

产出导向的课程设计助力研究生综合能力培养

——以材料物理学课程为例^①

唐剑锋¹, 王放¹, 李冠男¹, 李婧¹, 林华¹, 徐立群¹, 严红²

1. 西南大学 材料与能源学院, 重庆 400715; 2. 中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116

摘要: 课程学习作为研究生教育的重要组成环节, 是研究生知识积累和能力养成的重要载体. 产出导向的课程设计瞄准学习者预期学习成果, 有利于促进研究生培养质量的提升. 本文从产出导向的视角将研究生培养目标分解为知识、能力和素养类培养几个不同维度, 提出了课程设计需遵循的基本原则. 进一步以材料学科学术型硕士研究生材料物理学课程为例, 在基本原则的指导下对课程目标、教学内容和教学方式、课程考核进行了合理设计, 并将其应用于教学实践, 取得了良好的成效. 课程设计的思路与教学实践方法能为研究生知识、能力和素养水平等综合素质的提升起到促进作用.

关键词: 课程设计; 培养目标; 产出导向; 研究生教育

中图分类号: G643.0

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2022)08-0117-08

Outcome-Oriented Curriculum Design to Help to Cultivate Comprehensive Abilities of Graduate Students ——With the Physics of Materials Course as an Example

TANG Jianfeng¹, WANG Fang¹, LI Guannan¹,
LI Jing¹, LIN Hua¹, XU Liquan¹, YAN Hong²

1. School of Materials and Energy, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Mines, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221116, China

Abstract: Course learning is of significance in post-graduate education for student knowledge accumulation and ability development. Outcome-oriented curriculum design, which aims at the learners' expected learning outcomes, is beneficial to promoting the quality of talent cultivation. In this article, the training objectives of post-graduate education have been divided into different dimensions of requirements corresponding to the knowledge, ability, and accomplishment. Four basic principles to be followed in curriculum design have been proposed from the perspective of outcome orientation. Furthermore, the post-graduate course of

① 收稿日期: 2021-11-05

基金项目: 重庆市研究生教育教学改革研究项目(yjg203031); 西南大学教育教学改革研究项目(2021JY001, 2020JY001, SWUYJS226202).

作者简介: 唐剑锋, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事固体发光材料的设计、制备与功能化研究.

"material physics" has been given as an example for practical operation of outcome-oriented curriculum design. Under the guidance of the four basic principles as proposed, the course objectives, contents and teaching methods, outcome evaluation are systematical designed. Good results have been achieved by applying the whole design to the practice of curriculum teaching. The purpose of this study is to guarantee the goal attainment for post-graduate students.

Key words: curriculum design; training objective; outcome-oriented; post-graduate education

目前,中国经济正转入创新驱动的高质量发展新阶段.人才是创新的根基,研究生教育肩负着高层次人才培养和创新创造的重要使命,是国家发展、社会进步的重要基石^[1].从1949年研究生招生人数仅242人到2020年招生突破110万人,研究生教育已成为教育强国建设的重要引擎^[2].将研究生教育定位于培养创造性人才,其本质在于对学习者的创造力的培养.课程学习作为研究生教育必不可少的重要组成部分,是研究生知识积累和能力养成的重要过程,研究生知识水平和能力结构能否满足培养要求将首先取决于课程学习质量.以课程为载体,既要引导学习者建构完备的理论知识体系,又要将创新和开拓的要素融入课程,有意识地培养学习者发现问题、分析问题、解决问题,以此增强研究生的创新能力和开拓精神^[3].

鉴于此,本文将重点探讨研究生课程教学设计的逻辑与原则,并以材料科学学术型硕士研究生专业学位课程材料物理学为例,阐述基于产出导向的课程目标制定、教学内容组织和教学评价机制构建,以期通过课程教学的合理设计为研究生专业知识和能力目标的达成提供保障.

