

构建以控制为特色的跨学科创新性实验教学平台

韩 涛 张建良 吴 越 姚 维

(浙江大学电气工程学院, 杭州 310027)

摘 要: 针对建工领域实验装置存在的问题,利用自动控制理论知识和专业工具,通过构建跨学科交叉的创新性实验平台,不仅巩固和扩展自动控制理论专业知识,为自动化学科学生提供一个知识应用和创新实践的操作平台,而且解决建工领域在实际工程应用中的专业问题,为建工专业实验教学和科学研究提供良好的设备支撑和理论积累,进一步推动控制和建工跨学科交叉融合和创新性实验教学改革的进一步发展。

关键词: 跨学科; 自动控制系统; 建筑工程; 创新性实验

Construction of Innovative Experimental Platform of Discipline Integration of Automatic Control

Tao Han, Jianliang Zhang, Yue Wu, Wei Yao

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: According to the problems in experimental device in the field of civil engineering, by using the knowledge and tools in the subject of control theory to build interdisciplinary comprehensive experimental platform. The comprehensive experimental platform not only provides the students in Automation with the practical platform for knowledge application and innovation practice by consolidating and expanding expertise in automatic control theory, and provides good equipment support and theory accumulation for experimental teaching and scientific research in the field of civil engineering, and gives solution to the problems of practical engineering applications in the field of civil engineering, furthermore promotes the development of discipline integration of automatic control and civil engineering and the reform of innovation experimental teaching.

Key Words: Discipline Integration; Automatic Control System; Civil Engineering; Innovative Experiment

引言

伴随着中国“海洋强国战略”的推进,海洋资源的战略地位日益突出,尤其在浙江省,以“海洋能源”为主线的海洋基础建设近年来得到了大力发展。然而,海洋特殊环境下的侵蚀现象非常严重,严重威胁了建筑于海洋环境中桥梁、钻井平

台、风电平台等混凝土结构的耐久性能,造成了严重的安全隐患和经济损失。近年来,浙江大学建筑工程学院在海洋环境下混凝土结构耐久性试验方面展开了相关研究,并取得了一系列研究成果。然而,现有的试验方法和试验装置仍存在不足之处,主要表现在:试验装置的试验周期长且重现性差、需要大量手动操作等人为参与方式、试验过程没有考虑到工序间的协调关系和环境参数间的耦

合特性,很难实现潮汐过程中温湿度等参数的精确控制和试验加速等^[1-5]。自动控制专业的知识和技术为这些问题的解决提供了一个新的有效途径。

针对上述问题,经过电气学院自动化专业教师与建工学院教师的沟通和合作,综合建工试验应用背景和自动控制的专业知识,通过对现有试验装置的缺陷和试验过程进行深入的特点分析和性能研究,提出基于跨学科协作的思想,开发人工海洋环境试验装置自动控制系统,研制一种在干湿循环条件下,实现新型全自动加速综合性实验平台,不但达到优化建工试验效果的目的,同时为自动化专业和建工专业师生提供了一个进一步开展跨学科创新性实验的学习和实践平台,探索实验教学在高校创新实践教学中的实现途径。

1 创新实验平台的设计思路

培养具有创新意识、创新能力、创新思维的创新型人才,在创新型社会发展中的作用日益重要。然而以往各大学科独自发展和各自为战的研究现状已经不能够适应当今学科交叉创新发展的需要。同时,跨学科的交叉培养不但能拓宽学生的思维及视野,激励教师的创新意识和动力,而且有助于当今高水平大学的学科协同发展和完善创新人才培养机制^[6-9]。

浙江大学近年来在推进“双一流”建设中,特别重视学科交叉研究和知识创新体系构建。电气学院在培养和推动创新型人才培养方面,以多样化的创新研究平台与学生成效激励政策相结合,基于系统观点整合关联课程,构建内核宽泛精炼、外延交叉的课程体系,建立以探索性实验为特色实验教学体系,形成创新性项目研究为主体的创新实践与创新能力培养机制。电气学院系统科学与工程学系实验室和电机系实验室长期致力于工业自动化领域的实验研究,在自动控制领域理论知识扎实、工程实践经验丰富,在复杂工业系统控制上具有独特的优势,教学和科研处于国内高校一流行列。同时,建工学院土木水利实验中心在国内率先开展人工海洋环境下耐久性的理论研究和工程实践,在环境试验领域具有扎实的理论和工程技术背景,已形成基本实验装置应用平台和

经验丰富的设备维护人员相结合的软硬件基础。

针对现有大型海洋环境试验平台设计上的不足,借助跨学科协作的强大硬件条件和技术力量,通过学科强强联合和交叉,构建综合控制与建工专业的跨学科综合性实验平台,不但为相关学科学生和实验教学人员提供一个沟通和学习平台,而且有望解决在人工海洋环境试验设备研制方面的科研难题,促进跨学科教学科研仪器平台的研制过程,推动创新性和综合性实验教学在创新型人才培养中实施和应用。

