

大学应用数学新设想

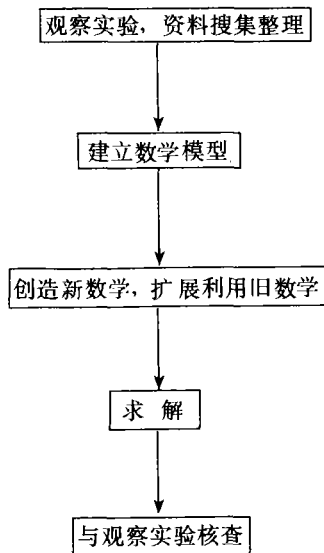
Novel Approach to Applied Mathematics Program in University

谢定裕

(香港科技大学数学系主任, 教授)

提 要 作者提出并分析了“应用数学的过程”，同时提出了“数理科学及数学应用”这一专业的课程设置的构想。

为了了解应用数学的真谛，我愿在这里用下图示出应用数学的过程。



这一过程的第一步是从自然界或社会中去观察、调查，或者从事各种实验，从而获得大量的资料，并加以整理。举一个典型的例子，关于天体运行的资料，到牛顿（Newton，1642～1727）的年代已积累了不知多少。此前从托勒密（Claudius Ptolemaeus，公元前2世纪）、哥白尼（Copernicus，1473～1543）、开普勒（Kepler，1571～1630）到伽利略（Galileo，1564～1642），也早已做了不少整理的工作。牛顿本人也直接从事过天象的观察。但是，这些丰富纷纭的资料显示出什么呢？

为了了解这些资料的意义，掌握其中主要发展规律，应用数学工作者就开始建立数学模型。这里应注意的是，不同的人会采取不同的途径去掌握事物的发展规律。例如，教会及宗教信徒会提出神的意志及启示作为事物演变的

解释和规律。当你在建立数学模型以说明事物发展的规律时，你就在搞应用数学了。为了解释天体运行的基本规律，牛顿提出了划时代的三大力学定律及万有引力定律。

成功的数学模型的建立，在应用数学的过程中一贯是最关键性，也是最困难的一步。但往往这还只是问题的开始。因为若要掌握这一数学模型的内涵，会需要创造新的数学，或扩展及利用已有基础的传统数学。以牛顿的例子而言，力学定律的内涵超越了传统数学的范围，因此他不得不开拓崭新的领域，发明微积分来处理他的力学问题。在这一层次里，一般而言，除包括数学原理的开拓与发展外，也可能包括数学工具（如计算机）的发展。

在建立起数学模型，发展了必需的数学原理及工具后，就要回到原来的实际问题去求得解答，以获得起始问题中事物发展的规律。在求解的过程中也常常需要发展一些新的数学方法，但与前面两个步骤相比，这一步要相对显得例行化一些。也因为这一步骤与广泛的实际应用有最直接的接触，它包含的工作量就最大。许多纯数学家认为的应用数学，就只是狭义地指这一步骤。再以上例而言，牛顿就用他发明的微积分，根据力学定律与万有引力定律求得了行星运行的规律。

没有最后一步与观察实验的对照核查，应用数学的过程还不能算是完满。纯数学家是可以因得到了一些逻辑上成立的定理而满足，用不着理会其实际的意义。但应用数学家是不能脱离自然与社会实际的。他所要寻求的规律应该说明自然与社会的发展。他所得的结论是要应用到社会问题上去，产生社会效果的。所以，他有责任去走完最后一步。如果发现他的结果与观察实验结果并不相符，他就要审查过程中的每一步骤，或者加以修正，或者另起炉灶

从头开始。当然，以牛顿的例子而言，我们知道他所开始而又走完的应用数学过程是完满的、成功的。

从上面所提出的应用数学的过程可以明确了解到，“应用数学”绝对不是“应用的数学”，也绝对不仅仅是数学。但这一过程中的某些步骤可以包含许多数学。

牛顿可以说是历史上最伟大的应用数学家。除了力学、微积分以外，他还有许多其他重要的科学成就。可是，就以我们上面所举的例子而言，他一个人的工作就包办了整个应用数学的全过程。这一方面固然是因为牛顿是古今罕见的奇才，另一方面也因为300年前科学发展还比较年青。绝大多数的科学工作者本来就不是牛顿那样的奇才，而今日科学的发展又使得大多数人的精力只能顾到很小的一面。因此，即使是比较小范围的问题，也只有很少人能单独地全盘包办应用数学的全过程。由此，我们可以认为，凡是从事应用数学过程中某一部分的工作者就是应用数学工作者。

虽然现在单一的个人往往不能独立完成完整的应用数学过程，但是作为一个应用数学工作者，他心目中应该有这一完整过程的全景。而作为一个集体，每个应用数学家也正是处在不断发展和完成应用数学的合作过程之中。

