

专业导向下的线性代数分类教学实践

王新蕾

安徽理工大学数学与大数据学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2026年9月10日; 录用日期: 2026年10月12日; 发布日期: 2026年10月19日

摘要

线性代数是理工科专业的重要公共基础课, 但统一的教学内容、案例和节奏往往难以兼顾不同专业的应用需求与学生基础。本文以认知负荷理论为指导, 面向电气自动化专业118名学生和高分子材料与工程专业120名学生, 构建“基础统一、应用分化”的分类教学模式, 分别融入电路与控制、实验数据处理与材料表征案例, 并依托学习通采集预习、互动和作业等过程数据, 将本届期末成绩与近三届同专业传统教学均值进行比较。结果显示, 两专业作业完成率均超过90%; 高分子专业平均分、及格率和应用题得分率分别提高5.7分、12.1个百分点和15.1个百分点, 电气专业分别提高5.6分、11.4个百分点和17.7个百分点, 纯计算题得分率基本稳定。研究表明, 专业熟悉案例与差异化教学节奏有助于降低外在认知负荷, 提升学习参与度和知识应用能力, 可为公共数学基础课的差异化改革提供参考。

关键词

线性代数, 分类教学, 认知负荷, 专业导向, 智慧教学

Profession-Oriented Classified Teaching Practice of Linear Algebra

Xinlei Wang

School of Mathematics and Big Data, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: September 10, 2026; accepted: October 12, 2026; published: October 19, 2026

Abstract

Linear algebra is an important public basic course for science and engineering majors. However, unified teaching contents, cases and teaching rhythms can hardly satisfy the practical application demands of different majors as well as students' varied academic foundations. Guided by cognitive load theory, this paper constructs a classified teaching mode featuring "unified fundamentals and

differentiated applications” for 118 students majoring in electrical automation and 120 students majoring in polymer materials and engineering. Subject-specific cases concerning circuit and control, experimental data processing and material characterization are integrated into teaching respectively. Process-oriented data including preview performance, classroom interaction and homework completion are collected via the Xuexitong teaching platform. The final exam scores of students under this teaching practice are compared with the average scores obtained from traditional teaching over the previous three academic years for the same majors. The results show that the homework completion rates of both majors exceed 90%. For polymer materials and engineering major, the average score, pass rate and score rate of application questions rise by 5.7 points, 12.1 percentage points and 15.1 percentage points respectively. For electrical automation major, these indicators increase by 5.6 points, 11.4 percentage points and 17.7 percentage points correspondingly, while the score rate of pure computational questions remains generally stable. The research indicates that subject-familiar cases and differentiated teaching rhythms help reduce extraneous cognitive load, improve students’ learning engagement and their ability to apply knowledge, which can provide references for the differentiated reform of public basic mathematics courses.

Keywords

Linear Algebra, Classified Teaching, Cognitive Load, Profession-Oriented, Smart Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

线性代数是高等院校理工科专业的重要公共基础课，核心内容包括行列式、矩阵、向量空间、线性方程组、特征值与特征向量及二次型。课程既为后续专业学习提供数学工具，也承担逻辑思维、抽象概括和科学计算能力培养任务[1]。随着新工科建设深入推进，不同专业对数学基础的需求日益分化，统一教材、统一案例和统一节奏的教学方式难以充分适应差异化人才培养。

认知负荷理论(Cognitive Load Theory, CLT)认为学习者的工作记忆容量有限，教学应降低由材料呈现和陌生情境造成的外在认知负荷，合理调节内容难度形成的内在认知负荷，并把认知资源用于图式建构[2]。线性代数概念抽象、符号密集；当案例与学生专业背景脱节时，学生需要同时理解陌生情境和数学概念，外在认知负荷会进一步增加。

