

基于SOLO分类理论的中考数学试题思维层次分析

——以2024年浙江中考数学试题为例

徐鹏恩

黄冈师范学院数学与统计学院, 湖北 黄冈

收稿日期: 2025年4月8日; 录用日期: 2025年6月5日; 发布日期: 2025年6月13日

摘 要

本文基于SOLO分类理论, 分析了2024年浙江中考数学试题的数学思维层次。通过主题领域和SOLO思维层次的二维评价模型, 发现层次结构的整体分布趋势由高到低依次为关联结构、多点结构、单点结构、抽象拓展结构; 试题分值分布在概率与统计主题较少, 主要集中在数与代数和图形与几何两大主题。

关键词

SOLO分类理论, 中考数学试题, 思维层次

High School Mathematics Test Questions Based on SOLO Classification Theory Analytic Hierarchy Process of Thinking

—Taking the 2024 Zhejiang Middle School Mathematics Exam as an Example

Peng'en Xu

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

Received: Apr. 8th, 2025; accepted: Jun. 5th, 2025; published: Jun. 13th, 2025

Abstract

This article is based on the SOLO classification theory and analyzes the mathematical thinking levels

of the 2024 Zhejiang high school entrance examination mathematics questions. Through a two-dimensional evaluation model based on thematic domains and SOLO thinking levels, it was found that the overall distribution trend of hierarchical structure, from high to low, is as follows: associative structure, multi-point structure, single point structure, and abstract extension structure; The distribution of test scores is limited to probability and statistics topics, mainly focused on two major topics: numbers and algebra, and graphics and geometry.

Keywords

SOLO Classification Theory, Middle School Mathematics Exam Questions, Thinking Levels

Copyright © 2025 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. 问题提出

《义务教育数学课程标准(2022 年版)》提出,要培养学生会用数学的眼光观察现实世界、用数学的思维思考现实世界和用数学的语言表达现实世界,其中,会用数学的思维思考现实世界指向数学思维核心素养。数学思维的核心是逻辑思维,即通过概念、判断和推理等能动过程从纷繁复杂的客观现实中提炼和概括出事物的本质特征及其因果关系。数学思维的培养能帮助学生深入理解数学知识的本质和相互关系,提升数学的探索兴趣和创新能力,对落实以核心素养为导向的课程目标具有举足轻重的作用。

中考数学试题是检验学生对初中数学知识掌握程度的一个重要载体,是衡量学生数学思维水平的一个重要工具,一直受到众多学者的关注。王亮亮分析 2019 年北京中考数学试题,发现试题通过数学思维广度与深度考查了学生认识数学、理解数学、感悟数学的思维过程[1]。杨蕊基于“教-学-评”一体化建构中考数学试题质量测评指标体系,评价学生的数学思维水平[2]。刘彬柔以 2019 年浙江省中考数学考题为例,结合中考测试和 PISA 测试的实际背景,比较了中考试题和 PISA 测试的异同[3]。夏月园鉴于 PISA 将知识融入情境的命题理念,编制数学情境性试题,用于考核学生数学思维的水平[4]。李柏翰基于范希尔几何思维水平理论,选择 2021 年浙江中考数学几何试题,探讨几何试题背后的思维水平特点[5]。巩子坤分析了近 10 年杭州中考数学开放题,发现问题的情境化越来越成为中考数学的命题趋势,对解决实际问题能力和创造性思维的考查受到越来越多的重视[6]。

上述文献采用不同的理论和方法对中考数学试题数学思维进行了分析。由于参加中考的学生数量多,且对数学知识掌握的情况各异,这为利用 SOLO 分类理论分析中考数学试题数学思维提供了可能。SOLO 分类理论由澳大利亚著名教育心理学家 Biggs 及其同事 Collis 提出,是根据学生回答问题的结果来判断学生思维水平的一种评估和分类认知表现方法,已被应用于不同科目的试题研究中。伍荣洁基于 SOLO 分类理论,分析 2023 年未实行省统一命题省份的中考数学试卷,探究各市中考数学卷试题思维层次的差异[7]。宋洁将 SOLO 分类理论应用于化学开放性试题,评价学生的化学思维水平[8]。张健基于 SOLO 分类理论建构思维能力考查层级框架,分析北京市 2020~2023 年新高考物理试题,探讨培训物理思维的策略[9]。王智航借助 SOLO 分类理论,分析 2023 年全国物理高考新课标卷,探究物理试题考查的思维层次[10]。甘耀平从 SOLO 分类理论与科学思维水平关联性的角度,以原创基因工程试题为例,探讨思维试题的命制途径[11]。

