

专业课程教学中认知负荷优化实践

刘树勇^{1*}, 柴 凯^{2#}, 梁 平¹, 赵浩收¹

¹海军工程大学动力工程学院, 湖北 武汉

²海军工程大学舰船与海洋学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2024年12月2日; 录用日期: 2025年1月2日; 发布日期: 2025年1月9日

摘 要

针对学员在监测诊断课程学习中负荷重、解决实际问题能力不足的现状, 提出课程学习的认知负荷倒U型数学模型。通过重构内容、强化实战优化内在负荷, 创新信息化教学削减外在负荷, 设计适配活动提升关联负荷。结果表明, 学习效率与认知负荷呈倒U型关系, 负荷应适度。优化认知负荷可增强学员学习积极性, 培育创新能力, 助力监测保障人才高质量培养。

关键词

监测诊断, 认知负荷, 倒U数学模型, 实战化能力, 学习主动性

Practice of Cognitive Load Optimization in Professional Course Teaching

Shuyong Liu^{1*}, Kai Chai^{2#}, Ping Liang¹, Haoshou Zhao¹

¹College of Power Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

²College of Naval Architecture and Ocean, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

Received: Dec. 2nd, 2024; accepted: Jan. 2nd, 2025; published: Jan. 9th, 2025

Abstract

In response to the current situation where students have a heavy load and insufficient ability to solve practical problems in the learning of monitoring and diagnosis courses, an inverted U-shaped mathematical model of cognitive load for course learning is proposed. By restructuring the content, strengthening practical applications to optimize the internal cognitive load, innovating information-

*第一作者。

#通讯作者。

based teaching to reduce the external cognitive load, and designing suitable activities to increase the germane cognitive load. The results show that there is an inverted U-shaped relationship between learning efficiency and cognitive load, and the load should be appropriate. Optimizing the cognitive load can enhance students' learning enthusiasm, cultivate their innovative ability, and contribute to the high-quality cultivation of monitoring and support talents.

Keywords

Monitoring and Diagnosis, Cognitive Load, Inverted U Mathematical Model, Practical Combat Capability, Learning Initiative

Copyright © 2025 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

监测诊断系列课程以其专业知识的密集性、综合实践的突出性以及学科交叉的显著性,成为培养高素质监测诊断专业人才的核心依托。在当今技术迅猛发展、船舶远航常态化的背景下,对具备实际操作能力的监测保障人才的需求极为迫切[1]。然而,深入调研表明,学生在学习过程中深陷学习负担繁重、动力不足以及解决工程实际问题能力薄弱等困境,因此,如何切实提升监测诊断课程的教学效果成为亟待深入探究的重要课题。

澳大利亚学者 Sweller 提出的认知负荷理论(Cognitive Load Theory, CLT),作为认知加工和认知负荷研究领域最为系统且科学的理论,其核心可概括为完成特定任务所需的心智技能水平,在教育界围绕该理论形成了 4 种假设[2][3]。Paas 指出学习者在执行任务时会产生多维度认知负荷,主要源于学生的心智努力程度与学习材料难度,同时界定认知负荷为促进学习过程中认知资源的投入程度[4][5]。国内认知负荷理论研究也收获了一定成果,如丁洁珏等将其应用于神经内科护理带教[6],阮德松等剖析了影响教学的认知负荷因素并提出管控策略[7],张皖等依据该理论分析影响学生数学理解能力的因素并倡导选择适宜教学方法以实现因材施教[8]。

本文以认知负荷理论为指引,着力优化教学设计。通过构建知识图式、搭建学习框架等方式,合理降低学习的内在认知负荷,最大程度减少外部认知负荷,增加关联认知负荷,旨在提高学生学习效率,推动监测诊断专业人才培养供给侧与未来智能化高端装备管理人才需求侧的精准对接,为监测诊断课程教学改革与人才培养提供新的思路与方法。

2. 基于认知负荷理论的教学设计思路

2.1. 认知负荷理论

认知负荷理论强调学习是学习材料元素与学习者相互作用的动态过程。这意味着学生已有的知识经验对学习新知识极为重要。因此,应鼓励学生充分利用课余时间开展多样化任务学习活动。比如在监测诊断课程中,课前学生可自主观看 MOOC 并查阅资料,或者分组进行模拟实验,获取感性认知并构建初级图式,为课堂学习做好准备。学习材料的复杂性与学生既有知识经验对比,会产生不同层级的认知负荷。当材料元素多且互动性强时,内在认知负荷增大。教学中,教员关键在于帮助学生减少元素孤立性,构建关联性。如柴油机拉缸故障教学,原十多个零散原因经课程组整合为结构、润滑油、工况三类,有

