



# CSST银河系及近邻星系化学演化 相关科学课题进展以及探讨

陈玉琴 (NAOC 课题组长)

罗阿理 (NAOC) 李海宁 (NAOC) , 陈玉  
琴 (NAOC) 赵景昆 (NAOC)

2021-10-29



# 任务设置、成员

子课题2. 利用CSST  
仿真数据第一代恒星  
搜寻与星系早期演化  
预研究  
(李海宁 施建荣 张华伟  
崔文元 闫宏亮)

子课题3. CSST仿真  
数据追踪银晕银盘与  
核球化学协同演化  
可行性论证  
(陈玉琴 谈克峰 邢千  
帆 武雅倩 雷振新)

子课题4. CSST完成  
银河系与近邻星系化  
学演化比较策略分析  
(赵景昆 李冀 石维彬  
李广伟 梁熙龙)

提供定标样本、提出科学需求  
检验数据精度

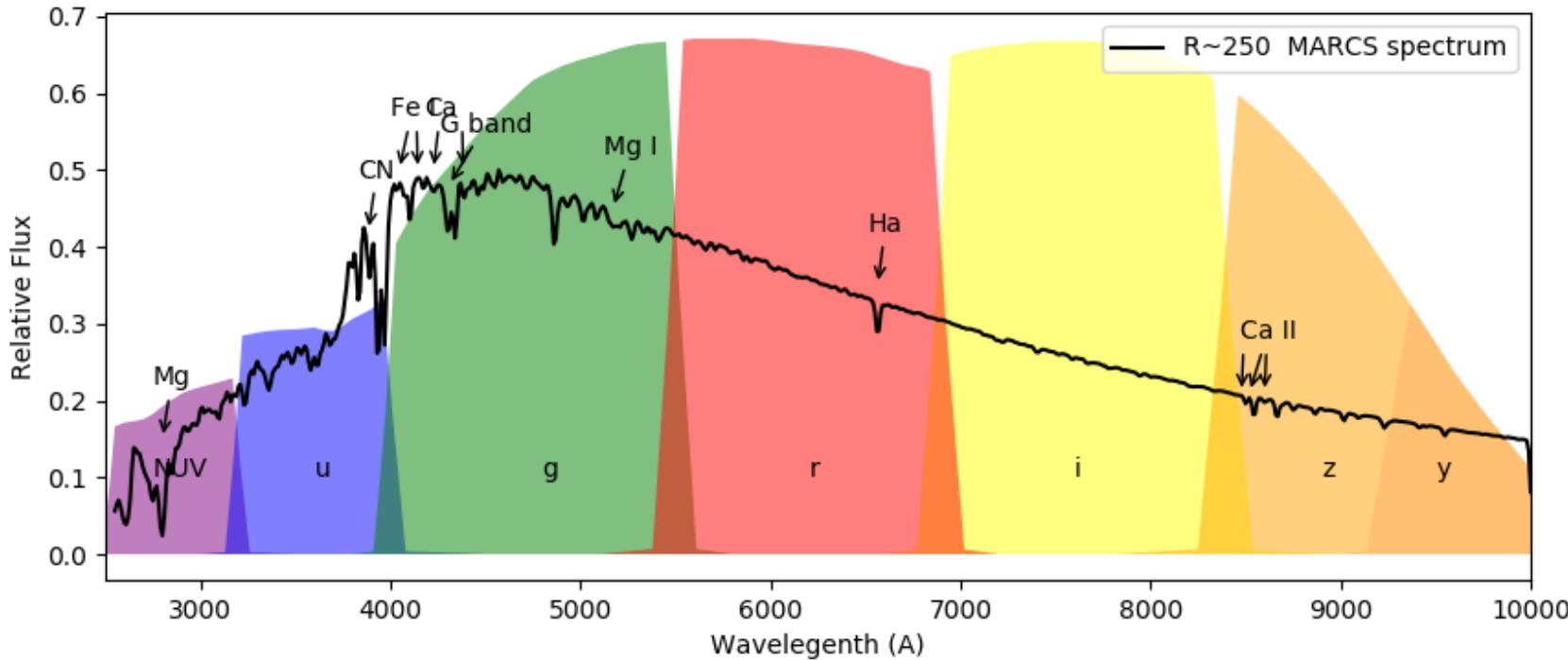
↑ 提供化学元素丰度等数据基础

子课题1. CSST测光和光谱中提取恒星丰度的技术研究和精度估计  
(罗阿理 卜育德 王瑞 李荫碧 侯文)

- ◆ 子课题2-4在科学上交叉融合、各有侧重
- ◆ 子课题1为2-4提供数据支持，根据预研究对数据质量的反馈完善方法



# CSST测光和光谱中提取恒星丰度的技术研究和精度估计(课题一)



分析了CSST无缝光谱数据  
对化学丰度敏感的特征

开发了一个估计元素丰度的  
内部测试平台

No back link

CSST Internal Parameter Service Page

Atmospherical Parameter Measurement

Please Choose The Menu!

Parameter Calculation

上传文件要求

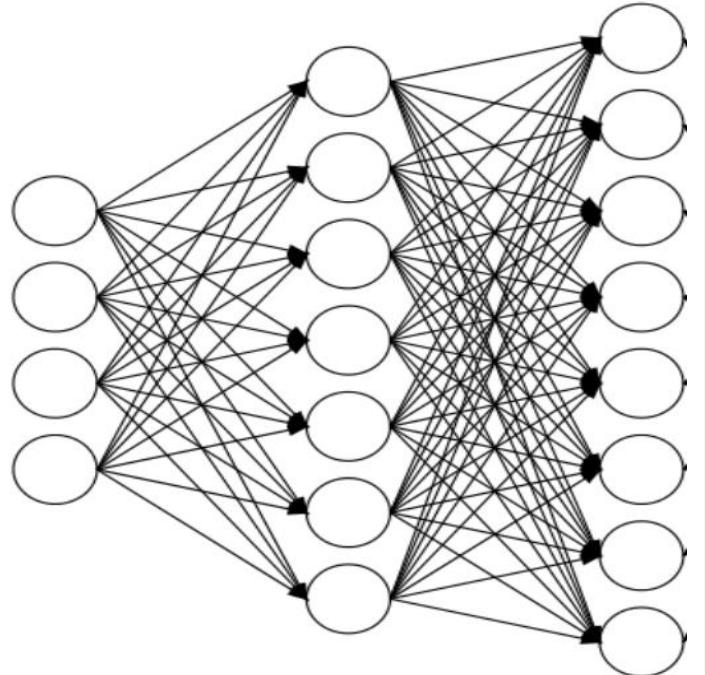
| 类型         | 文件格式  | 样例   |
|------------|---|--|
| 单个光谱fits文件 | .fits,波长范围必须覆盖或宽于2550-10000埃,分辨率200-250<br>波长和流量分别写入hdul[1].data["wavelength"],hdul[1].data["flux"] | sample fits<br>文件名只能包含字母数字或下划线<br>waves.csv fluxes.csv |
| 多条光谱文件     | .csv,需要波长和流量两个文件,一行代表一条光谱,逗号分隔,分辨率200-250   | waves.csv fluxes.csv<br>文件名只能包含字母数字或下划线                |



# CSST测光和光谱中提取恒星丰度的技术研究和精度估计(课题一)

方法

## Payne + Fitting (Ting et al. 2019)



网络结构:  $7 \times 64 \times 128 \times 746$

输入层: 7维 (Teff, log g, [Fe/H], [a/Fe], [C/Fe], [N/Fe], [O/Fe])

