

用于太阳磁场精确测量的中红外观测系统

The **A**ccurate **I**nfrared Solar **M**agnetic field measurement **S**ystem--**AIMS**

邓元勇¹,王东光¹,沈宇樑¹,侯俊峰¹,华建文³,徐崧博² et al.
(AIMS项目组)

- 1.中国科学院国家天文台
- 2.中国科学院西安光学精密机械研究所
- 3.中国科学院上海技术物理研究所



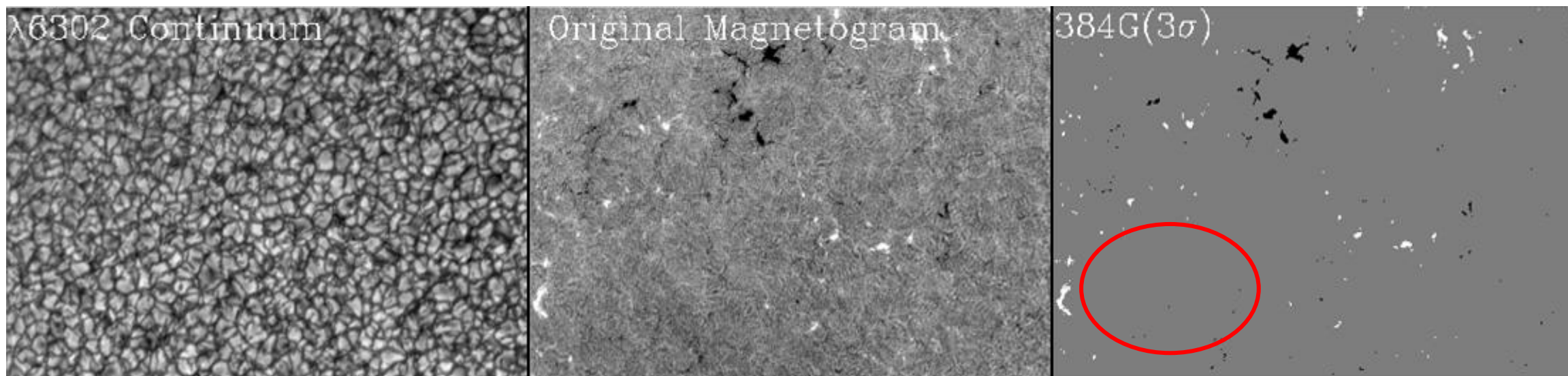
➤ 过去二十多年，优良站址+自适应光学+斑点重构后处理手段，地基大口径太阳望远镜获得亚角秒高分辨率图像

➤ 地基高分辨率图像 \neq “高精度”的磁场

高分辨率图像

对应区域的观测磁图

三倍噪声水平以上的磁场

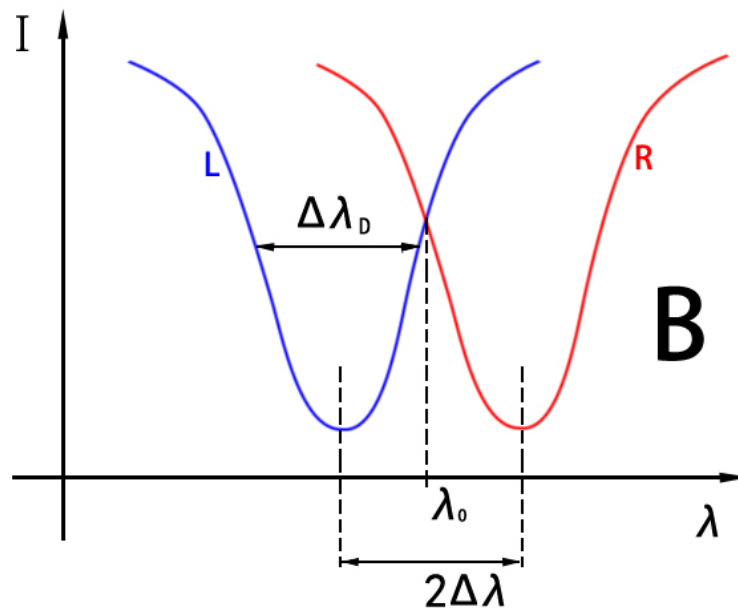
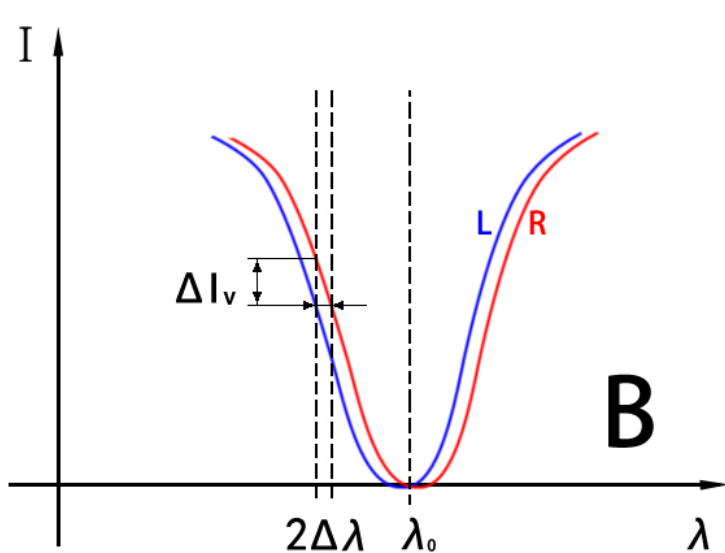


Zeeman裂距: $\Delta\lambda = 4.67 \times 10^{-13} g \lambda^2 B$

➤ 可见光波段

➤ 中远红外波段

中远红外波段的其他优势



✓ 仪器与大气散射光小

✓ 仪器偏振小

✓ 大气适宁度好

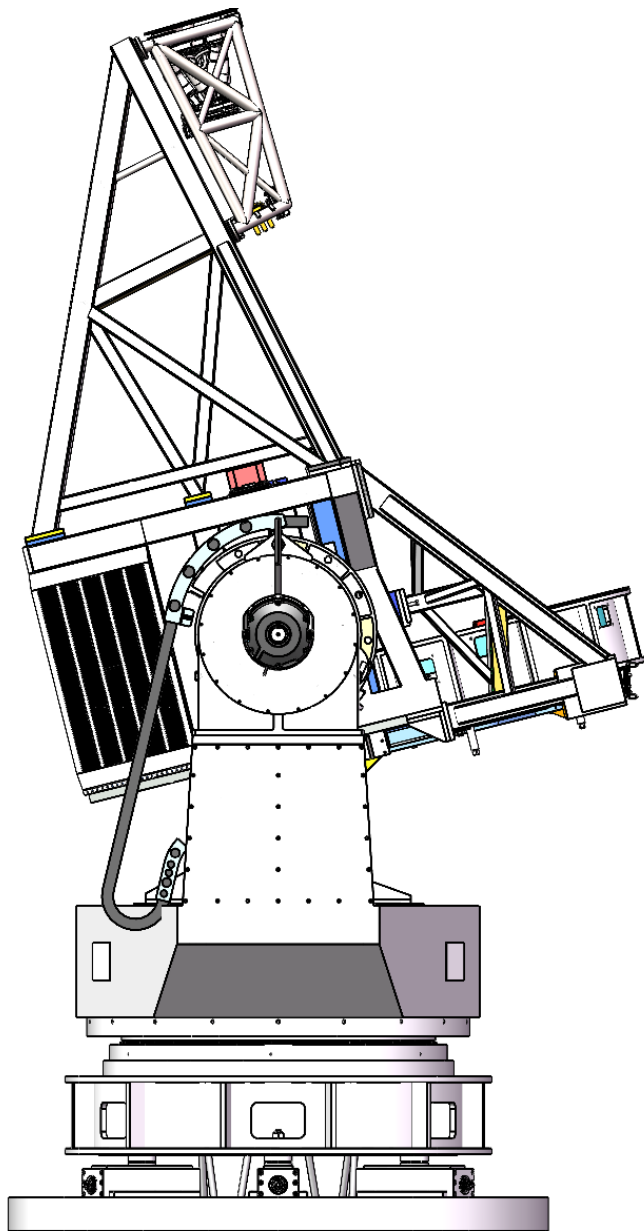
偏振信息 → 强度差 ΔI → 反演 → 磁场

$\Delta\lambda$ → 磁场强度

在中远红外波段开展太阳磁场探测，极有可能实现太阳磁场的直接测量，提高测量精度



- 太阳磁场的**直接测量**
- 提高横场测量精度，提供**更精确**的磁场测量数据
- 解决太阳磁场测量**百年**历史中磁场反演对模型的依赖
- 探索**中红外波段**所蕴含的新的科学研究机遇

