

## “老科学家学术成长资料采集工程”系列报道⑤

沈志云,1929年出生,湖南长沙人。1952年毕业于唐山铁道学院。西南交通大学教授,机车车辆动力学专家。1991年当选中国科学院院士,1994年当选中国工程院院士。他在机车车辆动力学尤其是轮轨动力学、运动稳定性、曲线通过理论和随机响应等研究方面成绩卓著。其标志性成果有三:创建了轮轨非线性蠕滑力模型,即“沈氏理论”;主持研制成功中国第一台导向货车转向架,开创了无轮缘磨损新纪录;主持建立的机车车辆整车滚动振动试验台,达到国际先进水平。晚年一直坚持为发展高铁奔走呼吁。

## “轮轨丹心”沈志云

田永秀

多年来,沈志云在机车车辆动力学的研究方面硕果累累,为中国铁路高速、重载运输、高新技术发展和铁路高等教育作出重大贡献,其“沈氏理论”享誉世界。

## 基本功的练就

1929年,沈志云出生于湖南长沙。其父小学教师,其母家庭妇女。沈家并不富裕,兄长沈芸志是沈志云人生领路人。自幼父兄教育他,只有好好读书才能有出息。抱着这样的信念,沈志云读书非常用功。小学尚未毕业,日本侵略的战火已烧至长沙,沈志云随家人逃难到湘西。沈志云在国师附中六年成绩年年第一。国师附中的优秀教育给沈志云打下了良好的基础。

1944年,因战火临近,国师附中从湖南蓝田六亩塘搬到溆浦,沈志云与家里失去了联系,也失去了家里的经济支持,不得不在“半工半读”中完成学业。高中毕业时,湖南临近解放,沈志云一心想去参加革命工作。兄长沈芸志派人去国师附中将沈志云“押”回家,让他复习备考大学,还卖掉了自己的结婚戒指,让沈志云赴武汉赶考。沈志云报考了唐山工学院、清华大学和武汉大学,皆被录取。最后按兄长的建议选择了唐山工学院,从此与铁路结下了一世之缘。

1952年,因国家建设的需要,沈志云提前从唐山工学院留校当助教。助教三年,沈志云天天写教案,试讲,做习题,辅导学生,虽然没能正式上讲台,却打下了扎实的物理学功底。这对沈志云其后的科学研究非常有帮助。

沈志云的研究思路及方法的训练主要得益于留学苏联攻读副博士学位之时。1957年,沈志云被国家选派去苏联留学,学习车辆修理专业。这个专业的技术含量不高,钱伟长在其出国的评审材料中批示:“希望以后不要再派学这种专业的人出国。”但是,沈志云却从这个学术含量不高的专业学习中受到了系统的学术训练,养成了受益终身的学术思维与方法。

沈志云的指导老师尼可拉耶夫曾经在修理工厂工作过十七年,深知实际生产过程中,有很多问题亟待解决。他给了沈志云列有一百多个题目的选题清单,让他先去工厂看看,根据实际需要选择研究题目。就这样,他给沈志云指明了一个进入科学研究殿堂的切入点。沈志云通过对工厂生产的实际调查,选择了各工厂都期待解决的车辆修理中一次性落车(即车辆修理好后放置在转向架上)的问题,成功解决了该问题,得到专家们的好评,获得了副博士学位。而从实践中发现问题,在理论上进行研究,再去实践中进行检验,就成了沈志云受益一生的研究模式。

## 一鸣惊人的沈氏理论

“文革”中,沈志云被扣上了十八顶“高帽”,受到巨大冲击。“文革”结束时,沈志云已快五十岁了。为了赶上世界潮流,他如饥似渴地更新知识,阅读专业文献。他将每天的时间分成四块,晚上10点以后的第四块时间是他的学习时间,往往一学就到深夜两三点。

1982年,沈志云前往美国麻省理工学院(MIT)做访问学者。在美国,53岁的沈志云以“饿牛吃草”的状态进行学习。一年多的时间,沈志云听了8门机械工程方面的课程,翻阅了美国MIT图书馆收藏的机械工程方面的全部论文。在MIT,他主要进行了轮轨蠕滑力的计算问题研究,并取得了重大突破。如何定量地确定轮轨蠕滑的力学特性,一直是车辆动力学的难题。国际学者沃尔夫、约翰逊等作了很多研究,其中卡尔克的研究最为突出。卡尔克将轮轨蠕滑理论由线性发展为三维的非线性理论,还设计出DUVOROL程序,是公认的最精确的蠕滑理论。但其计算量太大,又没有显式公式可以输入,因此使用起来非常不方便,难以推广。

