

安徽省国土资源科技项目资助

皖南

新元古代中晚期

岩相及古地理环境与成矿

WANNAN

XINYUANGUDAI ZHONGWANQI

YANXIANG JI GUDILI HUANJING YU

CHENGKUANG

夏军 王翔 丁宁 著



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

安徽省国土资源科技项目资助

皖南新元古代中晚期 岩相及古地理环境与成矿

WANNAN XINYUANGUDAI ZHONGWANQI
YANXIANG JI GUDILI HUANJING YU CHENGKUANG

夏 军 王 翔 丁 宁 著



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

内容简介

本书是安徽省第一本在以层序地层学理论为基础、以体系域为单元编制层序-岩相古地理图的基础上,探讨皖南新元古代中晚期岩相及古地理环境与成矿关系的专著。全书共分9章,研究内容包括南华纪和震旦纪的多重地层划分、基底构造演化、雪球地球事件、缺氧事件、火山事件、风暴事件、硅质岩成因的探讨、沉积相和古地理分析、地球化学特征、构造古地理环境对矿产形成的控制作用、典型矿床的解剖等。

本书首次提出南沱组为一次雪球地球事件的产物,否定了多期冰川的观点,认为“间冰期”实为最大冰期(冰冻地球)下的沉积产物,建立了新元古代中晚期的雪球沉积模式;在皮园村组厚层硅质岩中发现较多的灰岩透镜体和夹层及叠层石,认为厚层硅质岩系后期硅化产物主体为台地环境;分体系域探讨了皖南新元古代中晚期各期沉积环境与成矿元素富集作用的关系,通过典型矿床的解剖,认为皖南新元古代中晚期沉积层控矿产主要是区域构造、岩相(岩性)、岩浆活动和成矿作用等共同作用与多期矿化的结果。

本书可供地质、石油等部门从事科研、生产的工作人员及相关院校师生参阅和使用。

图书在版编目(CIP)数据

皖南新元古代中晚期岩相及古地理环境与成矿/夏军,王翔,丁宁著. —武汉:中国地质大学出版社, 2018.7

ISBN 978-7-5625-4362-6

I. ①皖…

II. ①夏…②王…③丁

III. ①新元古代-岩相-古地理学-研究-皖南地区

IV. ①P586

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 164165 号

皖南新元古代中晚期岩相及古地理环境与成矿

夏军 王翔 丁宁 著

责任编辑:胡珞兰

责任校对:周旭

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 传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经销:全国新华书店

<http://cugp.cug.edu.cn>

开本:880 毫米×1 230 毫米 1/16

字数:380 千字 印张:12

版次:2018 年 7 月第 1 版

印次:2018 年 7 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—300 册

ISBN 978-7-5625-4362-6

定价:88.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序

新元古代中晚期处于隐生宙将近 40 亿年演化的最后阶段,它在地质演化过程中有着特殊的意义。这一时期,地球表层系统经历了超大陆重组与裂解、雪球地球事件、缺氧事件、古海洋的氧化、火山热事件、埃迪卡拉生物群的辐射与灭绝、后生动物的兴起等一系列重大地质事件。

皖南新元古代中晚期地层发育齐全,历史研究久远,地质事件均有良好的沉积记录,是研究新元古代中晚期环境演变的极佳地区。20 世纪 20—30 年代,老一辈地质学家李毓尧、李捷、丁毅、许杰等就在皖南开始了卓有成效的工作,建立了皖南新元古代中晚期地层系统,首次确定了“冰碛层”的存在。1981 年安徽省区域地质调查队在皖南黟县、休宁县的蓝田组中部黑色碳质页岩中首次发现丰富的宏观藻类化石,经邢裕盛、毕治国、阎永奎等研究,逐步建立和充实了华南型“蓝田植物群”的古生物化石组合。2011 年袁训来等研究认为蓝田地区的生物既有植物也有动物,取名“蓝田生物群”,认为该生物群是迄今最古老的宏体生物群,时代属于埃迪卡拉纪早期。

20 世纪 80 年代以后,岩相古地理学兴起,本书作者先后参加了“安徽省岩相古地理图册”“中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用”“皖南石炭纪岩相古地理及层控矿产远景预测”“安徽省 1:50 万石炭纪岩相古地理及含矿性研究”“安徽省震旦纪岩相古地理及含矿性研究”“安徽省寒武纪岩相古地理及含矿性研究”“安徽省岩石地层”“浙、赣、皖南震旦系研究”“安徽省区域地质志(修编)”等的研究和编制工作。因此,《皖南新元古代中晚期岩相及古地理环境与成矿》所取得的认识不仅是这次调研的成果,也与作者及其团队多年来野外调研积累、前辈的指导密不可分。

本书首次提出南沱组“三段式”地层结构为一次雪球地球事件的产物,否定了前人多期冰川的观点,认为“间冰期”实为最大冰期(冰冻地球)下的沉积产物,建立了新元古代中晚期的雪球沉积模式,虽然证据还有待进一步完善,但提出的观点令人耳目一新,为我们认识地球这一关键时期的地质演变及“BIF”铁矿的成因提出了全新的解释,具有一定的创新意义。本次调研还取得了许多新的发现,如台地前缘发现滩相沉积(蓝田组)、台坡带发现沉积滑塌构造(蓝田组)、硅质岩中发现大量灰岩透镜体,并首次发现层状、层柱状、柱状不同类型的叠层石(皮园村组)、斜坡带发现滑塌及滑塌角砾(蓝田组)等,极大地丰富了皖南地区新元古代中晚期沉积学研究的内涵。

