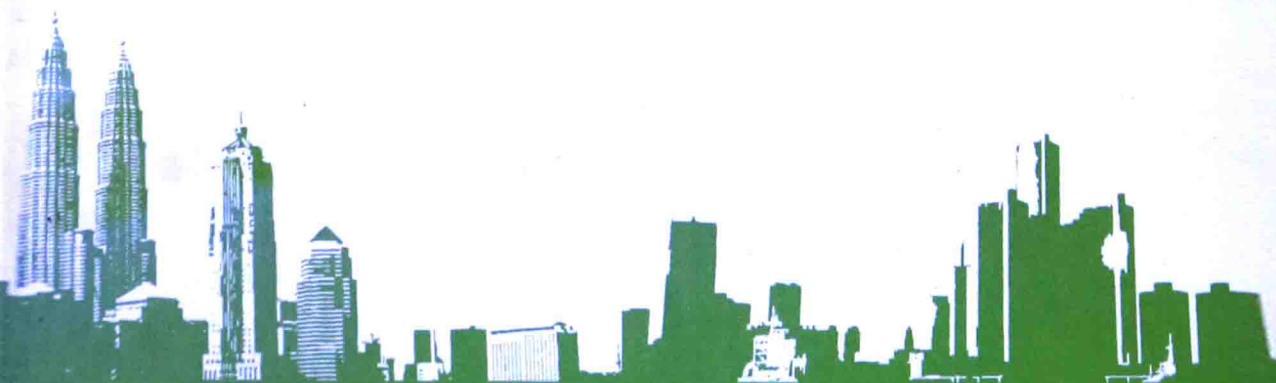


责任编辑/滕俊平

封面设计/陈 龙

终 审/纪丽真



ISBN 978-7-5670-



9 787567 004665 >

定价：42.00元

本书系全国教育科学规划教育部重点课题“国际创新型工程教育模式中国化的理论与实践研究”(DIA080113)的研究成果
本书得到汕头大学出版基金的资助

国际创新型工程教育模式 中国化的理论与实践研究

康全礼 陆小华 著

中国海洋大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

国际创新型工程教育模式中国化的理论与实践研究 /
康全礼,陆小华著. —青岛:中国海洋大学出版社,
2013. 11

ISBN 978-7-5670-0466-5

I. ①国… II. ①康…②陆… III. ①高等教育—工
科(教育)—教育模式—研究—中国 IV. ①G649. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 274267 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

出 版 人 杨立敏

网 址 <http://www.ouc-press.com>

电子信箱 appletjp@163.com

订购电话 0532—82032573(传真)

责任编辑 滕俊平

电 话 0532—85902342

印 制 日照日报印务中心

版 次 2014 年 8 月第 1 版

印 次 2014 年 8 月第 1 次印刷

成品尺寸 170 mm×230 mm

印 张 16.5

字 数 300 千

定 价 42.00 元

目 录

第一章 国际创新型工程教育模式中国化的理论与实践研究总报告	(1)
一、研究问题	(1)
二、研究背景和文献综述	(5)
三、研究程序	(10)
四、研究发现和结论	(14)
五、分析和讨论	(47)
六、建议	(48)
第二章 国家创新体系视野下我国高等工程教育模式的改革	(50)
一、建设创新型国家:我国高等工程教育改革的机遇和挑战	(50)
二、近年来我国的高等工程教育改革	(52)
三、国外工程教育模式改革与 CDIO 的产生	(59)
四、本章小结	(66)
第三章 创新型工程教育模式的目标体系研究	(67)
一、创新教育目标	(67)
二、CDIO 大纲的产生与具体内涵	(69)
三、CDIO 教学大纲的验证	(74)
四、CDIO 大纲与创新能力培养	(76)
五、CDIO 教学大纲的可行性与功能性	(79)
六、汕头大学对构建创新工程人才培养目标的探索	(80)
七、本章小结	(86)
第四章 创新型工程教育模式的课程体系研究	(87)
一、课程设计模式的综合选择	(87)
二、CDIO 工程教育模式的课程设计思想	(90)

