目　录

前　言

第一章　区域地质背景 …… 1

第一节　地壳结构 …… 1

第二节　基底特征 …… 3

一、岩石地层 …… 3

（一）华北陆块（华北区） …… 3

（二）大别造山带（大别区） …… 5

（三）扬子陆块（扬子区） …… 6

二、基底类型 …… 7

（一）华北基底 …… 7

（二）大别基底 …… 7

（三）扬子基底 …… 7

三、各类基底相互关系 …… 8

（一）大别基底与扬子基底关系 …… 9

（二）扬子基底内部两种类型之间的关系 …… 9

第三节　深部地质信息 …… 10

一、地球物理信息 …… 10

（一）莫霍面特征 …… 10

（二）区域重力场基本特征 …… 11

（三）航磁异常场基本特征 …… 13

（四）大地电测深及地质解译 …… 18

二、地球化学信息 …… 19

三、地质学信息 …… 19

（一）盖层沉积环境反映的深部地质信息 …… 19

（二）变质核杂岩构造与深部构造运动 …… 20

（三）岩浆活动的深部信息 …… 20

四、深部地质信息及其意义 …… 21

第四节　盖层岩石地层单位及构造层 …… 21

一、岩石地层 …… 21

（一）震旦纪—早三叠世地层 …… 22

1. 震旦纪地层 …… 22

2. 寒武纪地层 …… 23

3. 奥陶纪地层 …… 23

4. 志留纪地层 …… 24

5. 泥盆纪地层 …… 25

6. 石炭纪地层 …… 25

7. 二叠纪地层 …… 26

8. 早三叠世地层 …… 27

（二）中三叠世－中侏罗世地层 …… 27
1. 中三叠世地层 …… 27
2. 晚三叠世地层 …… 27
3. 早、中侏罗世地层 …… 27
（三）晚侏罗世—早白垩世地层 …… 27
1. 晚侏罗世地层 …… 27
2. 早白垩世地层 …… 28
（四）晚白垩世—第四纪地层 …… 28
1. 晚白垩世地层 …… 28
2. 第三纪地层 …… 29
3. 第四纪地层 …… 29
二、构造层 …… 29
（一）第三构造层 …… 29
（二）第四构造层 …… 31
三、展布特征及其构造意义 …… 31
第五节　区域构造特征 …… 32
一、构造单元划分 …… 32
（一）碰撞造山期 …… 32
1. 大别造山带 …… 32
2. 扬子陆块 …… 33
（二）陆内变形期 …… 35
1. 应力转换期 …… 35
2. 断陷期 …… 36
二、断裂系统 …… 37
（一）北东向断裂系统 …… 37
1. 黄（梁树）-破（凉亭）断裂 …… 37
2. 滁河断裂 …… 38
（二）北西西向（近东西向）断裂系统 …… 39
（三）北北东向断裂系统 …… 39
（四）南北向断裂系统 …… 39
（五）追踪性大型断裂系统 …… 40
1. 长江断裂带 …… 40
2. 高坦-周王-南漪湖断裂带 …… 40
三、推覆构造 …… 40
（一）银屏推覆构造 …… 40
（二）香泉推覆构造 …… 40
（三）狸头桥推覆构造 …… 40
四、变质核杂岩构造体系 …… 41
五、区域地质发展与构造演化 …… 42
（一）古中元古代陆缘式基底发育阶段 …… 42
（二）新元古代裂陷盆地式基底发育及大别微陆块形成阶段 …… 42
（三）震旦纪－早三叠世盖层发育阶段 …… 42
（四）中三叠世—中侏罗世A型俯冲及造山阶段 …… 43
（五）晚侏罗世后陆内变形断陷阶段 …… 44
第二章　岩浆岩的基本特征 …… 45

第一节　分带特征及岩石组合 …… 46
一、分带特征 …… 46
二、岩石组合 …… 46
（一）内带——高钾幔源 AFC 岩系 …… 46
1. 高钾钙碱性中酸性侵入岩组合（以铜陵地区侵入岩为代表） …… 47
2. 高钠碱钙性中基性侵入岩组合（以宁芜地区侵入岩为代表） …… 51
3. 橄榄安粗岩系火山岩组合 …… 52
4. 高钾碱性火山岩组合 …… 57
（二）外带——钙碱性岩系 …… 59
1. 北外带 …… 59
2. 南外带 …… 60
（三）A 型花岗岩带 …… 60
1. A 型花岗岩 …… 61
2. 富碱侵入岩 …… 64
第二节　岩浆岩的基本特征 …… 71
一、内带岩浆岩富碱高钾 …… 71
二、内带岩浆岩高 Sr 低 Mg、Cr、Ni …… 72
三、Nd、Sr、Pb 同位素组成特征 …… 73
四、岩浆演化的多样性 …… 75
（一）宁芜地区的侵入岩 …… 75
（二）铜陵地区的侵入岩 …… 83
（三）A 型花岗岩组合和碱性火山岩组合 …… 85
第三节　成岩成矿实验研究 …… 86
一、实验的初始物成分 …… 86
二、实验条件及主要结果 …… 87
三、初步认识（结论） …… 87
（一）下地壳重熔不能形成石英闪长岩质岩浆或更基性的岩浆 …… 87
（二）玄武岩质岩浆同化围岩可以形成石英闪长岩质岩浆或花岗闪长岩质岩浆 …… 87
（三）岩浆中 Cu 与 K，Cu 与 SiO_2 均无相关性 …… 89
第四节　岩浆岩成因讨论 …… 91
一、岩浆岩中碱质来源问题 …… 91
二、原始岩浆为幔源高钾碱性玄武岩浆 …… 92
三、橄榄安粗岩系的成因 …… 93
四、A 型花岗岩组合的成因 …… 96
五、宁芜地区侵入岩的成因 …… 98
（一）深部岩浆过程中的 AFC 混合 …… 98
（二）浅位岩浆过程中的 Na_2O 和 K_2O 分异 …… 101
六、铜陵地区侵入岩的成因 …… 102
（一）深部岩浆过程中的 AFC 混合演变——高钾中酸性（或闪长岩质-石英闪长岩质）岩浆的形成 …… 102
（二）浅部岩浆的 AFC 混合演变 …… 104
第五节　安徽省花岗岩类与地球化学场 …… 106
一、控制花岗岩类特点和多样性的基本因素——地球化学场 …… 106
二、地球化学场对安徽省花岗岩的约束 …… 107
三、地球化学场对沿江地区主带岩浆岩组合的制约 …… 110

第六节　幔隆（脊）与成矿…… 111
第三章　夕卡岩及其成矿机制…… 113
第一节　夕卡岩…… 115
一、夕卡岩的成因类型…… 115
（一）成因类型的划分…… 115
（二）不同成因类型的主要特点…… 115
1. 层间反应交代夕卡岩…… 115
2. 接触（扩散-渗滤）交代夕卡岩…… 119
3. 岩浆夕卡岩…… 121
4. 复合夕卡岩…… 121
（三）不同成因夕卡岩的主要区别标志…… 121
二、岩浆夕卡岩…… 124
（一）产状及特征…… 124
（二）岩石类型…… 125
（三）矿物组合…… 126
1. 不含矿的岩浆夕卡岩的矿物组合…… 126
2. 含矿岩浆夕卡岩的矿物组合…… 127
（四）结构、构造…… 127
（五）主要矿物和特征矿物…… 128
1. 主要矿物…… 128
2. 特征矿物…… 132
3. 主要矿物和特征矿物的氧同位素…… 135
（六）岩石化学和地球化学…… 137
（七）岩浆夕卡岩成岩演变特点…… 141
1. 钙硅酸盐阶段…… 141
2. 碱铝硅酸盐-碳酸盐阶段…… 142
三、过渡性夕卡岩和夕卡岩-伟晶岩…… 143
（一）过渡性夕卡岩…… 143
1. 钠（更）长石-透辉石夕卡岩…… 143
2. 钾长石-钙铝-钙铁榴石夕卡岩…… 144
（二）夕卡岩-伟晶岩…… 147
1. 钠（更）长石-次透辉石伟晶岩…… 147
2.（夕卡岩-）钾长石-方解石伟晶岩…… 148
3. 两类夕卡岩-伟晶岩的比较…… 152
第二节　岩浆夕卡岩成因的初步研究…… 152
一、岩浆夕卡岩的成因…… 152
（一）岩浆夕卡岩-富碱侵入岩对…… 152
1. 富钠闪长岩序列的主要特点…… 152
2. 以透辉石夕卡岩为代表的岩浆夕卡岩类（或序列）的主要特点…… 155
（二）钙铝-钙铁榴石夕卡岩-碱性辉长闪长岩对…… 157
1. 碱性辉长闪长岩（类）的代表岩石碱性辉长岩的主要特征…… 159
2. 以钙铝-钙铁榴石夕卡岩为主的岩浆夕卡岩的主要特点…… 163
二、岩浆夕卡岩（或夕卡岩浆）的成因模式…… 168
三、岩浆夕卡岩成岩（成矿）实验研究…… 169
（一）样品选择…… 169
（二）初始物的熔化温度和压力的确定…… 169

（三）实验装置和实验方法…… 170
（四）实验结果…… 170
（五）讨论和认识（结论）…… 173
第三节　夕卡岩的成矿作用…… 174
一、与层间反应交代夕卡岩有关的成矿作用…… 174
二、与接触（扩散-渗滤）交代夕卡岩有关的成矿作用 …… 174
三、与岩浆夕卡岩有关的成矿作用…… 175
（一）熔离成矿作用…… 175
1. 就地熔离成矿作用…… 175
2. 深部熔离-贯入成矿作用…… 176
（二）气液伟晶充填（-交代）成矿作用 …… 182
1. 早期——伟晶期（包括三个亚阶段）…… 182
2. 晚期 —热液期（包括3个断续相连的成矿亚阶段）…… 183
（三）贯入（熔离）-交代成矿作用 …… 184
1. 早期…… 184
2. 晚期…… 184
第四节　新矿床类型及广义夕卡岩矿床体系…… 184
一、新矿床类型…… 184
二、广义夕卡岩矿床体系…… 185
（一）三个不同的夕卡岩矿床系列…… 185
1. 层夕卡岩（层间/层控夕卡岩）矿床系列 …… 185
2. 液夕卡岩矿床系列…… 185
3. 浆夕卡岩矿床系列…… 185
（二）广义夕卡岩矿床体系…… 186
第五节　新矿床类型实例…… 187
一、东狮子山夕卡岩-硫化物熔离型铜（金）矿床 …… 187
（一）矿体…… 187
（二）矿石…… 189
1. 矿石类型及矿石矿物组合 …… 189
2. 矿石品位 …… 190
3. 矿石的结构构造 …… 191
（三）铜、金矿化富集特点…… 192
1. 铜的矿化富集 …… 192
2. 金的矿化富集特点…… 192
（四）成因…… 192
二、夕卡岩伟晶-气液充填（交代）型铜（金）矿床 …… 192
（一）矿体…… 192
（二）矿石…… 193
（三）铜、金和银的矿化特征…… 196
1. 铜的矿化特征 …… 196
2. 金、银的矿化特征…… 197
（四）成因…… 198
三、含矿夕卡岩质熔流体贯入（熔离）交代型金铜矿床…… 198
（一）地质简况…… 198
（二）矿床地质…… 198

1. 贯入-交代夕卡岩复脉带 …… 198
2. 矿体 …… 199
3. 矿石 …… 199
（三）成岩成矿特征及演变 …… 200
1. 贯入（熔离）-交代夕卡岩成岩成矿期 …… 201
2. 高中温热液交代-充填成矿期 …… 202
（四）金的矿化阶段及特征 …… 202
（五）成因 …… 203
四、与岩浆夕卡岩有关的铜、金矿床中的铂族元素 …… 203
五、夕卡岩-铁矿浆贯入型含铜磁铁矿矿床 …… 204
（一）地质背景 …… 204
（二）矿床地质 …… 204
（三）矿体特征 …… 205
六、夕卡岩-铁矿浆贯入型镜铁矿矿床 …… 206
（一）地质背景 …… 206
（二）矿床地质 …… 206
（三）矿床成因 …… 208
第四章　矿床 …… 210
第一节　矿床类型 …… 210
一、与岩浆作用有关的矿床 …… 210
（一）矿浆型 …… 210
（二）气液伟晶充填（-交代）型 …… 212
（三）广义夕卡岩型 …… 213
（四）斑岩型和“玢岩型” …… 213
1. 斑岩型 …… 213
2. 玢岩型 …… 214
（五）热液型 …… 214
二、与沉积和热液叠加改造作用有关的矿床 …… 215
三、与沉积作用有关的矿床 …… 215
四、与风化淋滤作用有关的矿床 …… 215
第二节　典型矿床综述 …… 216
一、产于火山岩盆地中，主要与潜火山富钠辉长闪长玢岩、辉石粗安玢岩以及正长岩（二长岩）有关的矿床 …… 216
（一）矿浆型--姑山铁矿床和梅山铁矿床 …… 216
1. 姑山铁矿床 …… 216
2. 梅山铁矿床 …… 216
（二）伟晶气液充填型——凹山铁矿床 …… 219
（三）玢岩型-- 陶村铁矿床 …… 220
（四）热液型—— 罗河铁矿床和何家小岭硫铁矿矿床 …… 222
1. 气成高温热液充填（-交代）亚型 —罗河铁矿床 …… 222
2. 中温热液交代（-充填）亚型- —何家小岭硫铁矿矿床 …… 226
（五）沉积-热液叠加改造型 - - 龙桥铁矿床 …… 226
1. 含矿地层 …… 226
2. 矿床地质特征 …… 227
3. 热变质和热液蚀变作用 …… 229

4. 成矿过程概述 …… 230
5. 矿床成因 …… 230
二、产于块断褶皱隆起区内，主要与高钾闪长岩类有关的矿床 …… 230
（一）广义夕卡岩型中的液夕卡岩亚型 …… 231
1. 包村金矿床 …… 231
2. 笔山铜矿床 …… 233
3. 鸡冠石银（金）矿床 …… 234
（二）广义夕卡岩型中的层夕卡岩亚型 …… 239
1. 狮子山矿田中的主要层间夕卡岩铜（金）矿床——西狮子山矿床、大团山矿床、老鸦岭矿床、花树坡矿床、冬瓜山矿床 …… 239
2. 层控（式）夕卡岩铜矿床——狮子山矿田冬瓜山矿床 …… 248
3. 层间反应交代夕卡岩-热液叠加（式）矿床——黄山岭铅锌（银）矿床 …… 251
（三）斑岩型矿床 …… 254
1. 沙溪斑岩铜（金）矿床 …… 254
2. 冬瓜山深部斑岩铜矿床 …… 260
3. 岳山银铅锌矿床 …… 263
（四）沉积-热液叠加改造型——新桥铜金硫矿床 …… 267
1. 矿区地质概况 …… 268
2. 矿床地质特征 …… 269
3. 成矿作用及矿床成因分析 …… 271
（五）热液型 …… 273
1. 天马山金硫矿床 …… 273
2. 白芒山金硫矿床 …… 277
3. 许桥银矿床 …… 278
三、其他重要矿床综述 …… 280
第三节 矿化系列 …… 281
一、概念及划分原则 …… 281
二、矿化系列类别 …… 282
三、岩浆矿化系列 …… 282
（一）安徽沿江地区岩浆岩成岩成矿序列 …… 282
（二）不同岩浆岩成岩成矿序列的主要特征 …… 283
1. 主（亚）带中的高钾闪长岩-广义夕卡岩型-斑岩型-热液型铜、金、硫、铁、银多金属矿成岩成矿序列 …… 283
2. 北（亚）带的石英闪长斑岩-接触交代夕卡岩（亚）型-斑岩型-热液型铜、金矿成岩成矿序列 …… 283
3. 南（亚）带的花岗闪长斑岩-广义夕卡岩型-斑岩型-热液型铜、钼（、钨）（、金、）银多金属矿成岩成矿序列 …… 283
4. 富钠闪长玢岩-玢岩铁（硫）矿成岩成矿序列 …… 284
（三）玢岩铁（硫）矿成矿系列与广义夕卡岩型-斑岩型-热液型铜、金、银多金属矿成矿系列的比较 …… 285
（四）问题讨论 …… 285
1. 矿浆→过渡性成矿流体→伟晶气液→热液的连续演变 …… 285
2. 流体不混溶分离是成矿的主要机制之一 …… 287
3. 区内斑岩铜矿床的特征及其地质意义 …… 288
4. 矿床（化）的“叠加-改造”与“复合” …… 288
5. 矿床成因的多样性和复杂性所引起的成因认识分歧 …… 290
第四节 成矿单元 …… 290

一、成矿单元划分原则…… 290
二、成矿单元分述…… 291
（一）滁县-庐江铜、金成矿亚带（Ⅲ$_1$，北亚带）…… 291
1. 滁县-全椒成矿区 …… 292
2. 庐江成矿区 …… 292
（二）沿江铜、铁、硫（黄铁矿）、金、多金属成矿亚带（Ⅲ$_2$，主亚带）…… 292
（三）宣州-东至（北）铜、钼、钨、金、银、铅、锌成矿亚带（Ⅲ$_3$，南亚带）…… 296
第五节　区域成矿控制因素和成矿规律…… 297
一、区域成矿控制因素…… 297
（一）深部地质与区域成矿…… 297
1. 地幔隆起带与沿江构造-岩浆岩带 …… 298
2. 深部岩浆作用的主要特征 …… 298
3. 地壳深部构造-岩浆体（房）的三层结构 …… 300
4. 沿江地区区域磁源异常图中的“口”字形构造与铜陵地区深部岩浆活动的关系 …… 301
（二）构造与控矿…… 303
1. 区域性控矿构造 …… 303
2. 成矿区控矿构造 …… 303
3. 矿田及矿床控矿构造 …… 304
4. 以金为主和以铜为主的矿床在控矿构造性质和特征方面的差异 …… 305
5. 剪切带对金矿化富集的作用 …… 307
（三）地层与成矿…… 307
（四）岩浆岩与成矿…… 310
（五）夕卡岩的控矿意义…… 313
二、成矿规律…… 313
（一）空间分布规律…… 314
1. 带状分布，分段集结 …… 314
2. 不同亚带，各具特色 …… 314
3. 铜矿铁矿，趋向分离 …… 315
4. 环状分布，“众星捧月” …… 315
5. 多层产出，参差重叠 …… 315
6. 铜金关系，若即若离 …… 315
（二）时间分布规律…… 315
1. 成矿时间表 …… 315
2. 时间分布规律 …… 316
（三）成因规律…… 318
1. 岩浆岩与成矿流体的同源性 …… 318
2. 矿床（体）主要与具有成岩异常演变特征的岩体（或潜火山岩体）共生和伴生 …… 319
3. 矿床（体）是岩浆-热液、地层、构造综合作用和有机组合的产物 …… 319
4. 钙质岩石对富碱或适度富碱中酸性岩浆的同化混染（或同熔混合）导致夕卡岩浆及其铁氧化物/硫化物矿浆生成 …… 319
5. 液态不混溶分离是区内岩浆型和斑岩型矿床形成的主要机制 …… 319
6. 不同成矿作用的叠加-改造和复合对矿床（体）规模增大、矿石富化起重要作用 …… 319
7. 金、铜矿化相互叠置和分离规律 …… 320
（四）时空物质综合分布规律…… 320
三、成矿模式…… 320
（一）广义夕卡岩型-斑岩型-热液型铜、金多金属矿床系列成矿模式 …… 322

1. 地质背景 …… 322
2. 成矿环境 …… 322
3. 岩浆岩 …… 323
4. 矿床（体）分布及产状 …… 323
5. 矿石类型及矿物组合 …… 323
6. 矿石的结构构造 …… 323
7. 矿化阶段及矿化-蚀变分带 …… 324
8. 矿床类型 …… 324
9. 矿床成因机理 …… 324
10. 控矿因素、成矿规律及找矿标志 …… 324
（二）区域成矿模式 …… 325
1. 区域地质构造背景 …… 325
2. 成矿亚带的地质构造特征 …… 325
3. 岩浆岩-成矿系列 …… 327
4. 深部地质概貌 …… 327
5. 深部岩浆作用 …… 327
结　语 …… 329
参考文献 …… 332
英文摘要 …… 338
图版说明及图版 …… 351

CONTENTS

Foreword

1 Regional Geological Background …… 1

1.1 Crust Structure …… 1

1.2 Basement Characters …… 3

1.2.1 Lithological stratigraphy …… 3

1.2.1.1 North-China landmass (North-China Block) …… 3

1.2.1.2 Dabie orogenic belt (Dabie Block) …… 5

1.2.1.3 Yangzi landmass (Yangzi Block) …… 6

1.2.2 Basement types …… 7

1.2.2.1 North-China basement …… 7

1.2.2.2 Dabie basement …… 7

1.2.2.3 Yangzi basement …… 7

1.2.3 Interrelation of different types of basement …… 8

1.2.3.1 Dabie basement and Yangzi basement …… 9

1.2.3.2 Interrelation between two sub-types within Yangzi basement …… 9

1.3 Deep Geological Information …… 10

1.3.1 Geophysical information …… 10

1.3.1.1 Features of Moho …… 10

1.3.1.2 Basic features of regional gravity field …… 11

1.3.1.3 Basic features of aeromagnetic anomaly field …… 13

1.3.1.4 Magnetotelluric sounding and its geological explanation …… 18

1.3.2 Geochemical information …… 19

1.3.3 Geological information …… 19

1.3.3.1 Deep geological information reflected from the sedimentary environment of the cover rock …… 19

1.3.3.2 The metamorphic core complex and the deep tectonic movement …… 20

1.3.3.3 Deep geological information reflected from magmatic activities …… 20

1.3.4 Deep geological information and their significance …… 21

1.4 Lithological Stratigraphic Units of Covers and Structural Layer …… 21

1.4.1 Lithological stratum …… 21

1.4.1.1 Sinian—Lower Triassic …… 22

1.4.1.1.1 Sinian strata …… 22

1.4.1.1.2 Cambrian strata …… 23

1.4.1.1.3 Ordovician strata …… 23

1.4.1.1.4 Silurian strata …… 24

1.4.1.1.5 Devonian strata ····· 25
1.4.1.1.6 Carboniferous strata ····· 25
1.4.1.1.7 Permian strata ····· 26
1.4.1.1.8 Lower Triassic strata ····· 27
1.4.1.2 Middle Triassic—Middle Jurassic ····· 27
1.4.1.2.1 Middle Triassic strata ····· 27
1.4.1.2.2 Upper Triassic strata ····· 27
1.4.1.2.3 Lower and Middle Jurassic strata ····· 27
1.4.1.3 Upper Jurassic—Lower Cretaceous ····· 27
1.4.1.3.1 Upper Jurassic strata ····· 27
1.4.1.3.2 Lower Cretaceous strata ····· 28
1.4.1.4 Upper Cretaceous—Quaternary ····· 28
1.4.1.4.1 Upper Cretaceous strata ····· 28
1.4.1.4.2 Tertiary strata ····· 29
1.4.1.4.3 Quaternary strata ····· 29
1.4.2 Structural layer ····· 29
1.4.2.1 The third structural layer ····· 29
1.4.2.2 The fourth structural layer ····· 31
1.4.3 Distribution features and their structural significance ····· 31
1.5 Regional Structural Features ····· 32
1.5.1 Division of structural unit ····· 32
1.5.1.1 Collision-orogeny period ····· 32
1.5.1.1.1 Dabie orogenic belt ····· 32
1.5.1.1.2 Yangzi landmass ····· 33
1.5.1.2 Intracontinental deformation period ····· 35
1.5.1.2.1 Stress-field transitional period ····· 35
1.5.1.2.2 Fault-depressing period ····· 36
1.5.2 Fault system ····· 37
1.5.2.1 NE-extending fault system ····· 37
1.5.2.1.1 Huanglishu-Poliangting Fault ····· 37
1.5.2.1.2 Chuhe Fault ····· 38
1.5.2.2 NWW-extending (nearly East-Westerly) fault system ····· 39
1.5.2.3 NNE-extending fault system ····· 39
1.5.2.4 N-S fault system ····· 39
1.5.2.5 Tracing large-scale fault system ····· 40
1.5.2.5.1 Changjiang Faulted Belt ····· 40
1.5.2.5.2 Gaotan-Zhouwang-Nanyihu Faulted Belt ····· 40
1.5.3 Nappe structure ····· 40
1.5.3.1 Yinping nappe structure ····· 40
1.5.3.2 Xiangquan nappe structure ····· 40
1.5.3.3 Litouqiao nappe structure ····· 40
1.5.4 Metamorphic complex structural system ····· 41

1.5.3 Development and evolution of regional geology ····· 42
1.5.5.1 Paleoproterozoic Mesoproterozoic epicontinental basement development period ····· 42
1.5.5.2 Neoproterozoic aulacogen-type basement development and Dabie microlandmass formation period ····· 42
1.5.5.3 Sinian Early Triassic caprock development period ····· 42
1.5.5.4 Middle Triassic Middle Jurassic A-type subduction and orogeny period ····· 43
1.5.5.5 Post Late Jurassic intraplate deformation and rifting period ····· 44
2 Basic Characters of Magmatic Rocks ····· 45
2.1 Zonation Characters and Rock Associations ····· 46
2.1.1 Zonation characters ····· 46
2.1.2 Rock association ····· 46
2.1.2.1 Inner zone -- high K mantle source AFC rock series ····· 46
2.1.2.1.1 High K calc-alkaline intermediate acidic intrusive rock association, examplified by the intrusive rocks in Tongling area ····· 47
2.1.2.1.2 High Na alkali-calcic intermediate-basic intrusive rock association, examplified by the intrusive rocks in Ningwu area ····· 51
2.1.2.1.3 Mugearite rock series volcanic rock association ····· 52
2.1.2.1.4 High K alkaline volcanic rock association ····· 57
2.1.2.2 Outer zone calc-alkaline rock series ····· 59
2.1.2.2.1 North outer zone ····· 59
2.1.2.2.2 South outer zone ····· 60
2.1.2.3 A-type granite ····· 60
2.1.2.3.1 A-type granite ····· 61
2.1.2.3.2 Alkaline rich intrusive rock ····· 64
2.2 Basic Characters of Magmatic Rocks ····· 71
2.2.1 Alkaline-rich and K-high of magmatic rocks of inner zone ····· 71
2.2.2 Sr-high and Mg-Cr-Ni low of magmatic rocks of inner zone ····· 72
2.2.3 Composition characters of Nd, Sr and Pb isotopes ····· 73
2.2.4 Diversity of magmatic evolution ····· 75
2.2.4.1 Intrusive rocks in Ningwu area ····· 75
2.2.4.2 Intrusive rocks in Tongling area ····· 83
2.2.4.3 A-type granite association and alkaline volcanic rock association ····· 85
2.3 Experimental Studies on Diagenesis and Metallogenesis ····· 86
2.3.1 Composition of the initial material in the experiment ····· 86
2.3.2 Experimental conditions and main results ····· 87
2.3.3 Preliminary conclusions ····· 87
2.3.3.1 The remelting of Lower Crust cannot result in the formation of quartz dioritic or more basic magma ····· 87
2.3.3.2 Basaltic magma's assimilating wall rock can result in the formation of quartz dioritic magma or granodioritic magma ····· 87
2.3.3.3 Copper has no correlation with both K and SiO_2 in the magmas ····· 89
2.4 Genetic Discussion on Magmatic Rocks ····· 91
2.4.1 Alkaline source in magmatic rocks ····· 91

2.4.2 Initial magma is high-K alkaline basaltic magma of mantle-source ····· 92
2.4.3 Origin of shoshonite rock series ····· 93
2.4.4 Origin of A-type granite association ····· 96
2.4.5 Origin of intrusive rocks in Ningwu area ····· 98
2.4.5.1 AFC migmatization in deep magmatic process ····· 98
2.4.5.2 Differentiation of Na_2O and K_2O in shallow magmatic process ····· 101
2.4.6 Origin of intrusive rocks in Tongling area ····· 102
2.4.6.1 Evolution of AFC migmatization in deep magmatic process: the formation of high-K intermediate-acidic (or dioritic-quartz dioritic) magma ····· 102
2.4.6.2 Evolution of AFC migmatization in shallow magmatic process ····· 104
2.5 Granitoid and Geochemical Field in Anhui Province ····· 106
2.5.1 Fundamental factor controlling the characters and diversity of granitoid: geochemical field ····· 106
2.5.2 Geochemical field's constraints on the granite rocks of Anhui Province ····· 107
2.5.3 Geochemical field's constraints on the magmatic rock association of the main zone of Along-Changjiang Area ····· 110
2.6 Mantle Uplifting (Ridge) and Metallogenesis ····· 111
3 Skarn and Its Metallogenic Mechanism ····· 113
3.1 Skarn ····· 115
3.1.1 Genetic types of skarn ····· 115
3.1.1.1 Division of genetic types ····· 115
3.1.1.2 Main characters of different genetic types ····· 115
3.1.1.2.1 Interstratigraphic reaction metasomatic skarn ····· 115
3.1.1.2.2 Contact (diffusion-filtration) metasomatic skarn ····· 119
3.1.1.2.3 Magmatic skarn ····· 121
3.1.1.2.4 Composite skarn ····· 121
3.1.1.3 Main discrimination criteria of skarn of different genesis ····· 121
3.1.2 Magmatic skarn ····· 124
3.1.2.1 Occurrence and features ····· 124
3.1.2.2 Rock types ····· 125
3.1.2.3 Mineral association ····· 126
3.1.2.3.1 Mineral association of ore-free magmatic skarn ····· 126
3.1.2.3.2 Mineral association of ore-bearing magmatic skarn ····· 127
3.1.2.4 Structure and texture ····· 127
3.1.2.5 Main minerals and distinctive minerals ····· 128
3.1.2.5.1 Main minerals ····· 128
3.1.2.5.2 Distinctive minerals ····· 132
3.1.2.5.3 Oxygen isotopes of main minerals and distinctive minerals ····· 135
3.1.2.6 Lithochemistry and geochemistry ····· 137
3.1.2.7 Characters of diagenetic evolution of magmatic skarn ····· 141
3.1.2.7.1 Calc-silicate stage ····· 141
3.1.2.7.2 Alkali-aluminosilicate-carbonatite stage ····· 142

3.1.3 Transitional skarn and skarn-pegmatite ····· 143
3.1.3.1 Transitional skarn ····· 143
3.1.3.1.1 Albite diopside skarn ····· 143
3.1.3.1.2 Potassium feldspar-grossular andradite skarn ····· 144
3.1.3.2 Skarn pegmatite ····· 147
3.1.3.2.1 Albite salite pegmatite ····· 147
3.1.3.2.2 (Skarn) Potassium feldspar-calcite pegmatite ····· 148
3.1.3.2.3 Comparison of two kinds of skarn pegmatite ····· 152
3.2 Preliminary Study on Genesis of Magmatic Skarn ····· 152
3.2.1 Genesis of magmatic skarn ····· 152
3.2.1.1 Rock-pair of magmatic skarn and alkaline-rich intrusive ····· 152
3.2.1.1.1 Main characters of Na-rich diorite series ····· 152
3.2.1.1.2 Main Characters of magmatic skarnoid (or series) represented by diopside skarn ····· 155
3.2.1.2 Rock-pair of grossular-andradite skarn and alkaline gabbro-diorite ····· 157
3.2.1.2.1 Main characters of alkali gabbro ····· 159
3.2.1.2.2 Main characters of grossular-andradite skarn ····· 163
3.2.2 Genetic model of magmatic skarn (or skarn magma) ····· 168
3.2.3 Experimental studies on the diagenesis and metallogenesis of magmatic skarn ····· 169
3.2.3.1 Sample selection ····· 169
3.2.3.2 Determination of melting temperature and pressure of initial material ····· 169
3.2.3.3 Experimental apparatus and experimental steps ····· 170
3.2.3.4 Experimental results ····· 170
3.2.3.5 Discussion and conclusions ····· 173
3.3 Skarn Metallogenesis ····· 174
3.3.1 Metallogenesis related with interlayer reaction-metasomatic skarn ····· 174
3.3.2 Metallogenesis related with contact (diffusion-penetration) metasomatic skarn ····· 174
3.3.3 Metallogenesis related with magmatic skarn ····· 175
3.3.3.1 Liquation metallogenesis ····· 175
3.3.3.1.1 Liquation metallogenesis ····· 175
3.3.3.1.2 Deep liquation-injection metallogenesis ····· 176
3.3.3.2 Gas-liquid pegmatite infilling(-metasomatic) metallogenesis ····· 182
3.3.3.2.1 Early stage —pegmatite stage ····· 182
3.3.3.2.2 Late stage— -hydrothermal stage ····· 183
3.3.3.3 Injection(Liquation)-metasomatic metallogenesis ····· 184
3.3.3.3.1 Early stage ····· 184
3.3.3.3.2 Late stage ····· 184
3.4 New Ore Deposit Types and Broad-sensed Skarn Ore Deposit System ····· 184
3.4.1 New ore deposit types ····· 184
3.4.2 Broad-sensed skarn ore deposit system ····· 185
3.4.2.1 Three different skarn ore deposit systems ····· 185

3.4.2.1.1 Stratabound skarn deposit series ····· 185
3.4.2.1.2 Hydrothermal skarn deposit series ····· 185
3.4.2.1.3 Magmatic skarn deposit series ····· 185
3.4.2.2 Broad-sensed skarn ore deposit system ····· 186
3.5 Examples of New Types of Ore Deposit ····· 187
3.5.1 Dongshizishan skarn-sulphide liquation type copper(-gold)deposit ····· 187
3.5.1.1 Orebody ····· 187
3.5.1.2 Ore ····· 189
3.5.1.2.1 Ore types and their mineral assemblages ····· 189
3.5.1.2.2 Ore grade ····· 190
3.5.1.2.3 Structures and textures of ores ····· 191
3.5.1.3 Enrichment features of copper and gold mineralization ····· 192
3.5.1.3.1 Mineralization and concentration of copper ····· 192
3.5.1.3.2 Mineralization and concentration of gold ····· 192
3.5.1.4 Genesis ····· 192
3.5.2 Copper(-gold)deposits of skarn gas-liquid pegmatite infilling (-metasomatic)type ····· 192
3.5.2.1 Orebodies ····· 192
3.5.2.2 Ores ····· 193
3.5.2.3 Mineralization features of copper, gold and silver ····· 196
3.5.2.3.1 Mineralization features of copper ····· 196
3.5.2.3.2 Mineralization features of gold and silver ····· 197
3.5.2.4 Genesis ····· 198
3.5.3 Gold-copper deposits of ore-bearing skarnic melting fluid penetrating (liquation) metasomatic type ····· 198
3.5.3.1 Geological outlines ····· 198
3.5.3.2 Geology of ore deposit ····· 198
3.5.3.2.1 Multi-veined belt of injection-metasomatism skarn ····· 198
3.5.3.2.2 Orebodies ····· 199
3.5.3.2.3 Ores ····· 199
3.5.3.3 Characteristics of diagenesis and metallogenesis and their evolution ····· 200
3.5.3.3.1 Diagenesis and metallogenesis stage of injection (liquation) -metasomatism skarn ····· 201
3.5.3.3.2 High-intermediate hydrothermal metasomatism-infilling metallogenesis stage ····· 202
3.5.3.4 Mineralization stages and their characteristics of gold ····· 202
3.5.3.5 Genesis ····· 203
3.5.4 Platinum group elements in the copper and gold deposits related to magmatic skarn ····· 203
3.5.5 Copper-bearing magnetite deposit of skarn-iron ore magma penetration type ····· 204
3.5.5.1 Geological background ····· 204
3.5.5.2 Geology of ore deposit ····· 204
3.5.5.3 Features of orebodies ····· 205

3.5.6 Specularite deposit of skarn-iron ore magma penetration type ····· 206
3.5.6.1 Geological background ····· 206
3.5.6.2 Geology of ore deposit ····· 206
3.5.6.3 Genesis ····· 208
4 Ore Deposit ····· 210
4.1 Types of Ore Deposit ····· 210
4.1.1 Ore deposit related to magmatism ····· 210
4.1.1.1 Ore-magma type ····· 210
4.1.1.2 Gas-liquid pegmatite infilling(-metasomatic)type ····· 212
4.1.1.3 Broad-sensed skarn type ····· 213
4.1.1.4 Porphyry type and "porphyrite type" ····· 213
4.1.1.4.1 Porphyry type ····· 213
4.1.1.4.2 Porphyrite type ····· 214
4.1.1.5 Hydrothermal type ····· 214
4.1.2 Deposits related to sedimentation and hydrothermal superimposition ····· 215
4.1.3 Deposits related to sedimentation ····· 215
4.1.4 Deposits related to weathering-leaching ····· 215
4.2 Comprehensive Discussions on Typical Deposits ····· 216
4.2.1 Deposits occurring in volcanic basin and related to subvolcanic Na-rich gabbro-diorite porphyrite, pyroxene trachyandesite porphyrite, and syenite (monzonite) ····· 216
4.2.1.1 Ore magma type——Gushan iron deposit and Meishan iron deposit ····· 216
4.2.1.1.1 Gushan iron deposit ····· 216
4.2.1.1.2 Meishan iron deposit ····· 216
4.2.1.2 Pegmatite gas-liquid infilling type——Washan iron deposit ····· 219
4.2.1.3 Porphyrite type——Taocun iron deposit ····· 220
4.2.1.4 Hydrothermal type ——Luohe iron deposit and Hejiaxiaoling pyrite deposit ····· 222
4.2.1.4.1 Pneumatolytic-hypothermal infilling(-metasomatic) subtype ——Luohe iron deposit ····· 222
4.2.1.4.2 Mesothermal metasomatic(-infilling) subtype——Hejiaxiaoling pyrite deposit ····· 226
4.2.1.5 Sedimentary-hydrothermal superimposed-reformed type· Longqiao iron deposit ····· 226
4.2.1.5.1 Ore bearing strata ····· 226
4.2.1.5.2 Geological features of ore deposit ····· 227
4.2.1.5.3 Thermometamorphism and hydrothermal alteration ····· 229
4.2.1.5.4 Metallogenetic process ····· 230
4.2.1.5.5 Genesis of ore deposit ····· 230
4.2.2 Deposits occurring in block-folding uplift area and related to K-rich dioritoid ····· 230
4.2.2.1 Hydrothermal skarn subtype in the broad-sensed skarn type ····· 231
4.2.2.1.1 Jiguanshi silver (gold) deposit ····· 231
4.2.2.1.2 Baocun gold deposit ····· 233
4.2.2.1.3 Bishan copper deposit ····· 234
4.2.2.2 Interstratified skarn subtype in the broad-sensed skarn type ····· 239

