

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产

第 48 号

浙东南金矿类型及成矿预测

郑永来、戴雪金、郑明强、陈景尧、王如松、黄

地质出版社

P
406
141-1
48

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

四 矿床与矿产 第48号

浙东南金矿类型及成矿预测

郑人来 韩梦合 吴明涵 周乐尧 王华田 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

内 容 提 要

“中国东部金矿地质研究”科研成果分地质专报和文集两个系列陆续出版。文集是地区性的科研成果，专报是对文集的概括性总结。

本专报是根据国家“七五”重点科技攻关项目“中国东部隐伏矿床研究”下属“浙东南金矿类型及成矿预测”课题研究成果编写而成的。该项研究确定了浙东南中元古代双溪坞群，早元古代陈蔡群为含金建造，双溪坞群（平水群）海相细碧角闪岩和陈蔡群（八都群）黑云斜长片麻岩为金的矿源层（岩），阐明了绍兴-江山断裂带具有韧性剪切带性质并经历了二次变形变质及其对金成矿的控制作用；查明了浙东南中生代火山岩的含金性和火山构造的控矿形式；划分了变质热液型、火山热液型和火山热液改造型三种不同类型的金矿床，并重点研究了它们的时空联系、控矿地质因素和成矿物质来源，建立了三类金矿床的成矿地质地球化学模式；归纳总结了多种地质、地球化学和地球物理找矿标志；应用数学地质方法，提取了金矿成矿的综合信息，对浙东南金矿进行了综合信息成矿预测。

本书内容丰富，资料翔实，在成矿地质、地球化学领域中具有较高的学术水平，在矿床建模和成矿预测等方面有重要的理论和实际意义，反映了当前国内外成矿领域研究的发展趋势。

本书可供从事金矿地质、地球化学工作的勘查人员，科研人员和大专院校的教学人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

浙东南金矿类型及成矿预测：地质专报 四·48/郑人来等著．-北京：地质出版社，1994.8

ISBN 7-116-01646-5

I. 浙… II. 郑… III. ①金矿床-类型-浙江②金矿床-成矿条件-浙江 IV. P618.510.1

中国版本图书馆CIP数据核字（94）第03487号

地质出版社 出版发行

（100013 北京和平里七区十号楼）

责任编辑：邵晓东

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：8.75 铜版图：2页 字数：200 000

1994年8月北京第一版·1994年8月北京第一次印刷

印数：1—600册 定价：7.90元

ISBN 7-116-01646-5

P·1331

序 言

黄金是我国目前的急需矿种，在国民经济中占有重要的地位，在一些重要的工业及国防工业上具有其他元素难以替代的用途。同时，它又是国防贸易的硬通货。尤其是我国实行对外开放政策以来，其重要性更是与日俱增。为此，我省对黄金地质工作投入了大量的人力物力，虽取得了一定的收效，但资源形势仍十分严峻。为了改变这种局面，有必要进一步认识浙东南火山岩区金矿的成矿规律，提高区域成矿预测的能力。因此，在“七五”期间由国家计委及地质矿产部所组织的“中国东部隐伏矿床研究”项目中，设置了“浙东南金矿类型及成矿预测”研究专题。本书即是在该专题研究最终成果的基础上，经作者提炼、缩编而成的。

本区地质研究程度较高。广大地质工作者，特别是一些著名的地质学家，为寻找国家急需的金矿资源，以他们的辛勤劳动和卓越的理论，对本区金矿资源的普查勘探和科学研究作出了很大贡献。所有这些，都为我们深化本区区域成矿规律的研究，创造了良好的条件。

本书提出了一些明显不同于前人的新认识，有它自己的特点，概括起来有以下诸方面：

1. 通过对重力场和磁场的研究，揭示了浅部控矿构造与中深部古构造的配置关系，为地球物理找矿指出了方向。

2. 确定了双溪坞群及其下部超镁铁质岩为中元古代蛇绿岩套。这不仅丰富了基础地质研究的内容，而且开扩了金矿的找矿思路。

3. 对三种类型金矿床的原生晕进行了研究，确定了指示元素，建立了地球化学异常模式，为深部预测、异常评价、剥蚀深度判别提出了依据。

4. 通过对岩石多元素R型因子分析、金的高温高压活化淋滤实验和物相分析，揭示了金在地层（岩石）中的赋存状态及活化迁移规律，确定了双溪坞群细碧角斑岩和陈蔡群黑云斜长片麻岩为浙东南金矿成矿的主要矿源层（岩）。

5. 进行了绍兴-江山断裂变质带的断裂性质、岩石变质变形构造、超显微构造、应变参数以及金元素在构造蚀变作用下的性状等方面的研究。

6. 通过对火山旋回及其岩石组成、火山建造以及金银和微量元素的研究，确定了本区中生代火山岩中金、银、铜、铅、锌等20多种化学元素的背景含量，发现火山岩中成矿微量元素具有富银、铅、锌，而贫铜的特点；阐明了火山构造控矿形式和控矿的火山构造环境，对火山岩区找矿具有指导意义。

7. 通过对三种类型主要金矿的研究，结合区域成矿条件，建立了矿床成矿模式。此外，还在治岭头金矿区中生代火山岩底部古风化壳中首次发现了含金石英脉角砾，为确定治岭头金矿床在中生代火山作用之前即已成矿提供了有力证据。