三、培养目标转换为课程教学目标	(96)
四、汕头大学工学院 CDIO 工程教育课程设计模式	(97)
五、本章小结	(106)
第五章 创新型工程教育模式的教与学研究	(108)
一、主动经验学习	(108)
二、CDIO 工程教育模式的教与学	(111)
三、关于创新能力的培养	(119)
四、基于 CDIO 理念的教学实践	(129)
五、本章小结	(139)
第六章 创新型工程教育模式中的学生评价研究	(141)
一、学生评价体系的现状	(141)
二、CDIO 关于学生学习评估的观点和方法	(144)
三、国内高校在实施 CDIO 过程中对学生学习评价的探索	(150)
四、本章小结	(155)
第七章 专业评估与工程教育改革的可持续创新	(156)
一、基于 CDIO 标准的专业评估	(156)
二、专业评估的方法	(164)
三、CDIO 标准与国际工程教育认证	(166)
四、CDIO 标准对于专业评估的适切性	(173)
五、本章小结	(177)
第八章 国际创新型 CDIO 工程教育模式的实施	(178)
一、教育改革与 CDIO 工程教育模式	(178)
二、作为组织变革的 CDIO: 汕头大学的经验	(181)
三、实施 CDIO 改革的基本指导思想: 一体化	(190)
四、本章小结	(196)
第九章 CDIO 工程教育模式在我国的传播与发展	(197)
一、CDIO 在我国高校的传播过程	(197)

二、CDIO 在我国传播与发展的特点	(206)
三、CDIO 对于中国高等工程教育改革的意义和价值	(210)
四、CDIO 工程教育模式在中国发展存在的问题	(215)
五、本章小结	(216)
 第十章 关于我国创新型工程教育模式的思考与建议:CDIO 的视角 ...	(217)
一、构建我国创新型工程教育模式的总体思路	(217)
二、创新型工程教育模式的构成	(218)
三、构建我国创新型工程教育模式的关键	(220)
四、加强我国创新型工程教育模式的统一协调	(223)
五、创新型 CDIO 工程教育模式在中国发展的思考与展望	(225)
六、本章小结	(228)
 附录一 CDIO 大纲(the CDIO Syllabus v2.0)(简版)	(229)
附录二 CDIO 标准(简版)	(234)
附录三 汕头大学土木工程专业课程计划	(239)
附录四 汕头大学机械设计制造及其自动化专业卓越工程师班课程计划	(245)
 参考文献	(250)
 致谢	(257)

第一章 国际创新型工程教育模式 中国化的理论与实践研究总报告

培养创新型人才是建设创新型国家的人力资源基础。如何培养创新型的工程科技人才,是国内外教育改革的焦点问题。CDIO 这一国际创新型的工程教育模式因其多方面的优势,引发了国内外教育界的研究与借鉴。本项目立项以来,对这一国际创新型工程教育模式中国化的问题进行了理论与实践两方面的研究。主要对创新型工程教育模式目标体系、课程与教学体系进行了理论研究,并转化为实践,构建了汕头大学 EIP-CDIO 人才培养模式;对 CDIO 工程教育模式在我国的传播与发展进行了研究,参照国内外经验,初步尝试构建了 CDIO 专业评估标准与国际创新型工程教育模式实施指南,最后提出了构建我国创新型工程教育模式的建议。

一、研究问题

(一)研究目的

笔者从理论与实践两个方面,对 CDIO 这一国家创新型工程教育模式进行了多角度、多层面研究。在理论指导下,基于设计研究,构建汕头大学的 CDIO 工程教育模式;在汕头大学和试点院校实践经验的基础上,提出 CDIO 工程教育模式的专业评估方法与实施指南。CDIO 工程教育模式的中国化可以成为教育教学改革的典型案例,这一改革过程中的经验与问题,也是我们研究的重点。本研究最后总结了 CDIO 对我国整个高等工程教育教学改革的启示,并提出了政策建议。

(二)研究意义

《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》指出,我国工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展,深化改革开放要以科学发展为主题,以加快转变经济发展方式为主线;在转变经济发展方式中要加强农业基础地位,提升制造业核心竞争力,发展战略性新兴产业,加快发展服务业,促进经济增长向依

