



中国科学院国家天文台

NATIONAL ASTRONOMICAL OBSERVATORIES, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES



# 滤光器透过带轮廓和杂散光对 磁场反演的影响

白先勇 徐稚 Hector Socas-Navarro  
苏江涛 邓元勇



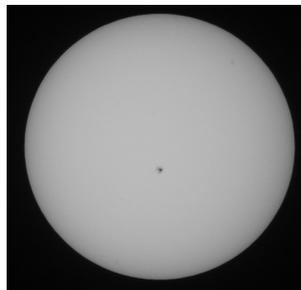
# 太阳磁场测量系统概图

(白光像→单色像→磁图)

望远系统



探测器  
(白光像)



太阳白光像

望远系统

+

滤光系统



探测器  
(单色像)



太阳单色像

望远系统

+

滤光系统

+

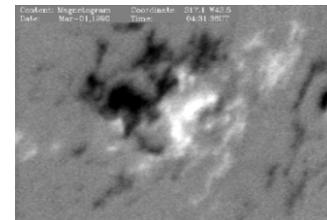
偏振解调



探测器  
(磁图)

Lyot/FP/spectrograph

“间接测量”



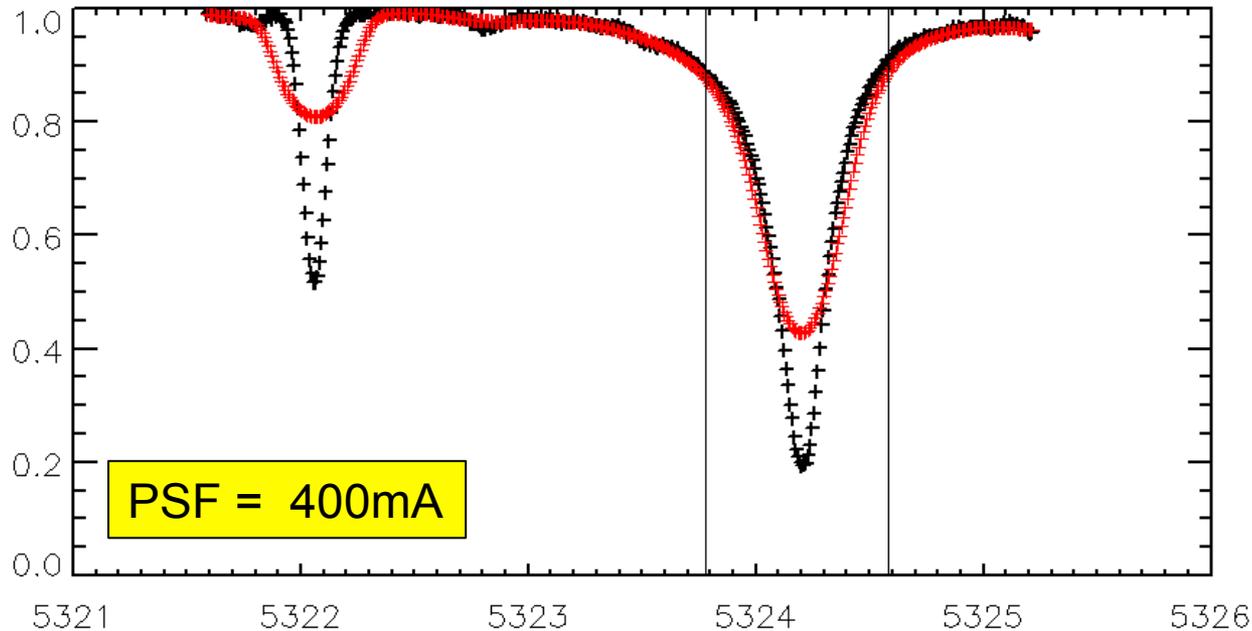
太阳磁场图

# 影响磁场测量的因素1

- 观测设备

滤光器或光谱仪(仪器展宽)

$$I_{\text{obs}} = I_{\text{sun}} * \text{psf}(\text{FWHM})$$



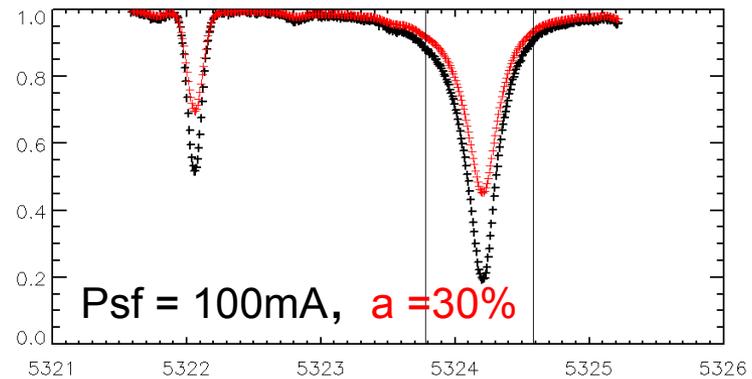
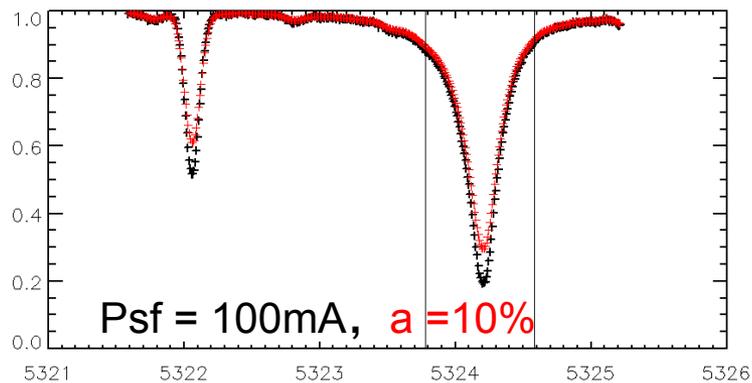
# 影响磁场测量的因素1

- 观测设备

滤光器或光谱仪(仪器展宽)

