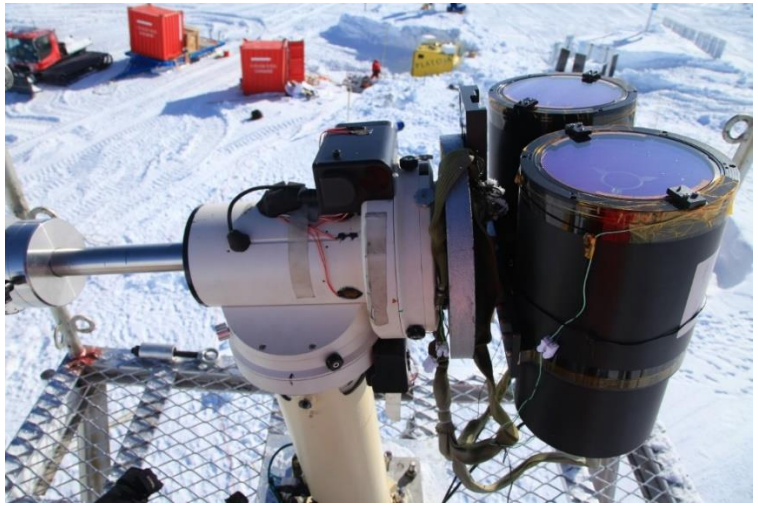
中山大学红外望远镜运行进展

马斌　中山大学光学红外天文观测团队

2025.11.27@海口

天文信息学与虚拟天文台 2025 年学术年会



南极15cm双筒红外望远镜

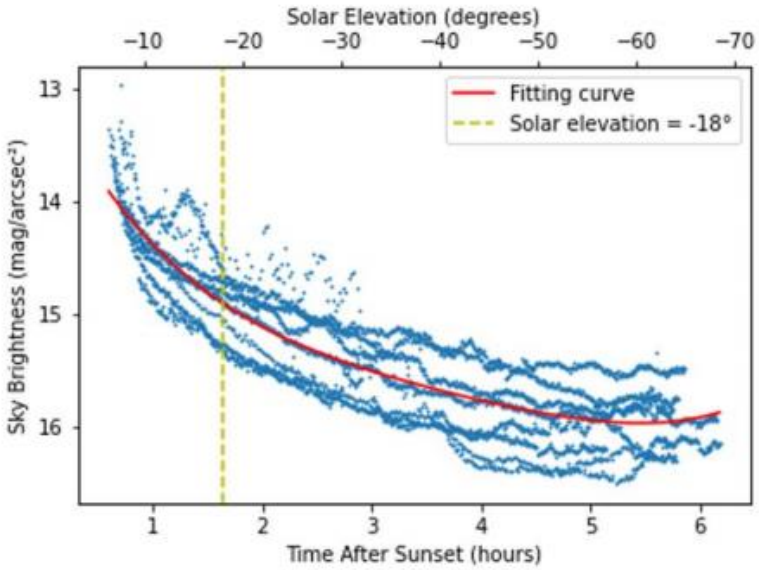


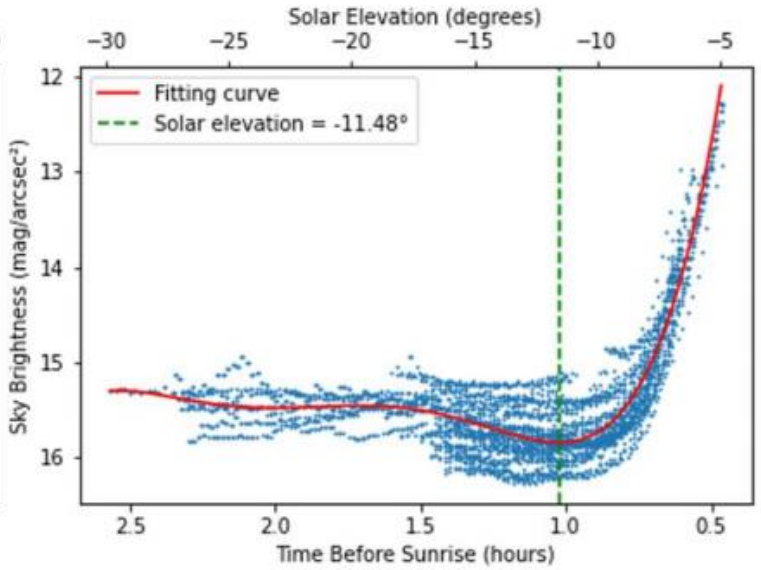
冷湖80cm红外望远镜

1. 项目背景

- **我国红外天文远远落后于其他波段**
- **近年来红外探测器性能有较大的提高**
- **碲镉汞MCT/铟镓砷InGaAs**
- **对国内外多款铟镓砷红外相机进行了详细测试**
- **但有些表现不同于CCD，(Dong et al. 2024)**







台址	J天光背景 mag arcsec^{-2}	H天光背景 mag arcsec^{-2}
冷湖	15.2 - 16.1	13.6 - 14.1
Mouna Kea	~15.6	~14.0

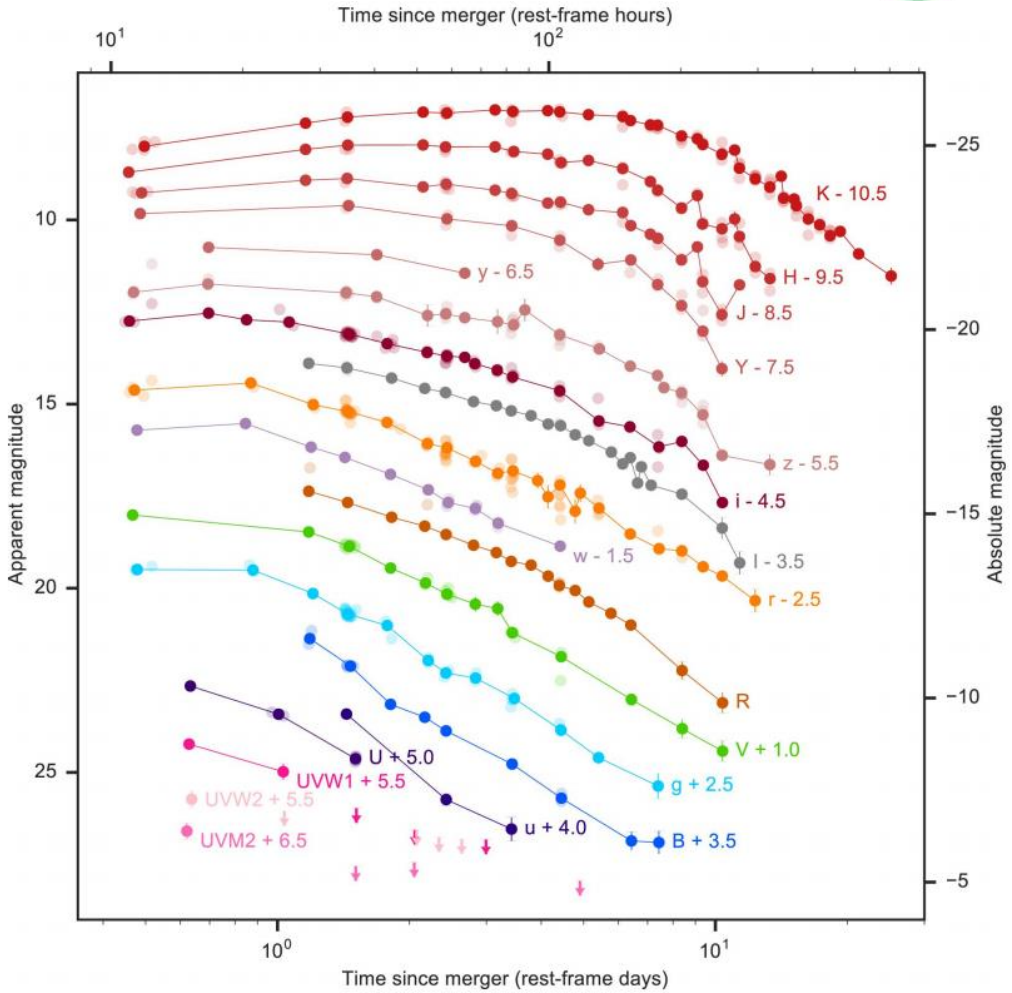
李晋基，马斌等 SPIE 2024

1. 项目背景

- **中山大学天文系把红外列为重要发展方向：**
  - ➢口径 15 →40 →80cm
  - ➢波段J→H → K
  - ➢单芯片→拼接
  - ➢探测器： InGaAs/MCT
- **科学目标：红外时域观测**
  - ➢瞬变源后随观测：

