
项目名称： 华夏地块中生代陆壳再造与巨量金属成
矿

首席科学家： 蒋少涌 南京大学

起止年限： 2012.1-2016.8

依托部门： 教育部

一、关键科学问题及研究内容

华夏地块地处世界上三条大型大陆增生造山-成矿带之一的环太平洋成矿带,为什么它并不发育在太平洋东岸的安第斯与科迪勒拉那样的大陆边缘型大型超大型岩浆-热液矿床,也不发育在太平洋西岸日本、菲律宾、印尼、巴布亚新几内亚等地那样的大型超大型岛弧型岩浆-热液矿床?

近年来的研究表明,华夏地块金属元素大规模成矿主要发生在中生代陆内岩石圈伸展的构造环境下。为什么陆内岩石圈伸展的构造环境对成矿有利?为什么同为伸展环境的华北地块东部的成矿,无论在成矿的金属种类上还是成矿规模及矿床密度上均与华夏地块有很大的不同?

华夏地块中生代构造转换过程中,特别是由特提斯构造域向太平洋构造域构造转换中,岩浆-构造-深部过程对花岗岩形成及成矿的制约关系还亟待深化。华夏地块在中生代遭受了史上最强烈的陆壳改造作用,发生了大规模的成岩成矿事件,如此大规模成矿的物质和能量究竟来自哪里?对华夏地块巨量内生金属矿产的形成与大陆地壳演化过程的关系还缺乏清晰的地球动力学框架。对华夏地块不同区带以及同一区带不同时空的成矿作用差异性与成矿规律还缺乏系统的理论认识。等等。

为了进一步研究和解答这些富有争议性的重大问题,本着有限目标、重点突出的原则,我们提出本项目以华夏地块内“南岭成矿带”和“武夷成矿带”为重点研究区,选取若干重要矿集区及典型有色稀有多金属矿床,以不同类型花岗岩成因及成矿专属性为主线,围绕“**陆壳再造过程中的构造-岩浆活动与巨量金属成矿机理**”这一关键科学问题开展研究工作,主要研究内容有:

1. 华夏地块陆壳再造过程、花岗岩时空演化、壳幔相互作用、大花岗岩省形成的驱动机制

本项目将以野外地质为基础,利用岩石学、构造地质学、地球化学、沉积学和同位素年代学等手段,对华夏地块的武夷山、南岭和云开等地区的前中生代陆壳岩石开展系统的研究,了解不同地区地壳的物质组成(包括成矿元素),揭示基底岩石中成矿元素的丰度和分布规律,探究不同地区地壳的形成和演化过程(岩浆活动、沉积作用、变质作用)及其与全球超大陆演化的关系,揭示加里东期构造岩浆活动的性质和对基底岩石的改造。

岩浆活动时代是研究华南大陆再造时间的关键之一,高精度的花岗岩年代学研究将是本项目的一项重要工作。在对区内花岗岩已有年龄全面甄别、清理基础上,运用高精度锆石 U-Pb 定年技术,对典型岩体的年龄进行补测,构建区内中生代花岗岩的精细年龄谱,着重揭示花岗岩的年龄在空间上的演变趋势,阐明花岗岩的分布与主要构造动力体系的关系,同时查明不同类型的花岗岩(如“改造型”和“同熔型”)在成岩时代上是否有显著系统差别。不同类型花岗岩形成时差的制约因素是什么?

在前期花岗岩和成矿作用研究的基础上,本项目拟重点采用单矿物微区原位元素和同位素地球化学分析技术(如应用交叉于矿物学、岩石学、地质年代学、元素-同位素地球化学的一“锆石学”新方法),结合传统的矿物学、岩石学、矿床学和构造地质学方法,更加深入和细致地认识华夏地块中生代大面积花岗岩的时空分布格局、成岩物质来源、形成条件和岩浆演化过程,研究幔源物质加入的机制和方式,壳-幔混合与陆壳增生的动力学过程,岩浆运移和定位的控制因素,

探究华夏陆块古特提斯构造域向环太平洋构造域的转变及与之有关的岩石圈增厚-减薄、深部壳-幔作用和大陆再造等动力学过程。

2. 陆壳再造过程中元素的迁移富集机理、成矿专属性与典型矿床成矿作用

本项目拟立足元素的地球化学性质，采用原位微区分析、高温高压实验等技术，系统研究华夏地块不同类型花岗岩的成矿专属性以及元素在相关地质过程中的性质与迁移富集规律。氟、氯、硫、磷、二氧化碳等地质溶剂对于岩浆演化和成矿金属迁移富集起着重要的作用，本项目拟根据上述地质溶剂的基本地球化学性质和主要载体，研究华夏地块主要成矿地质溶剂的分布规律和来源，进而通过天然样品流体包裹体和水热高温高压实验，研究其对岩浆演化的影响程度，探讨其影响机理，同时关注其在岩浆，特别是高演化花岗岩不同演化阶段的性质。

钨、锡、铋、钼、稀土等元素在岩浆演化不同阶段的性质有很大的差异。本项目拟通过选取分带明显的成矿花岗岩，运用微区原位分析技术，系统研究岩浆不同演化阶段各种矿物及其流体包裹体的组成，结合高温高压实验，测定关键成矿元素在矿物与熔体、流体间的分配系数，揭示成矿元素的来源和在岩浆演化不同阶段的地球化学行为，总结成矿规律，建立找矿标志。

成矿元素在热液中与不同地质溶剂形成络合物的温压条件和稳定性是解析成矿元素运移、富集机理的一个关键。本项目拟采用高温高压实验与天然样品相结合的方法，研究锡等成矿元素与不同地质溶剂（如氟、氯、硫、磷和二氧化碳等）发生络合作用的基本性质与机理，测定络合物稳定的温压条件，从而揭示其发生迁移、沉淀成矿的主要途径。进行铀等金属的淋滤和迁移实验模拟，研究铀元素在花岗岩体热液蚀变、风化和淋滤过程中的活动性和制约因素，揭示华夏地块铀成矿机理。

氧逸度对于与成矿相关的许多元素的地球化学行为具有重要的控制意义。本项目拟通过天然样品、高温高压实验和理论计算，研究主要变价元素的地球化学性质及其演化，探索岩浆和热液体系氧逸度变化的主控因素。在此基础上，选取不同成矿类型的岩体，测定锆石 Ce^{4+}/Ce^{3+} ，获得原始岩浆氧逸度信息，建立成矿母岩浆氧逸度的时空分布序列，为揭示华夏地块多金属矿床形成与氧逸度之间的内在联系研究提供基础信息。

华夏地块主要有南岭成矿带和武夷成矿带，其中南岭成矿带是我国主要的成矿带之一，以发育大量的钨锡稀有金属矿床而闻名于世。而武夷成矿带则主要是与“同熔型”花岗岩有关的铜铅锌多金属为主，该地区是近年来中国地质调查局重点的矿产勘查区之一。

本项目拟以南岭成矿带中赣南、湘南和粤北等矿集区为重点研究对象，选择其中重要矿田的石英脉型、矽卡岩型、云英岩型、斑岩型、破碎带型等不同类型代表性钨锡稀有金属矿床和相关的花岗岩类岩体开展详细的野外地质调查和解剖，理清它们的分布、控岩控矿构造、矿体与矿石特征、矿化蚀变分带等。拟开展研究的矿床包括赣南地区的淘锡坑（外带石英脉型）、茅坪（石英脉型+云英岩型）、八仙脑（破碎带型）、洪水寨（云英岩型）、宝山（矽卡岩型）、大吉山（石英脉型）、黄沙（石英脉型+岩体型）、画眉坳等（石英脉型），湘南地区的柿竹园、黄沙坪、芙蓉-新田岭、荷花坪、锡田等，粤北地区的石人嶂、梅子窝、红岭等。