色散方向的杂散光

$$I_{new} = (1 - a)I_{NVST} \otimes PSF(FWHM) + a$$



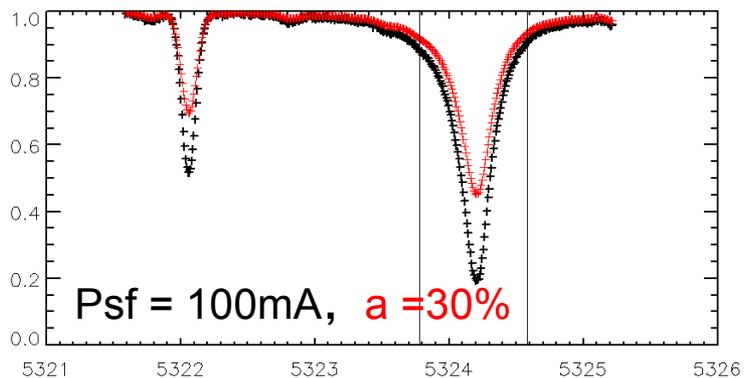
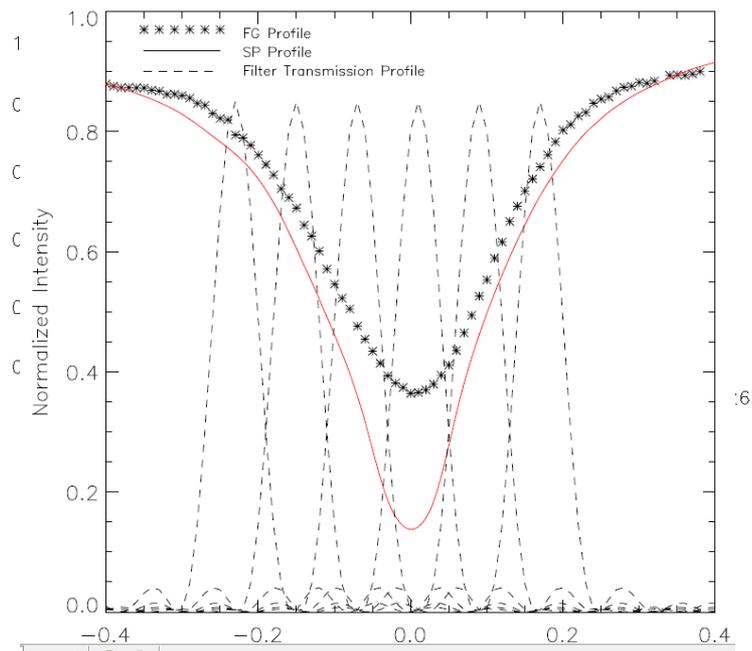
# 影响磁场测量的因素1

- 观测设备

滤光器或光谱仪(仪器展宽)

色散方向的杂散光

怀柔扫描轮廓



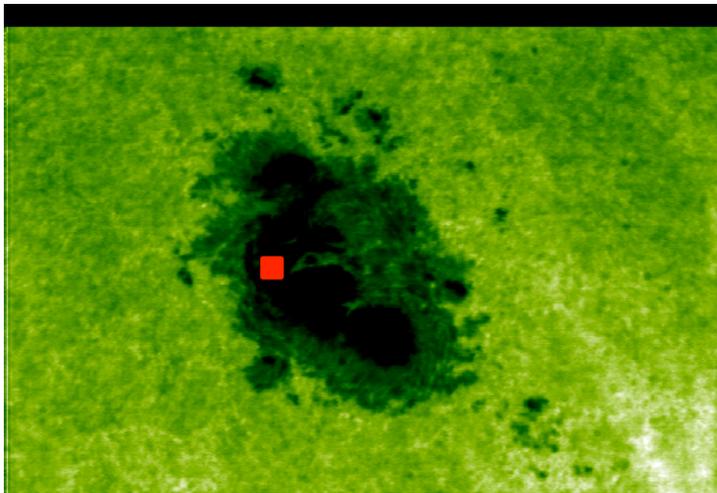
# 影响磁场测量的因素1

- 观测设备

滤光器或光谱仪(仪器展宽)

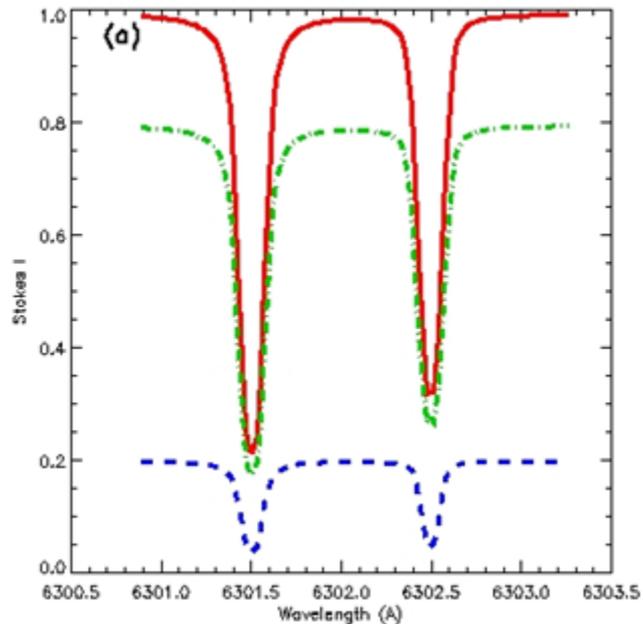
色散方向的杂散光

空间方向的杂散光



20%空间方向杂散光

$$I_{\text{obs}} = (1-a)xI_{\text{in}} + axI_{\text{out}}$$



# 影响磁场测量的因素2

- 观测量定标精度

平场

暗场

波长定标

偏振定标

...

# 影响磁场测量的因素3

- 磁场反演方法

磁场反演假设的大气模型（解析解/数值解）

磁场反演时是否考虑填充因子

磁场反演设置的权重，拟合残差

...

