

江南金矿及其成矿地球化学背景

主 编 刘英俊

副主编 孙承镛 马东升

南京大学出版社

江南金矿及其成矿地球化学背景

主 编 刘英俊

副主编 孙承轅 马东升

国家自然科学基金资助项目

南京大学出版社

南京·1993

(苏)新登字第 011 号

内 容 简 介

本书作为国家重大项目“中国东部金矿重要类型、成矿条件、富集规律及找矿方向”(9488010)中有关江南地区成矿理论研究成果的总结,并结合以往先期成果,对江南元古界各区段金矿的成矿地质-地球化学背景、重要类型金矿的成矿特征,以及研究中新发现的有关成矿现象和实验成果进行了系统阐述。并以含金建造和“源-运-储”多阶段成矿作用演化为主线,以新颖的学术观点对项目研究中及 14 年来大量积累的研究资料进行了理论综合,结合研究区的具体成矿特点,提出了有关江南元古界金矿床的成矿机制新认识、综合成矿模式和找矿方向。该书内容丰富,理论联系实际,对发展我国地质特色的金矿成因理论体系,深入揭示金的地球化学活动规律和成矿作用本质,以理论指导找矿具有重要的科学意义和学术参考价值。

本书可供广大黄金战线和矿床学、地球化学领域的生产、科研人员及地质矿产院校的有关专业师生参考使用。

江南金矿及其成矿地球化学背景

刘英俊 主编

*

南京大学出版社出版

(南京大学校内)

江苏省新华书店发行 江苏地质印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 412 千

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1300

ISBN 7-305-01875-9/P. 83

定价: 精装本 20.00 元
平装本 17.00 元

前言

江南金矿成矿带,系指东起浙江绍兴地区,西至黔东、桂北,东西长约 1 500km 的狭长范围。区内分布着数十个不同类型金矿床及众多金矿点,采金历史悠久,是我国重要的黄金产区,也是我国开展金矿地质研究最早的地区之一。由于以往的研究主要局限于基础地质,且研究程度较低,特别是金矿成矿地球化学背景及其形成机制方面的研究更为缺乏。

在国家教委(1978 年)提供的专项科研经费和国家基金委两项(1985 和 1986 年)自然科学基金面上基金的资助下,作者从 1979 年起就开始对湘西地区的部分金矿床进行专题研究,1988 年承担国家自然科学基金重大项目(编号 9488010)以后,又把该区的金矿研究工作推向了一个新的阶段,即在过去零星的专题研究工作基础上,由东向西有计划地对浙、赣、湘、黔、桂五省(区)内中晚元古代浅变质岩系中的主要金矿床开展以成矿地球化学背景、成矿作用和矿床形成机制为重点的全面深入研究。迄今为止,已经完成了对 30 多条典型地层剖面的地质考察和系统采样;对十多个重要金矿床的专题研究和综合对比研究;对华南七个地质时代、42 个代表性花岗岩体的微量金测试以及低温开放体系的水-岩反应成矿模拟实验等。历时 14 年,发表研究论文 70 余篇(目录附后),撰写出版了《金的地球化学》专著(1991 年,科学出版社),阶段性研究成果《江南地区金矿成矿地球化学背景及形成机制》于 1991 年获国家教委科技进步甲类一等奖。作为本次国家基金会重大项目中有有关江南地区研究成果的总结,并结合以往先期研究成果,汇总编写了本专著。

本书论述的问题主要有以下七个方面:

1. 通过对与金矿床有关的地层地球化学研究,首次确定了江南地区以基底(元古界)含金建造为主,盖层含金建造为辅的多时代含金建造系列;最先提出了“原始含金建造”与“衍生含金建造”的概念,阐述了二者在时空分布和元素组合上的继承演化关系。

2. 首次从“源-运-储”角度对区内代表性金矿床进行了以地球化学为主的专题研究。指出江南乃至华南各类金矿床是在含金建造提供成矿物质的基础上,在不同地质背景下,经有关成矿能量作用的演化产物。

3. 通过对控矿地层和金矿围岩的大量微金测试和综合分析,发现在江南金矿成矿带的金矿化密集地段主要控矿层位中存在着区域性地层金亏损(如湖南板溪群)和局部性围岩金负异常(如漠滨、龙山、西冲等),呈现出同一区段内高密集金矿化与地层金贫化的共生现象。

4. 在国内率先进行了有关层控金矿的低温体系水-岩反应实验研究。结果表明,含 NaCl 的低温热液与 Au-Sb-W 建造相互作用,有利于形成 Au-Sb 和单金属层控矿床,而富含 HCO_3^- 的低温热液与其相互作用,则有利于形成 Au-Sb-W 层控矿床。

5. 通过矿床成因和成矿机制研究,提出了产于元古界浅变质岩系中金矿床属于变质热液与地下水渗滤热液之间的过渡成因类型的新认识,建立了江南型金矿床的分类和成矿地球化学模式。

6. 通过区域性的综合研究,总结了江南及部分邻区金矿床的形成条件和时空分布规律,指出江南金矿成矿带可划分为东西两个成矿地球化学区。

7. 通过系统研究,提出了含金建造的识别标志,金矿床的地球化学找矿标志及圈定找矿远景区的地质-地球化学指标,指出了区域找金方向。

全书共分十章,由刘英俊担任主编,孙承轅、马东升担任副主编。各章编写分工如下:刘英俊编写第一章、前言及全书定稿工作,孙承轅编写第三、八、九章及前言,马东升编写第七、十章及全书审校整理工作,张景荣编写第二章,邱德同编写第四章,季峻峰编写第六章,李扬编写第五章。陆建军参加了第二章的资料整理工作。

参加本重大项目江南地区子课题研究工作的主要有刘英俊、孙承轅、马东升、邱德同、季峻峰、李扬、牛贺才、张干等。在本课题的先期研究工作中,先后有刘英俊、张景荣、乔恩光、孙承轅、沙鹏、余养成、朱恺军、范宏瑞、季峻峰、崔卫东、马东升等为本研究作出了重要贡献。

