学校代码：11078　　学　　号：2112106004

广州大学

硕士学位论文

题目：基于网络画板的中学数学深度教学研究

学生类型：☑学术学位硕士
☐专业学位硕士

学位论文作者：张婧

导师姓名及职称：饶永生 副教授

学　　院：计算机科学与网络工程学院

学科专业：教育技术学

论文提交日期：二〇二四 年 五 月

中国知网 https://www.cnki.net

学校代码：11078　　学　号：2112106004

广州大学硕士学位论文

基于网络画板的中学数学深度教学研究
Research on Deep Teaching of Secondary School Mathematics Based on NetPad

张婧

学　科　专　业：教育技术学

研　究　方　向：教育软件的理论与应用研究

论文答辩日期：2024.05.25

指导教师（签名）：

答辩委员会主席（签名）：

答辩委员会委员（签名）：

中国知网　https://www.cnki.net

摘　要

随着社会数字化和人工智能的快速发展，教育正面临着一场向数字化转型的深远变革。深度学习是学生形成数学核心素养的重要途径，也是数学教育中的重要研究领域，得到了学界广泛关注。大量研究证实了以网络画板（NetPad）为代表的动态数学系统对数学教育有着积极影响，然而，动态数学系统的应用现状仍以教师演示为主，学生课堂参与度不高，学习动机未得到有效激发，深度学习难以达成。因此，如何深度融合动态数学系统重构课堂教学，促进学生深度学习还有待进一步研究。

本文基于深度学习、深度教学和动机等相关理论，运用了文献研究法、准实验研究法和访谈法等研究方法，围绕“基于 NetPad 的中学数学深度教学”这一核心问题开展研究，旨在为中学数学深度教学的理论研究和教学实践提供参考。主要研究工作包括：

（1）构建中学数学深度教学模型 N-ARCS。总结归纳中学数学深度学习特征，确定教学模型构建的四原则，通过融合 NetPad 特性和 ARCS 动机策略，构建了中学数学深度教学模型 N-ARCS。该模型由 NetPad 支持层、ARCS 策略层和深度教学活动层组成，其中深度教学活动层包含趣味引入、范例讲解、分组探究、分享释疑和问题解决六个环节。该模型强调课堂教学的发展性，注重探究式、互动式的课堂情境创设，能有效激发学生的学习动机，进而促进学生的深度学习。

（2）基于 N-ARCS 模型开展中学数学深度教学实验。基于准实验研究法，选取广州某中学的 88 名初一学生为实验对象，分为实验班（43 人）和对照班（45 人），实验班采用基于 N-ARCS 模型设计的深度教学方式，对照班采用传统教学方式。实验以“多边形内角和的探究和拓展应用”为主题，设计了教学案例及活动。通过 R-LPQ-2F 学习过程问卷考察学生的学习动机水平和学习方式，编制知识点测试题用于前测和后测，考察学生的学习成绩，评估学生的思维发展情况。

（3）分析深度教学实验结果，验证 N-ARCS 模型有效性。问卷数据表明，实验班学生的深度动机水平显著更高，在学习中更倾向于采用深度学习方式。知识点前后测数据表明，实验班学生从前测总分平均值低于对照班到后测表现更优，其中抽象拓展结构题目得分显著更高。这说明，基于 N-ARCS 模型的深度教学能够更有效地提高中学生的动机水平，发展学生的高阶思维，促发学生的深度学习，验证了 N-ARCS 模型的有效性。

关键词：深度教学；NetPad；中学数学；教学模式

中国知网　https://www.cnki.net

ABSTRACT

With the rapid development of social digitization and artificial intelligence, education is facing a far-reaching change towards digital transformation. Deep learning is an important way for students to form core mathematical literacy and an important research area in mathematics education, which has received extensive attention from the academic community. A large number of studies have confirmed that dynamic mathematics system represented by NetPad has a positive impact on mathematics education. However, the application of dynamic mathematics system is still dominated by teachers' demonstration, students' engagement in the classroom is inactive, and students' motivation is not effectively stimulated, thus making it difficult for students to achieve deep learning. Therefore, how to reconstruct classroom teaching by deeply integrating dynamic mathematics system to promote students' deep learning needs to be further researched.

Based on the related theories of deep learning, deep teaching and motivation, this paper utilizes research methods such as literature research, quasi-experimental research and interviewing, and focuses on the core issue of "deep teaching of secondary school mathematics based on NetPad", aiming at providing references to the theoretical research and teaching practice of deep teaching of secondary school mathematics. The main research work includes:

(1) Constructing the secondary school mathematics deep teaching model N-ARCS. It summarizes characteristics of deep learning of secondary school mathematics, determines four principles for constructing a teaching model, and constructs a model for deep teaching of secondary school mathematics, called N-ARCS, by integrating the characteristics of NetPad and the ARCS motivational strategies. This model consists of NetPad support layer, ARCS strategy layer, and deep teaching activity layer, in which the deep teaching activity layer contains six sections: interesting introduction, example explanation, group inquiry, sharing and clarification, and problem solving. This model emphasizes the developing nature of classroom teaching and focuses on the creation of inquiry-based and interactive classroom contexts, which can effectively stimulate students' motivation to learn and promote students' deep learning.

中国知网 https://www.cnki.net

(2) Conducting a deep teaching experiment in secondary school mathematics based on the N-ARCS model. Based on the quasi-experimental research method, 88 first-year students from a middle school in Guangzhou are selected as the experimental subjects, divided into experimental class (43 students) and control class (45 students), and the experimental class adopts the deep teaching method based on the N-ARCS model, while the control class adopts the traditional teaching method. The experiment takes "the investigation and extension application of the sum of interior angles of polygons" as the theme, and designs teaching cases and activities. The R-LPQ-2F Learning Process Questionnaire is used to assess students' motivation and learning style, and the Knowledge Points Test is used in the pre-test and post-test to examine students' learning performance and evaluate the development of students' thinking.

(3) Analyzing the results of the deep teaching experiment to verify the validity of the N-ARCS model. The questionnaire data indicates that students in the experimental class had significantly higher levels of deep motivation and were more inclined to adopt deep learning methods in their learning. The data from the pre- and post-tests of the knowledge points show that the students in the experimental class performed better from the pre-test with a lower mean total score than the control class to the post-test, in which the score of the topic of extended abstract structure was significantly higher. This suggests that deep teaching based on the N-ARCS model can be more effective in improving the motivation level of middle school students, developing their higher-order thinking, and promoting their deep learning, which verifies the effectiveness of the N-ARCS model.

Keywords: Deep Teaching, NetPad, Secondary Mathematics, Teaching Model

中国知网 https://www.cnki.net

目 录

第一章 绪论.....1
1.1 研究背景.....1
1.2 研究意义.....3
1.3 研究问题.....4
1.4 研究方法.....4
1.5 研究框架.....5
第二章 文献综述.....7
2.1 研究综述.....7
2.2 概念界定.....13
2.3 理论基础.....17
2.4 小结.....21
第三章 融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的中学数学深度教学模型构建.....23
3.1 中学数学深度学习特征.....23
3.2 ARCS 动机策略促进深度学习的可行性分析.....25
3.3 融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的深度教学模型构建原则.....27
3.4 N-ARCS 深度教学模型构建.....29
3.5 小结.....34
第四章 基于 N-ARCS 模型的深度教学实验.....35
4.1 实验设计.....35
4.2 测量工具.....36
4.3 教学案例.....38
4.4 实验流程.....43
4.5 小结.....44
第五章 深度教学实验结果分析.....45
5.1 R-LPQ-2F 学习过程问卷.....45
5.2 知识点前测.....52
5.3 知识点后测.....54
5.4 小结.....56
第六章 总结与展望.....59
6.1 研究总结.....59
6.2 不足与展望.....60
参考文献.....61
附录 1 教师访谈提纲.....67

中国知网 https://www.cnki.net

附录 2 R-LPQ-2F 学习过程问卷 69
附录 3 知识点前测试题 71
附录 4 知识点后测试题 73

中国知网 https://www.cnki.net

第一章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 时代背景：深度学习是新时代的教学需求

学习作为世界的共同生活状态，早已不是达成个人目标的途径和手段，随着知识、技术不断更新迭代，社会的发展日新月异，学习在此背景下已经超越个人层面，成为整个社会生活的基石和推动力量。新时代的学习应能长久而深远的影响个人，使人们得以发展关键能力和核心素养，从而迁移性、跨领域、多层次地应用知识和技能，以解决复杂的现实情境问题和任务。可见，使学习从表面的、表演性的浅层学习走向批判性、反思性的深度学习，以成长性思维方式培养符合 21 世纪的新型创新人才，是当前我国教育改革的重要课题。2014 年，教育部印发了《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》，将全面深化课程改革作为新时代落实立德树人根本任务的标志性工程，“深度学习”教改项目在全国深化课程改革的背景下应运而生[1]。“深度学习”教改项目是基于国外深度学习研究成果和国内课改实际经验提出的，以发展学科核心素养、落实学科课标为导向，目的是解决现阶段教学中存在的种种问题，为教师改革教学实践提供切实可行的思路与方向，使课堂的教学效率和教学质量得以提高，让学生拿回学习的掌控感，成为学习的主人。

1.1.2 现实背景：深度学习理念契合中学数学教学的发展需要

《义务教育数学课程标准（2022 年版）》指出，数学课程要培养学生用数学的眼光观察、用数学的思维思考、用数学的语言表达[2]；《普通高中数学课程标准（2017 年版 2020 年修订）》指出，数学课程要帮助学生获得未来发展所必需的数学基础知识、基本技能、基本思想、基本活动经验，提高学生从数学角度发现、提出、分析和解决问题的能力[3]。课标虽然明确了中学数学的教育目标和要求，阐明了学科核心素养的组成要素和培养重点，但是没有提供达成这些目标要求的具体路径。数学教育学界针对数学核心素养培养进行了大量的教研实践，发现深度学习所涉及的认知领域、个人领域、社会领域与新课标和评价体系中对学生能力培养的要求相呼应。

中学数学教学强调提高学生的学习兴趣和自主学习能力、发展学生的问题解决能力以及培养批判性和创新性思维，这与深度学习的旨趣高度耦合。深度学习强调学生批判

中国知网 https://www.cnki.net

性理解知识背后的原理和概念，鼓励学生探究、提问和反思，通过项目学习、协作学习等方式激发学生的学习兴趣和自主学习能力。深度学习提倡在课堂中始终坚持学生主体、教师主导的教学方式，旨在通过教学情境创设、教学过程设计全方位调动学生的情感参与、激发学生的学习动机，实现学生核心素养的发展[4][5]。通过在中学数学教学中引入深度学习理念，可以更好地培养学生的数学核心素养，满足教育改革的需要[6]。

1.1.3 理论契机：深度教学为信息技术与中学数学教学的深度融合提供思考路径

课标除了提到数学课程对于学生能力素养的培养要求，还强调了数学教学应充分运用信息技术来提高教学质量，强调了数学课程应注重激发学生的学习兴趣和学习动机。目前正处于教育数字化转型期，对于深度学习教学模式的研究不应该脱离信息技术环境，需要经过系统的、科学的教学设计将信息技术环境与学科教学各环节融为一体，促进信息技术与学科教学的融合创新[7]。

然而，在传统的中学数学课堂中，信息技术整合教学缺乏深度，教师应用技术手段单一，仍多采用电子白板作教材的展板，以讲授为主要方式进行教学，课堂上的浅层学习现象还普遍存在[8]。深入探究中学数学教学，发现教学难点集中于几何、函数等核心教学内容，这些知识对于初次接触的学生而言过于抽象、复杂，不够简单、直观，同时教师的板书示范和口头讲授都过于概念化、抽象性，使得学生对于知识理解较为浅层、表面，难以在新、旧知识之间形成有效、系统的联系，难以打破抽象知识与生活经验之间的壁垒，难以完成知识框架搭建。尤其是对那些对于数学学习存在抵触情绪的同学来说，知识枯燥难懂会导致他们对学习项目失去兴趣和动力，无法完成从浅层学习到深度学习的跨越，不利于学生学科核心素养的发展。如何将信息技术与学科教学进行融合创新，为学生提供更丰富、个性化的学习体验，对学生学习过程和成果产生积极影响，加深学生的知识理解、发展学生的高阶思维，进而促发学生的深度学习是当务之急。

为解决深度学习难以在课堂中有效落地的问题，华中师范大学的郭元祥教授提出了深度教学，并展开了大量的理论和实践研究。他认为深度教学是课堂教学改革的根本基础和方向，旨在走向学生情感和思维的深处，触及学科的本质内核，进而培养学生的学科核心素养，促发学生的深度学习[9]。在信息技术背景下进行深度教学，强调充分发挥信息技术优势，充分调动学生的情感参与和学习动机，通过结合科学有效的教学策略，

中国知网 https://www.cnki.net

围绕学科核心内容设计相应的教学内容和教学环节，探索出一套切合学科特点、激发学生学习兴趣、满足学生发展需要、能促发学生深度学习的教学模式。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

（1）丰富中学数学深度教学的理论，为研究者在该领域中的研究提供参考

教育信息化时代，目前正处于数字化转型阶段，教学面临深刻全面的变革，该阶段的教与学具有新的特征，因此，本文在深度学习和深度教学相关理论的研究基础上，结合中学数学学科特点，梳理了中学数学深度学习特征，丰富了中学数学深度教学理论。

（2）融合信息技术和动机教学策略构建深度教学模型，为新时代中学数学教学提供新的视角

本文结合分析了目前中学数学教学存在问题和信息技术整合教学现状，在此基础上提出从学习动机切入教学，即将学习动机的激发和维持纳入教学的全过程，将 ARCS 动机策略与 NetPad 特性相融合，构建了 N-ARCS 深度教学模型。这不仅关注了教学目标的达成，还关注了学生在学习全过程中的内在动机激发、学习参与情况等，通过 NetPad 这个强大学科平台的支撑，让学生能轻松地在课堂上实现“做中学”，并在探究过程中达到对知识更深层次的理解，真正实现“把课堂还给学生”，让“技术整合教学促发深度学习”得以落地。N-ARCS 模型融教学法、技术和动机策略为一体，依据该模型本文更进一步地进行了教学案例设计，能为该领域的学术研究提供一定的参考价值。

1.2.2 实践意义

（1）基于本文构建的 N-ARCS 深度教学模型进行教学实践，为信息技术融合学科教学的实践提供借鉴

本文来源于笔者近年来在初中进行的 NetPad 教学实践，为解决 NetPad 支持的数学教学中存在的信息技术教学过程流畅性不足、深度不够等问题，笔者在分析中学数学深度学习特征的基础上提出了 N-ARCS 深度教学模型，进一步指出 NetPad 支持下的动机教学行为，这些内容为教师的教学提供了一定的参考价值。此外，以学习动机为切入口的深度教学也为教师的教学实践提供了思路和方向，具有一定的实践意义。

中国知网 https://www.cnki.net

1.3 研究问题

本文旨在通过研究分析深度学习、深度教学和动机等相关理论，应用文献研究法、准实验研究法和访谈法等研究方法，基于网络画板构建能有效促进学生深度学习的深度教学模型，并开展教学实践，为优化信息技术与学科教学融合的效果提供重要的思考路径。因此，提出了“基于网络画板的中学生数学深度教学研究”这一核心问题，尝试从从理论分析、信息技术融合学科教学、模型建构等方面进行理论研究，然后在模型的指导下设计教学实验并开展教学实践，通过分析实验数据来验证模型的有效性。

根据“基于网络画板的中学生数学深度教学研究”这一核心问题，将研究问题细分为以下三个子问题：

第一，深度学习和深度教学为什么是中学数学教学的必然之路？该问题主要指向深度学习和深度教学对于中学数学教学的必要性，具体包括深度学习、数学深度学习和深度教学的内涵与发展现状。

第二，如何构建深度教学模型以优化信息技术与中学数学教学的融合效果？主要工作是构建融合网络画板特性和 ARCS 动机策略的中学数学深度教学模型，具体包括深度教学模型构建原则确定、ARCS 策略促发深度学习的可行性分析及模型构建具体内容。

第三，基于 N-ARCS 深度教学模型的教学效果如何？本文主要从学生的学习动机、学习方式和思维发展情况这三方面来综合考察学生是否发生了深度学习，通过收集分析实验数据，来验证教学模型的有效性。

1.4 研究方法

1.4.1 文献研究法

文献研究法主要用于“深度学习”、“深度教学”、“动态数学系统”和“ARCS 动机策略”等关键词和主题词的理论研究和应用现状分析。其中对于国内文献的检索，本文主要依托中国知网等文献数据库，以及相关学术专著和网络资源；对于国外文献，本文主要选取了 Web of Science 核心数据库、Elsevier ScienceDirect 期刊数据库和 Google Scholar 等为主要的资源获取平台。通过研读相关文献资料，本文深入分析了深度学习、数学深度学习和深度教学等主题的国内外研究现状，界定了数学深度学习、深度教学和 NetPad 等相关概念，梳理了中学深度教学设计的理论基础。上述工作不仅为本文的选题

中国知网 https://www.cnki.net

定位提供了坚实的依据，同时也为研究的开展奠定了理论基础，拓宽了研究思路与路径。

1.4.2 问卷调查法

问卷调查法主要用于分析学生的学习动机和学习方式等深度学习情况。本文以Biggs 和 Kember 修订编制的 R-LPQ-2F 学习过程问卷，对广州市某中学的两个班级（对照班和实验班）的初一学生进行问卷调查，旨在深入调查两班教学实验后的动机水平和所采用的学习方式，检验学生是否发生了深度学习，为后续评估教学实验效果提供依据。

1.4.3 准实验研究法

准实验研究法主要用于检验在 N-ARCS 中学数学深度教学模型下开展深度教学实验的效果，在真实课堂情境开展，以教学方式、教学环境作为自变量，对教学人员、教学内容等无关变量进行控制，以探索基于网络画板的深度教学对于学生深度学习的影响。

1.4.4 访谈法

为使教学的实施更为科学和有效，本文对实验学校的两名任课教师和一名专家教师进行访谈。从专家教师的角度出发，深入了解教师对深度学习和深度教学的理解以及信息技术支持的教学存在的难点等内容，对于后续提出深度教学模型的构建原则以及完成模型构建具有重要的参考价值。教师访谈提纲详见附录 1。此外，咨询专家教师对于将 R-LPQ-2F 学习过程问卷用于测量学生动机水平和学习方式的意见，专家和任课教师一致认可；最终采用的知识点前后测试题是基于笔者与任课教师的讨论修订形成的。

1.5 研究框架

第一章是绪论。从时代背景、现实背景和理论契机三方面概述研究背景，分析研究的理论意义和实践意义，提出研究问题，确定研究方法，梳理本文研究框架。

第二章是文献综述。对深度学习、数学深度学习、深度教学以及动态数学系统支持数学教学的国内外研究现状进行分析。对数学深度学习、深度教学、NetPad 等相关概念进行界定。通过文献研究分析，梳理中学深度教学设计的理论基础，包含动机理论、ARCS 动机策略、认知负荷理论和 SOLO 分类理论。

第三章是融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的中学数学深度教学模型构建。分析中学数学深度学习特征，分析 ARCS 动机策略促进深度学习的可行性，在此基础上，确定教

中国知网 https://www.cnki.net

学模型的构建原则，构建 N-ARCS 深度教学模型。

第四章是基于 N-ARCS 模型的深度教学实验。确定实验目的、实验对象，提出实验假设，确定实验测量工具，设计教学案例并制定教学实验流程。

第五章是深度教学实验结果分析。分析问卷信效度及具体数据，考察学生在实验后的动机水平及采用的学习方式；分析知识点前后测数据，通过分析学习成绩来确定学生的思维水平。通过综合考察学生的学习动机、学习方式和思维水平，分析深度教学实验对于学生深度学习的促进效果，验证 N-ARCS 模型的有效性。

第六章是总结与展望。对本文的研究进行总结，指出研究不足之处，并根据研究结果进行下一步的工作展望。

本文的研究框架如图 1-1 所示。

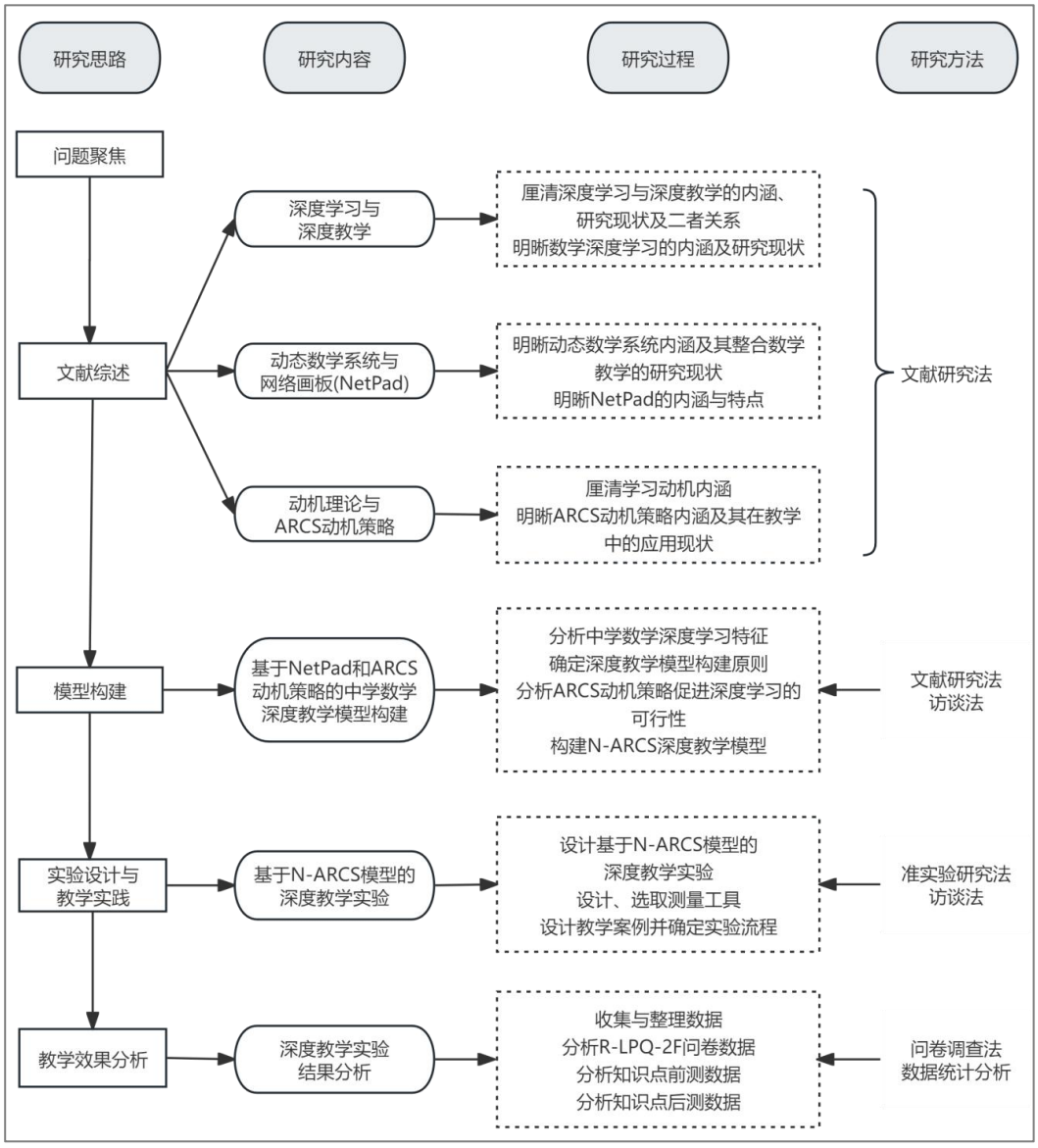


图 1-1 本文的研究框架图

中国知网 https://www.cnki.net

第二章 文献综述

2.1 研究综述

2.1.1 深度学习的相关研究

（1）深度学习的概念发展

深度学习是在不断变化的动态概念，在计算机科学、学习科学和教育科学等多个领域受到广泛关注。1976 年，美国学者 Roger 和 Saljo 基于大学生文本阅读学习结果，依据布鲁姆的教育目标分类学首次对深度学习和浅层学习的概念作出区分，认为深度学习是一个知识的迁移过程，有助于学生提高解决问题并做出决策的能力[10]。此后，学者纷纷加入深度学习的研究行列中，其中比较著名的有澳大利亚学者 Biggs 从认知心理学的信息加工视角研究了学生的学习动机和策略，从而描述了深度学习方式和浅层学习方式，他认为深度学习是一种高水平或者主动地对知识进行认知加工的学习方式，对应的浅层学习则是对知识进行低水平认知加工[11]。在 2000 年前后，Entwistle、Beattie 和 Collins 等学者从不同角度研究学生在学习过程中采用的学习方式对于学习结果的影响，认为深度学习方式是一种基于知识理解的、关联知识联系的批判性的学习方式，从学习方式的角度进行了深度学习研究[12][13]。2010 年起，加拿大学者 Egan 带领的深度学习项目组（Learning in depth，LID）聚焦在学习方式和学习过程的研究中，探讨了深度学习的基本原则和方法，分析了教师和学生发展深度学习的具体路径，并在加拿大中小学开展了实验研究[14]。

