

强化过程考核评价下的物理化学课程改革实践

郝剑敏*, 吴瑞凤, 王颖, 白一甲, 高雪川, 杜玉英

内蒙古工业大学化工学院, 呼和浩特 010051

摘要: 科学有效的过程考核评价能够显著提升学习成效, 是理工科课程建设和改革中不可或缺的重要环节。本文围绕工程教育专业认证, 从物理化学课程定位出发分析了现存问题, 实施了主次分明、内容丰富、持续不断的过程考核评价改革方案。该方案侧重于分散学习压力和改变学习习惯, 产生了显著的累积效应, 有效地激发了学习兴趣和树立了学习信心, 同时改善了教学满意度, 切实地提高了学生的学习成效, 体现了“学生中心、产出导向、持续改进”的成果导向教育理念(OBE), 为授课体量庞大的理工科课程建设和改革提供了思路。

关键词: 物理化学; 过程考核评价; 工程教育专业认证

中图分类号: G64; O6

Reform and Practice of Physical Chemistry Course Based on Enhanced Process Assessment and Evaluation

Jianmin Hao*, Ruifeng Wu, Ying Wang, Yijia Bai, Xuechuan Gao, Yuying Du

College of Chemical Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China.

Abstract: Scientific and effective process assessment and evaluation can significantly improve learning outcomes, constructing an integral part of courses reform and construction of science and engineering. Under the background of engineering education certification, the existing problems were analyzed from the course orientation of physical chemistry, and the reform of process assessment and evaluation with clear priorities, rich content and incessancy was implemented. The reform and practice focused on dispersing learning pressure and changing learning habits, which has produced significant cumulative effects. As a result, it could effectively inspire students' interest, build up confidence, and improve teaching satisfaction and learning effectiveness, which performed the outcome based education (OBE) concept of "student-centered, outcome-based, and continuous improvement". It can be used as the reference for the courses reform of science and engineering with large volume.

Key Words: Physical chemistry; Process assessment and evaluation; Engineering education professional certification

2018年6月21日,“新时代全国高等学校本科教育工作会议”在成都召开,会议强调坚持以本为本,推进四个回归,加快建设高水平本科教育,建设中国特色、世界水平的一流本科教育。2022年4月25日,习近平总书记在中国人民大学考察调研时提出:走出一条建设中国特色、世界一流大学的新路。以本为本、中国特色、世界一流分别是当下党和国家发展高等教育的原则、路径和目标。高等教育不仅要为党育人、为国育才,所培养的人才还应该走出中国,面向世界,具有国际竞争力,

收稿: 2023-11-29; 录用: 2024-01-09; 网络发表: 2024-03-05

*通讯作者, Email: haojmin@foxmail.com

基金资助: 内蒙古工业大学物理化学课程教学团队建设项目; 内蒙古工业大学教改项目(2022214)

而工程教育认证是国际通行的工程教育质量保障制度，也是实现工程教育国际互认的重要基础，因此在我国加入国际上最具影响力的工程教育学位互认协议之一《华盛顿协议》之后，顺应“新工科”的工程教育改革方向，越来越多的高校开展了工程教育专业认证。在以培养成效产出导向(OBE, *outcome based education*)为基本理念的工程教育专业认证过程中，课程作为培养成效的核心达成路径，已经成为改革和建设的主要着力点^[1,2]。科学合理的课程考核评价是保证人才培养成效的重要环节，而传统的考核评价方式主要是“一卷定优劣”，并不注重学习过程的考查，导致学生重成绩、轻能力，无法契合以成果产出为导向的OBE教育模式，因此，如何建立科学合理的过程考核评价体系，促使其在提升人才培养成效中发挥重要作用，成为课程改革建设的一个重要着力点。雷雪峰以环境工程专业的物理化学课程为例，在开展混合式教学过程中构建以能力为导向的理论和实践考核评价体系，其中理论部分的过程考核评价包含五大指标：出勤率、线上预习、交互式课堂、线上作业和线下作业，可以全方位、多层次评估教学成效，有利于激发学生的学习动力^[3]。宗丽娜针对应用型专业的物理化学课程，借助超星学习通教学平台，构建了线上线下结合的多元化考核评价模式，其中的过程考核评价包含课堂问题讨论、课程小论文、视频学习、章节总结和测试、作业等多样环节，更好地培养学生的综合能力和科学素养^[4]。

