



耦合智慧 为中国高铁“铺轨”

——记中国科学院院士、西南交通大学首席教授翟婉明



■ 本报记者 葛仁鑫

1981年秋天,18岁的翟婉明考上西南交通大学,第一次坐上火车,从江苏靖江奔赴四川峨眉。

当时,坐火车远行是很多人向往的事情,青年翟婉明更是满怀期待。然而买票时他得知,大雨致使宝成铁路一段路基塌方,坐火车只能绕道,那趟列车辗转上海、昆明,一路颠簸,花了4天3夜才到目的地。一路上,这位铁路领域的新生吃着为数不多的干粮,疲惫地挤在车厢过道,心里是生怕钱不够的惶恐。

“那种感觉就好像挨了当头一棒,给我上了毕生难忘的‘入学第一课’。”翟婉明回忆说,那时候他就在想,火车能不能跑得更快点?坐得更舒适些?因而在入学之初,他就萌发了改变中国铁路落后面貌的想法。

随后40余年时光列车不停,中国铁路六次提速、高铁从无到有,我国建成世界最大的高速铁路网,风驰电掣的“复兴”速度纵横神州。在这期间,翟婉明从一路攻读本硕博的学生到西南交通大学首席教授,再到中国科学院

院士,始终将个人发展融入国家战略中。从教至今,坚守在轨道交通领域教学与科研一线,为我国轨道交通事业蓬勃发展、为中国高速铁路引领世界作出了重大贡献。

回顾翟婉明的科研经历,“耦合”是一个无可替代的词语,其核心是指事物之间存在的相互作用与联系。他创建了“机车车辆—轨道耦合动力学”全新理论体系,他的人生更是与中国高铁发展紧密“耦合”,在他的科研和教学实践中,“耦合智慧”处处可见。

翟婉明

中国科学院院士、西南交通大学首席教授、我国首屈一指的轨道交通工程专家。他创立的车辆—轨道耦合动力学全新理论体系,在国际上被称作“翟模型”,助力中国铁路六次大提速及高速铁路飞速发展。曾获国家科技进步奖一等奖、陈嘉庚科学奖、全国优秀共产党员、全国五一劳动奖章等荣誉。

车辆—轨道耦合

创立“翟方法”和“翟模型”

翟婉明出生在农村,恢复高考后,他成了改革开放之初较早的一批大学生。1985年本科毕业时,翟婉明又成为国家第一批免试入学的硕士研究生,继续在西南交通大学深造。

“靠着国家的好政策,我们才能从农村走出上大学,因此格外珍惜。”翟婉明回忆说,学生时代,他如饥似渴地学习,除了每周六看一场露天电影,几乎没有别的娱乐活动,大多数课余时间都在上自习,因此打下了扎实的专业基础,成绩一直处于专业前列。

在当时的专业学习中,书本里都是以国外科学家的名字,这让翟婉明有些遗憾,“那会儿暗地里就有个梦想,将来(专业书籍里)能不能出现自己的名字,哪怕是命名一些小的东西也行。”

1987年,翟婉明提前一年完成硕士论文并通过答辩。著名机车车辆专家孙翔发现翟婉明在科研上具备突出能力,希望他将研究方向从车辆传热学转为机车车辆动力学,这是发展快速、重载铁路的关键学科方向。

暑假期间,孙翔教授接连给翟婉明寄了两封信,一再勉励他:“国家现有铁路运输能力与社会需求间的矛盾十分突出,应投身到国家铁路发展主战场。”这让翟婉明下定决心转变研究方向。于是,他以博士入学考试第一名的成绩,开启了铁路工程动力学研究之路。

