第 44 卷第 5 期
2022 年 10 月
电气电子教学学报
Journal of Electrical and Electronic Education
Vol. 44 No. 5
Oct. 2022

构建以工程项目为主线的实践教学体系

王庆华 贺秋丽 陈新苗

（1. 广西大学 电气工程学院，南宁 530004）
（2. 广西大学 电气工程国家级实验教学示范中心，南宁 530004）

摘要:从培养学生工程能力的根本任务出发,以工程项目为主线,内容涵盖了独立设置实验课、实验平台建设、教材建设、队伍建设等方面,构建了独立完整的专业实践教学体系,经过多年的探索和建设,成就了完整自主知识产权的工程实践训练平台和创新的实践教学体系,对工科各专业在新形势下如何建立各自实践教学体系有积极的借鉴作用。

关键词:实践教学体系;工程项目;独立设置实验课

中图分类号:G642.0 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-0686(2022)05-0134-05

Establishment of Practice Teaching System in Engineering Project

Wang Qinghua He Qiuli Chen Xinmiao

(1. *College of Electrical Engineering*, *Guangxi University*, *Nanning* 530004, *China*)
(2. *National Demonstration Center for Experimental Electrical Engineering Education*, *Guangxi University*, *Nanning* 530004, *China*)

Abstract: Starting from the basic task of cultivating students′ engineering ability, with engineering project as the main line, a complete and independent system of practical teaching is bulit, which covers independent experiment, experiment platform construction, teaching material construciton, team comstruction, etc. After years of exploration and construction, an engineering practical training platform with complete independents intellectual property rights is established and an innovative practice teaching system is bulit, providing an effective reference to engineering majors about how to set up practice teaching system in the new situation.

Key words: practice teaching system; engineering projects; setting up experiment courses independently

近年来，毕业生的就业形势已发生了不少的变化,以电气工程及其自动化专业为例,早年到省级研究、设计、管理单位的毕业生并不少,但近年来这些单位对人才需求逐年下滑,并且普遍要求硕士研究生以上学历,所以本科毕业生大多到电力企业一线工作,面对的是规划设计、运行维护、研究改造、安装施工等工程项目,工程项目最大的特点是综合性,必须综合应用所学的知识分析和解决工程实际问题。

为此,教学团队开始了以工程项目为主线,构建专业实践教学体系的探索,经过多年的实践,取得了满意的教学效果,电气工程实验教学中心被评为国家级实验教学示范中心,实践教学改革项目获省级教学成果一等奖。实践教学改革对专业和学科建设形成强有力的支撑,成为最具特色的内容,也成为展示学校实践教学改革的窗口和亮点。

1 独立设置实验课

实践教学改革成为一个热点,但在以往的教学体制下修修补补,很难彻底改变专业实践教学依附于理论教学的重理论、轻实践的观念和现状。近年来,不少高校都在开展实践教学体系的研究和实践,取得了可喜的成效[1]。教学团队认为,实践教学必须形成自身的课程教学体系,使它与理论教学体系既相互协调又相对独立,才能使实践教学改革真正落到实处。

教学团队以工程项目为主线,独立设置实验课,作为引领实践教学改革的突破口,它能起到“纲举目张”的作用,由它带动课程建设、实验室建设、教材建设、队伍建设等各项工作。

独立设课的教学计划、教学内容、教学方法贯穿着一条主线,它就是工程项目,这是由专业培养

收稿日期:2021-03-11;修回日期:2021-04-02

基金项目:广西高等教育本科教学改革工程立项项目(2016JGA133)

第一作者:王庆华(1978—),男,硕士,工程师,主要从事电气工程与高电压技术的教学与研究工作,E-mail:360758@qq.com

目标的定位决定的。广西大学电气工程及其自动化专业培养的是工程人才,毕业生大多到电力生产的第一线工作,面对的是综合性的工程项目,必须强化工程能力的培养,使学生能综合应用所学的知识分析和解决工程实际问题,发现和探索新的问题。但是,学生学习各门课的知识是分散的,学生在学校必须通过工程项目实践的体验和历练,将分散孤立的知识联系起来,综合应用去分析解决工程问题,真正把知识转化成为工程能力,提高工程素质,以增强就业竞争的自身优势, 并适应将来工作岗位的要求,同时综合应用知识的能力也是培养创新能力的基础[2-3]。基于以上的思考,确定了三门独立设置的实验课程,开出的实验项目见表 1。