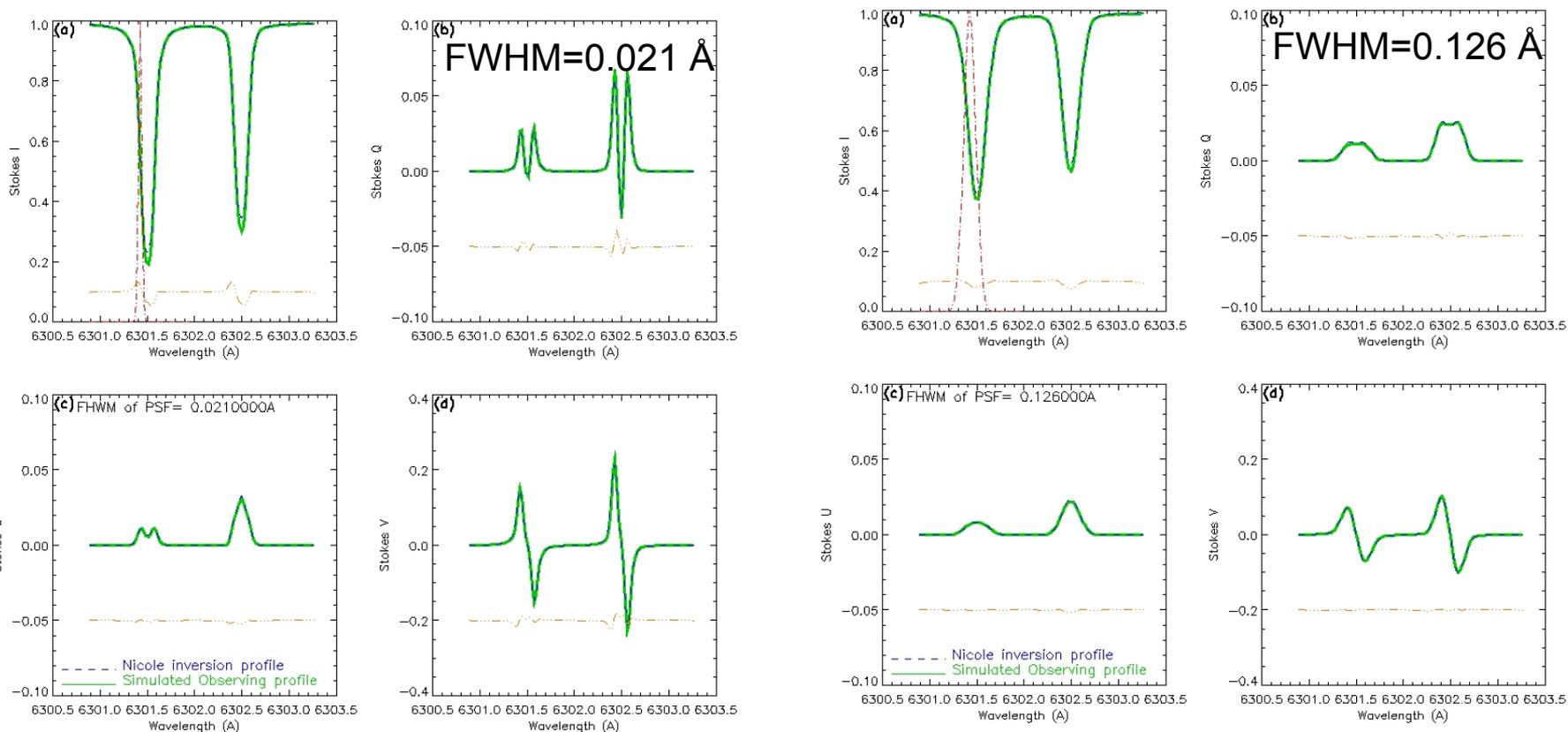
太阳 → 望远镜 → 偏振光谱数据 → 磁场

- 问题1： 磁场反演时是否要考虑滤光器PSF？
- 问题2： 色散方向杂散光对反演磁场的影响？
- 问题3： 空间方向杂散光对反演磁场的影响？

注： 上述3个量在望远镜上准确标定很难

# 滤光器PSF对磁场反演的影响

- PSF较大时，观测I,Q,U,V值变低，轮廓变宽
- 反演不考虑psf拟合效果还可以



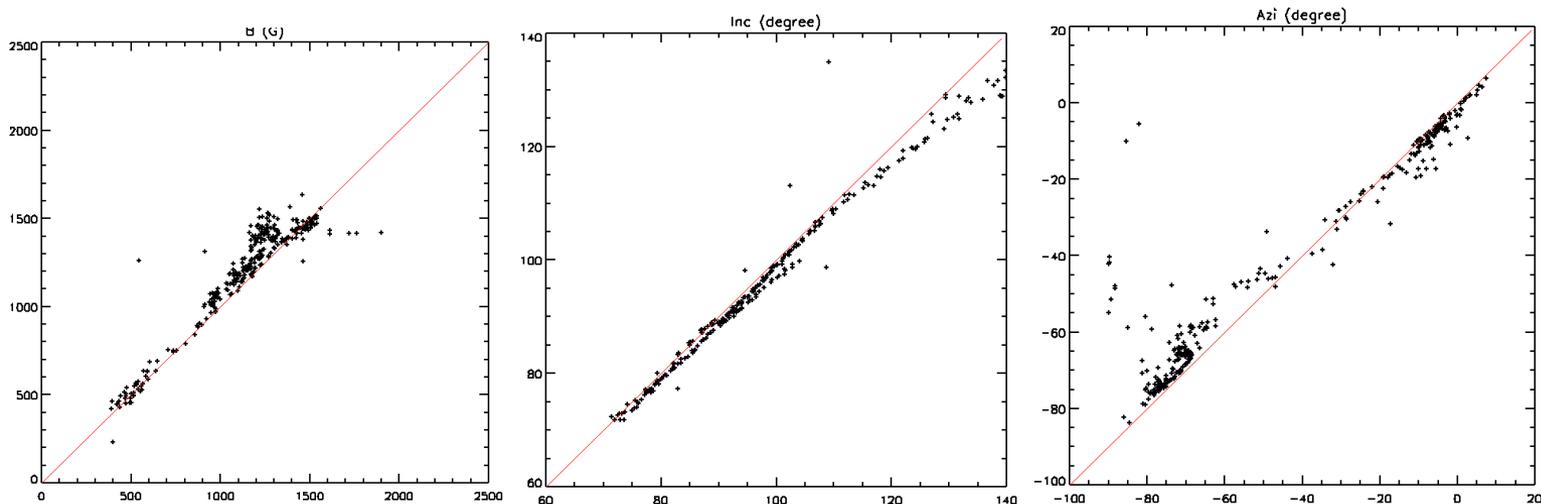
# 滤光器PSF对磁场反演的影响

参数		b_los_x	b_los_y	b_los_z	mag[k]/990.	syn.v_mac (cm/s)	chisq
PSF的FWHM(Å)	0	700	0	700	1	0	0.2
	0.021	668.71	-6.49	667.54	0.953	80803.6	0.9
	0.042	684.06	-1.84	681.31	0.975	120720	0.3
	0.063	687.03	1.89	679.58	0.976	152291	0.4
	0.084	686.18	3.54	675.58	0.972	195694	0.47
	0.105	677.45	4.38	670.55	0.963	241032	0.49
	0.126	689.89	11.66	665.49	0.968	275765	0.55
	0.147	722.54	10.22	626.1	0.965	284521	1.98
	0.168	681.63	12.12	661.8	0.959	356250	0.55
	0.189	688.17	16.05	660.7	0.964	394938	0.5

