

·科学论坛·

关于大力提倡和推动 以问题驱动的应用数学研究的建议

李大潜*

(复旦大学,上海 200433)

[摘要] 根据数学学科的特点,应该从更有利于学科发展的全局着眼,大力提倡和推动以问题(而不是以文献)驱动的应用数学研究,在新颖而丰富多彩的客观需求的推动下,迎接我国应用数学的跨越式发展。

[关键词] 现代应用数学,问题驱动的应用数学研究

为了推动我国数理科学的发展,为了培养优秀的数理科学研究人才,这些年来,国家自然科学基金委员会锐意进取,不断开拓,进行了大量卓有成效的工作。基金的资助,在研究课题方面包括了面上项目、重点项目、重大项目及重大研究计划等各个层次;在人才培养方面,也包括了杰出青年基金、海外杰出青年基金、外籍杰出青年基金及创新团队建设等多种形式。不仅类别不断增加,而且管理认真到位,取得了突出的成果,做出了重要的贡献。很多科学工作者都认为,我国在对基础科学的资助方面,自然科学基金委是管理最规范的,最能体现公开、公正和公平,成效也是最显著的。

就数学学科来说,在自然科学基金委的大力支持和资助下,研究工作的水平和质量有了明显的进步和飞跃,优秀的年轻数学家迅速成长,对外交流日趋活跃,在国际数学界的地位和影响也有了很大的提升,并成功地在北京举办了2002年国际数学家大会,成绩是很喜人的。在取得了这样令人瞩目的成绩的基础上,根据科学发展观的要求,中国数学的发展还面临着哪些迫切需要解决的问题?中国的数学如何才能持续、健康地向前发展,并迅速跃居世界的前列?相应地,在数学学科方面如何更有效地开展科学基金的资助工作?怎样才能更好地发挥国家自然科学基金对数学学科发展的导向和引领作用?是我们一大批数学家一直在关注的问题,已有过不少

正式或非正式的议论或讨论,在2006年2月下旬召开的以“问题驱动的应用数学研究”为题的“双清论坛”上更是集中讨论了这一个问题。

我们比较一致的共识,一是数学学科应该从更有利于学科发展的全局着眼,在基金的资助方面有一个通盘的考虑及明确的导向,除了继续有力支持由数学家探索数学奥秘的好奇心驱动的数学研究之外,还要大力提倡和推动以问题(而不是以文献)驱动的应用数学研究,并以此为契机,更大地调动广大数学工作者的积极性,更好地促进数学学科的快速、健康与协调的发展;二是建议今后基金资助应更有效地面向国家的需求,将一个着重点放在对我国数学发展十分重要且迫切需要,但在目前相对薄弱、急需大力扶持与促进的工业应用数学领域。当然,这儿所指的工业,并不仅仅包含、甚至主要不是指传统意义上的工业,而是泛指一切先进的现代产业,包括第一、第二及第三产业,包括高新科技、金融、保险等方面,也包括其他一些科技领域如环境、能源、信息、生命、材料、管理等等。

数学的发展应该由什么来驱动呢?要正确地回答这个问题,必须认识数学这门科学的特点。数学是在相当广泛的意义上研究现实世界中的数量关系和空间形式的科学。通观整个数学史,数学这门学科的发展有这样两个明显且互相依存与促进的规律及特点:首先,如恩格斯所说:“和其他所有科学一

* 中国科学院院士。

本文于2006年5月31日收到。

样,数学是从人们的实际需要中产生的”,“纯数学是以现实世界的空间的形式和数量的关系为对象的。这些资料表现于非常抽象的形式之中,这一事实只能表面地掩盖它的来自现实世界的根源”。这就是说,数学发展的根本原动力,它的最初的根源,不是来自它的内部,而是来自它的外部,来自客观实际的需要;但事物还有另外一面,数学的思想方法还有一个很重要的特点,就是一旦形成了基本的概念和方法,不再需要实际需求的刺激,单凭解决数学内部矛盾这一需求的推动,单凭抽象的数学思维,数学也可以大踏步地向前推进,而且所得到的结论还可以成功地接受后来实践的检验,充分显示出数学的威力。正如恩格斯所说:“和所有其他的思维领域一样,从现实中抽象出来的规律,在一定的发展阶段上就和现实世界相脱离,并且作为某种好似独立的东西,好似从外面来的规律而与之相对立……。仅仅因为如此,数学才能被一般地应用”。因此,外部需要的驱动和内部矛盾的驱动对数学的发展来说是比较齐飞的双翼,是相互联系和促进的,都是必不可少的。究竟主要采用哪一种驱动的方式来推进研究工作,对一个人来说,完全可以根据自己的特长和爱好,有自由选择的余地,这是不应该加以干涉的。但对一个国家来说,对整个数学学科来说,就应该坚持两条腿走路,就应有一个合理的布局,以求全面、协调和健康的发展,就应该有一个通盘的战略的考虑。

