

让思维可见：SOLO分类视域下小学数学单元作业的进阶式设计

魏 畅

北华大学教育科学学院，吉林 吉林

收稿日期：2026年9月10日；录用日期：2026年10月12日；发布日期：2026年10月19日

摘 要

当前小学数学单元作业设计普遍存在目标模糊、内容碎片化、评价单一化的问题，其根源在于学生解题过程中的思维活动难以被有效捕捉与诊断，导致作业沦为机械训练的工具。本研究以SOLO分类理论为支撑，构建了“三阶五层”单元作业设计框架。该框架在目标维度上依据课程标准提炼单元大概念，依据SOLO层级进行目标定位与预期指向；在内容维度上，将作业整合为“基础性、探究性、拓展性”三个阶梯，形成从巩固到整合再到迁移的螺旋递进任务链条；在评价维度上，设计半结构化评价量表，为层级判定提供可操作的工具。研究以人教版六年级上册“分数乘法”单元为例进行案例设计，展示了该框架在具体单元中的操作路径。研究认为，“三阶五层”框架将SOLO层级作为作业设计的预期指向与作答表现的诊断尺度，使隐性思维结构被识别、描述与定位，初步解决了思维目标如何“落地”、思维水平如何“诊断”并“进阶”的实践难题，为素养导向的单元作业设计提供了可复制的实践路径与理论参照。

关键词

SOLO分类理论，小学数学，单元作业设计，思维结构

Making Thinking Visible: Progressive Design of Primary Mathematics Unit Assignments from the Perspective of SOLO Taxonomy

Chang Wei

School of Education Science, Beihua University, Jilin Jilin

Received: September 10, 2026; accepted: October 12, 2026; published: October 19, 2026

文章引用：魏畅. 让思维可见：SOLO 分类视域下小学数学单元作业的进阶式设计[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 1021-1030. DOI: 10.12677/ae.2026.16102200

Abstract

Current unit homework design in primary school mathematics commonly suffers from vague objectives, fragmented content, and monolithic evaluation. The root cause lies in the difficulty of effectively capturing and diagnosing students' thinking processes during problem-solving, which reduces homework to a tool for mechanical drills. Supported by the SOLO taxonomy theory, this study constructs a "three-tier, five-level" framework for unit homework design. In the objective dimension, the framework extracts unit big ideas based on curriculum standards and positions objectives with expected orientation according to SOLO levels. In the content dimension, homework is organized into three progressive tiers—foundational, exploratory, and extended—forming a spiraling task chain that advances from consolidation to integration and finally to transfer. In the evaluation dimension, a semi-structured evaluation scale is designed to provide operable tools for level determination. Taking the unit "Fraction Multiplication" from the Grade 6 volume of the People's Education Press textbook as a case study, the research demonstrates the operational pathway of this framework within a specific unit. The research suggests that the "three-tier, five-level" framework employs SOLO levels as both the expected orientation for homework design and the diagnostic scale for analyzing student responses, thereby rendering the otherwise implicit thinking structures identifiable, describable, and locatable within homework design and evaluation. It preliminarily addresses the practical challenges of how thinking objectives can be "operationalized", how thinking levels can be "diagnosed", and how progression can be "facilitated", thereby providing a replicable practical pathway and theoretical reference for competence-oriented unit homework design.

Keywords

SOLO Taxonomy Theory, Primary Mathematics, Unit Assignment Design, Thinking Structure

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 课标要求

《义务教育数学课程标准(2022 年版)》的颁布标志着我国小学数学课程改革进入“核心素养导向”的新阶段。新课标倡导整体性的教学理念,在教学中要重视对教学内容的整体分析,改变过于注重以课时为单位的教学设计,推进单元整体教学设计,引导学生建立结构化的数学知识体系。在这一背景下,单元作业成为连接课堂内外、贯通知识与素养的重要纽带。传统单元作业往往以课时练习的简单叠加为主,倾向于对低阶技能的重复巩固,在促进学生认知结构向更高层次发展方面,存在一定的局限性,尚有很大的优化空间。正因如此,课标在“学业质量”部分进一步强调,评价应关注学生“数学学习的结果,更应关注其学习过程与思维发展”,要求作业不仅承载知识巩固的功能,更需成为诊断学生认知结构、反映思维发展层次的评价工具。这意味着,单元作业设计的重心,须从追求知识点的全覆盖转移至对思维结构特征的识别与诊断。