随着深度学习研究的推进，国外有更多学者开始从学习结果和学习目标的角度进行深度学习研究。其中，以 Bransford 为代表的学者认为深度学习是通过让学生形成对于知识的深度理解，从而能够灵活应用知识解决各类问题[15]。2012 年，美国国家研究委员会（National Research Council Panel，NRC）探讨了深度学习与 21 世纪技能的融合，指出 21 世纪核心素养是通过深度学习产生的学习成果，这一论述代表了美国教育变革与发展的新取向，提出了深度学习对于个人发展和社会发展的重要性，“深度学习”成为一项热门的研究话题走进全球视野范围，从而让教育领域的“深度学习”被学界统一命名为“Deep Learning”[16]。对于指向学习目标的深度学习研究，以美国 Hewlett 基金会于 2010 年发起的深度学习项目（Study of Deeper Learning，SDL）为代表，项目旨在

中国知网 https://www.cnki.net

通过 15 年的深度学习实践，让绝大多数美国在校生都能够享有良好的深度学习教学[17][18]。随着美国研究学会（American Institutes for Research，AIR）对于该项目的组织实施，深度学习的研究突破传统视角中限于“信息加工”的窠臼，充分考虑了社会文化因素，具有“全视角特性”，界定了深度学习的六维度能力，除了掌握核心学科知识、批判性思维和复杂问题解决等基本内容之外，还进一步提出了协作沟通以及学习能力相关的内容[18]。2011 年，美国卓越教育联盟（Alliance for Excellent Education）发布报告中对深度学习进行了重新定义，将学习测评与个人关键能力发展相联系[19]。

深度学习概念于 2005 年正式引入我国，学者何玲和黎加厚在 Roger 和 Saljo 的观点基础上，从学习结果的角度进行了深度学习的概念界定：在理解学习的基础上，学生能够批判性地学习新的思想和事实，并将它们融入原有的认知结构中，能够在众多思想间进行联系，并能够将已有的知识迁移到新的情境中，作出决策和解决问题的学习[20]。2012 年，学者张浩和吴秀娟从学习方式和学习理念的角度出发，在认知理论的基础上探讨了深度学习的内涵，强调发展高阶思维有助于促发学生的深度学习[21]。2014 年，中国教育部基础教育课程教材发展中心以教学理念为取向，明确了符合中国国情的深度学习内涵：提出深度学习是指在教师引领下，学生围绕具有挑战性的学习主题，全身心积极参与、体验成功、获得发展的有意义的学习过程，在这个过程中，发展学生的核心素养，形成积极的内在学习动机、情感、态度和正确的价值观，培养批判性、创造性精神与合作精神[1]。2016 年，卜彩丽、舒兰兰和裴新宁等学者引进了美国 SDL 深度学习项目的研究内容，分析指出我国应“为实现深度学习而教”，并将认知、人际与个人三个领域的相关内容纳入到我国深度学习研究中，强调发展学生核心素养的重要性[22][23]。2020 年，学者郭华在《如何理解“深度学习”》一文中，强调了深度学习研究的教学理念取向[24]；2023 年，学者吕世虎、史红燕在数学深度学习的研究综述中同样指出深度学习是一种积极应对时代挑战的教学理念[8]。

（2）深度学习的研究现状

首先，通过研究深度学习的相关文献，分析技术促进深度学习的发展现状如下。随着教育技术的发展，尤其是信息技术的快速进步，深度学习的研究已经从传统的教学模式扩展到了包括在线学习、混合学习以及利用学科信息技术的学习环境。Kaya、Guo 和 Zhong 等学者指出，一个使用技术的学习环境可以激发学习者的学习动机，提高其对于知识的理解[25][26]。Adelabu、Nungu 和 Mukama 等学者指出，在数学学习中自信和创造性地使用技术能帮助个人发展关键能力和核心素养；国外关于技术环境中的深度学习研

中国知网 https://www.cnki.net

究成果较为丰富，通过实证研究探析学科教学平台、在线学习社区、教育游戏等多种技术支持下的深度学习效果[27][28]。

其次，通过研究深度学习的相关文献，分析国内外深度学习的研究现状如下。美国SDL 深度学习项目的开展以及 Eric 深度学习路线 DELC（Deeper Learning Cycle，DELC）的提出，促进了深度学习理论与实践的融合；各国也开始探索深度学习发展关键能力和核心素养的教学实践路径，其中北美、英国、澳洲为国际深度学习研究的主体，亚洲国家以中国、新加坡为代表[29]。我国对于深度学习研究覆盖学段较为全面，研究主要集中在高等教育中，其次是小学、中学，然而中学作为培养学生学科素养和学习能力的关键阶段，深度学习及其教学相关研究的重要性不言而明，但关注度仍然有待进一步提高；研究覆盖学科较为宽广，STEM 教育、艺术教育和语言教育等都有所涉及[8]。

（3）数学深度学习的研究现状

2011 年，中国数学教育领域开始关注深度学习，但是相关研究和发文较少，关注的学段也集中在小学和高中[8]。2014 年，在全国深化课程改革的大势之下，“深度学习”教改项目应运而生，同年，教育部首次提出了“核心素养”的概念，针对数学学科的深度学习研究文献数量有了明显的增加[1]。2016 年，首次出现了针对初中学段的数学深度学习研究文献，且针对初中学段的数学深度学习发文量呈现逐年增长的趋势[8]。

数学深度学习的研究主要集中在深度学习的内涵、特征以及教学策略等方面[30]。其中，在教学策略方面，通过分析国内外深度学习的研究成果，吕亚军结合初中数学实际提出了初中数学深度学习的主要特征和教学策略，强调数学教学要发展学生的问题解决能力，从而能够解决真实情境下的复杂的、新颖的问题[31]。刘晓玫、程明喜在数学深度学习的研究中，分别基于单元学习思想、思维品质内容设计教学策略，旨在促进学生深度学习的发生[32][33]。其次，在课例探究和教学实践方面，马云鹏以提升学生的学科核心素养和关键能力为目标，提出并改进了数学深度学习的教学设计方法，并通过对“小数除法”教学案例的展示和教学实践，验证了策略的有效性，他强调深度学习教学设计的重点体现在对于学科内容的深刻理解、对学生学情的准确把握以及对教学活动的精心设计上[34][35]。再次，对于在深度学习视角下整合信息技术和学科教学的研究，胡航通过在技术支持的数学教学中融入个性化学习、合作学习，提出了“个性化-学习”的教学方式，并通过实证研究证实：在技术支持的教学活动中融入个性化学习与合作学习能够有效发展学生的深度学习六维品质，促发学生的深度学习[36]。

深度学习是当前中学数学教育中炙手可热的研究领域，然而，针对数学学科的深度

中国知网 https://www.cnki.net

学习研究还缺乏深入。与此同时，相较于国外，国内学者更偏向理论探讨，多数研究缺乏实践支撑[31]。数学教育领域的深度学习从引入国内到广泛传播，研究存在问题主要有三部分：其一是理论研究缺乏系统性，已有数学深度学习研究文献中多以教育领域中的深度学习概念为基础套用在数学课程与教学领域中；其二是数学深度学习的实践路径研究缺乏深度，大部分研究以片段式的教学展示为主，较少深入的学理探究，并未深入研究数学深度学习的实践着力点、具体的实践特性以及切实可行的实践策略；其三是学科信息技术背景下的深度学习研究和实践较少，未能形成科学可行的教学模式[8]。

考察针对其他学科的深度学习研究现状，发现较多研究都提到了学习动机对于深度学习的积极促进作用，其中刘哲雨在进行深度学习的实证研究中，发现学习者的深度学习效果与行为投入呈高度正相关，他指出在学习过程中设置问题能够有效激发学生的学习动机、引导学生思维发展[37]；陈明选在研究深度学习翻转课堂的设计与实施过程中，发现了深度学习与学习动机和学习投入有着紧密联系[38]；李松林在深入研究深度学习的过程中，也明确了学习动机对于深度学习的积极影响[39]。因此，非常有必要探讨中学数学课堂中学习动机对于学生深度学习的影响，有必要尝试以学习动机作为研究切入口，通过结合动机教学策略于课堂教学中，来激发学生的学习动机，促进学生的深度学习。

2.1.2 深度教学的相关研究

通过研究深度教学的相关文献，首先明晰了深度教学理论研究的发展脉络。2006年，郭元祥提出了深度教学，并针对深度教学开展了理论和改革实践研究，于2009年开始发表相关的研究成果[40]。他通过对知识结构的内部分析，指出知识由符号表征、逻辑形式和意义三个组成要素关联构成，提出实现表层符号教学到深度教学的跨越的必要性[41]。2011年，姚林群和郭元祥研究分析新课程三维目标的落实情况不理想，发现原因在于教学未能超越表层的符号知识教学，没有通过有意义的教学过程为学生搭建起认知的桥梁，他们通过对于学理的深入分析进一步指出丰富教学层次、实施深度教学是实现三维目标的必然途径[42]。2016年，郭元祥提出实施深度教学是课改的基础与方向，着重强调了发展性对于课堂教学的重要性[9]；2017年，他对于深度教学的发展过程、教学理念和基本理论进行了更深入的研究分析[43]。同年，伍远岳通过深入分析中小学课堂的教改情况，发现应试取向、灌输式教学的情况仍然普遍存在，他认为深度教学指向课堂的发展性，通过深入贯彻深度教学的理念于教学中，能够达到提升课堂质量、丰富课堂内涵的效果[44]。2017年，学者罗祖兵和杨玉琴指出核心素养虽然明确了人才培养目标，

中国知网 https://www.cnki.net

但却并未提供人才培养路径，为此他们提出培养核心素养的教学需强调“以学生为中心”以及学生的深度参与，表明深度教学是指向核心素养的教学变革，为核心素养视角下的人才培养指明了研究方向[45][46]。

其次，梳理了深度教学的实践研究现状。2018 年，张晓娟基于 SPOC 平台构建了深度教学模式，强调了深度教学中创设情境的重要性[47]。2019 年，郑毓信在“数学深度教学”的理论与实践中结合时代发展背景进一步明确了新时代的数学深度学习内涵，强调了自主学习能力在数学学习中的关键作用，并指出数学深度学习最终要走向数学深度教学[48]；2020 年，罗建宇在深度学习视角下构建了基于 GeoGebra 的数学教学策略，他指出技术融合是开展深度教学的必然选择[49]。

2.1.3 动态数学系统整合数学教学的相关研究

教育数字化转型时代，重点是研究信息技术与学科教学的深度融合与应用创新。动态数学系统的使用是教学数学的一种技术整合形式，动态数学系统（Dynamic Mathematics System，DGS）是一个数学软件包，结合了二维和三维动态数学系统、CAS 和电子表格特性[50]。动态数学系统可以将数学知识可视化，能够动态呈现概念生成过程，化抽象复杂的知识为具体直观，能够深度挖掘数学知识的本质，极大地丰富了教与学的手段，让深度教学成为可能[51]。目前，动态数学系统因其趣味性、便捷性和强大的学科功能广受师生青睐，是最受欢迎的数学教学平台，对于数学教学持续产生积极的影响[52][53]。现在市面上的动态数学系统多达 40 多种，主要有 GeoGebra、Sketchpad、Cabri 和网络画板（NetPad）[1]，其中，国外受众最多的平台是 GeoGebra，NetPad 作为国内自研发的动态数学系统，有着友好的用户操作界面和丰富的教学资源，教学效果良好，赢得国内师生一致认可，被广泛应用于中小学数学课堂中[54]。

国外大量研究表明，在课堂教学中应用动态数学系统能够显著提高学生的学术表现，与此同时，学生表现出更高的自我效能感水平以及更强的概念理解能力和问题解决能力[55][56]。国内学者罗建宇基于动态数学系统环境的教学案例分析，分析了动态数学系统作为数学教学环境的影响，指出动态数学系统能够流畅、直观地呈现抽象的数学概念和知识，有效降低学生理解难度，帮助学生建立知识之间的联系，对于学生学习带来了积极的影响，他还强调深度教学是创新技术应用的应然方向[49]。教师能够通过动态数学系统，轻松地创设数学问题情境，为学生提供交互式的实验平台，大大激发了学生的学习动机，

[1] 网络画板网址：https://www.netpad.net.cn/

中国知网 https://www.cnki.net

对于学生的数学学习有着积极深远的影响。对于数学教学而言，动态数学系统的使用不仅能使学生有更多的机会可以可视化数学概念，同时能够在与学科信息技术交互的过程中加深对于数学概念的理解，这对于降低学生学习困难有很大的帮助，也能够为学生的“做中学”提供强有力的平台支持，有助于学生构建系统的知识体系，进而进行知识的迁移和创新应用[57]。

2.1.4 研究述评

通过对深度学习相关文献分析，深入了解了深度学习的概念发展和研究现状。其一，国外对于深度学习的概念研究呈现从学习方式取向逐步发展到学习目标取向的趋势，国内对于深度学习的概念研究则呈现从学习结果取向逐步发展到学习学习理念、教学理念取向的趋势；其二，目前国内对于深度学习的研究多为教育学和学习科学的视角，缺乏技术支持下的深度学习研究[58]，且相较于国外，国内对于深度学习的研究以理论和策略研究为主，教学实践偏少；其三，通过分析深度学习的教学实践结果，发现学习动机对于深度学习有着关键的影响，但深度学习实践中较少以学习动机为切入口进行研究，因此，有必要探讨中学数学课堂中学生的学习动机对于学生深度学习的影响，并开展教学实践进一步研究；其四，数学深度学习研究中，中学学段研究数量较少，关注度还有待提高，主要存在实践路径缺乏深度、学理探究缺乏深入、整合信息技术的数学深度教学模式研究不足等问题。因此，当务之急是对技术支持下的深度学习展开教学模型构建和教学实践研究，进一步完善在深度学习视角下整合信息技术和学科教学的研究。

通过对深度教学相关文献分析，明晰了深度教学理论研究的发展脉络，深入认识了深度教学动态发展的内涵。其一，知识观深植于深度教学，强调教师对于学习内容要有深刻的理解，对于学生学习要有足够的把握，能够通过丰富的教学层次和教学方式，引导学生深入理解学习内容，发现符号知识背后的逻辑形式与价值，发生深度学习，实现超越表层符号的深度教学；其二，发展性是深度教学的价值遵循，强调深度教学是一种实现教学发展性的教育理念，通过引导学生批判性的、反思性的探索知识背后的思想和价值，发展学生的核心素养，引领学生进行价值和意义的深入思考。梳理了深度教学的实践研究现状，了解了研究存在问题和深度教学要点。其一，发现深度教学的研究大多集中在对理论、策略的研究中，教学实践相对较少；主要原因是深度教学活动对于教学层次的丰富以及对于课堂教学的发展性要求较高，常态化的教学难以实施，因此要充分结合信息技术的优势，赋能深度教学；其二，明确深度教学是以“学生为中心”而非“教

中国知网 https://www.cnki.net

师引导为中心”的教学，因此教师要注重教学情境创设、挑战性问题设置，通过设置合作性、个性化的教学环节，充分激发学生的学习动机，让学生更多、更主动以及更深入地参与到学习活动中。

通过对动态数学系统整合数学教学的相关文献研究，深入认识了动态数学系统的功能和特性，了解了动态数学系统对于数学教学的促进效果，明晰了动态数学系统整合数学教学的应用现状。动态数学系统通过动态可视化呈现数学知识，能够降低学生的认知负荷，有助于学生对知识进行深度理解；同时，它丰富了教学形式，能够激发学生的深度学习，对于中学数学教学有着积极的影响。然而，在动态数学系统整合数学教学过程中还存在流畅性不足的问题，因此教师要通过结合有效的教学策略充分利用动态数学系统特性，落实课堂中深度教学的实施，促发学生的深度学习。

2.2 概念界定

2.2.1 数学深度学习

在数学教育领域中，对于深度学习的概念界定多以安富海和郭华的深度学习定义为基础。安富海立足于学习目标视角，认为深度学习是一种基于理解的学习，是指学习者以高阶思维的发展和实际问题的解决为目标，以整合的知识为内容，积极主动地、批判性地学习新的知识和思想，并将它们融入原有的认知结构中，且能将已有的知识迁移到新的情境中的一种学习[5]。郭华从学习过程和教学理念的角度出发，认为深度学习是学生在教师的帮助和带领下，学生围绕具有挑战性的学习主题，全身心投入积极参与，体验成功，获得发展的有意义的学习过程，旨在培养学生成为创造美好未来的社会历史实践的主人[24]，他提出了深度学习的五个特征：联想与结构、活动与体验、迁移与应用以及价值与评价[59]。

对于中学数学而言，深度学习并非是题目难度的增加，而是强调学生在数学学习过程中认知、思维、情感的深度参与。发展数学深度学习的课堂应是学生在教师的引领下围绕数学学科的核心内容进行批判性学习，通过问题式、探究式的学习活动进行数学知识的关联、建构与反思，充分发展数学思维和关键能力，能够迁移应用知识、解决复杂问题，与此同时，学生的学习动机和自主学习意愿得到持续激发[22]。

综上所述，本文结合研究目的和中学数学教学特点，对于数学深度学习进行概念界定。本文认为，数学深度学习是指以学生的内在需求和学习动机为动力，以发展学生的

中国知网 https://www.cnki.net

高阶思维、问题解决以及协作沟通与自主学习能力为目标，教师通过设计挑战性的问题、探究性的教学活动等方式，促使学生主动地、批判性地学习新知识，深入理解新知识并将其整合到原有认知结构中进行反思建构，能够在新的情境中进行迁移应用，并利用新知识解决复杂的、新颖的真实世界问题。

2.2.2 深度教学

培养学生的深度学习能力是教育领域关注的重点，而深度教学是一种旨在促发学生深度学习的教育实践[60]。深度教学与深度学习之间的关系是相辅相成的。作为教育心理学中的一个概念，深度学习强调学生在认知、情感和行为层面的积极参与，以实现对知识的深入理解和长期记忆[10]。而深度教学是指向学生核心素养的教学，强调学生在课堂教学中获取对于知识的深度理解，追寻知识背后的意义与价值，形成积极的学习态度和价值观。从深度学习走向深度教学，是当前中小学课堂教学中普遍存在的局限性决定的，也是教与学的一致性决定的，实施深度教学是课堂教学改革的根本基础和方向[9]。

深度教学不是指无限增加知识难度和知识量，是克服对知识的表层学习、表面学习和表演学习，以及对知识的简单占有和机械训练的局限性，基于知识的内在结构，通过对知识完整深刻的处理，引导学生从符号学习走向学科思想和意义系统的理解和掌握，并导向学科素养的教学[40]。深度教学注重发挥学生学习的主动性，强调完整深刻地处理知识，增强学生知识学习的意义感、自我感和获得感。认知科学的研究为深度教学提供了坚实的理论基础，通过深入研究学生的思维过程和学习方式，深度教学可以更好地促进学生的认知发展和知识建构；信息技术的快速发展为深度教学提供了强大的技术支持，学科信息技术和在线学习平台丰富了教与学的方式，不仅让深度教学变得便捷可行，也为学生提供了更多的学习资源和交流机会。

综上所述，本文基于相关研究分析，结合本文研究目的，认为深度教学是以教师为主导、学生为中心的“双主”教学模式，提倡学生在学习中的主动和深度参与，关注学生的学习动机和情感因素，教师通过教学情境创设以及挑战性问题设置等方式，从全方位调动学生的情感参与、激发学生的学习动机，发展学生的深度学习能力，提升学生的思维品质，让学生能够进行批判性的学习，主动关联知识以实现知识整合，通过反思构建自身知识体系，从而有能力完成知识的迁移应用以及创新性的问题解决[61]。

中国知网 https://www.cnki.net

2.2.3 NetPad

NetPad 是移动互联网环境下的动态数学系统，推动了信息技术与数学学科的深度融合，于 2016 年正式发布并逐渐进入中小学的数学课堂中。NetPad 能够实现多元交互、在线协作等功能，拥有丰富的资源库，是师生教学的趣味环境。作为一款动态数学系统，它不仅能够动态可视化呈现数学知识，还能实现“写、画、测、变、编、演、推、算”等学科功能，能够很好满足数学学科教与学的需求。NetPad 能够动态直观地呈现抽象的数学概念，搭建起学生数学理解与抽象知识间的桥梁，降低学生理解难度，提高学生认识深度，还能帮助学生在系统重现知识动态生成的过程中进行批判性、反思性的知识理解，并获得对知识的独特感悟，有助于他们形成自己的知识框架。NetPad 对于教学的积极影响不仅体现在它是教师备课和教学的得力工具，还体现在它是学生协作探究和深度学习的环境，大大提升教师教学和学生学习的效率，拓宽教与学的空间、延展教与学的时间，助力深度教学的实施[62]。NetPad 的操作界面如图 2-1 所示。下面对 NetPad 的特点进行具体描述。

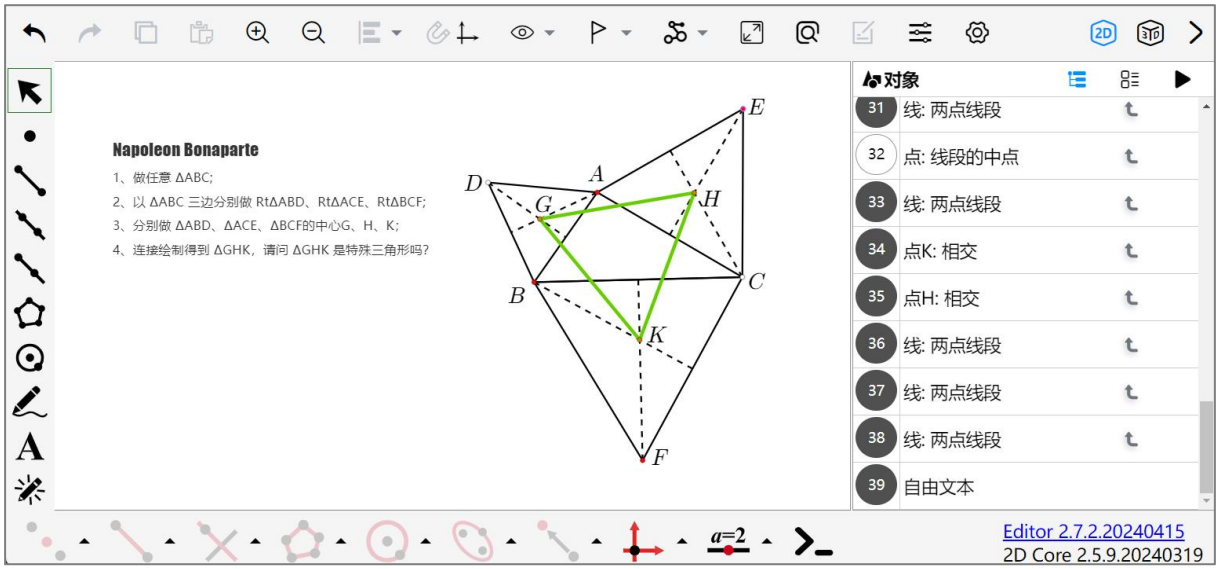


图 2-1 NetPad 的操作界面

（1）NetPad 具有多元交互功能。NetPad 除了能够作为教学平台支持师生的互动问答，还能作为趣味实验环境，支持学生与学生之间的协作探究、交流沟通，让学生在“做中学”充分体验学习的乐趣，发展数学核心素养。此外，NetPad 作为学科信息平台，能够在学生操作实验的时候，实现学生与 NetPad 之间的交互。多元交互的核心是互动式、探究性，有助于学生主动、深度参与到学习过程中，能够在数学课堂上寓教于乐，激发学生的动机，使学生对于知识的理解触达更深层。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）NetPad 支持跨平台多终端使用。NetPad 不仅能够免费使用，还能无缝嵌入各类办公软件和电子白板中，便于教师基于 NetPad 的教学活动实施；同时 NetPad 支持 PC、平板、手机多终端使用，能够让教师随时随地备课，让学生随时随地学习。这能使学生的学习更为连贯，便于学生反思建构所学知识点，对脑海中的知识点理解进行验证、纠偏和联结，将知识整合到认知体系中。

（3）NetPad 拥有丰富的在线资源库。NetPad 用户创建的资源全部汇聚于 NetPad 云端，学生能够通过搜索知识点关键词，获取丰富的 NetPad 资源，涵盖了中小学数学的各个知识板块，NetPad 的“精品资源包”、“资源广场”界面如图 2-2、2-3 所示。一方面，教师应用多元的教学课件进行教学能带给学生不同的学习思路和体验，为学生深入理解知识点提供可能；另一方面，学生在学习应用过程中，能通过复现教学课件或模仿他人作品，加深对于数学知识和 NetPad 功能的理解，还能在此基础上进行创新，生成原创性作品，有利于满足感的获得，维持学习动机，促发深度学习。

