

# 前 言

变质岩和岩浆岩是造山带的主体,常常占据造山带的核心部位,其变质作用和岩浆作用记录有造山带构造热演化的重要信息,造山带变质岩和岩浆岩的研究是揭示造山作用机制及深部动力学过程的“钥匙”。本专辑以“造山带的变质作用、岩浆作用及构造热演化”为主题,系统收录了 13 篇论文。专辑论文不但论述和研究了秦岭造山带、喜马拉雅造山带、“三江”造山带、祁连造山带、柴达木北缘及西缘等典型造山带与俯冲、碰撞及后碰撞造山作用有关的变质及岩浆作用,也包括实验岩石学、同位素定年和非传统同位素示踪等新方法的介绍和新进展的综述。具体成果简介如下:

## 1 造山带变质作用及构造热演化

喜马拉雅造山带是现今仍在活动的典型碰撞造山带,高喜马拉雅结晶岩系内产出的(退变)榴辉岩记录了印度板块向欧亚板块之下俯冲及随后的碰撞和折返的重要信息。刘学等通过对中喜马拉雅日玛那地区的(退变)榴辉岩详细的岩石学、全岩地球化学和锆石年代学研究,识别出其经历了峰期榴辉岩相、高压麻粒岩相和角闪岩相 3 个变质演化阶段,并探讨了日玛那地区(退变)榴辉岩的峰期变质时代、原岩时代和属性,认为该(退变)榴辉岩为印度大陆平俯冲至欧亚大陆之下的产物,而并非起源于基性下地壳增厚。刘学锋等选择北秦岭造山带喂子坪地区秦岭杂岩中混合岩化变沉积岩为研究对象,对混合岩中的中色体展开了详细的岩相学、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学、相平衡模拟以及矿物化学分析和研究,限定它们经历了近等温降压的  $p$ - $T$  演化轨迹,并且揭示了混合岩化时代(410~390 Ma)和退变质时代(380 Ma),认为其与碰撞造山引起的地壳增厚和随后的地壳伸展有关,这一研究结果对进一步阐明北秦岭构造带古生代的构造演化过程和地球动力学具有重要意义。滕霞等以在柴达木盆地西缘新识别出的“泛非期”高温-超高温变质地体为研究对象,将观测与模拟计算相结合,分析了熔体行为对变质源区成分的影响以及与一些特殊成分岩石的关联,计算了变泥质岩在部分熔融和熔体迁入、迁出过程中的成分变化,其研究结果不仅揭示出镁铝麻粒岩的成因可能与变泥质岩在高温-超高温变质作用过程中石榴子石熔体的迁出过程有关,也对富石榴子石的花岗岩类型(比如紫苏花岗岩和部分淡色花岗岩)的成因解释提供了新思路。郭晶等以北祁连造山带早古生代高压低温变质带中的含红帘石的变硅质岩为研究对象,通过详细的岩相学、矿物化学及地球化学分析,确定变硅质岩的原岩为远洋环境沉积的含泥硅质岩,并探讨了俯冲变质过程中氧逸度的变化特征,这些研究结果对于探究岩石圈地幔氧逸度变化、岛弧岩浆生成以及俯冲带氧循环等方面具有重要科学意义。毛小红等对柴北缘乌兰地区新厘定出的察汗河岩群中麻粒岩相变泥质岩进行了岩相学、相平衡模拟和年代学研究,获得其峰期压力之后经历了升温降压的  $p$ - $T$  演化轨迹,获得其麻粒岩相变质时代为 1 133~1 125 Ma,提出柴北缘乌兰北部的岩浆-变质杂岩带经历了从中元古代晚期-新元古代早期俯冲增生到碰撞造山的演化过程,是对全球 Rodinia 超大陆汇聚过程的响应。

## 2 初始俯冲及造山-非造山阶段的岩浆作用

我们对俯冲初期岩浆作用的理解在很大程度上来自西太平洋 IBM (Izu-Bonin-Mariana, 伊豆-小笠原-马里亚纳)弧前岩浆岩组合的研究,IBM 以发育类似 MORB 的弧前玄武岩、玻安岩及相关的弧前蛇绿岩为特征。随着研究的深入,IBM 型弧前岩浆岩组合也逐渐在其他古老和现代造山带中被识别出,并作为初始俯冲的重要标志。该专辑有两篇文章报道了在中央造山带中与原特提斯洋初始俯冲有关的岩浆活动:一篇是郭祺等通过对西秦岭商丹缝合带内新识别出的斜长花岗岩的岩石学、地球化学和锆石 U-Pb 年代学的研究。

