

关于促进我国数学科学发展的建议

中国科学院数学物理学部*

提要 本文论述了数学科学在国富民强中所起的重要作用,并就我国如何发展数学科学提出了建议。

一. 数学科学、高新科技与国家富强

(一)对数学的新认识之一 国家的繁荣富强,关键在于高新科技和高效率的经济管理。这是当代有识之士的一个共同见解,也已为各发达国家的历史所证实。在我国,邓小平同志把科技对生产建设的重要性提到前所未有的高度,他提出的“科学技术是第一生产力”的论断是非常正确的。从海湾战争可以看出,高技术是保持国家竞争力的关键因素。“高新技术的基础是应用科学,而应用科学的基础是数学”^①,这句话把数学对高新技术的作用,从而对国富民强的作用,清楚地表达出来。当代科技的一个突出特点是定量化。人们在许多现代化的设计和控制中,从一个大工程的战略规划、新产品的制作、成本的结算、施工、验收,直到贮存、运输、销售和维修等等都必须十分精确地规定大小、方位、时间、速度、成本等数字指标。精确定量思维是对当代科技人员共同的要求。所谓定量思维是指人们从实际中提炼数学问题,抽象化为数学模型,用数学计算求出此模型的解或近似解,然后回到现实中进行检验,必要时修改模型使之更切合实际,最后编制解题的软件包,以便得到更广泛的方便的应用。

(二)新认识之二 数学科学对经济发展和竞争十分重要。好的经济工作者绝不只是定性思维者,他不能只满足于粗线条的大致估计,而必须同时是一位定量思维者。数学科学不仅帮助人们在经营中获利,而且给予人们以能力,包括直观思维、逻辑推理、精确计算以及结论的明确无误。这些都是精明的经济工作者和科技人员所应具备的工作素质;大而言之,也是每个公民的科学文化素质。所以数学科学对提高一个民族的科学和文化素质起着非常重要的作用。

(三)新认识之三 “高技术本质上是一种数学技术”^②。这种观点已为越来越多的人所接受。许多西方公司意识到:利用计算技术去解决复杂的方程和最优化问题,已改变了工业过程的组织和新产品的设计。数学大大地增强了他们在经济竞争中的力量,无怪乎美国科学院院士J·G·Glimm不仅称数学为非常重要的科学,而且说它是授予人以能力的技术。他说:“数学对经济竞争力至为重要,数学是一种关键的普遍适用的,并授予人以能力的技术”。时至今日,数学已兼有科学与技术两种品质,这是其它学科所难以达到的,不可不知。

* 本文由学部委员王梓坤执笔,发表时做了节选。

①② 引自J·G·Glimm. 数学·技术·经济竞争力. 天津:南开大学出版社,1991.

由于对数学重要性的重新认识,在欧洲建立了“欧洲工业数学联合会”,以加强数学与工业的联系,同时培养工业数学家去满足工业对数学的要求。在一篇有关的报告中,列举了欧洲工业中提出的20个数学问题,其中包括:齿轮设计、冷轧钢板的焊接、海堤安全高度的计算、密码问题、自动生产线的设计、化工厂中定常态的决定、连续铸造的控制、霜冻起伏的预测、发动机中汽轮机构件的排列、电化学绘图等等。

(四)数学与诺贝尔经济学奖 数学对经济学的发展起了很大的作用。今天,一位不懂数学的人决不会成为杰出的经济学家。1969至1981年间颁发的13个诺贝尔经济学奖中,有7个获奖工作是相当数学化的。其中Kantorovich“由于对物资最优调拨理论的贡献”(获1975年奖),Klein“设计预测经济变动的计算机模式”(获1980年奖),Tobin“投资决策的数学模型”(获1981年奖)等等。在经济学中,用到的数学非常广泛,有的还很精深。其中包括线性规划、几何规划、非线性规划、不动点定理、变分法、控制理论、动态规划、凸集理论、概率论、数理统计、随机过程、有限结构(图论、格论)、矩阵论、微分方程、对策论、多值函数、集值测度,以及Arrow的合理意图次序理论等等,它们应用于经济学的许多部门,特别是数理经济学和计量经济学。

