

基于 MOOC 的线上线下混合教学模式在《高分子物理》中的教学探索 ——以“高分子的分子运动”为例

李国平*, 王晓青, 柴春鹏, 罗运军

(北京理工大学材料学院, 北京 100081)

摘要:《高分子物理》是高分子材料专业的一门专业基础课程, 在学生思维能力提升、专业知识掌握、实践水平提高等方面都发挥着重要的作用。互联网时代下, 应充分发挥线上教学的优势, 并遵从“以学生为主、产出导向”的 OBE 教学理念, 实现线上教学与线下教学的紧密结合, 构建基于 MOOC 的《高分子物理》线上线下混合教学模式。本文以“高分子的分子运动”为例, 系统阐述由“课前自学-线下教学-课后复习巩固”三个阶段组成的线上线下混合教学模式, 并以教学目标达成度、学生问卷调查等分析了学习效果, 结果表明, 混合教学模式可提高学生的学习兴趣, 提升学生的学习动力, 教学效果优良。

关键词:线上教学; 混合式; OBE 教学理念; 高分子物理

MOOC 是目前发展最快的一种新兴授课方式^[1], 能将网络课堂与实体课堂有机结合, 最早起源于 2011 年 7 月, 但是当年 MOOC 课并没有进入到人们的视野。直到 2012 年, 斯坦福大学(Coursera 平台)、麻省理工学院(MITx 平台)、哈佛大学和麻省理工学院(edX 平台)等分别创建 MOOC 平台, 使 MOOC 迅猛发展, 2013 年平均每天 2 门新的 MOOC 上线^[2]。尤其在 2020 年全世界疫情来势汹汹的情况下, MOOC 也成为推动高等教育变革的重要引擎, 不仅助力高校成功应对疫情危机, 而且为今后建设全民终身学习的高质量教育体系积累了宝贵经验。经过 8 年的努力, 中国 MOOC 数量和应用规模已居世界第一, 现在上线 MOOC 已经达到 1.43 万门, 3.5 亿人参与线上活动。尽管 MOOC 已经发展非常良好, 但是, 在实际教学过程, 如何充分发挥出 MOOC 的作用和赋能技能, 以及如何结合课程充分利用 MOOC 资源在知识资源和学习者之间, 建立丰富而有效的链接^[3], 尤其, MOOC 教学要学习者具有较强的自主学习能力才能按时完成课程学习内容, 故实际中间放弃学习的人员比率较高, 已经成为 MOOC 教学需要重点解决的问题。

《高分子物理》是高校高分子材料及其相关专业的一门重要的核心课程^[4], 主要研究高分子材料的结构与性能的相互关系, 及其分子运动的内在规律, 是高分子材料合成、加工和应用的理论基础课。近年来, 许多高校开展以“大类培养”、“理论与实践并用”、“学分合理化”等人才培养的改革措施, 来适应基于“OBE(成果导向教育)”理论的“新工科”人才培养模式^[5]。但目前国内大部分《高分子物理》的教学和考核主要侧重教师讲授、作业、测评。这样在实际教学过程中, 存在学生们课后复习巩固少, 知识点掌握不牢, 导致课程结束之后没有形成自己的知识体系, 尤其在用理论知识解决具体问题的时候存在困难^[6]。因此, 如何有效利用 MOOC 资源, 并且结合《高分子物理》的自身属性及特点, 构建合理且有效的线上线下混合教学模式, 对于创新教学方法, 革新教学方式, 提升学生的学习效果, 提高 MOOC 的利用效率等, 意义非常重要。

1 线上线下混合教学模式

《高分子物理》是高分子材料专业的专业基础必修课, 在课程体系中起到承上起下的作用。课程的授

10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.10.019

收稿:2021-08-04;修回:2022-04-22;

基金项目:北京高等教育“本科教学改革创新项目”(201910007001)、北京理工大学研究生院一般基金和北京理工大学本科生“课程思政”立项项目;

* 通讯联系人: E-mail:girlping3114@bit.edu.cn.