精细测定成岩成矿时代对深刻认识矿床成矿作用、探讨成岩成矿地球动力学过程至关重要。本项目拟采用锆石 SHRIMP U-Pb 法、辉钼矿 Re-Os 等时线法、云母 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 法等高精度测年技术，精细厘定钨锡稀有金属矿床成岩成矿时代，查明不同类型矿床的成矿与成岩年龄间的关系，确定金属矿化的期次和分带规

律；同时，开展成矿花岗岩岩石地球化学、Sr-Nd-Pb 和 Hf 同位素，以及成矿流体地球化学研究，查明成矿地质背景、成矿流体性质、岩浆-热液成矿驱动机制和巨量金属供给-运移-淀积机制。

毋庸置疑，脉钨矿床“五层楼”模式不仅开创了世界模式找矿的先河，而且运用该模式在南岭成矿带发现了多个大、中型钨锡稀有金属矿床和深部新矿体，如赣南的淘锡坑、茅坪等，模式找矿一直备受人们高度重视。近年来，随着模式找矿取得的重大找矿突破，该模式又被拓展为“五层楼+地下室”和“五层楼+地下室+异常带”成矿模式。本项目拟进一步细化“五层楼+地下室”模式的内涵，建立和完善中生代不同类型代表性钨锡稀有金属矿床成矿模式和区域成矿模型，以有效指导区域找矿。

同时本项目还将关注该区已发现的前中生代钨、锡、钼矿床的研究，开展成岩成矿年代学、矿床地球化学和时空分布规律的研究。对比这些矿床与中生代同类矿床在形成背景、构造控制要素、矿化蚀变特征、金属供给-运移-沉淀机制等方面的异同，建立和完善前中生代钨、锡、钼多金属矿床的成矿模型。

华夏地块中生代同熔型花岗岩铜铅锌成矿作用在空间分布上具有不均一性，本项目将选择若干重要矿集区，系统解剖与“同熔型”花岗岩有关的典型铜铅锌多金属矿床，精细刻画不同金属组合类型（如 Cu-Pb-Zn 矿床、Cu-Mo-Au 矿床、Cu-Mo-W 矿床、Pb-Zn-Ag-Cu 矿床）矿床的基本特征，揭示不同类型矿床的形成地质条件和时空结构；研究与成矿有关的花岗岩的类型、特点、源区性质及其深部过程；详细研究不同成矿系列矿床的时空分布规律、构造控制要素、热液蚀变和金属矿化特征；深入研究成矿系统的岩浆-热液转换过程及其演化，厘定金属来源-运移-沉淀机制，阐明成矿物质超常聚集的机制和过程，建立区域成矿谱系和成矿模式，指导找矿。

3. 华夏地块有色稀有多金属矿床成矿规律与成矿预测

矿床成矿系列是指导本项目工作的重要理论基础，前人已做了开创性研究，如陈毓川院士等将南岭地区与花岗岩类有关的矿床划分为 5 个成矿系列、6 个成矿亚系列、21 个矿床式，之后又不断总结和升华，还提出应用矿床成矿系列理论“缺位找矿”思路。本课题拟运用矿床成矿系列理论，根据本次工作成果并充分吸收前人已有的工作成果，按照成矿时代、构造环境、地质成矿作用和元素或矿种四大要素进一步详细划分华夏地块中生代（晚三叠世、早侏罗世、中晚侏罗世、早白垩世等）钨锡稀有金属矿床的成矿系列、成矿亚系列和矿床式。深入研究区域中生代花岗质岩浆侵入序列及时空分布、含矿地层岩性组合、分布与元素富集特征、控岩控矿构造特征等，总结多旋回、多阶段陆壳改造型花岗岩及与之成因密切相关的钨锡稀有金属矿床时空演化规律和区域成矿规律。

华夏地块与“同熔型”花岗岩有关的铜铅锌多金属成矿作用具有多阶段性和特殊性，常常在同一矿床或者矿田中，呈现多种类型的矿床（或者）矿体共生的特点。而该地区许多岩体都是复式岩体，不同演化阶段和不同侵入期次的岩石，往往形成不同类型的矿产，如大宝山矿床早期英安斑岩与铜多金属矿化有关，而晚期的花岗闪长岩则与钼矿化有关；又如黄沙坪矿床的上部为 Pb-Zn-Ag 组合，而下部为 Mo-W 组合。随着地质勘探工作的进一步开展，迫切需要加强“同熔型”花岗岩有关的铜铅锌多金属矿床的成矿机制和成矿规律研究，从而为下一步找矿预测服务。在对华夏地块典型矿床系统解剖的基础上，对比研究不同成矿区带、不同矿集区铜铅锌多金属矿床的构造控制因素、精确厘定这类矿床的形成期次，总结与成矿有关的花岗岩的类型和特点、热液蚀变特征及金属矿物组合，成矿流

体和成矿物质来源；建立华夏地块中生代铜铅锌多金属矿床成矿谱系；总结其成矿规律，建立华夏地块中生代铜铅锌多金属矿床区域成矿模型，指导找矿预测。

华夏地块前中生代的地质过程及强烈的中生代大陆再造作用，造就了华夏地块独特的中生代成矿大爆发，形成了巨量稀有、有色多金属矿床。本课题重点综合研究华夏地块形成的地质背景、岩石圈成分结构和深部过程，中生代陆壳再造过程花岗岩-火山岩及相关大型、超大型矿床成矿元素的地球化学行为和成矿流体的起源与演化，花岗岩的成矿专属性与成矿能力。系统综合研究“南岭”和“武夷山”两个重点成矿代中与“改造型”和“同熔型”花岗岩有关的金属成矿作用、矿床的时空分布特征和规律，加强构造与成矿作用关系的研究工作，建立区域成矿谱系和成矿模式。发展并完善与大陆再造过程有关的花岗岩成岩成矿理论，为成矿预测提供坚实的理论基础。

二、预期目标

总体目标

以地球系统科学思想为指导、以陆壳再造这一重大地质事件引发的大规模成岩成矿效应为突破口、以华夏地块内“南岭成矿带”和“武夷成矿带”为重点研究地区、选取若干典型矿集区和区内有色稀有多金属矿床、以不同类型花岗岩成因及成矿专属性为主线、以学科群交叉研究和高新实验与探测技术应用为手段，揭示华夏地块中生代陆壳再造过程中的构造-岩浆活动与巨量金属成矿机理。

五年预期目标

- 1) 揭示华夏地块前中生代陆壳物质的组成、形成和演化，研究华夏地块中生代花岗岩的时空分布规律和成因，探讨大花岗岩省形成的驱动机制；
- 2) 研究钨、锡、稀有金属等成矿元素的地球化学行为与迁移富集规律，揭示花岗岩的成矿专属性与成矿元素的分带性；
- 3) 建立华夏地块钨锡稀有金属矿床成矿系列与成矿规律，建立华夏地块铜铅锌多金属矿床成矿系列与成矿规律，发展和完善陆壳再造过程中的金属成矿理论；
- 4) 在国内外重点刊物发表学术论文>100 篇，发表专著 1-3 部；
- 5) 通过本项目的实施来培养和造就一支团结协作和具有重要国际国内影响的高水平科研团队，培养造就 1-2 个创新研究群体，5-10 名年轻学术带头人和 20-30 名中青年科研学术骨干；培养一批博士生和硕士生。

