

# 高中数学建模课堂对话的结构特征与类型差异

## ——基于两节优质课例的IRF编码分析

章 晋, 孙幸荣, 周 霏

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3日; 录用日期: 2026年6月4日; 发布日期: 2026年6月11日

### 摘 要

数学建模课堂是培养学生核心素养的重要载体, 但现有研究对建模课堂中师生对话的结构特征与动态规律缺乏系统分析。本研究基于IRF理论, 采用录像分析法, 对两节高中数学建模优质课例(一节统计建模、一节几何建模)的师生对话进行编码分析, 从发起、回应、反馈及对话结构四个维度, 比较两类数学建模课堂的师生对话特征。研究发现课堂提问以高阶思维为主, 学生回应多含建模要素, 教师反馈重在深化与整合; 对话结构呈现从“教师主导”向“师生共探”的动态过渡, 且统计建模课堂侧重问题抽象阶段, 几何建模课堂则聚焦验证优化阶段, 差异与两类建模任务的认识论特征相吻合。上述结果表明, 高质量的建模课堂对话需依据建模类型与教学进程调整提问策略、反馈方式及互动结构, 教师不应机械套用统一对话模式, 而应有意识地在不同阶段投入差异化的对话资源。研究结论为优化高中数学建模教学中的师生互动提供了实证依据与实践启示。

### 关键词

高中数学建模课堂, IRF理论, 对话研究, 录像分析法

# Structural Characteristics and Type Differences of Classroom Dialogues in High School Mathematics Modeling Classroom

## —An IRF Coding Analysis Based on Two High-Quality Lesson Examples

Jin Zhang, Xingrong Sun, Fei Zhou

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

Received: May 3, 2026; accepted: June 4, 2026; published: June 11, 2026

## Abstract

Mathematical modeling classrooms serve as crucial platforms for cultivating students' core competencies, yet existing research lacks a systematic analysis of structural characteristics and dynamic patterns in teacher-student interactions during modeling instruction. Grounded in IRF theory and employing video analysis methodology, this study conducted coding analysis of dialogues from two exemplary high school mathematics modeling lessons (one on statistical modeling and one on geometric modeling). Through four dimensions—initiation, response, feedback, and dialogue structure—we compared interaction patterns between the two instructional approaches. Findings reveal that classroom questioning predominantly employs higher-order thinking strategies, student responses frequently incorporate modeling elements, and teacher feedback emphasizes conceptual deepening and integration. Dialogue structures demonstrate a dynamic transition from “teacher-dominated” to “co-constructed exploration,” with statistical modeling classes focusing on problem abstraction phases while geometric modeling classes concentrate on validation and optimization stages—differences consistent with the epistemological characteristics of respective modeling tasks. These results indicate that high-quality modeling classroom dialogues require adaptive adjustments to questioning strategies, feedback mechanisms, and interaction frameworks based on modeling types and instructional progression. Teachers should avoid rigid application of standardized dialogue templates and instead strategically deploy differentiated interaction resources at distinct instructional phases. The findings provide empirical evidence and practical insights for optimizing teacher-student interactions in high school mathematics modeling instruction.

## Keywords

High School Mathematics Modeling Classroom, IRF Theory, Dialogue Research, Video Analysis Method

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. 研究背景

当前我国基础教育以“核心素养培育”为核心深化改革，数学建模既是连接数学与现实的关键载体，也是核心素养的重要组成，其教学实践与国家基础教育改革的要求高度契合。2017年版2020年修订的《普通高中数学课程标准》(以下简称《课标》)将“数学建模”列为六大核心素养之一[1]。2025年1月教育规划文件强调“增加实践教学比重”[2]，鼓励学生用数学建模解决真实问题。同年5月《教育部办公厅关于开展基础教育规范管理提升年行动的通知》倡导将建模纳入综合素质评价，推动数学教育从“解题”向“解决问题”转型[3]。学生核心素养的养成需要有效的课堂对话[4]，数学建模课堂是数学学科落实素养育人的重要载体与关键场域，但实践中仍存在落差，部分课堂停留在教师示范、学生模仿的模式，学生主体性未充分体现，且作为建模思维核心载体的课堂对话，常出现形式化互动、思维断层、引导失焦等问题，阻碍核心素养落地。现有研究虽认可对话的重要性，但缺乏“课程-对话-素养”的系统分析及高中建模课堂对话的实证策略。因此，本研究通过分析高中数学建模课堂对话的特征，为优化课堂、推动教学从“教师示范”向“学生主导”转型提供支撑，确保核心素养培养目标落地。

## 2. 研究目的

本研究通过录像分析法对两节优质高中数学建模课堂对话进行编码，并将师生互动中的对话结构要素与数学建模课堂的特殊性相匹配，旨在总结出高中数学建模课堂中师生对话的结构特征，比较不同建模类型的课堂对话存在的差异，探索教师如何在建模课堂中通过发起、反馈与结构调控来支持学生的建模思维发展，从而为优化数学建模教学中的师生互动提供实证依据与实践启示。

