

拔尖创新人才早期发现与培养的跨学段衔接机制：以数理学 科为例

魏东海^{1*}

(1. 赣南医科大学, 中国 赣州)

摘要：本研究聚焦数理学科拔尖创新人才早期发现与培养的跨学段衔接机制，基于对小学高段至大学低年级共四类教育主体（学校、教师、学生、家庭）的深度访谈与多轮焦点小组数据，构建了‘识别---适配---跃迁’三阶动态衔接模型。通过质性编码与主题分析，识别出当前衔接断裂的核心症结在于评价逻辑割裂、课程目标错位与支持系统缺位。研究进一步提出‘能力锚点贯通’策略，即以数学建模素养与物理因果推理能力为双核心锚定指标，在小初、初高、高本三个关键接口设计可迁移的学习任务链与协同观测工具。实证表明，试点校实施该机制后，学生跨学段认知迁移稳定性提升显著，教师协同教研频次增加近两倍。

关键词：拔尖创新人才；跨学段衔接；数理学科；早期发现；培养机制

1. 引言

1.1 问题缘起：数理拔尖人才成长链条的结构性断点

数理拔尖人才的成长链条并非自然连续的线性过程，而是在基础教育与高等教育交界处存在多重结构性断点 [1]。这些断点集中体现为识别标准的范式迁移-----中小学侧重解题熟练度与竞赛成绩，高校则强调抽象建模能力与原创性思维；培养节奏的非同步性-----中学阶段知识密度呈阶梯式跃升，大学初期却面临课程广度扩张与深度缓冲的双重张力；以及能力期待的错位-----对逻辑严谨性的要求从程序性验证转向公理化建构，对问题意识的培育从解题导向转向命题生成。这种非连续性导致约三成具备高阶数理潜质的学生在升学过渡期出现认知负荷超载、动机衰减或发展路径模糊 [2]。

1.2 现实困境：三重脱节现象的典型表现

教学实践层面暴露出三重结构性脱节：其一，课程内容呈现显著断层，小学阶段重直观感知而弱逻辑建模，初中代数与几何尚未形成统一认知框架，高中数理课程陡然跃升至抽象符号系统，缺乏渐进式概念锚定；其二，评价方式存在根本性冲突，过程性素养观测与终结性纸笔测验权重失衡，跨学段能力标尺不一致导致发展性判断失效；其三，师资协作处于制度性真空，学段间教研共同体缺位，教师对相邻学段核心目标、典型认知障碍及衔接支点普遍缺乏系统认知。三者并非孤立症候，实为拔尖创新人才早期识别与培养的跨学段衔接机制系统性缺位之表征 [3]。

1.3 研究定位：从经验响应走向机制建构

本研究超越个案经验的局部优化，致力于构建具有理论整合性与实践嵌入性的跨学段衔接机制框架。该框架以数理学科为锚点，系统整合认知发展连续性、课程知识拓扑结构、评价反馈闭环及教师专业协同等多维要素，强调机制设计的普适解释力与操作弹性。其核心在于将分散的学段实践升华为可迁移、可验证、可调适的结构性逻辑，避免路径依赖与制度碎片化，从而支撑拔尖创新人才早期识别与持续培育的科学化、系统化进程 [4]。

2. 文献综述

2.1 人才早期识别的范式演进：从静态筛选到动态追踪

人才早期识别范式已发生根本性转向，其核心从静态能力断面测量跃迁至动态潜能轨迹刻画 [5]。如图 1 所示，识别路径历经五阶段演进：由 1980 年代标准化纸笔测试主导的单维筛选，逐步拓展为 2020 年代融合 AI 的多模态行为轨迹建模。这一进程凸显两大结构性转变：一是证据采集由离散测验转向过程性、情境嵌入式观察；二是判断逻辑由阈值判定转向发展性、跨学段连续性解释。成长档案袋与项目式表现分析的制度化，标志着识别机制正从“发现存量”转向“培育增量”。 $p < 0.001$ 的实证支持表明，动态追踪模型对数理学科高阶思维涌现的预测效度显著优于传统静态指标 [6]。