通过分析应用数学过程，就不难界定应用数学的范围。我个人认为，应用数学的范围大体可分为二类：一是“可应用的数学”，另一是“数学的应用”。

什么叫“可应用的数学”？严格地说，数学既是人类活动中的一个项目，而人及人脑又是自然界的物类，那么，即使是全由人脑产生的最纯粹的数学，也不可能与自然界的规律没有关联，因此，它迟早是会对自然规律的掌握或其他方面有用处的。可是，不同内容的数学的“用”是会有早、迟之分的。我们是将现在已可应用，或者不久的将来可应用的数学称之为“可应用的数学”。这一定义自然并不精确，而且也会随时间而改变，但是约定俗成，以目前的发展而言，大概像微分方程、概率统计、计算数学、运筹学等都可划在“可应用的数学”范围内。

另外一类则是“数学的应用”。物理学家、航空工程师、地质学家、生物学家、经济学家……他们为了解决各科各门科学上及工程上的问题，需要用数学作为工具。因此，他们有时要把已经发展得很完善的数学搬过来应用，有时候不得不自己创造性地发展新的数学方法，来处理他们所遇到的独特的问题。这就是数学的应用。他们往往不要求太严谨，常常要配合观察实验结果及经验所赋予的直觉来发展数学方法。所以除了要有相当水平的数学修养外，这些应用数学家对应用主题的学科还必须有相当

深度的了解。

这两类应用数学家在本质上有很大差别。从事“可应用的数学”的应用数学家，基本上就是数学家。他们所研讨的数学，虽然有其应用的背景及前景，可是他们的研讨，无论就精神、内容或形式而言，都是将其当作一门数学来研讨的。他们遵从数学的传统，也维持数学一贯所要求的严谨。相对而言，从事“数学的应用”的应用数学家，虽然往往要操作非常高深的数学，甚至可能开拓新的数学领域，但他们基本的态度是一位科学家或工程师的态度，目标是自然规律的探求或实际问题的解决，数学只是工具而已。他们要求数学上的正确，却不十分在乎数学的严谨。

这两类应用数学家虽有如此巨大的差别，却也有一个重要的共同点，就是对应用数学过程的共识。他们毕竟与纯数学家有些不同，因为他们所研讨的数学的源泉是来自应用的世界，他们也时时注意到这些数学的“应用”潜力及前景。另一方面，他们也毕竟不只是理论科学家或者理论工程师，在数学应用的过程中，他们会更留意数学上的概括性，会更设法超越某一学科的狭窄应用范围，也会更严格地维护数学上的正确。

在我正在参与建立的香港科技大学中，数学系里的“数学”采用了一种比较广泛的定义，所以数学系里大致包含两组成员：一组是“纯粹及可应用的数学”（Pure and Applicable Mathematics, PAM）另一组是“数理科学及数学的应用”（Mathematical Sciences and Application, MSA）。学位的设置也反映这一分野。PAM的课程设置与一般传统数学系没有什么分别，可是MSA的课程设置却是相当新颖而且似乎尚未在其他大学尝试过。

我们在前面曾强调数学应用的中心是科学问题。因此一位从事数学应用的工作者，必须对这一应用的学科有深刻的了解，不能只有皮毛的知识。另一方面，既然是一位应用数学家，他也应当具有相当程度的数学水平。要在短短的大学生四年中达到这双重目标，在课程设置上就需要作一些适当的调整。

在数学课程方面，一些传统数学系所要求的高等纯数学课程就不再要求为必修。但是，学生的数学程度还是应要求达到能作为一位中学优秀数学教师的水平。在选定的专门应用学科方面，无论是在工科、理科或者商科，我们也不要要求广博，却要求在这一学科中某一理论性较强的专业向深度发展。我们相信，以这一学生的较高的数学程度，毕业后对这一专业，他将能十分顺利地进入研究院深造。

MSA本来就是跨系的学科，所以学位的标记也将是MSA-XXX。以计算机科学为例，

（下转第21页）

比别的老资格名家高手能更自由地摆弄计算机。牛顿、爱因斯坦早年都遇到过数学障碍，混沌理论的进展则得力于三位数学家的成果 KAM 定理和洛伦兹的数值计算。4. 方法实践能力。世界第一台电子计算机的发明者美国的阿坦纳索夫（并非图林或摩彻利等）在突破之前久思未解，心情不悦，于是自觉地猛开飞车以松弛神经。当他在 200 公里外的一家小店喝了两杯饮料后，症结便奇迹般地迎刃而解了。5. 综合创造能力。

