



"Trinity" KPI Evaluation Method for Innovation Ability Under CDIO+ Concept

Ge Yang^{1,*}, Shi Dongyan¹, Li Zhihui²

¹School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Engineering University, Harbin, China

²School of High Temperature Materials and Magnesium Resources Engineering, Liaoning University of Science and Technology, Anshan, China

Email address:

geyang@hrbeu.edu.cn (Ge Yang), shidongyan@hrbeu.edu.cn (Shi Dongyan), LiZhihui@ustl.edu.cn (Li Zhihui)

To cite this article:

Ge Yang, Shi Dongyan, Li Zhihui. "Trinity" KPI Evaluation Method for Innovation Ability Under CDIO+ Concept. *Science Innovation*. Vol. 7, No. 1, 2019, pp. 37-42. doi: 10.11648/j.si.20190701.18

Received: March 27, 2019; Accepted: May 20, 2019; Published: May 23, 2019

Abstract: Faced with the international engineering education and the training of innovative talents, CDIO's education mode is an engineering training idea aiming at the cultivation of ability. Based on the problem of multivariate evaluation of the cultivation effect of innovation ability, this paper puts forward the KPI evaluation method of innovation ability under the concept of CDIO+ from the reform of the current teaching evaluation method in colleges and universities in China. This method establishes the KPI competence evaluation matrix based on the content evaluation of knowledge points, adopts the "Trinity" diversified curriculum evaluation system, and uses the content of proposition quality assessment to strengthen the contribution and achievement of curriculum indicators. Through the course practice of "universal design method and innovative design method", the results show: under the curriculum coordinate system of "Double creation", this method pays attention to the cultivation of students' innovative consciousness and engineering practice ability, forms the benign internal incentive mechanism of students' curriculum theory and engineering practice of innovation learning, effectively inspires students' enthusiasm and initiative, and promotes the improvement of students' innovation ability.

Keywords: CDIO+, Innovation Ability, KPI, Courses Evaluation, Innovation and Entrepreneurship

CDIO+理念下创新能力的“三位一体”KPI评价方法

葛杨^{1*}, 史冬岩¹, 李志辉²

¹哈尔滨工程大学机电工程学院, 哈尔滨, 中国

²辽宁科技大学高温材料与镁资源工程学院, 鞍山, 中国

邮箱

geyang@hrbeu.edu.cn (葛杨), shidongyan@hrbeu.edu.cn (史冬岩), LiZhihui@ustl.edu.cn (李志辉)

摘要: 面向国际工程教育与创新人才, CDIO的培养创新模式是以能力培养为目标的工程教育理念, 基于创新能力培养效果的多元评价问题, 本文分析了目前我国高等教育教学评价体系存在的弊端, 提出了CDIO+理念下的创新能力KPI评价方法。该方法基于知识点内容评价建立KPI能力评价关系矩阵, 采用“三位一体”多元化的课程考核与评价体系, 利用命题质量考核内容, 强化课程指标的贡献度与达成度。通过《通用设计方法与创新设计方法》课程的实践结果表明: 在“双创”课程坐标体系下, 该方法注重学生创新意识与工程实践能力的培养, 形成了学生课程理论与工程实践创新学习的良性内在激励机制, 有效激发了学生积极性与主动性, 促进了学生创新能力的提高。

关键词: CDIO+, 创新能力, KPI, 课程评价, 双创

1. 引言

随着中国制造2025战略的逐步实施,高等院校要承担起国家创新型人才培养的重任。培养创新人才的关键是学生创新意识、创新能力和创新精神的培养,加大学生创新能力的培养力度,是摆在广大高等教育工作者面前的重大任务和重要课题[1]。面向国际工程教育与创新人才培养的新形势下,教学改革对创新能力教育教学实践,提出了体系化的新挑战,在产业结构优化升级和国民经济快速发展的大背景下,高等教育进入新阶段、新特征、新常态[2],教育部《关于深化教育领域综合改革的意见》指出:创新教育体系尚不能完全适应国民经济发展需要,服务国家战略的能力尚显不足[3]。高校必须建立一个科学、规范、可操作、行之有效的教学评价体系,以保证和不断提高教学质量,为国家培养大批高素质创新型人才。为此,我国许多高校开设了多门双创课程[4],并利用CDIO工程化教育优势,将双创课程平台与CDIO工程化教育相结合,进行了先行先试的创新教育探索,取得了明显的综合效果。