1.2. 现实问题

当前小学数学单元作业在目标、内容、评价三个层面存在困境。在目标层面,作业目标多依附于单

课时, 缺乏单元大概念的统领, 对反映核心素养的高阶目标关注不足, 教师依据课程标准设计作业的意识薄弱。在内容层面, 单元作业往往成为课时习题的机械叠加, 内容碎片化, 缺乏层次性[1], 学生只需机械套用算法即可完成, 思维结构难以体现。在评价层面, 忽视对学生解题策略与思维过程的分析, 作业的诊断与反馈功能严重弱化。三重困境的交织, 使单元作业难以揭示学生真实的思维结构。

1.3. 基于 SOLO 分类理论单元作业设计的相关研究

在单元作业设计领域, 已有研究者尝试将 SOLO 分类理论应用于实践探索。在学科实践上, 各学科教师已进行多样化的探索。在高中生物学单元作业设计中, 研究者建构了作业难度分层模型, 基于 SOLO 理论将情境素材来源、素材呈现、解题信息、考查能力等维度进行难度赋分, 探寻达成深度学习的单元作业设计一般路径[2]。在初中生物学单元实践作业设计中, 研究者以“消化系统”一章为例, 将实践活动作业按 SOLO 层级从单点结构水平到拓展抽象结构水平逐级进阶, 涵盖食材准备、炒饭制作、食谱优化等层层递进的实践任务[3]。在高中英语单元作业设计中, 研究者基于 SOLO 分类理论制定了进阶式学习模型, 从单点结构到抽象拓展结构设计作业内容, 实现美育与思维进阶的融合[4]。在小学英语单元作业设计中, 有研究者基于 SOLO 理论设计了课前预习、分课时作业及课后综合实践作业的整体路径, 通过单元“可视回应单”等工具实现思维水平的分层诊断[5]。在小学数学单元作业设计中, 研究者以“多边形的面积”单元为例, 构建了从单结构水平到拓展抽象水平的作业设计路径, 旨在培养学生的实践能力、应用意识和创新精神[6]。

上述研究的基本逻辑是“依据 SOLO 层级设计不同难度的作业”。本研究尝试在任务设计阶段仅规划难度梯度, 不预设学生的思维层级; 评价阶段则利用 SOLO 量表分析学生真实作答, 核心就在于“用五层分析三阶任务中学生的真实作答”。

1.4. 价值逻辑

教育目标分类学认为, 学生认识结果可以测量。SOLO 理论提出通过分析学生对一个问题的回答或任务的表现, 来判断其思维结构所处的层次。该理论将学生认知反应划分为五个层级, 使思维品质通过具体的作业回答被呈现出来。SOLO 分类理论为单元作业设计提供了依据, 使作业不再是知识点的随机堆砌, 而是引导学生思维发展的脚手架, 让学生的思维路径变得清晰可循。SOLO 分类理论推动了评价方式的变革。教师依据 SOLO 层级量表进行批改时, 不再满足于判断“对不对”, 而是追问“处于哪个层次”。这一追问使评价的关注点从“结果正误”转向“思维结构层次”, 学生的思维水平由此获得了可观察、可判断的具体表征, 不再停留于教师的主观感知层面。

2. SOLO 分类理论: 单元作业中思维测评的理据

2.1. 五层思维结构的作业映射

为科学界定学生思维水平层级, 本研究引入比格斯(Biggs)提出的 SOLO 分类理论(Structure of the Observed Learning Outcome), 该理论将学生对某个具体问题的思维反应由低到高划分为五个层次, 能够有效刻画学生认知结构从“量变”到“质变”的发展轨迹。结合小学数学学科特点, 本研究建立如下五层思维水平描述框架(如表 1)[7]。

