



中国地质调查成果CGS 2016-053

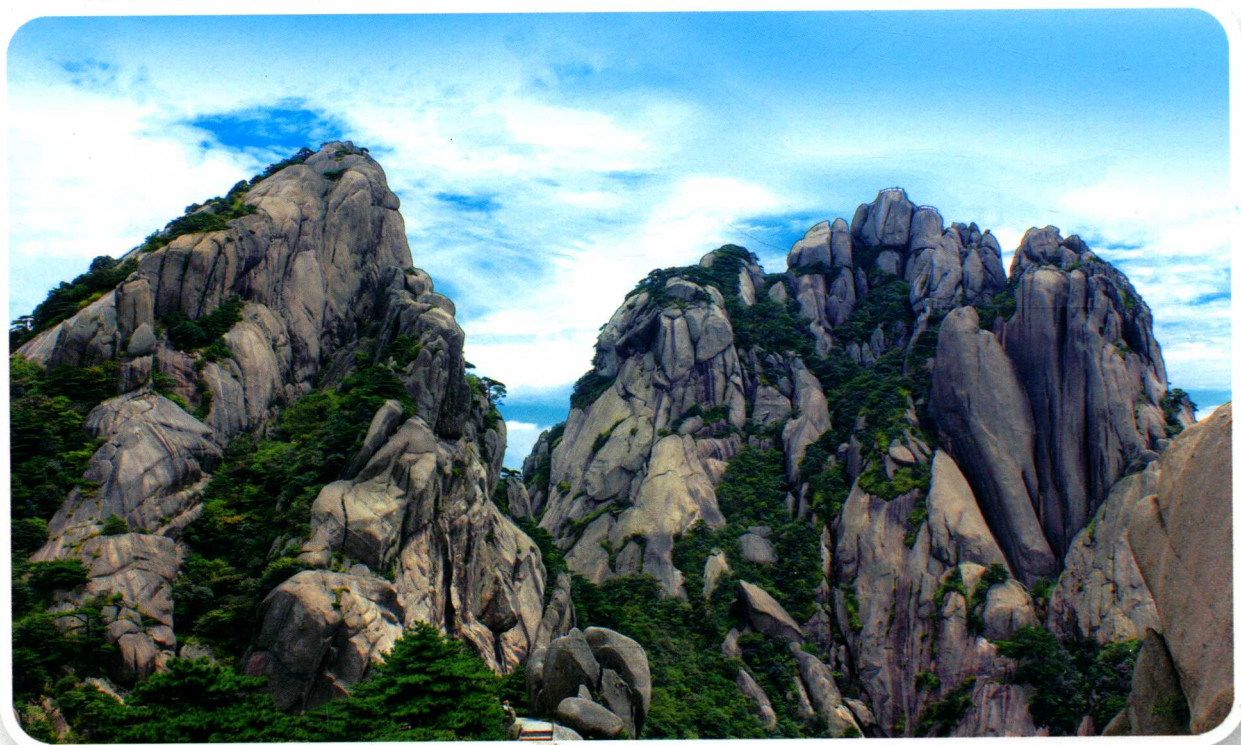
华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书

“华东地区矿产资源潜力评价”项目资助(1212011121031)

HUADONG DIQU CHENGKUANG DIZHI BEIJING YANJIU

华东地区 成矿地质背景研究

高天山 邢光福 周效华 等著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



中国地质调查成果 CGS 2016-053

华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书

“华东地区矿产资源潜力评价”项目资助(1212011121031)

华东地区成矿地质背景研究

HUADONG DIQU CHENGKUANG DIZHI BEIJING YANJIU

高天山 邢光福 周效华 等著

 中国地质大学出版社
ISHE

内容简介

《华东地区成矿地质背景研究》以编制华东地区大地构造图为切入点,通过沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变形构造和大地构造相的系统综合研究,总结华东地区各类地质建造、构造成矿、控矿作用与形成演化规律。采用大地构造相分析方法,编制了华东地区1:150大地构造图,并明确了不同级别构造单元地质特征及其鉴别标志。华东地区大地构造五要素图及大地构造图为区内成矿规律、矿产资源潜力评价和预测提供了大地构造背景。同时对一些重大地质问题进行了研究,如伏川-樟树墩蛇绿混杂岩形成的大地构造环境,江绍-萍乡对接带的形成时代,龙泉-政和-大埔构造带的大地构造属性,华夏造山系的归属。研究了华东地区大地构造环境及其特征,为成矿地质背景和成矿地质作用研究建立了坚实的成矿地质背景基础,为矿产预测提供了评价的依据,为基础地质研究服务于矿产资源潜力评价提供了示范,为华东地区各种尺度的矿产资源潜力评价和成矿预测提供了全新的地质构造背景,已被有关矿产资源勘查决策部门应用于潜力评价和成矿预测,并为国家找矿突破战略行动、整装勘查部署,国土规划编制、重大工程建设和生态环境保护以及政府宏观决策等提供了重要基础资料。这是迄今为止应用板块构造理论及大陆动力学视角观察认识华东地区大地构造最全面系统的系列成果。

图书在版编目(CIP)数据

华东地区成矿地质背景研究/高天山,邢光福,周效华等著. —武汉:中国地质大学出版社,2017. 10
(华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书)
ISBN 978-7-5625-4014-4

- I. ①华…
- II. ①高…②邢…③周…
- III. ①成矿带-成矿地质-研究-华东地区
- IV. ①P617.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 123697 号

华东地区成矿地质背景研究		高天山 邢光福 周效华 等著	
责任编辑:胡珞兰		选题策划:毕克成 刘桂涛	
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮编:430074	
电 话:(027)67883511		E-mail:cbb@cug.edu.cn	
经 销:全国新华书店		Http://cugp.cug.edu.cn	
开本:880 毫米×1230 毫米 1/16		字数:810 千字 印张:25.25 插页:3 附件:6	
版次:2017 年 10 月第 1 版		印次:2017 年 10 月第 1 次印刷	
印刷:武汉中远印务有限公司		印数:1—800 册	
ISBN 978-7-5625-4014-4		定价:380.00 元	

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

《华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书》

编辑委员会

主任:郭坤一 邢光福 班宜忠 骆学全 高天山 赵牧华
陈国光 张 洁 刘红樱 肖志坚

委员:(按姓氏笔画排列)

