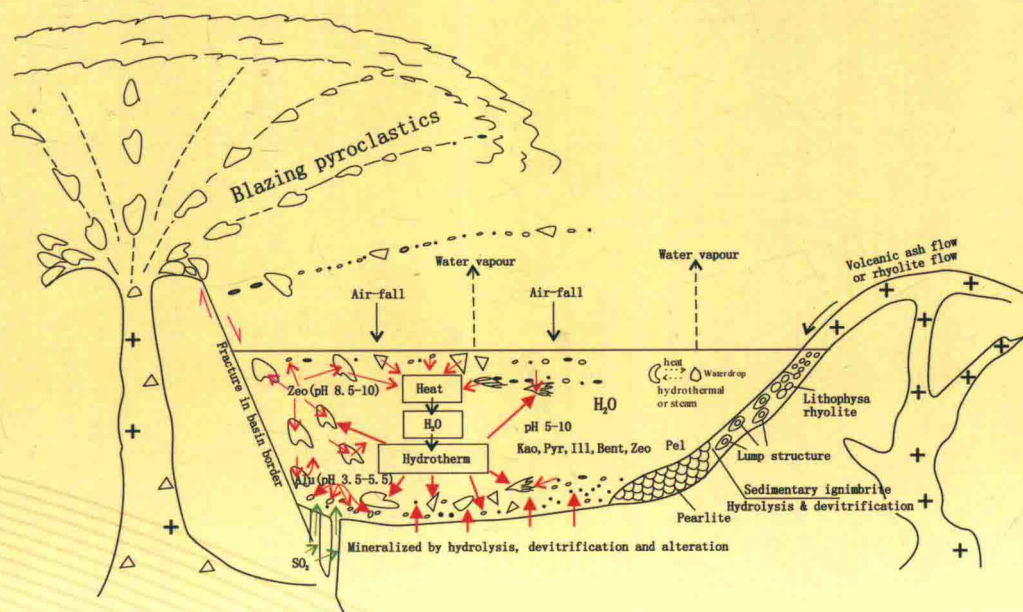


陆相火山沉积岩系非金属矿床 控矿条件及成矿机理

◎ 李广有 沈忠悦 编著



地质出版社

陆相火山沉积岩系非金属矿床 控矿条件及成矿机理

李广有 沈忠悦 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

陆相火山沉积岩系是由火山岩与沉积岩交互堆积在陆上的火山沉积岩系,它与几种非金属矿床成因关系密切。其主要特征是:矿体呈层状、似层状产出;矿体厚度、品位较稳定;蚀变微弱;矿区内断裂构造及浅成侵入岩体均未见有非金属矿化;含矿与火山机构关系密切;岩石、岩相旋回及韵律结构清楚;含矿岩石主要是炽热的火山碎屑物质堆积在火山湖盆地内形成的火山碎屑岩,与陆地堆积的火山碎屑岩形成的“干式”火山碎屑岩或早期喷出的火山碎屑被水搬运到河湖中的“冷灰型”沉火山碎屑岩不同,主要表现为“湿式热灰型”火山碎屑岩,在石英和长石晶屑中有淬裂构造,玻屑中的撕裂状构造发育,而且产有非金属矿。其控矿条件为:成矿温度在 50~200℃之间,压力在常压范围;由于热水溶液酸碱度不同以及阳离子浓度和喷气交代条件不同,从酸性到碱性可形成明矾石、高岭石(或地开石型高岭岩)、叶蜡石、伊利石(近于中性)至碱性的蒙脱石型膨润土和沸石、珍珠岩等系列矿物和岩石组合。其成矿机理是:非金属矿物的成矿物质来源于成岩物质的改组,成矿热水溶液来源于炽热的火山碎屑物质空落入湖盆或火山灰流(或熔岩流)注入湖中,将热量传递给水体,使之转化成局部的气化热液及后期的热水溶液并与火山碎屑相互作用,通过水解脱玻和蚀变矿化转化为非金属矿物,堆积成非金属矿床,同时排出 SiO_2 形成硅帽(壳)、夹石条带或次生石英类矿物混杂在矿石中。

本书可供从事非金属矿产工作的科研、管理人员参考,也可供相关院校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

陆相火山沉积岩系非金属矿床控矿条件及成矿机理 /

李广有等编著. —北京:地质出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-116-08650-0

I. ①陆… II. ①李… III. ①陆相沉积-古火山岩-沉积岩-非金属矿床-控矿条件②陆相沉积-古火山岩-沉积岩-非金属矿床-成矿机理 IV. ①P619.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 284982 号

责任编辑:孙亚芸 刘玉霞

责任校对:王洪强

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324569(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:8.25 图版:6 面