# 小结

- 当滤光器 $FWHM < 0.2\text{\AA}$ ，不考虑滤光器透过带轮廓导致反演的总磁场强度系统差约5%
- 尝试过数值解(NICOLE)，解析解 (Helix)

200 mA vs. 0 mA

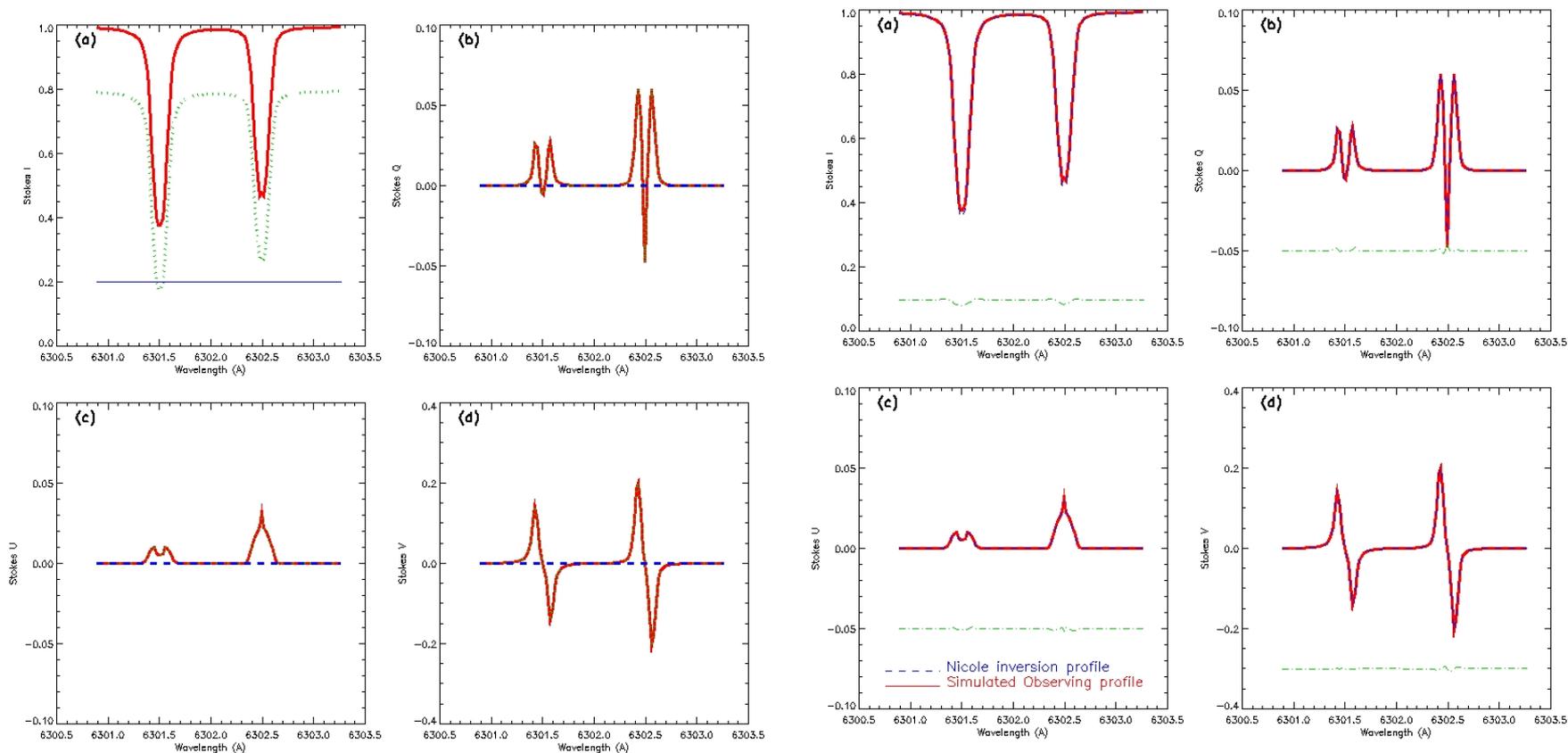


- 问题1： 磁场反演时是否要考虑滤光器PSF？
- 问题2： 色散方向杂散光对反演磁场的影响？
- 问题3： 空间方向杂散光对反演磁场的影响？

注： 上述3个量在望远镜上准确标定很难

# 色散方向杂散光对反演磁场的影响

- 实测 $I, Q, U, V = 80\% \times$ 观测谱线 $+ 20\%$ 带外连续谱( $I = 20\%$ 连续谱,  $Q, U, V = 0$ )
- Stokes I线心吸收深度降低, 实测的偏振信号降低