课主体是大类培养下刚选择好小专业的大三学生,故这门课是学生扎实了解本专业基础知识的重要课程,能为学生储备大量解决在 高分子材料领域复杂工程问题的知识。同时,《高分子物理》的知识点繁多且琐碎,涉及大量复杂的理论知识点和公式,学生不易理解和掌握,也使得《高分子物理》成为学生难学的一门课。尤其随着 OBE 理念的深入,需要在学习基础理论的基础上进一步加强实践能力的培养,这样导致在有限的课时更难通过传统教学方式使学生充分了解、理解和学习到相关的知识,形成自己的知识体系。因此需要综合《高分子物理》的特点,以及 MOOC 的在线、开放、共享的形式,进行有目的、有规划的自主学习,结合线下教学面对面交流,进一步扩展知识内涵,加深学生的理解力,提高解决问题的能力,为此,郑红娟等^[7]初步探索了《高分子物理》课程的线上线下混合式教学,可增加课堂互动,提高课程质量;罗春燕^[8]探索了高分子物理的混合式教学模式与案例教学法相结合的教学方法;邓萌^[9]提出了高分子物理的线上线下混合课程依托网络学习平台,能够有效发挥互联网优势,获得纯线下课程难以企及的效果。为此,获得满足《高分子物理》教学特点的线上线下混合教学模式,需要进一步将线上线下混合教学模式与翻转课堂、案例教学法等先进教学方法相结合。

目前,国内有北京化工大学、四川大学等近 50 多个《高分子物理》的 MOOC 资源,其中北京化工大学励杭泉老师主讲的《高分子物理》,其形式是采用课堂现场录播,并且授课的重点与本课程的教学大纲非常吻合,因此,本课程组依托励老师的《高分子物理》MOOC 进行学生预习,并利用 PPT 知识点梳理与讲授、例题讲解、翻转课题研究、课后作业巩固等教学手段与资源,创建线上线下混合教学模式,改变传统课堂主要以知识点梳理为主(PTT 讲授时间占总学时的 85%)的课时分配方式,形成知识点梳理、案例分析、总结答疑并存的课时分配方式(表 1),将学习主动权交付给学生,便于学生更深刻地理解和掌握知识内容,实现线上线下教学质量实质等效(图 1)。这种线上线下混合教学模式的特点有:(1)教学过程以学生为中心,并结合翻转课堂,开展“自主学习(有目的的线上学习)-重点串讲、案例分析(线下课堂)-教师指导下的有计划复习(复习巩固)”模式,具有规划性和科学性,即课前教师根据所学内容,梳理 1~3 个难点,要求学生通过 MOOC 预习,由于目标明确,只需要针对难点问题进行线上自学,这样一方面解决了采用 MOOC 平台无法聚焦学习内容的问题,另外可解决通常情况下自我预习不深入的问题。通过 MOOC 可获得一定的知识储备,为课堂上(线下教学)重点串讲、案例分析的顺利实施奠定基础,即可保证课堂质量,同时还能解决课时不够的问题;(2)学习方式多层次,自主学习、重点讲授、案例分析,使用讨论区、专业案例等关注学习效果。利用 MOOC 自主学习,重点讲授和案例分析时注重自学知识的反馈、知识的扩展和举一反三,专题讨论和专业案例注重学习进展和效果的反馈;(3)师生多维度、多方式进行沟通互动,

表 1 “高分子的分子运动”的线上线下混合教学的安排

Table 1 Arrangement of the online and offline mixed teaching mode in “Polymer Molecular Movement”			
教学阶段	教学内容	时间安排	具体表现形式
课前自学	教师梳理 1~3 个难点,学生有针对性用 MOOC 平台进行自学*	30 min	通过知识难点有目的的看 MOOC 视频,获得相关难点问题的知识储备,有目的的自主完成自学预习
	知识点梳理	40 min	采用问题提出与解答式,梳理和讲授高分子运动的特点;采用对比和图表法,比较玻璃态、高弹态、粘流态的力学特征、运动特点,梳理非晶态聚合物的力学状态的知识点。
线下教学	实例分析	40 min	图片法:展示高分子的温度与机械强度、力学状态之间的关系,建立分子运动与宏观性能之间的关系
	总结、答疑及作业布置	10 min	采用思维导图,总结本课程,并采用互动方法进行答疑
课后复习	用作业巩固,用微信群等进行反馈	30 min	布置线下作业,包括基础题、分析题和讨论题;学生通过微信群进行反馈、评价