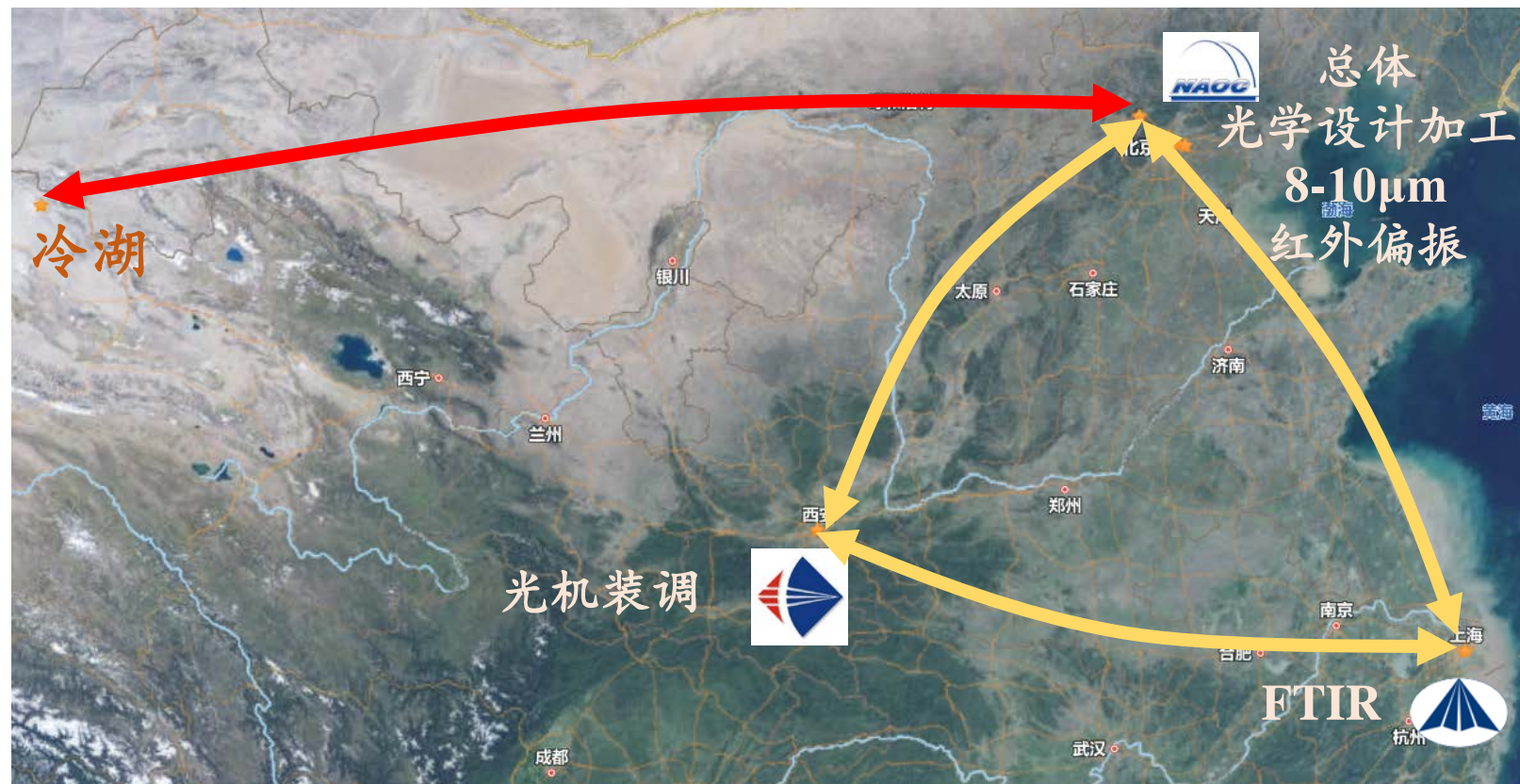


- 世界上**首台**专门用于中远红外太阳磁场测量的观测设备
- 国内**首台1m离轴**太阳望远镜
- 成谱： **$12.32\mu\text{m}$** ，3.2'（扫描），光谱分辨率 **0.6 \AA**
- 成像： **$8-10\mu\text{m}$** ，6.4'

