

DOI: 10.11973/wsje201901015

无损检测本科学科归属及课程设置的建议

夏纪真

(北京理工大学 珠海学院, 珠海 519085)

摘要: 简述了无损检测技术的本质与应用领域,以及目前无损检测技术高级人才培养在高等学校本科教育中的处境。提出了国家教育部将无损检测正式列入高等学校本科专业目录的建议,并就“无损检测与评价”专业的本科教学课程设置提出了建议。

关键词: 高等教育;无损检测;课程设置

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2019)01-0061-04

The Advice of the Courses Set Up and the Regular College Course Adscription of NDT

XIA Jizhen

(Zhuhai College, Beijing Institute of Technology, Zhuhai 519085, China)

Abstract: The paper is to briefly describe the nature and applying area of Non-destructive Testing (NDT) technology, and current state of NDT senior technical personnel training in the regular college course education. The author is to make advice that the NDT should be taken into specialty catalog of the regular college course. The settings of the courses about the “NDT & NDE” specialty are also suggested in the paper.

Key words: higher education; NDT; courses set up

无损检测(NDT, 亦称非破坏检查)技术是一门多学科综合应用的、理论与实践结合非常紧密的工程综合应用科学,相对于金相试验、化学分析试验、力学性能试验等破坏性试验技术而言,无损检测技术能够在不损伤被检物使用性能、形状、内部结构和形态的前提下实现百分之百检查,从而达到了解和评价被检测材料、产品和设备构件的性质、状态、质量或内部结构等目的,因而在工业生产、在役检验、物理研究、生物工程等广大领域获得了高度重视和广泛应用,并且为适应新应用的需求而迅速发展。现代无损检测技术已经从单纯的检验测试技术阶段发展到无损评价(NDE)技术阶段,其不仅包含了无损检查与测试,还涉及到材料物理性质的研究、产品设计与制造工艺方案的确定、产品与设备构件的质量评估以及在役使用中的应力分析和安全使用寿命评估等,也被称为无损检测与评价技术,是属于高新

科技领域的特种检测技术。

无损检测技术在保证材料和产品质量、确保产品的使用可靠性、降低制造成本、提高生产效率和产品使用效率、延长产品使用寿命、提高经济效益、社会效益、保障生命财产安全等方面都起着关键性的作用。

现代无损检测技术的应用范畴已经涉及航空与航天器、兵器、船舶、冶金、机械装备制造、核电、火力发电、水力发电、输变电、锅炉压力容器、汽车、摩托车、海洋石油、石油化工、建筑、铁路与铁路车辆、地铁、高速铁路、高速公路、桥梁工程、电子工业、轻工、游乐设施、食品工业、医药与医械行业,以及地质勘探、安全检查、材料科学研究、考古等方面,成为极其重要的检测与测试手段。

无损检测技术无论在理论性、系统性和工艺性方面都有较高的要求,其涵盖了应用物理学、材料科学、加工制造工艺、电子技术、测量技术、信息技术以及计算机技术等多方面的知识内容。无损检测技术人员不但需要具备上述多学科的广泛知识内容,还需要具有较强的综合分析判断能力。随着上述各学

收稿日期: 2018-08-30

作者简介: 夏纪真(1947—),男,高级工程师,主要从事无损检测技术工作

通信作者: 夏纪真, zhilei-jia@163.com

科的新发展,无损检测技术也在不断地快速发展,成为检测技术中极其重要的技术手段。

现在在世界上已经得到普遍接受的理念是:无损检测技术的水平能反映企业、部门、行业、地区甚至一个国家的科技与工业水平,特别是对一个国家的经济发展而言,可以说无损检测技术具有重要的意义。

1 无损检测与评价技术的高级人才培养在高等学校本科教育中的处境

随着我国工业的飞速发展,一直都急需无损检测技术专业人才,南昌航空工业学院(现为南昌航空大学)依据1979年在南宁召开的国防工业系统教育工作会议精神,在钱学森先生的倡导与帮助下,于1982年在全国首创了作为综合性学科的工程应用本科专业“无损检测”(当时列为军工试办本科专业),并逐步建立了较完善的教学体系。自1986年首届学生毕业以来,该校许多“无损检测”专业(包括本科、大专)毕业生在航空航天工业、民航维修、石油化工、特种设备、电力、核电等行业已成为技术骨干、技术领导,发挥着重要作用。