三、研究方案

（一）学术思路

针对“华夏地块中生代陆壳再造过程中的构造-岩浆活动与巨量金属成矿机理”关键科学问题，我们的研究工作将强调“过程与机理”的研究，进一步加强大花岗岩省形成的驱动机制与该区矿产资源分布规律关系的研究，查明华夏地块中生代花岗岩成岩与有色稀有多金属成矿的时、空演化，揭示岩浆和成矿的热源与物源，分析成矿元素的地球化学行为和热液运移机理，研究并总结重要成矿区带、重要矿集区和典型矿床的成矿规律，开展成矿预测研究，从而为发现新的金属矿产资源基地提供科学依据，服务于矿产资源保障和可持续发展国家目标。

（二）技术途径

本项目将综合运用矿物学、岩石学、矿床学、地球化学、同位素地质年代学、构造地质学、地球物理和矿产普查与勘探等多学科研究方法，运用先进测试技术，开展华夏地块中生代陆壳再造与巨量金属成矿作用研究。

1. 扎实的野外地质调研是本项目实施的基础：

本项目将围绕关键科学问题，按照各二级课题的主攻方向，重点围绕以下问题来组织和进行详细的野外地质工作及样品和数据的采集：1）控岩控矿构造及盆山耦合关系；2）基底地层及变质变形特征；3）不同类型岩浆岩的分布、相互关系及组合特征，并特别关注复式花岗岩体；4）按照成矿带、矿集区、典型矿床等不同尺度，关注不同类型矿床和矿体的空间分布及组合规律。系统采集各类花岗岩-火山岩及岩石中各类包体和各类型矿床中矿石和蚀变岩石样品。

2. 严谨的室内研究是本项目顺利完成的保障：

研究华夏地块的形成及其成矿作用，对不同地质演化阶段和地质过程发生发展时序的精确厘定十分关键。因此将针对不同岩石、矿石样品，采用高精度同位素定年方法（锆石 U-Pb、辉钼矿 Re-Os、含钾矿物 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等），对成岩成矿时代进行精确定年，研究地壳演化，确定岩石和矿床的生成-演化序列。本项目工作中，将强调保持和加强传统的岩相学、矿相学镜下观察研究，同时将充分利用微量元素、稀土元素、成矿元素、稳定同位素（C、O、H、S）、非传统同位素（B、Si、Cu、Zn、Fe、Mo 等）、放射性同位素（Rb-Sr、Sm-Nd、U-Pb、Re-Os、Lu-Hf 等）和稀有气体同位素（He、Ar 等）示踪，确定岩石和矿床的成因类型、形成机制、时空演化，追踪成矿流体和成岩成矿物质来源。探讨自元古代以来华夏地块地壳演化、壳-幔物质交换及岩石圈组成与成岩成矿关系，揭示中生代大规模成矿作用的地球化学演化和地球动力学背景。

3. 新技术新方法的运用是本项目取得突破的关键：

本项目的实施将充分应用新技术和新方法，借助于 SHRIMP、SIMS、TIMS、LA-ICP-MS、LA-MC-ICP-MS、激光拉曼光谱等高新分析测试技术，强调以单矿物（如锆石和岩石中其他副矿物、矿石矿物等）原位微区分析为本项目研究方法特色，同时将尝试建立并开展矿物流体包裹体的原位微区常量元素成分分析。开展黑钨矿、金红石、硫化物等不透明矿石矿物的红外显微镜观察。开展重要成矿元素和矿化剂元素地球化学行为的水热实验模拟研究。探讨锡石、黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等矿石矿物直接定年的可能性，包括 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 、Rb-Sr、U-Pb 和 Sm-Nd 等同位素年龄测定方法。

（三）创新点与特色

本项目的创新点主要体现在：采用上述新的学术思路和先进的多学科手段来研究华夏地块中生代陆壳再造和大规模成岩成矿事件。在研究中抓住中生代强烈再造、巨量花岗岩形成和成矿大爆发这一特色，发展和完善陆壳再造过程中的金属成矿理论，探讨基底组成、深部过程、壳幔作用、流体活动与大规模成矿之间的成因联系；加深对花岗岩浆的形成过程、侵位机制、岩浆分异、热液成矿过程的认识。通过揭示花岗岩成矿专属性和矿床成矿元素分带性，总结成矿规律，开展成矿预测。

本项目的特色可具体概括为如下几方面：

1. 研究思路

强调“过程与机理”的研究，重视壳-幔的相互作用，地幔物质和地幔流体对陆壳的改造和成矿作用，认识地球演化过程中区域物质成分演化、流体作用及其成矿规律。我们认为研究以南岭和武夷成矿带为重点的华夏地块中生代大规模成矿事件和不同类型花岗岩的成矿专属性应与华南大陆的多期（新元古代、加里东、印支、燕山）幕式生长过程相联系，应分析解剖不同时期的地质演化历史和物质组成特性。

针对铜、金、铅、锌、铀等国家紧缺和重大战略矿产资源以及钨、锡稀有金属等特色 and 优势矿产资源在华夏地块不同矿集区的成矿特征，提出和完善新的成矿模型和新的找矿思路（如钨锡多金属五层楼加地下室成矿的新模式、地幔流体成矿作用新理论、印支期花岗岩对铀成矿具有重要制约作用的新认识等等）。这些新的研究进展已经受到国际国内学术界的关注和重视，并开始在华南的找矿实践中发挥效果。这些新的学术思想的提出，急待我们通过本项目的开展来进一步检验、完善和发展。

2. 研究手段上

在以往研究中，对国际上高速发展的先进地球化学方法特别是同位素地球化学和年代学方法的应用相对较为薄弱一些，而本项目的首席科学家及多位课题负责人和学术骨干恰好是地球化学和同位素方面的专家，掌握和拥有国际最先进的地球化学实验技术和高水平实验室。这一鲜明特色和优势使得本项目的实施将重点采用矿物的微区原位分析方法、新的同位素地球化学示踪方法（如 Re-Os、Lu-Hf、B、Cu、Fe、Zn、Mo、He-Ar 等），矿石矿物直接定年方法（如锡石、黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等矿石矿物的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 、Rb-Sr、U-Pb 和 Sm-Nd 等同位素年龄测定），同时结合常规 Sr-Nd-Pb-O 同位素地球化学和高精度微区同位素定年技术方法（特别是锆石 U-Pb 的 SHRIMP 和 LA-ICP-MS 技术和辉钼矿的 Re-Os 定年）。因此，新技术方法的综合应用不但是本项目最重要研究手段，而且是本项目的一大特色，也是本研究群体在国内的强势之一。

综合运用矿物、岩石、矿床、流体包裹体、元素地球化学、同位素地球化学、实验地球化学、构造地质和地球物理等多学科交叉研究方法开展研究，是本项目的又一重要特色。

3. 研究基础上

长期以来，本项目的牵头单位南京大学和主要合作单位（如中国科学院地质与地球物理研究所、地球化学研究所、广州地球化学研究所、中国地质科学院等），在华南开展了大量地质与矿产研究工作，有着十分坚实的研究基础。特别是南京大学对华南花岗岩-火山岩与成矿作用的研究得到了国内外同行的广泛认同，并已成为南京大学地学研究的一大特色。本项目的实施必将进一步将我国华南蕴含

丰富的热液多金属矿床和花岗岩类的自然优势，转变为地球科学研究与发展的学术优势。

（四）可行性分析

科学意义重大，国家目标明确 “华夏地块中生代陆壳再造与巨量金属成矿”重大课题的提出与解决，不仅可使我国在国际大陆地质基础科学研究领域占领重要一席之地，更重要的是可为国家紧缺和战略矿产资源以及我国优势和特色矿产资源的进一步寻找和勘查提供科学依据，提升我国在国际矿产市场上的话语权。