在岩相古地理研究方面,作者以层序地层学理论为指导,编制了层序-岩相古地理图,以层序内的体系域为成图单元,在对所研究的层位进行精细的层序地层分析的基础上,进行了

层序对比,建立了等时地层格架,在上述基础上系统编制了不同层序内的各体系域或有关重要界面沉积时的古地理图件;在研究岩相及古地理环境与成矿方面,采用岩石地球化学剖面测量与沉积环境相结合的方法进行。一方面,对研究区按不同层位、不同相带及不同岩石类型进行系统采样,求取了皖南地区新元古代中晚期地层各种环境下的地球化学背景,探讨了与成矿的关系;另一方面,运用典型矿床(点)地区的解剖,对已发现的矿产地、矿化信息和地表找矿线索进行了综合检查,重点了解了含矿地质体与沉积环境的关系。通过各个相带中典型矿床的重点解剖,总结岩相古地理环境与成矿的规律性,评价古地理环境和构造环境的发展对矿产形成与控制作用具有新意。

总的来说,作者及其团队在安徽等地长期从事沉积与岩相古地理工作,具有丰富的野外工作经验。我衷心地希望作者在今后的工作中能勤勤恳恳、脚踏实地取得更加优异的成绩。在此新书出版之际,谨致衷心的祝贺。

中国科学院、中国工程院院士: 常印佛

2018年2月

前言

皖南位于长江以南,行政区划包括马鞍山、芜湖、铜陵、黄山、池州、宣州 6 个市,面积约 $3.58 \times 10^4 \text{ km}^2$,人口 850 万。东临江苏钟山、太湖风景区,南连浙江新安江—千岛湖、江西三清山风景区;西接江西庐山、龙宫洞风景区;北面与天柱山、大龙山、浮山、西梁山、琅琊山隔江相望。

皖南山川秀美,四季分明,气候宜人,物产丰富,历史悠久,文化灿烂,地杰人灵,文物昌盛,古迹宏博,风光秀丽,风景名胜星罗棋布,山、水、洞、泉等自然景观遍及城乡。境内的黄山以“奇松、怪石、云海、温泉”四绝著称于世;佛教名山九华山、道教圣地齐云山以及位于祁门和石台交界的国家级自然保护区牯牛降更是美名远扬。有黄金水道长江,可与漓江媲美的新安江,以桃花潭著称的青弋江,被李白尽情讴歌的秋浦河,皖南水量最丰、能航里程最长的水阳江 5 条“玉带”;有太平湖、升金湖、雨山湖、东风水库、天井湖等 8 颗“翡翠”;有大王洞、蓬莱仙洞、鱼龙洞、神仙洞、太极洞等 10 颗“明珠”;有香口温泉、黄山温泉、九华山舒姑泉、石台间歇泉、宣城古泉、敬亭山虎窥泉、杏花村井、采石矶赤乌井等 12 名泉。还有以许国石坊、棠樾牌坊群和歙砚徽墨著称于世的国家级历史文化名城歙县,以宏村、西递古民居闻名于世的历史文化名城黟县……。区内水陆交通便利,沿江和内河航运四通八达。公路有省道、国道纵横交错,多条高速公路、铁路线横穿研究区,与县乡道路形成畅捷的交通网络。

皖南属北亚热带季风湿润型气候,四季分明,年平均气温 $14 \sim 16^\circ\text{C}$,年极端最高气温 7 月、8 月,可达 41°C ,山区最低气温 12 月至次年 1 月为 -16°C ,雨量充沛,年平均降水量 $750 \sim 1700 \text{ mm}$,降水集中在 4—8 月。无霜期 $200 \sim 250 \text{ d}$ 。

皖南新元古代中晚期地层受到关注始于 1924 年李四光在长江三峡建立震旦系之后。20 世纪 20—30 年代,老一辈地质学家李毓尧、李捷、丁毅、许杰等在皖南开始了卓有成效的开拓性工作,确立了皖南地区存在新元古代中晚期地层,并认为皖南地区的晚前寒武纪地层可与三峡地区的震旦纪地层对比,还首次确定了“冰碛层”的存在。当年命名的一些岩石地层单位经修订后一直被后人采纳运用;后经证实,他们确定的震旦纪地层在皖南广泛分布,为后人在本区继续开展工作奠定了基础。

中华人民共和国成立以后,本区的地质研究又可大致分为 3 个阶段。第一个阶段是自 20 世纪 60 年代开始的基础地质调查兴起阶段。皖南地区先后开展了 $1:20$ 万区域地质调查,陆续完成祁门、屯溪、宣城、铜陵、安庆等幅地质调查工作,基本理清了皖南地区的地层层序。就皖南新元古代中晚期地层而言,规范了岩石地层单位名称,将震旦纪地层系统划分上、下两统,下统为休宁组、南谿组,上统为蓝田组、皮园村组,丰富了前人的成果,并从面上搞清了其展布特征。第二个阶段为 20 世纪 80 年代的系统总结与综合研究阶段。这一阶段最大特点是对 $1:20$ 万区域性地质工作进行了系统总结,完成了《安徽省地层志》(前寒武纪分册)、《安徽省区域地质志》《安徽省岩相古地理图册》的编撰。这一时期,也是地质工作最活跃、各种观点百花齐放产生共鸣、科研工作再上新台阶的时期,先后出版了《华南晚前寒武纪古板块构造》(乔秀夫等,1981)、《苏浙皖震旦纪碳酸盐岩地层及古地理环境》(唐天福,1982)、《江南元古代板块运动和岛弧构造的形成和演化》(郭令智,1986)、《皖南震旦纪冰碛岩》(王贤方等,1985)、《皖南震旦系发现宏观藻类化石》(邢裕盛等,1985)、《安徽休宁震旦系古地磁研究》(朱鸿等,

