

# 科学教育背景下 ADI 模式融入高中地理实验的教学研究

上海市南洋中学 周婧

**摘要：**本文研究科学教育背景下，ADI (Argument-Driven Inquiry) 模式在高中地理实验教学中的实践应用。基于国际科学教育发展趋势和我国高中地理双新教学改革前提，探讨了 ADI 教学模式融入地理实验教学的意义与可行性。通过设计“验证二氧化碳是温室气体”的实验案例，并构建多元化的评价体系，实践研究发现 ADI 模式能促进提升学生实验探究和科学论证能力。通过教学反思，指出了学生在思维认知、科学论证及合作探究层面存在的主要问题，并针对性提出教学策略，旨在探索推动地理实验教学与科学教育融合创新发展。

**关键词：**ADI 教学模式；高中地理实验教学；科学教育

## 一、研究背景

### （一）国际科学教育的发展趋势

17 世纪科学革命后，科学教育思想萌芽，19 世纪中叶英、德、美等国的中小学增设科学课程，由此步入科学教育制度化改革的开端，现已成为当代教育体系的重要组成部分。20 世纪中后期，我国引入探究式学习理念，大力推进普及中学实验室，科学教育跃然成为我国交叉学科领域新兴的教学研究热点。科学教育既可以通过综合科学类课程开展，也可以通过物理、化学、地理等分科课程实现。美国《新一代科学教育标准》以学科核心为依据，将科学教育划分为物质科学、生命科学、地球与空间科学以及工程与技术领域<sup>[1]</sup>。21 世纪以来，国际科学课程改革，突破学科结构束缚，强调基于科学研究与问题解决的实践逻辑，重构优化科学教育课程内容。

### （二）高中地理双新教学的改革导向

《普通高中地理课程标准（2017 年版 2020 年修订）》的课程方案部分指明，培养目标为进一步提升学生综合素质，着力发展核心素养，具有科学文化素养等能力<sup>[2]</sup>。2023 年 5 月，教育部联合印发《关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》，明确了物理、化学、地理等学科在科学教育中的关键作用，强调提升科学教育质量。从课程性质角度，地理学兼具自然科学和社会科学属性，在现代科学体系中占有重要地位。必修一、选择性必修一中的地球科学部分既是科学教育的核心内容之一，同时也是中学地理教育的重要构成。在教学与评价建议模块，着重提出了加强地理实践，其中涵盖设计模拟实验活动，引导学生经历相对完整的科学研究过程，培养实践能力与科学态度<sup>[2]</sup>。

### （三）ADI 教学模式的研究意义

近年来，国内外研究科学教育的众多学者以建构主义为理论基础，积极推动科学教育创新发展，培养学生的科学思维与科学精神。ADI 模式便是其中一种教学理论模型，由 Sampson 团队在 2008 年创立 2020 年修订，侧重于以科学论证驱动科学探究<sup>[3]</sup>。国内科学教育长期以来聚焦科学探究多，关注科学论证少，自 NRC 发布《K~12 科学教育框架》以来，现代科学教育观念发生了从科学探究到科学实践的重大转变，论证教学在科学教育中的缺失问题成为一大研究热点。

大量研究表明，ADI 模式应用在教学实践中能促使学生真实体验科学研究的一般过程，完整经历科学知识的产生与不断修改科学论证的过程，对主张论证、证据辨别、复杂推理、批判性思维等高阶思维能力的发展作用显著。但国内引进

