研究生前沿课程实践性教学探索
——以国防科技大学“脉冲功率技术”课程为例

葛行军[1]，李　嵩[1]，刘　冬[2]
（国防科技大学　1. 前沿交叉学科学院；2. 系统工程学院，湖南　长沙　410073）

摘　要：开展实践性教学是提升工科研究生教育质量的重要途径之一。分析了“脉冲功率技术”课程在电子科学与技术一级学科下物理电子学方向研究生教育中的基本情况，以及前期教育教学中遇到的一些问题，阐述了该课程实践性教学探索过程及取得的成效。统计发现，超过95%以上的学生在实践性教学改革相关内容考试中获得了满分，超过70%的学生在拓展学习中主动选择实践性教学改革相关内容开展调研和技术分析。最后，给出了针对研究生前沿课程实践性教学探索的若干建议。

关键词：电子科学与技术；研究生教育；实践性教学；“脉冲功率技术”
中图分类号：G642　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1672－8874（2023）03－0098－04

Exploration on Practical Teaching of Graduate Frontier Courses: Taking “Pulsed Power Technology” in NUDT for Example

GE Xing-jun[1], LI Song[1], LIU Dong[2]
(1. *College of Advanced Interdisciplinary Studies*; 2. *College of Systems Engineering*, *National University of Defense Technology*, *Changsha* 410073, *China*)

Abstract: Exploration of practical teaching is of great importance to improve the quality of engineering graduate education. This paper analyzes the basic condition and problems encountered in previous education and teaching of the “Pulsed Power Technology” course of National University of Defense Technology, which is a graduate course of physical electronics under the first-level discipline of the electronic science and technology. Then, practical teaching exploration and achieved results are introduced. Statistics show that more than 95% of the students got full marks in the exams related to practical teaching reform, and in the extended learning, more than 70% of the students took the initiative to choose the content related to practical teaching reform to carry out research and technical analysis. Finally, some suggestions for the exploration of practical teaching of graduate frontier courses are provided.

Key words: electronic science and technology; postgraduate education; practical teaching; “Pulsed Power Technology” course

收稿日期：2023－04－17
基金项目：湖南省人才计划项目“湖湘青年英才”（2020－RC－3030）
作者简介：葛行军（1982－），男，山东滕州人。国防科技大学前沿交叉学科学院副研究员，博士，研究生导师，主要从事电子科学与技术方向教育教学，以及先进高功率微波技术相关研究。

一、引言

在国家统筹推进“双一流”建设背景下，厘清人才培养途径、创新人才培养体制、提升人才培养质量是高等院校的根本任务和职能所在。《教育部高等教育司 2021 年工作要点》指出，研究生教育作为国民教育的顶端，是培养高层次人才和释放人才红利的主要途径，没有强大的研究生教育，就没有强大的国家创新体系[1]。国防科技大学是军队唯一纳入国家“双一流”建设支持的院校，也是国务院首批批准有权授予硕士、博士学位的院校和全国首批试办研究生院的院校。学校在党中央和中央军委的直接关怀下，紧贴国家发展需求，形成了“理工结合、落实到工”的人才培养和科技发展模式。工科研究生教育，一直以来是学校建设发展的重中之重[2]。开展适合“新工科”紧缺人才培养体系的研究生实践性教学探索，总结和探讨电子科学与技术一级学科下物理电子学方向研究生创新培养方法具有重要意义。

二、“脉冲功率技术”课程概况及问题分析

“脉冲功率技术”是讲授电功率变化速率高达 10^{15} W/s 的电物理技术课程。电物理技术是一门国际工科研究领域的热点科学，具有很强的前沿和交叉属性。

该课程是国防科技大学电子科学与技术一级学科下物理电子学方向研究生的核心课程。国防科技大学自 20 世纪 90 年代起开始讲授“脉冲功率技术”课程。通过系统梳理以基本电路、高功率初级能源、强电脉冲信号调制、绝缘、高功率开关，以及强电磁脉冲测量等为核心内容的知识体系，为电子科学与技术方向研究生广泛了解学科背景、系统建立学科构象、准确定位学科内涵，以及初步具备科学分析学科现实问题的能力打下了坚实的基础，具有工科研究生教育典型性。

