

Be/X 射线双星的多波段观测

刘庆忠 杭恒荣

(中国科学院紫金山天文台 南京 210008)

摘 要

简要地回顾了 Be/X 射线双星 20 多年来在红外、可见光、紫外和 X 射线波段所取得的观测结果,着重介绍了多波段联合观测对探讨双星间的相互作用如中子星的吸积方式和 X 射线产生的原因等方面的意义,对这些观测结果的分析研究,将是人们了解 Be/X 射线双星的轨道参数和双星的物理参数、建立理论模型的基础。

关键词 双星: 分光 — X 射线: 恒星 — 紫外线: 恒星 — 红外线: 恒星

1 引 言

早在一百多年前就知道了 Be 型星,但直到 70 年代中才发现 Be/X 射线双星的存在^[1], Be/X 射线双星的发现为 Be 星的研究开辟了一个新的领域。Be/X 射线双星是发射硬 X 射线的双星,它是由一颗大质量的 B 型发射线星 (Be) 和围绕着 Be 星作偏心运动的中子星组成的。其中一个重要的特征是有暂现的硬 X 射线辐射,观测到的 X 射线辐射是由于中子星从 Be 星吸积物质,将物质的引力势能转化成辐射能而形成的。

Be/X 射线双星在各个波段都表现出丰富的信息,要详细了解这些双星的物理性质将依赖于多波段联合观测。红外测光同 Be 星气壳的性质密切相关,从 Be/X 射线双星光学和红外的观测,可以确定中子星正在吸积物质时的物理条件,再结合硬 X 射线时间结构和能谱观测,就可以得出一个几乎完整的吸积过程。紫外光谱的观测可以决定星风物质的吸收性质及星风终端速度,而 X 射线谱的变化给出 Be 星星风在外层区域的密度和速度信息,这些外层星风区域很难用别的技术观测研究。因此要深入研究 Be/X 射线双星,多波段的联合观测和研究无疑是十分必要的。

2 观测已确认的 Be/X 射线双星的数目

从第一颗 X 射线天文卫星 Uhuru 发现了 X 射线源后,人们发现有些 X 射线源的光学对

国家自然科学基金资助项目 中国科学院天文委员会资助项目

1996 年 4 月 28 日收到

应体是 Be 星。随着光学对应体是 Be 星的数目逐渐增多, 人们认识到 Be/X 射线双星是一类特殊的 X 射线双星, 通常它们的 X 射线辐射带有暂现性。现已观测证实的 Be/X 射线双星约 40 颗, 成为所发现的大质量 X 射线双星中最丰富的一类, 估计在银河系中的总数约 10^3 到 10^4 颗之间^[2]。随着更多的 Be 星出现活动即抛出气壳, 使得中子星有机会吸积更多的物质并发射硬 X 射线辐射, 将会有更多的 Be/X 射线双星被发现。

表 1 和表 2 列出了迄今为止发现和确认的 Be/X 射线双星, 表中列出了 Be 星的星等和光谱型、X 射线辐射的脉冲周期 (P_x) 和有代表性的 X 射线光度 (L_x)、双星的轨道周期 (P_{orb}) 和离心率 (e) 以及可能离我们的距离 (d) 等 Be/X 射线双星的主要参数^[3,4,5]。另外 GINGA 卫星还发现了几个可能是 Be 星的 X 射线源, 它们的 X 射线谱和已证实的 Be/X 射线双星的谱很相似, 但由于它们的位置精度较差, 尚待进一步证实, 这里就不再列出, 有兴趣的读者可参看 Koyama 等人的文章^[6]。另外, 最近的观测认为 γ Cas 致密星可能是白矮星^[7], 如果得到证实, 将排除在表 1 之外。而 PSRJ 0045-7319 的光学子星是 B 型星^[8], 它和 PSR 1259-63 很相似, 是一个潜在的 Be/X 射线双星。

表 1 Be/X 射线双星源^[3,4]

