

从 F_γ 、 $\dot{v}$ 、profile里寻找 模式转换中稳态的演化信号

汇报人：刘学智

指导老师：葛明玉、郑小平、李小波

华中师范大学 & 粒子天体物理全国重点实验室

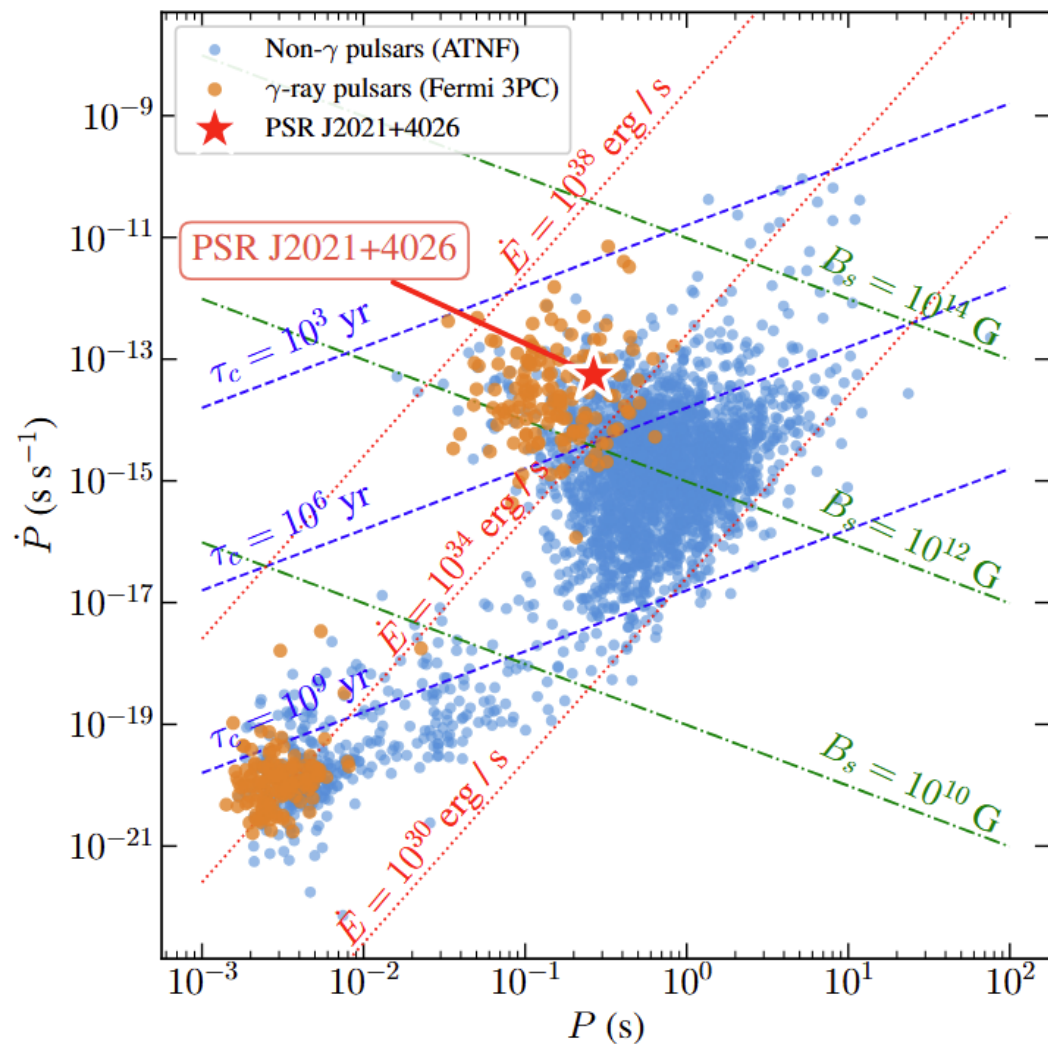


目 录

- ◆ PSR J2021+4026概述——模式转换
- ◆ 磁层理论对 F_γ 、 $\dot{v}$ 、profile 跳变的解释
- ◆ 稳态里存在 F_γ 和 $\dot{v}$ 的持续演化

一、PSR J2021+4026概述——模式转换

- γ -ray 流量、脉冲轮廓和 $\dot{\nu}$ 长期稳定



辐射:

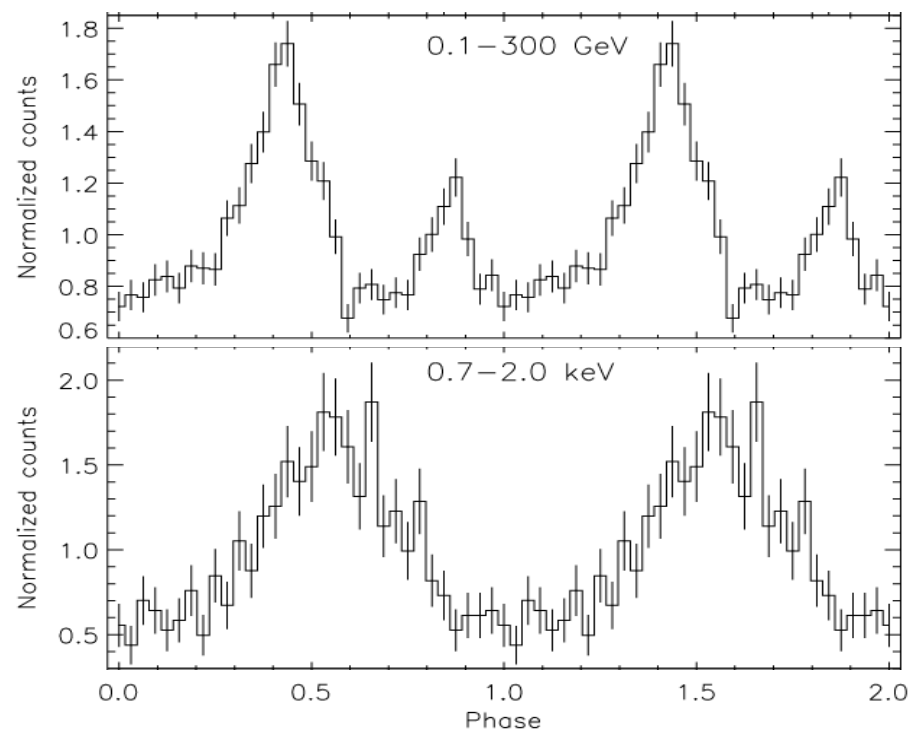
- γ -ray 双峰
- X-ray 单峰

自转:

- $\nu \sim 3.8 \text{ Hz}$
- $\dot{\nu} \sim -8 \times 10^{-13} \text{ Hz s}^{-1}$
- $\tau_c \sim 77 \text{ kyr}$

遗迹:

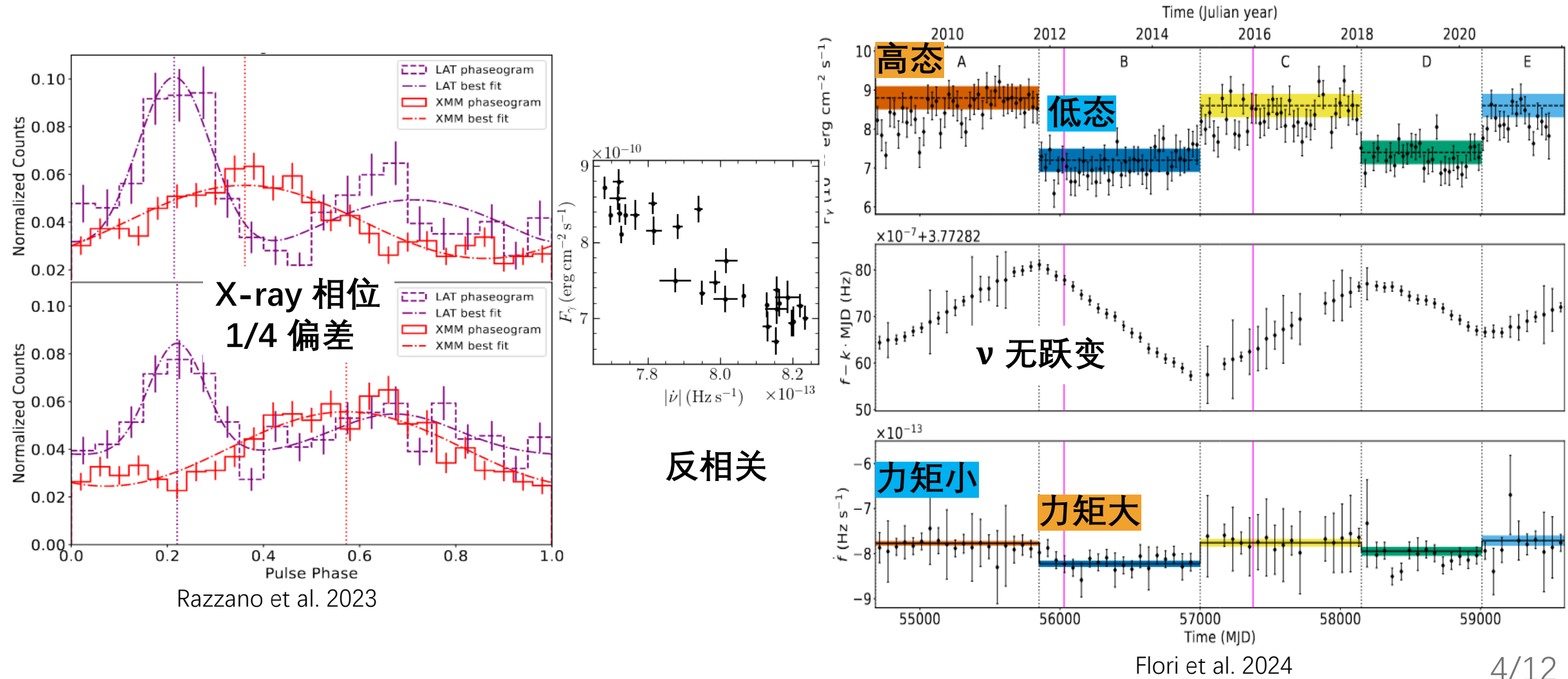
- $\tau_{\text{SNR}} \sim 6.6 \text{ kyr}$
- $d \sim 1.5 \text{ kpc}$



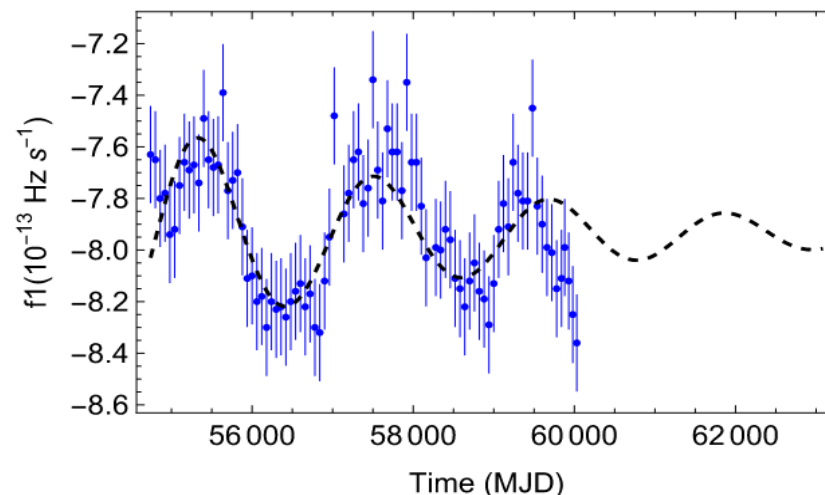
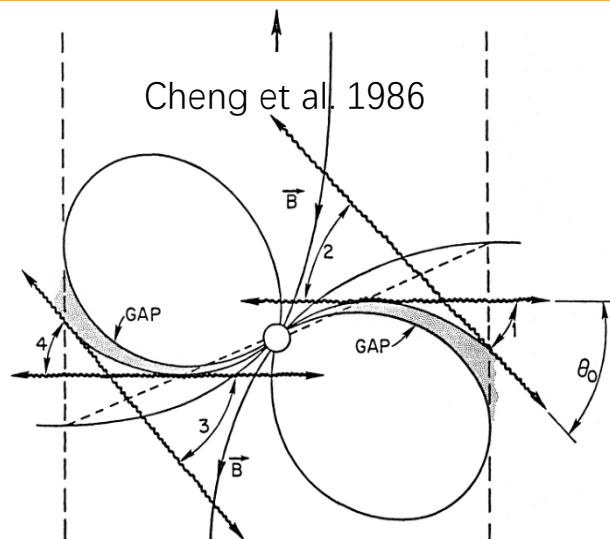
Wang et al. 2018

一、PSR J2021+4026概述——模式转换

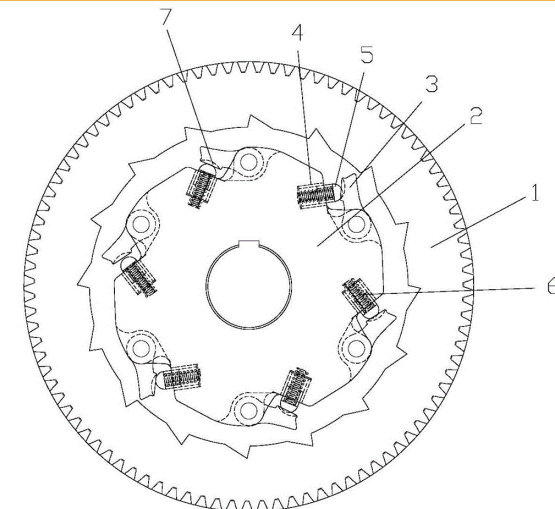
- γ -ray 流量、脉冲轮廓和 $\dot{\nu}$ 会在短小时内同时切换到另一个状态——模式转换。



