

能力导向与 AI 赋能的机器学习课程教学改革实践^{*}

张曼 浣沙 尚文利 曹忠

广州大学电子与通信工程学院, 广州 510006

摘要 针对《机器学习》课程教学中理论知识缺乏层级、实践内容与理论体系衔接不足、过程性评价反馈不充分的现状, 提出能力导向与 AI 赋能相结合的课程教学改革方案, 构建“能力图谱—理论知识—实践案例—过程评价”的一体化教学改革体系架构, 旨在通过三维知识体系重构、分层实践案例设计和 AI 辅助反馈机制, 提升学生应用机器学习方法分析和解决工程问题的能力。改革已在课程中试点, 初步实践显示, 学生的知识关联、模型应用与工程实践能力均有提升, 教学目标的详细达成度达到 0.8 以上, 可为同类课程教改提供参考。

关键词 机器学习, 教学改革, 能力导向, AI 赋能, 实践教学

Teaching Reform Practice of the Machine Learning Course Based on Competency Orientation and AI Empowerment^{*}

Zhang Man Huan Sha Shang Wenli Cao Zhong

School of Electronics and Communication Engineering, Guangzhou University, Guangzhou, 510006, China;
manzhang401@gzhu.edu.cn

Abstract—Aiming at the current problems in the teaching of the Machine Learning course, including the lack of hierarchy in theoretical knowledge, insufficient connection between practical content and the theoretical system, and inadequate feedback in formative assessment, this paper proposes a teaching reform scheme integrating competency orientation and AI empowerment. An integrated teaching reform framework of “competency graph—theoretical knowledge—practical cases—formative evaluation” is constructed. Through three-dimensional restructuring of the knowledge system, layered practical case design, and an AI-assisted feedback mechanism, the reform aims to enhance students’ ability to apply machine learning methods to analyze and solve engineering problems. The reform has been piloted in the course. Preliminary practice shows that students’ ability to relate knowledge, apply models, and solve engineering problems has improved, and detailed achievement rate of teaching objectives reaches above 0.8, offering a reference for similar course reforms.

Keywords—Machine Learning, Teaching Reform, Competency Orientation, AI Empowerment, Practical Teaching

1 引言

“新工科”要求高等工程教育主动适应新技术、新产业和新业态的发展需求, 推动专业课程建设与行业技术前沿和工程实践场景相衔接^[1]。机器学习作为人工智能的重要基础技术, 已广泛应用于物联网、智能感知和数据分析等领域。《机器学习》作为广州大学

物联网工程专业的核心课程, 不仅承担着讲授算法原理和模型方法的任务, 更重要的是培养学生应用机器学习理论与技术分析和解决工程问题的能力。该课程具有知识点分布广、数学基础要求高、算法模型多、编程实践性强等特点, 学生在数学理解、程序设计和问题分析能力方面存在较大差异。传统教学往往偏重模型原理讲解和算法推导, 实践环节多围绕单个模型或单次实验任务展开, 理论知识与工程应用之间缺乏连续性的衔接路径。如同类课程教改文献^[2,3,4]中所述: 学习效果通常只能达到非计算机专业的业余水平, 即“公式看不懂, 算法跑不通”。工程教育更为重视理论与实践的融合贯通, 如何处理知识与能力的关系素来是工程教育的核心命题^[5]。如何推动学生完成从知识

^{*}**基金资助:** 本文得到广东省本科教学质量改革工程及教育教学改革项目“广东省本科高校校企联合实验室”、“广州大学-小蚁智控物联网校企联合实验室”、广州市高校科产教融合实践教学基地项目“智慧物联产教融合实践教学基地”(2024KJCJD001)、广州大学校级教改项目《工业互联网背景下的物联网工程专业机器学习教学内容改革与实践模式探索》、《AI 赋能的物联网工程专业机器学习教学内容改革与实践》项目资助。

理解到方法应用、再到工程实践的能力转化,是《机器学习》课程教学改革需要聚焦的核心问题。

2 《机器学习》教学现状分析

结合《机器学习》教学实践,分析总结出当前课程在理论内容组织、实践教学设计和过程性评价反馈等方面存在以下不足,影响了学生从知识理解到工程应用的能力转化。

2.1 课程理论内容缺乏有效关联和难度层级

机器学习课程内容涵盖多个经典模型,不同模型又涉及高等数学、线性代数、概率统计和优化方法等基础知识。当前课程大纲按照模型类别或教材章节展开,模型算法之间的内在联系呈现不足,不利于学生把握机器学习任务中的共性问题。同一模型内部的教学内容也缺乏明确的难度层次划分,数学基础能力各异的学生往往面对相同的学习任务和考核要求。

