

# CDIO 模式下水利工程模型试验的项目实践教学研究

张红光, 李彦军, 丁光彬

(河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021)

**[摘要]**对水电类学科进行全面特征分析,介绍了水利工程模型试验内容和过程,提出了基于CDIO模式下水利工程模型试验的项目实践教学思路,对水电类专业CDIO项目设计—实现经验教学及工程实践场所设计进行了初步设计和探索,使学生能在学校亲历项目构想、设计、实施到运作的全过程,为CDIO工程教育模式在水电类专业的教学改革中顺利实施奠定基础。

**[关键词]**CDIO工程教育模式;水电类学科特征;水利工程模型试验;项目实践教学

**[中图分类号]**G642.0 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1673-9477(2012)01-0113-04

CDIO工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果,其核心是让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程的理论、技术与经验,同时更加注重培养学生的个人能力、人际团队能力和工程系统能力。

在某个专业实施CDIO工程教育模式是个系统工程,包括确立本专业CDIO工程人才培养目标、建立本专业CDIO一体化课程体系、制订本专业CDIO人才培养具体方案、基于项目的CDIO设计——实现经验和工程实践场所设计、CDIO一体化学习以及制定对学生客观评价考核体系等环节。在以上各环节中,要达到CDIO大纲要求,重点在精心规划和设置独具特色的构思、设计、建造、运行的各级项目(CDIO项目),以引导学生对专业课程的学习兴趣并对本专业有清醒的整体认识。CDIO项目的另一个作用是引导学生工程实践入门,并在该项目中培养学生的实践能力和创新精神。

CDIO工程教育模式能否成功应用于不同的工科专业教学,取决于能否合理地与专业和行业特点相结合,建立有专业特色和行业特色的人才培养模式。河北工程大学作为我国第一批CDIO试点院校在部分专业开展了CDIO工程教育模式教学改革,我们把CDIO工程教育理念引进到水电类工程专业,在进行了学科特性分析的基础上,进行了全面的CDIO教学方案设计,针对设计—实现经验教学,提出了基于水利工程模型试验的项目实践教学方法,并对其进行探索和研究。

## 一、水电类专业的学科特征

水电类专业覆盖面十分广泛,包含水利水电建设中从防洪、发电、灌溉、供水、通航、治河、调水到生态环境、水产养殖等诸多类型工程的规划设

计、施工、管理等多方面问题。与其它土木类工程相比,具有工作、施工条件复杂,结构型式独特、互不类同和工程成败对国民经济影响十分巨大等特征。工作条件复杂是指除结构体积庞大,机械设备庞大,受力、构造复杂外,还受到水流的渗透、侵蚀、风化,高速水流冲刷、磨蚀、振动、空蚀、脉动等作用,这些因素将给工程结构带来比其所受荷载更为不利的影 响,使其处于极其恶劣的工作环境之下;施工条件复杂是指施工时除保证自身质量达到设计标准和构造要求外,还必须首先解决施工中河流改道下泄(即施工导流)、江河截流、洪水期度汛、深山峡谷交通不便,恶劣地形地质条件下复杂严格的地基处理、基坑排水、水下、地下施工等严峻问题。此外,任一水利工程及其水工建筑物都有其独特的地理位置、地形、地质、水文、气候等自然条件,使其在结构型式、规模尺寸、构造等方面均不会与其它任一工程及其建筑物类同。同时,任一水利工程的成败对国民经济产生的影响又是非常巨大的,远远超出自身造价若干倍,而水利工程一旦失事给国家和人民造成的灾难也是非常之巨大,甚至是毁灭性的。上述特征决定了任一水利工程及其水工建筑物的设计、施工、管理都没有现成的、固定模式套用,必须从实际情况出发,创造性地利用其特殊自然条件,精心设计,严格施工,确保满足安全与经济准则。从学科特性看,水利工程是一个多门类综合性学科,是一个把基础科学、技术科学与工程建设联系起来的桥梁性学科,它必须综合运用多学科知识和技术如水文学、水资 源学、岩土工程学、流体、泥沙、工程材料等方面的研究成果,才能在本领域内创造性地解决工程技术问题。