学术思路清晰、技术路线可行 以华夏地块大陆地质过程演化历史为主线，以中生代陆壳再造和大规模成岩成矿作用为重点，强调“过程与机理”的研究，用新的成岩成矿理论和方法研究华夏地块花岗岩的形成和巨量金属成矿事件，从而指导整个华南的矿产资源勘查，特别是深部找矿勘查工作，构建切合实际的研究方法体系，能够保证项目目标的实现。

研究队伍配置合理 项目打破部门和行业界线优选研究队伍，以在华南地质与矿产研究中有很好基础和研究积累的中青年学术骨干为主。以综合性高校为依托单位、联合中国科学院和国土资源部等，具有多部门联合攻关、优势互补、密切合作的特色。

较强的多学科综合研究力量 本项目以南京大学内生金属成矿机制研究国家重点实验室和南大地学多学科为主要科研支撑平台，拥有多家国家和部门重点实验室，形成了多学科交叉、优势互补的强强联合，不仅拥有最强的研究实力，而且提供了强大的技术保障。

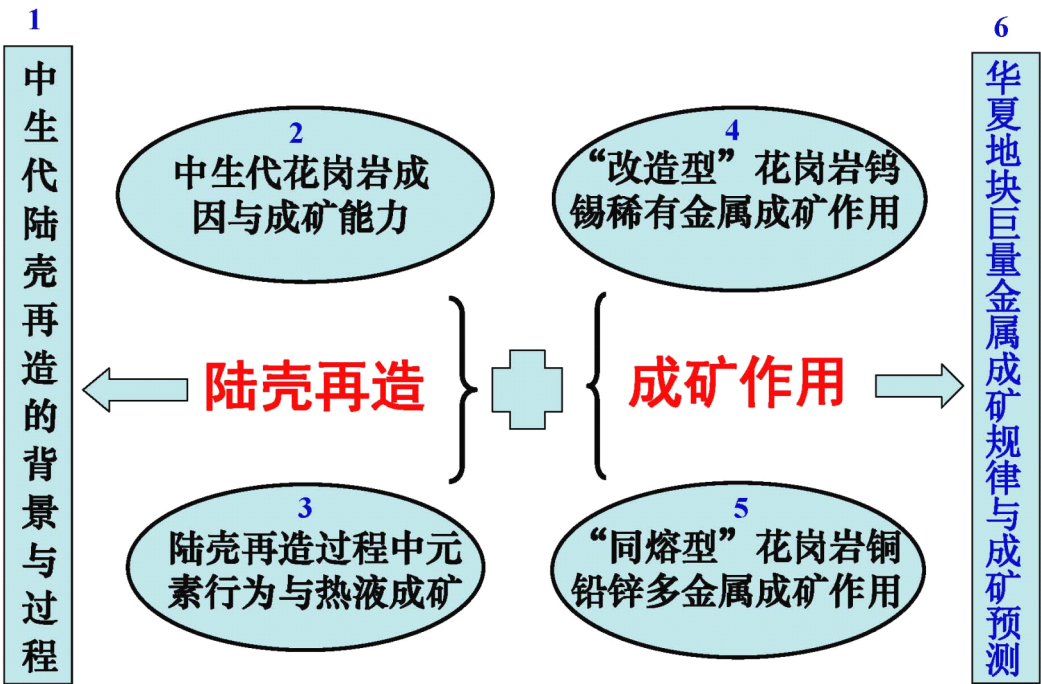
广泛的国际学术交流 站在国际地学前沿高度和在全球视野下来开展华夏地块中生代花岗岩成岩与有色稀有多金属成矿的研究。项目主持单位在对华南地质与矿产的长期研究中，已建立了一个良好的国际学术合作与交流的网络，特别是与澳大利亚和美国学者分别开展了华南花岗岩与澳大利亚和美国盆岭省花岗岩及成矿的对比研究；与法国学者开展了华南与法国中央高原构造和岩浆作用的对比研究；这些国际合作与交流将进一步促进本项目的实施，并有望取得研究工作的突破性进展。

科学高效的组织与实施方案 项目实行首席科学家负责制，首席科学家自觉接受项目专家组的指导和项目依托部门的监督。坚持过程管理(做到目标、进度、措施、责任四落实)，采取动态管理(对课题实行年度学术交流讨论会和中期评估，按照评价意见实行滚动经费支持或中止执行)。加强与在该区实施的国土资源大调查、国家科技攻关项目和自然科学基金项目之间的合作与交流，携手推进我国华南花岗岩成岩成矿理论的创新和找矿突破。

（五）课题设置

围绕关键科学问题和主要研究内容，本项目设置以下6个课题：1) 中生代陆壳再造的背景与过程；2) 中生代花岗岩成因与成矿能力；3) 陆壳再造过程中元素行为与热液成矿；4) “改造型”花岗岩钨锡稀有金属成矿作用；5) “同熔型”花岗岩铜铅锌多金属成矿作用；6) 华夏地块巨量金属成矿规律与成矿预测。

以上 6 个课题是一个相互联系的有机整体。其中，第 1 课题是本项目的基础，该课题的实施将建立本项目研究的地质演化基本格架，主要涉及华夏地块前中生代陆壳特征、中生代再造的构造-岩浆过程；第 2、3 课题则分别研究与成矿密切相关的花岗岩成因-成矿能力，以及控制成矿的元素行为-热液成矿过程；第 4、5 课题主要研究华夏地块两类重要花岗岩类的专属性、矿床形成机理、与巨量金属成矿问题；课题 6 是本项目的综合和集成，总结对比华夏地块中几个重要成矿区带主要矿床类型矿床成因机理、揭示矿化时空分布规律、为找矿勘查这一国家重大需求提供成矿预测。



项目二级课题分解和关系示意图

课题 1: 华夏地块中生代再造的过程与背景

研究目标:

拟通过岩石学、构造地质学、沉积学、地球物理学和同位素年代学等多学科的系统研究，揭示华夏地块武夷山地区、南岭地区、云开地区的基底组成及地壳形成和演化过程，识别不同时期地壳再造过程中的物质再循环和新生地壳增长程度，重点分析不同地区基底岩石成矿元素的分布规律，将华夏地块置于全球超大陆聚合-分解的演化过程中，分析显生宙不同期次重大地质事件在不同深度层次上的构造-岩浆-沉积-变质的响应，构建盆-山演变格局，揭示大花岗岩省形成的驱动机制，为研究华夏地块中生代再造过程中的成矿大爆发提供基础地质制约。

主要研究内容:

(1) 基底物质组成与地壳演化

华夏地块前中生代地壳，特别是古老的结晶基底，是华夏地块中生代大规模成岩成矿再造的基础。要揭示中生代再造对华夏地块成岩成矿的作用，必需了解华夏地块基底岩石的组成、形成和演化。弄清华夏地块花岗岩的物源将为解决该

区花岗岩成岩成矿机制提供关键制约条件。

前中生代构造演化复杂,面临的问题较多。例如,华夏地块的边界断裂位置在哪?大型聚合带如何引张分化?边界断裂多期演化及其与岩浆活动、成矿流体运移的关系如何?前中生代陆壳是否存在幕式生长?不同地区是否存在差异?不同地区的基底岩石各自经历了怎样的形成过程?与扬子地块的基底组成和形成历史有何差异与联系?与全球范围的超大陆演化又有何联系?显生宙特别是古生代沉积序列、加里东期韧性变形、印支期表壳褶皱与破裂、陆内花岗岩类对中生代成矿物质的聚集有何贡献?