在20世纪90年代,国家教育部把该专业名称撤销了。尽管经过南昌航空大学的多次努力,以及众多高等院校和用人单位的纷纷反映,我国教育部目前发布的本科专业目录(至2017版)中仍然没有“无损检测”或“无损检测与评价”这样明确专业方向的专业名称。由于各行各业对无损检测技术人才的需求极其迫切,因此许多高等学校无奈之下只能以挂靠在各种法定专业名目下的“方向”来培养国家急需的无损检测技术人才,诸如“测控技术与仪器(无损检测方向)”、“应用物理(无损检测方向)”、“焊接技术(无损检测方向)”、“材料工程(无损检测方向)”、“材料变形与控制(无损检测方向)”、“安全工程(无损检测方向)”等。还有些高等院校为了增加学生的就业方向,也在非无损检测专业中加入了几十课时的“无损检测概论”或者“无损检测技术”。

按照我国现行的本科教育制度要求,大学四年期间规定一般为不超过2560学时(以16学时为1学分,即160学分),其中由政府规定统一必修的非该专业学科的内容占了约400学时(约占总学时的16%,如思想道德修养与法律基础、毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论、马克思主义基本原理概论、思想政治理论课社会实践、中国近现代史纲要、形势与政策、军训与军事理论教育、现代心理学、

创业就业指导、素质拓展、体育等)。此外,教育部所规定本科专业名称下的教学大纲中限定有必须实施的相关课程课时(与无损检测技术方向关联不紧甚至无关)以及相应的教学监督管理及专业评估认证审核,结果剩下能够和无损检测与评价技术密切相关的学科基础理论及专业基础、专业课的课程课时就不多了,无法适应和满足无损检测专业技术人才的培养需要,严重影响无损检测技术人才的培养质量。

2 关于无损检测专业学科属性的建议

从2017年2月以来,国家教育部在综合性高校工程教育发展战略上连续做了许多推动工作,特别是提出了“新工科”的概念,从“复旦共识”(2017年2月18日,教育部在复旦大学召开“综合性高校工程教育发展战略研讨会”达成的共识)到“天大行动”(2017年4月8日,教育部在天津大学召开“新工科建设研讨会”具体研究讨论新工科建设的远景与行动),2017年6月9日,教育部在北京召开新工科研究与实践专家组成立暨第一次工作会议,审议通过《新工科研究与实践项目指南》,2017年6月28日,教育部办公厅发出“关于推荐新工科研究与实践项目的通知(教高厅函〔2017〕33号)”等。与此同时,教育部和相关政府职能部门也发布了一系列相关政策性文件来推动新工科建设。

所谓新工科,主要表现在两个方面,即适应现代工程技术发展的跨学科专业,或者是在传统工科专业中加入新科技内容。

特别是在中华人民共和国国家发展和改革委员会公告2017年第1号《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》2016版第9.3节“检验检测服务”中明确了“面向设计开发、生产制造、售后服务全过程的分析、测试、检验、计量等服务,培育第三方的质量和安全检验、检测、检疫、计量、认证技术服务机构,战略性新兴产业产品质量检验检测体系建设。”而2015年5月8日国务院发布的“中国制造2025”发展规划中也明确提出了“质量为先”。

无损检测技术本身就是跨学科的工程综合应用科学技术,并且一直是检测技术领域极其重要的组成部分,对从事无损检测技术工作的人员有着很高的技术水平要求。因此,应当适时重新把“无损检测”列入国家高等教育本科专业目录中,笔者建议在国家高等教育本科专业目录中“0702物理学类”下新建“070204 无损检测与评价(注:可授理学或工学

学士学位)”,或者也可考虑在“0802 机械类”的下面新建“080209 无损检测与评价(注:授工学学士学位)”,或者以“无损检测与评价”(注:可授理学或工学学士学位)名称列入特设专业。

3 无损检测专业课程设置的建议

3.1 公共基础课程

高等数学:应包括普通工科高等数学、线性代数、概率论与数理统计、数学物理方法、数学软件实践、有限元分析等。主要让学生掌握基本概念和基本的数学工具,特别是培养严密的逻辑分析和思维能力。

大学英语:英语是国际性交流的重要工具,该课程应能使达到一定的英语水平,以适应国际性学术交流和阅读英文技术文献的能力,至少应能达到每小时翻译 2 800 英文字符的能力(这在 80 年代大学本科公共英语教学就已经有此要求)。