研究工作得到了有关省(区)的地质、冶金、有色和黄金等系统所属队、所、矿山的大力支持和帮助。在编写过程中,南京大学地球科学系和教研室同事给予了热情的关心和指导,在此一并致以衷心谢忱。

由于江南地区范围大,金矿类型多,地质条件复杂,获得的材料尚不充分,许多问题有待进一步研究,加之时间和作者水平限制,书中不当和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者 1992 年 11 月于南京

目 录

第一章 绪论	(1)
一、大地构造位置	(1)
二、江南金矿成矿带的金矿分布及区划	(1)
三、区内金矿开发研究简史	(2)
第二章 江南造山带的区域构造格架	(5)
一、江南造山带大地构造研究的回顾	(5)
二、江南造山带的区域构造分区	(5)
三、江南造山带的构造断裂系统	(12)
四、火山岩和花岗岩类	(14)
五、江南造山带的成矿作用	(21)
第三章 浙江绍兴-龙泉隆起带的含金建造和重要金矿	(23)
一、区域地质概况	(23)
二、隆起带含金建造的地球化学	(24)
三、隆起带中金的成矿作用	(38)
四、遂昌治岭头金矿	(42)
五、诸暨璜山金矿	(51)
六、金的富集成矿机制	(57)
第四章 赣东北中元古代含金建造和金山金矿	(61)
一、赣东北地质构造基本特征	(61)
二、中元古代变质岩中微量元素分布特征	(64)
三、金山金矿床的地质构造特征	(66)
四、矿床地质特征	(76)
五、有关矿床成因研究的测试资料	(79)
六、结论	(84)
第五章 赣西北九岭群含金建造和有关金矿床	(85)
一、区域地质概况	(86)
二、元古界九岭群含金建造的地质特征及其大地构造背景	(86)
三、九岭群含金建造控矿机制的地球化学研究	(89)
四、九岭群含金建造中金等微量元素地球化学分布特征	(95)
五、不同时代花岗岩中金及其他微量元素的地球化学分布特征	(97)
六、区域金矿化类型和找矿远景	(101)
第六章 湘东北冷家溪群含金建造和黄金洞金矿床	(110)
一、区域地质概况	(110)
二、冷家溪群含金建造	(113)

三、黄金洞金矿床的地质特征	(119)
四、黄金洞金矿床的金成矿地球化学	(126)
第七章 湘西北金矿化密集带的金矿床特征和成矿作用	(134)
一、区域地质背景	(134)
二、元古界含金建造的元素地球化学研究	(135)
三、区内主要金矿床的成矿地质特征	(147)
四、金矿床的地球化学特征	(154)
五、地球化学贫化-富集共轭现象及其与成矿关系	(161)
六、金活化迁移的实验地球化学研究	(165)
七、金矿床形成的地球化学过程	(169)
第八章 湘西板溪群含金建造及漠滨金矿	(171)
一、区域地质概况及金矿化类型	(171)
二、板溪群含金建造的地质特征及原岩恢复	(173)
三、含金建造的地球化学特征	(178)
四、漠滨金矿	(183)
五、含金建造与金的成矿作用	(190)
第九章 湘中震旦系含金性评价及有关金矿床	(194)
一、区域地质概况	(194)
二、震旦系江口组的地质地球化学特征	(195)
三、邵阳龙山金矿	(200)
四、黔阳铲子坪金矿	(205)
五、金的富集成矿机制	(210)
第十章 金矿床的成因演化、成矿模式和找矿方向	(215)
一、含金建造区域地质背景的时空演化规律	(215)
二、含金建造的区域地球化学特征和成矿地球化学分区	(220)
三、金矿床的主要成矿物质来源	(224)
四、金矿床的主要成矿能量来源	(229)
五、金矿床的主要成矿流体来源	(231)
六、元古界金矿床的构造控矿特征	(233)
七、江南元古界金矿床的类型划分	(235)
八、江南元古界金矿的“源-运-储”综合成矿模式	(240)
九、金矿床的地球化学标志和区域找矿方向	(243)
参考文献	(250)
附录一 与本项目研究有关的论文和专著(包括以往的研究基础)	(257)
附录二 与本项目研究有关的研究生论文题录	(260)

第一章 绪 论

江南金矿成矿带,系指东起浙江绍兴地区,沿绍兴-江山-鹰潭深断裂带延伸到赣东北,然后以约 100~200km 的宽度,经赣西北、湘东北、湘北、湘西连续延伸到黔东、桂北东西长约 1 500km 的狭长范围(图 1-1)。

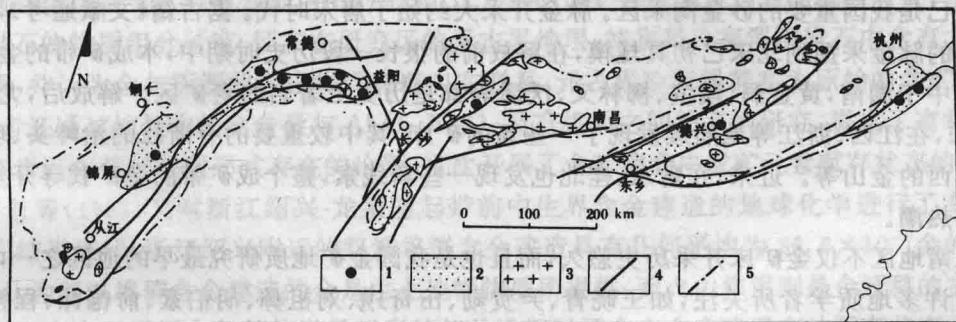


图 1-1 江南金矿成矿带位置分布图

1—主要金矿床;2—元古界;3—花岗岩类;4—深断裂带;5—江南古陆界线

一、大地构造位置

江南金矿成矿带,与习惯上称谓的“江南地背斜带”或“江南古陆”在空间上相吻合。由于这一构造单元在成因上与古板块碰撞形成的东安-雪峰期古岛弧体系有关(郭令智等,1986),故又称之为“江南古岛弧带”。近年来,随着板块构造学的不断发展和地体构造研究的兴起,一些大地构造研究者又将该构造单元称为“江南复合地体”。

