第一章　绪论

一、概述

长江中下游地区，包括湖北、安徽、江西、江苏等省，有时也包括浙江省，是我国主要铁铜多金属成矿域。通常主要指两大类矿床类型：矽卡岩型铁铜矿床和宁芜火山岩型（玢岩铁矿）矿床。还有一些矿床类型如斑岩铜矿、含铜黄铁矿、脉状金矿、脉状铅锌矿等，规模不大。主要成矿时代是中生代。主要含矿围岩前者是上古生代碳酸盐地层，后者是火山岩地层。前者大地构造背景是中生代隆起区；后者是凹陷区。这些地区研究历史很长，开采历史久远。近年来，若再深入工作应当瞄准解决什么问题对成矿作用基本理论和进一步发展找矿远景会更有意义。这是应考虑的头等大事。

（1）多年来，地质队和研究工作者大都是分别对两类矿床、两类地区进行研究，较少把岩浆岩（尤其是火山岩）作为研究各种事物之间的链条连起来。作者认为：应当研究两者之间过渡区的火山-岩浆与成矿作用，把凹陷区的火山活动与隆起区的岩浆侵入作用联系在一起全面地考察，会得出新的有意义的认识。

（2）认识矿产资源形成的本质和寻找新的来源是一致的。现代科学关注的是新的研究途径。这个途径就是研究水-岩相互作用、岩石圈-地幔相互作用对成矿作用的影响。对于火山岩型和矽卡岩型矿床来说，要关注的是流体来源。上地幔流体和下地壳流体物质上升，在上地壳成矿的地方“呆”下来形成矿床。应当研究它的全过程。应当研究火山岩浆来源深度，与这个深度上可能携带的物质性质联系在一起。在由深至浅流体迁移途径中发生了深层水-岩反应过程：火山岩自交代变晶（钾长石），钾长石交代，接踵而来的高压高温流体交代作用，然后是火山岩的热水蚀变，最后才是近地表的水-岩相互作用——浅色蚀变。

（3）深部物质地球化学问题。长江中下游中生代碱玄岩、粗安岩、粗面岩火山活动和中酸性岩浆活动可与中国东部火山活动总的趋势联系起来。由 175Ma 至 75Ma 间，火山带平行地呈带状向东迁移。东移后，以酸性系列为主。火山岩演化过程中，除了公认的微量元素标志和稀土元素特征之外，特别有意义的是流体成分中的重要元素磷、氯、硼、氟和硫等的地球化学过程。由硼地球化学来看，这地区各阶段火山岩矿化物质来源是不同的。

（4）金属矿床的形成是水-岩相互作用动力学过程中一个阶段的产物。作者过去曾用热力学研究了流体与矿物组合之间的平衡。现在应当考虑水-岩过程中的物质迁移和流动过程加入地壳下部流体的化学动力学过程。区域性金属分布和矿床分带具自相似性，表明存在着大范围物质迁移和大范围内的化学动力学过程。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二、中生代火山-岩浆活动

(一)区域构造轮廓

(1) 长江中下游鄂皖赣苏浙几省划分为：①前中生代隆起区（有人称江南古陆，主要为古生代地层）；②中生代凹陷带，火山岩断陷盆地相间出现，如图 1.1 所示，北东走向。还可按岩浆活动划分为沿江岩浆活动带和江南岩浆活动带。另外，在江南岩浆岩带之东南，是又一个火山岩凹陷带（浙西火山岩带）和浙中火山岩隆起区。

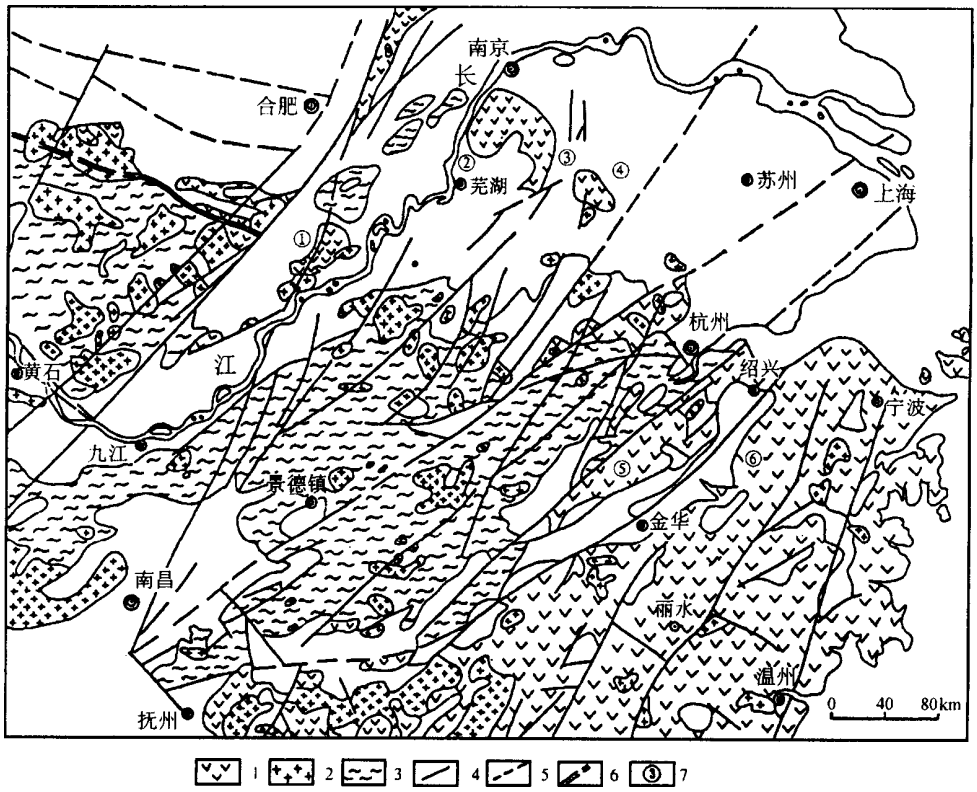


图 1.1 长江中下游主要岩浆岩区分布和断裂构造

1. 火山岩区：①庐枞地区， ②宁芜地区，③溧水地区，④溧阳地区，⑤浙西地区， ⑥浙中地区；

2. 侵入岩区； 3. 前寒武纪地层；4. 主要大断裂；5. 隐伏大断裂；6. 深部断裂；7. 火山岩区标号

中生代火山盆地发生在前中生代构造背景之上，即下古生代地层组成的北东向褶皱和上古生代地层组成的北北东向褶皱带，两组褶皱构造都有伴生同期断裂，包括北西西方向横断裂和北东方向、北北东方向走向断裂。另外还有北东方向箱状褶皱。中生代火山盆地一块块被小隆起区相隔离，由西向东我们将重点分析庐枞、宁芜、溧水、溧阳和浙江。前中生代构造框架主要表现在隆起区内，但也延伸到盆内。

