

基于SOLO分类理论的初中数学 “教 - 学 - 评”一体化设计的研究 ——以“二次函数”为例

刁妍钰

黄冈师范学院数学与统计学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2026年5月16日; 录用日期: 2026年6月20日; 发布日期: 2026年6月29日

摘要

教、学、评是教学过程中的关键环节, 这三大环节的设计直接影响教学质量。SOLO分类理论有助于开发结构化的教学模式, 达成核心素养导向的教学目标, 为初中数学评价体系注入了新的活力。文章以“二次函数”为例, 阐述基于SOLO分类理论的初中数学“教 - 学 - 评”一体化设计。研究表明, 此设计突破了传统评价体系重结果轻思维的局限, 在教学的各个环节对学生思维进行评价并促进其思维的进阶, 为教师教学提供参考。

关键词

“教 - 学 - 评”一体化, SOLO分类理论, 以评促教, 核心素养

Research on the Integrated Design of “Teaching-Learning-Assessment” in Junior High School Mathematics Based on the SOLO Taxonomy Theory

—Taking “Quadratic Functions” as an Example

Yanyu Diao

School of Mathematics and Statistics, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

Received: May 16, 2026; accepted: June 20, 2026; published: June 29, 2026

Abstract

Teaching, learning and assessment are the key links in the teaching process, and the design of these three links directly affects teaching quality. The SOLO Taxonomy Theory helps to develop a structured teaching model, achieve core competency-oriented teaching objectives, and inject new vitality into the junior high school mathematics assessment system. Taking Quadratic Functions as an example, this paper expounds the integrated design of "Teaching-Learning-Assessment" for junior high school mathematics based on the SOLO Taxonomy Theory. The research shows that this design breaks through the limitation of the traditional assessment system that emphasizes results while neglecting thinking, evaluates students' thinking in all teaching links and promotes the advancement of their thinking, providing a reference for teachers' teaching.

Keywords

Integrated "Teaching-Learning-Assessment", SOLO Taxonomy Theory, Assessment for Teaching, Core Competencies

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. 问题的提出

教育评价已成为教育高质量发展的关键。在此背景下,《义务教育数学课程标准(2022年版)》指出:数学教学应当融合“四基”“四能”与数学核心素养,以学业质量标准为基础,采用多元的评价主体、多样的评价方式,注重实现“教-学-评”一体化。《义务教育课程标准(2022年版)》指出:全面落实教育评价改革要求,改进结果评价,强化过程评价,探索增值评价,健全综合评价,着力推进评价观念、方式方法改革。

因此教学评价是数学教学不可或缺的一部分,然而,当前初中数学教学存在教学评不一致甚至有教无评等问题。学者过锋通过调查研究总结出初中数学学科“教-学-评”一致性的现状:侧重理念研究,缺少具体论证;教师未了解教学评价的重要性,对于如何评价缺少科学方法;教学目的受升学左右,教、学、评成为升学工具[1];刘志军等指出“新课标”推动评价向素养立意、分段进阶、教学评一致、技术赋能转型,但面临理念接纳度低、高利害考试改革滞后、教师评价素养不足等现实挑战[2];吴星等厘清“教-学-评”一致性与一体化的内涵,提出 UbD 逆向设计、真实情境问题、证据本位评价落实素养培育[3]。当前研究虽明确一体化理念与方向,但缺少将 SOLO 分类理论与初中数学具体内容结合的可操作一体化设计,评价标准模糊、教评割裂、实践范式缺失,本文以此为切入点开展研究,填补学科与认知理论结合的实践空白。

2. 基于 SOLO 理论构建教育评价体系

SOLO 分类理论起源于皮亚杰的发展阶段学说,提出学习者的思维结构是可检测的,使得研究开始聚焦于可检测的具体问题回答的思维结构上。该理论将学生的思维层次由低到高分前结构、单点结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构五个层次,形成了具有独特思维体系的 SOLO 分类理论,见图 1。

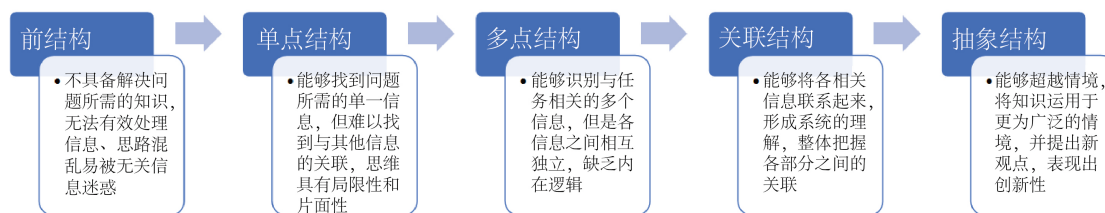


Figure 1. SOLO taxonomy theoretical structure diagram

图 1. SOLO 分类理论结构图

为了更清晰地展示 SOLO 分类理论在教学实践中的应用, 下面以“数与代数”内容为例, 对应呈现其与 SOLO 各思维层次水平的匹配关系, 见表 1。

Table 1. Correspondence between the content of “numbers and algebra” and the level of SOLO classification theory

