



## 华罗庚与中国计算数学

王涛

自诞生之际，数学的主要任务之一就是计算。中国古代数学有着悠久的数值计算传统，祖冲之圆周率的计算、李冶天元术的发明就是个中代表，以致于到 20 世纪初数学在我国还被称为算学。西方数学以古希腊几何为基础，虽然在演绎体系上美轮美奂，但在具体计算上却不甚有效。直到微积分的发明和分析学的形成，西方的数值计算才逐渐超过中国。

随着电子计算机的问世，计算科学迎来了飞速发展。计算逐渐成为与理论、实验并列的第三种研究方法。而在计算科学兴起的过程中，计算数学起着核心的作用。新中国成立之前，中国的计算数学几乎是一片空白。在华罗庚和其他科技人员的共同努力以及政府的支持下，到新中国成立 10 周年之际，计算数学可以说是基本发展起来了。

### 一、给陈立夫的三封信

早在抗日战争时期，华罗庚就意识到计算数学的重要性。华罗庚在中国可谓家喻户晓，常被视为数学家的典型和代表。1931 年，他以初中学历被熊庆来邀请到清华做助理员，旋即升为助教和教员，其后更是被推荐至剑桥哈代（G. H. Hardy）处学习数论，归国后直接被西南联大聘为教授。在西南联大初期，华罗庚的主要研究领域是堆垒素数论和抽象代数。与此同时，华罗庚还对应用数学有所关注。

此时的华罗庚在科学界已经小有名气，但他深知，欲发展中国科学，必须参与政治。1940 年 3 月 4 日，华罗庚大胆地给时任部长的陈立夫写信，阐明了他对基础科学和应用科学的看法。华罗庚认为对于国家建设，需标本兼治。治标所依赖的是应用科学，



陈立夫

治本则需依赖纯粹科学。因此他积极呼吁成立纯粹科学(主要是指数学)的研究所。不久,陈立夫回信称教育部对应用科学和纯粹科学向来主张兼筹并顾<sup>1</sup>。

陈立夫是20世纪中国一位重要的政治人物。他1924年毕业于美国匹兹堡大学,获采矿学硕士学位。由于陈家与蒋家的渊源(陈立夫的叔父陈其美与蒋介石是结拜兄弟),在大哥陈果夫的劝说下,陈立夫弃工从政,出任蒋介石的机要秘书。在蒋介石控制国民党的过程中,陈氏兄弟居功至伟,为蒋介石完全掌握党权立下了汗马功劳。陈立夫也因此担任国民党中央党部秘书长,“蒋家天下陈家党”的说法就源于此。

1937年抗日战争全面爆发,中国高等教育面临着灭顶之灾。在这种特殊情况下,国民政府任命陈立夫为教育部长。这位有着留美经历的教育部长,在抗战期间对中国教育事业的发展做出了卓越的贡献<sup>2</sup>。例如,他建立起贷金制度来资助那些来自战区没有经济来源的学生。像杨振宁、李政道这些后来的诺奖得主,当年能顺利地念完西南联大,皆得益于此项制度。

1944年1月15日,华罗庚给陈立夫写了第二封信<sup>3</sup>。这封信主要是华罗庚论述自己这几年的研究成果和暂不出国的原因。大约从40年代开始,通过与普林斯顿高等研究院(IAS)的数学家外尔(H. Weyl)的频繁通信,华罗庚的研究领域逐渐扩展到自守函数与矩阵几何,并做出了相当的成绩。华罗庚的这项工作与西格尔(C. L. Siegel)多有交集,西格尔当时正在普林斯顿工作,外尔决定邀请华罗庚到高等研究院访问<sup>4</sup>。1943年4月,高等研究院向华罗庚发出邀请,但出于“率尔前往可能牺牲独立发明之誉”的爱国精神以及办理护照、安置家庭的客观困难,华罗庚拒绝了邀请。

<sup>1</sup> 孙安全. 华罗庚关于重视纯粹科学研究问题与陈立夫来往函. 民国档案, 1987, 3(3): 44.

<sup>2</sup> 张珊珍. 陈立夫与抗战时期的中国教育. 抗日战争研究, 2006 (3): 90-110.

<sup>3</sup> 袁向东. 华罗庚致陈立夫的信. 中国科技史料, 1995, 16(1): 60-67.

<sup>4</sup> Richard J W, Serme A. The Intellectual Journey of Hua Loo-keng from China to the Institute for Advanced Study: His Correspondence with Hermann Weyl. Studies in Mathematical Sciences, 2013, 6(2): 71-82.