4.2.2.2.1 Main interstratified skarn copper(-gold) deposits in Shizishan orefield——Xishizishan deposit, Datuanshan deposit, Laoyaling deposit, and Huashupo deposit ····· 239
4.2.2.2.2 Stratabound skarn copper deposit— Dongguashan deposit in Shizishan orefield ····· 248
4.2.2.2.3 Interstratified reaction-metasomatic skarn-hydrothermal superi mposed deposit— Huangshanling lead-zinc(-silver) deposit ····· 251
4.2.2.3 Porphyry type deposits ····· 254
4.2.2.3.1 Shaxi porphyry copper(gold) deposit ····· 254
4.2.2.3.2 Dongguashan deep buried porphyry copper deposit ····· 260
4.2.2.3.3 Yueshan silver lead zinc deposit ····· 263
4.2.2.4 Sedimentary-hydrothermal superimposed-reformed type — Xinqiao copper-gold sulphide deposit ····· 267
4.2.2.4.1 Geological outline of mining area ····· 268
4.2.2.4.2 Geological features of ore deposit ····· 269
4.2.2.4.3 Metallogenesis and genesis analysis of ore deposit ····· 271
4.2.2.5 Hydrothermal type ····· 273
4.2.2.5.1 Tianmashan gold sulphide deposit ····· 273
4.2.2.5.2 Baimangshan gold sulphide deposit ····· 277
4.2.2.5.3 Xuqiao silver deposit ····· 278
4.2.3 A Composite narration on other important ore deposits ····· 280
4.3 Mineralization Series ····· 281
4.3.1 Concepts and classification principles ····· 281
4.3.2 Mineralization series ····· 282
4.3.3 Magmatic mineralization series ····· 282
4.3.3.1 Magmatic diagenetic-metallogenetic sequence in the Along-Changjiang Area of Anhui Province ····· 282
4.3.3.2 Main features of different magmatic diagenetic-metallogenetic sequences ····· 283
4.3.3.2.1 Main belt: K-rich diorite —broad-sensed skarn type-porphyry type— hydrothermal type Cu Au S-Fe-Ag polymetallic diagenetic-metallogenetic sequence ····· 283
4.3.3.2.2 North belt: quartz diorite porphyry—contact metasomatic skarn (sub-)type- porphyry type—hydrothermal type copper gold diagenetic metallogenetic sequence ····· 283
4.3.3.2.3 South belt: granitic diorite porphyry- broad-sensed skarn type—porphyry type—hydrothermal type Cu-Mo(-W-Au)-Ag polymetallic diagenetic-metallogenetic sequence ····· 283
4.3.3.2.4 Na-rich diorite porphyrite —porphyrite iron-sulphide diagenetic-metallogenetic sequence ····· 284
4.3.3.3 Comparison between porphyrite iron sulphide metallogenetic series and broad-sensed skarn type—porphyry type—hydrothermal type Cu-Au-Ag polymetallic metallogenetic series ····· 285
4.3.3.4 Some discussions ····· 285
4.3.3.4.1 Continual evolution from ore magma, transitional ore forming fluid, pegmatitic gas-liquids, to thermal solution ····· 285
4.3.3.4.2 Unmixing separation of fluid is one of the main metallogenetic mechanism ····· 287
4.3.3.4.3 Characteristics of porphyry copper deposit and their geological significance ····· 288
4.3.3.4.4 Interrelation between broad-sensed skarn type copper deposit and porphyry copper deposit ····· 288
4.3.3.4.5 "Superimposition-reform" and "compounding" of deposit (mineralizing point) ····· 290

4.4 Metallogenetic Units ····· 290
4.4.1 Classification principles of metallogenetic unit ····· 290
4.4.2 Discussions on metallogenetic units ····· 291
4.4.2.1 Chuxian—Lujiang copper-gold metallogenetic sub-belt ····· 291
4.4.2.1.1 Chuxian—Quanjiao metallogenetic area ····· 292
4.4.2.1.2 Lujiang metallogenetic area ····· 292
4.4.2.2 Along-Changjiang Cu Fe-S-Au polymetallic metallogenetic sub-belt ····· 292
4.4.2.3 Xuancheng- Dongzhi (north) Cu-Mo-W-Au-Ag-Pb-Zn metallogenetic sub-belt ····· 296
4.5 Regional Metallogeny-controlling Factors and Metallogenetic Regularities ····· 297
4.5.1 Regional metallogeny-controlling factors ····· 297
4.5.1.1 Deep geology and regional metallogeny ····· 297
4.5.1.1.1 Mantle uplifting belt and Along-Changjiang structural-magmatic belt ····· 298
4.5.1.1.2 Main features of deep magmatism ····· 298
4.5.1.1.3 Three-storeyed framework of structural magmatic bodies in deep crust ····· 300
4.5.1.1.4 Relation between square-shaped magnetic anomaly and deep magmatism ····· 301
4.5.1.2 Structures and its metallogeny-controlling functions ····· 303
4.5.1.2.1 Regional metallogeny-controlling structures ····· 303
4.5.1.2.2 Metallogeny-controlling structures of metallogenetic area ····· 303
4.5.1.2.3 Metallogeny-controlling structures of orefield and ore deposit ····· 304
4.5.1.2.4 Differences of metallogeny-controlling structures in the deposits dominated respectively by gold and by copper ····· 305
4.5.1.2.5 Ductile-shearing zone's distribution to the enrichment of gold mineralization ····· 307
4.5.1.3 Strata and metallogenesis ····· 307
4.5.1.4 Magmatism and metallogenesis ····· 310
4.5.1.5 Skarn's control over metallogenesis ····· 313
4.5.2 Metallogenetic regularities ····· 313
4.5.2.1 Spatial distribution regularities ····· 314
4.5.2.1.1 Zonal distribution and segmental concentration ····· 314
4.5.2.1.2 Each sub-belt has its own characteristics ····· 314
4.5.2.1.3 Copper and iron tend to be separated ····· 315
4.5.2.1.4 Small orebodies form a circular distribution around a bigger orebody ····· 315
4.5.2.1.5 Multiple-layered occurrence with penetrations and superimpositions ····· 315
4.5.2.1.6 Gold and copper held a loose distribution relation ····· 315
4.5.2.2 Time distribution regularities ····· 315
4.5.2.2.1 Metallogenetic time-table ····· 315
4.5.2.2.2 Time distribution regularities ····· 316
4.5.2.3 Genetic regularities ····· 318
4.5.2.3.1 Cognateness of magmatic rocks and ore-forming fluids ····· 318
4.5.2.3.2 Deposits (orebodies) mainly coexist and associate with intrusive rockbodies (or subvolcanic rockbodies) which have abnormal diagenetic evolution ····· 319
4.5.2.3.3 Deposits (orebodies) are comprehensive products of magma, thermal solution, strata and structure ····· 319

4.5.2.3.4 Syntexis and hybridization of calcareous rocks with alkali rich intermediate acidic magma have resulted in skarnic magma and its Fe-oxides and Fe-sulphides ore magma ····· 319
4.5.2.3.5 Liquid unmixing separation is the main genetic mechanism of deposits of magmatic type and porphyry type ····· 319
4.5.2.3.6 Superimposition reform and compounding of different metallogenesis contribute greatly to the enlargement and enrichment of deposits (orebodies) ····· 319
4.5.2.3.7 Superimposition and separation of gold and copper ····· 320
4.5.2.4 Composite distribution regularities of time, space, and materials ····· 320
4.5.3 Metallogenetic model ····· 320
4.5.3.1 Metallogenetic model of broad-sensed skarn type—porphyry type—hydrothermal type copper-glod polymetallic deposit series ····· 322
4.5.3.1.1 Geological background ····· 322
4.5.3.1.2 Metallogenetic surroundings ····· 322
4.5.3.1.3 Magmatic rocks ····· 323
4.5.3.1.4 Distribution and occurrence of deposits (orebodies) ····· 323
4.5.3.1.5 Ore types and mineral assemblage ····· 323
4.5.3.1.6 Texture and structure of ores ····· 323
4.5.3.1.7 Mineralization stages and mineralization-alteration zonations ····· 324
4.5.3.1.8 Types of deposits ····· 324
4.5.3.1.9 Genetic mechanism of deposit ····· 324
4.5.3.1.10 Metallogeny-controlling factors, metallogenetic regularities and prospecting criteria ····· 324
4.5.3.2 Regional metallogenetic model ····· 325
4.5.3.2.1 Regional geologic-tectonic background ····· 325
4.5.3.2.2 Geological structural features of metallogenetic sub-belts ····· 325
4.5.3.2.3 Magmatic rock-metallogenetic series ····· 327
4.5.3.2.4 Outlines of deep geology ····· 327
4.5.3.2.5 Deep magmatism ····· 327
Conclusions ····· 329
References ····· 332
Abstract in English ····· 338
Plate explanations and plates ····· 351

第一章　区域地质背景

安徽沿江地区是我国长江中下游成矿带的主要地段，也是我国铜-金-铁多金属矿床的重要成矿区域。该区段地处大别造山带前陆。北面大致以安徽全椒黄（栗树）-太湖破（凉亭）断裂（以下简称“黄-破断裂”）为界，南东至高坦断裂（高坦-周王-南漪湖），面积约 4 万 km^2。区内构造-岩浆作用对成矿十分有利，具有良好的地质找矿前景，其成矿地质背景可以代表长江中下游成矿带总体地质特征，且具有自身特色，因而又是认识长江中下游成矿带的关键地段。

多年来，许多学者对该区的地质背景进行过研究和探索，取得了丰硕成果，为地质找矿和科学研究奠定了良好基础。然而，以往的工作在基底及深部构造研究方面相对较为薄弱，同时也较少应用造山带理论对区域构造进行系统分析研究。本章作者力求在这方面有新的作为，重点放在应用造山带理论对区域构造格局进行系统分析上，并对区内基底、主要断裂（带）及深部构造信息进行研究，以启发新的思路，从而为矿产预测提供新信息，也为地质找矿开辟新领域。

第一节　地壳结构

近年来研究资料表明，大陆地壳深部结构，在纵向和横向上都存在不均一性，这反映了地壳形成与演化是一个复杂地质作用过程。安徽沿江地区也存在这一现象。

地球物理调查是探索地壳结构的主要手段之一，尤其是地震方法已被广泛应用，它在了解地壳深部的分层及其界面和特点方面具有独到之处。近年来，在扬子地区开展地震测深工作有一定进展，作者以《1∶1000000 中国东部灵璧—奉贤（HQ-13）地学断面图说明书》（陈沪生，1993）为主要依据，参照大地电磁测深资料，结合安徽沿江区域地质研究对比分析，将岩石圈结构划分为六大构造层，其间有六个重要滑移面（拆离面）及三个均衡调节层（表 1-1）。六大构造层（Ⅰ～Ⅵ）自上而下为：Ⅰ. 上地壳中—新生界陆相碎屑岩及火山岩，Ⅱ. 中—古生界海相碳酸盐岩-碎屑岩，Ⅲ. 中—新元古界浅变质岩系，Ⅳ. 太古宇—古元古界深变质岩系，Ⅴ. 下地壳硅镁层及Ⅵ. 上地幔地幔盖层。

Ⅰ层　为中—新生界陆相沉积岩系。由 T_2—N 陆相碎屑岩及火山岩组成。物性特征表现为低速、低阻、低磁、低密度，可称“四低”物性层。深度为 0～4 km。

Ⅱ层　为中—古生界海相沉积岩系。由 €（—Z）—T_1 海相碳酸盐岩-碎屑岩组成。物性特征具弱磁性，为一个中高阻、中高密度及中高速度交互物性层，中部存在一滑移面（S）。深度约为 4～8 km。

Ⅲ层　为中—新元古界浅变质岩系。由一套 Pt_2—Pt_3 以绿片岩相为主的变质岩系组成，区内主要有中—新元古界宿松（肥东）岩群、张八岭岩群、董岭岩群上片岩段、上溪岩群及历口群。物性特征表现为低速、低阻、低磁、低密度，可称“四低”物性层。与上覆岩层之间存有一滑移面（G）。深度约为 8～12 km。

Ⅳ层　为太古宇—古元古界深变质岩系。属磁性基底构造层。由一套（高）角闪岩相—麻粒岩相变质岩组成，混合岩化发育。区内主要有大别（阚集）杂岩、董岭岩群片麻岩段以及江南深部可能存在的星子杂岩组成。物性特征表现为高磁、高密度、高速度、高阻，可称“四高”物性层。与上覆岩层之间存有一滑移面（J）。深度约为 12～18 km。

Ⅴ层　通常为硅镁层。属下地壳构造特征层，地震反射剖面显示波状流纹结构和柔性变形特征，反映受过较强的水平挤压力作用，也说明此层具有较高温度，可塑性较强。顶部有一低速高导层，可能

表 1-1　安徽沿江地区岩石圈结构表

Table 1-1　Lithospheric structure of Along-Changjiang Area of Anhui Province

层圈				岩层	界面名称	物性层主要特征	滑移（拆离）面	均衡调节层
岩石圈	地壳	上地壳	Ⅰ 中—新生界陆相沉积岩系	T_2—N 陆相碎屑岩及火山岩		低中速、低阻、低磁、低密度		
					印支—早燕山期侵蚀面			
			Ⅱ 中—古生界海相沉积岩系	$\in(Z)$—T_1 海相碳酸盐岩－碎屑岩		中高速、中高阻、中高密度互层、低磁	S	
					晋宁期侵蚀面		G	
			Ⅲ 中—新元古界浅变质岩系	Pt_2－Pt_3 绿片岩相为主的变质岩		低速、低阻、低磁、低密度		
					武陵期侵蚀面		J	
			Ⅳ 太古宇—古元古界深变质岩系	Ar—Pt_1 角闪岩相—麻粒岩相深变质岩		高速、高阻、高磁、高密度		
					地壳中部界面		C	C 层
		下地壳	Ⅴ	硅镁层		低速高导（壳内高导层）		
						高速、高阻、高密度柔性变形结构		
					莫霍面		M	M 层
	上地幔		Ⅵ 地幔盖层	尖晶石二辉橄榄岩－石榴石二辉橄榄岩		电性不均匀团块结构		
					岩石圈与软流圈之间过渡层			
							L	L 层
			软流圈			高导层		

注：本表据 1∶1000000 中国东部灵璧—奉贤（HQ－13）地学断面图说明书（陈沪生，1993，地质出版社）资料编制。

是重要的滑移面（C）及均衡调节层（C 层）。深度约为 32 km。

Ⅵ层　属地幔盖层。即上地幔岩石圈部分。为一个冷热不均匀团块构造层。主要由尖晶石二辉橄榄岩和石榴石二辉橄榄岩组成。电性显示横向不均匀性，反映层内存在冷热不均匀的团块。其下部为岩石圈与软流圈之间的过渡带。该层与硅镁层之间有一滑移面（M）及均衡调节层（M 层）。

地幔盖层以下部分属上地幔软流圈，为上地幔高导层。目前该层资料较少，对其界面（L）以下情况尚不够清楚，暂以 40 Ω·m 等值线所对应的深度作为其近似的顶面。该层作为一个连续分布的极低

阻的、塑性流变的热动力源层，在壳幔结构演变中起着十分重要的作用。该层与地幔盖层之间亦为重要的均衡调节层（L 层）。

上述存在的滑移（拆离）面和均衡调节层，是区内构造活动的重要因素，六个重要滑移面为各层受力后发生构造变动和变形的界面。三个均衡调节层为重力起均衡调节作用的层。

研究资料表明，安徽沿江地区地壳结构各大岩石圈层宏观上为似均质的，但微观上是非均质的。这不仅表现在下地壳以下部分为不均匀的团块结构和厚度的变化，同时也表现在上地壳不同区段内各大层沉积建造、厚度、构造变形及岩浆活动等特征有所不同。这是由于地质构造长期演化发展的结果。正是说明地壳是经过复杂地质作用形成与演化的综合体。

第二节　基底特征

查明安徽沿江地区基底类型、组成及其分布，对建立区域构造演化模型和指导矿产预测有重要意义。前人在这方面作过一些有益探索，积累了较多资料。本书根据多年研究成果，结合邻区资料对比分析结果，将安徽省各地区基底岩系的组成及分布列于表 1-2，并简述如下。

一、岩石地层

（一）华北陆块（华北区）

大致在合肥—六安以北、郯庐断裂（带）以西地区，分布有新太古界五河杂岩、霍丘杂岩及古元古界凤阳岩群；上覆地层为新元古界青白口“纪”八公山群及曹店组❶。

五河杂岩及霍丘杂岩均为安徽华北区的古老结晶基底，但二者的岩石组合与沉积建造有较大的差异。

五河杂岩，原名五河群。由变形变质侵入体及表壳岩系组成。变形变质侵入体主要为黑云斜长片麻岩、黑云二长片麻岩、浅粒岩、变粒岩等；表壳岩系主要为大理岩、蛇纹石化大理岩、变流纹岩、白云石英片岩及斜长角闪岩等。

关于变质表壳岩系的原岩，《安徽省区域地质志》（1987）中将其划归火山-沉积岩系，为一套复理石-火山建造，主要由酸性、中基性-超基性火山岩、凝灰岩和杂砂岩、碳酸盐岩和泥灰质岩石，及少量铁质碧玄岩组成。安徽省地科所（1981）对五河荣渡地区这类岩石采样分析结果表明，SiO_2、MgO 的平均含量处于镁质和铁质超基性岩之间。其中阳起石化辉石岩和蛇纹石化斜辉角闪石岩的平均化学成分，与玄武质镁绿岩相当。其层序是：超镁铁质岩（包括镁绿岩）→ 基性及中基性火山岩 沉积岩组合及酸性火山岩，基本与绿岩带层序相似。区域变质程度达低角闪岩相。从总体上看，该岩层基本具太古宙绿岩带的特征，值得重视。安徽省地科所桑宝梁、陈跃志等（1994）获得该岩层下部斜长角闪片麻岩单颗粒锆石 U-Pb 法年龄值为（2685±8）Ma，显示主体岩层形成时代为新太古代。

霍丘杂岩，原名霍丘群，系指分布于霍丘—寿县一带的中深变质岩系。该岩层亦由变形变质侵入体及表壳岩系组成。表壳岩系的原岩，下部以火山熔岩及凝灰岩、杂砂岩为主，夹基性凝灰岩及火山熔岩。中、上部主要为泥质岩、泥质杂砂岩、杂砂岩、泥质灰岩、铁硅质岩及富镁碳酸盐岩。沉积作用的韵律性明显，具似鲍马序列特征。安徽省地质科研所（1981）曾在该岩层采集同位素地质年龄样品，经不同分组处理的全岩 Rb-Sr 等时线年龄值在（2681±65）Ma 至（2963±7.98）Ma 之间，多数在 2700 Ma 左右，表明原岩形成时代可能为新太古代。

凤阳群是一套低绿片岩相区域变质岩系，主要为石英岩、大理岩、千枚岩等。在下部石英片岩中获白云母 K-Ar 法年龄值为 1874 Ma（安徽省区调队，1987），可能反映了这个时代的变质事件，故归为古元古代（关于凤阳岩群是否属于基底组成，尚有不同意见，此次从变质程度考虑，归入基底中）。

---

❶ 地层时代划分参照《中国地层时代表》（王鸿桢、李光岑，1990，地质出版社）。

表 1-2　安徽省前震旦纪地层简表

Table 1-2　Precambrian strata of Anhui Province

地层时代		华北陆块		大别造山带			扬子陆块	
界	系	淮北	淮南	北带（北淮阳）	主带（岳西）	南带（张八岭）	沿江	江南
新元古界	570Ma 震旦系	金山寨组		佛子岭岩群？		周岗岩组	周岗岩组？	休宁组
	800Ma 青白口系	宿县群	淮南群			张八岭岩群	董岭岩群	历口群：铺岭组、邓家组、井潭组；片岩段
		八公山群	四十里长山组 刘老碑组 伍山组 曹店组					
中元古界	1000Ma 蓟县—长城系			卢镇关岩群	宿松岩群	肥东岩群		上溪岩群
古元古界	1800Ma	风阳岩群	宋集岩组 青石山岩组 白云山岩组		大别杂岩	佛集杂岩	片麻岩群	
新太古界	2500Ma	五河杂岩	霍丘杂岩					

注：地层时代划分参照《中国地层时代表》（王鸿祯、李光岑，1990）

（二）大别造山带（大别区）

大致在磨子潭-晓天镇断裂以南、黄（栗树）-破（凉亭）断裂以西地区，在造山带中央轴带及南大别推覆带上出露新太古界—古元古界大别杂岩及肥东阚集杂岩、中元古界宿松岩群、肥东岩群和新元古界青白口“纪”张八岭岩群。

大别杂岩为一套成分复杂的变质岩组合，其主体由变形变质侵入体、表壳岩系和超镁铁质—镁铁质岩石组成。变形变质侵入体由深灰色片麻岩套（片麻状辉闪岩、片麻状云英闪长岩等）和浅灰色片麻岩套（花岗闪长质片麻岩、斜长花岗质片麻岩、二长花岗质片麻岩、片麻状钾长花岗岩及浅粒岩等）组成。表壳岩为角闪岩、大理岩和副片麻岩类。超镁铁质—镁铁质岩类有辉橄岩、橄辉岩、辉石岩、辉闪岩等。此外，还产有大小不等的榴辉岩。榴辉岩中见柯石英、金刚石、硬玉等超高压矿物组合，显示其经过高压—超高压变质作用。关于大别杂岩时代归属问题，《安徽省区域地质志》（1987）将其划归新太古代；《湖北区域地质志》（1990）归为古元古代。近年来许多科研单位对大别杂岩研究后，获得一大批年代数据，但不少数据偏新。这些年轻数据多数反映印支期变质变形作用和燕山期热叠加变质作用。湖北区调所（1991）在白果镇上易河大别杂岩鲍家岗片岩所夹的斜长角闪岩中获得（2850±100）Ma 的 Sm-Nd 模式年龄。李曙光等（1994）在与“大别杂岩”相当的“胶南群”斜长角闪岩中获捕虏锆石 U-Pb 法年龄 2149 Ma，获岩浆结晶锆石 U-Pb 法年龄（1784±11）Ma。说明表壳岩在古元古代就存在。依据其岩石组合及岩性特征，基本与胶南—海州地区变质杂岩相似，都是伏于变质含磷岩系之下的一套中深变质岩系，年代皆为新太古代—古元古代。

阚集杂岩由变形变质侵入体与表壳岩组成。前者为斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩；后者为含磁铁黑云片岩、斜长角闪岩、黑云片岩、大理岩及少量石英片岩与酸性火山岩。依据岩石组合及变形变质特征，年代与大别杂岩相当。

宿松岩群为一套片岩、大理岩和斜长片麻岩为主体的含磷岩系。下部为白云石英片岩夹白云大理岩，底部夹石墨片岩，并有蛭石片岩。据闵华亮（1985）、荆延仁（1991）等研究，在宿松大新屋、郑家岭、小岗等地，于宿松岩群底部见到一层砾岩。砾石成分为大小不等的石英、微斜长石和斜长石，成分单一，磨圆度较高，分选性较好。这套砾岩层呈角度不整合于大别杂岩之上（图 1-1）。其上为磷灰岩、白云质大理岩等，顶部为斜长片麻岩，变质程度达绿片岩相。

关于宿松岩群时代问题尚有争议。311 地质队（1982）和《安徽省区域地质志》（1987）将其划归

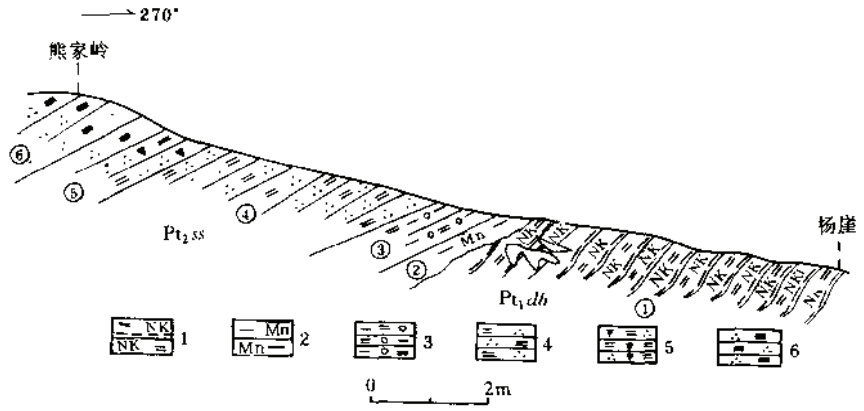


图 1-1　宿松县杨崖大别群与宿松群接触剖面图

Fig. 1-1　The contact between Dabie Group and Susong Group at Yangya section of Susong County

（据荆延仁等，1991）

1—白云二长片麻岩；2—含锰建造；3—含砾二云石英片岩；4—白云石英片岩；5—含电气石白云石英片岩；6—石墨石英片岩

古元古代，并自下而上将其分为大新屋组、柳坪组、虎踏石组、蒲河组，在大新屋组下部白云石英片岩中，获锆石 U-Pb 法年龄值 1850 Ma。后来汤家富等（1994）将宿松群解体，认为原蒲河组的全部、虎踏石组大部及柳坪组的上段主要为变形变质侵入体及部分包裹体（表壳岩系），并将其单独划出称“蒲河杂岩”。另一部分为含磷岩系，仍称“宿松岩群”。自下而上划分为柳坪组、大新屋组，二者之间为断层接触，时代归为震旦纪。本书依据其岩石组合、变形变质特征、同位素年代资料及界面不整合等特征，并通过区域对比认为，原宿松群可与江苏海州群相当，仍视为一不整合于大别杂岩之上的中元古界变质含磷岩系。宿松岩群亦卷入高压变质作用中，出现蓝片岩相组合。

肥东岩群为一套含磷、锰为特征的碳酸盐岩。下部以白云质大理岩及大理岩中夹少量斜长角闪岩和斜长角闪片岩，底部见磷灰石层与锰土；上部为白云质大理岩，其变质程度与年代同宿松岩群，但尚未发现高压变质矿物组合。

张八岭岩群原称“张八岭岩系”、“张八岭群”，《安徽省区域地质志》（1987）将其自下而上分北将军组、西冷组。北将军组下部为白云质大理岩、千枚岩及变质砂岩，上部为绢云母石英片岩、千枚岩、变质砂岩。西冷组下部以石英角斑岩、变凝灰熔岩为主，夹细碧（斑）岩和千枚岩，上部为杂色千枚岩和细碧岩，其内发育由一套蓝片岩组成的高压变质带。西冷组原岩为一套具双峰式特征的细碧岩-石英角斑岩建造。后来经汤家富等研究（1994），认为北将军岩石组合及原岩建造可与震旦纪地层相比，并依据所采集的微古植物化石鉴定资料将北将军组暂归为震旦纪，西冷组归为青白口纪，二者之间为倒转关系。由于经受多期变形变质，北将军组时代归属问题尚待进一步研究确定。本书采纳了后一方案，将北将军岩组暂归震旦纪，张八岭群即由原西冷组组成，时代属青白口“纪”，变质程度达低绿片岩相。

（三）扬子陆块（扬子区）

除在怀宁洪镇出露古、中元古界董岭岩群外，前震旦纪地层主要出露在江南一带，自下而上为中元古界上溪岩群，青白口系历口群和井潭组。

董岭岩群为一套中浅—中深变质岩系，厚度大于 1600 m（未见底），统称董岭岩群。分下、中、上三个岩段（图 1-2），下段为片麻岩段，由长英质细粒片麻岩、浅粒岩、斜长角闪岩及黑云母钾长片麻岩组成，在半月湖钻孔中见石榴石片岩、角闪岩，厚度大于 400 m，与上覆岩层为构造接触，并发育糜棱岩。中段为片岩段，由云母石英片岩、钠长石英片岩等组成，局部夹硅质岩和角闪片岩，与上覆岩层亦为构造接触，厚度大于 500 m。上段为含砾片岩段，为含砾千枚岩及黑云母石英片岩，厚度大于6 m，与上覆寒武系为断层接触。

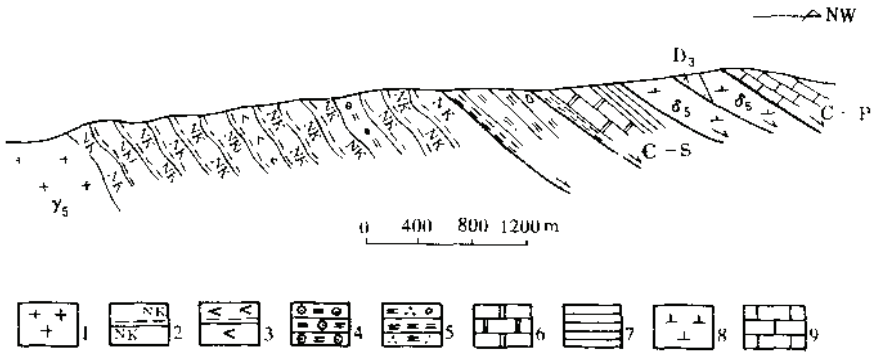


图 1-2 董岭岩群综合地质剖面图

Fig. 1 2 A composite geological section of Dongling Group

（据董树文、黄德志，1993）

1—花岗岩；2—二长片麻岩；3—角闪岩；4—榴云片麻岩；5—（含砾）云母石英片岩；6—白云岩；7—页岩；8—闪长岩；9—灰岩

上述三个岩性段，在原岩组合类型、变质程度、稀土元素等方面存在显著差异。上中段原岩为陆源碎屑沉积，变质程度相对较低，为低—中绿片岩相；下段原岩是一套基性—酸性火山岩，夹火山碎屑岩和粉砂岩。基性火山岩属大陆拉斑玄武岩，变质程度达绿片岩相--角闪岩相。

稀土元素分析资料表明(董树文、黄德志,1993)，中上段云母石英片岩稀土总量为 219.61×10^{-6}，配分曲线右陡倾，轻稀土明显富集，与沉积岩稀土元素特征基本相似。下段片麻岩稀土总量为 621.29×10^{-6}，配分曲线缓右倾，轻稀土微富集，强负 Eu 异常，其 ΣREE 高含量可能是后期热液作用的结果。石榴石片岩的 ΣREE 含量为 446.13×10^{-6}，配分曲线缓右倾。由此可见，片麻岩 ΣREE 含量高，反映与中上段片岩物源的不同。同样，微量元素含量一般中、上片岩段较低，而下段片麻岩含量高。

关于董岭岩群时代归属问题，1∶5 万洪镇幅区调报告（326 队，1975）将其划归前震旦纪，《安徽省区域地质志》(1987) 中则划归震旦纪。326 队 1∶5 万怀宁幅报告（1986）中仍划入前震旦纪。邢凤鸣（1993）在半月湖钻孔斜长角闪岩获 Sm-Nd 等时线年龄值 1895 Ma。董树文（1993）在角闪片岩获 Sm-Nd 等时线年龄值（1439±56）Ma，都在下段片麻岩中。这与江苏埤城群斜长角闪岩 Ar-Ar 法年龄值（1369±28.9）Ma（南京地矿所）及 Sm-Nd 等时线年龄值（1401±4）Ma（刘聪，1995）相近。

综上所述，按照“董岭岩群”的岩石组合、原岩建造、变形变质程度、地球化学特征、同位素年龄数据及区域对比资料，将上段含砾片岩归属震旦系周岗组，中、下段暂划归为中--古元古界。

上溪群为一套以深灰绿色片岩、板岩、千枚岩、千枚状粉砂岩及粉砂质砂岩组合，具鲍马序列。《安徽省区域地质志》(1987) 将其自下而上分为樟前、板桥、木坑和牛屋组。其韵律结构基本是以粉砂质为主的单元和以泥质为主的单元，个别有砂质单元存在，基本属不完全韵律的砂-粉砂质复理石建造。上溪岩群与上覆青白口“纪”为不整合接触。从该层沉积建造、构造变形和变质作用等特征看，与上覆岩层都有明显的区别，显示它们是不同发展阶段的产物。另据江西区调队在邻区相当层位双桥山群获全岩 Rb-Sr 法年龄值为 1410 Ma。本书将上溪岩群归属中元古界。

历口群主要由砂砾岩及变质安山熔岩和火山碎屑岩组成，《安徽省区域地质志》(1987) 将其自下而上分为邓家组和铺岭组。邓家组为一套陆源粗碎屑岩建造；铺岭组由一套安山质熔岩与火山碎屑岩夹沉积岩组成。与其相当的井潭组为一套酸性火山岩系，由变流纹质凝灰岩和变流纹质斑岩组成，代表新元古界皖南发育的两套火山岩系，时代归属青白口“纪”。

二、基底类型

基于上述基底岩石地层的特征，结合其所处的大地构造位置，安徽省境内变质基底可划为华北、大别及扬子基底（图 1-3）。涉及大别造山带前陆内的变质基底是扬子基底北缘和大别基底南缘的部分。

（一）华北基底

按岩石组合及演化特征，大致以阜阳--定远一线为界，分南北两区。北区称“五河式”，由新太古界五河杂岩及古元古界凤阳岩群组成，具“双层结构”。值得重视的是五河杂岩中金矿化发育，具高级变质绿岩带金矿化特征，是金的富集区。南区称“霍丘式”，以合肥-六安断裂（?）与大别基底分界，由新太古界霍丘杂岩组成，具“单层结构”基底，与“五河式”有明显区别。

（二）大别基底

在大别山主体及张八岭一带出露有三套岩系：①古元古界深—中深变质的大别杂岩和阚集杂岩，与上覆宿松岩群及肥东岩群为不整合接触；②中元古界中深—中浅变质宿松岩群和肥东岩群，与上覆张八岭岩群为构造不整合接触，③新元古代浅变质的张八岭岩群，具“三层结构”。

北淮阳一带的古生代地层，除杨山煤系外，由于均已强变形变质，其下伏地层时代争议很大，目前难以确定其基底性质。但据安徽 313 队最新研究资料，原划分卢镇关群的部分地层单元，仍有可能属前震旦纪，故变质基底应该是存在的，暂名之为“北淮阳式”。

（三）扬子基底

也可分为两种结构类型：①北部为“董岭式”。在怀宁董岭出露的古、中元古界董岭岩群，实际上具有双层结构。下部片麻岩段，代表区内结晶基底；上部片岩段，代表褶皱（变质）基底，与上覆含

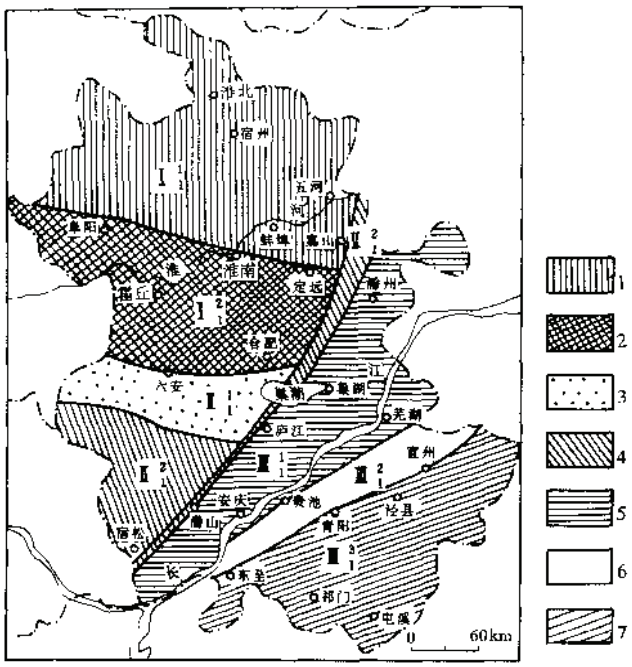


图 1-3 安徽省前震旦纪基底分布略图

Fig. 1-3 Distribution of Precambrian basement of Anhui Province

1～2，华北基底：1—五河式（I_1^1）；2—霍丘式（I_1^2）；3～4，大别基底：3—北淮阳式（I_1^1）；4—大别式（I_1^2）；5～7，扬子基底：5—董岭式（II_1^1）；6—过渡式（II_1^2）；7—江南式（II_1^3）

砾片岩为构造接触。②南部为“江南式”。在皖南出露的基底由上、下两套岩石组成，一套是中元古界上溪岩群；另一套是青白口系历口群和井潭组。二者之间为不整合接触，与上覆休宁组亦为不整合接触。③在上述二者之间存在“过渡式”基底。大致在望江—贵池—芜湖与东至—青阳—芜湖之间，推测该区的“董岭”与“江南”存在过渡关系。

三、各类基底相互关系

研究分析上述各类基底的关系，是建立区域构造演化模型的基础，它涉及一些重要基础地质问题。本次研究仅对安徽沿江地区及其周边的基底，进行分析与讨论（表 1-3）。

表 1-3 安徽沿江地区基底与邻区基底对比表

Table 1-3 Comparison between the basements of the Along-Changjiang Area of Anhui Province and its adjacent areas

地区 / 时代	桐柏-大别区		扬子区			
			沿江		江南	
	湖北	安徽	安徽	江苏	江西	安徽
Pt_3	耀岭河群 随县群	张八岭岩群	董岭岩群	片岩段—?—片麻岩段	落可崇组	历口群
Pt_2	红安群	宿松（肥东）岩群		埠城岩群	彭山群（?） 九岭群/双桥山群	上溪岩群
Pt_1	大别杂岩	大别（晚集）杂岩			星子杂岩（?）	?（不整合）

（一）大别基底与扬子基底关系

大别造山带的基底问题，目前争议较大。本书就两个主要问题作如下讨论。

（1）中元古界宿松（肥东）岩群、红安岩群与海州岩群在岩石组合及原岩建造上可以对比，反映的大地构造环境一致，均分布于扬子陆块北部。新元古代早期，扬子陆块北部随县-张八岭裂陷槽生成，位于裂陷槽北缘的宿松岩群与裂陷槽南缘的中元古代地层属同一时期的古老沉积物，仅在沉积相和堆积厚度上稍有差异。基于上述事实，可以认为“大别基底”可能为新元古代裂解的扬子陆块北部的一部分（“大别微陆块”）。这次裂解作用形成了“扬子”与“大别”两种基底原始横向关系。新元古代末，裂解槽关闭，两陆块对接，接受统一盖层沉积。

（2）张八岭岩群与大别杂岩、宿松岩群之间未见可靠的地层接触关系（主要为构造接触）。近年来不少研究者将张八岭岩群（及相对应的随县岩群、武当岩群等）作为独立的裂陷槽堆积（周高志、刘源浚，1994）。本书认为，从岩石特征及所处的古构造环境来看，这一观点是可信的。因而可以认为，扬子陆块与大别微陆块之间是由随县-张八岭裂陷槽分隔的。扬子基底与裂陷槽的界线根据鄂东及皖西南地层分布情况，应为襄（樊）-广（济）断裂与黄（梁树）-破（凉亭）断裂。这一界线也就是大别造山带与前陆的分界线（详见下文叙述）。郯庐断裂以东的滁县—巢湖三角地带由于基底未出露，尚有不同看法。有人认为滁河断裂是扬子基底与张八岭裂陷槽分界线，我们认为这种认识尚缺少足够的依据。滁河断裂早期控制了早古生代盖层沉积，在地层分区上自成一个小区（滁县小区），隶属于下扬子地层分区，它与长江以南地区（安庆- 贵池—芜湖一线以南）的沉降带构成了下扬子区内“两坳夹一隆”（中间隆起是庐江- 巢县 -和县一带。详见下文）。而南北两坳中不同时代（如寒武和奥陶纪的某些时期）的沉积组合及岩相特征很相似，因此它只反映了下扬子区内部的隆坳变化，难以据此确定分属不同基底。所以我们仍以前陆与造山带的界线作为裂陷槽的南界。

（3）据此，目前确立的由大别杂岩、宿松（肥东）岩群和张八岭岩群组成的大别基底和扬子基底，即以造山带与前陆之间的“黄-破断裂带”为界。

（二）扬子基底内部两种类型之间的关系

如前所述，安徽怀宁出露的董岭岩群，可与江苏镇江埠城岩群相当，构成了扬子基底的“董岭式”结构类型。其特点是：①可见部分为双层结构，其下为变质杂岩或结晶基底，其上为 Pt_2 褶皱基底；②缺青白口“纪”（?）；③上覆震旦系经历了弱变质强变形过程。

根据金文山、孙大中等研究成果（1994），出露在皖南及赣北地区扬子基底具有三层结构的特点：①下部为 Pt_1 变质杂岩，由星子杂岩（?）组成，且在区内广泛发现有太古宙年龄记录的捕虏锆石，表明其下有一统一的太古宙结晶基底；②中部为 Pt_2 浅变质岩系，以陆缘碎屑沉积为主，但横向变化很大，已建立了不同地层单元，由南而北依次为铜厂群、双桥山群、障公山群和上溪岩群。最北部位于星子杂岩之上的为彭山群。③上部为 Pt_3 浅变质岩系，各地分别称历口群、程浪群及落可岩组。

这一结构类型的主要问题是对星子杂岩（及其上的彭山群）构造单元的归属有不同意见，认为这不是江南基底的组成部分，而应属于下扬子基底，即相当于董岭岩群。

我们认为，庐山地区出露的星子杂岩及彭山群与本区的董岭岩群对比是可能的，它和周围的中、新元古代地层为构造接触关系，而除此之外，在江南式基底分布区未见到其它确切的古元古代变质岩可与之对比。由于它不在我们研究区内，未作深入研究，故不讨论。但有一点可以肯定，江南结晶基底是存在的，星子杂岩即使不是其中的成员，也不能据此就认为它们分属于两个地体。这里只对安徽沿江及皖南地区两类扬子基底的情况作一考察和分析。

（1）两种结构基底出露最近处，分别为怀宁的董岭和东至县城北，直线距离 40～50 km，地表所见均为震旦纪以后的盖层，推断其界线应在二者之间的某一地带。

（2）按上述两种基底结构类型特点，逻辑上应该存在两条界线：其一为董岭岩群与上溪岩群的分界线；其二为皖南历口群的北部边界。如果这两种结构类型代表两个不同的地体，则此两条界线应重合，反之则很难一致。

