

尹学军:志在科技报国的海归赤子

□ 张国芳



30年前,尹学军留学德国,1998年取得博士学位后回国创业。17年来,他满怀对振动控制事业的热爱,专注于该领域的研究与推广,尤其擅长大型装备和复杂工程的振动控制,先后将振动控制技术系统地应用于工业装备、核电装备、轨道交通和建筑桥梁等领域,为我国振动控制的跨越式发展做出了突出贡献。

去过北京长安街百盛商店的人,想必都感受过地铁一号线从地下通过时,楼面产生的振动和墙体发出的噪声。我国至今已有2900公里地铁投入运行,由于大多是先有城市后建地铁,因此很多线路不得不从居民楼下穿过。于是,地铁运行带来的振动噪声便成了关系千家万户的大问题,解决不好将会给沿线居民的生活造成巨大影响。

值得关注的是,近些年我国新建的地铁在靠近居民楼的地段,都采用了一种“钢簧浮置板”道床隔振技术,地铁无需拆迁或改线,即使从居民楼正下方穿过,居民也不会察觉到异样,避免了振动扰民,极大地方便了地铁的规划建设。

该技术正是由尹学军带领的隔而固(青岛)振动控制有限公司(以下简称隔而固)团队发明研制的,目前全国已有200多公里地铁和轻轨采用了该技术,每公里可避免拆迁费用3亿元以上,总计节省拆迁费用60亿元以上,最早采用该技术的地铁线路至今已安全运行12年。

17年前,尹学军刚回国时,我国的振动控制技术还停留在橡胶垫、钢丝绳、小弹簧隔振器的水平。那时,尹学军向人们建议把重达上千吨的汽车冲压线或高速旋转的汽轮机发电机组放在弹簧基础上,或让地铁运行在弹簧支撑的浮置板道床上,回应他的多是担心和怀疑。

17年后,经过尹学军和团队的不懈努力,振动控制技术在大型装备和复杂工程中得到了广泛应用,隔而固也逐渐成为了行业龙头。尹学军先后申请专利167项,已获专利授权115项,其中发明专利授权55项;参编国家和行业标准5部,发表专业论文250篇;作为主要完成人荣获国家科技进步二等奖2项、省部级科学技术一等奖4项、特等奖1项,2009年入选中组部“千人计划”,2014年起享受国务院特殊津贴。

胸怀科技报国壮志 奋力拼搏成就行业龙头

1985年尹学军被公派至德国柏林工业大学攻读硕士和博士学位,初到德国就被其现代化水平深深震撼。他默默许下心愿,要将西方的先进技术带回祖国,使祖国人民也享受上现代化的科技。

博士研究期间,尹学军主要从事高铁轮轨在高频运行下的滚动接触力学与磨耗研究,他如饥似渴地聆听着大师们的教诲,积极参与各种科研学术活动,打下了坚实的力学和振动学基础,养成了求真务实的科研作风。

毕业后,尹学军在德国一家公司工作,掌握了当时世界领先的振动控制技术。在了解到我国该领域与西方发达国家巨大的差距后,他看到了振动控制在国内的迫切需求和对国家科技发展的重要意义,产生了强烈的使命感。1998年,尹学军怀揣着创业激情,作为合伙人回国创立了隔而固,专门从事振动控制技术的研发和推广。2007年他又根据市场发展需要,成立青岛科而泰环境控制技术有限公司(以下简称科而泰),从事噪声控制技术的研发和应用。

隔而固创立之初,我国中高端振动控制市场基本处于空白,无论是企业还是专家都对振动控制技术了解甚少,谁也不愿第一个“吃螃蟹”。尹学军在推广技术时常常面对质疑:“数百吨的压力机放在弹簧支座上会不会晃得厉害,甚至晃倒?”有的业主甚至在安装隔振装置之后明明效果很好,但看到机器比先前晃得厉害,又让把隔振器拆掉恢复原状。在这种背景下,技术推广之路缓慢而艰难。

朋友们劝尹学军放弃,但他坚定地认为,高端振动控制技术对提升国家工业基础

和装备技术水平具有重大战略意义,他既然有幸掌握了世界上最先进的振动控制技术,就应该肩负起提升中国振动控制技术水平的责任。他说:“我坚信有价值的技术一定会被接受,我要做的就是尽快缩短我国高端振动控制技术与西方的差距。”