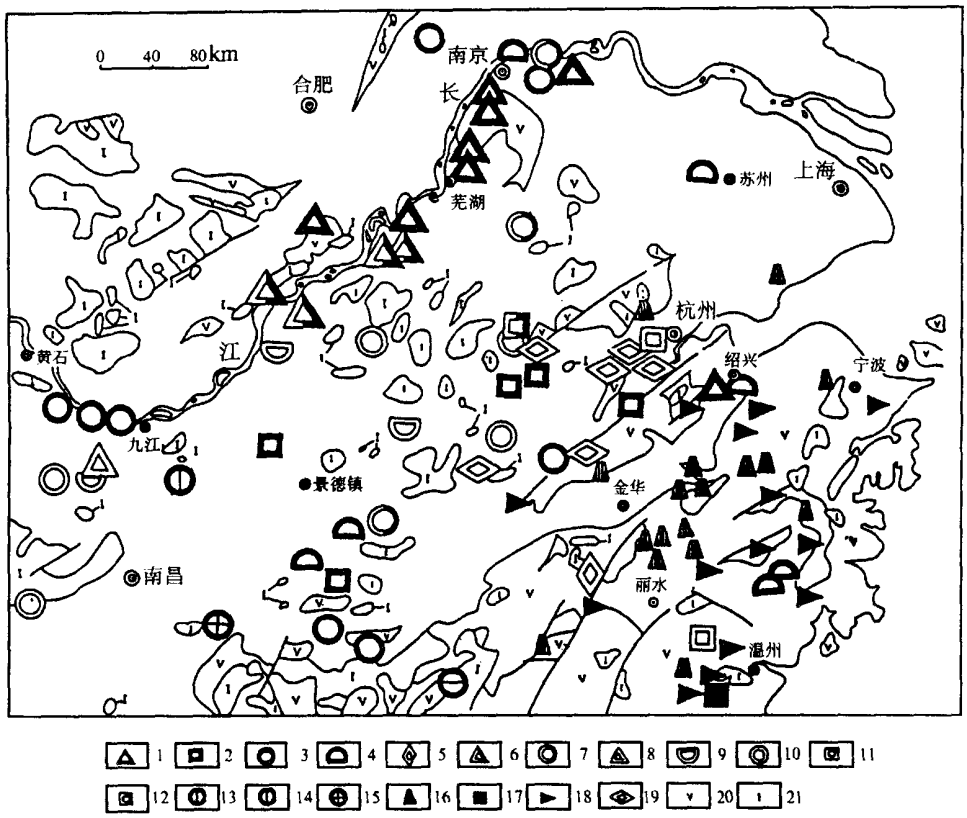


图 1.2 长江中下游主要矿床和岩浆岩区分布

铁矿；2.钨矿；3.铜矿；4 铅锌矿；5.银矿；6.铁铜矿；7.钼铜矿；8.锡矿；9.锑矿；10.汞矿；11.钼矿；12.钨锡矿；13.钨钼矿；14. 铜铅锌矿；15.铜钨矿；16.萤石；17.明矾石；18.叶蜡石；19.重晶石；20.火山岩区；21.侵入岩区

(2) 断裂带和郯庐大断裂。长江断裂带、沿江断裂带、江山一绍兴断裂带均为北东向(图 1.1)。值得注意的是，淮阳地盾北沿的北北西大断裂带，怎么会延伸到沿江火山岩浆活动带里去？如果这大断裂带为郯庐断裂切割，它也应当是若干平行的北北西向断裂，或者说，北北西构造活动带隐存在庐枞断裂带之东。

(3) 中生代的深部构造。分析这一问题的依据是：①石油地球物理断面研究，在这地区存在着大型的推覆构造；②在沿江地区，有大量的向北西方向倾斜的逆断层和向东南方向的倒转背斜，北东走向断裂；③中生代火山凹陷被一个隆起相隔，呈串珠状分布。大矿床空间分布也是北西西方向的。这些都预示着深部构造特征。

(二) 长江中下游区域成矿作用概况

长江中下游地区从晚震旦纪开始沉降。下部古生界地层南厚北薄由 8000 余 m 至 1710m。震旦一寒武一奥陶系为碳酸盐岩建造，志留纪开始转为碎屑岩为主的沉积，石炭

纪开始新的碳酸盐沉积。到下中三叠统青龙群在碳酸盐沉积后出现蒸发石膏岩。上三叠统黄马青组为页岩。

由晚泥盆世到三叠世的南深北浅凹陷带内存在一系列沿南北或北东向的起伏，形成“鞍”与“槽”的构造。例如，在梁子湖区、庐江地区和宁芜区等为“槽”，在“槽”之间为隆起区。

中生代开始火山岩的沉积作用。火山岩盆地分为两类，一类为继承式火山岩盆地，在青龙群（T_{1-2}）基础上相继地产生黄马青组（T_3）、象山群（J_{1-2}）碎屑岩建造，如怀宁、庐枞、宁芜等盆地较为典型；另一类，在火山沉积作用发生前缺失上古生界或下古生界的部分或全部碳酸盐岩地层，如广德和溧阳等盆地。

整个长江中下游与岩浆作用有关的金属矿床，基本是发育在上述的“槽”区，可分为两类：一类为玢岩式铁矿床及其相伴的块状黄铁矿床等，发育于截切“槽”的继承性断陷盆地内；另一类为与中酸性岩浆岩有关的矽卡岩型铁铜矿床、矽卡岩一斑岩型铜矿床以及斑岩型铜矿床。

长江中下游坳陷带中，北半部坳陷带的上古生界以铁铜矿产著称，向南进入江南古陆区的下古生界则逐渐出现铜、铅、锌和钨、锡、钼。以铁为主的重要矿产均产在“槽”内的继承性断陷盆地中，由盆地向隆起区逐渐过渡为以铜为主的铜铁硫矿或铜钼矿。各主要矿种的赋存岩石也逐渐变化，在盆地中心火山岩地区（J_3—K_1）内分布玢岩铁矿床及伴随的块状黄铁矿床、硬石膏矿床等；盆地边缘，象山砂岩（J_1）和一部分火山岩中产出斑岩铜矿；在三叠系地层中发育矽卡岩铁铜矿床；隆起区（许多复背斜内）在石炭系和二叠系地层内出现矽卡岩铜矿床。郭文魁教授详细研究了长江中下游成矿规律基本特征，提出了构造岩浆和成矿作用，起因于基底构造与盖层对岩浆活动和矿产分布的控制作用，并提出了矿床类型在空间上的演化、金属元素分带性和成矿作用在时间上的演化（郭文魁，1965）他指出，后造山的成矿作用又可分先后两个成矿旋回，先期发生在晚侏罗世，延续到早白垩世，主要是伴随中酸性岩浆侵入活动所形成的矽卡岩型及由其派生出的矽卡岩一斑岩型矿床、斑岩型矿床；后期成矿旋回主要发生在早白垩世，而延续到晚白垩世，是发生在继承性断陷盆地内伴随偏碱性玄武-安山质火山-次火山作用所形成的玢岩铁矿、块状铁矿床和脉状金铜矿床。常印佛、翟裕生等科学家和地质工作者自新中国成立以来有大量的科研成果（常印佛等， 1991；翟裕生等，1992)。这些研究成果认为：先期成矿旋回的有关岩浆岩属钙碱系列，后期火山岩系属碱钙系列。按我们这次研究结果看，有些火山岩属于碱性系列。先期成矿旋回是随着岩浆由中酸性（闪长岩、石英闪长岩）向酸性（花岗闪长岩和石英二长岩甚至花岗岩）演化，金属矿化以铁为主，经过铁铜、过渡到以铜为主并出现钼、钨等的趋势。后期成矿旋回，岩浆由碱玄岩、粗安岩向粗面岩演化，金属矿化由铁向硫、铜和铜金的方向发展。后者称为火山凹陷区的成矿作用类型；前者称为隆起区的成矿作用类型。它们的成矿构造与岩浆活动在着密切的联系。两种成矿类型、成矿区之间也存在一定的联系，由断陷盆地到隆起区的成矿作用的演化过程，以梁子湖“槽”中的大冶断陷盆地为例，由盆地中心向外，由铁山式铁矿向东先是铜绿山铜（铁）矿，后至九江瑞昌地区的城门山式铜矿；第二实例是宁芜盆地，由盆地中心宁芜玢岩铁矿伴随块状黄铁矿床，“盆边”出现矽卡岩一斑岩型安基山铜矿，以及宁镇隆起的矽卡岩型铁矿；第三实例是以庐枞盆地为中心，中心为火山岩区铁矿，伴有块状硬石膏一黄铁矿床，向西北