物理化学是自然科学中重要的组成部分，使用物理学实验和数学工具研究化学变化普遍规律，被誉为“化学的灵魂”和“化学中的哲学”^[5]，在专业培养方案中处于核心地位。本文以内蒙古工业大学的物理化学课程为例，详述了教学团队成员在参与工程教育专业认证的过程中，落实“学生中心、产出导向、持续改进”的基本理念，围过程考核评价这个重要环节所实施的课程改革及取得的成效。

1 物理化学课程的定位及存在问题

物理化学是支撑化学化工以及与之相关的理工科专业的基础理论课程，其解决的主要理论问题是如何通过化学反应更加经济合理地生产产品和获取能量，主要讲授热力学的基本原理及其在物理变化、化学反应、相变、界面和电化学中的应用以及动力学的基本原理及其在一般化学反应中的应用。该课程的主要特点：(1) 前后关联的有机整体，以概念、模型和物理实验为基础，建立基本定律和定理，以数学为工具，将定律和定理应用于不同研究对象以获得具体的理论方程表达式；(2) 严格定量的理论体系，采用定量的公式描述物理量之间的关系，并且公式使用具有严格的适用范围和前提条件；(3) 指导实践的科学研究方法，对于任何涉及化学、化工领域复杂的实际问题，都能以热力学和动力学的定律和定理为基础，经过适当的简化、假设后建立抽象模型，再利用数学工具推导出适用的结论和公式。该课程注重培养学生的理论高度、演绎思维和应用能力，理解掌握如何从实验结果出发进行归纳抽象，经过严谨的概念和公式演绎，将假设、模型升华为基本理论，再回归于具体研究对象，应用理论提炼、分析和解决实际问题的科学方法。在具有高等数学、大学物理、普通化学、无机化学等涉及数学、物理和化学的相关知识基础上，通过学习物理化学课程，学生能够进一步理解掌握化学体系中最基本的规律和理论，培养学生从理论高度凝练、分析和解决一般化学问题的能力，并以此认知指导相关的工程实践，为进一步学习后续专业知识奠定理论基础。

鉴于物理化学课程的重要性，目前在内蒙古工业大学，该课程分别以不同学时和要求的形式，面向化工学院、材料科学与工程学院、能源与动力学院、土木工程学院和资源与环境工程学院5个学院开课，涉及化学工程与工艺、无机非金属材料工程、生物工程、制药工程、食品科学与工程、应用化学、冶金工程等14个专业，每年授课班级40余个，授课学生数达到1200多人，影响非常广泛。尽管物理化学课程具有无可替代的理论重要性，但是由于课程本身具有概念繁多、内容抽象、逻辑性强、前后联系紧密等特点，学生在学习过程中就遇到很多困难，难以清晰地把握细节和梳理逻辑，无法准确地应用理论、公式和定理解决具体问题，刚开始学习还很新鲜轻松，越往后难度越大，稍不留神就跟不上进度，慢慢就放弃了课程的学习，寄希望于考前突击，其结果可想而知。同时，在

“以教师和教材为中心”的传统教学理念下，教师的侧重点在于讲授，有时忽略了学生的吸收和内化过程。这两方面导致部分学生学习成绩不理想，个别学生连续地重修补考，甚至于有的学生对物理化学课程产生了心理恐慌。

2020年10月，“物理化学课程教学团队”作为内蒙古工业大学首批校级优秀教学团队得到立项支持。面对如此庞大的授课学生体量，团队的课程改革和建设是无法一蹴而就的，经过多次讨论，明确了首先要解决的问题是如何提升学生的学习成效。考核评价是衡量学习成效和教学效果的依据，科学有效的过程考核评价体系有利于激发学生自主学习热情，培养高阶、创新思维，提高人才培养质量^[3]。结合前期参与个别专业的工程教育认证工作经验，团队成员一致认为解决该问题的思路应该以OBE工程教育理念为指导，以产出为导向，以服务学生为中心，以强化过程考核评价为切入点，切实提升学生的学习成效。

2 强化过程考核评价的实施方案

团队首先制定了2020版物理化学课程标准，以此为基础，统一教材、课件、授课内容以及时长，明确以课后作业和课程测试为平时成绩评定的主要标准，针对2020级学生严格按照课程标准实施过程考核评价，切实提升学生的学习成效。2020版物理化学课程标准中将课程教学目标分为3点。课程目标1：能够对理想气体、理想混合物、理想溶液的物理状态变化过程、相变过程、化学反应过程所涉及的热力学函数变化构建相应数学模型，利用热力学方程式对相关变化过程中的物理量进行求解；课程目标2：能够对相平衡、电化学、胶体、界面、化学反应速率构建函数关系，并利用相应的方程式对具体物理量进行求解；课程目标3：能够运用物理化学的基本概念和理论，认识、判断和分析复杂的化工过程问题，加深对物理化学基本概念和理论的理解，提高解决实际问题的能力。其中，课程目标1着重于掌握热力学和化学平衡中的基础知识点，课程目标2着重于掌握相平衡、电化学、胶体、界面、动力学的基础知识点，两者共同支撑了工程教育认证中毕业要求第1条——工程知识；课程目标3着重于应用所有知识点分析实际问题，支撑了工程教育认证中毕业要求第2条——问题分析。

