



申请代码1	A011701
科学部编号	1181101269
项目批准号	



# 国家自然科学基金 国际(地区)合作与交流项目申请书

(合作交流—NSFC-RFBR(中俄))

项目名称(中文): 几类偏微分方程的高效数值方法及应用

项目名称(英文): Efficient numerical methods for partial differential equation and its application

合作国别(地区, 国际组织): 俄罗斯

合作起止日期: 2019-01-01--  
2020-12-31

项目申请人: 杨银

申请日期: 2018-06-02

依托单位: 湘潭大学

实验室名称:

通讯地址: 湖南省 湘潭大学 数学与计算科学学院

邮政编码: 411105

联系电话: 073158292763

传真:

Email: yangyinxu@xtu.edu.cn

依托在研基金项目编号: 11671342

起止日期: 2017-01-01--2020-12-31

依托在研基金项目名称: 几类非局部方程的高效谱方法研究

依托在研基金项目主持人: 杨银

科研处电话: 0731-58292064

Email: k-jh@xtu.edu.cn

国家自然科学基金委员会国际合作局制



中方人信息

姓名	杨银	性别	女	出生日期	1982年01月	民族	汉族
拼音	Yang Yin	证件类别	二代身份证	证件号码	430381198201212685		
最高学位	博士	授予国别(地区)	中国	授予年份	2010	院士	
职称	教授		行政职务		湘潭大学数学与计算科学学院副院长		
单位	湘潭大学						

姓名	周光明	性别	男	出生日期	1971年11月	民族	汉族
拼音	Zhou Guangming	证件类别	二代身份证	证件号码	432503197111150037		
最高学位	博士	授予国别(地区)	中国	授予年份	2007	院士	
职称	教授		行政职务				
单位	湘潭大学						

姓名	张建平	性别	男	出生日期	1980年07月	民族	汉族
拼音	Zhang Jianping	证件类别	二代身份证	证件号码	430302198007094050		
最高学位	博士	授予国别(地区)	中国	授予年份	2012	院士	
职称	副教授		行政职务				
单位	湘潭大学						

姓名	袁海专	性别	男	出生日期	1985年11月	民族	汉族
拼音	Yuan Haizhuan	证件类别	二代身份证	证件号码	430124198511238372		
最高学位	博士	授予国别(地区)	中国	授予年份	2014	院士	
职称	副教授		行政职务				
单位	湘潭大学						

**在研基金项目进展情况及与国外开展合作的基础:**

本项目所依托的在研基金项目是国家自然科学基金面上项目: 几类非局部方程的高效谱方法研究, 编号: 11671342, 执行时间: 2017. 01-2020. 12。

分数阶微分方程和Volterra类型积分微分方程等非局部方程的主要特征是有全局依赖性, 即方程的解在任何一个点上的值依赖于整个积分区域内所有点的值。由于这类方程具备记忆性质, 对其数值求解更为困难。当采用的离散方法无论是低阶的差分 and 有限元方法, 还是高阶的谱方法, 都会导致离散系统的非局部性。也就是说, 与高阶方法相比, 低阶方法稀疏性的优点在这类问题上得不到任何体现。另一方面, 谱方法是高精度的全局方法, 当精确解无限光滑时数值解可以到指数阶的收敛速度, 在保证同样精度的前提下, 谱方法比其它低阶方法所用的信息量少, 从而大大减少了存储量。所以我们认为高阶的谱方法更适合处理积分微分方程和分数阶积分微分方程等非局部方程。本项目将在已有工作的基础上, 将针对几类非局部数学模型的难点和特性, 结合谱方法的高精度的优点, 探索并提出几种新型的高效算法, 分析算法的收敛性和超收敛性。目前本项目已有的研究进展:

1) 带有弱奇异性核Volterra积分方程, 由于奇异方程的解的导数在端点具有某种奇异性, 对其数值方法的研究在理论分析上相当复杂。我们针对第二类带有弱奇异性核的Volterra积分方程, 提出了谱 Galerkin方法, 选择适当正交多项式的权函数, 以正交多项式的零点作为Gauss数值求积的积分节点, 充分运用Sobolev的数值逼近理论, 克服问题的奇异性所带来的困难。巧妙利用正交多项式逼近理论和Gauss数值积分逼近理论、Jacobi 加权Sobolev空间和紧算子理论、插值多项式的Lebesgue常数估计等数学理论方面的最新结果和一些重要的不等式等工具进行收敛性分析, 得到了加权范数和无穷模谱精度的误差估计。相关结果发表在SCI期刊《Bulletin of the Korean Mathematical Society》上。

2) 针对非线性的 Volterra 型积分微分方程, 设计了谱 Galerkin方法和对应的迭代方法, 利用正交多项式作为基函数, 将原问题的变分形式进行离散; 将利用加权的 Jacobi-Gauss 数值求积公式来逼近积分项; 在理论分析上, 借



助有限元分析论证技术,灵活运用正交多项式插值算子和正交投影算子的逼近理论等数学理论方面的最新结果和一些重要的不等式等工具进行收敛性分析,证明了谱 Galerkin方法得到的数值误差在无穷模及加权范数下都呈指数衰减,进一步地,得到了迭代谱 Galerkin方法的超收敛性,为以后进行Volterra型积分积分微分的自适应谱 Galerkin方法提供了误差指示子和理论基础。相关研究成果发表在SCI期刊《Journal of Computational and Nonlinear Dynamics》上。

3) 针对一类时间分数阶导数为Caputo导数的分数阶波动方程,提出了一类时间-空间谱配置方法。首先通过分数阶导数算子与分数阶积分算子之间的关系,将时间分数阶波动方程转化为在时间上带奇异核积分微分方程。针对不同的时间奇异核,在时间和空间上选取不同的时间配置点,使得积分微分方程在配置点上成立,得到方程的数值解。我们给出了数值方法的具体实现过程,并从理论上证明了谱配置法的收敛性并给出了严格的误差分析,证明了在L范数和加权的L2范数意义下,方程的数值解与精确解的误差具有指数衰减性。通过数值试验验证了理论误差估计。该方法简单易行,适合处理各种边值条件,可以通过较少的配置点达到较高的精度,便于处理长时间的情形;该方法也适合非线性和高维的情形。相关研究成果发表在SCI期刊《Computers and Mathematics with Applications》上。

4) 分数阶Fokker-Planck 方程可以描述在布朗运动极限情形下,考虑阻尼极限时粒子在次扩散现象的不规则运动。我们针对一类时间分数阶Fokker-Planck 方程,设计了Jacobi 谱配置法。由于时间分数阶微积分方程可等价转换为第二类Volterra型积分方程,所以本文先利用Caputo和Riemann-Liouville 分数阶导数的定义及其相关性质将原问题转化为求解带弱奇异核的第二类Volterra 型积分方程,然后利用适当的线性变换将方程转化为新的Volterra 型积分方程,使得方程具有更好的正则性,再分别从时间、空间上采用Jacobi 谱配置法进行求解。最后给出收敛性的理论证明,得到数值解在最大模范数和加权的L2范数下的误差估计,并给出数值例子,验证了数值解具有指数收敛性。相关研究成果发表在SCI期刊《Journal of Computational and Applied Mathematics》上。

