

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2023.02.007

基于结构方程模型课程改革之探析

——以湖南科技大学“金工实习”课程为例

唐皓,刘德顺,陈武,高国强

(湖南科技大学 机电工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:当前,省部共建高校面临“双一流”建设压力和毕业生就业压力。提升教学质量、彰显服务职能是省部共建高校快速持续发展的有效途径之一。以湖南科技大学机类专业大二学生为调研对象,参照“机械专业教学大纲”,对影响“金工实习”课程教学的课程内容、教师作用、学生状态以及产生效果等因子进行研判,建立了“金工实习”课程教学效果结构方程模型。借助 SPSS 26.0 等计算软件对模型进行统计、信度和结构效度检验以及路径修正。通过对模型的“量化”分析,找出“短板”,为深化“金工实习”教育教学改革、优化复合应用型人才培养模式提出了建议。该方法也可为其他课程的改革提供借鉴。

关键词:结构方程模型;“金工实习”;课程教学;问卷调查;实证分析

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2023)02-0038-07

当前,许多省部共建高校面临窘迫:一是源于“双一流”建设的压力。对照指标及类比高水平高校,“双一流”建设尚存差距,仍需时日加强建设并迎头赶上。二是毕业生就业压力。“职业本科教育从理论构想进入了实践阶段”^[1],部分本科高校和职业院校已先行先试,走出了“以能力为导向”且具行业特色的人才培养模式^[2]。走出困境的有效途径之一是狠抓教学运行、提高教学质量,彰显“社会服务”职能,拓展自身优势,着力“人才培养”,加强“双一流”建设,适应“社会需求”“良性互动”,进而促进学校各项事业快速持续发展。湖南科技大学为省部共建高校,其机械学科“本、硕、博”及“博士后流动站”教育体系完整,其中,机械设计制造及其自动化、车辆工程已入选国家一流专业建设点,且机械设计制造及其自动化为“湖南省世界一流培育专业”,具有一定的学科优势。面对当前困局,机械学科首当其冲。审视所办专业,“金工实习”是机类专业集理论与

实践于一体、学科特征鲜明的代表性课程。本文以“金工实习”课程为切入点,以机类专业 20 级大二学生为调研对象,结合“机械专业教学大纲”要求,对课程内容、教师作用及学生状态等影响因素(子)进行研判,基于结构方程模型反映运行状态,借助 SPSS 26.0 等计算软件对模型进行统计、信度和结构效度检验以及路径修正。通过对模型的“量化”分析,找出“短板”并提出建议,以期为提高教学质量和彰显服务职能提供借鉴。

1 结构方程模型

1.1 结构方程模型

结构方程模型(Structural Equation Modeling)是基于协方差矩阵分析定量描述变量之间关系的数学方法,可对某课程运行状态进行定量描述^[3]。当某目标参数受若干过程参数影响,且过程参数不便直接测量时,可设定目标(过程)参数(如教学效果和课程设置)为潜变量,选择一些与

收稿日期:2022-10-13

基金项目:湖南省普通高等学校教学改革研究项目(HNJG2021-0098)

作者简介:唐皓(1988—),男,湖南长沙人,副教授,博士,主要从事复杂精密运动系统研究。

之相关并可观测的参数(如问卷调查)为可观测变量,运用信度分析、路径分析和回归分析等,建立潜变量与可观测变量之间因果关系,进而获取能反映教学现状的相关信息,为教学改革实践提供依据。结构方程模型包括两个基本模型:测量模型和结构模型(见图 1)。

