



2019年4月13日，笔者在深圳南山区深圳人才公园做了题为《数学推动现代科技——从华为重视数学谈起》的公众演讲，人才公园的大讲堂里座无虚席，网络也做了全程线上直播。一个月后的5月15日，美国总统特朗普签署行政命令，将华为加入“出口禁运”实体清单（即美国企业需要获得特别许可才能向华为出口软硬件产品）。美国总统公开封杀华为，使华为更放异彩。华为掌舵人任正非先生2012年与实验室专家座谈时讲的名言：“我认为用物理方法来解决问题已趋近饱和，要重视数学方法的突起”，重新被人们热议。他在另一个场合公开表示：“其实我们真正的突破是数学，手机、系统设备是以数学为中心”，道出了华为成功的一个秘诀：那就是重视数学的应用！



事实上华为多年来持续在数学上投资，从1995年起，华为就一直在招聘数学相关的博士和专家，每年都从各大院校招聘一批运筹学、控制论、数理统计、概率论、计算数学的博士，从事分布式计算、密码学、网络安全、数据库、通信协议算法、通讯网络优化等方向的高精尖工作，待遇也明显高于普通员工，目前50-70万年薪是正常水平。1999年，华为在俄罗斯建立了专门的算法研究所，招聘了数十名全球顶级的数学家，创造性地用非线性数学多维空间逆函数解决了GSM多载波干扰问题，使华为在全球第一个实现了GSM多载波合并，进而实现了2G、3G、LTE的单基站Single RAN设计。2016年，华为宣布其法国数学研究所成立，这是继俄罗斯之后华为在全球设立的第二个数学研究所，成员超80人，全部为拥有博士学位的中高级研究人员。

华为最出彩的一招就是和土耳其数学家埃达尔·阿勒坎（Erdal Arikan）的合作。在土耳其的毕尔肯大学（Bilkent University），阿勒坎十年磨一剑，终于在2008年发表了主要用于5G通信编码的极化码（polar code）技术方案。他2008年发表在IEEE期刊上的文章一共二十多页，独立完成。这篇文章发表后，就被华为的科学家们注意到了，他们评估了阿勒坎的论文，敏锐地意识到这篇论文至关重要，感觉其中的技术可以用于5G编码。

阿勒坎教授的论文发表两个月后，华为就开始以它为中心研究各种专利，逐步分解，投入了数千人 and 大量科研资金促进研发。十年间，华为把土耳其数学家的数学论文变成技术和标准，积极和阿勒坎教授团队合作，出资支持他的实验室，助其扩大研究团队，拥有更多的博士生、博士后。这一切努力的结果是，华为拥有了世界上超过四分之一的5G专利，雄踞世界第一。

在过去的几个月，数学推动华为5G成为热点话题。本文将在作者今年四月深圳大讲堂演讲的基础上，谈谈华为5G与现代数学。



## 1. 数学重要是因它能解决产业和实际问题

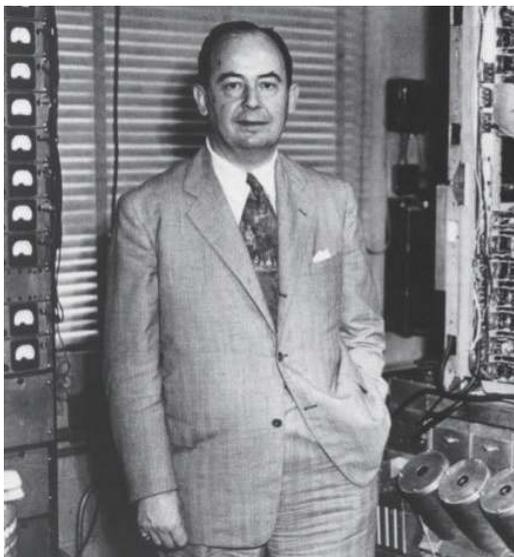
对一个大国来说，必须拥有理论家，同时要有能文能武、能理论能应用的大数学家。后者多了，这个国家的科技、国防、经济才可以真正强大，才可以拥有像波音、华为、微软、空客这样的超级技术公司。

众所周知，半个多世纪以前，力学和数学紧密联系在一起，有的还完全在大学同一个系里面。比如上个世纪五十年代，北京大学数学系就叫做数学力学系。出自同一师门的钱学森、林家翘，博士论文研究的问题很接近，毕业后一个去了麻省理工的航空工程系，另一个就去了数学系。在这个意义上，在中国近代科技史上，能理论能应用的数学家有华罗庚、钱学森、郭永怀、王选、冯康等。他们不光有强大的理论功底，还有卓越的应用能力，为新中国的发展和强盛做出了巨大的贡献。

美国近代史上能文能武的数学家很多，包括担任过美国数学会理事长的冯·诺依曼（John von Neumann, 1951-52 年理事长）、拉克斯（Peter Lax, 1979-80 年理事长）、格里姆（James Glimm, 2007-08 理事长）。拉克斯在基础数学的偏微分方程、泛函分析做出了重要的工作，并且是计算数学、激波计算的奠基人；格里姆在基础数学的  $C^*$ -代数、量子场理论、偏微分方程领域成就卓著，同时在流体力学、科学计算等应用数学领域做出了杰出贡献。

把基础数学、应用数学做得炉火纯青的是大名鼎鼎的冯·诺依曼。他是 20 世纪最重要的数学家之一，早期以算子理论、量子理论、集合论等方面的研究闻名，开创了冯·诺依曼代数。

同时，他在现代计算机、博弈论、科学计算等领域做出了伟大的贡献，被后人称为“计算机之父”和“博弈论之父”。2014 年 4 月 30 日，笔者在美国曾经听过年近九旬的拉克斯的晚宴主旨演讲<sup>1</sup>，题目是“冯·诺伊曼的早期生涯、洛斯阿拉莫斯时光以及计算之路”<sup>2</sup>，听到他对冯·诺依曼崇拜式的评价：如果冯·诺依曼活得长一点，他肯定可以获得数学的阿贝尔奖、诺贝尔经济奖，计算机的大奖，以及一个关于量子力学的诺贝尔物理奖。



冯·诺依曼

<sup>1</sup> [http://www.ki-net.umd.edu/tn60/2014\\_04\\_30\\_Lax\\_Banquet\\_talk.pdf](http://www.ki-net.umd.edu/tn60/2014_04_30_Lax_Banquet_talk.pdf)

<sup>2</sup> John von Neumann: The Early Years, The Years at Los Alamos and Road to Computing