

项目驱动的自动控制课群实验课程体系改革探索

——以南京理工大学自动化教学实验中心为例

杨丽君 王海梅 惠玉卓

南京理工大学 江苏南京 210094

摘要：实验教学作为高校自动化类专业教学内容的重要组成部分，是培养学生创新能力与思考能力的重要途径。目前实验课程设置存在实验内容碎片化、基础性与验证性内容偏多、无法建立系统观念等问题。针对上述问题，本文基于建构主义教学理论，探索项目驱动的自动控制课群实验课程体系的改革，旨在加深学生对于理论知识的理解，培养学生解决复杂工程问题的能力，激发创新能力。

关键词：项目驱动理论；建构主义教学理论；自动控制课群；实验教学改革

引言

学习贯彻党的二十届三中全会精神，深化教育综合改革，落实《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》^[1]，以培养创新型、应用型、复合型人才为目标的构建主义教育理念应运而生。构建主义教育理念强调项目驱动，提倡实践应用导向教育，重视学生的创新能力、团队协作能力和执行力^[2-3]。

南京理工大学自动化专业是国家级特色专业、江苏省品牌专业建设点，连续3次通过中国工程教育专业认证。坚持教育教学改革，在专业建设、团队建设、课程群建设、学生创新能力培养多方面取得成果。但是实践教学环节仍然存在不足，当前自动控制主干课程实验内容关联度差、知识碎片化、对学生能力培养缺乏系统性。如何打破各门课程独自为政、前后续课程知识缺乏关联性与延续性、实验项目与内容相互割裂的现状等问题，探索面向课程群培养目标的实践环节系统设计的思路与方法，成为改革重点。

针对上述问题，依托自动化实验中心现有综合实验平台，提出项目驱动的自动控制课群实验课程体系的改革探索，旨在提升学生的综合创新能力。

1 实验课程体系建设思路

1.1 项目驱动教学模式内涵

项目驱动教学模式基于建构主义教学理论，依托课程的教学目标、具体要求以及相关内容，在实际应用场景中设计实验项目，将理论知识与实验深度融合，培养学生掌

握理论知识能力、实验思考能力以及综合应用能力^[4-7]。

1.2 课程体系现状分析

自动化专业2022版培养方案中包含实验实践环节的专业课程有17门，其中主干课程10门。自动化专业主干实验课程体系如图2-1所示。

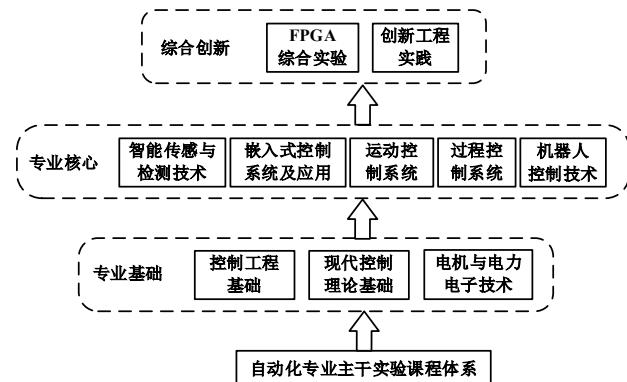


图 2-1 自动化专业主干实验课程体系

1.3 课程建设要求及目标

构建系统合理的自动控制课群实验教学体系，要避免课程之间实验内容的重复，并做到内容的承接和延续^[8-9]。专业基础课实验重在对控制理论的理解与验证、对控制系统构成与控制方式的宏观认识；专业课实验则以专业方向的社会发展动向为导向，充分开展对系统的分析、设计与控制研究；综合创新实践课程则力求挖掘学生自主动手、自主学习、创新求知的精神。

依据专业培养目标，从实验课程群角度，对自动化专

业主干课程实验内容进行系统梳理与体系化建设与规划，充分考虑系统性、层次性与合理性。通过梳理课程群实验的知识点和能力点，设计基于项目的一系列进阶实验，使学生真正理解掌握所学的理论、技术与方法，并能够融会贯通地运用到实际工程项目中，加强学生的系统观念，培养学生解决复杂控制工程问题的综合能力^[10]。

主要目标如下：（1）针对自动控制主干课程群，设计基于知识点和能力要求的实验教学培养方案；

（2）设计一系列基于项目背景的、能够培养自动化人才解决复杂工程问题能力的连续性、进阶性实验项目；

（3）形成专业培养方案修订的指导性意见。

2 实验课程体系建设方案

2.1 建设步骤

基于可用于贯穿教学的综合实验平台，首先分析所能开设的专业基础、专业方向、综合创新类实验项目；然后由教师根据实验课时与能力达成度要求设计实验项目与内容；最后选择相应的基础实验设备或综合实验平台，设计出基于项目的贯穿“专业基础-专业核心-综合创新”的系列化进阶实验。

