目　录

第一篇　金矿地质及物化遥研究

第一章　区域地质背景 …… 1
第一节　盖层岩石单元构造层 …… 3
一、盖层岩石单元 …… 3
二、盖层构造层 …… 3
第二节　基底特征与展布 …… 6
一、华北陆块基底 …… 6
二、张八岭构造带 …… 7
三、扬子陆块 …… 8
四、变质镁铁质岩系与成矿 …… 9
第三节　区域构造格架 …… 9
一、构造单元划分 …… 9
二、一级构造单元边界 …… 9
三、二级构造单元划分及其特征 …… 10
第四节　断裂系统 …… 12
第二章　构造控岩控矿作用 …… 14
第一节　断裂控矿作用 …… 14
一、区域控岩控矿断裂构造 …… 14
二、张八岭构造带断裂控矿作用 …… 17
三、扬子陆块前陆北缘龙王尖、大庙山断裂控矿作用 …… 20
四、蚌埠地区构造控矿形式 …… 22
第二节　构造地球化学特征 …… 22
一、区域控矿断裂构造地球化学特征 …… 22
二、容矿断裂构造地球化学特征 …… 24
三、构造控矿形式 …… 27
第三章　中生代岩浆作用与成矿 …… 29
第一节　扬子前陆北缘(过渡型)高钾闪长岩系 …… 29
一、岩系空间分布特征 …… 29
二、岩石学特征 …… 30
三、岩石地球化学特征 …… 31
四、同位素地质特征 …… 36
五、岩浆作用与成矿 …… 36

第二节　张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩系 …… 37
一、岩系空间分布特征 …… 37
二、岩石学特征 …… 38
三、岩石地球化学特征 …… 40
四、岩浆作用及成矿 …… 48
第三节　华北陆块东南缘蚌埠隆起地区花岗岩 …… 49
一、问题的提出 …… 49
二、区域岩石学特征 …… 51
三、岩石地球化学 …… 53
四、岩浆作用与成矿 …… 57
第四章　区域地球物理、地球化学特征 …… 59
第一节　重力、航磁资料的区域分析 …… 59
一、华北陆块异常区 …… 60
二、张八岭异常区 …… 62
三、滁州异常区 …… 63
第二节　区域地球化学特征 …… 65
一、微量元素含量特征 …… 65
二、微量元素组合特征 …… 67
三、微量元素空间分布特征 …… 71
四、金及其相关元素地球化学异常特征及分布 …… 71
第五章　遥感地质解译 …… 76
第一节　遥感信息源及解译方法 …… 76
一、图像类型 …… 76
二、TM 卫星图像处理与信息提取 …… 76
三、遥感解译方法 …… 77
四、遥感地质解译标志 …… 77
第二节　线形、环形构造遥感解译研究 …… 79
一、线性断裂构造 …… 79
二、环形构造 …… 86
三、侵入岩解译 …… 91
第三节　遥感找矿信息提取 …… 92
一、五河大巩山地区 …… 92
二、管店—石店子地区 …… 93
三、黄渠树—马厂地区 …… 96
第六章　成矿地质条件分析 …… 100
第一节　矿化系列与矿床类型 …… 100
一、矿化系列 …… 100
二、金矿类型 …… 102
第二节　主要金矿床地质特征 …… 104

一、毛山金矿床 …… 104
二、大巩山金矿床 …… 106
三、荣渡金矿床 …… 109
四、小庙山金矿床 …… 114
五、大庙山金矿床 …… 115
六、滁州夕卡岩型铜金矿床 …… 117
七、马厂砂金矿床 …… 119
第三节 控矿因素 …… 119
一、地层含金性及控矿特征 …… 120
二、构造控矿作用 …… 124
三、岩浆岩控矿作用 …… 125
第四节 成矿物质来源及成矿作用 …… 128
一、成矿物质来源 …… 129
二、成矿热液性质 …… 133
三、成矿作用 …… 135
第五节 区域成矿模式 …… 137
一、区域深部地质特征 …… 137
二、成岩成矿系列 …… 138
三、构造控矿特征 …… 139
四、矿床成因 …… 140

第二篇 应用GIS进行金矿资源评价

第七章 地理信息系统概述及应用研究现状 …… 145
第一节 GIS应用研究现状 …… 146
一、国外研究与应用现状 …… 146
二、国内研究与应用现状 …… 147
第二节 GIS软硬件运行环境 …… 147
一、GIS软件系统的选择 …… 147
二、PC ARC/INFO功能简介 …… 148
三、PC ARCVIEW功能简介 …… 149
四、软硬件环境配置 …… 152
第八章 地学空间数据库建设与制图 …… 154
第一节 地学空间数据库建设 …… 154
一、标准化设计 …… 154
二、图件资料收集与准备 …… 158
三、按标准分层对图元编用户号 …… 159
四、物化探图形数据的转换 …… 163
五、属性数据的采集与编辑 …… 165
六、图形数字化及编辑修改 …… 168

七、图层数据建立拓扑关系 …… 182
八、地质图图层预处理 …… 184
九、图层的矢量数据与属性数据的连接 …… 188
十、图形拼接 …… 189
第三节 制图 …… 192
一、1∶200000 安徽东部地区地质图 …… 192
二、1∶200000 安徽东部地区汇水盆地图 …… 196
第九章 金矿资源评价 …… 199
第一节 评价程序及工作流程 …… 199
一、基本程序及流程 …… 199
二、空间分析技术要点 …… 200
第二节 评价模型与地质变量 …… 201
一、金矿地质模型 …… 201
二、评价模型及地质变量 …… 206
第三节 评价方法与数学模型 …… 220
一、矿床定位预测 …… 220
二、金矿资源量预测 …… 233
第四节 成矿远景分析及预测评价 …… 240
一、成矿单元划分 …… 240
二、找矿远景分析及预测 …… 240
第五节 评价方法评述及今后工作建议 …… 242
结 语 …… 244
参考文献 …… 248
英文摘要 …… 249

CONTENTS

PART A
GOLD ORE GEOLOGY AND GEOPHYSICAL PROSPECTING, GEOCHEMICAL EXPLORATION AND REMOTE SENSING RESEARCH

CHAPTER 1 REGIONAL GEOLOGICAL SETTING 1
1.1 Covering lithologic unit synthem 3
1.1.1 Covering lithologic unit 3
1.1.2 Covering synthem 3
1.2 Basement features and extension 6
1.2.1 The North China Landmass basement 6
1.2.2 The Zhangbaling tectonic belt 7
1.2.3 The Yangtze Landmass basement 8
1.2.4 Metamorphic ultra-mafic rock series and mineralization 9
1.3 Regional tectonic framework 9
1.3.1 Division of tectonic units 9
1.3.2 First-order tectonic unit boundary 9
1.3.3 Second-order tectonic unit division and its features 10
1.4 Fault system 12
CHAPTER 2 TECTONIC ROCK-CONTROL AND ORE-CONTROL PROCESS 14
2.1 Ore-control process by fault 14
2.1.1 Regional faulted structure controlling rocks and ores 14
2.1.2 Ore-control process by faults in the Zhangbaling tectonic belt 17
2.1.3 Ore-control process by the Longwangjian and Damiaoshan Faults at the north fringe of the foreland of the Yangtze Landmass 20
2.1.4 Tectonic ore-control pattern for the Bengbu area 22
2.2 Tectonic geochemical characteristics 22
2.2.1 Regional ore-control faulted structural geochemical characteristics 22
2.2.2 Host faulted structural geochemical characteristics 24
2.2.3 Tectonic ore-control pattern 27
CHAPTER 3 THE MESOZOIC MAGMATISM AND MINERALIZATION 29

3.1 High potassium diorite series at the north fringe (transitional type) of the Yangtze foreland ····· 29
3.1.1 The spatial distribution features of the rock series ····· 29
3.1.2 Petrological characteristics ····· 30
3.1.3 Lithogeochemical characteristics ····· 31
3.1.4 Isotope geological characteristics ····· 36
3.1.5 Magmatism and mineralization ····· 36
3.2 Anatectic calc alkaline granite series in the Zhangbaling tectonic belt ····· 37
3.2.1 The spatial distribution features of the rock series ····· 37
3.2.2 Petrological characteristics ····· 38
3.2.3 Lithogeochemical characteristics ····· 40
3.2.4 Magmatism and mineralization ····· 48
3.3 Granites in the Bengbu upwelling area at the southeast fringe of the North China Landmass ····· 49
3.3.1 Raising question ····· 49
3.3.2 Regional petrological characteristics ····· 51
3.3.3 Lithogeochemistry ····· 53
3.3.4 Magmatism and mineralization ····· 57
CHAPTER 4 REGIONGAL GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS ····· 59
4.1 Regional analysis of gravity and aeromagnetic data ····· 59
4.1.1 The anomalous area of the North China Landmass ····· 60
4.1.2 The Zhangbaling anomalous area ····· 62
4.1.3 The Chuzhou anomalous area ····· 63
4.2 Regional geochemical characteristics ····· 65
4.2.1 Gold and other trace elements contents characteristics ····· 65
4.2.2 Trace elements association characteristics ····· 67
4.2.3 Spatial distribution characteristics of elements ····· 71
4.2.4 Regional analysis of geochemical data ····· 71
CHAPTER 5 REMOTE SENSING GEOLOGICAL INTERPRETATION ····· 76
5.1 Remote sensing information source and interpretation method ····· 76
5.1.1 Image types ····· 76
5.1.2 TM landsat image treatment and information extraction ····· 76
5.1.3 Remote sensing interpretation method ····· 77
5.1.4 Remote sensing geological interpretation marks ····· 77
5.2 Remote sensing interpretation study of linear and circular structures ····· 79
5.2.1 Linear faulted structure ····· 79
5.2.2 Circular structure ····· 86
5.2.3 Interpretation of intrusive rocks ····· 91
5.3 Extraction of remote sensing prospecting information ····· 92
5.3.1 Dagongshan of Wuhe ····· 92

5.3.2 The Guandian-Shidianzi area 93
5.3.3 The Huanglishu-Machang area 96
CHAPTER 6 ANALYSIS OF METALLOGENIC GEOLOGICAL CONDITIONS 100
6.1 Mineralization series and ore deposit types 100
6.1.1 Mineralization series 100
6.1.2 Gold ore type 102
6.2 Geological characteristics of major gold ore deposits 104
6.2.1 The Maoshan gold ore deposit 104
6.2.2 The Dagongshan gold ore deposit 106
6.2.3 The Rongdu gold ore deposit 109
6.2.4 The Xiaomiaoshan gold ore deposit 114
6.2.5 The Damiaoshan gold ore deposit 115
6.2.6 The Chuzhou skarn type copper gold ore deposit 117
6.2.7 The Machang placer gold ore deposit 119
6.3 Ore-control factors 119
6.3.1 Stratigraphic gold-bearing nature and ore-control character 120
6.3.2 Structural control on ore 124
6.3.3 Magmatic rocks' control on ore 125
6.4 Metallogenic mass source and metallogenic process 128
6.4.1 Metallogenic mass source 129
6.4.2 Metallogenic hydrothermal nature 133
6.4.3 Metallogenic process 135
6.5 Regional metallogenic model 137
6.5.1 Regional deep geological characteristics 137
6.5.2 Diagenetic and metallogenic series 138
6.5.3 Structural ore-control characteristics 139
6.5.4 Origin of ore deposit 140

PART B
THE GIS-BASED APPRAISAL OF GOLD ORE RESOURCES

CHAPTER 7 GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND ITS CURRENT APPLICATION SITUATION 145
7.1 Current situation of the application research of GIS 146
7.1.1 Current situation of the application research of GIS in overseas countries 146
7.1.2 Current situation of the application research of GIS in domestic China 147
7.2 Operation environment of GIS's software and hardware 147
7.2.1 Software chosen for GIS 147
7.2.2 Brief introduction to the function of PC ARC/INFO 148

7.2.3 Brief introduction to the function of PC ARCVIEW ····· 149
7.2.4 Coordination of software and hardware ····· 152
CHAPTER 8 CONSTRUCTION OF GEO-SPATIAL DATA BANK AND MAPPING ····· 154
8.1 Construction of geo-spatial data bank ····· 154
8.1.1 Standardization design ····· 154
8.1.2 Collection and preparation of graph information ····· 158
8.1.3 Numbering users on graph units according to standard layering ····· 159
8.1.4 Transition of geophysical prospecting and geochemical exploration graph data ····· 163
8.1.5 Collecting and editing attribute data ····· 165
8.1.6 Digital graph and its editing and revising ····· 168
8.1.7 Establishing topological relationship of graph layer data ····· 182
8.1.8 Pretreatment of graph layers of a geological map ····· 184
8.1.9 Linking up vector data and attribute data of graph layer ····· 188
8.1.10 Piecing together graph ····· 189
8.2 Map plotting ····· 192
8.2.1 1:200 000 scale geological map of the eastern part of Anhui ····· 192
8.2.2 1:200 000 scale catch-basins map of the eastern part of Anhui ····· 196
CHAPTER 9 APPRAISAL OF GOLD ORE RESOURCES ····· 199
9.1 Appraisal process and work flow chart ····· 199
9.1.1 Basic process and flow chart ····· 199
9.1.2 Technical key to spatial analysis ····· 200
9.2 Appraisal model and geological variables ····· 201
9.2.1 Geological model of gold ore ····· 201
9.2.2 Appraisal model and geological variables ····· 206
9.3 Appraisal method and mathematics model ····· 220
9.3.1 Ore deposit location prognosis ····· 220
9.3.2 Gold ore resources prognosis ····· 233
9.4 Metallogenic prospect analysis and prognosis appraisal ····· 240
9.4.1 Metallogenic unit division ····· 240
9.4.2 Ore-search prospect analysis and prognosis ····· 240
9.5 Commentary on appraisal method and following work suggestion ····· 242
CONCLUDING REMARKS ····· 244
REFERENCES ····· 248
ABSTRACT IN ENGLISH ····· 249

第 一 篇

金矿地质及物化遥研究

第一章　区域地质背景

研究区地跨华北陆块、扬子陆块及大别造山带三个不同的一级大地构造单元，它们在基底及盖层组成、深部构造特征、构造变形特征、岩浆活动等诸方面具有较大差异。金矿的形成不仅仅依赖于某种地质条件，而是诸多地质因素联合作用的结果。

为使 GIS 技术有效地应用于安徽东部地区金矿资源的评价，本次将区域地质背景列为课题研究的重要组成之一。

区域地质背景研究包括盖层岩石单元、区域构造、岩浆岩、构造地球化学、断裂成矿作用等，本章重点叙述与金矿成矿作用密切相关的岩浆岩和断裂构造。

第一节　盖层岩石单元构造层

一、盖层岩石单元

研究区以郯-庐断裂为界，西为华北地层大区晋冀鲁豫地层区，东为华南地层大区扬子地层区。大别造山带的张八岭构造带，归属扬子地层区。晋冀鲁豫地层区在研究区内又可分为两个地层小区，大部分地区为徐淮地层分区，南缘少部分归华北南缘地层分区。研究区内盖层岩石单元见表 1-1。其中前侏罗纪地层以全国地层多重划分研究《安徽省岩石地层》(1997)为参考依据，侏罗系及之上以《安徽省区域地质志》为参考标准。对各盖层岩石单元的岩性，在论述构造层划分时一并概述。

二、盖层构造层

(一) 华北陆块

华北陆块中元古代以后即进入了一个相对稳定的发展阶段，根据岩石组合所反映的沉积环境、地层单元间接触关系所反映的构造运动将盖层划为三个构造层。

1. 第一构造层

由青白口系—中奥陶统下部组成，包括八公山群(QnZ_1b)、四十里长山组($Z_1\hat{c}$)宿县群($Z_{1-2}sx$)、金山寨组(Z_2j)、猴家山组(ϵ_1hj)、吕平组($\epsilon_1\hat{c}$)、馒头组($\epsilon_{1-2}m$)、张夏组(ϵ_2z)、崮山组(ϵ_3g)、炒米店组($\epsilon_3\hat{c}$)、二山子组(ϵ_3O_1s)、贾汪组(O_1j)及马家沟组($O_{2}m$)。八公山群为一套陆源碎屑岩建造，由下而上由砾岩、砂岩向页岩和钙质砂岩变化，总体反映了一个海侵过程。宿县群有粉砂质灰岩、白云质灰岩、钙质粉砂岩、灰岩、灰质白云岩等组成，主要为一套含细陆屑碳酸盐建造。金山寨组-马家沟组为一套碳酸盐建造。

本构造层为华北陆块基底发育结束后的第一个盖层构造层，为一个基本连续的稳定浅海沉积层。

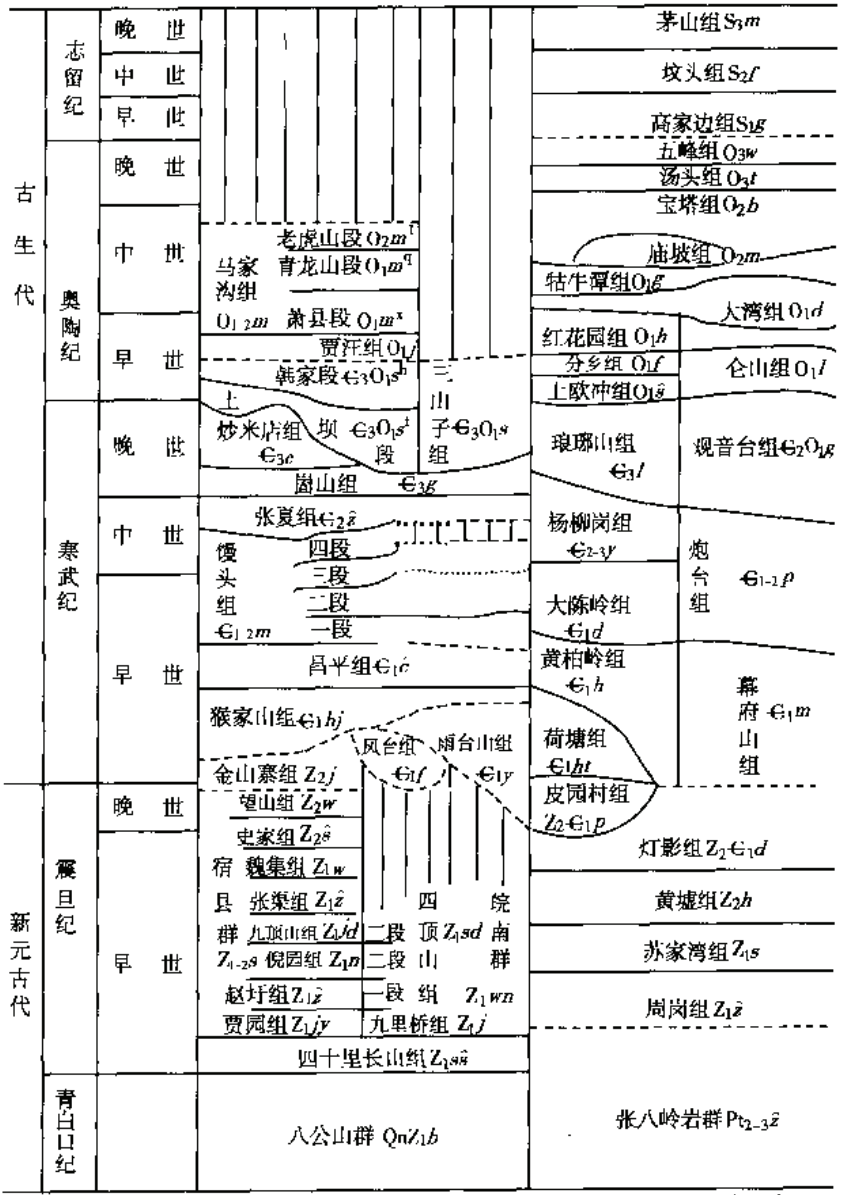
2. 第二构造层

表 1-1　研究区盖层岸石单位

层序			华北地层区		扬子地层区 下扬子地层分区	
新生代	第四纪	全新世	大堠组Q_4d 怀远组Q_4h		芜湖组Q_4w	
		晚更新世	茹塘组Q_3m		檀家村组Q_3t_n 下蜀组Q_3x	
		中更新世	潘集组Q_2p		戚家矶组Q_2q 马冲组Q_2m	
		早更新世	蒙城组Q_1m		朱冲组Q_1z	
	第三纪	上新世	明化镇组N_2m		桂五组N_2g	安庆组N_2a
		中新世	馆陶组N_1g		花果山组N_1h	洞玄观组N_1d
		渐新世				
		始新世	界首组E_2j	土金山组E_2t	张山集组E_2z	吴雪岭组E_2w
					狗头山组E_1g	双塔寺组E_2s
		古新世	双浮组E_1s	定远组E_1dy	舜山集组E_1s	煊姆组E_1d 望虎墩组E_1w
中生代	白垩纪	晚　世	张桥组K_2z		宣南组K_2xn	
			邱庄组$K_{1-2}qz$		七房村组K_2q	
		早　世	新庄组K_1x		杨湾组K_1y 浮山组K_1f　娘娘山组K_1n　广德组K_1g	
	侏罗纪	晚　世	黑石渡组J_3hs		黄石坝组J_3hs　双庙组J_3s　江公庙组J_3w　姑山组J_3g　蝌蚪山组J_3k	
			毛坦厂组J_3m		砖桥组J_3zh　江镇组J_3j　大王山组J_3d　赤砂组J_3c 红花桥组J_3h　龙门院组J_3l　彭家口组J_3p　龙王山组J_3ln　中分村组J_3z	
		中　世	周公山组J_2z		罗岭组J_2l	
		早　世	防虎山组J_1f		磨山组J_1m	
	三叠纪	晚　世			范家塘组T_3f	
		中　世			黄马青组T_2h	
		早　世	石千峰群 P_2T_1s	和尚沟T_1h	周冲村组$T_{1-2}z$	
				刘家沟T_1l	青龙组P_2T_1q	
古生代	二叠纪	晚　世		孙家沟T_1s	大隆组P_2d	
		早　世	石盒子组 $P_{1-2}s$	上段	龙潭组$P_{1-2}l$	
				下段	孤峰组P_1g	
			月门沟群 C_2P_1y	山西组P_2s	栖霞组P_1q	
	石炭纪	晚　世		太原组C_2t	船山组C_2c	
				本溪组C_2h	黄龙组C_2h	
		早　世			老虎洞组 $C_{1-2}l$　和州组C_1h	
					高骊山组C_1g	
	泥盆纪	晚　世			金陵组C_1j　王胡村组C_1w	
					五通组 D_3C_1w　上段	
					下段	