效降低了内在认知负荷，不平衡故障特征等内容也可如此处理。外在认知负荷作用呈非线性，任务数量和难度增加时，学习负荷可能突变。若学生感觉任务过多过难，可能放弃，影响学习成效。所以课程组要合理控制外在认知负荷，释放工作记忆空间，促进图式自动化获取，增进学生对知识的深度理解与掌握。例如，可避免一次性布置过多过难的任务，根据学生实际情况逐步增加任务难度，确保学生在可承受范围内积极学习，从而提升学习效果，推动教学质量提高。

2.2. 倒 U 型模型的内在机制

学习效率与认知负荷之间呈现倒 U 型关系。当认知负荷处于较低水平时，学习材料可能过于简单，只需占用少量认知资源，学生无需付出太多努力就能完成学习任务。这种情况下，学生容易产生轻视心理，学习的积极性和主动性得不到充分激发，学习效率难以提高。例如，在监测诊断课程中，如果教学内容仅仅是基础知识的简单重复，学生可能会觉得缺乏挑战性，从而注意力不集中，学习效果不佳。随着认知负荷逐渐增加，学习任务的难度和复杂性上升，学生需要投入更多的心智努力来处理信息。在适度的认知负荷范围内，学生能够保持较高的学习积极性，充分调动认知资源，促进知识的吸收和理解，学习效率随之提高。例如，当监测诊断课程中的案例分析或实践任务具有一定难度，但又在学生能力范围内时，学生能够通过积极思考和努力探索来解决问题，从而提升学习效果。然而，当认知负荷超过学生的承受能力时，过多的信息和过高的难度会使学生感到压力过大，工作记忆资源被过度占用，无法有效地处理和整合信息。这可能导致学生产生焦虑情绪，甚至放弃学习努力，学习效率急剧下降。在监测诊断课程中，如果教学内容过于复杂，涉及过多高深的理论和技术，学生可能会因无法理解而失去学习信心。

3. 基于认知负荷的试验研究

3.1. 试验概况

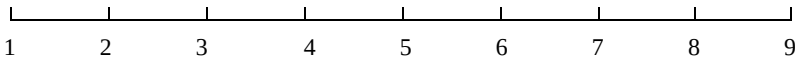
本研究聚焦于基于认知负荷理论的教学实验探索。选取一个本科班级作为研究对象，通过相关流程共获取样本数量为 $54 \times 5 = 270$ 份，相应的数据量达到 $22 \times 54 = 1188$ 组。课程组精心编写了专门的计算机分析程序，针对每次发放的问卷展开精准的统计剖析，进而构建起一套科学合理的反馈体系。借助该机制，能够助力授课教员精确洞察学生的学习态势，从而有的放矢地实施精准帮扶策略，以全面提升整体的学习成效。

3.2. 首次任务单及认知负荷评估

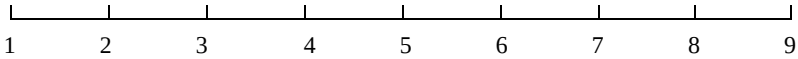
3.2.1. 认知负荷自我评估环节

待完成任务涵盖了教材第一、二章的习题部分，关于学习负荷测量维度所采用的 Pass 量表内容及自评标准如下：

1) 在刚刚执行的任务进程中，所投入的心理努力程度处于何种水平？请于以下 9 个数字里挑选契合自身实际情况的数字，并在对应位置予以标记。其中，数字 1 代表投入最少努力，数字 5 表示中等程度努力，数字 9 则意味着投入最大努力。



2) 如何评判刚刚完成任务的难度系数？请在以下 9 个数字中选定符合自身感受的数字，并在相应位置做好标记。其中，数字 1 代表任务非常容易，数字 5 表示中等难度，数字 9 代表任务极为困难。



3.2.2. 认知负荷自我评价数据的统计分析

对收集的数据进行系统统计分析，结果见图1和图2。横坐标为学号区分个体，纵坐标是调查问卷中自我评估的认知负荷分值，其与个体承受的认知负荷大小正相关。首次整体数据分析显示，个人心理努力评价均值为 5.9074 分，说明学生此次学习任务投入心理努力相对有限，处于中等努力水平；任务难度评价均值达 5.1852 分，表明学生普遍认为任务难度系数低。综上，证实学生此次课程学习投入努力较少，认知负荷相应较低。

