

基于SOLO分类理论的中考数学分析

——以2023年盐城市中考数学试题为例

胡驿乔¹, 苏智平²

¹黄冈师范学院数学与统计学院, 湖北 黄冈

²武汉市供销商业学校, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年12月10日; 录用日期: 2024年4月8日; 发布日期: 2024年4月17日

摘要

利用SOLO分类理论对盐城市中考试题各个思维层次进行分析。结果显示: 试卷整体考查内容全面, 主要聚焦于代数和几何两大主题; 试题整体思维层次要求适中, 能力划分清晰, 存在明显的SOLO梯度, 其分布趋势由高到低依次为单点结构、多点结构、关联结构、抽象拓展结构。对SOLO层次结构的分析表明各个知识领域的考查存在不均衡、不全面的现象。试题考查的特点对教学的启发指导意义在于: 深挖教材, 注重基础; 因材施教, 全面发展。

关键词

SOLO分类理论, 中考数学, 试题分析

Analysis of Mathematics Test Questions in the Middle School Entrance Examination Based on SOLO Classification Theory

—Taking the 2023 Yancheng Middle School Entrance Examination Mathematics Test as an Example

Yiqiao Hu¹, Zhiping Su²

¹School of Mathematics and Statistics, Huanggang Normal University, Huanggang Hubei

²Wuhan School of Supply and Marketing, Wuhan Hubei

Received: Dec. 10th, 2023; accepted: Apr. 8th, 2024; published: Apr. 17th, 2024

文章引用: 胡驿乔, 苏智平. 基于SOLO分类理论的中考数学分析[J]. 创新教育研究, 2024, 12(4): 137-145.

DOI: 10.12677/ces.2024.124190

Abstract

Using SOLO classification theory to analyze the thinking levels of the middle school entrance examination questions in Yancheng City, the results show that the overall examination content of the test paper is comprehensive, mainly focusing on two major themes: algebra and geometry; The overall thinking level of the test questions should be moderate, with clear ability division and a clear SOLO gradient, with a distribution trend of single point structure > multi-point structure > related structure > abstract extension structure. The analysis of the SOLO hierarchy structure shows that there is an uneven and incomplete phenomenon in the examination of various knowledge fields. The characteristics of the test questions are inspiring for teaching: dig deep into the textbook, pay attention to the foundation; Teach students according to their aptitude and achieve comprehensive development.

Keywords

SOLO Classification Theory, Mathematics in the Middle School Entrance Examination, Item Analysis

Copyright © 2024 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

2023年是“双减”政策落实的第三年,是经历“双减”政策全过程的初中生的首次初中学业水平考试(以下简称中考)。中考成为了义务教育阶段结束后重要的分流手段,这对初中毕业生来说无疑是一次巨大的挑战。盐城市为中考自主命题城市,拥有庞大的人口基数和学生数量,但在中国知网查找有关盐城市中考数学试题研究文献数量较少,这导致学生在备考时缺乏相应的资源或指导。本研究旨在通过对2023年盐城市中考数学试题的研究,揭开中考数学神秘“面纱”,为初中数学的教学提供合理建议,帮助初中数学教师提升教学质量,让学生能够在数学的学习过程中打好基础、养成发散思维、形成科学探究精神,从而达到全面发展。

2. 研究工具

本研究主要采用SOLO分类理论对研究对象进行分类研究。SOLO分类理论全称为Structure of the Observed Learning-Outcome,意为“可观察的学习结果的结构”。它是由著名教育心理学家彼格斯(John B Biggs)与其同事基于皮亚杰认知发展理论不断探索发展而得到的一种以等级分类为特征的质性评价方法。这种评价方法将学生思维层次划分为5个水平,从低到高依次是:前结构层次(P)、单点结构层次(U)、多点结构层次(M)、关联结构层次(R)、抽象拓展结构层次(E)。学生在进行具体问题的回答时,研究者可以借助该分类理论、对照学生的答题内容,准确、清晰的感受到学生从某一方面显示出的认识结果或思想构造的复杂性。