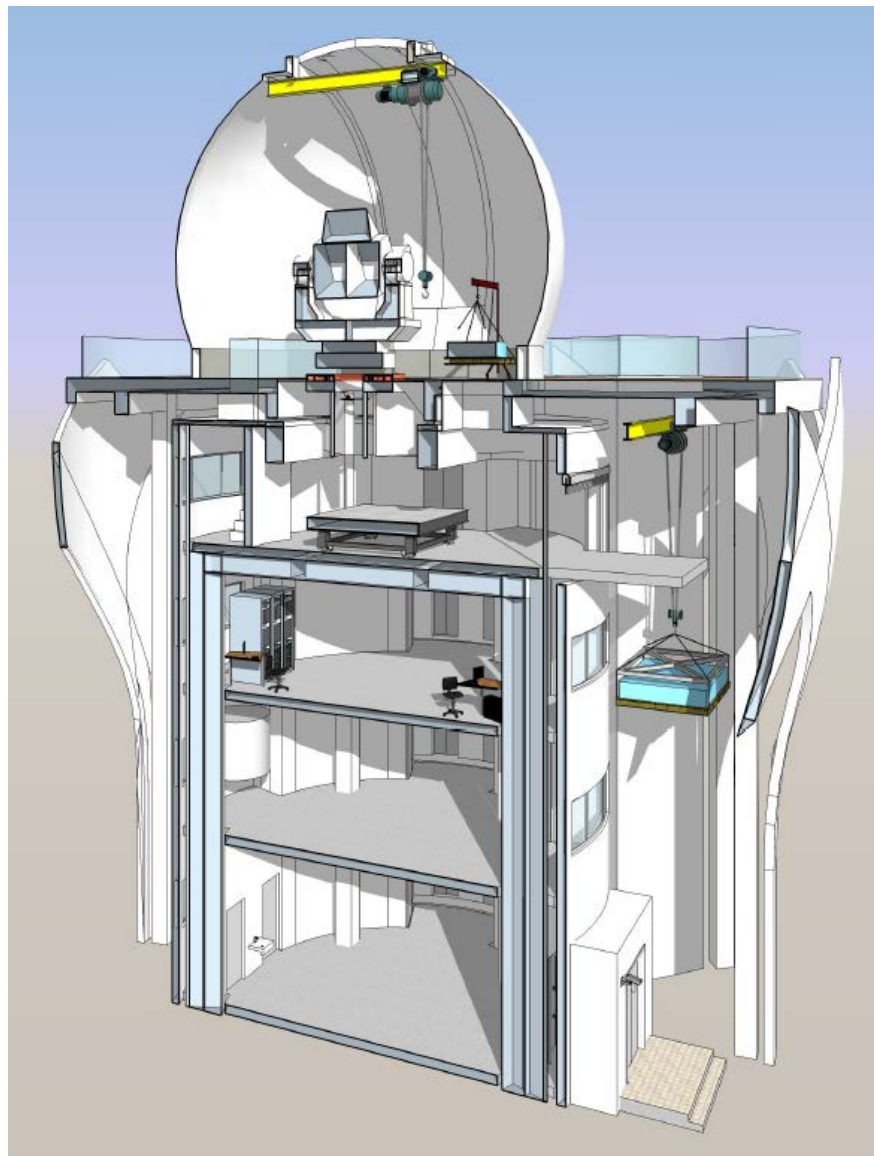


青海冷湖赛什腾山 **4085m**

38°35'54" N 93°05'57" E



4. AIMS台址



5F: 圆顶

4F: 库德房

3F: 观测室

2F: 电子学、
光学实验室

1F: 机械装
调实验室



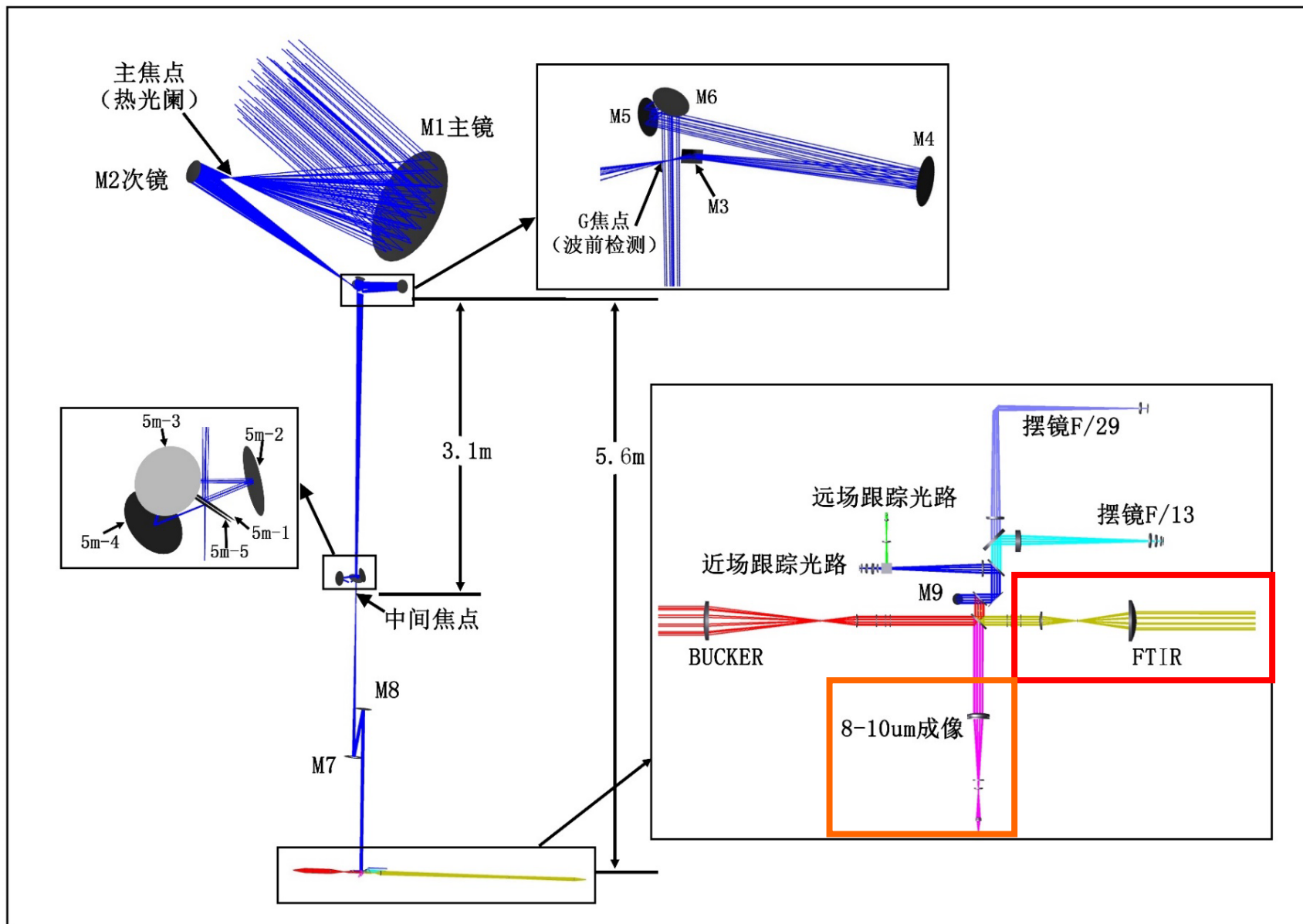
- ① 引导系统
- ② 折轴系统
- ③ 消旋系统
- ④ 准直系统
- ⑤ 焦面设备系统

➤ FTIR

➤ 8-10 μm

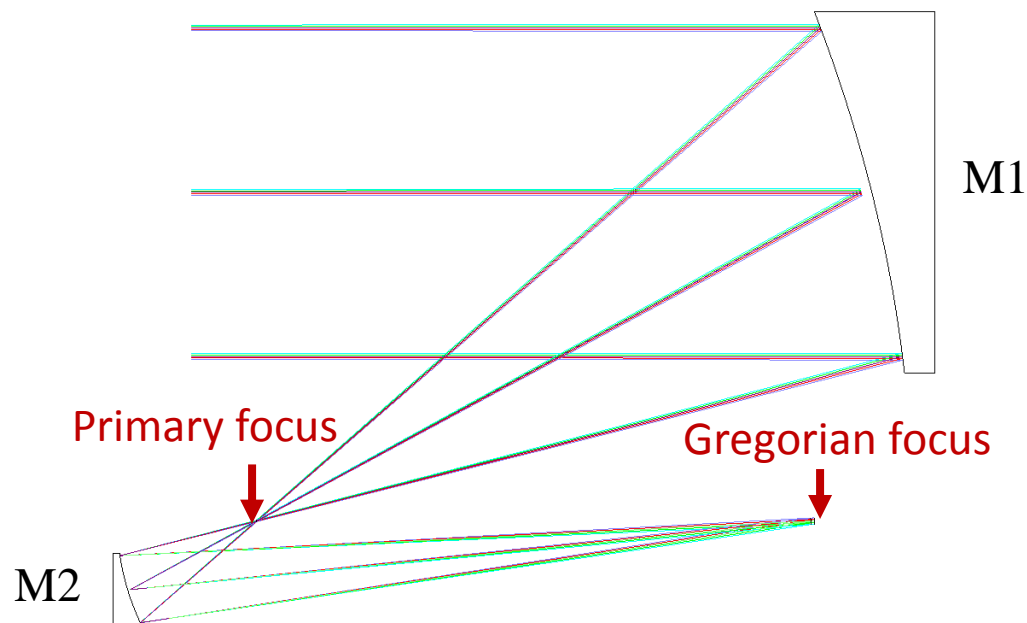
➤ 跟踪监视

➤ 摆镜监视



◆ 引导系统: **1m离轴** 格里高利系统

	M1	M2
通光口径/m	1	0.22
离轴量/m	1	0.21
面型	抛物面	椭球面
焦比/F#	2	短轴: 2 长轴: 10

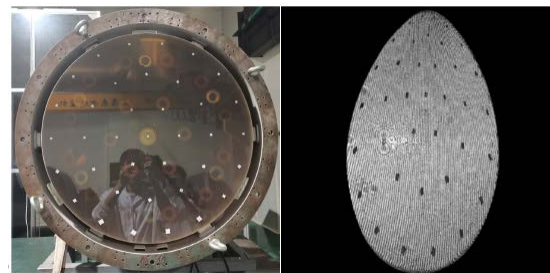


Motion	Unit	H-850.G2A
Active axes		X Y Z θ_X θ_Y θ_Z
Travel range in X	mm	± 50
Travel range in Y	mm	± 50
Travel range in Z	mm	± 25
Rotation range in θ_X	$^\circ$	± 15
Rotation range in θ_Y	$^\circ$	± 15
Rotation range in θ_Z	$^\circ$	± 30

