第 44 卷 第 2 期 天 文 学 报 Vol.44 No.2
2003 年 5 月 ACTA ASTRONOMICA SINICA May, 2003

20 颗依巴谷碳星的近红外测光*

陈培生 杨孝鸿 汪洵浩

(中国科学院国家天文台云南天文台 昆明 650011)
(中国科学院光学天文联合开放实验室 北京 100012)

摘要 对 20 颗依巴谷 (Hipparcos) 卫星所观测的碳星作了近红外 JHK 测光. 由近红外观测结果估算了其在 K 波段的热改正 BC_K 和视热星等 $m_{\rm bol}$ 以及有效温度 T_e. 结合依巴谷卫星所得视差, 得到其中一些星的绝对热星等 $M_{\rm bol}$.

关键词 恒星：碳星, 恒星：基本参数, 红外：恒星
中图分类号： P 144

1 引言

欧洲空间局 (ESA) 于 1989—1993 年发射运行了著名的天体测量卫星 – 依巴谷 (Hipparcos) 卫星. Hipparcos 卫星在其 5 年的运行中对超过 10 万颗的恒星进行了位置、三角视差、自行的高精度观测, 结果于 1997 年发表在依巴谷和第谷星表 (Hipparcos and Tycho Catalogues) 上 [1]. Hipparcos 卫星对数以千计的 AGB 星进行了观测, 其中包括 300 多颗银河系内碳星, 这些碳星被称作 Hipparcos 碳星 [2]. 利用 Hipparcos 卫星的观测资料, 结合其他观测数据, 有可能得到这些碳星的一些重要的物理参数, 进而对其物理性质和演化状态有更进一步的了解.

在本文中, 我们列出了 20 颗 Hipparcos 碳星的近红外 JHK 观测结果. 由近红外观测结果估算了其在 K 波段的热改正 $BC_{\rm K}$ 和视热星等 $m_{\rm bol}$ 以及有效温度 $T_{\rm e}$. 结合 Hipparcos 卫星所得视差, 得到其中一些星的绝对热星等 $M_{\rm bol}$. 并将所得有关参数与前人结果进行了比较.

2 近红外观测

在 2000 年冬和 2001 年春, 我们在北京天文台兴隆观测站的 1.26 米红外望远镜上对 20 颗 Hipparcos 碳星进行了近红外 JHK 观测. 该镜的测光系统和所用的标准星与文 [3] 相同, 其极限星等在 K 波段为 10 等 ($S/N = 3$), 所使用的光栏为 16 角秒. 在每一个观测夜, 均对一颗标准星在不同天顶距进行 JHK 观测, 以得到在 JHK 波段的大气消光系数. 为了尽量减少大气局部变化的影响, 对待测星的大多数观测均在天顶附近进行. 通

2002-04-168 收到原稿, 2002-08-22 收到修改稿
* 国家自然科学基金资助项目 (项目编号： 10073018)

常待测星和标准星的大气质量差不大于 0.1. 经过大气消光改正后的全部 JHK 观测结果见表 1. 根据标准星观测所得测光精度在 JHK 波段均不超过 $0^{m}.07$, 见表 1.

