利用光学偏振研究LS I+61°303双星特性

刘佳炘

合作者: Jumpei Takata，雷卫华

2025.7.4

华中科技大学天文学系

目录

1、背景

2、光学偏振模型

3、结果

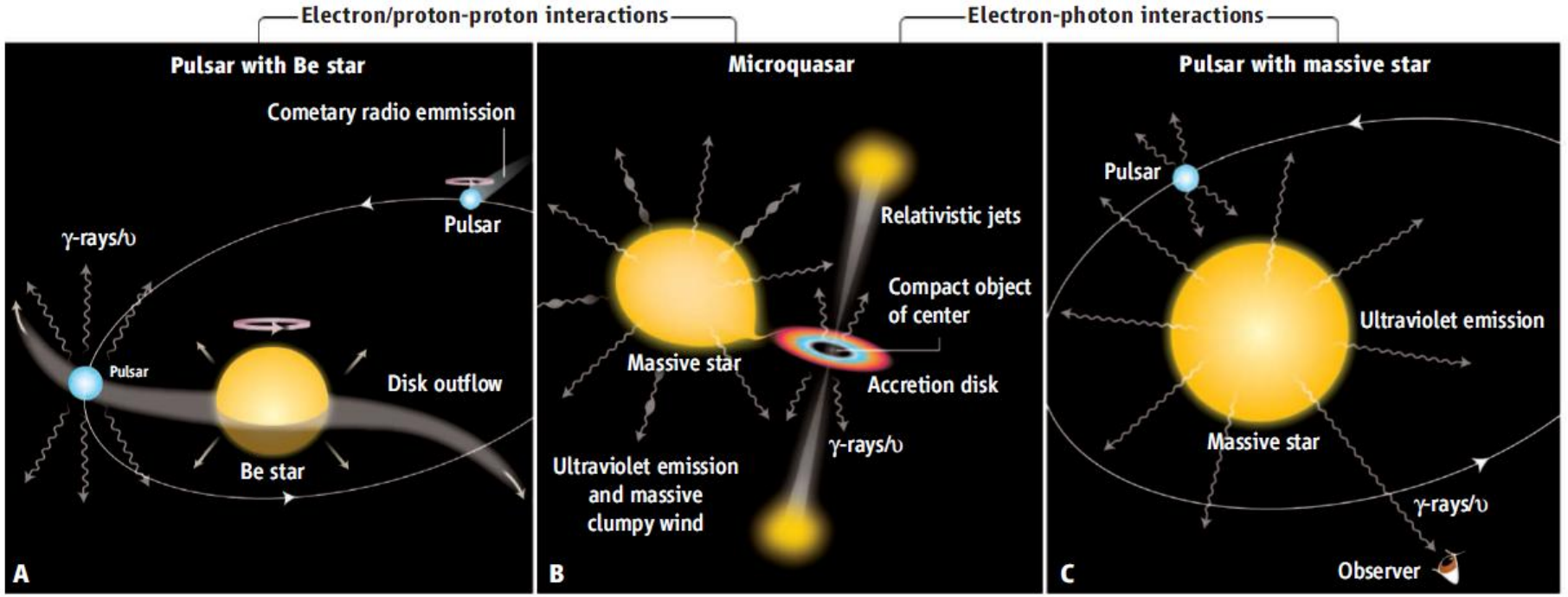
4、总结

1、背景

伽玛射线双星:

- 致密天体 (中子星或黑洞) + Be型/O型主序星
- 射电到TeV能段的非热辐射
- 脉冲星模型或微类星体模型

~ 10系统 (PSR B1259-63、PSR J2032+4127、LS I+61°303)