输出层: 746维 (Flux)

$$f_{\lambda} = w \cdot \sigma(\tilde{w}_{\lambda}^i \sigma(w_{\lambda i}^k \ell_k + b_{\lambda i}) + \tilde{b}) + \bar{f}_{\lambda},$$

$\ell_i$  为恒星大气参数,  $w$  为权重,  $b$  为偏置,  
 $\sigma$  为激活函数, 常用激活函数有 ReLU, LeakyReLU, sigmoid, Linear 等函数

Fitting :

$$f_{\text{obs}} = w \cdot \sigma(\tilde{w}_{\lambda}^i \sigma(w_{\lambda i}^k \ell_k + b_{\lambda i}) + \tilde{b}) + \bar{f}_{\lambda},$$

$$\text{Loss} = (f_{\text{obs}} - f(\text{labels}))^2$$

CurveFit 采用 Levenberg–Marquardt 算法求解最小二乘问题

误差估计:

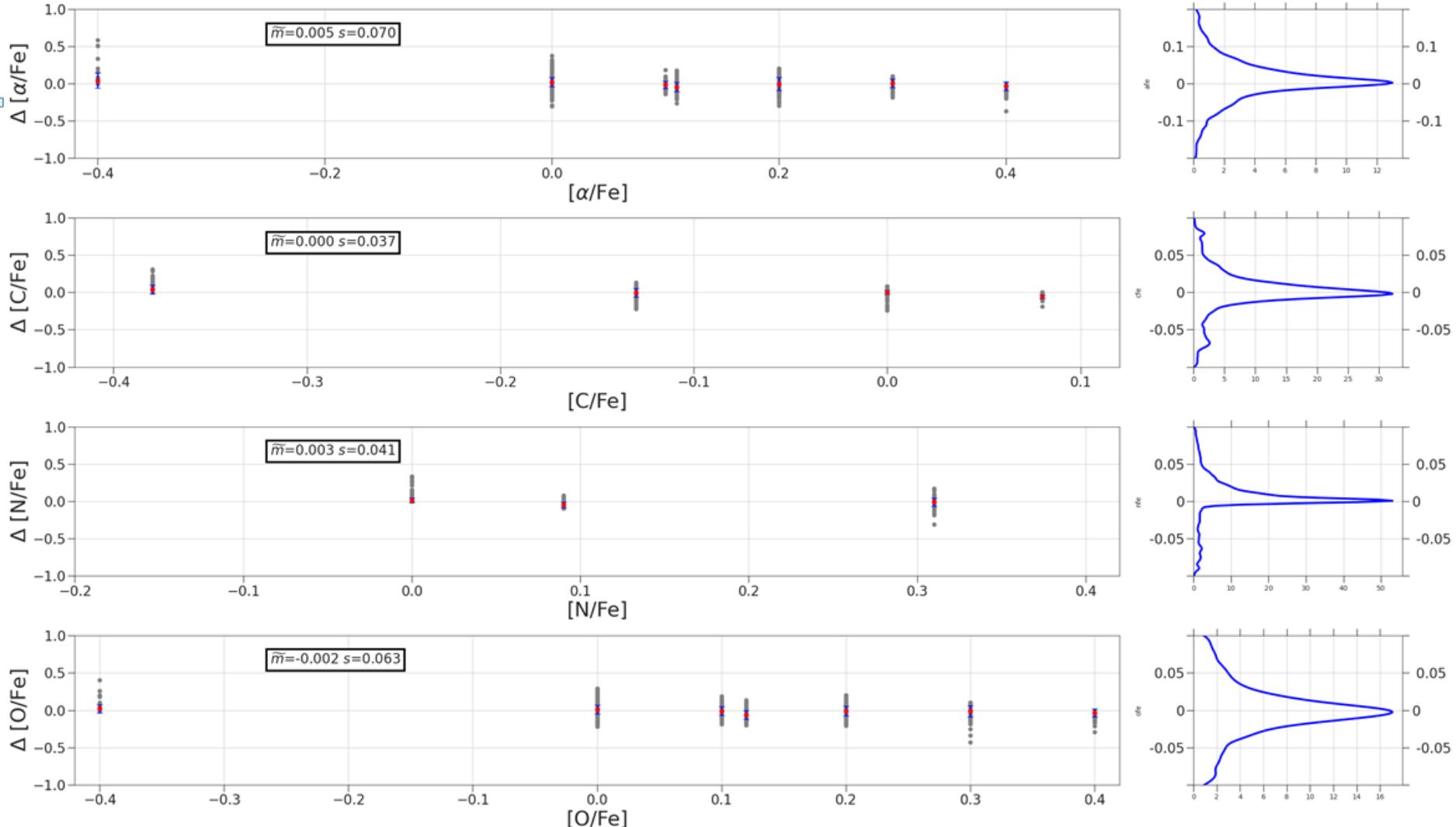
结合神经网络算法、贝叶斯算法、MCMC 算法等实现了对 CSST 低分辨模拟光谱恒星参数和丰度的点估计和误差估计



# CSST测光和光谱中提取恒星丰度的技术研究和精度估计(课题一)

Wang et al. to be submitted

2000条MARCS光谱测试





## 利用CSST仿真数据第一代恒星搜寻与星系早期演化预研究(课题二)

极贫金属(VMP)星是指金属丰度 $[Fe/H] < -2.0dex$ 的恒星

极贫金属星的重要意义在于它们是宇宙中最古老的一类恒星，携带  
着早期宇宙以及银河系演化的重要信息

在VMP恒星中，许多恒星的碳丰度 $[C/Fe]$ 的值很大，甚至比太阳大  
几个数量级。为了方便起见，这一大类天体被定义为 $[C/Fe] > 1.0dex$ 的

