

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.06.018

欢迎按以下格式引用:孔纲强,孟永东,高磊,等.基于CDIO理念的温控界面仪实践教学与课程思政[J].高等建筑教育,2021,30(6):121-127.

基于 CDIO 理念的温控 界面仪实践教学与课程思政

孔纲强^{1a},孟永东^{1a},高磊²,刘杰^{1b},王瑞红^{1b}

(1a. 三峡大学 水利与环境国家级实验教学示范中心,

1b. 三峡库区地质灾害教育部重点实验室,湖北 宜昌 443002;

2. 河海大学岩土力学与堤坝工程教育部重点实验室,江苏 南京 210024)

摘要:基于土工三轴仪设备,联合温控系统创新性地研发了温控界面仪,实现三轴应力状态下结构与土体界面特性的测试,为揭示结构物-土体相互作用机理提供了技术支持。基于 CDIO 工程教育理念,将温控界面仪科研成果转化为实践或实训教学项目。本科生参与温控界面仪的开发、测试与试验过程,学习优质科研成果的创新路径和创新方法,从而以该工程为示范掌握工程项目构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运行(Operate)全过程。学生们不仅学习科学知识,而且掌握科研思维方法,最终实现学生分析与解决问题能力、创新创业能力全面提升。

关键词:CDIO 理念;结构物-土体界面;温控界面仪;实训教学;课程思政

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2021)06-0121-07

能源地下结构是将浅层地温能与地下结构相结合的一种新型技术,适应地下空间开发与利用和节能减排国家战略需求;地下结构物承担荷载的同时,起到浅层地温能热交换器的作用^[1]。因此,能源地下结构物设计与计算时,必须考虑循环温度影响下地下结构物与土体的界面承载特性问题^[2]。基于土工直剪仪,用模拟结构物的试样(如混凝土、钢材等)替代原本位于直剪仪下剪切盒的土样形成界面剪切仪,探讨土体类型、含水率以及界面粗糙度等因素对结构物-土体界面特性的影响规律,是目前研究界面剪切特性的主要思路与方法^[3]。依托三峡大学三峡库区地质灾害教育部重点实验室优势科研平台资源,李春红等引进基于土工直剪仪改造的温控界面仪设备,在温控环境

修回日期:2021-07-13

基金项目:水利与环境国家级实验教学示范中心(三峡大学)开放基金重点课题

作者简介:孔纲强(1982—),男,三峡大学水利与环境国家级教学示范中心教授,博导,主要从事能源岩土工程研究,(E-mail) gqkongl@163.com。

条件下开展了黏性土与结构物力学特性研究^[4],基于土工三轴仪,自主研发了一套温控界面仪^[5],克服了原有设备无法测定土体的孔压和体变等问题,实现了循环温度影响下地下结构物-土体热力学特性的研究,为揭示地下结构物与土体界面强度、变形特性演变机理提供了技术支撑。科研项目完成后,进一步优化改造,促使科研成果适用于实践(或实训)教学要求,通过科研成果(样品)、教学演示和实践操作(制作成品)的多层次结合,培养学生的实践与创新能力、发现与解决问题的能力,以及学习探究的激情^[6-7]。

为此,以学生为本,以满足行业对毕业生要求为目标导向,结合学校土木工程专业教学实际情况,依托岩土工程测试技术课程,开设“温控界面仪研发与测试”项目工程实践训练课程,引入CDIO工程教育模式^[8-9],在制订实践课程的教学目标、教学内容、教学方法及评价模式等环节,以构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运行(Operate)作为模块和链条,贯穿整个温控界面仪工程实践教学过程,实现富有特色的教学改革与实践。

一、常规土工直剪仪与三轴仪简介

土体的力学性质试验主要包括固结试验、无侧限抗压强度试验、直剪试验、三轴剪切试验、K₀试验和击实试验,这也是岩土工程测试技术课程主要涉及的室内土工试验种类。土体的内摩擦角和凝聚力值是反映土体抗剪切强度的两个主要参数指标,也是土压力计算、地基承载力和挡土墙计算的主要依据,测试这两个参数的仪器设备主要有土工直剪仪和土工三轴仪。

(1) 土工直剪仪。将土样置于直剪仪的活动下盒和固定上盒里,对土样施加竖向压力,然后水平推动下盒,通过上下盒之间的错动达到土样剪切破坏的目的,根据库仑定律确定土体的内摩擦角和凝聚力值。

