

食双星 DS Psc 的观测与研究*

张燕平^{1†} 蒋明栋¹ 张孝斌² 付建宁¹ 陈孝钿¹ 白宇¹

(1 北京师范大学天文系 北京 100875)

(2 中国科学院国家天文台 北京 100012)

摘要 从 2009 年到 2014 年, 对食双星 DS Psc 进行了多色测光和光谱观测, 得到了完整覆盖的 B、V、R 3 色光变曲线以及一批新的光变极小时刻, 并首次确定了该双星系统的光谱型. 综合已有极小时刻数据, 采用 O-C 方法进行周期分析, 得到了新的轨道周期及历元公式. 利用 Wilson-Devinney 方法, 对观测所得光变曲线作了拟合分析, 首次得到了该双星系统的测光轨道初解. 结果表明 DS Psc 为一个光谱型约为 G7V 的过相接双星系统. 其轨道倾角为 66.6° , 质量比为 2.506. 由于其小质量的次子星具有比大质量主子星更高的表面温度, 因此 DS Psc 应属于 W 次型的 W UMa 型双星.

关键词 双星: 密近, 双星: 食, 恒星: 个别: DS Psc

中图分类号: P 144; 文献标识码: A

1 引言

在 1940 年被发现后, DS Psc (NSV 00361, GSC 00015-00112, HV 6379) 曾被认为是一颗 RR Lyr 型变星^[1]. 直到 1997 年, Vidal-Sainz 等^[2] 使用一台口径为 0.4 m 的望远镜对其进行了 B、V 2 个波段的时序测光观测, 才发现它是一颗大熊座 W 型的过相接食双星, 并且给出了光变极小时刻的历元公式:

$$Min.I = HJD2450376.43495 + 0.342487 \times E. \quad (1)$$

公式中 E 为圈数, HJD2450376.43495 为初始历元, 而 0.342 487 是以 d 为单位的轨道周期. 自 1998 年以来, 德国 BAV 变星研究小组收集了 DS Psc 的 9 个观测极小时刻^[3], 并给出了历元公式:

$$Min.I = HJD2452500.2244 + 0.34249179 \times E. \quad (2)$$

为了对 DS Psc 的轨道周期进一步分析, 并得到它的测光轨道初解, 我们从 2009 年到 2014 年对该星进行了 5 yr 的 CCD 测光观测, 得到了 B、V、R 3 色光变曲线, 测得多个光变极小时刻, 此外还拍摄了该星的低分辨率光谱.

2014-03-05 收到原稿, 2014-04-11 收到修改稿

* 国家自然科学基金委员会与中国科学院天文联合基金项目 (U1231202, 11178007)、科技部 973 项目 (2013CB834900) 和中央高校基本科研业务费专项资金资助

† zhangyp@bnu.edu.cn

2 观测

2.1 测光观测

从 2009 年到 2014 年共进行了 15 个夜晚的测光观测, 其中 13 个夜晚使用了国家天文台兴隆基地 60 cm 望远镜 (XL), 其主焦点焦比为 $F/4.23$, CCD 是 PI 1024, 像元比例尺为 $1.056''/\text{pix}$, 有效视场为 $18' \times 18'$. 1 个夜晚使用兴隆基地 85 cm 望远镜, 其主焦点焦比为 $F/3.27$, CCD 是 PI MicroMAX:1024BFT, 像元比例尺为 $1''/\text{pix}$, 有效视场为 $17.1' \times 17.1'$. 另外 1 个夜晚使用了云南天文台 60 cm 反射望远镜 (YN), 其卡塞格林系统焦比为 $F/12.5$, CCD 为 Andor/s DW436, 像素为 2048×2048 , 像元比例尺是 $0.37''/\text{pix}$, 有效视场是 $12.67' \times 12.67'$. 以上观测分别使用了 Johnson B、V、R、I 4 个波段. 观测具体时间与各波段帧数见表 1. 目标星、比较星和校验星的星名、坐标和星等见表 2.