论证式教学较晚，目前 ADI 模式在化学、生物、物理教学领域的实践研究案例丰富，地理实验教学中的应用尤为匮乏。

## 二、ADI 模式融入高中地理实验教学的可行性

### （一）ADI 模式的教学特征

ADI 教学模式经过反复修改，完善后目前总共包括八个阶段<sup>[4]</sup>：①识别任务和指导问题；②设计方案并收集数据；③分析数据并初步论证；④论证会议；⑤外显的反思讨论；⑥撰写研究报告；⑦双盲的小组同行评审；⑧修改提交书面报告。在该模式中，格外强调数据分析、证据解释、推理辩驳、书面表达、合作论证的能力培养，将科学论证的思维过程通过互动互评在交流中外显并不断修改。有别于传统的实验教学，ADI 模式的教学步骤较复杂，周期更长，对于教学内容有选择性，为确保引发学生探究兴趣，充分开展合作讨论，议题应具备真实性和论证价值。Sampson 等学者研究提出以下四种适合应用 ADI 模式开展教学的实验类型<sup>[4]</sup>：其一，通过实验研究解释科学现象，理解科学概念与科学规律；其二，通过实验研究，修正已有的科学解释，或对相关科学现象加以解释；其三，针对尚未达成共识的争议性论点，通过实验研究，验证和评估其科学性；其四，设计实验，运用科学知识与方法，解决真实的科学问题。

### （二）沪版高中教材自然地理实验内容分析

在新课标的课程内容部分，必修一、选择性必修一都提出了指导学生运用实验等方式开展地理实践教学的教学建议，帮助学生理解自然环境是人类生存、发展的基础，提高解释地理事象与认识自然环境的能力<sup>[2]</sup>。在中华地图学社沪版高中地理用书中，主题内部的实验、探究、活动模块以及单元末的实践活动中都呈现了大量地理实验内容，按照实验目的与研究方式划分为科学观测实验、模拟实验、验证实验和探究实验四种类型。具体分布见表 2-1。

表 2-1 自然地理实验内容及类别

| 必修一                |              |    | 选择性必修一            |              |    |
|--------------------|--------------|----|-------------------|--------------|----|
| 单元-主题              | 实验主题         | 类别 | 单元-主题             | 实验主题         | 类别 |
| 第 1 单元<br>主题 3 实验  | 地层是如何沉积的     | 模拟 | 第 1 单元<br>实践活动    | 制作日晷         | 探究 |
| 第 2 单元<br>主题 5 探究  | 走马灯的原理       | 模拟 | 第 2 单元<br>主题 4 实验 | 探究温度变化对岩石的影响 | 观测 |
| 第 2 单元<br>主题 5 实验  | 验证二氧化碳是温室气体  | 验证 | 第 2 单元<br>实践活动    | 岩石标本的鉴别      | 观测 |
| 第 2 单元<br>主题 5 活动  | 探究气温和气压的关系   | 观测 | 第 4 单元<br>主题 7 探究 | 自流井的形成       | 模拟 |
| 第 2 单元<br>主题 5 活动  | 测量风向和风速      | 观测 | 第 4 单元<br>主题 7 活动 | 设计雨水花园       | 探究 |
| 第 2 单元<br>实践活动     | 校园气象站建设与气象观测 | 观测 |                   |              |    |
| 第 3 单元<br>主题 8 探究  | 观测海水的温度和盐度   | 观测 |                   |              |    |
| 第 4 单元<br>主题 10 实验 | 流水作用的过程      | 模拟 |                   |              |    |
| 第 4 单元<br>主题 11 实验 | 土壤里有什么       | 探究 |                   |              |    |

注：不含地理考察、调查类实践活动与地理信息技术的上机实验。

其中科学验证实验通过结构化论证，强化对科学原理、规律的认知，但是延

展性、开放性相对薄弱，需要扩展问题链以融入 ADI 模式的批判性反思环节；科学探究实验着重自主设计变量、分析复杂因素，问题解决的过程中，学生合作开展多轮对话，提出观点，证据推理，讨论反驳，不断修正，这与 ADI 模式论证驱动探究的理念存在共性特征，科学探究实验依托开放性框架发展高阶思维也是 ADI 模式的重要培养目标。

