

基于梦飞望远镜巡天的 银河系研究

苑海波（北京师范大学）

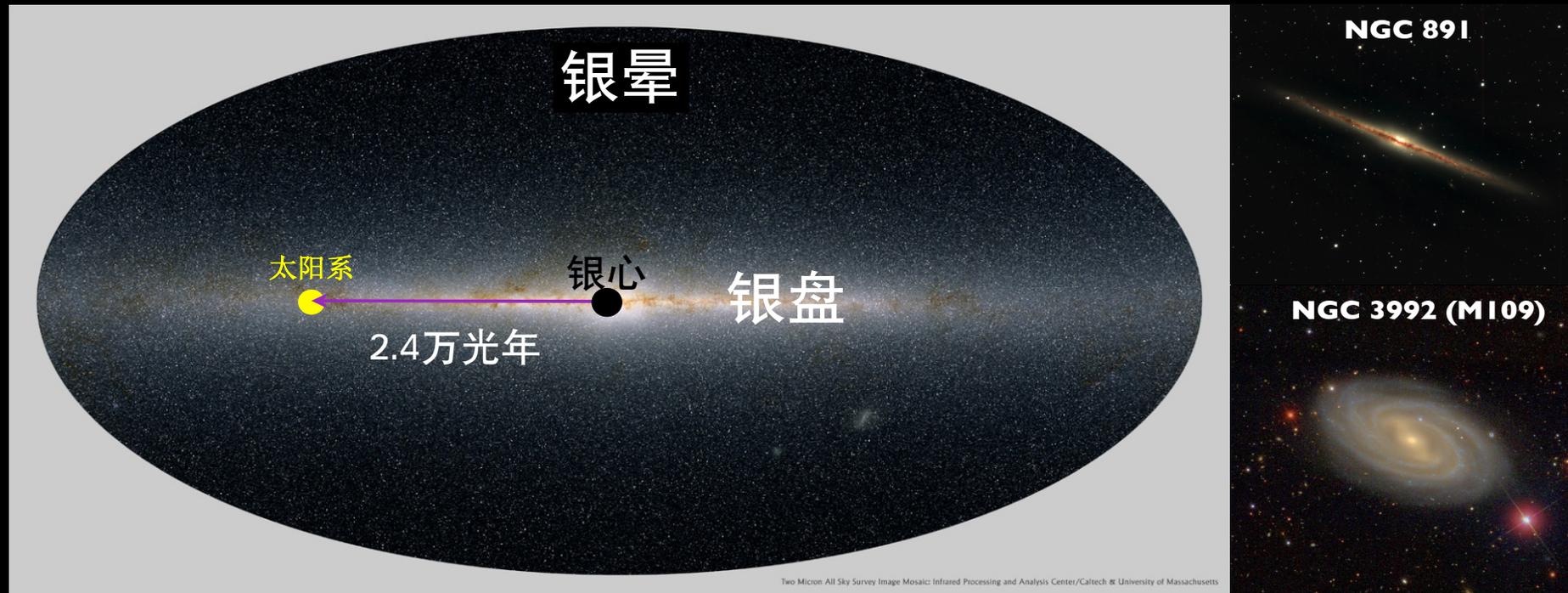
云南大学：刘晓为、陈丙秋、方圆、张敬华、Edoardo Lagioia

北京师范大学：李坦达

报告提纲

- 研究背景
- 梦飞银河系巡天的特色与优势
- 研究内容
- 总结

银河系研究的重要意义



- 唯一能将成员星解析为单体做细致研究的典型的盘星系
- 唯一能对从系外行星/褐矮星/白矮星到超巨星做完整星族分布研究的星系;
- 唯一能对物质/暗物质三维空间分布和密度做天体物理学测量的场所;
- 唯一能对恒星/星团形成过程及其反馈效应做细致天体物理学研究的场所