8. 在总结了本区金矿控矿地质条件、地质找矿标志和探讨了找矿方向的基础上进行了综合信息预测，确定了若干个成矿远景区和找矿靶区，为本省部署“八五”金矿地质工

作提供了依据。

本专题成果是由南京地质矿产研究所王华田、袁旭音，南京大学刘英俊、孙承轅、沙鹏，地质矿产部物化探研究所伍宗华、金仰芬及浙江省地矿系统俞云文、何仲朗、刘平山、尤贤华、叶有钟、叶桂顺、陈炳森、金杰、张锡军、郑人来、韩梦合、吴明涵、周乐尧、邱郁双、水涛、赵炎明、俞文娟、许畸等共同完成的。整个工作是在地质矿产部和浙江省地质矿产厅领导的关怀下，在部科技司、沈阳地质矿产研究所张炳熹、秦鼎、韦永福、毋瑞身等专家指导下进行的，并得到浙江地科所所领导的重视和地质三队、四队、七队、区调队、物探队、诸暨璜山金矿及有关院校、测试单位的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

本成果承蒙张炳熹、朱安庆、石淮立、陆春榕、秦鼎、韦永福、李树勋、陈如意、高鸿泰、陆正敏等各位专家进行了审阅和评定，并给予了高度的评价和热忱的鼓励，也提出了宝贵的意见。本书已参照各位专家的意见作了修改和补充。作者谨向以上各位专家表示诚挚的敬意。

本书是在专题和Ⅱ级专题报告的基础上，由郑人来主编写成，其中第二章第一、二节由韩梦合执笔；第三节由吴明涵执笔；第三、六章由周乐尧执笔；其余各章节及序言、结语均由郑人来执笔；全书修改和定稿工作由郑人来、韩梦合完成；书中英文摘要及图表名称由周乐尧、林兵完成；图表、照片由吴明涵、韩梦合完成。

目 录

序言

第一章 浙东南区域地质构造背景与地球物理、地球化学场特征	(1)
第一节 区域地质构造背景.....	(1)
第二节 区域地球物理、地球化学场特征.....	(8)
第二章 浙东南金矿床类型及其地质特征	(14)
第一节 金矿床主要类型.....	(14)
第二节 各类典型金(银)矿床的地质特征.....	(14)
第三节 金矿床成矿物理化学条件.....	(40)
第四节 金矿床的成因.....	(48)
第三章 浙东南金矿床原生地球化学异常特征	(55)
第一节 金矿床原生地球化学异常指示元素和异常下限的确定.....	(55)
第二节 矿床原生地球化学异常展布特征.....	(55)
第三节 原生地球化学异常元素组合和异常分带特征.....	(61)
第四节 原生地球化学异常模式及其找矿意义.....	(64)
第四章 浙东南金矿床控矿条件	(66)
第一节 变质基底对金矿的控制作用.....	(66)
第二节 火山岩的控矿作用.....	(71)
第三节 构造对金矿的控制作用.....	(79)
第四节 围岩蚀变的控矿作用.....	(87)
第五节 金的成矿作用受多种成矿物质来源控制.....	(96)
第五章 浙东南金矿成矿机理与成矿模式	(108)
第一节 金的迁移和沉淀机制.....	(108)
第二节 矿床成因模式.....	(110)
第六章 找矿远景区的预测	(112)
第一节 找矿标志.....	(112)
第二节 找矿方向.....	(114)
第三节 找矿远景区预测.....	(115)
结语	(120)
参考文献	(121)
图版及其说明	(121)
英文摘要	(127)

CONTENTS

Proface

Chapter I Regional geological tectonic setting and characteristics of geophysical and geochemical field in the southeastern Zhejiang	
.....	(1)
1.Regional geological tectonic setting	(1)
2.Characteristics of regional geophysical and geochemical field	(8)
Chapter II Classification and geological characteristics of gold deposits in the southeastern Zhejiang	
.....	(14)
1. Main metallogenic types of gold deposits	(14)
2.Geological characteristics of typical gold(silver)deposits	(14)
3.Metallogenic physicochemical conditions of gold deposits.....	(40)
4.Genesis of gold deposits.....	(48)
Chapter III Characteristics of primary geochemical anomaly of gold deposits in the southeastern Zhejiang	
.....	(55)
1.Determination of indicator elements and threshold of primary geochemical anomaly of gold deposits in the southeastern Zhejiang	(55)
2.Distribution characteristics of primary geochemical anomaly of gold deposits.....	(55)
3.Indicator elements associations and zonation characteristics of primary geochemical anomaly	(61)
4.Model of primary geochemical anomaly and its prospecting significance.....	(64)
Chapter IV Conditions-controlling gold deposits in southeastern Zhejiang	
.....	(66)
1.Metamorphic basement control of gold deposits	(66)
2.Volcanic rocks control of gold deposits.....	(71)
3.Structure control of gold deposits	(79)
4.Wallrock alterations control of ore deposition.....	(87)
5.Control of gold metallization by multiorigin of ore forming materials.....	(96)
Chapter V Ore-forming mechanism and model of gold deposits in southeastern Zhejiang	
.....	(108)
1.Mechanism of gold migration and deposition	(108)

2.Genetic model of mineral deposits.....	(110)
Chapter VI Prognosis of prospecting area	(112)
1.Prospect criteria	(112)
2.Prospecting directions.....	(114)
3.Prognosis of prospecting area	(115)
Conclusion	(120)
References.....	(121)
Plates with explanations.....	(121)
Abstract in English	(127)

第一章 浙东南区域地质构造背景与 地球物理、地球化学场特征

第一节 区域地质构造背景

本文所论浙东南地质构造位置，相当于扬子板块东安—雪峰期江南岛弧褶皱系北东端和华夏板块的武夷—云开加里东岛弧褶皱系。二构造单元以绍兴—江山断裂（古缝合线）为界^①（图 I-1）。

