



中国科学院国家天文台
NATIONAL ASTRONOMICAL OBSERVATORIES, CAS



Gaia DR4前瞻

汇报人：顾弘睿

时间：2026-08-12



目录



01

Gaia卫星

02

DR4 vs DR3

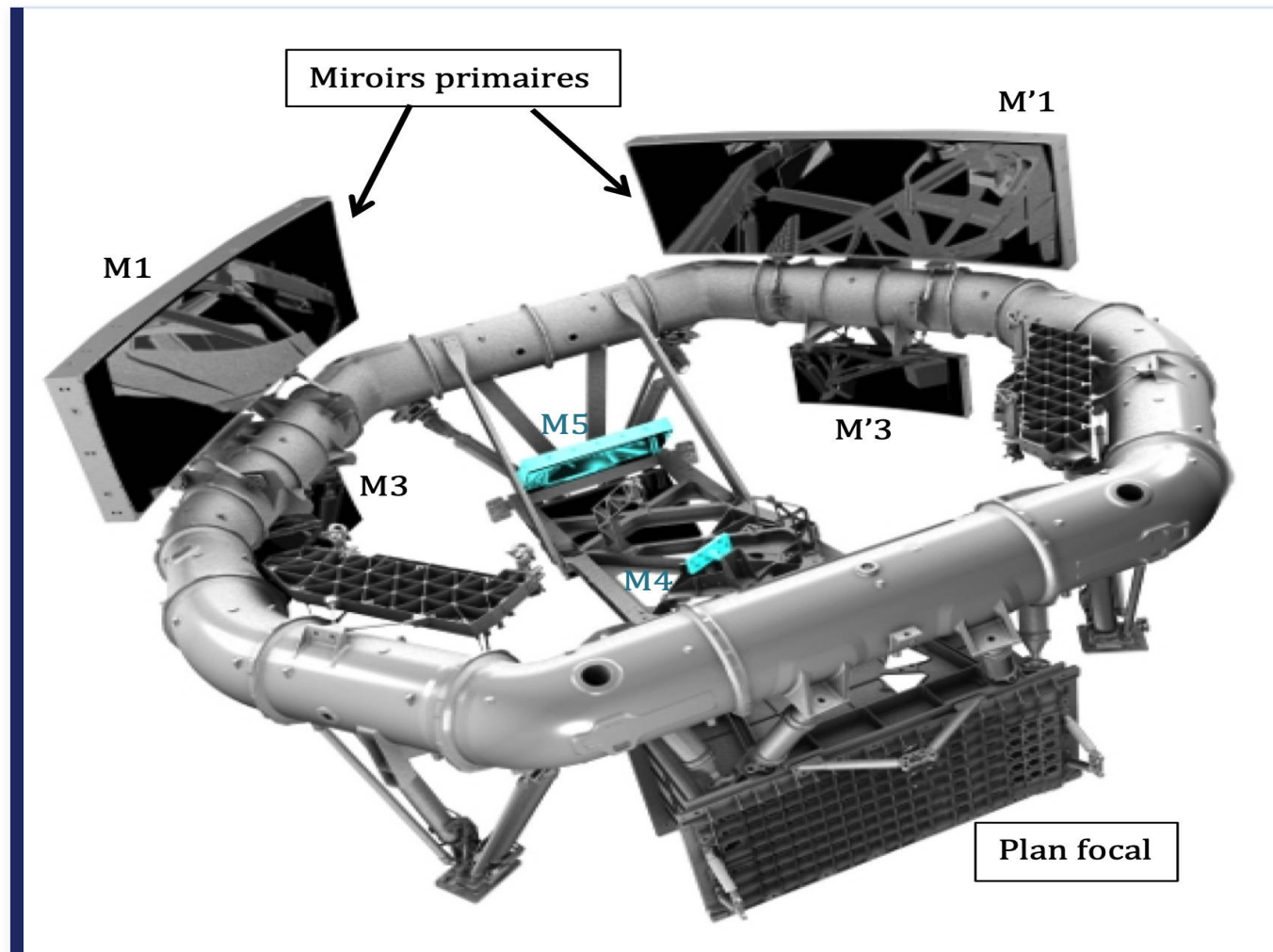
03

测光 + 天测

03

科学预期

光学系统：双望远镜+基本角



- 两个相同的TMA三反射镜消像散望远镜，孔径 $1.45 \times 0.50 \text{ m}^2$
- 基本角 $\Gamma = 106.5^\circ$ ：两视场指向相差 106.5° ，同时观测不同天区
- 焦距35m（通过两次折叠实现）；波前误差预算50nm
- 6个反射镜/M'组：M1-M3（TMA）+ M4/M4'（平面光束合并器）+ M5-M6（公共折叠镜）
- 光学台：烧结碳化硅SiC，直径~3m，被动冷却至163K
- 为什么 106.5° 而非理想 90° ： $360^\circ \times m/n$ 时大圆恒星连通性差； 106.5° 是视差灵敏度与布局的折中
- 视差灵敏度 $\propto \sin \xi \cdot \sin \Gamma$ （ $\xi = 45^\circ$ 太阳角）

望远镜 P (前视场)

M1-M3 — M4

望远镜 F (后视场)

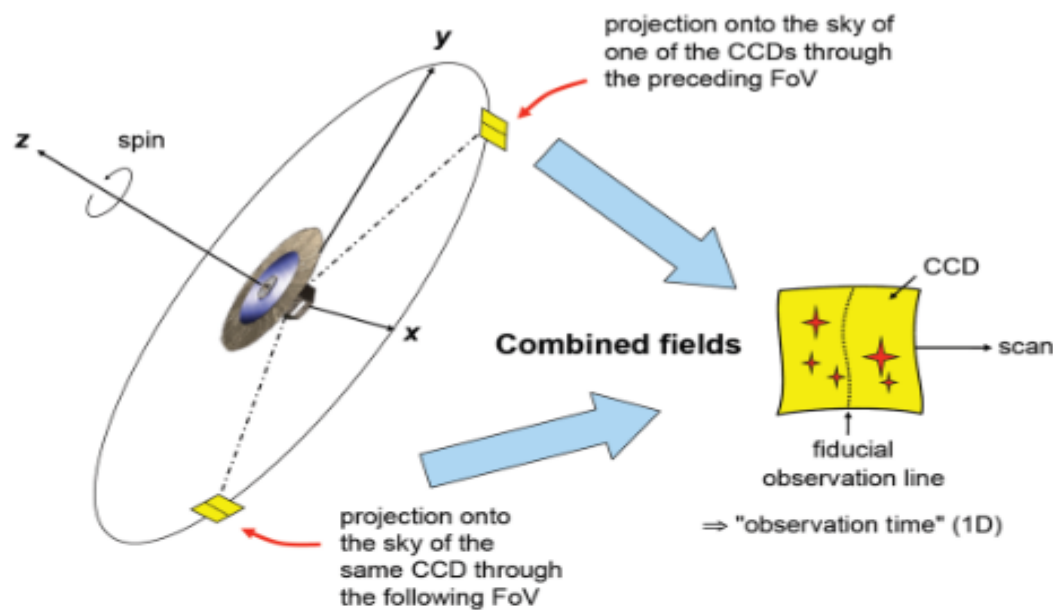
M1'-M3' — M4'

公共光路

M5-M6

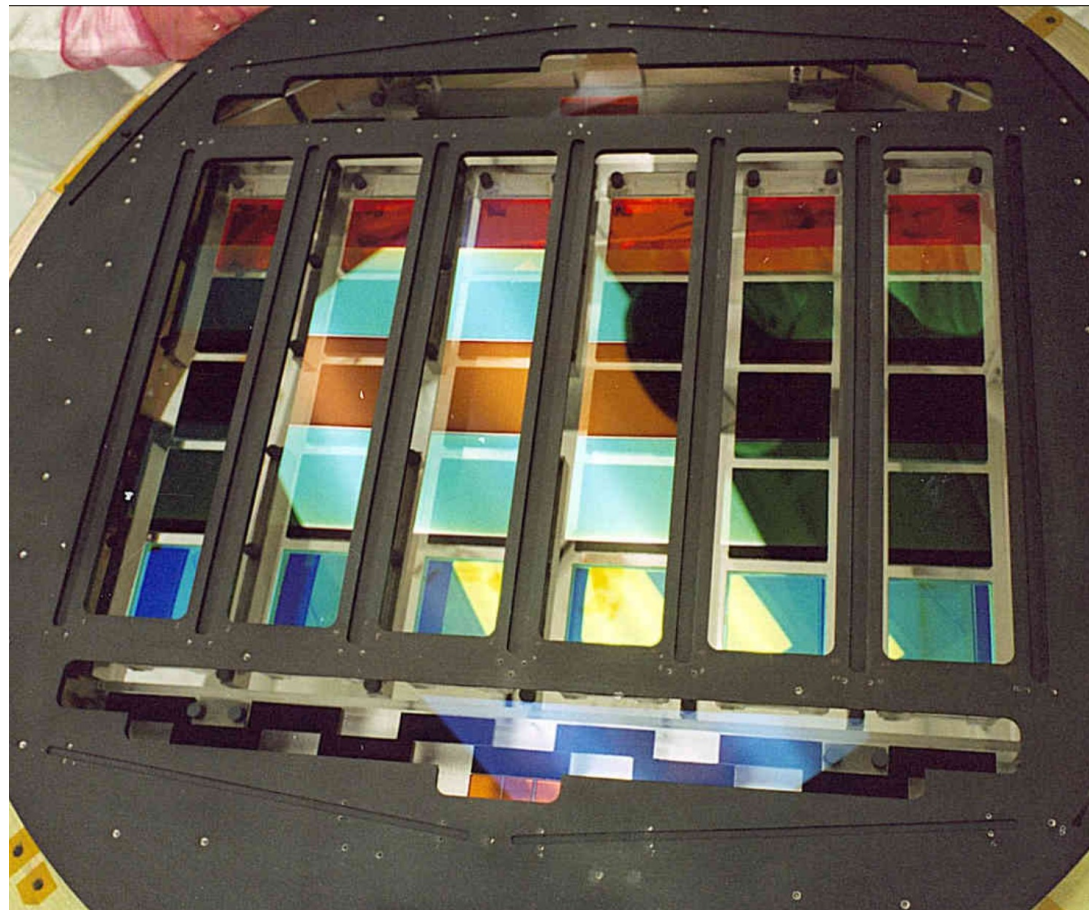
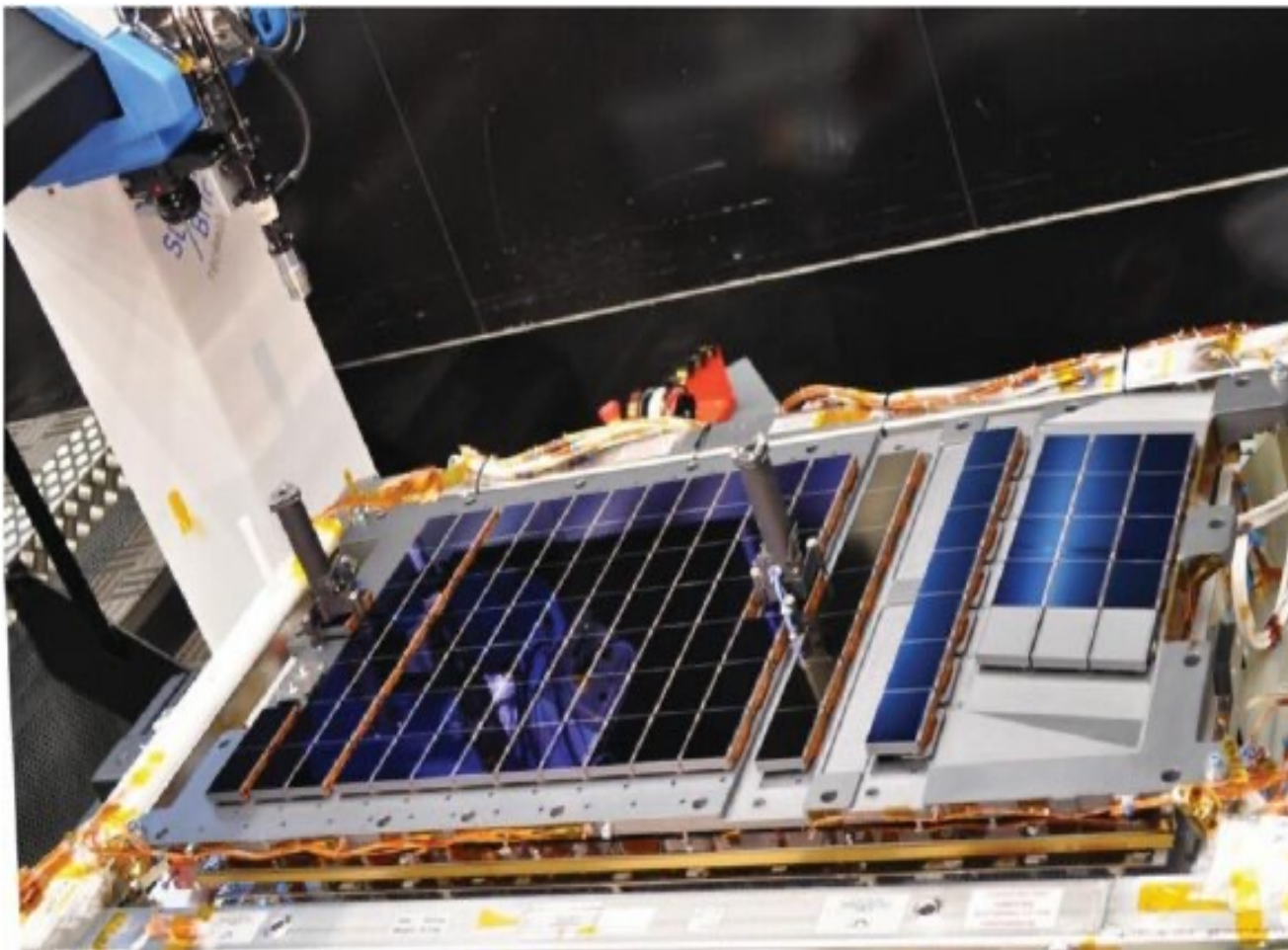
焦平面

Gaia是扫描仪

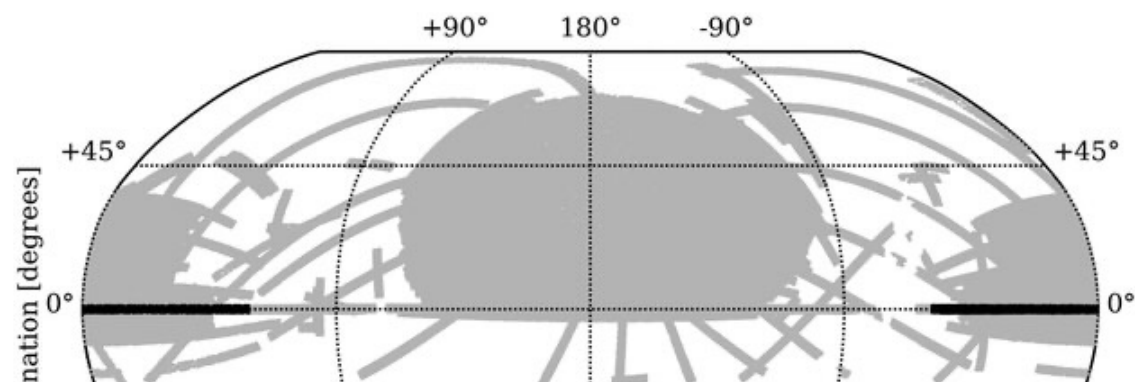


- **Gaia是一台天体测量扫描仪——无快门、无输入星表、连续扫描全天**
- 2013.12.19发射至L2点；2014.07开始科学观测；2025.03结束在轨运行
- 标称5年任务（实际延长至10.5年）；DR4基于前66个月数据
- 目标：测量 10^9 +天体的位置、视差、自行（天测）、星等（测光）、光谱（XP/RVS）
- 继承Hipparcos的revolving scanning理念，但用在轨检测替代输入星表