银河系研究的挑战

挑 战：数千亿颗恒星分布在全天，消光遮挡，距离难定



对银河系的了解滞后于对宇宙整体的了解

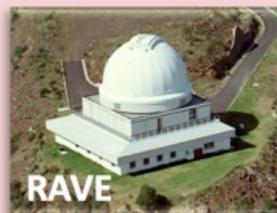
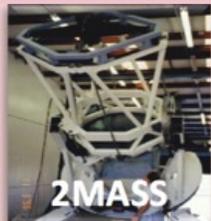
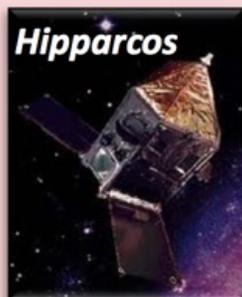
银河系研究的黄金时期

高度依赖于大视场巡天，方兴未艾

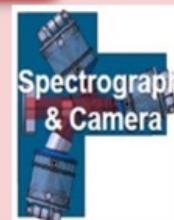
天测巡天

测光巡天

分光巡天



星震学

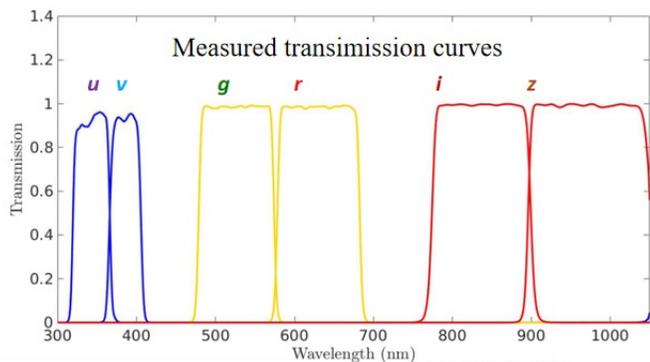


5

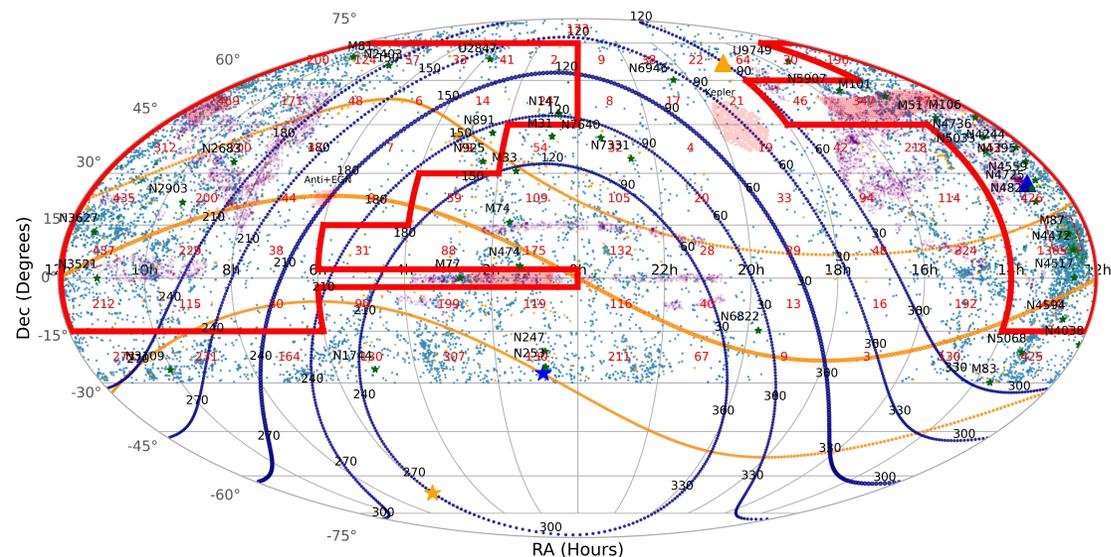
分光巡天(LAMOST等):
视向速度、元素丰度
~ 10⁷, 18等

天测巡天(Gaia):
距离、自行
~ 10⁹, 21等

梦飞望远镜银河系巡天



~ 12000平方度,
12*45s,
u/v 10-sigma极限星等 ~21.5等

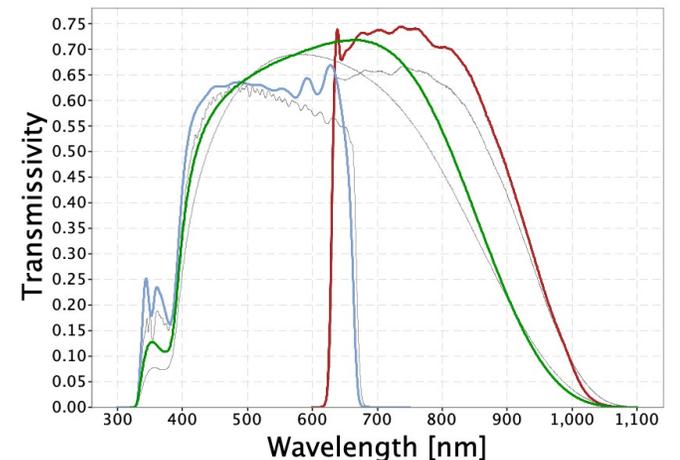


Survey	Aperture (meters)	Field of View (square degrees)	Sky Area (N/S) ^a (square degrees)	$N_{N/M}$ ^b	Depth (5σ)
SkyMapper	1.35	5.7	21,360 S	2	~21.7 at r band
Pristine	3.6	1.0	>2500 N	1	~21.0 at g band (10σ)
SAGE	2.3/1/1 ^c	1.1/2.3/0.4 ^c	12,000 N	5	~20 at V band
J-PLUS	0.8	2.0	8500 N	7	~21.5 at r band
