

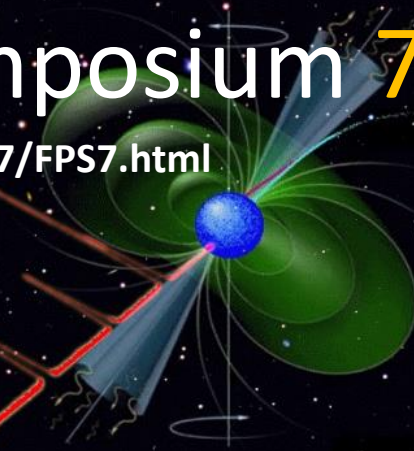
五百米口径球面射电望远镜脉冲星研讨会 (7)

Local organizers

- Qihui Chen (GZHU)
- Yongfeng Hu (GZHU)
- Wenjun Huang (GZHU)
- Jiguang Lu (NAOC)
- Yunpeng Mei (PKU)
- Wensheng Tan (GZHU)
- Hao Tong (GZHU)
- Hongguang Wang (GZHU, Chair)
- Fupeng Zhang (GZHU)
- Yanrong Zhang (GZHU)

FAST Pulsar Symposium 7

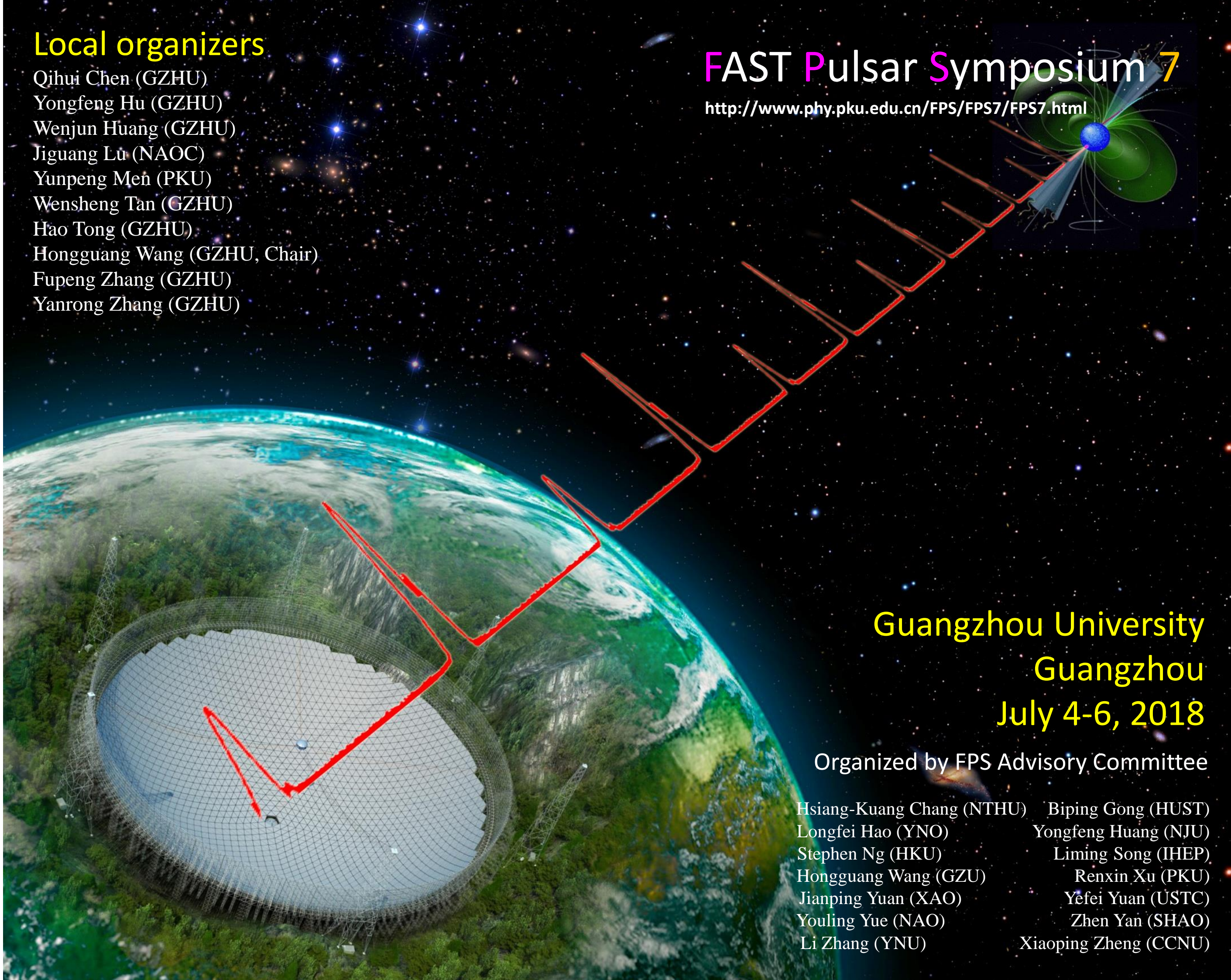
<http://www.phy.pku.edu.cn/FPS/FPS7/FPS7.html>



Guangzhou University  
Guangzhou  
July 4-6, 2018

Organized by FPS Advisory Committee

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Hsiang-Kuang Chang (NTHU) | Biping Gong (HUST)    |
| Longfei Hao (YNO)         | Yongfeng Huang (NJU)  |
| Stephen Ng (HKU)          | Liming Song (IHEP)    |
| Hongguang Wang (GZU)      | Renxin Xu (PKU)       |
| Jianping Yuan (XAO)       | Yefei Yuan (USTC)     |
| Youling Yue (NAO)         | Zhen Yan (SHAO)       |
| Li Zhang (YNU)            | Xiaoping Zheng (CCNU) |



# 第七届全国脉冲星学术研讨会

## The 7th FAST/Future Pulsar Symposium

2018年7月3日-6日 广州



# 500 米口径球面射电望远镜/未来脉冲星专题研讨会

## 第七次会议

受“973 计划”项目的资助在新疆、云南、上海、内蒙、贵州等地组织了五次 FPS 会议后，FPS 所承载的“脉冲星人才培养”的角色并未消失。此后又在武汉（2017 年 6 月 28 日至 30 日）召开了第六次 FPS 会议。今年 7 月 4 日至 6 日在广州召开了第七次 FPS 会议。为了更有效地调动年轻学子的积极性，从 FPS6 开始评选并颁发，Crab 奖和 Vela 奖。FPS7 评奖委员会（戴子高、龚碧平、郝龙飞、黄永锋、来小禹、李昂、李柯伽、刘雄伟、仝号、王洪光、吴志勇、徐仁新、闫振、袁业飞、岳友岭、郑小平等构成）最终遴选出 Crab 奖一名（周恩平）、Vela 奖三名（卢吉光、潘之辰、王维扬）。右图为获奖者合影。

随着 FAST 的验收并开放使用，2019 年将是脉冲星研究的转折点。随着这个全球最大单口径望远镜的常规运行及逐步改进，相信中外学者必将把脉冲星研究全面推向新台阶！

作为“FPS 人”共同的“历史记忆”，您手中是第七本会议文集。相信文集在会场外将进一步绽放 FPS 的精神魅力。已有 FPS 文集电子版网址如下：

[http://www.phy.pku.edu.cn/~xurenxin/Proceedings/FPS \$\alpha\$ .pdf](http://www.phy.pku.edu.cn/~xurenxin/Proceedings/FPS<math>\alpha</math>.pdf)

这里  $\alpha = 1, 2, 3, \dots, 7$ ，代表获取第一到七次的 FPS 文集。我们在这里不求“人夸颜色好”，但望“清气满乾坤”<sup>\*</sup>。相信不少同行已于 FPS 文集中品味了若干其他方式较难获得的学术“火花”，但我们期待更多受众。



FPS7 获奖者合影

左起：潘之辰 王维扬 周恩平 卢吉光

科学组委会：“FPS”咨询委员会

地方组委会：广州大学 陈绮惠，胡永峰，黄文俊，谭文胜，仝号，  
王洪光（主席），张福鹏，张颜荣  
国家天文台 卢吉光，北京大学 门云鹏

公元贰零壹捌年拾贰月

<sup>\*</sup>取自元代王冕（1287 年生，1359 年卒）诗句《墨梅》：“不要人夸颜色好，只留清气满乾坤”。

## 目 录

1. Magnetic field growth in PSR J1734-333	高志福	1
2. 脉冲星-白矮星双星的起潮力效应研究	龚碧平	3
3. 脉冲星测时阵列与太阳系动力学	郭彦君	4
4. The Spin-down State Change and Mode Change Associated with Glitch Activity of PSR B2035+36	寇菲菲	5
5. 奇子星的周期跃变	来小禹	8
6. 中子星状态方程：目前的地面核实验和天文观测限制	李昂	11
7. 中子星表面引力红移如何测量？	李兆升	13
8. Non-Imaging Fast Transient Search in VLBI Observation	刘磊	14
9. 用 FAST 研究脉冲星单脉冲	卢吉光	16
10. 不忘初心，砥砺前行——记 4 次参加 FPS 会议的成长与感悟	罗睿	17
11. PMPS Data Reprocessing and the Discovery of Two New Pulsars	潘之辰	18
12. FPS7 会议感想	王惠惠	20
13. Pulsar giant pulse: coherent instability near light cylinder	王维扬	21
14. R-mode instability windows of strange stars	王榆斌	23
15. 脉冲双星研究的 FAST 时代	胥恒	26
16. 双子·中子·奇子	徐仁新	28
17. Crab 脉冲星流量随时间的演化	闫林丽	29
18. 上海天马射电望远镜脉冲星观测研究进展	闫振, 沈志强, 吴亚军, 赵融冰, 赵汝双, 刘杰, 黄志鹏, 吴鑫	30
19. A new method to detect and classify Radio Frequency Interference (RFI)	袁懋	33
20. 致密星物理：我的早期研究	袁业飞	36
21. 较差转动奇异星与双星并合遗迹	周恩平	38
22. 会议日程		39

# Magnetic field growth in PSR J1734–333

Zhifu Gao  
Xinjiang Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences  
150, Science 1-Street, Urumqi  
Xinjiang 830011  
P. R. China.  
Email: zhifugao@xao.ac.cn

## 1 Introduction

PSR J1734–3333 is a low braking index pulsar ( $n=0.9(2)$ ) with inferred dipole magnetic field  $B_d = 5.2 \times 10^{13}$  G. We assume its internal multipole magnetic field is about  $B_{in} \sim 10^{15-16}$  G, and the surface dipole field  $B_d$  after NS formation, but prior to mass accretion. Accretion then buries and compresses these born multipole and dipole magnetic fields, and the surface dipole field at birth is far less than the quantum critical magnetic field. The buried multipole magnetic fields merger and the buried dipole magnetic field diffuses via the Hall drift and Ohmic decay.

## 2 Theoretical Models

If the magnetic field evolution of PSR J1640–4631 cannot be ignored, and the dipole braking still dominates, according to Blandford & Romani (1988) [1], the braking law of the pulsar is reformulated as

$$\dot{\nu}(t) = -\frac{8\pi^2 R^6 \sin^2 \alpha}{3Ic^3} B_d^2(t) \nu^3. \quad (1)$$

Here we adopt  $\alpha = 90^\circ$  and  $I = 10^{45}$  g cm<sup>2</sup> for PSR J1734–3333, corresponding to a NS mass of  $1.4M_\odot$  and the radius of  $R = 10^6$  cm. Then, we get the spin period,  $P_0 = 65 - 62$  ms, initial dipole magnetic field  $B_d(0) = (1.6 - 1.4) \times 10^8$  G and magnetic growth index  $\varepsilon \sim (1.4 - 1.28)$  (Gao et al. 2017 [2]).

## 3 Summary

In this work, we present a possible interpretation for very small braking index of PSR J1734–3333, which challenges the current theories of braking mechanisms in pulsars,

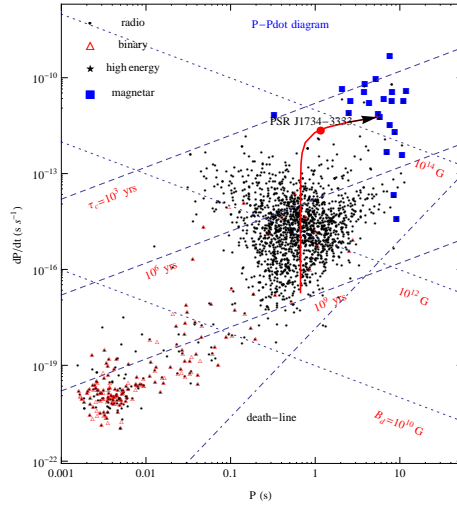


Figure 1: Long term rotational evolution of PSR J1734–3333.

and estimate some spin parameters According to our suggestions, this pulsar could be born with a superhigh internal magnetic field  $\sim 10^{14} - 10^{16}$  G, and could undergo a supercritical accretion soon after its formation in a supernova. The increase in  $B_d(t)$  may result in the small braking index value of 0.9 and the magnetar-like magnetic field strength in the future.

I am grateful to Prof. Xu for organizing this conference.