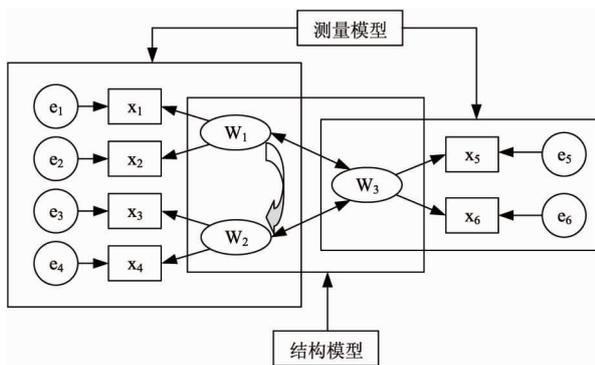


图 1 结构方程模型与变量关系

测量模型数学表达:

$$x_i = \alpha_i W_i + e_i \quad (1)$$

结构模型数学表达:

$$W_i = \beta_i U_{i+1} + \gamma_i V_i + \delta_i \quad (2)$$

式中, W_i 为第 i 个不可直接观测的潜变量; x_i 为第 i 个可观测变量; α_i 为第 i 个潜变量的影响误差; e_i 为第 i 个可观测变量的测量误差; U_i 为第 i 个潜变量的外衍潜变量; β_i 为第 i 个外衍潜变量的影响误差; V_i 为第 i 个潜变量的内衍潜变量; γ_i 为第 i 个内衍潜变量的影响误差; δ_i 为结构方程模型的残差。

1.2 路径设置

影响学习效果的因素主要有:课程内容、教师作用以及学生状态。课程内容由学校依据专业需要、知识结构以及前后课程衔接顺序加以确定,常以“课程设置”表述,故选择“课程设置”为观测的潜变量。教师作用是指教师在具体课程教学活动中能发挥的作用。之所以相同课程不同教师产生的教学效果存在差异,是因为不同的教师在“知识、技能、情意和态度”等诸多方面(即“能力”)存在差异^[4],故选择“教师能力”为观测的潜变量。学生状态是指学生学习时的状态,与局部环境和个人心态有关。通常,课程教学的知识传授发生在局部空间,知识观念“随着特定的客观情境的变化而发生变化”,“不存在二者之间的分离”^[5];而个人心态受“感知”的影响,崇拜或认同教师的

成功将极大增强学生的积极性,“认同具有集体性维度,包含着超越个人意志的规范”^[6]。由此,选择“局部语境”和“学生认同”为观测的潜变量。另外,“教学效果”是待观察目标,自然也是观测的潜变量。进一步分析各潜变量之间的关系,可明确分析路径:“教师能力”影响“课程设置”“局部语境”“学生认同”和“教学效果”;“课程设置”影响“学生认同”和“教学效果”;“学生认同”影响“教学效果”;“局部语境”影响“学生认同”和“教学效果”(见图 2)。

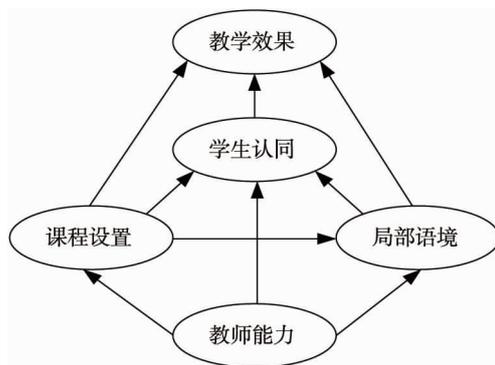


图 2 教学效果考察路径

2 潜变量分析及研究假设

金工实习又称金属加工工艺实习,旨在通过将成熟工艺和技术应用于工程实际,既让学生学习专业知识,又让学生获得实践体验,进而提升他们的实践能力,是综合性较强的实践基础课。依据“国际工程教育专业认证”要求,其课程目标以及达成度较为复杂,且具有自身的特点。

2.1 课程设置

“金工实习”课程设置有多个理论课和多个实践环节。以湖南科技大学机类专业为例,采用教材为《现代制造工程技术实践》。理论课包括:“3D 打印理论”“切削加工工艺理论”“常用金属、非金属材料切削加工”“数控技术”“毛坯制造方法选择及简单经济分析”“材料成型工艺理论基础”“工程材料”“机械加工方法选择及简单经济分析”等;实践环节包括:机械切削加工、数控加工、钳工、毛坯铸造+焊接和快速成型+激光内雕+热处理等。该课程于大二第一学期开设,为期 3 周。尽管设置庞杂,但概括起来仍有如下特点:1)科目多、学时少,理论课为 2 学时,实践环节为 1~2 个单元;2)涉及面广、互通性强,内容多为基础性知识和基本技能