图 2-2 NetPad 的精品资源包

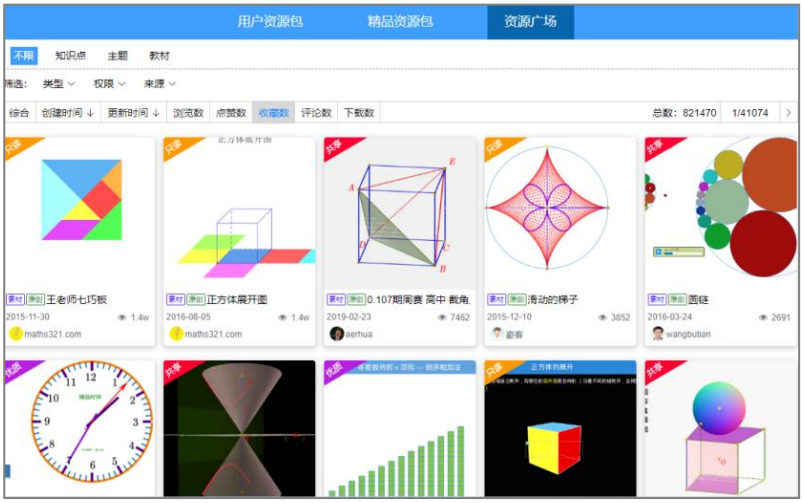


图 2-3 NetPad 的资源广场

中国知网 https://www.cnki.net

（4）NetPad 还具有在线协作的功能。NetPad 不仅能为学生与同伴的交流、思辨和实验创设空间，还支持学生间的在线协作，让学生在与他人的观点碰撞中获得更丰富的体验，对于知识点产生更深入的理解。

2.3 理论基础

2.3.1 动机理论

初中阶段的数学学习对于学生的学习心理和情绪也是一个较大的困难和挑战，有学者研究表明，初二困境在数学教学中普遍存在[63]。奥苏贝尔动机理论认为，一个人的行为是由多种动机因素共同作用的结果[64]。研究人员对大量数学课堂观察后发现数学课堂里的深度学习的发生，离不开五个隐形的要素：归属感、安全感、趣味性、自我效能感，以及对数学学习的热情，而这些隐性因素都与学习动机水平密切相关。学生在数学课堂中兴趣、动机水平较低，缺乏学习主动性和学习意愿，难以实现数学的深度学习，因此，教师应当关注在课堂全过程中对于学生学习动机的激发和维持。通过在课堂教学中融入有效的动机策略，精心设计教学内容和教学活动来激发学生的学习兴趣、调动学生的学习主动性，帮助学生更好的理解知识、发展学科核心素养。

动机是直接推动人的活动以满足某种需要的内在状态，是学生学习的直接原因和内在动力，它能激发、引导和维持学习行为。数学学习动机是指与数学学习有关的某种需要所引起的自觉行为倾向，它激励和推动学生朝着学习目标学习。学习动机的强弱影响着个体的学习情绪、课堂参与行为和其他相关的心理活动，积极的学习动机有利于个体的有效参与和深度学习[65]。为激发学生数学学习兴趣和动机、促发学生数学深度学习的发生，构建融合动态数学环境、数学学科特征和动机策略的深度教学模式是解决传统教学困境的一个重要路径。

2.3.2 ARCS 动机策略

19 世纪 80 年代，Keller 教授提出了 ARCS 动机模型及相关策略，学者纷纷围绕动机教学模型和策略进行了大量的教学研究与实践，结果表明，通过在教学中整合 ARCS 动机策略能够激发学生学习动机并将动机维持在一个相对高的水平，不仅能够提高学生学习的自主能动性，还能让学生更乐于主动参与到学习和探究中，有利于深度学习的达成[66]。基于 ARCS 动机策略的教学能够激发学生学习动机、提高学生自主能动性、为学

中国知网 https://www.cnki.net

生提供协作探究的机会，并能帮助学生深度参与到学习中，这与深度学习的特征与内涵不谋而合。深度学习的本质与 Keller 教授提出的 ARCS 动机模型的旨趣相契合，均以协作学习、探究式学习等方式激发学生内在学习动机，以协作探究凝聚群体创造力为特征。国内外对于将 ARCS 动机策略应用于学科教学的研究中，都肯定了该策略对于促进学生深度学习的积极影响；其中在英语教学中，多项实证研究表明融合 ARCS 策略的教学能够促进学生英语学习思维从浅层向深层的转换，提升课堂的趣味性和教学效果[67][68]；在 STEM 学科教学中，研究表明结合 ARCS 策略的教学能够显著提高学生的学习兴趣和动机水平，有助于发展高阶思维水平和问题解决能力，特别是在数学学科中，融入动机策略的教学能够有效提高学生的数学学习动机和自我效能感，进而促发学生的深度学习[69][70]；大量实证研究表明，ARCS 动机策略在 STEM、语言等学科教学中能显著提高学生的动机水平，促进学生对于学科知识的理解，对学科学习产生长期积极的影响，进而促发学生的深度学习。

ARCS 动机策略（Attention-Relevance-Confidence-Satisfaction Motivational Strategies）包括注意力策略、关联性策略、自信心策略和满足感策略，如图 2-4 所示。该策略的每个部分都充分强调了学生的主体地位，强调在学习的全过程激发学生的认知兴趣和学习动机，突出知识的迁移和创新应用，与深度学习的理念有着异曲同工之妙。该策略不仅能够为国内科学教育提供启发和借鉴，还有助于课堂中深度教学的实施和深度学习的落实，促进科学教育的变革和学生科学素养的培养。通过将这四类策略整合到教学各环节中，能够有效提高学生的参与度、主动性，有助于加深学生的知识理解、发展思维能力。

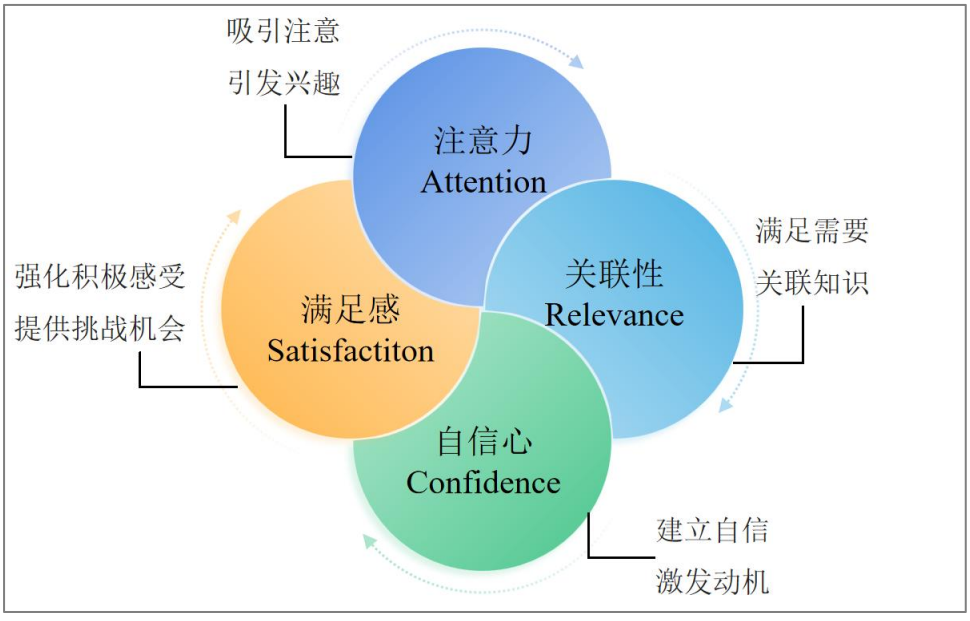


图 2-4 ARCS 动机策略

中国知网 https://www.cnki.net

2.3.3 认知负荷理论

认知负荷理论（Cognitive Load Theory，CLT）是由 Sweller 于 1988 年提出的，它关注学习过程中学生工作记忆的负荷。该理论认为，学生在处理信息时有一定的认知容量限制，有效教学设计应当减少不必要的认知负荷，以便学生将有限的认知资源集中在学习材料的关键方面[71]。认知负荷主要有三种，如图 2-5。其一为内在负荷（Intrinsic Load），此类负荷与学习材料的复杂性和学生的先验知识有关，是学习过程中不可避免的负荷。其二为外在负荷（Extraneous Load），此类负荷由学习材料的呈现方式和教学设计不当引起的，可以通过优化教学设计来减少。其三为相关负荷（Germane Load），此类负荷是学生为达到学习目标而投入的心理努力，有助于学生构建知识结构，可以在一定范围内增加。认知负荷理论对学习的正面影响主要体现在：通过减少外在负荷，如优化教学内容组织与呈现方式，并避免不必要的干扰，可以提高学习效率[71]。通过管理内在负荷，合理规划教学内容的难度与数量，以及增加相关负荷，吸引学生专注于知识的认知过程中，能够促进学生将认知资源集中在学习的核心要素上，加深理解并形成长期记忆[72][73]。

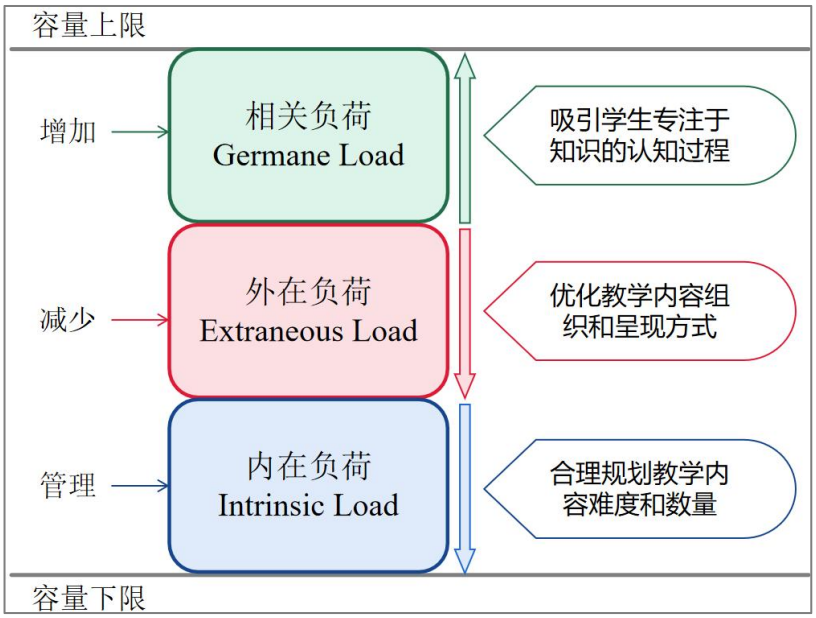


图 2-5 认知负荷的三种类型

然而，认知负荷理论也可能导致负面影响：如果教学设计过于简化，可能会忽视学习材料的必要复杂性，从而限制深度学习和理解的发展[74]。过分关注减少负荷可能会忽略学生的个体差异，如先验知识和学习风格，从而影响教学设计的适应性[75]。

综上所述，认知负荷理论为教学设计提供了一个重要的启示，通过优化信息呈现和教学策略，可以有效促进学习。因此，在进行深度教学设计中，需考虑学生的认知负荷，

中国知网 https://www.cnki.net

平衡简化教学内容和维持必要的认知挑战，确保学习活动既能吸引学生的注意力，又能促进他们的深度学习。避免在教学中一次强调过多知识点，致使学生认知过载，无法进行深入的理解和探究学习。此外，学生的先验知识和个体差异也会影响深度学习的效果，这提示了教师在教学设计时，要考虑学生之间的个体差异，对教学内容和策略进行个性化调整[74]。

2.3.4 SOLO 分类理论

Biggs 的 SOLO（Structure of the Observed Learning Outcome，SOLO）分类理论是一种用于评估学生学习成果的理论框架，依据学生对学习任务的理解和学习质量的不同层次来确定学生的认知发展水平[76]。SOLO 理论的内涵在于提供一个连续的认知复杂性层次，以帮助教师理解学生的学习深度，并据此调整教学策略。SOLO 分类理论的主要组成部分包括五个层次，从低到高分别为：前结构：学生没有理解学习任务，未能提供任何相关的答案或完全离题，思维逻辑混乱；单点结构：学生只能够理解单一的概念或事件，无法进行深入的思考和探究，还处于机械记忆、简单陈述的状态；多点结构：学生能够理解多个孤立的事件，可以从多种角度回答问题，但不能找到这些事件之间的内在联系，无法举一反三；关联结构：学生能够将一个事件中相互联系的各部分特征整合在一起，建立它们之间的内在联系，能够迁移应用到同一知识领域的其他问题情境[77]；抽象拓展结构：学生能够在多个事件之间建立联系，对它们进行归纳、演绎和推理，能将新的知识体系与原有认知结构相关联，整合形成新的知识体系、新方法，迁移应用到不同知识领域的问题情境中[78]。

SOLO 分类理论提供了评价学生理解层次的具体框架，通过其层次化结构明确了深度学习的路径，这对于指导学生从浅层理解逐步进入深度理解至关重要。同时，该分类侧重于学习成果的质量和深度，通过将 SOLO 分类理论应用于数学教学评价中，教师可以更准确地评估学生对数学概念的理解和应用水平，从而能够更有针对性地进行个性化教学和反馈。SOLO 分类理论鼓励教师设计能够挑战学生认知水平的任务，促发学生的深度学习，促进学生向更高的认知层次发展。SOLO 分类理论有助于教师准确识别学生在学习过程中的困难和误区，从而及时调整教学策略。通过长期追踪学生的 SOLO 层次，教师可以观察和记录学生的认知发展轨迹，为教学决策提供依据。

SOLO 分类理论重点关注学生处理学习任务时呈现的理解层次，而不仅仅是学生掌握知识点的数量和种类多寡。其中，前结构层次实际上是一种“无学习”状态，从前结

中国知网 https://www.cnki.net

构层次、单点结构层次到多点结构层次体现了学生掌握知识数量的增加，属于学习的量变过程；从多点结构层次、关联结构层次到拓展抽象结构层次体现了学生关联整合知识的能力，实现了举一反三、迁移应用，属于学习的质变过程。因此，将单点结构层次和多点结构层次归类为浅层学习，而关联结构层次和拓展抽象结构层次归类为深度学习，如图 2-6 所示[78]。

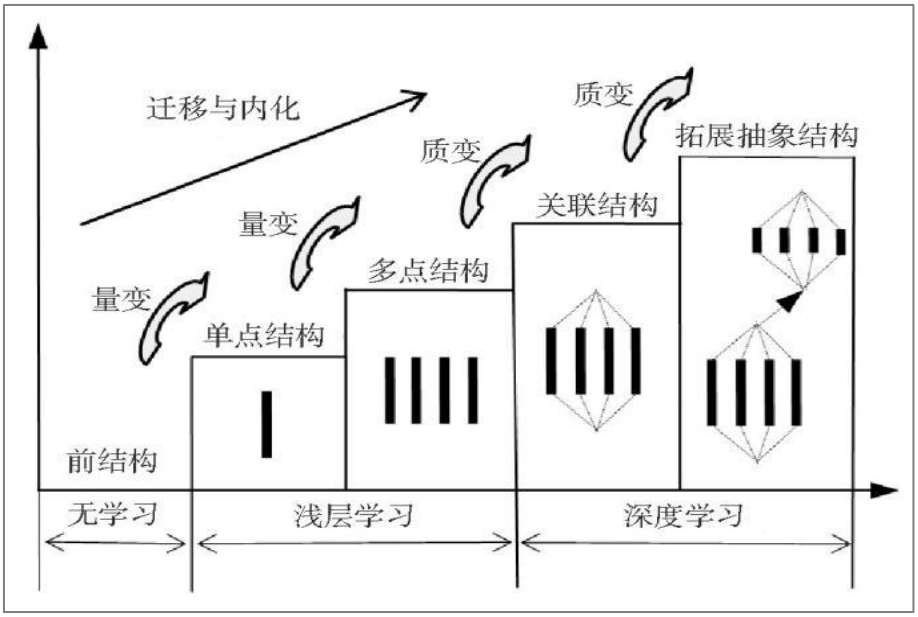


图 2-6 SOLO 分类与深度学习的关系（曾明星；2021）

2.4 小结

本章通过分析深度学习、数学深度学习、深度教学和动态数学系统等核心词的相关文献，概述了它们的内涵和研究现状，具体包括深度学习的概念发展和研究现状、数学深度学习的发展现状和存在问题、深度教学的概念发展和研究现状以及基于动态数学系统的数学教学研究现状。其次，对于数学深度学习、深度教学和 NetPad 进行了概念界定，明确这些核心概念在本文中的定义。再次，对于动机理论、ARCS 动机策略、认知负荷理论、SOLO 分类理论等理论基础进行文献研究，概述了相关内涵。通过对研究文献进行深入的分析与总结，说明了深度学习和深度教学对于中学数学教学的必然性和重要性，也为本文后续的模型构建和教学实践工作奠定了坚实的理论基础。

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

第三章 融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的中学数学深度教学模型构建

3.1 中学数学深度学习特征

数学深度学习强调激发学生的学习兴趣和学习动机，通过调动学生的学习意愿让他们自主参与到学习活动中，在沉浸式、互动式的学习中带着批判性地眼光理解新知识，并在理解的基础上将新知识与旧的知识、经验相关联，整合到原有认知结构中进行反思建构，有能力对新学习的知识、方法迁移应用到新的问题情境中，进而解决更复杂、新颖的问题或生活中的问题。通过挖掘数学深度学习的内涵，结合中学数学学习的实际情况和特点，将中学数学深度学习特征归纳为如下六个：（1）动机激发；（2）批判理解；（3）知识整合；（4）反思建构；（5）迁移应用；（6）问题解决。中学数学深度学习的六个特征如图 3-1 所示，下面分别进行进一步说明。

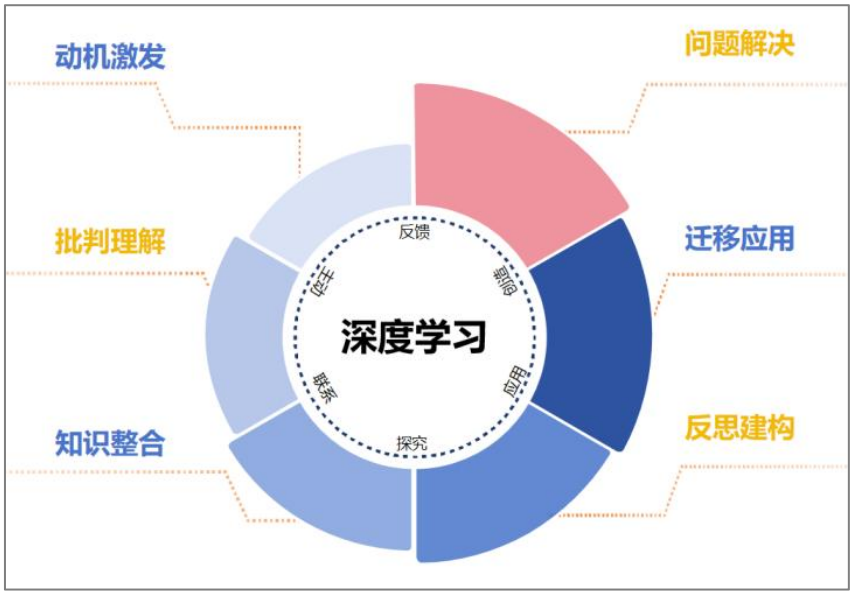


图 3-1 中学数学深度学习特征

（1）动机激发。学习动机是数学学习发生的前提，来源于学生对于数学知识的好奇心和求知欲，想要通过一系列的学习活动来探究新知识[35]。然而，中学生数学学习普遍存在学习动机水平较低、自我效能感不足的现象，因此，中学数学教学的关键是通过丰富的教学活动以最大限度激发和维持学生的学习动机。教师在数学教学中要合理利用数学教学平台，通过有机结合动机教学策略，确保学生在数学学习过程中保持较高水平的学习动机，从而为深度学习的发生和持续提供保障。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）批判理解。批判理解是深度学习的首要特征，强调学生应该持批判性眼光学习新知识和思想，在理解知识的基础上敢于质疑、提出问题，以充分的理性和客观事实进行理论评估与客观评价，在这过程中不断加深对于知识的理解[6]。

（3）知识整合。知识整合是深度学习的本质特征[79]。联通思想认为，学习就是建立新的联结或改变联结间的激活模式[80]。学生通过在各种知识之间建立多元联结，将新知识整合到原有的认知结构中，能够获得更为完整和深入的认知。比如，学生通过归纳总结的方式进行知识间的关联，能够使数学概念存储在长时记忆中，与相关知识串连在一起，形成稳定的知识结构。通过知识整合不仅能更深入、全面地理解所学知识点，还能达到对知识的长久理解和保持。

（4）反思建构。反思建构是深度学习和浅层学习的本质区别，是指学生在建立知识联结的基础上通过新、旧知识的双向互相作用实现知识的同化和顺应，调整原有认知结构，并对建构产生的结果进行审视、分析、调整的过程[6]。反思建构要求学生主动对知识作出理解和判断，运用已有的知识、经验对新知识进行辨析和评价，形成对知识的独特理解，构建新知序列，还需要持续审视反思、动态调整自我建构的结果。

（5）迁移应用。深度学习要求学生能够灵活应用已有知识经验来判断新的问题情境的关键要素，识别问题核心，并应用所掌握方进行迁移应用，达到举一反三的程度。根据加涅的学习理论，学生在课堂深度学习中的迁移分为纵向迁移和横向迁移两种。其中，纵向迁移是将所学习的新知识作为学习更复杂知识的基础，也就是将评价环节中所形成的认知结构作为一个基础或者组成部分加入到更为复杂和庞大的认知结构中，例如将加法的规则迁移到乘法中，把整数乘法迁移到分数乘法中等，这种迁移的结果是认知结构进一步的扩充与完善；横向迁移即是将新知识应用到类似的新情境中去，通过创设问题情境让学生有机会将所学知识外显化、操作化，从而提高学生的思维水平和关键能力[81]。

（6）问题解决。深度学习下的教学活动不仅要求学生掌握基本的数学概念知识，还要求学生拥有在复杂情境中解决问题的高阶思维能力，并将其灵活运用到生活情境中。这种深度教学活动以学生的实际生活为切入点，通过设计体现劣构性、新颖的真实问题情境，促使学生灵活运用已有知识、方法解决新的、真实世界的问题，从而实现以促发学生的深度学习为目标的深度教学[82]。

深度学习的特征是深度学习的具体表现，也是判定深度学习是否发生的关键依据。深度学习的六个特征互为联系、承上启下、缺一不可。动机激发作为深度学习的起点，

中国知网 https://www.cnki.net

能够有效吸引学生的注意力、激发学生的学习兴趣，满足学生好奇心与求知欲等学习情感需要，为后续学生的数学学习扫除心理阻碍。批判理解要求学生在知识理解的基础上主动对所学知识进行批判性思考，将输入的知识内化到自己的知识体系中，而不仅仅是被动接收；新知识进入到学生的知识体系中，学生通过关联新、旧知识来进行知识的有效整合，形成更完整、丰富的新知识体系。此后，在探究与协作学习的过程中，学生在师生、生生的互动间产生认知冲突，能够对认知进行修正和纠偏，对所学知识进行反思建构。更进一步的，学生通过老师提供的挑战性问题、新的问题情境对所学知识进行迁移应用，达到举一反三的程度。随即则是对于所学知识的创造性应用，学生能够应用所学知识对真实世界问题进行解答，创新方式方法和解决路径，是对于知识的融合与创新。

3.2 ARCS 动机策略促进深度学习的可行性分析

3.2.1 “投入与理解”和“吸引”

“投入与理解”是深度学习发生的必要条件，强调学生全身心、沉浸式的参与到学习过程中，获取对于新知识的理解。学生只有在学习兴趣被充分激发，学习动机被充分调动后，才能最大程度发挥其学习的自主能动性，进而秉持批判性的态度建立对于新知识的理解。理解的过程也并不单单是教师的解释和教授，而更多的是通过学生的提问、探究和分享，从而在学生自身和知识间建立起联系。

ARCS 动机策略中，“吸引”意味着通过教学内容的恰当选取、教学活动的精心设计来吸引学生的注意力、激发学生的学习兴趣，进而唤醒他们的学习动机，让他们有更强的自主意愿参与到学习活动中，渴望深入理解知识，而不仅仅是浅尝辄止。

3.2.2 “联结与反思”和“关联”

“联结与反思”是深度学习与浅层学习的本质区别。其中，“联结”强调知识和经验之间的联系，学生能够主动将新知识关联起已有经验和旧知识，并形成一个新的知识体系。但是，这些学生在过往学习中获得的旧知识和生活中积累的已有经验都需要在教师的帮助下，通过问题情境创设等方式进行唤醒和转化。“反思”则强调对知识的分析与辨别，要求学生能够在学习过程中不断发现理解中的纰漏，动态调整已有的认知结构和知识体系。由于知识的学习是由浅入深的过程，较难在初步认识的时候就获得对知识最完整和准确的理解，因此随着教学活动的推进和学习的深入，在探究和问答过程中，

中国知网 https://www.cnki.net

学生应该不断地检查自己的认知，不断地完善理解和学习方法。

ARCS 动机策略中的“关联”强调教学需将学习内容与学生的学习目标、兴趣和生活经验相联系，使学生能够认识到学习的使用价值和个人意义，从而提高学习动机。通过把学生熟悉的生活事例与教学内容相联系，学生能够更好地进入学习状态，主动关联经验和知识，并在师生、生生的交流碰撞间，不断修正自己已有的认知。

3.2.3 “探究与迁移”和“自信”

