

数学 · 力学 · 物理学 · 高新技术
研究进展——2002(9)卷

The Progress of Research
for Mathematics · Mechanics ·
Physics and High New
Technology

· 主编 焦善庆

西南交通大学出版社

序

自“中国数学·力学·物理学·高新技术交叉科学研究学会”的前身“全国数学·力学·物理学·高新技术讨论会”建立至今,已历时 17 年,在全国广大专家、学者的艰苦努力和大力支持下,共正式出版《M·M·P·H 研究进展》9 卷,约 540 多万字,共发表理论及应用研究论文约六百余篇。其中国际合作研究,国家重大、重点基金,国家一般基金,省、部级基金资助的论文达 45% 以上。不少论文颇有创见,观点独特,方法新颖,直指当前理论研究前沿及高科技领域,是一批具有很高学术水平之作。体现了多学科相互交叉,彼此互补的优势,对祖国的科技发展起到了积极的推动作用,深受同行的欢迎和支持,在国内产生了重要影响。

《M·M·P·H 研究进展》Vol. 9 中有院士及老一代很多著名学者、新生后起之秀提交论文。有重大基金及重点基金资助课题,一般国家基金资助课题,省、部级基金资助课题。共刊登了论文 93 篇,是论文数量最多的一卷。其中数学、力学的论文有显著增加,物理论文略有下降(有的文章经审核不能收入 Vol. 9),应用论文基本持平。其特点是:水平高,思路新,理论基础扎实,应用领域广泛。不论数学论文、力学论文以及物理论文与高、新技术相结合的数量都有所增加,在理论联系实际方面向前大大地跨了十分可喜的一步,逐步地向本会 10 多年来所追求的理论联系实际的目标有所推进。

本会成员所获得的丰硕成果决非偶然,它是大家多年来艰苦努力、踏实工作的回报。据不完全统计,本会成员近年来对国家的科技发展已做出了卓著贡献。已完成大型国际合作研究项目多项,国家重大重点基金资助课题多项,还有 10 多项课题处于研究中。完成一般国家基金课题达百项之多,省、部级基金课题 140 多项。这是获得具有高水平的且能直指前沿理论和高技术的基础。在新世纪开始之际,我们希望本会成员更加振奋精神,团结一致,相互协作,勇攀高峰,做到“有所发现,有所发明,有所创造,有所前进”,为赶超世界先进水平做出贡献。

《M·M·P·H 研究进展》一贯坚持百花齐放、百家争鸣、相互讨论、共同提高的方针,让不同观点、意见都能自由发表。彼此交锋,达到共同提高、共同前进的目的,这对科学发展是有利的。这一原则以后也要坚持下去。但是也应指出,对现有的一切理论和实验事实统统加以否定的观点也是不对的,若前人的所有工作都是谬误的,那就不会有今天的科技进步和经济繁荣。在科学发展的新形势下,我们的任务是修正、超越、突破现有的理论框架,推动理论向更深层次的新领域发展。

《M·M·P·H 研究进展》已经完成了它的历史任务,为了适应形势发展的需要,从 2003 年起《M·M·P·H 研究进展》将与《云南大学学报》、《广西科学》合作,在两报上发表,宣传本会成员的研究成果。我们期望大家写出更有远见卓识、更高水平的文章,努力支持本会做好这项工作。

〈中国数学·力学·物理学·高新技术交叉科学研究学会〉

理事长 焦善庆

2002 年 6 月于成都

中国数学·力学·物理学·高新技术交叉研究学会

第二届理事会(调整)名单

理事长: 焦善庆(西南交通大学, 物理)

副理事长: 俞元洪(常务)(中科院应用数学所, 数学)

唐 云(清华大学, 数学)

张邦固(科学出版社, 物理)

王新志(甘肃工业大学, 力学)

罗绍凯(常务)(长沙大学, 数学力学和数学物理)

唐建民(第三军医大学, 高新技术)

姜 豪(浙江大学, 数学)

常务理事: (按姓氏笔划为序)

王 铎(北京大学, 数学)

孙继涛(同济大学, 数学)

许少知(北京 3913 信箱, 物理)

陈向炜(商丘师范学院, 数学力学与数学物理)

陈立群(上海大学, 力学)

李翠萍(北京航空航天大学, 数学)

张邦固(科学出版社, 物理)

张世杰(云南大学, 物理)

张解放(浙江师范大学, 力学与物理)

周凌云(昆明理工大学, 物理)

罗绍凯(长沙大学, 数学力学与数学物理)

俞元洪(中科院应用数学所, 应用数学)

胡建阳(武汉理工大学, 高新技术)

燕居让(山西大学, 数学)

郭永新(辽宁大学, 数学力学与数学物理)

唐 云(清华大学, 数学)

樊建民(西南交通大学, 高新技术)

焦善庆(西南交通大学, 物理)

王新志(甘肃工业大学, 力学)

江光佐(西南交通大学, 物理)

何大初(扬州大学, 物理)

陈宝振(北京师范大学低能所, 物理)

陈强顺(同济大学, 物理)

张纪岳(西北大学, 物理)

张世昌(西南交通大学, 物理)

张通和(北京师范大学, 物理与技术)

金渝光(重庆师范学院, 数学)

赵丽琴(北京师范大学, 数学)

杨本立(中国工程物理研究院工学院, 高新技术)

姜 豪(浙江大学, 数学)

郝建宇(大同化纤厂, 物理)

徐振铎(天津城建学院, 力学)

唐建民(第三军医大学, 高新技术)

盛平兴(上海大学, 数学)