Gaia焦平面↓



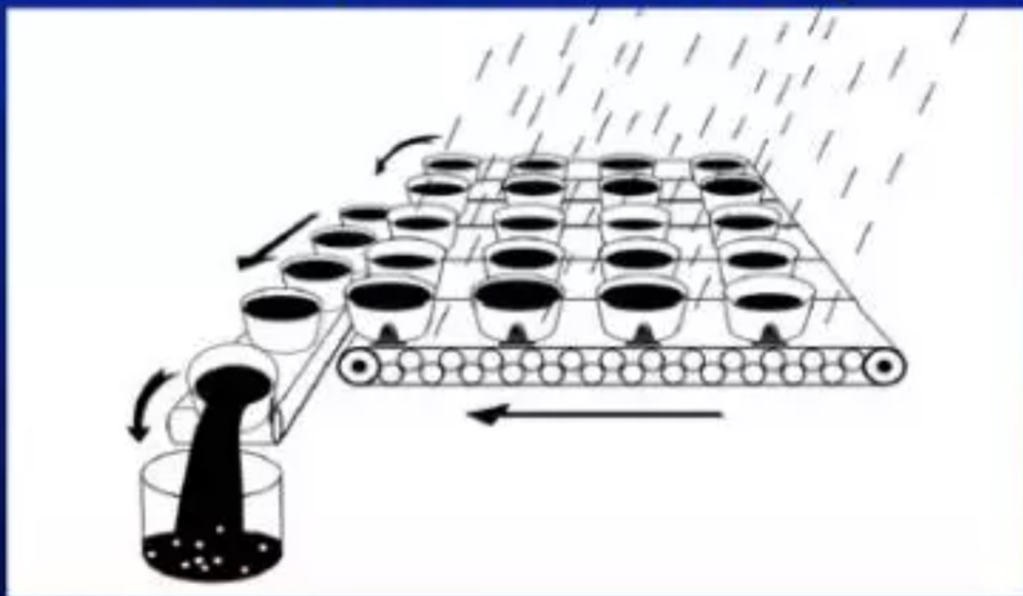
SDSS焦平面↑ footprint↓



星轨➡

CCD读取数据方式⬇

Basic CCD Theory



• Raindrops = Photons

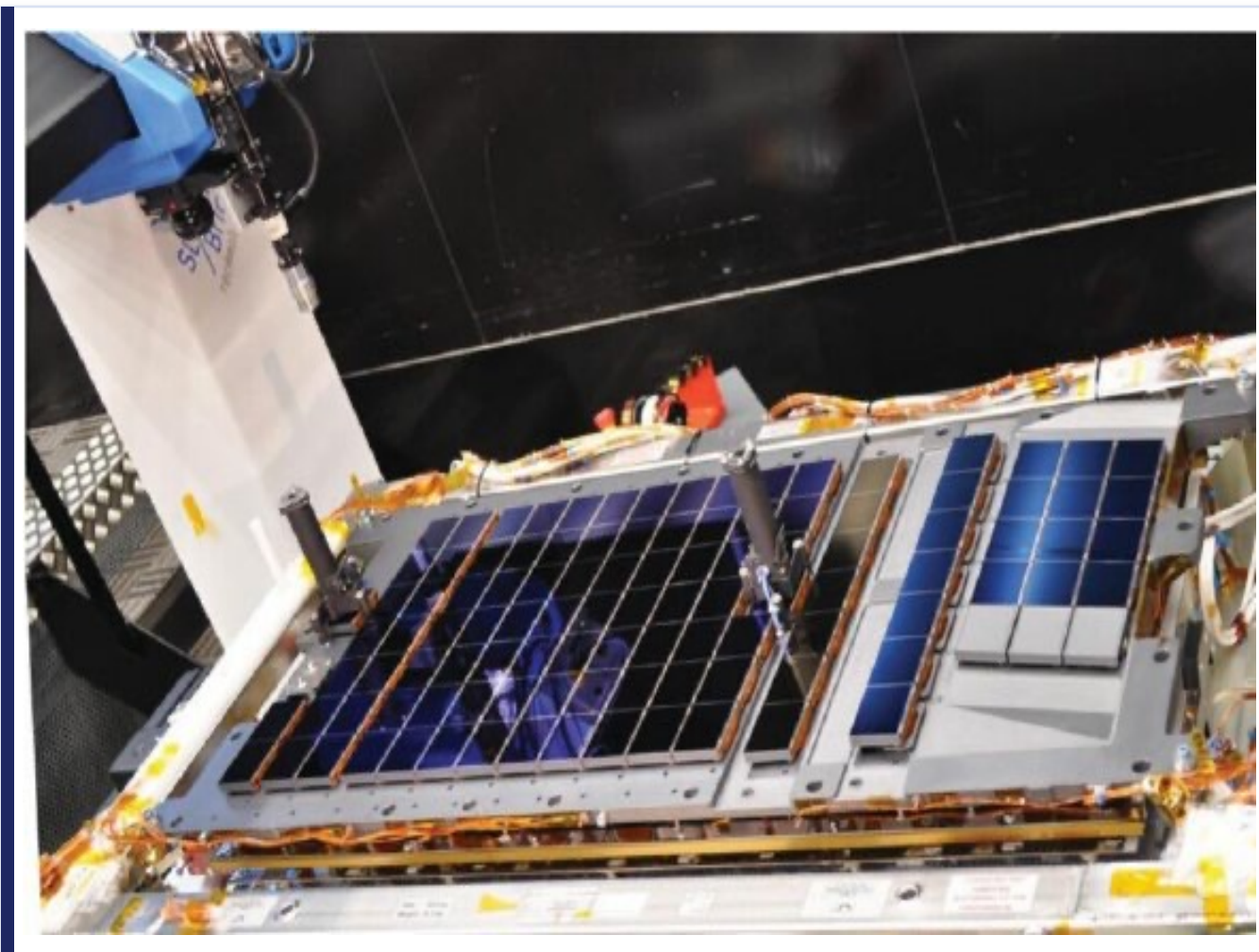
• Buckets = Pixel

• Conveyor Belts = CCD Shift Register

• Metering Glass = Sense Capacitor



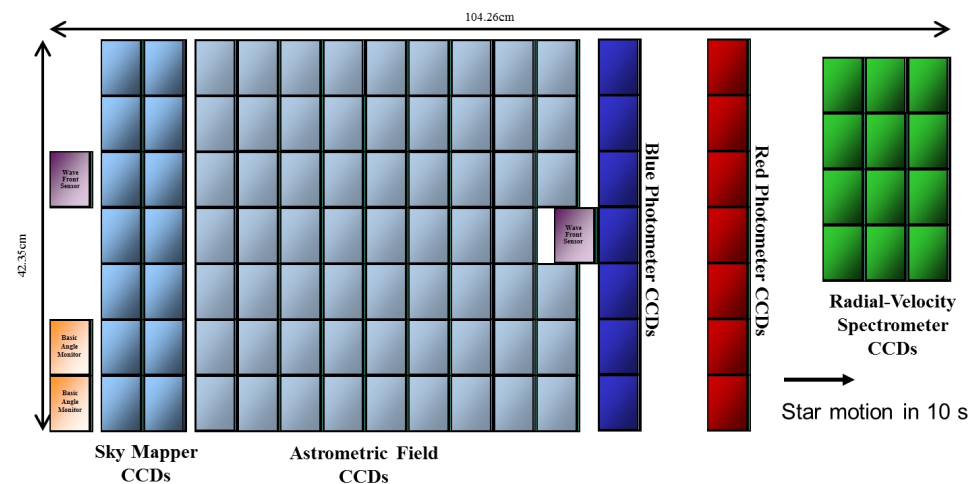
焦面：106片CCD的十亿像素相机



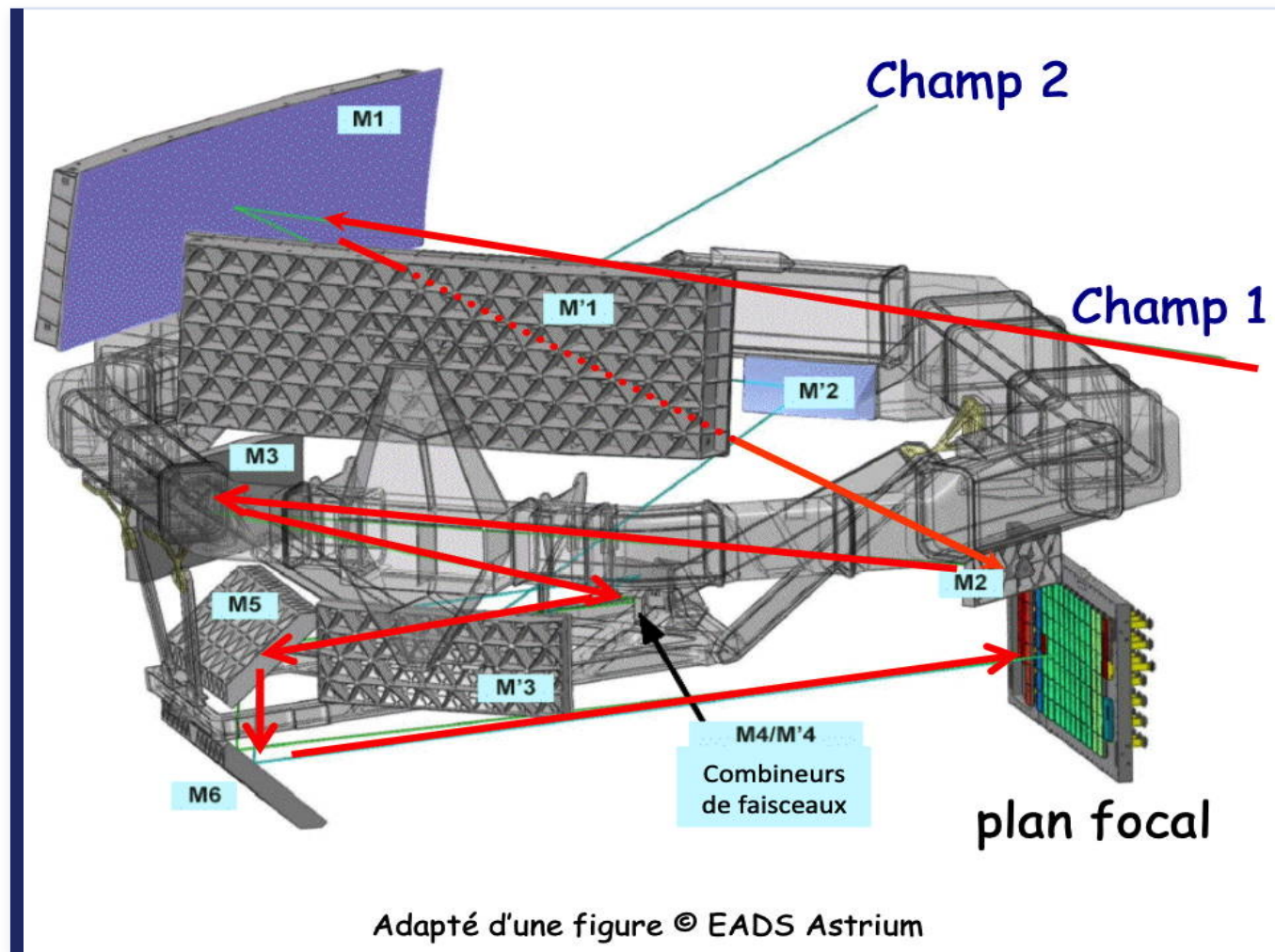
Gaia焦面布局：7行×17条共106片CCD (© EADS Astrium/ESA)

- 106片CCD，7行 (AC) ×17条 (AL)；总像素9.38亿
- SM1/SM2 (天空测绘器)：在轨检测，无输入星表，阈值 $G \approx 20.7$
- AF1-AF9 (天测场，62片)：主要天测+G测光；AF1确认SM检测
- BP (7片，330-680nm) / RP (7片，640-1050nm)：棱镜色散低分辨率光谱
- RVS (12片，845-872nm)：径向速度光谱仪， $R \approx 11,700$ ，Ca II三重态
- WFS (2片波前传感器) + BAM (基本角监视器)
- 像素 $10 \times 30 \mu\text{m}$ (AL×AC) →天角 $58.9 \times 176.8 \text{ mas}$ ；每CCD穿越4.42秒

Focal Plane



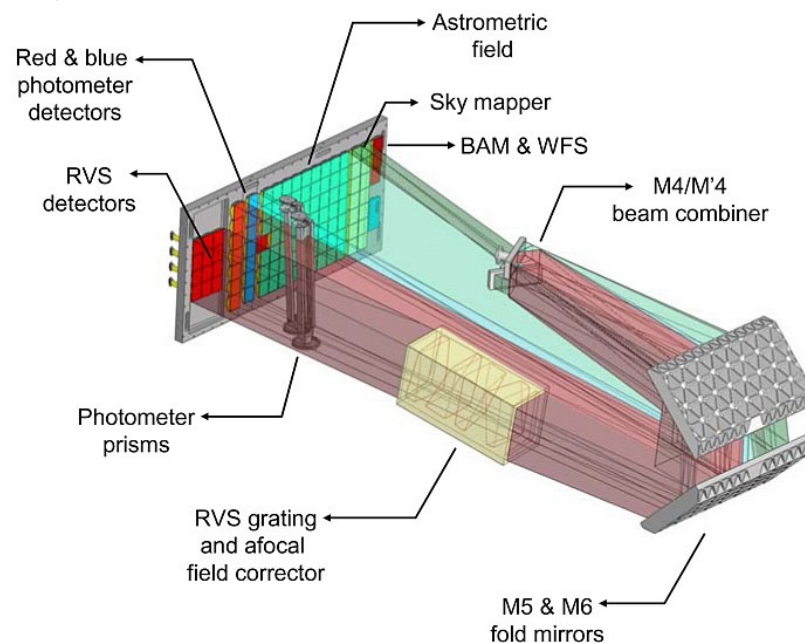
焦面：106片CCD的十亿像素相机



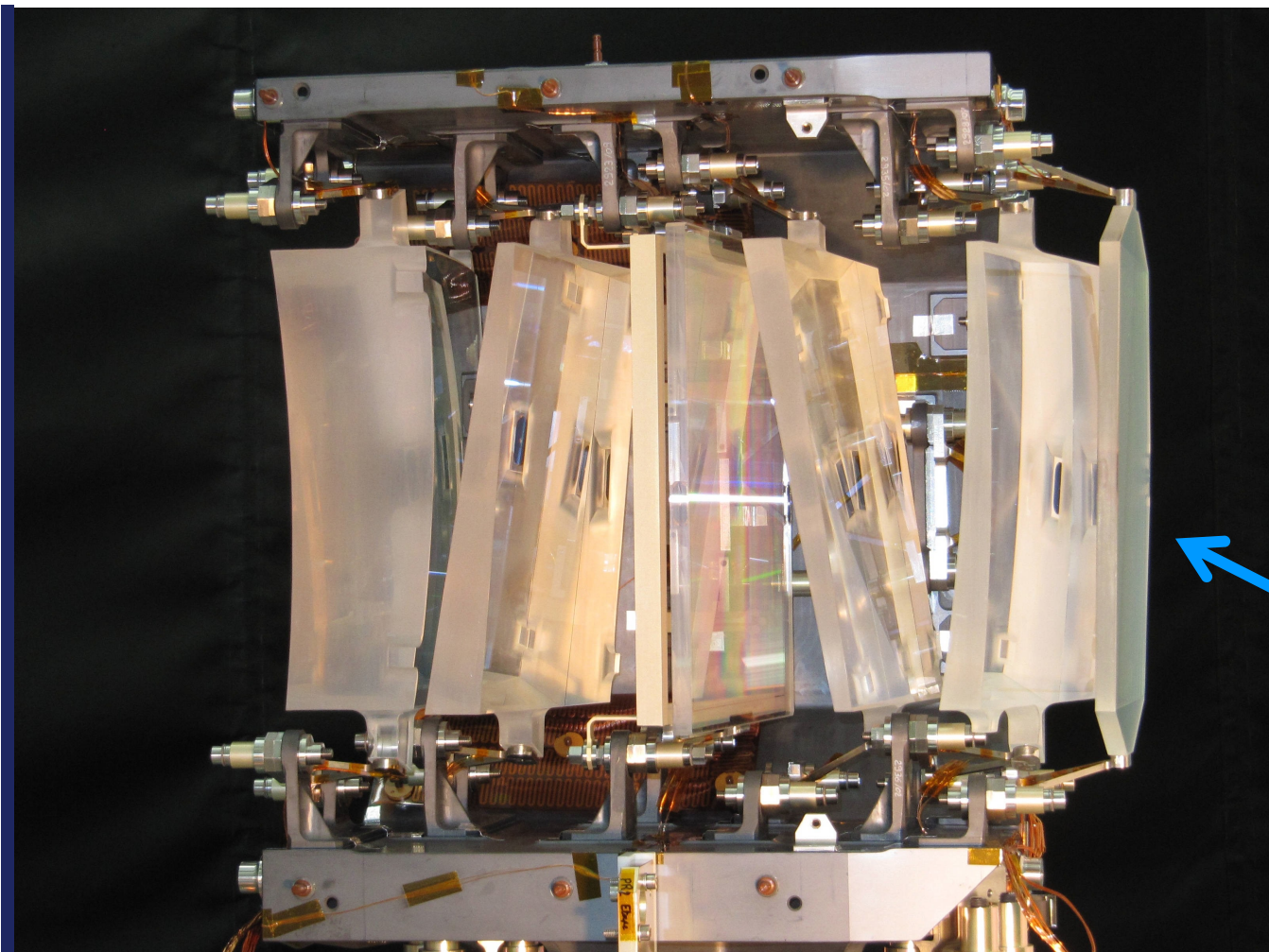
Gaia焦面布局：7行×17条共106片CCD (© EADS Astrium/ESA)

Gaia DR4 综合报告 · 2026-08

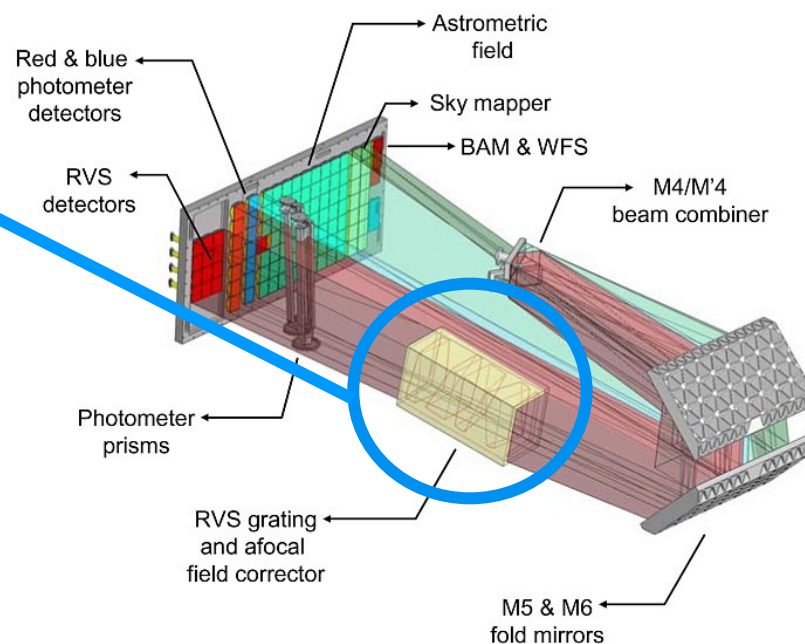
- 106片CCD，7行 (AC) × 17条 (AL)；总像素9.38亿
- SM1/SM2 (天空测绘器)：在轨检测，无输入星表，阈值 $G \approx 20.7$
- AF1-AF9 (天测场，62片)：主要天测+G测光；AF1确认SM检测
- BP/ RP (7片，330-680nm/640-1050nm) 棱镜低分辨率光谱
- RVS (12片，845-872nm)：径向速度光谱仪， $R \approx 11,700$ ，Ca II 三重态
- WFS (2片波前传感器) + BAM (基本角监视器)
- 像素 $10 \times 30 \mu\text{m}$ (AL×AC) → 天角 $58.9 \times 176.8 \text{ mas}$ ；每CCD穿越4.42秒



焦面：106片CCD的十亿像素相机

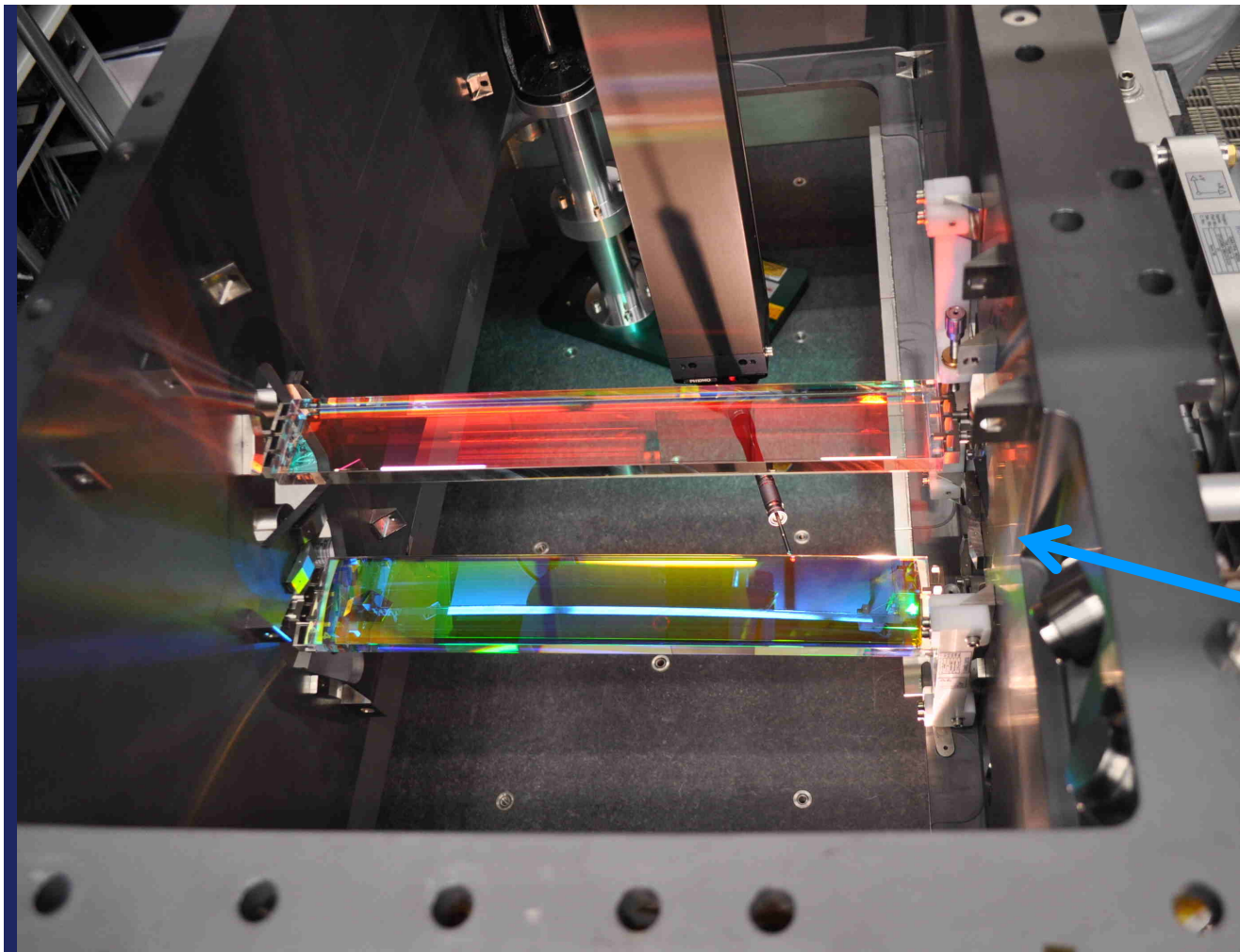


- 106片CCD, 7行 (AC) × 17条 (AL) ; 总像素9.38亿
- SM1/SM2 (天空测绘器) : 在轨检测, 无输入星表, 阈值 $G \approx 20.7$
- AF1-AF9 (天测场, 62片) : 主要天测+G测光; AF1确认SM检测
- BP/ RP (7片, 330-680nm/640-1050nm) 棱镜低分辨率光谱
- RVS (12片, 845-872nm) : 径向速度光谱仪, $R \approx 11,700$, Ca II 三重态
- WFS (2片波前传感器) + BAM (基本角监视器)
- 像素 $10 \times 30 \mu\text{m}$ (AL×AC) → 天角 $58.9 \times 176.8 \text{ mas}$; 每CCD穿越4.42秒