5) 针对一类带有弱奇异核的非线性Volterra积分微分方程,研究了其高精度谱配置方法。在求解积分微分方程的过程中,先将初值条件转化为等价的积分方程,这样得到的是带奇异核的积分方程组。通过适当选择正交多项式的权函数,以正交多项式的零点作为Gauss数值求积的积分节点,利用Newton迭代方法来求解离散的非线性方程组。充分运用Sobolev的数值逼近理论,克服问题的奇异性所带来的困难,并同时给出了先给出了数值解和数值解导数误差估计。相关研究成果发表在SCI期刊《Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society》上。

6) 带有时间分数阶导数算子的cable 方程,它可用于模拟具有电紧张性质的神经元末端神经的活动。这些方程是由用来模拟树突状脊柱中诱捕性质引起的反常次扩散的带有分数阶算子的Nernst-Planck 方程中导出的。我们针对一类时间分数阶导数为Riemann-Liouville 算子的cable 方程,构造了谱配置方法,通过了Riemann-Liouville 算子以及方程的性质,并利用方程的初边值条件,将方程转化为带有两个奇异核的积分微分方程,在算法构造过程上,利用加权的Jacobi-Gauss 数值求积公式来逼近带奇异核的积分项;针对不同的奇异核利用不同正交多项式的零点作为配置点,使原方程在这些谱配置点上成立得到方程的离散格式。在理论分析上,将利用正交多项式的逼近理论和Gauss数值积分的逼近理论、插值多项式的估计等数学理论方面的最新结果和一些重要的不等式等工具进行收敛性分析,得到了全离散格式下数值解的指数收敛性。相关研究成果发表在SCI期刊《Numerical Methods for Partial Differential Equations》上。

国外开展合作的基础:

湘潭大学拥有“计算科学”湖南省国际科技创新合作基地,项目中方负责人杨银教授担任该基地的副主任。“计算科学”湖南省国际科技创新合作基地为充分对接国际资源,实现“引进来”与“走出去”的有机结合提供了很好的平台。通过与国际高等学校和科研机构建立稳定的可持续发展战略合作关系,组织开展国际化科学研究,培养和引进高层次人才,提高自主创新能力和国际竞争力,打造国际化团队和人才队伍,构建学科建设、基础算法创新、数值软件研发、科学工程应用服务为一体的国际科技创新平台及人才培养基地,推动我国计算科学领域的研究水平与国际接轨,提高我省乃至我国在计算科学的国际影响力,更加有效地解决国内乃至国际上的重大科技问题。

申请人一直从事偏微分方程数值解理论、自适应有限元方法和有限元方法的超收敛理论等的研究。近年来,本项目申请人一直加强与相关领域内的国内外知名专家学者进行交流与合作,如:与俄罗斯东北联邦大学的Yalchin Refendiev教授和俄罗斯斯科尔科沃科学技术研究院Ivan Oseledets教授、Aleksandr Vasilev研究员在多尺度问题数值计算方面、南方科技大学和香港浸会大学汤涛教授在谱配置方法方面、与美国普渡大学的沈捷教授在分数阶的高阶算法方面、与新加坡南洋理工大学王立联教授在谱方法方面、与德国洪堡大学Carsten Carstensen在四阶问题的自适应有限元方法方面、美国内华达Jichun Li教授在电磁隐身材料的有限元方法方面、与美国爱荷华大学Hailiang Liu教授在多值问题的水平集方法、与华南师范大学陈艳萍教授在积分微分方程的数值方法方面、与厦门大学许传炬教授在分数阶方程的数值方法方面、与北京计算科学的张继伟博士在高阶算法研究方面有交流与合作。

通过这些合作,已经进行了与本项目相关领域内的探索和研究,我们应用广义Jacobi 多项式逼近理论一直致力于研究带弱奇异核的Volterra 型积分方程和分数阶微分方程的谱配置方法、分数次多项式的谱配置方法,严格证明了算法的收敛性,在数学和物理类期刊上发表了SCI论文20多篇。

中方项目组成员综合了偏微分方程数值解法、多重网格与区域分解法、自适应方法和超收敛等研究方向优势,与国内外众多专家有广泛而密切的合作关系,在高效数值方法理论分析及软件实现方面有丰富的工作积累和深厚的造诣。本项目组有参与承担和参与完成国家重大研究项目的丰富经验,近年来主持或参与863课题、973课题、国家自然科学基金重点项目和重大研究计划、中德科学基金项目、中俄国际科技合作专项等10余项。近年来,在高质量网格生成与优化、微分方程高精度数值求解技术、大规模离散系统的快速算法等方面取得了丰富的成果,并基于这些高效、高精度的算法成果,集成了一个高效数值计算软件包FEALPy。



## 境外合作人员

英文姓名	Aleksandr Vasilev	性别	男	出生年月	1987-04-26	国家或地区	俄罗斯			
中文姓名	Aleksandr Vasilev	最高学位	博士	授予国别(地区)	俄罗斯	授予年份	2018			
专业领域	谱方法, 自适应方法									
专业技术职称	研究员			行政职务						
合作者单位	中文	俄罗斯东北联邦大学								
	英文	North-Eastern Federal University								
通讯地址	North-Eastern Federal University 42, Kulakovskogo 677000 Yakutsk, Russia			电话	+7-924-1734045					
				传真						
				电子信箱	haska87@gmail.com					

英文姓名	Aleksandr Grigorev	性别	男	出生年月	1985-07-25	国家或地区	俄罗斯			
中文姓名	Aleksandr Grigorev	最高学位	博士	授予国别(地区)	俄罗斯	授予年份	2013			
专业领域	高阶方法, 有限元方法, 自适应方法									
专业技术职称	副研究员			行政职务						
合作者单位	中文	俄罗斯东北联邦大学								
	英文	North-Eastern Federal University								
通讯地址	North-Eastern Federal University 42, Kulakovskogo 677000 Yakutsk, Russia			电话	7 967 6248078					
				传真						
				电子信箱	re5itsme@gmail.com					



国家自然科学基金申请书

英文姓名	Sergei Stepanov		性别	男	出生年月	1989-05-06		国家或地区	俄罗斯
中文姓名		最高学位	博士		授予国别(地区)		俄罗斯	授予年份	2018
专业领域	谱方法，并行算法								
专业技术职称	研究员				行政职务				
合作者单位	中文	俄罗斯东北联邦大学							
	英文	North-Eastern Federal University							
通讯地址	North-Eastern Federal University 42, Kulakovskogo 677000 Yakutsk, Russia				电话	7 964 4240921			
					传真				
					电子信箱	cepe2a@inbox.ru			

各合作者简介及合作单位介绍（学术成就、合作方优势及合作方投入）：

本项目由中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在几类偏微分方程的高效数值方法及应用方面开展广泛的交流和合作。