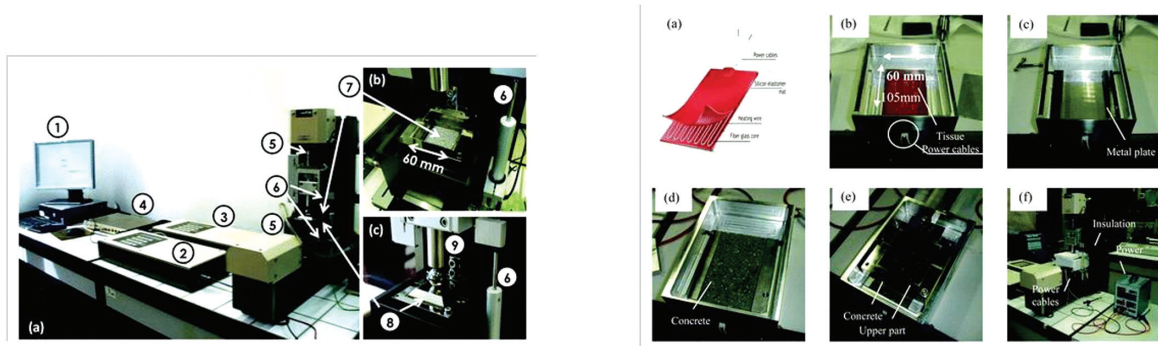
(2) 土工三轴仪。将土样置于压力腔内,通过对土体试样分级施加轴向压力荷载直至试样破坏(应力控制式),或者通过对土体试样进行等轴向变形加载直至试样破坏(应变控制式),测得土体的应力-应变关系曲线,进而计算获得强度与变形参数指标。与直剪仪相比,三轴仪可以控制排水条件、测量孔隙水压力,同时还可以进行多种应力组合试验,因而被工程技术人员接纳。

然而,常规土工直剪仪与三轴仪都要求在室温下工作,没有考虑温度对土体试样的影响,不适用于能源地下结构,因此,研发温控界面仪尤为迫切。

二、温控界面仪的研发与验证

(一) 基于土工直剪仪的温控界面仪

为了研究地下结构物(如桩基、隧道、地下连续墙,以及锚杆等)与土体界面的力学特性,相关学者基于土工直剪仪,用结构物材料替代下剪切盒的土体试样,形成界面仪。Di Donna等、Yavari等在土工直剪仪改造成的界面仪的基础上,在下剪切盒里的结构物材料中增设循环温度系统(图1),研究了温度对砂土/黏-混凝土、超固结黏土-混凝土界面的力学特性的影响^[10-11]。基于土工直剪仪的温控界面仪,操作简单、易于实现,考虑了结构物温度、土体温度同步升降的情况,但无法分别控制结构物试样温度和土体试样温度,且无法有效观测界面孔隙水压力、体积变形等变化规律。此外,直剪仪本身存在的界面有效剪切面随位移变化而改变、实测精度相对较低等问题也无法避免。

图 1 基于土工直剪仪的温控界面仪试验系统^[10]

(二) 基于土工三轴仪的温控界面仪

基于南京土壤仪器厂有限公司生产的饱和土体应变控制式土工三轴仪,笔者所在团队研制了一套温控界面仪试验系统(图 2),包括①界面三轴试验机、②三轴试验量测控制仪、③温度控制系统、④计算机等^[5, 12]。

图 2 温控桩-土接触面三轴试验系统^[5]

该装置能实现对结构物和土体试样温度的独立控制,定量测定循环温度作用下界面剪切应力-应变关系、桩体位移、孔压及体变规律。温度控制范围为 $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$,误差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,温度传感器量测精度 0.1°C ^[5],应力控制边界。该装置原理明确、结构简单、拆装方便,可切换成普通温控三轴仪,研究土体热力学特性。温控界面仪的试验系统指标如表 1 所示。与传统三轴仪相比,笔者所在团队研制的温控界面仪试验系统具有如下特征。

(1) 将传统实心圆柱土样改造成空心圆柱土样和实心圆柱结构物试样,实心圆柱结构物试样的外径与空心圆柱土样内径一致、且同心设置,构成圆柱形界面;通过实心圆柱结构物试样的上下移动,形成剪切作用。

(2) 结构物、土体试样分别设置温控系统(含循环系统和温度传感器),可以实现两者温度的差异调控。

表 1 温控界面仪试验系统指标^[5]

| 土样外径/内径 /mm | 土样高度 /mm | 桩体直径×高度 /mm | 最大围压 /kPa | 最大竖向压力 /N | 有效控温范围 /°C |
|----------------|-------------|----------------|--------------|--------------|---------------|
| 61.8/25 | 110 | 25×200 | 400 | 3 000 | 0~60 |