## 3. 研究过程

### 3.1. 选择研究对象

本研究以第十一届全国高中数学青年教师课例展示活动中的 2 节建模课堂为例，分别是《学生身高体重的数据分析》(课例 1)和《测量学校内、外建筑物的高度》(课例 2)，通过对两节不同类型的建模课堂进行分析与比较，增强研究结果的可信性。

### 3.2. 研究思路和方法

首先，通过文献分析法，整理 IRF 框架和目前数学建模课堂的现状特点，确定编码框架；其次，采用录像分析法，对两节建模课堂的录制视频进行转码处理；然后，根据编码框架，对转码成文本的课堂实录进行编码；最后，统计整理相关数据，利用 Excel、SPSS 等软件对数据进行处理，作图、分析得出研究结果。

### 3.3. 确定编码框架

课堂对话研究存在多种多样的编码框架，根据学者出发点和目的的不同，所制定的编码框架的价值和侧重点也有所区别，因此采用的编码框架要能够全面地体现出数学建模课堂对话的质量和特点。一方面，数学建模具有明确的环节，因此制定的编码框架需要考虑各个建模环节和建模要素；另一方面，课堂对话存在着稳定的结构，早在 1975 年，辛克莱和库尔萨德就确定了由教师发起(Initiation)、学生回应(Response)、教师反馈(Feedback)构成的 IRF 课堂话语结构[5]，但是随着教学课堂模式的发展与主体的变迁，在以学生为中心的建模教学课堂中，不再仅仅是教师发起提问和教师作出反馈。因此制定的编码框架需要基于 IRF 理论，能够反映出现代数学建模课堂对话结构的特点。基于以上分析，本研究制定了如下编码总体框架(表 1)，包含 4 个一级维度和 8 个二级维度。

Table 1. Overall framework for coding

表 1. 编码总体框架

一级维度	二级维度	三级维度	解释说明	编码
发起(I)	建模阶段(J)	问题抽象(J1)	聚焦现实问题拆解	IJ1
		模型构建(J2)	引导数学工具选择	IJ2
		验证优化(J3)	指向模型漏洞排查	IJ3
		成果反思(J4)	推动模型应用拓展	IJ4
	思维层次(C)	低阶(C1)	激活已有知识	IC1
		高阶(C2)	推动批判性思维	IC2

续表

建模要素含量(Y)	不含建模要素(Y1)	建模要素包括变量、假设、模型局限等	RY1	
	含建模要素(Y2)		RY2	
回应(R)	复述型(S1)	重复已知方法或回复“是”“不是”	RS1	
	思维深度(S)	应用型(S2)	关联建模目标	RS2
		创新型(S3)	自主发现规律	RS3
反馈(F)	功能类型(G)	无效型(G1)	无意义评价或教师直接给出关键思路或答案, 替代学生思考	FG1
		深化型(G2)	引导学生拓展思维	FG2
		修正型(G3)	引导学生自主纠错	FG3
		整合型(G4)	串联或总结学生观点	FG4
	技术适配(P)	无技术引导(P1)		FP1
		工具操作引导(P2)	引导学生掌握建模中需用到的软件	FP2
		数据处理引导(P3)	教师引导学生完成原始数据的清洗、筛选、转化、补充	FP3
模型可视化引导(P4)		引导学生选择适配的图表或可视化工具	FP4	
互动轮次(L)	非三元结构(L1)	仅引发/零反馈/零回应	DL1	
	单一三元结构(L2)	发起 - 回应 - 反馈	DL2	
	多步三元结构(L3)	多回应/多反馈/嵌套	DL3	
对话结构(D)	师 - 生(Z1)	只有教师和一名学生的互动(全班同学集体回答看作一名学生回答)	DZ1	
	互动主体(Z)	生 - 生(Z2)	若该环节主要是学生之间的问答, 则算作生生互动	DZ2
		师 - 生 - 生(Z3)	教师和多名学生的互动	DZ3

### 3.3.1. 发起维度(I)

《课标》指出“数学建模过程主要包括：在实际情境中从数学的视角发现问题、提出问题、分析问题、建立模型，确定参数、计算求解，检验结果、改进模型，最终解决实际问题”[1]，结合数学建模过程的特点，本研究将发起维度中的建模阶段分为问题抽象、模型构建、验证优化、成果反思四个阶段，在编码时根据该问题所处的完整对话环节来进行。同时，将师生的提问按照思维层次分为低阶和高阶，低阶表示该问题主要激活或巩固已有的知识，高阶表示该问题在激活已有知识的基础上，能引发学生进行批判性思维。具体  $2 \times 2$  编码表如表 2。