S-PLUS	0.8	2.0	9300 S	7	~21.3 at r band (3σ)
J-PAS	2.5	4.7	8500 N	54	~24.0 at r band
Mephisto	1.6	2.1	>20,000 N	2	~23.3 at r band

梦飞银河系巡天的特色与优势

- u/v/g/r/i/z滤光片系统对恒星基本参数具有优秀的敏感性
- 三通道实时颜色测量，更高的颜色定标精度
- 巡天面积（银盘+银晕）和深度（12*45s, u/v(10-sigma)~21.5等）
- 与Gaia天测数据互补，与XP光谱数据（紫外效率差）互补

大天区、完备的、亿颗恒星的高精度参数



主要研究内容与目标

- 完成 $>5,000$ 平方度银盘、银晕的多历元多波段高精度（优于1%）测光巡天
- 测量并发布 >1 亿颗恒星的高精度基本大气参数星表
- 详细刻画银河系从极富端到极贫端（ $-4 < [\text{Fe}/\text{H}] < 1$ ）金属丰度分布函数及随时空的演化；搜寻极端贫金属星
- 精细描绘银河系的结构与子结构

1、高精度测光巡天与定标

- 基于精细维象模型：星等项、颜色项、立方棱镜项、大/中尺度平场、增益变化
- 基于物理模型（大气+仪器）的正向建模
- 基于物理模型（大气+仪器+恒星）、恒星参数测量一体化正向建模

工作基础

- 发展了恒星颜色回归方法、Gaia光度合成方法，将多个重要巡天数据定标到毫星等级别：
 - SDSS Stripe 82 (Yuan+15, Huang+22)
 - PS1 (Xiao+22,23a)
 - SAGES (Fan+24, Xiao+23b)
 - SkyMapper (Huang+21)
 - J-PLUS/S-PLUS (Xiao+23c, 24)
 - VPHAS+ (Chen+24)
 - Gaia DR2/3 (Niu+21a,b; Yang+21)
 - Gaia XP (Huang+24)