1.1　开设“电气工程实践训练”实验课

该课程安排在大三第二学期完成,以变电工程项目为主线,涵盖设备安装、调试、测量、控制、保护、信号等内容,主要目的是对学生进行全过程的工程实践训练。此课程分成两部分:工程实践训练讲授(1 学分)和工程实践训练实验(2 学分)。前者以实验教学讲述为主,采用线上线下混合式教学方式,后者让学生在实训基地进行全过程的真刀真枪的工程实践训练。

实验教学开始前,先组织学生到实训基地参观,熟悉设备结构和实验流程,激发学习兴趣,随着讲授内容的不断展开,将工程实践训练的任务以作业形式布置下去,让学生提前进行实验方案的设计。实验教学结束后,学生就可到实训基地进行集中两周实训,实训基地每天 8 点至 22 点向学生开放,让学生全身心投入工程实践训练中,且将两次校外实习改为一次,具体实践训练流程见图 1。主要目的是使学生获得电气工程实践的真实体验,破除对“电老虎”的恐惧心理,培养过硬的动手能力和分析解决问题能力,日后能快速成为单位岗位技术能手。

表 1　独立设课开出的实验项目

实验课程	序号	实验项目	实验主要内容	学时
电气工程实践训练	1	安装图设计	用 AutoCAD 绘制屏后接线图和端子接线图	6
	2	设备安装接线	选择设备和按图接线,要求正确、整齐、美观,经认真检查无短路才能通电	12
	3	断路器控制信号	使用断路器进行手动和自动合、跳闸,监视回路情况	3
	4	中央信号	事故信号、预告信号	3
	5	电工测量仪表	观察电流表、电压表、有功功率表、无功功率表	3
	6	继电保护试验	模拟输电线路三段式保护的动作试验	3
	7	事故和故障试验	设置各种事故和故障,观察有何现象并分析动作过程	6
发电厂运行与控制技术	1	发电机起动和同步电抗 Xd 测定	熟悉设备和接线、掌握机组启动建压的操作步骤、空载特性测定、Xd 测定	3
	2	发电机励磁系统实验	熟悉发电机励磁系统、发电机电压调节方法、它励和自励方式、模块的控制	3
	3	发电机同期并网实验	熟悉同期接线,同期操作、相序相反、电压断相、错相等故障时同期电压的分析	3
	4	发电机的正常运行方式	有功和无功的调节、励磁调节对发电机运行状态的影响、有功调节对发电机运行状态的影响、电压变化对发电机运行状态的影响	3
	5	发电机的特殊运行方式	发电机不对称运行、发电机失磁运行、发电机调相运行、发电机甩负荷运行	3
	6	同步发电机 PLC 励磁调节器设计及控制	同步发电机 PLC 励磁调节器设计及控制、同步发电机 PLC 监控设计、软件开发、安装调试	3
专业综合实验指导	1	电压互感器不完全三角形接线	电压互感器正常接线和错误接线	6
	2	电压互感器星形 - 星形 - 开口三角形接线	电压互感器星形 - 星形 - 开口三角形正常接线和错误接线	6
	3	中性点不接地系统实验	正常接地系统、单相直接接地、中性点接消弧线圈接地	6
	4	电力系统铁磁谐振实验	电力系统铁磁谐振实验方案设计及抑制谐振措施的试验探讨	6
	5	过渡电阻对单相接地故障实验	过渡电阻对单相接地故障影响的实验研究	4
	6	线路断线实验	电源侧断线实验;负载侧断线实验;断线并接地故障实验;两相断线实验	4
	7	接地故障选线实验	正常运行时电容电流分布实验;接地时电容电流分布实验;接地选线装置实验	4

实验成绩采用纪律、实验过程、问答、报告等有机结合的综合测评考核方式[4]。通过这样全过程的实践训练，将以前所学的各门分散的专业课和专业基础课的有关内容融合到了一个实际的工程项目中，这对提高学生的素质和将来的工作大有裨益。

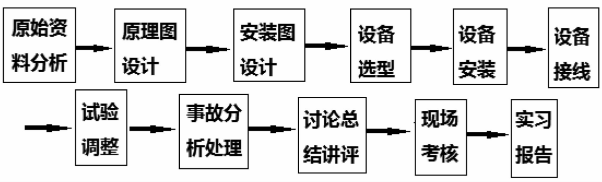

图 1　具体实践训练流程

1.2　开设“发电厂运行与控制技术”实验课

该课程安排在大四第一学期中期开设，这个阶段学生已基本完成所有专业课程的学习，具备一定的专业理论知识和工程概念，但是仍处于似懂非懂的阶段，所以实验课内容主要围绕发电厂运行与控制综合实验知识点展开，通过一个个专题的形式，打破各门专业课程界限，引导学生将分散的知识进行系统的梳理、归纳，并在此基础上将那些有内在联系的知识点“串”在一起，形成良好的网络知识结构，让每一个学生回顾以前学习的知识，又巩固现在学习的知识，最后再通过实际的工程项目案例分析，紧密结合生产现场。启发学习、分析问题、解决问题的思路同步，充分调动学生的积极性，帮助学生加深对于刚刚学过的专业知识和概念的了解。