2.2 课程实践内容缺乏与理论知识的充分融合

传统机器学习课程教学较为侧重模型原理解释、算法推导和公式计算,理论考核也多集中于模型基本原理阐述和算法推导。实践案例往往围绕单一模型单独设计,缺乏贯穿课程知识体系的任务主线,导致理论知识与实践应用之间衔接不够紧密。学生在完成实验时,容易停留在代码运行和结果复现层面,对模型选择依据、实验设计逻辑、评价指标含义和结果改进方法理解不足。

2.3 过程性教学评价缺乏针对学生的有效反馈

目前课程过程性评价主要依赖平时作业和上机实践报告。学生在平时作业中只能获得分数或简单批注,难以明确自己在概念理解、推导过程或方法应用中的具体问题。实践报告评价也存在类似情况,学生往往只获得一个总评分,缺少针对数据处理、模型实现、参数调优、结果分析等具体环节的改进建议。由于个性化反馈不足,学生后续改进较多依赖主观自觉,不利于持续提升实践能力。

3 课程改革思路与方案

3.1 课程改革的核心理念与目标

课程改革围绕“以学生为中心、以能力达成为目标、以AI工具辅助为支撑”的理念,构建“能力图谱—理论知识—实践案例—过程评价”的一体化教学改革体系架构,如图1所示。从“应用机器学习方法解决工程问题”的核心目标出发构建能力图谱,作为理论内容重构、实践案例设计和考核评价改革的依据,并在多个环节使用AI赋能工具辅助。通过能力目标牵引教学过程,使理论知识、实践任务和评价标准形成

一致关系,促进学生完成从知识理解到方法应用、再到工程实践的能力转化。

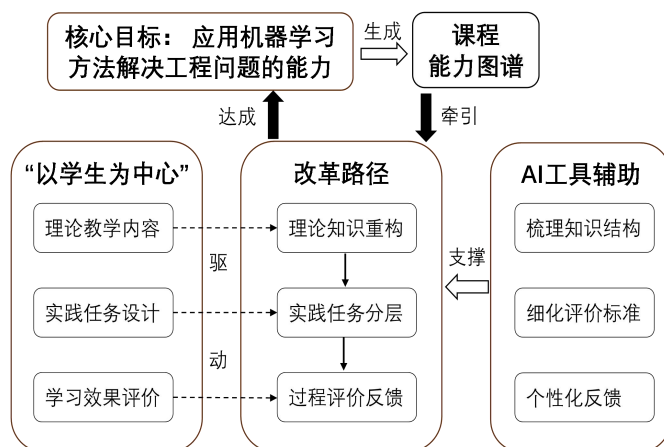


图1 能力导向和AI赋能的课程改革体系架构

具体而言,在课程能力图谱建构的基础上,课程改革构建“三步走”的改革路径:在教学内容组织方面,构建层次化的知识结构,引导学生循序渐进理解机器学习的基本概念、典型模型和应用方法。在实践任务设计方面,设置基础验证、对比分析和综合应用等不同层级的项目任务,使学生能够根据自身基础逐步完成从模型理解到工程应用的能力提升。在学习评价反馈方面,强化过程性评价,通过细化评价标准和及时反馈,帮助学生发现学习环节中的具体问题。

《教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见》^[6]指出:“要……推动课程体系、教材体系、教学体系智能化升级,将人工智能技术融入教育教学全要素全过程”。课程改革将AI赋能作为改革路径的重要支撑,将AI工具嵌入课程资源整理、实践任务设计和学习反馈等环节。在课程设计阶段,借助AI大语言模型工具对课程知识内容、实践任务要求和评价标准进行辅助梳理,体现AI对教学资源组织与课程设计优化的赋能作用。在教学评价阶段,将AI教学平台工具用于辅助实践报告批改与反馈,为学生提供更具有针对性的改进建议,体现AI对过程性评价和能力提升反馈的赋能作用,增强课程评价对学生实践能力发展的支持。