“探究与迁移”强调学生不仅能够从问题的探究学习中获得对新知识的深入理解和问题解决的思路方法，同时还具备将这种方法迁移至新的问题情境中的能力。此过程要求学生不仅在掌握知识的结构上获得深度理解，更要深刻把握知识的内在本质，从而在遇到变化或更复杂的问题时，能够灵活应用，识别问题的核心，实现高效解决。这不仅促进了学生知识的深度理解和学习方法的灵活应用，对于培养学生的终身学习能力、解决问题能力及适应未来社会的能力也具有重要意义。

ARCS 动机策略中的“自信”强调教师应通过精心设计的教学活动，如分组探究等，提供具有挑战性却又能够通过明确的解决路径达成的问题情境。这样的教学设计旨在促进学生通过小组讨论、提出问题等互动形式，运用新获得的知识解决更广泛的问题，从而在学习过程中构建起对自身学习能力的信心。通过这种方法，学生不仅学会了知识，更重要的是，他们获得了解决问题的自信，相信自己具备完成学习任务的能力。

3.2.4 “应用与创新”和“满足”

“应用与创新”强调高阶思维的参与，旨在激发学生的创新精神。面对日益复杂的全球环境及其所伴随的激烈竞争，社会对人才的需求不仅仅停留在知识的掌握上，更在于个体能否将所学知识应用于实际问题解决和创新性思维的展现。深度学习的实践着重于学习过程本身，特别是在于培养学生的关键能力和核心素养，为应用和创新性解决方案的生成奠定基础。通过这种方式，教育不仅仅关注知识的传递，更重视知识的应用和创新能力的培育，促进学生在面对复杂问题时能够灵活运用所学，展现个人的创造力和解决问题的能力。这种教育理念和实践，有助于准备学生面对未来社会的各种挑战，使他们能够在不断变化的世界中保持竞争力和适应力。

在 ARCS 动机策略中，“满足”强调教学活动应当产生持久且深刻的影响，如使学生能够在日常生活中找到所学知识的实际应用场景，或是通过所学为社会带来正向贡献，

中国知网 https://www.cnki.net

从而实现个人价值的提升。这一策略倡导教师面向学生提出具有挑战性的问题，或是设计与现实生活紧密相关的应用性问题，为学生提供将理论知识应用于实践、以及通过创新性思维解决问题的机会。

3.3 融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的深度教学模型构建原则

3.3.1 发展性原则

发展性是深度学习和深度教学的本质规定性，也是数学教学最根本的价值追求，强调教学活动应符合学生的身心发展规律，促进学生个体全面而和谐的发展[40]。这一原则也与深度学习的价值遵循相一致，深度学习强调教学不仅要帮助学生在认知领域获得成长，更是要帮助学生在人际、个人领域得到充分发展。当前中学数学教学中，表面、表层和表演学习的现象还普遍存在，教学过度关注数学识记和题海战术，忽略了对于学生数学思维和核心素养的培养，不利于学生长远而全面的发展。Biggs 提出的 SOLO 目标分类法中五大层次是学生认知能力逐步发展，学习由浅入深的体现；事实上除了认知能力外，学生的能力、品格、精神也处于动态发展的过程中。

教育思想家赞科夫提倡的“发展性教学”理念，深植于促进学生全面成长的土壤中，他指出教学的终极目标是引领每位学生实现其潜在的综合发展。在中学数学的教育理念中，这一观点得到更深入的强调，即数学教育不仅仅是教授数学知识，更重要的是促进学生在数学领域内根据各自不同的潜能和兴趣实现差异化的成长。深度学习要求超越单纯的知识掌握，聚焦在教学过程中促进学生关键能力的提升和学科素养的培养。因此，教师在具体开展深度教学时，应考虑学生的“最近发展区”，尤其是在设置教学任务时，应循序渐进地提升难度和复杂度，综合考虑学情生情，设置的问题应该让大部分学生在教师的指导下能通过思考和探究得以解决。通过将教学聚焦在“最近发展区”能够让学生的潜能最大程度被激发，使学生的数学思维得到锻炼和发展。将发展性原则置于数学深度学习的核心，能够有效提高学生学习的意义感、自我效能感，引领学生深刻理解数学的内在价值、享受学习成就感，并在个人成长的道路上不断前进。为了实现发展的可持续性，以学促发展，教师应致力于培养学生的自主学习能力，帮助学生实现学习方法和思路的内化，让学生能够在迁移应用和问题解决的过程中获得关键能力和素养的全面发展。

中国知网 https://www.cnki.net

3.3.2 主体性原则

主体性原则强调教师在课堂教学时应以学生为中心，在教学中充分激发学生的学习动机，引导、鼓励学生主动参与到学习过程中，通过自主探究、提问、讨论等活动来完成知识体系的构建，从而实现自我发展。重视学生的主动参与、独立思考和协作学习是这一原则的核心。衡量主体性原则成功的关键指标包括学生的积极参与程度及师生、生生之间的有效互动。转变教师角色，从传统的信息传递者转变为学习的促进者和协调者，是实现这一原则的基础。在深度教学中，学生的主体地位被高度重视，鼓励学生以积极和愉悦的态度投身学习，认为学生的认知活动和学习行为应当自主且处于更高的认知水平。在深度教学模式的“分组探究”和“分享释疑”阶段，学生的主体性被特别强调，教师通过观察、倾听并提供恰当的指导和引导，支持学生的探究过程，使他们能够自由表达对概念的理解，深入分析并展示他们的研究成果。教学中实施主体性原则，意味着认识到学生是通过积极的探索、思考和实践来建构知识，而教师则通过提供指导、资源和支持来促进学生的学习进步。这种做法不仅培养学生的学习热情和创新精神，还助力于他们发展批判性思维、问题解决能力和终身学习能力，使教育更贴合学生的实际需要，帮助他们实现深刻而持久的学习效果。

3.3.3 过程性原则

在融合信息技术如 NetPad 进数学教学的实践中，强调过程性原则对激发学生的学习积极性和促进深入学习至关重要。这一原则强调教学不仅是知识传递，更是一种探索和体验的过程，不应仅仅局限于达到某个特定的学术目标或是知识点的掌握上。过程性原则数学教学应超越简单的记忆训练，引导学生体验数学思维的过程，感受学习的全程和知识的意义。在紧凑的教学安排中，重视学生的主动参与和思维活动，允许学生在探索和交流中发展个性化的理解路径。实施过程性原则要求教学设计充分体现学习的动态性和参与性，通过各类学习活动体验，让学生经历从问题识别到解决的完整过程，在此过程中积累策略性知识，形成情感态度价值观。教师在实施过程性原则时，应创造条件让学生在数学探究中发现知识的深层意义，引导学生主动参与，体验知识构建的乐趣。例如，教师设计情境化的学习活动，激活学生的先验知识，激发学生的学习动机，引领他们基于个人经验和理解进行知识构建。此过程中，学生个体差异的认可成为教学的一个重要维度，教师通过设计分组探究环节，鼓励师生、生生间的广泛交流和合作，极大

中国知网 https://www.cnki.net

程度的调动学生学习的自主能动性，从而深化它们对新知识的理解。NetPad 为师生的互动和探究提供了平台，促使学生在交互和协作中获得新见解，跨越知识的表层，深化认知探究。这种合作性和互动性的环境，不仅提升了学生的沟通与协作能力，也强化了学习的社会化过程，其中对于知识的批判理解、反思建构和核心素养的发展在学生间的互助及师生交流中得以实现。通过这样的教学过程，学生能够将书本知识和他人的经验转化为个人的智慧，促进全面发展。这种对学习过程的重视，不仅提升了教学效果，也为学生的未来学习和生活奠定了坚实的基础。

3.3.4 可操作性原则

在融合信息技术与深度教学的过程中，确保软件的可操作性至关重要。这意味着软件从基础操作到深度应用都应设计得简便易行，保证教师和学生能够无障碍地启动并使用。例如，采用 NetPad 开发的教学课件不仅需保证基本的操作性，比如启动方便，还应为师生提供直观、易懂的用户操作界面，减少技术门槛，让教学活动更聚焦于教学本身，满足初级学习需求。此外，深度学习的目标在于促进学生在掌握基础知识之上进行更深层次的思维挑战和高阶认知活动。在这个层面，学生探索新知识时的困惑和求知欲是自然的。因此，在课件设计中应充分考虑到易用性，包括提供重复操作的可能性和完整的操作要素，以便学生能够在探索过程中自我检验和深化理解。通过实施这一原则，可以显著提升用户操作的效率和学习体验，进而有效地提高 NetPad 在深度教学中的应用效果。

3.4 N-ARCS 深度教学模型构建

本文在 NetPad 的支持下，通过将 ARCS 动机策略与数学教学活动有机融合，构建了一个促发中学生数学深度学习的 N-ARCS 模型。模型旨在充分发挥学科信息技术融合教学的优势，通过结合有效的动机策略，打造趣味化、互动式、探究性、平等尊重的深度课堂，在教学过程中全方位激发学生学习兴趣和动机，在一系列教学活动中由浅入深、由表及里地提高学生对于核心知识的理解和掌握，通过丰富的互动、探究环节激发学生学习动机、促发学生深度学习。

N-ARCS 模型包含 NetPad 支持层、ARCS 策略层和深度教学活动层。通过 NetPad 支持层赋能 ARCS 策略层与教学活动的整合，实现深度教学活动层，以打造趣味化、互动式、探究性的深度课堂，促发学生的深度学习。N-ARCS 中学数学深度教学模型如图

中国知网 https://www.cnki.net

3-2 所示。下面针对模型的三个层次分别进行说明。

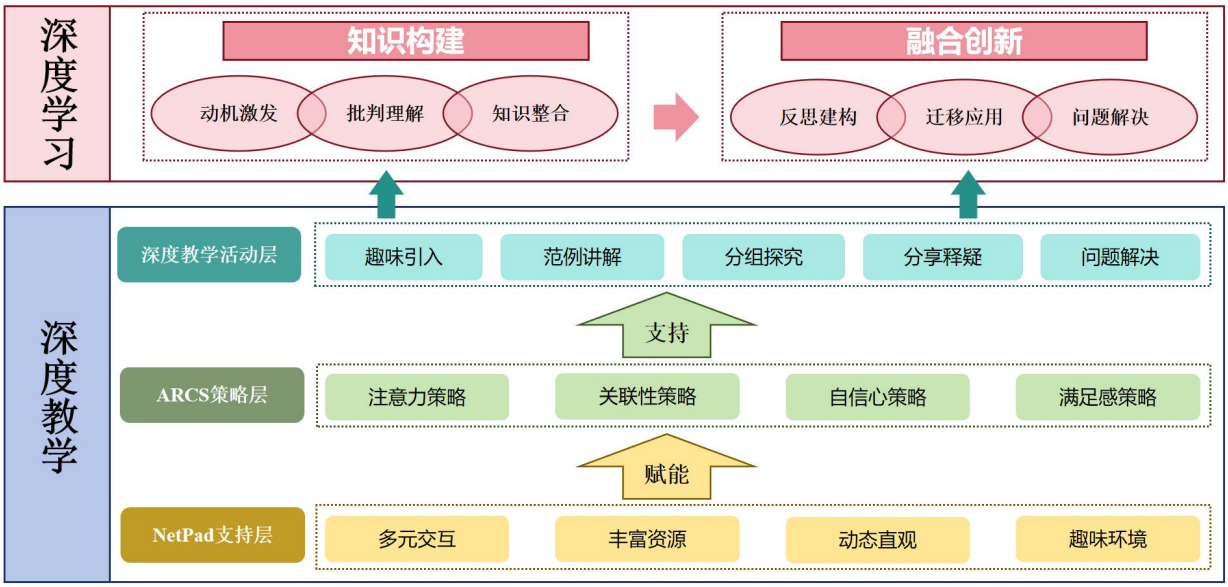


图 3-2 N-ARCS 中学数学深度教学模型

3.4.1 NetPad 支持层

NetPad 有着丰富的资源库、强大的学科功能，能够支持在线协作、多元交互的学习活动，在课堂中可以支持师生、生生、NetPad-学生的交互，满足教学需要。同时，作为一款优秀的动态数学系统，NetPad 能够将抽象的数学知识进行动态可视化呈现，降低学生的认知负荷，有助于学生的知识理解和反思建构[83]。此外，NetPad 有助于丰富教学形式和内容，能够打造探究式、互动式的趣味数学课堂，持续吸引学生注意力，维持学生学习动机[51]。NetPad 支持层能够有效赋能 ARCS 动机策略在课堂教学中的贯穿实施，包括但不仅限于提供多元的教学方式、组织探究式学习活动等等。

3.4.2 ARCS 动机策略层

在 ARCS 策略层，笔者通过分析 Keller 提出的 ARCS 动机策略，结合 NetPad 的特点，提出了基于 NetPad 的教学行为，以支持深度教学活动层的具体实施，如表 3-1 所示。以下分别对四种动机策略进行进一步说明。

注意力策略强调回应学生寻求刺激的需求以及唤醒学生探寻知识的好奇心，包含知觉唤醒、探究唤醒及多样性三种策略[84]。在知觉唤醒部分，通过 NetPad 展示与课堂内容相关的趣味案例从而引起学生好奇心和注意力，让学生快速进入课堂状态；对于探究唤醒策略，在课堂中安排问题探究环节，使同学们在探究中寻求问题答案，进一步激发

中国知网 https://www.cnki.net

它们的好奇心。学生既可以进一步学习课件内容，也可以通过搜索 NetPad 丰富的在线资源库来拓展思路；对于多样性策略，采取多种教学方式或安排多种类型的教学活动，来为课堂注入新鲜感，保持学生的注意力。通过这几种方式能够引起学生注意力，激活学生的学习动机和相关知识经验，为学生的知识理解和联结做好铺垫。吸引注意力并不困难，关键是如何使学生保持注意力集中。

表 3-1 基于 NetPad 的动机教学行为

策略类别	具体策略	基于 NetPad 的动机教学行为
注意力策略	知觉唤醒	应用 NetPad 展示趣味性的相关案例
	探究唤醒	应用 NetPad 课件、资源库进行问题探究
	多样性	采用丰富的教学手段
关联性策略	目标导向	说明学习重点和目标
	动机匹配	设置挑战性问题，通过 NetPad 进行协作探究
	熟悉性	NetPad 展示与学生已有知识、经验相关的内容
自信心策略	学习要求	明确学习要求
	成功机会	由浅入深设置教学内容，提供成功机会
	个人控制	提供 NetPad 课件和探究时间，允许学生自定步调
满足感策略	内部强化	通过 NetPad 创设问题情境，提供新知应用机会
	外部奖励	展示学生的 NetPad 探究页面，予以点评和表扬
	公平性	评价标准公开、透明，对所有学生公平

关联性策略强调满足学生感觉上的需要，帮助学生建立知识的联结，提高学生学习的自主性，包含目标导向、动机匹配及熟悉感三种策略[84]。对于目标导向策略，在正式进行案例详解前说明本节课的学习重点和学习目标，让学生对于课程学习更有目标性，同时也对于下一环节的学习充满期待，丰富的教学内容和活动激发学生对于课程的学习动机；在教学过程中，设置具有挑战性的问题，并安排自由分组探究的环节，这样对于渴望归属感以及渴望挑战的同学都能够实现动机匹配，NetPad 的在线协作功能也能很好的支持学生们之间的交流合作；教师在选择教学案例的过程中，也应尽量选择趣味性、生活性的案例，让学生们体会到熟悉感，从而维持学生的学习动机。通过关联性策略能够帮助学生建立起新旧知识的联结，激发和维持学生的学习动机。在关联性策略里，考

中国知网 https://www.cnki.net

虑到知识点之间的关联性和进阶性，符合学生认知结构由浅到深的特性，有利于促发学生深度学习。

自信心强调在学习过程中帮助学生建立自信，从而持续地激发学习动机，包含学习要求、成功机会及个人控制三种策略[84]。针对学习要求策略，教师在课堂上要明确提出学习要求；在教学中，教师应设计循序渐进的教学内容，并根据教学内容设置进阶难度问题，符合学生的“最近发展区”，合理安排教学进度，让学生在不断解决问题和掌握新知识的过程中获得成功、建立自信；在个人控制策略，教师应在课堂中给予学生一定的自主权，让学生自定学习步调，调控学习行为，而 NetPad 的课件可以方便获取和查看，为学生的探究学习提供支持和帮助。学生对学习有了自信心，就倾向于进行知识的迁移应用，进而获得更多的成功体验。

满足感强调学生对于成就持有积极态度，包含内部强化、外部奖励和公平三个策略[84]。其中对于内部强化策略，教师应借助 NetPad 为学生创设新知识的应用场景，让学生能够学以致用，感到有所收获，并提供反馈以强化学生对于努力和成就的积极感受；对于外部奖励策略，教师可以通过在课堂展示优秀学生的 NetPad 探究页面，进行公开点评和口头表扬或给予物质奖励，以强化成功给学生带来的满足感和获得感；对于公平性策略，教师应确保评估标准公开、透明，对所有学生公平。

3.4.3 深度教学活动层

在 NetPad 支持层和 ARCS 动机策略层的基础上，设计了递进的、符合认知规律的、能够促发学生深度学习的深度教学活动。通过一系列的教学活动，创建了生动活泼、平等尊重的趣味性、互动式、探究式课堂，提高学生自主学习的意愿和情感参与，学生在交流探究、问题解决中深度参与课堂学习，收获满足感和成就感。最后，在课堂活动中学生实现了知识构建和融合创新，发生深度学习。其中，知识构建包含动机激发、批判理解、知识整合；融合创新包括反思建构、迁移应用、问题解决。深度教学活动层是在融合 NetPad 特性和 ARCS 动机策略的基础上提出，包含趣味引入、范例讲解、分组探究、分享释疑和问题解决五个教学环节，具体如下：

（1）趣味引入——预热知识经验，激发学习动机

趣味引入环节主要应用了注意力策略和关联性策略，旨在帮助学生预热已有的知识经验，激发内部学习动机。教师通过 NetPad 趣味化展示学习主题相关的前序知识，例如引入一个与课堂内容相关的趣味数学实验、经典数学故事或是生活中常见的例子，充

中国知网 https://www.cnki.net

分利用 NetPad 直观、动态可视化的特点进行呈现。通过知识点相关内容的趣味引入，不仅能够降低外在认知负荷，还能激发学生的好奇心和求知欲，减轻学生理解新知的困难，帮助学生在概念具体化世界找到符号化世界的认知固着点，从而激发学生对课堂内容的学习兴趣，激活学习动机，提高学生对下一环节内容的关注和课堂参与度。

（2）范例讲解——促进批判理解，建立知识联系

范例讲解环节主要应用了注意力策略、关联性策略和自信心策略，旨在促进学生主动对于知识进行批判性理解，关联新旧知识形成新的知识体系。教师通过 NetPad 对知识点的概念、定义进行动态可视化演示，选取服务于课程核心知识点的 1 个基础案例及 1 个拓展案例进行生动的剖析和讲解，梳理解题思路和方法，让学生获得对于新知更深入的理解。通过循序渐进的教学，控制学生的内在认知负荷，加深学生对于知识点的理解，帮助学生建立自信心，相信自己能掌握课程知识。注意 2 个案例内容需具备结构关联性以及渐次递进性，内容由浅入深、由简单到复杂地逐步展示呈现。同时，对于一个关键知识点，教师可以借助 NetPad 强大的学科资源库，从多角度切入知识点讲解，提供多元化的教学，帮助不同思维方式的学生都获得对于知识点的深度理解。通过范例讲解，能够帮助学生建立坚实的知识基础、培养自信心，支持他们后续的探究和应用。

（3）分组探究——帮助知识整合，学会迁移应用

分组探究环节主要应用了关联性策略、自信心策略和满足感策略，旨在帮助学生整合知识，进行迁移应用。教师应该在前序知识的讲解后，设置指向课堂核心知识点的进阶知识的学习环节，提出有挑战性的问题，保持教学中的连贯和一致，这个过程也合理地增加了学生相关认知负荷。然后，要求学生们围绕这个问题进行分组探究。学生们不仅可以通过 NetPad 浏览教师发布的课件、在资源库查询相关例子辅助问题解答，还能通过 NetPad 的作图界面梳理、验证自己的思路，再进一步与同伴间交流彼此的见解和思路。通过分组探究，学生能够在与他人的互动中进行思维的碰撞，整合零散的知识到知识结构中，并能将所学知识在新的情境中进行迁移应用。与此同时，在应用新知的过程中，学生建立起对于知识点学习的自信心，能够更好地参与到下一环节的学习活动中。

（4）分享释疑——促发反思建构，完善知识体系

分享释疑环节主要应用了自信心策略和满足感策略，旨在促发学生的反思建构，让学生在学习过程中不断完善他们的知识体系。教师应该在分组探究环节后，给予学生成功机会，邀请每个小组的一个代表分享该组的问题探究结果和收获，并提出探究过程中的疑惑，教师及时点评每一小组，并表扬表现优异的小组。学生不仅能够在分享的过程

中国知网 https://www.cnki.net

中对知识进行反思建构，还能在聆听他人的分享过程中获得新一轮的认知和思想碰撞，触达到知识学习的更深层。教师在各小组分享后，应该对学生分享过程中提出的问题进行统一解答，并对探究思路进行梳理和讲授，对学生可能发生的误解进行纠偏，降低学生的内在认知负荷，有利于学生形成更完备的知识体系。通过分享释疑，能够继续加深学生的知识理解，让他们对学习更有把握，此外，及时的反馈能够提升学生的满足感，将学生的学习动机维持在一个较高的水平。

（5）问题解决——设置挑战任务，探究问题之解

问题解决环节主要应用了自信心策略和满足感策略，旨在为学生提供成功的机会，通过设置挑战任务让他们自主探究问题之解。教师应该在教学中为学生提供问题解决的机会，通过介绍核心知识点可应用的场景以及布置挑战性任务的方式，让学生尝试在实际生活问题中，应用课堂所学知识解决问题，适量增加学生的相关认知负荷。通过问题解决环节，不仅能够流畅地延伸课堂学习至课外，还能够让学生在应用和解决问题的过程中持续建立自信和获得满足感、成就感，延长学生对于知识点学习和投入的时间，增加学生迁移应用和创新发展的机会。

3.5 小结

本章结合深度学习特征和中学数学学习特点分析了中学数学深度学习特征，在此基础上，确定了融合 NetPad 特性和 ARCS 动机策略的教学模型构建的四原则，包含发展性原则、主体性原则、过程性原则和可操作性原则，还进行了 ARCS 动机策略促进深度学习的可行性分析。基于上述研究，进一步构建了 N-ARCS 中学数学深度教学模型，包含 NetPad 支持层、ARCS 策略层和深度教学活动层三大模块，旨在为中学数学深度教学的理论和实践研究提供参考。N-ARCS 模型通过有机融合 NetPad 特性与 ARCS 动机四类策略，从激发学生学习动机的角度出发，实施发展学生高阶思维、促发学生深度学习的深度教学。

中国知网 https://www.cnki.net

第四章 基于 N-ARCS 模型的深度教学实验

4.1 实验设计

本文采取准实验研究法，在真实的课堂情境中开展，以教学方式作为自变量，以学生的深度学习情况作为因变量，对教学人员、教学内容等无关变量进行控制。实验班在每位学生配备一台电脑，讲台配备一块电子白板的智能教室，使用 NetPad 电子课件进行 N-ARCS 模型支持的深度教学；对照班在讲台配备一块电子白板的教室，使用纸质教材进行传统教学。两班的教学人员均为笔者，教学内容均为“多边形内角和的探究和拓展应用”。实验使用了两种测量工具进行数据收集，一种是问卷测试，采用 Biggs 提出的学习过程问卷，用于测量两班学生的学习动机水平和所采用的学习方式；另一种是知识点测试题，包含前测和后测，在实验前、后分别开展，用于测量两班学生的初始学习成绩和实验后的学习成绩，通过分析学习成绩，考察学生的思维发展水平。通过综合考察学生的学习动机、学习方式和学习成绩来检验学生的深度学习情况。

4.1.1 实验目的

本文基于深度学习、动态数学系统和 ARCS 动机教学策略等相关理论的研究，通过融合 NetPad 和 ARCS 动机策略来构建中学数学深度教学模型 N-ARCS，用于指导具体的教学实践。但是，应用模型进行深度教学是否能促发学生的深度学习、发展学生的数学高阶思维，还有待进一步的教学实践验证。

实验目的是检验基于 NetPad 环境，采用 N-ARCS 教学模型指导的深度教学方式进行中学数学教学，会否对学生的深度学习产生积极的影响？通过开展深度教学实验，收集实验数据并进行统计分析，考察教学效果、验证教学模型的有效性，以期为中学数学深度教学提供一定的实践参考。

4.1.2 实验假设

本文通过实施问卷测试和知识点前后测，来分析基于 N-ARCS 模型的深度教学与传统教学相比是否存在优势。预测在深度教学实验后，实验班具备更高的学习动机，且更倾向于采用深度学习方式进行学习，表现为深度动机水平和深度学习方式分数高于对照班。与此同时，预测在知识点后测中，实验班相较对照班取得了更大的进步，后测成绩

中国知网 https://www.cnki.net

整体优于对照班，并且有更多的学生在实验后展现出高阶思维水平。综合学习动机、学习方式和学习成绩得分来看，实验班学生在实验后得到了更大的提升，深度学习情况更佳。因此，提出实验假设如下：基于 N-ARCS 模型的深度教学实践能更有效地激发学生的深度学习动机，积极影响学生的学习方式，发展学生的高阶思维，进而促发深度学习。

