Creative Education Studies 创新教育研究, 2026, 14(11), 664-671
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ces
https://doi.org/10.12677/ces.2026.1411932

《大气与环境模式》实践教学体系重构与实施路径研究

苏东生，林志强，张少波，蒋梦姣，周　娟

成都信息工程大学大气科学学院，四川 成都

收稿日期：2026年10月9日；录用日期：2026年11月11日；发布日期：2026年11月26日

摘　要

针对《大气与环境模式》课程基础操作与科研探究衔接不足、案例转化不够具体及评价偏重最终报告等问题，提出基础技能、科研探究与业务应用递进的实践教学体系。在48学时的课程中安排24学时实践教学，设置模式环境与多源数据处理、下垫面参数敏感性分析、预报偏差订正和山地风场综合分析四个模块，明确任务边界、学习活动与成果要求。依托学校高性能计算平台开展数值试验，利用成信学堂组织资源学习、任务考核与反馈，以统一任务编号连接计算过程和学习成果。评价兼顾规范操作、试验论证和业务表达，通过个人检查、阶段记录及目标分析支持持续改进。方案将科研与应用案例落实为可实施、可核查的本科教学任务，并提出通过前后测、学习成果和访谈开展后续效果检验的路径。

关键词

大气与环境模式，实践教学，科教融合，业务应用，课程评价

Reconstruction of a Practical Teaching Framework for Atmospheric and Environmental Modeling: Design and Implementation Pathways

Dongsheng Su, Zhiqiang Lin, Shaobo Zhang, Mengjiao Jiang, Juan Zhou

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

Received: October 9, 2026; accepted: November 11, 2026; published: November 26, 2026

文章引用: 苏东生, 林志强, 张少波, 蒋梦姣, 周娟. 《大气与环境模式》实践教学体系重构与实施路径研究[J]. 创新教育研究, 2026, 14(11): 664-671. DOI: 10.12677/ces.2026.1411932

Abstract

To address the insufficient integration of basic operations and research inquiry, the lack of concrete case-based teaching tasks, and the overemphasis on final reports in assessment, this study designs a progressive practical teaching framework for Atmospheric and Environmental Modeling. Within a 48-hour course, 24 practical hours cover model setup and multi-source data processing, land-surface parameter sensitivity analysis, forecast bias correction, and comprehensive analysis of mountain wind fields. These modules connect basic skills, research inquiry, and operational applications through clearly defined task boundaries, learning activities, and outcome requirements. The university high-performance computing platform supports numerical experiments, while Chengxin Xuetang organizes resource-based learning, task assessment, and feedback. Shared task identifiers link computing records with learning outcomes. Assessment combines standardized operations, experimental reasoning, and operational communication. Individual checks, progress records, and learning-objective analysis guide continuous improvement. The framework translates research and application cases into implementable and verifiable undergraduate teaching tasks and outlines a future evaluation of teaching effectiveness using pre- and post-tests, learning outcomes, and interviews.

Keywords

Atmospheric and Environmental Modeling, Practical Teaching, Research-Teaching Integration, Operational Applications, Course Assessment

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

《大气与环境模式》是大气科学专业连接基础理论、数值模拟与科研、业务应用的重要课程。学生既要理解动力框架、数值方法和物理参数化，也要掌握程序操作、数据处理和结果诊断。实践中，学生可能按照步骤完成模式运行，却难以说明配置依据和结果差异；安装、排错与计算等待又容易挤占科学讨论时间。因此，课程需要在有限课时内协调技术训练与问题分析，使学生从“能够运行”逐步转向“能够论证与应用”。

国内相关研究为改革提供了基础。顾西辉等通过文献学习、程序实践和科学研讨促进教学与科研融合[1]；张英杰和同小娟利用科研案例、前沿知识与综合评价改进“气象学”教学[2]。林志强等讨论了典型天气个例与业务实践融入《天气学分析》的方式[3]，于美青等强调以学科前沿交叉和具体问题组织《大气污染控制工程》教学[4]。这些探索表明，科研与业务内容需要经过教学转化，在保留问题背景和推理过程的同时，适应本科生的知识基础、任务规模和课堂时间。