靠第一、第二、第三产业协同带动转变;坚持把科技进步和创新作为加快转变经济发展方式的重要支撑。科学技术是第一生产力,工程师是新生产力的重要创造者,也是新兴产业的积极开拓者。培养大批工程科技人才,是推进经济建设和社会发展的必然要求。我国未来的可持续高速发展要靠“中国创造”,而不是“中国制造”。实现“中国创造”的关键是培养大量的具有创造力的人才。但是,据中国工程院对全国 5000 名工程科技人员的调查,21.8%的人认为,高校培养的学生完全不符合或基本不符合国家技术发展需要;52.4%的被调查者认为,我国高校培养的工程专业学生质量一般。^① 有学者 2008 年对落户我国内地并配有工程师的世界 500 强企业及其工程师进行了调查,在工科毕业生所具有的工程师能力素质方面,表示满意与比较满意的人数仅占 30%左右。^② 中国工程院常务副院长潘云鹤指出,我国高等工程教育存在诸多弊端。比如,工程设计和实践教育环节缺失,工科教师队伍的非工化趋向严重;评价体系错位,重论文、轻设计、缺实践;课程体系落后,学科交叉欠缺,导致创新与实践双向不足,得不到产业界的认同。^③ 虽然各高校根据自己的实际情况作了各种各样的提高教育质量、学生的素质、实践能力等方面的探索,但人才培养质量仍不能令人满意,工程教育成为我国教育改革面临的紧迫课题。

所有希望在国际竞争中占据有利位置甚至制高点的国家,都在加紧筹划本国的工程教育改革。CDIO 则是国际工程教育改革的新范式。20 世纪 90 年代末,麻省理工学院(MIT)航空航天系在校友和工业界不断反馈的基础上,开始着手在较小范围内探讨如何能把理论知识的传授和实践能力的培养结合起来,进行 CDIO 教育改革尝试。CDIO 代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运行(Operate),它以产品研发到产品运行的生命周期为载体,让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。CDIO 的理念是:充分利用大学学科齐全、学习资源丰富的条件,以尽可能接近工程实际,涉及技术、经济、企业和社会的团队综合设计大项目为主要载体,结合专业核心课程的教学,使学生在 CDIO 的全过程中不断地在理论知识、个人素质和发展能力、协作能力和集社会、历史、科技为一体的大系统适应与调控能力四个方面得到全面的训练和提高。构思、设计、实施和运行包含了对概念和实践的理解和创新,对科技和非科技的各种制约条件的理解与妥协,对实践能力的培养和对

① 潘云鹤.我国工程教育能力缘何世界垫底[N].文汇报,2007-09-28(5).

② 熊玲,李忠.新世纪我国高等工程人才需求调查报告[J].现代教育管理,2010(7):3-6.

③ 潘云鹤.我国工程教育能力缘何世界垫底[N].文汇报,2007-09-28(5).

本产品的改善提高以及对社会、历史、环境的反思和对服务的创新。CDIO 的理念不仅继承和发展了欧美 20 世纪 90 年代以来工程教育改革的理念,更重要的是还提出了系统的能力培养教学大纲、全面的实施指引以及实施检验的 12 条标准。

我国高等工程教育虽然不断推进人才培养模式的机制创新,但比较缺乏具体的行动指导,没有具体、详尽的人才培养要求,缺乏有效联结的整体实施方案,工程教育改革往往不系统或者流于空洞。CDIO 模式提出了全面系统的能力—素质大纲,而且还提出了培养方案—课程体系—实施计划—评估方法—整套完备的可操作性很强的系统方案,有利于将全面系统的能力—素质培养要求落实到教学实践当中。这样就为工程教育的改革提供了一个明确而良好的结构框架,为每个学校的改革和决策奠定了良好的基础。这样,既改变了头痛医头、脚痛医脚式的改革,又提供了一体化的实施方案。

我校(汕头大学)从 2005 年以来就对 CDIO 进行了广泛深入的研究,并引入本校的工程教育改革中。此后,CDIO 工程教育模式在全国迅速传播。本项目总结了汕头大学和其他 CDIO 试点高校的经验,有利于 CDIO 向全国其他高校推广;也提出了我国 CDIO 工程教育改革的政策建议。本项目在实践上将丰富工程科技人才培养模式的改革与创新,为我国培养出更多的高素质创新型工程人才奠定基础。在理论上,本项目对 CDIO 工程教育模式进行了理论研究,对高等工程教育理论会有一定贡献;本项目的研究也将成为我国工程教育研究国际化的一个组成部分。

(三)核心概念

CDIO 代表构思、设计、实施和运行。CDIO 工程教育模式以产品从构思、研发、运行到废弃和再利用的全生命过程为载体,完整地涵盖了教育模式的培养目标与规格、教育教学过程、管理制度和教育方法理念等全面内容,是一个全面的一体化的工程教育模式。该模式符合成功工程教育改革的要求,围绕两个核心问题而构建:①当工科学生毕业时,他们学到的全部知识、能力和态度应该有哪些及掌握的水平如何?②如何能更好地保证学生学习到这些知识和能力?

