

张建军:在基础数学的迷宫中寻求“极小极大解”

通讯员 宋芳 实习记者 龙艳



庆祝中国共产党成立100周年
重庆市青年科技领军人才巡礼

“基础数学的研究正如迷宫中的游戏,有些新的思路往往无法从已有结果中借鉴,需要在各种未知中找到解决问题的线索。”来自重庆交通大学数学与统计学院的张建军教授这样介绍自己的专业领域。

“宇宙之大,粒子之微,火箭之速,化工之巧,地球之变,日用之繁,无处不用数学。”但是数学,尤其是基础数学,特点是抽象,逻辑严密,在外人看来可能是神秘且枯燥的。很多人都有被数学打击的经历,张建军也一直被数学困扰,总是怀疑自己是否适合研究数学。“视数学如初恋”,正是对数学的这种爱,让他一直坚守在基础数学研究领域,至今已有二十余年。



人物介绍

张建军,重庆交通大学教授、硕士生导师,清华大学基础数学专业博士,重庆市青年科技领军人才协会会员,美国《Mathematics Review》期刊评论员。先后在南开大学陈省身数学研究所、巴西帕拉伊巴联邦大学、意大利英苏布利亚大学从事博士后研究工作,获得意大利副教授国家科学资格认证(Abilizzazione Scientifica Nazionale)。

在《Communications in Partial Differential Equations》《Journal of Differential Equations》《Calculus of Variations and Partial Differential Equations》等学术期刊发表SCI检索论文40余篇,其中ESI高被引论文4篇。主持国家自然科学基金2项,主持意大利伦巴第研究员基金(GLOCAL ERC)项目1项,主持中国博士后科学基金(二等)1项、主研国家自然科学基金4项。获中国矿业大学优秀教学质量二等奖1项(排名第一)、教学成果奖一等奖1项(排名第4),2020年入选重庆市高校中青年骨干教师。

结缘数学 上下求索

张建军擅长逻辑思维,高中时期,数学成绩非常突出,1997年,他顺利考入中国矿业大学攻读数学与应用数学专业。

张建军的主要研究领域是非线性泛函分析及其偏微分方程中应用,该方向的主要理论基础是泛函分析。张建军告诉记者,他在这个研究方向上的兴趣,源于大学期间《泛函分析》课程的任课老师潘志。“他是一位治学严谨的分析学家,总能把抽象的理论娓娓道来,由浅入深,使我被泛函分析这个研究方向深刻的理论所吸引,立志进入这一研究领域。”找到自己的研究方向后,张建军更加有了前进的动力,开始投身到广阔的数学海洋中。2003年,他考入本校的应用数学专业攻读硕士,毕业后,考入清华大学的基础数学专业攻读博士学位。

对数学的探索由表及里、由浅入深,张建军面对的未知也越来越多。2007年,韩国数学家Byeon和法国数学家Jeanjean利用罚函数和局部形变的方法,在非线性项满足一类充分且几乎最优的条件下,获得了集中于势函数局部极小点的单峰解,但是其非线性项是次临界增长。张建军在清华大学导师邹文明教授的建议下,研究该问题的临界情形。“临界情形带来的困难主要是紧性难以验证,导致次临界的方法很难直接应用,同时,解的无穷模估计也将更为困难。”为了克服这些困难,张建军先后与多位国际知名专家交流,依然无法找到解决问题的思路。

尽管如此,张建军仍然没有放弃对该问题的探索,最后,他通过和清华大学陈志杰博士合作,利用研究一类特殊的Palais-Smale序列行为,成功解决了问题,获得了临界情形的集中行为。该论文为研究一类临界奇异扰动问题,特别是非线性项不满足单调条件或Ambrosetti-Rabinowitz条件的集中现象,提供了解决思路,并被多次引用。



张建军在德国汉诺威莱布尼兹大学作题为《带有临界增长的二维薛定谔系统基态解》的报告。



张建军在巴西国际会议上作报告。

敬畏数学 探索未知

应用数学大多侧重于基础理论在具体问题中的应用。不同于应用数学的实践性,基础数学倾向于基础理论的研究,研究一般停留在理论层面的探讨,对于其具体的背景与运用,则不过多讨论。“一般基础数学都是超前的,比如代数中的群论和矩阵,出现很早,但应用于具体问题也是近几十年的事情。”张建军说道。

