

基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案制定与优化

龙 军¹, 杨 柳², 粟 梅¹, 张 杰³

(1. 中南大学 信息科学与工程学院; 2. 中南大学 软件学院, 湖南 长沙 410075; 3. 教育部科技发展中心, 北京 100080)

摘 要:以卓越计划国家目标、学校目标和专业目标的三级培养目标为依据,建立了卓越计划专业培养方案的培养目标与评估指标模型。利用 GQM 模型面向目标逐步求精的定量化分析问题的特点,构建了卓越计划专业培养方案 GQM 模型,并详细阐述了基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案的制订与评估分析方法,研究了基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案的调整与优化过程。实践结果表明,卓越计划专业培养方案 GQM 模型能够面向培养目标,有针对性地指导卓越计划专业培养方案的制定、完善与优化过程,可以帮助高校各专业有效地实施卓越计划。

关键词:工程教育;卓越计划;培养方案;方案优化;GQM 模型

DOI:10.6049/kjbydc.2012050683

中图分类号:G640

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2012)15-0152-05

0 引言

卓越计划是教育部在 2010 年 6 月启动实施的“卓越工程师教育培养计划”(A Plan for Educating and Training Outstanding Engineers, PETOE)的简称,其主要目标是面向工业界、面向世界、面向未来,培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础,增强我国的核心竞争力和综合国力。在当前卓越工程师培养计划和工程型人才培养模式背景下,制定、完善和优化“卓越计划”专业培养方案是卓越计划高校具体实施卓越计划的重要依据。清华大学工程教育研究中心林健教授^[1-4]近年来致力于“卓越计划”人才培养模式和培养方案的研究,他在文献[1-3]中强调了专业培养方案和课程体系在实施卓越计划过程中的重要地位,并提出制定专业培养方案要遵循“找准适合本校人才培养定位,充分发挥自身的人才培养特色,注重人才培养的行业企业背景,强调人才培养模式的改革创新”等原则^[1]。

本文研究如何针对卓越计划目标来制定、完善和优化卓越工程师专业培养方案。基于 GQM(Goal-Question-Metric, 目标问题度量)方法建立了一种专业

培养方案度量模型来帮助计划或评价目前卓越工程师专业培养方案,并提出一种能够对卓越工程师专业培养方案进行系统描述、度量评价及量化分析的方法,用来指导卓越工程师专业培养方案的制订、完善和优化等过程,从而保证达到卓越工程师培养的目标。

1 GQM 模型

GQM 模型是美国马里兰大学 Victor Basili 教授^[5]针对软件行业提出的一种对软件及其开发过程进行度量的方法。GQM 模型采用自上而下和逐步求精的方法,将抽象的目标细化到定量化度量,为软件设计开发者或管理者提供一种达到目标的软件度量体系,用以更好地了解、评估、预测、控制和改进软件开发过程。

国内外研究表明,GQM 模型不仅是一种面向目标(Goal-Oriented)的软件过程度量方法,也是一种适用于科学管理的逻辑性强的分析问题和解决问题的方法。GQM 模型为科学管理建立了 3 层应用框架:目标层、问题层和度量层,其应用分为 3 个阶段:①确定目标 G(Goal);②定义问题 Q(Question):将目标细化为一组描述目标和评估目标进展的特定问题;③建立度量模型 M(Metric):针对特定问题建立定量计算的度量模型和度量方法。GQM 模型 3 个阶段的应用与实施,能够

收稿日期:2012-06-07

作者简介:龙军(1972—),男,安徽桐城人,中南大学信息科学与工程学院副教授,研究方向为软件工程与信息系统;杨柳(1979—),女,浙江宁波人,中南大学软件学院讲师,研究方向为知识管理;粟梅(1968—),女,安徽铜陵人,中南大学信息科学与工程学院教授,研究方向为电力系统控制;张杰(1972—),女,北京人,教育部科技发展中心工程师,研究方向为网络平台建设。

