

国家自然科学基金重点项目 简介 1998

国家自然科学基金委员会

科学出版社

国家自然科学基金重点项目 简介 1998

国家自然科学基金委员会

科学出版社

1998

内 容 简 介

国家自然科学基金重点项目与重大项目 and 面上项目一起, 构成了国家自然科学基金资助的三个层次。

本书概要地介绍了国家自然科学基金委员会在“九五”期间前两年批准资助的重点项目 153 项, 其中包括: 数理科学 31 项、化学科学 18 项、生命科学 34 项、地球科学 25 项、工程与材料科学 25 项、信息科学 18 项、管理科学 2 项。书中介绍了这些项目的意义、当前国内外研究概况、研究内容和目标、研究队伍及资助经费等情况。

本书介绍的重点项目反映了当前的前沿课题和研究热点, 可供科研单位和高等院校的广大科技人员、科技管理人员及有关师生参考, 也可供各级政府部门和有关企事业单位的领导干部和管理人员参考。

国家自然科学基金重点项目简介

1998

国家自然科学基金委员会

责任编辑 范铁夫 刘兴民

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

北京科地亚印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 2 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1998 年 2 月第一次印刷 印张: 21 1/4

印数: 1—2500 字数: 489 000

ISBN 7-03-006295-7/N·61

定价: 44.00 元

前 言

国家自然科学基金重点项目是国家自然科学基金资助的重要项目类型，重点支持和推动那些属于当代活跃的科学前沿、对开拓新兴科学技术领域和发展高技术起关键作用、对科技进步和经济社会发展有重要指导作用及影响的一些重点研究领域和优先发展领域。

自1986年国家自然科学基金委员会成立起就列有重点项目这一项目类型。“七五”期间，有少数面上项目被确定为重点项目，并对其进行重点跟踪管理。1989年，国家自然科学基金委员会根据科学发展需要和适应基础性研究的特点、规律，确定强化对学科发展重点及优先发展领域的资助工作，完善了科学基金面上项目、重点项目和重大项目三个层次的资助格局。专门制定了适应重点项目组织工作需要的立项、评审、管理办法，把强化重点项目层次作为“八五”期间的重点工作之一。“八五”期间国家自然科学基金委员会划拨1.73亿元，择优资助了300个重点项目，平均资助强度为58万元/项，在《国家自然科学基金重点项目简介》(一)、(二)、(三)中我们曾将这些项目的研究内容与目标向读者作了介绍。经过“八五”期间的实施，承担项目研究的9千多科技工作者经努力、拼搏，取得了丰硕的研究成果，显现出重点项目层次在科学前沿突破、解决关键科学技术问题、发展优先领域等方面的重要作用。

1995年国家自然科学基金委员会在组织调研和总结工作的基础上，研究了更加重视、强化“九五”重点项目资助工作的方针。①较大幅度地提高了资助规模和项目资助强度，规划“九五”期间资助500—600个重点项目，平均资助强度达到90万元/项。②立项条件更加突出瞄准国家目标、把握世界科学前沿，加强了优先发展领域研究对立项工作的指导作用。③加强了对学科交叉重点项目的资助工作，专门划拨经费，对创新性强、带动性大、交叉度高的研究领域给予重点支持。④加强对“有限目标、有限规模、重点突出、队伍精干”原则的贯彻，提高项目研究的集成度和重点突破能力。

自1995年起，“九五”期间重点项目的组织实施工作已进行了三年。1995年批准资助25项(1996年起实施)，1996年批准资助128项(1997年实施)，1997年批准资助150项(1998年起实施)。从总体上看，这些项目的选题与研究内容较之“八五”项目，在以下几方面更为突出：①敢于把握科学前沿，开拓创新活力增强。如开展了“超新星的观测和研究”、“光合作用能量代谢的分子机理与调控”、“生物功能信息处理技术及原理的研究”等项目研究。②选题更加重视为未来经济社会发展提供动力和成果储备的研究领域，因而更多地吸引了国家有关部门和企业界投入的联合资助与匹配经费有较大幅度增长。例如，前两年(1995、1996)批准项目已获得煤炭、电力、铁道、冶金、旅游、卫生等部门和企业投入经费共1810万元。③项目集中力度、重点突破能力加强，较好地解决了以“小重大”形式组织项目的问题。项目组研究人员平均数由“八五”期间的30余人减少到20人。

