



# 基于 ILOs 的“电气传动课程设计”建设与实践

刘瑞静, 张 婷, 吴美杰

(北京理工大学 自动化学院, 北京 100081)

**摘要:** 双一流建设背景下, 课程是人才培养的核心要素。该文以“两性一度”为标准, 对标《北京理工大学研究型课程认证标准》, 对综合性实验课程“电气传动课程设计”进行研究型课程建设, 构建了具有高阶性的知识、能力、素质相融合的预期学习成果(ILOs), 并针对每条 ILOs 设计了具有创新性、挑战度的教学内容, 明确了相应的教学策略, 制定了评价标准及评价反馈机制, 持续改进, 不断提高教学质量及课程水平。实践证明, 基于 ILOs 的研究型课程的实施, 培养了学生解决复杂工程问题的能力与创新实践能力, 实现了“价值塑造、知识养成、实践能力”三位一体的培养目标。

**关键词:** 预期学习成果; 实践教学; 两性一度; 研究型课程

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230188

## Construction and Practice of Electric Drive Course Design Based On ILOs

LIU Ruijing, ZHANG Ting, WU Meijie

(School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Under the background of double first-class construction, course is the core element of talent cultivation. Based on the standard of “high order, innovation, and challenge” and the standard of Beijing Institute of Technology’s Research Course Certification, this paper constructs a research course for the comprehensive experimental course “Electric Drive Course Design”, and constructs the intended learning outcomes (ILOs) that integrate advanced knowledge, abilities and qualities. For each ILOs, innovative and challenging teaching content is designed, corresponding teaching strategies are defined, evaluation standards and evaluation feedback mechanisms are formulated, and teaching quality and curriculum level are continuously improved. Practice has proved that the implementation of research courses based on ILOs has cultivated students’ ability to solve complex engineering problems and innovative practical abilities, achieving the training goal of “value shaping, knowledge cultivation and practical ability”.

**Key words:** expected learning outcomes; practice teaching; high level, innovation, and challenge; research course

2019 年 10 月, 教育部在《关于一流本科课程建设的实施意见》中提出, 教学改革成果必须落实到课程建设上, 要树立课程建设新理念, 推进课程改革创新, 实施科学课程评价, 提升课程的高阶性, 突出创新性, 增加挑战度, 让课程优起来、教师强起来、学生忙起来、效果实起来<sup>[1]</sup>。同年 11 月, 教育部高等教育司司长吴岩提出“两性一度”的金课标准。“两性一度”, 即高阶性、创新性、挑战度。因此, 打造金课, 进行教育教学改革是大势所趋、是教师应尽之责。

本文基于“两性一度”的金课建设标准和要

求, 以及《北京理工大学研究型课程认证标准》(该标准是北京理工大学基于 OBE 和国际实质等效的核心理念研究制定), 对电气传动课程设计进行研究型课程建设与实践。研究型课程是以“学生为中心”, 在研究中学习、在学习中研究, 以团队式、讨论式、项目式(project-based learning, PBL)、翻转式开展教学设计, 强调通过应用在解决复杂问题的过程中完成深度学习, 以能力产出为导向设计教学策略和评价体系, 围绕产出导向和基础评价持续改进<sup>[2]</sup>, 更多地关注培养学生的综合能力和素质, 如自主学习、沟通交流、领导能

收稿日期: 2023-04-12; 修回日期: 2023-10-01

基金项目: 教育部 2021 年第二批产学研合作协同育人项目(202102023015); 2020 年北京理工大学本科生“课程思政”示范课程(021); 2018 年北京理工大学研究型课程(2018SG18011)。

作者简介: 刘瑞静(1982-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事电力电子与电气传动方面的研究。E-mail: 30266275@qq.com

力与团队协作、分析和设计方案，解决复杂工程问题、学术表达、批判性思维等，这些能力和素质对学生的可持续发展至关重要<sup>[3]</sup>。

电气传动课程设计研究型课程建设思路是围绕学校“价值塑造、知识养成、实践能力”三位一体的人才培养目标，以学生为中心，构建课程预期学习成果(intended learning outcomes, ILOs)，然后基于 ILOs 反向从教学内容、教学策略、评价方式、反馈机制等方面进行研究型课程建设与实践。