3.2 能力导向的教改实施总体方案

根据核心理念与目标,提出以课程目标为牵引,以核心能力为中心,以理论知识和实践案例为两翼的教学改革实施方案,如图2所示。课程目标向下分解为理论理解、模型选择、数据处理、实验分析和代码实现等核心能力;理论知识体系围绕能力点进行重组,为能力培养提供基础支撑;实践案例体系围绕能力要求分层设计,使学生在具体工程任务中完成知识应用与能力训练。通过“课程目标分解—理论知识支撑—实践案例实现—能力达成验证”的路径,形成从理论认知到能力生成再到实践验证的教学改革体系。

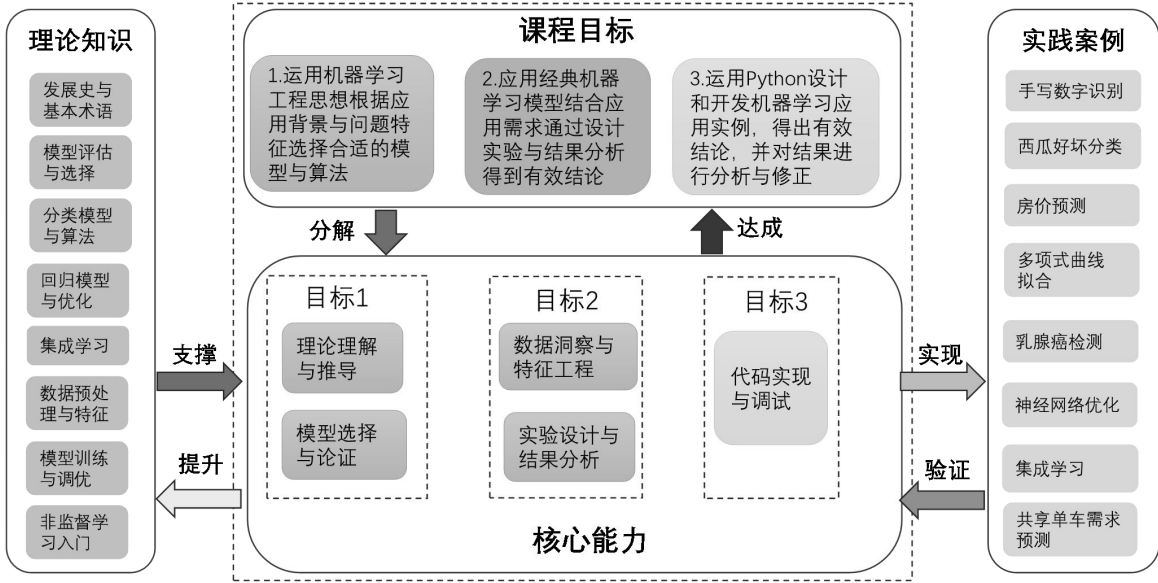


图 2 能力导向的课程改革总体方案

4 课程教学改革举措

表 1 课程三级能力图谱模型

目标	主能力	子能力	能力点
模型理解	理论理解与推导	原理阐述	①能阐述典型学习模型的优化目标与求解原理 ②能阐述非监督学习中的k-means算法的原理
		基础理论理解	①能描述过拟合与正则化的概念和理论依据 ②能描述评估方法与指标的基本要素和理论依据 ③能描述梯度下降基本原理，解释影响梯度下降求解收敛性的多种因素
		模型选择与论证	①能阐述典型监督学习模型适合解决的监督学习任务特征 ②能结合问题特性对比不同监督学习模型优缺点并阐述理由
	模型选择	①能基于问题复杂度论证模型选择依据 ②能够为欠拟合问题选择更复杂模型，为过拟合问题选择简化模型或增加正则化	
工程实践	数据洞察与特征工程	数据预处理	①能进行基本的数据预处理，包括缺失值填充、异常值检测与处理 ②能对类别特征选择合适的编码方式
		特征缩放	能根据模型需求使用标准化或归一化技术处理数据特征
	实验设计与结果分析	调参策略	①能根据问题和模型的特性选择合适的超参数，并设定合理的超参数空间 ②能使用网格搜索或随机搜索在指定超参数空间中进行系统搜索
		误差分析	①能选择 Precision、Recall、F1-score、PR曲线对结果进行综合评估 ②能通过混淆矩阵分析分类错误的主要来源
		模型诊断	①能通过学习曲线诊断模型处于欠拟合还是过拟合状态 ②能提出具体改进方案
工具应用	代码实现与调试	数据处理	①用StandardScaler/MinMaxScaler进行尺度缩放 ②用train_test_split划分出测试集
		建模与评估	①调用典型监督学习模型接口训练 ②根据模型类型计算性能指标
	自动化调参	①能利用 sklearn.model_selection.GridSearchCV实现自动化超参数调优 ②能解析其输出结果并选择最佳参数	