1.3　开设“专业综合实验指导”课

该课程安排在大四第一学期后期开设，主要是把各门专业理论课程与生产实际工程结合起来，模拟电力系统工程项目现场，让学生连续两周进行相应工程的操作训练。学生可根据自己的就业方向和毕业设计来选择相应课题和指导教师。学生拿到课题后先自己上网查阅资料，设计实验步骤，拟定所需仪器设备，然后设计方案和指导老师一起讨论，最后实施方案。课题完成后教师要进行复核，对学生的操作评分，并指出操作中存在的问题。通过这种方式可以有效地锻炼和培养学生在操作技能、组织管理以及语言表达等各方面的综合能力。这种形式的教学手段培养的学生必然具有主动地、独立地、进攻性地探索、寻求、发现知识，增长智慧的特点，对能力的培养极为有效。因此，近几年用人单位对毕业生的评价非常高。

2　自主研制实验平台

实验平台是实践教学体系的硬件基础，是实践教学活动的依托和主要场所，是投入最大、改革力度最大而又最具特色和活力的部分[5]。根据独立设课工程项目和培养学生各种能力的要求，实验平台由三个既相互协调又各具功能的实践（实验）基地组成，实践平台的实验装置坚持自主设计、开发和研制，坚持科研与实验室建设紧密结合，自主研制实验装置有着一系列突出优点：①适应性强，灵活性好。平台是开放的，设备可随意拆装，以满足各种实验要求，并且随着技术的发展，可以只更新部分设备，不需更换整套实验装置。②面向学生。学生能参与装置的开发、安装、调试和改造，还可以设置一些故障让学生查找分析，能够提高学生实践能力、创新能力和分析能力，而厂家的成套装置都是封闭式的，没办法向学生开放。③节省大量资金。自行研制的实验装置不但教学效果好，而且投入要比外购设备省得多。

2.1　校内电气工程实训平台

实习是电气类专业学生重要的实践性教学环节，主要方式就是到校外发电厂和变电站进行实习，但由于电力行业安全生产的重要性和特殊性，大部分企业要求学生只能在警示线外观看电气设备。学生得不到真正的工程实践体验，动手操作更不可能，虽然花费了较多的人力财力，学生普遍反映收获不大，实习效果不理想。为此，建设了校内电工实训基地，因为要人人动手，设备的台套数不能少，目前基地拥有实训屏 30 面（见图 2），一次可容纳 60 名学生同时实验，实训屏自主设计研发，拥有多项核心技术。实训平台以变电工程项目为对象，从系统的一次接线和二次接线的测量、控制、保护、信号和接地方式等内容，对学生进行全过程的工程实践训练。实训平台还可以设置各种事故，让学生从容地观察事故的现象，分析事故的原因和机理，提出正确处理事故的方法和防止措施，这在实际电力系统中是不可能做的，多年来毕业工作的学生都反映，此课程对他们工作的帮助最大。

图 2　校内电气工程实训基地及实训平台

2.2　发电厂运行与控制实验平台

该实验平台能够模拟电力系统中电能生产、输送、消费的过程，符合目前电力系统高度自动化、信息化、数字化的特点，实现了电力生产过程检测、监视、控制、保护、调度自动化，成为电气工程学科提升教学水平，促进素质教育的综合实验平台。随着电力系统不断扩大和科学技术的发展，电力系绕的技术更新大大加快，不同技术领域之间的相互渗透、相互融合也越来越广泛。因此，对电气工程的学生提出更高的要求，要求具有先进而广博的知识；具有提出问题、发现问题和综合处理的能力；具有创新性的思维，这就必须通过工程项目的实践进行培养。

因此选择发电工程项目为内容，设计和筹建发电厂运行与控制实验基地。该基地由 8 台发电机组与大电网并列构成多机电力系统，每台机组配置有常规仪表测量控制屏和计算机监视控制屏，核心技术由"5 + 1"构成，即 5 个装置（微机保护装置、DSP 数据采集装置、微机调频调速装置、微机自动励磁装置、微机自动准同期装置）和 1 个系统（计算机监控系统），都是独立自主研制的，是多年科研与教学结合的产物，实验平台组成框图见图 3。特别是计算机监控系统，应用了先进的计算机网络通信和控制技术，可以远程对各发电机组进行遥控、遥测、遥信、遥调，实现发电厂综合自动化。