恒星，称作碳增丰贫金属(Carbon-Enhanced Metal-Poor, CEMP)星

CEMP可以用来研究第一代恒星，从CSST无缝光谱中估计 $[C/Fe]$



## 利用CSST仿真数据第一代恒星搜寻与星系早期演化预研究(课题二)

学习样本：10008条VMP恒星光谱（LAMOST）

### CNN模型的构建 网络结构

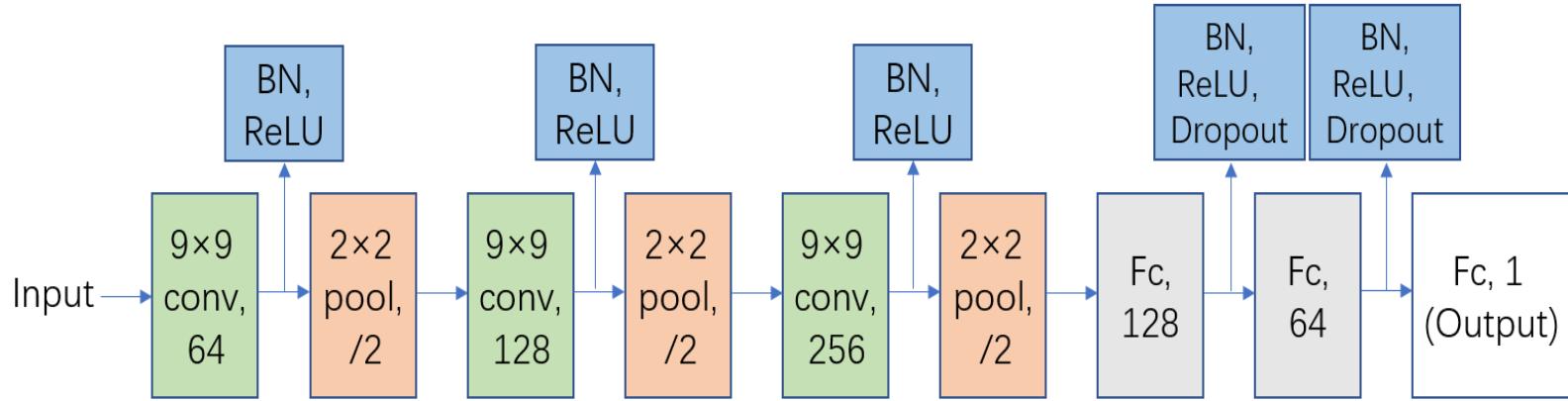
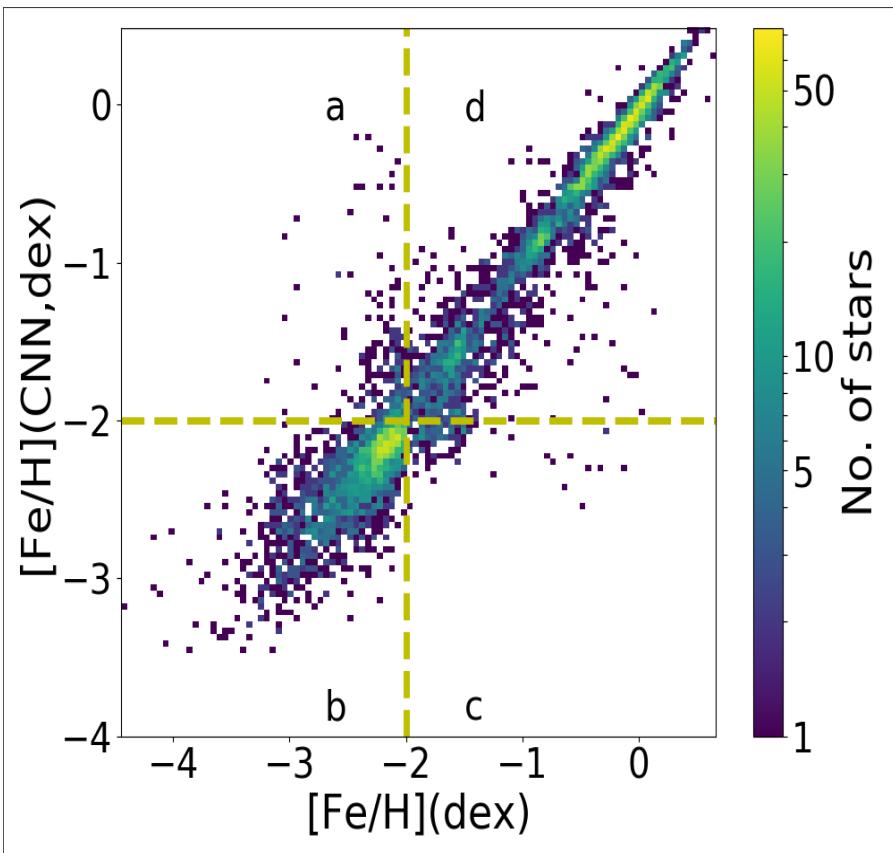


表1 CNN模型的网络结构

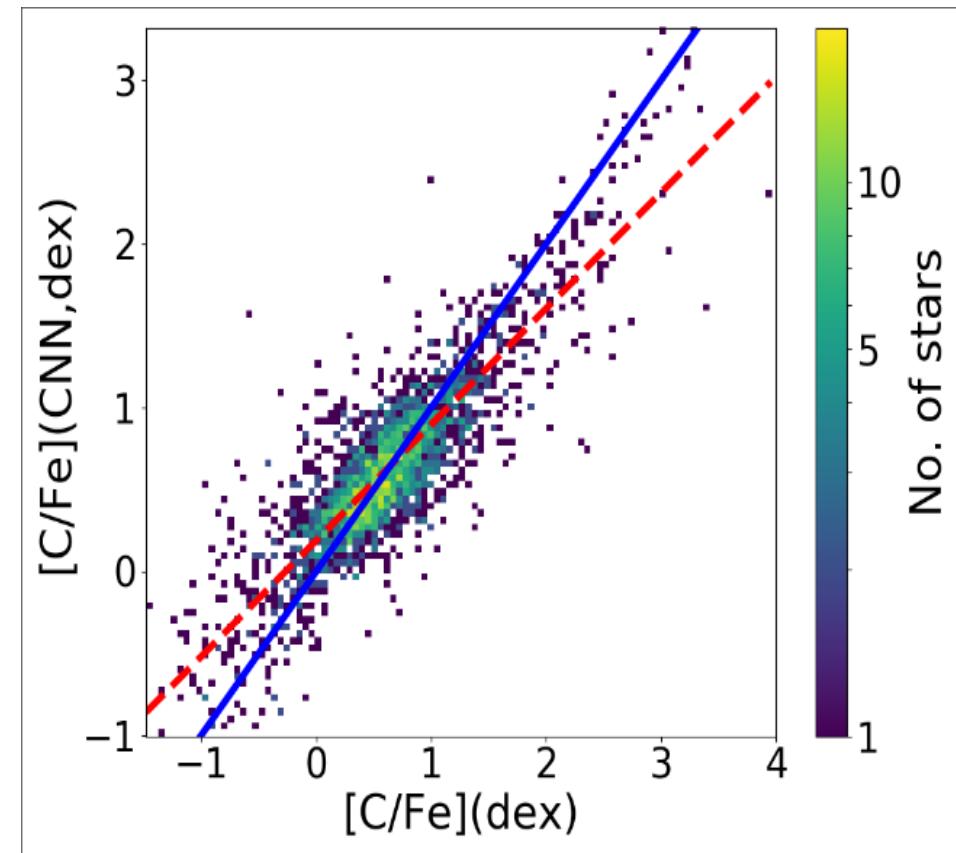
| 名称   | 超参数  | 层数 |
|------|--|----|
| 卷积层  | $9 \times 9, 64$<br>$9 \times 9, 128$<br>$9 \times 9, 256$ | 3  |
| 池化层  | $2 \times 2$<br>$2 \times 2$<br>$2 \times 2$               | 3  |
| 全连接层 | 128<br>64  | 2  |



