

# 依托重点实验室构建地方高校研究生实验教学体系

赵 琴<sup>1</sup>, 江启峰<sup>1</sup>, 刘小兵<sup>2</sup>

(1. 西华大学 流体及动力机械教育部重点实验室, 四川 成都 610039;  
2. 西华大学 研究生部, 四川 成都 610039)

**摘要:** 地方高校在研究生招生面临巨大压力的局面下, 应借助优势学科和重点实验室提升研究生培养质量, 突出自身特色, 进而吸引更多的优秀生源。通过利用重点实验室先进的实验平台、设备、仪器, 整合重点实验室的协同创新中心、国际研究中心等资源, 并将最新的科研成果提炼引入实验教学, 建立包括基础实验、专题实验、创新实验的多层次研究生实验教学体系。实验教学强化自主性、开放性, 教学方法多样化, 从而促进研究生创新实践能力和科研素质的提高。

**关键词:** 地方高校; 重点实验室; 研究生; 实验教学

中图分类号: G643.2 文献标志码: A 文章编号: 1002-4956(2015)12-0022-04

## Construction of postgraduate experimental teaching system of local universities based on key laboratories

Zhao Qin<sup>1</sup>, Jiang Qifeng<sup>1</sup>, Liu Xiaobing<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Fluid and Power Machinery, Ministry of Education, Xihua University, Chengdu 610039, China; 2. Graduate Affairs Office, Xihua University, Chengdu 610039, China)

**Abstract:** The leading disciplines and key laboratories should be applied to improve the quality of the postgraduate education of the local universities, whose enrollments face some trouble. The local universities should pay attention to their characteristics to attract more excellent students. The scientific multi-level postgraduate experimental teaching system, including fundamental experiments, project experiments and innovative experiments, is constructed according to the advanced instruments, equipment and platforms of the key laboratory. The achievements of the research teams are brought into the system, meanwhile the collaborative innovation centers and international cooperative research center are integrated. The teaching mode is flexible and diverse, which emphasizes on training the ability of independent thinking and innovation. Based on the experimental teaching system, the practice and scientific research ability of postgraduates would be enhanced.

**Key words:** local university; key laboratory; postgraduate; experimental teaching

目前我国地方高校研究生招生面临巨大压力, 研究生生源的竞争相当激烈, 部分优秀的本科生会选择

收稿日期: 2015-05-26

基金项目: 西华大学校级重点教改项目“基于卓越工程师培养的流体力学课程改革模式的探索”(2013); 西华大学校级重点教改项目“基于提升学生实践创新能力的教学与科研平台互动研究”(2015)

作者简介: 赵琴(1975—), 女, 四川成都, 博士, 副教授, 主要研究方向为流体力学、流体及动力机械。

E-mail: zhaoqin7579@163.com

报考重点高校, 地方高校调剂生源过多, 优秀生源不足<sup>[1]</sup>。只有确保研究生培养质量, 突出地方高校的学科优势和专业特色, 才能招到优秀学生, 保证地方高校的立足及发展。然而在研究生的培养中, 各高校普遍存在着“重理论、轻实践”、“重知识传授、轻能力培养”的现象, 工科研究生实验技能的培养被弱化, 甚至淡化。培养单位重视理论学习和论文水平, 在培养方案和学位授予细则中对理论学习和学位论文都有详细、具体的要求, 制定了可以量化的标准, 而对实验能力培养环节却很少有明确的规定和可操作性的衡量标准,

对实验教学存在不同程度的忽视<sup>[2]</sup>。我校作为以工科为主的地方高校,研究生的培养也存在上述问题。轻视实验教学环节的后果便是研究生的实践创新能力较差,科学素养不够,难以出现高水平的学术论文和研究成果。

