



面向创新人才培养的天文实践创新 平台建设

陈 亮, 彭志欣, 何秋会

(南京大学 天文与空间科学学院, 南京 210023)

摘要: 在深入推进“双一流”建设背景下, 为培养学生的创新精神和实践能力, 构建了面向创新人才培养的天文实践创新平台, 并从平台建设重要性、实践建设情况、实践模式探索等方面进行了详细阐述和研究。通过结合天文前沿科技开发和设计创新实验, 搭建开放式实验平台, 开展实践基地建设, 为学生提供自主设计及独立操作的机会。该平台为天文创新人才培养发挥了积极的作用。

关键词: 创新人才; 天文学; 实践; 建设

中图分类号: P11; G482

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20240081](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20240081)

Construction of an Astronomical Practice Innovation Platform for Cultivating Innovative Talents

CHEN Liang, PENG Zhixin, HE Qihui

(School of Astronomy & Space Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: In the context of deepening the construction of “Double First Class”, in order to cultivate students’ innovative spirit and practical ability, an astronomical practice innovation platform for innovative talent cultivation is introduced. Detailed explanations and research explorations have been made from the importance of platform construction, practical construction situation, and practical mode exploration. By combining the cutting-edge astronomical technology to develop and design innovative experiments, building an open experimental platform, and carrying out practical base construction, opportunities of independent design and operation for students are provided. This platform has played a positive role in cultivating astronomical innovative talents.

Key words: innovative talents; astronomy; practice; construction

新一轮“双一流”建设着力解决创新人才供给能力不足、服务国家战略需求不够精准等问题, 提出优化学科专业布局, 夯实基础学科建设, 强化学术训练和科研实践, 为高水平科研创新培养高水平复合型人才^[1]。“双一流”建设为高校实验室建设注入新内涵的同时也提出了更高的要求, 一流的科研水平和一流的人才培养, 需要一流的实验室和一流的管理水平来支撑, 实践教学改革是培养学生创新能力, 提高综合素质, 助力“双一流”内涵式发展的重要方式^[2]。

天文学是一门以观测为基础, 探索宇宙中天体起源和演化的学科。2023 年 2 月 21 日, 教育部

等五部门印发了关于《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》的通知^[3], 其中提到适度扩大天文学等紧缺理科学科专业布局。伴随着国家不断加大天文学科的建设以及基础教育研究的投入, 天文学科从以往基础学科的大冷门到如今的快速发展, 各种大型先进甚至国际领先的天文观测设备在陆续投入使用或大力建设中。作为国家尖端技术重要组成部分的先进天文技术在导航、定位、航天、深空探测等领域中大量应用, 促进了天文学与其他学科的深度交叉融合^[4], 使得天文学专业学生在掌握扎实的理论知识同时也要有较强的实践应用能力, 社会旺盛的天文学人才需求

收稿日期: 2024-02-28

基金项目: 2022 年江苏省高校实验室研究会研究课题(GS2022YB18)。

作者简介: 陈亮, 硕士, 工程师, 主要从事实验室建设及仪器设备管理方面的研究。E-mail: chenliang@nju.edu.cn

使高校培养天文学创新型或复合型人才变得尤为重要^[5]。

天文学的广度和深度有助于培养学生勇于创新的精神、科学的思维方式和坚韧不拔的优良品质,因而越来越多的高校开设天文学课程,把天文学教育作为培养学生科学兴趣及创新意识的切入点^[6]。然而,当前高校教学过程中,实验教学常作为理论教学的辅助课程而未得到应有的重视,重理论轻实践、教学程序固化等问题限制了学生创新思维的发展^[7]。长期以来,天文学实验课程多以围绕望远镜的操作和使用来开展,实验内容主要以演示性及理论验证为主,缺乏当前先进天文技术及前沿科研成果相关的实验教学。教学实验室作为理论教学的辅助阵地,传统教学设备和实验内容不足以支撑天文创新人才的培养,难以与国家的发展需求相适应,学生更缺乏实际动手机会及自主实践的平台,难以激发学生的创新热情^[5]。这些问题的存在会不同程度地限制学生思考能力、观察能力、判断能力、创新能力的发展。为此,加强高校天文实验室的建设,构建面向创新人才培养的实践平台,有效开展基于天文观测的实践教学,对培养天文学创新型人才具有重要意义。