（接下页表）

续表



中奥陶世胡乐期之后，全区隆起处于剥蚀阶段，直至晚石炭世开始接受沉积。沉积了月门沟群（C_2P_1ym）、石盒子组（$P_{1-2}\bar{s}$）、石千峰群（$P_2T_1\bar{s}q$）。它们构成本区第二盖层构造层，为一套海陆交互相和陆内河湖相含煤陆屑建造。

3. 第三构造层

由侏罗系以上地层组成，为一套陆相盆地红色粗碎屑沉积，夹中基性火山岩及膏盐沉积。与扬子陆块内成为统一的构造层。

（二）扬子陆块

晋宁运动以后，本区进入盖层发育阶段。盖层可划为下列两个构造层。

1. 第一构造层

包括日震旦系周岗组（Z_1z）至中侏罗纪罗岭统全部地层。

周岗组为一套变质粉砂岩、砂岩、苏家湾组（Z_1s）为含砾千枚岩，黄墟组（Z_2h）为千枚状

泥岩、粉砂质泥岩，灯影组(Z_2dn)-五峰组(O_3w)由一套以浅海碳酸盐建造为主的沉积岩构成，高家边组(S_1g)-和州组(C_1h)为一套陆源碎屑岩建造；老虎洞组($C_{1-2}l$)-黄马青组(T_1h)为一套以碳酸盐为主的浅海相沉积建造；范家塘组(T_3f)-罗岭红(J_2l)为一套陆相碎屑岩建造。

本构造层的岩性变化主要反映了几次海侵海退过程，其间无明显的构造运动。周岗组、苏家湾组及黄墟组的轻微变质被推测为主要是受邻近的张八岭构造带印支造山运动的影响，因此暂将它们与其上的其他盖层统归为一个构造层。

2. 第二构造层

包括晚侏罗世以后地层。主要为陆相盆地红色碎屑岩，夹中基性火山岩及膏盐沉积。

第二节　基底特征与展布

研究区地跨华北陆块、大别苏鲁造山带及扬子陆块三个一级构造单元。基底类型多样，基底的岩性、地球化学特征等迥异，对成矿作用的贡献有别。探讨区域上基底的特征与展布，不仅具理论意义，亦具重要的实际价值。

唐永成等在《安徽沿江地区铜金多金属矿床地质》(地质出版社，1998)一书中，将安徽境内的基底类型、特征及展布作了系统的分析与总结。

现将基底各岩石单元作一简述，同时对最新认识作一些补充(表 1-2)。

表 1-2　安徽省前震旦纪地层简表

年代地层		华北区		秦岭-大别区	扬子区	
界	系	淮北小区	淮南小区	张八岭小区	沿江小区	江南小区
新元古界	震旦系 600Ma	金山寨组		周岗组？		休宁组
	青白口系 800Ma	官县群	淮南群	张八岭群	董岭岩群 片岩段	历口群 井潭组
中元古界	蓟县 长城系 1900Ma	八公山群		肥东岩群	渐层	
古元古界 新太古界	2500Ma	凤阳群		阚集杂岩	董岭岩群 片麻岩段	上溪岩群
		片河杂岩	霍丘杂岩			

引自唐永成等(1998)，略修改

一、华北陆块基底

华北陆块南界大致位于官亭—合肥一线，东以嘉山—太湖断裂(郯-庐断裂东支)为限。

出露的基底有新太古界五河杂岩，霍丘杂岩及古元古界凤阳群、中元古界八公山群、青白口系宿县群及淮南群。

五河杂岩在《安徽省区域地质志》中称五河群，自下而上分为西固堆组、庄子里组、峰山李组、小张庄组、殷家涧组。岩性主要为一套变质的火山-沉积岩系，原岩由酸性-超基性火山岩、凝灰岩、杂砂岩、泥质岩及少量铁质碧玉岩组成。总体看来，与太古宙绿岩带颇为相似。最新研究表明，原五河群内花岗片麻岩一部分为变形变质侵入体，更重要的是还有一部分几乎可以肯定是中生代侵入体，局部受到构造作用改造；同时，小张庄组部分为典型的糜棱岩，野外及镜下均已确定；此外，原庄子里组下段角闪钾长变粒岩、角闪变粒岩可能为变质基性侵入体。总之，原五河群内含有较多非地层岩石单元，对其进一步研究和划分尚缺乏系统及全面资料，暂以五河杂岩统称之。西固堆组斜长角闪片麻岩单颗粒锆石 U-Pb 法年龄值为(2685±8)Ma(桑宝梁、陈跃志，1994)，属新太古代。

霍丘杂岩是具混合岩化的火山-沉积变质岩系。原岩是中性火山岩、凝灰岩-泥岩、杂砂岩-铁硅岩和富镁碳酸盐岩，具鲍玛序列，韵律清楚，夹多层石英磁铁矿和角闪磁铁矿层。获(2681±65)Ma，(2963±7.98)Ma 的全岩 Rb-Sr 等时线年龄值(安徽省地科所，1981)，为新太古代。

凤阳群为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得了 1874Ma 的白云母 K-Ar 法年龄值(安徽区调队，1987)。该年龄值可能反映了 1900Ma 左右的变质事件，故归为古元古代。

二、张八岭构造带

张八岭构造带系大别-苏鲁造山带的Ⅱ级构造单元。西以嘉(山)-太(湖)断裂❶为界，东为黄(梨树)-破(凉亭)断裂所限。

出露的基底有阚集杂岩(原阚集群)、张八岭岩群及肥东岩群，再向南有宿松岩群。

阚集杂岩由变形变质侵入体及表壳岩组成。前者为斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩；后者为含黑云片岩、斜长角闪岩、黑云片岩、大理岩及少量石英片岩等。依据岩石组合及变形变质特征，将其与大别杂岩对比，时代为古元古代。

肥东岩群为一套以含磷、锰为特征的碳酸盐岩。下部为白云质大理岩，大理岩中夹少量斜长角闪岩和斜长角闪片岩，底部有磷灰石和锰土；上部为白云质大理岩，其变质程度、岩石组合及时代可与宿松群对比。向北可与江苏海州群对比。为一套不整合于下伏大别杂岩之上的中元古代变质含磷岩系。

《安徽省区域地质志》称张八岭岩群为张八岭群，自下而上分北将军组、西冷组。前者下部为白云质大理岩、千枚岩及变质砂岩，上部为绢云石英片岩、千枚岩、变质砂岩。西冷组下部以石英角斑岩、凝灰熔岩为主，夹细碧角斑岩和千枚岩，上部为杂色千枚岩和细碧岩，其内发育一套由蓝片岩组成的高压变质带。西冷组原岩为一套典型的具有双峰式特征的细碧岩-石英角斑岩建造。研究资料表明张八岭岩群可与湖北随县岩群对比，为裂陷槽堆积(唐永成，1998)，时代为新元古代。

---

❶ 嘉(山)-太(湖)断裂系由嘉山-太湖断裂和池河-西汇断裂组成。

三、扬子陆块

研究区位于黄(梁树)-破(凉亭)断裂以东。区内无基底出露。安徽境内扬子陆块除在怀宁洪镇出露古-中元古界董岭群外，主要出露于沿江及江南一带。

董岭岩群为一套中浅-中深变质岩系，厚度大于1600m(未见底)，统称董岭岩群。分下、中、上三个岩段(图1-1)。下段为片麻岩段，由长英质细粒片麻岩、浅粒岩、斜长角闪岩及黑云钾长片麻岩组成，在半月湖钻孔中见石榴子石片岩、角闪岩，厚度大于400m，与上覆层为

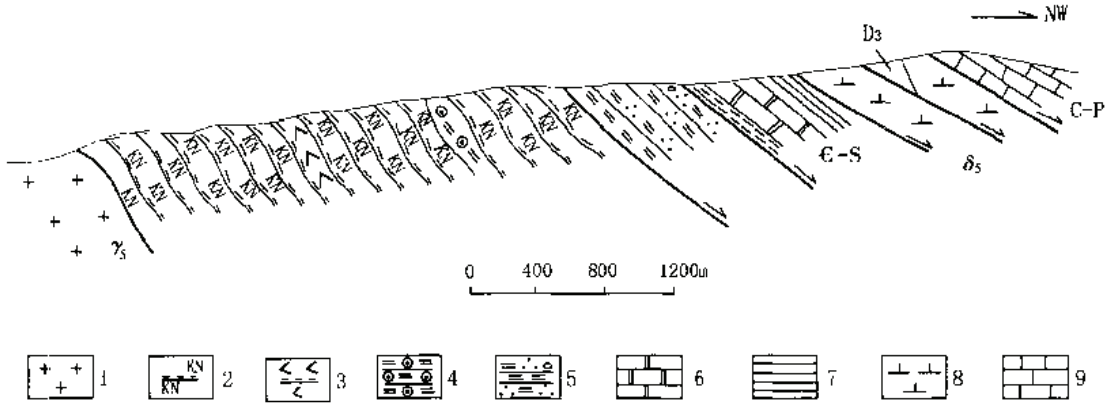


图1-1 董岭岩群综合地质剖面图

(据 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质，1998)

1—花岗岩；2—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

构造接触，并发育糜棱岩；中段为片岩段，由云母石英片岩、钠长石英片岩组成，局部夹硅质岩和角闪片岩，与上覆层亦为构造接触，厚度大于500m；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6m，与上覆寒武系为断层接触。

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，变质程度相对较浅，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，变质强度属斜长角闪岩相-绿片岩相。

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元素总量为219.61×10^{-6}，曲线右陡倾，轻稀土元素明显富集，与沉积岩稀土元素特征基本相似。下段片麻岩稀土元素总量为621.29×10^{-6}，配分曲线缓右倾，轻稀土元素微富集，强负Eu异常，其REE总量可能受后期热液作用的强烈改造。石榴子石片岩REE总量为446.13×10^{-6}，配分曲线缓右倾。由此可见，片麻岩具有高含量的REE，反映与中上段片岩物源不同。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∶50000洪镇幅区调报告(326队，1975)将其划归为前震旦纪，《安徽省区域地质志》(1987)将其划归为震旦纪。326队1∶50000怀宁幅报告(1986)仍将其划归前震旦纪，但提供了681Ma的测年数据。邢凤鸣等(1993)在半月湖钻孔斜长角闪岩中获Sm-Nd等时线年龄值1895Ma。董树文(1993)在角闪片岩和含石榴子石片岩中获Sm-Nd等时线年龄值(1439±56)Ma，它们都在下段片麻岩中。这与江苏埠城群斜长角闪岩

Ar-Ar 法年龄值(1439±28.9)Ma(南京地矿所)、Sm-Nd 等时线年龄值(1400±4)Ma(刘聪,1995)相近。

综上所述,按照"董岭岩群"的岩石组合、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,我们将上段含蛛片岩归属震旦系周岗组,中下段暂划归中元古界,但不排除下部有跨入新元古界的可能。董岭群之下是否有与湖北新太古界水月寺群相当的地层,或古元古界崆岭群,星子杂岩相似的古元古代地层,是个很有意义的课题。根据邢凤鸣等(1995)研究,安徽沿江地区地下深处有太古宇麻粒岩相存在。根据岩浆岩地球化学特征研究,认为董岭岩群之下很有可能有更老的基底。

四、变质镁铁质岩系与成矿

由于金的深源性及亲铁性,在金矿找矿工作中,基性超基性岩受到特别的重视。而古老的变质镁铁质岩系受到多期强烈的构造运动及较深的变质作用使其内部的金可能活化迁移和富集,直接形成金矿或成为良好的金的矿源层。

研究区内镁铁质岩系主要分布在五河-凤阳地区,五河杂岩下部的西园堆组有蛇纹岩、滑石岩、辉石岩、斜长角闪岩及角闪岩等,可能还包括以前所称的角闪片麻岩。其金的含量分别为:斜长角闪岩平均含量 8.4×10^{-9},角闪石岩平均含量 7.5×10^{-9},蛇纹岩平均含量 14.05×10^{-9}(桑宝梁等,1994),高于本区其他岩石的 3～6 倍。西园堆组中样品金的含量均方差显著大于其他组地层内样品,表明金已发生明显的活化和迁移作用。

据此,五河-凤阳-蚌埠地区的变质镁铁质岩系具有成为金矿矿源层的良好条件,与本区金矿的形成可能有密切联系。

第三节　区域构造格架

一、构造单元划分

构造单元是具有与周边不同的构造发展史、沉积史及岩浆活动特征的地质块体。因此,构造单元的划分应以能反映地质演化特征为指导思想。据此,将研究区划分为华北陆块、大别-苏鲁造山带及扬子陆块 3 个一级构造单元。二级构造单元的划分,不同的一级单元内采用不同的判别标志。华北陆块内二级构造单元的划分,主要依据盖层发育阶段沉积特征的差异,命名亦采用板内构造单元划分常拟用的坳陷和隆起,但对于发育及演化与大别-苏鲁造山带密切相关的,采用造山带构造单元划分及命名标准。研究区内扬子陆块北缘为大别造山带前陆带,二级单元的划分和命名主要依据造山过程中其所处的构造部位、构造运动特征,按前陆带内二级单元名称予以命名。

二、一级构造单元边界

3 个一级构造单元分别以郯-庐断裂带东支嘉(山)-太(湖)断裂及黄(梁树)-破(凉亭)断裂为界。宿松-张八岭构造带属于大别造山带一部分已成为共识。区内出露在池-太断裂东侧的阔集群和张八岭群隶属大别-苏鲁造山带。朱顶-石门山断裂西侧即为华北陆块的五河群。石门山断裂为一在安徽境内郯-庐断裂带中规模较小的分支,不具备构成华北陆块和张八岭

构造带分界条件。据此，拟将区内嘉山-池河-太湖断裂作为华北陆块与大别造山带的分界。对于黄(渠树)-破(凉亭)断裂作为张八岭构造带南界的主要依据有：①黄-破断裂是一条颇具规模的深断裂，后期多次活动控制了岩浆活动；②在造山过程中是构造变形的重要分界，西侧以冲断作用为主，东侧形成一系列薄皮构造，龙王尖一带发育很好的滑脱构造；③黄-破断裂在印支期表现为多条冲断层，实为一主要冲断带。据此，大致以其为界划分前陆带是合理的。

三、二级构造单元划分及其特征

构造单元划分见图 1-2、表 1-3。

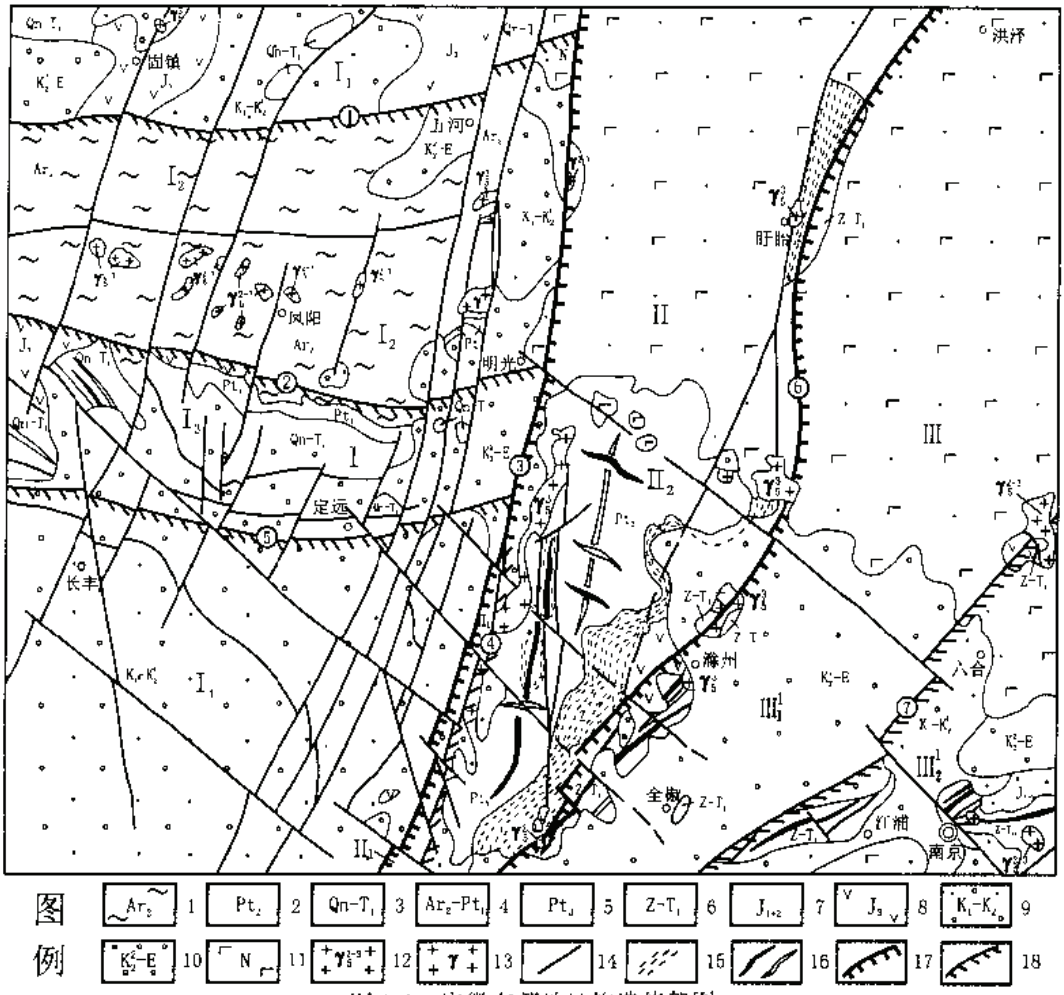


图 1-2 安徽东部地区构造格架图

(比例尺：1∶1400000)

华北陆块Ⅰ：宿州坳陷Ⅰ₁、蚌埠隆起Ⅰ₂、淮南坳陷Ⅰ₃、合肥后陆盆地Ⅰ₄；张八岭-浮琅山构造带Ⅱ：浮槎山构造带Ⅱ₁、张八岭构造带Ⅱ₂；扬子陆块Ⅲ：前陆褶冲带Ⅲ₁、滁州褶冲体Ⅲ₁¹、前陆盆地Ⅲ₂、宁芜盆地Ⅲ₂¹

①五河-利辛褶断裂 ②刘府断裂 ③嘉山-太湖断裂 ④池河-太湖断裂 ⑤颍上断裂 ⑥黄-破剪切带 ⑦滁河断裂

1—中深变质基底五河杂岩；2—浅变质基底凤阳群；3—大别-苏鲁造山带沉积盖层；4—中深变质岩系阚集杂岩、肥东岩群；5—浅变质岩系张八岭岩群；6—沉积盖层；7—前陆沉积中生代以来断陷盆地；8—火山岩系；9～11—红色碎屑岩系、侵入岩；12—燕山期花岗岩；13—时代不明的花岗岩；14—主要断裂；15—韧性剪切带；16—背、向斜轴线；17—一级构造单元边界；18—二级构造单元边界

104269

表 1-3　二级构造单元划分简表

一级构造单元	二级构造单元	二级构造单元
Ⅰ 华北陆块	Ⅰ$_1$ 宿州坳陷 Ⅰ$_2$ 蚌埠隆起 Ⅰ$_3$ 淮南坳陷 Ⅰ$_4$ 合肥后陷盆地	
Ⅱ 大别-苏鲁造山带	Ⅱ$_1$ 浮梁山构造带 Ⅱ$_2$ 张八岭构造带	
Ⅲ 扬子陆块	Ⅲ$_1$ 前陆褶冲带 Ⅲ$_2$ 前陆盆地	Ⅲ$_1^1$ 滁州褶冲体 Ⅲ$_2^1$ 宁芜盆地

(一)华北陆块

1. 宿州坳陷(Ⅰ$_1$)

区内利辛断裂以北、郯-庐断裂东支嘉(山)-太(湖)断裂以西区域。该区青白口系以后的盖层广泛发育，为陆块内盖层发育地区。

盖层褶皱较强，轴向 NE、NW 翼短而陡、SE 翼长而缓，并伴有一系列倾向 SE、向 NW 逆冲的逆冲断层系。相当于徐淮弧(徐树桐，1993)南端。由于尚缺乏足够的证据证实其为大别-苏鲁造山带的后陆反冲作用形成，故暂按板内构造单元予以命名。区内主要发育两组断裂，一组为 E-W 向，另一组为 NNE 向。前者包括南界利辛断裂，该组断裂形成较早，长期控制着盖层的沉积；后者发育较晚，可能为印支—燕山期。

2. 蚌埠隆起(Ⅰ$_2$)