    引力波事件、GRB、超新星、FRB等
  - ➢常规变源监测：

    变星、类星体、系外行星。。。



Light curves of GW170817
（Arcavi 2018）

2. 南极红外双筒望远镜

望远镜

- 口径15 cm，焦比f/3
- JH滤光片
- 视场1.2*1 deg^2
- 6.9”/pix

InGaAs相机

- 像素640*512

目标

- 技术验证
- 天光背景测量
- 亮星光变研究

与国家天文台合作

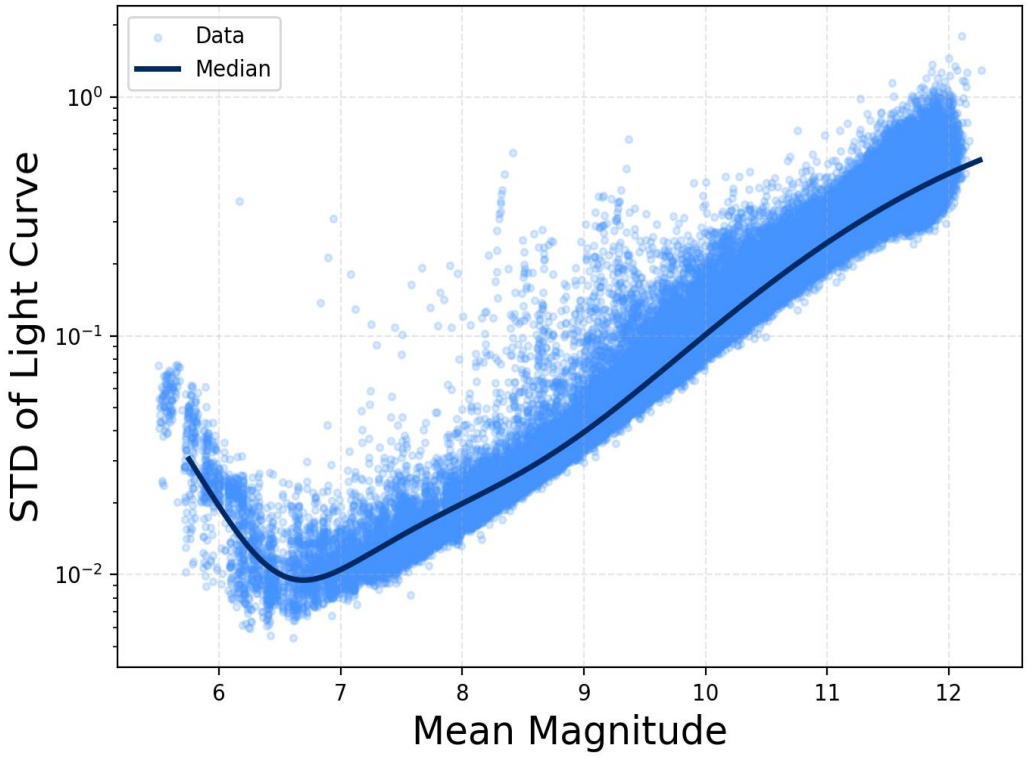
- 2023.1 安装到南极昆仑站8米塔架
- 2024.1, 2025.1维护





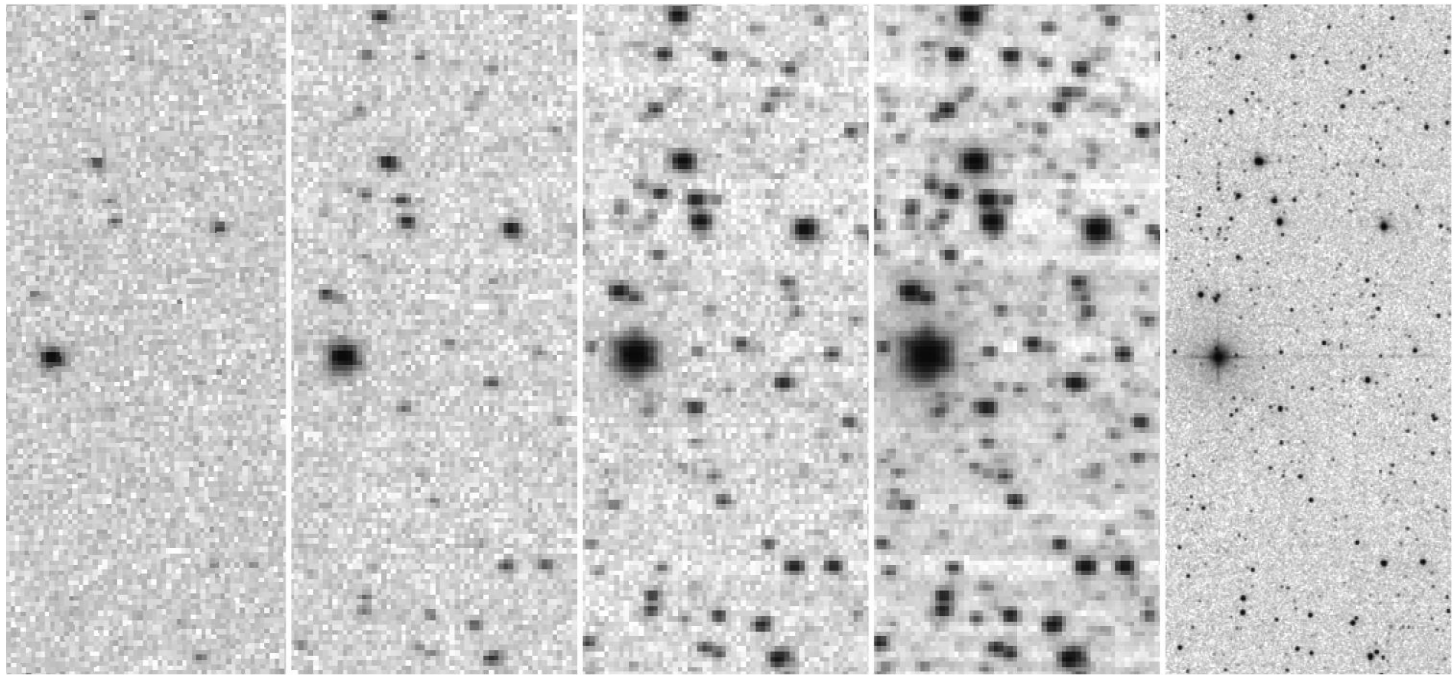
国家天文台合作
2023.1安装到昆仑站
Dong et al. PASP accepted

- 2s曝光极限星等11.47，5h叠加深度15.22
- 亮星相对测光精度达0.6%，正在进行光变分析



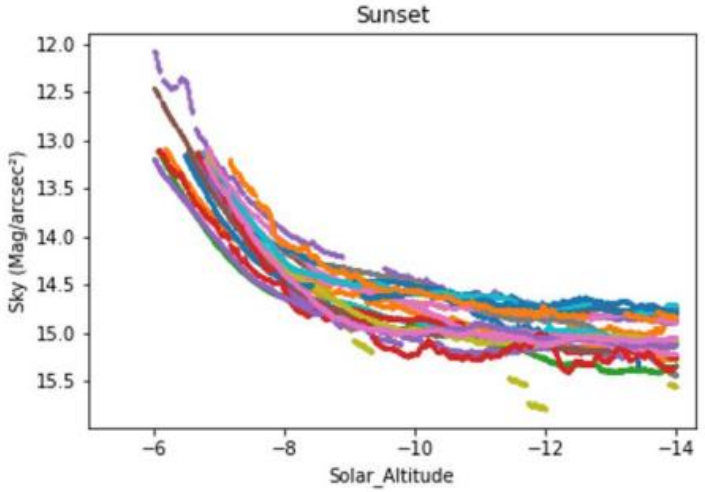
J波段光变曲线精度 @ 2s

J波段图像+有效曝光时间&极限星等

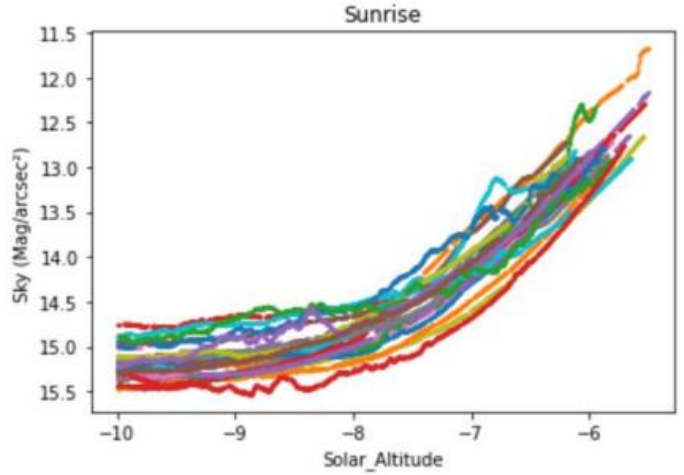


2s	1min	~17min	~5h	2MASS
11.47	12.97	14.29	15.22	

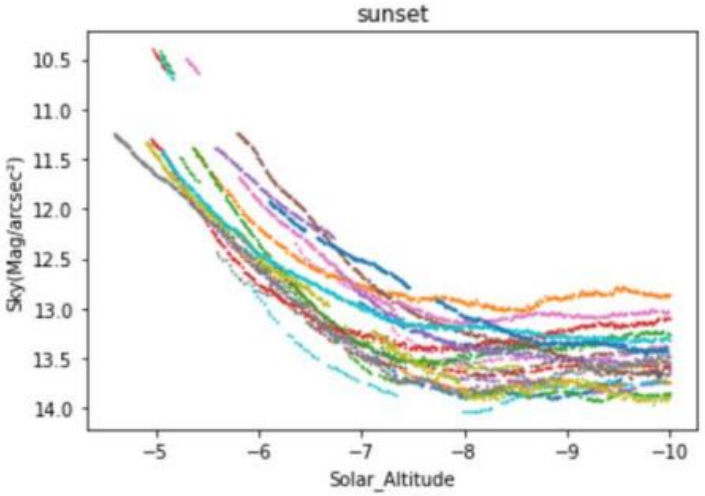
- **冰穹A红外天光背景**
- **红外“黑夜”更长**
- **极夜也更长**