以混凝土-饱和福建标准砂界面特性测试为例,试验测试时将三轴试验室腔内温度控制在 22°C ,然后将混凝土材料升温至 50°C ,待温度恒定后,施加围压,调整混凝土试样上下位移,开始 CD

剪切(图3)和CU剪切试验(图4)。由图3、图4可知,饱和砂土-混凝土界面存在软化现象,温度对界面存在一定的影响。该试验有效验证了所研发的温控界面仪的准确性和可靠性。

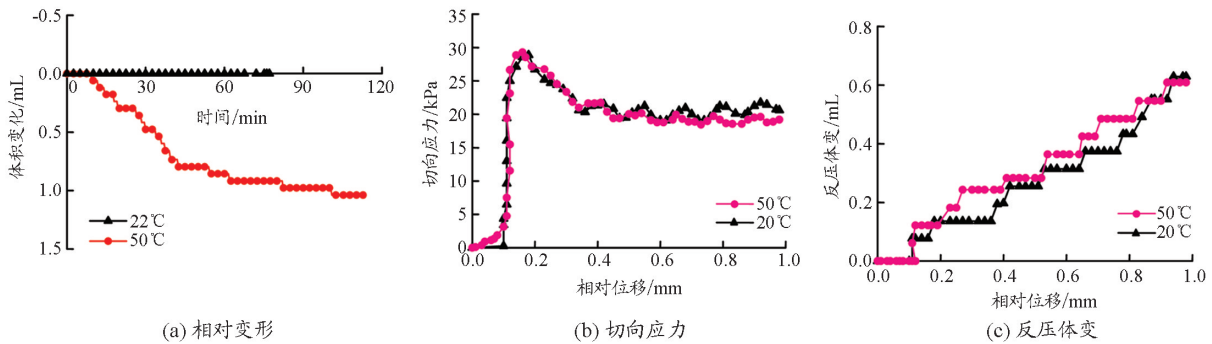


图3 温度对界面的影响(CD试验)^[5]

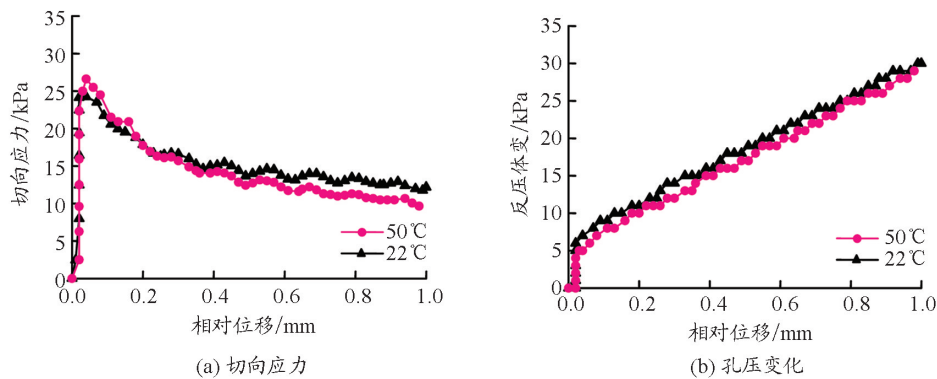


图4 温度对界面的影响(CU试验)^[5]

三、基于CDIO理念的温控界面仪实践教学尝试

首先,在温控界面仪实践或实验教学中,挖掘和梳理思政元素。其次,将新时代的“工匠精神”、科学发展观等思政元素有效融入实践教学中。如:设备研制与实验操作体现“工匠精神”、能源地下结构应用于浅层地温能开采体现“科学发展观”等思政元素,以期实现“盐溶入汤”“润物细无声”的立德树人目标,培养学生对中国特色社会主义制度的政治认同和文化自信^[13]。

结合三峡大学土木工程等专业教学实际情况,依托岩土工程测试技术课程,进行“温控界面仪研发与测试”项目工程实践教学尝试,并将德育、实践和创新育人元素融入CDIO工程教育全过程^[14-15](图5)。

(一) 实践或实验教学目标(C)

