

0804 仪器科学与技术一级学科

博士、硕士学位基本要求

第一部分 学科概况和发展趋势

仪器是认识世界的工具,是对物理量、化学量和生物量以及各类工程量等进行观测、测量、测试、检测、计量或监测及控制的重要手段,是信息的源头。仪器科学与技术学科的研究对象可分为四个层面:第一个是通过测量方法和仪器的发明,发现自然现象,认识自然规律,即从量的属性这一角度揭示客观世界的内在规律,以认识世界为目的;第二个是对物理量、化学量和生物量以及各类工程量等进行准确测量,并对仪器的量值进行溯源和传递,以获取准确一致和可靠的数据,为改造世界建立基础与前提;第三个是对生产和工作过程进行监测和控制,保证生产和工作过程的可靠性与效率;对产品质量进行检测,指导工艺水平提升,控制产品质量的可靠性与水平的提升;第四个是对人类健康状况进行检测,对生存环境状况和安全状况以及各类社会活动进行监测,作为人类自身健康、环境与社会安全保障的基础与前提。仪器科学与技术学科是为人类认识自然现象,发现自然规律提供科学手段,为人类健康、环境安全以及生产和社会活动法制化提供物质技术保障的一个跨学科、知识密集和技术密集的综合学科。

仪器科学与技术学科的研究方向可概括为以仪器核心技术为主线和以测试计量方法及技术为主线。以仪器核心技术为主线的研究方向主要面向精密工程和微纳技术领域、高端装备制造领域、生产过程领域、环境工程领域、生物医学领域、电力/电子与电工领域以及各类相关观测实验和分析实验领域等,以光电转换、机电转换、光机电转换和其他物理、化学和生物等转换方式的手段,探索研究和开发新原理科学仪器、生物医学仪器、精密测量仪器与智能仪器、专用精密检测、试验仪器、电力/电子与电工测量仪器、工业自动化仪器与系统等;并开展对装备或系统的综合测试、诊断与预测技术研究,研制和开发新颖的测试系统。以测试计量方法及技术为主线的研究方向主要面向几何量、力学量、电学量(电磁学和电子学)、光学量、热学量、声学量、时间频率、化学物质、生物样本和电离辐射等相关物理量、化学量、生物量以及各类工程量等,探索、研究新的测量原理和方法以及量值溯源和传递方法;同时研制和开发新颖的计量测试仪器和计量标准装置,建立其校准和测试比对方法。

仪器科学与技术学科具有与众多相关学科紧密交叉与融合的特点,而且这种学科间的紧密交叉与融合越来越成为现代仪器技术,特别是高端仪器技术发展的趋势。一方面,仪器科学与技术学科的发展必须借助于相关学科的新技术成果,如研制新原理仪器必须采用光学新技术、精密机械新技术、电磁新技术、电子新技术、计算机新技术和控制新技术等;另一方面,相关学科发展过程中遇到的难题与需求也会为新原理仪器的发明提供机遇。如生命学科领域的前沿问题之一是基因结构和活体细胞三维结构及形态与病理学、药理学之间的关系,这一需求引发了高空间分辨率层析共焦显微镜的发明与发展。又如分子物理学的前沿问题之一是分子及原子结构的真实性与可操作性,这一需求引发了扫描隧道显微镜和原子力显微镜的发明与广泛应用。目前,仪器科学与技术学科与大部分工科和理科学科都形成了密切的交叉与融合关系。

第二部分 博士学位的基本要求

一、获本学科博士学位应掌握的基本知识及结构

1. 测量方法学的概念、基本原理及运用

测量方法学包括测量的概念、测量理论、测量原则和测量方法论;运用上述概念、理论、原则和方法论,针对处于一定被测对象和被测环境下的被测量的具体特性,建立测量方法,主要解决可测性问题;在此基础上,建立优化的测量误差分配模型与误差补偿模型,建立优化的测量方法、测量模型和仪器模型,主要解决测量方法的构成与测量的准确性问题。

2. 传感器理论与技术

传感器理论与技术包括对物理量、化学量和生物量以及工程量等的感知或传感机理与技术、信号或信息转换与放大技术、传感器设计方法,主要解决传感模型和传感系统的建立问题。

3. 仪器工程学与测控系统工程学

仪器工程学与测控系统工程学包括仪器精度理论与设计方法、新原理核心技术基础、仪器核心单元设计方法、仪器集成技术与方法、仪器误差补偿技术与理论、仪器性能测试与校准技术等,其中包括利用相关技术对信号、图像和信息等进行直接显示、输出和对外部设备进行反馈控制等;主要解决仪器或测控系统的构成和测量手段与能力的实现问题。