### 3.3.2. 回应维度(R)

《课标》中要求学生通过高中数学课程的学习，能“有意识地用数学语言表达现实世界，发现和提出问题，感悟数学与现实之间的关联”，并能用数学模型解决问题，增强创新意识和科学精神[1]。为了

更直观地体现学生是否达到《课标》的要求，本研究将学生回应维度细分为建模要素含量和思维深度两个子维度。其中，是否含有建模要素的一个判断标准是该问题是否只会出现在数学建模课堂中，具备数学建模课堂的独特性。思维深度为复述型表示学生重复了已知方法或回复“是”“不是”等判断性词语；思维深度为应用型表示学生能自主关联建模目标，找到解决方法；思维深度为创新型表示学生在寻求解决方法的过程中发现规律。具体  $2 \times 2$  编码表如表 3。

**Table 2.** Initiate the  $2 \times 2$  encoding table dimension

**表 2.** 发起维度  $2 \times 2$  编码表

思维层次(C) 建模阶段(J)	问题抽象(J1)	模型构建(J2)	验证优化(J3)	成果反思(J4)
低阶(C1)				
高阶(C2)				

**Table 3.** Response dimension  $2 \times 2$  coding table

**表 3.** 回应维度  $2 \times 2$  编码表

思维深度(S) 建模要素含量(Y)	不含建模要素(Y1)	含建模要素(Y2)
复述型(S1)		
应用型(S2)		
创新型(S3)		

### 3.3.3. 反馈维度(F)

反馈是教师对学生或学生对学生的回应进行评价和进一步引导的过程。在数学建模课堂中，通过回应，让学生掌握一些数学建模的方法和工具，并进入高层次的思考。因此，本研究将反馈维度细分为功能类型和技术适配两个子维度。

无效型反馈表示反馈内容多为无意义评价或直接给出关键思路或答案，替代学生思考，例如：“好的”“不错”或者重复学生的回应；深化型反馈表示反馈内容能引起学生的深入思考，拓展学生的思维；修正型反馈表示反馈内容能引导学生在原有的方案上纠错，帮助学生完善解决方案；整合型反馈表示反馈内容旨在串联或总结学生观点，发生在与多位学生互动的对话中。在技术适配子维度，结合数学建模过程的特点，分为无技术引导、工具操作引导、数据处理引导、模型可视化引导。具体  $2 \times 2$  编码表如表 4。

**Table 4.** Teacher follow-up dimension  $2 \times 2$  coding table

**表 4.** 教师跟进维度  $2 \times 2$  编码表

技术适配(P) 功能类型(G)	无效型(G1)	深化型(G2)	修正型(G3)	整合型(G4)
无技术引导(P1)				
工具操作引导(P2)				
数据处理引导(P3)				
模型可视化引导(P4)				

### 3.3.4. 对话结构维度

在辛克莱和库尔萨德提出 IRF 课堂话语结构之后,梅汉在此基础上,结合课堂教学的评价特征,将其明确为 IRE 结构,二者本质一致,均指课堂互动的三元会话结构,即“教师启动-学生回应-教师评价”,又称为“标准 IRF 结构”[6];卡兹顿在此基础上进一步完善,将 IRF 模式按照不同的话步组成分为三类,即:小于三话步会话结构(IR、IF 结构)、标准的三话步会话结构(IRF 结构)和大于三话步会话结构(I<sub>1</sub>R<sub>1</sub>(L<sub>2</sub>R)F 等结构)。此外,高中数学建模的“问题复杂性、过程迭代性、成果开放性”,决定了单一互动模式难以支撑深度思考,除了传统的师-生互动,课堂上生-生互动也愈发明显。因此,本研究基于 IRF 话语分析理论和数学建模的特点,将数学建模课堂的对话结构维度分为互动轮次和互动主体两个子维度。其中,判断是否一个互动轮次结束的依据为这一教学环节的这一教学子目标是否达成。具体 2×2 编码表如表 5。

Table 5. Dialogue structure dimension 2×2 encoding table

表 5. 对话结构维度 2×2 编码表

互动主体(Z) 互动轮次(L)	非三元结构(L1)	单一三元结构(L2)	多步三元结构(L3)
师-生(Z1)			
生-生(Z2)			
师-生-生(Z3)			

### 3.4. 课例编码

利用构建的编码框架对选取的两个优质数学建模课堂进行编码,编码过程由四位数学教育研究者独立完成,经过商谈确定最终的编码。课例 1 和课例 2 一个互动轮次的编码范例如表 6 和表 7。

