

冯康院士与科学计算

余德浩

(中国科学院数学与系统科学研究院 100080)

冯康先生是我的老师,他去世至今已有12年了.由于他对科学事业、特别对计算数学与科学计算事业的杰出的历史性贡献,我们至今还经常提到他的名字并深切怀念他.近年来我曾先后应邀在北京、上海、江苏、山东、湖南等省市的十几所高等院校为研究生、本科生及青年教师做专题报告,介绍冯康先生及其学术贡献,很受欢迎.在去年和今年我还曾应邀到美国、日本、新加坡和韩国的一些大学访问讲学,在做学术报告时也总是先提及冯康教授的杰出成就和对世界科学计算发展的深远影响.本文正是在这些报告的基础上应《数学通报》之约整理成文的.

1 世纪回顾 - 科学计算方兴未艾

科学计算的兴起是二十世纪后半叶最重要的科技进步之一.计算与理论及实验相并列,已经成为当今世界科学活动的第三种手段.回顾半个世纪以来我国计算数学和科学计算事业的发展历程,追忆这一事业的奠基人和开拓者之一已故冯康院士(1920 - 1993)的科学思想和杰出贡献,有重要的现实意义.

数千年来人类通过理论和实验两种手段来认识自然,认识世界,探索科学的奥秘.我们在中学就知道欧几里德、阿基米德等古希腊科学家的名字,更从小就熟知中国古代科学家祖冲之、张衡等人的贡献.他们应用理论和实验两种方法,书写了人类科学发展史的古代篇章,留下的浓墨重彩至今仍闪烁着智慧的光芒.到了十六世纪中叶,哥白尼发表了天体运行论,开普勒提出了行星运动三定律,伽利略发现了自由落体定律,以观测和实验为起点,为更加波澜壮阔的近代科学发展揭开了序幕.伽利略系统地引进了科学实验方法,即把自然现象分解,通过实验确定因果关系,然后用数学加以描述,再进一步通过实验来验证,使之逐步逼近

自然界的真实情况.到了十七世纪,伟大的科学家牛顿树立了应用理论方法的典范.他创立了微积分学,在前人一系列重大发现的基础上,用微积分描述物体的运动过程,正确反映宏观世界物体机械运动的规律,建立了完整的经典力学和物理学理论体系.以伽利略和牛顿为代表的科学家完成了从古代到近代科学方法论的重大变革,实现了人类科学活动的巨大进步.几百年来一代又一代的各国科学家正是沿着他们开辟的道路应用实验及理论两种手段进行着科学研究.

理论与实验方法都有很大的局限性.理论方法的局限性是显而易见的.许多科学问题难以归结为适于研究的理论模型,而且绝大多数数学模型也难以用解析方法求解.而实验方法同样也有局限性.对于尺度太大或太小,时间太长或太短的科学问题,对于有巨大破坏性的物理过程,实验或者需要付出十分巨大的代价,或者根本无法实施和完成.上世纪40年代中计算机的发明为计算成为第三种科学手段提供了可能.这一有巨大潜力的计算工具使人的计算能力以过去无法想象的倍数得到提高,它影响了人类所涉足的几乎一切科技领域,具有划时代的重大意义.计算机的飞速发展使实验、理论和计算“三足鼎立”,成为当今世界科学活动的主要方式.这是自伽利略和牛顿以来科学方法论的最伟大的进步.

计算方法是科学与工程计算的核心.计算的功效是计算工具的能力与计算方法的效率之乘积.计算数学的发展离不开计算机.计算机也只有通过应用适当的计算方法才能有效解决科学和工程问题.计算数学的中心任务正是提出并研究用计算机更有效地求解科学问题的计算方法.经常有人说,有了大机器就可以解决大问题,他们认为只要造出很多超级计算机,就可解决各种复杂的科学计算问

题,但事实却并非如此.当代科学计算碰到了很多难点,如高维数,多尺度,非线性,不恒定,长时间,奇异性,复杂区域,高度病态,计算规模大,要求精度高,等等,并非有了大机器就可解决这些难点.计算的困难常常表现为:规模大得难以承受或失去时效;算法不收敛或误差积累使结果面目全非;花费大量机时却得不到结果或只得到错误结果;由于问题的奇异性使计算非正常中止;问题太复杂使算法难以实现,甚至至今还没有找到有效的计算方法;等等.

1991年春,冯康院士应邀在中国物理学会年会上做了一个非常精彩的报告.针对物理学家熟悉和关注的问题,他提出:“在遥远的未来,太阳系呈现什么景象?行星将在什么轨道上运行?地球会与其它星球相撞吗?有人认为,只要利用牛顿定律,按现有方法编个程序,用超级计算机进行计算,花费足够多的时间,便可得到要求的答案.但真能得到答案吗?得到的答案可信吗?实际上对这样复杂的计算,计算机往往得不出结果,或者得出完全错误的结果.每一步极小的误差积累可能会使计算结果面目全非!这是计算方法问题,机器和程序员都无能为力.”