训练;3)相对固定,调节灵活,可根据学校硬件条件和社会需求变化适时进行调整。也正是上述特点,为人才培养满足社会需求留下了空间。

2.2 教师能力

理论功底是教师能力的基础,实践经验是课程目标达成的保证。只有具备扎实的理论功底和丰富的实践经验才能明晰课程内容是否顺应要求、课程总体目标和阶段目标是否达成、“毕业要求”和“指标点”是否对应以及如何对课程进行评价和进一步改进等。此外,绝大部分(70%以上)学生是“第一次”接触“机械”,对他们来说构建“工程知识的第一印象”至关重要。所以,教师能力还应体现在是否能引导学生务实敬业等方面。故教师能力是影响学生学习效果的重要因素。

2.3 局部语境

不同于其他课程,“金工实习”学时少、科目多、信息量大且存在“学徒式”互动。一方面,需要提出规制性和规范性要求,如强制性考勤、平时作业与考评挂钩以及择优推荐参加各级技能大赛等,约束学生学习;另一方面,也要鼓励教师提升教学方法和手段,如借助视频、动画或其他成功教例,在有限的时空内围绕学生营造学习气氛和调动学生积极性。从教经历告诉我们,提出规制性和规范性要求、完善教学手段及营造局部语境可以拉近与学生的距离,形成教学相长。因此,局部语境也是考察学习效果的指标。

2.4 学生认同

“金工实习”的学生认同是对教师全方位、多层面、多视角的感知过程,具有文化-认知性内涵^[7]。经验告诉我们,越有身份的教师,如学识越高、经历越多、能力越强、成就越大,越受到学生的尊重。面对这样的教师,学生首先是认同和羡慕,在感觉、记忆、信息处理以及大脑思维转换为心理活动时,自发性滋生出效仿,激发出内生动力,将知识转化为能力。因此,选择更多有科研经历的教师参与“金工实习”授课,能更多地获得学生认同,对教学效果产生积极影响。

2.5 学习效果

学习效果是“金工实习”课程重点考察的目标,可以通过问卷信息反馈和相关数据分析进行评判。虽然受多个潜变量影响,如课程设置、教师能力、局部语境和学生认同等,但借助结构方程模型可以制定出“金工实习”课程学习效果评价策

略,分析潜变量与可观测变量之间的内在关系,展示教学现状和发现存在的不足,为进一步深化“金工实习”教学模式的改革提供依据。

2.6 研究假设

为便于研究,特提出如下假设(见图2):1)课程设置对局部语境正向影响显著(H_1);2)教师能力对局部语境正向影响显著(H_2);3)局部语境对学生认同正向影响显著(H_3);4)教师能力对学生认同正向影响显著(H_4);5)课程设置对学生认同正向影响显著(H_5);6)学生认同对教学效果正向影响显著(H_6);7)局部语境对教学效果正向影响显著(H_7);8)课程设置对教学效果正向影响显著(H_8)。

3 研究设计

问卷设计有课程设置、教师能力、局部语境、学生认同和教学效果五个维度,共16个问题,采用李克特(Likert)量表5分制计分(1表示非常满意,2表示比较满意,3表示一般,4表示比较不满意,5表示非常不满意)。发放问卷210份,收回有效问卷200份,运用SPSS 26.0和相关软件对数据进行分析。具体可观测变量选择如下:

对于课程设置,主要选择“‘金工实习’理论课程内容设置是否合理(x_1)”“‘金工实习’实训环节设置是否合理(x_2)”“《金工实习》教学计划与实训安排是否合理(x_3)”以及“‘金工实习’课程的考核方式是否合理(x_4)”作为可观测变量;

对于教师能力,主要选择教师的“专业理论水平(x_5)”“实训环节操控能力(x_6)”“教学氛围把控能力(x_7)”以及“理论知识与实训环节交融能力(x_8)”作为可观测变量;

对于局部语境,主要选择“教师与学生之间的互动频次(x_9)”“学生之间的交流互动频次(x_{10})”以及“学生向教师主动提问的频次(x_{11})”作为观测变量;