教学组织与评价同样影响案例的实施。王超等利用虚拟仿真实验支持大气科学课程线上线下混合式教学[5]；牛晓瑞和赵树云将成果导向理念落实到《大气数值模拟》的目标、模块、训练与评价中[6]；王赛男等通过个人作业和小组汇报开展过程考核[7]。相关经验提示，资源支持应对应具体学习活动，评价应同时关注团队成果与个人能力，不能仅依据最终报告判断学习效果。

国际研究为此提供了进一步的理论参照。计算思维强调问题分解、抽象与算法化求解[8]，高等教育中的相关评价也应关注真实任务中的能力表现[9]。建构性对齐强调学习目标、教学活动与评价证据之间

的一致性[10]；设计型研究则重视在真实情境中实施、取证与迭代优化[11]。据此，数值模拟实践不宜仅考查程序能否运行，还应评价学生能否提出可检验问题、控制变量并依据结果作出解释。

课题组前期已提出《大气与环境模式》科教融汇的整体改革思路[12]。本文进一步聚焦实践实施，围绕案例拆解、计算组织和学习证据建立具体路径：以四个模块连接基础操作、科研探究与业务表达，限定变量数量及计算规模；依托学校高性能计算(High Performance Computing, HPC)平台与成信学堂分别组织计算和教学管理；以过程记录、个人检查和目标分析支撑评价。本文着重提出教学设计及其检验路径，为后续开展效果评价提供依据。

本文围绕两个研究问题展开：第一，如何将基础操作、试验论证与业务表达组织为递进且可评价的实践任务？第二，实施该体系后，学生的数值模拟论证能力与学习兴趣将呈现何种变化？本文主要回答第一个问题，并为第二个问题设计后续检验方法。实践创新体现在科研和业务案例的适度拆解、计算记录与学习证据的对应，以及目标－任务－评价的具体衔接；其教学效果仍有待实证验证。

2. 研究方法

2.1. 研究对象与实施过程

拟采用设计型研究思路，在真实课程中开展教学实施与迭代。研究对象为后续修读《大气与环境模式》的本校大气科学相关专业本科生，计划观察连续 1~2 个完整教学周期。正式实施时登记各轮学生人数、年级、先修课程与编程基础，不预设样本量或已取得的教学效果。

实施过程包括课前基础诊断、四模块实践与阶段反馈、结课能力测评和课程复盘。第一轮收集案例运行记录与学生学习困难反馈；若开展第二轮，则依据第一轮证据调整任务书、资源配置和分层支持，并记录修改内容及依据，以区分教学设计变化与学生个体差异。

2.2. 数据收集与分析方法

拟采用混合研究方法，在课初和课末安排难度相近、题目不同的独立配置与试验解释任务，使用统一量规评价操作规范、变量控制、证据论证和适用性表达；同步收集配置文件、代码、日志、图件、报告及修订记录。在课初和课末分别开展五级量表问卷调查，比较学生学习兴趣和自我效能的变化，并记录其对任务负担的评价。按基础水平与学习表现选取部分学生开展半结构式访谈。

量化数据报告有效样本量、均值、离散程度及达标比例；对可配对的前后测得分，根据分布使用配对检验并报告效应量。代表性成果由两名评价者按同一量规复核，访谈材料进行主题归纳，并与学习成果交叉核对。研究资料在知情同意基础上匿名处理。若缺少独立对照组，能力变化只能作为关联证据，不能直接归因于教学改革。

3. 实践教学体系的重构逻辑

3.1. 课程目标与课时安排

实践目标分为操作、论证和表达三个方面。操作要求学生检查资料与配置，完成适当规模的试验并定位常见错误；论证要求围绕明确问题提出假设、控制变量并依据诊断解释结果；表达要求结合应用需求说明技术路线、主要结论及适用范围。三类目标共同服务于数值模拟能力培养，并在任务要求和评价证据中分别体现，避免以工具数量或报告篇幅衡量改革程度。