（或向南）在盆地与隆起过渡区为斑岩铜矿床，向正东是铜陵矽卡岩型铜（铁）矿带。值得注意的是，一些火山岩盆地内和边缘都出现规模不大的铅锌矿化，它与浙江的大型银铅锌矿床有什么关系，这是一个应予以研究的课题。

火山岩盆地，由西南向东北的顺序，怀宁、庐枞、繁昌、宁芜、溧水等，以庐枞盆地下陷最深，火山活动时期最早，火山岩岩石组合最为特殊，详细研究这个典型火山盆地的岩石矿床地球化学特征，对比宁芜地区的火山岩石与成矿作用地球化学作用特征，将给我们一个更为明确的结论：庐枞火山岩盆地内为钾玄岩一粗安岩一粗面岩组合，是一个区别于一般洋岛玄武岩的陆内钾玄岩组合；相似于裂谷玄武岩系的碱玄岩，又区别于一般的碱玄岩具有很特殊的痕迹元素组合和铁矿化作用特征。

（三）长江中下游火山岩区地质概况

长江中下游有一系列中生代陆相火山岩盆地。其中宁芜盆地和庐纵盆地内发育着大型玢岩铁矿类的铁矿和块状黄铁矿床。这种矿床类型在世界上是一种独特类型，已经有科研报告叙述过这个问题（长江中下游火山岩铁矿研究组， 1977)。本书专门研究火山岩系岩石化学，尤其是痕迹元素的地球化学问题。研究结果表明，庐枞与宁芜火山岩系均属于碱性岩系，庐枞火山岩系是钾玄岩组合，事实证明富钾的岩浆岩也可带来铁矿床。并且这一带火山岩与世界上著名火山岩系进行对比，也发现长江中下游火山岩系，尤其庐枞火山岩组合与众不同，是一种特殊的岩石组合——钾玄岩一粗安岩一粗面岩组合，或者称富钾型粗面玄武岩一粗面岩组合。火山岩系向东发展逐步演化为钙碱性岩系。因此，我们的研究对比扩展到浙江火山岩。事实证明这一扩展研究是十分必要的并取得了新的认识。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第二章　火山岩盆地和含矿火山活动

中生代火山活动在长江中下游主要形成火山断陷盆地，我们选择庐枞、宁芜、溧水、溧阳和浙江五大地区进行对比研究。目前，中生代每个火山岩盆地的火山岩多按照四分法，自下而上照地层层序进行划分。一般形成时代是 175Ma～90Ma 左右。几个盆地，各相对应的层位的火山岩只是时代相近，并不能把岩性和产状完全对照起来。

庐枞盆地的火山岩，基本上是钾玄岩一粗安岩一粗面岩组合。

宁芜盆地的火山岩基本上是钠质碱玄岩一粗安岩一黝方石响岩一粗面岩组合。

溧水盆地的火山岩基本上是玄武岩一粗安岩一粗面岩组合和晚期流纹岩质岩石；

溧阳盆地的火山岩基本上是玄武岩一安山岩一流纹岩组合；

浙西一浙中凹陷带的火山岩，主要是安山岩一英安岩一流纹岩组合。

我们可以看到，每一盆地内的火山岩，都有十分独特的岩性和成矿作用的主要旋回，成矿的火山旋回所处整个火山岩活动中的位置并不相同。

一、火山岩盆地

（一）庐枞火山岩盆地

1．庐枞火山岩盆地构造基底

火山岩盆地北东方向延长，西边有罗昌河断裂和郯庐断裂带，东边、北边、南边为侏罗纪象山群（砂岩）。盆内为火山岩系，底部与象山群不整合，东边超覆于在象山群上。盆地之东（过江之后）为隆起区，由上志留纪到三叠纪的沉积地层组成复背斜。盆地之北面和南面，也看到古生代沉积地层出露，也是隆起区。

火山活动是在晚侏罗世至早白垩世，在断陷盆地内发生的，继承在古生代沉积盆地的背景上。

火山活动前，即在断陷盆地形成前，古生代至三叠纪地层都发生褶曲。盆地之东的铜陵地区形成铜官山复背斜、永村桥背斜和舒家店背斜等。盆地之北和西南，是巢县褶皱群和怀宁褶皱群。铜陵地区，沿这些复背斜大都伴有走向断层——逆断层。同时，背斜大都是西翼宽、东翼窄，背斜向北东倾没，轴面向东南倒转。

铜陵地区的矿化活动，受东西向铜陵隐伏断裂活动控制，同时受复背斜的次级构造控制，已知矿床有 3/4 产在背斜倾伏端或背斜之东翼。

庐枞火山岩盆地与铜陵的铜矿带仅长江之隔，盆地基底构造怎么样？有两种可能性，一是有褶皱，另一是没有剧烈褶皱。盆地东南边的隆起区为呈北东走向的复背斜。与此同时，凹陷盆地基底构造断裂褶皱方向是什么样呢？从火山盆地北东的褶皱群和西南的怀宁褶皱群来看，它们的褶皱方向都延伸到这个火山岩盆地内，火山岩盆地基底构造与它们是应该有联系的。依据卫星照片解释，火山岩盆地内有一组北东 45°左右的构造线，火山岩

