

文章编号: 1000-8349(2011)03-334-09

# X射线脉冲星导航可用目标源研究

赵成仕<sup>1</sup>, 陈鼎<sup>1</sup>, 蔡宏兵<sup>1</sup>, 南仁东<sup>2,3</sup>

(1. 中国科学院 国家授时中心, 西安 710600; 2. 中国科学院 国家天文台, 北京 100012; 3. 中国科学院 射电天文重点实验室, 北京 100012)

**摘要:** 脉冲星具有自转非常稳定的特性, 在空间自主导航中有重要的应用前景。选择和研究一组适合于脉冲星导航使用的候选目标源非常重要, 决定脉冲星导航精度的主要因素有: 导航目标源X射线流量强度、目标源的位置精度和旋转参数精度。对可用于导航的一些X射线源进行了讨论研究, 并对最适合做导航研究的转动能驱动的X射线脉冲星进行统计分析。

**关键词:** X射线脉冲星; 导航; 到达时间

**中图分类号:** P172.2      **文献标识码:** A

## 1 引言

1967年8月, 英国的休伊什(Hewish)和贝尔(Bell)发现了第一颗脉冲星PSR B1919+21<sup>[1]</sup>。脉冲星具有体积小、磁场强、自转稳定等非常独特的性质, 尤其是1982年Backer等人发现的第一颗毫秒脉冲星PSR B1937+21<sup>[2]</sup>, 其自转周期的稳定度非常高, 周期导数达到 $10^{-18} \sim 10^{-20}$ 。由于脉冲星具有自转非常稳定的特性, 在其发现不久人们就意识到它可以用作导航研究, 1974年Downs首次讨论用射电脉冲星进行星际导航的设想<sup>[3]</sup>, 2005年Sheikh博士论文对X射线脉冲星导航应用研究进行了全面深入的分析讨论<sup>[4]</sup>。

X射线脉冲星自主导航的基本原理是通过航天器上安装的X射线探测器测量得到脉冲到达时间(TOA), 与脉冲星钟模型预报的脉冲到达太阳系质心SSB的时间(TOA)作比较, 估计航天器在太阳系质心系中相对于脉冲星视线方向上的投影距离。利用多颗脉冲星的观测, 采用卡尔曼滤波等方法, 最终确定航天器的位置、姿态、速度等定位信息, 所以导航X射线源的选择至关重要, 它直接决定导航定位精度。本文对具有X射线辐射的脉冲星进行统计分析, 给出了适合用于导航的X射线脉冲星目标源数据表; 对它们的稳定度、X射线流量强度进行分析讨论。

收稿日期: 2010-03-08; 修回日期: 2011-01-25

资助项目: 国家自然科学基金(1080306); 中科院重要方向性项目(KLCX2-YW-T09); 中科院西部之光博士项目(Y109YR3201)

## 2 X射线脉冲星分类

根据能量来源不同, X射线脉冲星分为3类: 吸积能驱动的脉冲星、转动能驱动的脉冲星和反常X射线脉冲星。

吸积能驱动的脉冲星存在于X射线双星系统中, 它们是天空中最亮的一类X射线源之一。其周期范围在0.069~835 s。长期监测这类脉冲星的周期变化显示, 按其周期变化可以分为以下几类: 周期随时间沿线性减小的趋势变化; 长时间内周期没有明显变化, 只在周期附近随机漫步; 周期随时间稳定地增加。脉冲周期的不同起伏反映了吸积过程的多样性。由于这类脉冲星旋转参数的变化特性比较复杂, 其不适合作为导航研究的候选体。

