

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.01.008

欢迎按以下格式引用:秦卫红,陆金钰,吴京,等.学习金字塔理论的工程结构设计原理教学实践[J].高等建筑教育,2020,29(1):51-59.

学习金字塔理论的工程结构设计原理教学实践

秦卫红,陆金钰,吴京,吕清芳,涂永明,冯健,范圣刚,曹双寅

(东南大学土木工程学院,江苏南京 211189)

摘要:对工程结构设计原理课程的教学内容和教学现状进行了分析。基于学习金字塔理论和学生注意力曲线的特点设计和调整教学方法。在学生注意力分散期,采用小题即时弹幕的教学方式,达到唤起学生兴奋点并激发学习热情和学习动力的目的。通过“角色代入”、编程、制作框图等方法增加学生的参与度,激发学生的学习兴趣。进行了“翻转课堂”的初步尝试,得到了一些经验和结论。在班级容量、教学管理和生源选取等方面提出了建议。

关键词:学习金字塔;混凝土;钢结构;注意力曲线;翻转课堂

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)01-0051-09

工程结构设计原理是一门以三大力学为基础,主要讲述钢结构、混凝土,以及砌体结构基本构件设计的土木工程专业课,具有基本概念多、公式复杂、理论联系实际、实践性强等显著特点^[1],对于土木工程专业本科生而言非常重要,其教学效果直接影响学生知识体系的牢固程度。为了实现良好的教学目标,满足教学需求,笔者在教学过程中运用学习金字塔理论不断探索有效的教学方法和教学手段。

一、学习金字塔理论及其应用

学习金字塔(如图1所示)是美国缅因州国家训练实验室的研究成果。它形象显示了采用不同的学习方式,学习者在两周以后还能记住内容(平均学习保持率)的多少。学习金字塔是由美国学者、著名的学习专家爱德加·戴尔于1946年首先发现并提出^[2]。

修回日期:2019-11-12

基金项目:基于虚拟仿真技术的土木工程专业创新实践教学改革研究与探索(2017JSJG103);面向新工科的土木类专业在线开放课程群建设与应用(201802136014)

作者简介:秦卫红(1968—),女,东南大学土木工程学院副教授,博士,主要从事现代预应力结构 and 新材料结构研究,(E-mail) qinweihongseu@163.com。



图1 学习金字塔

由图1可知,学习金字塔理论图形形象地将学习方式分为被动学习和主动学习两大类。采用处于金字塔上部的被动学习方法,两周以后的学习保持率较低;反之采用金字塔底部的主动学习方法,学习保持率非常高。该理论认为,通过学习者自己观察、实践、设计,将上述所得归纳总结并提高,从而教授给他人,这些属于“主动”学习方法。实践显示,主动学习方法构建的知识体系学习效果最佳、最为牢固。听讲、阅读、演示均为效率不高的“被动”学习。

文献[3]针对物理化学实验类课程,初步建立了一种“以学生为中心”的教学模式,即“网络在线观看实验视频预习+做过实验的学生为未做实验的学生讲解演示+操作前学生小组讨论+学生操作+操作后学生小组讨论+教师检查签字”的教学模式。实践表明,该教学模式激发了学生的实验兴趣,提高了学生学习的自主性和积极性,取得了良好的教学效果。该教学模式在实施过程中受到了学生欢迎,也对起主导(引导)作用的实验指导教师提出了更高要求。

澳大利亚凯恩斯詹姆斯库克大学^[4]通过学习金字塔理论,将该理论运用于法律、商业、IT专业本科教学中,形成了混合、灵活的学习系统。结果表明,从传统的学习系统转变为混合、灵活的学习系统,会使本科生的学习经历和成果更加丰富。该理论的局限是没有捕捉学习系统的反馈循环,因此,还可进一步深化学习金字塔理论研究,以捕捉学生对其价值获取和总体满意度。

然而,如何将该理论用于土木工程专业工程结构设计原理课程教学实践,笔者有自己的看法。主动学习环节固然知识的保有率高,但是不一定适用于每一门课或适用于每一个人。正如文献[5]中所述,学习金字塔顶部的教师课堂讲授虽然属于间接获得的经验(知识),但它是基于经验基础之上的“抽象化”和“概念化”的知识体现,也是教师从业多年获得的理论水平和专业知识的映照。