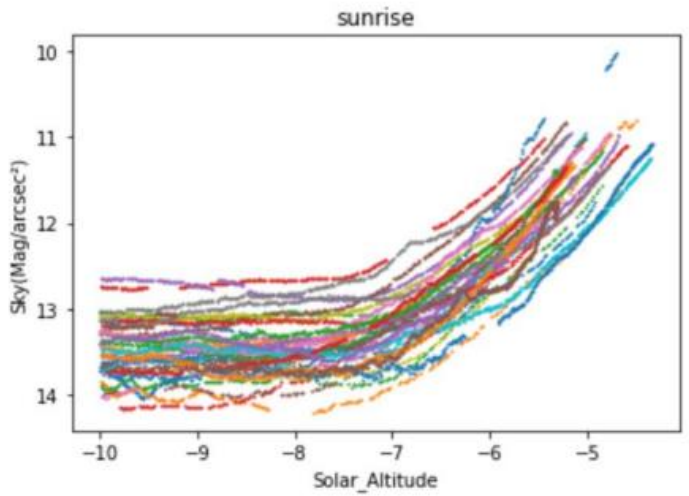
a) 太阳落下时 J 波段天光背景变化



b) 太阳升起前 J 波段天光背景变化



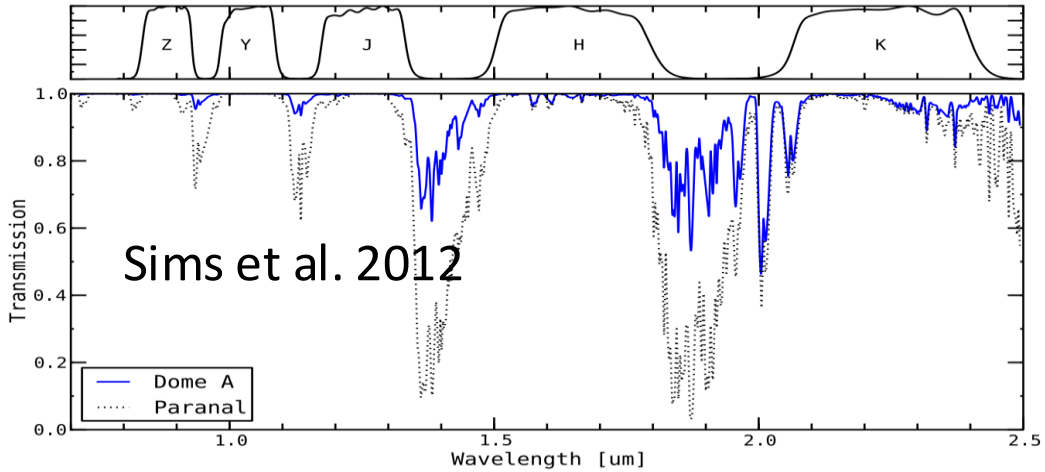
c) 太阳落下时 H'波段天光背景变化

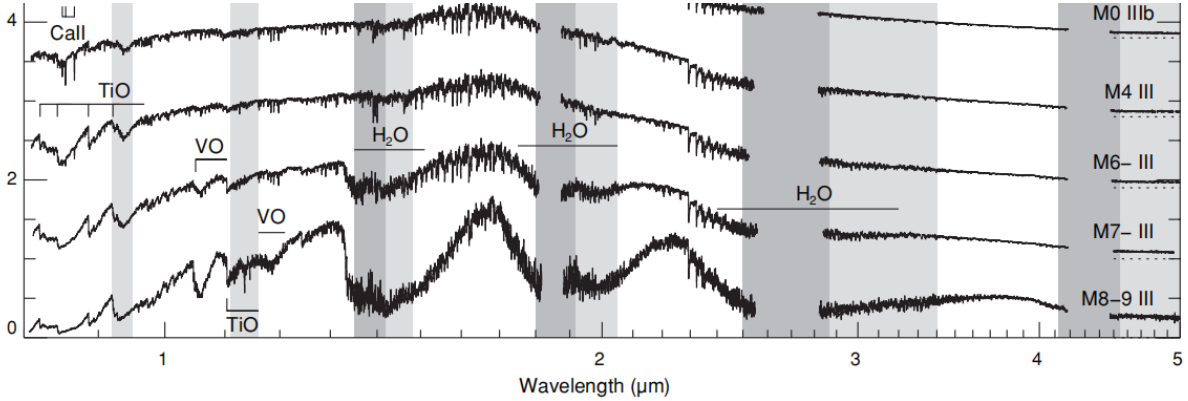


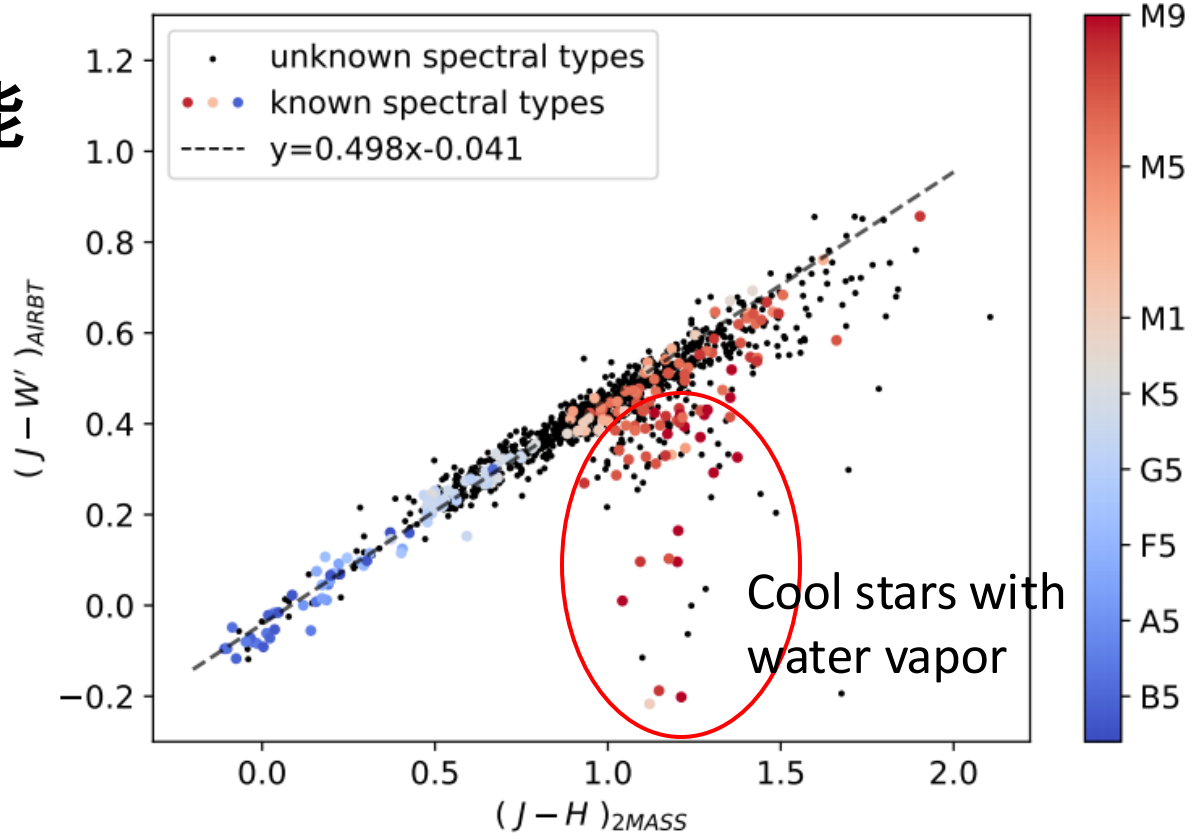
d) 太阳升起前 H'波段天光背景变化

李晋基硕士论文
《南极冰穹A与青海冷湖的近红外天光背景研究》

- 2025.1更换H为1.4微米滤光片（1.34-1.48）
- 研究有水汽吸收特征的极冷恒星
- 探索未来研究系外行星大气的可能

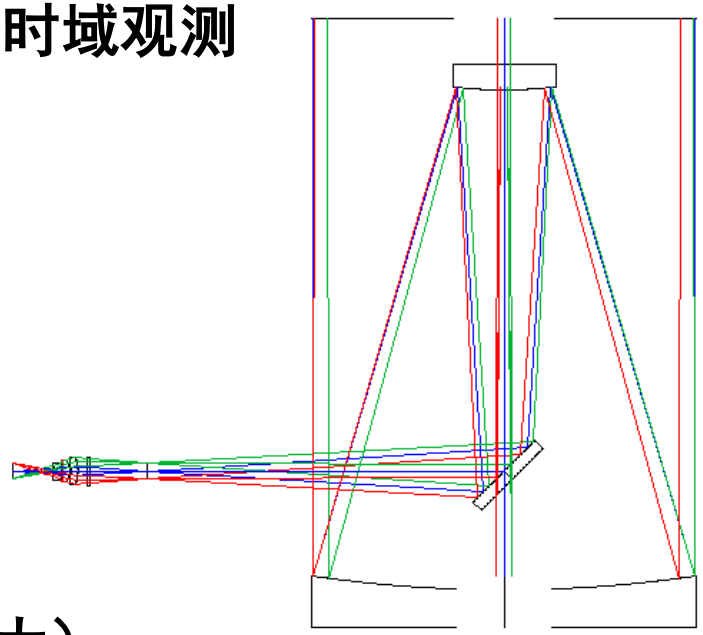


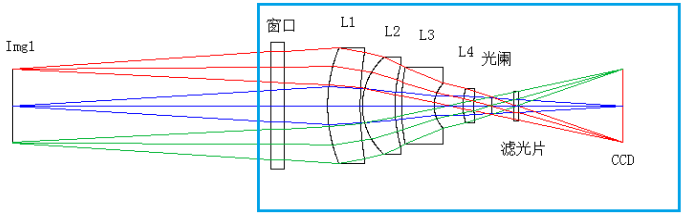


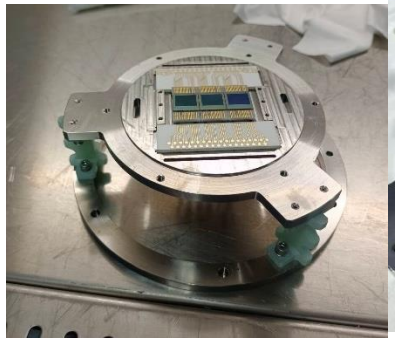


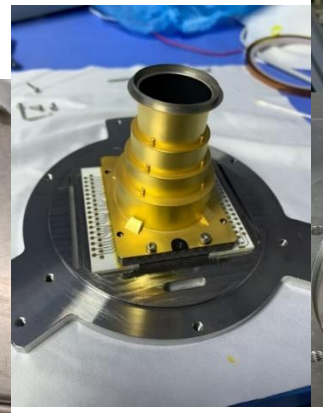
3. 80cm红外望远镜

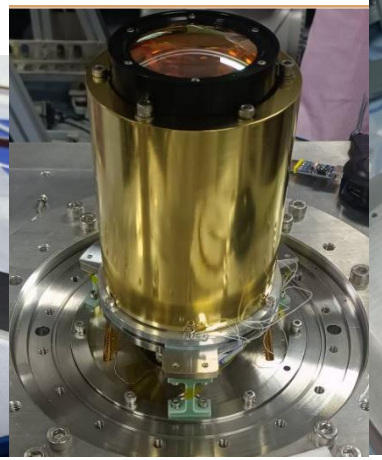
- **科学目标：以2MASS深度开展红外时域观测**
- **我国红外发展的测试平台**
