

序言

青藏高原是全球规模最宏大、特征最典型、时代最年轻的大陆碰撞造山带,也是世界三大巨型成矿域——特提斯成矿域的重要组成部分,被誉为研究大陆碰撞成矿作用的天然实验室。已有的研究显示,在青藏高原,始于~65 Ma的印—亚大陆碰撞,不仅导致了大陆地壳缩短加厚及新生地壳生长,还引发大陆岩石圈的俯冲/底垫和撕裂/断离,同时伴随大规模成矿作用,形成以冈底斯和三江为主体的巨型碰撞成矿带。中国学者前期研究,初步构建了大陆碰撞成矿理论框架,改变了国际流行的“碰撞难以成大矿”的传统认识,指导了青藏高原找矿重大突破。

然而,大陆碰撞成矿的一些深层次科学问题,如巨型成矿带的岩石圈结构与动力学背景、大型成矿系统/矿集区的深部过程和驱动机制、大型矿床的形成过程和就位机制等,尚未得到系统阐释。这从根本上影响了人们对大陆碰撞带成矿规律的认识,制约了成矿预测能力的提升,更限制了矿产资源“第二找矿空间”的开拓。在此背景下,科技部启动了“青藏高原碰撞造山成矿系统深部结构与成矿过程”国家重点研发计划项目,旨在增深理解青藏高原碰撞造山成矿系统的深部结构与成矿过程,实现重要矿集区浅部地壳“透明化”显示,为青藏高原、甚至其他碰撞造山带找矿突破提供技术支撑。该项目自2016年启动以来,已近三年,取得了较多新资料、新认识及新成果,并于2018年底顺利通过科技部组织的中期评估,为集中展示项目研究成果,特此在《地球科学》组织了本期专辑。专辑共收录论文28篇,主题主要包括以下六个方面:(1)青藏高原岩石圈结构、深部过程及成岩成矿实验约束;(2)青藏高原碰撞造山过程、岩浆作用及成矿地质背景;(3)青藏高原壳幔过程及碰撞造山成矿作用;(4)青藏高原大陆碰撞Cu-Mo-Pb-Zn成矿系统结构与形成机制;(5)青藏高原大陆碰撞造山型Au成矿系统结构与形成机制;(6)青藏高原典型矿集区透明化与矿体定位预测。

针对青藏高原岩石圈结构,金胜等(2019)基于申扎—双湖大地电磁剖面,并辅以INDE-PTH(III)-MT 500线部分测点,探讨了班公—怒江缝合带壳幔电性结构特征,并据此约束了该缝合带的构造演化;严江勇等(2019)对布设在羌塘盆地的TITAN-I宽频带地震台站所记录的远震波形数据进行接收函数分析,发现该区中下地壳壳内低速层广泛分布、横向不连续,提出低速层是由于上涌的软流圈物质诱发壳内及上地幔部分熔融所致;胡斌等(2019)采用二维经验模态分解位场分离方法进行冈底斯带重磁异常分离,发现冈底斯带深部重、磁场以南北分区、东西分块为特征,证明青藏高原由南北地体拼接而成;郭京梁等(2019)基于冈底斯已有的大量岩浆岩数据,结合地球物理及实验岩石物性资料,分析了拉萨地体东南部整体地壳成分及成因;张丽莹等(2019)基于拉萨地块南部东西向带状分布的花岗质岩石的年代学及地球化学分析结果,定量还原了该区100 Ma以来的地壳厚度演化历史,揭示从晚中生代开始,区域内地壳厚度由厚减薄,到新生代早期达到最薄,此后逐渐增厚。

针对碰撞造山过程及岩浆作用,阮冰等(2019)通过冈底斯带曲水岩基始新世花岗闪长岩、二长花岗岩、闪长岩脉和暗色包体中斜长石的阴极发光岩相学及矿物化学研究,发现曲水岩基的形成经历了复杂的开放过程及岩浆混合作用;代作文等(2019)基于藏南错那洞电气石花岗岩中电气石矿物化学及硼同位素组成,提出该套岩石主要起源于变质沉积岩和/或石榴石角闪岩的部分熔融。

针对壳幔过程及碰撞造山成矿作用,高利娥等(2019)通过对藏南拿日雍措片麻岩穹窿内花岗岩的研究,发现这些花岗岩为经历了斜长石、锆石、独居石、磷灰石、富Ti矿物等分离结晶作用而形成的高度演化花岗岩,其中淡色花岗岩富集稀有金属元素是因分离结晶作用和热液交代作用所致,同时提出高度演化淡色花岗岩广泛分布的喜马拉雅造山带是未来稀有金属矿产勘探的重要靶区;黄瀚霄等(2019)通过大量的野外地质调查与室内综合研究,初步论述了冈底斯成矿带西段的金属矿床类型、时空分布特征和成矿作用,探讨了下一步找矿方向;于玉帅等(2019)基于冈底斯中北缘措勤—隆格尔地区隆格尔、洛布勒铁矿床与成矿有关侵入岩的年代学及地球化学分析结果,认为成矿岩浆源于地壳物质部分熔融,但可能有幔源物质的贡献;田坎等(2019)通过对冈底斯西段帮布勒Pb-Zn-Cu矿床中与矿化有关的晚白垩世石英斑岩的年代学及地球化学研究,提出斑岩起源于中元古代古老基底岩石的部分熔融,并指出冈底斯带