学科是研究生教育的重要载体,优势特色学科是吸引优质生源的关键,也是提升研究生创新能力的重要资源<sup>[3]</sup>。因此,多数地方高校在学科建设中对个别优势学科在改革、经费、精力等方面加大投入,部分优势学科水平迅速发展,并建立起高水平的科研平台,如省部级重点实验室<sup>[4]</sup>。这些重点实验室集中了学校的优势资源,为学校特色名片,应充分利用重点实验室的先进研究平台,发挥重点实验室在人才培养中的作用,提升研究生培养质量。

本文将探讨如何依托我校的流体机械优势学科和流体及动力机械教育部重点实验室,建立科学合理的研究生实验教学体系,包括总体思路构建、实验教学内容设置、教学模式改革,以及整合协同创新中心、国际研究中心等资源为教学服务。

## 1 重点实验室基本情况

我校的流体机械工程是传统的优势学科,流体及动力机械教育部重点实验室是西南地区流体及动力机械领域唯一的教育部重点实验室,具有良好的研究基础和学科平台,拥有动力工程及工程热物理一级学科硕士点,建有四川省流体机械及工程重点学科、能源动力重大装备及技术协同创新中心、四川省泵行业协同中心、西华大学—Andritz 国际水力机械研究中心等。本实验室研究团队为四川省科研创新研究团队,目前共有专职研究人员 30 人,其中教授 4 人、副教授 9 人、享有国务院特殊津贴专家 2 人、四川省学术技术带头人 2 人、四川省学术技术带头人后备人选 1 人。实验室拥有大型流体机械实验台、多相流动实验台、1.2 m × 1.2 m 风洞实验台、空蚀与泥沙磨损实验台、水力机械及水电站模型实验台以及 PIV 系统、LDV、扫描电子显微镜、手持式三维数字扫描机测量系统、高性能集群服务器等大型测试仪器与设备,仪器设备总值 4 000 余万元。

实验室一方面强调科学的研究,通过近些年的建设投入已具备较完善的科研硬件条件,另一方面牵头组建 2 个协同创新中心和一个国际研究中心,可以更好地为地方经济建设服务。实验室的最主要功能应是人才的培养,因此,具有较强创新实践能力的高素质能教学的科研人才是实验室发展的根本。提升研究生培养质量是一个涉及面很广的复杂系统工程,本文仅就如何利用实验室现有资源建立研究生的实验教学体系以

提高研究生的创新实践能力予以阐述。

## 2 研究生实验教学体系构建

### 2.1 巩固理论基础,融入科研成果,加强交流合作的实验教学体系的构建思路

已有部分高校在加强研究生理论教学和学位论文研究的同时,特别重视研究生实践能力的培养,增加了研究生教学实验环节,确立了跨一级学科的研究生公共实验课程和一级学科框架下的研究生专业实验体系,通过将前瞻性、先进性、典型性、综合性和学科交叉性的科研成果高质量地转化到研究生实验教学上,实现研究生实践能力的宽领域培养。

夯实研究生实践能力“宽口径”的基础,再通过研究生学位论文研究,在其研究方向上实现“点上提高”,从而形成研究生实践能力的立体全方位培养<sup>[5]</sup>。这里借鉴其他高校先进经验<sup>[6-8]</sup>,结合本重点实验室特点,提出构建流体及动力机械专业研究生实验教学体系的总体思路。

将实验教学分为与理论课程教学内容配套的基础实验、融入团队科研成果的专题实验及创新实验 3 个层次。基础实验与理论课程内容配套,应用前沿的测试技术手段,激发学生学习兴趣,培养学生掌握坚实的基础知识,提高学生的动手能力;专题实验内容根据实验室 4 个研究方向团队的科研成果以及实验室现有的实验平台进行设计,也可以是与协同创新中心、国际研究中心各单位交流合作的课题,重在培养学生的科研素质;创新实验位于整个实验体系的顶层,实验内容可以是学生参加各级学科竞赛、创新基金的项目,也可以是专题实验项目的创新扩展,重在培养学生的创新性思维,提高学生自主研发能力。基础和专题实验室面向所有研究生开设,创新实验针对更具科研潜力的部分研究生开设。实验教学体系的构建思路见图 1。

