

# 500 米口径球面射电望远镜 (FAST)

## 优先和重大项目任务书

项目名称：M31 中性氢成像与脉冲星搜寻

项目 PI：王杰

项目周期：2020 年 1 月 – 2024 年 12 月

2020 年 1 月 6 日填

## 一、简 表

项目 负责人 信 息	姓 名	王杰	单 位	中国科学院 国家天文台
	职 称	研究员	电子邮件	jie.wang@nao.cas.cn
项目 简介	<p>(限 400 字)：</p> <p>FAST 望远镜以其极高的灵敏度，较好的空间解析度非常适合对近场的弥散源进行探测。M31 作为最邻近的类似银河系的星系，对于它及其晕区的了解将极大的帮助我们理解银河系的形成和演化。而国际上对于 M31 的观测，无论是干涉阵列还是单面望远镜，都不足以对该整个晕区星系物理展开细致研究。同时，目前在银河系外还没有探测到脉冲星。为此我们提出利用 FAST 对于 M31 开展 HI 成像研究和脉冲星搜寻的研究。</p> <p>我们将首先对 M31 晕区进行 HI 巡天，将首次对整个 M31 晕区的 HI 分布做出精确刻画。从而对 HVC 质量函数，矮星系 HI 质量函数，HI 与恒星分布相关，M31 与矮星系互动关联，M31/M33 系统中性氢的质量与恒星形成活动关联等前沿课题展开研究。然后，我们将对 M31 恒星盘做深度积分，完成 HI 成像，并协同多波段数据展开相关分析，理解恒星盘恒星形成方式与规律，并争取在脉冲星搜寻上做出突破性贡献。此外我们还将就 M31 内以及邻近的特殊矮星系展开细致研究，以理解这一前沿领域的诸多热点问题。</p>			

## 二、主要成员

序号	姓名	单位	职称	工作量（人月）	承担的主要任务
1	王杰	国家天文台	研究员	8	项目协调, M31 晕区 HI 巡天以及数据分析
2	吴京文	国家天文台	研究员	6	M31 恒星盘 HI 成图以及与多波段相关分析
3	Marko Krčo	国家天文台	高级运行科学家	3	M31/M33 系统中性氢与恒星形成率相关
4	王有刚	国家天文台	研究员	4	M31 内矮星系 HI 探测
5	蔡肇伟	国家天文台	研究员	6	M31 邻近矮星系研究

### 三、任务书正文（简明扼要阐述）

#### （一）科学目标和项目内容

##### 科学目标

因为干涉阵只适合较远而且在较小角度内的星系，从而灵敏度较低，而已有的单面望远镜因为速度和空间分辨率有限，所以目前国际上对于星系晕区的 HI 研究都着于较远星系周边 HI 环境的研究，但其较低灵敏度和对物理尺度较低分辨率都不足以让我们对这些星系里的 HI 展开细致研究。而对于 M31 晕区已有的 HI 观测的灵敏度和空间解析度都较低，所以国内外同行对于一个灵敏度更高，空间解析度更好的 M31 巡天有着迫切需求。我们期望通过 FAST 完成对 M31-M33 晕区的深度巡天，得到一个星系周围势阱内中性氢高速度分辨率，高空间分辨率的完整分布。从而为研究这些冷气体与恒星盘，恒星晕的相关提供可能。

而目前所有脉冲星的搜寻都局限在银河系内，如何能探测到最邻近的另外一个星系 M31 的脉冲星一直是个不小的挑战。FAST 的高灵敏度理论上为 M31 里搜寻到脉冲星提供了可能。我们期望通过本计划的实施找到第一颗河外脉冲星，如果有可能，我们希望得到更多的样本。

##### 项目内容

我们期望通过该项目，对 M31-M33 晕区（M31 周围 150 kpc 以内以及与 M33 连接区域）的 HI 进行精细的刻画，并尝试在该区域搜索脉冲星，其具体研究内容主要分三部分：