1 研究生课程教学的设计逻辑与原则

如前所述,课程是研究生知识结构形成和能力培养的重要载体.这就意味着在课程设置与实施中要充分体现研究生培养目标中所规定的知识结构和能力培养的要求,这也是近期国内研究生课程教学改革所体现的重要共识^[4-6].课程的设计包括宏观的课程体系设计和微观的课程教学设计^[7].课程体系是指支撑所有培养要求达成的课程集合,传统的课程体系设计主要遵循以教师为中心和以学科为导向,课程体系的构成充分体现学科属性,即知识结构强调学科知识体系的系统性和完备性.而微观的课程教学设计则主要以教材为导向,教师根据课程确定教材,再由教材内容安排教学内容,课程目标也主要围绕着教学内容来制定,核心要求是掌握和积累学科知识.在这样的课程设计模式下,学习者仅仅成为教学实施环节的被动执行者.整个设计逻辑强调的是“教”的支配性,而忽略了“学”的能动性,导致教学环节的知识传授与能力培养明显脱节,使课程作为传递知识、养成能力的载体无法充分发挥作用.为此,需要重新探寻课程教学设计的逻辑.

工程教育专业认证倡导“以学生为中心,产出导向,持续改进”的理念为教学资源配置和人才培养质量提升提供了一条行之有效的途径.“产出”所指为学生取得的学习成果,即达成某种预期职业和专业成就应当具备的知识、能力和素养的培养要求,培养要求可理解为培养目标的具体化表现,包括课程学习在内的所有培养环节的设置要能完备、合理地对应实现所有培养要求^[8].笔者认为,“产出导向”的理念对培养学术型硕士研究生具有很大的引领价值.由于国内不同培养单位自身定位和办学水平的差异,对研究生培养要求不尽相同,但基本的模式可概括为以知识作支撑,以能力为核心,以素养促发展,图1所示为对应研究生培养目标的一般性知识、能力和素养要求的分解图.研究生教育主张通过“研究”培养人才,在知识、能力和素养的达成上更加注重发挥学习者的自主性.课程是支撑培养要求达成的必不可少的载体,对此,笔者基于“产出导向”的理念提出研究生课程设置的基本原则:

1.1 课程体系的设置要合理且有效地支撑起知识、能力和素养各维度培养要求

培养目标分解成涵盖不同知识、能力和素养的更为具体的培养要求.课程体系的设置是为了支撑培养要求的达成,是保证培养质量的基本要素.不同课程之间对培养要求的贡献须明确是互补或深化,避免简单重复.专业学位课程要对学生专业知识和能力的培养发挥主要的支撑作用.

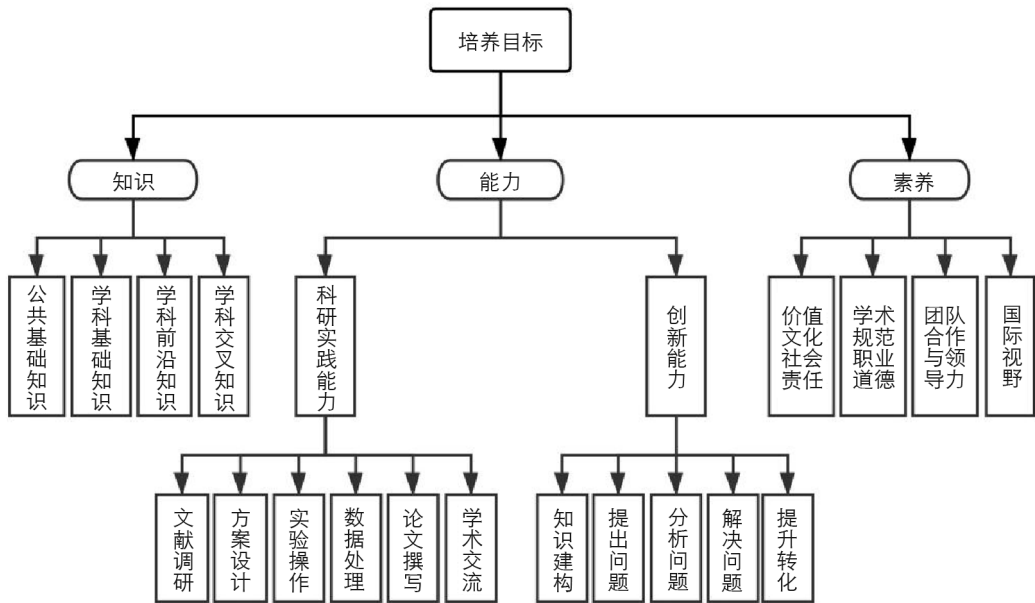


图 1 研究生培养目标分解

1.2 课程目标作为培养要求的进一步分化和落实, 要明确反映出学习的成效

课程目标要清晰且合理地对接培养要求, 以产出为导向设置课程目标, 就要求课程目标必须明确指向学习者的学习成果与效果, 课程目标的权重应根据课程对培养要求达成的贡献程度来确定, 对于课程强支撑的培养要求, 分解产生的课程目标所占权重值也相应更高。