学习金字塔理论之所以受到追捧,最主要的原因是它与人类认知世界的过程相似:从具体和经验,到抽象的理论和概念,再将理论和概念进行推广和普适。但是,若所有知识的获取完全遵循这样的过程,则是低效的,也是不经济的,或者在相同的学习时间内获得的知识缺乏深度和广度。“抽象”和“概念”相对于“具体”和“经验”,对认识事物本质的效率和深度显然更加经济、有效,有利于普遍推广。

鉴于此,完全按照和遵循戴尔的学习金字塔理论,过分强调实践而忽视讲授显然有失偏颇。因此,如何合理利用学习金字塔理论,实现主动学习和被动学习之间的平衡、互为补充至关重要。笔者结合土木工程专业工程结构设计原理本科生课程^[6],在学习金字塔理论的指导下进行了探索和

尝试。

二、学习金字塔之被动学习环节

被动学习包含听讲(lecture)、阅读(reading)、视听(audiovisual)、演示(demonstration)等。被动学习环节之所以知识保有率不高,笔者分析主要在于:(1)学生注意力不容易长期集中;(2)学生参与度不高。为此采取以下措施加以改进。

(一)小节即时弹幕——注意力曲线的运用

注意力是人大脑的某种唤醒水平,随时间的变化直接影响人的学习状态与工作状态^[7]。一般而言,上课开始时学生最有新鲜感,前10分钟注意力高度集中。10~15分钟后,注意力分散,并且持续较长。快下课时,学生精神状态回升。一节课中,学生的注意力—课堂教学时间曲线如图2所示^[8]。当出现教师兴致勃勃,而学生无精打采,教学效果不佳时,则需要根据学生注意力变化曲线,重新设计教学模式。

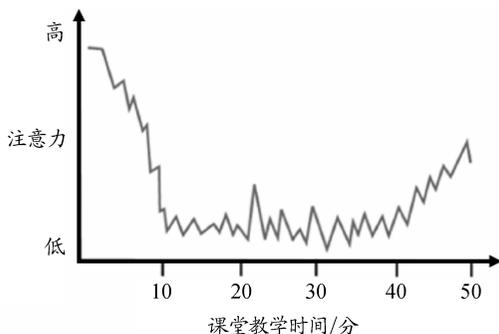


图2 注意力随时间的变化曲线

根据上述注意力曲线的分布,在一节课刚开始、学生注意力集中时,讲重要内容;当学生注意力分散时,通过让学生动脑筋回答问题来提高注意力,即在学生注意力三阶段采用不同的教学方式,以此提高学习效率,具体如下。

刚上课时,学生兴奋点还没有完全集中在课堂上,教师在简单回顾上节课知识点的同时,要快速对新课进行一个大概描述,让学生了解即将学习的知识内容和该部分知识内容与先修知识点之间的关系,甚至在课程中的地位。这样,在学生注意力集中时,使得学生对本节课形成总体认识,以提高学习动机,同时起到将学生的注意力快速聚拢到课堂上来的效果。

这部分内容结束之后,学生注意力高度集中的时间只剩余5~10分钟。此时要趁学生还没有进入疲劳期讲解重点内容,带入新的知识。这一阶段持续10~15分钟。上课15~20分钟后,学生注意力开始降低,此时,教师若按照一成不变的节奏讲下去,效率极低,因此,需要互动,让学生动起来,引导学生主动地参与到学习中来。

笔者在这个阶段的教学中,尝试小节即时弹幕的方法开展教学。一般会在讲完一个相对完整的知识点(一个小节)时,幻灯片屏幕弹出一个问题,内容可以设计为专门针对刚讲述的知识点,也可以是刚刚讲的知识点与以前知识的综合运用。题目的形式一般为选择题、填空题和判断题,因为这类题答题速度快,不会占用过长的讲课时间。屏幕弹出题目的时间间隔一般为10~15分钟。

例如,在讲到钢梁的整体稳定时,屏幕适时弹出如下题目。

如图所示的各种情况,除了荷载作用形式不同之外,其它各种条件均相同,试问哪种弯矩分布模式对工字梁的整体稳定更为不利? ()

- A. (a)
B. (b)
C. (c)
D. (d)