转动能驱动的脉冲星一般具有短的自转周期和强的磁场等特征, 它们的辐射来自转动能量损失。脉冲星发现后很长时间内, 只有Crab脉冲星被探测到X射线辐射。目前共发现的2 000多颗脉冲星中, 大约有60多颗射电脉冲星探测到了X射线辐射。尽管它们的旋转参数、特征年龄和磁场有很大差异, 但是这类源X射线辐射光度服从一个简单的经验规律, 即它们的X射线光度和转动能损率有一定的相关性。这种相关性首次被Seward和Wang两人早期通过分析少量X射线脉冲星特性时发现<sup>[5]</sup>, 被称为Seward-Wang关系。随后Becker和Truemper利用ROSAT探测发现的27颗转动能驱动的脉冲星进行X射线辐射特性研究<sup>[6]</sup>, 给出了一个简单的关系式:  $L_x \approx 10^{-3} L_{sd}$ , 其中,  $L_x$ 表示X射线光度,  $L_{sd}$ 表示总的转动能量损失。

反常X射线脉冲星(AXPs)是一种慢速旋转的中子星, 它与软伽马重复暴(SGRs)统称为磁星。自转周期为5~12 s, 具有特征年龄比较小( $< 10^5$  a)、强磁场( $> 10^{14}$  G)、X射线光度(约 $10^{29}$  J·s<sup>-1</sup>)远大于转动能损率(约 $10^{26}$  J·s<sup>-1</sup>)等特性, 是一类新的脉冲星。普遍认为其X射线辐射来自磁能损失。关于这类特殊中子星的研究一直很热, 最近几年发现了很多重要观测现象<sup>[7]</sup>, 2006年在XTE J1810-197的X射线活跃期探测到射电辐射<sup>[8]</sup>, 首次证明具有强磁场的磁星能够产生射电脉冲, 否定了以前很多人认为不会有射电辐射的理论<sup>[9]</sup>。反常X射线脉冲星周期导数变化率只有 $10^{-12}$ , 稳定度比较差。由于是一类年轻的脉冲星, X射线发射很活跃, 而且辐射机制复杂, 导致这类源本身内部噪声比较大, 计时的残差很大。若用于导航研究误差会很大, 所以不适合作为导航候选目标源。

## 3 X射线脉冲星导航分析

### 3.1 利用X射线脉冲星导航原因及面临困难

目前发现的大部分脉冲星是通过射电波段探测到的, 射电脉冲星的样本数目要比X射线脉冲星多很多。射电脉冲星具有脉冲轮廓稳定、脉冲半宽窄等优点, 脉冲到达时间可以很精确地测量; 但是由于脉冲星射电辐射很弱, 利用射电脉冲星导航, 飞行器上至少需要搭载一个20 m的射电望远镜, 空间实现比较困难。X射线脉冲星导航最大优势是其探测器可以设计

得非常小,便于携带,可以节省飞行器的动力和总质量,便于操作控制。因此,尽管射电脉冲星有很多优势,在空间导航中还是选择利用X射线脉冲星做导航研究。

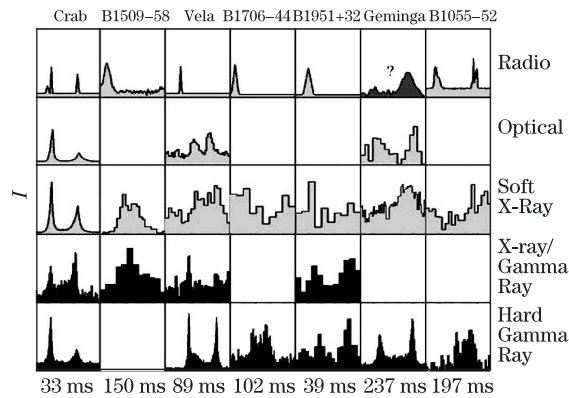


图1 脉冲星多波段观测轮廓<sup>[10]</sup>

脉冲星在不同波段辐射脉冲轮廓的形状和相位往往不一样,图1给出一些脉冲星射电、光学、X射线波段脉冲轮廓的比较<sup>[10]</sup>,目前只有少数脉冲星可以探测到其光学、X射线和伽马射线脉冲辐射。脉冲星X射线辐射比较弱,要得到高信噪比的X射线脉冲轮廓,需要长的观测积分时间。另外,大多数X射线脉冲星都很暗,处于银盘附近,背景噪声比较大,目前的X射线探测器探测不到其辐射的X射线脉冲,脉冲星总的X射线辐射除了脉冲辐射贡献之外,还有来自中子星本身热辐射贡献,所以某些源可以被探测为X射线源。