国内相关研究已从分层教学[3]、课程数字化转型[4]、线上线下混合式“金课”[5]和成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)混合式教学[6]等角度探索线性代数改革；新工科课程改革[7]及知识引导与数据驱动的教学设计[8]进一步强调数学知识与工程问题的联系。工科数学平台建设[9]、公共数学课程多维融合[10]、OBE 案例设计[11]、课程思政融入[12]、案例启发教学[13]、学习通支持的混合式教学[14]及信息化背景下的内容创新[15]共同表明，公共数学课程正由统一讲授转向目标、内容、活动与评价协同改革。

现有研究多聚焦单一专业或单一教学技术，对“专业应用需求差异”与“学生数学基础差异”同时作用下的分类教学关注不足。电气自动化专业需要运用矩阵分析电路、建立状态空间模型并判断系统稳定性；高分子材料与工程专业则需要用线性代数处理实验数据、开展材料表征和配方计算。基于此，本文以两个专业为对象，依托学习通平台构建并实施“专业导向、分类实施”的线性代数教学模式，分析其学习过程和学业结果，为公共数学基础课的差异化教学提供实践依据。

2. 方法

2.1. 理论框架与设计原则

分类教学遵循三项原则。第一，“基础统一、应用分化”：两个专业共享核心概念、基本理论和统一考试要求，在案例、习题与实践任务上体现专业特色。第二，“能力导向、因材施教”：以运用数学知识解决专业问题为目标，根据学生基础调整推导节奏、练习密度和案例难度。第三，“技术赋能、过程跟踪”：依托学习通开展课前预习、课堂互动和课后巩固，利用即时反馈优化教学，并为效果分析提供过程数据。

从专业需求看，电气自动化课程群中的节点电压法、回路电流法、状态空间模型、稳定性判断和能量分析均与线性方程组、矩阵、特征值和二次型密切相关，因而更强调“方程求解”和“系统建模”。高分子材料课程群中的物料衡算、配方计算、最小二乘拟合、光谱与衍射数据处理及各向异性力学分析，则更强调“数据处理”和“实验分析”。以学生熟悉的专业情境承载抽象概念，可以减少理解情境所占用的认知资源。

2.2. 研究对象与基础差异

教学实践于 2025~2026 学年第一学期开展。研究对象为电气自动化专业 2024 级 1 个教学班(3 个行政班，共 118 人)和高分子材料与工程专业 2024 级 1 个教学班(3 个行政班，共 120 人)。两个教学班由同一教师授课，使用同一本教材，均为 40 课时、每周 4 课时，并参加统一期末考试。

根据本校近三年录取数据和入学数学摸底成绩，电气自动化专业学生的高等数学摸底平均成绩约 72 分，高分子材料与工程专业约 65 分。前者在代数运算和逻辑推理方面总体表现较好，后者在抽象概念理解和公式灵活运用方面相对薄弱。因此，电气专业适当加快理论推导并增加综合性案例；高分子专业强化概念解释和基础运算，案例更贴近实验场景。

2.3. 分类教学内容设计

2.3.1. 电气自动化专业

行列式与矩阵模块约 10 课时。讲解矩阵乘法时引入含 3 个独立节点的直流电路，根据基尔霍夫电流定律建立节点电压方程，并写成矩阵形式 $GU = I$ ，其中 G 为节点电导矩阵， U 为节点电压向量， I 为注入电流向量；借此说明矩阵乘法是线性组合的批量计算，逆矩阵的存在性对应电路方程是否有唯一解。

线性方程组模块约 8 课时。把高斯消元与电路分析中的逐步消去相联系，引入含运算放大器的电路案例；结合零输入响应和零状态响应说明齐次解与特解的意义。特征值与特征向量模块约 10 课时，以二阶 RLC 电路的状态方程 $\dot{x} = Ax$ 为载体，通过矩阵 A 的特征值判断过阻尼、临界阻尼、欠阻尼和稳定性，并观察参数变化对应的响应曲线。

向量空间与二次型模块约 12 课时。向量空间与电路状态空间相联系，正定二次型与电路能量函数相联系，以矩阵正定性解释无源特性。课程中期设置“用矩阵方法分析一个实际电路”的小组任务，专业应用题约占课后作业的 30%。