## References

- [1] R. D. Blandford, & R.W. Romani, MNRAS, 234, 57 (1988)
- [2] Z. F. Gao, N. Wang, & H. Shan, AN, 338, 1060 (2017)

## Discussion

**H. G. Wang (Guangzhou University ):** The result is very interesting, how the pulsar will evolve into a magnetar?

**Y. B. Wang (Xinjiang Astronomical Observatory):** Keeping the current field-growth index, the surface dipole field would reach magnetar-like strength in tens of millenniums, which implies that this pulsar is a potential magnetar.

## 脉冲星-白矮星双星的起潮力效应研究

龚碧平 (Biping Gong)  
华中科技大学物理学院  
中国 湖北 武汉 430074  
Email: bpgong@hust.edu.cn

脉冲星双星到达时间研究有三方面的意义。在物理领域它是检验基本物理的天然实验室，致密脉冲双星又是地面和空间引力波探测的目标源。在天文领域分析和理解脉冲双星的到达时间的各种特征是研究脉冲星的内部结构与物理过程以及脉冲双星的演化的依据。另外，一些时间精度极高的脉冲双星如PSR J0437-4715是脉冲星探测引力波阵列的关键参考源。这些应用的瓶颈问题是脉冲星到达时间精度，只有在理解并扣除所有影响到达时间的延迟项的基础上才可以有效地进行以上应用研究。

绝大部分脉冲双星的伴星是白矮星，轨道周期为数天到数小时。理论上潮力可以影响脉冲星-白矮星双星的到达时间，但实际观测中该效应是被长期忽略的，如脉冲星的到达时间的标准处理软件TEMPO中就没有脉冲星-白矮星双星的起潮力修正相。

在上一个自然基金项目的资助下，我们研究了被认为是单个脉冲星的PSR B0919+06，的长期时间噪声。如果该时间噪声起源于一个致密双星系统的轨道-自旋耦合，则该脉冲星对应于一个轨道周期为14分钟的致密双星系统。为检验双星预言我们申请并获得了美国305米射电望远镜Arecibo的单脉冲观测。其轨道调制与通常轨道周期为数小时的脉冲双星系统有显著差别。我们用起潮力产生的附加效应拟合了单脉冲观测结果。2016年我们用西班牙4.2米WHT光学望远镜的光学对应体观测，寻找预言的白矮星光学对应体。由于这个源的多波段观测（射电，X-射线，光学）的位置误差较大，目前还无法认证光学对应体。该研究的潜在意义：一种通过时间噪声搜寻致密双星的新方法；一种新的时间噪声起源模型(Gong et al. 2018)。

接下来我们将进行两方面的研究。

一、致密双星的搜寻，继续进行多波段观测，验证候选体的白矮星伴星的光学辐射与脉冲星的射电辐射（单脉冲FAST，天马）的相位关系。

二、我们将系统研究已经被认证为脉冲星-白矮星双星之起潮力效应。模拟其起潮力效应并与观测对比，并植入脉冲星到达时间处理软件TEMPO2中检验。这些理论与观测结合的研究聚焦脉冲星研究前沿，拟使用我国的大型天文仪器进行独辟蹊径的研究，力争取得新的成果，并服务于应用领域。

## 脉冲星测时阵列与太阳系动力学

郭彦君 (YanJun Guo)

北京大学物理学院

北京 100871

Email: [guoyj10@pku.edu.cn](mailto:guoyj10@pku.edu.cn)

毫秒脉冲星是非常稳定的时钟，可以应用到很多天体物理问题的研究中。通过测时观测，脉冲到达时间 (TOA) 能够被精确测量，用测时模型拟合 TOA 可以得到脉冲星参数。模型与数据之差称为测时残差，反映了测时模型之外的物理过程。脉冲星测时阵列 (PTA) 通过观测不同位置的多颗脉冲星，可以研究影响所有脉冲星的现象，比如引力波，太阳系星历表和地面时间标准的误差。这里简单介绍一下用 PTA 探索太阳系动力学。

为了消除地球公转对 TOA 的影响，地面望远镜记录的 TOA 需要转换到太阳系质心 (SSB)。地球相对于 SSB 的位置由太阳系星历表提供，星历表结合了太阳系动力学方程和观测数据来预测太阳系天体的位置和速度。如果星历表存在误差，就可能导致 SSB 的位置不准确，从而引起额外的测时残差。这种残差在不同的脉冲星之间具有偶极关联，PTA 可以用来限制星历表的参数，比如行星质量。在目前的测时精度下，太阳系星历表误差引起的信号对 PTA 噪声有重要贡献，并且会影响 PTA 给出的引力波上限，因此太阳系动力学研究对于引力波探测也是必要的。

如果我们扰动木星的质量，并假定行星轨道不变，那么 SSB 位置的变化就简单地正比于木星的轨道。SSB 的偏移会改变 TOA，这样测时残差中也会出现以木星轨道周期变化的信号。通过在 PTA 数据中搜寻这样的信号，我们可以测量木星质量。目前 IPTA DR 1 能够测量的木星质量精度与飞船观测的精度相当，但其他行星的 PTA 测量精度低于飞船观测的精度。

除了测量已知行星的质量，PTA 也可以对太阳系中的未知天体加以限制。假设未知天体围绕 SSB 做开普勒运动，我们可以用类似上一节的方法搜寻这样的天体引起的信号，并对其质量进行限制。但这种方法仅适用于轨道周期较短的天体，当轨道周期长于 PTA 数据长度时，对脉冲星自转参数的拟合会吸收轨道信号，导致灵敏度迅速变差。轨道周期较长的天体对 SSB 的影响近似为一个恒定的加速度，可以通过双星系统中脉冲星的轨道周期导数来限制。

上述方法都假定了行星质量的微小改变不影响行星轨道。但太阳系行星的轨道实际上是很复杂的，除了太阳的引力，还要考虑其他行星的摄动影响。除了 SSB 位置的变化，行星质量的改变可能还会引起其他效应。要准确地计算太阳系星历表误差引起的 TOA 变化，我们需要完整的太阳系动力学模型，数值积分运动方程来得到精确的行星轨道。在此基础上，我们才能研究星历表误差对 PTA 探测引力波的影响，并发展可靠的方法来移除这种误差。



# The Spin-down State Change and Mode Change Associated with Glitch Activity of PSR B2035+36

*Feifei Kou*

*Xinjiang Astronomical Observatory, CAS, 150 Science 1-Street, Urumqi, Xinjiang 830011 P. R. China*

Email: koufeifei@xao.ac.cn

## 1 Introduction

PSR B2035+36 (J2037+3621) is an isolated radio pulsar with period of 0.6187 s and period derivative of  $4.5024 \times 10^{-15}$  s/s [1]. It was also pronounced that a change in the integrated pulse profile was associated with an increase in spin-down rate [2]. In addition to that, we found that these significant changes in spin-down rates and pulse profiles were associated with a glitch activity. In this paper, we report one glitch event, the associated spin-down state change and mode change in PSR B2035+36.

## 2 Observations And Results

Pulsar timing observations of Xinjiang Astronomical Observatory (XAO) are carried out by the 25-m telescope at Nanshan. The receiver has a bandwidth of 320 MHz centered at 1540 MHz. An analogue filterbank (AFB) with  $128 \times 2.5$  MHz sub-channels was used to obtain data before 2010. PSR B2035+36 has been generally observed three times per month. The integrate times were 4 ~ 16 minutes

Fig. 1 shows the variations of frequency  $\nu$  and its first derivative  $\dot{\nu}$  during our data span. The top panel shows that there was a small jump in  $\nu$  resulting from glitch around MJD 52950 (dashed line) and the bottom panel shows that the spin-down rate  $|\dot{\nu}|$  changed significantly accompanied with the glitch. The corresponding glitch size and fractional change in spin-down rate were  $\Delta\nu/\nu \sim 7.7(8) \times 10^{-9}$  and  $\Delta\dot{\nu}/\dot{\nu} \sim 0.067(8)$ , respectively. It's worth noting that  $|\dot{\nu}|$  increased persistently over 800 days after the glitch, which was opposite to the typical post-glitch behavior. The average  $|\dot{\nu}|$  of post-glitch was about 9.6% larger than pre-glitch.

In addition to the spin-down state change, emission mode switching was also found in the post-glitch data. Distributions of the full width half maximum (FWHM and  $W_{50}$  for short) of all integrated pulse profiles are given in the left sub-figure of Fig. 2. The  $W_{50}$  became narrower and began to switch between two states after the glitch (dashed line). Visually, the number of the narrow pulse profiles was more than that of

the wide ones. To analyze the pulse profile, we summed all pulse profiles according to different types to generate normalized integrated pulse profiles, which are presented in the right sub-figure Fig. 2. There was only one stable emission mode (pulse profile type) before the glitch (the black pulse profile). However, after the glitch, the pulsar switched between two emission modes with relatively narrow and wide pulse profiles (the solid and the dashed red pulse profiles), respectively. Besides, pulse profiles of post-glitch became narrower than pre-glitch. Basically, the pulse profile of PSR B2035+36 contains three components, and the middle component is dominant. The leading and the trailing components of post-glitch became weaker than pre-glitch, and because of intensity variation in the leading and the tail components, the pulsar switched between two emission modes.

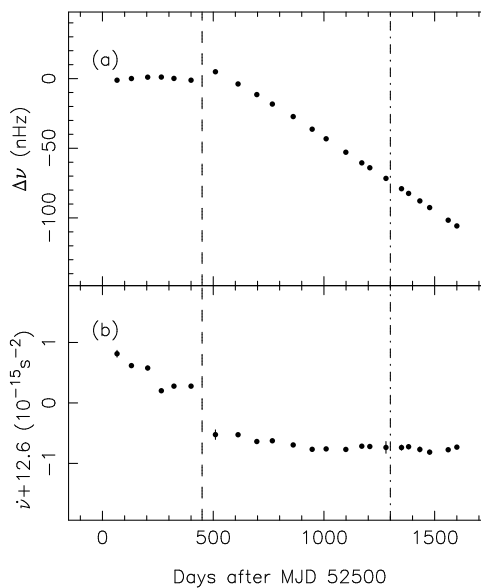


Figure 1: Variations of  $\nu$  and  $\dot{\nu}$  of PSR B2035+36 by fitting  $\nu$  and  $\dot{\nu}$  for small sections of data. The dashed line is the glitch epoch of MJD 52950.

### 3 Discussions

Glitch is usually believed as the internal origin. Furthermore, the spin-down and emission behavior is thought to be driven from the external braking torque and magnetospheric radiation. For PSR B2035+36, a permanent increase in the spin-down rate and pulse profile change were found accompanied with a glitch activity occurred at MJD 52950. Besides, mode change was also observed in the post-glitch data, and the relatively narrow pulse mode gradually became dominant. Observations of PSR

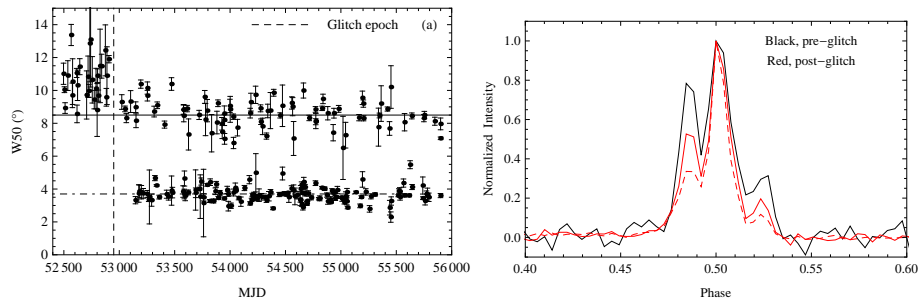


Figure 2: Left: Distributions of  $W_{50}$  in unit of degree for PSR B2035+36, the black solid line and dot-dashed line are the average values of  $W_{50}$  ( $8.5(7)^\circ$  and  $3.7(2)^\circ$ ) of post-glitch; Right: The integrated normalized pulse profiles of different pulse profile modes of PSR B2035+36. The solid and the dashed lines indicate the wide and narrow pulse profiles, respectively.

B2035+36 present a new direct observational evidence about the connection between magnetosphere behavior and glitch activity, which suggest one possibility that the magnetospheric fluctuation may be triggered by glitch event.

## References

- [1] R.J. Dewey, J.H. Taylor, J.M. Weisberg, J.H. Stokes, **ApJ**, 294, 25 (1985)
- [2] A.G. Lyne, G. Hobbs, M. Kramer, I. Stairs, B. Stappers, **Sci**, 329, 408 (2010).