1987)、《皖南震旦系》(毕治国等, 1988)、《苏浙皖地区沉积-大地构造演化》(夏帮栋等, 1988)、《皖南震旦系研究(一)》(张世恩等, 1990)等一批有影响力的专著。第三个阶段是大比例尺的1:5万区域地质调查全面实施阶段。20世纪80年代始, 在安徽巢县开展了全国首个以“组图”形式的填图方法的试点, 形成“三大岩类填图方法”指南, 并迅速在全国推广, 采用该方法将整个皖南山区基岩区填图已基本全覆盖, 基础地质调查成果再上新台阶, 皖南地区完成了1:5万区调74幅, 仅部分(2幅)是在三大岩类工作方法出台前部署开展的区调工作。这一阶段完成的工作《安徽省岩石地层》作了阶段性总结, 其主要吸收了20世纪80年代至90年代的区调成果, 按照现代地层学理论和方法对原有的地层单位重新明确其定义、划分对比标准、延伸范围及各类地层单位的相互关系; 之后的“国土资源大调查”以来完成的图幅主要体现在数字填图方面, 其填图的理论基础没有大的改变。这一阶段也是岩相古地理研究全面兴起阶段, 1:5万区调要求每个图幅必须开展岩相古地理研究工作。期间, 安徽省区域地质调查队还参与了刘宝珺院士的“中国南方岩相古地理沉积、层控矿产远景预测”项目的震旦纪、石炭纪、二叠纪等时代的二级和三级课题研究工作, 安徽省地质局也先后部署了中比例尺的震旦纪、寒武纪、奥陶纪、石炭纪、二叠纪的岩相古地理与含矿性研究项目, 安徽省相应时代的岩相古地理研究水平上升到了新的水平。众所周知, 在早期岩相古地理研究中, 经典的年代地层单元编图为古地理研究奠定了基础, 以板块理论为指导、以岩石地层为单元的优势相编图是第二代岩相古地理编图的标志, 层序地层学理论的提出和发展, 为岩相古地理编图研究提供了新的思路。岩相古地理学是研究沉积岩与矿产资源形成环境、富集(积)条件的重要科学。而岩相古地理编图是实现盆地资源评价和预测的重要手段之一, 沉积环境和岩相古地理图件对指导矿产预测、成矿远景区划工作等都具有十分重要的意义。层序地层学的发展为岩相古地理编图提供了新的思路和方法, 盆地层序地层格架的建立, 为岩相古地理编图实现高精度提供了保证。层序-岩相古地理图能够用更客观的动态变化来反映盆地的充填和演化历史, 具有等时性、成因连续性和实用性等优点。在层序地层划分框架的指导下, 进行层序地层单元精度的古地理编图, 对于恢复古环境、古构造、成矿史具有重要作用。目前完成多时代古地理图件主要是以岩石地层为单元的优势相编制的第二代岩相古地理图件。

本次皖南新元古代中晚期岩相古地理研究, 充分收集了以往的原始、成果资料, 尤其是皖南地区在20世纪80年代以后完成的74幅区域地质调查成果, 对其测制的南华系、震旦系剖面全面系统地进行了复查、踏勘、修测、实测工作, 在此基础上详细开展了岩性、岩相、古地理分析, 开展了层序地层、化学地层、生物地层等多重地层划分和对比工作。本次综合分析编图是在层序地层学研究的基础上, 选择了层序、体系域、层序界面或相关界面为编图单元, 进行了编制层序-岩相古地理图的尝试。

本项目是安徽省国土资源科技项目, 由安徽省地质调查院、合肥工业大学联合承担。按照任务书要求以现代地层学、岩相古地理分析和构造地质学理论为基础, 充分利用前人资料, 通过野外地质调查, 进一步探讨皖南新元古代中晚期地层(休宁组—蓝田组)的沉积特征、岩相古地理特征, 评价古地理环境和构造环境的发展对矿产形成与控制作用。

该项目首次提出南沱组为一次雪球地球事件的产物, 否定了多期冰川的观点, 认为“间冰期”实为最大冰期(冰冻地球)下的沉积产物, 建立了新元古代中晚期的雪球沉积模式; 在皮园村组厚层硅质岩中发现较多的灰岩透镜体和夹层及叠层石, 认为厚层硅质岩系后期硅化产物, 主体为台地环境; 分体系域探讨了皖南新元古代中晚期各期沉积环境与成矿元素富集作用的关系, 通过典型矿床的解剖, 认为皖南新元古代中晚期沉积层控矿产主要是区域构造、岩相(岩性)、岩浆活动和成矿作用等共同作用和多

期矿化的结果。

本书编写人员分工如下：前言、第一章至第六章、第九章及结语由夏军编写；第二章第四节及第七章由王翔编写；第八章由丁宁编写。全书由夏军负责统稿。计算机制图由方芳、李晓燕、高旭完成。参加本次野外调研和室内资料整理的人员还有吴雪峰、贾志海、王建明、张利伟、吕世宏等。

野外调研期间得到了安徽省地质矿产局 332 地质队、宣城市国土资源局、绩溪县国土资源局及安徽地质调查院相关科室的大力支持；洪天球教授、杜建国总工、马荣生总工、江来利教授、汤加富教授、钟华明教授、戴圣潜博士、童劲松博士、陆三明博士、王克友教授、储东如教授等对本项目给予了热情的指导和帮助；此外，李双应教授、姚仲伯总工、程光华教授、许卫博士、王德恩总工对本书提出了许多中肯的修改意见，在此一并表示感谢。

特别感谢常印佛院士为本书作序，杜建国总工在本书出版过程中给予了大力支持，中国地质大学出版社的编辑为本书出版付出了辛勤的劳动，在此谨向他们致以诚挚的谢意。

应当指出，人们对客观规律的认识是不断发展和深化的，本书的观点与主流观点不同，可能会引起较大的争议。由于笔者水平有限，观点提出后在研究深度、广度上还很不够，可能还存在较多的问题，敬请读者批评指正。我们将共同努力，不断总结提高。