俞大维

信中华罗庚还提到他解决俞大维数学难题的事情（据说是密电码<sup>5</sup>）。1943年华罗庚加入“中央训练团”，在重庆受训了一个月<sup>6</sup>。在一次实弹射击演习科目上，时任兵工署长拥有陆军中将军衔的俞大维交给华罗庚一个极难解答的数学题目。经过一夜的思考，华罗庚于翌日清晨解决，深得俞大维的赏识，二人日后成为好友。

俞大维出生于浙江绍兴的名门，家族中人才俊杰辈出，现中央政治局常委俞正声就是其中代表。俞大维早年获哈佛大学哲学博士学位，毕业后曾两度到德国柏林大学深造。1926年，他在德国《数学年刊》（*Mathematische Annalen*）上发表了数理逻辑的论文，成为首位在这本著名刊物上发表论文的中国人（华罗庚是第二位）。俞大维第二次留德学习军事与弹道学，回国后出任军政部兵工署长<sup>7</sup>。

在兵工署工作期间，俞大维注意国外科技动态，专门成立了研究部门，开发中国军械，为中国军工的发展做出了重要贡献。抗战期间中国军队的主要装备——中正式步枪就是在他的主持下完成仿制的。总体而言，国军的轻武器要优于日军。更为重要的是，兵工署培养和资送了很多人才，这些人在后来新中国两弹一星的研发过程中发挥了重要作用。

华罗庚解决了俞大维的数学难题，使他认识到纯粹科学如数学者对国防也能有具体的贡献，对他自己的触动可以说是非常大的。仅仅过了两个月，华罗庚于3月17日又给陈立夫写了第三封信。信中华罗庚从国防的观点出发，直言数值计算的重要性：

“盖就国防观点而言，数值计算、机器计算实为现代立国不可或缺之一项学问。而

<sup>5</sup> 王元. 华罗庚. 北京: 开明出版社, 1994, 118-121. 本文多次引用了王元先生的著作《华罗庚》，不再一一标注，在此做一说明。

<sup>6</sup> 华罗庚参加中央训练团的原因，一方面是践行党员职责（1942年，华罗庚经朱家骅介绍加入国民党），另一方面，则是为了出国之方便。当时国民党中央有规定，凡战时出国人员，都必须到中央训练团受训，特殊情况者需要教育部申报批准。可见华罗庚虽然拒绝了外尔的邀请，但仍有出国的计划。值得注意的是，陈省身于1943年出国，他是否也到中央训练团受训？如果没有受训，是否受到了朱家骅的特别批准？朱家骅曾表示华罗庚身有腿疾，可特殊处理。

<sup>7</sup> 关于俞大维的更多资料，可见俞大维网上纪念馆 <http://jn.huaien.com/g1001962>。



何乐礼制表机

我国现尚无认识之因而研究者。而我大学之数学课程内容，大致仍抽象而忽视具体；数值计算往往为不了解者以“容易”二字抹之。因之，毕业之学生，座谈几无一不知，实算则茫无一策。”<sup>8</sup>

为了解释机器计算及数值计算的重要性，华罗庚还专门附表加以介绍。

## 二、机器计算与数值计算

华罗庚给陈立夫写的三封信，一封比一封深入。其中第一封与其他两封间隔时间较长，有近4年。而第二封与第三封信仅间隔两个月，特别是在第二封信中，华罗庚提及数学可以对国防有所贡献后，紧接着就写了第三封信直言机器计算与数值计算的重要性。可以推测，这与他解决俞大维的数学难题有一定的关系。