科学和工程计算的能力是国家综合国力的重要标志.发达国家都极其重视这一研究领域,并投入大量资金加以支持.美国长期处于领先地位,但美国科学界仍不断呼吁政府重视科学计算的国际竞争,1983年美国著名数学家 P. Lax 等人向美国总统提出了著名的 Lax 报告.近十年来又有 1996 年提出的“加速战略计算创新”即 ASCI 计划,1999 年提出的“21 世纪的信息技术:对美国未来的大胆投资”即 ITT 计划,2001 年提出的“高级计算推动科学发现”即 SciDAC 计划,2004 年则有“高端计算复兴”即 PITAC 计划,等等.在 2004 年的 PITAC 报告中特别指出:“对数学和计算机科学算法的持续开发和改进是未来高端体系结构成功的关键.算法的改进对性能的贡献,往往超过处理器速度的提高.”

我国早在 1956 年科学规划中就已将计算数学列为重点.当时任中国科学院数学研究所所长的王淦昌教授充分认识到计算数学的重要性,他调集精兵强将,由冯康等人组建计算数学研究队伍.从 1950 年代起,我国逐步形成了一支高水平的计算数学与科学工程计算研究队伍,在计算机设备远远落

后于先进国家的条件下,他们发挥智力优势,创造性地解决了国民经济和国防建设中的许多关键计算问题,为“两弹一星”、远程火箭、石油勘探、气象预报、机械制造、水利建筑等进行了大量有实际应用价值的科学与工程计算.与此同时,一批高水平的理论研究成果也极大地丰富了计算数学的理论宝库,其中一些成果在国际上有很重要的地位,如冯康院士对计算方法的三大贡献:有限元方法,辛几何算法,自然边界归化理论,在国内外都产生了深远的影响.

世纪之交,许多学者曾论及 20 世纪最重要的计算方法,如知名计算力学专家 Dan Givoli 在“The Top 10 Computational Methods of the 20th Century”(IACM Expressions)一文中列出了“二十世纪十大计算方法”,并附若干代表人物的照片.这十大计算方法是:

(1) 有限元方法(R. Courant 1943, R.W. Clough 1960, O.C. Zienkiewicz, J. Argyris, ...), 包括边界元方法(T.A. Cruse, F. J. Rizzo 1968);

(2) 线性代数迭代法(method of Krylov spaces, Conjugate Gradients, Hestenes and Stiefel, 1950);

(3) 代数特征值求解(Lanczos 法, C. Lanczos, 1950, QR 方法, J.G.F. Francis, 1961);

(4) 矩阵分解方法(A. Householder, 1951);

(5) 波动问题有限差分法(N.M. Newmark, 1959, P.D. Lax and B. Wendroff, 1960, S.K. Godunov, 1959, upwinding and flux - splitting schemes, Finite Volume Method, ...);

(6) 非线性代数求解法(拟 Newton 法, W.C. Davidon, 1959, 弧长法, G.A. Wempner, 1971, ...);

(7) 快速富氏变换(J.W. Cooley, J.W. Tukey, 1965);

(8) 非线性规划(D. Goldfarb, 1969, Griffith and Stewart, 1961, ...);

(9) 软计算方法(神经网络, McCulloch, 基因算法, Holland, 模糊逻辑, Zadeh, ...);

(10) 多尺度方法(多重网格, A. Brandt, 1977, 小波, A. Haar, 1909, S. Mallat, 1989, Y. Meyer, I. Daubechies, 多尺度有限元法, T.J.R. Hughes, I. Babuska, J.T. Oden.)

最后一项还引用了著名计算力学家 T.R.J.

Hughes 的文章“Multiscale phenomena: Green's functions, the Dirichlet - to - Neumann formulation, subgrid scale models, bubbles and the origins of stabilized methods”(Computer methods in applied mechanics and engineering, 127, 1995, 387 - 401). 该文说明多尺度方法也包括格林函数法、D_hN 方法等内容。

上述十项中与微分方程数值解有关的有3项: 即有限元法, 波动问题差分法, 多尺度方法. 众所周知, 冯康院士在上述三方面均有开创性贡献. 但很遗憾该文并未提及中国学者. 本文将在第三节重点介绍冯康先生的这些杰出贡献, 以弥补外国学者论述之不足。