本文将选取 2024 年浙江中考数学试题,借助 SOLO 分类理论对数学试题思维层次进行分析。

2. 划分标准

2.1. 试题思维层次划分

依据 SOLO 分类评价方法，结合浙江中考数学试题的特点，编制思维层次编码表，见表 1。处于前结构思维层次的学生基本处于混乱或者空白状态，在回答问题时，往往没有构建信息之间的内在联系，无法对问题进行有逻辑的剖析。因此在试题的思维层次划分中，去掉前结构。

Table 1. Classification table of thinking levels in test questions

表 1. 试题思维层次划分表

SOLO 层次 划分/编码	划分标准	解题涉及 知识点
单点结构(U)	这一水平的试题问题情境熟悉，学生只需要回忆某一个知识点，经过简单的单一推理或运算就可以顺利解决。	1 个
多点结构 (M)	这一水平的试题需要学生回忆多个知识点，但无需构建它们之间的联系，只经过多步推理或计算就能解决。	≥2 个
关联结构(R)	这一水平的试题需要学生整合不同章节知识点，挖掘题目隐含信息，建立知识点间的逻辑关联，并通过归纳、类比和推理才能够得以解决。	≥3 个
拓展抽象结 构(E)	这一水平的试题问题情境较为新颖，能获取的信息较少，需要学生深入挖掘题目隐含的知识，利用相关知识点并根据自己的理解对这些知识点进行创新性地组合和应用，经过多步复杂的逻辑推理和数学运算，才能解决。	≥3 个

2.2. 试题主题的区域划分

2024 年浙江中考数学试题基于《义务教育数学课程标准(2022 年版)》要求命制。鉴于综合与实践领域的试题常以其他知识模块为载体进行综合考查，本研究未将其列为独立分析对象，具体主题领域划分标准，如表 2 所示。

Table 2. Topic area division of test questions

表 2. 试题主题领域划分

主题领域	内容	编码
数与代数	数与运算、数量关系、数与式、方程与不等式、函数	1
图形与几何	图形的认识与测量、图形的位置与运动、图形的性质、图形的变化、图形的坐标	2
统计与概率	数据分类、数据的收集整理及表达、随机现象发生的可能性、抽样与数据分析、随机事件的概率	3

2.3. 试题整体编码结果

将 2024 年浙江中考数学试题按题型及分值进行分类。针对解答题，因其子问题可能涉及不同思维层次，故将其拆分为独立的小题进行编码。再根据表 1 和表 2 的划分标准，对每道试题的主题领域及思维层次进行判定。下面给出几个具体的编码示例。

例 1 (第 6 题)如图 1，在平面直角坐标系中， $\triangle ABC$ 与 $\triangle A'B'C'$ 是位似图形，位似中心为点 O 。若点 $A(-3,1)$ 的对应点为 $A'(-6,2)$ ，则点 $B(-2,4)$ 的对应点 B' 的坐标为()

- A. $(-4,8)$
- B. $(8,-4)$
- C. $(-8,4)$

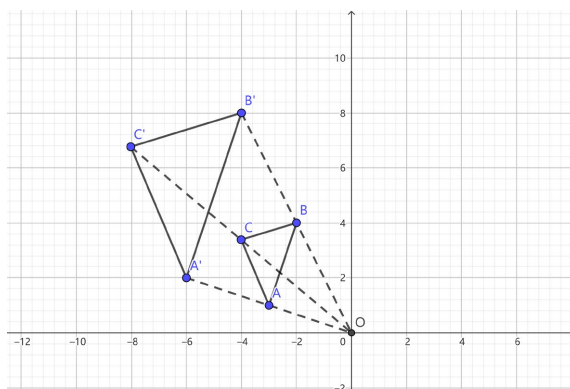
D. $(4, -8)$ 

Figure 1. 2024 Zhejiang Middle School Mathematics Exam Question 6

图 1. 2024 年浙江中考数学试题第 6 题

分析：本题主要考查的是位似变换，正确求出相似比是解题的关键。学生在解题时根据点 A 与点 A' 的坐标求出相似比，再根据位似变换的性质计算即可求出点 B' 的坐标。此题属于 SOLO 层次中的单点结构水平，编码为 2-U。