(五)爱因斯坦的见解 在数学与其它科学的关系方面,培根曾说数学是“通向科学大门的钥匙”;伽利略说“自然界的伟大的书是用数学语言写成的”。物理定律,以及科学的许多最基本的原理,全是用数学语言表示的。引力的思想早已有之,但只有当牛顿用精确的数学公式表达时,才成为科学中最重要、最著名的万有引力定律。另一位物理大师爱因斯坦认为,“理论物理学家越来越不得不服从于纯数学的形式的支配”;他还认定理论物理的“创造性原则寓于数学之中”。他自己的工作证实了这一思想,正是黎曼几何为广义相对论提供了数学框架。科学大师们的工作和思想,引导到如下的信念:“我们生活在受精确的数学定律制约的宇宙之中”,正是这种制约使得世界成为可认识的。世界可知是唯物认识论中的最重要的原理。

(六)数学是什么? 恩格斯说:数学是研究现实中数量关系和空间形式的科学。虽然时间已过去一百多年,这一答案大体上还是恰当的,不过应该把“数量”和“空间”作广义的理解。数量不仅是实数,而且是向量、张量,甚至是有代数结构的抽象集合中的元;而空间也不只是三维空间,还有 n 维、无空维以及具有某种结构的抽象空间。这样,恩格斯的答案已基本包含了数学的主要内容,尽管还有一些重要的篇章如数理逻辑等包不进去。

(七)数学的特点 数学的特点是:内容的抽象性、应用的广泛性、推理的严谨性和结论的明确性。数学虽不研究事物的质,但任一事物必有量和形,所以数学是无处不在、无时不用的。两种事物,如果有相同的量或形,便可用相同的数学方法,因而数学必然、也必需是抽象的。同一个拉普拉斯(Laplace)方程,既可用来表示热平衡态,溶质动态平衡,弹性膜的平衡位置,也可表示静态电磁场,真空中的引力势等等。数学中严谨的推理和一丝不苟的计算,使得每一数学结论不可动摇。这种思想方法不仅培养了数学家,也有助于提高全民族的科学文化素质,它是人类巨大的精神财富。爱因斯坦在“关于欧氏几何”中曾说:“世界第一次目睹了一个逻辑体系的奇迹,这个逻辑体系如此精密地一步一步推进,以致它每一个命题都是绝对不容置疑的——我这里说的是欧几里得几何。推理的这种可赞叹的胜利,使人类的理智获得了为取得以后成就所必需的信心。”

(八)数学的成份 数学大体上可分为三大部分:基础数学、应用数学和计算数学。基础数学是数学中的核心,也是最纯粹最抽象的部份。它大致由三个分支组成:分析、代数和几何。这

三者又相互交叉和渗透,从而产生解析几何、解析数论、代数几何等学科。此外,研究随机现象的概率论,研究形式推理的数理逻辑等,也属于基础数学。

应用数学研究现实中具体的数学问题,是既采用基础数学的成果,同时又反过来从实际中提炼问题、探讨新思想和新方法以丰富基础数学。数学应用的领域虽无边际,但大致也可分为三方面:经济建设(工、农、商等);科学与技术(特别是高科技);军事与国防,详述见后。运筹学、控制论与数理统计等学科中,大部分内容属于应用数学,而经济数学、生物数学等,则是比较标准的应用数学学科。

计算数学偏重于计算,早期它致力于求出各种方程(代数方程、(偏)微分方程、微积分方程等)的数值解。近40年来,计算数学有了极其迅速的发展,这主要是由于电子计算机的出现。计算机的高速计算使得许多过去无法求解的问题成为可解,从而大大扩展了数学的应用范围。例如,短期天气预报、高速运行器的控制,离开计算数学和计算机是不可能的。近期,由于计算模拟,计算辅助证明(如四色问题的证实)在人工智能中的应用,以及计算力学、计算物理、计算化学、计算几何、计算概率等新学科的诞生等等,使得计算数学雄风大振。今天,人们已把计算作为与理论、实验鼎足而立的第三种科学方法引入科学界。

基础数学、应用数学与计算数学既有各自的特点又紧密相互联系。一个重大的数学问题,特别是从实际中提出的数学问题,都需要上述三种数学的内容和方法。建立数学模型,寻求解题方法,需要基础数学和应用数学,而使解题方法得以实现,则离不开计算数学。这三种数学互相补充,互相渗透,大大地促进了整个数学科学的发展。

