

基于 PBL 教学法的动力气象学课程教学设计

张宇 梁曦文 谭淇昌

广东海洋大学

摘 要：动力气象学作为大气科学专业的重要课程承载着培养学生理解大气运动基本规律、掌握数理推导方法以及形成综合分析能力的任务，但该课程内容抽象、理论性强且涉及较多数学工具，学生在知识理解和运用上还有一定的困难。为此，本文引入以问题为导向的 PBL 教学法，通过在教学过程中设置贴近真实气象问题的学习情境，鼓励学生自主分析、分组讨论和多角度思考以使其在问题解决的过程中逐步掌握动力气象学的核心概念与基本原理。结论表明将 PBL 教学法运用于动力气象学课程不仅有助于改善传统课堂中教师单向讲授和学生被动接受的局面，而且为提升大气科学专业人才的培养质量提供了一条具有实践意义的路径。

关键词：PBL 教学法；动力气象学；教学设计

动力气象学作为大气科学专业的核心课程，主要研究大气运动的基本方程、波动传播机制以及环流形成的动力过程，它是后续课程与科研实践的基础。然而该课程具有高度的抽象性与数学化特征且涉及大量偏微分方程推导和物理过程建模，学生在学习过程中常会面临公式与概念脱节、难以将数学框架与实际大气现象相联系等问题，导致学习兴趣不足和理解深度有限^[1]。近年来，PBL (Problem-Based Learning) 教学法逐渐受到关注，其基本思路是通过问题驱动的方式引导学生主动探究和协作学习以实现知识建构与能力培养的统一。已有研究显示 PBL 教学法在医学、工程及理科课程中均能有效提升学生的学习积极性和综合应用能力，为高等教育课程改革提供了经验借鉴。本文结合动力气象学课程的专业特点与教学难点，尝试将 PBL 教学法引入其中并设计符合学科特征的问题情境与任务以引导学生在探索和讨论中逐步掌握课程的核心知识与应用方法，从而推动教学效果的提升。

一、PBL 教学法概述

基于问题的学习强调把学习设置到复杂且有意义的问题情境中，通过让学生合作解决真实性问题来学习隐含于问题背后的科学知识，形成解决问题的技能（图 1）^[2]。其核心在于将学习过程与实际问题的紧密结合，使学生不再被动接受知识，而是能在教师引导下主动探究、分析并归纳出适合情境的解决思路并在这一过程中逐步建立系统化的知识结构，从而在强化知识理解的同时促进批判性思维和团队协作的养成，为

后续的专业学习和科研实践提供坚实基础。

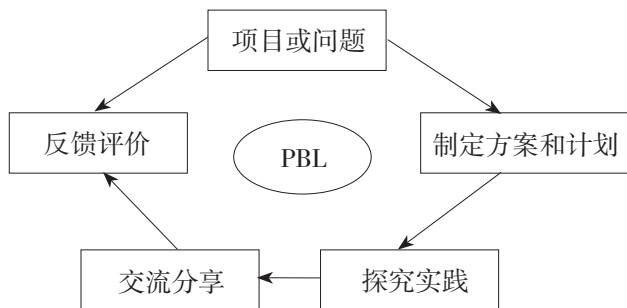


图 1 PBL 教学法示意图

二、基于 PBL 的教学活动总体规划和安排

（一）总体规划

在动力气象学课程中引入 PBL 教学需要教师在整体设计上兼顾课程的学科属性与学生的学习特点，明确知识目标与能力目标的统一并通过合理的教学环节将抽象的理论与实际问题有机联系起来。

教师要从整体框架上明确知识体系的主干内容并将其转化为一系列具有代表性的问题情境，让学生可以在探究过程中逐步掌握大气运动基本方程、波动理论和环流机制等核心知识^[3]。课程的设计目标是既要帮助学生去理解复杂的数学推导和物理过程，还要培养他们将理论应用于实际气象问题分析的能力^[4]。课程的实施过程要求教师在不同单元设置与教学目标紧密相关的问题任务，例如通过分析天气系统的演变来理解动力不稳定或是通过研究波动传播案例加深对数学模型的掌握。学生在小组合作中通过查阅文献、建立模型和开展讨论来逐步构建知识框架，从而在解决

