

# 空气动力学专业本科实验教学改革概况

周越<sup>1, 2</sup> 潘翀<sup>1, 2</sup> 蔡楚江<sup>1, 2</sup> (通讯作者)

(1. 北京航空航天大学 航空科学与工程学院 北京 100083;

2. 流体力学教育部重点实验室 北京 100083)

**摘要:** 本文归纳了北京航空航天大学空气动力学专业本科生实验教学改革的尝试, 主要介绍以科研反哺教学为目的的实验室课堂和科研课堂教学模式, 为探索高等工科大学本科生实验教学模式的改进和发展提供经验。

**关键词:** 高等教育 教学模式 科研成果 实验教学 创新模式

**中图分类号:** V211-4; G642 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.17.083

高等学校承载着培养高素质拔尖人才的国家使命, 科教融合是培养高素质创新型人才的有效手段。

2019年教育部在《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》中指出: 推动科研反哺教学, 强化科研育人功能, 推动高校及时把最新科研成果转化为教学内容, 激发学生专业学习兴趣。加强对学生科研活动的指导, 加大科研实践平台建设力度, 推动国家级、省部级科研基地更大范围开放共享, 支持学生早进课题组、早进实验室、早进团队, 以高水平科学研究提高学生创新和实践能力。2020年, 教育部又在《未来技术学院建设指南(试行)》中指出: 坚持科教结合, 强化科研育人功能, 探索高校和科研院所联合培养未来科技创新领军人才的有效模式……引导及时把最新科研成果转化为教学内容, 推动科研基地和资源更大范围开放共享。

北京航空航天大学(以下简称北航)积极响应教育部相关文件精神, 充分利用其科研方面的优势, 从2018年开始, 大力推进科研项目服务本科生的实验实践教学改革, 先后开展了科研实验室面向本科生开放、省部级科研成果转化为本科生实验室课堂及最新科研成果转化为本科生科研课堂的教学尝试。

本文将结合北航空气动力学专业近年来在本科实验教学方面的实践, 介绍北航空气动力学系高等工科实验教学模式的探索, 为今后本科生实验实践类教学模式改进和发展提供经验。

## 一、国内主要高等工科实验教学模式现状

针对教育部深化本科教育教学改革的精神, 全国各高校都在进行着“科研反哺教学、强化科研育人功能”的尝试。

北京大学为本科生建立了“教师指导下的独立研究”类课程和“教师指导下的小组研究”类课程, 对本科生分年

级、有针对性地进行科研能力的培养; 清华大学为本科生制定了进阶式科学研究学习体系, 促进学生在教师的指导下尽早进入感兴趣的科研领域; 哈尔滨工业大学依托科研优势, 设立了“创新研修课”; 吉林大学设立开放性创新实验教学“课外培养计划”环节; 北京理工大学也开设了可选的开放实验项目<sup>[4]</sup>。

北航于2018年开始试行校内48个省部级重点实验室面向本科生开放。以本科生实验室实践活动为导向, 面向本科生开展了77项科研实验室面向本科生的开放项目, 共有277名本科生参加, 经过几轮的实践, 取得了相应的效果和丰富的经验。

针对优秀学生, 北航在本科二、三年级设有科研导师制度, 鼓励学生进入实验室, 进行科研实践和科技创新。由于学校缺乏有效的制度保证及对教师的激励机制, 科研导师制度难以惠及更多的学生, 难以实现规模效应。因此, 北航从2020年开始建立专门以科研反哺教学为目的的实验室课堂及科研课堂教学体系, 有组织地安排各重点实验室将丰富多样的科研项目向本科生开放, 促进本科生参与科研项目, 训练、培养创新人才。

## 二、北航空气动力学系在本科生实验实践教学中的尝试

北航航空科学与工程学院空气动力学系(流体力学研究所)经过近70年的发展, 建有计算流体力学国家实验室、流体力学教育部重点实验室、气动声学工信部重点实验室和粉体技术北京市重点实验室。在流体力学和空气动力学领域科研人才、资源、项目、成果极具优势。60多年来, 始终将“研究空气动力学基础前沿、服务国家航空航天战略需求”作为学科定位, 研究方向和发展重点始终瞄准国际航空航天领域的最前沿, 研究水平国内领先、国际一流, 有力地支撑了北航航空宇航科学与技术、力学学科等双一流学科的

