

立足先进技术 实现崭新跨越

——访国际无损检测委员会荣誉委员耿荣生

Realize New Development Based on Advanced Technology

本刊记者 亿 霖



耿荣生

北京航空工程技术研究中心教授。1966年7月毕业于中国科学技术大学无线电电子学系,1983年6月获英国伦敦大学理学博士学位。国际无损检测委员会(ICNDT)荣誉委员;中国机械工程学会荣誉理事、高级会员,曾任中国机械工程学会无损检测学会七届、九届主任委员,第17届世界无损检测会议主席。主要研究领域:声发射;动态监测和故障诊断技术;超声检测;电磁检测技术等。获二等以上军队及省部级科技进步奖10项,发表论文150多篇。2008年获国际无损检测委员会(ICNDT)颁发的SOKOLOV奖(无损检测技术研究和创新奖)。

【编者按】无损检测是工业发展必不可少有效工具,在一定程度上反映了一个国家的工业发展水平,其重要性已得到公认。中国在1978年11月便已成立了全国性的无损检测学术组织——中国机械工程学会无损检测分会。在航空航天领域,无损检测技术的应用前景及未来发展趋势怎样?要不断提高我国无损检测技术水平,应重点关注哪些方面?为此,本刊记者对国际无损检测委员会(ICNDT)荣誉委员耿荣生教授进行了专访。

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.01/02.057

☞:您在声发射、超声检测、状态监测与故障诊断等方面的研究与教学成果显著,数项科研成果更是填补了空军无损检测技术或检测仪器的空白,更于2008年获国际无损检测委员会无损检测研究领域技术创新奖。请您谈谈国内近年来在无损检测领域实现了哪些新突破?其应用前景如何?

耿荣生:无损检测技术是机械工业的重要支柱,该技术有强烈的工程应用背景,它首先需要为保障国家大型工程项目的安全服务,为保障涉及安全、民生的重大工程项目服务。得益于我国经济的快速发展和大型建设工程项目的广泛开展,我国科研人员在无损检测工程应用领域进行

了许多领先研究、应用和技术开发,在核电、铁路特别是高速铁路、特种设备(管道、压力容器、游乐设施等)、石油和天然气管道、超-超临界发电站锅炉和小径管焊缝检测工艺研究以及飞机疲劳损伤监测等领域都取得了重大成就。

我国无损检测技术总体水平已步入世界强国之列,这首先表现在无损检测在工程应用领域处于国际先进甚至领先水平。我国无损检测技术人员目前可以自行解决各种大型工程项目的各类常规无损检测所面临的技术疑难问题,现有的各种无损检测方法,包括各种新方法几乎无一例外都在我国得到应用或开展了深入研究,这是一个很了不起的成就。

无损检测技术发展的另一重要标志是创新能力的迅速增长,一批拥有自主知识产权的新技术、新方法和新仪器已经问世,特别是大型和集成型检测仪器不断问世并迅速投入无损检测市场。超声相控阵(包括相控阵超声波换能器)、超声衍射时差(TOFD)技术和电磁检测仪器已形成有很强竞争能力的生产基地。汕头超声仪器研究所和武汉中科创新等单位已可规模化生产具有相控检测和 TOFD 检测功能并具有国际先进水平的超声成像系统。汕头超声电子股份有限公司研究开发了滚轮探头单轴 C 扫描检测系统,用于复合材料大面积快速扫查,特别适合航空航天领域复合材料的快速 C 扫描检测。这些都标志着我国在超声相控阵仪器开发方面已步入世界最先进水平之列。集多频、多通道阵列涡流检测功能于一体并能扩展成具有远场涡流、低频电磁场和磁记忆等检测功能的智能型电磁检测仪也可在爱德森(厦门)电子有限公司批量生产。

此外,一些重大或特大型无损检测仪器专项正在列入国家层面科研计划。例如,可为航空、航天及军工产品大型结构件进行检测和测绘的中子断层成像检测系统的研制工作已取得重大进展;能满足特种设备和油气管道检测需求的基于频域可变的高端电磁检测仪器开发及应用项目也已全面展开。

在无损检测基本理论和应用理论研究方面也取得领先成果。林俊明研究员将云计算植入无损检测,提出“云检测”这一新概念,旨在构建无损检测技术物理资源和管理的资源池,其广泛应用将会对无损检测的发展带来深远影响。我国无损检测技术人员还与国内外不同学科的科学家联合举办了“大数据”学术交流会,努力将“大数据”这一新理念引入无损检测,这项工作必将对无损检测技术的未来跨越式发展起到重要

