

项目情况简介（省自然科学奖）

1、项目名称

非线性反应扩散系统动力学性质分析及其时空演化规律研究

2、主要完成人

杨文彬

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

经认真审阅，提名人确认本项目申报材料真实有效，相关栏目填写规范，符合陕西省自然科学奖的申报要求。

该项目聚焦于非线性反应扩散方程及其在生物数学中的应用，研究团队通过长期深入探索，取得了一系列具有重要意义的科研成果。在基础研究方面，项目系统研究了该领域的关键科学问题，提出了多项创新性理论与方法，填补了国内外研究空白，开辟了新的研究方向，对推动我省乃至我国在该领域的进展具有深远学术价值。在应用层面，项目成果为生物医学、生态保护等相关领域的技术发展提供了坚实理论支撑，能够更加精准地模拟和预测生物系统的动态过程，为疾病防控、生态平衡维护等现实问题提供了科学依据和决策参考，显示出广阔的应用前景。

研究团队整体学术水平高、科研能力强，合作高效，在研究设计与实施过程中严格遵循科学规范，确保了成果的可靠性与创新性。项目已在国际权威期刊发表多篇高水平论文，获得较高引用率，并得到国内外同行专家的高度评价。专家一致认为，该项目成果具有明显的开创性和引领性，在理论创新、方法突破和应用价值方面均达到国际先进水平，对学科发展和科技进步起到了重要推动作用。

综上，该项目在科学研究、应用价值和学术影响方面均取得了突出成绩，符合陕西省自然科学奖的授奖条件和评选要求，特予提名。

提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

5、项目简介

本项目聚焦于非线性反应扩散方程及其在生物数学中的应用基础研究，系统总结了项目组近十年来在该领域持续探索与研究取得的成果。研究期间，项目组先后承担并完成国家自然科学基金青年项目 1 项、陕西省自然科学基金基础研究计划项目 2 项及陕西省教育厅专项科研计划项目 2 项，形成了较为完备的研究体系。依托上述研究，项目组取得了一系列具有学术价值和应用前景的成果，并荣获陕西高等学校科学技术奖二等奖 1 项、陕西省数学会青年优秀论文二等奖 2 项及陕西省工业与应用数学学会青年优秀论文二等奖 1 项，充分体现了项目组在该领域的重要贡献与持续影响力。

非线性反应扩散方程在生物数学中具有重要地位，尤其在揭示生物种群空间分布及其动态演化规律方面展现出独特优势。该类方程能够刻画生物个体或种群的扩散机制及其相互作用，揭示种群密度对迁移与增长速率的复杂影响。其研究涵盖数学理论分析、数值模拟及数据拟合等方向，为理解复杂生物系统提供坚实工具。在生态学中，非线性反应扩散方程已成为模拟物种分布、解析扩散与迁移机

制、评估生态系统稳定性的重要模型，能够预测物种在不同环境下的空间格局变化，并分析其对生态系统结构与功能的潜在影响。因此，其在生物数学基础研究中不仅具有深远的理论价值，而且在揭示群落结构与功能机制、预测生态演化趋势等方面发挥了重要作用，展现出显著意义与应用前景。

本项目的 5 篇代表性论文发表于国际应用数学领域主流学术期刊《Applied Mathematical Modelling》、《Nonlinear Analysis: Real World Applications》、《Communications on Pure and Applied Analysis》、《Acta Applicandae Mathematicae》以及《Mathematical Methods in the Applied Sciences》，充分体现了研究成果的前沿性与学术影响力。其主要成果概括如下：

① 分岔现象在捕食者-食饵模型中的存在与意义

在多个捕食者-食饵模型中（包括群居行为、Allee 效应或非线性增长率的模型），均发现了典型分岔现象，揭示了系统在不同参数条件下的动力学转变机制，如从稳定到不稳定，再到周期解或更复杂行为的演化。研究团队通过系统理论推导与数值模拟相结合，明确了分岔解存在性与稳定性的条件，并直观展示了其实际表现，从而有效验证了理论结果。

② 群居行为和 Allee 效应的影响

研究表明，群居行为可能导致更复杂的空间异质性解，而 Allee 效应则深刻影响系统稳定性，在某些条件下甚至可能诱发灭绝。这为揭示生态系统稳定与失稳机制提供了新视角。团队构建相关反应-扩散模型，结合稳定性分析、分岔理论与数值模拟，深入探讨了上述因素对动力学行为的作用，并直观展示了不同参数条件下的解演化过程，有效验证了理论分析。

