

基于SOLO分类理论的高考数学多选题分析

——以2020~2023新高考I卷为例

杨艳红¹, 赵育林¹, 胡铁光²

¹湖南工业大学理学院, 湖南 株洲

²湖南省湘潭县第五中学, 湖南 湘潭

收稿日期: 2023年8月11日; 录用日期: 2023年9月15日; 发布日期: 2023年9月25日

摘要

基于SOLO分类理论对2020年~2023年全国新高考数学I卷的多选题进行分析, 结果表明: 试卷主干知识覆盖全面, 布局合理, 体现基础性、综合性、应用性和创新性的考查要求; 试题整体思维层次分布全面, 但略有差异; 试题思维层次分布与题号具有一定的关联性; 试题在各大领域中的考查与SOLO层次是分布不均、差异较大的。针对试题考查特点提出教学建议: 强基础、重情境、深探究、精训练。

关键词

SOLO分类理论, 新高考数学, 多选题, 教学建议

Analysis of Multiple-Choice Questions in College Entrance Examination Mathematics Based on SOLO Classification Theory

—Taking the 2020~2023 New College Entrance Examination I Paper as an Example

Yanhong Yang¹, Yulin Zhao¹, Tiegua Hu²

¹College of Science, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan

²Xiangtan County No.5 Middle School, Xiangtan Hunan

Received: Aug. 11th, 2023; accepted: Sep. 15th, 2023; published: Sep. 25th, 2023

Abstract

Based on SOLO classification theory, the multiple-choice questions of the mathematics I volume of

文章引用: 杨艳红, 赵育林, 胡铁光. 基于 SOLO 分类理论的高考数学多选题分析[J]. 创新教育研究, 2023, 11(9): 2952-2959. DOI: 10.12677/ces.2023.119435

the national new college entrance examination from 2020 to 2023 are analyzed, and the results show that: The main knowledge of the examination paper covers a comprehensive range and has a reasonable layout, reflecting the basic, comprehensive, applied and innovative examination requirements; The overall thinking hierarchy of the questions is comprehensive, but there are slight differences; The hierarchical distribution of test question thinking has a certain correlation with the question number; The examination of test questions in major fields and the SOLO level are unevenly distributed and different. According to the characteristics of the test questions, teaching suggestions are put forward: strong foundation, heavy situation, in-depth inquiry, and intensive training.

Keywords

SOLO Classification Theory, New College Entrance Examination Mathematics, Multiple Choice Questions, Teaching Advice

Copyright © 2023 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

随着新高考改革实施的深入推进, 数学学科实行不分文理科的科目改革。教育部考试中心为增强数学考试的区分和选拔功能, 在题型和试卷结构上进行了改革创新。2020年新高考数学出现了一种新题型——多选题, 而后的新高考数学试卷也同样延续了多选题题型[1]。近几年的考试情况表明多选题的引入, 为数学基础和数学能力在不同层次的考生都提供了发挥空间, 同时能够更加精确地发挥数学科考试的区分选拔功能, 增强了考试的信度和效度[2]。

高考数学多选题已成为高考命题中的一种重要题型。那么, 新高考数学 I 卷中多选题对学生的考查要求如何? 教师基于高考数学多选题的特点如何改进教学方式? 这些问题都值得深入分析和探究。为此, 本文将基于 SOLO 分类理论, 对 2020 年~2023 年全国新高考数学 I 卷的多选题的思维水平展开研究, 并提出相应的教学建议。

2. 研究设计

2.1. 研究对象

2020 年新高考数学卷首次出现多选题, 自此多选题题型一直延续至今, 且全国数学新高考 I 卷是颇具代表性的试题, 因此选取 2020 年~2023 年新高考数学 I 卷作为研究对象。

2.2. 研究工具

SOLO 分类理论(Structure of the Observed Learning Outcome)意为“可观察的学习结果”, 是由澳大利亚教育心理学家比格斯于 1982 年创建的一种以等级描述为特征的质性评价方法。SOLO 分类理论将学习者对某一个具体问题的思维反应水平划分为 5 种层次, 分别为前结构水平(P)、单点结构水平(U)、多点结构水平(M)、关联结构水平(R)、抽象拓展结构水平(E) [3]。由于前结构水平(P)描述的是学习者不能解答问题的状态, 所以标准中不含前结构水平(P), 具体标准如表 1 所示:

Table 1. SOLO thinking hierarchy division table**表 1.** SOLO 思维层次划分表

SOLO 层次划分	思维水平特征
单点结构水平(U)	试题的线索量少且明确, 情境熟悉, 成功解答只需回忆再现一到两个知识点, 思维能力要求低。
多点结构水平(M)	试题的线索涉及多个孤立的素材, 情境熟悉, 成功解答需要回忆再现两个及以上知识点, 思维能力要求中等。
关联结构水平(R)	试题线索丰富, 涉及多个相互联系的素材, 情境熟悉, 成功解答需要结合问题情境, 联系题干与给出的知识点相关的内容, 从整体上把握解题的思路, 进行归纳、类比、推理, 思维能力要求高。
抽象拓展结构水平(E)	试题线索丰富, 陌生或新颖的问题情境下, 成功解答需要通过对收集的线索进行推理分析, 发现隐含的信息, 运用所学解决难度很高的问题, 思维能力要求很高。

2.3. 试题内容的领域划分

《高中数学课程标准(2017 版 2020 年修订》(以下简称《标准》)将课程内容主要分为预备知识、函数、几何与代数、概率与统计、数学建模活动与数学探究活动 5 个板块。而高考对于数学建模活动与数学探究活动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。

Table 2. Multiple choices involves the division of course content areas**表 2.** 多选题涉及的课程内容领域划分

内容领域划分	内容
预备知识	集合、常用逻辑用语、相等关系和不等关系
函数	函数的概念与性质、幂函数、指数函数、对数函数、三角函数、函数应用、数列、一元函数的导数及其应用
几何与代数	平面向量及其应用、复数、立体几何初步、空间向量与立体几何、平面解析几何
概率与统计	概率、统计、计数原理

3. 试题统计分析

由于多选题涉及的知识点广泛, 构成要素较为复杂, 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。研究以考查力度最大、涉及面最广的 SOLO 层次、内容领域为依据划分, 由于 2021 年第 10 题涉及的考点为平面向量与三角函数综合, 故几何与代数、函数各占 50%。按照表 1、表 2 的划分标准, 对 2020 年~2023 年新高考 I 卷多选题考查的内容领域与 SOLO 层次进行统计, 结果如下:

Table 3. Multiple choice statistical results**表 3.** 多选题统计结果

年份	题号	考点	内容领域	SOLO 分类
2020	9	圆锥曲线的性质	几何与代数	M
	10	三角函数	函数	M
	11	等式与不等式	预备知识	R
	12	随机变量	概率与统计	E
2021	9	样本的数字特征	概率与统计	M
	10	平面向量与三角函数综合	几何与代数、函数	R
	11	直线与圆综合	几何与代数	R
	12	空间几何体动点	几何与代数	E

Continued

2022	9	空间角	几何与代数	M
	10	函数与导数的综合运用	函数	M
	11	抛物线的性质	几何与代数	R
	12	抽象函数的性质	函数	E
2023	9	样本的数据特征	概率与统计	M
	10	对数、指数的运算与转化	函数	M
	11	抽象函数的性质	函数	R
	12	立体几何中的外接问题	几何与代数	E

根据表 3 统计结果将 2020~2023 全国新高考数学 I 卷多选题各题的各个选项的思维层次分布情况进行进一步统计得到表 4。

Table 4. 2020~2023 National New College Entrance Examination Mathematics I multi-choice question of each option of the thinking level distribution

表 4. 2020~2023 全国新高考数学 I 卷多选题各题的各个选项的思维层次分布情况

选项 题号	2020年I卷					2021年I卷					2022年I卷					2023年I卷				
	A	B	C	D	总	A	B	C	D	总	A	B	C	D	总	A	B	C	D	总
9	U	U	U	U	M	U	U	U	U	M	U	U	U	U	M	U	U	U	U	M
10	U	U	M	M	M	U	M	M	R	R	U	U	M	M	M	U	M	M	M	M
11	U	M	M	R	R	M	M	R	R	R	U	M	R	R	R	U	U	R	R	R
12	M	R	E	E	E	R	R	E	E	E	E	E	R	E	E	U	M	E	E	E

本文在对每道试题的 SOLO 层次、内容领域进行判断时,虽然结合了相关书籍及文献,并与多位一线数学教师及数学教育专业研究生进行了反复斟酌检验,但仍然存在一定主观性。