2 学术生涯 - 呕心沥血开拓创新

冯康先生祖籍浙江绍兴, 1920年9月9日生于江苏南京. 他出身‘师爷’世家, 当属书香门第. 当然到他父亲一代已经没有‘师爷’这一职业了. 他的青少年时代主要是在苏州城里度过的. 在苏州中学读书时, 他成绩优异, 特别对数学和物理有浓厚兴趣. 由于自幼受到苏州秀丽风光的陶冶和深厚文化的熏陶, 他对苏州有非同一般的感情. 说起苏州他常如数家珍. 特别当提到苏州以‘明清多状元, 当代出院士’而闻名时, 他就会更加兴致勃勃, 以自己是苏州人而非常自豪。

冯康先生的大学时代是在重庆度过的. 抗日战争开始后不久, 他从沦陷区转到后方. 1939年进入重庆中央大学电机工程系, 后又转物理系. 他兼修电机、物理、数学三系主课. 当时日本侵略军占领了半个中国, 中央大学由南京内迁重庆, 环境非常恶劣, 条件十分艰苦. 更为不幸的是他又得了重病, 长期卧床不起. 恶疾缠身, 使他非常痛苦. 由于战时缺医少药, 只有他母亲在身旁照顾, 他得不到很好治疗, 落下了严重的后遗症. 但冯康先生的意志非常坚强, 求知欲极其旺盛, 在患病期间仍让他弟弟冯端为他借了很多书, 其中包括斯普林格(Springer)出版的许多艰深难读的数学专著. 他后来回忆说, 正是通过在病床上啃这些‘黄皮书’, 他才打下了深厚扎实的数学基础. 半个世纪过去后, 他的胞弟著名物理学家冯端院士在怀念他时回忆起这段经历, 仍禁不住声泪俱下. 冯康先生重病缠身仍卧床苦读的精神确实令人感动。

1944年冯康于中央大学物理系毕业后, 先后到

复旦大学及清华大学物理系、数学系任教. 1951年他调到中国科学院数学研究所工作后被派往苏联斯捷克洛夫研究所进修, 师从著名数学家庞特里亚金(Pontrjagin). 但不幸因骨脊椎旧病复发, 他只能在1953年提前回国, 回到中国科学院数学研究所工作. 在纯粹数学的研究中, 特别在拓扑群理论、广义函数论、广义梅林变换等方向, 他都做出了非常重要的创造性的工作。

1957年是冯康先生学术生涯中的重要年份. 他听从当时数学研究所所长、著名数学家华罗庚先生的建议, 由纯粹数学转向应用数学和计算数学研究, 调入成立不久的中国科学院计算技术研究所第三研究室工作. 由于即熟悉物理工程背景, 又有深厚的数学功底, 他在新的研究领域如鱼得水, 充分发挥了聪明才智, 完成了许多国家下达的计算任务, 培养了一大批科学计算青年人才, 实现了计算方法的重要创新。

不幸的是, 1966年‘文革’动乱开始了, 冯康先生的研究工作被中断. 他受到了强烈冲击和不公正待遇. 他蒙冤挨整, 住房被占, 身陷‘牛棚’, 不能参加科研, 精神几近崩溃. 当时已有高级研究人员含冤自杀身亡, 他也想到自杀, 但出于对苏州的深厚感情, 觉得死也要死在家乡. 他逃出‘牛棚’, 到了苏州, 欲告别祖国大好河山, 却难舍家乡秀丽风光, 在苏州流连数日, 恰好被单位里派到苏州搞‘外调’的年轻人发现, 随后被‘押送回京’, 继续接受审查. 据说他在住‘牛棚’时也曾被有心人‘罚’他推导公式, 这正投其所好, 有研究工作可干是让他最高兴的事情. 数年后‘文革’结束, 当年押解他回京的年轻人诚惶诚恐地向他赔礼道歉. 冯先生很幽默, 反而感谢他们的‘救命之恩’, 说要不是他们及时赶到, 他就会在苏州自杀. ‘相逢一笑泯恩仇’, 可见冯先生为人的厚道宽容。

1978年改革开放, 科学的春天来到了. 冯康先生精神焕发, 宏图大展. 他主持成立中国科学院计算中心, 担任首届主任, 后又任名誉主任. 他与其他几位老一辈专家一起组织了全国计算数学学会, 先后任全国计算数学学会副理事长、理事长、名誉理事长, 他创办了《计算数学》、《数值计算与计算机应用》、“Journal of Computational Mathematics”及“Chinese Journal of Numerical Mathematics and Applications”等四个学术刊物, 亲自担任主编. 1978

年我国恢复招收研究生,他亲自命题判卷,亲自指导研究生.1981年国家正式建立学位制度,成立国务院学位委员会,他连任三届国务院学位委员会委员,直至去世.他是首批博士生导师之一.自1978年起我有幸在他的亲自指导下学习,并成为他培养的第三个硕士和博士.虽然早在文革前冯康先生就已招收、培养了不少研究生,有的毕业了,有的没来得及毕业就遇上了文革,但那时毕业的研究生没有硕士学位,更没有博士学位.