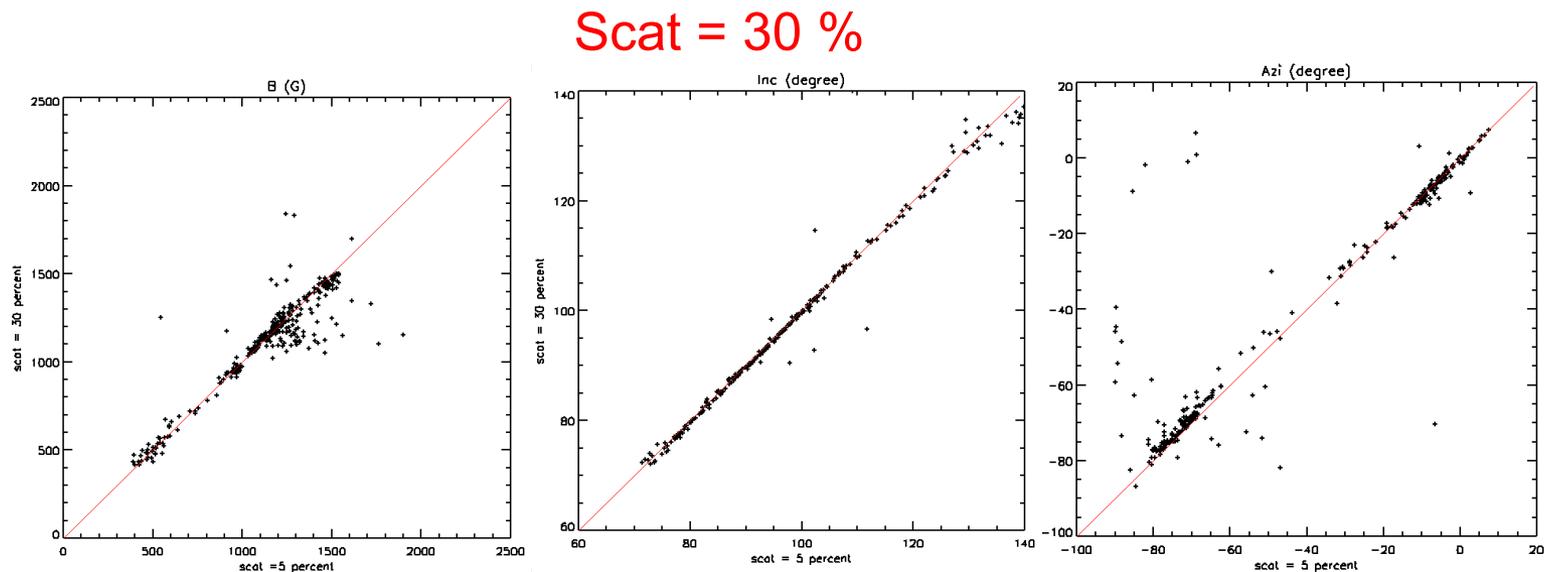


# 色散方向杂散光对反演磁场的影响

带外杂散光比例	b_los_x	b_los_y	b_los_z	mag1[k]/990.	chisq
0	700	0	700	1	0.004
0.1	683	-7	677	0.972	0.25
0.2	679	-8	672	0.965	0.38
0.3	675	-10	664	0.956	0.54
0.4	672	-12	656	0.949	0.73
0.5	665	-13	644	0.935	1.01

# 小结

- 色散方向带外杂散光 ( $\leq 30\%$ )，导致反演的总磁场强度系统差约5%
- 尝试过数值解(NICOLE)，解析解 (Helix)

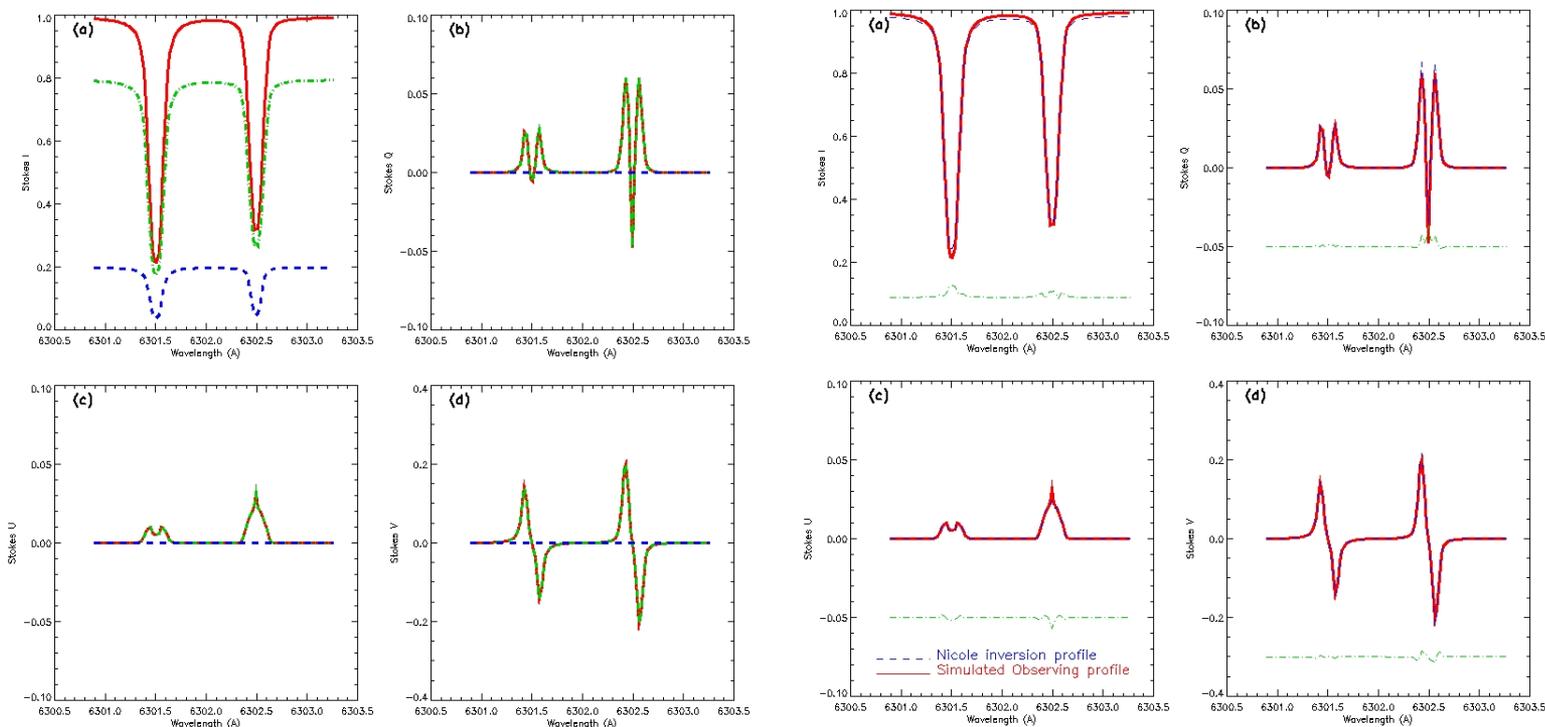


- 问题1： 磁场反演时是否要考虑滤光器PSF？
- 问题2： 色散方向杂散光对反演磁场的影响？
- 问题3： 空间方向杂散光对反演磁场的影响？

注： 上述3个量在望远镜上准确标定很难

# 空间方向杂散光对反演磁场的影响

- 实测I,Q,U,V=80%x观测谱线+20%其它空间区域光谱(I宁静区谱线,Q,U,V=0)
- Stokes I线心吸收强度不变，实测的偏振信号降低



# 空间方向杂散光对反演磁场的影响

空间方向杂散光比例	B_los_x	B_los_y	B_los_z	mag[k]/990.	chisq
0	700	0	700	1	0.004
0.1	656	-7	634	0.92	0.61
0.2	616	-9	571	0.85	1.92
0.3	545	-15	478	0.73	3.1
0.4	495	-11	407	0.65	6.6
0.5	421	-9	320	0.53	8