二、磁层理论对 F_γ 、 $\dot{\nu}$ 、profile 跳变的解释



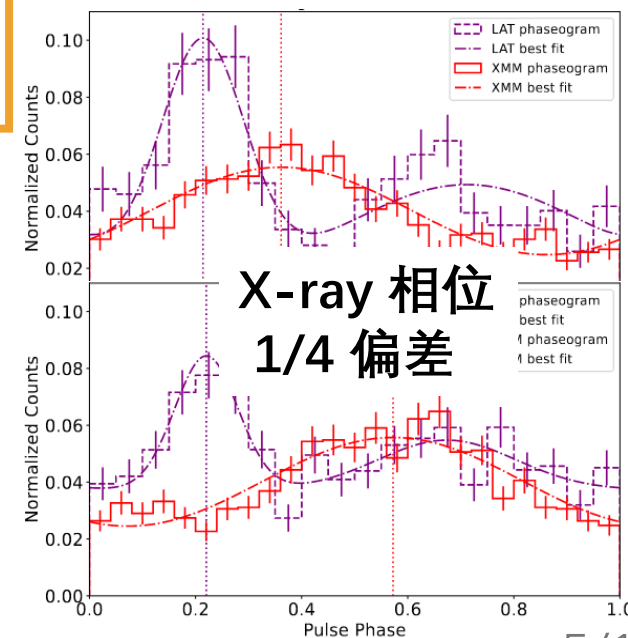
Tong et al. 2025



1

跳变？突变

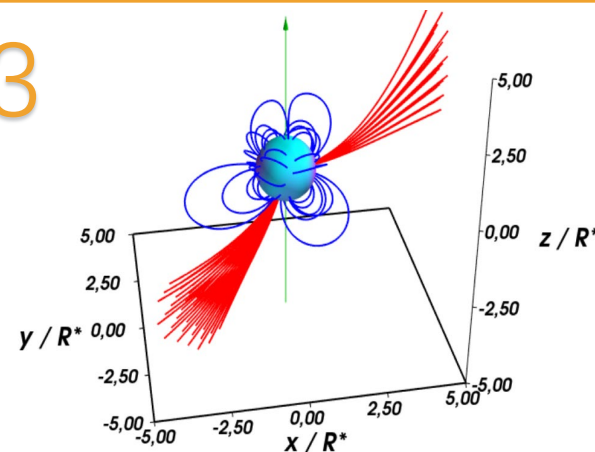
震荡？持续



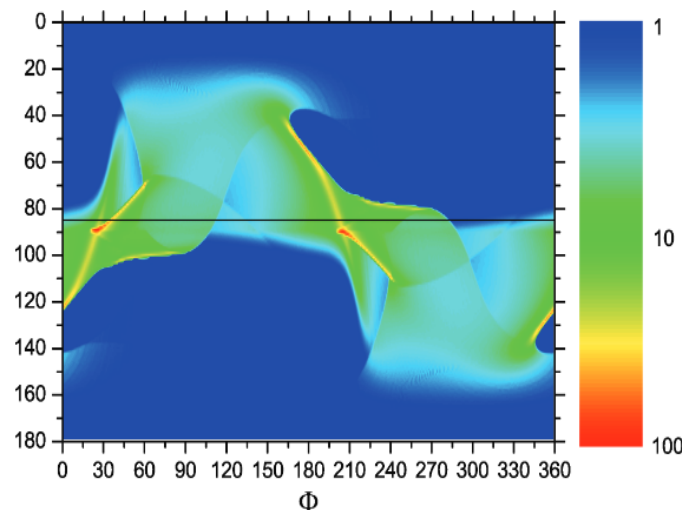
Razzano et al. 2023

5/12

3

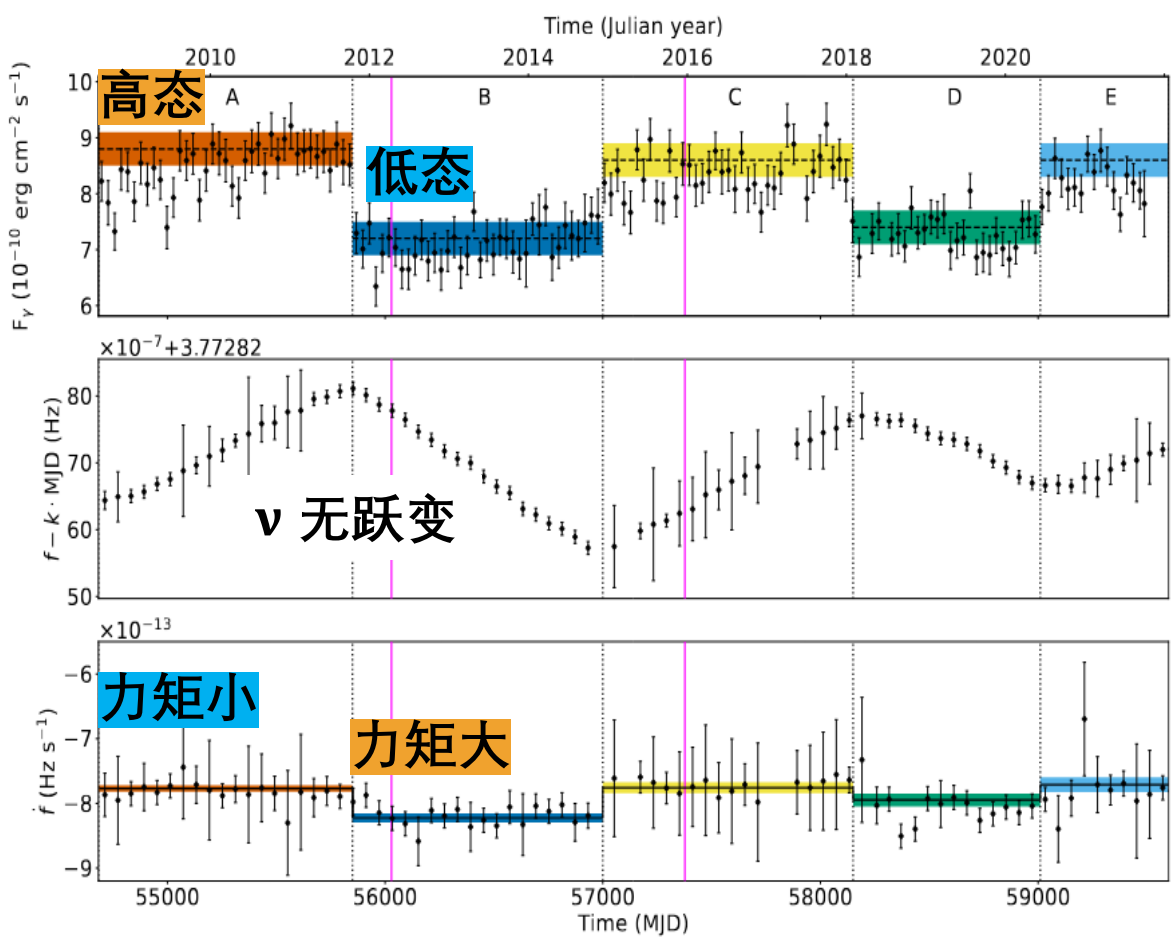


Fiori et al. 2024



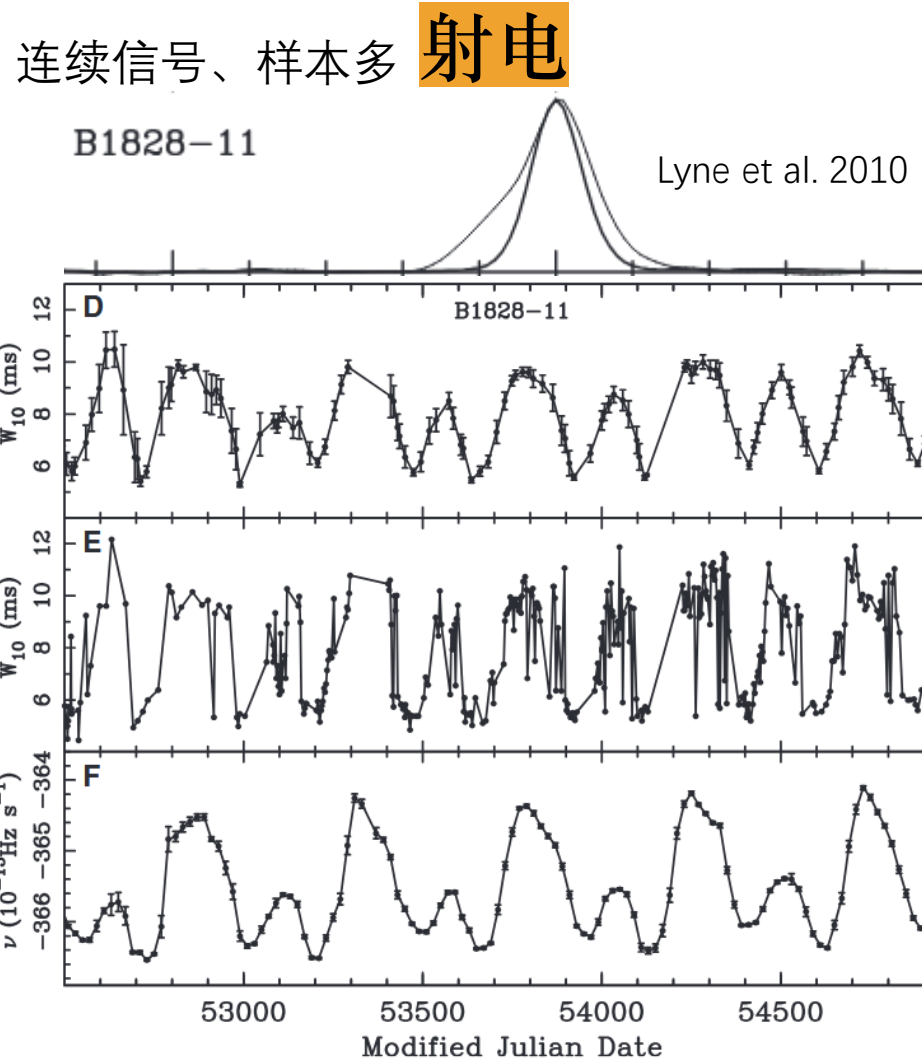
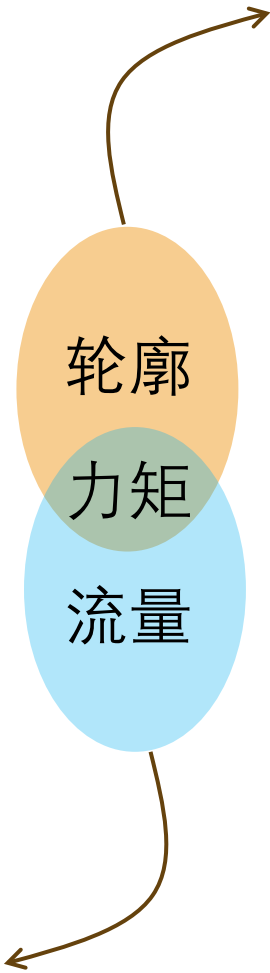
Trepl et al. 2010