表 1. “数与代数”内容与 SOLO 分类理论层次水平的对应关系

SOLO 分类理论层次水平	层次特性	教学内容	图式
前结构 (P 水平)	不能理解数的概念与法则	最基础概念和技能	线索 解答 C ----- R
单点结构 (U 水平)	能够进行简单的运算	扩充学生知识储备, 为知识整合打基础	线索 解答 C —●— R
多点结构 (M 水平)	掌握多种运算	引导学生建立知识点 之间的联系	线索 解答 C R
关联结构 (R 水平)	理解知识间的联系并 解决实际问题	设计综合性问题, 培养解决问题的能力	线索 解答 C R
抽象结构 (E 水平)	对问题进行建模并拓展到 新情境, 进行创新性探究	开展数学探究活动, 鼓励学生突破常规	线索 解答 C R

SOLO 理论虽能为初中数学“教-学-评”一体化提供层级化、可观测的评价框架, 但存在明显局限: 它侧重学习结果的外部结构, 难以刻画数学内隐思维; 层级划分偏刚性, 与函数知识的非线性特点不完全适配; 对教师评价素养要求高, 实操难度大; 且更适合微观知识点评价, 对单元整体与跨素养发展支撑不足, 应用时需灵活调整[4]。

3. 基于 SOLO 分类理论的“教、学、评”一体化各环节的设计

3.1. “教”环节的设计

3.1.1. 教学内容分析

“二次函数”选自人教版《数学(九年级上册)》第二十二章, 是初中阶段研究的三种基本的代数函数之一。本章教学内容包括: 二次函数的概念、图象和性质; 二次函数与一元二次方程的联系; 用二次函

数的图象和性质解决实际问题。基于“表 2”的划分标准，将“一元二次方程”教学内容与 SOLO 分类理论进行关联，见表 2。

Table 2. Correspondence between SOLO theory level and teaching content of “quadratic equations”

表 2. SOLO 理论层次水平与“一元二次方程”教学内容的对应关系

SOLO 层次	“一元二次方程”教学内容
U 水平	孤立掌握某一知识点，如辨认二次函数标准式、知晓图象开口方向与系数 a 的关系，但缺乏对知识间联系的理解
M 水平	学生可分别掌握图象对称轴、顶点坐标求解，以及用待定系数法求解解析式等多个知识点，不过知识仍呈零散状态
R 水平	够将函数表达式、图象特征、实际应用建立联系，通过数形结合解决问题，理解系数 a、b、c 对图象的综合影响
E 水平	将二次函数研究方法迁移到其他函数，还能在复杂情境中创造性地构建函数模型，探索含参数的二次函数变化规律，实现知识的深度迁移与灵活应用

3.1.2. 学情分析

学生能够进行整式运算，并且知道函数是描述变量关系的工具，为二次函数的学习奠定基础。学生在教师引导下，能够类比一次函数通过列表、描点和连线绘制图象并总结性质，探究二次函数的图象与性质；寻找二次函数与一元二次方程联系，理解二次函数图象与 x 轴交点与一元二次方程根之间的内在关联。

学生在理解二次函数增减性上，受一次函数图象单调性的思维定式影响，对于二次函数图象在对称轴左右两侧呈现相反增减性这一特征，在学习上存在困难，需要教师借助直观图象进行详细讲解。

3.1.3. 教学重难点分析

基于 SOLO 分类理论的不同层次水平，处于 U 水平和 M 水平的教学内容围绕基础知识点展开，易于学生理解与掌握，此部分内容是教学基础、贯穿整个教学过程，因此往往是教学的重点[5]。处于 R 水平和 E 水平的教学内容涵盖抽象概念和复杂信息，考查学生综合运用知识的能力，要求学生在陌生的背景中，灵活变通、创新思维。此部分内容需要综合运用各方面知识点，因此往往是教学的难点。“二次函数”教学重难点内容与其对应 SOLO 分类理论层次水平，见表 3。

Table 3. Key and difficult points of teaching “quadratic functions” based on SOLO theory