北以利辛断裂与宿州坳陷相邻，南以刘府断裂为界。为研究区内华北陆块古老基底的广泛出露区，出露的基底有五河群、凤阳群。在华北陆块盖层发育过程中，长期处于隆起状态，除早寒武世中期—晚寒武世有过短暂的沉没水下外，青白口纪以来，一直分割着淮北、淮南，造成两者沉积特征上的明显差异。

发育多期褶皱构造，由于未作详细研究，不作讨论。值得重视的是区内发育两组方向不同的韧性剪切带，一组为 E-W 向，另一组为 NNE 向，后者发育于郯-庐带近旁，其形成与郯庐断裂带密切相关。对于前一组的形成时代尚有待进一步研究。区内断裂十分发育，主要有 E-W 向、NNE 向及 NE 向，将在第四节中叙述。

本单元岩浆岩也是区内华北陆块内最发育地区。以前多将其定为蚌埠期混合花岗岩，初步研究表明，很多为中生代花岗岩已不容置疑。第三章将对此作详细讨论。

3. 淮南坳陷(Ⅰ$_3$)

北以刘府断裂为界，南以颍上断裂与合肥后陆盆地相邻。

本区多为中新生界覆盖。根据淮南等地的露头分析，青白口系、震旦—奥陶系、石炭系、二叠系区内均有沉积，为华北陆块盖层发育阶段长期相对凹陷地区。

区域总体上由一背斜及向斜构成，走向 NWW，两翼较平缓，几乎对称。卷入最新地层为三叠系，为中生界不整合覆盖。褶皱核部发育一系列次级正常背斜和向斜，代表纵弯褶皱的形成机制。两翼发育一系列 NE 方向的冲断层。区内断裂构造发育，有 E-W 向、NNE 向及更晚的 NW 向三组。

4. 合肥后陆盆地(Ⅰ$_4$)

研究区内仅涉及合肥盆地北部很小一部分，即颍上断裂以南，郯-庐断裂以西的区域。本

区域内盆地主要为白垩系及新生代地层，根据钻孔资料，盆地基底为新太古界霍丘杂岩。据此分析得出，合肥盆地是发育于华北陆块南缘长期隆起地带的燕山期盆地，盆地最早沉积为下侏罗统，具磨拉石建造特征。推断盆地的形成与大别造山带的隆起有成因联系，为大别造山带的后陆盆地，早中侏罗世尚未发展到本区，晚侏罗世本区已有部分沉积，盆地由南逐渐向本区发育。

区内断裂主要有早期的 E-W 向，与郯-庐相联系的 NNE 向及后期的 NW 向三组。

(二)大别-苏鲁构造带

大别造山带在本区的延长以前被称为张八岭冲断带。根据岩石组合及构造意义，本次将浮塘山构造带划出。

1. 张八岭构造带(Ⅱ$_1$)

西以嘉山-池河-庐江断裂为界，东为黄-破断裂所限，以出露含蓝片岩和变细碧-石英角斑岩的张八岭群为特征，本套特征岩系向南延至宿松、湖北随县，向北延至苏北灌云，围绕大别-苏鲁造山带南缘展布，构成一条基本连续的高压变质带。

本带褶皱主要表现为近东西向的早期褶皱，以发育膝折为特征，形成机制应为双向剪切作用，即伴有滑脱构造。这个南北向的滑脱作用的动力学及时代问题，尚有待探讨。断裂构造十分发育，具多期次、多级别、多方向，主要有 NNE 向、NW 向、NNW 向、S N 向四组。

2. 浮塘山构造带(Ⅱ$_2$)

为本次从张八岭冲断带中划分出来的新建的构造单元，西以池河-太湖断裂与华北陆块相邻，东以池河-庐江断裂为界。出露的地层为新太古界陶集杂岩，与大别杂岩相比，为造山带内出露最古老基底的造山带根部，故与张八岭冲断带分开。

本带与郯-庐断裂带方向一致的韧性剪切带极其发育，后期断裂以 NNE 向为主，此外有 NW 向及 NNW 向。

(三)扬子陆块

1. 滁州褶冲带(Ⅲ$_1$)

西以黄-破断裂为界，东以滁河断裂与前陆盆地相邻，为前陆褶皱带一部分。出露的地层主要为震旦系—三叠系。区域褶皱方向为 NE 向，向 NW 向倾斜或倒转，并伴有一系列向 SE 的逆冲断层，以发育向 SE 方向的推覆构造为特征，同时发育浅层次的滑脱构造，表现出前陆褶皱带典型的构造变形式样。主要发育有 NE 向及 NW 向的断裂及少数 S-N 向断裂。

2. 宁芜盆地(Ⅲ$_2$)

滁州断裂以东区域。主要地层为震旦系—侏罗系。最大特点是有早中侏罗世的前陆盆地沉积。断裂有 NE 及 NW 向两组。

第四节　断裂系统

鉴于区内断裂对金矿控制十分密切，二者形影相随，本书第二章将对控岩控矿断裂构造作较详细的讨论。此处仅对 3 个一级构造单元发育的断裂构造的总貌作一概述。

(一)华北陆块

1. 北丁断裂

区内发育的区域性断裂为近东西向，自北向南分别为利辛断裂、刘府断裂、颍上断裂，均

为二级构造单元的分界，控制着盖层的发育。刘府断裂规模最大，切割较深，推测为壳断裂，沿断裂发生过 6.25 级地震，重力上延折 10～15km 交变带特征仍十分明显。其余两条为基底断裂，控制盖层发育时基底构造的地貌特征。据物探资料，利辛断裂向北陡倾，颍上断裂向南陡倾。断裂在燕山及喜马拉雅期多次强烈活动，蚌埠隆起花岗岩东西向展布的特征与东西向早期深断裂的复活有关。

2. 韧性剪切带

发育近 E-W 向及 NNE 向两组韧性剪切带，主要分布于蚌埠隆起区，后者主要发育于郯-庐断裂的邻近地带，显然与郯-庐断裂带有关。关于韧性剪切带的形成时代、运动学特征、形成深度、机制等尚待研究。桑宝梁等(1994)所获分析结果表明，韧性剪切带的金含量高出本区所有非剪切带其他各种岩石的 2～3 倍，包括变质镁铁质岩。由此说明，韧性剪切带对 Au 富集有较大作用，应引起足够的重视。

3. 一般断裂

主要有 E-W 向、NNE 向及 NE 向三组，其次为 NW 向及少量近 S-N 向。与金矿有关的断裂有 NNE、NE 及 E-W 向，多利用了早期韧性剪切带。

(二)张八岭近南北向构造带

张八岭构造带深断裂主要有 NNE 向、郯-庐断裂 NE 向和黄-破断裂及 S-N 向管店-龙王尖断裂，它们对区内岩浆岩和金矿的形成均起到了重要的控制作用。

(三)扬子陆块

陆块内断裂以发育印支期 NE 向的逆冲断层和推覆构造及浅层滑脱构造为特征。晚期有 NW 向及少数南北向断裂。NW 向断裂构造贯穿华北陆块、张八岭-浮愁山构造带及扬子陆块各个构造单元。南北向断裂穿越张八岭构造带延至本单元。

滁河断裂呈 NE 向展布，构成本区次级构造单元边界。断裂以东为前陆磨拉石盆地，具有主边界断裂特征。在早寒武世—早奥陶世主边界断裂两侧沉积相显著不同，为一条形成时代较早的基底断裂。重力异常呈现为正、负异常交变带，磁异常为 NE 向宽缓梯度带。

第二章　构造控岩控矿作用

第一节　断裂控矿作用

构造对金矿的控制作用主要表现在断裂对金矿的控制作用。同时，因构造单元及大地构造位置的不同，不同地区断裂控矿的形式又有一定的差异。在张八岭构造带，早期形成的断裂或剪切带与郯庐断裂带的平移直接相关，派生断裂十分发育，断裂控矿作用最直观；在龙王尖及大庙山，早期断裂形成与造山过程更为密切，发育一系列冲断褶皱带及推覆体，成矿作用不仅可沿早期断层发生，亦时常沿着层间滑脱面发生，故有时形成层控的假象。在蚌埠地区，发育早期东西向及北北东向两组韧性剪切带，韧性剪切带中叠加有后期韧脆性断裂。总之，韧脆性断裂或韧脆性剪切带控矿是构造控矿的本质，构造单元和区域构造位置影响和部分制约不同地区断裂控矿的具体形式。

一、区域控岩控矿断裂构造

（一）郯 庐断裂带

郯-庐断裂带是贯穿本区的一条重要断裂带（为华北陆块与大别苏鲁造山带重要分界），作为一条区域性断裂，其研究成果极其丰富，对其形成时代、构造运动特征等问题的认识在此不作详述。本次主要讨论它与金矿的关系。郯 庐断裂带与金矿关系主要表现在两个方面。

（1）是张八岭构造带内重要的控岩构造。与金矿密切相关的燕山期花岗岩管店岩体等严格受其控制。岩石学及岩石地球化学研究表明，本带岩浆岩与形成金矿的热液同源。由此可见，郯庐断裂带为金矿体的形成提供了深部岩浆及热液活动的构造场所。

（2）郯 庐断裂与东侧黄 破断裂是区内很重要的构造边界。两者将张八岭构造带挟持其间，构成区域上两条重要的应力转换边界。张八岭构造带内，一系列的区域控矿及容矿断裂均是其派生的不同级别的次级断裂，从而形成不同方向、不同级别和序次的断裂纵横交错，为成矿作用提供了有利的构造条件。

（二）黄-破断裂

黄-破断裂为另一条贯穿区内的区域性深断裂。构成张八岭构造带与前陆的边界，是造山过程中重要的构造变形地带，且多次活动，控制燕山期的岩浆活动。在龙王尖矿区张洼村，该断裂具良好的露头（图 2-1）。断裂至少有四期以上构造活动。F_1 与 F_2 均表现为逆冲，但 F_1 底板有微弱的烘烤现象，说明早于闪长玢岩，闪长玢岩沿着断层侵入。第一期表现为逆冲作用，第二期表现为控张条件下闪长玢岩的贯入；第三期为闪长玢岩的构造角砾岩化过程。产状 275°∠15°的破劈理与砾石最大扁平面一致，可能为第三期产物。但走向 110°，直立的破劈理显然无法与任何一期相配套，可能代表了一期平移活动的结果。闪长玢岩质构造角砾岩硅化及黄铁矿化。

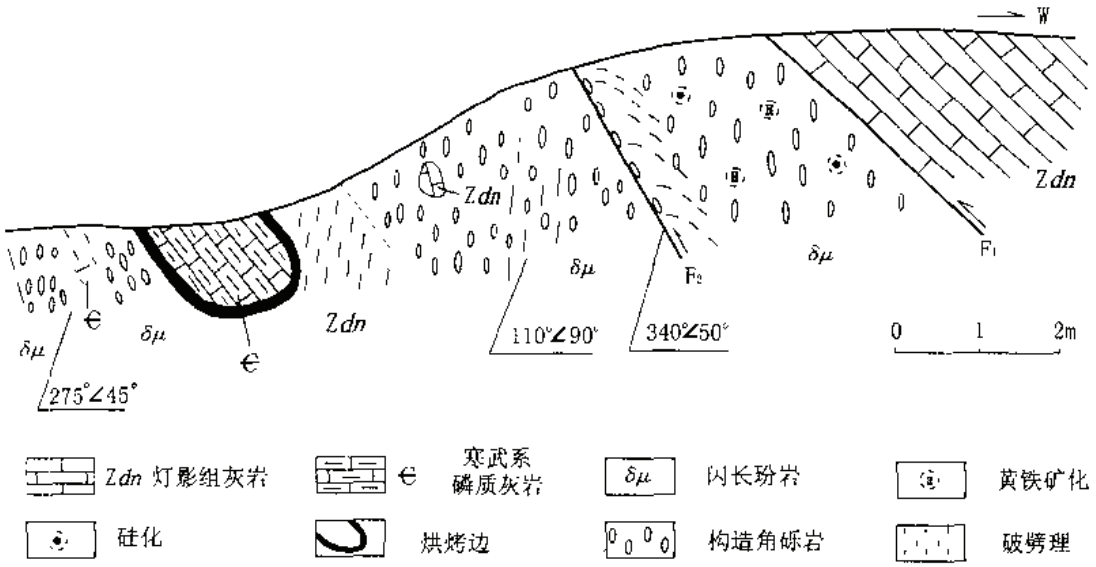


图 2-1 黄-破断裂张洼村素描图

由此可见，黄-破断裂不仅在构造活动中是区内一条重要的构造活动带，亦是一条重要的控岩构造，同时亦是成矿热液活动的构造场所。

(三)管店-龙王尖断裂

1. 概述

嘉山管店-仝崔龙王尖断裂是在前人工作的基础上本次研究所确立的一条重要的近南北向断裂，位于郯-庐断裂东侧近旁。北段主要发育于新元古界张八岭岩群内，南段切过震旦—寒武系，具有深断裂特征，控制了燕山期的岩浆活动；是区内中生代晚期(晚燕山期)金矿成矿作用的重要区域控矿构造，区内已知金矿(化)点均分布于其旁侧。该断裂北段分为两支，西边一支自北而南由管店谢岭(金矿点)东侧经郭大洼(金矿点)—小庙山(金矿)东侧—岱山林场—清水堰—南张，向南延至李集；东边一支由仙店子—大柳和尚庄，向南延至李集与西支合并，再向南过龙王尖金矿点西侧。据遥感资料分析，向南可延至巢湖清溪镇，南北延伸达百余公里。

2. 断裂基本地质特征

该断裂为一条半隐伏断裂，在地表断续出露，以定远县大柳乡和尚庄出露最好。该处发育多条平行的近南北向蚀变构造岩带，单条断裂构造带宽窄不一，最宽 15m，窄至 1m。断裂带内伴生密集的剪切劈理，劈理间距<2mm，劈理总体走向与断裂带夹角 20°，为断裂同向伴生剪切劈理。在横穿断裂带剖面上，劈理产状有规律变化，走向构成平面上的反"S"形，指示左行剪切运动。断裂面倾向东，倾角>70°，并为第三期 NW 向断裂所切。

断裂带内岩石强烈蚀变，主要有碳酸盐化、硅化及黄铁矿化(地表风化成褐铁矿)。龙王尖一带，断裂带内充填有燕山期爆发角砾岩。角砾为安山岩、灰岩、泥灰岩，胶结物由熔岩、岩屑、晶屑组成。马厂一带控制着燕山期花岗岩展布。这些地质现象，宏观上指示对后期成岩成矿具有重要的制约作用，具一定的切割深度和规模。

3. 构造岩显微构造特征

构造岩在显微镜下显示其经历了强烈的细粒化和糜棱岩化过程。构造岩主要矿物组成

为基质石英(85%)，碎斑石英(6%～7%)，少数长条形白云母及碎裂的斜长石碎斑。基质粒径多在0.02～0.06mm之间，碎斑粒径多为0.5～0.8mm。

石英碎斑在糜棱岩化过程中变形主要有下列三种形式。第一种形式为石英碎斑剪切作用下旋转变形，形成反"S"形，指示左行剪切。其与σ碎斑亦有区别，没有细粒矿物组成的拖尾，形成机制为单剪机制下不对称布丁化过程中剪断的石英脉体进一步变形的产物。第二种形式为石英碎斑微弱的动态重结晶。石英碎斑由许多亚颗粒组成，亚颗粒呈长条形，定向与基质颗粒一致，为同构造动态重结晶产物。第三种形式为石英碎斑的细粒化变形，表现为边缘或整个颗粒细粒化。

石英在糜棱岩中另一种赋存状态为条带状石英脉。带状石英脉为张八岭石英角斑岩群内原始石英脉体，在剪切作用下多数被剪断，进一步细粒化形成基质，少部分保留脉体原始形态，残留剪断的石英脉体(部分剪切旋转)，是反"S"形石英碎斑的初始阶段。另一部分未显示明显的剪切旋转变形。

1.构造岩(糜棱岩)透射电镜分析

横穿断裂带五个样品H_1～H_5(取样位置见图2-2)在透射电镜下有很特征的石英位错图像。构造岩为典型的糜棱岩。透射电镜观察以发育位错壁、亚颗粒及密集的位错强变形带为特征，位错线多发生扭曲，同时还发育少量位错环。

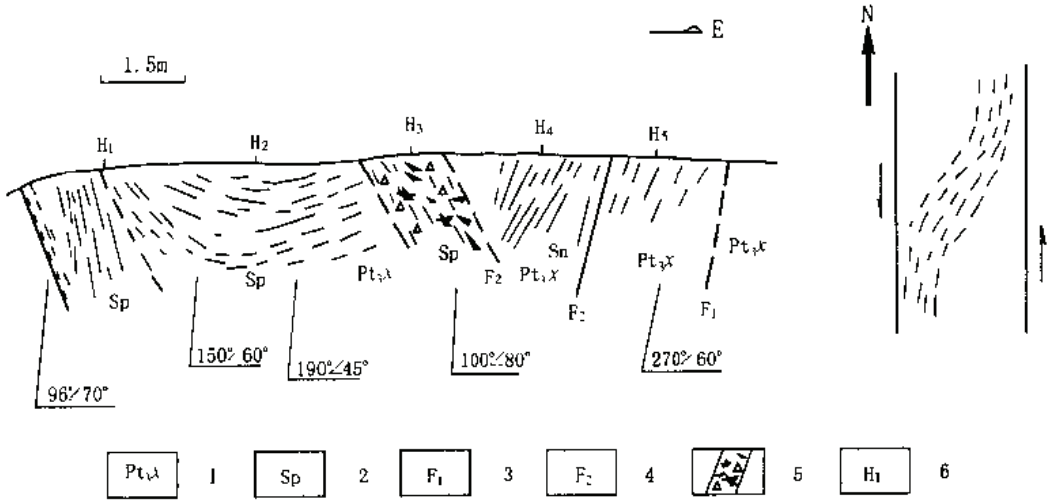


图2-2 管店-龙王尖深断裂和尚庄素描运动方向示意图

1--西冷组；2 破劈理；3—第一期活动面；4—第二期主活动面；5—第二期构造角砾岩；6—取样位置及编号

样品H_1发育位错缠结、少量位错壁、亚颗粒及微扭曲的位错线；样品H_2以发育位错壁和亚颗粒为主，有部分位错缠结及密集位错强变形带，少量位错环和微扭曲位错线；样品H_3以同等发育小而圆的位错环、扭曲及未扭曲位错线为特征；样品H_4以发育短小的扭曲位错线为特征；样品H_5以发育位错壁和亚颗粒为特征。五个样品的位错特征所指示和变形强度及温度由强到弱顺序为H_2→H_1、H_4、H_5→H_3，与糜棱岩显微构造特征所指示的顺序吻合。

张八岭构造带内存在着不同时期及不同类型的糜棱岩。一类为包络面近水平的糜棱岩带，宽约1～1.5km，发育于张八岭岩群上部，为变质基底与沉积盖层(Z T)岩片之间，印支期滑脱作用的产物(许志琴，1996)；另一类为产状陡立的糜棱岩，走向与郯-庐断裂一致，主

要发育于张八岭岩群内，是郯-庐断裂带活动的产物。糜棱岩形成的差应力为 120～270MPa，应变速率为 10^{-10}～$10^{-14}s^{-1}$，并且有明显的组分变化（杨晓勇等，1997；王峰仁等，1995）。

本次研究的糜棱岩既不是基底与盖层间滑脱作用的产物，也不是郯-庐断裂活动的直接结果，而是管店-龙王尖断裂剪切作用的产物，然而其与郯-庐断裂有着间接的联系。管店-龙王尖断裂北起于郯-庐断裂带东侧近旁而未穿过郯-庐断裂带，与郯-庐断裂带夹角 10°～15°，代表性活动为早期（起动）强烈左行剪切作用，这种与郯-庐断裂平面上的几何关系及运动学特征暗示管店-龙王尖断裂可能是郯-庐断裂次级派生断裂。该断裂内计算的糜棱岩差应力（131～316 MPa）及应变速率（6.37×10^{-15}～$2.64\times10^{-11}s^{-1}$）与本区郯-庐断裂带内糜棱岩的计算结果相当吻合，证明了上述两者关系的推论。

管店-龙王尖断裂与郯-庐断裂关系的确立，对郯-庐断裂主要左行平移期的确定可能具一定的指示意义。关于郯-庐断裂带主要左行平移期的时代尚有较大分歧。最具代表性的有两种观点：一种观点认为发生在印支期，是扬子板块与华北板块碰撞的产物；另一种观点认为发生在燕山期（早白垩世）。

管店-龙王尖断裂是郯-庐断裂左行平移派生的断裂，其启动与郯-庐断裂的左行平移密切相关。据目前野外详细观察，尚未发现该断裂两期强烈左行剪切形迹。管店-龙王尖断裂控制着马厂燕山期（早白垩世）花岗岩分布。由此推断，该断裂启动早于白垩纪，亦即郯-庐断裂主要左行平移发生在白垩纪以前。

中国大陆山链中，发育大量的平移韧性剪切带，主要发生在板块碰撞之后的后造山阶段，改变及破坏了原有的构造格局。管店-龙王尖断裂切过印支运动造山形成的张八岭构造带。推测管店-龙王尖断裂是印支晚期大别-苏鲁造山作用后造山阶段郯-庐断裂左行平移的派生断裂。