章 萍(河南医科大学, 物理与技术)

廖亮源(广东中山学院, 数学)

理事: (按姓氏笔划为序)

王 铎(北京大学, 数学)

王蜀娟(西南交通大学, 物理)

代剑峰(甘肃工业大学, 物理与技术)

孙继涛(同济大学, 数学)

朱海平(北京大学, 数学力学)

吴瑜光(北京师范大学低能所, 物理)

陈立群(上海大学, 数学力学)

陈向炜(商丘师范学院, 数学力学与数学物理)

陈强顺(同济大学, 物理)

王新志(甘肃工业大学, 力学)

方建会(石油大学, 力学与物理)

兰其开(自贡教育学院, 物理)

江光佐(西南交通大学, 物理)

许少知(北京 3913 信箱, 物理)

苏景顺(河北建筑工程学院, 物理)

陈宝振(北京师范大学低能所)

陈滋利(西南交通大学, 数学)

陈 莉(西南医院, 高新技术)

陈孟泉(建安公司,高新技术)	余光耀(187医院,高新技术)
张秀荣(华东船舶工业学院,物理)	张 毅(苏州城建环保学院,数学力学)
张玉珠(山西财经大学,数学)	张一方(云南大学,物理)
张纪岳(西北大学,物理)	张积之(同济大学,物理)
张世杰(云南大学,物理)	张世昌(西南交通大学,物理)
张通和(北京师范大学低能所,物理与技术)	张邦固(科学出版社,物理)
张 维(北京工业大学,数学力学)	张桂素(军事医学科学院放射医学所,物理与技术)
张解放(金华,浙江师范大学,力学与物理)	李翠萍(北京航空航天大学,数学)
杜太生(南阳理工学院,力学)	何大初(扬州大学,物理)
杨本立(中国工程物理研究院工学院,高新技术)	杨树礼(昆明理工大学,物理)
郑文虎(西昌师专,物理)	周凌云(昆明理工大学,物理)
周 勇(湘潭大学,数学)	赵丽琴(北京师范大学,数学)
罗绍凯(长沙大学,数学力学与数学物理)	俞元洪(中科院应用数学所,数学)
钟凤兰(长春师院,物理)	胡建阳(武汉理工大学,高新技术)
姜 豪(浙江大学,数学)	郝建宇(大同化纤厂,物理)
燕居让(山西大学,数学)	徐振铎(天津城建学院,力学)
唐建民(第三军医大学,高新技术)	唐 云(清华大学,数学)
郭 江(成都理工大学,物理)	郭永新(辽宁大学,数学力学与数学物理)
钟建生(扬州大学,物理)	曹良腾(内江师范学院,物理)
龚建民(西南交通大学,物理)	焦善庆(西南交通大学,物理)
廖亮源(广东中山学院,数学)	薛 纭(上海应用技术学院,一般力学)

秘 书 长: 江光佐(西南交通大学,物理)

副秘书长: 陈向炜(商丘师范学院,数学力学与数学物理) 周 勇(湘潭大学,数学)

中国数学·力学·物理学·高新技术 交叉科学研究学会

学术委员会名单

主任委员：焦善庆

副主任委员：俞元洪

委员：(以姓氏笔划为序)

王 铎 王新志 兰其开 江光佐 孙继涛 陈立群
何大韧 张邦固 张纪岳 张世昌 张世杰 张通和
张解放 胡建阳 李翠萍 周凌云 周远宏 燕居让
郭永新 罗绍凯 唐 云 唐建民 廖亮源

组织委员会名单

名誉主任委员：焦善庆

主任委员：罗绍凯

副主任委员：

数 学：盛平兴 赵丽琴 廖亮源
力 学：郭永新 杜太生 徐振铎
物 理 学：何大韧 张世杰 张解放
高 新 技 术：唐建民 胡建阳 杨本立

目 录

数 学

微分代数方程中的一些分岔问题	唐 云 杜冬云	(1)
带分布时滞的双曲型微分方程解的振动性	林诗仲 俞元洪	(7)
二维椭圆型 Monge-Ampère 方程解的正则性	廖亮源	(12)
Saddle Connections of Type- II Limit Sets	Sheng Pingxing	(17)
随机波动态虫种群的最优防治阈值与防治时刻	李时银	(23)
广义时滞 Hopfield 型神经网络系统的稳定周期振荡	冯滨鲁 俞元洪	(29)
Oscillation Properties of Solutions for Nonlinear Parabolic Differential Equations of Neutral Type	Ren Chongxun Chen Taidao Yu Yuanhong	(35)
包络半群的特征表示	时红廷	(43)
微分系统周期解的存在与稳定	周正新 俞元洪	(46)
一类多资产跳跃扩散期权定价模型	李时银	(48)
关于时滞 Liénard 方程的 Hopf 分支	潘家齐	(54)
一个化学反应扩散方程奇异行波摄动解	杨水龙	(59)
关于丢番图方程 $x^2 \pm y^4 = z^p$	王云葵	(65)
矩阵特征多项式的树机展开方法	徐永红 李方军 祁晓彬 赵国伟	(70)
依赖于总人群数接触率的 SEI 传染病模型的稳定性	陈军杰 朱静芬	(74)
线性方程组收敛性迭代解法	赵国伟 曾宪雯 祁晓彬 徐永红	(76)
Cantor 三分集注记	金渝光	(79)
污水处理数学模型的分析	董雨滋 张玉珠 须文波	(82)
一类具有逐段常变量中立型微分方程的振动性	王幼斌	(86)
Mazur Topologies and C -sequential Topologies Generated by Taking Polars of Subset of X'	Zhang Zhiyao	(90)
具有连续变量的二阶非线性差分方程的振动性	赵凌华 刘玉军 张振国	(94)
泛函微分方程 $(n - k, k)$ 共轭边值问题正解的存在性	费祥历 白占兵	(100)
非线性时滞方程的一个结论	赵杰民	(106)
$P_r(x_1 < y < x_2)$ 的最大似然估计 (ML)	杨跃民 沈东升	(107)
时变区间矩阵的稳定性	吴晓非 汪远征 曾贤通 江世璟	(111)
广义系统 Lyapunov 方程综述	张庆灵 姚 波 杨冬梅 张国山	(116)
一个非线性微分方程模型的定性分析	李 林	(122)
Fuzzy 综合评判及其应用	肖光灿	(129)
谈谈高等数学教学中的“教学引入”艺术	刘桂清	(133)