表 1 2009—2014 年期间 DS Psc 测光观测数据表

Table 1 The observation list for the DS Psc in 2009—2014

Telescope	Date	Frame number			
		B	V	R	I
XL 60 cm	2009-10-12		169		
	2010-10-05	191	191	191	
	2010-10-06	157	157	157	
	2010-10-25	161	159	158	
	2010-10-27	173	172	172	
	2010-10-28	169	169	169	
	2010-10-29	173	174	180	
	2011-11-19		100	99	
	2012-10-27		279	279	
	2012-10-29		152	152	
	2013-10-25		483	483	
	2013-11-22		59	59	
	2013-11-23		60	60	
	XL 85 cm	2014-01-21			116
YN 60 cm	2010-01-25			39	

表 2 目标星、比较星和校验星的星名、坐标和星等

Table 2 Information of the variable, comparison, and check stars

Target	Name	R.A.(J2000)	DEC(J2000)	m_V/mag	m_B/mag
Variable	DS Psc	$00^{\text{h}}58^{\text{m}}51.960^{\text{s}}$	$+03^{\circ}03' 57.86''$	11.77	12.33
Comparison	GSC00015-00231	$00^{\text{h}}59^{\text{m}}11.739^{\text{s}}$	$+03^{\circ}02' 07.17''$	11.5	
Check star	GSC00015-00388	$00^{\text{h}}59^{\text{m}}11.731^{\text{s}}$	$+02^{\circ}58' 47.02''$	11.79	

2.2 测光数据处理

我们使用 IRAF 软件进行数据处理和孔径测光, 对所有波段测光观测数据选取相同的一组孔径, 并根据校验星减比较星星等差的光变曲线弥散度最小的判据得出最佳孔径, 用目标星与比较星的较差星等作纵坐标, 日心儒略日为横坐标, 图 1 画出了测光精度较高

的 4 晚 (2010 年 10 月 5、25、27 和 28 日) 的 B、V、R 3 色光变曲线, 相关数据请见附录.

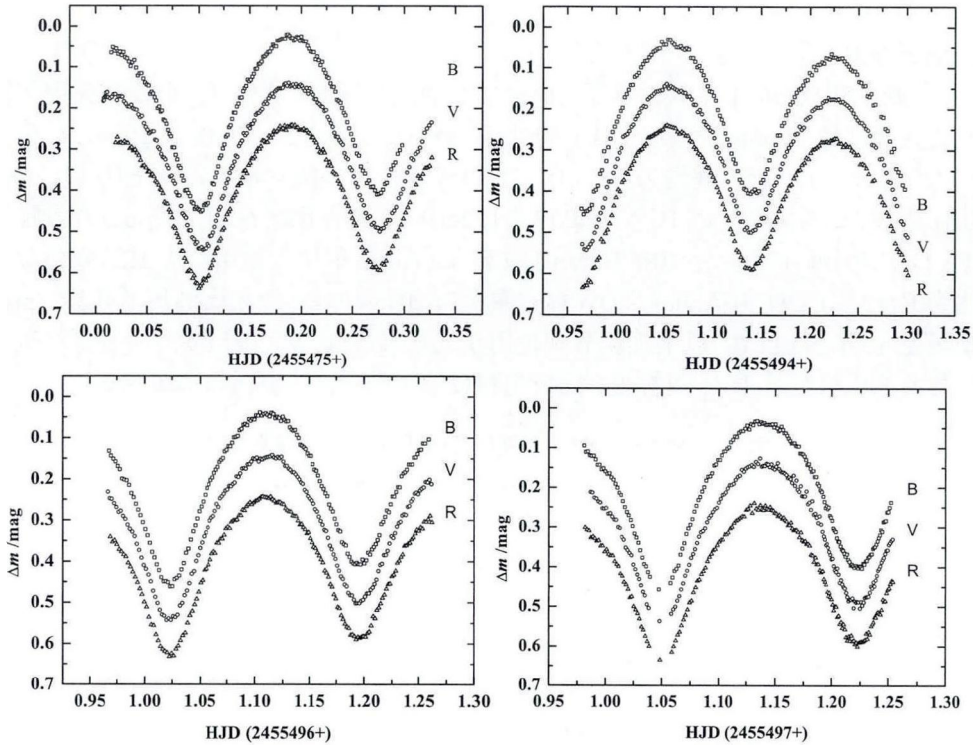


图 1 DS Psc 的光变曲线

Fig. 1 Light curves of DS Psc

2.3 光谱观测

2008 年 11 月 18 日利用兴隆 2.16 m 望远镜及其 OMR 低色散光谱仪 (色散为 50 Å/mm 的光栅) 对 DS Psc 进行了光谱观测. 光谱中心波长是 610 nm, 波长范围为 550~670 nm. 使用 IRAF 软件得到了 DS Psc 的光谱, 见图 2. 我们利用 Pickles^[4] 光谱流量库, 与 DS Psc 的光谱进行了比较, 初步证认其光谱型为 G7V, 即两子星是温度约为 5100 ~ 5300 K 的主序星.

