

中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地 沉积-岩浆作用与成矿

钱迈平 张宗言 著
马 雪 丁保良



中国科学技术大学出版社

中国地质调查局研究项目 (1212011121099) 成果

中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地 沉积-岩浆作用与成矿

钱迈平 张宗言 马 雪 丁保良 著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

我国东南部由扬子和华夏两大块体组成。两大块体拼合后,在中生代晚期,因受环太平洋构造运动影响强烈,形成一系列大小不一的受深大断裂带控制的断陷盆地。区内主要大断裂带以北东、北北东走向延伸,分别是江山-绍兴、河源-邵武、政和-大浦、温州-镇海和长乐-南澳五大断裂。这五大断裂及其衍生的次级断裂是区内断陷盆地的主要控制线。中生代晚期环太平洋构造运动还导致我国东南部火山活动频繁,使区内广泛分布流纹岩、玄武岩及火山碎屑岩系地层。强烈的岩浆活动为各种矿产的形成提供了丰富的物质来源。众多的中生代断陷盆地主要沉积红色的湖泊、河流相碎屑岩,部分盆地还含有多种类型的碳酸盐岩沉积。这些含碳酸盐岩的盆地在中生代非常发育的沉积-岩浆作用下,在多处形成了较高品位的硫化多金属矿床。本书通过对几种典型的含碳酸盐岩盆地的古环境及沉积背景分析,探讨碳酸盐岩与火山岩浆在地表及浅层地下中低温成矿作用及其找矿标志。

本书可供广大相关科研及生产工作者使用,也可作为大中专院校地质专业相关方向学生的阅读资料。

图书在版编目(CIP)数据

中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地沉积-岩浆作用与成矿/钱迈平,张宗信,马雪,丁保良著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2015.6

ISBN 978-7-312-03707-8

I. 中… II. ① 钱… ② 张… ③ 马… ④ 丁… III. ① 中生代—碳酸盐岩—盆地—岩浆作用—研究—中国 ② 中生代—碳酸盐岩—盆地—岩浆矿床—矿床成因—研究—中国 IV. ① P588.11 ② P611.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 073594 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥市宏基印刷有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 7.75

字数 148 千

版次 2015 年 6 月第 1 版

印次 2015 年 6 月第 1 次印刷

定价 47.00 元

前 言

我国东南部是环太平洋西岸构造-岩浆活动带的重要组成部分,纵跨扬子板块和华南板块两个一级大地构造单元。印支运动后,褶皱上升为陆地,早、中侏罗世开始接受陆相沉积。强烈的断裂活动引起了大规模火山喷发和岩浆侵入。相继形成拗陷、断陷和火山洼地等盆地,堆积和沉积了巨厚的火山岩及河湖相沉积碎屑岩、碳酸盐岩。长期以来,前人对区内的火山岩和河湖相沉积碎屑岩开展了大量卓有成效的工作,取得了诸多进展。但对区内陆相盆地沉积的碳酸盐岩研究程度不高,存在许多悬而未决的问题。为配合国家新一轮地质调查及找矿勘探工作,2011年,中国地质调查局下达了“中国东南部重要构造-岩浆事件与成矿作用研究”科研任务,“中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地沉积-岩浆作用与成矿”就是其中的一个研究项目。

项目总体目标任务包括:

(1) 通过对我国东南部中生代各含碳酸盐岩沉积盆地的野外调查,开展岩石学、同位素年代学、地层与古生物学等综合研究,查明其碳酸盐岩的岩石类型与时空展布。

(2) 对研究区内中生代盆地中不同类型碳酸盐岩(特别是与铅、锌、银等多金属沉积矿床关系密切的角砾状铁锰质白云岩)与火山岩进行深入调查和研究,查明碳酸盐岩与火山岩浆活动的成因关系。

(3) 综合研究区内中生代含碳酸盐岩盆地沉积-岩浆作用与铅、锌、银等多金属矿的成矿关系,并系统总结其反映在地表或浅部地层的找矿标志,建立成矿模型。

2011年项目全面展开。首先是系统地收集整理前人的地质调查和科研资料;随后进行综合分析,提出拟解决的关键问题;同时开展对皖南、浙西、浙东、赣东、赣南及闽北等地区中生代各含碳酸盐岩盆地的野外调查工作,查明其沉积作用类型和特征。

通过上述工作,决定选择浙江象山石浦、永康-东阳和江西贵溪冷水坑3个具有代表性的含碳酸盐岩盆地作为重点工作区。这3个中生代盆地分别沉积了叠层石-虫管生物礁灰岩、湖相泥质灰岩和角砾状铁锰质白云岩。

2012~2013 年对 3 个重点工作区展开系统的野外工作和实验测试,完成碳氧同位素分析 35 件,锆石 LA-ICP-MS 测年 400 点,EBSD 电子背散射、衍射 16 张,CL 阴极发光图像分析 150 张,人工重砂 62 件,古生物化石鉴定 1 264 件。

