

评述专著《动力系统自忆性原理——预报和计算应用》

胡 隐 樵

(中国科学院旱区寒区科学与工程研究所, 兰州 730000)

由已知系统的过去历史推测该系统未来演变过程是预测问题原始实际提法。经典数理方程中的初、边值问题仅是预测问题的一种抽象和简化。要提高实际系统预测准确率, 必须推广经典理论。动力系统自忆性原理就是这种推广中的一种。曹鸿兴教授的专著《动力系统自忆性原理——预报和计算应用》(地质出版社出版, 2002)系统地论述了动力系统自忆性原理及其应用。

那么什么是自忆性原理呢? 通常, 动力系统是用微分方程、积分方程、差分方程等来描述的, 而对用含时间导数的方程描述的动力系统, 在引进记忆函数并运用内积、分部积分和中值定理后可导得一个差分-积分方程, 称为自忆性方程。求解该方程构成了一种新的预报和计算技术, 相应可构建一个自记忆模型。称由引入记忆函数把一个微分方程变换为一个差分-积分方程并求解的原理为自忆性原理。书中论述了, 发展自忆性原理的基点是强调系统的前后承续性, 强调系统自身演变对过去历史的依赖。也就是要预测未来, 就得立足现在, 回溯过去。自忆性原理将求解微分方程初、边值问题的数值模型与以量测数据为依据的统计模型有机地结合起来。它不但在学术上具有鲜明独创性, 而且在实用上也达到了高水平。

直观地考虑, 自忆性原理是很自然的。事实上, 系统的变化总与过去的历史相联系, 或者说系统总会记得它的过去。虽然对每种系统来说, 它的“记性”或遗忘因子是各不相

同的。例如, 由于流体的性质, 海洋运动缓慢, 海洋的记忆性要强于大气。研究系统记忆性不但是理论上的一种抽象, 而且有它的实验基础。例如在实验中证实了布朗运动的记忆性, 生物膜离子通道中存在记忆性。在人文、社会科学中, 关于记忆性的概念和思想, 比比皆是。在心理学中不但记忆是重要的研究课题, 而且是解释许多心理学现象的依据。个人举行生日派对、团体常组织成立 $N \times 10$ 周年庆祝会, 这是个人或团体自忆性的一种外在表现形式。回忆其过去的历程, 正视现在, 展望未来。

天气预报、地震预报、环境预测乃至经济预测等大大小小的预报、预测问题, 尽管有着各自的理论和方法, 但必然也有其共同规律, 需要从系统论角度来研究, 以创立新理论、发展新技术。动力系统自忆性原理的研究就是在这个方面的一个尝试。

本书中除文水预报、可解方程算例等少量内容外, 绝大部分内容是近十年来作者等学人们的研究成果。第一章为基础知识; 第二章阐述动力系统自忆性数学原理; 第三章论述一种新的时间差分格式——回溯格式; 第四章讲述使用量测数据反导出一个微分方程, 然后应用自忆性原理的方法; 第五、六、七章则是关于天气预报、气候预测方面的。但对运用物理场方程(如流场、磁场)作预报的领域, 如海洋、水文、地球系统、空间物理等仍有参考价值。第八章介绍自忆性原理与混沌、界壳有关的内容; 第九、十章列举了自忆

性原理在环境、市场、农业等不同领域的应用。

1991年提出系统自忆性原理以来，人们已将它应用到多个领域。建模、计算和预报，尤其在预报方面取得了显著成果，提高了预报准确率。如在大气正压模式的预报中，自忆回溯格式的准确率比蛙跃格式高出1~2个量级；对水文预报，在断面流量推算中自己忆模型比马斯京根法的精度高出53%。已有的工作成果表明，无论对由微分方程描述的动力系统，或对有一定观测长度的时间序列，只要应用了自忆性原理，就必定能提高该系统或序列的预报准确性或模拟精度。自己忆模型能提高预报（计算）准确率的原因是，通过用历史量测值来估计记忆系数而蕴涵了

系统历史中对预报有用的信息；另外，在模型中通过中值项强调了局地点对其本身发展变化的贡献。

本书是完成国家自然科学基金会研究项目的重要学术成果。曹鸿兴及其课题组通过多年辛勤工作，提出和发展了自忆性原理和模型。本书是这些研究成果的全面总结。本书出版无疑对气象预报研究和业务以及其他领域的预测研究都将有所裨益。

本书内容新颖，实用性强；在叙述数学原理的同时，尽可能给予物理的、学术上的解释。同时对每一个模型和方法几乎都给出了计算实例，尽可能做到深入浅出，值得有兴趣的学仁们阅读参考。