在上述课程标准的指导下，首先确定了课程的考核方法为“平时成绩+期末闭卷笔试成绩”，并依据这3个课程目标点所确定的课程内容占比，将其考核分值(平时+期末)分别设定为40分、30分和30分；其次改变传统期末试卷中“填空、选择、判断、简答、计算”的题型分类模式，将期末试卷划分为“课程目标1考核试题(40分)、课程目标2考核试题(30分)和课程目标3考核试题(30分)”三大部分，每个部分都可以从“填空、选择、判断、简答、计算”中选择题型来组合考核内容；最后，为了突出过程考核评价的重要性，将平时成绩在总评成绩中的占比由原来的30%提高至40%，平时成绩只依据课后作业和课程测试进行评定，出勤不再计入其中。平时成绩的设计是强化过程考核评价的重心，不仅要科学有效，而且还要公平公正。在传统教学理念下，平时成绩评定往往以出勤为主，以少量课后题作业或课堂提问为辅，最后往往一碗水端平，将课程总评成绩的重心全部压在期末考试试卷成绩中，既难以反映出平时学习成效，也无法将平时学习的努力程度真实地体现在总评成绩中，由于成绩关系到学生的很多切身利益，这种做法往往有失公允。因此，团队成员将课后作业和课程测试全部设计成试卷形式，配有答题纸、参考答案和评分标准，依据课程的学时数设定考核次数，如40学时的课程至少3次，80学时的课程4-6次，按照教学进度定期布置下去，学生限时完成后再交回老师，老师批改、记录成绩后再返给学生，并将答案全部讲解，针对犯错较多的知识点再重点讲述，最后在课堂上公布每位学生的考核分数，做到人人心里有数。

如表1所示，以2021年秋季学期物理化学B(80学时)课程考核方法与标准为例，平时成绩由4次课后作业和2次课程测试评定，其中课后作业1涵盖气体的PVT关系、热力学第一定律和热力学第二定律这三章内容，课后作业2涵盖多组分系统热力学和化学平衡这两章内容，课程测试1涵盖这前五章内容，课后作业3涵盖相平衡和电化学这两章内容，课后作业4涵盖界面现象、化学动力学和胶体化学

这三章内容,课程测试2主要涵盖后五章内容,由于临近期末,课后作业4和课程测试2中适当增加了前五章的重要知识点以再次巩固复习。团队成员统计了达成3个课程目标点所需掌握的知识点在各个章节的分布情况,以此为依据,为每次课后作业和课程测试分配所涉及课程目标点的分值,并按照分值添加考核试题。课后作业和课程测试完全是试卷的形式,课后作业在课下完成,课程测试以课堂闭卷考试方式完成,两者的题量远多于期末试卷,以课后作业1为例,分为课程目标1考核试题和课程目标3考核试题两大部分,其中课程目标1部分的分值为80分,包含了15道填空题(30个空),10道判断题、10道选择题、2道计算题;课程目标3部分的分值为20分,包含了1道简答题和2道计算题,两个部分共有40道试题,涵盖了气体的PVT关系、热力学第一定律和热力学第二定律这三章为了达成课程目标1和课程目标3所需掌握的重要概念、公式、定律、定理及其应用。这些考核题目与课程内容紧密结合,部分来源于教材、参考书、考研试题等,部分是改编或自编的题目,主要分为三种类型:用于掌握基本概念、公式和定律,属于基础型;用于强调易错知识点、概念误区以及公式应用不当等,属于纠错型;用于培养批判性、创新性思维能力以及解决问题的能力^[6],属于高阶型。此外,由于上述考核过程次数有限,时间间距较长,因此在每堂教学结束后适当布置1-2道典型课后习题或论文、报告、调研、思维导图等其他形式的作业任务,并随机抽查学生完成情况加以督促,这样就形成主次分明、内容丰富、持续不断的过程考核评价方式。