浅谈如何讲好《经济数学基础》课·····	刘继滨	(137)
高等数学极限理论教学改革的研究与实践·····	赵临龙 杜贵春 王昭海	(141)

力 学

分析力学的辛几何方法·····	郭永新 梅凤翔	(146)
单面完整力学系统对称性的摄动与绝热不变量·····	张 毅	(154)
单面约束 Vacco 系统的 Noether 理论 ·····	张宏彬 顾书龙	(160)
一类广义 Birkhoff 系统的代数极限环 ·····	陈向炜 傅景礼 罗绍凯	(167)
转动相对论系统 Appell 方程的形式不变性与 Lie 对称守恒量 ·····	罗绍凯	(171)
转动相对论变质量完整系统的 Noether 定理 ·····	方建会 陈培胜	(177)
变质量奇异 Lagrange 系统的 Lie 对称性与守恒量 ·····	李元成	(181)
泛函变换理论及其于物理分析力学、经济分析力学中的应用 ·····	都兴富	(186)
一些 Hamiltonian 的经典对易子 ·····	沈惠川	(193)
柔韧扁锥壳的非线性振动稳定性分析·····	王新志 荣海敏 宋 曦	(198)
椭圆轨道上磁性刚体航天器的混沌姿态运动及其控制·····	陈立群	(201)
自激陀螺体的姿态运动研究·····	薛 纭 陈立群	(207)
复杂机械系统动力学的完全笛卡尔坐标分析方法·····	戈新生 陈立群	(211)
Generalized Localized Structures of BLP Equation in Plane ·····	Zhang Jiefang He Baogang	(216)
非线性波动方程的精确解·····	郭冠平 张解放	(220)
Hurwitz 稳定性判据用于线性多变量系统问题讨论 ·····	朱西平 支希哲 顾致平	(224)
反平面问题中弹性夹杂和裂纹的相互作用 ·····	陶日敏	(229)
求解非均质弹性地基上变截面梁的固有频率的状态变量法·····	张 煜	(237)
用杂交应力元分析 V 型槽孔板的应力集中 ·····	杜太生 黄荣杰	(243)
一种求解非对称物体转动惯量的简单方法·····	廖鹰翔 葛伟宽	(250)

物理学

对基本粒子标准模型(SM)的重新审视 ·····	焦善庆 杨本立 江光佐	(253)
生物超弱发光的亚辐射特性·····	张纪岳 翁锡玲	(259)
Solutions of Non-Autonomous Quantum Systems with Symplectic Algebraic Structure ·····	Jie Quanlin Wang Shunjin	(263)
电子张弛振子模型中的 V 型阵发前奏锁相阶梯 ·····	何大韧 王旭明 毛剑珊	(270)
相对论激光等离子体相互作用产生的超热电子 ·····	陈宝振 顾永叔	(274)
在微波段的太阳射电 III 型爆发群·····	王蜀娟 焦善庆	(278)
The Binding Energy of Nuclear Matter in The Chiral Symmetry Breaking Model ·····	Zhang Xiurong Guo Wenlu	(282)
相对论弹性与量子效应·····	胡建阳 黎明发	(286)
电子中微子 ν_e 及电子 e 的“反常荷”和“反常磁矩” ·····	焦善庆 江光佐 杨本立	(293)
Liouville 方程的四类精确解:中心力场问题 ·····	沈惠川 韦世强	(298)

论非线性材料热力学稳定性的谱值条件及绝热波的本征矢·····	吴 刚 胡建阳	(304)
孤立系统中的自组织与熵减的可能性·····	张一方	(310)
三代粒子的 $\bar{y} - z_3$ 表示和稀有衰变 ·····	焦善庆 曾宪雯 张 玲 杨本立 江光佐 张晓红	(314)
A Study of General Structural Characteristics and Mass Spectrum of Buckminsterfullene ·····	Dai Jianfeng Wang Qing	(321)
非线性 Cosserat 介质中楔形向错与螺位错的精确解·····	黎明发 胡建阳	(325)
随机颗粒增强金属基复合材料界面缺陷的局部强度和热稳定性·····	胡建阳 吴 刚	(332)
电荷的运动规律可确定电磁场的运动规律·····	陈强顺	(338)
关于洛伦兹变换与光速不变原理相悖的证明·····	郝建宇	(344)
经典黑洞 现代黑洞 辐射黑洞·····	苏景顺 范 虹	(349)
两定律在奇异点附近行为的讨论·····	蓝其开	(352)
谐振动的初相·····	曹良腾	(356)
关于相互绕转天体“绕转动能”相等之证明·····	郝建宇	(358)
浅析原子的壳层结构和惰性气体基态电子组态·····	许友文 许弟余	(360)
相对论时空理论无科学价值·····	许少知	(363)
浅谈物理学中的理想模型·····	曹良腾	(366)
以更广阔的视野看待物理实验及教学·····	杨树礼 季敏宁	(368)
关于等效原理不成立的证明·····	郝建宇	(373)
一种新的量子力学理论·····	王洪吉	(374)
关于引力就是静磁力的思考·····	谭启蔚	(377)