计算机基础:该课程的目的是让学生对计算机结构原理及硬件有基本了解,以及掌握基本的计算机应用软件的使用,例如文字处理、图形处理等。

程序设计基础:该课程的目的是让学生对常用计算机语言有基本了解并掌握基本的编写程序的方法,以适应无损检测设备数字化和仿真技术发展的需要。

科技论文写作:该课程的目的是让学生了解科技论文的写作要求,为撰写毕业设计论文和就业后撰写科技论文打下基础。

工程制图(含 CAD):该课程的目的是让学生掌握基本的识图能力,包括机械、电子电路和钢结构等,并掌握计算机辅助设计(CAD)软件的基本操作方法,以适应就业后的工作需要。

金工实习:该课程的目的是让学生通过实践了解基本的机械产品制造工艺,应以手工电弧焊接、金相试验的实际操作为主,并观摩机械加工和热处理的工艺过程。

3.2 专业基础课程

力学:该课程的目的是让学生对以后学习应力分析及失效分析、安全寿命评价做知识准备,应包括普通力学、材料力学、结构力学的内容。

电磁学:该课程的目的是让学生为学习涡流检测以及现代电磁检测技术做知识准备,也为今后进行电磁检测技术的科研工作做知识准备。

热学:该课程的目的是让学生为今后涉及能源

设备、热交换设备以及渗透检测涉及的分子物理学等做知识准备。

光学:该课程的目的是让学生为学习光学检测做知识准备,也为今后进行光学检测技术的科研工作做知识准备。

近代物理:该课程的目的是让学生为学习各种现代无损检测技术及今后开拓研发新型无损检测技术做知识准备,应包含原子物理、高能物理的内容,为后续学习射线检测技术做知识准备。

波动物理或声学基础:该课程的目的是让学生为后续学习声学无损检测技术做知识准备,也为今后进行声学检测技术的科研工作做知识准备。

传感器原理:该课程的目的是让学生对各种传感器原理及结构有较全面的了解,不但是为后续学习各种无损检测技术做知识准备,也是为今后开展无损检测技术及工艺的科研做知识准备。

电工电子技术:该课程的目的是为学生后续学习各种无损检测技术时涉及的各种电子电路、器材等内容的知识做准备,也是为今后开展无损检测设备仪器开发做知识准备。

单片机原理:该课程的目的是让学生对自动化无损检测设备系统的控制原理有基本的了解,为今后应用自动化无损检测设备做知识准备。

3.3 专业课程

无损检测专业导学:该课程适用于无损检测专业大学一年级新生的专业兴趣培养,帮助学生了解该专业的性质、特点、应用领域、目前的技术水平以及发展前景等,指导学生如何学习专业课程;建议教学课时为 16 课时(1 学分)。

超声检测技术:以常规工业超声检测技术的原理、设备器材、检测工艺为主的详细教学,并包括最新超声检测技术的原理与检测工艺介绍,例如超声相控阵检测、TOFD(超声波衍射时差法)检测、导波检测、电磁超声检测、空气耦合超声检测等,使学生毕业后很快就能胜任超声检测技术的具体工作;建议教学课时为 128 课时(8 学分,其中含课内实验 48 学时,包括超声检测仪器与探头的性能测试,以及锻件、铸件、焊缝、管材、棒材等的实际工件检测)。

射线检测技术:以常规工业射线(X、 γ 射线)照相检测技术的原理、设备器材、检测工艺为主的详细教学,包括最新射线检测技术的原理与检测工艺介绍,如 X 射线实时成像检测、CR(计算机 X 射线成像系统)、DR(直接数字化 X 射线摄影系统)、CT(电

子计算机断层扫描)等,使学生毕业后很快就能胜任射线检测技术的具体工作;建议教学课时为128课时(8学分,其中含课内实验48学时,包括X射线机的性能测试、胶片特性曲线与曝光曲线测绘,实际焊缝工件的X射线照相检测、评片,包括在安全曝光室内的操作和野外操作训练等)。

磁粉检测技术:以常规工业磁粉检测技术的原理、设备器材、检测工艺为主的详细教学,并包括其他磁性检测技术的原理介绍,例如漏磁检测、金属磁记忆检测、磁测(应力)法检测、巴克豪森噪声分析、核磁共振等;建议教学课时为40课时(2.5学分,其中含课内实验16学时,包括磁场分布测试,实际工件的黑或红磁粉及荧光磁粉检测,电磁轭法和直接通电法、复合磁化法以及线圈法检测等)。