4.1.3 实验对象

教学实验在广州某所中学开展，选取了两个班级共 88 名年龄在 12 岁到 14 岁之间的初一学生。在两班中随机选择其中一班为实验班，另一班作对照班，其中实验班 43 人，对照班 45 人。根据被测学生的学习进度安排和人教版教材知识点范围，确定了教学实验内容围绕“多边形内角和的探究及其拓展应用”展开，被测学生在教学实验前已具备三角形的性质、内角和以及直线与角的关系等知识基础，未学习多边形内角和相关知识。

4.2 测量工具

4.2.1 R-LPQ-2F 学习过程问卷

中学生学习过程问卷 R-LPQ-2F（Revised Two-Factor Version of the Learning Process Questionnaire，R-LPQ-2F）采用的是 Biggs 和 Kember 在 Marton 和 Saljo 的研究基础上制作的问卷，他们将概念化的学习类型转变为可定量测量的学习量表，包括供中学生使用的“学习过程问卷（Learning Process Questionnaire，LPQ）”，以及供大学生使用的“学习过程问卷（Study Process Questionnaire，SPQ）”[11]。Biggs 认为学生的学习动机和学习策略取向是两位一体的，这样的一个共同体称之为学习方式，在一系列的探索与改进后，Biggs 等人在对问卷进行修订的过程中提出了学习方式的二因素模型，把学习方式分为深度学习方式和浅层学习方式，分别于 2001 年和 2004 年修订形成精简版的 R-LPQ-2F 和 R-SPQ-2F 问卷[85]。

问卷主要包含四个分维度：浅层策略（Surface Strategy，SS）、浅层动机（Surface Motive，SM）、深度策略（Deep Strategy，DS）和深度动机（Deep Motive，DM）；两个主维度，其中浅层学习方式（Surface Approach，SA）由浅层策略和浅层动机组成；深度学习方式（Deep Approach，DA）由深度策略和深度动机组成。对于各维度作简要解释如下：深度学习动机属于内部学习动机，包括对学习本身的内在学习兴趣和对自我

中国知网 https://www.cnki.net

提升的不懈追求；深度学习策略是一种有意义的学习方式，通过将新知识与已有知识、经验相关联，进行批判性理解和启发式反思建构；浅层动机属于外部学习动机，主要是为了达到外部环境要求、获得某种外部激励而学习；浅层策略是一种机械、重复性的学习方法，学生通过记忆、背诵等方式来完成最低的学习目标[86][87]。

在此次研究过程中，R-LPQ-2F 学习过程问卷被用于研究融合 NetPad 与 ARCS 动机策略的深度教学对于初中生的学习动机和学习方式的影响。R-LPQ-2F 学习过程问卷共有 22 个题项，本文采用李克特五点式计分法（非常不同意计 1 分、不同意计 2 分、一般同意计 3 分、同意计 4 分和非常同意计 5 分），旨在检测学生的浅层学习和深度学习两种学习方式。主维度是深度学习方式（DA）和浅层学习方式（SA），学习方式的分数均包含动机和策略两个分维度，问卷题项分布如表 4-1 所示。完整问卷详见附录 2。

表 4-1 R-LPQ-2F 学习过程问卷题项分布

学习方式	分维度	题号
深度学习方式（DA）	深度动机（DM）	1、5、9、13、17、19、21
	深层策略（DS）	2、6、10、14
浅层学习方式（SA）	浅层动机（SM）	3、7、11、15
	浅层策略（SS）	4、8、12、16 、18、20、22

4.2.2 知识点测试题

为了测试学生在实验前后的学习情况，在与任课教师讨论后编制了知识点前测和后测。其中前测的考察范围是三角形内角和、外角和及直线与角的关系，学生在测试前已具备上述知识基础，但还未曾学习过多边形内角和的相关知识；知识点后测的考察范围是多边形内角和、外角和及直线与角的关系，学生在实验课上第一次正式接触到多边形内角和相关的知识点。

知识点前、后测的题目数量均为 10 道，题型包含选择题和作答题两大类。其中每一道题目均根据 SOLO 分类进行层次划分，包括单点结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构四类，划分标准参考 Biggs 和 Collis 的 SOLO 分类法以及鲁依玲学者的数学试题 SOLO 层次划分[88][89]。在对每一道题目进行 SOLO 层次划分时，都与教师和教育技术学研究生同学进行研讨修正，试题总体难度中上，能够考察学生对于知识概念理解和应用的水平。完整知识点测试题详见附录 3、附录 4。

中国知网 https://www.cnki.net

表 4-2 知识点测试题项划分标准

SOLO 层次划分	划分标准	前测题号	后测题号
单点结构	正确答题只需调用单个知识点，问题情境简单、熟悉	1、4	1、3
多点结构	正确答题需调用多个知识点，且知识点间相互独立，问题情境简单、熟悉	2、3、6	2、6、8
关联结构	正确答题需从整体把握问题，关联多个知识点，问题情境较复杂	5、7、8	4、5、9
抽象拓展结构	正确答题需应用推理、假设、演绎等方式，将题目与知识点有机联系起来，进行创新性应用，问题情境复杂、新颖	9、10	7、10

知识点测试题项划分标准如表 4-2 所示。知识点前、后测试题均包含 7 道选择题，每题 2 分；3 道问答题，其中前 2 道 5 分，第 3 道 10 分；试卷总分为 34 分，要求学生将所有思考过程保留在试卷上，以供判分。其中，知识点前测试题包含单点结构题 2 道（题 1、题 4），多点结构题 3 道（题 2、题 3、题 6），关联结构题 3 道（题 5、题 7、题 8），抽象拓展结构题 2 道（题 9、题 10）；知识点后测试题包含单点结构题 2 道（题 1、题 3），多点结构题 3 道（题 2、题 6、题 8），关联结构题 3 道（题 4、题 5、题 9），抽象拓展结构题 2 道（题 7、题 10）。

4.3 教学案例

本节课的教学内容属于人教版初中数学第十一章第三节“多边形及其内角和”，是在三角形的性质、内角和以及直线与角关系后面的内容。下面，基于 N-ARCS 深度教学模型设计“多边形内角和的探究”一课，展开描述深度教学活动的开展过程，为研究者深度教学的具体实施提供参考。

4.3.1 趣味引入

通过 NetPad 课件多元化、直观、动态呈现多种三角形内角和验证过程，课件从测量角度、将三角形三个角平移到一条直线以及折叠这三种方式验证三角形内角和为 180°。这个过程帮助学生回顾三角形内角和相关知识，激活他们的已有知识经验、吸引他们的注意力、激发他们的好奇心和求知欲，为后续多边形内角和探究做准备。趣味引入课件如图 4-1、4-2、4-3 所示。

中国知网 https://www.cnki.net

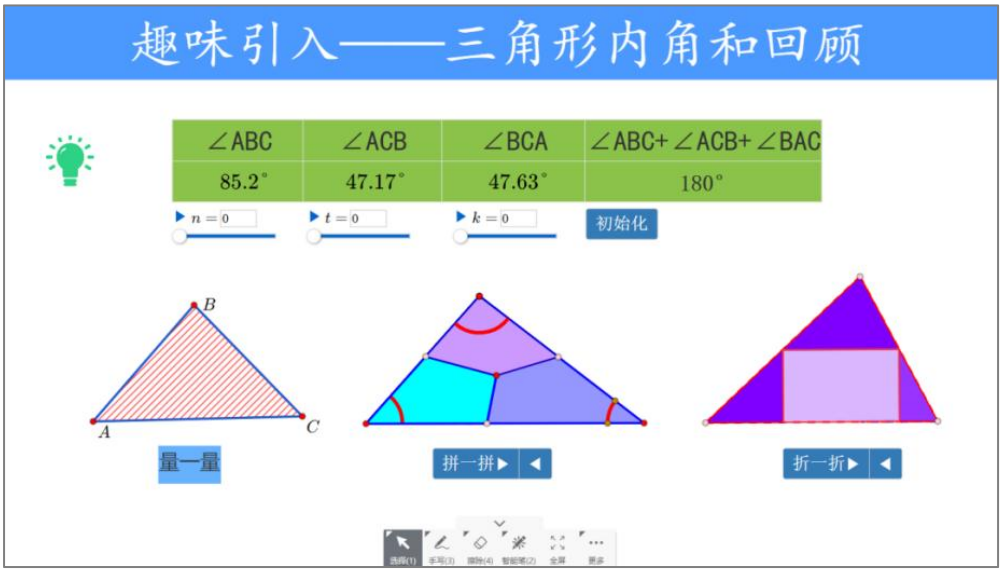


图 4-1 “趣味引入”课件（1）

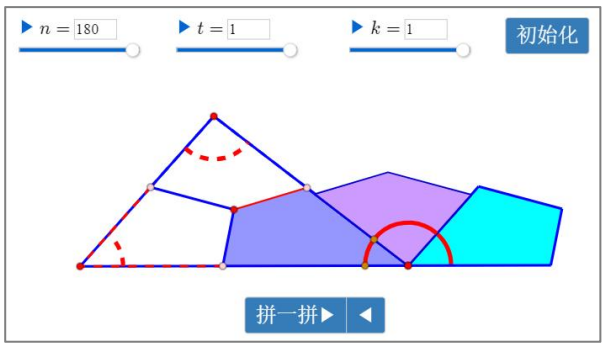


图 4-2 拼一拼

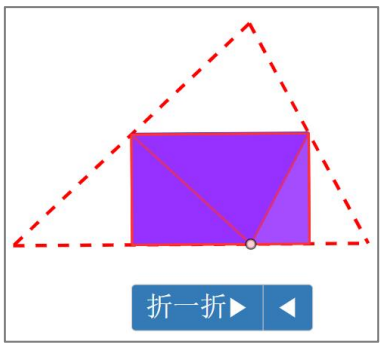


图 4-3 折一折

完成前序知识的引入介绍后，通过简短的提问“同学们知道我们生活中有什么多边形吗？”，快速引出本节课的核心知识点，课件如图 4-4 所示。

图 4-4 “趣味引入”课件（2）

中国知网 https://www.cnki.net

4.3.2 范例讲解

在范例讲解环节采用探究问题组的方式，通过一组由浅入深、逻辑关联的问题，引导学生在探究问题的过程中逐步形成对于多边形对角线、内角和等相关知识点的理解。

首先，让同学们思考问题“从多边形的一个顶点出发，可以引几条线”，随后通过 NetPad 进行课件演示和知识讲解，同学们可以直观的得到问题之解，也能理解知识点内容。范例讲解课件如图 4-5、4-6 所示。

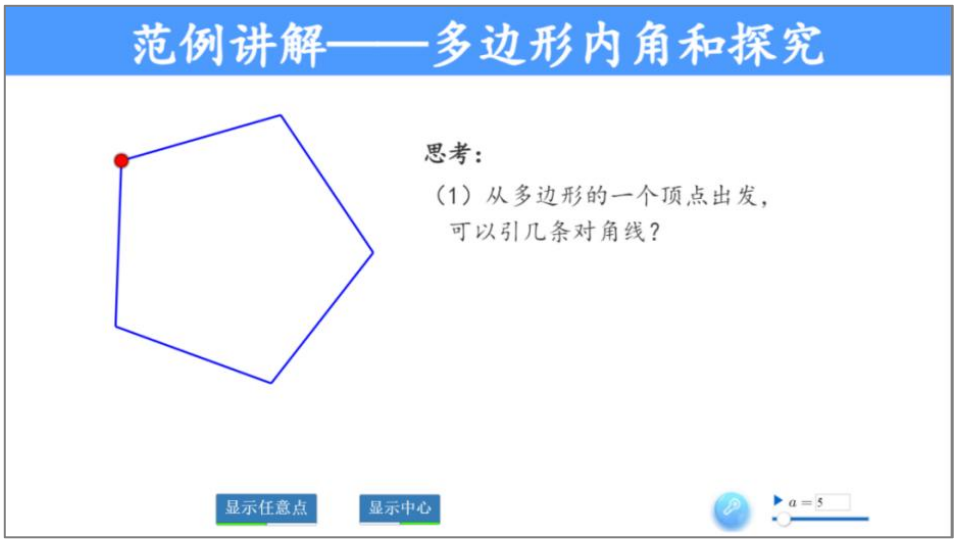


图 4-5 “范例讲解”课件（1）

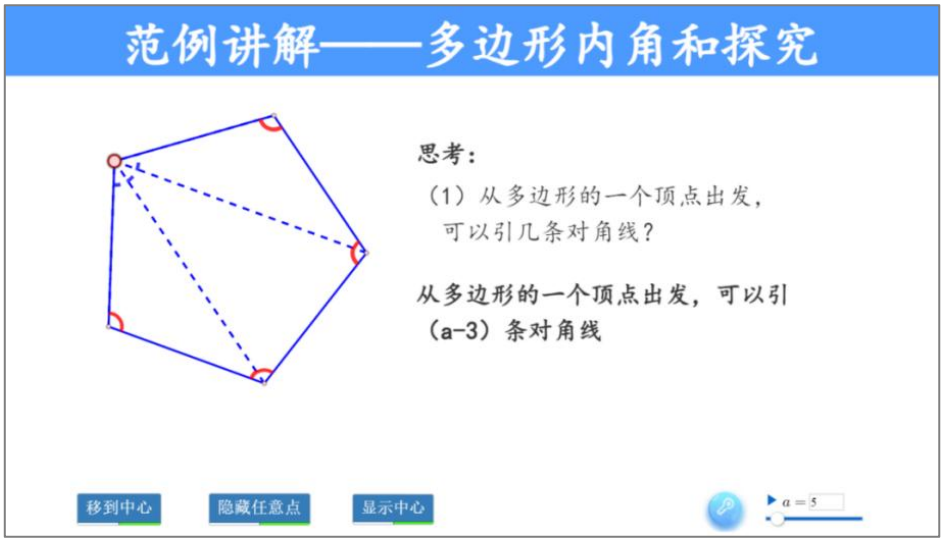


图 4-6 “范例讲解”课件（2）

随后，教师更进一步地提问“六边形的内角和是多少”，关联适才讲授的对角线知识，展示“从六边形的一个顶点作对角线”，将六边形的内角和转化为四个三角形内角和之和，如图 4-7 所示。通过循序渐进的教学，激发学生的学习动机，让学生在探究这两个问题的过程中结合已有知识进行批判性理解，为后续的分组探究打好基础。

中国知网 https://www.cnki.net

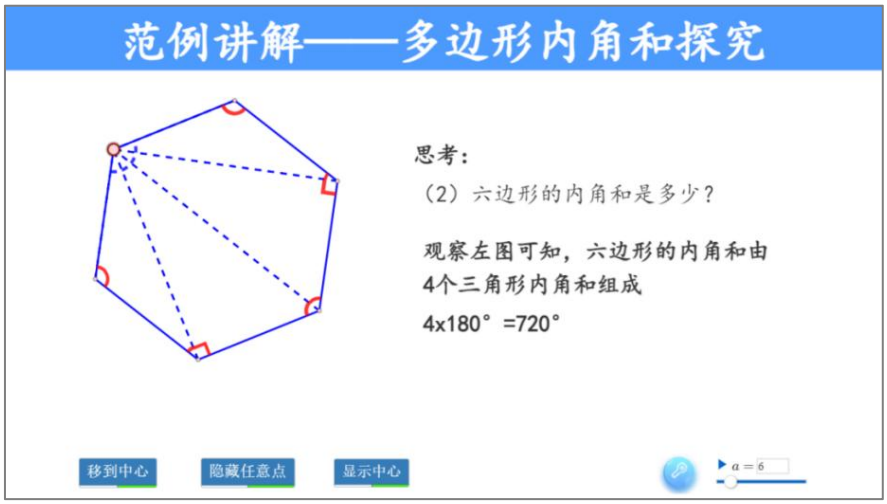


图 4-7 “范例讲解”课件（3）

4.3.3 分组探究

设计分组探究环节，布置任务：请求出七边形和八边形的内角和，并与小组同学协作探究多边形内角和的计算方式和规律，分组探究课件如图 4-8 所示。

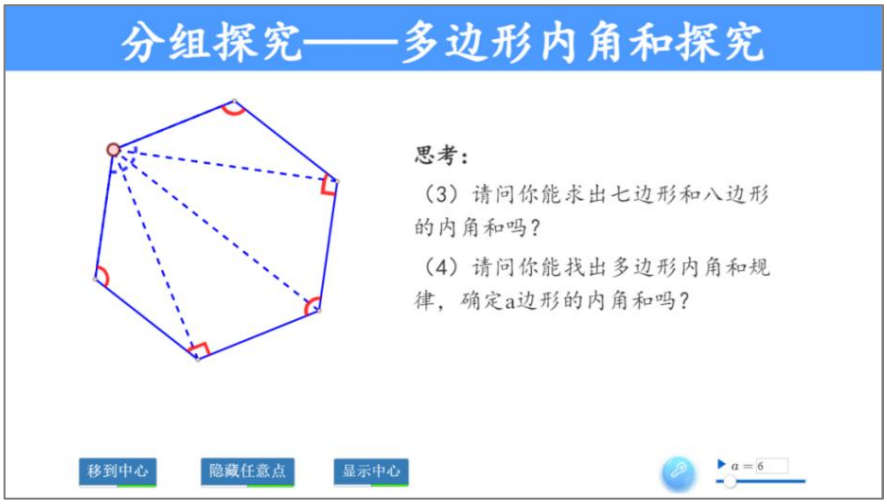


图 4-8 “分组探究”课件

学生在用 NetPad 进行探究的过程中，不仅能够在知识的迁移应用中巩固加深对于新知识的理解，同时能在协作交流的过程中不断调整自己的认知，主动进行反思和学习。

4.3.4 分享释疑

对于分组探究问题，邀请每一组的学生代表分享探究结果和过程中遇到的问题；教师在分享后对学生的问题进行解答，借助 NetPad 来演示问题推导过程，并引导学生逐步推导出多边形的内角和公式，分享释疑课件如图 4-9 所示。在这个过程中不断促进学生的知识整合和反思建构，让学生能够识别自己探究过程中出现的问题并及时纠正，形

中国知网 https://www.cnki.net

成科学的思路和方法。同时，教师及时回应学生的问题，给予学生及时反馈，能够维持学生的兴趣和学习动机，帮助学生满足感的获得，从而促发学生的深度理解。

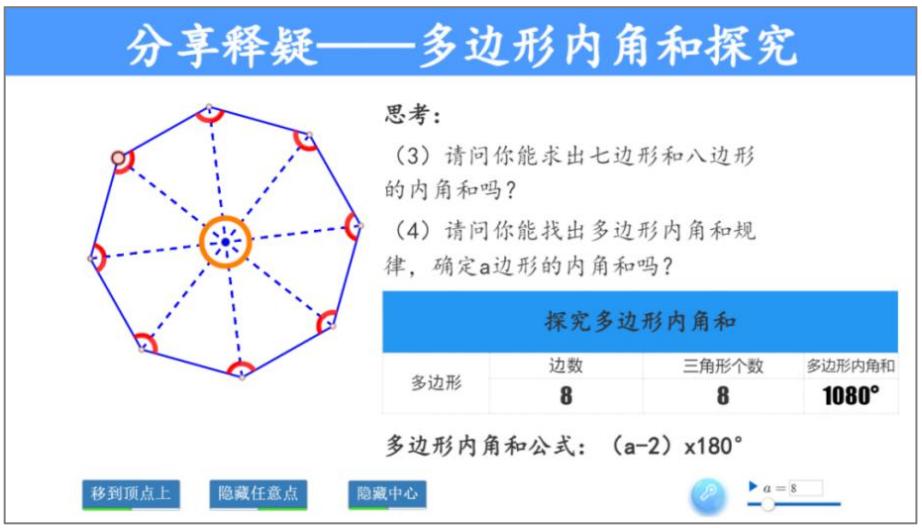


图 4-9 “分享释疑”课件

4.3.5 问题解决

问题解决环节旨在将课堂学习延续到课外，所以教师除总结课堂主要学习内容以外，还要提出知识点相关的挑战性问题，让学生能在课后针对知识点相关内容进行深入探索。

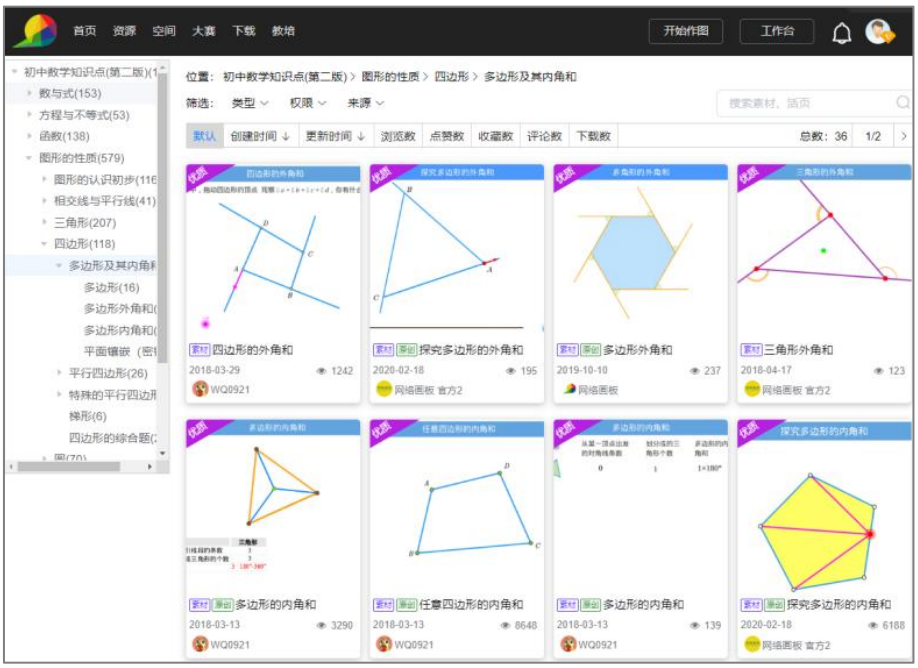


图 4-10 资源广场里的“多边形内角和”课件

首先对于课程内容进行总结：本节课我们介绍了多边形内角和的多种推导方式，首先我们通过“从多边形的一个顶点作对角线”的方式，将多边形分成若干个三角形，来

中国知网 https://www.cnki.net

求得多边形内角和之解；然后，许多同学们在分组探究时通过归纳法推导得出多边形的内角和公式；再次，还利用了圆的内接角公式推导多边形内角和公式。然后提出挑战性问题：请尝试结合平行线和三角形内角和的性质，来证明多边形的内角和公式。提醒同学们在课后可以反复温习 NetPad 课件，可以在 NetPad 亲自做实验来验证多边形内角和、深入了解多边形相关知识，还可以通过在资源库查询浏览等方式拓展学习，如图 4-10 所示。这个过程有助于学生培养问题解决能力，发展数学思维，还能促发深度学习。

4.4 实验流程

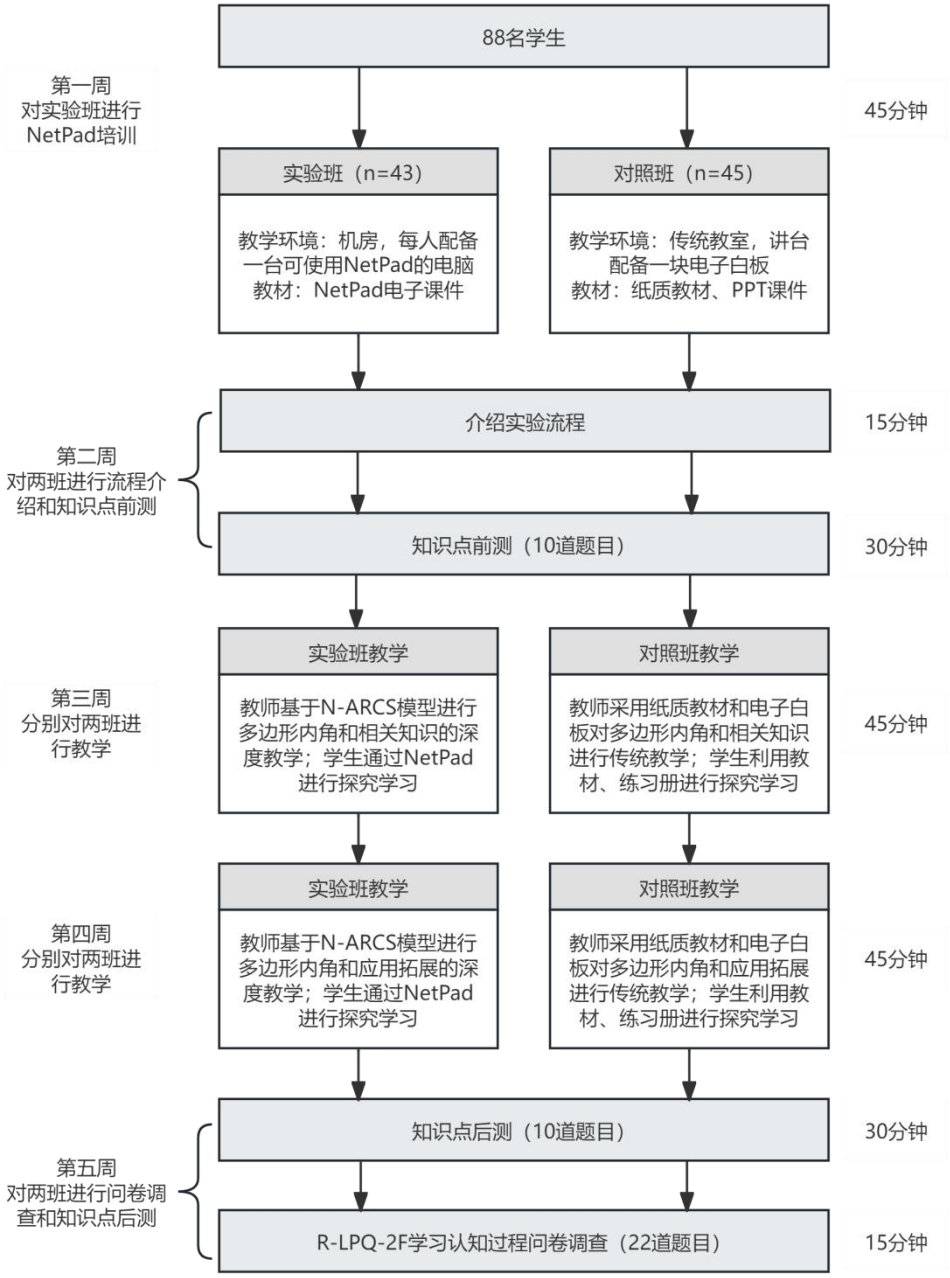


图 4-11 教学实验流程

中国知网 https://www.cnki.net

实验确定在 2023 年 6 月具体开展，实施为期五周的教学实验。为了能够有效地完成实验，对于实验班学生进行了 NetPad 操作知识培训，确保其具备 NetPad 操作知识基础，能够在 NetPad 上进行问题探究活动，完成相关学习任务。教学实验流程如图 4-11 所示。