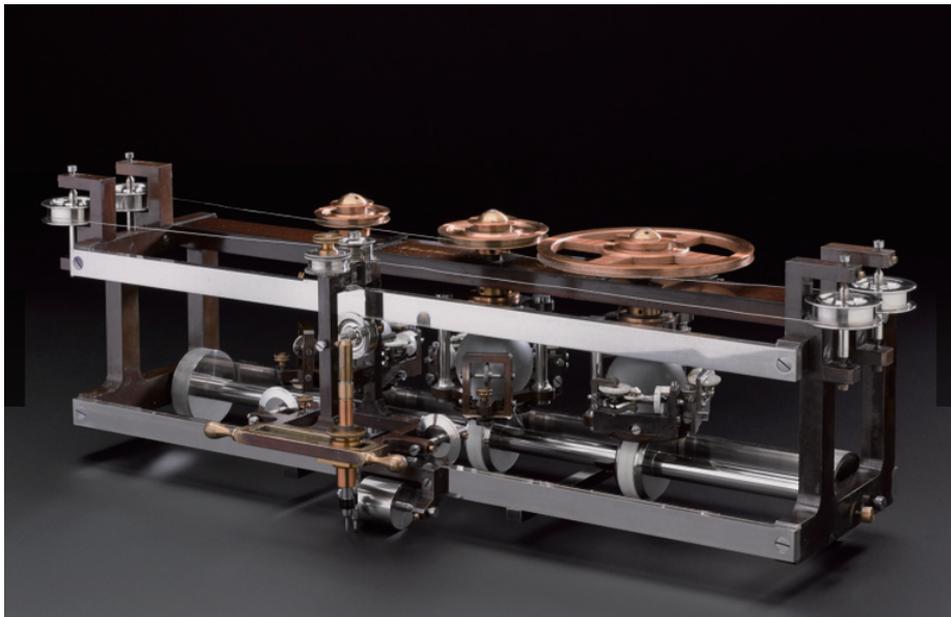
在第三封信的附录中，华罗庚就国外情况、有关科目和机器种类做了简单介绍。国外情况方面，华罗庚提及敌人（即日本）海军中有正弦积分表，英国方面有比克利（W. G. Bickley）等人组成的数学实验室<sup>9</sup>，美国方面有布什（V. Bush）教授与国防打成一片，德国普通大学有“调和分析器”<sup>10</sup>之设置。当时比克利只是一名副教授，而布什则是国防研究委员会主席。可见无论人物大小，华罗庚都有所关注。

有关科目方面，华罗庚提到弹道、投弹、测向、统计、气象等都需要机器计算与数值计算。机器种类方面，华罗庚列出的机器有：National Accounting Machine，

<sup>8</sup> 袁向东. 华罗庚致陈立夫的三封信. 中国科技史料, 1995, 16(1): 64.

<sup>9</sup> 此实验室是1937年剑桥大学成立的专门研制计算机和发展算法的实验室，后来发展成为剑桥大学的计算机系。

<sup>10</sup> 华罗庚的用语，一般称为谐波分析仪。



谐波分析仪

Bush Integrater, Mallock Equation-Solver, Hollerith Machine, Punch Machine, Sinima Integraph, Harmonic Analyser, Differential Analyser 等。当时电子计算机尚未问世, 计算数学也没有真正发展起来, 华罗庚对数值计算的敏感和重视可以说是很有前瞻性的。

从华罗庚列出的机器种类来看, 他对国外机器计算的发展是非常熟悉的。比如他提到的打孔机 (Punch Machine) 和何乐礼机 (Hollerith Machine), 是专门用于统计的。打孔机专门用来打孔, 通过在纸板上预知的位置打洞或者不打洞来表示数字。基于此技术, 德裔美籍统计学家、工程师何乐礼 (H. Hollerith) 于 1880 年代发明了制表机。这种机器在 1890 年美国人口普查中发挥了重要作用, 极大地缩短了工作时间。何乐礼后来创立了制表机器公司, 该公司是 IBM 的前身之一, 而他本人则被誉为现代机械数据处理之父<sup>11</sup>。

谐波分析仪 (Harmonic Analyser) 是德国数学家亨里奇 (O. Henrici) 于 1894 年在伦敦发明的<sup>12</sup>。亨里奇最初是弗伦斯堡 (Flensburg) 的工程学徒, 后来在克莱布什 (A. Clebsch) 的鼓励下学习数学。他几乎受到过当时德国所有重要数学家的影响, 如海塞 (O. Hesse)、魏尔斯特拉斯 (K. Weierstrass) 与克罗内克 (L. Kronecker) 等。由于经济原因, 他于 1865 年到英国工作。1880 年之后, 他转向了应用数学, 主持了一个制作计算器的实验室。

由傅里叶级数可知, 任意周期函数  $f(x) = f(x + T)$  都可以展成三角级数

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{2n\pi}{T}x + \varphi_n\right).$$

因此, 复杂的波动必然可分解为与原波动频率相等的基波 (即  $a_1 \sin(\frac{2\pi}{T}x + \varphi_1)$ ), 以及频

<sup>11</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Tabulating\\_machine](https://en.wikipedia.org/wiki/Tabulating_machine).

<sup>12</sup> [http://www.phys.cwru.edu/ccpi/Harmonic\\_analyzer.html](http://www.phys.cwru.edu/ccpi/Harmonic_analyzer.html).



