

# 百年林家翘

丁 玖



今年的7月7日是一位杰出的华人数学家100周岁的诞辰。他的名字叫林家翘（1916年7月7日-2013年1月13日）。在中国大陆，知道他大名的理工科学生远不及知道陈省身的多，因为后者回国定居早，且因创办南开数学研究所等伟绩而频上媒体，家喻户晓。可是在美国的应用数学界，他被同行的尊崇程度丝毫不输后者在纯粹数学界的显赫声名。

林家翘的21周岁生日，伴随着他清华大学物理系的毕业喜悦和卢沟桥上响起的日寇枪声。40年代的第一年，他踏上北美大陆的求学之路，先后获得硕士博士学位。从1947年起直至退休，他在麻省理工学院辛勤耕耘40年，35岁成了美国国家艺术和科学院院士，42岁被遴选为台湾的中央研究院院士，46岁当上美国国家科学院的院士，50岁成为麻省理工学院最高档次的学院教授（Institute Professor）。他同样杰出的麻省理工数学系同事中，控制论之父、第二届美国国家科学奖得主维纳（Norbert Wiener, 1894-1964）比他年长22岁，1959年65岁时得此殊荣；而维纳最杰出的学生、数学系大发展时期的主要建筑师列文森（Norman Levinson, 1912-1975）比他大4岁，却比他迟5年戴上桂冠；比他年轻8岁、现已92高龄的辛格（I. Singer, 1924-），以Atiyah-Singer指标定理著称于世，2004年与阿蒂亚（Michael Atiyah, 1929-）共享诺贝尔奖，

1987年63岁时才被冠以本校教授群中荣誉最高的这个头衔。

整个70年代，林家翘获得了他一生中的几个主要奖项，包括1973年美国物理学会的第二届奥托·拉波特(Otto Laporte)奖(此奖2004年合并到流体力学奖)、1975年美国机械工程师学会的铁摩辛科(Timoshenko)奖(这个应用力学领域公认的最高奖表彰他“对流体力学特别是流动稳定性、湍流、超流氦、空气动力学和星系结构的杰出贡献”)、1976年美国国家科学院的应用数学及数值分析奖、1979年美国物理学会的首届流体力学奖。

从1972年起，林家翘就开始访问中国大陆，并以他的名望和影响力邀请了众多美国知名学者来华演讲，比如他年轻一代的同事斯特朗(Gilbert Strang, 1934-)。同时他也安排多位国内学者去麻省理工进修深造，培养了立足国内的应用数学带头人，开辟了流体力学等研究领域的新疆场。1994年，林家翘与陈省身(1911-2004)、杨振宁(1922-)及李政道(1926-)等当选为中国科学院的第一批外籍院士。又过了8年，他叶落归根，回到母校清华大学出任周培源应用数学研究中心的名誉主任，继续为祖国的应用数学发展壮大贡献力量，直至三年前的1月13日去世。

陈省身先生曾被选为美国数学会的副会长，而林家翘先生则担任过美国数学会应用数学委员会的主任，也当过两年美国工业与应用数学协会(SIAM)的会长，任期是1972年至1974年，是这个学术组织(2013年时已有超过14000个会员)自1951年创立后迄今为止唯一的华人会长，也是唯一的亚裔会长。

美国国家科学奖首届得主冯·卡门(Theodore von Kármán, 1881-1963)指导过四位中国名人的博士论文：钱学森(1911-2009)、郭永怀(1909-1968)、林家翘以及理论物理学家胡宁(1916-1997)。日后他们都有傲人的科学成就。前两人五十年代中期先后回到祖国，为中国的航空及国防科技贡献巨大，郭永怀甚至因公牺牲，英年早逝。我十年前



青年林家翘



郭永怀



郭永怀先生与夫人李佩

曾有幸与郭永怀先生的夫人李佩(1918-)合影一张。《中国青年报》在林家翘逝世后两天的报道中引用了她的一次公开回忆：在这师兄弟中，“最聪明的是林先生”。

林家翘是个值得追忆的名数学家。回顾他的科学生涯、聆听他关于纯粹数学与应用数学的真知灼见，可以帮助我们更好地理解数学的真谛与文化，更深地领略数学家的使命与功能。

### 留学时代

林家翘祖籍福建，却在北京长大。他的父亲林凯虽无大名气，却是名人戊戌六君子之一林旭(1875-1898)的弟弟，英年早逝前为清末铁道部的一名文职人员。他的母亲则是民国期间先后担任