当时公司人员少,尹学军就一人身兼多职,放弃所有休息时间,带领团队跑遍了主要行业的设计院,参加各种学术会议和展会,使振动控制技术的重要性逐渐被业内认识,并逐渐应用于全国各地的工业装备、电力、地铁、建筑桥梁等行业。

客户们把尹学军和隔而固视为振动控制方面的专家,遇到问题就找他们解决。而尹学军也总能在较短的时间里拿出最佳技术方案,设计出适合的产品,得到业内专家的认可和支持。这一切得益于尹学军扎实的力学功底、一丝不苟的作风、谦虚好学的精神和高度的责任感。他充分利用这些优势打好打赢这些难题硬仗,做好行业首例工程,在行业内逐渐赢得信誉和知名度,隔而固也从默默无闻的小企业成为了行业龙头。

攻克振动控制关键技术 助推工业装备现代化

随着我国工业现代化的发展,各种大型工业装备产生的振动影响也越来越大,尤其是大型冲击装备和回转装备。尹学军主持了拥有自主知识产权的大型工业装备振动控制技术研究,建立了振动控制系统整体分析、荷载精确量化技术,并在国内外首次进行大型回转装备振动控制系统模型试验研究,创建大型冲击装备振动响应预测技术,发明高承载、高性能振动控制装置,形成了大型工业装备振动控制成套技术。

这些成果广泛应用于航空航天、国防军工、核电站、高端装备制造等领域,有力地保障了我国大飞机、核电站等重大项目的建设和投产,促进了我国工业装备的现代化发展,打破了国外技术封锁,总体达到国际先进水平。尹学军作为“工业工程振动控制关键技术研究与应用”项目第二完成人,获得2013年度国家科技进步二等奖。

车身冲压线是汽车制造厂的核心装备,但其工作产生的振动传播却非常令人头痛,所以压力机振动控制成为汽车厂一项不可或缺的关键技术。一汽车身厂里有一辆车身冲压线,其中最大的一条额定压力为2000吨的俄制压力机,冲压工作时产生的冲击振动很大,邻近的办公楼里面都能感受到每次冲击产生的剧烈振动,楼板的振动速度达到了31mm/s,这样强烈的振动困扰着该厂员工数十年。

2002年,尹学军了解到这一情况,认为这是一块硬骨头,但如果能攻下就会打开工业装备市场。于是,他大胆提出将冲压线整体隔振改造的建议。这意味着要将总重上千吨的6台压力机由原来的刚性基础原地置换到弹簧基础上。这在国内外从未有过,国外也有类似报导,但没有资料借鉴。

尹学军和同事们进行了详细的理论分析计算,设计了专用的钢簧浮置板隔振器,并制定详细的隔振改造工艺,包括钢梁基础切割加腿、顶升、放置弹簧隔振器、调平、高压油管柔性改造、恢复导轨等。德国工程师式的精心准备说服了评审专家,业主决定以10天大修时间,以交钥匙方式,委托隔而固实施整线隔振改造工程。尹学军调集精心培养的精英强将,进行了周密的生产准备,于5月10日准时完工。

压机线重新开动后,原来地动山摇似的振动不见了,压力机平稳地工作,地面振动速度仅有1.5mm/s,邻近办公楼里面也感觉不出冲压线是否工作。一汽集团在工作简报上对此进行了专门报导,项目的成功也让隔而固顺利打开了一汽集团和全国的压机市场。

尹学军还主持研制了大型冲击设备专用隔振器,并解决了弹簧圈共振断裂难题,可使弹簧在机身冲击加速度波峰值高达200g的锻锤等强冲击设备上长期工作。该

技术成功应用于数千台大型冲击设备,包括世界上最大的3.55万吨螺旋压力机和国内首台40000吨液压机。这些大型装备的顺利投产,实现了我国发动机汽缸缸盖等高端锻件从进口到出口的转变。

随着我国经济建设的快速发展,我国汽轮机发电机组单机容量由30万千瓦发展到100万千瓦。百万千瓦级汽轮机长达50米以上,自重3000多吨,总重5000多吨。如此巨大的汽机基础,最大振动容许值只有0.02mm/s—2.8mm/s,这对汽机基础的设计提出了新的技术挑战,汽轮机基础的振动控制成为关键技术。

传统汽轮机发电机组由汽机台板、立柱、中间平台和底板组成,属于空间框架,振动模态丰富,不容易避开共振频率,立柱和中间平台的振动往往会影响到汽机台板的振动。汽轮机发电机组弹簧隔振基础是在立柱与台板底面之间设置大型弹簧阻尼隔振器,使振动得到隔离,立柱及以下可按照静力基础考虑,而台板则与立柱以下动力学解耦,模态得到简化,容易避开工作转速附近的共振模态。因此,弹性基础的振动特性更加优越,分析更加准确。然而,由于大多数业主宁愿照抄以前的成功案例,也不愿第一个“吃螃蟹”,因此这项技术推广缓慢。