透射电镜分析不仅证实了断裂的存在，同时反映了该断裂具较大的形成深度，约 10～15km，切穿盖层，具深断裂的特征。管店-龙王尖断裂与金矿在空间上密切相关，区内已知金矿（化）点均分布于其旁侧，断裂深度及相应规模的确定提示了这种表面现象的内在本质。断裂的深度、规模及运动学特征使得次级派生断裂十分发育。金矿主要赋存于其派生的三、四级断裂或剪切带内。断裂或剪切带是燕山末期金矿成矿热液纵向迁移的重要构造通道。它的厘定及切割深度、运动性质的确立，不仅对认识郯-庐断裂带的构造发展史有着间接的指示作用，而且对力争本区金矿找矿突破具有重要的意义。

二、张八岭构造带断裂控矿作用

断裂或韧脆性剪切带构成金矿唯一的容矿构造是该带断裂控矿作用的显著特征。

（一）北北东向构造破碎（角砾岩）带

以小庙山为代表。其显著特点是发育硬质规模的构造破碎带，破碎带内发育构造角砾岩。破碎带总体走向 NE15°～25°，地表多倾向 NWW，少数倾向 SEE。倾角多在 82°～85°之间。据钻孔资料，向下很快转为倾向 SEE，倾角＞75°。为隐伏断裂，延长不明。据工程及物探等资料推测，具一定的规模，破碎带宽度＞20m。破碎带主要表现为发育密集的断层和构造透镜体，多数地段破碎带内发育构造角砾岩。

地表观察，破碎带内断面在垂向和走向上波状起伏，构成众多的构造透镜体。破碎带内

构造角砾岩砾石成分主要为西冷组石英角斑岩和闪长玢岩，砾石多为圆—次圆状，大小较均匀，多为0.5～1cm，中心带发育断层泥，角砾平行破碎带拉长并定向排列。据钻孔资料，破碎带向深处断面较稳定；据岩心观察，深部的构造角砾多为次棱角状，大小不一，大者粒径可达十几厘米以上。

断层面发育擦痕，向SSW侧伏，侧伏角多大在40°～50°之间，指示运动方向为逆冲加右行平移，由于后期运动的叠加改造，这一期不如主期发育。同时，断面上发育南北走向、近直立的巨形逆阶步，实际上为主断面次级侧羽，亦反映左旋运动。

破碎带两侧普遍发育两组密集破劈理，一组倾向200°～220°，倾角75°～80°，左行；另一组倾向105°～110°，倾角80°～85°，右行，为共轭关系，属断裂主期运动的同期派生构造。

破碎带沿闪长玢岩与围岩接触带发育，闪长玢岩被卷入(图2-3)，说明主构造期发生于闪长玢岩就位之后。区域研究表明，闪长玢岩就位是沿着断裂发生的，因此，这两期主要构造活动实际上是利用了早期断层(图2-3)，即至少可见二期构造活动。该构造破碎带在地表观察为典型的压扭性构造，根据钻孔资料其向下倾向相反，实际上运动学类型为右行正断层。这也是深部构造角砾岩的角砾磨圆、分选及定向反而比地表差的原因之所在。

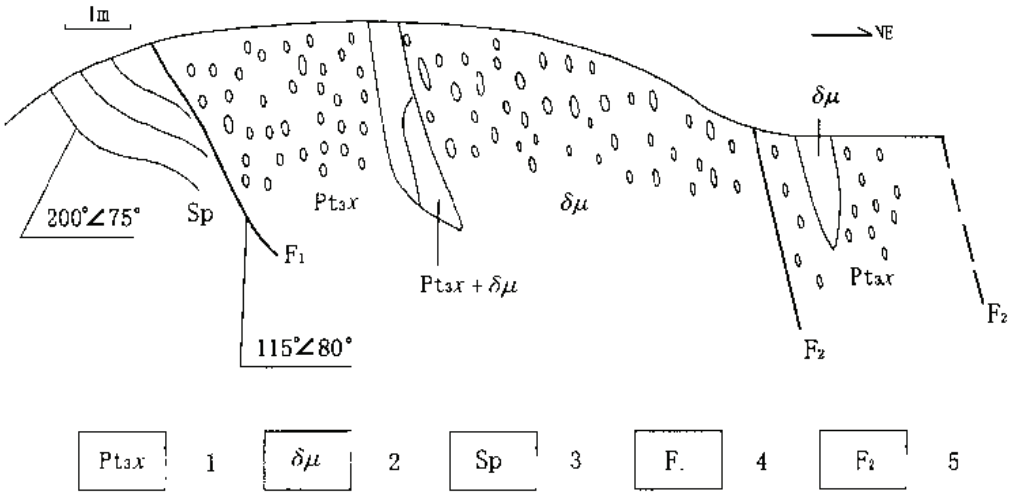


图2-3　小庙山CK5构造破碎带素描图

1—西冷组；2—闪长玢岩；3—破劈理；4—δμ就位前主断面；5—δμ就位后主断面

(二)北北东向断裂

该组断裂与上述同向构造破碎带在构造变形等方面明显不同，故将它们区分开来。

1. NNE向剪裂面

主要发育于郭大洼花岗岩体内，一系列密集的NNE向断面平行展布，因缺少工程揭露，尚不能确定是否为羽状排列。倾向西，倾角65°～80°不等。断层面极其平直，构造岩及破碎带不发育，表现为平直的剪破裂面，延伸具一定的长度，断面上发育擦痕和镜面，具明显的断层效应。至少发育两期擦痕，第一期近水平，为左行平移，第二期擦痕向南侧伏，侧伏角45°～60°，为右行逆冲。局部地段主断面侧旁见产状265°∠80°左右的次级断裂或节理，指示主断面的左行运动为第一期产物，说明主断面属剪切性质。郭大洼北50m处，见一闪长玢岩脉被限制于两个断面之间，同时在多处又见闪长玢岩被卷入断层带内，说明该断裂形成于闪

长玢岩之前，闪长玢岩侵入后又有较强活动。

2. NNE 向韧脆性剪切带

主要见于宋圩子农科站一带。其特点为多个平行的主断面间发育一系列弯曲的次一级断面(或节理)，并发育有不厚的断层泥及硅化破碎带(图 2-4)。主断面上擦痕呈 NE30°左右

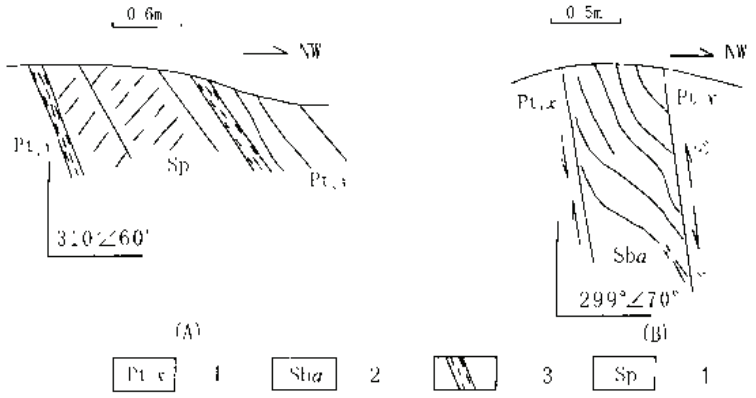


图 2-4 宋圩子农科站 NNE 向剪切带素描图

1—西冷组；2—蚀变剪切带；3—断层泥；4—破劈理

侧伏、左旋逆冲，但从剪切带内构造劈理产状分析具正断层效应，为两期活动。该点东侧近旁花岗岩内发育很好的剪切带(图 2-5)，擦痕指示的动向与断面组合指示方向相反，亦为两期活动的结果。平面上这种组合被称为走滑双重体；剖面上被称为花状构造。剪切断裂与派生构造的这种组合反映了变形脆-韧性过渡的特征，是典型脆韧性或韧脆性变形构造。

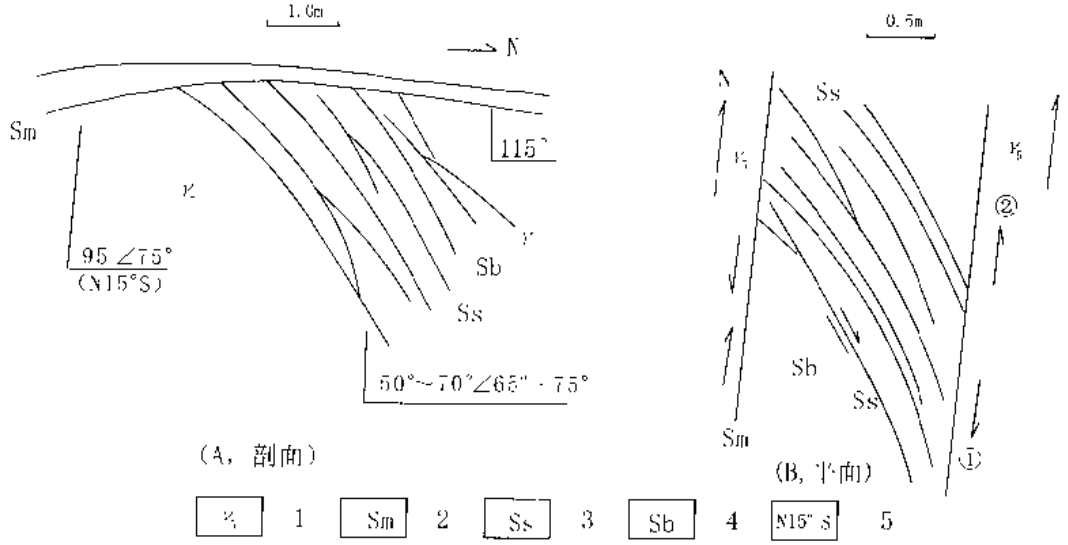


图 2-5 宋圩子花岗岩内韧脆性剪切带素描图

1—燕山期花岗岩；2—主剪切面；3—次级剪切面；4—剪切带；5—擦痕侧伏角及动向

(三)北西向断裂

走向 310°左右，地表倾向 NE，采坑下部转为 SW 陡倾，再向深部变化不清。断裂大致沿着燕山期花岗岩与西冷组接触带内侧发育。主断面两侧近旁挤压强烈，发育不宽的构造角砾

岩。与上述NNE向构造破碎带的明显区别是构造角砾岩不发育，以发育主断面及次级派生断裂为特点。主断面近旁花岗岩内密集的破劈理发生牵引，并发育有与破劈理一致的次级断层，产状110°／60°（图2-6），指示NE盘下降，SW盘上升。断面上发育两期擦痕。第一期近水平，指示有右行平移，第二期侧伏NW30°左右，指示左旋逆冲，破劈理牵引指示运动方向一致。第一期的水平剪切在花岗岩内派生密集的破劈理和次级断裂；第二期运动引起早期形成

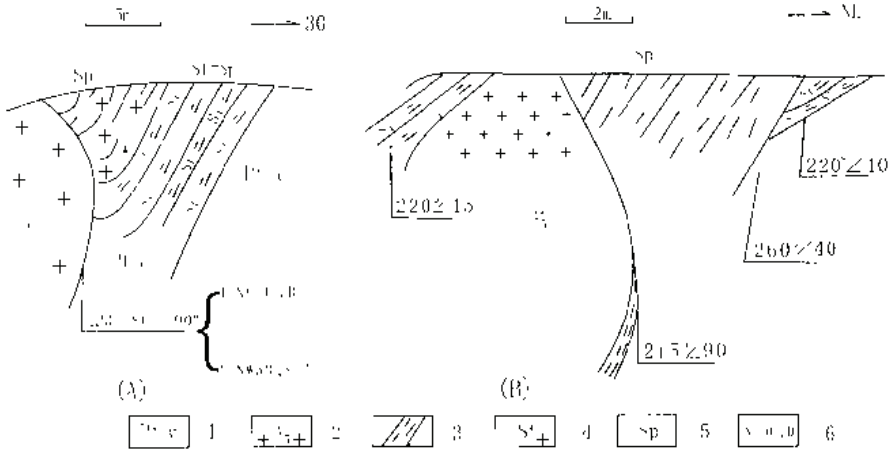


图2-6 宋子子花岗岩内韧脆性剪切带素描图

1—西冷组；2—燕山期花岗岩；3—剪切带；4—次级剪切面；5—主剪切面Sp；6—擦痕侧伏角及动可

的破劈理的弯曲，并造成现在的断层带总体面貌和特征。

许平金矿点上表现为一系列NW向断层组成断层密集带，两条NW向断层间发育一系列小型张性断层，张裂内为含金石英细脉充填。张裂面产状90°∠60°，为NW向次级派生构造。

（四）北北西向断裂

总体走向340°，倾向多为SWW，个别倾向NEE。有的发育于西冷组与闪长岩岩接触带（草庙子），有的发育于西冷组内（铜狗城），有的发育于西冷组与花岗岩接触带（谢岭部分地段），多条断裂平行展布，以谢岭最为典型。总体上，主断面较平直，构造角砾岩不太发育，部分地段发育有几十厘米厚的构造角砾岩，两侧岩石蚀变不太强。主断面两侧次级断裂及节理发育，早期表现为正断层，擦痕侧伏角很大，80°左右；第二期擦痕侧伏NNW，侧伏角25°～30°，为左行平行平移逆冲断层。两期活动切割关系明显，并且均使旁侧破劈理牵引（图2-7）。

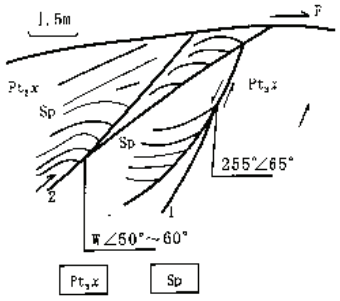


图2-7 铜狗城NNW向断裂两期主要活动素描图

1—西冷组；2—破劈理

三、扬子陆块前陆北缘龙王尖—大庙山断裂控矿作用

本带处于张八岭构造带与前陆带交接部位。印支期造山作用形成的构造十分发育，并保存完好。表现为一系列的冲断和褶皱作用，以及相伴的层间剪切滑动及推覆构造。后期形成

的高角度断裂切过这些构造形迹，在更晚的成矿作用时期，不仅在高角度断裂带内成矿，而且成矿热液还沿着印支期各种构造滑动面运移至褶皱核部成矿，形成褶皱控矿的表象。此外，沿着层间剪滑面成矿，形成层控假象。地质队曾在本区开展了金矿成矿条件研究，认为龙王尖是褶皱控矿，大庙山是断裂控矿。本次通过野外进一步观察，认为褶皱控矿是表面现象，整个地区构造控矿的本质仍是断裂控矿作用。当然，从广义上讲，可称断裂褶皱联合控矿。图2-8是龙王尖采坑SW壁示意图，矿体Ⅰ严格受NNE向断裂控制，产于构造破碎带内；矿体Ⅱ似乎赋存于背斜核部，受褶皱构造控制，但这是一种假象。首先，这种褶皱是由破劈理做为变形面的，是断裂剪切作用下形成的破劈理在继续剪切过程中拖曳的结果，不同于区域上的褶皱构造，其展布亦限于断层近旁，断裂仍是主导控矿因素。其次，除非矿体Ⅰ与矿体Ⅱ具不同的成矿机理，否则，断裂显然是成矿热液运移的唯一构造通道。图2-9为龙王尖大采坑SW50m左右处小采坑示意图，该处断裂控矿更是一目了然。因此，认为龙王尖地区金矿控矿构造实质仍是断裂构造。

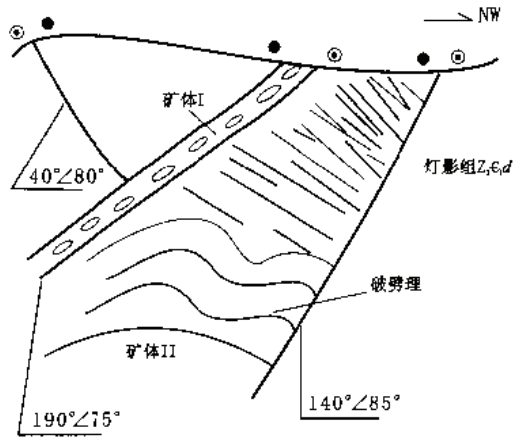


图2-8 龙王尖大采坑SW壁示意图

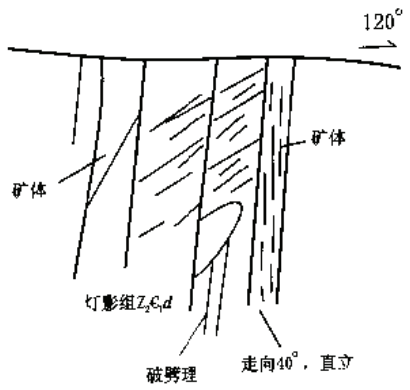


图2-9 龙王尖大采坑SE50m处小采坑示意图

大庙山金矿体产于逆冲构造带内，构造带产状300°∠70°左右，由NW向SE逆冲。新光水库溢洪道SW壁发育多条同方向逆冲构造带，构成多个逆冲叠片。但矿体仅见于最东南一条规模最大的逆冲带内。本带似乎处于黄-破断裂所经过的位置。但并非所有的逆冲断裂带内都有矿，有的甚至连一点矿化迹象都没有。这就给我们提供了一个十分重要的信息，这一系列的逆冲构造（包括逆冲叠片内的褶皱构造）是印支期的产物。逆冲面随着深度的增加会越来越缓，亦即向深部延伸不大（要延伸到一定深度须在后部较远处），当后期构造活动产生的陡立断裂经过（或利用）原始冲断带时，才能有利于深部成矿热液的上升与运移，这种早期的冲断带在控矿作用上仅起到两种作用，一是作为被后期断裂利用的构造薄弱带，二是提供容矿空间。冲断褶皱过程形成的褶皱核部的虚脱部位和层间剪切带及低角度推覆面与其有着异曲同工之处。

值得一提的是，本区发育推覆构造，这对进一步认识本区印支期的构造变形式样有着极为重要的意义。龙王尖新光水库SE岸一个孤立的小山，出露的地层为寒武系薄层灰岩。整个小山地层均由近平卧的小型尖棱褶皱群组成，与周围地层明显极不协调，小褶皱枢纽50°∠15°，轴面倾向NW，同时发育大量的膝折带。这种变形是典型的双向剪切的变形式样，指

示其下部有一较大的滑脱带，整个小山为外来体。这进一步显示了本地区印支期逆冲、褶皱、滑脱、推覆的变形组合特征。

四、蚌埠地区构造控矿形式

依据前人资料分析后认为，本区金矿空间上多与韧性剪切带密切伴生，少部分产于韧脆性剪切带或构造破碎带，个别产于岩浆岩的内外接触带。由于金矿与韧性剪切带关系密切，被认为是韧性剪切带型金矿。韧性剪切带型金矿是指在韧性剪切带形成过程中，由于强烈剪切作用产生液体，与围岩发生相互作用和化学反应，且伴有被称为脱硅作用的大量石英脉的出现，即物质的带出带入作用，使富金流体在有利部位，包括韧脆性剪切带沉淀成矿，根据本区金矿与韧性剪切带关系及野外踏勘，认为不能称为韧性剪切带型金矿。主要论据有：①产于韧性剪切带内的含金石英脉型金矿，石英脉形成远晚于韧性剪切带，韧性剪切带内叠加有后期脆性或韧脆性断裂，两者关系为时代先后、空间叠置，而不是时代相同、空间上下的关系，石英脉的形成与这些晚期脆性和韧脆性断裂更晚期的拉张有关；②还有部分金矿与韧性剪切带无空间上的联系，纯受韧脆性或脆性断裂控制；③个别岩体内外接触带金矿的存在，说明金矿的成矿作用与岩浆岩密切相关，至少岩浆岩提供了热能。综上所述，本区韧性剪切带与上述龙王尖、大庙山地区印支期形成的冲断构造体系的构造要素控矿作用基本相似，只是本区韧性剪切带在其形成过程中可能造成金的初步富集而成为更好的“矿源层”。桑宝梁等(1994)的分析表明，西固堆组韧性剪切带金的丰度是围岩的3～5倍，但产于里内韧性剪切带与围岩金丰度无区别(为$n\times10^{-9}$)，两种韧性剪切带含金差别的原因尚有待研究。

总之，本区金矿的控矿构造本质上为韧脆性和脆性断裂，亦可认为多数矿体受早期韧性剪切带和后期脆性及韧脆性断裂的联合控制。这些断裂以NNE向及NF向为主，少数近E-W向。

第二节　构造地球化学特征

构造地球化学是一门新兴的边缘学科，并越来越受到人们的重视。对金矿体控矿构造的构造地球化学研究，也已由七八十年代含金韧性剪切带研究扩展到脆性和韧-脆性剪切带或断裂带的研究。本区金矿严格受断裂构造控制，金的迁移和富集与不同构造部位的不同构造场密切相关，对不同断裂的构造地球化学特征研究是查明有利成矿构造的一种行之有效的手段和途径。本区容矿断裂方向、类型、构造场特征各异，是进行构造地球化学研究十分理想的地区。现对本区容矿断裂的构造地球化学特征作一探讨。

一、区域控矿断裂构造地球化学特征

本次仅对近南北向区域控矿断裂(管店-龙王尖断裂)进行了研究，在和尚庄测了一条系统的构造地球化学剖面，同时在大柳断裂带旁采集了一条剖面样品，以便进行对比。

(一)常量元素变化特征

表2-1为断裂带内构造岩(H_1—H_2)和非断裂带正常岩石(D_1—D_3)部分常量元素分析结果。断裂带内构造岩原岩与所取正常的岩性相同，均为绢云石英片岩，其中D_3近旁有大理岩透镜体，分析结果与其他样品有所偏差，将其剔除。从分析结果知道，断裂带内的构造岩

SiO_2、Na_2O、Fe_2O_3(全铁)含量增加，平均值分别为72.782%、4.746%、3.55%。正常岩石为65.665%、2.11%和2.52%，而K_2O、CaO含量减少，构造岩平均值为1.275%、1.172%，正常岩石为3.1175%、5.215%，Al_2O_3含量变化不大。