No. X-ray source	Be-star	V-mag.	spec. type	$L_x(\text{erg} \cdot \text{s}^{-1})$	$P_x(\text{s})$	$P_{orb}(\text{d})$	e	$d(\text{kpc})$
1.0050-727	SMC X-3	15	O9(IV-V)e	7E37				65
2.0053-739	SMC X-2	16	BIVe	1E38				65
3.2S0053+60	γ Cas	2.4	B0.5(II-V)	1E35				0.3
4.2S0114+65	LSI+65 010	11	B0.5IIIe	6E35	894	11.58	< 0.16	2.5
5.4U01115+634	V635 Cas	15.6	Be	8E36	3.6	24.3	0.34	3
6.RXJ0146.9+6121	LSI+61 235	11.5	B5IIIe	1.E35				
7.0236+61	LSI+61 303	10.7	B0.5(III-V)e	1.3E33		26.52		2.3
8.V0332+53	BQ CAM	15.3	Be	1E37	4.4	34.2	0.31	1.5-5
9.4U0352+30	X Per	6.3	O9.5(III-V)e	1E34	835			1.3
10.1H0521+373	BD+37 1160	7.5	B0IVe	4E33				
11.EX0053109-66092			Be(?)	1E37				55
12.A0535+262	HD245770	9	O9.7Ve	2E37	104	111	0.2-0.4	1.5
13.A0538-66	Johnston's star Q	15	B2IVe	1E39	0.069	16.65	> 0.4	55
14.H0544-665	Johnston's star I	16	BIVe	1.5E37(?)				
15.4U0728-25		11.6	B(0-1)e	1E35				4.6
16.GS0834-430			Be(?)		12.328			
17.1E1048.1-5937		19	Be(?)	5E34	6.44			3
18.A1118-615	He 3-640	12.1	O9.5(IV-V)e	5E36	405			5+2
19.2S1145-619	Hen-715	9.0	B0-IVe	3E36	292	188?	0.8?	1.5
20.2S1223-624(GX301-2)	Wray 977	10.8	B1.5Ie	1E37	700	41.5	0.47	2
21.2S1258-613(GX304-1)		14.7	B2Ve	1E36	272	132.5		2
22.2S1417-624		17.0	Be	8E36	17.6	> 15		10?
23.2S1553-542			Be(?)	7E36	9.3	30.6	< 0.09	10?
24.4U1735-28(GX359+2)	Hen 3-1450	11.2	Be					
25.A1907+09		16.4	Be	1E37	437.5	8.4		2.4-4
26.EX02030+375		19.7	Be	1E38	41.83	46		
27.GS2138+56(Cep X-4)			Be(?)	6E35	66.25	> 23		
28.2206+543		9.9	B1+1	1E35				1.5-3.5
29.PSR 1259-63			B2e	1E35	0.048	1237	0.87	

表 2 HEAO-1 卫星新发现的 Be/X 射线双星^[3]

No.	X-ray source	Be-star	V-mag.	RA (1950)	Dec (1950)	X-ray flux between 2—10 keV (in $10^{-11} \text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
1.	1H0103-762		17	01 07 45.1	-75 00 38	4.9
2.	1H0556+286	HD249179	9.2	05 52 44.3	+28 46 41	2.4
3.	1H0739-529	HD63666	7.6	07 46 09.8	-53 12 28	1.8
4.	1H0749-600	HD65663	7.0	07 55 27.7	-60 57 54	1.8
5.	A1034-56	HD91188	6.9	10 28 28.3	-56 49 14	
6.	1H1249-637	HD110432	5.4	12 39 53.2	-62 47 06	4.7
7.	1H1253-761	HD109857	6.5	12 35 59.8	-75 05 43	1.4
8.	1H1255-56	HD112091	5.2	12 51 39.6	-56 53 50	1.8
9.	1H1555-552	HD141926	8.6	15 50 26.4	-55 10 54	3.7
10.	1H1936+541	DM+53 2262	9.8	19 31 42.6	+53 46 12	1.5
11.	1H2202+501	DM+49 3718	8.8	21 59 44.1	+49 55 35	1.5
12.	1H2214+589	3G 71	11	22 24 47.8	+60 58 59	1.1

3 多波段联合观测

Be 星在光学、红外和紫外的观测和理论结果在几次关于 Be 星的专门会议中已详细介绍过^[9-11], 这里就不再重复。本节只讨论 Be/X 射线双星在 X 射线波段以及各个波段的联合观测结果, 为另文讨论 Be/X 射线双星的理论模型提供依据。

