

基于 CDIO 的机械设计及制造实验教学示范中心建设

陈少克 陈章林 陈少波 陈跃涛 谢旭亨 曾海燕 朱达彦

【摘要】 CDIO是近年来在工程教育改革中兴起的一种工程教育模式，文中以培养学生的工程应用能力为目标，论述了汕头大学机械设计及制造实验教学示范中心在实验教学体系、实验教学方法、实验平台建设、实验教学改革和实验教学成效等方面取得的显著成绩，基本建成了特色鲜明的开放式创新型实验中心，为创新型卓越人才培养创造了良好条件，可为其他兄弟院校起到辐射示范作用。

【关键词】 CDIO； 实验教学； 示范中心； 机械设计及制造

【作者简介】 陈少克，汕头大学机械电子工程系（广东汕头 515063）

CDIO 代表构思（Conceive）、设计（Design）、实施（Implement）和运行（Operate），CDIO工程教育模式是近年来国际工程教育改革的新成果，在世界各地多所大学进行了实施并取得很好的成效。自2005年汕头大学率先实施CDIO工程教育改革以来，在教育部高教司理工处的指导和支持下，全国几十所试点高校和许多非试点院校实施CDIO改革，取得了很好的效果^[1]。

CDIO是一种将实践教育与理论教育相结合的教育理念，其主要理论依据来源于杜威的“做中学”思想，它的重要性在于提供了一个很好的框架和理念，使学生能够以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。汕头大学机械设计及制造实验教学示范中心于2013年成为校级实验教学示范中心建设单位，2014年成为广东省教育厅批准的省级实验教学示范中心建设单位，经过二年来的建设和发展，该实验教学示范中心在实验教学体系、实验教学方法、实验平台建设、实验教学改革和实验开发、实验教学

成效等方面已经取得了显著成绩，基本建成了特色鲜明的基于CDIO的机械设计及制造实验教学示范中心，为创新人才和卓越工程师培养创造了良好的机械设计及制造实验教学环境，也为其他兄弟院校起到了实验教学示范辐射作用^[2]。

一、实验教学体系

实践教学体系是实践教学目标任务的具体化。在CDIO理念的指导下，采用按能力层次划分的“分层一体化”实践教学内容体系，即将各个实践教学环节（实验、课程设计、实习、毕业设计、创新实践、社会实践等）通过合理配置，构建以实践应用能力和综合素质培养为主体，循序渐进地安排实践教学内容，将实践教学的目标和任务具体落实到各个实践教学环节中。中心的实验教学体系规划建设三个平台：设计实验平台、制造实践平台和学生创新活动平台，如图1所示。

基金项目：广东省本科高校教学质量与教学改革工程立项建设项目（粤教高函（2014）97号）；广东教育教学成果奖（高等教育）培育项目（粤教高函（2015）72号）；广东省本科高校教学质量与教学改革工程立项建设项目（粤教高函（2015）133号）