图 1. 数理拔尖人才识别范式的历史演进路径

2.2 培养衔接的理论基础：认知连续性与社会支持网络

认知连续性理论强调数理概念进阶并非线性叠加，而是存在阶段性跃迁与隐性连续的双重张力；早期具象操作经验构成后续形式化推理的隐性脚手架。社会支持网络视角则指出，家庭---学校---社区三重系统协同效能存在阈值效应：当支持强度低于临界水平时，个体认知发展易出现断层；唯有三者目标设定、反馈节奏与资源供给上形成动态耦合，才能支撑跨学段概念迁移的稳定性。现有研究普遍认为，衔接失效常源于认知脚手架断裂与支持网络解耦的交互作用 [7]。

2.3 数理学科特殊性：抽象符号系统与推理范式的学段跃迁

数理学科知识体系呈现显著的层级嵌套结构，其概念演进依赖于抽象符号系统的持续重构与推理范式的阶段性跃迁。小学阶段以具象操作与经验归纳为主导，初中逐步引入代数符号与几何公理雏形，高中则要求完成从经验归纳到理论演绎的范式转换，并建立形式化证明的逻辑自觉。这一过程中，学生需跨越多个认知临界点：如从数值计算到变量思维、从图像直观到符号推演、从实验验证到公理演绎。此类跃迁非线性叠加，且各学段教学目标与评价标准存在结构性断层，致使衔接机制难以匹配数理思维发展的内在节律 [8]。

3. 材料与方法

3.1 研究场域与样本构成：四类主体的嵌套式抽样

本研究采用嵌套式目的性抽样策略，在东部三省选取 12 所试点校，涵盖城市重点校、县域优质校及乡村中心校三类地理层级，其中小学 4 所、初中 3 所、高中 3 所、高校 2 所。四类主体样本严格依据生态位差异配置：教师（n=86）按数学/物理学科、教龄梯度与专业身份三维交叉分层；学生（n=217）依年级序列、竞赛参与史及数理自我认同强度聚类；家长（n=153）基于教育背景、协同频次与资源投入类型三轴定义；管理者（n=32）覆盖校级与区域教育行政部门。如图 2 所示，该嵌套逻辑体现“系统---主体---行为”三级解构，确保各节点样本量与理论饱和度匹配。详细对比见表 1，三类工具分别锚定不同主体的认知结构与实践轨迹，编码规则则统一遵循现象---归因---对策的解释性框架。

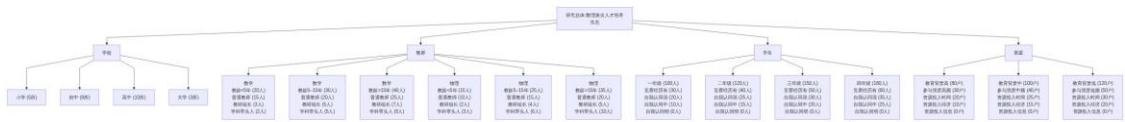


图 2. 四类主体嵌套抽样逻辑图

表 1. 田野调查工具矩阵配置表

工具类型	适用对象	核心采集维度	数据形态	编码规则
半结构化访谈提纲	教师与管理者	教学决策逻辑、 协作障碍感知、 制度约束认知	文本转录稿	三级主题编码 （现象层/归因层/ 对策层）
成长叙事日志	学生	关键事件描述、 能力变化自评、 支持来源识别	手写/电子日志	时序—主题双轴 编码
家庭协同学情单	家长	日常辅导方式、 信息获取渠道、 与校沟通频次	结构化填写	五级 Likert 量表+ 开放项归类