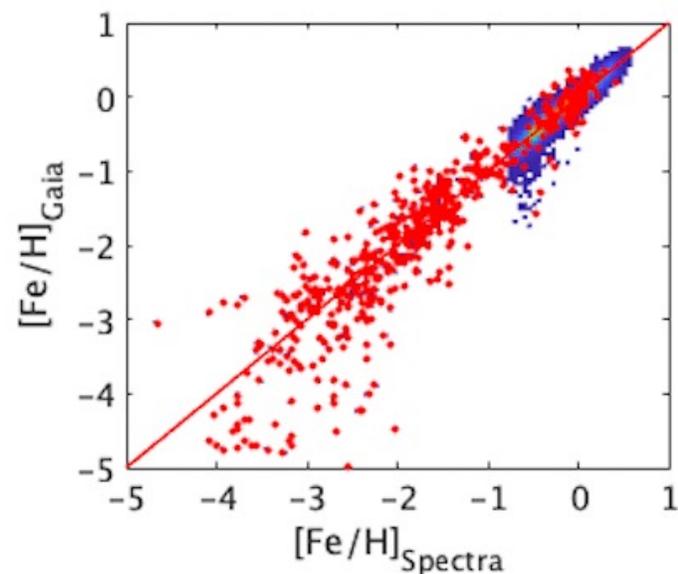
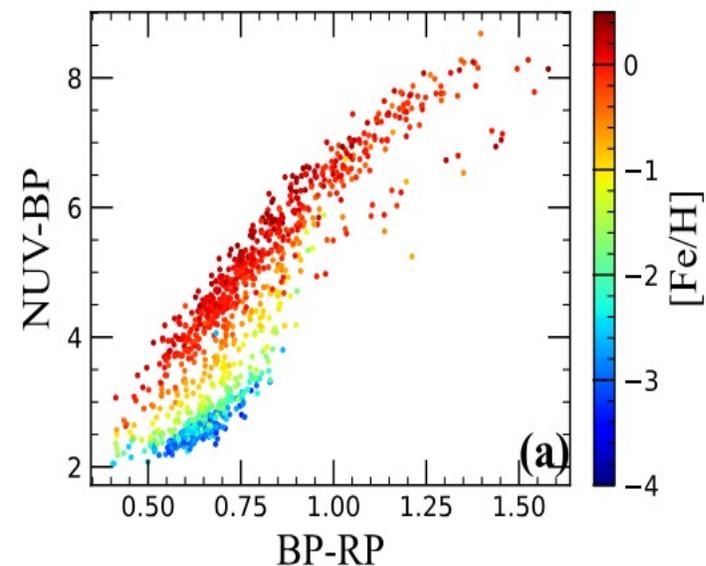
Bands / Colors	std of ZP (SNR)
u	0.031 (300)
v	0.011 (300)
g	0.005 (500)
r	0.005 (500)
i	0.005 (400)
z	0.006 (500)
u-g	0.032 (300)
v-r	0.011 (300)
g-i	0.005 (500)
r-z	0.008 (550)

2、测光参数

- 基本大气参数测量：颜色轨迹方法、深度学习方法
- 年龄测量（主序拐点星/亚巨星/巨星）：Gaia距离+恒星演化模型
- 距离测量（巨星）：贝叶斯方法
- 消光测量（低银纬恒星）：3D消光图、多波段SED拟合
- C、N、Mg丰度测量：结合Gaia XP光谱数据
- 参数标定：星震学样本（见坦达报告）、星团成员星、宽距双星等