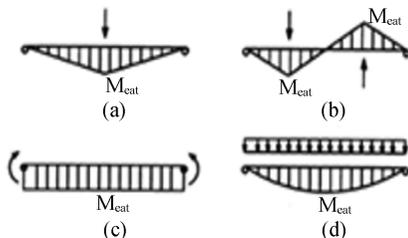


图3 弹出题目示例

该题不仅能够将影响钢梁整体稳定承载力的荷载形式形象及时展示给学生,而且能利用即时回答问题的方式,激起学生的学习热情。当学生答对问题时,能增加成就感;若答错,也能引起反思。利用小节即时弹幕的方式不仅可以调整课堂教学节奏,而且更重要的是在每节课学生注意力涣散期,起到制造兴奋点的作用,变被动为主动学习。

这样的教学实践,受到了学生的欢迎。学期末时,针对小节即时弹幕的教学方式,在弹出次数、弹出时机等方面进行了无记名询问,结果如图4所示。从图4中可以看出,所有学生均认可这种教学方式,并且认为次数太少的学生占所有样本总数的67.7%,只有22.6%的学生认为次数太多。此外,9.7%的学生认为尽管弹出的时机不合适,但对学习有帮助。无人选择D、E两个选项。

可以看出,参与调查的学生普遍认为小节即时弹幕对学习有帮助,并且学生的注意力以及学习的动力普遍被调动了起来。在学生课堂注意力涣散时,课堂教学与小节即时弹幕相结合的学习方式能够使知识得到及时巩固,亦能做到及时的查漏补缺。

最后,临近下课时,如图2所示,学生注意力又呈现回升趋势。可以利用此阶段,与学生一起总结所学,一并提出新的问题,衔接下一节课,让学生课下自行思考,待下节课一起解答。这部分内容也可以利用小题目或者总结顺口溜等方式,使所学知识点在学生的脑海中留下深刻印象。

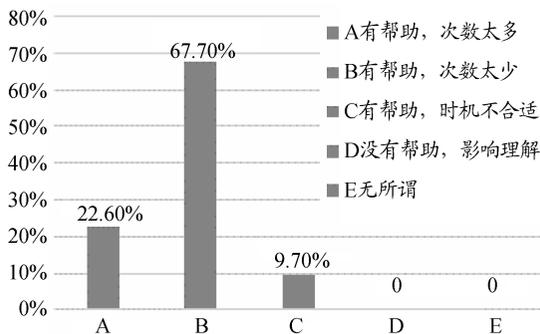


图4 屏幕弹出题目的教学效果调查

(二) 角色代入——提高学生的参与度

除了采取措施提高学生注意力之外,笔者尝试“角色代入”等教学方法以提高学生的参与度。这种方法可以设计多个或者一系列故事或者角色,并将这些角色赋予学生,让其扮演某种角色以提高参与度。

例如,笔者在教学中曾设计了一个系列故事,贯穿混凝土构件的很多章节。该故事首先假定“中国土木工程学会”有一个“混凝土构件承载力计算公式协会”,然后安排“理事长”的角色给学

生,行使“审批”会员的权力。在此背景下,将混凝土正截面受弯的“适筋梁”的承载力公式、“剪压破坏”的受剪承载力公式、“大偏心受压”和“小偏心受压”的承载力公式等编入故事中。

采取这样的赋予学生“角色”和“权力”的方法,极大地调动了学生的兴趣和参与度。经过无记名调查,认为角色代入等教学方法“幽默”、并喜欢故事接龙的学生占全部样本的 84.6%。图 5 为采用角色代入之前进行的课程兴趣度调查。由图 5 可知,选择“兴趣很大”选项的仅占 5%,即使加上选择“兴趣一般”选项的,两项之和达 66%。可见,采用角色代入的教学方法可以达到激发学生兴趣,提高参与度的教学目的。

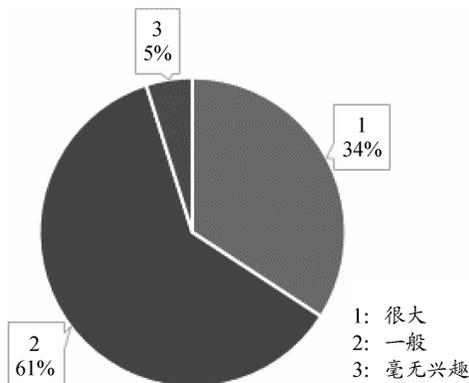


图 5 工程结构设计原理课程兴趣度调查结果

(三) 案例(图纸)和作品展示

由于现代教学手段的广泛普及和运用,授课方法由过去的只靠语言和板书变得越来越丰富多样。大部分高校教师都能较好地利用学习金字塔“中层”的多媒体视听、展示和网络教学,且均取得了较好的效果。除了在主动利用上述多媒体教学手段的同时,笔者还采取了如下措施,意图在被动学习环节以较小的“成本”增加实践性,实现一定程度上的“所学即所得”。