中方课题组情况：

中方项目负责人：杨银，博士，教授，博士生导师，湖南省普通高校学科带头人培养对象，湘潭大学数学与计算科学学院副院长，“科学工程计算与数值仿真”湖南省重点实验室常务副主任，“计算科学”湖南省国际科技创新合作基地副主任。主要从事谱方法、自适应算法、分数阶微分方程的数值算法、流体数值模拟等方面的研究。主持在研国家自然科学基金面上项目1项、湖南省教育厅重点项目、湖南省自然科学基金面上等省部级项目3项，完成国家自然科学基金青年项目、天元项目各1项，湖南省教育厅青年项目、湖南省自然科学基金青年等省部级项目6项，作为骨干参与国家自然科学基金重大研究计划重点支持项目、科技部中俄合作项目、中德科学基金研究交流中心中德合作研究项目等国家级项目，是“微分方程数值方法与生物计算”教育部创新团队的研究骨干，是“微分方程数值方法及应用”省自然科学基金创新研究群体和“微分方程数值方法与信息处理”省高校科技创新团队的方向负责人。在J. Comput. Phys.、Numer. Meth. Part. D. E.、J. Comput. Appl. Math.、Comput. Math. Appl.、Calcolo等学术期刊发表学术论文20多篇，获得湖南省自然科学优秀学术论文等奖励。应邀在美国、德国、新加坡和香港等地作学术访问5次，在中国工业与应用数学学会学术年会、中国数学会学术年会、中国计算数学学术年会、IMACS2016、The 5th International Conference on Scientific Computing and Partial Differential Equations 等国际国内会议上做学术报告20余次。

项目参与者：周光明，博士，教授，博士生导师。湖南省普通高校青年骨干教师，湖南省数学会理事，湖南省运筹学会理事。湘潭大学教学优秀教师。主要从事运筹、优化方面的研究。主持或参与国家级和省部级科研项目8项，发表SCI论文10余篇。

项目参与者：张建平，副教授，博士生导师。主要从事多模态医学影像处理中的反问题与高效算法的研究，在SIAM J. Imaging Sci.、SIAM J. Numer. Anal.、J. Comput. Phys.、Inverse Probl. Imaging等国际重要刊物发表论文10余篇，主持国家自然科学基金面上项目1项、省部级项目3项，完成国家自然科学基金青年项目1项。

项目参与者：袁海专，博士，副教授，硕士生导师。主要从事流体力学问题的高效算法的研究，在Physics of Fluids、Computers & Fluids等国际重要刊物发表论文10余篇，主持国家自然科学基金青年项目1项和省部级项目2项。

中国牵头单位介绍：

湘潭大学是一代伟人毛泽东主席亲自倡导创办、亲笔题写校名并亲切嘱托“一定要办好”的综合性全国重点大学。本基地拥有完善的本硕博人才培养体系，4个相关的部省重点实验室，1个国家重点学科、1个国家国防特色学科、1个湖南省优势特色重点学科。本基地在计算科学特别是高效数值算法与模拟领域形成了多个长期稳定、特色鲜明与优势明显的研究方向，承担了包括国家杰出青年基金项目、国家自然科学基金重大研究计划项目、国家自然科学基金重点项目，国家重大专项课题在内的一大批项目，获教育部、湖南省自然科学一等奖等部省级科技奖励多项，在某些计算科学与工程领域具有国际先进水平，获得了一大批先进的算法成果。



湘潭大学数学与计算科学学院拥有优越的实验室创新平台环境。拥有“智能计算与信息处理”教育部重点实验室、“科学与工程计算与数值仿真”省重点实验室、“计算科学”湖南省国际科技创新合作基地、“国防科技数值算法与模拟”省国防科技重点实验室、“工程结构动力学与可靠性分析”省高校重点实验室；拥有高级别的学科和学位点支撑条件。拥有“计算数学”国家重点学科，“数学”ESI全球前1%学科，“数学”2017软科世界一流学科，“数学”湖南省十二·五优势特色重点学科，“XXX”国家十三·五国防特色学科；拥有数学、统计学一级学科博士点，数学、统计学博士后流动站。拥有高级别的科研和教学创新团队：“计算数学”国家教学团队、“微分方程数值方法及应用”省自然科学创新研究群体；“微分方程数值方法与信息处理”省高校科技创新团队，“微分方程数值方法与生物计算”教育部创新团队，该创新团队在2015年验收时被评为“优秀”，并获得滚动支持。

特地是，项目中方负责人杨银教授担任副主任的“计算科学”湖南省国际科技合作基地，为充分对接国际资源，实现“引进来”与“走出去”的有机结合提供了很好的平台。通过与国际高等学校和科研机构建立稳定的可持续发展战略合作关系，组织开展国际化科学研究，培养和引进高层次人才，提高自主创新能力和国际竞争力，打造国际化团队和人才队伍，构建学科建设、基础算法创新、数值软件研发、科学与工程应用服务为一体的国际科技创新平台及人才培养基地，推动我国计算科学领域的研究水平与国际接轨，提高我省乃至我国在计算科学的国际影响力，更加有效地解决国内乃至国际上的重大科技问题。

中方投入：在科研条件方面，目前课题组有较为完善的高性能计算环境，拥有曙光TC4000系列高性能科学计算集群，IBM高性能科学计算集群设备，以网络共享形式开放使用；购置了超星、维普、万方、Springer、SIAM、ScienceDirect数据库等，为模拟方法的测试和运用提供了良好并行计算条件。在资金方面，通过本项目，中方向国家自然科学基金委员会申请经费15万元，以及已有的依托项目的支持，资助中方湘潭大学课题组4人赴俄的国际旅费、在俄罗斯的住宿费、伙食费和城市间交通费。

#### 俄方课题组情况：

俄罗斯合作方负责人简介：Aleksandr O. Vasilev, 2011年获俄罗斯东北联邦大学应用数学硕士学位，2017年获俄罗斯东北联邦大学应用数学博士学位。现为俄罗斯东北联邦大学副教授。主要研究多物理问题的降阶方法、谱方法、并行算法等数值方法，和核反应堆中子扩散问题、医学问题的应用建模等。Aleksandr O. Vasilev在2018年获得俄罗斯联邦总统奖，主持多项俄罗斯科学基金会、基础研究基金会、科学与教育部的项目多项。在数学或物理类期刊上发表了20余篇学术论文，出版高性能计算专著1部。

俄罗斯合作方参与者：Aleksandr Grigorev, 2015年获俄罗斯东北联邦大学应用数学博士学位。现为俄罗斯东北联邦大学副研究员。主要从事多连续模型、油气问题等的数值方法研究。Aleksandr O. Vasilev主持多项俄罗斯科学基金会项目1项。在数学或物理类期刊上发表了10余篇学术论文。

俄罗斯合作方参与者：Sergei Stepanov, 2018年获俄罗斯东北联邦大学应用数学博士学位。现为俄罗斯东北联邦大学助理研究员。主要从事传热传质，自由对流等的数值方法研究。Sergei Stepanov在2018年获得俄罗斯联邦总统奖，在数学或物理类期刊上发表了10余篇学术论文。