表 2.1.1　长江中下游中生代火山岩岩性组合和层位

<table>
<tr><th colspan="2">庐　枞</th><th colspan="2">宁　芜</th><th>溧　水</th><th>溧　阳</th><th colspan="2">浙西北</th><th colspan="2">浙东南</th></tr>
<tr><td>扬湾组
K_1y</td><td>砾岩，细砂岩，含石膏、钙质粉砂质泥岩</td><td>葛村组
K_1gc</td><td colspan="4">粉砂质泥岩、砂岩、页岩、砂砾岩</td><td colspan="2" rowspan="3">方岩组(K_1f)　紫红厚层块状砾岩
朝川组(K_1c)　紫红沉积岩夹酸性火山岩
馆头组(K_1g)　杂色砂岩，泥岩夹少量火山岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">浮山组
K_1f</td><td rowspan="2">粗面岩，粗面质熔结凝灰岩，凝灰角砾岩</td><td>娘娘山
K_1n</td><td colspan="3">响岩，熔结角砾岩，火山碎屑岩</td></tr>
<tr><td>姑山组
K_1g</td><td>安山岩，安山质角砾岩凝灰岩、砂岩，粘土岩</td><td>霏细流体岩，安山岩，夹砂岩凝灰岩</td><td></td></tr>
<tr><td>双庙组
J_3s</td><td>玄武粗安岩，粗面玄武岩夹集块岩，凝灰岩</td><td>大王山
J_3d</td><td>粗面岩，粗安岩，粗安质熔岩，角砾岩，凝灰岩，安山岩，粉砂岩，粘土岩</td><td>粗面岩，粗面岩，凝灰(砂)岩，角砾岩</td><td>安山岩，流体岩，凝灰岩</td><td rowspan="3">横山组
J_3hn　紫红色砂砾岩、沉凝灰岩
寿昌组
J_3s　凝灰质砾岩夹凝灰质粗砂岩
黄尖组
J_3l　酸性熔岩，夹火山碎屑岩，沉积岩
芳村组
J_3l　紫红色碎屑岩为主夹中酸性火山岩</td><td rowspan="3">九里坪组 J_3j　流质质凝灰角砾岩
茶湾组
J_3c　凝灰质砂砾岩，砂岩，泥岩，沉凝灰岩酸性火
西山头组 J_3x　山碎屑岩，夹沉积岩
高坞组
J_3g　流纹岩晶岩玢属，熔结凝灰岩
大爽组
J_3d　砂岩，凝灰岩，酸性火山碎屑岩</td></tr>
<tr><td>砖桥组
J_3z</td><td>(辉石)粗安岩，角闪安山岩，凝灰(砾砂)岩，沉凝灰岩</td><td>云合山组 J_3y</td><td>砂页岩，凝灰质砾岩和沉凝灰岩</td><td>砂质页岩，粉砂岩，沉凝灰岩</td><td>凝灰质粉砂岩，页岩夹凝灰岩</td></tr>
<tr><td>龙门院组 J_3</td><td>角正安山岩，凝灰岩，角砾熔岩，安山质角砾岩</td><td>龙王山组 J_3l</td><td>粗安岩，粗面岩，火山角砾岩，集块岩</td><td>玄武安山熔岩，火山碎屑岩</td><td>安山质，流体质火山碎屑岩，集块岩</td></tr>
<tr><td>罗岭组
J_2l</td><td>砂岩粉砂质页岩，长石砂岩</td><td>象山群
$J_{1\text{-}2}xs$</td><td colspan="4">长石石英砂岩，石英砂岩，粉砂岩，沉岩，页岩</td><td>渔夫组
J_2y　砾岩，砂砾岩，夹砂泥岩薄层</td><td>毛弄组
J_2ml　粉砂岩，砂岩，砂砾岩，夹煤层</td></tr>
</table>

表 2.1.2 中生代火山岩、钙碱指数、里特曼指数

各岩区喷发旋回		火山岩		岩石组合
		钙碱指数	里特曼指数	
庐枞	浮山旋回	<51	12～4.3	碱性
	双庙旋回		1.1～5.9	碱性
	砖桥旋回		4.6～9	碱性（含碱钙性）
镇江大王山旋回		60.4	2.36～4.41	钙碱性
宁芜	娘娘山旋回	55.6	2.74～12.07	碱性
	姑山旋回		1.82～2.97	钙碱性
	大王山旋回		2.89～10.45	碱钙性（含碱性）
	龙王山旋回		2.91～10.67	碱钙性
	平均		5.57	钙碱性
溧水	姑山旋回	55.4	2.06～2.13	碱钙性（含碱性）
	大王山旋回		3.14～6.48	碱钙性
	龙王山旋回		2.46～4.41	碱钙性
	平均		3.31	碱钙性
溧阳	大王山旋回	57	0.57～2.88	钙碱性
	龙王山旋回		2.24～2.68	钙碱性
	平均		2.26	钙碱性
苏州	黄尖旋回		1.82～2.31	钙碱性
	劳村旋回		2.23～3.26	钙碱性
	平均		2.41	钙碱性
松江劳村旋回			2.59～2.76	钙碱性

注：本表庐枞盆地为矿床所研究成果和作者研究结果，其他数据按《江苏省地质志》、《上海市地质志》改。作者用（含碱性）表示宁芜和溧水盆地火山岩分别在大王山和姑山组存在碱玄岩和粗面岩。

沿该方向分布。此外，尚有北西向断裂。与航磁资料相对应，可看出这一北西向构造切断前一北东向断裂构造。

郯庐断裂带走向为北东 25°左右，切割了庐枞火山岩盆地的西半边。

从卫星照片和航磁资料，都可以发现在火山岩盆地内有与周围的褶皱群构造一致的构造方向：

（1）有两组北东方向构造，一组北东 25°左右，一组为北东 45°左右。在盆地周围地区沿着这些方向出现褶皱和走向断裂（自西北向东南以逆断层为主）。这在盆地内可能造成基底的褶皱，更有可能发生基底断裂，北东 25°一组与郯庐断裂带方向一致。北东 45°一组方向从航磁图上看得很清楚，从卫星片上也看得很清楚，它控制了火山岩分布情况。

（2）近东西向的构造，从卫星片和航磁图上看，它隐约可见，是穿透性的，穿过火山岩盆地，也进入了隆起区。从铜陵地区看，以往认为有一个东西向隐伏深断裂带控制了铜矿带的分布，控制与铜矿化有关的岩浆活动。看来，近东西向构造线也是控制火山岩和矿化活动的构造之一。构造方向是北西 285°左右。

（3）北西 340°左右的构造线，主要是断裂构造。从外围地区来看，它的活动时期稍晚，切割了褶皱群；从盆地内部看，它切割了早期火山岩层，控制了晚期火山活动分布。北西向构造可细分，一组是与北东 45°构造线配套的，时间要早，控制一部分铁矿化活动；另一组与北东 30°构造线是配套的。

（4）更晚的近南北向的断裂活动，控制晚期粗面岩的活动，以及晚期铜矿化活动。

主要铁矿产在断裂构造交插部位，由图 2.1 可以看到：矿床带状分布和等距性分布特征。带状分布具方向性：第一组是北东向，第二组是东西向，一些矿点和成矿预测区分布在两组成矿带上。成矿部位多在几组断裂带交汇处。盆地四周铜、铁矿床均在北东向褶皱和东西向断裂带、北北西向断裂带交汇处。盆地西边的铜矿，也是北东向断裂、东西向断裂和北偏西向断裂交汇处。依据火山盆地的构造基底的分析可以预测出新的铁铜矿床预测区，并且得出结论：成矿作用主要依赖于基底构造。