字 数:200 千字

版 次:2013 年 12 月北京第 1 版

印 次:2013 年 12 月北京第 1 次印刷

定 价:28.00 元

审图号:GS(2013)2427 号

书 号:ISBN 978-7-116-08650-0

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

我国东部沿海地区广泛分布着中、新生代陆相火山岩系，它是环太平洋火山岩带西带的一部分，尤其以中生代晚侏罗世—白垩纪的中酸性火山岩最为发育。其中，火山岩系成片出露和面积发育程度最高的是浙江省，其次是福建和广东。在 20 世纪 60 年代以前，浙江省火山岩系中以产有明矾石、叶蜡石和萤石等 3 种非金属矿物最为出名，号称“三块石头”。之后，随着地勘工作的开展，也将勘探领域扩大到蒙脱石型膨润土、地开石型高岭岩、伊利石、硅藻土、硅灰石等品种，使浙江省拥有多种门类的非金属矿。80 年代，地质矿产部给浙江省地质矿产厅下达了“东南沿海火山岩非金属成矿远景区划研究”科技项目，由浙江省牵头，会同粤、闽、浙、苏、赣、皖、鲁等 7 省地矿系统进行合作研究，各省均派员参与项目研究计划安排、成果的讨论，并各自对已有的非金属矿产资料进行收集和整理，提供给牵头单位。同时还组织了 7 省代表对代表性的大中型非金属矿产地进行考察和交流，包括广东潮州飞天燕瓷石矿（高岭石型）、福建峨嵋和寿山叶蜡石矿、江西景德镇高岭的高岭土、浙江临安平山和余杭仇山膨润土矿、安徽屯溪新潭膨润土矿、江苏苏州高岭土等矿床及山东诸城膨润土矿等矿点。通过 2~3 年的资料汇集研究及岩矿样品的测试和数据分析，提交了《东南沿海火山岩系非金属矿产成矿远景区划研究》报告。作者李广有直接参与野外考察达 3 个月，并参与了规划研究讨论等工作，受益匪浅。

多年来，作者也考察了各个与火山岩有关的非金属矿床和矿点，系统阅读和收集整理及研究了各地质队所提交的非金属矿床的详查和勘探报告，并借鉴地球物理的滤波分析思路，对一些矿床中的复合成因部分进行“滤波”，将其分解为火山沉积类型和火山后期热液蚀变交代叠加型。前者成岩和成矿同时进行，后者成矿晚于成岩。在进一步分析矿床成因特点时，从浙江泰顺龟湖叶蜡石矿床的岩矿薄片首次发现晶屑石英中有完整的淬裂构造，有的从晶屑中心部位裂开，有的碎裂成大蒜瓣状，还有的淬裂晶屑中的裂纹被叶蜡石微细脉穿插。上述淬裂晶屑，其光性特征均一致。之后，这一特征又在各地质队详查和勘探报告中得到了验证。如温州瓯海渡船头伊利石矿床详查报告中的岩矿薄片也见有晶屑石英的对半裂开，在苍南矾山的水尾山勘探报告中的岩矿薄片也见有晶屑石英似大蒜瓣一样裂开成多片。从 2006 年开始，作者又系统

补充了野外工作和样品薄片观察,包括泰顺龟湖叶蜡石矿床、苍南矾山矿田的水尾山和鸡笼山两个明矾石矿床、缙云靖岳沸石-珍珠岩矿田的老虎头和天井山矿床、余杭仇山和安吉红庙膨润土矿床等。临安平山膨润土矿床因已停采而无法下井。对上述各个矿床采样测试了矿石的 pH 和 ΔE_h 值,制作了近百个岩矿薄片,在安吉红庙膨润土矿石中也发现了发育完好的晶屑石英淬裂证据。此外,在长石晶屑中也发现了淬裂构造,如缙云天井山沸石-珍珠岩矿床中有平行于中轴线的裂开以及长石的近边缘地带带有垂直晶面的细微淬裂纹;苍南鸡笼山矿床中的矿石薄片见到晶屑长石边缘一圈发育垂直晶面的似短柱状密集淬裂纹,表面又覆盖有明矾石化的交代云雾。如上的积累与分析对比,作者认为是火山碎屑岩中的晶屑石英和长石从空中降落到湖盆水体中因快速冷却而发生了淬裂现象,也就是说“热灰”直接从空中落水产生了淬裂(Quench crack)。此外,蒙脱石型膨润土中的撕裂状构造(有人称为火焰状、帚状或破布条状构造)同样反映了热灰中的玻屑入水后由于较大温差产生了不同形态的淬裂构造。与此同时,该玻屑与碱性水接触后,交代生成蒙脱石型膨润土但仍保留其撕裂状构造的假象,充分证明火山碎屑岩空降入水时产生的淬裂构造是就地形成的,它不可能是搬运后再沉积的产物。因为如果经过了搬运,则外部的撕裂或淬裂纹等形态不可能保持完好形态。这也就是“湿式热灰型”(wet hot ash)火山碎屑岩可成矿,而“冷灰型”(cold ash)沉火山碎屑岩往往不成矿的原因。

本书分3部分:第一部分为陆相火山沉积岩系非金属矿床控矿条件及成矿机理;第二部分是浙江省陆相火山沉积岩系非金属矿床简介,目的是提供实际地质素材,加深对陆相火山沉积岩系非金属矿床控矿条件及成矿机理的理解;第三部分是详细英文摘要,主要是对第一部分内容的翻译。

本书的主要创新论点为:

(1) 提出了“干式”与“湿式”火山碎屑岩以及冷灰型与热灰型火山碎屑岩的概念。“干式”火山碎屑岩系陆上喷发、陆地堆积而形成;“湿式”火山碎屑岩为陆上喷发、湖盆堆积的火山碎屑岩,“湿式”为炽热的火山碎屑物质直接落入湖盆的结果,因此也称为“湿式热灰型”火山碎屑岩。火山碎屑物质经过风化、搬运至湖盆中再沉积,形成了沉火山碎屑岩,由于它是冷的火山碎屑物质经过二次搬运,且有沉积物砂质、粉砂质和泥质的加入,故也称为“冷灰型”火山沉积岩。它们均为陆相火山沉积岩。

(2) “湿式热灰型”火山碎屑岩是非金属矿床成矿的主要载体。火山碎屑粒度从粗到细均可非金属矿化。粗粒的集块和角砾仅在碱性条件下可蚀变矿化成蒙脱石、沸石等矿物。而酸性条件下,粗粒的集块和角砾则不能矿化,仅细碎屑的玻屑才能蚀变

矿化。

(3) 非金属矿床是由热灰型的炽热火山碎屑落入湖盆或火山灰流注入湖盆水中后,在气化热液和后期的热水溶液中经水解脱玻和蚀变矿化而成。炽热火山碎屑落入水体时,石英和长石晶屑发生的淬裂现象,有力地支持了这一观点。