近年来，作为“新工科”交叉学科的典型代表，脉冲功率技术在国防科技和工业应用的牵引下，技术发展需求不断提升，这也为该领域教育教学和人才培养提出了更高要求。具体而言，传统“脉冲功率技术”课程主要以课堂讲授为主，重点是培养研究生了解背景知识和分析科学问题的能力。然而，伴随技术应用水平提升，单纯分析脉冲功率技术中的经典问题已经很难跟上该领域科技进步的步伐，出现了研究生课程成绩优异、但却难以解决脉冲功率装置实际问题以及课题研究进展缓慢的困境。在连续两年与学生关于教学质量的座谈中，超过半数学生认为，在完成“脉冲功率技术”课程学习之后很难将所学知识与实际课题开展联系起来，且这一特点越来越明显并体现在了研究生课题开题和学位答辩之中。这些问题引起了授课组的严重关切，经过分析，认为主要有以下两个方面原因：

一是课程理论讲授课时过多。脉冲功率技术是一门前沿工科课程，课题任务的完成和研究创新点的涌现都强烈依赖于实践操作过程中的经验积累，且最终的落脚点一定是通过工程来解决核心难题。理论课讲授尽管可以系统夯实研究生的知识基础，但其对本课程研究对象、基本操作的了解过少，很难将所学知识与课题研究实际结合起来，更无从着手开展创新性研究。

二是课程对象直观印象不足。脉冲功率装置具有高电压、快脉冲等特点，现阶段主要用于大型科学项目和定向能等技术研究，很难在日常生活中了解和接触到。尽管课题组已经尽可能使用图片和视频等方式对装置进行介绍，但对于进入实验室较少的研究生而言，很难建立直观的印象，这对从事工科物理领域相关研究的学生影响较大。

针对上述问题，课题组结合“脉冲功率技术”课程重点与特点进行教学改革，提升实验室现场教学内容和课时量。利用科研成果反哺教学，研制小型化脉冲功率装置，在讲授理论课程的同时，实现“边讲边用”，提升研究生对课程内容的直观认知和实际操作能力。这些举措为课题研究打下了坚实基础，取得了较好效果。

三、小型化教辅设备用于提升教学质量的探索

（一）Marx 发生器基本原理及教学实践步骤

Marx 发生器一直以来是“脉冲功率技术”课程的授课重点和难点。相关概念产生于 1923 年，通过使用并联充电、串联放电的思想，实现高电压脉冲输出，解决了当时工科领域的一系列重要问题。该装置的设计思想在很大程度上影响了脉冲功率技术的发展，是很多该方向研究生开展课

题研究的重要基础。

图 1 为 Marx 发生器电路图。其工作原理为：通过合理设计和控制开关（S_S）的工作时序，实现在充电过程中电容器（C_S）处于并联状态，通过电压等级相对较低的电源（Energy Source）在较长时间尺度内进行充电；在放电过程中，通过将所有开关同时闭合，在隔离电阻（R_d）的限制下，所有电容器处于串联状态，在负载（R_L）上获得较高等级的电压输出，进而实现对瞬态电脉冲信号的升压和功率放大。

图 1　Marx 发生器原理图

图 2　Marx 发生器实物图

针对实际 Marx 发生器教学过程中遇到的核心知识点物理图像不清晰、工作原理抽象等问题，通过理论讲授工作原理—核心元器件识别—Marx 发生器电路搭建—实验操作（教员或教辅人员配合演示）—实验现象分析的教学流程，让学生直观感受到脉冲升压过程中的开关导通、高电压建立后气体击穿等物理现象，循序渐进地建立起 Marx 发生器工作原理物理图像，明晰装置直观印象，加深对重要知识点的理解。

（二）Marx 发生器辅助教学特色及应用探索

根据上述教学分析，综合考虑 Marx 发生器基本原理和一般教室供电能力，设计并研制了一款面向研究生课程教学的小型化 Marx 发生器，用于开展“脉冲功率技术”课程的实践性教学探索。图 2 为面向研究生教学的 Marx 发生器实物图。该实践性教学设备具有以下两个特点：

1. 原理展示性强

Marx 发生器的工作原理是研究生授课内容中的重点。为了提升授课对象对 Marx 发生器的工作原理和工作过程的知识掌握质量，选择透明度好的有机玻璃作为封装材料，不仅能够清晰地了解 Marx 发生器各部分的组成元器件，还能够对高电压脉冲形成时刻发生的局部放电现象获得直观印象，有效提升学生对 Marx 发生器工作原理及工作过程这一授课重点的掌握程度。