3.1 X 射线观测

Be/X 射线双星的暂现性质与 Be 星中的质量抛射有关, 也与中子星的偏心轨道运动有关。它的 X 射线光度大于 $10^{33} \text{erg} \cdot \text{s}^{-1}$, 在 1—20keV 能量范围内辐射较强。可能是因为中子星吸积的气体正好吸收了软 X 射线, 因此能谱是硬的^[3]。绝大部分能谱可以用幂律谱加上高能截断拟合^[12], 谱指数在 0.8—1.5 之间^[3], 高能截断值约 20—30keV^[13], 唯一例外的是 X Per, 它的高能截断值约 2—5keV^[14]。

不同的硬 X 射线暂现源具有不同的 X 射线行为: 有些源显示周期性的 X 射线爆发, 再发时间与吸积中子星

通过较密的气壳有关, 最大的爆发可能发生在近星点附近(如 A0538-66^[15], A0535+26^[16]); 有些源具有不规则的爆发时间, 与轨道周期没有严格的关系, 这些双星中的大部分比周期性再发暂现源具有更短的 X 射线脉冲周期(如 1E1048.1-5937^[17]); 还有一些射线源既有周期性爆发, 又有不规则爆发, 如 EX02030+375^[18], 两次不同的爆发(1985.8 和 1985.10)可能与中子星吸积了不同的物质流有关^[19], 另一个例子是 V0332+53 在 1973 年和 1983 年的爆发^[20],

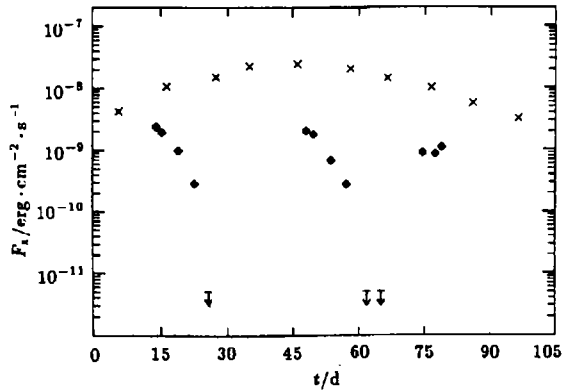


图 1 Be/X 射线双星 V0332+53 在 1973 年的大爆发 (x) 和 1983—1984 年间的周期性爆发 (♦)^[20] 前者爆发时间长达 100 余天, 比轨道周期长得多。后者的三次爆发周期和轨道周期一致

如图 1 所示; 另一个双星 (4U1907+09) 在一个轨道周期内有两次极大爆发 (如图 2), 其轨道可能不在 Be 星的赤道平面内^[21]; $P_X (= 835\text{s})$ 很大的双星 X Per 在整个轨道周期都能观测到 X 射线辐射^[22], 说明离心力并不能阻止 X Per 中的中子星吸积星风物质^[23]; 而 P_X 最小的射电脉冲星 PSR1259-63 在远星点附近仍能观测到硬 X 射线辐射^[24,25], 中子星吸积的物质可能是来自 Be 星的接近于声速的星风^[26], 相同的现象在 4U0115+63 源中 1970 年和 1971 年也观测到 4 次^[27].

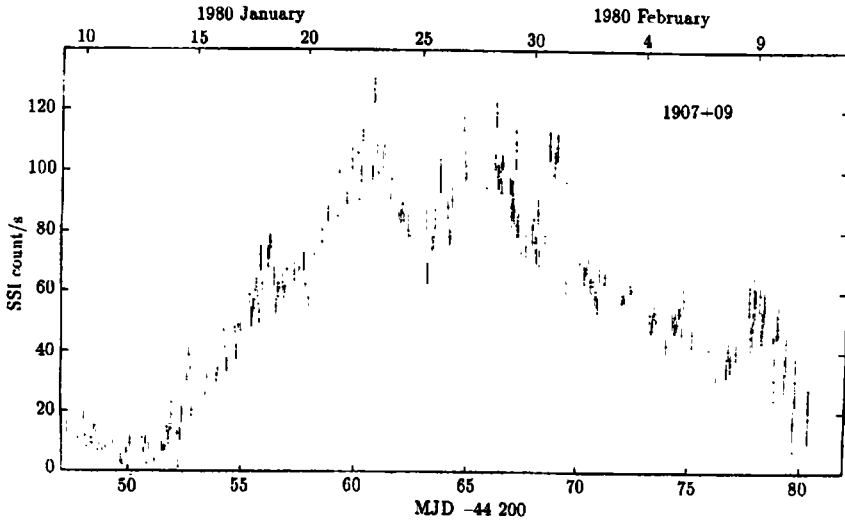


图 2 1980 年 1 月 A1907+09 完整的 X 射线爆发, 可见 8.4d 轨道周期内的两次极大和轨道周期调制^[21]