二、江南金矿成矿带的金矿分布及区划

江南金矿成矿带内散布着许多金矿床,这些金矿床大多数分布在元古界浅变质岩系中,少数赋存于古生界地层内,这些金矿床构成了江南金矿带。它是华南地区主要的黄金产地,也是我国有色金属(铜、锑、钨等)的重要产区,具有重要的经济价值。该成矿带金矿床,具有成矿时代较早、后期岩浆活动较弱和层层层状金矿发育典型的鲜明成矿特征。

金矿在江南地区分布广泛,代表性的重要金矿床有治岭头、璜山、中乔、金山、黄金洞、沃溪、龙山、漠滨等。依金矿化规模强度而言,湖南尤其湘西最强,赣浙次之,黔东较弱,而桂北迄今未有重要突破。

根据区内含金建造的区域元素地球化学研究资料以及区域矿产分布和组合特征,大致可

划分出东部 Au-Ag-Cu 地球化学区和西部 Au-Sb-W 地球化学区以及四个地球化学亚区。它们分别与区域性金成矿区——浙北金成矿区、赣东北金成矿区、赣西北矿化区、湘东北金成矿区和湘北-湘西金成矿区相对应。江南金矿成矿带中金和主要金属矿种的分布与元古界地层中成矿元素富集度之间有良好的—致关系。这种继承性在矿石和矿床原生分散晕元素组合中也有反映。地层与矿床在成矿元素组合上的空间一致性和时间继承性反映了原始含矿建造对区域成矿作用的控制。

三、区内金矿开发研究简史

江南金矿成矿带是我国最早进行金矿开采的地区之一。早在春秋战国时期,湖南洞庭湖沿岸就已是我国重要的砂金淘采区。脉金开采大约始于唐宋时代。据古籍《文献通考》,其中益阳地区的脉金采掘到北宋已初具规模,在解放前的很长一段历史时期中,本成矿带的金矿开采主要集中于湖南,黄金洞、漠滨、柳林叉、沃溪等都是历史上著名的老矿区。解放后,尤其是近 20 年来,在江西、浙江等地陆续发现了一些新的矿床,其中较重要的有浙江的冶岭头、璜山、中岳和江西的金山等。近来,在黔东、桂北也发现一些新线索,整个成矿带的金矿找寻开发,正处于新的热潮。

江南地区不仅金矿床开采历史悠久,而且也是我国金矿地质研究最早的地区之一,长期以来为国内许多地质学者所关注,如王晓青、尹赞勋、田奇璆、刘祖彝、胡伯素、俞德渊、程裕琪、李捷、郭绍仪等都曾在该区做过早期开拓性的研究工作,发表了许多有关论著。然而有关这些层控金矿床的矿床学、地球化学特征和成因,自解放后才得到系统研究。这些研究概括说来,主要集中在成矿地质背景、地球化学背景和成矿作用等三个方面。这里对此三方面和取得的研究成果略加评述。

(一) 江南成矿带金矿床形成的地质背景

关于江南成矿带金矿床产出的地质背景一直是华南区域构造研究的热点,它引起了地质学者的广泛重视。刘国昌(1944)、王鹤年(1961)、钱祥麟(1964)、郭令智等(1980、1984)、许靖华等(1987)、任纪舜等(1980、1986、1990a、1990b)分别对该成矿带的区域地质和构造格架等有关问题进行了研究探讨,并发表了各自的观点。郭令智等认为该带是江南古岛弧的一部分,而这个岛弧带是由性质不同的地体拼合而成;许靖华等则认为它是扬子地体与华南地体的碰撞带;任纪舜等认为它是华南加里东地槽与扬子准地台之间的构造过渡带。尽管许多研究者在该区大地构造归属上存在着很大分歧,但仍有其共同认识,即都承认该带是一个构造活动带。

这条构造活动带的活动性自东向西存在着明显差异。东部岩浆活动十分强烈,向西则岩浆活动逐渐减弱,到湖南西部最弱,由此向西南又逐渐增强。与此相关,在东部的金矿床受岩浆活动的影响较大,而在湘西其金矿与岩浆作用几乎没有什么直接联系。

(二) 江南金矿成矿带金矿床形成的地球化学背景

与金矿床形成的地质背景相比,该带形成的地球化学背景研究则起步较晚。作者等从 80 年代初起对江南成矿带金矿形成的地球化学背景进行了系统深入的研究。当时针对该带内部分金矿床成因受岩浆论影响尚较大这一客观现实,刘英俊等(1982)首先对成矿带内不同时代

和不同成因花岗岩类中金的丰度进行了系统的研究。这一研究成果的取得对成矿带内金矿成因观念的转变,起到了巨大推动作用。在大量样品分析测试的基础上,我们认为“从华南不同时代花岗岩类中金的丰度数据来看,不管岩石类型或产地,均分布在相当狭窄的范围内,除燕山早期花岗岩中金的丰度与地壳中金的克拉克值和酸性岩内的平均含量(多数研究均定其为 4×10^{-9})大致相当外,其他各时代岩体金的丰度皆甚低,明显地全部低于金的克拉克值和酸性岩的平均含量,其变化范围在 $(1.4 \sim 3.3) \times 10^{-9}$ 之内”。这一成果的获取不仅在区内金矿床形成地球化学背景的研究上具有重要的意义,而且在岩浆论尚具较大影响的 80 年代初,也为正确认识成矿带内金矿床的成因打下了新的科学基础。在对成矿带内花岗岩金丰度进行系统研究之后,作者(1983)对湘西-桂东一带金矿地球化学进行了研究,系统地探讨了区内金矿床与赋存的元古界浅变质岩系的关系。通过对区内元古界地层中金含量分布研究,得出各种岩石中金的背景含量均高于大陆地壳平均值的结论,认为金的成矿物质来源与地层围岩有关。作者还通过对岩石的物质组分研究,证实在研究区的元古界地层,特别是冷家溪群岩石中含有大量的火山物质,并认为金与深源的火山物质有着内在联系,元古界冷家溪群实为原始的含矿建造。此外,作者还通过地层中的金含量与 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 及有机质之间关系的研究,提出了有相当数量的金在岩石中是以吸附形式存在的论断,首次开展了含矿建造中成矿元素赋存状态的研究。随后,作者等(1987)又对浙江绍兴-龙泉隆起带前中生界含金建造的地球化学进行了专门研究。研究结果表明,浙江绍兴附近的双溪坞群含金建造具有几何平均为 36.6×10^{-9} 金的背景值。作者认为双溪坞群含金建造的金是由上地幔物质所提供,而火山作用则是金迁移的主要动力。作者在文中还根据金与其他微量元素的相关性探讨了金在含金建造中的赋存状态。认为金主要以细微的独立矿物分散在硫化物的微裂隙中,有少量的金是以类质同像形式存在于暗色矿物中,此外,吸附态也是金在岩石中,尤其是沉积岩中的一种重要存在形式。