3.1. 多选题内容领域评价分析

将表 3 中的考查模块利用频数条形图进行统计得到图 1:

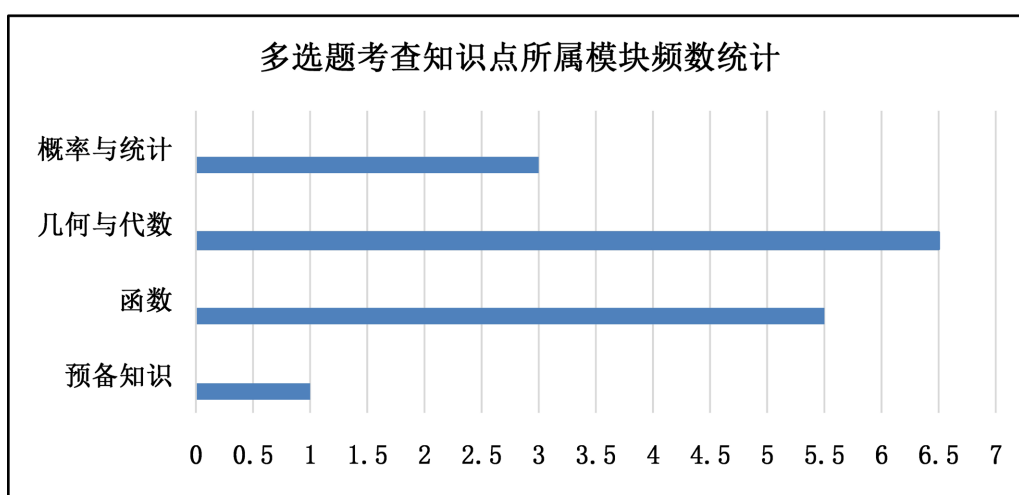


Figure 1. Analysis of the frequency of knowledge points in the New National College Entrance Examination Mathematics I volume in 2020~2023

图 1. 2020~2023 年全国新高考数学 I 卷多选题考查知识点频数分析

结合表 3 和图 1 分析可以看出 2020 年~2023 年新高考 I 卷多选题具有下列特点:

(1) 考查全面, 注重基础性。2020~2023 年全国新高考 I 卷多选题知识点分布范围广, 主干知识覆盖较为全面, 函数、几何与代数几乎年年必考, 几何与代数考查频率居高, 函数其次, 且大多题型以考查基础概念为主, 如 2021 年第 10 题、2022 年第 9 题、2023 的第 9 题, 涉及内容都是基础知识和基本方法, 考查了平面向量、异面直线与线面角、统计等内容。

(2) 设置梯度, 体现综合性。多选题的考查强调数学知识的融会贯通, 体现知识的综合性, 如 2020 年第 9 题, 综合考查学生对椭圆以及双曲线的理解, 2021 年第 11 题, 综合考查了学生对直线与圆的理解, 2022 年第 10 题, 考查函数与导数的综合运用。所以在数学学科的学习过程中, 在注重基本概率、定理理解的同时, 也要强调综合能力与知识迁移能力。

(3) 真实情境, 彰显应用性。试题在考查学生基本知识的同时, 强调学以致用, 将高考试题与实际生活情境相融合, 鼓励学生运用知识、能力和素养去解决实际问题, 如 2023 年第 10 题以噪声污染为情境载体去考查学生对指数函数与对数函数的理解。

(4) 稳重有变, 力求创新。随着新高考的推进, 高考试题为了细化区分度, 增强选项的灵活性, 对试题也进行了一定的创新。如 2023 年第 12 题以内切球和几何体的结构特征为背景, 考查学生空间想象能力, 该题区别于以往的几何题型, 命题角度创新, 可见出题人的良苦用心。

总的来说, 新课标 I 卷多选题严格落实《标准》和高考改革内容的要求, 对高中数学的主干知识覆盖全面, 布局合理, 强调基础知识的深入理解与灵活运用, 在对高中数学必备知识与关键能力考查的同时, 体现了基础性、综合性、应用性和创新性的考查要求, 对未来数学的学习方向给出了很好的指导意义。

3.2. 多选题思维层次分布评价分析

通过对多选题所有选项在四个思维层次上的整体分布情况进行分析, 可以知道多选题考查的难度分布情况。为此, 根据表 4 的结果绘制了思维水平层次分布比例条形图, 具体如图 2:

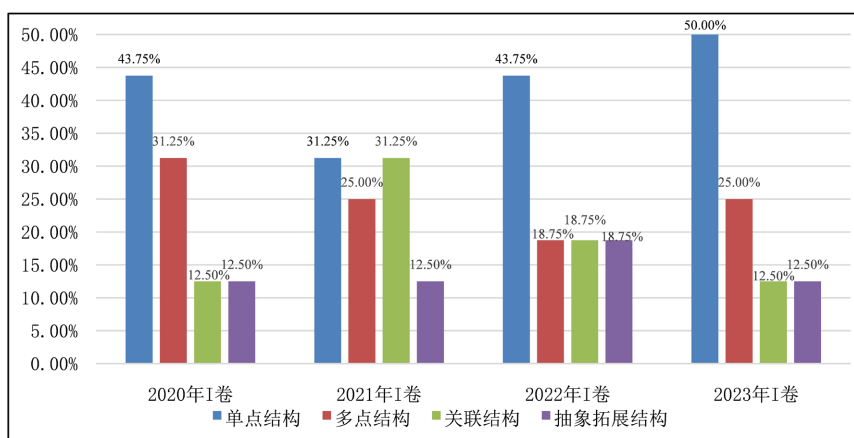


Figure 2. 2020~2023 National New College Entrance Examination Mathematics I paper multi-choice thinking level distribution map

图 2. 2020~2023 年全国新高考数学 I 卷多选题思维层次分布图

为了直观感知每道多选题各个选项的思维水平层次分布情况, 因此将 SOLO 思维水平层次进行量化, 记单点结构为水平 1, 多点结构为水平 2, 关联结构为水平 3, 拓展抽象结构为水平 4, 并根据表 4 的结果绘制了思维水平层次折线图, 具体情况如图 2:

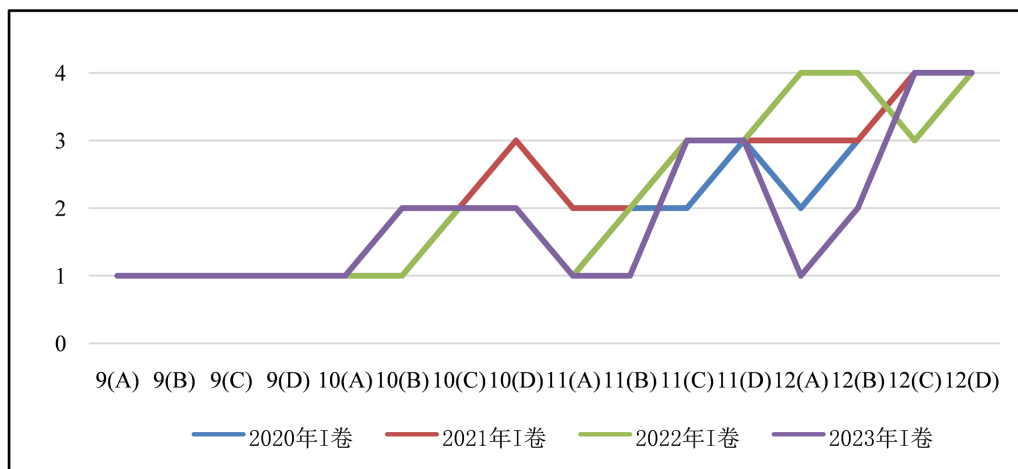


Figure 3. 2020~2023 National new college Entrance Examination Mathematics I multi-choice question of each option of the thinking level distribution map