2．火山岩系的基本地球化学特征

（1）庐枞火山岩系的含矿火山岩旋回划分：庐枞盆地侏罗纪白垩纪火山岩系，自下而上分为：尤门院组，砖桥组，双庙组和浮山组，依次划分为 4 个旋回。

第一旋回——龙门院组（J_3l）：以粗安岩及凝灰岩为主。自下而上可分为 3 个喷发—沉（堆）积韵律层，分属上、下两段。

下段：第一韵律层为紫色粗安质厚层火山角砾岩、细斑粗安质角砾熔岩，在龙门院为为沉角砾晶屑凝灰岩为主，上部为紫红色晶屑沉凝灰岩、凝灰质粉砂岩。

上段：第一韵律层为中细斑角闪粗安岩、角砾熔岩和凝灰熔岩、灰色薄层沉凝灰岩。第二韵律层为黄褐色中斑角闪粗安岩，灰紫色厚层晶屑凝灰岩。

第二旋回——砖桥组（J_3z）：

下段：底部为角闪安山质角砾岩、集块岩；下部角闪安山岩；中部为凝灰岩、沉凝灰岩和凝灰质粉砂岩；上部为紫红色含砾凝灰岩和中细斑粗安岩。

中段：层多，厚度大，韵律性好，每一韵律均以下部火山碎屑岩和下部熔岩为特征。中段下部主要是云辉粗安岩，杏仁构造少见。沉晶屑凝灰岩厚度较小。

上段韵律性强，有二、三次。下部为含砾凝灰质粉砂岩，上部为云辉粗安岩，熔岩底和顶部具角砾状构造，角砾熔岩，风化露头为疙瘩状。

第三旋回——双庙组（J_3s）：

下段：下部紫红色凝灰质粉砂岩、细砂岩、砂岩和凝灰质细角砾岩互层、陆源凝灰岩和沉火山角砾岩。中部浅紫褐色、褐灰色含砾粗屑沉凝灰岩夹凝灰岩，夹多层薄层粗磁铁矿砂岩和长石砂岩层。上部为暗灰至紫色变屑火山角砾岩。岩屑成分中除熔岩外，有硅化岩和磁铁矿角砾。

中段：为粗面玄武岩，局部为橄榄粗面玄武岩。

上段：下部为杏仁状角砾熔岩、集块岩夹杏仁粗安岩。上部粗面质熔结角砾岩和熔结凝灰岩。

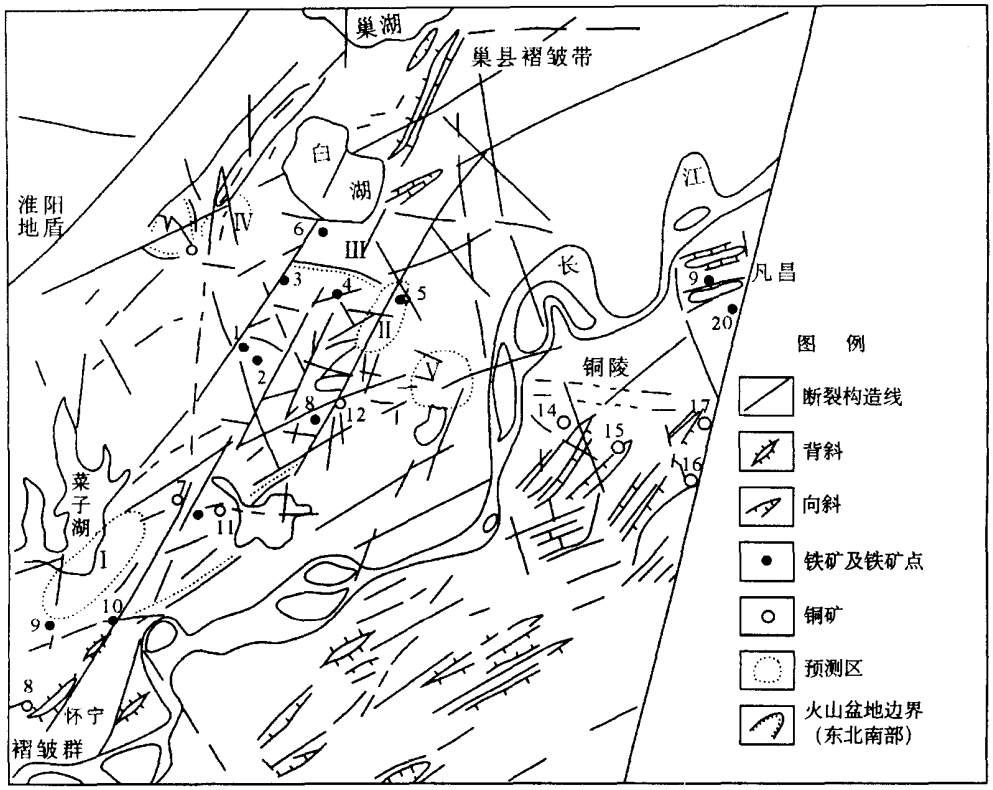


图 2.1 庐枞火山岩盆地及周围地区的构造带和矿带

铁矿及矿点：1. 罗河；2. 大鲍庄；3. 杨山；4. 何家大、小岭；5. 大安山新胜点；6. 缺口；7. 会宫；8. 马口；9 罗岭；10. 花山；11. 拔草山；12. 石门庵；13. 沙西。

外围铜铁矿：14. 铜官山；15. 狮子山；16. 凤凰山；17. 新桥；18. 安庆；19. 姚冲；20. 白马山。

主要远景区：Ⅰ. 会宫与罗岭之间（宫阜桥、大缸窑）；Ⅱ. 大安山一新胜点；Ⅲ 缺口；Ⅳ 庐江附近（铜）；Ⅴ. 牛阜至陈洋湖

第四旋回——浮山组（K_1f）：

下段：下部为暗灰-褐红火山集块岩一角砾岩。上部为粗面岩、熔结角砾岩和熔结凝灰岩。

上段：底部为粗安-粗面质火山集块-角砾岩，上部为粗面质熔结砾岩-熔结凝灰岩。局部有假白榴石出现，可能有白榴石响岩（在古楼山一龙城山一带）。

(2) 火山岩盆地主要的矿化和蚀变作用发生在砖桥旋回岩层内。

①罗河铁矿、大鲍庄铁矿、何家大岭、小岭的磁铁矿体赋存于砖桥旋回下段；杨山、牛头山铁矿位于这一旋回中上段。

与铁矿有联系的浅色蚀变波及的层位要高一些。罗河铁矿浅色蚀变向上扩展到砖桥的上段凝灰岩和杏仁状粗安岩。

大鲍庄的浅色蚀变向铁矿的上方和四周扩展。矾母山那里也发育了广泛的浅色蚀变。

何家大、小岭铁矿的叠加蚀变、浅色蚀变十分发育。在矿区附近的天光山、钟子山、

黄烟冲、刘家山等地广泛浅色蚀变发育。从地表上看，浅色蚀变连成一片。天光山的明矾矿就是浅色蚀变的产物。

杨山铁矿和大、小矾山的明矾矿产于相仿的火山岩层位中。杨山铁矿和杨山凹矿床外围、铁矿的上部岩石强烈地高岭石化，并发育有明矾石矿。

牛头山铁矿的外围和上部火山岩层亦产有明矾石化。在冷塘洼的验证磁异常的钻孔中所看到磁铁矿化和硬石膏、长石化等蚀变作用。

雾顶山西坡的验证孔，也见到磁铁矿化和长石化。

这些都产于该旋回中、下段火山岩层。

雾顶山顶的矾矿，相当于该旋回的上段。

②值得注意的是罗河铁矿在 94 孔 270m 见到具磁铁矿（赤铁矿化）碎屑的沉凝灰岩、含黑云母碎屑和硬石膏的沉凝灰岩。还普遍见到硅化岩的角砾碎屑，更晚的浅色蚀变作用可以波及到这些层位，都属该旋回中段岩石。