# 奇子星的周期跃变

来小禹  
湖北第二师范学院  
物理与机电工程学院  
中国 湖北 武汉 430205  
Email: laixy@pku.edu

## 1 引言

脉冲星类天体是大质量恒星演化晚期发生超新星爆发之后的产物。虽然脉冲星类天体已经有了相当丰富的观测性质，但是这些仍然无法让我们确定其内部的组成和结构。中子星和夸克星是目前使用得最多的模型，但是这两者都存在一些问题，比如中子星的“超子疑难”、流体的夸克星无法解释周期跃变(glitch)现象，等等。对中子星和夸克星这两类模型存在的疑难问题的阐述超出了本文的范围，而且就作者所知对于这方面目前还没有一个结合最新观测所做的完整综述，感兴趣的读者可以自行归纳，同时参考 [1]。

除了中子星和夸克星，还有一种可能的模型，就是奇子星模型。当然，这一模型还是假说，对其性质的任何说明都是基于假设和类比，无法给出理论上严格的解释。奇子英文名为strangeon，就是奇异核子的意思(即strange nucleon的合成词)。顾名思义，奇子类似于我们熟知的像质子和中子那样的核子，不同之处有两点：(1) 每个奇子的组分夸克由上、下和奇异三种夸克组成，并且这三种夸克的数目几乎相等；(2) 每个奇子中组分夸克的数目未知，可以大于等于3。奇子星和中子星的不同，不仅在组成粒子不同，而且表面性质不同。由于零压下中子物质没有 $^{56}\text{Fe}$ 物质稳定，中子星在接近表面处，会通过 $\beta$ 衰变由富中子物质过渡到普通物质。由于中子星的质量足够大，而表面处又是普通物质，所以整个星体是引力束缚的，就像普通恒星那样；另一方面，由于奇子物质在零压下可能比 $^{56}\text{Fe}$ 以及中子物质稳定，所以可以假设星体的表面也是由奇子物质组成的。奇子之间的相互作用很强(仍属于强相互作用范畴)，所以整个星体是自束缚的，就像夸克星那样。

一般认为，中子星内部的丰中子物质通过形成Cooper对而成为中子超流态，但是奇子星内部又是何种状态呢？为了解释周期跃变和进动等现象，星体应该有一个固态的表面，又因为奇子星的内部和表面都是奇子物质，所以我们认为奇子星的内部和表面可能都是固态的。这一点可以理解：在星体内部条件下，由若干夸克组成的奇子是非相对论性的粒子，再与普通单原子物质(比如金属和惰性气体)作对比，可以作一个合理假设，即当温度降到足够低时，奇子物质是可能处于固态的。这里所需的“低温”其实并不低，只要小于约1 MeV就可以。所以，除了刚诞生时、以及双星并合前后很短的时间内，我们认为奇子星是固态的。

周期跃变是脉冲星非常重要的观测性质，发生在大多数射电脉冲星和一些 X 射线脉冲星中，其典型特征表现为自转频率的突然向上跳变以及相对较慢(典型时标为几天)的恢复或部分恢复，同时自转频率随时间的变化率也有变化。本文将简要阐述在奇子星模型下如何理解脉冲星的周期跃变行为。

## 2 周期跃变过程

对于固态奇子星，类似中子星固态壳层中的星震过程 [2]，奇子星的周期跃变也是由星震导致的，具体过程为：(1) 在脉冲星自转减慢的过程中星体不断积累应力，当应力达到临界值，星体表面处会发生碎裂，即发生星震；(2) 碎裂之前，星体表面某厚度的椭球壳受到来自赤道部分的挤压，所以碎裂之后的碎块由赤道附近向星体两极移动，导致星体转动惯量突然减小，进而由于角动量守恒使得转动频率突然增大(相对跃变发生之前增加了 $\Delta\Omega_g$ )，即表现为周期跃变；(3) 碎裂之前星体表面某厚度以下的椭球体受到沿赤道方向拉伸的张力，碎裂之后张力突然释放导致椭球体发生弹性运动，导致转动惯量又增大，进而自转频率减小(相对突变时的最大频率下降了 $\Delta\Omega_d$ )，即表现为跃变之后自转频率的恢复。

在这一图像下，我们研究了恢复因子( $Q = \Delta\Omega_d/\Delta\Omega_g$ )和跃变相对幅度( $\Delta\Omega_g/\Omega$ )的关系。已有的观测数据表明 $\Delta\Omega_g/\Omega$ 和 $Q$ 有反相关的趋势。我们把星震发生之后的星体的内部运动分成两部分：一是发生碎裂的表面那一层椭球壳，是塑性流体，其变化完全不可恢复；二是椭球壳之下的椭球体，作弹性运动，可以完全恢复。塑性流体对转动惯量的影响显然比弹性运动大，即塑性流体所占比重越大则跃变的幅度 $\Delta\Omega_g/\Omega$ 越大。这样，我们就可以理解为什么 $\Delta\Omega_g/\Omega$ 大的跃变，其恢复因子 $Q$ 越小(反之亦然)。与观测数据的对比见图 1 [3]。

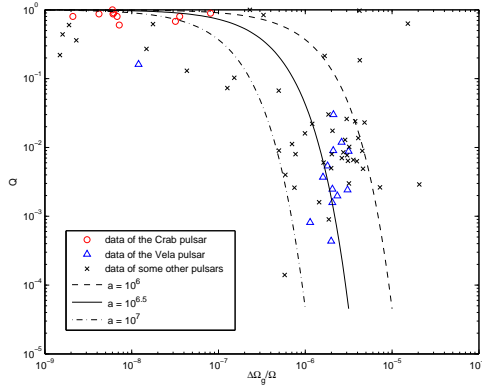


Figure 1: 恢复因子( $Q = \Delta\Omega_d/\Delta\Omega_g$ )和跃变相对幅度( $\Delta\Omega_g/\Omega$ )的关系 [3]

我们还计算了两次跃变之间的时间间隔和跃变相对幅度的关系，并且与 Crab 脉冲星 和 Vela 脉冲星的数据作了比较。这两颗脉冲星的周期跃变分别属于典型的

小幅度和大幅度型的，但是两次跃变之间的时间间隔却相差不大。我们通过对比理论结果和观测数据，发现可能的解释是 Crab 脉冲星的扁率比 Vela 脉冲星的扁率大了约一个量级。

### 3 结论和讨论

我们在星震图像下讨论了固态奇子星的周期跃变，发现跃变的恢复过程和时间间隔可以在合理的参数下得到解释。

现实世界中发生的过程是复杂的。我们这里的图像只是一个初步的探讨，加入了许多简化。未来我们会试图作出更细致的计算，并且讨论周期跃变的更多方面的特征，比如频率导数的变化 $\Delta\dot{\Omega}/\dot{\Omega}$ 等。

### References

- [1] X. Y. Lai and R. X. Xu, J. Phys.: Conf. Ser., **861**, 012027 (2017)
- [2] G. Baym and D. Pines, Ann. Phys., **66**, 816 (1971)
- [3] X. Y. Lai, C. A. Yun, J. G. Lu, G. L. Lü, Z. J. Wang and R. X. Xu, MNRAS, **476**, 3303 (2018)

## 中子星状态方程：目前的地面核实验和天文观测限制

李昂

厦门大学天文学系

中国 厦门 361005

Email: liang@xmu.edu.cn

中子星(neutron star, NS)是宇宙中最致密的可观测天体,是核物理和量子色动力学(Quantum Chromodynamics, QCD)研究极端条件下物质状态极好的天然实验室。2017年秋季观测到的第一例双中子星并合事件 GW170817 更是把中子星的研究带入引力波多信使时代。这一例并合事件即带来了中子星状态方程(equation of state, EOS)研究的新突破 [1, 2, 3]。EOS 描述了处于热力学平衡态的致密物质压强如何依赖所处的密度和温度  $P = P(\rho, T)$ 。星体 EOS 由于非微扰QCD的复杂性不能做第一性原理的理论计算,需借助微观或唯象核多体模型,结合地面核实验(原子核质量和半径、巨偶极共振、偶极极化率,重核的中子皮厚度、重离子碰撞等)和天文观测对星体性质(质量、半径、冷却、转动、振荡模式、引力波辐射等)的限制进行研究。这种限制往往不是直接基于原始数据,而是需要通过理论模型对实验数据进行处理后进行推断,特别是需要从有核实验数据约束的物理条件经模型在密度、温度、不对称度等依赖上进行外推,计算中涉及的多个自由度(从低密低温时的原子核和核子到高密高温时可能的超子、夸克等)使问题更加复杂。

忽略温度效应,如图 1 (左)给出目前对称核物质 EOS 的平均场计算 [2]和各微观方法的理论结果。致密物质EOS最不确定的部分其实是非对称部分,每核子能量取至二阶近似可写作:  $E/A(\rho, \delta) = E/A(\rho, 0) + E_{\text{sym}}(\rho)\delta^2$ , 其中  $\delta = (\rho_n - \rho_p)/(\rho_n + \rho_p)$ 为不对称度。不同对称能梯度  $L$  下对称能的平均场计算 [2]和各微观方法的结果如图 1 (右)所示,各实验范围也用彩色区域标出。图 2 总结了目前中子星的EOS和质量-半径关系及理论和实验限制。图 2 (左)中由圆点表示中子星的壳层核心转换,并用竖线给出了大致的转换参数。图 2 (右)的竖线是第一性原理理论计算基于 $2M_{\odot}$ 和 GW180817 观测给出的  $1.4M_{\odot}$  中子星的半径范围:  $9.9 - 13.6$  km [3]。选择更合理的先验概率,基于千个分段多方EOS模型也给出类似的半径范围:  $8.9 - 13.2$  km。

## References

- [1] B. P. Abbott, et al., Phys. Rev. Lett. **119**, 161101 (2017)
- [2] Z.-Y. Zhu, E.-P. Zhou, A. Li, ApJ **862**, 98 (2018)
- [3] E. Annala, T. Gorda, A. Kurkela, A. Vuorinen, Phys. Rev. Lett. **120**, 172703 (2018)

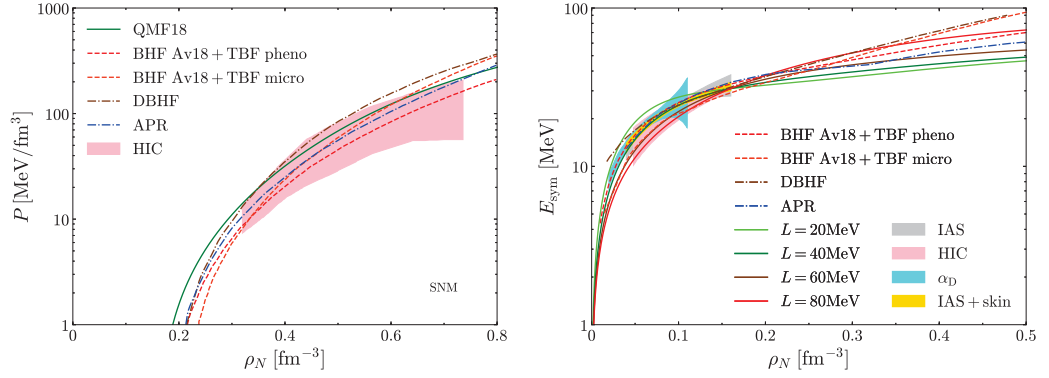


Figure 1: (左)对称核物质 EOS 和(右)对称能的密度依赖在平均场计算(QMF18)和各微观方法(BHF, DBHF, APR)的理论结果, 各实验范围也由阴影区标出: 重离子碰撞(heavy-ion collision, HIC)、同位旋相似态(Isobaric Analog State, IAS)、电偶极极化率(electric dipole polarizability,  $\alpha_D$ )、中子皮厚度(neutron skin thickness)。改自Zhu et al. 2018 [2]。

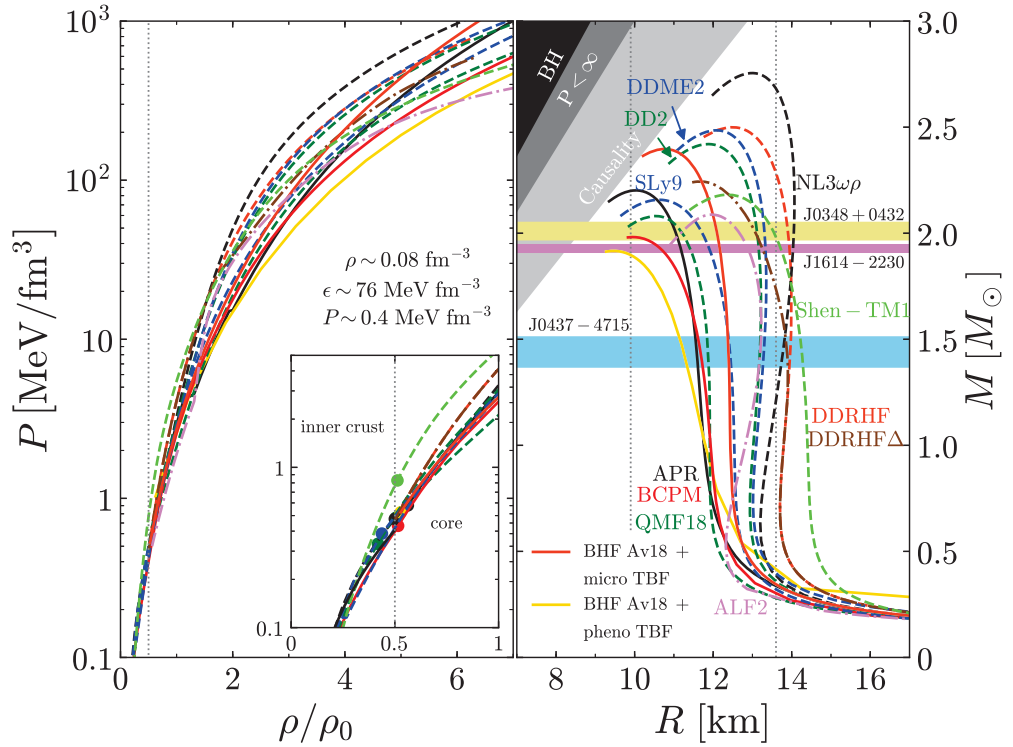


Figure 2: 各中子星EOS和质量-半径关系及理论和实验限制总结。改自Zhu et al. 2018 [2]。



## 中子星表面引力红移如何测量？

李兆升 (Zhaosheng LI)  
湘潭大学物理与光电工程学院  
湘潭 411105  
Email: lizhaosheng@xtu.edu.cn

中子星表面引力红移唯一地取决于星体的质量与半径之比（假设星体为球形），因此，测量引力红移，并结合其他观测，将给出星体质量和半径信息，严格限制致密物质状态。中子星X射线双星由中子星与小质量恒星相互绕转组成，是一类可测量到引力红移的理想研究源。目前，测量方法大致有两种：

