

中国科学院学部 科学与技术前沿论坛简报 第 119 次

学部工作局学术与文化处 编报
《中国科学》杂志社

2021 年 12 月 日

“变质地质学科学与技术”论坛综述

一、背景

变质岩是组成硅酸盐地球的三大岩石之一，对了解深部地壳的物质、结构和演化，研究地壳热结构历史记录，恢复变质岩原岩建造和指导找矿等都具有重要意义。自 20 世纪 80 年代中期提出超高压变质作用以来，国内外学者相继对大陆深俯冲作用进行了一系列深入研究，特别是我国学者又相继在柴北缘野马滩、南阿尔金、东昆仑、北秦岭及西天山的不同岩石类型中发现了柯石英以及其他一些特征的超高压变质指示矿物和结构，确定了我国 6 条超高压变质带，其中大别-苏鲁超高压变质带是世界上最大规模的超高压变质带，西天山超高压变质带是最大规模的大洋型超高压变质带，引起了国内外学者的广泛关注。在超高温变质作用研究方面，识别并确定了华北克拉通孔兹岩类超高温变质岩石的出露规模，精确的变质过程和时间尺度的限定，以及构建了温度-压力-时间 (P-T-t) 轨迹，取得了系列性进展，使我国在大陆俯冲变质和早前寒武纪变质两个方面，在国际上处于前列和部分领跑的优势地位。此外，在变质相平衡研究方面，在热力学数据库和矿

物相及熔体活度模型进一步完善的基础上，开发了新的模拟计算机软件 **GeoPS**，建立了基于 **ACF** 组分分析建立的变质基性岩完整相平衡关系；同时，在深熔作用与花岗质岩石成因的定量模拟方面也有重要突破。在矿物温压计研究方面，首次建立了与斜长石无关的 **GBAQ** 压力计、二云母压力计以及白云母 **Ti** 温度计。在变质地质学的研究方法上也取得了巨大进展。

二、论坛概况

2021年6月22日，以“变质地质学”为主题的中国科学院学部科学与技术前沿论坛在中国科学院学术会堂召开。论坛由中国科学院地质与地球物理研究所翟明国院士和北京大学张立飞教授共同召集，中国科学院学部主办，中国科学院地学部、学部学术与出版工作委员会、中国科学院地质与地球物理研究所、西北大学和北京大学共同承办，《中国科学》杂志社协办。

翟明国、赵国春、李献华、张立飞、肖益林、郭敬辉等 180 余位国内外学者出席了本次论坛，他们来自中国科学院地质与地球物理研究所、北京大学、西北大学、中国科学院地球化学研究所、中国地质大学（北京）、中国地质大学（武汉）、吉林大学、中国地质科学院、南京大学、中国地质科学院、北京高压科学研究中心、中国地质科学院、中山大学等单位。

三、论坛重点关注的问题

变质作用可以发生于各种地质环境，如大陆克拉通、穹隆构造核部、碰撞造山带和汇聚板块边缘等，其中俯冲带（大洋俯冲带和大陆俯冲带）是各级变质岩广泛出露的场所。变质地质学包含了各种极端变质作用，如高压-超高压变质作用、超高温变质作用、冲击变质作用、甚低级变质作用等，研究方向还包括变质熔流体活动、深俯冲、物质循环等众多影响变质作用的地质条件。

论坛重点研讨变质地质学学科发展战略，主要包括以下几方面的内容：（1）变质地质学学科定义及特征，基本原理和研究方法；（2）变质地质学前沿科学问题；（3）中国典型变质带研究实例；（4）变质地质学发展思路与发展方向。在以上研讨内容的基础之上探讨了未来学科发展战略。