在本书编写过程中,中国地质调查局南京地质调查中心总工程师邢光福、副总工程师骆学全,中国地质调查局南京地质调查中心基础地质研究院院长杨祝良、副院长余明刚,国家海洋局第一研究所程振波,中国科学院南京地质古生物研究所曹瑞骥、沙金庚、周传民、袁训来、张允白和章森桂多次给予关键性指导并提出启发性建议。在野外工作期间,得到了中国地质调查局南京地质调查中心陈荣、姜杨、陈志洪、李春海、廖圣兵、曾剑威、刘凯、彭博、段政、武玲,江苏省地质调查研究院副院长詹庚申、邹松梅、厉建华,江苏省油田地质科学研究院管永明,常州中华恐龙园孙德伟,中国石油杭州地质研究院陈其爽,浙江省国土资源厅王洲平,浙江省象山县国土资源局副局长胡路,象山县石浦镇国土资源分局副局长葛跃立,天台县国土资源局蒋严根、张元军,安徽地质调查研究院宫维莉,332 地质大队支立庚、吴德根、董会明、王海峰,江西省地质调查研究院肖旦红、覃兆松,江西省地矿局 912 大队队长徐贻赣、地勘院院长万浩章,会昌县矿产资源管理局钟北京和福建地质环境检测中心主任周伟栋的鼎力相助。在实验测试工作期间,得到南京地质调查中心阎永奎、段政、张雪辉、孙建东,中国科学院南京地质古生物研究所程西亭、陈小明和合肥工业大学李全忠的热情协助。在此深表诚谢。

作 者

2014 年 9 月 24 日

目 录

前言	(i)
第 1 章 国内外研究现状及区域地质背景	(1)
1.1 国内外研究现状	(1)
1.2 研究区的区域地质背景	(2)
1.3 华南中生代盆地碳酸盐岩	(4)
第 2 章 中国东南部中生代典型含碳酸盐岩盆地	(8)
2.1 浙江象山石浦白垩纪生物礁灰岩	(8)
2.1.1 地质背景及研究简史	(8)
2.1.2 时空展布	(9)
2.1.3 地层剖面	(10)
2.1.4 生物礁碳酸盐岩地层的锆石 U-Pb 同位素年龄	(16)
2.1.5 盐度分析	(20)
2.1.6 成岩及成矿温度	(21)
2.1.7 生物礁碳酸盐岩的构成	(22)
2.1.8 关于海相还是陆相碳酸盐岩的探讨	(34)
2.1.9 盆地演化	(36)
2.1.10 结语	(44)
2.2 浙江永康-东阳湖相碳酸盐岩	(46)
2.2.1 地质背景及研究简史	(46)
2.2.2 时空展布	(47)
2.2.3 地层剖面	(47)
2.2.4 盆地演化	(60)
2.2.5 结语	(66)
2.3 江西贵溪冷水坑中生代铁锰白云岩	(66)
2.3.1 地质背景及研究简史	(66)

2.3.2	时空展布	(67)
2.3.3	地层剖面	(69)
2.3.4	铁锰白云岩主要岩性特征	(71)
2.3.5	铁锰白云岩的年龄	(76)
2.3.6	铁锰白云岩的成岩及成矿温度	(80)
2.3.7	冷水坑铁锰白云岩稀土元素特征	(81)
2.3.8	冷水坑铁锰白云岩碳氧同位素特征	(83)
2.3.9	铁锰白云岩成因	(84)
2.3.10	结语	(85)
第 3 章 岩浆-沉积作用与成矿模型		(86)
3.1	陆相盆地碳酸盐岩与岩浆-沉积作用成矿	(86)
3.1.1	与铁锰白云岩有关的矿床	(86)
3.1.2	与生物礁灰岩有关的矿床	(86)
3.2	与成矿作用有关的碳酸盐岩地层	(87)
3.3	与成矿作用有关的岩浆热液	(88)
3.4	与成矿作用有关的破碎构造或裂隙及其孔隙度和相通性	(93)
3.5	中生代含碳酸盐岩盆地岩浆-沉积作用成矿模型	(96)
3.6	地表及浅层地下找矿标志	(99)
第 4 章 总结		(102)
英文摘要		(105)
参考文献		(110)

第 1 章 国内外研究现状及区域地质背景

1.1 国内外研究现状

国外海洋碳酸盐沉积研究程度很高,并早已总结出一系列沉积模式,如陆表海和陆缘海的划分(Shaw, 1964),从海岸到广海的 X、Y、Z 能量带,即:低能-高能-低能带(Irwin, 1965),以及潮上-潮间带、浪基面以上潮下带、无陆源沉积潮下带和有陆源沉积潮下带的划分(Laport, 1968)。还有盆地、广海陆棚、深陆棚、台地前缘斜坡、台地边缘生物礁、台地边缘浅滩、开阔台地、局限台地和蒸发台地等沉积模式微相类型(Wilson, 1975; 刘宝珺、曾允孚, 1985)。然而,湖相碳酸盐的研究,无论国外还是国内开展都较晚,目前仍远不及海相的研究深入。由于这类碳酸盐岩沉积往往与一些油气和矿产资源的形成密切相关,近年正日益受到重视(夏青松等, 2003; 孙钰等, 2008)。本项研究主要针对中生代含碳酸盐岩盆地的沉积-岩浆作用,探讨中生代湖相碳酸盐沉积的岩石类型、分布及发育特点,将有助于为这方面研究积累新的实际材料。