基金项目：PBL教学法在《动力气象学》中的运用研究，广东海洋大学教学改革项目 PX-2721860

立项时间：2021年 8 月 13 日

作者简介：张宇（1986—），男，博士，副教授，研究方向为数值天气预报资料同化。

问题的过程中加深对抽象概念的理解^[5]。课堂的时间安排则需要在理论讲解和问题探究之间形成交替，教师要在把控好教学进度的基础上引导学生通过分阶段完成任务并逐步展示成果，同时教学活动还应依托气象数据、数值模拟和图像资料等多样化的资源，以确保学生能够在真实或拟真的情境下检验所学知识并将理论与实践紧密结合^[6]。

（二）基于 PBL 的教学内容

在动力气象学课程的教学内容安排中，PBL 教学法强调以问题为核心来组织知识点，因此课程的整体框架不能再单纯按照教材章节去展开，而是要运用一系列紧扣学科核心的典型问题将其串联在一起^[7]。例如在学习大气运动时，教师可以设计“如何建立能同时描述旋转、摩擦与热力作用的大气动力模型”的问题让学生在推导与讨论中逐步掌握方程组的物理含义；在波动理论部分可以以“为何大气中会产生罗斯贝波及其对天气过程的影响？”为问题情境引导学生在分析与建模中理解波动传播的机制；在讲解大尺度环流与不稳定理论时教师则可以通过“如何解释急流的形成与演变”或是“在何种条件下会触发大气不稳定”的问题促使学生结合实际资料进行推理与验证，通过这种方式使学生在探索过程中真正建立起对课程的整体理解。

三、基于 PBL 的案例教学设计

（一）PBL 问题设计

问题的设计是课堂中承上启下的关键环节，教师在设计问题时既要契合课程核心知识点又要具有足够的情境性和复杂度，以此来保证学生在探究过程中能够真正接触到知识背后的逻辑结构^[8]。问题还需教师根据学生已有的知识水平去设计，既要避免问题过于简单导致缺乏探究价值，也要避免难度过大造成学生

学习的挫败感，因此问题应层层递进，由基本概念引导至复杂情境并通过小组协作和阶段性讨论逐步推进，这种精心组织的问题链条能够使课堂实现由教师引导到学生自主探究的过渡，真正体现 PBL 的教学特征。

教学案例：台风形成与演变的动力机制。

教学目标：引导学生理解台风形成条件及其演变过程并掌握大气运动方程在实际问题中的应用。

由表 1 可见，该案例所设计的问题覆盖了动力气象学课程中的多个关键环节，从气压梯度力、科里奥利力到涡度方程的数学表达再到其与天气系统演变的动力联系，最后延伸至数值模式应用层面的思考，形成了一个由基础到综合、由理论到实践的完整问题链条。这样的安排不仅使学生在探究中能够逐步掌握急流动力机制的核心知识且能够在小组合作与案例分析中深化对理论与实际联系的理解，同时也为培养批判性思维和独立分析能力提供了有效的支撑。

（二）线上补充学习

学生上课的时间有限使得课堂探究总会受到限制，部分推导和计算很难当堂完成，因此教师在教学设计时需要将线上补充学习作为延伸环节纳入整体规划^[9]。线上教学的重点是对课堂问题进行拓展与深化，而不是简单复述课堂内容，教师可以在教学平台提供针对性的学习资料包括观测数据、数值模拟结果以及参考文献；并结合学习进度布置小组化的研究任务，引导学生通过查阅资料、数据分析和结果汇报来完成问题的进一步探究^[10]。此外教师需定期组织在线答疑或小组讨论，对学生在自主学习中遇到的疑问进行针对性指导并通过成果提交和学习反思来及时掌握学习效果。

