**2021年度云南省科学技术奖拟提名项目公示**

1. **项目名称：太阳活动能量传输和释放的精细物理过程**

**二、提名者及提名意见:**

**提名者：**中国科学院昆明分院

**提名等级：**2021 年度云南省自然科学奖一等奖

**提名意见：**

太阳是离地球最近且唯一一颗人类可以对它进行高分辨率观测的恒星。孕育智慧人类的地球是距离太阳第三近的行星，因此，太阳是决定人类生存的日地环境的母体。太阳上的磁化等离子体无时无刻都在运动变化，这导致太阳上发生多种尺度的太阳活动，它们对地球有着多方面的影响。随着人类的生活越来越依赖电能和各种电子仪器，以及航天航空的发展，对空间天气的研究越来越受到重视，研究太阳活动已成为人类认识地外的可居住性和预报日地环境中灾变事件的基本要求。本项目主要基于抚仙湖一米新真空太阳望远镜（NVST）的高分辨率观测数据，在以下几个方面取得了原创性科研成果：1）在太阳爆发活动中发现了磁重联释放磁扭缠的新物理过程，并运用非线性无力场外推和磁流体数值模拟重现了这一过程；2）发现太阳光球旋转的小气孔和浮现的小尺度磁绳触发M级耀斑和日冕物质抛射；3）发现了耀斑期间高层大气磁场的收缩导致太阳光球黑子逆向转动；4）发现了扎根在太阳黑子亮桥上震荡的亮结构，并首次命名为“亮墙”。

本项目20篇核心论文发表在国际著名杂志Nature Communications，ApJ等上，其中2篇论文发表在《自然》杂志子刊《自然-通讯》上，16篇论文发表的美国天体物理学杂志（ApJS, ApJ, ApJL）上，2篇发表在国内天文期刊RAA上。8篇代表作论文影响因子累计62，SCI他引450次，20篇核心论文影响因子累计132，SCI他引683次。多篇论文被列入国外专著中和被综述文章引用，1篇论文入选《自然-通讯》亮点文章，2篇论文获得英国皇家物理学会颁发的2020年中国高被引用论文奖（2017-2019年全球天文和天体物理方面引用在top 1%），部分研究成果入选中国科学院十二五科技成果展、2016年全国“十大天文科技进展”、云南省十三五科技成果展等。本项目研究成果被中国科学院网站首页、国家自然科学基金委网站及几十家媒体报道。

该报奖材料真实有效，符合“2021年度云南省科学技术奖”申报条件。同意提名申报 2021 年度云南省自然科学奖一等奖。

**三、项目简介：**

太阳是唯一一颗人类可进行高分辨观测的恒星，是研究其他恒星和天体基本物理过程的天然实验室。通过对太阳磁场起源和太阳电磁爆发活动的研究，将有助于人类研究其它恒星和天体的磁场起源以及其大气内的电磁爆发过程，对建立恒星和其他天体的磁活动模型，寻找系内和系外的类地行星，揭示生命起源等重大问题起到独一无二的参考意义。太阳上各层大气是磁场和流场相互耦合的结果。太阳大气中会产生各种各样的活动，最引人关注的是对人类生产和生活产生影响的剧烈太阳爆发活动，其抛射出大量高能粒子对在轨卫星、无线电通讯、电力系统、宇航员的身体健康等构成巨大威胁。因此，研究清楚太阳活动的精细物理过程是准确预报太阳活动的前提，该课题是太阳物理研究的重点、难点和前沿研究课题。本项目主要基于抚仙湖一米新真空太阳望远镜（NVST）（目前国际上三大前沿观测系统之一，是我国唯一一台能对太阳进行高分辨率观测的设备）的观测数据在太阳黑子的精细结构、太阳活动的形成过程、触发机制，磁重联等精细过程等方面取得了一批原创性研究成果，极大地推进了人们对太阳活动的认识，为准确预报灾害性空间天气打下了坚实的基础。

项目重要的科学发现如下：

1.通过对NVST观测数据的分析，发现了磁重联释放磁扭缠的新物理过程，结合非线性无力场外推和磁流体力学数值模拟重现了这一发现，并且首次证认了太阳色球存在小尺度磁重联，这些研究揭示了太阳大气中快速释放磁能的精细物理过程，相关论文发表在国际知名杂志Nature Communications《自然-通讯》和The Astrophysical Journal Letters《天体物理学快报》上。

2.基于NVST观测数据，发现旋转的小气孔触发了M级太阳耀斑，并发现浮现的小尺度磁绳爆发产生M级耀斑和日冕物质抛射，完整的观测和研究揭示了太阳爆发活动的能量起源和触发机制，相关论文发表在国际知名杂志 The Astrophysical Journal Supplement Series《天体物理学增刊》和The Astrophysical Journal《天体物理学快报》上。