在有限的本科教育阶段,由于学科的特殊性,

**[收稿日期]**2012-02-26

**[基金项目]**河北省教育科学研究“十一五”规划重点课题(编号:06020549)

**[作者简介]**张红光(1969-),男,河北邯郸人,副教授,研究方向:水电专业教育。

我们不可能把大型的工程结构和设备搬到学校课堂,在学校让学生体验项目构思、设计、建造和运作的全过程。我们也试图借鉴水利水电类专业产学研合作教学方式,使学生深入到研究、设计、生产第一线,但这种实践教学方式只是实现 CDIO 大纲的一个环节,虽然对培养学生的综合能力和创造性能力有一定帮助,实施起来却很难让学生建构本专业完整的知识结构体系。因此我们结合学校的实际情况,进行了水利工程模型试验的项目实践教学的探索。

## 二、水利工程模型试验

水利工程模型试验是解决水利工程问题的,是通过模型的观察和量测,来了解和认识原型的手段。按比例放大或缩小原型,舍弃次要因素,抓住主要因素,从而突出客观事物的本质特征。构建物理模型是一种研究问题的科学的思维方法。模型是对实际问题的抽象,每一个模型的建立都有一定的条件和使用范围,学生在学习和应用模型解决问题时,要弄清模型的使用条件,要根据实际情况加以运用,要求模型能够反映原型。

### (一) 模型试验在水利工程中的应用

根据研究对象的不同,水利工程模型试验有以下几方面的应用。水工建筑物方面模型试验主要研究泄水建筑物的流量系数,水流作用在建筑物上的压力、真空等,水流的衔接形式,消能功的作用,建筑物下游河床的局部冲刷及对河岸的冲刷情况,此外还可以研究整个枢纽的布置,施工导流措施(如围堰,导流隧洞),建筑物下游折冲水流扩散等问题;在船闸力学方面的模型试验,研究输水道的流量系数,灌水和泄水时间,闸室中水流情况和对过闸船只的作用,水流对航道的冲刷等问题;水能利用方面的模型试验研究调压塔的尺寸和水力特性,水击压力,水轮机组工作性能,水电站及引水渠的不定流,沉砂池的工作情况等问题;港工建筑物及潮汐方面的模型试验研究防波堤的消浪及防护作用,波浪对港工建筑的作用,港口泥沙问题,潮汐对河口港的影响等问题。结构方面模型试验研究以上各类建筑物在各种静荷载(如静水压力、自重)和动荷载(地震力、水流脉动)作用下的结构应力、位移以及温度变化下的结构应力等方面的问题,还可研究结构物的稳定性,包括薄壁结构的纵向弯曲稳定性(如支墩等)及结构的滑动稳定性(如土坝边坡稳定及重力坝沿基础的滑动稳定性等)。用试验方法在研究上述问题时,还可考虑到结构的各种复杂形状,坝体

材料不均匀性(如不同标号混凝土)以及基础的不均匀性(如基础与坝体弹性模数不同,或基础各部分的弹性模数不同,或基础中存在局部的软弱地带等)。

### (二) 模型试验的一般过程

1.明确生产中提出的问题,从而决定实验的内容及所需成果。

2.选择模型比例尺,主要应满足模型与原型的相似要求,并能足够准确地反映出原型中的各种现象。在符合多快好省的原则下,应最大限度的提高精度。

3.制作模型:选择模型材料,应当保证达到模型与原型的相似性及实验成果对精确度的要求,并重视经济原则。如对一般重力坝进行试验,就在木模上抹一层水泥砂浆防水即可,而对于特殊的曲坝,如拱坝,为保证精度和表面的光滑完整,可考虑采用塑料加工做成模板模型制造和安装。在制作和安装过程中,应保证模型与原形相似。

4.选择量测设备及量测要求:

对同样水流现象可采用多种量测设备。具体选用何种仪器得视精度要求、现有设备等条件而定,但也并不能局限于此,应尽量自己动手,用土办法改进现有设备,贯彻土洋结合的方针,以满足生产要求。在量测上也不能墨守成规,被规范所限制,而应在实际操作过程中,进行技术革新,创造性地进行工作。

5.成果分析:分析成果应在深入实验场地进行观测操作的基础上来进行,不能单凭测得的数据曲线,脱离实际情况地分析。量测那些资料及放多大流量,都要根据设计上要求解决什么问题来决定。