(4) 酸性→碱性的气化热液和热水溶液,可使火山碎屑转变成明矾石(再加上 SO_2 喷气的热液蚀变交代)→高岭石(地开石)→叶蜡石→伊利石(近中性)→碱性的蒙脱石型膨润土→沸石、珍珠岩等系列矿床。

(5) 根据能量守恒定理估算出湖盆水体的热水溶液温度为 $50 \sim 100^\circ\text{C}$,为成矿作用提供了条件。

(6) 划分出了两种成因类型的矿床,即火山沉积矿床和火山喷气热液交代矿床,并注意到了后期火山热液叠加的改造(如叶蜡石、地开石型高岭岩矿床等),提出了陆相火山沉积非金属矿床成矿机理及成矿模式图解。

本书参考使用了大量地质队的矿区详查和勘探报告资料,也得到了各兄弟部门和浙江化工地质大队的支持和帮助,参阅并引用了浙江省区域地质大队的《浙江省区域矿产总结》和朱安庆等编写的《浙江省金属、非金属矿床成矿系列和成矿区带研究》等资料,还参考了南京和浙江地质矿产研究所的科研成果,可以说是浙江省广大地质工作者劳动成果的反映。编写过程中,还得到了包永年、徐步台、张爱云、袁慰顺、朱安庆、何英才、周钦贤、程之牧、杨文宗、李长江、周乐尧、孔佑华、叶瑛、林鸿福、谢少华、梁修睦、水涛、胡永和、王仲华、陆浩、倪云英等教授和高工的指导、帮助和支持,在此表示衷心的感谢和敬意。

作 者

2013.1 于杭州

目 录

前 言

第一部分 陆相火山沉积岩系非金属矿床控矿条件及成矿机理

第 1 章 与陆相火山沉积岩系有关的非金属矿床的主要特征	(3)
1.1 “湿式热灰型”火山碎屑岩的非金属矿床地质特征	(5)
1.2 “湿式热灰型”与“湿式冷灰型”火山碎屑岩的特征及其与成矿关系的对比	(9)
1.3 火山碎屑块度与非金属矿床之关系	(10)
1.4 “湿式”熔岩和“湿式热灰型”玻屑熔结凝灰岩的地质特征	(11)
第 2 章 火山沉积型非金属矿床控矿地质条件	(12)
2.1 成矿温度	(12)
2.2 成矿压力	(15)
2.3 pH 及 ΔE_h	(15)
2.4 硫同位素	(17)
2.5 蚀变矿物的交代与物质组成的带入带出	(17)
2.6 沸石、珍珠岩矿床形成的时代与成岩时代的一致性	(22)
第 3 章 陆相火山沉积型非金属矿床成矿机理	(23)
3.1 成矿作用期次分析	(23)
3.2 火山沉积矿床类型划分	(23)
3.3 火山沉积型非金属矿床的成矿作用	(25)
第 4 章 火山沉积型非金属矿床成矿机理探讨	(31)
4.1 陆相火山沉积非金属矿床成矿机理分析	(31)
4.2 沉积矿物序列	(31)
4.3 火山碎屑分布特点	(32)
4.4 “湿式热灰型”熔岩类及火山灰流的矿床成因	(32)
4.5 火山沉积型非金属矿床找矿标志	(32)
第 5 章 结语	(35)

第二部分 浙江省非金属矿床简介

第 6 章 苍南矾山明矾石矿田	(39)
-----------------------	------

6.1	区域地质背景及矿田地质概况	(39)
6.2	矿床地质	(41)
6.3	矿体规模及形态	(41)
6.4	矿石矿物组分	(42)
6.5	围岩蚀变	(42)
6.6	矿床成因	(42)
第7章	松阳峰洞岩地开石型高岭岩矿田	(43)
7.1	区域地质背景及矿田地质概况	(43)
7.2	矿体规模和分布	(45)
7.3	矿物组分、矿石类型、结构构造	(45)
7.4	围岩蚀变	(46)
7.5	矿床成因	(46)
第8章	青田山口叶蜡石矿田	(47)
8.1	矿田、矿床地质	(47)
8.2	矿体产状形态	(49)
8.3	矿石结构构造及蚀变特征	(50)
8.4	矿石的物理性质	(50)
8.5	矿床成因讨论	(50)
8.6	叶蜡石矿床中新的规则间层黏土矿物——绿泥间蜡石	(51)
第9章	泰顺龟湖叶蜡石矿床	(58)
9.1	区域地质背景	(58)
9.2	矿床地质	(58)
9.3	矿石矿物组分、结构构造和化学成分	(58)
9.4	围岩蚀变及分带	(60)
9.5	矿石类型及物理性能	(60)
9.6	成矿条件	(60)
9.7	矿床成因	(60)
第10章	温州瓯海渡船头伊利石矿床	(61)
10.1	区域地质背景	(61)
10.2	矿床地质	(62)
10.3	矿物组分、矿石类型和结构构造	(62)
10.4	围岩蚀变	(62)
10.5	矿床成因	(63)
10.6	控矿因素	(63)
第11章	临安平山膨润土矿床	(64)
11.1	区域地质背景	(64)
11.2	矿床地质	(64)
11.3	矿体分布和产状形态	(66)
11.4	矿石类型、矿物组合和矿石结构构造	(66)