3. 研究过程

3.1. 试题的SOLO层次划分

SOLO分类理论为前结构、单结构、多点结构、关联结构和抽象拓展结构5个层次。其中,有少部

分学生的思维层次仅处在前结构层次, 无法接受试题相关基本知识, 并在答题时缺乏基本逻辑, 只能提供与试题无关的答案, 不符合评价学生学业水平的标准。因此, 研究不涉及对该层次的探讨。而在剩下的四个层次, 前三个层次是以积累知识量的不同划分层次, 第四个层次则是在多个知识点基础上使用数学思想方法串联起来。依据 SOLO 理论, 使用曾建国[1]所编制的划分标准, 将试题从知识点考查的角度进行 SOLO 层次划分, 编制出试题的 SOLO 层次划分表, 如表 1 所示。

Table 1. SOLO level division table for test questions

表 1. 试题 SOLO 层次划分表

SOLO 层次划分	划分标准	涉及知识点	编码
单点结构	试题情境简单, 涉及单个知识点	1 个	U
多点结构	试题情境简单, 涉及两个及以上且相互独立知识点	≥2 个	M
关联结构	试题情境较复杂, 涉及多个相互独立的知识点, 能灵活运用	≥3 个	E
抽象拓展结构	试题情境较复杂或新颖, 要求能使用类比、概括推理等方法将所涉及的知识点联系起来	≥3 个	R

3.2. 试题内容的领域划分

数与代数、图形与几何、统计与概率、综合与实践是《义务教育数学课程标准(2022 年版)》课程内容的 4 个组成板块[2]。而中考对于综合与实践的考查往往是以其它模块的知识为载体。因此, 研究将不涉及对这一领域的分析。将内容领域主要划分为数与代数(编码 1)、图形与几何(编码 2)、统计与概率(编码 3), 如表 2 所示。

Table 2. Domain division of test content

表 2. 试题内容的领域划分

内容划分	试题内容领域划分	编码
数与代数	数与式(有理数、实数、代数式)	1
	方程与不等式(方程与方程组、不等式与不等式组)	
	函数(函数的概念、一次函数、二次函数、反比例函数)	
图形与几何	图形的性质(点线面角、相交线与平行线、三角形、四边形、圆、定义命题定理)	2
	图形的变化(轴对称、旋转、平移、相似、投影)	
	图形与坐标(位置与坐标、运动与坐标)	
统计与概率	抽样与数据分析、随机事件概率	3

3.3. 试卷编码

确定好研究工具如何使用后, 作者即可进行试卷编码, 具体编码操作步骤如下。

首先, 根据试题领域划分标准对照试题所涉及的知识点进行归类, 若该题考查二次函数, 则属于“数与代数”领域, 应编码为 1。其次, 判断试题设计知识点的个数以及运用数学思想方法的种类, 若仅仅只涉及一个数学知识点, 则该题可划分至单点结构层次, 应编码为 U。最终, 结合以上将该题编码为 1-U。如若该题考查的是圆的知识, 则属于“图形与几何”领域, 应编码为 2, 且试题涉及了多个数学知识点, 并且需要通过运用数形结合、转化、化归等数学思想才能解答出该试题, 则该试题应划分为抽象拓展水平, 则编码 2-E。2023 年盐城市中考数学试题编码便以此类推即可。

但由于试题思维层次的编码需人为判断且判断过程较为抽象, 因此选取 2023 年盐城市中考数学试题中典型的例题, 举例说明利用 SOLO 分类理论各水平判定的具体方法和操作依据。

