

以认知神经科学为导向的课堂教学环境构建 机理与实践分析

刘涛¹, 黄媛¹, 蒋燕妮¹, 李轲¹, 高贵²

(1. 海军工程大学 电子工程学院, 湖北 武汉 430033; 2. 西南交通大学
地球科学与环境工程学院, 四川 成都 611756)

摘要: 针对雷达系统课程内容多、难度大等问题, 从认知神经科学理论出发, 阐述了神经递质与深度学习之间的关系, 揭示了课堂教学本质并给出了神经学解释, 提出了以诱导神经递质分泌为牵引、以人脑协同认知为目标的课堂教学环境构建方案, 体现了“学为中心”的教育理念。教学环境由日常舒适环境、教室舒适环境、内容舒适环境、好奇挑战环境和自主舒适环境五部分构成。课堂教学环境的构建使得课程从舒适区边缘展开突破, 符合脑科学机理, 培养了学员以“新旧知识关系建立”为核心的自主学习能力。

关键词: 认知神经; 神经递质; 多巴胺; 雷达系统; 自学能力; 环境

中图分类号: G642 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-4043 (2024) 01-0103-06

Construction Mechanism and Practice of Cognitive Neuroscience-Oriented Classroom Teaching Environment

LIU Tao¹, HUANG Yuan¹, JIANG Yanni¹, LI Ke¹, GAO Gui²

(1. School of Electronic Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China; 2. Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China)

Abstract: In view of the problems of too much content and high degree of difficulty in the course of Radar System, this paper, based on the theory of cognitive neuroscience, elaborates the relationship between neurotransmitters and deep learning, highlights the essence of classroom teaching, offers the neurological explanation, and proposes a classroom teaching environment construction scheme guided by inducing neurotransmitter secretion and aiming at human brain collaborative cognition, reflecting the educational concept of “learning as the center”. The teaching environment consists of five parts: daily comfort environment, classroom comfort environment, content comfort environment, fun challenge environment and autonomous comfort environment. The construction of the classroom teaching environment enables the course break through from the edge of the comfort zone, conforms to the mechanism of brain science, and cultivates the students' autonomous learning ability with the core of “establishing the relationship between old and new knowledge”.

Key words: cognitive nerve; neurotransmitter; dopamine; radar system; self-study ability; environment

收稿日期: 2023-08-15

基金项目: 海军工程大学教学成果立项培育项目 (NUE2022TA10); 海军工程大学教育科研课题 (NUE2024ER06)

作者简介: 刘涛 (1978-), 男, 山东新泰人。海军工程大学教授, 博士, 博士研究生导师, 主要从事雷达极化检测与识别、雷达极化抗干扰等研究。

目前，有关课堂教学的研究囿于教育学和心理学的学科视域，较为重视课堂教学中可观察的部分，而对课堂教学发生的重要媒介，即脑的关注还不够^{[1]57}。科学系统的教育思维必须是基于脑科学的教育思维^{[1]56}。为了提高课堂教学效果，需要从认知神经科学角度揭示人脑认知实现过程中神经网络的响应与可塑机理，进而掌握教与学的本质。在此基础上，基于进化论的环境适应思想，结合学生真实的生活世界和情感世界，构建符合认知神经科学机理的学生自主学习能力培养的教学环境。因此，本文立足认知神经科学^[2]，针对雷达系统课程，通过构建能够促进人脑协同工作的课堂环境^[3]，重新形塑和强化学生神经元连接，培育学生以“新旧知识关系建立”为核心的自学能力^{[4]58}。

一、课堂教学环境构建机理

认知神经科学认为，神经元是人脑信息传递的关键组成部分，是人脑运转的基础^[5]。神经元之间的连接构成了人脑中高度复杂的神经网络，这个网络中的每个神经元都负责着不同的功能。通常把人脑看作一个分布式的信息加工系统，通过信息的传递来实现人的认知功能。人类的认知能力一般认为与特定的脑区以及整个脑神经网络有关^{[1]57}。研究发现，人类学习过程的本质就是利用神经元的可塑性来强化神经元之间的特定连接关系。最高效的深度学习就是将人脑的相关认知神经元尽量调用，同时关闭无关认知功能的脑区神经元，实现最大效率的认知。