1 天文实践创新平台的重要性

天文实践创新平台的构建有利于进一步提高教学实验室的整体竞争力,使传统教学实验随着科学技术前沿的发展而不断更新,将工程实践中积累的经验及科研成果融入实验教学中,推动科研实验室面向本科生开放,为学生开展创新科研实践提供平台和资源支持,进而有效激发学生的创新意识。

1.1 有助于提高实验教学质量

目前,国内拥有天文科研设备及校内天文台的高校数量较少,部分开设天文学科的高校实验教学设备存在陈旧老化现象,甚至校内没有较完善的教学用望远镜等实验设备;实验课程教材沿用数十年前的,部分实验内容已过时,实验技术和方法较落后,未能及时更新迭代;天文学科的学生不断增多,而实验教师配比不足。种种因素导致实验教学质量难以跟上天文学的快速发展^[5]。实践表明,天文实践创新实验平台的建设能在有限的资源范围内,有效地发挥实践创新作用,弥补传统实验教学的不足,丰富实验教学内容,提

高实验教学质量,支撑创新人才的培养。

1.2 有助于促进科研成果转化

近年来,诸多天文现象及天文学研究成果引发全世界的关注。天文学观测所需的各种大科学装置是国家各类尖端技术的集合体,既是技术进步的催化剂,也是科技强国综合科技实力的展示方式之一。天文实践创新平台的建立给天文科研成果展示提供了一个很好的舞台,既能促进最新科研成果和新技术融入实验教学,又能激发学生对科研的浓厚兴趣。

1.3 有助于加强学科交叉融合

天文学是一门观测与理论紧密结合、相互促进的学科,与其他学科深度交叉,涉及物理、数学、力学、光学、机械、自动控制、计算机等学科。这些学科的知识是解释复杂天文现象的重要工具,同时天文学的发现和理论又促进这些学科的进步^[4]。天文实践创新平台提供的自主实验搭建与开发,能让学生接触多学科知识,了解如天文光谱及高精度定标技术、系外行星直接成像技术、探测器技术等先进科学仪器核心技术,提高学生对天文学学习的积极性。开放式实验平台也能供其他学科如光谱化学开展教学及科研工作,有效促进学科交叉融合。

1.4 有助于激励学生创新创业

高校学生平时难以接触作为高科技发展创新源头之一的天文技术,包括天文探测技术、天文仪器技术等,更难以实地进行自主的天文观测,这不利于高校天文学创新人才的培养。天文实践创新平台的构建不仅有助于将科技前沿技术以实验的形式呈现在学生面前,还能让学生有机会实地参与天文科研观测,接触大型天文科学设备和核心技术,激发学生的创新思维,甚至激励学生在如天文探测器、图像识别、人工智能等行业上进行创新创业。

2 天文实践创新实验平台的建设

天文学是世界科技强国重点发展的学科,发达国家高度重视天文人才质量,大力培养在理论、观测、设备等方面的领军型创新人才。国内高校天文学科的科研和教育队伍相对偏小,经费投入相对较少,在“双一流”建设背景下,结合科技前沿与学科重点发展方向开发和设计与天文相关的创新实验,是培养学生创新实践能力的有

效方式,能让学生深入接触大型天文望远镜和天文探测平台等核心前沿技术,培养其创新意识。为此,南京大学天文与空间科学学院教学中心实验室组建了天文实践创新开放实验室,设计并搭建了多个创新实验项目与实验平台,以培养天文创新人才具备更加坚实的实测能力和数据分析能力。

2.1 自适应光学系统实验

自适应光学是一种能够准实时自适应补偿目标和图像之间媒介所引起的光学效应的光学系统,是红外望远镜的核心技术之一,可以有效减小或消除大气视宁度对天文科学观测的影响,实现高分辨率甚至衍射极限观测。目前国际上地基大口径光学红外望远镜基本都配置了自适应光学系统。该实验系统^[8]主要由波前探测器、波前传感器和波前控制器组成,模拟了激光导星自适应光学系统实时校正改善成像质量的过程,完整还原了天文望远镜自适应光学系统的工作原理,将天文学前沿核心技术成功应用于天文实验课程,装置图如图1所示。