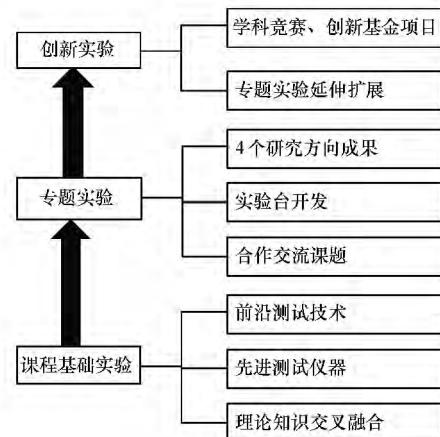


图 1 实验教学体系构建思路

## 2.2 重点实验室先进实验设备应用于基础实验教学

重点实验室配备有 PIV、LDV 先进测试系统的多个实验台、3D 打印设备、高性能集群服务器、专用流动软件等,除了用于科学研究以外,还可以用于研究生的实验教学。

“高等流体力学”、“计算流体力学”等课程是流体及动力机械专业研究生的学科基础课,该专业研究生在本科阶段都做过流体力学基础实验,但限于对流动的平均压强、平均流速等参数进行测量,而没有关注具体的流场分布。研究生阶段的流体力学从简单的一维流动深化为复杂的三维流场分析,理论课程以三维流动微分方程的分析为主,内容抽象、深奥,学生普遍反映理解困难。将流动形象化可以将抽象内容直观化,便于学生理解。然而目前多数高校并未设置与高等流体力学课程内容相关的实验项目。作者根据在美国艾奥瓦大学访学体会,提出相应的实验设置。

国外研究型大学本科阶段的流体力学实验普遍为综合性、设计性实验,如艾奥瓦大学将流体力学的前沿主流研究方法——计算流体力学技术(CFD 技术)和粒子成像测速系统(PIV 系统),融入本科实验,开设了流体黏度、有压管流和翼型绕流 3 个综合测试项目<sup>[9]</sup>。目前,PIV 在国外大学流体力学的实验教学中被广泛应用,本科生可以利用该实验仪器开展感兴趣的实验研究。而在国内,尽管不少大学也购置有该设备,但由于 PIV 系统本身较为复杂,对教师及学生的要求均较高,因而更多的是被用于研究生的论文及科研工作,至今还很少有将该设备用于本科生教学<sup>[10]</sup>。作为地方高校,在本科阶段开设融入 CFD、PIV 等技术手段的流体力学实验难度更大,因而在研究生阶段才开设高等流体力学实验课。

PIV 测试系统需要测试对象部分透明,便于投射光源,如另建一套用于流体力学基本理论的测试平台成本高,因此,拟将本科流体力学有机玻璃材质的实验台加以运用。如现有的能量方程实验台流动有水平均匀流段、扩展收缩段及弯曲流段等,流动形态多样,本科阶段只是测量沿程平均水头变化情况。研究生阶段应对流动细节予以关注,可以利用 PIV 系统测试速度场、涡量场等,同时运用商用软件开展数值模拟,将实测值和计算值对比分析。这样既巩固了对流动理论、控制方程等基础知识的认知,更重要的是对学生科研能力的培养,从而使学生更快进入科研状态。利用现有的实验台,可以设计有压管流、柱体(或翼型)绕流、明渠流及射流等多个综合性实验项目。

另外,在流体动力机械状态监测与故障诊断、流体动力机械现代测试技术、压力脉动及水力机组振

动、流体动力机械数字化设计与制造技术、流体动力机械结构动力学等专业选修课程中,配套有相应学时的实验。实验可在实验室的大型流体机械实验台、多相流实验台等平台上开展,配合运用高速摄像、PIV/LDV 测试系统、3D 打印设备等先进设备仪器。先进前沿设备的运用更能培养学生的学习兴趣,激发学生的创新潜能。