俄罗斯牵头单位介绍：俄罗斯东北联邦大学的研究背景、实力及专业地位：东北联邦大学是俄罗斯九所联邦大学之一，学校位于萨哈共和国境内的雅库茨克市，创建于1956年，也是萨哈共和国最大的高等教育院校，该校建有多尺度模型降阶与高性能计算国际科学研究实验室，实验室主任为著名数学家Yalchin Efendiev教授。Yalchin及实验室成员Petr Vabischevich、Maria Vasilyeva、Alexander Grigoriev、Petr Zakharov、Petr Sivtsev均是俄罗斯课题组的成员。Yalchin教授是多尺度问题数值计算专家，曾获W. P. Carey奖和德国洪堡基金Fraunhofer-Bessel研究奖，是美国数学会会士，2014年受邀在世界数学家大会作45分钟报告。

俄方投入：在科研条件方面，俄罗斯东北联邦大学大学建有多尺度模型降阶与高性能计算国际科学研究实验室，俄方课题组的成员是本实验室的研究骨干，拥有高性能的IBM计算集群，为高效方法的测试和运用提供了良好并行计算条件。在资金方面，由俄罗斯基础研究基金会（RFBR）提供150万卢布，资助俄罗斯东北联邦大学课题组来华的国际旅费、在中国的住宿费、伙食费和城市间交通费。



## 国家自然科学基金项目资金预算表（定额补助）

项目申请号：1181101269

项目负责人：杨银

金额单位：万元

序号	科目名称	金额
	(1)	(2)
1	一、项目直接费用	15.0000
2	1、设备费	0.0000
3	(1)设备购置费	0.0000
4	(2)设备试制费	0.0000
5	(3)设备改造与租赁费	0.0000
6	2、材料费	0.0000
7	3、测试化验加工费	0.0000
8	4、燃料动力费	0.0000
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	15.00
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	0.0000
11	7、劳务费	0.0000
12	8、专家咨询费	0.0000
13	9、其他支出	0.0000
14	二、自筹资金来源	0.0000



## 预算说明书（定额补助）

（请按《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》中的要求，对各项支出的主要用途和测算理由及合作研究外拨资金、单价 $\geq 10$ 万元的设备费等内容进行详细说明，可根据需要另加附页。）

本项目由中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在几类偏微分方程的高效数值方法及应用方面，通过举行双边会议，开展广泛的合作和充分的交流，充分发挥双方课题组的优势和特色，形成研究互补，积极推动申请人在研项目的研究，加快在研项目的研究进程，并期望在几类偏微分方程的高效数值方法方面擦出新的火花。

（1）2019.09.01-2019.15，俄罗斯东北联邦大学课题组赴中国湘潭大学，讨论交流和合作。由俄罗斯基础研究基金会（RFBR）提供150万卢布，资助俄罗斯东北联邦大学课题组来华的国际旅费、在中国的住宿费、伙食费和城市间交通费。

（2）2020.08.01-2020.08.15，中国湘潭大学课题组赴俄罗斯东北联邦大学，讨论交流和合作。由中国国家自然科学基金委员会（NSFC）提供15万元人民币资助中方湘潭大学课题组4人赴俄的国际旅费、在俄罗斯的住宿费、伙食费和城市间交通费。具体预算为：

- 1、国际旅费：4人 $\times$ 1.95万元=7.8万元
- 2、在俄罗斯的住宿费：4人 $\times$ 15天 $\times$ 800元/天=4.8万元
- 3、伙食费和城市间交通费：4人 $\times$ 15天 $\times$ 400元/天=2.4万元

差旅/会议/国际合作与交流费：15万元





# 报告正文

一、项目申请理由(目的、意义、主要合作内容或拟参加国际会议的背景、规模，与在研基金项目有何关系)

## 1. 项目的目的和意义

当代科学的发展已离不开科学计算和应用，科学计算是理论研究和实验之外的第三种科学手段，数值计算与模拟水平的高低反映一个国家科技核心竞争力的强弱。在我省和我国经济社会发展中，面临越来越多迫切需要解决的数值计算和模拟问题，如新材料设计的模拟与优化、能源数值模拟等。这些问题的解决迫切需要发展更精确高效的数值计算方法及应用软件。

基础数值算法的创新和突破将大大地改变数值计算与模拟的面貌，提高其应用能力。椭圆型偏微分方程是描述实际物理过程的主要模型之一，其计算方法包括设计合适的网格和离散格式，为大规模代数系统设计可扩展的高效并行算法等。这方面研究在过去 30 年中取得了巨大的进步，突出表现在网格的自适应技术及理论的建立，以及求解离散系统的多层迭代算法等方面。目前针对各项同性的椭圆型偏微分方程，其后验误差估计、网格自适应方法、AMG 法等方面的研究已有相当丰富的成果，然而关于更为复杂的情形，如何利用问题的本质特征和结构来构造相应的高效算法，已引起了越来越多学者的关注。

高效数值算法对复杂科学工程问题的成功应用，最终还归结于相关高效数值应用软件的研制。目前，国内外许多科学工程数值计算与模拟应用软件，如 MATLAB、MATHCAD、MAPLE、UG、统计计算软件 SAS 和有限元软件 ANSYS 等，已在科学工程领域得到广泛应用。但随着科技的迅猛发展，问题越来越复杂，这些软件已难以满足不断产生的新的数值模拟要求，还需发展基于更先进的数值计算方法，并且适应面更广、模式更灵活的应用软件。

## 2. 主要合作内容

本项目由中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在几类偏微分方程



的高效数值方法及应用方面开展广泛的交流与合作。中国湘潭大学课题组在科学与工程问题的数值模拟方面有自身的研究特色和优势，在多尺度有限元方法、奇异摄动问题的数值方法、相场问题的高效算法、高质量网格生成与优化、微分方程高精度数值求解技术、大规模离散系统的快速算法等方面取得了丰富成果，并基于这些高效率、高精度的算法成果，集成了一个高性能数值计算软件包 FEALPy。俄罗斯课题组来自东北联邦大学，该校建有多尺度模型降阶与高性能计算国际科学研究实验室，实验室主任为著名数学家 Yalchin Efendiev 教授。课题组负责人 Aleksandr O. Vasilev 研究员主要研究多物理问题的降阶方法、谱方法、并行算法等数值方法，和核反应堆中子扩散问题、医学问题的应用建模等，在 2018 年获得俄罗斯联邦总统奖，主持多项俄罗斯科学基金会项目。在数学或物理类期刊上发表了 20 余篇学术论文，出版高性能计算专著 1 部。

在项目中，中方和俄方主要针对在几类偏微分方程的高效数值方法及应用开展合作和交流。具体地说：1) 针对几类反常扩散问题的数学模型，通过中方俄方的交流合作，设计几种高效数值方法，给出算法的稳定性和敛性分析；构造相应的快速算法、自适应方法提高计算效率，利用校正、外推等技术提高收敛阶，结合流体力学中的实际应用问题，通过计算一些具有实际背景参数的问题说明我们所提出数值方法的高效性和实用性。2) 针对几类具有极端尺度问题，结合中方和俄方自身的研究特色优势，研究高效的离散化方案来解决局部降阶表示等问题，这些方法主要包括新型的有限元自适应方法，高质量网格生成与加密及高效并行求解方法，开发高性能的数据科学算法及其数学理论分析。