11.5	矿石的自然改型特点	(68)
11.6	矿床成因	(69)
第12章	余杭仇山膨润土矿床	(70)
12.1	区域地质背景	(70)
12.2	矿床地质	(70)
12.3	矿层的分布、形态	(72)
12.4	矿石类型、矿物组分和矿石结构构造	(72)
12.5	矿石物化工艺性能	(72)
12.6	矿石改型	(73)
12.7	地下水化学特征	(73)
12.8	矿床成因	(75)
第13章	缙云靖岳沸石珍珠岩矿田	(76)
13.1	区域地质背景及矿田地质概况	(76)
13.2	沸石矿田地质	(77)
13.3	珍珠岩矿层特征及矿石物化性能	(84)
13.4	矿床成因	(84)
第14章	天台白鹤殿沸石矿床	(86)
14.1	地层层序	(86)
14.2	矿体产状形态及规模	(87)
14.3	矿石类型及化学组分	(88)
14.4	矿床成因	(88)

第三部分 英文摘要

Controlling Conditions and the Mineralization Mechanism of Non-metal Deposits	
in Continental Volcanic Sedimentary Rock Series	(91)
1 Characteristics of non-metal deposits in continental volcanic sedimentary rocks	(92)
2 Control factors of volcanic sedimentary type of non-metal mineralization	(97)
3 Mineralization mechanism of volcanic sedimentary type non-metal deposits	(106)
4 Discussion on the mineralization model for volcanic sedimentary type non-metal deposits	(112)
5 Prospecting for volcanic sedimentary type nonmetal deposits	(115)
6 Summary	(115)
主要参考文献及资料	(117)
照片及说明	(120)

第一部分

陆相火山沉积岩系非金属矿床 控矿条件及成矿机理

第1章 与陆相火山沉积岩系有关的 非金属矿床的主要特征

浙江省大地构造可分为两个一级构造单元,以江山-绍兴深断裂为界,西北部分属扬子地块,东南部分为华南地块。两个构造单元在前中生代经历了漫长的演化历史,表现为多旋回、多阶段性。多旋回构造运动伴随着多旋回的岩浆活动。燕山旋回,岩浆喷发和侵入活动进入全盛时期,形成了浙闽粤沿海火山岩带,它是西太平洋亚洲大陆边缘中国东南沿海火山岩带的重要组成部分。

我国东部地区广泛分布着中、新生代陆相火山岩系,它是环太平洋火山岩带西带的一部分,尤以中生代晚侏罗世—白垩纪的中酸性火山岩最为发育(图1.1)。浙江省中生代火山岩呈大片分布于江山-绍兴断裂带的东南面,面积超过40000km²(陶奎元等,2000);而浙西北地区则零星分布一些火山盆地,较大的为天目山区。在陆地喷发和堆积的火山岩系部分可称为“干式”火山岩系,如浙江的高坞组、九里坪组等;而间有陆上喷发、湖盆水中堆积的火山岩系可称为“湿式”火山岩系,如浙江的大爽组、西山头组、塘上组、两头塘组、劳村组、寿昌组等,福建的南园组、坂头组,以及广东高基坪群的一部分等。后者是我国几种主要非金属矿产的重要来源。

产在火山沉积岩系中的几种非金属矿床,较多地被认为是火山后期热液交代或火山喷气热液交代矿床(袁见齐等,1979)。陆志刚等(1997)在20世纪末提出了次生石英岩和酸性火山玻璃两大系列,认为沸石、膨润土等属于火山玻璃系列,而叶蜡石、高岭石、明矾石、伊利石等则属于次生石英岩系列——即火山后期热液交代成因。国内外一些学者对火山沉积作用及有关矿床已有不少研究成果(Adamo et al., 2001; Celine et al., 2009; Censi et al., 2007; Ganesh et al., 2002; Gennaro et al., 1999; Harvey, 1997; Houston et al., 2008; Isabel, 1997; Ligas et al., 1997; Manning, 1993; Mastrorenzo et al., 2001; Mennier, 2005; Mutakyahwa, 2002; Shoval, 2004; Smith and Cole, 1997; Syabolc, 2005; Valentine et al., 2000; 王国武, 1992; 王克勤等, 2000; 王瑜, 1996; 包永年, 1983, 1985; 乐振卿, 1991; 刘季花等, 1999; 刘文灿等, 1997; 孙善平等, 2001; 孙淑荣等, 1994; 李广有, 2005, 2006a, 2006b; 李迎春, 1988; 汪灵等, 1996, 1997; 陆志刚等, 1997; 陈亨亮等, 1976; 陈祖荣, 1989; 陈婉君等, 2006; 林威成等, 2006; 范永源等, 2007; 张寿庭等, 2001; 张术根等, 2006; 姚鑫, 2009; 姚超美等, 2000; 袁德丰等, 2001, 2002; 袁见齐等, 1979; 徐步台和黄建国, 1996; 徐步台等, 1991; 浙江省地质矿产局, 1976; 曹金山和时其衡, 1987; 黄锐潮等, 2005; 彭秀文和李广有, 1991)。近年来,国际上对环太平洋金属成矿带的“斑岩铜矿”模式的建立已被证明是成功的,但需要补充与完善;而“火山热泉型”金矿模式的提出也颇有新意。但近十多年来,对非金属矿床与火山岩带的关系缺少系统研究和总结,仅有一些小区域的研究和总结,如坦

桑尼亚、以色列等地区的膨润土以及意大利和新西兰的陶瓷原料研究等（Adamoa et al. , 2001; Ligas et al. , 1997; Mutakyahwa, 2002; Shoval, 2004; Small and Manning, 1993）。我们从我国大量地质普查勘探成果及跨 7 个省的东南沿海火山岩和非金属矿床成矿规律的研究等成果，总结了火山沉积型非金属矿床的主要地质特征和控矿地质条件，并探讨其成因和成矿机理与成矿模式，希望起抛砖引玉之用。

