



CSST: 近邻星系密集星场测光及星族性质的研究

俞效龄（南京大学）

课题负责人：施勇 教授

2022-04-12





提纲



- 课题介绍
- 密集星场测光
- 星族
- 总结



课题介绍



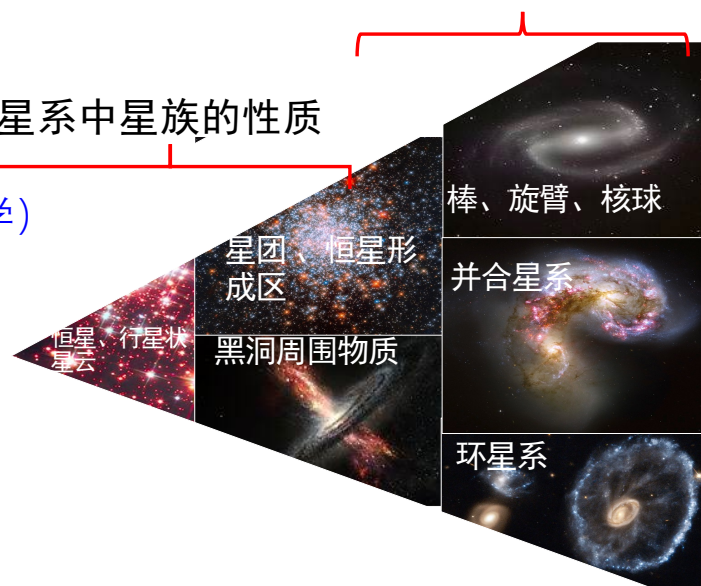
课题五：CSST星系小尺度结构研究

子课题1：空间可分辨的低红移星系的小尺度结构

王菁（北京大学）

子课题2：低红移星系中星族的性质

施勇（南京大学）



子课题3：星系的高分辨率流体数值模拟

袁峰（上海天文台）



课题介绍



子课题1：空间可分辨的低红移星系的小尺度结构

- ◆ 中心对称盘偏折结构的形成；
- ◆ 非中心对称结构对气体、恒星分布的影响；
- ◆ 星系群、团内星系的细致结构；
- ◆ 发展以盘结构为重点的小尺度结构刻画方法



课题介绍



子课题2：低红移星系中星族的性质

- ◆ 近邻星系空间可分辨恒星的星族性质；
- ◆ 星暴矮星系恒星形成历史；
- ◆ 大质量黑洞周围恒星的特性；
- ◆ 球状星团中的双星系统；
- ◆ 大质量红漩涡星系外盘的性质



课题介绍



子课题3：星系的高分辨率流体数值模拟

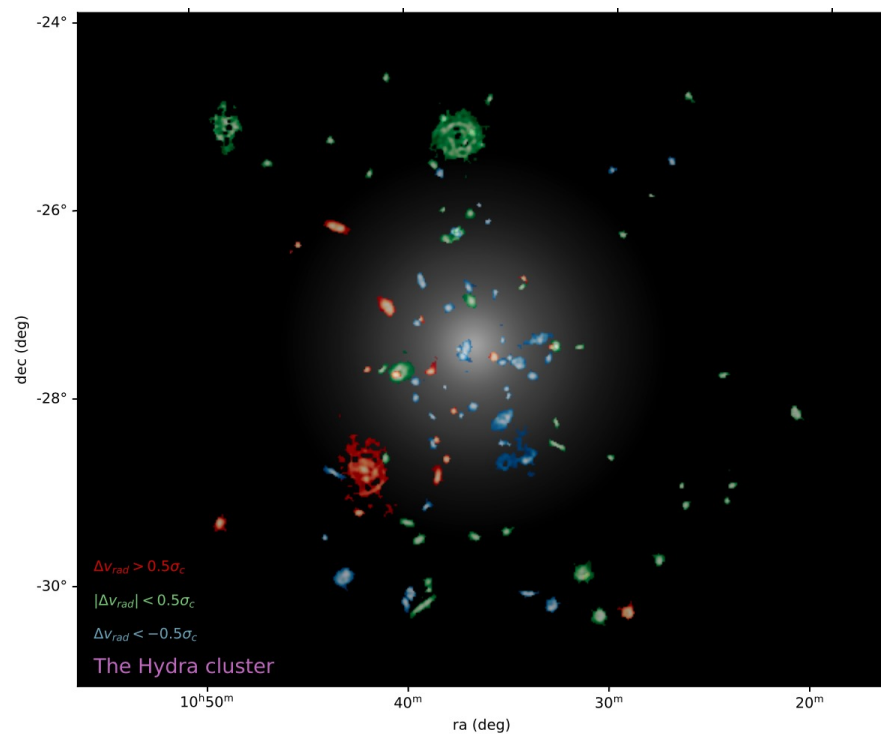
- ◆ 椭圆星系中的活动星系核反馈高分辨率数值模拟 ；
- ◆ 黑洞自旋以及吸积流磁场强度对热吸积流风的影响 ；
- ◆ 星系周介质的中的冷气体分布 ；



课题介绍



亮点进展



Hydra星系团整体首幅HI快照

小尺度中心对称结构和环境作用

基于对星系的中心对称恒星结构及中性氢气体结构的测量，首次系统量化了弱冲压在卫星星系下落过程中的强度、快慢、时长，指出弱冲压对星系团卫星演化的重要意义。

Wang et al. 2021



课题介绍



亮点进展

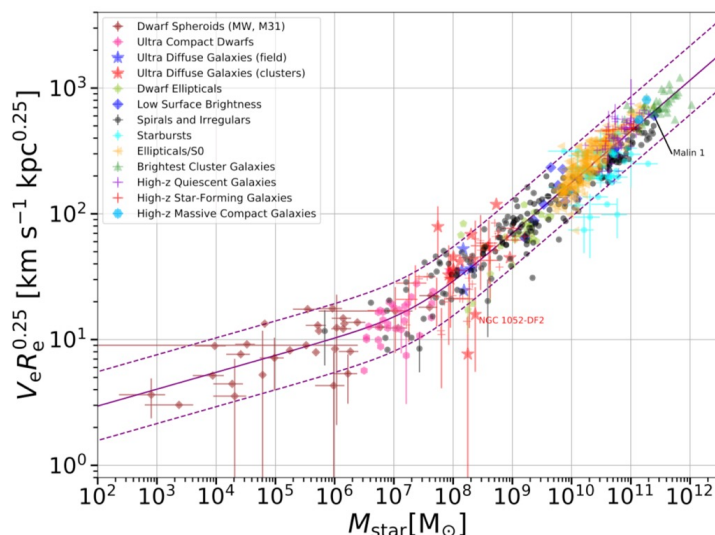
发现了星系恒星质量与束缚能之间的普适关系 (Shi et al. 2021)。

该关系提供了新的宇宙学距离测量方法。未来通过结合CSST高分辨率全天图像与地面光谱观测可以开展高红移大样本的统计研究。

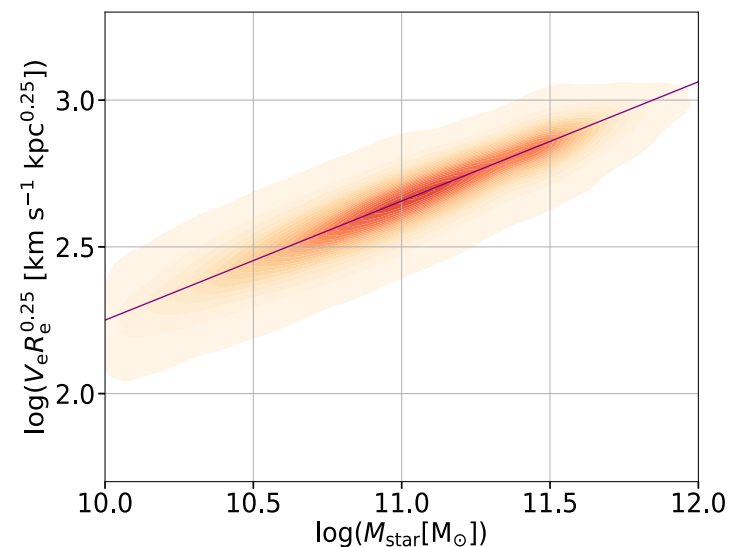
NGC1052-DF2



包含各种类型的gold sample: HST, IFU



37万个SDSS椭圆星系



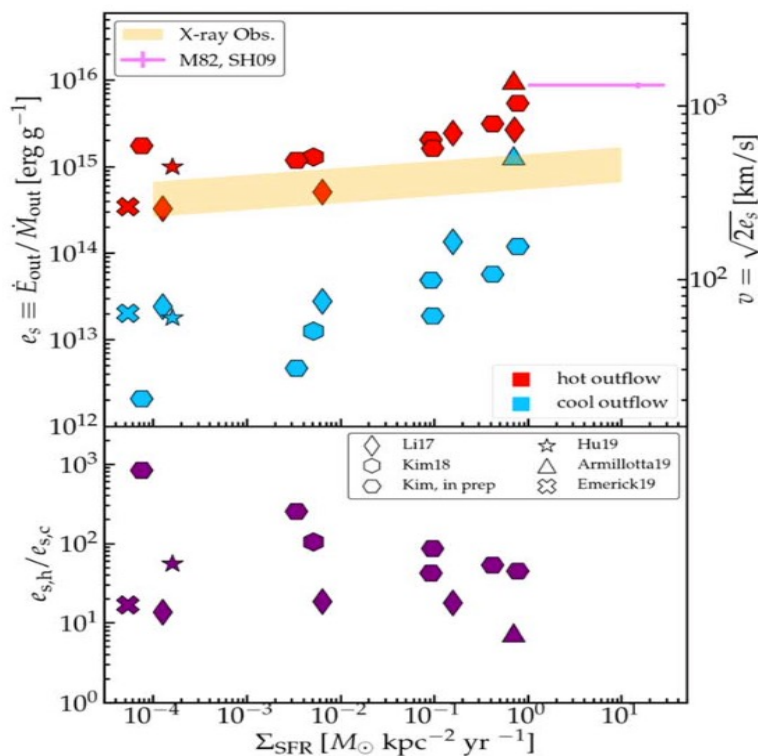
星系恒星质量与其半光半径内束缚能1/4次方($V_e R_e^{0.25}$)之间的关系。实线表示最佳拟合结果，虚线表示 $\pm 2\sigma$ 的不确定度。