2.2 综合实验平台简介

实验课程体系建设依托自动化教学实验中心，包含技术基础、工程应用、创新实践三个层级的综合实验平台如下。

2.2.1 QUBE-Servo 2 旋转倒立摆

QUBE-Servo 2 是一款紧凑型旋转伺服系统，它通过 USB 接口与计算机相连，可进行各种经典的伺服控制实验和倒立摆实验，实物图如图 3-1 所示。图 3-2 为 QUBE-Servo 2 旋转倒立摆控制系统结构图。



图 3-1 QUBE-Servo2 USB 旋转倒立摆

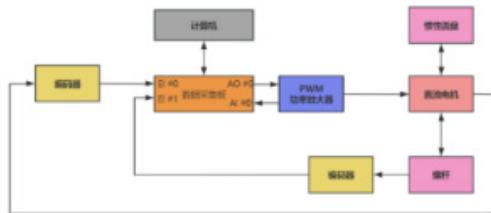


图 3-2 QUBE-Servo 2 控制系统结构图

2.2.2 ROS 机器人开源移动平台

ROS 机器人开源移动平台主要由多台两轮差动移动机器人组成，每台移动机器人主要包含 Kobuki 移动底座、主控模块、激光雷达三个部分；其中 Kobuki 移动底座主要用于承载主控模块和激光雷达，最大平移速度 0.7m/s。

主控模块安装有机器人操作系统（ROS），可以控制 Kobuki 移动底座运动，并利用激光雷达采集环境轮廓数据，构建环境地图；在建立环境地图后；该移动机器人可以通过 WIFI，接收指令，自主规划运动路线，运动到目标地点。

2.2.3 自动化专业系列化创新实验套件

该实验系统是一套自制的组件式、模块化、开放式的创新实验平台，该平台由嵌入式系统核心板、嵌入式控制系统及应用模块、智能传感器技术模块、控制系统模块、智能机器人模块及实验软件组成。

核心模块包括嵌入式微处理器最小系统电路、LCD 显示触摸屏等模块，既可单独使用，进行嵌入式系统的程序设计、GUI 界面、串行通信、无线通信等实验，也可以和其他模块组成智能传感器测试系统、控制原理实验系统、移动机器人、多关节机械臂系统以及物联网的节点。

2.3 自动控制主干课程实验教学体系

基于 QUBE-Servo 2 旋转倒立摆，可进行：对象建模、稳定性分析、速度与位置控制、经典与现代控制算法设计等实验，可以支撑“智能传感与检测技术”、“控制工程基础”、“现代控制理论基础”、“运动控制系统”等课程实验。利用两套 QUBE-Servo 2 装置外加视觉传感器可以进行图像识别、增强学习等多种实验课题和智能协同、板球实验等多种综合创新性实验项目。

基于 ROS 机器人开源移动平台，可以开设的实验项目主要包括：机器人操作系统（ROS）安装与配置、移动机器人建模与环境配置、移动机器人建图与定位等。

基于自动化专业系列化创新实验套件，可支撑“控制工程基础”、“智能传感与检测技术”、“嵌入式控制系统及应用”、“机器人控制技术”、“机器人控制技术创新实践”、“创新工程实践”等课程实验，也可以作为全国大学生机器人大赛、电子设计大赛、创新创业大赛等课外科技活动的训练、赛用硬件平台。

基于上述综合实验平台，设计如表 3-1 所示自动化业主干课程实验教学体系。

表 3-1 自动化专业主干课程实验教学体系

序号	课程名称	实验项目	综合实验平台
1	控制工程基础	1、稳定性分析 2、系统校正	· QUBE-Servo 2 旋转倒立摆
2	现代控制理论基础	1、一级倒立摆 LQR 控制	· QUBE-Servo 2 旋转倒立摆
3	电机与电力电子技术	1、直流斩波电路实验	· 自动化专业系列化创新实验套件
4	智能传感与检测技术	1、智能传感器使用 2、数据采集与处理	· 自动化专业系列化创新实验套件 · ROS 机器人开源移动平台
5	嵌入式控制系统及应用	1、电机控制实验 2、闭环调速或位置闭环控制	· 自动化专业系列化创新实验套件
6	运动控制系统	1、直流电机转速控制 2、控制器参数设计	· QUBE-Servo2 旋转倒立摆
7	机器人控制技术	1、机器人操作系统安装与配置 2、机器人建模与环境配置 3、机器人建图 4、机器人定位与导航 5、机器人轨迹跟踪控制	· ROS 机器人开源移动平台 · 自动化专业系列化创新实验套件
8	FPGA 综合实验	1、综合设计实验	· 自动化专业系列化创新实验套件
9	创新工程实践	创新项目实验	· QUBE-Servo 2 旋转倒立摆 · ROS 机器人开源移动平台 · 自动化专业系列化创新实验套件