HAA02/05

国家自然科学基金委员会自“八五”期间正式设立重点项目资助层次起,分批组织出版《国家自然科学基金重点项目简介》。“八五”期间出版了《简介(一)》、《简介(二)》和《简介(三)》,介绍了“八五”期间陆续付诸实施的300个重点项目。本系列书在“九五”期间将继续出版,并改用年份标示序列。

本书是“九五”计划的第一本重点项目简介,书中逐项介绍了“九五”期间前二批实施的153个重点项目的研究内容和预期目标。读者可以从中了解我国基础性研究在某些重要研究领域的发展趋势、研究的问题及研究能力与水平,也可以了解国家自然科学基金委员会对于重点项目资助的概况和意图。这对于增加重点项目资助工作的透明度,征集意见,不断改进和完善组织实施工作都是十分有益的。出版重点项目简介,还希望能加强基础性研究及科学基金工作与全社会的沟通,使广大科技工作者在科学前沿上的攀登、奉献精神 and 为国家未来经济社会发展所做的拼搏、努力能被人们更深入的了解,得到政府各级决策部门和有关方面更多的理解和支持。

本书所列各项目的简介文稿由项目组提供,综合计划局项目管理处会同各有关学科根据项目研究计划书对文稿进行了审查并做了补充和修改,项目管理处对文稿体例做了统一,而后交各项目负责人再次审阅并经相关科学部审定,交付出版。在定稿过程中,我们充分尊重项目负责人的意见,特别是有关学术方面的内容。每个项目以黑体字列出项目负责人,多数项目还列出不超过三位的核心人员,未列出承担研究的全部人员名单,特此说明。对本书内容和编辑工作中的不足之处,欢迎读者指正。

国家自然科学基金委员会
综合计划局
1997年11月

目 录

前 言

一、数 理 科 学

1.1 多复变函数论	(3)
1.2 非线性分析	(5)
1.3 随机分析及其应用	(7)
1.4 统计分析与推断	(9)
1.5 椭圆和抛物方程	(11)
1.6 粒子系统	(13)
1.7 算子理论与算子代数	(15)
1.8 调和分析与小波分析	(17)
1.9 解析数论	(19)
1.10 代数数论	(21)
1.11 代数几何	(23)
1.12 代数拓扑与微分拓扑	(25)
1.13 整体微分几何及其物理应用	(27)
1.14 经典复分析	(29)
1.15 常微分方程分支理论与多项式定性理论	(31)
1.16 偏微分方程现代分析理论	(33)
1.17 航天结构系统一体化振动控制理论和技术	(35)
1.18 用于裂解制造乙烯的气动加热方法研究	(37)
1.19 含缺陷流变物体的材料破坏理论	(39)
1.20 橡塑制品成型和模具设计中的关键力学问题和计算方法	(41)
1.21 太阳系天体的精密历表和轨道演化	(43)
1.22 高精度大口径天文镜面磨制技术的研究	(45)
1.23 蝎虎天体光变及活动星系核的统一模型	(47)
1.24 扫描探针技术在若干前沿领域中的应用	(49)
1.25 蛋白质结构的电子显微晶体学	(51)
1.26 团簇结构、尺寸效应和物理特性的研究	(53)
1.27 高能量分辨快电子碰撞动量谱和能量损失谱研究	(55)
1.28 超声成像新方法研究	(57)
1.29 10TeV γ 射线源和超高能宇宙线研究	(59)
1.30 改善托卡马克等离子体磁约束性能的新理论和新途径	(61)