建设。为响应本科生实验实践教学改革，北航航空科学与工程学院空气动力学系下辖各实验室于2018年起参与了基于实验室课堂等的一系列本科实验教学改革的尝试。实验室课堂是探索省部级科研成果转化为本科教学实验的改革尝试。空气动力学系将曾经获得的三项省、部级科研成果（昆虫飞行的空气动力学和飞行力学、仿复眼成像的单相机三维流场测量关键技术及设备、流体力学方法宏量制备石墨烯），经过精心配制，设计成两个本科实验室课堂中的教学模块，分别是“低雷诺数仿生扑翼测力综合实验”和“流体力学方法制备石墨烯技术”。这两个实验涉及的流体力学知识及运用的实验设备和技术专业性较强，而且充分运用目前先进的流体力学测试和实验手段，体现了流体力学、生物学、纳米技术等多学科交叉融合性。

在将科研成果转化为本科实验的基础上，研究将专业性强的科研实验介绍给不同年级、不同专业本科生的教学方法，尝试建立本科生“认知-实践-创新”的实验教学新模式。

实验室课堂的教学力求做到分级施教。针对低年级本科生，以了解实验室定位、学科专业发展、最新研究方向、代表性研究成果及当前学科交叉融合的情况为主。以逐级递进的方式分层次、模块化地设置实验内容，使学生尽早了解最新的科研成果、科研方法和实验手段，体会学科交叉融合性。针对高年级本科生则需要从参观交流演进到项目研讨，从认知实验环境演进到科学研究探讨，从简单地看到实验现象和结论，演进到思考、调研，并做出研究方向的文献综述报告，使学生全方位地沉浸到科研的实践中，激发其对科学研究的兴趣，培养科研素养，找到自己感兴趣的专业方向。



图1 实验室课堂的教学思路

科研课堂是在实验室课堂经验指导下进一步推进实验教学改革改革的尝试，目的是探索北航特色科教融合新模式，最终实现全校本科生通过授课课堂、科研课堂、社会课堂全过程参与，达到校内外协同培育人才的目的。

空气动力学系的科研课堂是由25个科研微课堂组成。每个微课堂针对教师指定学院的二、三年级开放选课。每个微

课堂都有专业针对性。空气动力学系科研微课堂内容涉及流体力学和空气动力学研究前沿、最新学科交叉研究成果，从空气动力学模拟实验到数值实验，涵盖基础研究及工程应用。

教师把已试验成功的科研实验转化为本科生的科研微课堂课程，编制有适合本科生的实验目的、实验步骤和实验要求，使本科生体会科研实验的基本过程，科研思路、研究方法等。评价标准根据学生参与度由教师认可即可，教师的自由度更高。科研课堂受欢迎程度很高，选课人数全部超出预设人数范围，需要教师进行筛选。

### 三、北航空气动力学系本科生实验教学改革形式

空气动力学系由各重点实验室共同组成教学团队。将选出的三项省、部级科研成果转化为能充分体现学科前沿及交叉融合性的教学实验，16学时，1学分。

根据不同年级和专业的本科生的实际情况，对课程模块进行教学内容和教学方法的细化，尽量做到使所有选课学生都能够参与并有所收获，确定为：认知学科特色，参与设定的实验项目，在教师提供的创新平台上产生创新思维，完成创新实践等教学内容。从易于操作的动手实践环节引入相关的基础理论知识，尽量减少冗长的理论讲授，多以学生能够直接体会的趣味操作形式介绍与实验相关的理论知识，培养学生独立思考的能力。

教学团队按开设新课程要求，为实验室课堂设置具体的教学大纲、特色的教学方案和独特的评价体系。针对不同年级和不同专业的本科生，进行分组教学。空气动力学系实验室课堂选课学生人数近40人。

科研课堂是在实验室课堂模式的基础上，在某些学院开展的试点实验教学模式，共32学时，2学分。依据实验室课堂的上课形式、教学大纲、考核评价体系等要求和教学组织形式，以各重点实验室为依托，下设若干科研实验微课堂。微课堂内容根据研究内容设定，面向全校二、三年级本科生开放选课，比实验室课堂研究内容更丰富、更有针对性，学生的选择范围更广泛。此外，根据科研和人才培养的规律和特点，采用小班化教学模式，每个微课堂的学生最多4-6人。