整个数学学科的分布,通俗地说,应该像两个同心圆。纯粹数学作为整个数学的核心和基础,占据着小圆的内部。大圆的外面则是数学外部的广大世界,包括各种其他学科及各种应用领域和高新技术。而在大、小圆之间则是应用数学活动的广大地盘,其中有些靠近小圆,属于应用数学基础研究的部分,靠近大圆的部分则是数学与其他学科的交叉领域或者与应用部门密切协作、面向实际任务的广大应用数学工作,而在这二者之间的同心圆环上则分布着各种层次、各种风格的应用数学研究工作。

自17世纪微积分发明之后,在很长的时间中,很多数学家同时也是物理学家、天文学家……,对他们来说,理论和应用是密不可分的。后来随着数学研究愈来愈深入,分科愈来愈细,理论与应用之间才出现了分离,并最终导致了纯粹数学与应用数学的分野。我国的现代数学研究,来自西方及日本,是上世纪初才开始的。在很长的一段时期中,差不多一直集中在纯粹数学的若干领域上。直到1956年国家制定科学发展规划,强调了要加强微分方程、计算数学及概率统计等偏于应用的学科,应用数学在全国范围内才慢慢有了一个开始。后来就有了1958

年的教育革命以及以后相当长的一段时间中关于理论联系实际的大辩论,特别是关于“任务带学科”还是“学科带任务”的争论或辩论。当时因为这涉及“理论联系实际”方针的贯彻,是不折不扣的“路线之争”,争论是很激烈的,甚至是你死我活的。主张“任务带学科”的同志们断言,任务或实际需要中提出的大量问题,为数学的发展提供了不竭的源泉,通过解决这些问题,可以大踏步地推进学科的发展,甚至促成别开生面的成就。因此,数学工作者要深入实际,和实际工作者打成一片,并努力共同解决其中的问题,坚决走理论联系实际的道路。而主张“学科带任务”或本质上主张“学科带任务”的同志们则强调学科本身的作用,强调学科有其自身的发展规律,强调只有充分发展了学科,才能使实际问题迎刃而解,才能完美地、高水平地解决实际部门提出的种种任务。现在看来,当时辩论的双方应该说各自手中都有一份真理,但由于要驳倒对方,甚至要将对方的论点置于死地,不免将自己的论点推向极端,这就陷入了片面性和形而上学,而且随着辩论的升级,更是愈陷愈深,而手中的真理反而愈来愈少了。

其实,在当年开展理论联系实际大辩论的时候,由于政治上的因素,辩论的双方虽然各执一词,但表面上都还打着理论联系实际的旗号,至少并不公开反对数学为生产实际服务,因此,“任务带学科”派实际上是占了上风的,辩论的结果是大家都自觉不自觉地向实际方面靠拢。到了文革,一切都要以“典型产品”带动,搞基础理论研究不仅被视为“白专”,而且基本上就属于反动的范畴。在这样的政治形势的驱动下,一大批优秀的数学家,包括华罗庚、苏步青这些当时数学界的泰斗以及吴文俊先生等,都以不同的方式走上了生产实际的第一线,也成功地解决了一批重要的生产实际问题。两弹一星的成功研制,船体数学放样对造船工业带来的革命,石油勘探与开发能力的显著提高等等,都包含了我国数学工作者的辛勤劳动和卓越贡献。客观上说,这对过去主要只有纯粹的基础理论研究的状况是一个很大的冲击,对我国应用数学的发展在队伍、课题及经验积累上都是一个很大的推动,也为后来我国应用数学的发展打下了一个基础。但把整个数学队伍都向外圆周的方向驱赶,固然改变了以往纯粹数学一支独秀的不合理分布状况,但却是以严重挫伤、停顿甚至抽空了基础研究为代价的,同样破坏了学科的生态平衡,产生了严重的后果,造成了新的不合理的分布。其结果,数学失去了后劲,冲到外圆周附近的队伍也不可能持久地坚持下来,又一次显示了形而上学的危害。

现在强调开展“问题驱动的应用数学研究”，又在某种意义上强调“任务带学科”，但决不是简单地恢复到过去，更不是粗暴地重搞形而上学，而是有着充分的理由和根据的。

首先，应用数学学科的状况已经远远今非昔比。

当年显得迫切的实际需求不少现在已经得到圆满的解决，有了相当成熟的方法和理论，甚至有了成熟的商业软件或硬件。传统工业和经典应用数学的内容，虽然还剩下一些硬骨头，还需要继续深入研究，但从应用的角度看不少基本上可说是大局已定。我们中的一些人过去曾“下过海”，面向过实际，也有一些老本钱、老经验，但这些都已经过去，成为历史了。