长期的 X 射线辐射活动与 Be 星的性质有关, 即与气壳的物质抛射有关; 短期的活动依赖于中子星的轨道特征, 即与中子星进入和离开气壳的时间有关, X 射线的似重复暂现和能谱硬是 Be/X 射线双星的主要特征。

3.2 多波段联合观测

一般来说 Be 星具有红外超^[28], 但 Be/X 射线双星的红外超似乎更大, J-K 大者可至 1.0 以上 (如 A1118-61 等^[29])。有些双星的红外超变化很大, 如 X Per 从 1991 年的 J-K=0.0 变成 1992 年的 0.57^[30], 而 LSI61.303 从 1992 年的 1.02 变成 1993 年的 0.0^[31], 这些变化也反应了 Be 气壳的物理状态的变化, 红外超也是 Be 星质量损失多少的指标^[32]。Waters 等人^[33] 对 7 个目标, 以红外超作为波长的函数, 推出了赤道星风里面区域的密度结构和质量损失率 (约为 $10^{-7} M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1}$), 在近星点时的标准流出速度约 100—600 $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

对大质量双星, 紫外连续谱来自 O 或 B 型星的光球; 发射线来自吸积盘或吸积流, 宁静时很弱以致于观测不到^[34]。紫外观测决定恒星的特性, 特别是恒星温度、距离和星风参数, 因此非常有用。紫外轮廓变化可以用来推出星风的速度规律, 证明和标准的单个 OB 型星的速度规律一致。从紫外观测发现吸收较强的谱线经常紫移, 表明存在高速的热风, 得出的星风速度高达 600—1800 $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$, 质量损失率在 10^{-8} — $10^{-10} M_{\odot} \cdot \text{yr}^{-1}$ 间^[35,36]。

从紫外观测得到的来源于 Be 星的高速低密星风与从 $H\alpha$ 和红外超得到的低速高密星风间,存在着很大的差异。前者很可能来源于 Be 星的极区,而后者可能来源于 Be 星的赤道区域^[37],其质量损失率也和从 X 射线源光度计算推出的损失率基本一致。从损失率的变化可看出,离开 Be 星表面的质量流,从极区到赤道变化很大。

Be/X 射线双星紫外谱的变化与 X 射线活动的关系还不很清楚,如 A0538-66,当光学光谱没有观测到发射线时(B相),紫外谱的 C IV 线为吸收线,当具有光学发射线时(Be相),紫外亮度成倍增加,在近星点 X 射线爆发期间连续谱进一步增亮,紫外光谱被很多既强且宽的发射线所占据^[35]。但 HDE245770 在近星点时有很强的 X 射线爆发,光学和红外也显示与 X 射线相关的活动,但 IUE 卫星的紫外观测却显示连续谱和非连续谱都没有观测到明显的变化^[29]。

从 X 射线能谱的硬度可以判定 X 射线双星中的光学子星是否是 Be 星,而对 Be/X 射线双星中的 Be 星来说,存在 $HeII\lambda 4686$ 发射线可以认为是 X 射线辐射的光学信号^[38]。如 A0538-66 在 1980 年 12 月 30 日时,光谱和宁静时差不多,巴尔末和 HeI 为发射线;至 1981 年 1 月 1 日,星等增亮约 1mag,整个光谱区主要为发射线,谱线加宽,但仍缺少 $HeII\lambda 4686$ 发射线;1981 年 1 月 2 日(近星点附近),突然出现 $HeII\lambda 4686$ 发射线,等值宽度约 36\AA ;直到 1981 年 1 月 11 日(远星点附近),仍能观测到 $HeII\lambda 4686$ 发射线残留的性质^[39]。

William 等人^[40]发现 V0332+53 在红外 J 波段突然增亮 0.8mag 后,第二天便观测到硬 X 射线爆发,而 X 射线爆发结束后,Be 星的光学活动也下降,它的 $H\alpha$ 发射线的等值宽度减小了一半多^[41]。有时光学增长超过 X 射线辐射几天(如 A0535+26^[42])到几十天(如 4U0115+63^[43]),有时光学增长和 X 射线爆发同时,明显和 X 射线爆发有关(如 A0538-66^[44])。