在 SOLO 分类理论的框架下, 思维发展经历了一个从“量变”到“质变”的演进过程, 而单点结构向关联结构的转变, 正是这一过程中最具决定性的质变节点。单点结构水平下, 学生仅能捕捉单一关键词并调用对应算法, 其认知操作本质是“回忆”而非“推理”[8], 所获进步只是知识的数量累积。多点结构水平下, 学习者能联系多个有限的、孤立的素材解决问题, 虽然想做到一致性, 但由于基本上只注

意孤立的素材而使收敛太快，解答不完整，仍属于量变范畴[9]。真正的质变发生在关联结构水平，该水平被界定为“将多项与问题相关的素材联系起来，形成一个整体”[10]，标志着学生开始追问条件之间的关系，形成对题目的整体认识，认知操作从“回忆提取”转向“关系推理”。这种质变在作业中具体表现为：学生能说出解题步骤的合理性，能标注条件之间的联系，能主动验证答案是否满足全部条件等。这些行为表明学生已形成整体性认识，其认知不再停留于识别孤立的条件，而是进阶为把握条件之间的多重结构关联。

Table 1. Mapping framework of math homework thinking levels based on SOLO taxonomy
表 1. 基于 SOLO 分类理论的小学数学作业思维水平映射框架

SOLO 层级	思维特征描述	小学数学思维描述
前结构	不作答或与问题完全无关的作答。或者是同义反复，即把教师提的问题转换一种方式陈述了一遍。	留白不答；或直接抄写题目；或随意拼凑数字(如 $6 + 4 + 6 + 4 = ?$ 但未理解这是在求周长)。
单点结构	只依据提供的材料作答了问题的一个点，结论有局限性，有可能是武断的。	只写出“长 = 6 cm、宽 = 4 cm”；或只想起“面积=长 × 宽”的公式但无法代入数值。
多点结构	作答的内容涉及材料的多个方面，即作答了多个点；能够使用多个证据支持自己的结论。	能分别算出面积($6 \times 4 = 24 \text{ cm}^2$)和周长($((6 + 4) \times 2 = 20 \text{ cm})$)，但说不出面积和周长的数值之间有何关系。
关联结构	能够联系多个事件得出结论，能够建立起事件与事件间的关系，可以有逻辑地解释。但是没有超越给定的素材，也就是所得的结论完全来源于特定的材料中，没有联系自己的经验。	能同时算出面积和周长，并指出两者均取决于长与宽的取值，且当宽不变时，长增加则面积与周长同步增大。
抽象拓展结构	条理清晰的作答；能提出来自素材以外的信息，即所做的作答不完全局限于书本上的知识点。	能归纳出“周长相等的长方形中，长和宽越接近面积越大，正方形时面积最大”的规律，并将其推广到平行四边形或其他图形面积的比较中。

2.2. 理论適切性论证

SOLO 分类理论作为一种质性评价理论，能够对学生在具体任务中的表现进行思维层级划分，使学生的思维水平表征更加结构化、清晰化[11]。将 SOLO 分类理论应用于单元作业设计具有三重適切性。

其一，结构匹配性。单元作业通常围绕一个核心知识主题展开，学生在完成由浅入深的任务过程中，其思维发展天然地呈现从单点、多点向关联、拓展递进的规律，SOLO 的五层结构恰好能够刻画这一进阶轨迹。学习进阶理论指出，学生思维发展“遵循连贯且层级递进的路径”[12]；已有研究也证实，SOLO 五层“完美对应由易到难、由浅入深的学习路径”[13]，与“从概念识别到创新应用”的认知进阶高度契合。在单元作业设计中，教师可依据 SOLO 各层级的思维特征描述，对学生的作答进行层级定位与思维诊断。

其二，评价适用性。SOLO 理论不依赖特定题型，均可基于学生作答内容进行层级判定，具有较强的题型普适性。作为一种质性评分方法，该理论依据学生在具体任务中的表现来判断其所处的思维发展阶段，而非按照预设的“标准答案”进行对错赋分[14]。

其三，教学导向性。SOLO 理论不仅服务于终结性评价，更能嵌入日常作业批改与反馈环节，帮助教师识别每位学生“当前所处思维层级”与“可能达到的下一思维层级”，从而将作业评价转化为教学改进的起点，这与单元作业“以评促学”的核心理念高度契合。

