Creative Education Studies 创新教育研究, 2026, 14(11), 168-175
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ces
https://doi.org/10.12677/ces.2026.1411874

Hans汉斯

科研诚信导向下《材料现代研究方法》研究生证据链教学设计与实践

——以辽宁科技大学化学工程学院为例

朱亚明*，程俊霞，赖仕全，高　云，李　晓

辽宁科技大学化学工程学院，辽宁　鞍山

收稿日期：2026年9月21日；录用日期：2026年11月1日；发布日期：2026年11月13日

摘　要

研究生在运用现代分析表征手段时，容易出现“重仪器、轻问题”“重图谱、轻证据”“重结论、轻边界”等现象。基于辽宁科技大学《材料现代研究方法》课程建设实践，本文以科研诚信为价值牵引，将证据链思维嵌入教学目标、学习任务与评价过程，构建“问题界定－方法选择－样品与参数记录－原始数据审查－多证据互证－结论边界表达－资料归档”的教学链条。课程通过翻转课堂、案例辨析、小组研讨、研究成果汇报和课程论文，引导学生识别表征方法的适用条件、误差来源与解释限度，并以可追溯的过程材料评价研究判断。该设计把科学精神、学术规范和专业能力统一于真实科研任务，为材料与化工类研究生课程思政由价值宣讲走向科研行为养成提供了可操作路径。

关键词

科研诚信，证据链，材料现代研究方法，研究生教育，课程思政

Evidence-Chain Teaching Design and Practice for the Graduate Course Modern Research Methods of Materials Guided by Research Integrity

—A Case Study of the School of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning

Yaming Zhu*, Junxia Cheng, Shiquan Lai, Yun Gao, Xiao Li

School of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

*通讯作者。

文章引用: 朱亚明, 程俊霞, 赖仕全, 高云, 李晓. 科研诚信导向下《材料现代研究方法》研究生证据链教学设计与实践[J]. 创新教育研究, 2026, 14(11): 168-175. DOI: 10.12677/ces.2026.1411874

Received: September 21, 2026; accepted: November 1, 2026; published: November 13, 2026

Abstract

Graduate students using modern analytical methods often emphasize instruments and graphs while overlooking research questions, traceable evidence and the limits of conclusions. Drawing on the development of the graduate course Modern Research Methods of Materials at University of Science and Technology Liaoning, this study uses research integrity as a value guide and embeds evidence-chain reasoning into learning objectives, tasks and assessment. The chain connects problem definition, method selection, sample and parameter records, raw-data inspection, corroboration across methods, bounded interpretation and data archiving. Flipped learning, case analysis, group discussion, research presentations and course papers are used to help students identify methodological assumptions, error sources and interpretive limits. Assessment focuses on traceable process evidence as well as final conclusions. The design integrates scientific spirit, academic norms and professional competence within authentic research tasks and offers an actionable route for values education in graduate materials and chemical-engineering education.

Keywords

Research Integrity, Evidence Chain, Modern Research Methods of Materials, Graduate Education, Curriculum-Based Values Education

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. 引言

现代分析表征是材料与化工研究从现象描述走向机理解释的重要基础。研究生不仅要理解 X 射线衍射、电子显微分析、光谱与热分析等方法的原理，更要能围绕研究问题选择方法、判断数据质量、组织证据并限定结论。若把仪器操作或图谱识别等同于研究能力，学生可能会形成“有图即有结论”的惯性，忽视样品代表性、参数影响、误差来源和替代解释。

科研诚信教育也不应局限于论文写作末端的查重和处罚告知。数据如何产生、处理步骤是否透明、异常值为何剔除、不同表征结果能否相互支持，均属于诚信的日常实践。国际研究诚信研究强调，负责任研究行为需要通过明确规范、导师示范和持续训练共同养成[1] [2]；我国研究生学术诚信教育亦需从认知宣讲转向贯穿科研活动的情境化设计[3]。

辽宁科技大学《材料现代研究方法》面向化学工程与技术、低碳技术与工程等学科研究生，32 学时、2 学分，已经形成提问、案例分析、小组讨论、小组汇报、研究成果汇报和课程论文相结合的教学基础。本文区别于一般的思政元素罗列，从“证据如何成立”这一专业核心问题切入，探索科研诚信与表征判断协同培养的证据链教学。

2. 证据链教学的目标逻辑

2.1. 从方法记忆转向研究判断

传统教学往往按仪器类别展开，便于讲清原理，却容易把本应相互关联的研究问题、样品条件、数

据质量和结论边界割裂。证据链教学把每种表征方法放回科研推理过程：先明确待验证的命题，再判断需要何种尺度和灵敏度的证据，随后审查采样、制样、测试与处理过程，最后比较支持与反驳证据。