3 周期分析

为了分析 DS Psc 的轨道周期变化, 本文对我们观测到的所有极小值进行拟合, 得到的极小时刻见表 3. 结合以前发表的极小时刻数据 (见表 4), 通过最小二乘法拟合得到 DS Psc 新的光变极小历元公式:

$$Min.I. = HJD2455499.0795(3) + 0.34249167(7) \times E. \quad (3)$$

这与德国 BAV 小组用 2011 年以前观测的 9 个极小时刻的数据, 给出的 DS Psc 光

变周期 $0.342\ 491\ 79\ \text{d}^{[3]}$, 相差不多. 但我们增加了 2009 年到 2014 年 41 个极小时刻的观测数据, 提高了周期的精确度.

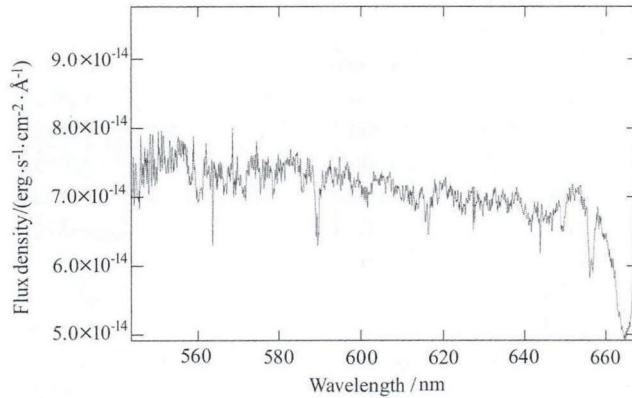


图 2 利用兴隆 2.16 m 望远镜拍得的 DS Psc 低色散光谱

Fig. 2 The low dispersion spectrum of Ds Psc by Xinglong 2.16 m telescope

为了分析 DS Psc 周期的变化, 我们用历元公式 (3) 式计算了所有观测极小时刻对应的 O-C 值和圈数 (E), 列在表 3 和表 4.

表 3 本文观测的极小时刻

Table 3 Several new times of light minimum of DS Psc in this paper

Minimum (HJD2450000+)	Error/d	Filter	E	O-C/d
5117.1966	± 0.00005	V	-1115	-0.0047
5475.10056	± 0.00015	B	-70	-0.0045
5475.10253	± 0.00007	V	-70	-0.0026
5475.10106	± 0.00015	R	-70	-0.004
5475.27432	± 0.00013	B	-69.5	-0.002
5475.27643	± 0.00018	V	-69.5	0.0001
5475.27442	± 0.00016	R	-69.5	-0.0019
5476.12815	± 0.00014	B	-67	-0.0044
5476.12845	± 0.00015	V	-67	-0.0041
5476.1284	± 0.00001	R	-67	-0.0042
5476.30114	± 0.00015	V	-66.5	-0.0027
5476.301	± 0.00003	R	-66.5	-0.0028
5495.14078	± 0.00013	B	-11.5	0
5495.14072	± 0.00013	V	-11.5	-0.0001
5495.14084	± 0.00018	R	-11.5	0
5497.02263	± 0.00007	B	-6	-0.0019
5497.02273	± 0.00012	V	-6	-0.0018

表 3 续
Table 3 Continued

Minimum (HJD2450000+)	Error/d	Filter	E	O-C/d
5497.02281	± 0.00005	R	-6	-0.0017
5497.19596	± 0.00012	B	-5.5	0.0002
5497.19562	± 0.00017	V	-5.5	-0.0002
5497.19585	± 0.00017	R	-5.5	0.0001
5498.22324	± 0.00014	B	-2.5	-0.0001
5498.22303	± 0.00018	V	-2.5	-0.0003
5498.22312	± 0.00021	R	-2.5	-0.0002
5499.07763	± 0.00008	B	0	-0.0019
5499.07792	± 0.00009	V	0	-0.0016
5499.07784	± 0.00007	R	0	-0.0017
5885.06911	± 0.00007	V	1127	0.0015
5885.06908	± 0.00006	R	1127	0.0015
6228.07119	± 0.00014	V	2128.5	-0.0018
6228.07207	± 0.00006	R	2128.5	-0.0009
6230.12666	± 0.00008	V	2134.5	-0.0013
6230.12688	± 0.00016	R	2134.5	-0.0011
6591.11808	± 0.00010	V	3188.5	0.0039
6591.11806	± 0.00017	R	3188.5	0.0039
6619.02791	± 0.00008	V	3270	0.0006
6619.02797	± 0.00006	R	3270	0.0007
6620.05573	± 0.00012	V	3273	0.0010
6620.05555	± 0.00016	R	3273	0.0009
6678.97102	± 0.00010	R	3445	0.0077
6678.97109	± 0.00008	I	3445	0.0078