值得特别指出的是，SOLO 分类理论的评价逻辑支持“同一任务、多元表现”的视角。无论任务被设计为基础性的还是探究性的，学生的作答质量均由其所呈现的思维组织方式决定，而非由任务标签本身预设。一个被定位为“基础性”的计算任务，若要求学生同时说明算理依据，同样可能暴露出关联结构甚至抽象拓展结构的思维水平；一个被定位为“拓展性”的开放任务，若学生仅作零散的事实罗列，其表现亦可能仅停留在多点结构。因此，SOLO 分类理论在单元作业中的应用价值，在于诊断学生作答中所呈现的思维结构。

3. “三阶五层”单元作业设计框架

“三阶五层”是本研究所提出的单元作业设计核心框架。“三阶”指三个作业层级，即基础性作业、探究性作业和拓展性作业，属于教学设计层面的操作框架，规定的是教师“应当提供怎样的学习任务”，其划分依据源于维果茨基的“最近发展区”理论。“五层”指基于 SOLO 分类理论划分的前结构、单点结构、多点结构、关联结构、抽象拓展结构五个思维水平层级，属于认知评价层面的诊断工具，描述的是学生“实际呈现了怎样的思维品质”。二者在逻辑起点与功能指向上存在根本差异，但共同构成单元作业的一体化分析框架。需要特别强调的是，“三阶”与“五层”之间并非机械对应，任何类型的作业任务都可能激发学生不同层级的思维表现，本框架的核心应用逻辑不在于“用三阶去预设五层”，而在于“用五层去分析三阶任务中学生的真实作答”。

3.1. 与相关理论的比较与辨析

为进一步明晰“三阶五层”框架的理论定位与独特贡献，本部分将其与当前教学设计领域的相关理论进行比较。

3.1.1. 与 Visible Thinking 的联系与区别

哈佛大学开发的“零点计划”项目，以深化学生思维为核心目标，其下设的“思维可视化”项目通过特定工具将学生的思维过程外显化，从而帮助教师在教学中有针对性地指导学生思维，推动学生思维能力的持续发展[15]。哈佛大学教育学博士大卫·海勒(David Hyerle)开发了可视化思维工具——八大思维地图(Thinking Maps)，旨在帮助学习者构建知识体系、发展发散思维、提升学习能力[16]。两者分别代表了“思维可视化”的不同实现路径，本框架与上述两种路径的区别在于：Visible Thinking 与 Thinking Maps 侧重于“如何让思维可见”，通过对话或图示将思维外显化；本框架则在此基础上进一步追问“可见之后，思维处于什么结构层次”，通过 SOLO 层级对学生的作答进行结构化分析，判断其思维处于单点、多点、关联还是抽象拓展结构，从“看见思维”走向“诊断思维”。

3.1.2. 与 UbD 理论的联系与区别

UbD 理论，即“追求理解的教学设计”，是由美国教育学家格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格提出的一种系统化教学设计模式。其核心是“逆向设计”理念——先确定预期学习结果，再设计评估证据，最后规划学习活动。UbD 强调“评价先行”，要求教师在设计教学之前就明确“如何证明学生真正理解了”。本框架与 UbD 同样强调目标对设计的统领作用。二者差异在于：UbD 针对完整的教学设计，其评价虽在设计阶段前置预设，但评估证据的收集与判断贯穿学习全过程，旨在验证学生是否达成预期理解；本框架聚焦于单元作业设计，评价则嵌入作业批改环节，通过 SOLO 层级分析学生实际作答，以判断学生思维所处水平，并据此实施差异化反馈。

3.2. 目标设定：融入 SOLO 层级的单元大概念分解

在数学单元作业设计中，目标起着导向性作用，它统领整个单元设计，贯穿于单元作业设计的全过

程，是作业设计的核心要素[17]。本框架的目标设定遵循“整体规划－分层定位－动态校准”的路径，为学生的思维进阶规划可行路径。具体流程如下。

第一，提炼单元大概念，确立作业的总体方向。教师需深入分析单元知识结构，提炼单元的“大概念”，以此确定单元作业的总体目标。以“分数乘法”单元为例，该单元的核心并非单纯的算法习得，而在于理解“计数单位累加”这一运算意义的一致性，单元作业的总体目标即围绕这一大概念展开。