## 利用CSST仿真数据第一代恒星搜寻与星系早期演化预研究(课题二)



MAE=0.14dex , SD=0.24dex ,  
M=0.011dex



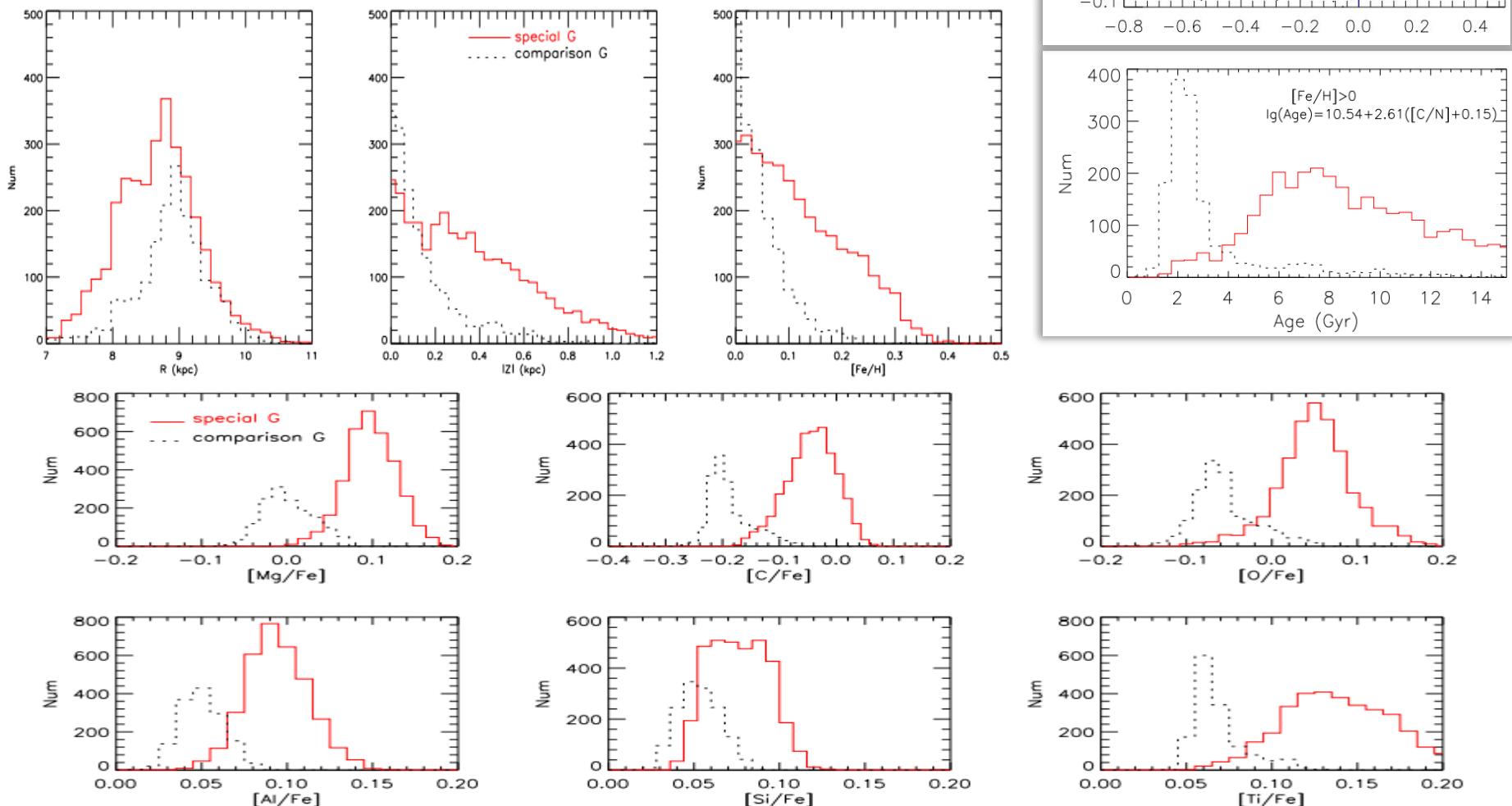
MAE=0.22dex , SD=0.30dex ,  
M=-0.0028dex



## 银晕银盘核球化学协同演化研究（课题三）

Zhang et al. 2021, RAA

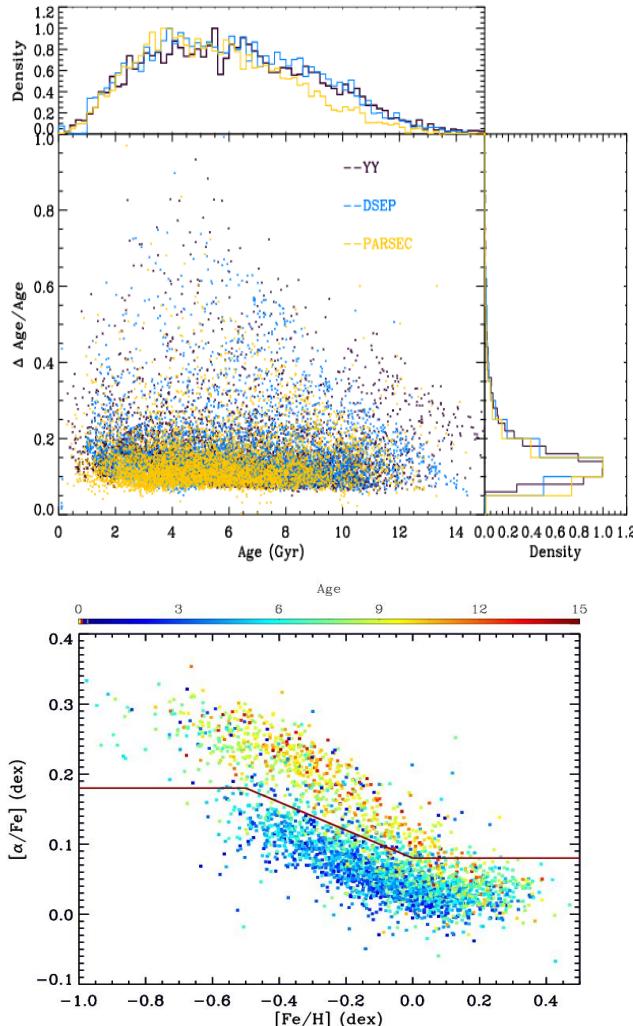
利用LAMOST-MRS数据发现高alpha富金属星来自核球，这是银盘径向迁移的证据，初步形成适用CSST数据研究化学协同演化的基本方法





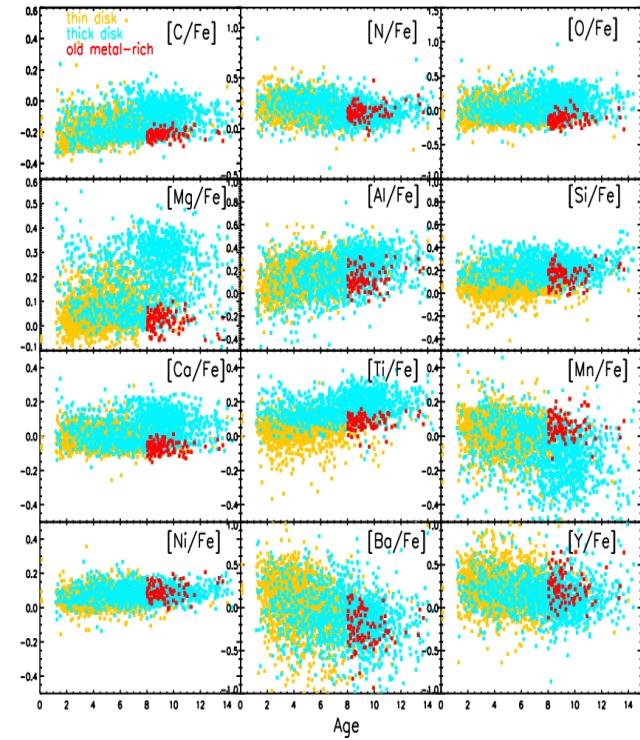
## 银晕银盘核球化学协同演化研究（课题三）

LAMOST DR5星表与Kepler星震学交叉：5328颗红巨星  
用三种isochrone计算年龄，讨论系统差



化学区分薄厚盘，红色的线为薄厚盘的区分线  
年老富金属星： $[\text{Fe}/\text{H}] > 0$ ,  $\text{Age} > 8 \text{ Gyr}$