表1 2021年秋季学期物理化学B课程考核评价方法与标准

考核阶段	评价环节	支撑课程目标及分值		
		课程目标1	课程目标2	课程目标3
平时成绩,每次课后作业/课程测试100分,共6次,每次课程测试折合总评成绩10分,每次课后作业折合总评成绩5分,全部折合总评成绩40分	课后作业1	80	0	20
	课后作业2	60	0	40
	课程测试1	60	0	40
	课后作业3	0	60	40
	课后作业4	20	60	20
	课程测试2	20	60	20
期末闭卷笔试成绩100分,折合总评成绩60分	试题一	40	-	-
	试题二	-	30	-
	试题三	-	-	30
总评成绩100分		-	-	-

3 强化过程考核评价的成效

3.1 提升教学成效

2021年秋,开始对2020级授课学生实施上述过程考核评价,取得了初步成效。如图1(A)所示,对于物理化学C(40学时)课程而言,2021年春季学期正常授课(不含重修)学生356人,平均成绩为74.76分,实施过程考核评价后,2021年秋季学期正常授课学生388人,平均成绩75.68分,平均成绩从单纯分数值的提高幅度看并不大,但其内涵意义却得到了明显提升。这是由于前面提到没有实施过程考核评价前,平时成绩主要依据出勤率,绝大多数学生的平时成绩基本接近满分,因此总评成绩中平时成绩的贡献率非常大,然而实施过程考核评价后,平时成绩的每一分都要靠努力积累获得,因此分值并不会太高,其对总评成绩的贡献率相比之前远远减小了,这时总评成绩的提高意味着学生获得了更高的期末考试卷面成绩。这就意味着学生必须从课程开始到考试结束的全过程都在认真努力对待,并且由于过程考核评价切实地提高了平时的学习成效,因此才能够获得更高的期末考试卷面成绩。同时从各个分数段的人数分布比例能够看出,实施过程考核评价后,总评成绩的正态分布向高

分段移动,在70–79和80–89分数段的人数占比总和几乎不变的情况下,80–89分数段的人数占比提高了10个百分点,意味着更多的学生更好地掌握了课程要点。此外,不及格的学生人数占比有所提高,这就说明过程考核评价的目的并非为了提高学生的过关率,极少数学生在平时学习中缺乏动力和自律,之前的模式下很可能蒙混过关了,现在就很明显地暴露出存在问题,引起了自己和老师的关注,进而寻求解决改进的方法。

相比而言,过程考核评价对于物理化学B(80学时)这样长课时课程的影响更明显,如图1(B)所示,2021年春季学期正常授课(不含重修)学生131人,平均成绩为64.02分,不及格率为30.53%,实施过程考核评价后,2021年秋季学期正常授课学生129人,平均成绩73.60分,不及格率降为7.75%,总评成绩的正态分布向高分段移动,同时90–99分数段的人数占比明显提高。物理化学B课程的学时较长,学习过程持续整个学期,涉及的知识点更为繁杂,课程初期学生具有新鲜感,但随着时间推移,知识体系由简入繁,不断扩张,这时旧的知识点往往抛诸脑后,而新的知识点又是一知半解,最后寄希望于考前突击,其结果可想而知,不及格率很高,这也是传统的“以教师和教材为中心”教学理念的一个明显弊端。在实施过程考核评价后,将学习的压力分散在整个课程过程中,学习新知识的同时不断温习旧知识,不断地强调、纠错和应用,日积月累,潜移默化,学生能够听得懂、学得会、跟得上,学习信心不断增强,逐步将过程考核评价的压力转化为自主学习的兴趣和动力。同时成绩的高低更加有效地与学习过程中的努力和态度挂钩,体现出累积的效应,这就促使学生不断改变学习习惯,积极参与到学习过程中,最终取得理想的成绩,收获一份成就感。因此对于长课时的课程,强化过程考核评价能够产生更多的积累效应,促使学生融会贯通,学有所悟、学有所获、学有所成,更能显著地提升教学成效。