3.发现了耀斑期间高层大气磁场的收缩导致太阳光球黑子逆向转动，并证实了爆发磁结构具有明显的扭缠性，这些研究对太阳耀斑中各层大气的磁场演化有了全新的认识，相关成果发表在国际知名杂志Nature Communications《自然-通讯》杂志上和The Astrophysical Journal《天体物理学快报》上。

4. 利用NVST观测数据，发现了扎根在太阳黑子亮桥上震荡的亮结构，并首次命名为“亮墙”。亮墙结构的发现，使人们对太阳黑子的结构有了新的认识，相关研究论文发表在国际知名杂志The Astrophysical Journal Letters《天体物理学快报》上。

本项目20篇核心论文均发表在国际著名杂志Nature Communications，ApJ等上，其中2篇论文发表在《自然》杂志子刊《自然-通讯》上，16篇论文发表的美国天体物理学杂志（ApJS, ApJ, ApJL）上，2篇发表在国内天文期刊RAA上。8篇代表作论文影响因子累计62，SCI他引450次，20篇核心论文影响因子累计132，SCI他引683次。多篇论文被国外书籍和综述文章引用，1篇论文入选《自然-通讯》亮点文章，2篇论文获得英国皇家物理学会颁发的2020年中国高被引用论文奖（2017-2019年全球天文和天体物理方面引用在top 1%），部分研究成果入选中国科学院十二五科技成果展、2016年“十大天文科技进展”、云南省十三五科技成果展。本项目研究成果被中国科学院首页、国家自然科学基金委网站及几十家媒体报道。

项目组成员多次受邀在国内外会议做邀请报告，并进行广泛学术交流，产生积极与广泛的国际影响。项目主要完成人在项目执行期间1人获得云南省杰出青年基金、2人入选云南省万人计划青年拔尖人才、1人入选云南省科技领军人才。

**四、代表性论文专著目录**

1. Yan X. L., Yang L. H., Xue Z. K., Mei Z. X., Kong D. F., Wang J. C., Li Q. L., Simultaneous Observation of a Flux Rope Eruption and Magnetic Reconnection during an X-class Solar Flare, **The Astrophysical Journal Letters**, 2018, 853(1), L18
2. Yan X. L., Wang J. C., Pan G. M., Kong D. F., Xue Z. K., Yang L. H., Li Q. L., Feng X. S., Successive X-class Flares and Coronal Mass Ejections Driven by Shearing Motion and Sunspot Rotation in Active Region NOAA 12673, **The Astrophysical Journal**, 2018, 856(1), 79
3. Xue Zhike#, Yan Xiaoli\*, Cheng Xin, Yang Liheng, Su Yingna, Kliem Bernhard, Zhang Jun, Liu Zhong, Bi Yi, Xiang Yongyuan, Yang Kai, Zhao Li, Observing the release of twist by magnetic reconnection in a solar filament eruption, **Nature Communications**, 2016, 7, 11837
4. Bi Yi, Jiang Yunchun, Yang Jiayan, Hong Junchao, Li Haidong, Yang Bo, Xu Zhe, Observation of a reversal of rotation in a sunspot during a solar flare, **Nature Communications**, 2016, 7, 13798
5. Yan X. L., Xue Z. K., Pan G. M., Wang J. C., Xiang Y. Y., Kong D. F., Yang L. H., The Formation and Magnetic Structures of Active-region Filaments Observed by NVST, SDO, and Hinode, **The Astrophysical Journal Supplement Series**, 2015, 219(2), 17
6. Yang Shuhong, Zhang Jun, Xiang Yongyuan, Magnetic Reconnection between Small-scale Loops Observed with the New Vacuum Solar Telescope, **The Astrophysical Journal Letters**, 2015, 798(1), L11
7. Yang Shuhong, Zhang Jun, Jiang Fayu, Xiang Yongyuan, Oscillating Light Wall Above a Sunspot Light Bridge, **The Astrophysical Journal Letters**, 2015, 804(2), L27
8. Liu Zhong, Xu Jun, Gu Bo-Zhong, Wang Sen, You Jian-Qi, Shen Long-Xiang, Lu Ru-Wei, Jin Zhen-Yu, Chen Lin-Fei, Lou Ke, Li Zhi, Liu Guang-Qian, Xu Zhi, Rao Chang-Hui, Hu Qi-Qian, Li Ru-Feng, Fu Hao-Wen, Wang Feng, Bao Men-Xian, Wu Ming-Chan, Zhang Bo-Rong, New vacuum solar telescope and observations with high resolution, **Research in Astronomy and Astrophysics**, 2014, 14(6), 705-718

**五、主要完成人基本情况:**

1. 闫晓理，职称:研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。

2. 刘忠，职称:研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。

3. 杨书红，职称:研究员，完成单位:中国科学院国家天文台，工作单位: 中国科学院国家天文台。

4. 薛志科，职称:副研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。

5. 毕以，职称:副研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。

6. 徐稚，职称:研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。

7. 向永源，职称:副研究员，完成单位:中国科学院云南天文台，工作单位: 中国科学院云南天文台。