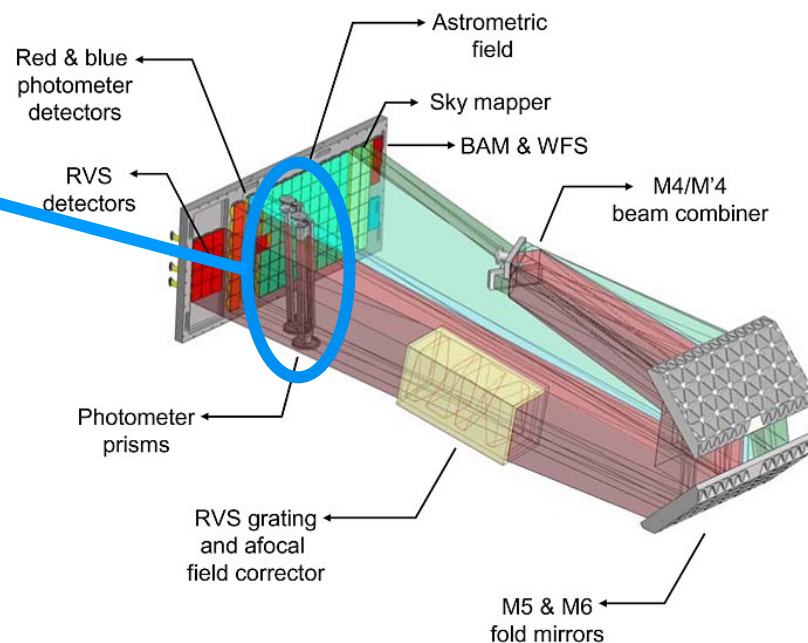


Gaia焦面布局: 7行×17条共106片CCD (© EADS Astrium/ESA)

焦面：106片CCD的十亿像素相机

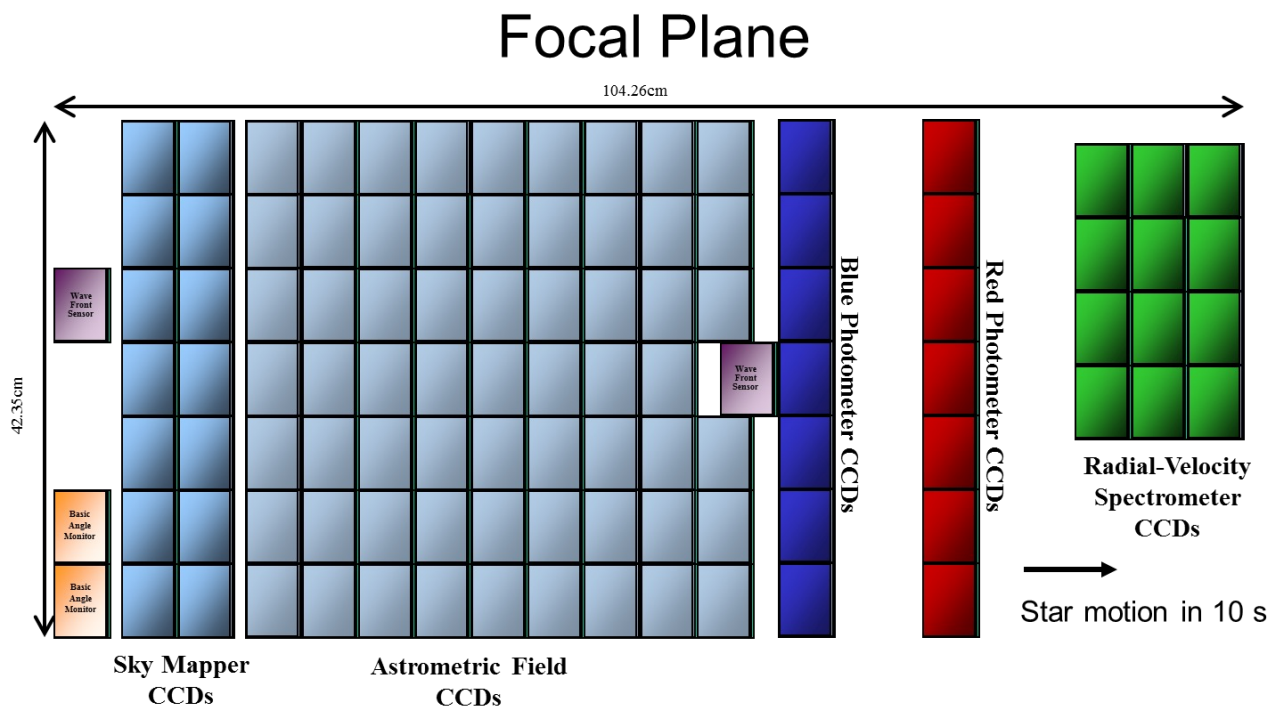


- 106片CCD, 7行 (AC) × 17条 (AL) ; 总像素9.38亿
- SM1/SM2 (天空测绘器) : 在轨检测, 无输入星表, 阈值 $G \approx 20.7$
- AF1-AF9 (天测场, 62片) : 主要天测+G测光; AF1确认SM检测
- BP/ RP (7片, 330-680nm/640-1050nm) 棱镜低分辨率光谱
- RVS (12片, 845-872nm) : 径向速度光谱仪, $R \approx 11,700$, Ca II 三重态
- WFS (2片波前传感器) + BAM (基本角监视器)
- 像素 $10 \times 30 \mu\text{m}$ (AL×AC) → 天角 $58.9 \times 176.8 \text{ mas}$; 每CCD穿越4.42秒

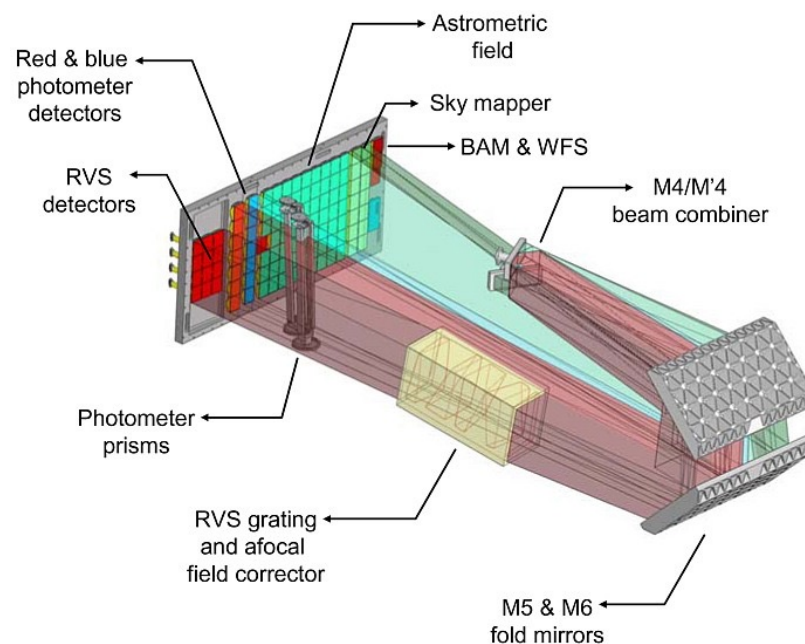


Gaia焦面布局: 7行×17条共106片CCD (© EADS Astrium/ESA)

焦面：106片CCD的十亿像素相机

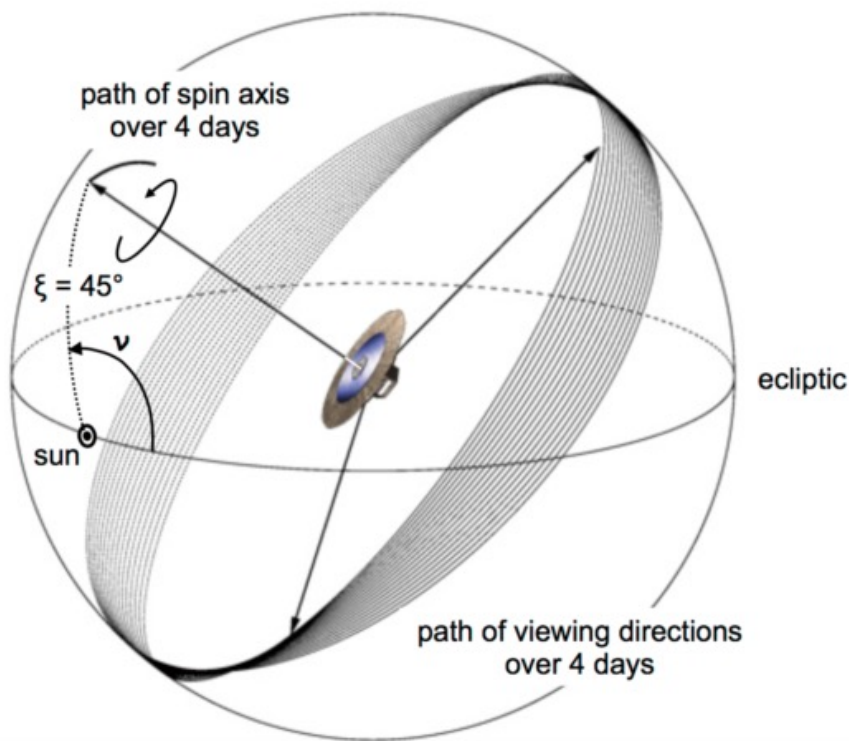


- **106片CCD, 7行 (AC) × 17条 (AL) ; 总像素9.38亿**
- SM1/SM2 (天空测绘器) : 在轨检测, 无输入星表, 阈值 $G \approx 20.7$
- AF1-AF9 (天测场, 62片) : 主要天测+G测光; AF1确认SM检测
- BP/ RP (7片, 330-680nm/640-1050nm) 棱镜低分辨率光谱
- RVS (12片, 845-872nm) : 径向速度光谱仪, $R \approx 11,700$, Ca II 三重态
- WFS (2片波前传感器) + BAM (基本角监视器)
- 像素 $10 \times 30 \mu\text{m}$ (AL×AC) → 天角 $58.9 \times 176.8 \text{ mas}$; 每CCD穿越 4.42秒

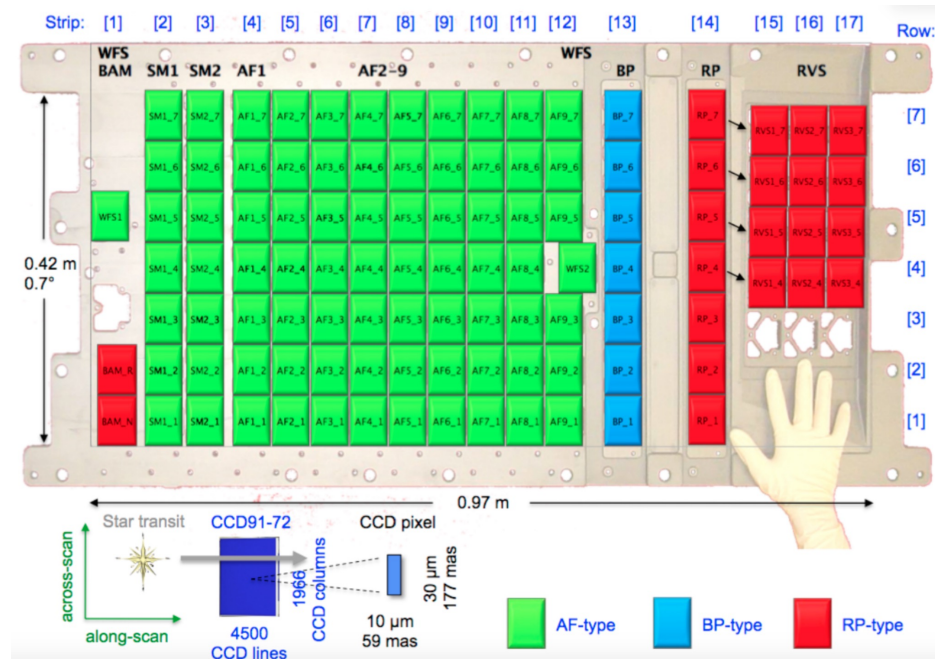


Gaia焦面布局: 7行×17条共106片CCD (© EADS Astrium/ESA)

扫描定律：6h自转+63天岁差

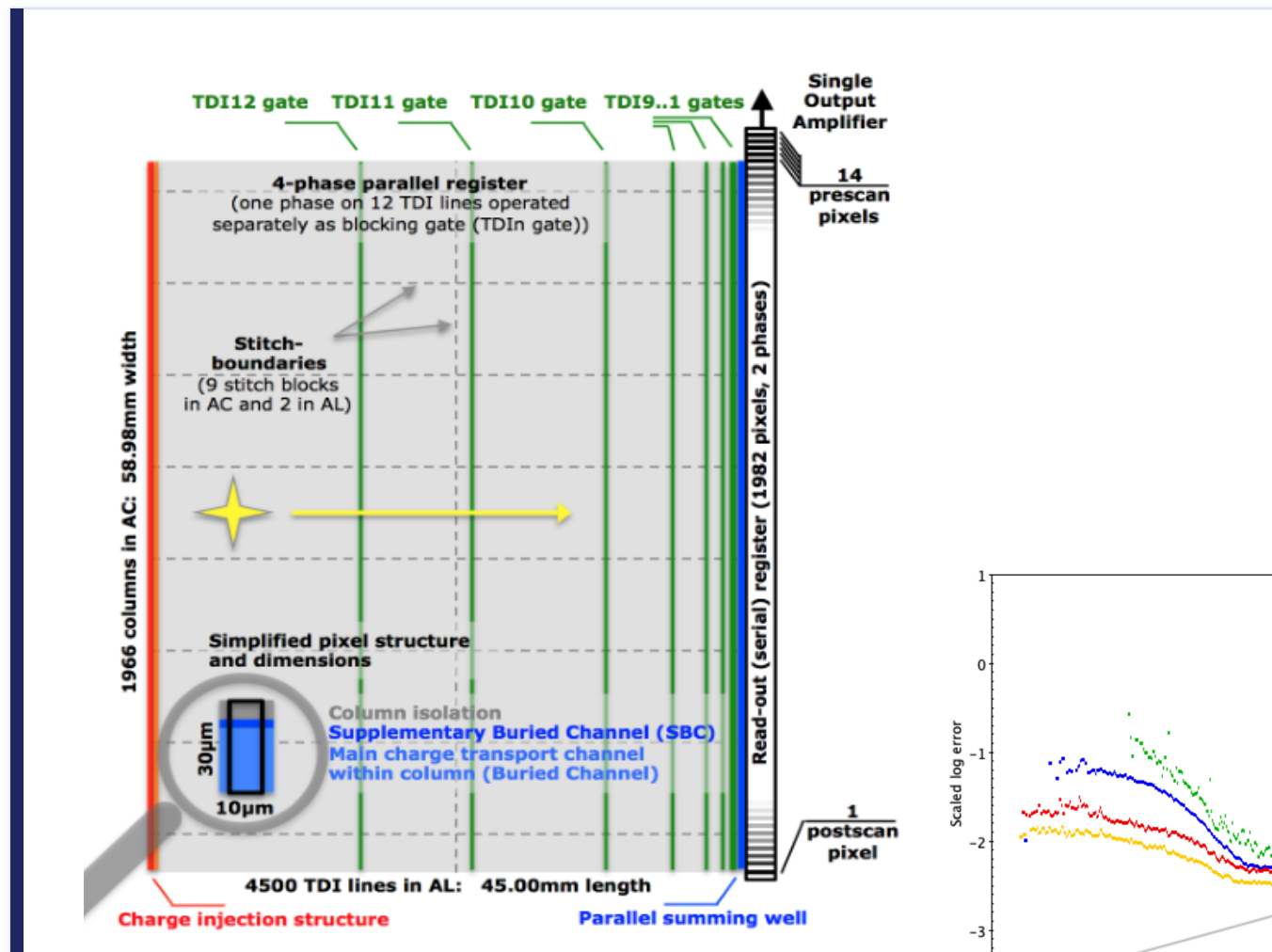


- 自转周期6h，自转速率 $60''/s$ ；自转轴以 45° 太阳角绕日方向进动
- 进动周期 ~ 63 天 ($=365.25/5.8$)；进动速率 $\sim 4^\circ/\text{天}$
- 每源全天平均观测 ~ 70 次；全天覆盖周期 ~ 6 个月
- 扫描定律方程 (Eq.1-2)： $v \sin \xi = \lambda \odot \sqrt{(S^2 - \cos^2 v)} + \lambda \odot \cos \xi \cdot \sin v$
- $S = 4.220745$ (对应5.8圈/年)； v =进动相位， Ω =自转相位

