**信息时代的组合数学**

**摘要：**

组合数学，又称为离散数学，是计算机出现以后迅速发展起来的一门数学分支，它是研究离散结构的存在、计数、分析和优化等问题的一门学科。本文将着重讨论组合数学在计算机软件业方面的应用。

**关键词：**

组合数学、信息产业、计算机软件

**1、组合数学概述**

组合数学（Combinatorial Mathematics），又称为离散数学，狭义的[组合数学](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E7%BB%84%E5%90%88%E6%95%B0%E5%AD%A6&fr=qb_search_exp&ie=utf8)主要研究满足一定条件的[组态](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E7%BB%84%E6%80%81&fr=qb_search_exp&ie=utf8)（也称组合模型）的存在、计数以及构造等方面问题。[组合数学](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E7%BB%84%E5%90%88%E6%95%B0%E5%AD%A6&fr=qb_search_exp&ie=utf8)主要内容有组合计数、组合设计、组合矩阵、组合优化等。有时人们也把组[合数](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E5%90%88%E6%95%B0&fr=qb_search_exp&ie=utf8)学和[图论](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E5%9B%BE%E8%AE%BA&fr=qb_search_exp&ie=utf8)加在一起看作[离散数学](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E7%A6%BB%E6%95%A3%E6%95%B0%E5%AD%A6&fr=qb_search_exp&ie=utf8)。组[合数](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E5%90%88%E6%95%B0&fr=qb_search_exp&ie=utf8)学是计算机出现以后迅速发展起来的一门数学分支。[计算机科学](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E7%A7%91%E5%AD%A6&fr=qb_search_exp&ie=utf8)即算法的科学，而计算机所处理的对象是离散的数据，所以离散对象的处理就成了[计算机科学](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E7%A7%91%E5%AD%A6&fr=qb_search_exp&ie=utf8)的核心，而研究离散对象的科学恰恰就是组[合数](http://zhidao.baidu.com/search?word=%E5%90%88%E6%95%B0&fr=qb_search_exp&ie=utf8)学。组合数学的发展改变了传统数学中分析和代数占统治地位的局面。

**2、组合数学的发展**

**2.1、组合数学在各国的发展**

组合数学在国外早已成为十分重要的学科，甚至可以说是计算机科学的基础。一些大公司，如[IBM](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=498245)，AT&T都有全世界最强的组合研究中心。Microsoft 的[Bill Gates](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=4399653" \t "_blank)近来也在提倡和支持计算机科学的基础研究。例如，Bell实验室的有关[线性规划](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=211251)算法的实现，以及有关计算机网络的算法，由于有明显的[商业价值](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=4977592)，显然是没有对外公开的。美国已经有一种趋势，就是与新的算法有关的软件是可以[申请专利](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=7436585)的。

美国政府成立了离散数学及[理论计算机科学](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=4588550)中心DIMACS（与Princeton大学，Rutgers大学，AT&T 联合创办的，设在Rutgers大学），该中心已是组合数学理论计算机科学的重要研究阵地。日本的[NEC](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=268379)公司还在美国的设立了研究中心，理论计算机科学和组合数学已是他们重要的研究课题，该中心主任R. Tarjan即是组合数学的权威。我们所熟悉的美国重要的国家实际室（Los Alamos[国家实验室](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=709268)，以造出第一颗原子弹著称于世），从曼哈顿计划以来一直重视[应用数学](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=42457)的研究，包括组合数学的研究。

欧洲也在积极发展组合数学，英国、法国、德国、荷兰、丹麦、奥地利、瑞典、意大利、西班牙等国家都建立了各种形式的组合数学研究中心。近几年，南美国家也在积极推动组合数学的研究。澳大利亚，新西兰也组建了很强的组合数学研究机构。值得一提的是亚洲的发达国家也十分重视组合数学的研究。日本有组合数学研究中心，并且从美国引进人才，不仅支持日本国内的研究，还出资支持美国的有关课题的研究，这样使日本的组合数学这几年的发展极为迅速。台湾、香港两地也从美国引进人才，大力发展组合数学。新加坡，韩国，马来西亚也在积极推动组合数学的研究和人才培养。台湾的数学研究中心也正在考虑把组合数学作为重点方向来发展。世界各地对组合数学的如此钟爱显然是有原因的，那就是没有组合数学就没有计算机科学，没有计算机软件。