1.3 课程内容的组织以实现课程目标为导向, 教学方式与学习任务相适应

教学内容要能支撑课程目标, 教学方法和教学组织形式的选择应当服务于课程目标的实现, 支撑各课程目标对应的教学内容和教学环节的投入量与课程目标权重应基本一致, 在满足这一原则的前提下, 研究生课程教学内容还需具有学科的深度, 能够体现学科前沿和交叉状况, 以利于培养学习者的研究和创新能力。

1.4 课程评价方式与评价标准要针对课程目标, 评价结果能证明课程目标的达成情况

评价的目的是检验课程目标的达成情况, 因此需对每项课程目标进行逐一评价, 针对课程目标采用最合适的评价方式, 重视过程考核的应用。评价标准的制定同样要针对课程目标, 过程评价要有合理可行的量规表, 通过评价既要反映课程目标的达成情况, 又要能揭示教学各环节的不足, 为教学的持续改进提供依据。

2 材料物理学课程设计

材料物理学是我院针对材料科学学术型硕士研究生开设的专业学位课程, 设置 3 学分, 本课程的内涵是从固体物理基本概念、原理和定律出发, 重点阐述固体材料特别是晶体材料热、电、磁、光性能的物理机制, 揭示并深刻理解材料结构决定性能的基本原理, 引导学习者运用相关知识及原理对材料科学与工程领域涉及物理层面的科学问题进行剖析, 为其从事功能材料的研究、设计与开发奠定坚实的基础。

2.1 课程目标

明确课程目标对培养要求的对接关系是课程设计的首要任务, 并将引导课程内容、教学方式和考核方式的选用。对应多个课程目标的课程, 各目标所占权重由规划课程体系时所赋予的课程对培养要求达成的贡献程度来衡量。作为专业学位课程中的核心课程, 材料物理学课程要对学习者专业知识和能力的培养发挥主要的支撑作用。依据本学科研究生培养目标分解方案, 材料物理学的具体课程目标与培养要求的对应关系如表 1 所示, 可见其对学科基础知识和知识建构能力起相对较强的支撑, 对应于课程目标 1 和目标 6 的权重也相对较高。

表 1 材料物理学课程目标与培养要求的对接关系

目标类型	具体目标	目标权重	支撑培养要求
知识	目标 1: 掌握材料热、电、磁、光等性能的物理本质, 并能运用相关知识表述和分析材料科学中的物理问题.	30%	学科基础知识
	目标 2: 熟悉功能材料研究的前沿动态, 能从最新的文献中凝练出相关科学问题与研究思路.	10%	学科前沿知识
	目标 3: 能够清晰表述以材料科学为主导的学科交叉经典范例, 认识学科交叉对新材料研发和应用带来的潜在价值.	10%	学科交叉知识
能力	目标 4: 熟练掌握精准查阅文献信息的技术与手段, 并能从文献中提炼有价值的信息.	10%	文献调研
	目标 5: 熟练运用计算机工具软件制作学术汇报材料, 能够进行学术演讲, 参与学术讨论.	10%	学术交流
	目标 6: 能够针对学习专题建立系统的知识架构, 明确关键的核心知识点, 并能表述相关知识点的逻辑关联.	20%	知识建构
素养	目标 7: 利用特定的教学环节使学习者熟练掌握学术研究和学术交流的一般流程, 增强学术规范意识.	5%	学术规范
	目标 8: 通过分组开展专题调研与学习汇报, 建立学习小组, 以团队合作提升学习成效.	5%	团队合作

2.2 课程内容与教学方式

根据“课程内容的组织以实现课程目标为导向”的基本原则, 材料物理学课程内容的编排一方面要体现知识性, 另一方面也要融入知识性目标之外的教学任务, 以任务驱动的方式促进本课程所设能力和素养类目标的达成. 对此, 针对知识性目标, 课程组以 C. Kittel 所著的 Introduction to Solid State Physics 为参考编排学科基础知识教学内容, 而学科前沿和交叉知识板块以经典文献和近期发表的精选文献为主要题材, 并根据学科发展动态和教学需要进行实时调整.