### （三）学校科技教育背景与实验室资源

上海市南洋中学是市科技教育特色示范校，近年来依托《融合创新 普通高中科技教育特色的深化研究》课题引领，围绕探究力、实证力为核心导向，驱动双新课堂教学改革。创建了地理 DIS 融合创新实验室，配备有希沃系统、每组数量充足的笔记本电脑，12 种自然地理实验套装，以及适宜测量大气、土壤、水文环境数据的十余类传感器，自 2023 年起投入使用，为地理实验选修课教学提供了硬件保障与课题研究的环境支持。2024 年，全国中小学科学教育工作推进会在京召开，随之各地学校积极响应，南洋中学转型研究科学教育融合课堂。

## 三、ADI 模式的地理实验案例设计与教学评价

### （一）基于教材实验改编的教学案例设计思路

以沪版高中地理必修一第 2 单元主题 5 的实验栏目“验证二氧化碳是温室气体”为例，基于课标与教材分析，教学资源与学情基础，为了数据收集统计的便利性与可视化呈现，将实验内容改编如下：

#### 1.搭建实验装置

①组装铁架台，居中固定太阳灯位置并调整至适宜高度，作为模拟光源。

②取两只 500ml 容量的烧杯，烧杯 A 为对照组，注满空气并用透明薄膜密封杯口。

③烧杯 B 为实验组。药匙取用柠檬酸与小苏打，电子秤称量以 2.5: 1 混合放入锥形瓶，加入适量水，用滴管连接带孔瓶塞与橡皮管，通过该气体发生装置持续向烧杯 B 中通入 CO<sub>2</sub>，后用透明薄膜密封杯口。将烧杯 A 和 B 摆放在太阳灯左右两侧等距处，距离光源中心 30cm。

#### 2.连接传感器校准

④将两支温度传感器分别悬挂于烧杯 A、B 中央，距离杯底 5cm 处同一高度，确保传感器与杯壁无接触；

⑤连接温度传感器、数据采集器与笔记本电脑，启动 DIS 软件，设置统计图类型选择折线图，横坐标设置为时间/min，纵坐标设置为温度/°C，用蓝色和红色区分左 y 轴（对照组）和右 y 轴（实验组）；进行零点校准，确保初始温度示数一致。