有效地将抽象目标分解为具体问题,并结合度量得到的量化值分析来指导过程改进。

2 卓越计划培养方案培养目标与评估模型

2.1 培养目标

卓越计划专业培养方案的培养目标(PETOE-G)“一方面要符合卓越计划对卓越工程师培养的总目标要求,另一方面要体现出参与高校自身的特色与不同的侧重”^[2]。因此,不同学校不同专业的卓越计划培养目标不尽相同,主要体现在以下两个方面:

(1)不同高校的人才培养层次不同。参与卓越计划的高校类型有研究型(“985”大学)、研究教育型(非“985”的“211”大学)、教学研究型(非“211”省部属重点院校)和本科教学型(省属其它本科院校),不同类型高校人才培养的层次和特色不同,其肩负的工程人才培养责任和目标也不同。

(2)不同行业、不同专业的人才培养类型不同。卓越计划的基本原则是“行业指导、校企合作、分类实施、形式多样”,不同行业领域的行业类型和人才培养需求不同,其衡量工程型人才的标准和要求也不同。因此,不同高校、不同专业必须针对卓越计划的国家通用标准、学校标准以及行业标准 3 个层面的标准体系,全面系统地考虑国家目标、学校目标和专业目标的三级培养目标,确定本校卓越计划专业培养方案的培养目标。

2.2 评估模型

在确定培养目标的基础上,即可制定培养方案评估指标。借鉴 GQM 模型面向目标逐步求精的过程化管理特点,针对国家目标、学校目标和专业目标,建立了如图 1 所示的卓越计划专业培养方案评估模型。

如图 1 所示的卓越计划专业培养方案的培养目标与评估模型共分为 3 层:总目标层、一级指标层和二级指标层。

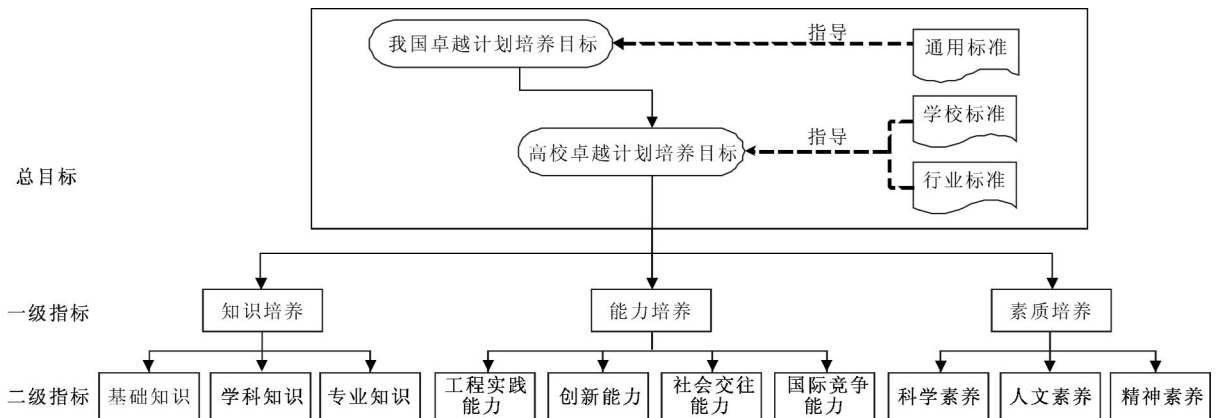


图 1 卓越计划专业培养方案培养目标与评估模型

(1)总目标层:高校卓越计划培养总目标是以通用标准为宏观指导,并以国家卓越计划培养目标为基础,结合行业标准和学校标准来制定。其中,行业标准体现了行业特点与要求,而学校标准体现了高校人才培养定位和办学特色。