以罗斯贝波传播特征的教学环节为例。课堂中教师提出“罗斯贝波为何能够长距离传播并对天气过

表 1 基于台风案例的 PBL 问题设计

教师准备的问题	设计思路	学生需要完成任务
台风的“发动机”与“方向盘”——初始涡旋的形成？	将抽象的台风问题转化为可讨论的情境，引导学生回顾基本气压梯度力和科里奥利力	分析气压梯度力和科里奥利力共同作用下，气流从径向流入发展为气旋式旋转的过程
涡度的“放大器”——台风旋转的增强	促使学生从数学模型入手，理解引入涡度方程及其各项的物理意义	推导涡度方程，并能识别和解释在台风发展过程中起主导作用的物理项
平衡态的奥秘——成熟台风的眼睛与眼墙？	将动力机制与天气实际相联系，培养学生跨层次思考	通过案例资料讨论台风的观测特征（眼墙、风眼），建立理论模型与实际现象的联系
如果数值模式预测中台风路径和强度预测出现偏差，可能的动力学原因是什么？	将课堂问题引向应用层面，锻炼学生批判性思维	分析可能的模式假设或边界条件问题，并提出改进思路

程产生深远影响”的问题，学生经过小组讨论能够说出基本成因，但缺乏对其数学表述和实际资料的深入掌握。课后教师在平台上传一组 ERA5 再分析资料与数值模拟视频并提供数据处理软件的操作指引，要求学生分组对比中纬度与高纬度的波速差异，分析波传播对天气尺度扰动的可能影响。学生在完成数据处理后需要撰写简要分析报告并上传至讨论区，各小组在论坛上交换意见并对比结论，最后由教师在在线研讨会中进行点评，指出计算中的常见问题，同时进一步解释理论公式与观测现象之间的对应关系，在这样的安排下学生不仅能完成课堂遗留问题的延伸探究，还能在自主分析与互动中加深了对动力机制的理解。

（三）线下翻转学习

线下翻转学习是指将传统课堂中的讲授环节转移到课前准备阶段，学生通过自主学习完成基础知识的预习，而课堂时间则更多用于问题探讨、案例分析和深度讨论^[11]。在动力气象学的教学中这种模式能够为 PBL 教学提供有效支撑，但要真正发挥作用还需教师提前规划学习内容的分配和课堂活动的组织方式。教师需要在课前明确学生的学习任务并要求学生带着初步的问题或理解困惑进入课堂。课堂中教师不再以讲授为主，而是通过问题驱动引导学生在小组讨论中解决实际案例，将课前学习到的知识灵活应用^[12-13]。为了保证翻转的有效性教师还需在课后收集学生的学习反馈并根据学习情况调整后续问题的难度与教学安排，使线下学习形成完整闭环。

以大气静力稳定度的判别与应用这一案例展开。教师在课前先为学生提供一段讲解静力稳定条件及相关公式的微课视频并配发一份包含观测温度廓线的资料，要求学生在课下利用公式初步计算静力稳定度指标。进入课堂后教师设置问题情境，如“在给定的温度廓线上，哪些层结容易触发对流活动”，学生则以小组为单位对比计算结果并进行讨论，教师在此过程中引导学生思考不同大气条件下稳定度变化的物理意义并结合真实的雷达观测和对流案例进行分析。课后教师要求学生提交一份小组报告，既包括计算过程，

也包括对实际天气背景的解释，以确保学习不仅停留在公式运算层面，而是能真正结合动力学原理进行综合判断。

（四）过程考核设计

过程考核在基于 PBL 的动力气象学教学中需要贯穿课堂与课外，教师应将考核指标与探究任务紧密结合并明确每个阶段可观察的行为证据与评分细则。考核的设计不应停留在结果评价，而是要关注学生在学习过程中的投入程度、合作方式、问题分析路径以及数据处理能力^[14]。为了保证考核的公平与可操作性，教师需要制定分档描述性标准并在课前公布评分规则以便学生明确努力方向。在技术实施上教师可以利用学习平台提交任务与跟踪进度，从而使过程考核真正成为引导学习和促进能力发展的工具（表 2）。

案例：急流形成与演变的动力机制

课堂中，教师将学生分组探究急流的动力条件与数值模拟的表现并通过过程考核来追踪学生的学习路径。考核内容不仅包括课前的准备情况，还涵盖课堂表现、数据处理、成果展示和反思总结。

