

# 脉冲星脉冲宽度的测量方法\*

徐 钧<sup>1,2†</sup> 韩金林<sup>1</sup> 王 陈<sup>1</sup>

(1 中国科学院国家天文台 北京 100012)

(2 中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘要** 脉冲宽度的测量方法有几种. 最常用的脉冲宽度有  $W_{pp}$  (两峰值点的间距)、 $W_{50}$  (最高峰值强度 50% 处的宽度) 和  $W_{10}$  (最高峰值强度 10% 处的宽度). 另外, 还有测量两个最外成分各自强度 50% 处的宽度  $W_{c50}$  和各自强度 10% 处的宽度  $W_{c10}$ . 利用 16 颗双锥峰脉冲星和 7 颗核锥三峰脉冲星样本在 1.4 GHz 的脉冲轮廓数据, 测量了 5 种脉冲宽度. 利用有磁倾角  $\alpha$  和撞击角  $\beta$  数据的脉冲星, 导出了对应的辐射束半径  $\rho$ , 并验证其与脉冲星周期  $P$  之间的关系  $\rho \propto P^{-0.5}$ . 通过比较 5 种脉冲宽度导出的  $\rho$  与  $P$  关系的好坏, 发现最外成分之间的宽度比前面 3 种宽度更好, 其中  $W_{c50}$  宽度得出的相关关系最好. 由此认为  $W_{c50}$  是最能反映辐射束宽度的测量值. 还讨论了脉冲轮廓的对称性, 发现后随的锥辐射成分与先导的锥辐射成分相比, 更靠近核心辐射成分, 两个锥辐射成分的宽度在统计上基本相同.

**关键词** 脉冲星; 普通, 偏振, 恒星; 中子

**中图分类号:** P 145; **文献标识码:** A

## 1 引言

脉冲星是快速旋转并发射周期性电磁脉冲的磁化中子星. 脉冲轮廓是一个脉冲星周期内脉冲强度随着相位的变化. 单个脉冲的轮廓很不稳定, 而单脉冲周期性叠加得到的平均脉冲轮廓则非常稳定. 脉冲星的平均脉冲轮廓是反映磁层辐射区结构和物理性质的重要观测量. 脉冲轮廓有多种, 如单峰、双峰、多峰等<sup>[1]</sup>, 反映出不同的射电辐射束形状和成分. 一般认为, 单峰脉冲轮廓来自靠近磁轴的核心辐射束, 称为核心辐射模型<sup>[1-2]</sup>. 双峰轮廓则源于环绕磁轴的空心辐射锥, 称为锥辐射模型<sup>[3-4]</sup>. 对三峰轮廓而言, 一般用核锥模型<sup>[1-2]</sup>来解释. 还有更复杂的多峰情况, Rankin<sup>[5]</sup>提出了嵌套的两个甚至多个辐射锥和一个核心束模型. 核锥模型一般要求轮廓相对比较对称 (因为锥辐射总是一边一个). 但更多脉冲星的轮廓是无规律分布的, 没有什么明显的对称性. 因此 Lyne 等<sup>[6]</sup>和 Manchester<sup>[7]</sup>提出了补丁模型, 认为脉冲轮廓的各成分是由散布的补丁状辐射束引起的.