(2)一级指标层:卓越计划通用标准中强调各层次各类型卓越工程师必须在知识、能力和素养 3 方面具备竞争优势与发展潜力。所以,在制定专业培养方案时应将知识培养、能力培养以及素质培养作为衡量课程体系结构和教学计划安排是否合理的评价指标,即判断课程体系中的课程设计和教学计划是否能够达到对学生知识、能力以及素质的培养。

(3)二级指标层:二级指标是对一级指标的具体化,不同的高校可根据行业标准和学校标准对一级指标进行细化,其标准和目标不同,二级指标也不尽相同。图 1 是将一级指标中的知识培养细化为基础知识、学科知识和专业知识 3 个二级指标,将一级指标中的能力培养细化为工程实践能力、创新能力、社会交往能力和国际竞争能力 4 个二级指标,将一级指标素质培

养细化为科学素养、人文素养和精神素养 3 个二级指标。相对于一级指标而言,利用细化后的二级指标能够更明确更具体地衡量课程体系结构和教学计划安排。

在上述模型中,卓越计划专业培养方案的培养目标是建立专业课程体系和安排专业教学计划的基本依据,而评估指标是衡量专业课程体系和专业教学计划是否能够达到培养目标的依据。

3 卓越计划专业培养方案 GQM 模型

卓越计划专业培养方案的培养目标与评估模型给出了制定和评估卓越计划专业培养方案的定性分析依据。由于缺少具体量化分析指标,定性分析难以指导卓越计划专业培养方案的完善、改进以及优化过程。基于卓越计划专业培养方案的培养目标与评估模型,利用 GQM 模型将抽象目标细化为具体问题,并逐步求精,定量化度量问题解决方法,建立卓越计划专业培养方案 GQM 模型,构建知识、能力和素质与相关度量元素的关联矩阵,用以量化评估当前专业培养方案在这 3 个方面存在的问题。

根据 GQM 的确定目标、定义问题和建立度量模型 3 个阶段的应用实施过程,建立如表 1 所示的卓越计划专业培养方案 GQM 模型,该模型分为总体目标、细化目标、问题和度量 4 个层次。

表 1 卓越计划专业培养方案 GQM 模型

总体目标	细化目标	问题	度量
知识培养 能力培养 素质培养	通识教育 GE	是否设置 GE 相关课程	GE 课程的学分 C_{GE}
		GE 中是否设置实践环节	GE 课程学分占总学分比例 R_{GE} GE 课程中实践教学学分 C_{PGE} GE 课程中实践教学学分比例 R_{PGE}
	学科教育 SE	是否设置 SE 相关课程	SE 课程数量 C_{SE}
		SE 中是否设置实践环节	SE 课程学分占总学分比例 R_{SE} SE 课程中实践教学学分 C_{PSE} SE 课程中实践教学学分比例 R_{PSE}
	专业教育 PE	是否设置 PE 相关课程	PE 课程数量 C_{PE}
PE 中是否设置实践环节		PE 课程学分占总学分比例 R_{PE} PE 课程中实践教学学分 C_{PPE} PE 课程中实践教学学分比例 R_{PPE}	
个性培养 PC	是否设置 PC 相关课程	PC 课程数量 C_{PC}	
	是否设置选修课	PC 课程学分占总学分比例 R_{PC} 选修课学分 C_{SC} 选修课程学分占总学分比例 R_{SC}	
工程实践能力培养 EAT	工程实践能力培养 EAT	是否重视 EAT 教学	所有课程中实践教学学分比例 R_{PEAT}

(1)总体目标:确定卓越计划专业培养方案的知识培养、能力培养和素质培养以及突出工程能力培养的的总体目标。

(2)细化目标:将总体目标细化为专业课程体系和专业教学计划的具体实施目标。表 1 将总体目标细化为通识教育(General Education, GE)、学科教育(Subject Education, SE)、专业教育(Personality Education, PE)、个性培养(Personality Cultivation, PC)和工程能力培养(Engineering Ability Training, EAT)5 个细化目标。