Table 6. Case example 1: Coding for an interactive round

表 6. 课例 1 某个互动轮次编码

发言人	发言内容	对话环节编码	对话结构编码
教师	可是由于保管不慎导致高二年级原始样本量丢失,我们还可以求出总样本的均值和方差吗?	IJ1/IC2	
全体学生	可以,行。	RY1/RS1	
教师	哪位同学谈一谈?	IJ1/IC1	
学生 1	我认为是不可以的。因为它这个式子中有样本量,如果丢失了高二年级的样本量的话,这个式子就不完整了,就无法求出来了。	RY1/RS1	
教师	好,请坐。	FG1/FP1	DL3/DZ3
教师	王同学认为不能,有不同意见的吗?	IJ1/IC2	
学生 2	我认为可以。因为我觉得我们可以观察这个公式的结构特点,	RY1/RS1	
教师	什么结构特征?	IJ1/IC2	
学生 2	我们把上面这个式子系数分别乘到这里面……只要知道权重就可以求出学校学生总样本的方差。	RY1/RS3	

续表

教师	张同学说得对不对?	IJ1/IC1
全体学生	对	Ry1/RS1
教师	非常好。我们只需要知道各层的权重,就可以求出总样本的均值和方差。	FG4/FP3

**Table 7.** Case example 2: Coding for an interactive round**表 7.** 课例 2 某个互动轮次编码

发言人	发言内容	对话环节编码	对话结构编码
教师	好,我们下面请难度更大一些的测校外建筑物的同学上来汇报。	IJ1/IC1	
学生 1	下面我来为大家介绍一下,我们测的这个建筑物也就是 5G 信号塔……	Ry2/RS2	
学生 1	下面的同学还有什么问题吗?	IJ3/IC1	
学生 2	我有一个问题,我看到你们组在后期测量角度的时候用的是手机里面的指南针功能……你们能用手机的指南针测量角度的好处是什么呢?	IJ3/IC2	
学生 1	我们用手机指南针测的话,它其实是这两个角……	Ry2/RS3	DL3/DZ2
学生 1	然后还有吗?	IJ3/IC1	
学生 3	我看到你们的望远镜是只在这个垃圾桶上的,我想请问一下你们是如何消去垃圾桶这个高度的?	IJ3/IC2	
学生 13	其实我们是不必要去消去垃圾桶的高度的……	Ry2/RS3	
教师	相当于整个地面抬升到垃圾桶那个平面。	FG4/FP1	

## 4. 研究结果与结论

为了直观且清晰地比较两个课例在各个维度的情况,将四个一级维度统计的数据整理成对应的二维表格,进而得到相应的频数矩阵和比例矩阵。依据比例矩阵,绘制出“蝴蝶图”。

### 4.1. 发起维度分析

如图 1 所示,课例 1 在问题抽象(IJ1)阶段的提问数量最多,达到了 0.65 这一较高数值,其中低阶(IC1)问题占比为 0.42。而课例 2 在验证优化(IJ3)阶段提问最为频繁,达到了 0.68 的高值,其中高阶(IC2)问题占比为 0.54。与课例 2 相比,课例 1 的高阶(IC2)问题分布较为分散,各个环节均有涉及;低阶(IC1)问题则较为集中,都集中在问题抽象(IJ1)阶段。两个课例在高阶(IC2)问题方面均有出色表现。

课例 1 在问题抽象(IJ1)阶段凭借较多的提问数量,表明学生在该阶段有较强的问题探索意识,尽管低阶(IC1)问题占比相对较高,但也说明了学生在初步接触问题时,需要从基础层面进行思考和提问。而课例 2 在验证优化(IJ3)阶段的高频提问以及高阶(IC2)问题的高占比,反映出学生在这一阶段对知识的深入探究和应用能力较强。

进一步对比发现,课例 1 高阶(IC2)问题分布的分散性可能意味着学生在整个学习过程中都能保持一定的深入思考能力,各个环节都有刺激学生提出高阶(IC2)问题的因素。反观课例 2,高阶(IC2)问题集中在验证优化(IJ3)阶段,可能意味着该课例在这一阶段的教学内容和引导方式更能激发学生进行高层次的思考。