在 48 学时课程框架内，理论与实践各安排 24 学时。模式环境与多源数据处理安排 6 学时，下垫面参数敏感性分析 8 学时，预报偏差订正 4 学时，山地风场综合分析 6 学时。理论与实践按主题交替：在

讲授初始条件、边界条件和物理参数化方案后，开展配置检查，下垫面作用讲授后开展对照试验，误差分析与统计检验讲授后开展订正和应用比较。应合理估算课前阅读、工具熟悉及课后报告整理所需的时间，并提前告知学生，较长计算安排在课堂之间完成，课堂集中用于方案审核和结果讨论。

3.2. 递进任务与分层支持

基础阶段依托经测试的环境训练 Linux 操作、配置阅读、作业提交和数据检查，减少重复安装对有效课时的占用。教师通过短任务了解学生编程与专业基础，提供路径错误、单位遗漏和时间不匹配等样例，引导学生按日志、输入和输出逐项检查。训练同时联系先修课程，说明物理量含义、观测代表性和误差统计，使技术操作与专业判断共同进入学习过程。

科研阶段从课程团队的高原下垫面、局地环流等研究中选择资料完整、变量可控的问题。完整研究项目经拆解后，保留假设、对照和证据分析，长期积分、多模式比较等作为预计算材料或拓展任务。业务阶段将实际应用需求转化为适合课堂实施的任务，训练需求界定、数据质控和成果表达，课程教师负责指导与评阅。学生以小组协作完成综合流程，同时通过个人操作和答辩展示独立能力。

每个模块设置共同必做任务和适量拓展任务。基础薄弱者通过简明导学和针对性答疑达到共同目标，学有余力者进一步开展程序修改、算法比较或过程诊断。任务层次可随学习表现调整，不将初始差异固定为长期分组。评价认可有证据的否定结果和有效修正，避免以得到预设结论作为任务完成条件。

4. 模块化实践案例设计

案例库围绕四个核心模块建设，每个案例配备背景、任务书、资料说明、环境版本、计算规模和成果要求。先建设少量可稳定运行的任务，再根据教学反馈扩充。前一模块的配置记录、检查脚本和统计方法在后续模块继续使用，使学生理解完整流程，减少反复熟悉新环境的负担。

4.1. 模式环境与多源数据处理

本模块选择资料较完整的区域天气过程。教师在 HPC 平台准备经测试的天气研究与预报模式(Weather Research and Forecasting, WRF)环境，在成信学堂发布导学和任务书。学生明确模拟区域、时段及变量，检查网格、初边界条件、物理方案和输出间隔，先进行小规模试运行，再依据日志和输出判断配置是否有效。教学重点是理解设置与任务的关系，而不是机械执行命令。

学生使用 Python 读取 NetCDF 等资料，核对单位、维度、时间及缺测标记，区分瞬时量与累计量。模式与站点观测比较时，说明格点匹配、时间对应和复杂地形下的代表性差异。教师设置少量配置或处理错误，要求学生解释发现、修改和验证过程。成果包括配置说明、关键日志、检查脚本和分析图件；计算文件保存在 HPC 工作目录，评阅材料提交成信学堂，使基本流程能够复现和核查。

4.2. 下垫面参数敏感性分析

本模块将科研问题限定为指定下垫面参数变化对近地面温度或局地风场的影响。学生根据天气背景和资料提出可检验假设，在模式、初边界条件及其他设置一致时，围绕一个主控因素设置基准试验和少量敏感性试验。方案需说明修改位置、范围、取值依据和生效检查方法；物理方案切换与同一方案内的参数调整分别讨论。教师通过成信学堂审核方案后，再组织 HPC 计算，以减少无效试验。