例 1 (第 2 题选择题) 在平面直角坐标系中, 点 $A(1,2)$ 在()。

- A. 第一象限 B. 第二象限 C. 第三象限 D. 第四象限

分析: 本题主要考查了平面直角坐标系的有关概念, 学生只需知道在第一象限中横坐标与纵坐标均为正数即可解决该问题。因此本题在“图形与几何”领域中属于 SOLO 层次中的 U 层次, 即可编码为 2-U。

例 2 (第 19 题解答题) 先化简, 在求值 $(a+3b)^2 + (a+3b)(a-3b)$, 其中 $a=2, b=-1$ 。

分析: 本题主要考查完全平方公式和平方差公式这两个独立的知识点, 是“数与代数”领域的计算问题, 学生只需记住以上两个知识点, 即可得到本题的答案, 因此本题属于 SOLO 层次中的 M 层次, 编码为 1-M。

例 3 (第 15 题填空题) 在 $RT\triangle ABC$ 中(如图 1), $\angle ACB=90^\circ, \angle B=60^\circ, BC=3$, 将 $\triangle ABC$ 绕点 B 逆时针旋转到 $\triangle EDC$ 的位置, 点 B 的对应点 D 首次落在斜边 AB 上, 则点 A 的运动路径的长为?

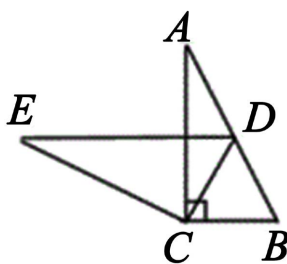


Figure 1. $RT\triangle ABC$
图 1. $RT\triangle ABC$

分析: 本题主要考查图形旋转的性质、三角形内角和、圆弧的长度计算这三个独立的知识点, 是“图形与几何”领域的计算问题, 学生只需记住以上三个知识点, 并加以转换计算, 即可得到本题的答案, 因此本题属于 SOLO 层次中的 E 层次, 编码为 2-E。

例 4 (第 26 题解答题第 3 问) 如图 2, 函数 $y = \frac{1}{2}x + t$ (t 为常数, $t > 0$) 的图像与 x 轴、 y 轴分别交于 M, C 两点, 在 x 轴的正半轴上取一点 N , 使得 $ON = OC$, 以线段 MN 的长度为长、线段 MO 的长度为宽, 在 x 轴的上方作矩形 $MNDE$ 。若函数 $y = \frac{1}{2}x + t$ (t 为常数, $t > 0$) 的轴点函数 $y = mx^2 + nx + t$ 的顶点 P 在矩形 $MNDE$ 的边上, 求 n 的值。

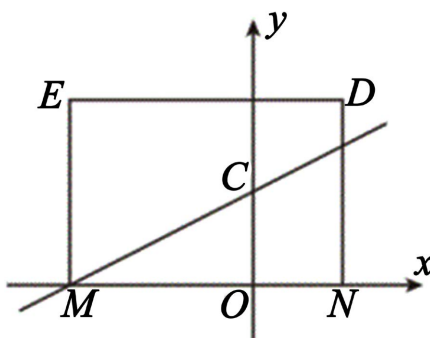


Figure 2. Example 4
图 2. 例 4 示意图

分析：本题是二次函数综合题，考查了二次函数的图像和性质，一次函数的图像和性质，矩形的性质，新定义等多个知识点，是“图形与几何”领域内的问题，并且试题要求学生能够理解新定义，运用数形结合的思想 and 分类讨论思想进行解题，因此本题属于 SOLO 层次中的 R 层次，编码为 2-R。

3.4. 编码结果

依据以上的编码准则，发现在选择题与填空题中，同一试题可能涉及了多个水平的 SOLO 层次，考查的知识也可能涉及多个领域。在编码时以高难度向低难度兼容划分 SOLO 层次、多个知识点向单个知识点兼容划分内容领域。在解答题中，部分大题中分设了两到三个小问，每个小问涉及的知识点与分值均不相同，为了编码的结果严谨性，作者将每个小问分开划分即得到整篇试题编码结果，如表 3 所示。