2.3.2. 高分子材料与工程专业

行列式与矩阵模块约 10 课时。把多组材料的拉伸强度、断裂伸长率和弹性模量整理为数据矩阵，用多组分聚合物配方说明矩阵乘法的批量计算功能，并以“已知性能反推配方”的情境理解逆矩阵。

线性方程组模块约 8 课时，重点揭示最小二乘法的线性代数基础，即把实验数据拟合转化为正规方

程 $A^T A x = A^T b$ 。以聚合物老化实验数据拟合动力学关系并预测材料寿命，同时引入多组分共聚反应的物料衡算问题。特征值与特征向量模块约 10 课时，借助主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)的基本思想说明协方差矩阵特征值与主要影响因素之间的关系，重在概念理解，不要求复杂推导。

向量空间与二次型模块约 12 课时。用“材料性能空间”说明每种材料可表示为性能向量，材料相似性可用向量距离衡量；用各向异性材料的应力 - 应变关系说明二次型和刚度张量对方向性力学差异的描述。课程中期设置“用最小二乘法拟合一组材料实验数据”的小组任务，课后作业中基础题约占 60%、专业应用题约占 40%。

2.4. 教学实施与考核

两个专业均采用“课前预习 - 课堂互动 - 课后巩固”的混合式流程。课前在学习通发布课件、微课和预习测验，教师依据预习时长与测验结果确定课堂重点；课中使用签到、抢答、选人、讨论、投票和随堂测验开展互动，围绕专业案例组织学生解释建模思路；课后发布基础题和专业应用题，平台自动批改客观题，教师反馈主观题，讨论区用于答疑。

电气自动化专业课程节奏适中偏快，在矩阵和特征值章节各安排 2 课时专业专题，并使用 Multisim 演示电路响应与特征值的关系。高分子材料与工程专业放慢理论推导、增加基础运算练习，在矩阵和线性方程组章节各安排 2 课时专业专题，并使用 Excel 或 Python 演示数据拟合。课程考核由过程性考核和期末考试构成：过程性考核占 40%，包括学习通预习与互动 15%、平时作业 15%、专业小作业 10%；期末考试占 60%，题型包括选择题、填空题、计算题和应用题。

2.5. 数据来源与分析

过程数据由学习通后台汇总，包括签到率、预习视频完成率、预习测验成绩、作业完成率、作业成绩、课堂互动和讨论区发帖。学业结果包括本届期末平均分、及格率、应用题得分率，以及近三届同专业传统教学的对应均值；同时比较纯计算题得分率，用于观察专业应用强化是否削弱基本运算。本文采用描述性统计和历史对照，不进行随机分组或因果推断。

3. 结果

3.1. 学习过程数据

两个专业在整个学期的学习通过程性数据见表 1。

Table 1. Comparison of learning-process data between the two majors
表 1. 两专业学习通过程性数据对比

指标	电气自动化专业	高分子材料与工程专业
平均签到率	96.2%	91.5%
预习视频完成率	88.7%	76.3%
预习测验平均分	82.5	68.4
作业完成率	94.1%	90.2%
作业平均分	78.6	70.3
课堂互动参与(人均)	4.8 次/周	2.9 次/周
讨论区发帖数(总计)	56 帖	35 帖

两个专业的签到率和作业完成率均超过 90%。电气专业的预习完成率、预习测验成绩和课堂互动参与度高于高分子专业，与其入学数学基础较好相一致。高分子专业作业完成率为 90.2%，高于其预习视频完成率 76.3%，说明该群体对任务驱动、做中学的参与度高于被动观看视频。与往届同专业数据相比，高分子专业作业完成率由约 82%提高到 90.2%；电气专业课堂互动由人均约 1.5 次/周提高到 4.8 次/周。

