

云南农业大学参与云南大学拟提名 2022 年度云南省科学技术奖公示 (9)

根据《云南省科学技术奖励办法》(云南省人民政府令第 157 号)《云南省人民政府办公厅关于印发云南省深化科技奖励制度改革实施方案的通知》(云政办函〔2018〕98 号)和《云南省科技厅关于 2022 年度云南省科学技术奖提名工作的通知》的相关要求, 现对云南农业大学参与云南大学拟提名 2022 年度云南省科学技术奖的项目《宇宙中高能现象的理论与数值研究》进行公示, 公示时间: 2022 年 5 月 16 日至 22 日。公示期间任何单位或个人对公示项目持有异议的, 以书面形式实名向学校科学技术处提出, 并提供必要的证明文件。

联系人: 郝一沁

联系电话: 65227712

附件: 项目公示材料

云南农业大学科技处

2022 年 5 月 16 日

2022 年度云南省科学技术奖拟提名项目公示

一、项目名称：宇宙中高能现象的理论与数值研究

二、提名者及提名意见：

提名者：云南大学

提名意见：

“宇宙中高能现象的理论与数值研究”在国家在五项国家自然科学基金支持下，利用理论分析、数值模拟等方法研究了宇宙中高能天体超新星遗迹、脉冲星风云、非相对论激波中发生的粒子加速与辐射机制等高能过程，并研究了早期宇宙高能环境中暗物质粒子的产生与演化机制，获得一系列成果。在美国天体物理杂志 (ApJ)，英国皇家天文学月刊 (MNRAS)，欧洲天文学及天体物理 (A&A)，美国物理评论 D (PRD)，宇宙与天体粒子物理学 (JCAP)，中国天文学及天体物理研究 (RAA) 等天文学/物理学主流期刊上发表 SCI 论文 20 篇。我单位认真审阅该项目提名材料，审查了完成人的资格，确认了提名材料属实。同意提名 2022 年度云南省自然科学二等奖。

三、项目简介

项目“宇宙中高能现象的理论与数值研究”利用理论分析、数值模拟等方法研究了宇宙中高能天体超新星遗迹、脉冲星风云、非相对论激波中发生的粒子加速与辐射机制等高能过程，并研究了早期宇宙高能环境中暗物质粒子的产生与演化机制。项目经过近 10 年的研究，构建了超新星遗迹、脉冲星风云的多波段辐射模型，利用流体力学数值模拟方法研究了超新星遗迹的动力学演化过程利用 PIC 数值模拟方法研究了非相对论激波中粒子的加速过程，获得了不同倾斜角度下高能粒子加速特征；构建了大反弹宇宙暗物质产生机制。主要科学发现如下：

(一) 构建了脉冲星风云动力学演化和多波段辐射模型。我们首次将新粒子谱形应用到脉冲星风云的含时演化模型中，成功解释了三颗脉冲星风云的多波段辐射谱，计算结果显示在长时间演化下，粒子的能谱与传统的分段幂律谱类似，解释了分段幂律谱来源。

(二) 构建了超新星遗迹在复杂介质中演化动力学及辐射形态模型。观测显示超新星遗迹 SN 1006, Cygnus Loop, Tycho, G309.2-0.6 具有特殊的形态结构，我们利用流体力学数值模拟方法，研究遗迹在非均匀介质中的演化，通过与观测辐射形态的比较，反推遗迹周围介质分布特征，解释了它们特殊形态产生的原因。

(三) 构建了激波中粒子加速数值模型。激波加速粒子过程存在强的非线性效应，使得加速特征不能用解析方法获得。我们利用 PIC 数值模拟方法，研究了

质子和电子在非相对论激波中的加速过程，获得了不同倾斜角（激波法线与磁场夹角）时的被加速粒子的特征。

（四）早期宇宙起源有两种主要模型：暴胀模型和反弹宇宙模型。其中，反弹模型可以避免暴胀模型中存在的宇宙原始奇点问题。我们通过理论研究和数据模拟方法，证明了在反弹宇宙模型的早期高能环境中，暗物质可以产生，并自然演化到符合目前的天文观测证实的暗物质残留丰度，从而提出了“大反弹宇宙暗物质产生机制（Big-bounce Genesis）”，进一步地，通过对参数空间的分析，引入高能量子场衰变，我们发现该原创机制中存在一类新的暗物质候选者（EQFIDM暗物质模型），可以缓解目前天文物理学界备受关注的“小尺度危机（Small-scale Crisis）”问题。另外，我们也发展出了一种计算暗物质扰动在早期高能反弹宇宙背景中演化的新方法。

在美国天体物理杂志（ApJ），英国皇家天文学月刊（MNRAS），欧洲天文学及天体物理（A&A），美国物理评论 D（PRD），宇宙与天体粒子物理学（JCAP），中国天文学及天体物理研究（RAA）等天文学/物理学主流期刊上发表 SCI 论文 20 篇，被引 204 次（Web of Science），其中 SCI 他引 146 次，培养云南省万人计划“青年拔尖人才”2 人，云南省中青年学术与技术带头人（后备人才）2 人。

四、主要完成人（完成单位）：

序号	姓名	工作单位（完成单位）	职称	职务
1	方军	云南大学	教授	无
2	李昌鸿	云南大学	副教授	无
3	朱波涛	云南农业大学（云南大学）	讲师	无
4	于欢	昆明学院	讲师	无
5	张力	云南大学	教授	无

五、代表性论文专著目录：

1. Multiband emission from pulsar wind nebulae: a possible injection spectrum, Fang, J.; Zhang, L., 2010, A&A, 515, A20.
2. Two-dimensional magnetohydrodynamics simulations of young Type Ia supernova remnants, Fang, Jun; Zhang, Li, 2012, MNRAS, 424, 2811.
3. Numerically modelling the Cygnus Loop as a remnant evolved in an anisotropic cavity, Fang, Jun; Yu, Huan; Zhang, Li, 2017, MNRAS, 464, 940
4. An explanation of the formation of the peculiar periphery of Tycho's supernova remnant, Fang, Jun; Yu, Huan; Zhang, Li, 2018, MNRAS, 474, 2544.
5. Early acceleration of electrons and protons at the nonrelativistic quasiparallel

shocks with different obliquity angles, Fang, Jun ; Lu, Chun-Yan ; Yan, Jing-Wen ; Yu, Huan, 2019, RAA, 19, 182.

6. Three-dimensional magnetohydrodynamic studies of the non-thermal X-ray morphologies of SN 1006, Yu, Huan; Fang, Jun; Zhang, Peng Fei; Zhang Li, 2015, A&A, 579, A35.

7. Multiband nonthermal radiative properties of pulsar wind nebulae, Zhu, Bo-Tao; Zhang, Li; Fang, Jun, 2018, A&A, 609, 110.

8. Big-bounce genesis, Li, Changhong; Brandenberger, Robert H.; Cheung, Yeuk-Kwan E., 2014, Phys.Rev.D, 90, 123535.