该研究确定斜长花岗岩形成于弧前构造背景,时代为 526~515 Ma,结合同时代的弧前玄武岩、玻安岩、高镁安山岩的报道,提出西秦岭商丹缝合带保留有与 IBM 俯冲带相似的弧前岩浆岩组合,代表原特提斯洋(商丹洋)在早寒武世发生了洋壳的初始俯冲。另一篇是张同悦等对北祁连走廊南山蛇绿混杂岩带新识别出的富铌辉长岩和斜长花岗岩的研究。锆石 U-Pb 定年结果显示富铌辉长岩年龄为 512 Ma,斜长花岗岩年龄为 522~519 Ma,根据岩石学和地球化学资料推断斜长花岗岩可能形成于俯冲初始阶段高温环境下俯冲洋壳的部分熔融,富铌辉长岩的形成与俯冲板片部分熔融形成的埃达克质熔体交代地幔楔有关。考虑到中央造山带其他地区也有类似弧前蛇绿岩或岩浆岩组合的报道,表明沿中央造山带数千公里范围内,在寒武纪早期原特提斯洋几乎同时发生了与 IBM 俯冲带规模相当的初始俯冲。另外 3 篇文章涉及造山和非造山阶段的岩浆作用:李国倩等对西秦岭天水地区利桥花岗岩进行了岩石学、地球化学和锆石 U-Pb 年代学研究,确定其形成时代为  $439\pm 3$  Ma,结合区域地质背景,认为利桥花岗岩是商丹洋俯冲过程中俯冲洋壳中先存的基性岩或新生地壳发生部分熔融所致。姜杭云等以滇西大红山群中变沉积岩及其变火山岩夹层为研究对象,确定大红山群老厂河组原岩形成时代为 1 713~1 711 Ma,并经历了 849~837 Ma 的变质事件,从而提出扬子地块西南缘的大红山群完好记录了与 Columbia 超大陆裂解有关的非造山岩浆活动,新元古代变质事件可能与 Rodinia 超大陆裂解和聚合过程密切相关。刘彬等以“三江”造山带北部玉树地区的二叠纪镁铁质岩为研究对象,确定该岩石形成于与古特提斯洋俯冲有关的大陆弧后盆地。

### 3 实验岩石学、锆石拉曼定年及 Fe-Cu-Zn-Mo 同位素示踪研究新进展

实验岩石学方法是研究岩石成因、矿物形成条件及相转变机制的重要手段。蛇纹岩矿物组合简单,而且主要矿物蛇纹石的温压稳定范围很大,这使得确定蛇纹岩的变质温压条件存在困难,而蛇纹岩中的少量副矿物可用于推断蛇纹岩形成的变质温压条件。杨文宽等在研究团队已有研究基础上,通过实验岩石学模拟的方法,进一步确定了蛇纹岩中钛粒硅镁石稳定于低温高压条件,并认为其可作为俯冲带超高压变质的特征变质矿物,这为俯冲带超基性岩变质研究提供了新的研究思路。近年来,非传统稳定同位素研究领域取得了一些突破性进展,并广泛运用到地球科学研究中。黄思民等对 Fe-Cu-Zn-Mo 同位素示踪地质过程中氧化还原过程进行了综述,其内容包括与氧化还原过程相关的同位素分馏理论和实验约束、时空尺度下的氧逸度以及同位素示踪氧化还原过程等,并探讨了这些同位素在揭示俯冲带流体性质、地球深部岩浆过程和地球表生过程等方面的应用前景。锆石是岩浆岩、沉积岩和变质岩中的常见副矿物,也是地质年代学研究中应用最为广泛的矿物,其 U-Pb 同位素定年已为大多数学者所熟悉,而显微激光拉曼光谱锆石定年方法确鲜为人知。该方法的基本原理是通过测量锆石拉曼特征峰的半高宽来计算出锆石的辐射损伤累积,进而计算得到锆石发生辐射损伤所累计时间。赵晓轩等在总结国内外研究基础上,从显微激光拉曼锆石定年的基本方法、原理、影响因素以及相关应用实例等方面进行了较系统的总结和分析,并将其应用在拉萨地块松多榴辉岩带的西朗地区,还对该方法的应用前景进行了展望,认为此方法可成为低温年代学研究和应用的有效手段。

**致谢** 本专辑的出版得到期刊主编和编辑部的大力支持。感谢评审专家:孟繁聪、张贵宾、于胜尧、李继磊、王丹、曹玉婷、张聪、马绪宣、胡娟、赵中宝、田作林、黄建、冀磊、陈言飞、王盟、王楠、董杰等老师对专辑论文的认真评审和提出的宝贵修改建议。感谢郝艳丽、尹淑革、宋会侠对于专辑论文的悉心编辑。

张建新  
2024-02-26