#### 3.实施实验 记录数据

⑥太阳灯接通电源，开启光源连续照射 10min。

⑦DIS 软件开始记录，实时监测温度曲线，在 2min、4min、6min、8min、10min 时记录烧杯 A、B 的温度数值，对比升温速率及最终温差。

本实验的关键控制变量包括光源距离、传感器位置、初始温度、烧杯容量、薄膜厚度、数据采集频率。

由于 ADI 模式融入实验教学活动后，学生会经历完整的科学探究与论证过程，因此一次实验主题研究至少需要 6 课时。具体设计思路如下图 3-1 所示。

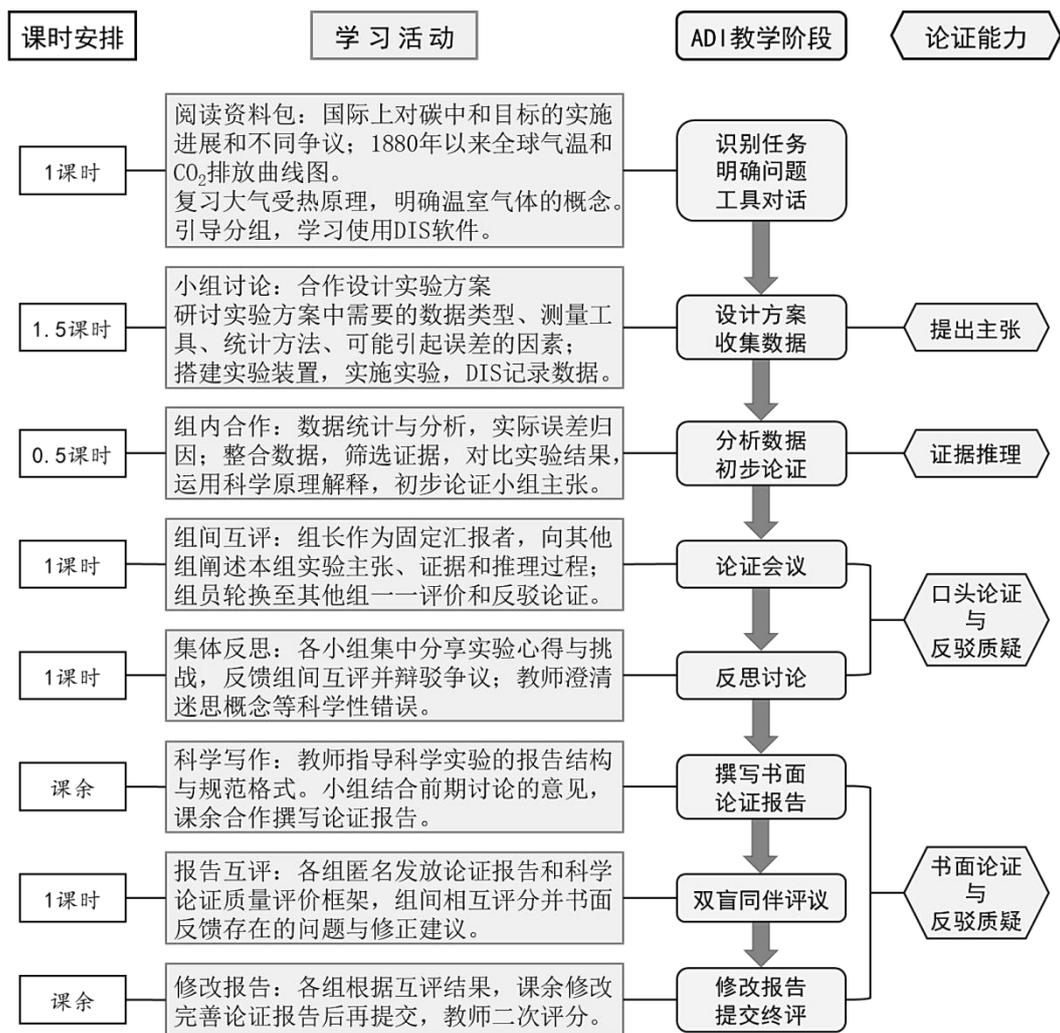


图 3-1 ADI 模式下“验证二氧化碳是温室气体”实验主题的教学思路

## （二）教学评价

本研究从认知水平、实践能力、思维品质三个维度构建了多元化的评价体系，符合教育现代化的基本要求。着重从“知识结果导向”迈向“素养发展导向”的评价转型，关注地理思维与科学思维的发展。具体而言，通过试题检测地理科学知识 with 原理的理解程度，通过实验学习的表现性评价来识别传统纸笔测验无法测量的实践活动能力，通过科学论证评价量表为 ADI 模式开展实验教学提供过程性反馈，支撑科学论证能力进阶发展。