丁少辉	马 明	王存智	兰学毅	朱律运	朱静苹
江俊杰	安 明	许乃政	孙建东	苏一鸣	杨义忠
杨用彪	杨海翔	杨 辉	李 明	李明辉	李学燮
李 翔	肖 凡	吴文渊	吴礼彬	吴涵宇	余明刚
余根铤	邹 霞	张大莲	张开毕	张启燕	张 明
张宝松	张 娟	张 翔	陈 刚	陈志洪	陈 艳
陈润生	林乃雄	罗惠芳	金永念	周存亭	周效华
赵希林	胡海风	段 政	姜 杨	袁 平	袁强
贾 根	夏春金	晏俊灵	徐振宇	陶 龙	黄国成
黄顺生	黄 燕	黄 震	曹祖华	康占军	鹿献章
梁红波	梁晓红	董长春	惠 军	湛 龙	谢 斌
靳国栋	雷良城	詹雅婷	魏邦顺	魏 峰	

《华东地区成矿地质背景研究》

著 者:高天山 邢光福 周效华 余明刚 赵希林 陈志洪
王存智 姜 杨 靳国栋 马 明 段 政 周存亭
袁强 贾 根 张开毕 曹祖华 罗惠芳

序

华东地区位于中国东南部,行政区划上包括皖、浙、赣、苏、沪、闽、台六省一市及所属海域,大地构造上横跨华北陆块区、秦祁昆造山系、扬子陆块区、钦杭结合带、华夏造山系和菲律宾造山系 6 个一级大地构造分区,经历了复杂的构造演化过程和丰富多彩的成矿作用。从全球角度看,华东地区位于世界巨型成矿域——环太平洋成矿域的西南部,涉及华北(陆块)、秦岭-大别、扬子、华南 4 个成矿省,14 个Ⅲ级成矿(区)带,拥有长江中下游成矿带、钦杭成矿带(东段)、武夷山成矿带、武当-桐柏-大别成矿带(东段)、南岭成矿带(东段)等国家级重点成矿带。《华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书》主要是“全国矿产资源潜力评价”计划项目(2006—2013)下设工作项目——“华东地区矿产资源潜力评价与综合”(2006—2013)的系列研究成果,是在华东六省一市完成省级矿产资源潜力评价工作的基础上,以工作项目下设的华东全区成矿地质背景研究、重磁特征综合研究、化探综合研究、遥感地质综合研究、自然重砂综合研究、重要矿产区域成矿规律研究、重要矿种矿产预测研究、矿产资源潜力评价综合信息集成研究等各专题成果为单元分别编著的。诸多数据、资料都引用和参考了 1999 年以来实施的“新一轮国土资源大调查专项”、中央地勘基金、华东地区省级地勘基金专项及其他相关地质调查与科研工作的成果资料。

《华东地区矿产资源潜力评价成果系列丛书》包括:

《华东地区成矿地质背景研究》

《华东地区重磁场特征及其应用研究》

《华东地区化探综合研究》

《华东地区遥感地质综合研究》

《华东地区自然重砂综合研究》

《华东地区重要矿产区域成矿规律研究》

《华东地区重要矿产预测研究》

《华东地区矿产资源潜力评价综合信息集成研究》

本丛书系统介绍了华东地区的区域地质背景、区域地球化学特征、自然重砂特征及找矿模型、区域重磁和遥感资料及地质应用、重要矿产资源特征和区域成矿规律、矿产预测研究和区域矿产资源潜力评价综合信息集成研究等成果,以大地构造相和成矿系列研究及矿床勘查资料为基础,较深入地研究了华东地区区域成矿地质特征,并从战略高度进行了华东地区重要矿产资源潜力分析。

《华东地区成矿地质背景研究》以板块构造和大陆动力学理论为指导,运用大地构造相分析方法,从原始基础地质资料着手,利用新中国成立以来 1:5 万、1:20 万和 1:25 万区域地质调查原始资料和最新科研成果资料,以岩石构造组合为基本单元,系统总结了区域沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变形构造等大地构造相特征,总结了华东地区区域成矿地质背景,划分了华东地区大地构造单元,建立了全新的华东地区大地构造格架,为华东地区区域成矿规律、矿产资源预测和勘查评价等工作提供了基础地质资料支撑。本专著是第一部利用区域地质调查原始资料,采用大地构造相分析方法,从沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变形构造 5 个方面综合研究华东地区大地构造与成矿地质背景的专著。

《华东地区重磁场特征及其应用研究》系统总结了华东地区区域重磁地质调查成果,编制了华东地

区区域重磁基础图件,运用数据处理与反演解释技术,对华东地区区域重力、磁场特征进行了分析研究。从地球物理学角度,对华东地区进行了构造分区,推断了华东地区主要断裂构造,圈定了岩体、沉积盆地、火山机构、变质岩地层、磁性蚀变带等地质对象,并对重要地质构造与地质体进行了2.5D定量计算,拟合了其空间位置与赋存状态;利用重磁资料,探讨了钦杭结合带空间位置、郯庐断裂带南延、徐淮地块与六安地块边界等一系列重大地质问题;评估了华东地区重磁应用效果和华东地区找矿潜力。

《华东地区化探综合研究》系统总结了华东地区区域地球化学调查成果,编制了华东地区39种元素地球化学图、地球化学异常图、地球化学推断地质构造图等,提出了华东地区区域地球化学系列参数,建立了华东地区30个典型矿床地质-地球化学找矿模型,集成了华东地区铜、铅、锌、钨、锑、稀土、金、磷、钼、锡、银11个矿种地球化学找矿预测图成果和94个综合找矿远景区综合成果,并对区内59个A级预测靶区、76个B级预测区进行了铜资源量地球化学预测,最终预测了华东地区铜资源量。

《华东地区遥感地质综合研究》收集整理了华东地区六省一市(含上海市和台湾省)遥感及相关地质、矿产、典型矿床综合研究等方面的资料,运用遥感解译与蚀变信息提取技术,对安徽省、福建省(含台湾省)、江苏省(含上海市)、江西省及浙江省遥感地质特征进行了分析研究。从遥感地质学角度,对华东地区进行了构造分区,推断了华东地区主要断裂构造,提取了羟基异常、铁染异常、褐铁矿化、绿泥石化等蚀变信息,提出了离子吸附型稀土矿遥感找矿方法;系统阐述了遥感地质构造解译与蚀变异常关系、重要成矿区带遥感预测与评价等成果。