高新技术

高压科学及其在跨学科研究中的作用·····	龚自正 华劲松 揭泉林 经福谦	(380)
金属离子注入材料表面改性研究和工业化应用 ·····	张通和 吴渝光 刘安东 张 旭	(389)
B_1 系高 T_c 纯相超导体的最佳获得 ·····	李光远 W. Zhu	(396)
一种固体可调谐激光多辐照参量的同步控制及计算方法 ·····	张桂素 高光煜 单 清 钱焕文 刘海峰 周淑英	(401)
三次维里型对比状态方程及维里系数·····	焦善庆 江光佐 杨本立	(405)
热物性参数的反演算法·····	孙福伟 刘伟霞	(411)
近轴近似的 PLC AWG 光栅的理论分析 ·····	郭建强 吴孝鹏	(417)
羊八井宇宙线实验的物理前景·····	周勋秀 黄 庆	(421)
用物理方法提高高分子离子导体的离子电导率 ·····	李光远 W. Zhu	(426)
90 年代我国气温突变的研究 ·····	钟建生 黄 东 封国林 曹鸿兴	(429)
用数值法和解析法求解相变导热问题·····	雷晓蔚	(433)
有机染料对 SnO_2 、 ZnO 超微粒薄膜的光电转换性能的影响 ·····	滕丹莉 陆 慧 陆元成 潘孝仁	(438)
粒子通讯技术·····	张 宇	(442)

The Progress of Research for Mathematics·Physics· Mechanics and High New Technology 2002(9)

Contents

Machematics

Some Bifurcation Problems for Differential-Algebraic Equations	Tang Yun Du Dongyun (1)
Oscillation Properties of the Solutions of a Class of Hyperbolic Equations with Distributive Time Lag	Lin Shizhong Yu Yuanhong (7)
The Regularity of Solutions of Two-Dimensional Elliptic Monge-ampère Equations ...	Liao Liangyuan (12)
Saddle Connections of Type- II Limit Sets	Sheng Pingxing (17)
The Optimal Threshold and Moment for Preventing the Random Walking Insect's Population	Li Shiyin (23)
Stable Periodic Vibration of Hopfield Nearal Network System with Generalized Time Lag	Feng Binlu Yu Yuanhong (29)
Oscillation Properties of the Solutions for Nonlinear Parabolic Differential Equations of Neutral Type	Ren Chongxun Chen Taidao Yu Yuanhong (35)
The Character Representation of Enveloping Semigroup	Shi Hongting (43)
Existence and Stability of Periodic Solution of the Differential System	Zhou Zhengxin Yu Yuanhong (46)
A Class of Models of Multiasset Jump Diffusion Option Pricing	Li Shiyin (48)
On the Hopf Bifurcation for Liénard Equation with Delay	Pan Jiaqi (54)
Strange Travelling Wave Perturbation Solution of a Chemical Reation-Diffusion Equation	Yang ShuiLong (59)
On the Diophantine Equations $x^2 \pm y^4 = z^p$	Wang Yunkui (65)
Method of Expansion of Matrix Characteristic Polynomial on Tree Machine Model ...	Xu Yonghong Li Fangjun Qi Xiaobin Zhao Guowei (70)
Stability of an SEI Epidemic Model with Population Size Dependent Contact Function	Chen Junjie Zhu Jingfen (74)
Conrergent Iteration Method for System of Linear Equations	

..... Zhao Guowei Zeng Xianwen Qi Xiaobing Xu Yonghong	(76)
Cantor Three Points Set Notes	Jin Yuguang (79)
Analys is of the Mathimatical Model to Dispose of Waste Water	
..... Dong Yuzi Zhang Yuzhu Xu Wenbo	(82)
Oscillations of Solutions of Delay Neutral Differential Equations with	
Piecewise Constant Argument	Wang Youbin (86)
作为极拓扑的 C -序列拓扑和 Mazur 拓扑	张志尧 (90)
Oscillation of Second-Order Nonlinear Difference Equation with Continuous Arguments	
..... Zhao Linghua Liu Yujun Zhang Zhenguo	(94)
Existence of Positive Solutions for Functional Differential Equations $(n - k, k)$	
Conjugate Boundary Value Problem	Fei Xiangli Bai Zhanbing (100)
One Result of Nonlinear Time-Delay Equation	Zhao Jiemin (106)
Maximum Likelihood Estimation of $\Pr (x_1 < y < x_2)$	
..... Yang Yuemin Shen Dongsheng	(107)
Stability of Time-Varying Interval Matrices	
..... Wu Xiaofei Wang Yuanzheng Cao Xiantong Jiang Shijing	(111)
A Survey of Lyapunov Equations for Descriptor Systems	
..... Zhang Qingling Yao Bo Yang Dongmei Zhang Guoshan	(116)
The Qualitative Analysis of a Model Governed by Nonlinear Differential Quations	
..... Li Lin	(122)
Synthetical Judgment of Fuzzy and its Application	Xiao Guangcan (129)
Personal View of "Teaching Import" Art in Advanced Mathematics Course	
..... Liu guiqing	(133)
The Superficial Opinion about How to Teaching 《Economic Mathematics Base》	
..... Liu Jibin	(137)
The Research & Practice of Teaching Reform of Limiting Theory in Advanced Mathematics	
..... Zhao Linlong Du Guichun Wang Zhaohai	(141)