1.31 远离稳定线核结构的在束和衰变研究	(61)
-----------------------------	------

二、化 学 科 学

2.1 稀土生物效应的化学基础	(67)
2.2 无机膜的软化学制备和传质过程	(69)
2.3 C ₆₀ 团簇及高碳原子簇的化学和物理研究	(71)
2.4 功能配位化合物的研究	(73)
2.5 有机氟化学反应及其应用	(75)
2.6 生物有机中若干功能体系的研究	(77)
2.7 常用中药化学成分和生物活性研究	(79)
2.8 以核酸为作用靶的内源性生物活性物质研究	(81)
2.9 分子组装体的谱学研究	(83)
2.10 非常态及多元系化学热力学研究	(85)
2.11 环保中若干重要催化过程的基础研究	(87)
2.12 高分子共聚物分子设计和共聚合方法	(89)
2.13 高分子磁性材料及磁性原理研究	(91)
2.14 高聚物复杂流体的结构、序态及动力学行为	(93)
2.15 新型生物分析用色谱柱固定相	(95)
2.16 毛细管电泳理论新探索及其应用研究	(97)
2.17 纳米颗粒材料制备科学与工程基础研究	(99)
2.18 废水中难降解有毒有机物的污控研究	(101)

三、生 命 科 学

3.1 力复霉素等重要抗生素生物合成调控的分子机理	(105)
3.2 肝炎病毒致病相关基因的研究	(107)
3.3 原始被子植物的结构、分化和演化	(109)
3.4 胡萝卜根器官发生过程的细胞分子生物学研究	(111)
3.5 调控昆虫生长发育的脑神经肽结构与功能的研究	(113)
3.6 典型海湾生态系统动态过程与持续发展研究	(115)
3.7 高产粮区农业生态系统内生资源培育机制及调控途径研究	(117)
3.8 糖蛋白糖链结构和功能的关系及糖链结构的调控	(119)
3.9 藻类捕光系统的蛋白质三维结构与功能研究	(121)
3.10 电磁场对细胞信息转导和间隙连接的作用及其分子机制	(123)
3.11 数字直接放射成像系统关键技术的研究	(125)
3.12 跨膜信息传递体系间整合与交联机理的研究	(127)
3.13 阿片受体与 NMDA 受体信号转导通路间的相互作用	(129)
3.14 某些类型记忆的递质调控及其细胞和分子基础	(131)
3.15 中国人非胰岛素依赖型糖尿病的候选基因连锁分析研究	(133)

3.16	细胞周期时相驱动分子机制研究	(135)
3.17	粮食作物抗病基因的分离	(137)
3.18	水稻白背飞虱猖獗成灾机制及控制策略研究	(139)
3.19	棉蚜的遗传变异、生态适应和成灾规律研究	(141)
3.20	青枯假单胞菌与马铃薯相互作用及亲和性机制研究	(143)
3.21	杉木、杨树遗传图谱构建和数量性状基因定位	(145)
3.22	杉木、桉树人工林长期生产力保持机制的研究	(147)
3.23	河西走廊山地绿洲荒漠系统耦合机理与优化耦合模式研究	(149)
3.24	莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究	(151)
3.25	铅对儿童学习记忆的影响及其细胞和分子机制	(153)
3.26	乙型肝炎病毒变异与肝炎发病机制的关系	(155)
3.27	CD55、CD59 对 T 淋巴细胞免疫调节机制的研究	(157)
3.28	新分化抗原 6A8 和 5C5 的基因克隆、表达和功能研究	(159)
3.29	巨噬细胞的 IL-12 研究: 信号传导和免疫调节	(161)
3.30	跨膜型及分泌型细胞因子转换机理及生物学作用特征	(163)
3.31	颅脑和胸部撞击伤发生机理的基础研究	(165)
3.32	聚焦声束超声波终止猴早孕及其机理研究	(167)
3.33	阿片受体三维结构及其与选择性配体作用机理	(169)
3.34	中药复方体外实验的方法学研究	(171)