在江南金矿成矿带,特别是在湘西地区的元古界地层的金矿床中往往伴有相当规模的 Sb、W 矿化,为了全面地阐明金矿床形成的地球化学背景,万嘉敏(1986)、涂光炽等(1987)和作者(1982、1987)还探讨了区内元古界钨的地球化学分布特征,认为区内元古界同样也是钨的含矿建造(矿源层),尤以湘西马底驿组最为重要。并确定钨主要是以吸附形式赋存于板岩中,同时还进行了钨在表生作用中的富集模拟实验(刘英俊等,1984)。

继这些开拓性工作之后,许多研究者(罗献林,1984;张理刚,1985;徐国风,1987;林兵,1988;郑明华等,1989;马东升等,1991)也对江南成矿带金矿床形成的地球化学背景进行了研讨,得出与前述研究成果一致的结论。近年,作者对元古界金矿赋矿地层的研究还确定了成矿元素金的贫化-富集地球化学共轭体系的存在,并阐明了其理论和实践上的意义。

(三) 金矿床的矿床学和成矿地球化学研究

对江南地区金矿床的研究,早期工作仅仅限于矿床地质特征的简单描述。随着研究手段的不断丰富和研究水平的不断提高,人们更多地引进了同位素地球化学和实验地球化学的新成果,并在研究过程中注意运用系统论的方法,将金矿成矿过程的源-运-储等基本环节统一起来,使得对区内金矿床地球化学特征及成因的认识更加深刻。

由于江南地区金矿成矿的特殊性,作者(1991)特将之命名为“江南型”金矿。现有研究成果表明,江南金矿成矿带内发育有以基底含金建造(元古界)为主,盖层含金建造为辅的多时代含金建造序列(刘英俊、马东升,1987)。江南型金矿严格受元古界浅变质岩系含金建造控制,其成

矿物质来源于易被活化的含金建造,成矿溶液来自建造水和变质水(并混有不同数量的大气降水),矿床为中低温热液矿床,是在弱碱-中性环境中形成的。在成矿流体中 Au 与 HS^- 组成 $[\text{Au}(\text{HS})_2]^-$ 络离子形式迁移,温度、 f_{O_2} 及 pH 的改变是导致金沉淀的主要原因。矿床属于层控-变质叠加型矿床,牛贺才等(1991)对湘西层控金矿的成矿作用地球化学模拟实验证实,其成矿与低温开放体系水/岩反应过程有关。

作者等(1987、1990、1991a、1991b)对成矿带内金矿床的成矿作用地球化学进行了系统研究。在研究过程中注意运用系统论方法,探讨金矿成矿过程中的地球化学特征,阐明了成矿元素贫化-富集共轭的地球化学现象,更进一步明确了成矿物质来自于赋矿围岩,解决了成矿过程中物质平衡问题。

在研究江南成矿带金矿成矿作用的同时,作者还着重探讨了各区段代表性矿床的原生和次生地球化学异常特征。经系统研究,指出在浙江金矿密集区内存在着 Au 、 Ag 、 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Co 等元素的区域性异常,揭示了在该区曾发生过相当规模的水/岩反应。通过研究认为, Ag 、 Hg 、 Co 、 As 、 Cu 、 Pb 、 Zn 以及各种综合指标——金的相关体系和多元回归式以及回归方程对矿化有较好的指示意义;并进一步指出, As 、 Sb 、 Hg 等元素是良好的远矿及矿上指示元素, Au 、 Ag 、 Cu 是近矿指示元素, V 、 Cr 、 Bi 则为矿下指示元素,这些研究成果对找矿工作具有重要的实际指导意义。

第二章 江南造山带的区域构造格架

一、江南造山带大地构造研究的回顾

江南造山带是扬子板块东南缘令人注目的构造单元,由于它是研究华南大地构造的关键,因而 70 多年来,国内外许多地质学家从不同角度对该区大地构造做了深入研究,取得了令人瞩目的成就和进展。

20 年代 Grabau(1924)提出华夏古陆的概念,拉开了华南大地构造理论研究的序幕。之后,黄汲清(1945)明确提出华南是由江南古陆、华夏古陆和两者之间的中上部古生代洋盆组成。至此,江南古陆作为华南主要的大地构造单元被划分出来。

50 年代以来,地台-地槽学说曾一度在中国大地构造研究中占统治地位。黄汲清(1954)、郭令智等(1963,1965),南京大学地质系(1966)等,用地台-地槽理论对华南大地构造作了论述,建立了扬子地台、江南地背斜及其东南侧不同时代地槽褶皱带的构造体系。张文佑(1959)从断块学说理论出发,也肯定了“江南台背斜”的存在。主要以地台-地槽理论以及由此而发展起来的大地构造学术思想,对华南大地构造研究作出了重大贡献,极大地推动了成岩成矿理论的发展(黄汲清,1977,1979;张文佑,1980;陈国达,1956,1977;南京大学地质系,1981;中国科学院贵阳地球化学研究所,1979)。但是,随着地质理论研究的深入和新的地质现象的不断发现,作为固定论代表的槽台理论对地质现象解释的局限性就越来越明显。