第一周，在实验开始之前，笔者对实验班进行了 NetPad 培训，确保其掌握基本操作知识，能够顺利进行学习活动，完成学习任务。

第二周，分别向实验班和对照班介绍了实验流程，并进行了三角形内角和及相关知识的知识点前测。

第三周，对实验班和对照班分别进行教学，实验班采用基于 N-ARCS 模型的深度教学方式，在机房进行教学，教材为 NetPad 电子课件；对照班采用传统教学方式，在传统教室进行教学，教材为纸质教材和 PPT 课件。教学内容均为三角形内外角和、直线与角关系回顾以及多边形内角和探究。

第四周，对实验班和对照班分别进行教学，教学方式、教学环境和教材与第三周相同。教学内容均为多边形内角和的应用拓展，结合三角形、多边形和直线与角关系等相关知识进行综合应用的拓展探究。

第五周，对两班分别进行了多边形内角和及相关知识的知识点后测，以及 R-LPQ-2F 学习过程问卷调查。

4.5 小结

本章基于 N-ARCS 模型进行了深度教学实验，主要包含以下四部分内容：其一，在实验设计部分明确了实验目的是在 N-ARCS 模型基础上进行深度教学实践，检验模型的可行性和有效性，确定了实验对象为广州某中学两个班级共 88 名初一学生，提出了实验假设为“基于 N-ARCS 模型的深度教学实践能更有效地激发学生的深度学习动机，积极影响学生的学习方式，发展学生的高阶思维”。其二，在测量工具部分，确定了教学实验中使用的测量工具为 R-LPQ-2F 学习过程问卷与知识点前后测试题，明确了测量目的，说明了题项类型、考察内容和分数组成。其三，在 N-ARCS 模型指导下设计了《多边形内角和探究》教学案例和 NetPad 课件，分别对趣味引入、范例讲解、分组探究、分享释疑和问题解决这五个深度教学环节进行了具体的阐述。其四，根据上述内容制定了为期五周的教学实验流程，明晰教学和测试的具体安排。

中国知网 https://www.cnki.net

第五章 深度教学实验结果分析

在教学实验结束后，将所收集的实验班和对照班的问卷数据以及知识点前后测数据进行分析。综合考察学生的学习动机、学习方式和学习成绩来检验深度学习达成情况。

5.1 R-LPQ-2F 学习过程问卷

本文采用 R-LPQ-2F 学习过程问卷对广州某中学的两个班级施测，共计发放 88 份问卷，回收率为 100%，均为有效问卷；问卷调查在教学实验第五周具体开展。通过对问卷数据的统计分析，了解学生的学习动机和学习方式情况。

5.1.1 问卷信效度分析

问卷的深度学习方式和浅层学习方式两个维度的克隆巴哈信度系数分别为 0.89 和 0.87；四个分量表（深度学习动机、深层学习策略、浅层学习动机、浅层学习策略）的克隆巴哈信度系数为 0.62~0.84，具体如表 5-1 所示，信度良好。问卷题目全部来源于 Biggs 开发的 R-LPQ-2F 学习过程问卷，该问卷已经过国内外大量实验检验，研究内容相当成熟，具有良好的效度。

表 5-1 R-LPQ-2F 信度分析

类别	可靠性统计		
	克隆巴赫 Alpha	基于标准化项的克隆巴赫 Alpha	项数
DA 深度学习方式	0.893	0.896	11
SA 浅层学习方式	0.868	0.877	11
DM 深度动机	0.840	0.845	7
DS 深度策略	0.751	0.751	4
SM 浅层动机	0.623	0.644	4
SS 浅层策略	0.832	0.843	7

下面结合问卷数据，针对“基于 N-ARCS 模型的中学数学深度教学能否有效激发学生的学习动机？”和“基于 N-ARCS 模型的中学数学深度教学是否对学生的学习方式产生积极影响”这两个问题进行具体分析。

5.1.2 学习动机

本文对实验班和对照班的学习动机水平进行分析，数据来源于问卷的深度动机和浅

中国知网 https://www.cnki.net

层动机两个分维度的得分情况。首先，分别对这两个维度的两班得分情况进行了 t 检验分析；其次，统计两班学生在这两个维度的题目下选择非常不同意、不同意、一般同意、比较同意和非常同意的频数，进行频数统计分析；最后，对两班的学习动机得分情况进行整体分析。

（1）学习动机得分 t 检验分析

由表 5-2 可知，实验班与对照班在深度动机得分上的差异有统计学意义（t =2.459，p =0.016 < 0.05）。实验班深度动机得分（M =26.53，SD =6.111）高于对照班深度动机得分（M =23.60，SD =5.056）。

表 5-2 深度动机得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
DM 深度动机	实验班	43	26.53	6.111	2.459	0.016
	对照班	45	23.60	5.056		

由表 5-3 可知，实验班与对照班在浅层动机得分上的差异不存在统计学意义（t =0.148，p = 0.882 >=0.05）。实验班浅层动机得分（M = 8.77，SD = 3.449）高于对照班浅层动机得分（M =8.67，SD =2.908）。

表 5-3 浅层动机得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
SM 浅层动机	实验班	43	8.77	3.449	0.148	0.882
	对照班	45	8.67	2.908		

由图 5-1 可知，实验班的浅层动机得分相较对照班高 0.10 分，实验班的深度动机得分相较对照班高 2.93 分。数据显示，实验班与对照班的浅层动机得分持平，在深度动机得分上，实验班领先优势明显。

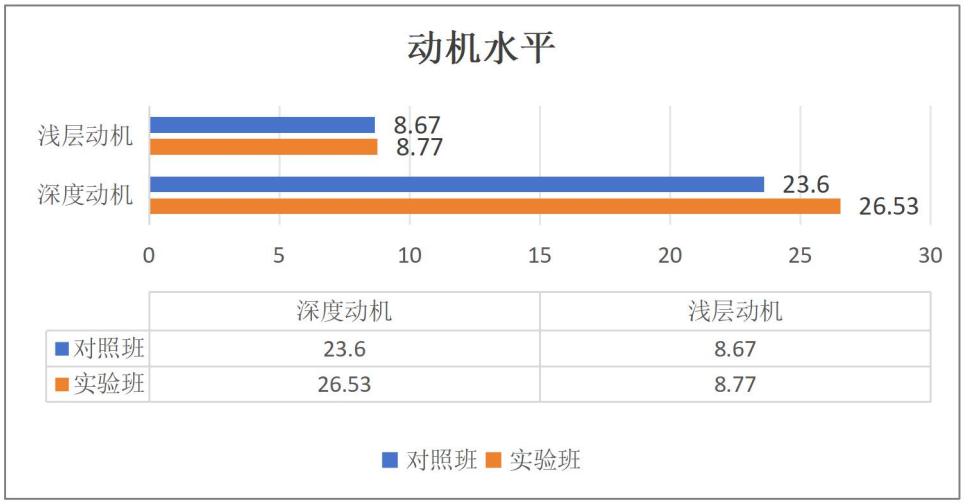
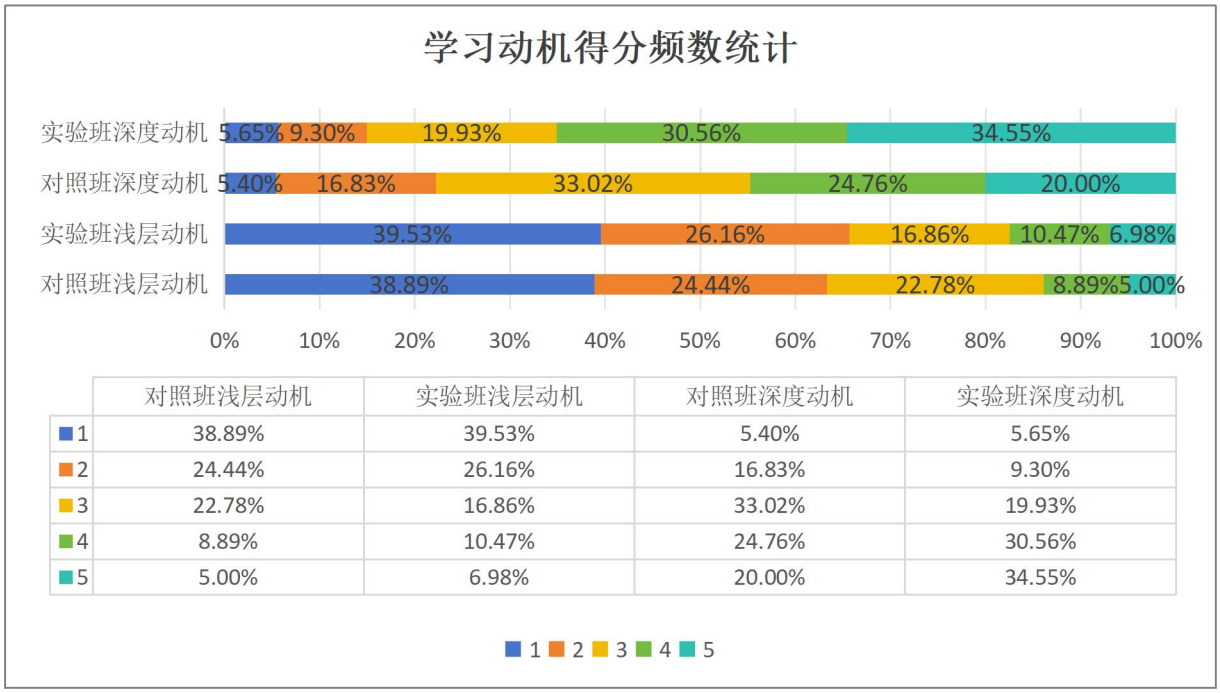


图 5-1 动机水平得分情况

中国知网 https://www.cnki.net

（2）学习动机得分频数统计分析



	对照班浅层动机	实验班浅层动机	对照班深度动机	实验班深度动机
1	38.89%	39.53%	5.40%	5.65%
2	24.44%	26.16%	16.83%	9.30%
3	22.78%	16.86%	33.02%	19.93%
4	8.89%	10.47%	24.76%	30.56%
5	5.00%	6.98%	20.00%	34.55%

图 5-2 学习动机得分频数统计

数据统计，在深度动机维度，实验班有 65.11%学生选择比较同意及以上，相较对照班高出 20.35%；在浅层动机维度，实验班与对照班分别有 65.69%、63.33%学生选择比较不同意及以下，两班相差 2.36%，如图 5-2 所示。数据表明，相较对照班，实验班有更多学生产生了深度学习动机，人数超过 65%；在浅层动机方面，两班无明显差距。

深度动机是指学生的内部学习动机，体现在学生的自我提升意愿和学习兴趣上；浅层动机是指学生的外部学习动机，体现在学生为达到外部环境要求、获取外部激励而努力。总的来说，实验班在教学实验后有更多学生产生了学习的深度动机，较对照班高 20.35%，与对照班之间存在显著差异；在浅层动机方面，两班不存在显著差异，表现持平。基于上述分析，表明本文构建的 N-ARCS 中学数学深度教学模型对于激发学生的深度动机有着明显的促进作用，说明了深度教学作用于学生的内部动机，能够通过激发学生学习兴趣和满足学生挑战需要等方式提高学生的内部动机水平。因此，基于 N-ARCS 模型的中学数学深度教学能够更有效地激发学生的学习动机。

5.1.3 学习策略

本文对实验班和对照班的学习策略得分进行分析，数据来源于问卷的深度策略和浅层策略两个分维度的得分情况。首先，分别对这两个维度的两班得分情况进行了 t 检验

中国知网 https://www.cnki.net

分析；其次，统计两班学生在这两个维度的题目下选择非常不同意、不同意、一般同意、比较同意和非常同意的频数，进行频数统计分析；最后，对两班的学习策略得分情况进行整体分析。

（1）学习策略得分 t 检验分析

由表 5-4 可知，实验班与对照班在深度策略得分上的差异有统计学意义（t =2.352，p =0.021 < 0.05）。实验班深度策略得分（M =14.84，SD =4.047）高于对照班深度策略得分（M =13.04，SD =3.000）。

表 5-4 深度策略得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
DS 深度策略	实验班	43	14.84	4.047	2.352	0.021
	对照班	45	13.04	3.000		

由表 5-5 可知，实验班与对照班在浅层策略得分上的差异不存在统计学意义（t =1.217，p = 0.227 >=0.05）。实验班浅层策略得分（M = 13.70，SD = 6.315）高于对照班浅层策略得分（M =12.29，SD =4.414）。

表 5-5 浅层策略得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
SS 浅层策略	实验班	43	13.70	6.315	1.217	0.227
	对照班	45	12.29	4.414		

由图 5-3 可知，实验班的浅层策略得分相较对照班高 1.41 分，实验班的深度策略得分相较对照班高 1.80 分。数据显示，实验班与对照班相比，在策略上的采用有着更积极的表现，尤其在深度策略上表现出与对照班更大的差距。

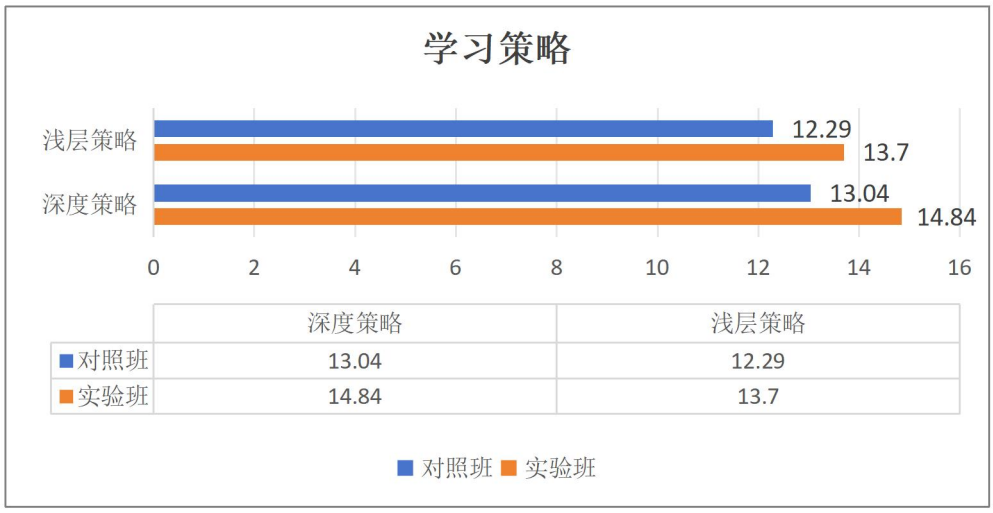
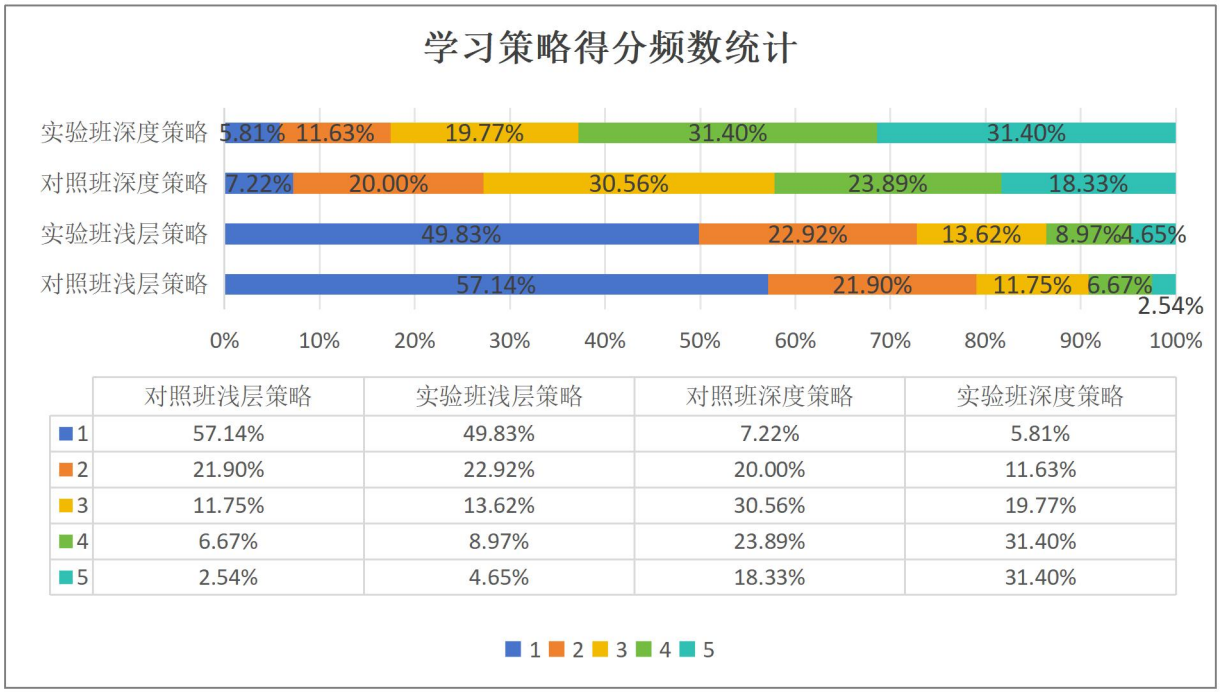


图 5-3 学习策略得分情况

中国知网 https://www.cnki.net

（2）学习策略得分频数统计分析



	对照班浅层策略	实验班浅层策略	对照班深度策略	实验班深度策略
1	57.14%	49.83%	7.22%	5.81%
2	21.90%	22.92%	20.00%	11.63%
3	11.75%	13.62%	30.56%	19.77%
4	6.67%	8.97%	23.89%	31.40%
5	2.54%	4.65%	18.33%	31.40%

图 5-4 学习策略得分频数统计

数据统计，在深度策略维度，实验班有 62.80%学生选择比较同意及以上，相较对照班高出 20.58%；在浅层策略维度，实验班与对照班分别有 72.75%、79.04%学生选择比较不同意及以下，两班相差 6.29%，如图 5-4 所示。数据表明，相较对照班，实验班有更多学生倾向于采用深度策略完成学习任务、达成学习目标，人数超过 60%；在浅层策略方面，两班差距较小。

深度策略是指学生倾向于采用批判性、反思性的方式关联知识经验，建构知识体系；浅层策略是指学生倾向于采用机械性、重复性的方式来达成学习目标。总的来说，实验班在教学实验后有更多学生倾向于采用深度策略，较对照班高 20.58%，与对照班之间存在显著差异；在浅层策略方面，两班不存在显著差异，表现持平。基于上述分析，表明本文构建的 N-ARCS 中学数学深度教学模型有助于学生采用批判理解和反思构建等方式进行学习，对于学生学习策略的采用产生了更积极的影响。

5.1.4 学习方式

本文对实验班和对照班的学习方式得分进行分析，数据来源于问卷的深度学习方式和浅层学习方式这两个主要维度的得分情况。首先，分别对这两个维度的两班得分情况进行了 t 检验分析；其次，统计两班学生在这两个维度的题目下选择非常不同意、不同

中国知网 https://www.cnki.net

意、一般同意、比较同意和非常同意的频数，进行频数统计分析；最后，对两班的学习方式得分情况进行整体分析。

（1）学习方式得分 t 检验分析

由表 5-6 可知，实验班与对照班在深度学习方式得分上的差异有统计学意义（t =2.551，p=0.012 < 0.05）。实验班深度学习方式得分（M =41.37，SD =9.666）高于对照班深度学习方式得分（M =36.64，SD =7.640）。

表 5-6 深度学习方式得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
DA 深度学习方式	实验班	43	41.37	9.666	2.551	0.012
	对照班	45	36.64	7.640		

由表 5-7 可知，实验班与对照班在浅层学习方式得分上的差异不存在统计学意义（t =0.874，p =0.385 >=0.05）。实验班浅层学习方式得分（M =22.47，SD =9.300）高于对照班浅层学习方式得分（M =20.96，SD =6.765）。

表 5-7 浅层学习方式得分 t 检验分析

	班级	个案数	平均值	标准差	t	P
SA 浅层学习方式	实验班	43	22.47	9.300	0.874	0.385
	对照班	45	20.96	6.765		

由图 5-5 可知，实验班的浅层学习方式得分相较对照班高 1.51 分，实验班的深度学习方式得分相较对照班高 4.73 分。数据显示，在浅层学习方式上两班得分相差不大，在深度学习方式上，实验班有着更为突出的表现，与对照班存在较大差距。

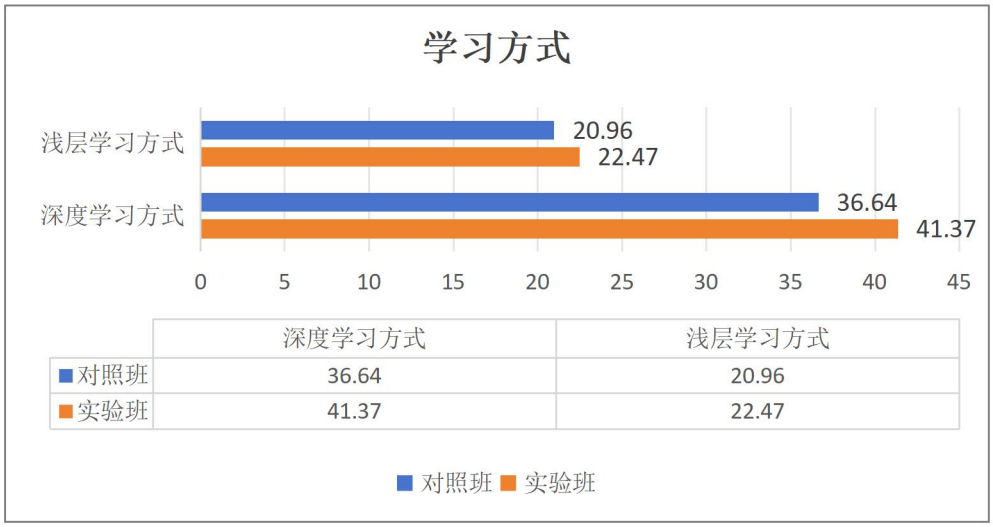
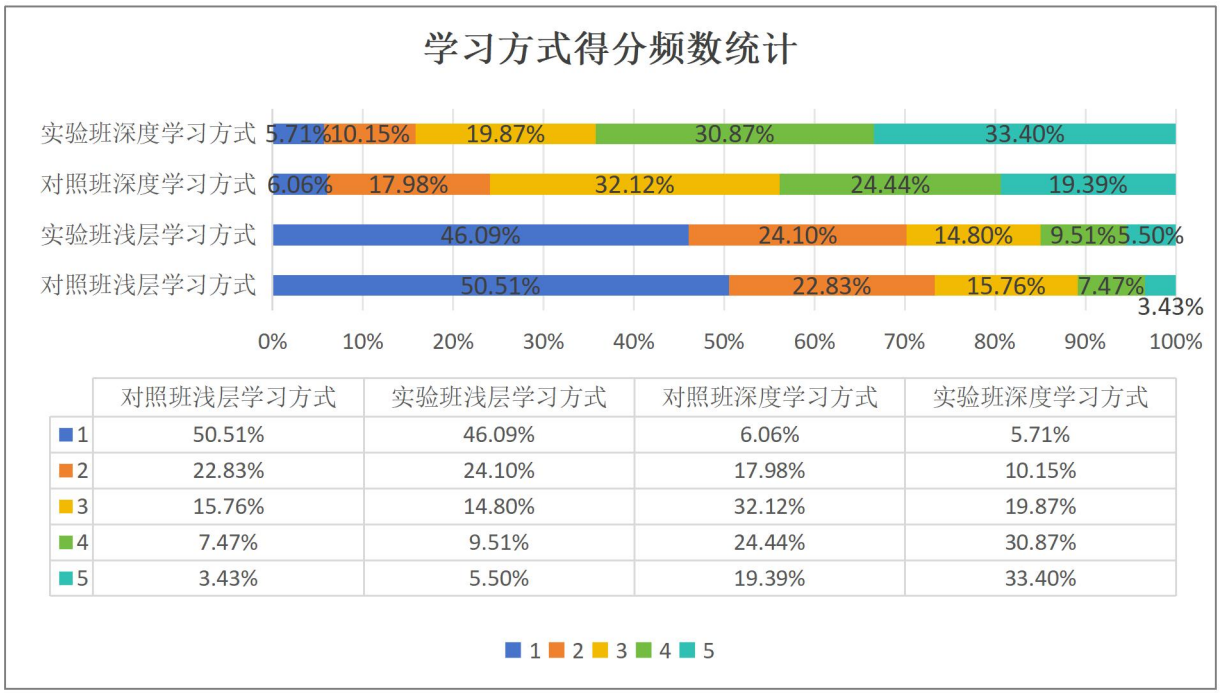