Mirabel 2012

1、背景 ~ 争议

➢ 致密天体存在争议（1）

LS 5039

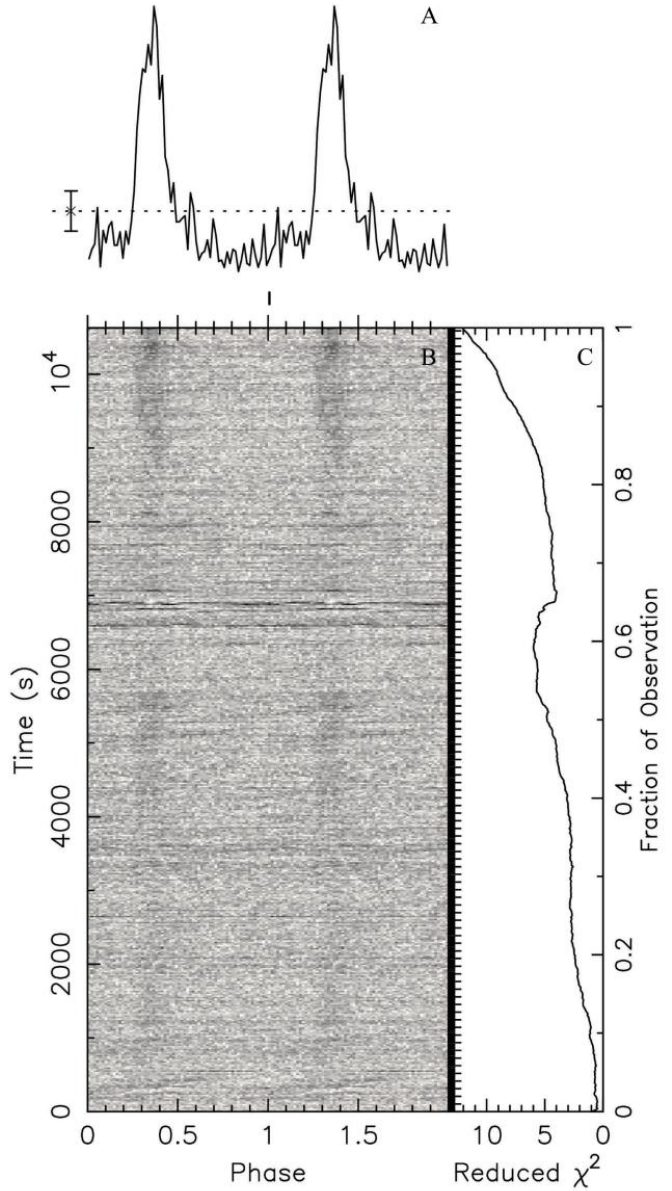
- 短周期伽玛射线双星 P ~ 3.9d
- 微类星体模型 (Casares et al. 2005)
- 磁星模型 (Yoneda et al. 2020)

  -- 探测到X-ray脉冲 ~ 9s (Volkov et al. 2021 认为统计显著性太低)

➢ 致密天体存在争议（2）

LS I +61° 303