### 四、北航空气动力学系本科生实验教学实施情况及教学效果

实验室课堂已于2020年秋季学期正式开课。学生选课热情非常高。很多学生直接联系开课教师，了解课程相关情况。针对所有选课学生，教学团队经过学生与教师双向选择机制进行了认真筛选，确定了约39名本科生入选。

因空气动力学系的实验室课堂教学方案、教学方法是由相应的教学团队经过细致研究分析确定的,所以,学生在明确的实验目的、设备、材料、步骤和实验要求指导下进行实验操作;在教师带领下,认知学科特点,了解学科发展状况;以小组为单位,亲自动手按详细的实验指导手册逐步自行完成实验;自行查阅文献资料,系统了解本项目的研究现状,写出相关研究领域的综述报告及研究报告,最后自制PPT,完成研究报告答辩。学有余力的学生还提出了创新设想或完成了创新实验。全部选课学生都顺利完成了预订的教学任务。

实验室课堂每周开设一次,每课时长度根据具体授课内容设置。学生非常喜欢授课过程中设置的各种动手实践环节,对设定的课程模块也非常感兴趣,出勤率和课堂参与度均达到100%,对空气动力学系的实验室课堂最后的评价也非常满意。科研课堂作为实验室课堂的发展和延伸,也已于2021年春季学期正式开课。空气动力学系在其中开设有25个科研微课堂。上课形式以科研微课堂为单位,基本等同实验室课堂。基本内容包括了解北航空气动力学系的发展现状和研究方向、国内外研究现状、实验准备、实验实施、实验数据整理、研究报告编写、研究报告PPT制作、答辩。

通过对科研课堂教学工作和效果的总结,我们看到,学生的反馈非常积极,对此类课程的需求度很高,因此,决定在北航更多的学院继续开展科研课堂教学形式的尝试,且每学期都开设科研课堂。

### 五、存在的不足和未来改进措施

北航空气动力学系本科生的实验教学改革中,教师要在课程设置、讲解方式、方法、实验设置等多方面充分考虑低年级本科生专业基础知识方面的不足,课程准备等工作丝毫不亚于新开一门理论课程,甚至比新开设的理论课程需要考虑更多的因素。但学校并没有在相应的教师工作量考核机制和职称评价体系中有所体现,所以教师投入的热情并不高。

另外,学生在没有教师陪伴的情况下,在独立查阅文献、撰写综述报告、研究结果汇总分析等环节明显表现不佳,对研

究结果的总结分析缺乏思路,总结归纳后综合、深入分析问题的能力及独立思考能力明显不足;甚至已有一定专业知识背景的本科生,运用专业知识分析研究结果的能力也明显不足,主要是由于学习方法不当及学业压力较大所导致。

关于未来的改进措施,笔者提出以下几点建议:

(1) 因科研试验与教学实验针对的主体不同,对于实验实践类课程需要充分、精心地做好课程,准备工作。必要时,学校应提供一定的资金支持,用于必要的小型化实验设备和安全设置的配备。

(2) 学生和教师可以提前进行双向选择,不只学生可以选择教师所开设的课程,教师亦应可以选择学生。

(3) 为达到预期的教学目的,科研实验实践类课程对学习压力较小的年级的学生开设,甚至可以利用暑假或寒假进行。

(4) 根据高校实验实践类课程特点,将本科生实验实践类教学改革课程工作量合理加入教师考核和职称晋升评价机制中,同时对选课学生也要制定相应的奖励机制。

### 参考文献

- [1]张华,潘晓丽,郭辉,等.依托学科优势建设有特色的流体力学教学实验体系[J].力学与实践,2007(04):77-79.
- [2]刘沛清.空气动力学研讨课建设的探索与实践[J].力学与实践,2016,38(01):87-89.
- [3]郭昊,刘沛清,屈秋林,等.基于创新实践理念的空气动力学课程教学体系建设[J].世界教育信息,2011,25(01):49-51.
- [4]周越,潘翀,刘沛清,等.航空工程创新型实验实践教学体系探索与实践[J].科教导刊-电子版(中旬),2020(12):109-111.

### 作者简介

周越(1969.7—),女,汉,籍贯:江苏溧阳,学历:博士研究生,毕业院校:北京航空航天大学,研究方向:流体力学,工程师。

通讯作者:蔡楚江。