作用。


关于磁记忆检测的基础理论研究取得了具有国际领先水平的成果。清华大学李路明教授等学者系统研究了非线性应力分布下的力磁耦合问题,阐明了地磁场和其他外部磁场在铁磁性金属材料应力损伤中的作用机制。他们还针对压力容器和管道等特种设备,与中国特种设备检测研究院合作研究了这些特种设备的金属磁记忆检测评价方法和典型图谱,建立了一套较为完整的金属磁记忆检测方法体系。南昌航空大学任吉林等提出了利用磁记忆信号的垂直和水平分量,并用其一阶导数构成李萨如图形,构建了其闭合面积与应力集中程度的关系,从而在利用磁记忆技术定量检测方面迈出重要一步。

在利用声发射技术进行常压储罐安全评价技术方面已取得重要突破和领先成果。沈功田领导的科研团队针对国内外常压金属储罐底板腐蚀声发射检测均无成熟方法和标准的现状,研究建立了常压金属储罐声发射检测及评价方法,在国际上首次提出储罐底板基于时差定位分析和基于区域定位分析的声发射源分级方法,同时给出了储罐底板腐蚀状况的评价技术,研究成果极大地推动了压力容器和大型常压储罐安全保障科学技术的进步。

输油和输气管道的在役检测取得重大进展。沈阳工业大学杨理践教授领导的团队完成了长输油气管道内检测技术的研究和实施,进入了国际上这一高端技术的研究领域,使我国长距离油/气输送管道等的安全检测不再受制于人,为我国管道业的安全运行和管道信息安全作出了贡献,也使我国成为名副其实的管道检测技术强国。由清华大学和胜利油田共同开发研制的油气输送管道及储罐底板缺陷检测关键技术与应用项目更进一步发展了管道在线检测技术,特别是海底输油管道的检

测。油气输送管道缺陷内检测器、储罐底板缺陷检测器和电磁超声导波管道缺陷外检测系统的研制成功实现了油气输送管道及储罐底板电磁检测的集成化系统和集成技术,确保了我国在这一领域成为国际上少数领先团队中的地位。


在航空无损检测领域,北京航空工程技术研究中心的无损检测团队在先前对某三代机的全尺寸疲劳试验中采用以声发射技术为中心的综合裂纹监控技术并成功将其疲劳寿命延长 50% 以上。在此基础上,近几年又在另一机型飞机的全尺寸疲劳试验中进一步发展了损伤监测理论,实现了该机型飞机机群寿命 75% 以上的提高。类似这种时间跨度近 10 年、在两类机型飞机全尺寸疲劳试验中全面引入无损检测技术开展关键结构件的损伤监控并获得成功的案例,国内外尚未见其他报道。

:近年来,无损检测领域技术及设备飞速发展并不断更新,我国的无损检测技术要实现新突破,还要在哪些方面进一步提高?

耿荣生:我国无损检测技术的总体水平及其在世界的地位也与中国经济和工业水平,特别是装备制造业在世界的地位相一致。我国是一个已进入无损检测强国之列的无损检测大国。如前所述,在超声、涡流、磁粉和常规射线检测仪器方面已出现了一批规模化的生产企业或集团,一些高端仪器(例如超声相控阵检测仪、超声 TOFD 专用仪器、阵列涡流、工业 CT)也已经具备了市场化生产规模。

虽然我国无损检测的总体水平和综合实力都有很大程度的提高,在无损检测基础理论研究、技术开发、仪器设计和研制等方面都能在世界占有重要一席,但就整体而言,在不少领域,我国的无损检测仪器、设备制造目前尚不完全具备参与国际竞争的能力。我国无损检测仪器的

生产和制造在满足更多更新的无损检测要求方面尚有较大的开拓空间,特别是适应新型无损检测技术应用的设备,例如混凝土结构领域的无损检测、水下无损检测、城市地下管线的无损检测等。在一些高端无损检测仪器和设备制造方面,欧美等发达国家的总体水平要高于我们。特别需要提到的是数字化射线检测这一具有极强生命力的绿色检测技术,我国虽在这一领域取得突飞猛进的进步,一些检测标准也已问世,但其前端技术——数字图像板还依赖从国外进口,这极大地限制了该技术的发展。另外,在红外和激光检测领域,其高端设备也面临主要依靠从国外进口的局面。这几年,在国家层面上已加强了对高端无损检测技术的投入,无损检测仪器的制造销售单位也需要对新型、高端产品的研发增加投入,努力克服低端同类产品过多而高端产品又无厂家研制、开发的局面。

: 随着机型和材料的不断更新,对新机、新材料的新检测方法的研究日益重要。在航空航天领域,无损检测技术的未来发展趋势怎样?