4.1 课程三级能力图谱建构

能力点是教学活动中需要达成的基本目标单元,也是课程目标向教学内容、实践任务和评价标准转化的重要依据^[7]。能力图谱的建构从“应用机器学习方法解决工程问题的能力”出发,按照“课程目标—主能力—子能力—能力点”的逻辑逐级分解,如表1所示。课程目标由概括性要求转化为具体教学依据,为理论知识体系重构、分层实践案例设计和过程性评价改革提供牵引,推动课程教学从“知识讲授为中心”转向“能力生成导向”。

4.2 构建能力导向的理论内容体系

以课程能力目标为牵引,分析各能力点所需支撑的知识基础、技术原理和工具方法,并以课程大纲、教案、多媒体课件和实践案例等资源为基础,借助AI工具辅助提取知识节点、归纳模型关联和初步划分难度层级,构造“三维一体”的理论知识体系。在横向上,以机器学习三大主流派别为主线组织不同模型。在纵向上,以“理论知识—技术原理—实践工具”三层模式分解不同模型的教学内容,使其分别支撑理论理解、算法实现和工具应用等能力要求。在第三维度上,依据能力达成规律,设计“基本数据拟合—模型增强—模型扩展”的渐进式难度等级。

如图3所示,以逻辑回归模型知识单元为例,在纵向层级上,教学内容由交叉熵、对数几率等理论知识,逐步过渡到交叉熵损失函数、梯度下降求解等技术原理,并进一步落实到sk-learn工具中的模型训练与结果分析方法;在横向维度上,将逻辑回归置于统计学习方法体系中;在难度层级上,由基本数据拟合逐步拓展到正则化方法和Softmax分类器等进阶内容。通过这种以能力点为牵引的知识重构方式,学生能够

建立“理论—原理—工具”的纵向联系，理解不同模型之间的横向关系，并形成由基础理解到综合应用的递进式学习路径。

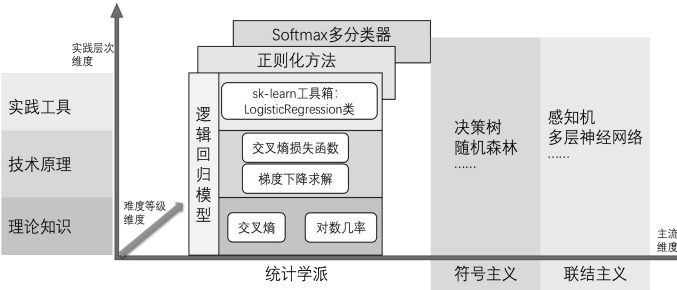


图 3 能力牵引的“三维一体”课程理论知识体系

4.3 设计分层递进的实践案例体系

工程实践能够促进各类能力协调发展，培养解决问题的能力是工程实践教育的核心^[8]。教改在能力图谱和理论知识体系重构的基础上，设计 8 个实践应用案例任务，如表 2 所示。案例体系按照难度和综合性分为三个层级：基础验证层侧重单一模型训练，帮助学生掌握数据处理、模型训练和结果评价的基本流程。对比分析层强调不同模型或参数方案的比较，训练学生的模型选择和误差分析能力。综合集成层引导学生完成从数据探索、特征处理、模型选择到结果分析的完整建模过程。通过分层递进的实践案例设计，帮助学生逐步从“会运行代码”提升到“会分析问题、会选择模型、会解释结果和会改进方案”，进而提升解决工程问题的实践能力。

表 2 实践案例任务设计

考核方式		模型理解	工程实践	工具应用	合计
期末考试		25	25	0	50
平时	平时作业	10	0	0	10
	实践报告	0	15	25	40
合计		35	40	25	100