对于含碳酸盐岩盆地的火山-沉积作用的研究,目前国内外主要采用的技术手段有:

(1) 火山岩主量元素、微量元素及稀土元素、同位素地球化学(Rb-Sr, Sm-Nd、Pb, 锆石 Hf 同位素等)分析等,查明岩石地球化学特征,探讨岩浆物质来源、侵位深度及其演化方式、构造属性等。

(2) 碳酸盐主量元素、微量及稀土元素分析,通过特定的元素含量及其比值:如以 Sr、Ba 含量以及 Sr/Ca、Sr/Ba、Sr/Cu 比指示古盐度,它们也是良好的古气候、古环境的指示标志;以 Fe、Mn 含量以及 Fe/Mn、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 比记录古水深;以 B/Ga、Sr/Ba、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 及 Fe/Mn 比等配合 O、C、S、Sr 等稳定同位素方法,可以测定古温度、古气候、古盐度、古水深、源区分布及碳酸盐成因,判断是否有深部热液参与碳酸盐岩的形成。

中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地沉积—岩浆作用与成矿

锶同位素地层学研究包括如下几个方面:

(1) 海相地层的定年(Hess *et al.*, 1989; Miller *et al.*, 1991; McArthur *et al.*, 1994; Howarth *et al.*, 1997; 黄思静等, 2004、2005、2006);

(2) 海平面变化研究(Brass, 1976; Vail *et al.*, 1977; 黄思静, 1997; 黄思静等, 2001);

(3) 全球地质事件与全球对比研究(黄思静, 1993, 1997; Oslick *et al.*, 1994; Crame *et al.*, 1999; 黄思静等, 2005、2006);

(4) 海相与非海相影响程度的评价研究(王世杰等, 1995; 刘传联等, 1996), 其次可应用于沉积岩成岩流体性质及成岩作用的研究(McArthur *et al.*, 1994; 陈骏等, 1997; 黄思静, 2002、2004; 李文博等, 2006), 特别是碳酸盐岩成岩作用的研究(黄文辉等, 2006; 黄思静等, 2006、2007)。

通过碳酸盐岩流体包裹体分析可以确定其形成的均一温度、盐度、密度和压力, 据此可判断包裹体流体来源与岩浆热液活动是否有关。

本研究根据区内各个不同的中生代含碳酸盐岩盆地实际情况, 尽量跟踪国内外最新的技术进展, 选择最适合的一种或多种技术手段相互印证, 解决问题。

1.2 研究区的区域地质背景

根据地质学及地球物理研究, 我国东南部由扬子和华夏两大块体组成。它们之间的界线, 大致沿赣东北—江绍—皖南一线, 向西可延至梵净山地区(Zhou *et al.*, 2009)。两大块体拼合后, 在中生代晚期, 因受环太平洋构造运动影响强烈, 形成一系列大小不一的受深大断裂带控制的断陷盆地。区内主要大断裂带以东北、北北东走向延伸, 分别是江山—绍兴、河源—邵武、政和—大浦、温州—镇海和长乐—南澳五大断裂, 这五大断裂及其衍生的次级断裂是区内断陷盆地的主要控制线。

中生代晚期环太平洋构造运动还导致了我国东南部频繁的火山活动, 区内广泛分布流纹岩、玄武岩及火山碎屑岩系地层。浙江仅火山岩浆岩出露面积就达 92 494.6 km², 占全省面积的 90.42% (浙江省地质矿产局, 1989); 福建尤其以政和—大浦断裂带以东特别发育, 厚度逾万米(福建省地质矿产局, 1985)。如此强烈的岩浆活动, 为各种矿产的形成提供了丰富的物质来源(图 1.2.1)。