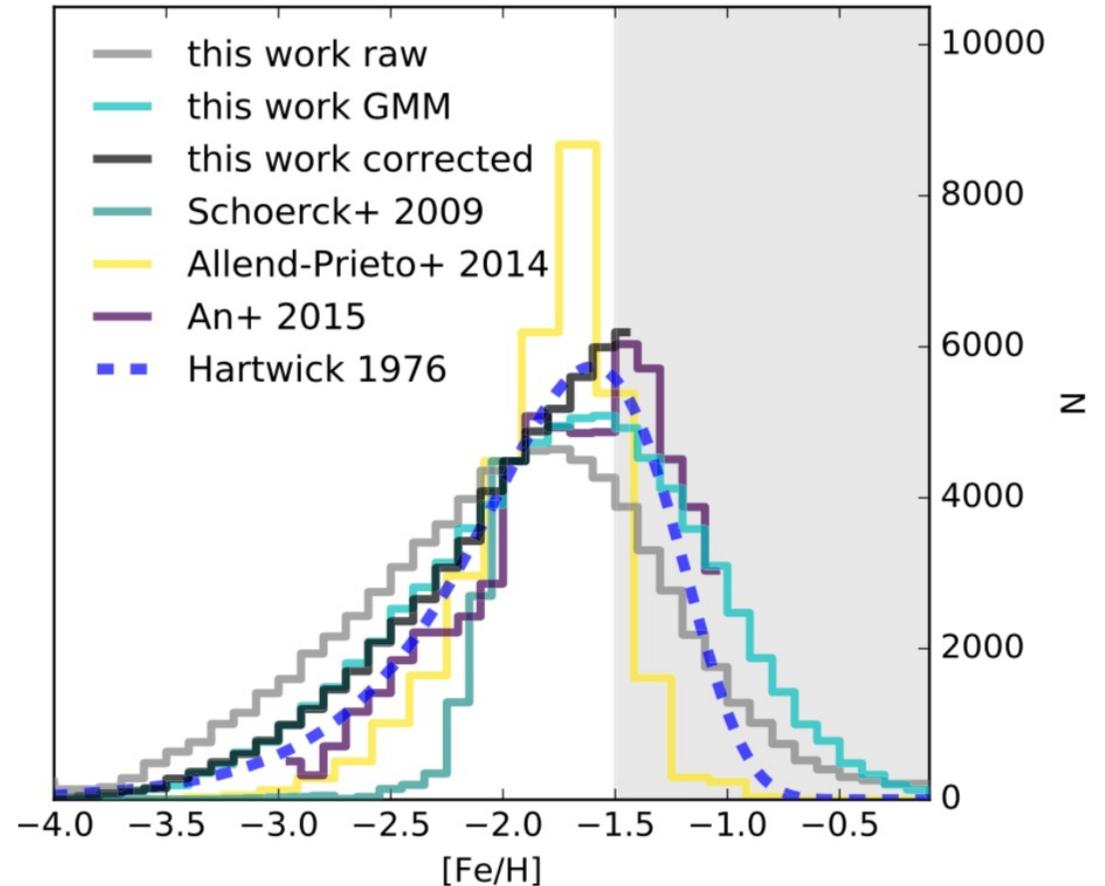
工作基础

- 利用经验模型方法，实现了SDSS (Yuan+15)、SAGES (Huang+24)、Galax (Lu+23)、Gaia (Xu+22; Huang+ in prep.) 等不同类型测光数据的丰度测量，精度媲美中低色散光谱，最低可至-4
- 利用深度学习方法，针对JPLUS多色窄带数据 (Yang+22) 和GaiaXP无缝光谱数据 (Xiang+24, in prep.)，实现基本大气参数、消光、及C/N/Mg元素丰度测量



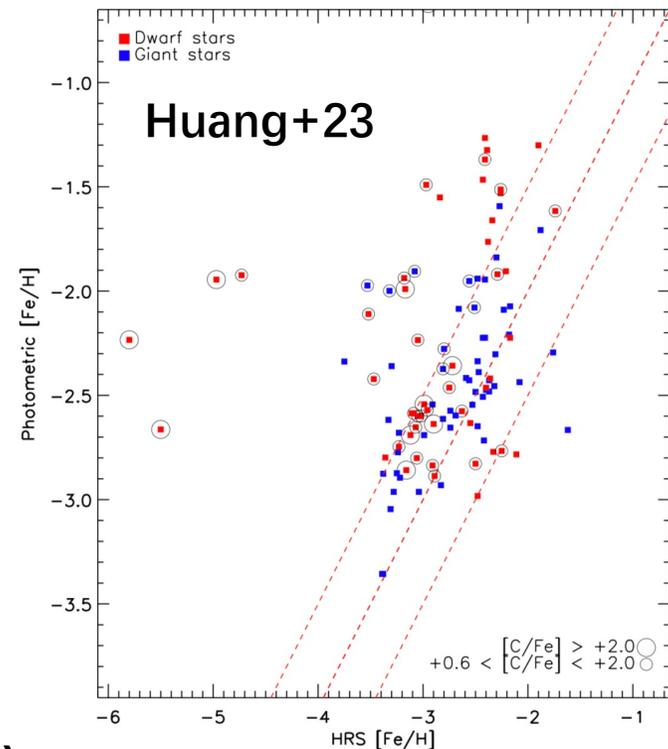
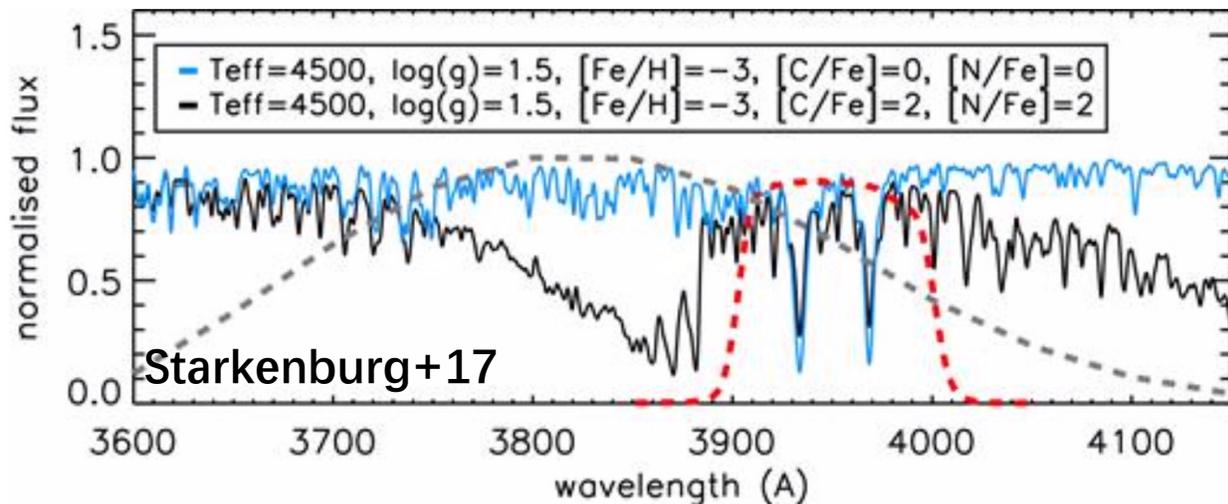
金属丰度分布函数（MDF）及随时空演化