岭澳核电是我国自主设计的第一台半速百万千瓦级汽轮机发电机组,半速机组的工作转速是1500转/分钟,采用传统基础更容易发生共振。尹学军抓住这个机遇,精心准备汇报材料,带领团队多次与业主和设计院交流,最后通过了多位院士参加的技术评审。业主决定由隔而固公司负责汽机基础的力学分析和基础设计以及隔振装置供货,尹学军调集公司骨干组成项目组,对动力分析和基础设计中出现的问题逐一解决,圆满完成了任务。机组运行后,台板的振动只有1.3mm/s,远低于国际标准容许值2.8mm/s。

为了提高汽轮机发电机组基础动力分析和设计的准确性,尹学军还带领团队进行了动力学缩尺试验,解决了重力模拟、弹簧三向刚度精确模拟等技术难题,大幅提高试验精度的同时,也大大提高了动力分析和工程设计的精确性和可靠性,得到了电力系统专家和专家的认可,弹簧测振也在核电所有新机型及大部分火电机新机型中迅速推广开来。目前,我国新建的34台核电机组中,已有28台机组采用弹簧隔振基础,已运行的机组基础振动水平均处于优良区。

尹学军研发的振动控制技术还成功应用于三峡水电站等多个水电站水轮机组平台振动控制及大型燃气轮机发电厂等十几个城市燃气电厂的机力冷却大型风机隔振,解决了“城市电厂”墙体固体声超标的难题;研制的大型高频动力吸振器,成功解决了秦山核电站中间平台的振动难题,拓宽了国内外大型高频TMD的应用极限。

发明减振降噪系列技术 保障轨道交通和谐安宁

在轨道交通领域,针对地铁振动噪声扰民的难题,尹学军主持研发了具有自主知识产权的钢簧浮置板道床隔振和迷宫式约束阻尼轮轨降噪等系列技术,获得发明专利授权20余项。他先后开发了内置式钢簧浮置板道床减振系统、预制式钢簧浮置板道床减振系统及其附属装置,提出了完整的减振系统分析计算和设计方法,研制了液态和固态阻尼抑制隔振装置、上置式和中置式剪刃、变形监测装置、新型防水密封、耐高压穿式和分体式减振装置等关键装置,减振效果可达18—25分贝。该系统克服了传统技术的缺陷,可以方便地从上方检查或更换弹簧减振器,以及对浮置板道床进行调高调平,在维护时不影响地铁运行,成为业内公认的减振效果最好、最可靠的道床减振系统。

尹学军主持研发的迷宫式约束阻尼车轮及钢轨降噪技术,通过结构创新,使阻尼材料的有效作用提高10倍左右,减振降噪性能大幅提高。测试结果表明,迷宫式约束阻尼技术对于500Hz—20000Hz的轮轨噪声具有良好降噪效果,在曲线段取得了降噪8—12dB(A)的效果,性能指标达到国际领先水平。

目前,这两项技术已在上海、北京、广州等20多个城市轨道交通工程投入使用,所有应用地段均无居民环保投诉,实现了沿线土地增值和集约化利用,减少了改线、拆迁等原因造成的直接经济损失,在奥运会、世博会、亚运会的交通配套工程中发挥了重要作用。经鉴定,上述两项技术成果均达到国际领先水平,尹学军先后获得国家科技进步二等奖(第二完成人)、上海市科学技术一等奖、山东省科学技术二等奖(第一完成人)各1项。

钢簧浮置板技术的推广得益于北京西直门交通枢纽工程。2002年9月,地铁13号线试运营,一列列地铁列车从车站和指挥中心穿过,毗邻的5A级写字楼里面的人们依然泰然若若地办公、购物,完全不受干扰。

人们或许不会留意到这里的特殊,但对尹学军而言却意义非凡,因为这是我国首个采用钢簧浮置技术的轨道交通工程。

北京西直门地铁13号线出站后高架穿过过城铁指挥中心,如果不进行隔振,地铁经过时产生的振动会给写字楼和指挥中心造成干扰,项目的规划报批工作也因此停滞不前。尹学军了解情况后,经过缜密的分析研究,大胆提出采用钢簧浮置板道床隔振技术和高架穿楼钢簧支座三维隔振技术来解决此问题,其中高架穿楼钢簧支座隔振世界上尚无先例。