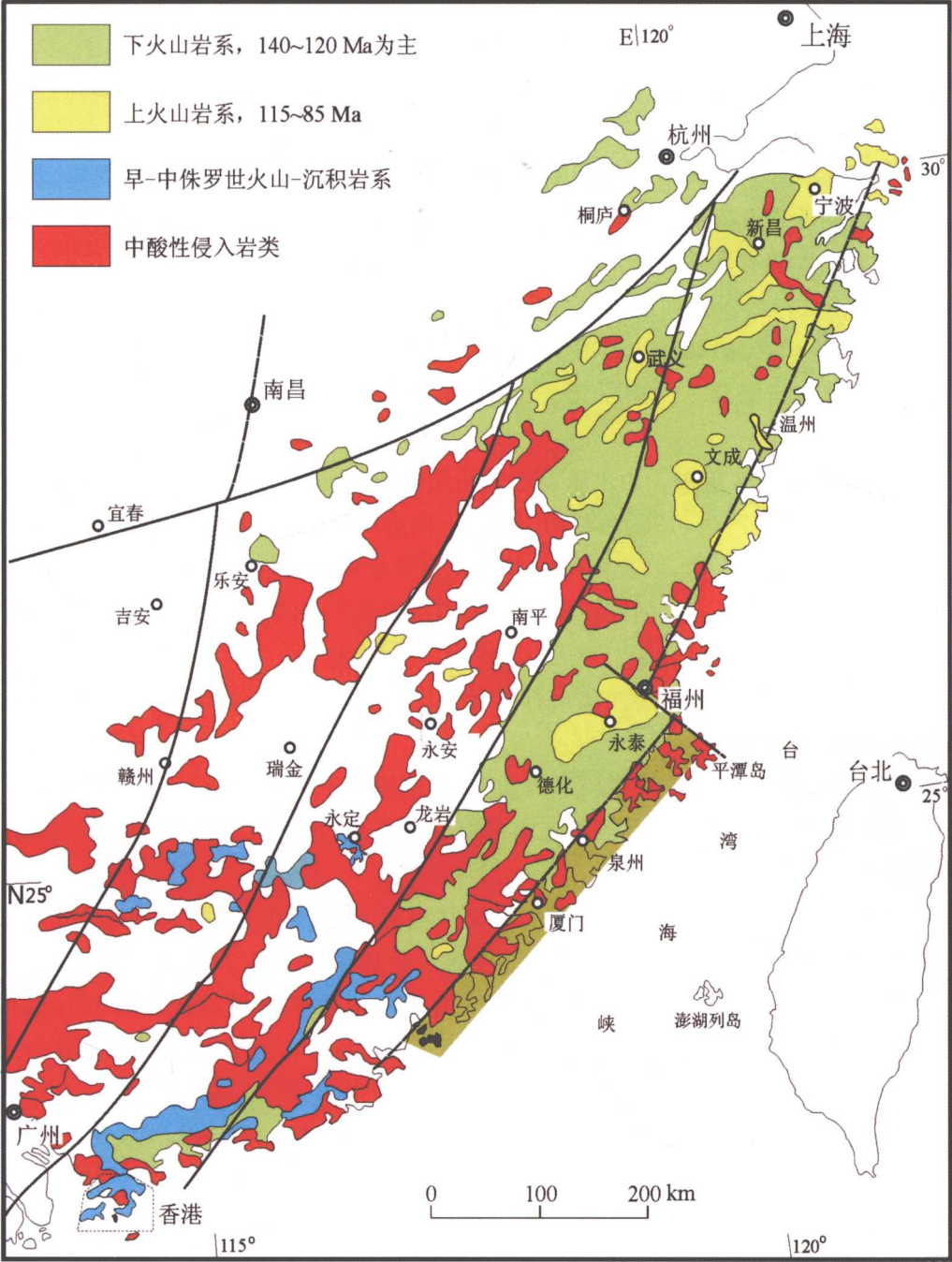


图 1. 2. 1 工作区火山岩分布图(陈荣,2010)

Fig. 1. 2. 1 The distribution of volcanic rock in southeast China (Chen,2010)

中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地沉积-岩浆作用与成矿

1.3 华南中生代盆地碳酸盐岩

我国东南部众多的中生代断陷盆地,主要沉积红色的湖泊、河流相泥岩、粉砂岩、砂岩、砂砾岩及砾岩,各种火山岩和侵入岩也非常发育(图 1.3.1、图 1.3.2)。部分盆地还发现有碳酸盐岩沉积(图 1.3.3),其类型有多种:

(1) 铁锰白云岩。如江西贵溪冷水坑打鼓顶组上段下部及鹅湖岭组下段上部(江西省地质矿产局,1989),铅山芟圳-松坪鹅湖岭组(江西区调队,1982),浙江淳安甘坞盆地寿昌组及三门中学馆头组(浙江省区域地质志. 浙江省地质矿产局,1989)。

(2) 细晶-泥晶灰岩。如永康盆地馆头组^①,东阳盆地朝川组^②,江山保安寿昌组(江西省地质矿产局,1980),临海龙珠山、吴岙(浙江省地质矿产局,1989)和磐安朴钟山^③的西山头组,以及福建武夷山市崇安月积坑兜岭群^③。

(3) 生物碎屑灰岩。如浙江象山石浦的石浦组^④、永康馆头村的馆头组^④(浙江省地质矿产局,1989)。

(4) 生物礁灰岩。如浙江象山石浦和三门里金的石浦组叠层石及虫管化石构成的生物礁灰岩^{①、④}。

(5) 鲕状灰岩。如宁海南湾茶湾组(浙江省地质矿产局,1989)。

(6) 砂质-粉砂质灰岩。如浙江寿昌盆地寿昌组(浙江省地质矿产局,1989;浙江省地质局,1966)。

(7) 泥质灰岩-泥灰岩。如浙江淳安甘坞盆地寿昌组、寿昌盆地寿昌组、宁海南湾茶湾组、丽水老竹馆头组(浙江省重工业局第五地质大队区测连,1971),三门中学馆头组、兰溪后王、沈店衢江群(浙江省地质矿产局,1966、1989),以及福建武夷山市崇安月积坑兜岭群下亚群第一段,普遍夹泥灰岩(福建省冶金工业局,1972)。

(8) 岩盐-石膏-泥灰岩。如江西赣州^⑤和寻乌罗塘茅店组^④。

① 丁保良,等. 1996. 实地考察记录.