中国和俄罗斯课题组均有高性能集群，能够满足数值模拟所需的硬件和软件环境。中国和俄罗斯课题组之间已开展了相关问题的合作与交流，湘潭大学建有计算科学湖南省国际科技创新合作基地，具有稳定的国内外合作环境、合作条件与交流机制。合作双方将利用各自的优势在研究过程中通过合作交流、共同探讨的方式完成本项目的研究内容和目标。

中国、俄罗斯两个课题组之间基于各自的优势在研究过程中承担本项目各个子问题的科研任务，通过有效的合作交流完成本项目的科研目标。中国课题组期望通



过该项目合作，与俄罗斯的科研机构建立稳定、可持续发展的合作关系，培养和引进高层次人才，提高我国基础算法创新和数值软件研发水平。

### 3. 与在研基金项目的关系

本项目所依托的在研基金项目是国家自然科学基金面上项目：几类非局部方程的高效谱方法研究，编号：11671342，执行时间：2017.01-2020.12。

本项目主要针对带有奇异核和带延迟项的 Volterra 型积分微分方程，以及对描述反常扩散的几类分数阶积分微分方程，利用谱方法的高精度和全局性，设计几种高效数值方法，给出算法的稳定性和敛性分析；构造相应的快速算法、自适应方法提高计算效率，利用校正、外推等技术提高收敛阶。这些问题都是学术上具有挑战性的研究热点，期望通过本项目的研究，提高这些非局部模型的计算效率，促进谱方法在分数阶积分微分方程的数值求解中的应用。

由此可见，我们这次申请的交流项目中的内容与本在研基金项目密切相关。本次申请的合作交流中，讨论交流和合作研究几类反常扩散问题的数学模型的高效数值方法、几类具有极端尺度问题的高效的离散化方案来解决局部降阶表示等最新成果正是当前申请者在研项目中迫切需要了解的，尤其基于中国湘潭大学课题组在奇异摄动问题的数值方法、相场问题的高效算法、高质量网格生成与优化、微分方程高精度数值求解技术、大规模离散系统的快速算法等方面取得了丰富成果，结合俄罗斯课题组在复杂多尺度问题建模与分析、多尺度问题的高效离散方法、多物理场问题的解耦技术、高维问题的数值处理、算法的高性能实现及软件开发等方面有丰富的研究经验，通过交流和合作，可以积极推动申请人在研项目的研究，加快在研项目的研究进程，并扩展我们的研究领域，丰硕我们的研究成果。

由于此次申请的交流项目与在研基金项目拟开展的研究内容紧密相关，特此提出申请，期望得到基金委的支持。申请人希望通过与俄方的双边交流项目，与相关专家学者一进步交流合作，在该领域取得新的成果。



## 二、项目执行计划（请分别列出出访及来访的人员交流计划，含顺访单位、目的） 或会议日程安排（请按日列出）

本项目由中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在几类偏微分方程的高效数值方法及应用方面，通过举行双边会议，开展广泛的合作和充分的交流，充分发挥双方课题组的优势和特色，形成研究互补，积极推动申请人在研项目的研究，加快在研项目的研究进程，并期望在几类偏微分方程的高效数值方法的研究方面擦出新的火花。

### 第一阶段：2019.01.01-2019.08.31

中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组基于现有的研究基础，针对几类反常扩散问题的数学模型和具有极端尺度问题，研究高效数值方法。

### 第二阶段：2019.09.01-2019.15

俄罗斯东北联邦大学课题组赴中国湘潭大学，讨论交流和合作，具体日程安排：

2019.09.01，俄罗斯东北联邦大学课题组到达中国湘潭大学；

2019.09.02，针对带有奇异核的Volterra 型积分微分方程设计谱 Galerkin方法的难点开展讨论和交流；

2019.09.03，针对带有奇异核的积分微分方程的谱 Galerkin方法，在算法的稳定性和收敛性的难点开展讨论和交流；

2019.09.04，针对带延迟项的 Volterra 型积分微分方程，根据其延迟项导致解具有主间断点的困难，讨论其分区谱配置方法；

2019.09.05，针对带延迟项的 Volterra 型积分微分方程的谱元方法，在算法的收敛性、超收敛性的难点开展讨论和交流；

2019.09.06，针对谱方法离散格式下形成的稠密的刚度矩阵，讨论其压缩处理方法，有效减少矩阵的存储；

2019.09.07，针对谱方法的快速算法、自适应方法和后处理技术方面的难点开展讨论和交流；

2019.09.08，针对高维情形的非局部问题，在迭代算法方面的难点开展讨论和交



流；

2019.09.09, 针对非线性情形的非局部问题, 在快速算法方面的难点开展讨论和交流；

2019.09.10, 针对一类多尺度问题, 就设计多尺度权函数的难点开展讨论和交流；

2019.09.11, 针对多尺度问题, 就设计混合非连续伽辽金法的难点开展讨论和交流；

2019.09.12, 针对多尺度问题, 就设计自适应算法的难点开展讨论和交流；

2019.09.13, 针对多尺度基函数, 就研究全局残差信息构造新的多尺度基函数的难点开展讨论和交流；

2019.09.14, 整理这次讨论交流和合作的成果以及碰到的一些新的研究问题, 便于中方和俄方两个课题组继续进行研究；

2019.09.15, 俄罗斯东北联邦大学课题组离开中国湘潭大学, 返回俄罗斯。

### **第三阶段：2019.09.16-2020.07.31**

中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在基于交流合作的基础上, 针对几类反常扩散问题的数学模型和具有极端尺度问题, 继续研究高效数值方法。

### **第四阶段：2020.08.01-2020.08.15**

中国湘潭大学课题组赴俄罗斯东北联邦大学, 讨论交流和合作, 具体日程安排：

2020.08.01, 中国湘潭大学课题组离开中国, 到达俄罗斯东北联邦大学；

2020.08.02, 针对反常扩散的时间分数阶扩散方程, 在研究其谱配置方法的难点开展讨论和交流；

2020.08.03, 针对反常扩散的时间分数阶扩散方程, 在研究其谱配置方法的难点开展讨论和交流；

2020.08.04, 针对反常扩散的时-空分数阶对流-扩散方程, 在研究其谱Galerkin方法的难点开展讨论和交流；

2020.08.05, 针对反常扩散的时-空分数阶波动方程, 在研究其谱元方法的难点开展讨论和交流；



2020.08.06, 针对非局部方程的长时间历程问题随着时间历程的增加计算量和存储量成指数增长这一困难, 讨论矩阵的稀疏化技术;

2020.08.07, 针对谱方法的快速算法、自适应方法和后处理技术方面的难点开展讨论和交流;

2020.08.08, 针对插值、校正、外推或者迭代等方法方面的难点开展讨论和交流;

2020.08.09, 针对非线性情形的分数阶偏微分方程, 在谱配置方法线性化的迭代方法的难点开展讨论和交流;

2020.08.10, 针对改为情形的分数阶偏微分方程, 在研究其拟谱方法的快速算法方面的难点开展讨论和交流;