(九)现代数学的新特点 数学内部各分支间的相互渗透、数学与其他科学(如控制论)的相互渗透、电子计算机的出现,正是当代数学三个新的特点。由于相互渗透而导致许多新问题和古老难题的解决,其成绩往往出乎意外而使人惊异。例如,对素数的研究以往认为很少有实用价值,却不料它在密码学中受到重用。密码学认为,千位以上的整数的素因子分解,几十年内在计算上不可能实现。但荷兰数学家得到了一个当前最好的因子分解算法,这严重地冲击了上述想法和密码的安全性。又如泛函分析中的无穷维 Von Neumann 代数解决了拓扑学中三维空间中打结理论中一些难题。描写孤立波的 KdV 方程用于代数中,解决了 Riemann 提出的一个重要问题。描写随机现象的 Malliavin 演算给出了著名的 Atiyah-Singer 指数定理的新证明,并推广了这一定理。更使人感叹的是物理中的杨振宁-米尔斯规范场与陈省身研究的纤维丛间的紧密联系,二者间的主要术语竟可一一对应。例如,规范形式—主纤维丛、规范势—主纤维丛上的连络、相因子—平行移动、电磁作用— $U(1)$ 丛上的连络等等。无怪乎杨振宁说:“我非常惊奇地发现,规范场就是纤维丛的连络,而数学家们在提出纤维丛上的连络时,并未涉及到物理世界。”

学科间的相互渗透是当今各门科学技术高速发展的必然结果,只有置身于众多高科技急剧发展的大背景中,数学内、外部的相互渗透才是可能的,可容易理解的。

(十)数学发展的趋势 今后数学的发展必然比最近数十年更迅速,成绩更巨大。科学技术越积累,人类认识、利用和改造自然的能力越增长,科学技术便越快发展,形成一良性循环。数学作为其中一部分,也必然如此。总体上,高速发展是完全可以预言的;至于哪些分支发展得更快些,更好些,则既依赖于该学科本身的活力又依赖于科技大背景的波动和社会的需要,难以肯定回答。不过从目前的情况看,非线性数学是一重要发展方向。线性数学比较成熟。但还有

许多问题是非线性的,如牛顿引力论中的基本定律是平方反比关系,粮食产量对肥料未必成正比等。引人注目的冲击波、孤立子、混沌现象、 n 体问题等都是非线性的。非线性问题,不仅涉及面广,而且难度也大,这反而更能引发人们研究的兴趣。

除去非线性数学外,离散数学(涉及数论、抽象代数、数理逻辑、组合论、图论、博弈论、规划论等),概率论与数理统计、计算数学,以及数学对生物学、经济学、语言学、管理学、控制论、复杂性等的渗透和应用,都会有更大的发展。其它数学也同样会有迅速的进展,甚至会爆出新的、出人意料的大冷门。晴空一鹤排云上,更引诗情到碧霄,这也是非常可能的。

二. 为数学强国而奋斗

三年前在南开大学举行的 21 世纪数学展望会上,陈省身教授及与会的数学家都认为,数学是我国人民擅长的学科,我国完全有希望在 21 世纪前期成为数学大国、数学强国;他们还提出:数学应该率先赶超国际先进水平。的确,我国古代数学有过辉煌的成就,近几百年由于封建社会政治腐败和帝国主义侵略,数学落后了。新中国诞生后,我国数学有了很大的发展。在 1956 年科学发展规划的指导下,建立和发展了微分方程、概率统计、计算数学、泛函分析、多复变函数论、运筹学、控制论等分支学科。到 1965 年,我国数学的基础研究已具有相当规模,并且有自己的特色,在国际上有一定地位。我国的《数学学报》曾被美国全部译成英文出版。十年动乱中,数学研究受到严重破坏。改革开放以来,数学界恢复了活力,国内的学术风气非常活跃,陈景润、王元、潘承洞等在数论和杨乐、张广厚等在函数论的优秀成果饮誉国际,从而大大鼓舞了士气。研究队伍和方向也进行了重新组成和调整,一批新的数学研究所(如南开数学研究所)相继建立。国外来访的专家讲学频繁,同时我国也有不少专家到国外讲学或参加国际学术会议。大批的中、青年学者则以访问、进修或攻读学位的方式出国留学。学术上的内外交流沟通了信息,提高了水平。更令人欣喜的是,一批优秀的青年博士学成回国,开始填补若干重要的空白领域如代数几何等;国内自己培养的博士也逐渐崭露头角,研究工作出色者大有人在。原先有较强实力的领域,如数理逻辑、数论、代数、函数论、拓扑学、微分几何、微分方程、泛函分析、概率统计、控制论、运筹学、计算数学等,以及起步较晚的一些学科,如代数数论、代数几何、非线性泛函分析、动力系统、整体微分几何、随机分析、机器证明和模糊数学等,都在近年内做出了达到或接近国际先进水平的成果。最近两届国际奥林匹克数学竞赛,我国连获团体冠军,个人金牌数也名列前茅,消息传来,全国振奋。我国数学,现在有能人,后继有强手,国内外华人无不欢欣鼓舞。