表 4 其他文献所给的极小时刻

Table 4 Times of the light minimum in other literature

Minimum (HJD2450000+)	Filter	E	O-C/d	Ref.
744.4414	C	-13882.5	0.0025	[5]
1140.3614	Ir	-12726.5	0.0021	[6]
1495.3511	Ir	-11690	-0.0008	[6]
1840.4126	Ir	-10682.5	0.0004	[6]
4761.699	V	-2153	0.0041	[7]
4761.8685	V	-2152.5	0.0023	[7]
4823.0048	V	-1974	0.0039	[8]
5170.6345	C	-959	0.0045	[9]
5527.6821	V	83.5	0.0045	[10]
5895.6851	V	1158	0.0002	[11]

利用表 3 与表 4 中的数据, 画出 Ds Psc 的 O-C 图, 见图 3. 通过 O-C 图, 可看出自 1997 年观测到极小值以来, 其周期总体上没有大的变化. 对其周期是否存在较长时间的变化, 还需要继续对其极小时刻进行观测.

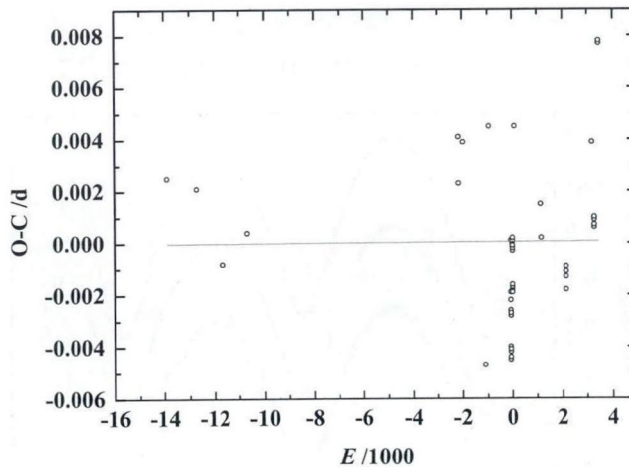


图 3 DS Psc 的 O-C 图

Fig. 3 O-C diagram of DS Psc

4 测光数据解轨

利用兴隆 60 cm 望远镜于 2010 年 10 月 5、25、27 和 28 日得到的数据, 使用 Wilson-Devinney (W-D)^[12] 双星解轨程序 2007 版进行解轨. 图 4 给出了 B、V、R 3 色观测光变曲线和 W-D 计算得到的理论光变曲线. 解得的质量比 (M_2/M_1) 为 2.506 (M_1/M_2 为 0.399), 这表示主极小 (相位为 0) 时, 对应质量大的伴星挡住了质量小的伴星, 而质量小的伴星有较高的温度, 即 DS Psc 是一个 W 次型的过相接双星系统. 所以, 指定伴星 1 为小质量的伴星, 伴星 2 为大质量的伴星. 根据我们的光谱观测, 证认 DS Psc 的光谱型约为 G7V, 即温度约在 5100~5300 K 之间. 所以在测光解中, 先假设伴星 2 的温度为 5 100 K, 根据这个温度, 可以得到其对数热临边昏暗系数 (X, Y) 和单色临边昏暗系数 (x, y)^[13]. 热反照率固定为 $A_1=A_2=0.5$ ^[14], 引力变暗系数固定为 $g_1=g_2=0.32$ ^[15], 这些系数适合于该双星的包层是以对流方式存在的.

用 W-D 程序调试的参数为: 轨道倾角 i ; 伴星 1 的温度 T_1 ; 伴星 1 的 3 个单色光度 $L_1(B), L_1(V), L_1(R)$; 2 个伴星的表面势能 Ω_1 和 Ω_2 ; 2 个伴星的半径 r_1, r_2 , 以太阳半径为单位, 因 2 个伴星的形状已不是球形的, 所以在表 5 中分别用 pole 表示垂直双星轨道面方向, side 表示沿轨道面且垂直于视线方向, back 表示沿轨道面且平行视线方向.

输入以上参数, 通过 W-D 程序计算得到的理论光变曲线, 不能很好地拟合两个极大值不一样的不对称观测光变曲线, 即存在 O'Connell 效应. 因为 DS Psc 的 2 个伴星均为快速旋转的类太阳恒星, 应该存在包括冷黑子在内的光球表面活动. 因此, 不对称观测光变曲线可以用伴星表面存在冷黑子来解释. Mullan^[16] 认为, 在 W 次型的过相接双星系统中, 冷的黑子出现在较大质量伴星表面的可能性比较大, 所以我们将一个冷的黑子放置在较大质量的伴星 2 上. 我们先设置区间在 0.7~0.9 个相位的测量权重为 0, 并用无黑子的推理, 先只拟合光变曲线的第 1 个极大部分, 然后将测量的全部数据权重设为 1, 用加

了黑子的模型进行拟合分析^[17]. 最后得到黑子的 4 个参数是: 经度、纬度、黑子区域的光球温度和黑子半径. 最终, 我们得到该双星的最佳拟合解, 见表 5.