② 陈荣,等. 2011. 实地考察记录.

③ 邢光福,等. 2010. 实地考察记录.

④ 钱迈平,等. 2011. 实地考察记录.

⑤ 江西省地质调查研究院. 2000. 实测剖面记录.

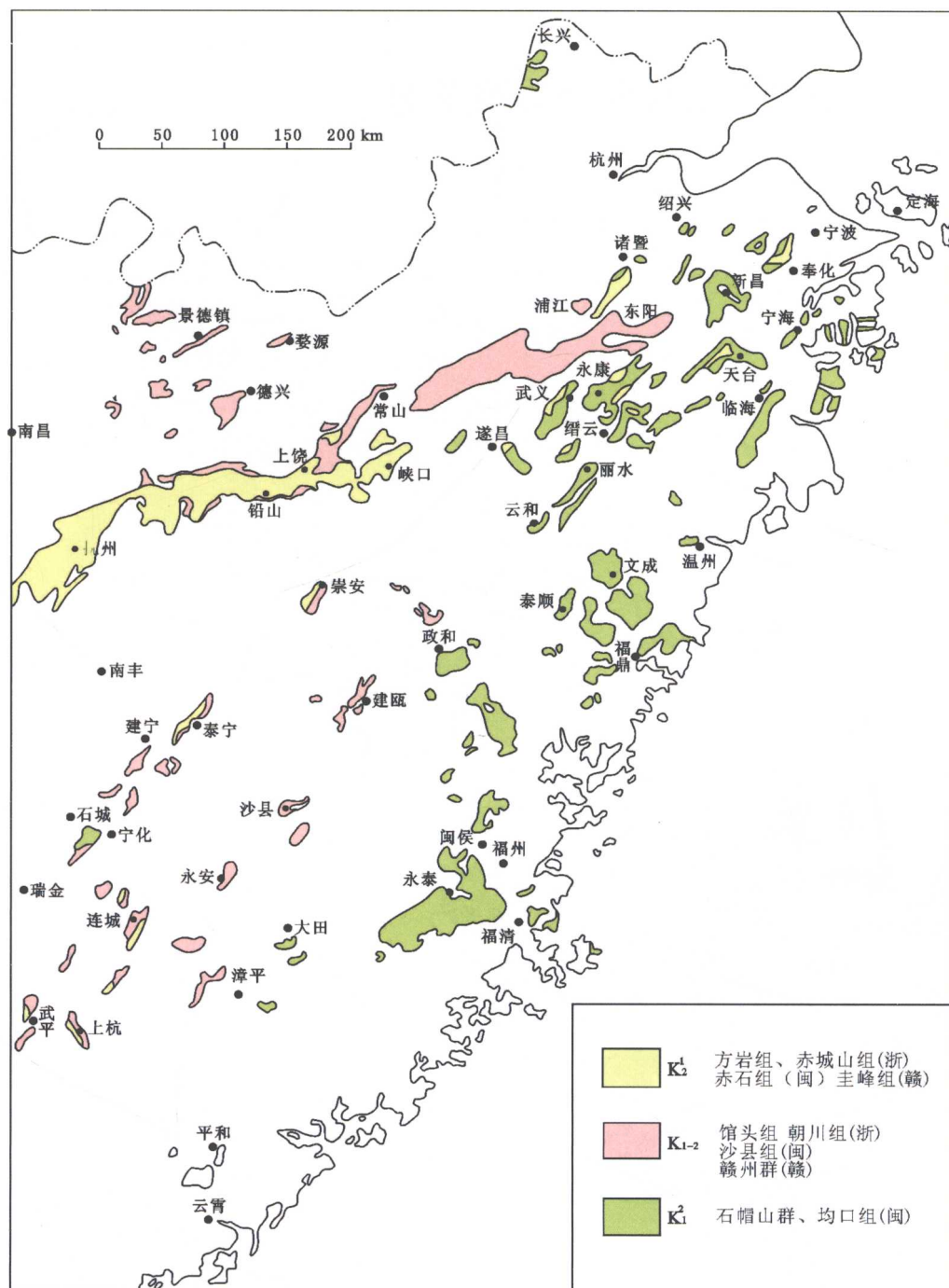


图 1.3.1 中国东南部下白垩统中-上段—上白垩统下段地层露头分布

Fig. 1.3.1 The outcrops of mid-upper member of Lower Cretaceous—lower member of Upper Cretaceous in southeast China