过北京师范大学校长和厦门大学首任校长的邓萃英(1885-1972)之妹。他的妻子梁守澐为福州人，是中国航天事业的奠基者之一梁守槃(1916-2009)院士的妹妹。

中国前几年对高考状元宣传热烈，但许多状元仅成了昙花一现的过客。林家翘也曾是某种意义下的“状元”，1933年以全校第一名的成绩考进了清华大学物理系。但他是读书种子常青树，四年后依然以第一名的成绩毕业于清华大学物理系，随即留校担任助教，成了抗战时期西南联合大学的一员。

当年，日寇的铁蹄正在践踏祖国的山河。林家翘一毕业，日军就进攻了上海。我最近在中央电视台的纪实频道中，看到国民党桂系军队与日军殊死搏斗的历史镜头。但是，就像一百年前大刀高举的义和团不敌洋枪在手的西方列强一样，缺乏空中优势的我军，再强的爱国主义激情也难以转换成杀敌扬威的战场捷报。深知保卫上海的第三代柯蒂斯鹰双翼飞机远比不上速度更快的日本战机，林家翘的老师周培源(1902-1993)敏锐地感到空气动力学及航空工程等应用力学的人才是国家所迫切需要的。他大力呼吁有机会出国深造的留学生尽快学习研究这些知识。

1939年，林家翘与比他年长近7岁的北京大学物理系毕业生郭永怀、比他大近4岁弃文从理的同系学长钱伟长(1912-2010)，以及其他十八个英才同期考取了庚子赔款留英公费生。他们三人5门的考试总成绩均超过了350分，都被原本只配给一个名额的力学专业录取。英国是诞生牛顿的国家，是应用数学的发源地，并且其传统几百年不衰。20世纪上半叶的世界流体力学权威泰勒爵士(Sir Geoffrey Ingram Taylor, 1886-1975)正担任着皇家学会的研究讲

座教授，提出了对付湍流的新方法。但那年年底希特勒纳粹对波兰的闪电式入侵导致第二次世界大战的爆发，船只交通中断，他们无法赴英。第二年，在周培源教授的帮助下，他们改道留学加拿大，8月份一同抵达多伦多大学的应用数学系攻读研究生。

有趣并且幸运的是，林家翘与郭永怀及钱伟长三人都跟随了爱尔兰籍的系主任辛格（John Lighton Synge, 1897-1995）教授做学问，日后都成了东西方有名的应用数学家。他们三人都在第二年拿到硕士学位，钱伟长研究的是板壳理论，而郭永怀和林家翘做的属于流体力学。如此看来，具有深厚英国应用数



钱伟长

学学派传统、1943年成为英国皇家学会院士的数学家及物理学家辛格，让这三位华人分别选择固体及包括液体和气体在内的流体作为他们硕士论文的力学对象，已经穷尽了人类通常见到的物质三态。

一拿到硕士学位，这留加“桃园三结义”中的“大哥”与“小弟”都奔赴美国加州理工学院深造而去，那是周培源的博士母校；中间的“二哥”钱伟长则继续跟辛格读博，又过了一年就神速地将博士帽戴在头顶，然后也去与他们会合了，只不过摇身一变为博士后性质的研究工程师。辛格在那个时期可能已经是“身在曹营心在汉”，经常朝国境线南边的美国跑。学生的快速毕业说不定也与此有关。辛格的英文维基传记上说，1941年，他成了美国布朗大学的访问教授，1943年被任命为俄亥俄州立大学数学系主任，三年后又成了卡内基理工学院（中国桥梁之父茅以升（1896-1989）是那个学校的第一个工学博士）的数学系主任，到了1948年他回归自己的祖国，当上1940年建立的都柏林高等研究院理论物理部的高级教授（Senior Professor），当时另一个高级教授是大名鼎鼎的理论物理学家薛定谔（Erwin Schrodinger, 1887-1961）。如果说，辛格日后成为学界名人的三位中国弟子是他加拿大事业的骄傲，那么他在美国的最大成就可能是他回国前将天才学生纳什（John Nash, 1928-2014）推荐给普林斯顿大学读数学博士。当然，他对后代的一大贡献是生育了一个未来的美国科学院院士及美国数学会的女会长 Cathleen Synge Morawetz（1925-）。

郭永怀与林家翘从遥远的加拿大东南部扑向美国的西海岸，原因很简单，那里有赫赫有名的空气动力学家冯·卡门坐镇加州理工学院。1939年，比林家翘年长不到5岁的钱学森已经在冯·卡门的门下获得博士学位，1943年当上了加州理工的助理教授，两年后提升为副教授，36岁时由于导师的推荐而成为麻省理工学院当时最年轻的正教授，过了两年又回到母校加州理工学院担任喷气推进中心的主任。他大概是冯·卡门的最优秀弟子，虽然一生的学术成就难