四、地 球 科 学

4.1	我国东部红壤丘陵地区土壤退化的时空演变、退化机理及调控对策	(175)
4.2	国际河流水资源多目标协同开发与管理研究——澜沧江为例	(177)
4.3	中国旅游业持续发展理论基础与宏观配置体系研究	(179)
4.4	环渤海三角洲湿地的资源动态、景观结构与区域可持续发展研究	(181)
4.5	遥感、全球定位系统与地理信息系统集成理论与关键技术	(183)
4.6	珠江三角洲地表系统中优控有机物迁移转化机制与调控	(185)
4.7	古、中生代之交的泛大陆聚散、全球变化与生物演化	(187)
4.8	中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化	(189)
4.9	中国东部富硫煤中有害物质赋存规律及其对环境的影响	(191)
4.10	我国典型岩溶动力系统与环境的相互作用和演变	(193)
4.11	分散元素成矿机制研究	(195)
4.12	典型成矿区带的成矿作用动力学及其时-空结构	(197)
4.13	复杂地质体精细速度分析及三维叠前深度偏移的理论与方法	(199)
4.14	卫星测高在中国近海地球物理和海洋动力环境中的应用	(201)
4.15	台湾及邻近地区岩石圈动力学研究	(203)
4.16	极区电离层-磁层耦合与极光动力学研究	(205)
4.17	副热带高压带的变异机理	(207)

4.18	关于季风与 ENSO 循环相互作用的研究	(209)
4.19	20 世纪中国与全球气候变率研究	(211)
4.20	中国地区气溶胶辐射特性的研究	(213)
4.21	东海海洋通量关键过程的研究	(215)
4.22	台湾海峡生源要素生物地球化学过程研究	(217)
4.23	南海海洋环流时-空结构及其形成机制的研究	(219)
4.24	西天山高压-超高压变质带变质作用与构造演化的关系	(221)
4.25	新疆主要地质事件和成矿作用的同位素年代学研究	(223)

五、工程与材料科学

5.1	金刚石单晶薄膜的生长及其应用	(227)
5.2	高分子智能材料基础研究	(229)
5.3	煤矿上覆岩移动破坏研究	(231)
5.4	金属模具快速造型技术基础性研究	(233)
5.5	超高压输电系统中灵活交流输电(可控串补)技术	(235)
5.6	金属结构材料的电子结构与成份设计	(237)
5.7	新型稀土功能材料探索	(239)
5.8	非连续增强金属基复合材料制备科学研究	(241)
5.9	复相陶瓷材料设计理论	(243)
5.10	复相结构陶瓷材料设计及晶界应力研究	(245)
5.11	高分子光敏材料基础研究	(247)
5.12	粉末冶金近净成形与全致密化过程流变与塑变问题的研究	(249)
5.13	反向凝固生产薄带技术基础研究	(251)
5.14	智能机械结构及系统基础	(253)
5.15	机械系统广义优化设计理论、方法和技术的研究	(255)
5.16	机器人焊接空间焊缝质量智能控制技术及其系统研究	(257)
5.17	大功率 CO ₂ 及 YAG 激光三维焊接和切割机理与技术	(259)
5.18	叶轮机弯扭叶片流场结构诊断与控制	(261)
5.19	深度制冷机热过程研究	(263)
5.20	大型发电机与变压器放电性等故障的在线监测与诊断技术	(265)
5.21	黄土高原绿色建筑体系与基本聚居单位住区模式	(267)
5.22	城市交通流诱导系统理论模型和方法的研究	(269)
5.23	城市交通流控制与诱导系统	(271)
5.24	水资源保护的应用基础研究	(273)
5.25	200 米级混凝土面板堆石坝的应用基础研究	(275)