Table 3. Encoding results

表 3. 编码结果

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

续表

22(3)	解答	4	3	U
23(1)	解答	5	1	M
23(2)	解答	5	1	U
24(1)	解答	5	2	M
24(2)	解答	5	2	E
25(1)	解答	5	1	M
25(2)	解答	5	1	E
26(1)	解答	3	1	U
26(2)	解答	3	1	E
26(3)	解答	4	2	R
27(1)	解答	2	2	U
27(2)	解答	4	2	M
27(3)	解答	4	2	E
27(4)	解答	4	2	R

在以上编码结果虽然是由与数学教育行业的专业人士共同探索所得结果,但由于部分试题涉及多个知识点,各知识点又在试题中权重不同,在编码时试题权重、知识点划分、思维结构划分均由人工判断,所以本研究编码结果具有较强的主观性。

4. 数据分析

为了进一步研究 2023 年盐城市中考数学试题,将数据进一步划分统计绘制成柱状图与折线图进行分析。

4.1. 试卷整体 SOLO 层次分析

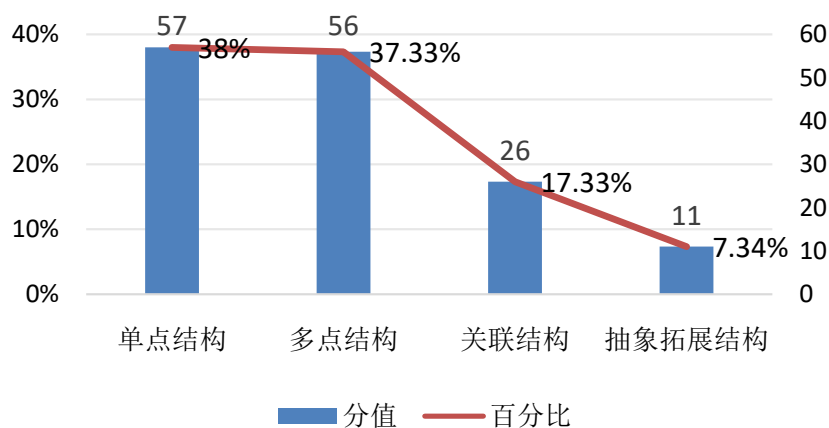


Figure 3. Overall SOLO score and percentage statistics of the test paper

图 3. 试卷整体 SOLO 分值及百分比统计

由图 3 可知,该试卷包含了 U, M, R, E 四个 SOLO 层次,说明该试卷区分度适当,全面考查了学生的各个思维结构层次。在四个层次中,U 层次试题分值所占比例最高,共计 57 分,占比约 38%,这部

分题目是试卷中最简单的, 考查学生对单个重要知识点的处理, 学生能轻松地解决该部分试题; 其次是M层次, 共计 56 分, 占比约 37.33%, 这部分题目相对简单, 学生能够比较容易地找出解决问题所需的多个知识点, 逐一运用就能得到答案; 接着是R层次, 共计 26 分, 占比约 17.33%, 这部分题目难度适中, 考查学生能否全面理解题目, 找出解决问题所需要的知识点并联系起来, 要求学生具有较高水平的思维能力; 最后是E层次, 共计 11 分, 占比约 7.34%, 这部分题目的难度是此份试题最大的, 也是能拉开学生分数差距的, 考查学生能否对题目进行更深层次的思考与理解, 灵活运用数学思想方法, 对学生思维结构能力的要求是最高的。

上述数据说明 2023 年盐城市中考数学试题侧重于对基础知识的考查, 从分值分布来看, 对较高层次的思维水平能力考查要求低, 大部分的考生应在平时的数学学习中更加注重学生单点结构水平和多点结构思维层次能力的培养, 由此可以看出, 试题对学生的基础知识与基础思维掌握要求较高, 引导学生在数学学习的过程中稳扎稳打。试卷整体难度适中, 学生想要得到高分也要注意关联结构和抽象拓展结构的深入运用。