2010-08-24 收到原稿, 2010-10-11 收到修改稿

\* 国家自然科学基金项目 (10821061 和 10833003) 资助

† xujun@bao.ac.cn

脉冲宽度是反映轮廓的一个重要测量量. 如果能准确定出脉冲宽度, 进而确定脉冲星辐射束的大小, 对于脉冲星辐射机制的研究具有重要意义. 表征脉冲轮廓宽度的方法通常有: 两峰值点的间距  $W_{pp}$ , 最高峰值强度 50% 处的轮廓宽度  $W_{50}$  和最高峰值强度 10% 处的宽度  $W_{10}$ <sup>[8-10]</sup>. 这 3 种宽度测量方法都可以表示脉冲轮廓特征, 但由它们计算出的辐射束半径代表不同的范围, 由此得出的辐射区域范围和大小都会不同. 根据现在的脉冲星辐射模型<sup>[1]</sup>, 脉冲应该从最后开放磁力线辐射出来. 脉冲宽度应该是整个有脉冲辐射时的宽度. 但现实观测中, 由于信噪比等原因, 测量的脉冲宽度不可能完整反映所有有辐射的范围.  $W_{pp}$  只反映锥辐射最强峰值的两个相位之间的宽度, 忽略了锥外围的区域. 当两个峰高低差别很大时, 最高峰值强度 10% 或 50% 处的宽度有可能只反映出一个辐射锥的宽度, 并没有表示出正确的轮廓宽度. 对于  $W_{10}$  宽度, 类似于  $W_{50}$  宽度, 弱脉冲轮廓成分会增大脉冲宽度的不确定性. 有人做过脉冲轮廓宽度的统计工作, 发现脉冲宽度  $W$  与周期  $P$  存在一个  $W \propto P^{-0.5}$  的下限关系<sup>[5,11-12]</sup>. 由脉冲宽度导出的脉冲星辐射束<sup>[13]</sup> 也有人做过统计研究, 发现  $\rho \propto P^{-0.5}$ . 最有名的工作是 Kramer 等<sup>[14]</sup> 统计了脉冲星在 1.4 GHz 的  $W_{10}$  并计算得到的辐射束半径  $\rho_{10}$ , 发现  $\rho_{10} = 5.4^\circ P^{-0.5}$ . 毫秒脉冲星的轮廓宽度和辐射束数值不太符合这个规律.

我们想探讨脉冲宽度的较合理测量方法. 除了脉冲宽度特征值  $W_{pp}$ 、 $W_{50}$  和  $W_{10}$  之外, 我们还考虑了两个最外成分各自强度 50% 处的宽度  $W_{c50}$  和两个最外成分各自 10% 处的宽度  $W_{c10}$ . 图 1 表示了我们所讨论的宽度的各种测量方法. 我们选择一批双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星来测量和比较这 5 种宽度, 因为它们的轮廓比较简单, 特征鲜明. 我们可以利用这 5 种宽度和文献中的磁倾角  $\alpha$  和撞击角  $\beta$  (定义见第 3 节) 计算不同宽度相对应的辐射束半径并研究其与脉冲星周期的关系 (详见第 3 节). 我们可以通过比较这种相关关系的紧密程度来确定脉冲宽度最好的表示方法.

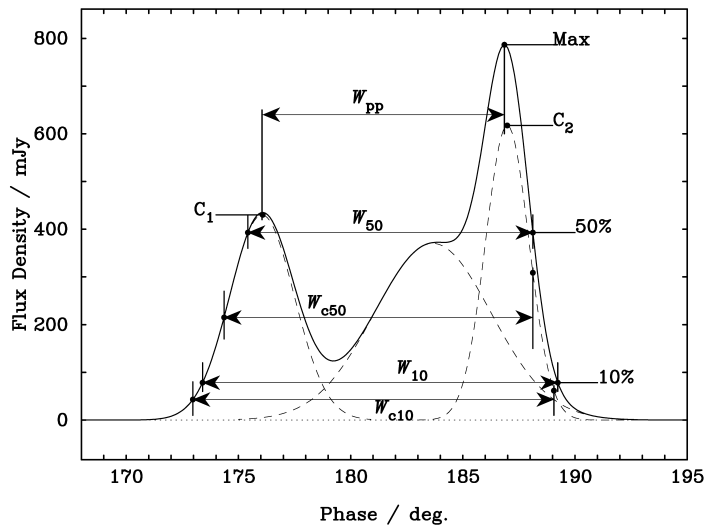


图 1 脉冲星轮廓的 5 种宽度测量方法示意图

Fig. 1 The definition of five kinds of profile widths

## 2 双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星样本的脉冲宽度

脉冲星的轮廓各种各样. 轮廓复杂的脉冲星, 辐射区几何结构复杂, 有些脉冲轮廓甚至反映不出完整的辐射束, 如部分锥型的脉冲轮廓<sup>[12]</sup>, 只能看到锥辐射束双峰中的一个. 这里我们介绍两种轮廓结构简单清晰的脉冲星. 其中一种是双锥峰脉冲星, 它的射电辐射主要在锥辐射区域产生, 呈明显的双峰结构, 有些轮廓中间有桥成分. 双锥峰脉冲星脉冲有比较强的线偏振, 其偏振位置角曲线一般呈“S”型, 比较好地符合旋转矢量模型 (RVM, 见文献 [3]). 除个别情况, 其圆偏振一般不变号<sup>[15]</sup>. 另外一种为核锥三峰脉冲星, 它的轮廓一般呈三峰结构, 中间的峰是核心辐射成分, 两边是锥辐射成分. 锥辐射成分与双锥峰脉冲星的锥辐射非常类似. 中间核心辐射成分线偏振强度相对较弱, 而圆偏振相对较强, 并且有明显的变号现象<sup>[16]</sup>. 它们的偏振位置角曲线一般也呈很好的“S”型. 脉冲星的轮廓有核心辐射成分意味着视线扫过辐射束中心区域, 撞击角一般小于核心辐射区的辐射束半径.