六、信息科学

6.1	自动跟踪同步通信卫星平板相控天线阵	(279)
-----	-------------------------	-------

6.2	人体超声断层成像机理及多维图形图像技术的研究	(281)
6.3	原子操纵的基础研究	(283)
6.4	电磁环境与生物电磁场建模	(285)
6.5	真实感图形的实时生成与显示技术	(287)
6.6	中文数据库系统及其语言和界面研究	(289)
6.7	并行化编译关键技术的研究与开发	(291)
6.8	连续过程工业的综合自动化应用理论与新技术	(293)
6.9	听觉计算模型及其在说话人识别中的应用研究	(295)
6.10	复杂系统建模理论与方法学	(297)
6.11	硅基光电子器件及集成	(299)
6.12	半导体工业生产优化问题的人工神经网络模型、算法与应用	(301)
6.13	多媒体芯片技术研究	(303)
6.14	有机/聚合物发光器件研究	(305)
6.15	地面高速运行载体定位和追踪系统中的光纤传感技术研究	(307)
6.16	高分辨三维成像技术的研究及其应用	(309)
6.17	短波长软 X 射线光学基础技术研究	(311)
6.18	光纤光栅、全光纤集成波分复用通信系统	(313)

七、管 理 科 学

7.1	信息技术对管理变革的影响及信息管理研究	(317)
7.2	粮食与食物保障及预警系统的理论研究	(319)
附录		(321)

一、数 理 科 学

1.1 多复变函数论

项目批准号: 19631010

项目组总人数: 7

批准金额: 49.00 万元

执行期限: 1997.01—2001.12

项目负责人: 陆启铿 研究员 中国科学院院士 中国科学院数学研究所

杨洪苍 研究员 中国科学院数学研究所

殷慰萍 教授 首都师范大学

陈志华 教授 同济大学

摘要: 多复变函数论是现代核心数学的重要组成部分之一。它与现代数学其他分支例如代数几何、数论、微分几何、拓扑、微分方程以及现代理论物理相互影响, 并已应用于现代几何、分析和现代物理的研究, 具有重要意义。多复变函数论的经典研究方向包括典型域和 Stein 流形论。其中, 典型域的几何与分析是我国传统的优势研究领域。中心问题是复流形分类。新近活跃的研究方向包括: 复微分几何、复流形上偏微分方程、复流形上向量丛理论、CR 流形, 以及数学物理的应用等。本项目计划对上述研究方向有关的问题开展研究, 主要内容包括: (1) 对称空间和拟凸域的几何分析, 紧致复流形的热核与热方程; 物理应用: Seiberg-Witten 魔术方程; (2) 一般复流形上的几何分析: 紧致复流形的分类, CR 流形的分析, 全纯线丛和全纯向量丛, 特征值、曲率等几何量的估计和分析, Stein 流形与逆紧全纯映照, 全纯映照的几何。

多复变函数论是现代数学基础研究的重要分支之一, 综合性和交叉性很强。多复变函数的某些问题起源于单复变函数论, 由于本世纪初发现了它与单复变函数论的巨大差异, 才开始成为一个独立的理论。在其后的发展中, 它与现代数学其它分支例如代数几何、数论、微分几何、拓扑、微分方程以及现代理论物理相互影响, 获得了很大的成功。目前它已应用于现代几何、分析和现代物理如 Seiberg-Witten 方程的研究, 对现代几何、分析和理论物理都有重要的意义。目前国际上多复变函数论的经典研究方向, 包括典型域的几何和分析, Stein 流形论, 全纯域与拟凸域, 仍然热门。中心问题是复流形分类, 包括紧致复流形分类和已有较多了解的某些有界域的分类。新近活跃的研究方向包括: 复微分几何, 复流形上偏微分方程, 复流形上向量丛理论, CR 流形, 数学物理的应用如 Seiberg-Witten 方程等。新的研究方向和热点仍在产生。本项目计划对上述研究方向有关的问题开展研究。

