

# 冯康

## 中国科学计算的奠基人和开拓者

◆余德浩

1997年底,作为我国自然科学研究最高奖励的国家自然科学一等奖,在经历了一届空缺后终于产生。这一奖励被授予已故著名数学家、我国科学计算事业的奠基人和开拓者冯康院士,获奖项目是由他开创并带领研究小组完成的成果——哈密顿系统的辛几何算法。这是我国1990年代仅有的两项国家自然科学一等奖之一,也是冯康继1982年的“有限元方法”获得国家自然科学二等奖后又一次获得国家重大奖励。

### 呕心沥血,献身科学

冯康祖籍浙江绍兴,1920年9月9日出生于江苏南京,6岁迁居苏州。他1939年毕业于省立苏州中学,1944年毕业于中央大学物理系。1945年起,冯康先后在复旦大学物理系、清华大学物理系和数学系任教,1951年转到刚组建的中国科学院数学研究所,不久便赴苏联斯捷克洛夫数学研究所工作,1953年回国。1957年,冯康调入中国科学院计算技术研究所,1978年任中国科学院计算中心主任,1980年当选中国科学院学部委员(院士),1987年起任计算中心名誉主任,曾任全国人大代表、全国计算数学会理事长、《计算数学》等四份刊物主编、国家攀登计划项目首席科学家等职。1993年8月17日,冯康因后脑蛛网膜大面积出血在北京不幸病逝,享年73岁。

冯康从学生时代起就酷爱科学,上大学时他患上了脊椎结核,由于无钱住院只能在家养病。在此期间他不仅以极大的毅力读完了电机系和物理系的课程,还自学了德国斯普林格出版社出版的一套数学名著。文革期间他再次受到磨难。尽管蒙受无端冲击,遭受多

余德浩:研究员,中国科学院数学与系统科学研究院计算数学与科学工程计算研究所,北京100080。

Yu Dehao: Professor, Institute of Computational Mathematics and Scientific/Engineering Computing, Academy of Mathematics and System Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080.

种折磨和摧残,他仍未停止科学思考和创造。

冯康将毕生精力献给了科学事业,他早已驰名世界,但从不自封,强烈的进取精神驱使他一直走在科学探索的前列。他用蝇头小字密密麻麻地写了数十本科研笔记。他的大量藏书中有许多本被他精心研读并写有眉批。他严谨的治学态度为同行树立了最好的榜样。

冯康对待科学事业达到了如醉似痴的程度。在他晚年,学生们担心他工作太累,提醒他年事已高,应该降低工作强度。他的回答总是:“我越用脑子,身体就越健康。”就在临终前几天,他还亲自审阅“93华人青年学者科学计算学术研讨会”的全部论文;弥留之际,还在关注着该会议的召开。他为科学计算事业奋斗到了生命的最后一刻。

### 辛勤耕耘,硕果累累

冯康的成就是多方面的。他总是瞄准国家需求,站在学科发展的前沿,去开辟新的研究领域。

#### 创立有限元方法

1950年代伴随着计算机的发展,科学计算在西方兴起。冯康敏锐地悟出科学发展进入了转折时期,计算科学将大有可为,中国面临难得的机遇。1957年由中国科学院数学研究所调到正在筹建的计算技术研究所后,他毅然放弃了精深的纯粹数学研究,组建科学计算的研究队伍。

当时我国的计算数学研究刚刚起步,冯康带领他的科研小组承担了国家下达的一系列计算任务。为解决大型水坝计算问题,克服传统的差分方法难以处理几何与材料的复杂性等困难,冯康等人开展了椭圆型方程计算方法的系统研究。在大量计算实践的基础上,独立于西方创立了数值求解偏微分方程的有限元方法,形成了标准的算法形态,编制了通用的计算程序,及时解决了大型水坝的应力分析问题。



本文作者与冯康院士(右) 1987年摄于瑞士苏黎世

1965年冯康在《应用数学与计算数学》上发表了《基于变分原理的差分格式》一文,在极其广泛的条件下证明了方法的收敛性和稳定性,给出了误差估计,从而建立了有限元方法严格的数学理论基础,为实际应用提供了可靠的理论保证。这篇论文的发表是我国学者独立创立有限元方法的标志。冯康在远比西方落后的计算机设备条件下做出了领先于西方的工作。有限元方法的创立,是计算数学发展的一个重要里程碑。