课题介绍



亮点进展



冷相外流的速度随着
恒星形成面密度大致
呈0.5的幂率关系

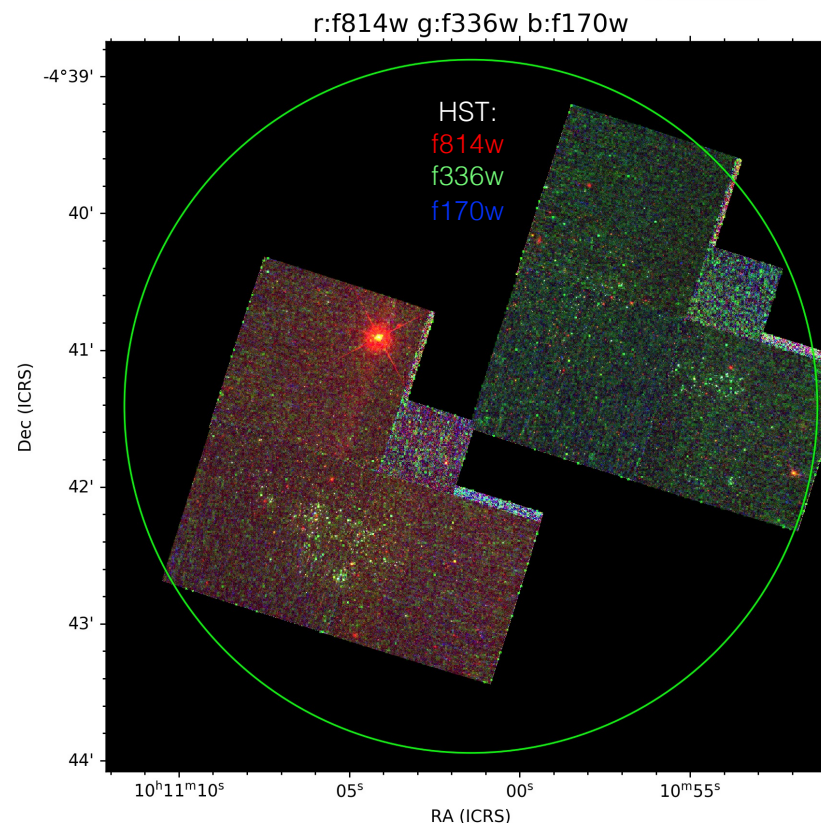
冷气体速度随恒星形成面密度的变化 (Li & Bryan, 2020, ApJ, 890, L30)



密集星场测光

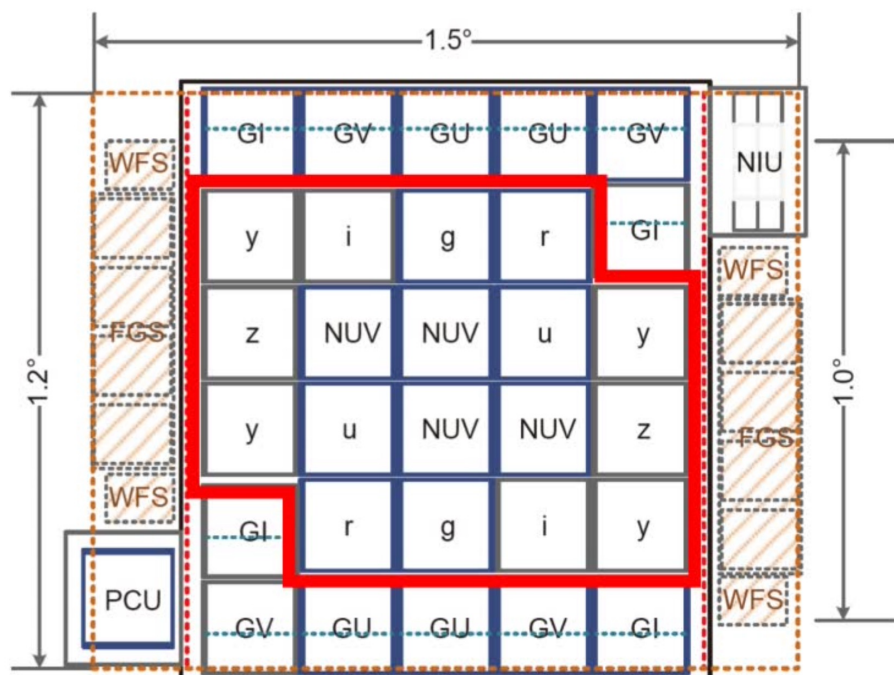


星系由各种年龄的恒星、电离气体、原子气体、分子气体、尘埃、金属、磁场、高能粒子以及黑洞等组成，这些不同组分相互作用或转化影响着星系的形成和演化。

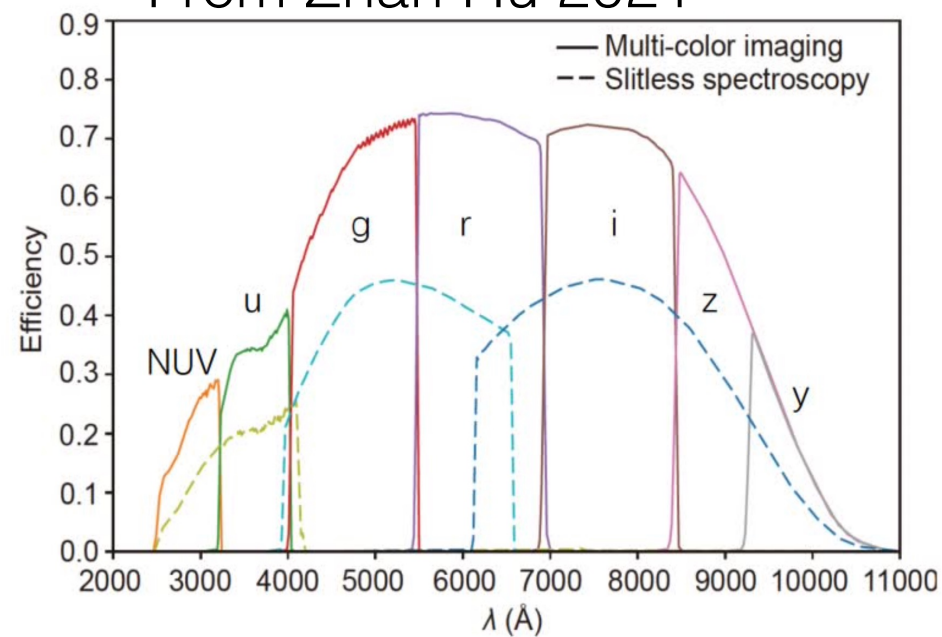




密集星场测光



From Zhan Hu 2021



0.05"/pix , FoV: 460" * 460"