4 P_X 和 P_{orb} 的关系及脉冲周期的变化

确定 Be/X 射线双星轨道周期的方法有三种:即脉冲周期的多普勒变化(如 0115+634, V0332+53)、Be 星径向速度的变化(如 A0538-66)和周期性 X 射线爆发(如 GX304-1, V0332+53)。Apparao 和 Tarafder 根据中子星在轨道上的不同位置,用简图描述 V/R 应具有周期性变化^[45],Corbet 试图用观测到的 V/R 变化来决定周期,但结果并不确定^[46]。

Corbet^[47,48]发现观测到的 Be/X 射线双星的 X 射线脉冲周期和双星的轨道周期有关,如图 3 所示。在对数坐标轴中,Be 星和超巨星在 P_X-P_{orb} 图上占据着不同的位置,Be 星的位置可以用斜率为 2 的直线拟合,而超巨星的斜率要小得多。因此 Corbet 图既具有预报的作用,又具有判断的作用。

Corbet^[48]根据磁化中子星吸积物质的平衡周期解释这个 $P-P_{orb}$ 关系:从观测到的 X 射线光度和脉冲旋转周期的变化可知,物质是从一个吸积盘吸积到中子星的。平衡周期即磁球半径处的共转速度等于开普勒速度时的旋转周期。当小于这个周期时,正在被吸积的物质被甩走,吸积停止,中子星的动量转移给物质, P_X 变大;当大于这个周期时,则中子星继续吸积, P_X 变小。因此平衡周期依赖于中子星的吸积率,吸积率通过密度将依赖于距 Be 星的距离,最终得到近似的关系 $P_X \sim P_{orb}^2$ 。

Waters 等人^[49]用从星风的红外超推导的星风结构,发现具有 Be 星的双星的脉冲周期和从 Be 星的缓慢赤道星风计算的平衡周期一致。并表明如果星风中的密度随 r 以

$\rho = \rho_0(r/R_*)^{-3.25}$ 下降, R_* 是 Be 星的半径, 就可以得到 P_X 和 P_{orb} 的关系^[50]. 而 King^[51] 认为通过吸积物质转移到中子星的角动量不大, $P_X - P_{orb}$ 的关系不可能在 Be 阶段得到, 而是在更早的演化阶段.

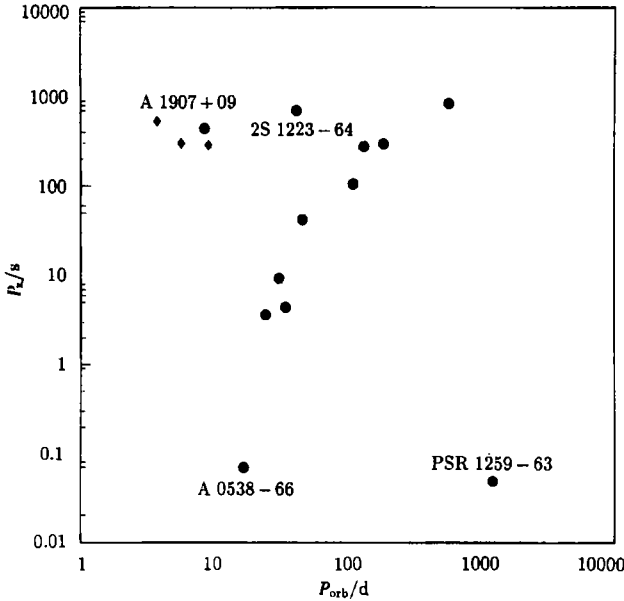


图 3 轨道周期和脉冲周期的关系^[2]

从图 3 可发现, X 射线源 A0538-66 偏离拟合线很远, 而最近发现的射电脉冲双星 PSR1259-63 的偏离更大. Corbet^[48] 认为在偏心轨道下, 平衡周期依赖于近星点的距离, P_X 和 P_{orb} 的关系需修改如下: $P_{orb} = A(1-e)^{3/2} \cdot P_X^B$, 其中 A 约为 10, B 约为 0.5, 经改正后 A0538-66 落在拟合直线上, 但 PSR1259-63 改正后偏离仍很大.

另外还有两个 X 射线源 2S1223-64 和 A1907+09 落入超巨星区域内, 因此这两个双星的主星被认为是超巨星^[2,48,52], Apparao 的计算将它们归入 Be/WD 双星类^[53]. 但由于它们较大的 X 辐射峰值 (约 $10^{37} \text{erg} \cdot \text{s}^{-1}$), 不可能是白矮星吸积而成, 而它们的暂现性质, 也不像是中子星从超巨星吸积星风, 因此它们很可能是没有达到平衡周期的 Be/X 射线双星.