当时,经典的车辆动力学、轨道动力学理论分属两个领域,是将车辆和轨道分开进行研究的,遇到复杂的车辆与轨道相互之间的动态作用问题,传统研究的局限性就凸显出来了。

“车在轨道上跑,两者是一个互相依存的整体,为什么不把它们放在

一起研究呢?”1990年春天,还不到27岁的翟婉明提出设想:把车辆系统和轨道系统视为一个相互作用、相互耦合的整体大系统,综合研究列车在线路上的动态行为。

在传统的研究方向面前,这个设想十分大胆。而面对这样一个复杂的整体大系统,如何高效求解是最大的阻碍。

此前,在孙翔教授主持的重载列车动力学研究中,就已经面临着“算不动”的难题,迫切需要一个适配的算法,这个任务被导师交给了翟婉明。

这显然是一个科学计算领域的问题,虽然超出了自己的研究领域,但翟婉明没有任何推脱,他将时间与精力倾注在这一研究上,夜以继日地思考。一个凌晨,半梦半醒的他突然灵机一动,想到可以结合著名的纽马克方法,反向利用隐式时间积分方法,从而构建快速显式数值积分方法,“当时一下从床上爬起来,赶紧把它写下来,然后如饥似渴地推导。”

这种适合于大系统动力分析的快速显式数值积分方法,后来在国际上被称为“翟方法”,得到广泛采用。在当时,该方法也直接为翟婉明“车辆—轨道耦合动力学”的理论研究设想提供了算法支撑。

与重载列车动力学的研究相比,车辆—轨道耦合动力学是一个更加复杂的大系统,对计算的要求更高。

那时候,计算机资源不足,翟婉明就错峰使用学校的计算机房。白天,机房里人多,计算机供不应求,他就开展理论推导、分析;晚上,别人走后,他钻进机房,把一组组计算参数输入到不同的计算机里同时计算;第二天,在别人来之前,他早早地把计算出来的一大批数据取走。

在提出设想后的几年里,翟婉明不断完善“车辆—轨道耦合动力学”理论,结束了长期以来铁路领域将机车车辆和轨道割裂开来研究的局面,为我国后来的火车提速和高铁建设奠定了扎实的理论基础,这一理论体系在国际上被称作“翟模型”。

理论—实践耦合

科研成果助推中国铁路高速发展

1997年,京沪、京广、京哈三大干线上的列车开始提速,拉开了我国铁路六次大提速的序幕,迎来了中国铁路发展的拐点。

让火车跑得更快,却不止提速这么简单,线路、桥梁等各类基础设施必须达到提速标准,才能确保列车运行的安全和平稳,其中涉及众多科研难题。

例如,上海到南京的沪宁线比较平直,第六次提速时就计划在该路段实现时速250公里的目标,然而该线路上有两座钢结构的桥梁,此前是按照时速120公里的标准修建的,拆掉再新建成本高,而且中断运输经济损失巨大。应该如何加固和改造桥梁?就涉及列车通过桥梁时的振动与行车安全问题,而当时国内还没有这种涉及高速领域的动态安全评估技术。

“铁路科技管理部门一开始准备引进国外的技术,到法国去考察,结果就被‘卡了脖子’。”翟婉明回忆说。法国专家拒绝技术转让后,铁道部科技司决定组织国内该领域优势单位的力量,由翟婉明任组长,开展跨学科联合攻关,不断实践,最终攻克了这一难题。

六次大提速后,我国逐步迈进高铁时代。中国地域面积广、地形地貌复杂,为高铁建设带来的挑战之多,世界罕见。

在高铁建设初期,最大的挑战是没有设计标准和建造标准。

以高铁线路为例,平面曲线和纵断面曲线的半径最小可以取多少?曲线和直线之间的连接有个缓和曲线,这个缓和曲线长度该如何选取?线路坡度最大能到多少?这些设计参数都直接影响线路上高速列车运行的安全性和平稳性,必须有科学、明确的标准。

该难题的解决得益于翟婉明提出根据动力学理论来科学预测高速列车的动态性能,即基于理论模型模拟高速列车在线路上的行驶过程,看行车的性能指标是否满足标准,从而倒推线路设计参数的合理值。

“也就是说,我们在线路设计图纸阶段,就能把行车的状态模拟出来,从而不断优化调整设计参数。”翟婉明

说,高铁建设成本高,绝不能“摸着石头过河”,必须确保万无一失。

理论的突破离不开实践的检验。为了验证自己的研究,翟婉明常常带领团队跟着铁路安全员一根轨枕、一根轨枕地走,到现场寻找答案,开展了大量调研和现场试验。如2008年京津城际高铁开通之前,铁道部组织了高速行车试验,为了采集一座特大桥上的高速行车动力学性能指标,他带着测试团队在现场一待就是35天。