涡流检测技术:以常规工业涡流检测技术的原理、设备器材、检测工艺为主的详细教学,并包括新型涡流检测技术的原理介绍,例如远场涡流、多频涡流、脉冲涡流、阵列涡流等;建议教学课时为40课时(2.5学分,其中含课内实验16学时,包括导电率测试、涂覆层测厚、点探头与内外通过式探头检测等)。

渗透检测技术:以常规工业渗透检测技术的原理、设备器材、检测工艺为主的详细教学,并包括其他渗透检测技术的介绍;建议教学课时为32课时(2学分,其中含课内实验8学时,包括渗透液性能测试、实际工件的着色渗透检测与荧光渗透检测等)。

无损检测新技术:课程涉及无损检测的定义与目的、无损检测技术的应用对象与应用领域以及对无损检测人员技术资格鉴定与认证的要求和无损检测技术的组织管理、质量控制与技术经济分析的介绍,此外还有除上述超声、射线、磁粉、涡流、渗透专业课程以外的其他重要的新型无损检测技术的原理介绍,如声发射检测、目视检测、红外检测、ACFM(交流电磁场检测)、激光电子散斑剪切技术、太赫兹检测、探地雷达等,目的是为学生毕业后从事无损检测技术管理工作以及设计编制无损检测技术方案打下综合性基础,并能根据工作需要尽快掌握新技术的应用,为开展科研项目提供一定的技术储备;建议教学课时为48课时(3学分,含演示实验)。

无损检测标准:课程的目的是让学生在学完有关无损检测技术专业课程后,掌握标准化基础知识,了解无损检测技术标准的基本构成形式与内容范围,以及制修订的原则与要求,通过对最常用的现行无损检测技术标准讲解(如NB/T 47013《承压设备

无损检测》及国外典型的权威标准),使学生毕业后能很快适应生产实际需要,开展无损检测技术工作,而且也将来参与技术标准的编写与制修订工作打下基础;建议教学课时为40课时(2.5学分)。

材料与加工工艺基础:课程的目的是让学生对工业常用材料的性质、种类及其性能试验(理化试验)方法以及制造加工工艺方法有基本的了解,以便于对无损检测结果的分析判断和失效分析具备知识基础;建议教学课时为40课时(2.5学分,在有条件的情况下可让学生参观理化试验操作及热加工、机械加工等现场作业)。

金属材料失效分析:课程的目的是让学生对金属材料的失效与常用失效分析方法有基本的了解,作为失效分析与安全寿命评估的知识准备;建议教学课时为32课时(2学分)。

无损检测专业英语翻译训练:课程通过无损检测技术专业的原版英文文献翻译练习,让学生熟悉并掌握无损检测专业的英语词汇和常用句型及语法,具备无损检测技术专业的英文技术文献阅读和中译英的基本能力;建议教学课时为32课时(2学分)。

超声检测、射线检测实际操作技能训练:模拟常规超声检测与X射线照相检测的2级技术资格等级认证的实操考试训练,有利于提高学生就业后考证的通过率。因为国内各行业的无损检测人员技术资格等级证书相互不认可,所以不推荐学生在校期间自费报考某行业的无损检测人员技术资格等级证书,避免出现学生毕业后的就业行业与考证行业不同的情况。建议训练课时为48课时(3学分),其中超声检测32课时,包括平板对接焊缝、角焊缝、T焊缝和Y焊缝的常规超声检测训练,按平板对接焊缝考核;X射线照相检测16课时,包括平板对接焊缝、角焊缝、T焊缝和Y焊缝的X射线照相检测和评片训练,按评片考核。

毕业实习:应选择有无损检测技术应用的机械制造业、第三方检测企业、无损检测仪器制造企业作为毕业实习单位,除了让学生跟班实践无损检测工作以外,还包括让学生了解企业的管理模式与制度,有利于学生就业后尽快适应和融入企业环境;实习时间总计应达到4周(4学分)。

毕业设计(含毕业论文):应以无损检测技术工艺为方向,结合无损检测工艺设计与编制、无损检测仪器与器材研发、无损检测技术的基础理论研究作

(下转第76页)

夹持装置时的 1.06 倍和 1.36 倍,非线性系数是无夹持装置时的 1.19 倍,非线性谐波更明显,有更强的声波能量透过率。证明了设计的用于超声非线性的压力监测夹持装置是一种有效实用的非线性系数测量辅助装置。