我们这里只选择轮廓结构相对简单的双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星研究脉冲宽度, 主要考虑它们的辐射区结构简单, 容易进行轮廓成分分解; 另外由它们的偏振曲线可以确定辐射区的几何参数, 便于计算辐射束半径. 文献中具有双峰轮廓的脉冲星有 70 多颗<sup>[15,17-19]</sup>, 但并非所有双峰轮廓都是双锥峰脉冲星. 我们还找出了 30 多颗三峰轮廓的脉冲星. 带核心辐射的核锥三峰脉冲星仅仅是三峰轮廓脉冲星中的一部分<sup>[8,17,20]</sup>, 因为有些三峰轮廓的中间成分可能不是核心辐射. 我们注意到前人找到的双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星中, 很多可能并不真正属于这两种类型, 主要是因为观测信噪比很差, 轮廓没有分辨清楚. 近年来在 1.4 GHz 频段的观测效果比较好, 色散与散射效应较小. 我们利用这个频段的数据, 同时参考其它频段的强度及偏振轮廓的数据, 重新筛选, 最终确定了 16 颗双锥峰脉冲星和 7 颗核锥三峰脉冲星 (见表 1).

为了减少测量噪声的影响, 我们按 Kramer 等<sup>[21]</sup>的方法对所有脉冲星轮廓进行了高斯拟合, 然后从高斯拟合图求取 5 种脉冲宽度 (见表 1). 表 1 中的  $\Delta W$  表示脉冲宽度测量误差. 每种脉冲宽度与脉冲星周期的关系如图 2. 图 2(f) 还给出了核锥三峰脉冲星的核心辐射成分宽度与周期的关系, 所示的点线是  $W_{\text{core}} = 2.45P^{-0.5}$ , 我们没有看到明显的相关<sup>[20]</sup>. 可以看出, 几乎所有点都分布在脉冲宽度与周期关系图右上角, 反映出  $W \propto P^{-1/2}$  的下限关系. 图 2 中的数据点少, 弥散较大, 弥散的原因主要是每颗脉冲星磁倾角  $\alpha$  与撞击角  $\beta$  的不同. 图 2 中的一个数据点 (B0254-53) 在所画点线以下, 脉冲宽度偏小, 可能的原因是此脉冲星的辐射束很窄, 而撞击角较大, 使得我们的视线方向切过辐射束的边缘.

表 1 双锥峰脉冲星 (D) 和核锥三峰脉冲星 (T) 在 1.4 GHz 附近 ( $\pm 200$  MHz) 的脉冲宽度  
 Table 1 The measured pulse widths near 1.4 GHz ( $\pm 200$  MHz) of Conal Double and Triple pulsars