- **望远镜（长春光机所）**
  - 口径80 cm，焦比f/8
  - 0.49”/pix
  - 两个耐氏焦点，三镜切换
- **J波段相机（商业相机）**
  - InGaAs 640*512
- **K波段相机（安徽像元光测/中国科大）**
  - 3片640*512 15微米碲镉汞探测器
  - 波长响应范围 1 – 2.5 微米
  - 探测器制冷温度77 K
  - 冷光学制冷温度< 150 K
  - 暗流< 20 e/s，读出噪声< 100 e
  - 满井 30 ke@HG， 70 ke-@LG

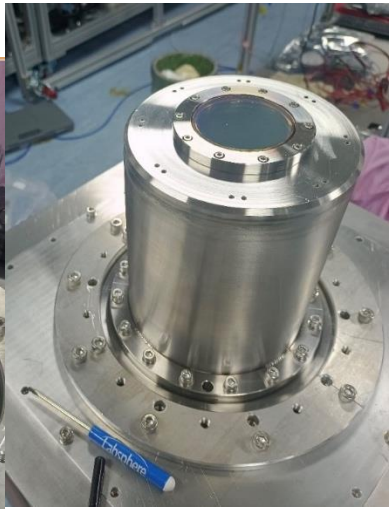












- 2022.10 提出申请
- 2024.10 至今 测试、试运行
- 学生远程观测，设备稳定可靠

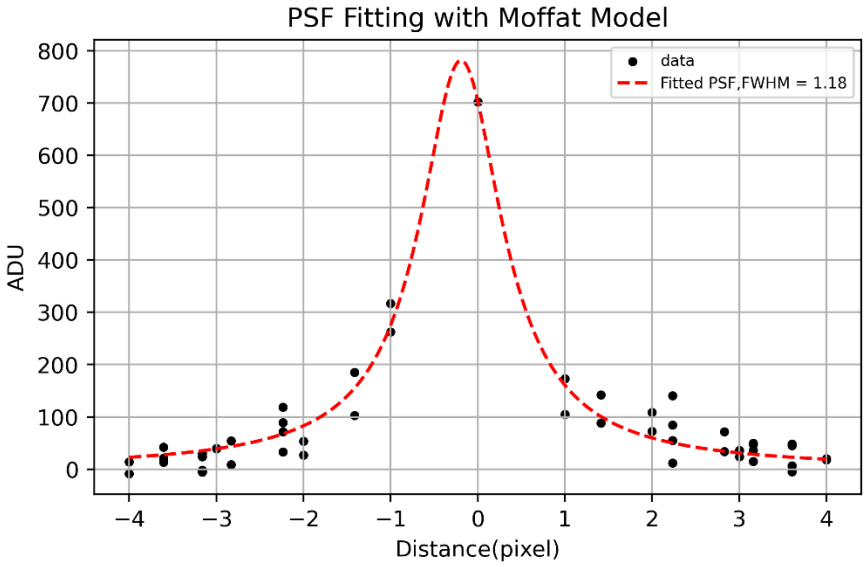


望远镜安装在冷湖4100米E平台

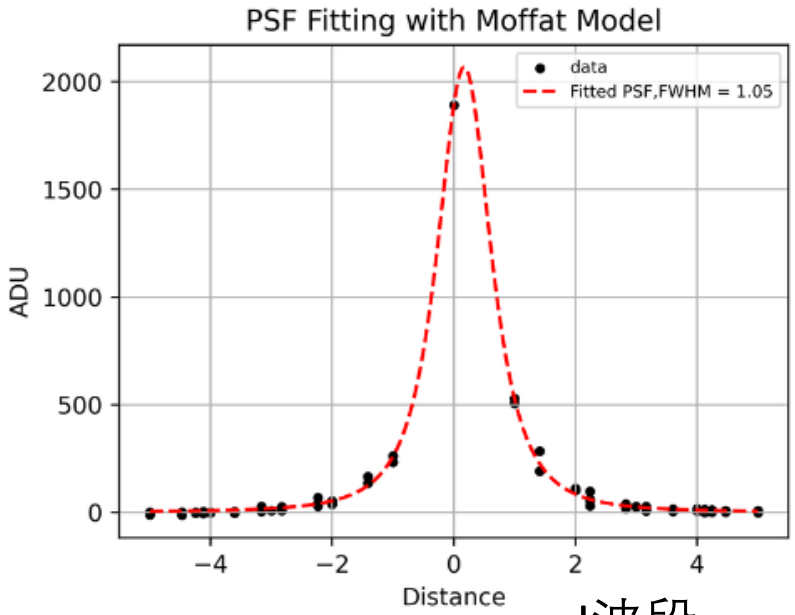




- **光学质量**（亮星短曝光幸运成像得到）FWHM ~ 1 pix (0.5″)
- **指向精度**：方位角8.5″，俯仰角7.8″
- **指向速度**：方位角180度+俯仰角30度约需15s
- **跟踪精度**：方位角0.08″，俯仰角0.22″（一分钟）



