

中国科学院书系

微分方程数值解

同德麟 著

河北教育出版社

Series of Chinese Academicians

中国院士书系

微分方程数值解

周毓麟 著

河北教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

微分方程数值解/周毓麟著. —石家庄:河北教育出版社,2003.4

(中国院士书系/王淦昌主编)

ISBN 7-5434-5030-5

I. 微... II. 周... III. 微分方程—数值计算
IV. 0241.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007974 号

书 名	微分方程数值解
作 者	周毓麟 著
策 划	刘克琦
责任编辑	刘克琦 杨玉岭 张静莉 姜 红 刘贵廷 李洪哲
装帧设计	慈立群
出版发行	河北教育出版社 (石家庄市友谊北大街 330 号)
印 刷	山东新华印刷厂德州厂
开 本	787×1092 1/16
印 张	29.5
字 数	468 千字
版 次	2003 年 4 月第 1 版
印 次	2003 年 4 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5434-5030-5/G·3346
定 价	59.00 元

版权所有 翻印必究



周毓麟

12/12/20



在第二届非线性偏微分方程会议上 (1982年, 桂林)
左起: 叶其孝、孙和生、周毓麟、董光昌、张恭庆



与来访的俄罗斯A.В.бицалдзе 院士在一起 (1986年)



在“科学与工程计算国家重点实验室开放论证会”上



与来访的俄罗斯O. A. Олейник 院士在一起 (1987年)



在北京大学百年校庆上



七十寿辰报告会期间

出版说明

世界已进入知识经济时代,知识的创新与积累已经成为经济发展、社会进步最具革命性的推动力。为了指导科技工作,积累珍贵科技史料,弘扬中国科学家的科学精神和高尚情操,我社策划出版了《中国院士书系》,诚愿以此奉献给中国“科教兴国”的伟大事业。

本《书系》共计 17 卷,入选的 17 位中国科学院、中国工程院院士每人一卷。他们主要是 20 世纪 20 年代出生,取得重大成果并获大奖者。各卷主要内容一般分三部分:学术思想,学术论文,专著或专著节选。囊括了作者各个时期(以近期为主)的代表作。同时还以“小传”的形式描述了各自的生平和学术生涯,从中我们可以寻得其所以成为科学家的心路历程,领略其思想风范和人格力量。各部分一般以发表时间为序,因时间跨度较大,物理量单位、符号等均保留原貌,体例各篇(册)统一,外文版论著亦保持原文种不变。

《书系》由王淦昌先生任主编。编委分工如下:郭传杰、葛能全、韩存志三位先生负责前期组稿;周谊、谈德颜、姜淑华三位先生负责初审;姜淑华先生还做了大量组织工作。

《书系》在组稿、编辑过程中,主编、编委们倾心投入,付出了艰苦的劳动;王淦昌先生为《书系》写了总序,中国科学院院长路甬祥先生为蒋新松著的《机器人与工业自动化》卷作序,同时还得到了陈芳允、焦树德、孙大涌、钱迎倩四位科学家极为宝贵的书面指正和帮助,在此我们一并向他们表示诚挚的谢意。

河北教育出版社

2000 年 8 月 15 日

总序

王淦昌

在中华民族 5 000 年的文明史上,我国的科学技术曾经长期位于世界前列.惜明清以来,科技活力日渐衰微,落在了西方的后面.继而列强入侵,国运多舛,民生凋敝.为了救国救民,振兴中华,多少仁人志士前仆后继,写下了可歌可泣的篇章.近现代以来,特别是新中国成立后的几十年中,我国科技工作者顽强拼搏,执著追求,无论是在基础科学,还是在各主要科技领域都取得了举世瞩目的成就,在科技史上铸就了座座不朽的丰碑.

为了总结、颂扬、传播中华民族优秀儿女的先进思想和功勋业绩,举凡政治、军事、文化等各个领域,都不断推出各种文集、传记、画册乃至影片.但综观科技领域,则略显沉寂.这在科学技术是第一生产力,“科教兴国”已定为基本国策的当今中国,不能不说有欠协调.近年来,出版界虽然十分关注科技学术专著的出版,科学家文集、传记的组织也偶有所闻,但多因资金困难,或中途搁浅,或进展缓慢.在科技著作依然出版难的今日,河北教育出版社坚持“为人民服务,为社会主义服务”的出版方针,以“科教兴国”为己任,提出面向大教育的新思路,在学术著作的出版上,不惜投入,屡推佳作.他们策划组织《中国院士书系》乃是这个新思路的又一新成果.我为他们关注科技,热心科技著作的出版,感到由衷的高兴和钦佩!