3.2. 学业成绩

两个专业本届期末成绩与近三届同专业传统教学均值的对比分别见表 2 和表 3。

Table 2. Comparison of final-examination results in polymer materials and engineering
表 2. 高分子材料与工程专业期末成绩对比

组别	人数	平均分	及格率	应用题得分率
本届分类教学	120	73.5	86.4%	68.2%
近三届传统教学均值	354	67.8	74.3%	53.1%
差值	—	+5.7	+12.1 个百分点	+15.1 个百分点

高分子材料与工程专业本届期末平均分提高 5.7 分，及格率提高 12.1 个百分点，应用题得分率提高 15.1 个百分点；纯计算题得分率为 75.3%，与近三届均值 73.8%基本持平。结果显示，专业应用强化主要体现在知识迁移和问题解决表现上，未观察到基本计算表现下降。

Table 3. Comparison of final-examination results in electrical automation
表 3. 电气自动化专业期末成绩对比

组别	人数	平均分	及格率	应用题得分率
本届分类教学	118	78.2	89.8%	72.5%
近三届传统教学均值	352	72.6	78.4%	54.8%
差值	—	+5.6	+11.4 个百分点	+17.7 个百分点

电气自动化专业本届期末平均分提高 5.6 分，及格率提高 11.4 个百分点，应用题得分率提高 17.7 个百分点；纯计算题得分率为 79.2%，与近三届均值 77.5%基本持平。其平均分和及格率绝对值高于高分子专业，但两个专业相对历史均值的提升幅度接近。

3.3. 专业间效果差异

两个专业均从分类教学中获益，但表现侧重不同。电气专业学生在综合性、探究性应用中更突出，小组作业出现多种电路分析案例；高分子专业学生在基本概念和基础应用上进步较明显，尤其是最小二乘法相关题目。学习通数据还显示，电气专业更倾向于课前预习和课堂主动互动，高分子专业更多依赖课后作业巩固。专业案例的贴适度是影响学习动机的重要因素：材料实验数据拟合和电路分析分别使两个专业的学生更容易看到线性代数与后续课程的联系。

4. 讨论

4.1. 作用机制

分类教学的作用首先体现在专业熟悉案例对外在认知负荷的控制。与学生已有专业知识相联系时，

案例情境不再占用过多工作记忆,学生可以把认知资源用于概念理解和图式建构[16]。其次,差异化节奏和任务难度有助于调节内在认知负荷:高分子专业通过放慢推导和增加基础练习保持可理解性,电气专业通过综合案例提高有益的认知投入。相关设计原则强调,教学支持应随学习者已有图式和任务复杂度动态调整[17]。再次,学习通的碎片化资源、即时反馈和过程记录降低了信息查找与等待反馈的成本,并帮助教师识别不同群体的学习行为。

结果还提示,差异化不等于降低共同标准。两个专业共享核心理论、教材、课时、考核结构和期末试卷,差异主要发生在案例语境、教学节奏、练习比例和实践任务。纯计算题得分率基本稳定,而应用题得分率提高,说明在本次实践中,应用分化与基础统一可以兼容。

4.2. 局限与改进

本研究存在四方面局限。第一,两个班由同一教师授课,无法排除教师风格和实施熟练度的影响。第二,对照数据来自历史班级,不是同期随机或准实验对照;不同届学生构成、试题等值性和教学环境变化均可能影响结果,因此平均分和得分率的变化只能作为实践性描述,不能完全归因于分类教学。第三,评价主要依赖平台过程数据和期末成绩,缺少认知负荷量表、访谈资料及后续专业课程中的迁移表现。第四,专业案例主要由数学教师开发,其专业深度仍需与专业课教师共同核定。

后续研究可扩大专业范围,设置同期对照或采用匹配设计,使用共同锚题检验试卷等值性,并报告均值、标准差、效应量和显著性检验;同时加入认知负荷、学习动机和专业迁移能力测量。教学实践层面应建立数学教师与专业课教师协同备课机制,建设可按专业、知识点和难度检索的案例资源库,并根据学习通数据持续优化预习方式和任务结构。