因此,本课题拟利用构造地质学、沉积岩和变质岩岩石学、同位素年代学和地球化学综合手段,对本区的基底变质岩开展精细研究,为解决基底性质和地壳演化过程提供重要信息;利用本区玄武岩中的深源包体以及对花岗岩本身开展系统工作,揭示地壳深部的物质组成;利用沉积岩中碎屑锆石年代学、同位素地球化学、结合古生物和沉积学对比研究,了解华夏(华南)地块在不同时期的古地理位置及与其他陆块的关系;为探究大陆地壳组成和花岗岩成因联系提供新的思路。

(2) 加里东构造热事件的影响

加里东构造-岩浆事件的影响几乎遍及整个华夏地块。这次构造热事件发生在岩石圈板块内部,构建了华南加里东期陆内造山带的基本轮廓。它是中生代再造前的一次最强烈的构造-岩浆活动。不仅形成了近2万 km²的“改造型”(S型)花岗岩或花岗片麻岩,而且造成了华夏地块基底岩石普遍的片理化、糜棱岩化、不同程度的变质作用和一定规模的矿化作用。因此,要识别中生代再造在华夏地块的影响和揭示中生代再造的动力学机制,必须重视加里东构造热事件的研究。

本课题拟重点对武夷山、南岭和云开大山开展岩浆活动、构造变形和变质作用研究,以野外地质为基础,以构造地质学、沉积学、同位素(热)年代学为手段,确定早古生代的沉积环境与物质来源,确定变质变形作用时间,了解边界断裂的多期演化及其对地质体的制约,研究不同尺度构造几何学、运动学特征,确定块体的运动方向及其叠合关系,变形变质作用的范围和强度;变质作用特征及温压条件和形成的构造背景。通过对花岗岩的研究,探索加里东期陆内构造-岩浆事件对基底组成改造过程中是否存在新生地壳的生长。

(3) 深部幔源岩浆作用过程

花岗岩的形成主要记录了地壳物质的再造,而幔源岩浆岩的产生则更多地反映了地幔性质及相关的构造动力学过程。对出露在华夏地块的幔源岩浆岩的成因和构造背景的研究,研究花岗岩成岩成矿过程中的幔源物质贡献和构造背景是至关重要的。该地区地幔的组成、结构和状态如何?太平洋板块的俯冲对于本区的地幔有何改造?不同期次的幔源岩浆岩之间存在何种联系?中生代再造过程中有多少地幔组分参与了改造?幔源岩浆是否参与了花岗质大岩浆岩省的形成?对本区所出露的玄武岩及其幔源包体以及辉长岩、正长岩、辉绿岩和煌斑岩岩墙(脉)等幔源岩浆岩进行系统的岩石学和地球化学研究,着重利用原位微区分析技术手段,揭示这些幔源岩浆岩的源区地幔性质和形成的构造背景。通过这样的研究,回答幔源组分是通过初生地壳形式参与花岗岩成岩过程,还是直接与其诱发地壳物质部分熔融形成长英质岩浆发生岩浆混合,或二者兼有;同时查明参与花岗岩成岩的幔源组分为富集的岩石圈地幔还是亏损的软流圈地幔。

(4) 中生代构造 - 岩浆再造的动力学过程

已有的研究显示中生代期间华夏地块经历了特提斯构造域（印支期）和太平洋构造域（燕山期）的影响。这二个构造域对华夏地块的影响是否存在分区（即前者主要影响内陆和西南，而后者主要影响东部沿海地区）？还是没有分区，而仅仅是时间上的前后叠加？近年来的研究显示，印支期的构造热事件的影响已超出前人的预期，强烈的褶皱与逆冲推覆作用不但叠加-置换了早先构造样式，奠定了整个华夏地区的基本构造格架，而且造成了一定程度的地壳缩短与隆升，形成晚三叠世区域不整合面和巨厚的晚三叠-早侏罗世粗碎屑岩堆积。即使在沿海地区，也已发现有印支期的花岗岩浆活动和中深地壳层次的变质作用与韧性剪切。局部地区变质程度可达麻粒岩相。而且印支期花岗岩在华夏地块的铀成矿作用中具有举足轻重的作用。

为此，本课题将加强区域地质与地球物理资料的分析，开展晚古生代-早中生代沉积环境、物质来源、以及盆地类型、形成机制与演化的研究。重点选择赣南-湘南-粤北矿集区内的若干代表性盆地和地质剖面、选择一些典型复式岩体和武夷山及其两侧的一些典型花岗岩岩体，开展详细的沉积学、构造地质学、岩石学、年代学、地球化学、岩体构造样式和侵位机制的剖析研究，确定印支期沉积环境、物源区性质及成盆机理，构造变形的性质与运动学特征，明确不同时期花岗岩分布，对比不同类型、不同地点花岗岩的相互关系和成矿差异，综合分析研究区印支期的大陆动力学背景、构造环境和地壳生长特征与规律。清理已有的花岗岩定年资料，总结花岗岩分布的时空分布与演化规律。结合基底地壳演化以及构造沉积记录的研究，阐明特提斯构造域（印支期）-太平洋构造域（燕山期）的转换过程及其对华夏地块中生代花岗岩成岩成矿的制约。

承担单位：南京大学

负责人：徐夕生

主要参加人员：舒良树，于津海，王孝磊，王博

经费比例：16%

课题 2: 华夏地块花岗岩成因与成矿能力

研究目标：

本课题将以华夏地块中生代花岗岩为主要对象，通过岩石学和地球化学的系统研究，并结合构造地质与地球物理资料，构建精细的年代学格架，阐明花岗岩的空间分布与主要构造动力体制的关系，揭示岩浆源区组成与成岩过程。其中将重点研究“改造型”、“同熔型”、“A 型”三类花岗岩的时空分布及成因，查明幔源物质参与花岗岩成因的机制与方式，探讨幔源岩浆底侵（或内侵）对陆壳增生的贡献，阐明壳-幔相互作用制约花岗岩形成的精细过程，同时查明控制岩浆运移和定位的主要因素，最终全面阐明花岗岩的成因，建立综合的构造-岩浆-成矿作用的地球动力学。

主要研究内容：

(1) 华夏地块大面积花岗岩精确时空分布规律

岩浆活动时代是研究华南大陆再造时间的关键之一，花岗岩年代学研究将是本项目的一项重要工作，也是本项目能否高质量完成的关键。在对区内花岗岩已有年龄全面甄别、清理基础上，运用高精度锆石 U-Pb 定年技术，对典型岩体的

年龄进行补测,构建区内中生代花岗岩的精细年龄谱,着重揭示花岗岩的年龄在空间上的演变趋势,阐明花岗岩的分布与主要构造动力体系的关系,同时查明不同类型的花岗岩在成岩时代上是否有显著系统差别?不同类型花岗岩形成时差的制约因素是什么?值得注意的是,华夏地块燕山早期花岗岩中锆石多为高U锆石,这增加了准确厘定花岗岩的形成时代的难度。因此,本项目将以SIMS、LA-(MC-) ICP-MS原位微区分析技术为手段,研发除锆石之外的副矿物(如磷钇矿等)U-Pb同位素测年方法,加强华夏地块大面积花岗岩的同位素测年工作,特别是加强相伴生的镁铁质岩石的测年技术,准确厘定该区大面积花岗岩(尤其是与成矿有关岩体)的成岩时代及时空分布规律。