基于CDIO工程教育理念,制订温控界面仪实验教学目标、构建课程体系,为教学内容和教学方法的设计与选择提供依据。将实验教学模块分解为构

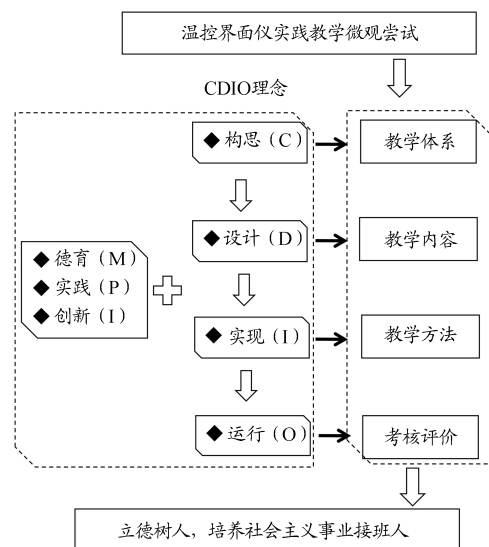


图5 基于CDIO理念的温控界面仪实践教学流程图

思(C)、设计(D)、实现(I)和运行(O)四个环节,有机融入德育、实践和创新理念,开展温控界面仪的实验教学,实现立德树人的最终目标。

(二) 实践或实验教学内容(D)

面向行业对能源地下结构设计与计算的目标需求,开展实验教学内容设计。主要包括循环温度作用下结构物与土体界面的力学特性原理讲解、温控界面仪科研成果演示(结合实物和虚拟仿真技术,图6),以及温控界面仪的实际操作。教学内容充分体现已挖掘的思政元素,并结合生动的事例进行佐证。比如:以上海世博轴能量桩技术应用为例,介绍上海世博为目前世界范围内单体工程能量桩应用数量最多的项目(6 000 根),以此激发学生们的文化自信,增加对社会主义国家制度的认同感。

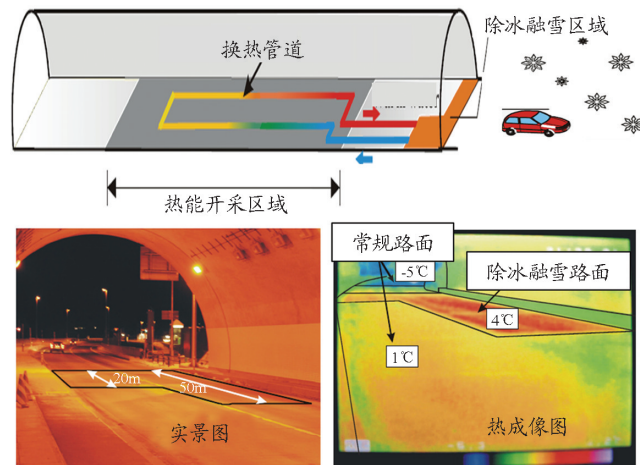


图6 隧道洞口路面除冰融雪

(三) 实践或实验教学方法(I)

主体采用项目驱动教学法。首先,结合多媒体技术、虚拟仿真技术等辅助手段,帮助学生认识、理解温控界面仪的技术原理;其次,分解项目任务内容,以小组团队形式完成调查分析、操作实践和答辩汇报等。依托实际工程案例或大学生创新创业训练项目,让学生在“做中学、做中思考”,培养发现问题和解决问题的能力。

拓展校外课堂系统。首先,利用行业龙头企业技术和人力资源优势,扩充实践教学师资队伍,与校内教师形成互补,相互促进提高;其次,结合行业龙头企业相关工程案例分析温控界面仪的测试结果,验证温控界面仪实践学习的必要性和有效性。

(四) 实践或实验教学评价(O)

综合考虑大学生的德育、实践和创新因素,基于 CDIO 工程教育理念,制定多层次、全方位的温控界面仪实验项目教学成果评价体系。三峡大学岩土工程测试技术课程温控界面仪学习评价内容及权重分配如表 2 所示。

表 2 温控界面仪实验课程评价体系

| 项目 | 温控界面仪实验 | | | |
|------|---------|----|-----|----|
| | 构思 | 设计 | 实现 | 运行 |
| 考核内容 | | | | |
| 权重/% | 20 | 20 | 40 | 20 |
| 依托类型 | 直剪仪 | | 三轴仪 | |
| 难度系数 | 0.9 | | 1.2 | |

