

分类号：
学号：20222118012

密级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学设计研究

学位申请人	郑曼曼
指导教师	崔淑莉
申请学位类别	专业硕士
专业名称	教育
研究领域	学科教学（数学）
所在学院	理学院

中国·新疆·石河子

2024年05月

分类号：
学号：20222118012

密级：公开
单位代码：10759

石河子大学

硕士学位论文



基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学设计研究

学位申请人	郑曼曼
指导教师	崔淑莉
申请学位类别	专业硕士
专业名称	教育
研究领域	学科教学（数学）
所在学院	理学院

中国·新疆·石河子

2024年05月

**Research on the Advanced Teaching Design of Senior One
Exponential Function Learning Based on Core Literacy**

A Dissertation Submitted to

Shihezi University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor of Education

By

Zheng Man-man

(Subject Teaching (Mathematics))

Dissertation Supervisor: Prof. Cui Shu-li

May, 2024

石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

学位论文独创性声明

本人所提交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：

郑曼曼

时间：2024 年 5 月 14 日

使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：

郑曼曼

时间：2024 年 5 月 14 日

导师签名：

崔淑莉

时间：2024 年 5 月 14 日

摘要

学习进阶是描述在一段时间内学生围绕某一主题的学习，认识与思考逐步丰富和深入的一个过程。这与我国近年来新课程改革中凝练学科核心素养，强调核心素养的连续性和阶段性发展相一致。指数函数具有较强的应用背景，在函数的学习中具有承上启下的作用。基于核心素养的指数函数学习进阶教学设计，符合学生认知发展规律，能促进学生知识和素养的全面发展，为教师的教学评价提供依据，同时激发学习进阶对数学教材中其它知识的研究并为其研究提供了理论参考。

主要围绕以下几个问题展开研究：

- (1) 如何构建基于核心素养的高一指数函数学习进阶模型？
- (2) 如何根据构建的高一指数函数学习进阶模型进行相应的教学设计？
- (3) 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学实践结果如何？

为解决上述问题，本研究采取融合验证性与演进性学习进阶特征的研究范式，共分为四个研究阶段：第一阶段，设计并分析访谈与前测试卷。通过访谈和测验了解学生“指数函数”预备知识的学情。第二阶段，构建进阶模型。通过文献分析法，确定指数函数学习目标和各个核心素养必要的学业表现。第三阶段，进行进阶教学设计与实践。依据构建的“指数函数”学习进阶模型，精准地进行教学设计并实践。第四阶段，运用统计分析法分析后测试卷，了解学生“指数函数”学习进阶现状，改进进阶模型，完善教学设计。

研究结果如下：

(1) 高一学生指数函数学习进阶模型以核心素养作为进阶维度，结合知识深度模型从进阶阶段和成就水平上分为4个阶段和7个水平。这4个阶段所呈现的思维复杂程度由低到高，分别为：回忆与复述、技能与概念、策略性思维和拓展性思维，并结合学生具体学业表现需要，划分为7个成就水平。

(2) 依托前期拟定的基于核心素养的高一指数函数学习进阶模型，设计进阶学习目标、评价目标与评价方式，设计整体进阶路径，划分课时，每个课时的教学活动均依托学习进阶模型各水平下预期的学业表现进行设计。

(3) 高一学生集中在水平4及以下，对指数函数的理解停留在表面。进阶过程中存在的主要障碍点为： n 次方根与分数指数幂的互化、运算目标的明确、对函数模型拟合度的验证、不能灵活应用指数函数的性质、逻辑推理能力不严密和对含参问题无从下手。

最后，基于研究结论对构建的学习进阶模型和教学设计进行修改和完善，并对教学导向的学习进阶进一步研究进行展望。

关键词：数学核心素养；学习进阶；指数函数；教学设计

Abstract

Learning progression is a process that describes the gradual enrichment and deepening of students' learning, cognition and thinking around a certain topic within a period of time. This is consistent with the concise core literacy of disciplines in the new curriculum reform in recent years, which emphasizes the continuity and staged development of core literacy. Exponential function has a strong application background, which plays a connecting role in the study of functions. The teaching design of learning progression of exponential function based on core literacy is in line with the law of students' cognitive development, can promote the comprehensive development of students' knowledge and literacy, provide a basis for teachers' teaching evaluation, and stimulate the study of other knowledge in mathematics textbooks and provide a theoretical reference for its study.

