

项目名称：《宇宙加速膨胀的机制》

提名者：蔡荣根院士，宁波大学物理科学与技术学院，教授，理论物理。

提名意见：本人严格地审阅了该项目的提名书及全部附件资料，确认该项目符合山东省科学技术奖励规定的提名条件，全部材料真实有效，完成人、完成单位排序无异议，提名书相关栏目均符合填写要求。

项目《宇宙加速膨胀的机制》系统研究了宇宙加速膨胀的本质。宇宙经历了两次加速膨胀，即早期的暴涨和当前的加速膨胀，这两次加速膨胀深刻改变我们对宇宙的观念，都是前沿科学极为重要、极为关键的前沿问题，堪比 20 世纪初的黑体辐射问题和以太问题。该项目对宇宙加速膨胀的机理进行了系统而深刻的探讨，取得了领域内奠基性成果，各国学者在该项目成果的基础上不断发展、延拓应用范围。

候选人与合作者在该项目的研究中引入了数种全新的研究方法。在宇宙加速膨胀的研究中引入了全局拓扑分析的方案，彻底找到了宇宙动力系统的奇点，克服了以往类似研究中只能发现局部奇点的弱点；首次提出了暴涨自动退出的机制，给出了早期宇宙暴涨何以退出这个难题一个可能的线索；提出了两种新颖的限制方案，含直接  $H(z)$  法和扰动增长法，成功对用其他方法不能区分的宇宙模型进行了甄别。

该项目共发表论文 26 篇。研究成果被来自美国，俄罗斯，英国，法国，德国，意大利，日本，西班牙，加拿大，希腊等 30 多个国家的学者们多次实质性引用，获得国际性的普遍认可，论文总被引次数达到 1137 次（NASA ADS 数据），引起国际同行的较高关注，多名国际国内学者直接跟随该项目的研究方案进行研究。基于该项目部分成果，项目第一完成人担任山东省省级学科带头人。该项目的工作有力推动了国际引力与宇宙学基础理论的研究，为中国相关领域的研究赢得应有的国际地位做出了有显示度的贡献。

鉴于此，特提名其申报 2025 年度山东省自然科学二等奖。

项目简介：针对当前宇宙的加速膨胀机制，提出宇宙加速膨胀的相互作用 Chaplygin 气体方案，首创不依赖于具体引力理论的分析方法，深入分析了宇宙动力系统拓扑性质，找出了该系统所有奇点，克服了以往只能分析局部奇点的困难。针对单标量场状态方程的不可能定理（no-go theorem），提出膜世界单标量场方案，其状态方程可以跨越幻影藩篱。该工作得到国际同行的认同和大量引用，而且有多位国际专家直接跟随我们的方案进行研究。长江学者蔡一夫教授等在综述期刊对本工作进行了重点正面述评。有迹象表明，本方案得到某些观测支持，观测给出的参数恰在该项目从理论上给出的参数范围。针对暴涨退出疑难，首次提出了暴涨自动退出的机制，给出了早期宇宙暴涨何以退出这个难题一个有效的解决方案，给出了原初扰动谱，并从物理上透彻分析了暴涨自动退出的机理。该研究被美国德克萨斯大学 San Antonio 分校的宇宙学权威 A. Lue 确认为该领域的开创性工作。针对标准宇宙学框架下加速膨胀机制解释存在的模型冗余问题，基于参数简并突破的新思路展开系统性研究。传统上，暗能量参数空间在 CMB、重子声学振荡、Ia 型超新星等经典观测中存在严重简并现象，导致不同理论模型在哈勃图、物质功率谱等传统观测量上呈现不可区分性。该项目首次构建了  $H(z)$  直接测量与结构增长率观测相结合的新探针体系，被哈佛大学知名学者 S. Brownsberger 列为与 CMB、重子声学振荡、Ia 型超新星并行的又一个重要探针。

代表性论文：

序号	论文（专著）名称	刊名	Doi	发表（出版）时间	作者（按刊物发表顺序）
1	Interacting chaplygin gas	Phys.Rev.D 73 (2006) 043518	10.1103/PhysRevD.73.043518	2006	Hongsheng Zhang, Zong-Hong Zhu
2	Crossing $w=-1$ by a single scalar on a Dvali-Gabadadze-Porrati brane	Phys.Rev.D 75:023510, 2007	10.1103/PhysRevD.75.023510	2007	Hongsheng Zhang, Zong-Hong Zhu
3	Crossing $w=-1$ in Gauss-Bonnet Brane World with Induced Gravity	Commun.Theor. Phys. 44:948, 2005	10.1088/0244/5/948	2005	Rong-Gen Cai, Hongsheng Zhang, An-zhong Wang
4	Inflation on a warped Dvali Gabadadze Porrati brane	Journal of Cosmology and Astroparticle Physics.	10.1088/1475-7516/2004/08/017	2004	Rong-Gen Cai, Hongsheng Zhang
5	Natural Phantom Dark Energy, Wiggling Hubble Parameter $H(z)$ and Direct $H(z)$ Data	JCAP03(2008)007	10.1088/1475-7516/2008/03/007	2008	Hongsheng Zhang, Zong-Hong Zhu

完成人：张宏升  
完成单位：济南大学