我国的多复变函数论研究是已故的华罗庚教授开创的, 在典型域和典型流形的研究方面原已处于国际领先地位, 形成了有我国特色的多复变函数论学派, 在国际数学界有相当影响。80 年代以来, 我国的多复变函数论研究重新进入国际现代数学研究的主流。对典型域和典型流形的研究在代数方法的基础上发展了几何与分析的方法, 在热核以及

Reinhardt 域的研究上又有突出的成果,继续处于国际领先地位。从已故钟家庆教授的工作起,开始了高维紧致复流形分类的研究。推广和发展了国际著名数学家丘成桐引入的特征函数梯度估计方法,开展了完备流形本征谱的研究。推广单复变几何函数论到多复变函数的情形。注重与理论物理的联系,开始了 Seiberg-Witten 方程的研究。

本项目在现有的基础上继续多复变函数论的几何和分析的现代问题研究,并密切注视与项目有关的新方向和新问题,注重物理的应用。主要研究内容包括以下两个部分:

1. 对称空间和拟凸域的几何分析,紧致复流形的热核与热方程;物理应用。

此部分的研究涉及多复变函数论的重要概念,如 Berman 核、Poisson 核、热核的构造和曲率、调和函数、特征函数的构造及几何、分析性质的研究,这些核的构造或其渐近表示在多复变函数论中有极其重要的意义。其中热核起着关键的作用。我们这里考虑一般的热方程及其热核:

$$\frac{\partial}{\partial t} U = TU$$

其中 U 为复流形上的 $(p-q)$ 外微分形式, T 为椭圆微分算子。华罗庚对典型域构造了函数的 Berman 核和 Poisson 核等。陆启铿及其合作者利用超圆坐标系,对于对称空间的函数的及 $(p-q)$ 外微分形式的热核和热方程以及特征值和特征函数方面的构造和性质作了研究,已有相当丰富的结果,并应用于物理学中。计划进一步深入研究,并推广到较一般的复流形。 C^n 中的域,拟凸域的全纯等价分类也是一个重要的研究课题。

在物理应用方面,Seiberg-Witten 魔术方程和 Seiberg-Witten 不变量的研究是现代理论物理的热门课题,而由于方程用复流形上的复形式、旋量形式表达,所以多复变函数论是研究 Seiberg-Witten 方程的强有力工具。

2. 一般复流形的几何分析,包括:紧致复流形的分类,CR 流形的分析,全纯线丛和全纯向量丛的研究;特征值、曲率等几何量的估计和分析;Stein 流形与逆紧全纯映照;全纯映照的几何。

紧致复流形的分类仍然是多复变函数论的核心问题,同时它的研究与多复变函数论的许多经典的和现代的问题如 $\bar{\partial}$ 问题、多次调和函数的存在性、Kähler-Einstein 度量的存在性有关。我们着重继续开展负曲率紧致复流形按照曲率条件的分类研究。CR 流形的全纯开拓是近年来活跃的研究课题,是 $\bar{\partial}$ 问题研究的继续、发展和推广。全纯线丛和全纯向量丛的研究是目前比较活跃的研究领域,由于近来发现稳定的向量丛与正曲率复流形上 Kähler-Einstein 度量的存在性的关系,它的研究显得更为重要。

我国流形上特征值估计的研究在国际上占领先地位,将继续高阶特征值估计和 Neuman 问题特征值估计的研究。Schwarz 引理、曲率等几何量的估值和 Pingching 也有重要意义。继续完备黎曼流形和复流形的函数和 $(p-q)$ 形式本性谱的研究。