四、报告内容

北京大学张立飞教授介绍了变质地质学学科战略报告的整体概括和主要构架。并从变质作用 P-T-t 轨迹、超高压变质作用、超高温变质作用、俯冲带变质作用加工厂和变质地质学对现今板块构造起始时间的制约几个方面，总结了变质地质学最新的研究进展。变质作用 P-T-t 轨迹是破解自然界岩石成因的黑匣子，其研究主要集中在两个方面：传统的变质岩石学研究的反演法和根据热传导方程求解的正演法，未来的发展是两种方法的结合，即在岩石学观察和相平衡模拟基础上，开展变质作用的热力学-动力学数值模拟；超高压变质作用提出 30 多年来，不断推动板块构造理论发展，未来将会在大陆深俯冲作用以及洋壳超高压榴辉岩折返抬升机制等方面取得突破性进展；超高温变质作用是当前变质地质学研究的热点之一，在不同的大地构造背景下都发现了超高温变质岩，超高温变质作用研究将是未来发展大地构造学说的里程碑；俯冲带变质作用“加工厂”研究近些年来取得了重要进展，特别是有关深部碳循环、水循环的研究，对于发展俯冲带化学地球动力学、探讨挥发份形成、演化及其对表生系统的控制和影响都具有重要意义；变质地质学近些年的快速发展也为探讨板块构造起始时限这一重大理论问题提供了重要支撑。

中国科学院大学吴春明教授介绍了矿物温度计与压力计研究进展与存在问题。报告表明，矿物温度计、压力计用于确定平衡共生矿物组合形成时的温度与压力条件，不要求岩石在变质过程中保持化学封闭系统，也与流体无关，这是其优势。目前，就适用的变质岩类型

而言，变质泥质岩类的温度计与压力计比较齐全，大部分变质基性岩（斜长角闪岩、基性麻粒岩、榴辉岩）的温度计与压力计相对成熟，但蓝片岩却几乎没有温度计-压力计可用；就标定方法而论，直接通过岩石学相平衡实验建立的温度计-压力计太少；就变质作用程度来说，甚低级变质岩、超高温变质岩、（极）超高压变质岩，仍然比较缺乏温度计和压力计。现有温度计-压力计的洽合性，也显得不理想。因此，开展深入的高精度相平衡实验，以此建立高质量的温度计与压力计，仍然是一项紧迫的工作。此外，基于矿物谱学性质建立的温度计、压力计，是一个新的发展领域，值得深入研究。

北京大学张贵宾副教授介绍了变质岩定年方面的进展及技术挑战。对于基于石榴石的等时线法，结合石榴石化学成分分带和石榴石 Sm-Nd、Lu-Hf 年龄，确定变质岩的 P-T-t-轨迹被广泛地应用于造山带研究中。通过微区取样的方法实现高空间分辨率的高精度定年，特别是单颗粒微区石榴石耦合 Sm-Nd、Lu-Hf 数据在不同造山带中的研究才刚刚起步。这些高分辨率的年龄结合岩相学、变质温压恢复以及石榴石化学成分分带模拟，极大地提高了对地质精细过程的有效和正确解读。单矿物 U-Pb 定年技术方面，近年来在大型离子探针和激光相关仪器对含 U-Th 矿物的定年技术方面进展主要体现在可定年矿物的种类越来越多、分析束斑越来越小、定年精度越来越高。LA-MC-ICPMS 定年的束斑已经缩小到 5 微米水平仍获得可靠年龄。其他诸如独居石、榍石等副矿物结合岩相学和微量元素特征在限定变质演化方面也发挥着重要作用。

中国科学技术大学肖益林教授概要介绍了俯冲带变质流体的应用与进展。变质流体是变质地质学研究的重要研究内容，俯冲带是地球上各种变质流体作用发育最为复杂的场所，其相关地质过程与地球大气圈、生物圈等其他圈层的演化乃至气候环境的变化都存在密切的关系。俯冲变质过程中流体的存在可以促进矿物组分的溶解和迁移，