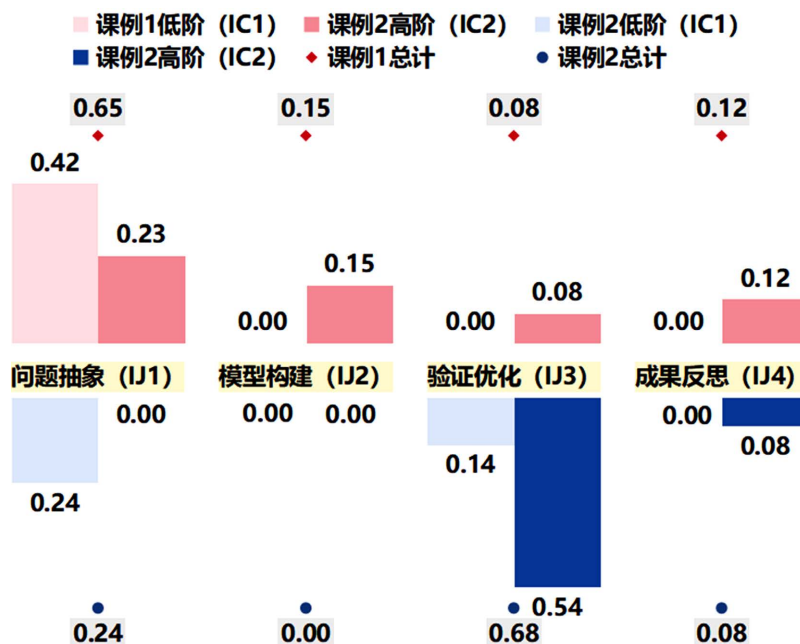


Figure 1. Initiate dimension comparison  
图 1. 发起维度比较

#### 4.2. 回应维度分析

如图 2 所示, 课例 1 和课例 2 在含建模要素(RY2)方面均占据较高比例。其中, 课例 1 的创新型(RS3)回应较多, 占比为 0.46; 课例 2 的应用型(RS2)回应较多, 占比为 0.45。

课例 1 创新型(RS3)回应较多, 说明学生在课堂上展现出较强的创新思维和探索精神, 能够在寻求解决方法的过程中发现规律, 这与课例 1 在问题抽象(IJ1)阶段提问数量较多、学生问题探索意识较强相呼应。课例 2 应用型(RS2)回应较多, 反映出学生能够较好地自主关联建模目标, 找到解决问题的方法, 这表明课例 2 的教学过程可能更注重引导学生将所学知识应用到实际问题中, 培养学生解决实际问题的能力。课例 2 在验证优化(IJ3)阶段高频提问以及高阶问题高占比的情况下, 学生能够更好地将知识进行应用, 体现了该课例在这一阶段教学的有效性。

#### 4.3. 反馈维度分析

如图 3 所示, 在功能类型方面, 课例 1 和课例 2 均以深化型(FG2)和整合型(FG4)反馈为主, 无效型(FG1)反馈和修正型(FG3)反馈占比较少。其中, 课例 2 在深化型(FG2)中无技术引导(FP1)占比 0.33, 课例 1 占比 0.22。在整合型(FG4)中, 课例 1 除工具操作引导(FP2)维度外, 其余三大维度占比均为 0.17, 课例 2 无技术引导(FP1)下的整合型(FG4)反馈占比 0.21, 数据处理引导(FP3)下的整合型(FG4)反馈占比 0.13, 这些功能远高于其他功能类型, 这表明教师在课堂上注重通过反馈引导学生深入思考, 串联和总结学生观点, 以促进学生对知识的理解与掌握, 并且较少采用无意义评价或直接给出答案, 而是更倾向于通过有效的反馈促进学生的学习, 同时教师也会适时引导学生在原有的方案上纠错, 帮助学生完善解决方案。

在技术适配方面, 课例 1 和课例 2 在无技术引导(FP1)表现较为突出, 通过进一步发现, 两堂课均在课后完成了部分技术指导, 以视频或者学生解说的形式在课堂上呈现, 并未纳入编码范畴。这也体现了教学的灵活性和多样性, 这种方式既不会在课堂上过多占用时间, 又能让学生在课后有足够的时间去学习和理解相关技术。