课程采取灵活多样的教学方式, 成立了教学课程组. 基础知识板块以课堂教授为主, 在知识传递的方法上强调建构性思维, 探寻知识建构的内在逻辑, 引导学习者思考前人在建立相关理论时的思路与逻辑, 并针对具体的基础知识专题引导构建思维导图. 课程对于知识点的细节并不作为课堂教学的重点, 而是辅以线上教学, 利用“学习通”和“雨课堂”等线上教学工具将提前制作的模块化学习资料发布给学习者, 学习者结合学习任务灵活制定学习计划, 网络系统自动记录学习过程, 并作为考核的参考依据. 针对前沿知识和交叉知识板块, 课程组借鉴在材料物理本科专业课程教学中采取的“专题化”课程教学模式^[9], 设计了任务驱动与自主学习相结合的教学方式, 任课老师提供与课程内涵相关且体现前沿性和交叉性的一定数量经典文献和近期发表的精选文献, 学习者通过自主学习, 凝练出文献中的相关科学问题和研究思路, 制作以解决科学问题为目的的思维导图, 以点带面, 引导扩展学科知识的深度和广度.

能力和素养类目标的达成以融入式教学为主. 将涉及的文献调研、学术交流和知识建构的能力培养与学科前沿和学科交叉知识的学习环节相融合, 制定相应的任务和必须达成的目标, 学习者可结合自身兴趣和个人特点开展自主学习和团队合作学习, 通过线上教学工具记录学习过程, 接受任课老师监督. 学术规范和团队合作的课程目标通过学习过程的任务设置得以实现, 在整个教学环节中任课老师灵活运用教学方法, 多措并举, 充分调动和发挥学习者的自主学习能动性, 以此提升学习者在课程学习中的获得感.

2.3 课程考核

材料物理学课程的考核以评价学习者通过完整的课程学习后达成各个课程目标的情况为目的. 表 2 所示为各课程目标对应采取的考核方式及占比, 由于本课程教学涉及过程环节较多, 每个课程目标的达成都需要制定与之匹配的考核方式, 需要说明的是, 课程组在制定考核机制时应尽量使某一种考核方式对应于尽可能少的课程目标, 如期末考试, 课程组根据考核方式的特点仅将其用于对目标 1(学科基础知识)和目

标 6(知识建构能力)的考核,其中对目标 1 进行主要考核,而对目标 6 为次要考核,目标 6 对应的知识建构能力达成情况还需结合课程报告共同评价.严格执行考核机制有助于使考核结果有针对性地反映出某一课程目标的达成情况,学习者在各考核方式所得成绩占总成绩取决于课程目标的权重,具体计算可依据公式(1):

$$\eta_m = \sum_n \left(w_n \times \frac{k_{nm}}{z_n} \right) \pm 2\% \tag{1}$$

其中, η_m 为第 m 种考核方式占总成绩权重; w_n 为第 n 个课程目标的权重; k_{nm} 为第 n 个课程目标在第 m 种考核方式中的占比; z_n 为第 n 个课程目标下对应所有考核方式占比的总和,即 $z_n = \sum_m k_{nm}$. 对考核方式占总成绩权重设置 $\pm 2\%$ 的偏差,用于应对教学计划实际执行过程中可能的调整.以课程报告为例,在设定其占总成绩权重时,具体计算方式为:

1) 课程报告涉及对课程目标 2,3,6,7 等 4 个课程目标的考核,各课程目标权重按表 1 分别设置为 $w_2=10\%, w_3=10\%, w_6=20\%, w_7=5\%$,其余课程目标对应课程报告的权重为零;

2) 课程目标 2 对课程报告考核方式占总成绩权重的贡献值为

$$w_2 \times \frac{k_{22}}{z_2} = w_2 \times \frac{k_{22}}{k_{21} + k_{22}} = 10\% \times \frac{25\%}{25\% + 25\%} = 5\% \tag{2}$$

3) 同理可依次算出:

$$w_3 \times \frac{k_{32}}{z_3} = 5\%, w_6 \times \frac{k_{62}}{z_6} = 13.33\%, w_7 \times \frac{k_{72}}{z_7} = 1.25\% \tag{3}$$

4) 将课程报告对应所有课程目标的权重贡献值求和,得到 $\eta_2=24.58\% \pm 2\%$,对应于表 2 课程报告占总成绩权重设为 25% .