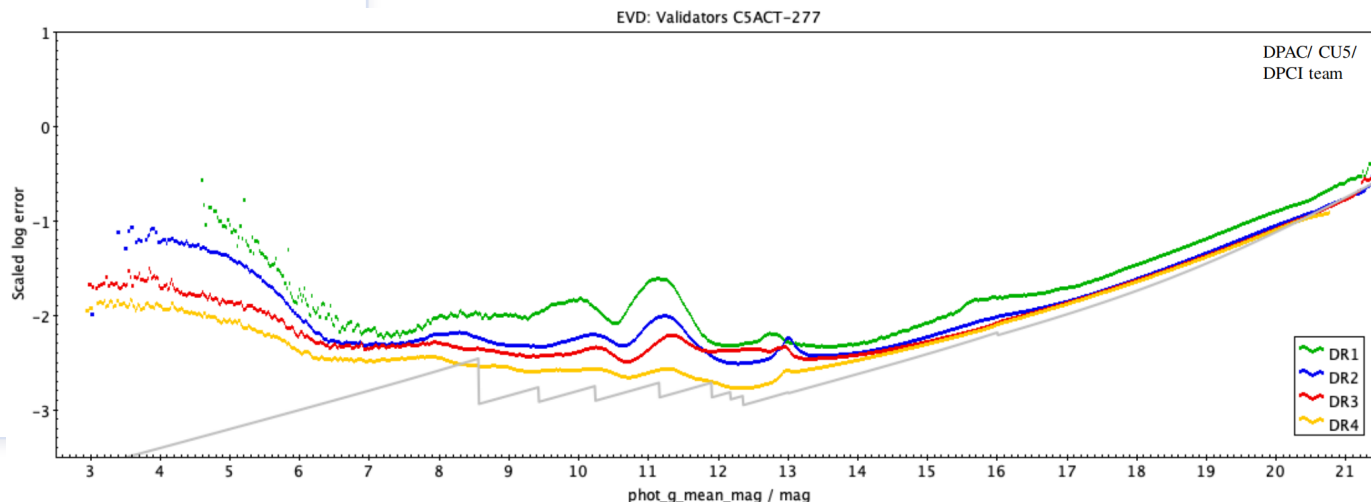


标称扫描定律：6h自转 $\times$ 63天岁差 $\times 45^\circ$ 太阳角

TDI漂移扫描：无快门的连续积分

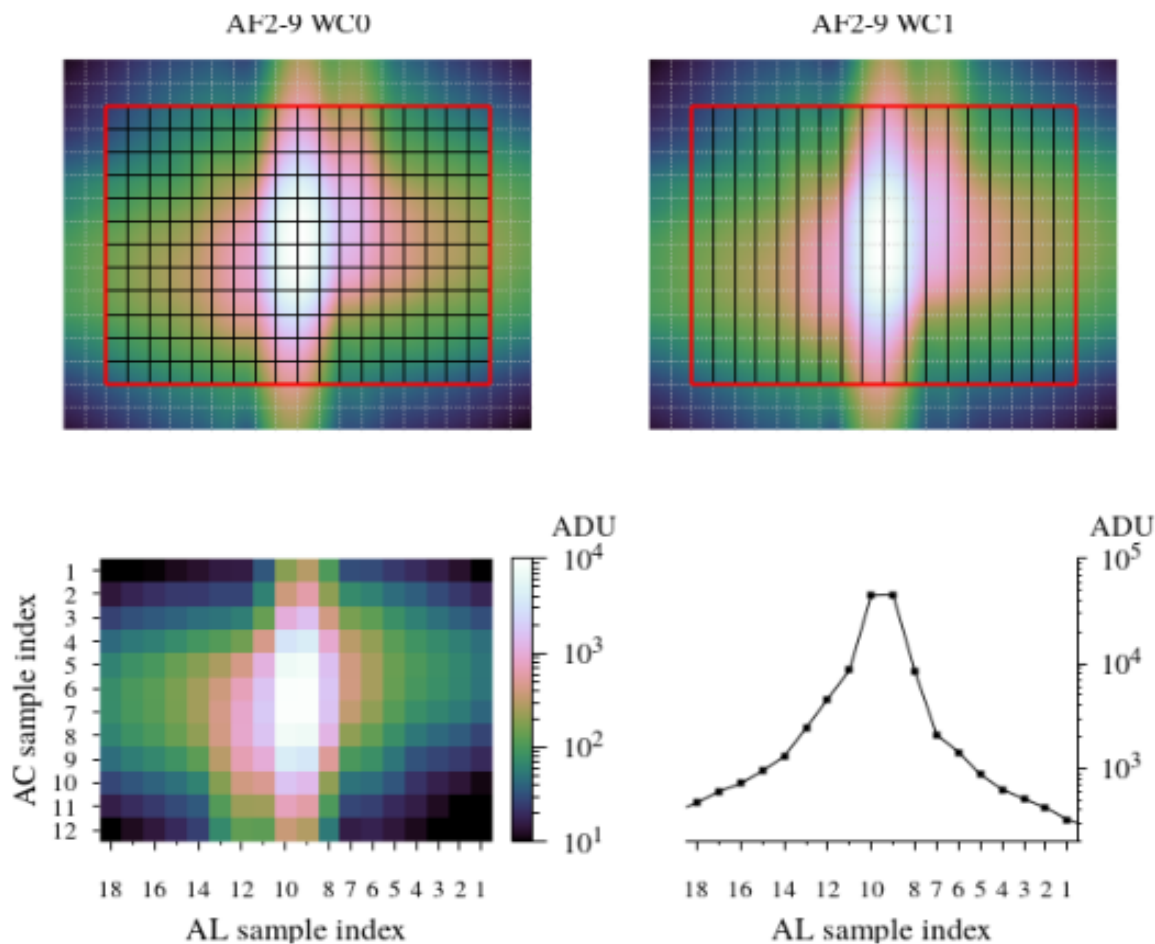


- 卫星自转使恒星像在CCD表面移动；电荷在CCD内按相同速率同步转移
- TDI行周期 $982.8\mu\text{s}$ （来自铷原子钟20MHz）；每CCD 4500行 $\times 982.8\mu\text{s} = 4.42\text{秒}$
- AL方向（沿扫描）像素 $10\mu\text{m} = 58.9\text{ mas}$ ——高分辨率天测方向
- AC方向（横扫描）像素 $30\mu\text{m} = 176.8\text{ mas}$ ——被片上合并或丢弃
- 门控（Gating）：12个TDI门，可选积分时间4500/2900/.../2行，亮星避免饱和
- 矩形像素 $10 \times 30\mu\text{m}$ ——AL小像素→高精度质心；AC大像素→满阱+匹配3:1孔径比



TDI模式：电荷跟着星光同步转移，实现长时间积分

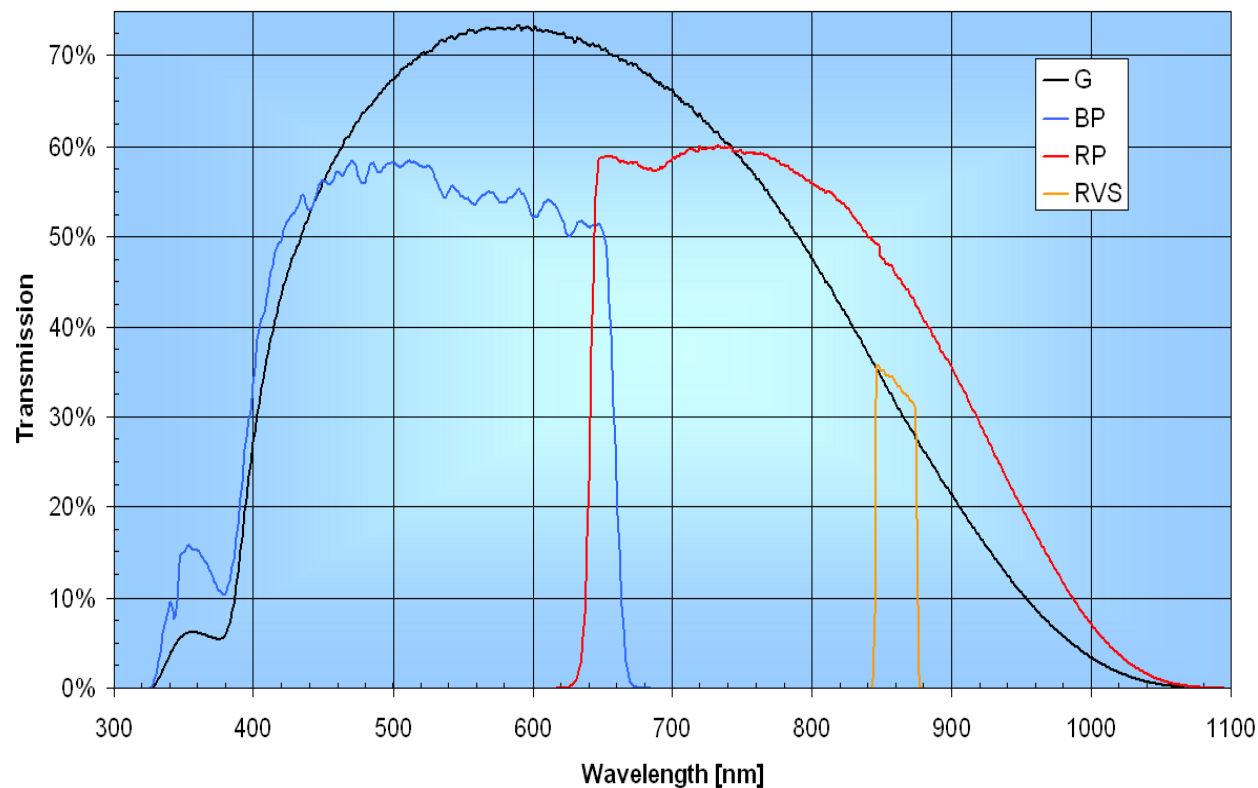
在轨检测与窗口化：只读有用数据



窗口类型：2D窗口 ($G < 13$ 亮星) vs 1D窗口 ($G > 13$ 暗星, AC方向片上合并)

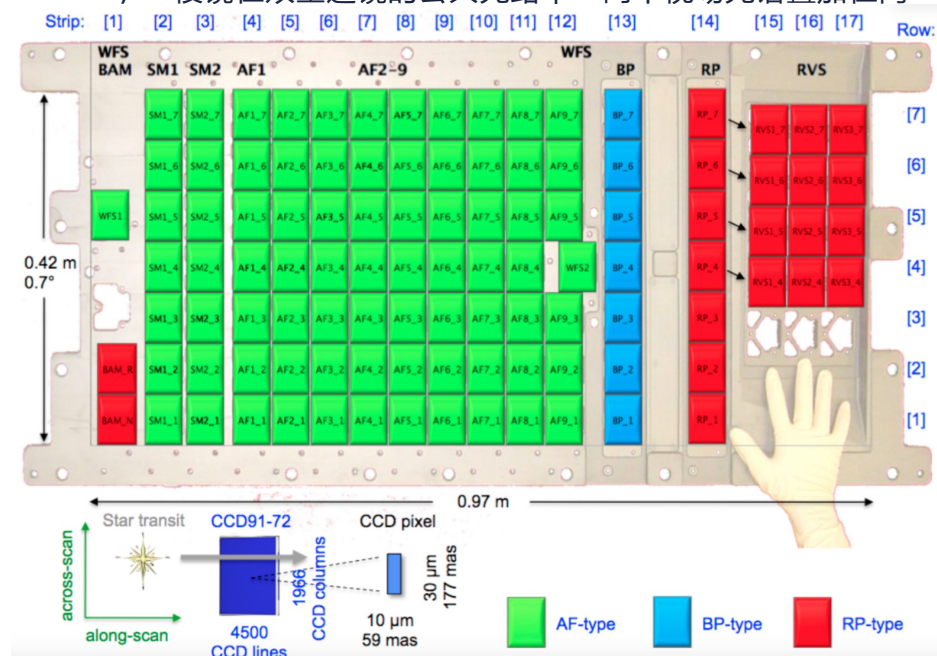
- 无输入星表——SM自主检测 (PSF找峰值, 阈值 $G \approx 20.7$) ; AF1确认排除宇宙线
- 只读目标周围小窗口 (非全帧) ——受限于串行寄存器读出带宽
- 2D窗口 ($G < 13$) : 18×12像素, 保留AC信息→可做PSF建模与拥挤场处理
- 1D窗口 ($G > 13$) : AC方向片上合并12像素→仅保留AL轮廓 (LSF)
- 串行寄存器样本限制: AF 20样本/CCD, BP/RP 71, RVS 72
- 样本不足时按星等优先级分配 (亮星优先)
- DR4散射光残差图像正是利用 $G < 13$ 的2D窗口数据

三大数据通道总览

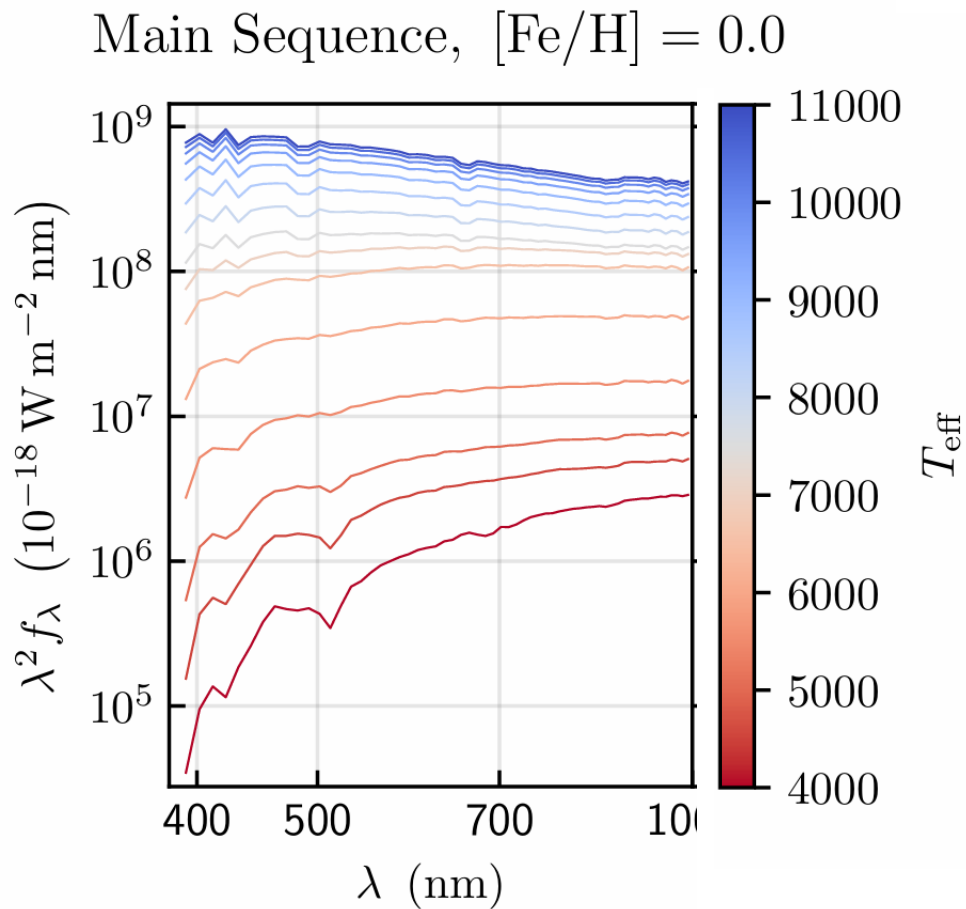


Gaia G/BP/RP passbands: G为宽带白光, BP/RP为棱镜色散光谱的积分

- **AF (62片CCD, 无棱镜) → G波段测光 + 天体测量**
- BP (7片, 有棱镜) → 蓝无缝光谱 330-680 nm, $R \sim 20-100$
- RP (7片, 有棱镜) → 红无缝光谱 640-1050 nm, $R \sim 20-100$
- RVS (12片, 光栅) → 径向速度光谱 845-872 nm, $R \approx 11,700$
- “同时” 实际是顺序穿越: 恒星~40秒内依次经
SM→AF→BP→RP→(RVS)
- BP/RP棱镜在双望远镜的公共光路中→两个视场光谱叠加在同一



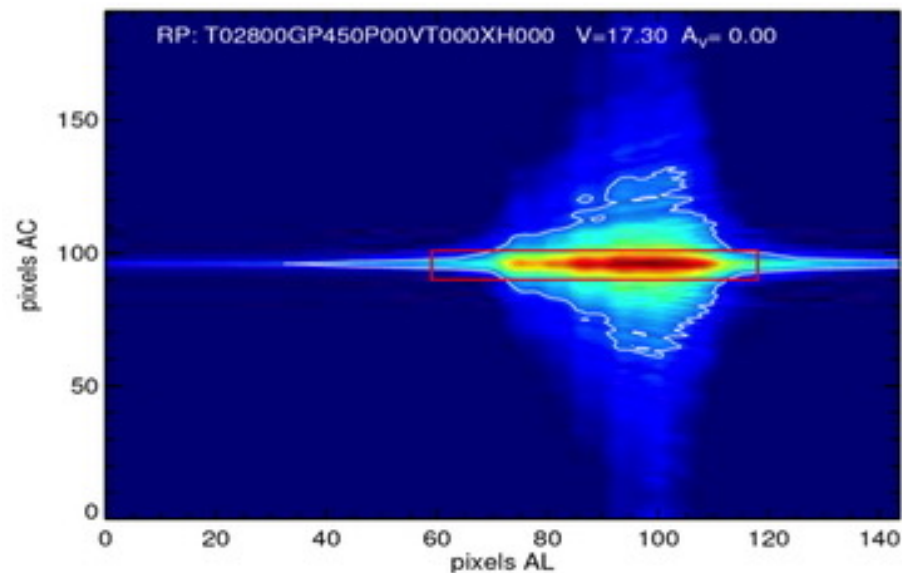
BP/RP无缝光谱：既是光谱也是测光



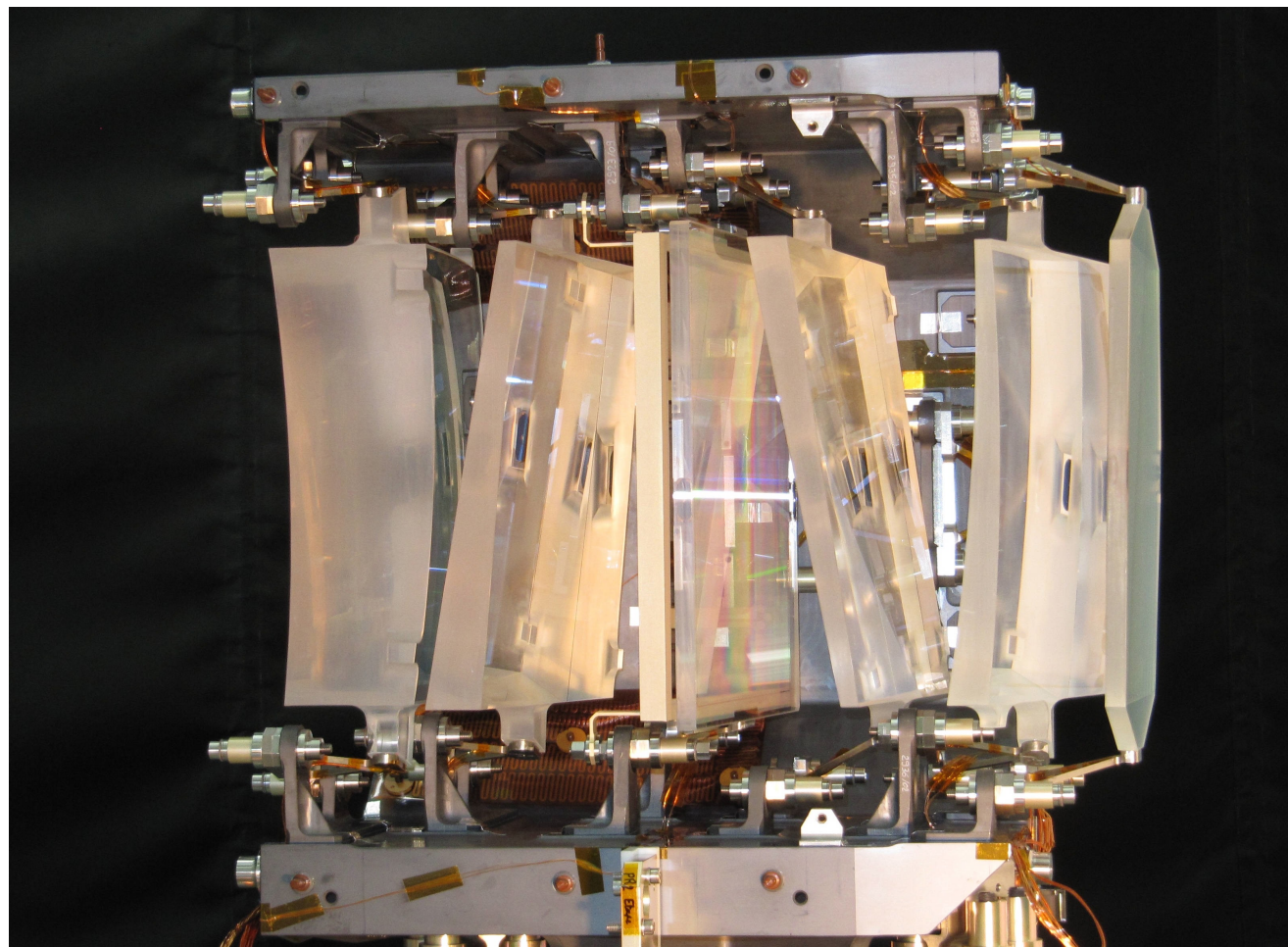
不同光谱型的BP/RP无缝光谱示例 (Zhang, Xiangyu+ 2023)