表2-1 断裂带及非断裂带岩石常量元素分析结果

构造部位	样品编号	含量 $\times 10^{-2}$					
		SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	Fe_2O_3
断裂带内	H_1	72.20	10.53	3.74	4.95	3.80	2.11
	H_2	59.91	13.50	2.52	4.30	1.87	3.06
	H_3	71.01	11.96	1.15	4.54	2.09	3.60
	H_4	74.92	12.71	0.53	6.22	0.13	2.30
	H_5	75.87	11.63	1.64	4.09	0.47	2.50
断裂带旁侧	DI_1	60.77	9.44	1.84	2.88	9.27	1.76
	DI_2	66.45	11.00	3.35	1.94	5.14	2.40
	DI_3	67.84	12.15	3.79	1.93	3.45	3.07
	DI_4	67.60	12.01	3.91	1.69	3.26	2.90
	DI_5	58.97	8.63	2.16	1.86	10.81	2.23

表2-2 构造岩及非构造岩微量元素分析结果

样品编号	含量(单位：10^{-6}，Au、Ag为10^{-9})													
	P	Ti	V	Cr	Mn	Ba	Ni	Cu	Pb	Zn	Sr	Zr	Nb	Rb
H_1	238	1501	20.1	14.8	720	321	7.6	152	12.5	41.5	178	178	9.0	21.1
H_2	421	1413	42.2	8.9	449	639	5.2	41.2	12.3	48.1	170	224	10.0	66.5
H_3	145	2480	22.3	10.5	1835	698	10.1	97.3	10.7	55.9	221	209	8.5	36.0
H_4	197	1753	10.4	9.7	212	173	7.8	23.0	6.0	35.1	101	261	8.5	13.3
H_5	285	1733	24.0	10.3	709	515	7.5	32.8	13.6	61.2	95.3	171	8.8	48.9
DI	284	1784	24.3	9.6	1959	579	9.9	23.5	16.7	47.0	254	210	13.6	57.7
DI_2	351	2317	35.5	18.3	1233	1018	12.1	22.4	11.2	59.9	133	256	16.0	97.3
DI_3	370	2188	46.1	23.8	847	1349	11.3	22.4	8.4	63.9	105	254	17.4	114
DI_4	282	2192	44.4	20.7	818	1515	14.2	30.96	12.5	56.1	92.9	276	17.1	119

样品编号	含量(单位：10^{-6}，Au、Ag为10^{-9})													
	Th	B	Ag	Sn	Li	W	Mo	F	As	S	Sb	Bi	Au	Co
H_1	4.7	4.5	135	1.6	7.5	0.8	1.2	268	7.2	50	0.38	0.97	47.7	2.8
H_2	9.3	8.5	215	1.8	16.3	0.4	1.6	351	4.9	50	0.42	0.56	4.4	3.6
H_3	3.5	6.0	98	2.0	6.8	0.2	2.7	340	13.1	50	0.42	0.55	4.5	3.7
H_4	6.3	4.1	169	1.6	1.3	0.2	1.8	259	4.8	50	0.42	0.55	4.5	3.7
H_5	8.1	5.8	139	1.4	13.8	0.2	1.4	456	5.2	50	0.21	0.62	9.1	9.7
DI_1	5.7	10.5	140	2.5	15.0	0.2	1.4	310	5.0	50	0.33	0.73	7.0	1.9
DI_2	8.1	20.0	145	2.2	25.0	0.1	1.4	535	5.5	50	0.26	0.65	3.1	3.1
DI_3	7.7	21.5	135	1.9	35.0	0.2	1.5	680	4.5	50	0.53	0.66	1.5	3.7
DI_4	8.5	21.0	140	2.0	31.3	2.5	2.0	599	4.4	50	0.44	0.63	65.2	2.8

(二)微量元素变化特征

表2-2为微量元素分析结果。由表可以看出，亲硫和亲铁元素S、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Sn、Fe、Co、Ni、Mo以及W、Cr、Mn、P、Sr、Zr在构造带中无显著变化，而亲石大离子元素F、Li、Rb、Ba、Nb在构造带中明显降低，Au在构造带两侧边部含量明显增加，高达47.7×10^{-9}，为正常岩石的近十倍，Ag含量无显著变化。

(三)元素变化与构造场

根据上述分析结果可以得出，在管店-龙王尖这条贯穿全区的南北向断裂带内，元素发生了明显的迁移。造成这种元素迁移的原因究竟是成矿以前构造剪切作用的结果，还是在成矿作用中热液活动过程中物质的带入和带出的结果？为此，对断裂带内上述样品作了透射电镜分析。结果表明，石英颗粒具两种不同的位错类型，一种为堆垛层错，照片上表现为黑白相间的平行条纹；另一种为线状、环状位错，而且后者切过前者。该断裂经历的构造活动中，有两期活动为强烈的剪切，一期为早期发育过程，形成堆垛层错；另一期大致相当于成矿期，形成后一种位错。对后一种位错，根据Mc-Cormik(1979)经验公式：$\Delta\sigma=1.64\times10^{-4}P^{2.68}(\Delta$

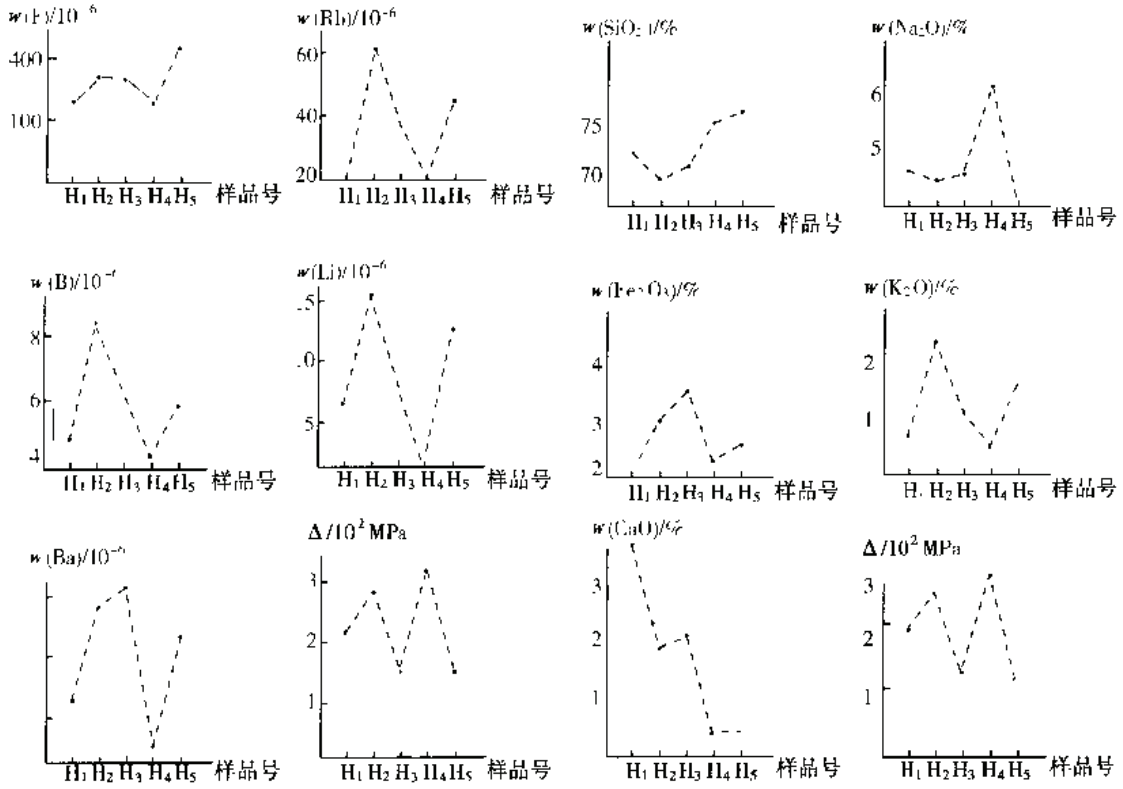


图 2-10　部分微量元素及差应力变化曲线图　　图 2-11　主元素及差应力变化曲线图

$\tau=\sigma_1-\sigma_3$，为差应力，单位为 MPa，P 为位错密度，单位为 cm^{-2}）计算 H_1、H_2、H_3、H_4、H_5 所经历的差应力分别为 2.22×10 MPa、2.84×10^{1} MPa、3.16×10^{1} MPa、1.34×10^{2} MPa。

断裂带主元素变化与差应力变化曲线（图 2-10）分析表明，两者相关不是很好，说明断裂主元素变化原因可能多样：包括早期剪切过程元素的迁移，成矿期应力作用造成的元素迁移，成矿期热液活动的物质带入，等等。

断裂带含量明显降低的微量元素，包括 F、Rb、Li、B、Ba 等，其变化曲线与差应力变化曲线相关性较好，呈较明显的相关关系（图 2-11）。说明断裂带内这些微量元素的降低是成矿期断裂活动过程强烈的剪切作用而导致这些元素迁移的结果。

二、容矿断裂构造地球化学特征

本次在小庙山 7 号采坑实测了一条构造地球化学剖面（图 2-12），各分层描述如下：

① 构造作用较弱的闪长玢岩；

② 碎裂岩化闪长玢岩，发育两组破劈理：130°∠30°，330°∠70°，局部形成构造透镜体（西段为矿体）；

③ 黄铁绢英岩化断层泥（矿体）；

④-a 构造透镜体，属西冷组，内部发育一系列破劈理或小断层，形成大构造透镜体内更小的构造透镜体；

⑤-b 西冷组构造破碎岩石，本层中间（样 6）构造破碎稍弱，向两边（样 5、样 7）增强，西界样 7 变为构造角砾岩，黄铁绢英岩化；

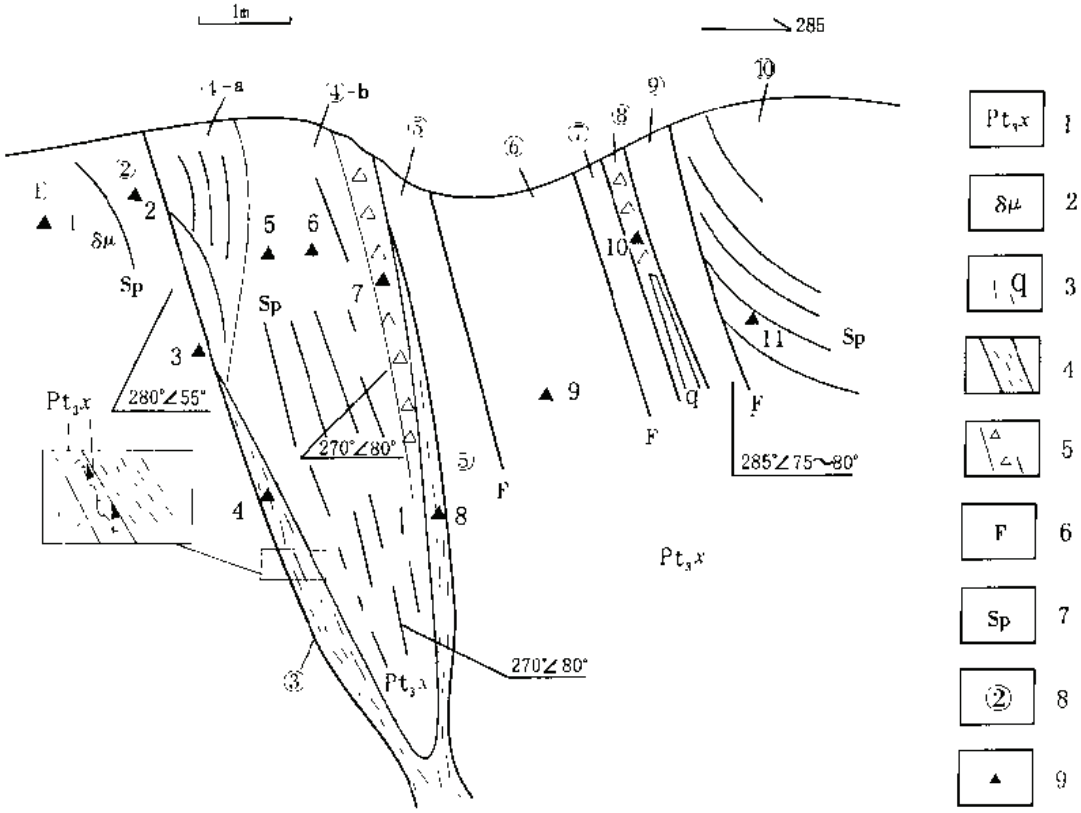


图 2-12　小庙山 CK7 构造地球化学剖面图

1　张八岭群西冷组；2—闪长玢岩；3　石英脉(矿体)；4—蚀变断层泥(富矿)；5—构造角砾岩；6　断层；7　破劈理；8—分层号(分层描述见正文)；9—取样位置及编号

⑤ 硅化、黄铁绢英岩化断层泥(富矿体)；

⑥ 灰绿色蚀变构造破碎带，硅化、绢云母化，构造破碎，发育小断层和破劈理，其中层⑥-a 破碎强烈，形成碎裂岩；

⑦ 粗粒构造角砾岩或碎裂岩，黄铁绢英岩；

⑧ 细粒构造角砾岩，其内有含金石英脉(富矿体)，黄铁绢英岩化；

⑨ 同⑥；

⑩ 构造破碎带，发育一系列破劈理，并在成矿后的断层活动中发生牵引弯曲。

(一)常量元素变化特征

表 2-3 列出小庙山 CK7 构造地球化学剖面样品常量元素分析结果。

表 2-3　小庙山 CK7 常量元素分析结果表

样品编号	原岩岩性	含量(w_B 10⁻²)					
		SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	Fe_2O_3
CK7-1	闪长玢岩	55.90	15.21	2.99	1.04	1.29	8.99
CK7-2	闪长玢岩	56.65	14.73	3.53	1.26	1.18	9.55
CK7-3	闪长玢岩	44.92	11.86	0.59	0.59	0.82	19.26
CK7-4	断层泥(石英片岩)	75.49	11.15	1.08	3.89	0.28	3.50
CK7-5	石英片岩	73.04	13.19	2.03	4.66	0.5	2.85
CK7-6	石英片岩	71.25	13.48	2.84	4.21	0.52	3.44
CK7-7	石英片岩	74.21	12.33	1.52	5.04	0.56	3.16
CK7-8	断层泥(石英片岩)	48.30	13.91	0.96	1.36	0.47	18.54
CK7-9	石英片岩	69.76	14.74	2.12	5.95	0.6	3.20
CK7-10	石英片岩	63.70	15.24	4.07	3.52	0.47	8.28
CK7-11	石英片岩	70.97	11.98	2.54	4.24	0.80	3.80

将表 2-3 原岩相同的样品 4～11 号分析结果和各样品所处部位的相对构造强度作图(图 2-13)，由图上可以看出，SiO_2、K_2O、Na_2O 含量的变化与构造强度呈明显的负相关关系，Fe_2O_3 含量呈明显的正相关关系，CaO 呈负相关关系，但变化幅度较小。样品 1～3 号原岩相同，为闪长玢岩，由构造带外向内，SiO_2、K_2O、Na_2O、CaO 含量逐渐降低，而 Fe_2O_3 逐渐升高，说明在构造及热液活动过程中，Si、Na、K、Ca 向闪长玢岩内迁移，Fe 则从闪长玢岩向构造带内迁移。

(二)微量元素变化特征

表 2-4 为小庙由 CK7 微量元素分析结果。由表可以看出，微量元素的变化与矿体密切相关，即主要由成矿热液活动而引起。3、4、8 号样品为构造蚀变岩型金矿，样品亲铁和亲硫元素及 Li、P 等猛然升高，10 号样品这些元素并无明显升高趋势，而一些亲石大离子元素，如 Rb、B、Ba 等含量增加 2～3 倍，F 也有所提高。

表 2-4　小庙山 CK7 微量元素分析结果表($w_B/10^{-6}$)

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P	2217.9	2238.9	2344.3	468.6	582.5	301.2	284.7	1113.4	214.0	266.9	415.7
Ti	5967.2	5428.4	4891.5	2455.7	2463.2	2780.1	1947.1	3026.3	2709.8	2746.5	2774.3
V	184.4	175.9	220.6	34.1	51.4	69.2	53.0	212.2	54.5	86.1	58.5
Cr	614.4	5112.2	704.4	36.1	13.5	13.9	11.3	300.5	11.0	14.8	11.5
Mn	1953.0	2561.7	2826.3	1025.2	612.4	591.4	460.3	2285.3	478.4	1723.6	527.9
Ba	987.6	1448.9	0.1	268.5	660.7	1016.4	359.3	396.9	800.4	1252.1	833.8
Ni	289.1	53.7	219.7	17.8	12.6	11.6	12.6	115.6	12.3	14.2	8.4
Ni	289.1	55.7	219.7	17.8	12.6	11.6	12.6	115.6	12.3	14.2	8.4
Cu	92.9	500.7	16700	1020	61.5	123.4	415.0	5480	280.4	411.5	141.7
Pb	22.5	35.0	36.8	20.0	13.7	20.8	26.9	41.7	17.0	20.9	13.1
Zn	499.5	257.5	548.2	49.7	50.3	57.8	37.7	319.9	57.6	56.3	73.1
Sr	141.9	183.9	64.4	76.0	115.6	149.3	127.2	69.9	124.1	115.7	80.0
Zr	210.7	212.1	195.6	182.6	180.5	220.7	214.9	215.8	242.2	254.9	175.6
Nb	16.5	17.0	16.7	8.0	8.2	9.2	8.4	12.2	10.9	10.8	7.1
Rb	103.3	72.2	49.3	37.1	38.9	51.2	30.3	29.4	39.5	118.4	62.3
Th	5.9	6.8	12.0	4.8	5.4	6.3	4.4	7.8	7.2	6.5	1.8
B	18.0	14.6	13.0	7.1	6.0	4.7	5.0	8.6	3.3	21.0	8.2
Ag	380	170	12400	4000	580	255	1400	1600	1100	4100	730
Sn	2.7	3.3	6.1	1.4	1.5	1.9	2.2	3.8	1.7	3.3	2.5
Li	80.0	67.5	122.5	13.0	8.6	11.3	8.8	106.3	8.8	5.0	7.5
W	0.2	19.6	72.2	4.4	0.6	2.1	2.7	10.0	0.2	3.0	1.1
Mo	1.3	2.4	2.2	1.9	2.2	1.7	1.6	4.4	1.6	4.2	14.0
F	1142	877	909	301	400	380	277	621	329	492	323
As	5.7	3.6	2.5	4.7	1.8	1.3	2.6	2.1	1.8	5.5	3.5
Co	16.0	37.0	38.0	13.0	4.5	4.0	7.3	36.6	2.3	6.1	5.1
S	100	50	100	100	50	50	200	200	100	100	100
Sb	0.59	0.27	0.50	0.18	0.12	0.18	0.15	0.17	0.23	0.30	0.25
Bi	0.57	16.10	15.00	22.50	1.61	2.01	5.75	14.30	4.16	12.40	2.71
Au	198.8	610.0	2870.0	2010.0	134.6	114.3	570.0	12000	160.0	18200	83.5

(三)构造场与元素变化及成矿作用

上已述及，微量元素的变化主要受热液活动的制约，从本剖面可以看出，构造蚀变岩型金矿的产出状态与构造作用密切相关。样品 3、4、10 号为剖面中构造作用最强部位，可视为主断面，矿体产于强构造带。常量元素分析已显示，其含量变化与构造强度相关性很好，其迁移与构造作用直接相关。可以认为不论常量元素、微量元素及成矿作用，在构造蚀变带型金矿形成阶段，构造作用起着至关重要的作用，强烈的构造作用部位有利于成矿。

样品 10 号微量元素具有不同的变化特征，石英脉型金矿的指示元素含量明显增加，而

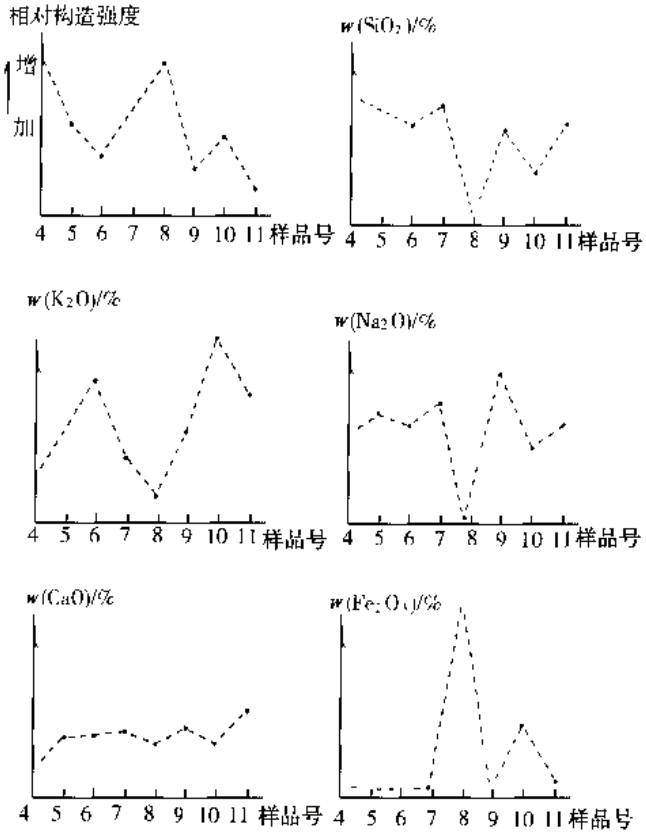


图 2-13　小庙山 CK7 常量元素及构造强度变化曲线图

这些元素正是区域南北向断裂(管店-龙王尖断裂)带内含量减少的元素。在石英脉型金矿形成阶段，南北向区域控矿断裂不仅是成矿热液活动重要通道，而且提供了部分矿化剂元素。早期蚀变岩型金矿形成阶段，南北向断裂带在成矿热液活动过程中，由于处于强烈的挤压状态，不利于微量元素的沉淀，主要表现为迁移作用，亲铁及亲硫元素无明显增加。当热液从区域南北向断裂带中垂向迁移而转化为在次级断裂(富矿断裂)带内侧向迁移和活动时，物理化学条件发生改变，在有利的韧脆性带和有利的构造部位聚集成矿。