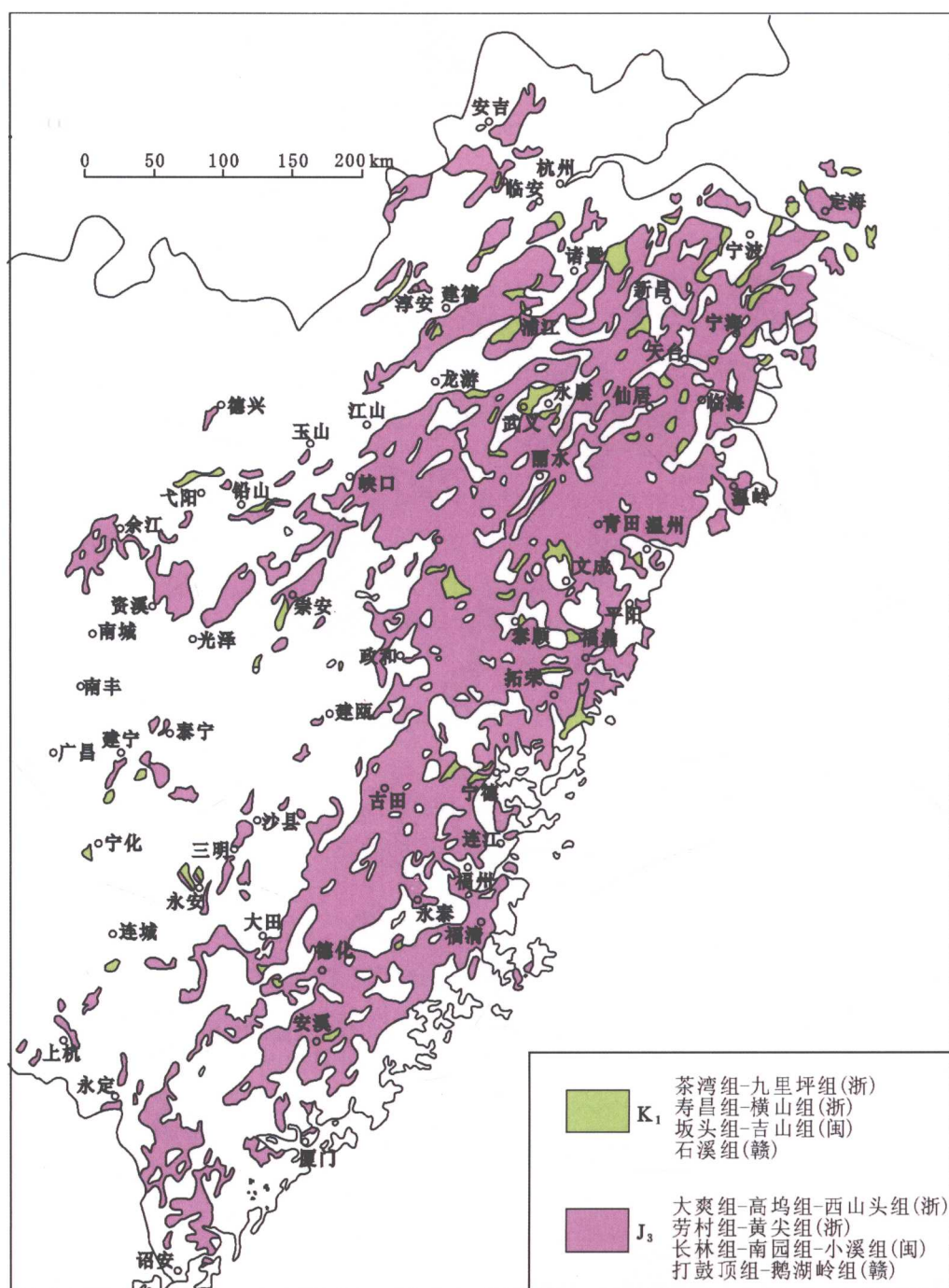


图 1.3.2 中国东南部上侏罗统—下白垩统下段地层露头分布
Fig. 1.3.2 The outcrops of Upper Jurassic—Lower Cretaceous in southeast China