二、磁层理论对 F_γ 、 $\dot{\nu}$ 、profile 跳变的解释



Flori et al. 2024

伽马 光子计数、样本少

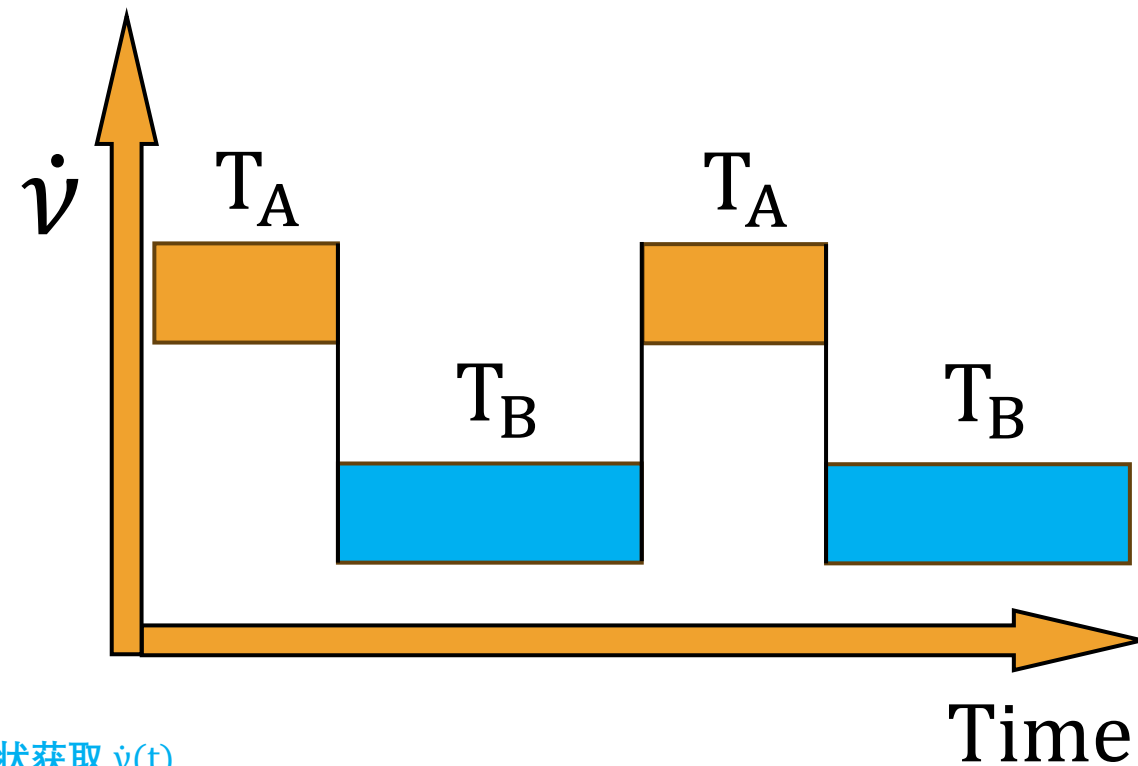
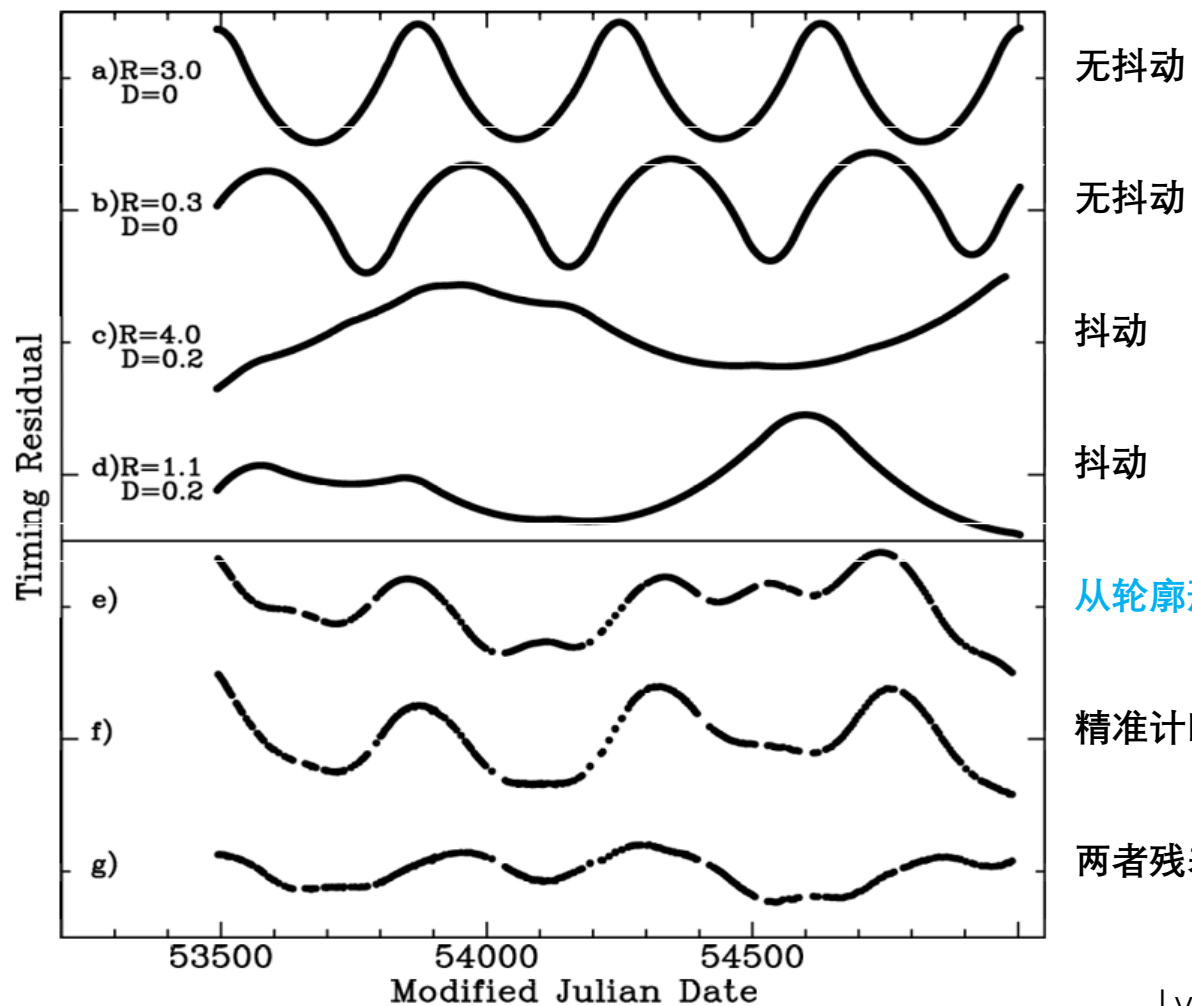