2. 授课安全性高

设计的小型化教辅设备在演示过程中，其峰值工作电压将达到 60kV，因此安全性尤为重要。本装置将所有高电压区域通过透明绝缘材料进行封装，有效保证了操作人员的人身安全。在此基础上，减小储能元件容值，在保证良好教学效果的同时，尽可能降低强电脉冲能量，进一步保证人员及设备安全。另外，配备了放电棒和急停开关双重保险，最大程度地保证授课安全性。

现已使用上述面向教学的小型化教辅设备开展了 2 个班次的适用性教学，有效提升了研究生对该重要设备原理和工作过程的理解和掌握。通过课程考试发现，超过 95% 以上的学生在相关内容考试中获得满分。不仅如此，在研究生课程的拓展学习中，超过 70% 的学生主动选择 Marx 发生器相关内容开展调研和分析。相比课程讲授的其他关键内容，学生们认为自己对 Marx 发生器的理解程度更深，更愿意参与 Marx 发生器的相关研究，甚至提出了能够支撑学位论文的研究思路。图 3 为研究生参与小型化教辅设备调试的教学图片。

图 3　研究生参与小型化教辅设备调试的教学图片

四、工科研究生教育中实践性教学探索的几点建议

在国际技术产业加速革新的时代背景下，培养“新工科”研究生人才是当前研究生教育的重点工作，也是国家发展战略的重要支撑[3-5]。创新研究生培养机制、提升研究生培养质量是高等院校开展教育教学改革的重要目标。针对工科研究生教育的实践性教学提出以下几点建议：

一是紧贴技术发展动态，主动设计实践教学环节。工科技术发展迅速，相关研究日新月异。面向研究生教育的专业基础课程应紧跟国际相关领域的发展前沿和热点，将先进的研究成果抽象成典型案例，并主动设计成课堂可操作性、可展示性较强的实践教学环节，有机融入到课程讲授中，使学生能够将相对“古板”的理论知识与前沿热点技术和最新成果联系起来，进而提升授课质量。

二是根据教学目标要求，系统规划实践内容储备。在国家人才战略实现精细化分工、差异化培养的背景下，面向研究生的工科教育应该明确具体学院的培养目标并因材施教，制定目标明确的教学要求。在此基础上，成体系地规划实践教学内容，针对教学目标中的重难点设计实践内容，提升人才培养质量。

三是优化工科授课结构，着力提升实践课时比例。综合考虑课程发展和授课对象层次，不断革新授课内容，优化授课结构，是提升人才培养质量的关键因素。根据授课内容合理调整实践课与理论课的课时比例，增加实践课程的授课时间，为学生更好地理解理论知识内容和潜在应用提供最为直观的物理印象，为研究生日后开展课题研究奠定坚实基础。

四是加强顶层设计能力，激发学生实践参与热情。根据课程内容加强课程设计，厘清知识脉络，找出课程的重点、难点问题，设计实践单元，有效激发学生对课程本身的学习兴趣和参与课程研讨的实践热情，这将对提升人才培养质量具有重要意义。

五、总结

发展实践性教学是提升工科研究生教育质量的重要途径之一。针对现阶段研究生教学中课程理论讲授课时过多、授课对象直观印象不足等核心问题，以“脉冲功率技术”课程为例，开展了实践性教学探索。建议紧跟技术发展动态，主动设计实践教学环节。根据教学目标要求，系统规划实践内容储备。优化工科授课结构，着力提升实践课时比例。加强顶层设计能力，激发学生实践参与热情，为“新工科”背景下的研究生培养质量提升注入新的动力。

参考文献：

[1] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司关于印发《教育部高等教育司 2021 年工作要点》的通知[EB/OL]. (2021-02-04)[2023-04-10]. http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202102/t20210205_512632.html.

[2] 甘可行,侯艺华,钟海荣,等. 努力营造研究生创新学术氛围:国防科技大学研究生学术活动和创新实践纪实[J]. 中国研究生,2009 (6):55.

[3] 王姗姗,邱均平. 以新发展理念引领专业学位研究生教育高质量发展[J]. 研究生教育研究, 2022(3): 75-82.

[4] 张宇,吴建军,王墨戈,等. 以应用效果为导向的研究生自主学习-互助教学模式研究:以“推进系统试验方法”课程为例[J]. 高等教育研究学报,2022(1): 102-107.

[5] 张龙杰,谢晓方,孙涛. 军队院校混合式对分课堂教学模式研究与实践:以“武器控制技术基础”课程为例[J]. 高等教育研究学报,2020(3):62-71.

（责任编辑：邢云燕）