注:线下教学时间为 2 学时,时间为 90 min; * MOOC 平台为 <http://https://www.bilibili.com/video/BV1z741147Br?> p=39

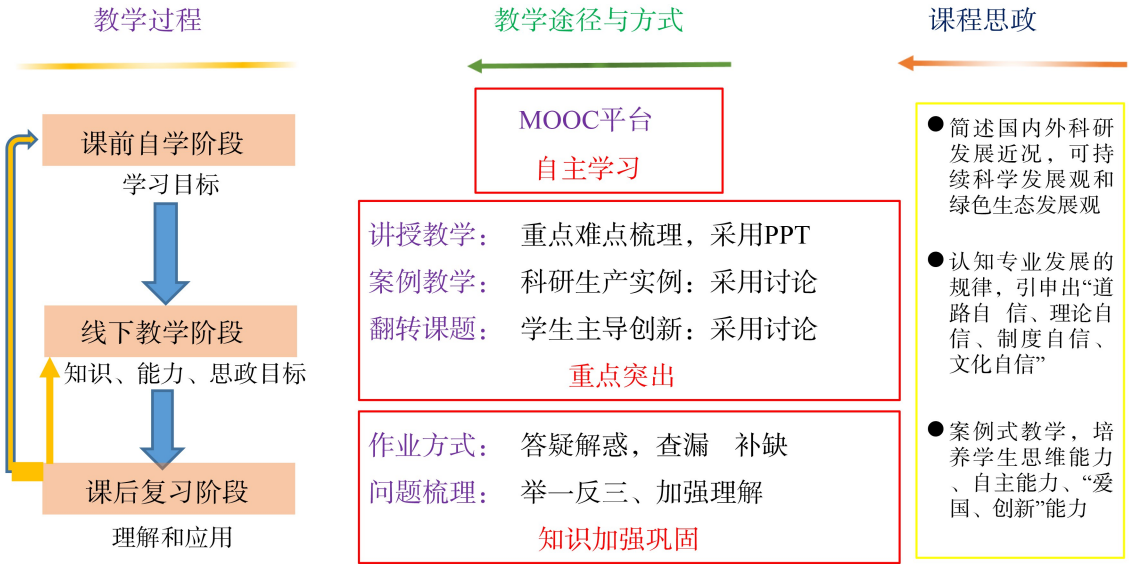


图 1 线上线下混合教学模式的构建形式

Figure 1 Construction form of online and offline mixed teaching mode

即利用 MOOC 的实时教学,又利用线下课师生面对面交流,使教师在授课环节能及时把握学生学习状态,学生也能利用各种学习方式包括预习、讲授、复习等的切换提高学习效率,具有互动性、灵活性和多元性;(4)课程思政从“价值引领、知识传授和能力提升”三个方面全方位着手,贯彻到整个学习的全过程,从而增强学生爱校爱国的民族自豪感、提升创新实践能力,将专业课程育人(专业知识、创新)和思想政治教育(爱国、敬业、艰苦奋斗与可持续发展等)有机结合起来,并形成有效的自我激励机制发挥课程育人作用,具有明显的时代特征。