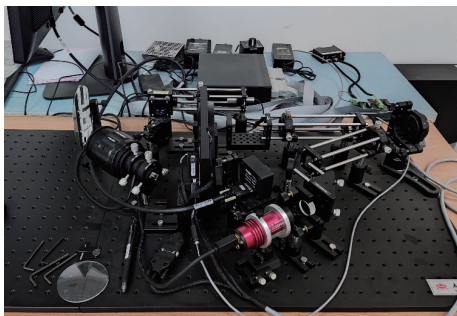


图1 自适应光学系统实验装置图

2.2 引力波探测模拟实验

2015年人类第一次直接探测到了引力波,让全世界的科学家都振奋不已,LIGO激光干涉引力波探测项目的相关科学家也因此获得了2017年诺贝尔物理学奖。引力波的发现提供了一种丈量宇宙的新方法,引力波天文学是近年来发展起来的新兴天文学科。引力波探测模拟实验如图2所示,是从物理研究中类比法出发,通过在一定程度上模拟引力波作用效果,搭建了激光干涉探测系统,测试声波源的模拟信号并进行数据处理,让学生能学习和验证引力波探测的一些关键技术,深入理解引力波相关理论知识,了解LIGO探测装置相关工作原理,从而在这一重大前沿课题上激发学生的学习兴趣。

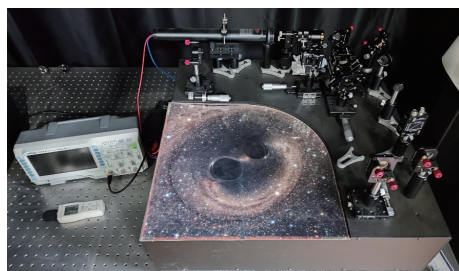


图2 引力波探测模拟实验图

2.3 系外行星大气光谱探测虚拟仿真实验

系外行星是天文学研究的热点问题,系外行星大气探测则是未来行星宜居性研究的关键,首个围绕类太阳恒星的太阳系外行星的发现获得了2019年诺贝尔物理学奖。系外行星距离遥远,行星大气探测精度要求极高,必须借助大型望远镜才能实现,高校的传统教学和天文台难以提供相应的平台。本实验^[9]依托南京大学双一流A+学科天文学的“行星大气概论”专业课,借助虚拟仿真技术,搭建了低成本、可容错、自由度高的实验平台,如图3所示。该平台克服了学生难以实操大型望远镜的缺憾(如大型地面天文望远镜和空间望远镜),突破了传统天文观测中天气、台址等客观因素的限制,让学生可以全天候、多台址、自主地进行大气透射光谱探测实验。实验以光谱探测原理与观测实践并重,呈现天文学科中“理论指导观测,观测反馈理论”的科学互动模式,以生动形象的仿真要素,结合观察法、自主设计法、控制变量法和归纳法等多种实验方法,协助学生理解课程理论知识,掌握天文观测,使学生掌握基础的观测筹划和实践能力,培养学生理论和观测相互联系的思维模式。



图3 系外行星大气光谱探测虚拟仿真实验平台

2.4 自搭建光谱仪设计实训平台

光谱是天文学研究最基础、最重要的技术之一,蕴藏着丰富的天体物理与化学特性,是探寻“两暗一黑”、恒星行星系统和地外生命的核心技术之一。光谱是将包含多种波长的复合光以波

长（或频率）为横轴、以光强为纵轴进行的分解排列，即形成光谱图，以此来分析光束的成分。光谱仪则是融合光学、计算机科学、电子等技术于一体的基本光学仪器设备，是光谱分析的重要媒介，是天体物理学研究的重要观测装备^[10]。学生可依如图 4 所示的实测平台，通过自己的设计与搭建，深入了解光栅光谱仪的工作原理、设计结构和各部件对实验系统的影响或作用，进而培养学生独立思考和动手实践的能力。