（3）在这一地带，从地质资料分析存在三条天然界线。其一是下扬子地层分区和*江南地层分区的*

界线，即许多研究者所称的“江南断裂”，由于它在皖南已伸入江南式基底内部，因此不可能成为基底边界。其二是高坦-周王-南漪湖Z字形追踪断裂，它是皖南钨（锡）铜矿带的北部边界，也是传统的下扬子成矿带与江南成矿带的分界线之一，因而它有条件成为不同结构基底的一个“候选”分界线。其三为沿江自望江--安庆—贵池－芜湖南一线，这是宿松-和县地层小区与东至-宣州小区的界线，也是大别造山带前陆盆地的南沿，以往研究中曾作为Z字形追踪断裂——长江断裂带的依据，也曾有人用作下扬子成矿带与江南成矿带的分界。同时也正是下扬子成矿带主带的南界，因而它也有可能成为另一个“候选”的基底分界线。

（4）已有的地球化学资料，主要是岩浆岩所提供的基底及深部信息，表明贵池－宣州地区几个含矿岩体，如贵池城南、马石、安子山及宣州麻姑山等均接近于皖南花岗岩类的特征，都属钙碱性系列，源岩中包含有较多的上地壳物质，从而与沿江的宁芜、铜陵和庐枞等地有更多深源信息的橄榄安粗岩系和高钾钙碱性岩系显示了明显差别（详见第二章）。这似乎暗示贵池--宣州地区钙碱性岩系的物源区--上地壳（也包括我们所要讨论的“基底”）具有类似皖南的特征。

（5）目前所收集到的地球物理资料（主要是重磁资料）本身尚不足以直接判别基底分界情况，但显示了皖南地区与沿江地区分属于两个不同的地球物理场，不过它们之间的界线是不确定的，且在不同深度有移动现象。尽管如此，地球物理场资料也提供了两点有价值的信息：其一，高坦-周王断裂是浅部地球物理场的重要分界线；其二，深部地球物理信息显示了贵池-东流岩浆岩带与皖南深部岩浆房有密切的关系（详见下文）。

（6）这一地带的矿化具有明显的由沿江铜铁带向江南钨钼带过渡和叠加特征，并有广泛发育的铅锌银矿化，构成了具有特色的W、Mo、Cu、Au、Ag、Pb-Zn矿带，甚至连单个矿床也被打上这一烙印，如本带最大的铜矿麻姑山铜矿（中型）同时也是一个中型钼矿和小型铅锌矿，和它相邻的宣州荞麦山-铜山铜矿也出现共生钨的富集，而贵池东南的许家桥银矿则出现了Ag、Au、Mo、Cu、Pb-Zn矿化组合。

综合上述几点分析，我们倾向于认为，介于董岭式与江南式结构之间的贵池--宣州地区为一过渡地带，其基底的某些地球化学特点似乎更近于江南式，而地球物理场则具过渡特征，岩浆-矿化作用亦具过渡性质。由此可以推论，董岭式与江南式两类基底结构并不意味着它们代表两个地体，而只是扬子基底内部的结构差异。因此二者之间也和江南式基底中其它中元古代变质地层单元间的关系一样，不一定存在截然的分界线。至于皖南青白口系（历口群）的北界，应系当时的沉积边界，而目前东至一带的露头并未显示尖灭趋势，显然这条界线还应向北推得更远一些。正由于扬子基底内部这种结构上的差异以及相互过渡特点，在一定程度上导致了下扬子成矿带南带的独特面貌而与主矿带和江南矿带呈现明显差别。

第三节　深部地质信息

一、地球物理信息

（一）莫霍面特征

根据重力资料推算的长江中下游现代莫霍面等深线图（图1-4）显示，安徽沿江地区为莫霍面上隆带；大别山区和皖南山区为莫霍面相对凹陷区。安徽沿江地区处于幔隆-幔坪段，形如鼻状。区内莫霍面最大深度为32 km左右，最小深度约30～31 km；大别山区最大深度在35 km左右；皖南山区达34 km。构成安徽中南部“两坳夹一隆”的莫霍面起伏格局。沿江成矿带位于莫霍面隆起带，即现代地幔隆起带的上方。

安徽沿江地区壳下的地幔隆起带的形成和演变经历了相当长的地质时期。尽管目前对它的萌生、形成和演变的情况认识不够，但根据它的存在和演变对本区地质构造特征和演化，沉积作用和岩浆热事件所产生的影响和所起的制约作用仍可追溯。首先，处于该地幔隆起带上方的沿江成矿带，恰好与中

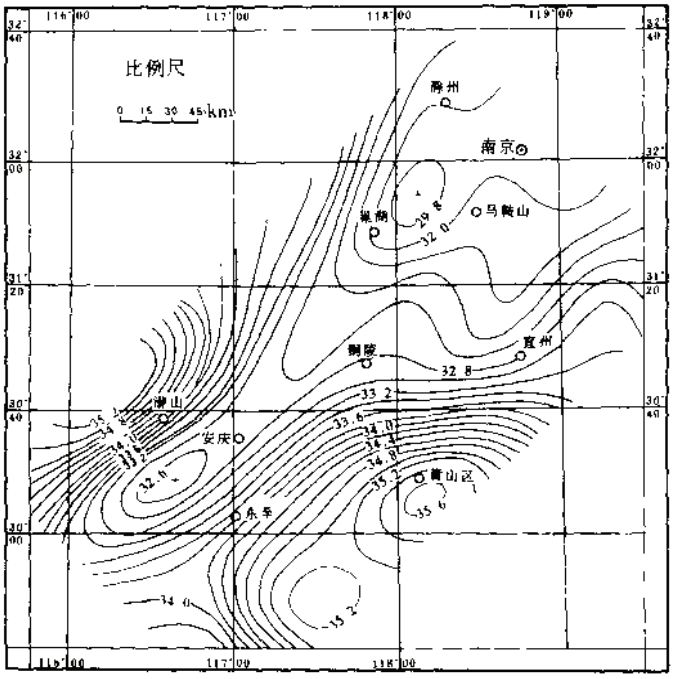


图 1-4　安徽沿江地区莫霍面等深线图

Fig. 1-4　Moho depth contour of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

（据安徽地矿局地球物理地球化学勘查技术院，1993）

技术说明：莫霍面深度（ΔH）由已知点的莫霍面深度（H_0）减去由实测重力值除去浅层影响后的数值，即用公式 $\Delta H = H_0 - a\Delta g$ 求取。式中，a 为莫霍面深度与重力异常之间相关系数；Δg 为实测重力值除去浅层影响后的数值

晚三叠世以来的大型向形陆内（或陆内）沉降带一致。这一沉降带内，从中晚三叠世至第三纪所堆积的陆相碎屑沉积物，累计最大厚度超过 11000 m。这一事实说明沉降活动之所以如此剧烈，是与其下的地幔隆起带的存在和发展密切相关的。沿江地区壳下的地幔隆起带，从中晚三叠世至现代一直存在，它的萌生或许可追溯至晚古生代（顾连兴，1990；吴言昌，1986）。第二，沿江地区中生代岩浆岩带的延伸方向大致与其下的地幔隆起带平行，其中主带与地幔隆起带的脊部大致重合，岩浆岩的来源以幔源为主，侵入岩与火山-潜火山岩均十分发育；南、北带则对应于地幔隆起带脊部两侧的幔坡，岩浆岩源于以地壳物质重熔为主（北带）或占有很高比例的岩浆或混合岩浆，侵入岩比较发育，火山岩较少或零星分布。沿江成矿带岩浆岩的分布格局和不同岩浆岩（亚）带具有不同的岩浆来源的特点，反映了它们的形成与地幔隆起带有直接的或密切的联系；而不同的岩浆岩（亚）带中各类岩石集中形成于晚侏罗世至早白垩世，则表明这时期应当是地幔隆起带活动最强烈的时期。由于中生代岩浆岩是沿江成矿带形成的主导控制因素。因此，可以认为：地幔隆起带的存在及其在晚侏罗世至早白垩世的强烈活动，对沿江成矿带的形成起极其重要的作用，甚至是决定性作用。

（二）区域重力场基本特征

区内重力场的特征为高重背景，与北侧大别造山带和南侧江南地块的负重力背景形成“两拗夹一隆”的形态。在高重背景下，叠加有走向与区域地层构造线一致的次级重力异常。怀宁--巢湖—含山--香泉和芜湖--当涂及宣州狸头桥一带为次级高重异常带，马鞍山--枞阳为次级低重异常带。与地质情况对照，可以看出，异常反映的为浅部盖层的物性特征，古生界褶皱区均表现出正异常特征，中新生代盆地为负异常区，大别造山带和江南地块的负异常与大量的花岗岩体有关，可能叠加有山根形成的区域负异常背景。

安徽省沿江地区上延 20 km 重力异常（图 1 5）亦大致分为大别、沿江及江南三个一级异常区。大

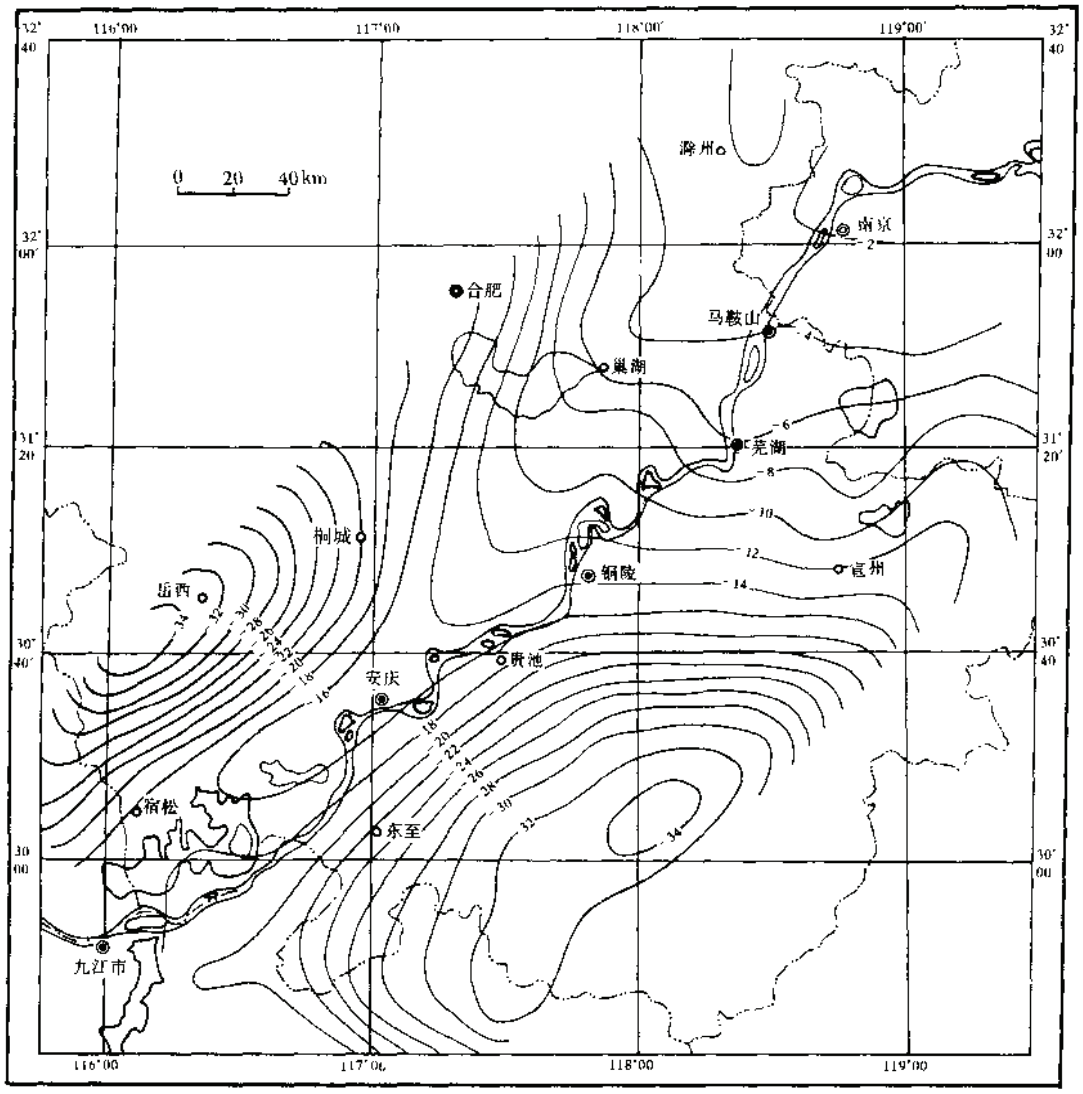


图 1-5　安徽沿江地区重力延拓异常图（上延 20 km）

Fig. 1-5　Gravity continuation anomaly of the Along-Changjiang Area of Anhui Province (upwards 20 km)

图中等值线单位为 10^{-5} m/s²

别和江南表现为高梯度的高负异常，沿江地区为梯度较小的低负异常。其间两条界线大致为黄-破断裂带和湖口—东至—青阳—泾县一线。在宣州及以北，等值线走向发生明显改变，有由 EW 向转为 NE—SW 向趋势。

该异常图可视为区域重力异常背景，反映了地壳浅部结构特征，为构造单元的划分提供了部分地球物理依据。

图 1-6 为安徽省沿江地区向上延拓 30～40 km 重力剩余异常图，从图中可以看出，大别造山带和江南地块为梯度极大的高负异常带，沿江地区为梯度较小的低正异常带。沿江异常区与大别异常区界线大致为黄（栗树）-破（凉亭）断裂带，与江南区大致以望江—贵池—泾县北—宣州—江苏溧阳一线为界。异常所反映的为深度 10 km 左右的地质体物性特征，这个深度正好为本区基底的埋深。据此，推测该异常可能含有基底物性的信息，沿江地区为高重、高磁的董岭岩群基底，江南为低重、低磁的上

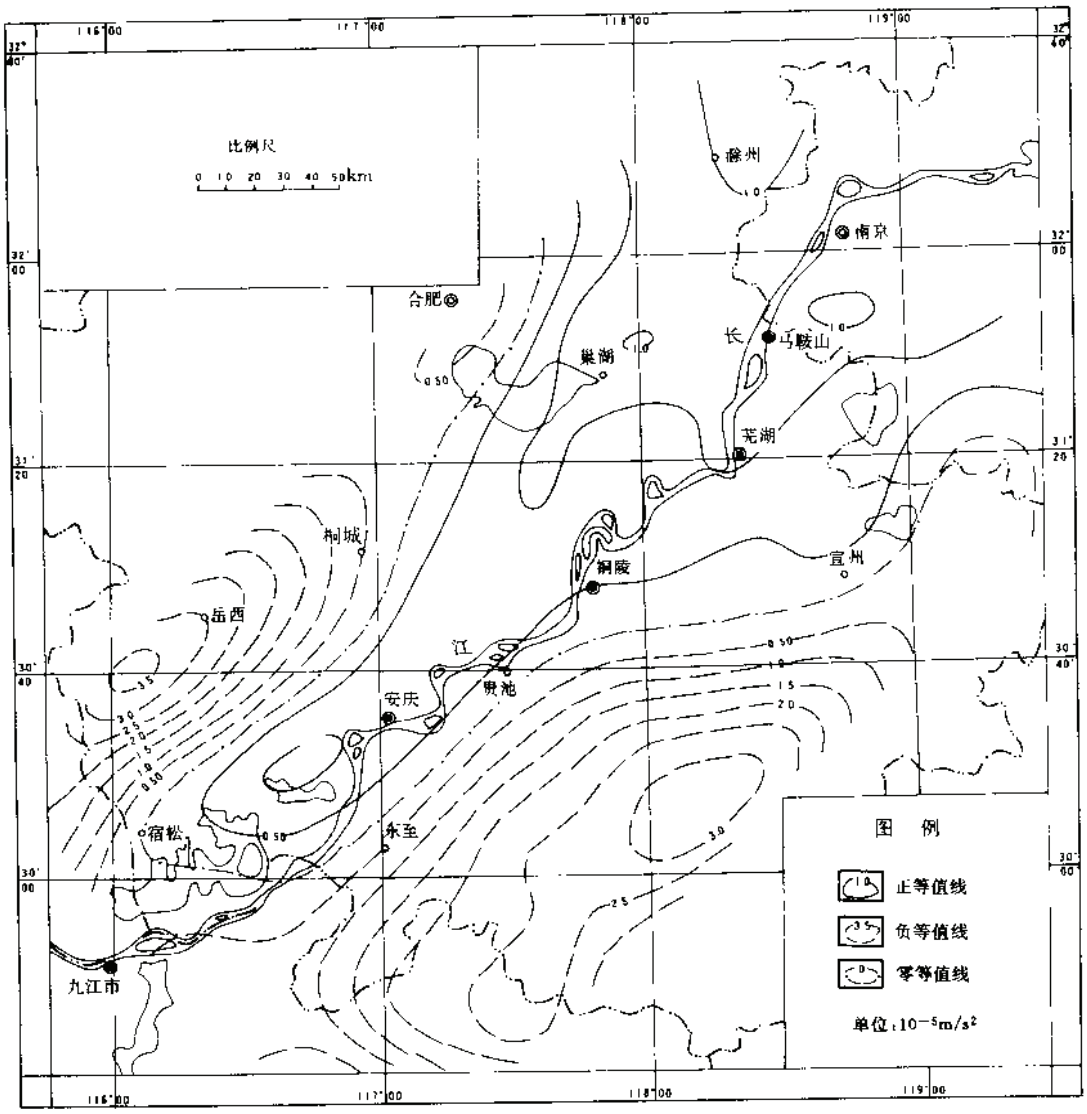


图 1-6 安徽沿江地区重力剩余异常图（上延 30～40 km）

Fig. 1-6 Residual gravity anomaly of the Along-Changjiang Area of Anhui Province (upwards 30～40 km)

溪岩群（江南）基底。

（三）航磁异常场基本特征

沿江地区航磁异常总貌与大别造山带和江南地块差异显著（图 1-7）。后两者以小规模，正、负异常杂乱分布为特征；前者延伸很好，而且呈 NE—SW 向线形展布，正、负异常杂乱分布为特征。怀宁—罗岭 黄屯一线为异常梯度极大的高梯度带，异常为地表火山岩及下伏火山岩、侵入岩叠加的结果。对比航磁异常与实际地质情况可以看出，异常与断裂相关性很好，说明本区岩浆活动与断裂密切相关。例如郯-庐断裂、磨子潭-晓天断裂、金寨断裂、高坦断裂，在航磁异常图上十分清晰，表现为：(a) 为高梯度带；(b) 异常等值线走势沿着断裂，即使在杂乱无章的异常区，在断裂附近，异常等值线亦迁就断裂而延续展布，形成与断裂带近旁地层的牵引形态十分相似的外观。怀宁—庐枞及铜陵- 马鞍山，异常线性明显，为一高梯度带。上述两条高梯度带为深断裂所在，即长江断裂带的一部分，是岩浆上侵的主要通道。

航磁的波长滤波处理所获得的<40 km，40～70 km 和>70 km 三种波长的异常具不同的特征，反

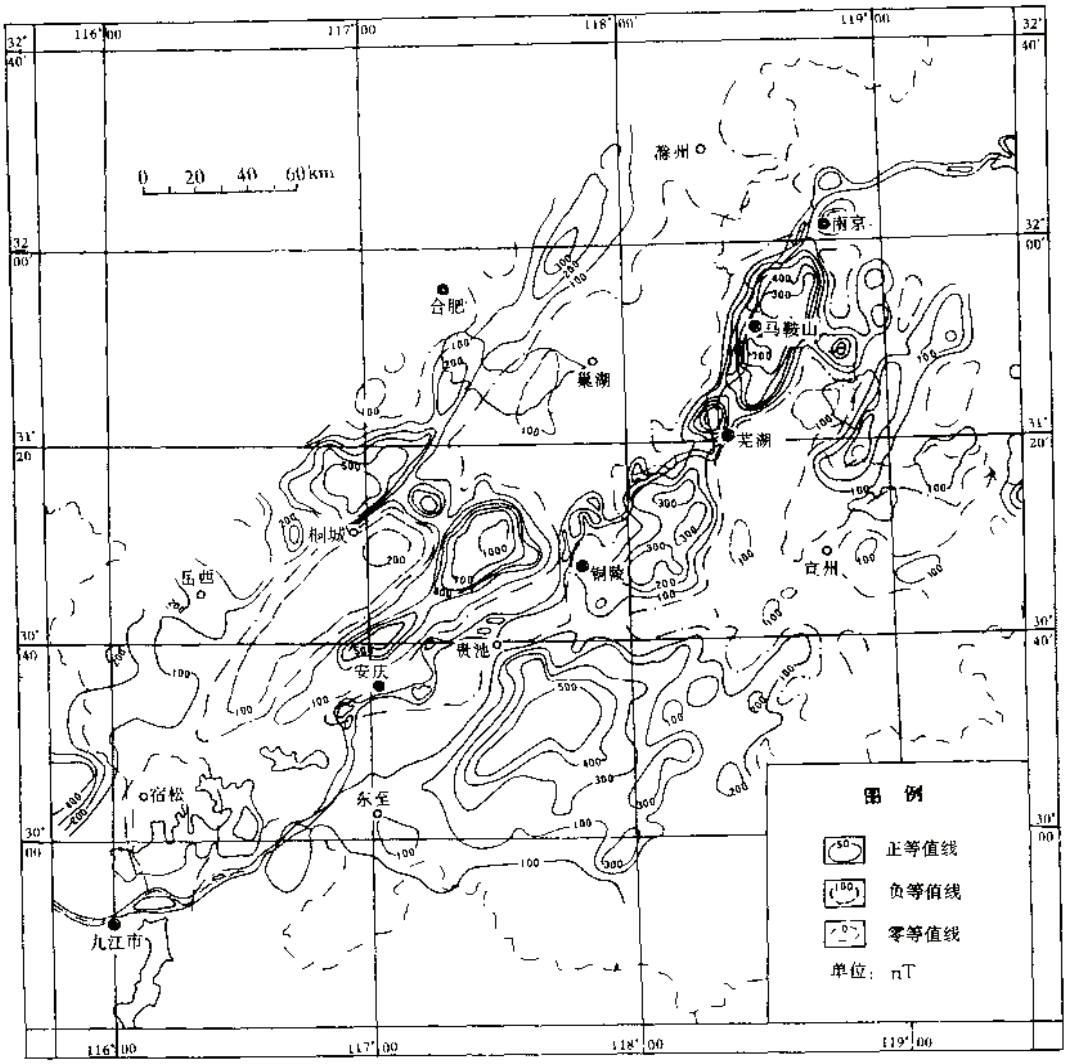


图 1-7 安徽沿江地区航磁延拓异常图（化极上延 2 km）

Fig. 1-7 Aeromagnetic continuation anomaly of the Along-Changjiang Area of Anhui Province (polarization upwards 2 km)

映了不同深度磁源岩浆体（房）的形态及其与构造特征的关系。

波长>70 km 航磁化极异常图（图 1-8）上醒目特点是存在三个近圆形的正异常区，分别位于庐江地区，马鞍山地区及石台地区。根据宽度近似于磁异常源［岩浆体（房）］埋深（Bobin，1976），估计反映的岩浆体（房）深度为 15 km 以下，经切线法计算其深度为地表下 16～18 km 左右，大致相当于本区上、下地壳界面的深度。据此推测，研究区内上述三个地区上、下地壳界面附近存在巨大的岩基，是区内岩浆活动最重要的深部岩浆源（房）。这三个磁异常中心联结线平面上呈三角形，三角形中心亦即三个岩浆源夹持的地区为区内成矿最好的铜陵地区。在这一深度上三个磁异常的展布情况已开始呈现出 NNE、近 EW 或 NWW 的趋向，表明这两组构造可能已影响到这一深度。

波长 40～70 km 航磁化极异常图（图 1-9）上，异常呈带状展布，怀宁--枞阳--黄屯及繁昌--芜湖－马鞍山为两条突出的正异常带，后者隐约向 SW 延至青阳—东流，前者延至巢湖、含山西侧。这两个异常带的空间分布，大致与波长>70 km 的磁异常相重合。区内北侧桐城北—肥西三河—全椒黄栗树

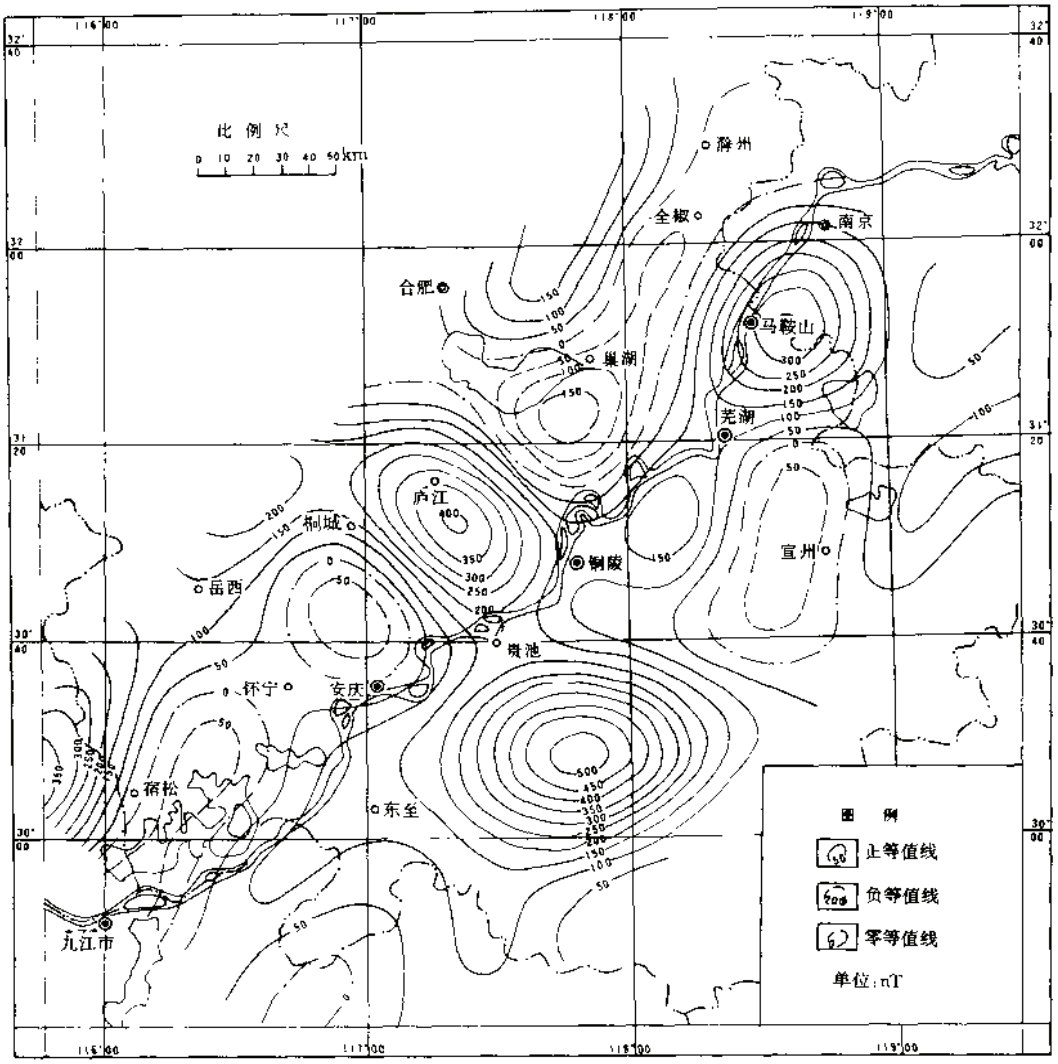


图 1-8　安徽沿江地区长波（波长大于 70 km）航磁化极异常图

Fig. 1-8　Long-wave aeromagnetic polarization anomaly (wavelength>70 km) of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

为断续稍弱的正异常带。这类磁异常反映的磁源岩浆体（房）深度上限约为 10 km 左右，大致相当区内变质基底的顶界面位置。线状展布的异常指示变质基底与盖层的界面附近，岩浆活动主要受控于断裂构造。上述几个异常带亦是深断裂带，控制了本区浅构造层中岩浆的活动和展布。怀宁--枞阳—黄屯及繁昌 -芜湖--马鞍山一带岩浆活动最强，为燕山期应力场作用下沿 NE—NWW—NNE 追踪性断裂强烈发育的地段，未被追踪利用的巢湖-含山断裂及青阳-石台断裂，岩浆活动减弱。

波长<40 km 航磁化极异常图（图 1-10）上，于怀宁 -黄屯、芜湖 -马鞍山和石台 -青阳存在三个高异常带，总体上异常呈带状展布，其特征与 40～70 km 波长异常相似，说明其反映的深度（<10 km）上区域岩浆活动主要受断裂控制，但同时又表现出明显差异。这类异常带和异常区由众多的等轴小异常（呈珠状）组成，在庐江、马鞍山及石台表现为负异常环带和滴珠状小区域正异常组成的环带相间的环带状异常区。每个珠状小正异常反映了一个小磁性体，可能为盖层中一个隐伏的小岩体，一系列小岩体组成的环，即为盖层中发育的环状断裂，滤波航磁化极异常图显示三个大环，每一大环内

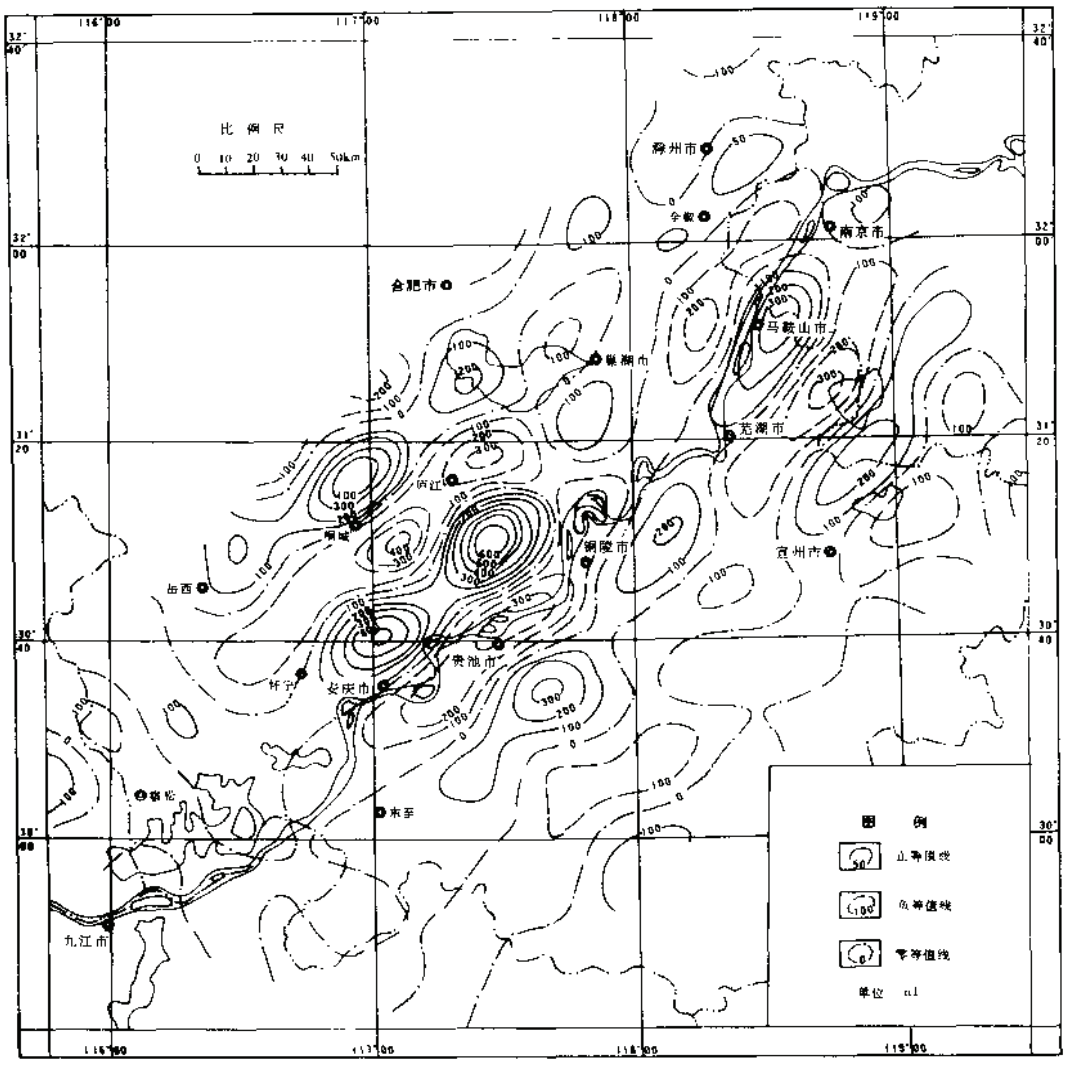


图 1-9 安徽省沿江地区中波（波长 40～70 km）航磁化极异常图

Fig. 1-9 Mid-wave aeromagnetic polarization anomaly (wavelength 40～70 km) of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

约套三个小环。小岩体可能位于环状断裂和放射状断裂的交叉处。这几个环形异常区恰与>70 km 的长波异常所反映的深部岩浆岩源区相重合。夹持于三个环带异常之间的铜陵--繁昌地区，呈近似方形的“口”字型异常，由东西向及南北向异常组成。

上述三个不同波长段滤波磁异常所提供的信息，揭示了本区地壳中不同深度岩浆体（房）形成和分布特点与各自所在部位的构造（变形）特征和线性构造发育情况有密切联系，从而形成了由深入浅的三个不同的构造-岩浆体（房）层次：

（1）深部层次，在 16～18 km 深处存在三个横截面似圆形的大型岩浆体（房），表明其所在部位的岩层中线型构造不发育，断裂对岩浆体（房）的控制尚不十分明显，但是，马鞍山地区的深部岩浆体（房）已略显 NNE 趋向，庐-枞地区则表现出 NWW 趋向，二者并有通过繁昌、铜陵地区相衔接之势。这似乎暗示在深部层次岩浆体（房）的上部已受到浅构造层中发育的 NNE 和 NWW 方向断裂构造的影响，并对其形成和展布有较明显的控制作用。同时，石台地区深部层次岩浆体（房）的北缘也呈现出

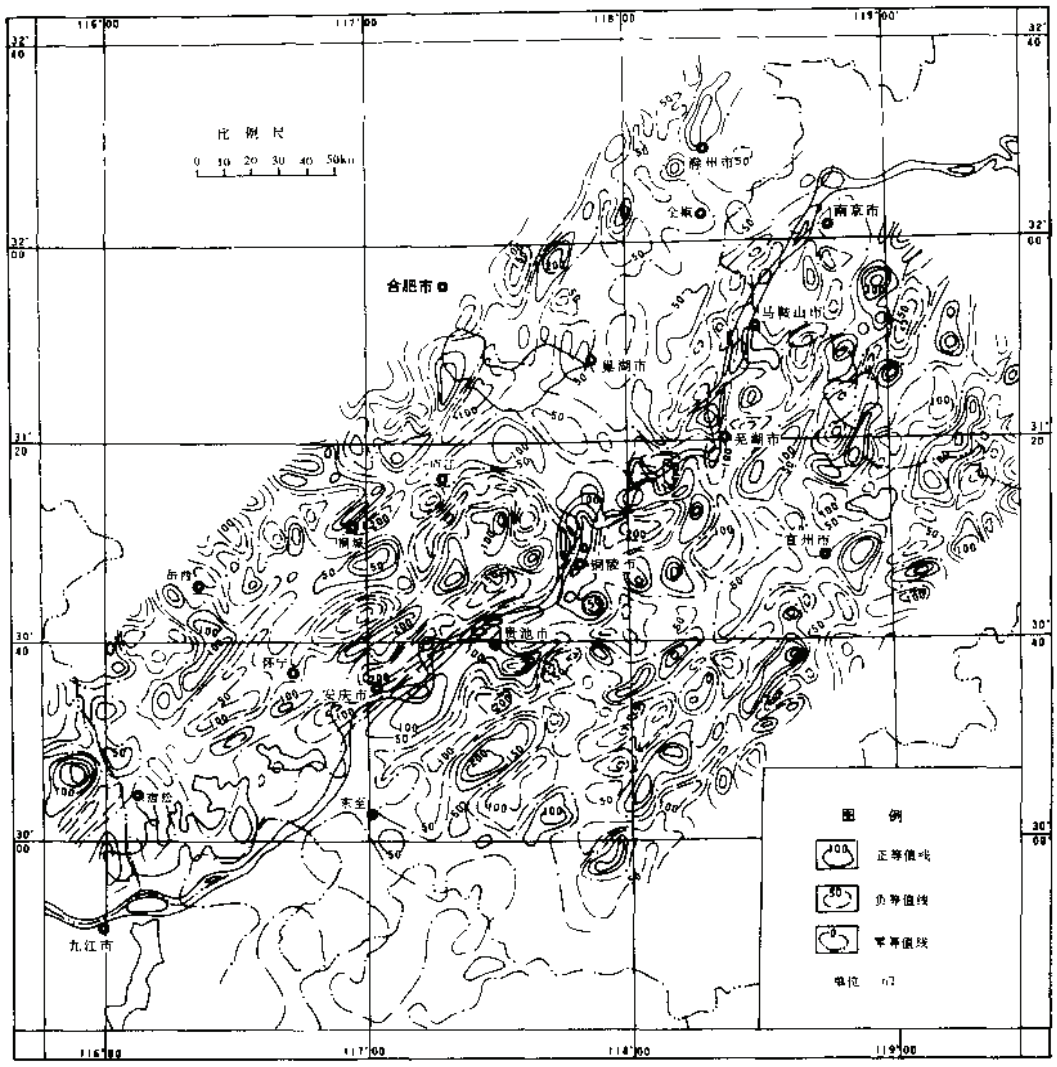


图 1-10 安徽沿江地区短波（波长小于 40 km）航磁化极异常图

Fig. 1-10 Short-wave aeromagnetic polarization anomaly (wavelength<40 km) of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

NE 趋向，并与马鞍山—繁昌—铜陵地区深部岩浆体（房）相接。由此可进一步推测，三个深部岩浆体（房）的主体位置很可能还要深些，约在本区上、下地壳界面附近（据九江附近地震测深资料，这一界面深度在 20 km±）。深部岩浆体（房）的形成，可能与地幔喷流柱的作用和地幔隆起带上最初出现的丘状凸起有关。它们是区内岩浆的中心和渊源。在深部岩浆体（房）形成过程中，当岩浆从主体位置上升至上地壳下部（15～18 km）时，即沿下切最深的上地壳断裂活动，从而导致马鞍山地区深部岩浆体（房）的 NNE 趋向和庐枞地区的 NWW 趋向。马鞍山—铜陵—庐枞地区深部岩浆体（房）呈近 90° 折线连接，构成了前文所述长江追踪性深断裂（带）的雏形，并控制了安徽沿江地区主构造-岩浆岩带的根部，从根本上决定了沿江成矿带主带的面貌。另外，在大别山--张八岭地区（主要是张八岭地区）还有一个深部岩浆体（房），其磁源异常的线性趋向较沿江及以南地区的三个深部岩浆体（房）更为明显，意味着造山带的控岩壳断裂下延深度比前陆及其外缘地区更大。

(2) 中部层次，在 10～15 km 深处的上地壳，NE　NEE 向断裂平行成组出现，控制了这一层次的岩浆体(房)的形成和分布，构成了本区的中部构造-岩浆体(房)层次。庐枞地区这一层次的构造-岩浆带