## 年老富金属恒星起源



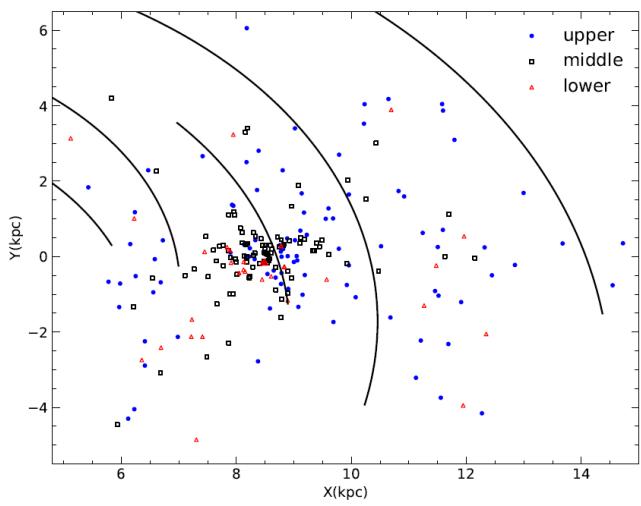
年龄与12种元素丰度之间的关系  
年老富金属星与薄盘星的性质更接近



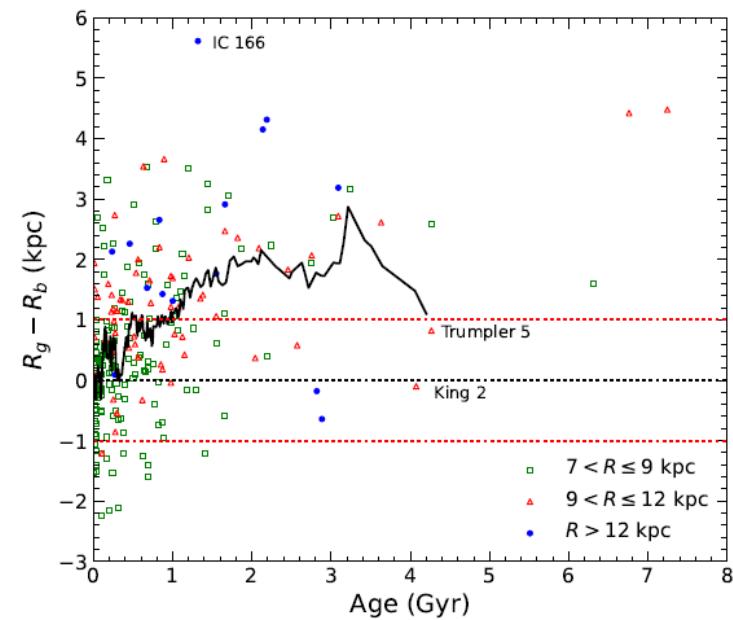
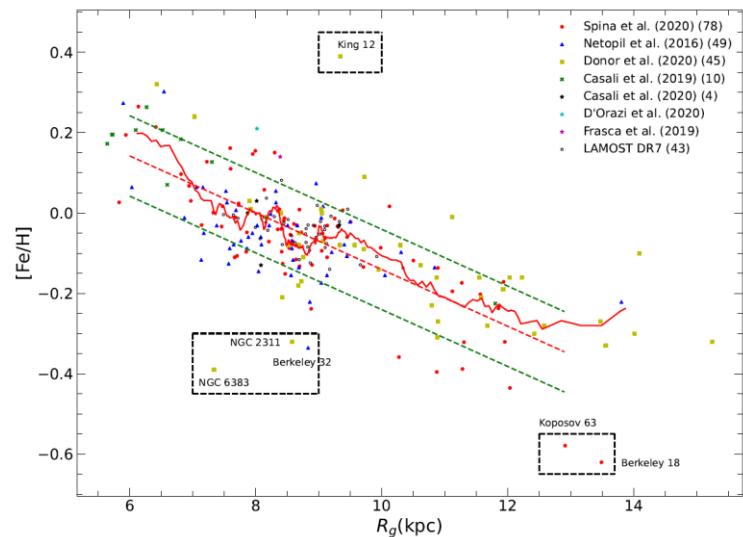
## 银晕银盘核球化学协同演化研究（课题三）

### 疏散星团金属丰度梯度揭示内盘与外盘不同的径向迁移效应

- 基于LAMOST-LRS数据和其它光谱数据，利用 $R_g$ （导向半径）分析疏散星团金属丰度梯度，发现三个分支对应不同的年龄和分布
- 发现银盘分界 $R_g=11.5\text{Kpc}$ ，内盘与外盘呈现不同的径向迁移效应



Zhang, Chen & Zhao 2021, ApJ



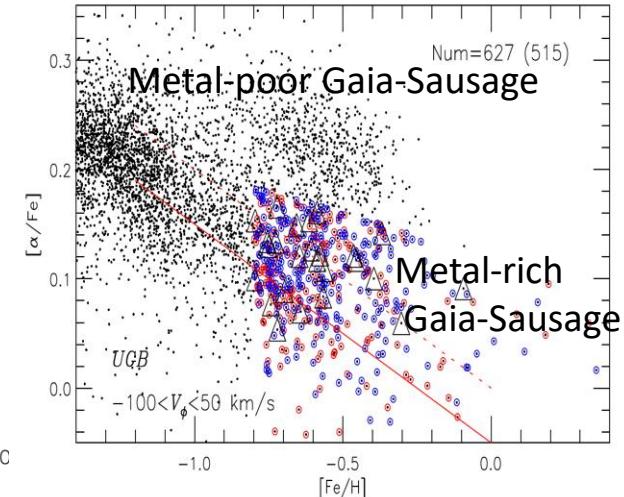
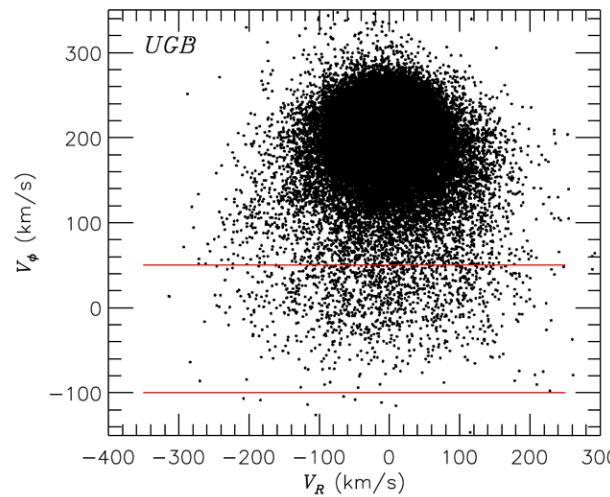


## 银晕银盘核球化学协同演化研究（课题三）

### GES并合遗迹研究

Zhao G et al. 2021, SCPMA

- 利用LAMOST数据找到Gaia-Sausage-Enceladus的富金属成分 ( $[Fe/H] > -0.8$  dex)，与已知的贫金属成分形成自然延续