为了得到X射线脉冲轮廓,需要把X射线脉冲周期分为多个相位点。X射线探测器必须具有高的时间分辨率,尤其是观测毫秒脉冲星,对探测器的时间分辨率要求很高;又需要长的观测时间,使得每个脉冲相位间隔内能获得足够的光子数,其流量在背景流量之上,这也就意味着相位间隔越小,需要的曝光时间越长。目前一些卫星上的X射线探测器时间分辨率能够满足脉冲星观测要求,例如ROSAT卫星上的X射线探测器PSPC时间分辨率为 $100\ \mu\text{s}$ 。

### 3.2 选源的标准

为了保证X射线脉冲星导航系统的精确性和稳定性,必须对X射线脉冲星基本特性进行分析研究,筛选出一组最适合于做导航研究的候选目标源。

首先,适合于导航研究的X射线脉冲星,其位置精度要足够高,赤经和赤纬的精度要达到角秒量级,以提高到达时间TOA转换精度,从而提高导航精度。脉冲星位置精度对TOA转换的影响主要体现在Romer延迟项中<sup>[11]</sup>,若要脉冲到达时间TOA转换精度优于 $0.1\ \mu\text{s}$ ,则相应的脉冲星角位置误差应小于 $0.1''$ <sup>[12]</sup>。目前发现的脉冲星位置精度大多数能达到角秒量级,一些毫秒脉冲星其位置精度已经达到毫角秒量级,如PSR J1939+2439脉冲星赤经和赤纬的精度都优于 $0.1\ \text{mas}$ <sup>[13]</sup>。其次,作为导航候选体的X射线脉冲星,其X射线辐射流量要足够强,至少要能够被探测到信噪比较高的脉冲轮廓。由于脉冲到达时间的误差大小与脉冲轮廓信噪比成反比<sup>[14]</sup>,也就是说脉冲星的X射线流量越强,观测得到的脉冲轮廓信噪比就越高,从而到达时

间TOA的误差也就越小。第三, 对于选择用于导航的X射线脉冲星, 其周期、周期导数等旋转参数精度要比较高, 以表示其自转稳定度高, 脉冲星的旋转参数是脉冲星钟模型的基本参数, 其误差将会直接影响脉冲到达SSB时间的预报精度。脉冲星导航是以钟模型预报的时间为基准, 若脉冲到达时间预报误差为 $1 \mu\text{s}$ , 将带来300 m的距离误差。因此, 高精度的脉冲星旋转参数是利用X射线脉冲星进行航天器高精度导航的前提。如果是双星系统, 要有双星轨道参数。另外, 选择的X射线脉冲星其周期变化要稳定, 最好没发生过周期跃变现象, 辐射脉冲轮廓最好没有模式变换, 这些因素都影响脉冲星计时精度。最后, 选择用于导航的一组源最好在空间均匀分布, 这有利于飞行器空间位置的确定。

#### 4 目前适合导航的X射线脉冲星分析

根据上面给出的脉冲星导航选源标准, 可以看出对导航非常重要的两个参数指标: 脉冲星旋转参数的精度和X射线流量强度。另外, 如果目标源的脉冲周期短而且脉冲轮廓形状窄、尖锐, 也有利于导航, 因为这有助于得到高精度的脉冲到达时间模型, 从而能够精确地预测脉冲到达太阳系质心的时间, 这是脉冲星导航的关键。根据前面给出的各类X射线脉冲星的特点, 结合导航需要, 应该从转动能驱动的X射线脉冲星(RPSR)中选择适合导航的源。目前在发现的2 000多颗脉冲星中, 具有X射线辐射的转动能驱动脉冲星有62颗<sup>[4,15]</sup>。图2给出了各类脉冲星在 $P - \dot{P}$ 图中的位置, 其中有普通脉冲星和毫秒脉冲星(小黑点), 反常X射线脉冲星(五边星), 没有射电辐射的脉冲星(空心圆), 探测到X射线脉冲轮廓的脉冲星(实心五角), 只探测到X射线辐射但是没有探测到脉冲轮廓的脉冲星(空心五角星)。其中35个源探测到X射线脉冲轮廓(包括10个毫秒脉冲星)。探测到X射线脉冲轮廓的源中有13个源有周期跃变(Glitche)现象, 其中发生大于等于两次跃变的源有5个, 源名及跃变次数分别为J0537-6910(23)、J0534+2200(12)、J1952+3252(4)、J0835-4510(16)、J1826-1334(2)。