CDIO创新培养模式体现了“新工科”的工程教育理念,CDIO能力教育全面和可持续的特点突出[5]。利用CDIO工程化教育优势,形成了可持续学习的培养新机制,提高了专业学生在学习中发现、解决问题的能力,然而,作为完备性考核内容,教学效果受多种因素的反复作用和综合影响,创新CDIO能力教育尚显不足,如何有效地、全流程的构建创新能力的培养与考核体系,成为进一步拓展CDIO创新教学面对的主要瓶颈问题。

作为先进的绩效考核方法,KPI评价则以其指标体系完备性的特点,成为一种能够充分反映目标实现程度且可量化的重要指标体系评价方法[6-8]。KPI考核,即Key Performance Indicator的缩写。在绩效考评量化的基础之上,KPI作为关键绩效指标考核法,使考核方法更加客观、具体、科学[7]。同时,KPI评价考核具有计划性、系统性和流程性的特点,考核内容指向性集中,分析全面[8]。新知识在连续传输条件下,将KPI考核融合于CDIO创新能力教育教学,因繁就简加以借鉴,可以突出CDIO创新教学全面和可持续,KPI关键问题评价完备性特点[9-11],从而改善创新能力课程评价效果,提高课程教学质量。

知识连续性传授条件下,创新能力评价成为有效改进教学的关键节点,CDIO创新培养模式体现了大工程观下的工程教育理念。同样,KPI课程评价指标体系具有完备性特点,是一种可量化、用来反映目标实现程度的重要指标评价体系。因而,突出创新能力培养与考核的核心问题,将CDIO理念与KPI评价优势相结合,本文以《通用设计方法与创新设计方法》课程为例,提出并详细讨论了CDIO+KPI评价模式与考核方法,并对针对CDIO系统化工程化创新实践和能力培养的KPI考核方法,进行了细致分析。

2. 体系化教学考核评的问题分析

2.1. 评价主体单一, 缺乏社会主体参与

目前,我国现行的高等教育教学评价主体比较单一,缺乏社会的广泛参与。高等教育教学质量评价的主体主要包括以下几个部分:学生自评、教师及院校评价、同类学校互评、教育部评估。学校培养人才的最终目的就是为社会输送人才,而来自于社会、企业、用人单位等的评价却是缺位的。所以,这种脱离了用人单位和社会的教学评价体系是不全面的。

2.2. 评价内容单一, 缺乏过程性评价

在目前的实际教学过程中,其评价内容仍然是以期中、期末等的试卷为主。而缺乏对学生的学习态度、创新意识、团队协作能力、实践能力等非智力因素的评价。这种评价方式,过分强调终极评价的结果,而忽略过程性评价的结果,学生创新能力的发展变化得不到体现,不能动态地反映学生每一个阶段的学习成长情况。而且这种单一的评价方式对整个教学过程也起不到有效的指导作用。

2.3. 评价方法单一, 缺乏现代化手段

现行的主要考核评价方法,仍沿用传统的教师判卷式的人工评价方法,评价方法单一,缺乏科学性[10]。而在科技飞速发展的今天,发达国家的现代教育评价已经使用了模糊数学方法、系统科学方法、互联网技术和计算机处理等协助传统手段进行评价的新方法[11]。这些在互联网背景下出现的新型评价工具,由于对大数据的处理和分析能够将评价体系的诸多维度有机地结合,不仅对高等教育评价信息的收集具有很大益处,还可以保证对评价过程进行持续性监督,甚至对于评价标准的修订也有极大的帮助。