第二，依据“三阶”定位目标的难度区间。将单元总体目标置入“最近发展区”的框架中，由低到高对应三个层级任务的预期目标：基础性作业指向学生独立完成的实际水平，要求学生准确提取并初步组合相关知识；探究性作业指向需要“跳一跳”方可触及的区间，要求学生建立知识间的逻辑联系与因果框架；拓展性作业指向潜在发展水平的上限，要求学生在关联基础上进行迁移、质疑或创新。三阶目标的划分旨在为教师规划任务梯度提供参照，但每个层级任务实际能激发何种思维水平，须待学生作答后进行判定。

第三，以“五层”作为观察思维表现的尺度。将 SOLO 分类理论的五个层级作为描述学生思维结构的分析框架，用于评价学生在各类作业任务中的实际表现。前结构表现为无效作答，不纳入观察范围；单点与多点结构反映碎片化认知水平；关联结构反映整合性认知水平；抽象拓展结构反映迁移性认知水平。以“分数乘法”单元为例，目标设定中仅明确三类任务的预期指向(如表 2)，但最终学生呈现于哪个层级，须依据其实际作答进行分析定位，据此实施差异化反馈。

Table 2. Expected orientations of the three-tier assignment objectives for the “fraction multiplication” unit
表 2. “分数乘法”单元三阶作业目标的预期指向

任务类型	预期目标描述	预期指向的 SOLO 层级
基础性作业	掌握分数乘法的基本算法，能正确计算并说明算理	预期指向单点/多点结构
探究性作业	理解分数乘法与整数乘法的运算一致性，能进行逻辑推理与解释	预期指向关联结构
拓展性作业	运用分数乘法解决真实情境问题，并进行方案比较与反思	预期指向抽象拓展结构

3.3. 内容：“螺旋递进”的任务链条

作业内容的分层设计是保证不同水平学生在作业中均能有所获的重要手段[18]。在内容设计上，本研究主张围绕单元核心知识，构建“螺旋递进”的作业任务链条。所谓“螺旋”，强调围绕同一数学概念或方法从不同角度、不同深度反复触及，使学生在完成系列任务的过程中逐步深化理解；所谓“递进”，强调任务序列在认知要求上呈现由低到高的梯度。具体设计逻辑如下：基础性作业以巩固性、操练性任务为主，覆盖单元必备知识与基本技能，为学生后续深入探索提供认知工具；探究性作业以变式性、比较性任务为主，引导学生对核心概念进行多维度表征与关系梳理，促进知识结构化；拓展性作业以开放性、项目性任务为主，鼓励学生在真实或拟真情境中运用知识解决问题，并主动反思与扩展。

3.4. 评价：“层级量表”的动态反馈

单元作业评价标准是学生是否达成作业目标的试金石，以评价促思考、以评价促提高、以评价促发展，使评价成为检验学生是否实现深度学习的源动力[19]。评价维度的核心是运用 SOLO 五层量表，对学生在各类作业任务中的作答进行思维结构诊断，并据此实施差异化反馈。具体操作路径如下。

第一，不预设层级。教师在批改前不对该任务“应该”达到哪个 SOLO 层级做强制规定，而是保持评价的开放性，允许同一任务中学生呈现从单点结构到抽象拓展结构的多元分布。

第二，找证据定级。教师依据 SOLO 各层级的典型表现描述，从学生答案中提取关键语句或步骤，判定其实际思维结构所处层级。

第三，给支架反馈。根据学生当前层级与下一层级之间的差距，给予具体、可操作的“最近发展区”提示，如追问、反例、类比建议或拓展任务。

第四，汇聚数据改进教学。教师汇总全班学生在各任务中的 SOLO 层级分布，识别群体性薄弱点与个体性差异，进而调整后续教学策略。

为将上述评价路径落实到日常批改中，本研究设计了半结构化评价量表模板(如表 3)。该模板将“找证据 - 定层级 - 给反馈”三个关键步骤整合为结构化的记录格式，教师可在批改过程中同步完成证据摘录、层级判定与反馈设计，使评价路径可记录、可追溯。