- 微类星体模型 (Massi et al.2004 探测到相对论性射电喷流)
- FAST 探测到瞬态脉冲射电辐射 (~ 0.26 s, Weng et al. 2022)
- 没有进一步信息确认



(Weng et al. 2022)

1、背景 ~ 争议

➢ 关键问题 ~ 致密天体特性

- 辐射机制和加速机制

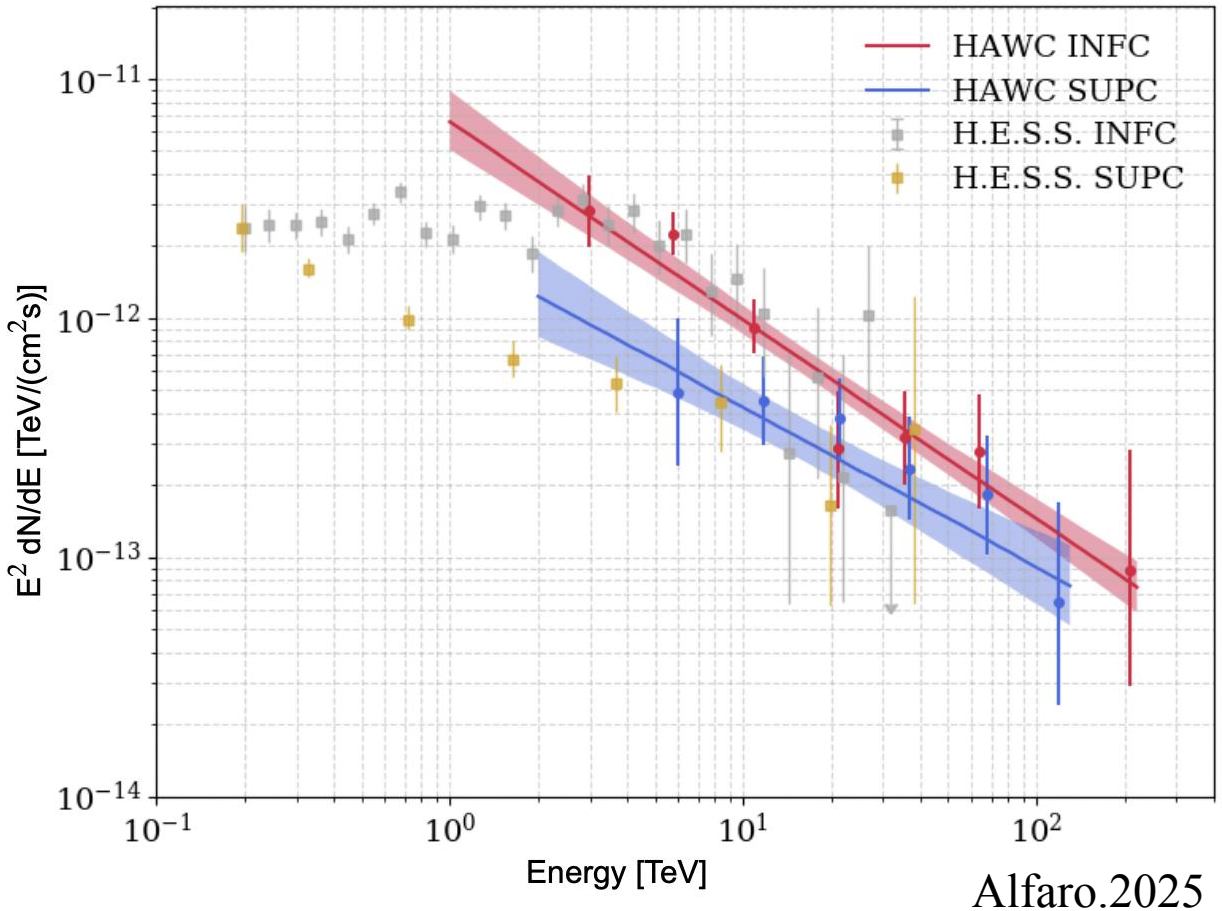
-- LS 5039 / LS +I 61°303 中粒子如何被加速到 ~100 TeV (Alfaro et al.2025; LHAASO collaboration)