4. 信号、图像和信息处理理论与技术

信号、图像和信息处理理论与技术包括信号与系统理论、数字信号处理理论与技术、图像和信息处理理论与技术以及信号、图像或信息的利用技术等,主要解决信号、图像和信息的提取、处理和利用问题。

5. 测量误差理论与数据处理技术

测量误差理论与数据处理技术包括测量误差与不确定度理论、仪器误差补偿理论与技术、

测量误差修正理论与技术、数据处理理论与技术等,主要解决测量结果的可靠性与准确性问题。

6. 计量学的概念、基本原理及应用

计量学包括计量的概念、计量理论、计量体系和计量法规等。运用上述概念、理论、体系和法规等,针对科学研究、生产活动、经济活动、社会活动和国际交流等需求,建立科学的计量单位制、量值溯源与传递方法和体系以及计量基准装置和计量标准装置等。计量学是仪器科学与技术的基础,主要解决在全国范围内和国际范围内测量单位的统一与量值的准确一致等问题。

二、获本学科博士学位应具备的基本素质

1. 学术素养

(1) 以追求科学真理,崇尚科学精神为己任。热爱科技事业,尊重科学规律,重视科学实验,坚持以科学的态度和方法解决学术问题和处理科技工作;提倡学术争鸣;通过学术质疑和学术讨论的方式发现和解决学术问题和技术问题;以强烈的探索精神和对科学规律认识的向往去探索学术问题,探究知识的本质。

(2) 坚持自主创新和实验验证的科研理念。力争提出具有原创性的测量方法与完成相应的实验验证装置或原理样机;或提出并完成具有创新性的测量方法与完成相应的实验验证装置或原理样机;或提出并完成具有创新性的仪器核心技术单元的新原理构成并完成相应的装置;具备长期坚持和系统、深入地完成某一科学技术问题或某一研究方向研究的科研理念。

(3) 掌握科学的研究方法,具备高水平的创新能力。善于发现、提出和提炼科学问题与关键技术问题;具备用科学方法分析问题和解决问题的资质、能力和责任心;具备强烈的创新意识和高水平的创新能力;努力借助于本学科和相关学科的知识积累,借鉴本学科和相关学科的最新研究进展,交叉融合,独辟蹊径,独立完成一项创新性科研成果。

(4) 具有远大的科学志向和理想,具有高度的社会责任感,努力借助于本学科知识服务于科技进步和社会发展。

2. 学术道德

恪守学术道德规范,尊重他人的著作权和知识产权;不抄袭和剽窃他人成果,不贬低他人研究成果,客观评价本人成果,避免各种形式的学术不端行为;踏实刻苦,实事求是,学风严谨;遵守国家各项法律法规和道德规范。

三、获本学科博士学位应具备的基本学术能力

1. 获取知识的能力

本学科博士生应具备较强的自主获取知识的能力。应能全面地掌握仪器科学与技术学科中所从事研究方向的学术前沿现状和发展趋势,并具有从中总结和提炼科学问题和关键技术

问题的能力;应具有利用多种渠道自主获取仪器科学与技术学科专业知识、相关学科知识和研究方法的能力;应能掌握相应的数学、物理等方法,对本研究方向的研究内容进行数学和物理模型等描述与分析;应能掌握在学术研讨和交流中进行科学质疑、提出和凝练问题的本质与核心要点等方面的能力;应能掌握多学科交叉融合、综合集成与形成集成优势的方法;此外,还应能掌握唯物论与辩证论等方法论和严密的逻辑思维方法。

2. 学术鉴别能力

本学科博士生应具有较强的对测量科学和仪器科学技术内容的吸收与批判精神,具备学术鉴别能力。应既能充分了解他人研究的关键内容和特点,尊重他人的研究贡献,合理地学习和参考他人的研究成果;又能科学、客观地分析前人在研究过程中因方法与手段等因素的限制,导致其研究成果可能产生的局限;或从他人研究问题的出发点、着眼点和技术路线等方面着手,去质疑和发现可能存在的问题,再经过反复讨论和论述,确认论据的充分性和论证的严密性,进而确认现有研究成果的局限和存在的问题。

3. 科学研究能力

本学科博士生应具有很强的独立从事高水平 ze 科研工作的能力,这主要包括如下几个方面:(1)能独立查阅文献资料,独立评述仪器科学与技术学科领域博士学位论文在学术或技术方向上的研究现状与进展,判断发展趋势;独立总结和提炼科学问题与关键技术问题;独立进行相关理论分析和模型建立;独立完成实验装置搭建或仪器样机研制;独立完成科学实验;独立撰写博士学位论文;独立回答专家和同行的质疑等。(2)能独立确定仪器或测量系统或单元系统原理方案,独立承担仪器或测量系统或单元系统工程设计。(3)在参与测量与仪器领域的科研课题研究或工程项目研究中,能独立完成仪器单元系统的研制。(4)应具备较强的团队协作能力、组织协调能力和工程实践能力。