找到既快速又精确的轮轨蠕滑力计算方法

是当时学术界高度关注的问题。沈志云和MIT的指导教师赫迪克都想在此有所突破。于是,这个任务就成了沈志云在MIT的研究任务。沈志云每周给赫迪克汇报研究进展。后来,为了得到现场测试数据,他又和卡罗拉多州普耶罗实验室的总工程师叶尔金斯合作,由叶尔金斯提供现场测试数据。沈志云提出,可用卡尔克的线性理论来改造沃尔夫-约翰逊的线性公式,再用沃尔夫-约翰逊的非线性化的曲线来修正误差。他的这种设想得到了赫迪克和叶尔金斯的赞同。于是,沈志云按照这个设想设计新的计算方法,将其制作成计算机程序。

圣诞节至元旦的这一周美国学校放假,学生回家了。沈志云就利用实验室的二十几台计算机一起跑程序,二十四小时不间断,做了整整一周。一方面,用卡尔克的方法做;另一方面,用沈志云设想的修正方法做。整整一周,他不断地巡视着每台计算机,大门都没出去过。整座大楼寂静无声。困了,沈志云就在机房的沙发上打个盹,饿了就在走廊上的自动售货机里买杯咖啡,买点饼干充饥。一周下来,主体计算基本完成了。

结果非常理想,在主要的计算中两组数据差距都不超过10%,完全可以工程应用。而新方法的速度比卡尔克的方法快几十倍。研究成功了!赫迪克和叶尔金斯对沈志云拼命工作的印象非常深刻,称他不仅思路清晰,而且“每天工作24小时”。

国际轮轨蠕滑力研究权威卡尔克对沈志云等发明的这一方法给予了高度评价,说解决了

改装后的导向转向架效果很明显。导向转向架试验车4618运行两年多,轮缘最大磨耗为1.5mm,最小为0.5mm;轮轨有些部位的黑皮都没磨掉。对比车4673仅运行半年多,轮缘最大磨耗就达3.5mm。导向转向架的研制获得了成功。1989年,该研究通过了铁道部的验收,并列入1990年铁道部示范性推广计划。同年,该成果荣获铁道部科技三等奖。

## “提着脑袋”建国际一流的试验台

科学研究离不开实验。早在1978年沈志云就提出了建立一个试验台的想法。1988年国家计委启动了第二批国家重点实验室的建设申报,沈志云再次提出建设国际一流的车辆滚动试验台。他说轮轨关系虽然看似简单,但科技发展到今天,人类依然无法准确地把握轮轨相互作用,“要使上百吨的机车车辆在试验台上自由滚动和振动,其难度可想而知。但是,非如此不能解开轮轨这个黑匣子”。德国的慕尼黑研究所试验台世界最先进,其试验时速度达到了500公里,我们若做不到500公里,可以先做450公里,“在精度上、在功能上超过他们”。当时列车的一般时速为60-70公里,450公里显然是很多人都未曾认真思考过的速度。沈志云所在的西南交通大学力排众议,支持沈志云联合校内各方力量申报机车车辆滚动振动试验台。这次国家重点实验室全国共有275家申报,只有50个指标。沈志云领衔的机车车辆滚动振动试验台在申报评审中脱颖

如今,高速铁路已成为中国最响亮的名片,改变人们的生活方式。而沈志云近二十年为中国高铁发展奔走呼吁,其高铁战士、高铁卫士的形象在中国高铁发展史上跃然纸上。

一直想解决而未解决的问题,并称这“是铁道车辆动力学中能够采用的最好的非线性蠕滑力模型,是铁道车辆系统动态仿真最适用的方法,是1983年世界蠕滑理论发展的标志”。后来卡尔克将这一方法命名为“沈-赫迪克-叶尔金斯”理论,将其归纳为三维弹性滚动接触力学的第四大理论,并且说第四大理论是最适合于在车辆动力学中运用的理论。