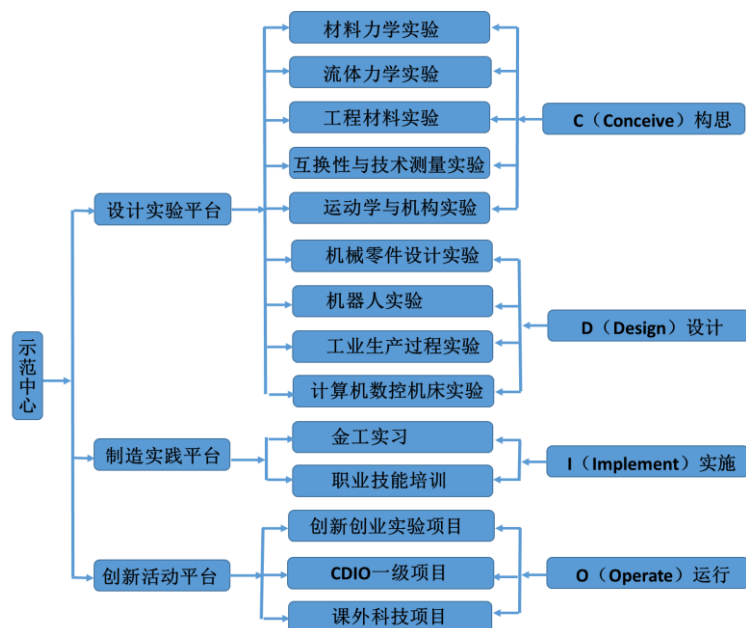


图1 示范中心实验平台

（一）设计实验平台

该平台通过验证型、综合型和设计型三个层次进行了规划，建成了若干实验室。通过实物展示、测绘、拆装及模型、图片、录相、电教片，使学生获得机械组成结构、创新思路与方法的感性认识，并受到创新思维的启迪；完成本科教学计划所规定的相关实验教学内容，例如，运动学与机构、机械零件设计、工业生产过程、计算机数控机床等相关的实验教学内容，与理论教学形成一个有机的整合。在课程建设中，跟踪学科发展，优化整合机械类系列课程教学内容，其中近29%实验内容为综合设计、综合性实验。注重将学科优势和科研成果应用于设计性实验内容中，并与工程和社会应用实践紧密联系。

（二）制造实践平台

该平台通过金工实习使学生初步掌握机械制造的基本技能与方法，了解常规机械制造工艺过程，教学重点在于培养学生工程实践能力。该平台配备焊接、钳工、车、铣、磨等工艺装备。实验中心建设以来，创建了一套理论完整、信息量大、工程实践性强的实验课程体系，为培养具有创新精神和实践能力的高素质人才打下了坚实的基础。

（三）学生创新活动平台

该平台主要通过指导学生创新设计的选题，方案论证和制造可行性分析，培养学生的创新能力；同时提供创新活动的必要环境与条件。

在学生获得了一定的能力及技能之后，在保证安全的前提下，开放相关的实验设备，为学生提供良好的实验环境及实验条件，在老师的引导下，学生团队通过自主学习，自主设计实验方案，通过试验、分析、改进等环节，完成CDIO一级项目的设计及制作，使学生的工程能力及思维能力得到较好的训练。

在学生课外科技项目或国内、国际竞赛项目中，在相关指导老师的参与下，学生团队通过自主研讨，通过对不同方案的实验探索试验，反复改进的研究性学习过程中，提高学生的设计思维、批判性思维的能力，同时训练学生的项目管理及沟通能力，使学生的综合素质得到提高。

二、实验教学方法

实验教学示范中心以CDIO能力大纲为指导纲领，确定培养学生实践能力、创新能力和综合素质的整体目标，构建了由基础实践能力目标、综合实践能力目标、创新实践

能力目标和社会实践能力目标组成的专业能力和素质要求。

CDIO教育理念提倡基于项目教育和学习的新型教学模式,注重培养学生的工程能力、职业道德、学术知识、运用知识解决问题的能力、终生学习能力、团队协作能力、交流能力和大系统掌控能力,从而培养既有过硬的专业技能,又有良好的职业道德的国际化工程师^[3]。为此,中心采取以学生为主体,以教师为主导,知识、能力、素质协调发展的教学方法,发动学生参与实验教学和管理,培养学生的主人翁精神和意识;采用多方面、多样化的综合考核方式,不仅对学生进行考核,还要对实验教学人员进行考核,各个环节的考核结果相互融合,不仅能够实现对学生的技术能力、工程素质、交流

与沟通能力、团队协作能力和创新能力的全面考核,也能够提升教师的技术应用能力,提高技能操作水平,积累工程应用经验^[4]。

下面以一级项目的实施为例,讲述示范中心引入CDIO教学模式后的教学实践。该项目从大二下学期开始一直持续到大三暑假学期共5学期(含暑假学期),包括五个实施阶段,分为机电系统设计与制造I、机电系统设计与制造II、机电系统设计与制造III、机电系统设计与制造V、机电系统设计与制造IV,在五级实施阶段中,学生以团队的方式自主完成以某一机电一体化产品的构思—设计—制作—调试运行。各实施阶段的内容与工作量要求、学分要求、考核与成绩判定方式如表1所示。