当代工程师要领导或参与产品、过程和系统全生命周期的各个阶段,也就是构思、设计、实施和运行(表 1-1)。

在此基础上,结合利益相关者的调查,构建了 CDIO 大纲。CDIO 大纲覆盖了一个现代工程师应具有的科学和技术知识、能力和素质。大纲分为四个层面,包括:①技术知识和推理能力;②个人能力、职业能力和态度;③人际交往能

力、团队工作和交流;④在企业和社会环境下构思—设计—实现—运行系统方面的能力。CDIO 大纲为课程体系和课程内容提供了总体要求。(详见附录)

表 1-1 把构思—设计—实施—运行(CDIO)作为产品、过程和系统的生命周期模型

C——构思		D——设计		I——实施		O——运行	
使命	概念设计	初步设计	详细设计	元件制造	系统整合与测试	全生命支持	演化
商业战略	需求	需求定位	元件设计	硬件制造	系统整合	销售和铺货	系统改进
技术战略	功能	模型开发	需求确认	软件编程	系统测试	运行	产品家族
客户需求	概念	系统分析	失效和预案	资源	改进	物流	扩张
目标	技术	系统解构	分析	元件测试	取得认证	客户服务	报废
竞争	构建	界面要求	确认设计	元件改进	投产	维护与维修	
项目计划	平台计划				交货	回收	
商业计划	市场定位					升级	

如何能更好地保证学生学习到这些知识和能力? CDIO 的 12 条标准是实施 CDIO 工程教育模式的指引和评价系统,包括工程教育的背景环境、课程计划的设计与实施、学生的学习经验和能力、教师的工程实践和教学能力、学习方法、实验条件以及评价标准。(详见附录)

与很多工程教育改革相比,CDIO 是一个国际性的、广泛、全面和系统的工程教育改革。从 2000 年到 2004 年四年间,麻省理工学院与瑞典的查尔摩斯工业大学、林雪平大学、瑞典皇家工学院在瓦伦堡基金会资助下,通过共同的探索研究,创立了 CDIO 工程教育模式,成立了以 CDIO 命名的国际合作组织。自 2005 年正式成立以来,国际 CDIO 工程教育组织已发展到世界所有大洲超过 25 个国家约百所院校成员。2011 年,同为美国工程院、英国皇家工程院和瑞典皇家工程科学院三院院士的 Edward Crawley 教授也因为创始 CDIO 工程教育改革而获得美国工程院最高教育奖项戈登奖(Bernard M. Gordon Prize for Innovation in Engineering and Technology Education)。参加 CDIO 改革的学校中有研究型的,也有教学型的,有小规模的,也有大规模的,有公立的,也有私立的,还有传统上只对特殊人群招生的。该模式反映了工业界、工程教育认证机构、工程教育机构、学生以及校友等各方面的意见,代表了当前工程教育改革的一种方向和趋势。以 CDIO 工程教育改革模式为借鉴,可以帮助我们理解国际工程教育发展趋势,跟踪先进的教学理念、方法、手段,培养具有国际竞争能力

的工程人才。

二、研究背景和文献综述

(一)研究背景

20 世纪以来,科学与工程实践在不断发生变化,从 20 世纪 70 年代开始,一些发达国家的工程院校开始进行工程教育改革,调整人才培养模式,以满足工业生产领域的需求。美国高等工程教育每隔几年就会掀起新的浪潮,部署新的行动,不断进行工程教育改革。20 世纪 90 年代美国工程教育的改革思路与措施体现在几份重大报告中。10 年之后又开始新的改革,部署新的改革行动。“2020 工程师计划”在对 2020 年工程实践的技术、社会、国际与专业等大背景分析的基础上,描述了对未来工程师的期望与其关键特征,为工程教育的改革发展作出了战略设计,提出了顺应未来需求的变革途径和具体措施。欧洲的高等教育界在开始 Bologna 进程以后,加快了自己改革与发展的步伐。1995 年,欧盟制订了大型综合教育改革的“苏格拉底计划”,内容涉及从幼儿教育到成人教育的各级各类教育。欧盟构建并实施了一系列“主题网络”来加强欧洲工程教育的改革和发展,“主题网络”有“欧洲高等工程教育”(Higher Engineering Education in Europe, H3E)、“加强欧洲工程教育”(Enhancing Engineering Education in Europe, E4)、“欧洲工程的教学与研究”(Teaching and Research in Engineering in Europe, TREE)。这三个主题网络对欧洲工程教育改革与发展产生了重要而深远的影响,被视为欧洲工程教育再造的三部曲。加拿大在 20 世纪 90 年代也进行了一系列工程教育改革,建立了国家的“创新战略”,国家自然科学基金(NSERC)设立了一系列的工程设计讲座教授(NSERC Chair Professors)职位,旨在改变大学中重工程科学、轻工程设计的现象,建立了所有工学院都参加的“Canadian Design Engineering Network”(加拿大设计工程网络),旨在提升加拿大的工程设计教育。