从左至右：普朗特，钱学森，冯·卡门

说已经“青出于蓝而胜于蓝”，但他对祖国国防科技的贡献可以和他的老师对居住国的贡献并驾齐驱，甚至有过之而无不及。冯·卡门从肯尼迪总统手中接受首届国家科学奖章时，正有 81 岁的高龄，获奖后不到三个月就去世了。当 45 岁的总统想搀扶这位德高望重的科学家时，一生幽默的他微笑着轻轻挣脱，又不忘吐出一句调侃之语：“总统先生，一个人向下时不需要扶助，只有向上时需要。”钱学森是迄今为止唯一的中国“国家杰出贡献科学家”称号获得者，他获奖感言喷发出的爱国烈火感动了许多中国人。我二十年前读过冯·卡门的自传 *The Wind and Beyond*，其中专列一章只谈他的学生：Dr. Tsien of Red China（红色中国的钱博士）。作者认为钱学森是他的最杰出弟子（“my most brilliant student”）。加上“最”字就说明了一切，因为西方人一般慎用形容词的最高级，一旦用了，往往只说“之一”。二十多年前美国大学助理教授位置难拿时，我听说一位数学大教授给他每个弟子的推荐信中都说此人是他“最好的学生之一”，于是他那些位居下游的博士们也可以到处耀武扬威一番了。虽然冯·卡门在他的自传中没有提到他的其他中国学生（原因之一大概是他们没有钱学森与美国移民局苦斗五年的生动故事），但就一生的学术贡献而言，或许林家翘可以和他的最优秀师兄相提并论。

冯·卡门慧眼识能人，看出了林家翘不是只会考试的平庸之辈，因此他给这位中国小伙子出的博士题目不是一个小问题。那是一个关于平行剪切的稳定性问题，是在德国著名理论物理学家索默菲（Arnold Sommerfeld, 1868-1951）指导下，1923 年于慕尼黑大学拿到博士学位的海森堡（Werner Heisenberg, 1901-1976）的博士论文主题。索默菲本人虽然获奖无数，就是缺了一枚诺贝尔奖牌，后来由他的几个杰出学生为之弥补了，其中最有名的是海森堡，1932 年因共同创立量子力学以及他最有名的“测不准原理”而得奖。

无论怎样给全世界历史上最伟大的物理学家排名，他的名字都会在前十之内。

地球的表面大部分是海洋，地球的上空到处是气流。自然界每时每刻发生的从层流到湍流的变化，就是不稳定性作祟的结果，其变幻无常对于物理学家来说，简直就是扑朔迷离，至今都有重重迷雾。索默菲对湍流一直怀有敬畏之情。据说早在量子力学刚刚显山露水的20年代，他只指望“在我去世前，有人告诉我量子力学的秘密。”而当别人问他“那湍流的问题呢？”他回答道：“那只有等待圣·彼得在我上天堂时告诉我了。”他相信年轻的海森堡足够聪明、足够独特，就让他去“抽刀断湍流”。

海森堡的博士论文研究湍流的本质及层流的稳定性。这要求利用关于层流小扰动的一个线性四阶微分方程，称为奥尔-索默菲方程。它的求解极具挑战性，因为方程有某种物理意义上的边界奇异性。海森堡非凡的直觉使得他找到了总共四个的可能解。他并且推测到当

稳定流边界条件被打破时所产生的湍流性质。但是他没有给出令人信服的物理解释，不太精密的求解过程说服不了比较谨慎的理论家。这常常是物理学家和数学家之间处理问题的相异之处。海森堡的著名论文《关于流体流动的稳定性与湍流》就是他博士论文研究的结晶。

林家翘严谨化了海森堡留下的存疑部分，本质上是求解上述方程的特征值问题。他通过某种数学变换，采用了一种称为渐近逼近法的解析手段来处理海森堡未能严格解决的问题。此法基于从稳定过渡到不稳定时临界雷诺数会很大的这样一个观念，因此可用一个大的参数给出渐近展开式。这种情形我们在微积分的应用中也会遇到。比如一个收敛级数可能及其缓慢地收敛，而采用某种渐近方法，其收敛速度可以出奇的迅速。现已成熟的偏微分方程数值解的奇异摄动理论就是这种思想的后继者。林家翘如此得到的解析解与海森堡从直观上“猜”出的结果定性相符。后来，人们将这段历史戏称为“海森伯格猜出而林家翘算出了二维湍流解”。