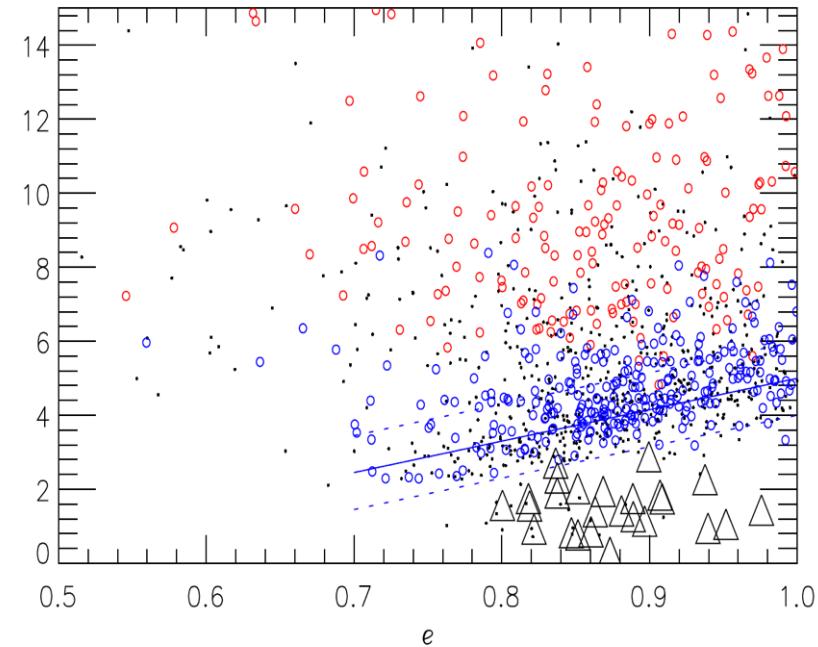
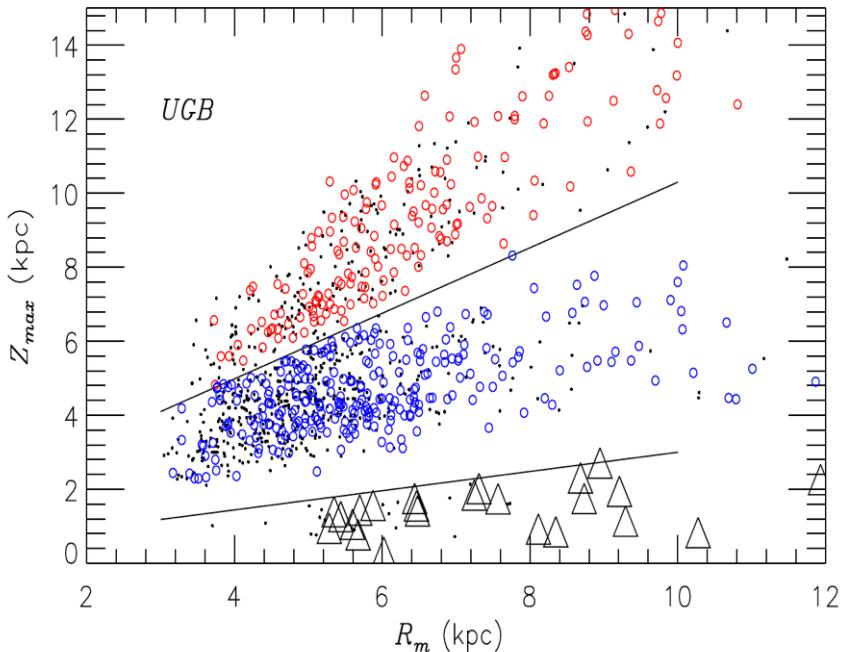


