

中国随机系统控制理论的奠基人

—— 陈翰馥院士

程代展 方海涛 中国科学院数学与系统科学研究院



陈 翰馥 1937 年 2 月生于浙江杭州，1948 年入浙江绍兴县立中学，后并入浙江省立绍兴中学，1952 年因父亲工作调动转入上海市复兴中学。从中学起他就对数学产生了浓厚兴趣，立志学数学。1954 年高中毕业后被保送到留苏预备部，在北京俄语专科学校学一年俄语。1955 年暑期宣布留苏学员分配方案，他分到列宁格勒水运学院工程经济系，这个专业和数学相距甚远，但考虑到国家的需要，他和许多热血青年们一道打点行装、登上了北去的列车。

1957 年暑期，陈翰馥在第聂伯河基辅港实习期间获悉国家正在调整留学生专业，成为数学家的愿望又在胸中燃起，他只身前往我国设在莫斯科的留学生管理处，力陈理由，申请更换专业，或许是个人命运注定与数学有着不解之缘，他的申请获得批准并于 1957 年秋季转入著名的列宁格勒大学（今俄罗斯圣彼得堡大学）数学力学系，得到许多国际知名数学家（菲赫金哥尔茨、法捷耶夫、林尼克、伊勃拉基莫夫等）亲自授课，他以门门功课全 5 分的成绩于 1961 年毕业，陈翰馥的导师挽留他继续留苏深造，但未能如愿。

回国后被分配到中国科学院数学研究所，1962 年成为钱学森和关肇直创建的控制理论研究室首批成员，任研究实习员。1978 年陈翰馥破格晋升为中国科学院数学所副研究员，1979 年 10 月转入新成立的系统科学研究所，1983 年被评为博士生导师，1986 年晋升为研究员，1987 年至 1991 年任中国科学院系统科学研究所副所长，1994 年任中国科学院系统控制开放实验室首任主任，1995 年至 1998 年任中国科学院系统科学研究所所长，现为中国科学院数学与系统科学研究院研究员。

陈翰馥 1987 年和 1997 年先后两次获国家自然科学奖三等奖, 1993 年当选中国科学院院士, 1996 年当选 IEEE 会士 (Fellow), 2005 年当选第三世界科学院院士, 2006 年当选国际自动控制联合会 (IFAC) 会士 (Fellow), 2014 年当选国际系统与控制科学院院士, 2014 年被评为“科学中国人年度人物”。曾任中国科学院数学与系统科学研究院学术委员会副主任 (2003—2012), 中国自动化学会理事长 (1993—2002)、中国数学会常务理事 (1993—1999)、国际自动控制联合会 (IFAC) 理论委员会副主席 (1987—1993)、技术局成员 (1993—2002)、执委会成员 (2002—2005)。曾任《系统科学与数学》和《控制理论与应用》主编, 国内期刊《中国科学》《科学通报》《数学学报》《应用数学学报》《数学物理学报》和国际期刊 *Systems and Control Letters*, *Adaptive Control and Signal Processing*, *Stochastics and Stochastic Reports*, *Control and Cybernetics*, *Discrete Event Dynamic Systems*, *Nonlinear Dynamics and Systems Theory* 等多家学术刊物编委。任 *Asian Journal of Control* 及 *Kybernetes* 的顾问, Birkhauser 出版的系列书 *Systems & Control: Foundations and Applications* 的副主编 (1988—2001) 及顾问 (2001—)。

陈翰馥最初从事随机信号的滤波、内插与预报, 1966 年他与合作者在《自动化学报》发表了处女作《多项式叠加平稳随机信号的预报和滤波问题》, 之后由于“文化大革命”, 研究工作中断 5 年之久。1971 年恢复研究工作中, 他主要研究随机系统的状态估计及控制和对策等。从 20 世纪 80 年代至今, 陈翰馥主要从事递推辨识、随机逼近及适应控制的理论研究, 这一时期完成了迄今为止他最重要的研究工作, 使他逐步走向世界, 成为我国控制理论在国际学术界产生较大影响的学者。陈翰馥的主要学术成就如下。