Mechanics

Symplectic Geometry of Analytical Mechanics	Guo Yongxin Mei Fengxiang (146)
Perturbation to Symmetries and Adiabatic Invariant of Holonomic Mechanical	
Systems with Unilateral Constraints	Zhang Yi (154)
Noether's Theory of Vacco Systems With Unilateral Constraints	
..... Zhang Hongbin Gu Shulong	(160)
Algebraic Limit Cycle of Some Generalized Birkhoff System	
..... Chen Xiangwei Fu Jingli Luo Shaokai	(167)
Form Invariance and Conserved Quantities of Lie Symmetries of Rotational	
Relativistic System	Luo Shaokai (171)

The Noether's Theorem of Rotational Relativistic Variable Holonomic Mass System	Fang Jianhui Chen Peisheng	(177)
Lie Symmetrie and Conserved Quantities of Singular Systems of Variable Mass	Li Yuancheng	(181)
Functional Catastrophe Theory and its Applications in Physical Analytical Mechanics and Economical Analytical Mechanis	Du Xinfu	(186)
Some Hamiltonian Classical Commutators	Shen Huichuan	(193)
Stability Analysis of Nonlinear Vibration for Pliable and Tough Shallow Conical Shells	Wang Xinzhi Rong Haimin Song Xi	(198)
Chaotic Attitude Motion and Its Control of Magnetic Rigid Spacecraft in Euiptic Orbit	Chen Liqun	(201)
Study of Attitude Motion of Gyrorotor with Self-Excitation ...	Xue Yun Chen Liqun	(207)
Analysis Method of Complete Cartesian Coordinate System in Dynamics of Complex Mechanic System	Ge Xinsheng Chen Liqun	(211)
Generalized Localized Structures of BLP Equation in Plane	Zhang Jiefang He Baogang	(216)
New Exact Travelling Wave Solutions for a Class of Nonlinear Evolution Equations	Guo Guangping Zhang Jiefang	(220)
Study of Hurwitz Stability Criterion for Linearity Variables System	Zhu Xiping Zhi Xizhe Gu Zhiping	(224)
The Interaction Between Antiplane Elastic Line Inclusion and Crack	Tao Fangming	(229)
The Method of State Variables to Calculate the Natrual Frequencies of Beams on the Non-Uniform Elastical Foundation	Zhang Yu	(237)
Hybrid Solid Element with a Traction-Free Slant Surface	Du Taisheng Huang Rongjie	(243)
Simple Method to Calculate Moment of Interia of Asymmetric Body	Liao Yingxiang Ge Weikuan	(250)

Physics

Reexamination Standard Model (SM) of Elementary Particle	Jiao Shanqing Yang Benli Jiang Guangzuo	(253)
Subradiant Properties of Bio - Ultraweak Luminescence	Zhang Jiyue Weng Xiling	(259)
Solutions of Non-Autonomous Quantum Systems with Symplectic Algebraic Structure	Jie Quanlin Wang Shunjin	(263)
A Prelude Phase-Locked Staircase to Type V Intermittency in a Model of a Electronic Relaxation Oscillator	Wang Xuming Mao Jianshan He Daren	(270)

Super-Thermal Electron Produced in Relativistic Laser-Plasma Interaction	Chen Baozhen Gu Yongti	(274)
Solar Radio Type III Bursts in Microwave Frequency Range	Wang Shujuan Jiao Shanqing	(278)
The Binding Energy of Nuclear Matter in the Chiral Symmetry Breaking Model	Zhang Xiurong Guo Wenlu	(282)
On the Relativistic Elasticity and Its Quantum Effect	Hu Jianyang Li Mingfa	(286)
Abnormal Charge and Anomalous Magnetic Moment of Electrino and Mutrino	Jiao Shanqing Jiang Guangzuo Yang Benli	(293)
Four Exact Solutions of Liouville Equation:the Problem of Center Field	Shen Huichuan Wei Shiqiang	(298)
On the Spectrum-Value Condition of Thermodynamic stability for Nonlinear Materials and Eigenvector of Adiabatic Wave	Wu Gang Hu Jianyang	(304)
Self-Organization and Possible Decrease of Entropy in Isolated Systems	Zhang Yifang	(310)
Representation $\tilde{Y} - Z_3$ of Three Generations of Particle and Rare Decay	Jiao Shanqing Zeng Xianwen Zhang Ling Yang Benli Jiang Guangzuo Zhang Xiaohong	(314)
A Study of General Structural Characteristics and Mass Spectrum of Buckminsterfullene	Dai Jianfeng Wang Qing	(321)
On Exact Solutions of the Wedge Declination and Screw Dislocation in Nonlinear Cosserat Media	Li Mingfa Hu Jianyang	(325)
Local Strength and Thermal Stability of Interfacial Defects for Random Grain Reinforced Metal Matrix Composites	Hu Jianyang Wu Gang	(332)
The Movement Law of Electromagnetic Fields Defining the Movement Law of Electric Charge	Chen Qiangshun	(338)
Proving Contrary Between Lorentz Transformation and Principle of Constancy of Light Velocity	Hao Jianyu	(344)
Classical Black Hole Modern Black Hole Radiation Black Hole	Su Jingshun Fan Hong	(349)
Discussion on Property near Singularity of Two Laws	Lan Qikai	(352)
The Initial Phase of Hamonic Vibration	Cao Liangteng	(356)
Demonstration about Equality of Revolving Kinetic Energy of Interrevolving Celestial Bodies	Hao Jianyu	(358)
A Brief Analysis of Atomic Shell Structure and Electron Configurations in Ground States of Inert Gases	Xu Youwen Xu Diyu	(360)
Worth Nothing, the Relativistic Space-Time Theory	Xu Shaozhi	(363)
A Brief Talk on the Ideal Model in Physics	Cao Liangteng	(366)
Regarding Physics Experiments and Teaching with Insight ...	Yang shuli Ji minning	(368)