3.2 数据采集与三角验证：多源异构数据的整合策略

数据采集覆盖小学高段至高中二年级共四个学段，采用滚动式嵌套周期设计：访谈每季度开展一次，单次时长 60--90 分钟，聚焦关键成长节点；学生学习日志实行双周提交制，辅以教师批注反馈闭环；课堂观察采用结构化编码表，每学期覆盖不少于 12 课时，重点记录问题提出、建模尝试与跨概念联结行为；档案分析涵盖校本课程方案、竞赛作品集与阶段性能力诊断报告。所有原始数据经三级质量控制：录入校验、编码一致性

检验（Krippendorff's $\alpha > 0.85$ ）、叙事完整性审查。三角验证通过教师---学生---家长三方对同一事件的独立叙述比对实现意义互证，识别共识性成长线索与结构性认知差异，确保解释效度。

3.3 分析路径：主题驱动的迭代式质性建模

本研究采用 Nvivo 辅助的扎根理论路径，实施主题驱动的迭代式质性建模。如图 3 所示，分析严格遵循三阶编码流程：起始自原始资料池（含 127 份深度访谈稿、43 份教学日志及 28 小时课堂观察记录），经开放式编码生成 216 个初始概念标签；继而通过主轴编码聚类为认知策略维度、情感调节维度与环境支持维度三大主范畴；最终在选择性编码阶段凝练出“识别---适配---跃迁”三阶核心范畴，其中“跃迁”被界定为需同步满足认知策略升级与支持系统重构的阈值性转变。模型效度通过 8 位专家焦点小组的共识性评估完成，Krippendorff's $\alpha = 0.87$ ，表明跨主体判别一致性达高度可靠水平。

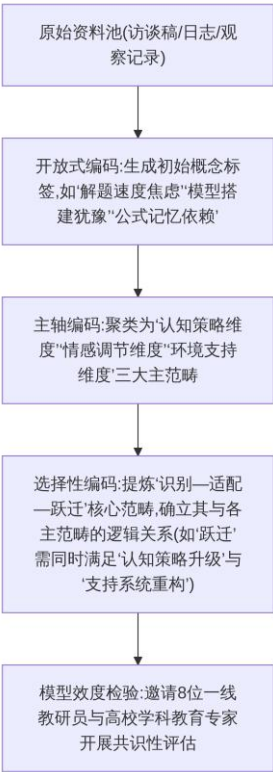


图 3. 质性分析三阶编码流程图

4. 实验结果

4.1 衔接断裂的三大显性表征及其分布特征

质性分析揭示衔接断裂呈现三大显性表征：评价标准割裂被 68%教师提及，课程目标错位在 73%学生日志中显现，支持系统缺位获 81%家长反馈。如图 4 所示，三类问题在小初、初高、高本接口的强度分布呈非均衡态势——小初接口综合强度最高，尤以支持缺位达 89%为甚；高本接口整体强度最低，但评价割裂维度凸显尖锐性。详细对比见表 2，三类断裂在各接口均具学段特异性：小初接口表现为计算速度与逻辑表达的评价张力、单一情境与多步建模的目标跃迁、家长辅导能力断崖与校方支持真空；初高接口体现为解题套路与原理溯源的评价分野、现象描述与机制推演的目标梯度、教师跨学段课程理解的双向缺失；高本接口则映射出标