2020.08.11, 针对具有实际背景参数的问题分数阶Ginzburg-Landau 方程, 就设计高效谱方法方面的难点开展讨论和交流;

2020.08.12, 针对几类具有极端尺度问题, 研究高效的离散化方案中遇到的难点开展讨论和交流;

2020.08.13, 针对几类具有极端尺度问题, 在高质量网格生成与加密及高效并行求解方法中遇到的难点开展讨论和交流;

2020.08.14, 整理这次讨论交流和合作的成果以及碰到的一些新的研究问题, 便于中方和俄方两个课题组继续进行研究;

2020.08.15, 中国湘潭大学离开俄罗斯东北联邦大学, 返回中国。

#### **第五阶段, 2020.08.15-2020.08.11.30**

中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组在基于交流合作的基础上, 针对几类反常扩散问题的数学模型和具有极端尺度问题, 继续研究高效数值方法。

#### **第六阶段, 2020.12.15-2020.12.31**

中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组整理几类偏微分方程高效数值方法和应用的研究成果, 完成结题报告。



### 三、拟解决的问题：

本项目通过中国湘潭大学课题组和俄罗斯东北联邦大学课题组，在几类偏微分方程的高效数值方法及应用方面开展广泛的合作和充分的交流，充分发挥双方课题组的优势和特色，形成研究互补，期望解决如下关键问题：

(1). 对于带有奇异核的Volterra 型积分微分方程，解决带有奇异核函数积分项的高精度逼近、问题的解在端点的奇异性、利用谱方法的高精度和全局性设计高效数值方法方法；对于带延迟项的Volterra 型积分微分方程，如何克服延迟项给求解过程带来的困难设计高效谱方法。

(2). 针对几类分数阶积分微分方程，如何选择合适的基函数、构造高效谱方法离散格式求解分数阶微分方程；为克服计算量和存储量随着时间历程的增加成指数增长的困难，如何设计快速算法、自适应方法和后处理技术，在保证计算精度的基础上提高计算效率；针对非线性情形，如何非线性项，如何设计线性化的迭代算法和选取合适的快速算法来减少计算量。

(3). 针对几类极端尺度问题，重点解决有效的离散化方案来解决局部降阶表示等问题，这些方法主要包括新型的有限元自适应方法，高质量网格生成与加密及高效并行求解方法，开发高性能的数据科学算法及其数学理论分析。



## 杨银 简历

湘潭大学，数学与计算科学学院，教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

- (1) 2006.09 - 2010.06, 湘潭大学, 计算数学, 博士, 导师：黄云清 教授
- (2) 2003.09 - 2006.06, 湘潭大学, 计算数学, 硕士, 导师：黄云清 教授
- (3) 1999.09 - 2003.06, 湘潭大学, 基础数学, 学士, 导师：

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

- (1) 2017.10-至今, 湘潭大学, 计算科学湖南省国际科技创新合作基地, 副主任
- (2) 2016.12-至今, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 副院长
- (3) 2016.12-至今, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 教授
- (4) 2015.7-至今, 湘潭大学, 科学工程计算与数值仿真湖南省重点实验室, 常务副主任
- (5) 2011.12-2016.12, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 副教授
- (6) 2008.07-2011.12, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 讲师
- (7) 2006.07-2008.06, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 助教
- (8) 2006.07-至今, 湘潭大学, 数学与计算科学学院, 教师
- (9) 2012.06-2015.05, 湘潭大学, 博士后, 合作导师：陈艳萍 教授

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）：

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况：

1. 国家自然科学基金面上项目，11671342，几类非局部方程的高效谱方法研究，2017/01-2020/12，48万元（直接经费），在研，主持
2. 国家自然科学基金面上项目，11771369，多模态医学影像处理中的反问题与高效算法研究，2018/01-2021/12，48万元（直接经费），在研，参加
3. 国家自然科学基金重大研究计划重点支持项目，91430213，相场数学模型及相关数学问题高精度数值方法，2015/01-2018/12，350万元，在研，参加
4. 国家自然科学基金青年项目，11301446，非线性Volterra 型积分微分方程的高精度谱方法，2014/01-2016/12，22万元，已结题，主持





5. 国家自然科学基金面上项目, 11271310, 超材料数值模拟及其应用, 2013/01-2016/12, 60万元, 已结题, 参加

6. 国家自然科学基金天元项目, 11126304, 求解带奇性时间分数阶偏微分方程的移动网格方法, 2012/01-2012/12, 已结题, 主持

### 代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

#### 一、论著之外的代表性研究成果和学术奖励

(1) **Yin Yang**<sup>(#)(\*)</sup>; Yanping Chen; Yunqing Huang; Huayi Wei, Spectral collocation method for the time-fractional diffusion-wave equation and convergence analysis, Computers and Mathematics with Applications, 2016.11.23, 73(6): 1218~1232 (期刊论文)

(2) **Yin Yang**, Jacobi spectral Galerkin methods for Volterra integral equations with weakly singular kernel, Bulletin of the Korean Mathematical Society, 2016.03.16, 53(1): 247~262 (期刊论文)

(3) Jacobi spectral Galerkin and iterated methods for nonlinear Volterra integral equation, Journal of Computational and Nonlinear Dynamics, 2016.03.18, 11(4) (期刊论文)

(4) **Yin Yang**<sup>(#)</sup>; Yanping Chen; Yunqing Huang, [Convergence analysis of the jacobi spectral-collocation methods for Fractional integro-differential equations](#), Acta Mathematica Scientia, 2014.4.15, 34(B)(3): 673~690 (期刊论文)

(5) **Yin Yang**<sup>(#)</sup>; Yanping Chen; Yunqing Huang, [Spectral-collocation method for fractional Fredholm integro-differential equations](#), Journal of the Korean Mathematical Society, 2014.1.15, 51(1): 203~224 (期刊论文)