- 相关问题

-- 不确定的轨道参数（如偏心率等）

-- 没有$\dot{P}$的测量 (经典脉冲星还是磁星?)

LS 5039



Alfaro.2025

1、背景~LS I+61°303的光学偏振

LS I+61°303

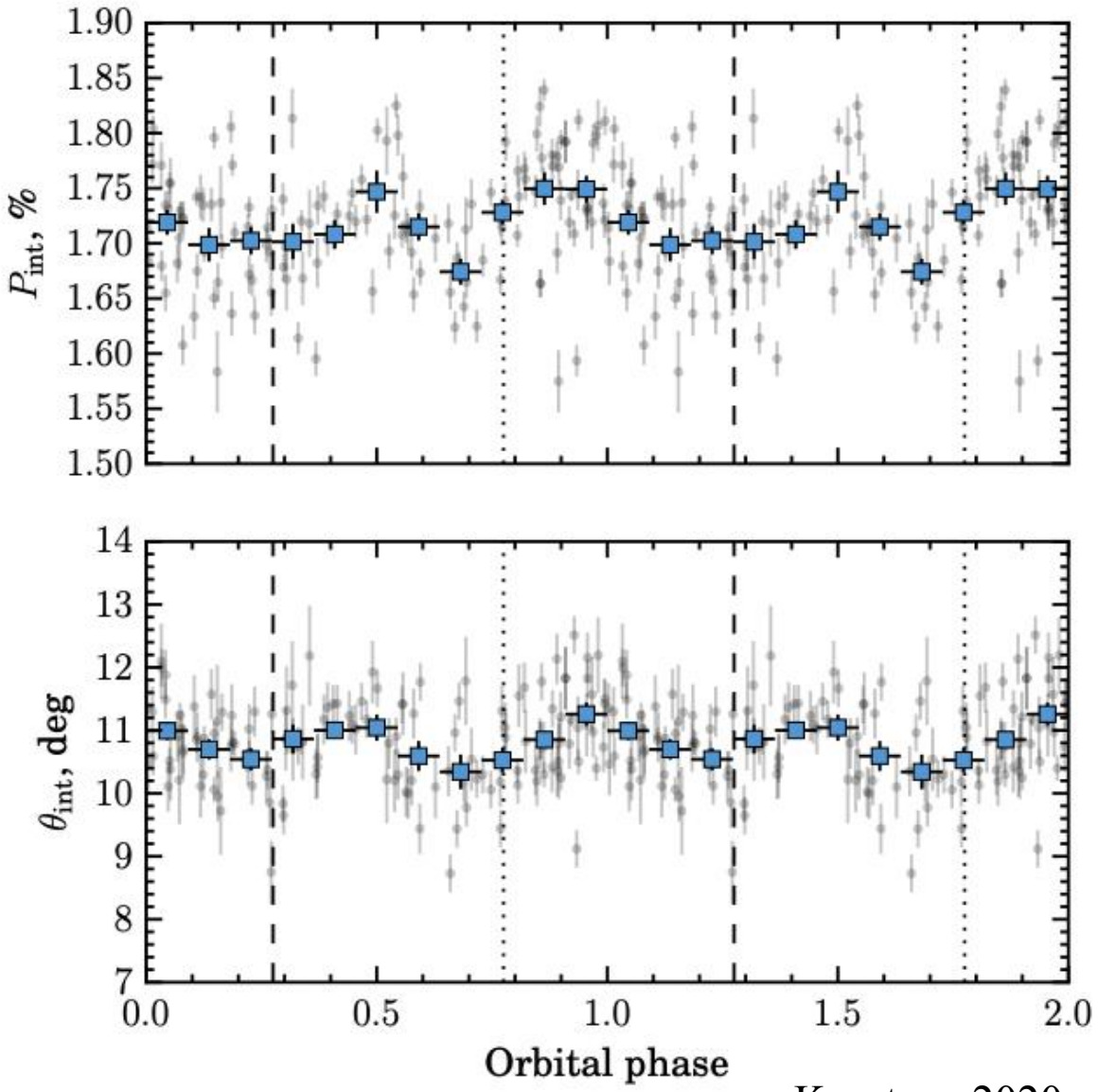
- 脉冲星(?) + Be星
- 轨道周期P_{orb} ~ 27 days
- 偏振度 PD ~ 1.7 %
- 偏振角和偏振度都显示出轨道调制现象，且具有双峰结构