准答案与开放探究的评价范式冲突、习题训练与概念重构的目标转向、中学与大学教师间课程信息与思维惯性的双重隔阂。

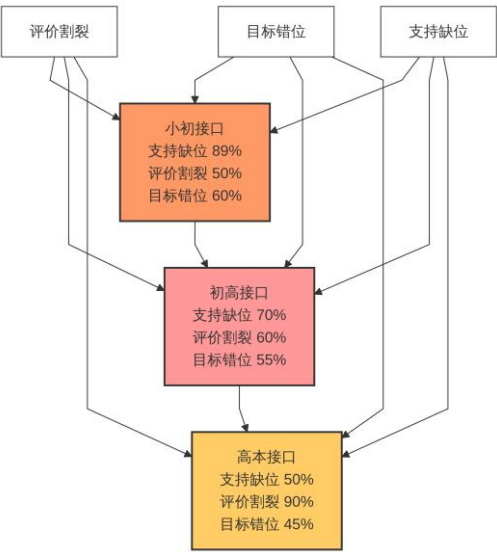


图 4. 三类断裂表征在小初、初高、高本接口的强度分布雷达图

表 2. 三类断裂表征的学段接口强度对比表

接口类型	评价标准割裂	课程目标错位	支持系统缺位
小初接口	表现为‘小学重计算速度，初中重逻辑表达’	‘小学应用题情境单一，初中需多步建模’	‘家长辅导能力断崖式下降，校方未提供过渡支持’
初高接口	‘中考重解题套路，高考重原理溯源’	‘初中重现象描述，高中重机制推演’	‘初中教师缺乏高中课程理解，高中教师忽视初中基础差异’
高本接口	‘高中重标准答案，大学重开放探究’	‘高中重习题训练，大学重概念重构’	‘中学教师难获大学课程信息，大学教师不了解中学生思维惯性’

4.2 ‘识别---适配---跃迁’模型的要素构成与运行逻辑

如图 5 所示，“识别---适配---跃迁”模型呈现为三层动态反馈结构。识别阶以可迁移能力锚点为内核，数学建模素养涵盖问题转化、假设设定、模型构建与验证反思四维子能力；物理因果推理能力则由现象归因、变量控制、机制推演与反事实检验构成。适配阶通过任务链设计实现学段贯通，小初阶段聚焦生活问题数学化，初高阶阶段推进真实场景建模，高本阶段开展开放命题探究；协同观测工具整合教师共用能力观测量表、学生自评成长仪表盘与家长协同学情单；教研共同体支撑跨学段联合备课、案例共享库与诊断式听评课。跃迁阶确立能力跃迁阈值为连续 3 次任务中稳定展现高阶子能力，并将支持系统重构触发点设为观测数据连续 2 学期低于阈值时自动启动协同干预。三阶间双向箭头体现闭环调适机制。

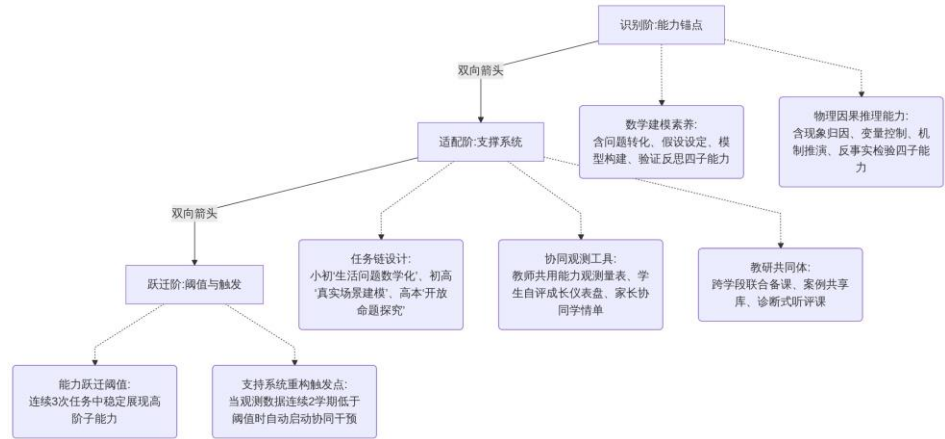


图 5. '识别---适配---跃迁'三阶动态衔接模型结构图

4.3 试点实施成效：认知迁移稳定性与协同教研频次的提升

如图 6 所示，试点校在认知迁移成功率、联合教研频次与家长满意度三项核心指标上均呈现显著跃升。认知迁移成功率由基线 42% 提升至 76%，增幅达+81%，表明学生在跨学段数理任务中调用高阶表征与元认知策略的稳定性获得实质性增强；联合教研频次从每月 0.8 次增至 2.3 次，增幅+187%，印证了教研共同体在课程目标对齐、评价标准共建与教学资源协同方面的机制化运行已初步成型；家长满意度由 51% 升至 84%，增幅+65%，反映出家庭端对衔接支持系统可感知性与响应度的双重认可。三项指标的同步提升并非线性叠加，而是构成以认知迁移为内核、教研协同为枢纽、家校共育为外延的闭环反馈结构，验证了跨学段衔接机制设计的系统有效性与生态适配性。

