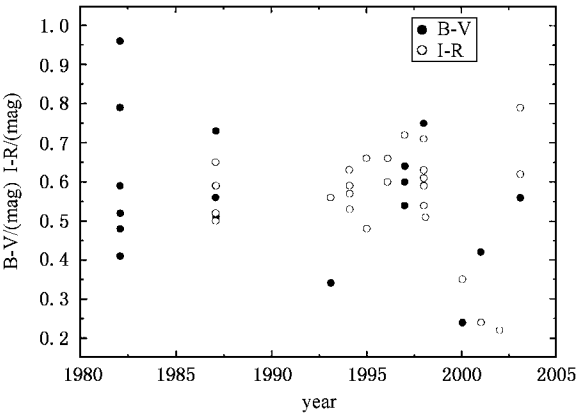


图 4 1982 年至 2003 年天平均的 B-V 和 I-R 色指数变化

4. 中心黑洞质量和辐射区域的估算

本文给出了 H0323 + 022 天体从 2000 年至 2003 年, 使用云南天文台 1 米望远镜和上海天文台 1.56 米望远镜进行 CCD 测光观测中的新发现, 这个源在光学 I 波段有 $\Delta t_{\min} = 20\text{min}$ 的短时标光变. 使用短时标光变我们能估算出 H0323 + 022 的中心黑洞辐射区域为

$$R \leq c \Delta t_{\min} \delta / (1 + Z), \tag{1}$$

式中 c 为光速, $\Delta t_{\min}$ 为观测获得的短时标光变, δ 为相对论多谱勒因子, Z 为样品的红移. R 是中心黑洞的辐射区域半径 [18], 基于吸积盘和相对聚束理论, 使用文献 [15] 的公式. 有

$$\delta \geq (\eta_{(ob)} / \eta_{(in)})^{(1/(4+a))}. \tag{2}$$

根据文献 [19], 有

$$\eta_{(ob)} \geq 5.0 \times 10^{-43} (\Delta L_{(ob)} / \Delta t_{\min}). \tag{3}$$

如果我们使用文献 [14] 中所给出的 H0323 + 022 的 $\Delta L_{(ob)} = 1.45 \times 10^{38} \text{ (J/s)}$, 和我们观测发现的短时标光变 $\Delta t_{\min} = 1200 \text{ (s)}$ 则, 有

$$\eta_{(ob)} \geq 5.0 \times 10^{-43} (\Delta L_{(ob)} / \Delta t) = 0.6041.$$

如果已知 $\eta_{(in)}$, 我们将能够估算出 δ . 文献 [12] 给出了 $\eta_{(in)}$ 的一个较窄的范围 $0.007 < \eta_{(in)} < 0.1$. 根据

厚吸积盘理论^[20], Paczynski 等人认为 $\eta_{(\text{in})} = 0.057$.
我们选用一个中间估计值 $\eta_{(\text{in})} = 0.054$ 和光学波段
的平均谱指数 $\alpha = 1.5$, 则有 $\delta \geq (\eta_{(\text{ob})} / \eta_{(\text{in})})^{(\frac{1}{4+\alpha})}$
 $= 1.6$, 因此 H0323 + 022 的中心黑洞辐射区域为

$$R \leq c \Delta t_{\text{min}} \delta / (1 + z) = 1.19 \times 10^{-4} \text{ (pc)} .$$

中心黑洞质量的上限为^[21]

$$M < 1.62 \times 10^4 \frac{\delta}{1 + z} \Delta t_{\text{min}} \times M_{\odot} = 2.72 \times 10^7 M_{\odot} .$$

[1] Doxsey R E *et al* 1981 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **13** 558

[2] Piccinotti G *et al* 1982 *Astrophysical Journal* **253** 485

[3] Margon B and Jacoby G H 1984 *Astrophysical Journal* **286** L31

[4] Filippenko A V *et al* 1986 *Astronomy Journal* **91** 49

[5] Feigelson E D *et al* 1986 *Astrophysical Journal* **302** 337

[6] Bai J M *et al* 1998 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **132** 83

[7] Jannuzi B T, Smith P S and Elston R 1993 *Astrophysical Journal Supplement* **85** 265

[8] Xie G Z *et al* 1996 *Astronomy Journal* **111** 1065

[9] Smith P S *et al* 1991 *Astrophysical Journal Supplement* **77** 67

[10] Fiorucci M and Tosti G 1996 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **117** 475

[11] Villata M *et al* 2000 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **144** 481

[12] Xie G Z *et al* 1991 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **87** 416

[13] Zhang X *et al* 2000 *APSS* **271** 1

[14] Bassani L, Dean A J and Sembay S 1983 *Astronomy and Astrophysics* **125** 52

[15] Xie G Z, Liu F K and Liu B F 1991 *Astronomy and Astrophysics* **249** 65

[16] Kinman J D *et al* 1974 *Astronomy Journal* **79** 349

[17] Tosti G *et al* 1998 *Astronomy and Astrophysics Supplement* **130** 109

[18] Moarscher A P and Gear W K 1985 *Astrophysical Journal* **298** 114

[19] Febian A C and Ress M J 1979 in *X-Ray Astrophysics*, eds W A Baity&L E Peterson (New York : Pergamon) p81

[20] Paczynsky B *et al* 1980 *Astronomy and Astrophysics* **88** 123

[21] Xie G Z *et al* 1990 *Astronomy and Astrophysics* **229** 32

The characteristic optical variability and black hole for the H0323 + 022^{*}

Zhang Xiong^{1)†} Yang Wei-Guo¹⁾ Hou De-Dong¹⁾ Hu Shao-Ming²⁾ Zheng Yong-Gang¹⁾ Mao Wei-Ming¹⁾

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

²⁾ (National Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China)

(Received 10 October 2004 ; revised manuscript received 30 November 2004)

Abstract

All available V-band optical data on H0323 + 022 from a good many of references are compiled. The long-term light curve in the V-band from 1982 to 2003 for BL Lac object H0323 + 022 is obtained, and the optical photometry of the source, which were observed with the 1 m telescope of Yunnan Astronomical Observatory and 1.56 m telescope of Shanghai Astronomical Observatory, is presented. Observed results show significant rapid variation and exhibit short-time variability of 23 min in R band. It is found a strong correlation between the B-V colour index and the magnitude in the B band. CCD photometry of H0323 + 022 showed that they are in good agreement with the results of Bai *et al* (1998). It is possible to estimate a black hole of emitting region R from the shortest time scale of H0323 + 022 object.

Keywords : BL Lac object, light curve, short time optical variability, emitting region, mass of central black hole

PACC : 9760, 9760L

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 10363002), the Natural Science Foundation of Ministry Education of China (Grant No. 02142), and the Natural Science Foundation of Yunnan Provincial of China (Grant No. 2004A0027M).

[†] E-mail : ynzx@yeah.net