4.4 AI 工具辅助的过程评价与针对性反馈

在教学过程评价阶段，由能力图谱牵引，将案例任务要求进一步细化为实践过程评价指标。这些细化指标为 AI 辅助批改工具建立批改规则提供了基础。具体实施过程如图 4 所示，教师预先根据实践案例任务目标、能力要求和相关知识单元，制定实践报告评价指标细则，并在 AI 教学工具平台“课堂在线”中使用智能批改功能，为不同实践报告建立相应的批改规则。学生提交实践案例报告后，系统以报告文本为评价对象，依据预设评分细则进行智能评分和分项反馈。学生能够得到依据不同能力点生成的更有针对性的分项反馈和文本批注，使得每次实践报告都成为一次具体

的学习诊断和改进反馈机会，并一定程度上减轻教师重复性批改负担。

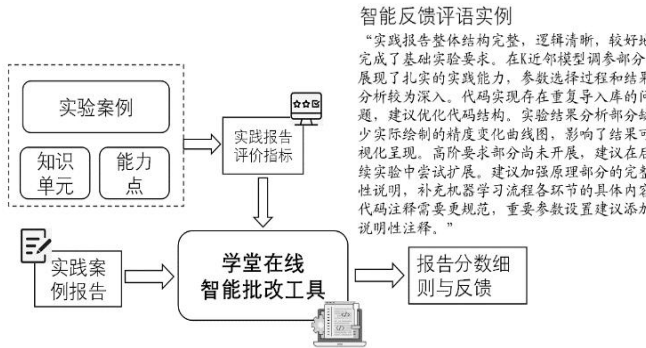


图 4 AI 工具辅助的过程评价与反馈实施路径

5 教学改革实施与成效

5.1 教学改革实施

广州大学物联网工程专业机器学习课程改革自 2024 年开始实施，在原来 32 学时理论讲授的基础上增加 16 学时的实践课程。2024 学年课程全部采用线下授课，2025 学年升级为线上线下混合式教学，其中实践部分采用线上授课。根据工程教育认证标准^[9]，表 3 中给出了课程考核方式及对 3 个课程目标的具体支撑情况。考核总分 100 分中，对三个课程目标的构成分别占 35%、40%和 25%。考核方式中，平时作业和实践报告总占比为 50%，强调了过程性考核的重要性。

表 3 考核方式及对课程目标的支撑情况

5.2 课程目标达成度分析

2024和2025学年的机器学习课程目标总体达成度均为0.8左右，符合课程改革预期。针对三个教学目标

案例名称	核心单元	能力维度	层级
手写数字识别：K近邻分类模型	K近邻模型	原理阐述、代码实现、数据预处理	基础验证层
西瓜好坏分类：朴素贝叶斯模型	朴素贝叶斯模型	原理阐述、代码实现	基础验证层
房价预测：线性回归基础	线性回归	原理阐述、代码实现	基础验证层
曲线拟合：多项式回归的过拟合	多项式回归	原理阐述、误差分析、模型对比	对比分析层
乳腺癌检测：决策树与线性模型	决策树、线性分类模型	模型对比、模型选择、误差分析	对比分析层
调优实战：神经网络优化	人工神经网络、模型调优	调参策略、误差分析、自动化调参	对比分析层
集成学习：随机森林提升性能	集成学习-主要算法	原理阐述、代码实现、模型诊断	对比分析层
综合项目：共享单车需求预测	本案例综合运用前7个知识单元	全部能力项，尤其是实验设计与结果分析	综合集成层

的详细达成度情况如图5所示：两个学年的目标1、2达成度均在0.8左右及以上，目标3的达成度由2024学年的0.7027提高到2025学年的0.8001。因为课程目标3对应的是“代码实现与调试”能力，它是实践能力的最直观体现，这在一定程度上说明能力导向的教学改革取得了初步成效。还有部分原因是2025学年的实践教学采用线上模式进行，交流沟通打破以教师为中心的路径依赖，提升学生交流讨论的参与度从而提高了实践能力。