例 2 (第 4 题)下列式子运算正确的是()

- A. $x^3 + x^2 = x^5$
- B. $x^3 \cdot x^2 = x^6$
- C. $(x^3)^2 = x^9$
- D. $x^6 \div x^2 = x^4$

分析：本题需学生分别调用合并同类项、幂的乘方和同底数幂乘除的知识，逐一验证各选项的正确性。解题虽然涉及多个知识点，但各知识点独立作用于不同选项，未形成系统性关联，只需经历简单的推理即可解决，此题属于 SOLO 层次中的多点结构，编码为 1-M。

例 3 (第 16 题)如图 2，在菱形 ABCD 中，对角线 AC, BD 相交于点 O， $AC/BD = \frac{5}{3}$ 。线段 AB 与 A'B' 关于过点 O 的直线 l 对称，点 B 的对应点 B' 在线段 OC 上，A'B' 交 CD 于点 E，则 $\triangle B'CE$ 与四边形 OB'ED 的面积比_____。

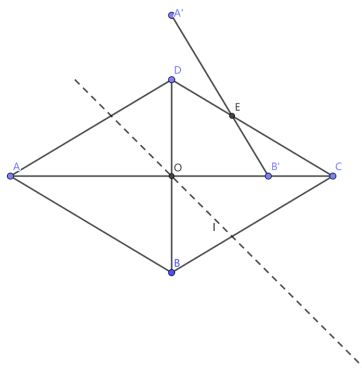


Figure 2. 2024 Zhejiang Middle School Mathematics Exam Question 16

图 2. 2024 年浙江中考数学试题第 16 题

分析：此题构建辅助线，如图 3，先通过菱形的性质和轴对称性质推导出点 A' ， D ， O 三点共线，证明 $A'D = B'C$ ，再通过全等三角形的性质和判定的知识证明 $\triangle A'ED \cong \triangle CEB'$ (AAS) 推导出 $\triangle DOE \cong \triangle B'OE$ (SSS)，最终求出 $S_{\triangle B'CE} / S_{\text{四边形}OB'ED}$ 。此处涉及多个知识点，需要将其联系，此题属于 SOLO 层次中的关联结构，编码为 2-R。

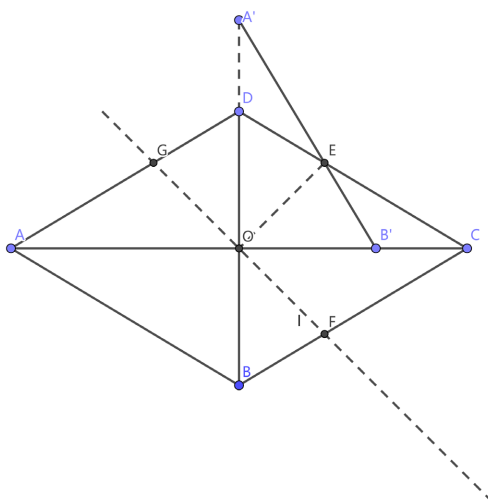


Figure 3. Providing auxiliary line for question 16 of the 2024 Zhejiang Middle School Mathematics Exam

图 3. 对 2024 年浙江中考数学试题第 16 题做辅助线

例 4 (第 24(2)②题)如图 4，在圆内接四边形 ABCD 中， $AD < AC$, $\angle ADC < \angle BAD$ ，延长 AD 至点 E，使 $AE = AC$ ，延长 BA 至点 F，连结 EF，使 $\angle AFE = \angle ADC$ 。

求证② $EF = BD$ 。

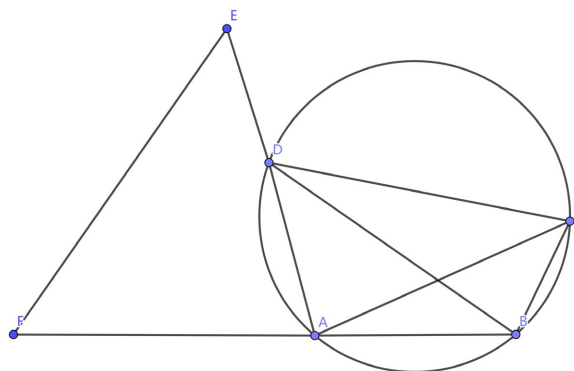


Figure 4. 2024 Zhejiang Middle School Mathematics Exam Question 24 (2)②

图 4. 2024 年浙江中考数学试题第 24(2)②题

分析：此题考察了平行线的传递性、圆的性质、圆内接四边形的性质、全等三角形的判定和性质、平行线的性质等知识点。由于题目中信息很少，有大量的隐含知识需要学生自己深入挖掘，学生必须对其进行创新性地组合与运用，通过大量的复杂推理与运算才能使问题得以解决，这对学生的思维能力要求非常高，因此此题属于 SOLO 层次中的抽象拓展结构，编码为 2-E。