(2) 华夏地块大面积花岗岩形成的物源及成因

成岩物质来源是花岗岩研究中基础科学问题之一,涉及到区域地壳演化和成岩过程。对华夏地块内不同类型花岗岩典型岩体的矿物组合与岩石地球化学资料进行综合分析,进一步厘定它们的成因类型归属;运用元素-同位素综合示踪的研究方法,阐明各类花岗岩的岩浆源区组成特点;运用有关化学模型(如部分熔融、结晶分异、岩浆混合模型等)对岩浆形成与演化的具体过程进行定量模拟,重溯岩浆演化历程;同时通过对岩浆的密度、粘度、屈服强度、对流速度、冷凝结晶时间等一系列动力学参数的测算,揭示岩浆的发生、分离、上升与定位的具体途径,深化岩浆作用物理过程的认识。拟选取花岗岩中的副矿物(锆石、磷灰石、榍石、独居石等)开展原位微区Hf、O、Sr、Nd同位素和微量元素分析,结合元素地球化学,查明华夏地块不同类型花岗岩(尤其是与成矿有关的花岗岩)的岩浆源区和成岩过程,这对了解该区大面积花岗岩的成因和相关的大规模成矿作用具有重要的意义。

(3) 华夏地块巨量花岗质岩浆形成的热源

华夏地块形成如此大面积的花岗岩一直是一个悬而未解的科学问题,其中的关键在于形成如此巨量岩浆的热源从何而来?为了解决这一科学问题,本课题拟选取不同类型的花岗岩、与花岗岩伴生的镁铁质岩石和镁铁质包体进行研究,在详细野外地质考察和室内岩相学观察的基础上,对这些镁铁质岩石进行详细的年代学和地球化学分析,尤其是单矿物的同位素分析,探索镁铁质岩石的岩浆源区及其对花岗岩成岩中物质的贡献;系统揭示闽浙沿海与南岭内陆不同类型的花岗岩在年代学、矿物组成、共生岩石组合及元素-同位素组成的系统差异,查明它们的源区组成及岩浆产出的深部动力地质背景,揭示含矿与非含矿花岗岩在地质地球化学组成及成因上的差异,并阐明不同类型花岗岩成矿的主要控制因素。在此基础上,查明华夏地块岩石圈地幔的性质和演化过程和面积花岗岩形成的热源问题。

(4) 华夏地块花岗岩成矿能力的研究

岩体的成矿能力是花岗岩能否成矿和能否成大矿的先天条件。只有弄清研究区不同类型花岗岩和不同岩体的成矿能力,才能有效地开展与花岗岩有关的金属矿床的进一步找矿勘查。研究表明,源岩物质中金属成矿元素的初始不均一性富集以及地幔流体作用对于花岗岩的成矿能力有明显的制约作用。花岗岩演化程度对钨锡稀有金属成矿具有明显影响,结晶分异作用一方面可以造成成矿元素的不断富集,另一方面有利于挥发组分的逸出,从而有利于成矿元素的富集与沉淀。因此,钨锡稀有金属成矿花岗岩普遍与分异程度较高的“改造型”花岗岩有关。花岗岩的侵位深度影响到花岗岩浆中流体相的逸出,进而影响有关成矿元素的运移和富集过程。本课题选取典型矿集区中不同类型的成矿和不成矿的花岗岩体,

拟通过详细的矿物学、微量元素地球化学和同位素研究，对比并确定这些花岗岩体的演化程度，探讨演化作用对成矿元素富集的影响。通过岩相学、矿物成分温压计和流体包裹体等研究手段，对比并确定这些花岗岩体的侵位深度，并探讨花岗岩岩浆侵位动力学对有色稀有金属成矿能力的影响。本课题还将建立花岗岩成矿能力指标及隐伏岩体成矿标志，为进一步的成矿预测和找矿勘查服务。

承担单位：中国科学院地质与地球物理研究所，南京大学

负责人：杨进辉

主要参加人员：李献华，张吉衡，邱检生，陆建军

经费比例：15%

课题 3：陆壳再造过程中元素行为与热液成矿

研究目标：

矿床是特定元素在地质过程中异常富集的产物，因而成矿作用是典型的地球化学过程，而成矿元素的迁移富集与岩浆作用及热液活动密切相关。本课题拟从元素的地球化学性质入手，采用锆石、矿石矿物及流体包裹体的原位微区主、微量元素分析技术和高温高压实验技术等，以华夏地块典型矿床及其相关岩体为对象，系统研究钨、锡、铌、钽、钼、铜、铅、锌、铀等成矿元素的地球化学性质和来源，重点剖析氟、氯、硫、磷和二氧化碳等主要地质溶剂在流体、熔体中的性质及其对上述成矿元素性质的影响和控制，从而解析陆壳再造过程中成矿元素的迁移富集规律，揭示相关矿床的热液成矿机理。

主要研究内容：

(1) 岩浆演化过程中地质溶剂和稀有金属元素的地球化学性质与成矿

作为世界上最大的稀有金属成矿区，华夏地块的一个重要特点是岩浆岩（特别是锂氟（磷）富集的高演化的“改造型”花岗岩）十分发育。实验岩石学已证明，体系中增加锂氟磷等组分可以大幅度降低花岗岩的固相线，从而大大延长岩浆演化的时限，伴随着花岗质岩浆的高度演化，稀有金属元素发生富集成矿。因此，地质溶剂和稀有金属元素在岩浆演化过程中的地球化学性质对于理解其成矿过程和机理具有重要意义。本课题拟系统研究岩浆体系中锂氟磷等元素的来源及其对成矿元素富集过程的影响与控制，探讨钨锡铌钽钼等稀有金属成矿元素在不同岩浆演化阶段的地球化学性质，揭示其来源及富集机理，总结成矿规律，建立找矿指标体系。

(2) 热液过程中铜铅锌多金属元素和铀的地球化学性质与成矿

热液是成矿元素运移、富集的关键载体之一。成矿元素在热液中的地球化学性质历来受到矿床学家的高度重视，目前已经积累了大量的实验数据，但是对于铜铅锌等多金属元素在热液中的地球化学性质的研究仍相对薄弱。拟采用高温高压实验与天然样品相结合的方法，研究这些成矿元素与不同地质溶剂（如氟、氯、硫、磷和二氧化碳等）发生络合作用的基本性质与机理，测定络合物稳定的温压条件，从而揭示其发生迁移、富集、沉淀的主要途径。铀的地球化学性质非常复杂，主要在热液过程中富集成矿。本课题拟以华夏地块典型热液铀矿床及相关花岗岩岩体和基底地层为研究对象，研究基底地层、花岗岩岩体和铀矿体中铀元素与不同地质溶剂（如二氧化碳、氟和氯等）的相关性，探讨铀的来源和富集规律，为揭示华夏地块热液铀成矿机制提供约束。

(3) 岩浆和热液体系氧逸度与成矿

很多成矿元素是变价元素，而控制金属成矿的重要元素硫对氧逸度更是十分敏感，因此氧逸度与金属成矿有着密切的关系。目前对控制岩浆和热液体系氧逸度变化的主要因素还存在很大争议。本课题拟选取不同成矿类型的岩体，在元素地球化学和年代学研究的基础上，通过花岗岩体中锆石的 Ce^{4+}/Ce^{3+} 比值及造岩矿物和副矿物组合的化学成分变化，以获得原始岩浆氧逸度信息，建立成矿母岩浆氧逸度的时空分布序列，为揭示华夏地块多金属矿床形成与氧逸度之间的内在联系研究提供基础信息。