《华东地区自然重砂综合研究》汇总集成了华东地区自然重砂资料应用研究成果,根据华东地区区域成矿地质背景、成矿控制条件、典型矿床、成矿模式和成矿规律,利用自然重砂矿物特征和异常特征,优选了与预测矿种相关的40种主要自然重砂矿物进行综合编图与研究,对华东地区的铜、铅、锌、钨、金、锑、稀土、磷、锡、钼、镍、锰、银、硫、硼、萤石、重晶石等矿种进行了主要成矿类型和典型矿床的自然重砂矿物特征研究和特征异常的解释评价,以及典型预测工作区的剖析,划分出81个自然重砂矿物异常区(带),建立了30个典型矿床成因类型地质-地球化学自然重砂找矿模型。初步总结出8种区域矿床类型、6种区域构造带和3种构造区块的自然重砂矿物组合特征、分布规律及其指示意义。选择郯庐断裂带金刚石矿产和钦杭成矿带(东段)多金属矿产进行了自然重砂资料的找矿评价应用,进一步明确了郯庐断裂带、怀玉山地区和武夷地块北部地区的找矿方向。

《华东地区重要矿产区域成矿规律研究》以矿床成矿系列理论为指导,系统总结了华东地区重要矿产成矿规律,为分析重要矿种的资源潜力提供了重要依据。在全国矿产资源潜力评价项目划定Ⅲ级成矿区带的基础上,进一步细分出28个Ⅳ级成矿亚区带,首次实现了华东地区全覆盖,并进一步指导了省级地勘单位开展Ⅴ级成矿单元划分;划分了华东地区铁、铜、锌、铅、金、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、铬、钼、银、硼、锂、硫、萤石、菱镁矿、重晶石等重要矿产的成矿系列,并按照前南华纪、南华纪一中三叠世和晚三叠世以来3个大地构造演化阶段分别论述了成矿体系特征;首次以Ⅲ级成矿区(带)为单元进行华东地区成矿规律总结,并对区内找矿进展和资源潜力进行了评述。本专著是第一部利用现代区域成矿理论系统论述华东地区重要矿产区域成矿规律的专著,可供成矿学研究及矿产勘查、资源预测、科研、教学和管理部門相关人员参考使用。

《华东地区重要矿产预测研究》全面总结了华东地区重要矿种(组)矿产预测成果,以矿产预测类型为基本单元,在分析目标矿种的基础上,划分了华东地区铁、铜、锌、铅、金、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、铬、钼、银、硼、锂、硫、萤石、重晶石20个矿种(组)的矿产预测类型,建立了华东地区矿产预测类型谱系表;汇总和统计分析了不同层次、不同尺度的预测成果与资源量;以28个Ⅳ级成矿亚带为纲,综述了它们的含矿建造构造特征,圈定了综合预测区,提出了找矿工作部署建议。

《华东地区矿产资源潜力评价综合信息集成研究》全面介绍了华东地区矿产地数据库、地质工作程度数据库等8个基础地质数据库及其更新维护方法和成果,系统阐述了华东地区基础地质编图及铁、铝、铜、锌、铅、金、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、钼、银、硼、锂、硫、萤石、菱镁矿、重晶石21个矿种(组)的矿产资源潜力评价专题图件数据库的建设方法、流程,以及华东地区矿产资源潜力评价综合信息集成的思

路、方法及流程;建立了华东地区矿产资源潜力评价综合信息集成数据库,为华东地区矿产资源潜力评价提供了基础支撑,为矿产资源潜力评价的全流程信息化和数字化提供了方法依据。

本丛书系统收集和整理了华东地区基础地质、矿产勘查与研究等获得的海量地学资料,对重要成矿带的区域成矿地质背景和成矿作用进行了总结性研究,为区域地质调查和矿产资源勘查评价提供了重要资料,由此必将为深化华东地区成矿地质背景、成矿规律与成矿预测研究、矿产资源勘查和开发与社会经济发展规划,提供重要的科学依据。

本丛书是一套关于华东地区矿产资源潜力的最新、最实用的参考书,可供政府矿产资源管理人员、矿业投资者和从事地质矿产调查、科研和教学人员,以及对华东地区地质矿产资源感兴趣的社会公众参考。

丛书编委会

2016年11月17日

前 言

“华东地区成矿地质背景研究”工作项目隶属于“华东地区矿产资源潜力评价与综合”计划项目,是全国矿产资源方面一次重要的国情调查的组成部分。起止年限为 2006—2013 年,承担单位为南京地质调查中心,参加单位有安徽省地质调查院、江西省地质调查研究院、福建省地质调查院、浙江省地质调查院、江苏省地质调查研究院。

华东地区位于西太平洋活动大陆边缘,其内包括 3 个造山系:秦祁昆造山系、华夏造山系、菲律宾造山系;2 个陆块区:华北陆块区、扬子陆块区;1 个对接带:郴州-萍乡-绍兴对接带。从古元古代至中三叠世为古亚洲构造域,这种古构造格局不仅控制了中生代前沉积作用-岩浆活动-变质作用-成矿作用,也为后期成矿作用奠定了重要的基础。志留纪末华夏与扬子陆块拼合,有新元古代到早古生代浅变质基底及古、中元古代变质块体的卷入;晚古生代到中三叠世主要为浅海相沉积盖层。经印支运动的大变革,晚三叠世—新生代发生了强烈的陆内叠加造山运动,进入新的地质构造格局,以古亚洲构造域及其近东西向长期活动断裂构造带为基础,晚三叠世—新生代西滨太平洋构造域叠加改造其上,中国东南形成沿海陆(缘)内前陆走滑推(滑)覆-伸展构造-岩浆岩带。燕山期岩浆活动频繁,为区内成岩成矿的主要时期,形成了丰富的有色、稀有、贵金属矿产,尤以铜、钨、稀有、稀土和贵金属等矿产驰名中外。