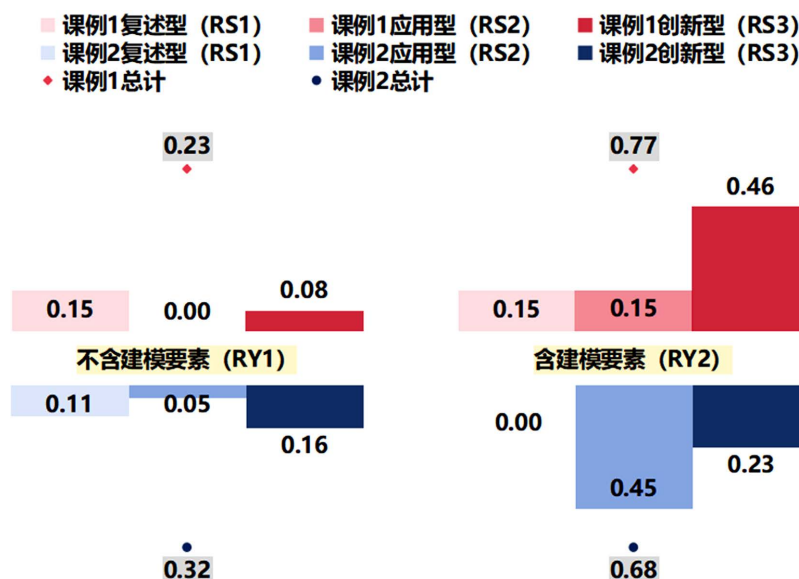


Figure 2. Response dimension comparison

图 2. 回应维度比较

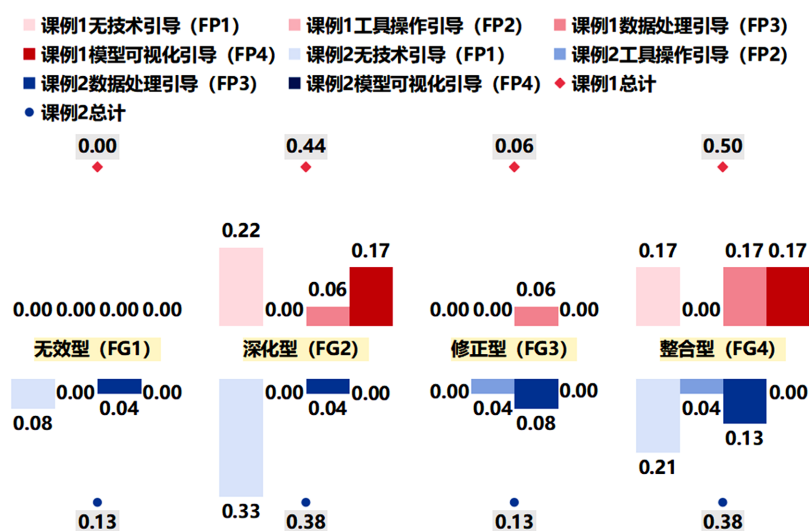


Figure 3. Feedback dimension comparison

图 3. 反馈维度比较

#### 4.4. 对话结构维度分析

如图 4 所示, 整体来看, 课例 1 和课例 2 的课堂互动轮次以三元结构为主, 其中多步三元结构(DL3)的占比更高。从具体数据来看, 在单一三元结构(DL2)中, 课例 1 师-生(DZ1)和课例 2 师-生(DZ1)的占比是最高的, 分别为 0.43 和 0.3, 说明教师仍承担课堂主导、问题引领、评价反馈的核心角色, 教学节奏与方向由教师把控; 其次是在多步三元结构(DL3)中, 课例 1 师-生-生(DZ3)以占比 0.36 位居第二, 课例 2 师-生-生(DZ3)以占比 0.25 位居第四, 这说明数学建模课堂重视学生之间的合作探究与表达交流。

在互动主体方面, 两堂课均涉及三种形式。课例 1 以师-生(DZ1)和师-生-生(DZ3)为主, 课堂上学生之间的互动较少, 不过进一步分析课堂录像后发现, 学生之间的互动过程在课下完成, 并以视频的形式呈现在课堂上; 课例 2 中三种互动形式的分布较为均衡, 学生在课堂上实现了良好的互动交流。

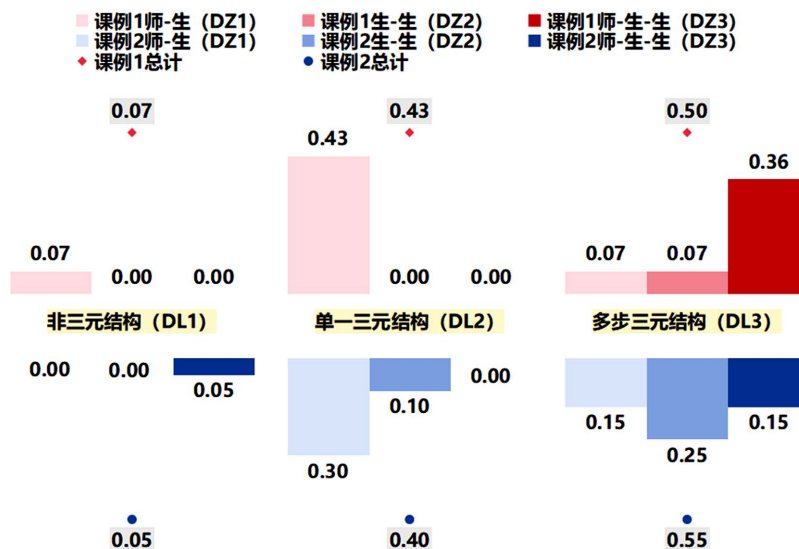


Figure 4. Comparison of dialogic structure dimensions

图 4. 对话结构维度比较

## 4.5. 研究结论

分析两节优质的高中数学建模课的编码数据和课堂录像得到如下结论。

### 4.5.1. 课堂提问多为高阶思维层次，旨在推动学生进行批判性思维

两节课中，教师发起的提问均以高阶问题为主，且课例 1 的高阶问题较为均匀地分布在问题抽象(IJ1)、模型构建(IJ2)、验证优化(IJ3)和成果反思(IJ4)各阶段；课例 2 的高阶问题高度集中于验证优化阶段(IJ3)。这表明，无论是统计建模还是几何建模，教师都倾向于通过高阶提问，例如“为什么”“如何改进”“是否合理”等，来激发学生超越简单记忆与复述，进入分析、评价与创造的思维层次。同时，两节课的高阶问题分布差异也反映了不同类型的建模任务对思维焦点的不同要求，统计建模需要学生在问题抽象阶段进行较多的高层次思考，例如如何从现实情境中提取变量、如何选择抽样方法等，而几何建模则需要学生在验证优化阶段进行高阶思维，例如如何判断测量方法的误差、如何改进模型等。