(1) 原子谱线测量。中子星吸积伴星的物质，成为了大气的一部分，未完全电离。而中子星吸积物质在表面累积后，可能发生不稳定的核燃烧，产生I型X射线暴，爆发释放的光子穿过中子星大气，如果被大气中的物质吸收，则可能产生特征谱线，测量吸收线的中心能量，并与实验室测量的能量对比，就可以计算出引力红移。特征谱线的测量需要高能量分辨率的X射线望远镜，到目前为止，基于RGS/XMM-Newton的观测数据，只有一个源EXO 0748-676报道过引力红移的测量，且未被后序观测所确认，而HETG/Chandra未曾测量到中子星表面引力红移。

(2) 吸收边测量。X射线暴的光子穿过大气，除了引起电子跃迁，还有可能将金属元素电离，在观测上表现为吸收边，即大气中的元素吸收某一能量以上的光子（也即电离能）。值得注意的是，这中方法，对探测器的能量分辨率要求并不苛刻。

这两种方法，都需要知道吸收线或者吸收边来自于哪种元素、哪层电子的跃迁或电离，未来，基于大有效面积、高能量分辨率望远镜增强型X射线时变与偏振望远镜（eXTP），将可能测量到中子星表面的多条原子谱线或者吸收边，以精确测量中子星表面引力红移。

# Non-Imaging Fast Transient Search in VLBI Observation

Lei Liu  
Department of Radio Astronomy  
Shanghai Astronomical Observatory, CAS  
Shanghai 200030  
P. R. China  
Email: [liulei@shao.ac.cn](mailto:liulei@shao.ac.cn)

## 1 Introduction

The most popular transient search pipeline is *realfast*, which detects fast transients in fast dumped images in VLA observation. However, when the baseline becomes longer in VLBI observation, the computation requirement of image search scheme increases rapidly. To carry out fast transient study in VLBI observations, we develop the non-imaging fast transient search scheme, in which the search and localization are two independent steps. In this scheme, transient candidates are first detected in fast dumped data (VLBI cross spectrum with milliseconds duration). Then transients are localized with astrometric solving method. The transient extraction method takes the idea of geodetic VLBI post processing, which maximize the signal to noise ratio by fully utilizing cross spectrum fringe phase information. Compared with the widely used auto spectrum method, our method is equally fast, easy to implement, and is able to extract single pulses from highly RFI contaminated data. By assuming the transient event is a point source, transient positions are derived by solving a set of linear equations:

$$\tau = \frac{\partial\tau}{\partial\alpha}\Delta\alpha + \frac{\partial\tau}{\partial\delta}\Delta\delta, \quad (1)$$

where  $\tau$  is the residual delay derived from one baseline after calibration with phase reference source,  $\frac{\partial\tau}{\partial\alpha}$  and  $\frac{\partial\tau}{\partial\delta}$  are partial derivatives of delay by Ra and Dec,  $\Delta\alpha$  and  $\Delta\delta$  are the estimate correction to the a priori position. Fig. 1 demonstrates the whole search and localization process.

## 2 Application to VLBI pulsar data set

We carry out single pulse search in a VLBI pulsar observation data set (psrf02, Chinese VLBI Network), and carry out localization using both radio imaging and astrometric

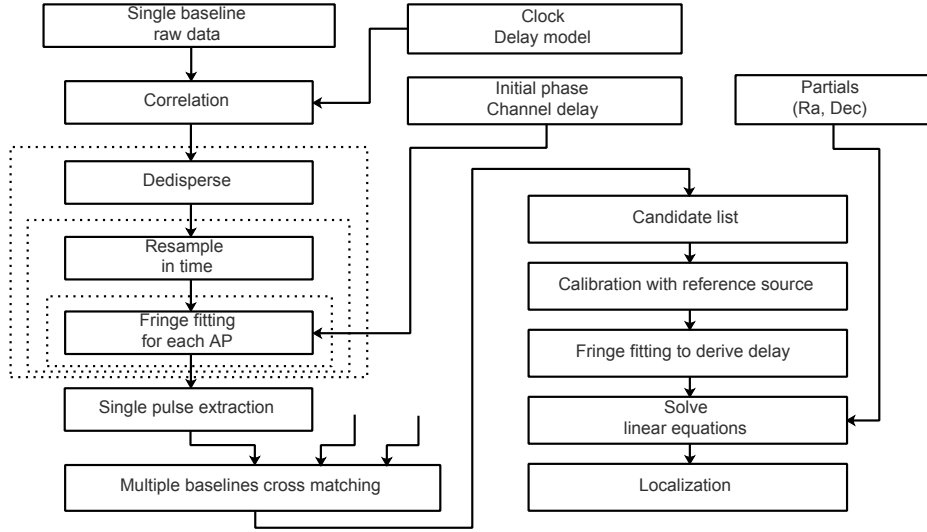


Figure 1: Demonstration of non-imaging fast transient search.

solving methods for 16 single pulses detected on at least 2 baselines. Our main findings are: (1) The localization results by two methods are consistent with each other in a  $3\sigma$  level. (2) Single pulses together with positions from references distribute in a  $200 \text{ mas} \times 200 \text{ mas}$  area, which can be regarded as the localization precision.

Our study proves: (1) Astrometric solving method gives equal precision as imaging method. (2) It is possible to derive transient position with reasonable precision based on just 3 or even 2 baselines. The non-imaging method is very promising in fast transient search in VLBI observation.

## References

- [1] Law, C. J., Bower, G. C., Burke-Spolaor, S., et al. 2015, ApJ, 807, 16
- [2] Liu, L., Tong, F., Zheng, W., Zhang, J., & Tong, L. 2018, AJ, 155, 98
- [3] Liu, L., Zheng, W., Yan, Z., & Zhang, J. 2018, Research in Astronomy and Astrophysics, 18, 069
- [4] Liu, L., Jiang, W., Zheng, W., Yan, Z., & Zhang, J., & Ma, M. 2018, submitted to AJ, arXiv:1810.08933

## 用FAST研究脉冲星单脉冲

卢吉光  
中国科学院国家天文台  
FAST重点实验室  
中国 北京 100101  
Email: [lujig@nao.cas.cn](mailto:lujig@nao.cas.cn)

脉冲星的辐射过程尚存有许多谜团，等待人们去探索。要解析这一过程，需要对脉冲星的磁层结构及其动力学的清晰认知。脉冲星的单脉冲携带有脉冲星磁层的细节信息，因此研究单脉冲的细节结构有助于揭秘脉冲星的辐射。此外，脉冲星的辐射过程还涉及到脉冲星的表面性质，进一步可以用来研究脉冲星的结构与物态。

要研究单脉冲的细节结构，一个容易想到的办法是使用灵敏度高的望远镜来观测强的脉冲星。假如脉冲星到地球的距离不存在选择效应，那么对于同一类脉冲星，较弱的脉冲星的辐射中所包含的细节大都应当会在强脉冲星的辐射中有所反映。但在强脉冲星的辐射细节中能体现出更弱的信号。而使用灵敏度更大的望远镜也能够捕捉到更弱的信息，就能够更好地研究脉冲星的辐射。FAST望远镜已经建成，目前处于调试与早期科学阶段。它是目前世界上灵敏度最高的单口径射电望远镜，非常适合进行单脉冲研究。

高灵敏度的望远镜能够提供高信噪比的数据，对于弱脉冲星来说意味着单脉冲将从噪声中浮现出来，对于强脉冲星来说则意味着单脉冲的信噪比变得更强。即原来被隐藏在相对微弱的噪声中的更弱的信号将有机会被探测到。但是因为这些微弱的信息的强度远低于单脉冲本身的强度，所以它们会被来自脉冲星的强信号所掩盖，很难被直接看出。这意味着我们需要开发全新的算法来分析这些信息，要从噪声中将这信息挖掘出来，同时要避免强信号的干扰。

FAST目前还处于调试阶段，尚未完善，可以期待在将来FAST能够通过单脉冲研究对脉冲星物理做出很好的限制。

## 不忘初心，砥砺前行——记4次参加FPS会议的成长与感悟

罗睿 (Rui Luo)

北京大学物理学院天文系

北京 100871

Email: luorui1991@pku.edu.cn

我作为一名博士研究生，已连续参加了最近4届的FPS系列会议。我有幸作为当中的一员，见证了中国脉冲星团队的壮大和脉冲星科学的突破。FPS会议也如每年一次的期末考试一样，见证了我的成长。

记得第一次参加是在内蒙古明安图的FPS4会议，当时有3个射电天文方面的会议在当地连续举办。我在其中第二个会议——QTT项目年会上做了一个关于快速射电暴(FRB)搜寻方面的报告，然后无缝连接继续听FPS会议。虽然当时我没有在FPS会议上作报告，但我亲眼领略了国内脉冲星前沿学者们的风采。每个人的工作都是那么的出色，我也在感慨着自己知识面的狭窄。第二次参会，会场转到遵义。在那个革命胜地，也依旧是QTT&FPS的联合会议，虽然我只是在QTT会议做了个人研究课题的进展报告，但我依然感觉自己就是在FPS会议上汇报了一样激动。直到第三次，FPS6,在武汉，我才如愿以偿的在FPS主会场讲了自己的工作——FRB光度函数的测量，还参与到优秀报告人的评选当中，虽然自己没能取得优胜，但依旧感到自己科研能力增长了许多。第四次，在广州，虽然我也可以继续贡献报告，但这次我选择把机会让给比我年轻的师弟师妹们。当我坐在台下认真倾听他们的工作，顿时觉得自己比以前成熟稳重了很多。

如今我自己也将博士毕业，离开北大前往澳大利亚进行博士后研究。虽然将来做的研究可能更加偏向于寻找新的天文现象，但我的课题还是跟脉冲星和FRB有着密不可分的联系。我并没有忘记自己当初选择天文这条路的初衷——用中国人自己的望远镜做出世界级的成果。不管我身在何处，我都会继续为中国天文事业贡献自己的力量。

最后，祝愿FPS系列会议越办越好！中国脉冲星科学团队的青年主力军们如雨后春笋一样涌现，担当起中国射电天文的脊梁！

## PMPS Data Reprocessing and the Discovery of Two New Pulsars

潘之辰 (*Zhichen Pan*)

*National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences*  
*Beijing 100101*

Email: [panzc@bao.ac.cn](mailto:panzc@bao.ac.cn)

In this paper, we describe how we designed the Parkes Multibeam Pulsar Survey (PMPS) data reprocessing and how we discovered two new pulsars from the reprocessing.

The PMPS dataset is a laboratory for pulsar search algorithm testings. After the systematic data processing, there are more than 30 pulsars discovered by testing new ideas of pulsar searches. There should be more than 50 thousand files in PMPS dataset. The data were stored in tapes which may be broken due to the storage environment. So, in our PMPS dataset, there are only 49700 files and  $\sim 95\%$  of them are typical PMPS files (with a size of  $\sim 100$  MB). In order to test the pulsar search pipeline which will be used for FAST (the Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope) pulsar search, we selected  $\sim 16\%$  of the PMPS data which we can obtain.

The toolkit we used is PRESTO. The data processing was originally organised according to the PRESTO guidance which can be found in its website. In order to detect more pulsars, especially faint pulsars, we changed the search steps as follows:

- 1) we changed the dedispersion trials, which tests more DM values than the dedispersion plan from `DDplan.py`;
- 2) we modified the `ACCELSift.py` to adapt our data reprocess;
- 3) we used a `zmax` value of 50 in order to search potential binaries;

After processing the selected PMPS data files, we finally obtained 410535 candidates. In order to get the good candidates as many as possible, we TOTALLY used humans to check all the candidates. In total, it costed 97 days for 26 persons to check all the 410535 candidates, which is equal to a checking efficiency of 4232 candidates per day. All the persons used their part time to check the candidates. The result is: 253555 RFIs (61.8%), 111720 no signals (27.2%), 30799 others (7.5%), and 14461 good (%). For those 14461 good candidates, Shen Wang and I checked it for twice to remove the known pulsars in it and finally selected 2179 so called final-extremely-good candidates.