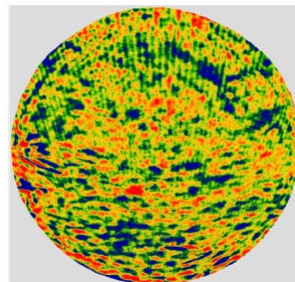


◆ 引导系统装调检测

➤ M1裸镜面型检测—CGH

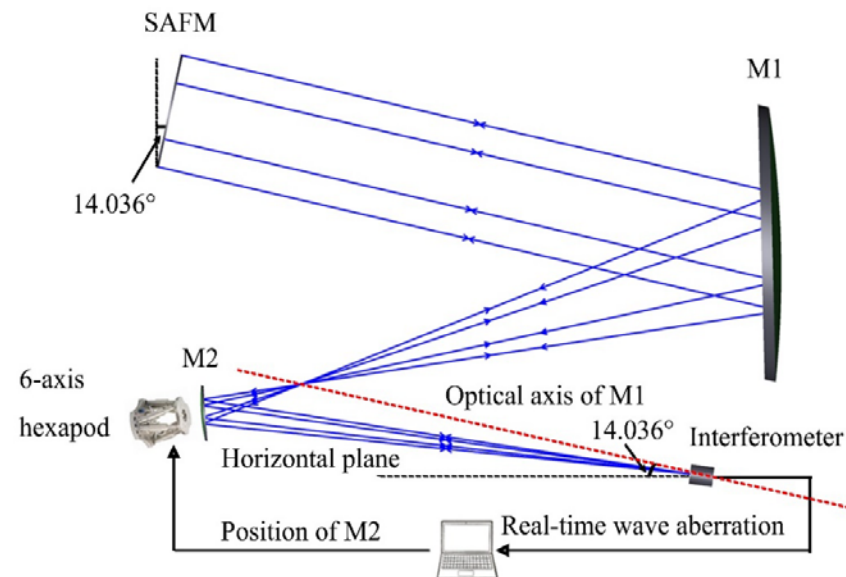


PV=0.730 λ, RMS=0.020 λ

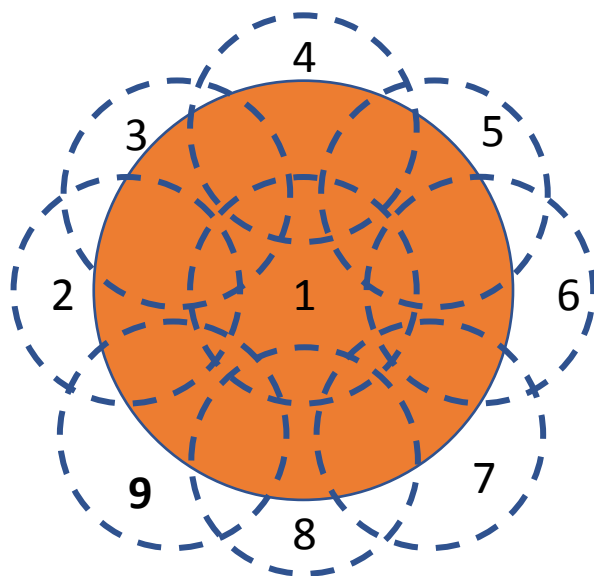


M1裸镜面型0.02λ@632.8nm

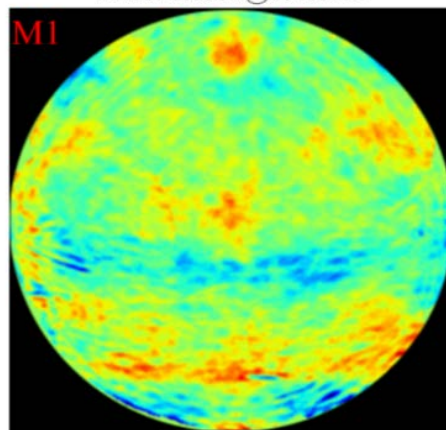
➤ 系统在位装调—小口径干涉装调



➤ M1在位面型检测—子孔径拼接

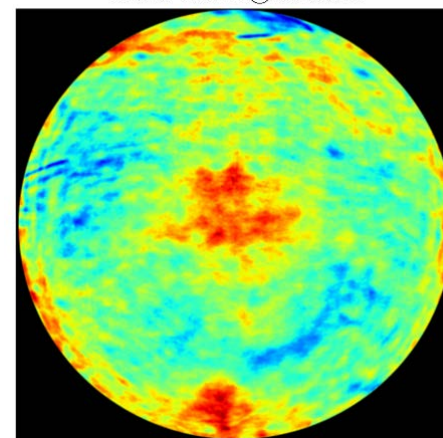


RMS: 0.033λ@632.8nm



M1在位面型0.033λ@632.8nm

RMS: 0.075λ@632.8nm



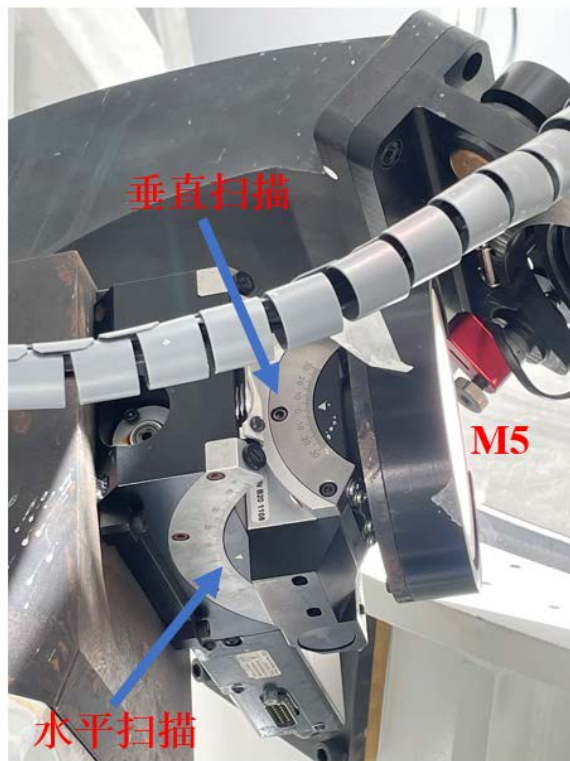
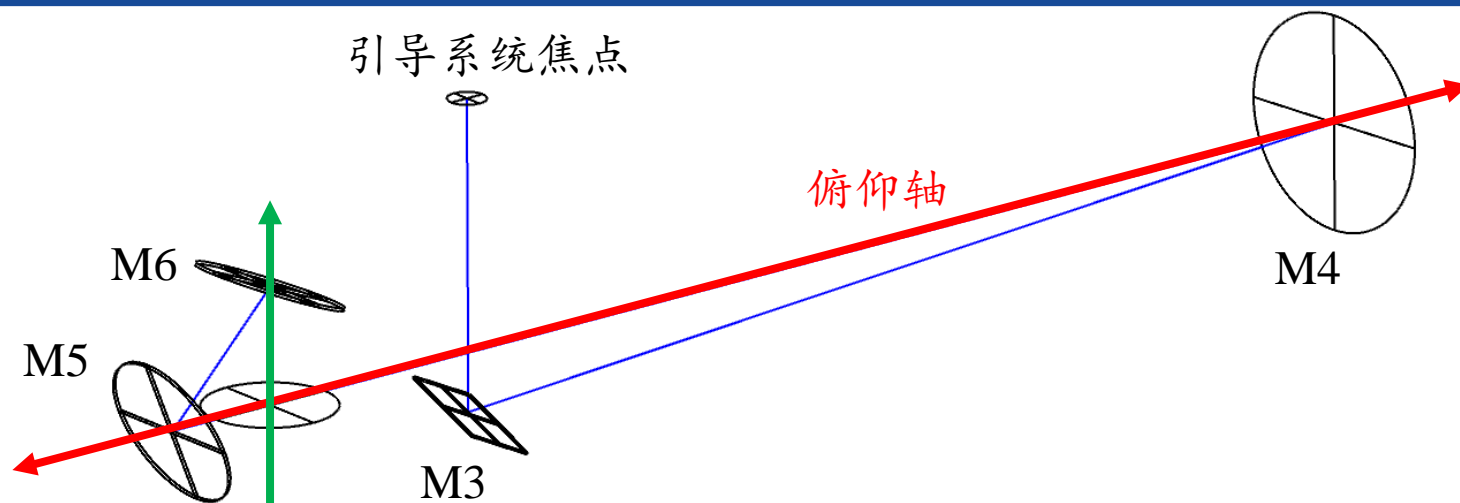
全口径中心视场波像差0.075λ@632.8nm