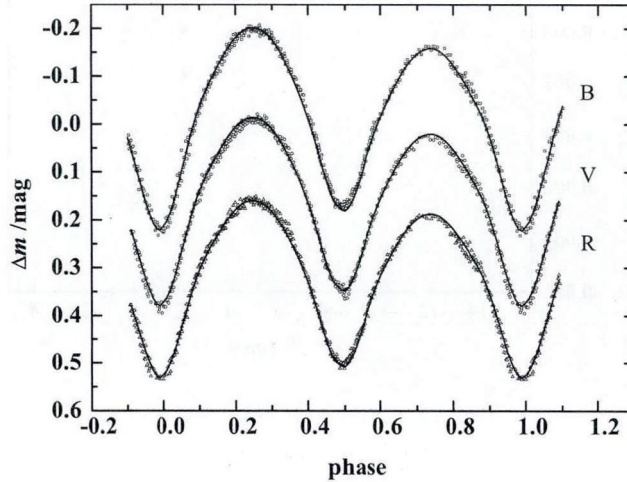


图 4 DS Psc 实测的 BVR 3 色光变曲线 (数据点) 与 W-D 拟合的理论光变曲线 (实线)

Fig. 4 The observed light curves in B, V, and R bands (data points), and their fitted results with the W-D code (solid lines) of DS Psc

表 5 DS Psc 的轨道参数和物理参数

Table 5 Photometric elements of DS Psc

Parameter	Best-fit value	Formal error
$i/(\circ)$	66.6	± 0.07
$q = m_2/m_1$	2.506	± 0.003
T_1/K	5300	± 20
T_2/K	5100	± 20
$g_1 = g_2$	0.32a	
$A_1 = A_2$	0.50a	
$\Omega_1 = \Omega_2$	5.8742	± 0.0002
$X_1 = X_2(\text{bolo})$	0.646a	
$Y_1 = Y_2(\text{bolo})$	0.180a	
$x_1 = x_2(\text{B})$	0.849a	
$x_1 = x_2(\text{V})$	0.787a	
$x_1 = x_2(\text{R})$	0.698a	
$y_1 = y_2(\text{B})$	0.052a	
$y_1 = y_2(\text{V})$	0.170a	
$y_1 = y_2(\text{R})$	0.210a	
$L_1/(L_1 + L_2)$ (B)	0.345	± 0.001
$L_1/(L_1 + L_2)$ (V)	0.335	± 0.001
$L_1/(L_1 + L_2)$ (R)	0.326	± 0.001
$r_1(\text{pole})/R_\odot$	0.2887	± 0.0003
$r_1(\text{side})/R_\odot$	0.3019	± 0.0003
$r_1(\text{back})/R_\odot$	0.3393	± 0.0005

表 5 续

Table 5 Continued

Parameter	Best-fit value	Formal error
$r_2(\text{pole})/R_{\odot}$	0.4392	± 0.0003
$r_2(\text{side})/R_{\odot}$	0.4703	± 0.0003
$r_2(\text{back})/R_{\odot}$	0.4994	± 0.0004
Attitudespot/($^{\circ}$)	121.5	± 0.3
Longitudespot/($^{\circ}$)	297.9	± 0.3
Radiusspot/($^{\circ}$)	91.6	± 0.1
Tspot/ T_2	0.989	± 0.003
$\Sigma(\text{O-C})^2$	0.0419	

Note: a is an assumed value.

5 结果分析

本文用自己的测光与光谱观测数据, 结合文献中的资料, 得到新的周期与历元公式. 所得的周期为 $P=0.34249167 \pm 0.00000007$ d, 这与 Vidal-Sainz^[2] 和德国 BAV 小组^[3] 给出的周期比较相近, 但精度更高.

通过本文给出的 O-C 图, 可看出 DS Psc 在近十几年来, 周期没有明显的变化. DS Psc 的光变曲线呈现不对称性, 用 W-D 得到, 在伴星 2 表面存在冷的黑子, 证明其存在磁活动, 但 DS Psc 的周期在近些年并没有明显的变化. Liao 等^[18] 通过对 53 个 EW 过相接双星系统的研究, 认为对于 EW 型双星系统, 磁活动不是其绕转周期变化的唯一原因, DS Psc 比较稳定的周期支持 Liao 等人的观点. 对于 DS Psc 的绕转周期是否存在长周期的变化, 还需要继续进行极小时刻的后续观测, 以期对 DS Psc 进行较细致的轨道周期变化分析和演化的研究.

