面向地球学科发展前沿的“变质岩岩石学”课程改革与实践

苟龙龙，张成立，仝来喜，卢俊生，宋文磊，王建强
西北大学 地质学系，陕西 西安 710069

摘要：针对“变质岩岩石学”课程在构建大学本科生地学知识和研究思路中的独特作用，围绕课堂教学内容重构、实验教学体系优化和智慧课程建设等方面，系统梳理了该课程在面向学科前沿的教学改革中所进行的探索与实践，并对未来建设方向提出展望。面对地学研究新的发展形势，课堂教学中，增设了变质相平衡模拟计算、地质温压计应用及学科前沿专题研讨等内容；实验教学方面，增加了含假蓝宝石超高温富铝麻粒岩等典型变质岩类实践，显著丰富了实验教学内容，有效增强了课程的学术深度与实践内涵，提升了教学质量与成效。

关键词：变质岩岩石学；拔尖人才；学科前沿
中图分类号：G642 **文献标识码：**A **文章编号：**1006-9372（2026）04-0096-04

Title: Exploration and Practice on the Course of Metamorphic Petrology Aligned with Frontiers in Earth Sciences

Author(s): GOU Longlong, ZHANG Chengli, TONG Laixi, LU Junsheng, SONG Wenlei, WANG Jianqiang

Keywords: metamorphic petrology; outstanding talents; disciplinary frontiers

地质学是研究地球及其演变并保障国家能源资源安全的关键学科，其人才培养质量直接关系到国家在深地、深海、深空等战略领域的科技竞争力。习近平总书记指出：“当前，世界百年变局加速演进，新一轮科技革命和产业变革深入发展，教育越来越成为提升国家核心竞争力、赢得战略主动的关键因素”[1]。由此，国家对培养具备国际视野、创新精神和前沿素养的一流基础学科拔尖人才提出了迫切需求。一流本科人才的培养关键在于扎实而先进的课程体系，而专业基础课程内容建设的国际化与现代化则是构筑这一关键的核心支柱。“变质岩岩石学”是地质学本科专业核心基础课程之一，是理解地壳深部过程、大陆形成和演化、板块构造动力学和地球演化的关键学科。

在西北大学地质学系进行国家“双一流”建设的背景下，围绕培养地质学拔尖创新人才的目标[2]，并基于“变质岩岩石学”课程定位、多年教学实践和以往教学情况分析，教学团队对地质学拔尖班开设的课程教学大纲进行了全面修订。在继承原有教学内容的基础上，教学团队进行了较为深入的教学改革，着力构建一个契合国际学术前沿、注重实践能力、以综合素质培养为核心的新型“变质岩岩石学”课程内容体系。本文系统阐述本次教学改革的实践过程和相关思考，重点围绕课堂讲授、实验教学和智慧课程建设等方面，梳理西北大学地质学系在“变质岩岩石学”课程改革中所秉持的理念、采取的实施路径及具体举措，以期为地质学相关专业岩石学课程的改革与创新提供可借鉴的实践案例。

一、“变质岩岩石学”课程教学分析

21世纪以来，随着地球科学的迅猛发展，变质岩岩石学在理论、方法及实验分析技术等方面

收稿日期：2025-09-20；**修回日期：**2025-12-20。
基金项目：2024年度西北大学本科人才培养建设项目“示范课程建设项目-数智课程-变质岩岩石学”（JX2024022）。
作者简介：苟龙龙，男，教授，主要从事变质岩岩石学的教学和研究工作。

投稿网址：www.chinageoeducation.net.cn *联系邮箱*：bjb3162@cugb.edu.cn
引用格式：苟龙龙，张成立，仝来喜，等．面向地球学科发展前沿的“变质岩岩石学”课程改革与实践[J].中国地质教育，2026，35（4）：96-99.

也得以快速发展，原有教学模式相对滞后，难以支撑起培养学生现代岩石学思维与创新实践能力的目标。首先，课堂教学内容亟待更新。以变质相平衡模拟计算为例，其理论与方法近年来已取得显著进展（如对变泥质岩与变基性岩的深熔作用进行定量模拟）[3-4]，并已成为变质作用研究中的常规手段。然而，现有课程内容明显滞后，对相平衡分析理论的介绍仍局限于传统的成岩格子和组分共生图解，未能充分纳入上述定量模拟理论与方法。其次，实验教学内容也存在不足。例如，超高温变质作用作为近年来的研究重点，但具有典型矿物组合的岩石样本却很少被纳入实验教学，使得实践教学与研究前沿脱节。再次，当前的教学方法亟待改进。由于变质岩岩石学涉及的知识点多，岩石类型与矿物组成复杂多样，因此需要调整教学方式，以确保在有限课时内清晰、系统地讲解各项内容。最后，课程考核方式单一，难以全面、客观地评估学生的真实学习状态与综合能力。当前考核通常过度依赖期末笔试成绩，平时成绩则多局限于实验报告的情况，并不能准确分析学生的学习状态。这种“重结果、轻过程”的考核模式，无法准确反映学生的学习成效。