向NE及SW方向大幅度延伸，尤以庐枞至怀宁段最为发育，控制了沿江地区主岩浆-成矿带的西南段。反映中部层次上NWW向的构造-岩浆带的磁异常带与反映N(N)E向的构造-岩浆带的磁异常带相互交切成网状，但是，其中最显著的磁异常带是沿NE→NWW→NNE方向追踪式连接的，表明在这一层次上沿NE→NWW→NNE方向的追踪断裂带，即长江深断裂带已经形成，并成为沿江地区主岩浆-成矿带的主导控制构造。因此，控制沿江地区主岩浆-成矿带北东段的马鞍山－铜陵地区中部层次构造-岩浆带，是通过这一层次上沿NWW向发育、断续相连的铜陵－庐江黄屯附近的构造-岩浆带而与庐枞－怀宁地区的中部层次构造-岩浆带相连接的。贵池－东流地区高磁场区段所反映的中部层次构造-岩浆带与石台地区深部岩浆中心（房）脱离而独立，并向NE方向延伸，至青阳折向近EW，至泾县北侧再折向宣州南漪湖，控制了沿江地区南缘岩浆-成矿带的形成。滁县－庐江沙溪地区沿NE方向断续延展的磁异常带，表明该地区中部层次构造-岩浆带存在，并与沿江地区北部岩浆-成矿带的形成直接相关。

（3）上部层次，在10 km±以上的盖层中，岩浆仍主要沿N（N）E向断裂带以及NW（W）向断裂带活动，其所形成的构造-岩浆体层，其平面位置相对于深部和中部构造-岩浆体（房）层次有一定偏移，并且这一构造-岩浆体层中，不同构造-岩浆带常有分合变化。这些情况表明，不同深度的构造-岩浆体（房）层次之间，控制不同层次岩浆体（房）形成和分布的构造网络格局不尽相同，并显示由深到浅垂向上构造网络由简单到复杂的变化。在这一层次构造-岩浆带中，有意义的是：(a) 出现庐-枞、马鞍山和石台地区等三个环带状磁异常，其中尤以庐-枞地区的最为清晰，其形成与浅部层次构造-岩浆带所在岩层中，由于规模较大的中心岩体上侵和就位时所产生一系列环状和放射状裂隙，控制了较小的岩体，使之呈不连续的环（带）状分布密切相关。这已为实际地质找矿工作所证实。(b) 夹持于三个环带状磁异常之间的铜陵—繁昌地区，出了“口”字形异常（构造），它与区域构造背景（或区域磁异常的总体特征）显然很不协调，因而特别醒目。其形成可能与岩浆（体）上侵时受区域左旋走滑构造作用的影响，使之发生旋转或扭动有关。上述两类由反映浅部层次构造-岩浆区（带）的磁异常带所揭示的特殊构造型式，对于沿江地区主岩浆-成矿带内两个大型矿化集中区－铜陵和庐枞成矿区的形成，有着极其重要的意义。

上述三个不同深度、在垂向上彼此大致重合的磁源异常区（带），不仅揭示了本区深部（即由上、下地壳界面的20 km±至10 km±以上的地壳中）构造-岩浆体（房）所具有的“三层结构”，同时也揭示了由深到浅顺序生成、演变与处于不同深度的地壳结构及其构造变形特点和方式有密切的关系，从而为探索本区深部构造及其特点，提供了有启发性的重要信息。

（四）大地电测深及地质解译

近年来，穿过长江中下游地区已获得较多大地电磁（MT）测深成果，尽管在地质解译上尚不够令人满意，但所反映的部分深部构造十分清晰。

图1-11（董树文等，1990）为六安—瑞昌大地电磁测深解译剖面。从图中可以看出：

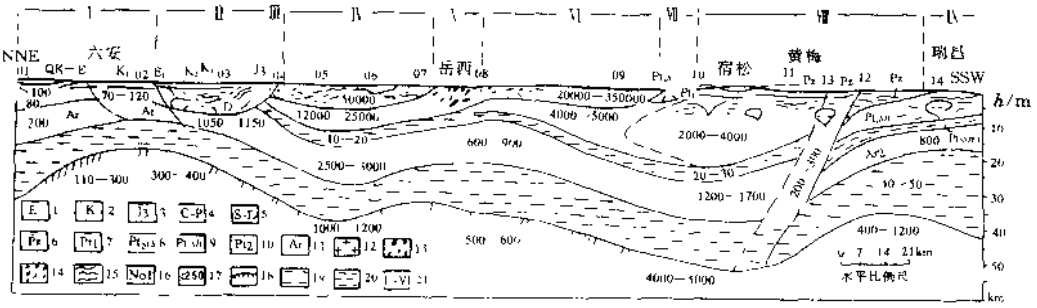


图1-11 六安－瑞昌大地电磁测深解释剖面

Fig. 1-11 Explanation section of magnetotelluric sounding along Liu'an－Ruichang

1~7，各时代地层；8—中元古界宿松群；9—中元古界上溪群；10－古元古界；11—太古宇（?）；12—花岗岩；13—镁铁质岩块群；14—榴辉岩等高压变质带；15 构造面理；16 -MT测点号；17—电阻率（Ω·m）；18—壳内高导层底界；19—上低电阻层；20—壳内高导层；21－构造单元及重要边界编号

(a) 长江中下游为一明显的幔隆区，与其它物理方法所获结果的解译一致。

(b) 沿江有断裂带存在，湖北麻城--九宫山－江西铜鼓 MT 剖面、HQ_{13}线 MT 剖面、HQS_{11}MT 剖面、庐江--宁国 MT 剖面，分别位于上朱、常州西侧、长江北岸、庐江将军庙西侧，存在陡倾板状岩体，表明其形成受深断裂控制；HQ_5 线太湖以西深部滑脱层被深断裂明显错开。这些断裂即所谓由多段组成（刘湘培等，1989；常印佛等，1991），具追踪属性的长江断裂带的组成部分。

(c) 研究区地下 10 km 左右及 20 km 左右深度，即基底和盖层间，浅变质褶皱基底与结晶基底间存在广泛的滑脱层，与人工地震所获的地壳结构（见前文）及地质推断结果一致。

(d) 进一步证明扬子陆块北缘的基底俯冲于大别造山带之下，两者间为一相对低阻的韧性剪切带。

二、地球化学信息

通过岩浆岩地球化学特征研究来探讨深部构造是一种行之有效的手段。

沿江及邻区岩浆岩地球化学研究表明，沿江地区与江南地区的岩浆岩具有不同的来源，同时亦反映了深部地壳结构和组成的明显差别。

沿江地区花岗岩都有很高的氧化系数 f' 值（>0.40），江南地区花岗岩 $f'<0.40$。低的 f' 值是江南花岗岩最突出的特点。花岗岩中黑云母氧逸度计算结果（邢凤鸣等，1991）表明，原岩可能为富含有机质的沉积变质岩（上溪岩群牛屋组）。江南花岗岩 ε_{Nd} 较高，变化小，I_{Sr} 变化大，不同岩体在 ε_{Nd}-I_{Sr} 图中呈水平带状分布，显示源区为上地壳变质沉积岩系，沉积岩往往有 Nd 同位素较稳定而 Sr 同位素变化大的特点。安徽沿江区主带岩浆岩 ε_{Nd} 变化大而 I_{Sr} 变化小，在 ε_{Nd}-I_{Sr} 图上作陡倾斜性排列，显示幔源岩浆受到古老麻粒岩相下地壳污染的特点；北带中酸性岩 ε_{Nd}、I_{Sr} 和 Pb 同位素比值均低，反映了以麻粒岩相下地壳重熔岩浆为主的特征。但南带特征则介于主带与江南花岗岩带之间，具过渡带性质（详见第二章）。

上述岩浆岩地球化学特征的差异，不仅说明岩浆来源及演化的不同，而且可能指示地壳结构的不同。沿江地区地壳较薄，“董岭式”基底处于地幔隆起带之上；江南地区地壳较厚，广泛发育“江南式”基底；贵池－宣州一带（沿江南带）具过渡特征，处于幔隆-幔坳过渡带。

三、地质学信息

（一）盖层沉积环境反映的深部地质信息

盖层沉积环境的特征和变化，主要受控于沉积盆地的性质和特征，海（水）平面变化，古气候条件和地壳运动等因素。区域地壳运动会引起沉积盆地（海盆和陆盆）基底的起伏和区域性沉积环境的变化；局部的构造变动，如基底断裂，会导致局部沉积环境变化而与总体沉积环境的不协调性。因此，盖层沉积环境在某些方面，也提供了了解深部地质、构造的信息。

震旦纪--早三叠世是长江中下游地区盖层沉积阶段，区域上主要处于较稳定的陆表海沉积环境，但其间于不同时期内，各地沉积环境亦存在较显著的差异。这种差异可能主要是深部构造（深断裂或/和基底断裂）活动引起沉积盆地基底隆拗变化所致。总的说来，安徽南部的宁国—黄山地区，震旦纪—早古生代为较深的沉积坳陷带，长江北岸的滁县地区在震旦纪时亦是较深的沉积坳陷带，而沿江地区在震旦纪－早古生代则为相对隆起区。这与滁河断裂、高坦断裂和江南（青弋江）断裂活动有关，它们控制了这一时期海盆基底起伏和沉积物的特征和分布。志留纪末，受加里东运动的影响，长江中下游及皖南地区全部上升为陆地，到晚泥盆世出现了陆相河湖沉积。这一时期内，沉积区范围较早古生代大大缩小。晚古生代早石炭世早期的海侵，形成了新的陆表海盆，其范围较早古生代显著缩小。但这一时期的海进未能遍及沿江地区全部，在铜陵一带形成了古岛－－古铜陵岛，因此，铜陵地区缺失石炭纪丰宁世早期沉积。石炭纪壶天世至早三叠世，海盆的范围虽无明显的扩大或缩小，但沉积中心却逐渐迁移至沿江地区的中心地带。这种情况可能意味着以沿江地区为沉降中心的海盆，是其两侧深断裂或基底断裂活动导致海盆基底沉陷所致。从而，形成了所谓“下扬子地区海西断裂坳陷带”（顾连

兴、徐克勤，1985）。晚二叠世时，伴随海平面的频繁升降而形成的一套海陆交互相含煤碎屑岩系中，夹有少量火山碎屑岩（侯生秀，1987；杨万容，1980；何锦文，1987），表明这一时期，除地壳活动性增强外，海盆基底的断裂活动是引发火山活动最可能的原因。

中三叠世—中侏罗世为该区陆内变形阶段的早期，沉积盆地进一步收缩，海盆逐渐关闭，进入陆相盆地沉积时期。中三叠世安尼期形成的一套残海-泻湖相含膏（盐）碳酸盐沉积，结束了本区海相沉积历史。到拉丁期，沉积盆地再度收敛，在沿江地区的中心地带呈一狭长的向形槽，沉积了一套杂色-紫红色碎屑岩。这套沉积的厚度巨大，在安庆—宿松一带可达 1500 m 以上，表明这一时期沉积盆地的沉降幅度骤增。早侏罗世形成的一套类磨拉石沉积，叠置在晚三叠世沉积物之上。这一时期沉积盆地范围又有所收敛，沉降中心在安庆—铜陵一带以及太湖—黄梅地区，最大堆积厚度大于 1000 m，沉降幅度亦较大。到中侏罗世，原来的向形槽沉积盆地消失，代之以孤立的范围很小的盆地，如枞阳-无为盆地和怀宁-潜山盆地，沉降幅度仍然很大，最大堆积厚度亦超过 1000 m。

上述情况概略地反映了印支—燕山早期，由于华北陆块与扬子陆块之间发生碰撞造山变动时期，本区成为大别造山带的前陆带，于其中的前陆盆地的发生、发展到关闭的全过程。这一过程中，从中三叠世至中侏罗世，前陆盆地中沉积物的最大累计厚度近 5000 m（常印佛等，1991）。如此狭长而深陷的陆相沉积盆地、沉积厚度，不仅因由挤压褶皱作用导致向形（斜）盆地的深陷而形成，而且与其基底断裂（带）的活动有某种必然的联系，也可能与区内中生代时已经存在的或正在发育、形成的地幔隆起带的上隆作用有密切联系。

晚侏罗世—早白垩世为本区陆内变形阶段的断陷-岩浆活动期，强烈的块断变动引发了大规模的岩浆侵入和火山喷发，形成了串珠状分布的断陷火山岩盆地和侵入岩集中分布的块断隆起区。这些充分地说明区内主要的深断裂带和基底断裂是岩浆上侵的通道，并控制了侵入体和火山岩系的形成和分布。

综上所述，盖层沉积物的特征、性质及演变和分布情况，为探索深部地质及其演变过程提供了有益的信息。

（二）变质核杂岩构造与深部构造运动

安徽沿江地区的怀宁洪镇地区可能为一典型的变质核杂岩构造（傅昭仁，1992；罗庆坤等，1993），现出露于地表的基底董岭岩群是该变质核杂岩的核部，其南东翼的基底滑脱剥离带控制了燕山期洪镇花岗岩（122 Ma）（周泰禧，1988）的侵入，其北西翼褶叠层中的主要剥离断层，还控制了暗色闪长岩及石英二长岩等小岩体的就位（邱瑞龙，1992）。与董岭为同一构造类型的江西彭山（马长信，1989；刘南庆，1992；罗庆坤，1995）和星子（尹国圣，1993；项新葵等，1994；罗庆坤等，1995）亦为变质核杂岩构造。这些变质核杂岩构造不仅是深处基底暴露地表的窗口，亦是区域深部构造伸展作用的最有力证据。

伸展作用常伴随有深部（和浅部）的伸展滑脱运动，深部伸展滑脱构造面，一般都沿着韧、脆性变形转换面发生。据研究资料，在地热梯度较高的地区，这一转换面深度一般为 10 km 左右。本区基底埋藏大约为 9～12 km，正处于韧、脆性变形转换面深度上，盖层与基底界面又是构造软弱面，最易发展成滑动面，为本区深部伸展滑脱运动提供了重要的物质前提——有利的滑脱面。董岭、彭山、星子变质核杂岩构造正是区域深部伸展滑脱运动的地表露头。

（三）岩浆活动的深部信息

本区岩浆岩极其发育，尤以燕山期岩浆活动极为强烈。岩浆岩展布特征以及与深部构造关系主要体现在：

（1）岩浆岩成带分布。安徽沿江区有：庐江—滁县带，怀宁—庐枞（巢、含—全椒）带、贵池—铜陵—马鞍山带、马石—安子山—青阳—泾县—宣州带。岩浆岩带主要受断裂带控制，两者“形影不离”，从而构成构造-岩浆岩带。

（2）安徽沿江地区岩浆岩成因类型具明显的分带特征，可划为主带、南带和北带及两个 A 型花岗岩带。

主带为高钾钙碱性侵入岩系列和橄榄安粗岩系火山-侵入岩系列，南、北两带以钙碱性岩浆岩系列为主。两条 A 型花岗岩带紧邻主带近侧展布。

长江中下游地壳下部存在一个地幔隆起带，虽然为现在的状态，但从上述地质（含岩浆岩）、地球物理、地球化学资料分析可以推断这种状态可能形成于 T_2- K_1 时期，现在的幔隆带即是其继承和持续。陆内地幔隆起带总是伴有地壳表层的断陷作用，本区 T_2—J_2 为造山挤压时期，J_3 K_1 为断陷时期，幔隆的形成和下地壳的减薄导致岩浆活动十分活跃，幔隆带轴部及邻侧，为岩浆岩最为发育、岩浆演化最充分和岩石类型最复杂的地带，构成了沿江岩浆岩带的主（亚）带；长江断裂的活动及其伸展属性，为岩浆活动提供了更为有利的构造条件。

（3）不同类型的岩浆岩反映了基底及地壳结构的差异。研究区以高钾钙碱性岩浆岩系列和橄榄安粗岩系列为特征，江南为钙碱性岩浆岩系列，这种差异不仅反映了岩浆来源及演化的差异，而且反映了与地壳结构及基底有某些联系。

四、深部地质信息及其意义

上述各种深部地质信息及其意义在相应部分已述及，现综述如下。

（1）安徽沿江地区在燕山期存在地幔隆起带，其上的喷流柱活动导致深部岩浆房或岩浆活动中心的形成。

（2）下地壳以上构造-岩浆体（房）显示了具有特色的三层结构，即：①上下地壳界面（20 km ±）附近鼎足而立的三个深部岩浆房-岩浆活动中心为代表的深部构造-岩浆体（房）层（中心式）；②上地壳内部（10 km 以下）以四条 N(N)E 向断裂及 NW(W)向交切断裂为代表的线型网络状中部构造-岩浆体（房）层（网格式）；③浅部（10 km 以上）主要是盖层部位在网络状构造背景上发育了以三个环（带）状构造以及挟持于其间的“口”字形（方框）构造为特征的浅部构造-岩浆岩层次（环带式）。它们的形态特征和空间分布分别与不同深度岩石圈层的构造变形特征，即韧性→韧脆性→脆性变形相匹配。不同构造-岩浆体（房）层次之间的拆离或层滑活动发育，构成了三维网状构造-岩浆体（房）系统。因而每一层次有独立性，但它们之间又是密切联系的，垂向上三个不同层次的构造-岩浆体（层）基本重合，但由于自下而上其规模递减，从而构成了“圣诞树式”构造-岩浆体（层）系统。这是首次在本区被发现的一大特色。

（3）主成矿带位于幔隆带上方，受两条 N(N)E 向及横跨的 NW(W)向断裂控制，其主体沿锯齿状的追踪性断裂带——长江断裂带展布。

（4）区域基底包括“董岭式”、“江南式”及介于其间的“过渡式”三类。它们的分界大致是黄-破断裂、长江断裂和高坦 周王断裂。

（5）上述深部地质信息可以提供两点推论：①长江断裂（带）深部可能只到上下地壳界面附近，未达到莫霍面；②深部可能存在地幔柱，导致下地壳出现中心式岩浆活动。

第四节　盖层岩石地层单位及构造层

一、岩 石 地 层[1]

安徽沿江地区盖层沉积岩系除缺失中下泥盆统外，其余各时代地层基本发育完整。按其沉积特征，岩石组合及生物群的差异，大致以滁河断裂及长江断裂为界，可划分滁县、沿江和东至—宣州三个小区。各小区岩石地层单位划分对比见表 1-4[2]。

---

[1] 本书对岩石地层未立项研究，岩石地层及化石资料引自《安徽省岩石地层研究报告》（安徽省区调所，1994）（未刊稿）。

[2] 地层时代参照《中国地层时代表》（王鸿祯、李光岑，1990；地质出版社）。

（一）震旦纪—早三叠世地层

震旦纪—早三叠世，为本区盖层稳定发育时期，总体上是处于陆表海环境，沉积了一套碳酸盐岩，陆源碎屑岩及硅质岩组合。

1. 震旦纪地层

沿江地区震旦纪地层主要分布在江北的滁县 巢湖及江南的东至—石台一带。在滁-巢一带自下而上为周岗岩组、苏家湾岩组、黄墟岩组、灯影组及皮园村组。在东至一带分布的震旦纪地层与上述前三个岩组相当层位为休宁组、南沱组（原称“雷公坞组”）和蓝田组，其上为皮园村组。

滁县小区震旦纪地层对于下伏前震旦纪变质基底来说，具有盖层性质；而对于其上覆的古生代地层来说，又具有变形变质基底岩系特征，因而具有两重性。本次研究将变质变形的震旦系归为盖层叙述。

（1）周岗岩组和休宁组

周岗岩组为一套浅变质的千枚岩系。主要由千枚岩、千枚状粉砂岩、细粒长石砂岩及细粒石英砂岩组成不等厚韵律层。底、顶界分别以千枚状含砾石英砂岩和不含砾千枚岩，厚 1256 m。与下伏、上覆地层均为平行不整合接触。

休宁组主体岩性为灰白、灰绿及暗紫色砂岩、粉砂岩与泥质岩组成韵律层，厚 1380 m，产微体古植物 *Leiopsophosphaera*，*Protosphaeridium*，*Polyporata* cf. *obsoleta*，*Laminarites*，地质时代为早震旦世早期。底界以紫色砂砾岩与下伏地层呈平行不整合接触。

（2）苏家湾岩组和南沱组

苏家湾岩组为一套浅变质的冰碛岩系，主要由含砾细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及砾岩组成。岩组以含凝灰质较多为特征标志，厚 765 m。与下伏周岗岩组、上覆黄墟岩组呈平行不整合。

南沱组亦为冰碛岩系，主要由含砾凝灰岩与凝灰质含砾泥岩组成韵律层，最早称“蓝田冰碛层”，厚 371 m。产微体古植物 *Protosphaeridium*，*Leiopsophosphaera*，*Trematosphaeridium* cf. *holtedahlii*；植物碎片 *Lignum*；带藻 *Taeniatum*，*T. crassum*，*Polyporata obsoleta*，为早震旦世晚期产物。

（3）黄墟岩组和蓝田组

黄墟岩组为一套受轻微变质的砂质和碳酸盐沉积岩，由砂质页岩、砂质灰岩、白云岩、页岩及灰岩组成，与下伏苏家湾岩组为平行不整合接触，与上覆灯影组呈整合接触，厚 644 m。

蓝田组为碎屑岩-碳酸盐岩组合。下部为白云质灰岩、炭质泥岩，上部为粉砂质泥岩、泥岩。顶底界分别以含炭质泥岩和含锰灰岩为标志层。厚约 296 m。产微体古植物 *Trachysphaeridium* cf. *rude*，*Protosphaeridium*，*Aspaeratopsophosphaera umishannensis*，*Lophosphaeridium*，*Taeniatum crassum*；宏观藻类 *Bija*，*Epiphyton* cf. *durum*，*E.* cf. *gigam*，*E.* cf. *semirotundum*，*Gordonophyton*，*Kordephyton* cf. *crinitum*，*Tyrasotenia* aff. *podolia*；蠕形动物 *Palcolina*；地层时代为晚震旦世早期。与下伏地层苏家湾岩组为平行不整合，与上覆地层灯影组为整合接触。

（4）灯影组

灯影组为一套以细晶-微晶白云岩为主，并以含葡萄状藻纹层硅质条带及硅质结核为标志的岩石组合，可分上中下三段，下段为灰白色内碎屑白云岩；中段为黑色薄层含沥青质灰岩及含遂石条带、结核；上段为白色中厚层状白云岩，含遂石层及遂石团块。厚 251 m。产叠层石 *Baicalia*；蓝藻类 *Balios confurtus*，*Nebecularites*；核形石 *Osagia*；微古植物 *Protoleiosphaeridium*，*Trachysphaeridium*；时代为晚震旦世晚期—早寒武世早期。与下伏黄墟岩组为整合接触，上覆早寒武世幕府山组呈平行不整合接触。

（5）皮园村组

皮园村组为一套黑白条带相间硅质岩组合。主要岩性为厚一薄层硅质岩和硅质页岩。上界与荷塘组以硅质岩、碳质页岩和粉砂质板岩出现为其主要标志；下界与灯影组（全椒一带）、蓝田组（皖南一带）以黑色硅质岩出现为标志。厚 37～204 m。产微体古植物 *Trachysphaeridium*，*Pseudozonosphaera* cf. *Verrucosa*，*Asperatopsophosphaera umishanensis*。黄栗树硅质页岩产单板类 cf. *mobergella*，海绵骨

针 *Protospongia*。地质时代为晚震旦世至早寒武世早期。在全椒一带的皮园村组为一跨时的地层单位。

2. 寒武纪地层

地层发育广布，是区内赋矿地层之一。自下而上，沿江一带称幕府山组、炮台山组和观音台组，滁州及东至一宣州一带下部称荷塘组、黄柏岭组、大陈岭组、杨柳岗组。其上在滁州称琅琊山组，沿江及东至一带称团山组、青坑组。

早寒武世地层

(1) 荷塘组和幕府山组

荷塘组为一套黑色薄层碳硅质岩，以含石煤和磷结核为特征，部分地区出现灰岩。下部见石煤、磷结核、铀、钒、银等矿产。厚 69～573 m。产三叶虫 *Hunanocephalus*，盘虫 *Hupeldiscus fengdongensis* 及海绵骨针等化石，时代为早寒武世。与下伏、上覆地层呈整合接触。

幕府山组由一套砾屑、砂屑白云岩及硅质条带白云岩组成，厚 41～105 m。底部产三叶虫 *Paokannia*，小壳化石 *Anabarites* 及藻类化石，时代为早寒武世早中期。与下伏灯影组为平行不整合接触，与上覆炮台山组为整合接触。

(2) 黄柏岭组、大陈岭组和炮台山组

黄柏岭组为硅质页岩层。产三叶虫 *Redlichia* (*Pteroredlichia*) *chinensis*，*R.* (*P.*) *murakamii*，*Chetruroides* 等和海绵骨针，厚 175～482 m。与下伏地层荷塘组和上覆地层大陈岭组为整合接触。

大陈岭组主要为条带状白云岩，产三叶虫 *Arthricocephalus*。*Redlichia* (*Pteroredlichia*) *chinensis*。厚 49 m。与下伏黄柏岭组、上覆杨柳岗组为整合接触。

炮台山组为镁质碳酸盐岩，主要由白云岩、白云质灰岩、钙质泥岩和硅质条带组成，含石盐假晶，厚 156 m。中下部产三叶虫 *Redlichia*，*Probowmania* 和复足类化石，时代为早寒武世晚期至中寒武世。与下伏幕府山组、上覆观音台组为整合接触。

中寒武世地层

(1) 杨柳岗组

杨柳岗组为条带状白云质灰岩和灰岩，夹泥质灰岩和硅质泥岩，厚 194 m。在滁州一带产三叶虫 *Eodiscus*，cf. *Probowmania*，*Ptychagnostus* (*Triplagnostus*)，*Hypagnostus* 等及海绵骨针，时代为中寒武世早期至晚寒武世早期。与下伏大陈岭组、上覆琅琊山组为整合接触。

(2) 团山组

团山组主要为灰色微晶灰岩、泥质条带微晶灰岩和竹叶状砾屑微晶灰岩，以不含白云质的砾屑灰岩为特征，厚 22～180 m。产三叶虫 *Glyptagnostus reticulatus*，*Biackweideria*，*Drepanura* 和腕足类等，时代为中寒武世中晚期到晚寒武世早中期。与下伏、上覆地层为整合接触。

晚寒武世地层

(1) 琅琊山组

琅琊山组主要由灰色、深灰色泥质条带状白云质灰岩和含砂质灰岩组成，厚 409～717 m。产三叶虫化石。下部以 *Bergeronites* 为代表；中部以 *Proceratopyge*，*Yuepingia*，*Langyashania* 为代表；上部以 *Pagodia* (*Pagodia*) *major* 为代表。时代为晚寒武世。与下伏杨柳岗组、上覆上欧冲组为整合接触。

(2) 观音台组

观音台组为一套镁质碳酸盐岩层，下段为灰色中厚层微晶灰质白云岩；中上段为浅灰色中厚层泥质白云岩，硅质条带白云岩或硅质团块白云岩，泥质白云岩。厚度大于 1227 m。与下伏、上覆地层为整合接触。

(3) 青坑组

青坑组由生屑灰岩、条带状灰岩、泥晶灰岩及砂屑灰岩组成，局部见页岩，总厚 220～453 m。产三叶虫 *Acrocephalina*，*Pseudacrocephalina*，*Kaolishania*，*Saukia*，*Prosaukia*，*Anderssonella*，*Wanwanaspis* 等和腕足类。时代为晚寒武世。与下伏、上覆地层均为整合接触。

3. 奥陶纪地层

奥陶系出露齐全，由下而上，宜昌统在滁州及沿江一带，为上欧冲组、分乡组、仑山组、红花园组；扬子统有大湾组和东至组、牯牛潭组，在东至、石台一带称大坞圩组及里山圩组；艾家山统有庙坡组和宝塔组；钱塘江统有汤头组和五峰组。

宜昌世地层

下段在滁县一带为上欧冲组、分乡组和红花园组，在东至、石台一带有大坞圩组。

上欧冲组以灰岩和白云质灰岩为主，厚 352 m。富产牙形刺 *Cordylodus intermedius*，*C. angulatus*，*Scolopodus bassieri*，*S. triplicatus* 及丰富的头足类、腕足类和海百合茎等多门类化石。时代为宜昌世。

分乡组主要为页岩夹灰岩。厚 27 m。含笔石 *Acanthograptus erectoramosus*；三叶虫 *Tunatzuella* sp.；头足类 *Deltacoelomoceras compressum*；牙形刺 *Paliodus dellifer* 及腕足类等。其时代为宜昌世早期。

红花园组为中厚层含燧石结核砂屑、生物屑灰岩、白云质灰岩，底部夹页岩，厚 24～141 m。产头足类 *Manchuroceras*，*Coreanoceras* 及腕足类、牙形刺等化石。

仑山组由灰质白云岩、白云质灰岩及由灰岩、白云岩互层组成，厚 617 m。富含头足类化石 *Ellesmeroceras* cf. *subcircularis*，*Proterocameroceras* 等，时代为宜昌世早期。与下伏、上覆层呈整合接触。

大坞圩组为含灰岩透镜体的砂岩、灰岩、白云质灰岩夹粉砂质页岩，厚 268～617 m。产三叶虫 *Szechuanella* sp.，腕足类 *Obolus* sp.。时代为宜昌世。与下伏、上覆地层均呈整合接触。

扬子世地层

由大湾组、东至组与牯牛潭组及里山圩组组成。主要为页岩夹灰岩透镜体、瘤状灰岩、泥质灰岩与灰岩。大湾组产笔石 *Didymograptus protobifidus*，*D. deflexus*，*D. eobifidus*，*Azygograptus suecicus*；腕足类 *Nothorthis*，*Sinorthis*，*Tritoechia* sp. 等，时代为扬子世早中期。东至组产头足类 *Cochlioceras sinense*，*Chisiloceras changyangense*，*Protocycloceras deprati*，*P. wangi*，*P. remotum*，*Michelinoceras chaoi*；牙形刺 *Paroistodus originalis*，*Baltoniodus navs*，*Periodon flabellum*。时代为扬子早期。牯牛潭组富产头足类 *Protocycloceras deprali*，*Dideroceras wahlenbergi*；牙形刺 *Eoplacognathus foliaceus* 和腕足类、三叶虫等。年代为扬子世中晚期。里山圩组产笔石 *Orthograptus*，*Glyptograptus*，*Climacograptus*，*Tetragraptus* cf. *bigsbyi*；三叶虫 *Taihungshania*，*Shechuanella szechuancnsis*，*Asaphopsis*；腕足类 *Sinorthis* 等。时代为扬子世。各层厚 71～125m。均与下伏层、上覆层为整合接触。

艾家山世地层

由宝塔组与庙坡组组成。前者为紫红色瘤状灰岩、泥灰岩及龟裂纹灰岩，厚 27 m。后者为灰黑色或灰褐色泥质页岩，顶部有黄色页岩，局部夹薄层灰岩或灰岩透镜体，厚 0.3～2 m。宝塔组底界地质年代由沿江一带头足类 *Lituites leei* 带之底上移至滁州、庐江一带笔石 *Orthograpius whitfieldi* 带之顶，区域上为穿时地层单位。时代为艾家山世晚期。庙坡组产笔石 *Pseudoclimacograptus demittolabiosus*，*P. scharenbergi*，*Clyptograptus* cf. *teretiusculus* var. *kansuensis*，*Orthograptus whitfeildi*，*Dicellograptus* cf. *sextans*，*D.* cf. *divericatus*；三叶虫 *Miaopopsis* sp.，*Birmanites hupeiensis* 和介形类 *Euprimitia sinensis*，*Primitia dorsotuberosa* 等。时代为艾家山世早期。

钱塘江世地层

自下而上为汤头组和五峰组。

汤头组为灰、黄绿色薄—中厚层钙质泥岩、瘤状灰岩、泥质灰岩夹泥岩。厚 4～10 m。产三叶虫 *Nankinolithus nankinensis*，*N. wanyuanensis*，*Geragnostus sinensis*，*Corrugatagnostus lianshanensis*，*Birmanites hupeiensis*，*Hammatocnemis decorosus*，*H. formosus* 等，时代为钱塘江世早期。与下伏宝塔组和上覆五峰组均为整合接触。五峰组以炭质页岩、硅质页岩为主，厚 11 m。产笔石 *Diplograptus bohemicus*；三叶虫 *Dalmanitina nanchengensis*，时代为钱塘江世晚期。与下伏层汤头组为整合接触，与上覆层高家边组为假整合接触。

4. 志留纪地层

基本发育齐全，以砂页岩为主，局部见碳酸盐夹层。自下而上为高家边组、坟头组、茅山组。

早志留世地层

高家边组为一套硅质、炭质页岩、页岩及粉砂岩组合。底部为黑色薄层硅质页岩，中下部为炭质页岩，黄绿色页岩，中部为泥岩夹细砂岩，上部为中薄层粉砂质页岩与细砂岩互层。厚 77～354 m。产笔石化石 *Akidograputs ascensus*，*Orthograputs vesiculosus*，*Pristiograptus cyphus*，*Pristiograptus leei*，此外还见有头足类、海百合、层孔虫、腹足、三叶虫、腕足类、海星等化石。与下伏层为整合接触，与上覆层为整合接触。

中志留世地层

坟头组为一典型的含壳相化石的粗碎屑岩系。下部为杂色碎屑岩系，上部为黄绿色泥质碎屑岩系，以粉砂岩夹泥质粉砂岩为主，顶部含碎屑状磷块岩，宿松一带夹赤铁矿层。厚大于 115 m。含三叶虫 *Coronocephalus rex*，*Kailia intersulcata*；腕足类 *Striispirifer hsiehi*，双壳类 *Orthonota perlata* 及腹足类、鱼类、珊瑚、锥石类等化石。时代为中志留世。与下伏高家边组和上覆茅山组均为整合接触。当茅山组缺失时，与五通组呈平行不整合接触。

晚志留世地层

茅山组为一套紫色砂岩、石英砂岩、粉砂岩及泥质粉砂岩。厚 29～59 m。产鱼类 *Climatiidae*，多鳃类，*Polybranchiaspis* sp.，腕足类 *Lingula* sp.，双壳类 *Modiolopsis* sp.，藻类 *Lophosphaeridium parverarum*，*L. pilosum*，*L. citrinum*，*Micrhystridium nannacanthum*，几丁虫 *Sphaerochitina*。时代为晚志留世。与下伏层呈整合接触，与上覆层五通组为假整合接触。

5. 泥盆纪地层

区内泥盆系缺中、下泥盆统，仅发育上泥盆统五通组。五通组分上下两段。下段以灰白、褐黄色厚层石英砂岩为主，夹少量页岩与粉砂岩，厚 78 m；上段以杂色砂质页岩、泥岩、粉砂岩为特征，中夹细砂岩，局部夹劣质煤和赤铁矿层，厚 103 m。下段含少量双壳类和植物化石。中上部粘土层中产腕足类 *Yanguania pingtanensis-Ptychomaletaechia kinglingensis* 组合及腹足类、介形类、叶肢介及鱼类。古植物以石松类占优势、楔叶、蕨类也相当繁盛。下部称 *Leptophloeum rhombicum—Cyclostigma kiltorkense* 组合。中上部为 *Sublepidodendrom mirabile—Lepidodendropis hirmer* 组合。孢粉下部为 *Retispora lepidophyta* var. *minor—Apiculiretusispora hunanensis* 组合，上部为 *Dibolisporites distinctus—Auroraspora macra—Schopfites claviger* 组合。地质时代为晚泥盆世锡矿山期。与下伏、上覆地层为平行不整合接触。

6. 石炭纪地层

石炭系出露较完整，为区内重要赋矿地层。

丰宁世地层

自下而上有金陵组和王胡村组、高骊山组、和州组和老虎洞组。

（1）金陵组/王胡村组

金陵组为灰黑色中厚层生屑微晶灰岩，底部常有一层含铁质细粒石英砂岩或粉砂岩。厚 4～10 m。产广海型生物珊瑚 Pseudouralinia，时代为丰宁世。与下伏五通组上段顶部钙质铁砂岩为连续沉积，与上覆层呈假整合接触。

王胡村组以灰黑、棕黄、黄绿、灰白色细砂岩和粉砂岩为主，局部夹泥质灰岩、炭质页岩和薄煤层，厚 5～28 m。产腕足类 *Camarotoechia kinlingensis*，*Eochoristites neipantaiensis* 及珊瑚等化石。与下伏层五通组上段钙质铁砂岩为连续沉积，与上覆层为假整合接触。

（2）高骊山组

高骊山组为紫红、黄灰色等薄—中厚层细粒石英砂岩、泥质粉砂岩、钙质泥岩、粉砂质页岩，并含火山碎屑岩，局部见劣质煤与赤铁矿，厚 6～32 m。产植物 *Cardiopteridium spetshergense*，*Lopinopteris intercalata*；珊瑚 *Kueichouphyllum*，*Heterocaninia tholusitabulata* 及腕足类、双壳类、苔藓类等多门类化石。时代为丰宁世大塘早期。与下伏金陵组呈平行不整合接触，与王胡村组呈平行不整合接触；与上覆和州组呈平行不整合接触。

(3) 和州组

和州组岩性主要为深灰、灰黄色泥灰岩、生物碎屑灰岩，夹钙质页岩、泥岩、泥质白云岩及粉砂岩。厚 3～25 m。产蜓 *Eostaffera hohsienica*，珊瑚 *Yuanophyllum* 及腕足类等化石。与下伏、上覆层均呈平行不整合接触。

(4) 老虎洞组

老虎洞组由粉晶、细晶白云岩、白云质生屑灰岩及泥灰岩透镜体组成。厚 2～61 m。厚度变化大，由北而南，由东向西，厚度逐渐增大。产珊瑚 *Lithostrotion*；蜓 *Eostaffella*，*Pseudostaffella*，*Profusulinella*；牙形刺 *Gnathodus* 等。局部见石盐和石膏假晶。时代为丰宁世大塘晚期。与下伏、上覆层均呈平行不整合接触。

壶天世地层

(1) 黄龙组

黄龙组为一套浅灰、灰红色厚层粗晶、微晶、泥晶灰岩夹亮晶砂屑灰岩。厚度变化大，由北而南，厚度逐渐增大，一般厚 26～83 m。产蜓 *Fusulina*，*Fusulinella*，*Profusulinella*；珊瑚：*Lithostrotion*，*Lithostionella*；腕足类 *Choristites* 及腹足类、藻类等多门类化石。时代为壶天世达拉期。与下伏、上覆地层为平行不整合接触。

(2) 船山组

船山组下部为深灰色中--厚层生屑灰岩，中上部为灰色球状灰岩，厚 5～31 m。富产蜓类化石 *Triticites*，*Pseudoschwagerina* 及珊瑚等化石。年代为壶天世马平期。与下伏、上覆地层为平行不整合接触。

7. 二叠纪地层

二叠系发育广布，与石炭系相伴出露，为区内重要赋矿地层之一。

早二叠世地层

自下而上为栖霞组、孤峰组和武穴组。

(1) 栖霞组

栖霞组底部为灰黑色碎屑岩夹薄煤层，下部为灰黑色沥青泥晶灰岩、硅质岩；中部为深灰色含燧石结核微晶灰岩，生物碎屑灰岩；上部为灰黑色中厚层硅质岩和灰岩，厚 170 m。产蜓 *Parafusulina multiseptaia*，*Misellina claudiae*；珊瑚 *Chusenophyllum*，*Polythecalis chinensis* 及腕足类等。时代为早二叠世早期。与下伏船山组为平行不整合接触。

(2) 孤峰组/武穴组

孤峰组为一套硅泥质岩系。由深灰、灰褐色薄层硅质岩、硅质页岩，局部夹钙质页岩、锰土层及含锰灰岩或灰岩透镜体、磷结核等组成。厚 52～109 m。产腕足类 *Urushteniq maceus*，*Neoplicatifera huangi* 及菊石等，时代为早二叠世晚期。与下伏、上覆地层为整合或平行不整合接触。

武穴组仅分布于铜陵、南陵、宿松一带。为产于吴家坪组与孤峰组之间的一套灰、深灰、灰黑色灰岩、生物灰岩、燧石灰岩。厚 210 m。产蜓 *Neomisellina compacta*，*Yabeina gracillis* 及腕足类、珊瑚等。时代为早二叠世晚期。与下伏、上覆地层为整合或平行不整合接触。

晚二叠世地层

(1) 龙潭组/吴家坪组

龙潭组为一套含煤碎屑岩。下部以黑色页岩为主，含黄铁矿结核和劣质煤，中部为灰黄、灰黑色砂质页岩夹铁质泥灰岩、砂岩、粉砂岩组成韵律；上部以黑色炭质页岩为主，夹砂岩与煤层、炭质页岩夹黄铁矿，顶部含燧石结核。厚 259 m。产植物化石 *Giganiopieris nicotianaefolia*，*Lobatannularia*；腕足类 *Edriosteges poyangensis*，*Tyloplecta yangizeensis* 及双壳类、珊瑚等化石。年代为早二叠世晚期至晚二叠世早中期。与上、下地层为整合接触。