这项技术涉及建筑结构、轨道、桥梁、岩土、振动和抗震等多个专业,为了项目顺利实施,尹学军与业主和写字楼开发商进行沟通,与设计院配合细化技术方案,与铁科院合作进行轨道动力学和地震响应仿真分析,精心准备各种汇报评审资料,往返北京青岛30多次,最终通过了专家组的评审。

项目动工后,由于工期紧,尹学军带着团队加班加点攻坚克难,设计隔振装置,并住在工地附近不分昼夜监督重要施工节点,严把质量和工艺关,使项目取得了圆满成功,创造了国内外第一个工程业绩。西直门交通枢纽的成功为隔而固赢得了国内几乎所有城市的地铁高端隔振市场,为保障我国轨道交通和谐建设做出了重要贡献。

发展应用建筑减振技术 为“超级工程”保驾护航

在建筑领域,尹学军主持研发了具有自主知识产权的大型三维弹性隔振装置以及参数可调的调谐质量减振装置(TMD),获得了2项省部级科学技术一等奖。

大型三维隔振装置采用了一系列新技术,解决了钢簧的固体传声难题,可用于有固体声隔离要求的声学场合。目前三维隔振装置成功应用于国家大剧院录音房隔振、上海音乐厅厅房隔振,以及总重26000吨的中国首座“全浮建筑”上海交响乐团音乐厅整体浮置项目等国内外知名建筑工程,获得了业内的高度认可。

2003年3月,上海市文物保护单位上海音乐厅完成了整体大规模平移。虽然避免了高架公路噪声干扰,却又因临近地铁遇上振动干扰。如果不采取隔振措施,地铁运行时的振动和噪声将通过固体介质传播至厅内,严重影响演出效果。尹学军通过实地考察,综合音乐厅墙体减振性能和三维浮置隔振方案,提出了观众席整体三维浮置隔振方案,这在世界范围内是首次尝试。项目完工后,音乐厅组织了国内声学专家对项目进行了测试和鉴定,结果表明背景噪声下降了13分贝,各项指标均优于预期要求。隔而固凭借此项目成功奠定在建筑隔振市场的技术领先地位。

上海交响乐团音乐厅总重26000吨,因临近上海地铁10号线,地下建筑部分离地铁最近不足7米,一般情况下地铁运行会在音乐厅内产生明显的噪声干扰。尹学军与设计院和声学专家讨论,提出了建筑整体三维隔振方案,得到专家一致认可。项目完工后,2014年9月,上交音乐厅首演取得巨大成功,地铁运行产生的振动被300只大型弹簧隔振器高效隔离,保证了音乐厅内的最佳声学效果。上交音乐厅被音乐家们誉为世界最好的音乐厅之一,为我国建筑声学赢得了荣誉。而“全浮”技术也被赞誉为科学为艺术服务的典范,并成为众多嘉宾参观时必看的工业旅游景点。

尹学军针对风振、步行激振、设备运行激振等不同激励源特性,通过对技术原理和结构的创新,成功研制了系列调谐质量减振装置(TMD)。TMD采用了新型粘滞阻尼器,可以实现刚度和阻尼系数等关键参数的现场精确调节,减振效率高,目前已在上海世博会文化中心、广州亚运会博物馆、浦东机场登机桥、杭州湾大桥观光塔(100吨摆式)、崇启长江大桥等重大工程中应用。

港珠澳大桥是世界上最长跨海大桥,采用了多项世界先进技术,其中就有TMD抗风振技术。据悉,尹学军团队凭借出色的技术实力和巧妙的产品设计在招标中胜出,对大桥进行了系统的动力学仿真分析,优化出了TMD参数,在产品结构上创新了多项新技术,力求达到最大减振效果。为检验产品性能,专家要求进行大型TMD实尺大幅幅300万次疲劳试验,这在世界上是首次。没有合适的激振器,尹学军就带领团队自行设计制造激振器,及时完成了试验任务,得到了业主和专家的好评。

此外,尹学军利用科而泰平台,研制了适合我国国情的新型屈曲约束支撑、粘滞阻尼墙、摩擦式阻尼器、摩擦式阻尼桥梁隔振支座,目前已获得多项发明专利授权,其中屈曲约束支撑等产品已成功推向市场,可提高建筑抗震能力50%—70%。