适量增加设计图纸案例。多年的教学经验发现,尽管目前的课程体系中已经强调了实践教学,但是学生对所学知识的综合利用还比较欠缺,而且该问题经常会遗留到毕业设计阶段。

展示设计图纸的过程需要提前精心设计。有些课时可以介绍整套图纸的组成,包含基础和楼梯。学生既了解了结构的整体构成,也可以为相关后续课程“预热”。有条件的,还可以向学生介绍装配式建筑和建筑信息化设计作品。

(四) 介绍国内外的各类竞赛和国外相关规范

除了上述措施,上课时还要不失时机地向学生介绍并鼓励学有余力的学生参加国内外举办的各类竞赛。在教师的鼓励下,学生们积极参加了各级结构大赛,取得了良好的成绩。这些参赛经历也锻炼和提高了学生的专业素养和综合能力。此外,还可简单介绍国外相关规范,从不同角度培养学生解决问题的能力,开阔学生视野。

综上,在学习金字塔顶部,如图 1 所示被动学习环节,教研组从提高学生的注意力和兴趣,增强学生的参与度、培养综合运用知识的能力和开阔视野等方面进行了教学尝试,取得了良好的教学效果。

三、学习金字塔之主动学习环节

(一) 主动学习之全民参与

在学习金字塔的底部,即参与度高的主动学习环节,可让学生制作框图、流程图,以及编写配筋

小程序,给每个学生分配任务,鼓励互相分享。

1. 配筋小软件

这部分主要集中在钢筋混凝土单筋梁、双筋梁以及 T 型梁的正截面配筋等较简单、明确的内容。例如,图 6、7 分别为学生对 T 型梁配筋和对梁的裂缝宽度进行计算的小程序界面,含有输入、选择、截面类型判断和给出结论等环节。若实现上述所有功能,需要学生对每一个细节做到心中有数,故编制程序的过程即学习、总结、再学习、再总结的过程。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
T形截面梁设计值										
1	项目		输入数据	混凝土强度等级	轴心抗压 $f_c/(N/mm^2)$			钢筋种类	强度设计值	
2				C20	9.6	0		HPB300	270	0
3				C25	11.9	0		HRB335	300	0
4	截面尺寸	b/mm	250	C30	14.3	14.3		HRB400		360
5		h/mm	750	C35	16.7	0		HRBF 400	360	0
6		bf'/mm	1200	C40	19.1	0		RRB400		0
7		hf'/mm	80	C45	21.2	0		HRB500	435	0
8	混凝土	强度等级	C30	C50	23.1	0		HRBF500		0
9		级别	HRB400	C55	25.3	0				360
10	钢筋	条数	6	C60	27.5	0				
11		直径	22	C65	29.7	0				
12	箍筋直径	直径	8	C70	31.8	0				
13	承受弯矩设计值	M/(k*Nm)	530	C75	33.8	0				
14	结果校核			C80	35.9	0				
15										
16	截面类型	第一类T形截面								
17	验算项目	弯矩Mu/(kN *m)								
18	结果	437.38								
19	结论	不安全								
20				ξ	0.056		14.3			
21				σ_s	0.054					
22				Mu	437.38					
23				Mu1	700.99					
24				Mu2	91.12					
				Mu	792.11					