对于学生认同,主要选择学生“对‘金工实习’理论知识的认同(x_{12})”以及“对‘金工实习’实训环节的认同(x_{13})”作为可观测变量;

对于教学效果,主要选择“学校为‘金工实习’提供条件是否满意(x_{15})”“‘金工实习’理论课和实践环节内容是否充实(x_{14})”以及“通过‘金工实习’学生是否有所收获(x_{18})”作为观测变量(见表1)。

表1 教学效果测定的潜变量和观测变量

潜变量	观测变量
课程设置	“金工实习”理论课内容设置是否合理 (x_1)
	“金工实习”实训环节内容设置是否合理 (x_2)
	“金工实习”教学计划与实训安排是否合理 (x_3)
	“金工实习”课程的考核方式是否合理 (x_4)
教师能力	专业理论水平 (x_5)
	实训环节操控能力 (x_6)
	教学氛围把控能力 (x_7)
	理论知识与实训环节交融能力 (x_8)
局部语境	教师与学生之间的互动频次 (x_9)
	学生之间的交流互动频次 (x_{10})
	学生向教师主动提问的频次 (x_{11})
学生认同	对“金工实习”理论知识的认同 (x_{12})
	对“金工实习”实训环节的认同 (x_{13})
教学效果	“金工实习”理论课和实践环节内容是否充实 (x_{14})
	学校为“金工实习”提供的条件是否满意 (x_{15}) 通过“金工实习”学生是否有所收获 (x_{18})

4 结果分析

4.1 描述性统计分析

运用 SPSS 26.0 软件对各潜变量的样本数、平均值、标准误差、最大值和最小值进行统计(见表2)。从表2可知:“金工实习”教学效果的均值为 1.70(大于 1.60),说明学生对教学效果总体基本满意;课程设置均值为 1.75,说明学生认为理论课和实训环节的搭配比较合理;教师能力均值为 1.65,说明学生对任课教师能力基本认可;局部语境均值为 1.75,说明学生觉得课堂氛围比较轻松;学生认同均值为 1.70,说明通过理论课程和实训

环节的学习,学生的综合能力有所提升。分析各个潜变量可观测到变量测量误差、外衍潜变量影响误差以及内衍潜变量影响误差(包括 e_{16} 、 e_{17})均小于 1(见图3),最大值和最小值均符合样本分布。由此可见,所选择的观测样本基本符合需求。

表2 相关潜变量描述性统计

潜变量	样本量	平均值	标准差	最小值	最大值
教学效果	200	1.70	0.70	1.00	4.50
课程设置	200	1.75	0.72	1.00	4.00
教师能力	200	1.65	0.68	1.00	4.00
局部语境	200	1.75	0.72	1.00	4.50
学生认同	200	1.70	0.72	1.00	5.00

4.2 信度和结构效度检验

运用 SPSS 26.0 软件对样本的信度进行检验(见表3)。标准化后的 Cronbach's α 系数为 0.802(大于 0.7),说明各项目指标之间有较好的稳定性与一致性,信度较高。通过 Amos 24.0 软件进行验证性因子分析来检验结构效度(见表4)。各变量的 χ^2/DF 、AGFI、GFI、RMSEA、NFI、IFI 和 CFI 检验值分别为 2.926、0.835、0.886、0.085、0.942、0.956 和 0.952,均达到建议值要求,说明各变量的结构拟合效度良好,建立的结构方程模型具有实际意义。

表3 信度检验

Cronbach's α	基于标准化项的 Cronbach's α
0.825	0.802

表4 整体拟合系数

拟合指标	χ^2/DF	AGFI	GFI	RMSEA	NFI	IFI	CFI
建议值	<3	>0.5	>0.85	<0.09	>0.9	>0.9	>0.9
检验值	2.926	0.835	0.886	0.085	0.942	0.956	0.952