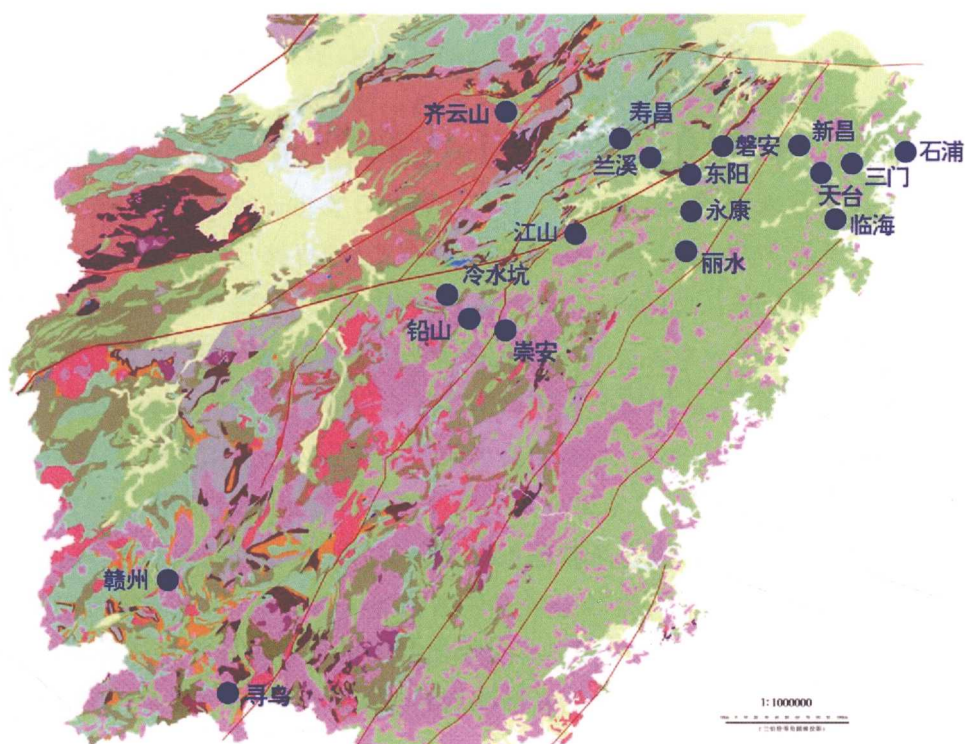


图 例

一、地层

- Q 河流
- Q 第四系
- M 中生界
- P₁ 上古生界
- P₂ 下古生界

- Z 震旦系
- NH 南华-震旦系
- NH 南华系
- Q 青白口系
- P₁ 上元古界

- P₁₋₂ 中-新元古界
- P₂ 中元古界
- P₂₋₃ 下-中元古界
- P₃ 下元古界
- P₃₋₄ 上太古界-下元古界

二、界线及注记

- 实测地质界线
- 推测地质界线
- 主要断裂带
- 韧性剪切带

图 1.3.3 中国东南部中生代含碳酸盐岩盆地分布

Fig. 1.3.3 Mesozoic carbonate-bearing basins in southeast China

第2章 中国东南部中生代典型含碳酸盐岩盆地

2.1 浙江象山石浦白垩纪生物礁灰岩

2.1.1 地质背景及研究简史

浙江东部象山县石浦镇平岩村、三门县亭旁镇里金村及新昌县梅渚镇苏秦村等地,断续出露一套含叠层石-虫管生物礁灰岩透镜体的湖相碎屑岩地层,其中以象山石浦沿海一带的地层剖面出露最好,所以通常被称为石浦灰岩[陈其奭等,1987;徐北煤、郑曙平,1989;陈其奭、叶小丹,1990;Chen Q-S(陈其奭),Ye X-D(叶小丹),1993]。这套湖相沉积岩以及之下的双峰式火山岩组建的地层单位,被称为石浦群(傅肃雷,1984;徐北煤,1992)或石浦组(丁保良等,1994)。笔者认为这套地层的层序和接触关系清楚,由多种成因相关的岩层组成,应称为石浦组更妥当。

由于地处西太平洋活动大陆边缘,本区是燕山期火山岩强烈活动地带,地层中穿插有大量多期多类型岩脉,如花岗斑岩、石英斑岩、流纹斑岩、辉绿玢岩和安山玢岩等,致使地层强烈蚀变,主要是热能和化学能交代作用——热液硅化或烘烤角岩化作用以及矽卡岩化、绿帘石-透辉石化和黄铁矿化等作用——的结果。因这套生物礁灰岩与周围广泛分布的中生代火山岩及红色沉积岩系的岩性截然不同,且断层发育,长期以来对其时代、成因及形成环境一直存在很大争议。

前人对这套灰岩的时代,主要有8种观点:(1)震旦纪(谢舜克等,1989);(2)泥盆纪—早石炭世,可能包含志留纪(中国地质科学院地质研究所《浙江省区域地层表》编写组,1979;浙江区域地质调查大队《1:20万临海幅区域地质调查报告》编写组,1980);(3)石炭纪—二叠纪(张秀峰,1957);(4)晚古生代(曹瑞骥1969~1974年间对浙江石油地质大队采集的叠层石等化石的鉴定结

果);(5) 晚侏罗世—早白垩世,更倾向于早白垩世(浙江地质矿产局《浙江省区域地质志》编写组,1989;徐北煤,1992);(6) 早白垩世馆头组沉积时期(陈其奭、叶小丹,1990、1993);(7) 早白垩世朝川组沉积时期(浙江省区域地质测量队,1973);(8) 古新世—始新世(傅肃雷,1984;张瑛等,1993)。

对其成因和空间展布也有5种看法:(1)“飞来峰”推覆体(张秀峰,1957);(2) 构造“天窗”出露的变质杂岩(谢斗克等,1989);(3) 火山岩夹层(浙江地质矿产局《浙江省区域地质志》编写组,1989);(4) 陆相沉积碳酸盐岩(普遍的观点);(5) 海侵沉积碳酸盐岩(徐北煤、郑曙平,1989;徐北煤,1991;王学寅等,2012)。

由于浙东地区受中生代晚期环太平洋构造运动影响强烈,形成了一系列受深大断裂带控制的断陷盆地。白垩纪频繁的火山活动,致使火山岩浆及热液与盆地中的碳酸盐岩地层接触,极有利于高品位的多金属矿床形成。从目前已掌握的资料看,浙东、浙西及赣东的中生代碳酸盐岩地层都具有重要的成矿和控矿作用,通常上部出现硫铁矿,下部为具层控特征的铅锌银等矿床。因此,研究这些碳酸盐岩地层的成因、类型及时空展布,不但有利于探讨中生代以来中国东南部古地理、古气候和古生态环境的演变过程和规律,而且有助于揭示陆相盆地碳酸盐岩沉积-岩浆作用与多金属成矿的关系。

