

项目公示信息

项目名称： 典型非光滑系统的分叉与混沌控制研究

完成单位： 西安工程大学、西北工业大学、南阳理工学院、西安电子科技大学

完成人： 冯进铃、王亮、牛玉俊、杨贵东、姚立红

项目简介：

本项目是应用基础研究，属数学、力学和机械等交叉学科领域。

非光滑系统在实际工程中有重要的应用背景，其理论和应用研究是当前国际非线性科学的前沿课题。在工程实际中往往存在碰撞、冲击、干摩擦等大量非光滑因素，使得非光滑系统的研究成为动力学关注的热点问题之一。本项目考虑工程中典型的非光滑因素，建立典型的非光滑系统模型，发展一些非光滑系统动力学研究的新方法，开拓新思路，挖掘诸多新颖而复杂的动力学现象，揭示其动力学发生的机制，为工程实际提供理论指导。

本项目在国家自然科学基金项目“典型非线性随机碰撞振动系统的全局动力学研究(2014-2016)”和陕西省自然科学基金项目“非光滑非线性系统动力学的全局分析(2015-2016)”等的支持下，开展了典型非光滑系统动力学的数值仿真和理论研究，基于随机动力学和非光滑力学理论和方法，发展了适用于非光滑系统动力学研究的新方法和新思路，特别在非光滑系统的全局分析，随机响应，随机分叉和混沌动力学方面取得了创新和突破。主要发现点和内容有：

1) 典型非光滑系统的随机响应、随机稳定性与随机分叉研究。利用正交多项式逼近方法，研究了非光滑系统的随机响应与随机分叉；提出了典型噪声激励下非光滑系统的 Lyapunov 指数的计算方法，并研究了非光滑系统的随机稳定性。

2) 典型非光滑系统的全局分叉和激变动力学的研究。提出了研究碰撞型非光滑系统全局分叉的解析方法-Melnikov 方法，研究了非光滑系统的同宿分叉与 Smale 马蹄混沌动力学；发展了适用于非光滑系统全局动力学分析的数值方法-图胞映射方法，研究了典型非光滑系统的全局分叉与激变动力学。

3) 典型非光滑系统混沌控制的研究。针对典型的碰撞型非光滑系统, 借助随机脉冲微分方程理论和方法, 建立了随机脉冲微分方程渐近 P 阶矩稳定性判定定理, 并在一个特殊混沌系统中的脉冲控制、脉冲同步以及神经网络中加以应用。实现了非光滑系统的混沌同步和混沌控制。

本项目的主要创新点和科学价值在于: 1) 首次引进平均约束面和平均跃变方程, 将正交多项式逼近方法推广应用到随机参数激励下的非光滑系统的响应与分叉的研究中, 给出了研究随机非线性非光滑系统响应与分叉, 特别是随机擦边分叉的新思路。2) 提出了一种适用于非线性随机非光滑系统 Lyapunov 指数的计算方法。3) 提出了适用于一般碰撞型非光滑系统的随机 Melnikov 近似方法。4) 发展了非光滑系统全局分析的方法-迭代图胞映射, 实现了非光滑系统中稳定与不稳定流形的逼近。5) 提出了脉冲型非光滑系统 P 阶矩意义下的混沌控制策略, 实现了该类系统的混沌控制。

本项目在 *Journal of Sound and Vibration*, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, *Nonlinear Dynamics*, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, *Chaos, Solitons & Fractals*, *Applied Mathematics and Computation*, *Chinese Physics B*, *Communications in Theoretical Physics* 和 *物理学报* 等国内外著名刊物上共发表论文 50 余篇, 其中 SCI 收录 22 篇。本项目所发表的论文被 10 多个国家和地区的科研机构在论文中正面引用, 15 篇代表作 SCI 被 *Web of Science* 核心合集引 121 次。

主要知识产权目录(15 篇代表作及专利、计算机软件著作权等):

主要论文专著目录（限 15 条）

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
1	Stochastic responses of vibro-impact Duffing oscillator excited by additive Gaussian noise. Journal of Sound and Vibration	Journal of Sound and Vibration	冯进铃, 徐伟, 王蕊	2008 年 309 卷 730-738 页	2008	冯进铃	冯进铃
2	Dynamical behaviour of a controlled vibro-impact system	Chinese Physics B	王亮, 徐伟, 李 颖	2008 年 17 卷 2446-2450 页	2008	王亮	王亮
3	随机激励下二自由度碰撞振动系 统的响应分析	物理学报	王亮, 徐伟, 李 颖	2008 年 57 卷 6169-6173 页	2008	王亮	王亮
4	Stochastic responses of Duffing-Van der Pol vibro-impact system under additive and multiplicative random excitations	International Journal of Non-Linear Mechanics	冯进铃, 徐伟, 戎海武, 王蕊	2009 年 44 卷 51-57 页	2009	冯进铃	冯进铃
5	Analysis of bifurcations for non-linear stochastic non-smooth vibro-impact system via top Lyapunov exponent	Applied Mathematics and Computation	冯进铃, 徐伟	2009 年 213 卷 577-586 页	2009	冯进铃	冯进铃
6	The asymptotical P-moment stability of stochastic impulsive differential equations and its application in impulsive control	Communications in Theoretical Physics	牛玉俊, 徐伟, 李红武	2010 年 53 卷 110-114 页	2010	牛玉俊	牛玉俊

7	Asymptotical p-moment stability of stochastic impulsive differential system and its application to chaos synchronization	Chinese Physics B	牛玉俊, 徐伟, 路朝阳	2010年19卷 030512页	2010	牛玉俊	牛玉俊
8	Duffing 单边碰撞系统的颤振分岔	物理学报	冯进铃, 徐伟, 牛玉俊	2010年59卷 0157-0163页	2010	冯进铃	冯进铃
9	Stochastic asymptotical stability for stochastic impulsive differential equations and its application to chaos synchronization	Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation	牛玉俊, 廖东, 王培	2012年17卷 505-512页	2012	牛玉俊	牛玉俊
10	Response analysis of Rayleigh–Van der Pol vibroimpact system with inelastic impact under two parametric white-noise excitations	Nonlinear Dynamics	杨贵东, 徐伟, 冯进铃, 古旭东	2015年82卷 1797-1810页	2015	杨贵东	杨贵东
11	Chaotic dynamics of the vibro-impact system under bounded noise perturbation	Chaos, Solitons & Fractals	冯进铃, 刘俊利	2015年73卷 10-16页	2015	冯进铃	冯进铃
12	Random vibrations of Rayleigh vibroimpact oscillator under Parametric Poisson white noise	Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation	杨贵东, 徐伟, 贾万涛, 何美娟	2016年33卷 19-29页	2016	杨贵东	杨贵东
13	Response analysis for a vibroimpact Duffing system with bilateral barriers under external and parametric Gaussian white noises	J Chaos, Solitons & Fractals	杨贵东, 徐伟, 古旭东, 黄冬梅	2016年87卷 125-135页	2016	杨贵东	杨贵东
14	Analysis of chaotic saddles in a	Communications in	冯进铃	2017年48卷	2017	冯进铃	冯进铃

	nonlinear vibro-impact system	Nonlinear Science and Numerical Simulation		39-50 页			
15	Input-output finite time stabilization of time-varying impulsive positive hybrid systems under MDADT	Applied Sciences	姚立红, 李俊民	2017 年 7 卷 1-17 页	2017	姚立红	姚立红