(3)问题:确定细化目标相关的关键问题,即在卓越计划培养方案的专业课程体系和专业教学计划中,与通识教育、学科教育、专业教育、个性培养和工程能力培养相关的问题。

(4)度量:建立回答上述问题的度量模型,并且通过回答这些问题的度量值,针对评估指标和评估要求来量化分析当前专业培养方案中存在的问题或者需要完善改进的问题,并通过回答问题来帮助判断是否能够达培养目标。

4 基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案制定与优化实践

4.1 基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案目标与标准

中南大学作为第一批获批“卓越工程师教育培养计划”的高校之一,强调在制定工科大类培养方案时,不仅要注重学生知识培养、能力培养和素质培养,更要突出学生工程能力培养和个性化培养,并将专业培养

方案中学生知识、能力、素质的培养目标,细化为通识教育、学科教育、专业教育和个性培养以及工程实践能力培养 5 个方面的教育培养目标。

学校要求必须围绕这 5 个方面来“修订培养方案,优化课程体系”,并给出了相应的指导性意见:通识教育包括思想政治类、军体类、外语类、信息技术类和人文素质类课程和教学实践环节;学科教育包括具体专业所属学科的相关公共基础类课程和教学实践环节;专业教育包括具体专业的相关专业技术基础类、专业类课程和教学实践环节;个性培养主要通过开展学生课外研学来实现,即积极鼓励学生参与社会实践、竞赛、技能考试、科研训练以及创业实践等活动。其中学科教育和专业教育的教学实践主要通过开设认知实习、工程实践、实用技术实践以及项目实践来实现。

学校据此制定了具体标准要求:试点专业本科 4 年总学分 188 左右,选修课程比例达到总学分的 35% 以上,实践教学学分数达到总学分的 30% 以上。设计灵活多样的课外研学活动,用以张扬学生个性,发展个人兴趣,使得学生在校期间获得 10 个课外研学学分。从学校的标准要求可以看出,学校特别突出了体现工程能力培养和个性化培养的选修课程、实践教学以及课外研学等关键课程教学环节。

4.2 基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案评估与分析

在中南大学没有制定卓越工程师培养方案具体标准之前,各个专业已有具体的培养方案,但这些培养方案不一定能够满足卓越工程师培养目标的要求,所以必须对已有的专业培养方案进行修订和优化。因此,

根据表 1 的卓越计划专业培养方案 GQM 模型,设计具体的度量方法,通过度量计算得到的实际数据,与学校的卓越工程师培养方案具体标准和国家标准进行比较,找到存在问题的课程教学环节,以便有针对性地对专业培养方案进行修订和优化。

以中南大学卓越计划试点专业之一电气工程及自

动化专业为例,利用卓越计划专业培养方案 GQM 模型,对目前已有的电气工程及其自动化专业卓越计划培养方案进行度量,在满足 189 个专业学分要求的基础上,计算得到如表 2 第 4 列所示的“调整优化前的度量结果”。

依据表 2 所示的度量结果值,针对卓越工程师培

表 2 基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案度量

总体目标	细化目标	问题	调整优化前的 度量结果	调整优化后的 度量结果	
知识培养 能力培养 素质培养	通识教育 GE	是否设置 GE 相关课程?	C _{GE} = 48 R _{GE} = 25.4%	C _{GE} = 46 R _{GE} = 24.3%	
		GE 中是否设置实践环节?	C _{PGE} = 11.5 R _{PGE} = 23.5%	C _{PGE} = 14 R _{PGE} = 30.4%	
		学科教育 SE	是否设置 SE 相关课程?	C _{SE} = 39 R _{SE} = 20.6%	C _{SE} = 38 R _{SE} = 26%
			SE 中是否设置实践环节?	C _{PSE} = 9.5 R _{PSE} = 24.3%	C _{PSE} = 12 R _{PSE} = 31.6%
	专业教育 PE	是否设置 PE 相关课程?	C _{PE} = 94 R _{PE} = 49.7%	C _{PE} = 93 R _{PE} = 37%	
		PE 中是否设置实践环节?	C _{PPE} = 19 R _{PPE} = 20.2%	C _{PPE} = 31 R _{PPE} = 33.3%	
		个性培养 PC	是否设置 PC 相关课程?	C _{PC} = 8 R _{PC} = 4.2%	C _{PC} = 12 R _{PC} = 6.3%
			是否设置选修课?	C _{SC} = 48 R _{SC} = 25.4%	C _{SC} = 68 R _{SC} = 36%
	工程实践能力 培养 EAT	是否重视 EAT 教学?	C _{PEAT} = 40 R _{PEAT} = 21.2%	C _{PEAT} = 57 R _{PEAT} = 30.1%	