2 线上线下混合教学方式的组织与实施

以本课程中第五章中“非晶态聚合物”中的第一节“高分子的分子运动”为例,对线上线下混合教学实践过程进行具体说明。高分子的分子运动是联系高分子的微观结构与高分子材料宏观性能的桥梁,在本章甚至整门课的教学中处于重要的基础地位,是小分子与大分子性能差别的关键因素,也是解决高分子材料实践问题的关键基础知识点。本节课的教学目标包括基础知识、实践能力和思政品质 3 个目标:(1)基础知识让学生掌握高分子的分子运动的三大特点,高分子的三个力学状态和两个热转变等的概念及相应的计算方法等;(2)实践能力让学生掌握分子运动受高分子结构、外界条件的影响规律,分子运动对高分子材料的性能影响,分子运动与力学状态的之间的相关规律等,并分析实际问题;(3)思政品质是通过分析影响高分子的分子运动的因素,尤其重点分析“高分子运动的温度依赖性”等问题,引申出科研的创新、人才培养等同样需要“环境适用性”,培养学生的创新能力和自我修正能力。根据这个三个教学目标,线上线下混合教学方式组织与实施过程可以分为“课前自学-线下教学-课后复习”三个闭环的阶段,其具体的实施安排如表 1 所示。

2.1 课前自学阶段

课前自学阶段,教师将本节的教学目标和自学达成度的测考题发布在微信群中,学生利用 MOOC 平台,通过点播形式选择性学习,学生自学后需要达到教学目标(1),即初步理解和掌握高分子的分子运动的三大特点,高分子的三个力学状态及两个热转变的含义、相关概念和计算方法等知识难点。教学目标(1)的达成度通过知识点测试和知识点思考 2 个部分进行测试。知识点测试主要通过 1 道多选题(有关聚合物的分子运动,下列描述正确的有哪些? A、运动单元具有多重性;B、运动速度不受温度影响;C、热

运动是一个松弛过程;D、整个分子链的运动称为布朗运动;E、运动单元的大小不同,但松弛时间一样)和 1 道判断题(玻璃态是聚合物所特有的力学状态),来评价学生观看视频后对高分子的分子运动特点等掌握程度。“塑料和橡胶使用温度分别是什么及其原因”思考题,帮助学生完成“高分子的分子运动及特点与高分子材料宏观性能之间的关系”知识点的自测,并将困惑的部分带回课堂;此阶段控制在 30 min 左右,主要利用 MOOC 平台的资料,培养学生自主学习能力,通过与教师准备的学习内容和测试题等,完成课前预习的既定目标。

2.2 线下教学阶段

线下教学阶段采用师生面对面的授课方式,采用 PPT 作为演示工具。首先,采用自问自答的方式梳理本节的知识点,例如采用“哪种分子运动单元的运动对聚合物的物理性能(如力学性能)起决定作用”,“为什么高分子的分子运动有时间依赖性”,“热对分子运动带来几方面的作用”3 个问题提示学生,加深学生对“高分子的分子运动特点”等知识点的理解,创造记忆点。其次,利用对比和图表法(如表 2),加强学生对“非晶态聚合物的力学状态”中的三个力学状态的特点以及其中涉及的一些基本概念如松弛时间、观察时间、模量等的掌握,并使学生能牢记各个力学状态对应于高分子的分子运动特点,为解决实际问题应用高分子的分子运动的知识点奠定基础。

表 2 “非晶态聚合物的力学状态”知识点的对比
Table 2 Comparison of the knowledge points of “amorphous polymer mechanical state”

力学状态	温度	运动单元和 τ 值	力学特征
玻璃态	T_g 以下	链段仍处于冻结,只有侧基,链节,短支链,键长,键角作微小振动,即链段的 $\tau \gg t$,无法观察	受力变形很小,去力后可恢复,虎克弹性(普弹性),性能类似玻璃,质硬而脆,模量为 $10^{11} \sim 10^{12}$ 达因/cm ²
高弹态	$T_g \sim T_f$	链段运动,即链段运动的 τ 值减少到与观察时间 t 在同一数量级,可以观察,但整条分子链的 τ 值仍然很大,不能看到	受力变形很大,去力后可恢复(可逆)、高弹性,性能表现为橡胶行为,模量为 $10^6 \sim 10^8$ 达因/cm ²
粘流态	T_f 以上	大分子链与大分子链之间发生相对滑移,分子链的 τ 值缩短到与观察时间 t 在同一数量级	受力变形量大大增大,去力后变形不可恢复,模量大幅度降低