冯康先生非常关注中国的科学事业,特别是中国计算数学和科学计算事业的发展.1986年,在国家制定“七五”高科技发展规划时,他获悉规划初稿中没有列入发展科学计算的相关内容,便联合其他老一辈科学计算专家,于4月22日写了“紧急建议”,提交给国务院有关领导.他将美国著名数学家P.Lax等给美国总统写的报告中的重要内容翻译成中文,作为建议书的附件.在这一著名的Lax报告中,科学计算被作为第三种科学手段得到充分强调,而美国政府也非常重视这一报告,随后为发展科学计算大量投资.冯康先生的报告也引起国务院领导的强烈关注,李鹏副总理约见了冯康和周毓麟两位先生,采纳了上述建议.科学计算终于在国家科学发展规划中获得了应有的地位.十多年后周毓麟先生谈起这一段历史时仍然眉飞色舞,非常兴奋.此后,冯康先生又与赵访熊、周毓麟、应隆安三位先生一起给李鹏副总理写信,建议建立国家科学计算实验室.信中提出:“联合科学计算实验室的任务是:(一)从事大规模科学和工程计算方法的基础研究,与工业部门协作,(二)培训高级科学计算人才.”这一建议后来也得到政府采纳.

1991年,首批国家重点实验室成立并获得世界银行贷款支持,其中就有“科学与工程计算国家重点实验室”,冯康先生是这一实验室的创始人,并亲任学术委员会主任.同年,国家科委组织国家基础研究重大关键项目即“攀登计划”项目,在首批11个重点项目中,就有冯康院士建议的“大规模科学和工程计算的方法与理论”,他被任命为首席科学家.1997年,该项目被列入国家“九五”“攀登计划”预选项目,继续获得重点支持.随后于1999年“大规模科学计算研究”又被列入“国家重点基础研究发展规划”即“973”项目,这一项目在2005年又得到继续支持.

冯康先生的学习和研究工作经历了“工程-物理-纯粹数学-应用数学与计算数学-科学与工程计算”这一过程,充分体现了“实践-理论-实践”的成功循环.他搞研究总是瞄准国家需求和学科前沿,“从来不从别人论文缝中找题目”.他为解决实际问题去研究计算方法,而他提出的好的计算方法又可以解决许许多多的实际问题.他常说:“化大为小,化繁为简,化难为易,这是一个科学家最大的本事.”他作讲演总是深入浅出,甚至中学生都能听懂.他的报告能让不同层次的听众都有收益.

冯康先生在一次短暂的婚姻后,长期孤身一人,直到1987年才第二次结婚.他生活极其简单,研究工作是他的最大乐趣与毕生追求.他每天步行从办公室到家到图书馆,中关村里留下了他三点一线的行动轨迹.许多人也许还能记得,一个小个子的驼背老人背着装满书的大书包,行走在科学城中的令人难忘的形象.他热爱科学,献身事业,视科学研究如生命;他历尽磨难,矢志不渝,其过人毅力感人至深.他呕心沥血,拼搏奉献,古稀之年仍如醉似痴、废寝忘食、通宵达旦地工作.探索科学真理的强烈进取精神驱使他不断提出新课题,开拓新方向,向科学高峰不断攀登,并取得累累硕果.他一直走在世界科学计算发展的前列.

冯康先生的最后一个工作日是这样度过的:他应“有限元50年”纪念文集约稿,校对1965年论文的英译稿(2002年世界数学家大会上还有外国数学家向我索要此文,可见此文的重要性);他收到了国际工业与应用数学会大会报告的邀请;他在准备华人青年计算数学家会议,审阅论文.他过度兴奋,又过度劳累,晚上倒在浴缸旁再也没有起来.弥留之际,他仍关注着华人青年学者科学计算会议.他住院一周,经医治无效,1993年8月17日终因后脑蛛网膜大面积出血不幸病逝,享年73岁.他为科学计算事业确实奋斗到了生命的最后一刻.