表 3-1 地理实验活动学习表现评价

| 评价维度 | 评价指标 | 具体表现水平  |  |  | 自评 | 师评 | 总评 |
|------|------|---|--|--|----|----|----|
|      |      | 水平 3 (优秀)                                     | 水平 2 (良好)                                      | 水平 1 (基础)                                    |    |    |    |
| 实验方案 | 实验目的 | 实验目的切实且新颖, 良好达成                               | 实验目的切实, 且基本达成, 新颖性较弱                           | 实验目的不切实或无法达成                                 |    |    |    |
|      | 实验方法 | 能准确选择适宜的仪器, 创新实验步骤, 能基本应对突发问题                 | 能自主选择适宜的仪器, 讨论优化实验步骤                           | 无法自主选择适宜的仪器, 完全按照教材步骤实施                      |    |    |    |
|      | 实验设计 | 实验设计各环节完整, 良好控制变量, 准确应用科学与原理                  | 实验设计基本完整, 控制简单变量, 科学与原理部分准确                    | 实验设计不完整, 未能控制变量, 科学与原理错误                     |    |    |    |
| 实验操作 | 工具规范 | 明确各项工具的功能, 正确组合使用, 能预判风险并主动改进工具               | 明确实验工具功能, 部分正确地组装复合工具, 遵守实验室安全规程               | 不清楚实验工具功能, 错误使用并造成仪器损毁                       |    |    |    |
|      | 操作演示 | 操作熟练, 按照实验方案步骤顺利, 在合作中指导他人完成复杂步骤, 合作解决复杂的操作问题 | 操作较为规范, 基本按照实验方案步骤演示, 能修正操作中发生的明显失误            | 操作生疏, 难以按照实验方案步骤演示, 无法处理操作中发生的简单问题           |    |    |    |
|      | 观察记录 | 实验全程观察, 数据实时记录且准确全面, 格式清晰符合要求, 实时标记异常点并简要分析   | 实验全程观察, 数据记录较为准确、全面, 格式清晰, 基本符合要求, 能捕捉到部分非常规现象 | 仅观察预设点数据, 欠缺准确性与全面性, 格式不符合要求, 记录遗漏关键数据与非常规现象 |    |    |    |
| 实验结果 | 数据统计 | 能从多维度分析数据, 自主选择统计图表, 数据变化实时可视化呈现              | 能进行数据转换与对比, 部分识别异常数据点                          | 仅能罗列原始数据, 未进行基础数据筛选                          |    |    |    |
|      | 解释推理 | 能准确运用科学知识原理比较数据异同, 综合分析深层原因, 形成合理推理, 预测趋势     | 能基本运用科学知识原理解释数据特征, 识别主要影响因素, 讨论数据局限性           | 能简单描述数据表面特征, 缺乏相关性与因果分析, 忽视异常数据              |    |    |    |
|      | 结论表述 | 能结合数据图表清晰陈述结论, 条理清晰, 逻辑性强, 有扩展研究的可能性          | 能基本结合数据陈述结论, 条理性、逻辑性一般                         | 未能基于数据陈述, 条理不清, 逻辑混乱                         |    |    |    |
| 实验态度 | 参与态度 | 提前作实验准备, 全程积极参与, 主导实验研究                       | 自觉参与并遵守实验安排, 主动承担辅助性任务                         | 较少主动参与实验环节, 仅能完成指定的基础任务                      |    |    |    |
|      | 科学态度 | 主动发现存疑数据, 讨论归因后修改实验再次统计, 确保证据、推理的可靠性、科学性      | 能有效筛选实验数据, 被动发现并验证存疑数据, 实验研究基本达到规范、科学性         | 原始数据作为证据直接使用, 忽视误差, 实验研究主观性强, 缺乏规范性、科学性      |    |    |    |
|      | 合作态度 | 深刻认识合作的重要性, 协调成员优势, 能主动与他人达成成长效合作             | 认识合作的重要性, 完成分配任务进行必要交流, 能配合与他人合作               | 无法认识合作的重要性, 忽视同伴操作建议, 难以与他人合作                |    |    |    |