耿荣生: 无损检测技术在飞机的全寿命过程中起着极其重要的作用,它对保证飞行安全、延长飞机寿命都具有非常重要的意义。由于在飞机上不断采用新材料(复合材料、钛合金、智能材料和隐身材料等)、新结构,无损检测技术在航空航天领域的应用观点也发生了根本性的变化,它需要对飞机的全寿命负责,不但应能(实现传统意义下的)检测出已经存在的缺陷或裂纹,还应能够对裂纹发展规律进行预测,以保证飞机能最大程度的安全飞行。结构件,特别是一些新材料例如复合材料结构件的监测和健康监测特别重要,它能让我们了解损伤发展的规律,何时超过容许的缺陷尺寸,从而能保证飞机整体的安全性。因此,飞机结构件的健康监测可能是航空界无损检测人员面


临的一个最富挑战的研究和发展领域。

由于行业性质的不同,航空航天领域往往是最先采用一些最新无损检测技术的部门,因此,需要特别重视创新研究和应用研究。复合材料、隐身材料已大量用于新型飞机包括商用飞机。激光全息干涉、红外热成像技术、中子射线成像技术等将会广泛应用在航空航天领域。例如,用于碳纤维面板金属蜂窝夹层结构、玻璃纤维雷达罩、密封橡胶油垫、固体火箭发动机推进火药柱包覆层、运载火箭姿态发动机燃烧室、高压管路、印刷电路板焊点缺陷检测等,另外,利用激光全息干涉系统还可以监测固体火箭发动机的喷流特性,这对改进发动机设计工艺有非常明显的功效。小型化了的红外热成像和激光散斑干涉检测仪都能快速、大面积检测复合材料分层、脱粘等主要缺陷,这些仪器在外场或现场都会有良好的应用前景,应当重视这些仪器的开发和应用研究。

发动机涡轮叶片和涡轮盘等部件的检测具有特别重要的意义。由于聚焦位置和声束方向(偏转角度)可以十分方便地由电路来调节,超声相控技术在对涡轮叶片、涡轮盘、篦齿盘和压气机盘等复杂构件裂纹检测方面将有非常良好的前景,需要根据具体检测对象的几何尺寸预先进行一些试验研究,并制定出详细的检测计划。另外数字射线或CT成像研究,包括中子射线成像检测研究对改进这些重要和关键部件的设计也将有十分重要的作用。

每一种无损检测方法都有其适用范围,因此也很难实现对被检对象的完整评估。为了提高检测的可靠性及效率,降低检测成本,实现检测的完整性,可采用包含多种检测方法的无损检测集成技术,但不同检测方法获得的结果不应当是孤立的,而应当有机联系并综合加权,从而可对检

测对象进行评价,也就是需要对数据(结果)进行融合。因此,需要建立有效的数据融合平台。与集成仪器异曲同工的是面向特定对象的专用检测仪器,这相当于“量体裁衣”和“订制式服务”的解决问题方法,对航空航天无损检测来说,这也应当是一种很有前途的发展方向。

: 作为中国无损检测领域的带头人,您在人才培养、科研队伍建设方面有哪些独到见解?

耿荣生: 我国在无损检测人才培养方面走在世界前列并已形成比较合理的人才培养机制。首先,有为数较多的以开展无损检测职业教育、培养具有丰富实践经验无损检测人才为主的职业技术学院,例如深圳职业技术学院、河北石油职业技术学院、长沙空军职业技术学院、陕西工业职业技术学院等。其次,我国已在10多所高校设有无损检测本科专业,例如,南昌航空大学、北京交通大学、华东理工大学和海军航空工程学院等。此外,一些重点大学还设有无损检测专业,培养具有博士学位或博士后的无损检测高端人才,例如,清华大学、北京航空航天大学、哈尔滨工业大学等。

一个合格并能解决重大疑难问题的无损检测技术团队应当具有相对比较合理的无损检测人才结构和人才梯次。由于具有极强的工程应用背景,作为一名合格的无损检测技术人员,必须要直接投身到工程特别是国家重大工程项目的第一线,了解检测对象本身的结构特点。能力特别是创新能力和解决工程应用中疑难问题能力的培养至关重要,这必须要通过在工程实践中的锻炼和磨练才能实现。最后,不管身处人才梯队中的哪一层次,作为科研人员都需要有团队精神、有吃苦耐劳和献身精神,这是对从事无损检测这项工作的最基本要求。

(责编 亿霖)