## 2.3 研究团队科研成果引入至专题和创新实验

重点实验室目前有 4 个研究方向:流体动力机械的流体力学理论研究;流体动力机械的数字化设计与制造;流体动力工程优化及自动控制技术;流体及动力机械抗磨蚀材料及表面处理技术。在每个方向上有优秀的研究团队,并取得了代表性成果。考虑上述研究方向的科研成果和现有的实验平台对研究生专题、创新实验项目进行设计。

“流体动力机械的流体力学理论”研究方向,设计以水轮机、水泵为代表的流体动力机械空化空蚀、泥沙磨损的专题实验,可在实验室的多相流实验台、泥沙磨损实验台,应用高速摄像、PIV/LDV 测试系统等对流场展开可视化实验;“流体动力机械的数字化设计与制造”研究方向,设计叶轮类等复杂零部件的数字化设计专题实验,配合三维数字扫描机测量系统、3D 打印设备等的使用;“流体动力工程优化及自动控制技术”研究方向,安排在水电站模型实验台开展电站故障诊断分析方面的模拟实验;“流体及动力机械抗磨蚀材料及表面处理技术”研究方向,开展材料表面抗磨蚀的特性实验。专题实验的开设重在培养研究生的科研能力,将教师的科研成果提炼后引入实验教学中,可以让研究生更直观地了解将要进入的研究领域,以利于研究生未来科研工作的开展。

此外,还可借助协同创新中心、国际交流中心等资源平台,将研究生在协同、合作单位交流参与的课题作为专题实验项目,专题实验项目也可以是在学习、研究过程中提出问题,利用协同单位的研究平台予以提炼。总之,专题实验的形式多样,目的在于培养学生分析解决问题的能力。

实验教学体系中还设有创新实验来面向学有余力的部分学生。创新实验项目主要来源于以下 2 个途径:一是研究生参与的各级竞赛,如“西华杯”、“登峰计划”、“挑战杯”和研究生创新基金;二是由前面的专题实验延伸扩展而来。创新实验项目是整个实验体系的顶层,学生完成课程基础实验、专题实验后,专业知识已达到一定的融会贯通,科研素养有所提高,在此基础上对学生创新能力提出更高要求,因而设置创新实验环节是很必要的。

### 3 实验教学模式创新

#### 3.1 实验教学重在强化自主性

由于教育资源短缺,部分研究生在本科阶段做实验机会不多,同时教学模式比较单一。通常是课前有关人员将实验全部准备好,课上教师交代好实验的目的、原理、要求,然后学生按教师说的完成实验,这种实验教学模式教师熟悉,实验技术人员有经验,学生不用多思考,导致学生既不用自己动脑设计,也无需仔细观察,就可完成实验报告,根本谈不上什么科研创新能力的培养<sup>[11]</sup>。

在研究生实验教学体系的课程基础实验教学环节中,应强调学生的自主学习能力的培养。可参照国内外一些高校的教学方式,在动手做实验之前,安排几次理论讲座,主要是介绍实验台构造、实验原理以及实验仪器设备的使用。之后,将学生分组,教师交代实验目的、要求,让学生自己制订实验方案,并由各组学生讨论确定最佳实验方案。为了让每个学生都有动手操作的机会,采用开放式教学。实验室将开放时间段网上公布,学生预约实验时间。学生做实验期间,教师或实验室工作人员应予以相应的技术指导。