### 1 以学生为中心，构建课程 ILOs

研究型课程的 ILOs，是指学生在学完课程后应具备的知识、能力、素质，ILOs 的设计必须明确指向这类能力和素质，并与学校人才培养目标和专业的定位相符合，应“以学生为中心”，针对学生在教学活动或任务中的表现制定可落实、可达成、可评价的 ILOs。ILOs 的设计可从“知

识、能力、态度”3 个方面来构建，按照学生在完成课程时应该理解和掌握的内容的设计知识性学习成果，按照学生在课程完成时应该能够做什么设计能力性学习成果，按照学生在课程完成时的应具备的综合素质需求设计态度性学习成果<sup>[4-5]</sup>。

根据北京理工大学致力于把学生培养成“胸怀壮志、明德精工、创新包容、时代担当”的领军领导人才的培养目标，结合自动化专业电气传动课程设计工程教育认证中的毕业要求相应的支撑指标点(毕业要求分别为：研究、工程与社会、个人与团队、沟通、项目管理)，以“学生为中心”，构建明确的、可落实、可评价、可达成的知识、能力、素质相融合的 ILOs，如表 1 所示，旨在培养学生解决复杂工程问题、初步的项目管理、规范撰写学术性总结报告、创新实践、团队合作等能力，并具备工程设计思维、安全意识、责任担当意识等综合职业素养。

表 1 电气传动课程设计 ILOs

毕业要求	能力素质	ILOs
研究	参数测试 工程设计 建模仿真	(1)能估算、测试、处理双闭环直流调速系统各参数数据，能运用工程设计方法设计满足要求的转速、电流双闭环直流调速系统 (2)能仿真开环机械特性和双闭环直流调速系统启动过程
工程与社会	解决复杂 工程问题	(3)能调试限幅值、反馈系数，能搭建双闭环直流调速系统，能调试系统中给定、控制、驱动、检测反馈各环节
团队沟通	团队合作 沟通交流	(4)能与团队中他人进行有效合作，并进行合理决策，团结友爱，共同进步 (5)能对设计过程中遇到的特殊问题进行深入交流和探讨，具备解决复杂工程问题的能力
项目管理	项目管理 学术写作	(6)能根据任务书，规划项目进度安排，分清各项内容优先级，对项目进行安全和质量管理 (7)能创建并演示令人印象深刻的演示文稿，能撰写出格式规范的学术性总结报告
素质	情怀态度	(8)培养严谨求实的作风，精益求精的态度，励志报国的信念，具备安全、质量、责任担当意识

### 2 研究型课程建设与实施

#### 2.1 基于 ILOs 优化教学内容

电气传动课程设计以典型的工程性问题为实施载体，根据现有实验装置，设计内环为电流环、外环为转速环的双闭环直流调速系统。该课程融合了电力电子技术、电机学、传感器与检测技术、控制系统建模与仿真以及自动控制理论等专业知识，与本专业多门核心课程紧密联系，如图 1 所示。课程以解决复杂工程问题的项目为牵引，要求学生团结协作完成项目设计任务并进行工程应用<sup>[6]</sup>。

基于课程 ILOs 反向设计教学内容，以“两性一度”为标准，从工程项目案例入手，依据安全、进度、质量等进行项目管理，设计了综合性

较强的、具有一定挑战度和创新性的“需求分析—方案设计—参数估算—参数测试—工程设计—建模仿真—现场调试—系统测试—项目总结—答辩验收—撰写报告”等链条式任务，充分培养学生解决复杂工程问题的能力和高级思维，增强课程的高阶性，实验内容和 ILOs 之间的对应支撑关系如图 2 所示。