在 60 年代,大陆漂移的活动论思想在国际上东山再起,有力地冲击了槽台理论,从而建立了崭新的大地构造学说——板块构造学说。郭令智等(1977,1980,1983)率先把板块构造学说应用于华南大地构造研究,明确提出了江南古岛弧的概念,进而建立了扬子板块东南缘的沟-弧-盆体系,更加全面地对华南大地构造问题作出了解释,因而被广泛地应用并得到补充和发展。其他一些学者,如李春昱(1980,1981),乔秀夫(1981)、王鸿祯(1986,1987)等,也运用板块构造理论对华南大地构造进行了卓有成效的研究工作。而以许靖华(1987,1988,1989)为代表的一些大地构造学家又提出了华南为中生代碰撞造山带的新假说。水涛(1983)等详细研究了浙闽赣地区的沉积建造和区域构造,提出扬子板块和华夏古陆在晋宁期开始,沿江绍断裂带对接碰撞。

作为板块学说的深入和发展的地体学说越来越受到国内外地质学家的重视。郭令智,施央申等(1984a)最先将地体学引入中国,又给华南大地构造研究注入了新的活力。郭令智等(1984b)把江南造山带划分为五个地层地体,解释了用板块构造理论难以解释的一些地质问题。之后,对单个地体的特征和运动学、动力学机制又开展了较深入的研究,取得了可喜的成果(孙岩、舒良树等,1991;徐备,1992)。

二、江南造山带的区域构造分区

江南中-晚元古代造山带,是华南大地构造中极为引人瞩目的构造单元。东起浙东,西至桂北,沿NE方向延长千余公里。以醒目的弧形带状山链将扬子板块与华南造山带相分隔。沿此弧形山链断续出露有蛇绿岩碎块群,钙碱性火山岩和同熔型花岗岩体。这些特征表明扬子板块

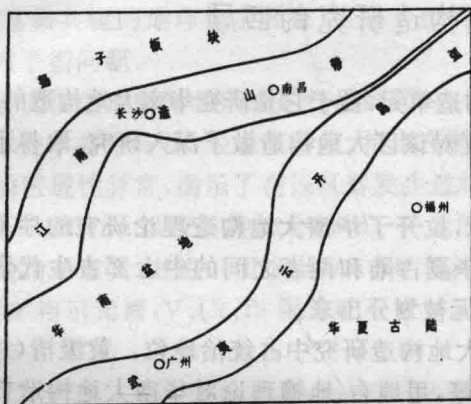


图 2-1 华南大地构造格架

(据刘宝珩等,1991,修改)

南缘江南造山带存在着早期活动大陆边缘沟、弧、盆系。据分布在各段的同位素年龄数据,如桂北本洞花岗闪长岩 $1\,432\text{Ma}$ (郭令智等,1980),广西细碧岩 $1\,667 \pm 247\text{Ma}$ (董宝林,1987),赣北细碧岩 $1\,515 \pm 241\text{Ma}$ (杨明桂,1988)和赣北蛇绿岩 $1\,024 \pm 30\text{Ma}$ (周新民等,1989),说明江南造山带的构造格架在中元古代已基本奠定(图 2-1)。

从晚元古代开始,俯冲铲刮型的大陆增生作用减弱,而为另一种地体整体拼贴所取代。其拼贴机制可以解释为随大洋岩石圈传送的,体积大、质量轻的地质体,在

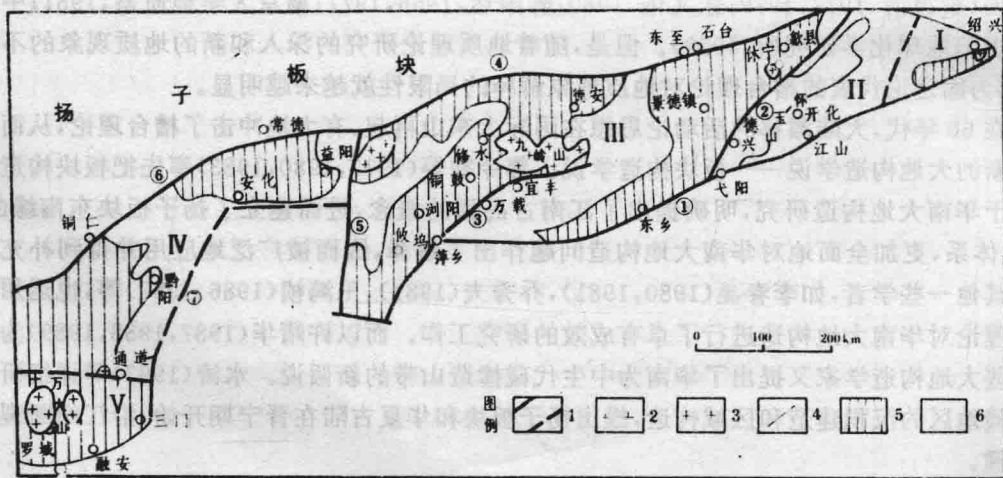


图 2-2 江南造山带构造分区图

I. 浙东地体; II. 怀玉地体; III. 九岭地体; IV. 雪峰地体; V. 黔桂地体。1. 实测或推测断裂; ①绍兴-江山-萍乡大断裂; ②赣东北断裂; ③南昌-万载-萍乡断裂; ④江南断裂; ⑤汨罗-湘潭断裂; ⑥湘-黔断裂; ⑦绥宁-溆浦-黔阳-安化断裂; 2. 中元古代花岗岩; 3. 晚元古代早期花岗岩; 4. 地质界限; 5. 中元古代-晚元古代早期地层; 6. 震旦纪-第四纪盖层