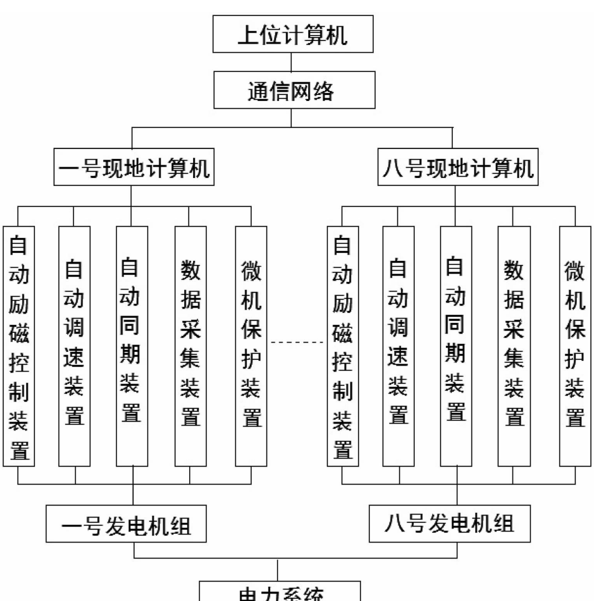

图 3　发电厂运行与控制实验基地组成框图

2.3　专业综合实验平台

在原有的基础上，经过实验资源的整合、更新和充实，建成专业综合实验基地。基地设置若干个典型的电力系统综合子项目，子项目的设置见图 4，学生在学习完专业课后，集中 2 ~ 3 周进行专业综合实验。例如小接地电流系统的有关实验，构建了一个实际的运行系统，学生就要综合利用"电路""电机学""电工测量""高电压技术""电气接线"等课程的相关知识，去分析系统的正常运行、接地故障、断线事故、铁磁谐振、电容电流补偿等问题[6]，有的学生还从中拟定了毕业设计题目，进行理论分析和试验研究，被评为优秀毕业设计，多篇学生撰写的论文在刊物上发表。

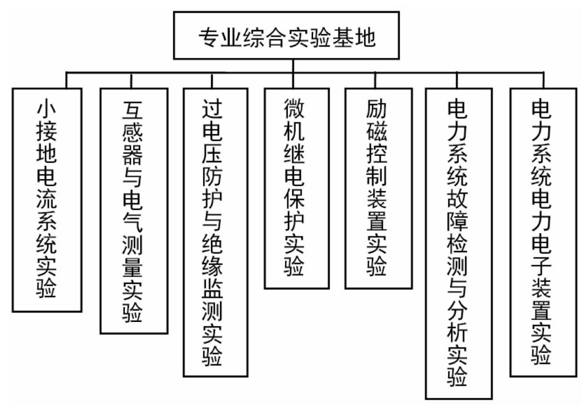

图 4　专业综合实验基地实验项目

3　自行编写教材

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体，教材建设与课程建设、实践平台建设必须同步推进。建立了实践教学体系并有了必要的硬件条件以后，以现代教育理念为指导，精心设计和开发实验课程内容，改革教学方法，都集中体现在教材上，因此加强教材建设是提高实践教学质量的保证，必须高度重视。实践教学体系是以工程项目为主线构建的，教材建设也应当如此。国内实践教学改革尚处在百花齐放的阶段，各校采用的实践教学模式不同，不可能有合适的教材选用，所以只能自行编写独立设课的教材，目前已出版教材有《电气接线原理及运行》《电气工程实践训练》等[7-8]，教材的出版对教学改革和课程建设起了重要的推动和支撑作用。

独立设课的教材不是过去那种附属于理论教材的实验指导书，教材有几方面的特点：①综合性：工程项目的综合性，决定了实验课程、实验平台和实践教材的综合性，要针对各实验课程所依托的工程项目，将有关专业课的知识综合运用、相互融合去分析对象的整体特性，培养学生的综合分析能力。②创新性：实践教学对创新能力的培养起着决定性的作用，教材要把创新意识、创新思维的培养起到引导作用，提出若干探索性的问题，引导学生