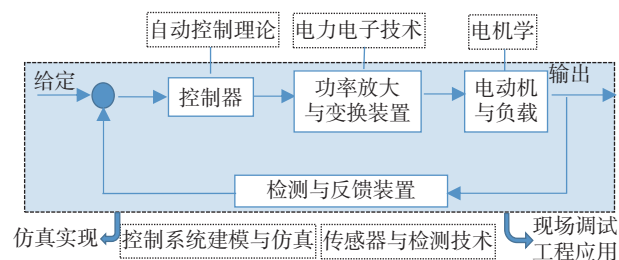


图 1 本课程与自动化专业其它课程的联系



图 2 电气传动课程设计实验内容与 ILOs 的对应关系

### 2.2 基于 ILOs 改革教学模式, 优化教学策略

根据《北京理工大学研究型课程认证标准》, 课程应该针对每项 ILOs 为学生设计并提供必要的训练环节, 帮助学生达成各项 ILOs, 即明确每项 ILOs 通过什么教学模式和教学策略来实现。电气传动课程设计共 32 学时, 要求学生以小组(3 人一组)任务分工的形式组建学习团队, 实验为强电实验, 3 名教师共同开展教学活动, 教学实施流程如图 3 所示。

电气传动课程设计实验教学平台如图 4(a) 所示, 在双闭环直流调速系统中, 功率驱动装置采用晶闸管整流, 直流电机型号为 130SZ01<sup>[7]</sup>, 参数为:  $U_N=110\text{ V}$ ,  $I_N=4.1\text{ A}$ ,  $P_N=335\text{ kW}$ ,  $n_N=$

1500 r/min。设计要求为: 稳态指标, 转速无静差; 动态指标, 电流超调量小于 5%; 转速超调量小于 10%。学生根据实验装置及电机参数设计测试方案, 估算并测试调速系统各个环节的参数, 参数测试结果如表 2 所示, 学生根据参数测试结果运用工程设计法进行转速和电流调节器的设计, 然后根据设计结果搭建仿真模型, 转速电流双闭环系统仿真模型如图 4(b) 所示, 经过仿真调试, 突加启动时, 双闭环调速系统仿真波形如图 4(c) 所示, 蓝色曲线为转速波形, 红色曲线为电流波形, 电流波形为放大 200 倍后的结果, 现场调试波形如图 4(d) 所示, 电流、转速超调量均满足指标要求。

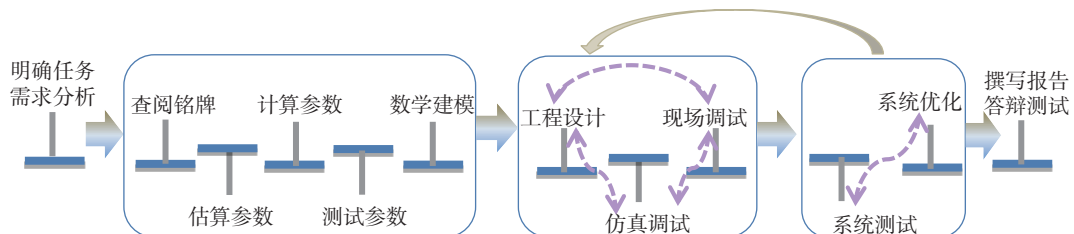
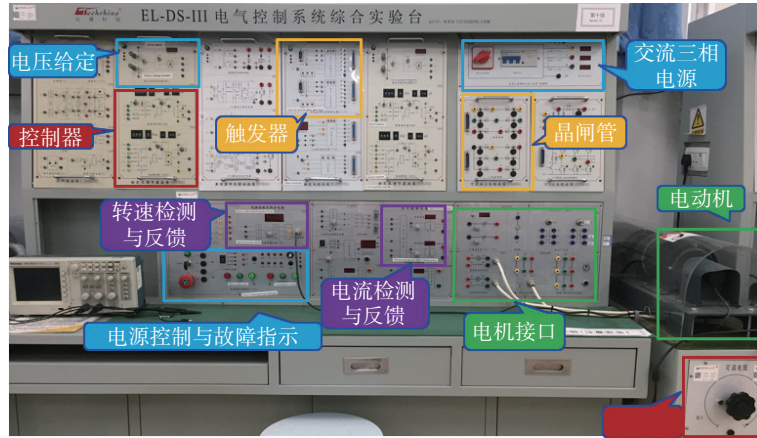
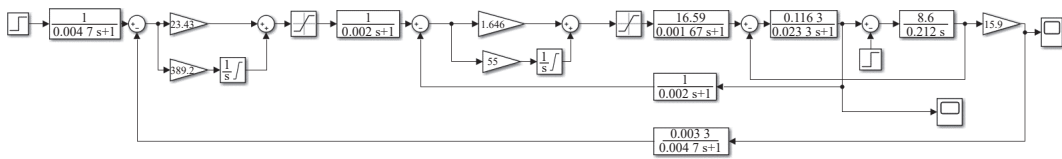