世界范围内的工程教育改革不断深入,不过,大多数的改革局限于局部问题和局部地区,而 CDIO 改革是一个国际性的、广泛而全面的工程教育改革。2000 年 10 月,以麻省理工学院、瑞典皇家工学院、瑞典查尔摩斯工业大学以美国工程院院士 Edward Crawley 教授为首,合作组成跨国研究组,获瓦伦堡基金会近 1600 万美元的巨额资助,经过四年的深入探索研究,创立了 CDIO 工程教育理念,并成立了 CDIO 国际合作组织。目前已有约百所大学加入该组织。2011 年 1 月 4 日,麻省理工学院教授 Edward Crawley 因创立“CDIO”这一深度

影响全球的创新人才培养模式而获得美国国家工程院(NAE)的“戈登奖”。

我国也非常重视工程教育改革。1995年,国家发布《关于组织实施“面向21世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划”的通知》,1996年开始实施。2000年,教育部实施“新世纪高等教育教学改革工程”,同年世行贷款“21世纪初高等理工科教育教学改革项目”立项,1996年开始建立工科基础课程教学基地。2003年,教育部启动“高等学校教学质量和教学改革工程”,2007年,教育部、财政部实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”,高等工程教育是这些工程的重要组成部分。2010年,教育部与中国工程院共同实施“卓越工程师教育培养计划”。许多高校还参照国外工程教育经验,进行了人文教育、学科交叉、重视基础、创新教育和实践教学等方面的教学改革。

汕头大学于2005年在国内率先引入CDIO工程教育改革,提出了以设计为导向的培养方案,建立了以设计为导向的能力—素质—知识一体化课程体系,围绕CDIO教学大纲,实施创新工程人才的培养,并在工学院所有五个专业中实施。目前CDIO国际组织设立了七个区域中心。亚洲区域中心由汕头大学和亚洲其他两所大学共同主持。汕头大学进行的CDIO工程教育改革在国内外引起较大反响。2008年4月,教育部高等教育司发文成立“CDIO工程教育模式研究与实践课题组”,2008年12月,“CDIO工程教育模式试点工作会议”在汕头大学举行,会议确定了第一批CDIO试点高校,共计18所高校;并成立了CDIO模式再创新试点工作组,汕头大学任试点工作组组长单位并作为秘书处常设地点。2009年,教育部在质量工程项目中设置了CDIO特色专业,首批共11所学校获批立项进行CDIO特色专业建设。2010年4月,第二批21所CDIO试点高校产生。至此,全国共计有39所高校开展CDIO试点工作。虽然CDIO工程教育改革这种新范式在国内迅速传播,但目前国内还没有学者对CDIO的理论、实践经验、存在的问题等进行全面的研究。

(二)文献综述

在世界范围科学与工程教育改革创新浪潮下,发达国家十分重视高等工程教育研究。1985年美国国家研究委员会(NRC)发表9卷本大型研究报告《美国工程教育与实践》,提出“工程教育实践模式”,1989年麻省理工学院发表报告并出版专著*Made in America: Regaining the Productive Edge*,提出加强制造工程教育和工商管理教育。1994年美国国家研究委员会发布了《工程教育:设计一个适配系统》的报告。2004年美国工程院发布了《2020的工程师:新世纪工程的愿景》,2005年发布了《培养2020的工程师:为新世纪变革工程教