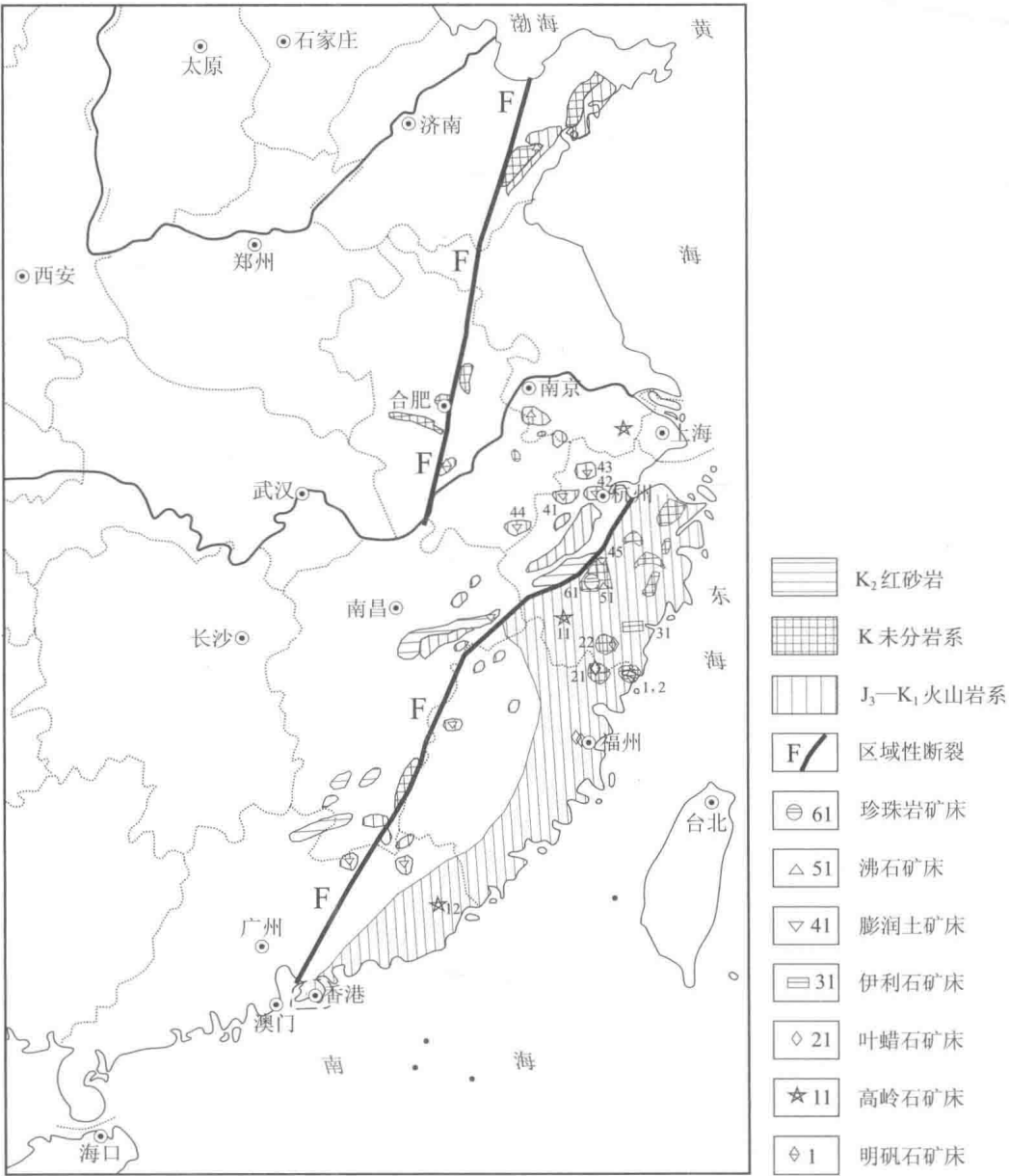


图 1.1 我国东南沿海地区地质及非金属矿床分布简图

1, 2—苍南矾山明矾石矿田水尾山和鸡笼山矿床；11—松阳峰洞岩地开石型高岭土矿床；12—广东潮州飞天燕瓷石矿床；21—泰顺龟湖叶蜡石矿床；22—青田山口叶蜡石矿田；31—渡船头伊利石矿床；41—平山膨润土矿床；42—仇山膨润土矿床；43—安吉红庙膨润土矿床；44—屯溪新塘膨润土矿床；45—缙云赤溪膨润土矿；51+61—缙云靖岳沸石、珍珠岩矿田的老虎头、天井山矿床

1.1 “湿式热灰型”火山碎屑岩的非金属矿床地质特征

以“湿式热灰型”火山碎屑岩为主的非金属矿床具有下列地质特征：

(1) 矿体呈层状、似层状产出（照片1），并具有微细层理或斜层理，其顶、底板中有时可见产有植物化石或瓣鳃类化石的页岩或砂质、粉砂质泥岩（如广东潮州飞天燕瓷石矿床、浙江临安平山膨润土矿床等）。

(2) 矿层厚度、品位变化系数一般均小于50%。如浙江临安平山膨润土矿床主矿层厚度变化系数为38%，缙云老虎头沸石矿床厚度变化系数为47%，苍南矾山明矾石主矿层厚度变化系数则小于30%；而各矿床的品位变化系数则为5.7%~36.9%（以上数字均引自各地质队的矿床（或矿区）详查或勘探报告）。故厚度、品位变化系数均较小，说明矿体厚度和品位变化均比较稳定。

(3) 除矿体有弱蚀变外，顶、底板几乎都未见蚀变。如临安平山膨润土矿床、英国红山（Red Hill）膨润土矿床等；仅有叶蜡石矿床因晚期火山热液叠加较显著而蚀变相对较强。