PSR	Class	$P$ (sec)	Freq. (MHz)	$W_{pp}$ (deg.)	$W_{50}$ (deg.)	$W_{10}$ (deg.)	$W_{c50}$ (deg.)	$W_{c10}$ (deg.)	$\Delta W$ (deg.)	Ref.1	$\alpha$ (deg.)	$\beta$ (deg.)	Ref.2
B0052+51	D	2.115	1408	8.38	10.04	13.27	11.30	13.69	0.31	[12]	-	-	-
B0148-06	D	1.465	1560	24.70	30.50	37.10	31.64	37.35	0.04	[22]	14.5	1.9	[17]
B0149-16	D?	0.833	1408	4.17	7.17	10.72	7.98	11.12	0.05	[12]	84	1.9	[17]
B0254-53	D	0.448	1359	4.42	6.08	7.72	6.27	7.79	0.00	*	-	-	-
B0301+19	D	1.388	1409	7.40	11.77	16.44	12.58	16.84	0.01	[12]	30	1.7	[17]
B0402+61	D	0.595	1408	10.18	13.02	17.36	14.12	17.36	0.06	[12]	83	2.2	[17]
B0525+21	D	3.745	1408	12.55	15.34	18.35	15.69	18.27	0.01	[12]	21	0.6	[17]
B0818-13	D	1.238	1408	3.53	7.00	10.52	7.52	10.80	0.01	[12]	15.5	5.1	[17]
B0834+06	D	1.274	1408	5.56	7.64	10.03	8.15	10.28	0.01	[12]	30	3.4	[17]
B1133+16	D	1.188	1408	6.07	2.92	10.99	9.00	11.41	0.00	[12]	46	4.1	[17]
B1913+16	D	0.059	1400	39.66	44.65	50.15	45.09	49.55	6.10	[23]	46	0.8	[17]
B1919+21	D?	1.337	1408	6.81	9.14	11.76	9.68	12.04	0.01	[12]	45	-3.7	[17]
B1935+25	D	0.201	1408	19.62	26.00	31.76	26.40	31.97	0.10	[12]	-	-	-
B2020+28	D	0.343	1408	9.48	12.69	16.38	12.66	15.28	0.01	[12]	72	3.6	[17]
B2044+15	D	1.138	1408	7.43	4.23	16.03	13.00	17.58	0.11	[12]	40	3.4	[17]
B2224+65	D?	0.628	1408	29.49	36.92	44.74	38.21	45.38	0.13	[12]	16	3.4	[17]
B1154-62	T	0.400	1331	36.48	10.84	33.40	48.82	58.97	1.03	*	17.5	7.9	[6]
B1508+55	T	0.740	1408	8.78	9.26	13.42	11.82	14.32	1.13	[12]	45	-2.7	[17]
B1754-24	T	0.234	1408	23.72	16.01	30.02	26.75	49.65	0.15	[12]	-	-	-
B1821+05	T	0.753	1408	19.65	23.04	28.62	24.86	29.15	0.08	[12]	32	1.7	[8]
B2002+31	T	2.111	1408	8.32	2.69	5.42	11.28	13.72	0.21	[12]	49	0	[17]
B2045-16	T	1.962	1408	10.93	12.70	15.83	13.76	16.09	0.01	[12]	36	1.1	[17]
B2111+46	T	1.015	1408	50.69	46.76	73.41	65.04	76.85	0.06	[12]	9	1.4	[17]

\* Han J L, van Straten W, Manchester R N, et al. 2010, in preparation

### 3 不同脉冲宽度对应的辐射束半径 $\rho$ 与周期 $P$ 的关系

通过几何关系利用脉冲宽度以及磁倾角和撞击角可以得到辐射束半径<sup>[13]</sup>. 双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星有两种锥辐射即内锥辐射和外锥辐射的其中一种<sup>[5,8,21,24]</sup>. 脉冲星自转轴与磁轴之间的夹角是磁倾角  $\alpha$ . 我们的视线方向与脉冲星磁轴方向的最小夹角为撞击角  $\beta$ . 脉冲星的偏振位置角曲线可以很好地由 RVM 描述:

$$\tan(\psi - \psi_0) = \frac{\sin \alpha \sin(\phi - \phi_0)}{\sin \zeta \cos \alpha - \cos \zeta \sin \alpha \cos(\phi - \phi_0)}, \quad (1)$$

其中  $\psi$  是偏振位置角,  $\psi_0$  是自转轴方向投影到天球平面的方位角,  $\zeta = \alpha + \beta$  是观测方向与自转轴的夹角,  $\phi$  是脉冲星相位,  $\phi_0$  是初始相位. 当自转轴、磁轴与视线方向共面时, 偏振位置角斜率最大:

$$\left(\frac{d\psi}{d\phi}\right)_{\max} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (2)$$

我们从文献里找出了 19 颗脉冲星的磁倾角  $\alpha$  和撞击角  $\beta$  (见表 1). 尽管 Manchester 等<sup>[25]</sup> 给出了估计  $\alpha$ 、 $\beta$  不确定度的方法, 但文献数据中没有给出误差, 所以我们这里也暂不考虑  $\alpha$  和  $\beta$  的误差.