自行设计实验内容和步骤,进行实验研究。③实践性:教材必须紧密联系工程实际,实际的设备、实际的技术路线、实际的运行状态、实际的操作等。另一方面,还要联系教学改革的实际,将实践教学改革的成果和经验,及时反映和不断充实到教材中。④启发性:教材贯穿着一条教学方法的主线,那就是"基于问题学习,围绕问题展开"。学起于思,思源于疑,只有不断提出问题让学生去思考、实践、探索,才能培养学生的能力。教材要按照"提出问题-描述问题-分析问题-解决问题-提出新问题"的思路,将内容层层展开,逐步深入。

4 教师队伍建设

有教育家强调:学校的关键是教师;教育的关键是教师;课程的关键是教师。有了好的实践教学体系和必要的硬件条件后,教师的素质就决是了实践教学的质量和水平。多年来,通过实验室的建设,培养了一支老中青结合的素质高的师资队伍,这是取得实践教学改革成功的关键。实践教学教师的任务已不是过去那种"带实验",而是在新教学体系的独立课程中履职,对实践教学教师的要求甚至比单一的专业理论课的教师更高、更全面。

4.1 团队合作精神

大学教师的团队合作精神极为重要。实践教学改革是一项集体的艰巨的工程,单凭个人的单打独斗,是不可能有作为的,必须组建稳定的老中青相结合的高素质的团队,团队成员团结合作,各尽其责。

4.2 爱岗敬业精神

在长期的重理论、轻实践的体制和思想的影响下,一些教师轻视实践教学,不愿下实验室。实践教学教师必须要有爱岗敬业的精神和高度的责任感,热爱实践教学,重视实践教学,研究实践教学,精通实践教学内容,还要有先进的教育理念和思想,以提高实践教学质量为己任。实践教学团队有教授、博导、副教授多人,他们都扎根于实践教学一线,投身实践教学改革,并把自己的科研成果与实验室建设紧密结合,精心耕耘实践教学这块热土,正是团队成员爱岗敬业精神的长期坚持,才有今天的成效。

4.3 综合分析能力

工程项目是以整体形式客观存在的综合体,只有具备将各部分分散的知识综合起来的能力,才能真正解决工程实际问题,可以说以工程项目为中心的实践教学是一门综合性的学科。因此,要求实践教学教师有扎实的基础,宽广的知识,精通各门专业课的内容并能综合应用,实践教学团队一直朝这一方向努力,教师的素质不断提高。

4.4 丰富的实践知识

专业教师的知识可分为理论知识和实践知识,二者缺一不可。理论知识可存在于书本等各种媒体中,为大众所共享,可以通过阅读、听讲等方式获得。而实践知识只有通过实践才能获得,往往不能言传,只能亲历,要长期实践的积累才能获得丰富的实践知识。对基于工程项目的实践教学而言,教师的实践知识就显得尤为重要。教学团队的教师长期以来,非常注重通过各种实践,如投身实践教学改革、参加实验室建设、自主研发实验设备、承担企业的横向项目等,积累了比较丰富的实践知识和经验,使实践教学质量不断提高。

5 结语

经过多年的实践教学改革,不断的探索和实践,构建了以项目为主线的完整的实践教学体系,在独立设置实验课程、实验平台建设、教学内容开发、教材建设都取得了显著的成就。毕业生质量显著提高,深受用人单位青睐,多年来毕业生的就业率都在90%以上,在对毕业工作学生的调查中,学生普遍反映,实验课程给他们的帮助最大、印象最深,毕业生表现出较强的实践能力和良好的适应能力,不少已成为技术骨干。

参考文献

[1]陈雯柏,吴细宝,王万森. 创新创业型智能科学与技术专业工程人才培养探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2018(4):84-90.
[2]宋亚男,宋子寅,徐荣华. 多学科交叉融合的工程人才培养模式探索与实践[J]. 实验技术与管理. 2020(9):23-25.
[3]朱民. 新工科要求下的地方本科高校工程训练建设研究[J]. 实验技术与管理. 2018(10):152-155.
[4]贺秋丽,李如琦,陈斌,等. 电气工程专业实验教学体系的改革与实践[J]. 高等理科教育. 2012(2):141-145.
[5]李如琦,贺秋丽,王辑祥. 自制实验教学仪器设备,促进实验教学改革[J]. 电气电子教学学报,2008,30(7):155-158.
[6]王庆华,陈新苗,贺秋丽. 小电流接地系统实验平台研制和实验内容开发[J]. 实验室研究与探索,2013,32(1):19-23.
[7]王辑祥,王庆华,梁志坚. 电气接线原理及运行(第二版)[M], 北京:中国电力出版社,2012.
[8]贺秋丽,王庆华,王辑祥. 电气工程实践训练(第二版)[M], 北京:中国电力出版社,2017.