表 3-2 科学论证评价标准<sup>[5]</sup>

| 水平/分数 | 标准                         | 描述   |
|-------|----------------------------|--|
| 1     | 极弱的论点                      | 能提出一个简单的主张，但没有理由（资料、证据或者支持理论），或者理由与主张不相关。在论证过程中，不能正确使用所提供的材料和所学的科学知识   |
| 2     | 弱的论点                       | 能提出包含一个理由的主张，没有对立主张和理由。在论证过程中，基本正确地使用所提供的材料和所学的科学知识  |
| 3     | 强论点+不明确的反论点                | 能提出包含一系列理由的主张，有较弱的对立主张和理由。在论证过程中，能正确地使用所提供的材料和所学的科学知识  |
| 4     | 强论点+明确的反论点+极弱的对反论点反驳       | 能提出包含一系列理由的主张，有明确的对立主张和理由，有单一的反驳。在论证过程中，能正确使用所提供的材料，灵活应用所学科学知识   |
| 5     | 强论点+明确的反论点+对反论点的弱反驳和有意义的反思 | 能提出包含一系列理由的主张或者带有探索性的新颖主张，有明确的对立主张和理由，有多个反驳用来攻击对立主张。在论证过程中，能正确且灵活地使用所提供的材料，所学的科学知识和科学方法  |
| 6     | 强论点+明确的反论点+对反论点的强反驳和有意义的反思 | 能提出包含一系列理由的主张或者带有探索性的新颖主张，有明确的对立主张和理由，有多个反驳用来攻击对立主张和理由。在论证过程中，能全面分析问题，充分挖掘信息，能正确且灵活地使用所提供的材料，所学的科学知识和科学方法，创造性地使用教材、参考书以外的数据资料，将已学过的科学知识和科学方法灵活迁移到新的情景中去，主张和论证具有针对性、有效性和新颖性 |

#### 四、教学反思与问题归纳

自 2023 年开设地理创新实验选修课以来，每学年通过课堂观察和量表检测来评估学生在探究性学习中的实验积极性、实践能力、论证能力的发展，在迭代问题中不断优化教学。综合观测结果发现：

（1）大多数学生在 ADI 模式实验探究中的参与积极性、科学态度、合作意识相对高于传统实验演示教学；

（2）对于争议性科学观点的探究兴趣较浓厚，有一定的问题拓展意识。例如“验证二氧化碳是温室气体”实验探究后续有学生提出“为什么浓度差异会影响升温效率”“单分子效应上甲烷远大于二氧化碳，为什么甲烷不是地球主导的温室气体”等深度问题；

（3）论证能力平均从水平 2 小幅提升至水平 3，在科学问题方面的论证能力强于在科学现象和技术方面的。但由于科学论证基础较弱，整体仍然处于中低阶水平，在论证结构四部分中推理与反驳尤其困难。本实验暴露出了共性问题——近 40% 学生将模拟实验的结果简单等同于现实温室效应，未能认识实验的局限性，这种空间关联、尺度思维的认知偏差需要通过后续教学重点引导；

（4）实践能力有所提升但发展较为缓慢。学生逐步克服最初实验数据遗漏、集气方法不当等基础性科学问题，发展到能够可视化实时呈现数据变化，发现问题主动优化方案，设置不同梯度的对照实验，这种改进体现出实践力和探究力的进阶。学生能够认同实践活动的重要性，但受限于操作能力、环境资源、活动频率、评价机制等因素，缺乏锻炼机会，因此在不同实验主题中能力表现有波动。

通过实验教学实践发现，学生在实验探究和科学论证时主要存在如下问题：

（1）思维认知层面，实验相关的知识与原理基本理解，却难以准确应用于现象解释与推理，难以将模拟实验环节与真实地理过程建立有效关联，难以深入理解控制与调整实验变量的地理意义。

（2）科学论证层面，由于不规范的实验操作造成大量误差，统计数据后难以深入分析形成多元化证据。小组讨论时回避异常数据段。论证链缺乏逻辑推理，

“主张-证据-推理-反驳”要素不完整。

(3) 合作探究层面, 组内研讨深度与组间辩驳力度不足, 缺乏观点交锋, 这制约了创新探究的可能性。小组互评时过度聚焦结果的正确性, 忽视论证-探究的思维品质, 评议效率低且内容空泛。

## 五、教学策略与展望

### (一) 强化地理思维, 解读模拟实验与现实联系

在模拟实验教学中, 强化空间关联与系统思维, 构建“实验变量-地理过程-现实映射”的三维认知框架。通过系统解构模拟实验参数的地理意义, 引导学生识别实验变量与现实地理要素的联系与区别; 借助理学系统思维将真实地理环境抽象为具体模型, 揭示微观实验现象与宏观地理过程的作用机制, 从具象操作向抽象原理促成思维进阶, 简化复杂概念与原理的理解。