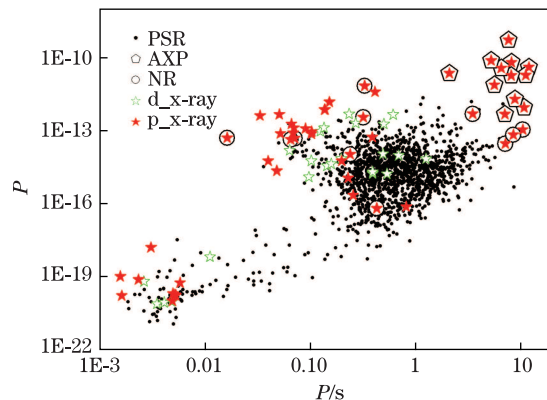


图2 不同类型脉冲星在 $P - \dot{P}$ 图中的位置(数据来自ATNF Pulsar catalogue)

图3给出具有X射线辐射的脉冲星在2~10 keV波段X射线流量强度分布,其中有毫秒脉冲星(圆点),普通脉冲星(上三角),反常X射线脉冲星(小方块)。从图上可知,反常X射线脉冲星X射线辐射流量最强,毫秒脉冲星比较弱。图3从左到右特征年龄越来越小,X射线辐射越来越强。所以年轻的脉冲星X射线流量比较强,高能辐射活跃。随着年龄的增加X射线辐射越来越弱。

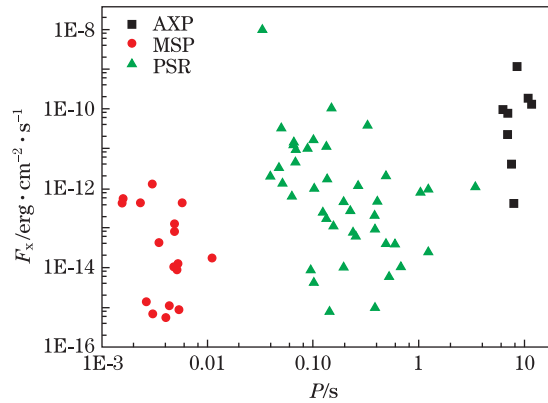


图3 探测到X射线辐射的脉冲星在周期-X射线流量图中的位置<sup>[4]</sup>  
其中有毫秒脉冲星(圆点)、普通脉冲星(上三角)、反常X射线脉冲星(小方块)。

毫秒脉冲星不同于普通脉冲星,其最主要的特点是其自转周期小( $P < 20$  ms)、自转周期稳定(周期的一阶导数为 $10^{-18} \sim 10^{-21}$ )、特征年龄大( $10^9$  a),有很高的自转稳定度,是X射线脉冲星导航最理想的候选源。表1列出了转动能驱动的10颗X射线毫秒脉冲星射电辐射特性,其中有一个源有周期跃变现象(1次)。周期跃变通常发生在年轻、活跃的脉冲星中,毫秒脉冲星属于年老的脉冲星,所以周期跃变很少,这也有利于导航应用。表2给出了10个毫秒脉冲星的X射线辐射特性,其中包括观测波段、X射线辐射流量强度、X射线脉冲轮廓比例等信息。