Gaia DR4 综合报告 · 2026-08

- **棱镜色散：**恒星像沿AL方向展开为~45像素的光谱
- 分辨率 $\lambda/\Delta\lambda \approx 30\text{-}100$ （随位置变化）——低色散但全天天量
- DR3：2.2亿平均XP光谱（ $G < 17.65$ 高质量子集）
- DR4：18.2亿平均 + 1211亿历元光谱（119 TB，最大单表）
- 科学定位：天体物理参数（ $T_{\text{eff}}/\log g/[M/H]/\text{消光}/\text{距离}$ ）、合成测光、红移
- DR4改进：<400nm蓝端仪器模型改进→金属丰度估计显著变好
- GaiaXPy工具：XP光谱→任意带通合成星等（与CSST/LSST带通对齐）

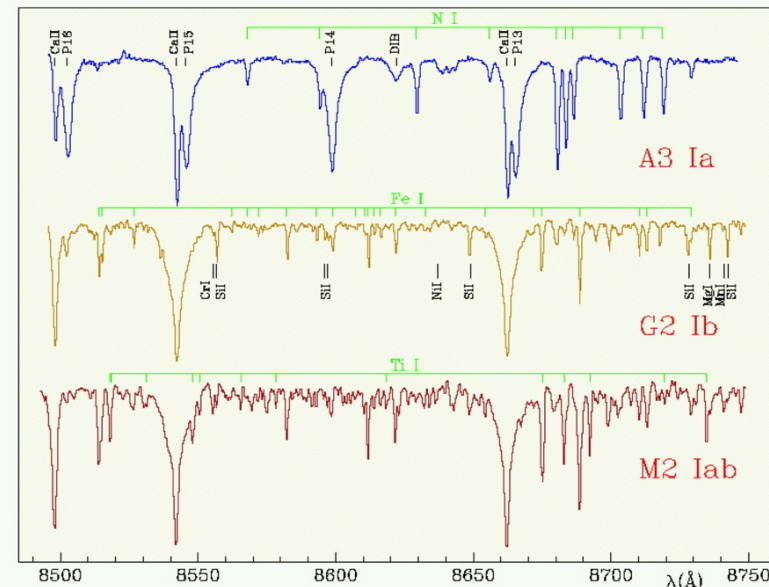


RVS: 径向速度光谱仪



RVS光学模块: 845-872nm光栅光谱仪 (© EADS Astrium SAS)

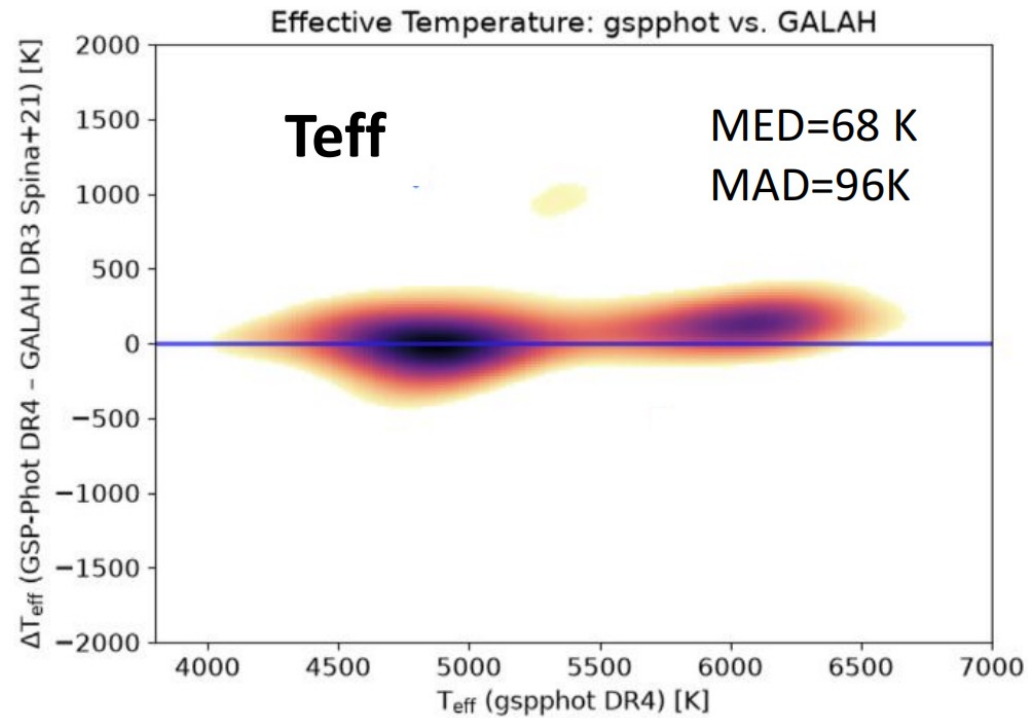
- 845-872 nm窄波段, $R \approx 11,700$ ——聚焦Ca II三重态线
- 每次过境3条4.4s曝光 (3片CCD) ; 仅足够亮的源有RVS数据
- DR3: 3380万组合RV ($GRVS \leq 14$) + ~ 100 万平均光谱
- DR4: 3.1亿RV ($GRVS \leq 16.5$ 叠加探测) + 2.5亿平均光谱 (1.8TB) + 69亿历元光谱
- $GRVS \leq 14$ 的源有历元RV $\rightarrow$ 双星轨道、脉动变星RV曲线
- 双线光谱SB2: 78.7万双线过境 $\rightarrow$ 63.9万光谱双星轨道解
- 科学定位: 径向速度、大气参数 (GSP-Spec)、化学丰度、线致宽



DR4 vs DR3: 一页总对比

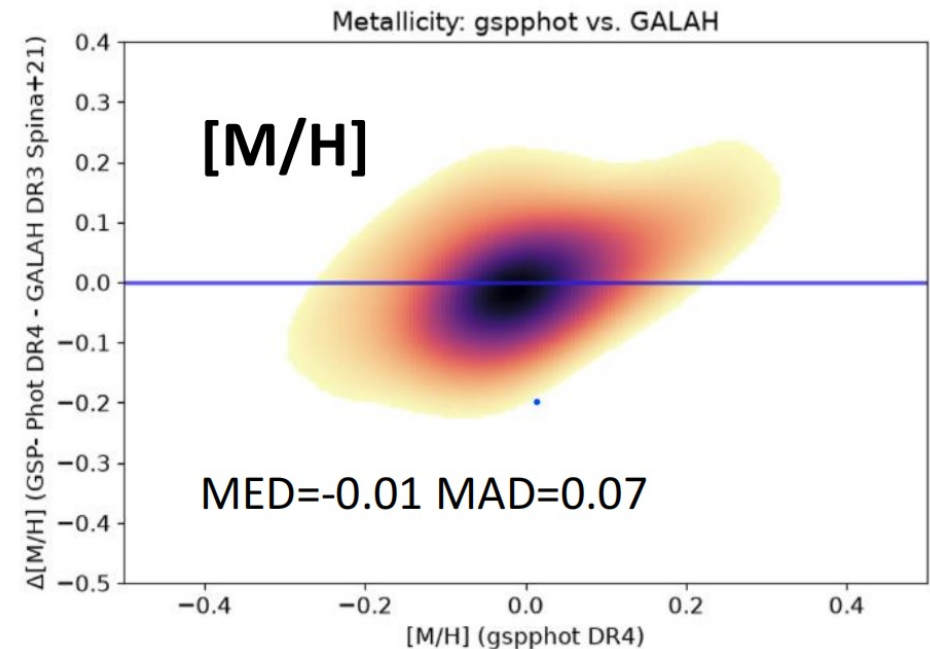
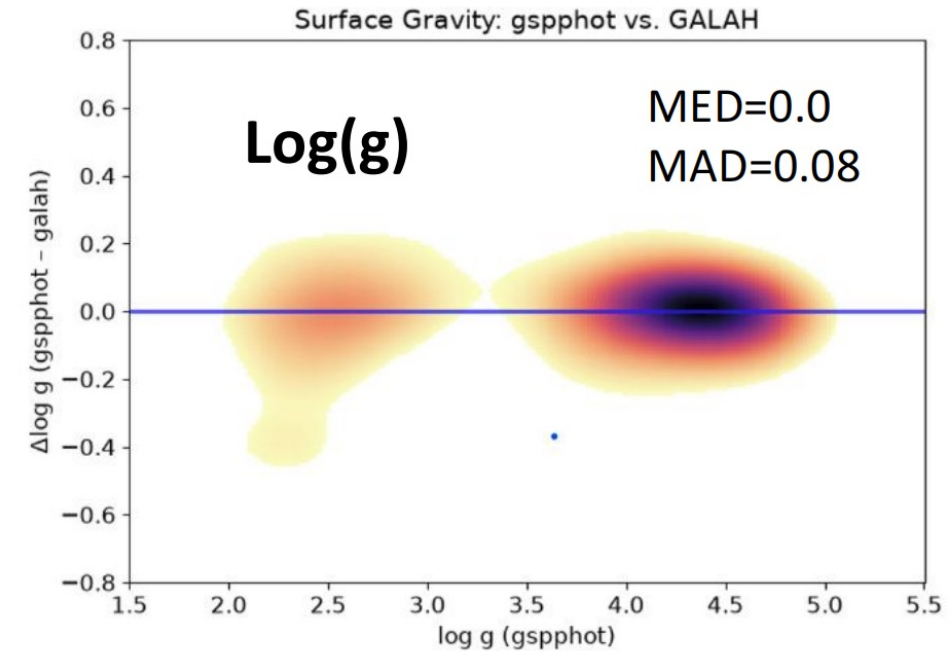
维度	DR3 (2022.06)	DR4 (2026.12.02)
观测基线	34个月	66个月
参考历元/参考架	J2016.0 / CRF3(161万)	J2017.5 / CRF4(420万)
源数	18.1亿 (过滤)	27.9亿全量+20亿可靠主表
总数据量	~10 TB	~400 TB (×40)
历元时序数据	仅变源测光等少量	全部: 天测/测光/XP/RVS/图像
视差@G=15	~25 μas	~16 μas (亮端~10 μas)
自行@G=15	~25 μas/yr	~10 μas/yr量级
径向速度	3380万 (GRVS≤14)	3.1亿 (GRVS≤16.5) +历元RV
XP光谱	2.2亿平均	18.2亿平均+1211亿历元
天体物理参数	4.7亿XP/600万RVS	10亿XP/3600万RVS
NSS	81.4万解	340万天测+70万分光+118万食双星
变源分类	25类/1250万源	48类/2.78亿源分数
太阳系天体	15.8万	43.7万+全量反射光谱
河外候选	QSO 665万/星系484万	QSO 537万/星系812万+透镜
全新产品	—	散射光残差图/源环境/拥挤场/亮星

Stellar parameters from XP

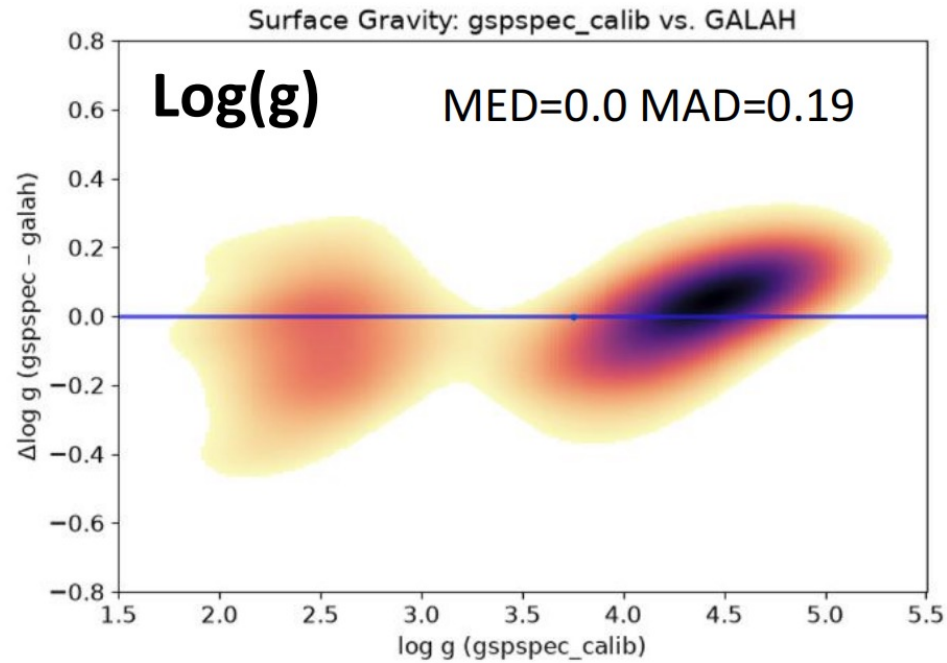


1 billion APs from XP spectra → twice as much as DR3

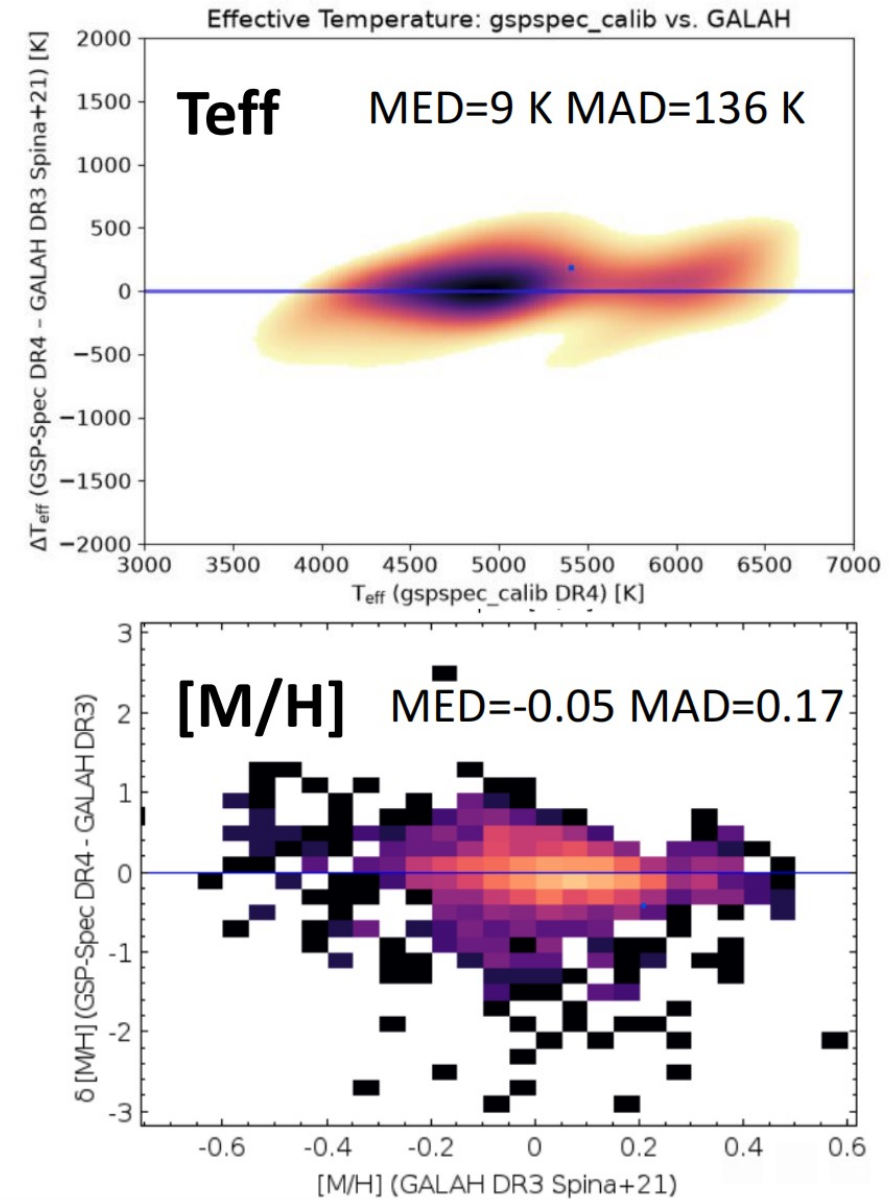
→ See Orlagh Creevey's talk



Stellar parameters from RVS spectra: Temperature, gravity, metallicity



36 million Aps from RVS spectra (6 millions in DR3)



天体物理参数对比

 无法显示该图片

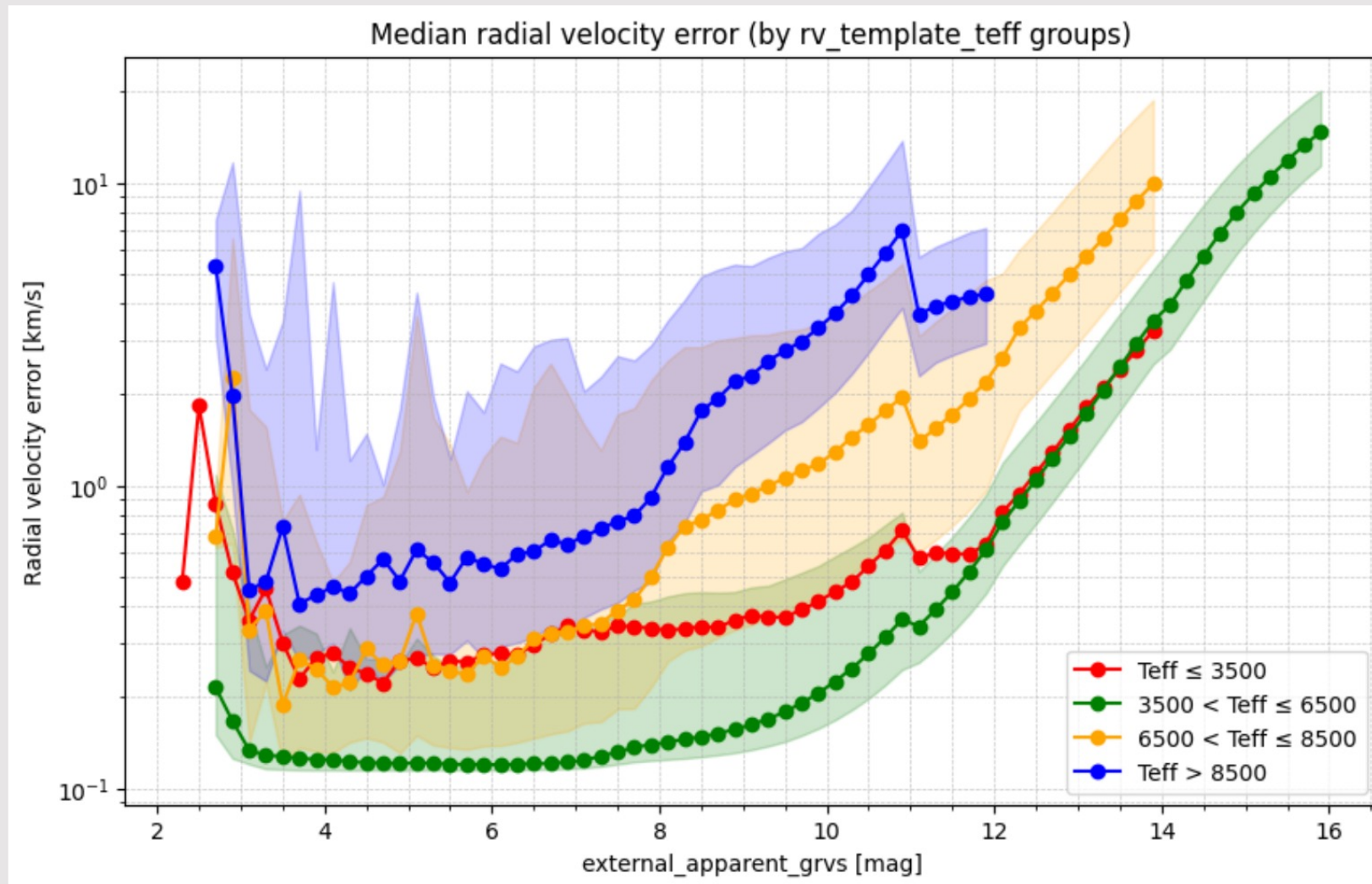
Astrophysical Parameters in Gaia

- In Gaia DR4

- Classifications on (1.8 →) **2.2** billion sources
- (500 →) **1000** million APs from XP spectra
-
- (280 →) **500** million evolutionary parameters
- (230 →) **340** million spectral type classifications
- (6 →) **36** million APs from RVS spectra
- (2 →) **20** million activity index from Ca lines
- (1.8 →) **4.7** million redshifts for quasar candidates
- (1.3 →) **6.4** million redshifts from unresolved galaxy candidates
- (0.8 →) **1.1** million vsini of OBA stars Hot
- (95 →) **1700** thousand teff for ultra-cool dwarfs
- (60 →) 33 thousand emission line star classifications
- 2D extinction map to HealPix level (9 →) **11**
- Diffuse interstellar band parameters and spectra
- + **many new products and tools**, see next slides