◆偏振可以提供的重要信息

-- 振幅 → 动量比$\eta = \frac{L_{sd}/c}{\dot{M}v}$

-- 高度 → 恒星质损率$\dot{M}$

-- 形状 → 轨道偏心率 e



Kravtsov 2020

2、光学偏振模型

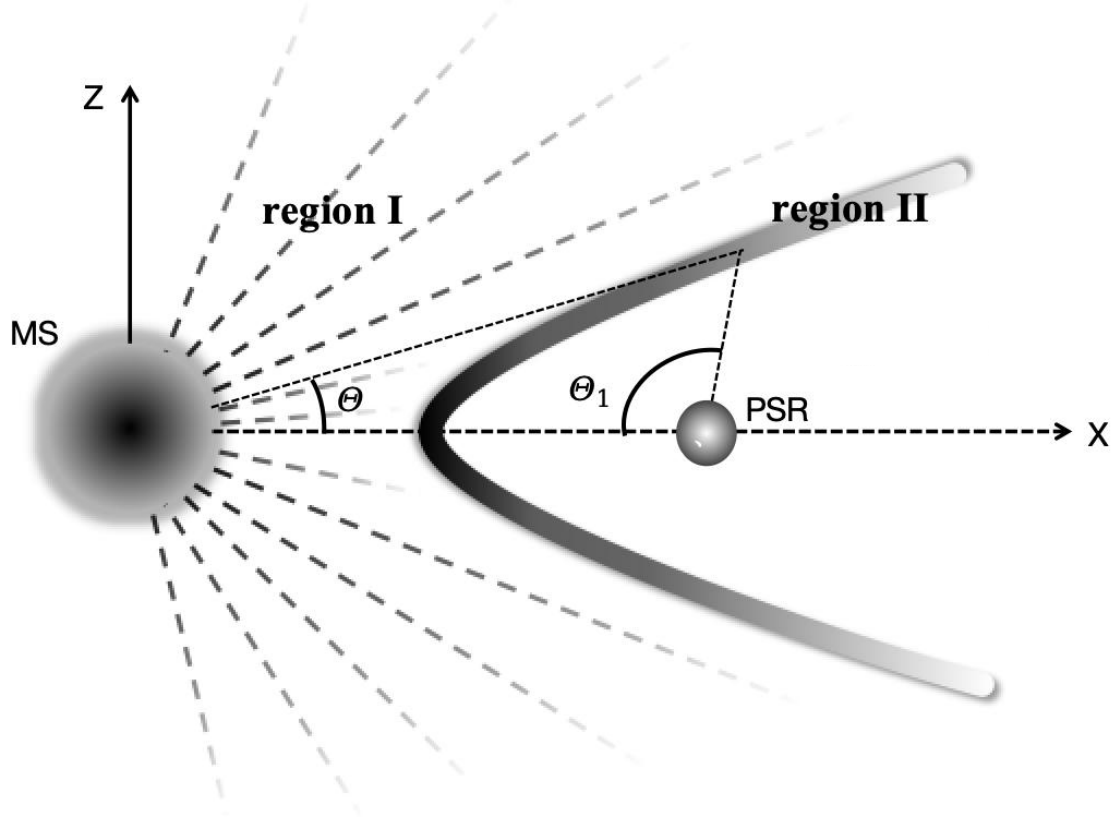
- 恒星外流对恒星光子的汤姆逊散射

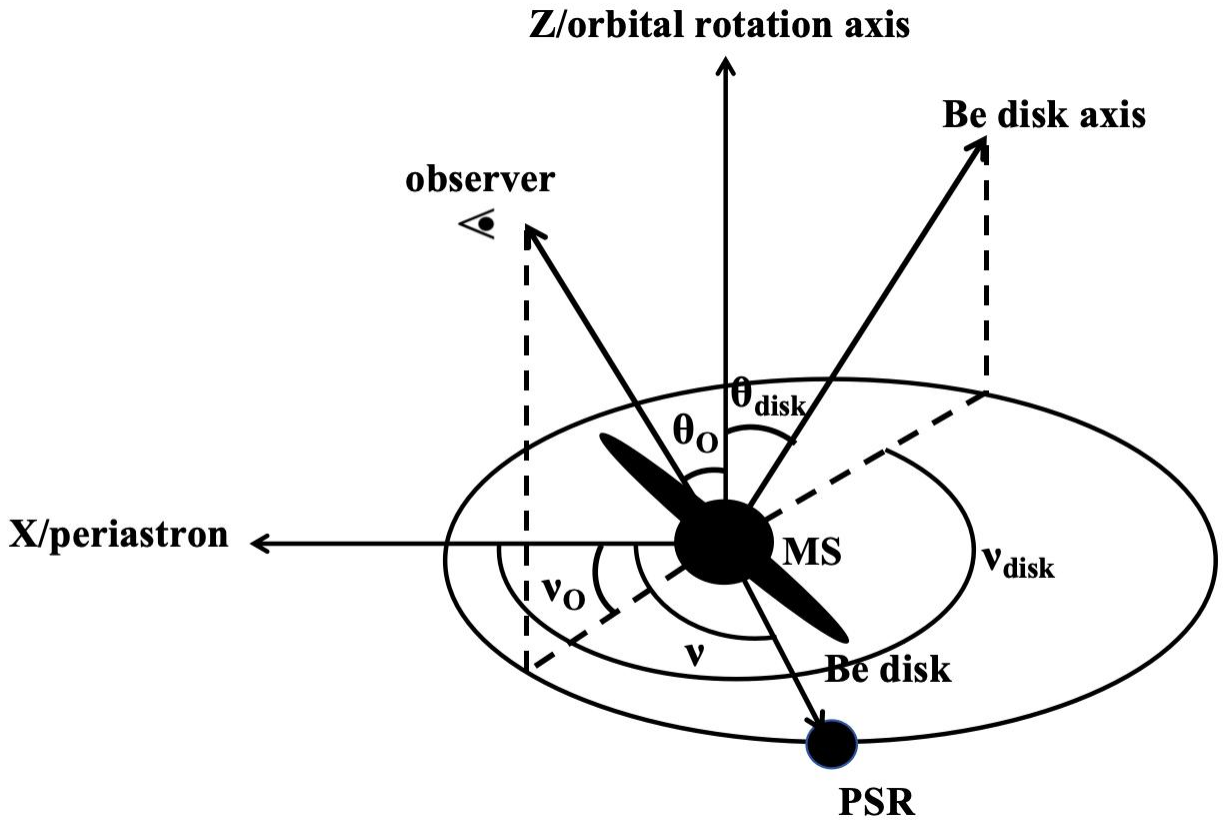
  区域I: 未被激波加热的星风