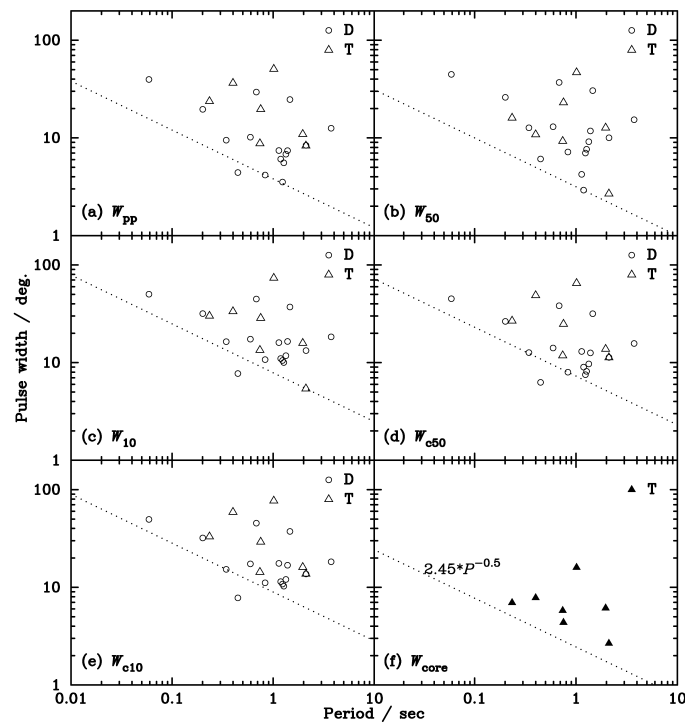


图 2 各种方法测到的脉冲宽度与周期之间的关系

Fig. 2 The measured pulse widths plotted as a function of pulsar period

辐射束半径与脉冲宽度、磁倾角及撞击角有如下关系<sup>[13]</sup>:

$$\rho = 2\arcsin\left[\sin^2 \frac{W}{4} \sin \alpha \sin(\alpha + \beta) + \sin^2 \frac{\beta}{2}\right]^{1/2}. \quad (3)$$

我们用  $\alpha$  和  $\beta$  数值和 5 种脉冲宽度, 根据 (3) 式, 计算了它们相对应的 5 种辐射束半径 (见表 2). 图 3(a)~(e) 分别对应于  $\rho_{PP}$ 、 $\rho_{50}$ 、 $\rho_{10}$ 、 $\rho_{c50}$  和  $\rho_{c10}$  与周期的关系. 图中一些数据点没有画误差棒, 原因是误差太小, 落在标记符里面而将它们忽略. 图 3(f) 是核锥三峰脉冲星的核心辐射成分辐射束半径与周期的关系. 5 种宽度对应的辐射束半径与周期均大致符合平方反比关系, 与 Gil 等<sup>[8]</sup> 得到的  $\rho_{10}$ 、Kramer 等<sup>[21]</sup> 得到的  $\rho_{10}$  和  $\rho_{50}$  与周期的关系大体一致.

表 2 双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星的辐射束半径

Table 2 The calculated beam sizes of Conal Double and Triple pulsars

PSR	$\rho_{pp}$ (deg.)	$\rho_{50}$ (deg.)	$\rho_{10}$ (deg.)	$\rho_{c50}$ (deg.)	$\rho_{c10}$ (deg.)	$\rho_{core}$ (deg.)
B0052+51	-	-	-	-	-	-
B0148-06	3.8	4.5	5.3	4.6	5.3	-
B0149-16	2.8	4.1	5.7	4.4	5.9	-
B0254-53	-	-	-	-	-	-
B0301+19	2.6	3.5	4.5	3.6	4.6	-
B0402+61	5.5	6.8	8.9	7.4	8.9	-
B0525+21	2.4	2.9	3.4	2.9	3.4	-
B0818-13	5.2	5.2	5.4	5.2	5.4	-
B0834+06	3.7	4.0	4.3	4.0	4.3	-
B1133+16	4.7	4.2	5.8	5.3	5.9	-
B1913+16	14.4	16.1	18.1	16.3	17.9	-
B1919+21	4.4	4.8	5.5	5.0	5.5	-
B1935+25	-	-	-	-	-	-
B2020+28	5.8	7.1	8.7	7.1	8.2	-
B2044+15	4.2	3.7	6.3	5.5	6.8	-
B2224+65	5.6	6.5	7.5	6.7	7.6	-
B1154-62	10.3	8.1	9.9	11.8	13.1	8.0
B1508+55	4.1	4.2	5.4	4.9	5.6	3.4
B1754-24	-	-	-	-	-	-
B1821+05	5.6	6.5	7.9	6.9	8.1	2.1
B2002+31	3.1	1.0	2.0	4.3	5.2	1.0
B2045-16	3.4	3.9	4.8	4.2	4.9	2.1
B2111+46	4.5	4.2	6.2	5.6	6.5	1.9