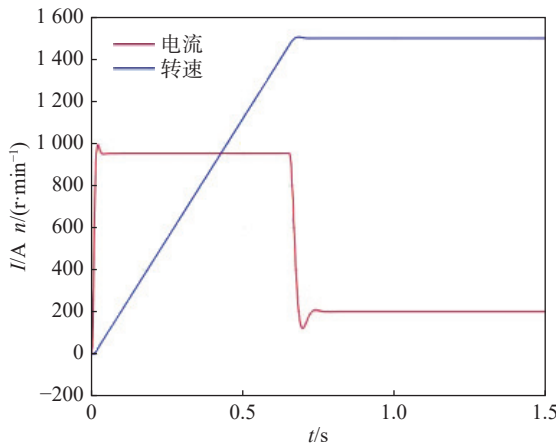
图 3 电气传动课程设计教学实施流程



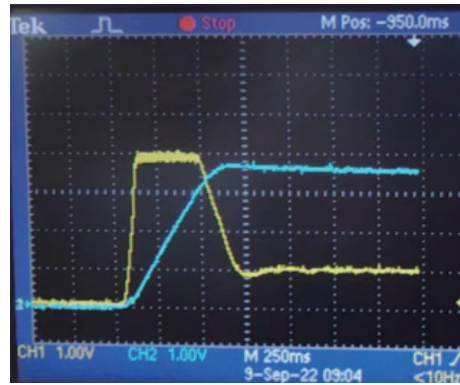
(a) 电气传动课程设计实验平台



(b) 转速、电流双闭环系统仿真模型



(c) 突加启动时, 双闭环仿真波形  
电流超调量为 3.66%, 转速超调量为 0.40%



(d) 突加启动时, 双闭环现场调试波形  
电流超调量为 0.50%, 转速超调量为 7.27%

图 4 搭建仿真模型、仿真调试、现场调试结果

表 2 参数测试结果

参数名	估算值	实测值
电势常数 $C_e\Phi/V/(r \cdot \min^{-1})$	0.062 6	0.063 0
回路总电阻 $R/\Omega$	7.6	8.6
电枢电阻 $R_a/\Omega$	3.8	3.0
风轮转矩 $GD^2/(N \cdot m^2)$	0.34	0.35
整流放大倍数 $K_s$	24.90	16.39
机电时间常数 $T_m/\Omega$	0.184	0.212
晶闸管整流延时 $T_x/\Omega$	0.001 67	0.001 67
电磁时间常数 $T_l/S$	0.026 2	0.023 3

教学过程中实施翻转课堂的教学模式<sup>[8]</sup>, 将实验分为“基于微课视频、虚拟仿真的课前预习”“基于问题驱动、同伴教学的课中实验”“基于竞赛比拼、开放实验室的课后助学”3个教学环

节。课上主要采用问题驱动、探究式、同伴教学等教学方法, 针对 ILOs 设计了相应的教学策略, 教学策略与 ILOs 的对应关系如表 3 所示。

教学策略和教学模式的改革, 需要教师精心设计提问、讨论的题目, 充分关注科技前沿、社会热点、痛点问题等, 深挖课程思政元素<sup>[9]</sup>, 将知识传授与价值引领相结合, 增加了教师备课过程和学生课下预习的“挑战度”。基于问题驱动、实验探究、团队研讨的教学方式, 确保全体学生达到必要的学习广度和深度。

### 2.3 基于 ILOs 改革评价标准, 构建反馈机制

基于 ILOs 的研究型课程, ILOs 所反映的能力要落到实处, 学生的行为和教学各个环节要能

够对其充分体现,应具有可被观察、易识别、可测评特性<sup>[10]</sup>,考核评价项目与ILOs一一对应,应注重学生的实验过程,学生的参与情况、团队合作情况及学生的项目管理情况等,同时考虑学生之间的差异性。电气传动课程设计采用形成性评价和终结性评价相结合的评价方法<sup>[11]</sup>,通过任务分工、课堂提问、团队研讨、作业、实验过程记录、成果展示、同学互评、教师参评、实验操作考试、一对一口试、总结报告等环节,形成了“教师+学生”“过程+成果”的多元化评价方法。