本次研究的指导思想是以板块构造理论和大陆动力学思维为指导,以多岛弧盆系观点为切入点,从原始基础地质资料着手,利用了新中国成立以来区域地质调查和科研成果的最新资料,运用大地构造分析方法,提出了大陆形成演化过程中地壳块体俯冲、碰撞、转换、伸展等地球动力学背景的具有标型特征的五要素构造-岩石组合的大地构造环境及其与成矿的时空关系,从洋陆转换过程中的大地构造环境理解大地构造形成演化的基本特征,为揭示大陆板块构造环境的演化提供了一个全新的方法体系,为重塑华东地区大陆增生的演化历史、构造-岩石组合、建造构造类型及成矿作用研究提供了重要的构造-岩石组合依据。

华东地区地质作用复杂,加上变质作用、岩浆侵入、火山喷发作用和后期构造作用的影响,使得许多地质体的原始建造特征发生改变或难以识别,有些重要的地质体只能作一些处理。如安徽张八岭蓝片岩,露头很小,且零星分布,无法作为一个变质亚相在图上单独表示,只能与其他地质体一并表示;又如下扬子地块南华纪裂谷沉积建造,在整个下扬子地块上均有分布,但露头很小,且零星分布,无法一一表示,只能将成片出露区在图上予以表示。加上运用板块构造及大陆动力学理论,系统总结华东地区地质构造为第一次,对理论的理解和术语的运用尚有许多不足之处,或许有些认识尚很肤浅或错误,需要在今后的工作中不断地进行改正和完善。

《华东地区成矿地质背景研究》一书主要由高天山、邢光福主编,报告编写分工如下:前言、第一章由邢光福和高天山编写;第二章由周效华、高天山、周存亭、袁强、张开华、贾根、曹仲仁编写;第三章由余明刚、靳国栋、段政、李亚楠、周存亭、袁强、张开华、贾根、曹仲仁编写;第四章由赵希林、周存亭、袁强、

张开毕 贾根 曹仲仁;第五章由陈志洪、姜杨、周存亭、袁强、张开毕、贾根、曹仲仁等编写;第六章由王存智、周存亭、袁强、张开毕、贾根、曹仲仁等编写;第七、八章和结语由高天山和邢光福等编写。全文由高山和邢光福统稿完成。

致 谢

《华东地区成矿地质背景研究》一书是在华东五省地质调查院等完成的矿产资源潜力评价成矿背景研究工作的基础上完成的。在项目工作过程中得到了中国地质调查局及相关部室领导、中国地质调查局发展研究中心、全国矿产资源潜力评价计划项目负责单位及项目负责人、成矿地质背景研究组全体专家等的大力指导与支持。感谢全国矿产资源潜力评价成矿地质背景专家叶天竺、肖庆辉、潘桂棠、邓晋福、陆松年、李锦轶、郝国杰、张克信、冯艳芳、张智勇等研究员给予的具体指导。南京地质调查中心郭坤一、杨祝良、陈国光、骆学全、程光华、班宜忠、肖志坚等研究员对整个项目工作给予了大力支持,在此表示衷心的感谢!

需要指出的是,华东地区一大批长年奋斗在野外地质调查第一线的地质人员也直接或间接参与了本项目的研究工作,因此此项研究是华东地区广大地质工作者集体智慧与辛勤劳动的结晶。在此谨向相关单位、领导和专家,尤其是野外第一线的地质工作者致以诚挚的谢意!

著 者

2016 年 11 月

目 录

第一章 绪 言	(1)
第一节 自然地理概况	(1)
第二节 研究程度	(2)
第三节 研究思路及方法	(5)
第四节 取得的主要成果	(6)
第二章 沉积岩大地构造特征	(7)
第一节 构造-地层分区和岩石地层格架	(7)
第二节 沉积岩建造组合划分及其特征	(10)
第三节 构造古地理单元划分及其特征	(54)
第四节 构造古地理演化	(71)
第五节 沉积岩建造组合与成矿关系	(78)
第三章 火山岩岩石构造组合的基本特征	(89)
第一节 火山岩时空分布	(89)
第二节 火山岩相与火山构造	(94)
第三节 火山岩岩石构造组合的基本特征	(117)
第四节 火山构造岩浆旋回与构造岩浆岩带	(145)
第五节 火山岩的形成、构造环境及其演化	(151)
第六节 火山岩岩石构造组合与成矿关系	(154)
第四章 侵入岩岩石构造组合的基本特征	(164)
第一节 侵入岩时空分布	(164)
第二节 岩石构造组合划分及其构造背景	(165)
第三节 构造岩浆旋回与构造岩浆岩带	(202)
第四节 侵入岩岩石构造组合与成矿	(221)
第五章 变质岩岩石构造组合的基本特征	(232)
第一节 变质岩时空分布及变质单元划分	(232)
第二节 变质岩岩石构造组合划分及其特征	(240)
第三节 变质相(相系)及变质时代	(253)
第四节 变质作用、构造环境及其演化	(268)
第五节 变质岩岩石构造组合与成矿关系	(275)

第六章 大型变形构造的基本特征 (280)

 第一节 大型变形构造类型的划分 (280)

 第二节 大型变形构造的主要特征 (280)

 第三节 大型变形构造与成矿关系 (321)

第七章 大地构造基本特征 (324)

 第一节 大地构造类型划分 (324)

 第二节 大地构造分区 (325)

 第三节 大地构造分区特征 (328)

 第四节 大地构造演化 (351)

第八章 大地构造与成矿关系 (358)

第九章 结 语 (376)

主要参考文献 (381)

附 件

 华东地区沉积大地构造图(1 : 150 万)

 华东地区火山岩大地构造图(1 : 150 万)

 华东地区侵入岩大地构造图(1 : 150 万)

 华东地区变质岩大地构造图(1 : 150 万)

 华东地区大型变形构造图(1 : 150 万)

 华东地区大地构造图(1 : 150 万)

第一章 绪 言

“华东地区成矿地质背景研究”工作项目隶属于“华东地区矿产资源潜力评价与综合”计划项目,是全国矿产资源方面一次重要国情调查的组成部分。其目的是通过系统地总结华东地区地质调查、矿产勘查和综合研究工作成果,全面掌握矿产资源现状,科学评价未查明的矿产资源潜力。该研究是以编制华东地区大地构造图为切入点,通过沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变形构造和大地构造相的系统综合研究,总结华东地区各类地质建造、构造的成矿、控矿作用与形成演化规律,以服务于区域成矿地质背景、成矿规律和资源预测勘查评价需求。