◆ 折轴系统

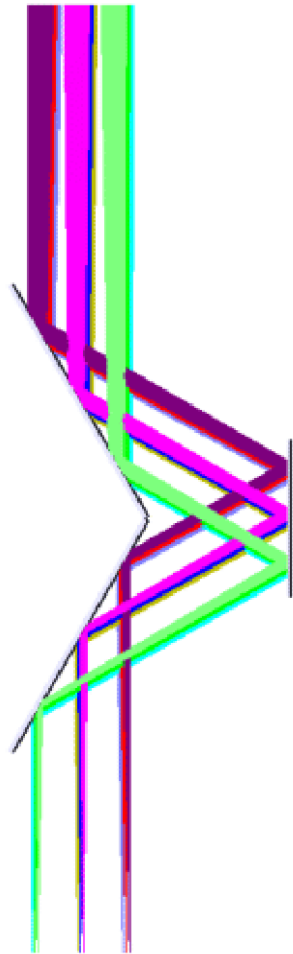
主要功能：

- 光学系统与望远镜俯仰轴、方位轴对接
- 视场扫描 (M5)
- 光轴调整 (M6)



◆ 消旋系统：五镜消旋（**无偏振**）

➤ 传统消旋系统：K镜



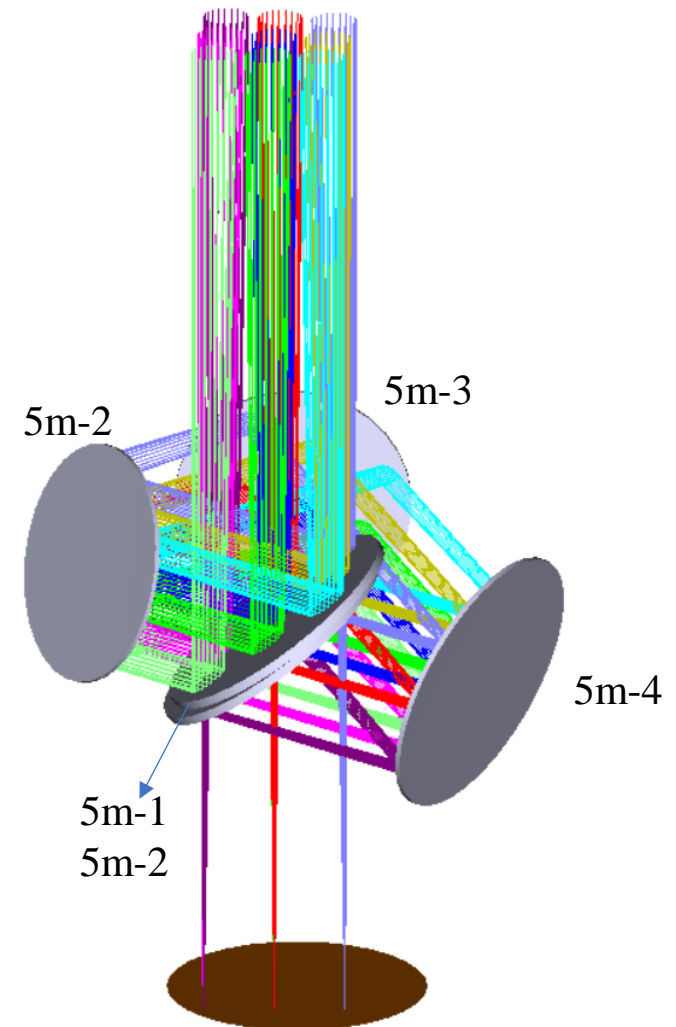
$$\mathbf{M}_{K-mirror} = \begin{bmatrix} 1 & 0.0134 & 0 & 0 \\ 0.0134 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.9970 & -0.0760 \\ 0 & 0 & 0.0760 & -0.9970 \end{bmatrix}$$

偏振串扰**0.0760**

$$\mathbf{M}_{5-mirror} = \begin{bmatrix} 1 & -4.8 \times 10^{-6} & -1.8 \times 10^{-6} & 0 \\ 3.3 \times 10^{-6} & 1 & 0 & 3.2 \times 10^{-4} \\ 1.9 \times 10^{-5} & 0 & -1 & 5.7 \times 10^{-5} \\ 0 & 3.2 \times 10^{-4} & 8.2 \times 10^{-5} & -1 \end{bmatrix}$$

偏振串扰小于**0.00033**

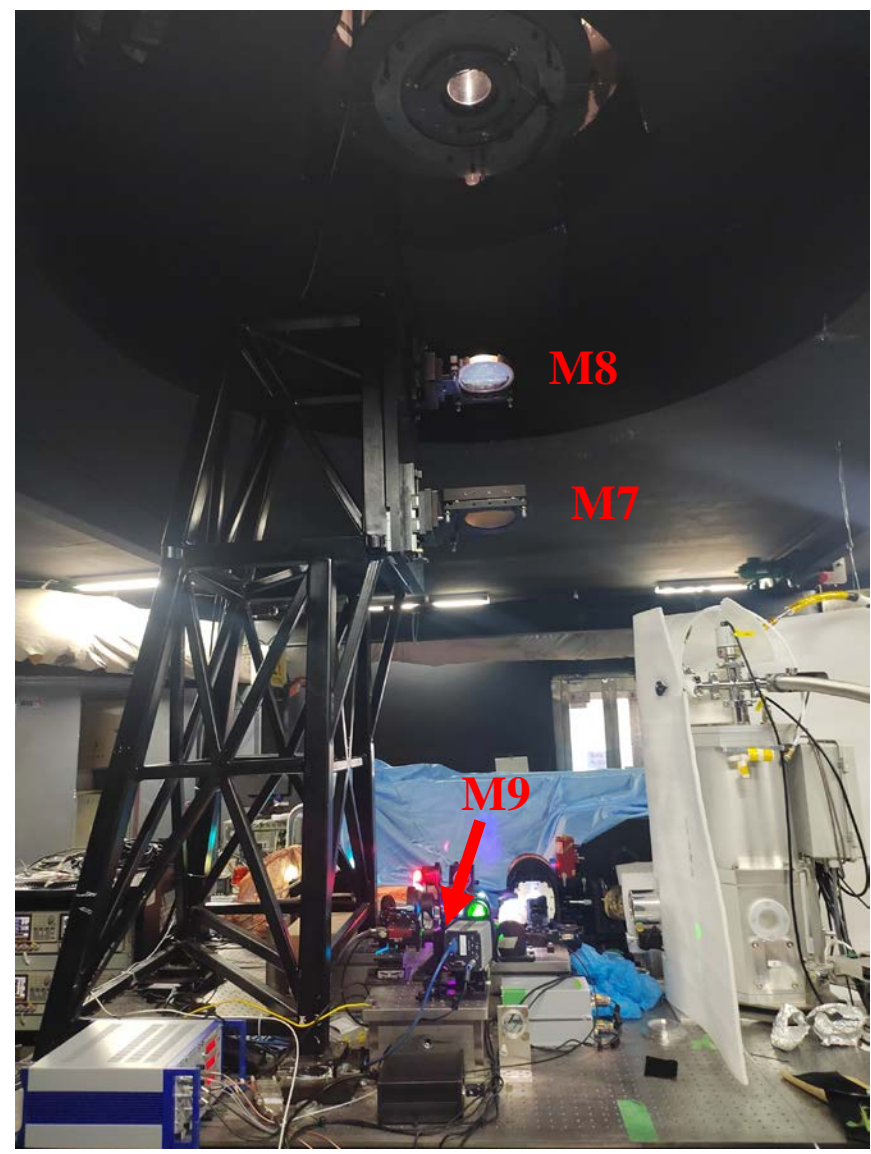
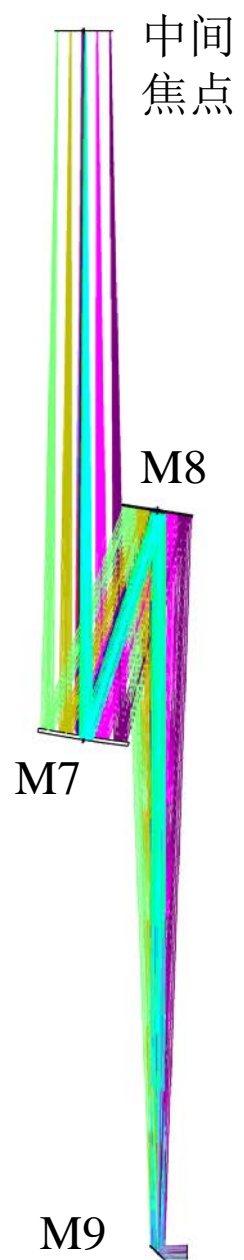
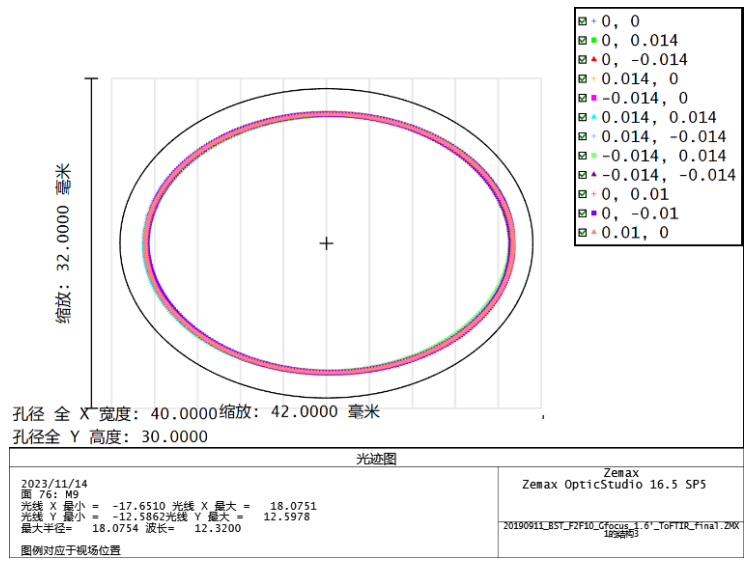
➤ AIMS消旋系统：五镜消旋