在获悉他去世的消息后,美国拉克斯院士(P.Lax)在美国《工业与应用数学新闻》(SIAM News, 1993)上发表了悼念文章,在文章的结尾他满怀深情地写道:“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.”(P.Lax, SIAM News, 1993.)该报同时刊登了冯康院士在美国作学术报告的大幅照片.(未完待续)

冯康院士与科学计算(续)

余德浩

(中国科学院数学与系统科学研究院 100080)

3 功垂史册 - 冯康院士杰出贡献

记得清代诗人赵翼写过这样一首诗:“李杜文章万古传,至今已觉不新鲜.江山代有才人出,各领风骚数百年.”李白、杜甫的诗已传了一千多年,至今还在被人传诵,而且还会继续流传下去,也许真能‘万古传’,所以实际上至今还觉得‘很新鲜’.当然,赵诗中以‘万’代‘千’是因写诗要满足平仄格律之故.李白、杜甫被称为‘诗仙’和‘诗圣’,他们形成了诗词文化的一个高峰,至今尚无人能够超越,“千古传”已是千真万确的.另外还有一些名家也曾“各领风骚数百年”或数十年,是他们那个世纪或年代某一方面当之无愧的代表人物.能领风骚“数百年”已很不易,要使文章“千古传”当然更难.“李杜文章千古传”,那是真正的了不起,岂是“只领风骚两三年”的‘流行歌星’可比?当然更不必提跑龙套、跟潮流,“难领风骚两三天”,转瞬即逝的过眼烟云了.跟潮流难成源头,跑龙套岂能领先?一、二十年后仍被他人引用的论文才可称好论文,发表后再也没人关注,文章当然谈不上有什么学术意义.现在很多人常常强调文章是否发表在国际‘顶尖’刊物上,以此来评价文章的质量.这是很不科学的.其实发表在‘顶尖’刊物上的文章中也有不少并无多少价值,而在一般杂志里也可能藏着珍珠宝贝.评价科研成果还是等十年、二十年后看学术影响更科学.冯康院士的几项开创性工作当时都发表在国内刊物上,这些刊物并非所谓的国际‘顶尖’刊物,但他的工作确实意义重大,影响深远,已经受了数十年时间的考验,并且在数学史上留下了很深的印记.

2002年5月28日当时的国家主席江泽民在两院院士大会上发表了重要讲话,其中说到:“中华民族是具有伟大创造精神的民族.中华民族曾经创造了世界最先进的生产力和最辉煌的科技成就,并将这种领先地位一直保持到十五世纪.几千年来,中华民族以自己的伟大创造精神和伟大创造成果,为人

类文明进步作出了不可磨灭的贡献.”他接着又讲:“在当代世界科技发展的史册上,我国科技工作者也书写了光辉的篇章.在数学领域创立的多复变函数的调和分析,有限元方法和辛几何算法,示性类及示嵌类的研究和数学机械化与证明理论,关于哥德巴赫猜想的研究,在国际上都引起了强烈反响.”这里共列了六项成果,涉及四位数学家,他们是:华罗庚、冯康、吴文俊、陈景润.其中“有限元方法和辛几何算法”两项正是冯康院士的贡献.

著名数学家、菲尔兹奖获得者丘成桐1998年3月11日在《中国科学报》发表“中国数学发展之我见”一文,其中写道:“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,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.”他曾在1997年6月2日在清华大学及此后的多次报告中反复强调这一观点.

我最近在网络上搜索到一则关于“二十世纪世界数学家排名”的消息,据称该排名是根据国外著名的数学百科全书量化得到的,其中进入前200名的中国人(包括美籍华人)有7位,他们是:陈省身,华罗庚,冯康,吴文俊,周伟良,丘成桐,萧荫堂.前三位与丘文列出的完全一致.可见这一排列并非丘氏一家之言.

下面简要介绍冯康院士对计算数学的三项重要贡献:有限元方法,辛几何算法和自然边界归化理论.

1950年代末,冯康研究组承担了一系列大型水坝的计算任务.他在大量计算经验的基础上,通过系统的理论分析及总结提高,把变分原理与剖分逼近有机结合,把传统上对立而各具优点的差分法与能量法辩证统一,独立于西方创造了有限元方法,及时解决了大型水坝的应力分析问题.他于1965年发表了论文“基于变分原理的差分格式”,奠定了有

限元方法的数学理论基础,也为该方法的实际应用提供了可靠的理论保证.

冯康等人的这一研究成果于 1980 年代获得国家自然科学二等奖.这对于常人已是很高的学术荣誉.但冯康先生“只要一等,不要二等”的特殊性格使他该项成果仅获二等奖当终身遗憾.我至今仍清楚记得,当我和邬华谟研究员代表《计算数学》等三刊执行编委会为他的七十寿辰起草贺词时,他坚持要删除获得‘国家二等奖’几个字,只保留获得‘中科院一等奖’,最后该文只能根本不提获奖之事.当然,今天我们可以告慰于冯康先生的是,江泽民、丘成桐等的讲话实际上已代表国家及学术界把‘有限元方法’这一重大成果摆到了它应该占有的地位上.