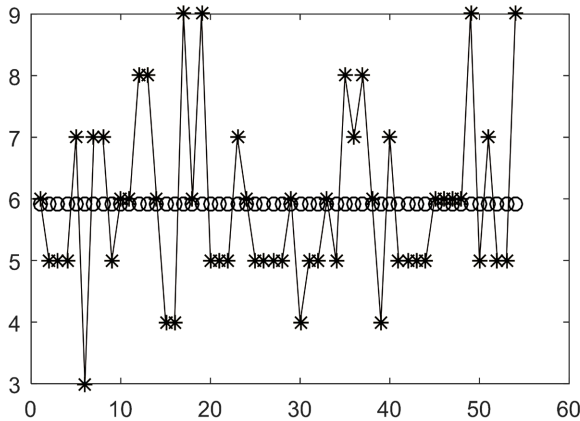


Figure 1. Self-evaluation of mental effort
图 1. 心理努力自我评价

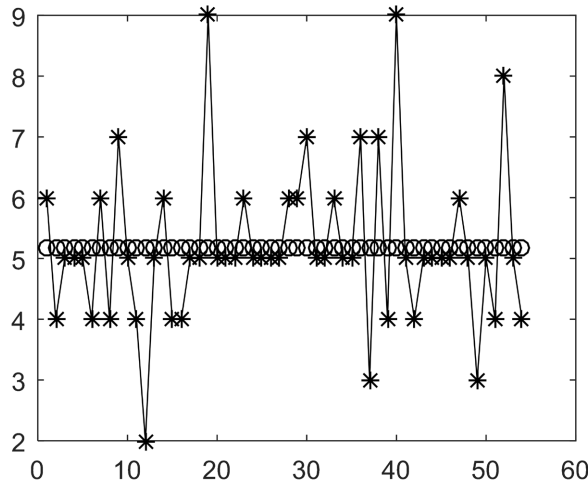


Figure 2. Self-evaluation of task difficulty
图 2. 任务难度自我评价

通过观察图1和图2曲线，发现4名学生评估为9分，可能因对新课程困惑或未完成预习，学习时难度和认知负荷大；1名学生填3分，可能预习充分或学过慕课，学习轻松、投入心理努力少。统计显示，认知负荷自我评估得分大于5分的学生有28人，不大于5分的有26人。Pass量表第2组数据均值5.1852分，中等难度，仅2名学生认为非常困难，1名学生认为非常容易，其中大于5分的学生有15人，

不大于 5 分的有 39 人，可见课程题目总体难度中等偏易。根据这些反馈，教员后续教学设计应精准调节教学内容难度，合理增加认知负荷，提升课程高阶性与挑战度，激发学生潜能，促使其积极投入学习，提高学习效果和质量，实现教学目标。

3.3. 第二次任务单及认知负荷评价

依据上次学习反馈，课程组调整教学，增加认知负荷与任务难度系数。分析图 3 数据可知，此次学生学习投入心理努力资源均值达 6.2963 分，任务难度均值为 6.0926 分，均超 6 分，表明学习内容难度大增，学生投入心理资源大幅提升。在参与评估学生中，认知负荷自我评估得分大于 5 分的学生约占 59.3% (32 人)，不大于 5 分的约占 40.7% (22 人)，其中 7 人填 9 分、5 人填 8 分，相比上次学生心理努力程度显著增加。

从任务难度评价维度看，如图 4 所示，认知负荷自我评估得分大于 5 分的学生约占 61.1% (33 人)，不大于 5 分的约占 38.9% (21 人)，与投入心理努力资源数据紧密相关，任务难度增大时学生投入心理努力增多，呈正相关。8 个学生自评 9 分，12 个学生自评 7 分，8 个自评 9 分的学生认为作业难度极高。后续将针对学习困难学生制定措施精准辅导，助其克服困难提升学习效果。