**2.2、组合数学在各行业的发展**

组合数学不仅在[计算机科学](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=1283901)中有重要的应用价值，在其它的学科中也有重要的应用。在美国有一家用组合数学命名的公司，他们用组合数学的方法来提高企业管理的效益，这家公司办得非常成功。此外，试验设计也是具有很大应用价值的学科，它的[数学原理](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=164260)就是组合设计。用组合设计的方法解决工业界中的试验设计问题，在美国已有专门的公司开发这方面的软件。

由于生物学中的[DNA](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=113943)的结构和生物现象与组合数学有密切的联系，各国对[生物信息学](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=452396)的研究都很重视，这也是组合数学可以发挥作用的一个重要领域。前不久召开的北京香山会议就体现了国家对生物信息学的高度重视。据说IBM也将成立一个生物信息学研究中心。由于DNA就是组合数学中的一个序列结构，美国科学院院士，近代组合数学的奠基人Rota教授预言，生物学中的组合问题将成为组合数学的一个前沿。

**2.3、组合数学与计算机软件**

随着计算机网络的发展，计算机的使用已经影响到了人们的工作，生活，学习，社会活动以及商业活动，而计算机的应用根本上是通过软件来实现的。我在美国听到过一种说法，将来一个国家的经济实力可以直接从软件产业反映出来。我国在软件上的落后，要说出根本的原因可能并不是很简单的事，除了技术和科学上的原因外，可能还跟我们的文化，管理水平，教育水平，思想素质等诸多因素有关。除去这些人文因素以外，一个最根本的原因就是我国的信息技术的数学基础十分薄弱，这个问题不解决，我们就难成为软件强国。然而问题决不是这么简单，信息技术的发展已经涉及到了很深的数学知识，而数学本身也已经发展到了很深、很广的程度并不是单凭几个聪明的头脑去想想就行了，而更重要的是需要集体的合作和力量，就象软件的开发需要多方面的人员的合作。美国的软件之所以能领先，其关键就在于在数学基础上他们有很强的实力，有很多杰出的人才。一般人可能会认为数学是一门纯粹的基础科学，1+1的解决可能不会有任何实际的意义。如果真是这样，一门纯粹学科的发展落后几年，甚至十年，关系也不大。然而中国的软件产业的发展已向数学基础提出了急切的需求：网络算法和分析，信息压缩，网络安全，编码技术，系统软件，并行算法，数学机械化和计算机推理，等等。此外，与实际应用有关的还有许多许多需要数学基础的算法，如运筹规划，金融工程，计算机辅助设计等。如果我们的软件产业还是把眼光一直盯在应用软件和第二次开发，那么我们在应用软件这个领域也会让国外的企业抢去很大的市场。如果我们现在在信息技术的数学基础上，大力支持和投入，那将是亡羊补牢，犹未为晚；只要我们能抢回信息技术的数学基地，那么我们还有可能在软件产业的竞争中，扭转局面，甚至反败为胜。吴文俊院士开创和领导的数学机械化研究，为中国在信息技术领域占领了一个重要的阵地，有了雄厚的数学基础，自然就有了软件开发的竞争力。这样的阵地多几个，我们的软件产业就会产生新的局面。值得注意的是，印度有很好的统计和组合数学基础，这可能也是印度的软件产业近几年有很大发展的原因。

**3、组合数学在我国的发展**

**3.1、组合数学在我国的历史**

组合数学虽是现代数学的分支，它的思想却可以追溯到遥远的古代．春秋时期成书的《易经》便含有组合数学的萌芽．

《易经》是中国最古老的书籍之一，书中通过阴阳卦爻预言吉凶。“--”是阳爻，“--”是阴爻，合称“两仪”。每次取两个，按不同顺序排列，生成“四象”；每次取三个，生成八卦(图4．5)；每次取六个，则生成六十四卦。四象、人卦与六十四卦的排列，相当于组合数学中的有重排列：从n种元素中每次取r个，共有nr种排列法。例如，在两种卦爻中每次取3个，共有23＝8种排列，这就是八卦。

德国数学家莱布尼茨(G．W．Leibniz，1646---1716)发明二进制后不久，见到了传教士白晋(J．Bouvet，1656---1730)从中国寄去的八卦．莱布尼茨认为，八卦中蕴含着二进制思想，因此惊叹不已．实际上，若把“--”和“--”两种卦爻用1和0代替，八卦就可表示为

　　000(坤) 001(震) 010(坎) 011(兑)

　　100(艮) 101(离) 110(巽) 111(乾)