图 6 学生作品-T型截面梁的配筋小程序

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
混凝土构件裂缝宽度验算指标			验算过程			混凝土强度等级			抗拉强度 f_{tk}	钢筋种类	受力特征	系数
1	受力特征	钢筋混凝土偏心受压	受力特征系数 α_{cr}	1.9	C20	1.54	HPB300	钢筋混凝土轴心受拉	2.7			
2	混凝土强度等级	C30	受拉钢筋面积 A_s	1256.64	C25	1.78	HRB335	钢筋混凝土偏心受拉	2.4			
3	截面高度(mm)	600	ρ_{te}	0.0120	C30	2.01	HRB400	钢筋混凝土受弯	1.9			
4	截面宽度(mm)	350	混凝土抗拉强度 f_{tk}	2.01	C35	2.2	HRBF 400	钢筋混凝土偏心受压	1.9			
5	钢筋强度等级	HRB335	c_s	35	C40	2.39	RRB400	预应力混凝土构件轴心受拉	2.2			
6	钢筋直径(mm,由大到小)	20	c_s 修正	35	C45	2.51	HRB500	预应力混凝土构件受弯	2.2			
7	钢筋数目	4	e_s	421.0526	C50	2.64	HRBF500	预应力混凝土构件偏心受压	2.2			
8	混凝土保护层厚度(mm)	25	a_s	45	C55	2.74						
9	箍筋直径(mm)	10	h_0	555	C60	2.85						
10	Nq(kN)	380	e	676.0526	C65	2.93						
11	Mq(kN * m)	160	z	437.9652	C70	2.99						
12	裂缝宽度限值 w_{lim} (mm)	0.2	等效应力 σ_{sq}	164.3878	C75	3.05						
13	裂缝宽度验算结果			应变不均匀系数 ψ	0.4359	C80	3.1					
14	w(mm)	0.1363	ψ 修正	0.4359								
15	结论	满足要求	d_{eq}	20								
16			a_s'	40								
17			e'	681.052632								

注:本算例使用了数据下拉列表对钢筋混凝土性能及受力特征进行选择,以普通带肋钢筋、矩形截面为基准进行裂缝验算;
 1 本算例可对两种不同牌号的钢筋进行运算,但由于 a_s 运算中需要使用最大直径钢筋进行计算,因此输入数据时要确保直径由大到小输入;
 2 由于截面受力特征存在四种不同形式,对于有效受拉混凝土截面面积、裂缝截面处的钢筋应力,采用IF公式嵌套进行处理;
 3 本算例对于 c_s 及 ψ 应用IF公式进行计算结果修正。

图 7 学生作品-钢筋混凝土梁裂缝宽度计算界面

2. 流程图和框图

对影响因素较多的钢筋混凝土偏心受压构件等内容,编写软件将花费大量时间,则鼓励学生采用框图或者流程图的形式。如图 8 所示的框图为大偏心受压构件的设计过程。该框图思路清晰,互相分享之后,有助于学生梳理知识点。

大偏心

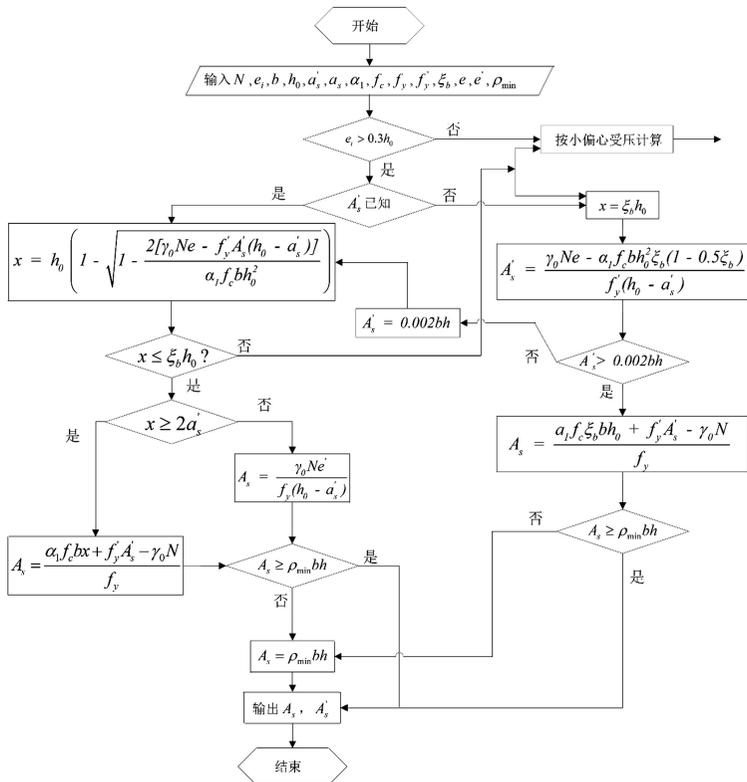


图8 学生作品-钢筋混凝土大偏心受压计算框图

3. 学生自主命题作品

通过上述各种激励手段,学生在学习课程、写作业、故事接龙和做作品等方面表现出了极高的积极性和参与度。思路被打开之后,部分学生还自主命题,自行选择软件,制作思维导图、自主编写配筋程序。综上,基于金字塔底部的“主动学习”,通过合理的安排,教师的适当引导,学生的积极性被激发,后期学生的自主学习意识和积极探索的后劲也表现得更为强劲。