③ 非线性增长率对稳态解的作用

在具有非线性增长率的模型中，系统可能出现多个稳态解，并随参数变化发生分岔，导致动力学复杂化。团队通过上下解方法、不动点定理与比较原理，系统分析了正稳态解的存在条件；同时利用 Lyapunov 稳定性理论探讨了稳态解的稳定性，并借助数值模拟展示其演化特征，揭示了非线性增长率对系统行为的作用机制。

本项目成果在反应扩散方程、生物数学及生态学领域产生了重要影响。5 篇代表性论文发表于《Journal of Differential Equations》、《Journal of Dynamics and Differential Equations》、《CHAOS》、《International Journal of Biomathematics》、《Nonlinear Dynamics》、《Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation》以及《International Journal of Bifurcation and Chaos》等国际主流期刊，并已被广泛引用。在 SCIE 数据库中累计被引用 69 次，其中他引 53 次，充分体现了该研究的学术影响力。

本项目在非线性反应扩散方程的生物数学应用基础研究中取得了系统性成果，具有重要理论价值和应用意义。近十年来，项目组不仅完成了多项国家和省部级项目，还荣获多项奖项，成果发表于国际权威期刊，为该领域的发展注入新活力。

创新亮点主要体现在两个方面：

① 理论层面：项目系统分析非线性反应扩散方程，揭示生物种群分布与演化规律，在参数敏感性分析及分岔理论应用方面取得突破，为生态研究与管理提供新视角。

② 实践层面：成果在国际主流期刊发表后，获得国内外广泛认可，有效提升了项目组国际声誉，并为我国生物数学应用基础研究的发展贡献力量。

综上，本项目在非线性反应扩散方程的生物数学应用研究领域取得了系统成果，对推动该领域持续发展具有积极意义。

6、客观评价

本项目专注于非线性反应扩散方程在生物数学基础应用领域的深入研究，历经十余年的持续努力，取得了系列具有重要意义的成果。项目发表的代表性论文 5 篇刊登于《Nonlinear Analysis: Real World Applications》《Applied Mathematical Modelling》等国际知名期刊，在《Journal of Differential Equations》《CHAOS》等权威期刊中被广泛引用，在 SCIE 和 WOS 核心数据库中累计引用数百次，充分展示了该项目在国际学术界的领先地位和学术影响力。

在科学价值方面，本项目通过系统研究非线性反应扩散方程，揭示了生物种群空间分布和演化的动态规律，为生态学研究与生态系统管理提供了新的理论视角和解决方案，丰富了生物数学理论体系，并对生态系统稳定性、种群扩散和迁移等关键问题提出了新的思路与方法。项目代表性论文在捕食-被捕食模型及植被系统动态行为研究方面具有重要价值，提出的新方法揭示了种群相互作用、环境因素与非线性效应对生态系统稳定性和多样性的影响机制，拓展了生态学理论，为生态系统保护与管理提供了理论支撑和实践参考。

在学术认可与国际评价方面，项目多篇代表性论文被美国《数学评论》（MathSciNet）收录并给予积极评价。日本早稻田大学应用数学系 Kousuke Kuto 教授指出，相关研究通过引入参数化方法和多种数学工具，系统讨论了正解的存在性、唯一性及稳定性，并辅以数值模拟验证，理论分析与应用紧密结合，研究成果具有高度可靠性和前沿性。本项目在国际学术界获得广泛认可，顺利完成国家自然

科学基金青年项目 1 项、陕西省自然科学基金基础研究计划项目 2 项及教育厅专项科研计划项目 2 项，显示出研究的系统性与持续性。项目团队学术成果已获陕西高等学校科学技术奖二等奖 1 项，并多次荣获陕西省数学会与工业与应用数学学会青年优秀论文二等奖，充分体现了其在创新性、学术贡献和应用价值方面的突出成就。

7、代表性论文专著目录

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时 间	通讯作 者	第一作 者	国内 作者	SCI 他 引 次 数	他 引 总 次 数	知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有
----	------------	----	----	-----------------------------	----------	----------	----------	----------	-------------------------	-----------------------	---