四、教学效果评价

（一）教学评价

教师在动力气象学中引入 PBL 教学后，学生在处理复杂问题时表现出的分析深度与逻辑条理明显增强，课堂讨论的广度和层次也较以往更为丰富。小组合作环节显示出学生在信息检索、模型构建和结果表达上的进步，说明他们能够在问题驱动的情境中逐步形成系统思维，同时课堂观察与学习成果的对比表明，学生在将抽象的动力学公式与实际气象现象联系方面更加熟练，能够提出合理解释并进行验证，从而真实反映教学改革的实际成效。

（二）教学反思

动力气象学作为一门理论性极强的课程，其抽象推导往往成为学生的学习障碍，因此在 PBL 实践中问题的情境化和数据的直观化仍需要进一步优化。例如在急流和波动案例中，部分学生虽然能够完成推导与计算，但在物理意义的理解上仍显不足，说明教师在引导思路时需要提供更明确的层次过渡，同时在线上

表 2 基于 PBL 的动力气象学案例教学过程考核设计

考核环节	权重	评价要素	具体表现要求
课前准备	10%	预习与资料摘要	完成指定阅读与公式推演，整理出关键问题
课堂参与	15%	讨论与互动	积极发言，能够提出问题或补充他人观点
数据处理与分析	30%	方法与准确性	正确处理再分析资料，结果具有可重复性
成果展示与报告	30%	科学性与逻辑性	书面报告结构清晰，展示内容紧扣问题
同伴互评与合作	10%	团队贡献	能客观评价组员表现，积极履行分工
个人反思	5%	思考深度	能结合课堂学习反思问题解决思路与不足

与线下的结合环节中个别学生存在依赖性较强、主动性不足的情况,提示教师在任务布置和反馈机制上仍需加强。未来在教学实施中教师可以在问题链设计上更注重递进性,在资源配置上更突出直观性以保证学生在探索中逐渐建立完整的知识框架。

五、结语

基于PBL的动力气象学教学设计通过问题驱动、协作探究与实践应用的有机结合体现了理论知识与实际问题的紧密联系,也促进了学生分析能力、建模能力和团队协作能力的整体提升。在教学过程中多维度的学习活动与过程考核相辅相成成为学生自主学习提供了明确路径,也使教师能够及时掌握学习进度并进行针对性指导,通过系统化设计与实施,PBL教学法呈现出可持续改进的潜力,为动力气象学及其他理论性较强的专业课程提供了可借鉴的实践路径,并为高等教育课堂改革中能力培养导向的探索提供了经验参考。

参考文献:

- [1] 杨泽粟.“动力气象学”课程教学改革创新研究[J]. 教育教学论坛,2021(10):49-52.
- [2] 张瑜,金赛花,张礼.基于SPOC网络教学平台PBL教学模式在大气科学基础课程中的实践讨论[J]. 教育教学论坛,2017(19):115-116.
- [3] 王天驹,孙源,朱益民,等.趣味性导入在动力气象学教学中的应用研究[J]. 教育教学论坛,2021(4):119-123.
- [4] 程小平,丁菊丽,钟玮,等.一流本科课程建设的改革与实践——以动力气象学课程为例[J]. 高教学刊,2021,7(31):34-37.
- [5] 苏泰.“动力气象学”课程在线上线下混合式教学改革探索[J]. 云南大学学报(自然科学版),2020,42(S1):33-37.
- [6] 陈樟,华维,杨泽粟.动力气象学课程教学改革探讨[J]. 教育教学论坛,2020(42):131-132.
- [7] 陈桦.非大气科学专业《动力气象学》课程建设探讨[J]. 教育教学论坛,2016(30):184-185.
- [8] 魏小锋,韩红,闫学军,等.基于卫星遥感与CMB模型的济南市冬季重污染过程PM_{2.5}溯源分析[J]. 生态环境学报,2022,31(6):1175-1183.
- [9] 卢小敏,俞黎黎,张学艳,等.网络教学平台下PBL教学法的应用分析[J]. 卫生职业教育,2019,37(17):60-61.