## 5 讨论分析

由于受X射线探测器本身Timing精度的限制,且脉冲星的X射线脉冲轮廓比射电脉冲轮廓宽,要得到类似射电波段高信噪比的脉冲轮廓比较困难。建立太阳系质心脉冲星钟模型时,如果直接用X射线Timing数据得到的星历参数建立钟模型,其脉冲到达SSB时间的预报精度比较低,最终影响导航精度。而射电波段的Timing精度比X射线波段高很多,地面射电观测也比较方便,可以及时更正脉冲星的星历,监测到一些脉冲星的周期跃变现象,使得一些具有跃变的脉冲星也能够用于导航研究。因此,用于导航脉冲星钟模型的建立需要射电与X射线波段观测相结合,有两种应用方案:(1)射电计时观测首先给出射电波段脉冲星钟模型,然后结合射电与X射线脉冲轮廓的相位差,最终给出X射线脉冲星钟模型;(2)通过射电观测得到

表 1 可用于导航毫秒脉冲星射电参数特性<sup>[15]</sup>

源名	$P0$ /ms	$P1$ /s · s <sup>-1</sup>	色散量 /cm <sup>-3</sup> · pc	W50 /ms	W10 /ms	S 1400 /mJy	NGLT /num
J1939+2134	0.001 56	1.05E-19	71.039 8	0.063	0.19	10	-
J1959+2048	0.001 61	1.69E-20	29.116 8	0.035	0.06	0.4	-
J0218+4232	0.002 32	7.74E-20	61.252	-	-	0.9	-
J1824-2452	0.003 05	1.62E-18	119.857	0.15	0.3	0.18	1
J0751+1807	0.003 48	7.79E-21	30.24 89	0.7	-	3.2	-
J0030+0451	0.004 87	1.02E-20	4.332 8	-	-	0.6	-
J2124-3358	0.004 93	2.06E-20	4.595 6	0.51	3.82	1.6	-
J1024-0719	0.005 16	1.85E-20	6.485 2	0.59	1.8	0.66	-
J1012+5307	0.005 26	1.71E-20	9.023 3	0.69	-	3	-
J0437-4715	0.005 76	5.73E-20	2.644 76	0.969	2.32	1 425	-

注:  $P0$ 为周期;  $P1$ 为周期导数;  $W50$ 为辐射强度50%处脉冲宽度;  $W10$ 为辐射强度10%处脉冲宽度; NGLT为发生周期跃变次数。

表 2 可用于导航毫秒脉冲星X射线辐射特性<sup>[14, 6]</sup>

源名	能段 /keV	流量 /J · cm <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	PF /%	射电	X射线
J1939+2134	2~10	4E-19	86	p	p
J1959+2048	0.5~2.4	3.038E-20	60	p	p
J0218+4232	0.1~2.4	1.446E-20	60	p	p
J1824-2452	0.5~2.4	4.8E-20	98	p	p
J0751+1807	0.1~2.4	8.15E-21	70	p	p
J0030+0451	0.1~2.4	2E-20	10	p	p
J2124-3358	0.1~2.4	2.993E-20	28.2	p	p
J1024-0719	0.1~2.4	1.12E-21	52	p	p
J1012+5307	0.1~2.4	4.898E-21	75	p	p
J0437-4715	0.1~2.4	1.868E-19	27.5	p	p

注: PF表示X射线脉冲轮廓比例; p表示探测到脉冲轮廓。

其高精度旋转参数, 然后结合X射线探测器观测给出的脉冲相位来建立X射线脉冲星钟模型。表3给出一些脉冲星射电脉冲相对于X射线脉冲的相位延迟<sup>[16]</sup>, 利用上面给出的第一种方案将有助于建立X射线脉冲星钟模型。

影响脉冲星Timing精度的因素很多, 既有脉冲星本身内禀的因素, 如周期噪声、跃变; 又有外界的因素, 脉冲信号受到经过的星际介质的影响, 如色散、闪射等; 还有天线接收系统以及原子钟误差的影响。目前脉冲星Timing精度在不断地提高, 尤其是澳大利亚Parkes天