从早期的观测发现, 射电脉冲星的脉冲周期逐渐变长, 但许多 X 射线脉冲星的 P_X 却以相当大的变化率长期下降 (即中子星转速加快), 其变化率 $\dot{P}_X/P_X \approx -10^{-2} - 10^{-6} \text{yr}^{-1}$ ^[54]. 短期内也常显示脉冲周期增加, 如 4U0115+63 在 1971—1974 年间 $\dot{P}_X/P_X = 3.4 \times 10^{-5} \text{yr}^{-1}$ ^[27], GS0834-43 在 1990 年 11 月至 1991 年 5 月间 $\dot{P}_X/P_X = 2 \times 10^{-3} \text{yr}^{-1}$ ^[55], 而 X Per 的脉冲周期除短期的变快和变慢外^[56,57], 还观测到很短时间的快速变化 $\dot{P}_X/P_X \approx \pm 10^{-2} \text{yr}^{-1}$ ^[58]. Parmar 等人^[59] 发现脉冲周期的变化与 X 射线光度有明显的依赖关系, 在每次爆发期间, 由于较大的吸积率, 常观测到较大的脉冲周期减小. 只要累积的脉冲周期减小超过 X 射线爆发之间的脉冲周期增加, 将造成总的脉冲周期下降.

现在还不清楚在 Be/X 射线双星中快速旋转的脉冲星是新诞生的还是转速正在变慢

的; 或者是早就诞生并被不断的 X 射线爆发加快了转速。要弄清楚这些问题, 需要长期的 X 射线观测。

参 考 文 献

- [1] Maraschi L, Treves A, van den Heuvel E P T. *Nature*, 1976, 259: 292
- [2] van den Heuvel E P T, Rappaport S A. In: Slettebak A, Snow T D eds. *Physics of Be stars*. Proc. of IAU colloq. No. 92, Colorado, 1986, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987: 291
- [3] Apparao K M V. *Space Sci. Rev.*, 1994, 69: 255
- [4] Johnston S, Lyne A G, Manchest R N et al. *M.N.R.A.S.*, 1992, 255: 401
- [5] Johnston S, Manchest R N, Lyne A G et al. *Ap. J.*, 1992, 387: L37
- [6] Koyama K et al. *Nature*, 1989, 343: 148
- [7] Haberl F. *Astron. Astrophys.*, 1995, 296: 685
- [8] Kaspi V et al. *Ap. J.*, 1994, 423: L43
- [9] Slettebak A ed. *Be and shell stars*, Proc. of IAU symp. No. 70, Massachusetts, 1975, Dordrecht: Reidel, 1976
- [10] Jaschek M, Groth H G eds. *Be stars*, Proc. of IAU symp. No. 98, Munich, 1981, Dordrecht: Reidel, 1982
- [11] Slettebak A, Snow T D eds. *Physics of Be stars*, Proc. of IAU colloq. No. 92, Colorado, 1986, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987
- [12] Murakami T, Ikegami T, Inoue H et al. *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 1987, 39: 253
- [13] White N E, Swank J H, Holt S S. *Ap. J.*, 1983, 270: 711
- [14] Schlegel E M et al. *Ap. J.*, 1993, 407: 744
- [15] Skinner G K et al. *Ap. J.*, 1980, 240: 619
- [16] Motch C, Stella L, Janot-Pacheco E et al. *Ap. J.*, 1991, 369: 490
- [17] Seward F D, Charles P A, Smale A P. *Ap. J.*, 1986, 305: 814
- [18] Parmar A N, White N E, Stella L et al. *Ap. J.*, 1989, 338: 359
- [19] Taam R E, Fryxell B A. *Ap. J.*, 1988, 327: L73
- [20] Stella L, White N E, Davelear J et al. *Ap. J.*, 1985, 288: L45
- [21] Marshall N, Ricketts M. *M.N.R.A.S.*, 1980, 193: 7p
- [22] Roche P et al. *Astron. Astrophys.*, 1993, 270: 122
- [23] Stella L, White N E, Rosner R. *Ap. J.*, 1986, 308: 669
- [24] Cominsky L, Roberts M, Johnston S. *Ap. J.*, 1994, 426: 978
- [25] Greiner J, Tavani M, Belloni T. *Ap. J.*, 1995, 441: L43
- [26] King A, Cominsky L. *Ap. J.*, 1994, 435: 411
- [27] Whitlock L, Roussel-Dupree D, Priedhorsky W. *Ap. J.* 1989, 338: 381
- [28] Allen D A. *M.N.R.A.S.*, 1973, 161: 145
- [29] Coe M J, Roche P, Everall C et al. *Astron. Astrophys.*, 1994, 289: 784
- [30] 杭恒荣, 臧志云. *紫金山天文台台刊*, 1994, 13: 303
- [31] Coe M J, Everall C, Norton A J et al. *M.N.R.A.S.*, 1993, 261: 599
- [32] Corbet R H D et al. *M.N.R.A.S.*, 1985, 212: 565
- [33] Waters L B F M, Taylor A R et al. *Astron. Astrophys.*, 1988, 198: 200
- [34] Raymond J C. In: Rolfe E J ed. *Proc. conf. on evolution in astrophys.*, Toulouse, France, 1990, ESA SP-310, 1990: 109
- [35] Howarth I D, Prinja R K, Roche P F et al. *M.N.R.A.S.*, 1984, 207: 287
- [36] de Loore C, Giovannelli F, van Dessel E L et al. *Astron. Astrophys.*, 1984, 141: 279
- [37] Waters L B F M et al. *Astron. Astrophys.*, 1987, 185: 206
- [38] Hutchings J B, Bernard J E, Crampton D et al. *Ap. J.*, 1978, 223: 530
- [39] Charles D A et al. *M. N. R. A. S.*, 1983, 202: 657
- [40] Williams P M et al. *IAU Circ. No. 3904*
- [41] Corbet R H D, Charles P A, van der Klis M A. *Astron. Astrophys.*, 1986, 162: 117