对浙东南大地构造属性，一直颇多争论。早在1924年葛利普根据泥盆系底部砂岩不整合在变质基底之上，提出了华夏古陆的概念，曾一度作为我国东南沿海地区大地构造属性

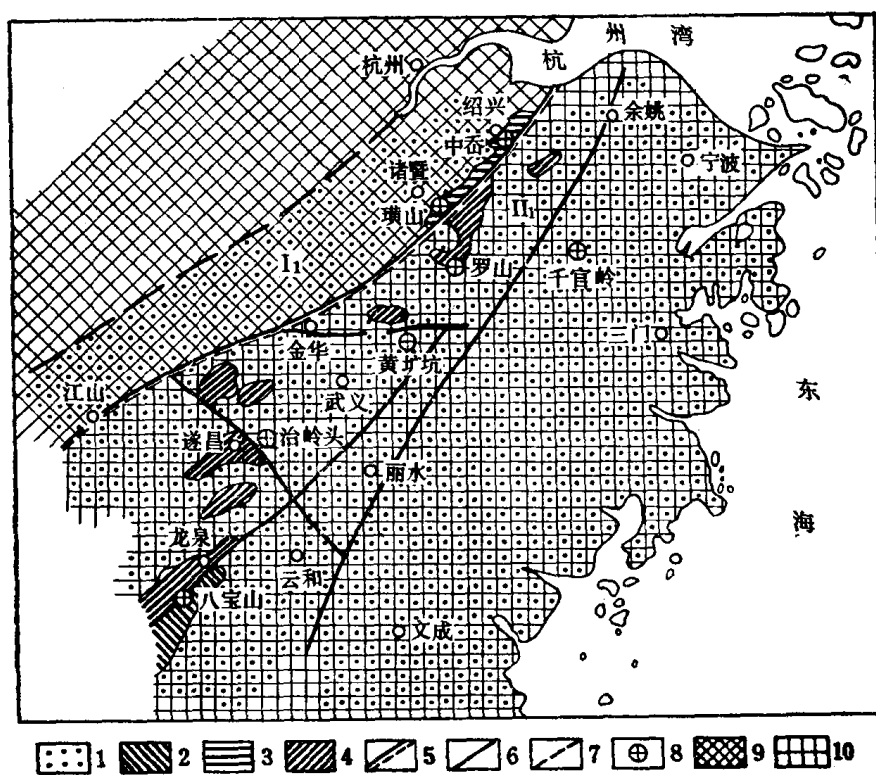


图 I-1 浙东南地质构造示意图

Fig. I-1 Sketch tectonic map of the southeast Zhejiang province

1—中生代火山岩；2—中晚元古代龙泉群；3—中元古代双溪坞群；4—早元古代陈蔡群；5—深断裂（古缝合线）；6—深断裂；7—推测深断裂；8—矿点；9—扬子板块；10—华夏板块；I₁—东安—雪峰期江南岛弧褶皱系；II₁—武义—云开加里东岛弧褶皱系

① 郭令智等，论华南区域大地构造格架形成和地壳演化规律。

的归结。但黄汲清(1945)则把它定为加里东构造区,认为有可能属于较新时代的构造基底。60—70年代,曾在福建南溪和浙江象山石浦发现上古生界,故认为华夏古陆不存在,视为华力西褶皱带。至80年代,板块学说作为新的理论依据以及同位素年龄测试技术的发展,则又推进了我国东南沿海大地构造的研究和认识程度。最近几年测了一批相当于早中元古代变质基底的同位素年龄值,这一发现,使华夏古陆是否存在的问题,再度引起关注。认为华夏古陆存在的学者,把浙东南变质岩系看作是古陆的基底,并认为华夏古陆曾向北漂移,与北侧江南古陆对接碰撞,绍兴-江山断裂带即为二者的对接带(水涛等,1988);持华夏古陆不存在观点的学者,则指出中国东南沿海的早、中元古代构造层并非是一块完整的古陆,而是一些被震旦纪一早古生代海洋所分离的岛弧隆起,认为中国东南大陆边缘自元古宙以来就以沟-弧-盆形式向洋增生扩张(兰玉琦等,1990)。

作者新近在研究区域地质构造和成矿作用的基础上,结合所获得的同位素年龄资料认为,浙东南地区确实存在大于1400Ma的早中元古代变质基底。八都群的年龄可达2400 Ma,超过江南古陆任何变质基底的地层年代。根据我们对浙东南陈蔡群(八都群)原岩沉积建造、岩石组合、变质程度以及褶皱形态的复杂性等方面的研究,认为均与江南古陆变质基底存在明显的差异。此外,在紧临绍兴-江山断裂带北侧平水一带,发育有未成熟岛弧型双溪坞群中一基性(钙碱性)火山岩建造。基于这种认识,推断早晋宁期可能存在华夏板块(洋壳)(图 I-1)以绍兴-江山断裂带为缝合线,向扬子板块的俯冲,并伴随有会稽山双溪坞群古岛弧的形成。而不整合叠置于双溪坞群火山岛弧之上的骆家门组、虹赤村组和上墅组,则属于拉张环境下形成的弧后盆地沉积。它们在晋宁运动强烈的挤压应力的持续作用下,发生了褶皱和变质,并有花岗岩的侵入。而在震旦纪至早古生代进入了松弛拉张阶段,在江南弧后盆地发育了一系列上叠盆地(兰玉琦等,1990),接受碳酸盐及复理石沉积。南侧华夏板块残洋盆地则接受了火山喷发和碎屑沉积。古生代末期,江南弧后盆地和残洋盆地闭合,使华夏板块和扬子板块联成一体(图 I-1)。从而建立了浙东南自元古宙以来至古生代由洋壳演化发展为大陆壳的几个阶段和构造模式。尔后进入大陆边缘活动阶段,伴随有陆相火山喷发沉积和岩浆侵入,从而结束了浙东南地壳构造的演化历史(表 I-1)。

一、基 底 地 层

本研究区前古生界基底变质岩系研究程度较低。根据变质岩岩石组合、变质相、变形特征及区域对比和形成的地质构造环境的不同,可将其划分为双溪坞群(平水群)、陈蔡群(八都群)和龙泉群。