（一）协同认知机理

人脑不同区域负责着不同的功能。对于学习思考决策等高级认知功能而言，涉及的脑区也是不同的。以学习记忆为例，涉及了海马、边缘叶、颞叶、扣带回前部等人脑区。在学习过程中，人脑的多种神经元协同工作，通过信息的关联整合来实现高效的认知加工。脑区的协同主要靠神经元的连接，神经元的连接依靠突触传递神经递质，这是协同信息交互的神经生物学基础。突触是神经元之间信息交换的关键结构，其密度可以反映整合多种信息的潜力。神经元之间的实际交流需要多种不同的神经递质作用在多样的神经元上。

神经元会释放谷氨酸、多巴胺、乙酰胆碱等与学习、情绪、思维有特定关系的多种神经递质。

（二）心流与神经递质

深度学习最早起源于布鲁姆的目标教学^{[4]59}，核心目标是促进高阶思维能力的发展^{[6]21}。深度学习最明显的表现是进入心流状态^[7]。与心流状态相关的六种神经递质为多巴胺、去甲肾上腺素、血清素、内啡肽、花生四烯乙醇胺、催产素^[8]，其主要功能如表 1 所示。

表 1 心流有关神经递质、功能及其诱导途径

神经递质种类	功能作用	诱导手段
多巴胺	行为动机、侧重奖励	预测奖励、激发兴趣
去甲肾上腺素	注意力、应激反应、运动能力	回避不利、适度压力
血清素	情绪调节、均衡平稳	互动关爱、清醒平和
内啡肽	止痛、欣快、痛并快乐着	吃苦忍痛，最后一搏
催产素	情感连接、社交关系	互动关爱、信任合作
花生四烯乙醇胺	减少痛苦、增加愉悦	轻度痛苦、适量运动

多种神经递质的释放存在一定的内在关联。多巴胺是去甲肾上腺素的前体。也就是说，要产生去甲肾上腺素，就需要先合成多巴胺。催产素能够刺激分泌多巴胺，多巴胺也能够刺激分泌催产素，从而形成一个反馈增强回路，其作用就是加强情感连接。GABA（gamma-aminobutyric acid）神经元能够帮助多巴胺神经元计算“奖赏预测失误”，抑制多巴胺神经元，使人镇静。花生四烯乙醇胺擅长建立遥远的链接，把头脑中两种不同的意识状态连接起来，这样就有可能带来创造性的发现。多巴胺与上述神经递质都有一定的交互，诱导其他神经递质的释放。心流模式开启与神经递质释放的逻辑关系如图 1 所示。

人脑分泌多巴胺、去甲肾上腺素是心流的前兆，能够帮助我们集中注意力、提升敏感度。等我们慢慢关闭人脑中的一些声音，就会获得平时没有的视角。

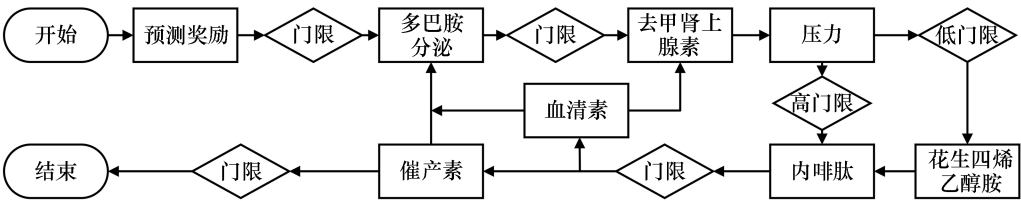


图1 心流模式开启与神经递质释放的逻辑关系示意图

当心流状态进一步深入时，人脑会分泌内啡肽、花生四烯乙醇胺，它们的作用是减轻痛苦。这时，不适感和压力都减弱了，将进一步使得我们集中注意力。特别是花生四烯乙醇胺，它扮演着一个重要的角色，即急速增加“横向思考”能力，这是在分离思想之间进行广泛连接的能力。