四、结 语

分析了依托三峡大学三峡库区地质灾害教育部重点实验室平台完成的优质科研成果——温控界面仪的研发过程与技术优点,结合三峡大学岩土工程测试技术课程教学实际,将德育、实践和创新育人元素引入 CDIO 工程教育模式,通过温控界面仪实验项目的微尝试,进行土工试验实践教学改革试点,挖掘新时代的“工匠精神”、科学发展观和文化自信等思政元素,并将其融入温控界面仪实验教学实践中,实现新时代社会主义事业接班人的立德树人培养目标,培养学生的综合素养,为学校“一流学科”内涵建设提供参考。

参考文献:

- [1] 吕塞·拉卢伊,何莉塞·迪·唐纳编著.能源地下结构[M].孔纲强,等译.北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [2] 刘汉龙,孔纲强,吴宏伟.能量桩工程应用研究进展及PCC能量桩技术开发[J].岩土工程学报,2014,36(1):176-181.
- [3] 张嘎,张建民.大型土于结构接触面循环加载剪切仪的研制及应用[J].岩土工程学报,2003,25(2):149-153.
- [4] LI C H, KONG G Q, LIU H L, et al. Effect of temperature on behaviour of red clay-structure interface[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2019, 56(1):126-134.
- [5] 李春红,孔纲强,张鑫蕊,等.温控桩-土接触面三轴试验系统研制与验证[J].岩土力学,2019,40(12):4955-4962.
- [6] 王圣程,禄利刚,张朕,等.基于科研资源的土木工程材料实验教学拓展探索[J].实验技术与管理,2018,35(4):199-202.
- [7] 张俊平,禹奇才,童华炜,等.创建基于大工程观的土木工程专业人才培养模式[J].中国高等教育,2012(6):27-29.
- [8] 阎群,李擎,崔家瑞,等.OBE准则下CDIO在实验室建设中的探索[J].实验技术与管理,2017,34(8):231-234.
- [9] 檀盼龙,邵欣,张建新,等.基于CBE+CDIO理念的工业机器人技术实训项目设计[J].实验技术与管理,2018,35(11):189-193.
- [10] DI DONNA A, FERRARI A, LALOU L. Experimental investigation of the soil-concrete interface: physical mechanisms, cyclic mobilization and behaviour at different temperatures[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2016, 53(4):659-672.
- [11] YAVARI N, TANG A M, PEREIRA J M, et al. Effects of temperature on the shear strength of soils and soil-structure interface[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2016, 53(7):1186-1194.
- [12] 孔纲强,郑礼昆,孙广超,等.一种能量桩桩-土接触面摩擦力测试装置及测试方法:中国,ZL201410077507.7[P]. 2017-01-11.
- [13] 陈艳,王云云.以微电影为载体的艺术院校思政课实践教学与创新[J].实验室研究与探索,2019,38(9):267-270,274.
- [14] 李滢潞,朱志强,张山,等.基于CFC-CDIO理念项目驱动的数字电子技术教学改革[J].实验室研究与探索,2017,36(8):195-199.
- [15] 檀盼龙,邵欣,张建新,等.基于CBE+CDIO理念的工业机器人技术实训项目涉及[J].实验技术与管理,2018,35(11):189-193.

Practice teaching and curriculum ideological and political education of temperature controlled interface instrument based on CDIO concept

KONG Gangqiang^{1a,b}, MENG Yongdong^{1a}, GAO Lei^{1b}, LIU Jie², WANG Ruihong²

(1a. National Experimental Teaching Demonstration Center of Hydraulic and Environmental Engineering;

1b. Key Laboratory of Geological Hazards on Three Gorges Reservoir Area of Ministry of Education,

China Three Gorges University, Yichang 443002, Hubei, P. R. China; 2. Key Laboratory for Ministry of Education for Geomechanics and Embankment Engineering, Hohai University, Nanjing 210024, P. R. China)

Abstract: Based on temperature controlled triaxial equipment, temperature controlled interface instrument was developed. It can be used to measure the interface characteristics of structure and soil in the three-axis stress state, and provides technical support for revealing the mechanism of structural-soil interaction. Based on CDIO engineering education concept, the scientific research achievements of the temperature-controlled interface instrument are transformed into practical teaching project. The undergraduates participated in the whole-life development, testing and testing process of this innovation instrument. The innovative path and innovative methods of high-quality scientific research results can be learned during these processes. The whole processes of Conceive, Design, Implementation, and Operation can also be learned through this project. The students not only learnt the knowledge but also mastered scientific thinking. Finally, it can improve the students' analysis and problem-solving ability, innovation and entrepreneurial ability.

Key words: CDIO concept; interface of structure and soil; temperature controlled interface instrument; training teaching; curriculum ideological and political education

(责任编辑 梁远华)