表 1　在 JHK 波段所观测的依巴谷碳星

Table 1　Hipparcos Carbon Stars Observed in JHK bands

HIC	CGCS	GCVS	Sp.	Π	σ_{Π}	J	H	K	Date	A_J
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
12325	384	VZ Per	C4,5J	2.13	2.00	5.96	5.01	4.42	001215	0.48
						0.06	0.04	0.06		
25704	950	CM Aur	C5,4	-1.27	2.08	5.55	4.43	3.89	010206	0.32
						0.05	0.03	0.02		
29961	1230	V1394 Ori	C3,3	-1.41	1.99	4.96	4.03	3.44	010207	0.41
						0.04	0.03	0.06		
31829	1337	NY Gem	C4-5,4	1.90	3.66	5.51	4.51	3.76	010207	0.00
						0.04	0.03	0.06		
33450	1466	UW Aur	C4,5J	0.14	1.61	6.07	5.27	4.66	010207	0.13
						0.04	0.03	0.06		
35810	1686	V758 Mon	R8	-0.39	1.32	4.92	4.09	3.67	010207	0.02
						0.04	0.03	0.06		
36004	1704	V760 Mon	C6,3	-1.71	1.36	4.67	3.84	3.47	010207	0.17
						0.04	0.03	0.06		
38242	1891	V767 Mon	R8	3.67	5.14	5.50	4.61	3.99	010207	0.00
						0.04	0.03	0.06		
38728	1944	V768 Mon	N	-2.84	2.05	6.06	5.16	4.68	010207	0.00
						0.04	0.03	0.06		
44032	2383	/	R4	2.64	1.39	7.14	6.71	6.62	010224	0.00
						0.05	0.05	0.03		
44439	2404	DH UMa	C3,5J	0.98	1.59	5.79	4.95	4.61	010223	0.00
						0.07	0.06	0.07		
48316	2635	W Sex	C6,3e	2.87	1.27	5.45	4.40	4.05	010224	0.00
						0.05	0.05	0.03		
65320	3379	/	R0	1.87	1.88	7.67	6.96	6.89	010420	0.00
						0.02	0.05	0.03		
74826	3586	/	R0	1.39	1.68	7.66	7.48	7.39	010420	0.00
						0.02	0.05	0.03		
94474	4208	V553 Lyr	R3	1.05	1.81	5.21	4.04	3.55	001101	0.23
						0.04	0.07	0.02		
98057	4560	/	R0	-1.20	1.48	6.28	5.49	5.31	001101	0.53
						0.04	0.07	0.03		
98603	4619	V2102 Cyg	N	-0.68	1.25	5.31	4.34	3.74	001101	0.28
						0.04	0.07	0.03		
100735	4848	HH Del	N	-1.05	1.54	6.29	5.30	4.81	001101	0.14
						0.04	0.07	0.03		
108892	5560	V378 Lac	N	-2.13	3.57	6.27	5.27	4.91	001101	0.07
						0.04	0.07	0.03		
112394	5728	TX Lac	C3:,4J	1.35	1.48	6.28	5.40	4.60	001101	0.19
						0.04	0.07	0.03		

表 1 的结构如下：

(1) Hipparcos 星表序号；

(2) 碳星星表 (GCGCS) 序号 [4]；

(3) 变星总表 (GCVS) 名 [5]；

(4) 从 GCVS 或 GCGCS 星表所得光谱型；

(5) 从 Hipparcos 星表所得三角视差，单位为毫角秒；

(6) 从 Hipparcos 星表所得三角视差的误差范围，单位为毫角秒；

(7—9) 所观测的 JHK 星等，在星等下方为根据标准星观测所得测光精度；

(10) JHK 观测年月日；

(11) J 波段的星际消光系数 $A_{\rm J}$.

在表 1 中，除 HIC 29961 和 HIC 98057 外，其余星的 J 波段星际消光系数 A_J 均来自文 [6]. 根据文 [7] 所给关系：

$$A_{\rm J} = 0.282 A_{\rm V}, \quad A_{\rm H} = 0.175 A_{\rm V}, \quad A_{\rm K} = 0.112 A_{\rm V}\,, \tag{1}$$

可以得到这些星在 H 和 K 波段的星际消光系数 A_H 和 A_K. 对于 HIC 29961 和 HIC 98057, 其星际消光系数可由以下方法估计. Feast 等指出，对于碳星存在绝对 K 星等 $M_K = -8$ 的近似关系 [8]. 于是由 van Herk 所给的星际消光定律 [9] ：

$$A_{\rm V} = 0.14 \csc|b|[1 - \exp(-10 d \sin|b|)]\,, \tag{2}$$

及

$$M = m + 5 - 5\log d - A(d)\,. \tag{3}$$

利用表 1 中所给 HIC 29961 和 HIC 98057 的观测 K 星等，可由迭代逼进法估计其星际消光系数. 在 (2) 和 (3) 式中， b 和 d 分别为恒星的银纬和距离 (在 (2) 式中 d 的单位为 kpc, 在 (3) 式中 d 的单位为 pc). 在 JHK 波段的星际消光系数得出后，可以对表 1 中的各波段观测星等进行星际消光改正. 在以下的讨论中，经过星际消光改正的星等或颜色用下标添 “0” 表示，例如 K_0, $(J-K)_0$ 等.