当心流状态真正深入到极致的时候，人脑将进入一种半睡眠的状态。此时，更多的脑部区域关闭了，潜意识开始占据主导地位。此时，多巴胺、去甲肾上腺素、内啡肽、花生四烯乙醇胺在以不同的浓度和次序释放，并协同发挥作用。

在以潜意识为主导的心流状态中，血清素和催产素的分泌会让我们感到平和、宁静、幸福。此时，大脑更容易建立想法连接，可以把更多的信息综合起来处理。

当人们体验到一次完整的心流状态时，人脑就会完成这六种递质的组合释放，这也是人脑能产生的全部愉悦感的直接来源。如果我们能够进入心流状态，就会开启人脑潜能的“超级模式”。

（三）教学模式的神经学解释

基于建构主义理论的“学为中心”教学模式，其根本目的是培养学生的自学能力。其中，基于项目的教学模式和基于问题的教学模式受到推崇^{[7]22}。实际上，各种教学模式的底层逻辑都是一致的。对于基于问题的教学模式而言，问题的提出激发了学生的学习动力，开启了奖励预测和惩罚回避，促使了多巴胺的分泌；而适当的挑战性促进了内啡肽、花生四烯乙醇胺的分泌，使学生获得满足感；同时，阶段性问题的完成又持续不断地支撑了多巴胺的预测奖励效果，促使了血清素和催产素的分泌，使学生感到平和、宁静，充满信任感和幸福感。进一步，又促进了多巴胺的分泌，形成良性循环。

教学环境，促进以多巴胺为基础的神经递质分泌，将人脑的最大量神经元调动起来，协同工作，关闭无关神经元。各种神经递质的分泌，一般需要一定浓度的阈值方可开启。因此，教学环境的构建应考虑能够诱导多巴胺的分泌，使得学员处于环境舒适区、生存安全区和人际关系融洽区，为人脑集中注意力、弱化其他活动、合理调动全部神经元参与协同工作奠定基础。在学习过程中，通过构建知识舒适区来匹配学员的知识基础，提高回避惩罚、即时奖励和延迟满足概率；在知识舒适区边缘适当新增知识量，更新或重建已有的知识体系，利用多角度关联手段，深化知识结构，最终达成有效学习的目的。教学环境构建特别强调内在动机的激发、积极主动的参与、高水平的认知、元认知的投入和新旧知识的联系等，最终提升“学为中心”的核心自学能力。因此，环境构建实施方案由五部分构成，即日常舒适环境、教室舒适环境、内容舒适环境、好奇挑战环境和自主舒适环境，如图2所示。