以身作则辛勤耕耘 科技创新其乐无穷

尹学军注重科技创新,并以高度的责任

感、敏锐的眼光捕捉市场需求和行业难题,自主立项不断研发新技术、新产品,每诞生一种新技术他就立即申请专利保护,形成了一套高效的隔而固式科技创新体系和流程。同时,他还围绕核心技术申请多项专利,形成密集交叉和多层次专利保护壁垒,有效地保护了市场。迄今为止,尹学军团队已申请167项专利,人均申请专利0.8项,人均产值200万元,专利技术在销售收入的贡献率达到了70%,研发经费占销售收入比例高于3%。这是隔而固能够稳居行业龙头的根本所在。

尹学军还将西方先进的管理经验与中国实际相结合,打造了独特、和谐、高效的企业文化,以德式严谨对待工程、技术、质量和安全,以中国式的热情为客户提供技术服务。公司内部则以人为本,充分授权,通过激励机制使员工的创造力和自主性得到极致发挥,为员工营造快乐的工作氛围。这是尹学军精心打造的“无为而治”的管理方式,为他和隔而固赢得了大量宝贵的科技创新空间。

尹学军带领团队凭借过硬的技术、勤奋和严谨攻克了一个个难关,开拓了一个个市场,先后完成了5000多项大中型振动控制工程,应用领域覆盖工业设备、电力、轨道交通、建筑桥梁等,服务了西电东送、奥运会、世博会、亚运会等国家重大工程,使我国中高端振动控制技术及应用水平由弱到强,跻身世界领先地位。2013年,因表现突出,尹学军创新团队被国务院侨办授予“重点华人华侨创业团队”称号。

科技创新无止境 科技报国志高远

多年的丰富经验让尹学军对解决振动和噪声难题达到了“发现即有思路”的境界,他的团队更加强大,技术和硬件也更加完善,研发周期越来越短,成功率越来越高。但创新无止境,尹学军并不满足于眼前的成绩,而是牢记当初科技报国的宏愿,带领团队为振动控制技术得到更广泛、更高层次的应用而继续努力。

轮轨波磨是困扰轨道界百年的世界性难题,几年前,我国各地铁也大面积出现了波磨现象,严重影响地铁运行安全。尹学军迅速在科而泰自主立项开展研究,在迷宫式阻尼结构的基础上,经过反复试制和试验,成功研发了宽频降噪技术,申请了6项专利。据悉,该技术将有效减振频率扩展为200—20000Hz,覆盖波磨频率,已在重庆地铁上成功抑制波磨,并出口德国。这是我国轨道减振高技术产品首次出口发达国家,是我国自主创新的光荣。目前,尹学军团队正在南京等地试验其可重复性,为全面推广做准备。

日本福岛核泄漏事故发生后,引发了全球范围内的核恐慌,尹学军立即提出了核电站整体三维浮置隔振的方案。目前,尹学军团队已经将三维隔振系统成功应用于我国各核电站应急柴油发电机组的防震,以及喀什、唐山等电厂汽轮机发电机组的防震,积累了丰富的技术储备。尹学军表示,核岛采用整体隔振后,地震的影响可降低50%—70%,相当于降低地震烈度一度到一度半,大幅降低我国内陆核电选址。如果这项技术能够成功应用,将是中国对全人类的贡献。下一步,尹学军将联合业内专家和央企进行科技攻关。

此外,尹学军团队还紧密服务于国家重大项目,积极承接重大技术攻关课题。他主持承担的新型飞机风洞模型支架振动控制取得突破,减振效果优异;国家深海中心试验辅助船综合减振项目已完成供货,为船舶行业高端减振降噪应用提供了首例示范。目前,尹学军团队正在研究技术极具挑战的我国空间站装备振动控制。尹学军说:“这些项目花多少钱都买不来,只有自主创新才能做成,做好,花多少心血都值得!”。这些项目成功后,尹学军团队的振动控制技术将从陆上走向海洋和太空,对此他充满信心 and 期待。

留学为了报国,创新志在复兴。紧跟时代潮流,心系祖国和人民,以科技创造和谐、造福百姓,在中华民族伟大复兴的征途上贡献自己的力量,是尹学军的中国梦,17年来他一直以实际行动实践着,并将继续为之奋斗!



尹学军(左一)向专家组汇报轨道交通振动控制技术



尹学军(前排中)带领科研团队为北京地铁6和8号线振动达标进行实地振动测试和振动预测



尹学军带领团队在上海世博文化中心进行TMD减振效果测试