庐枞盆地内铁矿床、硫铁矿床和明矾矿床的浅色蚀变主要分布于这一旋回岩石内。同样看到，铁矿的上部围岩内有磁铁矿碎屑，如何家大、小岭（钟山）地区，在该旋回中段岩石内，以铁质微粒为主，少量石英和其他碎屑组成赤铁矿凝灰岩。

③火山沉积型铁矿（层状铁矿）产于这一旋回中下段岩石内。如盘石岭铁矿，在罗河矿区第 111 孔，在深部砖桥旋回下段闪辉粗安岩之上有两段含铁岩石：含铁凝灰岩（439～439.2m）和含砾含铁凝灰岩（400.72～447.94m）。与大鲍庄矿区含铁凝灰岩相似。

④其他的铁矿化岩石，还有二长岩和正长岩。杨山有一部分脉状磁铁矿产在正长岩内。何家大、小岭矿床在深部正长岩与粗安岩接触带上有铁矿化。它们都是该旋回中的产物。关于巴家滩二长岩有磁铁矿化，作者认为：二长岩上覆凝灰岩中有闪长岩角砾。巴家滩附近找到闪长岩，其年龄 148Ma。因此，它们是该旋回产物仍然是可能的。

马口铁矿产于黄尖岩体接触带，它被认为是矿化时间较晚的。

⑤该旋回上段岩石内可以找到许多磁铁矿角砾，或磁铁矿碎屑、红色碱性长石碎屑甚至粗面岩角砾。

（3）含矿火山岩旋回的特征：

①矿化发生在中下段的云辉粗安岩和闪辉粗安岩内（罗河、大鲍庄、何家大小岭）。

罗河铁矿的围岩：云辉粗安岩。

岩石属典型的粗安岩，斑晶中长石（An34～50）具钾长石环带，占 12%～30%。普通辉石斑晶占 5%～10%。斑晶钾长石仅占 0.2%～1.3%，有斜长石边环出现。黑云母具暗化边占 5%。氟磷灰石磁铁矿是副矿物，基质为交织结构和玻晶交织结构。在矿区范围内厚约 570m （有人认为是潜火山岩）。岩石没有随深度不同而发生结构的变化。与上面覆盖的凝灰岩之间界面是平缓的。由于蚀变强，岩石本来面貌无法恢复。我们认为是熔岩，矿区南部含矿岩石还有闪辉粗安岩（111 孔）和角砾熔岩（111 孔、93 孔、173 孔等）。

粗安岩的岩石化学特征：

二氧化硅含量低，仅 54%左右，位于玄武岩与安山岩之分界，氧化钾和氧化钠总含量大于 8%，且一般氧化钾含量大于氧化钠含量。氧化铁和氧化亚铁为 6%～8.58%。

②罗河铁矿矿化的层位是该旋回的下段上部。

③中、上段岩石应当引起注意：熔岩主要是黑云母辉石粗安岩，多为透长石变斑晶；

需要全本请访问 www.ertongbook.com

有的岩流中心相无杏仁，可见黑云母变晶；基质内尘埃状磁铁矿分布很多。中长石斑晶多有钾长石环带。岩流顶底具杏仁构造，多以碳酸盐为主，尚有碱性长石、硬石膏、白云石、磷灰石。普通辉石和黑云母斑晶内多磁铁矿磷灰石包体，并在岩石内广泛分布不规则形态的碳酸盐磁铁矿（硬石膏）、磷灰石（云母）集合体。该旋回下段、中段斜长石大多在 An35～55，上段斜长石 An 为 39～42；厚层岩流中部结晶甚好，可看到细晶交织状结构，可见到与岩流流动构造相垂直的细小张节理，裂隙内为黑云母碳酸盐细脉充填。

这些特点表明，岩流晚期形成富钾的流体。所以岩石自变质现象十分发育。岩流中央相有透长石变晶、黑云母变晶（无暗化边）及还有碳酸盐一绿泥石一绢云母组合的交代集合体。这也证实，岩流携带的挥发组分是很多的。

（4）非含矿的火山旋回则不具备以上的几个特点。它不是富铁又富碱金属的，而且不富含更多的挥发组分。岩石内含挥发组分的矿物不多，杏仁充填物也少见，没有大规模的火山晚期和期后的喷气作用。所以蚀变作用不多见，铁矿化活动也不多见。不发育大规模的硅化岩和含黄铁矿的水云母岩、高岭石岩。例如，许多粗面岩岩流的火山口及火山口附近没有强烈的水-岩相互作用。从钻孔和地表揭露的情况看，第三旋回的岩石中，仅可以看到一些沿裂隙发生的褪色蚀变——碳酸盐脉，两侧水云母化。有时具脉状碱性长石化，含镜铁矿、斑铜矿、辉铜矿等。在第三旋回火山岩活动区，如罗河南部粗面岩出现地段，蚀变弱，仅有铜矿化。

（5）火山旋回的其他矿物岩石基本特征：

第二、三火山岩旋回的熔岩，包括碱玄岩（钾玄岩）和粗安岩等成分不全相同的熔岩。第二旋回岩石以高钾粗安岩和钾玄岩为主。第三旋回以钾玄岩为主。第二旋回的熔岩中斜长石斑晶 An 主要变化范围是 34～58。第三旋回上段角砾熔岩中斜长石为 An30～63。第四旋回中斜长粗面岩（包括粗安质角砾熔岩和粗面质熔结凝灰岩）斜长石为 An35。

熔岩包括含矿粗安岩，其斜长石的有序度，第二旋回为 0～0.37，第三旋回为 0.1～0.56，第四旋回为 0.6。含矿粗安岩斜长石有序度为 0～0.3。一般认为：有序度为 0～0.4 的斜长石为火山型斜长石。

熔岩中的钾长石有序度近于 0，包括含矿粗安岩中钾长石几乎均为透长石，三斜度为 $\triangle = 0 \sim 0.1$，有序度为 0.2～0.16。

钾玄岩和粗安岩中的是普通辉石；磷灰石属于氟磷灰石。磁铁矿含 TiO_2 为 7%～15%，V_2O_5 为 0.25%～0.37%（以上据地矿所研究队，1978）。

从上述资料分析和我们的研究结果（地矿所研究队，1978）：粗安岩、钾玄岩的斜长石属于高钾斜长石（Or8.4%～9.3%）。同时熔岩（粗安岩）内钾长石属高透长石。含（An + Ab）35%～55%。按照巴尔特二长石温度计，第二旋回中段、上段和第三旋回上段，粗安岩的形成温度 1000℃以上。