3 实验课程体系建设案例

综合实验平台实验项目梳理以 QUBE-Servo2 旋转倒立

3.1 QUBE-Servo2 旋转倒立摆案例分析

摆为例。具体内容如表 4-1 所示。

表 4-1 QUBE-Servo 2 旋转倒立摆实验项目情况表

序号	实验项目	实验类型	支撑课程
1	电机控制基础	操作性	控制工程基础、运动控制系统
2	信号滤波	验证性	控制工程基础
3	稳定性分析	验证性	控制工程基础
4	阶跃响应法建模	设计性	控制工程基础
5	机理法建模	验证性	控制工程基础
6	二阶系统、PD 控制	设计性	控制工程基础、运动控制系统
7	超前校正	设计性	控制工程基础
8	摆杆转动惯量测量	设计性	控制工程基础
9	旋转倒立摆测量	设计性	控制工程基础
10	状态空间法建模	设计性	控制工程基础
11	稳摆控制	设计性	控制工程基础
12	起摆控制	设计性	控制工程基础
13	最优 LQR 控制	设计性	现代控制理论基础
14	双摆协同控制系统	研究创新性	创新工程实践、毕业设计、科研训练
15	彩色零件自动分拣系统	综合创新性	创新工程实践、毕业设计、科研训练
16	平衡小球走迷宫	综合创新性	创新工程实践、毕业设计、科研训练

4 总结

本改革依托南京理工大学自动化教学实验中心提供的综合实验平台,设计一系列自动控制课群包含的实验项目,纳入课程实验教学。针对不同课程的学习内容,将实验项目逐级拆分为不同的子项目,每个子项目对应相应专业课程的一个或几个实验项目,既帮助学生理解专业课程,又为综合实验奠定基础,使得前序实验内容作为后续实验项目的基础。改革创新点如下:

(1)打破目前实验内容单一、基础性与验证性实验内容

居多,无法调动学生对于实验课程的学习兴趣与创新能力的课程设置劣势;

(2)实验课程设计与理论课程知识点高度融合,用实验课程刻画学生对于知识点的理解;

(3)项目驱动的实验课程设计,具有关联性与进阶性,模拟复杂实际工程问题,培养学生的综合创新能力与问题解决能力。

参考文献:

[1] 习近平.关于《中共中央关于进一步全面深化改革、

- 推进中国式现代化的决定》说明 [J]. 党建研究, 2024(8):32–37.
- [2] 曹云峰. 基于构建主义的高职课程混合式教学改革思考 [J]. 发明与创新·职业教育, 2019(3):29.
- [3] 罗才华. 基于构建主义和知识共享的 Web 前端技术课程“三段式”教学改革 [J]. 职业教育研究, 2020(4):62–66.
- [4] 袁鑫宏, 陈红春. 仿真软件在构建主义理论教学方法中的应用实践 [J]. 现代职业教育, 2019(22):246–248.
- [5] 魏柯, 刘俊秘, 师卫国. 基于项目驱动的嵌入式实验教学 [J]. 物联网技术, 2024, 14(2):152–153, 158.
- [6] 刘艳琼, 杨正, 徐哲鑫. 项目驱动式实践教学课程思

- 政推进 [J]. 实验室科学, 2025, 28(2):145–149, 154.
- [7] 丁文霞. 项目驱动式教学方法探索与实践研究 [J]. 工业和信息化教育, 2023(3):65–70.
- [8] 李怡然, 夏元清, 彭熙伟.“目标导向, 分类卓越”实践课程群改革探索 [J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(5):135–139.
- [9] 李秋洁, 顾洲. 基于旋转倒立摆的自动控制理论实验平台设计 [J]. 实验室科学, 2021, 24(02):111–113.
- [10] 秦岩丁, 周璐, 许静. 新工科背景下的理论+实验类课程授课模式改革探索 [J]. 计算机教育, 2021(11):6.