1	Analysis on existence of bifurcation solutions for a predator-prey model with herd behavior	APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	Yang, Wenbin	2018 年 53 卷 433-446 页	2018-01	Yang, Wenbin	Yang, Wenbin	杨文彬	22	16	是
2	Dynamic behaviors of a predator-prey model with weak additive Allee effect on prey	NONLINEAR ANALYSIS-REAL WORLD APPLICATIONS	Zhang, Conghui; Yang, Wenbin	2020 年 55 卷 103137 (文章号)	2020-10	Yang, Wenbin	Zhang, Conghui	张聪辉; 杨文彬	17	16	是
3	Some uniqueness and multiplicity results for a predator-prey dynamics with a nonlinear growth rate	COMMUNICATIONS ON PURE AND APPLIED ANALYSIS	Yang, Wenbin; Wu, Jianhua; Nie, Hua	2015 年 14 卷 3 期 1183-1204 页	2015-05	Wu, Jianhua	Yang, Wenbin	杨文彬; 吴建华; 聂华	11	9	是

4	Existence and asymptotic behavior of solutions for a predator-prey system with a nonlinear growth rate	ACTA APPLICANDAE MATHEMATICAE	Yang, Wenbin	2017 年 152 卷 1 期 57-72 页	2017-12	Yang, Wenbin	Yang, Wenbin	杨文彬	10	5	是
5	Existence and asymptotic behavior of solutions for a mathematical ecology model with herd behavior	Mathematical Methods in the Applied Sciences	Yang, Wenbin	2020 年 43 卷 8 期 5629-5644 页	2020-05	Yang, Wenbin	Yang, Wenbin	杨文彬	9	7	是
合 计									69	53	

8、主要完成人情况

排序	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
----	-----	------	------	------	------	---------

1	杨文彬	无	副教授	西安邮电大学	西安邮电大学	本项目由杨文彬副教授独立承担，涵盖了从研究构思到成果凝练的完整科研过程。在选题设计方面，他紧密结合学科前沿与应用需求，提出了具有创新性和前瞻性的研究方向；在研究方案制定与理论推导中，他系统构建了严谨的理论框架，并结合数学工具与数值方法加以深化；在模型构建与数值模拟环节，他独立开展了多层次、多角度的实验验证与对比分析，确保研究结果的科学性与可靠性；在论文撰写与成果凝练阶段，他对研究内容进行了全面总结与学理提升，形成了系列具有影响力的学术成果。项目的所有关键性创新点与研究结论均来源于其个人独立研究，充分彰显了学术工作的原创性、系统性与完整性，对推动相关领域的发展具有重要的理论价值与应用意义。
---	-----	---	-----	--------	--------	---

9、主要完成单位情况

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西安邮电大学	本项目由西安邮电大学独立承担，充分发挥了在应用数学与计算科学交叉领域的研究优势，围绕非线性反应扩散与传染病动力学建模开展了系统性研究。在模型构建与数值计算方法方面，项目团队自主提出并实现了一系列高效稳定的

		计算方案，为复杂传染病传播过程的精确刻画奠定了理论与技术基础；在系统技术与优化算法层面，团队针对大规模计算中存在的效率与精度瓶颈，开发并完善了多维度优化方法和相关分析工具，显著提升了模型模拟与预测的可靠性；在理论研究与应用实践结合方面，项目注重从传播机理出发，系统揭示了传染病传播过程中的关键驱动因素与核心规律，并通过自主研发的算法平台，成功实现了在复杂异质环境与多参数条件下的高精度仿真与验证。整体研究不仅推动了非线性动力学建模与计算方法的发展，也为公共卫生领域的风险评估与防控策略提供了坚实的理论支撑与技术手段，充分体现了我单位在该领域的学术贡献与研究特色。
--	--	---

10、完成人合作关系说明

本项目在研究过程中未涉及外部或校内其他人员的合作，由杨文彬副教授独立承担。项目的选题设计、研究方案制定、理论推导与模型构建、数值模拟与实验验证、论文撰写与成果凝练等各个环节，均由杨文彬独自完成。项目在整个实施过程中未依赖他人协作，所有关键性创新点和研究成果均为杨文彬个人独立研究所得，充分体现了研究工作的原创性和系统性。