这种转变并不削弱基础知识，而是要求学生说明知识在何种条件下有效。例如，物相鉴定不能只“对峰”，还应讨论检测限、择优取向和非晶相；微观形貌不能由少量视场直接外推整体；峰位或峰面积变化也不能脱离标定、背景扣除及其他表征独立解释。判断能力由此建立在可检验、可质疑和可复核的依据之上。

2.2. 将科研诚信转化为可观察行为

科研诚信在课程中被分解为六类行为：如实保留原始数据，完整记录关键参数，区分观测事实与解释，披露数据处理过程，规范引用资料，主动呈现不确定性和反例。教师评价的对象由“是否知道规范”转为“能否在任务中执行规范”，避免价值教育与专业学习两张皮。

课程同时强调诚信不是消极避错，而是保证知识可靠、维护学术共同体信任的积极能力。学生在同伴质询中解释证据来源，在修订报告中回应冲突数据，在成果汇报中说明结论边界，使严谨、求真和责任担当落实为可反复练习的研究习惯。

2.3. 以建设性对齐统整目标、活动与评价

证据链教学遵循目标－活动－评价一致原则[4]。目标层明确“理解原理、选择方法、审查数据、整合证据、规范表达”五类学习产出；活动层以案例、问题和真实研究材料组织学习；评价层要求提交参数表、原始图谱批注、证据矩阵、同行反馈和修订说明。最终课程论文只是证据包的一部分，而非唯一依据。

证据链教学首先明确课程目标与科研诚信行为之间的对应关系，并在后续任务、质询和评价环节持续使用同一标准，使价值要求能够转化为可观察、可反馈的学习表现。

3. 教学内容的证据链重构

3.1. 问题界定与方法选择

每个教学单元以可研究的问题开篇，如“某热处理是否引起晶相转变”“孔结构变化能否解释吸附性能差异”。学生先写出待检验命题、备选解释和所需证据，再比较不同方法的空间尺度、检测限、样品状态和破坏性。方法选择须说明“为什么适合”以及“为什么其他方法不足”。

教师提供包含目标、约束和风险的任务单，引导学生区分“想测什么”与“仪器能证明什么”。对于需要多尺度信息的问题，学生绘制方法组合图，明确主证据、辅助证据和排除性证据，避免以昂贵仪器或图像美观程度替代研究适切性。

3.2. 样品、参数与原始数据可追溯

表征结果的可信度首先取决于样品来源和测试过程。课程要求建立最小记录集，包括样品编码、批次、前处理、取样位置、测试条件、仪器状态、操作者、数据文件名及时间。对图片裁剪、平滑、基线校正和拟合等操作，须保留原文件并记录软件、参数和版本。

课堂设置“不可复核的数据”反例：有图无原始文件、有拟合无残差、有均值无样本量、有异常剔除无理由。小组据此判断哪些信息缺失会改变结论，并补写复现实验所需的记录。通过反向审计，学生理解记录不是附加文书，而是证据成立的组成部分。

3.3. 多方法互证与结论边界

材料结构、组成、形貌和性能之间通常不存在由单一图谱直接推出的简单关系。课程以证据矩阵组

织多方法互证：行表示候选解释，列表示不同方法获得的观测，单元格标注支持、冲突、无关或证据不足。学生必须处理不一致结果，而不能只选择支持预期的图表。

结论表达采用“证据－推断－边界”三句式：先陈述观测事实，再说明基于何种理论作出推断，最后交代适用范围、不确定性和仍需补充的证据。该训练帮助学生区分相关与因果、局部与整体、仪器信号与材料机制，形成审慎而可辩护的学术表达。

4. “任务－质询－修订”教学实施

4.1. 课前：以翻转学习完成基础准备

学生课前学习仪器原理微资料，完成概念检测并标注疑点。教师依据答题情况确定课堂精讲内容，减少对可自学知识的重复讲授。每组领取一份经过脱敏的研究材料包，内含问题背景、样品信息、部分原始数据和故意设置的信息缺口。

材料包不预设唯一答案。学生需在课前提出初步判断、列出缺失证据和诚信风险。这样既检验原理理解，也为课堂讨论制造真实认知冲突。主动学习研究表明，围绕任务开展分析、讨论和反馈能够提升科学与工程学习成效[5] [6]。