2 创新实验平台的具体实现

2.1 平台总体架构

通过广泛调研以及查阅资料,掌握国内外人工海洋环境试验装置的研究现状,通过横向对比分析各种装置的优缺点,吸取各种装置的优良性能。同时组织建工和电气学科师生针对各自学科的优势和存在问题进行需求分析,以此为标准制定装置的研发目标。基于交叉学科中各自专业特长,发挥各自学科的优势,进行研究内容和实施形式的深入的探讨,并根据研发目标,依据各学科研究重点的不同,统筹制定试验装置的总体设计框架。

根据试验装置中控制对象和控制作用划分,所设计的试验装置控制系统包括底层控制单元和高层控制单元两个部分。在底层控制单元的设计中,利用工业控制系统中控制性能稳定并且实现简便的 PLC 系统,开发温湿度控制子系统、通风控制子系统、红外灯控制子系统、潮汐控制子系统等控制模块。在高层控制单元的设计中,通过在工控机上开发系统级控制程序,一方面实现耐久性试验中各个工序之间的自动和有效衔接,优化工序的执行顺序,达到加速试验的目的;另一方面,高层控制单元利用工控机提供人机交互界面,并设计相应的工序协调程序,实现对各个子系统 PLC 采集到的相关物理量信息进行实时分析,基于各个子系统之间信息量的耦合特性,实现子系统间操动机构的协调反应,从而提高试验中参数控制的精度,保证试验的可信性和重现性。

2.2 平台开发流程

具体的,该实验平台的具体开发流程如下:

(1) 基于自动控制理论,梳理建工专业对试验装置的控制需求,利用 PLC 实现温湿度控制子系统、通风控制子系统、潮汐控制子系统、红外灯控制子系统等底层控制单元的设计和开发,分别实现蒸发器、空调器、鼓风机、水泵和红外灯光照强度控制器等操动机构的合理工作状态,保证对于温湿度信息、风速信息、水位信息、光照强度的实时测量和反馈控制。在各个子系统控制策略中,考虑到子系统面临着外界环境干扰的不确定性,控制器的参数设置和反馈回路需要精心设计,保证各个模块功能实现的鲁棒性。针对子系统的设计和调试过程中发现的问题,联合建工与自动控制专业师生进行会商,修改完善前期设计,并反馈到相应的模块开发过程,进行修正改进。

(2) 研究和分析建工试验的用户习惯和实验流程,利用性能稳定的工控机开发符合建工师生操作习惯的系统级用户监控界面,并考虑试验流程和要求,设计高层控制单元,并通过工业现场总线与各个子系统控制单元进行环境参数传感器数据的传输,以协调工序控制信号的反馈,实现对各个子系统工序的协同和优化。考虑到温湿度参数受红外灯、温湿度和通风等子系统耦合影响,在高层控制单元中设计相应的环境参数自适应控制策略,实现风速、温湿度、光照强度等参数的自动补偿控制,并通过工序协调和人工环境参数的优化控制,实现耐久性加速试验,达到缩短试验周期和提高试验控制精度的目的。

(3) 综合各个子系统模块进行系统联调,组成一套完整的试验装置,进一步发现和解决前期设计中的相关问题,并反馈到相应的模块开发过程,进行修正改进。进而试验平台上进行试验装置的相关试验项目,以此验证该装置的设计正确性和运行可靠性。整个平台开发流程如图 1 所示。

3 实验平台的应用前景

跨学科创新性实验平台因其具有多学科交叉的优势,其应用领域具有辐射面广、扩展性强和要求性高的特点。首先,在实验教学方面,考虑到跨学科实验教学开展历史短,知识面广和教学体系不完善的现状,必须对现有的实验教学体系进行适当的改革和创新;在实验对象上,以学生为中