## 银晕银盘核球化学协同演化研究（课题三）

### GES并合遗迹研究

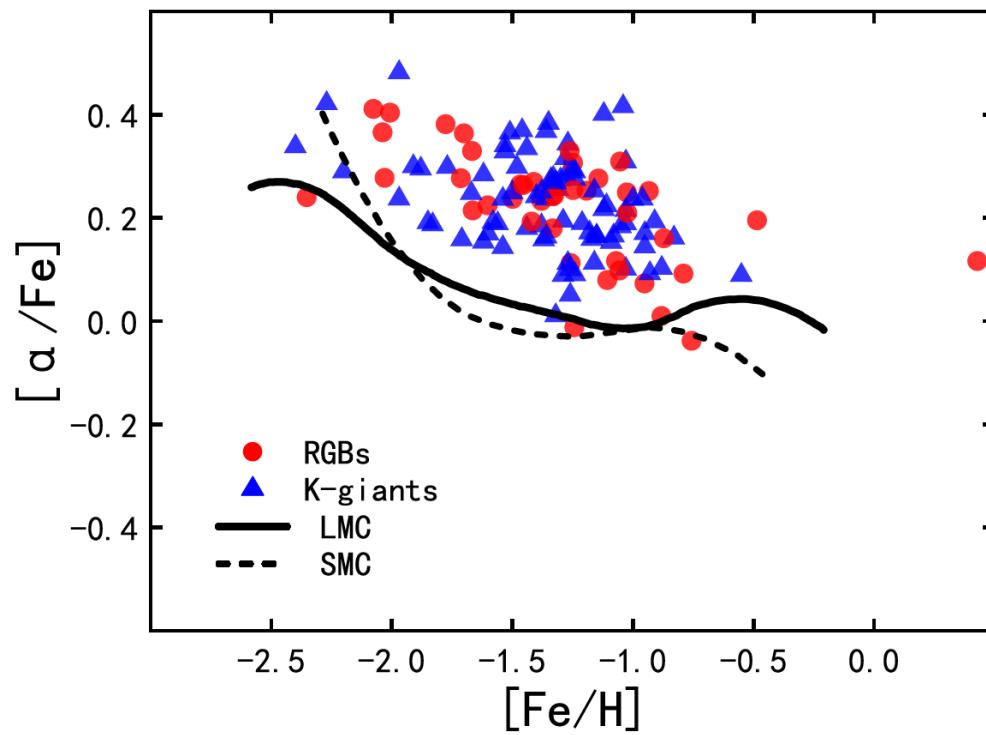
Zhao G et al. 2021, SCPMA

- 这些富金属成员星聚集在距离银盘4kpc处，形成银盘和银晕的分界





## CSST完成银河系与近邻星系化学演化比较策略分析 (课题四)

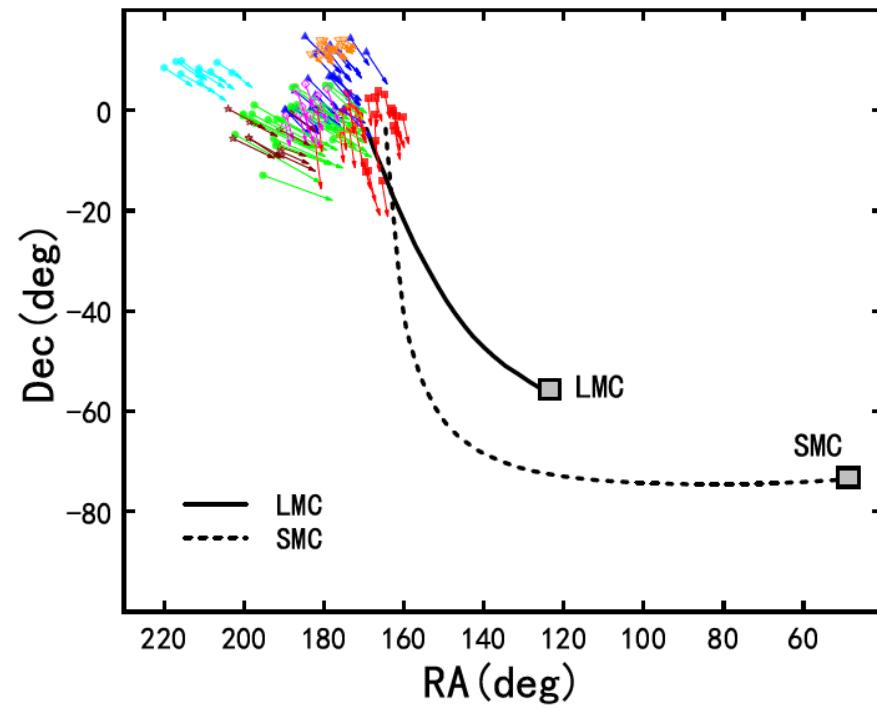


彩色的数据点是利用LAMOST、SDSS挑选的Virgo星流成员星，LMC、SMC的丰度曲线来自Nidever et al. (2020)。

上图：Virgo 星流成员星丰度与LMC、SMC 的丰度对比。

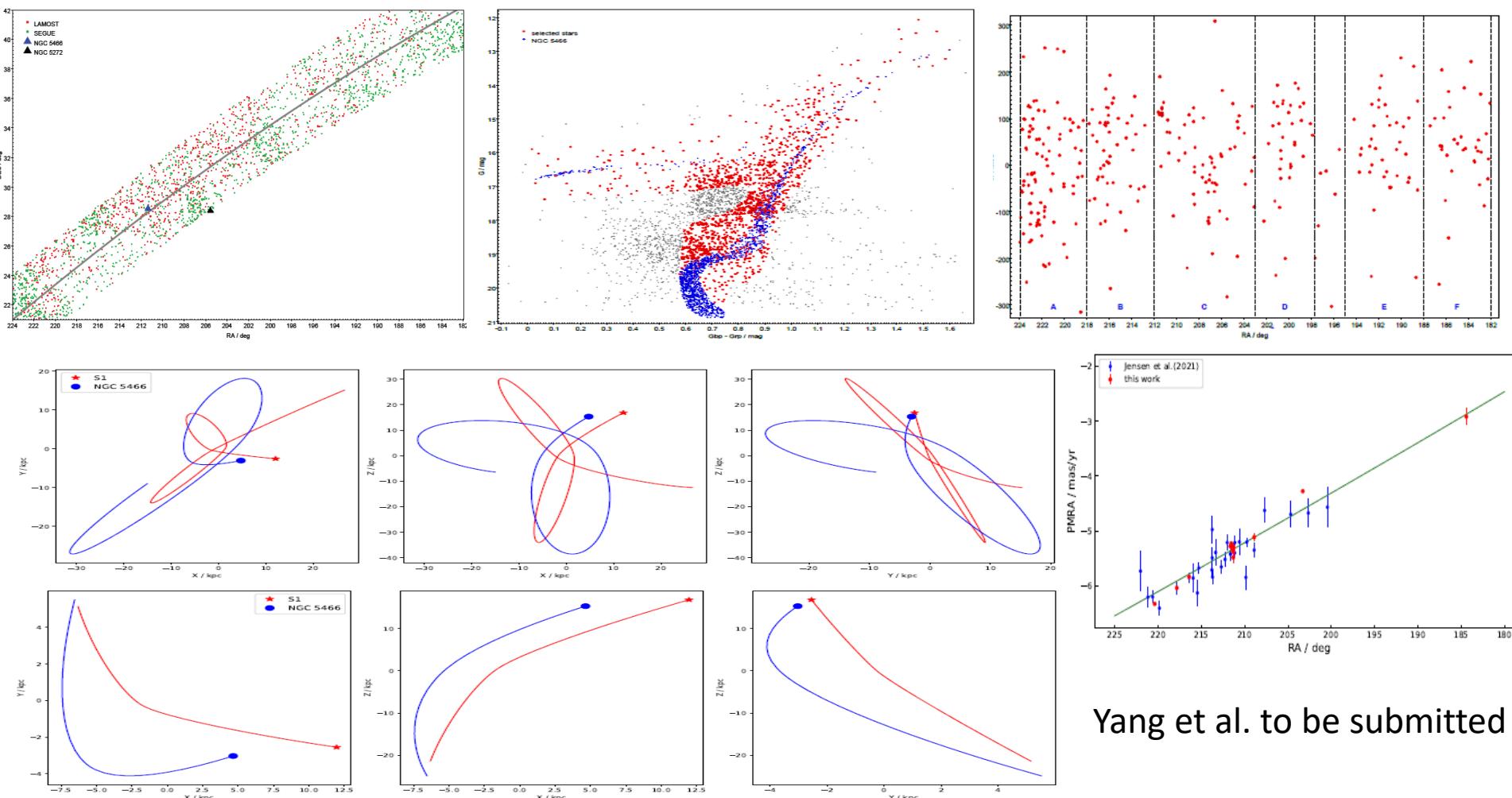
右图：Virgo 星流成员星运动方向与LMC、SMC轨道的对比。

Virgo结构的起源分析





## CSST完成银河系与近邻星系化学演化比较策略分析 (课题四)



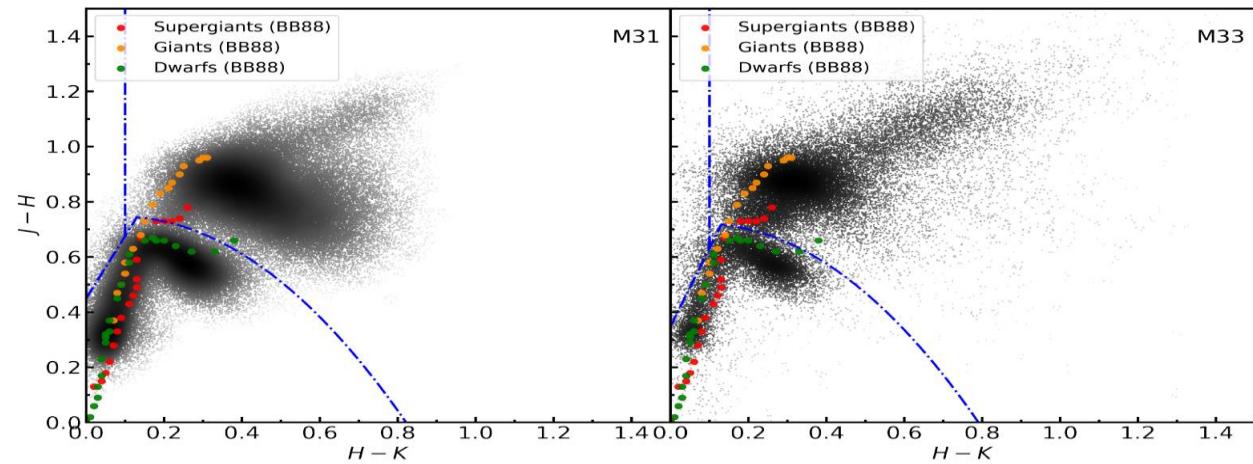
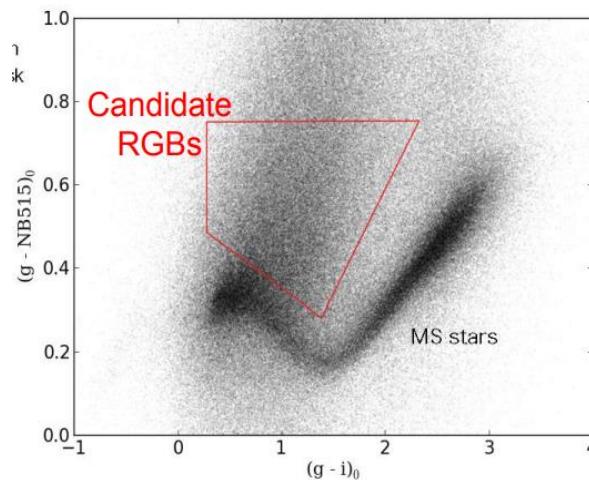
Yang et al. to be submitted