4.2. 课中：用同行质询检验证据强度

课堂采用“陈述－质询－回应”结构。汇报组用限定时间说明研究问题、方法选择和证据链，质询组从样品代表性、参数完整性、数据处理和替代解释四个维度提问，观察组依据量规记录有效证据与逻辑跳跃。教师不直接公布答案，而是追问结论在哪一步超出了证据。

对于争议性案例，教师组织角色转换：原汇报组改为反方，尝试证明自己的结论尚不充分；质询组则提出最小补充实验。角色转换促使学生摆脱“维护答案”的心理，认识到承认局限、修正假设和报告阴性结果同样体现科学能力。

4.3. 课后：以修订档案形成学习闭环

证据链教学目标与科研诚信行为的映射关系见表 1。学生课后提交修订版证据矩阵、修改说明与个人反思。修改说明逐条回应课堂质询，注明采纳、部分采纳或不采纳及理由；个人反思聚焦本次判断中最薄弱的环节。教师通过版本差异判断学生是否真正吸收反馈，而不只看最终文本是否流畅。

Table 1. Mapping between evidence-chain learning outcomes and research-integrity behaviors
表 1. 证据链教学目标与科研诚信行为映射

学习目标	证据链任务	科研诚信行为
方法选择	比较检测尺度、灵敏度和限制	如实说明适用条件
数据审查	核对样品、参数和原始文件	保留记录并披露处理
论证表达	多方法互证并限定结论	区分事实、推断与边界

研究成果汇报则把学生自己的课题带入课堂。为保护未公开数据，可由学生和导师决定脱敏范围；课堂重点审查方法与论证结构，不要求披露敏感数值。涉及合作成果时必须说明数据来源和个人贡献，兼顾知识产权、团队伦理与教学需要。

5. 过程评价与质量保障

5.1. 建立面向证据的评价结构

课程沿用并优化过程性评价框架：课堂提问 10%、小组讨论 20%、小组汇报 10%、阶段测试 20%、课程论文 40%。各环节使用共同的证据链量规，核心指标包括问题清晰度、方法适配性、记录完整性、数据真实性、论证一致性、边界意识和引用规范。

分值不奖励“结论漂亮”，而奖励证据充分、过程透明和修订有效。即使假设未获支持，只要学生如实呈现数据、合理分析原因并提出后续方案，也可获得较高评价；反之，若结论超越数据、处理过程不可追溯或选择性报告，即使表达完整也应扣分。

5.2. 构建多主体、可复核的证据包

教师评价专业准确性与规范底线，同伴评价论证可理解性和质询回应，学生自评判断变化及贡献，必要时由课题导师确认成果边界。所有评价均指向同一量规，但教师保留对真实性、伦理和安全问题的终审责任，防止简单平均掩盖原则性缺陷。

“任务－质询－修订”教学流程见表 2。证据包包括任务初稿、课堂质询单、原始数据索引、证据矩阵、修订稿、个人反思和课程论文。随机抽取的证据包可用于课程质量复盘，分析学生在哪些环节反复失分，并据此调整案例难度、先修支持和教学时间。

Table 2. Task, questioning and revision process
表 2. “任务－质询－修订”教学流程

阶段	学生任务	教师支持	形成性证据
任务	界定问题、提出初步证据链	提供材料包与问题脚手架	初稿、缺口清单
质询	陈述、反驳与角色转换	追问证据强度和替代解释	质询单、观察记录

5.3. 设置真实性、隐私与人工智能使用边界

课程材料优先使用公开数据、教师自建案例或经授权脱敏的数据。不得把学生未公开的科研结果上传至公共平台；涉及企业合作资料时，遵守保密与知识产权约定。用于示范的数据须明确是否经过删减或教学化处理，避免把模拟材料误认为真实研究记录。

生成式人工智能可用于语言润色、提问模拟和结构检查，但不能替代原始数据判断、文献核验和个人论证。学生应披露工具名称、用途及人工复核过程，保留关键提示与修改记录。评价重点放在证据来源和推理责任，避免仅用检测概率判断学术诚信。

6. 课程思政的内生融入

6.1. 以科学史案例培育求真精神

课程选取表征技术发展、关键仪器国产化和重大工程材料研究案例，讨论结论如何在反复验证中形成。案例不以成就罗列结束，而是追问研究者如何处理异常、如何修正解释、如何在条件受限时建立可信证据，使家国情怀与科学方法通过问题求解自然连接。

在讲授电子显微、光谱和衍射技术时，引导学生认识高端仪器自主可控对科技强国的意义，同时保持对数据的理性态度：仪器先进不等于结论自动可靠。尊重事实、遵循规律、经得起复核，是将爱国责