3 热改正和热星等

恒星的热改正 BC 定义为视热星等 $m_{\rm bol}$ 和经星际消光改正的观测星等之差. 因此对于 K 波段我们有：

$$m_{\rm bol} = K_0 + BC_K\,, \tag{4}$$

其中 K_0 为经星际消光改正的观测 K 星等， BC_K 为在 K 波段的热改正. Frogel[10] 等对银河碳星给出了 BC_K 和 $(J-K)_0$ 的一个较好的关系，依据这一关系可以从观测的 $(J-K)_0$ 在不大于 $0^{\rm m}.1$ 的误差范围内方便地得到 BC_K. 于是由 (4) 式可以得到视热星等 $m_{\rm bol}$. 我们所得的 20 颗 Hipparcos 碳星的视热星等 $m_{\rm bol}$ 均列于表 2 中. 为便于比较，表 2 还列出文 [6] 所给其中 18 个星由综合大气模型及多波段测光得出的 $m_{\rm bol}$. 可以看出，

除 HIC 33450 、 48316 和 65320 外，我们从近红外测光得到的 $m_{\rm bol}$ 与文 [6] 的结果差别一般不超过 $0^{\rm m}.2$. 我们的测光精度最大可达 $0^{\rm m}.07$, 应该说这一结果是不错的. 我们测得的 HIC 33450 、 48316 和 65320 的 $m_{\rm bol}$ 与文 [6] 的结果相差分别为 $0^{\rm m}.66$ 、 $0^{\rm m}.41$ 和 $0^{\rm m}.48$, 除了测光精度和求 BC_K 可能产生的误差影响外，另一个可能的原因是恒星本身的可变. 因为至少从 GCVS 星表可知 HIC 33450 和 48316 在 V 波段有大到 $1^{\rm m}.5 - 2^{\rm m}.0$ 的变化.

遗憾的是，在表 1 我们观测的 20 颗碳星中，有 9 颗没有视差观测的结果 (视差值为负). 在余下的 11 颗星中, 有 5 颗星的误差明显大于视差本身, 按 Alksnis 等 [11] 的意见，这些视差观测数据很不可靠. 因此这里仅依据 Hipparcos 卫星提供的较为可靠的三角视差数据，由我们得到的视热星等 $m_{\rm bol}$, 给出 6 颗星的绝对热星等 $M_{\rm bol}$, 同时也由文 [6] 得到的视热星等 $m_{\rm bol}$, 给出这 6 颗星的绝对热星等 (括号中所示). 所得绝对热星等 $M_{\rm bol}$ 均列于表 2 中.

4　有效温度

为了得到恒星的有效温度 Te, 首先必须知道恒星的角直径、距离及其在整个波谱上的总辐射流量，尤其是恒星的角直径. 然而直到 2001 年，通过月掩星或干涉法测得角直径的碳星仅有 52 颗，其中并未包括任何一颗本文涉及的星 [6]. 为了估算没有角直径测量的恒星的有效温度，常常采用别的方法. 其中一个有效方法是，对有角直径和总辐射流量测量的一批恒星，可以立即得到它们的有效温度 Te, 再利用有效温度与某波段颜色的经验关系，将待测星的相同波段颜色代入这个关系，即可得到待测星的 Te. 这里的关键是选用什么波段的颜色. 所选的波段必须对 Te 敏感，又要尽量避开各种分子或原子吸收带或发射带的影响. Bessell 等认为，对碳星和 K 型 M 型的晚期红巨星而言， $(J-K)_0$ 色是最适合的. 据此他们从已知 Te(从角直径和总辐射流量的测量得出) 的近 20 颗 KM 型星和 6 颗碳星出发，得到对碳星和 KM 型星的 $(J-K)_0$ 与 Te 的经验关系如下 [12] :

