

基于认知负荷理论的线性代数双语教学探索

马志超¹, 马瑶迪^{2*}

¹苏州科技大学数学科学学院, 江苏 苏州

²苏州市沧浪新城第二实验小学校, 江苏 苏州

收稿日期: 2025年7月26日; 录用日期: 2025年8月25日; 发布日期: 2025年9月3日

摘要

本文基于认知负荷理论, 探讨了现阶段普通本科院校线性代数双语课程实际教学中面临的主要困难。结合作者近几年的教学经验, 分享教学过程中优化内部认知负荷、降低外部认知负荷、增加相关认知负荷的教学策略。

关键词

线性代数, 双语教学, 教学研究, 认知负荷理论

Teaching Research of Bilingual Teaching for Linear Algebra via Cognitive Load Theory

Zhichao Ma¹, Yaodi Ma^{2*}

¹School of Mathematical Sciences, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou Jiangsu

²No.2 Experimental Primary School of NCC, Suzhou Jiangsu

Received: Jul. 26th, 2025; accepted: Aug. 25th, 2025; published: Sep. 3rd, 2025

Abstract

We discuss the main difficulty of bilingual teaching for Linear Algebra by taking advantage of Cognitive Load Theory. Combining with recent teaching experience, we share some teaching strategies in optimizing intrinsic cognitive load, reducing extraneous cognitive load and increasing relevant cognitive load.

Keywords

Linear Algebra, Bilingual Teaching, Teaching Research, Cognitive Load Theory

*通讯作者。

文章引用: 马志超, 马瑶迪. 基于认知负荷理论的线性代数双语教学探索[J]. 教育进展, 2025, 15(9): 201-206.

DOI: 10.12677/ae.2025.1591659



1. 引言

在 2010~2020 年教育中长期发展纲要中,我国提出了“通过教育国际化,深化高等教育改革”的指导思想。十多年来,面向国内部分本科院校开展的国际合作项目不断建立和发展,如今已广受家长和学生的欢迎[1]。苏州科技大学积极响应国家政策,在 2011 年成立了国际教育学院,依托中外特色学科和专业优势,积极构建国际化教育平台,与英国南威尔士大学合作举办四个理工科专业的中外合作本科教育项目。学制采用“3+1”模式,即国内学习 3 年,国外学习 1 年。目前相关专业均在大一时期开设线性代数双语课程。

2. 认知负荷理论

上个世纪末,J. Sweller [2]以图式理论和资源有限理论为基础,提出了认知负荷理论。作者假设人类的认知结构包括工作记忆和长期记忆两个部分。工作记忆是信息加工场所,负责处理由视觉,听觉和从长期记忆调用等渠道获得的信息。长期记忆是信息储存场所,所有信息都是以结构化的形式(图式)存储在长期记忆中。

处理新信息(学习)的过程就是通过工作记忆将信息进行编码以图式的形式存储在长期记忆中。然而工作记忆的容量是有限的,一旦所处理的信息超过其容量,就会出现认知负荷过载进而影响认知效率。根据来源的不同,认知负荷分为三种:内部认知负荷,外部认知负荷,相关认知负荷。内部认知负荷是一种有益负荷,受所学习材料的基本特征及复杂程度影响,尤其是前序知识的掌握程度。外部认知负荷是一种无益负荷,来自于所学内容的表达方式。它会加重学习者增加工作记忆的负荷,阻碍了图式的获得和自动处理,降低学习效率。相关认知负荷是一种在图式建构及图式自动化过程中,与学习者的努力程度相关的有益负荷。特别地,当学习者经过多次图式加工后便可以达到无意识和自动化的处理,此时所耗用的认知资源较少。

在理工类专业当中,线性代数是一门十分重要的基础课。一方面,线性代数课程的内部认知负荷非常大,该课程本身的内容非常抽象,知识难度较大,即使是使用中文授课依然会超出部分学生的工作记忆容量。另一方面,绝大部分学生是首次接触英文数学课程,双语教学会给学生带来巨大的外部认知负荷。因此,如何降低学生的认知负荷,处理好数学课程内容的困难(内部认知负荷)和双语教学语言的压力(外部认知负荷),成为了该课程教学过程的重中之重[3]。下文笔者就自身中外合作项目线性代数双语课程的教学实践经验及相关问卷调查结果(见附件),谈一谈个人的教学策略。

3. 教学实践

3.1. 教材及参考书

为了优化内部认知负荷,我们选择了孙晓娟老师编著的英文版线性代数教材[4]。该教材内容全英文书写,篇幅简练,难度适中。相较于国外原版教材,该教材符合国内线性代数的课程标准和教学大纲,对学生前序知识的掌握要求更加合理,适合目前中外合作项目的中国学生。由问题一的统计结果可知,只有 12.6%的学生完全无法接受英文教材的使用,大部分学生在经过多次图式加工后便可以达到无意识和自动化的处理,适应英文教材。同时,给学有余力的学生推荐 Gilbert Strang 教授在麻省理工的线性代