引起原岩成分的变化；同时流体作为固相间发生化学反应的媒介，控制着变质反应的速率和温压条件，对晶体生长动力学和岩石流变性质等方面也都具有重要的影响。另一方面，俯冲带变质流体种类、组成、流动方式、物质交换机制与俯冲带深度、热状态、物质结构密切相关，因此在重建俯冲变质作用和造山带变质过程方面具有非常重要的应用。报告在简单阐述俯冲带变质流体的产生机理、种类和物理、化学性质及其影响和控制因素，以及研究方法的基础上，着重介绍了俯冲带变质流体研究领域的重要应用和进展，并根据近年来国内外俯冲带变质流体研究方面取得的成果，结合报告人长期从事这一领域研究的体会，对国际上俯冲带变质流体研究存在的问题和挑战以及可能的研究前沿做了展望。

中国地质科学院地质研究所曾令森研究员主要报告了地壳深熔作用与淡色花岗岩的相关内容。随着温度、压力和物质成分的变化，造山带深部物质发生不同类型的变质作用和地壳深熔作用，形成地球化学性质各异的地壳深熔熔体，最终形成过铝质花岗岩。这些花岗岩在矿物组成、全岩元素、放射性同位素地球化学特征及形成时代上都表现出明显的差异性。以喜马拉雅造山带为例，喜马拉雅新生代淡色花岗岩可划分为：（1）>40 Ma 具有高 Sr/Y 比值的二云母花岗岩，为地壳增厚条件下基性下地壳部分熔融作用的产物；（2）40~30 Ma 具有过渡性质的淡色花岗岩，具有较高的 Sr/Y 和 Rb/Sr 比值，代表缩短增厚向伸展垮塌转换过程中中下地壳物质的部分熔融作用；（3）30~10 Ma 为典型的淡色花岗岩，演化程度较高的含石榴石、电气石或绿柱石，具有较低 Sr/Y 但较高的 Rb/Sr 比值，为变沉积岩在折返阶段，发生白云母脱水熔融或加水导致白云母部分熔融的产物；（4）<10 Ma 的淡色花岗岩，主要分布在喜马拉雅造山带的东西构造结和部分裂谷带内，是快速剥蚀作用导致深部高温岩石快速向地表迁移，变泥质岩和变基性岩同时发生脱水部分熔融，分别形成钾质和钠质过铝质花岗

岩的结果。同时在不同类型的深熔作用中，副矿物的差异溶解作用导致较原始花岗质熔体的放射性同位素（Sr、Nd、Pb 和 Hf）不平衡。类似的地壳深熔作用是造山带深部岩石响应造山过程的共性，碰撞造山带中花岗岩地球化学和岩石学性质的变化是深部地壳物质对构造变形形式响应的结果，是深部过程的岩石探针。通过研究不同时代碰撞造山带的地壳深熔作用，揭示了深熔熔体的地球化学性质与造山带构造演化之间的关系。新观测结果不仅可以检验早期理论模拟和实验研究的预测，而且可以拓展对不同地壳深熔作用导致熔体高场强元素变异和 Sr-Hf-Pb 同位素耦合等形成机制的认识，为深入理解地壳深熔作用过程中元素和同位素地球化学行为提供了新限定，为利用花岗岩的地球化学特征来反演地壳深部过程提供了新思路。

中国地质科学院地质研究所张泽明研究员主要介绍了俯冲带变质作用与部分熔融。俯冲带是岩石圈不对称沉入地幔的三维区域，俯冲带具有比周围地幔更低的温度和更低的地热梯度。在大洋岩石圈俯冲过程中，水化的洋壳和下覆地幔发生低温高压变质作用，含水矿物逐渐脱水会导致俯冲板片或地幔楔发生部分熔融。年轻的大洋岩石圈发生低角度缓慢俯冲时，洋壳物质可以发生高温变质作用，并发生饱和水或脱水熔融，基性岩部分熔融形成埃达克质岩浆。太古代的俯冲带很可能具有与年轻大洋岩石圈俯冲带类似的热结构，俯冲的洋壳板片发生高温变质与部分熔融形成英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩。平俯冲大洋高原中的基性岩可以发生高温变质与部分熔融产生埃达克岩。扩张洋中脊俯冲可以导致板片窗边缘的洋壳部分发生高温变质与熔融形成埃达克岩。俯冲的大陆地壳具有很低的水含量，较难发生部分熔融。超高压变质岩在地幔深部熔融形成的熔体与地幔之间的相互作用是碰撞造山带富钾岩浆岩的可能成因机制。在超高压变质陆壳岩石的折返过程中可能经历了广泛的脱水熔融。碰撞造山带的加厚下地壳可经历持续的高温与高压变质和脱水熔融，形成 S 型花岗岩和