## 零磨损的货车导向转向架

曲线区段上的钢轨及轮缘磨损,是铁路运营中遇到的一个严重问题,有时甚至影响行车安全。要解决这个问题,一是改造线路,加大曲线半径;二是钢轨涂油;三是改造转向架结构。前二者成本大,施工难。第三种方法被视为安全可靠的技术手段。1985年,沈志云受国际学者启发,萌发了研究导向转向架的想法,开始研制新型轮轨用导向转向架。

沈志云在学校的车辆实验室专门设计一个半圆形的轨道试验台,目的是检验所设计的导向机构能否发挥作用,使通过曲线时,轮对轴线指向轨道曲线半径的方向,收集各种数据,改进设计。他们以齐齐哈尔工厂所研制的A3型转向架为基础,加装了一系橡胶堆和杠杆式导向架。改装完成后,新导向转向架模型在试验台测试效果不错。1987年8月,齐齐哈尔车辆厂按照他们的设计参数,改装米轨用的导向转向架,并装入C30型4618号敞车。9月,该车送至昆明进行实地试验。12月,1辆同型号、技术状态相同的常规转向架敞车(C30型4673号车),也送到同一路段运行,以便对比。

而出。西南交通大学让沈志云全面负责实验室的建设。从设计理念,到挑选骨干,沈志云作了周详的考虑。1989年4月,国家计委委派专家到西南交通大学对实验室进行现场评估。考察结束时专家问沈志云:“建这么大的实验室,要承担什么样的风险,你想过没有?”沈志云一愣,只好如实回答:“如此大的设备,如果搞成功了,非常有用;如果失败了,那就是一堆废铁,是很大的浪费。”专家说:“这么巨大的浪费,恐怕你的性命难保。”此后几年,沈志云时常感受到“提着脑袋”的压力,未敢有丝毫懈怠。

在实验室建设过程,试验台的建设方案进行了很大的调整。首先,试验台从原本的一轴试验台发展为四轴试验台。只有四轴才能做整车试验,才能在国家科技及经济发展中发挥更大的作用。国家重点实验室的世行贷款经费为135万美元,要建成国际领先的实验室,经费捉襟见肘。试验台功能扩大,意味着经费投入增加,不仅增加人民币,还需要增加外汇。在20世纪90年代初,大笔外汇都靠指标调配,其难度可想而知。沈志云踏上了找经费的道路。他和助手拿着报告,到科委、计委、教委等单位找领导汇报,请求支援。铁道部更是他们重点争取的对象。为了节约经费,他们居住在铁道部附近招待所的地窖里,和七八个素不相识的旅客住在一个房间,吃饭也是在小摊上随便对付几口。好在铁道部领导非常认可建设国际一流的整车试验台的思想,想方设法投入120万美元作为实验室的建设配套外汇。

其次,试验台延长成了三车可以一起做试验的平地试验台。在试验台设计的时候,沈志



云充分考虑到了试验的方便性,要求试验台与地面齐平。这样不仅做试验方便,且试验台两头还可以延伸,这样中间放试验车,两边各放一辆车。三辆车在一起,一是动力学的运行模拟,可以考虑连挂车的影响。二是可以进行法国铰接式两车共用一台转向架的高速列车的试验。这一功能在国际上是唯一的,德国慕尼黑试验台也不能做这种试验。

1993年初夏,试验台安装调试成功。试验台由两部分组成,下面是基础平台,按时速600公里以上的要求设计,重量就达4000多吨。支撑这个基础平台的是65根钢筋混凝土灌注柱,每根柱直径600mm,打入地下近25米深。基础平台上面是机械台,由广州重型机械厂投标承建,制成后运到成都安装,整个机械台重达532吨。

1994年1月28日,试验台首次做车辆的滚动振动试验。试验台是否成功,要看车辆在试验台上是否出现蛇形。在轨道运行中,失稳就是蛇形失稳,一旦出现蛇形,表明试验台成功地模拟了实际运行情况,试验台就成功了。随着沈志云一声令下,大家屏住呼吸盯着控制屏幕。突然,蛇形出现了。大家不约而同欢呼:蛇形了!蛇形了!沈志云也笑开了,脑袋别在裤腰带上日子结束了,试验台终于建成了!他在日记中兴奋地写道:“几年奋斗终于达到了目的!”