电气传动课程设计考核评价采用百分制,包含3个方面:现场调试环节,占30%;考试环节,占30%;学生总结报告,占40%。针对ILOs,将上述3个方面分别做了详细分解与规划,教师精心设计,确定各环节重点培养学生哪方面能力。考核评价以2021—2022学年第一学期的一个教学班为例进行分析,课程考核依据、评价载体和达成度如表4所示,达成度为各项考核内容的考核平均成绩除以满分值后的平均值。结果表明,课程对所支撑预期学习成果的达成度良好。

表3 电气传动课程设计教学策略与ILOs的对应关系

ILOs	教学策略
(1)(2)(3)	在少讲精讲的基础上,配合实验测试、设计、调试,促使学生学深悟透,与操作学时为1:3
(1)(2)(3) (4)(5)(6)	组建学习团队,通过项目牵引、实验探究、团队研讨、过程记录、成果展示等方法落实责任分工,促进学生自主性、合作性学习,培养学生解决复杂工程问题的能力,提升团队合作能力、项目管理能力
(1)(2)(3) (4)(5)(6)	讲授过程中,采用问题驱动、探究式的教学方法,随机提问,进行头脑风暴,通过层层深入的提问,引导学生主动思考和讨论,提升学生的批判性思维。实验测试及现场调试过程中采用团队研讨、实验探究的教学方法,使每个人能与团队中的他人进行有效合作,及时发现问题,结合理论知识对设计过程中遇到的特殊问题进行深入交流和探讨,并解决问题,让技术“用起来”、学生“动起来”、课堂“活起来”。这样优秀的学生带领知识薄弱的学生,让具有不同能力的学生都能完成学习任务
(1)(2)	采用工程设计方法独立完成双闭环直流调速系统的转速、电流调节器的结构设计和PI参数设计,并通过仿真软件进行数学建模及仿真调试,满足学生挑战性的需求
(7)	要求学生创建令人印象深刻的演示文稿并答辩,通过学生间、师生间互相提问,互相评分的方法进行评价。通过讲解报告模板示例,要求学生进行学术性总结,并撰写出满足毕业设计格式规范的设计报告
(8)	通过开展实验平台安全教育,挖掘电气传动发展史,紧跟科技前沿工程案例,聚焦社会的痛点问题、热点问题,润物无声地将思政教育内容融入主题任务中,引导学生主动思考,提高学生安全责任意识;培养学生严谨求实的工作作风,厚植爱国主义情怀,增强学生责任担当精神和工程伦理意识

表4 对标ILOs的考核依据和达成度

ILOs	考核依据	评价载体	分值	达成度	达成度级别
(1)(2)(3)(5) (6)(7)(8)	课题目标(3分)、实验设备(5分) 参数测试(5分)、仿真调试(6分) 工程设计(5分)、现场调试(6分) 注意事项(2分)、图表公式(5分)	总结报告	37	0.827	良好
(1)	电机及系统参数估算与计算	作业	5	0.980	优秀
(4)	实验过程记录:小组任务分工	实验记录单	5	0.983	优秀
(5)(6)	实验过程记录:遇到问题及解决办法	实验记录单	10	0.979	优秀
(1)(2)(3)(5)	实验操作考试,一对一口试	考试记录单	10	0.910	优秀
(7)	答辩:成果展示,同学互评,教师参评	答辩记录表	20	0.840	良好
(1)(3)	实验过程记录:实验内容及实验结果	实验记录单	10	0.993	优秀

为了更好地评价学生的能力达成及预期学习效果,课后教师进行达成度分析并构建评价反馈机制,制作调查问卷、开展学生座谈会,听取学生的建议;教师开展座谈交流、参加培训等提升教学设计能力;优化教学内容,将“两性一度”落实到每个具体知识点,提高教学内容的先进性和挑战度,完善思政案例库,创新课程思政融入课堂的教学模式,持续改进评价方式,不断对实

验课程进行反思。同时,对毕业生成长进行跟踪,积极听取用人单位意见,了解企业及学生的需求,指导课程持续改进。总之,以ILOs为核心,通过“设计、实施、评价、改进”等环节的持续建设,实现了实验教学设计闭环管理。