三、构造控矿形式

本区地跨三个大地构造单元，华北陆块南缘——五河、蚌埠地区，张八岭构造带——嘉山、定远地区及张八岭构造带与扬子陆块前陆带接合部——龙王尖、大庙山地区。在构造控矿作用特征上，具有相似的一面，是由成矿时代及成矿机制相同或相似所决定的；在单个矿点构造控矿作用具体形式上具一定的差异，这是由于在成矿前各单元构造格局不同所致。三个地区的构造格局主要形成于印支期。因此，根据印支期造山作用划分的各构造单元具有其相应的矿点构造控矿形式。

各单元(地区)构造控矿特点前已叙述，此处仅作一概括和总结，并与造山作用建立起联系，同时也为本项目找矿预测的信息图面表示提供方便。

三个不同单元构造控矿的相同特点是矿点在分布区域上受深大断裂控制：五河地区受

郯-庐断裂带控制；蚌埠（怀远）地区受近东西向的怀远断裂及刘府断裂控制；嘉山、定远地区受郯-庐断裂及管店-龙王尖断裂控制；龙王尖、大庙山等地区受黄-破断裂（部分受管店-龙王尖断裂）控制，说明均为岩浆热液成矿，需具备岩浆热液垂向迁移较深的构造通道。

不同的构造单元在具体矿点的构造控矿特征上又具差异，主要表现在：

（1）容矿构造的构造类型有部分差别。华北陆块南缘，主要为早期韧性剪切带叠加晚期脆性或韧脆性断裂，脆性或韧脆性断裂独立容矿为次要形式；张八岭构造带全为脆性和韧脆性断裂及韧脆性剪切带，并表现为特征的多级别断裂容矿；张八岭构造带与前陆带交接部位表现为脆或韧脆性断裂独立控矿或其与褶冲带内的褶皱联合控矿，有的与层间剪切滑动面联合控矿。

（2）容矿构造方向有差异。华北陆块南缘以NNE、近S-N向为主，次为E-W向、NE向；张八岭构造带为多方向断裂控矿，有NNE向、NW向、NNW向，且均较为发育；张八岭构造带与前陆带接合处以NE向为主，少数NNE向（图2-14）。

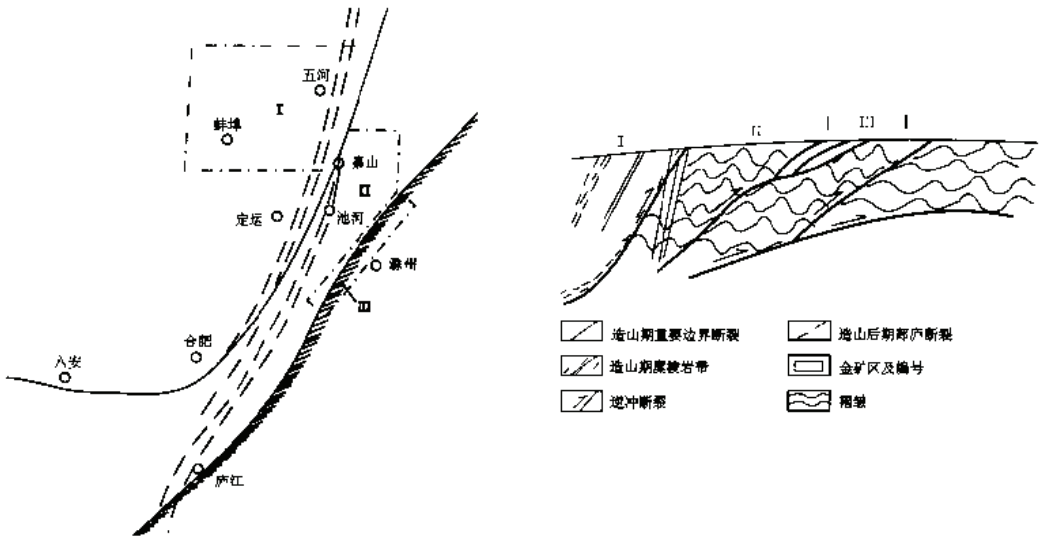


图2-14　三个研究区大地构造位置平面图及其印支期变形特征示意图
（说明见正文）

综上所述，蚌埠地区属华北陆块南缘，紧邻造山带后缘。造山作用期间，主要形成与边界一致的逆冲型韧性剪切带。本区既是华北陆块南缘，又是东缘（笔者赞同大别-苏鲁造山带存在着原始的“S”形海域观点，叠加有郯-庐的左行平移），发育有近东西向及北北东向两组韧性剪切带；嘉山、池河地区，挟持于两个重大边界断裂（或称韧性剪切带）之间，两条主要的边界起到重要的运动及动力上的调整作用（推覆作用为主）。本带可作为较完整的块体上下“自由”滑动，冲断层不发育，以小型的褶皱形式作必要的缩短量调整，张八岭岩群变形特征即是佐证；龙王尖、大庙山等地，地处造山带前缘，黄-破断裂次级冲断裂发育，表现出强烈的逆冲褶皱变形。上述两个阶段就决定了燕山期成矿作用金矿的构造控矿样式，并形成构造控矿特征上的差别。

第三章　中生代岩浆作用与成矿

研究区内岩石成因类型及其物质来源与基底的性质关系密切，不同基底在岩浆形成过程中起到了一定作用。因此，根据区内构造地质背景和中生代侵入岩主要特征以及岩浆作用特点划分为三大岩系，它们是：扬子前陆北缘(过渡型)高钾闪长岩系、张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩系、华北陆块蚌埠隆起钙碱性花岗岩系(图 3-1)。

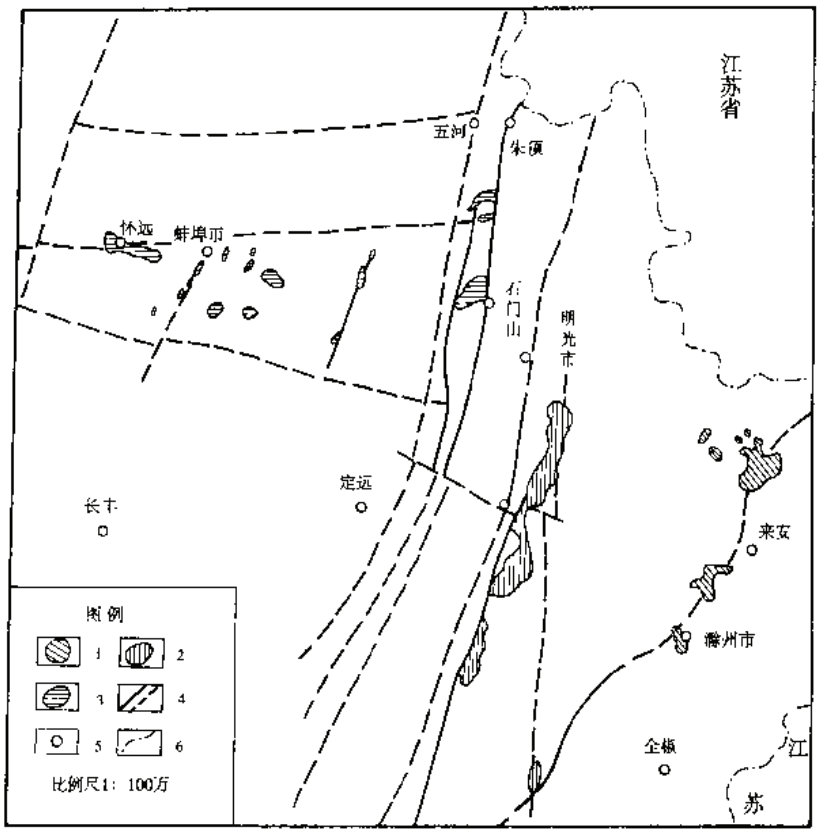


图 3-1　中生代侵入岩分布略图

1—扬子前陆北缘过渡型高钾闪长岩系；2—张八岭构造带深熔钙碱性岩系；3—华北陆块东南缘钙碱性花岗岩系；4—断裂；5—市县；6—省界

第一节　扬子前陆北缘(过渡型)高钾闪长岩系

一、岩系空间分布特征

扬子前陆带北缘(过渡型)高钾闪长岩系主要产出于黄-破断裂带内，自南而北见有马厂

岩体、滁县岩体、黄道山岩体以及屯仓岩体。呈北北东向展布，它们大多呈岩株状。

马厂岩体出露面积17.43km²，平面上呈长轴为近南北向的椭圆形，空间上受控于管店-龙王尖断裂和黄 破断裂，明显斜切复兴集-大马厂复向斜的北西翼。围岩为震旦纪和寒武纪地层，岩体与围岩接触面总体向北西倾斜。由于岩体出露区呈负地形，基岩露头较少，大致认为中心部位为花岗闪长岩，边缘为石英闪长岩，局部见有碱性辉长岩脉出露。岩浆侵入围岩引起强烈蚀变，主要见有矽卡岩化、大理岩化、蛇纹石化及角岩化。

滁县岩体侵位于醉翁山向斜轴部，岩体平面形态椭圆形，长轴呈北东向延伸，南部边缘多呈枝状及脉状，北端开阔，南端收敛，剖面上呈上大下小的"V"字形，岩体中见有大小不等的围岩捕虏体。岩体出露面积1.2km²。岩体之围岩为下奥陶统至上寒武统；围岩蚀变主要为大理岩化、矽卡岩化，尚见有硅化、钾化等。

黄道山岩体出露于黄道山向斜核部，位于滁县岩体北东，与滁县岩体受同一断裂控制。岩体平面形态为北东向椭圆形岩株，出露面积30km²。岩体侵入于震旦系、寒武系及奥陶系围岩中，围岩蚀变有大理岩化、矽卡岩化、硅化等。岩体剥蚀深度较浅，见有大量残留顶盖及围岩捕虏体。

屯仓岩体位于来安县屯仓一带，由于第四系水域掩盖，露头面积仅为15km²。岩体平面形态呈北东向长椭圆形，岩体主要侵位于震旦系灯影组，在张八岭群西冷组变火山岩中亦见有零星露头。围岩蚀变主要见有大理岩化、透闪石化、矽卡岩化等。

二、岩石学特征

扬子前陆带北缘(过渡型)高钾闪长岩系主要岩石类型为石英二长闪长岩、石英二长闪长玢岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩等，与侵入岩密切相关的晚期脉岩主要有闪长玢岩、微晶闪长岩、碱性辉长岩、花岗岩等。

1.石英二长闪长(玢)岩

石英二长闪长岩和石英二长闪长玢岩主要出露于马厂岩体、滁县岩体和黄道山岩体。岩石大多呈灰白、灰绿色，全晶质不等粒—斑状结构，块状构造。斑晶主要为斜长石和角闪石，基质为斜长石、黑云母、角闪石及少量钾长石和石英。斑晶粒径一般为1～5mm，基质矿物粒径0.02～0.2mm。斜长石是该类岩石的主要造岩矿物，大多呈自形板柱状，钠式、卡钠及肖钠双晶发育，环带构造常见，An=22～32，为更-中长石。斜长石常具下同程度的碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化及高岭土化。钾长石常呈他形粒状出现在基质中，钾长石或填隙于斜长石粒间，或与石英共生，钾长石含量一般可达10%～15%。石英呈他形粒状，粒径变化范围较大，含量一般为5%～10%。岩石中主要暗色矿物为角闪石及黑云母，其中角闪石含量明显大于黑云母。角闪石为淡绿、墨绿色，半自形柱状，粒径0.5～3mm；角闪石中常见磷灰石、磁铁矿嵌晶，绿泥石化、碳酸盐化、黑云母化蚀变发育；角闪石含量一般为10%～20%。黑云母大多为棕褐色，一般呈书册状，多色性十分显著，粒径为0.5～2mm，含量大多在5%以下。

该类岩石中副矿物主要有：磷灰石、锆石、榍石、磁铁矿等，副矿物类型为磷灰石-锆石型。磷灰石多为六方柱状自形晶，锥面不发育，粒径一般为0.05～0.2mm。锆石以浅褐红、无色为主，柱锥状半自形晶体，粒径一般为0.05～0.2mm。榍石浅褐黄色，信封状或尖菱形，粒径0.1～0.2mm。副矿物中磁铁矿远大于钛铁矿，显示了磁铁矿系列的重要特征。

2.花岗闪长(斑)岩

花岗闪长岩及花岗闪长斑岩主要出露于马厂岩体的中心部位以及来安县的屯仓岩体。花岗闪长(斑)岩与石英闪长玢岩具有过渡关系。岩石一般呈浅灰至浅肉红色，似斑状结构发育，斑晶主要由斜长石、石英及钾长石组成。主要造岩矿物为斜长石(40%～50%)、钾长石(15%～20%)、石英(20%～25%)、角闪石(10%～15%)、黑云母(3%～5%)等。其中暗色矿物以角闪石为主，这一特点与石英闪长(玢)岩相似。斜长石大多呈半自形板状，环带构造发育，可见细密双晶纹，An＝22～30，属更-中长石。钾长石大多为他形粒状，填隙式产出，条纹发育，常见钾长石包含斜长石、角闪石晶体。石英他形粒状，常与钾长石互嵌，可见石英组成粒状集合体，集中产出。角闪石呈柱状，粒径一般可达0.5～2mm，黑云母呈书册状、片状，棕褐色，多色性显著，粒径为0.2～0.8mm。上述造岩矿物一般都遭受岩浆期后热液蚀变，斜长石具绢云母化、高岭土化，角闪石及黑云母发育绿泥石化。

岩石中的副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石、锆石等，属磷灰石-锆石-榍石型。磷灰石无色，六方长柱状晶形，粒径0.1～0.4mm；锆石呈棕黄、浅红等，复正方双锥长柱状晶形，粒径0.1～0.5mm；榍石以棕黄色为主，主要为信封状晶形，粒径0.1～2mm。磁铁矿含量明显多于钛铁矿，属于磁铁矿系列。磁铁矿含量高达20g/10kg，明显高于张八岭构造带花岗岩体(7g/10kg)。

三、岩石地球化学特征

(一)岩石化学

扬子前陆带北缘岩浆岩带马厂、滁县、黄道山和屯仓岩体的岩石化学指数列于表3-1。

表3-1　扬子前陆带北缘岩浆岩岩石化学指数

岩体	马厂		滁县	黄道山	屯仓	沿江地区
岩石类型	石英闪长岩	花岗闪长岩	石英闪长玢岩	花岗闪长岩	花岗闪长岩	中酸性岩
样品数	5	1	13	3	2	34
SiO_2	57.86%	66.94%	63.52%	63.52%	65.27%	60.25%
总碱量	7.30	8.09	7.59	8.23	8.15	7.83
酸度	5.96	15.16	8.93	13.42	10.77	10.61
固结指数	26.51	12.88	18.39	15.11	18.39	15.07
分异指数	56.65	77.55	69.03	72.45	73.26	66.28
组合指数	3.6	2.75	2.81	3.30	2.98	3.62
氧化度	0.37	0.45	0.38	0.27	0.30	0.39
钠钾比	1.16	0.74	1.51	1.11	1.08	1.55
铝碱比	1.49	1.35	1.44	1.36	1.32	1.48
钙碱比	1.15	0.43	0.70	0.61	0.51	0.86
铝指数	0.69	0.94	0.84	0.85	0.72	0.81
ΣFe-Mg	1.24	1.90	1.88	1.57	1.42	
M*	69.23	61.76	61.20	60.27	63.50	56.82

* $M=100\times Mg/(Mg+Fe^{2+})$

(1)石英闪长(玢)岩及花岗闪长(斑)岩的SiO_2含量变动范围为56.89%～66.94%，其中石英闪长(玢)岩的变动范围较大，花岗闪长(斑)岩的变动范围较小；岩石的酸度变动范围为5.32～16.84，其中石英闪长(玢)岩的酸度普遍偏低，它们均属于酸性过饱和岩石。

(2)岩石的总碱量与中国岩浆岩平均值(黎彤等，1996)相比，普遍偏高，其中石英闪长(玢)岩的总碱量变动范围为7.15～8.46，花岗闪长(斑)岩总碱量变动范围为7.64～8.68。

钠钾比(Na_2O/K_2O)普遍偏高，绝大多数样品>1(统计24个样品，仅有花岗闪长岩两个样品<1)，最高达2.62。Na_2O含量一般>1%，其中马厂岩体相对偏低，尤其是花岗闪长岩最低。K_2O含量一般为3.0%～4.0%，可见区内岩石具有明显高钾特点，尤其是在碱质普遍偏高的基础上显示了高钾特点。从SiO_2-(K_2O+Na_2O)图解(图3-2)中可看出，区内岩石大部分样品的投影点与沿江高钾闪长岩系相重合，部分样品位于沿江高钾闪长岩系的右上方，表

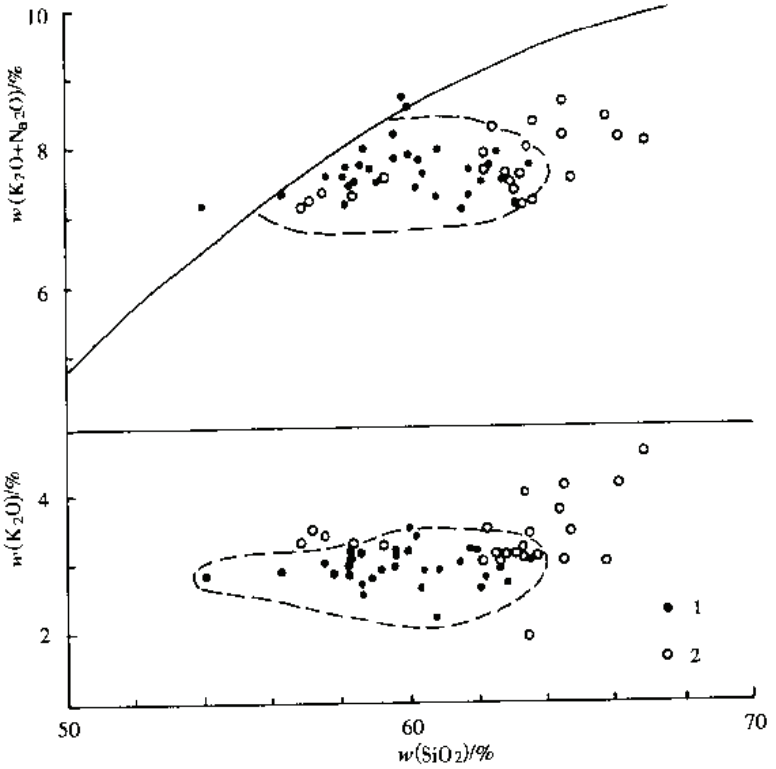


图3-2 SiO_2-(K_2O-Na_2O)图解

(据Irvine,1997)

1 沿江高钾闪长岩；2 扬子前陆北缘过渡形高钾闪长岩 I 碱性岩区 II 亚碱性岩区

明较之沿江高钾闪长岩具有富硅富钾特点。由图解可以看出，本区岩石随着SiO_2的增加，碱质，尤其是钾的含量具有缓慢增高的趋势。这表明硅钾具有正相关关系，这一变异趋势的斜率明显大于沿江高钾闪长岩系。

(3)本区过渡型高钾闪长岩类，组合指数变化范围较窄，平均值为3.06，属钙碱性岩系；铝指数平均值为0.80，属铝正常类型，上述岩石化学参数与沿江高钾钙碱性岩系相近。区内岩石的铝碱比(A/NK)平均值为1.41，钙碱比(C/NK)平均值为0.77。在(A/NK-C/NK)图解(图3-3)中，本区岩石的投影点与沿江高钾钙碱性岩系几乎同属一个范围。但是，马厂岩体石英闪长岩钙碱比明显偏高，这种特点可能与碳酸盐的同化混染有关。

(4)区内岩石的固结指数与沿江高钾闪长岩系相比一般偏高，分异指数亦相对较高。一般而言，来自地幔源未分异的岩浆固结指数(SI)偏高，分异指数(*DI*)偏低；岩浆分异促使SI由大变小，*DI*则由小变大，它们总是向着相反方向演化。区内岩石的另外一个重要的岩石化学参数M值亦明显偏高，其变化范围为60.27～69.25，平均值为62.98，这一数值与安庆月