吴家坪组为界于大隆组和武穴组之间的一套碎屑岩，含燧石结核灰岩，下部以黑色炭质页岩为主，夹劣质煤，仅在宿松一带出露。厚 29 m。含植物化石 *Giganiopieris*；蜓 *Codonofusiella* 及珊瑚、腕足类、双壳类等化石，时代为晚二叠世早期。与下伏武穴组为平行不整合接触，与上覆大隆组或长兴组为整

合接触。

(2) 大隆组/长兴组

大隆组为一套黑色硅质岩、粉砂质页岩、硅质页岩及钙质页岩夹泥晶灰岩透镜体，厚 3～28 m。产菊石 *Psudotirolites*，*Pleuronodocera*，*Konglingites*，*Sanyangites*，*Anderssonoceras* 及腕足类、双壳类等化石。时代为晚二叠晚期。与上、下层呈整合接触。

长兴组为一套碳酸盐岩。由薄层灰岩、生物灰岩、条带状灰岩夹硅质岩组成，厚 2～29 m。产籁 *Palaeofusuling sinensis* 及腕足类等。时代为晚二叠世长兴期。与下伏、上覆地层为整合接触。

8. 早三叠世地层

区内三叠系发育完整，化石丰富，是铜、铁、金及石膏（盐）等矿产的重要赋矿地层之一。

早期青龙组沉积一套碳酸盐岩。自下而上分殷坑段、和龙山段和南陵湖段。殷坑段为钙质泥页岩夹泥灰岩、灰岩，厚 113 m。产菊石 *Flemingites*，*Gyronites*，*Prionolobus*，*Ophiceras*，*Lytophiceras*，双壳类 *Claraia wangi*，*C. stachei*，*C. aurita* 及有孔虫、牙形刺等。和龙山段为页岩、灰岩与泥质条带互层，厚 20 m。该段富产菊石、双壳类、有孔虫、牙形刺及遗迹化石等。可建菊石带，上部为 *Anasibirites* 带，下部为 *Owenites* 带。南陵湖段为灰岩和瘤状灰岩组合，厚 518 m。该组富产菊石、双壳类、有孔虫、牙形刺等化石，菊石 *Subcolumbites*，*Columbites*，*Tirolites*，与上、下层呈整合接触。

(二) 中三叠世—中侏罗世地层

1. 中三叠世地层

早期周冲村组主要为白云岩和膏（盐）沉积，由膏溶角砾岩、白云质灰岩、石膏层和泥质灰岩组成，无为汤沟钻孔见石膏 350 m，未见底。含双壳类，腹足类、牙形刺等化石。下部产双壳类 *Euorphotis* (*Asoella*) *illyrica*，*Entolium discites* 及腹足类，产牙形刺 *Cypridoella conflexa*，*Diplododella meissneri*，*Neohindeodella triassica*，*Neospathodus longidentata*，*Lonchodina miilleri* 等。时代为安尼期。与上、下层呈整合接触。

晚期黄马青组为一套碎屑岩系。下段主要为灰白、灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩夹泥质灰岩或白云质灰岩透镜体。厚 307 m。含双壳类 *Myophoria* (*cosiatoria*) *submultistriata*，*M.* (*C.*) *goldfussi*，*Unionites gregareus*，*U. spicatus* 等及少量植物化石，与下伏周冲村组为整合接触。上段为紫红色中厚层粉砂岩，泥质粉砂岩夹薄层含铜砂岩，厚度大于 1000 m。产双壳类 *Myophoria*(*Costatoria*)*submultistriata*，*Eumorphotis* (*Asoella*) *subillyrica* 及少量植物化石。与上覆层范家塘组呈整合接触。

2. 晚三叠世地层

范家塘组为一套陆相含煤碎屑岩系，由砂岩、粉砂岩、砂质页岩、炭质页岩夹薄煤层组成，厚度大于 75 m。含丰富的植物化石 *Neocalamites carrerei*，*Equisetites sarrani*，*Podozamites lanceolatus* 及少量双壳类化石。时代为晚三叠世。与上、下层分别为不整合或假整合和整合接触。

3. 早、中侏罗世地层

象山群下部钟山组为灰白色中粒砂岩夹粉砂岩、炭质页岩、页岩及煤层、薄层赤铁矿。厚 104～1174 m。含植物 *Ptilophyllum*，*Coniopteris*，*Todites princeps* 及双壳类 *Pseudocardinia kweichouensis*，*Tutuella* 等，时代为早侏罗世。上部罗岭组为一套红色为主的杂色砂页岩、泥灰岩，夹灰白色中、粗粒砂岩及砂砾岩，产双壳类 *Lamprotula* (*Eol.*) *cremeri*，*Pseudocardinia kweichouensis*，*Cuneopsis sichuanensis*，*Psilunio sinensis* 等，时代为中侏罗世面貌。含山县彭庄地区罗岭组（含山组）下部青灰色页岩中产晚中生代植物 *Onychiopsis Pseudofrenelopsis* 及早--中侏罗世常见分子 *Todites*，*Ptilophyllum* 等。产叶肢介 *Paranestoria*，时代为中侏罗世。

(三) 晚侏罗世—早白垩世地层

1. 晚侏罗世地层

(1) 红花桥组/西横山组

红花桥组为一套紫红色钙质粉砂岩、泥岩夹灰质砾岩，产植物 *Ruffordia*，*Sphenopteris*，*Elatocadus*，*Carpolithus*；昆虫 *Ephemeropsis trisetalis*；叶肢介 *Yanjiestheria*；腹足类 *Frobaicalia* 等，时代为晚侏罗

世。厚 170～279 m。与下伏层为不整合接触，与上覆层呈整合接触。

西横山组主要为杂色砂、泥砾岩，是红花桥组同期异相沉积，含植物、腹足类等化石，厚 1600 m。

(2) 龙王山组/中分村组

龙王山组为湖相沉积和火山喷发沉积岩系，岩石为安山-粗安质火山喷发岩夹紫红色凝灰质粉砂岩，厚大于 157 m。产植物 *Podozamites*，*Cladophlebis* cf. *browniana*；孢粉主要为 *Classopollis*，少量 *Cicatricosisparites*，*Schizaeoisporites*；庐枞地区产植物 *Cladophlebis browniana*，*Onychiopsis* cf. *elongata*，*Podozamites lanceolatus* 等，孢粉 *Classopollis annulata* 占 82%。其时代置于晚侏罗世。

中分村组主要为流纹岩、流纹质凝灰岩、熔岩，厚 36～351 m。

(3) 大王山组/赤沙组

大王山组为湖相和火山喷发沉积岩系，下部由紫红色凝灰质砂、泥岩组成，上部由安山，粗面质火山喷发岩组成，厚 200 m。

赤沙组为红色英安质岩夹流纹质、粗面质岩，厚 40～594 m。

2. 早白垩世地层

下部为姑山组/双庙组，上部为娘娘山组/江镇组/浮山组。

(1) 姑山组/双庙组

姑山组下段为紫红色凝灰质砂岩、砾岩，中上段为石英安山岩、石英粗面质火山岩，厚 508～733 m。含叶肢介 *Gushania gushanensis*，*Yanjiestheria* cf. *sinensis*，*Y.* aff. *kyongsangesis*，*Y.* cf. *chekiangensis*，*Eosestheria*；介形类 *Eucypris*，*Damonella zhejiangensis*；植物 *Desmiophyllum*；孢粉 *Classopollis* 占 25%，*Cicatricosisporites* 占 6%，*Tugeila* 占 5%及轮藻 *Mesochara stipitata* 等。与下伏、上覆层分别为假整合、整合接触。

双庙组下段为凝灰质砂砾岩，中段为碱性玄武岩、安山岩夹凝灰岩，上段为粗面玄武岩夹凝灰质砂岩、流纹岩，厚 646 m。产植物 *Podozamites lanceolatus*；孢粉 *Classopollis annulaus*，占 86%，繁昌蝌蚪山产植物 *Elatocladus*，*Brachyphyllum*；腹足类 *Probaicalia gerassimovi*，*P.* cf. *vitimensis*，双壳类 *Nakamuranaia chingshanensis*，*N. subrolunda*；介形类 *Cypridea* (*Cypridea*)，*Darwinula sarytrimenensis*；叶肢介 *Orlhestheria*，*Nemestheria* 等，上述植物组合，反映了晚中生代面貌。

(2) 娘娘山组/江镇组/浮山组

娘娘山组仅分布于当涂娘娘山，主要为碱性粗面岩、假白榴石响岩及黝方石响岩。厚大于 216 m。

江镇组仅分布于怀宁江镇—香茗山一带，主要为钾长流纹岩，厚 716 m。

浮山组为碱性粗面岩夹粗安岩、凝灰质粉砂岩、碱性黑云粗面岩及粗面质角砾岩，厚大于 70 m。产孢粉 *Tumoripollenites minor*，*Annulispora jiangsiensis*，*Classopollis*，*C. payrus*，*Kluhisporites*，*Elytranthite*，*Pinuspollenites labacus*，*Subtriporiporllenites granulatus*，*Polypodiaceoisporites* 等，时代为早白垩世。与下伏、上覆地层为平行不整合接触。

(四) 晚白垩世—第四纪地层

1. 晚白垩世地层

晚白垩世地层为一套巨厚陆相红色碎屑沉积岩系，自下而上为浦口组和赤山组。

(1) 浦口组

浦口组下段为杂色砂泥岩，上段为暗红色泥、砂、砾岩，局部夹石膏。厚大于 128 m。产介形类 *Cypridea* (*Cypridea*)，*Eucypris*，*Darwinuia*；轮藻 *Obtusochara cylindrica*，*O.* cf. *luodianensis*；植物 *Manica* cf. *toveolata*，*Frenelopsis elegans* 等。与下伏层为假整合接触，与上覆层为不整合接触。

(2) 赤山组

赤山组为一套砖红、紫红色砂岩、粉砂岩夹泥岩和钙质结核，厚度大于 5000 m。含有双壳类 *Sphacrium shantungensis*，*S. rectiglobsum*，*S. xuanchengensis*；腹足类 *Truncatella maxima*，*Valvata sinensis*；介形类 *Talicypridea*，*Cypridea*，*Cyprois*，*Candona* 及恐龙蛋 *Oolithes*，年代应属晚白垩世晚期。与下伏层为不整合接触，与上覆层为假整合接触。

2. 第三纪地层

除缺渐新统沉积外，其他地层均齐全。主要为陆相红盆沉积岩系。古新世沉积为杂砂砾岩、砂岩、粉砂岩、砂质泥岩或泥灰岩，局部见薄层石膏，含脊椎动物、瓣腮类、腹足类、介形虫等。始新世沉积主要为棕灰色砂岩、粉砂岩，夹含砾砂岩，上部砂砾岩夹玄武岩，含脊椎动物、腹足类、介形虫等化石。中新世沉积主要为砂砾岩、粉砂岩、泥岩，夹玄武岩及橄榄玄武岩，含凹凸棒石粘土矿。上新世沉积为橄榄玄武岩、玄武岩夹凝灰质碎屑岩，含凹凸棒石粘土矿。

3. 第四纪地层

主要为松散沉积物，分布广泛，是由不同成因的一套砂砾、粉砂、粘土和砂质、亚砂质粉土等组成。堆积物中局部含沙金矿。

本区盖层沉积阶段所形成的沉积岩系中的矿产，已知的仅有煤、石膏、凹凸棒石粘土、膨润土、硅石、白云岩、石灰岩、锰、银、沙金等矿床。虽未发现重要的金属矿床，但却有多层对内生矿床形成和赋存的有利层位与岩石组合。其中有上震旦统肋骨状灰岩、下寒武统炭硅质层及中上寒武统条带状灰岩，奥陶系瘤状灰岩及泥质灰岩、白云岩，石炭系白云质灰岩，二叠系硅质层与灰岩夹层，下三叠统条带状灰岩及中三叠统膏（盐）层等层位。尤其是石炭系壶天统黄龙和船山组中菱铁矿-黄铁矿（胚）层及硬石膏-白云岩层、下三叠统碳酸盐岩层、中三叠统的含膏碳酸盐岩、二叠系的碳酸盐岩及硅质层，对区内夕卡岩型金属矿床的形成，提供了不可缺少的地层和岩性条件，其中尤以石炭系壶天统为最重要。

二、构　造　层

经过晋宁运动，本区基本结束了基底发育阶段，进入了盖层发育阶段。震旦纪至早三叠世，加里东旋回和华力西旋回反映了两次大的海侵-海退。中三叠世至中侏罗世，早期普遍发育蒸发岩系，其上沉积了陆相碎屑岩系、显示由海相为主的沉积环境转化为大陆河、湖沉积环境，记录了华北陆块与扬子陆块碰撞造山的重大地质事件。晚侏罗世至早白垩世，燕山运动主要表现强烈的断块变动和断裂推覆活动，造成了大规模岩浆活动和火山喷发活动，形成了巨厚的陆相火山岩系，反映本区进入了变形断陷—岩浆活动阶段。晚白垩世至第四纪，沉积一套巨厚的陆相红色盆地碎屑岩系，表明为陆内断陷沉积阶段。安徽沿江地区上地壳构造层依据构造旋回和地壳运动，由下而上可划分四个构造层。即：变质基底为第一、二构造层。沉积盖层依据上述沉积岩系的岩石组合、沉积特征、区域不整合、岩浆活动及其地壳构造运动的差异，由下而上分为第三、第四构造层（见表 1-5），现将第三、四构造层简述如下。

（一）第三构造层

由震旦系至下三叠统组成。主要为一套相对稳定的海相-滨海相碳酸盐建造，夹有陆相碎屑及硅泥质建造。除北区震旦系外，其他各层均未变质，为典型的盖层沉积。早三叠世末的金子运动结束了该构造层的发育史。依据沉积旋回及沉积建造的不同又可分为上、下亚层。

（1）下亚层。由震旦系至志留系组成。前已叙述，下扬子区的震旦系南北有明显的差异。本书将北区变质变形的震旦系归为盖层处理。震旦系下部为陆棚相含砾砂泥质建造，潮间带砂泥质建造以及冰碛岩建造；上部为局限台地相、盆地相碳酸盐及硅质岩建造。寒武-奥陶纪为海相-滨海相碳酸盐-硅质岩-碎屑岩建造，反映为全区性海侵。到中志留世递变为滨海相碎屑岩建造，组成了一个海侵-海退的沉积旋回。

（2）上亚层。由上泥盆统至下三叠统组成。主要为浅海相碳酸盐、碎屑岩及海陆交互相含煤建造，反映了第二次海侵-海退的沉积旋回。其间，上泥盆统至下石炭统的下部为陆源碎屑建造和碳酸盐建造；石炭系丰宁统上部至下二叠统为碳酸盐建造和硅质碳酸盐建造；上二叠统为含煤碎屑岩及硅钙质建造；下三叠统为含泥质碳酸盐及碳酸盐建造。

表 1-5　安徽沿江地区盖层构造层划分表

Table 1-5　Division of the covering structural layers of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

地质时代 宙	代	纪	世	年龄/Ma	构造层		基本特征	与下伏地层关系	构造旋回及构造运动 主	亚	构造运动	构造发展阶段及主要构造事件
显生宙	新生代	第四纪		2.48、1.64	第四构造层	上亚层	陆相红盆碎屑岩建造	不整合	喜马拉雅期	晚-早	喜马拉雅运动 Ⅳ Ⅲ Ⅱ 1	陆内稳定沉积阶段
		新第三纪		23.3								
		老第三纪		65								陆内断陷结束
	中生代	白垩纪	晚			中亚层	陆相火山岩、火山碎屑岩建造	不整合	燕山期	晚	燕山运动 Ⅴ Ⅳ Ⅲ Ⅱ Ⅰ	↓
			早	135(140)						早		陆内断陷阶段
		侏罗纪	晚									↓
			中									碰撞造山运动结束
			早			下亚层	磨拉石建造、陆相及海陆过渡相建造、碎屑岩碳酸盐岩建造	不整合	印支期			碰撞造山阶段
		三叠纪	晚	208								
			中									
			早								金子运动	碰撞造山运动开始
	古生代	二叠纪	晚	250	第三构造层	上亚层	浅海相碳酸盐岩、碎屑岩及海陆交互相含煤建造	断层及不整合	海西期			
			早	290								
		石炭纪	敦天									
			丰宁	362(355)								
		泥盆纪	晚	409								盖层发育阶段
		志留纪	晚			下亚层	浅海相碳酸盐、碎屑岩建造及滨海海相	不整合	加里东期			
			中									
			早	439								
		奥陶纪	钱塘江									
			艾家山									
			扬子									
			宜昌	510								
		寒武纪	晚									
			中									
			早									
元古宙	新元古代 Pt_3	震旦纪	晚									
			早									
		青白口"纪"		800						晋宁	晋宁运动	基底发育阶段结束
	中元古代 Pt_2	蓟县"纪"		1000	第二构造层		变质褶皱基底	断层	扬子	武陵	武陵运动	
		长城"纪"		1800								
	古元古代 Pt_1			>2500							吕梁运动	
					第一构造层		变质结晶基底	断层	吕梁			
太古宙	新太古代 Ar_2								五台		五台运动	基底形成阶段

（二）第四构造层

自下而上分下、中、上三个亚层。

（1）下亚层。由中三叠统--中侏罗统组成。中上三叠统为一套蒸发台地相白云岩和膏（盐）沉积过渡为海陆交互相碎屑岩沉积；中、下侏罗统为湖相，河流相碎屑岩和含煤屑岩系。这是本区从相对稳定的地质发展时期转变为强烈活动的地质发展时期的重要地质记录。

（2）中亚层。由上侏罗统 下白垩统组成，为一套粗安岩、粗面岩及火山碎屑岩组合。构造运动表现以断裂和断陷作用为主的变形特征。基本无褶皱变动，显示陆内强烈拉张环境，并逐步纳入濒太平洋构造域。

（3）上亚层。由上白垩统至第四系组成。主要为一套巨厚的陆相红盆碎屑岩建造，不整合于中亚层之上，构造层受太平洋西岸俯冲带和左行走滑运动的制约。

三、展布特征及其构造意义

由上述可知，本区盖层形成与发展，所处的大地构造环境，是经历了由活动到相对稳定，再转向剧烈活动和稳定的历程。以海相碳酸盐夹碎屑岩沉积及陆相红色碎屑沉积和陆相火山岩系为主，构成了地壳上部两层结构。各时代地层发育展布特征，基本反映了本区地质构造演化发展的历史。

震旦系依其沉积相和变质程度，大致以南京—九江为界，可分为南北两区。北区震旦系由陆源碎屑岩、冰碛岩及碳酸盐和薄层硅质岩组成，中下部强变形弱变质为一套浅变质岩系。而南区震旦系未变质，由碎屑岩-冰碛岩-碳酸盐和炭质泥岩-硅质岩组成。区内晚震旦世南北两区沉积相分异明显。早期，北区为滨海相泥砂质沉积；南区为浅海陆盆相泥炭质、含锰碳酸盐及硅质岩沉积。晚期，北区大致以滁河断裂为界，北侧为局限台地相含镁碳酸盐沉积及薄层硅质岩沉积。南侧为相对隆起，出现台地相砂泥质和硅质沉积。这一现象表明滁河断裂已产生，致使北侧明显下降。从而出现了两侧沉积的差异。南区沉积物表现为相对较浅水的砂泥质及盆地相硅质沉积的特征。

早古生代地层，大致分为南北两个沉积区。沉积中心分别在东至—青阳—南陵和滁县—巢县一带。南区较北区相对较深。处在两个沉积中心之间的沿江一带，沉降幅度相对较小，形成海盆盆底地形为“两坳夹一隆”的格局。寒武纪—奥陶纪，以陆缘浅海-滨海相碳酸盐-硅质-碎屑岩沉积为主，至志留纪末，全区为陆棚相-海滩相泥砂质沉积。总的来说，在整个加里东旋回中，本区处于相对稳定的环境，因而寒武纪至志留纪各地层之间为整合接触，亦无明显的岩浆活动。

志留纪末，加里东运动使区内海水全部退出，上升为陆。早、中泥盆世为风化剥蚀阶段，至晚泥盆世才接受沉积，主要为一套陆相碎屑岩系，并假整合于下古生界之上。晚古生代的沉积盆地表现为陆表海盆，以碳酸盐沉积为主，中夹碎屑岩沉积。石炭纪除早期表现为海退外，总体为海进过程。石炭纪丰宁世早期为碎屑岩沉积，中、晚期为陆表海台地相碳酸盐沉积。丰宁世早期，沿江一带的安庆—铜陵--芜湖存在一个古岛（陆），通称“古铜陵岛”，金陵期在古岛两侧，沉积环境有一定差异。北侧巢县—南京一带为开阔台地相碳酸盐沉积，生物丰富，以珊瑚为主，腕足类次之；南侧东至—宣州一带为局限台地相碎屑岩沉积，生物以腕足类为主。高骊山期，海水范围稍有缩小，基本处于海陆交互相环境，北侧为潮坪相沉积，南侧为沼泽相沉积。和州期，北侧为开阔台地相沉积，南侧为局限台地相沉积。至老虎洞期，古铜陵岛逐渐与江南古陆连成一片，沉积范围仅限于巢县一带，为泻湖-潮坪相沉积。由此可见，石炭纪丰宁世早期至晚期，沉积范围和沉积相变化较频繁，反映了这个时期地壳活动较强，晚石炭世海侵范围明显扩大，黄龙期和船山期，多为开阔台地相沉积，海水南深北浅。二叠纪至早三叠世沉积盆地特征基本与石炭纪相似，但在早二叠世初期和晚二叠世早期沉积出现了海侵沼泽相和海陆交互相含煤沉积，局部出现火山岩，这反映地壳活动性较大。早三叠世主要表现为浅海陆棚-局限台地相泥质碳酸盐沉积，晚期海水进--步退出并开始咸化。由此可见，在晚古生代海西旋回中，地壳震荡运动较为频繁，尤其从二叠纪开始，活动性加强。因而在这一时期形成的地层多呈假整合接触。

经过震旦纪至早三叠世地壳相对稳定演化发展后，本区进入了印支-燕山运动使地壳强烈活动的大

陆演化发展时期。中三叠世早期，区内海水逐渐退出，海盆逐渐缩小，出现了一套潮坪-斜坡带-膏（盐）盆地沉积的白云岩，含膏假晶白云质灰岩-角砾岩-石膏层和泥灰岩。中三叠世晚期，出现一套海陆交互相碎屑沉积。中二叠世晚期末，全区海相沉积史结束，进入陆相沉积为主的新阶段，至早中侏罗世沉积范围进一步缩小沉积了一套湖沼相及河流相碎屑岩和含煤碎屑岩沉积。由此说明，从中三叠世开始，区内已进入陆内变形阶段。这一阶段的沉积物的形成和演变的事实，也记录了华北与扬子陆块碰撞造山的过程。

晚侏罗世至早白垩世，在强烈的燕山期构造作用下，经过强烈拉张，区内出现了大小不等的断陷火山盆地（如宁芜、庐枞、繁昌、怀宁等），致使大规模岩浆侵入和火山喷发活动，并在这些盆地中形成了巨厚的陆相火山-侵入岩系和碎屑岩系，岩浆侵入活动不仅限于火山盆范围，在隆拗过渡区及前陆盆地内隆起区也有广泛分布，显示了太平洋构造域的重要影响。

晚白垩世至第三纪沉积物，为一套巨厚的陆相红色碎屑岩系，局部地区含膏盐、凹凸棒石粘土层，表明区内断陷盆地发育，并经喜马拉雅运动的进一步发展，形成了本区特征的盆、岭相间格局。

第三纪晚期至第四纪，沉积了一套冲积、残、坡积和冰积的砂砾、沙泥、泥质物质，部分地区出现玄武岩和辉绿岩，标志地壳为稳定沉积发育时期。

上述各时代地层的发育展布特征，基本反映了本区地质演化发展史。

第五节　区域构造特征

安徽地跨华北陆块、扬子陆块及大别造山带三个Ⅰ级构造单元。安徽沿江地区处在大别造山带前陆带内。为了更好地分析沿江地区及其周边的区域构造地质特征，有必要将前陆带与造山带联系起来统一考察研究。为此，本书应用造山带理论，结合区域地质，编制了1∶100万中新生代安徽沿江地区构造格架图（图1-12）。研究资料表明，该区中新生代区域构造发展与演化，经历了陆-陆碰撞造山期（T_2—J_2）及陆内变形期（J_3- E）两大阶段。陆内变形期又分应力转换期（J_3- -K_1）和断陷期（K_2 - E）。各构造演化期的构造单元划分见表1-6。

一、构造单元划分

（一）碰撞造山期

中三叠世周冲村组巨厚膏（盐）堆积的出现，显示扬子陆表海逐渐萎缩为残海环境。晚三叠世黄马青组为一套海陆交互相三角洲沉积，标志着区内已转为陆内环境。这是华北、扬子两大陆块陆-陆碰撞的地质记录。早、中侏罗世象山群为湖沼相及河流相磨拉石堆积，尤其中侏罗世罗岭组碎屑岩以长石碎屑为主，其沉积物成熟度很低，标志大别造山带已基本形成。另外，罗岭组上部泥岩、泥灰岩的出现，说明剧烈的大别造山作用已趋子尾声。据此，大别碰撞造山阶段的时限大致为中三叠世至中侏罗世。

安徽沿江地区碰撞造山期各级构造单元分布见图1-13。

如前所述，该区涉及的Ⅰ级构造单元主要是大别造山带和扬子陆块。本书对华北陆块的次级构造单元划分不作讨论。

1. 大别造山带

大致北以合肥-六安断裂为界，南至黄（栗树）-破（凉亭）断裂。按其不同的构造-岩石组合及变质变形特征，可划分为北淮阳反冲带、中央轴带及南大别冲断带次级构造带。南大别冲断带又可进一步划分为太湖冲断体和宿松-张八岭冲断体两个次级构造单元。它们的分界线分别为磨子潭-晓天断裂及大别山腹部的高温流变带。鉴于大别造山带不是此次研究重点，故对造山带各级构造单元特征不再赘述。

表 1-6　安徽省沿江地区构造单元划分简表

Table 1-6　Division of structural units of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

	碰撞造山阶段 T_2 -J_2			应力转换阶段 J_3 -K_1	断陷阶段 K_2　E
华北陆块Ⅰ	合肥后陆盆地 $Ⅰ_1$			郯庐火山岩带	防虎山断隆
大别造山带Ⅱ	北淮阳反冲带 $Ⅱ_1$			北淮阳火山岩带	舒城断盆
	中央轴带 $Ⅱ_2$				大别断降
	南大别冲断带 $Ⅱ_3$		太湖冲断体 $Ⅱ_3^1$		
			宿松-张八岭冲断体 $Ⅱ_3^2$		滁州断隆
扬子陆块Ⅲ	前陆带	前陆褶冲带 $Ⅲ_1$	滁州褶冲体 $Ⅲ_1^1$	滁州火山岩盆地	
			巢湖冲褶体 $Ⅲ_1^2$		全椒断盆
		前陆盆地 $Ⅲ_2$	宁芜坳陷 $Ⅲ_2^1$	宁芜火山岩盆地	巢含断隆
			繁昌坳陷 $Ⅲ_2^2$	繁昌火山岩盆地	无为断盆
			庐枞坳陷 $Ⅲ_2^3$	庐枞火山岩盆地	潜山断盆
			怀宁坳陷 $Ⅲ_2^4$	怀宁火山岩盆地	怀枞断隆
			望江坳陷 $Ⅲ_2^5$		望江断盆
			荻港隆起 $Ⅲ_2^6$		
			铜陵隆起 $Ⅲ_2^7$		铜马断隆
			江口隆起 $Ⅲ_2^8$		
			月山隆起 $Ⅲ_2^9$		
			凉亭隆起 $Ⅲ_2^{10}$		
		前陆南缘对冲带 $Ⅲ_3$	狸头桥对冲体 $Ⅲ_3^1$		南陵断盆
			贵池对冲体 $Ⅲ_3^2$		庙西断隆
	江南隆起带 $Ⅲ_4$				皖南断降

关于造山带北界问题，由于大面积第四系覆盖，前人有多种推测意见。此次根据 1∶50 万物探资料和卫星影像资料（安徽省地矿局物化探院，1992），发现合肥-六安断裂不仅在重力异常图上有明显反映，而且在航磁异常图上位于正、负异常交变带上，具有深部控制意义。另据该断裂南侧防虎山南麓出露的变质岩属佛子岭群下部的变质岩系，系北淮阳带的延伸。而不是华北陆块南缘带上的霍丘岩群。它与下侏罗统防虎山组呈构造接触。而防虎山组产状陡立，并向北倒转，推测是变质岩系由南而北逆冲而致。据此，合肥-六安断裂是控制造山带北部的边界断裂是可信的。

至于造山带的南界，前人资料多以郯庐断裂为界。本书认为，西自大别山区，经安徽中部桴槎山、张八岭、向东至海州、胶南地区均为古老变质岩系，同属一造山带，而郯庐断裂呈北北东向斜贯其中，不能成为造山带的边界断层。而造山带与前陆之间的黄（栗树）-破（凉亭）断裂，北西侧为浅变质岩系，遭受了下变形层次的韧性变形，形成以冲断作用为特征的一系列厚皮构造；南东侧沉积盖层未变质，受控于滑脱机制，形成了一系列薄皮构造。这是由于受来自北西侧变质岩块冲断挤压，从而使南东侧盖层滑脱。据此，黄（栗树）-破（凉亭）断裂在陆陆碰撞造山期对变形起到了控制作用。故将黄（栗树）-破（凉亭）断裂作为造山带与前陆带的分界是可行的。

2. 扬子陆块

扬子陆块可分为前陆带和江南隆起带两个次级构造单元。前陆带的分布范围，大致北西以黄（栗树）-破（凉亭）断裂，南东至高坦-周王-南漪湖断裂（带），与江南隆起带相邻。前陆带是本书叙述的主要对象。

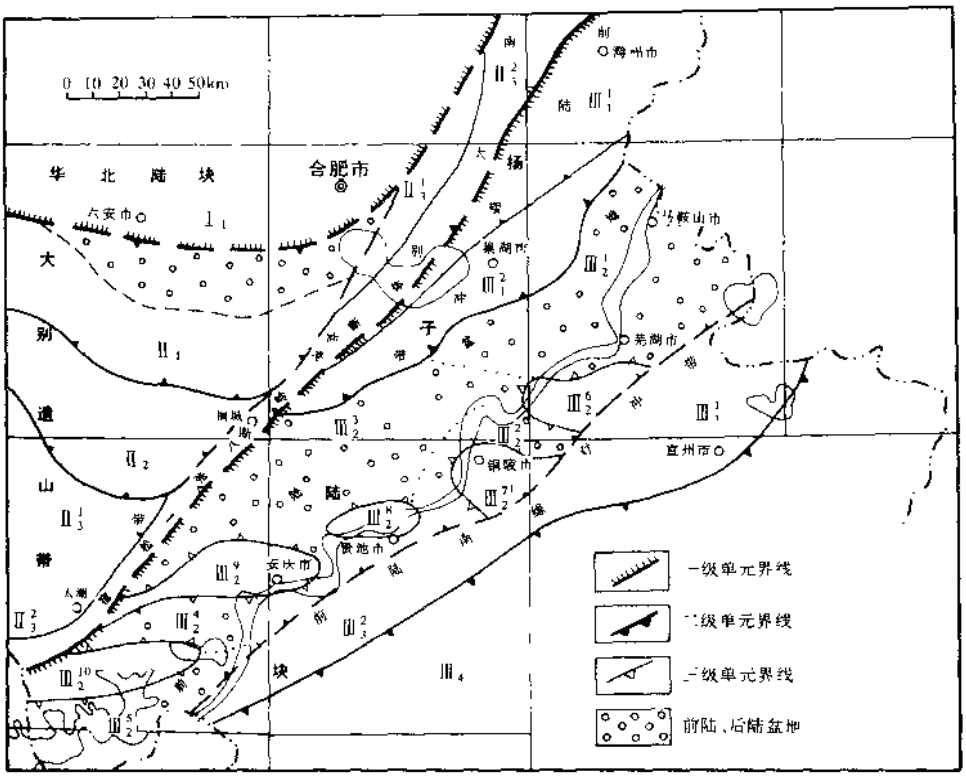


图 1-13 碰撞造山期构造单元划分图（T_2—J_2）

Fig. 1-13 Division of structural units of the collision-orogenic period (T_2—J_2)

（图中各构造单元代码 I_1、II_1等见表 1-6）

（1）前陆带

由于受到大别造山带的仰冲推挤，前陆带遭受强烈压缩，主要缩短要素是线性褶皱和冲断层，这些要素受盖层与基底间主滑脱面和盖层内部次级滑脱面所控制。

根据变形和相关沉积物的特征，前陆带又可分为前陆褶冲带、前陆盆地、前陆南缘对冲带。

①前陆褶冲带

北西以黄（栗树）-破（凉亭）断裂与大别造山带相隔，南东以庐江、巢湖、含山等一系列冲褶片的前缘冲断层与前陆盆地相邻，整体呈向南西尖灭的楔形。卷入地层有震旦系、古生界、下三叠统，褶皱、冲断层发育，是前陆带中变形最强烈的地段。

以滁河断裂为界，褶冲带又可分为两部分。断裂北西称之为滁州褶冲体，由震旦系和下古生界组成，黄栗树组、琅琊山组是主要的滑脱层，岩层劈理发育，局部地段层理被置换后已难以辨认，褶皱全为紧闭同斜倒转褶曲，倒转翼冲断层发育，构造指向均向南东。滁河断裂南东为巢湖冲褶体，以上古生界和下三叠统为主，震旦系和下古生界只分布于褶冲体两侧边部，高家边组、龙潭组、大隆组是主要滑脱层。冲褶体由一系列更次级的冲褶片组成，它们相互自北西向南东叠覆。褶皱以斜歪至倒转褶曲为主，局部为平卧甚至翻卷褶曲，轴面以倾向北西为主，局部扭曲状。冲断层主要发育于冲褶片和前陆盆地接触的南东缘。劈理仅在下古生界和震旦系中发育。

前陆褶冲带侵入岩地表出露较少，仅在黄（栗树）-破（凉亭）断裂附近有燕山早期闪长玢岩类小岩株分布。但最新物探资料表明，自庐枞经巢湖、全椒县一线，有一个隐伏岩浆岩带存在。

②前陆盆地

前陆盆地由中三叠统—中侏罗统组成，也就是习称的黄马青组、范家塘组和象山群，这些碎屑岩

系属同一构造层，都是碰撞造山阶段的产物。前陆盆地内部又可划分为若干次级坳陷和隆起，它们分别是宁芜坳陷、繁昌坳陷、庐枞坳陷、怀宁坳陷、望江坳陷；获港隆起、铜陵隆起、江口隆起、月山隆起、凉亭隆起。总体上坳陷发育于前陆盆地后缘，次级隆起发育于前缘，它们平面展布以相间的斜列为特点；剖面上坳陷前缘覆于隆起后部，其后缘又被褶冲带所压掩，呈背驮式。次级隆起主要由上古生界组成，表现为复式褶皱，褶曲轴面显示扭曲状，隆起的东南缘都发育倾向北西的冲断层。

③前陆南缘对冲带

这是扬子前陆带特有的次级单元，高坦-周王-南漪湖断裂（带）为它的东南边界。前陆带由于受大别造山带的推挤，自北西向南东运动，而高坦-周王-南漪湖断裂（带）以南的江南隆起带则受华南陆块的影响，向北西运动，从而造成了前陆带南缘的对冲格局。

对冲带出露地层以上古生界为主，背斜核部有下古生界分布，劈理发育。褶皱虽仍以线性褶曲为特征，但轴面大多陡倾，冲断层不发育，变形强度相对较弱。侵入岩较发育，自小型岩株至岩基均有分布。

对冲带在周王断裂以北部分由子掩盖，其边界不易辨认，考虑到狸头桥一带地层、岩石、矿产和贵池一带的相似性，故归属对冲带。

（2）江南隆起带

高坦-宣州-南漪湖断裂（带）以南广大地区统称为江南隆起带，已超出了本书叙述范围，故不加以叙述。

（二）陆内变形期

扬子、华北及华南陆块在经历了中生代的陆陆碰撞后，组成新的联合大陆，从此进入了一个崭新的构造发育阶段——陆内变形阶段。根据该阶段的物质组成、构造变动和岩浆作用的特点，又可分为两个时期。

1. 应力转换期

联合大陆进入陆内变形阶段后有一个显著的特点，应力场有个转变过程。而这个时期也是强烈的岩浆活动期，也是极重要的成矿期，长江中下游巨型成矿带即形成于该期（图 1-14）。

前已提及，在前陆盆地中侏罗统罗岭组湖相沉积的出现，标志强烈碰撞造山事件已趋于尾声，与此同时太平洋构造域的影响逐步加强，渐趋主导地位。晚侏罗世至早白垩世库拉板块迅速向北移动，中国东部大陆在其影响下产生了新的断裂系统，如北北东向左行平移断裂和北西西向右行平移断裂。一些先成的北东向断裂、近东西向断裂也再次活动，相应的断裂性质也有所改变。

新生的断裂系统除了少许错移外，并未破坏碰撞造山期形成的北东向构造格局，由于处于引拉环境，为岩浆侵入和火山作用提供了空间和通道，从而形成了严格受断裂控制的岩浆岩带。它们明显地可分为北西西、北东（北北东）两个方向。

北西西带受磨子潭断裂控制，主要有北淮阳岩浆岩带。造山期磨子潭断裂是一条重要的划分性断裂，呈向南突出的弧形展布，属韧性断裂；而在应力转换期磨子潭断裂再次活动属脆性断裂。自晓天向东过桐城后继续延伸至铜陵东南。

北东带可分成三个岩浆岩带。首先是郯庐岩浆岩带，它又由两个亚带组成，一个亚带沿郯庐断裂方向分布有串珠状岩体和火山岩；另一亚带自滁县、马厂、苏家湾、沙溪均有小岩体（株）出露，实际上受黄-破断裂控制。其余两个岩浆岩带分别是怀宁-全椒带（经月山、枞阳北、庐江、巢县等地）和东流-马鞍山带（经贵池、铜陵、繁昌、芜湖等地）。另有宁芜、庐枞、繁昌、怀宁火山岩盆地。

北西西带和北东带虽然它们独自成带，在北东—南西的引张作用下，它们形成追踪性构造带便是一大特色，长江断裂带就是在此背景下形成，它的南西段是怀宁-全椒带的怀宁至庐枞部分，北东段是东流-马鞍山带的铜陵至马鞍山部分，联结它们的是北西西向磨子潭断裂东延的桐城至铜陵段，故长江断裂带是 Z 字形追踪性断裂带。同样，崇阳-常州断裂在省内部分就是追踪高坦断裂、周王断裂、江南断裂的段落而成。另一个特点是北西西带和北东（北北东）带的交汇处侵入岩最发育，火山岩规模大，同时已知的矿产地也大部坐落在不同规模的交汇处。如庐江、铜陵等聚矿地段。