表3 脉冲星射电相对于X射线脉冲相位延迟<sup>[16]</sup>

源名	周期/ms	R/X相位差
J1939+2134	1.56	0.04(1)
J0218+4232	2.32	0.0(1)
J1824-2452	3.05	0.00(2)
J0030+0451	4.87	0.00(6)
J0437-4715	5.76	0.003(3)
J0737-3039A	22.7	0.04(6)
J0534+2200	33.1	-0.0102(12)
J0205+6449	65.7	0.10(1)
J1420-6048	68.2	-0.35(6)
J0835-4510	89.3	0.12(1)
J1709-4429	102	0.0(2)
J1513-5908	151	0.27(1)
J1513-5908	197	-0.20(5)
J1932+1059	227	0.06(2)
J0953+0755	253	0.25(11)
J0659+1414	385	-0.25(5)
J1119-6127	408	0.006(6)
J0630-2834	1244	0.20(5)

文台在脉冲星Timing方面做得非常好, 2004年起Parkes挑选了一组毫秒脉冲星(20个)组成脉冲星计时阵(PPTA), 每两周做一次常规Timing观测, 其目的是探测宇宙背景残余引力波。为了使脉冲星Timing精度能够探测到引力波, 他们在软件和硬件方面不断改进, 在Timing处理软件Tempo基础上开发了到达时间转换精度小于1 ns的Tempo2软件<sup>[17]</sup>, 脉冲星观测硬件也在不断地改进。其目标要达到至少有10个源Timing残差小于100 ns。PPTA的样本中有5个源有X射线脉冲辐射, 它们的观测也将为一些可用于导航的目标源提供更高精度的星历参数。最新给出的结果显示其中有5个源的Timing精度达到几百纳秒量级<sup>[18]</sup>, 尤其是PSR J0437-4715的Timing精度达到56 ns。

目前选择适合于空间导航的目标源比较少, 不久将来如果中国进行空间X射线脉冲星导航试验, 选择目标源首要考虑的指标是X射线辐射流强度, 以保证能够探测到X射线脉冲轮廓, 然后再考虑一些其他因素, 如脉冲轮廓较好、旋转参数精度高等。表4给出7颗目前在软X射线波段辐射流量较强的转动能驱动的脉冲星(4颗普通脉冲星, 3颗毫秒脉冲星), 是一些X射线脉冲轮廓(PF较高)比较好的源, 按其在2~10 keV波段流量由高到低排列。它们的位置精度都比较高, 除了J1513-5908位置精度为角秒量级, 其他6个源位置精度都达到0.01", 其中J0835-4519和J1939+2134的位置精度达到0.1mas。2010年Hobbs对时间跨度大于10 a甚至个

别跨度达到36 a的366颗源进行了timing研究分析<sup>[19]</sup>, 给出表4列出的3颗毫秒脉冲星的计时分析结果, 以及它们timing残差大小和 $\sigma_z$ 的稳定度, Timing残差大小都达到几十微妙, 10年 $\sigma_z$ 的稳定度达到 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 。由前面的统计分析可知, 目前发现的转动能驱动的X射线脉冲星

表4 一些适合于导航的目标源详细参数<sup>[4,15]</sup>

源名	x射线流量 /ph · cm <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup>	周期 /ms	赤经 /hms	PMRA /mas · a <sup>-1</sup>	PMDEC /mas · a <sup>-1</sup>
J0534+2200	1.54E+00	33.08	05:34:31.973(5)	14.7(8)	2.0(8)
J1513-5908	1.62E-02	150.66	15:13:55.62(9)	-	-
J1846-0258	6.03E-03	325.68	18:46:24.94(1)	-	-
J0835-4510	1.59E-03	89.33	08:35:20.61149(2)	-49.68(6)	29.9(1)
J1824-2452	1.93E-04	3.05	18:24:32.00796(2)	-0.9(1)	-4.6(18)
J0218+4232	6.65E-05	2.32	02:18:06.3510(15)	-	-
J1939+2134	4.99E-05	1.56	19:39:38.558720(2)	-0.46(2)	-0.66(2)