◆ 准直系统

主要功能:

- 为焦面设备系统提供准直入射光
- 在M9处形成出瞳用于摆镜稳像

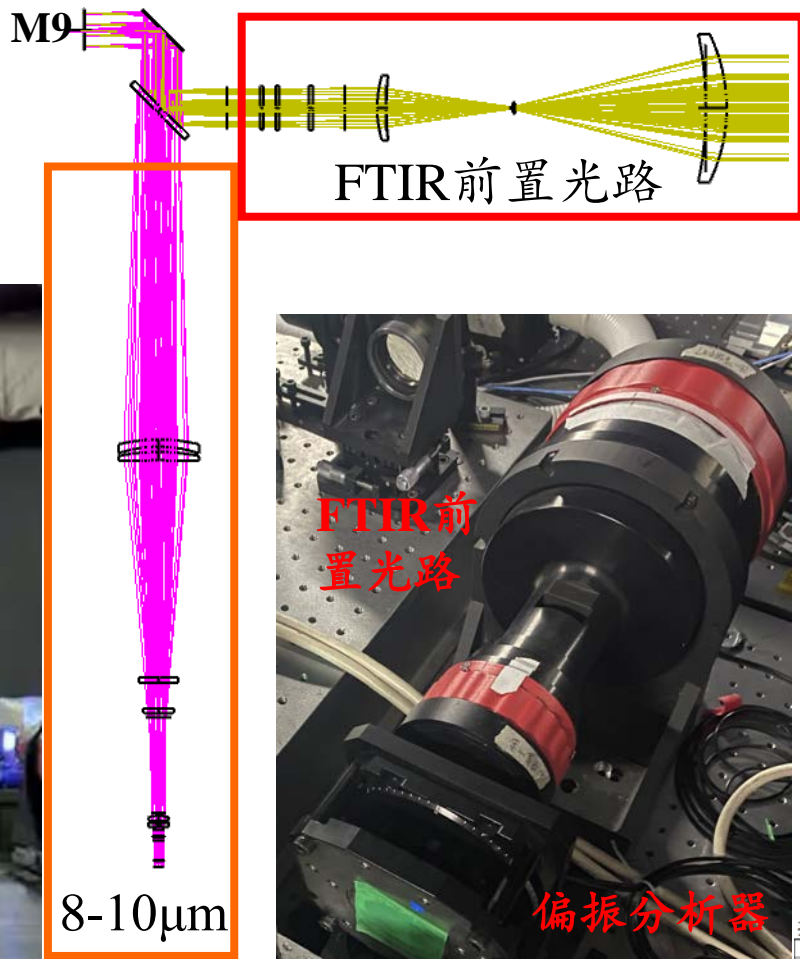
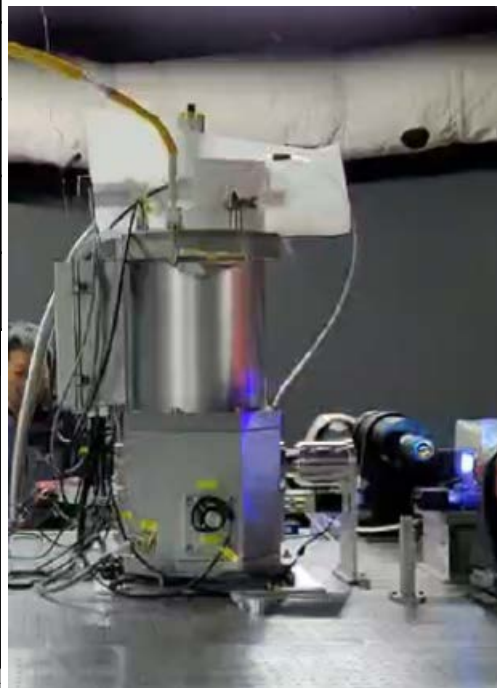


◆ 8-10 μm

主要功能:

➤ 开展8-10 μm 宽波段成像

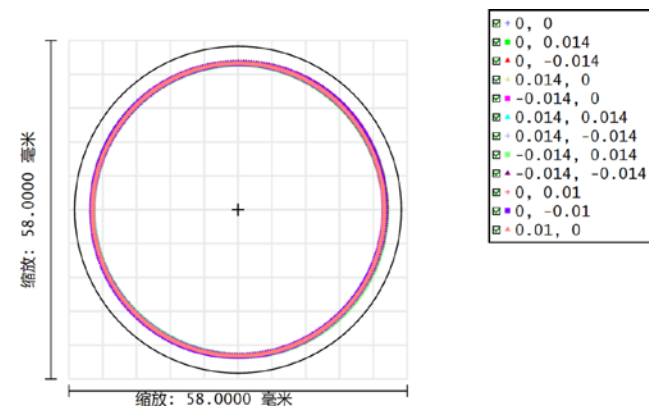
工作波长	8-10μm
像元分辨率	1.5" / pixel
像元数	256 \times 256
像元大小	30 μm
观测视场	6.4'



◆ FTIR前置光路

主要功能:

- 为FTIR提供像质优异的准直入射光
- 在前置光路后3m处形成直径50mm的出瞳



孔径: 56.0049

光斑图

2023/11/14
面 104: Pup11
光线 X 最小 = -25.0606 光线 X 最大 = 25.4248
光线 Y 最小 = -25.1594 光线 Y 最大 = 25.2125
最大半径 = 25.4443 波长 = 12.3200