试题整体编码结果见表 3。

Table 3. Encoding result
表 3. 编码结果

题型	题号	主题	SOLO	编码结果	分值
单选	1	1	U	1-U	3
单选	2	2	U	2-U	3
单选	3	1	U	1-U	3
单选	4	1	M	1-M	3
单选	5	3	U	3-U	3
单选	6	2	U	2-U	3
单选	7	1	R	1-R	3
单选	8	2	E	2-E	3
单选	9	1	R	1-R	3
单选	10	2	E	2-E	3
填空	11	1	U	1-U	3
填空	12	1	U	1-U	3
填空	13	2	R	2-R	3
填空	14	3	M	3-M	3
填空	15	2	R	2-R	3
填空	16	2	R	2-R	3
解答	17	1	M	1-M	8
解答	18	1	M	1-M	8
解答	19(1)	2	R	2-R	4
解答	19(2)	2	R	2-R	4
解答	20(1)	3	R	3-R	4
解答	20(2)	3	R	3-R	4
解答	21(1)	2	U	2-U	4
解答	21(2)	2	R	2-R	4
解答	22(1)	1	R	1-R	2
解答	22(2)	1	R	1-R	3
解答	22(3)	1	E	1-E	5
解答	23(1)	1	M	1-M	2
解答	23(2)	1	M	1-M	3
解答	23(3)	1	R	1-R	5
解答	24(1)	2	R	2-R	4
解答	24(2)①	2	R	2-R	4
解答	24(2)②	2	E	2-E	4

3. 分析与讨论

3.1. 试题的“主题领域 + SOLO 层次”二维评价分析

将 2024 年浙江中考数学试题从思维层次与主题领域两个方面进行划分，得到二维表 4。

由表 4 可看出：2024 年浙江中考数学试题“数与代数”和“图形与几何”是考查的重点，两者数量基本一致，“统计与概率”数量最少。“数与代数”重点考查学生多点结构水平和关联结构水平能力，“图形与几何”重点考查关联结构水平和抽象拓展结构水平能力，“统计与概率”考查的思维层次分布较为均衡。

Table 4. Two dimensional table of mathematics test questions for the 2024 Zhejiang middle school entrance examination
表 4. 2024 年浙江中考数学试题划分二维表

主题领域 SOLO 思维层次	单点结构(U)	多点结构(M)	关联结构(R)	抽象拓展结构(E)
数与代数	1, 3, 11, 12	4, 17, 18, 23(1), 23(2)	7, 9, 22(1), 22(2), 23(3)	22(3)
图形与几何	2, 21(1)		6, 13, 15, 19(1), 19(2), 21(2), 24(1), 24(2)①	8, 10, 16, 24(2)②
统计与概率	5	14	20(1), 20(2)	

为了更好地了解 2024 年浙江中考数学试题思维水平分布，对编码结果进行赋值，用水平 1 表示单点结构，用水平 2 表示多点结构，用水平 3 表示关联结构，用水平 4 表示抽象拓展结构。借助思维层次计算方法，结合鲍建生的综合难度模型[12]，根据