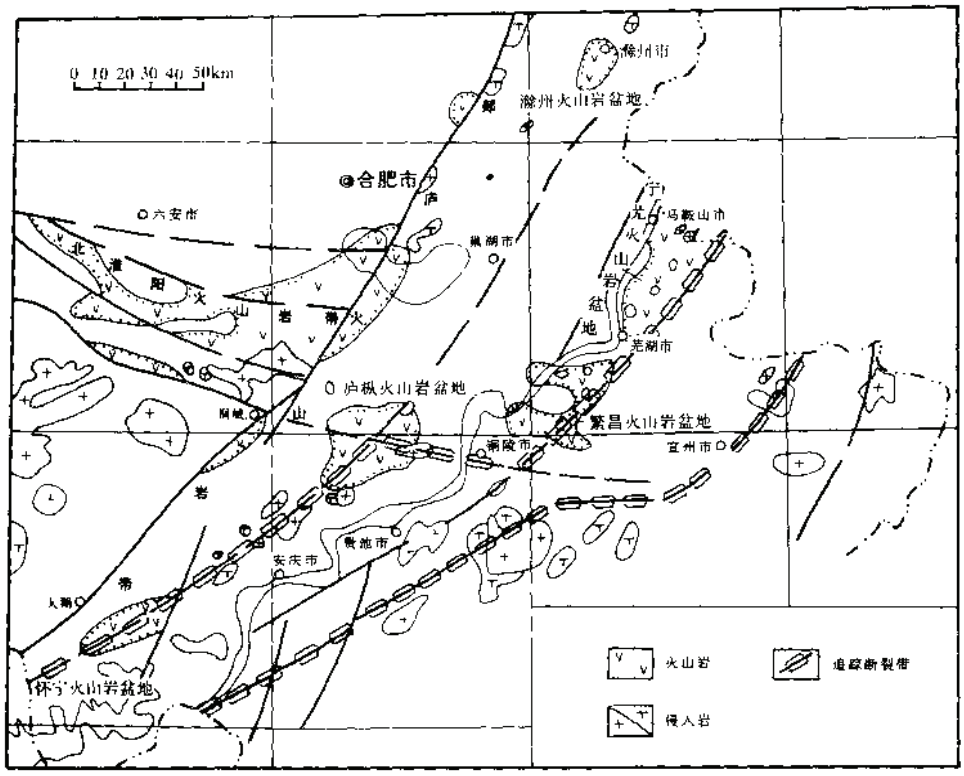


图 1-14 应力转换期火山岩带（盆）分布图（J_3—K_1）

Fig. 1-14 Distribution of volcanic belts (basins) of stress-field transitional period (J_3-K_1)

应力转换期少见正常的沉积岩，主要是一套火山熔岩、火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩及湖相细砂岩、粉砂岩、页岩组合。它们的分布局限于火山岩盆地周缘。

2. 断陷期

自晚白垩世以来，太平洋板块的运动转为向北西斜向俯冲，区域应力场又有了新的变化，致使北东向、北西西向、北北东向断裂再次强烈活动，并以正向运动为主。由于强烈的差异性升降，将原前陆带分化、改造、重新组合，形成了新的断隆、断陷相间格局（图 1-15）。

新的断隆、断陷和前陆盆地内的次级坳陷、隆起有着质的差异，它们是不同机制的产物，而且早期的坳陷有的继承性接受沉积，成为上叠式断盆，有的反之转为断隆，是重新组合的结果。再一个特点是差异性升降明显，断陷虽都接受了砾质、砂砾质复陆屑建造的沉积，但厚度相差甚大，最厚达 7400 m，最小仅有百米。断隆上升最剧烈的是大别断隆和皖南断隆。据《皖南地区构造演化及油气保存条件研究》（安徽省地矿局区调所，1993），皖南断隆腹地隆起达 9 km，并有向北递减的规律。从皖南山区大片出露的震旦系和下古生界变形时处于劈理前锋带以及花岗岩类深成岩中心相的广泛出露，推算上升幅度达 10 km 左右。而从沿江地区古生界变形深度、以及侵入岩多以小岩株为特点推算，隆升幅度应小于 5 km。

前陆盆地内岩浆岩十分发育也是一大特色。中生代火山岩主要分布在著名的宁芜、庐枞火山岩盆地及繁昌、怀宁火山岩盆地中，侵入岩主要分布在褶皱隆起区及隆坳过渡区内。燕山早期以小型侵入体为主，燕山晚期则以大型岩基为特征。与岩浆岩相关的金属矿产也十分丰富，安徽沿江成矿带的主体即位于前陆盆地内。

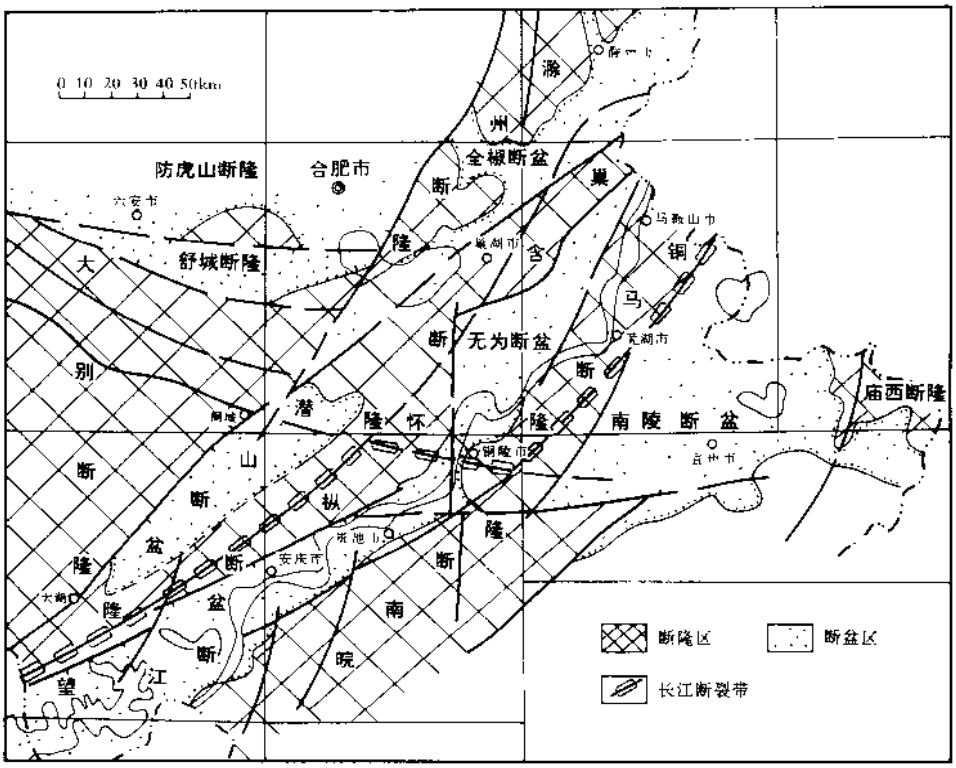


图 1-15 断陷期断隆、断盆分布图（K_2—E）

Fig. 1-15 Distribution of block dome and block basin of rifting period (K_2—E)

二、断裂系统

扬子前陆带内形成于不同时代，方向和性质各异的断裂发育，构成了复杂的断裂网络。区内断裂可分为两大类。一类断裂依据它们的切割深度尚可粗略地分为岩石圈断裂和壳断裂两级，前者为深切岩石圈，后者是指切割硅铝层或硅镁层。这类断裂常是主要构造单元的分界线。另一类断裂是切穿盖层进入基底的断裂，具有一定的区域意义，常是次级单元的界线。

上述两类断裂在空间上以一定的方位组合，有规律地分布，可分为北东向、北西西向（近东西向）、北北东向、近南北向几个断裂系统。另将区内推覆构造作为特殊的一类单独列出。下面依次叙述它们的简要特征（图 1-16）。

（一）北东向断裂系统

北东向断裂是区内的主要断裂系统，为前陆带各级构造单元的界线，它们的最大特点是多期活动。

1. 黄（栗树）-破（凉亭）断裂

该断裂自北东向南西经滁州西、全椒县黄栗树、巢湖市柘皋镇、庐江县城西、桐城县孔城至太湖县破凉亭。整体呈北东向，北段稍偏向北，以中等倾角倾向北西。推测北东出省后与响水断裂相连，西延与襄樊-广济断裂相连。

鉴于它在造山阶段作为厚皮构造和薄皮构造的分划作用，我们强调了这条断裂，将其视作造山带和前陆带的界线。黄-破断裂还有一个特点，也许是其主要特点，由于它不似大别推覆体南端那样有晚期推覆活动，较为清晰醒目，易于辨认。它还保存了碰撞造山阶段作为俯冲地体的残留面貌。即“头部”保留了如推土机前缘的“铲刮堆积物”。以往这条断裂未被引起足够的重视可能因下述原因：首先断裂在地壳浅部倾角较缓，在物探资料中没有陡倾角断裂醒目，较难判译，*而在地球物理场上显示往*

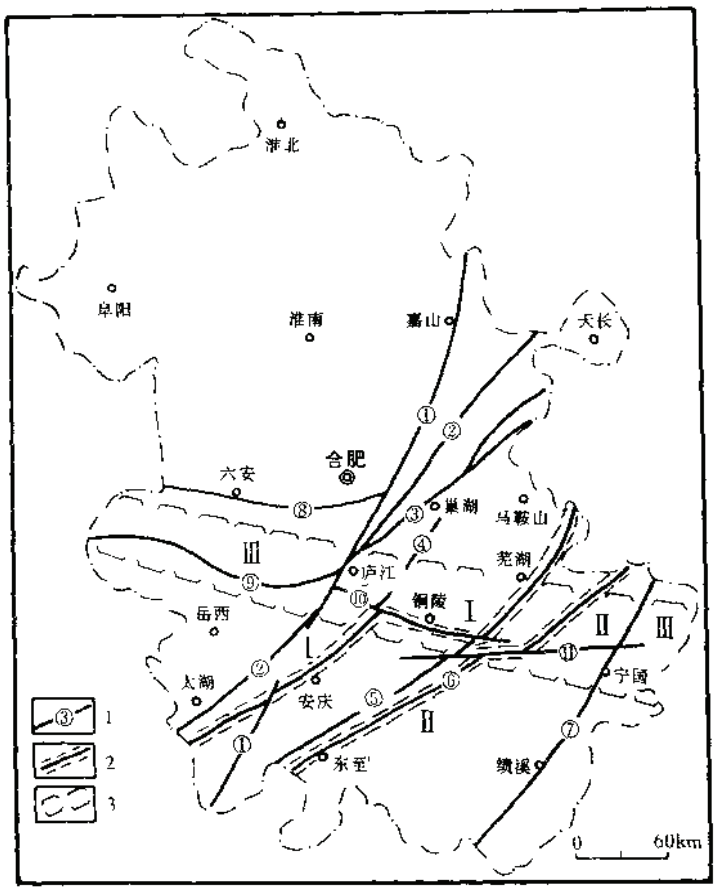


图 1-16　安徽沿江地区主要断裂略图

Fig. 1-16　Main faults of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

1- 断裂及编号；2—断裂带；3—构造岩浆带

主要断裂编号及名称（图中带圈数字）

①—郯庐断裂；②—黄(梁树)-破(凉亭)断裂；③—滁河断裂；④—怀(宁)-全(椒)断裂；⑤—东(流)-马(鞍山)断裂；⑥—高坦断裂；⑦—绩溪断裂；⑧—六安断裂；⑨—磨(子潭)-晓(天)断裂；⑩—桐(城)-铜(陵)断裂；⑪—周王断裂；Ⅰ. 长江断裂带；Ⅱ. 崇(阳)-常(州)断裂带；Ⅲ. 大别山-皖东南构造岩浆带

往是确定深大断裂的主要依据之一；其次作为下变形层次形成的韧性断裂表现为构造片岩，也不似脆性断裂常有硅化带、断崖等地貌形态。

黄-破断裂的主要活动期为中三叠世至中侏罗世，具壳断裂性质。沿断裂分布一系列燕山期中酸性小侵入体。

2. 滁河断裂

区内北起苏皖交界的亭子山北西麓，向南西经和县石扬、巢湖、庐江冶父山和黄-破断裂交汇，呈北东向。地球物理场反映明显，重力异常图上位于正负异常交变带，航磁异常图上处于正异常宽缓梯度带。特别是卫星遥感照片上影像清楚，显示了新构造活动特征。

断裂多期活动明显，而且每期性质、产状均不相同。在盖层发育阶段，对两侧震旦系、寒武系岩性、岩相差异的控制十分明显，作为同沉积断裂它应是倾向北西的正断层。在造山阶段滁河断裂再次强烈活动，表现为自北西向南东逆冲的缓倾角断层，是前陆褶冲带内次级单元分界。晚白垩世以来的断陷期，该断裂作为全椒盆地的边界断裂又一次活动，为倾向北西的正断层。所以滁河断裂具有复杂的多期活动过程。

我们认为现在卫星像片和地球物理场反映清晰的特征应是滁河断裂最晚一次活动的显示。它的每次活动并不是沿同一断层面进行。由于强烈的压缩和大片掩盖，早期的活动踪迹只能从其它地质依据去寻找。

属于北东向断裂系统的尚有高坦断裂、怀宁-全椒断裂，东流-马鞍山断裂，但它们又卷入追踪性断裂，成为新断裂的组成，故在后一并叙述。

（二）北西西向（近东西向）断裂系统

这也是区内十分重要的断裂系统。大别山区北缘发育一组北西西向断裂，沿江地区存在一系列近东西向断裂，它们是否相连接也是争论所在。我们认为确定是否联接，关键在于区分不同的构造阶段。在造山阶段大别造山带和扬子前陆带是不同块体，大别造山带的磨子潭断裂属韧性断裂，由于向南仰冲，它平面呈向南突出的弧形，剖面上为向北倾的逆断层，这已为地表填图和钻探所证实，这个阶段的磨子潭断裂只限于造山带内。经碰撞造山后，华北陆块、大别山造山带、扬子陆块连结成一体，组成了新的联合大陆，在应力转换期新的北东--南西向应力场的作用下，联合大陆产生了北北东向和北西西向两组断裂。北西西向断裂除了新生部分外，在大别山区利用了磨子潭断裂方向接近的段落，在扬子陆块则利用了原东西向断裂(北东向构造的一组扭裂面)，该阶段的断裂为右行平移的正断层性质，只有此阶段它们才成为统一的北西西向断裂系，磨子潭断裂过郯庐断裂后继续延伸，桐城-铜陵断裂正是它的东延部分。1∶50 万航磁异常图显示，延伸性良好的北东向异常等值线，在桐城北—罗河—铜陵一线急转成北西西走向便是佐证。所以它对北淮阳、庐枞和铜陵地区的成矿具有重要控制作用。在晚白垩世开始的断陷期各方向断裂都又转而以正向运动为主的活动，才造成北西西向断裂在郯庐断裂两侧不连续的现状。

如扩大范围分析，北西西向断裂的意义远比我们现有认识要深远。1∶500 万《中国地质图》中，东起杭州湾、向西经皖浙山区、大别山区北麓，过秦岭山脉至祁连山，北西西向的构造岩浆岩带是醒目的地质单元。同时这条线性构造也是中国大陆南北的分界，并延伸至海区，杭州湾以北的海岸线以沙滩为主，而以南几乎全是岩岸。莫氏面深度图中也是南北的分界线。这是个需深入研究的重大地质课题。这条线性构造省内部分我们称之为大别山-皖东南构造岩浆带，以期引起重视。

北西西向断裂中以磨子潭断裂及其东延的桐城-铜陵断裂最为重要。

（三）北北东向断裂系统

北北东向断裂系统也是区内的一组重要断裂系统，形成于晚侏罗世以来的应力场转换期，大多具有多期活动历史。郯庐断裂带是其中著名也是特殊的组分。

郯庐断裂带由一系列斜列的次级断裂组成，省内有五河-合肥断裂、石门山断裂、嘉山-庐江断裂。这些断裂是中生代以来不同时期的产物，最终组成现今宏伟的断裂带。在区内有如下特点：

(1) 造山期它经历了强烈的剪切过程，沿断裂前震旦纪变质岩系发育的糜棱岩便是该阶段韧性变形的产物。

(2) 应力转换期郯庐断裂以左行平移运动为特征，在晚侏罗世、早白垩世地层中近水平擦痕便是该期活动的产物。

(3) 断陷期郯庐断裂亦处于引张状态，早期糜棱岩再次破碎而成角砾，同时它作为合肥断陷盆地东部边界控制盆地发育。在十八拱水库主断面西侧上白垩统中发育有一系列倾向北西的北北东向小型同沉积断层。另据构造测量，该期断裂除以正向运动为主外，兼有少量指示右行位移的分量，属右行平移正断层性质。

除郯庐断裂外，属北北东向断裂系统区内还有东至断裂、葛公镇断裂、绩溪断裂，它们均切割前陆带的褶皱，故形成较晚。它们的特点和郯庐断裂应力转换期以来的特点一致，由于规模较小，故不一一叙述。

（四）南北向断裂系统

大约在东经 118°两侧，有一条纵向构造。区内自嘉山管店至全椒马厂发育密集的近南北向节理带，宽度超过 2 km，带内岩石被一系列长度达数百米的节理所切割，但相互间无明显错距，称之为管店-马

厂断裂。向南无为断盆西缘物探推测为南北向断裂，铜陵以西长江也突拐成南北向，再向南九华山岩体和青阳岩体间巨大的南北向脉岩和断裂早已被发现，从总体看这应是条南北向断裂带。

（五）追踪性大型断裂系统

这是区内较有特殊意义的一种断裂带，它是在利用先形成的不同方向断裂的段落，重新组合而成的新断裂带。

1. 长江断裂带

长江断裂带的划定利用了怀宁-全椒断裂、东流-马鞍山断裂、桐城-铜陵断裂的部分追踪而确定的。前两条断裂北东走向，形成可能较早，是造山期产物。它们在地表踪迹少见，主要是依据航磁资料确定。在应力转换期处于新的引张环境，又有北西西向断裂的产生，沿怀宁-全椒断裂南西段、桐城-铜陵断裂的矾山-铜陵段和东流-马鞍山断裂北东段追踪成新的长江断裂带，同时由于岩浆活动和成矿作用的强烈发育而成为著名的巨型成矿带。

2. 高坦-周王-南漪湖断裂带

这也是一条利用高坦断裂、周王断裂和江南断裂的部分段落追踪而划定的断裂，是著名的崇阳-常州断裂带的中东段。

北东向的高坦断裂和江南断裂起始较早，它们控制了（早古生代）沿江古隆起南东侧的江南斜坡的演化。晚古生代它们的活动不甚明显，至碰撞造山阶段，由于受华南陆块的影响，它们都再次活动，表现为向北西逆冲，尤以高坦断裂更为明显，其两侧无论是出露地层、变形特征、侵入岩和矿产种类都有明显差异。应力转换阶段它们都有过张性正断层活动，有岩体或岩脉贯入。在断陷阶段江南断裂活动明显，这两条断裂，在重、磁上均有反映。

东西向的周王断裂，根据岩相古地理资料，可能起始于中志留世。但主要活动期是中生代以来，碰撞阶段它可能是北东向构造的右行扭裂面，盖层褶皱轴向近断裂处均由北东向转而和断裂平行呈东西走向。断陷阶段是它的强烈活动期，是皖南断隆和南陵断盆的分界，重、磁上反映明显。莫霍面也反映为东西向递变带。

利用上述三条断裂的不同段落追踪成新的高坦-周王-南漪湖断裂，也应和长江断裂带一样，可能形成于应力转换时期。故它们呈现了同样的样式。

三、推覆构造

前陆带变形受滑脱机制控制，具有薄皮构造性质。带内推覆构造广泛发育。随着对缓倾角断裂研究的日益重视，推覆构造已越来越多的被发现，现择典型地区简述如下。

（一）银屏推覆构造

在巢湖银屏山—无为响山一带，于姥山逆冲断层东侧，存在一系列规模不等的推覆构造。其中以程家湾推覆体规模最大，分布面积大于 4 km^2。推覆体由下震旦统灯影组组成，叠覆于尖山背斜两侧的向斜核部早三叠世地层之上（图 1-17）、推覆断层面向内倾，倾角 30°～50°。而在姥山逆冲断层的东侧则无震旦纪地层分布，显示推覆体是由西向东推覆的，推覆距离平均约 9 km。

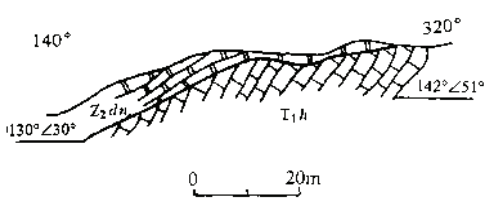


图 1-17　巢湖市程湾推覆构造剖面素描

Fig. 1-17　A sketch of nappe structure at Chenwan section, Chaohu

（据安徽区调所，1987）

Z_2dn—灯影组白云岩；T_1h—和龙山组灰岩

（二）香泉推覆构造

香泉推覆构造的主逆冲推覆面倾向北西，次级叠瓦状冲断面亦倾向北西，所有褶皱、断层的构造指向均显示向南东运动，整体呈向南东突出的弧形。在推覆构造北缘志留系之上有奥陶纪灰岩的飞来峰。结合钻探资料，推断香泉推覆体是由北西而来的异地岩块。

（三）狸头桥推覆构造

该推覆构造为江苏茅山推覆体延入安徽境内的部分。

推覆体主要由志留系－三叠系地层组成的背斜逆掩于上侏罗统中分村组火山岩之上而成。推覆断层面倾角浅部为 50°～70°，深部为 5°～35°，为上陡下缓犁式断层。推覆体中倒转背斜轴面倾向南东，显示是由南东向北西推覆的（图 1-18）。

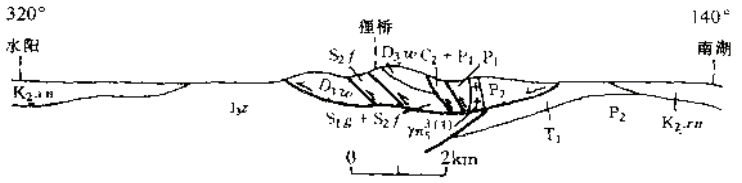


图 1-18　宜州市九连山推覆构造剖面

Fig. 1-18　A nappe structure at Jiulianshan section, Xuanzhou

（据安徽省区调所，1987）

S_1g－高家边组；S_2f－坟头组；D_3w－五通组；C_2+P_1－上石炭统与下二叠统并层；P_1－下二叠统；P_2－上二叠统；J_3z－中分村组；K_2xn－宣南组；$\gamma\pi_5^{3(3)}$－燕山晚期花岗斑岩

四、变质核杂岩构造体系

安徽沿江地区除上述特征性构造外，还存在一种独特的地质构造景观---变质核杂岩构造体系，以怀宁董岭变质核杂岩构造体系❶为代表（傅昭仁、李德威，1991）。该构造体系包括大鞍山--百子山--龙泉岭以西的环带状变质变形褶皱-剥离断层系统，主要受剥离断层（带）控制的低硅富铁闪长岩系列岩体（董树文、邱瑞龙，1993）和花岗岩体，它们组成了独特的地质构造地域，明显地区别于外围的构造体系。

董岭变质核杂岩具有复杂的结构，主要由变质杂岩核，基底滑脱剥离带，褶皱层及其中的多层次构造剥离断层（带）和未变质的盖层（即同一“变质核杂岩”构造体系中未变质的沉积岩层）组成。

变质杂岩核为由元古宙董岭岩群片麻岩等组成的北东向长垣状背斜，其东南翼有燕山晚期（123 Ma）侵位的洪镇花岗岩体。

基底滑脱剥离带是分割基底与上覆褶叠层的主要界面。下盘为董岭岩群糜棱岩化岩石组成的韧性滑脱带。滑脱带自下而上为条带状片麻岩、眼球状糜棱片麻岩、变晶糜棱片岩和碎裂糜棱岩，具 *S-C* 组构，由于流变的结果其产状与上覆褶叠层底部的寒武纪白云岩一致。基底剥离断层切过不同的上盘岩层时，造成上覆岩层下部地层不同程度的缺失。基底剥离带之下的元古宙变质岩系中，不同岩段之间，即片麻岩段与片岩段，片岩段与千枚岩、板岩段之间，亦可能存在韧性剥离断层，并是造成中新元古代和震旦纪地层厚度锐减的主要原因。

褶叠层由寒武纪至早三叠世以海相为主的沉积岩系组成，岩石普遍发生变质、固态流变和横向构造置换。在变质杂岩核底辟上侵过程中形成以基底变质杂岩为核部的穹隆，其上覆岩层由穹隆中心向四周滑覆和收缩变形，从而形成了以基底变质杂岩为核的环状滑覆构造体系。其主要表现有环状叠加褶皱构造，呈环状分布的面理和线理，以及环状剥离断层系统。最突出的叠加褶皱构造是程大房-金树沟-女儿岭半环状向斜和黄梅山弧形背斜。剥离断层系统由一系列正向（韧性）剪切的犁式断层组成。它们均出现在韧性差别较大的两套沉积（变质）岩层之间，从前寒武系与寒武系之间到中三叠统周冲村组（即东马鞍山组）与黄马青组（即铜头尖组）之间，共发育了 7 个剥离断层，其中前寒武系与寒武系，上泥盆统与上石炭统和中三叠统周冲村组与黄马青组之间，是 3 个主剥离断层，代表了深、中、浅三个层次，它们均与上下岩层小角度相交，并造成岩层强烈减薄。在各断面的下盘均不同程度地发育了顺层韧性剪切带，糜棱化岩石中具 *S-C* 组构。

---

❶ 即傅昭仁等（1991）所称“洪镇变质核杂岩”，因洪镇花岗岩体为该变质核杂岩形成后的侵入体，故以该杂岩核部的“董岭”代替“洪镇”命名。

怀宁董岭变质核杂岩是一种伸展构造，是区域性地幔上隆所造成的。已有的资料表明，董岭变质核杂岩恰好位于本区壳下地幔隆起带上方，该处地幔隆起带受（块断）构造变动的影响局部突起，导致深埋的基底岩系底辟上升。可能是由于该处地壳的厚度较之于周围明显减薄，热流值增大，引起了基底滑脱带之上的褶叠层产生强烈的动热变质作用。卷入该区动力热变质的地层波及下三叠统，从寒武系至下三叠统，动力热变质作用的强度顺序减弱，动热变质带围绕变质杂岩核部呈同心环带状分布（图 1-19）。

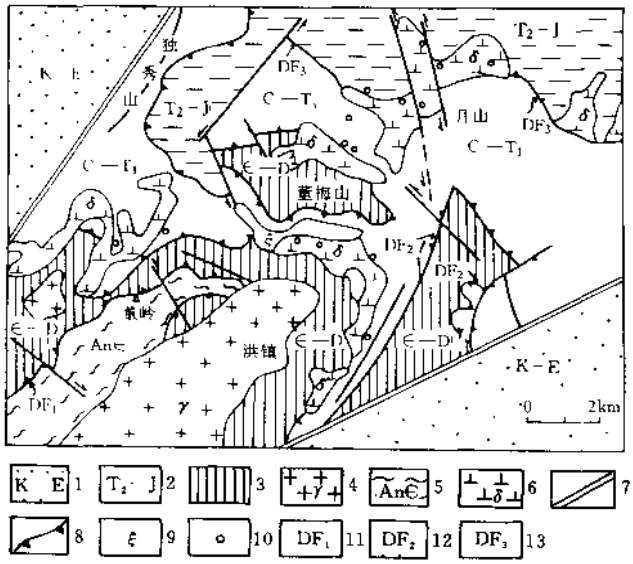


图 1-19 安徽董岭变质核杂岩体构造略图

Fig. 1-19 Structures of metamorphic core complexes of Dongling, Anhui Province

（据傅昭仁，1992）

1—燕山晚期至近代断陷盆地（图中 K、E、T_2、J 等代表地质年代，下同）；2—上层次剥离断层（DF_3）上盘不变质盖层；3—基底剥离断层（DF_1）上盘褶叠层；4—燕山晚期气球式膨胀式侵位花岗岩；5—前寒武系变质核及其顶部韧性滑脱带；6—燕山早期顺剥离断层被动侵位闪长岩；7—断裂；8—滑脱剥离带；9—二长岩墙；10—铜、铁矿床及矿化点；11—基底剥离断层；12—中层次剥离断层；13—上层次剥离断层

由于董岭变质核杂岩构造体系叠加于印支期构造之上，并控制了燕山期侵入体的就位和分布，说明其形成时代为燕山早期。

五、区域地质发展与构造演化

（一）古中元古代陆缘式基底发育阶段

研究资料表明，古中元古代区内董岭岩群即为扬子陆块基底一员。中元古代时期，扬子陆块北缘，沉积了宿松（肥东）岩群，为一套含磷碳酸盐建造，南侧沉积一套上溪岩群海相复理石及海相火山岩建造（图 1-20a）。

（二）新元古代裂陷盆地式基底发育及大别微陆块形成阶段

中元古代晚期，随着全球进入大陆裂解阶段，本区增大了的陆块开始裂解，形成张八岭裂陷槽，并构成了大别微古陆。北缘裂解大体发生在宿松（肥东）岩群内（或在宿松岩群之上），并在宿松（肥东）岩群之上发育了张八岭岩群的一套细碧角斑岩建造。这一古老的裂解面成为黄-破断裂的原始破裂面。南缘表现为发育一套沟弧盆体系，形成了井潭组和弧后盆地火山岩铺岭组（图 1-20b）。

（三）震旦纪—早三叠世盖层发育阶段

新元古代末晋宁运动，随着华南陆块与扬子陆块对接及张八岭海槽关闭和皖南沟弧盆的消亡，“扬

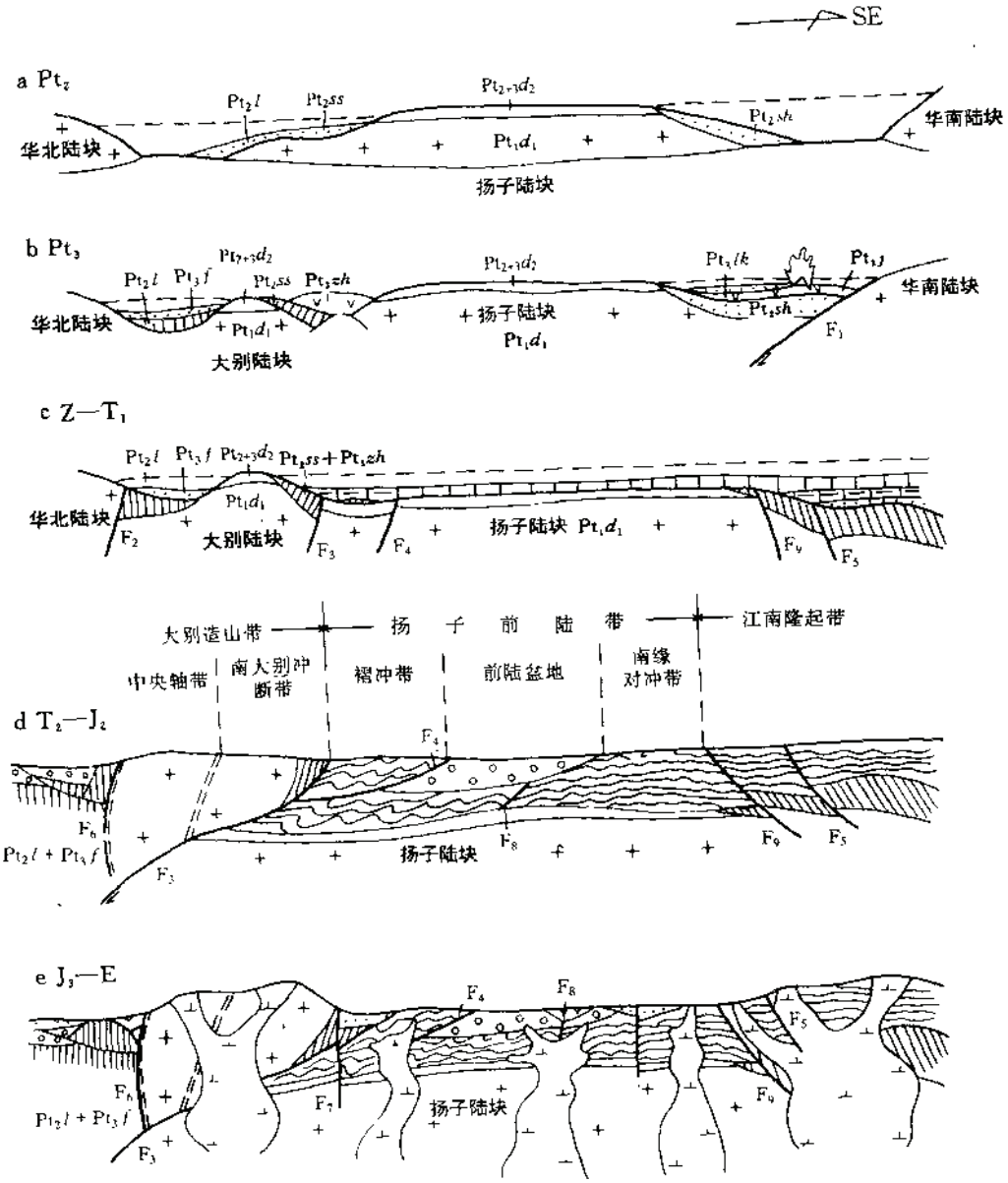


图 1-20　构造演化图

Fig. 1-20　Tectonic evolution periods

F_1—江绍断裂；F_2—六安断裂；F_3—黄 破断裂；F_4—滁河断裂；F_5—江南断裂；F_6—磨子潭断裂；F_7—郯庐断裂；F_8—长江断裂；F_9—高坦断裂；Pt_1d_1—董岭群下段；Pt_2l—卢镇关群；Pt_2ss—宿松群；Pt_2sh—上溪群；Pt_3f—佛子岭群；Pt_3j—井潭组；$Pt_{2+3}d_2$—董岭群上段；Pt_3zh—张八岭群

子”与“大别”和“华北”拼贴在一起，进入一个相对稳定的构造阶段。震旦纪海平面上升，本区开始接受沉积，从而形成“一盖多底”格局。自此，进入了一个新的构造发展时期——陆表海稳定盖层沉积时期。这期间，海平面升降频繁，古地理面貌时常变迁，造成沉积相的变化（图 1-20c）。

（四）中三叠世—中侏罗世 A 型俯冲及造山阶段

早三叠世末的金子运动是本区又一重大的构造历史转折。中三叠统东马鞍山组膏（盐）沉积，标志着陆表海盆的枯竭萎缩，扬子陆块开始向大别陆块下俯冲，俯冲可能沿着宿松岩群（肥东岩群）与大别陆块间薄弱面进行。上三叠统的河湖沼泽相标志着本区已完全转为陆内环境；大别造山带已隆起，

并具一定规模，下、中侏罗统为山前磨拉石沉积，表明大别造山带已基本形成。与此同时，大别造山带后陆盆也沉积一套标准的磨拉石建造。

近年来，大别造山带南部高压、超高压带的榴辉岩年龄测定结果多为210～240 Ma（李曙光，1989；徐树桐，1990；孙先如，1994），即三叠纪。这一结果与地层记录也基本吻合。

在造山过程中，本区发生了强烈的构造运动和变形，在前陆间形成褶冲带及前陆盆地。这期构造运动奠定了本区基本构造格局（图1-20d）。

（五）晚侏罗世后陆内变形断陷阶段

晚侏罗世，区域上广泛的火山活动标志着造山运动已告结束，进入陆内断陷阶段，已转化为太平洋构造域。晚侏罗世--早白垩世（J_3-K_1）为最重要的断陷时期，形成火山岩断陷盆地。先存的断裂转化为伸展断层，伴随区域上的地层伸展减薄以及深部伸展滑脱和董岭岩群底辟穿刺。白垩纪以后，本区又经历过一次收缩挤压过程，形成一系列切过燕山晚期岩体的近E-W向高角度正向运动收缩断层，以及推覆构造（图1-20e）。

综合上述，安徽沿江地区地质演化，经历了早元古代末期基底形成和中元古代到晚元古代早期陆源基底发育增生阶段、晚元古代中期裂陷槽堆积的基底增生发育阶段、震旦纪-早三叠世盖层发育阶段。中三叠世后，又经历了碰撞及其碰撞后挤压和隆凹分异作用，应力转换期构造岩浆作用，断陷堆积和滑覆-推覆作用。其中应力转换期为区内主要岩浆成矿期。上述区域地质发展与演化，为安徽沿江巨型矿带的形成，提供了良好的成矿区域地质背景。

第二章　岩浆岩的基本特征

长江中下游中生代构造-岩浆岩-成矿带，是我国一个重要的岩浆岩成矿带。长江中下游岩浆岩有其地区特点。1920 年，翁文灏指出该区（广义）花岗岩类偏中性，与铁铜矿床有关；而南岭地区则偏酸性，与钨锡矿床有关。1936 年，谢家荣将长江中下游地区和南岭地区的（广义）花岗岩类分别命名为扬子式和香港式两个岩浆岩系列。

70 年代，地质矿产部和中国科学院联合对宁芜地区铁矿进行了专题研究，提出了有地区特色的“玢岩铁矿”新概念，认为该地区的火山-侵入岩的原始岩浆可能为碱性玄武岩浆，来源深度大，可能来自上地幔（宁芜研究项目编写小组）。与此同时出版的《华南花岗岩类地球化学》（涂光炽主编，1976）一书中，将长江中下游（广义）花岗岩类称为深源长江系列（系列Ⅱ），成岩物质以上地幔或原生地壳物质为主，不排除有少量再循环地壳物质参与；并与以再循环地壳物质为主要来源的浅源南岭系列花岗岩（系列Ⅰ）并列，归属于岩浆花岗岩建造。

在全国第二届矿床会议上，徐克勤等（1982）提出华南花岗岩类的两个成因系列，将本区花岗岩类划归过渡性地壳同熔系列，认为是幔源岩浆同化坳陷堆积物形成的，与铁、铜等矿床有关。

1982 年，郭文魁全面论述了花岗岩类的研究历史，提出长江中下游花岗岩类由钙碱性系列和碱钙性系列两套岩石组成，认为宁芜、庐枞地区偏碱性辉石闪长玢岩、二长岩和正长岩等属碱钙性系列。这实际上是对橄榄安粗岩系的侵入岩的表述。

1991 年出版的《长江中下游铁铜成矿带》（常印佛等）一书把区内中生代岩浆岩划分为两个基本的成因系列：壳幔混合源同熔型岩浆岩系列和壳源改造型花岗岩系列。前者又进一步划分为扬子式同熔型和江南式同熔型，并对扬子式同熔型侵入岩进行了较详细的讨论，认为成矿与有关岩浆岩的异常演化密切相关：铁矿与富钠闪长岩类的钠硅质异常演化有关，铜矿与高钾闪长岩类的钾硅质异常演化有关。

1990 年，《长江中下游中酸性侵入岩与成矿》（毛建仁等）一书，将侵入岩分为长江系列、大龙山式、江南系列、庙西式、苏州式 5 个成因类型。长江系列和大龙山式的物质来源主要来自上地幔，江南系列的物质来源于下地壳，庙西式和苏州式的物质来源于亏损的下地壳。

本区火山岩的系统研究始于 70 年代（宁芜研究项目编写小组，1978）。其后，有许多文章涉及本区火山岩。邱家骧等（1981）认为扬子地区中生代火山岩有两种母岩浆——碱性玄武岩浆与流纹岩浆。庐枞和宁芜两地火山岩的母岩浆可能是上地幔来源的碱性玄武岩浆，按岩石平均碱度分，它属碱钙性岩石。吴利仁等（1985）论证了本区火山岩的时空分布和岩性特征，提出了岩浆多来源和混熔岩浆说。于学元等（1981）最早提出庐枞地区中生代火山岩属橄榄安粗岩系，由于基性岩所占比例小，而中性岩占 70%，他称之为安粗岩系，认为富钾、铝的安粗岩浆是上地幔 100～175 km 深度上，在地幔事件的影响下，由含金云母的石榴石二辉橄榄岩低度部分熔融（2%～3%）产生的。薛怀民等（1989）将宁芜地区中生代火山岩划归橄榄安粗岩系，认为其形成与扬子板块和华北板块碰撞有关，碰撞导致海底沉积物及一部分陆壳带入地幔，使地幔发生交代作用；进入中生代，古构造活化，交代地幔部分熔融形成富钾的玄武质和玄武安山质岩浆，经低压分异形成橄榄安粗岩组合。王德滋等（1991）也肯定宁芜、庐枞火山岩属橄榄安粗岩系，并提出“橄榄安粗岩省”的新概念。邱检生（1992）在其博士论文中对橄榄安粗岩系和橄榄安粗岩省做了论述。