连续信号、样本多 **射电**

□ 看上去是低频震荡，但模式转换几乎是**瞬时发生的**

二、磁层理论对 F_γ 、 $\dot{\nu}$ 、profile 跳变的解释

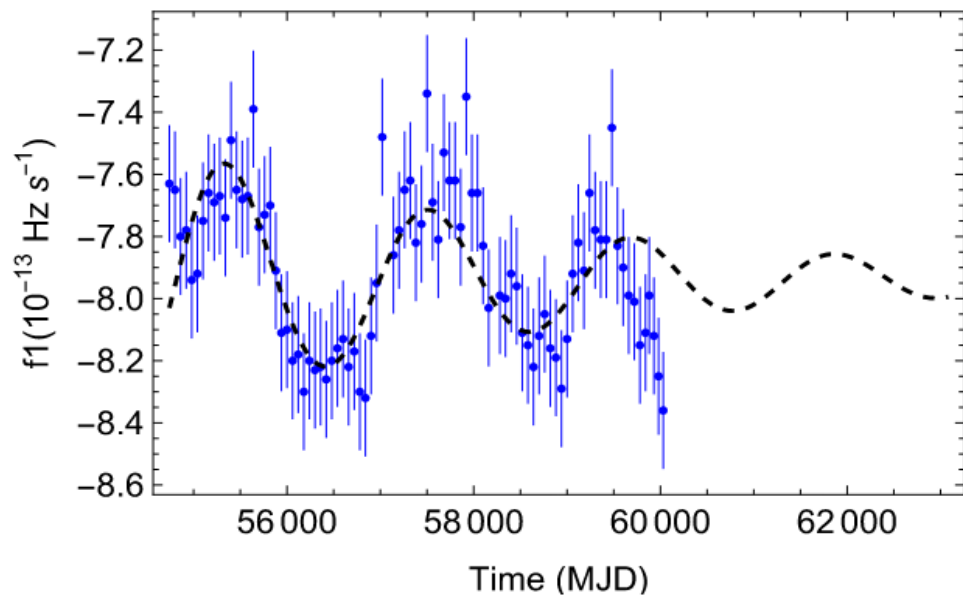
- 模拟表明，**瞬时变化**展现出**低频震荡**的结果即观测效应。



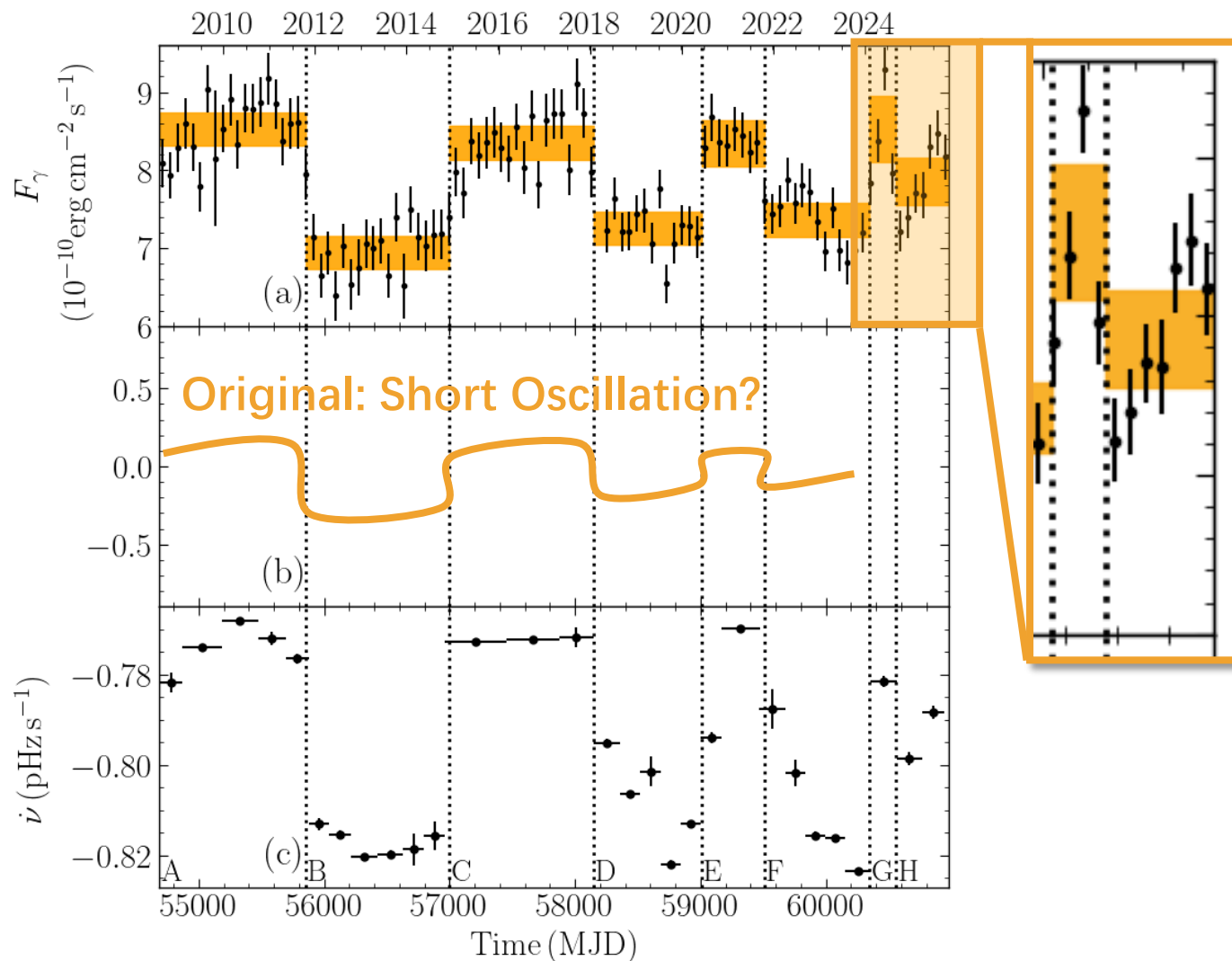
$$R = \frac{T_A}{T_B}$$