K波段



J波段



by黄炜森

J 波段相机-商业级、科学级

2024.10-2025.06：国产商业级InGaAs相机 640×512 视场5’x4’，0.48’’/pix

2025.06-2025.10月底：科学级InGaAs相机，由云南天文台许方宇老师团队提供，

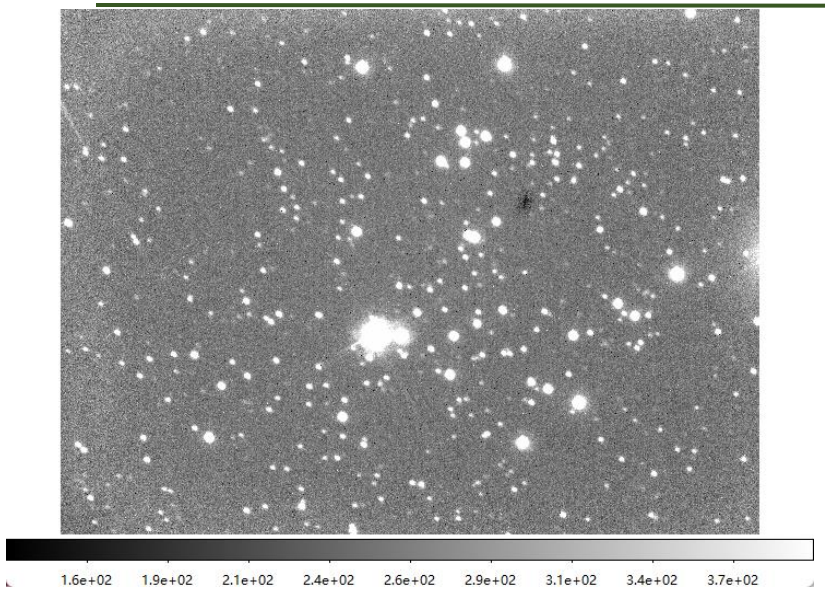
制冷机深度制冷1280x1024 视场10’x8’，0.48’’/pix

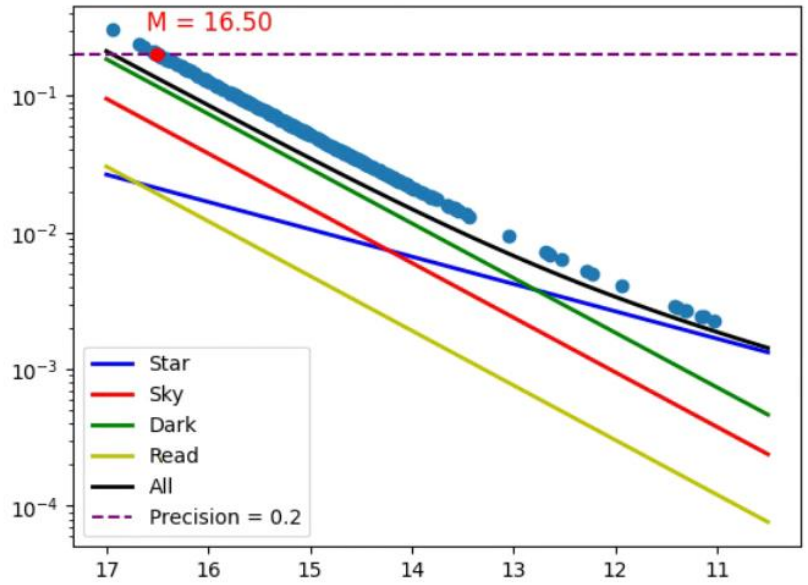
	商业级640*512		科学级1280*1024	
制冷	TEC -50℃		制冷机 80K	
参数	高增益	中增益	高增益	中增益
Gain (e^- /ADU)	1.0	5.6	0.46	1.9
读出噪声（e^-）	14	33	10.96	32.19
暗流（e^-/s）		220	14.24	43.55
满阱 (ke^-)	11.5	64.4	~ 30	~ 120