表 2 材料物理学课程目标对应考核方式

课程目标 (权重)	评价要点	课程目标在各考核方式中占比/%				
		过程考核				期末考试 ($m=5$)
		文献研读 ($m=1$)	课程报告 ($m=2$)	课堂演讲 ($m=3$)	过程互评* ($m=4$)	
目标 1 ($w_1=30\%$)	基本知识的掌握与应用	—	—	—	—	80
目标 2 ($w_2=10\%$)	学科前沿意识	25	25	—	—	—
目标 3 ($w_3=10\%$)	学科交叉意识	25	25	—	—	—
目标 4 ($w_4=10\%$)	文献查阅技能	50	—	—	—	—
目标 5 ($w_5=10\%$)	学术交流能力	—	—	80	—	—
目标 6 ($w_6=20\%$)	知识建构能力	—	40	—	—	20
目标 7 ($w_7=5\%$)	学术规范性意识	—	10	20	10	—
目标 8 ($w_8=5\%$)	团队合作意识	—	—	—	90	—
合计		100	100	100	100	100
各考核方式占总成绩权重		20	25	15	5	35

* 可借助于线上教学系统开展生生互评.

此外,针对主观性较强的教学环节,课程组设计了考核评价量规表,根据量规表既可以直观地评价课程目标的达成情况,也可以更好地引导学习者开展自主学习.量规表清晰地对应于各评价要点,执行过程中具有公开性和透明性,根据评价结果,量规表能够直观地反映出教学环节的问题,有利于持续有效地提升课程教学质量.表3以课程报告为例,给出成绩评定的量规表,在制定量规表评价标准时,关键在于设置好合格档次的评价标准,学习者考核结果为合格即意味着达到课程目标的最低要求,学习者最终所取得的课程总成绩为各考核方式成绩按各自权重加权平均计算所得,这种以课程目标为导向的学习成绩可以直观地反映出学习的成效与不足,有利于增强学习者学习的主动性,提高综合能力,从而促进研究生培养目标的达成.

表 3 课程报告采用的考核评价量规表

评价要点 (权重)	评价标准				
	优秀 (90~100 分)	良好 (80~89 分)	中等 (70~79 分)	合格 (60~69 分)	不合格 (0~59 分)
学科前沿意识 (25%)	能够追踪功能材料研究的最新前沿动态,判断研究热点,并能梳理、凝练关键科学问题,构建合理可行的研究路线.	熟练掌握功能材料研究近期前沿动态,了解研究热点,能够总结、归纳科学问题并建立合理的解决方案.	能够了解功能材料研究的近期动态,知晓研究热点,能够判断科学问题并建立初步的解决方案.	熟悉功能材料的研究动态,能搜集近期发表的文献,认识科学问题并提出研究思路.	对材料研究的前沿动态不了解,不能通过文献研读归纳总结科学问题与研究思路,学科前沿意识淡薄.
学科交叉意识 (25%)	针对新材料相关的科学问题能够从多学科角度提出独特的研究思路,合理阐述学科交叉内涵,深刻剖析潜在的科学与应用前景.	针对新材料相关的科学问题能够从多学科角度提出研究思路,阐述学科交叉内涵,分析潜在的科学与应用前景.	针对材料领域相关的科学问题能够从不同学科角度寻求解决方案,并能对比不同方案对科学问题解决的优劣.	能够对已有材料科学相关的学科交叉经典范例进行清晰表述,认识学科交叉对材料研发和应用带来的潜在价值.	对材料科学相关的学科交叉不了解,不知晓学科交叉的意义,学科交叉意识淡薄.
学术规范意识 (10%)	研究报告结构层次清晰,语句精炼、准确、逻辑性强,格式完全符合要求,所有文献引用规范,专业术语使用恰当准确.	研究报告结构完整,语句准确、有逻辑,格式符合要求,文献引用基本规范,专业术语使用基本准确.	研究报告结构基本完整,语句通顺,格式基本符合要求,文献标注规范,用词达意.	课程报告的格式基本符合要求,文献标注规范,用词基本达意.	课程报告明显拼凑所得,格式不符合要求,文献引用随意,学术规范意识淡薄.
知识建构能力 (40%)	能够针对学科领域特定专题自主构建系统性的知识架构,绘制层次分明的思维导图,明确核心知识点和关键知识点,准确地阐述各知识点之间的深层次逻辑关联.	能够针对学科领域特定专题自主构建系统性知识架构,绘制思维导图,明确核心知识点和关键知识点,基本准确地阐述各知识点之间的逻辑关联.	能够针对学科相关特定专题构建系统性知识架构,以一定方式展示,给出核心知识点和关键知识点,能够描述各知识点之间的逻辑关联.	能够针对某一专题建立系统的知识架构,知晓关键的核心知识点,并能表述相关知识点的逻辑关联.	不明确知识点之间的相互关联,不具备知识建构的能力.