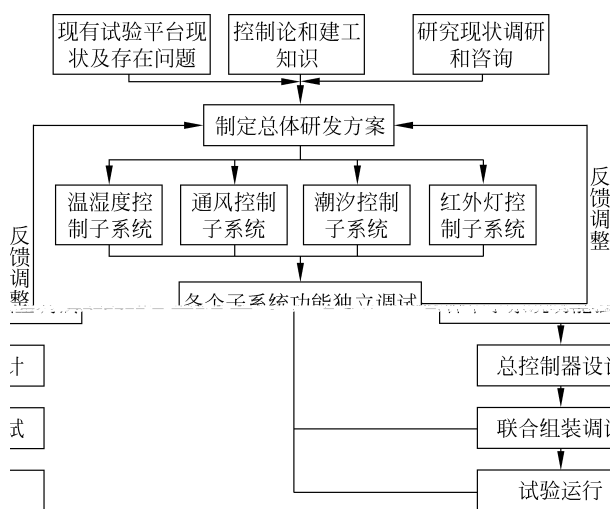


图 1 平台开发流程图

Figure 1 Platform development flow chart

心,允许自由选题和组团参与,并根据实验难度和学生水平进行层次化分类;在实验内容的设计上,以基本实验知识、实验技能、逻辑思维、创新科学思维的培养为立足点,面向不同专业和不同兴趣特点的学生,独立开出不同的实验课程,既要顾及常规基础性项目,而面向学有余力的高年级学生,开设创新型人才培养的综合性 and 探究性项目;在实验组织形式上,寻找符合知识交叉和创新探索规律的开展形式,目前主要采用科研兴趣小组的方式,以课题为导向,以学生自主性探索为主导的实验形式;在实验考核方式上,区别对待基础性实验和综合性、创新性实验的考核要求,形成符合鼓励基础掌握和激励探索未知的层次化考核机制^[10-15]。其次,在实验平台的科研辅助服务方面,根据学科发展需求和人才培养需要,开展如研究生科研实践课程、学科交叉综合科研平台等基础性科研活动;通过利用实验平台开展社会实践服务,加强与企事业单位的合作,考虑用实验平台先进的设备和实验技术建立建筑工程材料检测检验中心,开展与相关单位实验合作业务,增大实验平台在社会科研服务中的辐射面,扩大跨学科实验平台的重要作用和影响力。

浙江大学电气学院和建工学院的跨学科实验平台研发案例的成功,将对其他院系以及国内其他高校不同学科的交叉融合具有良好示范作用。实验平台的建设完成,将对建工学院在混凝土耐久性试验技术层面上有比较大的提高,解决了以

往试验方法费时费力的问题,降低了人工成本,提高了试验精度,同时可为电气学院、建工学院以及相关学科高年级本科生和研究生提供一个良好的学习和实验平台,同时为学校的科研实验活动向社会服务领域开放提供了可能性。

4 结语

通过整合和优化控制学科和建工学科的现有实验室资源,构建跨学科创新性实验平台,不但解决传统建工学科实验的精确模拟和控制问题,而且为电气和建工学院师生提供一个知识综合应用和实践的机会,推动自动控制和建筑工程的跨学科实验教学实践的发展,提高了高校在教学、科研以及社会实践服务方面的创造力和影响力。

References

- [1] 金伟良,袁迎曙,卫军,等. 氯盐环境下混凝土结构耐久性理论与设计方法[M]. 北京: 科学出版社,2011.
- [2] 金伟良,金立兵,延永东,等. 海水干湿交替区氯离子对混凝土侵入作用的现场检测和分析[J]. 水利学报,2009,40(3): 364-371.
- [3] 李春秋,李克非. 干湿交替下表层混凝土中氯离子传输: 原理、试验和模拟[J]. 硅酸盐学报,2010,38(4): 581-589.
- [4] 张庆章,黄庆华,张伟平,等. 潮汐区海水侵蚀混凝土结构加速模拟试验装置[J]. 实验室研究与探索,2011,30(8): 4-7.
- [5] 王受和,江鲁,王俊,等. 海洋环境腐蚀模拟试验装置的优化设计与研制[J]. 环境技术,2014(1): 55-59.
- [6] 伍旦初,陈晓远,郝宁生,等. 构建跨学科实验大平台[J]. 中国职业技术教育,2006(24): 40-41.
- [7] 王晓岗,赵超,许新华,等. 分层次、跨学科开放实验教学实践[J]. 实验室研究与探索,2013,32(9): 160-163.
- [8] 钱国英. 研究性实验的内容设计与实践以生化实验技术课程为例[J]. 实验室研究与探索,2010,29(10): 1-3.
- [9] 易昆南,于菲菲. 在综合性、设计性实验中培养学生的创新能力[J]. 实验技术与管理,2007,24(8): 8-9.
- [10] 陈灵,彭成红. 加强研究性实验教学提高学生的创新能力[J]. 实验室研究与探索,2010,29(8): 202-204.
- [11] 蒋学军,税永红. 实验教学改革和学生创新能力培养[J]. 实验科学与技术,2006,4(2): 79-81.
- [12] 孙盾,姚纛英. 开设自主实验的实践与思考[J]. 实验技术与管理,2009,26(5): 21-23.
- [13] 李琰,吴建强,齐凤艳. 开放与自主学习模式下的实验教学体系[J]. 实验室研究与探索,2012,31(1): 134-137.
- [14] 龚沛曾,杨志强,袁科萍,等. 实施12字培养目标,提升大学生实践创新能力[J]. 计算机教育,2011,21: 11-16.
- [15] 窦娟. 高校实验室跨学科科研团队建设[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版),2010,29(4): 93-96.