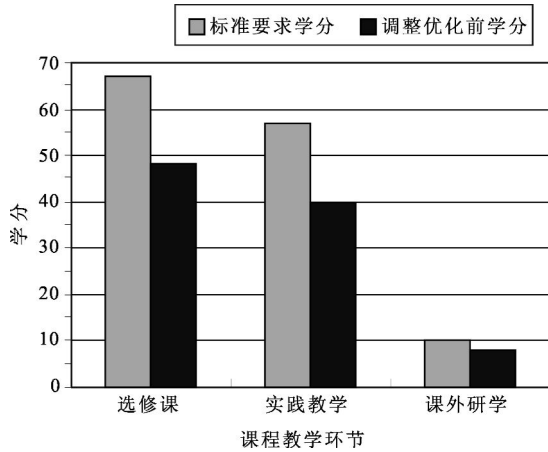


图 2 关键课程教学环节度量结果对比

养方案,对电气工程及其自动化专业卓越计划培养方案进行评估,可以绘出其中选修课、实践环节以及课外研学等体现工程实践和个性培养的关键课程教学环节设置情况,图 2 是关键课程教学环节度量结果对比情况。

上图的对比清晰地反映出培养方案中存在以下缺陷:①选修课只有 48 个学分,占有课程比例的 25.4%,这与 35% 以上的规定几乎相差 10%,因此目前选修课的设置难以实现发展个人兴趣和个性化培养的目标;②实践教学只有 40 个学分,占有课程比例的 21.2%,这与 30% 以上的规定相差近 9%,因此实践教

学环节的设置难以实现工程能力培养的目标;③在通识教育、学科教育以及专业教育的实践环节,在各自课程教学环节中所占比例分别为 23.5%、24.3%、20.2%,比例均较低,且专业教育中的实践环节最低。因此在调整与优化课程设置时,必须针对行业标准和专业标准,着重增加学科教育和专业教育中的实践环节;④课外研学只有 8 个学分,也没有达到卓越工程师培养标准,因此课外研学环节的设置难以实现个性化培养目标。

4.3 基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案调整与优化

依据以上基于 GQM 模型的卓越计划专业培养方案评估结果及缺陷分析,在征求教师代表、学生代表、学校教学督导以及产业界工程师代表意见的基础上,对电气工程及其自动化专业卓越计划培养方案进行了系统的调整和优化,具体的调整和优化措施如下:

(1) 补充工程导论课程。在原有“信息学科导论”课程的基础上,将“电气工程导论”课程也作为通识教育课程,并将 2 个学分的“制造工程训练”作为其相应的工程实践环节。

(2) 整体优化课程体系和课程结构,精化课程门数和课程内容。合并关联紧密的课程,如将原“电力电子系统建模”和“电力电子装置与控制”两门课合并为“电

力电子系统建模与控制”一门课程,将原“电力系统继电保护”和“电力系统自动化”两门课程合并为“电力系统继电保护与自动化”一门课程;筛减与电气工程及自动化领域实际需求不相符的课程,如大学物理、网页设计技术与应用、项目管理等。

(3)以实际领域需求为导向调整课程计划。开设大量与企业工程和项目密切相关的课程以及紧跟电气与自动化前沿科学技术的选修课程,如电器设备状态监测、电气新技术专题、电力系统新技术、新能源发电技术等。