1995年11月,国家重点实验室通过国家验收。实验室建成后,完成了大量试验任务。实验室第三任主任张卫华说:“除了正常的检修,试验台从1995年正式启用以来,试验任务应接不暇,从未停止过试验,而且这一试验技术在几乎所有的机车车辆主机厂得到推广,这是在设计之初始料不及的。”实验室对促进铁路技术发展,尤其是中国高速列车技术的发展方面作出了突出贡献。1999年,由沈志云领衔的“机车车辆滚动振动试验台”获国家科技进步一等奖。

## 高铁战士

20世纪80年代末90年代初,中国铁路发展的困境开始出现,铁路严重滞后成为了国民经济发展的“瓶颈”。以沈志云为首的铁路技术专家开始呼吁发展高速铁路。但高速铁路的成本每公里达3亿~4亿元人民币,铁道部又难以承受。于是,围绕京沪线,出现了两派不同的意见:“急建”和“缓建”。两派在数年间针锋相对,展开了激烈的讨论。

沈志云是高速铁路“急建”派代表,认为建设京沪高速铁路从现实发展考虑是迫切需要的,且技术上可行、经济上合理、国力能够承受、建设资金有可能解决。他不仅从技术上论证,还在各种场合发表支持高速铁路建设的言论。1992年8月,他提出引进吸收的观点,主张通过引进提高自主研发的起点,同时大力组织关键技术的联合攻关,这样,中国才有望于“十五”期间,实现高速铁路的高水平国产化。他的这些思想不仅成为90年代各次讨论中发言的主题,也写入1999年工程院上报国务院的咨询报告中。对于2004年国务院对发展高铁提出“引进消化吸收再创新”的方针起了促进作用。

1998年,中共中央、国务院颁布了3号文件,要求“做好京沪高速铁路的前期技术准备,力争在2000年开工”。至此,“急建派”占了上风。京沪高铁马上建成了定论,但围绕采用轮轨或磁浮技术问题,再次掀起了“轮轨”“磁浮”的论战。沈志云是坚定的轮轨派。为了慎重起见,中国科学院采纳沈志云的建议,于1998~1999年组织有50多位院士及有关专家参加的咨询组,任命沈志云任咨询组组长,就磁浮列车同轮轨

高速铁路的比较开展调查研究。沈志云建议设立“磁悬浮与轮轨的比较”的咨询项目,由学部常委刘大响院士做项目主持人。项目召集了三次大规模的讨论会,论战双方各抒己见,激烈辩论。沈志云认为,高速铁路技术已经成熟了,而磁浮技术不成熟,不能工程化,其成熟至少需要10到15年时间。同时,轮轨的造价比磁浮低得多,仅为磁浮的1/3。

经过论战双方的辩论,形成了《磁悬浮高速列车和轮轨高速列车的技术比较和分析》的咨询报告,并于1999年3月由中国工程院呈交国务院。工程院提出,建设京沪高速铁路是我国发展高速铁路的首选,轮轨高速技术既是成熟技术,又是正在不断发展中的高新技术,在京沪线上采用轮轨技术方案是可行的;磁悬浮高速列车有可能成为21世纪地面高速运输新系统,具有明显的技术优势,因此建议磁浮和轮轨各找一段线路先修试验段。

但工程院的建议没有被采纳,2000年初决定在上海市内首先修建磁浮列车。轮轨派遭到冷落。铁路部致力于铁路提速,而沈志云则不断在报刊上发表文章,一边厘清人们对磁浮认识的误区,一边继续呼吁发展高速铁路。同时,他还到车辆工厂和铁道院校去作报告,呼吁发展高速铁路。5年时间,先后作了25场报告。在磁浮占优势的情况下,他努力保持着轮轨高速的声音不绝于国人耳。

2006年,旷日持久的轮轨与磁浮之争有了结果,国务院通过了京沪高铁的立项。铁道部宣布当年正式开工修建京沪高铁。沈志云的坚持有了结果,但他并未轻松下来。一方面,他积极投身于高速铁路建设,不仅指导团队进行高铁技术研究,收集高铁实际运行动态数据,还参与高铁通车前的验收。另一方面,他为中国高铁护航。在中国高铁发展过程中,质疑之声不少,诸如中国高铁的技术产权等问题。沈志云冲锋在前,回击着各种质疑的声音。他强调:“时速200-250公里的列车已经达到85%的自主知识产权,300公里时速运营的技术方面达到80%都没有问题。”