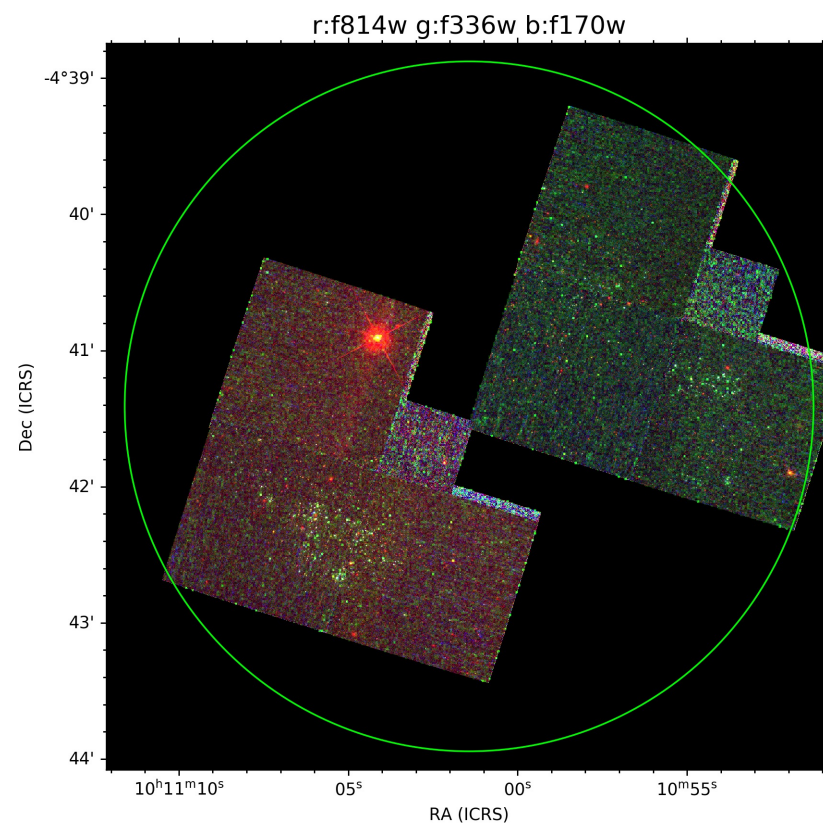
密集星场测光



CSST 近邻星系密集星场测光预研究

a. 测光 → HST → 近邻矮星系密集星场

b. 星族: → 近邻矮星系空间分解恒星形成历史



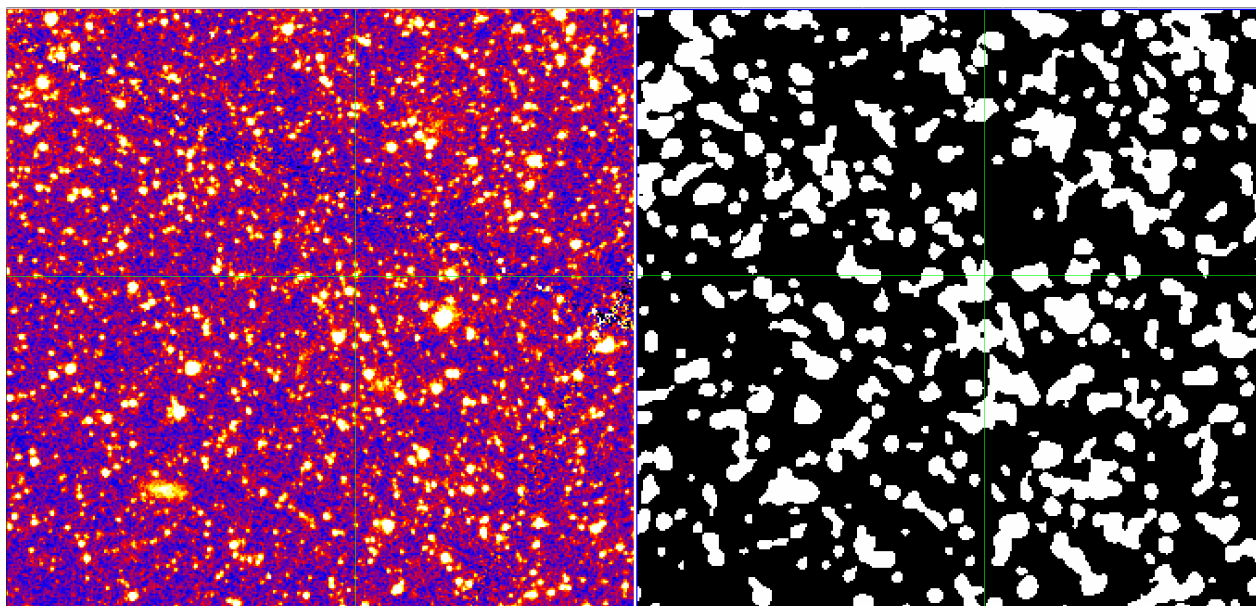


密集星场测光



➤ Sextractor; -- 广泛运用的工具

<https://sextractor.readthedocs.io/en/latest/Introduction.html>



优势: 功能强大, 运行速度快

劣势: 参数较多, 高密星场的
deblending有很大的挑战性



密集星场测光



➤ MObjects (python);
<https://github.com/CarolineHaigh/mtobjects>

优势: 使用简便 ; Deblending 效果很好

劣势: 不能区分星系与恒星

➤ **PhotUtils (python);**
<https://photutils.readthedocs.io/en/stable/>

➤ DAOPHOT (IRAF);
<http://iraf.noao.edu/irafnews/dec94/dec94-S-27.html>

➤ DOLPHOT2.0
<http://americano.dolphinsim.com/dolphot/>

HST测光包



密集星场测光

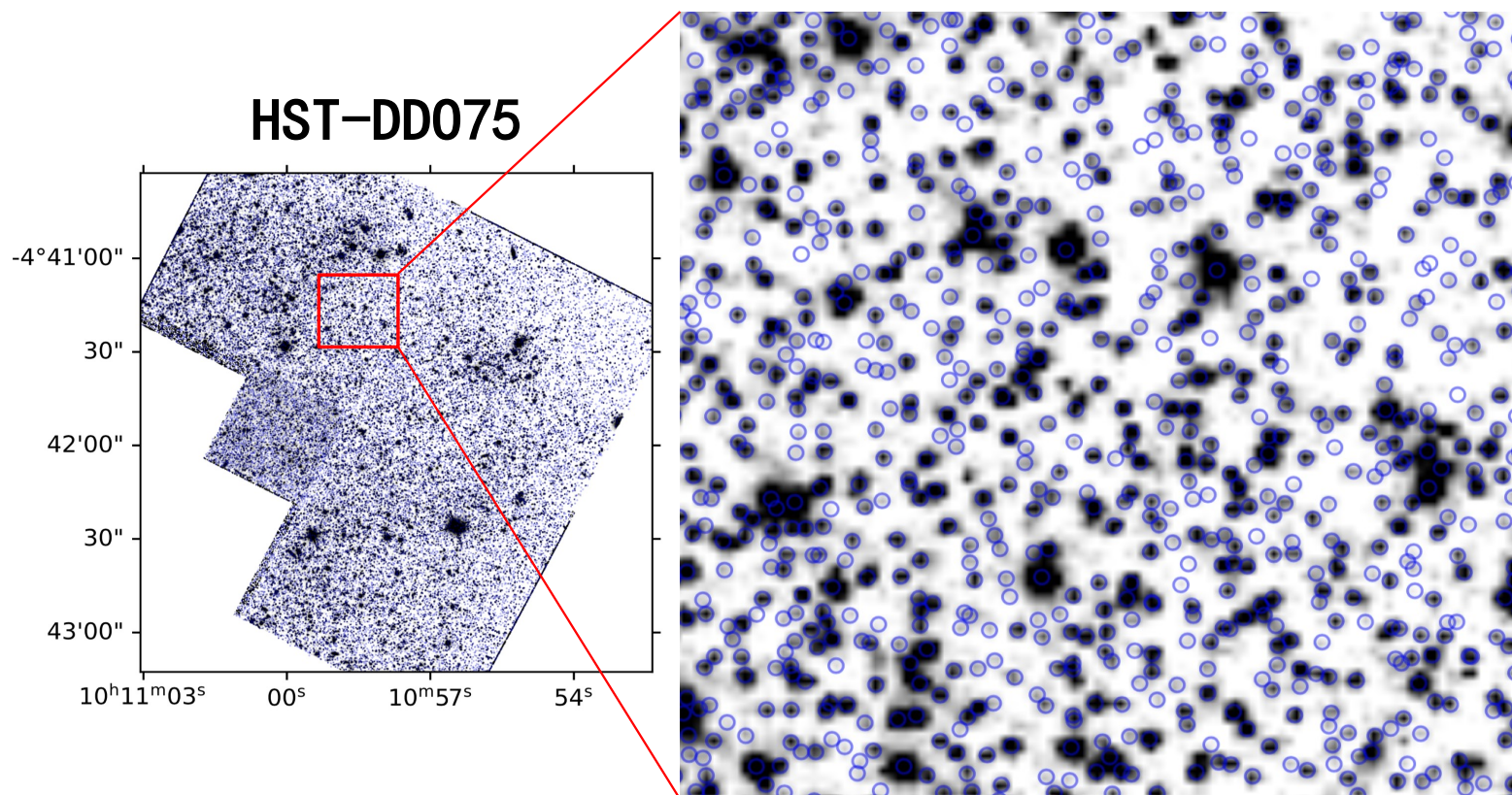


测光步骤

- 去掉坏像元
- 背景估算
- 孔径测光或者PSF测光
- 测光数据分析

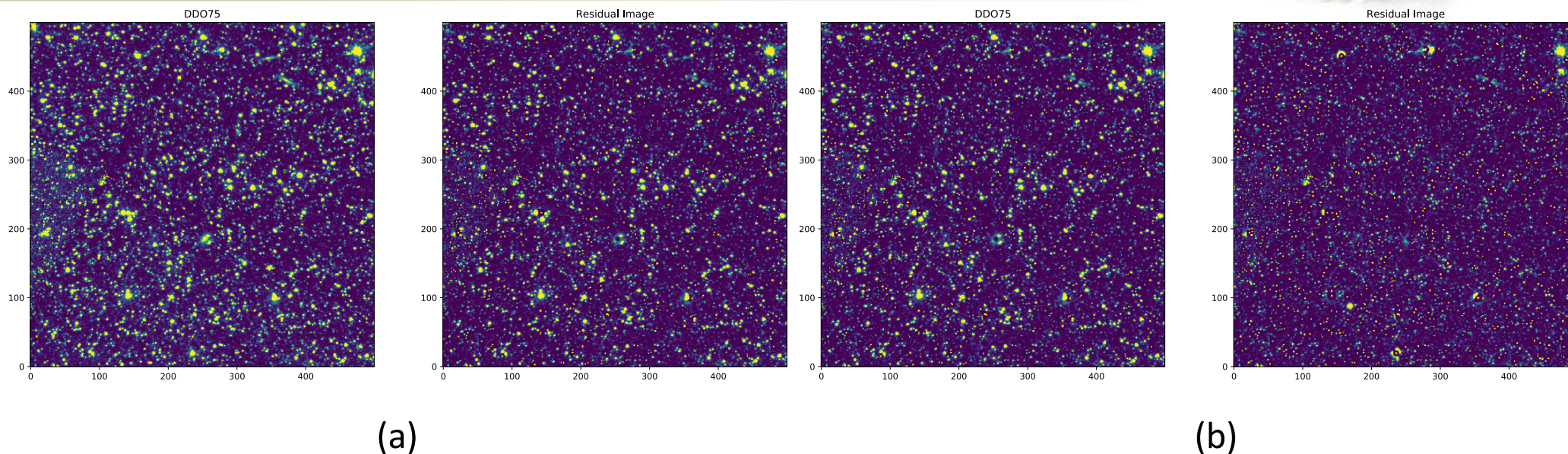


密集星场测光





密集星场测光