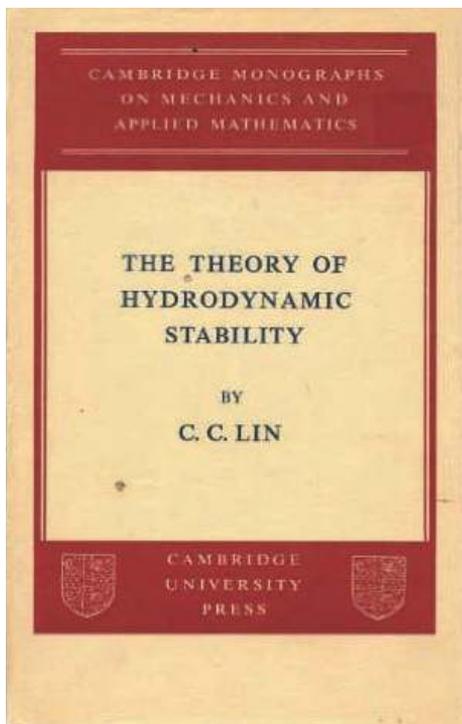
海森堡

但是林家翘有点超越时代了。那时，渐近方法还没有什么完整的理论，导致一些人不承认他的奇思妙想。用差商近似导数的有限差分法似乎是当时近似求解微分方程的不二法门，于是一位名叫 Pekeris 的德国数学和物理学家就用有限差分的通常技术，设计了对付同样的平面层流问题的直接数值方法，其结果却与海森堡和林家翘得到的恰恰相反。

这个时候，海森堡已经丢开了流体力学这个“小题目”，而早已成长为量子力学新天地中的一名骁将。二战后，作为战败国一员并曾为希特勒的原子弹计划挂过帅的科学家，他有机会再次回到流体力学这个论题。40年代初林家翘还仅仅是个二十多岁的博士生，名气上远远不敌那个 Pekeris 教授。有一天，林家翘的导师与同胞大数学家冯·诺依曼在一家中国餐馆聚餐，抓住机会把林家翘介绍给这个现代电子计算机的创始人。这两位匈牙利人大部分时间都用母语交流，幸运的是，冯·诺依曼可以讲一口比冯·卡门流利得多的英语（后者在其自传中讲过一则美国记者把他嘴里吐出的“实验室”英文 laboratory 听成“洗手间（lavatory）”的笑话），因此林家翘可以请求他帮助用差分法验证海森堡问题的答案。最终，在那个时代最强大的 IBM 电脑帮助下，计算证实了海森堡和林家翘是正确的，而对方的错误在于对这类奇异诡秘的方程，步长取得过大，以至于不能对依赖于变化率很大的雷诺数的函数取得可靠的数值逼近。

林家翘这个早期学术生涯的争论经历，让他更坚定地相信科学研究中的物理直觉，而不是盲目地相信数值计算，无独立思考地服从权威。常规方法的数值计算，对于通常的非奇异问题，结果常常是令人信服的，是与实验或事实相

符合的。但是自然界是复杂多变的，看似确定性的变化过程却时有可能显示出随机性的不可预测。这是混沌学里司空见惯的现象。如果60年代初的日本研究生上田皖亮（Yoshisuke Ueda, 1936-）敢于冒犯导师的权威而坚持自己的观点，那么“混沌之父”的桂冠说不定就戴到了他的头上。当初他在计算中发现了对初始条件的敏感性这个杜芬微分方程的内在混沌特性，但是东方文化浓厚的导师训斥他：不要想入非非，这仅是计算误差的传播而已。另一方面，如果麻省理工的洛伦兹（Edward Lorenz, 1917-2008）教授在他的气象玩具模型微分方程组的计算中死抱“误差传播”的教条而看不到本质的区别，他也会痛失“蝴蝶效应”的发现权。



林家翘专著《流体稳定性理论》

林家翘的博士论文打响了日后

成为流体力学“稳定性之父”的第一炮。这个杰出的工作被他收进1955年由剑桥大学出版社出版的著作《流体稳定性理论》，这是世界上第一本系统讲述流动稳定性的专著。40年代后期，当海森堡又回到自己的博士论文课题时，在哈佛大学召开的一次美国数学会年会上，他对林家翘的工作赞不绝口，说一个中国人运用深刻的数学方法，得到了更好的结果。于是林家翘的名气开始在美国应用数学界和物理界冉冉升起。后来，林家翘进一步证明了一类微分方程解的存在性定理，为最终彻底解决海森伯格问题所引起的长期学术争议建立了数学基本理论。