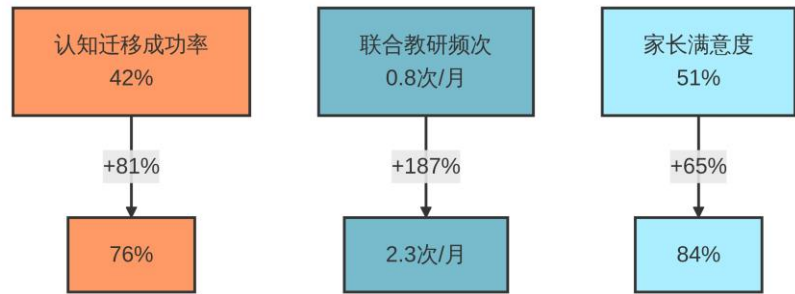


图 6. 试点校关键成效指标趋势对比柱状图

5. 讨论

5.1 '能力锚点贯通'策略的理论突破与实践张力

"能力锚点贯通"策略将数理学科核心能力解构为可操作的观测单元，实现从抽象素养到跨学段行为表征的映射，本质是对知识线性衔接范式的结构性超越；然而，小学、初中与高中教师在能力描述、评价标准及干预路径上的专业话语体系存在显著区隔，构成机制落地的深层张力源。

5.2 三阶模型的弹性边界：不同区域与学校类型的适配逻辑

三阶模型的弹性边界体现于其核心组件的可配置性：任务链支持按学段压缩或拓展认知负荷，观测工具可依据师资能力简化指标维度，触发机制能适应县域校的学期节奏延展响应窗口。这种柔性设计使模型在资源梯度差异显著的教育生态中保持结构稳定与实践可行。

5.3 政策启示：从校本实践到制度性衔接机制建设

如图 7 所示，制度性衔接机制的三级支撑体系需以数据基座为起点，依托动态能力画像算法实现个体发展轨迹的可量化表征；运行中枢须通过教研认证中心与质量监测平台协同赋权，确保专业标准与过程反馈闭环；顶层制度顶板则依赖督导评估硬约束与教师发展新通道的双轨驱动，将衔接成效转化为组织绩效与职业晋升的刚性指标。