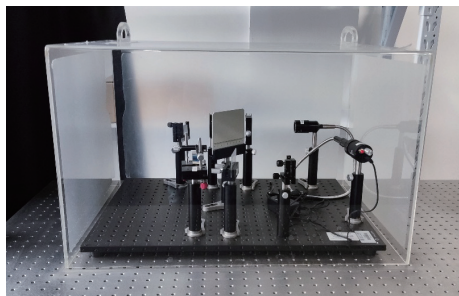


图 4 自搭建光谱仪设计实训平台实物图

2.5 伽马射线暴地面模拟实验

伽马射线暴是来自天空中某一方向的伽马射线强度在短时间内突然增强，随后又迅速减弱的现象^[11]。针对引力波电磁对应体（伽马射线暴）等天文现象，国内高校以本科生为主体的空间科学项目（天格计划）通过自主研制微型立方体卫星探测载荷，组成全天伽马射线暴监视网络，实现相关天体目标源的观测。该模拟实验用于在地面实验室模拟伽马射线暴的观测过程，实验系统为一套天体物理 X 射线瞬变源地面实验装置^[12]，如图 5 所示。该实验采用真实伽马射线暴观测数据，通过实验装置 X 射线调制发射源产生的 X 射线信号模拟伽马射线暴信号源，真空系统模拟太空环境，再使用 X 射线探测系统来探测模拟伽马射线暴信号，最后通过数据分析处理还原原始信号，从而模拟了伽马射线暴的观测过程。该实验能极大提升学生的实际动手操作能力，让学生对天文科研理解更加深刻透彻，激发他们的科研热情。



图 5 伽马射线暴地面模拟实验装置图

2.6 射电望远镜综合实验平台

射电望远镜综合实验平台通过一台口径 4.5 M 的抛物天线，工作频率范围 1~6 GHz，包含了天文、馈源、接收机和频谱仪等附件，用于本科生及部分研究生的天文观测。学生作为观测者，在教师指导下，自己动手调试望远镜，包括指向、定位、定标等，并自行选择观测目标，提出观测申请，对目标源进行观测，后期再对观测数据进行处理分析。该实验平台的建设完成将满足学院本科实验教学设备欠缺射电波段的迫切需要，而射电波段是现代天文观测非常重要的工作频率，对培养学生动手实践能力以及未来的科研工作具有重要意义。

3 面向创新人才培养的天文实践模式探索

3.1 开放式实验室

天文台作为教学科研实验室的场所大部分位于校外偏远的高海拔地区，不利于天文实践的开展。已有的本科教学实验室则存在开放时间有限、使用效率较低、实验内容受限、创新性实验较少、实验教师人员少等诸多问题。实践证明，开放式实验室是培养学生创新意识、开展实践的有效模式^[13]。因此，对于天文实践创新实验平台，加大实验室开放力度，健全仪器设备管理制度、准入制度、安全制度等尤为重要。

在一流学科建设支持下，天文实践创新实验室除了开发搭建了多个创新实验外，也将部分教师科研实验室面向研究生的实验开放给本科生，同时加大了人力、物力、财力等各方面制度的建设，规划智慧开放式实验室建设，提升信息化管理服务水平。同时在保障实验安全的基础上，在时间、空间、内容、资源上实现全方位全面的开放。

3.2 校外实践基地

2019 年，教育部在《关于加强和规范普通本科高校实习管理工作的意见》中指出：加强大学生实践能力、创新精神和社会责任感的培养，是提高高等教育人才培养质量的重要内容^[14]。作为一门以观测为基础的学科，校外实践基地是天文专业学生实践的主要场所，是产教结合的重要载体，是学生开展天文观测实践极其重要的有效模式。南京大学天文与空间科学学院已建立了上海天文台佘山观测站校外实践基地、紫金山天文台盱眙观测站校外实践基地，2023 年与青海省海

西州冷湖科技创新产业园区管委会签署《共建实习基地合作框架协议》,为学生进行天文观测实践及教学科研提供保障,形成了多平台、多波段、多类型的校外实践基地资源。

3.3 校企共建实验室

校企合作共建实验室是推动国家科技创新驱动发展战略的重要“试验场”,是高校开展教学实践、科学研究、人才培养和创新创业的重要场所^[15]。校企合作共建天文学实验室模式能有效完善实验室软硬件环境,推进信息化和智能化的建设,加强师资队伍力量,优化和完善教学计划,提高学生实践动手能力。