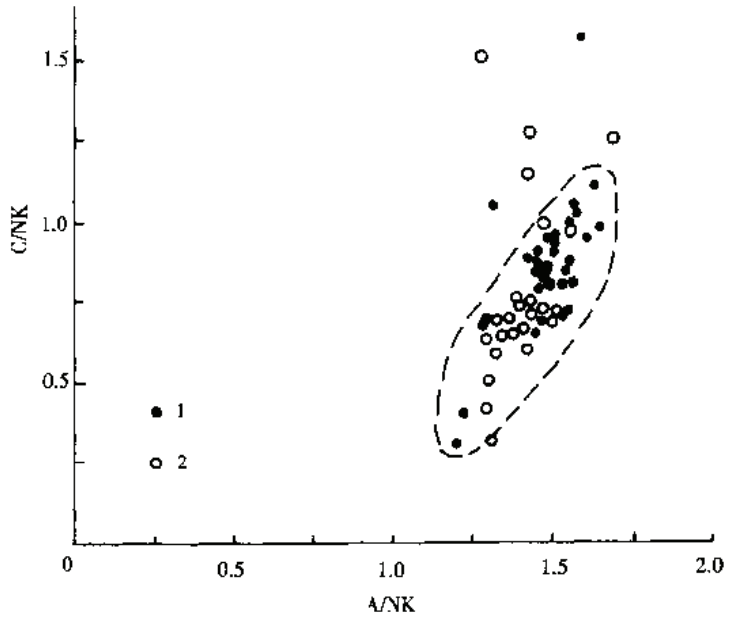


图 3-3　C/NK-A/NK 图解

1—沿江高钾闪长岩；2—扬子前陆北缘过渡型高钾闪长岩

由高钾闪长岩相似，接近于镁铁平衡。这就表明区内岩浆的分异程度总体上并不高，而较高的分异指数则是由于陆壳硅铝质混染所引起的，钾硅质含量的明显增高所致。

(5)利用岩石氧化度、钠钾比及铝指数等岩石化学参数进行判定表明，本区岩石氧化度偏高(0.27～0.45)，钠钾比偏高(一般>1)，铝指数偏低(一般<0.9)，这种特征与I型花岗岩类相似，其物质来源可能导源于上地幔。由于岩石碱硅质含量明显增高，镁铁相对平衡，而且铝指数相对偏低，这种特征可能反映了壳源钾硅物质一定程度的同化混染。

(二)稀土元素

区内侵入岩的稀土元素含量及有关参数列于表3-2，稀土元素配分曲线示于图3-4。由上述图表，可以看出：

(1)扬子前陆北缘过渡型高钾闪长岩系稀土元素配分模式为右倾斜型，轻稀土元素富集，重稀土元素亏损，轻重稀土元素比值($\sum Ce/\sum Y$)为5.18～7.02，显示了轻重元素的相对分离。这种元素分馏特征由于岩系镁铁平衡(M值>60)和铕异常不明显，表明岩浆演化缺少铁镁矿物和斜长石的结晶分异。因此，明显偏高的分馏系数[$(La/Yb)_N$为16.49～25.47]反映了岩源物质在部分熔融过程中的碱硅质富集。

(2)稀土元素总量变化范围为137.52×10^{-6}～193.62×10^{-6}，属中等含量，重稀土元素Y值变化范围为12.00×10^{-6}～14.10×10^{-6}，相对偏低。这种数值特征反映了岩源物质为深源组分，可能来自于上地幔。

(3)铕亏损铈亏损不明显。δEu大于0.9，反映了岩浆演化过程中斜长石分离结晶特征不明显；δCe变化于0.8～0.9之间，显示了岩浆结晶时相对较高的氧化环境。

表 3-2　稀土元素含量*($w_B/10^{-6}$)及有关参数

岩类	石英闪长岩	石英闪长岩	石英闪长岩	石英闪长岩
样品	1207—XT1	1246—XT1	2212—XT1	平均值
La	26.78	40.60	39.55	35.64
Ce	51.69	72.30	75.95	66.65
Pr	6.97	7.59	8.98	7.85
Nd	23.50	30.60	34.10	29.40
Sm	4.93	5.80	7.18	5.97
Eu	1.38	1.64	1.56	1.56
Gd	3.63	4.01	1.58	4.11
Tb	0.26	0.50	0.56	0.56
Dy	2.52	2.77	3.09	2.79
Ho	0.53	0.34	0.62	0.56
Er	1.47	1.28	1.49	1.41
Tm	0.22	0.17	0.20	0.18
Yb	1.07	1.05	1.33	1.15
Lu	0.17	0.17	0.20	0.18
Y	12.04	12.00	14.10	12.71
ΣREE	137.52	181.11	193.62	170.75
ΣCe/ΣY	5.18	7.02	6.59	6.21
δCe	0.87	0.91	0.83	0.87
δEu	0.96	0.99	0.91	0.95
$(La/Yb)_N$	16.49	25.47	19.50	20.52

* 引自管家坝幅1∶50000区调报告，安徽地调院，1998。

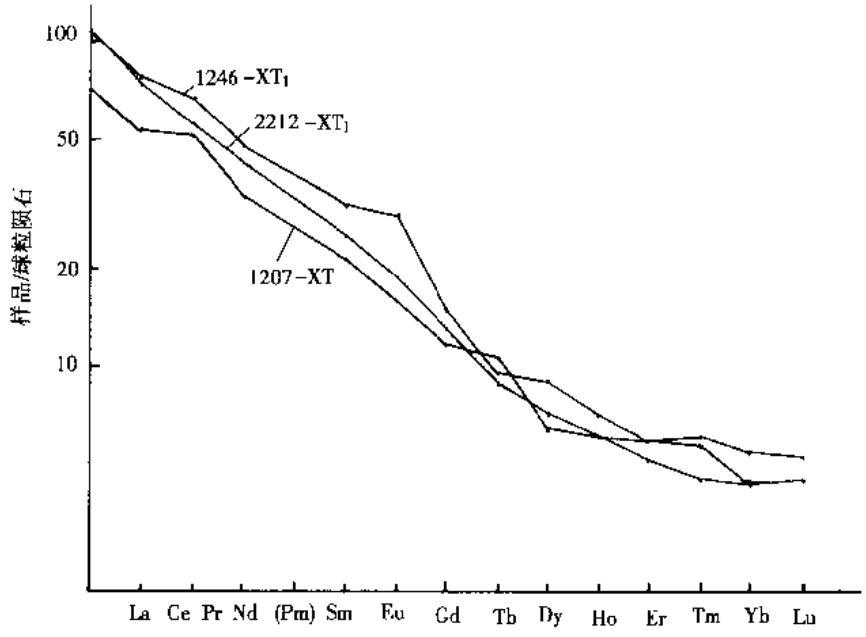


图 3-1　马厂岩体石英闪长岩稀土元素配分曲线

(4)与沿江高钾闪长岩系对比，本区岩石的稀土配分模式和有关参数十分相似于沿江高钾闪长岩系，尤其是相似的配分曲线形态，相对偏低的 Y 值表明它们具有相似的成因类型。

(三)微量元素

马厂岩体石英闪长岩微量元素含量(10^{-6})及有关参数列于表 3-3。

(1)由表3-3可以看出，杀岩微量元素具有低Rb富Sr、Ba的明显特征，这一特征与沿江高钾闪长岩系相似。岩石的$(Rb/Yb)_N$比值变动范围为30.80～49.38，平均值为40.09，为强不相容元素富集型，数值的变动范围与沿江高钾闪长岩系相同。K/Rb比值较为稳定，平均值为365，较之铜陵地区明显偏高，与沿江安庆地区相近。本区岩石富Sr低Rb，K与Rb的不同步演化表明岩浆不是经由分异作用形成。其分布特点反映了岩源的组分特征，进一步揭示了交代型地幔的属性。

(2)亲铁过渡元素Cr、Ni、Co、V、Ti、Fe、Mn等在本区岩石中含量普遍偏高，其分配模式为右倾斜"W"型，其中标准化的Cr点明显高于Ni点。一般而言，橄榄石和斜方辉石富集Ni、Co，而Cr、V、Ti、Mn等为单斜辉石容纳，在部分熔融和分离结晶过程中形成了明显的分离。由于本区岩石铁镁平衡，不存在橄榄石和斜方辉石的分离结晶，因此，形成右倾斜"W"型分配模式可能由部分熔融产生，而且随着熔融程度的提高Sc、Ti、Cr、V、Mn大量进入熔体，Co、Ni则主要残留于橄榄石和斜方辉石中。显然，过渡元素配分模式和M值表明本区岩石的熔融程度较之沿江高钾闪长岩系偏高。此外，Co/Ni比值表明本区岩石明显低于沿江高钾闪长岩系。

表3-3　微量元素含量*($w_B/10^{-6}$)及有关参数

岩　类	石英闪长岩			岩类	石英闪长岩		
样　号	2212－y1	1246－y1	平均值	样　号	2212－y1	1246－y1	平均值
Rb	65.2	82.5	73.9	Cu	50.6	91.4	71.0
Sr	1294	885	1091	Pb	17.6	24.7	21.2
Ba	1474	1723	1598	Zn	90.9	95.0	93.0
Be	0.9	1.1	1.0	Au	0.0009	0.0006	0.0008
Li	85.9	56.2	71.1	Ag	0.07	0.07	0.07
Zr	218.7	218.9	218.8	W	0.21	0.21	0.21
Nb	9.7	8.4	9.1	Sn	3.4	7.3	5.4
Ni	82.3	57.9	70.1	Mo	0.59	0.41	0.50
Cr	208.3	130.4	169.4	Bi	0.07	0.13	0.10
C	135.3	115.6	125.5	As	0.82	2.46	1.64
Co	21.5	10.5	16.0	Sb	0.11	0.44	0.28
Co/Ni	0.26	0.18	0.22	Rb/Sr	0.05	0.09	0.07
K/Rb	386	344	365	$(Rb/Yb)_N$	30.80	49.38	40.09

* 引自管家坝幅1∶50000区调报告，安徽地调院，1998。

(3)硅铝壳一般富集的微量元素Li、Be、Nb、U等在本区石英闪长岩中分布十分不同。Li的含量高达71.1×10^{-6}，约为地壳的2.5倍，为石英闪长岩(20×10^{-6}，刘英俊，1984)的3.5倍。中酸性岩中很富集的Be在本区石英闪长岩中的含量明显低于全球花岗岩的平均值和地壳平均值(3.5×10^{-6}，别乌斯，1974)，仅为闪长岩的0.6倍。黎彤(1976)给出的Nb地壳平均值为19×10^{-6}、花岗岩平均值21×10^{-6}，闪长岩的平均值仅为3.6×10^{-3}。本区石英闪长岩Nb的含量尚属正常。Li、Be等元素在岩浆演化过程中常富集于含挥发分矿物黑云母及角闪石中或富集于挥发分集中的残余流体中。Li高Be低是否具有普遍意义，由于样品数量较少，尚缺乏统计意义。

(4)成矿元素在本区石英闪长岩中仅见有Cu含量偏高，其他成矿元素相对偏低，尤其是酸性花岗岩中富集的W、Sn、Mo等成矿元素含量明显偏低。

四、同位素地质特征

表 3-4 列出滁县石英二长闪长岩体的 Nd、Sr、Pb 同位素分析结果。

表 3-4　滁县岩体同位素分析*

全岩钐、钕同位素						
w(Sm) 10^{-6}	w(Nd) 10^{-6}	Sm/Nd	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	$I_{Nd}(T)$	$\varepsilon_{Nd}(T)$
3.12	17.18	0.18	0.1098	0.511858±18	0.511760	−13.70
全岩 Rb、Sr 同位素						
w(Rb) 10^{-6}	w(Sr) 10^{-6}	Rb/Sr	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$I_{Sr}(T)$	$\varepsilon_{Sr}(T)$
55.51	1253	0.04	0.128	0.70694±3	0.70669	30.51
铅、氧同位素						
测定对象	$w(^{206}Pb)/w(^{204}Pb)$		$w(^{207}Pb)/w(^{204}Pb)$		$w(^{208}Pb)/w(^{204}Pb)$	$\delta^{18}O/‰$
斜长石	16.64±0.02		15.38±0.01		35.91±0.01	9.4
	16.62±0.01		15.37±0.01		35.82±0.01	

* 引自陈江峰，1994，岩石形成年龄为 137Ma

Rb、Sr 是典型的亲岩元素，它们在岩浆分异或部分熔融过程中发生明显的分离，熔体中 Rb 明显富集，Sr 相对亏损。源于壳源的花岗岩类一般都有较高的 Rb/Sr 比值；源于地幔源岩浆 Rb/Sr 比值一般偏低。本区石英二长闪长岩 Rb/Sr 比明显偏低。Sr 同位素初始比值 I_{Sr} 为 0.70669，略高于地幔源岩石，$\varepsilon_{Sr}(T)$ 为 30.52。依据地幔源区物质的 Nd－Sr 同位素关系，Allegre(1976)等给出了地幔系列演化主趋势线回归方程：

$$\varepsilon_{Nd}(T) = -0.3374\varepsilon_{Sr}(T)$$

利用上述方程，代入 $\varepsilon_{Sr}(T)$ 值，计算出的 $\varepsilon_{Nd}(T)$ 为 −10.29，这一数值接近于本区石英二长闪长岩的测定计算值，说明本区岩石基本位于地幔系列演化主趋势线附近。这一结论表明壳源物质的同化混染在本区岩石形成过程中不是主导因素。

Pb 同位素数据是分析岩浆起源非常行之有效的手段。以洋中脊玄武岩揭示的地幔物质 Pb 同位素演化曲线围绕着 μ_0 值为 7.9 分布。大陆活动边缘岛弧玄武岩由于受到了壳源物质的同化混染具有较高的 Pb 同位素成分，而且随着同化混染程度的差异 Pb 同位素组成有较大的变化范围。交代型地幔 Sr 同位素初始比值与 Pb 同位素具有明显的负相关关系，随着 Sr 初始比值的增加，^{206}Pb 比值明显减少。壳源 Pb 同位素也有固定的分布范围，克拉通地壳 U/Pb 初始比较低，原始增长曲线沿着低 μ 值展开；非克拉通地壳 Pb 同位素普遍存在着两阶段演化模式，Pb 同位素一般偏高。本区石英二长闪长岩 Pb 同位素比值普遍偏低，尤其是 $w(^{206}Pb)/w(^{204}Pb)$ 比值都在 7 以下，显然，偏离了正常地幔 Pb(μ = 7.9，Zartman 等，1981)演化曲线。产生如此之低的 Pb 同位素比值，或者来自交代型地幔，或者同化混染了一定程度的下地壳物质。本区岩石与沿江高钾闪长岩系 Pb 同位素数据对比显示，区内具有低放射成因 Pb 特征。因此，可能表明经变质作用 U、Th 严重丢失的下地壳物质有明显的混入，显示了本区岩石的"过渡型"特征。

五、岩浆作用与成矿

综合以上各节的研究资料可以看出，扬子前陆带北缘中生代侵入岩具有以下特点：

(1)岩石类型主要包括石英闪长(玢)岩-花岗闪长(斑)岩，造岩矿物以二长石和角闪石、

黑云母的普遍发育为特点，副矿物磷灰石含量普遍偏高。上述特点与沿江高钾闪长岩系相似。小岩株及岩枝的发育以及岩石结构常见不等粒或斑状结构又显示了板缘过渡带的特征。

(2)高钾钙碱性岩系，富硅富钾，尤其是在富碱的背景下出现较高的钾含量是区内岩石的重要特点。钾硅质富集程度明显高于沿江高钾闪长岩系。正如上文所论及，它们可能导源于交代型地幔，或者是钾硅质同化混染所引起。

(3)岩石地球化学特征表明，区内岩石具有沿江高钾闪长岩系普遍存在的低 Rb 高 Sr、Ba、亲铁过渡元素含量普遍偏高；稀土配分模式为平滑右倾斜型，Eu、Ce 亏损不明显；高场强元素 Ti、Zr、P 等含量普遍偏高等特征。这些特征表明，岩浆来源于交代型地幔(邱瑞龙，1992)，而且铁镁矿物结晶分离、斜长石结晶分离以及副矿物残留等不发育。

(4)稳定同位素特征示踪本区岩浆源物质轻稀土元素富集，Rb/Sr 比值偏低，Nd-Sr 同位素位于地幔系列演化主趋势线附近。这一结论表明本区岩浆导源于交代型地幔，同时，下地壳源物质的同化混染在岩石的形成过程中也起到了重要作用。

(5)综合上述特点，本区岩浆岩导源于交代型地幔，诸多特点与沿江高钾闪长岩系相似。但是，由于本区位于扬子前陆带北缘，地处陆陆碰撞的前缘，虽然处于隆起地幔脊的外侧，断褶带发育，然而，挤压松驰阶段的扩张受到一定限制，岩浆脉动以及岩浆混合强烈，部分熔融程度增大。本区岩浆岩与矽卡岩型铜金矿床以及斑岩型铜金矿床关系密切，其特点与扬子前陆带含矿岩系相似，因此，本区是进一步寻找铜金矿床的有利地段。

第二节　张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩系

一、岩系空间分布特征

张八岭构造带紧邻郯-庐断裂带，隶属于大别造山带张八岭-宿松冲断体(唐永成等，1997)。本区经历了多次构造岩浆活动，伴随着中、新元古代古裂陷槽的发育，形成了一套以细碧-石英角斑岩建造为特征的海相火山岩；区内强烈的侵入岩浆活动伴随着中生代构造运动而形成，主要为深熔钙碱性花岗岩类及其有关的脉岩。

中生代侵入岩平行于郯-庐断裂带呈带状展布，伸展方向北北东，出露于张八岭构造带的西翼。西侧或为郯-庐断裂切割，或为晚白垩世红色粉砂岩不整合覆盖，东侧则侵入于张八岭群中。北段管店岩体，南北长约 50km，出露面积百余平方公里；中段瓦屋刘岩体，南北长约 15km，出露面积约 83km²；南段为瓦屋薛岩体，实际上为瓦屋刘岩体的南延部分，出露面积约 20km²。总之，区内中生代侵入岩平行郯-庐断裂带呈狭长带状展布。

管店岩体北延谢岭、上成一带，张八岭岩群西冷组围岩常呈岩体残留顶盖，岩体与围岩的接触产状大多呈平缓至中等倾斜，倾向围岩。岩体可分为三个相带，边缘相为细粒石英闪长岩，过渡相为似斑状花岗闪长岩，内部相为中粗粒二长花岗岩。岩相带分布不对称，内部相偏于西南一侧，边缘相、过渡相则主要分布于北、北东接触带。各相带之间没有明显的侵入接触关系。

张八岭地区普遍发育近南北向脉岩，主要有深色脉岩和浅色脉岩。浅色脉岩包括花岗细晶岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩等，深色脉岩以往资料认为主要为煌斑岩。据邱瑞龙等(1996)研究认为，区内深色脉岩主要为闪长质脉岩，闪斜煌斑岩仅在小周一处发现。

二、岩石学特征

(一)岩石类型

张八岭构造带花岗岩体主要岩石类型为石英二长闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩等。

石英二长闪长岩主要分布于管店岩体的北部，岩石呈灰白色，中细粒结构，块状构造。主要造岩矿物为中长石(50%～65%)，钾长石(10%～15%)，石英(8%～10%)，暗色矿物以黑云母为主(10%～15%)。岩石中普遍发育大小不等的微粒闪长质包体，包体一般呈椭球状，微粒变晶结构，包体与寄主岩石边界大多呈弥散状，具有不明显的褪色边，显示了熔融残留包体的特征。

花岗闪长岩出露于花岗岩体边缘或过渡带，岩石呈灰、灰红色，中粒半自形结构，局部具不等粒或似斑状结构，块状构造，造岩矿物为更长石(50%～65%)，钾长石(10%～15%)，石英(20%～25%)，暗色矿物以黑云母为主，黑云母与普通角闪石含量达10%～20%。岩石中微粒闪长质包体普遍见及，特征与石英二长闪长岩中包体相似，唯包体直径相对较小。

二长花岗岩出露于花岗岩体的中心偏西部位，岩石一般为灰红、浅肉红色，中粗粒二长花岗结构，不等粒结构，块状构造。主要造岩矿物为更长石(An=25～30，30%～40%)，钾长石(25%～30%)，石英(20%～30%)，黑云母(5%～8%)，角闪石(3%～5%)。岩石由于紧邻郯-庐断裂带，受到构造作用的破坏而破碎，蚀变较强。岩石中依然可见微粒闪长质包体，但是，包体的直径明显变小，形态大多为椭圆—等轴状，后期岩浆改造痕迹明显。岩石副矿物主要有锆石、磷灰石、磁铁矿、赤铁矿等。

(二)黑云母及角闪石矿物化学

1. 黑云母

管店岩体黑云母化学成分系电子探针分析，晶体化学计算结果列于表3-5。

表3-5 管店岩体黑云母电子探针分析($w_B/10^{-2}$)及晶体化学式

样品编号	D34	D9	D10	D12	ZK31-3		D34	D9	D10	D12	ZK31-6
SiO_2	38.17	37.62	38.16	38.10	36.94	Si	2.97	2.96	2.97	2.96	2.89
TiO_2	4.55	4.39	5.41	4.67	3.41	$Al^{\text{Ⅳ}}$	1.03	1.04	1.03	1.04	1.11
Al_2O_3	12.60	12.70	13.43	13.68	13.11	$Al^{\text{Ⅵ}}$	0.13	0.13	0.29	0.22	0.10
Cr_2O_3	0.09	0.09	—		—	Ti	0.27	0.26	0.18	0.23	0.28
<FeO>	16.66	17.00	17.00	16.74	16.96	Fe^{3+}	0.29	0.35	0.38	0.28	0.40
NiO	—		0.08	0.02	0.04	Fe^{2+}	0.79	0.77	0.75	0.81	0.71
MnO	0.06	0.23	0.22	0.51	0.43	Mn	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03
MgO	13.68	12.94	13.41	13.07	13.28	Mg	1.59	1.52	1.55	1.51	1.55
CaO	—	—	0.36	0.09		MF	0.60	0.58	0.58	0.58	0.58
Na_2O	—	—	—	—	0.07	K	0.93	0.96	0.91	0.91	0.93
K_2O	9.34	9.55	9.20	9.20	9.31	$Al^{\text{Ⅳ}}/Si$	0.34	0.35	0.35	0.35	0.38
Σ	95.15	94.48	95.21	96.08	93.55	fFe	0.41	0.42	0.42	0.42	0.42