- **XP参数(GSP-Phot): DR3 4.7亿 → DR4 10亿 ([M/H] MAD=0.07 dex)**
- **RVS参数(GSP-Spec): DR3 600万 → DR4 3600万**
- **演化参数(FLAME): DR3 2.8亿 → DR4 5亿 (去太阳先验的质量/年龄)**
- **分类(DSC): DR3 18亿 → DR4 22亿; 新增ap_class_ir (结合红外)**
- **Ca线活动指数: DR3 200万 → DR4 2000万**
- **超冷矮星Teff: DR3 9.5万 → DR4 170万**
- **消光图(TGE): HEALPix 9→11; 新增Johnson/2MASS/WISE波段消光**
- **新表结构:**
ap_xp/ap_rvs/ap_hot/ap_emission/ap_chem/ap_xp_supp/ap_classes/ap_class_ir + 历元参数表

Radial velocities: uncertainties



DPAC/CU6/DPCC team

- 250 million radial velocities, of which **85 million** reliable
- 7 million line broadening parameters, of which **2.6 million** reliable

DR4全新数据类型：epoch时序数据首发

epoch数据类型	表名	规模	体量
天体测量时间序列	epoch_astrometry	1296亿行	62 TB
CCD图像	epoch_image	1298亿行	113 TB
测光时间序列	epoch_photometry(+ccd)	1218亿行	7.2+23 TB
XP光谱时间序列	xp_epoch_spectrum	1211亿行	119 TB
RVS光谱时间序列	rvs_epoch_spectrum	69.1亿行	49 TB

意义： 此前各版本只有平均/汇总参数；DR4公开逐次观测——任何人都可以重做天测解算、搜索瞬变、联合时序。

实操： 先ADQL筛选源→DataLink按需获取时序；Parquet/HATS分区便于云端并行；官方gaiasupdate工具+Jupyter教程已就绪

DR4全新产品与表结构变革

散射光残差图像

~700万张 (G<13为主) ; 半径~1.1"; 中心星共动叠加; 星周盘/碎屑盘散射光全天巡天

源环境(SEAPipe)

2.17亿源周边环境 + 703万张残差图 (346 GB) →找近邻/透镜/混淆

拥挤场

1972万源 + 1.23万张FITS图像(584GB) + 6.6亿历元天测/测光→银心/球状星团

亮星专门处理

49颗最亮恒星特殊解算 (G<3) →填补亮端空白

基本角监测BAM

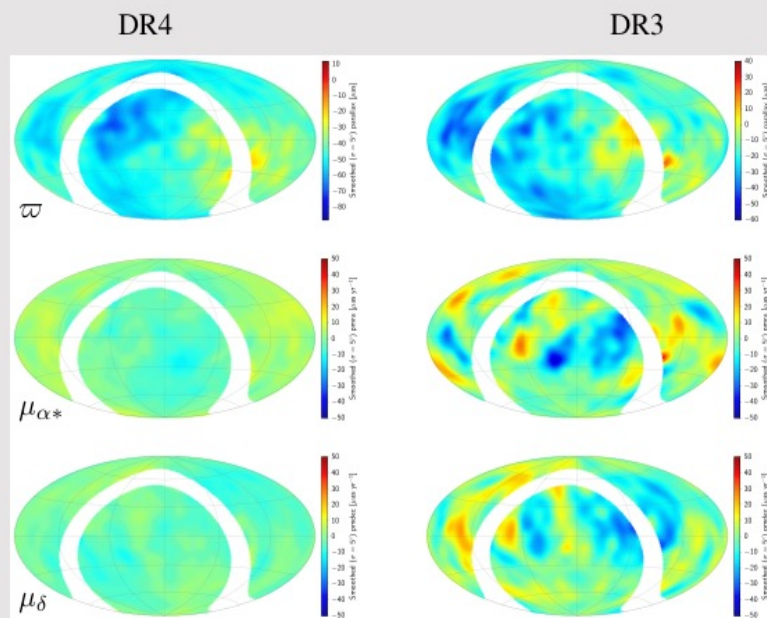
1460万行/2.3TB全量发布→可复算系统差

表结构变化

DR3对进入主表的源设质量门槛; DR4取消过滤、全量发布, 改用标志位引导用户自行选择样本。 **gaia_source (20亿reliable最优参数) + all_source_astrometry/photometry/rvs (27.9亿全量)** ——**双层表结构是DR4使用的核心概念。**

天测系统差改进：QSO/LMC验证

Suppressed systematic errors



- QSO parallaxes and proper motions
- 0.8 million sources at $G < 20$
- Solar system barycentre acceleration subtracted from proper motion maps
- Maps smoothed with 5° Gaussian kernel

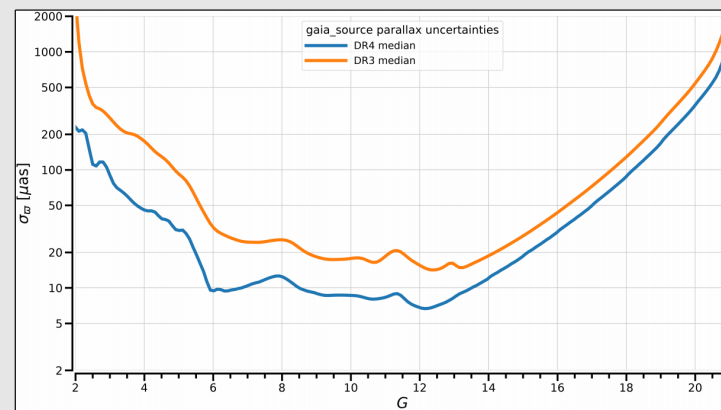
DPAC/CU3/DPCE/DPCB team

Gaia DR4 Gaia DR4 performance Major changes Conclusions

EAS2026 - 2026.06.29 - 6/18

- 80万QSO检验：5°平滑视差/自行天图，DR3大尺度结构在DR4中基本消失
- LMC检验：中心4.5°， $G=16-18$ （82.6万源）与 $G=18-20$ （638万源）
- DR3残留 μas 级空间相关结构在DR4中明显减弱
- 亮端改善最显著：更好的系统差控制与定标，而非仅基线变长
- DR3视差零点-17 μas （类星体）→ DR4官方新修正配方
- 银盘内L21过修正10-20 μas → Ding&Liao混合法解决
- 对用户：距离尺、动力学质量的系统性不确定性整体下降

Astrometric uncertainties



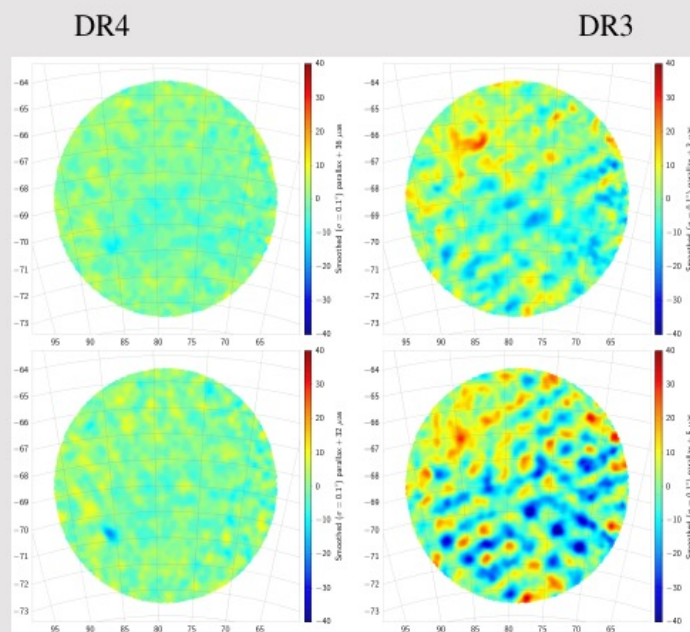
DPAC/CU3/DPCE/DPCB team

- Uncertainties as reported in `gaia_source` table (for DR4, only astrometry flagged as 'reliable')
- Pre-launch expected magnitude range was $G = 6-20$

Brown (EAS2026) : LMC区域视差图——DR4 vs DR3小尺度系统差对比

天测系统差改进：QSO/LMC验证

Suppressed systematic errors



- Parallaxes in 4.5° radius region around LMC centre
- Top $G = 16-18$ (826k sources)
- Bottom $G = 18-20$ (6.38M sources)
- Maps smoothed with 0.1° Gaussian kernel
- Median subtracted from each map

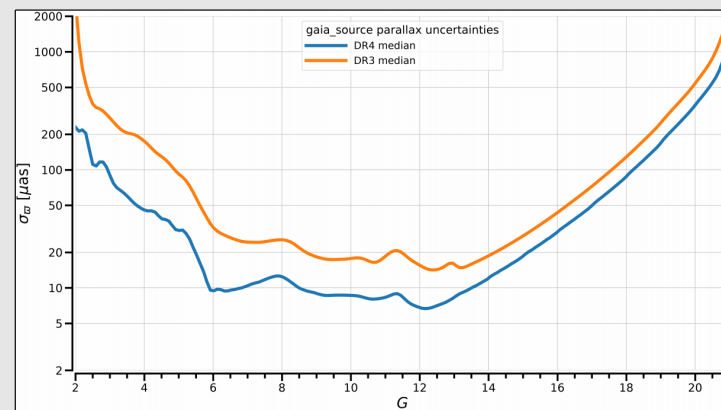
DPAC/CU3/DPCE/DPCB team

Gaia DR4 Gaia DR4 performance Major changes Conclusions

EAS2026 - 2026.06.29 - 7/18

- 80万QSO检验：5°平滑视差/自行天图，DR3大尺度结构在DR4中基本消失
- LMC检验：中心 4.5° ， $G=16-18$ (82.6万源) 与 $G=18-20$ (638万源)
- DR3残留 μas 级空间相关结构在DR4中明显减弱
- 亮端改善最显著：更好的系统差控制与定标，而非仅基线变长
- DR3视差零点-17 μas (类星体) → DR4官方新修正配方
- 银盘内L21过修正10-20 μas → Ding&Liao混合法解决
- 对用户：距离尺、动力学质量的系统性不确定性整体下降

Astrometric uncertainties



DPAC/CU3/DPCE/DPCB team

- Uncertainties as reported in `gaia_source` table (for DR4, only astrometry flagged as 'reliable')
- Pre-launch expected magnitude range was $G = 6-20$

Brown (EAS2026) : LMC区域视差图——DR4 vs DR3小尺度系统差对比

非单星 (NSS) 对比：数量爆炸

Median precision for orbital parameters

	DR3	DR4
Astrometric orbits #	134K	3411K
Period range (1%-99%)	130-1500d	40-3000d
Median rel. period error σ_P/P	1.3%	1.7%
Median rel. semi-major axis err. σ_{a0}/a_0	5%	8%
Spectroscopic orbits #	183K	356K
Period range (1%-99%)	0.4-1250d	0.5-2260d
Median rel. period error σ_P/P	0.3%	0.1%
Median rel. semi-amplitude err. σ_{K1}/K_1	6%	8%
Combined astro-spectro #	36K	253K
Period range (1%-99%)	80-2000d	14-3900d
Median rel. period error σ_P/P	0.5%	0.3%
Median rel. semi-major axis err. σ_{a0}/a_0	3%	4%
Eclipsing binaries #	36K	1182K
Period range (1%-99%)	0.3-6d	0.2-9d
Median relative inclination error σ_i/i	0.5%	2.6%

EAS-S7e-1759

--- F.Arenou & Gaia DPAC NSS



PSL★



2024-06-30

26

- 天测轨道：134K → 3411K (周期范围130–1500天扩展至40–3000天)
- 分光轨道：183K → 356K (GRVS~12内近似完备)； σ_P/P 0.3%→0.1%
- 组合解 (质量关键)：AstroSpectroSB1 36K → 253K
- 食双星：36K → 118.2万 (3.4万条G+RP联合解)
- 解析双星 (DR4全新)：2280万物理对
- 加速度 (jerk) 解：DR3 33.8万 → DR4 ~330万
- 动力学伴星质量 (DR4新)：约50万条；nss_masses表432万条