#### 3.2 利用协同创新中心等资源,扩展实验教学广度

2012年,教育部、财政部启动实施“高等学校创新能力提升计划”(“简称2011计划”),该计划是继“211工程”和“985工程”之后,中国高等教育系统又一项体现国家意志的重大战略部署,是推进高等教育内涵式发展的现实需要,是深化科技体制改革的重大行动和提升高校创新能力支撑创新型国家建设的战略举措。面向行业的协同创新中心是对地方行业资源的有效整合,通过高校与高校、与科研院所,特别是与大型骨干企业的强强联合,成为支撑我国行业产业发展的核心共性技术研发和转移的重要基地<sup>[12]</sup>。

我们实验室积极响应号召,依据学科优势,牵头组建2个面向行业产业的协同创新中心。2014年,四川省泵行业协同创新中心获准成立,同年,能源动力重大装备及技术协同创新中心被批准为第二批“四川省2011协同创新中心培育基地”。协同创新中心的重要职能之一是培养创新型人才,为地方经济建设服务,在本实验教学体系中充分考虑了协同创新中心的人才培养职能。部分研究生在完成基础理论课程学习后,可根据需要安排到相应的协同单位交流合作或进行课题研究。一方面是利用协同单位的技术平台进行指定课题的研究,另一方面是协助协作单位开展项目研究,所做的研究工作可作为

专题或创新性实验项目。协同创新平台扩展了实验教学体系,实验内容更加丰富、实践性更强,既开阔了视野,又锻炼了分析解决问题的能力。

同时,我们实验室还和国际流体机械行业龙头企业奥地利安德里兹集团共建有西华大学—Andritz国际水力机械研究中心,高精度的大型流体机械实验台正在筹建中。利用该平台,可将国际化因素引入实验教学体系,进而提升教学层次。

### 4 结束语

本文对如何依托重点实验室构建地方高校工科研究生实验教学体系以及创新教学模式予以详细阐述。提出构建实验教学体系的基础实验、专题实验及创新实验3个层次,并介绍了其侧重点、实验内容来源、教学方法等。借助实验室的先进仪器设备、融入科研团队的研究成果、利用协同创新中心等资源,扩展实验教学内容,培养学生的创新实践能力。通过上述措施,在地方高校研究生招生压力大、生源质量不高的大背景下,强化优势学科研究生培养力度,提高培养质量,进而能更好地为地方经济服务。

### 参考文献(References)

- [1] 蒋四华. 地方高校研究生招生困境及对策研究[J]. 科技创业月刊, 2005(6):52-53.
- [2] 李彦文, 张娜, 尹华, 等. 环境专业硕士研究生实验教学探索[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(7):148-150.
- [3] 徐洪吉. 基于创新能力提升的地方高校研究生培养机制改革[J]. 浙江工业大学学报:社会科学版, 2011, 10(4):447-451.
- [4] 勤星, 李倩, 王利霞, 等. 重点实验室在教研型高校人才培养中的作用[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(10):207-209.
- [5] 郑冬梅, 王悦. 构建研究生实验教学体系 培养研究生创新能力[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(7):146-148.
- [6] 吕永康. 重点实验室研究生培养的实践与思考[J]. 太原理工大学学报:社会科学版, 2002, 20(2):42-43.
- [7] 李树苗, 靳小怡, 刘慧君, 等. 基于国际科研平台的团队学习型研究生培养模式[J]. 学位与研究生教育, 2008(4):14.
- [8] 王红美, 史佩京, 张伟, 等. 发挥重点实验室优势, 培养研究生创新能力[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(3):187-190.
- [9] 赵琴. 国外本科流体力学实验教学:以艾奥瓦大学为例[J]. 力学与实践, 2014, 36(5):660-662.
- [10] 胡江, 兰艳萍, 陈阳. PIV在本科流体力学实验教学中的应用[J]. 科技创新导报, 2013(24):116-117.
- [11] 孙腊珍, 张增明, 叶邦角, 等. 科研能力培养和研究生实验教学体系的构建[J]. 学位与研究生教育, 2010(6):58-60.
- [12] 吴绍芬. 协同创新与高校科技创新能力的提升[J]. 高校教育管理, 2012, 6(6):16-19.