没想到,2011年7月23日的甬温线事故,让高铁饱受诟病。舆论铺天盖地地批判和谩骂,对高速铁路几乎全盘否定。高铁发展一时陷入低谷,通车的降速,在建的停工。沈志云非常难过,他第一个站出来指出:“7·23”事故不是高速铁路事故,与高铁技术无关,不要葬送了高铁的发展前景。他的发言很快让自己处于风口浪尖。他毫不畏惧批评和谩骂。9月,在华东交通大学召开第九届交通运输领域青年学术会议上,他作了题为《退一步进两步——论中国高铁的后发趋势》的学术报告。他认为,中国高铁经过大检查、大整顿、大改进后一定会“从低谷走向顶峰”,千万不要灰心丧气。“我们需要高铁,世界需要中国的高铁!”此后,他再次前往铁路院校和机车车辆厂、铁路局作报告,呼喊“退一步进两步”,鼓励大家不要泄气。铁二局干部激动地说:“听了您的报告,我们才走出了‘7·23’。”

正如沈志云所预料的那样,高速铁路很快恢复了元气。2012年,科技部组织编制了《高速铁路科技发展“十二五”专项规划》,国家再度肯定了高速铁路技术并将其作为“十二五”计划中要重点发展的高端技术设备之一。在党的十八大上,高速铁路被列入中国重大技术突破之一。沈志云兴奋之余,挥笔题写了“高铁春风暖丹心”。

如今,高速铁路已经成为了中国最响亮的名片,走向世界,改变人们的生活方式。而沈志云近二十年为中国高铁发展奔走呼吁,其高铁战士、高铁卫士的形象在中国高铁发展史上跃然纸上。(作者系西南交通大学政治学院教授)

## 延伸阅读

## 论我国发展高速铁路的技术政策

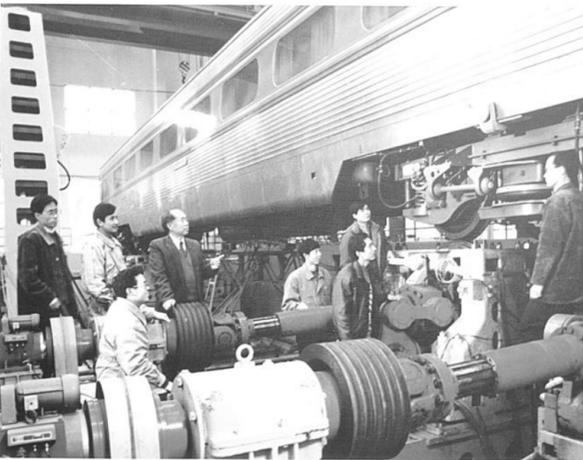
沈志云

我国是一个铁路大国,铁路运输所占的比重同其他运输方式相比,无论是客运还是货运,都占首位。随着国民经济的发展,运量同运能的矛盾日趋加剧。京沪等主要干线,客货运量均已饱和,早已到了应当客货分流,增修第三第四线的程度。因此,在我国发展高速铁路,实在是势在必行的事。

然而,高速铁路是最新技术的总汇。高速之下而要保证运行安全、平稳,确非易事,传统的铁路技术难以适应,需要大量更新。日本、法国、德国等,用了几十年的时间,苦心研究、试验,才取

得今日之成功。我们要在较短时间内,在我国建成现代化的高速铁路,应当怎么办?我们认为应取下述技术路线,即:引进消化,总结提高,形成特色,实现高水平的国产化。通过引进提高起点,通过消化吸收国外先进技术的精华,还需总结提高我们自己的经验,在我国国情、路情出发,逐步形成我国高速铁路技术上的特色,以实现高水平的国产化。

(摘录自沈志云手稿《引进消化,总结提高,形成特色,实现高水平国产化——论我国发展高速铁路的技术政策》,1992年8月16日作。)



▲沈志云参加现场研讨会



▲2011年6月任京沪高速铁路验收专家组副组长,负责检查移动设备。

▶同卡尔克教授(图左)研讨轮轨接触问题。