俯冲带不能同洋壳同时下冲,由于冲力和阻力对峙的结果导致地质体的边界与洋壳拆离,沿海沟大陆一侧俯冲,继之整体拼贴于大陆边缘,这种拼贴实属板块运动的一部分。此地体碰撞造

山作用可从不同地段基底岩石类型、构造性质、地球物理参数和成矿作用的差异表现出来。

为进一步探讨江南造山带的大地构造分区和矿产分布规律,笔者拟用地层地体的理论研究问题,在综合分析研究前人资料(郭令智等,1980;舒良树等,1991;徐备,1991)的基础上,将江南造山带分以下五个地层地体(图 2-2)来描述。

(一) 浙东地体(又称会稽地体)

位于江南造山带东北端,江山-绍兴断裂带以北的浙东地区。基底地层主要是中元古界双溪坞群,其上不整合覆盖了骆家门组、虹赤村组及震旦系。双溪坞群为一套中基性到中性酸性熔岩、火山碎屑岩为主的火山岩建造,夹有砂岩、砂砾岩、硅质岩和炭质页岩及灰岩透镜体。经低级绿片岩相的变质作用形成一套板岩、千枚岩和局部的绢云母片岩类的岩石组合。双溪坞群全岩 Rb-Sr 等时年龄 1 054Ma 和 Sm-Nd 全岩矿物等时年龄 987.4Ma(章邦桐等,1990),地层时代属中元古代。一系列的地球化学参数值和判别图中,双溪坞群均落入岛弧区。在横向上的变化,会稽山北麓绍兴平水一带,双溪坞群主要为富钠的熔岩(细碧岩、角斑岩和石英角斑岩),次为火山碎屑岩,总爆发指数为 30;而在龙门山南麓的富阳-常山一带,则主要为紫灰色中酸性火山碎屑岩(安山玄武岩、英安质和流纹质凝灰岩及熔结凝灰岩),次为熔岩,总爆发指数为 80 左右。这反映了前者处于古岛弧的外侧,而后者处于古岛弧的内侧。从岩性来看总的属亲洋俯冲杂岩(刘继顺,1992 年)。

与其对应的南侧为陈蔡地体,原为华夏古陆大陆边缘带岛弧沉积物。其岩性、物质组成和地球化学特征方面与双溪坞群有明显的不同。大约在 1 000Ma 年前开始与会稽地体拼贴,直到 800Ma 年前拼贴结束,其拼贴方式如图 2-3。在拼贴带内的岩石组合,沿江山-绍兴断裂强烈

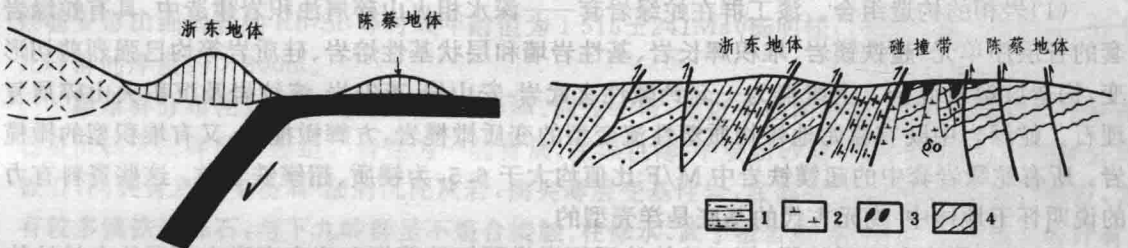


图 2-3 浙东地体与陈蔡地体拼贴示意图

(据刘继顺,1992)

1. 双溪坞群;2. 石英闪长质岩石;3. 超镁铁质岩石;4. 陈蔡群

变形,构造位移与叠置及糜棱岩化发育。岩石受高度挤压,发生塑性流动、动力变质及断裂重熔混合岩化,形成一套绿片岩、变粒岩和斜长角闪岩类岩石所代表的细碧角斑质火山复理石建造。此外,在拼贴带内还存在有双溪坞群,陈蔡群的超镁铁质、镁铁质岩块(辉石岩、辉石角闪岩、橄榄岩、角闪橄榄岩等)及洋壳碎片组成的构造混杂岩。断裂带内构造变形极其强烈,形成了长数十公里,宽数百米至数公里的韧性剪切带。岩石中常见花边压碎结构、糜棱岩结构、千糜状构造和糜棱状片状构造等。糜棱岩化晚期经重结晶作用常形成石英、绿泥石、绢云母、绿帘石等低级绿片岩相的矿物组合,云母、绿泥石多平行于糜棱状叶理生长,有时可见长英质压熔小透镜体沿碎裂面分布。在动力变质相对较弱的地段,可见到角闪岩相岩石的残留体。岩石这种强

烈的构造变形可以促使金的活化转移,因此,区域性的糜棱岩化带,也即两地体的拼贴带往往是良好的金、铜矿化带。

(二) 怀玉地体

该地体空间分布在赣东北断裂以东,东乡-江山断裂以北和建德-歙县断裂以南的皖、浙、赣边境三角地带。

地层序列由漆工群和上墅群组成,沿北东走向分布。漆工群是本区最老的地层,为海相火山碎屑浊积岩和蛇绿岩套组合,有强烈构造解体混杂堆积的超镁铁岩(橄榄岩、斜辉橄榄岩、变质橄榄岩),变辉长岩,细碧岩,玄武岩,硅质灰岩岩块。基质为层凝灰岩、凝灰质杂砂岩及蛇绿岩。该岩层沿东乡-弋阳-德兴-婺源-歙县延伸 200 多公里,厚 3 000 余米。其底部的凝灰质千枚岩 Rb-Sr 法同位素年龄 $1\,401\text{Ma}$ (朱训等,1983),周新民等(1989)测定歙县伏川超镁铁质岩 Sm-Nd 等时线年龄值为 $1\,024\pm 30\text{Ma}$,周国庆等(1990 年)获得德兴蛇绿岩 Sm-Nd 等时线年龄值为 $1\,154\pm 43\text{Ma}$ 。上述数据表明漆工群的形成时代属中元古代。