表1 各实施阶段的内容与工作量要求、学分要求、考核与成绩判定方式

实施阶段	内容与工作量要求	学分要求	考核与成绩判定方式
机电系统设计与制造 I	1、分组 2、各级根据各课程组的要求进行调研、选题	1 学分	1、项目可行性,创新性(20%) 2、市场调研的充分性和项目产品的市场前景(20%) 3、文献检索完整性、权威性和综合理解(15%) 4、项目参与积极性、表达能力、组织能力等(15%) 5、项目制作实施计划的可行性(10%) 6、项目可行性报告文字表达、规范性、内容的充实性(20%)
机电系统设计与制造 II	1、根据选题及任务书要求,完成方案设计 2、根据方案初步完成设计图纸或完成仿真	1.5 学分	1、项目参与积极性、表达能力、组织能力等(20%) 2、项目构思设计的完善性、合理性、创新性(20%) 3、项目实施(零件采购、加工和制作)(40%) 4、项目设计和实施报告文字表达、规范性、内容的充实性(20%)
机电系统设计与制造 III	1、完善设计 2、完善工艺 3、完成加工、装配、调试 4、完成答辩	2.5 学分	1、项目参与积极性、表达能力、组织能力等(15%) 2、项目实施(产品制作、装配、调试)(30%) 3、项目预算合理性(15%) 4、项目最终文字表达、规范性、内容的充实性(20%) 5、现场答辩和产品展示(20%)
机电系统设计与制造 V	1、完成设计 2、完成仿真 3、提出加工、制作、装配工艺要求	1 学分	1、根据报告、设计内容(60%) 2、根据仿真结果(20%) 3、根据工艺要求情况(20%)
机电系统设计与制造 IV	1、完善设计 2、完善工艺 3、完成加工、装配、调试 4、完成答辩	1 学分	1、根据报告、设计内容(50%) 2、根据仿真结果、作品展示情况(20%) 3、根据答辩情况(20%) 4、组内自评情况(10%)

三、实验平台建设

机械设计制造实验教学示范中心拥有3000m²的实验室，其中设有CDIO创新实践中心、机械设计实验室、公差实验室、热工及流体力学实验室、机器人实验室、数控技术实验室、工程材料实验等7个实验室，中心于2013年成为校级实验教学示范中心建设单位，2014年成为广东省教育厅批准的省级实验教学示范中心建设单位，同时得到省、

校教改经费的大力支持，近几年投入建设经费400多万，新增了包括美国system公司的3D打印机、虚拟制造系统、加工中心、激光切割机等先进加工设备，新组建了虚拟制造实验室、先进制造实验室，新增实验室面积200多平方米，形成了集构思（Conceive）、设计（Design）、实施（Implement）和运行（Operate）于一体的机械设计制造实验平台（如图2所示）。



(a) CDIO 创新实践中心



(b) 虚拟制造实验室



(c) 先进制造实验室

图2 实验平台

同时中心与国内外企业、科技公司、大专院校的合作，改善实验的硬件、软件条件。目前中心已和伟易达集团有限公司、欧菲光科技股份有限公司、溢达集团、陆逊迪卡集团等大型企业共建国家和省级教育实践工程中心（如图3所示），实现资源共享，提高实验实践实力。

四、实验教学改革和实验教学成效

（一）加强实验课程与教材建设

建成示范作用的教学实验基地，形成理论和实践相结合的现代教学理念，改革教学方法和手段。充实或更新个别已经不适应于先进本科教学的之实验项目，提高实验项目的真实性及应用性。让学生从综合性及设计性的实验项目的设计学习过程中，通过不断反复分析设计中存在的问题、解进设计方案、方法，最终达到解决问题的能力。