- [42] Violes F *et al.* *Ap. J.*, 1982, 263:320
 [43] Kriss G A, Cominsky L R, Remillard R A *et al.* *Ap. J.*, 1983, 266: 806
 [44] Densham R H *et al.* *M.N.R.A.S.*, 1983, 205: 1117
 [45] Apparao K M V, Tarafdar S P. *Ap. J.*, 1988, 335: 147
 [46] Corbet R H D, In: Slettebak A, Snow T D eds. *Physics of Be stars*, Proc. of IAU colloq. No. 92, Colorado, 1986, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987: 311
 [47] Corbet R H D. *Astron. Astrophys.*, 1984, 141: 91
 [48] Corbet R H D. *M. N. R. A. S.*, 1986, 220: 1047
 [49] Waters L B F M *et al.* *Astron. Astrophys.*, 1989, 223: 207
 [50] Waters L B F M, van Kerkwijk M H. *Astron. Astrophys.*, 1989, 223: 196
 [51] King A. *M.N.R.A.S.*, 1991, 250: 3
 [52] van Kerkwijk M H, van Oijen J G J, van den Heuval. *Astron. Astrophys.*, 1989, 209: 173
 [53] Apparao K M V. *Astron. Astrophys.*, 1994, 291: 775
 [54] Rappaport S A, Joss P C. *Nature*, 1977, 266: 683
 [55] Aoki T *et al.* *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 1992, 44: 641
 [56] White N E *et al.* *Ap. J.*, 1982, 263: 277
 [57] Robba N R, Warwick R S. *Ap. J.*, 1989, 346: 469
 [58] Murakami T *et al.* *Publ. Astron. Soc. Jpn.*, 1987, 39: 253
 [59] Parmar A N, White N E, Stella L. *Ap. J.*, 1989, 338: 373

(责任编辑 刘金铭)

Multiwaveband Study of Be/X-ray Binaries

Liu Qingzhong Hang Hengrong

(Purple Mountain Observatory, The Chinese Academy of Science, Nanjing 210008)

Abstract

The multiwaveband observational results of Be/X-ray binaries, obtained both on ground-based optical and IR observation and on the satellite UV and X-ray observation for about twenty years, are briefly introduced, from which the interaction between Be and neutron stars can be deduced, such as the accretion mode of neutron star and the mechanism for X-ray burst. The multiwaveband study can also provide us with the physical parameters of both orbit and binary, and also provide observational evidences for establishing theoretical models.

Key words binaries: spectroscopic—X rays: stars—ultraviolet: stars—infrared: stars