Zemax
Zemax OpticStudio 16.5 SP5

20190911_BST_F2F1

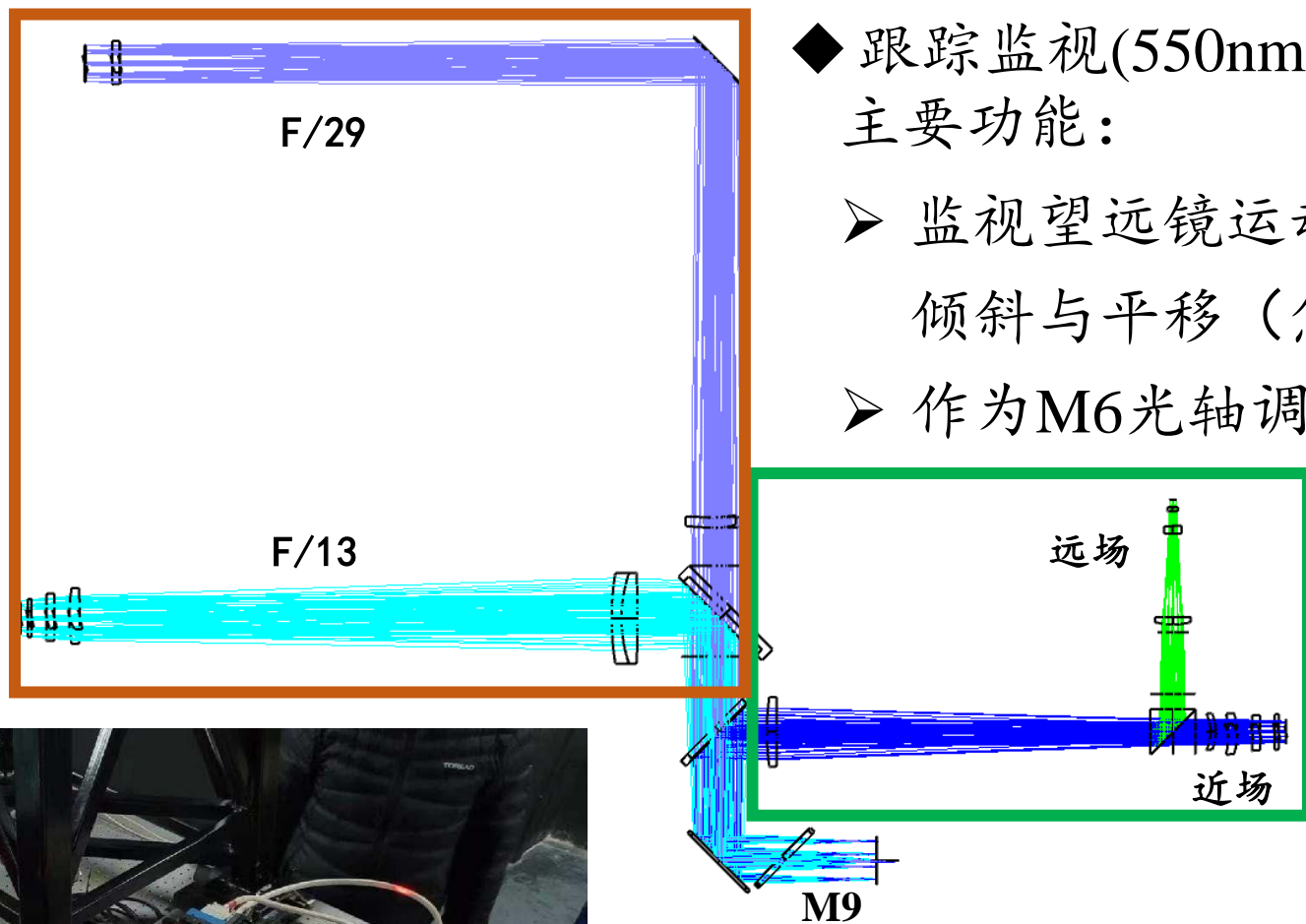
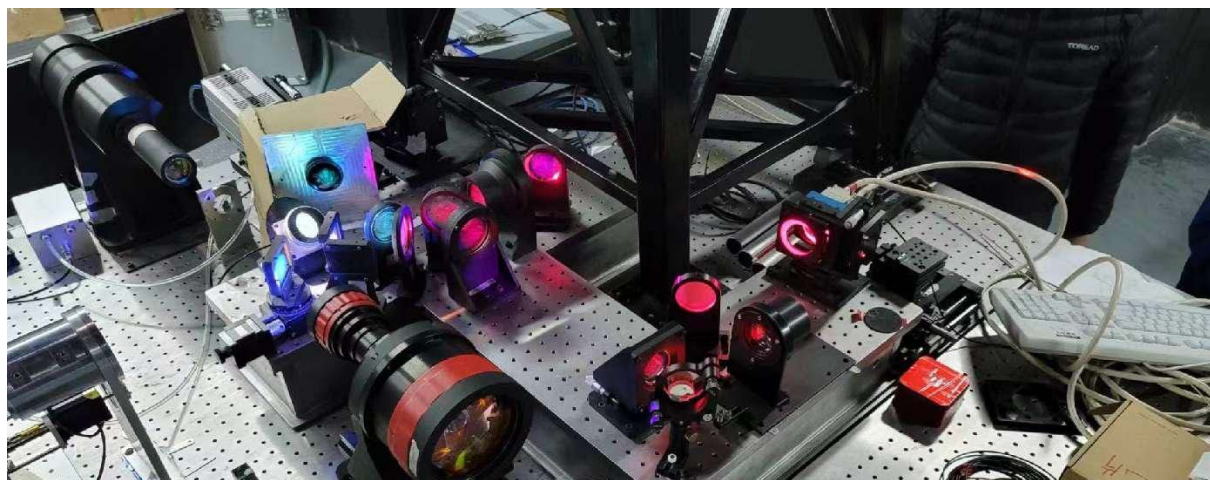
Final.dwg



◆ 摆镜监视(630nm)

主要功能:

- 提供用于摆镜稳像的太阳像
- 兼容不同尺寸的探测器，提供F29与F13两个接口



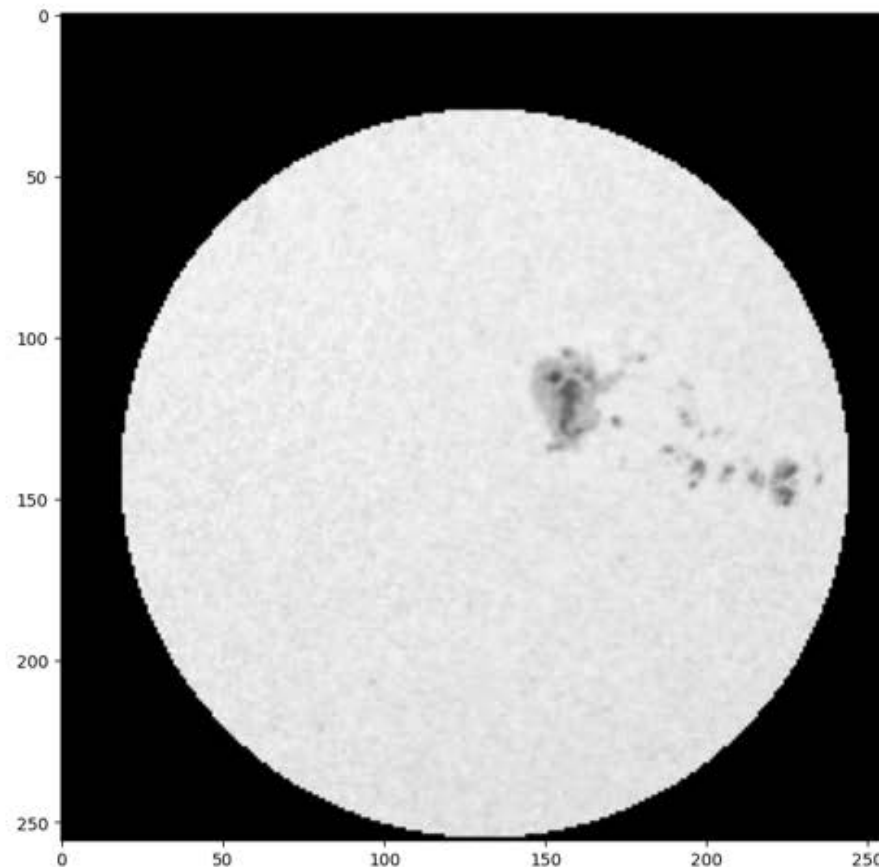
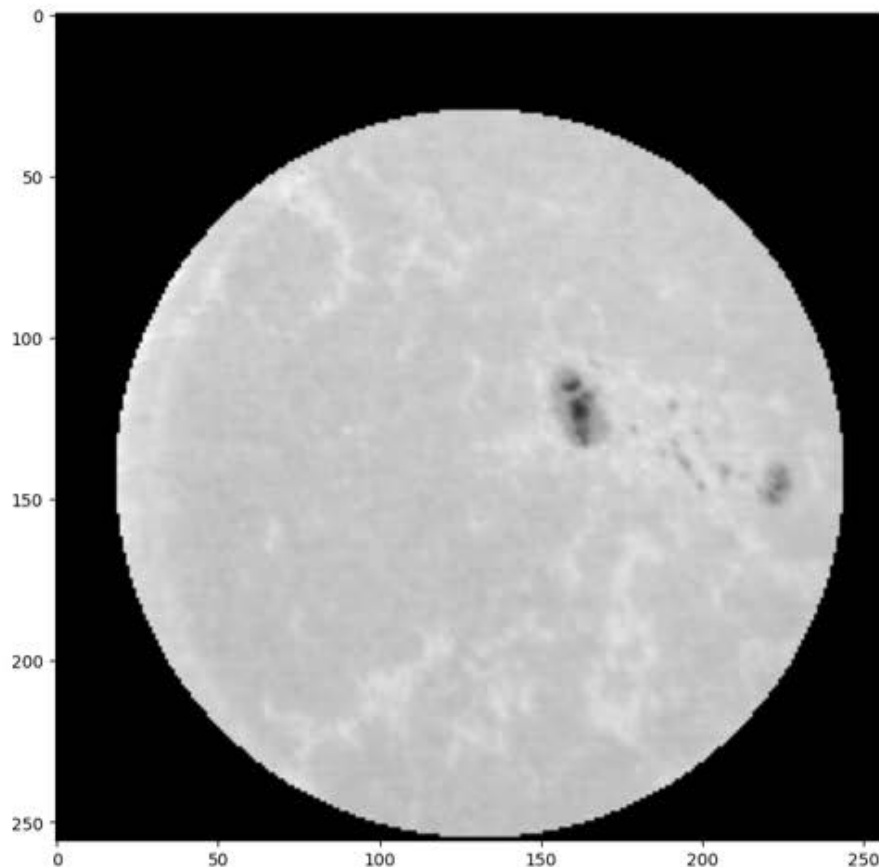
◆ 跟踪监视(550nm)

主要功能:

- 监视望远镜运动过程中像的倾斜与平移（焦面与瞳面）
- 作为M6光轴调整的参考



◆ 8-10 μm

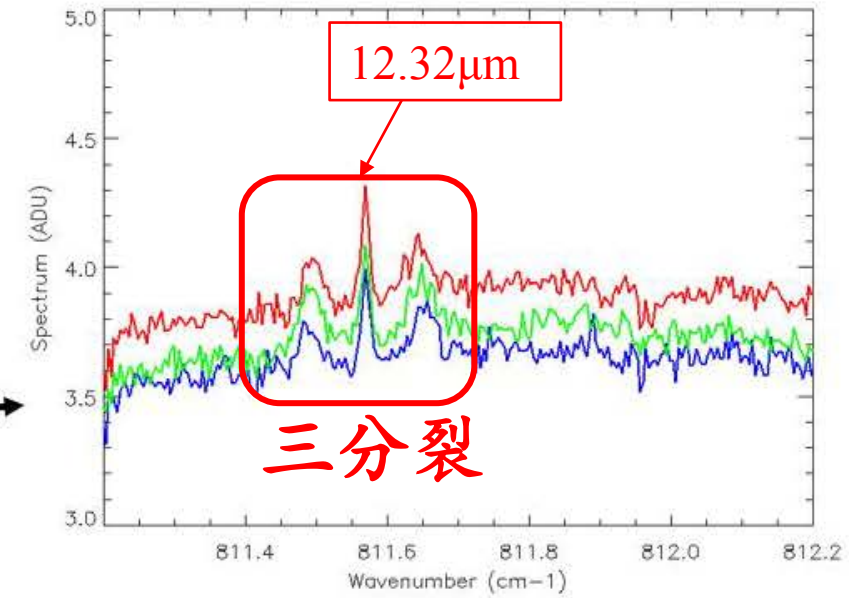
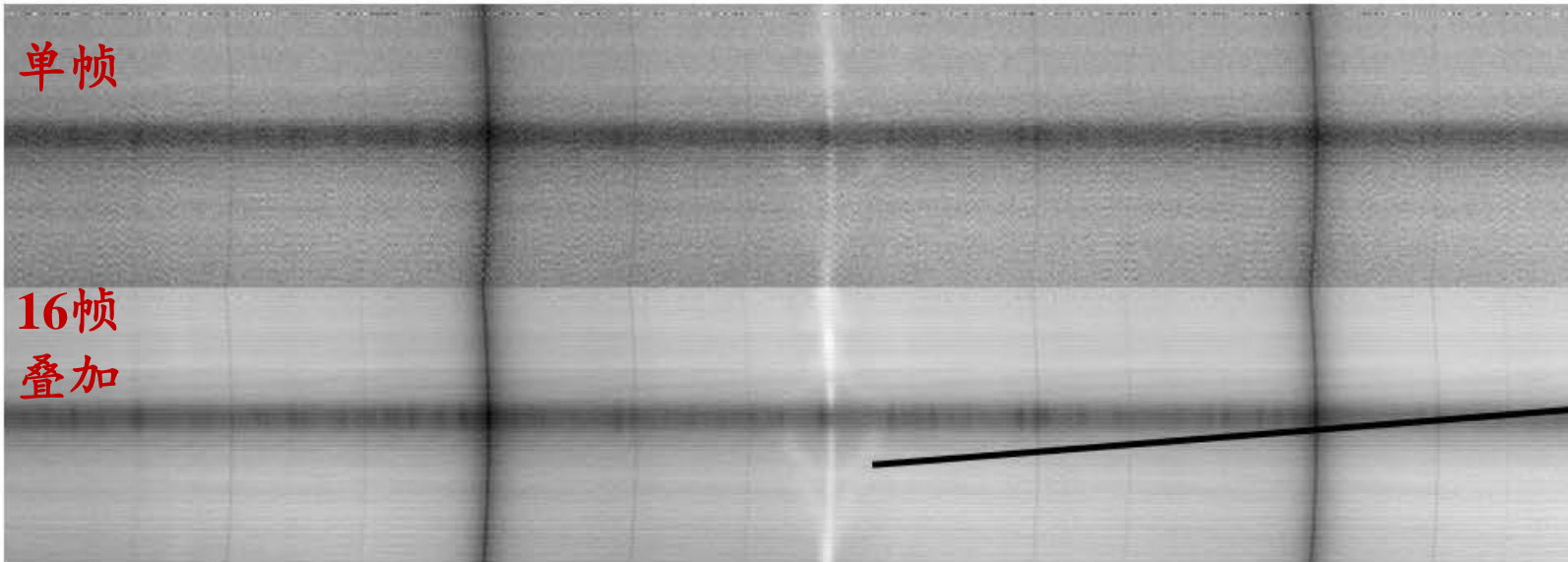


2023.09.06 NOAA AR 13421

左图为8~10 μm 成像观测；右图为相近时刻SDO/HMI观测



◆ FTIR





谢谢