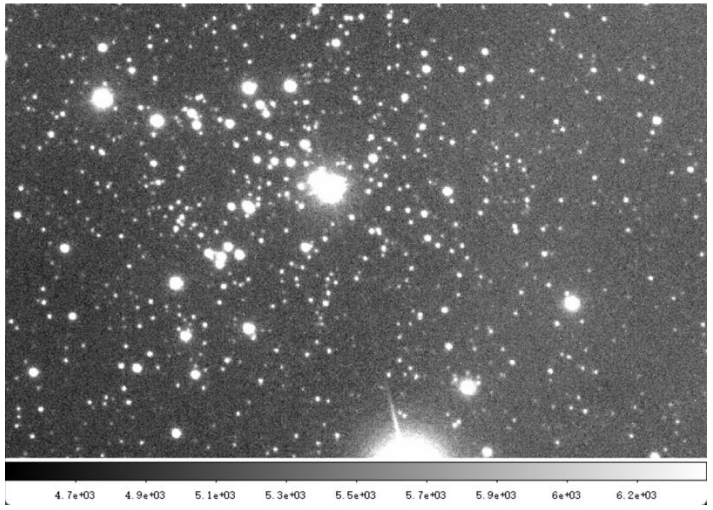


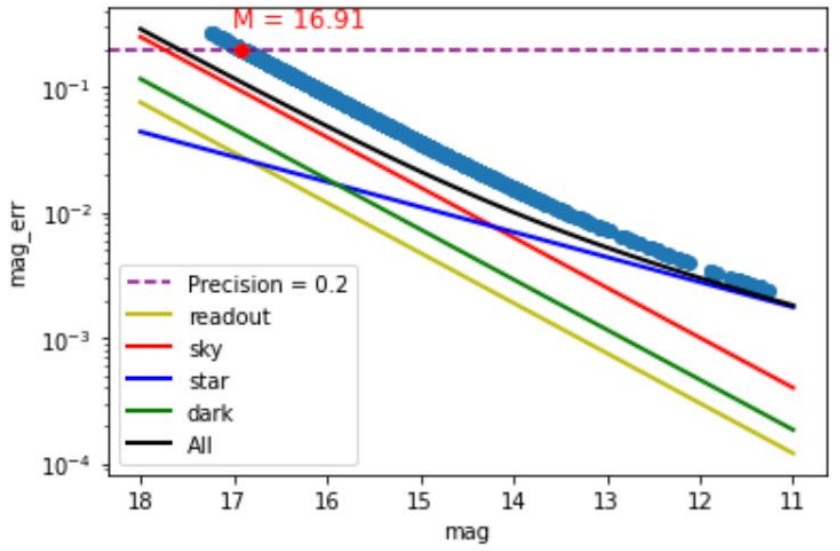
J 波段相机-成像结果





商业级：极限星等16.5(18)Vega mag @ 20s(1800s)，噪声为暗流主导



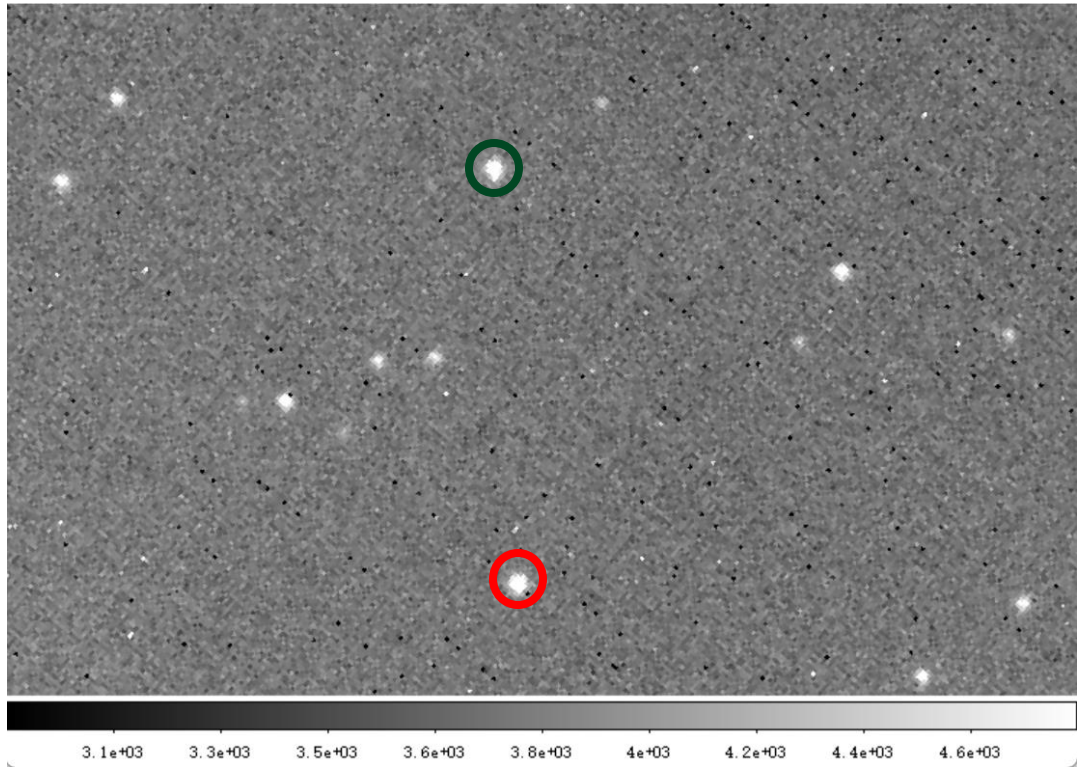


云台科学级：极限星等16.9(18.5)Vega mag @ 20s(1800s)，噪声由天光主导

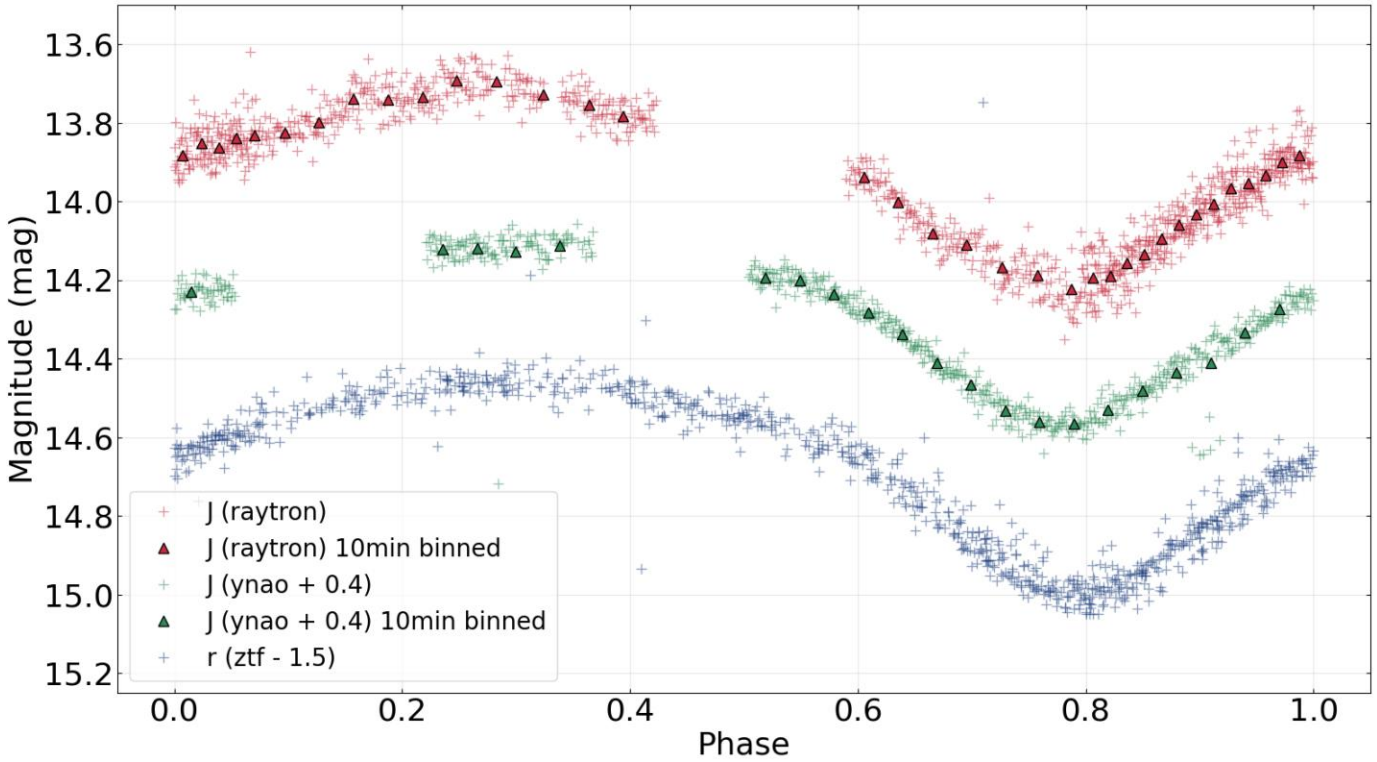
都仍存在未知噪声

J 波段相机|测光精度

较差测光：食双星变星 J~13.9mag



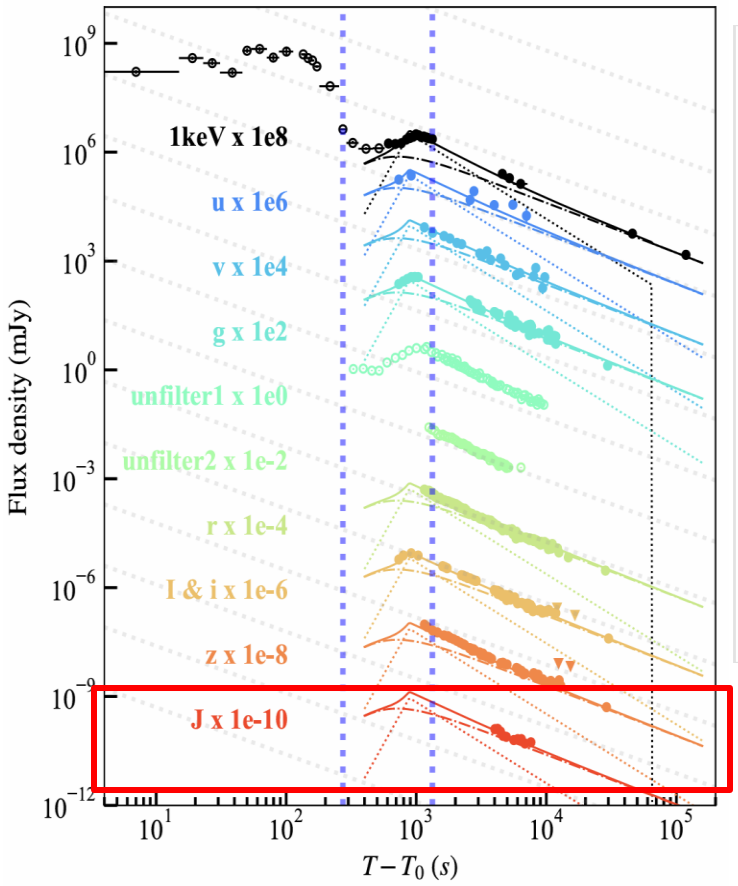
红色圈：目标星。绿色圈，参考星。



测光精度	20s(single)	10min(binned)
商业相机(mmag)	40	7
云台相机(mmag)	25	4

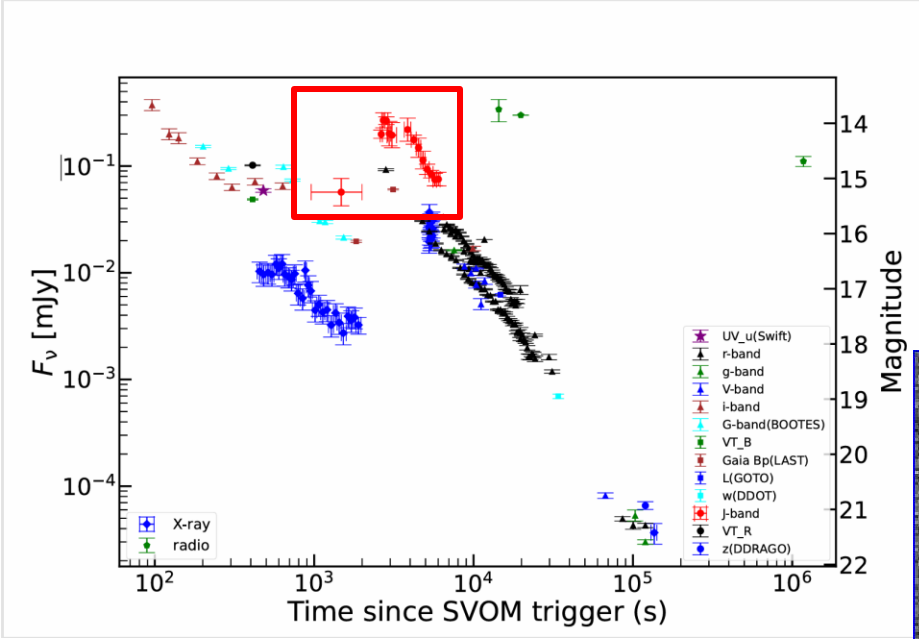
试运行概况|科学案列

GRB250404A：*J* 波段余辉



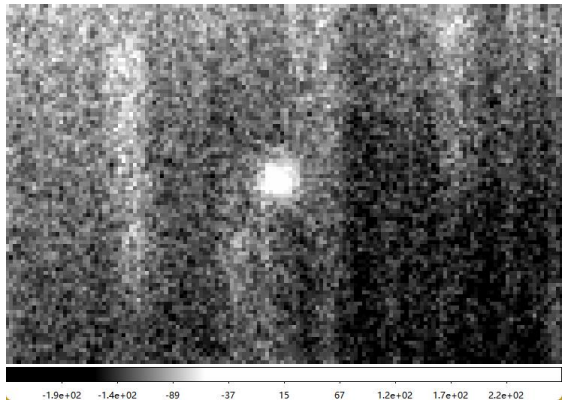
Yin et al. 2025 ApJL

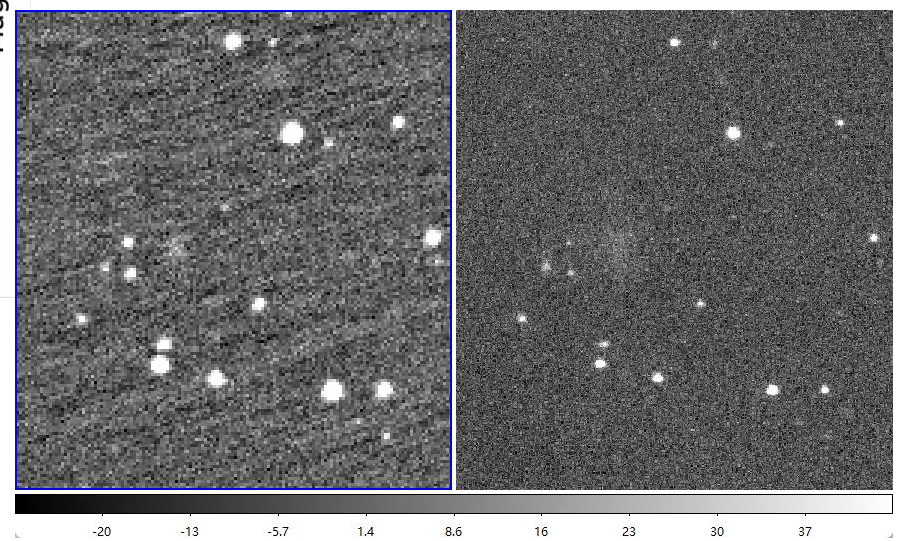
GRB251013C：*J* 波段余辉