尝试1：真实图像测光需要经过2次迭代测光的标准

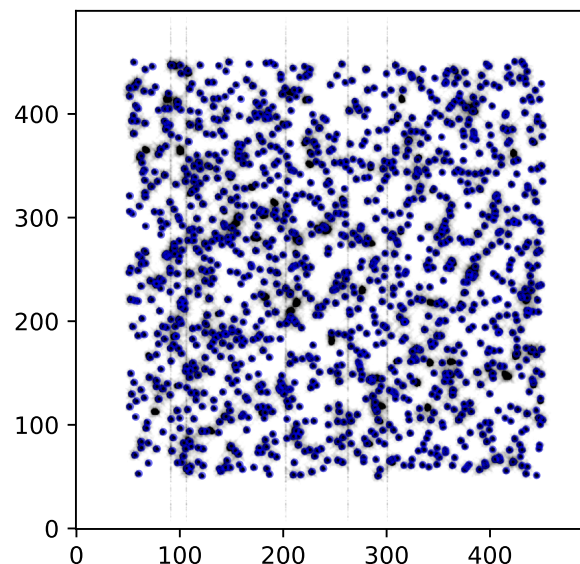
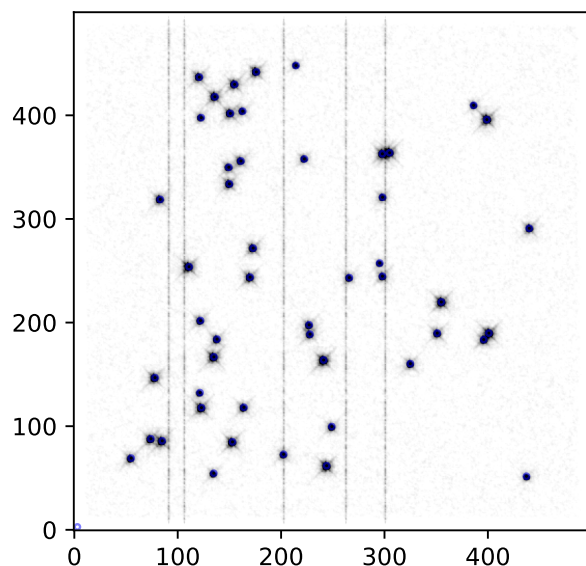
(a)：左边是观测图像，右边表示一次点源探测后的残余；(b)：左边是第一次点源探测的残余图像，右边表示对残余图像进行第二次点源探测后的残差。



密集星场测光



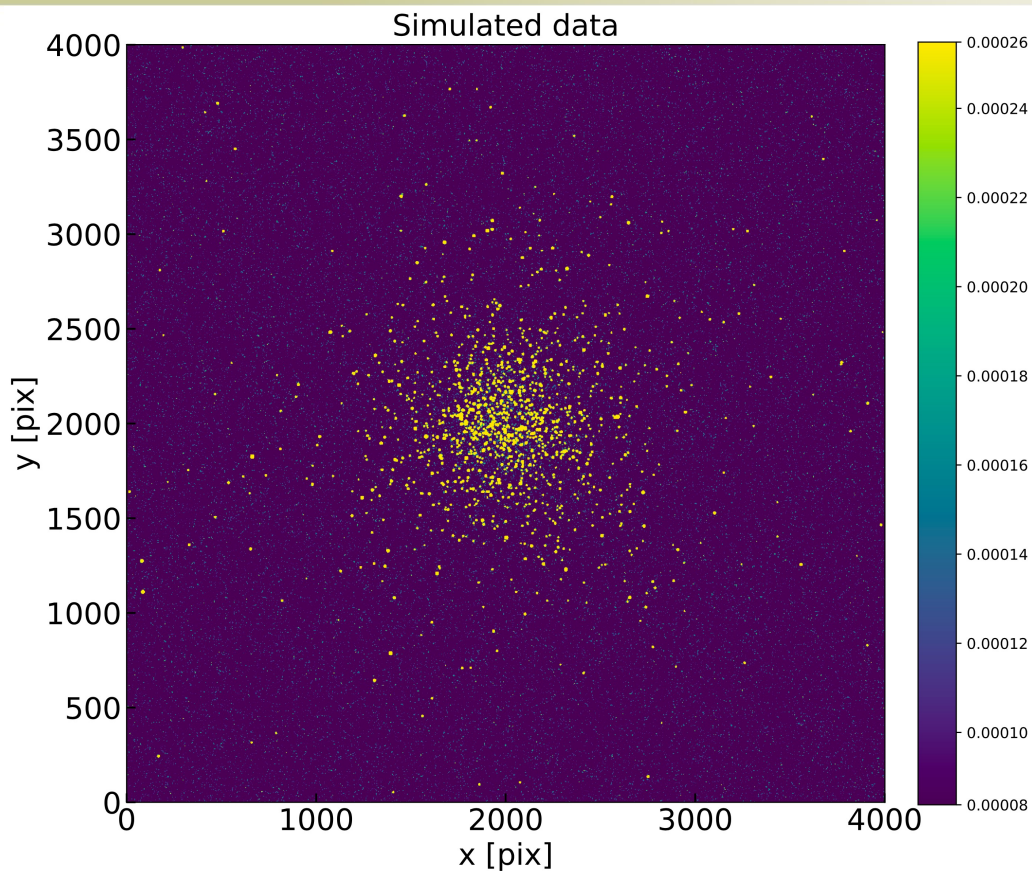
尝试2: 为了满足将来CSST图像各种密度的星场测光, 提出了新的点源探测判据, 阈值由常用的三倍中位数绝对偏差替换为标准偏差加三倍中位数绝对偏差。



针对超密集星场, 提出了confusion criterion: 计算每个点源5x5个PSF-FWHM方格子的口径测光与测光程序给出的所有点源总流量的比值, 通过模拟发现当该比值大于1.6, confusion noise占主导。



密集星场测光



```
pop1= artpop.source.MISTPlummerSSP(  
    log_age      = 7,  
    feh          = -1.5,  
    scale_radius = 300*u.pc,  
    phot_system  = 'HST_WFC3',  
    distance     = 1.5 * u.Mpc,  
    xy_dim       = 4001,  
    pixel_scale  = 0.1,  
    num_stars    = 10000.,  
    random_state = rng,  
    mag_limit    = 30.5,  
    mag_limit_band = 'WFC3_UVIS_F814W'
```