并不存在 80~70 Ma 的岩浆静宁期。

针对青藏高原大陆碰撞 Cu-Mo-Pb-Zn 成矿系统结构与形成机制,胡文峰等(2019)报道了冈底斯带驱龙及达布班岩铜矿床、鸡公村石英脉型钼矿床黄铜矿 Cu 同位素及辉钼矿的 Mo 同位素组成,发现冈底斯带碰撞型斑岩矿床与俯冲型斑岩矿床具有类似的 Cu 同位素组成,但不同蚀变带 Cu、Mo 同位素组成差异明显;刘洪等(2019)报道了冈底斯西段鲁尔玛斑岩型铜矿成矿流体性质及演化过程,并提出温压条件突变是导致金属硫化物沉淀的主要机制;马旺等(2019)通过冈底斯北缘的列廷冈—勒青拉铅锌铁铜钼多金属矿床的成矿流体研究,提出矿床 Fe-Cu 矿化与 Pb-Zn 矿化为同期岩浆活动的产物,流体降温、混合及 pH 值变化是控制矿床金属沉淀的主要因素,而成矿温度和岩浆属性的差异是造成成矿元素在空间上分带的主要原因;徐培言等(2019)报道了冈底斯北缘甲岗雪山钨钼矿床石英及黑钨矿的 H-O 同位素、金属硫化物的 S-Pb 同位素组成,提出成矿流体为岩浆热液,成矿物质铅主要来自区内前寒武纪变质基底;吴志旂等(2019)详细报道了新疆火烧云超大型非硫化物铅锌矿床的地质及 S-O 同位素组成,提出矿床目前所见的、由菱锌矿和白铅矿构成的铅锌矿体是在表生作用下交代原生硫化物矿体而形成,并明确指出原生硫化物矿化应为 MVT 型。

针对 Au 成矿系统结构与形成机制,谢玉玲等(2019)基于藏南马扎拉金—铋矿床详细的岩相学、矿相学、流体包裹体和稳定同位素分析,提出矿床的成矿流体主要来自岩浆水,成矿金属主要来源于区域广泛分布的海相火山岩地层,同时还发现主成矿期流体具有中温、低盐度、富 CO₂ 特征,并提出流体演化过程中的 CO₂ 与水的不混溶是造成矿质沉淀的主要原因;李应栩等(2019)详细报道了西藏曲水县色甫金铜矿成矿流体性质,并提出了与铜、金矿化有关的成矿流体来源;张雄等(2019)基于藏南念扎金矿床新鲜及矿化闪长岩中锆石 U-Pb、(U-Th)/He 及磷灰石裂变径迹定年结果,提出矿床形成深度约为 10 km,但经历了 46~44 Ma、9~2 Ma 两期快速冷却过程;赵晓燕等(2019)基于藏南邦布矿床中不同世代含金黄铁矿的微量元素分析结果,提出矿床可能为沉积或沉积改造成因,As 和 Se 对 Au 的迁移及富集具有重要的作用;罗晨皓等(2019)报道了云南姚安 Au-Pb-Ag 矿床含矿富碱岩浆岩年代学及地球化学组成,提出富碱岩浆岩起源于富金云母富集地幔的部分熔融。

针对典型矿集区透明化与矿体定位预测,刘子龙等(2019)系统总结了深地震反射技术发展现状,梳理了该技术在加拿大、澳大利亚、中国、俄罗斯、瑞典等全球多个国家的典型矿集区的应用实例;盛跃等(2019)开展了覆盖纳如松多矿集区的大地电磁测深,得到了可靠的二维电性结构模型,在矿区深度为 40~50 km,20~30 km 和 10 km 处见高导体,推测这些高导体可能为部分熔融和水流体共同所致,进而提出深部岩浆的上涌在成矿作用中起到关键作用;焦彦杰等(2019)和郭镜等(2019)均选择藏南扎西康矿集区开展矿区透明化与矿体定位预测研究,前者基于矿区重力、磁法和大地电磁等测量结果约束了矿区深部结构,后者基于多尺度综合地球物理方法示范应用定位了矿区导矿构造及隐伏矿体;田丰(2019)利用短波红外光谱技术对冈底斯带内的岗讲斑岩铜矿床进行了系统的测试分析,厘定了矿床热液蚀变类型及空间分布规律,并基于伊利石结晶度等参数,初步建立了定位热液矿化中心的指标体系。

此外,专辑还包括了两篇非青藏高原的论文,但均与本专辑主题密切相关,如王庆飞等(2019)详细综述了造山型金矿研究进展,并讨论了中国造山型金成矿作用,特别强调幔源流体在造山型金矿形成中的重要作用;赵苗等(2019)基于伊朗大理矿区中新世成矿及无矿斑岩地球化学对比,提出斑岩岩浆上地壳尺度与围岩交互过程,也是控制斑岩能否成矿的一个重要环节。

总之,本专辑以原创性的论文为主,是“青藏高原碰撞造山成矿系统深部结构与成矿过程”国家重点研发计划项目进展的阶段性总结,相信她的出版将对增进理解青藏高原碰撞造山成矿系统的深部结构与成矿过程、“透明化”显示重要矿集区结构有一定的参考价值。

侯增谦 杨志明
中国地质科学院地质研究所