埃达克质岩石。

北京高压科学研究中心陶仁彪研究员报告了俯冲带深部碳循环研究的前沿与挑战。地球 90% 以上的碳都赋存于地球深部，地球深部碳循环影响了地质时间尺度环境变化、能源和资源分布等与人类可持续发展相关的重大科学问题。板块俯冲是链接地表和地球深部碳循环的关键地质过程。大洋钻探和岛弧岩浆碳通量观察显示现今俯冲带碳输入（Carbon Inputs）和岩浆碳输出（Carbon Outputs）基本平衡；然而，目前科学界对俯冲带脱碳方式和通量的认识依然存在巨大的争议，需要进一步研究解决。另一方面，大量地表碳酸盐可以伴随俯冲作用进入深部地幔，对深部地幔地球化学不均一性产生明显的影响，尤其是对深部地幔氧化还原环境的影响目前还不是很清楚。根据结合变质岩石学的研究，高温高压实验模拟成功地在西天山高压冷俯冲（>80 km）变质榴辉岩中发现了甲烷（CH₄）包裹体，限定了西天山俯冲带氧逸度，提出了俯冲深部碳、水耦合循环过程中形成非生物甲烷的新机制。高温高压实验还发现深俯冲 CaCO₃ 是氧化深部地幔的主要介质，提出了地幔榴辉岩型金刚石及其富 Fe³⁺石榴石包体的偶合成因关系。以此为基础，有必要进一步研究以西天山为代表的大洋板块超高压俯冲产生非生物碳氢化物的有利温度、压力、氧逸度和催化条件，探讨俯冲带非生物甲烷气迁移方式及其对浅层油气藏的影响，建立和发展俯冲带非生物碳氢化合物“加工厂”理论。报告还强调，有必要进一步依托西太平洋板块俯冲作用和中国东部大地幔过程，深入讨论再循环碳酸盐地幔氧化作用与硫化物中铜族成矿元素（如金）的活化迁移的相关性，建立西太平洋板块俯冲碳循环和华北克拉通破坏型金矿的成因联系。

中国地质科学院地质研究所刘福来研究员介绍了大陆俯冲带高压-超高压变质作用的多样性及构造演化的复杂性。报告表明，迄今为止，在全球古元古代造山带中普遍发现~2.1~1.8 Ga 的榴辉岩及相关

岩石，绝大多数记录了高压榴辉岩相变质作用，其变质演化 **P-T-t** 轨迹样式均具有近等温减压顺时针型式，但板片俯冲进变质记录的地温梯度比显生宙 **HP-UHP** 变质带普遍偏高，为 $\sim 10\sim 20^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ，反映了地球早期板块构造体制的独特性。全球大陆型高压-超高压（**HP-UHP**）变质带主要分布于显生宙造山带中，在前寒武纪造山带和古老克拉通中，越来越多的大陆型 **HP-UHP** 变质岩石也陆续被发现。不同时期（2.1 Ga \sim 5.0 Ma）大陆型 **HP-UHP** 变质带的变质演化 **P-T-t** 轨迹样式表现出各自的独特性，构造演化模式十分复杂。尽管全球大陆型俯冲造山带在变质作用及相关领域研究迄今已取得了一系列重要进展，但未来变质地质学研究仍面临严峻挑战，特别是有关大陆俯冲碰撞带存在的关键科学问题和难点、需要多学科交叉研究来共同完成。