注: PMRA为赤经自行; PMDEC为赤纬自行; ph表示光子数; 括号内表示误差大小。

中, 有近一半的源(32颗)只探测到X射线辐射, 没有探测到脉冲轮廓。有待更高精度的X射线探测器监测这些源, 以及发现更多新的具有X射线辐射的脉冲星, 以增加脉冲星导航可用源。

## 参考文献:

- [1] Hewish A, Bell S J, et al. Nature, 1968, 217: 709
- [2] Backer D C, Kulkarni S R, Heiles C, et al. Nature, 1982, 300: 615
- [3] Downs G S. NASA Technical Reports N74-34150, October 1974: 1
- [4] Sheikh S I. Ph.D.Dissertation. Maryland: University of Maryland, 2005
- [5] Seward F D, Wang Z R. ApJ, 1988, 332: 199
- [6] Becker W, Trumper J. A&A, 1997, 326: 682
- [7] Kaspi V M. Ap&SS, 2007, 308: 1
- [8] Camilo F, Ransom S M, et al. Nature, 2006, 442: 892
- [9] Baring M G, Harding A K. ApJ, 1998, 507: 55
- [10] Thompson D J. Cosmic Gamma-Ray Sources. London: Kluwer, 2004: 149
- [11] Lorimer D R, Kramer M. HANDBOOK OF PULSAR ASTRONOMY. Cambridge: Cambridge University Press, 2005: 207
- [12] 帅平, 李明等. X射线脉冲星导航系统原理与方法. 北京: 中国宇航出版社, 2009: 444
- [13] Cognard I, Bourgois G, Lestrade J F, et al. A&A, 1995, 296: 169
- [14] Lorimer D R, Kramer M. HANDBOOK OF PULSAR ASTRONOMY. Cambridge: Cambridge University Press, 2005: 202
- [15] <http://www.atnf.csiro.au/research/pulsar/psrcat/>, 2011
- [16] Livingstone M A, Ransom, S M, et al. ApJ, 2009, 706: 1163
- [17] Hobbs G, Edwards R T, Manchester R N. MNRAS, 2006, 369: 655
- [18] Verbiest J P W, Bailes M, et al. MNRAS, 2009, 400: 951
- [19] Hobbs G, Lyne A G, Kramer M. MNRAS, 2010, 402: 1027



## Research on X-ray Pulsar Navigation Sources

ZHAO Cheng-shi<sup>1</sup>, CHEN Ding<sup>1</sup>, CAI Hong-bing<sup>1</sup>, NAN Ren-dong<sup>2,3</sup>

(1. National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, China; 2. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China; 3. Key Laboratory for the Radio Astronomy, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Pulsars have very high rotational stability, which allow them to be applied for autonomous navigation in space. Selecting a set of X-ray pulsar sources for autonomous navigation is a very important work. X-ray pulsar flux density, position and rotational parameter precision are very important to navigation. This paper describes the assembled X-ray pulsar navigation sources catalogue in detail, X-ray pulsar can be grouped in three different families according to the powering source: accretion-powered pulsars(APSRs), rotation-powered pulsars(RPSRs) and anomalous X-ray pulsars(AXPs). By analyzing their characteristics, APSRs and AXPs are not suitable candidates. RPSRs possess the most advantageous characteristics for navigation. We gather all RPSRs into one collective set. Totally, 34 RPSRs have been detected with the X-ray pulse profiles, including 10 millisecond pulsars, which could form the basis of navigation system. In addition, 32 other sources have only been detected with X-ray radiation, which may need high sensitivity X-ray detector to detect the pulse profiles. Then, we provide briefly discussion on the RPSRs, including their properties at radio and X-ray band, which allows the analysis of each source for its potential as a candidate for navigation purpose. Finally, we present a set of pulsars which may be suitable for China X-ray navigation experiment in the future.

**Key words:** X-ray pulsar; navigation; timing