Demonstration Equivalent Principle is Untenable	Hao Jianyu	(373)
A New Kind of Quantum Mechanics Theory	Wang Hongji	(374)
Thinkings about Universal Gravitation is the Magnetostatic Force	Tan Qiwei	(377)

Applied Techniques

Science of High Pressure and Its Function in Trans-Subject Study		
..... Gong Zizheng Hua Jinsong Jei Quanlin Jing Fuqian		(380)
A Study on Improvement Properties of Material Surface Implanting by Metal		
Ion and its Industrial Application		
..... Zhang Tonghe Wu Yuguang Liu Andong Zhang Xu		(389)
The Optimum Formation Condition and Mechanism of High T_c Phase in Bi Based		
Superconductor	Li Guangyuan W. Zhu	(396)
A Method for Synchronous Controlling and Measuring of Several Radiation Parameters of		
a Solid-State Tunable Laser	Zhang Guisu Gao Guanghuang Shan Qing	
Qian Huanwen Liu Haifeng Zhou Shuying		(401)
Third Order Virial Contrast Equation of State and Virial Coefficient		
..... Jiao Shanqing Jiang Guangzuo Yang Benli		(405)
A Method of Inverse Problems Used in Determine Parameter of Heat Conduction Equations		
..... Sun Fuwei Liu Weixia		(411)
Theoretical Analysis of PLC AWG Grating in Paraxial Approximation		
..... Guo Jianqiang Wu Xiaopeng		(417)
The Physics Prospect of Yangbajing Cosmic Ray Experiment		
..... Zhou Xunxiu Huang Qing		(421)
Enhance Polymer Electrolyte Conductivity by Physical Agent		
..... Li Guangyuan W. Zhu		(426)
Steep Warming over China during 1990s		
..... Zhong Jianshen Huang Dong Feng Guolin Cao Hongxing		(429)
To Solve Heat Conduction Problem with Phase Transition Using Numerical and		
Analytic Methods	Lei Xiaowei	(433)
Influence of Dye on the Photoelectrochemical Properties of SnO_2 or ZnO Ultra Particle Films		
..... Teng Yueli Lu Hui Lu Yuanchen Pan Xiaoren		(438)
The Communication Technology of Particle	Zhang Yu	(442)

微分代数方程中的一些分岔问题

唐云* 杜冬云

(清华大学应用数学系 北京 100084)

【摘要】 本文研究了微分代数方程的分岔问题,给出了微分代数方程发生奇异诱导分岔的条件和退化的 Hopf 分岔定理的推广。

【关键词】 微分代数方程 奇异诱导分岔 退化的 Hopf 分岔

一、引言

近几年来,微分方程中引起人们广泛关注并取得迅速发展的领域是关于微分代数方程的研究。所谓微分代数方程即是:

$$\dot{x} = f(x, y, p) \quad (1a)$$

$$0 = g(x, y, p) \quad (1b)$$

其中 $f: X \times Y \times P \rightarrow \mathbf{R}^n$ 和 $g: X \times Y \times P \rightarrow \mathbf{R}^m$ 是 C^∞ 的,且 X, Y 和 P 分别为 $\mathbf{R}^n, \mathbf{R}^m$ 和 $\mathbf{R}^q$ 中的开集。令 $z = (x, y)$, 方程(1)写成拟线性形式:

$$A(z, p)\dot{z} = G(z, p) \quad (2)$$

其中, $A(z, p) \in \mathcal{A}(\mathbf{R}^{n+m})$ 在 A 的定义域中有常秩且非满秩。

微分代数方程是描述许多数理现象的合理模型,如古典力学(单摆方程)、电力网络和化学反应等。即使是现有的常微分方程模型也可看作微分代数方程的特例。但是并不是所有的微分代数方程都可以经过变形成为常微分方程,因此要求解微分代数方程可用的数值方法,进而需要越来越多的理论研究。Griepentrog 和 März^[2] 对微分代数方程的解的存在性和惟一性进行了研究, Griepentrog^[1] 从扩展系统方面, Rabier 和 Rheinboldt^[3] 从几何方法和约化程序方面继续了这一研究。关于线性微分代数方程, Rabier 和 Rheinboldt^[4] 等都曾做过这方面的工作。Rabier 和 Rheinboldt^[4] 把线性理论推广到半线性方程。S. Shankar Sastry^[6] 和 V. Venkatasubramanian^[7] 曾利用奇异摄动理论分析微分方程的性质。V. Venkatasubramanian, Schattler 和 Zaborsky^[10] 研究了平衡点的局部分岔并且证明了在几条通有假设下有三种局部分岔:鞍结分岔、Hopf 分岔及奇异性诱导分岔(SIB), Beardmore^[8] 和 Yang 和 Tang^[12] 又进一步研究了 SIB 理论,给奇异性诱导分岔定理一个简洁的证明, Rabier^[5] 则把一般常微分方程的 Hopf 分岔定理推广到拟线性微分代数方程上去。