In April 2018, we obtained 10 hours Parkes time. We selected the 10 best candidates from those 2179 candidates to confirm. Each candidate we observed for 50

minutes by Parkes. Luckily, we confirmed two candidates. Those two new pulsars are (from confirmation observation):

1) J1808-11, DM 301 pc cm<sup>-3</sup>, P0 351.3 ms, RA 18:08:39.3, DEC -11:35:17.0 (J2000);

2) J1900-03, DM 102 pc cm<sup>-3</sup>, P0 165.4 ms, RA 19:00:33.4, DEC -03:34:04.0 (J2000)

For other 8 candidates, one is finally confirmed as previously known pulsar, others are with no detections.

It is a bit hard to explain why these pulsars are missed in previous searches. My guess is that they are relatively faint and missed in candidate sifting. These two candidates are so weak in the confirmation observation that if we do not know the exact DM and period we can't find them. On the other hand, we may benefit from the RFI removal techniques, because with efficient RFI removal, we can detect weaker signals.

**In addition, we discovered two new pulsars by ONLY processing ~16% PMPS data. So, we believe that after processing all the data, there may be 10 more new pulsars. We have done the data processing for all the PMPS data and want to use some new method, such as Artificial Intelligence and Machine Learning, to identify more new pulsars. Anyone who would like to co-operate with us are always welcome.**

Thanks to all the 26 people who helped checking the 410535 candidates. They are (in random order): Di Li (NAOC), Zhuo Li(UCAS), Peng Liu (XHNU), Shu Liu (NAOC), Shucheng Ma(UCAS), Chenchen Miao (UCAS-NAOC), Zhichen Pan (NAOC), Lei Qian (NAOC), Zhiyuan Ren (NAOC), Lunhua Shang (GZNU-NAOC), Chunhui Shi (NAOC), Hui Shi (NAOC), Ningyu Tang (NAOC), Bingru Wang (UCAS-NAOC), Pei Wang (NAOC), Shen Wang (UCAS-NAOC), Duo Xu (NAOC), Yanwei Xie (XHNU, UCAS-NAOC), Pengqiu Xu (PKU), Yuyun Xu (GZNU), Taotao Yu(UCAS), Lei Zhang (XHNU-NAOC, UCAS-NAOC), Xuanran Zhu (UCAS), Pei Zuo (UCAS-NAOC, PKU), and two students from BNU. Without their help, this work is impossible to be done. Among them, especially, I would like to thank Shen Wang and Lei Zhang, who checked the 14461 best candidates with me again and again and help a lot in Parkes confirmation observation.

I would also thank the FPS meetings which is the activity for me to entering the pulsar science in Changji, Xinjiang, August of 2012, till discover our own pulsar now.

## FPS7会议感想

王惠惠  
华中科技大学  
中国 武汉 430074  
Email: d201880050@hust.edu.cn

我和我的老师Jumpei takata一起参加了这次会议，会议举办地点是在广州，作为一个硕士生，刚接触天体物理学二年的我，第一次参加在广州举办的会议，很是欣喜的报了名并提交了报告。广州，一个梦寐以求想去又觉着太远没时间去的地方，终于有机会一睹它的芳容。第一天刚到广州就和老师爬了白云山，因为会议住宿就安排在白云山脚下，我们花费了二个多小时爬到了山峰，虽然不高，但是能够第一次以这么高的高度审视广州，虽累犹荣。

当然最值得说的还是会议的时间地点事件，七月份是避暑的最佳时期，在白云山脚下，简直“美哉”，我的报告被安排在会议第二天，报告是关于脉冲星的数据处理和理论模型，我的报告和这次会议主题是“息息相关”的，我作为一个刚出道的脉冲星的研究者，当然还是“紧张兮兮”的准备着报告。报告之前和我的导师讨论了很多我报告的问题，因为参加此次会议的有很多脉冲星的“佼佼者”，我毕竟懂的知识不多，不能尴尬收场。第一天会议之后我只好为第二天的报告“挑灯夜战”了（有点夸张），虽然是初生牛犊，但是我还是想争取FPS7的crab or Vela的奖项，有梦想谁都了不起....至少努力过，万一中奖了呢。

报告期间，一切顺利，当然也有很多我心目中的研究脉冲星的“偶像”给了我一些意见和建议，这是我最大的收获，休息期间我导师给了我一个赞“good”，发给我一张他帮我照报告期间的照片，（现在打印出来留念了），我虽然之前也在其他会议上做过一些报告，但是“阴差阳错”，导师总是错过。这次会议也是给了我和我导师都在会议上作报告的机会。

会议虽然我没有得奖，当然肯定有点小小的失望，但是我不后悔，他们得奖也是当之无愧的，也是我学习的榜样，最后，不用华丽的语言来渲染气氛了，总之，对徐仁新老师说一句感谢，对自己说一句加油，对FPS7+ 说一句加油。



# Pulsar giant pulse: coherent instability near light cylinder

*Weiyang Wang*

*National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences*

*Beijing 100101*

*P. R. China*

Email: `wywang@bao.ac.cn`

## 1 Introduction

Giant pulses (GPs) are extremely bright individual pulses of radio pulsar. GPs can be classified into the following two types: pulsars with  $B_{LC} \simeq 10^6$  G (type I) and those with  $B_{LC} \sim 10 - 100$  G (type II), see Fig 1. In microbursts of Crab pulsar, which is an active GP emitter, zebra-pattern-like spectral structures are observed, which are reminiscent of the “zebra bands” that are observed in type IV solar radio flares. However, band spacing linearly increases with the band center frequency of  $\sim 5 - 30$  GHz.

## 2 Interpretation

In this study, we propose that the Crab pulsar GP can originate from the coherent instability of plasma near a light cylinder, see Fig 2. Further, the growth of coherent instability can be attributed to the resonance observed between the cyclotron-resonant-excited wave and the background plasma oscillation. The particles can be injected into the closed-field line regions owing to magnetic reconnection near a light cylinder. These particles introduce a large amount of free energy that further causes cyclotron-resonant instability, which grows and amplifies radiative waves at frequencies close to the electron cyclotron harmonics that exhibit zebra-pattern-like spectral band structures. Further, these structures can be modulated by the resonance between the cyclotron-resonant-excited wave and the background plasma oscillation.

## 3 Results

In this scenario, the band structures of the Crab pulsar can be well fitted by a coherent instability model, where the plasma density of a light cylinder should be

$\sim 10^{13-15} \text{ cm}^{-3}$ , with an estimated gradient of  $> 5.5 \times 10^5 \text{ cm}^{-4}$ . This process may be accompanied by high-energy emissions. Similar phenomena are expected to be detected in other types of GP sources that have magnetic fields of  $\simeq 10^6 \text{ G}$  in a light cylinder.

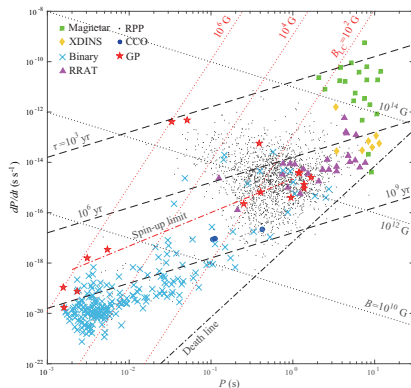


Figure 1:  $P$ - $\dot{P}$  diagram of pulsars, including pulsars which have been detected GPs (red stars), rotation-powered pulsar (black points), magnetars (green squares), X-ray-dim isolated neutron stars (yellow diamonds), central compact objects (blue circles), rotating radio transients (magenta triangles), and pulsars in binaries (light blue crosses). The pulsar population data are from ATNF Pulsar Catalogue.

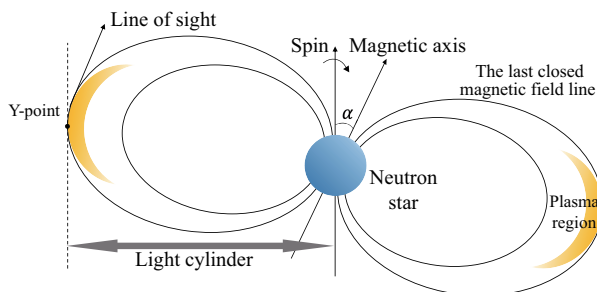


Figure 2: Emission region of type I GP. The beamed pair plasma is blocked near LC, co-rotates and form an emission region (yellow zone).

# <sup>1</sup>R-mode instability windows of strange stars

Yu-Bin Wang

Xinjiang Astronomical Observatory, CAS, 150 Science 1-Street, Urumqi, Xinjiang  
China, 830011

Physics and Space Science College, China West Normal University, Nanchong  
China, 637002

Email: wangyubin@xao.ac.cn

## 1 Introduction

The r-modes are non-radial pulsations of compact stars, which are primarily driven by Coriolis forces and are coupled to gravitational wave emission [2]. R-modes can be suppressed by viscosities [3], and they connect with the microscopic properties of compact stars, which depends on the equation of state (EOS) and the low energy degrees of freedom [4, 5].

## 2 The R-mode Instability Windows

The critical curve of r-mode instability window is defined as:

$$\frac{1}{\tau_{\text{gw}}} + \frac{1}{\tau_{\text{V}}} = 0, \quad (1)$$

where  $\tau_{\text{gw}}$  is the typical timescales of gravitational radiation,  $\tau_{\text{V}}$  is the viscous damping timescales. This means that the so-called r-mode instability window is located in the upper region of  $T - \Omega$  critical curve [3, 6, 7], pulsars in this region might be feasible to detect gravitational wave.

Therefore, we use newly limited parameters of EOS of strange stars [8] and discuss these r-mode instability windows by comparing with the observational data, included unpaired strange quark matter stars (unpaired SQM) without crust and color-flavor-locked (CFL) phase strange stars with a crust, because some viscosities can be caused between nuclear insulating crust and inner core, the effect of viscosities for unpaired SQM is not significant [9], they are dominated in CFL phase strange stars [6].

---

<sup>1</sup>The report has been roughly presented in the Scientific Program of FAST/Future Pulsar Symposium 7 on July 5th, 2018, but the paper has not been submitted in the Research in Astronomy and Astrophysics until in August, the arranger of meeting requires to write a simple manuscript. Thus it need clarify that the manuscript was written and submitted to proceedings of the conference after the paper was submitted, these partial contents included the title, pictures, and results below, come from our paper [1].

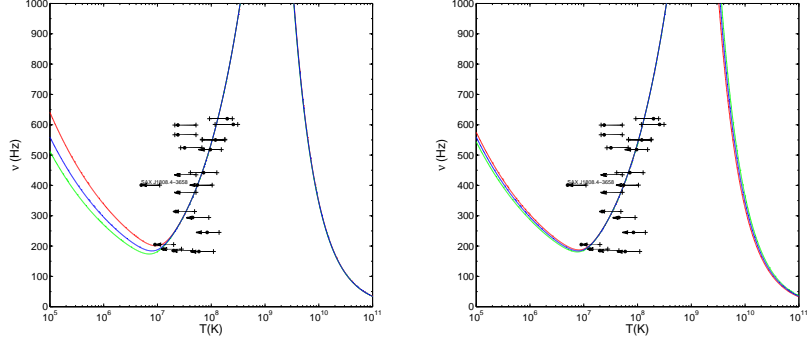


Figure 1: The r-mode instability windows for unpaired SQM with  $M = 1.4M_{\odot}$ . Newly limited parameters of EOS come from [8]. The left panel is for different  $a_4$  but the right panel is for different  $B_{\text{eff}}^{1/4}$ .

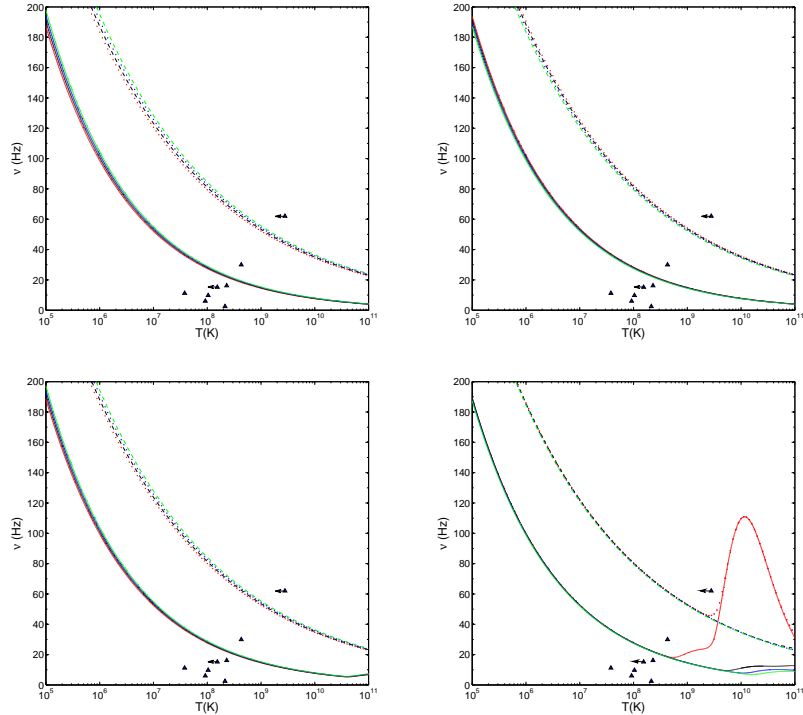


Figure 2: The r-mode instability windows for CFL phase strange stars with  $M = 1.4M_{\odot}$ . Newly limited parameters of EOS also come from [8]. Upper panels are for  $a_4 = 1$ , but right panels are for  $a_4 = 0.61$ . Left panels correspond to different  $B_{\text{eff}}^{1/4}$ , right panels correspond to different  $\Delta$ . Solid lines stand for a nuclear crust with shear due to electron-electron scattering, Dotted or dashed lines present a nuclear crust with shear due to surface rubbing [6]

### 3 Conclusion

We find that EOS for unpaired SQM are only dominated at low temperature, but it is not significant for CFL phase SQM. We also find that strange stars in CFL phase might be existence in young pulsars.