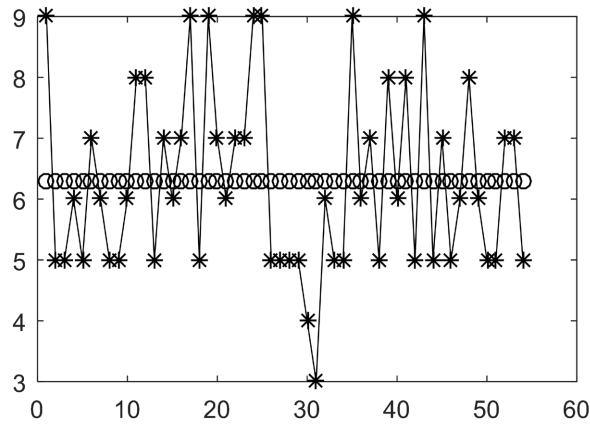


Figure 3. Self-evaluation of mental effort in task two
图 3. 任务二的心理努力自我评价

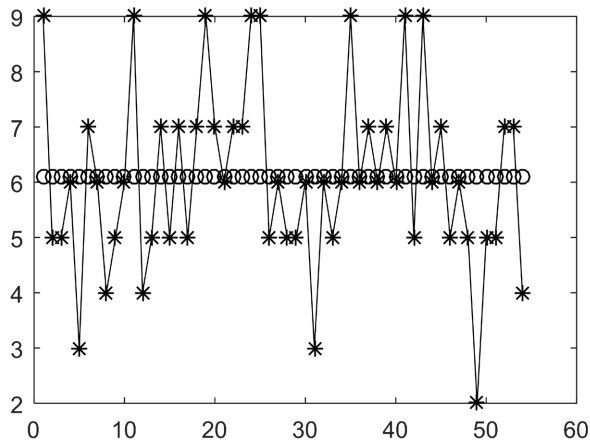


Figure 4. Self-evaluation of task difficulty in task two
图 4. 任务二的任务难度自我评价

课程组反思发现,此次课程的振动信号频谱分析内容与积分变换关联度高,知识深度和复杂度提升。多数学生需调用长时记忆资源,致使工作记忆资源相对减少,认知负荷显著增加。研究显示学习效率与认知负荷呈倒U型关系,负荷过小或过大均不利。实际教学中不应盲目降低内在认知负荷至过低水平,否则因缺乏挑战,学生易轻视学习任务。而适当增加认知负荷能增加信息量,促进学生在适度挑战中提升学习能力与知识掌握水平。所以教学应合理调控认知负荷,避免其过小或过大,以实现理想学习效果。

4. 结果分析及对策建议

4.1. 不同认知负荷水平对学习效率的影响机制

4.1.1. 低认知负荷水平

在认知负荷较低时,学习材料简单,学生心智努力少。如首次任务单,学生觉得任务难度低、心理投入有限。这虽让信息处理轻松,却易使学生轻视学习,产生懈怠心理。由于学习未激发思维活力,学生无需深度思考就能完成任务,长期如此,会使他们对学习热情消退,学习效率难以持续提高。低认知负荷下,学生运用认知资源少,知识获取仅停留在浅层。以监测诊断课程为例,若教学内容一直简单,学生可能只会机械记忆,无法深入理解知识内在联系与应用场景。这使得他们在面对实际问题时,难以运用所学灵活分析解决,进而限制学习效率提升。

4.1.2. 适度认知负荷水平

适度认知负荷下,学习任务具挑战性,可激发学生动力。如第二次任务单,课程难度提升后,学生心理努力资源投入大增。他们深知需更多付出才能掌握知识,从而积极主动投入学习,集中注意力,调动已有知识应对挑战,学习效率得以提高。适度认知负荷促使学生深入思考加工知识。学生需整合新旧知识、构建知识关联,这有利于加深理解与记忆。比如振动信号频谱分析教学,虽然知识难度增加了学生认知负荷,但学生调用长时记忆资源应对时,对知识理解更深刻,能更好迁移应用基础知识于信号分析中,提升学习效果。

4.1.3. 高认知负荷水平

当认知负荷超出学生承受范围,学习材料信息量大且难度高,会过度占用学生工作记忆资源。比如面对单自由度系统振动知识及双语资料等复杂内容时,部分学生认知负荷大增,在处理信息时感到困难,难以整合理解新知识,致使学习效率降低。高认知负荷下,学生可能因无法完成学习任务而焦虑,该负面情绪会干扰学习。焦虑会分散注意力、降低思维敏捷性,使学生难以专注解决问题。像任务评估中认为难度极高的学生,可能因担心学不会而焦虑,进而影响学习积极性和效果。