2.1.2 时空展布

这套生物礁灰岩广泛分布于浙东沿海中生代陆相火山盆地流纹岩、玄武岩、火山碎屑岩、湖相碎屑岩及洪积碎屑岩系地层中。以层状或大型透镜体断续出露于象山县石浦镇平岩村、三门县亭旁镇里金村、高枧乡吴岙村、临海市龙珠山及新昌县梅渚镇苏秦村等地,厚度达几十至上百米,延伸几百至上千米。其中,以象山石浦沿海一带的地层剖面出露最好,所以该剖面被作为石浦组的建组剖面(图2.1.1、图2.1.2)。

这套生物礁灰岩地处西太平洋活动大陆边缘,是燕山期火山岩活动强烈地带。地层中穿插大量多期多种岩脉,如花岗斑岩、石英斑岩、流纹斑岩、辉绿玢岩和安山玢岩等,蚀变强烈,主要是热能和化学能的交代作用产生的硅化或角岩化,也有矽卡岩化、绿帘石-透辉石化和黄铁矿化等。

这套生物礁灰岩与周围广泛分布的中生代火山岩及红色沉积岩呈整合或不整合接触,岩相差异明显。

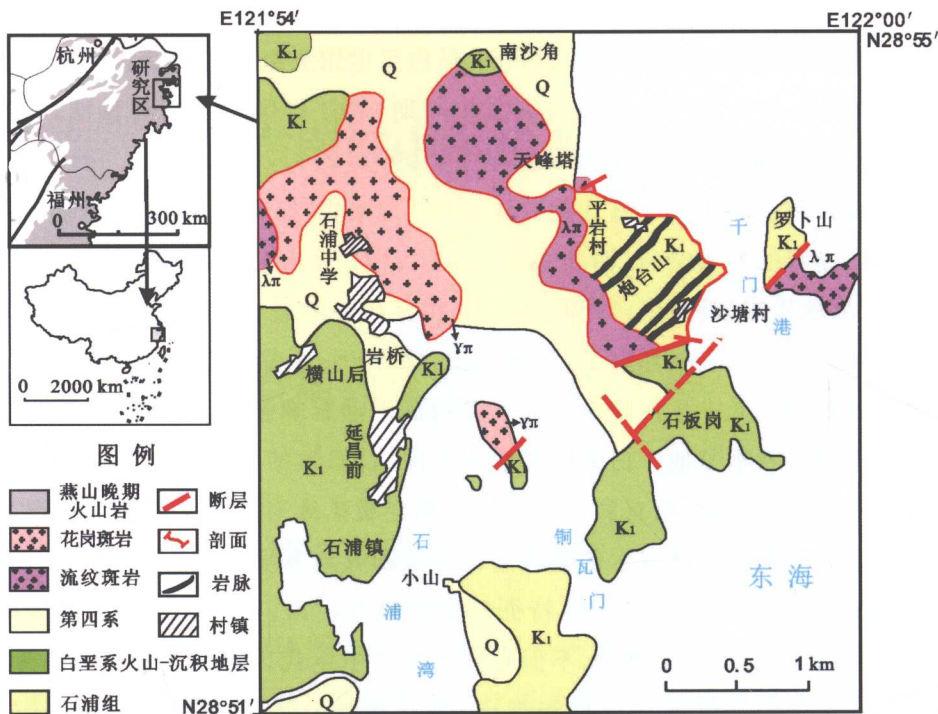


图 2.1.1 象山石浦地质图

Fig. 2.1.1 Geological map of the Shipu Township of Xiangshan County in Zhejiang Province

2.1.3 地层剖面

浙东白垩系生物礁碳酸盐岩地层以象山县石浦镇沙塘湾—平岩村沿海出露最好,层序清楚,沉积构造清晰,生物化石和遗迹发育,岩层倾角较小,产状近乎水平。剖面有多期,多种岩脉侵入,周围或深部有岩体侵入,地层普遍蚀变。

整个地层剖面由硅化角砾岩、粉砂岩、泥岩和大理岩化生物碎屑灰岩和生物礁灰岩等组成。自上而下为:

45. 灰黄、灰白、青灰色块状英安质流纹斑岩。 未见顶, >20 m

见大量自形双锥状高温石英以及大量大小不一、形态各异的气孔状玄武岩捕虏体:既有刚性捕虏体,也有塑性捕虏体。刚性捕虏体呈棱角状,有冷凝边或烘烤边;塑性捕虏体普遍变形且边缘熔蚀,有的被流纹岩穿插或分割,有的被拉长或拉断。局部见一些捕虏体沿流纹斑岩的流纹构造呈定向分布。显示当时熔岩在流动中冷却较快,刚喷出的岩浆温度较高,先裹挟的气孔玄武岩捕虏体被部分熔融或软化,而随着岩浆在流动中较快地冷却,后裹挟的气孔玄武岩仍保持刚性,没有被熔融或软化。底部灰白