育》;两个报告在详细分析 2020 年工程实践的技术、社会、国际与专业等大背景的基础上,描述了对未来工程师的期望与其关键特征,为工程师、教师、雇主与学生建立了未来工程与工程师的共同愿景,进而为工程教育的改革发展作出了一项战略设计,提供了顺应未来需求的变革途径和具体措施。2006 年美国自然科学基金委员会(NSF)发表了 2006~2011 战略计划,指出美国要促进科学和卓越工程教育从而激励创新、刺激经济、改善生活质量。2004 年欧盟工程教育 E4 推出了系列研究报告《欧盟专题报告:推进欧洲工程教育》,2008 年欧盟工程教育 TREE 发布了《欧洲工程教育再造》的报告草案。2006 年英国亨利管理学院在英国皇家工程院(RAEng)的委托下,从工业界的角度对工程教育进行调查,发布了《21 世纪的工程教育:工业的看法》。2006 年在巴西成立了工程教育协会国家联盟(IFEES),成员包括美国工程教育协会、欧洲工程教育协会、非洲工程教育协会等 44 个组织。

但许多工程教育创新仍缺乏系统的教育研究与科学研究。美国工程院报告《培养 2020 年的工程师》这样描述此现状:不论是单一的课程还是专业计划,抑或是单个学校,过去针对工程教育的改革尝试都是由这些改革的领导者的个人观点和经历决定的。我们总是主观地去感觉哪一种方案有用,而不是依靠一组认真采集的数据来得出哪一种方案对哪一类学生在哪一种学习环境下有用。缺少了这些数据支持,工程师及其科学团队的同事们就很难对一些议案进行评估。比如,对于一些新兴教学方法的有效性评估,以及信息技术对于提高学生学习效果的影响。在技术团队中,一个实验室的数据分析结果对同仁们的研究具有广泛深远的影响,与此不同,许多教育改革者没有将有关学习的研究整合到他们工作中。^①

针对教育方法研究者和工程教育实践者各自发展、缺少相互交流和支持的现状,美国工程教育学会会刊 *Journal for Engineering Education* 自 2003 年开始倡导学术性工程教育改革,他们提出了一个模型(图 1-1)。

这个模型描述了工程教育实践者和学习科学研究者之间、或实践与研究之间相互持续支持、共同提高。而 CDIO 工程教育模式就是工程教育实践者和教育研究者之间互动的结果。

^① Leah H. Jamieson & Jack R. Lohman. 创造学术型和系统性的工程教育革新文化——确保美国工程界拥有具有天赋的合格人才为全球服务[J]. 国际工程教育前沿与进展, 2010, 4(3): 19-56.

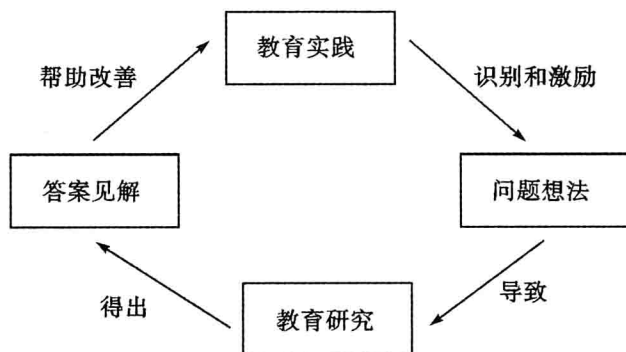


图 1-1 学术性工程教育改革实施模型①

自 2004 年 CDIO 国际合作组织成立以来,每年召开国际会议,就 CDIO 改革中的理论与实践问题进行多方面、多层系的研究。“第二届 CDIO 研讨会、国际会议暨合作组织会议”于 2006 年 6 月 12 日至 15 日在瑞典林雪平大学召开,来自各国的与会代表共 140 人参加了此次会议。“第三届 CDIO 国际学术会议暨合作组织会议”于 2007 年 6 月 11 日至 14 日在美国麻省理工学院召开,来自世界五大洲 16 个国家 61 所院校的 195 名代表参加了会议,包括哈佛大学、斯坦福大学、帝国理工学院等世界一流大学的代表。一些学校还派学生参加了会议。CDIO 研讨会为新、老会员及对 CDIO 教育理念有兴趣的与会者提供了关于 CDIO 的理念和实践的训练和交流。在高级研讨会中与与会代表亲身体验了 MTI 的普通物理和生物医学两个实验室的教学过程。2007 年 11 月“2007 年国际 CDIO 研讨会”在汕头大学召开,专家们围绕如何推进 CDIO 项目及未来的工作安排等问题展开了深入讨论,达成了许多共识。汕头大学的顾佩华、陆小华等参加了 2006 年至今的每届国际会议,向世界各国传递了汕头大学和其他我国大学进行 CDIO 教育改革的信息。特别值得一提的是,2007 年,麻省理工大学 Edward Crawley 教授等对 CDIO 教育模式的形成过程和实践的关键内容进行了详细总结,出版了 *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach* (该书被汕头大学译为中文《重新认识工程教育:国际 CDIO 培养模式与方法》),主要内容包括 CDIO 的改革背景、大纲、标准、课程体系,学生能力培养,实践场所建立和实践条件的要求,教与学的方法,学生学习能力的考核,教育改革对组织和文化的改变的要求和建议,以及如何对改革的结果进行评估。