4. 学术和技术创新能力

本学科博士生应具备很强的学术和技术创新能力,具体包括如下几个方面:(1)具有创新意识;(2)掌握科学系统的创新研究方法,有能力发现测量与仪器技术领域的重大科学问题和前沿技术问题;(3)努力提出原创性方法,构建新原理仪器模型,设计新原理仪器;(4)能发现现有测量方法和仪器技术的重要原理性问题或重要关键技术问题;提出重要或重大改进性创新方法或新构思,设计相应的新仪器、新装置;(5)能完成体现重要原理性创新的高水平科学论文的撰写;(6)能完成体现重要方法和装置发明的发明专利的撰写;(7)有能力完成创新技术的突破,完成新原理仪器或核心技术单元装置的研制。

5. 学术交流能力

学术交流是博士生发现本学科研究方向存在的科学问题和关键技术问题、了解最新研究进展和发展趋势、激发创新火花和产生新思路,以及结识合作伙伴的重要途径之一。博士生应具备进行国内外本学科领域学术交流的能力;应具备按照高水平国际学术组织的标准和要求准确表达学术思想、展示自己学术成果的能力。学术思想的表达主要体现在运用特定的语言进行准确、清晰而富有层次的口头表达和文字表达。学术成果的展示主要体现在适时地在国内外高水平学术期刊、学术网站、学术组织年会、学术研讨会、学术咨询等平台上发布自己的学

术成果。

6. 其他能力

本学科博士生应具备熟练使用必要的仪器设备、现代化信息工具和软件的能力;应具备与专家、学者、企事业技术人员和管理人员以及行政管理人员进行有效沟通的能力;应具备强健的体魄和良好的心理素质与心态,可承受各种压力和挑战,可有效化解各种矛盾和问题,营建有利的团结协作和事业发展环境的能力。

四、学位论文的基本要求

1. 对博士学位论文选题与立论的要求

本学科博士学位论文选题应从学科特点出发,选择在测量与仪器学科领域有重要学术价值,对科技水平提升、国民经济建设和社会发展以及国家安全等方面有重要应用价值的题目进行研究。选题既可侧重学术研究型或应用研究型,也可兼顾学术研究和应用研究并重型。

2. 对博士学位论文的规范性要求

本学科博士学位论文的撰写应符合国家相关学术著作出版规范。博士学位论文应结构合理、层次清晰、逻辑严密、语言流畅;理论分析深入、原理阐述正确;实验方法合理、实验数据可信;引文合理、文献出处确切;公式、符号、单位和图表等均符合出版规范。

3. 对博士学位论文的成果创新性要求

本学科博士学位论文的成果应具有创新性。创新性成果应具备足够的支持性佐证。(1) 理论性成果的创新性或新颖性应有能与之相参照或相对比的国际上的重要文献作为佐证,其创新性理论或方法应能在国内外有影响力的刊物上发表;(2) 技术性成果的创新性或新颖性应有能与之相参照或相对比的国际或中国发明专利作为佐证,其创新性方法与装置可申请中外发明专利;(3) 创新性研究成果应能产生新特性、新效应和新效果。理论性创新成果应具有重要的学术价值,可解决测量科学或仪器科学中的重要问题;技术性创新成果应具有重要的实用价值,可解决工程中的重要测量问题或仪器研制与生产中的重要问题;(4) 创新性研究成果应通过实验加以验证。

第三部分 硕士学位的基本要求

一、获本学科硕士学位应掌握的基本知识及结构

1. 测量技术的概念、基本原理及运用

主要包括测量的基本概念、基本测量理论、基本测量原则和测量方法论;运用上述概念、理论、原则和方法论,针对处于一定被测对象和被测环境下的被测量的具体特性,进行测量方案

比较,并确定具体测量方案。

2. 传感、转换、处理与利用技术

主要包括对某物理量、化学量和生物量或工程量等的传感技术、转换与放大技术、信号、图像或信息处理技术以及信号、图像或信息的利用技术等;还包括利用相关技术对信号、图像或信息进行直接显示输出和对外部设备进行反馈控制。

3. 仪器技术与测控技术

主要包括仪器和测控系统方案选择与设计方法、传感器设计方法、仪器技术单元设计方法、仪器集成技术、仪器误差补偿技术和仪器性能测试技术等。

二、获本学科硕士学位应具备的基本素质

1. 学术素养

本学科硕士生应具备如下学术素养:

(1) 以追求科学真理,崇尚科学精神为己任。热爱科技事业,尊重科学规律,重视科学实验,坚持以科学的态度和方法解决学术问题和处理科技工作;提倡学术争鸣,通过学术质疑和学术讨论的方式发现和解决学术问题和技术问题。