书系,顾名思义就不是一两本专著,而是一个系列.《中国院士书系》共计 17 卷,每卷收入一位院士各个时期的代表作.实施这样一个工程,主要

有两个目的：一是为了整理我国重要科技成果，既指导当前科研、科技工作，为加速科技进步服务，又积累科技史料，为我国科技宝库增添新鲜内容。二是为了弘扬我国科学家“献身、创新、求实、协作”的科学精神和高尚情操，在社会上形成尊重知识、尊重人才的良好风尚，鞭策后来者为我国科技事业再创辉煌。

《中国院士书系》选入的院士，今天多已年届古稀。他们怀着科学报国之心，大多为新中国的科技事业拼搏了半个世纪。由于历史的原因，他们历尽坎坷，但痴心不改。这种可贵的爱国、爱科学的精神，足为青年的楷模。我一向认为，我国科技的振兴，既有赖于老一辈的继续奋斗，更要寄望于年轻一代的展翅奋飞。青年人思维敏捷，最富创造力。我们要把老科学家的经验，中年科学家的能力和青年人的闯劲结合起来，以期实现更多的科技创新，产生更多的科技发明，为再创中国的科技辉煌，实现“科教兴国”的伟大事业，做出新的贡献！

自序

40年代末期,我师从陈省身先生学习组合拓扑学三年.新中国成立后,到清华大学、北京大学任教,继续组合拓扑学方面的研究.1954年,去前苏联莫斯科大学跟随奥列依尼克教授学习非线性偏微分方程理论.回国后,在北京大学数学力学系开设非线性偏微分方程专门化课程近三年.当时有研究生、专门化课程班大学生与进修教师等几十人.做了一些研究工作.1960年调九院工作,从事力学与物理问题的数值模拟研究,因此在力学、计算数学、计算力学等方面做了一些工作.

本文集是我第二本自选论文集.第一本论文集出版于1992年,由于篇幅所限,只收集了少数有关组合拓扑、非线性偏微分方程理论、计算数学、计算流体力学与计算机应用等方面的论文.本论文集收入了20世纪90年代的一部分非线性发展方程方面的文章与一部分有关偏微分方程有限差分法方面的文章.

有限差分法是求解偏微分方程数值解具有较大普适性的方法.由于有限差分近似方程解的先验估计的复杂性,一般都采取启示性的方法来研究差分解的基本性质.从20世纪80年代初,我开始研究离散函数空间的高散泛函分析理论与方法,建立起具有基础性质的高散函数范数间的内插公式.利用这套理论与方法来研究非线性偏微分发展型方程的有限差分方法,研究有限差分解的一系列基本性质,把差分法理论研究建立在数学严格性的基础上.在收集的论文中,包括的内容有:离散函数范数间的内插公式,差分解的存在性、惟一性、收敛性与稳定性,不等步长的差分格式,多维方程组的

自序

差分理论,具有并行本性的差分格式以及非线性差分方程迭代求解的收敛性与迭代差分格式的收敛性等等.

小 传

周毓麟 1923 年 2 月 12 日出生于上海。父亲是个职员，晚年做过一段买卖。周毓麟的父亲是个慢性子，在家里不多说话，成天与算盘和账本打交道，打得一手好算盘，写得一手好正楷。周毓麟看着很羡慕，想学练字，因没有长心，一无所得。

周毓麟的母亲年轻时聪敏、美丽，祖上是书香之家，虽没有读过书，但颇认得几个字，画绣花图样，信手拈来，仕女花卉，又快又好，线条流畅，剪得一手好纸花。亲戚邻居办喜事什么的，有求必应。早期周毓麟的父亲收入很少，子女又多，周毓麟的母亲勤俭治家，有条不紊。周毓麟的母亲教育子女有方，对周毓麟和弟弟周彭年两个小儿子，犯了错，有时得打手心。母亲教他们做人要有志气、有骨气，努力学好，不能自私自利。母亲去世快四十年了，周毓麟还常回忆起她的慈爱身形。