##### 1) M31 以及 M33 晕区内科学

通过对整个 M31-M33 区域的中性氢气观测，完成如下几个科学目标：

- A)完成 M31 晕区 HI 成图，开展 IGM 与卫星星系，恒星晕相关的研究
- B)晕区内 HI 点源的质量函数和分布，检验星系形成以及暗物质模型
- C)M31/M33 系统以及连接桥部分是否存贮有足够支持 M31 盘当前恒星

形成率的 HI 储备

##### 2) M31 恒星盘中性氢气分布

通过多目标巡天方式，利用 tracking 模式对 M31 恒星盘区域进行深度积分，完成 HI 成像与脉冲星搜寻，以完成如下科学目标：

- A)通过与多波段数据相关开展理解 M31 恒星盘内恒星活动的物理
- B)在 M31 恒星盘搜寻脉冲星

##### 3) M31 内以及以外特殊矮星系科学研究

通过 tracking 模式对 M31 内以及相邻矮星系内 HI 的成分和分布展开研究，主要为：

A)通过完备的观测 M31 矮星系的中性氢，刻画其中性氢质量函数，并利用其特性研究宇宙再电离历史

B)通过对邻近的星暴蓝致密矮星系，活动星系核的宿主矮星系，矮螺旋星系这三类特殊矮星系内的中性氢进行观测，获得对这些特殊矮星系的特性和形成历史的理解。

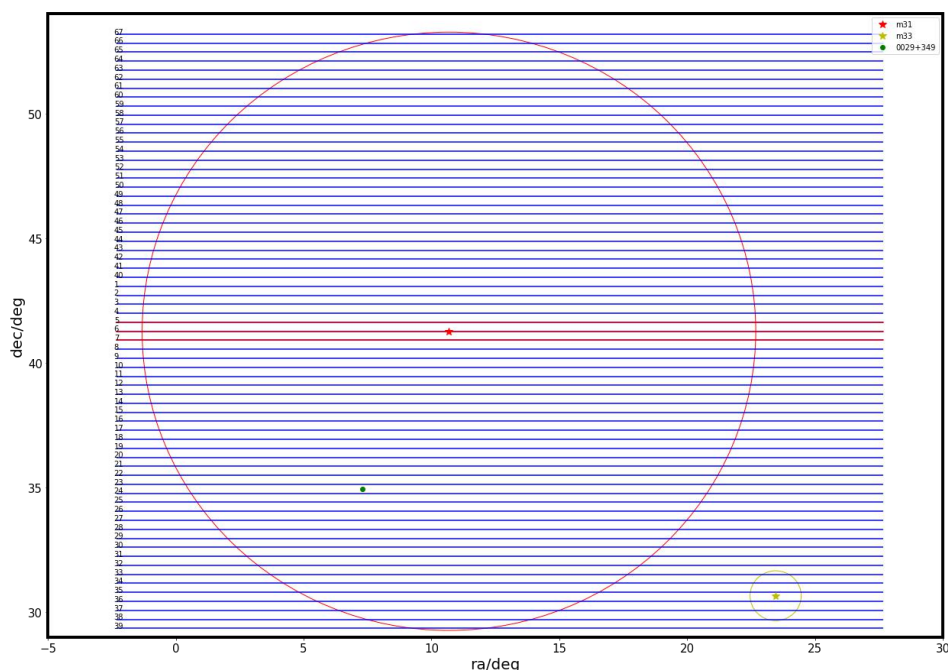
## (二) 观测计划及观测时间需求

针对以上的科学目标和研究内容，我们提出以下观测计划

### 1) 第一阶段：（需要时间约 300 小时）

完成一个较浅的 M31 晕区内的巡天。得到当前最佳的对该区域的 HI 成像，并完成 HI 点源的搜寻，

其观测计划如下图一所示：

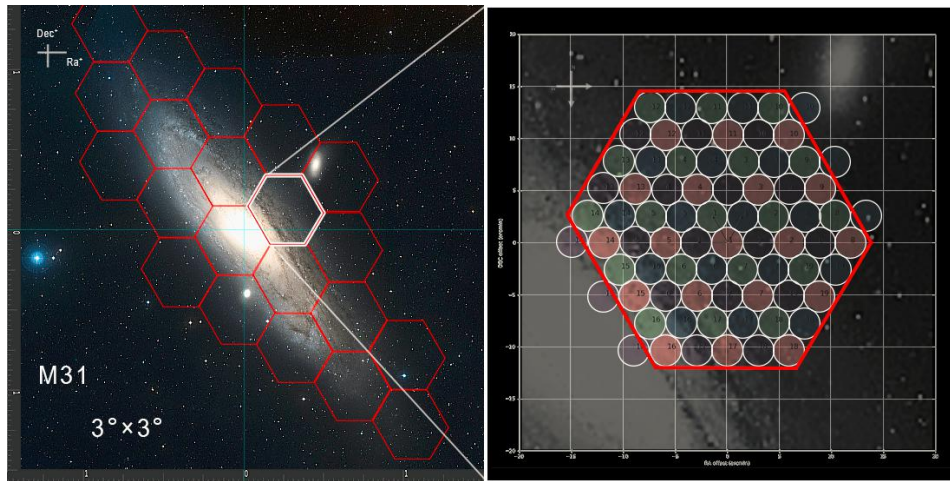


图一：图中每一个蓝色横条代表一次 drift 的巡天，总计为 68 次。图中红色五角星为 M31，黄色五角星为 M33，绿色为定标源，红色圆圈半径为 150kpc 半径。每次扫描两个小时，另外需要 10 分钟-半个小时的定标源定标时间，故共需要  $2.5 \times 68 = 170$  小时。此外对我们重点关注区域 1-40 区进行二次扫描以提高该区域的灵敏度需要  $2.5 \times 30 = 75$  小时。