二、课堂讲授内容重构

在课堂讲授内容的重构上，以保证课程内容框架体系完整为原则，课堂讲授内容分为 4 个模块：基本理论、新技术与方法、不同构造环境 – 变质作用类型下各变质级别变质岩和变质作用研究前沿专题讨论。

1. 基本理论

基本理论模块构成了本课程的核心知识基石，其内容设计继承并整合了变质岩岩石学的经典框架。该模块系统涵盖了变质作用的基本概念、变质岩的化学成分与结构构造特征、变质反应与变质带、矿物相律、共生图解，以及变质相和变质相系等核心知识点。这些内容彼此关联、层层深入，共同为学生建立扎实的理论体系，是正确理解变质作用机制和分析岩石演化历史不可或缺的基础。

2. 新技术与方法

20 多年来，变质作用的研究方法发展迅速。内部一致性热力学数据库和多种变质相平衡模拟方法的不断更新发展，使变质相平衡视剖面图模拟计算变得简单快速，如 GeoPS 软件一般在几分钟到十几分钟就可以完成一幅 P-T 视剖面图的计算 [5]，变质相平衡模拟计算已经成为变质作用研究的常规和必备方法。然而，现有本科生教材很少有这部分内容的介绍，以往的课堂教学中也没有将变质相平衡模拟计算作为教学内容。因此，在适应地学高速发展和培养符合新型地学人才的需求下，本课程新设置了新技术与新方法模块，将变质相平衡视剖面图模拟纳入变质岩岩石学教学，并与地质温压计和变质作用 P-T-t 轨迹等相结合，深入阐述它们在变质岩研究中的重要作用。在具体的变质相平衡计算内容教学中，学生在掌握变质相平衡基本原理基础上，采用 GeoPS 热力学模拟软件，在电脑上进行实际操作，该软件不仅计算速度快，而且计算过程是可视化的 [5]，同学们可以在课堂上独立完成多幅变质 P-T 视剖面图的计算。与此同时，为加深同学们对变质 P-T 视剖面图和地质温压计的原理和应用的学习，课程系统收集和整理了国内外不同变质级别和构造环境的典型样品全岩成分和矿物对的电子探针分析数据，构建了课程数据库，使学生能够通过真实数据完成从理论到实践的全流程学习和模拟，这不仅显著提升了课堂教学效果，也为学生开展自主探究与创新研究提供了有力支撑。

3. 不同构造环境 – 变质作用类型下各变质级别变质岩

本模块旨在系统讲解不同构造环境及变质作用类型下形成的各类变质岩。教学内容遵循板块构造体制，依次剖析俯冲带、陆缘弧、大陆张裂等关键环境，深入讲解造山变质岩、接触变质岩和动力变质岩等主要类型。其中，造山变质作用及其形成的岩石系列被列为讲授重点。通过这一模块的学习，学生将能深刻理解变质级、全岩化学成分与矿物共生组合之间的内在联系，从而牢固掌握各类变质岩的形成机理与演化过程。

4. 变质作用研究前沿专题讨论

在课堂教学内容的结束阶段，增设了 3 个学时的变质作用研究前沿专题讨论模块，主题不作具体限定，根据当前变质岩研究热点内容确定，如超高温变质作用、俯冲带碳循环和高温高压实验岩石学等内容，教学内容由专业的老师参与讲授和讨论，同时还扩充利用网络资源。高温高压实验岩石学专题讨论内容包括实验岩石学的原理、不同类型的实验设备以及部分典型研究成果的剖析，开阔了学生岩石学方向的研究思路与学术视野。超高温变质作用的讨论内容包括东南极、印