① Leah H. Jamieson & Jack R. Lohman. 创造学术型和系统性的工程教育革新文化——确保美国工程界拥有具有天赋的合格人才为全球服务[J]. 国际工程教育前沿与进展, 2010, 4(3): 19-56.

该书对于在世界范围内实施 CDIO 教育模式再创新和创造 21 世纪先进工程教育模式具有很好的参考价值。Edward Crawley 教授对 MIT 等几所欧美大学实施 CDIO 教育改革的总结,引发了工程教育研究者对 CDIO 改革理念和实践经验更为系统的思考和深刻的研究。另外,关于 CDIO 改革的一些具体的研究,也比较多。关于 CDIO 教学大纲的运用,如《Large Scale Use of the CDIO Syllabus in Formulation of Program and Course Goals》(2007, Svante Gunnarsson)、《The CDIO Syllabus and Outcomes-based Assessment》(2010, Robert W. Brennan)。关于一体化课程计划的设计,如《CDIO Applied in The Context of Material Science》(2007, Maria Knutson Wedel)、《CDIO in Chemical Engineering Education》(2007, Martin E. Vigild)、《Sustaining Curriculum Innovation: The Diploma in Chemical Engineering Experience》(2010, Sin-Moh Cheah)。关于教与学的方法、手段和资源,如《Multidisciplinary Project-Based Product Development Learning in Collaboration with Industry》(2007, Fredrik Berglund)、《Active Learning Strategies for Teaching Lean Thinking》(2007, Jacqueline P. Candido)、《Implementation and Efficacy of Active Learning Strategies in Engineering Mathematics》(2009, Dr. Charlie McCartan)、《Promoting Systems Thinking and Problem Solving Skills through Active Learning》(2010, Chuan-Aik Koh)。关于学生学习的评估,如《Assessing the Development of Personal and Professional Skills in Group Projects》(2010, J. Paul Hermon)、《Assessment of CDIO Skills for Student Final Year (Capstone) Projects of Different Genres》(2010, Kok-Eng Ting)、《The CDIO Approach to Engineering Education: Assessing Student Learning》(2010, Andrew McLaren)。

从国内来看,我国一直重视高等工程教育研究,近年来的重大研究也很多。如 1994 年中国科学院技术科学部进行了“改革我国高等工程教育,增强我国国力和国际竞争力”的研究,1998 年以朱高峰、张维为组长的中国工程院课题组进行了“我国工程教育改革与发展”研究,1999 年中国工程院进行了“开发我国工程技术人员创新能力的对策研究”,2000 年清华大学、浙江大学等 13 所高校进行了“重点理工大学培养的人才素质要求和培养模式的研究与改革实践”的研究,2005 年教育部科学技术委员会组织浙江大学、清华大学、北京航空航天大学、中国矿业大学等高校进行了“面向创新型国家的工程教育改革”的研究。

汕头大学从 2005 年以来就对 CDIO 进行了广泛深入的研究,撰写了许多研究论文,发表在国内外杂志。国内关于 CDIO 工程教育改革的研究,在汕头

大学的带领下也开始丰富起来。在“CNKI 中国期刊全文数据库”用“题目”或“关键词”检索,CDIO 有关文献有上千篇。作者单位有“985 工程”院校,有一般本科学校,还有高职高专;从论文作者单位分布看,远远超出了“全国 CDIO 工程教育模式试点高校”和特色专业院校的范围。论文涉及 CDIO 的各个方面,从 CDIO 理念、理论到课程体系建设,从课堂教学到 CDIO 实践环境建设等。从研究论文涉及的专业看,也不止“全国 CDIO 工程教育模式试点工作组”确定的四个工科大类专业,应用 CDIO 模式进行教学改革的专业已达到 20 多个,并且有许多人文社科类专业如英语、思想政治教育等。杨叔子、查建中、王沛民、李曼丽等许多学者都从宏观的角度对 CDIO 进行了解读。39 所 CDIO 试点高校也结合本校的改革实践论证了 CDIO 工程教育模式的中国化。CDIO 工程教育模式在教学实践中的研究,也是试点高校教师研究的重点。