### 4.5.2. 课堂回应大部分含有建模要素，多为应用型和创新型回答

两节课中，学生回应含有建模要素(RY2)的比例均超过 70%。其中，课例 1 的创新型回应(RS3)占比达 46%，课例 2 的应用型回应(RS2)占比为 45%。这说明，在建模课堂中，学生不仅能够运用建模语言进行表达，还能在回应中展现较高水平的思维品质，能自主发现规律或主动关联建模目标找到解决方法。课例 1 创新型回应比例更高，与其在问题抽象阶段的大量高阶提问相呼应，学生在反复追问中逐渐突破常规思路，提出如“用权重表示方差”“将公式从两层推广到  $k$  层”等创造性想法。课例 2 应用型回应比例更高，这与几何建模任务的特点有关，学生面对具体的测量问题，需要灵活选择并应用解三角形、相似三角形等数学模型，其回应更多地表现为“将方法迁移到新情境”的应用能力。

### 4.5.3. 课堂反馈重在深化与整合，无效反馈极少

两节课中，深化型反馈(FG2)与整合型反馈(FG4)合计占比均超过 70%，无效型反馈(FG1)占比均低于 10%。课例 1 的整合型反馈中有 17% 涉及数据处理引导(FP3)，课例 2 的深化型反馈中有 33% 为无技术引导(FP1)下的纯粹思路拓展。这表明，教师并非简单评价学生回答的对错，而是通过追问、总结、串联不同学生观点等方式，将对话推向更深层次的思考。特别是在学生产生创新想法或出现认知冲突时，教师

能够及时整合多方观点,如课例1中对“总体方差公式”多种推导思路的汇总,或通过“如果……会怎样”的追问引导学生自主纠错(修正型反馈FG3)。这种反馈模式有效支撑了建模思维的持续深入。

#### 4.5.4. 课堂呈现出从“教师主导”到“师生共探”的过渡特征,对话节奏随学生思维反馈动态调整

从课堂录像观察,两节课均未遵循固定的IRF流程,而是根据建模阶段和学生的即时反应灵活调整对话结构。课例1(统计建模)中,前半段以教师发起提问、学生小组汇报为主(DL2占比43%);中段教师引导学生独立推导总体方差公式,出现多次“教师提问→多名学生尝试→教师整合”的多步三元结构(DL3占比36%);后段学生在讨论“身高与体重是否函数关系”“一元线性回归是否最合适”时,主动发起质疑与反驳,对话主导权逐渐向学生转移。课例2(几何建模)中,学生在行政楼、教学楼、信号塔等环节的汇报与互评过程中,多次出现“学生展示→其他学生提问→学生回应→教师补充”的序列(如表7所示),生生互动(DZ2、DZ3)在部分段落占比超过30%。教师仅在学生陷入争议或表达不清时介入,进行澄清、整合或工具使用的指导。这种动态调整表明,建模课堂的对话节奏并非由教师预设,而是随着学生建模思维的生成、困惑与突破而自然演化。

#### 4.5.5. 统计相关的建模课堂侧重问题抽象,几何相关的建模课堂侧重验证优化

统计相关的建模课堂(课例1)在问题抽象阶段(IJ1)提问最多(占比65%),且该阶段低阶问题也相对集中(42%);而几何相关的建模课堂(课例2)在验证优化阶段(IJ3)提问最为频繁(占比68%),且多为高阶问题(54%)。这一差异与两类建模任务的认识论特征相吻合:数据分析类建模首先需要从复杂的现实情境中抽象出变量、确定测量指标、理解数据分布规律,因此问题抽象阶段的充分对话至关重要;而几何测量类建模中,模型本身相对明确(如解三角形、相似形),难点在于实际测量中的误差控制、工具使用和模型修正,因此验证优化阶段成为对话的核心。这一发现提示教师不应机械套用统一的对话模式,而应根据建模任务类型,有意识地在不同阶段投入差异化的对话资源。