水利工程模型试验内容包含水力学问题、河流泥沙问题、水能规划问题和坝工结构问题等本专业的主要学科知识。模型试验的过程,要求学生具备有系统的理论知识和解决实际问题的本领,掌握试验方法、量测技术、模型制造等技能,还要具有学习组织实验工作、应用资料分析成果和独立工作能力。要有科学分析、深入钻研的精神,踏实、严谨、细致的工作作风。使学生在以后学习和工作中,理论与实践能更好结合,从现象事实出发,进行分析研究,同时,通过实际锻炼,逐步培养辩证唯物主义的观点,揭开自然界的规律性。

由以上的分析可知,根据水利工程模型试验的内容,可把本专业核心知识沿纵向连接起来,形成一个系统的专业知识结构体系;根据模型试验的过程,可不断培养学生个人职业技能和职业道德,人际交流能力,在企业和社会中构思、设计、建造和

运行各系统的能力。这正是 CDIO 大纲的基本要求。

### 三、水利工程模型试验的项目实践教学思路

CDIO 培养模式是以培养个人能力(包括自学能力和创新能力)、协同工作能力和系统调控能力为主要目标,以基于项目学习的理念和科学的课程(内容)设置作为能力培养的载体的,通过经历从项目构想、设计、建造到运作的全过程,让学生提高能力,获得必要的技能,以面对未来更艰巨的挑战。水利水电工程专业具有专业性、行业性、实践性、应用性强、牵涉面广、工程多样性和结构及设备体积大等特点,很难在学校让学生亲历项目从构思、设计、实施到运作的全过程。为了解决这个问题,我们反复论证,认为水利工程模型试验无论是从内容上,还是学生的知识、能力培养上,都是 CDIO 项目实践教学的理想方式。

#### (一) 主要实践环节整合

实施 CDIO 教学改革前的培养计划中的主要实践环节有工程实训、认识实习、生产实习和毕业实习等,但这些实践环节在实施上大多达不到我们的教学目的,这和行业特点及社会环境有关,一是在北方大型的水利工程本身就少,现在扩招后的学生人数又多,企业接待能力有限;二是从安全和生产角度考虑,企业本身人员超编,不太愿意接受学生实习;三是学校经费有限,水利工程地处偏远,大部分时间和经费花在路途上,学生学习效率低且很不经济。

基于以上原因,结合 CDIO 大纲,在调整课程设置的基础上,重点对实践环节进行整合,把以前的工程实训、认识实习和生产实习进行合并,在基于课程群的二级项目支撑下,分阶段、分年级、分内容逐步综合和提高来实施 CDIO 一级项目——水利工程模型试验的项目。

#### (二) 水利工程模型试验项目的实施

##### 1. 项目构思、设计

项目构思是项目的起点,在第一学期完成,题目合适与否是成败的关键。由于学生刚进入大学,没有太多的专业知识,所以必须在工程导论和模型试验及量测技术课程基础上进行,教师要加强指导和引导,使内容、工作量、技术要求等方面都要适中。教师可以给出若干组题目,让学生深入社会和企业进行调研,完成项目的构思和计划步骤,以项目报告形式,进行审批备案,并且要经过答辩后正式立项,立项后进一步做出四年中的各阶段模型试验计划和实施步骤。学生可以自由组合,教师进行

微调,由于学生较多,每项目组限人数 13—15 人。

##### 2. 项目实施

水利工程模型试验项目,是基于课程群的二级项目支撑下进行的,我们设置的二级项目包括河道模型物理实验、结构构件设计、水能规划设计、水工建筑物设计、水电站设计、水利工程施工、水工经济评价和创新设计等,这些二级项目是在不同的学期来完成。因此,贯穿四年的 CDIO 一级项目——水利工程模型试验项目也必须与之相对应,分阶段、分内容逐步进行知识综合和能力提高。

第一学期进行项目总体构思和立项,第二学期进行河道模型制造,第三学期进行河道模型物理实验,第四学期进行结构构件模型制造与试验(包括混凝土构件和钢闸门等),第五学期进行水能利用方面试验,第六学期进行坝工结构模型制造及其应力和变形试验、水电站数字仿真模拟,第七学期在前六学期基础上进行施工组织和水工经济评价,第八学期把毕业实习和设计一体化,展开本行业横向联系和结合,利用产学研合作形式,把学生送出去,深入到研究、设计、生产第一线,聘请校外导师与校内导师共同指导,让学生在现实的社会和行业环境中,展示和验证在学校获得的知识 and 能力,在理论与实践的完美结合中得到个人素质的升华,培养其适应社会能力和创新能力。也鼓励学生加入校内老师的科研项目或以个人、团队形式进行与本专业有关的创新项目设计。以上各阶段项目内容体现出知识上的前后衔接和逐级综合,能力培养上呈反复强化和递增提高的特点。