分析同时关注模拟误差和过程响应。学生比较偏差、均方根误差及昼夜差异，并检查地表通量、垂直结构或水汽输送等诊断量，判断解释是否获得支持。差值图可展示不同试验的模拟响应，但仍需结合相关物理诊断量解释响应机制。必做任务采用短时段、小区域，较长积分供拓展讨论。学生提交对照设计、

核心诊断和解释修订，评价重点是变量控制、证据一致性及不确定性认识，而非结果是否符合初始预期。

4.3. 预报偏差订正

本模块以站点气温为对象，将数据分析与模式应用衔接。学生先分析原始预报的误差及其时段变化，建立原始输出和简单统计订正的比较基线，再在程序框架上尝试随机森林等方法。输入特征须说明物理意义及实际预报时的可获取性，避免以算法复杂度替代问题分析。方法比较要求采用一致的检验样本和评价标准，关注增加技术复杂度是否带来稳定收益。

资料按时间划分训练、验证和独立检验时段，预处理、特征选择与参数调整不得使用独立检验资料，以防信息泄漏。学生比较总体误差和特定天气条件下的表现，说明改善不均或效果退化的情形。未获得改善时，分析样本规模、过拟合和资料差异等原因。成果包括误差诊断、基线比较、独立检验和局限讨论；降水订正与深度学习作为拓展，保证 4 学时核心任务能完整经历方法选择与结果检验。

4.4. 山地风场业务综合分析

课程团队将山地风场应用需求转化为模拟配置与测风塔观测比较任务。学生检查资料时段、测量高度、缺测及周边地形，分析风速、风向、垂直风切变、日变化和不同风向条件下的误差，并结合地形表示与观测代表性讨论原因。沿用基础模块的检查与统计方法，使学生在新的应用情境中整合已有技能，而非重新增加一套操作流程。

公里级模式用于区域背景风场及地形影响分析，不能据此直接推断风机尺度湍流、完整发电效益或覆冰风险。报告需交代资料来源、技术路线、主要结果、适用范围和后续建议。教师通过阶段汇报、个人答辩和报告修订检查分析是否回应需求、建议是否有据。HPC 承担计算，成信学堂保留评阅材料和反馈；每名学生说明负责环节，并能够解释其与完整流程的关系。

5. 学校超算平台与成信学堂的协同支撑

5.1. HPC 资源与计算组织

学校超级计算中心的 HPC 集群由 40 个通用节点和 1 个大内存节点组成，双精度总算力为 319 TFlops。通用节点各有 192 个处理核心和 768 GB 内存，大内存节点有 480 个处理核心和 4 TB 内存；中心采用 200G InfiniBand 高速互联，配备 2.5 PB 有效容量的并行存储系统，为区域模式积分、对照试验及数据处理提供计算条件。这些指标为总体资源，课程可用规模仍需依据资源申请与调度安排确定。

平台采用 Cluster Engine 组织 CPU 资源调度，并支持气象建模等计算任务。教学前由授课教师协调账号、软件环境和资源需求，学生依规范提交作业；教师先测试案例运行时间和输出容量，依据班级规模安排核数、内存及提交时段。必做任务优先采用稳定的小规模配置，较长积分提供预计算基准，同时保留学生独立验证环节。学生记录模式版本、输入资料、配置及关键日志，在共享计算环境中形成规范的研究习惯。

5.2. 成信学堂资源与考核管理

成信学堂是学校线上课程采集、建设和运行管理的校本平台，设有资源采集中心、课程管理中心和教学运行中心，汇集课堂视频、多媒体课件、在线课程与学生作业，并支持备课、协同教研和教学过程管理。课程可据此按模块组织背景阅读、操作导学、任务书和提交要求，把资源使用落实到当前学习问题。视频优先解释配置阅读、数据检查等共性难点，复杂物理解释结合课堂讨论展开。

课前发布准备任务并收集疑问，课中据此组织方案审核、操作检查和集中答疑，课后收集分析材料、报告及修订说明。概念短题和阶段作业用于了解参数理解与数据判断，线下操作和答辩用于核查独立能