(4) 矿区内各种断裂以及浅成侵入岩体（潜火山岩）一般均未见非金属矿化，有的断裂直接切割或穿切矿体，有的侵入岩体直接侵入矿体使接触带边缘矿化变弱成非工业矿体，如苍南矾山明矾石矿田所在的企龙塍公路边的流纹斑岩“潜火山岩侵入体”侵入6号矿体后使接触带边缘的明矾石矿化由工业品位降为边界表外矿石。

(5) 含矿火山沉积岩系韵律旋回明显。从浙江省火山沉积型非金属矿床岩石、岩相和岩相旋回图（图1.2）可看出：多数矿体的旋回起始于河床相砂砾岩、砂岩或洪积相的含砾粉砂岩，也有起始于河漫滩相的粉砂岩（局部含砾石和砂质向洪积相过渡），带有缓流河床相的特征（如临安平山膨润土矿床）。下面以临安平山膨润土矿床为例，剖析一下其岩性、岩相和旋回结构演化特点。其含矿地层为上侏罗统寿昌组（图1.2），地层总厚度在546m左右，由3个旋回构成，每个旋回的厚度由下至上为226m、139m、181m。每个旋回由河床相、湖泊相和火山喷发沉积相等3部分组成。旋回的底部起始均由凝灰质砂砾岩及砂砾岩组成，且大型斜层理发育，也见有交错层理，构成河床相；而第二旋回则是砂砾岩和含砾凝灰质粉砂岩等，砂砾岩中斜层理可见，粉砂岩的波状层理及透镜状层理发育，共同构成河床相及河漫滩相（或洪积相），河床相岩石的厚度在12~39m之间；顶部第三旋回火山沉积的厚度最薄，乃至缺失。每个旋回的中部均为湖泊相，厚度较大，为72~165m，基中第一、三旋回的湖泊相岩石厚度均在160m以上，而第二旋回的湖泊相厚度最薄。其岩性主要由细碎屑的粉砂岩、泥质粉砂岩和泥岩及页岩等构成，其中第一旋回以钙质粉砂岩为主，而第三旋回则以泥质粉砂岩及泥岩为主，可见黑、灰相间的季节性水平纹理，显示水体环境更为宁静。每个旋回的上部（第三部分）则是含有蒙脱石的膨润土矿体及含凝灰质粉砂岩的夹层，主要为由湿式热灰型角砾凝灰岩、晶玻屑凝灰岩等热火山碎屑岩等经水解脱玻和蚀变矿化而成的蒙脱石型膨润土，其中在第一、二旋回中含矿10层，第二旋回的7、8矿层和第一旋回的2矿层等3个矿层储量占总储量的83%，显示为主要矿体。由玻屑水解脱玻和蚀变矿化构成“雪花飘”矿石（7号矿层），其中“雪花”（即白色的蒙脱石膨润土）大者可达20mm左右，由角砾级大小的玻屑脱玻化蚀变而