3. CDIO+理念下创新能力培养的KPI评价方法

CDIO+创新教育理念体现了可持续的教学理念,突出了互动、双向式的特点。与传统教学理念不同的是,CDIO+教育理念进一步鼓励研讨式教学,对事物现象本质的认识就是抽丝剥茧的认识过程,CDIO+教育通过教育的问题构思,概念理解,课程互动等对工程化知识,进行记忆、分析、合成、应用连续思维认知过程,使学习者对知识需要持续积累和不断的创新学习,获得满意的创新能力。根据创新教育理念,CDIO+教育需要加入实验和研讨来设计课程教学内容。同时,一个课程目标可能对应多个评价指标点,那么,从考核评价的角度,如何实现对课程目标的考核以及如何将考核结果分解到指标点上去,一对一设计对应关系,或者多个课程目标对应一个指标点,保证工程专业的学生不仅具有扎实的基础理论知识,同时具有一定的创新能力呢?

契合强调创新学习过程,在考核的主体方面,利用KPI方法考核优势,CDIO+KPI课程评价采用多指标评价体系

客观、量化传统成绩指标，多侧面评价方法改进了传统考核方式以教师为主，增加了学生主体和社会专家的评价（比如：创新设计大赛中的评审专家、创新学生、课程导师）。具体来说，KPI方法考核学生创新能力实质在于：

(1)从教学目的来看，KPI考核旨在引导学生的注意力方向，将学生的精力从无关紧要的琐事中解脱出来，从而更加关注教学过程整体学习效果指标、重要学习领域及个人关键学习任务。

从教学成本来看，KPI考核可以有效的节省考核成本，减少主观考核的盲目性，缩减模糊考核的推敲时间，将有限课时资源用于进一步开拓学生的视野、提高学生创新能力和关键问题的深入学习上。

从教学效用来看，KPI考核主要用来检测教学中存在的关键问题，并能够快速找到问题的症结所在，不至于被过多的旁枝末节所缠绕。

4. CDIO教育模式评价指标体系设置原则

课程教学效果涵盖了专业培养理念、课程计划制定、设计实现经验、实践场所、教学新方法、教师提高以及考核与评估等六个方面，借鉴KPI绩效考核模式，通用设计方法与创新设计方法课程通过以多任务考核为依托，构建出教学与考核并重的CDIO+KPI创新性学习能力的培养考核模式。

4.1. 教学过程与学习成效并重原则

CDIO教育模式注重教学过程评价的同时也关注学习成果。CDIO+KPI模式教学评价的核心理念是“以学评教”，学生学习成效是教学评价的重要指标。同时，CDIO教育模式提出，学生的知识掌握与能力获取是在全部的教学环节中得以实现的[9]。因此，教学效果评价还应考查教师的教案、教学大纲、课件等内容，以及指导学生创新，参加各类大赛、推广教学实践课题等实际成果。

4.2. 评价内容多维度的原则

CDIO+KPI的评价内容从传统的以试卷成绩为主，转变为注重过程的成绩评价。从CDIO理念的12条标准[12~14]来看：构建CDIO+评价注重学生的学习态度、心理品质、价值观、团队意识、创新意识、学习任务完成情况等多元化的评价内容；注重学生的个性化发展，合理分配各项评价内容所占的比例，从多纬度、多视角对学生的综合素质进行全面评价。

4.3. 教学效果评价多元化发展原则

现阶段的教学效果评价构建，都非常注重评价材料、评价主体等方面的多元化发展。在评价主体方面，CDIO+KPI教育评价模式强调广泛的评估参与者，教师、学生、专家、用人单位等都应参与到教学质量评价过程中来。

5. 教学效果KPI课程评价体系的构建方法

利用CDIO教育模式创新传统教学内容，面向课程教学实际，将CDIO教育模式、三位一体多元化的考核模型、考核指标点关系矩阵、课程达成度分析相互融合，设计课程指标和内容之间的逻辑关系，形成了多层次、渐进式、系统化的CDIO+KPI课程考核评价体系。