Table 3. Semi-structured evaluation scale template
表 3. 半结构化评价量表模板

学生姓名	关键作答证据(学生原话/关键步骤)	SOLO 层级判定	最近发展区反馈
(示例)小 A	列举了三个影响分数乘法意义的表述，但未说明其内在联系	多点结构	追问：“这三个表述都提到了‘整体’和‘部分’，它们之间有什么关系？”
(示例)小 B	能完整解释分数乘法与整数乘法、除法之间的运算一致性	关联结构	挑战：“如果两个乘数都小于 1，积会怎样？你能用生活中的例子说明吗？”

4. 案例设计：“分数乘法”单元作业设计示例

为具体呈现上述框架在单元作业设计中的操作方式，本研究以人教版小学数学六年级上册“分数乘法”单元为例，依据第 3 部分的框架逻辑进行作业设计方案的系统规划与呈现。

4.1. 单元信息与内容结构

“分数乘法”是人教版六年级上册教学内容，是在学生已掌握整数乘法、小数乘法及分数意义的基础上展开的，同时为后续学习分数除法、比、百分数等内容奠定运算基础。该单元核心内容包括：分数乘整数、分数乘分数、分数、小数混合运算及运算律、用分数乘法解决实际问题。其中，“理解分数乘法的算理”是本单元的教学难点，“建立分数乘法与整数乘法、小数乘法在算理上的一致性”是本单元的深层目标。

4.2. 单元作业目标

基于单元大概念“计数单位累加”的运算一致性，本单元作业目标的预期指向与表 2 一致，具体内容见表 2。

4.3. 作业内容的具体设计

基于上述单元作业目标的预期指向，本单元围绕“计数单位累加”这一大概念，设计了三类递进的作业任务。基础性作业聚焦分数乘法的基本算法理解与表达，旨在帮助学生巩固算法、明晰算理，为后续探究提供认知工具；探究性作业聚焦分数乘法与整数乘法的运算一致性，引导学生在比较与归纳中建立知识间的逻辑关联；拓展性作业聚焦分数乘法在真实情境中的综合运用，鼓励学生在方案设计与问题解决中实现迁移与创新。三类任务在内容上互有呼应、层层递进，共同构成“螺旋递进”的任务链条。(如表 4~6)。

4.3.1. 基础性作业设计

Table 4. Foundational assignment design
表 4. 基础性作业设计

题号	任务内容	设计意图	预期指向的 SOLO 层级
1	计算： $\frac{2}{7} \times 3 =$ ， $\frac{3}{10} \times 5 =$ ，并用文字说明你的计算过程。	检测分数乘整数的算法掌握情况，要求学生在计算基础上说明算理，旨在暴露其思维过程，为层级判定提供依据。	单点/多点结构
2	判断： $\frac{4}{5} \times \frac{3}{4} = \frac{12}{10} = \frac{3}{5}$ ，小红的计算正确吗？请写出你的判断依据。	引导学生从算法执行走向算理理解，通过判断与说理，促使学生关注分数乘法运算的数学依据。	单点/多点结构
3	画一画：用长方形图表示“ $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ ”的结果。	考查学生将分数乘法抽象运算转化为几何表征的能力，同一作图任务可触发不同思维层级的表现。	因作答而异，可跨层级

4.3.2. 探究性作业设计

Table 5. Exploratory assignment design
表 5. 探究性作业设计

题号	任务内容	设计意图	预期指向的 SOLO 层级
4	观察下列算式： $2 \times 3 = 6$ ， $\frac{2}{1} \times 3 = 6$ ， $\frac{1}{2} \times 6 = 3$ ， $\frac{1}{3} \times 6 = 2$ ，你发现了什么规律？请用你自己的话写下来，并说明理由。	引导学生在整数乘法与分数乘法的对比中，发现乘法运算的一致性本质，促进学生从“算法套用”走向“关系建构”。	关联结构
5	小明说：“一个数乘以真分数，结果一定比这个数小。”你同意他的说法吗？请举例说明，并试着解释为什么。	考查学生对分数乘法意义的深层理解，要求学生超越计算本身，对运算规律进行解释、质疑与论证。	关联/抽象拓展结构

