

西北工业大学

硕 士 学 位 论 文

(学位研究生)

题目: 多时间尺度快慢系统动力学分析
及数值求解

作 者: 徐 剑 文

学 科 专 业: 应用数学

指 导 教 师: 谢 文 贤

2018 年 3 月

Dynamic Analysis and Numerical Simulation of Multi-timescale Fast-slow System

By

Jianwen Xu

Under the Supervisor of Associate Professor

Wenxian Xie

A Dissertation Submitted

Northwestern Polytechnical University

In Partial Fulfillment of the Requirement for

The Degree of Master of Philosophy

In

Applied Mathematics

Xi'an P.R. China

March, 2018

摘 要

关键词: XXX; XXX; XXX; XXXX; XXX

Abstract

Key words: XXX; XXX; XXXX; XXX; XXX

目 录

摘 要	I
Abstract	III
目 录	V
第一章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究现状	1
1.3 本文研究内容	1
第二章 多时间尺度快慢系统慢流形的隐式近似方法	3
2.1 引言	3
第三章 一类多慢变量快慢系统折叠点处的动力学研究	5
第四章 分数阶多时间尺度快慢系统的研究与数值算法	7
第五章 总结与展望	9
5.1 全文总结	9
5.2 研究展望	9
参考文献	11
攻读硕士学位期间发表的论文	13
攻读硕士学位期间参加科研项目、学术活动及获奖情况	15
致 谢	17

第一章 绪论

1.1 研究背景

多时间尺度动力系统已成为当前非线性动力学研究领域热点之一。这类系统广泛存在于自然界以及工程应用中，如小到微观的化学反应模型、激光模型以及神经元模型等；大到宏观的气候模型，生态系统以及天体力学等。多时间尺度系统是指系统中不同的变量之间存在不同量级的变化率^[1]，通常在描述这类问题时，往往是通过构造具有快慢变量的微分方程组，因此被称为多时间尺度快慢系统。而由于多时间尺度快慢系统中变量之间通常存在不同的变化率，从而导致系统出现相应的奇异性，因此快慢系统是一类典型的奇异摄动系统^[2]。其所具有的复杂动力学行为的分析以及求解一直是研究的难点之一。目前大多数工作主要考虑的是具有两时间尺度的动力系统^[3-5]，同时也存在针对更多时间尺度的研究^[6-8]。

1.2 研究现状

1.3 本文研究内容

第二章 多时间尺度快慢系统慢流形的隐式近似方法

2.1 引言

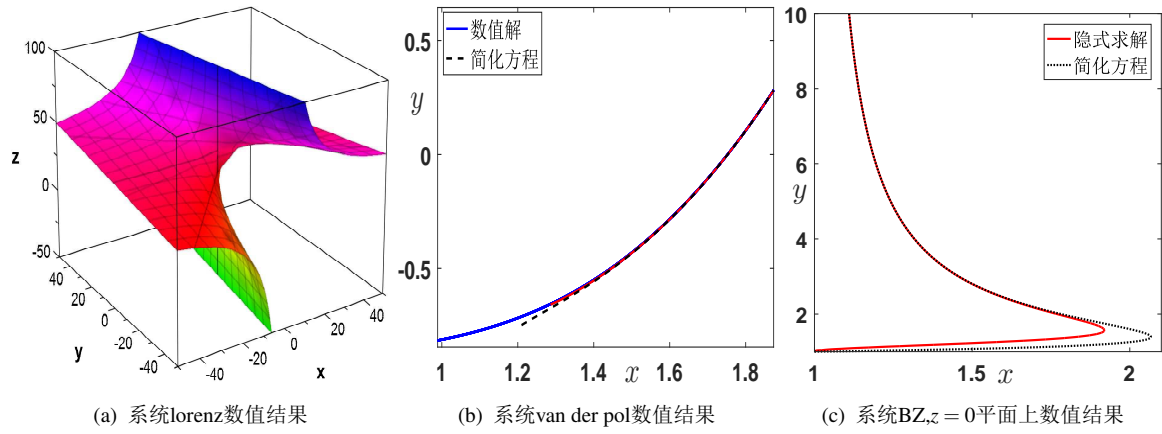


图 2-1 三类不同系统数值结果.