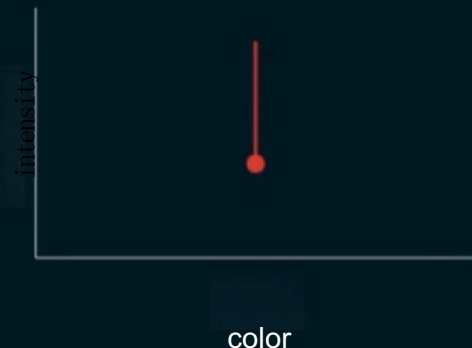
GRAVITATIONAL MICROLENSING



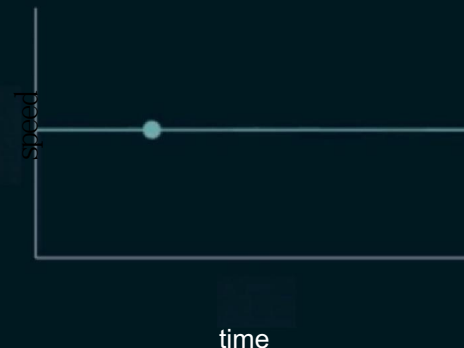
Light intensity



Color/Intensity



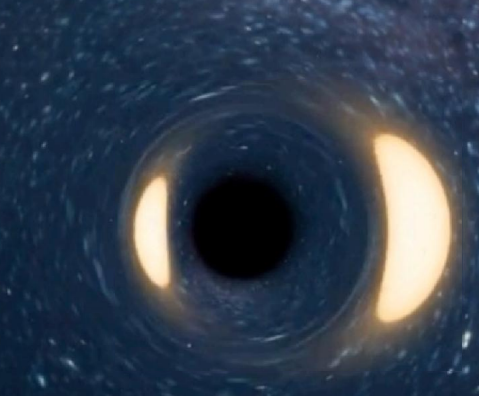
Radial velocity



See from afar



GRAVITATIONAL MICROLENSING



Light intensity



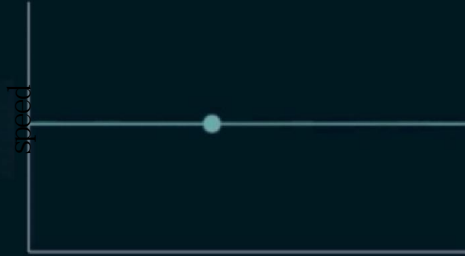
time

Color/Intensity



color

Radial velocity

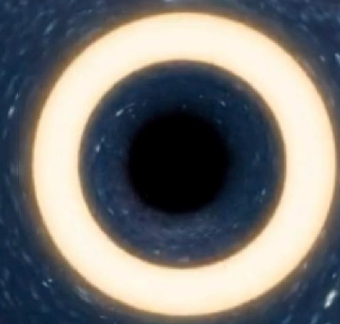


time

See from afar



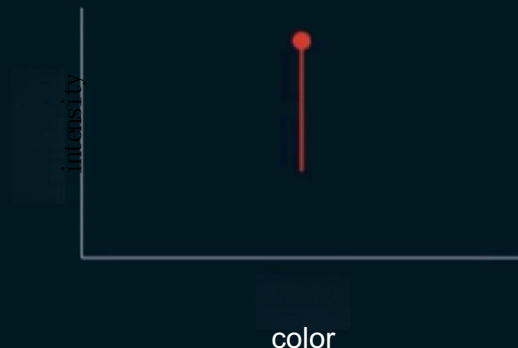
GRAVITATIONAL MICROLENSING



Light intensity



Color/Intensity



Radial velocity



See from afar



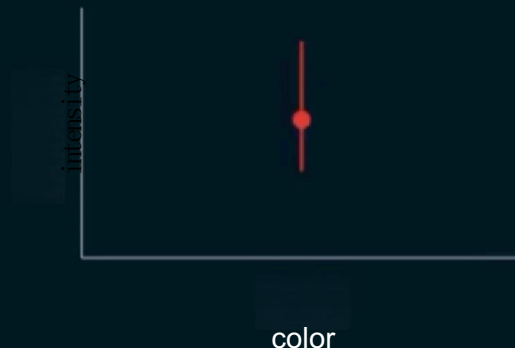
GRAVITATIONAL MICROLENSING



Light intensity



Color/Intensity
velocity



Radial



See from afar



GRAVITATIONAL MICROLENSING



Light intensity



Color/Intensity
velocity



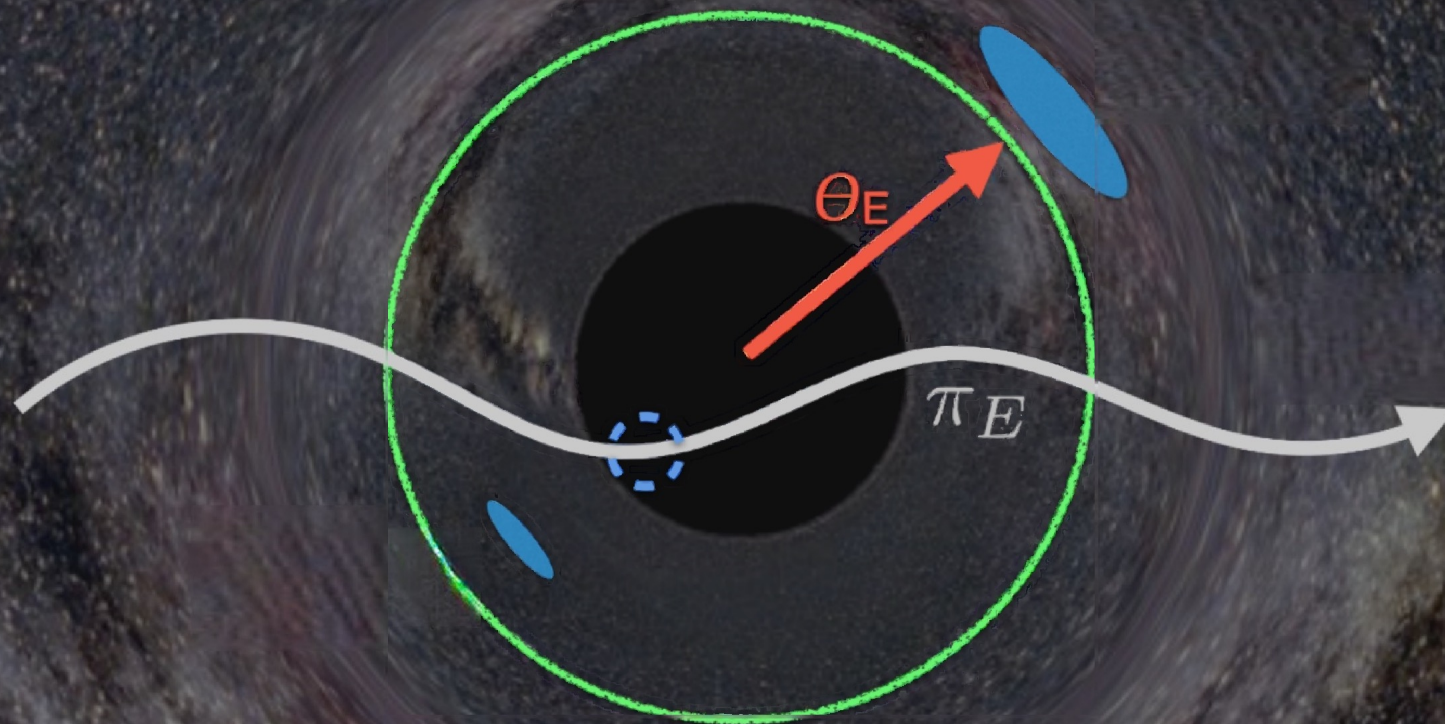
Radial



See from afar

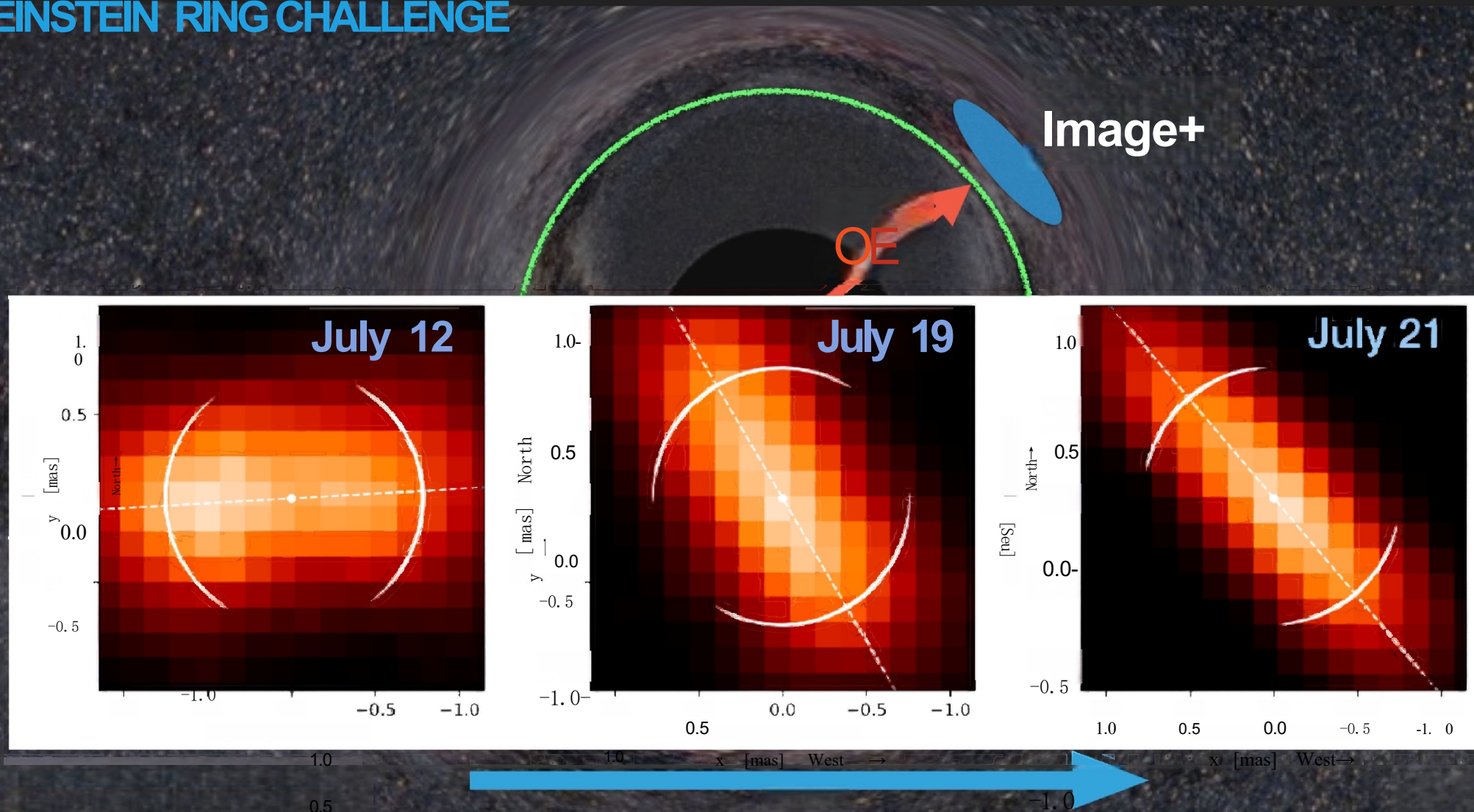


THE EINSTEIN RING CHALLENGE

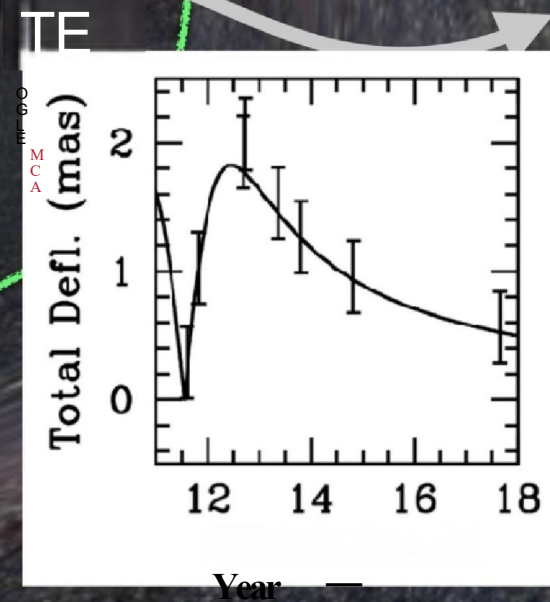
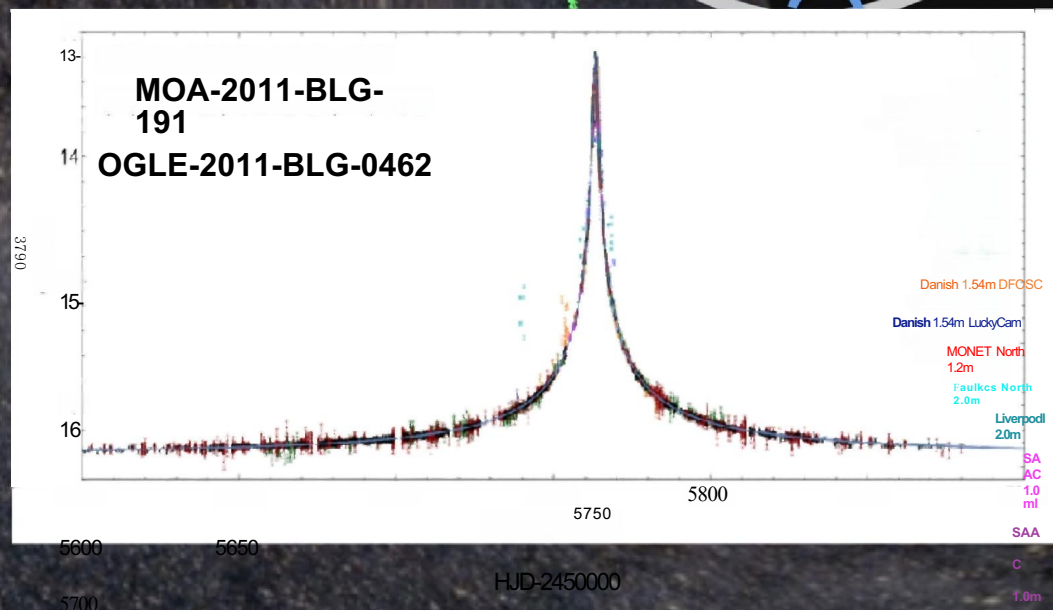
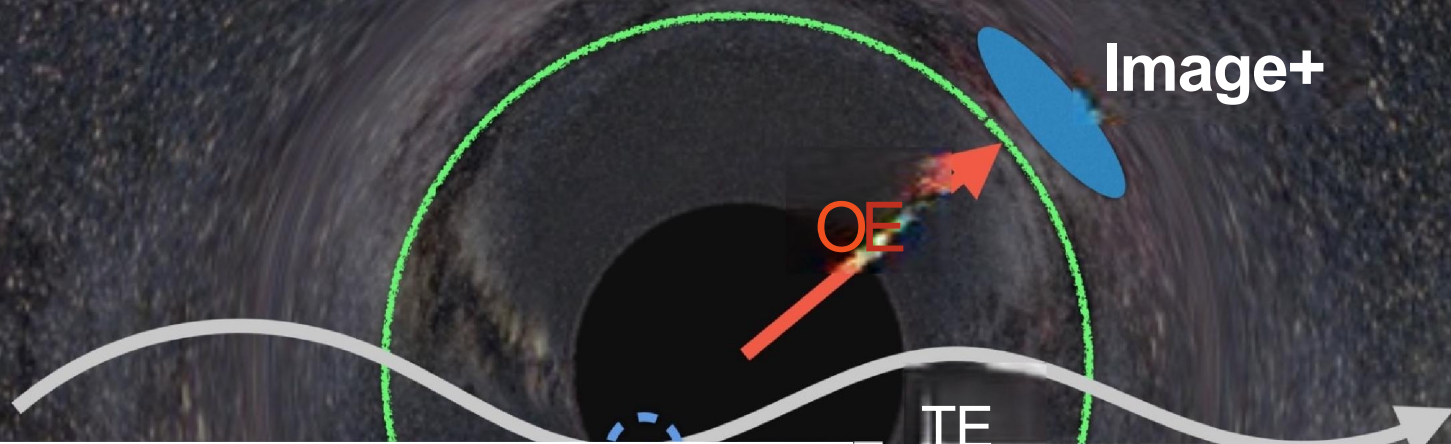


Source-Lens relative

THE EINSTEIN RING CHALLENGE



THE EINSTEIN RING CHALLENGE



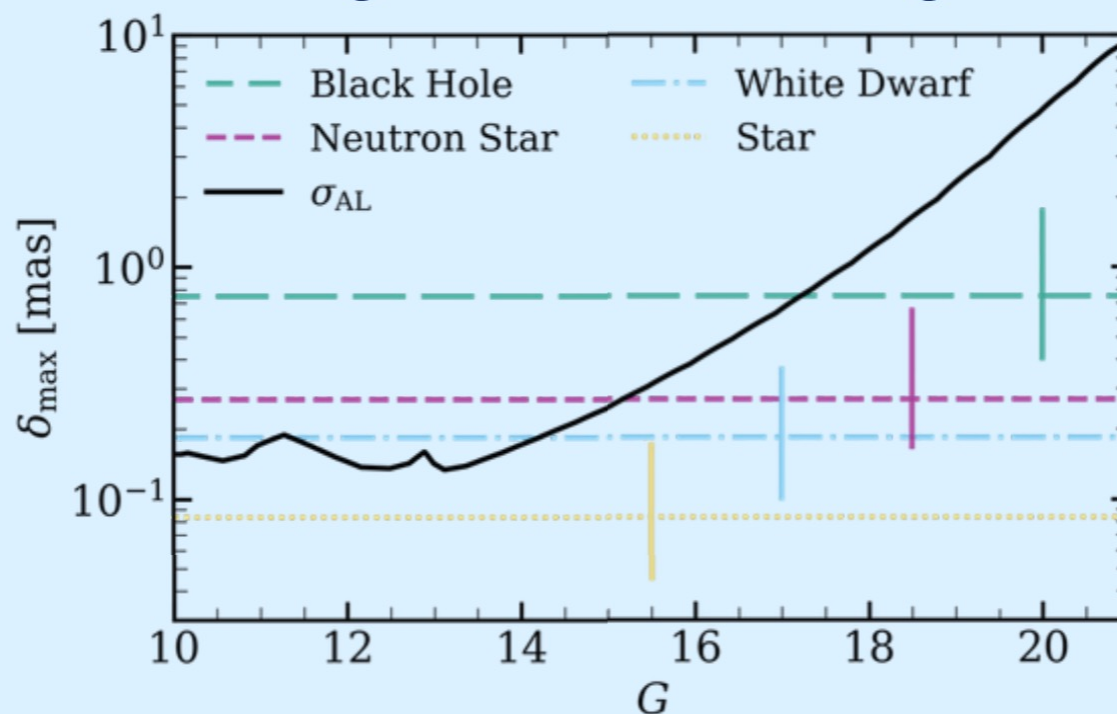
Hubble
Space

Telescope

OGLE

THE EINSTEIN RING CHALLENGE

estimated *Gaia* G limits for detecting astrometric signal



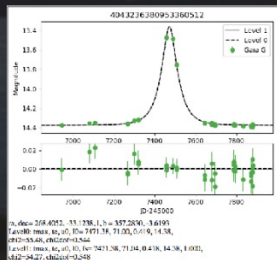
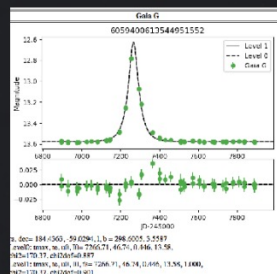
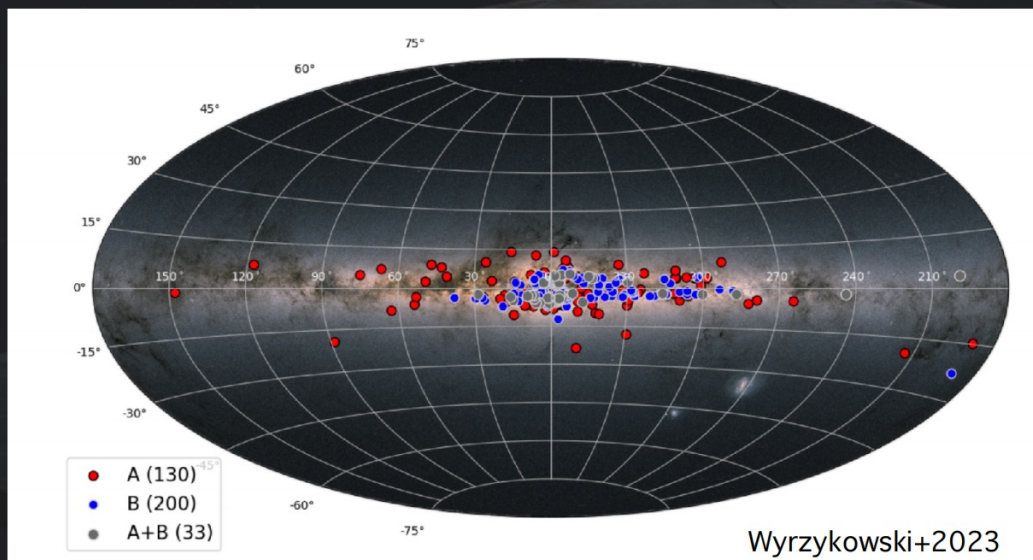
Source-Lens relative

微透镜测黑洞：DR4 1000+事件

LUKASZ WYRZYKOWSKI - THE GAIA REVOLUTION

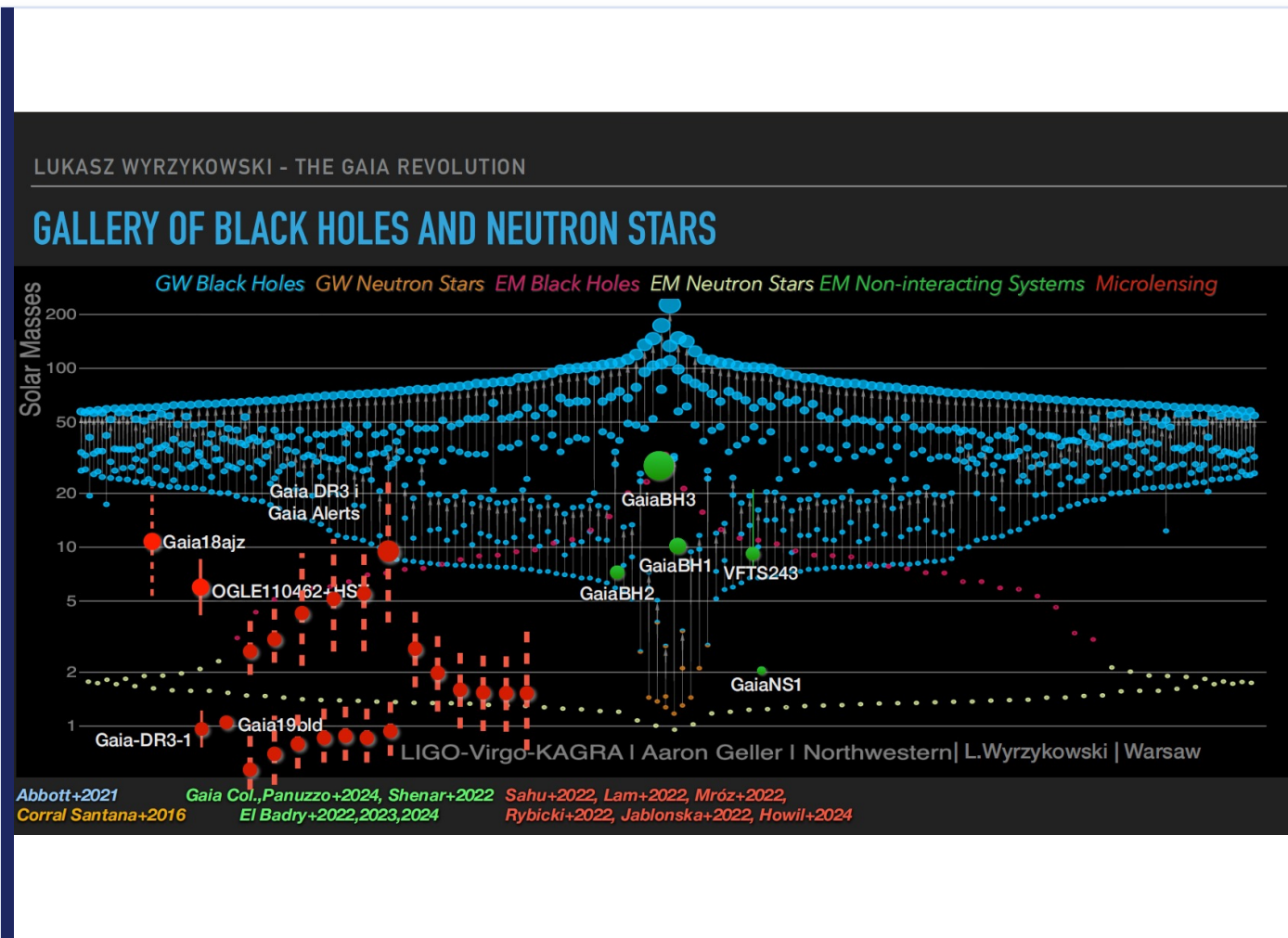
MICROLENSING EVENTS IN GAIA DR3

▶ 363 events from 2014-2017 - photometry only



- 测光有简并→天测破简并： θE →质量；Photometry + Astrometry = lens mass
- DR3：363事件（仅33个含测光+天测）→ DR4：1000+事件（测光+天测）
- 首例微透镜孤立黑洞OGLE110462： $7.9 \pm 0.8 M_{\odot}$ （HST, Sahu+2022）
- 90% NS/BH孤立宁静→微透镜是唯一无偏普查手段
- “2026年12月将有更多黑洞公布！”（Wyrzykowski）
- 公式： $\theta E = \sqrt{4GM/c^2 \cdot (D_S - D_L)/(D_S \cdot D_L)}$