小结：空间方向杂散光类似填充因子，  $B_{inv}=(1-f)xB$ ， **显著影响反演磁场强度**

填充因子：每个像素内磁部分占的比例

空间方向杂散光：每个像素内来自日面其它像素占的比例

# 结论

- 问题1：磁场反演时是否要考虑滤光器PSF？

答案：FWHM $<0.2\text{\AA}$ ，反演的总磁场强度系统差约5%

- 问题2：色散方向杂散光对反演磁场的影响？

答案：杂散光（ $\leq 30\%$ ），导致反演的总磁场强度系统差约5%

- 问题3：空间方向杂散光对反演磁场的影响？

答案：类似填充因子， $B_{\text{inv}}=(1-f) \times B$ ，显著影响反演磁场强度

FWHM $<0.1\text{\AA}$ ，色散方向杂散光有滤光片，对NIRIS磁场反演影响可能不显著  
在近红外空间方向杂散光较弱，但仍有可能导致NIRIS反演的磁场强度偏弱  
(特别是Stokes I 未出现三分裂区域)

谢 谢 ！

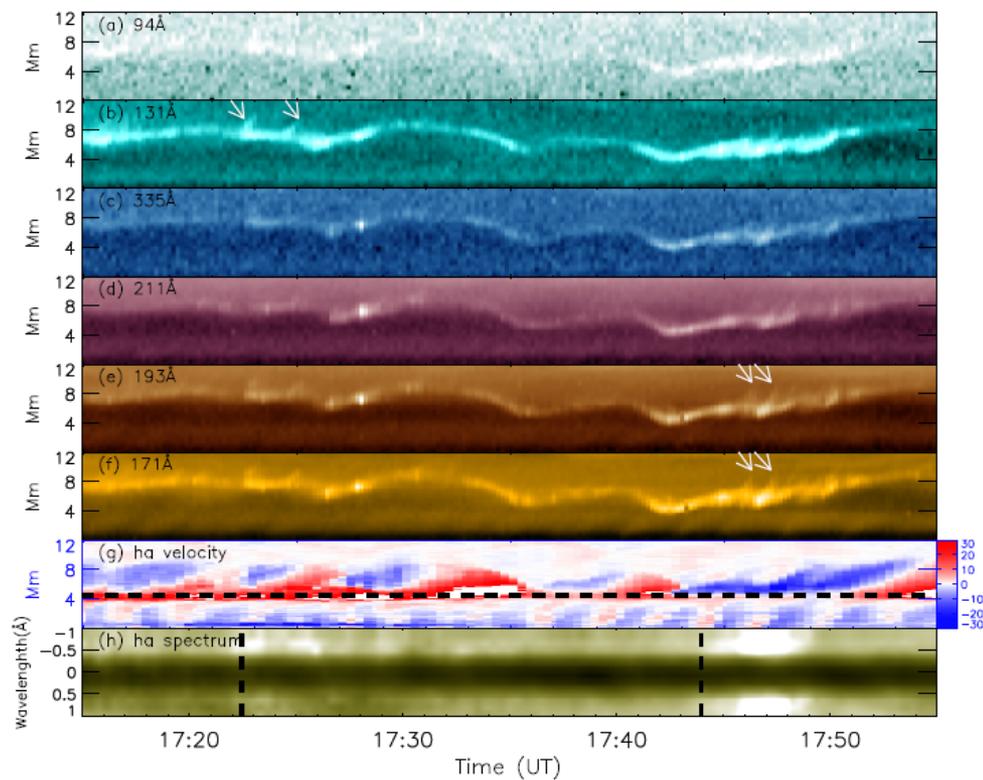
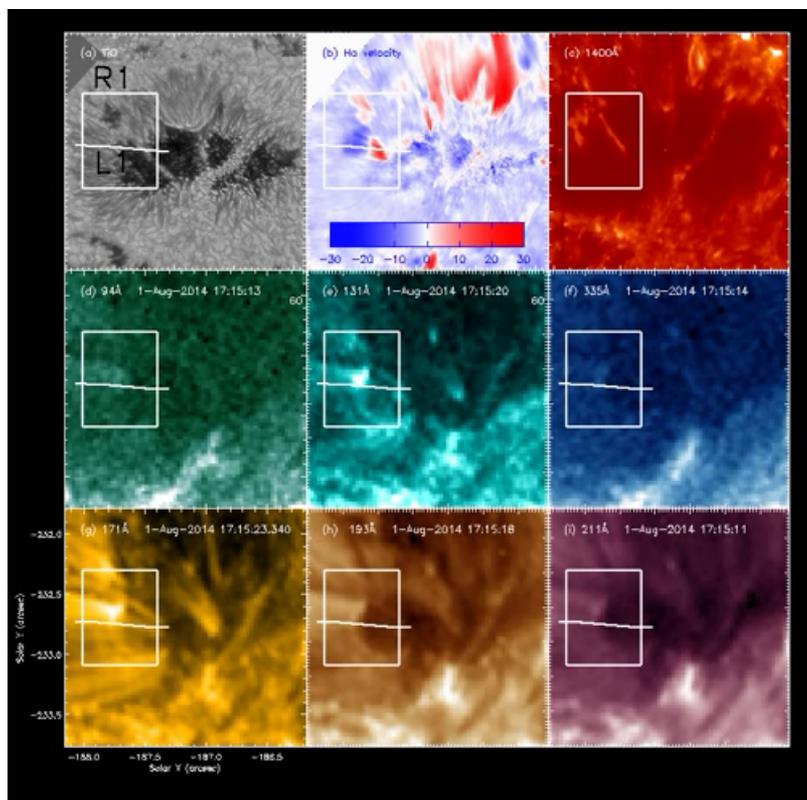
# NICOLE简介

- Zeeman induced polarisation.
- Complete redistribution (for scattered photons).
- non-LTE: Statistical-equilibrium.
- Works with non-LTE lines: Ca II IR triplet, O I lines, Fe I lines.
- Cannot properly model: H $\alpha$ , Ca II H & K, Mg II h & k.  
STiC code
- Numerical response functions.