I am grateful to Prof. Ren-Xin Xu conducting of FPS7 conference and Center for Astrophysics Guangzhou University for arranging of FPS7 conference.

### References

- [1] Y. B. Wang, X. Zhou, N. Wang, & X. W. Liu. arXiv:**1810.07264** (2018)
- [2] N. Andersson, K. D. Kokkotas. International Journal of Modern Physics D, **10** 381 (2001)
- [3] L. Lindblom, B. J. Owen, & S. M. Morsink. Physical Review Letters, **80**, 4843 (1998)
- [4] B. Haskell. International Journal of Modern Physics E, **24**, 1541007 (2015)
- [5] K. D. Kokkotas, & K. Schwenzer. European Physical Journal A, **52**, 38 (2016)
- [6] J. Madsen. Physical Review Letters, **85**, 10 (2000)
- [7] B. J. Owen, L. Lindblom, C. Cutler, B. F. Schutz, A. Vecchio, & N. Andersson. Physical Review Letters, **58**, 084020 (1998)
- [8] E. P. Zhou, X. Zhou, & A. Li. Phys. Rev. D, **97**, 083015 (2018)
- [9] N. Andersson, D. I. Jones, K. D. Kokkotas, MNRAS, **337**, 1224 (2002)

## 脉冲双星研究的FAST时代

胥恒 (Heng Xu)  
北京大学物理学院  
北京 100871  
Email: hengxu@pku.edu.cn

双星问题是一个非常宽广而又十分有趣的话题。孤立恒星的演化相对来说是简单的，而双星这一属性给恒星演化添加了许多有趣的故事。从大的层面来说，由于双星的存在，星系会有新的呈现，比如颜色和演化。从小的层面和脉冲星领域的学者的角度上来讲，脉冲星，在简单的中等质量恒星通过超新星爆炸形成脉冲星这一种通道之外，又有了其他的一些通道，同时脉冲星的演化也有了其他更多的故事。更重要的是，通过双星的演化，在正常脉冲星(自转相对较慢)之外，我们有了毫秒脉冲星，以及脉冲双星系统。

孤立的脉冲星本身，当然背后也有很多的故事，很多的物理，比如，脉冲星中的致密物质状态方程，脉冲星辐射机制，这些都极其重要。但是这些物理，如果这个宇宙只有正常脉冲星，那么这些物理将变得很难解决。

幸运的是，我们还有毫秒脉冲星以及毫秒脉冲星双星系统。毫秒脉冲星最重要的事情是探测纳赫兹引力波。而脉冲双星系统本身就含有非常多有趣的科学，比如一些特殊脉冲双星系统(如含有脉冲星的X射线双星系统)的多波段辐射，脉冲双星的形成和演化，脉冲双星系统里面脉冲星质量的测量，脉冲星双星的测时，纳赫兹引力波的探测。尤其是脉冲双星系统里脉冲星质量的测量，能够解决孤立脉冲星很难解决的重要问题—脉冲星中致密物质状态方程，进而有可能告诉我们脉冲星这类致密星体的本质究竟是盛行已久的中子星还是奇异星。脉冲双星的测时也有很多应用，比如说引力理论检验，太阳系加速度的限制等。

脉冲星双星系统由于其双星属性，在射电天文范畴之外，还可以开展多波段研究，比如光学近红外波段的光谱观测，能够有效辅助脉冲星测时进行脉冲星质量测量。

尽管脉冲星双星系统的测时模型已经非常精确，但是还有一种很重要的脉冲星双星系统—黑洞-脉冲星双星系统还未被找到。其中的原因还未可知，暂时还不知道因为此类系统的太少，还是由于现有的探测技术不到位，还是其他原因。但是一旦这类系统被发现，我们将会有更多激动人心的故事去书写。

提到脉冲星双星系统，我就会想起重复爆发快速射电爆。人们现在普遍相信重复爆发快速射电爆的起源也是和脉冲星相关，但是人们现在对现在第一个重复爆-FRB 121102的测时研究还没有一个明确的结果。我个人认为，这背后可能的原因是因为重复爆的起源是双星系统，因为简单用孤立脉冲星的测时无法(主要参数是自转频率)解出一个含有众多轨道参数的双星系统。而如何去把这背后的双星系统里面的参数求解出则是很难的一件事情，尤其是如何在一个很大的参数空间里去寻找解。

毫秒脉冲星和脉冲星双星系统的研究的核心是脉冲星测时技术。随着FAST的建成和调试接近完成，在接下来几十年以内，FAST都将是做脉冲星测时精度最高的设备，而且没有之一。所以FAST在将来，在脉冲星领域必将会有很多的成果可以做出。

总而言之，脉冲星双星系统里面有非常多的物理，甚至可以说有太多的有意思的物理和应用等待着脉冲星人去做。现在脉冲星人又有了FAST，将来也一定也可以做的更好更快。

## 双子 · 中子 · 奇子

徐仁新 (Renxin Xu)  
北京大学物理学院  
北京 100871  
Email: r.x.xu@pku.edu.cn

我们举办FPS系列会议的动机之一是想弄明白脉冲星的本质。流行观点认为脉冲星是中子星；然而为何青睐不带电的“中子”而非其他粒子（如质子）呢？

让我们从“中子”的发现谈起<sup>1</sup>。提出原子有核模型的Rutherford一直怀疑原子核内部存在质量跟质子相当但电中性的粒子，因为那时化学家感觉原子核的质量往往是质子质量的整数倍但核外电子的数目却小于这个倍数，大多只有其一半。一个自然的推测是核内有“质子跟电子紧密结合的中性粒子”；Rutherford在1920年的演讲中称之为双子（doublet）。Harkins在1921年用“中子”（neutron）取代doublet。然而量子力学告诉我们，质子不可能靠电磁力跟电子“紧密”结合（由于波粒二象性，该系统为原子大小）。之所以有这样的不自洽，是由于当时人们还不了解弱相互作用（本质上是电子跟质子中的u夸克弱作用： $e^- + u \rightarrow d + \nu_e$ ）。1932年，Chadwick公布的实验结果毫无悬念地表明中子的存在。

受双子概念影响，在Chadwick公布中子发现之前，Landau已思考“质子跟电子紧密结合”的天体物理后果了<sup>2</sup>。当时有两个背景。其一是Chandrasekhar极限质量的发现。这启示Landau猜测星体内部可能某些区域完全受引力主导而挤压原子核直到连成一片。鉴于电子数密度的急剧增加导致Fermi能的上升（每电子 $\sim 100$  MeV），年仅23岁的Landau大胆地猜测那里会形成大量双子/中子从而有效降低体系内能（为此他甚至认为量子论在那里失效）。这种主要由中子构成的星体，就是当今流行“中子星”概念的原型。其二有关主序星能源。Landau认为：所有恒星中心都存在这种中子物质区，且其质量还逐渐增加而释放引力能，这足以供能恒星发光。Landau这一论点已被否定（正确的恒星能源观由Bethe于1938年提出）。

如此看来，我们宗教式地信仰中性粒子来构建宏观强物质的关键因素是“杀死”导致系统能量偏高的“捣蛋鬼”：**高能电子**！于“小强”原子核而言，电子能量可忽略；而于“大强”，不大规模的“屠杀”电子就不能造就能量较低的稳定状态。只不过在Landau时代唯有“**中子化**”方案。但现在已是崇拜粒子物理标准模型的时代了，“**奇子化**”（见FPS5，22页）也是一种选择！天真地迷信只要核物理实验测准强子之间作用截面就万能了；殊不知这针对“小强”的手段试于理解“大强”的习性很可能无济于事。定量地，以临界重子数 $A_c \sim \lambda_c^3/\text{fm}^3 \sim 10^9$ 区分“小强”和“大强”。

除了有效地“杀”电子外，大强由奇子构成还涉及核物理对称能及可能的“味道最大化原理”（见FPS4，36页）。如此看来，奇子这个逻辑太简洁了，真希望它没错。当然“鹿死谁手”，终将由脉冲星、GRB、引力波、千新星等更多观测裁定。

<sup>1</sup>2010年，我曾在“现代物理知识”杂志撰文谈过这方面的历史，后也公布于：arXiv:1103.0389。

<sup>2</sup>普遍误解Landau在发现中子之后提出中子星的概念。但必须恢复历史的原貌：Yakovlev et al. “Lev Landau and the concept of neutron stars” (2013) Physics-Uspekhi 56, 289 (arXiv:1210.0682)。



## Crab脉冲星流量随时间的演化

闫林丽  
中国科学院高能物理研究所  
粒子天体物理中心  
中国 北京 100049  
Email: yanlinli@ihep.ac.cn

利用RXTE卫星11年的X射线观测数据和FGST卫星9年的 $\gamma$ 射线观测数据，我们研究了Crab脉冲星的X射线和 $\gamma$ 射线能谱随时间的演化。通过拟合每个观测的能谱形状，获取脉冲星能谱参数和对应的流量值，进而分析了流量随时间的演化趋势以及高能辐射光度与脉冲星自转减慢功率之间的相关关系。能谱演化研究发现，5–60 keV的X射线流量随时间减小，变化率是 $(-2.4 \pm 0.4) \times 10^{-14} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ day}^{-1}$ 。15–250 keV和0.1–300 GeV的脉冲流量也呈现出相似的减小趋势，但是显著性不高。三个能量段的能谱指数随时间均没有明显的变化趋势，这表明辐射机制可能随时间不变，但是脉冲星自转减慢和磁层结构变化可能导致辐射流量随时间减小。高能辐射光度与自转能损率相关关系的研究发现，5–60 keV的X射线光度 $L_X$ 与自转能减慢功率 $L_{\text{sd}}$ 之间具有明显的相关关系，相关系数为0.69，且 $L_X \propto L_{\text{sd}}^{1.6 \pm 0.3}$ ，这与外间隙辐射模型（Cheng, K. S., Gil, J., & Zhang, L. 1998, ApJ, 493, L35）预测的一致，但在15–250 keV和0.1–300 GeV的两个参数的相关趋势不明显。对该工作感兴趣的老师，可查阅我们即将发表在ApJ上的文章。

非常感谢FPS7这次会议，提供了学术交流的机会，受益颇多！

## 上海天马射电望远镜脉冲星观测研究进展

闫振<sup>[1]\*</sup>, 沈志强<sup>[1]</sup>, 吴亚军<sup>[1]</sup>, 赵融冰<sup>[1]</sup>, 赵汝双<sup>[1]</sup>, 刘杰<sup>[1]</sup>, 黄志鹏<sup>[1]</sup>, 吴鑫基<sup>[2]</sup>  
[1]中国科学院上海天文台, 中国 上海 200030  
[2]北京大学天文系, 中国 北京 10087  
\*Email: [yanzhen@shao.ac.cn](mailto:yanzhen@shao.ac.cn)

### 1 引言

脉冲星是宇宙空间中集强磁场、强电场、强引力场于一身的奇妙天体, 其研究具有重要的物理意义和应用价值[1, 2, 3, 4]。近几年新建的上海天马射电望远镜将脉冲星作为重要的科学目标之一。为保证脉冲星科研课题的顺利开展, 通过不断努力我们搭建脉冲星数字化终端、数据实时备份系统、用户观测数据准实时拷贝的FTP系统等软硬件平台。到目前已经利用该望远镜开展了一系列脉冲星观测研究课题[5]。

### 2 脉冲星观测研究进展

在前几年工作基础上, 今年我们继续有序推进脉冲星观测研究, 主要进行了如下几个方面工作:

- 观测系统: 我们进一步优化天马射电望远镜脉冲星观测系统, 修复了一些在运行中发现的漏洞, 使观测更智能、稳定。目前, 脉冲星观测数据除了实时记录到终端系统外, 还准实时地拷贝到数据备份单元。此外, 为满足用户数据下载需要, 该系统还为用户准实时建立FTP账户并自动将其观测数据拷贝到相应目录下。从而保证了用户可以边观测边下载数据。脉冲星观测成功率以及数据质量得到有效保障。
- 脉冲星天体物理: 对天马望远镜可观测脉冲星进行了细致摸底并得出阶段性结论——该望远镜在2.3 GHz至少可对350颗脉冲星进行高质量观测(随着后期排查工作的继续进行, 最终有望突破400颗); 通过克服时钟等不稳定因素的影响, 建立起比较稳定的脉冲星timing监测系统, 已探测到脉冲星B1737-30历史第四大幅度的周期跃变现象[8]; 成功开展了对FAST新发现的流量较强脉冲星的监测工作; 发布了26颗脉冲星高频(8.6 GHz)积分轮廓, 其中11颗脉冲星的结果是国际上第一次正式发表[7]; 发现了脉冲星B0329+54的子脉冲漂移规律随辐射模式和频率的不同而不同[6], 等。