  区域II: 激波加热的星风

  区域III: Be星盘

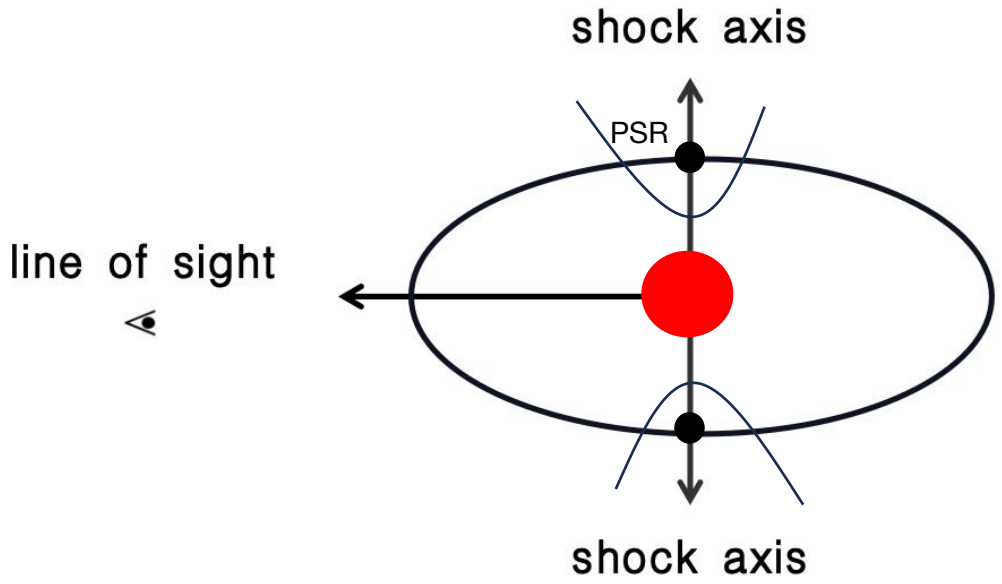
$$\eta = \frac{L_{sd}/c}{\dot{M}v}$$

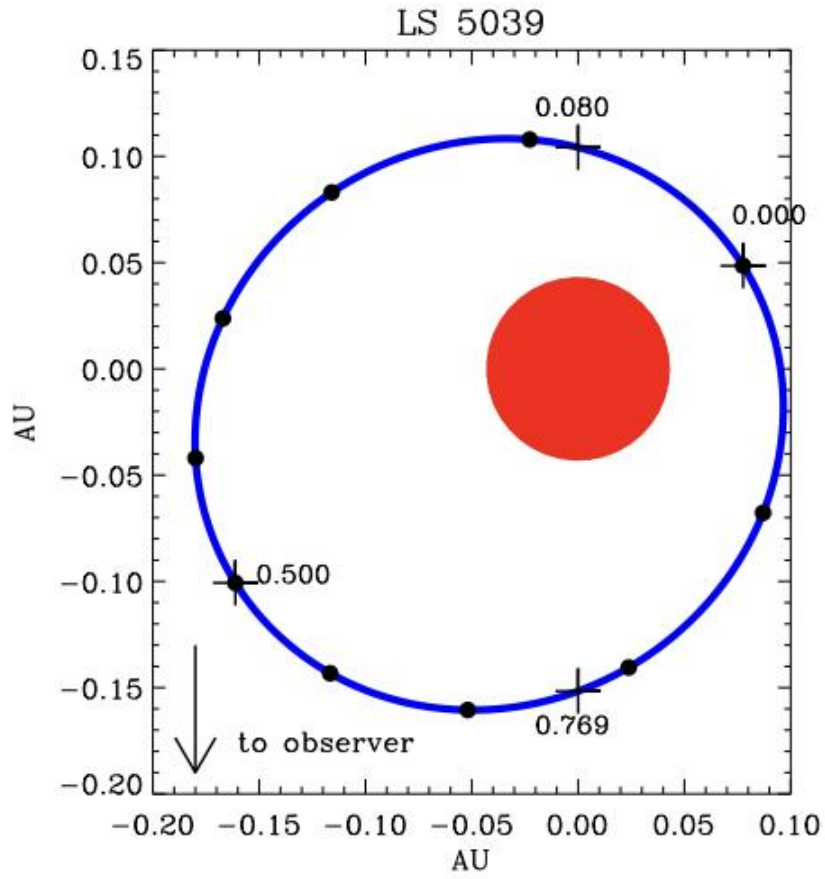




2、光学偏振模型

- 恒星风偏振的计算
  - Brown et al. (1986) <-- 点源近似
  - 考虑了伴星的有限大小
  - 斯托克斯参数IQU
  -Be星盘 (稳定的偏振成分)