NICOLE也可以处理LTE问题，和SIR类似

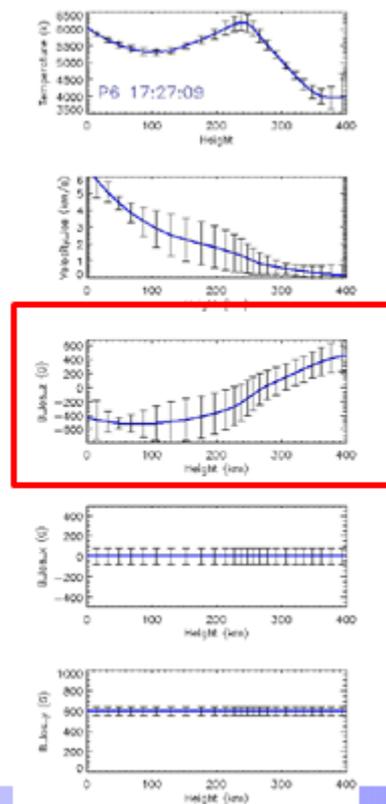
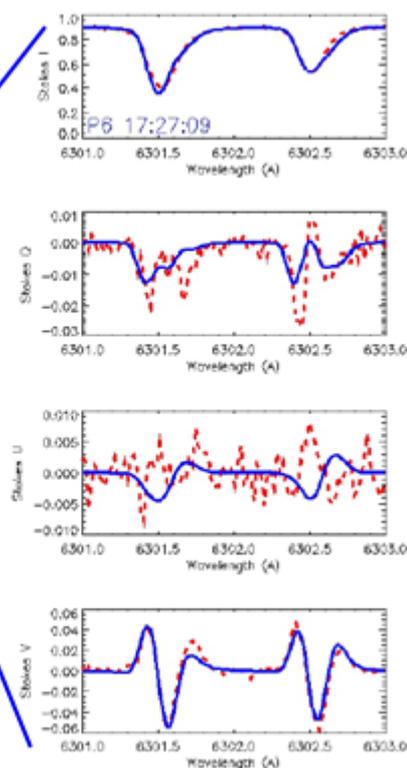
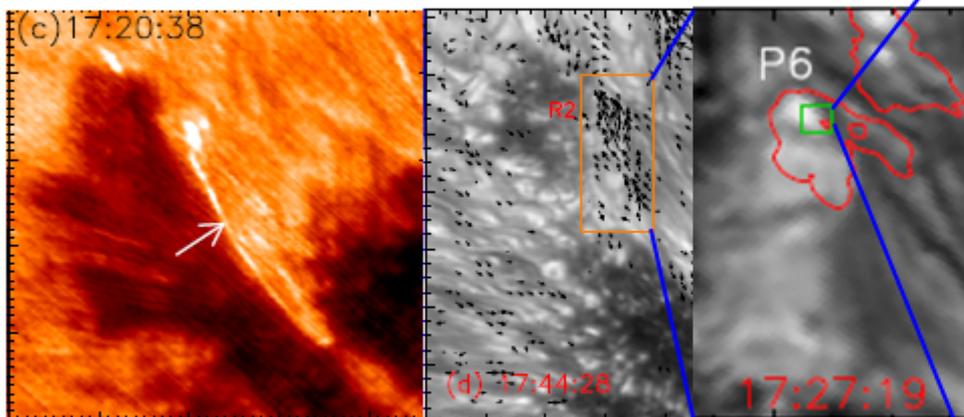
# 亮桥喷流足点反常Stokes轮廓的反演

- 亮桥喷流前端AIA波段亮结构，之上存在**瞬现微喷流**，伴随着H $\alpha$ 线翼增亮



# 亮桥喷流足点反常Stokes轮廓的反演

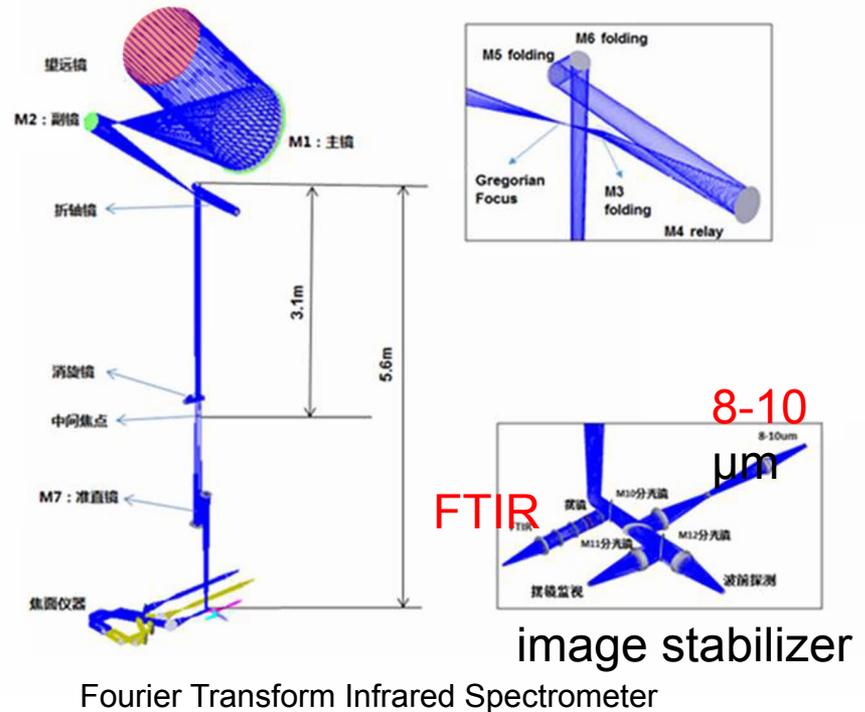
数据来源: Hinode/SP



APJ, submitted

# AIMS

- 用于太阳磁场精确测量的中红外观测系统(AIMS)
- 口径: 1m离轴, 地平式
- 视场: 6.4'\*6.4'
- 焦面设备:
  1. Mg I 12.32  $\mu\text{m}$ 偏振成像光谱 (10-13  $\mu\text{m}$ )
  2. 8-10  $\mu\text{m}$  宽带成像
- 分光系统: 线阵傅立叶变换光谱仪 (未来拓展到面阵)