图 3. 2020~2023 年全国新高考数学 I 卷多选题各题的各个选项的思维层次分布图

通过对图 2 进行分析可得：2020 年~2023 年新高考 I 卷多选题四个结构层次都有所涉及，但是四套试卷多选题的 16 个选项的思维层次分布略有差异，这样不仅可以使不同思维水平的学生都有获得分数的机会，还增加了试题的区分度，兼顾了高考的公平性与选拔性。其中 2020 年与 2023 年单点结构和多点结构所占比重都为 75%，比 2021 年、2022 年分别多出 18.76%、12.5%，它们占比均大于 50%，说明 2020 年~2023 年多选题的 16 个选项以考查简单题为主，且 2020 年、2023 年简单题考查数量并列第一，2022 年其次，2021 年最少；相比较来说，关联结构水平和抽象拓展结构水平的考查力度较小，2021 年的关联结构水平占比为 31.25%，位居首位，比 2020 年、2022 年、2023 年分别高出 18.75%、12.5%、18.75%，说明 2021 年 I 卷的多选题中比较难的选项较多，2022 年其次，2020 年、2023 年最少；最后来看拓展抽象结构，发现四套试卷相差不大，占比均少于 20%，说明多选题中很难的选项并不多。从总体角度来看，2020 年~2023 年 I 卷多选题的 16 个选项考查学生的低阶思维能力的试题要比考查学生高阶思维能力水平的试题要多，若想要获得更高的分数，这不仅要求学生在面对综合性较弱的问题与较为简单的情境时，能够快速解决问题，也要求学生在面对综合性较强的问题与新颖、较为复杂的情境时，要具有一定的探究能力与创新精神，具有较好的数学素养和优秀的思维品质。

通过对图 3 进行分析可得：四套试卷每道多选题的各个选项的思维水平层次分布情况与试题的题号具有一定的关联性，试题随着题号数值的增加，选项的思维层次也在上升。比如四套试卷的第 9 题的四个选项的思维层次均处于单点结构，第 10 题四个选项的思维层次主要处于单点结构和多点结构层次，第 11 题四个选项的思维层次主要处于单点结构、多点结构和关联结构，第 12 题四个选项的思维层次主要处于关联结构和拓展抽象结构。并且除 2022 年第 12 题外，每道试题按照选项 A、B、C、D 的顺序，各选项思维层次由低到高、逐层递增。从总体角度来看，2020~2023 年新高考 I 卷多选题根据数学学科特点，切实贯彻了“低起点，多层次，高落差”的科学调控策略，发挥了数学考试的选拔功能和良好的导向作用，具有很好的区分度、信度与效度。

3.3. 多选题在四个领域上的思维层次分布分析

根据多选题统计结果，对试题所涉及的考查内容领域进行了数量统计，并绘制了四个领域的试题思维层次分布图，如图 4 所示。

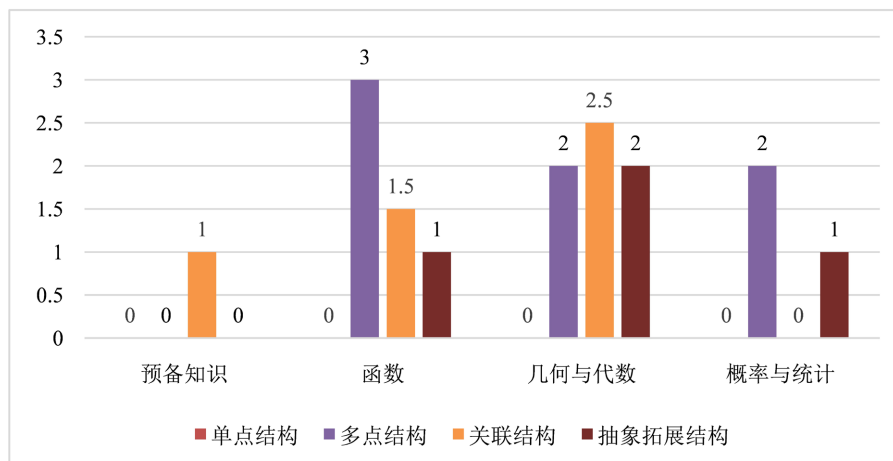


Figure 4. Four areas of test question thinking level distribution

图 4. 四个领域的试题思维层次分布

通过对图 4 进行分析可得:全国 I 卷多选题试题主要针对函数和几何与代数两大主题内容进行考查,并且两大板块只考查了多点结构、关联结构、抽象拓展结构水平的题目,均未涉及到代表低阶思维能力水平的单点结构水平,其中函数板块所考查的题目大多处于多点结构水平,关联结构水平与抽象拓展结构水平的试题考查力度较小,几何与代数板块三个层次考查力度相差不大,其中考查关联结构水平的试题占比最高,这说明函数和几何与代数板块对学生的思维要求水平较高。对于其他两个领域,考查力度相对较小,预备知识四年来只考查了一道关联结构水平的试题,概率与统计四年来只考查了两道多点结构、一道抽象拓展结构水平的试题。由此可见,试题在各大领域中的 SOLO 层次是分布不均、差异较大的,其中预备知识对学生的能力要求不高,要求学生熟练掌握该模块的学科主干知识并会运用即可;而函数和几何与代数这两个板块对学生的能力水平要求相对更高,需要学生具备一定的综合能力与创新思维能力;概率与统计模块对学生的能力水平要求适中,既要求学生掌握该模块的主干知识,也要求学生能够在复杂的情境中解决问题。