莱布尼茨说八卦是“流传于宇宙的科学中最古老的纪念物”，这项发明“对于中国人民实在是值得庆幸的事情”，并因此产生对中国古代文明的崇敬，热烈地希望到中国来。由于种种原因，他未能如愿，便托人把自己亲手制造的手摇计算机送往中国，成为中、德关系史上的一段佳话。

**3.2、组合数学在我国软件业的发展**

纵观全世界信息产业的情况，易见一个奇特的现象：美国处于绝对的垄断地位。造成这种现象的一个根本的原因就是计算机科学在美国的飞速发展。当今计算机科学界的最权威人士很多都是研究组合数学出身的。美国最重要的计算机科学系（MIT，Princeton，Stanford，Harvard，Yale，….）都有第一流的组合数学家。计算机科学通过对软件产业的促进，带来了巨大的效益，这已是不争之事实。

中国软件产业的发展已向数学基础提出了急切的需求：网络算法和分析，信息压缩，网络安全，编码技术，[系统软件](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=2270114)，并行算法，[数学机械化](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=207303)和计算机推理，等等。此外，与实际应用有关的还有许多需要数学基础的算法，如运筹规划，[金融工程](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=271788)，[计算机辅助设计](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=962985)等。如果我们的软件产业还是把眼光一直盯在[应用软件](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=271664)和第二次开发，那么我们在应用软件这个领域也会让国外的企业抢去很大的市场。如果我们现在在信息技术的数学基础上，大力支持和投入，那将是亡羊补牢，犹未为晚；只要我们能抢回信息技术的数学基地，那么我们还有可能在软件产业的竞争中，扭转局面，甚至反败为胜。

Gian-Carlo Rota教授在他去年不幸逝世之前，还专门提出，希望有人向中国有关部门和领导人呼吁，组合数学是计算机软件产业的基础，中国最终一定能成为一个软件大国，但是要实现这个目标的一个突破点就是发展组合数学。中国在软件技术上远远落后于美国，而在组合数学上则更是落后于美国和欧洲。如果中国只是想在软件技术上跟着西方走，而不在组合数学上下功夫，那么中国的软件将一直处于落后的状态。他特别强调组合数学在计算机科学中的作用，以及在大学计算机系加强组合数学教学和[人才培养](http://baike.soso.com/lemma/ShowInnerLink.htm?lemmaId=7654510)。

在1997年11月的南开大学组合[数学](http://sx.zxxk.com/" \t "_blank)研究中心成立大会上，吴文俊院士指出，每个时代都有它特殊的要求，使得数学出现一个新的面貌，产生一些新的数学分支，组合数学这个新的分支也是在时代的要求下产生的。最近，吴文俊院士又指出，信息技术很可能会给数学本身带来一场根本性的变革，而组合数学则将显示出它的重要作用。杨乐院士也指出组合数学无论在应用上和理论上都具有越来越重要的位置，它今后的发展是很有生命力，很有前途的，中国应该倡导这个方面的研究工作。万哲先院士甚至举例说明了华罗庚，许宝禄，吴文俊等中国老一辈的数学家不仅重视组合数学，同时还对组合数学中的一些基本问题作了重大贡献。迫于中国组合数学发展自身的需要，以及中国信息产业发展的需要，在中国发展组合数学已经迫在眉睫，刻不容缓。

1997年，南开大学成立了南开大学组合数学中心，主要从事组合数学理论研究,如今已经成为一个具有国际竞争实力的组合数学研究机构，并创办了我国第一份组合数学国际刊物《Annals of Combinatorics》（《组合年刊》）。另外，清华大学、中国科技大学、同济大学等重点大学也建立了研究组合数学的重点实验室，近几年来，我国的组合数学基础研究工作越来越受到各高校及广大数学工作者的关注，也取得了骄人的成绩。

**3.3、组合数学还可用于金融分析**

组合数学还可用于金融分析，投资方案的确定，怎样找出好的投资组合以降低投资风险。南开大学组合数学研究中心开发出了"金沙股市风险分析系统"现已投放市场，为短线投资者提供了有效的风险防范工具。

总之，组合数学无处不在，它的主要应用就是在各种复杂关系中找出最优的方案。所以组合数学完全可以看成是一门量化的关系学，一门量化了的[运筹学](http://baike.baidu.com/view/24356.htm)，一门量化了的[管理学](http://baike.baidu.com/view/20674.htm)。