4.2. 试题的内容领域分值统计分析

根据 2023 年盐城市中考数学试题对试题所涉及的考查内容领域进行了分值与其所占百分比统计, 并绘制了内容领域分值与所占百分比统计图和 4 个领域的试题思维层次分值分布图, 如图 4、图 5 所示。

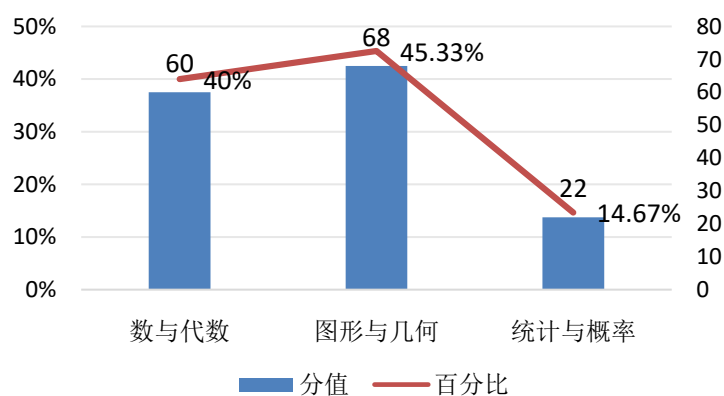


Figure 4. Statistics on the score and percentage of test questions in the field of content

图 4. 试题内容领域分值及百分比统计

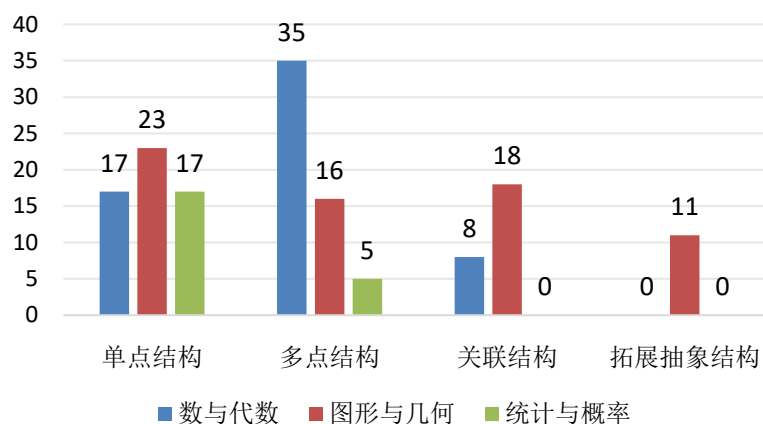


Figure 5. Analysis of the thinking hierarchy of test questions in three fields

图 5. 3 个领域的试题思维层次所占分值统计

由上述两图可以看出: 2023 年盐城市中考数学试题主要考查了数与代数、图形与几何这两大主题, 分别为 60 分、68 分, 其总分为 128 分占到了试题总体分值的 85.33%。统计与概率主题中考查了单选、填空、解答各一题, 考查力度相较于其他主题分值较少, 仅为 22 分, 占试题总分值 14.67%。其中 SOLO 分类的四个层次在数与代数、图形与几何板块的试题均有体现, 但侧重点并不相同, 数与代数涉及最多的是多点结构层次, 图形与几何所考察内容, 更多处于多点结构层次; 统计与概率领域所涉及到的 SOLO 层次以单点结构水平和多点结构水平为主, 为利用统计与概率的知识点来关联结构层次和抽象拓展结构层次, 可以说在统计与概率领域本研究的试题内容考查层次过于单一。由此可见, 本研究试题在初中三大知识内容领域中的 SOLO 层次分布是不均衡的。