天文大科学装置的缺乏是影响我国天文发展的一个关键因素。积极探索校企共建模式,大力推动高校主导天文大型科学仪器设备的研制,从而打造先进和实用的一流实验室条件,为教学、科研、社会服务提供稳定的基础保障具有重要意义。

4 天文实践创新平台实施成效

随着天文实践创新实验平台的逐步开放,越来越多的学生参与并开展了相关实验,同时可依托平台独立自主进行自己所感兴趣的项目课题。自适应光学系统实验、系外行星大气光谱探测虚拟仿真实验和伽马射线暴地面模拟实验都已应用在实测天体物理专业课程中,其中系外行星大气光谱探测虚拟仿真实验入选国家级一流本科课程。学生反馈这些实验项目知识点详尽充实,通过动手操作与学习,对于理论和实践水平都有很大提升,提高了科研积极性。

5 结束语

在知识经济时代下,社会对创新型人才素质提出了严格要求。高校要充分发挥实验室的作用,系统性整合前沿科研成果与技术优势,结合专业人才培养目标,开发兼具前瞻性与实用性的创新型实验项目,并建立适合本科生的实践创新平台,从而培养具有创新能力和实践能力的人才。未来将深入探索校企共建实验室模式,有效解决建设中存在的组织架构、运行管理模式、评价机制、科研成果归属等制度性问题。

参考文献

- [1] 教育部,财政部,国家发展改革委.关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见[EB/OL]. (2022-01-26) [2024-02-28]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-02/14/content_5673489.htm.
- [2] 辛良,朱宜斌,孙志强,等.“双一流”建设背景下高校实验室改革与创新[J]. *实验室研究与探索*, 2020, 39(6): 248-252.
- [3] 教育部,发展改革委,工业和信息化部,等.教育部等五部门关于印发《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》的通知(教高〔2023〕1号)[EB/OL]. (2023-02-21) [2024-02-28]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-04/04/content_5750018.htm.
- [4] “中国学科及前沿领域发展战略研究(2021—2035)”项目组.中国天文学2035发展战略[M].北京:科学出版社,2023.
- [5] 陈亮,彭志欣,何秋会.“双一流”背景下高校天文实验室建设探究[J]. *科技资讯*, 2022, 20(19): 125-128.
- [6] 邱红梅,徐美.物理类专业的天文学教育教学实践[J]. *高等理科教育*, 2018(6): 119-125.
- [7] 张婷,杨扬,郭伟,等.高校设计实验室创新能力培养研究[J]. *实验科学与技术*, 2020, 18(4): 157-160.
- [8] 彭志欣,陈亮.天文自适应光学系统实验教学设计[J]. *实验室研究与探索*, 2022, 41(3): 174-176.
- [9] 何秋会,陈安东,王牧天,等.系外行星大气光谱探测虚拟仿真实验系统[J]. *南京大学学报(自然科学)*, 2023, 59(6): 1085-1096.
- [10] 王庆宇.中红外浸没式中阶梯光栅光谱仪关键技术研究[D].长春:中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所),2023.
- [11] 卢方军,张双南.硬X射线调制望远镜:中国第一颗X射线天文卫星[J]. *物理*, 2017, 46(6): 341-347.
- [12] 杨金龙.X射线通导测软件定义系统设计与实现[D].西安:西安电子科技大学,2021.
- [13] 王华,曹琳琳,陈燕.面向“双一流”建设的电气信息类专业开放实验室管理新模式研究[J]. *实验技术与管理*, 2020, 37(9): 278-281.
- [14] 教育部.教育部关于加强和规范普通本科高校实习管理工作的意见[J]. *中华人民共和国教育部公报*, 2019(z2): 23-25.
- [15] 夏春琴,刘莞健,朱震华,等.基于CDIO理念的校企合作共建实验室运行新模式探究[J]. *实验室研究与探索*, 2023, 42(7): 257-261.

编辑 王燕