5.1. 构建“三位一体”CDIO+KPI课程多元化考核模型

CDIO+KPI课程“三位一体”评价指标体系是指从素质考核、知识考核、能力考核三个维度全面考核学生能力，“多元化”是指其考核主体由教师、学生、专家多主体共同参与考核[15]，如图1所示。



图1 CDIO+KPI“三位一体”课程考核模型。

传统课程考核为间断的总结性评价，由于工作量巨大，学生的成绩往往通过在期末考试来确定；CDIO+KPI考核则强调持续的过程性评价，也就是说学生的成绩可以利用选修内容与考核要求指标点对应的关系矩阵，要通过引入学生、教师、专家的多级评价，分阶段持续性考核。例如：引进创业大赛、现代设计大赛等社会化主题进行考核的方式，充分利用现代化手段进行课程达成度分析，对学生素质、知识、能力的考察，有针对性地对各项指标，进行学生、教师、专家的多级任务分解。其中，I级为学生级考核，II级为教师级考核，III为专家级考核。指标点对应关系矩阵见表1。

素质考核：要求学生具有良好的学习态度、自主学习能力和创新能力。学习态度可以从课堂表现、课堂互动等方面进行评价；自主学习通过教师给定的启发性题目，要求学生课下自主查资料，自学完成；创新能力通过参加学校、地区乃至全国等大学生创新方法大赛取得的成绩作为评价。

知识考核：体现在平时的大作业、实验内容和期末考试成绩。课堂实验注重考核单个知识点的掌握程度，而期末考核注重学生对核心知识综合运用情况的考核。

能力考核：考查学生分析问题能力与工程实践能力，主要通过终结性考核来评价。与传统的闭卷考试不同，课程采用项目成果呈现的方式，重点考核学生分析问题能力、自学能力、创新能力、知识运用及实践能力。学生根据题目要求，提出总体解决方案，并在规定时间内完成作品设计。

5.2. CDIO+KPI过程性的评价标准

表1 CDIO+选修内容与考核指标点的对应关系矩阵。

KPI考核	知识要求				素质要求				能力要求			
CDIO选修内容	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2	4-3	4-4
考核指标点	基础因素	社会因素	安全因素	环境因素	随机学习	自主学习	深度学习	创新学习	问题分析	知识运用	实践能力	创新能力
基础知识	II	II	I	III								II
个人能力	III				III		III	III	III		I	
人际团队能力			I			II		I		II		III
工程系统能力			I			III		II	III	II		III
考核方向	学习态度、心理品质、价值观、团队意识、创新意识											

注：三级式考核为教师、学生、专家多主体考核。

如表1，根据选修内容与考核指标点的对应关系矩阵，CDIO+KPI评价方法可以充分利用网络MOOC等现代化手段，进行翻转课堂教学，传统学生没有在线教育内容，信息传递途径单一信息量小，无法适应多主体的课程学习，CDIO+评价充分利用网络优势，对考核形式进行智能化的叠加，例如：将期末考试题，进行数据库方式进行集合，通过进行网络学习，利用网络实现过程性考核，现在要求学生完成小节测试、章测试与网上的期末考试。可以适当调整网上成绩，网上学习进度，多样化考核成绩可由网上