承担单位：中国科学院广州地球化学研究所，南京大学

负责人：孙卫东

主要参加人员：黄小龙、姚军明、丁兴、凌洪飞

经费比例：14%

课题 4：“改造型”花岗岩钨锡稀有金属成矿作用

研究目标：

聚焦华夏地块巨量产出的与多旋回、多阶段陆壳改造型花岗质岩浆侵入活动有关的钨锡稀有金属成岩成矿作用的机制等重大疑难问题，开展科技攻关研究。全面系统地收集区内地质、矿产勘查和科研等各类文献、资料和数据，以矿床成矿系列理论为指导，以石英脉型、矽卡岩型、云英岩型、斑岩型、破碎带型等为重要成因类型，选择重要成矿复式花岗岩体及相关代表性矿床开展重点解剖，查明不同地质时段花岗岩和钨锡稀有多金属矿床的时空分布规律，弄清成矿花岗岩的源区性质、演化、成矿流体作用及钨锡稀有金属巨量堆积机理，建立成矿模式和勘查模型，详细划分华夏地块中生代钨锡稀有金属成矿系列，在此基础上，总结成矿地质条件、主导控矿因素和重要找矿标志，进而总结区域成矿规律，指导区域找矿。本研究将对带动华夏地块钨锡稀有金属成矿理论研究和找矿勘查工作的“跨越式”发展具有重要意义。

主要研究内容：

(1) 赣南、湘南、粤北等重点地区的重要成矿复式花岗岩体和重要成因类型代表性钨锡稀有金属矿床典型解剖

南岭成矿带中产有密集的钨锡矿床和丰厚的钨锡资源，受区域构造、岩浆活动等控制作用，明显呈现出成矿带（区）、矿集区、矿田和矿床分级产出特征。本课题拟选择赣南、湘南和粤北成矿带（区）中的重要矿田为研究对象，以石英脉型、矽卡岩型、云英岩型、斑岩型、破碎带型等为重要成因类型，开展代表性成矿花岗岩体及相关典型钨锡稀有金属矿床重点解剖，查明花岗岩与地层围岩、构造及金属矿化的空间关系，探讨花岗岩成矿专属性。拟调查解剖的代表性矿区包括赣南地区的淘锡坑、茅坪、八仙脑、大吉山、黄沙、画眉坳、洪水寨、宝山，湘南地区的柿竹园、黄沙坪、芙蓉-新田岭、荷花坪、锡田，粤北地区的石人嶂、梅子窝、红岭等。

对形成钨锡稀有金属矿田的代表性花岗岩类岩体采用锆石 SHRIMP U-Pb 法、激光剥蚀等离子体质谱（LA-ICP-MS）或黑云母/钾长石 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 法开展精确定年，厘定成岩时代。采用辉钼矿 Re-Os 等时线法、白云母-绢云母 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 法进行精细同位素年代学测定，确定成矿时代，通过详细对比，查明不同类型矿床的

成矿与成岩年龄间的关系，查清该区钨锡稀有金属大规模成矿的特定地球动力学背景。

(2) 华夏地块多旋回、多阶段陆壳改造型花岗岩侵入序列，及与之有密切成因联系的钨锡稀有金属矿产时空分布规律研究

华夏地块的整个地质历史演化是纷繁复杂的，其中的中生代成岩成矿作用也是如此，就目前的研究结果来看，中生代多期成岩成矿已成定局，除获得较多中晚侏罗世和白垩世年龄数据外，其他期次（如三叠纪、早侏罗世）成岩成矿是否存在、强度和分布如何尚不清楚。本课题拟在充分收集、分析华夏地块中生代钨锡稀有金属成矿系列已有新的花岗岩、矿产等各类数据资料基础上，研究区域中生代花岗质岩浆侵入序列及时空分布、控岩控矿构造特征，查明多旋回、多阶段陆壳改造型花岗岩及与之成因密切相关的钨锡稀有金属矿床时空格架和演化规律。

(3) 成矿流体和成矿物质来源的同位素示踪研究

华夏地块钨锡稀有金属成矿与过铝质、高分异的陆壳改造型花岗岩有密切的成因关系已为广大学者所认同，但是近期工作表明可能有少量的幔源物质加入。越来越多的流体包裹体研究显示，成矿流体不是单一的岩浆热液，与钨锡相共、伴生的铜铅锌银多金属矿化可能与大气降水的参与有关，这些问题的深入研究对进一步认识钨锡稀有金属大规模成矿意义重大。本课题拟利用 Sr-Nd-Pb 同位素、Hf 同位素对与钨锡稀有金属成矿相关的花岗岩体的成因机制进行约束，特别是源区性质、源区成分及岩浆演化等问题。选择代表性矿区开展成矿流体的显微测温、激光拉曼成份分析和 C-H-O 同位素研究，查明成矿流体的性质，重塑成矿流体的演化过程，探讨岩浆-热液成矿驱动机制和巨量金属供给-运移-淀积机制。

(4) 重要成因类型代表性钨锡稀有金属矿床成矿模式和区域成矿模型建立

脉钨矿床“五层楼+地下室”成矿模式新认识和其在实际应用中取得的巨大找矿突破，吸引我们更加注重成矿模式的研究。本课题拟在前人工作成果和上述研究基础之上，建立石英脉型、矽卡岩型、云英岩型、斑岩型、破碎带型等重要成因类型代表性钨锡稀有金属矿床的成矿模式和地质-地球物理-地球化学综合勘查找矿模型，建立区域成矿模型，指导区域和已有矿山深、边部找矿勘查工作。

承担单位：国土资源部矿产资源研究所，南京大学

负责人：丰成友

主要参加人员：陈懋弘，郭春丽，袁顺达，王汝成

经费比例：15%

课题 5：“同熔型”花岗岩铜铅锌多金属成矿作用

研究目标：

本课题以南岭成矿带湘南铜铅锌多金属矿集区、粤北铜钼多金属矿集区、闽西北铜金钼多金属矿集区以及武夷成矿带北缘铜铅锌银多金属矿集区中典型矿床为研究对象，在对矿床系统解剖的基础上，研究华夏地块与“同熔型”花岗岩有关的铜铅锌多金属矿床类型、时空格架及其成矿规律；揭示不同尺度地质构造对铜铅锌多金属矿床的控制作用；探讨壳幔物质能量交换与深部岩浆作用对铜铅锌多金属矿床成矿作用的约束；研究华夏地块中生代构造-岩浆演化过程与铜铅锌多金属矿床成矿作用的关系，建立华夏地块不同时代铜铅锌多金属矿床的区域

成矿模型，指导找矿预测。

主要研究内容：

(1) 壳幔岩浆作用过程与不同尺度构造对铜铅锌多金属矿床的制约

通过对不同尺度（矿田尺度、矿床尺度、矿体和矿脉尺度）的地质构造（节理、断层、褶皱和矿脉的展布）的研究，厘定成矿前、成矿中和成矿后构造，揭示成矿岩体的侵位构造，探讨铜铅锌多金属矿床构造控制因素。通过对矿区不同期次岩浆侵入的相互关系、岩石类型和物质组成研究，探讨成矿花岗岩的深部过程，揭示岩浆的混合作用对铜铅锌多金属矿床成矿作用的制约和地幔物质对成矿作用的贡献，以及岩体侵位和成矿过程中的热效应。