夏军

2018 年 5 月 17 日

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 研究现状	(1)
一、岩相古地理	(1)
二、地层	(2)
三、矿产	(3)
第二节 研究思路及工作内容	(3)
一、研究思路	(3)
二、工作内容	(3)
第三节 取得的主要成果	(6)
第二章 新元古代中晚期地层	(7)
第一节 地层单位特征	(8)
一、岩石地层	(8)
二、生物群特征	(20)
三、磁性地层	(27)
四、化学地层	(29)
五、层序地层	(33)
第二节 编图单位的选择	(46)
第三章 古构造轮廓	(48)
一、青白口纪早期的弧盆体系	(48)
二、青白口纪晚期华南裂谷系的形成	(49)
第四章 沉积相	(51)
第一节 南华纪早期的陆源碎屑沉积模式	(51)
一、大陆环境—古陆	(52)
二、海陆过渡环境—海岸冲积扇	(52)
三、滨岸环境	(54)
四、陆棚环境	(56)
第二节 南华纪晚期的雪球沉积模式	(56)
一、冰筏模式	(56)
二、雪球模式	(58)
第三节 震旦纪以碳酸盐沉积环境为主的混合沉积模式	(59)
一、台地相区	(59)
二、台地边缘相区	(60)
三、陆棚盆地相区	(63)
第五章 层序—岩相古地理	(66)
第一节 南华纪 $NhSQ_1$ 二级层序 LST 岩相古地理	(66)
第二节 南华纪 $NhSQ_1$ 二级层序 TST 岩相古地理	(68)

第三节	南华纪 NhSQ ₁ 二级层序 CS 岩相古地理	(70)
第四节	南华纪 NhSQ ₁ 二级层序 HST 先驱冰期岩相古地理	(71)
第五节	南华纪—震旦纪 ZSQ ₁ 二级层序 LST 冰盛期(雪球地球期)岩相古地理	(74)
第六节	南华纪—震旦纪 ZSQ ₁ 二级层序 LST 融冰期岩相古地理	(75)
第七节	南华纪—震旦纪 ZSQ ₁ 二级层序 TST 岩相古地理	(77)
第八节	南华纪—震旦纪 ZSQ ₁ 二级层序 HST 岩相古地理	(78)
第九节	震旦纪 ZSQ ₂ 二级层序 TST 岩相古地理	(80)
第十节	震旦纪 ZSQ ₂ 二级层序 HST 岩相古地理	(81)
第六章	新元古代中晚期几个重大地质事件及问题讨论	(83)
第一节	雪球地球事件	(83)
一、雪球地球假说的提出	(83)	
二、雪球地球事件的成因解释——冰室效应	(84)	
三、下扬子海雪球地球事件的表现	(84)	
四、“三段式”沉积成因解释	(85)	
第二节	黑色页岩缺氧事件	(99)
第三节	火山热事件	(100)
第四节	风暴事件	(101)
第五节	硅质岩问题讨论	(102)
第七章	地层地球化学特征概述	(107)
第一节	地层地球化学特征	(107)
一、地层化学元素丰度及变异系数	(107)	
二、地层化学元素共生组合	(114)	
三、沉积地球化学旋回	(130)	
第二节	地层含矿性评价	(132)
第八章	典型矿床解剖	(134)
第一节	矿床类型及分布	(134)
一、矽卡岩型矿床	(139)	
二、沉积热液叠改型矿床	(139)	
三、沉积型硫铁矿床	(139)	
第二节	典型矿床研究	(141)
一、安徽省青阳县百丈岩矽卡岩型钨钼矿床	(141)	
二、安徽省绩溪县际下矽卡岩型钨矿床	(145)	
三、安徽省绩溪县上金山矽卡岩型钨钼银多金属矿床	(149)	
四、安徽省宁国市竹溪岭矽卡岩型钨银矿床	(155)	
五、安徽省宁国市西坞口沉积热液叠改型锰矿床	(159)	
六、安徽省歙县乌雀坪沉积型硫铁矿床	(162)	
第三节	区域控矿因素分析及成矿模型建立	(163)
一、控矿因素分析	(163)	
二、区域成矿模型	(167)	
第九章	构造古地理环境对矿产形成的控制作用	(169)
第一节	区域控矿因素	(169)

一、地层层位	(169)
二、构造因素	(169)
三、岩浆活动因素	(170)
第二节 构造古地理环境对矿产形成的控制作用	(170)
一、沉积相带与微量元素丰度的关系	(170)
二、盆地演化对成矿的控制	(174)
结 语	(176)
主要参考文献	(178)

第一章 绪 论

第一节 研究现状

一、岩相古地理

岩相古地理研究已有 200 余年的历史。岩相古地理研究是重建地质历史中海陆分布、构造背景、盆地配置和沉积演化的重要途径与手段,对于矿产资源远景预测评价和勘探开发实践具有十分重要的意义。勘探实践表明,岩相古地理的研究对推动矿产资源勘探开发起到了重要的作用,开拓了在河流沉积、三角洲及滑塌浊积扇、深水重力流沉积、滩坝、礁以及碳酸盐岩中找矿的新领域,有效地指导了岩性—地层含矿性的勘探。

我国 20 世纪 60 年代以前完成的古地理图,代表固定论观点,为第一代古地理图。代表活动论观点制图的为第二代古地理图,通常仅表示大陆块体的漂移和洋中脊的位置。常用的古地理图大致可分为 4 类:①将盆地内地层单元的某一特定的沉积相分析结果标绘于图上,并叠加等厚线,曾广泛用于碳酸盐岩发育地区。②综合几种沉积相,并进一步细分,统计碎屑比例、百分比含砂量,绘出等值线及粒度分布趋向、古水流方向等,常用于碎屑岩发育地区。③除表示沉积相带分布外,还在图中标出沉积环境,属解释性图件。④概略性图以活动论观点编绘制,在图上除反映沉积类型外,还反映一些同生断裂、深断裂、俯冲带、碰撞带。