第三章 一类多慢变量快慢系统折叠点处的动力学研究

第四章 分数阶多时间尺度快慢系统的研究与数值算法

表 4-1 数值误差以及平均CPU时间

参数	阶数	E_m^1	E_m^2	$\ E_m^1 - E_m^2\ _2$
$t = 500$	0.95	(7.7460, 7.7460, 9.9999)	(7.7460, 7.7461, 9.9999)	0.0001
$L^f = 0.7143$	0.90	(7.7461, 7.7462, 9.9997)	(7.7461, 7.7462, 9.9996)	0.0001
$(\alpha, \beta, \gamma) = (33, 6, 10)$	0.85	(7.7462, 7.7464, 9.9994)	(7.7462, 7.7465, 9.9992)	0.0002
平均CPU时间(s)		7.7376	5.3144	31.32%
$t = 1000$	0.95	(-8.8318, -8.8318, 13.0000)	(-8.8318, -8.8318, 12.9999)	0.0001
$L^f = 0.7252$	0.90	(8.8318, 8.8319, 12.9999)	(8.8319, 8.8320, 12.9998)	0.0002
$(\alpha, \beta, \gamma) = (33, 6, 13)$	0.85	(8.8319, 8.8321, 12.9997)	(8.8320, 8.8322, 12.9996)	0.0002
平均CPU时间(s)		46.6287	26.4318	43.31%

第五章 总结与展望

5.1 全文总结

5.2 研究展望

参考文献

- [1] 郑远广, 王在华. 含时滞的快-慢耦合系统的动力学研究进展[J]. 力学进展, 2011, 41(4):400–410.
- [2] 蒋扇英, 徐鉴. 时滞耦合弹性关节系统中的快慢动力学行为及其分岔分析[C]. 全国非线性动力学和运动稳定性学术会议. 2013:1.
- [3] 李旭, 张正娣, 毕勤胜. 两时间尺度下非光滑广义蔡氏电路系统的簇发振荡机理[J]. 物理学报, 2013, 62:40–48.
- [4] J. Wojcik, A. Shilnikov. Voltage Interval Mappings for Activity Transitions in Neuron Models for Elliptic Bursters[J]. Physica D: Nonlinear Phenomena, 2011, 240(14):1164 – 1180.
- [5] H. W. Broer, T. J. Kaper, M. Krupa. Geometric Desingularization of a Cusp Singularity in Slow-fast Systems with Applications to Zeeman's Examples[J]. Journal of Dynamics and Differential Equations, 2013, 25(4):925–958.
- [6] 杨卓琴, 张璇. 三个不同时间尺度的电耦合模型的组合簇放电[J]. 物理学报, 2013, 62(17):112–119.
- [7] P. De Maesschalck, E. Kutafina, N. Popović. Three Time-scales in an Extended Bonhoeffer–van Der Pol Oscillator[J]. Journal of Dynamics and Differential Equations, 2014, 26(4):955–987.
- [8] 张苏珍. 三时间尺度分段线性系统的动力学行为及其机理分析[D]. 江苏:江苏大学, 2016.

攻读硕士学位期间发表的论文

攻读硕士学位期间参加科研项目和学术活动及获奖情况

致 谢

致 谢

西北工业大学
学位论文知识产权声明书

本人完全了解学校有关保护知识产权的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属于西北工业大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版。本人允许论文被查阅和借阅。学校可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。同时本人保证，毕业后结合学位论文研究课题再撰写的文章一律注明作者单位为西北工业大学。

保密论文待解密后适用本声明。

学位论文作者签名：_____ 指导教师签名：_____
年 月 日 年 月 日

西北工业大学
学位论文原创性声明

秉承学校严谨的学风和优良的科学道德，本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容和致谢的地方外，本论文不包含任何其他个人或集体已经公开发表或撰写过的研究成果，不包含本人或其他已申请学位或其他用途使用过的成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式表明。

本人学位论文与资料若有不实，愿意承担一切相关的法律责任。

学位论文作者签名：_____
年 月 日