由上述，对本区中生代火山岩的研究已比较详细，并已获得明确的结论。相比之下，对侵入岩的

研究尚嫌不足，对其性质、成因和演化尚缺乏充分的资料予以说明。

通过对本区已有的有关论著的学习和近年来的研究，我们认为安徽沿江地区岩浆岩——属长江中下游岩浆岩带中段——是受大陆（或陆内）深断裂带或裂谷控制、有自己地区特点和独特成岩成矿特色的大陆（或陆内）岩浆岩。它不同于国内、外同熔型或 I 型花岗岩类，其主要特点是：①富碱高钾，主要由高钾钙碱性岩系和橄榄安粗岩系组成；由于它们起源于碱性玄武岩，比国外同类岩系（如美国 Absaroka 橄榄安粗岩系和秘鲁 Linga 高钾幔源闪长岩）更加富碱高钾；②成岩机制主要是 AFC 机制，有些并具有多阶段演化特点，而国外同类岩系则主要是通过分离结晶机制形成的；③幔源岩浆同化麻粒岩相下地壳是造成安徽沿江地区（内带）岩浆岩特点的基本因素，而世界上比较常见的则是幔源岩浆同化混染中上地壳物质。

安徽沿江地区中生代岩浆岩带，属长江中下游岩浆岩带中段，火山-潜火山岩和侵入岩分布广泛，不同岩系（或岩石组合）均较发育、并且分带清楚，是长江中下游构造-岩浆岩-成矿带内典型地段。下面着重对其特色和成因进行分析和讨论。

第一节　分带特征及岩石组合

一、分带特征

安徽沿江地区中生代岩浆岩，其空间分布主要受总体走向呈 NE 的一组深（大）断裂带控制，形成了沿江岩浆岩带。黄-破深（大）断裂，长江深断裂带和由高坦、周王和江南（深）大断裂追踪联接呈 NE--EW--NNE 向延伸的断裂，分别控制了沿江岩浆岩带内的北外带、内带和 A 型花岗岩带、南外带，并分别对应于呈 NE 向延展的地幔隆起带的北侧幔坡、幔脊和南侧幔坡，使之具有以内带为轴，两侧（北外带和南外带）大致对称的夹心饼干式分带特征（图 2-1）。内带，即一般所说的长江中下游岩浆岩带的中段，岩性复杂，从基性岩到酸性岩均较发育；火山-潜火山岩系和侵入岩均有较广泛分布，前者主要集中在早中侏罗世后形成的断陷盆地中，后者则广泛分布于由志留系--三叠系组成的块断褶皱隆起区内。南、北外带，可视为长江中下游岩浆岩带中段两个边缘带，岩性较单一，以中酸性岩石为主；侵入岩分布较广泛，火山岩则较零星。北外带侵入岩主要散布在前陆褶冲带北部，主要由震旦系至奥陶系组成的滁州褶冲体内，其西南端有志留系和中下侏罗统出露，亦是侵入岩的围岩，沙溪岩体即侵入其中。南外带侵入岩广泛分布在前陆南缘对冲带内，该对冲带的地层包括整个古生界和下三叠统；其东北部狸头桥对冲体，特别是它的南缘青阳寺门口至宣州溪口一带，由于受后期（晚白垩世）伸展构造活动强烈影响，向北滑覆形成规模较大的滑覆体（岩片），就位于其中的侵入体也随之北移。因此，这些侵入体一般是无根的。A 型花岗岩带有两条，大致沿长江两岸平行排列，叠加在内带或其边缘之上。

不同岩带形成的地质构造环境不尽相同，其岩石组合和成因也有明显差异。

二、岩石组合

（一）内带——高钾幔源 AFC 岩系

高钾幔源 AFC 岩系是考虑到内带岩浆岩的特点和成因两大因素命名的。高钾是内带岩浆岩的共同特征；幔源是指物质来源以幔源物质为主和幔源岩浆的热是同化作用的主要热源；AFC 是指成岩、演化方式均离不开同化混染与分离结晶的联合作用。这种命名虽不符合一般的分类方案，却有比任何分类更丰富的内涵、更准确地表达内带岩浆岩的特点。

内带岩浆岩可分为四种岩石组合：

①高钾钙碱性中酸性侵入岩组合；②高钠碱钙性中基性侵入岩组合；③橄榄安粗岩系火山岩组合；④高钾碱性火山岩组合。

其中①属高钾钙碱性岩系，②和③属橄榄安粗岩系，④虽高碱高钾，属碱性岩，但它是橄榄安粗

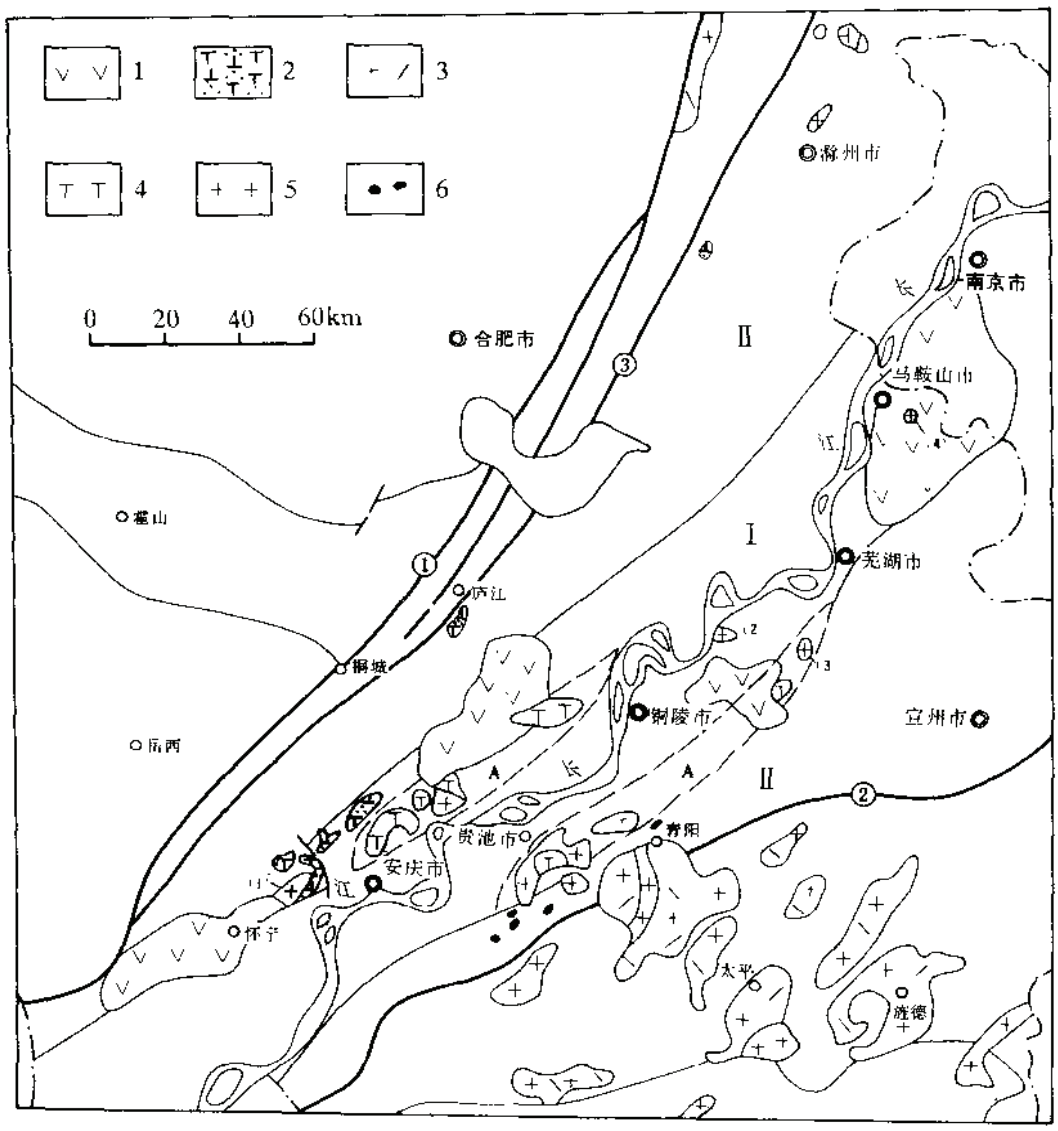


图 2-1 安徽沿江地区中生代岩浆岩分带图

Fig. 2-1 Zonation of Mesozoic magmatic rocks of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

①郯城-庐江断裂带；②高坦 南漪湖；③破凉亭-黄栗树断裂

岩浆岩带：Ⅰ—内带；Ⅱ 外带；A—A 型花岗岩带

岩浆岩：1—火山岩；2 （石英闪长岩）正长闪长岩；3— 花岗闪长岩；4 正长岩（石英正长岩）；5 花岗岩；6— 花岗闪长斑岩

岩体：(1)—洪镇；(2) 滨江；(3)—浮山；(4) 霍里

岩浆晚期高度演化的产物，故仍划归橄榄安粗岩系。

1. 高钾钙碱性中酸性侵入岩组合（以铜陵地区侵入岩为代表）

铜陵地区侵入岩的主要种属有碱长辉长（闪长）岩（或辉长二长闪长岩）、闪长岩、二长闪长岩、石英闪长岩、石英二长闪长岩和花岗闪长岩等。在铜官山、鸡冠山、曹山等岩体中见岩石包体，一类是辉石岩、角闪辉石岩和角闪石岩等堆积岩，一类是角闪闪长岩。侵入岩的矿物组成为：斜长石占 60%～80%，角闪石占 4%～20%，辉石占 0～30%，黑云母占 0～8%，石英占 0～23%，钾长石占 0～17%；副矿物含量为：磁铁矿 2000～20000 g/t，榍石 200～3000g/t，磷灰石 50～2000 g/t，锆石 10～80 g/t。代表性岩石和岩石包体的矿物含量列在表 2-1。

表 2-1 铜陵地区侵入岩矿物含量表(/%)

Table 2-1 Mineral's content in intrusive rocks of Tongling Area(/%)

样号	岩石	结构	Pl	Or	Q	Bi	Hb	Cpx	Mt	Sph	Ap
AC-12	凤凰山石英二长闪长岩	花岗似斑状结构	70	10	16	—	3	—	✓	✓	✓
AC-13	凤凰山岩石包体二长闪长岩	半自形不等粒结构	63	12	—	-	20	—	2	2	✓
AC-53	冬瓜山石英闪长岩		71	7	5	2	14	—	✓	—	✓
AC-16	笔架山石英闪长岩		73	5.6	8	—	11	—	2	0.2	0.2
AC-17	笔架山岩石包体闪长岩		66	-	0.4		30	-	2	1.3	0.3
AC-18			61	0.5	0.5	—	33	—	3	1.8	0.2
AC-19			69	3	0.5	—	24	—	2.3	1	0.2
AC-20	笔架山岩石包体辉石岩	堆积结构	3	—	-	—	16	80	✓	✓	✓
AC-21	白芒山碱长辉长闪长岩	斑状结构，辉绿结构	60	18	--		-	16	5	—	✓
AC-46	鸡冠山碱长辉长闪长岩	辉长辉绿结构	70	7	-	4	—	16	2	✓	✓
AC-213			72	6	—	4	-	13	4	✓	✓
AC-49			58	18		3	—	18	2	✓	✓
AC-49	鸡冠山岩石包体辉石岩	堆积结构	8	-	—	—	-	80	4	✓	8
AC-46	鸡冠山岩石包体伟晶角闪石岩		-	--	—	1	86	—	--	-	5
AC-209	鸡冠山岩石包体角闪石辉石岩		6	-	—	2	35	46	6		5
AC-56	小铜官山灰黑色的辉石化闪长岩	全晶质不等粒结构	73	—	1.4	-	—	22	2.5	0.6	0.5
AC-205	小铜官山灰黑色的辉石化石英闪长岩		75	—	10	--	—	12	2.2	0.6	0.2
AC-206	小铜官山灰黑色的辉石化闪长岩		69	-	—	—	—	30	—	0.5	0.5
AC-101	月山西部地区闪长岩	全晶质不等粒结构	77	6	—	—	12	—	3	2	✓
AC-132	月山铜牛井地表二长闪长岩		70	10	4	1	12	—	1.6	0.7	0.7
AC-135	月山西马鞍山风井二长闪长岩		67	9	5	-	13	-	2.5	1.1	0.4
AC-136	月山西马鞍山风井二长闪长岩		69	8	3	—	17	—	2.2	0.5	0.3
AC-147	月山工程钻 456m 深石英二长闪长岩		68	12	7	0.5	10	-	1.4	0.7	0.4
AC-147	月山工程钻 760m 深石英二长闪长岩		53	21	6.5	1.2	15	—	1	1	0.3

注：Sph—榍石＋氟碳钙铈矿；✓表示微量；AC 46 -伟晶角闪石岩另含有硫化物 4%，以及方解石、绿帘石等。

铜陵地区侵入岩的矿物组成有如下特点：①斜长石含量高，以中长石为主；②钾长石（正长石）含量较高，因此常出现二长闪长岩、石英二长闪长岩和碱长辉长（闪长）岩；③中基性岩石（主要是碱长辉长（闪长）岩）含辉石，几乎不含角闪石，个别岩体中含有富钠钙镁闪石巨晶或聚合大晶体；④碱长辉长（闪长）岩中的铁镁矿物，主要是（富钙）透辉石-次透辉石，其次是镁质黑云母，不出现透辉石-次透辉石与普通辉石、斜方辉石和橄榄石相共生的情况，这是与宁芜、庐枞地区同名岩石（或辉长岩）的重要区别；⑤中酸性岩石（主要是石英二长闪长岩和花岗闪长岩）含角闪石，几乎不含辉石，黑云母含量也很少；⑥副矿物以磁铁矿、榍石和磷灰石为主。

铜陵地区侵入岩中普遍含微量碳硅石。据岳元珍等（1983）研究，采自该区9个岩体中的14个样品中，均有碳硅石存在，呈蓝、蓝灰、蓝绿、灰等色，金刚光泽，硬度极大，折光率很高，干涉色三级蓝绿。狮子山岩体中的碳硅石经X射线测定为α-碳硅石，其X射线粉晶测试数据如下：

d	2.78	2.62	2.52	2.35	2.17	2.00	1.71	1.68	1.54	1.445	1.418	1.312	1.288	1.255	1.089	1.045	1.006	1.000	0.9890	0.9870	0.9810	0.9755
I	3	4	10	7	4	2	2	2	8	2	6	8	2	2	4	5	3	7	4	2	2	5

注：南京地质矿产研究所徐昭仪（1983）测定；d值数据的单位为10^{-10}m.

α-碳硅石是稀有矿物，常产在金伯利岩中，亦见于金刚石砂矿中，其硬度高达9.5。

铜陵地区侵入岩在化学成分上属中酸性岩，平均成分相当于石英闪长岩（表2-2），在$w(Na_2O+K_2O)$-$w(SiO_2)$图上，投入粗玄岩-粗面岩区（图2-2），在$w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图上，投入高钾岩系和橄榄安粗岩系区（图2-3），应属高钾钙碱性岩系。

表2-2 铜陵地区侵入岩岩石化学成分表

Table 2-2 Lithochemical composition of the intrusive rocks of Tongling Area

序号	岩体	岩石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	总量	σ	Ne	Q
			w_B/%															w_B/%	
1	笔架山	石英闪长岩	62.61	0.57	16.83	2.25	1.78	0.06	1.66	5.20	4.91	2.52	0.28	0.40	0.14	99.21	2.8	0	12
2	白芒山	辉石二长闪长岩	53.54	1.14	17.70	3.68	3.29	0.15	2.75	9.52	4.27	2.82	0.12	0.36	0.19	99.53	4.9	3.9	0
3	鸡冠山	辉石二长闪长岩	53.78	1.13	18.01	3.89	2.98	0.16	2.35	7.79	4.70	3.07	0.26	0.64	0.55	99.31	5.6	2.3	0
4	鸡冠山	辉石二长闪长岩	52.35	1.21	17.31	4.56	3.23	0.18	3.11	9.41	4.14	2.70	0.65	0.30	0.18	99.33	5.0	2.6	0
5	鸡冠山	磷灰石角闪石岩包体	34.01	2.85	12.04	6.30	9.50	0.20	9.61	13.55	1.89	0.96	2.86	2.62	$\left(\frac{SO_3}{2.98}\right)$	99.39	−0.9	—	—
6	鸡冠山	磷灰石辉石岩包体	42.07	1.52	7.63	6.42	6.84	0.26	9.38	19.99	1.47	0.22	2.32	1.26	0.55	99.39	−3.1	—	—
7	鸡冠山	磷灰石角闪辉石岩包体	38.60	2.56	10.34	5.40	6.52	0.21	9.59	16.79	1.88	1.16	2.83	1.50	1.52	98.90	−2.1	—	—
8	笔架山	角闪闪长岩包体	53.42	1.08	14.30	3.07	4.35	0.11	5.81	9.25	4.03	2.57	0.23	0.66	0.71	99.59	4.2	—	—
9	笔架山	辉石岩包体	48.15	1.43	12.48	2.11	6.89	0.20	10.69	11.68	2.82	1.35	0.11	1.18	0.96	100.05	3.4	—	—
10	舒家店	辉长岩	47.09	1.24	16.82	5.81	4.95	0.14	3.52	11.33	3.33	1.82	0.59	1.44	1.68	99.76	6.5	5.1	0
11	新桥头	黑云母碱长辉长岩	50.60	1.35	17.03	4.47	5.30	0.20	4.18	8.98	3.77	2.34	0.51	0.80	0.21	99.74	4.9	1.9	0
12	鸡冠山	碱长辉长闪长岩	53.03	1.10	17.63	1.56	6.31	0.16	2.66	7.60	4.58	2.82	0.52	0.62	0.36	98.95	5.5	1.7	0
13	鸡冠山	碱长辉长闪长岩	53.67	1.00	17.59	2.99	4.22	0.15	2.43	8.72	4.50	3.24	0.52	0.66	0.25	100.0	5.6	3.0	0
14	鸡冠山	碱长辉长闪长岩	52.73	1.14	17.77	1.51	6.03	0.18	2.86	8.50	4.47	2.65	0.63	0.32	0.41	99.44	5.2	2.4	0
15	白芒山	碱长辉长闪长岩	55.13	0.86	15.99	0.99	5.58	0.11	1.95	6.28	4.37	4.07	0.38	0.66	0.96	97.63	5.7	0	0

续表

序号	岩体	岩石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	总量	σ	Ne	Q
			w_B/%															w_B/%	
16	雨山	碱长辉长闪长岩	56.64	0.90	16.88	1.40	2.49	0.08	2.98	9.24	4.06	3.02	0.42	0.51	0.05	99.39	3.7	0	2.7
17	雨山	碱长辉长岩	50.95	1.14	17.64	1.68	6.73	0.16	3.40	9.66	4.33	1.82	0.58	0.80	0.10	99.25	4.8	3.2	0
18	东狮子山	碱长辉长闪长岩	54.07	1.04	16.24	3.06	4.26	0.15	3.01	8.72	4.30	2.84	0.44	0.58	0.55	99.23	4.6	0	0
19	杉木岭	辉石闪长岩	54.53	0.90	17.70	2.70	5.73	0.18	3.06	6.72	3.77	2.18	0.39	1.06	0.38	99.32	3.4	--	—
20	缪家	石英二长闪长玢岩	54.39	0.82	15.53	3.81	2.48	0.12	2.09	6.75	3.28	2.80	0.30	3.28	4.99	100.59	3.5	—	--
21	东边张	石英二长闪长岩	59.05	0.75	16.38	2.49	2.47	0.06	2.61	6.39	5.24	2.33	0.30	0.99	0.70	99.76	3.6	—	—
22	山脚村	石英二长闪长岩	59.35	0.79	15.68	2.25	3.91	0.11	2.49	5.56	4.27	3.77	0.31	0.99	0.38	99.96	4.0	—	—
23	狮子山	石英二长闪长岩	59.01	0.82	16.00	1.89	4.53	0.12	2.23	4.87	4.16	4.02	0.27	1.04	0.14	99.19	4.2	0	5.3
24	狮子山	石英二长闪长岩	61.64	0.63	15.83	1.60	2.61	0.09	1.71	4.96	4.23	4.34	0.23	0.99	0.53	99.39	3.9	—	--
25	鸡冠山	石英二长闪长岩	61.05	0.57	16.20	1.91	2.56	0.07	1.33	5.11	4.16	3.31	0.24	1.26	1.66	99.43	3.1	0	12.6
26	铜官山	石英二长闪长岩	62.68	0.56	16.78	1.92	2.19	0.09	1.46	5.29	4.89	2.83	0.28	0.53	0.21	99.71	3.0	0	11.7
27	天鹅抱蛋	石英二长闪长岩	61.01	0.66	16.48	1.40	3.65	0.13	1.75	6.41	4.05	3.09	0.30	0.76	0.38	100.07	2.8	0	10.6
28	矾头	石英二长闪长岩	60.10	0.64	16.15	3.31	2.84	0.06	1.34	4.92	4.24	2.99	0.25	1.29	1.08	99.03	3.1	0	12.01
29	金口岭	花岗闪长岩	63.76	0.16	17.26	1.50	2.28	0.09	1.36	6.30	4.47	2.36	0.17	—	—	100.01	2.2	—	—
30	大团山	花岗闪长岩	63.66	0.57	15.69	1.82	4.07	0.12	1.43	4.06	4.03	3.01	0.23	0.76	0.55	100.00	2.4	0	16.7
31	凤凰山	花岗闪长岩	63.35	0.57	15.87	2.12	2.98	0.09	1.34	4.06	4.34	3.12	0.25	0.97	1.09	100.15	2.7	0	15.7
32	沙滩脚	花岗闪长岩	64.28	0.49	16.39	1.70	2.66	0.07	1.23	3.77	5.08	2.62	0.21	0.71	0.95	100.16	2.8	—	—
33	杉木岭	花岗闪长岩	62.30	0.48	16.02	1.00	2.80	0.10	0.99	2.21	0.97	10.12	0.19	1.69	0.80	99.67	6.4	—	—
34	舒家店	花岗闪长岩	63.77	0.49	15.53	2.23	2.94	0.07	1.33	4.41	4.11	3.10	0.22	0.92	0.82	99.67	2.5	—	--
35	桥头扬	花岗闪长斑岩	61.44	0.47	16.21	0.90	2.39	0.09	0.90	4.09	4.84	3.10	0.21	2.51	2.64	99.73	3.4	-	--
36	新桥头	花岗闪长斑岩	61.75	0.44	16.05	1.70	2.78	0.10	1.56	4.14	3.30	3.14	0.21	2.54	2.56	100.27	2.2	-	--
37	白芒山	辉石二长闪长岩	50.81	1.21	17.16	2.72	5.55	0.14	3.26	9.63	3.73	3.10	0.56	0.76	0.34	98.97	6.0	4.9	0
38	新桥头	辉石二长闪长岩	55.52	0.87	16.69	3.84	3.32	0.18	1.91	6.89	4.49	3.11	0.45	1.10	1.51	99.79	4.6	0	2.6
39	舒家店	辉石二长闪长岩	53.20	1.10	17.85	4.73	4.27	0.19	2.63	8.80	4.46	2.98	0.52	—	—	100.73	5.4	--	—
40	曹山	石英二长闪长岩	57.32	1.06	16.67	0.97	4.54	0.08	1.73	6.27	4.70	3.36	0.35	0.50	2.55	100.10	4.5	0	2.5
41	19～40平均值		59.73	0.70	16.36	2.19	3.56	0.11	1.81	5.52	4.27	3.08	0.29	1.12	1.10	99.84	3.2	0	9.7

资料来源：1～9本书；10～11安徽省地矿局324队，1984，戴汇幅区调报告（1∶5万）；12～18常印佛等，1991；19～41黄许陈、吴才来。

铜陵地区侵入岩在化学成分上，除显示高钾特点外，基性组分中CaO含量较高也是其鲜明的特点；在约75%的岩体中，岩石基性组分的富钙率（或含钙率），即[$w(CaO)/w(CaO+MgO+FeO+MnO+Fe_2O_3)\times100\%$]在40%～57%，平均45.48%，高出戴里平均闪长岩、中国闪长岩（黎彤，1963）和Nockolds平均闪长岩的同一比率达10%～12%，也较宁芜地区中基性侵入岩的含钙率高出10%左右，从而显示富钙特征。这一特征可能是（高位岩浆房中）岩浆遭受了强烈钙质污染（同化混染）的反映。在狮子山等地出现一些碱长辉长闪长岩和碱长辉长岩，如白芒山、鸡冠山、东狮子山、雨山等岩体，均具

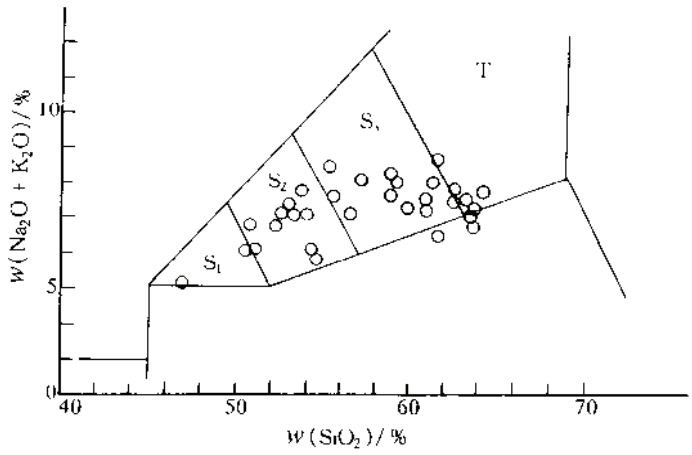


图 2-2 铜陵地区侵入岩 $w(Na_2O+K_2O)$-$w(SiO_2)$图

Fig. 2-2 Diagram of $w(Na_2O+K_2O)$ vs. $w(SiO_2)$ of intrusive rocks of Tongling Area

(据 Le Bas 等，1986)

S_1—粗面玄武岩；S_2—玄武粗安岩；S_3—粗安岩；T—粗面岩

富碱高钾和基性组分中富钙的特点，并出现标准矿物霞石(1.7%～5.1%)，是一种硅酸弱不饱和的岩石，而与之共生的石英(二长)闪长岩则为硅酸过饱和的岩石。显然，两者不可能是同一岩浆经正常分异演化顺序生成的。联系到这类岩石中主要铁镁矿物为(富钙)透辉石-次透辉石(CaO 含量 22%～24%)，以及这类岩体数量少，规模也很小，并往往与(岩)浆夕卡岩密切共生，其形成可能与富碱高钾的石英闪长岩浆受钙质(岩石)强烈污染后，经脱硅作用，液态不混溶分离作用所派生的低硅富碱又富钙岩浆密切相关。

铜陵地区侵入岩的侵位发生在晚侏罗世末，其同位素年龄数据的峰值为 137Ma(见表 2-17)，大致相当于前陆盆地由挤压褶皱阶段向拉张陷落(断陷)阶段转变时期。

2. 高钠碱钙性中基性侵入岩组合（以宁芜地区侵入岩为代表）

这类岩石多为浅成侵入体或潜火山岩，主要由辉长闪长（玢）岩和闪长（玢）岩组成。辉长闪长（玢）岩是铁矿的主要成矿母岩，全晶质细粒-似斑状结构，块状构造，斜长石（$An=42$～69）占 60%～72%，辉石占 16%～63%，以单斜辉石为主，少量斜方辉石。单斜辉石多为普通辉石及普通辉石-次透辉石，少量透辉石（宁芜项目研究小组，1978；贵阳地化所，1987）。斜方辉石为古铜辉石-紫苏辉石。钾长石少量，

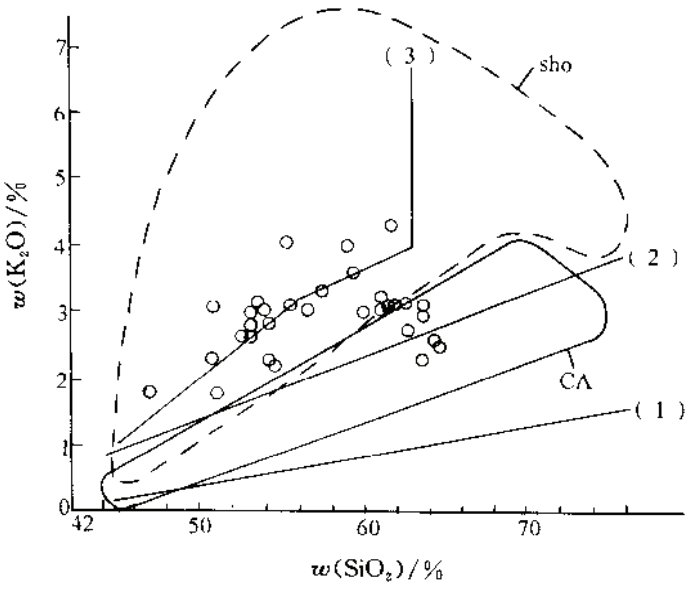


图 2-3 铜陵地区侵入岩 $w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图

Fig. 2-3 Diagram of $w(K_2O)$ vs. $w(SiO_2)$ of intrusive rocks of Tongling Area

(sho，CA 据 Morrison，1980；(1)～(3)据 Peccerillo *et al.*，1976)

sho—橄榄安粗岩系；CA—钙碱性岩系；(1)～(2)线之间区域为中钾岩系；(2)～(3)线之间区域为高钾岩系；(3)线上方部分的区域为橄榄安粗岩系

偶见角闪石和黑云母。副矿物以磁铁矿和磷灰石为主，少量锆石和榍石等。

宁芜地区还见有中细粒辉长岩，除南京蒋庙岩体出露地表外，北段的高古山岩体、大栏杆岩体，中段的阳湖塘岩体和南段的姑山岩体及芜湖市区岩体，均为隐伏岩体。这类岩石具中细粒半自形粒状结构、辉长-辉绿结构，主要由拉长石（$An=63$ 左右）和普通辉石组成，少量黑云母和橄榄石。蒋庙岩体在地表可分为角闪橄榄辉长岩、辉长岩和闪长岩三个相带，深部见有磁铁矿纯橄岩、辉橄岩、橄榄岩和辉岩等超镁铁质岩石包体。据物探资料，蒋庙地区为重磁同高异常区，其磁源重力异常和上延 1000 m 的磁异常图都清楚地反映出深部有较大的超基性-基性岩体存在（常印佛等，1991）。蒋庙、阳湖塘和姑山三个辉长岩中，除阳湖塘辉长岩为中粒结构外，其它以细粒为主。矿物组成：拉长石 63%～66%，辉石 20%左右，以普通辉石为主，少量斜方辉石，唯阳湖塘辉长岩中含辉石少，仅占 8%左右。这些辉长岩的特点是均含黑云母（4%～7%），钾长石（3%，阳湖塘岩体高达 18%）；橄榄石少量，已多分解成磁铁矿、绿泥石等。姑山辉长岩中含橄榄石最多，达 4.3%。黑云母是晚期结晶相，但早于钾长石。黑云母常与细粒斜长石、辉石、磁铁矿和钾长石共生，分布在大颗粒斜长石粒间，部分黑云母作为辉石和角闪石的不连续反应边出现。钾长石是最后结晶的矿物，呈它形粒状分布在其他矿物粒间。阳湖塘辉长岩中的钾长石，其粒径可达 10 mm，包含斜长石、磷灰石、辉石、磁铁矿和黑云母等，呈筛状结构（徐祥等，1994）。

宁芜地区中基性侵入岩化学成分（表 2-3）的显著特点是：①低硅富碱，$w(SiO_2)$ 多在 53%左右，碱总量一般大于 5%，最高近于 10%。因此，σ 大多在 3.3～6 之间（占 83%），平均 4.5±；标准矿物石英的含量低（0～7.5%），近半数岩体出现标准矿物霞石（1.2%～6.5%），也就是说，硅酸弱不饱和岩石与硅酸弱过饱和岩石共生。两种性质截然不同的岩石在同一岩系中出现，最合理的解释是在岩浆演化过程中经受了（围岩）同化混染。②高钠，Na_2O 的含量虽变化较大，但多数岩体中岩石的 $w(Na_2O)>4\%$，最高可达 8.54%，$w(Na_2O)/w(K_2O)$ 一般大于 2；随着 Na_2O 含量增高，岩石中的斜长石从拉、中长石→更长石→钠长石演变，从而出现了钠长闪长岩和钠长岩；Na_2O 对 TFe 含量的变化具有良好的负相关关系，即从辉长闪长玢岩向钠长闪长岩和钠长岩的成岩演变过程中，Na_2O 含量逐渐增高，TFe 含量则逐渐下降（吴言昌，1986），揭示了本类侵入岩与铁矿化富集的密切成因联系。③Fe_2O_3 含量高于 FeO，岩石的氧化度很高，一般大于 0.5，最高达 0.8 以上。因此，磁铁矿相是岩浆过程中一个重要矿物相，并是铁矿流体能够在岩浆演化过程得以形成的基本原因；随着岩石中 Na_2O 含量增高，到钠长闪长岩和钠长岩形成时，甚至可出现赤铁矿（Fe_2O_3）相，如姑山铁矿及与之伴生的钠长岩中常见有赤铁矿。

宁芜地区中基性侵入岩，因富碱已不属于钙碱性岩石，而是碱钙性岩石，如图 2-4 所示。它们虽以高钠为特征，但 K_2O 的含量也不低，在图 2-5 中有 70%以上的样品投入高钾岩系或 Morrison 的橄榄安粗岩系，其平均值也投入高钾岩系或橄榄安粗岩系。因此，总体上仍属高钾碱钙性岩系。

宁芜地区中基性侵入岩形成于早白垩世中晚期，岩石同位素年龄为 123Ma 左右，大致相当于前陆盆地发生强烈拉张断陷的构造阶段。

3. 橄榄安粗岩系火山岩组合

本区橄榄安粗岩系火山岩的产出环境为陆内（或板块内）深断裂带。沿长江深断裂带呈串珠状排列的断陷盆地，是火山岩系集中分布区，构成了特征的断陷火山岩盆地，由西南向东北顺次有怀宁、庐枞、繁昌和宁芜火山岩盆地，其中以庐枞和宁芜火山岩盆地最大，出露最好。此外，在铜陵、贵池等地区有零星分布。橄榄安粗岩系火山岩组合受长江深断裂带控制所造成的这种分布格局，是由于该深断裂带大致与地幔隆起带脊部相对应。地幔隆起及其热效应导致构造上的拉张环境，为地幔岩石部分熔融和岩浆演化提供了有利条件，从而导致橄榄安粗岩浆的形成和喷发。

橄榄安粗岩系火山岩是区内燕山运动强烈的拉张断陷构造变动的伴生产物，形成于白垩纪。宁芜盆地火山岩的同位素年龄为 127～91Ma，庐枞盆地火山岩为 132～108Ma（胡光华等，1982）。

宁芜火山岩自下而上分为四组：龙王山组、大王山组、姑山组和娘娘山组。前两组分布最广，是宁芜火山岩的代表；后两组分布局限，不占重要地位。龙王山组和大王山组的主要成员是玄武粗安岩、粗安岩和粗面岩，与之有关的潜火山岩和浅成侵入岩是辉长闪长玢岩以及辉长闪长岩、钠长闪长岩和

表 2-3　宁芜地区侵入岩岩石化学成分表

Table 2-3　Lithochemical composition of intrusive rocks of Ningwu Area

序号	岩体	岩石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	灼失	总量	σ	Ne	Q
			w_B/%															w_B/%	
1	凹　山	辉长闪长玢岩	54.14	0.89	17.68	3.85	4.93	0.15	3.46	6.20	5.36	1.24	0.34	1.80	0.58	100.62	3.9	—	—
2	南　山	辉长闪长玢岩	52.48	0.88	17.30	5.20	6.03	0.17	2.57	5.04	5.72	1.64	0.30	1.57	—	98.90	5.7	—	—
3	陶　村	辉长闪长玢岩	55.48	0.80	16.65	4.51	5.23	0.09	3.03	4.08	6.00	2.24	0.30	1.73		100.17	5.4	—	—
4	落　星	辉长闪长玢岩	57.12	0.75	17.98	4.24	3.84	0.09	2.04	3.11	6.25	2.83	0.35	1.30	0.37	100.27	5.8		—
5	牛首山	辉长闪长玢岩(2)	53.50	0.96	16.75	4.58	4.26	0.17	4.11	7.13	3.02	1.92	0.40	1.06	1.87	99.73	2.3	--	—
6	大石門	辉长闪长玢岩	53.58	0.78	17.25	3.18	4.10	0.11	7.63	2.86	1.80	3.35	0.39	1.84	2.41	99.28	2.5	—	
7	三板桥	辉长闪长玢岩	54.12	0.97	17.10	5.26	2.27	0.16	3.92	5.21	2.95	3.52	0.35	2.04	2.01	99.88	3.8	--	—
8	歪头山	辉长闪长玢岩	52.14	0.96	18.06	2.97	6.64	0.17	4.35	8.14	2.88	1.90	0.40	0.30	0.72	99.63	2.5	-	—
9	凤凰山	辉长闪长玢岩(3)	53.70	0.71	17.20	3.20	2.45	0.12	3.71	6.75	4.75	1.99	0.23	—	5.11	99.92	4.2	—	—
10	其林山	辉长闪长玢岩	54.24	0.71	16.90	3.33	3.38	0.13	2.98	6.70	6.36	1.86	0.21	-	2.18	99.01	6.0	-	—
11	和睦山	辉长闪长岩	54.02	0.76	17.32	4.24	3.82	0.26	3.90	4.30	6.61	1.63	0.34	1.71	0.80	99.71	6.2	—	-
12	姑　山	辉长闪长岩(2)	54.19	0.74	16.28	5.48	1.91	0.07	3.80	7.41	4.50	1.40	0.27	2.20	1.57	99.82	3.1	—	—
13	白象山	辉长闪长岩	52.75	0.72	17.07	3.00	3.26	0.07	3.42	7.19	5.95	1.27	0.32	1.14	4.04	100.50	5.3	—	—
14	钟　九	辉长闪长玢岩	55.23	0.70	15.74	2.72	3.34	0.11	2.96	6.76	4.84	3.93	0.24	1.25	2.58	100.42	6.3	—	
15	平　均		53.98	0.81	17.09	3.99	3.96	0.13	3.71	5.78	4.79	2.19	0.32	1.30	1.73	99.78	4.4	—	--
16	卧尔岗	辉长闪长玢岩(4)	50.47	0.77	16.64	3.46	2.98	0.10	3.52	10.31	3.94	1.54	0.19		5.95	99.86	4.0	1.5	0
17	吉　山	辉长闪长玢岩(11)	51.93	0.74	16.09	7.92	2.81	0.45	3.62	7.03	4.63	2.04	0.18	-	2.47	99.91	5.0	1.4	0
18	其林山	辉长闪长玢岩(13)	54.34	0.66	16.73	5.20	1.61	0.11	2.72	8.21	4.24	1.90	0.24	—	3.95	99.72	3.3	0	3.2
19	AS山	辉长闪长玢岩(17)	56.87	0.66	17.54	5.06	2.10	0.04	3.35	5.17	5.50	2.04	1.12	—	1.10	100.55	4.1	0	2.6
20	大德山	辉长闪长玢岩(15)	57.21	0.62	17.22	6.13	1.65	-	3.45	5.14	5.41	1.93	0.39	—	—	99.15	3.8	0	2.5
21	南　山	辉长闪长玢岩(2)	52.37	0.89	17.47	4.57	5.63	0.18	3.12	6.41	5.04	1.93	0.33	—	2.50	100.44	5.2	1.2	0
22	和尚桥	辉长闪长玢岩(2)	56.01	1.45	18.11	3.59	2.97	0.10	1.96	5.34	7.21	1.57	0.18	—	0.51	99.00	5.9	4.0	0
23	姑　山	辉长闪长岩(18)	52.72	0.73	16.67	8.30	1.62	0.09	3.05	5.86	3.47	1.56	0.26	0.52	4.65	99.50	2.6	0	5.6
24	钟姑山	辉长闪长岩(3)	56.25	0.66	16.48	3.74	2.75	0.14	2.88	4.28	4.91	3.36	0.19	2.20	2.25	100.09	5.2	0	1.8
25	泰　山	辉长闪长玢岩(2)	51.60	0.91	17.22	1.78	2.28	0.12	3.16	11.76	4.82	1.27	0.19	1.48	3.61	100.19	4.3	5.7	0
26	平　均		53.98	0.81	17.02	4.98	2.64	0.13	3.08	6.95	4.92	1.91	0.33	0.42	2.70	99.87	4.2	—	—
27	梅　山	辉长闪长玢岩(2)	50.44	0.79	16.80	4.27	3.56	0.15	3.33	7.98	4.57	2.45	0.65	—	--	94.99	6.6	4.0	0
28	其林山	辉长闪长玢岩(16)	53.00	0.72	16.66	5.13	1.73	0.11	2.68	8.16	4.40	1.90	0.18	--	—	94.67	4.0	0	0
29	凤凰山	辉长闪长玢岩(6)	52.00	0.73	16.11	2.61	2.25	0.11	3.48	8.60	4.50	1.63	0.13	--	—	92.15	4.2	0	0
30	南　山	辉长闪长玢岩(4)	53.36	0.86	17.96	4.29	4.23	0.16	2.87	6.12	5.83	1.68	0.24	—	—	97.60	5.4	3.1	0
31	陶　村	辉长闪长玢岩(2)	53.88	0.73	16.00	5.79	3.49	0.07	2.93	4.57	5.00	2.21	0.29	—	—	94.96	4.8	0	1.6
32	姑　山	辉长闪长岩(31)	53.77	0.71	16.66	4.73	1.73	0.10	2.76	6.25	3.46	2.28	0.27	—	—	92.72	3.1	0	7.5
33	钟　九	辉长闪长玢岩(30)	56.26	0.62	16.00	2.75	2.18	0.18	2.23	5.48	5.27	3.43	0.25	—	—	94.67	5.7	0	0.4
34	白象山	辉长闪长岩(45)	53.97	0.70	16.79	2.20	2.77	0.13	2.72	5.81	6.07	1.62	0.27	—	—	93.05	5.4	0.5	0
35	平　均		53.34	0.73	16.62	3.97	2.74	0.13	2.88	6.62	4.89	2.15	0.29	-	—	94.36	4.8	0	0
36	姑　山	辉长岩	46.64	0.01	18.18	3.25	7.04	0.23	6.10	10.76	2.90	2.07	0.24	2.41	-	100.83	5.3	6.5	0
37	蒋　庙	辉长岩	50.65	1.08	17.03	4.01	4.97	0.15	4.83	7.71	3.93	2.03	0.44	1.36	1.49	99.68	4.6	0	0
38	阳湖塘	辉长岩	48.12	1.20	17.28	4.93	6.16	0.18	4.86	9.20	3.80	2.01	0.85	0.35	—	99.80	6.6	4.4	0
39	皇姑山	辉长岩	49.52	0.90	17.02	4.55	5.21	0.19	4.38	9.29	3.38	1.21	0.39	1.69	1.79	99.52	3.2	0	0
40	后马厂	辉长岩(2)	44.61	1.01	13.37	4.87	7.11	0.16	11.00	7.84	2.82	1.22	0.29		—	94.30	10	0	0