4. 结论与启示

4.1. 结论

(1) 通过对多选题内容领域进行评价分析,可以发现:一方面多选题考查内容分布范围广,主干知识覆盖较为全面;另一方面,命题遵循高考评价体系的要求,体现基础性、综合性、应用性、创新性。

(2) 通过对多选题思维层次分布进行评价分析,可以发现:试题 4 个结构层次均有涉及,以考查学生单点结构水平、多点结构水平、关联结构水平为主,但四套试卷多选题 16 个选项的思维层次分布略有差异,同时四套试卷每道多选题的各个选项的思维水平层次分布情况与试题的题号也具有一定的关联性。

(3) 通过对多选题在四个领域上的思维层次分布进行分析,可以发现:多选题在各大领域中的考查比例与 SOLO 层次是分布不均、差异较大的。例如全国 I 卷多选题试题主要针对函数和几何与代数两大主题内容进行考查,并且两大板块只考查了多点结构、关联结构、抽象拓展结构水平的题目,对于其他两个领域,考查力度相对较小。

总的来说,2020~2023 年新高考 I 卷多选题命题严格依据高中课程标准和高考评价体系,聚焦学科主干内容,体现基础性、综合性、应用性、创新性的考查要求,突出理想思维,合理控制试题难度,科学引导中学教学,促进了教考衔接,较好地发挥了高考数学学科的选拔功能。

4.2. 启示

(1) 强基础

高考多选题对基础知识的考查既全面又突出重点, 教师教学要加强基础知识和基本概念的讲解, 重视对教材的复习, 定期对教材的各个单元的知识点进行点、线、面的梳理和整理, 从而让知识在学生的认知结构中形成相互联系的知识网络, 这样学生通过再学习的方式加深对知识的理解[4]。

(2) 重情境

数学课程应将学生所学知识渗透到与学生生活相近的情境之中, 以问题情境为导向、以问题情境的解决为需求、以激发学生发现、分析、解决问题为核心, 通过将生活情境融入课堂教学当中, 可以激发学生的学习兴趣 and 信心。在教学中, 问题情境的选择要充分考虑学生个性发展的要求, 无论问题情境简单或复杂, 都要注意体现教材与新课标的要求。

(3) 深探究

课堂教学并不是直接将学习内容传授给学生, 而是要引导学生大胆猜想, 并进行实践探究, 证明猜想, 培养学生的科学探究能力。这样能将知识的抽象性与思维的形象性巧妙融合, 促进学生通过探究活动触及数学的本质, 从而有效提升学生的数学思维能力和科学探究能力。

(4) 精训练

做题之前, 学生们需要建立知识体系, 熟悉知识点和知识点之间的练习, 思考每个知识点的重要解题方法, 达到“出现某类题型就知道应用怎样的方法”的熟练程度。同时教师可以根据学生的能力进行分层练习, 针对学生薄弱题型加以针对性练习, 总结重要的题型方法, 加以巩固, 掌握“知识——考点——方法”之间的联系[5]。

参考文献

- [1] 王志民. 新高考, 新题型, 新特色——2020 年高考数学山东卷评析[J]. 中学数学, 2020(23): 18-19.
- [2] 姚运国, 化存才. 新高考中多选题的命制及其重点考查内容分析[J]. 中学数学教学, 2021(4): 6-10.
- [3] 于涛. 基于 SOLO 分类理论的高考数学试题评价研究——以 2020-2021 年全国新高考数学 I 卷为例[J]. 中学数学月刊, 2022(4): 49-53.
- [4] 姜苗苗. 新高考背景下数学多选题 SOLO 思维层次研究[J]. 理科考试研究, 2023, 30(1): 5-8.
- [5] 于涛. 基于 SOLO 分类理论的高考数学多选题评价研究[J]. 数学教学通讯, 2022(6): 6-8.