第一节 自然地理概况

工作区行政区划为上海市、江苏省、浙江省、江西省、安徽省、福建省、台湾省六省一市,北临山东,西接河南、湖北、湖南,南与广东毗邻,东濒黄海、东海,地理坐标为东经 $113^{\circ}35'$ — $123^{\circ}00'$,北纬 $20^{\circ}30'$ — $35^{\circ}00'$,陆域总面积约为 $62.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,近海海域面积数十万平方千米。

1. 地形

区内地势西高东低,西部丘陵和山地约占总面积的 70% 以上,东部以平原为主。海拔超过 1000m 的山脉有大别山、黄山、九华山、武夷山、南岭山地、九岭山、幕阜山、罗霄山、苏浙山地、浙南山地、百山祖、披云岭、南雁荡山、北雁荡山、闽东山系等。平原主要有苏北黄淮平原(华北平原一部分,中心海拔不到 2m)、长江三角洲平原(一般海拔 2~8m)、淮北平原(一般海拔 20~30m)、鄱阳湖平原(大多海拔 50m 以下)、宁绍平原(一般海拔 20m 以下),另在浙南和闽东地区还有一系列小平原,如温(岭)黄(岩)平原、温(州)瑞(安)平原、漳州平原、福州平原、莆仙平原、泉州平原等。

2. 水系与湖泊

区内水系发达,湖泊众多,主要河流有淮河、长江、黄浦江、钱塘江、瓯江、赣江、闽江、晋江、九龙江、汀江、京杭大运河等,向东或东南流入东海。主要湖泊有太湖、鄱阳湖、巢湖、微山湖、洪泽湖、东钱湖、阳澄湖、西湖、龙湖等。

3. 海岸带

本区海岸线绵延长约 6654km,海岸线曲折,港湾众多,岛屿林立,其中北端的连云港一带为石质海岸,苏北海滩和上海滩为冲积砂泥质海岸;杭州湾以南为石质海岸,浙东一带较大的半岛有穿山半岛、象山半岛、楚门-玉环半岛等,较大的港湾有杭州湾、象山湾、三门湾、台州湾、温州湾等。沿海岛屿星罗棋布,较大的岛屿有舟山、岱山、六横、金塘、南田、泗礁、洞头等。该地区天然良港 50 多处,上海港是区内第一大港,连云港正在建设成欧亚大陆桥的东方桥头堡,宁波北仑港以及舟山群岛正向中国东方大港的方向迈

进;另外还有南通港、椒江港、温州港、福州港、泉州港等重要港口。区内有我国最大的渔场——舟山渔场。

4. 气候

本区地域辽阔,气候多变,从北到南由暖温带半湿润季风气候过渡到亚热带-热带湿润季风气候带,以淮河-苏北灌溉总渠一线为暖温带和亚热带的分界线,普遍受海洋影响较大,夏季多雨,年平均降水量为 560~2000mm,由北向南增加;年平均气温在 13~22℃ 之间,四季分明,极端最低气温 -23.1℃ (1969 年 2 月 5 日,沐阳青伊湖);极端最高气温 41.9℃ (1966 年 8 月 6 日,临安市昌化)和 40.9℃ (1959 年 8 月 22 日,镇江)。无霜期 200~270 天。年平均降水量为 800~1700mm,其中夏季降水量约为全年的 36%~60%,气象灾害有伏旱、寒潮、台风、阴雨、霜冻、干热风 and 冰雹等。

5. 经济地理

本区为我国重要的经济发达地区,包括“长江中下游经济区”和“东南沿海经济区”两大经济区带的全部或一部分,大中型城市密集,其中有人口超千万的直辖市——上海,百万人口以上的省辖市 9 座,50 万人口以上城市 20 余座,人口密度居全国之冠。尤其是长江三角洲地区,拥有我国经济实力最强、产业规模最大的以上海为中心的长江三角洲城市群,地处东部沿海开放带和沿江产业密集带组成的“丁”字形产业布局的结合部,集“黄金海岸”和“黄金水道”于一身,是中国最大的轻纺、机电和通信设备的基地,也是重要的钢铁和石化基地,加工工业具备了较强的国际竞争能力;贸易业、金融业亦相当发达。长江优良航道 1000 余平方千米,由上海、南京、连云港、南通、宁波、舟山、温州等组成的港口群,与世界上 160 个国家和地区的 300 多个港口通航,铁路纵横,空港和航线集中。20 世纪 80 年代以来,长江三角洲及东南沿海地区经济增长速率一直保持在 10% 以上;江苏省和浙江省的城市经济发展迅速,“九五”期间年均递增均在 11% 以上,城市人均国内生产总值分别为 44 032 元和 21 585 元。沪苏浙两省一市已达成共识,要发挥上海工业基础雄厚、技术水平先进、文化和科研实力强劲等区位优势,以浦东开发为“龙头”,以沿海和沿江大中城市开发开放为契机,逐步形成一条横贯中国东西、连接南北的综合型经济带;到 2020 年,将长江三角洲地区基本建成一个经济实力达到中等发达国家水平、区内产业结构先进、区域经济外向型、经济运行机制与国际市场接轨的经济共同体。此外,福建省、安徽省和江西省的国内生产总值在“九五”期间年均递增也都在 10% 以上。

区内矿产资源种类繁多,有位居世界前列的钨、锡、钼、铌、钽矿和稀土、铀、金、银、铜、铅、锌矿(如德兴斑岩铜矿、上杭紫金山铜金矿和金寨沙坪沟钼矿)等,以及永安-梅县-会昌铜、金、铅、锌、锡、银、锑等成矿集中区。非金属资源包括高岭土、萤石、硅藻土、沸石、明矾石、叶蜡石、凹凸棒石及丰富的地热资源等。近海海域有广达 80 余万平方千米的东海陆架,属浅海陆架区域,海洋油气资源和经济资源丰富。