用 W-D 解轨程序, 我们首次给出了 DS Psc 的测光轨道初解, 及一些重要的物理参数: 轨道倾角 66.6° , 主星温度 $T_1=5300$ K, 次星温度 $T_2=5100$ K, 质量比 $M_2/M_1=2.506$ ($M_1/M_2=0.399$), 较小质量的伴星 1 有较高的温度, 所以认为它是一颗 W 次型的过相接密近双星, 在伴星 2 上有一个冷的黑子.

参 考 文 献

- [1] Shapley H, Hughes E M. AnHar, 1940, 90: 163
- [2] Vidal-Sainz J, Gomez-Forellad J M, Garcia-Melendo E. IBVS, 1997, 4424
- [3] Frank W. BAV. [2013-09-27]. <http://www.bav-astro.de>
- [4] Pickles A J. PASP, 1998, 110: 863
- [5] Agerer F, Huebscher J. IBVS, 1998, 4606
- [6] Agerer F, Huebscher J. IBVS, 2002, 5296
- [7] Diethelm R. IBVS, 2009, 5871
- [8] Kazuo N. Errata of VSOLJ Variable Star Bulletin, 2009, 48
- [9] Nelson R. IBVS, 2010, 5929
- [10] Diethelm R. IBVS, 2011, 5960

- [11] Diethelm R. IBVS, 2012, 6011
 [12] Wilson R E, Devinney E J. ApJ, 1971, 166: 605
 [13] van Hamme W. AJ, 1993, 106: 2096
 [14] Lucy L B. ZA, 1967, 65: 89
 [15] Rucinski S M. AcA, 1973, 23: 79
 [16] Mullan D J. ApJ, 1975, 198: 563
 [17] Zhang X B, Deng L, Lu P. AJ, 2009, 138: 680
 [18] Liao W P, Qian S B. MNRAS, 2010, 405: 1930