(一) 双溪坞群(平水群)

主要分布于会稽山古岛弧区,紧邻绍兴-江山断裂带,呈北东东或北东向展布,出露范围较小,局限于绍兴中嵛、平水至诸暨王家宅一带。主要由岛弧相中一基性火山熔岩和中酸性火山碎屑岩组成,包括细碧岩-石英角斑岩、细碧质凝灰岩、中酸性含砾凝灰岩夹碧玉层(岩)。其中细碧岩具交织结构,杏仁状构造(图版 I, 图1)。双溪坞群以富钠质为特征,属钙碱性岩系。原岩受到变质(绿片岩相一角闪岩相)和退化变质作用,发育一套较典型的变质岩和混合岩化重熔石英闪长岩(图版 I, 图2)。

目前,对双溪坞群的时代究竟归属于中元古代还是晚元古代尚有争论,但最近根据南

表 I-1 浙江省不同构造演化阶段的地层顺序和建造

Table I-1 Strata sequence and formations of different tectonization periods in the Zhejiang province

地壳发展阶段	地质时代		浙 西 北 区 (江南弧后盆地)		浙 东 南 区 (华夏古板块)	
			地层系统	主要建造类型	地层系统	主要建造类型
大陆边缘活动阶段	新生代	Q	第四系	冰川湖海沉积	第四系	泛河湖海沉积
		N			嵊县群	基性熔岩夹泥砂沉积
		E			长河组	泥砂砾沉积
	中生代	K ₂	金华组	陆相红层夹玄武岩建造	上白垩统	河湖相沉积夹火山岩建造
		K ₁	方岩组		永康群	(主要含金建造)
		J ₃	建德组	陆相碎屑沉积和酸性火山岩建造	磨石山群	陆相火山碎屑岩和熔岩建造(主要含金建造)
		J ₂	中侏罗统	陆相含煤碎屑建造	毛弄组	陆相含煤碎屑及火山岩建造
		T ₃			?	
		T ₃			乌灶组	含砾粗砂岩建造
古板块俯冲演化阶段	古生代	T ₁₋₂	青龙群	弧后盆地拉张环境下形成的浅海相碎屑岩、碳酸盐建造夹海相火山岩建造		
		P	二叠系			
		C	石炭系			
		D ₃	上泥盆统			
		S	志留系			
		O	奥陶系			
		Є	寒武系		鹤溪群	火山-沉积建造(局部沉积)
	元古宙	Pt ₃	震旦系 上墅组 虹赤村组	岛弧和弧后盆地过渡相中基性、酸性火山-沉积建造	龙泉群	边缘海盆中一基性火山-沉积建造(局部沉积)
			骆家门组			
		Pt ₁₋₂	双溪坞群 (平水群)	岛弧中-基性火山岩(熔岩)和中酸性火山碎屑岩建造(含金建造)	陈蔡群 (八都群)	海相复理石碳酸盐建造夹中-基性火山岩建造(主要含金建造)

京大学章邦桐等(1990)在平水双溪坞群细碧角斑岩中测得Sm-Nd等时线年龄值为934—1022 Ma, 应属中元古代, 而富阳章村双溪坞群上部层位的中—酸性火山碎屑岩测得年龄值为875—903 Ma (程海, 1989), 属晚元古代。据此可以认为, 绍兴平水一带的双溪坞群层位偏下, 时代偏老, 应该置于中元古代比较合适。

双溪坞群下部为中基性火山岩组合, 而上部为中—酸性火山碎屑岩组合, 这套岛弧相钙碱性火山岩系与现代板块聚敛边界的火山沉积建造有许多相似之处。该区早期形成的细碧岩和火山浊流复理石沉积常见于水下初始弧或未成熟岛弧, 而晚期的安山岩、英安岩及

中酸性火山碎屑岩为主的火山沉积建造,为已进入成熟岛弧演化阶段的产物(兰玉琦等,1990)。而在诸暨石角一带双溪坞群底部出现了一套具花岗变晶结构(图版I,图3)、球状构造(图版I,图4)的无根超镁铁质岩,说明本区有萎缩古大洋的标志性遗迹的存在。再考虑到组成双溪坞群的特殊地层序列、岩石组合类型及结构构造等特点,认为这套岩系同阿曼的塞迈尔、塞浦路斯的特罗多斯以及芬兰的岛湾等典型蛇绿岩套相类似^[1]。

(二) 陈蔡群(八都群)

主要出露于武夷-云开加里东岛弧褶皱系龙泉-陈蔡一带。岩性为一套中-深变质的片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩及大理岩,普遍发育有程度不等的混合岩化。陈蔡群变质岩系被侏罗-白垩系火山岩大面积覆盖,出露极为零星,加之又被后期推覆构造严重破坏,因而多呈小的断块或“构造窗”形式分布。在研究区的西南部,这些断块自北东向南西作有规律的左行雁列式排列,单个断块及其中变质岩的片麻理走向则为北东向,它们依次是龙游溪口-塔石断块、遂昌大柘断块、遂昌高亭断块及龙泉断块,其总的排列方向为北北东-南南西方向(图I-1)。此种构造格局的形成可能与基底北西-南东向挤压力所派生的北北东向剪切应力有关。

陈蔡群长期以来被置于前中生代或前泥盆纪。自80年代以来,许多研究者陆续取得一批有关陈蔡群的同位素年龄资料,其中包括遂昌大柘陈蔡群Rb-Sr全岩等时线年龄值1569 Ma(郑人来等,1985),龙泉八都陈蔡群碎屑锆石U-Pb年龄值2004 Ma(许金坤,1989),表明陈蔡群原岩成岩时代应为早元古代。同样在该区陈蔡群中还测得Rb-Sr全岩等时线年龄700 Ma(浙江省第七地质大队,1989)和674 Ma(水涛等,1988)以及K-Ar模式年龄323—388 Ma(浙江省第七地质大队)等年龄值。这两组变质年龄,反映华夏古板块俯冲时所产生的区域变质作用(晋宁运动)和区域热动力变质作用(加里东造山运动)对陈蔡群的影响。因而,陈蔡群相当于华夏古板块俯冲前大洋古陆残块^[2],是目前中国东南大陆边缘发现的最古老的陆壳。