对 M31 恒星盘多目标巡天计划进行先期观测；开始对矮星系进行部分观测，以完成部分科学项目。需要 50-100 小时。

### 2) 第二阶段：（需要时间约 500 小时）

A) 对 M31 恒星盘完成一个深度的多目标巡天，从而得到 M31 恒星盘的 HI 分布（见图二）：



图二：对 M31 恒星盘进行多目标深度积分覆盖方案。每个六边形代表一次格点观测，包含了 4 次 FAST-19 波束指向拼接（右图），展示为 21 个格点，对 M31 星系的光学成分完整覆盖。每个格点观测需要耗时约 5 个小时共需 105 小时观测时间完成一次覆盖。共需 2 次覆盖 210 小时，达到  $3\sim 5\times 10^{16}\text{cm}^{-2}$  的面密度。

B)对 M31 晕区局部 (1/4-1/3 整个晕区进行深度扫描，得到更精细的对于 HI 点源以及弥散结构的刻画，完成上面的科学目标。预计需要 150 小时。

C)对 M31 内部的矮星系以及周围矮星系做深度积分，需要 150 小时。

3) 第三阶段：（需要时间约 400 小时）

最后在前期数据结果的基础上对整个晕区进行更深度的积分以探测更弱暗的天体。需要大概 400 小时。

### （三）观测团队、数据处理队伍及分工情况

整个研究队伍按照科学分为 HI 谱线成像和脉冲星科学两部分：

#### HI 科学：

研究团队：王杰，吴京文，王有刚，蔡肇伟，Marko Krco，郭琦，李然，施勇，盘军，李成，高煜，Carlos Frenk，Shuan Cole, Baojiu Li，彭影杰，王菁，吴宏，杜薇，谢立智，郝蕾，邵正义，尹君，沈世银，袁珍，赵应和，曹一贤，姜鹏，朱明，戴昱，郑征、钱磊，汤宁宇，高煜，王均智，李志远、张智昱，吴锋泉，张博，陈学雷，张红欣，Chandreyee Sengupta，Yogesh Chandola，任致远，庆道冲