在这篇文章中我们考虑了微分代数方程的分岔问题。对于单参数的微分代数方程,我们发现当方程在某点满足一定的非退化条件及 $\det(D_x g) = 0, \text{trace}(D_y f \det(D_x g) D_x f) = 0$ 等,则系统在此点的 Jacobi 矩阵有两个特征值到达无穷;当穿过此点后,这两个特征值就会由无穷变回某个有界的值。这是对 [10][12][8] 中问题的进一步的研究得出的新的 SIB 现象。针对方程

* 唐云, 59 岁, 清华大学应用数学系教授。研究方向: 微分方程和动力系统。

(2), 我们在 Rabier^[5] 工作的基础上, 继续研究拟线性微分代数方程的退化 Hopf 分岔现象, 给出了其退化 Hopf 分岔其等价正规形为 $y^3 + \varepsilon(\mu^2 + \alpha)y = 0$ 的一般性定理, 其中 $\varepsilon = \pm 1$, α 是开折参数)。为不经过约化直接利用 A 和 G 的性质来判定系统发生上述退化 Hopf 分岔提供理论依据。

我们将在文章的第二节给出实际模型中发生新的 SIB 分岔的一个例子, 在第三节给出新的 SIB 分岔定理, 拟线性微分代数方程的退化的 Hopf 分岔定理则放在第四节。

二、新的奇异诱导分岔

参照[11]中的模型, 考虑单机无穷大系统, 其中负荷用 ZIP 模型来表示, 它的数学模型可简单的表示为:

$$\dot{\delta}_m = \omega \quad (3a)$$

$$M\dot{\omega} = -d_m\omega + P_m - E_m V Y_m \sin(\delta_m - \delta) \quad (3b)$$

$$-K_{qv2}V^2 - K_{qv}V + Q(\delta_m, \delta, V) - Q_0 - Q_1 = 0 \quad (3c)$$

$$-K_{pw}K_{pv}V + P(\delta_m, \delta, V) - P_0 - P_1 = 0 \quad (3d)$$

这里的状态变量是 δ_m (发电机电压相角), ω (转速), δ (和电压相角) 和 V (负荷电压幅值)。负荷模型如下:

$$P(\delta_m, \delta, V) = -E_0 V Y_0 \sin(\delta) + E_m V Y_m \sin(\delta_m - \delta)$$

$$Q(\delta_m, \delta, V) = -E_0 V Y_0 \cos(\delta) + E_m V Y_m \cos(\delta_m - \delta) - (Y_0 + Y_m)V^2$$

其中

$$E_0 = \frac{E_0}{\sqrt{(1 + C^2 Y_0^{-2} - 2CY_0^{-1} \cos \theta_0)}}$$

$$Y_0 = Y_0 \sqrt{(1 + C^2 Y_0^{-2} - 2CY_0^{-1} \cos \theta_0)}$$

$$\theta_0 = \theta_0 + \arctan \frac{CY_0^{-1} \sin \theta_0}{(1 - CY_0^{-1}) \cos \theta_0}$$

除了 Q_1 作为分岔参数, 其余参数都给定值,

$$M = 0.01464, \quad C = 3.5, \quad E_m = 1.05,$$

$$Y_0 = 3.33, \quad \theta_0 = 0, \quad \theta_m = 0, \quad K_{pw} = 0.4,$$

$$K_{pv} = 0.3, \quad K_{qw} = -0.03, \quad K_{qv} = -2.8,$$

$$K_{qv2} = 2.1, \quad P_0 = 0.6, \quad P_1 = 0.0,$$

$$Q_0 = 1.3, \quad E_0 = 1.0, \quad Y_m = 5.0,$$

$$P_m = 1.0, \quad d_m = 0.05,$$

对上述微分代数方程进行分析可以看到: 当 Q_1 从 $Q_1 < 3.023546758$ 变到 $Q_1 > 3.023546758$ 时, 系统的 Jacobi 矩阵有一对负虚部的特征值沿着虚轴方向离开初始点到达无穷远点, 然后沿着实轴方向返回, 分别到达正负值。其特征值的变化如图 1 所示, 这解释了电力系统中由于震荡频率加大引起的电压崩溃现象。

三、一类新的奇异诱导分岔定理

考虑系统(1)

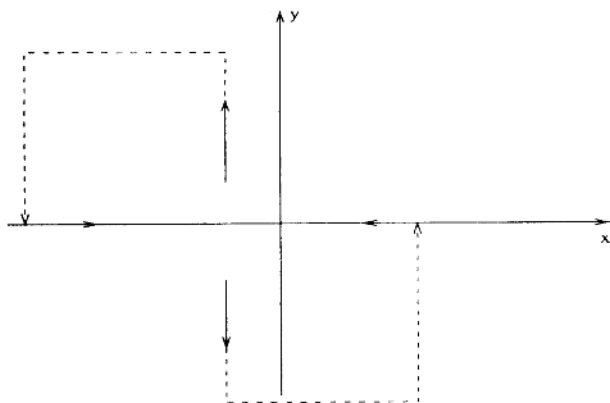


图1 特征值变化示意图

$$\dot{x} = f(x, y, p) \quad (4a)$$

$$0 = g(x, y, p) \quad (4b)$$

其中 $p \in \mathbb{R}^q, q = 1$ 。通过简单的分析我们知道系统(4)在正则点处的 Jacobi 矩阵为:

$$J = D_x f - D_y f (D_y g)^{-1} D_x g \quad (5)$$

为了方便, 首先给出一些记号。令

$$\hat{H}(x, y, p) = \det(D_y g) D_x f - D_y f \operatorname{adj}(D_y g) D_x g,$$

$$\hat{e}(x, y, p) = \operatorname{trace}(\hat{H}(x, y, p)),$$

$$\hat{m}(x, y, p, \lambda) = \det \begin{bmatrix} D_x f - \lambda I_n & D_y f \\ D_x g & D_y g \end{bmatrix}$$