- MDF与恒星形成历史、化学增丰历史、星系并合历史和恒星迁移历史等密切相关，是研究银河系形成和化学运动学演化的有力工具
- 利用不同类型恒星样本，改正样本选择效应、测量效应，精确描绘太阳附近从极富端到极贫端（ $-4 < [\text{Fe}/\text{H}] < 1$ ）的MDF
- 利用NFM非负矩阵分解等方法对银河系不同位置、不同年龄处的MDF进行分解、重构，开展统计研究，揭示银河系结构及集成历史



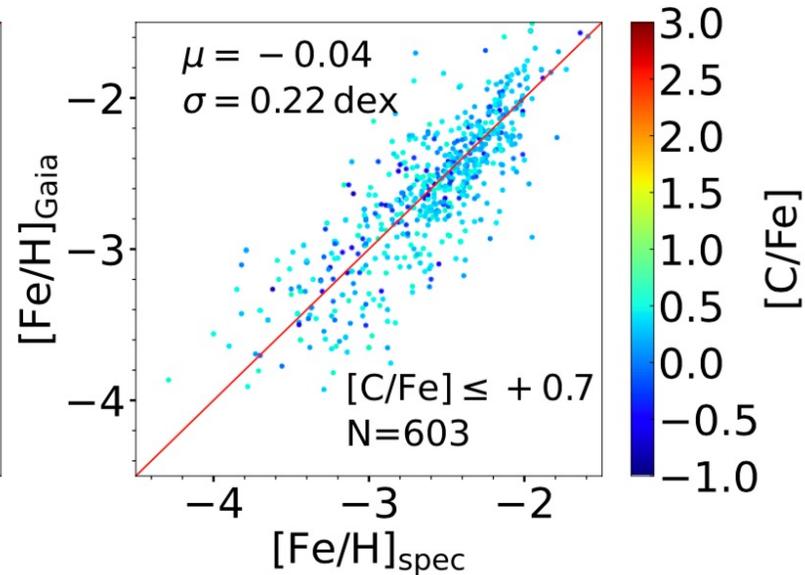
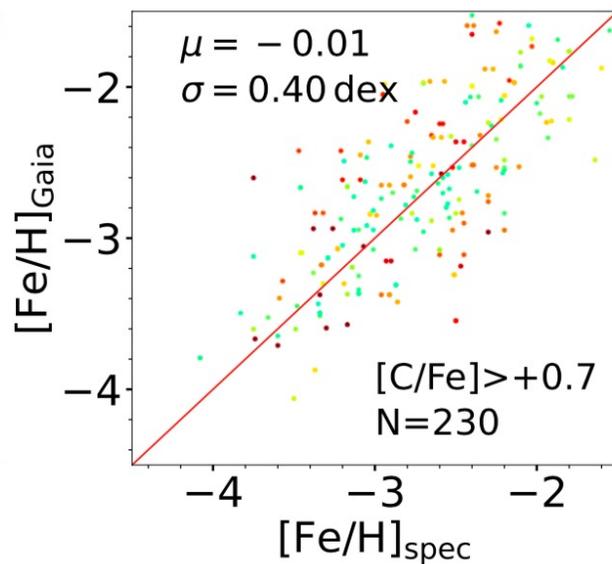
极端贫金属星搜寻