有限元方法的创始是当代计算方法进展的一个里程碑,意义重大,影响深远,已在科学和工程计算的极其广泛的领域得到重要应用.法国著名数学家 J. L. Lions 院士早在 1981 年就已指出:“中国学者在对外隔绝的环境下独立开创了有限元方法,在世界上属最早之列.今天这一贡献已为全人类所共享.”美国著名数学家 P. Lax 院士于 1993 年在 SIAM NEWS 上写道:“冯康独立于西方平行地创造了有限元方法理论,在方法实现及创建理论基础两方面均有建树.”

冯康先生在学术研究中永不满足.他针对哈密尔顿体系的计算方法直至 80 年代初仍是空白,传统的算法除少数例外,几乎都不可避免地带有耗散性等歪曲体系特征的缺陷这一情况,于 1984 年系统提出了 Hamilton 系统的辛几何算法.这一算法在保持体系结构,稳定性与长期跟踪能力上具有独特的优越性.他的开创性工作带动了国际上一系列研究,并在许多领域的计算中得到了成功的应用.“Hamilton 系统的辛几何算法”于 1990 年获得中科院自然科学一等奖.由于在 1991 年申报国家奖时又被评为二等奖(当年一等奖空缺),冯康撤回了报奖申请.直至 1997 年,即冯先生去世 4 年后,为实现冯康先生的遗愿,我们为他再次申报国家奖励,这一项目终于获得了国家自然科学一等奖.这是当年唯一的一项 1 等奖,也是整个 1990 年代仅有的两项 1 等奖之一,另一项 1 等奖是一位资深植物学家于 1993 年获得的,当时获奖者也已去世多年.这是当时国家对自然科学研究成果的最高奖励.

美国 P. Lax 教授于 1993 年在 SIAM NEWS 的悼念文章中在评价这一成果时写道:“冯康提出并展

展了求解 Hamilton 型演化方程的辛算法,理论分析及计算实验表明,此方法对长时计算远优于标准方法.在临终前,他已把这一思想推广到其他结构.”

冯康先生这方面的工作已被总结在他和秦孟兆研究员合写的专著《哈密尔顿系统的辛几何算法》(浙江科技出版社,2003)中.

1980 年提出的自然边界归化思想是冯康先生对计算数学的第三个重要贡献.随后他的学生余德浩和清华大学的韩厚德教授发展了自然边界元及人工边界方法. P. Lax 是这样评价冯康的这一创造性思想的:“冯利用被偏微分方程的解满足的积分关系的优点,有效地结合边界与区域有限元,特别,辐射条件将被满足.”(P. Lax, SIAM NEWS, 1993.) 余德浩于 1989 年获得中科院自然科学一等奖, 1993 及 2002 年先后出版中英文专著各一本,即《自然边界元方法的数学理论》(科学出版社,1993), 及《Natural Boundary Integral Method and Its Applications》(Kluwer Academic Publishers, 2002). 韩厚德曾多次获得国家教委和北京市的科技奖励. 2005 年他们又经北京市推荐联合申报国家自然科学基金.

近年国际上又称自然边界元法为 Dn 方法,或人工边界方法.著名美国数学家、沃尔夫奖获得者 J. B. Keller 和 D. Givoli, T. J. R. Hughes 等人自 1989 起也开始这一方向研究. 2003 年西方 Dn 方法的代表人物之一 D. Givoli 在美国“Appl. Mech. Review”发表书评,高度评价了余德浩的专著,其中写道:“这本专著特别受欢迎,因为它使我们接触到冯和余两位有意义的工作.该书写作优美,非常清晰,有意义,数学上严密而不枯燥.基本思想阐述清晰且组织得好.人们可从该书学到很多.书中关于奇异积分的概述极好.所谓自然积分算子也称 Dn 映射.自然边界归化与有限元耦合法类似于西方独立提出的 Dn 方法.由于这些非常有意义的工作长期未被西方读者所知,故向数学研究者和应用力学实践者强烈推荐这一令人愉快和大开眼界的专著.”

4 饮水思源 - 发扬光大继往开来

冯康先生走了,留下了计算数学研究所和科学与工程计算国家重点实验室.现在实验室的条件已今非昔比,得到了极大改善. 2002 年建成了万亿次机群系统,即“大规模科学计算二号机群”,简称 LSSC - II,曾入选当年“十大科技新闻”.

冯康先生走了,留下了‘攀登计划’项目,计算数学学会,《计算数学》、‘J. Comput. Math.’、《数值

计算与计算机应用》、“Chinese J. Comput. Math. & Appl.”等4个刊物,这些都是计算数学工作者的工作条件、战斗阵地.现在“攀登计划”已发展为国家重点基础研究发展规划即“973”项目.

冯康先生走了,留下了《冯康文集》,著作,论文,手稿,奖状,展台,塑像,供后人学习、瞻仰.一进研究所我们就可见到:门厅里先生塑像栩栩如生,展台内论著手稿充满智慧.冯康先生生前完成的丰硕的科研成果正在造福于人类,有限元方法,辛几何算法,自然边界归化等均“已为全人类所共享”.