5. 结论

本文针对线性代数公共课中的学用脱节与学生基础差异,构建了“基础统一、应用分化”的专业导向分类教学模式。第一,电气自动化侧重矩阵建模、方程求解和系统稳定性,高分子材料与工程侧重实验数据、最小二乘拟合和材料表征,专业需求与学生基础的双重差异构成分类教学的现实依据。第二,本届两个专业的作业完成率均超过 90%,与近三届同专业传统教学均值相比,电气专业平均分提高 5.6 分、应用题得分率提高 17.7 个百分点,高分子专业平均分提高 5.7 分、应用题得分率提高 15.1 个百分点,纯计算题得分率基本稳定。第三,学习通过程数据能够揭示不同基础学生的学习行为,为节奏调整、任务设计和反馈提供依据。鉴于本研究采用历史对照,上述结果应视为支持进一步验证的实践证据。

致 谢

感谢参与课程教学与数据采集的学生,以及在教学组织中提供支持的同事。感谢安徽理工大学校级教育教学改革研究重点项目的资助。

参考文献

- [1] 同济大学数学系. 工程数学——线性代数[M]. 第 6 版. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [2] Sweller, J. (1988) Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- [3] 薛雨, 程美玉, 张伟. 基于 MOOC 的线性代数分层教学探索与实践——以黑龙江大学为例[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2024(7): 76-79.
- [4] 张应腾, 王志华. 人工智能背景下线性代数课程数字化转型的探索与实践[J]. 科教文汇, 2026(1): 116-120.
- [5] 郭艳凤, 郭春晓, 林燕. 新工科背景下线性代数线上线下混合式“金课”的改革与实践[J]. 高教学刊, 2021, 7(30): 139-142.

-
- [6] 胡建成, 周钰谦, 杨韧. OBE 理念下的线性代数混合式教学探索与实践[J]. 大学数学, 2022, 38(1): 32-37.
- [7] 杨威, 高淑萍, 陈怀琛, 等. 新工科背景下线性代数教学改革与探索——以国家精品在线开放课程《实用大众线性代数》为例[J]. 高教学刊, 2020(5): 8-12.
- [8] 刘波, 刘伟, 李长云. 知识引导与数据驱动下线性代数特征值对比教学探索[J]. 计算机教育, 2026(6): 151-156.
- [9] 傅英定, 黄廷祝. 加强基地建设 构建培养高素质人才的工科数学教学平台[J]. 中国大学教学, 2006(8): 29-31.
- [10] 邢抱花. 数理公共课程“多维融合”新型教学模式构建研究——以高等数学课程为例[J]. 高教学刊, 2025, 11(35): 100-103.
- [11] 杨苗苗. 新工科背景下基于 OBE 理念的概率论与数理统计课程教学创新案例设计[J]. 高教学刊, 2022, 8(17): 22-25.
- [12] 郭彩霞, 李华鹏, 郭建敏. 泛函分析课程思政建设理念探讨与教学实践[J]. 大学数学, 2024, 40(4): 40-44.
- [13] 赵东红, 魏海瑞, 刘宇. “一流本科课程”背景下线性代数案例启发教学的探索[J]. 大学数学, 2022, 38(3): 53-60.
- [14] 戈跃华, 沈玮玮, 白露. 基于超星学习通的线性代数混合式教学研究[J]. 科技视界, 2022(26): 145-147.
- [15] 王强, 方文波, 张俊杰, 等. 教育信息化背景下高校线性代数课程教学内容创新的探索与实践[J]. 大学数学, 2012, 28(5): 4-7.
- [16] Paas, F. and Sweller, J. (2014) Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: Mayer, R.E., Ed., *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 27-42. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139547369.004>
- [17] Van Merriënboer, J.J.G. and Sweller, J. (2010) Cognitive Load Theory in Health Professional Education: Design Principles and Strategies. *Medical Education*, **44**, 85-93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x>