周毓麟五岁那年在弄堂口的私塾里念了一年新国文课本，然后转上新式学校。初中毕业后，原想上技术学校，可以靠本事吃饭，不用去当学徒学生意了，可没有找到合适的。

1938 年周毓麟到大同大学附属高中部学习，周围有很多好的同学。有喜欢化学的，在家里搞了个小实验室；有喜欢无线电的，自己装了个小电台，星期天让同学收听他广播的贝多芬乐曲；有的手特巧，在麻将牌上做了个电动机，缝衣针做的电轴。周毓麟喜欢数学。他有个同学叫朱葆德，学平面几何，发明出新的几何定理。这给周毓麟启发很大，觉得自己也应该会，以后搞出了一系列的圆几何学中的循环定理。他们成了好朋友。高中毕业了，周毓

小 传

麟想上数学系,朱葆德认为:数学应该业余搞,学工科以后吃饭好办些.周毓麟不听,还是上了数学系.朱葆德上了航空工程系,毕业后去了台湾,他俩有五十多年没见面了.

上海大同大学数学系与物理系的学生很少,与周毓麟同年数学系还有郑振华,物理系只有徐亦庄.他们三人同进同出,别人称他们是刘关张.因为学生少,物理系、数学系的三、四年级在一起上课,所以周毓麟把物理系的课程与实验课程也都修读了.他遇到了很多好老师,如范会国、武崇林、汤彦颐、雷垣、高扬芝等先生.抗战时期上海时局很乱,学校搬迁租界,条件极差.学生与老师除上课以外,很少接触.尽管如此,这些老师的身形也让周毓麟终生难忘.

1945年大学毕业后,周毓麟由老师介绍去南京临时大学补习班当助教.第二年补习班解散,本可以到中央大学去工作,因为周毓麟想继续学习,回到了上海.知道上海有个中央研究院数学研究所,陈省身先生在教拓朴学.周毓麟去听了一段时间以后,有一次下课,陈先生说他要到南京开会,问周毓麟听得懂吗,周毓麟说听懂了,又问周毓麟在大学里学得怎么样,周毓麟说每年平均分数在九十分以上,陈先生问数学学得怎样,周毓麟回答就是别的课程把我的分数拉下来了.等陈先生开会回来,周毓麟就进了数学所.

拓朴学当时是一门新兴的学科,研究方法很不同于古典数学.有一次周毓麟做了个问题,陈先生看了找周毓麟谈了一次话,指出不少错误.

周毓麟好像开了窍似的,对工作对学习都好像很有信心,很有办法了,心里总觉得什么新的学习或新的工作,只要自己肯努力,有一年时间,总能掌握要领,总是可以入门的.

上海解放时,数学所搬迁到台湾去了,陈省身先生去了美国.周毓麟在中华人民共和国成立的前一天到了北京清华大学.

1947年初周毓麟与徐明月在上海结了婚,一年后搬到南京九华山,又二年两人同到清华工学所.

在解放了的清华,周毓麟讲课、上辅导课,研究拓朴学,还有社会工作,做得很起劲.有一次在系里的讨论班上,周毓麟报告了关于同伦论的工作,华罗庚与段学复先生鼓励周毓麟,还帮助他在数学学报上发表了那篇四十多页的文章.

院系调整时周毓麟到北京大学工作了.徐明月也是这年以同等学力考

上了北京大学数学力学系,1954年地二年制专修课班毕业,分配到北京电力学校当教员。周毓麟在北京俄专学了一年俄文,到前苏联莫斯科大学数学力学系当研究生了。

留苏要报学习志愿时,周毓麟想报对社会主义建设更直接用得上的计算数学。一个研究生班的同学劝周毓麟报拓扑学,理由是周毓麟原来拓扑学搞得还不错,前苏联有世界级拓扑学大师,报告专业单上也有拓扑学,这是一个好机会。周毓麟不干,同学就问他,懂不懂电子学。这下把周毓麟问住了,周毓麟就改学微分方程了。

到了莫斯科,黄敦同志把他们接到莫斯科大学,在大门厅等分配房号时,黄敦问周毓麟学微分方程是偏的还是常的,周毓麟说不知道,黄敦就说了句,你基础好,就学偏微分方程吧。周毓麟的专业方向就这样一锤定音了。

到前苏联去学习,周毓麟很激动,觉得这是党和人民对他的培养和委托,只能学好。要学好,除了自觉努力外,要珍惜时间。从到前苏联之日起,他就开始作二十四小时的学习工作效率的记录,一刻没有停过,用来检查自己是否真的努力了。