The research mainly focuses on the following issues:

- (1) How to build an advanced model for learning higher-level exponential functions based on core competencies?
- (2) How to learn advanced models based on the constructed higher-order exponential function and design corresponding teaching methods?
- (3) How effective is the advanced teaching practice of learning high school exponential functions based on core competencies?

This thesis adopts a research paradigm that integrates the advanced characteristics of confirmatory and evolutionary nature, and is divided into four research stages: the first stage is to design and analyze, ask questions and pre-test thesis. Test thesis and faculty interviews through a number of letters to gain insight and scholarship on students' pre-knowledge of "exponential functions". The second stage is to construct an advanced model. If the husband is the way, then the way is also." The third level is for school examinations, education, design and practice. According to the constructed "exponential function" learning advanced model, the advanced teaching design and practice of "exponential function" learning are carried out. In the fourth level, the post-test thesis is designed and analyzed, the order model is improved, and the instructional design is improved.

This study draws the following three conclusions:

- (1) The advanced model of index function learning for first-year high school students takes core literacy as the advanced dimension, and combines the knowledge depth model to divide it into 4 stages and 7 levels in terms of advanced stage and achievement level. The complexity of thinking presented in these four stages ranges from low to high, namely: recall and retelling, skills and concepts, strategic thinking, and expansion thinking. Combined with the specific academic performance needs of students, they are divided

into seven achievement levels.

(2) Based on the advanced learning model of the core competency based high school index function developed in the early stage, design advanced learning objectives, evaluation objectives, and evaluation methods, design an overall advanced path, divide class hours, and design teaching activities for each class hour based on the expected academic performance at each level of the advanced learning model.

(3) High school students are concentrated at level 4 and below, and their understanding of exponential functions remains superficial. The main obstacles in the process of advancement are: the mutual transformation between the root of the power and the exponential power of the fraction, clear operational objectives, verification of the fitting degree of the function model, inability to flexibly apply the properties of exponential functions, lack of rigorous logical reasoning ability, and inability to start with parameterized problems.

Finally, based on the research findings, the constructed learning advancement model and teaching design are improved and modified, and prospects are provided for further research on teaching oriented learning advancement.

Key words: mathematics core literacy; learning progressions; exponential function; instructional design

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
目录.....	IV
第1章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究问题.....	2
1.3 研究意义.....	2
1.3.1 理论意义.....	2
1.3.2 实践意义.....	2
第2章 文献综述.....	3
2.1 概念界定.....	3
2.2 国内外研究现状.....	3
2.2.1 学习进阶理论的相关研究.....	3
2.2.2 基于核心素养的学习进阶相关研究.....	7
2.2.3 指数函数教学的相关研究.....	8
2.2.4 基于核心素养的指数函数相关研究.....	10
2.2.5 研究述评.....	11
2.3 理论基础.....	12
2.3.1 布鲁姆的“掌握学习理论”.....	12
2.3.2 维果斯基的“最近发展区理论”.....	12
2.3.3 皮亚杰的“认知发展阶段理论”.....	13
2.3.4 诺曼·韦伯的“知识深度模型”.....	13
第3章 研究设计.....	15
3.1 研究对象.....	15
3.1.1 学生基本信息.....	15
3.1.2 教师基本信息.....	15
3.2 研究方法.....	16
3.2.1 文献分析法.....	16

3.2.2 测验法	16
3.2.3 访谈法	16
3.2.4 实证研究法	16
3.2.5 统计分析法	17
3.3 研究工具	17
3.4 研究思路	17
3.5 研究框架	18
第4章 基于核心素养的指数函数教学现状的调查与分析	19
4.1 学生前测	19
4.1.1 测试目的	19
4.1.2 试卷编制	19
4.1.3 前测试卷的统计结果与分析	21
4.1.4 前测总结	28
4.2 指数函数教学经验的教师访谈	29
4.2.1 访谈目的	29
4.2.2 访谈结果	29
4.2.3 教师访谈总结	32
第5章 基于核心素养的高一指数函数学习进阶模型的构建	33
5.1 确定进阶维度	33
5.2 确定进阶起点	33
5.3 提取知识要点	35
5.3.1 课标分析	36
5.3.2 教材分析	38
5.4 确定进阶终点	43
5.5 划分成就水平	44
5.6 学习进阶模型的初步建构	46
5.7 本章小结	48
第6章 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学设计	49
6.1 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学设计流程	49
6.2 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学设计	51
6.2.1 教材分析	51
6.2.2 学情分析	52
6.2.3 学习目标和评价目标	53
6.2.4 教学评价设计	54