表 3. 基于 SOLO 理论的“二次函数”教学重难点

教学内容	教学重难点	SOLO 层次
二次函数的定义与表达式 (基础概念)	识别表达式、记忆三种形式	U 水平
	掌握形式转换	M 水平
二次函数的图象与性质 (数形结合)	列举单一性质	M 水平
	通过“系数 - 图像特征 - 性质”建立逻辑链	R 水平
二次函数的表达式求解 (待定系数法)	套用单一表达式	M 水平
	根据条件灵活选择形式并解方程	R 水平
二次函数与一元二次方程、 不等式的联系(跨知识点关联)	单独掌握知识点	M 水平
	通过“函数图像 - 方程根 - 不等式解集”建立联系	R 水平

续表

实际应用与综合问题 (复杂问题解决)	解决单一模型问题	R 水平
	抽象通用模型并迁移到复杂情境	E 水平
图像平移与变换 (空间想象与抽象思维)	机械记忆口诀	U 水平
	理解顶点坐标与平移的关联	R 水平
	归纳变换规律	E 水平

3.1.4. 教育目标分析

教育评价需要有明确的依据和标准，而教学目标不仅决定了教育评价的内容范围、为评价提供了具体参考，而且引导教育者采用多样化的评价方式，提高评价的有效性，确保评价能够真实反映学生的学习情况和思维水平。SOLO 分类理论与数学核心素养在教育目标上具有内在一致性，体现在两者均以学生认知能力发展为核心导向，强调从“知识传授”转向“思维结构升级”，都致力于促进学生的全面发展，见表 4。

Table 4. Teaching objectives based on SOLO theory

表 4. 基于 SOLO 理论的教学目标

SOLO 层次	教学目标	核心素养
U 水平	识别一元二次方程的标准形式，理解“二次项系数不为零”等核心概念，掌握直接开平方法的基础操作	数学抽象、逻辑推理
M 水平	要求学生熟练运用配方法、因式分解法等多种解法，并能根据方程特点选择合适方法，同时理解方程与实际问题的初步联系	直观想象、数学运算
R 水平	引导学生构建解法间的逻辑链条(如配方法推导求根公式)，贯通方程概念、解法与实际应用，掌握根的判别式与根的关系	数学建模、逻辑推理
E 水平	促使学生将“降次化归”思想迁移至其他方程问题，探索根与系数关系的拓展应用，能在复杂情境中创造性地建立方程模型并解决问题，实现知识的深度内化与灵活迁移	数学建模、创新意识

3.2. “学”环节的设计

“学”环节的设计主要包括预设教学过程和制定学习任务两个方面，接下来以“二次函数的图象与性质(第 2 课时)”为例进行阐述。

环节一：构建研究路径

问题 1：此前我们已经学习了一次函数，类比一次函数的研究路径，我们可以如何研究二次函数的图象与性质？

师生活动：引导学生回顾一次函数的研究方法：通过描点法绘制出图象，并总结出图象的特征和性质。总结出从特殊到一般的研究过程：先研究特殊的一次函数——正比例函数 $y = kx$ 的图象与性质，接着研究一般的一次函数 $y = kx + b$ 的图象与性质。

【设计意图】学生对二次函数的图象与性质的认知处于较为陌生的“前结构”阶段(P 水平)，通过引导学生回顾一次函数的研究方法和研究过程，唤醒学生原有的知识储备，将学生的思维水平提升至“单点结构”和“多点结构”阶段。

环节二：探究新知

问题 2：类比一次函数的研究路径和研究方法，画出二次函数 $y = x^2$ 的图象。

师生互动：引导学生类比一次函数图象的绘制方法，通过列表、描点、连线绘制出二次函数 $y = x^2$ 的图象。教师引导学生在直角坐标系中描绘出适当且足够的点，展示出二次函数特殊的图象特征。

追问 1：仔细观察二次函数 $y = x^2$ 的图象，你能概括出此图象的特征和性质吗？

师生活动：教师展示不同学生绘制的图象，组织学生讨论二次函数 $y = x^2$ 的图象特点(图象形状、开口方向、对称轴、顶点坐标等)。

师生活动：教师对每组讨论的结果进行对比与点评，最后给出抛物线的相关概念：二次函数 $y = x^2$ 的图象是一条抛物线，每条抛物线都用对称轴，对称轴与抛物线的交点称为抛物线的顶点，顶点是抛物线的最高点或最低点，在对称轴的不同侧，函数值随着自变量变化而呈现不同的趋势。