观测以及数据处理团队：钱磊，王杰，刘孜铭，王有刚，吴京文，蔡肇伟，Marko Krco，曹一贤，王菁，汤宁宇，徐金龙，景英杰，蒋楨，徐晨，陈菁泽，杨泽霈

#### 脉冲星科学：

朱炜玮，岳友岭，潘之辰，钱磊，王培，侯贤，闫振，闫文明

#### (四) 各阶段性预期成果等

##### 第一阶段:

在获得 M31 晕区浅度巡天结果后,尝试在以下方面获得初步结果:获得 M31 晕内一个较为完备的卫星星系 HI 质量函数, HVC 质量函数; 并研究 M31 恒星盘周围 IGM 里面 HI 的分布和运动; M31 与其卫星星系的关联; 晕区内 HI 的分布与恒星晕的关联,M31-M33 连接区中性氢与恒星的关联等。预计发表论文数篇。

##### 第二阶段:

A)在完成对 M31 盘的巡天后,得到盘上 HI 分布的图像,将与多波段数据结合,特别是与分子谱线以及尘埃分布图结合,从而刻画 M31 恒星盘的形成历史和演化。并尝试从该巡天中搜索脉冲星。

B)在对 M31 局部区域进行深度积分后,我们将进一步在更暗端完善 HI 团块质量函数, HVC 质量函数, M31-M33 桥接部分的总 HI 质量分析,M31 晕区 HI 分布与 M31 恒星盘多波段数据相关分析,争取生成较高红移的 HI 星系列表。

C)在对 M31 晕内所有卫星星系的 HI 进行精确测量后,我们将解析这些系统中 HI 的分布,对于 M31 内的卫星星系获得一个完备的对于 M31 卫星星系的 HI 质量函数,并通过这些数据限制宇宙再电离的历史。

D)在 M31 邻近的一些特殊类型星系进行观测后,将以更好的数据限制这些特殊矮星系的形成历史。

该阶段预计发表文章十篇左右。

##### 第三阶段:

基于第一,第二阶段数据所得结果,在整个晕区的深度积分后,尝试用暗星系 (RELHICS) 的数目以限制暗物质属性。该阶段预计将发表文章数篇。

#### 请说明如 2020 年仅提供所申请的 20%观测时间,预期取得的阶段性实施成果。

我们第一阶段要求的是对整个 M31 晕区进行一次 drift 扫描,外加对重点区域扫描两次,共需要 250 小时,而对阶段二展开的观测计划进行试观测或者初步观测,约 50-100 小时。总计 300-350 小时。

如果我们只能获得 20%的时间,也即 60-70 小时的时间,确实比较难完成预定计划的科学目标。但我们将完成预订计划的对 M31 晕区的重要天区进行浅巡天,也就上图一中 1-40 进行 HIU 观测成图,并对 M31 恒星盘进行多次扫描 (3 次),这将预计需要  $2.5 * (40+12) = 130$  小时。如果这一观测时间能得到满足,我们可以就这一天区的 HI 图以及点源星表发表阶段性文章数篇。