但是，应用数学的发展正方兴未艾，显出勃勃生机。随着现代应用数学的飞速发展，其范围已大大扩大，从以往传统的、数学处理方法相对成熟的领域（如力学、物理、天文以及传统工业领域）扩展到原先非传统的、数学处理相对来说不算成熟的化学、生物、其他各门自然科学及高新技术领域，甚至进入到经济、金融、保险及很多社会学领域，深入到各行各业，可以说无所不在，并发挥着越来越重要的甚至决定性的作用，多门科学的数学化趋势已初见端倪或呼之欲出。数学方法与计算技术的结合已经形成了一种关键性的、可实现的技术，称为“数学技术”。所有这些，在我们面前展开了一个缤采纷呈的广大世界。在全球经济一体化的大背景下，面对新的科技革命的浪潮，新兴的科学领域、高新技术及新的应用领域，包括生命、信息、环境、材料、能源、经济、金融等等方面都提出了许多新颖的课题，远远超出了传统应用数学的范围，大都是我们不够熟悉或是很不熟悉的，也不是我们能够轻而易举地加以处理、甚至还摸不到门道的。但这是现代应用数学向我们提出的迫切需求，推动我们面向这些不熟悉且非传统的实际需求，从数学建模开始，到相应的分析与计算，到有关的计算机软、硬件实现，到相关的数学技术的形成和发展，都向我们提出了严峻的挑战，也为我们提供了巨大的机遇。回顾一下二战期间，由于高速飞行、核弹设计、火炮控制、物资调运、密码破译及军事运筹等方面迫切需要的有力推动，数学不仅在其中发挥了重大的作用，而且带动了一批新的应用数学学科（控制论、运筹学、对策论、密码学、计算流体力学等）的迅速兴起。现在，我们面临的是综合国力竞争这一场新的“战争”，其对科技发展的需要实际上更为深入和迫切，在这新一轮的问题驱动面前，我们有理由相信，新的数学概念、思想和方法，甚至新的应用数学分支将可能应运而生，富有活力的原始创新也将由此发源。只有抓住这样的挑战和机遇，

我们才能抓住现代应用数学发展的主流和脉搏，才能在这些新颖而丰富多彩的客观需要的推动下，迎来我国应用数学的一次跨越式的重大发展。

其次，从我国应用数学及其队伍的实际状况来看，强调“问题驱动的应用数学研究”也应该是迫在眉睫。

改革开放以来，强调了要加强基础研究，这是完全正确的，但由于在评估体系中不恰当地强调了论文发表的量化指标等种种主客观的因素，情况和过去相比又发生了重要的逆转。就应用数学的队伍来说，绝大多数或相当大多数的人向小圆方向靠拢，他们打的是应用数学的旗号，但不少人和应用基本不搭界，对问题的模型及来龙去脉也不甚了解，对新兴而丰富多彩的应用需求视而无睹，主要还是靠文献驱动来从事一些第二手的研究，做的大多只能是二流、三流甚至不入流的工作；一些原来活跃在外圆附近应用第一线的同志也难以继续在这个方向上坚持工作，慢慢退缩回来。整个应用数学的阵地明显向内收缩，整个数学的布局实际上已经在另一个方向上严重失衡。这就造成了一个奇怪而且很令人尴尬的现象：一方面我们大力鼓吹数学很有用，而另一方面领导与公众包括我们自己又很少看到在各行各业中通过我们的工作使数学发挥突出作用的事例；一方面我们说在各个领域中数学发挥了重要或关键的作用，已经或正在从后台走向前台，而另一方面我们相当多的应用数学工作者却从面向应用的前台缩到了后台，甚至隐身不出；一方面说要鼓励原始创新，而另一方面应用数学的研究却恰恰远离了最根本也是最丰富的源泉。这个倾向将使我们难以面对国家和社会发展的迫切需求，坐失实现跨越式发展的大好机遇，不能不引起我们、特别是科技领导和管理部门的严重注意。

其实，以偏向应用、面向实际为主旨的应用数学，应该理所当然地关注外部世界（包括其他科学、实际应用）对数学的需求，并在其中找到自己的用武之地，充分显示自己的价值。而恰恰在这一方面，我国的应用数学有其根本的弱点，不少的应用数学研究工作仍停留在文献驱动的状况，不关注、不了解实际应用，不关注、不了解数学模型，也不关注、不了解其他科学和高新技术的发展以及它们对数学的迫切需求，仍习惯并满足于从文献到文献的研究模式。其结果必然会割断数学与实际生活、与外部世界的生动活泼的血肉联系，大大限制了数学对科技发展、经济建设和社会进步所能发挥的作用，大大抑制了原创性数学概念、方法和理论产生的源头，也造成了我国的应用数学与发达国家的应用数学之间的明显差距，这已成为目前我国应用数学发展的一个重要的瓶颈。