目前,我国科学家们正在着手编制以层序地层学指导下的第三代岩相古地理图件,其代表性项目为中石化股份有限公司与成都地质矿产研究所合作的“中国南华纪—新近纪岩相古地理研究与编图”。

皖南地区岩相古地理研究起步较晚,从 20 世纪 50 年代起到 70 年代,先后有生产、科研、教学单位对本地区的海陆轮廓及其与矿产的关系,作了有益的探讨。80 年代以来,随着现代沉积学理论的引进和推广,加上新的大地构造理论与沉积学的相互渗透,以及大面积小比例尺岩相古地理研究工作的开展,对皖南地区新元古代的沉积环境、分布规律及其含矿性有了进一步的认识。涉及本区的主要代表性著作如下:

王鸿祯(1984)在以板块活动论为主的中国构造轮廓以及岩浆活动的时空分布都已有所了解、中国区域地层和其他方面资料的基础上,编制了以沉积古地理和构造古地理为中心内容的多断代、多图种的《中国古地理图集》。

刘宝珺、许效松对中国南方震旦纪—三叠纪,在大区域沉积相、层序地层和构造轮廓研究的基础上,出版了《中国南方岩相古地理图集》(震旦纪—三叠纪)。

关士聪等主编的《中国海陆变迁海域沉积相与油气》(新元古代—三叠纪),以大地构造学和岩相学的方法编制了我国新元古代到三叠纪的海陆分布及沉积相图。

夏文杰等(1994)在所著的《中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用》中,首先把研究区作为全球的一个点,然后从盆地性质、类型和相互配置关系以及极移曲线等诸多方面,来恢复各块体的相对位置和相关性,即时间上和空间上的沉积地壳,所编制的岩相古地理图更接近恢复大陆边缘性质的第三代岩相古地理图。该专著提出了与岩相古地理和古构造格局相配套的中国南方震旦纪地层分区方案,划分为 2 个一级地层区、6 个二级地层分区和 12 个三级地层小区,并编制了中国南方晚震旦世生物相地理分区

图。南方震旦纪是我国磷、锰、铅锌矿的重要成矿时代之一，还有锑、汞、铜、钒、铁、黄铁矿等众多的有用矿产，该书重点研究了铅锌、磷、锰矿的地质特征和成矿作用。从地层层位、岩相古地理、古气候、海平面变化、沉积旋回、岩性组合、构造条件等方面分别讨论了层控和沉积矿产的控矿地质条件，特别是岩相古地理与成矿作用关系。

安徽省地质矿产局区域地质调查队主编的《安徽省岩相古地理图册》，是一本安徽省中小比例尺的区域岩相古地理图册，它立足于运用当时国际上最新的沉积学理论和观点来研究安徽省各地质时期的岩相古地理特征，在对各种沉积相研究的基础上，对沉积相组合和演化规律作了很好的概括与总结，编制 1:200 万震旦纪一早三叠世各时期岩相古地理图 38 幅，中三叠世—第四纪晚更新世岩相古地理略图 17 幅。

安徽省地质矿产局区域地质调查队主编的《下扬子区震旦纪岩相古地理及有关矿产》，初步确定了本区震旦纪时期的构造模式应属叠弧型沟-弧-盆体系，进一步分为扬子弧后盆地、江南残余弧、华南弧间盆地、华夏活动弧等几部分，叙述了各部分的特点。该书总结了本区震旦纪的沉积相，提出了 3 种环境模式，讨论了 4 个相区、22 个相带的不同特征和相变关系，对本区沉积相的控制因素进行了讨论，肯定了早震旦世沉积时期的陆源碎屑物质主要来自华夏古陆、江南古陆，确定了晚震旦世大致以上饶—绍兴一线为界。北侧的扬子区是以碳酸盐沉积为主，南侧的华南区主要为碳酸盐补偿面以下的陆源碎屑沉积，以陆屑浊积岩、火山碎屑浊积岩和泥质沉积岩为主，反映了陆源碎屑主要来自华夏古陆（华夏活动弧）。对震旦纪的古气候、水化学条件、同沉积断裂等方面的控制作用进行了初步讨论，指出了在不同相带或相带的交接部位，往往有利于磷、钾、铁等矿产的富集。在两个碳酸盐岩台地之间的陆棚相区内，蓝田组的上下分别为皮园村组的硅质岩和雷公坞组的含砾泥岩所阻隔，使金属硫化物往往被限制在以碳酸盐岩为主的蓝田组内。

安徽省地质矿产局区域地质调查队主编的《安徽省震旦纪岩相古地理及含矿性研究》，较系统地对安徽省内震旦纪地层进行了划分，对省内前震旦纪基底构造及其演化、震旦纪古构造格局进行了论述，查明了安徽省内沉积相展布特征及控制因素，对碳酸盐岩及部分硅质岩进行了原岩恢复和环境分析，初步对地质事件与成矿作用的关系进行了探讨，讨论了震旦纪不同层序类型和各体系域特征，对震旦纪地层的区域岩石地球化学进行了初步的评价，总结了赋存于震旦系的沉积、层控矿产，研究了盆地演化与成岩成矿作用的关系，系统地反映了古地理研究的新成果。编制岩相古地理图 4 幅、古构造图 1 幅、岩相古地理与矿产图 1 幅。其中，皖南地区陆源碎屑环境可划分以下几个相区：海陆过渡相区、海岸相区、浅海陆棚相区；冰川沉积环境可分为大陆冰川、滨岸冰川、陆棚冰川；碳酸盐沉积环境可分为台地相区、台地边缘相区、陆棚相区。