20 世纪六七十年代, 陈翰馥系统地研究了线性随机系统能观性和不用初值的状态估计的联系, 给出了随机能观性和能控性的新定义, 克服了以往这两个概念在确定性和随机性情形下不能统一的缺陷, 当系统随机能观时, 他还给出了不用初始条件的状态估计的递推公式, 其代表性学术论文《On Stochastic Observability and Controllability (关于随机能观性和能控性)》是“文化大革命”结束后代表我国参加 1978 年在赫尔辛基举行的国际自动控制联合会 (IFAC) 第七届世界大会的唯一论文, 在会上宣读后论文受到同行的重视和好评, 并被推荐到 IFAC 学术期刊 *Automatica* 于 1980 年全文发表。在这期间陈翰馥的另一项代表工作是奇异随机控制问题, 他给出了使指标趋于最优的随机控制序列, 从而解决了这一曾在 20 世纪六七十年代长期没有解决的问题。

在 20 世纪 80 年代, 陈翰馥的研究转向随机系统的辨识和适应控制。他于 1982 年发表在《中国科学》的论文《最小二乘辨识的强一致性及收敛速度》较早证明了

常用的“持续激励”条件不满足且噪声方差可能无界增长时最小二乘估计的强一致性。在此期间，他把分析递推算法国际上流行的常微分方程方法和鞅方法结合起来，得到一大类梯度型算法收敛的充分条件，并把“小激励”方法用到适应控制中，使跟踪误差小于任一事先给定值，同时参数估计收敛到真值。加拿大 P. E. Caines 教授在他的专著 *Linear Stochastic Systems* (Wiley, 1988) 中把这个条件称为“陈氏条件”，并用相当大的篇幅引用该结果。在随机系统的辨识和适应控制方面，与合作者给出了估计误差的收敛(或发散)速度，并用“衰减激励”方法，给出最优随机适应控制，同时使系统的参数估计值收敛到真值。“衰减激励”方法在国外学术刊物上被公开评价为“强有力的方法”。

在 20 世纪 90 年代，陈翰馥着重研究随机逼近算法以及用随机逼近方法解决系统控制和信号处理中的问题。随机逼近方法从 20 世纪 50 年代初提出后，广泛地用于参数估计、优化等领域，但为保证算法收敛所要求的条件不易满足，从而这类算法应用范围受到很大限制。早在 80 年代，陈翰馥就和合作者提出“变界截尾”的方法，不用再对未知函数限制增长速度，这种算法后来称为“扩展截尾的随机逼近算法”；陈翰馥致力于把收敛条件降到最低，使随机逼近应用范围大为拓广。目前，扩展截尾随机逼近算法已成功地应用于非线性系统辨识、适应控制、适应滤波、大范围优化、主成分分析等领域。

进入 21 世纪以来，陈翰馥的研究重点在系统辨识，特别是 Hammerstein 及 Wiener 系统等非线性随机系统及变量带误差系统的辨识。目前对这几类系统常用的辨识方法是对固定样本数据集用优化方法求估计，当得到新的数据时，新的估计值不能用修正已有估计值的办法递推地获得，所以当数据值能不断获得时，已有的方法并不适用并且也不能保证以概率 1 的收敛性。陈翰馥对 Hammerstein 及 Wiener 系统及线性变量带误差系统都给出了递推辨识算法，并证明了算法给出估计的强一致性，对 Hammerstein 及 Wiener 系统，不仅辨识而且在适应控制方面也取得了进展，给出了适应控制使调节误差渐近地趋于极小值。

陈翰馥迄今为止发表期刊论文 210 余篇、专著 8 本，4 本在美国及荷兰出版 (John Wiley, Birkhauser, Kluwer, CRC Press 各出版 1 部)，其余 4 本在国内出版。他先后到加拿大、美国、日本、澳大利亚、法国、荷兰、奥地利、香港等地做合作研究。1988 年他负责组织的 IFAC 系统辨识和参数估计会议在北京成功举行，为后来我国竞争主办 1999 年 IFAC 第 14 届世界大会起了重要作用。陈翰馥参与了那届会议的组织 and 领导工作，并担任国际程序委员会主席，为会议的成功作出了重要贡献。

陈翰馥是国内随机系统控制理论研究的先行者和奠基人。他培养的学生中涌

现出中国科学院院士、国家杰出青年基金获得者、美国 IEEE 会士等一批自动控制理论的领军人物。陈翰馥院士为系统控制研究人才的培养、推动系统控制理论在中国的发展做出了杰出贡献。