- (6) **Yin Yang**<sup>(#)</sup>, [Jacobi spectral Galerkin methods for fractional integro-differential equations](#), *Calcolo*, 2015.01.01, 52(4): 519~542 (期刊论文)
- (7) **Yin Yang**<sup>(#)</sup>; Yanping Chen; Yunqing Huang; Wei Yang, [Convergence analysis of Legendre-collocation methods for nonlinear Volterra type integral equations](#), *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 2015.2.1, 7(1): 74~88 (期刊论文)
- (8) **Yin Yang**<sup>(#)</sup>, [Jacobi spectral Galerkin methods for Volterra integral equations with weakly singular kernel](#), *Bulletin of the Korean Mathematical Society*, 2016.01.01, 53(1): 247~262 (期刊论文)
- (9) Tianliang Hou<sup>(#)(\*)</sup>; Chunmei Liu; **Yin Yang**, Error estimates and superconvergence of a mixed finite element method for elliptic optimal control problems, *Computers and Mathematics with Applications*, 2017.10.1, 74: 714~725 (期刊论文)
- (10) Jianwei Zhou<sup>(#)(\*)</sup>; Juan Zhang; Huantian Xie; **Yin Yang**, Error estimates of spectral element methods with generalized Jacobi polynomials on an interval, *Applied Mathematics Letters*, 2017.5.1, 74: 199~206 (期刊论文)
- (11) Zuliang Lu<sup>(#)(\*)</sup>; Shuhua Zhang; Longzhou Cao; Lin Li; **Yin Yang**, Interpolation Coefficients Mixed Finite Element Methods and 1-Infinity - Error Estimates for Nonlinear Optimal Control Problem, *Journal of Mathematical Inequalities*, 2017.12.1, 11(4): 1113~1129 (期刊论文)
- (12) Shan Jiang<sup>(#)(\*)</sup>; Meiling Sun; **Yin Yang**, Reduced multiscale computation on adapted grid for the convection-diffusion robin problem, *Journal of Applied Analysis and Computation*, 2017.11.1, 7(4): 1488~1502 (期刊论文)
- (13) **Yin Yang**<sup>(#)(\*)</sup>; Yunqing Huang; Yong Zhou, Numerical solutions for solving time fractional Fokker-Planck equations based on spectral collocation methods, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2018.2.1, 339: 389~404 (期刊论文)
- (14) Zuliang Lu<sup>(#)(\*)</sup>; Shuhua Zhang; Lin Li; Longzhou Cao; Yin Yang, Fitted finite volume method of three transboundary pollution of three gorges reservoir area with emission permits trading by cooperative stochastic differential game, *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 2018.6, 10(3): 690~709 (期刊论文)



(15) **Yin Yang**<sup>(#)(\*)</sup>; Yanping Chen, Spectral Collocation Methods for Nonlinear Volterra Integro-Differential Equations with Weakly Singular Kernels, Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society, 2018.4, 2018 (期刊论文)

(16) **Yin Yang**<sup>(#)(\*)</sup>; Yunqing Huang; Yong Zhou, Numerical simulation of time fractional Cable equations and convergence analysis, Numerical Methods for Partial Differential Equations, 2008.6.1, 2018 (期刊论文)

NSFC 2018



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

周光明，湘潭大学，数学与计算科学学院，教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2003/09-2007/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，博士，

导师：黄云清 教授

2000/09-2003/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，硕士，

导师：成央金 教授，袁亚湘 研究员

1995/09-1998/06，国防科技大学，数学专业，学士

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

2013/12-至今，湘潭大学，数学与计算科学学院，教授

2007/11-2013/11，湘潭大学，数学与计算科学学院，副教授

2004/09-2007/10，湘潭大学，数学与计算科学学院，讲师

2002/07-2004/08，湘潭大学，数学与计算科学学院，助教

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 国家自然科学基金青年项目，11301445，二阶随机占优约束优化问题的高效数值算法、理论及其应用，2014/01-2016/12，23万元，在研，参加

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，



唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

一、期刊论文（仅不列此项时可删除该标题）

(1) **Guangming Zhou\***, Chao Deng, Kun Wu, Bounds on Linear Functionals of Solutions of Linear Integral Equations with Polynomial Kernels via Semi- definite Optimization, ICIC Express Letters, Part B: Applications, 2015, 6(1): 271-278

(2) **Guangming Zhou\***, Chao Deng, Kun Wu, Semidefinite Optimization Providing Guaranteed Bounds on Linear Functional of Solutions of Linear Integral equations with smooth Kernels, Journal of Applied Mathematics, 2014, Article ID 340567, 8 pages

(3) **Guangming Zhou\***, Chunsheng Feng, The steepest descent algorithm without line search for p-Laplacian, Applied Mathematics and Computation, 2013, 224: 36-45

(4) **Guangming Zhou\***, Pingmin Zhu, Newton-Like Iterative Algorithms for Solving General Nonlinear Algebraic Equation Based on Homotopy Analysis Method. ICIC Express Letters, Part B: Applications, 2012, 3(3):535-542

(5) **Guangming Zhou\***, Pingmin Zhu, Iterative Algorithms for Solving Three-Order Approximative Algebraic Equation Based on Homotopy Analysis Method, ICIC Express Letters, 2011, 5(12):4487-4494

(6) Feng Guo, Li Wang, **Guangming Zhou**, Minimizing rational functions by exact Jacobian SDP relaxation applicable to finite singularities, Journal of Global Optimization, 2014, 58(2): 261-284



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

张建平，湘潭大学，数学与计算科学学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2006/09-2012/04，大连理工大学，数学科学学院，博士（硕士直博连读），  
导师：陈柯教授，于波教授

1999/09-2003/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，学士

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2017/12-至今，湘潭大学，数学与计算科学学院，副教授  
2013/03-2017.12，湘潭大学，数学与计算科学学院，讲师  
2003/07-2006/09，九江学院，理学院，助教
2. 2013/10-至今，英国利物浦大学，应用数学系，博士后，  
合作导师：陈柯教授

2011/12-2012/12，香港城市大学，电脑科学系，Research Assistant

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 2. 国家自然科学基金面上项目，11771369，多模态医学影像处理中的反问题与高效算法研究，2018/01-2021/12，48万元（直接经费），在研，主持。
2. 国家自然科学基金青年项目，11301447，三维医学解剖学结构提取的变分模型和快速算法研究，2014/01-2016/12，23万元，已结题，主持。

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议



地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

一、期刊论文（仅不列此项时可删除该标题）

(1) **J Zhang#**, K Chen\*, B Yu, A 3D multi-grid algorithm for the Chan - Vese model of variational image segmentation, International Journal of Computer Mathematics, 2012, 89(2), 160-189.

(2) **J Zhang#**, K Chen\*, Variational image registration by a total fractional-order variation model, Journal of Computational Physics, 2015, 293, 442-461.

(3) **J Zhang#**, K Chen\*, DA Gould, A fast algorithm for automatic segmentation and extraction of a single object by active surfaces, International Journal of Computer Mathematics, 2015, 92(6), 1251-1274.

(4) **J Zhang#**, K Chen\*, B Yu, D Gould, A local information based variational model for selective image segmentation, Inverse Problems and Imaging, 2014, 8(1), 293-320.

(5) **J Zhang#**, K Chen\*, B Yu, An iterative Lagrange multiplier method for constrained total-variation-based image denoising, SIAM Journal on Numerical Analysis, 2012, 50(3), 983-1003.

(6) **J Zhang#**, K Chen\*, A Total Fractional-Order Variation Model for Image Restoration with Nonhomogeneous Boundary Conditions and Its Numerical Solution, SIAM Journal on Imaging Sciences, 2015, 8(4), 2487-2518.