“实例分析”就是利用专业案例分析教授学生何利用所学知识点解决实际问题,这是 OBE 理念中的核心内容。图示法(见图 2)介绍了形变随温度的变化规律,并进一步指出随着温度的增加,分别进入到玻璃态、高弹态和粘流态,并列举出处于不同力学状态的高分子材料,其用途也不相同,从而阐明塑料、橡胶、黏合剂(或涂料等)的使用温度。提出“玻璃化转变温度是塑料的使用上限温度,是不是对于塑料而言玻璃化转变温度越高越好?”等问题,通过讨论,强调塑料材料不仅要具有较大的强度,还需要韧性,而塑料在玻璃态具有韧性的原因是在玻璃态下,小于链段运动单元的小尺寸运动单元能运动,因此,对于塑料

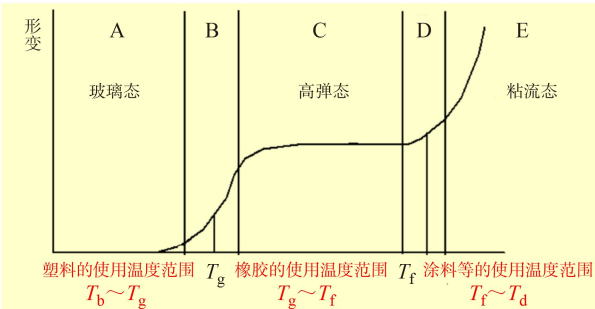


图 2 温度-力学状态-材料宏观性能的相关性

而言,玻璃化转变温度越高越好并不合适,且塑料还存在最低使用温度,即脆化温度 T_b 。类似还提出“不仅温度会影响高分子的分子运动,而且高分子的结构也会影响高分子的分子运动”,从而和学生一块讨论分析,对于具有使用价值的橡胶来说需要适当交联,这样才不会发生分子链的相对滑移(出现粘流态),保持住高弹态。因此,通过上述图示法和专业案例,使学生能更深层次地掌握高分子分子运动与材料性能之间的关系,培养工程意识、应用基础理论识别工程问题的能力以及从生产实际全面考虑问题的科学精神,全方位实现教学目标(2)和(3)。

线下教学尾声将以“高分子的结构与性能的关系、分子运动是联系结构与性能的桥梁”作为逻辑线结合本节课的具体学习内容撰写思维导图提纲挈领(图 3),进一步梳理知识脉络,一方面让学生一目了然地重温本章的知识点,同时培养学生科学思维精神。布置纸面作业和后期翻转课堂的讨论题。非晶态聚合物的力学状态本节的重要内容,而与材料物理和化学性能相关的“形形色色”的“态”,在后续的专业学习和毕业设计环节,以及科学研究中也会频繁应用到这些“态”的理论知识,因此,此内容适合于翻转课堂,需要学生通过查阅相关文献资料,获得较全的辅助资料,然后由学生总结出形成 PPT 文档,在课堂上进行展示,其他同学和教师边听边和主讲学生进行探讨,这样不仅可以创新课堂形式,加深知识点的记忆,而且能改善学生与教师互动性,可进一步实时把控学生的学习状态。最后留几分钟与学生进行互动,解答学生在自学和听课过程中产生的疑问。