5. 研究结论与教学建议

5.1. 研究结论

1) 从 SOLO 分类理论对试题内容领域的分析图表可以直观看出: 首先, 《课标》内初中数学三大组成内容在试题中均有涉及, 考查内容全面; 其次, 从 SOLO 思维层次来看, 本研究所讨论的试题对思维层次要求不高, 且主要集中于图形与几何、数与代数两个领域, 概率与统计考查层次较低, 所占分值也相对较少。

2) 从试题的 SOLO 层次分值及百分比统计图表可以看出: 试题在 4 个结构层次分部并不均匀, 其中均单点结构和多点结构所占比重不相上下, 占试题总分值百分比最多, 其次为关联结构, 抽象拓展结构则所占分值最少。有涉及, 且整体分布趋势为 > 多点结构 > 关联结构 > 抽象拓展结构。

3) 通过以上分析发现, 2023 年盐城市中考数学试题比较注重对知识的基础知识及综合应用考查, 将近七成的题目处于 SOLO 层次中的 U 和 M 层次, 说明本套试卷着重考察学生的基础知识以及应用, 需要学生在平时学习新知识点、巩固练习等过程中“知其然并知其所以然”, 抓住基础。除此之外, 各个题目所处知识领域有着一定的差别, 对“数与代数”领域的考查覆盖面更广, 而对“图形与几何”领域的考查综合性非常强、难度相对较大, 对“统计与概率”和综合领域的考查则相对较少, 这恰好反映了盐城市中考数学对不同知识领域的要求存在着显著差异。

5.2. 教学建议

1) 深挖教材, 注重基础

通过对试题分析, 发现大部分的分值集中在单点结构和多点结构层次, 这说明试题侧重对教材基础知识的考查。这就要求教师在日常教学中, 紧抓教材深入研究其中的公式定理、例题、习题着重基础知识的教学, 引导学生立足教材, 以教材为基础亲历每一个探究的环节, 感受数学的本质特点和真正含义, 从而牢牢掌握基础知识, 做到学以致用[3]。如在讲解平行四边形判定定理时, 由于该判定定理内容较多且在某一条定理中学生在运用时易出错, 教师在讲解该知识点时, 带领学生基于教材基础, 深入探索, 引导学生自己找出利用该知识点解决问题是易错点。

2) 因材施教, 全面发展

从试题的 SOLO 层次情况来看, 2023 年盐城市中考数学试题贯穿 4 个 SOLO 层次, 可见仅仅掌握基础知识对于学生来说无法满足高分需求的。教师在教学中面对的学生来自不同的家庭, 拥有不同的兴趣爱好、气质性格、天赋能力, 教师如何在性格迥异的学生中实现教学平衡呢? 教师首先要肯定差异化教学的必要性, 其次选取合适的教学材料和教学方法进行教学, 让基础优秀的学生在数学素养上更上一层楼, 让基础中等的学生拓展理性思维, 让基础较弱的同学产生数学学习兴趣[4]。

5.3. 总结

本研究只选取了 2023 年的盐城市中考试卷进行研究, 无论是横向从地区还是纵向从时间来看都是比较单一的。因此在接下来的中考试题研究中可以扩大年限, 或者进行地区间试题的对比研究。

此外本研究在对试题进行编码时, 虽查阅了多方文献, 并与数十位数学教育研究生探讨推敲, 但最终编码结果仍具有很强的主观性, 后续研究者可对试题层次分类进行进一步探究[5]。

参考文献

- [1] 曾建国. 基于 SOLO 分类理论的高考数学试题评价研究——知识点考查的视角[J]. 赣南师范大学学报, 2016, 37(6): 130-134.
- [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.
- [3] 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(3): 18-23.
- [4] 鞠丽楠. 基于 SOLO 分类理论的北京市中考数学试题研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中央民族大学, 2021.
- [5] 徐寿蓉. 基于 SOLO 分类理论的中考数学盐城试题与南通试题的比较研究[D]: [硕士学位论文]. 西宁: 青海师范大学, 2022.