$$Te = 7070/[(J-K)_0 + 0.88]\,. \tag{5}$$

最近 Bergeat 等利用目前已知具有角直径测量的 52 个碳星样本进行了类似 Bessell 等的研究. 他们的研究表明，对碳星而言 $(J-K)_0$ 与 Te 的经验关系可表为:

$$\log Te = -0.184(J-K)_0 + 3.74 \quad 当(J-K)_0 \leqq 2.1\,时, \tag{6}$$

$$\log Te = -0.109(J-K)_0 + 3.59 \quad 当(J-K)_0 \geqq 2.1\,时, \tag{7}$$

(6) 式和 (7) 式的置信度分别为 0.70 和 0.72[6].

从我们观测得到的 $(J-K)_0$, 利用 (5)—(7) 式可估计得到 20 颗碳星的有效温度 Te, 它们均列于表 2 中. 为便于比较，表 2 还列出文 [6] 所给其中 18 个碳星由综合大气模型及多波段测光得出的 Te. 从文 [6] 所给 Te 可以看出，除 HIC 65320 和 74826 外，我们由近红外测光结果得到的 Te 与其相差在 10% 以内，可以认为，这是一个不错的结果. 尽管得出 (5) 式的样品较少，但由 (5) 式获得的 Te 与文 [6] 的差别也约在这一范围内，这说

明了 (5) 式的适用性. 对于 HIC 65320 和 74826, 我们所得 Te 与文 [6] 的差别较大, 且用 (5) 式和 (6,7) 式所得结果本身也有较大差别. 我们发现, 这两颗星 (也包括 HIC 98057) 的光谱型较早, 均为 R0, 说明其温度应该比本文其他星高. 因此可以认为, 对较热的碳性, 用近红外测光数据求 Te 是不可靠的, 可能会有较大的误差.

表 2 的结构如下:

(1) Hipparcos 星表序号;

(2) 我们得到的热改正 BC_K;

(3) 我们得到的视热星等 $m_{\rm bol}$;

(4) 文 [6] 所给视热星等 $m_{\rm bol}$;

(5) 由 Hipparcos 三角视差获得的绝对热星等 $M_{\rm bol}$;

(6) 由 (5) 式得到的有效温度 Te;

(7) 由 (6,7) 式得到的有效温度 Te;

(8) 文 [6] 所给有效温度 Te.

表 2 由 JHK 波段的观测得到的热改正, 热星等和有效温度

Table 2 The Bolometric Corrections, Bolometric Magnitudes and Effective Temperatures obtained from our JHK observations

HIC	BC_K	$m_{\rm bol}$ (this paper)	$m_{\rm bol}$ (Ref.[6])	$M_{\rm bol}$	Te (eq.(5))	Te (eq.(6,7))	Te (Ref.[6])
12325	2.86	7.11	6.98	-1.25(-1.38)	3320	3235	3320
25704	3.05	6.81	6.63		3000	2950	3285
29961	2.90	6.18	/		3290	3210	/
31829	3.19	6.95	7.02		2690	2620	2445
33450	2.94	7.57	6.91		3230	3150	3265
35810	2.84	6.51	6.45		3350	3260	3060
36004	2.69	6.11	6.19		3625	3490	3340
38242	3.07	7.06	6.99		2960	2900	2705
38728	2.98	7.64	7.66		3130	3000	2950
44032	1.95	8.57	8.54	0.67(0.64)	5050	4810	4980
44439	2.82	7.43	7.62		3430	3330	3500
48316	3.00	7.05	6.64	-0.41(-1.08)	3100	3035	3305
65320	2.30	9.19	9.67	0.57(1.05)	4260	3950	4915
74826	1.76	9.29	9.41	0.00(0.12)	5650	4510	5130
94474	3.08	6.54	6.62		2945	2885	2965
98057	2.25	7.35	/		4470	4170	/
98603	3.00	6.63	6.73		3100	3035	3350
100735	3.00	7.75	7.72		3100	3035	2965
108892	2.95	7.83	7.40		3215	3140	2995
112394	3.11	7.43	7.25	-1.92(-2.10)	2885	2825	3195