林家翘1944年博士毕业后，留在喷气推进实验室从事了一年的博士后研究，继续与导师合作研究湍流的理论。同时，他还研究了用于飞机设计和火箭发展的燃气涡轮的空气动力学、振荡机翼和冲击波理论，这些工作在他第二年开始的教授生涯中延续了下去。

### 教授生涯

林家翘的正式教职起始于1945年，那年他被聘为美国布朗大学的应用数学助理教授。一年后，他被提升为副教授。1947年，他就被麻省理工数学系挖去当副教授，1953年晋升为正教授。麻省理工创校之初的几十年，数学系



林家翘在演示螺旋结构

基本上是只管教书的服务系，尽管创造型的大数学家维纳一直呆在那里。那些年，每个教授每周要教十几小时的繁重课程，包括维纳。但是从40年代开始，尤其是二战结束后，学校领导懂得了数学研究的重要性，开始重视数学系的发展，从此数学系的定位由教学型转为研究型。之后的一甲子直至今日，麻省理工的数学系从地面飞到天上，甚至可以和旁边的哈佛比比高低了。

林家翘加盟麻省理工学院，可以说是该校应用数学研究的起点。他发展了解析特征线法和WKBJ方法，解决了关于微分方程渐近解理论的一个长期未决问题。命名WKBJ方法的四个字母来自四个先驱者的姓Wentzel、Kramers、Brillouin及Jeffreys。这个方法用于一类带小参数的线性常微分方程，其未知函数最高阶导数的系数就是那个几乎为零的小参数。当参数等于零时，方程的阶数下降至少为一，因而解的结构和性质发生大的变化，这和动力系统领域的分支现象类似。WKBJ方法的基本思想是将解写成带有参数 $\delta$ 的一个渐近级数当 $\delta$ 趋于0后的极限。将这个渐进级数代入原方程，可以通过逐项比较的方法决定级数中 $\delta$ 幂次的系数函数。这是当今已经广泛使用的奇异摄动法的一个典型范例。我在密歇根州立大学数学系读博士学位的第二个短学期，修过一门课程《应用数学高等论题》，内容为奇异摄动方法，是一位数学系和机械工程系的双聘教授讲授的。那位来自台湾的风度翩翩的高个头王教授，其50年前的应用数学博士学位就来自麻省理工学院。我那时还不知道林家翘身兼奇异摄动大军的教头，否则我修这门课的劲头会更大，尽管我还是拿了个A。

林家翘是美国当代应用数学学派认可的领路人之一，也是国际公认的力学和应用数学权威之一。就像陈省身被誉为“现代微分几何之父”，有人将他尊为“应用数学之父”。除了上述的两项杰出工作外，他在应用数学方面的最大成就之一当属流体力学，其主要贡献包括：平行剪切流和边界层的稳定性理论、与冯·卡门共同提出的各向同性湍流的谱理论及冯·卡门相似性理论的发展，以至于被国际同行戏谑为“不稳定性先生”，引领了一代人的探索与研究。林家翘在清华本科的老师周培源毕生着迷于探索湍流的奥秘，也希望自己的弟子沉浸其中。现任的中国南方科技大学校长陈十一，80年代中期跟随他念的博士，专攻湍流。林家翘晚年在清华大学回忆道：“周先生已经吩咐我，一定要研究‘湍流’，因为这是一类基础科学研究。”在这一极具挑战性的领域，林家翘为老师争了光，与自己的博士导师成了早期湍流统计理论的主要学派。2010年5月7日《光明日报》上登载了周培源应用数学中心主任、清华大学教授雍稳安的评述：“第一个系统地建立了流体（比如水、空气、血液）流动稳定性理论的是林家翘先生。这个理论是迄今为止的湍流理论的基础和一个重要组成部分。”

一名学者终其一生，即便只有一个较大的科学发现，就足以引为自豪了。有位数学系的主任曾经做过统计，美国所有高校的数学博士一生发表数学论文的平均篇数差不多是一。几乎所有的科学家一辈子只在一个领域里劳作，只在一处矿场中寻觅，发现一块稀有矿石就可用“杰出”来形容了。更多的大学教授拿到终身位置后就开始享受人生，不再用功，因为他们的业余爱好丰富，为之不吝时间。林家翘不仅有第二大学术成就，而且这个成就是在他成为正教授