度南部麻粒岩地体以及中国华北等典型地区超高温变质作用，讲授这些内容的老师均具有多年相关研究成果的积累。东南极是最早发现假蓝宝石+石英超高温变质作用矿物共生组合的地区[6]，因此是超高温变质作用研究的经典地区。课堂讲解和讨论的内容包括超高温变质作用的定义、特征矿物组合、形成的大地构造背景、东南极超高温变质作用的研究概况和存在的问题，也涉及中国科研人员在南极科考有关的照片及背后的故事，如中国南极科考站—中山站、雪龙号极地考察船和中国南极考察直升机。因此，超高温变质作用讨论专题不仅扩展了变质岩课程专业内容，而且增强了同学们的专业热情和民族自豪感，极大地丰富了课程的思政教学内容。

三、实验教学内容与方法创新

1. 完善变质岩岩石学实验体系

西北大学地质学系在“变质岩岩石学”课程教学方面拥有较为丰富的岩石标本及配套薄片资源。本课程在重构课堂理论讲授内容的基础上，对实验教学内容亦进行了系统性调整与扩充。目前，实验课程已由原有安排增加至9次，新增实验课3次。实验内容不仅涵盖变质岩常见结构与构造的观察与分析，还包括几乎全部造山变质岩类型以及部分常见局部变质岩类型。因此，本课程所涉及的实验岩石标本类型齐全、内容层次分明（表1），形成了西北大学地质学系“变质岩岩石学”课程的重要特色之一。尽管如此，为顺应国际变质岩岩石学的发展动态与前沿趋势，对麻粒岩相变质岩的教学标本及配套薄片进行了系统性更新与补充，使课程所涵盖的麻粒岩相变质矿物组合全面。新增标本主要采集自华北克拉通古元古代造山带。基性麻粒岩方面，补充了石榴单斜辉石基性麻粒岩与石榴二辉基性麻粒岩，而富铝麻粒岩方面，新增了刚玉黑云钾长片麻岩标本，并补充了典型的超高温富铝麻粒岩，包括含假蓝宝石夕线石榴黑云二长片麻岩和含尖晶石夕线石榴黑云二长片麻岩。

丰富且具有代表性的实验岩石标本，进一步提升了本课程实验教学内容的系统性，并为实验教学创新提供了基础。变质岩岩石学实验教学的创新核心，在于变质岩鉴定技能提高的同时，加强“解过程、析成因”的思维培养。不同于以往每次实验观察内容都相对独立，实验教学改革重新组织了观察内容，建立了多个变质岩观察系列，如：相同原岩（如玄武岩）在不同变质条件（绿片岩相→角闪岩相→麻粒岩相）的对比观察系列，以及同一变质温压条件下不同原岩的变质产物（基性麻粒岩和富铝麻粒岩）对比系列，强化了矿物组合、原岩、变质条件三者之间的关系和不同变质岩成因的深入理解。

表1 “变质岩岩石学”课程实验教学内容

教学环节		教学内容
实验教学	实验一	变质岩常见的结构、构造及矿物世代
	实验二	接触变质岩和气–液变质岩
	实验三	动力变质岩
	实验四	板岩类、千枚岩类、片岩类
	实验五	片麻岩类、长石变粒岩类
	实验六	角闪岩类
	实验七	大理岩类
	实验八	麻粒岩类、混合岩类
	实验九	榴辉岩

2. 实验教学方法创新和考核

每次实验课结束之前，增加了20分钟讨论环节，学生就实验观察遇到的问题以及岩石成因进行讨论和分析。实验教学创新不仅有效激发了学生的兴趣，而且提高了学生系统学习常见变质矿物（如夕线石、蓝晶石、红柱石、刚玉、十字石、堇青石、透辉石、紫苏辉石、蓝闪石和石榴子石等）、变质岩的岩性特征与形成环境的效果。在实验教学即将结束时，进行变质岩标本和薄片一对一考核，作为期中成绩的重要组成部分，已经成为变质岩实验教学不可或缺的核心环节，其能全面评价学生的实践能力、观察分析水平。该考核不仅检验学生对变质岩矿物组成、结构构造及变质作用特征的掌握程度，更通过标本识别与薄片鉴定的双重实践，强化其岩石成因分析与地质解释的综合素养，有效推动教学反馈与改进。因此，这一考核体系既是衡量学生动手能力和专业知识应用效果的重要标尺，也是提升变质岩教学质量、保障地质人才培养实效的重要手段。

四、数智课程建设

随着人工智能大模型的兴起，传统教学模式正面临深刻变革，将人工智能技术融入课程建设已成为教育发展的必然趋势。在此背景下，数字化与智能化课程建设正逐步成为专业课程体系改革的核心环节。目前，“变质岩岩石学”数智课程建设仍处于初步探索阶段。作为尝试，地质学系