注：1～15，宁芜研究项目编写小组（1978）；16～26，林师整（1976），宁芜地区岩浆岩平均化学成分，冶金地质科技情报 No. 2；27～35，中国科学院地球化学所（1987），宁芜铁矿形成机理；36，于景林提供；37～38，同 1～15；39～40，宁镇山脉地质志，安徽省区域地质志（1987）。

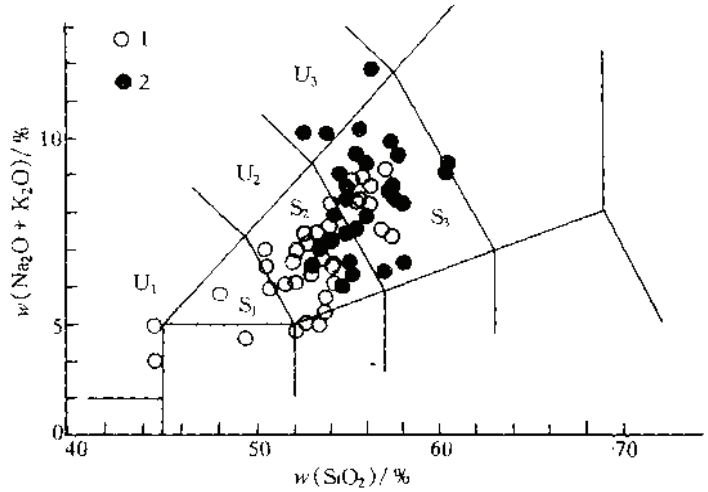


图 2-4 宁芜地区岩浆岩 $w(Na_2O+K_2O)$-$w(SiO_2)$图

Fig. 2-4 Diagram of $w(Na_2O+K_2O)$ vs. $w(SiO_2)$ of magmatic rocks of Ningwu Area

1—侵入岩；2—龙王山组、大王山组火山岩；S_1—粗玄岩；S_2—玄武粗安岩；S_3—粗安岩；U_1—碱碧玄岩；U_2—响碱玄岩；U_3—碱玄响岩

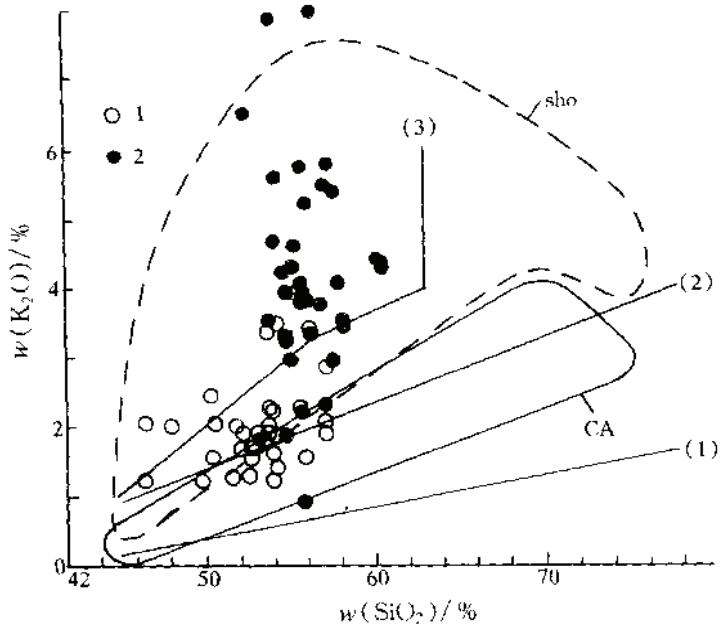


图 2-5 宁芜地区岩浆岩 $w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图

Fig. 2-5 Diagram of $w(K_2O)$ vs. $w(SiO_2)$ of magmatic rocks of Ningwu Area

1—侵入岩；2—龙王山组、大王山组火山岩；sho—橄榄安粗岩系；CA—钙碱性岩系；(1)、(2)、(3) 见图 2-3 图注

钠长岩等。姑山组主要是安山岩。娘娘山组则以碱性火山岩为主，岩石中 K_2O 的含量总是高于 Na_2O，为高钾碱性火山岩，主要岩石有假白榴石响岩、黑云母粗玄岩、蓝方石响岩、蓝方石粗面斑岩和蓝方石霓辉正长岩等。

庐枞火山岩自下而上也分为四个组：龙门院组、砖桥组、双庙组和浮山组。龙门院组和砖桥组以安粗岩和玄武安粗岩为主，双庙组以粗玄岩（碱性玄武岩）和玄武安粗岩为主，浮山组则主要是粗面岩和响岩（黄清涛等，1989；邱检生，1992）。龙门院组分布局限。

繁昌火山岩自下而上分为三个组：中分村组、赤沙组和蝌蚪山组，以粗安岩、安山岩和流纹岩为主，上部出现碱性玄武岩。怀宁火山岩下部为碱性玄武岩，上部为流纹岩。这两个盆地中的火山岩，$w(SiO_2)$大多低于 60%或高于 73%，少数样品在 60%～65%，因而在岩石的 $w(SiO_2)$为 65%～73%之间有一间断。因此，繁昌和怀宁盆地的火山岩具有双模式火山岩特征，其中以怀宁火山岩最为典型。

在岩石化学成分上，本区火山岩大都低硅富碱，尤以高钾为特征（表 2-4）。在 TAS 图上（图 2-6），绝大部分样品投入粗玄岩-粗面岩区，少数投入响岩区；流纹岩投入到流纹岩区，或许是其有着区

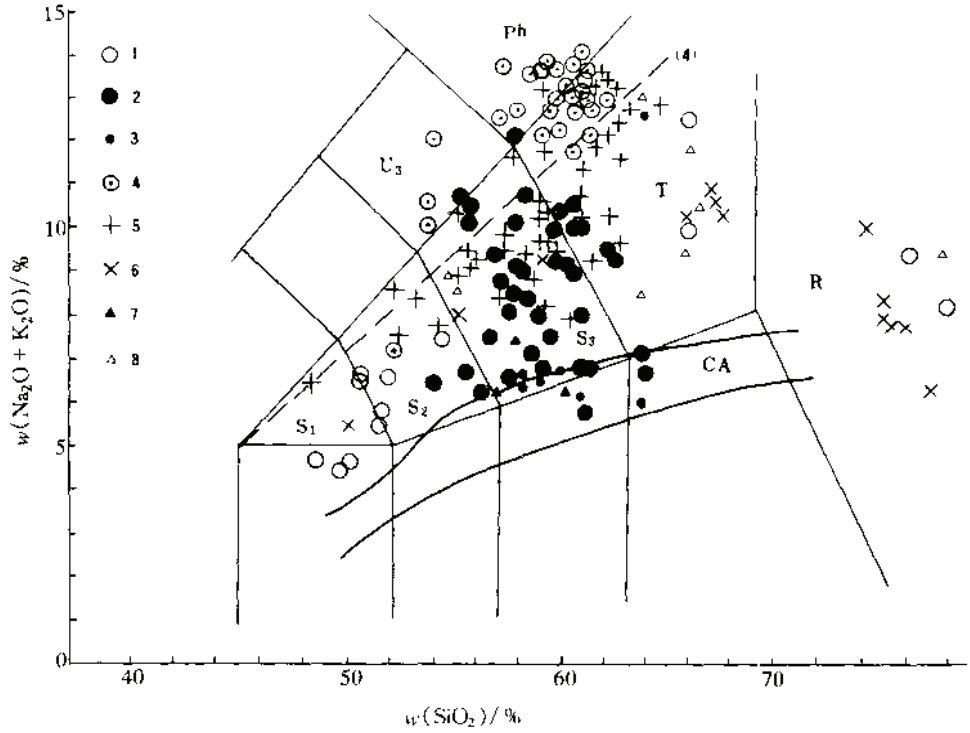


图 2-6　安徽沿江地区火山岩 TAS 图

Fig. 2-6　TAS diagram of volcanic rocks of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

（据 Le Bas 等，1986）

去掉 H_2O 和 CO_2 后作为 100%重新计算

1—繁昌火山岩；2—宁芜地区龙王山组-大王山组；3—宁芜地区姑山组；4—宁芜地区娘娘山组；5—庐枞地区火山岩；6—贵池地区火山岩；7—滁县火山岩；8—怀宁火山岩

S_1—粗玄岩；S_2—玄武粗安岩；S_3—粗安岩；T—粗面岩；R—流纹岩；U_3—碱玄质响岩；Ph—响岩；CA—钙碱性系列火山岩；(4)—修改后的碱性火山岩下限（适用于本区）

内中基性火山岩不同的成因的反映。

图 2-6 显示，本区火山岩属于碱钙性系列到碱性系列。橄榄安粗岩系的基本特点是高钾。在 $w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图解（图 2-7）上，本区火山岩绝大多数投入 Morrison 的橄榄安粗岩区，大部分投入 Peccerillo 等的橄榄安粗岩区。Morrison 的划分比较合理；而 Peccerillo 等只将 $w(SiO_2)<63\%$的岩石定为橄榄安粗岩系，就有可能将同一岩浆岩系列的岩石划归不同的岩系。

从化学成分上看，本区火山岩与国外典型地区的橄榄安粗岩是一致的。Morrison (1980) 对橄榄安粗岩系作了总结，提出的岩石化学判别标志是：①玄武岩中硅酸接近饱和，标准矿物石英或霞石均很少出现；②铁的富集程度较低，在 AFM 图上趋势线平滑；③总碱量较高，$w(K_2O+Na_2O)>5\%$；④$w(K_2O)>w(Na_2O)$，$w(K_2O)/w(Na_2O)$比值：$w(SiO_2)=50\%$时，大于 0.6，$w(SiO_2)=55\%$时，大于 1.0；⑤在 $w(K_2O)$- $w(SiO_2)$图上，$w(SiO_2)<57\%$时，为陡的正斜率（钾与硅同步增长），反之为零或负斜率；⑥富集 P、Rb、Sr、Ba、Pb、LREE，符合钾的富集特征；⑦$w(TiO_2)$低，小于 1.3%；⑧$w(Al_2O_3)$含量较高，为 14%～19%；⑨$w(Fe_2O_3)/w(FeO)$比值高，大于 0.5。本区火山岩基本符合 Morrison 的标准，唯第⑤条不符。宁芜、庐枞火山岩在 $w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图上均呈现陡的正斜率，未出现零或负斜率，这或许是大陆橄榄安粗岩系的特点之一。是否出现零或负斜率，可能与原始岩浆的性质及演化有关，因此，不宜作为判别标志。

总之，宁芜和庐枞火山岩系属橄榄安粗岩系，是可以成立的。

表 2-4 安徽火山岩与国外同类岩石化学成分对比表

Table 2-4 Petrochemical composition comparison of volcanic rocks between Anhui and other places of the world

序号	岩石与产地		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	总量	σ	Cr	Ni	Nb	Zr	Th	Ce	Rb	Sr	Ba
			w_B/%															$w_B/10^{-6}$								
1	玄武岩	岛弧(24)	50.62	0.83	16.01	4.11	4.55	0.17	6.24	9.26	2.93	2.74	0.44	1.62	0.16	99.68	4.2	156	50	—	67	1.3	—	59	943	683
2		美国黄石公园(21)	51.41	0.83	15.73	4.54	3.60	0.11	5.98	6.96	3.12	3.86	0.61	3.11	0.01	99.87	5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3		秘鲁南部(1)	50.30	1.92	14.47	4.16	4.80	0.13	8.02	7.31	3.14	2.66	0.68	2.80	—	100.39	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	玄武安山岩	岛弧(22)	55.46	0.93	16.75	2.55	4.01	0.11	4.81	6.71	2.94	3.66	0.60	1.21	0.04	99.78	3.5	141	53	—	121	4.3	—	63	956	567
5		美国黄石公园(5)	54.62	0.82	18.11	3.92	3.22	0.11	3.74	5.68	3.48	3.75	0.47	1.51	0.58	100.01	4.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6		秘鲁南部(8)	54.49	1.86	14.97	4.96	3.34	0.13	5.20	6.37	3.60	3.04	0.77	1.18	—	99.91	3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	安山岩	波多黎各(2)	58.20	1.05	17.90	2.55	3.40	0.07	2.74	3.19	3.18	5.64	—	—	—	97.92	5.1	37	22	—	93	4.9	—	199	642	658
8		美国黄石公园(2)	59.09	0.61	17.79	3.85	1.37	0.05	1.62	3.58	4.45	5.57	0.37	1.90	—	99.98	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9		秘鲁南部(6)	59.13	1.16	15.93	4.87	1.18	0.11	2.61	4.71	4.08	3.58	0.53	1.95	—	99.84	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	美国火口湖玄武安山岩(1)		54.2	1.30	18.3	2.50	5.16	0.11	4.29	7.55	3.82	2.12	0.64	2.24		99.28	3.2	45	45	10	216	4	75	43	1750	1010
11	美国阿布萨洛卡	玄武岩	52.2	1.11	17.4	—	8.96	0.15	5.93	8.08	4.02	0.82	0.53	0.31	—	99.52	2.6	163	87	—	—	1.1	57	25	1050	1020
12		玄武安山岩	54.90	0.83	16.2	—	7.54	0.13	4.00	6.62	4.16	2.84	0.39	0.62	—	98.20	4.1	81	61	—	—	5	70	88	1300	1900
13		玄武安山岩	56.5	0.79	16.9	—	6.87	0.10	3.87	6.32	4.13	3.24	0.39	0.41	—	99.50	4.0	62	27	—	—	5.7	63	93	0.90	2050
14		安山岩	58.2	1.09	16.1	—	5.64	0.10	3.50	5.10	3.83	4.03	0.61	0.43	—	98.64	4.1	18	20	—	—	13	72	156	760	1650
15		英安岩	66.7	1.08	12.2	—	4.18	0.06	2.94	3.99	2.99	4.82	0.66	0.71	—	100.3	2.6	25	18	—	—	20	65	152	427	1270
16	意大利	高钾钙碱性火山岩	55.02	0.81	17.01	5.47	1.31	0.13	4.21	9.12	2.36	1.77	0.11	2.59		99.91	1.4	83	13	10	108	—	15	70	458	347
17		玄武岩	49.63	1.16	17.66	3.25	5.08	0.15	5.56	9.58	3.26	2.59	0.46	1.56		99.92	5.2	94	47	19	145	10	83	111	844	910
18	庐枞	浮山组响岩等(13)	60.24	0.63	18.53	2.57	1.44	0.17	0.61	1.45	4.99	7.17	0.23	0.21	1.08	99.32	8.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19		双庙组玄粗岩等(9)	53.27	0.99	17.70	4.11	3.42	0.15	3.32	4.89	4.27	4.75	0.47	0.71	1.56	99.61	7.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20		砖桥组安粗岩等(21)	57.69	0.74	17.37	5.33	1.73	0.12	1.69	3.14	4.45	5.39	0.32	0.24	1.59	99.80	6.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21		三组平均(43)	57.07	0.79	17.87	4.00	2.20	0.15	1.87	3.16	4.57	5.77	0.34	0.39	1.41	99.59	7.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22		双庙橄辉玄粗岩(1)	49.30	1.08	17.71	3.92	3.90	0.19	5.39	4.87	3.83	4.32	0.55	3.00	1.97	100.03	11	15	17.5	—	131	9.2	73	137	762	751
23		双庙橄辉玄粗岩(1)	51.00	1.05	17.52	4.73	4.09	0.15	5.13	6.05	3.54	3.73	0.55	1.53	0.32	99.39	6.6	16	12.8	—	110	12.1	80	120	1043	644
24	宁芜	平均值(50)	56.85	0.73	17.11	5.03	2.66	0.17	2.20	3.57	4.40	3.99	0.31	—	—	—	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25		娘娘山组(28)	57.55	0.49	19.76	2.48	1.24	0.10	1.00	2.35	4.37	7.91	0.17	1.37	0.74	99.53	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26		姑山组(5)	57.12	0.70	16.51	3.53	3.13	0.08	2.45	5.61	3.58	2.40	0.24	2.08	2.08	99.51	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27		大王山组(17)	56.81	0.76	16.70	5.09	2.76	0.13	2.06	3.69	4.48	3.75	0.38	3.01		99.62	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28		龙王山组(18)	55.31	0.76	17.12	6.03	2.46	0.31	2.13	2.85	3.83	4.61	0.34	4.12		99.87	5.8	—	—	—		—	—	—		—
29		四组平均(68)	56.70	0.68	17.52	4.28	2.40	0.16	1.91	3.63	4.07	4.67	0.28	3.35		99.65	5.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30		娘娘山响岩质凝灰岩(1)	55.43	0.58	18.49	3.97	0.33	0.13	1.18	2.46	2.81	8.47	0.23	1.79	2.18	98.34	10	9	4.3	—	335	23	230	209	487	1180
31		娘娘山黝方石响岩(1)	60.34	0.52	18.90	1.59	1.11	0.13	0.56	2.50	6.27	7.49	0.14	0.54	0.18	99.82	11	7.5	7.2	—	—	12	—	—	305	395
32		龙王山角闪粗安岩(1)	57.85	0.61	17.14	5.74	2.29	0.17	1.23	1.11	5.46	4.08	0.35	1.59	1.99	99.67	6.1	13	5.7	—	50	5.8	56	102	261	1390

注：1～9. Morrison，1980；10. Bacon，1990；11～15. Meen，1987；16～17. Beccaluva 等，1991；18～21. 黄清涛等，1989；其它，本书。

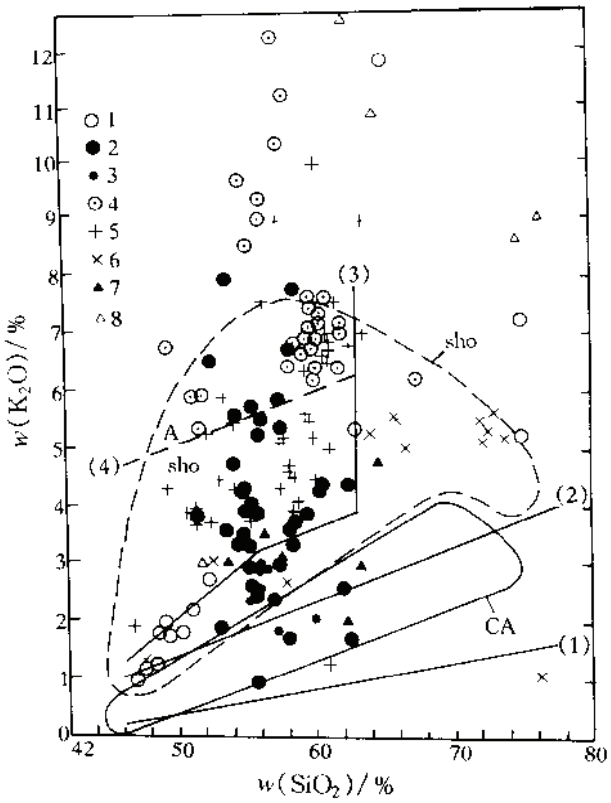


图 2-7　安徽沿江地区火山岩 $w(K_2O)$-$w(SiO_2)$图

Fig. 2-7　Diagram of $w(K_2O)$ vs. $w(SiO_2)$ of volcanic rocks in the Along-Changjiang Area of Anhui Province

sho、CA 据 Morrison，1980；(1) ～ (3) 据 Peccerillo 等，1976；(4) 本书

1～8，同图 2-6 图例；A—碱性岩系；sho—橄榄安粗岩系；CA　钙碱性岩系；(1) 线至 (2) 线区域为中钾岩系；(2) 线至 (3) 线区域为高钾岩系；(3) 线以上区域为橄榄安粗岩系

本区的玄武岩均富碱高钾，$\sigma=6$ 左右，少数高达 8～10。CIPW 标准矿物中，均无石英，霞石含量为 0～7%（表 2-5）。在 $w(Na_2O+K_2O)$- $w(SiO_2)$玄武岩分类图解上，均投入碱性玄武岩区。因此，本区玄武岩属碱性玄武岩（图 2-8）。

4. 高钾碱性火山岩组合

宁芜地区的娘娘山组火山岩含大量副长石以及碱性铁镁矿物（霓石），以各种响岩为主，为典型碱性火山岩，形成于晚白垩世，同位素年龄为 110～97Ma。娘娘山组的岩石化学特点是 $w(K_2O)$明显高于 $w(Na_2O)$，$\sigma>9$，除个别样品外，均出现标准矿物霞石。娘娘山组分两个喷发旋回，每个旋回从早至晚，矿物成分和化学成分均出现有规律的变化，如第一旋回由早到晚，假白榴石斑晶的含量，由 40% 到 3%到完全消失，而黑云母和单斜辉石的含量逐渐增大，斜长石斑晶的成分也越来越基性，由钠长石（$An=8$ 左右）到中长石（$An=40$ 左右）；蓝方石的含量也向晚期增加。相应地，由早到晚，火山岩中钾的含量不断降低，钠的含量则渐次增高，两者连续变化并互为消长；Rb 降低，而 Ca、Sr、Ba 增高。

娘娘山组火山岩并未形成一个独立的岩系。首先，在岩石化学组成上与龙王山组、大王山组一脉相承，构成一个完整的演变系列，其与后者的主要差别是含有更高的钾和全碱；其次，它是宁芜地区火山活动最晚阶段的产物，这时，火山活动已经收缩到一个点上，能量已经减弱，加之间歇时间较长，有较好的分异演化条件，暗色矿物及斜长石大量分离出去，导致高钾富碱火山岩的形成。可见，它是橄榄安粗岩浆高度分异演化的产物。庐枞地区的浮山组和双庙组与娘娘山组类似，十分接近碱性火山岩组合，虽未分出一个碱性火山岩组，但有 20%以上的样品投入到碱性岩区（图 2-6、2-7），本质上与

表 2-5　安徽沿江与邻区玄武岩化学成分

Table 2-5　Chemical composition of basalt in the Along-Changjiang Area of Anhui Province and its adjacent areas

序号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
岩石		碱性玄武岩																			
SiO_2		46.95	48.40	49.14	47.60	50.26	52.34	51.02	49.23	49.30	51.00	51.47	46.69	52.53	52.28	47.62	52.60	51.11	48.80	49.73	44.32
TiO_2		1.49	1.48	1.35	1.63	1.29	1.30	1.88	1.64	1.08	1.05	0.95	1.65	0.90	0.95	1.81	1.15	1.15	1.66	1.04	2.22
Al_2O_3		18.75	18.04	17.78	17.27	17.18	17.65	16.97	18.44	17.71	17.52	17.41	16.78	18.08	16.81	16.77	17.01	16.72	17.57	16.93	14.62
Fe_2O_3		4.10	3.37	4.11	5.81	8.15	6.48	7.92	7.18	3.92	4.73	3.98	5.58	4.12	4.57	9.02	7.42	6.15	6.03	5.32	3.22
FeO		5.59	5.54	5.08	3.58	2.59	1.81	2.31	2.60	3.90	4.09	4.62	5.23	4.21	3.61	1.91	0.35	2.47	3.16	2.11	6.86
MnO		0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.13	0.20	0.19	0.15	0.20	0.18	-	0.18	0.21	0.14	0.12	0.12	0.17	0.23
MgO		4.45	4.53	4.94	4.32	3.48	2.86	3.13	2.33	5.39	5.13	4.16	5.65	3.50	3.07	3.34	3.11	5.29	4.53	2.16	9.58
CaO	w_B/%	10.91	10.49	9.00	10.46	8.95	6.58	7.68	8.79	4.87	6.05	5.58	8.00	6.58	6.15	7.71	4.96	7.46	8.61	9.77	9.71
Na_2O		3.50	3.30	3.49	3.06	3.56	1.52	4.32	4.58	3.83	3.54	4.34	4.35	3.74	3.73	3.98	4.55	4.10	3.49	3.87	4.58
K_2O		0.96	1.18	1.94	1.16	1.75	2.68	2.15	1.72	4.32	3.73	3.76	1.88	3.72	5.25	1.25	3.00	1.86	1.45	1.88	1.68
P_2O_5		0.19	0.32	0.54	0.85	0.62	0.35	0.98	0.94	0.55	0.55	0.76	0.85	—	0.60	0.80	1.10	0.57	—	0.45	0.98
H_2O^+		1.93	—	--	--	—	--	-	—	3.00	1.53	--	—	1.90	—	--		-	--	—	1.63
CO_2		0.46	—	-	—	--	-	—	--	1.97	0.32	—	--	-	—	—	--	0.20			
灼失		—	2.32	2.24	4.16	2.12	2.66	2.04	2.56	—	—	2.18	2.25	—	2.70	4.44	4.62	1.94	4.27	4.09	
总量		99.63	99.12	99.76	100.04	100.09	99.35	100.54	100.21	100.03	99.39	99.35	99.09	99.28	99.93	99.86	100.01	99.14	99.69	100.00	99.63
σ		5.03	3.72	4.80	4.95	3.88	5.55	5.22	6.37	10.5	8.39	7.74	10.5	5.84	8.69	5.92	5.94	4.39	4.21	4.91	29.7
Ne	w_B/%	4.0	0.4	0.9	0	0	0.3	0	3.3	4.9	0.8	3.3	7.0	1.2	4.7	0	0	0	0	0.7	15.5
Q		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：1～8，蜈蚣山组；9～14，双庙组；15～16，贵池；17，江苏上党；18～19，湖北太和灵乡；20，釜山。

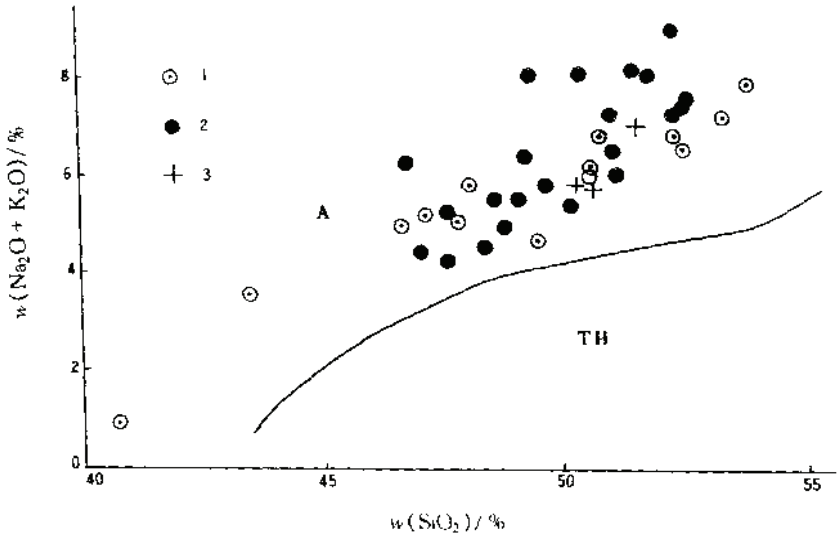


图 2-8　长江中下游玄武岩分类图（Handman，1972）

Fig. 2-8　Classification of basalt along the Middle and Lower Reaches of Changjiang River

A--碱性玄武岩；TH--拉斑玄武岩

1—辉长岩；2--玄武岩；3--橄榄安粗岩系玄武岩（G. W. Morrison，1980）

宁芜地区火山岩无异。这表明，碱性玄武岩质母岩浆充分地分异演化，可以出现富钾的碱性岩。

（二）外带——钙碱性岩系

1. 北外带

由滁县—庐江沙溪一带的中酸性小侵入体组成，岩体侵位时代有两期：①燕山早期，以滁县岩体和黄道山岩体为代表，形成于晚侏罗世末或早白垩世初，岩石同位素年龄为 134.3Ma 和 134.5Ma，与内带铜陵地区的中酸性侵入岩十分接近；②燕山晚期，以沙溪岩体为代表，形成于早白垩世，岩石同位素年龄为 126.8Ma（任启江等，1995），与内带断陷火山岩盆地的火山-潜火山岩形成年龄基本一致。燕山早期侵入岩，主要岩石为花岗闪长斑岩和石英闪长玢岩，部分岩石具似斑状结构，斑晶矿物为斜长石、角闪石、黑云母和石英，突出的特征是，石英和黑云母斑晶以及部分斜长石斑晶常被强烈溶蚀。使之具有特殊的“熔斑”结构；基质主要由斜长石、钾长石、石英微晶和少量细小的角闪石组成，有时呈现特征的显微文象结构。这些都是与内带铜陵地区中酸性侵入岩显著差异之处。另一部分岩石则具有与铜陵地区中酸性岩石相同的结构特征，并在矿物组成及副矿物组合特征上也与之相似。在岩石化学成分上，也与铜陵地区中酸性侵入岩相似，亦具富碱高钾特征（表 2-6），属高钾钙碱岩石系列。在

表 2-6　安徽沿江地区北外带侵入岩化学成分

Table 2-6　Petrochemical composition of intrusive rocks of the north outer zone of the Along-Changjiang Area of Anhui Province

序号	岩体	岩石	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	CO_2	灼失	总量	σ
			w_B/%															
1	黄道山	花岗闪长斑岩	64.71	0.58	14.85	0.52	3.66	0.09	1.89	4.03	4.03	3.42	0.16	—	—	—	97.97	2.6
2			65.19	0.42	15.66	0.50	3.24	0.08	1.50	3.35	4.37	3.54	0.17	—	-	—	98.02	2.8
3			65.65	0.43	15.68	0.87	2.32	0.09	1.23	3.11	3.76	3.86	0.16	-	—	—	97.16	2.6
4			64.89	0.48	15.39	0.66	3.18	0.05	1.69	3.48	3.87	3.71	0.17	—	—	—	97.57	2.6
5	沙溪	石英闪长玢岩	55.83	0.60	17.41	3.67	2.73	0.06	2.27	5.07	4.81	1.72	0.38	1.75	1.58	1.61	99.49	3.3
6		辉石闪长玢岩	53.92	0.78	17.36	3.48	4.53	0.13	2.66	8.93	3.84	1.85	0.49	—	—	—	97.97	3.0
7		角闪闪长玢岩	54.88	0.62	16.06	2.84	4.03	0.08	3.57	5.62	4.51	1.85	0.36	—	—	—	94.42	3.4
8		石英闪长玢岩	60.07	0.52	16.51	2.43	3.00	0.04	1.95	3.14	5.40	2.01	0.25	—	—	—	95.35	3.2
9			63.48	0.42	14.74	2.66	2.00	0.04	1.68	1.84	3.86	2.72	0.22	—	—	—	93.66	2.1
10			57.67	0.58	16.68	3.11	3.40	0.10	2.44	4.46	5.14	2.31	0.28	—	—	—	96.16	3.8
11		花岗斑岩	68.54	0.35	13.35	3.43	2.71	0.05	1.01	1.55	4.16	4.02	0.14	—	—	—	99.31	2.6
12	滁县	石英闪长玢岩	62.7	0.53	14.9	1.4	2.71	0.05	4.09	4.59	4.28	3.24	0.27	—	—	1.69	100.09	2.9
13			62.76	0.50	14.81	2.74	2.57	0.06	3.62	4.33	4.32	3.20	0.25	—	—	1.23	100.39	2.9
14		花岗闪长斑岩	63.75	0.67	15.26	3.06	1.87	0.09	2.0	4.15	5.2	1.18	0.34	—	-	1.0	98.57	2.0
15			62.81	0.46	14.71	4.08	2.42	0.07	3.15	4.06	4.36	3.15	0.22	—	-	1.12	100.61	2.9
16			64.77	0.44	15.09	4.28	2.5	0.04	2.67	3.53	4.07	3.47	0.22	-	-	1.63	102.71	2.6
17			63.31	0.5	15.03	4.51	2.55	0.04	2.96	3.74	4.0	3.15	0.22	—	—	2.24	102.25	2.5
18			63.67	0.47	15.21	1.17	2.78	0.05	2.69	3.98	4.15	3.1	0.21	—	—	1.81	102.29	2.5
19			64.35	0.45	14.91	4.86	2.7	0.06	3.3	3.8	4.15	3.07	0.21	—	—	1.03	102.89	2.4
20	大夏	二长花岗岩	68.14	0.43	13.93	1.57	1.91	0.08	2.95	1.52	3.82	5.05	0.15	-	—	1.01	100.54	3.1

注：1～4，赵传亮（1987）；5，本书；6～11，任启江等（1991）；12～20，安徽省地矿局区域地质调查队（1977），1∶20 万南京幅区域地质调查报告。

含矿性方面，以铜、金、（铁）为特征，与之有关的矿床（点），亦主要以夕卡岩型，如滁县夕卡岩型铜矿床，苏家湾夕卡岩型铜、金、（铁）矿点，黄道山夕卡岩型铜矿点和大马厂夕卡岩型铜、金矿点等。这些特点表明，北外带燕山早期中酸性侵入岩，在原始岩浆来源及成因方面亦可能与铜陵地区侵入岩有密切的联系。

燕山晚期形成的沙溪岩体，主要岩石为石英闪长玢岩和辉石（或角闪石）闪长玢岩，具有发育的似斑状结构，斑晶矿物主要是斜长石，其次是角闪石或辉石，部分岩石中偶见具熔蚀特征的石英斑晶；基质主要由斜长石、石英以及角闪石、黑云母等细-微晶组成；岩石中钾长石稀少。岩石的化学特征是低硅富碱，但 $w(Na_2O)$＞(或≫)$w(K_2O)$是其鲜明特征；σ 值由 2.1～3.8，多数近于或高于 3.3，展现由钙碱性岩石向碱钙性岩石过渡特征。据任启江等（1995）的资料，沙溪石英闪长玢岩具有高 $w(Sr)$(1106.8×10^{-6})，低 $w(Cr)$(6.9×10^{-6})、$w(Ni)$(6.7×10^{-6})和相对富 $w(LREE)$(89.15×10^{-6})的特点，并且 $w(Sm)/w(Nd)$比值低（0.15～0.22），显示原始岩浆具有壳幔混合来源特点。在含矿性方面，以富铜、金为特征，形成了沿江成矿带内已发现的唯一与燕山晚期中酸性侵入岩有关的大中型斑岩铜（金）矿床。

2. 南外带

由贵池的乌石、马头、牛背脊、安子山，经青阳的五昌庙、铜山墩，泾县的北贡牧牛山、许家山，茂林铜炉山，直到宣州麻姑山-狸头桥和周王-溪口一带的中酸性小斑体组成。这些岩体侵位于晚侏罗世末，岩石同位素年龄（Ar-Ar 法）为 135.5～139Ma，与内带铜陵地区中酸性侵入岩的形成时代一致。主要岩石为花岗闪长斑岩，局部有石英闪长玢岩和辉石闪长（玢）岩。花岗闪长斑岩的鲜明特点是，具有以被熔蚀的石英斑晶为主的似斑状结构，斑晶矿物中除石英外，还有斜长石、角闪石、黑云母、钾长石，有时磷灰石、榍石亦呈斑晶出现。基质主要由斜长石、石英、钾长石和少量角闪石组成，具半自形-他形微晶相嵌结构，或由钾长石＋斜长石＋石英组成的显微文象结构和显微花岗结构。副矿物主要为磁铁矿、榍石和磷灰石，微量锆石和硫化物。少部分岩石（主要是石英闪长玢岩和辉石闪长岩）具有与铜陵地区侵入岩相似的不等粒半自形粒状结构。南外带花岗闪长斑岩在岩石化学成分上（表 2-7），较内带中酸性侵入岩高硅富铝、标准矿物中出现刚玉（含量 1.41%～3.35%），表明属于过铝质岩石；碱总量虽低于内带中酸性侵入岩，但 K_2O 含量则与之相当（图 2-9）；$w(\Sigma REE)$在 167.6×10^{-6}～196.82×10^{-6}之间，与内带中酸性侵入岩相近，但 $w(LREE)/w(HREE)$比值较低，为 2.77～4.32，Eu 显示弱亏损($\delta Eu=0.70\sim0.86$)，$w(Sm)/w(Nd)$比值低，为 0.18～0.21。这些特点表明，南外带中酸性侵入岩可能为壳幔混源成因。一方面由于幔源岩浆对地壳物质的同化（混染）作用较强或被同化的主要是上地壳物质，导致岩石中钾硅质含量增高；另一方面可能反映了幔源岩浆的部分熔融程度较高，导致岩浆总碱量降低。

在 Irvine（1971）硅碱图（图 2-10）上，南外带侵入岩落在 B 区上部，即可能属钙碱性系列，但它们在 AFM 图上未呈现富铁趋势，故判定属钙碱性系列。南外带侵入岩的 σ 值在 2.31～3.07 之间，在 σ-$w(SiO_2)$图（图 2-11）上，投点范围介于铜陵地区和皖南山区广义花岗岩类之间，显示出过渡特点。此外，南外带侵入岩亦具有与内带中酸性侵入岩相同的低 MgO，低 Cr、Ni 和富 LREE 及 Th 的特点（见表 2-15）。因此，它们虽具有介于内带中酸性侵入岩与皖南花岗岩之间的过渡性质，但更偏向于前者。

与南外带侵入岩有关的矿产主要为铜、钼、（钨、）铅、锌和银。矿床（点）主要夕卡岩-热液型和斑岩型，前者已有重要工业矿床（如麻姑山铜钼矿床）和一些中小型矿床；后者则尚未找到具工业价值的矿床，仅有少数重要矿点或小矿床。从主要成矿元素组合特征上看，南外带侵入岩亦显示过渡特征，即从内带侵入岩的 Cu、Fe、Au、Ag、Pb、Zn 到南外带的 Cu、Mo、（W、）Pb、Zn、Ag 到皖南花岗岩的 W、Mo（Pb、Zn）。

（三）A 型花岗岩带

安徽沿江地区沿长江两岸有两条 A 型花岗岩带，一条在江北，由怀宁香茗山岩体，经安庆大龙山岩体、枞阳城山岩体到黄梅尖岩体，作 NE 方向延伸，长 100 km 以上；另一条在长江南岸，由贵池花