【设计意图】引导学生类比一次函数绘图方式绘制二次函数 $y = x^2$ 的图象，在操作中通过观察、讨论、总结二次函数图象的特征。教师帮助学生将孤立的图象特征整合，体会各知识点之间的内在关联，实现学生思维从“单点结构”向“多点结构”进阶。教师点评时针对学生的回答进行纠正与反馈，确保学生能够准确理解图象的特征与性质。

环节三：深入拓展

问题 3：运用上述方法能否画出 $y = 2x^2$ 、 $y = -2x^2$ 的图象，将 $y = x^2$ 、 $y = 2x^2$ 、 $y = -2x^2$ 这三个函数图象对比，寻找共同点和不同点。

师生活动：类比上述研究方法，组织学生绘制图象，并引导学生从图象的开口方向、对称轴、顶点等方面描述二次函数 $y = 2x^2$ 、 $y = -2x^2$ 的图象特征，并对这三个函数进行对比。

追问 1：思考造成这三个二次函数图象不同的因素是什么？

师生活动：教师帮助学生梳理思路，得出以下结论：一般地，当 $a > 0$ 时，抛物线的开口向上；当 $a < 0$ 时，抛物线的开口向下；抛物线 $y = ax^2$ 的对称轴都是 y 轴；顶点都是原点；二次项系数 a 决定抛物线的开口大小， a 的绝对值越大，开口越大，反之越小。

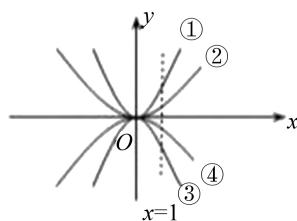
【设计意图】学生绘制多个二次函数图象并对比总结，需要整合多个函数特征信息。通过分析图象差异的原因，从系数 a 的变化与图象特征变化的关系中，抽象出一般规律，思维从“多点结构”向“关联结构”“抽象拓展结构”进阶。在学生的对比讨论中，教师根据学生对图象异同点的表述和对函数二次项系数的分析，判断学生知识迁移能力和抽象概括能力。

环节四：巩固练习

练习 1：抛物线 $y = -\frac{1}{3}x^2$ 的开口向_____，对称轴_____，顶点_____。

练习 2：如果抛物线 $y = (m-1)x^2$ 的开口向上，那么 m 的取值范围是多少？

练习 3：如图所示四个二次函数的图象中，分别对应的是① $y = ax^2$ ；② $y = bx^2$ ；③ $y = cx^2$ ；④ $y = dx^2$ 。比较 a 、 b 、 c 、 d 的大小关系。



师生互动：教师巡视学生的练习情况，选取部分学生的答案进行展示，组织学生进行互评，针对学生出现的问题进行集中讲解与纠正。

【设计意图】基础练习(练习1)考察学生对单个知识点的掌握,帮助思维处于“单点结构”“多点结构”的学生巩固基础;中等难度练习(练习2)要求学生综合运用性质解决问题,推动学生的思维向“关联结构”发展;拓展练习(练习3)需要学生整合多个图象信息来分析二次项系数对函数图象的影响,促进学生思维向“抽象拓展结构”深化,实现知识的灵活应用与深度理解。

环节五:知识小结

教师引导学生回顾本节课所学习的知识和方法,鼓励学生从知识内容和学习方法两个方面进行总结。教师针对学生的总结进行补充和完善,强调二次函数的绘制方法、图象特征与性质,让学生领会类比思想和数形结合思想在研究函数中的重要性,帮助学生构建完整的知识体系。

【设计意图】学生对本节课所学内容进行系统梳理,将零散知识整合成完整体系,强化从“关联结构”到“抽象拓展结构”的思维成果。教师引导学生提炼类比思想和数形结合思想,提升学生思维的抽象性和概括性。教师根据学生总结的内容,对其进行补充和强调关键要点和思想方法,同时了解学生在总结中暴露的问题,为后续教学提供参考。

3.3. “评”环节的设计

在教学评价中,SOLO 分类理论能够突破传统评价只关注学生的学习结果的同时,兼顾学生思维结构和认知发展水平的评估。对照评价标准,分析学生在解决问题过程中所展示的思维水平,使教师准确判断学生对知识的理解程度与运用能力,推动“教-学-评”一体化的实施。为实现“教-学-评”一体化的课堂教学,结合 SOLO 分类理论编制教学评价标准,见表 5。

Table 5. Evaluation criteria for the integrated teaching of “teaching learning evaluation” in junior high school mathematics based on SOLO theory