$$S_i = \sum_{j=1}^4 \frac{m_j d_j}{n_i} \cdot j (i = 1, 2, 3)$$

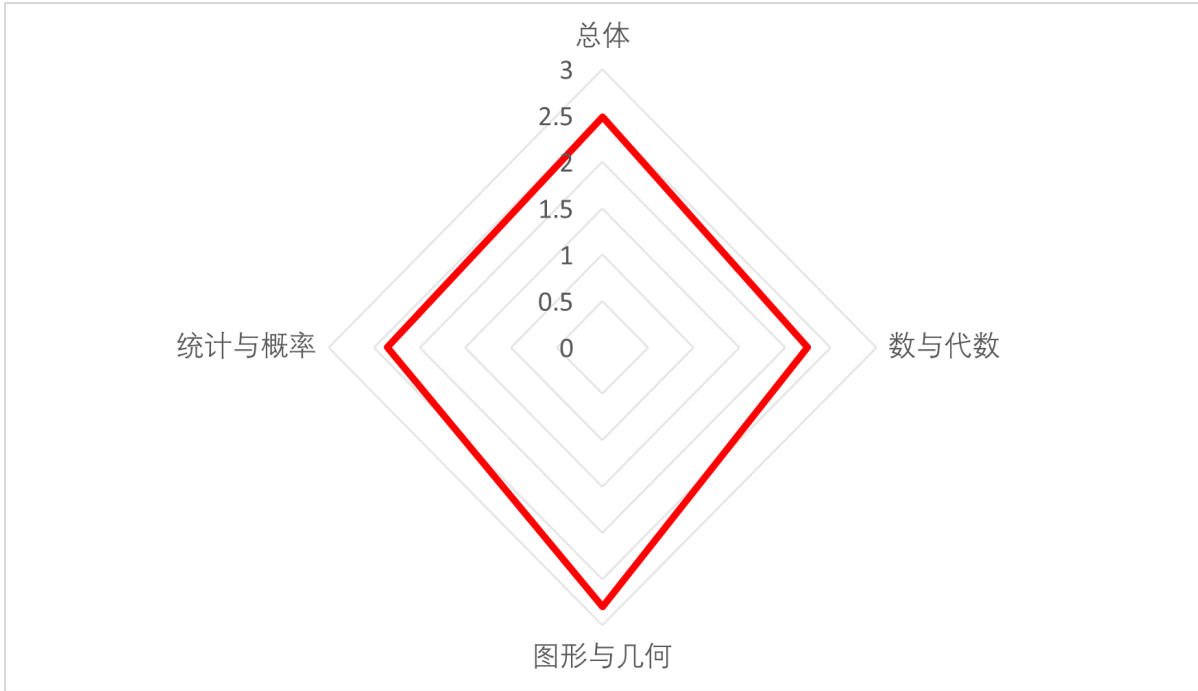


Figure 5. Radar diagram of the distribution of thinking levels in thematic areas
图 5. 主题领域的思维层次分布雷达图

计算出了 2024 年浙江中考数学试题总体与各类主题的思维层次系数。其中， m_id_j 表示第 i 个主题中第 j 个 SOLO 层次的分值， n_i 表示第 i 个主题的总分值。用雷达图显示各主题的思维层次系数，如图 5 所示。

从图 5 可以看出，2024 年浙江中考数学试题在主题领域的思维层次分布上呈现明显差异。“图形与几何”部分数学思维层次最高，其雷达图覆盖范围最大，尤其在关联结构与抽象拓展结构维度上显著突出，要求学生具有整合几何性质、进行逻辑推理与创新应用能力，体现对高阶思维的深度考查。“数与代数”部分侧重基础与关联，其雷达图在多点结构与关联结构维度上表现突出，强调对代数规则的系统运用与跨章节知识联系。“统计与概率”部分分布均衡，该领域雷达图形状相对扁平，单点结构与多点结构占比略高于其他层次，体现对基础统计概念与简单问题解决能力的均衡覆盖。

3.2. 试题的思维层次分值分布分析

为了更加直观地了解 2024 年浙江中考数学试题的思维层次情况，按照编码表的分值依次统计二维表中 SOLO 思维层次的试题，绘制出的试题思维层次分值分布图，如图 6 所示。