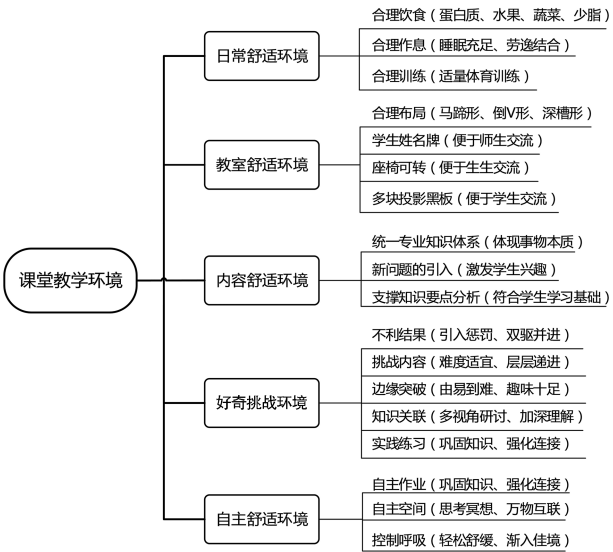


图2 课堂教学环境构建要素示意图

二、环境构建实施方案

课堂教学环境的构建机理就是通过构建特定

（一）日常舒适环境构建

神经递质是人体分泌的化学物质，在日常生

活中可以通过适当规划来提高分泌水平。一般来说，有 6 种方式可以促进多巴胺的分泌，即增加蛋白质摄入、食用蔬菜水果、减少脂肪摄入、增加体能训练、睡眠充足、冥想等。在日常学习工作中，除了体能训练之外，可以增加水果、蔬菜、鸡蛋等食品的摄入，减少脂肪类食物，保持充足的睡眠。

（二）教室舒适环境构建

舒适的环境和交流互动环境可以促进多巴胺和催产素的分泌，容易使人进入“心流”状态。教室应当让学生坐着舒服，能够相互看见、相互交流，而且方便走动。马蹄形、倒 V 形或深槽形的教室环境布局，能够有效拉近师生之间的距离，便于师生、生生之间面对面的对话交流。教室应配备多块玻璃白板，方便研讨交流。

（三）内容舒适环境构建

在学习过程中，舒适区边缘突破是最佳的学习策略，可以促进多巴胺、去甲肾上腺素、内啡肽、花生四烯乙醇胺的持续分泌，容易获得即时满足感。在教学实施过程中，可首先明确本堂课需要具备的基础知识，然后以思维导图或知识图谱的方式展示本堂课的教学内容，迎合人脑寻求快速简单结果的生物机制，有效促进学生多巴胺的释放，最终让学生产生内在驱动力。每一个专业所涉及的科学技术、装备体系都很庞杂，专业课程不可能遍历到每一种技术和装备，但可以学习掌握科学技术的基础理论、掌握研究装备技术的基本方法。这是以“新旧知识关系建立”为核心的高阶思维素养的培育目的，也是“宽口径厚基础”的底层逻辑。因此，内容舒适区的构建需要遵循“大道至简”的原则，降低学习门槛，消除学员畏难情绪，从而促进多巴胺的分泌，激发学员内在学习动力。

（四）好奇挑战环境构建

好奇心是有机体的基本驱动力。发现先前不知道的信息本身就是一种奖励，它会激活多巴胺回路，带来满足感。在知识舒服区边缘寻求挑战，在多巴胺分泌的基础上促使去甲肾上腺素的分泌，造成奖励和惩罚的双重驱动，是最符合人脑奖惩机制的学习方法。好奇挑战区可以设置多个由易到难、层层递进的实际问题或小目标，通过不断解决问题或实现小目标，及时给予短时预期奖励，

促使多巴胺的持续分泌，从而形成良性迭代循环。同时，知识的引入也会给学生施加一定的压力，促使花生四烯乙醇胺和内啡肽的分泌，有利于学生保持持久注意力，进而强化延迟满足感，成功诱导多巴胺的分泌。此时，人脑基本处于协同工作状态，对知识的多维度理解更加容易调动脑神经元和多巴胺的预测奖励。因此，需要从多角度分析教学内容，多模态解释同一问题。这样将新知识与已有知识从多角度多维度建立起联系，揭示内在的逻辑关系，构成知识结构的神经元强链接，进而体现出学习的本质。与此同时，开展研讨交流，引导学员吸收难度较大的新知识，并与旧知识建立逻辑联系，使得预测奖励得以实现，进而形成正向反馈。课堂中神经递质的分泌不可能长期持续，因此学生在获得奖励后，经过血清素的调节，注意力就会有所降低。此时，可通过习题、实践等方式强化神经元的连接，巩固知识结构。