拔尖班的“变质岩岩石学”课程已首先通过“雨课堂”平台开展初步教学探索，构建了一个教师教学与学生自主学习的混合式教学环境，核心目标是将信息技术融入教学过程，提升课堂的互动性和教学效果，并有效提升学生的到课率、抬头率和课堂参与度。

课前，学生可通过平台接收预习任务和电子化资料，提前了解课程的核心内容与重点。平台提供的练习题（如选择题等）能够帮助学生及时检验自学成果，获得实时反馈。这一过程不仅提升了课堂前的准备度，也为后续课堂中的讨论、分析和深度学习打下了扎实的基础。课堂教学中，教师可借助“雨课堂”设置一些测试题，与学生灵活开展互动，既能实时评估学生对知识点的掌握情况，也有助于集中学生注意力、增强课堂参与感。所有电子化教学资源，包括课件、参考文献及拓展资料，均通过“雨课堂”统一发布与管理，便于学生随时调取与复习。

通过实施上述系列教学改革举措，不仅有效优化了教学流程，也显著提升了学生的学习体验与教学成效。这些实践为“变质岩岩石学”课程的现代化与智能化注入了新的活力，同时为教师及时、精准地把握学生学习状态、评估学习效果，以及科学评定平时成绩提供了客观依据，从而整体提升了课程的教学质量。然而，目前的探索和实践与深度融合人工智能与数据驱动的“数智课程”标准仍存在明显差距，其在个性化学习路径适配和智能学习分析与反馈等方面尚需进一步系统化建设与迭代升级。

五、未来课程建设的展望

为构建对标国际前沿的“变质岩岩石学”课程体系，围绕课堂教学内容重构、实验教学体系优化、标本与薄片库的补充更新以及数智课程初步探索等方面，教学团队开展了一系列教学改革实践，有效提升了课程的整体教学质量。然而，课程改革仍处于初步阶段，未来需在以下两方面持续推进深化。

（1）持续升级实验教学体系。在现有教学标本库基础上，拟结合高年级秦岭造山带野外综合地质实习，系统采集不同构造单元典型变质岩样品，明确其采样位置与地质背景，增强实验教学的情境性与针对性[7]。推动岩石标本及薄片的数字化建设，建立虚拟标本库，以拓展学生对岩石结构与矿物组合的直观认知。同时，为典型实验样品补充全岩地球化学与矿物成分数据，在实验中引导学生进行温压条件计算与地质意义解读，从而深化学生对变质作用过程的理解，提升实验教学的科学性与综合性。

（2）深入推进“变质岩岩石学”智慧课程建设。以智能化教学资源开发与学习支持系统构建为重点，计划制作涵盖关键知识点的数字讲授视频与微课程，进一步丰富拓展性数字化教学资源。同时，逐步引入具备智能批改与答疑功能的教学辅助工具，实现对学生作业的自动化评价与个性化学习支持，并依托学习行为数据分析，实时监控教学成效，为教学优化提供依据，推动课程向深度融合智能技术、支持自主探究的“智慧课程”范式演进。

参考文献：

[1] 习近平．加快建设教育强国[EB/OL].（2025-05-31）[2025-06-30].https://www.qstheory.cn/20250530/2f3e2f4ff16046c9aa6a1268b01a8010/c.html.

[2] 张志飞，陈峰，李政伦，等．“三制三化、多维融通”引领下地质学拔尖人才培养模式改革与实践：以西北大学为例[J]．中国地质教育，2025，34（4），5-10.

[3] 魏春景．麻粒岩相变质作用与花岗岩成因－Ⅱ：变质泥质岩高温－超高温变质相平衡与S型花岗岩成因的定量模拟[J]．岩石学报，2016，32（6），1625-1643.

[4] 魏春景，关晓，董杰．基性岩高温－超高温变质作用与TTG质岩成因[J]．岩石学报，2017，33（5），1381-1404.

[5] 向华．GeoPS：简便高效的热力学相平衡模拟新工具及其应用[J]．岩石学报，2025，41（12），4271-4287.

[6] DALLWITZ，W B. Co-existing Sapphirine and Quartz in Granulite from Enderby Land，Antarctica[J]. Nature，1968，219（5153），476-477.

[7] 夏炎，曾罡，徐夕生．理论与实验融通教学：南京大学“岩石学与岩石成因”品牌课程建设的探索[J]．中国地质教育，2025，34（4），64-67.