6.2.5 教学重难点	55
6.2.6 学习路径设计	56
6.2.7 教学策略的选择与设计	56
6.2.8 教学设计	59
6.3 本章小结	79
第 7 章 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学实践	80
7.1 研究工具	80
7.1.1 后测试卷的编制	80
7.1.2 小组自评量表的设计	81
7.2 研究结果	82
7.2.1 后测试卷的整体质量分析	82
7.2.2 各成就水平对应题目的平均难度值分析	82
7.2.3 各成就水平及答题情况分析	86
7.2.4 课堂表现	90
7.2.5 小组自评以及教师评价	91
7.3 进阶模型的改进	91
7.4 进阶教学设计的改进	94
第 8 章 结论与展望	96
8.1 研究结论	96
8.2 研究建议	97
8.3 研究创新点	98
8.4 研究不足与展望	98
参考文献	99
附录 A: “指数函数”前测试卷	103
附录 B: 教师访谈记录调查研究表	105
附录 C: 指数函数新授课小组课堂评价量表	106
附录 D: “指数函数”测试卷	107
致 谢	110
作者简介	112

第1章 绪论

1.1 研究背景

“函数”是描述客观世界中变量关系和规律的最基本的数学语言和工具，在解决实际问题中发挥重要作用，是贯穿高中数学课程的主线，同时也是后续高等数学的重要研究对象，可见对函数概念和性质的学习具有重要意义^[1]。在新教材调整了基本初等函数的顺序后，学生学习函数的先后顺序为幂函数、指数函数和对数函数。这样的调整有利于学生了解指数的拓展过程，并且在指数函数学习中所积累的活动经验也为后续对数函数学习提供了思想方法基础，指数函数的相关知识在函数学习中起到承上启下的作用。指数函数常与“爆炸式增长”相关，用它来描述增长速度极快的趋势，在数学及实际中有众多应用。教材在引出指数函数的概念时，为了发现规律，让学生根据实际问题给出的两组数据，结合图象与运算得到增长率，最后通过推理与抽象得到指数函数概念的这一思维变化过程是学生学习过程中的难点。在指数函数图象和性质研究中对学生的抽象思维和逻辑思维有更高的要求，学生经历由特殊到一般的探究过程。针对指数函数的重要性和学习过程中遇到的难点，本研究认为有必要探索和呈现学生的认知发展过程，针对学生存在的难点与困惑进行教学，使指数函数成为发展学生数学核心素养的载体。

“学习进阶”是指学生在一段时间内，随着某一学习主题内容的不断深入，学生的认识与思考逐步丰富、精细化和深入的一个过程。在2005年和2007年美国研究理事会（NRC）两份报告中提出“学习进阶是教育理论研究、考试命题、课程开发和教育决策等工作的沟通渠道，是联结学习研究与课堂实践，促进课程标准、教学和评估一致性的最有潜在价值的工具”^[2]。我国《普通高中数学课程标准（2017年版2020年修订）》（下文简称“新课标”）中强调确定教学目标时要把握好核心素养发展的各阶段目标之间的关系，促进核心素养连续性和阶段性发展。在日常评价中要跟踪学生的学习进程，关注学生的成长和发展^[1]。可见学习进阶的内涵与课标中对核心素养的落实要求是一致的。近年来，我国越来越多的研究者将目光转移到学习进阶上，但关于学习进阶指导教学的研究还较少。

根据我国课程体系的特点，缩短学习进阶主题学习的时间跨度更能有效地指导教学。本研究将知识范围锁定在指数函数主题，既避免学习时间跨度较长，不利于实施的连贯性，又对指数函数相关知识进行了整合，相较于传统的每节课分别进行教学设计更加系统化，有利于揭示学生对指数函数学习的认知如何由浅入深、水平如何划分。学习进阶中刻画的预期学业表现不仅能帮助教师掌握学生学习指数函数时的进阶发展路径，而且

能够为教师的教学设计提供有力的理论支持。因此，本研究基于核心素养按照学习进阶描述的发展路径进行“指数函数”教学设计与实践是合理的、科学的、有效的。

1.2 研究问题

本文主要围绕以下几个问题展开研究：

- (1) 如何构建基于核心素养的高一指数函数学习进阶模型？
- (2) 如何根据构建的高一指数函数学习进阶模型进行相应的教学设计？
- (3) 基于核心素养的高一指数函数学习进阶教学实践结果如何？