（五）自主舒适环境构建

冥想与关联是知识沉淀和升华的有效手段。通过思考、冥想，使学生将新旧知识关联起来，总结归纳其内在联系，进而将知识与方法转化为内在认知。另外，还可通过有意识地深呼吸和控制呼吸节奏，调节情绪、放松心情，使大脑进入平静愉悦的精神状态，进而提高大脑活力。

三、实施结果与分析

（一）过程说明

以“雷达系统”课程为例开展教学环境构建活动，实施周期为 2023 年 9 月—11 月，被试对象为 40 名大四本科学学生。主要步骤和内容可以凝练为：（1）从教学单位层面构建教室、食堂、图书馆等日常舒适环境和自主时空条件。（2）构建课堂内容的舒适区和挑战区。以“矢量相加、同向最大”的概念串联雷达知识体系内容，消除学员的畏难情绪，激发其内在驱动力。（3）通过布置课后作业，引导学生深度学习，并进行知识关联思考，促使学生主动冥想。

（二）实施结果

针对教学环境改善前后的变化情况，进行了网络调查，结果如表 2 所示。

表 2 教学环境改善前后的统计数据

时期	元认知能力		饮食偏好		睡眠时间		体能训练时长		知识关联能力	
开课前	了解	7.5%	肉类	45%	充足	32.5%	太长	7.5%	积极	30%
	不知道	92.5%	果蔬	0%	不足	40%	太短	25%	被动	62.5%
	实践中	0%	均衡	55%	无所谓	27.5%	适中	67.5%	没想法	7.5%
结课后	了解	100%	肉类	0%	充足	90%	太长	0%	积极	100%
	不知道	0	果蔬	0%	不足	0%	太短	0%	被动	0%
	实践中	100%	均衡	100%	无所谓	10%	适中	100%	没想法	0%
时期	座椅要求		姓名牌意愿		专业基础		教室布局		逻辑思维能力	
开课前	可旋转	50%	强烈	0%	扎实	7.5%	马蹄形	22.5%	强	32.5%
	常规	10%	可以	30%	一般	70%	常规	35%	一般	67.5%
	无所谓	40%	无所谓	70%	较差	22.5%	没想法	42.5%	较差	0%
结课后	教室布局改变后体验									
	体验很好							100%	提高	100%
	体验一般							0%	一般	0%
	体验很差							0%	下降	0%
时期	冥想时间		交流互动		自信心		课堂体验		学习效果	
开课前	较长	10%	较多	22.5%	强	42.5%	优	35%	好	30%
	较短	62.5%	较少	72.5%	弱	45%	良	50%	一般	60%
	无	27.5%	无	5%	麻木	12.5%	一般	15%	差	10%
结课后	较长	100%	较多	87.5%	强	100%	优	100%	好	100%
	较短	0%	较少	12.5%	弱	0%	良	0%	一般	0%
	无	0%	无	0%	麻木	0%	一般	0%	差	0%

（三）结果分析

（1）学生对元认知能力的了解从 7.5% 提升到 100%，同时完成了从无到有的实践。这说明，学生对学习本质的认识激发了学习的内在驱动力。

（2）学员的饮食由偏食调整为均衡，睡眠时间也更为充足。这说明，日常舒服环境的构建使得学生的饮食和睡眠得到了较大优化，为其深度学习奠定了环境基础。

（3）学生的体能锻炼时间和自主学习时间获得了充分优化，体能训练时间由较长改善为合理。这说明，学生能够有意识地进行自主思考训练，并已掌握了自学的方法。

（4）学生的知识关联能力进一步提升。这说明，课堂的极简性、本质化更容易使得学生克服畏难情绪，激发学生的学习驱动力。

四、结语

神经递质的分泌与人脑的协同工作密切相关，奖惩机制是驱动力诱导的核心。本文提出了以诱导神经递质分泌为牵引的课堂环境建设方案。其中，教学内容的简洁设计是课程环境构建的重要内容。教学过程中体现出的统一、关联和极简思想，使得学生思想认知和学习能力的提升在耳濡目染、潜移默化中自然完成，产生了新鲜感和愉悦感，促进了学生神经递质的分泌。但也要注意，神经递质的过多或过少分泌都会引发身体的不适。因此，各种神经递质的分泌以及神经元的连接需要平衡合理。这就启示我们，奖惩机制需要设置合理，不然会导致偏激冲动等严重后果。

参考文献：

[1] 郑丽芬,靳伟,卢春明,等. 脑科学视域下课堂教学的本质、机制与实践策略[J]. 教育发展研究,2023,43(4):56-63.