图 3 显示用 5 种脉冲宽度求出的辐射束半径与周期的关系, 明显的双线性关系特征与 Rankin<sup>[5]</sup> 提出的嵌套的内锥和外锥辐射模型相符合. 在嵌套辐射锥模型中, 靠近磁轴的辐射锥称为内锥, 外层的辐射锥称为外锥. 我们也对所有点 (个别离散非常大的点除外) 进行了线性拟合, 然后根据拟合出的直线将数据点分为两类, 分别对应内锥和外锥部分. 将内锥的辐射束半径与  $\rho_{inner} = \rho_{inner}^0 \cdot P^n$  相拟合, 外锥的半径与  $\rho_{outer} = \rho_{outer}^0 \cdot P^n$  相拟合, 结果列于表 3. 我们得出的这两条直线的斜率均为  $-0.5$  左右. 这很好地验证  $\rho \propto P^{-1/2}$  的关系.

表 3 脉冲星辐射束半径与周期的线性拟合结果

Table 3 Fitting results for the correlation between beam size and pulsar period

Beam	Inner $\rho_{inner}^0$	Cone $n$	Outer $\rho_{outer}^0$	Cone $n$
$\rho_{pp}$	$3.02 \pm 0.22$	$-0.56 \pm 0.05$	$4.68 \pm 0.13$	$-0.49 \pm 0.05$
$\rho_{50}$	$4.09 \pm 0.13$	$-0.48 \pm 0.03$	$5.46 \pm 0.06$	$-0.47 \pm 0.02$
$\rho_{10}$	$5.03 \pm 0.15$	$-0.45 \pm 0.02$	$6.45 \pm 0.09$	$-0.50 \pm 0.02$
$\rho_{c50}$	$4.27 \pm 0.08$	$-0.47 \pm 0.01$	$5.76 \pm 0.06$	$-0.49 \pm 0.02$
$\rho_{c10}$	$5.12 \pm 0.12$	$-0.44 \pm 0.02$	$6.64 \pm 0.14$	$-0.49 \pm 0.04$

我们可以看到,  $\rho_{c50}$  的数据点几乎都分布在两条直线上, 拟合的均方根误差最小, 这说明  $W_{c50}$  对应的辐射束半径  $\rho_{c50}$  最符合  $\rho \propto P^{-1/2}$  关系. 因此,  $W_{c50}$  是脉冲宽度最合理的测量方法. 对于锥辐射来说, 在各成分取 50% 强度时  $W_{c50}$  能较好地与辐射束半径相联系.  $W_{c10}$  宽度对应的内锥半径与周期的关系误差也很小, 然而对外锥时误差偏大, 这使它与  $W_{c50}$  宽度相比略为逊色. 如果观测的脉冲星样本的信噪比特别好,  $W_{c10}$  也许是一个很好的脉冲宽度测量方法.