(二) 主动学习之翻转课堂

翻转课堂(Flipped Classroom)^[9]是当前教育界追捧的热点教学形式之一。由于翻转课堂对课件和视频制作、编班、考核形式、教师指导等依赖较大,施行有一定的难度。随着中国大学慕课建设的完善和推广,以及网络资源的丰富,尝试和实施翻转课堂必将越来越便利。

文献[10]分析了翻转课堂教学模式在中国的应用和发展,建立了土木工程专业翻转课堂教学模式的支撑体系,开展教学模式总体设计和知识模块能力培养解构,提出学习效果评价体系,为高等学校理工科相关专业教学改革提供了借鉴。

笔者在试行“翻转”之前,针对工程结构设计原理课程的学习状况进行问卷调查(无记名样本数共205份)。内容分别为“是否应该增设习题课”和“遇到问题时学生如何解决”,其中,选择需要增设习题课的高达73.6%。遇到问题时能够“向老师请教”的只有14%,还有4%的学生选择“不解决”,如图9所示。

从上述两项调查结果看,目前普遍采取的教学方法主要存在如下问题:(1)学生听课远大于练习和讨论,主要的教学方式仍然采用的是金字塔“塔尖”上的课堂讲授;(2)学生急需习题课、讨论

课,以及向老师请教等环节的训练。

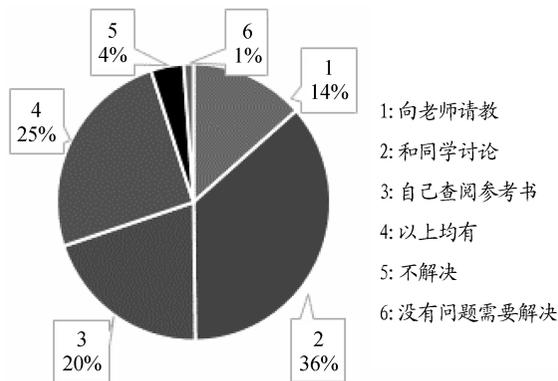


图9 对遇到问题时学生如何解决的调查结果

鉴于此,教研组选取“钢格构式构件”内容进行“翻转”课堂尝试,格构式构件涉及的概念多、知识系统性较强,但是步骤繁琐。

课前准备阶段:(1)提前一节课布置自学提纲;(2)提前公布教材上的作业题;(3)学生课下自学教学视频、学习ppt、收看例题,观看格构柱三维模型图视频(上述内容可在爱课程网、国家资源共享课程,以及中国大学慕课网东南大学工程结构设计原理教学中查找)。

课堂教学:(1)讨论自学提纲的习题答案;(2)课堂提问;(3)分组完成习题;(4)学生汇报感受和收获。

经过上述“翻转”实践,总结师生的收获和感受,笔者体会如下。(1)翻转课堂的顺利实施,对师生双方提出了高要求。一方面,教学和实践效果对教师提前编写自学提纲、组织课堂答疑和讨论、课堂练习的选取依赖性强;另一方面,对学生在没有教师的组织和监督下能否自觉和有效利用网络资源是一种考验。经初步统计,虽然大部分学生都实施了课前学习,但是班级35人只有54%的学生完成了线上和线下自学的全部环节。(2)翻转课堂的实践增加了总的学习时间。与不实施翻转相比,翻转课堂网络自学的环节需要较大的精力投入。有不少学生只完成教师布置的部分自学任务,导致自学提纲的课堂反馈和课堂提问效果不佳。(3)学生对翻转持不同的态度。据不完全统计,此次尝试受到学习能力较强的学生的欢迎,同时也受到了平时不自觉的学生的“欢迎”,其原因主要在于分组讨论环节有了向同组其他学生学习的机会,并且课下自学阶段,没有老师“逼迫”其看完视频和幻灯片。对于学习中等的学生在保证其学习的有效性方面还有待提高。