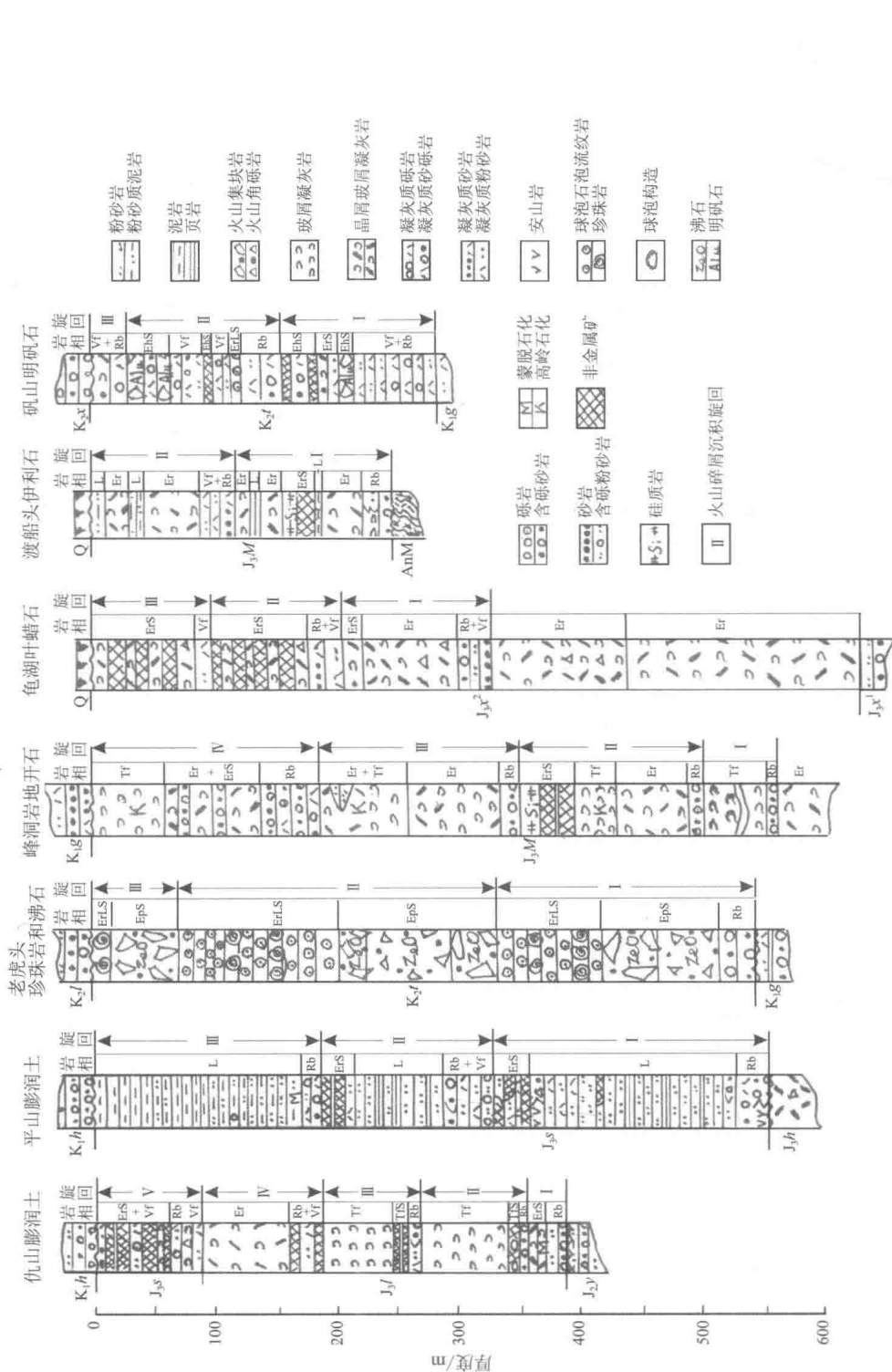


图 1.2 浙江省火山沉积型非金属矿床岩石、岩相和岩相旋回图

Q—第四系；K_{2x}—小平田组；K_{2t}—塘头组；K_{2l}—两塘组；K_{1g}—馆头组；K_{1h}—横山组；J_{3x}—西山头组；J_{3s}—寿昌组；J_{3h}—黄尖组；J_{3l}—劳村组；J_{2y}—渔山尖组；J_{2x}—前中生界变质岩系。Er—火山喷发相（陆上）；Tf—火山灰流相（陆上）；EhS—火山喷气沉积相（水下）；EpS—火山爆发沉积相（水下）；ErLS—火山溢流沉积相（水下）；TTS—火山灰流沉积相（水下）；TIS—火山溢流沉积相（水下）；Rb—河床相；Vf—洪积相及河漫滩相；L—湖相

成，蔚为壮观，矿石中含矿浓度也明显富集。但有意思的是顶部旋回并无火山活动迹象，也没有火山喷发沉积相存在，因而也不可能存在水解脱玻化和蚀变矿化，故它不存在膨润土矿体，正如图 1.2 所显示，顶部第三旋回仅存在河床相和湖泊相，而且湖泊相中堆积的也是泥质岩、页岩及泥质粉砂岩等细碎屑岩，显示出风平浪静、无火山扰动的迹象。

此外，值得一提的是余杭仇山膨润土矿床劳村组的第二旋回，它也由 3 部分组成，共厚 80m，下部为河床相砂砾岩及砂岩，厚 13.4m；中部为湿式热灰型玻屑熔结凝灰岩经水解脱玻蚀变矿化构成蒙脱石型膨润土，编号为 I 矿层，厚 0.8~4.68m，矿石呈浅绿-蓝绿色，为熔结状矿石，具蜡状光泽，花岗鳞片状和变余玻屑结构，变余珍珠状和假流纹构造；矿体近顶板部分可见球蛋状构造，其边缘蚀变为膨润土，而中心部分为蚀变玻屑熔结凝灰岩（玻屑熔结凝灰岩——湿式凝灰岩），顶板则为玻屑熔结凝灰岩（即火山碎屑物质降落在陆地上的“干式”凝灰岩），绝无膨润土化迹象。故玻屑熔结凝灰岩为火山灰流相，沿斜坡注入湖水盆地中的火山灰流则发生了水解脱玻直至蚀变矿化为蒙脱石型膨润土。以细碎屑为主的湿式热灰型玻屑熔结凝灰岩则由于火山碎屑物质细微和较均匀，蚀变矿化后形成珍珠状构造，显蜡状光泽；不均匀的部分在水中形成球蛋状构造（核心部位仍为变余玻屑熔结凝灰岩，地质队称其为曜岩状凝灰岩）。而火山灰流落在陆地上的部分则形成致密坚硬的流纹质玻屑熔结凝灰岩，构成陆地上的火山灰流相。该矿床第三旋回的 II 矿层及围岩也与上述情况类似，但第四旋回由于火山碎屑物质转化为晶屑、玻屑凝灰岩，而使矿石及围岩中的较粗碎屑成分明显增加，含矿比例相应下降。顶部的第五旋回膨润土矿层，既多又厚，由寿昌组旋回的超覆叠加而成，其正常层序应覆盖在黄尖组非矿的凝灰质砂岩、粉砂岩之上，但该钻孔探到的正是超覆程序。与余杭仇山膨润土矿床相似的矿石及岩相类型是安吉红庙膨润土矿床，它也是湿式热灰型玻屑熔结凝灰岩，具细微玻屑结构，珍珠状构造，矿体厚度在 20m 以上，间夹褐红色含铁硅质岩条带 10 多层（照片 1），也是典型火山灰流沉积相。此外，沸石、珍珠岩矿床则以火山爆发沉积相（沸石矿体）和火山喷溢（熔岩流）沉积相（珍珠岩）等不同喷发强度和形式（由块状火山碎屑岩→熔岩流）交叠构成了 3 个火山沉积旋回，仅早期第一旋回底部为河床相砂砾岩，厚为 30m。此外，每个旋回厚度在 65~250m 之间，共计厚 540m 左右。

（6）含矿构造与火山机构关系密切。有的矿田本身就是一个环状破火山口构造，粗碎屑的火山集块和角砾广为分布，且潜火山岩侵入体相当发育，如浙江苍南矾山明矾石矿田（其成矿时代为上白垩统塘上组形成期，由胡永和取样经宜昌地质矿产研究所用 K-Ar 法测定年龄为 98.8Ma）。有的矿床沿断裂边缘构成长弧形火山沉积盆地，如临安平山膨润土矿床等。