By：陈春、曹多乐

3I/ATLAS系外彗星

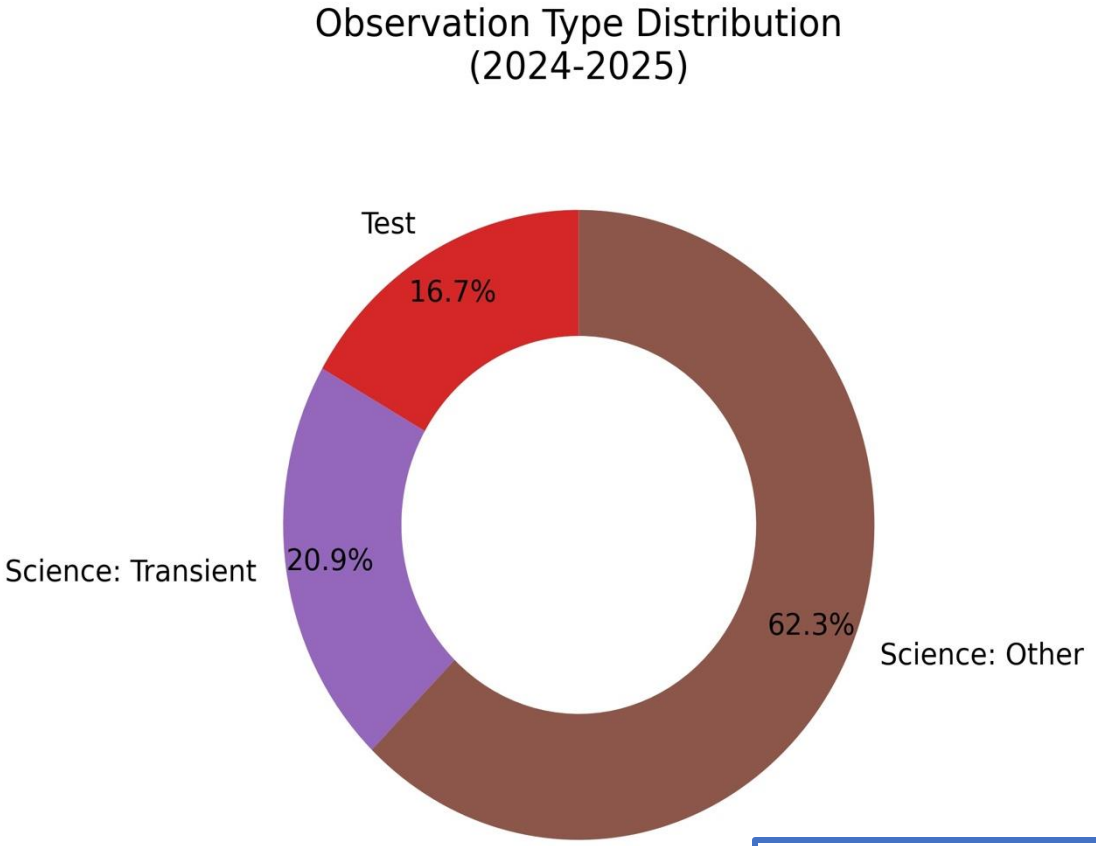




80cm 叠加3hr (J>19.5)　3.8m UKIRT

当前观测目标：

伽马暴余辉
新星
超新星
恒星耀发
类星体
活动星系核
中等质量黑洞
环双星盘
褐矮星
RR变星
强磁星
脉泽源
凌星
……



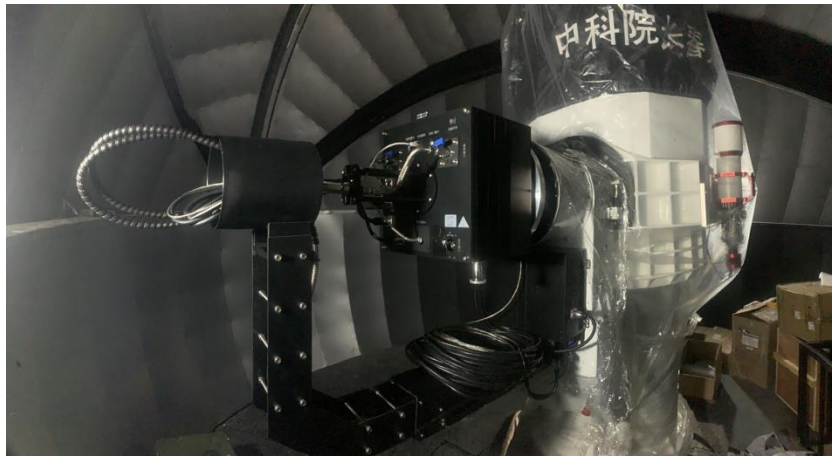
1篇合作期刊
10篇GCN通告

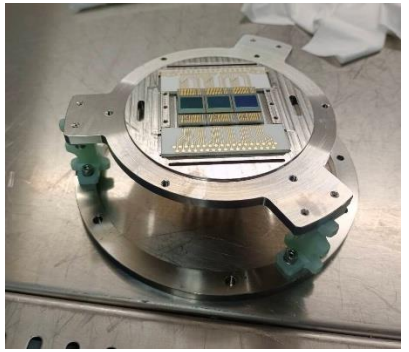
当前合作单位：

安徽师范大学
北京大学
广州大学
南京大学
清华大学
西班牙加那利天体物理研究所
中国科学技术大学
中国科学院国家天文台
上海技术物理研究所
上海天文台
云南大学
云南天文台
紫金山天文台
……

K 波段相机

2024.09-2024.12 试观测
2025.06 芯片更新
2025.07 相机拆卸
2025.09 实验室重新封装
2025.10 重新安装





- 3片640*512 碲镉汞探测器
- 像元15微米
- 波长响应范围 1 – 2.5 微米
- 探测器制冷温度77 K
- 冷光学制冷温度< 150 K
- 满井 30 ke^-@HG， 70 ke^-@LG
- 读出噪声< 85 e^- @HG
- 暗流< 20 e^-/s → < 5 e^-/s
- 量子效率~40% → ~90%