含矿的粗安岩的岩石学矿物学特征与熔岩十分接近，而不具侵入岩石的特征。

（6）岩石化学特征：见表 2.2.1 和 2.2.2 庐枞火山岩盆地及邻区火山岩化学成分及矿物成分。

①过去对罗河矿区和庐枞盆地的火山岩岩石化学成分，作过比较细致的研究。把各个地层单位火山岩的化学成分与玄武岩、安山岩和粗安岩的平均成分作过比较，发现砖桥组熔岩基本属于粗安岩范围，杏仁状粗安岩、云辉粗安岩、闪辉粗安岩均具有这种特点。但

是有一类岩石，它们的 SiO_2 含量低于安山岩，K_2O+Na_2O 含量高于安山岩，而且 $K_2O>Na_2O$，应属碱性玄武岩，在双庙组内这种火山岩更多。这种岩石过去称为辉石安山岩，具有与玄武岩相似的间粒结构。

浮山组的粗面岩岩石出现在罗河矿区地表，如古楼山粗面岩，几乎无斜长石出现。其 CaO 含量低到 0.25%～0.95%。

根据化学成分计算火山岩的标准矿物组成，可以对火山岩的化学特征作进一步认识。表 2.2.2 内列出标准矿物计算结果，也证实了上述岩石学特征。粗安岩类岩石特点是：$An<Or$，$Or<Ab$，$\frac{Or}{Or+Ab+An}=0.35$。对于第二、三旋回粗安岩和碱性玄武岩而言，分别属于弱 SiO_2 饱和岩石和 SiO_2 不饱和岩石。前者标准矿物石英（Q）含量一般很低，为 0.05%～4.20%；后者为 0，有的样品出现霞石（Ne）和橄榄石（Ol）。暗色矿物 Hy（Fs+En）可达 8%左右。暗色指数为 16.19 至 22.7，比日本人久野久（1971）之粗面岩方案中的粗安岩相应数值都高。按法国人马逊和赛（1959）分类方案属于粗安岩，其规定钾长石占全部长石的百分数为 10～40，暗色指数为 10～40，斜长石 An 号码< 50。和法国罗布特、布劳斯（1954）对蒙特·多尔的粗安岩的研究工作作对比，化学成分相似，其中 SiO_2 值本区较偏低，而且 $K_2O>Na_2O$（Manson，1967）。

在上述分析基础上，结合岩石结构、构造特征，我们把本区主要岩石（砖桥组和双庙组）划入粗安岩。因暗色指数较高，按暗色矿物含量多少，分别命名为云辉粗安岩、闪辉粗安岩。按杏仁构造和暗色矿物不稳定的特点则命名为杏仁状粗安岩。主要成矿围岩是云辉粗安岩，它的特点是 SiO_2 偏低，K_2O+Na_2O偏高，暗色指数偏高且 $K_2O>Na_2O$。另外的岩石，一部分高钾低硅岩石划入钾玄岩；另一部分归入粗面岩。

②岩石化学特征：在近年来的研究成果中，我们着重从地球化学过程去认识岩石化学特征。

砖桥旋回的下段岩石多数是云辉粗安岩、闪辉粗安岩，按岩石化学分类可进一步确定为玄武粗安岩，并是富钾类型。中段岩石火山岩平均成分是粗安岩，亦属富钾类型。每个韵律化学成分变化不一。底部岩流有杏仁状岩石，中央相成分（无杏仁）近于粗玄岩。上段岩石平均成分是粗安岩。在总趋势上，依下段、中段至上段的顺序向碱性变化。

图 2.2 根据 SiO_2—（Na_2O+K_2O）变化关系可看出砖桥旋回下段属高钾粗安岩或玄武粗安岩。有的岩石 Al_2O_3 大于 17%，SiO_2 为 53.9%，Na_2O 为 5.38%，K_2O 为 2.48%。中段有的是高钾粗安岩或玄武粗安岩，有的是强碱玄武岩。上段岩性，由粗安岩到碱性玄武岩变化更大。双庙岩性旋回，相当于粗面玄武岩或称钾玄岩。浮山旋回为粗面岩。

含矿粗安岩在图 2.2 上出现在一个狭窄的位置上。使用 SiO_2—AlK 图解方法分析火山岩系列岩石学特征演化，几年来不断有发展。图 2.2 是 20 世纪 70 年代使用的一种方式。后来 Cox 等（1977）和 La Maiffre 等（1989）等人使用图解的 X 轴用火山岩的 SiO_2，Y 轴用 Na_2O+K_2O，划分岩石类型又有些变化（图 2.14）。

从火山岩系造岩元素氧化物含量变化过程可看到，含矿的粗安岩的化学成分 $FeO+Fe_2O_3$ 变化在 5.2%～8.58%；Na_2O+K_2O 变化在 7%～8.6%；SiO_2 变化在 51.2%～55.78%；CaO 变化在 4.3%～6.75%。因此，它不是最富含铁的，也不是最富碱的岩石，而是火山岩从钾玄岩向粗面岩演化过程中某一阶段上的产物。

表 2.2.1 罗河矿区岩

顺序	1	2	3	4	5	6	7
样号	A-6	Q-4	A-8	A-7	A-5	Q-1	Q-2
位置	173-82	14-312	111-424	111-446.5	15-533	102-8	10.2-22
原名 / 项目	黑云母安山岩	安山岩	粗面安山岩	凝灰岩	粗面安山岩	粗面岩	粗面岩
SiO_2	51.39	49.20	54.66	61.10	53.89	59.34	60.86
TiO_2	0.68	0.99	0.65	0.72	0.63	0.67	0.74
Al_2O_3	17.38	16.42	16.82	17.02	16.90	17.92	17.65
Fe_2O_3	4.12	3.70	5.48	6.07	2.54	2.81	1.93
FeO	3.80	4.05	3.10	2.62	3.42	1.07	1.95
MnO	0.19	0.12	0.24	0.21	0.22	0.18	0.30
MgO	2.41	2.00	2.15	1.16	2.67	0.90	0.81
CaO	5.80	8.05	5.08	0.79	5.74	2.53	0.95
Na_2O	3.80	3.45	2.82	0.28	3.78	4.95	5.10
K_2O	4.36	4.10	4.12	5.25	4.25	6.35	7.00
H_2O^-	0.72	0.62	0.74	1.36	0.34	0.57	0.53
H_2O^+	0.92	1.80	0.70	2.50	1.30	0.93	0.97
CO_2	2.50	6.10	2.78	1.04	4.17	1.48	0.90
P_2O_5	0.47		0.33	0.14	0.32		
S	0.38		0.23	0.16	0.36		
SO_3	0.58		0.43	0.09	0.54		
烧失量							
总和	99.31		100.22	100.43	100.89		
体重	2.71		2.71	2.74	2.71		