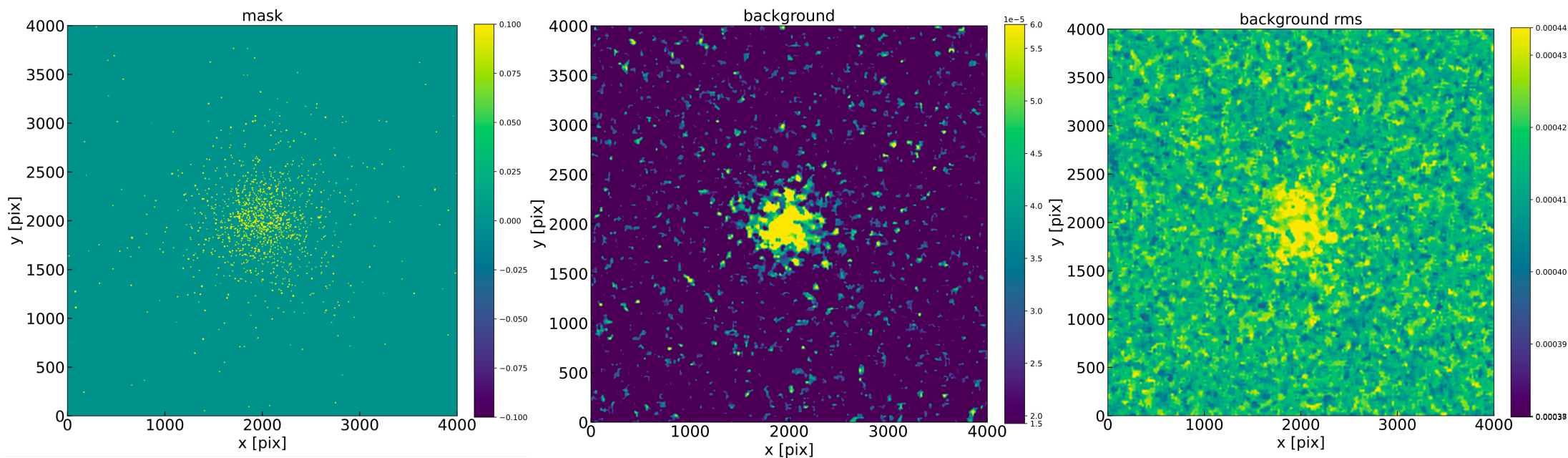
<https://arxiv.org/abs/2109.13943>



密集星场测光



背景估算



Mask: `pht.make_source_mask`

bkg: `pht.SExtractorBackground`



密集星场测光



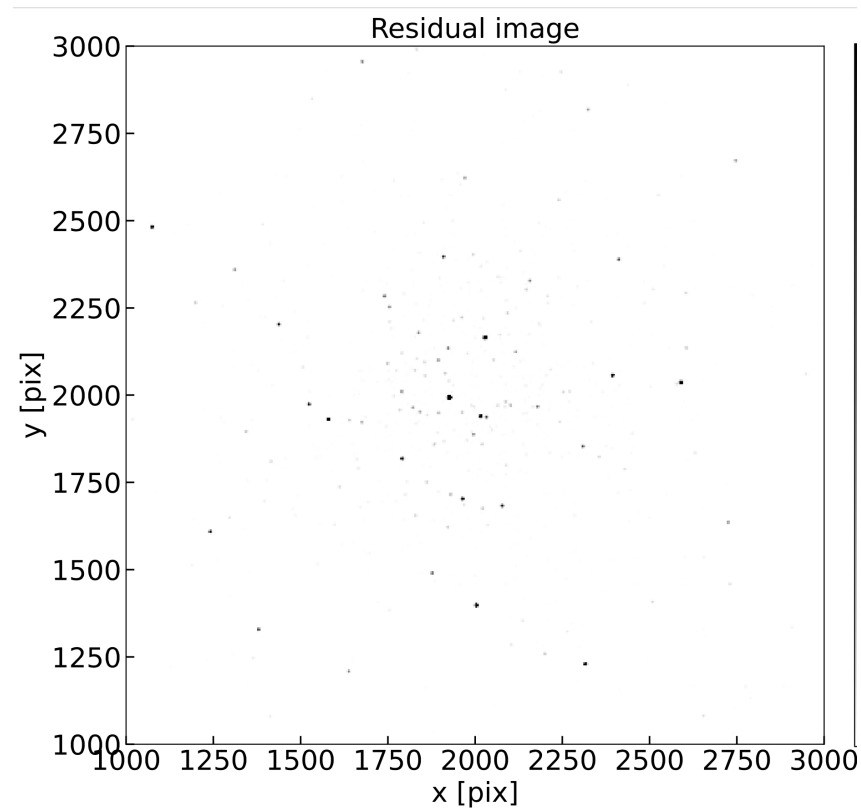
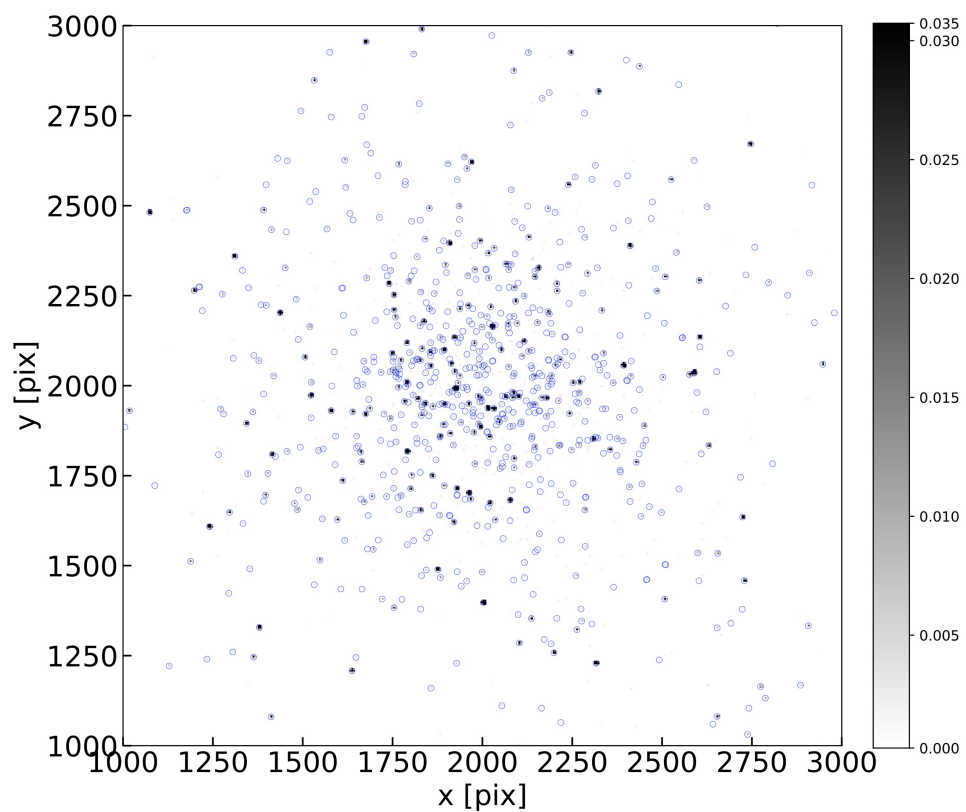
背景估算

- **MeanBackground**
- **MedianBackground**
- **ModeEstimatorBackground**
- **MMBackground**
- **SExtractorBackground**
- **BiweightLocationBackground**

未表现出明显的差异，我们的点源mask用的是sextractor的方法，因此，我们最后采用了sextractor方式来估算背景

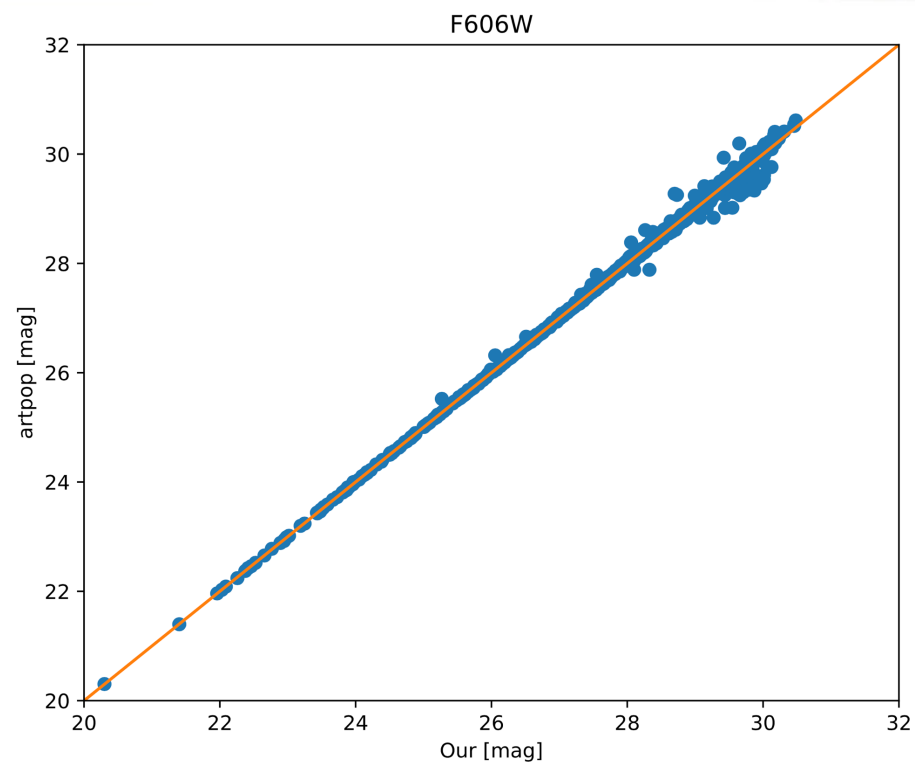
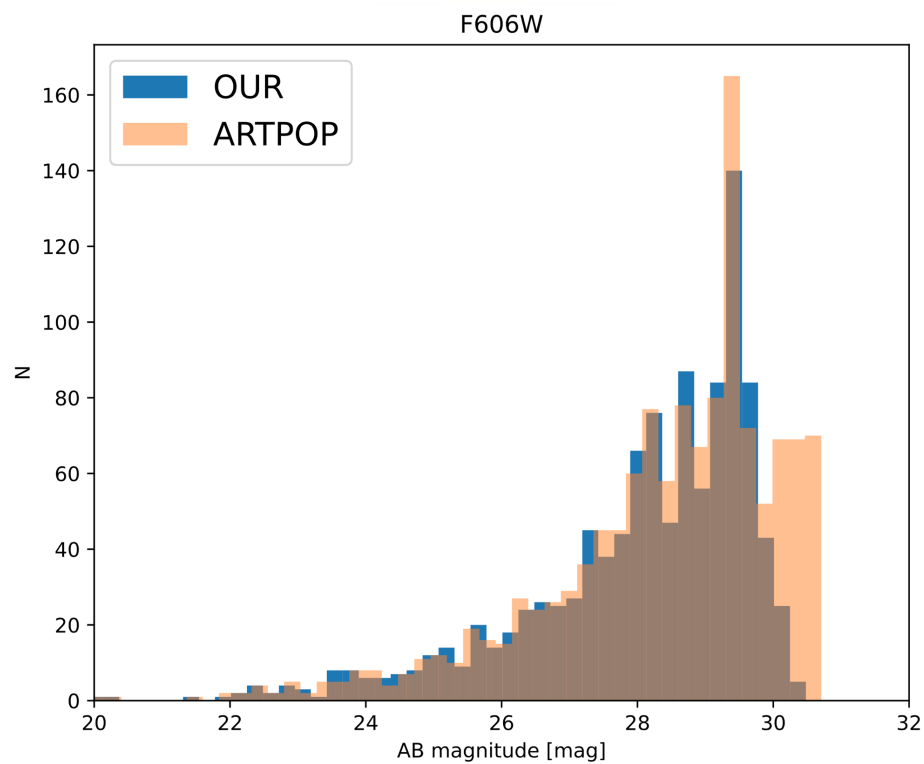