学习时长、章测试和网上期末考试三项成绩折合形成而成。这三项折合后的总成绩占这门课程一定的比例分数，保证在线学习的效果。

5.3. CDIO+KPI课程目标达成度的评价

CDIO+KPI评价方法基于知识点内容评价，采用“三位一体”多元化的课程考核与评价体系，建立KPI能力评价关系矩阵，强化课程考核内容的贡献度与达成度指标。

表2 考核命题质量确认表。

考核类型	内容要求	指标点分配百分比		
		3-3	6-1	7-2
网络学习+课程考试	试卷难度 试卷分值	<input type="checkbox"/> 难; <input checked="" type="checkbox"/> 正常; <input type="checkbox"/> 易 70	70%	
大作业+创新设计大赛	难度 分值	<input type="checkbox"/> 难; <input checked="" type="checkbox"/> 正常; <input type="checkbox"/> 易 30	20%	10%
工程项目+随堂测试	小测 考勤 综合得分	<input type="checkbox"/> 难; <input type="checkbox"/> 正常; <input type="checkbox"/> 易 <input type="checkbox"/> 有; <input type="checkbox"/> 无		
知识点构造+上机实验	预习 操作 实验报告 综合得分	<input type="checkbox"/> 有; <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/> 难; <input type="checkbox"/> 一般; <input type="checkbox"/> 易 <input type="checkbox"/> 难; <input type="checkbox"/> 一般; <input type="checkbox"/> 易		
项目实践+在线答辩	说明书 论文	<input type="checkbox"/> 难; <input type="checkbox"/> 一般; <input type="checkbox"/> 易		

课程目标达成度评价方法^[16]主要依据课程目标对应指标点矩阵，考核评价值分析，获取课程评价的结果信息。将CDIO+教育模式与通用设计方法与创新设计方法创新课程的教学平台有效结合，通过对学生进行基础知识、个人能力、人际团队能力和工程系统四个层面能力下，CDIO教育模式的综合培养，使学生课程学习中所获得的概念、逻辑等知识的传递强度得到加强，拓展了其在课程学习中的逻辑空间，增大了学习内容的弹性。

以《通用设计方法与创新设计方法》课程为例，CDIO+KPI考核评价采用三段累加式考核，课程选修内容对创造性设计、系统化工程设计方法、相似性设计、评价与决策内容的重点内容进行考核。仅以课程目标2模块为例，在考虑知识连续性条件下，对考核内容首先进行多元化考核内容扩展，形成考核命题质量确认表（见表2），

并抽取其具体的考核模式，进行指标点分配百分比，形成“三位一体”的课程考核内容。

如表3，利用“三位一体”的多主体考核，抽取大作业+创新设计大赛的考核模式进行分析，可以根据考核指标点的对应关系矩阵，建立目标达成度评价，完成课程达成度效果分析。

大作业+创新大赛考核方式覆盖了创新设计方法和通用设计方法课程的两大主线核心内容，通过对课堂互动、课后作业内容、大作业、实验内容的考核与分析，表明学生具有设计各类常用机构的能力，掌握机构的设计原理、方法和机械运动方案设计的一般规律的能力，能够运用标准，规范解决机械运动方案设计中的问题，具备一名机械工程师的基本素质。考核符合教学大纲要求，内容上增加课程的综合理解和应用内容，知识点分布均匀，综合考查

了学生系统运用理论知识、分析解决工程问题的综合能力。

表3 2018-2019-1学期 课程目标达成评价。

课程目标2	能够针对设计系统中的存在复杂工程问题提出总体解决方案。
对应指标点	4-1 了解与机电产品全生命周期有关的社会、健康、安全、法律及文化方面的知识
课程目标达成形式	大作业+创新设计大赛
达成评价结论	达成
达成度评价目标值	0.14
学习效果评价值	11/15=0.73
达成评价值	0.73*0.2=0.146
达成评价	通过对课堂互动、课后作业内容、大作业、实验内容的考核与分析,表明: (1) 学生具有设计各类常用机构的能力; (2) 掌握机构的设计原理、方法和机械运动方案设计的一般规律的能力; (3) 能够运用标准,规范解决机械运动方案设计中的问题; (4) 具备一名机械工程师的基本素质。
达成结论	达成

注:学习效果评价值=指标点成绩均分/指标点试题总分;达成评价值=学习效果评价值*达成度评价目标值。

6. 结论

通过对CDIO+教育模式下双创课程《通用设计方法与创新设计方法》的课程评价进行具体剖析,可以看出:

融合CDIO 教育模式多元化的教学效果,KPI课程评价机制形成了对学生素质、知识、能力多角度培养的教师、学生、专家“三位一体”多元主体共同考核模式;