附录

表 图 1 相关数据
 Table Corresponding data in Fig. 1

HJD (2455400+)	Δm_B / mag	HJD (2455400+)	Δm_B / mag	HJD (2455400+)	Δm_B / mag	HJD (2455400+)	Δm_B / mag	HJD (2455400+)	Δm_B / mag	HJD (2455400+)	Δm_B / mag
75.0157	0.0648	75.1881	0.0247	95.0688	0.0529	96.9819	0.2018	97.1835	0.3611	98.1185	0.5111
75.0175	0.0519	75.1896	0.0292	95.071	0.0553	96.984	0.2035	97.1852	0.3813	98.1202	0.5073
75.0192	0.0611	75.1911	0.029	95.0731	0.052	96.9861	0.2147	97.1869	0.3894	98.122	0.5071
75.0209	0.0553	75.1926	0.0354	95.0752	0.055	96.9881	0.2346	97.1886	0.4007	98.1237	0.5011
75.0226	0.0682	75.194	0.0321	95.0774	0.0754	96.9902	0.2446	97.1902	0.4046	98.1255	0.4932
75.0243	0.0629	75.1955	0.0264	95.0795	0.0761	96.9922	0.2609	97.1919	0.407	98.1272	0.503
75.026	0.0719	75.197	0.0289	95.0816	0.0847	96.9943	0.2752	97.1936	0.4034	98.1289	0.4893
75.0277	0.0643	75.1985	0.0359	95.0838	0.0982	96.9964	0.2884	97.1953	0.4069	98.1307	0.4924
75.0294	0.0764	75.2	0.0254	95.0859	0.0947	96.9984	0.3055	97.1969	0.4075	98.1324	0.4829
75.0311	0.0791	75.2015	0.0358	95.088	0.1068	97.0005	0.3224	97.1986	0.3956	98.1341	0.4816
75.0328	0.0874	75.203	0.0378	95.0902	0.1175	97.0025	0.3372	97.2003	0.405	98.1359	0.4896
75.0345	0.0982	75.2046	0.037	95.0923	0.1297	97.0046	0.3554	97.202	0.3973	98.1376	0.4846
75.0362	0.0885	75.2062	0.048	95.0944	0.1445	97.0066	0.3774	97.2037	0.3788	98.139	0.4883
75.038	0.0835	75.2078	0.0551	95.0966	0.1563	97.0087	0.391	97.2053	0.3834	98.1404	0.4871
75.0397	0.102	75.2094	0.0619	95.0987	0.1579	97.0108	0.4078	97.207	0.3707	98.1417	0.4913
75.0414	0.1213	75.211	0.0634	95.1008	0.1676	97.0128	0.4217	97.2087	0.3649	98.1431	0.491
75.0431	0.1158	75.2126	0.0635	95.103	0.1789	97.0149	0.4388	97.2104	0.3579	98.1445	0.4904
75.0448	0.1156	75.2142	0.0808	95.1051	0.2019	97.0169	0.449	97.2121	0.3481	98.1459	0.4914
75.0465	0.129	75.2158	0.0744	95.1072	0.2156	97.019	0.4484	97.2137	0.3363	98.1473	0.4899
75.0482	0.1386	75.2174	0.0835	95.1094	0.2255	97.021	0.4512	97.2154	0.3091	98.1487	0.4975
75.0499	0.1433	75.219	0.0952	95.1115	0.2353	97.0231	0.4611	97.2171	0.3039	98.1501	0.4898
75.0515	0.146	75.2206	0.0874	95.1137	0.2585	97.0252	0.4606	97.2188	0.292	98.1515	0.4998
75.053	0.1661	75.2223	0.1066	95.1158	0.2731	97.0272	0.4438	97.2205	0.2764	98.1528	0.5075
75.0545	0.1609	75.2239	0.1148	95.1179	0.2869	97.0293	0.4401	97.2221	0.2804	98.1541	0.5046
75.056	0.1652	75.2255	0.1243	95.1201	0.3076	97.0313	0.4348	97.2238	0.2613	98.1554	0.4958
75.0574	0.1745	75.2271	0.1273	95.1222	0.3213	97.0334	0.4199	97.2255	0.2422	98.1567	0.5041
75.0589	0.1826	75.2287	0.1401	95.1243	0.3319	97.0355	0.4048	97.2272	0.2424	98.1579	0.5121
75.0604	0.2005	75.2303	0.1479	95.1265	0.35	97.0375	0.3796	97.2289	0.2313	98.1592	0.5126
75.0619	0.1968	75.2319	0.1488	95.1286	0.3713	97.0396	0.3693	97.2305	0.2194	98.1604	0.5188
75.0634	0.2095	75.2335	0.16	95.1307	0.3784	97.0417	0.3477	97.2322	0.2201	98.1617	0.5258
75.0648	0.2065	75.2351	0.18	95.1329	0.3929	97.0437	0.3272	97.2339	0.1928	98.1629	0.5316
75.0663	0.2285	75.2368	0.1829	95.135	0.3962	97.0456	0.3129	97.2356	0.1859	98.1642	0.5377
75.0678	0.2315	75.2384	0.1871	95.1371	0.404	97.0474	0.2964	97.2373	0.1827	98.1655	0.5377
75.0693	0.239	75.24	0.1997	95.1393	0.4051	97.0493	0.279	97.239	0.1771	98.1667	0.5373
75.0707	0.2537	75.2416	0.2113	95.1414	0.3996	97.0511	0.2674	97.2406	0.1645	98.168	0.544
75.0722	0.2638	75.2432	0.2173	95.1436	0.3946	97.0529	0.2552	97.2423	0.1645	98.1692	0.5458
75.0737	0.2693	75.2449	0.2341	95.1457	0.403	97.0548	0.2387	97.244	0.1638	98.1705	0.5455
75.0752	0.2956	75.2468	0.249	95.1478	0.3991	97.0564	0.2224	97.2457	0.1474	98.1717	0.5631
75.0767	0.296	75.2487	0.2628	95.15	0.3782	97.0581	0.2132	97.2474	0.1468	98.173	0.5637
75.0781	0.3137	75.2506	0.2774	95.1521	0.3715	97.0598	0.2028	97.249	0.1386	98.1743	0.5655
75.0796	0.325	75.2525	0.291	95.1543	0.3566	97.0614	0.1966	97.2507	0.1293	98.1755	0.5707
75.0811	0.3409	75.2544	0.3104	95.1564	0.3455	97.0631	0.1853	97.2524	0.128	98.1768	0.5796
75.0826	0.3458	75.2563	0.3157	95.1585	0.3234	97.0648	0.1776	97.2541	0.1136	98.178	0.5915
75.0841	0.3648	75.2582	0.3418	95.1607	0.305	97.0664	0.1708	97.2558	0.1134	98.1793	0.5895
75.0856	0.3764	75.2601	0.3517	95.1628	0.3009	97.0681	0.1586	97.2592	0.1032	98.1806	0.6015
75.087	0.401	75.262	0.359	95.1649	0.2859	97.0698	0.1536	97.9811	0.5443	98.1818	0.6092
75.0885	0.3992	75.2638	0.3819	95.1671	0.2631	97.0715	0.1493	97.9826	0.5606	98.1831	0.6072
75.09	0.4067	75.2657	0.3757	95.1692	0.2628	97.0731	0.1332	97.9844	0.5593	98.1843	0.6223
75.0915	0.4144	75.2676	0.3919	95.1714	0.2398	97.0748	0.1296	97.9861	0.569	98.1856	0.6224
75.093	0.4284	75.2695	0.3904	95.1735	0.2329	97.0765	0.1203	97.9878	0.5707	98.1868	0.6393
75.0944	0.4316	75.2714	0.3999	95.1756	0.2141	97.0781	0.1206	97.9896	0.5697	98.1881	0.6447
75.0959	0.4454	75.2733	0.4096	95.1778	0.2034	97.0798	0.1123	97.9913	0.5796	98.1894	0.6561
75.0974	0.4415	75.2752	0.4081	95.1799	0.1881	97.0815	0.0989	97.993	0.5929	98.1906	0.6603
75.0989	0.4456	75.2771	0.4057	95.1821	0.1821	97.0831	0.0978	97.9948	0.5928	98.1919	0.6721