综上所述, 由近红外测光数据估计碳星的视热星等和冷碳星的有效温度不失为一个较好的方法. 这一方法的优点在于, J 和 K 波段的观测一般可同时进行, 其结果尚有一定的可靠性, 而且免去了由大气模型计算视热星等和冷碳星的有效温度需要全波段观测数据的烦恼. 在通过大气模型和全波段观测数据计算碳星的视热星等和有效温度中, 全

波段观测数据不易对每颗星都得到，特别是几乎不可能获得同时观测的全波段的数据. 由于绝大多数碳星是可变的，用非同时性观测得到的多波段观测数据作大气模型拟合来得到碳星的视热星等和有效温度，对变幅较大的碳星，其结果仍可能不理想.

目前进行中的 2MASS 全天巡天和 DENIS 南天巡天均包括了 J 和 K 波段，且 K 波段均可观测到 15 等星左右. 因此本文采用的由近红外测光数据估计碳星的视热星等和冷碳星的有效温度的方法可以推广到这两大巡天得到的更大碳星的样本中.

致谢 感谢比利时布鲁塞尔大学 Jorissen, A. 和 Pourbaix, D. 博士对本文观测的建议. 也感谢北京天文台兴隆观测站的同仁们，特别是李凤云和侯志刚的观测支持.

参 考 文 献

1 ESA. The HIPPARCOS Catalogue, ESA SP-1200, 1997
2 Knapik A, Bergeat J, Rutily B. A&A, 1998, 334: 545-551
3 Chen P S, Wang X H, Xiong G Z. A&A, 1998, 333: 613-618
4 Stephenson C B. Pub. Warner&Swasey Obs., 1989, 3: 55-214(GCGCS)
5 Koholopov P N, et al. 1985-1995, General Catalogue of Variable Stars (5^{th} ed, in the NASA ADC, CD-ROM Volume 4) (GCVS)
6 Bergeat J, Knapik A, Rutily B. A&A, 2001, 369: 178-209
7 Rieke G H, Lebofsky M J. ApJ, 1985, 288: 618-621
8 Feast M W, Robertson B S C, Catchpole R M, et al. MNRAS, 1982, 201:439-450
9 van Herk G. Bull Astr Inst Neth, 1965, 18: 71-85
10 Frogel J A, Persson S E, Cohen J G. ApJ, 1980, 239: 495-501
11 Alksnis A, Balklavs A, Dzervitis U, et al. A&A, 1998, 338: 209-216
12 Bessell M S, Wood P R, Lloyd Evans T. MNRAS, 1983, 202: 59-76

Near Infrared Photometry for 20 Hipparcos Carbon Stars

CHEN Pei-Sheng YAN Xiao-Hong WANG Xun-Hao
(*Yunnan Observatory, National Observatories, Chinese Academy of Sciences, Kunming* 650011)
(*Joint Laboratory for Optical Astronomy, CAS, Beijing* 100012)

Abstract The near infrared photometry in the JHK bands is made for 20 Hipparcos carbon stars. From the results of the near infrared photometry, the bolometric corrections in the K band, the apparent bolometric magnitudes and the effective temperatures can be estimated. Combined with the trigonometric parallaxes observed with the Hipparcos satellite, the absolute bolometric magnitudes for some of the observed carbon stars can also be obtained.

Key words Stars: carbon, Stars: fundamental parameters, Infrared: stars