利用Gaia Edr3, SEGUE, LAMOST DR8 研究了星流NGC5466认证了新的成员星给出了强有力的证据这个星流长度45度



## CSST完成银河系与近邻星系化学演化比较策略分析 (课题四)

M31/M33成员判定

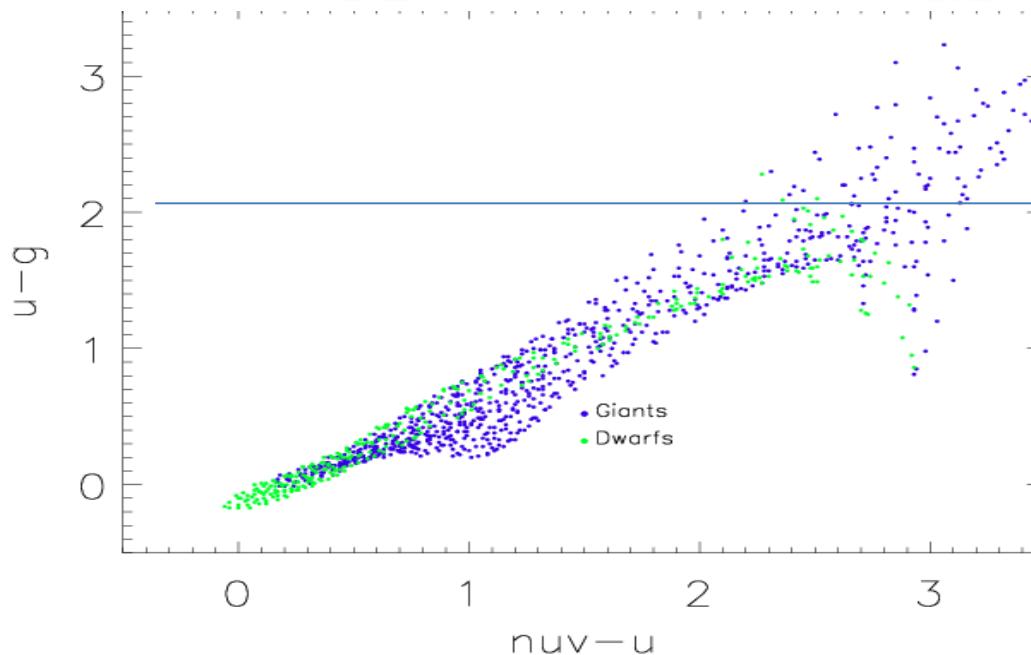


生成了CSST合成星等：

Kurucz model

研究了利用双色图区分  
矮星和巨星

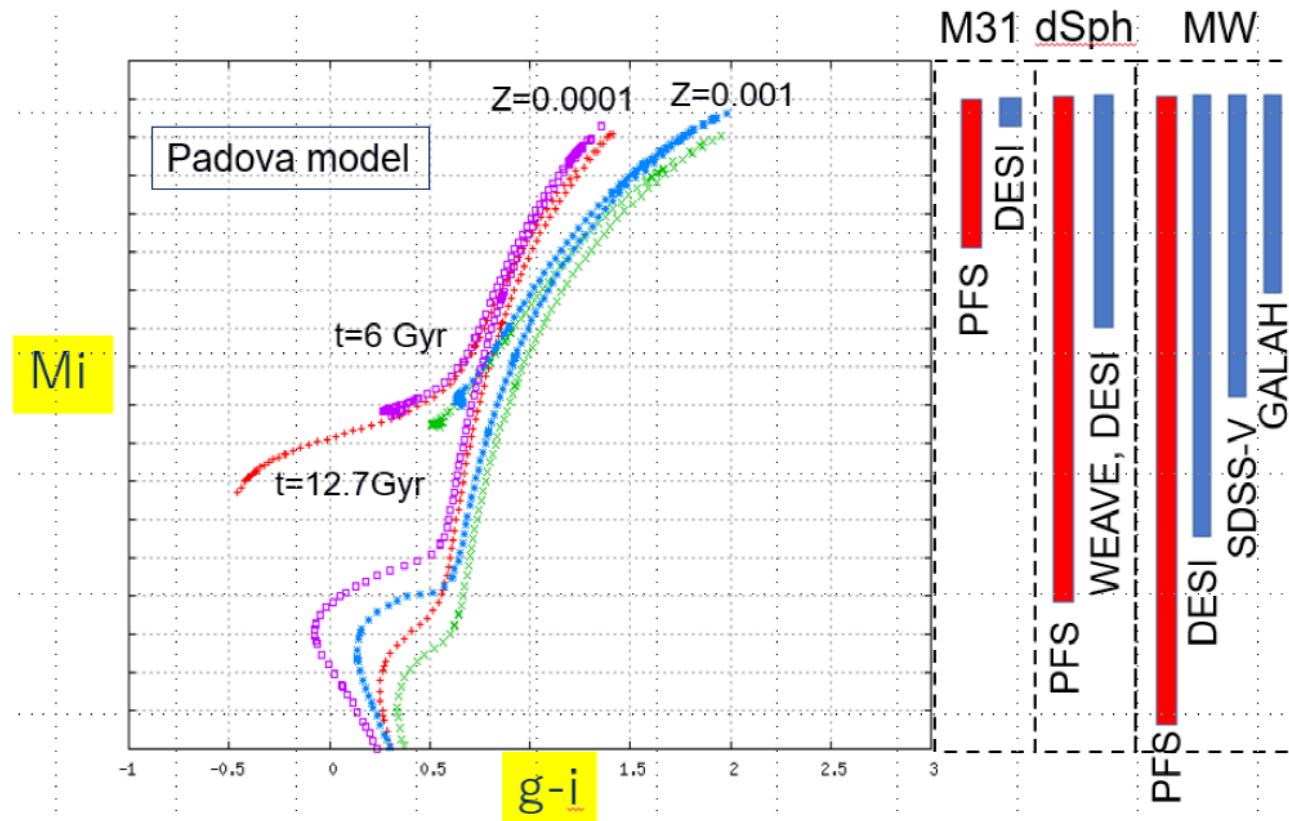
$\text{Log} g < 3.5$ : Giants





## CSST完成银河系与近邻星系化学演化比较策略分析 (课题四)

参加PFS-GA工作组的例会，将来和  
CSST数据进行结合： M31+dSph





## 总结

### 子课题1+2：

CSST理论光谱库和丰度测量平台的建立

实现LAMOST-LRS挑选VMP的技术

成功挑选CEMP

### 子课题1+3：

LAMOST-MRS挑选高 $\alpha$ 富金属星，从核球通过径向迁移到太阳邻域  
银盘+核球co-evolution; old MR, TD-TN co-evolution

LAMOST-LRS 疏散星团研究内盘外盘径向迁移的不同机制

LAMOST-LRS寻找低 $\alpha$ 星，发现GSE等并合遗迹(Zhao21),

### 子课题1+4：

Virgo-overdensity成员星的选取，与GSE/MC的联系

NGC5466的星流成员星

LMC/M31的成员星判据，比较研究



## 后继研究及问题探讨

[Fe/H]<-3 测光数据确定

NUV-[a/Fe] 确定

M31丰度

谢谢大家！