图 5-5 学习方式得分情况

中国知网 https://www.cnki.net

（2）学习方式得分频数统计分析



	对照班浅层学习方式	实验班浅层学习方式	对照班深度学习方式	实验班深度学习方式
1	50.51%	46.09%	6.06%	5.71%
2	22.83%	24.10%	17.98%	10.15%
3	15.76%	14.80%	32.12%	19.87%
4	7.47%	9.51%	24.44%	30.87%
5	3.43%	5.50%	19.39%	33.40%

图 5-6 学习方式得分频数统计

数据统计，在深度学习方式维度，实验班有 64.27%学生选择比较同意及以上，相较对照班高出 20.44%；在浅层学习方式维度，实验班与对照班分别有 70.19%、73.34%学生选择比较不同意及以下，两班相差 3.15%，如图 5-6 所示。数据表明，相较对照班，实验班有更多学生采用深度学习方式进行学习，人数超过 60%；在浅层学习方式方面，两班呈现较小的差距，表现基本持平。

深度学习方式分数由深度动机和深度策略分数构成，这一主要维度是指学生有着更强的内部学习动机，倾向于采用深度策略达到更高的学习目标；浅层学习方式分数由浅层动机和浅层策略分数构成，这一主要维度是指学生的学习动机主要来自于外部要求和激励，学生倾向于采用浅层策略达成基本的学习目标。总的来说，实验班在教学实验后有更多学生采取深度学习方式来完成学习任务，愿意追寻更高的学习目标，较对照班高 20.44%，与对照班之间存在显著差异；在浅层学习方式方面，两班不存在显著差异，实验班还存在一定比例学生采取浅层学习方式，在后续实验中，要针对这一小部分学生的情况进一步优化深度教学实施过程，扩大深度教学的积极影响。基于上述分析，表明本文构建的 N-ARCS 中学数学深度教学模型对于学生的学习方式有着更积极的促进作用，促使更多的学生在学习过程中采用深度学习方式，深入理解知识，证实了基于 N-ARCS 模型的中学数学深度教学对学生学习方式的积极影响。

中国知网 https://www.cnki.net

5.2 知识点前测

在实验第二周进行三角形内角和知识点前测，确定两班学习水平，以便实验后数据分析时进行对比分析。为确定实验班与对照班知识点前测得分是否存在显著性差异，本文采用独立样本 t 检验对三角形内角和相关知识点测试题进行分析，并通过描述性统计对比分析两班各题型的得分情况，进而检验两班学生的思维水平发展情况。

5.2.1 知识点前测得分 t 检验分析

实验班与对照班的前测独立样本 t 检验结果如表 5-8 所示。

表 5-8 实验班与对照班的前测独立样本 t 检验

	班级	个案数	平均值	标准差	t	p
总分	实验班	43	22.14	5.244	2.274	0.025
	对照班	45	24.76	5.536		
单点	实验班	43	3.81	0.546	0.983	0.329
	对照班	45	3.91	0.358		
多点	实验班	43	5.42	1.029	1.196	0.235
	对照班	45	5.11	1.352		
关联	实验班	43	6.23	2.409	3.696	0.000
	对照班	45	7.93	1.888		
抽象拓展	实验班	43	6.67	3.357	1.380	0.171
	对照班	45	7.80	4.224		

实验班与对照班在总分上的差异具有统计学意义（t =2.274，p =0.025 < 0.05）；实验班总得分（M =22.14，SD =5.244）低于对照班总得分（M =24.76，SD =5.536）。实验班与对照班在单点得分的差异不具有统计学意义（t =0.983，p =0.329 >= 0.05）；实验班单点得分（M =3.81，SD =0.546）低于对照班得分（M =3.91，SD =0.358）。实验班与对照班在多点得分的差异不具有统计学意义（t =1.196，p =0.235 >= 0.05）；实验班多点得分（M =5.42，SD =1.029）高于对照班多点得分（M =5.11，SD =1.352）。实验班与对照班在关联得分的差异具有统计学意义（t =3.696，p =0.000 < 0.05）；实验班关联得分（M =6.23，SD =2.409）低于对照班关联得分（M =7.93，SD =1.888）。实验班与对照班在抽象拓展得分的差异不具有统计学意义（t =1.380，p =0.171 >= 0.05）；实验班抽象拓展得分（M =6.67，SD =3.357）低于对照班抽象拓展得分（M =7.80，SD =4.224）。

实验班与对照班在总分与关联题型得分存在显著差异，实验班得分相较更低。两班

中国知网 https://www.cnki.net

在其余题型得分上不存在显著性差异，其中实验班在多点题型表现相较更优，在单点、关联和抽象拓展题型表现相对较差。总的来说，从整体得分情况来看，实验班在知识点前测中的表现不如对照班，其中在关联结构上与对照班差距最大。

5.2.2 知识点前测描述性统计分析

由下图 5-7 可知，实验班的前测总分相较对照班低 2.62 分，对照班总分高于实验班 11.30%，对照班在知识点前测中表现更优。

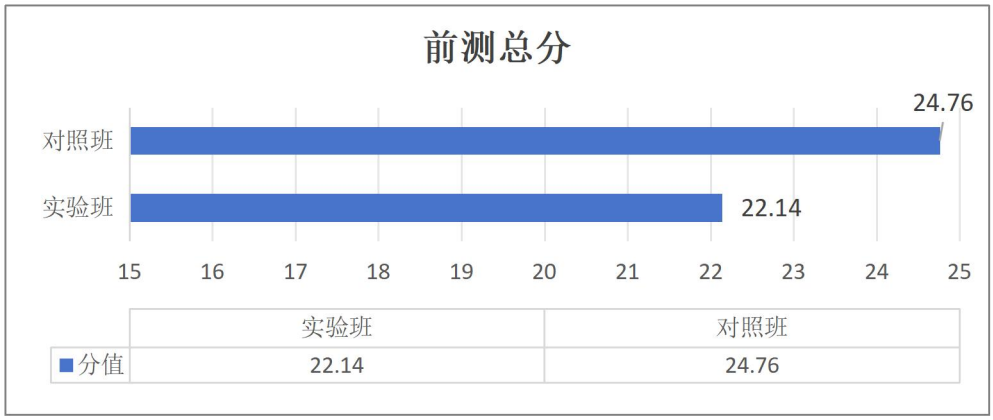


图 5-7 前测总分情况

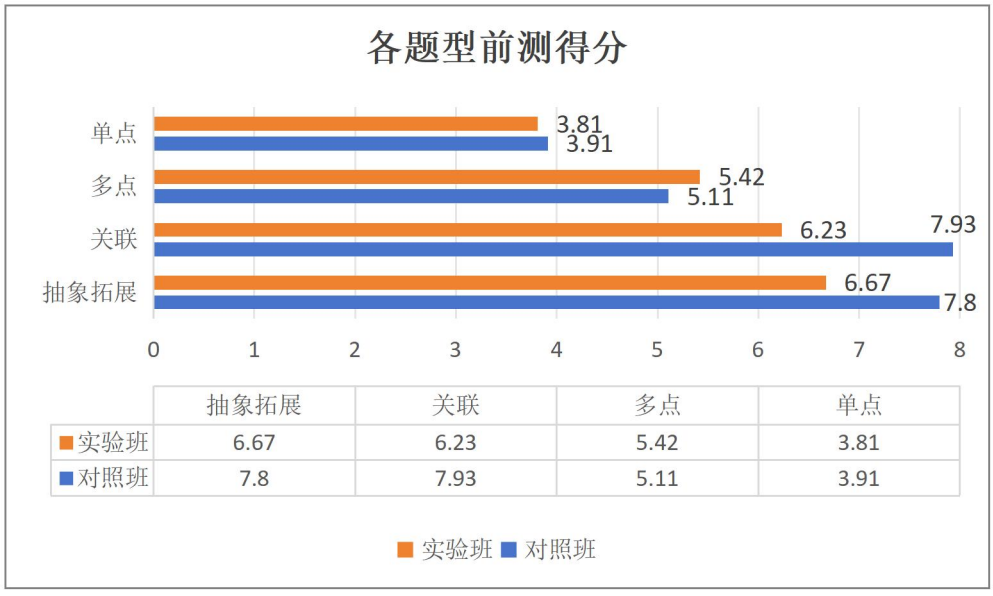


图 5-8 各题型前测得分情况

由上图 5-8 可知，实验班的前测单点得分相较对照班低 0.10 分，对照班得分高于实验班 2.62%；实验班的前测多点得分相较对照班高 0.31 分，实验班得分高于对照班 6.07%；实验班的前测关联得分相较对照班低 1.70 分，对照班得分高于实验班 27.29%；实验班的前测抽象拓展得分相较对照班低 1.13 分，对照班得分高于实验班 16.94%。

中国知网 https://www.cnki.net

数据显示，在关联结构表现两班差距最大，然后从大到小依次是抽象拓展结构、多点结构、单点结构。数据表明，实验班与对照班相比，在高阶思维方面（关联结构、抽象拓展结构）差距较大，对照班在前测中表现出更高的思维水平。在基础思维方面（单点结构、多点结构）两班差距较小。

5.3 知识点后测

在实验第五周进行多边形内角和知识点后测，评估两班实验后的思维发展水平。为确定实验班与对照班知识点后测得分是否有显著性差异，本文采用独立 t 检验对多边形知识点测试进行分析，并通过描述性统计对比分析两班各题型的得分情况，进而检验两班学生的思维水平发展情况。通过对比知识点前测和后测两班的表现情况，来分析教学实验的实施效果，回答“基于 N-ARCS 模型的中学数学深度教学能否提高学生的思维水平？”这一问题。

5.3.1 知识点后测得分 t 检验分析

实验班与对照班的后测独立样本 t 检验结果如表 5-9 所示。

表 5-9 实验班与对照班的后测独立样本 t 检验

	班级	个案数	平均值	标准差	t	p
总分	实验班	43	21.77	7.047	0.490	0.625
	对照班	45	21.09	5.912		
单点	实验班	43	3.37	0.846	0.999	0.321
	对照班	45	3.53	0.661		
多点	实验班	43	7.47	1.638	0.773	0.442
	对照班	45	7.76	1.873		
关联	实验班	43	5.26	2.812	0.747	0.457
	对照班	45	5.67	2.306		
抽象拓展	实验班	43	5.67	3.871	1.984	0.046
	对照班	45	4.13	3.409		

实验班与对照班在总分上的差异不具有统计学意义（t =0.490，p =0.625 >=0.05）；实验班总得分（M =21.77，SD =7.047）高于对照班总得分（M =21.09，SD =5.912）；实验班与对照班在单点得分的差异不具有统计学意义（t =0.999，p =0.321 >= 0.05）；实验班单点得分（M =3.37，SD =0.846）低于对照班得分（M =3.53，SD =0.661）。实验班与对照班在多点得分的差异不具有统计学意义（t =0.773，p =0.442 >= 0.05）；实验班

中国知网 https://www.cnki.net

多点得分（M =7.47，SD =1.638）低于对照班多点得分（M =7.76，SD =1.873）。实验班与对照班在关联得分的差异不具有统计学意义（t =0.747，p =0.457 >= 0.05）；实验班关联得分（M =5.26，SD =2.812）低于对照班关联得分（M =5.67，SD = 2.306）。实验班与对照班在抽象拓展得分的差异具有统计学意义（t =1.984，p =0.046 < 0.05）；实验班抽象拓展得分（M =5.67，SD =3.871）高于对照班抽象拓展得分（M =4.13，SD =3.409）。

实验班与对照班在除了抽象拓展结构得分外，其余题型得分的差异不存在统计学意义，其中实验班在总分和抽象拓展结构得分高于对照班，在单点结构、多点结构、关联结构得分略低于对照班。总的来说，从整体得分情况来看，实验班在知识点后测中的表现优于对照班，其中在抽象拓展结构上与对照班拉开差距，表现相较更优。总的来说，知识点后测中，实验班表现反超对照班，在抽象拓展结构的表现显著优于对照班。

5.3.2 知识点后测描述性统计分析

由图 5-9 可知，实验班的后测总分相较对照班高 0.68 分，实验班总分高于对照班 3.22%，实验班在知识点后测中表现更优。

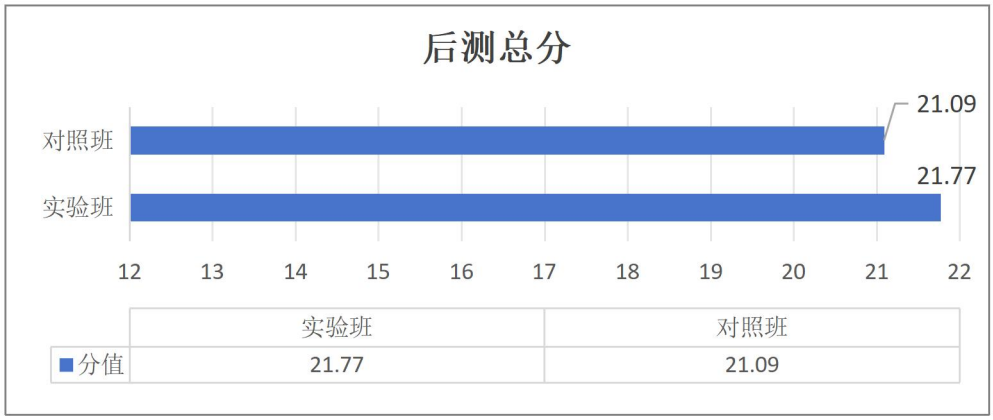


图 5-9 后测总分情况

由图 5-10 可知，实验班的后测单点得分相较对照班低 0.16 分，对照班得分高于实验班 4.75%；实验班的后测多点得分相较对照班低 0.29 分，对照班得分高于实验班 3.88%；实验班的后测关联得分相较对照班低 0.41 分，对照班得分高于实验班 7.79%；实验班的后测抽象拓展得分相较对照班高 1.54 分，实验班得分高于对照班 37.29%。

数据显示，在抽象拓展表现两班差距最大，然后从大到小依次是关联结构、单点结构、多点结构。数据表明，与对照班相比，实验班在抽象拓展结构表现更优，在单点结构、多点结构和关联结构中表现相对较弱。实验班在后测中表现出更高的思维水平，在单点结构、多点结构、关联结构上两班差距较小。

中国知网 https://www.cnki.net

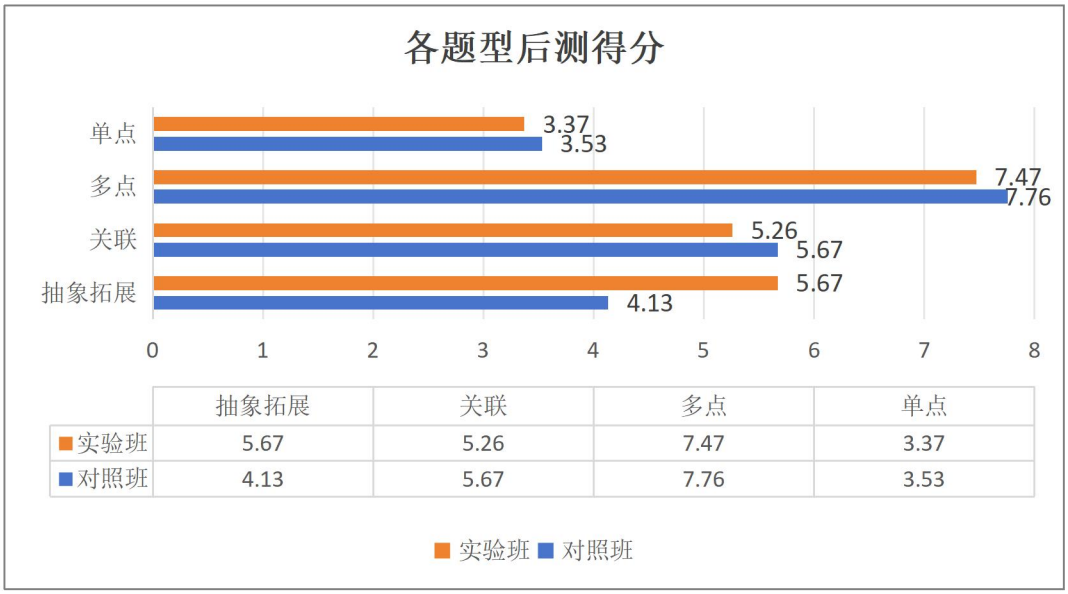


图 5-10 各题型后测得分情况

5.4 小结

通过本章实验结果分析，回答了研究提出问题：基于 N-ARCS 模型的深度教学能够更有效地激发学生的学习动机，积极影响学生的学习方式，发展学生的高阶思维，促发学生的深度学习。具体如下：

（1）问卷数据显示，教学实验对实验班的学习动机和学习方式产生了积极影响。在深度动机维度，实验班在实验后表现显著更优，相较对照班高出 20.35%的学生产生了深度学习动机，人数占比达 65.11%。在深度策略维度，实验班在实验后表现显著更优，相较对照班高出 20.58%学生在学习中使用深度策略，人数占比达 62.80%。在深度学习方式维度，实验班在实验后表现显著更优，相较对照班高出 20.44%学生产生了深度学习动机，人数占比达 64.27%。在浅层动机、浅层策略和浅层学习方式维度，两班得分不存在显著性差异，表现持平。

深度教学实验后，实验班表现出更高的深度动机、深度策略以及深度学习方式水平，表明实验班在学习中有更强的学习兴趣和内部学习动机，能够在学习过程中采用批判性、反思性的方式关联知识经验，建构知识体系，愿意追寻更高的学习目标，不满足于仅仅完成课堂学习任务。实验结果说明，基于 N-ARCS 的深度教学对于学生的学习动机和学习方式有着明显的促进作用，能够通过深入激发学生学习兴趣和满足学生挑战需要等方式提高学生的内部动机水平，让更多的学生在学习过程中应用深度学习方式，深入理解知识，进而促进学生思维水平发展、促发学生深度学习。

中国知网 https://www.cnki.net

（2）知识点测试前后测数据表明，从知识点前测对照班显著优于实验班（p=0.025），对照班总分高于实验班 11.30%，尤其是在关联结构得分显著更优（p=0.000），对照班得分高于实验班 27.29%，在抽象拓展结构得分两班虽然不存在显著差异（p=0.171），但是对照班得分仍然高于实验班 16.94%；到知识点后测实验班与对照班之间不存在显著差异（p=0.625），实验班总分高于对照班 3.22%，实验班在知识点后测表现整体优于对照班，特别是在抽象拓展结构维度的表现显著更优（p=0.046），对照班得分高于实验班 27.29%，同时，后测的关联结构得分两班不存在显著差异（p=0.457），对照班与实验班的得分差距缩小到 7.79%。深度教学实验后，实验班思维水平得到更大发展，表现在实验班学生对于知识点掌握程度提高，特别是在高阶思维（关联结构、抽象拓展结构）有着更好的发展，实验班教学效果更佳。

（3）基于上述分析，本文认为实验班学生在教学实验后使用深度学习方式突出，可以说明学生在学习中有更强的学习意愿积极完成学习任务、挑战更复杂的学习问题；同时，在深度动机和深度策略方面表现显著更优，证实了深度教学实验对于学生学习动机、学习方式的积极影响，能够促发学生的深度学习。除此以外，实验班在知识点后测的结果显示，虽然大部分类型题目两班不存在显著优势，但在关联以及抽象拓展结构的题目中，实验班学生有着显著更优的表现，在测试中达到更高的思维水平；因此，从学习过程 R-LPQ-2F 问卷分数和知识点前后测成绩综合来看，教学实验在激发学生深度学习动机、促发学生深度学习、发展学生高阶思维上有着更积极的促进作用，证实了基于 N-ARCS 模型的深度教学对于培养学生高阶思维和核心素养的有效性。

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

第六章 总结与展望

6.1 研究总结

本文基于 NetPad 开展了中学数学的深度教学研究，通过对深度学习和深度教学等相关理论的梳理与分析，结合 ARCS 动机策略，构建了 N-ARCS 中学数学深度教学模型。在该模型指导下，结合实际教学内容进行了实验设计和教学实验，利用 R-LPQ-2F 学习过程问卷调查学生的学习动机和学习方式，结合 SOLO 分类理论编制了知识点前后测用于评估学生的思维水平，综合考察学生的学习动机水平、学习方式类型和思维发展情况来检验深度教学实验效果，验证 N-ARCS 模型的有效性。本文得出结论如下：

（1）深度教学与 ARCS 动机策略具有高度契合性

本文通过对深度学习、深度教学与 ARCS 动机策略等理论的文献研究和归纳整理，发现郭元祥教授提出的深度教学理念注重课堂发展性，强调课堂教学对于学生内部学习动机的激发和维持，旨在通过创设合作、探究式的教学情境，实现“有意义学习”，这一教学理念与 ARCS 动机策略具有高度的契合性。因此，本文尝试从学习动机为切入口，通过在基于 NetPad 的教学活动中结合相应的动机策略，实现中学数学的深度教学，为教学模式的研究和教学实践的实施提供思考方向。

（2）构建了融合 NetPad 和 ARCS 动机策略的 N-ARCS 中学数学深度教学模型

该模型具有指向性，针对中学数学教学进行设计构建。模型构建中，笔者基于深度学习特征的文献研究分析和中学数学的教学实践经验，总结归纳了中学数学深度学习六特征，在此基础上确定了模型构建的四原则。

该模型具有融合性，贯彻深度教学理念，将 NetPad 特性与 ARCS 动机策略有机融合于深度教学的全过程，并非三者的简单叠加。模型包含 NetPad 支持层、ARCS 策略层和深度教学活动层，其中深度教学活动层包含趣味引入、范例讲解、分组探究、分享释疑和问题解决六个环节，强调创设探究、互动式的趣味课堂以激发学生的学习动机，通过设置有挑战的问题以增强学生的自信心和满足感，进而发展学生的思维和能力。

（3）基于 N-ARCS 模型的深度教学能够有效激发学生的学习动机、引导学生采用深度学习方式、发展学生的高阶思维，进而促发学生的深度学习

结合问卷数据与知识点前后测数据，发现实验班学生的内部学习动机得到充分激发，在深度教学实验后表现出更高的学习动机水平。与此同时，实验班在探究、互动式的趣

中国知网 https://www.cnki.net

味课堂环境中，在教师的引导下，有更多学生采用深度学习方式，通过批判理解、知识整合、反思构建等方式完成课堂学习任务、挑战更高的学习目标。此外，实验班学生在后测中的抽象拓展结构表现显著更优，在关联结构也有较好的表现，表明实验对于学生高阶思维发展的积极影响，提高了学生的思维水平。

综上所述，基于 N-ARCS 模型的深度教学能够有效激发中学生的学习兴趣和学习动机，发展中学生的高阶思维。基于 NetPad 教学环境，学生通过教师精心设计的 NetPad 课件以及深度教学活动，能够对新知识进行深入的批判性理解，在师生、生生以及 NetPad 与学生的交互中进行知识整合、反思构建，并在对知识的迁移应用和挑战性问题的解决过程中不断完善自身的知识体系，实现深度学习，发展核心素养。

6.2 不足与展望

由于时间和个人能力的局限性，本文尚存在以下不足：第一，虽然本文对大量的相关文献进行研究分析，为模型构建奠定了坚实的理论基础，也通过教学实验的设计和实施进一步验证了模型的有效性，但是，实验仅涉及了部分知识内容，即使是相同学科，应用在不同模块的知识上，教学效果也不尽相同。第二，仅选取两个班级共 88 名初一学生开展教学实验，样本数量和体量还有待进一步扩大。

因此，在后续的教学实践活动中，可以从以下几个方向进行思考：

（1）延长教学实验的周期，并通过增加延迟后测追踪深度教学对于学生学习动机的保留影响以及对思维发展的长期影响。

（2）扩大学科应用范围，将深度教学模型应用于更多的知识板块，丰富学科研究内容，在实践中进一步对模型进行修正和完善。

（3）纳入更多学段，通过扩大实验对象的范围，将深度教学应用于不同的学段中，分析教学对于哪一个具体学段有着更好的促进效果。

中国知网 https://www.cnki.net

参考文献

[1] 刘月霞, 郭华. 深度学习：走向核心素养. 理论普及读本[M]. 北京: 教育科学出版社, 2018: 3-15.