注：1～9据张荣华等（1974）；10～15为桂林冶金地质所分析结果。

单位:%

石化学成分

8	9	10	11	12	13	14	15
Q-3	A-4						
102-236	61-817	16-100	16-1142	16-1725	16-180	173-	111-416
粗面岩	二 长 玢 岩	安山岩	黑云母 安山岩	黑云母 安山岩	黑云母 安山岩	杏仁状 安山岩	安山岩
63.90	51.58	54.14	57.05	54.25	55.54	51.30	57.13
0.57	1.11	0.55	0.50	0.55	0.60	0.75	0.55
18.19	17.58	15.43	15.43	15.95	16.13	16.13	15.78
2.81	2.59	4.36	4.56	4.57	5.16	5.16	4.96
0.71	4.03	2.50	1.43	1.96	1.07	3.75	3.39
0.03	0.16	0.14	0.12	0.10	0.13	0.14	0.15
0.19	1.98	1.76	1.59	1.41	1.32	1.94	2.03
0.25	3.47	5.64	4.66	5.64	6.01	6.87	6.01
7.10	3.11	3.60	4.68	3.60	4.52	3.76	3.60
3.63	4.86	4.80	5.40	5.28	5.12	4.40	4.20
0.15	0.46						
0.69	2.00	2.32	1.09	2.07	1.06	1.66	1.71
1.40	4.86						
	0.59	0.32	0.30	0.32	0.36	0.40	0.30
	0.20						
	0.50						
		6.70	2.47	4.95	3.22	4.69	2.64
	99.98						
	2.64						

表 2.2.2 标准矿物成分　　单位：%

顺序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q	0.92		11.0	36.24	3.1	0.45	5.90	7.4	5.53	4.20	1.13	2.95	0.05		7.38
Or	26.0	24.5	24.5	33.5	24.5	37.5	4.25	21	29.0	30.5	33	33.5	31.5	28	25.5
Ab	30.5	31.0	22.5	2.5	29.5	44.5	37.5	63	25.5	34.5	43.5	34.5	42.0	36	33.5
An	19.75	17.0	23.0	3.15	18.5	7.75	5	1.0	13.3	12.75	5.5	12.75	8.75	14.75	13.25
Th	1.2		0.9	0.3	1.2				0.9						
C				11.54			1.6	2.4	3.28						
CO_3^{2-}	3.2	4.8	4.0	1.4	5.2	1.8	1.1	1.8	6.2						
Σ	81.57	77.3	85.9	88.63	82.0	92.0	93.6	96.6	83.71	81.95	83.13	83.7	82.3	78.75	79.63
Ap	1.07		0.8	0.27	0.8				1.34	0.8	0.53	0.8	0.8	1.07	0.53
Pr	1.05		0.6	0.45	0.9				0.45						
Mt	4.35	3.9	5.7	4.65	2.7	1.8	2.1	0.3	2.7	4.95	3.0	3.9	1.5	5.7	5.4
Il	1.0	1.4	1.0	1.0	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8	0.6	0.8	1.0	1.0	0.8	
En	6.8	5.6	6.0	3.4	7.4	2.6	2.2	0.6	5.6	5.2	4.6	4.2	3.8	5.8	5.8
Fs	1.8	2.4			2.4		1.0	4.5	0.3				1.6	1.4	
Wo	2.36	3.4			3.0	1.90				5.9	6.74	5.9	7.9	5.0	6.44
Cc		6.0												* *	
Hm			0.2	1.60		0.7		1.7			1.30	0.8	2.8		
Σ	18.43	22.7	14.3	11.37	18.0	7.8	6.3	3.4	16.19	17.95	16.77	16.4	17.8	20.25	20.37

1. 云辉粗安岩(双庙组);2. 辉石安山岩(双庙组);3. 云辉粗安岩(砖桥组);4. 凝灰岩(砖桥组);5. 云辉粗安岩(砖桥组);6. 粗面岩(大李庄附近);7. 粗面岩(古楼山);8. 粗面岩(羊山);9. 二长玢岩;10. 闪辉粗安岩(双庙组);11、12、13. 云辉粗安岩(双庙组);14. 杏仁状粗安岩(双庙组);15. 云辉粗安岩(砖桥组);* *:CaO:1.18。

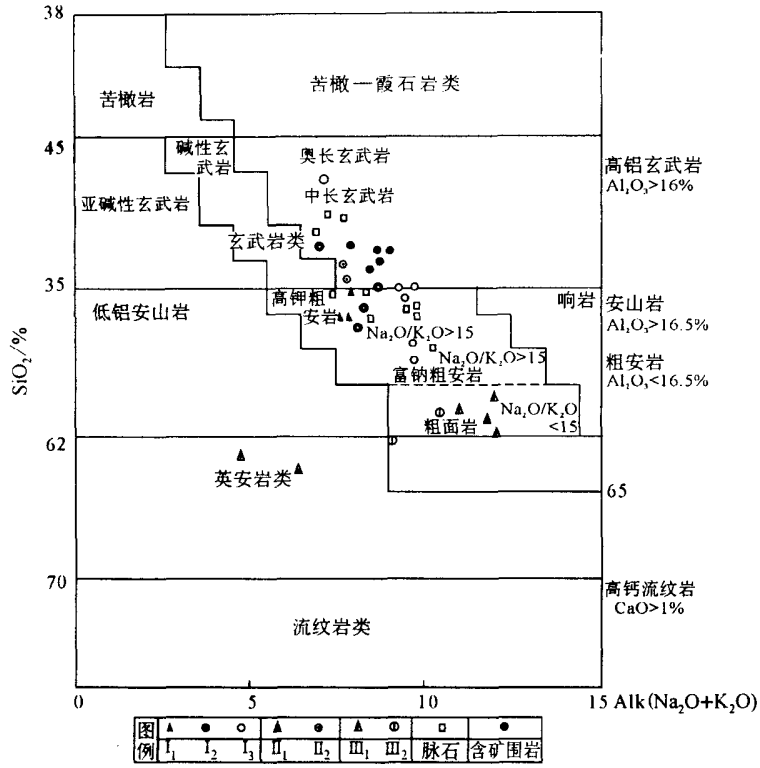


图 2.2　庐枞火山岩系的化学成分 SiO_2—（Na_2O+K_2O）变异

[根据表 2.2、表 2.6 及 Middlemost（1971）图解]

I_1、I_2、I_3 为砖桥旋回的下、中、上三段；II_1、II_2 为双庙旋回的下、上段；

III_1、III_2 为浮山旋回的下段、上段

从图 2.3也可看出：全部火山岩系，由基性（玄武岩成分）到中性、碱性粗安岩、粗面岩过程中，随着 SiO_2 不断升高，CaO、全铁和 TiO_2 含量变低，线性变化关系明显。镁、锶、钡氧化物含量也逐步下降，但是在 SiO_2 含量＞60％后出现比较高的镁、锶、钡的氧化物含量值，它们是双庙旋回中下段火山角砾岩、凝灰岩，浮山旋回上段的粗面岩。说明这时期镁、锶、钡氧化物含量没有遵循线性关系，反映了火山岩系晚期物质来源的特点。

S. R. Taylor（1969）曾经把安山岩划分为以下几种类型：

	SiO_2/%	K_2O/%
安山岩	57～62	0.7～2.5
低硅安山岩	53～57	0.7～2.5
低钾安山岩	53～62	＜0.7
高钾安山岩	53～62	＞2.5
安粗岩	＞63	—
高铝玄武岩	＜53	—

需要全本请访问 www.ertongbook.com