### 3 建设成效

电气传动课程设计是学校自动化专业、电气

工程及其自动化专业的核心课程, 2018 年为适应新工科建设, 满足专业特色发展需求, 以学生为中心, 开展项目牵引、成果导向的实验项目, 2019 年获批校级精品研究型课程建设, 2020 年获批教育部产学研合作协同育人创新创业教育项目, 突出工程特色。同时, 依托该实践课程的“电气传动及控制基础”获得国家级线下一流本科课程, 2021 年获批校级课程思政示范课程建设, 专业教学与实践育人相融合, 2022 年通过精品研究型课程中期认证, 持续改进。

学生对本课程认可度高, 学生评价“老师在授课中内容深且广, 涵盖面广”“实验课程体系严谨, 考核认真”“想要通过项目验收, 很有挑战性”等, 近三年学生评教分数为 94.090 分、94.880 分、95.148 分, 学生的满意度逐年提高。

近五年, 团队教师开展研究型课程建设教学改革成果交流 10 余人次, 增强了课程辐射性、示范性, 教学改革得到专家一致好评, 其建设模式也为学校自动化专业的电力电子综合实验、电机综合实验等研究型课程建设提供参考建设路径, 促进实验教学实现高质量内涵式发展。

#### 4 结束语

电气传动课程设计经过五年的持续改进, 使学生在发现问题和解决问题中掌握知识, 使学生想去脚踏实地学、学得清楚、学得明白, 有效提升了学生知识的深度和广度, 培养了学生解决复杂工程问题的能力和高级思维, 以及了解科技前沿和自身优势的文化自信<sup>[12]</sup>, 将“价值塑造、知识养成、实践能力”融为一体。因此, 通过核心课程中的综合实验可培养学生未来需要的核心素养和工程创新实践能力, 使学生学深悟透, 为学生继续深造或工作打下坚实的实践基础<sup>[13]</sup>; 同时, 该课程有力地支撑了自动化和电气工程及其

自动化专业顺利通过工程教育专业认证。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 教育部关于一流本科课程建设的实施意见[EB/OL]. (2019-10-30)[2023-03-05]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031\\_406269.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html).
- [2] 朱元捷, 刘畅, 刘媛, 等. 基于成果导向的研究型课程改革与实践[J]. 北京教育(高教), 2022(2): 46-48.
- [3] 朱元捷, 刘畅, 宋佳. 基于工程教育认证理念学生关键性非技术能力的提升路径[J]. 教书育人(高教论坛), 2021(3): 28-30.
- [4] 朱元捷, 刘畅, 刘媛, 等. 基于OBE理念“金课”持续改进的研究与实践[J]. 北京教育(高教), 2020(5): 58-60.
- [5] 刘畅, 林海. 以OBE理念探索一流本科建设的实现路径[J]. 教育评论, 2018(8): 33-36.
- [6] 李怡然, 彭熙伟. 自动控制理论综合实验工程性研究型改革实践[J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(1): 159-163.
- [7] 刘瑞静, 张婷, 吴美杰, 等. 双闭环直流调速系统实验教学设计与实践[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(3): 117-122.
- [8] 刘瑞静, 张婷, 吴美杰. 基于OBE理念的翻转课堂设计与实践[J]. 实验科学与技术, 2021, 19(2): 112-116.
- [9] 张婷, 高峰, 赵睿英, 等. 蕴含课程思政的自动化实验教学中心建设[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(3): 247-251.
- [10] 梁黎, 屈静. 基于OU-ILOs理论的开放教育在线课程“外国文学”的设计研究[J]. 当代继续教育, 2019, 37(1): 75-80.
- [11] 李赛男, 区炳明. 基于OBE理念的发酵工程教学改革探索[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(17): 259-261.
- [12] 于美, 李卫平, 邢雅兰. 以解决复杂问题为牵引的课程思政机制的构建[J]. 教育教学论坛, 2020(53): 114-116.
- [13] 耿小亮, 赵彬, 王佩艳, 等. PBL教学模式的实验力学课程教学方法探索[J]. 实验室研究与探索, 2021(7): 232-236.

编辑 钟晓