(7) **J Zhang#**, K Chen\*, A New Augmented Lagrangian Primal Dual Algorithm For Elastica Regularization, Journal of Algorithms and Computational Technology, 2016.9.26, 10 (4) : 325~338

(8) **J Zhang#**, K Chen\*, Variational image registration by a total fractional-order variation model, Journal of Computational Physics, 2015.7.15, 293: 442~461





除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

袁海专，湘潭大学，数学与计算科学学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2011/09 - 2014/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，计算数学，博士，  
导师：舒适 教授，牛小东 教授

2008/09 - 2011/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，计算数学，硕士，  
导师：肖爱国 教授，舒适 教授

2004/09 - 2008/06，湘潭大学，数学与计算科学学院，学士

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2016/12 - 至今，湘潭大学，数学与计算科学学院，副教授  
2014/07 - 2016.12，湘潭大学，数学与计算科学学院，讲师
2. 2015/05 - 2016/01，新加坡国立大学，博士后研究员 (Research Fellow)，  
工学院，合作导师：舒昌 教授

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 国家自然科学基金委青年项目，11501484，带表面活性剂两相流问题的基于LBM的高效数值方法研究，2016/01-2018/12，18万，主持。
2. 国家自然科学基金委青年项目，11401504，准晶结构投影算法的机理和数学分析，2015/01-2017/12，23万，参加。
3. 国家自然科学基金面上项目，11471280，多贝西小波密度泛函高效并行计算及电荷体系应用，2015/01-2018/12，62 万，参加。

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止





页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

#### 一、期刊论文（仅不列此项时可删除该标题）

- (1) **Hai-Zhuan Yuan #**; Chang Shu ; Yan Wang; Shi Shu, A Simple Mass-conserved Level Set Method for Simulation of Multiphase Flows, Physics of Fluids, 2018, 30(4)
- (2) **Hai-Zhuan Yuan#** ; Yan Wang ; Chang Shu, An adaptive mesh refinement-multiphase lattice Boltzmann flux solver for simulation of complex binary fluid flows, Physics of Fluids, 2017, 29(12)
- (3) **Hai-Zhuan Yuan#** ; Zhen Chen; Chang Shu ; Yan Wang; Xiao-Dong Niu; Shi Shu, A free energy-based surface tension force model for simulation of multiphase flows by level-set method, Journal of Computational Physics, 2017.05.15, 345: 404~426
- (4) Chun-Hai Ke; Shi Shu; Hao Zhang; **Hai-Zhuan Yuan\***, LBM-IBM-DEM modelling of magnetic particles in a fluid, Powder Technology, 2017.06.01, 314:264~280
- (5) You Li ; ; Xiao-Dong Niu; Yu-Yue Yang; Shi Shu, **Hai-Zhuan Yuan\***, WENO Scheme-based Lattice Boltzmann Flux Solver for Simulation of Compressible Flows, Communications in Computational Physics, 2017, 1~25
- (6) **Hai-Zhuan Yuan#**, Shi Shu, Xiao-Dong Niu, Mingjun Li, Hiroshi Yamaguchi, A momentum exchange-based immersed boundary-lattice Boltzmann method for simulating a flexible filament in an incompressible flow, Computers and Mathematics with Applications, 2014, 67(5): 1039-1056.
- (7) **Hai-Zhuan Yuan#**, Xin-Rong Zhang, Numerical simulation with adaptive finite element methods for CO<sub>2</sub> storage in saline aquifers, International Communications in Heat and Mass Transfer, 2013, 45: 55-63.
- (8) **Hai-Zhuan Yuan#**, Shi Shu, Xiao-Dong Niu, Mingjun Li, Yang Hu, A



numerical study of jet propulsion of an oblate jellyfish using a momentum exchange-based immersed boundary-lattice Boltzmann method, *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 2014, 6(3): 307-326.

(9) Hao Zhang<sup>#</sup>, **Haizhuan Yuan<sup>#</sup>**, F Xavier Trias, Aibing Yu, Yuanqiang Tan, Assensi Oliva, Particulate Immersed Boundary Method for complex fluid – particle interaction problems with heat transfer, *Computers & Mathematics with Applications* 2016, 71 (1), 391-407.

(10) Yang Hu<sup>#</sup>, **Haizhuan Yuan<sup>#</sup>**, Shi Shu, Xiaodong Niu, Mingjun Li, An improved momentum exchanged-based immersed boundary-lattice Boltzmann method by using an iterative technique, *Computers and Mathematics with Applications*, 2014, 68(3): 140-155.

(11) Yang Hu, Xiao-Dong Niu, Shi Shu, **Haizhuan Yuan**, Mingjun Li, Natural Convection in a Concentric Annulus: A Lattice Boltzmann Method Study with Boundary Condition-Enforced Immersed Boundary Method, *Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 2013, 5(3), 321-336.

(12) 徐建军, 袁海专, 黄云清, 一种求解运动曲面上对流扩散方程的三维水平集方法, *中国科学 数学*, 2012, 42(5): 445-454.



## 附件信息

序号	附件名称	备注	附件类型
1	交流项目协议	中方申请人和俄方申请人针对合作内容、交流计划及知识产权等问题达成一致并签署的合作交流协议	其他
2	中方申请人简历	中方申请人湘潭大学杨银教授简历	其他
3	俄方申请人简历	俄方申请人俄罗斯东北联邦大学 Aleksandr O. Vasilev 高级研究员简历	其他
4	中方参与出访人员简历	中方参与出访人员：周光明教授、张建平副教授、袁海专副教授简历	其他
5	俄方参与出访人员简历	俄方参与出访人员东北联邦大学 Aleksandr Grigorev 副研究员、Sergei Stepanov 高级研究员简历	其他
6	代表性论文1	Numerical solutions for solving time fractional Fokker-Planck equations based on spectral collocation methods	代表性论著
7	代表性论文2	Spectral collocation method for the time-fractional diffusion-wave equation and convergence analysis	代表性论著
8	代表性论文3	Jacobi spectral Galerkin methods for fractional integro-differential equations	代表性论著
9	代表性论文4	Convergence analysis of Legendre-collocation methods for nonlinear Volterra type integral Equations	代表性论著
10	代表性论文5	Convergence analysis of the Jacobi spectral-collocation method for fractional integro-differential equations	代表性论著



签字和盖章页(此页不用填写, 签字、盖章后寄给申请部门综合处) 接收编号: 1181101269

申 请 者: 杨银 依托单位及所在院/系/所/实验室: 湘潭大学

项目名称: 几类偏微分方程的高效数值方法及应用

申请执行时间: 2019-01-01--2020-12-31

申请者承诺:

我保证申请书内容的真实性。如果获得基金资助, 我将履行项目负责人职责, 严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 认真开展工作, 按时报送有关材料。若填报失实和违反规定, 本人将承担全部责任。

执行此项目期间, 因无法预料的原因所产生的后果由本人自负(如健康状况、经济纠纷、损失等)

签字:

申请人所在单位签署意见	依托单位签署意见及承诺:
	<p>已按填报说明对申请人的资格、申请人学术水平、基金项目完成情况和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助, 我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障, 严格遵守国家自然科学基金委员会有关规定, 督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照国家自然科学基金委员会的规定及时报送有关材料。</p> <p>单位(盖章): 年 月 日</p>



委 内 审 批 意 见

有关科学部、局审核意见	<div>学科（处）意见：</div> <div>签字：年 月 日</div>
	<div>学部主任（局长）意见：</div> <div>签字：年 月 日</div>
国际合作局复核意见	<div>业务处意见：</div> <div>签字：年 月 日</div>
	<div>局领导意见：</div> <div>签字：年 月 日</div>
计划局会签	<div>业务处意见：</div> <div>签字：年 月 日</div>
委领导批示	<div>签字：年 月 日</div>
备注	