2.4 课程评价

课程评价的目的是检验学习者在完成课程学习后达成课程目标的情况,为课程教学的持续改进提供依

据. 材料物理学课程以完成修课并提交学习成果的所有研究生为评价对象, 并以最近一次完成学习的 23 名学生为例, 考核方式和占比严格按表 2 设定, 各考核方式下学生成绩分布如图 2 所示.

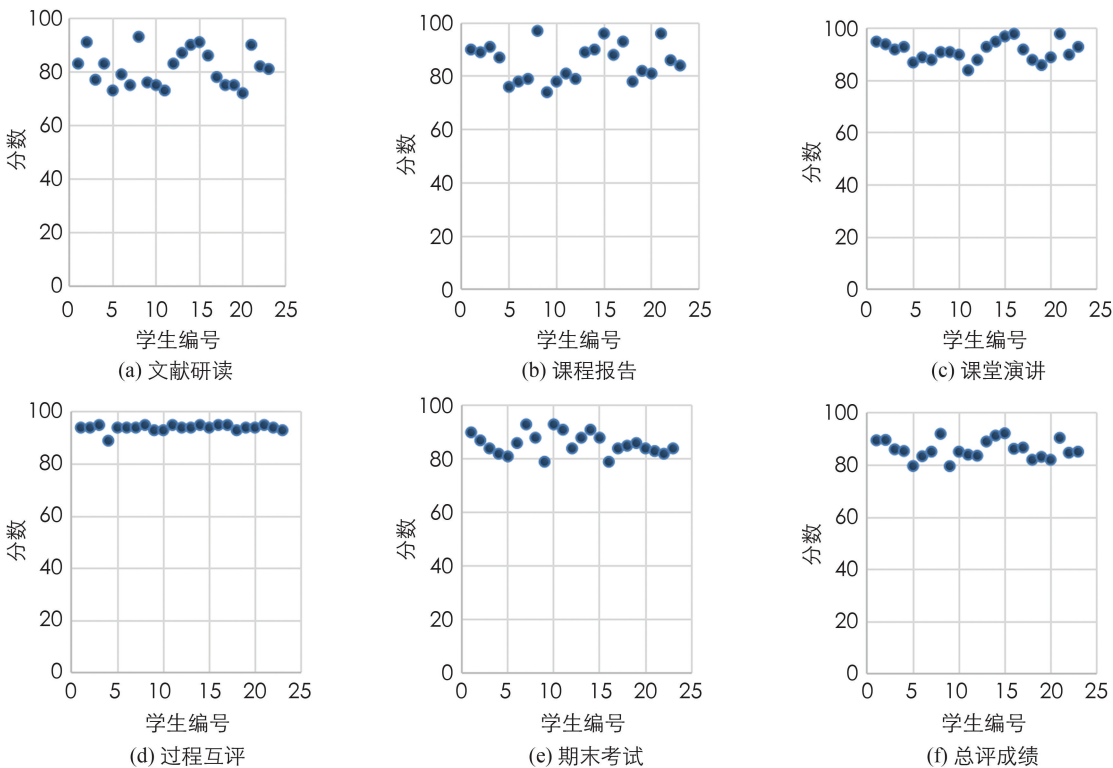


图 2 材料物理学课程考核成绩分布

根据对研究生学位课程总评成绩达标的最低要求(≥ 75 分), 所有参加本课程学习的学生均达标. 再根据学生不同考核方式下的成绩, 进一步可计算出课程目标的总体达成度, 计算方式为

$$\text{第 } n \text{ 个课程目标总体达成度} = \frac{\sum_m \text{第 } n \text{ 个课程目标平均得分}}{\sum_m \text{第 } n \text{ 个课程目标的考核总分}}$$