北京大学魏春景教授主要介绍了太古宙克拉通变质作用与大地构造体制。太古宙克拉通主要由 **TTG** 质片麻岩和少量表壳岩组成，表壳岩系呈带状（如绿岩带）和规模不等的皮筏状分布于大规模 **TTG** 岩石中，形成太古宙克拉通特有的穹窿-龙骨（**dome-and-keel**）构造。一般来说，呈大规模带状分布的表壳岩（如绿岩带）为绿片岩相-角闪岩相变质，而在 **TTG** 岩石中呈皮筏状分布的表壳岩则为角闪岩相和麻粒岩相变质。并呈现表壳岩分布规模越大，其变质程度越浅；而表壳岩分布规模越小，变质程度越高的特点。角闪岩相表壳岩块体多为顺时针型 **P-T** 轨迹，变质作用类型以中压和低压型为主，极少数为高压型。而麻粒岩相表壳岩多为逆时针型 **P-T** 轨迹，变质作用类型均为中、低压型，并且峰期多达到超高温条件；变质作用过程可分为 3 个变质阶段，包括低压加热至超高温阶段、近等温升压至压力峰期阶段，以及峰后降压降温至固相线以及在亚固相线下的降温降压过程。在太古宙克拉通中，表壳岩的形成年龄、变质年龄以及 **TTG** 质岩浆的结晶年龄非常接近或者同时。对太古宙克拉通表壳岩变质作用所代表的大地构造环境有不同的解释。有些学者认为，那些角闪岩相顺时针型 **P-T** 轨

迹指示板块俯冲-碰撞过程；或者认为在一个变质地区出现两种变质作用类型，具有双变质带属性，指示出现了两种不同类型的大地构造环境。但是，另一些学者认为，这种角闪岩相顺时针型 P-T 轨迹和麻粒岩相的逆时针型 P-T 轨迹均可用太古宙特殊的垂直构造体制或称为垂俯冲（sagduction）构造体制解释，这种模式得到了热-动力数值模拟结果的支持。其整个过程包括超热地幔上涌，科马提质岩浆喷发或底侵至基性地壳，大规模基性地壳熔融形成 TTG 质岩浆海，表壳岩垂直下沉或被肢解成碎块状沉入岩浆海深部。后者（或与 TTG 质岩石）发生变质作用并深熔形成钾质花岗岩，穹窿上升形成穹窿-龙骨构造。在上述表壳岩块体下沉过程中，如果先加热后下沉，则为逆时针型 P-T 轨迹；如果先下沉后加热，则为顺时针型 P-T 轨迹。从冀东地区的实例看，这一过程的主要发生在 2.55~2.50 Ga，持续时间约为 50 Ma。

中国地质科学院地质研究所张建新研究员主要报告了连接变质作用、造山作用及地球演化的相关内容。克拉通和围绕其分布的造山带是行星地球大陆的两个主要单元，两者在某种条件下可相互转换。无论是克拉通还是造山带，区域变质岩常常占据它们的核心部位，古老克拉通的变质岩及变质作用记录有地球早期演化及大陆地壳形成的信息，而造山带的变质作用不仅涉及到山脉的形成机制，而且还可能记载大陆增生和再造等复杂地质过程。在板块构造体制下，造山带主要分为增生型造山带和碰撞型造山带两种类型。两类造山带在造山机制和造山过程的差异决定了具有不同的变质作用类型及格局。在增生型造山带中，俯冲的大洋板片以形成蓝片岩、低温榴辉岩组成的低 dT/dP （地热梯度）型变质岩为特征；同时，在俯冲带上部板片形成与弧岩浆作用有关的高 dT/dP 型变质岩，两者构成传统意义上的双变质带。然而，增生造山作用也可形成复杂多样的变质作用格局：年轻的洋壳俯冲可形成中甚至高 dT/dP 型的变质作用；而增生造山又进一步分为“倒退型”和“前进型”，其变质作用特征也具有差异。在“倒退