各项目组建立项目档案,根据立项时设置的项目组织机构和章程,实行项目组组长负责制,项目组长由组员选出,中间可根据实际情况调换,组长有分配工作和成绩建议权利。项目进展由指导教师和各项目组组长互相督促检查,以文档方式备案,要求项目组以周为时间周期,把项目日志和案卷及时放入到各自项目档案中,主要内容包括上周工作总结、总体进展情况、本周工作计划和试验改进情况。发现项目进展缓慢时,教师应了解原因,解决问题,进行工作督促。建立学生互相督促机制,保持一定推动力。让学生充分体验实现经验,在项目实施中学习解决问题的方法,开展主动学习,积累综合性学习经验。各阶段性项目完成后须写出阶段性工作报告,并在全班展示和研讨。

##### 3. 项目评价

项目评价分为阶段性评价和总体评价,评价形式、方法和内容大致相同。由学生平时记录的日志、案卷和研讨会议记录作为平时成绩依据,由指导教

师和学生共同定出,占总成绩的30%,主要考核学生个人职业技能和职业道德、人际交流和团队协作能力;技术成果报告的撰写和展示,由校内专家和工程界专家定出,占总成绩的40%,主要考核学生信息检索、科技论文写作、专业知识应用、实践中探索知识和信息技术应用能力;成果验收答辩和研讨,由校内专家和工程界专家定出,占总成绩的30%,主要考核学生工程推理和解决问题、系统思维、创新和口头表达能力。在收集指导教师、学生、校内外专家对各组以及每个学生评价结果的基础上,科学地确定各因素权重,运用模糊层次分析法对每组和每个学生做出客观评价。

#### 四、结束语

CDIO 是国外高等工程教育的一种创新教育模式,在我国成功推广应用的前提是能否很好地将这种工程教育模式本土化,要综合考虑国家的工业技术发展现状、人才需求现状和工业社会背景;CDIO 工程教育模式能否成功应用于不同的工科专业教学,取决于能否合理地与专业和行业特点相结合,建立有专业特色和行业特色的人才培养模式。本文

结合水电类专业特点进行了水利工程模型试验的项目实践教学的初步探索,为 CDIO 工程教育模式在水电类专业的教学改革中顺利实施奠定基础。

#### 参考文献

- [1] Edward F. Crawley. 重新认识工程教育—国际 CDIO 培养模式与方法[M]. 顾佩华译. 北京:高等教育出版社,2009.
- [2] 祁庆和. 水工建筑物[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.
- [3] 国家自然科学基金委员会. 水利科学[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [4] 清华大学水利系. 水工模型试验及量测技术[M]. 北京:中国工业出版社,1961.
- [5] 叶伟巍,孔寒冰. 基于 CDIO 理念的产学研合作工程教育案例研究[J]. 高等工程教育研究,2008(2):34-39.
- [6] 庄哲民,沈民奋. 基于 CDIO 理念的1级项目设计与实践[J]. 高等工程教育研究,2008(6):19-22.
- [7] 金伟祖,潘璐,黄杰. CDIO 教育理念在课程项目设计中的运用[J]. 计算机教育,2010(11):120-124.

[责任编辑 王云江]

## The practical teaching study of hydraulic model test based on CDIO engineering education approach

ZHANG Hong-guang, LI Yan-jun, DING Guang-bin

(Water Conservancy and Hydropower College, Hebei University of Engineering, Handan 056021, China)

**Abstract:** This paper analysed the character of Hydroelectricity subject, introduced the content and process of hydraulic model test, put forward the practical teaching of hydraulic model test based on CDIO engineering education approach, and explored the method of design-implement learning and engineering workspaces design. The teaching provided students a chance to experience personally the process of CDIO, and laid the foundation for the reform of Hydroelectricity subject education based on CDIO engineering education approach.

**Key words:** CDIO engineering education approach, character of Hydroelectricity subject, hydraulic model test, practical teaching