(三) 龙泉群

主要分布于龙泉东南一带以及庆元西南与福建省交界处。岩性为一套浅至中等变质的片岩、片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩、角闪岩及大理岩。与陈蔡群呈断层接触。据特征变质矿物和变质矿物组合,龙泉群应属绿片岩相到绿帘角闪岩相。其原岩为一套基性火山岩、砂质泥岩和碳酸盐岩石组合,属中晚元古代边缘海拉张形成的一套火山-沉积复理石建造。

二、中生代陆相火山-沉积建造

中生代,浙东南处于大陆边缘活动阶段,断陷和断裂盆地相继形成,火山活动强烈,河湖相沉积发育。中下侏罗统呈北东向带状分布,主要为河湖相碎屑沉积建造偶夹煤层,局部有中酸性火山碎屑岩层;上侏罗统在浙东南地区广泛分布,为一套巨厚的火山-沉积岩系。由钙碱性系列富钾英安质、流纹质火山岩,火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩组成。白垩系受北北东及近东西向张性断陷盆地控制,盆地内以红层为主,夹厚薄不一的火山岩。上侏罗统大爽组、高坞组及下白垩统朝川组为主要含煤建造。

(一) 中下侏罗统枫坪组和毛弄组

分布于松阳枫坪、毛弄及龙泉西南等地,出露零星。主要岩性为砂砾岩、泥质粉砂岩

和泥质岩，内夹薄层无烟煤和碳质页岩。毛弄组中尚见多层酸性和中酸性凝灰岩夹层，总厚度数百米。

（二）上侏罗统磨石山群（建德群）

广泛分布于浙东南地区为一套巨厚的陆相火山岩建造，呈不整合覆盖于变质基底和中、下侏罗统之上，在浙西北区称建德群。磨石山群自下而上划分为大爽组、高坞组、西山头组、茶湾组、九里坪组，前三组为燕山期火山活动第一旋回的产物，主要由酸性火山碎屑岩、熔结凝灰岩、多屑熔结凝灰岩夹中性、中酸性熔岩及沉积岩组成。上部二组为燕山期火山喷发第二旋回的产物，旋回下部由凝灰质砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩、沉凝灰岩组成，或由中性熔岩、酸性火山碎屑岩间夹沉积岩组成；旋回上部主要为一套较单一的酸性熔岩，局部地区夹沉凝灰岩、沉积岩及酸性火山碎屑岩，偶夹中酸性及中性熔岩。

（三）白垩系永康群

为一套红色地层，多在火山岩中呈断陷盆地展布。自下而上分为馆头组、朝川组、方岩组、塘上组及赖家组等5组。下部三组为燕山期火山活动第三旋回的产物；上部二组为燕山期火山活动第四旋回的产物。由于各盆地形成时间和断陷速率的差异，导致堆积物的成分和厚度亦有所不同。馆头组主要分布于白垩系火山盆地的边部，由泥岩、粉砂岩夹砂岩和凝灰质砂岩组成，局部偶见熔结凝灰岩和安山岩，底部常见砂砾岩；朝川组发育于白垩系盆地内部，常不整合覆盖于馆头组和上侏罗统火山岩系之上，为陆源断陷盆地沉积，并伴随多次火山活动，形成陆源碎屑岩-中酸性熔岩或火山碎屑岩堆积。方岩组发育于永康、武义、松阳和老竹等盆地内，其岩性为紫红色砂砾岩夹砂岩和粉砂岩。塘上组、赖家组在浙西北称为金华组，岩性变化大。塘上组为粗面岩、安山岩夹砾岩、晶屑熔结凝灰岩或粗面流纹岩，在缙云、马鞍山一带为流纹岩夹沸石化角砾凝灰岩、珍珠岩、松脂岩所代替。赖家组主要为紫红色钙质泥质粉砂岩夹基性火山岩。

三、岩浆侵入活动

浙东南的岩浆活动十分频繁，是东亚濒西太平洋岩浆活动带的重要组成部分。岩体产状以岩株、岩枝为主，岩基甚少（图 I-2）。在岩石类型上，超基性、基性、中性、中酸性、酸性和碱性等各大岩类均有不同程度的发育，但以酸性、中酸性岩类为主。在地质时代上，可划分为晋宁、加里东、印支、燕山和喜马拉雅等5个活动时期，其中晋宁期和燕山期是浙东南地质历史上重要的岩浆活动时期。晋宁期以二长花岗岩、花岗闪长岩、花岗岩为主，主要分布于绍兴-江山断裂带附近。加里东期以基性和酸性侵入岩为主，分布局限，仅见于龙泉墩头、下湾及龙游上北山等地。印支期侵入岩为数甚少，主要为二长花岗岩，大致沿绍兴-江山断裂带南西侧分布。燕山期侵入岩甚为发育，分布广泛，分早、晚两期，早期最强烈，晚期稍逊，以酸性—中酸性岩类为主，有花岗（斑）岩、钾长花岗岩、二长花岗岩、石英二长岩及石英闪长岩等，岩体规模大小不一，从100 km²的岩基到几平方公里的岩株、岩瘤、岩脉均有。喜马拉雅期以基性岩为主，沿北北东向、东西向深（大）断裂带附近出露。