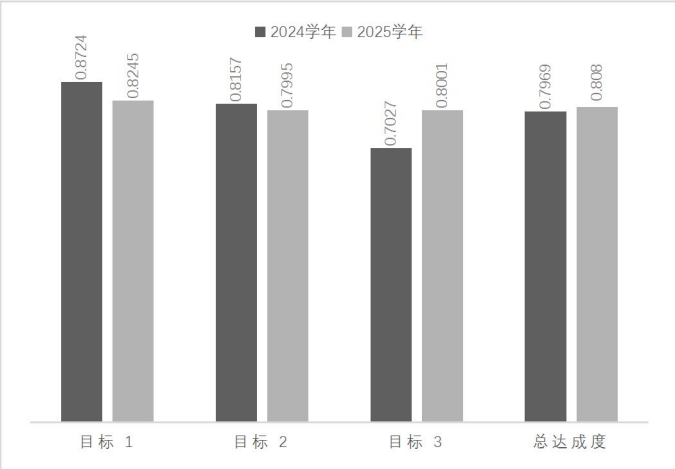


图 5 2024 和 2025 学年课程目标达成度

5.3 学生评教反馈分析

对教改前的2023学年和之后的2024、2025学年学生评教文本信息进行分析。从反馈内容看，2023学年的评教主要集中在“教师授课认真、讲解清晰、课堂氛围较好”等方面，涉及能力提升的表述相对较少。表4中给出三个年度的学生评语中，与实践和能力表述相关的词条统计数量及占比，其中实践相关的表述中含“实践/实验/实操/代码/动手”，能力相关的表述中含“能力/提升/掌握/分析/解决/应用”等关键字。改革后学生反馈中关于“代码实操、理论联系实际、分析解决问题”等相关的表述占比有所提高，说明学生对课程实践环节和能力培养导向的感知更加突出。由此可见，改革后的课程在强化实践教学、促进理论与实践融合以及培养学生分析和解决问题能力方面取得了积极效果。

表 4 2023—2025 学年学生评教文本信息分析

教学年度	评语数量	实践相关表述	能力相关表述
2023	51	7条，13.7%	8条，15.7%
2024	112	27条，24.1%	35条，31.3%
2025	68	20条，29.4%	21条，30.9%

6 结束语

从课程目标达成度和学生评教反馈看，改革后的课程在强化实践教学、促进理论与实践融合、提升学生分析和解决问题能力等方面取得了初步成效。学生反馈中关于实践环节、代码实操、理论联系实际和能力提升的评价增多，说明改革对学生实践能力培养具有积极作用。本轮改革仍存在诸多不足。如学生能力发展过程的数据积累还不够充分，实践评价细则与能力图谱之间的量化支撑关系仍需进一步细化等。后续将进一步完善能力评价指标体系，积累实践过程数据，优化 AI 辅助反馈规则，持续提升课程教学效果。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 深入推进“新工科”建设[EB/OL]. (2019-10-31) [2025-12-23]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/xw_fbh/moe_2606/2019/tqh20191031/sfc1/201910/t20191031_406260.html

[2] 张乐飞, 罗勇, 杜博. 机器学习教学改革与人工智能人才培养[J]. 中国大学教学, 2023(5): 18-21.

[3] 王婕婷, 李飞江, 钱宇华等. 新工科背景下机器学习教学改革探索与实践[J]. 计算机技术与教育学报, 2025, 13(01): 125-129.

[4] 王朔遥, 毕宿志, 聂晨, 全智. 基于生成式编程工具的机器学习课程混合式教学改革实践. 计算机技术与教育学报, 2026, 14(02): 93-98.

[5] 蔺亚琼, 白璐, 马近远. 大学课程与核心能力培养—基于美国一流院校本科课程体系的多案例考察[J]. 高等工程教育研究, 2025(5): 151-160.

[6] 中华人民共和国教育部. 教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. (2025-04-15) [2025-12-23]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A01/s7048/202504/t20250416_1187476.html

[7] 丁国富, 马术文, 张剑, 田怀文. 量化的知识与能力融合的教学体系探索[J]. 高等工程教育研究, 2022(6): 62-69.

[8] 胡文龙, 李忠红. 国际典型工程人才关键能力模型研究[J]. 高等工程教育研究, 2021(4): 81-87.

[9] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准(2024版)[EB/OL]. 2024-11-29. <https://www.ceeaa.org.cn/gcjjzyrzhx/xwdt/tzgg56/677023/index.html>