#### 发展边界归化方法

1960年代以来,有限元方法在求解有界区域椭圆边值问题上取得了极大成功,被广泛应用于工程技术和科学计算。但是许多实际计算问题涉及无界区域,而用有限元方法或有限差分法求解无界区域问题必然遇到本质上的困难。为克服这一困难,1970年代后期冯康将研究方向转向边界归化方法及边界元方法领域。

基于经典的边界归化理论,当时国际上边界元研究已形成了直接法和间接法两大流派,开展了广泛的理论研究和工程应用。冯康则根据边值问题的物理和数学本质,提出了与上述两类方法完全不同的正则边界归化的思想,开创了国际上边界元研究的新流派。他指出,唯有通过正则边界归化才能保持能量不变,从而保持问题的本质不变。后来他又改称此类归化为自然边界归化。基于这一思想,他的学生系统地发展了自然边界元方法。这一方法除了具备边界元方法共有的优点外,还有许多独特之处:保持原边值问题的许多基本性质,与经典有限元自然地耦合,以及自然积分方程由原边值问题唯一确定等。

1978年冯康赴法国和意大利讲学,其主要内容随后发表在1980年《计算数学》的《论微分与积分方程以及有限与无限元》一文中。1982年他与法国利翁斯(J. L. Lions)院士一起主持了中法有限元讨论会,与他的学生联名发表了论文,这是该次会议两个最主要的报告之一。1983年,冯康在国际数学家大会上作了题为《有限元方法与自然边界归化》的45分钟特邀报告,介绍了他和他的学生关于自然边界元及人工边界条件方面的最新研究成果。这些创造性工作开辟了边界元研究的新领域,在国际上至今仍有重要影响。

#### 开创动力系统的辛几何算法

1980年代初,冯康转向动力系统计算方法的研究,提出了哈密顿系统的辛几何算法,又开辟了一个有广阔应用前景的全新领域。在创始有限元方法的过程中,他深深体会到,同一物理过程的各种等价的数学表述可能导致不等效的计算方法。有限元对椭圆边值问题的成功是因为选择了适当的力学体系和数学形式。有限元不能很好地解决动态问题,则是由于拉格朗日力学体系不能很好地反映其本质特征,唯有哈密顿力学才是可供选择的研究动态问题的力学体系。

辛几何是哈密顿系统的数学基础。冯康以他特有的数学直觉抓住了设计哈密顿系统数值方法的突破口——辛几何算法。只有辛几何算法才是适合计算哈密顿系统的数值方法。1984年他在国际微分几何与微分方程北京讨论会上,提出了哈密顿系统的辛几何算法,并组织研究队伍进行了十余年系统深入的理论研究和数值实验,取得了极其丰硕的成果。

传统的非辛算法都不可避免地带有耗散性等歪曲体系特征的缺陷。辛算法却保持了体系结构,特别在稳定性与长期跟踪能力上具有独特的优越性。深入的理论分析和大量的数值实验令人信服地表明,辛算法解决了久悬未决的动力学长期预测计算问题。目前这一成果已引发了国际上大量的后继研究,也正在促进天体物理学、分子动力学和流体力学等领域的计算革新,并将在更多领域有更为广阔的应用前景。

#### 开拓创新,享誉世界

冯康首先倡导在我国开展广义函数理论、组合弹性结构计算、孤子子等非线性问题的研究,以及数理方程反演问题的数值方法及其在地质地震勘探中的应用研究。

他曾反复强调:“物理问题可以有多种数学模型,

它们在理论上等价,但在实践中未必等效。它们可能导致不同的数值计算方法,有不同的计算效果。”“保持物理问题的主要特性是离散模型获得正确计算结果的根本保证,有限元方法成功的关键就是合理选取了变分的数学形式。”“一个科学家最大的本领就在于化复杂为简单,用简单的方法去解决复杂的问题。”这些思想贯穿在他的学术生涯中。他的学生们把他的这些论述称为“冯氏大定理”,视为他留下的最宝贵的财富。

冯康经历了由工程科学、物理学、纯粹数学、应用数学到计算数学的学术生涯,并通过科学计算回到工程实际,解决了国民经济和国防建设中许多重大计算问题。通过这种螺旋式循环,他实现了理论和实际的完美结合,登上了一个又一个科学高峰。