根据已有资料，浙东南晋宁期与喜马拉雅期的侵入岩属幔源型和地壳重熔型；加里东、印支和燕山期侵入岩属同熔-改造型。需要特别指出的是，绍兴-江山断裂带附近出露的晋宁期花岗岩系列（钙碱性系列）是华夏古板块向扬子古板块俯冲时，与造山活动有关

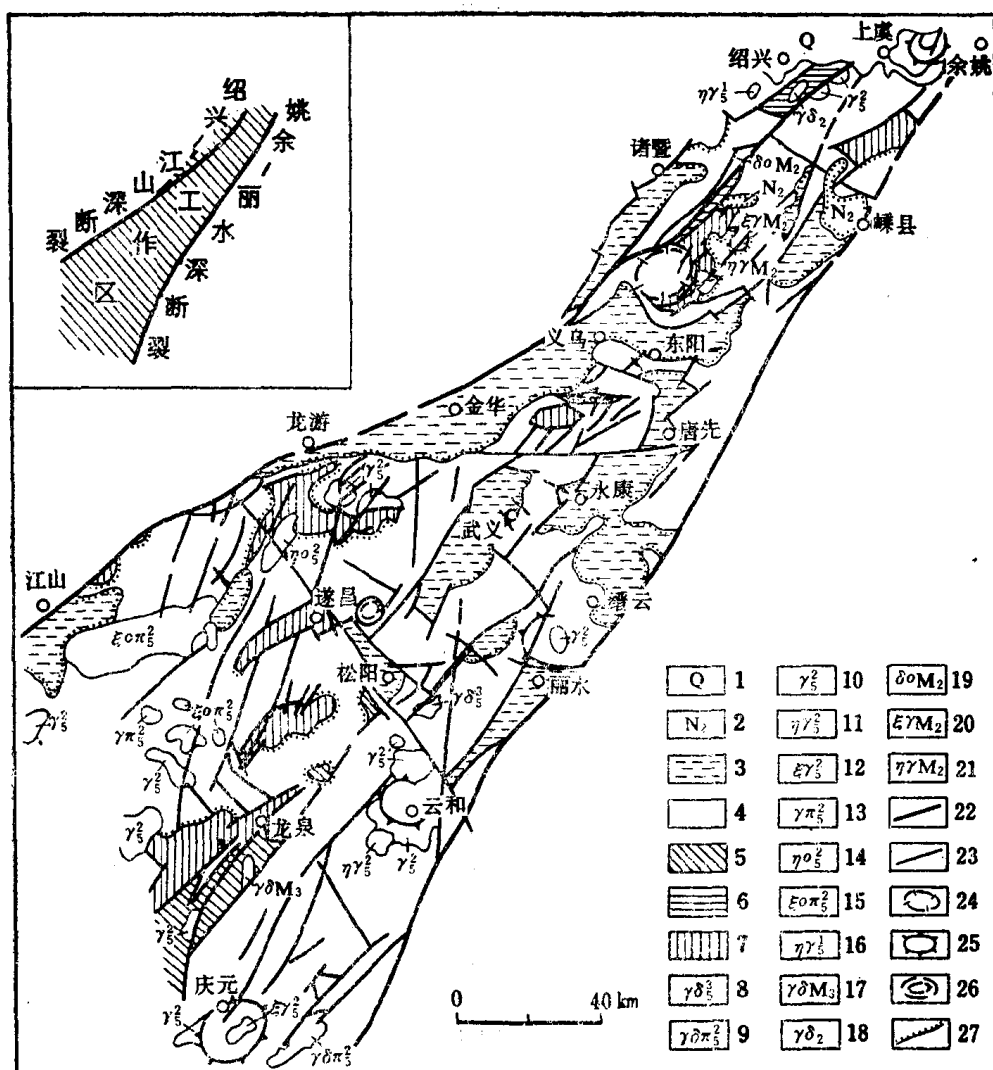


图 I-2 绍兴—龙泉一带地质略图

Fig. I-2 Sketch geological map Shaoxing—Longquan belt

1—第四系；2—第三纪玄武岩；3—白垩系；4—侏罗系；5—龙泉群；6—双溪坞群；7—陈蔡群；
8—15—燕山期中—酸性侵入岩；16—印支期二长花岗岩；17—加里东期混合花岗闪长岩；18—21—
晋宁期中—酸性（混合岩化）侵入岩；22—深断裂；23—断裂；24—破火山口；25—火山穹隆；
26—层状火山；27—不整合界线

的太平洋型花岗岩，是板块俯冲缝合线边界上挤压性构造的产物。

燕山期花岗岩系列与中生代火山岩是在同一大陆边缘活动带的区域构造背景下，同一岩浆源的两种活动方式的产物。因此，侵入岩与火山岩在形成时间、占有空间与物质来源等诸方面均有密切的联系^①。

四、区域构造

（一）基底构造

浙东南地壳运动经历了华夏古板块俯冲和大陆边缘活动阶段的演化历史。神功、晋宁

① 浙江地质志。

期构造层（陈蔡群和双溪坞群、龙泉群），在晋宁运动造山作用阶段，产生以北东向为主的宽缓型褶皱构造兼有北东向逆断层；在加里东—印支造山运动作用下，发育了以北东向为主（东西向居次）的紧密线型褶皱构造及一系列北东向逆掩断层和大型推覆块体，从而结束了武夷—云开岛弧褶皱系的构造演化阶段。后加里东期盖层中以北东向为主体的断裂极为发育，以强烈的断块活动和多类型的构造盆地为主，构成了陆缘活动阶段地质构造的一大特色（图 I-2）。

据刘平山（1989）重、磁中—深部构造推断解释，认为浙、赣、皖变质基底存在古东西向构造带和北东向、北西向走滑断裂（图 I-3）。区域北东向、北西向及东西向构造是基底断裂构造继承性发展的结果。