Dubus 2013

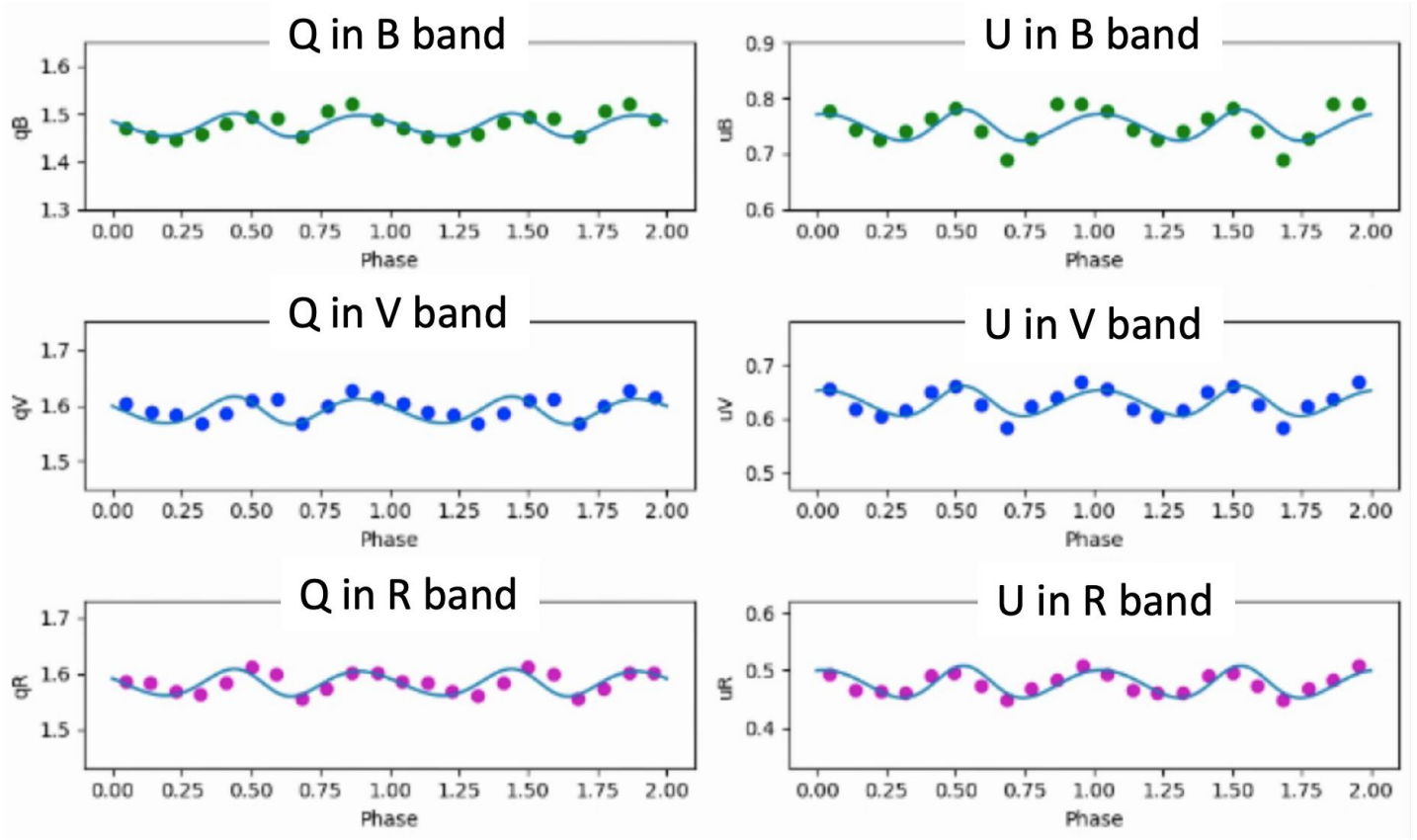
3、结果~应用于LS I+61°303

恒星半径$R_{MS} = 10R_{\odot}$　　轨道周期 T = 26.496 d　　视线倾角i=60°

模型参数:

偏心率 (e), 星风质损率($\dot{M}$), 近星点相位 (ϕ_p)……

参数	拟合结果
η	0.18
e	0.10
$\dot{M}$/v	1.55×10^{12} g/cm
ϕ_p	0.54



3、结果~LS I+61°303讨论

$$L_{sd} = \frac{(2\pi)^4 B_{NS}^2 R_{NS}^6}{6c^3 P_{NS}^4}$$

$$\eta = \frac{L_{sd}/c}{\dot{M}v}$$

→ $P_{NS} \sim 0.26$ s (FAST)

→ $B \sim 1.4 \times 10^{14}$ G

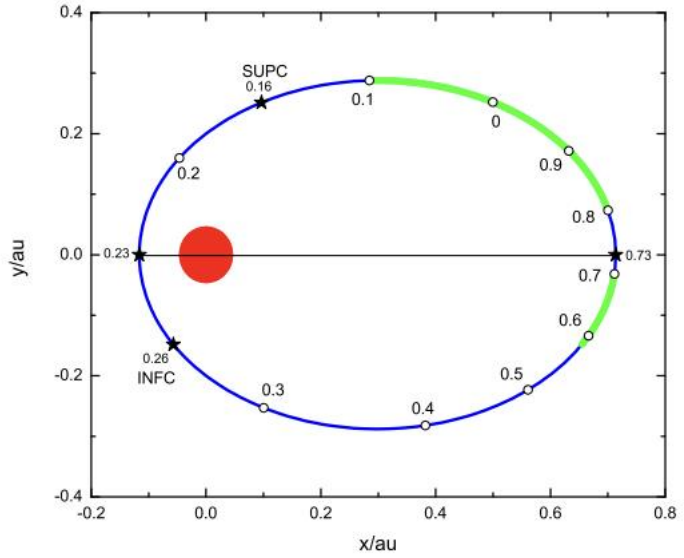
→ 磁星

$$\mathrm{DM} = \int n_e dl$$

$$n_e = \frac{\dot{M}}{4\pi a^2 v_{wind} m_p}$$

→ DM ~ 10^4 -10^5 pc/cm^3 >> DM ~ 240 pc/cm^3 (FAST)