C增丰的影响



Yang+ in prep. (杨琳报告)

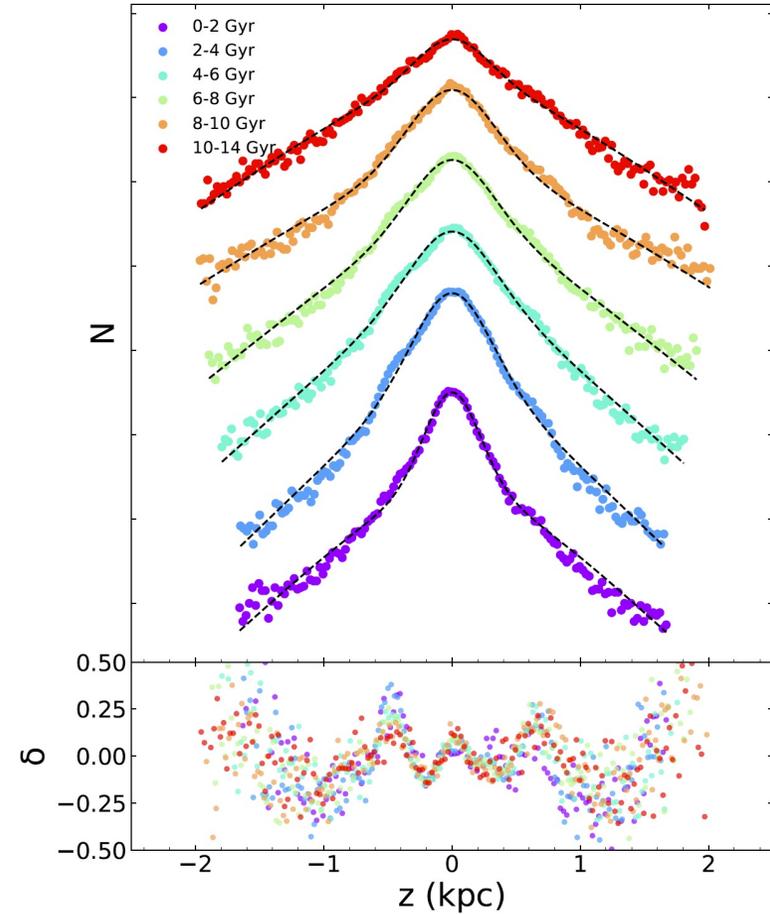
- 结合Gaia XP数据，可以极大地减弱C增丰的影响，实现对EMP([Fe/H]<-3)恒星的可靠筛选
- 结合Gaia XP数据，测量C、N、Mg元素丰度



银河系结构与子结构

- 对银盘与银晕的结构与子结构进行精细描绘
 - 约百万颗具有可靠年龄测量（精度约20%）的主序拐点与亚巨星
 - 数十万颗具有精确距离测量（精度约10–15%）的红团簇星与蓝水平分支星
 - 数万颗年轻的主序前恒星与早期OB星

见丙秋报告



Wang+24

总结

- 利用梦飞巡天硬件优势（大视场三通道、特色滤光片），实现大天区面积海量恒星的高精度星等、颜色测量
- 结合高度互补的Gaia天测数据、XP光谱数据，得到亿颗恒星的高精度物理参数
- 系统刻画银河系从极富端到极贫端（ $-4 < [\text{Fe}/\text{H}] < 1$ ）金属丰度分布函数及随时空的演化；搜寻极端贫金属星；精细描绘银盘和银晕的结构与子结构