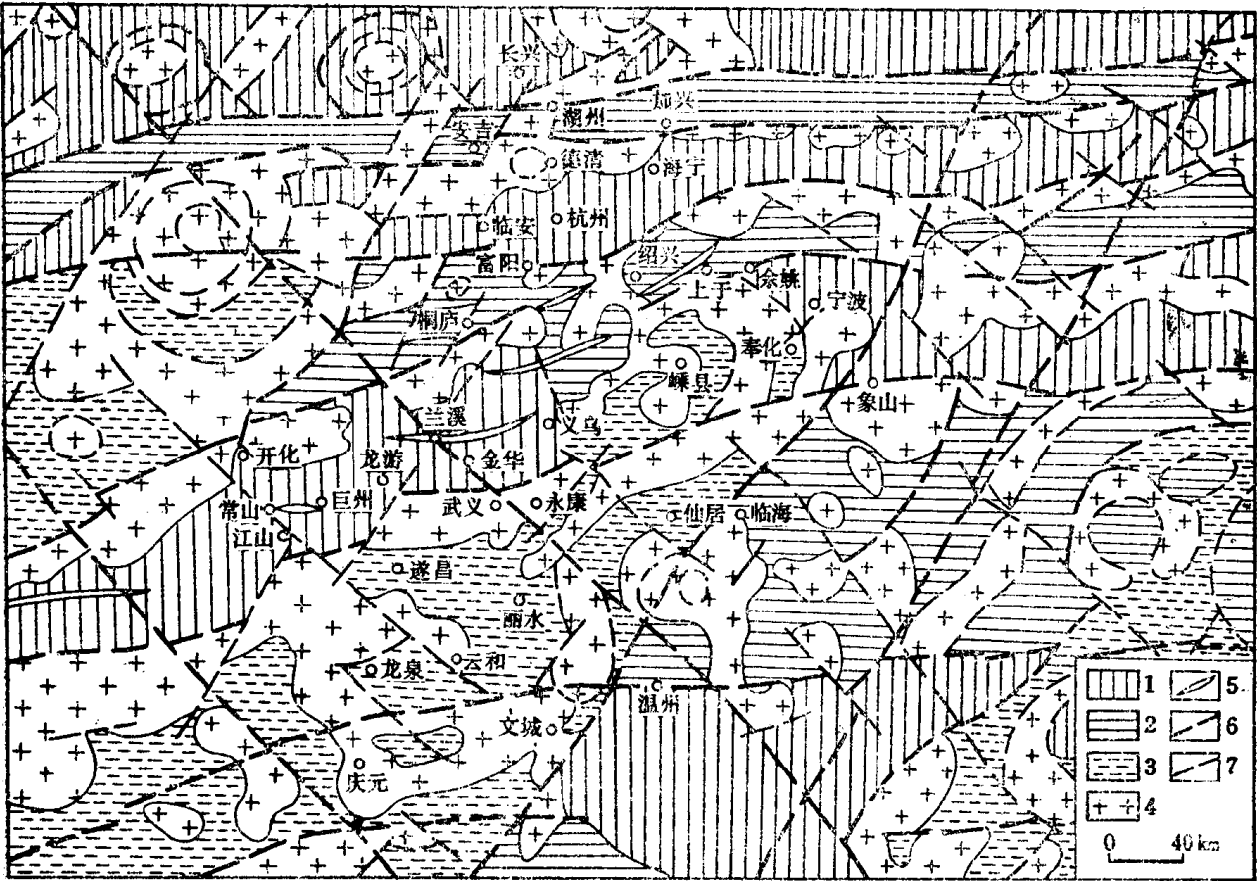


图 I-3 浙江省及邻区中深部地质构造推断图

Fig. I-3 Inferred sketch map of middle-deep geological structure of Zhejiang and adjoining area

1—下古生界；2—元古宇和古生界；3—元古宇；4—花岗岩；5—古构造轴；6—深大断裂；7—断裂

（二）区域断裂构造

1. 绍兴—江山深断裂

名闻遐尔的绍兴—江山深断裂是华夏板块同扬子板块缝合界面继承性活动的产物。大致呈北东 40° — 60° 方向展布，向南西延至省外，向东北自富盛潜入杭州湾。断裂带由一系列相互平行，规模不等的北东向压扭性断裂组成，断层面倾向南东，亦有倾向北西者，倾角

45°—80°。断裂带宽3—8km。断裂形迹无论在地表或深部，航磁、重力地球物理场反映均十分明显。据断裂带上出现的 Yb/Ce 高值带，反映绍兴-江山断裂带为深断裂。该断裂形成历史悠久，延续时间长，具多期继承性特点。加里东运动表现为强烈的韧性剪切作用，紧邻断裂带两侧形成了一条宽 3—6km 的以塑性变形为主的北东向韧性剪切带，并具左行平移性质，扭动位移距离达 50—70 km。燕山期又先后发生了多次脆性形变，并发生由南东向北西的逆冲，使璜山混合石英闪长岩逆冲到上侏罗统火山岩之上。该韧性剪切带内已发现一系列变质热液型金矿床(点)，因而，该断裂是本区主要的控矿构造之一。

2. 余姚-丽水深断裂

余姚-丽水断裂总体走向北东20°—30°，南延至福建政和到广东大埔，是一条规模宏大的区域性大断裂。它主要由一系列北东、北北东向大致平行或斜列的仰冲断裂组成。沿断裂带有燕山中晚期岩浆侵入和第三纪玄武岩浆喷溢及基性、超基性岩筒分布。它控制了中生代火山岩带和白垩纪断陷盆地的形成和发展。