再次，要优化环境，加强管理。茹勒说：“新事物总是被非专家发现的。”非根鲍姆的恩师卡鲁瑟则说：“科学工作往往不出自计划”。我们要寻求一种宽容的政策，造就一个宽松的环境，有意识地构筑和扩大非急功近利型的科学“庇护所”，让那些第五棒选手想入非非。如不养兵千日，岂能用兵一时？日本政府最近决定在今后 7 年内拨款 5.8 亿日元，支持富有个性和想象力的科学家个人自由地从事研究，以期出现诺贝尔奖级别的科研成果。同时，还得讲究目标与人员的最佳组合。硅谷曾是世界高科技的摇篮，谁是头号功臣呢？是教育家特曼。这位当时的斯坦福大学电气工程系主任高瞻远瞩，鼓动只有 1% 成功希望的风险投资，从而成为公认的硅谷“教父”。相反，半导体三级管的发明者肖克利经营的公司却失败了，因为他是一流的发明家，却未必是合格的企业家，而苹果电脑公司前总裁乔布斯就有自知之明，前百事可乐公司二把手斯卡利自然抵挡不住他的诱惑：“你难道愿意将生命都花在把糖水卖给小孩上面吗？”

最后，要注重教育，强化传播。第五棒选手十分重视普及，温伯格写了《最初 3 分钟》，朗道写了《大众物理学》，哈肯写了《自然成功的奥秘——协同学》，《纽约时报》科技部主任 J·格莱克写的《混沌：开创新科学》竟在美国畅销三年至今不衰。普及是宣传的有力武器，如布鲁

诺之于哥白尼、伏尔泰之于牛顿、赫胥黎之于达尔文、齐曼之于托姆。德国在这方面干得不错，最近不但推出一套几十册名家撰写的新学科通俗读物《五彩缤纷的科学》，而且歌德学院出资在全球主要国家进行“分形之美”巡回图片展览。哈肯是个幸运儿，他的那套协同学丛书得到了大众汽车公司基金会的支持。想当初，牛顿的《原理》全靠哈雷私人掏腰包呢！普及的功能还在于引导。据《美国科学家》“使你成为科学家的原因是什么”调查结果表明，由于受学校、家庭和社会科普宣传影响的占 60%，出自对科学的兴趣占 43%，出自对科学意义认识的占 17%，后两者也离不开传播。许多优秀科学家在青少年时就通过参观博物馆，展览会、电影、幻灯、录象和阅读科学家传记、科普小说踏上了成功的跑道。我们今夏主办的“当代著名新学科研讨会”恰逢上海百年不遇的高温，参加者竟也高达百人；由笔者担任特约编辑、郝柏林先生译校的《混沌：开创新科学》在今年 9 月全国第三届书市上荣获畅销书亚军。这不又是春天般的信息吗？看来，关键还在于政策、组织和宣传。

科学革命过去是伟大的，现在是动人的，未来是辉煌的。目前，争夺第五棒的角逐仍在激烈地进行着。我们看到的只是浮在海面上的冰山。尽管“大吸引者”、“星系长城”此类天外之天令人震惊，尽管电脑生物的人造生命“活化”之谜尚未解开，尽管人类社会是一个高度非线性、巨大状态维，而且具有时变参数、时滞环节、不确定因素和随机干扰的复杂系统，但是，人类从必然王国走向自由王国的步伐是不可阻挡的！上帝究竟是不是在和宇宙掷骰子？混沌学家福特说得妙：“上帝在同宇宙掷骰子。但它是灌了铅的骰子。”我们的目的就是“找出它们是按什么规则灌铅的，然后为我所用”。

（责任编辑 孙立明）

（上接第 50 页）

MSA—计算机在数学课程方面的最低要求将是微积分、高等微积分、线性代数、实变函数、积分理论以及另外两门高等数学课目；在计算科学系中，一般可分软件系统、资讯系统、计算机工程及计算理论等专业。假定集中于软件系统这一专业，课程的要求将有：计算程序、计算机结构、数据结构、程序语言及编译、计算机图象、软件工程、微机软件设计、计算机网络及通讯等以及另外一二门计算机科学的课程。

这是一个日新月异的世界。今日，一位大学毕业生，在他未来的一生中，应该准备会有一次

甚至多次职业的转变。只靠一门专业终其一生的时代已经过去了。要应付这些转变，就需要坚实的基础学识。什么是最重要的基础学识？数学。但是从另一方面看，一位应用数学家必须深入地触及某一应用的专业才能真正理解、赏识应用数学的真谛，才能真正将抽象的数学概念与实际世界联结起来。在未来的岁月中，每一学术领域都将触及愈来愈多的数学，所以就某种意义上言，每一位有学术修养的人都是一位应用数学工作者。

（责任编辑 朱世南）