4.3.3. 拓展性作业设计

Table 6. Extended assignment design
表 6. 拓展性作业设计

题号	任务内容	设计意图	预期指向的 SOLO 层级
6	学校劳动实践基地有一块长方形菜地，长 $\frac{6}{5}$ 米，宽 $\frac{3}{4}$ 米。请你设计一个种植方案(至少种两种蔬菜)，标出每种蔬菜的占地面积，并计算它们的面积之和。	将分数乘法置于真实的种植规划情境中，要求学生在计算基础上进行方案设计与比较，引导学生在真实任务中实现数学知识的迁移应用。	抽象拓展结构
7	调查你家里一周的用水量，算一算：如果每人每天的用水量减少到原来的 $\frac{3}{4}$ ，一周能节约多少水？请你写一份简短的建议书。	综合运用分数乘法解决家庭真实问题，并融入数据分析、价值判断与实践建议，引导学生从数学计算走向问题解决。	抽象拓展结构

4.4. 评价量表与诊断反馈

以下依据第 3 部分所述的评价路径，以两位学生在上述任务中的典型作答为例，展示“不预设层级－找证据定级－给支架反馈”的具体操作流程。(注：此处作答为预设性示例，旨在说明分析流程，非实际教学数据。)

4.4.1. 示例 1：基础性作业第 1 题(如表 7)

Table 7. Foundational assignment - student response analysis
表 7. 基础性作业作答分析示例

学生姓名	关键作答证据(学生原话/关键步骤)	SOLO 层级判定	最近发展区反馈
(示例)小 A	$\frac{2}{7} \times 3 = \frac{6}{7}$ ，因为分子乘 3，分母不变。 $\frac{3}{10} \times 5 = \frac{15}{10}$ ，约分后是 $\frac{3}{2}$ 。”	能正确执行分数乘整数的算法并呈现基本步骤，但计算过程中仅描述“分子乘 3”，未说明“为什么分母不变”或“分数乘整数本质上是求几个相同分数相加”。此作答处于多点结构——能提取多个运算操作点，但各点之间的算理联系尚未建立。	“你的计算完全正确！想一想： 27×3 能不能写成加法算式？和整数乘法‘ 2×3 ’有什么相同的地方？”

4.4.2. 示例 2：探究性作业第 4 题(如表 8)

Table 8. Exploratory assignment - student response analysis
表 8. 探究性作业作答分析示例

学生姓名	关键作答证据(学生原话/关键步骤)	SOLO 层级判定	最近发展区反馈
(示例)小 B	“我发现分数乘法和整数乘法是一样的。比如 2×3 可以看成 2 个 3 相加， $\frac{1}{2} \times 6$ 就是半个 6，是 3。不管整数还是分数，乘法都是表示‘几个几’或者‘一个数的几倍/几分之几’。”	能跨越整数与分数两个领域，提取多条算式证据，并归纳出乘法意义的统一本质，实现了不同知识模块之间的逻辑整合。此作答处于关联结构。	“你的归纳很精彩！你能把这个规律用字母表示出来吗？比如用 a 和 b 表示两个数，分数乘法的意义怎么表达？有没有例外的情况？”

5. 结论与反思

5.1. 研究结论

本研究基于 SOLO 分类理论与“最近发展区”理论，构建了“三阶五层”单元作业设计框架，并以“分数乘法”单元为例进行了作业设计方案的示例性呈现。基于框架构建与设计推演，得出以下结论。

第一，“三阶五层”框架能够有效贯通作业设计中的“任务规划”与“思维评价”两个维度，为教师提供从“布置作业”到“诊断思维”再到“精准反馈”的系统路径。其中，“三阶”依据最近发展区理论规划任务的难度梯度，“五层”依据 SOLO 分类理论描述学生的思维结构，二者在功能上各有侧重，在应用中相互补充。

第二，本框架的核心应用逻辑在于“弱预设、强分析”，不将任务类型与 SOLO 层级作机械绑定，而是强调任何任务均可激发多元思维反应，教师的专业重心在于运用 SOLO 量表分析学生真实作答，而非预设层级标签。同一任务中不同学生呈现不同 SOLO 层级，为差异化教学提供了诊断依据与介入起点。