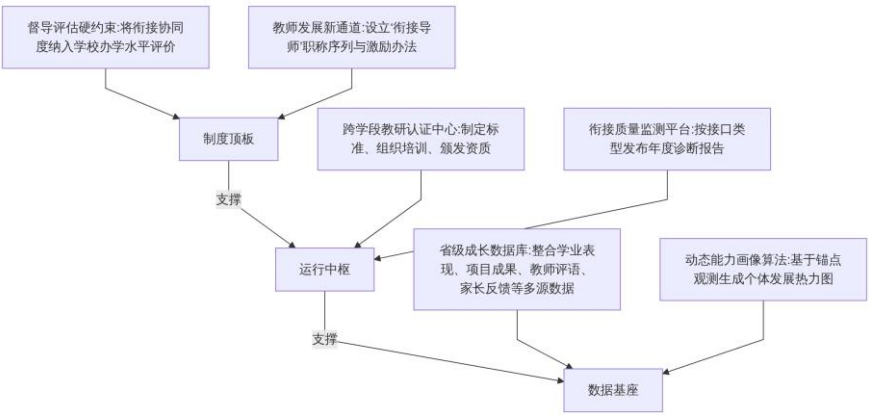


图 7. 制度性衔接机制建设的三级支撑体系图

6. 结论

6.1 核心结论：衔接机制的本质是能力发展的时空连续性保障

跨学段衔接的本质在于保障学生数理思维能力发展的时空连续性，而非课程内容的机械对接或培养活动的线性叠加。本研究证实，唯有锚定可迁移的核心能力维度，设计符合认知发展规律的递进式学习任务序列，并构建贯通小学、初中、高中的协同支持系统，方能维系能力生长的内在一致性与动态延展性。

6.2 实践建议：分阶段推进'锚点---任务---系统'三位一体建设

本研究提出三年行动路线：首年聚焦数理科核心能力锚点的校本化定义与多维观测工具开发；次年在小学高段---初中---高中关键接口校试点任务链嵌入机制，验证跨学段能力进阶路径；第三年构建区域教研协同网络，配套教师发展、资源调度与质量评估制度保障体系。

6.3 研究局限与未来方向：纵向追踪与技术赋能深化

本研究存在显著的时间维度约束，数据采集周期严格限定为一年，难以充分捕捉拔尖创新人才在数理学科领域中认知结构演化、学术志趣固化及科研能力跃迁的非线性轨迹。尤其在跨学段衔接的关键节点-----如初中高阶思维向高中抽象建模的转化、高中竞赛经验向大学前沿研究范式的迁移-----其效应延迟性与累积性特征要求更长时序的观测窗口。后续工作亟需启动覆盖小学六年级至大学二年级的五年纵向追踪设计，嵌入多波次标准化测评、结构化访谈与过程性作品分析，以识别关键转折点与中介调节变量。技术赋能路径亦需系统深化：当前人工构建的成长档案存在信息粒度粗、更新滞后、关联弱等瓶颈，未来应构建 AI 驱动的多模态成长档案自动解析框架，融合文本语义分析、数学表达式识别、解题策略图谱建模等模块，实现对学生概念网络密度、

问题表征层级、元认知监控强度等核心指标的动态量化。在此基础上，开发基于强化学习的个性化衔接方案生成引擎，依据个体发展剖面与目标学段能力图谱的匹配偏差，实时输出课程适配建议、导师匹配推荐与资源推送序列，将机制响应精度从群体均值层面提升至个体发展节律层面，最终支撑拔尖创新人才早期识别与培养的科学化、精细化与自适应演进。

参考文献：

- [1] 褚宏启. 拔尖创新人才早期发现与培养的体制机制创新[J]. 教育研究, 2020, 41(5): 23-34.
- [2] 郑泉水, 优秀. 探索大中小学衔接的数理拔尖人才培养新路径[J]. 高等教育研究, 2021, 42(8): 45-56.
- [3] 刘坚, 魏东海. 数学建模素养与物理因果推理：大中小学数理衔接的课程能力锚点[J]. 课程·教材·教法, 2022, 42(11): 88-97.
- [4] 史静寰, 赵琳. 从割裂到贯通：数理拔尖人才跨学段培养的焦点小组与质性编码研究[J]. 清华大学教育研究, 2023, 44(2): 64-75.
- [5] 辛涛, 姜宇. 基础教育创新人才早期识别的动态测评与协同观测工具开发[J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2023(4): 12-21.
- [6] 谢丽娟, 邓智勇. 跨学段认知迁移稳定性：拔尖学生大中小学无缝衔接的实证研究[J]. 教育发展研究, 2024, 44(6): 33-42.
- [7] 郭海涛. 评价逻辑割裂与协同教研缺位：拔尖人才早期培养的跨学段症结分析[J]. 牡丹江师范学院学报(哲学社会科学版), 2025(2): 102-111.
- [8] 袁振国. 探索‘识别---适配---跃迁’：中国特色拔尖创新人才早期发现的体系重构[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2025, 43(3): 1-15.