然而另一方面也必须看到,从整体上看,我国数学研究的水平与世界先进国家相比,还有相当差距。尤其值得重视的是到 2000 年,高校数学师资将面临严重短缺。以高校理科而言,现有数学教师约 24000 人,到 2000 年若有 55% 退休,即退休 13200 人,那么,即使以全部研究生补缺,仍短少约 2000 人。因此,必须吸引更多年轻人学习数学。

为了使数学更健康地发展,更好地为社会主义建设服务,特提出下列建议:

(一)在指导思想方面,提倡全面发展、重点扶持、办出特色。发展科学文化,“百花齐放、百家争鸣”的方针是正确的。数学中子学科繁多,而且不断有新学科出现,每门新学科的发展前途,难以逆料。因此,应该给各学科以充分发展的机会,在发展中竞争。所谓重点,是指那些对

科学发展或实际应用已逐步展示其重要作用的学科或项目,如非线性数学、计算数学、计算机数学、离散数学的某些方面,数学物理、数学的其他边缘学科、概率统计等。对重点学科,应给以较大扶持。任何一个国家都不可能在数学的各方面都领先。为了赶超国际先进水平,只能重点突破;在某几个学科或项目上率先突破,这就必须有我国自己的特色。特色是什么?这是一个值得深入研究的大问题。

(二)空气哺育万物而自身无赏;同样,数学教育众人而报酬极低;桃李无言,下自成蹊。另一方面,学习数学又难,成为拔尖人物更难。无怪乎现代青年人大都不愿学数学,即使有数学天才者也避而远之;奥林匹克竞赛优胜少年,又有几人立志数学?这实在令人感叹而忧伤。要区别对待各类人才。对有成就的数学家,要更好发挥他们的作用,在社会地位、生活待遇上有一定优先,因为他们的今天是青少年的明天,对青少年起着示范和吸引作用;对达到国际第一流水准的学者应重金聘请;对博士,无论国外或国内培养者要同样待遇,今后逐步过渡到以国内培养为主。惜乎现在博士生源枯衰,报考者寥寥无几。要多吸引优秀青年学成后回国工作。国家自然科学基金会每年举办数学讲习班,请留学国外的博士回来短期讲学,是一创举,效果很好,如能提供单程国际机票,则会吸引更多学子回来。对30岁左右学业有成的学者,需提供条件,使其在工作、出访、职称、生活等方面均能得到相应的待遇,以便早日脱颖而出。中小学数学教学,既要有科学性,又要有趣味性,以提高青少年学数学的兴趣。对成绩优秀者,给以奖励,奥林匹克金牌获得者应予重奖,金额应接近体育金牌获得者。

(三)数学研究设备虽比较少,但计算机、图书资料、国内外交流、人才培养等都需要大量经费,“一支笔、一张纸”的研究方式已成历史。应大力开辟财源,除国家拨款外,国家自然科学基金对数学与物理的资助以1:3为宜。社会名流、企业和财团的支持应是一重要财源,这方面开发得还很不够,应对他们进行宣传,给予技术帮助,使他们从中获益,从而体会到数学的好处。

(四)学科的强大生命力在于对社会进步的贡献,数学也不例外。数学的贡献在于对整个科学技术(尤其是高新科技)水平的推进与提高,对科技人才的培养和滋润,对经济建设的繁荣,对全体人民的科学思维与文化素质的哺育,这四方面的作用是极为巨大的,也是其他科学所不能全面比拟的。数学工作者应主动联系实际,了解与数学有关的各种问题。同时也希望社会各界人士给予关注、支持与帮助,多与数学界合作,主动提出各种咨询,以使数学科学更深入地扎根于实际,为我国的社会主义建设多作贡献。