表 5. 基于 SOLO 理论的初中数学“教-学-评”一体化教学评价标准

	教学目标	教学内容	师生互动	思维发展	评价实施
P 水平	表述含糊,未体现核心素养	内容杂乱,未突出重点,脱离实际	互动极少,氛围沉闷,教学活动的开展困难	无法有限思考,思维混乱	教学过程中未评价,或者方式随意
U 水平	聚焦单个知识点,缺乏系统性和逻辑性	围绕单个知识点,不利于构建知识体系	对知识的简单问答,无法激发思维活力	按照固定模式操作,缺乏创新性	仅采用简单方式进行评价,不及时、不全面
M 水平	涵盖多个知识点,根据认知规律设定目标	包含多个知识点,内容编排符合认知规律	互动形式丰富,初步培养合作学习能力	多角度考虑问题,但缺乏逻辑性和系统性	多种评价方式,及时反馈并未教学提供参考
R 水平	强调知识的逻辑性,设计不同层次任务	体现知识逻辑关联,具有启发性与引导性	活动围绕知识点展开,在交流中实现知识的共享和整合	建立知识间的内在逻辑,运用所学知识进行论证	贯穿教学全过程,准确判断学生思维结构
E 水平	注重思维拓展,在新情境中运用知识	具有开放性和探究性,引导学生深度思考和迁移	互动激发学生思考,鼓励大胆质疑和创新观点	对知识高度概括,运用类比等多种数学思维方法	引导学生参与评价,帮助学生全面认识自己

“教-学-评”一体化理念强调将评价贯穿于整个教学过程中,教师兼顾评价与教学目标、教学内容、师生活动、学生思维发展因素的联系,目的是发挥评价的调控功能。SOLO 分类理论应用于数学评价,不仅是对学生思维的评定,也为教师教学提供指导,教师通过评价标准能够了解学生在知识构建过程中的思维轨迹。例如,处于 P 水平的学生,在概念理解上就存在偏差,这就要求教师要回归基础概念

的讲解，用通俗易懂、贴近实际的方式帮助学生构建知识框架；而处于 E 水平的学生，教师需要提供更具挑战性的拓展内容，满足其高阶思维发展的需求，真正实现因材施教，促进不同层次学生在数学学科上的个性化发展。

4. 结语

SOLO 分类理论为初中数学“教-学-评”一体化提供了结构化评价框架，五个层次水平的划分突破传统单一的评价维度，帮助教师在教学中捕捉学生思维发展的轨迹，为差异化教学提供依据。在教学设计的过程中，将教学内容与 SOLO 分类理论各层次对应，有限推动学生的思维从低阶向高阶发展。课堂观察、分层练习、过程性反馈等评价标准的引入，实现教学与评价的同步，强化了“评”对“教”与“学”的调控功能。

教师需强化“以评促教”的意识，优化评价体系，纵向对接 SOLO 五个层次水平，在实际教学中熟练运用 SOLO 评价标准。借助数字化评价工具记录学生思维水平与动态变化，形成过程性评价，促进个性化学习。

基于 SOLO 的“教-学-评”一体化模型虽已初步构建，但在理论深度与实践应用层面仍存在提升空间：研究仅聚焦二次函数一个单元，内容范围有限，结论暂不能推广至初中数学全部知识模块；研究以教学设计与案例分析为主，未开展大样本实证检验，缺乏量化数据支撑效果；第三，实践应用仅在有限课堂中开展，未进行跨学校、跨区域验证，推广性有待检验。后续需扩大样本范围，基于模型建构评价学生，并结合智能化的评价系统，长期追踪学生数学成绩与思维提升的实际效果，深挖模式的实用性和可推广性。

总之，SOLO 分类理论为初中数学教学改革提供了新视角。通过“教-学-评”的深度协同，可实现从“知识传授”到“思维培育”，助力学生核心素养发展。

参考文献

- [1] 过锋. 基于学科核心素养的中学数学教、学、评一致性研究[J]. 中学数学, 2021(24): 78-79.
- [2] 刘志军, 徐彬. 新课标下课程与教学评价方式变革的挑战与应对[J]. 课程·教材·教法, 2022, 42(8): 4-10+24.
- [3] 吴星, 吕琳. 核心素养培养需要“教、学、评”一体化[J]. 江苏教育, 2019(19): 22-25.
- [4] 艾梦婷. SOLO 视角下初中数学“教、学、评”一体化设计——以“反比例函数”教学为例[J]. 理科考试研究, 2024, 31(20): 27-31.
- [5] 王贺佳, 孙宝东, 赵振宇, 等. 融合 SOLO 分类理论的初中物理“教、学、评”一体化设计分析——以“浮力”教学为例[J]. 物理教学, 2023, 45(10): 36-39.