数公开课及国外原版教材[5], 也为暂时还不太适应的学生推荐本校中文线上课程和教材[6], 降低其外部认知负荷。教师要鼓励学生在课堂之外使用线上资源进行图式加工和自动化处理, 无论是用作课前预习还是课后复习。根据问题二的统计结果, 我们发现超过一半的学生完全不使用线上教学资源, 近一半学生只使用中文教学资源。只有个别学生会使用英文线上资源, 主要原因如下: 第一, 全英文线上课程内容较多难度较大, 学生前序知识的掌握较差, 内部认知负荷过大; 第二, 全英文讲授大量增加学生的外部认知负荷, 学生出现了认知负荷过载, 认知效率低下。事实上, 这也与问题五的统计结果一致, 大部分学生不希望老师进行全英文讲授。

3.2. 多媒体课件及讲义

教师要使用全英文制作课件, 编写讲义。一方面, 目前国内学生已经具备较强的英语阅读能力, 全英文课件不会增加太多外部认知负荷。另一方面, 为了与国际接轨, 全英文的多媒体课件可以让学生提前适应英语的教学环境, 为本科最后一年在国外的学习打下基础。考虑到大部分学生是第一次接触英文数学课程, 本次课程出现的很多数学专业名词学生从未见过, 为了降低外部认知负荷, 教师需要在多媒体课件和讲义中对首次出现的数学专业名词进行了中文注释。这样能够保证学生在课堂上所处理的信息总量处于合理状态, 避免出现认知负荷过载, 影响认知效率。

需要强调的是, 为了增加有益负荷, 教师只在专业名词首次出现时标注中文释义, 之后再次出现时不进行解释。这是为了督促学生, 使其有意识地记忆英文数学专业名词, 学生在经过多次图式加工后便可达到无意识和自动化的处理, 这样可以降低之后所耗用的认知资源, 便于学生后续作业和考试答题的书写, 培养学生用英文书写解题过程的能力。

3.3. 课堂实践

为了降低外部认知负荷, 教师使用全英文板书和中文讲授相结合的方式进行课堂教学。运用内容与语言整合学习法(CLIL, 即通过外语教授非语言课程, 实现语言技能和学科知识同步发展的方法)进行教学[7]。在有专业名词注释的情况下, 根据问题三和四的统计结果, 我们发现大部分学生在课堂上已具备全英文多媒体课件和板书的阅读能力。在课堂上使用全英文板书, 不但不会增加学生的外部认知负荷, 还会增加相关认知负荷, 帮助学生图式建构及自动化处理, 有利于学生同步进行全英文教材的阅读和进行模仿学习, 培养全英文书写的能力。

考虑到学生较弱的英文听写能力, 为了降低外部认知负荷, 教师应当选择使用中文讲授, 偶尔穿插英文讲授。由于线性代数本身的知识难度较大, 即使只进行基础理论知识的讲解, 课堂上学生需要处理的信息总量已经非常巨大。全英文讲授会大量增加学生的记忆负荷, 不利于学生理解知识点本身并进行图式加工。使用中文讲授可以降低学生课堂上所处理的信息总量, 避免出现认知负荷过载, 影响认知效率, 有利于学生实现图式的获得与规则的自动化[8]。

此外, 为了提高相关认知负荷, 教师在课堂上可以考虑使用词源学的数学术语教学法[9]。这样的方式有利于学生的图式建构及图式自动化, 提高学习效率。

例 1: 在注释“anti-symmetry matrix”时, 我们会与“symmetry matrix”(对称矩阵)相联系, 并和学生解释前缀“anti-”(反抗)。随后让学生先自己猜测“anti-symmetry matrix”的中文释义。

例 2: 在注释“per-multiply”和“post-multiply”时, 我们先提示学生前缀“per-”和“post-”的为“预先”和“之后”, 随后让学生结合语境猜测“per-multiply”和“post-multiply”的中文释义。

例 3: 在注释“diag”时, 让学生猜测是哪个单词的缩写, 并将“diagonalizable”以及“diagonalization”等相关单词一并注释说明。

这样解释数学专业名词, 学习者经过多次图式加工后便可以达到无意识和自动化的处理。

教师要鼓励学生在掌握课堂知识的前提下, 课后自行学习 Gilbert Strang 教授在麻省理工的线性代数公开课, 自主进行图式加工和自动化的处理。问卷的统计数据显示, 只有个别学生使用了英文的线上教学资源, 这表明全英文教学过程中的认知负荷已经超出绝大部分学生的工作记忆的容量, 强行追求全英文的教学环境不利于图式建构及自动化处理, 会使认知效率低下。