型”增生造山作用中，由于板片回卷及弧后伸展，在弧或弧后一侧发生高 dT/dP 型甚至超高温（UHT）变质作用；而“前进型”增生造山作用发生弧或大陆边缘地壳的缩短加厚，可形成中 dT/dP 型变质作用。造山作用-变质作用-地球演化密切相关，也与板块构造的启动及随时间演化等科学问题相互关联。板块构造理论能很好地把新元古代以来造山作用和变质作用联系起来，但越往地球演化历史早期追索，越难以用经典板块构造来解释变质作用和造山作用关系。地球上最早的变质作用记录大约在 3.7 Ga，而真正有大量变质作用记录是从新太古代开始，地球演化过程中的造山作用（以线性分布及水平缩短为特征）至少可追溯到古元古代早期，以出现变质作用类型的二元性为特征，而太古代之前的变质作用可能与地壳加厚和垂直构造有关。

北京大学宋述光教授介绍了大陆碰撞造山带变质-岩浆过程及陆壳增生相关内容。增生型造山带和碰撞型造山带是板块俯冲碰撞的产物，造山过程的岩浆作用可以发生在大洋俯冲、大陆碰撞到造山带垮塌的每一个阶段。增生型造山带没有发生大陆之间强烈碰撞和深俯冲，一般缺少大规模的地壳叠置加厚和隆升，缺少与大陆深俯冲有关的超高压榴辉岩相变质岩，其岩浆作用可以归类于碰撞前岩浆作用，是洋壳俯冲形成的岛弧岩浆岩带，可以形成巨厚的陆弧地壳，是陆壳增生和成矿的重要场所。大陆碰撞造山带是陆壳深俯冲和碰撞的结果，可以造成地壳的加厚和隆升，变质和岩浆过程可以划分为同碰撞和后碰撞两个阶段。（1）同碰撞变质-岩浆作用：同碰撞过程是两个大陆开始拼贴，一个大陆在早期俯冲洋壳的持续拖曳下俯冲到另一个大陆之下，形成地壳加厚和山脉隆升、高温-高压-超高压变质作用、大陆地壳深熔和再造。碰撞造山带变质和岩浆作用表现为：一是大陆碰撞造成的地壳加厚，发生中压相系的变质，经历绿片岩相-角闪岩相-麻粒岩相升温升压的过程，伴随有云母和角闪石的脱水熔融，形成淡色花岗质岩体、岩脉和混合岩化；岩浆形成的机制可以称之为“增压熔融”。二

是深俯冲的陆壳沿低地温梯度（一般 $<10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ）发生高压相系的高压-超高压变质作用，并同时发生构造折返，使先期俯冲的洋壳、深俯冲的陆壳在折返过程中发生“减压熔融”，形成具有同构造变形面理的埃达克岩和云母花岗岩。同碰撞的岩浆作用特征是陆壳的熔融和再造，没有地幔成分的加入。同碰撞岩浆作用可以在大陆深俯冲和折返的同时，与超高压变质的时间一致。（2）后碰撞岩浆作用：俯冲洋壳板片断离之后，在造山带演化晚期将进入去根和垮塌过程，由于岩石圈伸展和软流圈地幔上涌，发生强烈的壳幔相互作用，形成后碰撞岩浆作用，并标志造山旋回的结束。后碰撞岩浆岩的岩石类型主要为来自地幔熔融的中基性岩脉和侵入体、壳幔混合形成的 I-型花岗岩-闪长岩复合侵入体，局部可以出现碱性岩、双峰火山岩。基性岩浆岩的出现是造山带垮塌和后碰撞岩浆作用的标志。大量地幔岩浆的加入表明后碰撞过程是大陆地壳增生的重要时期。从大陆碰撞、深俯冲到造山带垮塌和剥蚀（造山旋回结束）的时间跨度为 50–90 Ma。碰撞造山过程中的岩浆作用对大陆地壳生长和再造有重要意义。