密集星场测光





密集星场测光



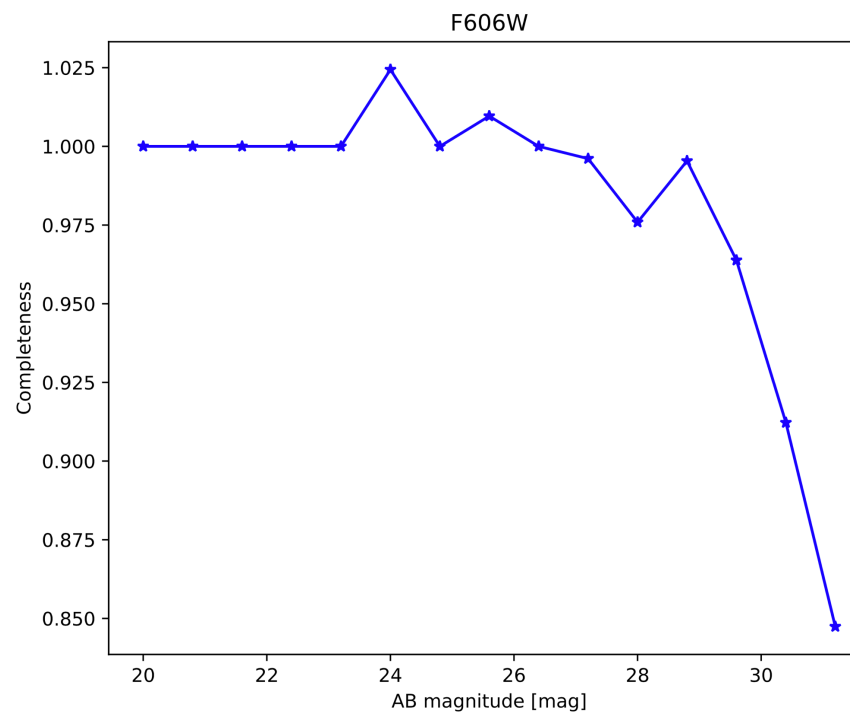
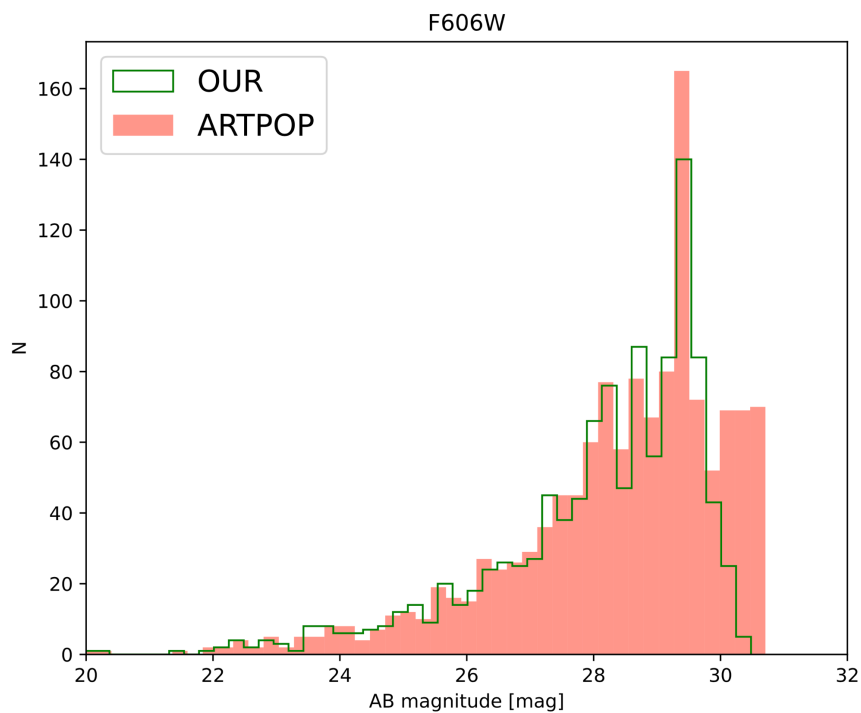
HST: WFC3_UVIS_F606W



密集星场测光



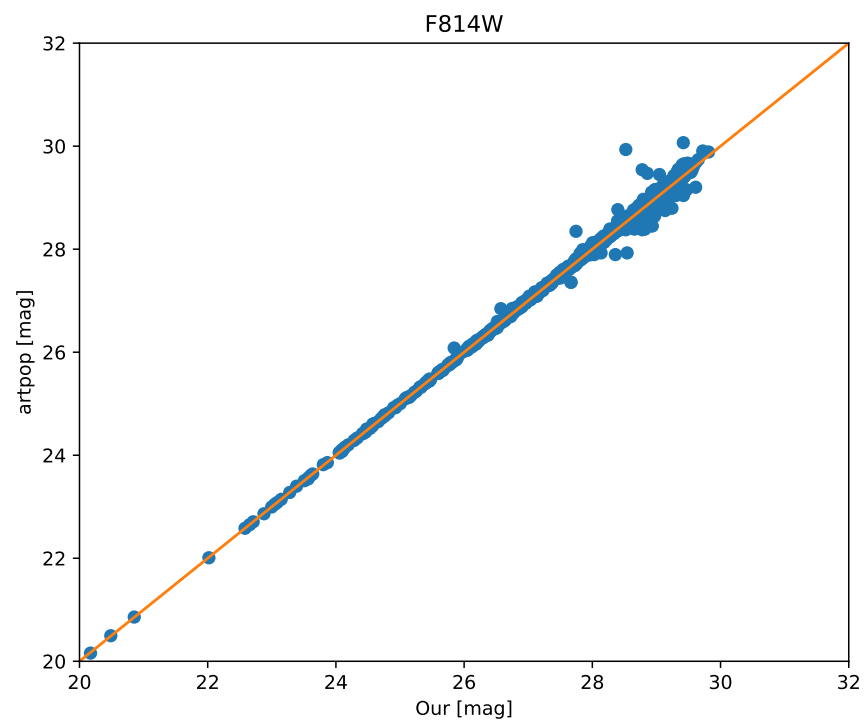
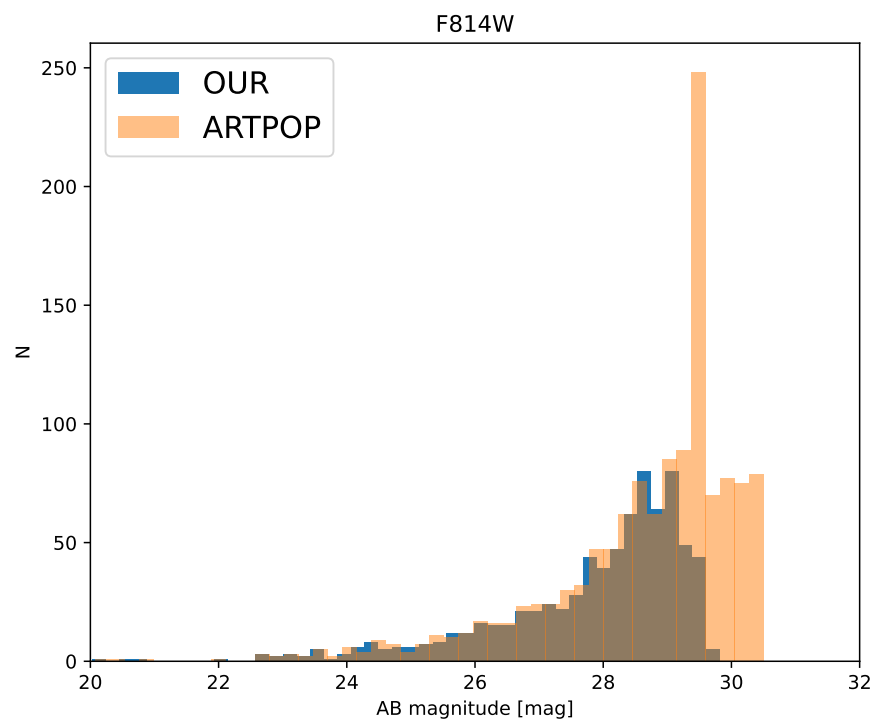
完备度测试



完备度: **AB mag < 28 mag**



密集星场测光



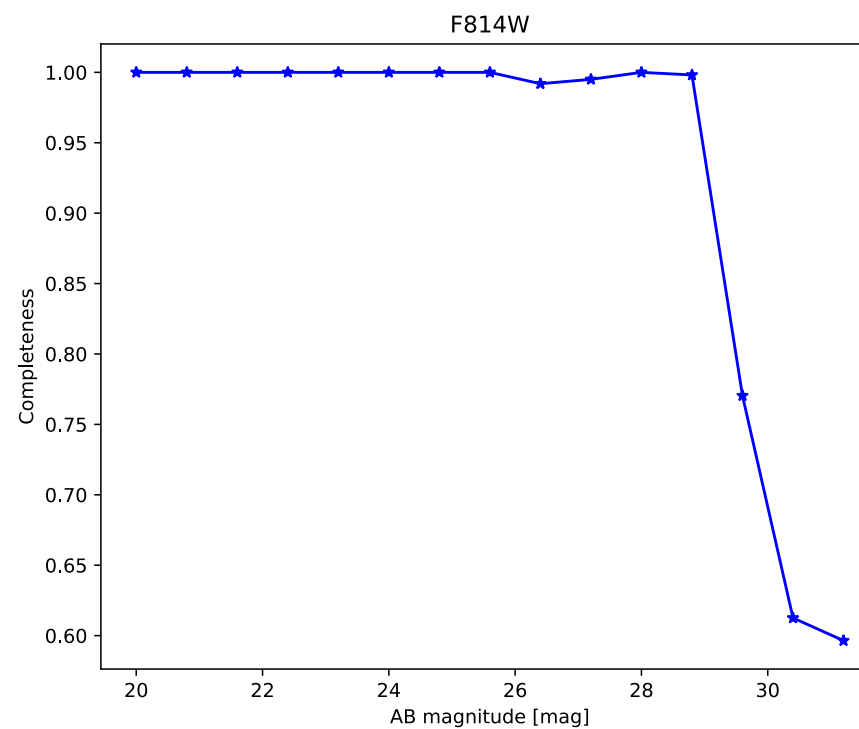
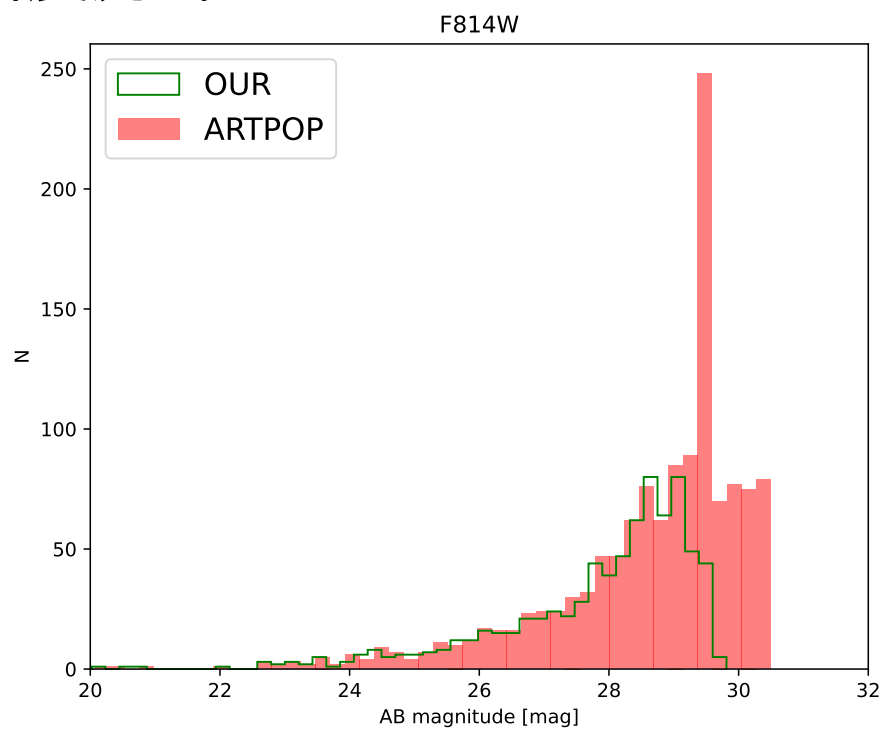
HST: WFC3_UVIS_F814W