第二节 研究程度

一、区域地质调查

华东地区最早的区域地质调查始于 20 世纪 50 年代的 1:20 万区域地质调查(以下简称“区调”),除少数第四系覆盖区外,至 80 年代初完成近 90 幅,填图面积 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$,全面覆盖华东地区;1:5 万区域地质调查始于 20 世纪 60 年代,80 年代后大量开展,目前已完成国土面积的 62% 以上。地质大调查开展以来,华东地区 1999—2013 年部署 1:25 万区调图幅 33 幅,已全部完成;20 世纪 70 年代末至 80 年代初,华东地区各省出版了区域地质志及配套地质图件。1992—1995 年进行了各省岩石地层清

理,出版了各省的岩石地层。福建省和江西省已完成新一轮的地质志及1:50万系列地质图,安徽省正在进行新一轮安徽省地质志及1:50万系列地质图编制。

2006—2013年开展的矿产资源潜力评价项目,华东各省完成了1:25万实际材料图、建造构造图,覆盖了整个华东地区。在此基础上,华东各省又编制了1:50万大地构造(相)图及五要素工作底图。

(1)华东地区各省对不同时代的岩石地层进行对比研究,建立了较完整的地层序列及其对比关系。

(2)各省对侵入的岩浆岩进行了系统总结归纳,基本查明了岩浆活动的时代、生成顺序及其时空变化规律。研究了各时代岩浆岩的岩石学、岩石化学、地球化学、稀土配分及含矿特点,对岩浆成因及其生成背景进行了研究,初步建立了省区内的岩浆演化序列。

(3)各省对不同类型的变质岩进行了成因、构造环境、变形期次等方面的研究,初步查明了不同构造部位变质-混合岩化作用的基本特征和形成时代,划分了变质作用类型、变质相与相系以及与造山运动的关系。

(4)各省基本厘定了省内主要构造运动的性质和特点,基本查明了区域构造格局、形变特征和变形序列、组合关系与生成发展过程。

(5)各省通过多年来的区域地质矿产调查,阶段性总结了成矿规律和找矿方向,获取了大量的直接找矿信息,为本次矿产资源评价和成矿预测研究提供了重要的基础资料。

自地质大调查开展以来,通过1:5万和1:25万地质调查工作,华东的变质岩研究取得了许多重要的进展。

在安徽大别山地区,通过全区1:5万和1:25万区域地质调查与综合研究,将大别山区的变质表壳岩组合划分为古元古代大别山岩群和中一新元古代宿松岩群,将前陆带中的深变质表壳岩组合归为中元古代董岭岩群。提出了大部分变质变形侵入体形成于新元古代、少数形成于中元古代,大别山岩群为古元古代、宿松岩群为中一新元古代的新认识。

在扬子东南缘,通过南昌、上饶、景德镇、金华等幅1:25万区域地质调查和综合研究,对该地区岩石地层单位进行了全面清理,建立了岩石地层和构造-地层系统,解决了各省之间同物异名、异物同名问题。以双溪坞岩群为代表的中元古代岛弧火山岩得到进一步确认,新元古代双峰式火山岩、侵入岩、基性岩墙群的研究得到进一步加强。

在华夏武夷山地区,通过邵武、龙岩、三明、瑞金等幅1:25万区域地质调查,确定了武夷地区总体以加里东期变质褶皱隆起为主,在寒武系之下,存在着震旦纪—南华纪浅变质硅质岩(石英岩)以及与扬子地区相似的地层序列;对古元古代麻源岩群和新元古代马面山岩群的岩性组合进行了进一步的研究,提出了新元古代存在双峰式火山岩;对以古元古代桃溪岩组为核部的变质核杂岩的几何学特点及运动学机制进行了解剖,确定其形成时代以印支期为主。

二、综合性的科学研究工作

华东地区基础地质调查研究最早可追溯到20世纪20—40年代,但大规模地开展工作则始于70年代,是伴随着区内各省1:20万区域地质调查而展开的,之后经过数十年来各省局、科研院所等单位大量地调科研人员的共同努力,对区域地质与矿产进行了系统的调查研究,取得了大量生产和科研成果,在国内外产生了一定影响,使华东地区成为我国基础地质调查研究程度最高的地区之一。

华东地区所处的中国东南部及邻区中、新生代活动大陆边缘大地构造一直是国际地质学界研究的重点。早在20世纪80年代初,郭令智等(1980)研究集体就提出了“西太平洋中、新生代沟-弧-盆复合体系”的观点。马杏垣等(1983)、王鸿桢等(1981,1985)、刘和甫等(2001)对中国东部,及邻区中、新生代盆地构造进行了研究;任纪舜等(1990,2003)对中国东部及邻区岩石圈结构构造及其演化进行了研究,提出中生代是古亚洲域向古太平洋构造域发生构造体制转换的重要时期的观点。Carter等(2001)对东亚陆缘板块构造演化进行了研究;Lapierre等(1997)对中国东南沿海火山岩带进行了研究。

20 世纪 80 年代末 90 年代初在大别山榴辉岩中发现了柯石英和金刚石(Xu, 1987; Okay et al, 1989; Wang et al, 1989; Xu et al, 1992), 引起中外地质学家的高度关注, 已经在岩石学、矿物学、同位素年代学和地球化学、大地构造学等方面取得了许多举世瞩目的成果和进展。目前的研究表明, 大别-苏鲁造山带是中国中东部一条巨型的超高压变质带, 是扬子板块向华北板块深俯冲的陆-陆碰撞造山带(Cong, 1996; Li et al, 1993; Zheng et al, 2003)。该区目前已成为世界上研究超高压变质作用和大陆地球动力学最理想的天然实验室之一。因此, 研究大别-苏鲁造山带岩石圈的结构与演化不仅对深化我国大地构造和超高压变质岩的认识具有重要的战略和现实意义, 而且在全球大陆岩石圈和造山带这一固体地球科学最重要的前沿研究领域内也占有重要的地位。