西北大学刘良教授概述了陆壳超深俯冲作用研究的进展与挑战。以南阿尔金泥质片麻岩和榴辉岩中发现先存斯石英的出溶结构和斯石英副象，以及挪威西部片麻岩区的石榴橄榄岩中石榴石出溶辉石的研究和大别超高压石榴橄榄岩的普通辉石出溶斜顽辉石等，把陆壳俯冲/折返深度由柯石英稳定域温压条件（ $\sim 3\sim 9\text{ GPa}$, $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）推进到斯石英或相当于斯石英稳定域条件（ $> 8\sim 9\text{ GPa}$, $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）的地幔深度（ $> 250\sim 300\text{ km}$ ）。因此，特将其定义为超深俯冲作用，以区别于柯石英稳定域条件地幔深度的深俯冲作用。近年来，伴随地质证据的不断增多，进一步表明陆壳超深俯冲作用的地质现象在全球可能具有一定的普遍性。

五、论坛达成的共识和建议

本次论坛梳理了变质地质学学科发展现状，并重点探讨了变质地

质学科面临的挑战和未来发展方向，达成以下几方面的共识和建议：

(1) 变质地质学是与板块构造理论相伴而生，是目前板块构造理论发展的重要前沿学科发展方向之一。随着板块构造理论不断发展，对变质地质学学科也提出了严峻挑战，需进一步加强极端条件下的变质作用，如 UHP/UHT 的研究，发展和完善板块构造理论；加强变质地质学数值模拟研究，量化地再现俯冲碰撞造山带的地球动力学过程；加强变质地质学与地球化学包括高温高压实验模拟的结合，俯冲带变质过程作为加工厂，是控制地球物质循环的关键，发展变质化学地球动力学；加强变质地质学与前寒武纪地质学的结合，为地球早期板块构造启动和演化提供来自变质地质学的支撑。

(2) 中国具有深入开展超高压变质作用研究的地域优势。在中国境内发育着不同时期、不同类型的区域变质带，特别是既有大陆深俯冲超高压变质带，也有典型的大洋型超高压变质带，这为深入开展超高压变质作用研究提供了得天独厚的地域优势。今后的研究中，在进一步总结中国典型变质带特征的基础上，应继续加强与世界典型地区变质带的对比研究。

(3) 加强变质地质学科的人才队伍和团队建设。目前三大岩石中从事变质岩研究的人数相对来讲是最少的，与我国广泛分布的变质岩地区不相符。另外，研究团队和青年人才培养有待进一步加强，特别是在一些重要的地质类高校缺乏变质地质学方面的师资，建议加大对变质地质学人才培养和团队建设的支持力度。

另外，论坛参会专家还分别对矿物温压计研究进展、相平衡模拟、变质岩定年方法、变质熔流体地球化学和俯冲带深部碳循环展开了深入研讨。

六、我国在本领域的优势和特色

我国在变质地质学研究领域具有独特的优势和特色：(1) 我国发育有世界著名的典型大陆型和大洋型俯冲碰撞造山带，在超高压变质

作用研究方面在过去的 30 余年时间中，取得了一系列引领性成果，受到国际学术界的广泛关注；（2）我国在超高温变质作用、变质相平衡以及相关的熔（流）体活动等方向具有重要的国际影响力。结合我国在本领域的发展情况，论坛认为，我国在变质地质学多学科交叉以及定量化数值模拟的教学和科研方面，仍存在薄弱环节，需进一步加强。

（作者：翟明国，中国科学院院士，中国科学院地质与地球物理研究所研究员，中国科学院大学教授；张立飞，北京大学地球与空间科学学院教授）

联系方式：中国科学院学部工作局学术与文化处，010-59358366