4.3 模型检验与路径分析

4.3.1 模型第一次检验

经信度和效度检验后,运用 Amos 24.0 软件对结构模型进行第一次检验和路径分析,各因子之间路径关系及分析结果如表5所示。结果表明:1)课程设置对局部语境影响显著,对应的标准化系数为 0.332,可以接受假设 H_1 ,而学生认同对教学效果无显著影响,可淡化假设 H_5 和 H_8 ;2)理论课及实训环节体现出的教师能力显著影响局

部语境与学生认同,对应的标准化系数分别为 0.608 和 0.240,说明可以接受假设 H_2 和 H_4 ;3)局部语境对学生认同和教学效果影响显著,对应的标准化系数分别为 0.586 和 0.185,说明可以接受假设 H_3 和 H_7 ;4)学生认同对教学效果影响显著,对应的标准化系数为 0.866,可以接受假设 H_6 。综合分析假设 H_5 和 H_8 ,对应的 P 值偏大,显著性不强,需要对结构方程模型进行修正。

表5 模型中各因子影响路径分析

假设	路径	标准化系数	标准误差	临界值	P
H1	课程设置→局部语境	0.332	0.065	5.115	0.000
H2	教师能力→局部语境	0.608	0.093	8.920	0.002
H3	局部语境→学生认同	0.586	0.085	6.798	0.000
H4	教师能力→学生认同	0.240	0.103	2.988	0.002
H5	课程设置→学生认同	0.096	0.066	1.439	0.155
H6	学生认同→教学效果	0.866	0.089	10.100	0.000
H7	局部语境→教学效果	0.185	0.084	2.207	0.030
H8	课程设置→教学效果	-0.040	0.042	-0.910	0.380

4.3.2 模型修正与再检验

通过信度和效度检验, H_5 和 H_8 即“课程设置”对“学生认同”和“教学效果”的正向影响不够显著。究其原因:一是课程设置是组织行为,学生学习之前就已为他们定制好了“套餐”;二是虽然学生崇尚“高科技”和“黑科技”,但总体认识还比较模糊,故学生认同程度降低;三是学生对课程设置期望值降低,学习兴趣减弱,导致教学效果满意

度降低,反映在模型上就是正向影响不够显著。

因此,淡化原模型中路径关系影响不显著项,获得修正后的“金工实习”课程教学效果结构方程模型(见图3)。重新对模型进行路径检验,可以发现修正后的结构方程模型各潜变量因子路径系数均表达为显著,说明该模型能客观反映“金工实习”教学效果。