(4)

图 3 所示为所有课程目标总体达成度, 结果表明, 学生对课程目标 7(学术规范意识)和课程目标 8(团队合作意识)的达成度为 0.94, 优于其他课程目标. 课程目标 3(学科交叉意识)相对薄弱, 需要通过后续课程的学习进一步加强. 同时, 在本课程的下一轮教学中也需在涉及学科交叉意识培养的相关环节, 如文献研读和课程报告中给予更多的引导, 促进学生的能力和素养得到更加全面的发展.

3 结论

课程教学是研究生教育的基本环节, 是研究生知识结构形成和能力养成的重要载体. 通过课程教学夯实研究生学科知识, 打牢创新基础, 是提升研究生综合能力和科学素养的必不可少的教

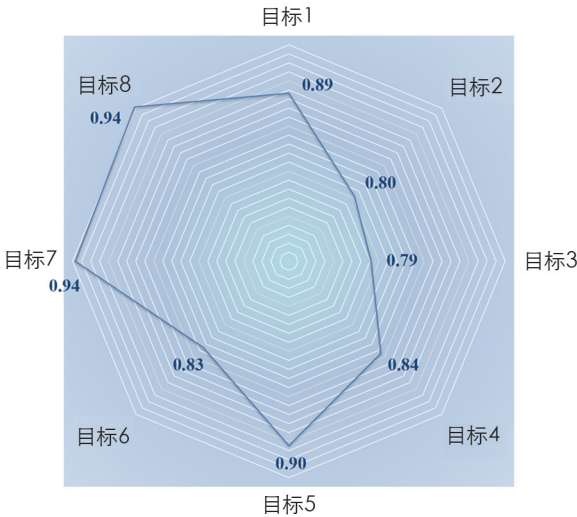


图 3 材料物理学课程目标总体达成度

学环节,传统的研究生课程设计以学科为导向,对研究生的能力和素养的培养存在显著的不足.对此,笔者借助工程教育专业认证核心理念,探索了基于产出导向的研究生课程设计逻辑与基本原则,将研究生的培养目标明确为不同维度的知识、能力和素养类培养要求,基于课程对培养要求的贡献进一步分解产生可直接反映学习者学习成果的课程目标,围绕课程目标开展教学各环节的设计并将其应用于教学实践,取得了良好的教学实效,这将为研究生课程教学的合理设计、课程目标达成评价以及培养目标的实现起到促进作用.

参考文献:

- [1] 教育部 发展改革委 财政部关于加快新时代研究生教育改革发展的意见 [J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(34): 72-76.
- [2] 赵婀娜,张烁,吴月. 从小到大,从弱到强,我国 2020 年研究生在学人数预计突破 300 万——为高质量发展提供智慧引擎 [N]. 人民日报, 2020-07-29(6).
- [3] 黄珺,韩菲菲,刘慧. 研究生课程设置与创新能力培养 [J]. 就业与保障, 2020(17): 166-167.
- [4] 尹兵,许文华. 基于翻转课堂概念的研究生量子化学教学实践 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(3): 201-205.
- [5] 李华青,夏大文,王林,等. 大数据时代研究生创新能力培养的系统实践——以跨界复合型大数据人才创新能力培养为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(11): 171-175.
- [6] 赵秀兰,魏世强,蒋珍茂,等. 文献导读在研究生“污染生态学”教学中的应用 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(7): 181-185.
- [7] 李志义,王泽武. 成果导向的课程教学设计 [J]. 高教发展与评估, 2021, 37(3): 91-98, 113.
- [8] 邹浩,周恒洋. 理工科硕士研究生创新能力评价体系构建研究 [J]. 高等工程教育研究, 2015(4): 126-128, 153.
- [9] 唐剑锋,程南璞,李元,等. 基于专题导向的开放式材料物理课程教学探索 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(1): 154-158.

责任编辑 汤振金