力；具体测试、批阅与记录方式按课程空间实际功能安排。浏览量和观看时长仅作为学习过程参考，不能替代对程序、配置和结论依据的直接检查。共性问题经整理后补充到资源库，减少重复指导。

5.3. 两平台的任务衔接与维护

两平台以统一任务编号衔接：成信学堂发布目标、资料说明、计算要求和成果标准，HPC 工作目录按相同编号组织配置、日志及输出，计算完成后向课程空间提交评阅材料，并注明计算文件位置与版本。大体量输入输出保存在获批计算空间，课程空间保留关键配置、必要日志、分析程序、代表性图件及报告，避免重复上传。教学结束后按平台规则保留必要复现材料，整理中间文件。

例如，下垫面案例依次经历在线提交假设、教师审核、HPC 运行、课程空间提交诊断和反馈修订，通过任务记录形成连续学习过程。这一设计以任务与文件对应实现协同，不预设两平台已经建成自动接口。课程团队分别检查物理背景、计算稳定性和成果要求，每轮教学后优先修正说明缺失、步骤歧义与运行错误，在稳定核心案例基础上适量增加新内容，使维护工作与教学能力相适应。

6. 学习评价与课程目标达成分析设计

6.1. 综合评分与过程证据

评价借鉴成果导向与过程考核思路[6] [7]，兼顾规范操作、科学论证和业务表达。综合成绩暂按基础能力 40%、科研探究 30%、业务应用 30%组织，各部分统一分制评定后按比重计入总评。该比例属于初始教学设计，后续需根据目标覆盖、任务难度和评分反馈调整，不能直接认定为已验证的最优安排。评价要求在任务发布时同步说明，使学生清楚成果应体现哪些能力。

基础评价依据独立操作、配置、检查脚本和日志，科研评价依据问题、对照设计、诊断及个人答辩，业务评价依据报告、阶段反馈和修订记录。成信学堂汇集成果与评阅，HPC 记录用于核查技术过程。教师反馈指出具体缺失及修改方向，例如配置缺项影响复现、物理解释缺少诊断或建议超出资料范围；学生在修订中说明如何回应，使评分同时服务于学习改进。

6.2. 个人认定与目标分析

评分可设置优秀、良好、基本达到和未达到四个表现等级，以可观察行为区分。较高水平的试验设计应具有明确假设、合理对照和不确定性说明，仅更换参数并绘图不能获得同等评价。课程教师可利用代表性成果开展评分校准，统一评价标准，对明显评分差异复核。小组分工、程序修改与互评辅助认定贡献，个人答辩和短期操作任务核查独立能力，确保主要负责报告整合的学生同样达到共同技术要求。

总评反映整体表现，目标分析识别具体能力薄弱点，两者不能相互替代。教师将评分项目分别对应独立配置、试验论证和业务表达，依据项目得分与满分关系及预设重要程度分析目标表现。班级评价同时关注平均水平、达标比例和未达标原因；标准、缺交处理与补充评价办法提前明确。若学生能运行却不能解释配置，应加强理论联系；若能绘图却缺少论证，应补充诊断讨论；若建议超出结果范围，应加强适用性表达训练。

7. 实施约束与讨论

7.1. 教师工作量与分层支持

教师工作量主要来自案例测试、账号与算力协调、个别答疑、代码及报告评阅和平台维护。实施时可按环节登记实际投入时间，汇总为每班总人时和每名学生平均指导、评阅时间，并与原教学安排比较，以判断方案可持续性。在条件允许时由助教负责环境检查和共性问题答疑，利用脚本自动核对文件命名、

配置完整性、日志状态和结果格式；物理解释及论证质量仍由教师评阅。

分层教学以课前诊断为依据，不作固定分组。基础薄弱学生获得操作清单、带注释的示例代码和分步检查点；达到共同要求者独立完成对照试验与诊断；学有余力者可增加参数比较或不确定性分析。所有学生均须完成共同的个人操作与论证任务，并根据阶段表现调整支持程度，以兼顾学习差异和评价公平。