1.3 研究意义

1.3.1 理论意义

本研究以数学核心素养作为横向进阶维度、知识深度模型进行纵向水平划分建构的“指数函数”学习进阶模型，激发学习进阶对数学教材中其它知识的研究，同时也为其它知识的研究提供了模型参考。其次将学习进阶与数学核心素养结合进行“指数函数”进阶教学设计，为教师进行指数函数课堂教学提供了一定的理论参考，丰富学习进阶理论在数学课程中的应用和实践。

1.3.2 实践意义

一、促进教师的教，提供教学与评价依据

学习进阶在科学理论与教育实践之间搭建起了沟通的桥梁。教师通过构建指数函数学习进阶模型，设计进阶目标和对应的评价目标，使教学与评价有机结合。教师再依托进阶模型各水平下预期学业表现选择驱动性问题和进阶活动，精准地进行进阶教学设计，让教学与学生更加贴合，因材施教。除此之外还有利于教师整体把握知识结构，掌控教学进程，对自身教学进行反思，根据实际情况调整教学活动，提高教学质量。

二、促进学生的学，发展数学核心素养

遵循学生对事物认知发展规律而建立的指数函数学习进阶模型，注重知识的整合与结构化，随着进阶教学的不断深入，学生能够逐级建立相关知识的联系，更新认知结构，有利于学生在后续学习过程中主动地进行知识之间的整合，培养其整体意识；通过进阶教学的测评，学生能够精准地诊断自身在知识与素养方面的不足，提高学生的自主学习能力和自我反思意识，发展数学核心素养。

第 2 章 文献综述

2.1 概念界定

学习进阶自提出以来就出现众多围绕它而展开的研究，学者们根据自己的研究背景给出了不同的定义。例如：Smith 等在“构建物质与原子分子学习进阶”中给学习进阶定义为“学习进阶是一种连续的思维探究方法，这种方法伴随着学生在学习核心概念的过程逐渐复杂^[3]。”Anderson 等认为学习进阶是将学生的外在行为表现与内在心理特质对应起来，本质在于呈现学生学习过程的特定心理结构的不断发展^[4]。Duncan 等认为学习进阶是能够解释学生如何理解与应用科学核心知识的基于实证的、可验证的假设^[5]。NRC 报告中学习进阶的概念被学者广泛应用，具体如下：学习进阶是学生在较长的一个时间跨度内，随着某一学习主题内容的不断深入，学生的认识与思考逐步丰富、精细化和深入的一个过程，是在大量的实证的基础上形成的一种可以验证的假设^[6]。学者姚建欣，郭玉英在 2014 年对学习进阶十年回顾展望中指出，NRC 中的学习进阶定义没有涉及“教学”^[7]。并且在 2018 年对学习进阶素养的凝练与范式的演变研究中指出学习进阶终将服务于教学实践，对学习进阶进行再定义：学习进阶是描述在教学影响下的学生在某领域的认知发展的蓝图^[8]。

本文后续的讨论以 NRC 报告中给出的学习进阶定义为基础，考虑其对教学的实际指导意义后给出学习进阶的定义：学习进阶是描述在教学影响下，学生在一段时间内，随着某一学习主题内容的不断深入，学生的认识与思考逐步丰富、精细化和深入的一个过程，是在大量实证的基础上形成的一种可以验证的假设。

2.2 国内外研究现状

2.2.1 学习进阶理论的相关研究

本文在研究过程中，在知网上以“学习进阶”为检索词，共检索到“学习进阶”硕博论文 522 篇，学术期刊 488 篇，其中 2019 年至今硕博论文 446 篇，学术期刊 327 篇，可见近年来学者们对学习进阶的关注呈上升趋势。