KPI课程指标点目标指向明确,CDIO+KPI考核模式使考核模型、考核指标点关系矩阵、课程达成度分析相互融合,保证了CDIO+创新教育教学模式成为有机的整体,实现了创新能力培养的教学目标。

同时,通过考核结果发现在教学过程中存在的不足,方便在教学设计中加以修正和改进,为进一步提高课程教学效果,实现国家创新型人才培养的教育教学目标指明方向。

致谢

本文为黑龙江省“十三五”教育科学规划重点课题项目“基于新模式的双创课程体系化教学实践研究与探索”(GBB1317029)、哈尔滨工程大学《集成式创新能力培养的实践化教学模式探索与研究》以及辽宁科技大学创新创业教育教学研究项目(GJ18ZD04)“基于TRIZ理论创新创业教育教学实践及学生社团的建设”项目的阶段性成果之一。

参考文献

- [1] 胡改玲,陈雪峰,陈花玲,段玉岗,王永泉,金悦.面向“中国制造2025”工程实践人才培养模式的改革思考[J].高校实验室工作研究,2018(02):108-110.
- [2] 胡文龙.基于CDIO的工科探究式教学改革研究[J].高等教育教育研究,2014(1):163-168.
- [3] 李雪姣,田友谊.交往教学视域下的创造性人才培养[J].教学研究,2016,39(1):104-109.
- [4] 熊凤,谭建川,何小丽.基于CDIO理念的“电工技术”行动导向教学探索与实践[J].科学咨询(科技·管理),2015(03):127-128.
- [5] 吴红雪.浅谈CDIO模式在初级电子设计教学中的运用[J].赤子(上中旬),2016(15):77-79.
- [6] 李军锋,彭冲.基于KPI的高校院系整体绩效考核应用研究[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2011,7:112-113.
- [7] 靳泽宇.当前我国高等教育评价存在的问题及对策[J].中北大学学报(社会科学版)2017,2(33):114-115.
- [8] 崔艳清,王艳萍.OBE 理念下课程评价体系研究——以《移动产品界面交互设计》课程为例[J].教育现代化,2018,5(53):130-131.
- [9] 叶波霞.基于KPI的实训课程效果评价体系构建与实践[J].时代金融,2016,11:305-308.
- [10] 刘先祥.新课程实施中校本教师评价研究[D].山东师范大学,2008
- [11] 李宝婵.基于CDIO 理念的资产评估实训课程教学效果评价指标体系的构建[J].会计教育2016,5:115-118.
- [12] 罗三桂,刘莉莉.我国高校课程考核改革趋势分析[J].中国大学教学,2014(12):71-74.
- [13] 蒋阿宁,管建慧.以培养创新能力为导向的课程教学评价体系的探索与实践——以《微生物分析检测技术》课程为例[J].现代经济信息2018,5:466-468.
- [14] Fan Y H, Zhang X W, Xie X L. Design and development of a course in professionalism and ethics for CDIO curriculum in China [J]. Science and Engineering Ethics, 2015, 21 (5): 1381-1389.
- [15] 李建军,张永强.基于CDIO 教育理念的化工实践教学体系的构建与探索[J].教学研究,2016,39(6):97-100.

- [16] 姜钢.深化考试内容与形式改革 助力人才选拔和素质教育[J].中国高等教育, 2014(23):7-9。
- [17] 于克强, 杨松华, 宋胜伟. 基于创新能力培养的机械设计基础教学设计改革与实践[J].教学研究, 2017, 40(3): 82-86.
- [18] 解芳, 朱磊, 林红旗, 张林海, 侯宇, 庞兴华.专业认证驱动下《机械原理》课程目标达成度评价策略及应用[J].价值工程, 2018, 37(18):293-295。
- [19] 吕慧丹,刘勇平,刘峥.《有机化学》课程考核改革方法的研究[J].科技视界,2015(01):88-89.