江南造山带的研究近年来也取得了很大的进展。黄汲清先生 1945 年提出“江南古陆”的概念后, 引发诸多争议, 部分学者认为江南古陆可能并不存在(陈柏林, 1999; 冯增昭, 2001; 吴浩若, 2003)。郭令智等(1984)提出了“江南造山带”的概念, 舒良树等(1995)进一步建立了造山带更细节的结构模式。近些年的研究表明, 赣东北蛇绿岩、伏川蛇绿岩、双溪坞弧、赣东北弧后盆地(双桥山群、溪口岩群、万年岩群)等构成了保存不完整的新元古代早期(青白口纪)沟弧盆体系, 赣东北-皖南地区原定的“江南古陆”部分也已基本被公认为是扬子陆块东南缘的中-新元古代造山带(徐备等, 1992; 朱云鹤, 1991; 李继亮, 1992; 周新民等, 1989; 曾勇等, 1999; 杨明桂等, 2002; 周新民, 2003; 楼法生等, 2003; 章泽军等, 2003; 杨群等, 2005; 李昌年等, 2006; 李民等, 2006; 胡受奚, 2006; 陆慧娟等, 2007)。

华夏陆块原称“华夏古陆”, 由葛利普(Grabau)1924 年提出后, 经历了最初的质疑、中期否认与承认僵持, 到现在基本公认但又有修正等几个阶段, 其概念早已远离最初葛利普之所指。越来越多的人认为, 华南存在一个主要由古元古代和中元古代地壳组成的变质基底, 称“华夏陆块”或“华夏地块”等, 只是在与扬子陆块碰撞后又裂解了(王鹤年等, 1992; Zhou, Zhu, 1993; Li et al, 1996, 2002; 张业明等, 1998; 陈旭, 戎嘉余, 1999; 李献华等, 1999; 王剑, 2000; 王德滋等, 2003; 沈渭洲, 2006; 章邦桐等, 2006; 舒良树, 2006; 于津海等, 2005, 2006)。

扬子与华夏两大板块碰撞拼合形成钦杭结合带, 拼合时间一般被认为是晋宁期。两大陆块碰撞造山的构造事件, 即晋宁运动; 它由米士(Misch)于 1942 年创名, 系据云南中东部晋宁、玉溪等地南华系澄江组砂岩与下伏中元古界-新元古界下部昆阳群之间的显著角度不整合而确定。郭令智等(1986)较早提出, 晋宁运动(包括晋宁 I 期和晋宁 II 期)最终形成了华南统一的前寒武纪基底, 时间大约在 800Ma 前。水涛等(1987)则认为晋宁期(1000~900Ma)两大古陆仅沿江绍带对接, 往南存在宽阔的“南华洋”, 即华南晋宁期的“两陆夹一槽”模式; 加里东期扬子、华夏两古陆再次大规模碰撞, 南华洋消失而形成华南加里东褶皱带; 残留的南华洋仅见于最西南端的钦-防城槽, 直到印支期才最终关闭, 扬子-华夏古陆至此全部完成碰撞拼合。最近几年新的资料显示, 陈蔡岩群中片麻状花岗岩 SHRIMP 谐和年龄为 $435 \pm 4\text{Ma}$ (MSWD=0.56), 属岩浆结晶年龄, 成岩于早志留世(李正祥, 2009)。江西东乡周潭组斜长角闪岩锆石年龄 443Ma, 原岩为岛弧拉斑玄武岩(洋岛)。江西新余县城南基性岩(辉长岩)→斜长角闪岩锆石(SHRIMP 年龄 477~447Ma)(O_{2-3})→斜长花岗岩(478~446Ma)(O_{2-3})(郑来林, 2007 年)。构造侵位在新一古元古代浊积岩系中, 有可能该带在奥陶纪时转化为俯冲增生杂岩带, 表明华南洋在江绍-萍乡一带的发育时期延至奥陶纪。考虑到钦-防残余洋可能延续到晚古生代, 俯冲消亡过程制约了晚二叠世六万大山-大容山岩浆弧的形成, 所以华夏与扬子间应经过自东北向西南的斜向俯冲碰撞过程。

南京地质矿产研究所自建所以来, 长期从事华东地区地质科学研究, “五五”“六五”期间, 通过对长江中下游和东南沿海火山地质与矿产的调查研究, 编写出版了《长江中下游地层志》《长江中下游中酸性侵入岩与成矿》等专著, 其中南京江宁娘娘山古火山机构的恢复与解剖及蓝方石-假白榴石响岩的研究至今仍居国内领先地位, 同时编制了《1:100 万华东地质图》《华南地区 1:100 万物探、化探、遥感成果编图》。“七五”期间, 由南京地质调查中心负责, 浙、闽、粤三省地矿局, 中国地质科学院相关研究所及有关高校等 11 个部门共 250 多位科技人员参加, 组织实施了原地质矿产部“七五”重点科技攻关项目“中国东南大陆火山地质与矿产”, 首次提出火山喷发-侵入作用的时序及成矿关系, 建立区域岩浆作用动力

学模式、成矿模式。该项目获 1998 年地质矿产部科技成果二等奖和 1999 年国家科技进步三等奖。在该项目 27 个专题中,有多个专题获省部级以上奖励。“八五”期间,由南京地质矿产研究所和福建省地质矿产局负责,浙、闽、粤、桂、琼等省(自治区)地质矿产厅(局)和中国地质大学(武汉)等单位共 120 多位科技人员参加,组织实施了原地质矿产部“八五”地质找矿科技攻关项目“东南沿海火山岩基底建造、火山-侵入作用与成矿关系研究”。“八五”期间还主持了地质矿产部重大基础研究项目“中国东南部地质构造岩浆活动及成矿”,从整体上研究中国东南部构造、岩浆和成矿作用特征,以东南基底单元为基础,以重要边界断裂带为边界,划分出 6 个构造-岩浆-成矿区,出版了《中国东南岩石圈板块边界变质带》和《华南大陆地壳生长过程与地幔柱构造》等专著。此外,“八五”期间,南京地质矿产研究所还进行了第四纪冰川研究、区域地层的划分与对比、花岗岩岩体及与成矿的关系、中生代火山岩与火山作用研究、深大断裂与蛇绿岩带、推覆构造与滑脱构造及前寒武纪构造、区域大地构造研究,开展了陆相红盆地地质填图方法的研究等。2003 年以来,开展了“华东地区基础地质调查及数据更新”及其他研究工作,完成了华东地区第二代 1:100 万地质图、火成岩地质图、火山岩相构造图,实现了基础地质数据更新。