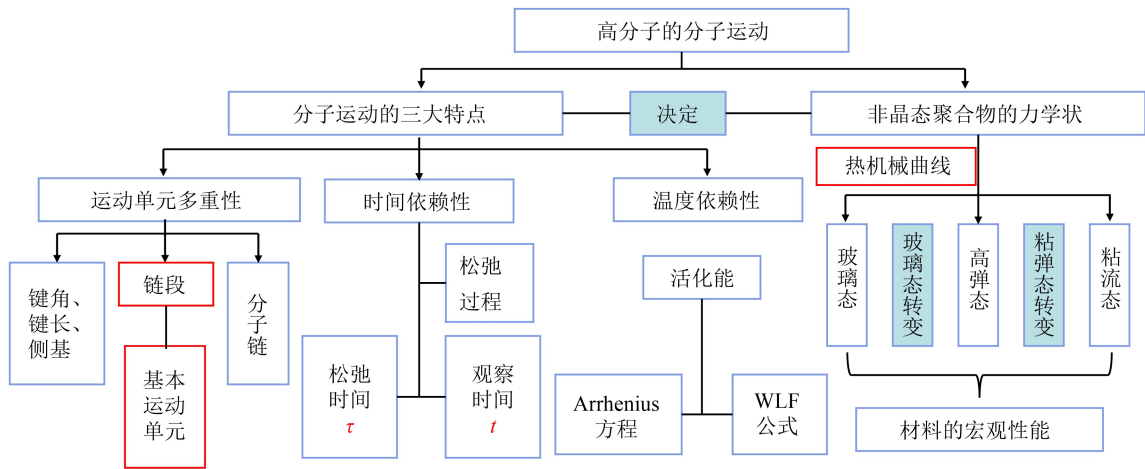


图 3 高分子的分子运动的知识点总结和思维导图

Figure 3 Summary of knowledge points and mind map of polymer molecular motion

线下课堂通过 PPT 讲授、案例分析并时常结合翻转课堂,以及课堂总结和思维导图,从高分子材料专业角度,讲授重点和难点知识,列举工程或生活实例,实现课程知识、能力和品质教学目标的实现,培养学生逻辑思维和识别、表达、分析复杂工程问题的能力,从而非常符合“学生为中心,产出为导向”的“OBE”理念。

2.3 课后复习巩固阶段

课后复习巩固阶段,是利用教师精心准备的作业,自查对知识点的掌握程度。平时作业时间控制在 30 min 左右,由 3 道选择题,3 道判断题,1 道计算题和 1 道综合题组成,题目难度合适。其中,选择题、判断题和计算题对应于知识目标,主要自查学生对高分子的分子运动特点、非晶态聚合物的力学状态等基础知识的掌握程度。综合题立足于“材料的环境适用性”,根据不同的环境状态选用合适的塑料、橡胶材料并说明原因。此题对应于能力目标和品质目标的达成,让学生应用“高分子的分子运动与材料机械性能之间的关系”以及“高分子的分子运动的特点”等知识点分析,解决实际工程问题,培养科学思维能力。同时,为了进一步搭建师生交流和互动的桥梁,扩大自主学习的范围,也侧面验证教学目标的达成情况,建立了“高分子物理咨询群”,师生相互交流,学生咨询不理解或不懂的知识点,教师及时解答,从而完成

线上线下混合教学方式的最终闭环。

3 线上线下混合教学模式的教学效果评价

本课程线上线下混合教学模式的教学效果是以 2019 级高分子材料专业的学生共计 29 人为调研对象,主要从两方面进行评价。(1)教学目标达成评价:采用过程性评价主要包括平时作业、章节测试、翻转课堂、讨论课堂回答问题等;本学期总共布置了 8 次平时作业,平时成绩为 88.5 分;进行了 2 次章节测试,平均成绩 89.5 分,90 分以上的占比高达 45.6%,没有不及格现象。翻转课堂共进行了 8 次,学生查阅了大量资料、PPT 内容充实,图文并茂,汇报条理清晰,师生讨论热烈,问题回答准确(表 3)。(2)学习效果评价:主要通过问卷星平台进行问卷设计进行调查,并通过咨询群对 2019 级高分子材料专业的学生进行无记名调查,结果表明,92%的学生对利用 MOOC 资源非常满意,能够根据老师安排的知识点按时进行有目的的课前预习;94%的学生认为翻转课题的题目,能充分调动学习积极性,同时由于每次课题需要几位学生合作完成,能培养他们的科研协作能力;所有调查学生对线上线下混合教学模式非常满意。