布什与他的微分分析仪

率等于原波动频率整数倍的谐波（即  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(\frac{2n\pi}{T}x + \varphi_n)$ ）。亨里奇发明的谐波分析仪最初就是用来测定复合声波中的基波和谐波的，后来被广泛应用于电路中。

微分分析仪（Differential Analyser）是由美国工程师布什发明专门用来求解微分方程的计算机。微分方程一般来源于实际问题，在天文、电路等工程中大量出现。由于绝大部分的微分方程没有解析解，其研究逐渐分为定性理论和近似求解。马洛克解方程机（Mallock Equation-Solver）、国家计算机（National Accounting Machine）与微分分析仪一样，都是专门用来求解微分方程数值解的。

布什 1890 年出生于马萨诸塞州，1909 年进入塔夫茨学院（Tufts College）读本科，数学和物理成绩都很棒。19 世纪末 20 世纪初，美国的科学还很落后，但在技术发明和专利申请上却十分领先，以爱迪生、贝尔为代表的发明家和工程师是很多人艳羡的职业。与亨里奇、何乐礼类似，布什也是先做了几年工程师，然后才去读的博士。

1916 年，布什获得了麻省理工学院（MIT）电机工程系的博士学位。1919 年，他到麻省理工学院电机工程系任教。为了解决电路中经常遇到的微分方程问题，从 1928 年开始，他带领一群工程师制造了微分分析仪。这台机器重达 100 吨，由几百根平行的钢轴组成，靠电机驱动。仅机器的电线，首尾排列起来就达 200 英里。微分分析仪被仿造了多台，在二战中曾立下赫赫战功。

布什可不是一位一般的工程师，他还是一名杰出的科学管理专家。二战时，他革新了战争的观念，即科技研究将决定战争的胜负，深得罗斯福总统的赏识。他被任命为国防研究委员会主席、科学研究发展办公室主任、曼哈顿工程的负责人。战后，布什积极思考科学，为美国科学基金的设立做出了卓越贡献，他也因此被誉为美国的大科学之父<sup>13</sup>。

<sup>13</sup> 王大明. 二十世纪美国科学大厦的建筑工程师——万尼瓦尔·布什. 自然辩证法通讯, 2002, 24(6): 60-69.



维纳与清华大学电机系人员合影，前排左二李郁荣，左三顾毓琇，左四维纳

布什和微分分析仪与中国也有渊源。1935年，维纳（N. Wiener）受李郁荣的邀请到清华大学担任研究教授，主要在数学系和电机工程系工作。李郁荣是布什在麻省理工学院培养的博士，在攻读博士期间，布什将其推荐至数学系维纳处，二人合作发明了现在被称为“李-维纳网络”（Lee-Wiener network）的专利<sup>14</sup>。李郁荣在给维纳的邀请信中还提及曾远荣与赵访熊<sup>15</sup>，巧合的是，此二人日后都成为中国计算数学发展过程中的重要人物。

在数学系，维纳开了调和分析的课程，指导华罗庚与徐贤修合作完成了《关于傅里叶变换》的论文。事实上，正是维纳推荐华罗庚去英伦留学的。与此同时，维纳与李郁荣、顾毓琇在电机系还进行了计算机的研究工作<sup>16</sup>。顾毓琇，1928年毕业于麻省理工学院，获电机博士学位。他学贯中西、博古通今，集科学家、教育家、诗人、音乐家、剧作家、禅学家等多种身份于一身，是一位十分传奇的人物<sup>17</sup>。特别值得一提的是，前中共中央总书记江泽民是顾毓琇在上海交通大学教微积分时的学生（1946年），前国务院总理朱镕基是他在清华大学时的学生。

早在维纳访华之前，顾毓琇就委托维纳与布什联系，托其帮忙购买一台微分分析仪，但布什教授坦言微分分析仪的造价十分昂贵。经过多番通信，布什表示他愿意提供设计方案，甚至将造价和运营费用也如实告诉了维纳，并告诉维纳可以让中方知道，前提是中方要保密。由于维纳离华以及资金、人力等多方面的原因，研制计算机的尝试未获成功，但维纳、布什等科学家的国际主义精神以及中国科学家李郁荣、顾毓琇早期对制造计算机的尝试却是十分值得纪念的。

<sup>14</sup> 李旭辉. 李郁荣博士传略. 中国科技史料, 1996, 17(1): 63-70.

<sup>15</sup> 李旭辉. 30年代N. 维纳访问清华大学函电始末. 中国科技史料, 1998, 19(1): 42-51.

<sup>16</sup> 魏宏森. N. 维纳在清华大学与中国最早计算机研究. 中国科技史料, 2001, 22(3): 225-233.

<sup>17</sup> 关于顾毓琇的更多资料，可到无锡顾毓琇纪念馆参观，亦可见顾毓琇网上纪念馆 <http://www.guyuxiu.cn>.