表 续 5
Table Continued 5

HJD (2455400+)	Δm_R / mag	HJD (2455400+)	Δm_R / mag	HJD (2455400+)	Δm_R / mag	HJD (2455400+)	Δm_R / mag	HJD (2455400+)	Δm_R / mag	HJD (2455400+)	Δm_R / mag
75.1772	0.0498	95.0319	0.0846	95.2863	0.2952	97.1646	0.2223	98.097	1.1253	98.2465	1.2573
75.1786	0.0445	95.034	0.07	95.2885	0.3252	97.1662	0.2278	98.0988	1.1149	98.2475	1.2558
75.1801	0.0526	95.0362	0.0681	95.2906	0.3386	97.1679	0.2379	98.1005	1.1061	98.2486	1.2353
75.1816	0.0488	95.0383	0.0654	95.2928	0.346	97.1696	0.2558	98.1023	1.1016	98.2497	1.2266
75.1831	0.0426	95.0404	0.0616	95.2949	0.352	97.1713	0.2622	98.104	1.1009	98.2508	1.2234
75.1846	0.0541	95.0425	0.0593	95.2971	0.3661	97.1729	0.2808	98.1057	1.0884	98.2519	1.2124
75.1861	0.0447	95.0447	0.0553	95.2992	0.3893	97.1746	0.2909	98.1075	1.0875	98.253	1.2046
75.1876	0.046	95.0468	0.0529	95.3014	0.4022	97.1763	0.3114	98.1092	1.0829	98.2541	1.2072
75.1891	0.0419	95.0489	0.0504	96.9689	0.1405	97.178	0.3143	98.111	1.0727		
75.1906	0.041	95.0511	0.0417	96.971	0.1531	97.1796	0.3316	98.1127	1.0695		
75.1921	0.0454	95.0532	0.0392	96.973	0.1493	97.1813	0.341	98.1144	1.0593		
75.1935	0.0413	95.0553	0.0423	96.9751	0.1593	97.183	0.3521	98.1162	1.0534		
75.195	0.0479	95.0575	0.0438	96.9771	0.1713	97.1847	0.3594	98.1179	1.0505		

Photometric Studies of the Eclipsing Binary DS Psc

ZHANG Yan-ping¹ JIANG Ming-dong¹ ZHANG Xiao-bin² FU Jian-ning¹

CHEN Xiao-dian¹ BAI Yu¹

(1 Department of Astronomy, Beijing Normal University, Beijing 100875)

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

ABSTRACT New multi-color photometric and spectroscopic observations were made for the eclipsing binary DS Psc from 2009 to 2014, leading to the light curves in B, V, and R bands with a complete phase coverage. Forty-one new times of light minimum are determined, and the spectral types of the binary system are deduced. The O-C method is applied to get the orbital period and the epoch formula, combined with the times of light minimum in literature. The light curves are fitted to get the photometric solution of the binary system, by using the Wilson-Devinney code. The result shows that DS Psc is an over-contact binary with the spectral type of G7V, the orbital inclination of 66.6°, and the mass ratio of 2.506. Since the less-massive component has higher surface temperature than the more-massive one, DS Psc should belong to the W subtype of W UMa type binary stars.

Key words binaries: close, binaries: eclipsing, stars: individual: DS Psc