密集星场测光



完备度测试



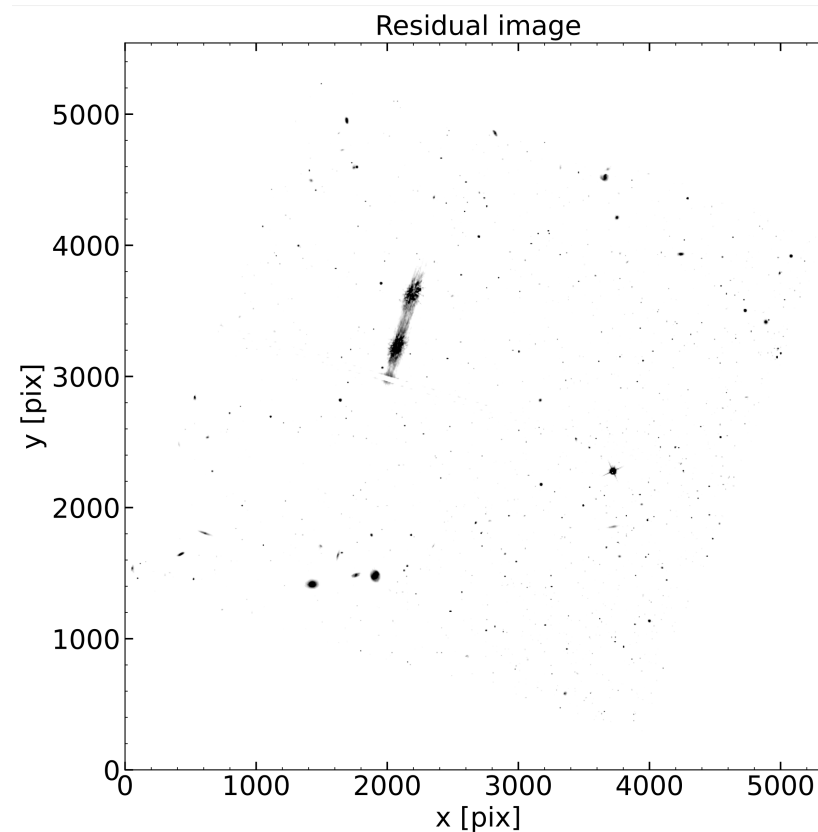
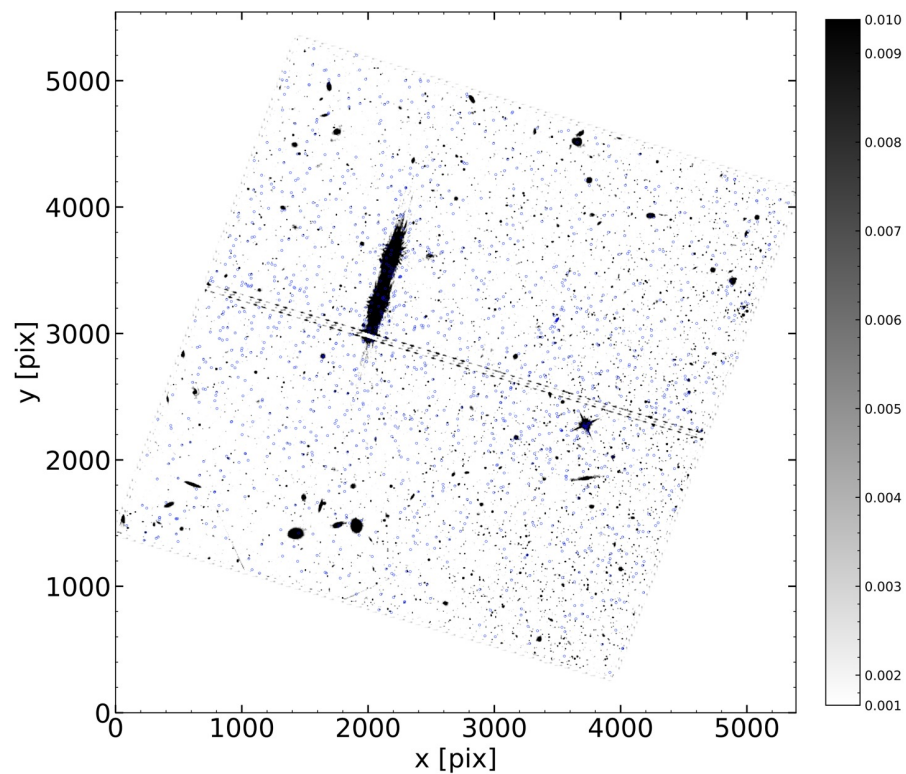
完备度: **AB mag < 28 mag**



密集星场测光



DDO75 WFC3/UVIS F814W





密集星场测光



```
1 bkg_rms = MADStdBackgroundRMS()  
2 bkg_sigma = mad_std(image)  
3 std = np.std(image)  
4 iraffind = IRAFStarFinder(threshold=8.*bkg.background_rms_median,  
5                             fwhm=sigma_psf * gaussian_sigma_to_fwhm,  
6                             minsep_fwhm=0.1, roundhi=5.0, roundlo=0.0,  
7                             sharplo=0.0, sharphi=5, exclude_border=True)  
8  
9 daogroup = DAOGroup(5.0 * sigma_psf * gaussian_sigma_to_fwhm)  
10 mmm_bkg = MMMBackground()  
11 fitter = LevMarLSQFitter()  
12 psf_model = IntegratedGaussianPRF(sigma=sigma_psf)
```

初始关键信息: X, Y, sharpness, roundness, background

sharpness 和 roundness 区分展源和点源



密集星场测光

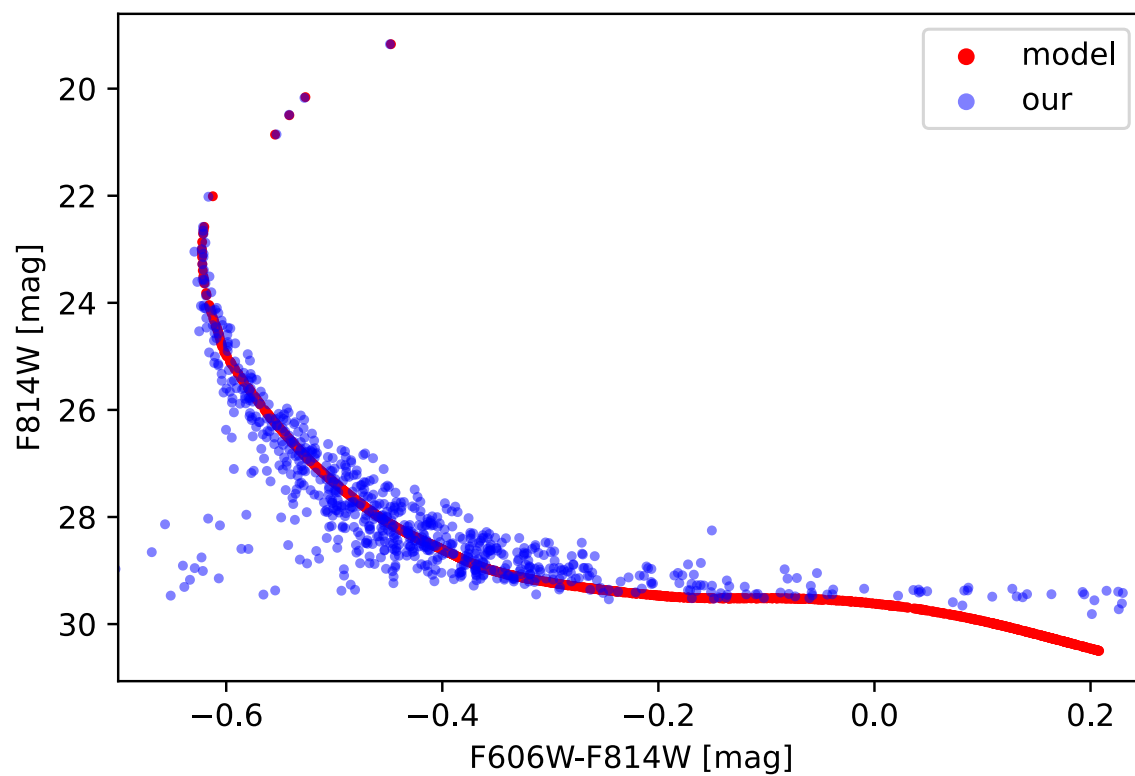


优点：开源，容易使用，功能强大

可能存在的问题：需要进一步把mask相关包写入到PSF测光部分，sharpness 和 roundness以及背景估算会严重影响运算速度，背景估算在将来CSST巡天可以很好的解决。