- 快速射电暴（FRB）：为了满足快速射电暴这一前沿热点课题研究需要，我们开发了一套快速射电暴实时搜寻平台。该平台采用GPU单元进行快速消色散处理。目前，我们利用Crab脉冲星对该平台的性能以及脉冲暴发判断的可靠性进行了广泛线下测试和评价，图 1展示的是某一例巨脉冲判断结果。在处理速度方面，测试表明数据处理时间和观测时间之比优于1：1。下一步，我们将转入在线测试，使其早日投入运行。

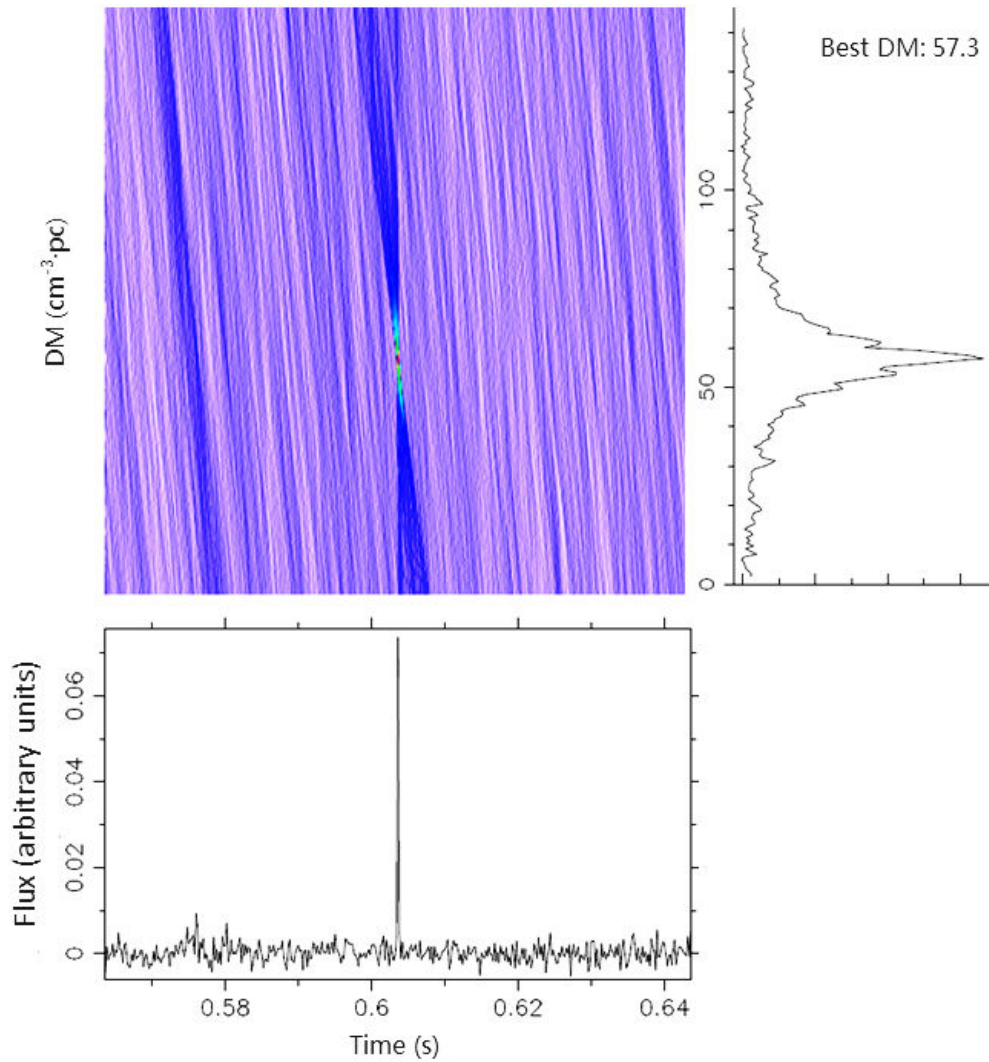


Figure 1: 快速射电暴实时搜寻平台探测Crab巨脉冲测试实例图

- VLBI脉冲星观测：除了进行单天线脉冲星观测研究外，天马射电望远镜还和国际上其它射电望远镜联合开展脉冲星VLBI观测研究，主要包括美国VLBA，欧洲EVN以及澳大利亚LBA。其中，和美国VLBA联合观测的数

据记录速率由过去的512 Mbps提高至2048 Mbps，观测灵敏度获得进一步提升。

- 开放观测：天马射电望远镜继续进行了脉冲星观测申请征集工作，观测申请征集通知除了在上海天文台网站公布外，还发送到国内各兄弟天文台和大学天文系（或天文专业所在院系）[9]。通过专家函评和集中会评筛选科学可行的观测申请并给与支持。

### 3 总结

总之，在国内各兄弟单位的支持下，天马射电望远镜的脉冲星研究工作有序推进。后续，我们将继续努力维护并升级该观测平台，期待该平台能够获得更多更好的脉冲星研究成果。

### References

- [1] Han, J. L., Manchester, R. N., Lyne, A. G., Qiao, G. J., & van Straten, W. 2006, *ApJ*, 642, 868
- [2] Xu, R.-X. 2006, *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics Supplement*, 6, 279
- [3] Zheng, X.-P., Yu, Y.-W., & Li, J.-R. 2006, *MNRAS*, 369, 376
- [4] Lee, K. J. 2013, *Neutron Stars and Pulsars: Challenges and Opportunities after 80 years*, 291, 189
- [5] Yan, Z., Shen, Z.-Q., Wu, Y.-J., et al. 2018b, *Radio Science Bulletin*, 366, 10
- [6] Yan, Z., Shen, Z.-Q., Manchester, R. N., et al. 2018a, *ApJ*, 856, 55
- [7] Zhao, R.-S., Wu, X.-J., Yan, Z., et al. 2017, *ApJ*, 845, 156
- [8] Liu, J., Yan, Z., Yuan, J.-P., et al. 2018, arXiv:1811.11403
- [9] [http://www.shao.ac.cn/xwzx/tzzn/201710/t20171025\\_4877837.html](http://www.shao.ac.cn/xwzx/tzzn/201710/t20171025_4877837.html)

# A new method to detect and classify Radio Frequency Interference (RFI)

袁懋 (*Mao Yuan*)  
国家天文台  
北京 100871  
Email: yuanmao@bao.ac.cn

## 1 Introduction of RFI mitigation

Radio frequency interference (RFI) has an inevitable impact on radio observation, especially for weak celestial sources, such as pulsars. RFI, as additional radio signals, which inject the detected power and make it larger than the natural spectrum, can pollute or even totally obscure the desired pulsar signals. Consequently, amounts of techniques and methods have been developed to detect and, eventually excise RFI [1–3]. For most common approaches, additional information of RFI, such as the type of interference of the corresponding frequency, is often ignored to pick out during the data processing. This article provides a new method to detect RFI and present the information that RFI contains.

## 2 Detecting and classifying RFI by Principle Component Analysis

Principle Component Analysis (PCA), based on singular-value decomposition (SVD) [6], is arithmetic that can pick out the main characters and their corresponding weight of the data set. It is studied in this article to detect weak RFIs and present their types and occurrence-time.

Most of strong RFI, in the presence of peaks at a time- or frequency-domain, can be picked out quickly by Wavelet Analysis [4, 5], as Fig. 1(a) shows.

A following operation after wavelet smoothing by PCA can help to detect the hidden weak RFI and present its additional information. As Fig. 1(b) shows. Components here contain temporal information of RFI, and bases indicate the corresponding frequency of interferences. Component 1 accounts for more than 99% as the data feature's proportion, and the corresponding basis 1 means that flux in around 50 s is roughly flat after 2D wavelet smoothing. Starting with component 2, the remaining components and bases are the presentation of interference information, which belongs

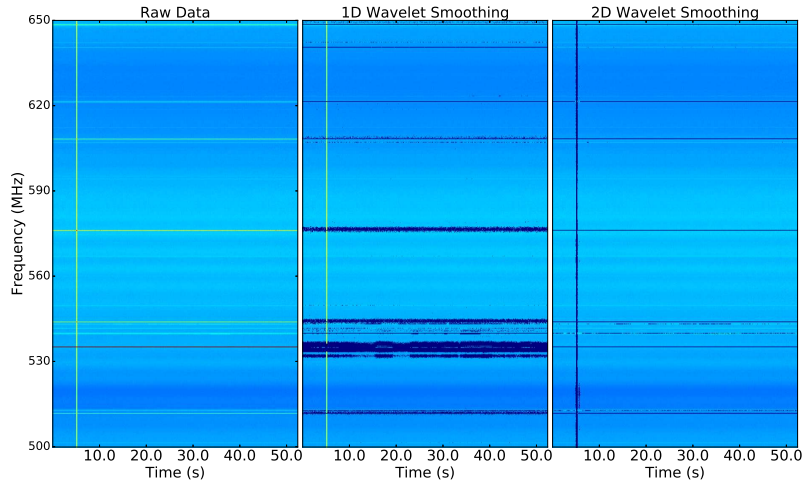
to the different type of weak RFIs that 2D wavelet failed to pick out. For example, component 2 and 3 reveal a typical periodic RFI, correspondingly, abnormal peaks in base 2 and 3 are exactly the frequencies in which contain the RFI that component 2 and 3 reveal. Additionally, component 6,7, and 8 display an abnormal rise of flux at 42- 44 s, and basis 6,7 and 8 indicate that this temporal interference appeared in frequency 484 MHz.

### 3 Conclusions

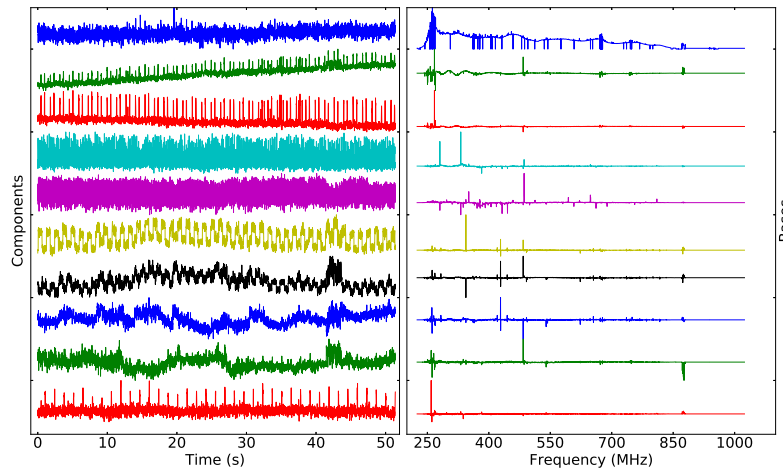
PCA is a kind of unsupervised machine learning algorithm. The testing results indicate that it not only can detect weak RFIs but also present kinds of RFI information, which can help identify RFI sources and verify the electrostatic shielding of the instrument. As an algorithm to detect and excise weak RFI, PCA is in continuous improvement, and we believe that it will do great help to observe weak pulsar for FAST.

### References

- [1] Fridman P., Baan W., 2001, *Astronomy & Astrophysics*, 378, 327
- [2] Forte G. F., Bauza J. M. T., Vall M., Camps A., et al., 2013, *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 51, 4936
- [3] Offringa A. R., de Bruyn A. G., Biehl M., Zaroubi S., Bernardi G., Pandey V. N., 2010, *MNRAS*, 405, 155
- [4] Maslakovic S., Linscott I., Oslick M., Twicken J., 1996, in *Time-Frequency and Time-Scale Analysis, 1996.*, Proceedings of the IEEE-SP International Symposium on. pp 349 - 352
- [5] Tarongi J. M., Camps A., 2011, *Algorithms*, 4, 239
- [6] Wold, S., Esbensen, K., & Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 2(1-3), 37-52.



(a) 1D and 2D wavelet smoothing of the testing data. On the left is the raw data which is presented with bandwidth 150 MHz. On the middle is the data which has been filtered by 1D wavelet. The RFI data has been excised, and then filled by 0 for the case of better comparison with the original data. A 2D wavelet RFI excising results are shown on the right, in which the RFI data are also filled by 0.



(b) Results of PCA processing on temporal signals after 2D wavelet smoothing. From top to bottom respectively are component 1~10 and basis 1~10. Components here are temporal characters of frequency-domain signals which picked up as abnormal peaks (both positive and negative) in bases. In this case, component 1 contains 99.34% features of the data, and the each of the rest components roughly accounts for  $10^{-5}$  of the feature proportion.