“当时,他一直和大家在测试工棚开展测试,到现场去掌握第一手的实验数据对于验证理论模型的正确性至关重要。”赵春发1998年读博士时就已经加入了翟婉明团队,如今是西南交通大学轨道交通运载系统全国重点实验室列车与线路研究所副所长,他回忆说,由于线路上白天有列车运营,团队只能晚上去布点收集数据,而翟婉明冲锋在前的精神,一直激励着整个团队,“即使是现在,遇到大数据的采集时,他依然是站在一线。”

正是在这样的刻苦钻研下,翟婉明团队的研究成果直接支撑确定了不同类别高铁的最小曲线半径、曲线外轨超高、缓和曲线长度、坡度代数差等线路设计关键参数,并广泛应用于我国各种类型的高速铁路工程设计,包括一次建成线路里程最长且建造标准最高的京沪高铁、客货共线且跨海的福厦高铁、首次在大跨度桥梁上铺设无砟轨道的昌赣高铁等从“0到1”的标志性工程。

科研—教学耦合

培养轨道交通拔尖创新人才

尽管科研任务繁重、工作堆积如山,但对教学,翟婉明始终怀有赤诚之心,在指导学生方面,他从来没有吝惜过时间。

“要完全实现中国轨道交通引领世界的梦想,还有很多工作要做,需要很多各种类别、各种层次的科技人才来支撑。”翟婉明谈到,目前教学的主要任务,就是培养高层次轨道交通领域的拔尖创新人才。在他看来,要实现这个培养目标,科研和教学是分不开的,两者需融为一体。

一方面,在重大科研实践中培养高层次人才,是翟婉明带学生一直坚持的方向。他认为科学研究是教学的一种特殊形式,本身就有育人作用,对于研究生教育更是如此。

“科研不是纸上谈兵,翟老师看重的,是你的科研能不能在实践中解决真问题。”兰州交通大学教师李鹏浩曾是翟婉明的博士生,他回忆说,导师总是以实际行动,激励大家既要有服务国家战略的宏大视野,又要能以严谨的态

度处理好细节,同时掌握好科研的方法。如今,这些也成了李鹏浩常常和自己学生讲的内容。近年来,他不断带着学生投身到兰新高铁、兰州地铁等轨道交通的科研工作中。

另一方面,翟婉明团队坚持将最新的科研成果及时融入课堂、融入教材,把最前沿的理论和方法传授给学生。

“现在高速铁路发展那么快,你再去讲20年前的东西肯定是落伍的。”翟婉明长期主讲“铁路大系统动力学理论”“车辆—轨道耦合动力学”两门课程,是车辆工程、载运工具运用工程两个国家级重点学科的主干专业课。他的理论专著《车辆—轨道耦合动力学》,随着我国高铁建设不断完善和丰富,已经出版至第四版,第五版也正在修订中。

在学生中间,翟婉明的“严”是出了名的。“铁轨上1毫米的误差可能引发事故,科学研究岂能有丝毫马虎?”这是他常挂在嘴边的话。

“我们交上去的论文,翟老师方方面面都会注意到,经常是改得一片红。”罗俊读博期间师从翟婉明,毕业后留在团队从事教学科研工作。作为团队里的“90后”,他谈到,这种严谨治学的态度和学风,让年轻的学生和老师成长得更快。而且,罗俊介绍,翟婉明会根据年轻老师的性格特点、学术专长等方面,为每个人做规划。“所以大家无论科研还是教学,都会很踏实,虽然有压力,但更有动力。”

严师出高徒,目前,翟婉明培养的博士研究生和博士后已超过100位,他们活跃在我国高速铁路、重载铁路以及城市轨道交通各领域,许多人已经成为学术带头人和技术负责人,正在为我国铁路交通事业的发展持续不断地贡献智慧与力量。

“中国高铁已经取得了举世瞩目的辉煌成就,我相信通过一代一代的努力,我们在国际上能够站得更好、站得更稳。”翟婉明谈到,下一步,团队还将继续结合国家发展战略需求,持续不断进行科研攻关和人才培养,为中国高铁持续引领世界作出更大的贡献。



翟婉明带领学生做实验。

本版图片除署名外均由鞠红伟摄

以教育家精神铸魂强师 谱写教育强国建设华章

资料图片