(2) 中生代铜铅锌成矿事件的时间格架及其空间分布规律

选择不同金属元素组合（Cu-Pb-Zn, Cu-Mo, Cu-Au）的矿床（如，圆柱顶 Cu-Mo 矿床、大宝山 Cu-Mo-(W) 矿床、永平 Cu-Mo-(W) 矿床、铜山岭 Cu 矿、水口山 Pb-Zn-(Cu) 矿、黄沙坪 Pb-Zn-(W)-(Mo) 矿等），利用锆石 SHRIMP U-Pb、黑云母和白云母 Ar-Ar、硫化物 Re-Os 以及金红石、磷灰石 TIMS U-Pb 等定年方法，对岩浆侵位、热液蚀变以及矿化作用等事件进行精确年龄标定，结合区域构造-岩浆事件，开展系统的分析，查明华夏地块典型矿集区中生代铜铅锌多金属矿床的时间格架及其空间分布规律，进而厘定成矿作用的期次及其分带性；探讨铜铅锌多金属矿床成矿作用与区域岩浆演化的耦合关系。标定中生代铜铅锌多金属成矿事件在陆壳再造过程中的时空坐标。

(3) 典型矿床解剖与区域成矿模型研究

选择湘南铜铅锌多金属矿集区黄沙坪 Pb-Zn-Cu-Mo 矿床、水口山 Pb-Zn-Cu 矿床；粤北铜钼多金属矿集区大宝山 Cu-Mo-Fe 矿床、圆柱顶 Cu-Mo 矿床；闽西北铜金钼多金属矿集区的紫金山 Cu-Au-Mo 矿床、红山 Cu 矿床以及武夷山北缘铜铅锌银多金属矿集区的永平 Cu-W 矿床、冷水坑 Pb-Zn-Ag 矿床为解剖对象。研究不同矿床的成矿基本地质特征、矿化-热液蚀变系统、金属沉淀机制，厘定其成矿流体和成矿物质来源，解析不同类型矿床的成矿过程；建立不同成矿系列矿床的描述性模型和成因模型。结合铜铅锌多金属矿床的时空分布规律及其与花岗岩演化的耦合关系，建立华夏地块中生代铜铅锌多金属矿床成矿谱系和区域成矿模型，指导找矿预测。

承担单位：中国科学院地球化学研究所，南京大学

负责人：李晓峰

主要参加人员：彭建堂 武丽艳 齐玉强 马东升

经费比例：15%

课题 6: 华夏地块重要成矿区带巨量金属成矿规律与成矿预测

研究目标：

通过对华夏地块前中生代的地质过程和中生代大陆再造过程的地质、构造、地球动力学演化、岩浆与成矿作用、和地质年代学的综合研究，系统阐述华夏地块形成的地质背景、岩石圈成分结构和深部过程。探讨花岗岩的成矿专属性与成矿能力、不同时代花岗岩-火山岩及相关大型、超大型矿床成矿时代、成矿物质和成矿流体的起源与演化。完善和发展陆壳改造过程中花岗岩成岩成矿理论，理

清矿床成因模式,建立区域成矿模式和成矿谱系,为深部找矿预测提供理论指导,并进行成矿预测。

主要研究内容

(1) 华夏地块主要构造-岩浆-成矿的时代和事件序列

通过高精度同位素地质年代学方法,准确限定华夏地块主要构造-岩浆-成矿的时代和事件序列,综合应用矿物、岩石、地球化学尤其是多元同位素示踪和矿物微区及流体包裹体原位分析方法,确定岩浆和成矿物质来源及流体性质和演化。估测幔源岩浆和深部流体对成岩成矿的贡献,探讨深部壳-幔相互作用的程度及其对巨量花岗质岩浆与大规模成矿作用的制约。

(2) 花岗岩成岩成矿综合研究

综合研究中生代陆壳再造过程花岗岩-火山岩及相关大型、超大型矿床成矿元素的地球化学行为和成矿流体的起源与演化,花岗岩的成矿专属性与成矿能力。研究岩浆和热液流体驱动机制、壳-幔相互作用,及其与 W-Sn-Mo-Be-Nb-Ta、Cu-Pb-Zn-Ag 和 U 等金属成矿之间的关系,深入研究成矿过程和成矿机理,探讨不同的金属矿床和成矿系列之间的时空及成因联系。

(3) 重要成矿区带成矿预测研究

系统综合研究华夏地块“南岭“和”武夷山“两个重点成矿带中与“改造型”“同熔型”花岗岩有关的金属成矿作用、矿床的时空分布特征和规律,建立区域成矿谱系和成矿模式,为深部找矿提供理论指导,并在本次研究的基础上进行成矿预测。

承担单位: 南京大学, 中国科学院广州地球化学研究所

负责人: 蒋少涌

主要参加人员: 邱华宁、倪培、姜耀辉、赵葵东

经费比例: 25% (15%课题研究经费, 10%总项目协调经费)

四、年度计划

	研究内容	预期目标
第 一 年	全面收集、分析、处理已有的相关资料和研究成果；开展野外地质调查；深化研究区构造－岩浆－成矿格架认识；开展部分岩石、矿石样品鉴定、分析、测试。	进一步聚焦关键科学问题,进一步明确研究突破点，制定详细的研究计划；确定有望取得突破的重点工作区。在国内外杂志上发表学术论文5-10篇。

	研究内容	预期目标
第 二 年	选取南岭成矿带和武夷成矿带中几个重要矿集区,开展区域地质和典型矿床重点解剖,实施详细的野外地质工作,获取第一手资料和数据;开展成岩和成矿时代精测;地质样品分析测试;对已有数据、资料的初步总结,取得若干关键问题研究的初步进展。开展国际合作与交流。	完成研究区部分花岗岩体和若干典型矿床的高精度年龄精测;初步查明华夏地块中生代花岗岩时空分布格局,初步确定华夏地块成矿事件与主要地质事件的耦合关系,基本查明南岭成矿带和武夷成矿带区域矿化的时空分布规律和重要成矿系统的基本特征。在国内外杂志上发表学术论文 10-15 篇。
第 三 年	继续实施以矿集区为主的研究工作,加强对关键地段和典型矿床的解剖;继续开展重点研究区深入的野外研究;继续开展重点研究区地质样品分析、测试;对前两年研究成果做出阶段性总结和评估,查明中生代陆壳再造过程与成矿耦合关系,初步建立中生代陆壳再造过程成岩成矿理论模型。针对重大科学问题开展国际合作研究。	深化研究工作,迎接中期评估。确定华夏地块主要成矿系统的时空结构和矿床分布规律;厘定中生代陆壳再造过程的壳幔相互作用特征;针对矿集区中不同矿床类型,总结提出区域成矿概念模型,提炼和量化各类成矿预测指标,初步对南岭地区和武夷地区做出成矿预测评价。在国内外杂志上发表学术论文 15-25 篇;培养学生 10-15 人。

	研究内容	预期目标
第 四 年	根据中期评估意见,对研究工作作出适度调整。查缺补漏、补充重点研究区的野外研究工作;对新提出的问题进行系统和深入研究;继续开展国际合作与交流。	加强综合对比研究,集中力量实现关键科学问题的突破,构建中生代陆壳改造与巨量金属成矿理论框架;基本查明华夏地块巨量物质(花岗岩浆和成矿金属)聚集的环境和过程,确定各成矿系统大规模成矿的关键控制因素;完善成矿预测系统。在国内外杂志上发表学术 20-25 篇;培养学生 15-20 人。
第 五 年	以总结提高与成果集成为重点,适当补充为达到本项目研究目标而需进行的少量野外和室内分析工作;集成各课题研究成果,提升和凝练成矿理论,撰写项目结题报告。	揭示华夏地块中生代陆壳再造过程中成岩成矿系统的形成背景与大陆动力学机制;建立具有华南特色的陆内成岩成矿理论体系,完善与之相适应的成矿预测评价体系;项目结题验收。在国内外杂志上发表学术 20-30 篇;出版专著 1-3 部;培养学生 25-30 人。