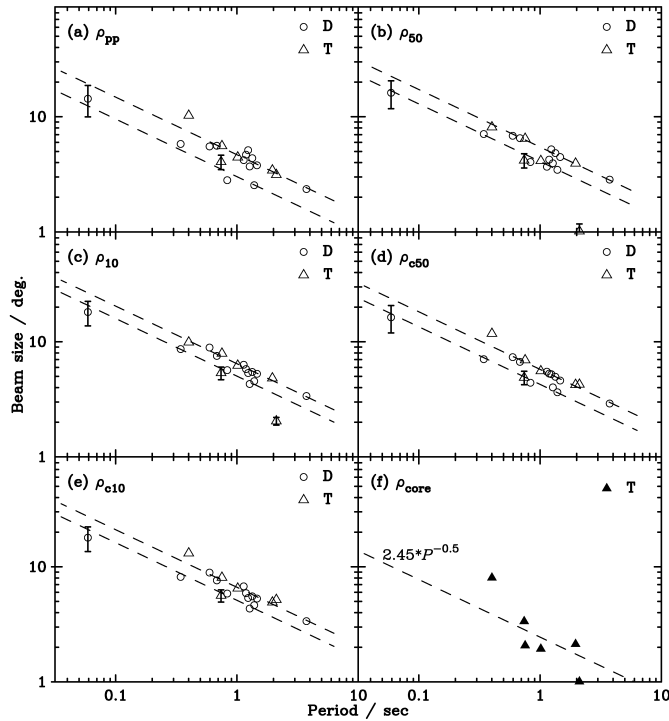


图 3 各种方法计算的辐射束半径与周期的关系

Fig. 3 The measured beam sizes plotted as a function of period

#### 4 脉冲轮廓的对称性和锥辐射成分宽度的比较

如果脉冲星辐射束呈圆形<sup>[6]</sup>, 核心辐射成分在中间, 锥辐射成分是同心的, 如果不考虑迟延、磁力线扭曲等原因, 接收到的脉冲轮廓基本上是对称的. Cordes 等<sup>[23]</sup> 和 Rankin<sup>[5]</sup> 认为核心辐射成分的辐射高度低于锥辐射成分, Qiao 等<sup>[26-29]</sup> 从理论上也说明核心辐射高度最接近于中子星表面, 内锥辐射高度稍高, 外锥的辐射高度最高. 核心辐射成分与锥辐射成分同时从不同高度辐射, 由于光行差和延迟效应, 在天球上投影的相对位置会发生偏离, 使核心辐射成分不落在锥辐射的中心<sup>[30-31]</sup>, 甚至有可能移出锥辐射之外<sup>[32]</sup>. 所以观测到的锥-核轮廓一般是不对称的.

我们统计了 7 颗核锥三峰脉冲星核心辐射成分与先导锥辐射成分和后随锥辐射成分

的间距, 结果如图 4 所示. 从图 4 中明显可以看出, 大多数点在等值线右下方, 即先导锥辐射成分与核心辐射成分的间距大于后随锥辐射成分与核心辐射成分的间距. 这与光行差和延迟产生的辐射束偏离效应相吻合.

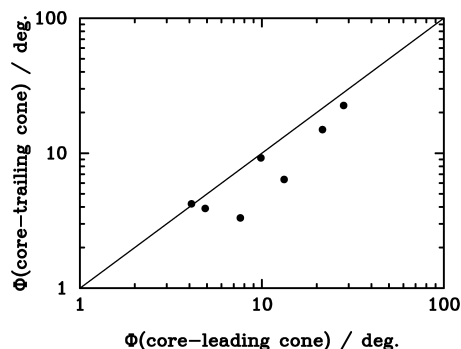


图 4 核锥三峰脉冲星的前导锥辐射成分和后随锥辐射成分与核心辐射成分的间距之间的比较

Fig. 4 Comparison for separations between the leading/trailing cone and core components for Triple pulsars

图 5 我们比较了所有双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星的前导锥辐射成分与后随锥辐射成分的宽度. 这里的宽度是拟合高斯函数的半高全宽. 我们发现前导锥辐射成分与后随锥辐射成分的宽度基本上都分布在等值线附近, 它们统计上是相同的.

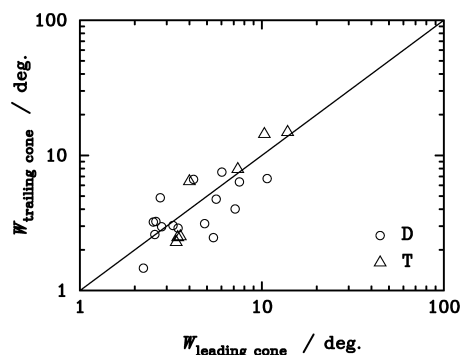


图 5 脉冲星的两个锥辐射成分的宽度比较

Fig. 5 Comparison for widths of the two cone components

## 5 总结

本文分析了脉冲星脉冲宽度的测量方法. 除了常用的脉冲宽度  $W_{pp}$ 、 $W_{50}$  和  $W_{10}$  之外, 我们还研究了  $W_{c50}$  和  $W_{c10}$ . 我们以双锥峰脉冲星和核锥三峰脉冲星为样本, 分析脉冲宽度与周期的关系. 通过 5 种宽度对应的辐射束半径与周期相关关系的比较发现,

$W_{c50}$  是最合理的宽度测量.  $W_{c10}$  宽度对于内锥辐射的测量也相当好, 而对外锥辐射的测量误差偏大. 如果脉冲星样本的观测信噪比特别好,  $W_{c10}$  可能是一个合适的宽度测量方法. 我们还注意到, 后随锥辐射成分相对先导锥辐射成分更靠近核心辐射成分. 脉冲核心辐射成分靠近中子星表面的区域并由于光行差和延迟效应, 使核心辐射束移位. 两个锥辐射成分的辐射宽度统计上基本相同.