三、稳态里 F_γ 和 $\dot{\nu}$ 的持续演化

- ☐ 态内真的不会发生演化吗?
- ☐ 只是**稳态到稳态**的突变吗?
- ☒ 计时不敢用
- ☒ 轮廓做不了



Tong et al. 2025



✓ 存在流量在稳态内会**持续演化**的信号!

三、稳态里 F_γ 和 $\dot{\nu}$ 的持续演化

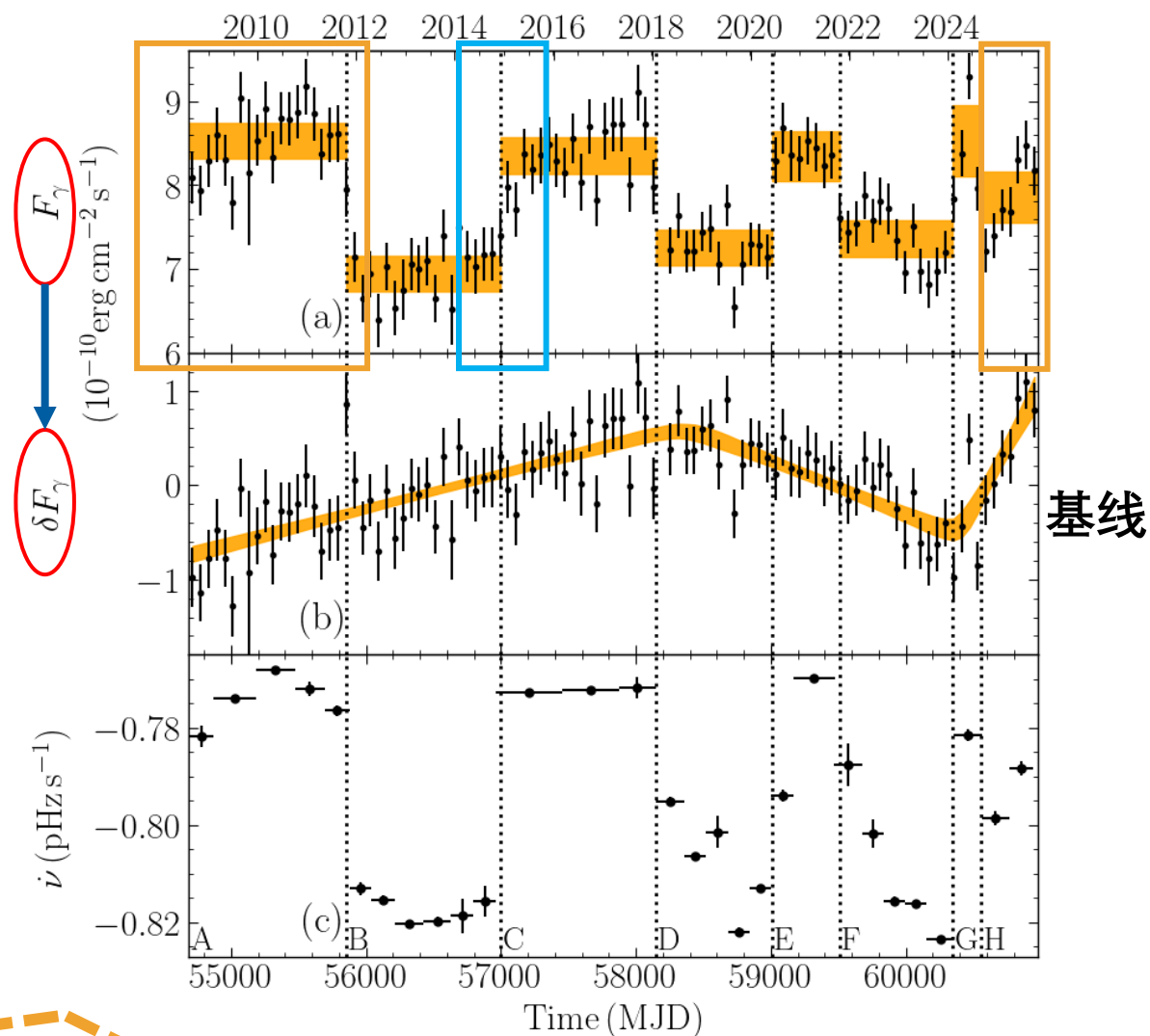
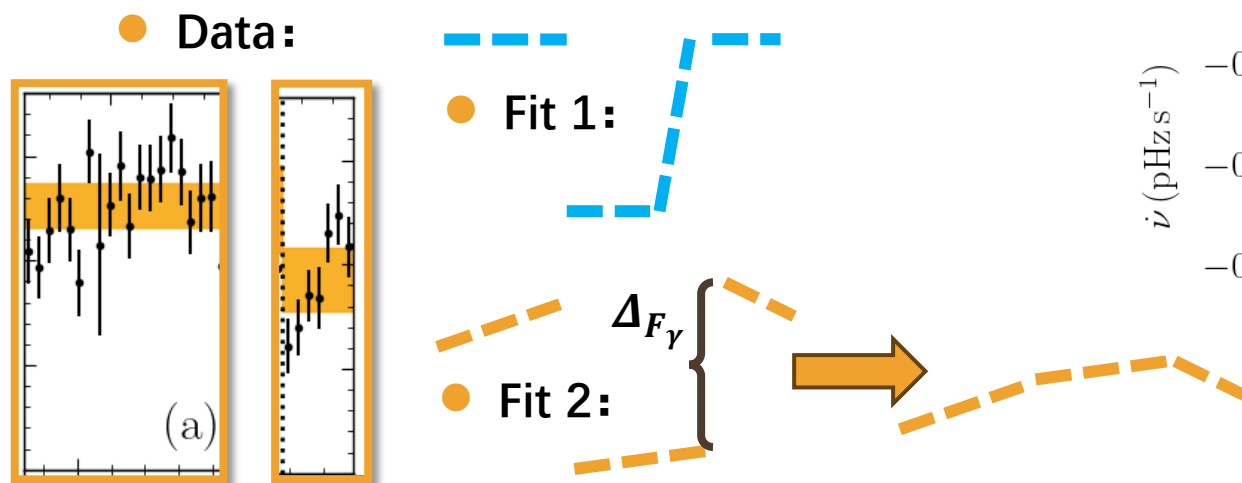
1. 持续演化的普遍性。