进一步加强教材建设，对新增项目的实验增加项目实验指导书，并重新编写适应于学生创新能力培养的实习指导书，提高教学质量。

（二）加强教学信息化建设

对中心各课程的信息资源进行有效整合，统一数据交换标准，实现数据共享，建立开发和制作标准，规范实践教学大纲等实践教学资源为一体的信息资源库资源数据库，构建实践教学管理信息化平台。进一步完善中心网站建设，构建实践教学体系平台，充实网站内容，使信息资源可以网上共享，制度的标准化与规范化，管理平台环境的网络化，管理理念更新及提高管理者信息化意识。

（三）提高中心教师的素质

使其具有更强的工程素质即工程意识、工程背景、工程综合能力、工程教育方法，最终达到教学相长，提高教学质量的目的。有计划安排、组织部分实验技术人员到相关



图3 共建国家和省级教育实践工程中心

院校参观学习、进修相关技术技能，提高实验室人员的管理及技术水平。

（四）完善质量保证体系建设

完善学生实验、实践能力成绩的评定办法，将学生的实验成绩评价逐步引向教学终期（毕业）评价和过程评价，即使学生在大学学习期间自始至终都有接触工程实际的机会，保证实验与掌握工程能力有机结合，通过不断的分析、试验、改进、完善的过程中，使分析问题解决问题的能力得到时有效的训练，增加综合性、设计性实验比例。

（五）实验教学成效

近几年来，有一大批本科生经过在该实验中心进行各个层次实验实践过程的培养，综合素质和创新能力得到了极大的提高，其中有数以百计的本科生在参加国家级、省级、校级大学生创新性实验计划、全国大学生机械创新设计大赛、全国大学生工程综合训练大赛、机械产品数字化设计大赛、机器人大赛等赛事中获得佳绩。

据不完全统计，获得的奖项有：大学生机械创新设计大赛全国一等奖1项、二等奖2项，广东赛区一等奖1项，二等奖2项，三等奖1项；大学生工程综合训练大赛全国一等奖1项、二等奖2项，广东赛区一等奖1项，二等奖4项；CDIO国际会议Academy学生项目竞赛二等奖；全国大学生机械产品数字化设计大赛三等奖1项，全国大学生机器人大赛（Master赛事）中南赛区三等奖，中国服务机器人三等奖，中国研究生电子设计竞赛全国二等奖1项，中国研究生电子设计竞赛华南赛区一等奖1项，三等奖1项。参加全国大学生创新性实验计划项目8项，本科生课外科技活动项目50多项。

（六）示范辐射作用

近几年来，中心同省内外部分同类院校实验室保持较好的交流关系，相互之间取长补短，为省内外部分兄弟院校的同类实验室建设提供了可供借鉴的经验，对相关学科发

展起到积极的推动作用，得到了校内外专家、同行的肯定和广大学生的好评。先进本科教育理念、CDIO教育成果在国内一些兄弟院校产生积极的影响，先后接待了清华大学、浙江大学、西安交通大学的等全国数十所高校来访参观和交流；该中心也派出有关教师前往清华大学、河北工业大学、天津职业技术师范大学等高校考察和学习，汕头大学机械设计及制造实验教学示范中心的建设成效得到了其他高校的肯定，也起到了一定的示范辐射作用。

五、小结

汕头大学机械设计及制造实验教学示范中心经过近几年的建设，已经取得了明显的建设效果，为卓越工程师培养和创新型人才培养提供了良好的实验教学条件保障，也为其他兄弟院校提供了可借鉴的建设经验，起到了较好的实验教学示范辐射作用。

参考文献：

- [1] 顾佩华,包能胜,康全礼等. CDIO在中国(上)[J]. 高等工程教育研究, 2012, (3). 24-40
- [2] 刘吉轩,陈雪峰, 訾艳阳. 机械基础国家级实验教学示范中心建设与实践[J]. 实验科学与技术, 2013, 11(2). 130-133
- [3] 查建中. 工程教育改革战略“CDIO”与产学研合作和国际化[J]. 中国大学教育, 2008, (5). 16-19
- [4] 朱学军,张庆玲,李富娟等. 基于CDIO的机械电子工程专业实验教学探索与实践[J]. 教学研究, 2014, 37(3). 104-106