上墅群为一套火山喷发沉积岩系:下部为几百米厚的砂砾岩、变余杂砂岩,沉凝灰岩夹细碧岩,变玄武岩层;上部是 2 000 余米厚的灰绿色变玄武岩、安山岩、变英安岩、变流纹岩和变余沉凝灰岩建造,喷发韵律清晰,沉积岩中富含火山岩屑。这些地层广泛分布于阳登山、德兴叶家、湘西常山北及皖南歙县井潭等地。在弋阳登山、德兴板竹坑、开化张湾等地均可见到与下伏地层漆工群呈不整合接触。并在上墅组底砾岩中发现下伏铬铁矿蛇绿岩砾石(陈思本等,1988),显而易见,蛇绿岩早于上墅组。该层顶部变流纹岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 $817\pm 83\text{Ma}$ 。由上所述怀玉地体的地质演化历史在 $1\,400\sim 800\text{Ma}$ 之间。即中-晚元古代。

怀玉地体和相邻的九岭和雪峰地体相比,是岩相构造背景相差悬殊的古构造单元。

(1) 岩相的构造组合。漆工群在蛇绿岩套——深水相火山碎屑浊积岩建造中,具有蛇绿岩套的各层序单元。超镁铁岩、堆积辉长岩、基性岩墙和层状基性熔岩、硅质岩等均已强烈剪切形变,构造肢解或混杂。上墅群为一套钙碱性玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩及沉积火山碎屑复理石。蛇绿岩中既有原始地幔物质塑性流变型的变质橄榄岩,方辉橄榄岩,又有堆积型的橄榄岩。所有蛇绿岩套中的超镁铁岩中 M/F 比值均大于 6.5,为镁质、超镁铁岩类。这些资料有力的说明怀玉地体中-晚元古代的基底是洋壳型的。

(2) 岩石形变和变质较强。怀玉地体地层倾滑推覆韧性剪切和流变变形方面远比九岭地体强烈。地体边界的地层剧烈形变,远离了拼贴带地体的内部岩层也都普遍发生强烈剪切变形。层间褶皱、不协调褶皱较普遍,挤压透镜体、拉伸石香肠、韧性剪切破碎岩块到处可见。上述构造形变主要发生在震旦纪之前的地层,震旦系地层构造形变明显减弱。说明地层的强烈形变,主要由地体强烈碰撞引起的。

(3) 在怀玉地体内部,深成岩浆活动微弱。在中、晚元古代之前没有发育深成花岗岩体,仅发现小型中基性的斑岩体,说明该区地壳很不成熟。这些特征有力地说明怀玉地体中-晚元古代的基底是洋壳型的。不整合其上的上墅群巨厚钙碱性火山岩系又具有岛弧的特征,这又显示它并不是典型的洋中脊的产物。岛弧形复理石建造,成分复杂、火山碎屑含量高,矿物和结构成熟度低,砂泥比值小,统计值为 $1.1\sim 1.6$ 。舒良树(1991)^①对蛇绿岩套的上部单元——怀

^① 舒良树,1991,南京大学地球科学系博士论文。

玉基性火山岩的岩石化学和地球化学特征做了较为详尽的研究。丰富的地球化学数据和图解以及稀土元素的分布特征(富轻稀土, LREE/HREE 比值 1.77~1.79, Eu/Eu^* ① 为 0.940~1.01, Sm/Nd 为 $0.2\pm$, La/Sm 为 $3\pm$ 等), 都说明这套基性岩并非大洋中脊成因的玄武岩类, 它既具有大洋亲缘性, 又具有部分的岛弧亲缘性。因此, 怀玉地体形成最可能的古构造地理环境为边缘海。大致如现今的日本海所处的构造位置, 一侧邻陆、一侧靠岛弧, 基底为洋壳。古地磁的研究结果是该地体在中元古代时位于古赤道的位置, 是一外来地体。

(三) 九岭地体

九岭地体是江南造山带中部面积最大的一个地体, 面积逾 10 000km²。其边界分别被赣东北断裂(东南界), 南昌-万载-萍乡断裂(南界), 九江-石台断裂(北界)和汨罗-湘潭断裂(西界)所围限。以赣东北断裂与怀玉地体相拼贴。地层层序可分四个群: ①下九岭群; ②上九岭群; ③修水群; ④落可岷群, 它们均以近东西向走向延伸(江西省地质志, 1984)。

下九岭群沿九岭山北侧的修水、武宁、景德镇、婺源、祁门大面积出露。岩性为一套陆源碎屑岩, 泥砂质复理石和黑色泥岩沉积建造, 均已发生浅变质作用——板岩和千枚岩化, 富含浑圆状石英矿物, 表明沉积物成熟度高。该层迄今尚无可靠的同位素年龄数据。舒良树(1986)在该层黑板岩中发现了大量古藻类, 主要有小型光面小球藻、有皱缘小球藻、五连光球藻及瘤面小球藻等。据闫永奎鉴定其藻类组合极似长城系底部, 时代大约在 1 800Ma 左右。从目前所获得的资料, 这一数据可能是赣北乃至整个江南造山带中最古老的岩石。

上九岭群分布在九岭山南北坡, 为一套火山岩系。九岭山南坡的火山岩系的特征是强烈肢解、剪切破碎的蛇纹岩、辉石角闪岩、玄武岩、辉绿玢岩碎块, 空间上和层状细碧岩、角斑岩火山沉积复理石建造共生, 且以大小不一、形态各异的外来岩块的形式构造侵位于现在的位置。采自德安彭山细碧岩的 Rb-Sr 等时线年龄值为 $1\,515\pm 241\text{Ma}$ (杨明桂, 1988), 属中元古代。整个九岭群的厚度约 7 800m。