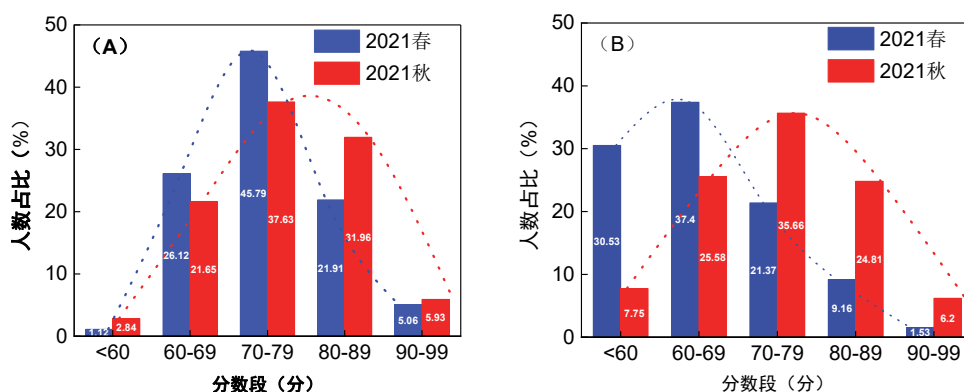


图1 2021年春季和2021年秋季学期物理化学课程总评成绩分布对比图

(A) 物理化学C; (B) 物理化学B

3.2 改善教学满意度

实施过程考核评价后,授课教师的工作量显著增加,以表1为例,就相当于增加了6次类似期末考试的出题、批改以及讲评环节,这必然要花费大量时间,但是物理化学课程团队成员都毫无怨言,认真地完成,特别是看到学生的学习成效有了明显改观后,都认为这些付出是值得的,这就真正体现出了“以学生为中心”的服务理念。对于学生,过程考核评价虽然增加了平时的学习时间,但是学有所获的乐趣和成就感让其树立了学习信心,同时在频繁的师生互动交流中也理解了教师的用心良苦,因此非常认可教师的辛苦付出。对比发现,2020年秋季学期,1080名学生对物理化学课程团队8位教师的评教平均分为89.41分,实施过程考核评价后,2021年秋季学期,623名学生对物理化学课程团队7位教师的评教平均分提高到89.73分,其中“老师注重过程性考核和结果性考核相结合,考核

项目可以很好地引导我学习,激励我在整个学期中都努力学习”分项的评教平均分为89.83分,学生对物理化学课程的教学满意度明显提升。

3.3 建立学习信心,激发学习兴趣

在实施过程考核评价后,团队教师发现更多的学生积极参与到课堂讨论和课下交流中,特别是很多学生都在咨询是否可以选物理化学作为考研的专业课。一般物理化学课程开设在大二学年,这些学生在较早的时期关注此事,并将物理化学课程定位为研究生考试的首选课程,说明学生对该课程印象深刻,认为已经牢固地掌握了这门课程的脉络体系和知识要点,与此同时建立了信心,激发了进一步学习的兴趣,为未来的考研进行长远规划。

4 结语

如上所述,内蒙古工业大学开设物理化学课程的专业较多,选课的学生数量庞大,为了契合工程教育专业认证,物理化学课程教学团队落实OBE工程教育理念,制定了明确具体的课程标准,以强化过程考核评价为切入点,将体现平时成绩的课后作业和课程测试全部设计为试卷形式,再辅助其他形式的作业任务,在保证公平公正获取成绩的基础上,将学习压力分散于整个课程过程中,改变学习习惯,注重积累的力量,有效地激发了学习兴趣和树立了学习信心,同时改善了教学满意度,切实地提高了学习成效。与此同时,一些新问题的出现也引起了团队成员的关注。面对大规模的授课体量,过程考核评价的顺利实施和广泛推广主要得益于内容和标准的严格统一,但是物理化学课程是多种专业的基础理论课,面对各专业不同培养目标的需求,这种做法会导致同质化增强,淡化了不同专业培养的个性化,对各专业特定的培养目标体系的针对性和支撑性不足,如何为不同专业的培养体系提供区别有效的支撑,这是持续改进过程考核评价的切入点。然而实现这个目标不能只改进过程考核评价,物理化学课程应以自身的基础理论为核心,以各专业特定需求的必要知识点为外延,依据各专业不同培养目标的需求,对课程内容进行重构和优化,这就需要与各专业课教师深入交流,深入了解后续专业课程中究竟需要物理化学提供哪些相关知识点的支撑,真正做到课程为专业培养服务,最终达成工程教育专业认证的目标。

参 考 文 献

- [1] 陶彩虹,刘宝勇,盛丽,雷洋,蔡洁琼. 大学化学, **2021**, *36* (8), 2012044.
- [2] 杨庆春,储根云,张旭,李智伟,罗浩,张大伟. 化工高等教育, **2022**, *39* (4), 48.
- [3] 雷雪峰,马军现. 大学化学, **2022**, *37* (12), 2111026.
- [4] 宗丽娜,王向鹏,郑云香,化学教育(中英文), **2020**, *41* (14), 14.
- [5] 纪敏,王新葵,孙延波,王旭珍,王新平. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2007041.
- [6] 陈亚芍,冯佳米,王长号,张颖,白翠娥. 大学化学, **2023**, *38* (6), 158.