综合看来,国内外关于 CDIO 工程教育改革的研究在实践层面上取得了丰富的成果,但仍需从理论层面上去研究 CDIO。国内对于 CDIO 还存在一些误读,导致在实践中也出现了一些问题。学界对于我国 CDIO 试点高校也还没有进行系统、深入的经验总结。

三、研究程序

(一)研究内容与设计

1. 创新型工程教育模式目标体系、课程与教学体系的研究与实践

首先对 CDIO 工程教育模式进行理论研究,对 CDIO 的指导思想、教学大纲、12 条标准的内涵进行全面分析。在此基础上,结合我国的工程教育实际,采用设计研究法,在汕头大学进行 CDIO 改革,构建创新型工程教育模式,主要包括确立人才目标体系、重构课程体系,实施主动学习与经验学习、建立新的学生评价体系。

2. CDIO 工程教育模式在我国传播与发展的研究

CDIO 在我国传播与发展的过程是一个高校主动改革与政府协调的过程,有许多经验可供其他教育改革借鉴。汕头大学和其他试点高校的 CDIO 改革过程,提供了一个组织变革的典型案例。对这些教育改革进行研究,在我国教育改革的大背景下,有其重要价值。

3. 专业评估与工程教育改革的可持续创新

CDIO 模式中的专业评估部分较好地体现了国际上先进的可持续创新的思想,对比分析我国高校内部创新机制方面的优势和不足,来探讨如何完善专业、

院系、学校三级创新保障机制,专业如何进行周期性创新评估,院系和管理部門如何进行周期性教学评估,以期建立一个能有效评价整个培养计划并根据社会需要及时更新计划的机制。

4. 国际创新型工程教育模式实施指南

如何进行教育改革、实施 CDIO 工程教育模式需要一个标准性的指南,我们从两个方面进行了初步的尝试:改革的内容与改革的方法。本研究结合汕头大学和试点高校的经验来描述 CDIO 实施指南。改革的具体内容包括确立人才培养目标、重构课程与教学体系、建立新的学生评价体系等。改革的方法则是如何结合 CDIO 进行组织变革、如何推进 CDIO 改革。

5. 构建我国创新型工程教育模式的建议:CDIO 的视角

(二)研究方法

本项目以“基于设计的研究”作为研究的主要方法论和框架。该研究方法是美国西北大学知名学习科学家阿伦·柯林斯(Allan Collins)等人经过长期摸索提出的一种工程学隐喻。柯林斯提出:“教育研究同样具有工程科学的性质,因为应该创立一门教育的设计科学……然而,它不能是一门分析的科学,诸如物理学或心理学,而应该是一门设计的科学,诸如航空科学或人工智能。比如,航空科学的目标在于阐明各种不同的设计师如何影响航空器的抬升、空气阻力和机动性的。与之相似,一门教育的设计科学则必须阐明对学习环境的各种不同的设计是如何影响学习、合作和动机的。”^①

设计研究旨在设计一些“人工制品”(artifact)作为一种教学干预或革新应用于实践,以潜在影响自然情境中的学与教并对其作出阐释。它通过设计、实施、评价、再设计的迭代循环过程产生基于证据的理论,并以此促进持续的教育革新。^②有学者综合他人研究,构建出设计研究的实践框架,包括境脉考察与原型制定、干预系统设计、迭代精制与评价和持续革新四个阶段(图 1-2)。

CDIO 工程教育改革基本上包含了这样一些阶段:在工程实践问题与工业界、学生的需求分析基础上,经过教育理论,设计出 CDIO 模式,然后进行干预实践。通过学生评价、社会评价等对设计实施进行第二代精制,然后设计研究的案例包等。最后再在各个国家、各个学校、各个专业进行革新推广。

而在 CDIO 工程教育模式开发者看来,这种设计研究也可以简化为“工程

① 郑旭东,杨九民.学习科学研究方法论创新的艰难之旅[J].开放教育研究,2009(1):56.

② 杨南昌.学习科学视域中的设计研究[D].华东师范大学,2008:40.