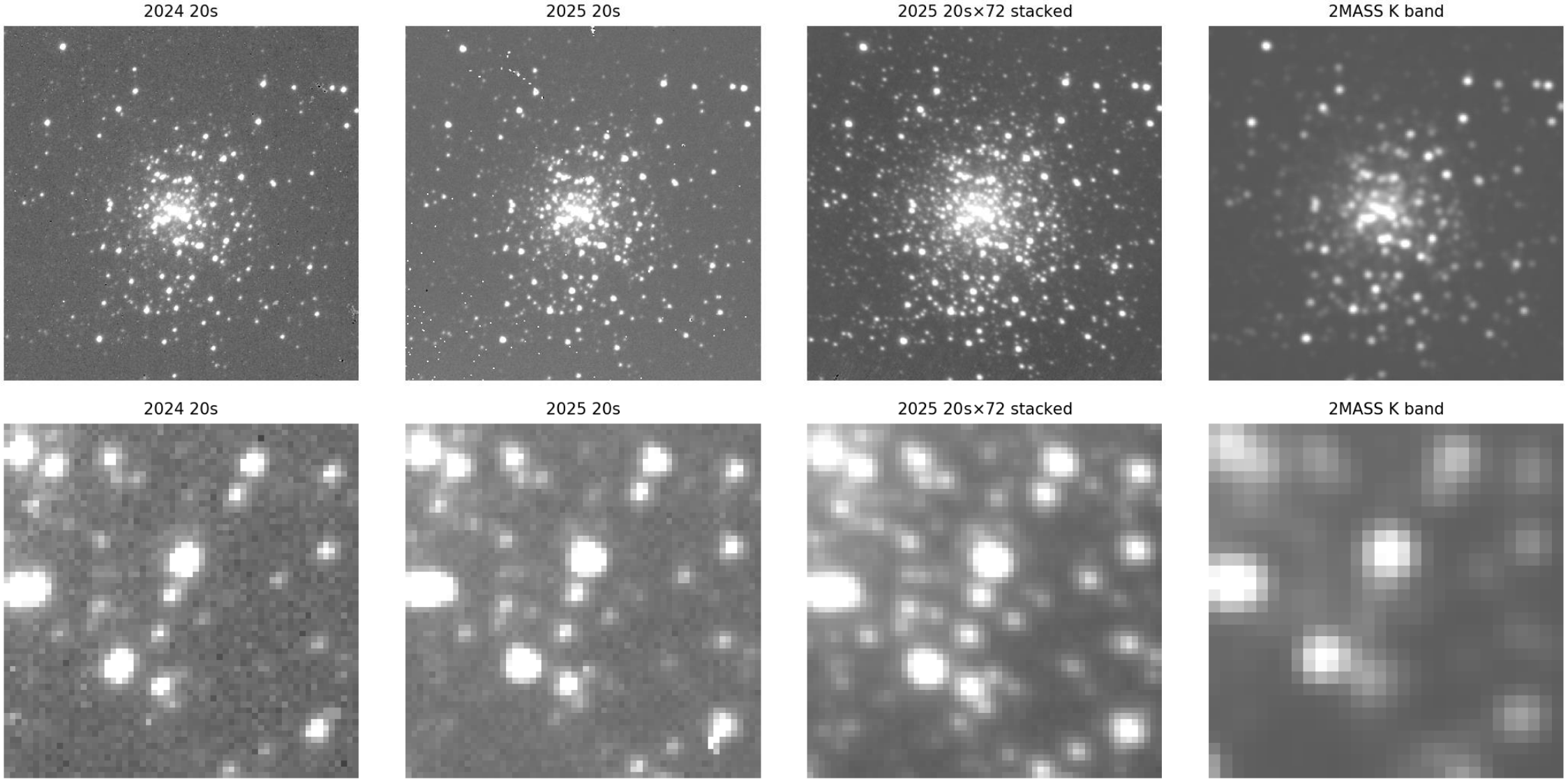
参数 \ 芯片	25-30	25-31	25-37	装机的工程片
增益(e-/DN)	2.6(5fF)			/
	6.4(15fF)	6.4(15fF)	6.6(15fF)	/
满阱(ke-)	32(5fF)			~30(5fF)
	88(15fF)	87(15fF)	90(15fF)	~70(10fF)
暗电流(e-/s)	4.8	4.5	4.8	10～20
噪声(e-) (未扣除本底噪声)	63(5fF)	60(5fF)	65(5fF)	70～80
	82(15fF)	81(15fF)	84(15fF)	90～100
量子效率	85%	90%	89%	30%～40%
盲元率	0.6%	0.5%	0.7%	1%～5%
响应非均匀性	3.7%	2.8%	3.1%	~6%

注：表格数据来自上海技物所

K 波段相机|on-sky测试

球状星团M15

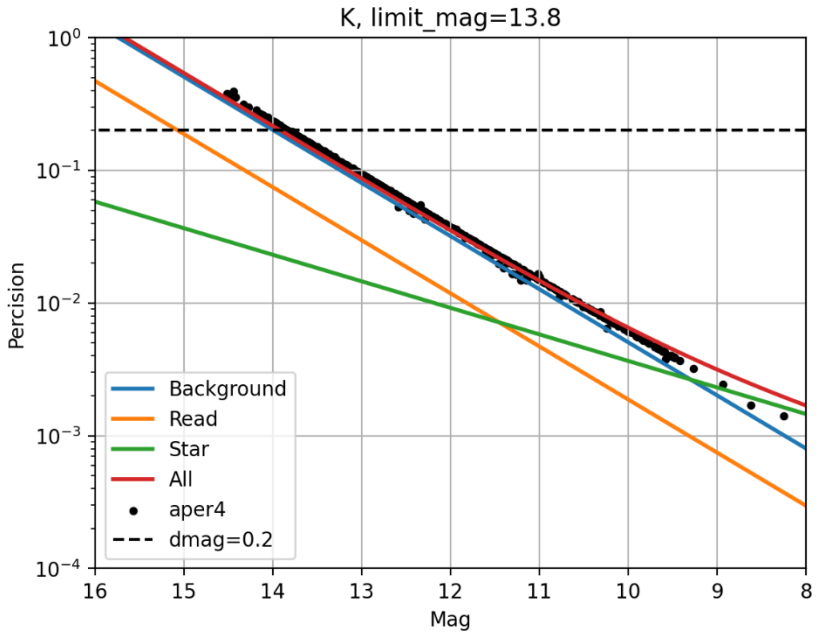
20s单张基本达到2MASS深度，分辨率更优；极限星等15.1(16.8)Vega mag @ 20s(1440s)



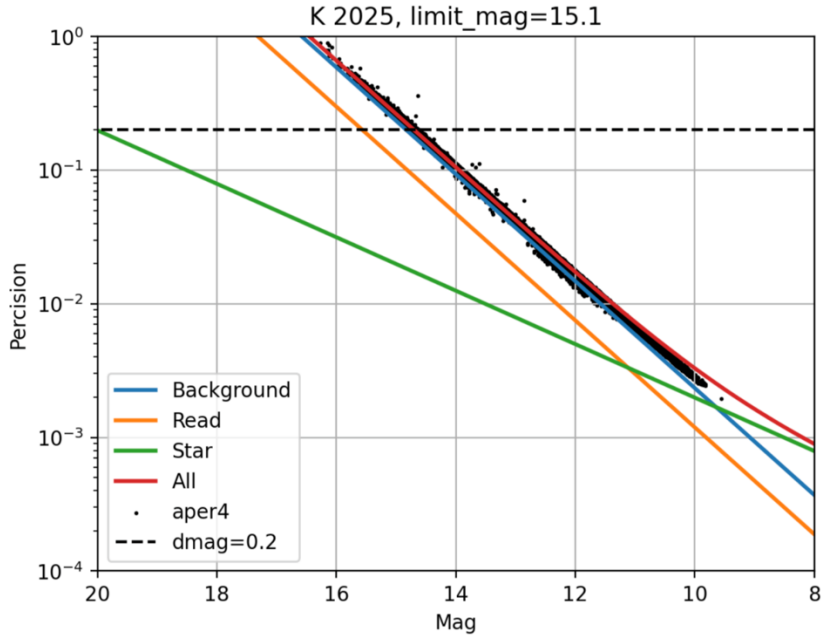
K 波段相机|on-sky测试

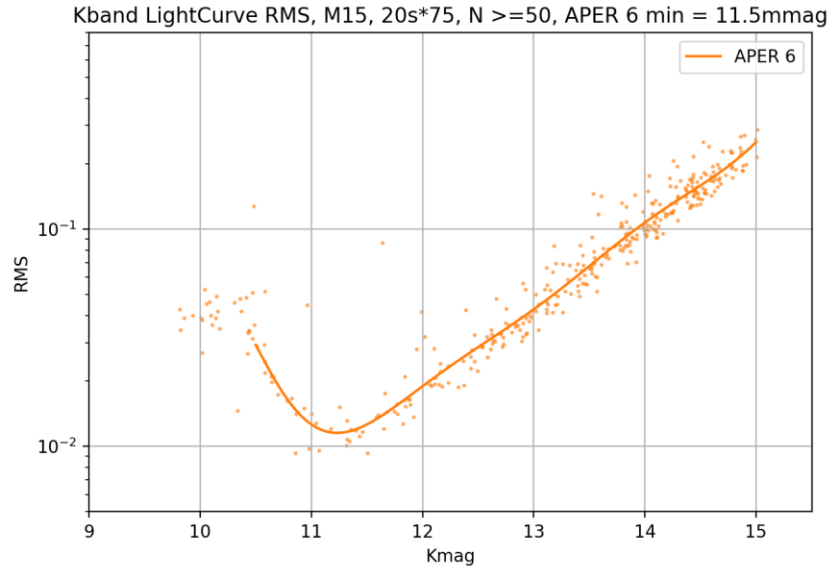
极限星等15.1(16.8)Vega mag @ 20s(1440s)，噪声是背景(暗流+热辐射)主导
相比2024工程级芯片深1mag，主要是量子效率提高
亮星测光精度~1%

2024



2025





By:林浦

	厂家	像素数	像素大小（微米）	读出噪声（e）	暗电流（e/s/pix）
科学级 铟镓砷	云南天文台	1280*1024	15	11	13
	Xenics	640*512	20	20	5
商业级 铟镓砷	深圳百诺纳	640*512	15	30	220
	Raptor	640*512	15	80	400
科学级 碲镉汞	上海技物所	640*512	15	60	5
	First Light	320*256	24	-	10
不可进口	Teledyne	4096*4096	15	10-20	<0.01

国产铟镓砷、碲镉汞探测器在主要性能指标上已经达到甚至超过国外同类可进口产品

需要更多用户：仪器端持续改进，天文数据处理方法

4. 总结

- **15cm南极红外双筒望远镜**
  - ➢首次1.4um水汽吸收波段
  - ➢将升级40cm望远镜
- **80cm红外望远镜**
  - ➢正与国家天文台合作自动运行（详见董仲南海报）
  - ➢正在升级J/K波段相机
  - ➢**AI观测编排、运行、数据处理、科学研究？**
- 为我国未来红外天文提供技术积累、人才培养
- **欢迎合作**（科学+技术）

80cm观测提案