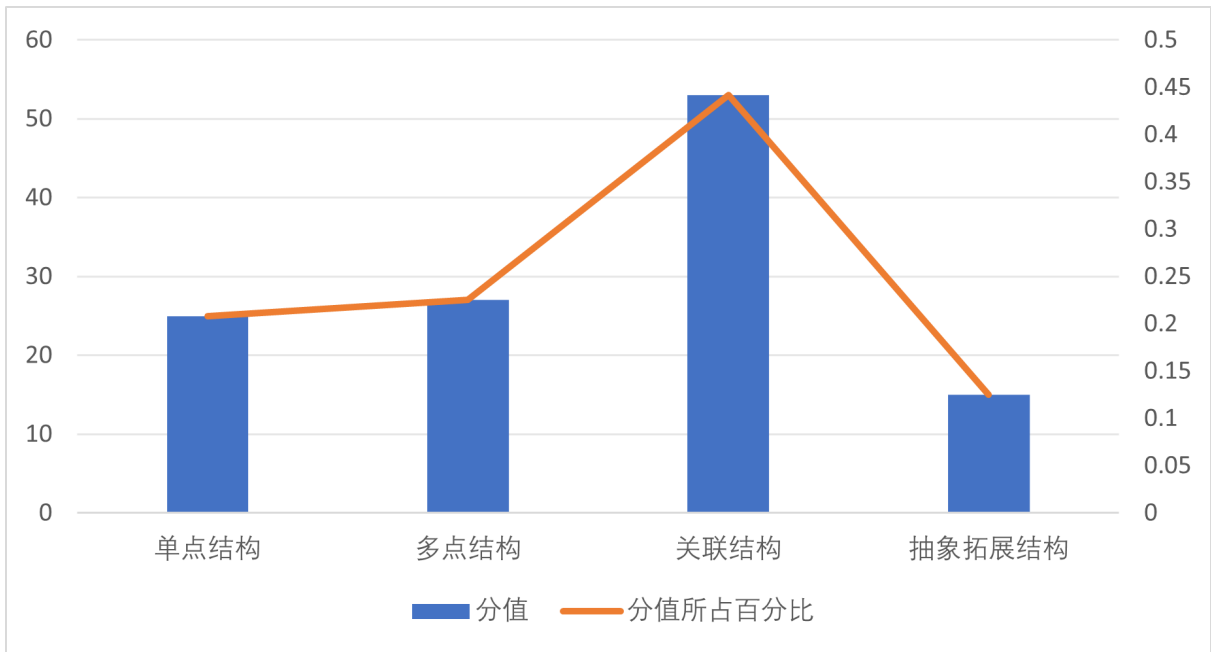


Figure 6. Distribution of thinking level scores in test questions

图 6. 试题思维层次分值分布

由图 6 可知，关联结构试题分值占比最高(53 分)，其次是多点结构、单点结构，抽象拓展结构占比最低。这一分布表明，试题以关联结构为核心，注重学生对多知识点整合与逻辑推理能力的考查，同时兼顾基础知识与综合应用，并通过少量高难度题目实现选拔功能。

3.3. 试题的主题领域分值分布分析

根据 2024 年浙江中考数学试题划分的二维表与编码表，对三大主题领域进行分值统计，绘制出试题主题领域分值分布图，如图 7 所示。

从图 7 可以看出，试题重点考查了“数与代数”和“图形与几何”内容，其占据整张试卷总分的 88.3%，而“统计与概率”仅占了总体的 11.7%，由此可见，试题在各大主题领域中的分值分布存在较大差异。