任转化为科研质量的基本方式。

6.2. 以绿色安全约束强化工程责任

方法选择不仅比较分辨率和成本，也讨论样品消耗、试剂毒性、辐射风险、能耗和废弃物处置。学生在方案中加入安全与环境约束，认识到获得更多数据不必然正当，测试收益应与人员安全、资源消耗和环境影响综合权衡。

在此基础上，课程引入一个脱敏的工程失效案例：某承力构件在失效分析中，仅依据局部显微图像判定材料组织正常，未说明取样代表性和检测限，也未进行多方法互证，导致寿命评估偏乐观，最终构件发生早期断裂最终引发工程失效。学生需沿证据链复盘：问题界定是否准确？样品是否具有代表性？原始数据是否完整？结论是否超出证据边界？是否披露了不确定性和替代解释？通过这一专业分析以及煤化工材料、低碳技术及资源综合利用相关案例，学生自然认识到，表征数据解释不当不只是学术表达问题，而可能沿技术链放大为安全、经济和环境风险。科研诚信和求真务实因此成为工程责任的具体内容，而非抽象口号。教师进一步引导学生比较“局部视场”与“整体构件”、“单一图谱”与“多方法互证”、“支持证据”与“冲突证据”，使学生在解决具体表征问题的过程中体会严谨判断对行业和社会的极端重要性。

6.3. 以共同体规范深化职业伦理

小组任务明确数据提供者、分析者、汇报者和审核者职责，记录贡献并轮换角色。学生学习规范引用、合理署名、尊重同行和建设性质询，理解学术共同体既鼓励自由探索，也依靠公开方法、可复核证据与责任分担维持信任。

教师在示范中主动展示不确定性，不把权威答案当作讨论终点；对学生指出的案例漏洞公开修正。师生共同维护证据规则，有助于落实教书与育人、言传与身教、潜心问道与关注社会、学术自由与学术规范相统一。

7. 实施条件、评价计划与推广边界

7.1. 教师团队与案例资源建设

证据链教学要求教师既熟悉多种表征方法，又能组织开放讨论。课程团队可按方法模块分工，联合实验平台人员与研究生导师审查案例；建立“原始材料－教学任务－参考分析－风险说明”四件套资源，并按仪器发展和科研规范持续更新。相关材料研究方法课程改革也强调科研案例、虚拟仿真和多元教学的协同[7]-[9]。

案例应设置基础、综合和研究三级难度。基础案例训练单一方法的适用条件，综合案例训练多方法互证，研究案例处理数据冲突与开放结论。新案例先由团队试做，在小范围教学，避免因信息缺失过多造成无效猜测。

案例设计应遵循“真实、脱敏、可争议、可复核”原则。每个案例包含问题背景、样品信息、原始数据、信息缺口和风险提示。教师需预先试做，明确证据标准、可能冲突和替代解释，提供参考分析但不设唯一答案。案例材料优先使用公开数据、教师自建案例或经授权脱敏的数据，涉及企业合作资料时遵守保密与知识产权约定。

7.2. 同行质询培训与引导问题

同行质询需经专门训练。教师可先示范质询，再提供结构化质询单，要求质询组从样品代表性、参

数完整性、数据处理、替代解释、结论边界和规范责任六个维度提问。引导问题包括样品是否具有代表性，取样位置和数量是否合理，测试参数和仪器状态是否完整记录，原始数据是否保留，处理步骤是否可复现，是否存在其他解释，支持与冲突证据如何处理，结论是否超出数据范围，不确定性和边界是否说明，引用、署名、数据来源和工具使用是否规范。

观察组依据量规记录有效证据与逻辑跳跃，教师最后追问结论在哪一步超出证据。通过角色轮换，原汇报组改为反方，质询组提出最小补充实验，训练学生承认局限和修正假设。质询单、观察记录和回应说明纳入证据包，作为过程评价依据。

7.3. 大班教学环境下的调整

大班教学可采用分组轮换和结构化互评。每组固定数据提供者、分析者、汇报者和审核者角色，并定期轮换。课前通过在线协作工具提交初步证据链，课中抽样答辩，其他组在线提交质询单，教师重点审查争议组和关键证据。课后利用共享文档完成修订档案和同伴反馈。

助教协助记录质询和量规评分，教师保留真实性、伦理和安全终审责任。在线工具只用于提交、版本和反馈管理，不以点击次数替代深度学习。人数较多时，可减少汇报组数、增加组内质询和组间互评，保证每名学生均参与证据审查和修订。