3.4. 作业及考试

为了提高相关认知负荷, 教师应当要求作业及试卷的内容为全英文。考虑到教材, 多媒体课件以及课堂板书均为全英文, 学生实际上拥有非常多的模仿和学习对象。结合目前学生较强的日常英语书写能力, 全英文书写有助于学生多次图式加工, 在课程结束时达到无意识和自动化的处理, 降低之后所耗用的认知资源, 有利于学生提前适应海外课程的教学, 有利于培养理工科学生英文学术写作的能力, 为学生进一步求学深造打下基础。问题六的统计结果表明, 有四分之一的学生完全无法适应全英文的书写, 其原因可能在于部分学生前序知识掌握较差, 全英文的书写所带来的认知负荷已经超过工作记忆的容量, 导致工作效率低下。在后续的教学过程中, 教师需要注意加强学生图式加工的训练, 尤其是英文书写能力较差的学生。

教师需要有耐心地对學生进行图式建构及自动化处理的训练。虽然在一开始就要求学生全英文书写课后作业, 但在前几次作业时会适当放宽要求, 给学生逐渐适应的时间[10]。在几次作业之后, 需要留意那些不愿意或者没有能力进行全英文书写习题解答过程的学生, 必要时进行单独谈话, 鼓励学生进行英文尝试, 争取到课程结束进行期末闭卷考试时学生能够达到无意识和自动化的处理。考虑到学生的英文读写能力差异, 为了降低部分学生的外部认知负荷, 可根据平时作业的情况, 在期末试卷出题过程中加入数学专业名词的中文注释。

4. 总结

对于目前普通本科院校线性代数双语课程的讲授, 教师要立足学生前序知识的掌握程度, 优化内部认知负荷、降低外部认知负荷、增加相关认知负荷。教师要根据学生的实际情况调整英文教学内容所占比例, 降低英文教学带来的外部认知负荷, 避免认知效率低下。在学生工作记忆的容量内, 尽量增加学生的相关认知负荷, 帮助学生图式建构及自动化处理。

致 谢

感谢参与问卷的同学的耐心反馈。

参考文献

- [1] 龚谊承, 牛晓梦, 李德宜. 线性代数双语教学中降低学生语言压力的三种措施[J]. 数学学习与研究, 2017(9): 14-15.
- [2] Sweller, J. (1988) Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- [3] 傅爽, 高云. 计算机专业线性代数双语教学研究与实践[J]. 科技资讯, 2013(15): 182-184.
- [4] 孙晓娟. *Linear Algebra* [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2018.
- [5] (美)吉尔伯特·斯特朗. 线性代数[M]. 第6版. 北京: 清华大学出版社, 2024.
- [6] 吴健荣, 谷建胜. 线性代数[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [7] 彼得·I·德科斯塔, 道格拉斯·哈特曼, 柯蒂斯·格林-埃内克斯, 等. 通过国际合作推进 EMI 环境中的 CLIL 教学法: 引言(英文) [J]. 中国应用语言学, 2025, 48(1): 3-11+154.

- [8] 刘淑花, 张倩, 王晓云. 基于认知负荷理论的初级会计学双语教学设计研究[J]. 商业会计, 2015(6): 124-126.
- [9] 王继强. 从英文原词解析线性代数术语[J]. 高等数学研究, 2019, 22(1): 98-99.
- [10] 陈娜娜, 何文峰. 应用型本科院校线性代数双语教学探索[J]. 教育现代化, 2018, 5(41): 20-21.

附 件

1. 问卷模板: (单选题)

问题一: 是否适应全英文教材的使用?

- A. 完全不能 B. 勉强可以 C. 问题不大 D. 完全可以

问题二: 是否在课下使用线上教学资源?

- A. 中文 B. 英文 C. 都用 D. 都不用

问题三: 是否适应全英文课件?

- A. 完全不能 B. 勉强可以 C. 问题不大 D. 完全可以

问题四: 是否适应老师使用英文板书?

- A. 完全不能 B. 勉强可以 C. 问题不大 D. 完全可以

问题五: 是否希望老师使用英语授课?

- A. 不希望 B. 无所谓 C. 希望 D. 非常希望

问题六: 是否适应全英文书写作业及考试?

- A. 完全不能 B. 勉强可以 C. 问题不大 D. 完全可以

2. 问卷数据

本学期讲授中外合作线性代数课程两个教学班, 共 162 名学生, 收回有效问卷 71 份, 统计数据如下:

	A	B	C	D
问题一	9	22	25	15
问题二	39	4	2	26
问题三	12	25	24	10
问题四	21	27	17	6
问题五	49	14	5	3
问题六	18	31	20	2