(2) 坚持自主创新和长期积累的科研理念。提出并完成具有创新性或部分创新性或有新意的仪器核心技术单元的原理构成,完成相应的装置;具备长期坚持和系统、深入地完成某一科学技术问题或某一研究方向研究的科研理念。

(3) 具有远大的志向和理想,具有高度的社会责任感,努力借助于本学科知识服务于科技进步和社会发展。

2. 学术道德

本学科硕士生应恪守学术道德规范,尊重他人的著作权和知识产权;不抄袭和剽窃他人成果,不贬低他人研究成果,客观评价本人成果,避免各种形式的学术不端行为;踏实刻苦,实事求是,学风严谨;遵守国家各项法律法规和道德规范。

三、获本学科硕士学位应具备的基本学术能力

1. 获取知识能力

本学科硕士生应具备一定的自主获取知识的能力。应具有利用多种渠道自主获取本学科专业知识、相关学科知识和研究方法的能力;应掌握多学科交叉融合、综合集成与形成集成优势的方法;此外,还应掌握唯物论与辩证法等方法论和严密的逻辑思维方法。

2. 学术鉴别能力

本学科硕士生应具有一定的对测量科学和仪器科学技术内容的吸收与批判精神,具备学术鉴别能力。应既能充分了解他人研究的关键内容和特点,尊重他人的研究贡献,合理地学习和参考他人的研究成果;又能科学、客观地分析前人在研究过程中因方法与手段等因素的限

制,导致其研究成果可能产生的局限;或从他人研究问题的出发点、着眼点和技术路线等方面着手,去质疑和发现可能存在的问题,再经过反复讨论和论述,确认论据的充分性和论证的严密性,进而确认现有研究成果的局限和存在的问题。

3. 科学研究能力

本学科硕士生应具有一定的独立从事科研工作的能力。这主要包括如下几个方面:(1) 能独立查阅资料,独立评述研究进展和发展趋势;独立总结和提炼科学问题与关键技术问题;独立进行相关理论分析和模型建立;具有独立完成实验装置搭建并完成科学实验的能力;独立撰写硕士学位论文;独立回答专家和同行质疑等;(2) 能独立确定仪器或单元系统原理方案,独立承担仪器或单元系统工程设计;(3) 应具备较强的组织协调能力和工程实践能力。

4. 学术交流能力

应具备按照国际学术组织的标准和要求准确表达学术思想、展示自己学术成果的能力。学术思想的表达主要体现在运用特定的语言进行准确、清晰而富有层次的口头表达和文字表达。学术成果的展示主要体现于适时地在国内外高水平学术期刊、学术网站、学术组织年会、学术研讨会、学术咨询等平台上发布自己的学术成果。

5. 其他能力

本学科硕士生应具备熟练使用必要的仪器设备、现代化信息工具和软件的能力;应具备与本领域专家、学者、企事业技术人员和管理人员以及行政管理人员进行有效沟通的能力;应具备强健的体魄和良好的心理素质与心态,可承受各种压力和挑战,可有效化解各种矛盾和问题,营建有利于团结协作和事业发展环境的能力。

四、对硕士学位论文的基本要求

1. 选题要求

本学科硕士学位论文选题应该从学科特点出发,选择在本学科领域有重要学术价值,对国民经济建设、社会发展和国家安全等方面有重要应用价值的题目进行研究。选题既可侧重学术研究型或应用研究型,也可兼顾学术研究和应用研究并重型。

2. 规范性要求

本学科硕士学位论文的撰写应符合国家相关学术著作出版规范。硕士学位论文应结构合理、层次清晰、语言流畅;原理阐述正确;实验方法合理、实验数据可信;引文合理、文献出处确切;公式、符号、单位和图表等均符合有关规范。

3. 质量要求

本学科硕士学位论文可分为学术研究型和应用研究型两种。硕士学位论文的研究成果应达到如下要求。

对学术研究型学位论文,主要要求有:(1) 针对本研究方向上的重要或较重要的科学问题或技术基础问题,对其作用机理、物理行为、规律和效应等有独到的认识,较严格的数学和物理描述,建立起较完善的数学模型或物理模型;(2) 提出具有创新性,或具有部分创新性,或具有

新意的解决方法;(3) 搭建了相应实验装置,并完成了重要的实验验证。

对应用研究型学位论文,主要要求有:(1) 对本研究方向上的关键技术问题有较深刻的认识,能建立起较完善的物理模型或经验模型;(2) 采用新技术建立起一个先进可行的技术方案,该方案应具有创新性,或具有部分创新性,或具有新意;(3) 能设计或研制整机或单元原理样机,或搭建实验装置,并完成重要实验验证。

第四部分 编写成员

谭久彬、尤政、张广军、温志渝、曲兴华、汪乐宇、傅星、王雪、陈耀武。