Stein 流形与逆紧全纯映照是经典的重要问题,最近扩充未来光管猜测的解决(周向宇)是一个重要进展,还有量子场论的应用背景。

全纯映照的几何、Schwarz 导数的研究目的是把单复变函数的几何函数论推广到高维复流形。

1.2 非线性分析

项目批准号: 19631020

项目组总人数: 8

批准金额: 49.00 万元

执行期限: 1997.01—2001.12

项目负责人: 张恭庆 教授 中国科学院院士 北京大学

丁伟岳 研究员 中国科学院院士 中国科学院数学研究所

摘要: 本项目的重点是流形上的非线性分析, 研究流形上与几何、物理等有关的各种非线性微分方程。其特点是以分析为主要工具研究流形的几何、拓扑及分析性质。在这过程中发展的新的非线性分析方法, 对数学理论本身、数学物理和其它非线性科学产生了深刻的影响。此领域涉及众多的数学分支, 要求发现它们之间的深刻联系并综合加以应用, 其内容非常丰富, 方法极为复杂。本项目在原有工作基础上, 主要研究内容有: (1) 几何变分问题, 包括调和映射、极小曲面、常中曲率曲面方程及相应热流方程解的存在性、正则性和奇点分析。(2) 与曲率有关的几何偏微分方程解的存在性, 包括预定曲率方程, Kahler-Einstein 度量等存在性。(3) 非紧完备流形上有关问题, 如 Yamabe 问题、调和映射和调和函数问题。(4) 辛几何和 Hamilton 系统中变分问题, 包括 Arnold 猜测、Weinstein 猜测、量子上同调理论及应用。(5) 临界点理论, 包括临界群的估计, 非光滑泛函的临界点理论和应用。

本项目的重点是流形上的非线性分析, 这是当代数学中发展最为迅速的领域之一。它的特点是以分析为工具对流形这个非线性数学对象的拓扑、几何及分析性质进行研究, 并在这个过程中发展新的非线性分析方法。它的发展对数学理论本身、数学物理及其它非线性科学产生了深刻的影响。这个领域的特点决定了必然要涉及众多的数学分支, 发现它们之间的深刻联系并综合加以应用, 其内容非常丰富, 方法极为复杂。

流形是曲线、曲面以及它们在高维中的推广。对于它的研究可追溯到上一世纪的高斯、黎曼和庞加莱, 但以分析为工具对流形进行研究基本上始于本世纪 30 年代, 代表性的工作有 Morse 理论, Hodge 理论及极小曲面的经典理论。在 60 年代后, 这一领域得到了迅速发展, 其中最重要的发展有: 联系椭圆算子与流形拓扑的 Atiyah-Singer 指标定理, 几何变分问题 (如极小子流形和调和映射) 的深入研究及相应的分析方法的建立, 微分几何中一系列非线性偏微分方程 (如 Calabi 猜测, Yamabe 问题, Yang-Mills 方程等) 的解决, 应用 Yang-Mills 方程于四维微分拓扑的 Donaldson 理论, Floer 同调理论的建立及对 Arnold 猜测、三维微分拓扑的应用, Taubes 等关于 Seiberg-Witten 不变量对四维微分拓扑的应用。著名华人数学家丘成桐教授在这领域中作出了杰出的贡献, 他从 70 年代开始率先发展了研究黎曼流形上的椭圆和抛物方程的新方法, 解决了 Calabi 猜想和正质量猜想等影响深远的重要问题, 并荣获菲尔兹奖。现在国际上已形成一个以几何中非线性

问题为研究目标的丘成桐学派,以非线性分析方法在低维拓扑中应用为目标的以 Donaldson 为代表的英国学派和以 Taubes 为代表的美国学派。

国内在流形上非线性分析研究始于 1984 年丘成桐教授的来华讲学。经过十多年的努力,在预定数量曲率的共形形变问题、调和映射及极小曲面的存在性和多解问题、调和映射的热流的研究、辛几何中与 Arnold 猜测有关的问题等方面,已取得了较好的结果,其中某些成果在国际上也有一定影响。本项研究将在这些工作基础上着重研究以下内容:

1. 几何变分问题,研究调和映射、极小曲面、常中曲率曲面方程以及相应的热流方程解的存在性、正则性和奇性分析。发展极小曲面的热流方法,考虑极小曲面的多解问题,在没有单调性假设下,考虑二维调和映射热流的唯一性及其奇点附近的精确性状。

2. 与曲率有关的几何偏微分方程问题,讨论预定数量曲率的共形度量存在性,复流形上 Kahler-Einstein 度量及其它极值度量的存在性,研究二维调和映射模空间的紧化问题,最后建立 Morse 理论。

3. 非紧完备流形上有关问题,主要讨论 Yamabe 问题成立的条件,非紧完备流形上调和映射理论,非负 Ricci 曲率完备流形上多项式增长的调和函数空间维数估计等问题。

4. 辛几何和 Hamilton 系统中的变分问题,主要围绕 Arnold 猜测和 Weinstein 猜测展开研究,讨论 Hamilton 系统各种具有特殊性质的解的存在性,建立一些流形的辛不变量,利用量子上同调理论讨论退化情形辛同胚不动点数的下界估计,利用 Floer 同调理论的方法研究 Novikov 关于多值泛函的 Morse 理论。

5. 临界点理论,研究退化临界点的临界群估计,讨论对方程多解问题的应用,研究非光滑泛函的临界点理论及其应用。

1.3 随机分析及其应用

项目批准号: 19631030

项目组总人数: 8

批准金额: 35.00 万元

执行期限: 1997.01—2001.12

项目负责人: 马志明 研究员 中国科学院院士 中国科学院应用数学研究所

严加安 研究员 中国科学院应用数学研究所

黄志远 教授 华中理工大学

何声武 教授 华东师范大学

摘要: 随机分析是一个迅速发展的学科,它在理论上是基础数学的一个有生命力的分支,同时它本身又在众多的学科领域有广泛的应用。本项目将研究如下一些专题,这些专题大多是当前国际上的研究热点。(1) 狄氏型与无穷维随机分析。(2) 流形上的随机分析和随机微分几何。(3) Malliavin 分析与拟必然分析。(4) 白噪声分析与量子概率。(5) 随机分析在数理金融和排队网络中的应用。(6) 倒向随机微分方程和随机偏微分方程。(7) 统计力学,随机介质问题与大偏差理论。

随机分析是一个迅速发展的学科。它在理论上是基础数学的一个有生命力的分支,同时它本身又在众多的学科领域有广泛的应用。目前概率论与随机分析比较重要的前沿研究方向有:

1. 随机微分几何与无穷维随机分析。这是概率、几何、分析等不同学科分支相互交叉与渗透而产生的新兴研究方向,是国际概率论的一个重要研究热点。在这个研究方向存在有被国际学术带头人称为“长远目标”的重要课题,如环空间 (Loop Space) 上的无穷维 Hodge-deRham 定理等。

2. 应用随机分析。包括金融数学中的随机分析、随机网络、随机模拟、神经网络、随机控制、滤波等。这个研究方向也是概率论与随机分析的重要研究热点,而且在国民经济中有应用价值。随着计算机科学的发展和我国经济改革的深化,这一研究方向将越来越重要。

3. Dirichlet 型理论。Dirichlet 型源于经典位势论。迄今该理论已发展成为解析位势论与随机分析有机结合在一起的一个交叉学科分支。由于它具有把随机问题和分析问题相互转化的优点,近几年来受到人们日益增长的重视,已经成为随机分析领域中的一个活跃的研究方向。

4. 测度值随机过程。测度值随机过程可以看成是无穷质点粒子系统的极限过程,它与非线性微分方程有联系,这也是近年来随机分析领域中的一个活跃的研究方向。

5. 随机介质问题。随机介质问题与热力学、声学、流体力学等物理学科有密切联系,是一个很有意义的研究方向,同时也是难度较大的一个研究方向。由于这一个研究方向