### 4.6. 对IRF理论的启示

本研究发现,数学建模课堂的“迭代性”与“开放性”对传统IRF对话结构提出了挑战,也丰富了其理论内涵。传统IRF结构假设课堂对话呈线性、封闭的三话步序列,即教师发起-学生回应-教师反馈,且反馈通常作为终结性评价。然而,在两节建模课例中,对话经常突破这一模式:首先,建模问题的开放性使得学生能够自主发起提问(如表7中学生2对学生1的质疑),此时“发起”不再专属于教师,生生互动中出现了学生向学生发起、对方回应、再由第三方或教师补充反馈的“非对称”IRF序列;其次,建模的迭代性要求对话呈现螺旋式上升特征,一个完整的建模环节往往包含多个嵌套的IRF结构,例如“教师发起-多名学生依次回应-教师整合反馈-学生基于反馈再次发起新问题”,形成多步三元结构(DL3)。这些现象表明,建模课堂中的IRF不应被视为一个封闭单元,而是一个动态生成的、可递归的对话网络。基于此,我们提出一个修正的IRF-M模型,其中“M”代表建模迭代(Modeling iteration)。该模型强调:①对话结构应随建模阶段(问题抽象、模型构建、验证优化、成果反思)灵活切换,不同阶段适合不同的IRF变式;②教师反馈应扮演“对话推进器”而非“对话终点”的角色,即反馈应能激发学生新一轮的发起;③生生互动中产生的IRF序列可以独立于教师存在,教师仅在必要时介入。这一修正模型为理解数学建模课堂的话语互动提供了更贴合实际的分析框架,也为未来研究探讨其他开放性课堂中的对话结构提供了参考。

## 5. 教学启示

基于上述研究发现,为优化高中数学建模课堂的师生对话、促进核心素养落地,提出以下教学启示。

### 5.1. 根据建模任务类型，动态调整对话重心

研究发现，统计建模课堂需在问题抽象阶段投入较多对话资源，引导学生从现实情境中提取数学要素；几何建模课堂则应在验证优化阶段加强对话，帮助学生反思测量误差、改进模型。教师应在备课中明确本课建模任务的认识论特征，预设各阶段的对话重点，避免平均用力或“走流程”。

### 5.2. 提升提问的高阶性，但兼顾低阶问题的支架作用

两节课均显示出高阶提问对推动学生批判性思维的关键作用。但同时，课例 1 在问题抽象阶段保留了一定比例的低阶问题，如“我们收集了哪些数据”“什么是 BMI”，这些基础性问题为后续高阶思考搭建了认知台阶。建议教师在建模起始阶段或学生遇到困难时，适当使用低阶问题激活已有知识，再逐步过渡到“为什么”“如何改进”等高阶追问。

### 5.3. 强化反馈的深化与整合功能，减少无效评价

研究发现，高质量的反馈(深化型、整合型)能够有效串联学生观点、拓展思维边界。教师应避免简单使用“很好”“不对”等终结性评价，而应多采用“你的意思是……(复述)”“谁能在此基础上补充？”“如果改变这个假设，结果会怎样？”等策略，将反馈转化为新一轮对话的起点。对于学生展示中的创新想法，应及时整合进全班的知识结构。

### 5.4. 鼓励生生互动，但需教师适时介入

课例 2 中生生互动(学生提问、质疑、补充)在验证优化阶段发挥了重要作用。建议教师在建模课堂中设计需要学生互评、质疑、协作改进的环节(如小组互评、方案答辩)，并训练学生使用“我同意……，但是……”“你如何解释……”等对话话术。同时，教师应把握介入时机，当学生争论陷入僵局或出现概念错误时，应以提问而非告知的方式引导；当学生已能自主推进对话时，则应退居幕后，将对话空间留给学生。

### 5.5. 关注建模全过程，而非仅结果展示

两节课中，部分技术指导(如 R 软件、测角仪使用)以视频形式在课下完成，课内对话集中在模型理解、质疑与优化上，这种做法值得借鉴。教师应避免将建模课堂简化为“学生汇报结果、教师点评”的单向流程，而应将对话嵌入建模的每个环节——从问题抽象时的变量讨论，到模型构建时的策略比较，再到验证优化时的误差分析——让对话真正成为建模思维生长的载体。

## 基金项目

湖北省教学改革研究项目(2025744)；湖北省教育科学规划课题(2025GB327)；湖北省黄冈市教育科学规划课题(2024JB50)；黄冈师范学院研究生工作站课题(5032024025)。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017 年版 2020 年修订) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 中共中央国务院. 教育强国建设规划纲要(2024—2035 年) [EB/OL]. 2025-01-19. [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xgk/moe\\_1777/moe\\_1778/202501/t20250119\\_1176193.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xgk/moe_1777/moe_1778/202501/t20250119_1176193.html), 2026-03-10.
- [3] 中华人民共和国教育部. 教育部办公厅关于开展基础教育规范管理提升年行动的通知[EB/OL]. 2025-05-23. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s7053/202505/t20250527\\_1192052.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s7053/202505/t20250527_1192052.html), 2026-03-10.
- [4] 张光陆. 有效的课堂对话与学生核心素养的养成[J]. 课程.教材.教法, 2017, 37(3): 52-57.

- [5] Sinclair, J.M.H. and Coulthard, M. (1975) *Towards an Analysis of Discourse: The English Used by Teachers and Pupils*. Oxford University Press.
- [6] Mehan, H. (1980) The Competent Student. *Council on Anthropology & Education Quarterly*, **11**, 131-152.