稳态中的演化在第一次转换中就有所报道
(Allafort et al. 2013):

“流量有一个持续的缓慢上升。”

我们决定用斜线拟合后扣除跃变来进行验证,

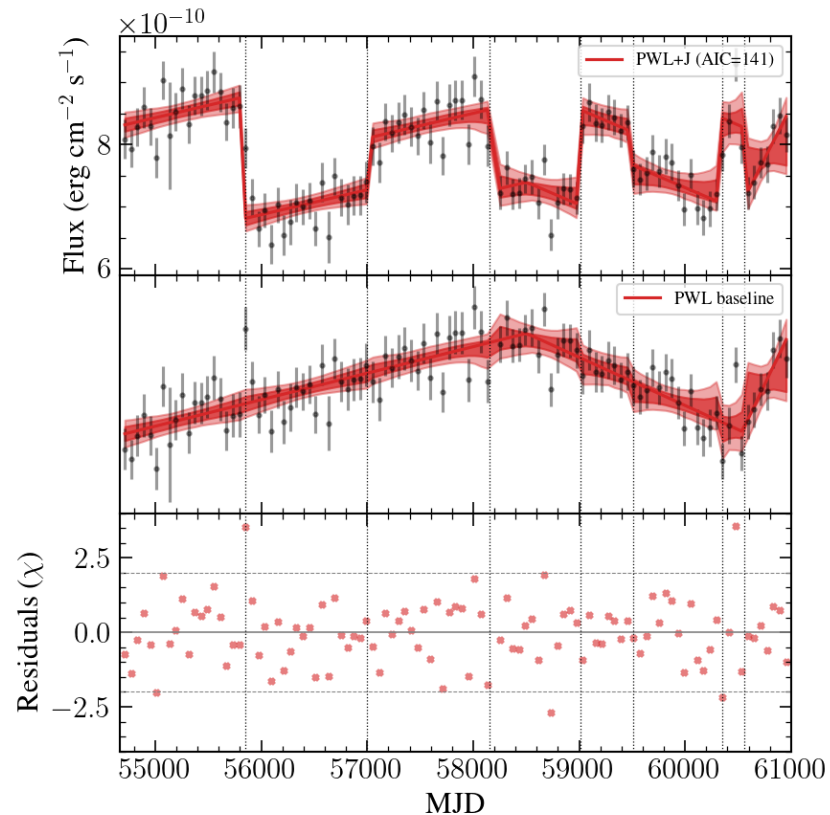
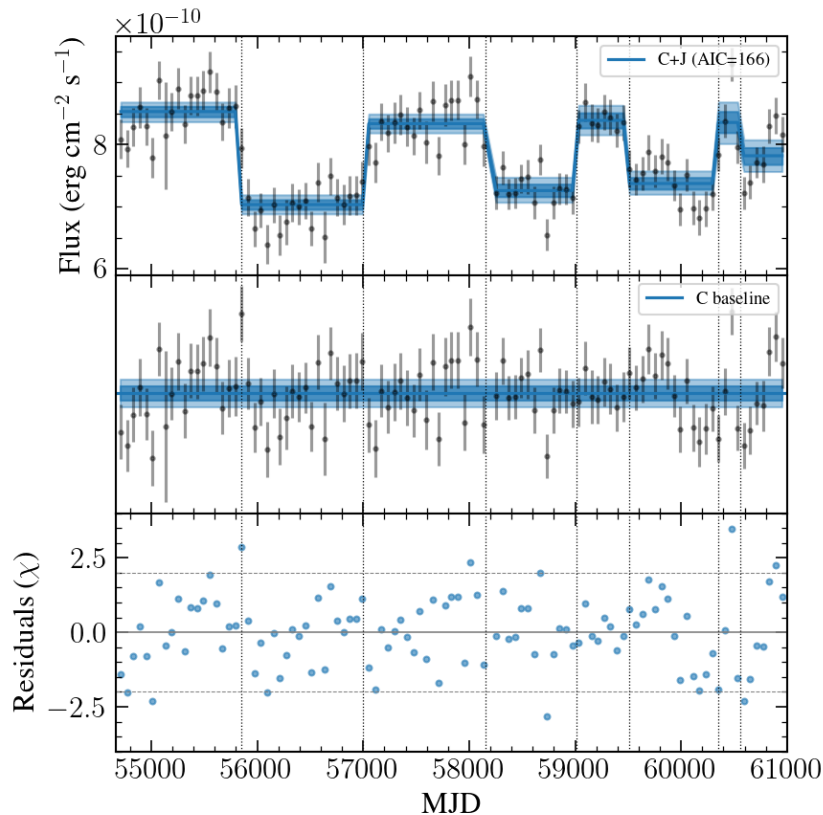
✓ 发现流量先 $\uparrow$ 、再 $\downarrow$ ，又 $\uparrow$ 。



三、稳态里 F_γ 和 $\dot{v}$ 的持续演化

1. 持续演化的普遍性。

Model	Dataset	χ^2/ndof	AIC	BIC	$\Delta\text{AIC} > 10$, 显著优势
常量 + 跃变	60 天	$149.6/96 = 1.558$	165.6	186.8	
折线 + 跃变	60 天	$115.1/91 = 1.265$	141.1	175.5	$\Delta\text{BIC} > 10$, 显著优势