7.2. 平台风险与持续改进

对 HPC 排队延误、环境故障或资源不足，教师提前准备经测试的小规模配置和带版本信息的预计算输出；课堂临时无法计算时，先开展配置审查与已有结果诊断，恢复后补做关键自主验证。成信学堂若暂时不可用，则使用经学校认可的离线任务书与临时提交记录，平台恢复后统一补交并核对时间和版本。课程团队保留错误日志与处理记录，避免技术故障造成学习证据丢失。

每轮教学后，依据目标达成、典型错误、问卷和访谈反馈，区分先修不足、任务设计、师资投入或平台条件的影响，优先调整证据较明确的环节。现阶段的讨论限于实施可行性和预期风险；学生能力提升及兴趣变化仍需待真实数据收集后，在后续实证研究中分别报告研究结果与讨论。

8. 结语

本文围绕《大气与环境模式》实践需求，构建基础技能、科研探究与业务应用递进的教学体系，细化 24 学时安排和四个案例模块。学校 HPC 支撑数值计算，成信学堂组织资源、考核与反馈，统一任务编号连接运行记录和学习成果；个人检查与目标分析为持续改进提供依据。本文的贡献在于提供可实施、可核查的任务设计及混合方法评价方案。后续将通过 1~2 轮教学实施与系统数据收集检验学生能力和学习兴趣变化，持续完善分层支持与平台保障。

基金项目

成都信息工程大学 2025 年本科教育教学研究与改革项目暨本科教学工程项目(JYJG2025006)。

参考文献

[1] 顾西辉, 邓琪敏, 陈蕾, 孔冬冬. 大气科学专业教学与科研实践融合的研讨式教学模式研究[J]. 创新教育研究, 2023, 11(10): 3297-3303.

[2] 张英杰, 同小娟. 基于科教融合的“气象学”课程教学改革探索[J]. 中国林业教育, 2024, 42(3): 68-72.

[3] 林志强, 苏东生, 郑佳锋. 面向产学研结合的《天气学分析》课程教学改革思考[J]. 创新教育研究, 2024, 12(11): 563-567.

[4] 于美青, 邱小宇, 张羽, 王睿. 以学科前沿交叉为导向的《大气污染控制工程》课程教学改革研究[J]. 创新教育研究, 2024, 12(4): 205-209.

[5] 王超, 肖天贵, 张婕, 向卫国, 文小航. 基于虚拟仿真实验的大气科学线上线下混合式课程研究[J]. 教育进展, 2022, 12(1): 122-126.

[6] 牛晓瑞, 赵树云. OBE 视域下《大气数值模拟》课程教学改革探索与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 994-1002.

[7] 王赛男, 樊晋, 张小玲. 基于翻转课堂的过程考核模式在《大气化学基础》教学实践中的应用[J]. 创新教育研究, 2026, 14(2): 404-411.

[8] Wing, J.M. (2006) Computational Thinking. *Communications of the ACM*, **49**, 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

[9] Lu, C., Macdonald, R., Odell, B., Kokhan, V., Demmans Epp, C. and Cutumisu, M. (2022) A Scoping Review of Computational Thinking Assessments in Higher Education. *Journal of Computing in Higher Education*, **34**, 416-461. https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y

[10] Biggs, J. (1996) Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, **32**, 347-364.

https://doi.org/10.1007/bf00138871

[11] Hoadley, C. and Campos, F.C. (2022) Design-Based Research: What It Is and Why It Matters to Studying Online Learning. *Educational Psychologist*, **57**, 207-220. https://doi.org/10.1080/00461520.2022.2079128

[12] 苏东生, 林志强, 蒋梦姣, 周娟. 基于科教融汇的《大气与环境模式》教学改革思考[J]. 创新教育研究, 2025, 13(10): 405-410.