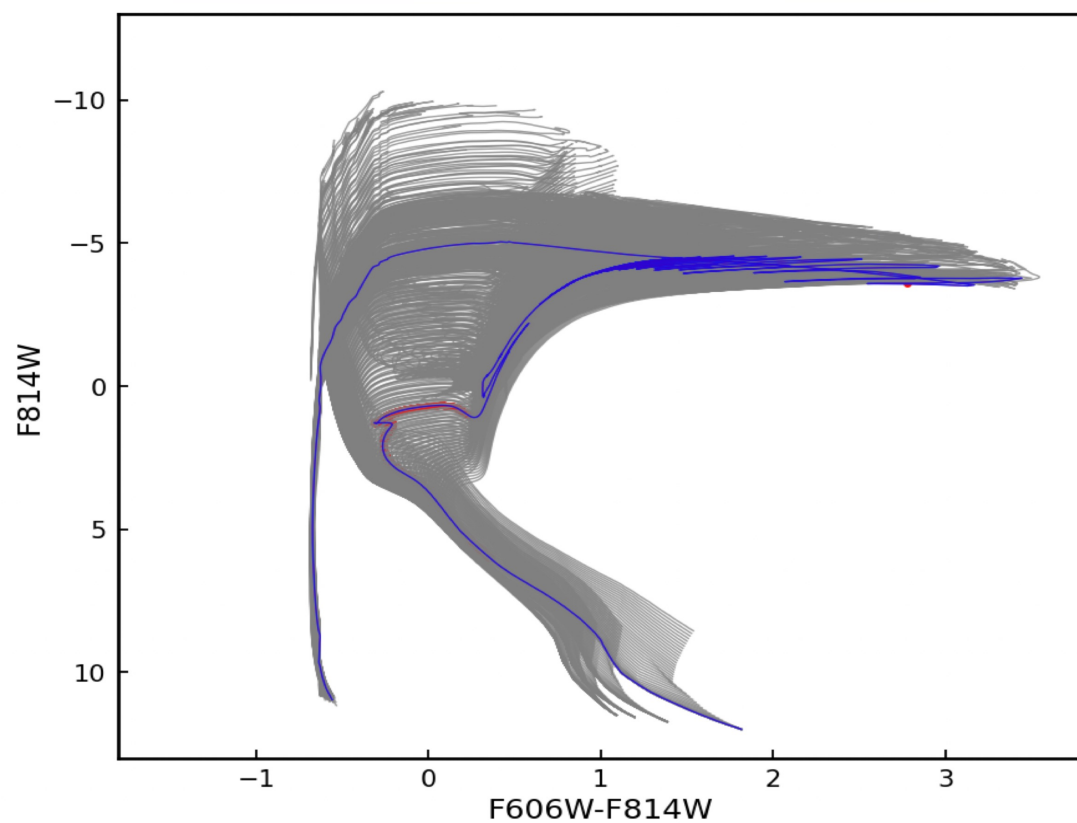
星族



单星族颜色--星等图



星族



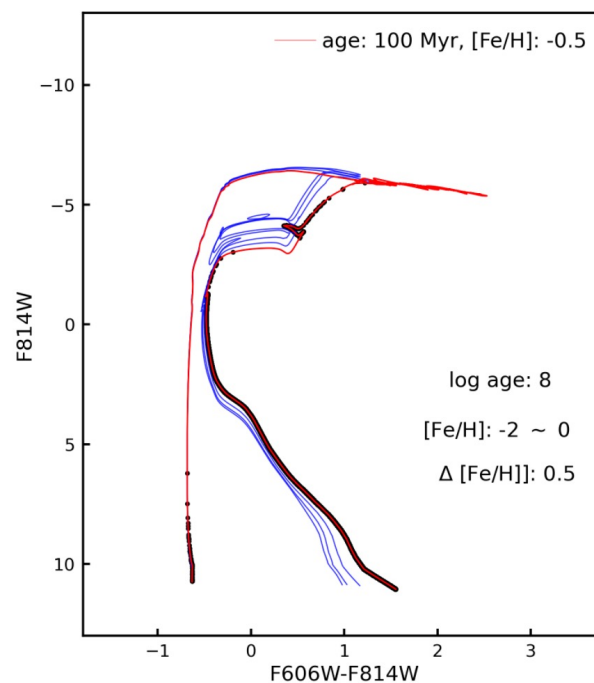
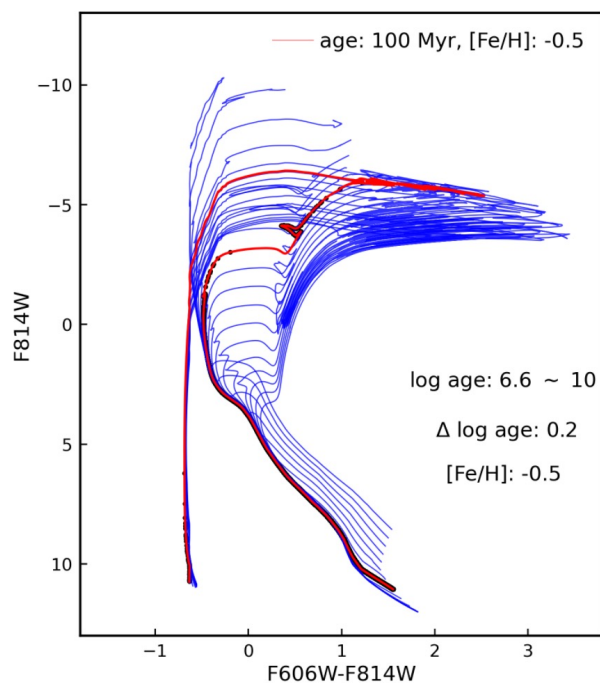
单星族拟合



星族



MIST isochrone library



黑点: 年龄为100 Myr, $[\text{Fe}/\text{H}]$ 为-0.5 的单一星族

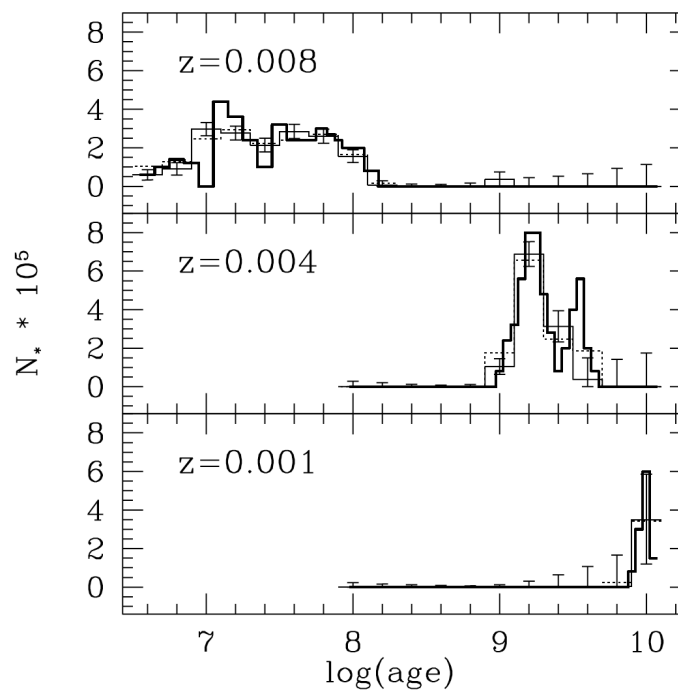
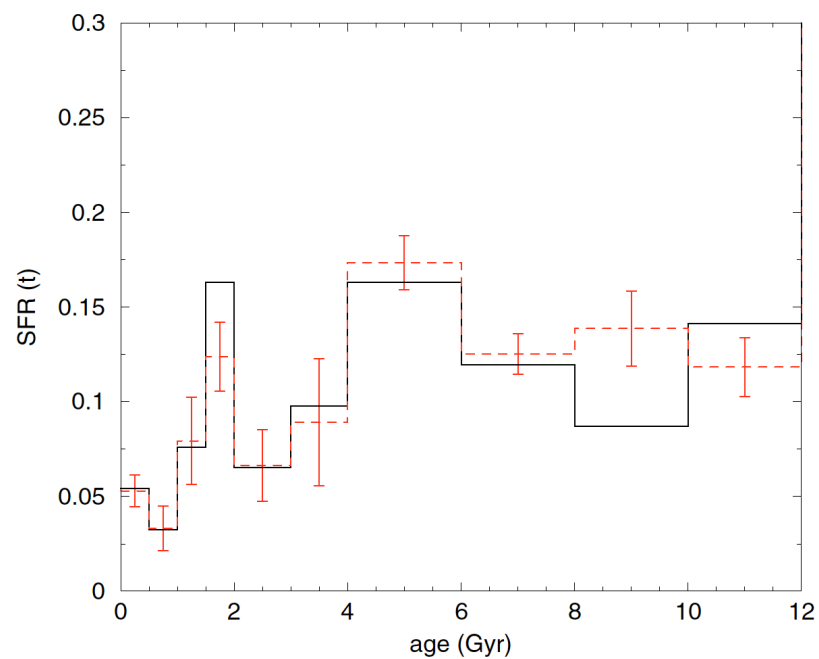
蓝线: 等年龄线库



星族



目标得到的结果---恒星形成历史





总结



- 测光：完成了测光完备度的相关测试，测光过程中，背景扣除，sharpness, roundness对我们测光精度非常灵敏，需要通过一定标准进行量化。
- 星族：根据调研的模型，对模拟数据以及真实数据的测试正在进行中。