表 3 8 次作业、2 次测试、8 次翻转课题的分布表
Table 3 Distribution of 8 assignments, 2 tests and 8 flips

序号	作业分布	测试	翻转课题
1	高分子物理的内涵	第一次测试考试	我国高分子科学领域做出杰出贡献的人物有哪些?至少写出三位,及其贡献
2	高分子的链结构		常用高分子的名称、简称与化学结构式。包括常用热塑性和热固性塑料、
3	高分子的分子质量和分布		五大工程塑料以及四大合成纤维等
4	聚合物的溶解性能		结合文献介绍用于分子量测试的新方法,以及分子量的调控技术 聚合物的溶解与结构和性能之间的关系
5	非晶态聚合物的结构与性能	第二次测试考试	塑料、橡胶、黏合剂(或涂料等)的使用温度
6	晶态聚合物的结构与性能		聚合物晶体结构的优化技术及表征方法
7	聚合物的断裂与屈服		聚合物的力学性能优化途径
8	高弹性和粘弹性		高弹性和粘弹性的应用

4 结论

《高分子物理》是高分子材料专业一门不可缺少的专业基础性课程,因此,这门课程的开展效果直接关系到学生“以学生为主,产出导向的 OBE 理念”的培养结果。教师依据所在学校的实际情况,采用线上线下混合教学方式,引导学生使用 MOOC 进行课前有目的的预习学习,利用重点知识点梳理、案例分析、思维导图总结等开展线下课堂教学,最后利用课后练习、翻转课堂等进行知识点巩固,建立“高分子物理咨询群”提交作业和与互动交流,尽可能为学生创造将专业知识和实践活动相结合的平台,以提升教学效果,增强学生各章相关联知识点的理解和掌握,以及实践能力,并通过学生的分组翻转课堂的准备,培养学生的学习能力以及团队合作能力。

参考文献:

[1] 郭英剑. 中国人民大学教育学报,2021,2:25~49.
[2] 王启浩. 科技与出版,2015,(6):108~111.
[3] 李艳梅,李会章. 天津职业技术师范大学学报,2021,31(2):68~73.
[4] 罗静,刘仁,施冬健,魏玮,东为富,刘晓亚. 高分子通报,2021,(5):107~114.
[5] 刘霖,马娟娟,王妍,马田林. 广东化工,2020,47:201~202.
[6] 王庆丰,闫瑞强,何志才,武承林,何冰晶. 高分子通报,2020,(6):59~63.

[7] 郑红娟,程巧换,徐善弘,张琳琪. 山东化工,2020,49(2):169,171.
[8] 罗春燕,陈卫星,杨晶晶,伏芋桥. 广东化工,2021,48(21):180~181.
[9] 邓萌,方征平,闫红强,程捷. 高分子通报,2022,(4):84~88.

Teaching Exploration of Online and Offline Mixed Teaching Mode
Based on MOOC in *Polymer Physics*
——With Teaching Process of Polymer Molecular Movement as an Example

LI Guo-ping* , WANG Xiao-qing, CHAI Chun-peng, LUO Yun-jun
(School of Materials Science and Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081,China)

Abstract:*Polymer Physics* is a professional basic course for students majored in polymer materials. It plays an important role in enhancing students' thinking ability, helping students understand professional knowledge and improve their ability for practical applications. In the Internet era, following the OBE teaching concept of “student-oriented and output oriented”, it is necessary to take full advantage of the online teaching to closely combine online and offline teaching to construct the online and offline mixed teaching mode of *Polymer Physics* based on MOOC. Taking “molecular movement of polymer” section as an example, the online and offline mixed teaching mode composed of three stages of “self-study before class-offline Teaching (face-to-face teaching)-review and consolidation after class” are elaborated in detail. Learning effectiveness is evaluated by means of teaching goal achievement and student questionnaire survey, and the results show that the mixed teaching mode could improve students' learning interest and motivation, and the teaching effect is excellent.

Key words:Online teaching; Mixed teaching mode; OBE teaching concept; Polymer physics