数据点为30天后，误差变大，此时：

ΔAIC 仍然大于10，但 $\Delta\text{BIC} = 2.3$ ，支持变弱。

我们仍倾向长期演化的假设模型。

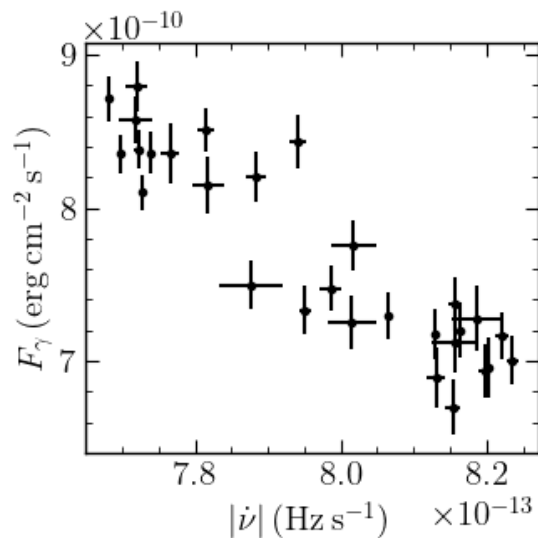
后续会更新到文章的Zenodo仓库中

三、稳态里 F_γ 和 $\dot{\nu}$ 的持续演化

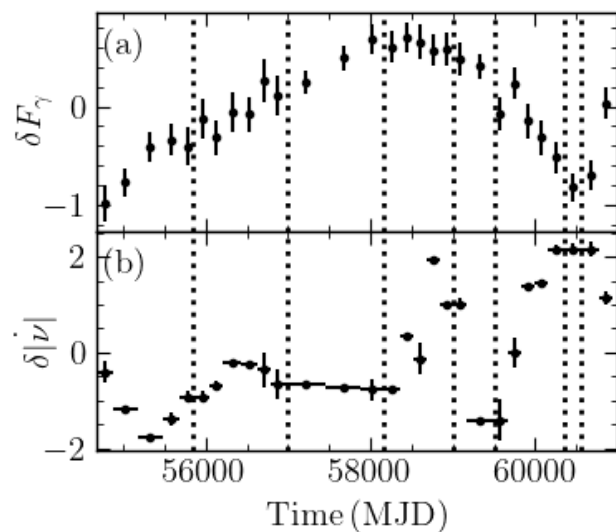
2. 流量与计时的关联。

按照长期演化趋势划分：

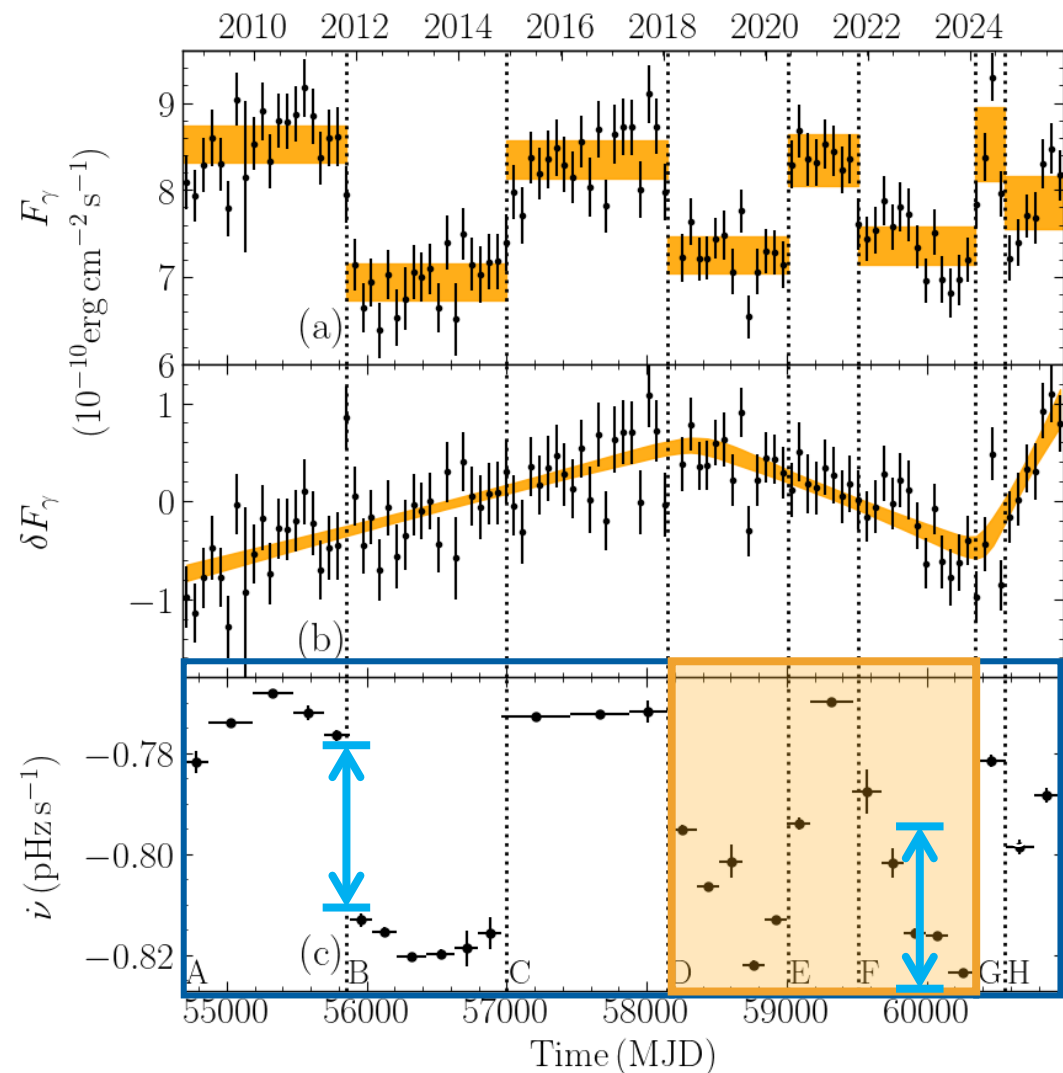
- 流量下降态内的 $\dot{\nu}$ 变化更明显。
- ✓ 侧面说明了流量的长期演化与动力学过程相关。



反相关性



δF_γ 与 $\delta |\dot{\nu}|$ 不太相关



$\dot{\nu}$ 变化更明显

三、稳态里 F_γ 和 $\dot{v}$ 的持续演化

新的发现。

- “稳态”中存在流量演化;
- 流量持续下降时, $\dot{v}$ 变化更显著。

后续会怎么演化？

- 低态可能会逐渐向高态靠拢，在2035年合并。

进一步限制与问题？

- X-ray的联合观测，持续的观测。
- 在计时变化剧烈的时间段，态的划分不可靠。高低态的划分界限变得模糊。
- 射电的轮廓会演化吗？

恳请指正！