二、地层

本区新元古代地层研究开始较早，自 1924 年李四光在长江三峡建立震旦系之后，从 20 世纪 20 年代末至 30 年代初开始，先后有地质学家在本区一些新元古界剖面进行过划分研究，地层名称繁多，划分意见不一。李毓尧和李捷（1930）首先建立皖南休宁蓝田地区的震旦系（新元古代中晚期），1935 年重新测制系统剖面，创立“休宁砂岩”，确立“冰碛层”的存在，认为可以与李四光建立的三峡震旦系剖面对比。同年，丁毅又进行了研究，创立“高亭砂岩”“蓝田系”“上长源灰岩”，分别代表原震旦系的下、中、上三部分，也肯定“冰碛层”的存在。后李毓尧和许杰（1937）又对休宁蓝田地区的“冰碛层”作了专门的论述。中华人民共和国成立后进入研究区工作的单位增多，先后有南京大学地质系、合肥工业大学地质系、中国科学院南京地质古生物研究所、华东地质科学研究所、安徽省区域地质调查队、安徽地质科学研究所、安徽省地质矿产局 332 地质队、安徽省地质调查院等做过大量的工作。刘鸿允和沙庆安（1959）在浙西建立了比较完整的剖面，将原震旦系分为上、下两统。钱义元等（1959）重新厘定皖南震旦系的层序，将上部的硅质岩命名为皮园村组。60 年代以来，安徽省地质矿产局区域地质调查队在区内开展了 1:20 万区域地质调查工作，1985 年出版了《安徽地层志》（前寒武系分册），测制大量地层剖面，较系统地厘定了皖南地区新元古代的地层层序。1997 年安徽省地质矿产局编著的

《安徽省岩石地层》，根据地层多重划分观点和新资料、新认识，重新明确现有地层单位的划分对比标准、定义、延伸范围及各类地层单位的相互关系，提高了科学性，消除了混乱，为地层单位的划分、命名、理解和应用上求得了一致。

三、矿产

皖南地区矿山开采历史悠久，可追溯到西周时期，铜陵、南陵就有采铜遗址；而作为矿产调查工作 19 世纪 60 年代就有英、德等国之人涉足；我国地质工作者自 1911 年才开始进行矿产调查；而大规模、系统性工作是中华人民共和国成立之后逐年开展的 1:20 万地质、矿产调查。由于岩相古地理学兴起得较晚，期间的调查也只是概略性的，更谈不上矿产与岩相古地理的结合问题。20 世纪 80 年代以后，安徽省与全国一样高度重视岩相古地理研究，先后完成了《安徽地质志》《安徽地层志》，编制了《安徽省岩相古地理图册》等。而真正意义上岩相古地理与矿产有密切联系的研究有《安徽省石炭纪岩相古地理及含矿性研究》(1988)、《华东地区二叠纪岩相古地理及沉积矿产》(1991)、《安徽省奥陶纪岩相古地理及含矿性研究》(1994)、《安徽省震旦纪岩相古地理及含矿性研究》(1991)、《安徽省寒武纪岩相古地理及含矿性研究》(1991)。这些研究成果本身虽然取得了许多进展，但当时的研究侧重点在岩相古地理方面，矿床(点)重点解剖显得不够，揭示了层控矿床分布规律受岩、界、相、位的“四位一体”控制，只是初步总结了层控矿床与岩相古地理的关系。当今层序-岩相古地理研究在石油勘探方面效果明显，相信层序-岩相古地理研究在指导金属矿产勘探方面也会毫不逊色。

第二节 研究思路及工作内容

一、研究思路

本次调研在参阅了大量新近完成的 1:5 万区域地质调查新成果的同时，岩相古地理研究以层序地层学理论为指导，编制层序-岩相古地理图，以层序内的体系域为成图单元，在对所研究的层位进行精细的层序地层分析的基础上，进行层序对比，建立等时地层格架，在上述基础上系统编制不同层序内的各体系域或有关重要界面沉积时的古地理图件。在研究岩相及古地理环境与成矿方面，采用岩石地球化学剖面测量与沉积环境相结合的方法进行。根据研究目的的差异，一方面对研究区按不同层位、不同相带及不同岩石类型进行系统采样，求取了皖南地区新元古代中晚期地层的地球化学背景，探讨与成矿的关系；另一方面运用于典型矿床(点)地区的解剖，对已发现的矿产地、矿化信息和地表找矿线索进行综合检查，重点了解含矿地质体与沉积环境的关系，通过各个相带中典型矿床的重点解剖，总结岩相古地理环境与成矿的规律性，评价古地理环境和构造环境的发展对矿产形成的控制作用。在对矿点进行一般性检查的基础上，进一步选择青阳县百丈岩钨钼矿、绩溪县际下钨矿、绩溪县上金山钨钼银矿、宁国市竹溪岭钨银矿、宁国市西坞口锰矿和歙县鸟雀坪硫铁矿床做了重点解剖工作。

二、工作内容

本次调研完成 1:2 000 地质剖面 73.839km (其中实测 25.17km, 修测 35.547km, 整理利用 13.172km), 1:2 000 岩石地球化学剖面 28.79km, 岩石薄片 200 片, 粒度分析 20 片, 光片 10 个, 氧、碳同位素分析 59 个, 矿点检查 42 个, 微量元素分析 10 个, 岩石定量光谱(21 种元素) 500 个, 稀土元素分析 8 个, 化学分析 2 个。