4.2. 具体教学建议

4.2.1. 精准评估学生认知负荷水平

开课前,利用问卷调查、小测试或与学生交谈等,了解其基础知识、学习能力和习惯,据此初步判断学生能承受的认知负荷水平。如基础好、能力强的学生,教学起点可适当提高;基础弱的学生,则先着重基础知识教学。教学时,仔细留意学生课堂上的注意力、参与度、答题情况等表现,这些能反映其认知负荷状态。若学生注意力不集中、答题困难,可能认知负荷过高,教师需及时调整教学节奏或内容。

4.2.2. 优化教学内容与难度

依课程目标和学生认知水平,把教学内容分三层。基础层让全体学生掌握,打牢后续学习根基;提高层针对中等生,适当增加难度深化知识;拓展层面向学有余力者,给予具挑战性内容。如监测诊断课程,设备原理等基础知识通俗讲解,故障诊断方法应用设计案例和实操,前沿监测技术进展引导自主探

究。编排教学内容时,要让难度逐步上升,避免大幅跳跃。相邻知识点要有连贯性与逻辑性,帮助学生在已有知识上拓展深化。在讲振动信号频谱分析前,先复习相关数学与信号处理知识,再引入频谱分析概念方法,最后用实际案例应用。

4.2.3. 创新教学方法与手段

综合运用讲授、讨论、案例、项目驱动等多种教学法,契合不同学生学习风格与认知需求。讲授法传基础和关键概念,讨论法促思想交流与知识共享,案例法助理论用于实际,项目驱动法培综合实践与创新思维。如监测诊断课,先讲授原理,再用案例组织讨论,最后让学生分组完成项目。利用多媒体、虚拟仿真、在线平台等丰富教学资源、优化教学过程。多媒体展示复杂设备结构和动态监测过程,让抽象知识变直观;虚拟仿真提供模拟实操环境,降低风险与成本;在线平台便于学生自主学习、互动交流与获取资源。例如开发虚拟仿真实验软件,供学生在虚拟环境练习设备故障诊断操作。

4.2.4. 引导学生自主调节认知负荷

教师要引导学生学会做笔记、归纳总结知识、合理安排学习时间等有效策略技巧,助力学生管理学习过程、提升效率。比如指导学生用思维导图归纳监测诊断课程知识点,构建知识体系,减轻记忆压力。鼓励学生定期反思学习过程,评估学习效果与认知负荷感受,据此调整学习方法、进度或寻求帮助。例如每周安排时间让学生总结本周学习问题困难及认知负荷变化,进而规划下周学习计划。

实施上述教学建议,教师能更好把握学生认知负荷,优化教学,助学生在监测诊断课程达到最佳学习效率,培养解决实际问题能力,为相关领域输送人才。

5. 结论

在认知负荷理论引导下,教师教学时应优化并精准把控认知负荷总量,推动学生走向自适应学习,防止产生额外负担。依据学生现有认知负荷水平,灵活调节学习材料的难易与复杂程度,适配难度系数,实现差异化教学。此外,教师要持续引导、用项目驱动、促进学生合作,助力学生在合理认知负荷内完成实战任务,获取优质学习体验。如此既能激发学生学习热情,又能锻炼实战能力,提升学习成效,为监测技术人才培养奠定坚实基础,输送高素质人才。

基金项目

2023 年度 XX 军事教育理论立项课题(JYKY-XX2023002)资助。

参考文献

- [1] 刘树勇,柴凯,杨庆超. 深化“舰艇装备测试与诊断”课程实战化教学改革探析[J]. 海军院校教育, 2023, 23(1): 14-16.
- [2] 安其梅,吴红. 认知负荷理论综述[J]. 心理学进展, 2015, 5(1): 50-55.
- [3] 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)
- [4] Paas, F. and Sweller, J. (2012) An Evolutionary Upgrade of Cognitive Load Theory: Using the Human Motor System and Collaboration to Support the Learning of Complex Cognitive Tasks. *Educational Psychology Review*, **24**, 27-45. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9179-2>
- [5] Paas, F. and van Merriënboer, J.J.G. (2020) Cognitive-Load Theory: Methods to Manage Working Memory Load in the Learning of Complex Tasks. *Current Directions in Psychological Science*, **29**, 394-398. <https://doi.org/10.1177/0963721420922183>
- [6] 丁洁珏,马伟娟. 基于认知负荷理论的临床教学在神经内科护理带教中的应用[J]. 中国高等医学教育, 2023(7): 100-101.
- [7] 阮德松. 认知负荷理论在高中历史教学中的运用[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2017.
- [8] 张皖,辛自强. 基于认知负荷理论的数学学优生教学[J]. 教育学报, 2010, 6(3): 59-65.