3. 龙泉-上于大断裂

断裂带走向北东30°—40°，倾向南东或北西，长300余公里，挤压带见有构造透镜体及强硅化糜棱岩带，断面呈舒缓波状，可能形成于加里东期，而燕山期又有剧烈活动。

4. 遂昌-西屏(松阳)大断裂

断裂带由若干条北西向断裂组成，挤压破碎带宽 5 km 以上，长 60 余公里，断裂带内发育有构造角砾岩、片理化带及构造透镜体等。它控制了西屏白垩纪红层断陷盆地的形成，切割了北东向构造带，形成于燕山期。本区庄山金矿与此构造有关。

5. 龙游-唐先大断裂

走向近东西向。断裂性质属压(扭)性，具有挤压透镜体及压劈理等现象，重、磁场明显反映有切割较深的东西向断裂存在。形成时代为燕山期。

(三) 火山构造

研究区内中生代火山构造类型复杂，不同类型火山构造控矿作用特征不尽相同。不同火山旋回的火山构造有一定的差异：第一旋回火山活动所形成的火山构造以破火山口、火山穹隆为主；第二旋回多为小型火山洼地和穹状火山；第三旋回以火山洼地为主；第四旋回则为破火山口和锥状火山。

不同火山旋回的火山机构的展布方向及形态特征，各有其特殊性。第一、二旋回以等轴状为主，其展布方向大体呈北东向，局部地区则呈东西向；第三旋回的火山洼地呈北北东向，局部北西向；第四旋回的火山机构大都为等轴状，其展布方向则为北东东向，显示了区域构造的控制作用。其中芙蓉山破火山口及其周边的弧形和放射状断裂、遂昌治岭头牛头山层状火山、云和火山穹隆以及北东向、北西向和东西向的白垩纪火山断陷盆地构造均极为醒目(图 I-2)，是主要控矿火山构造。

第二节 区域地球物理、地球化学场特征

一、地球物理场特征及其对深部构造的指示意义

重、磁异常往往是深部构造与地表浅部构造的综合反映。全区重力异常(布格重力异

常)以负值为主,强度由北东向南西作阶梯状下降,从西到东重力低和重力高相间排列,负异常中心位于龙泉—庆元一带(图 I-4)。区域重力值的大小变化,反映了莫霍面的凹凸起伏及地壳上构造层的物质组成和厚薄变化。地壳上构造层浙西北古生界分布区和浙东南(包括浙中)中—新生界分布区分别对应着较强的重力高异常和重力低异常区,并分别反映莫霍面相对隆起、地壳变薄和莫霍面相对凹陷、地壳增厚的特点。从而说明本区基底埋深北部相对比南部浅。此外,从剩余布格重力异常图(图 I-5)中还可看出,遂昌—松阳一带重力等值线呈北西向展布,梯级带明显,显示了遂昌—松阳北西向深构造带的存

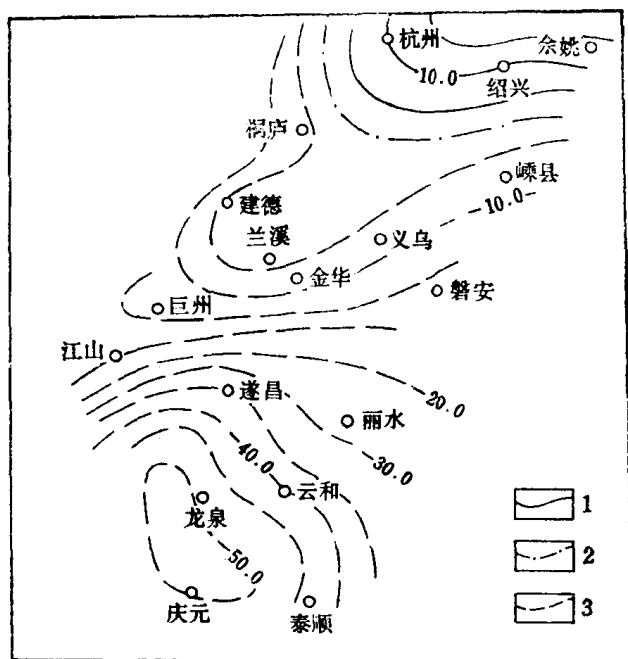


图 I-4 绍兴—龙泉一带布格重力异常图
(据物探队资料)

Fig. I-4 Bouguer gravity anomaly map of Shaoxing—Longquan mineralized belt
1—正异常等值线; 2—零异常等值线; 3—负异常等值线 (单位: 10^{-5}m/s^2)

在; 桐庐—绍兴正重力场, 主要沿绍兴—江山断裂北西侧展布, 它们规模大、强度高、极为醒目, 反映双溪坞群变质基底的存在; 兰溪—义乌次负重力场区则介于正重力场和负重力场之间, 重力梯度带呈东西向展布, 十分明显, 与龙游—唐先东西向构造相吻合。

区域航磁异常以线性异常为主, 且正负异常相间出现。较高的正磁异常往往与变质岩、基性侵入岩及构造有关; 中生代火山岩则表现为弱正负跳越磁场。兰溪—绍兴和遂昌—龙泉地区为强北东向磁异常带; 龙游—金华地区为强东西向正磁异常带; 遂昌—松阳为北西向磁异常带; 诸暨和云和地区为环带状或放射状磁异常组成的磁异常群(图 I-6)。区内北东向或北北东向、东西向及北西向三组航磁特征线反映明显, 它们主要代表线性构造, 并分别与相应的北东向或北北东向绍兴—江山或余姚—丽水深断裂、龙游—唐先东西向断裂以及遂昌—松阳北西向断裂地表显示完全一致。而项链式、环圈状和放射状航磁异常群, 则反映了圆形火山构造。区域性面型平稳正磁场反映磁性基底界面隆起, 面型平稳负磁场反映磁性基底界面的凹陷。总之, 这些航磁异常特征都是反映了中浅部的构造特征。据刘平山(1989)资料, 上延30km的磁场特征, 是以金华为转折点, 北部为兰溪—绍兴北东向强磁