2.2.1.1 学习进阶的提出

2001 年美国发布了《不让一个孩子落后》（NCLB）法案，以期转变政府在教育中

的作用,法案中提出对学生进行阅读和数学测评,并将评估表现与在校受教育情况结合起来^[9]。在此法案的背景下,为了更好地进行学业评估国家必须制定一个新的标准去评估学生的学业情况。2004年“美国国家研究理事会”(NRC)接到了来自 Smith 等“基础教育阶段科学学业成就评价委员”的报告,学习进阶一词首次在科学教育领域被提出^[2]。2008年以来,美国国家科学教育研究学会每年都会在大会上设置“学习进阶研究”的主题报告。2011年7月,NRC发布的《K-12科学教育框架——实践、跨领域的概念和核心概念》(以下简称《框架》)中提出的指导性原则之一——关注跨领域的核心概念和实践,学习的发生是一个连续不断的进程,将学习进阶贯穿 K-12 年级的科学教育,这为美国的科学教育带来了转型性的变化,使学习进阶成为当时的教育热点^[10]。

2.2.1.2 学习进阶的构成要素与成就水平划分

学习进阶自提出起就受到了广泛的关注,将学习进阶理论有效地运用到教育教学领域的前提是明确学习进阶构成要素,了解成就水平划分依据。

(1) 学习进阶的构成要素

整理国内外学者关于学习进阶的研究,对学习进阶的构成要素主要有两类观点。一类是学习进阶四要素:大概念以及大概念解析、进阶层级、测量工具、教学干预手段,这个观点是美国《新一代科学教育标准》中科瑞柴克 Krajcik 提出的^[11]。姚建欣、郭玉英(2014)对学习进阶从 2004 年到 2014 年发展研究的回顾与展望中将其中的“大概念”解释为“核心概念和关键能力”,核心概念包括学科核心概念和共同概念^[7]。关于学科核心概念的定义以及学科核心概念的作用和地位,学者郭玉英和刘恩山进行了进一步的阐释^[12]。姚建欣等(2018)认为进阶研究将研究对象进行整合,提出了整合核心概念与关键能力的“整合学习进阶”,这几乎与学科核心素养的凝练同步,整合学习进阶的提出满足了实践层面的需求,是“测评导向”的学习进阶向“教学导向”的学习进阶的发展,也在一定程度上重构了学习进阶的研究方法和内容^[8]。

另一类观点认为学习进阶分为五个要素,各学者表述虽略有不同,但含义相通。可归纳为:进阶终点(学习目标)、进阶维度(进阶变量)、成就水平(进阶层级)、学业表现(预期表现)、测评工具(评价)^{[13]-[17]}。

可见,两种学习进阶构成要素观点的主要区别在于第一类观点多了教学干预手段,其余大致相同。综合上述观点,本研究采用第二类观点,将学习进阶五要素归纳为:进阶终点、进阶维度、成就水平、学业表现、测评工具。

(2) 学习进阶成就水平划分

层次清晰、结构明确的成就水平是学习进阶模型的重要组成部分。梳理文献可以发现大多依据 SOLO 分类理论、UbD 理论、知识深度模型、APOS 理论和郭玉英团队编制的科学概念发展层级等理论作为成就水平的划分依据。

孟辉, 吴华对学习进阶成就水平的划分是基于 UbD 理论对“理解”的六个侧面: “解释、阐明、应用、洞察、神入、自知”, 进而根据构建的学习进阶进行教学活动设计和评价工具的创建。基于此展开的数学主题式学习研究充分体现了学生的主体性并按照学生的思维发展顺序进行教学活动安排^[18]。

刘研君, 段玉山, 周维国将 SOLO 分类理论用于学习进阶成就水平的划分, 基于 SOLO 分类理论来刻画学生对学科概念理解的思维发展过程: 从零散信息到了解单个简单概念、掌握多个概念的内涵、建立概念间的联系并解决问题、最后形成概念体系能够迁移应用解决复杂问题的思维发展过程^[19]。

唐建勋基于知识深度模型的四个层级: 回忆与复述、技能与概念、策略性思维、拓展性思维, 探索深度学习路径并进行“圆周运动”教学设计, 在学科核心素养目标的指引下, 使学生的思维在课堂进程中逐级提升^[20]。

徐娜结合 APOS 理论将一次函数概念的模型进行了 5 阶段 9 水平的划分, 5 阶段具体为预备阶段、操作阶段、过程阶段、对象阶段和图示阶段, 利用 APOS 理论进行学习进阶的构建与教学, 是对概念理解的逐级深入过程, 利于学生思维的发展^[21]。

郭玉英团队基于知识整合和层级复杂理论等认知理论提出了科学概念层级模型, 发展层级按照: 经验、映射、关联、系统、整合。该理论模型在物理、科学、生物、地理、数学学科的学习进阶建构中均得到广泛应用^[22]。