此次翻转实践也暴露出一些不足,还有待进一步优化和提高。(1)慕课资源虽然有所完善,但对利用慕课自学的考核体制有待建立和规范,需要院、系层面制定科学的、切实可行的考核计分办法。(2)对同样一门课程课时的需求量大幅增加,因此目前的课时安排不尽合理。

为此,提出以下建议。(1)班级容量不宜太大,建议在小班、精英班试点。(2)对实施课程选取部分学时进行实践。(3)总结经验和不足(含教学、考核和管理),逐步完善和确定适宜的教学模式、考核体制、管理细则,选择适宜推广的教学内容和学生群体。(4)学校或学院教学管理层要协调配合,进一步建立健全考核办法。

四、结语

基于学习金字塔理论,分别在金字塔顶部的“被动学习”环节和金字塔底部的“主动学习”环节

采取相应的教学改革措施,得出如下结论和建议。

(1)根据课堂注意力曲线,通过弹幕提问的方式有助于激发学生的兴奋点,提高学生上课的专注度。(2)根据教学内容设计适宜的带入角色可以达到增加学生参与度、提高学生学习兴趣的教学目的。上述两项措施,在不占用过多时间的前提下,达到了调整教学节奏,提高教学效果的目的。(3)布置适宜的课下编写小程序、小框图并互相分享的全民参与小任务,不仅可以巩固教学效果,增强学生责任感,也能激发学生的探索精神,为部分学习能力较强的学生提供了自主创新自主命题的空间。(4)根据受学生欢迎的程度和当前教学环境,在软件、管理和师生意识都达到的前提下,采用翻转课堂教学不仅可以提高教学效果,而且可以培养学生主动学习的习惯。

参考文献:

- [1]曹双寅. 工程结构设计原理[M]. 4版. 南京:东南大学出版社, 2018.
- [2]ANDERSON J. Edgar dale's cone of experience[EB/OL]. [2013-3-18]. <http://arstechnica.com/news.ars/post/2007-0924-google-testing-my-world-for-launch-ster-this-year.html>. 2013.
- [3]王玉峰,张秀成,方涛,等. 基于“学习金字塔理论”的物理化学实验教学模式改革实践[J]. 大学化学, 2017, 32(12): 25-30.
- [4]HAMILTON J, TEE S. The cone of learning: a tertiary level empirical study across traditional, blended, and flexible learning modes[C]//Proceedings of The International Conference on Electronic Business (ICEB). 2009: 1030-1036.
- [5]巢洪政. 揭穿“学习金字塔”的谎言[J]. 小学教学研究, 2018(21): 44-46.
- [6]秦卫红,冯健,惠卓. 工程结构设计原理课程中的对比教学[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2012, 14(S2): 205-206.
- [7]何善亮. 注意力曲线的内涵及其教学意蕴[J]. 教育科学研究, 2017(5): 44-48.
- [8]黎加厚. 基于脑科学的有效教学[EB/OL]. [2011-3-15]. http://www.360doc.com/content/11/0315/17/6382130_101399064.shtml.
- [9]Lage M J, Platt G J, Treglia M. Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment[J]. The Journal of Economic Education, 2000, 31(1): 30.
- [10]贾福萍,王玥. 建构土木工程专业翻转课堂教学模式促进创新人才培养[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(4): 51-57.

Teaching practice of engineering structure design principles based on the cone of learning theory

QIN Weihong, LU Jinyu, WU Jing, LYU Qingfang, TU Yongming,
FENG Jian, FAN Shenggang, CAO Shuangyin

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China)

Abstract: This paper analyzes the teaching content and teaching status of the course of principles of engineering structural design. Teaching methods are designed and adjusted based on the cone of learning theory and the characteristics of attention curve of students. In the attention distraction period of the class time, the method of pop-up questions during teaching sections is adopted. The pop-up questions on the screen can arouse the excitement of the students and stimulate their learning enthusiasm and learning motivation. Students participation and learning interest are stimulated through the approaches such as “cosplay”, programming, and flow chart compiling. A preliminary attempt to “flipped classroom” is carried out, and some experience and conclusions are obtained.

Key words: the cone of learning; concrete; steel structure; attention curve; flipped classroom

(责任编辑 梁远华)