[2] 丛佩瑶,贾宁. 元认知的神经机制:元认知功能、脑区与脑网络[J]. 心理学探新,2022,42(3):195-200.

[3] 田慧生. 教学环境论[J]. 教育研究,1995(6):47-5,58.

[4] 马淑风,杨向东. 什么才是高阶思维?以“新旧知识关系建立”为核心的高阶思维概念框架[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2022,40(11):58-68.

[5] 贾天野,SCHUMANN G. 认知神经科学如何促进教育和群体心理健康[J]. Science Bulletin,2022,67(15):1542-1543.

[6] 钟志贤. 促进学习者高阶思维发展的教学设计假设[J]. 电化教育研究,2004(12):21-28.

[7] 契克森米哈赖. 心流:最优体验心理学[M]. 北京:中信出版社,2017:117.

[8] 文春晓,闫玉仙. 神经递质在学习记忆中的作用[J]. 武警医学院学报,2009,18(1):65-67. S

(责任编辑：邢云燕)

(上接第 79 页)

注单项教学建设任务的完成度，以及严格执行各种标准规范情况，帮助其熟悉教学建设标准规范，养成严谨细致、稳扎稳打的踏实作风；对骨干教师，重点关注以课程为单元的建设任务统筹谋划情况、建设质量，以及创新开发教学资源情况，帮助其形成系统思维和课程建设开发能力；对专家教员，重点关注以课程群为单元的建设任务统筹谋划能力，以及打造教学科研创新团队的方式方法，系统性提升建设质效的情况等，帮助其提升领导管理能力和学科专业（或课程群）建设管理能力。

四、结语

军校系部级教学质量管理工作优化创新，首先应守正创新，坚持严格落实现有教学质量标准和管理机制，坚持质量监控、评价、反馈与改进的闭环，坚持持续改进；然后在此基础上强化刚性规范与柔性和谐的协调适应，强化领导建设发展与管理教学质量的内在平衡，强化教学质量管理工作、深化教学改革与教员专业发展的关系支撑。在具体实践中，应以教学改革推进过程为管理主

线，紧盯“教育理论研究、改革方案拟制、落实改革举措、开展配套建设、教学成果总结”等五个关键的管理节点，对应实施课堂教学质量管理、教育科研质量管理、教学建设质量管理和教学成果培育质量管理四类质量管理工作，针对年轻教员、骨干教师、专家教员三类教员，结合自身单位实际，细化确定各项质量管理任务的质量标准和质量管理机制，明确谁来管理、何时管理、按照什么标准管理、采用什么方式管理等，精准实施教学质量管理工作，提升管理质效。

参考文献：

[1] 赵经成,张作前. 新时代军队院校教育教学改革创新研究[M]. 北京:军事科学出版社,2021:274.

[2] 焦万合,郭满涛,卢晓英. 高校内部两种教学质量保障体系建设观辨析[J]. 中国军事教育,2022(5):71-73.

[3] 陈力生,徐厚礼,王璐. 军队院校教学质量保证体系构建的理论探析[J]. 中国军事教育,2022(1):42-46.

[4] 马凤岐. 我国高校教学质量管理工作中的僭越[J]. 大学教育科学,2020(2):97-104.

[5] 李丹妮,郝伟. 高校教师专业发展阶段及其路径研究[J]. 高等教育研究学报,2019,42(3):80-84.

(责任编辑：高 娟)