第三,“分数乘法”单元的设计示例表明,该框架在数学学科中具有良好的适切性。三类任务的“螺旋递进”设计能有效覆盖不同层次学生的认知发展区间,而 SOLO 量表则为识别个体差异、实施差异化指导提供了可操作的工具。

5.2. 研究局限与展望

本研究存在以下局限。其一,本框架目前仅为设计方案层面的呈现,尚未经过大规模教学实践的检验,其在实际教学环境中的有效性、可操作性及对学生思维发展的实际促进作用,均有待后续实证研究加以验证。其二,SOLO 层级判定对教师的专业培训有一定要求,如何在批改量较大的日常教学中高效完成层级分析与记录,仍需在后续研究中开发更轻量化的评价工具或辅助手段。其三,“三阶”任务的设计边界在实践中存在模糊地带,部分基础性作业若嵌入开放性追问,亦可能激发高阶思维,这提示任务分类本身应保持适度弹性,不必追求绝对清晰的边界划分。

参考文献

- [1] 钱莉. “双减”背景下小学数学单元作业设计策略分析——评《小学数学教学改革探讨》[J]. 科技管理研究, 2023, 43(19): 263.
- [2] 沈俊汝, 卢睿, 张小勇. 应用 SOLO 分类理论促进深度学习的高中生物学单元作业设计[J]. 中学生物教学, 2026(5): 14-17.
- [3] 陈坤. 基于 SOLO 分类理论的初中生物学单元实践作业设计[J]. 生物学教学, 2025, 50(11): 66-68.
- [4] 贺娟. 指向美育的 SOLO 进阶式单元作业设计[J]. 中小学英语教学与研究, 2024(3): 61-65.
- [5] 刘静. 基于 SOLO 分类理论的小学英语单元作业设计思路[J]. 小学教学研究, 2025(3): 65-68.
- [6] 黄美珠. 基于 SOLO 分类理论的小学数学作业特征及设计路径——以“多边形的面积”单元作业设计为例[J]. 中小学教学研究, 2026, 27(1): 66-71.
- [7] 刘丽丽. 基于 SOLO 分类理论的小学生深度学习评价研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2017.
- [8] 张沿沿, 冯友梅, 顾建军, 等. 从知识结构与思维结构看思维评价——基于皮亚杰发生认识论知识观的演绎[J]. 电化教育研究, 2020, 41(6): 33-38.
- [9] 吴有昌, 高凌飏. SOLO 分类法在教学评价中的应用[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2008(3): 95-99, 160.
- [10] 董友军, 彭欢, 皮飞鹏. 基于 SOLO 分类理论的试题分析与教学策略——以“2021 年广东高考物理实验试题”为例[J]. 物理实验, 2021, 41(8): 58-63.
- [11] 龚叶敏. 基于 SOLO 分类作业评价的差异教学实验研究[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 集美大学, 2024.
- [12] 王茜, 朱文辉. 基于学习进阶理论的单元作业设计: 理论搭建与实践路径[J]. 中小学教材教学, 2025(10): 65-69.
- [13] 吴秋芳. 基于 SOLO 分类理论的课时作业设计——以“圆的对称性”为例[J]. 中学数学教学参考, 2024(11): 67-70.
- [14] 高凌飏, 吴维宁. 开放性试题如何评分?——介绍两种质性评分方法[J]. 学科教育, 2004(8): 1-6.
- [15] 潘贺节. 基于思维可视化的高阶中文课程教学活动设计[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2023.
- [16] 杨春媚. 基于思维可视化的高中地理学习形成性评价实践研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2026.
- [17] 吴致光, 温建红. 高中数学单元作业设计存在的问题与改进对策[J]. 教学与管理, 2025(21): 84-89.
- [18] 吴立宝, 王子续, 张永健. 课程视域下单元作业设计的结构分析[J]. 教育理论与实践, 2024, 44(29): 44-48.
- [19] 吴立宝, 宋雯茜, 王子续, 等. 促进深度学习的逆向数学单元作业设计——以“勾股定理”为例[J]. 数学教育学报, 2024, 33(2): 14-19.