微透镜测黑洞：DR4 1000+事件



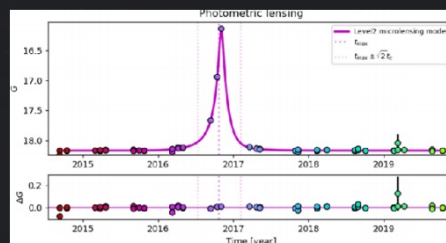
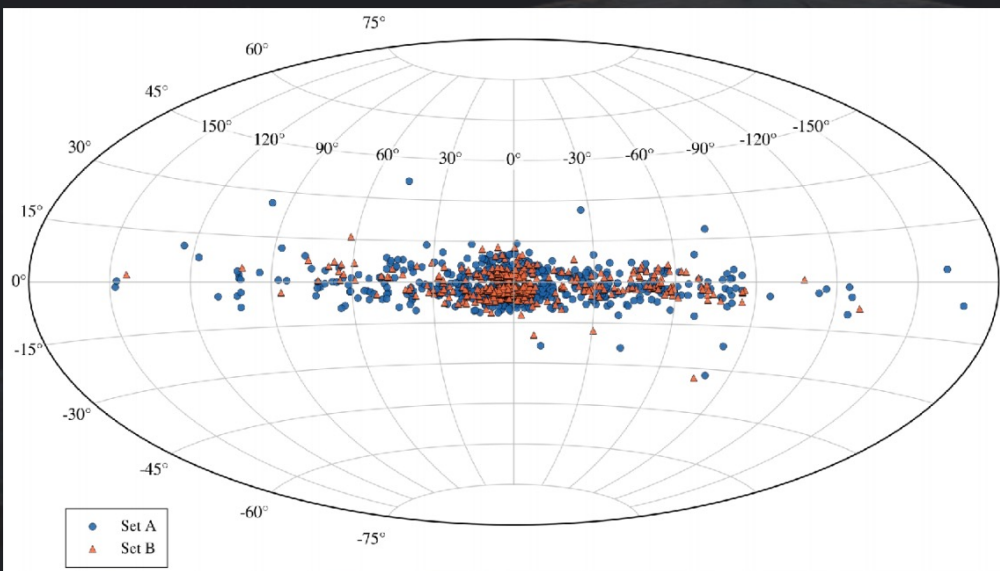
- 测光有简并→天测破简并： $\theta E \rightarrow$ 质量；Photometry + Astrometry = lens mass
- DR3：363事件（仅33个含测光+天测）→ DR4：1000+事件（测光+天测）
- 首例微透镜孤立黑洞OGLE110462： $7.9 \pm 0.8 M_{\odot}$ （HST, Sahu+2022）
- 90% NS/BH孤立宁静→微透镜是唯一无偏普查手段
- “2026年12月将有更多黑洞公布！”（Wyrzykowski）
- 公式： $\theta E = \sqrt{4GM/c^2 \cdot (D_S - D_L)/(D_S \cdot D_L)}$

微透镜测黑洞：DR4 1000+事件

LUKASZ WYRZYKOWSKI - THE GAIA REVOLUTION

MICROLENSING EVENTS IN GAIA DR4

▶ 1000+ events from 2014-2020 - photometry and astrometry



Photometry
+
Astrometry
=
lens mass

- 测光有简并→天测破简并： $\theta E \rightarrow$ 质量；Photometry + Astrometry = lens mass

DR3：363事件（仅33个含测光+天测）→ DR4：1000+事件（测光+天测）

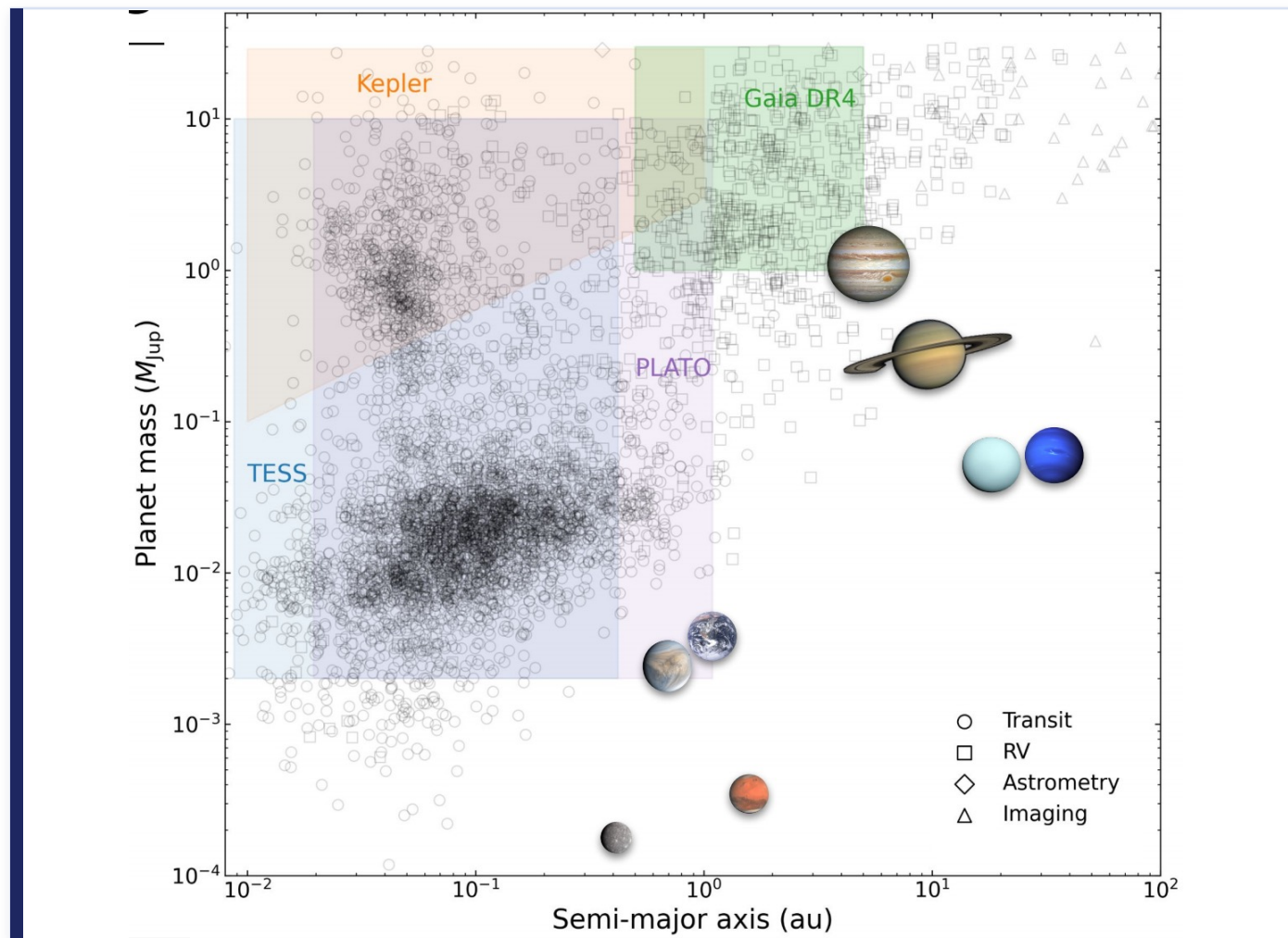
首例微透镜孤立黑洞OGLE110462： $7.9 \pm 0.8 M_{\odot}$ （HST, Sahu+2022）

90% NS/BH孤立宁静→微透镜是唯一无偏普查手段

“2026年12月将有更多黑洞公布！”（Wyrzykowski）

公式： $\theta E = \sqrt{4GM/c^2 \cdot (D_S - D_L)/(D_S \cdot D_L)}$

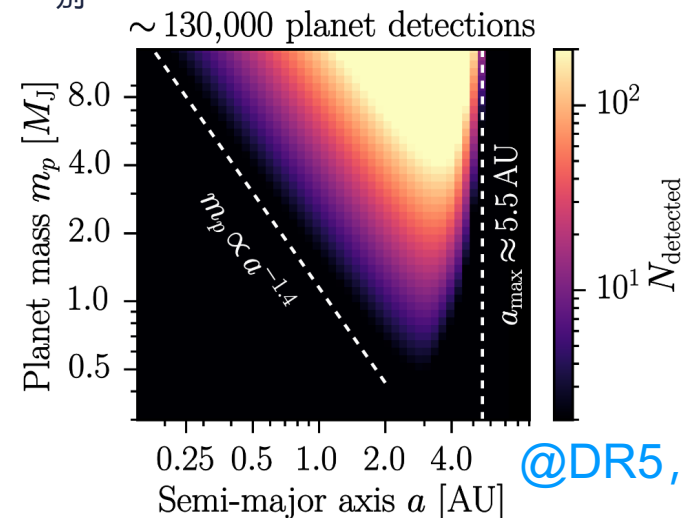
系外行星：天体测量大发现时代



Merín (EAS2026) : DR4/DR5行星产出预测与CHEOPS后随规划

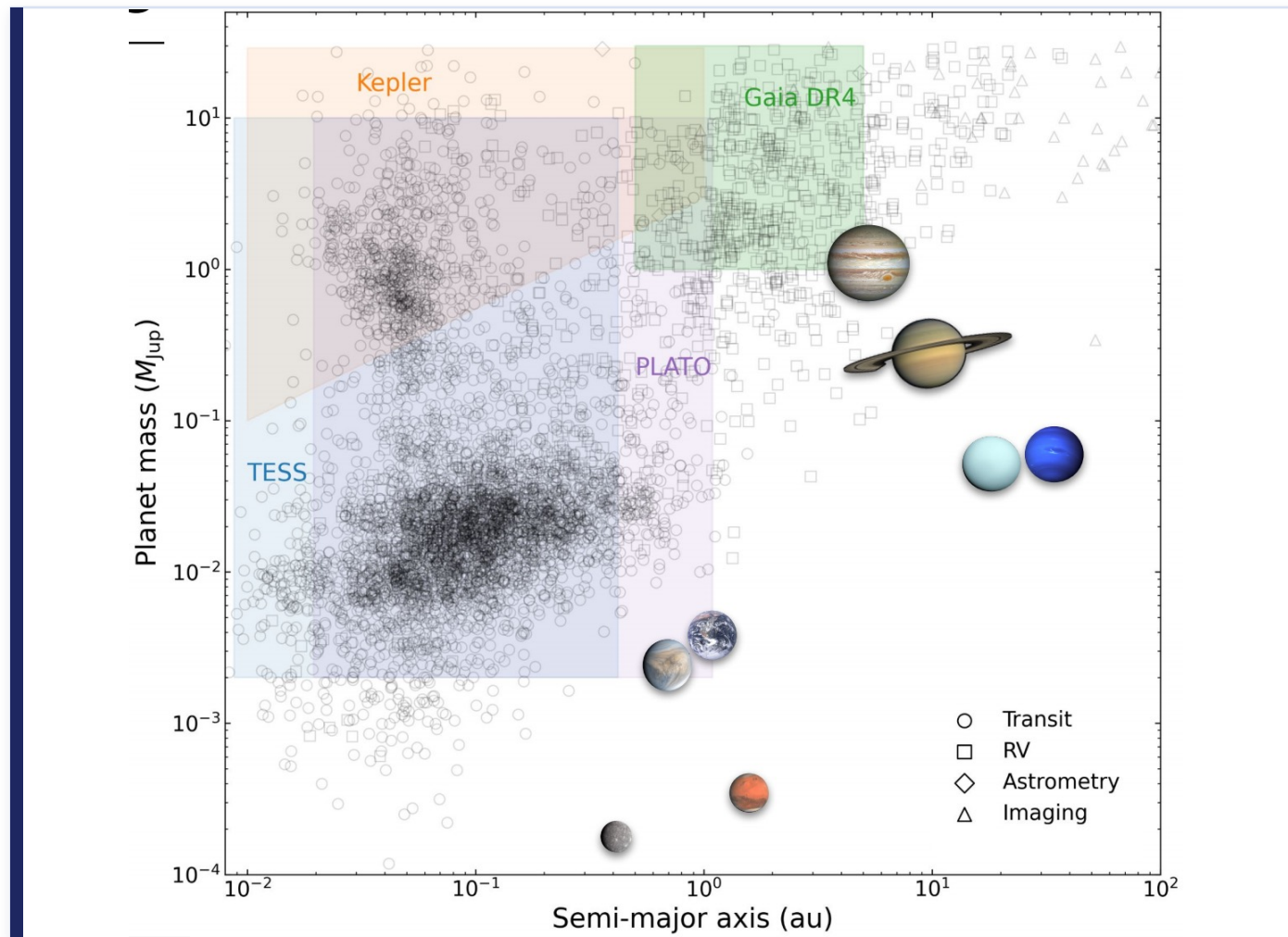
Gaia DR4 综合报告 · 2026-08

- DR4预期 $7,500 \pm 2,100$ 颗 (Lammers & Winn) ; DR5超 $120,000 \pm 22,000$ 颗
- 敏感窗口: 1-5 AU超木星 ($3-13 M_J$)、GKM矮星、 $\lesssim 250-500$ pc
- 独有产出: 真实质量 (非 $M \sin i$) + 三维轨道架构
- 假阳性: 未分辨双星伪造信号; M矮星 $a < 1$ AU 样本假阳性率约50% → 需RV/成像跟进
- DR4官方行星候选星表 + RV约束轨道精化 + 凌日搜索三管齐下
- CHEOPS Running Call (至2029): 几十~几百个高优先级后随目标
- “几十颗具有凌日概率的天测行星” 是天测 → 凌日科学的新类别



@DR5, DR4~1/10

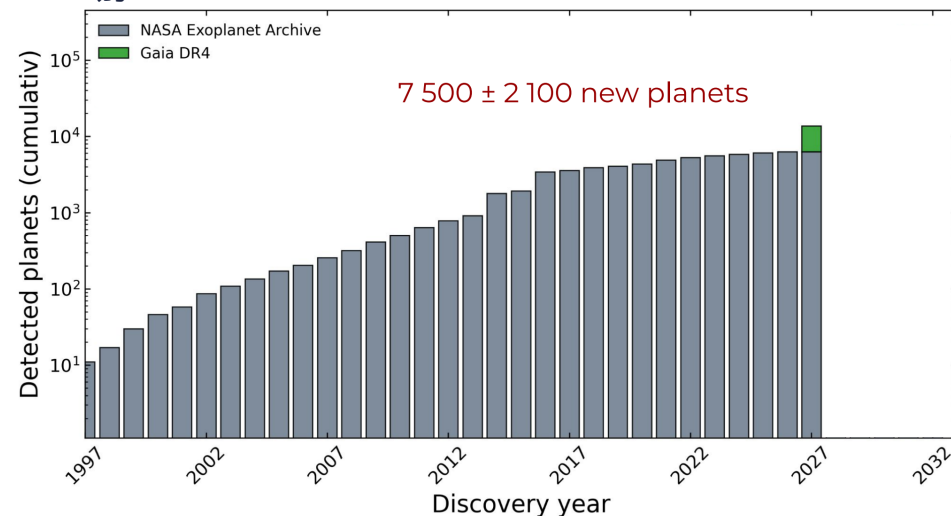
系外行星：天体测量大发现时代



Merín (EAS2026) : DR4/DR5行星产出预测与CHEOPS后随规划

Gaia DR4 综合报告 · 2026-08

- **DR4预期 $7,500 \pm 2,100$ 颗 (Lammers & Winn) ; DR5超 $120,000 \pm 22,000$ 颗**
- 敏感窗口：1-5 AU超木星 ($3-13 M_J$)、GKM矮星、 $\lesssim 250-500$ pc
- 独有产出：真实质量 (非 $M \sin i$) + 三维轨道架构
- 假阳性：未分辨双星伪造信号；M矮星 $a < 1$ AU样本假阳性率约50% → 需RV/成像跟进
- DR4官方行星候选星表 + RV约束轨道精化 + 凌日搜索三管齐下
- CHEOPS Running Call (至2029)：几十~几百个高优先级后随目标
- “几十颗具有凌日概率的天测行星” 是天测→凌日科学的新类别



DR4全新产品：散射光残差图像

We can see scattered light

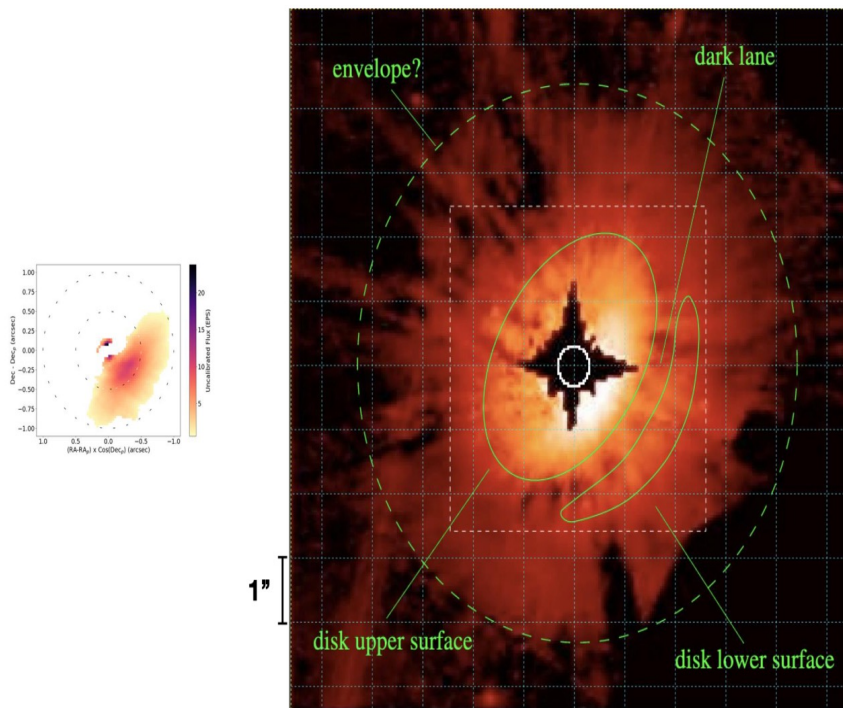


Fig. 2 from
Probing dust grain
evolution in IM Lupi's
circumstellar disc
[A&A 489, 633–650
\(2008\)](#)



- 残差图像=扣除中心星流量后的“剩余”图像→全天散射光巡天
- 约700万张 (G<13为主)；半径~1.1"-1.2"；历元平均叠加在共动位置
- 来自SEAPipe（源环境分析管线）的高对比度能力——意外解锁
- 验证：IM Lupi盘与文献一致；碎屑盘方向与偏振观测对齐
- 科学：原行星盘/碎屑盘/演化星周尘埃的全天普查
- 限制： $\Delta m \leq 3$ 内有伴星的源排除；仅~1"视场；历元平均不显时变
- 与ALMA/JWST互补：Gaia提供光学散射光大样本筛选

A note on time variability

Residual images are constructed from observations which span DR4

DR4 covers observations between 25 July 2014 to 29 January 2020

A given residual image will be the average over the epochs at which its source is observed by Gaia