其中 $\operatorname{adj}(D_y g)$ 表示矩阵 $D_y g$ 的伴随矩阵, I_n 是 n 阶单位阵。记 $\hat{H}_{ij}(x, y, p)$ 为 $\hat{H}(x, y, p)$ 的第 i 行第 j 列的元素, $i, j = 1, \dots, n$, 且

$$\hat{h}(x, y, p) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n-1} \begin{vmatrix} \hat{H}_{ii}(x, y, p) & \hat{H}_{ij}(x, y, p) \\ \hat{H}_{ji}(x, y, p) & \hat{H}_{jj}(x, y, p) \end{vmatrix}$$

假定矩阵

$$\begin{bmatrix} D_x f & D_y f \\ D_x g & D_y g \end{bmatrix}$$

在 $(0, 0, p_0)$ 非奇异, 那么由隐函数定理, 系统(40)在小区间 $(p_0 - \delta, p_0 + \delta)$ 内存在一以 p 为参数的连续的平衡点路径 $EQ(p) = (x(p), y(p), p)$, 使得 $f(x(p), y(p), p) = 0$ 和 $g(x(p), y(p), p) = 0$ 。于是沿着平衡点轨迹 $EQ(p) = (x(p), y(p), p)$ 可以令

$$H(p) = \hat{H}(x(p), y(p), p)$$

$$e(p) = \hat{e}(x(p), y(p), p)$$

$$h(p) = \hat{h}(x(p), y(p), p)$$

$$m(p, \lambda) = \hat{m}(x(p), y(p), p, \lambda)$$

$$\gamma(p) = \det(D_y g)(x(p), y(p), p)$$

下面给出一个引理描述 $h(p)$ 的性质。

引理 1 考虑系统(4),假定在 $(0,0,p_0)$ 处系统满足

(i) $f(0,0,p_0) = 0, g(0,0,p_0) = 0$ 和 $\det(D_{\lambda}g)(0,0,p_0) = 0$;

(ii) 矩阵

$$\begin{pmatrix} D_x f & D_y f \\ D_x g & D_y g \end{pmatrix}$$

是正则的。

那么 $h(p_0) = 0$ 。

现在我们描述定理如下:

定理 1 考虑系统(4)。假定在 $(0,0,p_0)$ 处系统满足:

(i) $f(0,0,p_0) = 0, g(0,0,p_0) = 0, D_{\lambda}g$ 有一个单零特征值并且 $\text{trace}(D_{\lambda}f \text{adj}(D_{\lambda}g)D_{\lambda}g) = 0$;

(ii) 矩阵

$$\begin{pmatrix} D_x f & D_y f \\ D_x g & D_y g \end{pmatrix}$$

是正则的;

(iii) $\frac{d}{dp}\gamma(p_0) \neq 0, \frac{d}{dp}h(p_0) \neq 0$ 和 $\frac{d}{dp}e(p_0) \neq 0$ 。

那么对 p_0 附近的 $p \neq p_0$, 当 p 趋于 p_0 时, 沿着平衡轨迹系统(4)的 Jacobi 矩阵(5)有两个特征值趋于无穷, 而其他的特征值都有界。具体地讲, 如果 $D_p h(p_0) > 0 (< 0)$, 那么当 p 递增地通过 p_0 时, 矩阵(5)有一对实(共轭复)特征值分别沿着正负方向到达无穷, 然后返回并且变成一对共轭复(实)特征值。

注 1: 在奇异点 $(0,0,p_0)$ 处矩阵

$$\begin{pmatrix} D_x f & D_y f & D_p f \\ D_x g & D_y g & D_p g \\ D_x e & D_y e & D_p e \end{pmatrix}$$

是非奇异的意味着 $e(p)$ 在 $(0,0,p_0)$ 的导数非零。

容易验证系统(3)满足定理 1 的条件且 $D_p h(p_0) > 0$ 。由定理 1 得知本文第二节所描述的分岔现象会发生。

四、拟线性微分代数方程的退化的 Hopf 分岔

在这部分, 我们给出一个直接依据矩阵 A 和 G 的性质来判断系统是否出现退化 Hopf 分岔的定理。这样就不再需要把隐式微分方程变成显式方程。在研究拟线性微分代数方程的退化的 Hopf 分岔中, 首先利用 Rabier 的约化方法把方程进行约化, 然后把传统的退化 Hopf 分岔的条件转化为用 A 和 G 来表述。下面就给出拟线性微分代数方程的退化 Hopf 分岔定理。

定理 2 对于系统(2), 假定存在一个 $\omega_0 > 0$, 使得

$$\left. \begin{aligned} \ker[\text{im}\omega_0 A(0,0) - D_{\xi}G(0,0)] &= \{0\}, \quad m = 0, \pm 2, \pm 3, \dots \\ \dim \text{Cker}[i\omega_0 A(0,0) - D_{\xi}G(0,0)] &= 1 \\ A(0,0)\ker[i\omega_0 A(0,0) - D_{\xi}G(0,0)] \cap \text{rge}[i\omega_0 A(0,0) - D_{\xi}G(0,0)] &= \{0\} \\ aA(0,0) - D_{\xi}G(0,0) &\neq 0, \quad \forall a \in \mathbb{C} \end{aligned} \right\}$$