# Mg 12.32 $\mu\text{m}$ 谱线的合成和反演

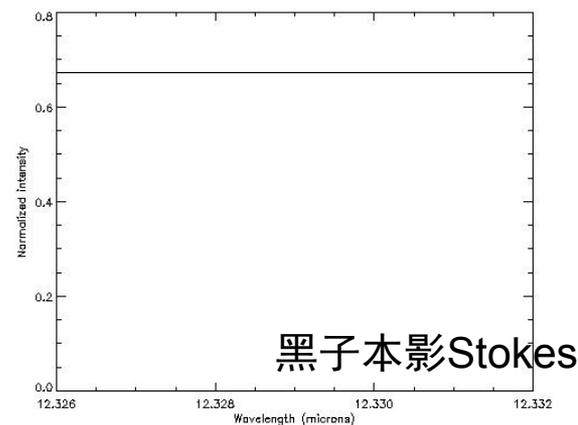
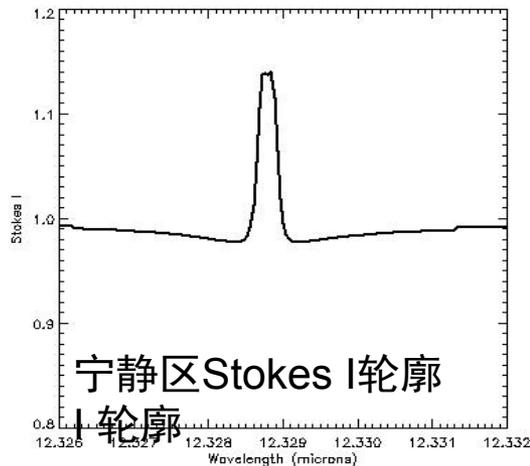
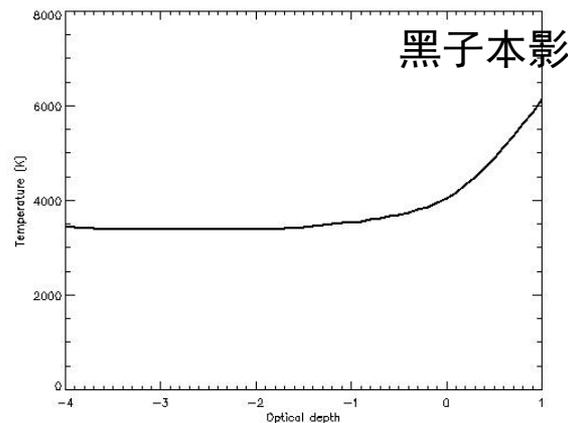
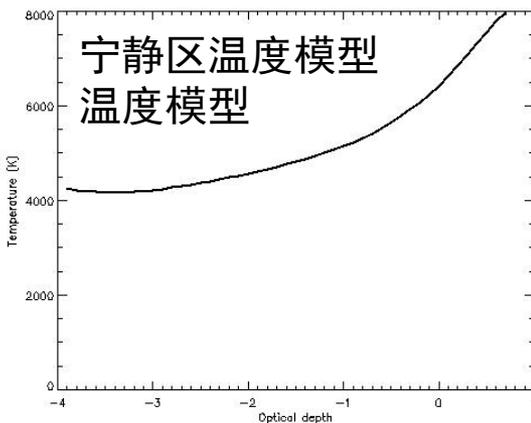
## ➤ 宁静区和黑子本影模型的谱线合成

- 黑子本影温

度低，Mg I 12.32 $\mu\text{m}$ 谱线形成能级数密度很小，无谱线发射

- 黑子本影合成轮廓和观测吻合

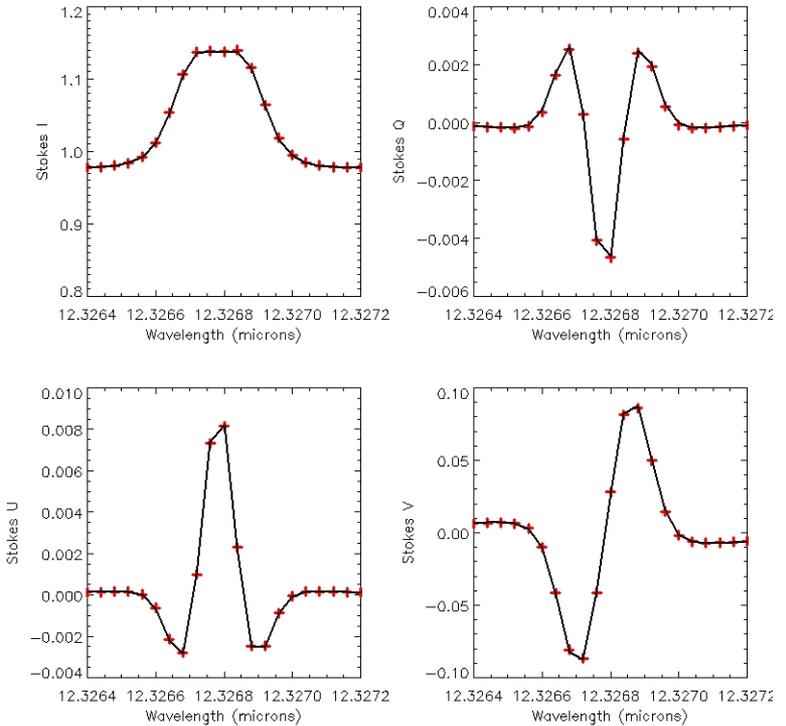
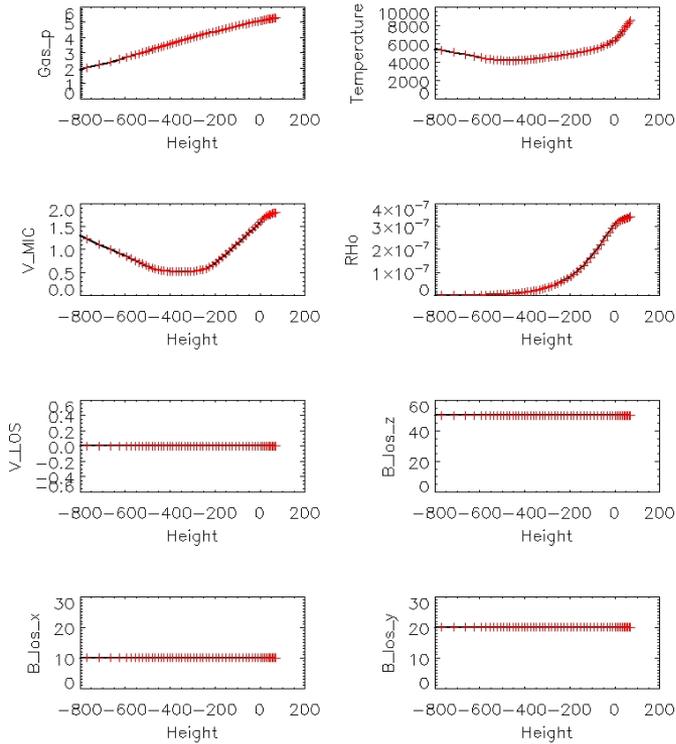
- 黑子半影和宁静区轮廓特征类似



# 反演初步结果

## ➤ 100G总磁场强度

输入(红色) VS 反演(黑色)的大气参数    模拟观测轮廓(红色) VS 反演轮廓(黑色)



# 反演初步结果

➤ 1000G 点线 (RH合成轮廓) 实现 (NICOLE反演)

反演程序仍在改进测试中...