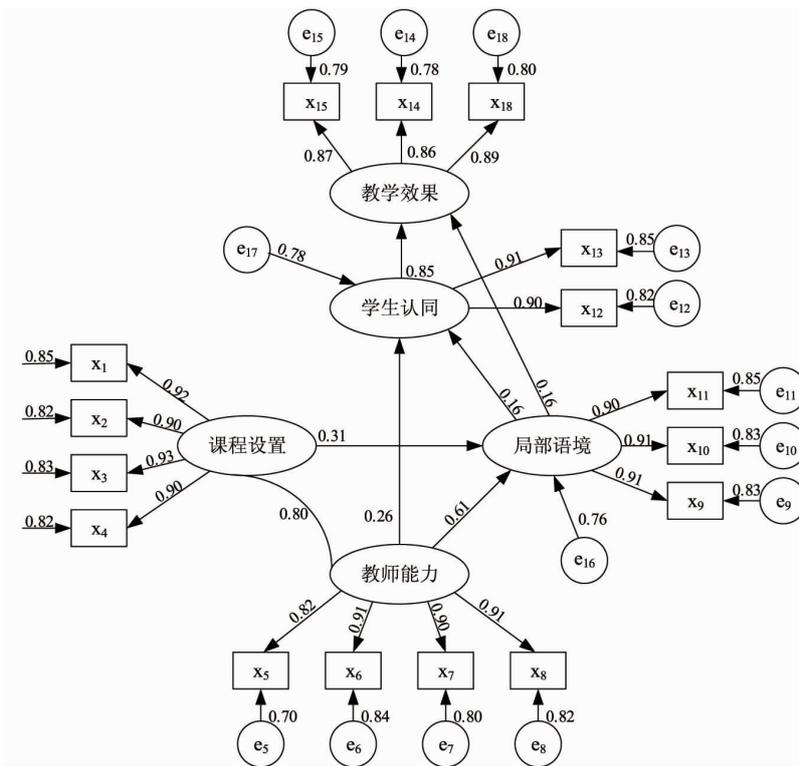


图3 修正后的“金工实习”课程教学效果结构方程模型及路径

4.4 模型结果分析

依据图3,将模型中各因素间标准化路径的直接效应、间接效应以及整体效应系数进行整理,可以得到“金工实习”课程教学效果模型的影响路径和效应值。

由表6可见,模型反映课程设置对局部语境、学生认同和教学效果的总效应分别为0.325、0.208和0.228,说明学生对理论课、实训环节、教学安排以及考核方式不甚了解,故关注度不高。虽然局部语境和学生认同之间的关联能促进教

学,但体现在教学效果上不够明显,说明优化课程设置还有较大提升空间。

表6 各因子的路径效应值

潜变量	局部语境	学生认同	教学效果
课程设置			
直接效应	0.325		
间接效应		0.208	0.228
整体效应	0.325	0.208	0.228
教师能力			
直接效应	0.593	0.278	
间接效应		0.386	0.656
整体效应	0.593	0.662	0.656
局部语境			
直接效应		0.646	0.155
间接效应			0.552
整体效应		0.646	0.703
学生认同			
直接效应			0.868
间接效应			
整体效应			0.868

教师能力对局部语境、学生认同和教学效果的总效应分别为 0.597、0.659 和 0.660,说明学生对教师的理论水平、实训能力、课堂把控以及理论与实践的交融普遍持肯定态度。进一步分析教师能力对学生认同的影响,直接效应和间接效应分别为 0.278 和 0.386,说明教师的成功和个人魅力没有更多地打动学生。实际教学过程中也可以看出,教师关心课程更多,关心学生偏少,尤其是针对课后与学生交流没有硬性要求,无法快速提升学生的语境感知,导致影响效应偏低。这说明教师综合能力的全面培养也是本课题的主要内容。

局部语境对学生认同和学习效果的总效应分别为 0.646 和 0.703,说明教师与学生的互动、学生之间的互动以及学生对教师的咨询较为频繁;局部语境对学生认同的直接影响效应为 0.646,说明局部语境的活跃程度能显著影响学生认同;局部语境对教学效果的直接效应仅为 0.155,远小于间接效应 0.552,说明教师授课手段直接影响教学。实际教学过程中也可以看出,加强和学生的互动以及营造良好的课堂气氛能激发学生的学习兴趣,提升教学效果。而先进的教学手段更能促进教学相长。因此,教师需在提升课件水平方面多下功夫。

学生认同对教学效果的总效应、直接效应均为

0.864,说明学生认为课程内容较为充实,对提供的硬件条件比较满意,实现了理论知识和操作能力的提升。这为后续课程的学习打下了坚实的基础。

综上所述,可以对机类专业“金工实习”教学状况进行素描:1)学生普遍不太关心“课程设置”,反映出学生对今后的就业准备不足,这既有学生自身的原因,更有组织方的原因。更新课程设置、主动对接社会需求及引导学生关注就业是课程改革的重点。2)在教与学的活动中,学生是主体,教师是推手。持续提升教师的能力,尤其是综合能力,是课程改革的难点。3)进一步分析课程设置、教师能力、局部语境、学生认同与教学效果之间的外在和内在关联,发现其涉及因素较为复杂,需要上升到文化层面加以理解,故加强学科文化建设是课程改革的关键。

5 建议

本文通过“金工实习”课程教学效果的结构方程模型,对目前的教学状态进行客观描述。针对存在的问题,特提三条建议,供参考。

5.1 课程设置“个性化”