他早在1960年代就曾指出,计算方法的创新来源于计算实践。他在介绍自己的研究方法时曾说过:“我的计算数学研究都不是从阅读别人的论文开始的,而是从工程或物理原理出发的。”正是由于他在数学、物理学直至工程科学方面极其深厚的造诣,使得他总能提出有广泛物理、工程背景的新课题,创建有坚实数学理论基础的新方法。

冯康不断创新,成就卓著,享誉国际。利翁斯早在1970年代就指出:“有限元方法意义重大,中国学者在对外隔绝的环境下,独立创造了有限元方法,在国际上属最早之列,今天这一贡献已为全人类所共享。”

著名美籍华裔数学家、菲尔兹奖获得者丘成桐教授对冯康的成就给予极高评价。他在《中国数学发展之我见》(载于中国科学报,1998年3月11日)一文及此前后的多次演讲中强调指出:“中国近代数学能超越西方或与之并驾齐驱的主要原因有三个,当然我不是说其他工作不存在,主要是讲能够在数学历史上很出名的有三个:一个是陈省身教授在示性类方面的工作,一个是华罗庚在多复变函数方面的工作,一个是冯康在有限元计算方面的工作”。他又说:“我们要从数学的根本上找研究方向,我们近20年来基本上跟随外国的潮流。我们没有把基本的想法搞清楚,所以始终达不到当年陈先生、华先生和冯先生他们的工作成就。”

#### 诲人不倦,风范长存

冯康的杰出成就不仅在于他本人丰硕的研究成果,还在于他为国家培养了一大批人才,组建了一支强大的科学计算队伍。早在1950年代中期,他组织了全国计算数学训练班,亲自讲课。1970年代他又主办

有限元讲习班,并到各地做有限元应用推广工作。他组建了中国科学院计算中心和科学与工程计算国家重点实验室,组织了首批国家攀登计划项目“大规模科学与工程计算的方法与理论”,创办了《计算数学》、《数值计算与计算机应用》、《计算数学杂志》(*J. Comp. Math.*,为英文版)等学术刊物。

冯康诲人不倦。他善于用通俗的语言表达深刻的思想,讲演内容丰富,幽默风趣。听他的学术讲演,不同背景的听众都会大有收益。他热情鼓励学生进行国际学术交流,亲自为学生联系访问单位和合作教授,斟词酌句地写推荐信。为培养学生,他费尽心血。

冯康曾语重心长地说,一个人的能力是有限的,只有人才层出不穷,才有科学事业的不断繁荣。他直接或间接培养的学生已遍及全国和世界各地,其中许多人已成为知名的学术带头人。他开创的“冯康学派”已享誉国际,影响广泛而深远。以他的名字命名的“冯康科学计算奖”已成为海内外优秀华人青年计算科学家向往获得的崇高荣誉。

美国著名数学家拉克斯(P. Lax)院士在获悉冯康去世的消息后,曾在美国《工业与应用数学会通讯》(*SIAM News*)上发表悼念文章。文章的结尾写道:“冯康的声望是国际性的。我们记得他瘦小的身材,散发着活力的智慧的眼睛,以及充满灵感的脸孔。整个数学界及他众多的朋友都将深深怀念他。”

2000年8月29日至31日,纪念冯康诞辰八十周年科学计算国际会议在北京举行,我国学者周毓麟院士应邀作大会报告,郭本瑜、周天孝、孙家昶、杜强等在会上宣读论文。这次会议涉及了当前科学计算的国际最新进展,大会报告人中有世界著名的应用数学家凯勒(H. B. Keller)、恩奎斯特(B. Engquist)等,也有在国际上已崭露头角的海外华人青年科学家陈繁昌(Tony Chan,加利福尼亚大学洛杉矶分校数学系主任)、舒其望(布朗大学数学系主任)和鄂维南(普林斯顿大学教授)等。

冯康的研究成果在国际上至今仍有重要影响,他的业绩已留在中国乃至世界数学发展的历史上。他曾为之奋斗的科学计算事业正在蓬勃发展。他的思想和精神还在指导并将继续影响我国几代科学计算工作者,激励着他们继续他开创的事业。

关键词:科学计算 辛几何算法 有限元方法  
自然边界归化