冯康先生走了,留下了学术思想、治学精神还在继续启迪、指导、激励后人.他常教导我们:“同一个物理问题可以有許多不同的数学形式.这些数学形式在理论上等价,但在实践中并不等效.从不同的数学形式可能导致不同的数值计算方法.”“计算方法研究的一条基本原则是:原问题的基本特征在离散后应尽可能得到保持.”这些充满哲理的语言被他的学生们称为冯氏定理或原理.

冯康先生培养了大批人才,带出了一支队伍.他直接或间接培养的学生遍及国内外科学和工程计算广泛领域.他创立的计算数学“中国学派”即“冯康学派”,享誉国际.目前国内科学计算界的石钟慈院士、林群院士和崔俊芝院士等学术领袖都以为冯康先生的学生而自豪.

近年海外留学生中涌现一批非常优秀的年轻人才.他们曾深受冯康院士等老一辈影响并在国内打下了扎实的数学基础,出国深造后已在科学计算领域取得令人瞩目的成绩.他们经常回国交流和合作促进了国内青年计算数学家的成长.为怀念冯康先生而设立的“冯康科学计算奖”已成为海内外华人青年计算科学家向往获得的崇高荣誉.1995年以来的获奖者有:舒其望,许进超,侯一钊,鄂维南,金石,包刚(以上6位在美国工作);袁亚湘,陈汉夫,张平文,陈志明,汤涛(以上5位在国内工作).顺便提一下,我在1989年最初提出设立冯康奖,并提供了第一笔捐款,当时任所长的石钟慈先生非常支持,在他的主持下建立了冯康奖的评选体系.这一奖励最初限于所内,自1995年起推向全球华人青年学者,不仅奖金额提高了,而且意义和影响更大大提高了.

创新是发展的灵魂.中国的计算数学与科学计算需要中国特色与中国学派.丘成桐教授1998年在“中国数学发展之我见”一文中曾说过:“要找到自己的方向,要从数学的根本找研究方向.近二十年来

基本上跟随外国的潮流,没有把基本想法搞清楚,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.”

冯康院士逝世12年了,其业绩已留在中国乃至世界数学发展的历史上.他曾为之奋斗终身的事业正更加蓬勃地发展.中国计算数学和科学计算工作者将学习他的科学思想,宏扬他的科学精神,发展他的科学方法,继续他的科学事业.科学计算意义重大,年轻一代任重道远.中国计算数学和科学计算事业必定大有希望,中国必将在世界计算科学的发展中做出更大贡献.

饮水思源,我们深切怀念冯康先生.

冯先生本人生前常提及他的老师:华罗庚,陈省身,和前苏联的庞特里亚金(Pontrjagin)教授.冯先生事业的接班人,现任全国计算数学会理事长石钟慈院士2003年在他自己的70岁寿宴上致答谢词时,也曾深情回忆起他的三位老师:华罗庚,冯康,和德国的斯图梅尔(Stummel)教授.

本人于1962年进入中国科学技术大学学习,多年受教于关肇直、严济慈等名家大师.当年科大数学系以华、关、吴“三龙”闻名于国内科教界,冯康老师也在数学系任教.本科毕业十余年后本人又考入中国科学院计算中心攻读研究生,冯康先生是我的导师,从1978年起他亲自指导我六年.本人曾于2002年在中国科学院数学与系统科学研究院思源楼赋诗,追忆华罗庚、关肇直、吴文俊、冯康等老师的业绩.次年冬又为贺石钟慈老师70寿辰献藏头诗一首.两诗的中心思想都是饮水思源.故谨以这两首诗作为本文结尾.

思源楼杂感

(2002年2月1日)

罗庚有数论方圆,肇直无形析泛函.
文俊匠心推拓扑,冯康妙计算单元.
追思母校龙腾日,喜见繁花锦绣园.
盛世中华迎盛会,思源楼里更思源.

贺石院士70寿辰

(2003年12月5日)

石师精计算,钟情有限元.
慈心教学子,寿诞共思源.