（7）在成矿时代上，以晚侏罗世至白垩纪最为发育。如浙东南晚侏罗世—白垩纪的磨石山群中的大爽组、西山头组、塘上组等；而浙西北晚侏罗世—白垩纪的建德群中的劳村组（余杭仇山膨润土矿床）、寿昌组（临安平山膨润土矿床）等含矿发育。此外，福建南园组、坂头组和广东高基坪群等均是含矿的火山沉积岩系（湿式）。广东潮州飞天燕瓷石矿厚度巨大，达 80m 以上，矿石为湿式热灰型晶玻屑熔结凝灰岩，矿石矿物主要为高岭石，并有少量伊利石， Al_2O_3 含量为 16%~20%，有害杂质（如 Fe、Mn、Ti 等）少，是大型优质瓷石矿。矿体底板既是产有瓣鳃类和植物化石的灰黑色页岩，也是典型的火山沉积岩系（湿式）。而浙东南地区磨石山群中的干式火山岩系（如上侏罗统—下白垩统高

坞组、九里坪组等) 不仅未见非金属矿床或矿点, 而且金属矿点也少见。

(8) 该类矿床的岩石学特征最重要的是含矿岩石主要为湿式热灰型火山碎屑岩。其热火山碎屑物质占 50% ~ 90%, 而沉积物质含量在 50% 以下, 如沉积物质占多数 (> 50% 以上) 的凝灰质砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩等一般只能构成矿化, 而不能构成矿体。其原因是非金属矿石的工业要求往往是矿石矿物含量要在 30% ~ 50% 左右或以上, 再加上火山碎屑也未必全部都能矿化, 故凝灰质砂岩、粉砂岩等一般达不到工业品位。这也反证了只有热火山碎屑物质的蚀变矿化才能形成非金属矿物。而火山碎屑物质除了火山玻璃水解脱玻蚀变矿化外, 尚有长石晶屑的蚀变交代矿化 (石英晶屑因性能稳定, 难以蚀变矿化)。现将沉火山碎屑物质中各类碎屑特征与陆地堆积的火山碎屑特征作一对比, 见表 1.1。

表 1.1 湿式热灰型火山碎屑岩与干式火山碎屑岩的火山碎屑特征对比

火山碎屑类别		“湿式热灰型”火山碎屑岩 (空落或火山灰流入湖水盆地中堆积形成)	“干式冷灰型”火山碎屑岩 (陆地堆积)
岩石学界定		火山碎屑物质占 50% ~ 90%, 沉积碎屑物质含量 < 50%	火山碎屑物质 100%
岩屑 (> 100mm 至 2mm)		> 100mm 为集块, 介于 100 ~ 2mm 为角砾 (多数角砾在 50 ~ 2mm)。成分主要是前期生成的中酸性 - 酸性熔结凝灰岩、流纹岩、石英斑岩等, 也见有硅质岩等异源碎块。呈大小不等的角砾块状和角砾状。硅质岩不易矿化, 其余角砾块在碱性条件下易矿化为沸石或蒙脱石等 (照片 11, 12)	岩石特征同左, 但无矿化
浆屑 (> 100mm 至 2mm)		> 100mm 为集块, 介于 100 ~ 2mm 为角砾 (多数角砾在 50 ~ 2mm)。成分主要为熔结凝灰岩、熔岩等, 以酸性为主, 也有中酸性岩石。形态各异, 有火山弹状 (> 100mm)、生姜状、变形虫状、手枪状、球蛋状等。在碱性环境易矿化成沸石、蒙脱石等, 在酸性环境下则保持原岩成分构成脉石 (如明矾石矿床), 但其边缘有时有矿化蚀变成的泥质晕圈。多数情况下浆屑含量大于岩屑	岩石特征同左, 但无矿化
晶屑 (5 ~ 0.1mm)	石英	有明显的淬冷炸裂现象, 如在中心位置或沿轴向完整裂开; 有的碎裂成大蒜瓣状; 也有的是非金属矿物细脉 (如叶蜡石) 穿插石英裂纹而过 (照片 2 ~ 6)	淬冷炸裂构造不发育, 也不矿化
	长石	有明显的淬冷炸裂现象, 如在晶屑边缘出现密集的短细裂纹, 表面呈现云雾状, 也为非金属矿化交代形成; 有的长石沿中轴线裂开或淬裂成 4 块且间有港湾状, 显微裂隙非常发育, 并为非金属矿化交代 (照片 7 ~ 9)	易裂开, 但不是淬裂。一般只见内生的高岭土化、绢云母化的蚀变
玻屑 (20 ~ 0.01mm)	塑性玻屑	呈扁平拉长状或似角砾状, 大者可达 20mm 左右, 小者 1mm 左右, 易矿化, 如伊利石化、叶蜡石化、蒙脱石化等, 也可向撕裂状玻屑过渡	岩石特征同左, 但无矿化。往往向浆屑过渡, 未见有撕裂状玻屑
	撕裂状玻屑	呈碎裂拉长状, 边部常有拉丝状构造; 有的中间完全裂开, 尾部呈帚状、羽毛状等 (照片 4、10), 极易矿化, 如蒙脱石化、叶蜡石化等。一般在 2 ~ 0.1mm 之间, 少数可达 20mm (如雪花状蒙脱石型膨润土矿石)	不发育
	其他玻屑	弧面棱角状、鸡骨状、枝丫状 (Y 形)、蠕虫状等碎屑, 1 ~ 0.01mm, 多数在 0.1 ~ 0.01mm 之间, 量大面广, 构成火山碎屑基质的主要部分, 极易矿化 (照片 13)	岩石特征同左, 无矿化