在意大利做访问学者期间,张建军与合作的导师研究哈密顿椭圆系统的半径问题,已有的结果都是关于幂函数非线性项的情形,而指数非线性项相当于无穷多个幂函数的叠加,这方面鲜有结果可以借鉴,而且多项式情形的思路难于应用于指数情形。“研究之初,我们仅仅解决了解的存在性问题,而解的符号和集中行为迟迟没有找到解决思路。”这个问题就一直困扰着张建军,那段时间,无论在公交车上,还是饭后散步,他脑海里不断重复思考这个课题。“有时灵光的闪现就在那无意的瞬间,一天下班后,我在公交车上和往常一样望着窗外,突然,一种灵感浮现在眼前,回到宿舍便立刻投入验算和论证,直觉上这个思路是可行的,兴奋的心情让我几乎失眠。”为了避免思路被打断,他连续一周都在宿舍研究这个课题,只有饿了才停下来休息一会,仿佛漫长黑暗中突然看到亮光的夜路人,亢奋的心情也催生了很多新的思路,经过反复的推导和验证,终于将该课题解决。功不唐捐。张建军的研究结果成功在分析领域的著名刊物《偏微分方程通讯》上发表。张建军说道:“现在回想这个结果,有些精妙的思路甚至无法回忆当初是如何得到的。”

基础数学更倾向于逻辑思维的严密性和前瞻性,很多理论难以在短期内应用于实际问题。在张建军看来,长期从事基础数学的学习和研究,关键在于对数学的热爱和信仰,在于享受那份攻坚克难后暂时的成就感。数学研究往往是寂寞的,投入与产出往往不成正比例,科研过程就像一场长跑,难能可贵的是耐力和永不放弃的毅力,也像一场数学拼图,最后成功的喜悦能让人觉得一切的付出都是值得的。

立德树人 甘为人梯

张建军不仅是基础数学迷宫中的求知者,还是一名大学教师。在教书育人方面,张建军用科研反哺教学,在知识探究中激发学生潜能,他在充分了解教学内容,掌握理论知识体系的内在联系和因果关系后,从最简单的情形引入抽象的理论内容,开展探讨和循序渐进的教学方式。为了使学学生更好地接受、理解和运用所学理论知识,他尽量将抽象的内容变得形象生动,注重学生和自己互动,提高学生的学习和主动性。

一次访学回国后,为了抓紧时间指导学生毕业论文,张建军借来学院办公室的座椅板凳和黑板,在教学楼外为学生们搭建起了“露天教室”。教书育人不限室内室外,简陋的条件不减张建军的教学热情,他和学生一起探讨数学问题,边讲边板书,不一会,黑板上便“长”满了密密麻麻的公式。学生们听得聚精会神,有学生反馈道:“露天上课感觉很不错,就是这块黑板不够大,张老师讲课是要仔细推演的,他需要一块更大的黑板。”

张建军认为,真诚和沟通是处理好学生和师生关系的重要方法。目前,张建军有两位硕士研究生已顺利毕业,其中一位即将到重庆邮电大学攻读博士学位,她的本科专业并不是她期望的数学专业,同时,她还要参加其单位的日常工作。当她入学时,张建军即将到意大利开展学术访问,出国前他多次给她讲解重要的理论内容,并为其制订了相对容易且可行的学习计划,在国外期间每周都与其保持沟通,通过微信电话了解她的学习进度,并解决她学习中遇到的困惑。

“2018年我曾三次飞回国内参加学术交流,她每次都会来找我汇报研究进展,请教课题研究中的困难和学术论文撰写的方法,经过三年的努力,个人感觉她已经掌握了本研究方向的基本研究方法。具备了一定的独立科研的能力。”功夫不负有心人。这名学生的一篇关于变号解的学术论文,在其研三时成功被本学科的知名刊物《非线性分析》接受。从与这位研究生的相处经历中,张建军深刻体会到,只要真心对待和耐心指导,也许研究生的基础并不是你所期待的,但他们一样可以做出很好的成绩。

当前,基础数学研究依然是中国科研的一个“薄弱环节”,在国务院印发的《关于全面加强基础科学研究的若干意见》中,将基础科学在国家发展中的作用提升到前所未有的地位。未来,张建军将戒骄戒躁,致力于与几何问题有关的非线性偏微分方程的研究,不断提高自身的学术水平,勇攀高峰,为数学理论的知识转化和技术领域“卡脖子”问题提供强有力的理论工具支撑。

本版图片均由受访者提供