每天八点起床,一小时做操、跑步、吃早饭,九点到图书馆阅览室,直到晚十点半才回宿舍,休息半小时,十一点再学习一小时,十二点睡觉。

导师是奥莱依尼克教授。当时她刚得科学博士学位不久,很受赞扬。对中国学生周毓麟,尽心指导。偏微分方程对周毓麟来说,一点儿没有基础。开始进展慢,一年后,该考的课目也差不多了,研究工作也还顺利。工作中一些先验估计做得好些,结果不错。系里与老师很关心,让一些记者来采访,报刊上作了些介绍,有一次在莫大俱乐部电影院还放了一段纪录片呢。讨论班里一些大学生说周毓麟是估计大王,要周毓麟帮他们的忙。

记得有一个问题,周毓麟开始用迭代法做了,认为已经解决了,后来发现有问題,已作出的那些先验估计还不足以完善结果的证明,就缺那么一点,再有一点进一步的估计就可以过去了,但是怎么也做不出来。这结果要是不对,论文三分之一的结果就没有了。导师也很关心周毓麟,见面时,总问解决了没有,急得周毓麟睡不好,吃不好。一天早晨醒了不起床,想着这个问题,突然觉得,采用不动点拓扑方法可以解决。他没穿衣服就写了起来。用这样的框架,所得到的先验估计一点不多,一点不少,刚巧圆满地解决了这个问题。这样用不动点原理研究整体解的存在性还是第一次。以后同学中也多

次用了这个框架的方法,还认为这是研究整体解存在性的一个基本分析方法.这方法对周毓麟自己以后研究工作也是帮助很大的.

1957年回国后,周毓麟分配回北大数学力学系当教员.当时数学系是五年制的,四、五年级分专门化方向.周毓麟在北大的两年多时间里,接了三个偏微分方程专门化班,每班有十几二十个同学,当时还有研究生、进修教师与青年助教,总共前后有六七十人一起搞非线性偏微分方程的学习与研究.在专门化课、讨论班上,大家学习情绪都很高,都很努力,效果也很好.现在看来,当时的一些年轻人,现在在偏微分方程与计算数学等教学与研究工作上都很有成绩,很有贡献.想到这些,周毓麟很是快慰.

1960年5月初的一天,下了课,上午十一点系总支书记找周毓麟谈话,说要调他工作.周毓麟错以为要调他教研室的什么人,紧问要调谁.书记说不是要调他的什么人,而是要调他的工作,让周毓麟下午二点到二机部去报到,搞国防保密研究.还问他有什么问题,周毓麟说党叫干啥就干啥.

到二机人事局,又到九局九所报到,局长、处长、所长、组长轮着给周毓麟讲话,但谁都没有说清具体工作是什么.过了一两个月,部长们来交底时,才知道是搞核武器研究,还让周毓麟搞数学模拟、流体力学、爆炸力学等.对于这些周毓麟是一窍不通,要做、要学的东西很多,学习与工作一刻也不能停留.每天早晨八点准时上班,末班车回家,仍要工作到十二点上床.所里有物理、力学、数学的高级专家与很多年轻同志,都是一心一意要攀登、克服科研关山.他们是周毓麟的战友,也是他的师长、学友.在这样的环境里,周毓麟懂得多了、宽了,能耐也大了.许多数学、计算、物理、力学、计算机等方面的知识涌进他的脑海,而且是些前沿的、深刻的、实用的知识,对他知识结构、研究范围与能力改变很大.

1984年第一颗原子弹爆炸成功的二十周年纪念文艺晚会,徐明月也参加了.周毓麟调九院工作二十四年以后,她才知道周毓麟是搞核武器研究的.

改革开放,研究工作进一步深入的需要,学术交流的需要,周毓麟还得搞一些非线性偏微分方程与计算数学的基础研究.很专注的定向研究,整二十年没有发表一篇文章,因此他对自己的知识结构要作一些技术改造.学习与调查一些数学与相关的文选,每周周毓麟作摘要笔记一百页约八万字左右,坚持了一段不短的时间,也就有些接上现代的研究,做了一些具有物理与力学背景的非线性发展方程问题的研究工作.

20世纪80年代初,有限差分法应用很有普适性,但急需加强深入的理论研究.周毓麟认为:当时的研究较多地着眼于课题离散化后的代数属性,不大重视离散后的分析微分方程属性,研究受到了相当的局限.他花了一段时间,建立了离散空间的范数之间的内插关系的理论与方法,弄清楚了这方面的转化,有限差分法的理论研究与应用研究也就开展得比较顺利.使他体会到在偏微分方程理论与数值求解的研究中,注意重点研究对象的基本属性是会很有帮助的.