参考文献

- 1 冯康,冯康文集(第一卷).北京:国防工业出版社,1994
- 2 冯康,冯康文集(第二卷).北京:国防工业出版社,1995
- 3 冯康,秦孟兆.哈密顿系统的辛几何算法.杭州:浙江科技

- 出版社,2003
- 4 冯端.冯康的科学生涯 - 我的回忆(之一).科学时报,1999 年 8 月 11 日
- 5 冯端.冯康的科学生涯 - 我的回忆(之二).科学时报,1999 年 8 月 12 日
- 6 冯端.冯康的科学生涯 - 我的回忆(之三).科学时报,1999 年 8 月 16 日
- 7 冯端.冯康的科学生涯 - 我的回忆(之四).科学时报,1999 年 8 月 17 日
- 8 丘成桐.中国数学发展之我见.中国科学报,1998 年 3 月 11 日
- 9 石钟慈.冯康传,中国现代科学家传记(第一卷).北京:科学出版社,1991
- 10 石钟慈.冯康传,中国科学技术专家传略(理学篇数学卷).中国科学技术协会编.石家庄:河北教育出版社,1991
- 11 徐福臻,余德浩.冯康传,中国现代数学家传(第三卷).程民德主编.南京:江苏教育出版社,1998.313 - 342
- 12 余德浩,王烈衡,汪道柳.怀念恩师冯康教授.中国科学报,1994 年 8 月 19 日
- 13 余德浩,汪道柳.为计算数学的发展奋斗终生 - 追忆冯康院士.中国科学院院刊,1998,13(2):134 - 147
- 14 余德浩.冯康 - 中国科学计算的奠基人和开拓者.科学,2001,53(1):49 - 51
- 15 余德浩.大规模科学计算研究.中国基础科学,2001,1:19 - 25
- 16 余德浩.科学与工程计算研究的回顾与展望.中国科学院院刊,2001,6:403 - 407
- 17 余德浩.有限元、自然边界元与辛几何算法 - 冯康学派的重要贡献.高等数学研究,2001,4(4):5 - 10
- 18 余德浩.计算数学与科学工程计算及其在中国的若干发展.数学进展,2002,31(1):1 - 6
- 19 余德浩,王占金.实践出题,直觉判断,求异思维 - 冯康的创新要诀.科技创新案例,郭传杰主编.北京:学苑出版社,2003.26 - 30
- 20 余德浩.计算数学与科学计算在中国的发展.科学的挑战 - 中国科学院研究生院演讲录(第三辑),余翔林主编.北京:科学出版社,2003.96 - 109
- 21 于小哈.冯康院士二度获奖,计算数学等待受宠.科技日报,1998 年 1 月 8 日
- 22 徐建辉.在祖国坚实的土地上 - 记冯康院士和他开创的科学计算事业.科学时报,1999 年 9 月 2 日
- 23 齐柳明.计算数学需要中国学派.光明日报,2002 年 8 月 28 日
- 24 张璋.计算是第三种科学研究手段 - 访计算数学家余德浩教授.科学时报,2002 年 12 月 18 日

- 25 游雪晴,徐建华.科学计算:第三只眼睛洞察世界 - 访“大规模科学研究”项目组.科技日报,2005 年 2 月 2 日
- 26 P. Lax, Feng Kang, SIAM NEWS, 1993, 26(11)
- 27 D. Givoli. Book Review. Appl. Mech. Review, 2003, 56(5), B65.

附:本文作者余德浩简历

余德浩,中国科学院数学与系统科学研究院研究员,博士生导师.1945 年生于浙江省宁波市鄞州区.1962 年毕业于上海市格致中学.1967 毕业于中国科学技术大学数学系.1978 年考入中国科学院计算中心,成为冯康院士的第一个硕士生及博士生.1981 及 1984 年先后获理学硕士及理学博士学位.1985 年到美国 Maryland 大学访问工作,1986 年获洪堡研究基金到德国 Stuttgart 大学访问工作,1988 年回国.长期从事计算数学与科学计算研究,在微分方程的数值解法,包括有限元方法,边界元方法,有限元与边界元耦合算法,无界区域问题的人工边界及区域分解算法,自适应有限元边界元计算方法,超奇异积分方程的数值解法等方向取得了一系列研究成果,已发表论文 100 余篇,出版中、英文专著各 1 本,研究生教材 1 本.论著被国内外同行广泛引用评述.1989 年研究成果“自然边界元方法与自适应边界元方法”获中国科学院自然科学奖一等奖.1991 年国家教委及国务院学位委员会授予“做出突出贡献的中国博士学位获得者”荣誉称号.1992 年起享受政府特殊津贴.1993 年被国务院学位委员会批准为博士生导师.1998 年获国家人事部授予“国家级有突出贡献的中青年专家”称号.2005 年和韩厚德一起被北京市推荐为国家自然科学奖一等奖候选人.1995 - 2003 年任中国科学院计算数学与科学工程计算研究所副所长,1999 - 2004 年任国家重点基础研究发展规划(“973”)项目“大规模科学计算研究”专家组成员及主要负责人.现任中国科学院研究生院兼职教授,上海大学兼职教授,中国计算数学会副理事长,《计算数学》执行编委,《计算物理》、《数学进展》常务编委,国际 SCI 刊物“Computers, Materials, & Continua”副主编,国家自然科学基金重点项目负责人.