Figure 1: Weak RFI detection by PCA after 2D wavelet smoothing

## 致密星物理：我的早期研究

袁业飞  
中国科学技术大学物理学院  
天文学系  
中国 合肥 230026  
Email: yfyuan@ustc.edu.cn

### 1 引言

中子星的主要特征是强引力、强磁场、高密度，它经历着自然界全部四种相互作用，是极端条件下的实验室。这是中子星物理真正吸引我的地方。因此，在1993年9月份开始读研究生的时候，我就毫不犹豫地将中子星物理选作我的博士论文课题。我的博士论文题目是：《强磁场中的辐射理论和中子星的结构》。

在攻读博士学位期间，我总完成了五项工作：考虑脉冲星的贡献，估算了球状星团中高频引力波的辐射强度，并讨论了被LIGO探测到的可能性[1]；将张家铝教授提出的同步-曲率辐射机制量子化[2, 3]；研究了中子星内部超强磁场对中子星冷却的影响，结合中子星的冷却曲线，估算了中子星内部磁场的量级[4]；基于相对论性平均场理论研究了强磁场对致密核物质以及中子星整体特性的影响[5]；提出了转动有壳奇异星中存在一种新的加热机制，并将之命名为解禁加热[6]。

### 2 同步-曲率辐射的量子化理论

从理论上说，对强磁场中的所有辐射过程的完整描述，都可以在量子电动力学的框架内进行，例如同步辐射的量子理论。但是在我们讨论弯曲磁场中相对论电子的辐射时，由于我们很难求解弯曲磁场中Klein-Gordon和Dirac方程，以便得到带电粒子的波函数。所以，要想运用量子电动力学方法直接推导量子同步-曲率辐射的有关公式，几乎是不可能的。

我们在1998年的时候，应用推广的等效光子场方法，建立了同步-曲率辐射新机制的量子化理论，使之推广到超强磁场及带电粒子有自旋的情况，并给出了相对论性电子的量子辐射谱和偏振特性。这就使得同步-曲率辐射有了更加坚实的理论基础，并可以不受限制地用于脉冲星等一类具有超强磁场的体系中[2, 3]。

直到2017年的时候，才有国际同行通过求解圆形磁场中电子的Dirac方程，在量子电动力学的框架下研究了同步-曲率辐射的量子理论[7, 8]。

### 3 强磁场对中子星状态方程和冷却的影响

在相对论平均场理论的框架下，讨论了强磁场对致密核物质特性以及中子星整体特性的影响。计算表明，磁场的存在会增加质子的组份，并使得状态方程变软，强磁场的存在会使得某些中子星的半径更接近Schwarzschild半径，从而使广义相对



论效应增强.另外,在不同的核模型中,有效核子质量、核子的结合能以及状态方程对磁场的响应不一样,原则上可以通过观测中子星的整体特性加以区分[5]。

我们考虑了在中子星核区强磁场对修正的URCA过程的影响,发现当内部强磁场超过  $10^{18}$ 高斯时,强磁场将显著增加中微子的辐射率,从而影响中子星的冷却。和观测比较,我们给出了中子星内部磁场强度的数量级估计:  $\sim 10^{19}$ 高斯 [4]。

## 4 解禁加热

我们提出了奇异星壳层的核物质落入夸克核,释放能量的一种新的机制,并将之命名为“解禁加热(deconfinement heating)” [6],这一新的加热机制后来得到国外同行的证实[9]:解禁加热的确比化学加热有效,延迟了奇异星的冷却,在某些条件下,甚至使得奇异星在早期存在一段温度上升期,这可以用来检验奇异星的存在。我们还顺便得到了计算奇异星壳层质量与转动角速度的简单解析公式,该结果非常合理地与数值计算的结果相吻合[10]。

## 5 展望

博士毕业之后,我继续做了一段时间的中子星物理,之后慢慢将研究重点放在了黑洞的相对论吸积及其辐射的研究。现在,中国已经有了属于我们自己的大型射电望远镜,例如FAST以及建设中的QTT,中国将很快引领脉冲星的观测研究。不忘初心,我希望通过FPS这个平台,与国内脉冲星/中子星领域的专家和年轻人一起开展中子星物理的合作研究。

## References

- [1] 袁业飞 1996, 中国科学技术大学学报, **26**, 380
- [2] 袁业飞 & 张家铝 1997, 中国科学(A辑), **27**, 954
- [3] Zhang, J. L., & Yuan, Y. F. 1998, ApJ, **493**, 826
- [4] Yuan, Y. F., & Zhang, J. L. 1998, A&A, **335**, 969
- [5] Yuan, Y. F., & Zhang, J. L. 1999, ApJ, **525**, 950
- [6] Yuan, Y. F., & Zhang, J. L. 1999, A&A, **344**, 371
- [7] Voisin, G., Bonazzola, S., & Mottez, F. 2017, Phys. Rev. D, 95, 105008
- [8] Voisin, G., Bonazzola, S., & Mottez, F. 2017, Phys. Rev. D, 95, 085002
- [9] Zdunik, J. L., Haensel, P., & Gourgoulhon, E. 2001, A&A, **372**, 535
- [10] Andersson, N., Jones, D. I., & Kokkotas, K. D. 2002, MNRAS, **337**, 1224

## 较差转动奇异星与双星并合遗迹

周恩平(Enping Zhou)  
马克思普朗克研究所引力物理所  
波茨坦 德国 14476  
Email: [enping.zhou@aei.mpg.de](mailto:enping.zhou@aei.mpg.de)

致密星的物态问题，由于涉及到低能强相互作用非微扰的特性，难以给出确定的答案而成为核物理、天体物理中的焦点问题。GW170817以及未来的双致密星和合事件，将成为给出该问题答案的关键线索。通过双星并合事件来研究致密星的物态，主要可从以下两方面入手：从旋进阶段的引力波信号来限制致密星的潮汐形变能力；从并合后的电磁对应体及引力波信号来限制并合遗迹的特性从而限制致密星极限质量。本文将主要关注后者。

在双星并合之后，根据双星总质量与致密星极限质量的关系，并合遗迹可能有以下几种可能：1，总质量远大于无转动星体的极限质量（超过50%以上）时，并合的结果是立刻坍缩为黑洞；2，总质量没有远远超过极限质量（超过20%到50%之间）并合并产物会是一个短时间存在的较差转动的致密星，在较差转动耗尽后，坍缩为黑洞；3，总质量略大于极限质量（不超过1.2倍极限质量）时，并合产物将会在损耗完较差转动之后仍能依靠刚性转动而长时间稳定存在。这三种不同的情形，将会导致抛射物质量、速度、中子丰度的区别，并且会对抛射物有不同的能量注入，因而可以通过观测来限制并合遗迹究竟是哪种情形，从而根据观测到的双星总质量来限制致密星的极限质量。

而奇异星，无论是传统的奇异夸克星还是奇子星，由于强相互作用自束缚，而具有一个非常大的表面密度，与中子星相比，更接近于不可压缩流体，因而较差转动奇异星，有着与中子星明显不同的性质。我们可以从牛顿力学里定性的理解，在牛顿力学里，星体某一层物质所能达到的最大的转动角速度由开普勒角速度决定，因而正比于这一层内部物质的平均密度的平方根（ $\omega(r) \sim \sqrt{\rho(r)}$ ）。对于接近不可压缩流体的奇异星而言， $\sqrt{\rho(r)}$ 从星体核心到表面几乎不变，因而星体不同部分能承受的最大的角速度，也几乎一致。

广义相对论框架下的计算证实了这一点，总的来说，较差转动奇异星与中子星有如下两个明显不同：1，在对于中子星较为适中的较差转动幅度参数下，奇异星的极限质量随着较差转动幅度的增加反而有明显的下降，并且甚至可能低过刚性转动时的极限质量；2，在更小的较差转动幅度和转动角动量下，奇异星就已经发生了向环形较差转动结构星体的转变，星体的最大密度不再位于中心，并且从xz剖面上看，星体的表面不再是椭圆形而变成类似花生的，转轴处凹陷的形状。而以往的研究表明，对于这种结构的较差转动星体，更容易发生动力学不稳定性，从而在短时标内重新分配物质和角动量。如果这种情形发生，会有较多的物质被抛射，并且快速被耗散掉的较差转动无法有效增强磁场。这些不同都可能通过未来的引力波电磁对应体来验证，并给出并合遗迹是中子星还是奇异星的限制。

## Scientific Program of FAST/Future Pulsar Symposium 7

July 4-6, 2018, Mingquanju/Guangzhou University, Guangzhou

(Language: *English or Chinese*; but the presentation is suggested to be written in English)

### ===== Wednesday, July 4 =====

10:00 -- 12:00 Registration (*the lobby of Bitianlou, Mingquanju Hotel, 鸣泉居会议中心碧天楼前台*)

**Chair: Renxin Xu** (20min = 15+5)

14:00 -- 14:20 Wenming Yan: *Quasi-periodic modulation in the Q-mode of PSR J1825-0935*

\*14:20 -- 14:40 Ferfei Kou: *The spin-down and mode changes associated with glitch activity (B2035+36)*

14:40 -- 15:00 Zhen Yan: *Pulsar studies with Shanghai Tian Ma Radio Telescope*

\*15:00 -- 15:20 Runshuang Zhao: *5GHz TMRT observations of 71 pulsars*

\*15:20 -- 15:40 Jie Liu: *Pulsar timing progress at TMRT*

15:40 -- 16:00 *Group photograph and Coffee Break*

**Chair: Stephen Ng** (20min = 15+5)

16:00 -- 16:20 Pablo M. Saz Parkinson: *One decade of pulsar studies with Fermi*

16:20 -- 16:40 Pei Wang: *Pulsar searches of Fermi sources with FAST*

\*16:40 -- 17:00 Zhichen Pan: *FAST Drift Scan Pulsar Survey*

\*17:00 -- 17:20 Jiguang Lu: *Single Pulse Observation with FAST*

\*17:20 -- 17:40 Xuzhi Hu: *An investigation report of the Pulsar Research with MWA*

**Banquet, 18:00 – 20:00 (in the Hotel)**

### ===== Thursday, July 5 =====

**Chair: Hongguang Wang** (20min = 15+5)

08:30 -- 08:50 Stephen Ng: *Radio observations of pulsar wind nebulae*

\*08:50 -- 09:10 Shuxu Yi: *Probing the properties of the pulsar wind via studying the dispersive effects in the pulses from the pulsar companion in a double neutron-star binary system*

\*09:10 -- 09:30 Linli Yan: *The evolution properties of the Crab pulsar*

\*09:30 -- 09:50 Weiyang Wang: *Pulsar giant pulse: coherent instability near light cylinder*

09:50 -- 10:20 *Coffee Break*

**Chair: Biping Gong** (20min = 15+5)

10:20 -- 10:40 Pak Hin Tam: *The hour-timescale GeV flares of PSR B1259-63 in 2017*

\*10:40 -- 11:00 Yudong Cui: *Leaked GeV CRs from the broken shell of SNR W28*

11:00 -- 11:20 Xiaoping Zheng: *中子星 Mode 和 Mountain 引力波辐射*

11:20 -- 11:40 Xia Zhou: *R-mode instability and related observations*

\*11:40 -- 12:00 Yubing Wang: *Effect of the equation of state on the r-mode instability of strange stars*

----- Lunch time -----

Scientific Program (FPS7, Guangzhou 2018)

**Chair: Yongfeng Huang** (20min = 15+5)

14:00 -- 14:20 Hao Tong: *Rotational evolution of magnetars in the presence of a fallback disk*

14:20 -- 14:40 Xiongwei Liu: *The radiation of pulsars with fall-back disks*

\*14:40 -- 15:00 Huihui Wang: *Magnetar-like outburst from high-magnetic field radio pulsar PSR J1119-6127*

15:00 -- 15:20 Biping Gong: *Searching for compact binary pulsars*

\*15:20 -- 15:40 Enping Zhou: *Differentially rotating quark stars and post-merger signal*

15:40 -- 16:00 *Coffee Break*

**Chair: Yefei Yuan** (20min = 15+5)

16:00 -- 16:20 Jumpei Takata: *Millisecond pulsar binary of Fermi-era*

16:20 -- 16:40 Fupeng Zhang: *The scattering of FRBs by the intergalactic medium*

16:40 -- 17:00 Minglei Tong: *The construction of ensemble pulsar time-scale and its possible application*

17:00 -- 17:20 Hongguang Wang: *On the emission beam of radio pulsars*

17:20 -- 17:40 Lei Liu: *The search and localization of single pulses*

===== Friday, July 6 =====

**Chair: Li Zhang** (20min = 15+5)

08:30 -- 08:50 Yongfeng Huang: *Bow shock emission model for the white dwarf pulsar AR Scorpii*

08:50 -- 09:10 Zhaosheng Li: *The absorption edge in a PRE burst from GRS 1747-312/Terzan 6*

09:10 -- 09:50 **Announcement of Crab and Vela Prizes**

09:50 -- 10:20 *Coffee Break*

**Chair: Xiaoping Zheng** (20min = 15+5)

10:20 -- 10:40 Zigao Dai: *Models for three counterparts to GW170817*

10:40 -- 11:00 Ang Li: *Dense matter EOS from terrestrial nuclear measurements and astrophysical constraints*

11:00 -- 11:20 Xiaoyu Lai: *Pulsar glitches in a strangeon star model*

11:20 -- 11:40 Renxin Xu: *GW170817 and strong matter*

----- Lunch time -----

=====

**NOTE** for *talks* (20min = 15+5)

The chair would **remind** the speaker “**3 min**” after talking for **12 minutes**.

**NOTE** for *Dining Service*: at Mingquanju Hotel (鸣泉居)

Buffet Breakfast: 07:00—08:30

Buffet Lunch: 12:00—13:00

Buffet Dinner: 18:00—19:00

**Score suggested for the members in ad hoc committee**

Crab: 85~95, Vela: 75~85