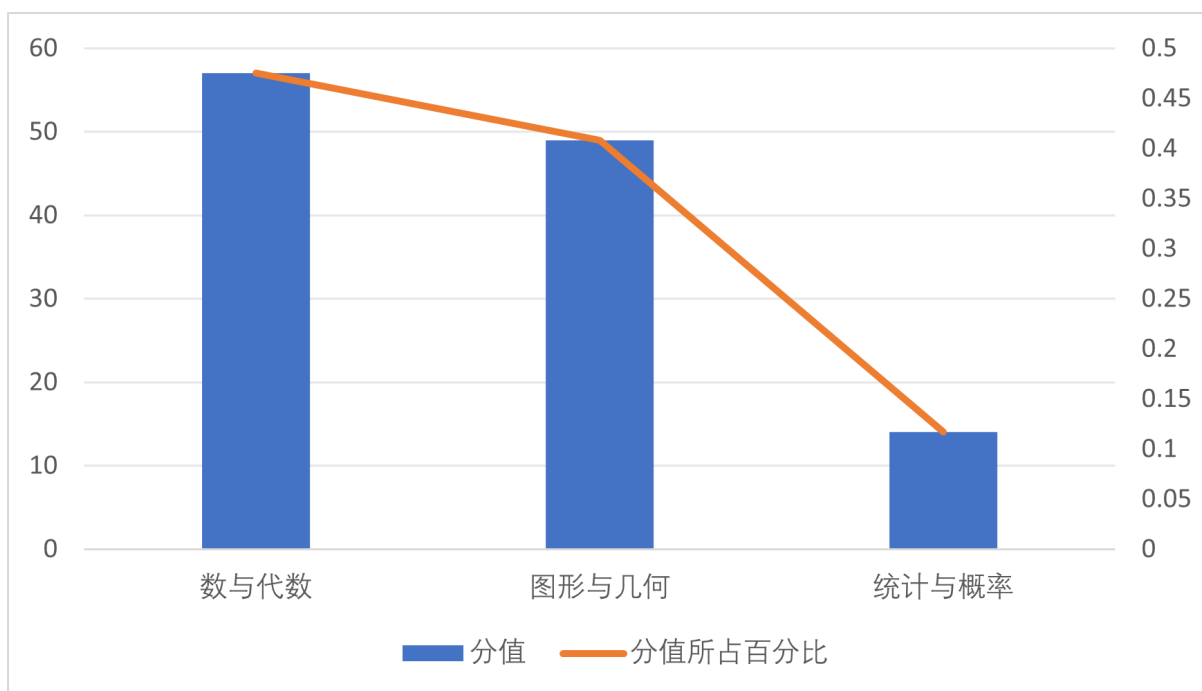


Figure 7. Score distribution of test topic areas

图 7. 试题主题领域分值分布

4. 小结

本文基于 SOLO 分类理论,从思维层次与主题领域两个维度对 2024 年浙江中考数学试题进行了分析。试题内容以“图形与几何”和“数与代数”为主,其中“图形与几何”侧重考查关联结构与抽象拓展结构水平,强调逻辑推理与创新应用;“数与代数”则集中于多点结构与关联结构,注重基础知识的综合运用;“统计与概率”占比最少,思维层次分布相对均衡。试题思维水平覆盖 SOLO 的四种思维层次,分值由高到低依次为关联结构、多点结构、单点结构、抽象拓展结构。关联结构试题占比最高,体现对学生知识整合与逻辑推理能力的高度重视;抽象拓展结构试题难度较大,凸显选拔性功能。

2024 年浙江中考数学试题通过多层次、多领域的考查,既兼顾基础知识的巩固,又强调高阶思维的培养,符合核心素养导向的课程目标。建议教学中加强知识间的横向联系,注重情境化问题的设计,提升学生的综合应用与创新迁移能力;命题可进一步优化“统计与概率”领域的比重与思维层次分布,增强试题结构的均衡性。此外,后面可以与 2024 年以后的浙江中考数学试题进行纵向对比,结合学生实际作答数据验证 SOLO 层次划分的效度,为数学思维评价提供更全面的理论支撑与实践参考。

参考文献

- [1] 王亮亮. 关注价值导向突出知识本质体现思维广度与深度引导教学——2019 年中考数学(北京卷)试题解析[J]. 数学通报, 2019, 58(7): 28-30.
- [2] 杨蕊. 中考数学试题质量测评指标体系建构研究[J]. 数学通报, 2024, 63(8): 8-11.
- [3] 刘彬柔. 基于 PISA(2012)数学素养框架的中考数学试题研究[D]: [硕士学位论文]. 宁波: 宁波大学, 2021.
- [4] 夏月园. 基于 PISA 数学试题的问题情境比较研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2021.
- [5] 李柏翰, 唐恒钧. 基于范希尔理论的 2021 年浙江省中考数学几何试题分析[J]. 中学数学月刊, 2022(3): 51-54.
- [6] 巩子坤, 陈琳. 关于 10 年中考数学开放题的分析与建议——以杭州为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),

- 2012, 37(2): 134-138.
- [7] 伍荣洁, 沈建民, 周双. 基于新课标的数学中考试卷评析及建议[J]. 教学与管理, 2024(6): 103-108.
 - [8] 宋洁, 赵雷洪. 化学开放性问题的 SOLO 分类评价思维[J]. 课程·教材·教法, 2006(10): 64-67.
 - [9] 张健, 李春密. 基于 SOLO 分类理论的科学思维考查层级框架初建与启示——以北京市新高考(2020-2023 年)物理试题为例[J]. 物理教学, 2024, 46(9): 44-49.
 - [10] 王智航, 陈红君, 魏鑫. 基于 SOLO 分类理论的物理试题思维层次分析及教学启示——以 2023 年全国物理高考新课标卷为例[J]. 物理教师, 2024, 45(5): 77-81.
 - [11] 甘耀平. 基于 SOLO 分类理论测评科学思维的基因工程试题命制策略[J]. 生物学教学, 2024, 49(7): 59-61.
 - [12] 鲍建生. 中英两国初中数学期望课程综合难度的比较[J]. 全球教育展望, 2002, 31(9): 48-52.