5 结语

介绍了一种用于超声非线性试验的压力监测夹持装置,是 RAM 5000 SNAP 非线性高能超声测试系统的辅助装置。该装置可实时监控换能器与材料的贴合力度,保证换能器的相对位置位于同一轴线;可多方向移动并快速改变检测点,从而提高检测效率,减小耦合条件、应力大小对试验的干扰。经过对比可知,该装置可大大提高超声波对微缺陷的灵敏度,增强超声波的穿透率和孔隙检测的精度。

参考文献:

- [1] 刘玲,路明坤,张博明,等.孔隙率对碳纤维复合材料超声衰减系数和力学性能的影响[J].复合材料学报,2004,21(5):116-121.

- [2] 李钊.碳纤维复合材料孔隙率超声检测与评价技术研究[D].杭州:浙江大学,2014.
- [3] 罗明.碳纤维增强树脂基复合材料孔隙率超声无损检测[D].大连:大连理工大学,2007.
- [4] 陆铭慧,徐肖霞.非线性超声检测方法及应用[J].无损检测,2012,34(7):61-66.
- [5] 陆铭慧,王旭.非线性超声检测信号提取的电路设计及测试[J].失效分析与预防,2014,9(1):11-15.
- [6] 陆铭慧,李沛芮,王旭.复合材料孔隙含量超声多参量评价方法研究[J].玻璃钢/复合材料,2016(3):55-59.
- [7] 陆铭慧,刘磨,张雪松.RTM 玻璃纤维复合材料孔隙含量对超声特征参数的影响[J].复合材料,2017,4(6):33-41.
- [8] 陆铭慧,林娜.RTM/纺织复合材料孔隙率非线性超声方法研究[J].航空制造技术,2013,2(5):89-93.
- [9] 李沛芮,陆铭慧.复合材料孔隙含量超声多参量评价方法及设备研究[D].南昌:南昌航空大学,2016.
- [10] 祝婧.基于非线性超声的 RTM/纺织复合材料孔隙评价研究[D].南昌:南昌航空大学,2014.
- [11] 邓燕燕.碳纤维复合材料孔隙率的超声评价方法研究[D].南昌:南昌航空大学,2011.

(上接第 31 页)

6 结论

通过对在制的 1 000 m³ 氧气球罐的球壳板进行超声波检测、TOFD 检测和金相分析,以及对球壳板与凸缘的对接焊缝进行射线检测,得知部分钢材在焊接后,检测得到的无法评定的 TOFD 图谱显示不是由焊接产生的缺陷,而是由钢材偏析产生的显示。偏析会对 TOFD 图谱评定造成干扰,因此如需对球罐进行 TOFD 检测,除了按照标准 GB 12337—2014 规定对球壳板进行超声检测外,还应增加在球壳板压制后,对逐片球壳板的坡口边缘 100 mm 范围进行 TOFD 检测的要求,对坡口边缘无法评定的 TOFD 图谱进行记录,待焊接完成后,对记录部位的焊缝进行超声波或射线辅助检测(如果无法识别的 TOFD 图谱数量较多且显示基本类似,可抽查部分进行射线检测,剩余部分进行超声波检测)。

参考文献:

- [1] 屠海令,干勇.金属材料理化测试全书[M].北京:化学工业出版社,2007.

(上接第 64 页)

为毕业设计课题,包括有一定的实验工作内容和理论分析内容;一般要求的毕业设计时间为 8 周(4 学分,包括毕业设计论文答辩)。

除了上述教学计划课程外,还应该在课余时间适当邀请各工业行业领域具有丰富实践经验的无损检测技术专家开设专题讲座来扩大学生的知识面。

4 结语

无损检测与评价技术关乎国民经济的安全发展,无损检测与评价的高级技术人才培养是国家急需的,因此希望国家教育部“学科发展与专业设置专家委员会”能充分了解“无损检测与评价技术”专业的实质,从“新工科”的角度将其列入普通高等学校专业设置目录。

此外,无损检测与评价技术是一门发展非常迅速的学科,开设该专业的学校应努力增强双师型教师队伍的培养,持续做好教材与实验室建设,以适应无损检测与评价技术的飞速发展,还必须以高度负责任的态度抓好学生的职业素养与职业道德教育,切实保证教学质量。