#### 四、观测源表（格式）

下表为对观测阶段一对 M31/M33 区域进行浅巡天的观测计划，其对应天区见图一：

观测编号	起点赤经坐标	起点赤纬坐标	持续时长
1	23h50m44.33s	+43d04m28.7735s	2 小时
2	23h50m44.33s	+42d42m48.5188s	2 小时
3	23h50m44.33s	+42d21m08.2641s	2 小时
4	23h50m44.33s	+41d59m28.0094s	2 小时
5	23h50m44.33s	+41d37m47.7547s	2 小时
6	23h50m44.33s	+41d16m07.5s	2 小时
7	23h50m44.33s	+40d54m27.2453s	2 小时
8	23h50m44.33s	+40d32m46.9906s	2 小时
9	23h50m44.33s	+40d11m06.7359s	2 小时
10	23h50m44.33s	+39d49m26.4812s	2 小时
11	23h50m44.33s	+39d27m46.2265s	2 小时
12	23h50m44.33s	+39d06m05.9718s	2 小时
13	23h50m44.33s	+38d44m25.7171s	2 小时
14	23h50m44.33s	+38d22m45.4624s	2 小时
15	23h50m44.33s	+38d01m05.2077s	2 小时
16	23h50m44.33s	+37d39m24.953s	2 小时
17	23h50m44.33s	+37d17m44.6983s	2 小时
18	23h50m44.33s	+36d56m04.4436s	2 小时
19	23h50m44.33s	+36d34m24.189s	2 小时
20	23h50m44.33s	+36d12m43.9343s	2 小时
21	23h50m44.33s	+35d51m03.6796s	2 小时
22	23h50m44.33s	+35d29m23.4249s	2 小时
23	23h50m44.33s	+35d07m43.1702s	2 小时
24	23h50m44.33s	+34d46m02.9155s	2 小时
25	23h50m44.33s	+34d24m22.6608s	2 小时
26	23h50m44.33s	+34d02m42.4061s	2 小时
27	23h50m44.33s	+33d41m02.1514s	2 小时
28	23h50m44.33s	+33d19m21.8967s	2 小时
29	23h50m44.33s	+32d57m41.642s	2 小时
30	23h50m44.33s	+32d36m01.3873s	2 小时
31	23h50m44.33s	+32d14m21.1326s	2 小时
32	23h50m44.33s	+31d52m40.8779s	2 小时
33	23h50m44.33s	+31d31m00.6232s	2 小时
34	23h50m44.33s	+31d09m20.3685s	2 小时
35	23h50m44.33s	+30d47m40.1138s	2 小时
36	23h50m44.33s	+30d25m59.8591s	2 小时
37	23h50m44.33s	+30d04m19.6044s	2 小时
38	23h50m44.33s	+29d42m39.3497s	2 小时



39	23h50m44.33s	+29d20m59.095s	2 小时
40	23h50m44.33s	+43d26m09.0282s	2 小时
41	23h50m44.33s	+43d47m49.2829s	2 小时
42	23h50m44.33s	+44d09m29.5376s	2 小时
43	23h50m44.33s	+44d31m09.7923s	2 小时
44	23h50m44.33s	+44d52m50.047s	2 小时
45	23h50m44.33s	+45d14m30.3017s	2 小时
46	23h50m44.33s	+45d36m10.5564s	2 小时
47	23h50m44.33s	+45d57m50.811s	2 小时
48	23h50m44.33s	+46d19m31.0657s	2 小时
49	23h50m44.33s	+46d41m11.3204s	2 小时
50	23h50m44.33s	+47d02m51.5751s	2 小时
51	23h50m44.33s	+47d24m31.8298s	2 小时
52	23h50m44.33s	+47d46m12.0845s	2 小时
53	23h50m44.33s	+48d07m52.3392s	2 小时
54	23h50m44.33s	+48d29m32.5939s	2 小时
55	23h50m44.33s	+48d51m12.8486s	2 小时
56	23h50m44.33s	+49d12m53.1033s	2 小时
57	23h50m44.33s	+49d34m33.358s	2 小时
58	23h50m44.33s	+49d56m13.6127s	2 小时
59	23h50m44.33s	+50d17m53.8674s	2 小时
60	23h50m44.33s	+50d39m34.1221s	2 小时
61	23h50m44.33s	+51d01m14.3768s	2 小时
62	23h50m44.33s	+51d22m54.6315s	2 小时
63	23h50m44.33s	+51d44m34.8862s	2 小时
64	23h50m44.33s	+52d06m15.1409s	2 小时
65	23h50m44.33s	+52d27m55.3956s	2 小时
66	23h50m44.33s	+52d49m35.6503s	2 小时
67	23h50m44.33s	+53d11m15.905s	2 小时