(4)根据工程实践需求,增加实践教学环节,密切校企联合培养。开设校企联合培养课程,这部分主要由校内具有工程实践经验的教师和企业工程师来承担。通过“企业调研与制造工程训练”、“认知实习”、“生产实践”、“工程实践”来提高学生工程实践能力。

(5)设计灵活多样的课外研学活动,包括“大学生走进科研实践”、“创新实验室科学研究”、“学科性公司实践”、“电力系统自动化学科竞赛”、“动力电子产品开发竞赛”、“创新实践”等,积极为学生创造条件,鼓励学生在课余自主学习,进行科研和创新。

经过调整与优化,再次进行基于 GQM 模型的培养方案度量评估,在专业总学分仍然为 189 个学分的基础上,可得到如表 2 第 5 列所示的“调整优化后的量结果”。从表中数据可以看出,此次调整强化了教学实践环节和课外研学,并增加了选修课的课程比例。图 3 是调整优化后的关键课程教学环节调整优化对比情况。

从图 3 可以看出,经过基于 GQM 方法的培养方案调整与优化后,电气工程及其自动化专业的卓越工程师教育培养方案课程设置中,选修课学分达到了 68 个学分,实践环节学分达到 57 个学分,课外研学学分达到 12 个学分,均满足学校的“修订培养方案,优化课程体系”的卓越工程师培养方案具体标准^[6]。

5 结语

本文立足于工程型人才培养模式,从卓越工程师国家目标、学校目标和专业目标的三级培养目标出发,建立了卓越计划专业培养方案 GQM 模型。基于 GQM

模型的定量化评估分析,提出了卓越计划专业培养方案的制订、评估以及改进优化的理论框架和实践方法,用以保证卓越计划专业培养方案能够达到知识培养、能力培养、素质培养以及工程实践能力培养的卓越工程师培养目标。实践表明,卓越计划专业培养方案 GQM 模型有效地指导了卓越计划专业培养方案的调整与优化,避免了改进过程中的主观性、随意性和盲目性。下一步将对卓越计划中的另一关键环节——校企联合培养阶段的培养方案制定与优化进行研究。

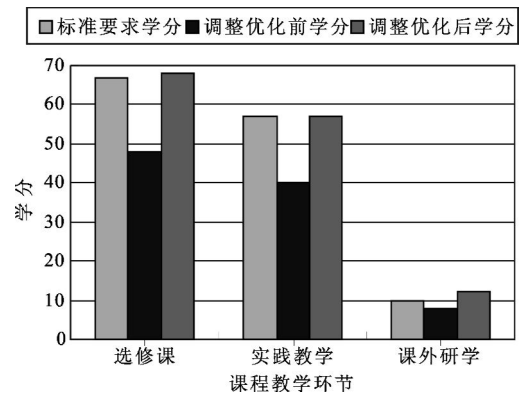


图 3 课程教学环节调整优化对比

参考文献:

- [1] 林健. “卓越工程师教育培养计划”专业培养方案研究[J]. 清华大学教育研究, 2011, 32(2): 47-55.
- [2] 林健. “卓越工程师教育培养计划”专业培养方案再研究[J]. 高等工程教育研究, 2011, 57(4): 10-17.
- [3] 林健. 注重卓越工程教育本质创新工程人才培养模式[J]. 中国高等教育, 2011(6): 19-21.
- [4] 林健. “卓越工程师教育培养计划”通用标准研制[J]. 高等工程教育研究, 2010(4): 21-29.
- [5] BASILI VR, WEISS, D. . A methodology for collecting valid software engineering data[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1988, 10(6): 728-738.
- [6] 胡志刚, 任胜兵, 陈志刚, 等. 工程型本科人才培养方案及其优化——基于 CDIO-CMM 的理念[J]. 高等工程教育研究, 2010(6): 20-28.

(责任编辑:陈晓峰)