7.4. 以多源证据评价改革效果

改革效果不宜仅以课程平均分判断。证据链过程评价量规见表 3。可连续收集证据链量规各维度表现、修订幅度、规范问题类型、学生反思和导师反馈，比较不同届次在方法选择、边界表达和记录完整性上的变化。若进行前后测或组间比较，应报告样本、工具和分析方法，不把课堂印象包装呈显著成效。

本文目前主要呈现基于课程建设基础的设计与实施路径，尚不能据此声称已经获得普遍因果效果。后续应在征得同意并保护隐私的前提下开展纵向研究，检验学生能否把证据链习惯迁移到开题、中期考核、论文写作和工程实践中。

Table 3. Process-assessment rubric for evidence-chain reasoning
表 3. 证据链过程评价量规

评价维度	合格表现	进阶表现	风险信号
可追溯性	样品和参数记录完整	处理过程可复现	缺原始文件或选择性报告
论证一致性	结论得到主要证据支持	主动处理冲突和反例	把相关性表述为因果
规范责任	引用、贡献和工具使用透明	能提出伦理与安全改进	来源不明或隐瞒使用

7.5. 明确推广的适用范围

该模式适合需要解释实验或观测数据的研究生方法类教学，但不同学科的证据标准并不相同。推广时应保留“可追溯、可质疑、可复核”的共同原则，同时由专业教师重新界定样品、数据、误差和结论边界，不能机械复制材料表征案例。

小班研讨有利于充分质询；人数较多时，可通过分组轮换、结构化互评和抽样答辩控制教师负担。教学平台只承担提交、版本和反馈管理，不以点击次数替代深度学习，也不让自动评分决定诚信问题。

该模式在推广过程中还面临一些现实挑战，需要采取相应措施。针对时间成本较高的问题，可通过共建案例库、加强助教培训和分阶段实施加以缓解；针对学生质询能力不足的问题，可通过教师示范、

提供质询单和角色轮换逐步训练；针对评价一致性难以保证，可通过统一量规和联合教研的方式加以保障；针对数据隐私与知识产权风险，可通过脱敏处理、授权使用和权限管理进行规范；针对生成式人工智能的使用，应要求学生披露工具名称、用途及人工复核过程。通过上述措施，证据链教学能够在真实课堂中稳定运行、持续反馈并不断改进。

8. 结语

以科研诚信为导向重构《材料现代研究方法》，关键不是在专业内容之外增加规范条款，而是把诚信要求嵌入证据生成、审查、解释和表达全过程。本文构建的问题界定、方法选择、过程记录、原始数据审查、多方法互证、边界表达与资料归档链条，使科学精神、专业判断和学术责任在同一任务中生成。

“任务－质询－修订”教学与证据包评价能够把学生的推理过程显性化，为教师提供可诊断、可反馈的质量依据。后续需通过跨界数据和学习迁移证据检验实施效果，并持续完善案例授权、人工智能使用、隐私保护和教师协同机制，使课程思政真正沉淀为研究生可持续的科研行为。

基金项目

辽宁科技大学研究生课程思政教育示范课建设项目《材料现代研究方法》(2025YJSCX33)，辽宁省本科教学改革研究项目(2025YBXM0214)，辽宁省研究生教育教学改革研究项目(LNYJG2023101)资助。

参考文献

[1] Steneck, N.H. (2006) Fostering Integrity in Research: Definitions, Current Knowledge, and Future Directions. *Science and Engineering Ethics*, **12**, 53-74. https://doi.org/10.1007/pl00022268

[2] Fanelli, D. (2009) How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data. *PLOS ONE*, **4**, e5738. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005738

[3] 王英, 周静娴, 陈雪清. 我国研究生学术诚信教育效果制约因素的主题分析[J]. 高校图书馆工作, 2024, 44(4): 53-62, 70.

[4] Biggs, J. (1996) Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, **32**, 347-364. https://doi.org/10.1007/bf00138871

[5] Prince, M. (2004) Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, **93**, 223-231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

[6] Freeman, S., Eddy, S.L., McDonough, M., Smith, M.K., Okoroafor, N., Jordt, H., *et al*. (2014) Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **111**, 8410-8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

[7] 罗文斌, 晁自胜, 范金铖. 新工科背景下“材料现代研究方法与测试技术”课程体系建设的实践与探索[J]. 高分子通报, 2022, 35(8): 111-115.

[8] 钱君超, 陈明. 科研促进《材料分析方法》课程教学改革[J]. 当代化工研究, 2022(10): 131-133.

[9] 张小婷, 王继娜, 汪潇, 等. 思政环节在“材料研究方法与测试技术”课程中的融合与探讨[J]. 广东化工, 2021, 48(17): 301-302.