第三节 研究思路及方法

一、研究思路

本次华东地区成矿地质背景研究的指导思想是以板块构造理论和大陆动力学为指导,以多岛弧盆系观点为切入点,运用大地构造相分析的方法,研究华东地区大陆形成演化过程中地壳块体离散、汇聚、碰撞、造山等过程的大地构造环境及其与成矿的时空关系,从洋陆转换过程中的大地构造环境理解华东地区大地构造形成演化的基本特征,为成矿地质背景、成矿规律与矿产预测和资源预测勘查评价提供成矿大地构造环境与构造演化阶段的宏观背景。

本次工作中我们使用的大地构造相的定义是:大地构造相是大地构造环境的物质表现,是在特定构造环境和构造部位形成的岩石构造组合,即它是反映陆块区和造山系(带)形成演变过程中,在特定演化阶段、特定大地构造环境中形成的一套岩石构造组合,是表达大陆岩石圈板块经过离散、聚合、碰撞、造山等动力学过程而形成的地质构造作用的综合产物(潘桂棠等,2008)。

(1)以板块构造观点和大陆动力学思维为指导思想,重视分析成矿的区域大地构造环境与演化过程,为成矿规律与矿产预测确定的具体矿产预测类型提供成矿地质构造环境与构造演化阶段的背景。

(2)突出通过依次编制省级 1:25 万实际材料图、建造构造图,省级 1:50 万沉积、火山、侵入、变质、大型变形构造五要素图与岩石构造组合图和大地构造图,进行华东地区范围内的各级大地构造相综合分析研究。

(3)突出地球动力学研究主线,将大地构造相分析方法贯穿地质构造研究工作,从地质建造与构造实体出发,剖析地质作用的时间、空间、物质组成及其动力学环境,研究其与成矿关系。进行大地构造相综合研究时,运用将今论古的比较构造地质方法论和大地构造相分析方法,突出依据不同尺度、不同建造组合及岩石构造组合划分浙江大陆不同演化阶段大地构造环境。任何一个大地构造环境单元的划分及其边界的圈定,都应有其相应的大地构造相判定依据。

(4)研究工作坚持统一思路、统一方法和统一标准的原则。

(5)研究内容突出和强调以成矿地质构造预测要素为核心内容。

根据矿产预测需要提出的成矿地质构造预测要素方案,研究内容突出以沉积建造/沉积作用、岩相

古地理/构造古地理/建造古构造、第四纪沉积类型与地貌、火山建造/火山作用、火山岩相构造/火山构造、岩浆建造/岩浆作用、侵入岩浆构造、变质建造/变质作用、变质变形构造、大型变形构造、大地构造位置、大地构造演化阶段等成矿要素,构成以成矿地质构造预测要素为核心的成矿地质背景研究内容。

(6)充分利用物化遥(物探、化探、遥感)解译等方面的成果资料,为矿产资源预测提供更加丰富的综合地质信息。

二、研究方法

(1)以华东各省1:25万实际材料图、建造构造图、1:50万大地构造图专题(沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变型构造)底图和1:50万大地构造图为基础,结合近年来的综合科研成果,分别编制华东1:150万大地构造图专题底图(沉积岩、火山岩、侵入岩、变质岩、大型变型构造)和1:50万大地构造图华东大地构造图,突出反映华东地区最新地质构造的原始资料、研究成果。

(2)通过编制1:150万大地构造图,综合研究华东地区陆块区在形成和演化过程中地壳块体离散、汇聚、碰撞、造山等过程的大地构造环境及其与成矿的时空关系。

(3)编写华东地区成矿地质背景研究成果报告,全面总结反映华东地区成矿地质背景特征、成矿地质条件,为成矿规律与矿产预测和资源预测勘查评价提供成矿大地地质构造环境与构造演化阶段的宏观背景。

第四节 取得的主要成果

(1)运用板块构造学说、大陆动力学与大地构造相分析方法体系,在综合集成华东六省一市(含台湾省)58幅1:25万建造构造图、省级36幅1:50万地质构造专题系列底图及地质调查与专题研究海量数据资料的基础上,系统编制了华东地区大地构造图(1:150万)、华东地区沉积大地构造图(1:150万)、华东地区侵入岩大地构造图(1:150万)、华东地区火山岩大地构造图(1:150万)、华东地区变质岩大地构造图(1:150万)、华东地区大型变形构造图(1:150万)等系列图件及说明书。

(2)以多岛弧盆系构造观为指导,以大地构造相分析的方法为主线,建立了以建造-岩石构造组合为切入点,沉积、火山、侵入、变质、大型变形构造五要素综合编图为基础的大地构造相分析方法体系和新的大地构造图表达方法,为揭示大陆板块构造环境的演变提供了一个全新的方法体系,提出了俯冲、碰撞、转换、伸展等地球动力学背景的具有标型特征的五要素构造-岩石组合,为重塑华东地区大陆增生的演化历史、构造-岩石组合、建造构造类型及成矿作用研究提供了重要的构造-岩石组合依据。

(3)建立了全新的大地构造格架,提出了华东地区大陆一级构造单元由3个造山系、2个陆块区、1个对接带以及东部陆缘弧盆系构成的划分方案,并明确了不同级别构造单元地质特征及其鉴别标志。

(4)对一批重大的基础地质和疑难地质问题提出了新认识。

经华夏古陆存在洋盆地层系统以及TTG组合等地质记录分析,认为华夏古陆不是克拉通,是华夏造山系。对侵入岩的研究发现,中国大陆花岗岩多数不是传统上认为的陆内(板内)高钾花岗岩类,而是由洋陆转换的岩浆弧;认为陈蔡岩群以及云开—增城—梅州一带是包含有洋岛海山的俯冲增生杂岩带;钦杭带内新元古代至早古生代洋盆地层系统及两侧TTG组合的厘定,说明钦杭对接带晋宁期的大洋一直延续到早古生代。认为“政和—大埔裂谷带”是俯冲增生杂岩带;宽坪—佛子岭对接带是华北和扬子之间的大洋最后消亡的残迹;提出中国东部晚三叠世以来是陆缘弧盆系构造。上述发现和新认识为解决华东地区乃至全国大陆形成演化、前寒武纪基底构造性质、重塑中国陆块群聚散过程与归属、洋陆格局、造山类型、成矿地质背景等重大地质问题提供了重要依据。