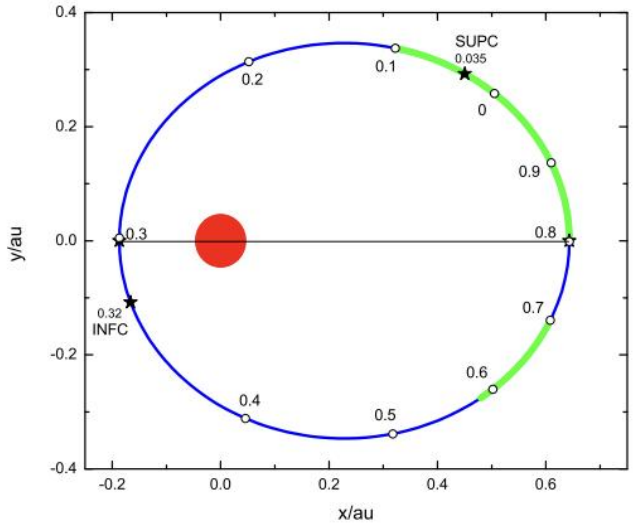
3、结果～与之前的结果比较



e = 0.72

ϕ_p=0.23

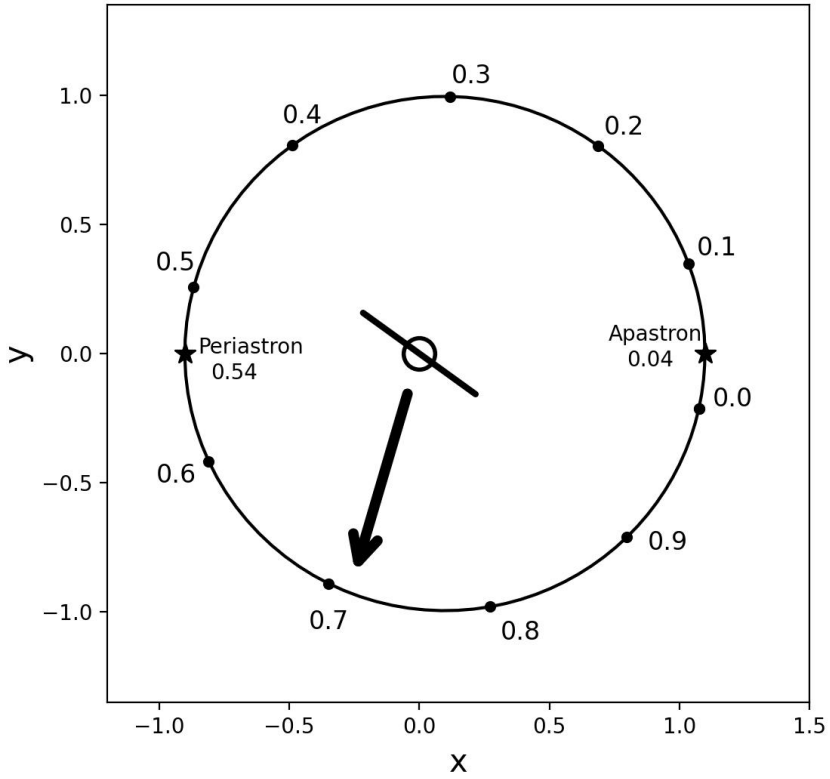
(Casares et al. 2005)



e = 0.55

ϕ_p=0.301

(Grundstrom et al. 2007)



e = 0.10

ϕ_p=0.54

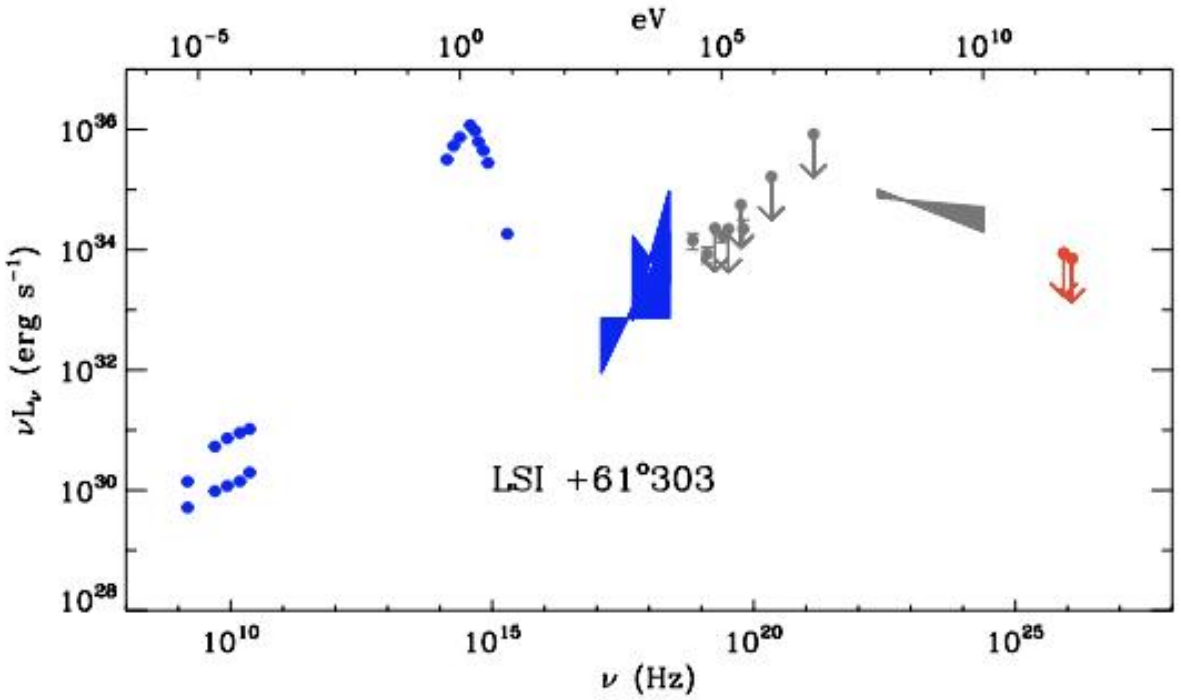
4、总结

- 偏振可以提供一些重要信息
  - 判断致密星类型（脉冲星模型/微类星体模型）
  - 轨道参数
  - 脉冲星性质（经典脉冲星/磁星？）

- 考虑伴星的有限大小, 计算伽马射线双星系统的光学偏振。
- 拟合观测数据，限制了源 LS I +61 303 的轨道参数和致密星性质。
  - 偏心率e ~ 0.10, 比之前的结果小
  - 致密天体为磁星
  - DM较大，脉冲信号不易被探测

谢谢！

附录



Dubus 2006