**致谢** 徐钧感谢徐向阳、王鹏飞一起讨论, 感谢石惠、姜云英及侯立刚的热心帮助.

### 参 考 文 献

- [1] Rankin J M. ApJ, 1983, 274: 333
- [2] Backer D C. ApJ, 1976, 209: 895
- [3] Radhakrishnan V, Cooke D J. ApL, 1969, 3: 225
- [4] Komesaroff M M, Morris D, Cooke D J. ApL, 1970, 5: 37
- [5] Rankin J M. ApJ, 1993, 405: 285
- [6] Lyne A G, Manchester R N. MNRAS, 1988, 234: 477
- [7] Manchester R N. JApA, 1995, 16: 107
- [8] Gil J A, Kijak J, Seiradakis J H. A&A, 1993, 272: 268
- [9] Thorsett S E. ApJ, 1991, 377: 263
- [10] Mitra D, Rankin J M. ApJ, 2002, 577: 322
- [11] Biggs J D. MNRAS, 1990, 245: 514
- [12] Gould D M, Lyne A G. MNRAS, 1998, 301: 235
- [13] Gil J A, Gronkowski P, Rudnicki W. A&A, 1984, 132: 312
- [14] Kramer M, Xilouris K M, Lorimer D R, et al. ApJ, 1998, 501: 270
- [15] Han J L, Manchester R N, Xu R X, et al. MNRAS, 1998, 300: 373
- [16] Radhakrishnan V, Rankin J M. ApJ, 1990, 352: 258
- [17] Rankin J M. ApJS, 1993, 85: 145
- [18] Wang H G, Han J L, Qiao G J. ChA&A, 2001, 25: 73
- [19] You X P, Han J L. ChJAA, 2006, 6: 237
- [20] Rankin J M. ApJ, 1990, 352: 247
- [21] Kramer M, Wielebinski R, Jessner A, et al. A&AS, 1994, 107: 515
- [22] Wu X J, Manchester R N, Lyne A G, et al. MNRAS, 1993, 261: 630
- [23] Cordes J M, Wasserman I, Blaskiewicz M. ApJ, 1990, 349: 546
- [24] Gould D M. Structure and Polarization of Pulsar Radio Emission Beams. Manchester: Univ. Manchester, 1994
- [25] Manchester R N, Han J L, Qiao G J. MNRAS, 1998, 295: 280
- [26] Qiao G J. Pulsar Emission Beams and Profiles in an Inverse-Compton Scattering Model // Hankins T H, Rankin J M, Gil J A. Magnetospheric Structure and Emission Mechanisms of Radio Pulsars. Pedagogical Univ. Press, 1992: 238
- [27] Qiao G J. Workshop on High Energy Astrophysics. 1988: 88
- [28] Qiao G J. VA, 1988, 31: 393
- [29] Qiao G J, Lin W P. A&A, 1998, 333: 172
- [30] Xu R X, Qiao G J, Han J L. A&A, 1997, 323: 395
- [31] Gangadhara R T, Gupta Y. ApJ, 2001, 555: 31
- [32] McCulloch P M. Closing Comments: Observations // Hankins T H, Rankin J M, Gil J A. Magnetospheric Structure and Emission Mechanisms of Radio Pulsars. Pedagogical Univ. Press, 1992: 410

## Pulse Width Measurements for Pulsars

XU Jun<sup>1,2</sup> HAN Jin-lin<sup>1</sup> WANG Chen<sup>1</sup>

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

(2 *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*)

**ABSTRACT** The pulse profile widths of pulsars can be measured as:  $W_{pp}$  (peak-peak separation of two cone components),  $W_{50}$  (the full width at half of the maximum intensity),  $W_{10}$  (the full width at 10% of the maximum),  $W_{c50}$  (the width between the phases at 50% of the maxima of the two outer components) and  $W_{c10}$  (the width between the phases at 10% of the maxima the two outer components). These pulse widths are gotten by using profile data of 16 Conal Double pulsars and 7 Triple pulsars at 1.4 GHz. We derived the beam sizes ( $\rho$ ) of those pulsars using the measured pulse widths, the magnetic inclination  $\alpha$  and impact angle  $\beta$ , and then verified if  $\rho$  follows the relation with the pulsar period ( $P$ ), i.e.,  $\rho \propto P^{-0.5}$ . Through comparing the tightness of the correlations between  $\rho$  and  $P$ , we found that the pulse widths between the outer components ( $W_{c50}$ ,  $W_{c10}$ ) are better than the other three widths ( $W_{pp}$ ,  $W_{50}$ ,  $W_{10}$ ), and  $W_{c50}$  is the best. We notice that for the cone-core triple profiles the trailing cone components are closer to the core components than the leading cone ones. The widths of the two cone components of these pulsars are roughly the same statistically.

**Key words** pulsars: general, polarization, stars: neutron