

雷震教授：在关键问题上挥洒青春

编者按：正值不惑之年的雷震，已经在数学界大放异彩：他是复旦大学数学科学学院的院长，也是国家自然科学奖二等奖获得者、陈省身数学奖得主等等。这些都是他在 Navier-Stokes 方程上十年如一日的思考与研究的结果，也应证了他对于自己的要求：“在关键问题上挥洒青春”。

自从雷震第一次进入复旦大学数学科学学院已经过去了 23 年。二十三年之前雷震还是一位刚进入科研道路的年轻人，二十三年之后他已经成为了不可压流体力学方程领域的专家。“人们都知道数学很难，但我觉得我们做数学不能仅仅追求难，而是要追求有意义的问题。”在被问到他的数学理念时，雷震这样回答。

在过去的这些年里，每当雷震向其他人讲述方程之美时，他的眼睛永远炯炯有神，充满幸福感和成就感。

奋楫笃行：享受“冲浪”的快乐

在复旦读博阶段，雷震进入了非线性波动方程的研究领域，弹性力学方程组是其典型代表之一，对理解多种物理现象至关重要。雷震在研究生第一年便面临了一个严峻的挑战：二维弹性力学方程组平衡态附近经典解的整体适定性问题，这是一个关键且难以攻克的堡垒。直至博士毕业，雷震也未能攻克这一堡垒。

博士毕业后，雷震持续深耕于不可压情形的流体力学方程组解的数学理论，尤其关注二维情形的弹性力学方程组和三维情形的 Navier-Stokes 方程组解的整体适定性。他在研究中发现，不可压流体存在一种非线性的内蕴强退化结构，该结构显著增强了非线性项的稳定性。基于这一发现，雷震提出了“强零条件”的概念，把这种新发现的非线性内蕴强退化结构数学化，解决了长期困扰学界的多个关键难题，并最终建立了二维情形弹性力学方程组平衡态附近经典解的整体适定性理论。继此成就之后，雷震与其博士生蔡圆以及合作者林芳华、Masmoudi 合作，又建立了粘弹性流

体力学方程组关于时间整体成立的粘性消失理论。

在千禧奖问题之一的 Navier-Stokes 方程组 (NS) 解的整体适定性研究领域中, 雷震与侯一钊合作建立了首个满足能量等式的三维模型并揭示了 NS 中对流项具有出人意料的安全性机制, 并与张旗合作建立了轴对称情形的解产生有限时间奇性的判别法, 进而刻画了潜在奇性解破裂的速度。而后, 雷震又与他的学生任潇及张旗合作, 进一步得到了关于轴变量周期的古代解的刘维尔定理。

雷震在不可压流体力学方程组研究领域的长期努力, 使他收获了丰富的学术成果, 更赢得了同行的广泛认可和高度评价, 他发表的八篇代表性论文累计被引用三百余次。世界不会辜负每一个努力的人, 2021 年, 雷震与周忆一同获得国家自然科学奖二等奖; 2023 年, 雷震被授予第二十届陈省身奖。

然而, 研究之路从不是一片坦途。雷震坦言: “经历的失败远多于成功。” 他将自己的人生比作解方程组, 成功则在于解出它们: “这个方程组我已经思考了十余年。每天面对它, 都在寻找正确破解之路。” 与其说是失败, 他更愿意将科研比作冲浪, 认为它是一种起伏不定的状态, 但也是一种可以享受的生活方式: “你会感到无路可走, 但转瞬间又豁然开朗。激动得整夜难眠, 却可能在早晨发现自己又走错了路。极度绝望时, 又能看到曙光, 就这样周而复始。” 他笑言: “科研之路充满了各种困难, 因此, 做数学需要勇气。” 科研不总是一个可预期的行为, 研究时常起起伏伏, 正如冲浪一般, 而雷震则是浪尖上勇敢的弄潮儿, 不畏艰难, 开拓创新。

为国攀登：追求“有用”的问题

雷震曾在美国加州理工学院从事博士后研究, 并曾为普林斯顿高等研究院 member 及哈佛大学访问学者。他当时有机会留美工作, 但却毅然决然选择了回国。“中国人是有大国情怀的。我们天生就应该有一些超出自己研究领域的梦想与追求。” 他坚定地表示: “作为数学人, 当然, 我们要为中国的数学事业做尽可能大的贡献。” 这种爱国情怀激励着雷震在科研领域不断向高峰攀登。