以《现代制造工程技术实践》(湖南科技大学主编的“十一五”国家级规划教材)为基础,对接行业、地区需求,开展“金工实习”课程设置“个性化”研究。具体包括:1)通过“走出去、请进来”等多种方式,对行业、地区企业进行广泛调研,为“个性化”课程设置研究提供基础依据;2)基于《现代制造工程技术实践》,重新审视“理论课”和“实践环节”,根据课程内容、知识侧重点以及现有条件,构建“基础课程”+“特色课程”文档,从而将课程设置“个性化”;3)根据学生个人特点和兴趣,组建特色团队,对每一门“个性化”课程建立“知识点”与“指标点”“评估”与“评价”以及“反馈”与“改进”等系统的评价体系,规范教学过程和管理。

5.2 能力提升“规范化”

若将教师能力提升“规范化”,用制度方式规范流程,则既能解决“实训教师”短缺,加快理论与实践的融合,又能促进新老教师之间的交流,实现教学质量的稳步提升。为此,建议:1)针对“个性化”课程、依照专业教学大纲、结合本学科特色和培养目标开展研究,努力使规范既具特色又切合实际;2)建立和完善教师能力提升的相关制度和培训流程,通过营造气氛激励教师尤其是青年

教师踊跃参加“能力提升”培训,从机制上确保“能力提升”培训工作顺利进行;3)多渠道在学生中宣传,让他们更多地了解学科特色和技术水平,增强他们对本学科以及教师的认同,为课程学习奠定良好的心理基础。

5.3 文化建设“常态化”

发挥学科文化在教学、科研中的诠释、重塑作用,将学科文化体现于工作思维与行动准则之中,探索学科发展规律和价值追求,对展示学科形象、扩大社会影响和拓展社会服务意义重大^[8]。为此,建议:1)组织专门人员根据标志成果和关键节点进行文化内涵凝练,挖掘教学、科研以及学科其他工作中的文化理念和价值追求;2)将学科文化融入校园文化和学风建设,扩大展示窗口,多渠道加大在学生中的宣传,增强他们的自豪感和使命感;3)定期与行业和地方交流,将学科文化与企业文化有机对接,更好地发挥学校的社会服务功能。

参考文献:

- [1] 杨欣斌.职业本科教育人才培养模式的思考与探索[J].高等工程教育研究,2022(1):127-133.
- [2] 史金飞,郑锋,邵波,等.能力导向的应用型本科人才培养模式创新[J].高等工程教育研究,2020(2):106-112,153.
- [3] 杨维忠,张甜.SPSS统计分析 with 行业应用案例详解[M].北京:清华大学出版社,2013.
- [4] 朱华.论教师的教材素养及其提升[J].湖南科技大学学报(社会科学版),2020(4):180-184.
- [5] 叔贵峰,郑东东.尼尔森对马克思道德主义的重构:语境主义的视角与辩证之维的缺失[J].国外理论动态,2021(6):51-57.
- [6] 章淼榕,杨君.从群体心理到认同建构[J].广东社会科学,2022(2):202-214.
- [7] 孔德兰,蒋文超.现代学徒制人才培养模式比较研究[J].中国高教研究,2020(7):103-108.
- [8] 白双翎.新时代大学文化建设的使命及要求[J].理论视野,2021(8):68-73.

Analysis of Curriculum Reformation Based on Structure Equation Model:

Example in “Metal Forming Working” in Hunan University of Science and Technology

TANG Hao, LIU Deshun, CHEN Wu, GAO Guoqiang

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: By facing the pressure of “Double First-Class” initiative and graduation employment, the teaching quality improvement and service emphasizing is an effective developing method for the provincial and ministry universities. This paper, taking the mechanical sophomores in Hunan University of Science and Technology as subjects, and according to “Teaching Syllabus of Machinery” international standard, researches the factors, including content of curriculum, effect of teacher, status of student, and results, which are related to “Metal Forming Working” course teaching quality, and establishes the structure equation model of teaching effect. By using SPSS 26.0 software, the model is collected, verified and corrected. Through analyzing the model quantitatively, the weakness can be obtained, which is beneficial for “Metal Forming Working” course reform and integrated elite cultivation optimization. This method can also provide valuable reference for other similar course reform.

Key words: structure equation model; “Metal Forming Working”; curriculum teaching; questionnaire; empirical analysis

(责任校对 王小飞)