修水群分布在九岭山北侧的修水、彭泽、铜鼓一带, 呈近东西向分布, 为浅海相泥砂质复理石及沉积火山碎屑岩建造。岩性为一套青灰、灰黑色薄-中层粉砂质-泥灰质板岩, 绿泥绢云母板岩, 间夹青灰色变粉屑-细屑沉泥灰岩, 偶夹薄层变基性岩, 底部有 20 多米厚复成分砾石, 含有较多镁铁岩砾石, 与下九岭群呈不整合接触。在修水、武宁板岩地层中盛产古植物化石计有: *Margominusula rugosa* Naum, *Protoleiosphaeridium intratum* Andr. *Protosolidum* Liu et Sin, *Leiopsophosp minor* Schep., *Trachys phaeridium hyolinum* Sin et liu, *Pseudozonosphaera sinica* Sin et Liu, *Leiominuseula minuta* Naum 等 12 属 21 种之多。其组合微古特征与华北蓟县系串岭组相当。其时代 10~14 亿年, 厚度 4 040~4 790m。

落可岷群(上元古界)分布不广, 零星分布在武宁-彭坪县等地。为一套前陆盆地磨拉石建造。下部为巨厚层状泥灰质角砾岩、火山角砾岩夹少量泥灰质砂岩和泥灰质板岩。上部为紫红色中厚层状砾岩和泥灰质砂砾岩, 与上、下地层均呈不整合接触。其厚度仅 200m 左右, 最厚可达 800m。

从沉积建造不难看出, 九岭地体中-晚元古代以陆壳为背景的演化过程。岩石构造组合可概括为五种类型: ①下九岭群石英砂岩-砂岩-页岩组合; ②上九岭群玄武岩-细碧岩-角斑岩-火

① 注: Eu^* 为陨石中的 Eu。

山碎屑岩组合;③上九岭群沉积火山碎屑岩-浊积岩组合;④修水群泥砂质复理石建造;⑤晚元古代堑青砂线石花岗岩。依次对应于被动大陆边缘-岛弧-前陆盆地-继承盆地-碰撞造山带五种构造背景。九岭地体地质历史的演化以被动大陆边缘地壳基底为基础,不仅有如上的岩石构造组合特征,还有以下资料来说明:如沉积物成熟度高,富含浑圆状石英和陆源碎屑矿物,复理石成分中砂/泥比值大(统计值为2.4),化学成分以 SiO_2 、 K_2O 和 Fe_2O_3 含量高为特征。

原始沉积物构造指示蚀源区在北面,且水深度不大。地球物理资料说明它与扬子板块为区域断裂接触,推测在中元古代早期它是扬子大陆的南延部分,同属古冈瓦纳大陆。后来,由于板块俯冲诱发的拉伸作用,将它从古大陆块中裂解出来,其成因应叫做古大陆碎块。中晚元古代九岭陆块,开始和扬子板块发生对接碰撞,形成修水-婺源-祁门一带九岭群岛弧型钙碱性火山岩链。直至晚元古代大片改造型花岗岩的形成,标志着九岭地体俯冲运动的终结,造山作用大陆化的开始。从目前掌握的资料,10~8亿年前是九岭地体花岗岩形成的高峰时期,形成一系列巨大的花岗岩体,总面积数千平方公里。如九岭山的改造型堑青石黑云母花岗岩基,同位素年龄为935.7~937.1Ma(南京大学地质系,1981),地体东端的皖南许村花岗岩为991Ma(黑云母K-Ar法测定),休宁花岗岩为913Ma(黑云母K-Ar法)。至此,九岭地体地壳已经比较成熟。综上所述不难看出九岭地体具有明显的大陆地壳亲缘属性。

根据以上同位素年龄和古生物的证据,九岭地体的发展历史大致在17~8亿年之间,其基底地层的时代在江南造山带可能是最古老的。值得提出的,在九岭地区还可能存在早元古中晚期更老的地层。马长信(1990)在赣北的九岭地体障公山下九岭群变质岩中获得了1930±162Ma年的Sm-Nd等时线年龄值。但是,就赣北乃至整个江南造山带基底来说,应主要是中、晚元古代的岩石所构成。

(四) 雪峰地体

该地体东以湘江断裂与九岭地体相分隔,北界为湘黔断裂,南界是绥宁-黔阳-溆浦-安化断裂带。行政区划属湘西地区。中元古代该区为扬子板块的活动大陆边缘,表现为沟弧增生大陆边缘,元古代末期为地体整体拼贴增生所取代,至震旦系雪峰地体拼贴完毕。

雪峰构造沉积区,主要是中、晚元古代的碎屑浊流沉积岩。其层序组合,下部为中元古代的冷家溪群,上部为晚元古代的板溪群。

冷家溪群主要分布在冷家溪、桃源和唐家园等地,是一套岩性单调,韵律性好、变质不深、厚度巨大的杂砂岩、泥质岩和含凝灰质细碎屑岩组成的典型复理石建造。底部夹较多的白云岩、灰岩等钙质团块,顶部夹砂岩、经低级变质作用形成以灰绿色的条带状及千枚状板岩为主夹砂岩的一套地层。所见古植物化石有:*Asperatopsophosphaera uminensi*, *Polypolata obsoleta*, *Trematosphaeridium holtedahlii minutum*, *Leiofusa bicornuta*, *Protoleiosphaeridium sarediforma*, *Archeoh ysierichos pahaeridium sorediforma*, *Archeoh ysierichospahaeridium Semidansum*等,这些微古化石的组合,总貌同赣北双桥山群基本相似(湖南省地质志,1988年)。该层所夹火山岩大部分为基性熔岩,含科马提质玄武岩,少部分为超基性岩熔岩。冷家溪群可见最大厚度25000m。

板溪群在雪峰地区广泛分布,其层序可分上、下两组,下为马底驿组,上为五强溪组。马底驿组同冷家溪群呈角度不整合接触(东安运动)。其岩性底部由紫红色及少量灰白色厚层至块状变质石英砾岩、含砾砂岩和石英粗砂岩等粗碎屑岩为主的岩层组成。向上部则变为紫红色少