还应该指出, 尽管目前我国应用数学的实际状况远远不能适应现代应用数学的发展需要, 我们在新一轮的应用需求面前还处于准备不足的被动状态, 但从全球的角度看, 总的说来还处于起步阶段, 各个国家的发展情况也很不平衡, 我们目前和国际上其他国家还大体上在同一个起跑线上, 现在无疑是一个重要的、而且稍纵即逝的战略机遇期。我们一定要抓紧时间, 切实努力, 抓住这一跻身国际应用数学最前沿并大显身手的好机会, 使我国的应用数学真正有一个别开生面的大发展, 并为以后的持续发展奠定坚实的基础。

因此, 从全局的角度看, 为了振兴我国的应用数学, 为了使数学科学对科技的发展、国家的兴旺和人类的进步真正做出重大的贡献, 我们必须鼓励、支持一大批优秀的应用数学工作者, 一大批优秀的青年学生, 转移或逐步转移到数学与外部世界相互作用的第一线上, 转向或逐步转向以问题驱动的现代应用数学研究的轨道上来, 直面国家建设中的重大实际需求, 直面高科技发展的迫切需要, 直面新兴科技领域的迅猛发展, 在其中找到自己的岗位, 找到更好发挥自己特长的突破口, 找到可以贡献自己聪明才智并大有发展前途、甚至可以名垂青史的研究领域。这样, 我们国家的应用数学才有希望, 才能屹立于世界科学之林, 我们的数学才能真正为人类做出重大的贡献, 对整个数学学科的发展也将起到极大的推动、鼓舞和促进作用。但是, 要真正做到这一点是很不容易的, 需要有相应的环境和氛围, 也需要体制和机制的保证。

首先, 要统一思想认识, 充分认识大力开展问题驱动的应用数学研究的重要性。我们不仅要看到, 对国家来说, 大力促进及开展问题驱动的应用数学研究对调整与改善我国数学学科的布局, 对我国应用数学的战略发展的重要作用。而且还要看到, 对应用数学工作者本身来说, 开展问题驱动的应用数学研究, 是一个值得全身心投入的、学术前途十分看好

的事业, 是一个优秀的应用数学家义不容辞且可以大显身手的事业。为此, 广大应用数学工作者首先要转变观念, 振作精神, 奋力开拓, 以积极主动的姿态关注现实世界的迫切需要, 努力提高自己的业务水平 and 创新能力, 力争做出无愧于时代的出色贡献。同时, 应该对那些立志面向应用、全身心投入数学应用的同志给以重视、支持和关心、鼓励, 并根据他们所从事工作的性质, 特别要看到他们一开始走进陌生领域通常起步艰难、课题见效的周期往往偏长、成果也不一定能以论文的篇数或杂志的档次来表达等等特点, 在考核及评估等方面恰如其分地提出相应的指标, 使他们有一个宽松但又积极进取的工作环境和生活环境。

更重要的, 是要为开展问题驱动的应用数学研究构建一些很好的平台, 并逐步建立完善的管理规范。否则, 口头上再重视, 没有落到实处, 还是空的。从发达国家来说, 申请问题驱动应用数学研究方面的课题很容易立项, 而且有多种渠道。有了项目, 有了经费, 就有了实际上的承认, 进展就比较顺利。而在我们国家, 这一类研究却似乎成了三不管的对象, “973”、“863”都覆盖不了它, 以往国家自然科学基金的重点项目或面上项目的立项仍主要以基础研究为主。以问题驱动的应用数学研究, 既不是纯基础, 也不是纯应用, 但却是沟通基础与应用的重要的关键环节。对这类探索性更强、交叉性明显、可能带来的创新性更大但风险性也较大的项目, 如果只是口头上说重要, 但没有一批项目能坚定、有效、持续、稳定地支持这一类研究, 并蔚为风气, 是不可能有什么作用的。我们郑重的建议并强烈的期望自然科学基金委员会能采取有力的措施和给以切实的支持, 给问题驱动的应用数学研究提供一个广阔而且坚实的平台。这样做, 将是认真落实科学发展观的一个实际而有力的行动, 对于整个数学的合理布局及应用数学的战略发展, 将起着关键性的推动作用, 相信是应该载入史册的。

SUGGESTIONS TO RESEARCH IN APPLIED MATHEMATICS

Li Daqian

(Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract According to specialties of mathematics, we should advocate and promote problem driven research in applied mathematics. Under the propelling force from novel and rich application demands, applied mathematics research in China could span the galaxy of math fiction.

Key words contemporary applied mathematics, problem driven research in applied mathematics