[2] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准（2022 年版）[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022: 10-20.

[3] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准（2017 年版 2020 年修订）[M]. 北京: 人民教育出版社, 2020: 34-36.

[4] 崔友兴. 基于核心素养培育的深度学习[J]. 课程.教材.教法, 2019, 39(02): 66-71.

[5] 安富海. 促进深度学习的课堂教学策略研究[J]. 课程.教材.教法, 2014, 34(11): 57-62.

[6] 杜娟, 李兆君, 郭丽文. 促进深度学习的信息化教学设计的策略研究[J]. 电化教育研究, 2013, 34(10): 14-20.

[7] 舒杭, 顾小清. 教育数字化转型的现实基础与行动框架[J]. 现代教育技术, 2022, (11): 24-33.

[8] 吕世虎, 史红燕. “数学深度学习”研究：“现状”“问题”及“展望”——基于 CNKI 平台研究文献的分析[J]. 数学教育学报, 2023, 32(03): 1-7.

[9] 郭元祥. 课堂教学改革的基础与方向——兼论深度教学[J]. 教育研究与实验, 2015, (06): 1-6.

[10] Marton F, Saljo R. On qualitative differences in learning: I—Outcome and process[J]. British Journal of Educational Psychology, 1976, 46(1): 4-11.

[11] Biggs J B. Student approaches to learning and studying. Research Monograph[M]. Melbourne: Australian Council for Educational Research Ltd., 1987: 153.

[12] Entwistle N. Promoting deep learning through teaching and assessment: Conceptual frameworks and educational contexts[J]. Higher Education Academy, 2000: 9-19.

[13] Beattie V, Collins B, McInnes B. Deep and surface learning: A simple or simplistic dichotomy?[J]. Accounting Eduction, 1997, (6): 1-12.

[14] Egan K. Learning in depth in teaching education[J]. Alberta Journal of Educational Research, 2013, 59(4): 705-708.

[15] Bransford J D, Brown A L. How people learn: Brain, mind, experience, and school[M].

中国知网 https://www.cnki.net

Washington: National Academy Press, 2000: 65.

[16] National Research Council. Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century[R]. Washington: National Academies Press, 2012:37-68.

[17] 卜彩丽, 冯晓晓, 张宝辉. 深度学习的概念、策略、效果及其启示——美国深度学习项目(SDL)的解读与分析[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(05): 75-82.

[18] William and Flora Hewlett Foundation. Deeper learning competencies [DB/OL].[2013-04-15].http://www.hewlett.org/uploads/docu-ments/Deeper_Learning_Defined_April_2013.pdf.

[19] Alliance for Excellent Education. A time for deeper learning: Preparing students for a changing world[R]. Washington: Alliance for Excellent Education, 2011.

[20] 何玲, 黎加厚. 促进学生深度学习[J]. 现代教学, 2005, (5): 29-30.

[21] 张浩, 吴秀娟. 深度学习的内涵及认知理论基础探析[J]. 中国电化教育, 2012, (10): 7-11+21.

[22] 卜彩丽, 胡富珍, 苏晨等. 为深度学习而教：优质教学的内涵、框架与策略[J]. 现代教育技术, 2021, (7): 21-29.

[23] 舒兰兰, 裴新宁. 为深度学习而教——基于美国研究学会“深度学习”研究项目的分析[J]. 江苏教育研究, 2016, (16): 3-7.

[24] 郭华. 如何理解“深度学习”[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2020, 47, (01): 89-95.

[25] Kaya O S, Ercag E. The impact of applying challenge-based gamification program on students' learning outcomes: Academic achievement, motivation and flow[J]. Education and Information Technologies, 2023: 1-26.

[26] Guo K, Zhong Y, Li D, et al. Effects of chatbot-assisted in-class debates on students’ argumentation skills and task motivation[J]. Computers & Education, 2023, (10): 1-19.

[27] Adelabu F M, Makgato M, Ramaligela M S. The importance of dynamic geometry computer software on learners’ performance in geometry[J]. Electronic Journal of E-Learning, 2019, 17(1): 52-63.

[28] Nungu L, Mukama E, Nsabayezu E. Online collaborative learning and cognitive presence in mathematics and science education. Case study of university of Rwanda,

中国知网 https://www.cnki.net

college of education[J]. Education and Information Technologies, 2023, 28(9): 10865-10884.

[29] 张思琦, 张文兰, 李宝. 国外近十年深度学习的研究现状与发展趋势——基于引文分析及共词矩阵的知识图谱分析[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(2): 9.

[30] 徐雨菲. 小学数学深度学习教学策略的实践研究[D]. 扬州大学, 2022.

[31] 吕亚军, 顾正刚. 初中数学深度学习的内涵及促进策略探析[J]. 教育研究与评论（中学教育教学）, 2017, (5): 55-60.

[32] 刘晓玫. 数学深度学习的教学理解与策略[J]. 基础教育课程, 2019, (8): 6.

[33] 程明喜. 小学数学“深度学习”教学策略研究[J]. 数学教育学报, 2019, 28(04): 66-70.

[34] 马云鹏. 深度学习的理解与实践模式——以小学数学学科为例[J]. 课程.教材.教法, 2017, 37(04): 60-67.

[35] 马云鹏. 深度学习视域下的课堂变革[J]. 全球教育展望, 2018, 47(10): 52-63.

[36] 胡航, 董玉琦. 技术促进深度学习：“个性化-合作”学习的理论构建与实证研究[J]. 远程教育杂志, 2017, 35(03): 48-61.

[37] 刘哲雨, 王志军. 行为投入影响深度学习的实证探究——以虚拟现实(VR)环境下的视频学习为例[J]. 远程教育杂志, 2017, 35(01): 72-81.

[38] 陈明选, 张康莉. 促进研究生深度学习的翻转课堂设计与实施[J]. 现代远程教育研究, 2016, (05): 68-78.

[39] 李松林, 贺慧, 张燕. 深度学习究竟是什么样的学习[J]. 教育科学研究, 2018, (10): 54-58.

[40] 郭元祥. “深度教学”：指向学科育人的教学改革实验[J]. 中小学管理, 2021, (05): 18-21.

[41] 郭元祥. 知识的性质、结构与深度教学[J]. 课程.教材.教法, 2009, (11): 17-23.

[42] 姚林群, 郭元祥. 新课程三维目标与深度教学——兼谈学生情感态度与价值观的培养[J]. 课程.教材.教法, 2011, 31(05): 12-17.

[43] 郭元祥. 论深度教学：源起、基础与理念[J]. 教育研究与实验, 2017, (03): 1-11.

[44] 伍远岳. 论深度教学：内涵、特征与标准[J]. 教育研究与实验, 2017, (04): 58-65.

[45] 罗祖兵. 深度教学：“核心素养”时代教学变革的方向[J]. 课程.教材.教法, 2017, 37(04): 20-26.

[46] 杨玉琴, 倪娟. 深度学习：指向核心素养的教学变革[J]. 当代教育科学, 2017, (08):

中国知网 https://www.cnki.net

43-47.

[47] 张晓娟, 吕立杰. SPOC 平台下指向深度学习的深度教学模式建构[J]. 中国电化教育, 2018, (04): 96-101+130.

[48] 郑毓信. “数学深度教学”的理论与实践[J]. 数学教育学报, 2019, 28(5): 28-36.

[49] 罗建宇. 从融合到创新:基于 GeoGebra 的数学深度教学[J]. 数学通报, 2020, 59(02): 23-26.

[50] Weinhandl R, Lavicza Z, Hohenwarter M, et al. Enhancing flipped mathematics education by utilising GeoGebra[J]. International Journal of Education in Mathematics Science and Technology, 2020, 8(1): 1-15.

[51] 王鹏远. 动态数学对数学课程内容的影响[J]. 中小学信息技术教育, 2019, (2): 4.

[52] Hegedus S J, Otálora Y. Mathematical strategies and emergence of socially mediated metacognition within a multi-touch Dynamic Geometry Environment[J]. Educational Studies in Mathematics, 2023, 112(2): 289-307.

[53] Yohannes A, Chen H L. GeoGebra in mathematics education: a systematic review of journal articles published from 2010 to 2020[J]. Interactive Learning Environments, 2023, 31(9): 5682-5697.

[54] 陈如仙. 基于用户体验的动态数学软件设计研究[D]. 广州大学, 2020.

[55] Takači D, Stankov G, Milanovic I. Efficiency of learning environment using GeoGebra when calculus contents are learned in collaborative groups[J]. Computers & Education, 2015, 82: 421-431.

[56] Kohen Z, Amram M, Dagan M, et al. Self-efficacy and problem-solving skills in mathematics: the effect of instruction-based dynamic versus static visualization[J]. Interactive Learning Environments, 2022, 30(4): 759-778.

[57] Zhang Y, Wang P, Jia W, et al. Dynamic visualization by GeoGebra for mathematics learning: a meta-analysis of 20 years of research[J]. Journal of Research on Technology in Education, 2023: 1-22.

[58] 樊雅琴, 王炳皓, 王伟等. 深度学习国内研究综述[J]. 中国远程教育, 2015, (06): 27-33+79.

[59] 郭华. 深度学习及其意义[J]. 课程.教材.教法, 2016, 36(11): 25-32.

[60] 常立娜. 深度学习文献综述[J]. 开放学习研究, 2018, 23(02): 30-35.

中国知网 https://www.cnki.net

[61] 温雪. 深度学习研究述评：内涵、教学与评价[J]. 全球教育展望, 2017, 46(11): 39-54.

[62] 张华, 陶涛. “双减”背景下基于网络画板的初中数学高效课堂教学策略探究[J]. 教育科学论坛, 2023, (19): 57-59.

[63] 王杰. 初二学生数学学习“分水岭”现象分析及对策研究[J]. 现代教育, 2021, (10): 48-51.

[64] 洪雅娟. 基于 Geogebra 的高中微积分教学研究[D]. 集美大学, 2020.

[65] 郭雪梅, 曾小平. 激发学习动机，促进深度学习[J]. 中小学课堂教学研究, 2019, (8): 4.

[66] Keller J M. Use of the ARCS model in education: A literature review[J]. Computers & Education, 2018, (122): 54-62.

[67] 费小桉. 初中英语写作教学中 ARCS 动机模式的运用探究——以译林版义务教育教科书《英语》七年级下册 Unit 5 的写作教学为例[J]. 教学月刊：中学版（外语教学）, 2021, (4): 58-61.

[68] 明静. ARCS 动机模式在初中英语口语教学中的应用——以 Q 市第九中学为例[D]. 西安外国语大学, 2019.

[69] Hodges C B, Kim C M. Improving college students’ attitudes toward mathematics[J]. TechTrends, 2013, 57(4): 59-66.

[70] Karakis H, Karamete A, Okçu A. The effects of a computer-assisted teaching material, designed according to the ASSURE instructional design and the ARCS model of motivation, on students' achievement levels in a mathematics lesson and their resulting attitudes[J]. European Journal of Contemporary Education, 2016, 15(1): 105-113.

[71] Sweller J. Cognitive load theory[M]. New York: Academic Press, 2011, 55: 37-76.

[72] Paas F, Renkl A, Sweller J. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments[J]. Educational psychologist, 2003, 38(1): 1-4.

[73] Sweller J. Cognitive load theory, evolutionary educational psychology, and instructional design[J]. Evolutionary Perspectives on Child Development and Education, 2016: 291-306.

[74] Kalyuga S, Sweller J. Rapid dynamic assessment of expertise to improve the efficiency of adaptive e-learning[J]. Educational Technology Research and Development, 2005, 53(3): 83-93.

中国知网 https://www.cnki.net

[75] Duran R, Zavgorodniaia A, Sorva J. Cognitive load theory in computing education research: A review[J]. ACM Transactions on Computing Education (TOCE), 2022, 22(4): 1-27.

[76] 约翰 B.彼格斯, 凯文 F 科利斯. 高凌飚等译. 学习质量评价：SOLO 分类理论（可观察的学习成果结构）[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 30-57.

[77] 刘哲雨, 郝晓鑫. 深度学习的评价模式研究[J]. 现代教育技术, 2017, (4): 12-18.

[78] 曾明星, 吴吉林, 徐洪智等. 深度学习演进机理及人工智能赋能[J]. 中国电化教育, 2021, (02):28-35.

[79] 付亦宁. 深度学习的教学范式[J]. 全球教育展望, 2017, (7): 10.

[80] 胡艺龄, 顾小清. 从联通主义到 MOOCs：联结知识，共享资源——访国际知名教育学者斯蒂芬·唐斯[J]. 开放教育研究, 2013, (6): 4-10.

[81] 施良方. 学习论[M]. 北京: 人民教育出版社, 2001: 310-324+192+221.

[82] 王宏, 刘丽, 马池珠. 指向深度学习的 STEM 教育探究[J]. 现代教育技术, 2020, (3): 108-113.

[83] Bokosmaty S, Mavilidi M F, Paas F. Making versus observing manipulations of geometric properties of triangles to learn geometry using dynamic geometry software[J]. Computers & Education, 2017, (113): 313-326.

[84] Keller J M. Strategies for stimulating the motivation to learn[J]. Performance + Instruction, 1987, (26): 8.

[85] 桑青松, 夏萌. 初中生认识论信念及其与学习方式、学业成就的关系[J]. 心理学探新, 2010, 30(4): 6.

[86] 刘妍, 吴敏华, 孙众. 小学生对平板电脑的技术接受度及其与学习方法的路径关系[J]. 中国远程教育, 2014, (11): 50-57.

[87] 吴维宁, 高凌飚, 李佳. 学习过程研究与学习方式评测[J]. 教育测量与评价：理论版, 2009, (12): 4-7

[88] Biggs J B, Collis K F. Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)[M]. New York: Academic Press, 2014: 10-16.

[89] 鲁依玲, 夏玉梅, 宁连华. 基于 SOLO 分类理论的高考数学试题分析——以 2022 年全国数学新高考Ⅰ卷为例[J]. 数学教育学报, 2023, 32(03): 18-23.

中国知网 https://www.cnki.net

附录 1 教师访谈提纲

尊敬的老师，您好！

希望通过此次访谈了解中学数学深度教学情况。向您承诺，此次访谈内容将严格保密，仅作为教学研究参考使用。再次感谢您的参与与配合！

（1）深度学习在中学教学中引起众多关注，许多围绕促发学生深度学习的深度教学实践在各中学展开，那么对于深度学习和深度教学，您是怎么理解的呢？

（2）哪种教学方法和手段是您为实现深度教学常采用的？

（3）您是否使用数学教学软件来实现深度教学？如果使用的话，使用的是哪种？课堂实施效果如何？

（4）在信息技术支持的教学过程中，您认为实施要点和困难之处在哪？

（5）学习动机被认为是学生深度学习发生的前提，您在教学过程中会采用何种教学方式来激发学生的学习动机呢？

（6）如果将激发学生的学习动机融入教学各环节中以实施深度教学，您的看法是怎样的？

中国知网 https://www.cnki.net

中国知网 https://www.cnki.net

附录 2 R-LPQ-2F 学习过程问卷

同学们好！这份问卷有很多关于你对**数学学习**的态度和你通常的学习方式的问题。请注意，没有一种绝对正确的学习方式。这取决于什么适合你自己的风格和你正在学习的课程。因此，尽可能诚实地回答每个问题是很重要的！如果你认为你对某一问题的回答取决于所学的科目，请给出适用于**数学科目**的答案。

请对每个问题选择一个最合适你的情况的答案，并勾选相应的选项。不要在每个问题上花费太多时间，你的第一反应可能是最好的。你的答案是保密的。感谢同学们的认真回答！

1. 我发现学习有时会给我一种深深的个人满足感。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

2. 我试着把我在一门学科学到的和在其他学科学到的联系起来。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

3. 我因为考试的低成绩而感到沮丧，并且担心下一次考试会怎么做。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

4. 我看不出学习那些不太可能参加考试的材料有什么意义。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

5. 我觉得，一旦我深入到数学学习内容当中，几乎任何内容都会变得非常有趣。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

6. 我喜欢构建理论来把奇怪的东西放在一起。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

7. 即使当我努力学习参加考试时，我也担心我可能不能在其中做得很好。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

8. 只要我觉得我做的足够能通过，我就会花尽可能少的时间去学习。还有很多有趣的事情要做。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

9. 我学习很刻苦因为我觉得学习材料很有趣。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

10. 我尝试在我阅读新材料的时候关联起我对于该主题已知的知识。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

中国知网 https://www.cnki.net

11. 不管我喜欢与否，我认为在学校表现好是获得高薪工作的好方式。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

12. 我一般把学习内容限制在规定的范围内，因为我认为没有必要做额外的事情。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

13. 我会在课后花很多时间进一步探索在不同课堂中讨论过的有趣的话题。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

14. 当我阅读学习材料的时候，我总是尝试理解作者想要表达的内涵。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

15. 我试图取得 A 等级或相同级别成绩，因为我认为这能让我找到一个更好的工作。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

16. 我认为深入学习知识点没有帮助。对大部分知识点来说，你并不需要学习太多内容。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

17. 我在上大多数课时，脑子里都是我想回答的问题。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

18. 我靠死记硬背来学习数学，一遍又一遍重复直到能熟记，即使我不理解它们。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

19. 我持续在脑海里回顾学校的功课，当我在公车、走路、躺在床上等等的时候。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

20. 我发现通过考试的最好方法是努力记住可能出现的问题的答案。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

21. 我喜欢充分的学习一个数学内容，直到能够形成自己的结论，才会感到满足。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

22. 我发现在大多数考试中，我可以通过背诵关键部分而不是试图去理解知识来通过考试。

（A） 非常不同意 （B） 不同意 （C） 一般同意 （D） 同意 （E） 非常同意

中国知网 https://www.cnki.net

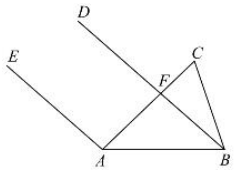
附录 3 知识点前测试题

姓名_____ 性别_____

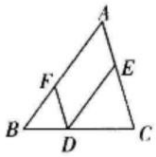
一、填空题

1. 每个三角形都有___个内角，三角形的内角和等于____°；一个三角形最多有___个钝角。

2. 已知：如图，BD//AE 交△ABC 的边 AC 于点 F，∠CAE=95°，∠CBD=30°，∠C=____°。

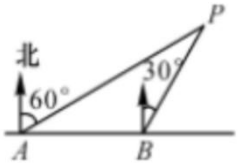
3. 

4. 如图所示，已知 F，E，D 分别是△ABC 的三边 AB，AC，BC 上三点，FD//AC，DE//AB，∠A=53°，则∠EDF=____°。

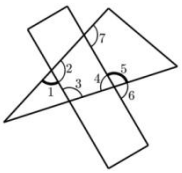


5. 在△ABC 中，∠A=∠B＋∠C，则∠A=_____°。

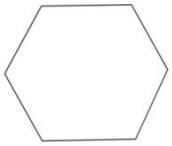
6. 如图，李明同学在东西方向的滨海路 A 处，测得海中灯塔 P 在北偏东 60°方向上，他向东走 400 米至 B 处，测得灯塔 P 在北偏东 30°方向上，则从灯塔 P 观测 A，B 两处的视角∠P 的度数是____°。



7. 如图，把一直尺放置在一个三角形纸片上，则∠1+∠6____180°，∠2+∠5____180°，∠3+∠4____180°。（请在横线上填“<”或“=”或“>”）。



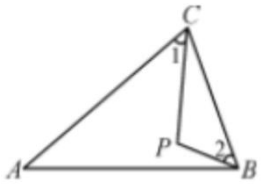
8. 如图为一个六边形，请你根据已学知识推断该六边形内角和为_____°。



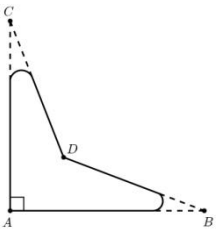
中国知网 https://www.cnki.net

二、解答题：（请写出详细过程）

9. 如图，△ABC 中，∠ACB=∠ABC，∠A=40°，P 是△ABC 内一点，且∠1=∠2，求∠BPC 的度数。

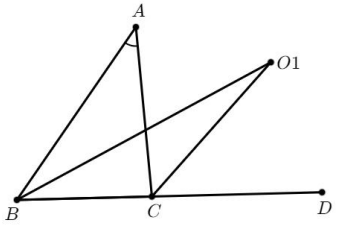


10. 一个零件的形状如图，按规定∠A=90°，∠B 和∠C 应分别是 32°和 21°，检验工人量得∠BDC=148°，断定这个零件是否合格？为什么？

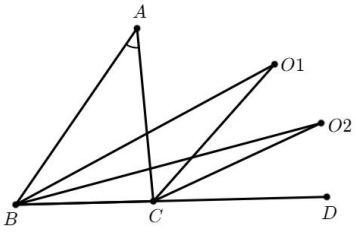


11. 已知△ABC.

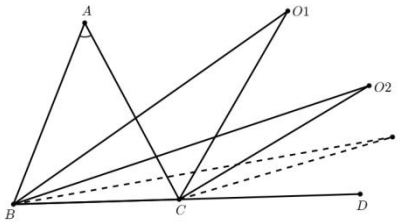
（1）若∠BAC=40°，画∠ABC 和外角∠ACD 的角平分线相交于 O_1 点，求∠BO_1C 的度数；



（2）在（1）的条件下，再画∠0_1BC 和∠0_1CD 的角平分线相交于 O_2 点，求∠BO_2C 的度数；



（3）若∠BAC=n°，按上述规律继续画下去，请直接写出∠$BO_{2023}C$ 的度数。



中国知网 https://www.cnki.net

附录 4 知识点后测试题

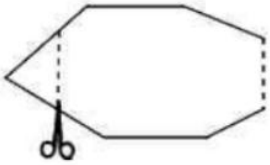
姓名_____　　性别_____

1. 从六边形的一个顶点，可以引____条对角线，六边形的内角和是____°，外角和是____°。

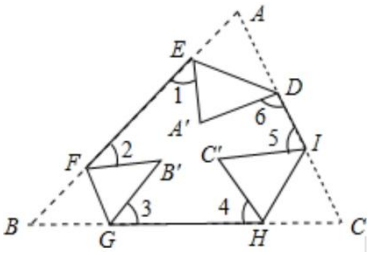
2. 若一个多边形的内角和比外角和多 540°，试求这个多边形的边数是____。

3. 当一个多边形的边数增加 1，其内角和_____，其外角和_____。（请在空内填写减少/增加/不变，若填写减少/增加，请写出变化的度数，填写示例：减少 10°）

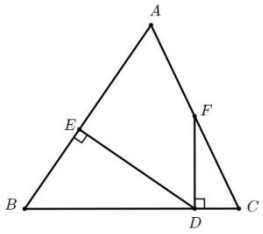
4. 如图，一个多边形纸片按图示的剪法剪去一个内角后，得到一个内角和为 2340°的新多边形，则原多边形的边数为_____。



5. 如图所示，把一个三角形纸片 ABC 的三个顶角向内折叠之后（3 个顶点不重合），那么图中∠1+∠2+∠3+∠4+∠5+∠6 的度数和是____°。



6. 如图所示，DE⊥AB 于 E，DF⊥BC 于 D，∠AFD=155°，∠A=∠C，∠EDF=____°。

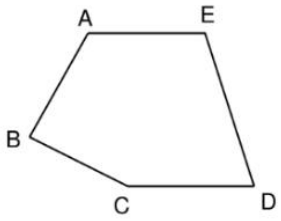


7. 过 m 边形的顶点能作 7 条对角线，n 边形没有对角线，k 边形有 k 条对角线，则$(m-k)^n$=____。

中国知网 https://www.cnki.net

二、解答题（请写出详细过程）

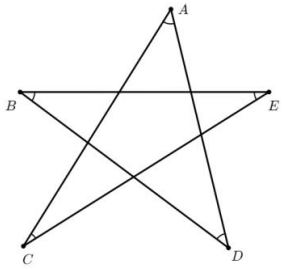
8. 已知：如图，五边形 ABCDE 中，AE//CD，∠A=107°，∠B=121°，求∠C 的度数。



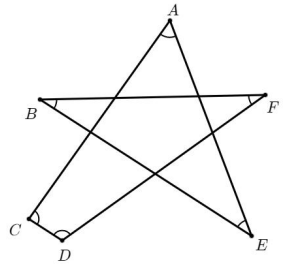
9. 一个多边形中，每个内角都相等，并且每个外角等于它的相邻内角的$\frac{2}{3}$，求这个多边形的边数及内角和。

10.

① 如图所示，根据已学过的知识求出下面五角星中中角∠A+∠B+∠C+∠D+∠E 的度数；

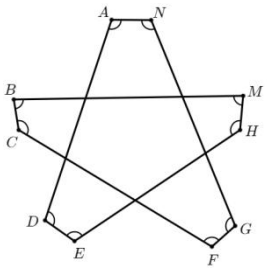


② 如果把①图中的星形截去一个角，如下图所示，求∠A+∠B+∠C+∠D+∠E+∠F 的度数；



③ 如果再把②图中的角进一步截去，如下图所示，

求∠A+∠B+∠C+∠D+∠E+∠F+∠G+∠H+∠M+∠N 的度数。



中国知网 https://www.cnki.net