岩相剖面: 实测剖面 29 条 25.17km, 修测剖面 22 条 35.547km, 整理利用剖面 8 条 13.172km (表 1-1)。

表 1-1 实测、修测、踏勘利用剖面一览表

剖面编号	剖面名称	长度 (m)	类型
P101	安徽省青阳县百丈岩早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	180	实测
P102	安徽省青阳县百丈岩早震旦世蓝田组实测剖面	405	
P103	安徽省青阳县百丈岩晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	480	
P104	安徽省石台县丁香柏山村早南华世休宁组实测剖面	70	
P105	安徽省东至县洪方早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	782	
P106	安徽省东至县建新卫星化工厂早南华世休宁组—晚南华世南沱组实测剖面	769	
P107	安徽省东至县葛公镇梨云岭晚南华世南沱组—早震旦世蓝田组实测剖面	329	
P108	安徽省东至县洪方和平桥早震旦世蓝田组实测剖面	50	
P210	安徽省黟县石孟早震旦世蓝田组实测剖面	630.3	
P240	安徽省绩溪逍遥早震旦世蓝田组实测剖面	210	
P241	安徽省绩溪胡坑早震旦世蓝田组实测剖面	250	
P243	安徽省歙县三阳早震旦世蓝田组实测剖面	200	
P244	安徽省歙县鸟雀坪早震旦世蓝田组实测剖面	150	
P248	安徽省休宁小源早震旦世蓝田组实测剖面	150	
P249	安徽省祁门三宝早震旦世蓝田组实测剖面	150	
P305	安徽省东至县建新祁家山晚南华世南沱组实测剖面	216	
P312	安徽省歙县叶村早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	1 887.5	
P313	安徽省歙县半岭早震旦世蓝田组实测剖面	509.2	
P314	安徽省歙县云雾川晚南华世南沱组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	960	
P315	安徽省歙县三阳伏岭角早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	1 823.8	
P316	安徽省宁国县庄村苦竹坦早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	1 687	
P317	安徽省绩溪县煤炭山早南华世休宁组—晚南华世南沱组实测剖面	2 008	
P318	安徽省歙县三阳高山早震旦世蓝田组实测剖面	417.2	
P319	安徽省黟县郭村早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	3 900	
P320	安徽省石台县大南坑早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	1 202.4	
P321	安徽省黟县小溪晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	160.5	
P322	安徽省黟县美溪湖门早南华世休宁组—早震旦世蓝田组实测剖面	1 388	
P323	安徽省休宁县蓝田早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组实测剖面	4 537	
zk201	安徽省际下胡坑早南华世休宁组—早震旦世蓝田组剖面		
zk441	安徽省青阳县百丈岩早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组剖面		
zk706	安徽省宁国市竹溪岭晚南华世南沱组—早震旦世蓝田组剖面		
zk1102	安徽省宁国市竹溪岭晚南华世南沱组—早震旦世蓝田组剖面		
zk3001	安徽省宁国市竹溪岭晚南华世南沱组—早震旦世蓝田组剖面		
P205	安徽省黟县美溪早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测地层剖面	4 245	修测
P206	安徽省太平县观音堂—岩寺早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测沉积相剖面	3 200	
P207	安徽省歙县云雾川晚南华世南沱组修测剖面	214	
P208	安徽省歙县云雾川早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	500	
P212	安徽省绩溪虎山头早南华世休宁组修测剖面	1 200	
P213	安徽省宁国县庄村—姚家岭早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	2 600	
P216	安徽省休宁县上溪—皮园早南华世休宁组—早震旦世蓝田组修测剖面	3 399	
P238	安徽省歙县黄柏山晚南华世南沱组修测剖面	571	
P239	安徽省歙县金川黄柏山早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	350	
P242	安徽省歙县羊山坪—黄连坑—石门早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	5 400	
P245	安徽省黄山区上海干部疗养院晚南华世南沱组修测剖面	2 005	
P246	安徽省歙县吴家坦早南华世休宁组修测剖面	900	
P247	安徽省黄山区聂家山早震旦世蓝田组修测剖面	210	
P250	安徽省绩溪县水浪头晚南华世南沱组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	1 900	
P251	安徽省宁国县纸棚村北西村后山坡早震旦世蓝田组修测剖面	563.8	
P252	安徽省宁国县大曹早南华世休宁组—晚南华世南沱组修测剖面	1 451	
P253	安徽省宁国县将军岭早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	260	
P254	安徽省宁国县小岭头早震旦世蓝田组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	290	
P301	安徽省东至县河西畈早南华世休宁组—早震旦世蓝田组下段修测剖面	4 424	
P303	安徽省歙县潘村早南华世休宁组修测剖面	1 300	
P304	安徽省绩溪县金沙公社胡交山村北早震旦世蓝田组修测剖面	252.6	
P306	安徽省东至县梅山岭晚南华世南沱组—晚震旦世—早寒武世皮园村组修测剖面	315	踏勘利用
P308	安徽省东至县小安里早南华世休宁组底部界线利用参考剖面	731	
P309	安徽省青阳县百丈岩早震旦世蓝田组利用参考剖面	310	
P310	安徽省青阳县百丈岩晚震旦世—早寒武世皮园村组利用参考剖面	383	
P311	安徽省歙县岱岭早南华世休宁组利用参考剖面	1 980	
P209	安徽省石台县大南坑早南华世休宁组—晚震旦世—早寒武世皮园村组利用参考剖面	2 630	
P302	安徽省绩溪县煤炭山早南华世休宁组—晚南华世南沱组利用参考剖面	2 300	
P215	安徽省休宁县皮园村晚震旦世—早寒武世皮园村组利用参考剖面	600	
P214	安徽省休宁县小溪晚震旦世—早寒武世皮园村组利用参考剖面	100	
P218	安徽省休宁县蓝田早南华世休宁组—早震旦世蓝田组利用参考剖面	4 138	