### (二) 秉持科学精神, 剖析实验数据与综合归因

实验探究必须严格遵循客观性与科学性原则, 确保数据的真实性和完整性。教师应引导学生如实记录原始数据, 包括实验过程中的异常值, 这些数据往往具有重要的诊断价值。通过构建“误差溯源-要素关联-系统解释”的闭环分析路径, 培养学生的系统思维。同时锻炼地理综合思维, 帮助学生从碎片化数据中提取有效信息, 分析各要素间的关联性, 并将其转化为支撑结论的有力证据。从而提升学生的科学素养, 培养其批判性思维和问题解决能力。

### (三) 指导科学方法, 训练论证结构与互评质效

在开展组内初步论证, 组间论证会议阶段前, 集体明确“结构规范-逻辑连贯-情境适配”的论证思维质量要求。首先清晰解释论证结构的四要素, 通过口头或书面表述将思维过程外显, 有意识地相互督促论证语言科学、结构规范、因果连贯。其次, 师生协同编制评价框架, 创新互评维度, 将评价焦点从单一的结论正确性转向主张合理性、证据完整性、推理严密性、反驳有效性等具体指标, 实现过程性评价与论证-探究思维发展的深度嵌合。

### (四) 创设开放环境, 驱动自主探究与研讨辩驳

在确保安全的前提下, 创设开放性的实验探究环境, 允许学生自主选用实验器材与数字资源。论证会议和反思讨论阶段, 倡导多元包容的研讨氛围: 一方面即时反馈, 积极强化质疑反驳, 引导学生在开放系统中探索解释的合理边界; 另一方面捕捉认知冲突契机, 将争议观点转化为深度研讨资源, 突破浅层共识局限, 催生实验创新的生长点。最终形成“观点碰撞-证据辩驳-共识进化”的螺旋式论证研讨机制。

### (五) 展望

我国物理、化学、生物等学科已明确将“科学思维”或“证据推理”列入核心素养, 国内论证教学正悄然兴起且有蓬勃发展之势<sup>[6]</sup>。基于证据的实证分析和跨学科交叉研究是推动科学教育高质量发展的关键<sup>[7]</sup>。ADI模式只是科学教育领域众多教学理论其中的一种论证教学模型, 其价值不仅在于知识获取, 更在于科学思维与问题解决能力的养成, 最终指向科学素养与科学精神的培育。

当前中小学正经历从“科技教育”向“科学教育”转型, 一方面, 人工智能、教育大数据等技术工具的应用为教学创新提供支撑; 另一方面, 真实情境中的复杂问题往往需要打破学科壁垒, 这对地理实验教学提出了要求与挑战, 既要与时俱进更新教育技术手段, 更要协助学生融合跨学科视角开展项目式主题探究, 经历科学完整的探究与论证, 培养其参与科学实践、交流解决科学问题的能力。

## 参考文献

- [1]National Research Council.A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts , and Core Ideas [M].Washington.D.C. : The National Academies Press, 2011: 105-202.
- [2]中华人民共和国教育部.普通高中地理课程标准（2017年版 2020年修订）[S].北京:人民教育出版社,2020.
- [3] Sampson V, Cleim L. Argument - Driven Inquiry to promote the understanding of important concepts & practices in biology[J]. The American biology teacher,2009, 71(8) :465-472.
- [4]Sampson V, Grooms J, Walker J P. Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study[J]. Science Education, 2011, 95(2): 217-257.
- [5]韩葵葵.中学生的科学论证能力[D].陕西师范大学,2016.
- [6]任红艳.科学教育中论证教学的缺失与回归[J].教育研究与实验,2018,(04):57-61.
- [7]郑永和,周丹华,王晶莹.科学教育的本质内涵、核心问题与路径方法[J].中国远程教育,2023,43(09):1-9+27.