综上, 学习进阶成就水平的划分是构建学习进阶模型的核心步骤。对某一主题知识成就水平的划分首先需要进行系统地整理与分析, 再进行细致划分, 由浅入深、层层递进, 既要符合研究主题知识的特点, 又要与学生的认知发展相一致。知识深度模型与学生的认知水平相对应, 详细刻画了学生从浅层学习到深层学习的思维过程。本文以知识深度模型作为成就水平的划分依据并应用于课堂实践, 可以帮助教师和学生把握教与学的深度和广度, 同时该模型为基于课程标准进行教学活动设计、学生学业成就评价的实施提供理论支撑^[23]。

2.2.1.3 学习进阶的研究框架与研究范式

(1) 学习进阶的研究框架

学习进阶的研究框架一般包含理论假设和实证检验两个部分, 国际上对学习进阶已经形成了一些成熟的研究框架, 主要有以下三种:

2005 年, 威尔逊提出的“伯克利评价系统”也被称为“四基石模型”, 该系统包含结构图、项目设计、结果空间和测量模型四个部分, 上一部分的研究为下一部分的研究做准备^[24]。2009 年, Joseph Krajcik 等学者在全美科学教学研究会上提出的“结构中心设计法”是基于实证进行评价设计, 将课程设计与学习进阶更好的融合, 主要开发步骤如下: 明确学习目标、进行进阶描述、构建预期的学习进阶、收集数据、用数据结果修

正进阶^[25]。美国加州大学伯克利分校的詹弗·克莉根斯 (Claesgens Jennifer) 团队开发的“Chem Query 评价系统”以“化学家的观点”为中心, 借助项目反应理论探究学生学习化学核心概念时的思维路径和进阶情况, 模型包括: 结构图、评价项目、赋分指南和项目示例四个部分^[26]。

可以看出, 伯克利评价系统、结构中心设计法和 Chem Query 评价系统都注重对“结构”的开发。Chem Query 评价系统具有一定的测量学意义, 而结构中心设计法详细说明了“结构”的拆解过程, 更加强调教学与学习进阶的联系, 有利于后续教学指导。

(2) 学习进阶的研究范式

“伯克利评价系统”和“Chem Query 评价系统”中的结构图与“结构中心设计法”中的构建预期学习进阶本质是一样的。那么如何构建预期的学习进阶, 即学习进阶的研究范式是怎样的。

学习进阶可通过验证性与演进性两种范式进行构建: (1) 验证性学习进阶指研究者以文本分析、理论分析 (学习进阶理论、认知理论等)、专家咨询的研究方法自上而下的构建学习进阶, 划分成就水平^[27]; (2) 演进性学习进阶指研究者从学生的实际表现出发, 基于长期大量的教学实验, 获得学生的表现数据, 自下而上的构建与修改学习进阶, 这种方式更加注重教学的地位^[28]。

Richard Duschl 教授对以上两种学习进阶研究范式从学习进阶的构建基础与教学的作用、学习进阶的构建逻辑、学习进阶终点的确立、基于学习进阶评价的目的、学习进阶要素是否固定、学习进阶概念转变的观点、学习进阶的内涵本质七个特征进行分析^[27]。

学者王晓芳分析、归纳 Richard Duschl 教授对验证性和演进性学习进阶的七个特征, 总结出学习进阶实证研究的六种类型, 根据构建的比较框架得出国内外学习进阶实证研究属于验证性学习进阶研究以及处于验证性与演进性学习进阶两种研究范式之间的研究, 目前还没有完全属于理想的演进性学习进阶研究范式^[29]。

总体而言, 验证性学习进阶在科学教育领域已有一定的成果, 演进性学习进阶是一种更符合教学实际需要的理想进阶研究范式, 但其具有研究时间跨度长、研究结论推广性差等缺点。本研究通过阅读与整理前人研究, 采取融合验证性与演进性学习进阶特征的研究范式进行学习进阶模型的构建。

综上所述, 基于国内外许多学者对学习进阶的发展与内涵、构成要素、研究框架等相关研究, 本研究结合结构中心设计法将学习进阶开发流程确定为: 第一步, 基于文本分析、理论分析、教师访谈结果分析以及前测结果明确学习的目标; 第二步, 进行进阶描述, 构建预期的学习进阶模型; 第三步, 将课程设计与学习进阶结合起来; 第四步, 进行教学后测, 收集数据并分析得出结论, 修正进阶模型与教学设计。