矿点检查：确定整理利用矿床（点）42处（表1-2）。

表 1-2 重点解剖、踏勘检查、整理利用矿床（点）一览表

编号	矿床（点）	成因类型	矿床规模	类型
1	青阳县百丈岩钨钼矿	矽卡岩型	中型	重点解剖
2	绩溪县际下白钨矿	矽卡岩型	中型	
3	绩溪县上金山钨钼银矿	矽卡岩型	中型	
4	宁国市竹溪岭钨银矿	矽卡岩型	大型	
5	宁国市西坞口锰铁矿	沉积热液叠改型	大型	
6	歙县鸟雀坪硫铁矿	沉积型	小型	
7	贵池丁坡铅锌矿	矽卡岩型	矿点	踏勘检查、整理利用
8	石台县奇峰多金属矿	矽卡岩型	矿点	
9	黄山市南山钼钨多金属矿	矽卡岩型	小型	
10	太平县菱角白钨矿	矽卡岩型	小型	
11	太平县箬岭金矿	矽卡岩型	矿点	
12	绩溪县巧川白钨矿	矽卡岩型	中型	
13	绩溪县石京铁锰矿	沉积型	矿点	
14	绩溪县乳坑铁锰矿	沉积型	矿点	
15	绩溪县大石门铁锰矿	沉积型	矿点	
16	绩溪县石坎脚多金属矿	矽卡岩型	矿点	
17	绩溪县竹岭钨钼矿	矽卡岩型	小型	
18	绩溪青罗山钨矿	矽卡岩型-高中温热液型	矿点	
19	绩溪县赤石坑钼矿	矽卡岩型-中高温热液型	矿点	
20	绩溪县逍遥铜钨钼矿	矽卡岩型	大型	
21	宁国市小音目山铁锰矿	沉积型	矿点	
22	宁国市麻坞里铁锰矿	沉积型	矿点	
23	宁国市花果岭铁锰矿	沉积型	矿点	
24	宁国市横槽岭铁锰矿	沉积型	矿点	
25	宁国市里木坑铁锰矿	沉积型	矿点	
26	宁国市杨家西山铁锰矿	沉积型	矿点	
27	宁国市高坑铁锰矿	风化淋滤型	矿点	
28	宁国市田村白钨矿	矽卡岩型	矿点	
29	宁国仙霞钨矿	矽卡岩型	矿点	
30	宁国市壁坑-五里塔锰矿	锰帽型	矿点	
31	宁国市大坞尖钨钼多金属矿	矽卡岩型-高中温热液型	小型	
32	祁门县三宝多金属矿	矽卡岩型-热液型	锌中型、铅小型	
33	黟县三姑尖铅锌矿	矽卡岩型	矿点	
34	黟县西坑银多金属矿	热液型、矽卡岩型	中型	
35	黟县青山岭铁矿	热液型、矽卡岩型	矿点	
36	休宁县金龙山铁锰矿	沉积型	矿点	
37	休宁县小源辉锑矿	矽卡岩型	矿点	
38	休宁县贵源铁锰矿	沉积型	矿点	
39	休宁县黄拉树铁锰矿	沉积型	矿点	
40	歙县小岔锡矿	矽卡岩型	矿点	
41	旌德县王家峰钨矿	矽卡岩型	矿点	
42	旌德县桃湾钨矿	矽卡岩型	矿点	

第三节 取得的主要成果

通过野外调研取得的新认识、新发现如下：

(1) 在青阳百丈岩一带的蓝田组中发现沉积滑塌构造、滩相沉积，证明青阳百丈岩一带的蓝田组下部缺失黑色页岩段沉积，相变为具滑塌构造的灰岩、滩相砂屑灰岩沉积。确定百丈岩一带钨钼矿主要富集于滩相、上斜坡（滑塌构造）的灰岩段地层中。

(2) 在石台、休宁、绩溪等多处地区确定休宁组底部存在低水位泥石流沉积，且 Au 元素背景值较高。

(3) 在东至的洪方、休宁的小溪、黄山聂家山等多处发现皮园村组硅质岩中夹大量灰岩透镜体，并首次发现大量的层状、层柱状、柱状不同类型叠层石，对重新认识皮园村组厚层硅质岩的沉积环境具有重大意义。

(4) 在宁国、黟县等地南沱组中发现碎屑流、浊流沉积。

(5) 确定东至黎树岭、三溪等地带的蓝田组缺失灰岩沉积，相变为页岩夹硅质岩沉积，为盆地深水区沉积物。确定下扬子海盆南缘皖浙交界处存在斜坡带滑塌及滑塌角砾。

(6) 对南华纪、震旦纪进行了详细的层序地层、岩相、相带划分，确定编制层序-岩相古地理图 10 幅，并根据采集的定量光谱分体系域探讨了 21 种元素与环境、古地理及与成矿的关系。

(7) 大量资料表明，对雪球地球事件这一全球热点问题在下扬子海的表现与前人认识存在巨大的差异，尤其是对前人划分的“间冰期”提出质疑，认为恰恰相反，应是雪球地球的产物，是区域上 BIF 型磁铁矿石岩（铁矿）重要含矿层位。此外，对火山事件、黑色缺氧事件、风暴事件、浊流事件、盖帽碳酸盐岩等前沿问题进行了调研和探讨。

(8) 测制了 26 条地球化学剖面。共采集样品 452 件，借助数理统计及电子计算机技术研究元素在时间域和空间域中的演变规律，并以化学阶段和化学域作为化学地层学的两个主要核心内容，来衡量元素时空结构特征。对所测 26 条剖面 4 组地层 12 个层位的 10 种成矿元素的浓集系数，按照数值大小排序依次为 Sb、Ag、Ba、Mo、W、Au、U、Cu、Zn、Pb。

(9) 分体系域探讨了皖南新元古代中晚期各期沉积环境与成矿元素富集作用的关系，通过典型矿床的解剖，认为皖南新元古代中晚期沉积层控矿产主要是区域构造、岩相（岩性）、岩浆活动、成矿作用等共同作用和多期矿化的结果。