引自嘉山管店—定远俗山一带金矿控矿条件研究报告，邱瑞龙等，1996。

黑云母化学式四面体层中Si含量变化于2.89～2.98，接近于黑云母的理论含量3.00，四面体层的$Al^{\text{Ⅳ}}/Si$变化范围为0.34～0.38。八面体层中的六次配位Al、Ti以及Mg、Fe阳离子的相关变化与黑云母的物质来源及结晶条件关系密切，其中$Al^{\text{Ⅵ}}$的变化范围(0.34～0.22)，落入镁质黑云母($Al^{\text{Ⅵ}}=0.1\sim0.4$)的范畴。利用黑云母晶体化学阳离子数在Foster图解(图3-5)中的投影，本区黑云母属于镁质黑云母。此外，黑云母明显偏高的镁铁比值

(MF)和相对较低的含铁系数(fFe)，这些参数都表明黑云母属于镁质黑云母，具有深源特征。

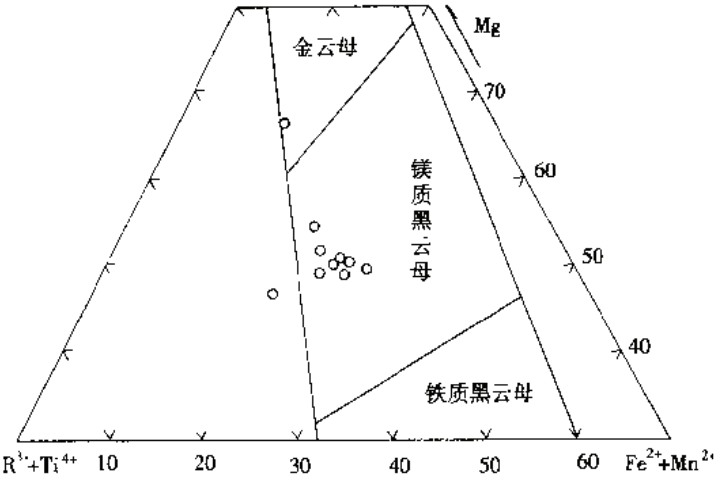


图 3-5　黑云母 Mg－(Al^{3+}＋Fe^{3+}＋Ti^{4+})　(Fe^{2+}＋Mn)图解

(据 Foster，1960，有修改)

2. 角闪石

角闪石电子探针分析数据和晶体化学式列于表 3-6。二价铁的调整采用 J. H. 斯托特的限定计算法，角闪石压力计采用 J. M. Hammarstron 等 (1986) 钙质角闪石全铝与压力关系方程，角闪石温度计采用赫兹(1972)钛与温度关系方程。

表 3-6　角闪石电子探针分析(w_B 10^{-2})及晶体化学式

岩体		管屯岩体			闪长质脉岩		
样品编号		D91	D9	ZK71－6	XM－2	ZK92－6	
SiO_2		51.35	50.26	49.65	43.32	43.30	43.72
Al_2O_3		5.09	5.17	4.79	10.47	11.23	10.97
TiO_2		0.95	0.96	1.25	2.92	3.16	3.14
FeO		11.33	12.17	12.68	10.81	10.35	9.94
MnO		0.38	0.36	0.63	0.16	0.00	0.26
MgO		16.23	15.28	14.16	14.69	14.37	14.71
CaO		10.76	9.92	10.65	10.37	10.28	10.65
Na_2O		1.30	0.77	1.08	1.91	1.95	1.89
K_2O		0.56	0.50	0.53	0.89	1.00	0.98
总		97.65	95.39	95.42	95.36	95.64	96.25
T	Si	7.633	7.350	7.281	6.423	6.419	6.427
	Al	0.367	0.650	0.719	1.577	1.581	1.573
C	Al	0.226	0.237	0.109	0.252	0.375	0.327
	Ti	0.103	0.105	0.138	0.325	0.356	0.347
	Fe^{3+}	0.118	0.358	0.631	0.348	0.149	0.172
	Fe^{2+}	1.303	0.968	0.924	0.847	0.951	0.931
	Mn	0.000	0.000	0.078	0.000	0.000	0.000
	Mg	3.469	3.331	3.096	3.227	3.168	3.223
B	Fe^{2+}	0.117	0.162	0.000	0.146	0.180	0.119
	Mn	0.047	0.045	0.000	0.020	0.000	0.033
	Ca	1.653	1.554	1.649	1.647	1.647	1.677
	Na	0.187	0.218	0.307	0.187	0.191	0.171
	K	0.000	0.021	0.044	0.000	0.000	0.000
A	Na	0.175	0.000	0.000	0.362	0.368	0.368
	K	0.102	0.072	0.055	0.151	0.188	0.184
p/Kbar		1.02	1.15	0.86	5.88	6.50	6.23
T/℃		660	671	711	936	974	963

从上述图表可以看出，本区角闪石$(Ca-Na)_B \geqslant 1.34$，$Na_B < 0.67$，$Ca_B > 1.34$，属于钙质

角闪石亚族。管店花岗岩体成岩温度 669～711 C，成岩深度 2.84～3.80km，平均深度3.34 km，属于中浅成侵入岩。广泛发育的闪长质脉岩角闪石温压测定表明，其成岩温度 936～974 C，成岩深度 19.40～21.45km，平均深度 20.4km。由此可以看出，花岗岩体与闪长质脉岩形成于不同深度和不同成岩温度，闪长质脉岩成岩温度和深度都明显大于花岗岩体，因此，闪长质脉岩不是花岗岩体直接派生的。角闪石的 Al-Si 离子系数图解(图 3-6)表明，花岗岩体与闪长质脉岩都是下地壳深熔的产物，闪长质脉岩投点接近于幔源区而远离花岗岩体，这可能反映闪长质脉岩在岩浆起源上受到了幔源物质更为显著的影响。

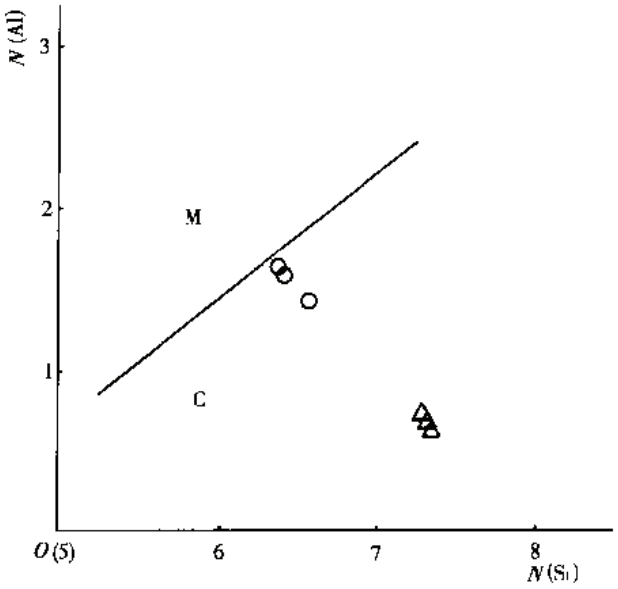


图 3-6　角闪石 Al-Si 离子系数图解

M—幔源区　C—壳源区　△—管店岩体　▽　闪长质脉岩

三、岩石地球化学特征

(一)岩石化学

张八岭构造带中生代侵入花岗岩体的岩石化学指数列于表 3-7。

表 3-7　张八岭构造带中生代侵入岩岩石化学参数*

岩体	管店			瓦屋沟		脉岩	
岩石类型	石英闪长岩	花岗闪长岩	二长花岗岩	花岗闪长岩	二长花岗岩	闪长质脉岩	花岗质脉岩
样品数	4	2	2	3	1	10	4
SiO_2	61.36	65.37	67.09	64.73	66.41	59.19	72.47
总碱量	7.07	7.49	7.87	7.33	8.16	6.42	8.77
酸度	7.05	9.77	13.28	10.53	18.10	6.03	47.28
固结指数	25.14	21.07	16.72	19.45	10.37	29.84	3.47
分异指数	63.07	71.07	76.41	70.81	77.31	58.89	90.03
组合指数	2.75	2.51	2.58	2.50	2.84	2.61	2.72
氧化度	0.37	0.34	0.42	0.41	0.44	0.34	0.47
钠钾比	1.47	0.95	0.98	0.88	0.72	1.28	0.59
铝碱比	1.46	1.41	1.33	1.52	1.35	1.68	1.30
钙碱比	0.87	0.54	0.49	0.58	0.54	0.69	0.12
铝指数	0.80	0.85	0.89	0.97	0.87	1.02	1.17
$\sum Fe/Mg$	1.23	1.28	1.44	1.42	2.35	1.12	6.15
M*	68.75	66.95	67.16	67.04	56.58	70.72	39.38

*$M=100\times Mg/(Mg+Fe^{2+})$

(1)石英闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩的酸度普遍偏低，SiO_2 含量变动范围较窄，全岩总碱量变动于 7.07%～8.16%，SiO_2 与总碱量总体上具有正相关关系(图 3-7)。然而，SiO_2 与 K_2O 之间正相关关系较为明显(图 3-8)，反映了钾硅质演化方向。钠钾比(Na_2O/K_2O)与扬子前陆北缘岩浆岩带相比，相对偏低，一般小于 1。因此，区内花岗质岩石在酸度和碱度相对偏低的背景下，具有较高的 K_2O 含量。

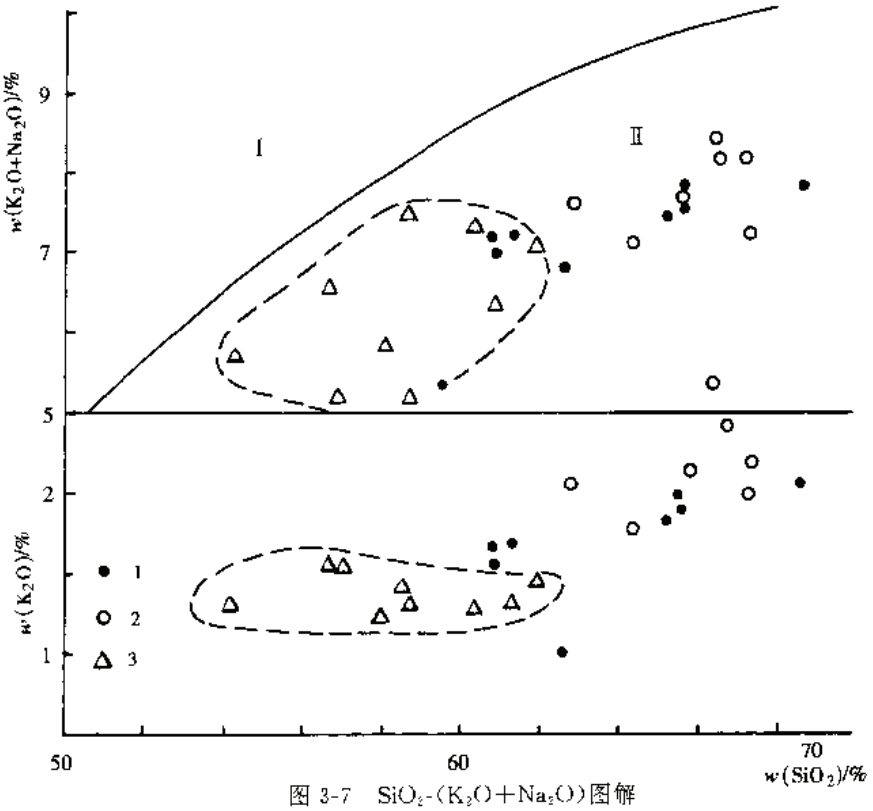


图 3-7 SiO_2-(K_2O+Na_2O)图解

(据 Irvine，1971)

1—管店岩体；2 瓦屋刘岩体；3—闪长质脉岩

Ⅰ—碱性岩区；Ⅱ—亚碱性岩区

闪长质脉岩在 SiO_2-(K_2O－Na_2O)图解中显示了不明显的正相关关系，投点较为分散，线性关系不好。K_2O 与 SiO_2 不具有正相关关系，随着 SiO_2 的增加，K_2O 含量相对稳定，这可能表明 K_2O 含量反映了岩浆源特征，不受分异作用的影响。

(2)花岗岩石的组合指数一般变动于 2.5～3.0 之间，变化范围较窄，属于典型的钙碱性岩系，与沿江高钾闪长岩系相比，组合指数明显偏低，显示了较低的碱硅比。在 K_2O-SiO_2 图解中，本区岩石属于高钾钙碱性岩系，深熔钙碱性花岗岩及闪长质脉岩都显示了明显的高钾特征，这种高钾是在碱质相对偏低的背景下的高钾，与沿江地区高钾岩系形成鲜明对照。铝指数平均为 0.87，属铝正常类型；铝碱比变化于 1.3～1.5 之间，平均值为 1.13，钙碱比变化于 0.4～0.9 之间，平均值为 0.64。显然，区内花岗质岩石钙碱比明显偏低。在 A/NK-C/NK 图解(图 3-9)中，深熔钙碱性花岗岩显示了铝碱比适中、钙碱比偏低的特征，这种特征与扬子前陆北缘过渡型高钾闪长岩系明显富钙的特点形成鲜明对照。张八岭构造带内的闪长质脉岩铝碱比明显偏高，钙碱比则与钙碱性花岗岩相似。花岗质脉岩明显偏低的铝碱比反映了

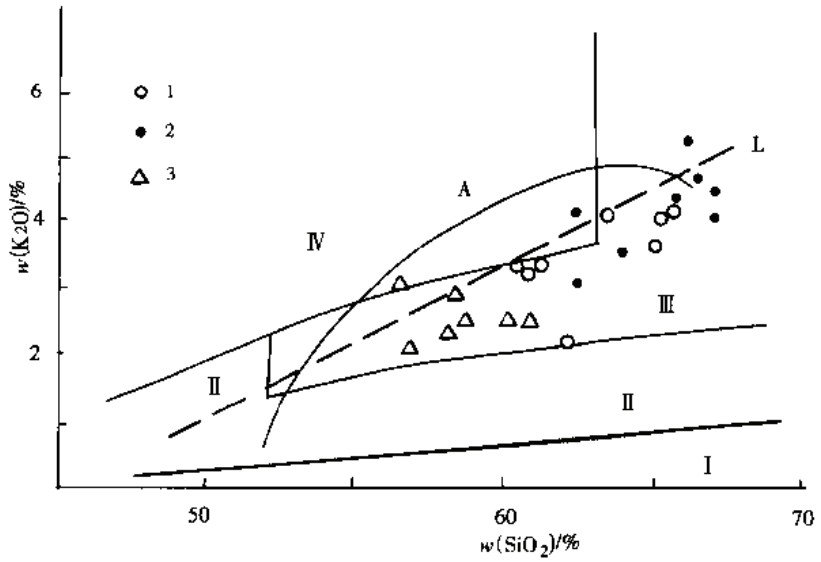


图 3-8　张八岭构造带 K_2O SiO_2 图解

(据　Peccerill and Taylor 1976)

1—管店岩体；2　瓦屋刘岩体；3—闪长质脉岩；Ⅰ　拉斑玄武岩；Ⅱ—钙碱性岩系；Ⅱ-　高钾钙碱性岩系；A—橄榄安粗岩系；L　秘鲁高钾岩系；A—美国蒙特那州橄榄安粗岩系

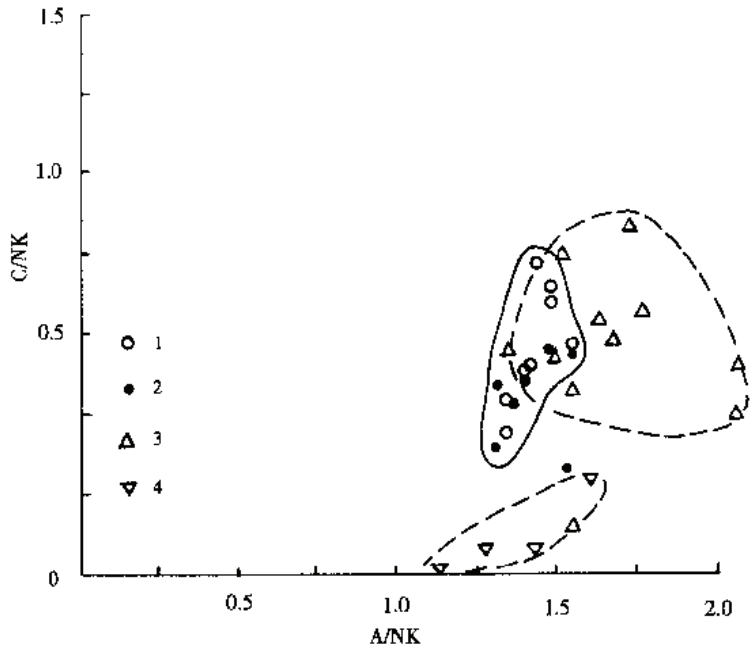


图 3-9　A/NK-C/NK 图解

1　管店岩体；2—瓦屋刘岩体；3—闪长质脉岩；4—花岗质脉岩

专属性脉岩的特征，是钙碱性花岗岩结晶分异的结果。

(3)钙碱性花岗岩类的固结指数变动于 7.27～27.28，闪长质脉岩固结指数变动于 14.17～31.73，分异指数变动于 53.04～78.94。显然，钙碱性花岗岩类固结指数偏低，分异指数偏高，反映了花岗质岩浆的特点。闪长质脉岩相对偏高的固结指数和相应偏低的分异指

数表明闪长质脉岩不可能由钙碱性花岗岩浆分异形成；花岗质脉岩较低的固结指数和较高的分异指数与钙碱性花岗岩浆分异演化是一致的。反映岩浆分异的另一个岩石化学参数M值，在钙碱性花岗岩中普遍偏高，且显示了从花岗闪长岩至二长花岗岩的降低趋势，这种特征说明源岩物质镁铁处于平衡状态，代表了深源物质，花岗质岩浆在结晶过程中显示了分异趋势，而且在花岗质脉岩中分异程度达到最大。闪长质脉岩明显偏高的M值再一次表明它们不是钙碱性花岗岩的分异产物，而是代表了来自深源的物质组分特征。

(4)根据岩石的氧化度、钠钾比及铝指数等岩石化学参数判定，本区钙碱性花岗岩石属于I型。Chappel and White(1974，1978，1982)认为，I型花岗岩类是直接由地幔派生的下地壳火成岩物质经部分熔融的产物。由于本区钙碱性花岗岩类普遍含有微粒闪长质包体，这种包体具有熔融残余变体的特征，花岗岩副矿物含量普遍偏低，尤其是来源于幔源岩浆的磷灰石等明显减少，表明本区花岗岩类可能来源于下地壳的深熔作用。因此，区内花岗岩类为深熔钙碱性花岗岩类，闪长质脉岩则可能为同源不同期次的产物。闪长质脉岩明显偏高的铝碱比可能反映上地壳物质的同化混染。

(二) 稀土元素

区内深熔钙大碱性花岗岩及闪长质脉岩稀土元素含量列于表3-8，稀土元素有关参数列于列3-9，稀土元素配分曲线示于图3-10。

表3-8 深熔钙碱性花岗岩体及闪长质脉岩稀土元素含量($w_B/10^{-6}$)

序号	岩体	样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
1	管店岩体	ZK51－6	29.81	52.48	5.53	18.24	2.91	0.80	1.99
2		ZK53－3	21.88	46.49	5.31	18.72	3.14	0.86	2.36
3		S－1	25.92	55.08	7.14	27.30	4.74	1.42	3.52
4		D－10	35.24	66.81	7.79	27.18	4.62	1.32	3.47
5		D－9	36.11	68.50	7.83	29.10	4.82	1.28	3.69
6		D－12	35.27	65.45	7.24	24.86	4.01	1.04	2.93
7		P71－5**	34.07	60.12	6.66	23.09	3.75	0.99	2.72
8		P71－7**	37.13	70.11	7.88	29.36	4.88	1.25	3.61
9	瓦屋刘岩体	XTCP10*	28.71	47.14	5.99	20.34	3.93	0.91	2.74
10		XT1614*	32.11	60.54	7.46	25.15	4.89	1.22	3.49
11		XT1579*	31.83	54.60	6.17	20.10	3.72	0.90	2.57
12		XT3107*	31.30	55.30	5.59	19.90	4.32	0.90	2.55
13		XT3112*	28.50	45.50	5.00	14.20	3.60	0.90	2.75
14		Xt3108*	37.10	62.40	6.40	25.40	5.32	1.21	3.47
15		XT1576*	29.49	50.94	6.25	20.19	3.82	0.93	2.69
16	闪长质脉岩	TC1－4	41.53	83.04	10.10	38.46	7.06	2.00	5.64
17		ZK92－4	57.95	106.90	12.12	39.55	6.14	1.66	4.01
18		ZK92－3	52.65	97.07	10.79	37.88	6.05	1.65	4.53
19		P71－1**	47.24	78.70	8.79	21.40	5.04	1.28	3.49
20		P71－3**	40.38	77.18	9.28	37.10	6.75	1.82	5.49
21		P71－8**	48.62	80.32	10.00	35.82	5.84	1.53	4.41

序号	岩体	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1	管店岩体	0.30	1.52	0.29	0.73	0.13	0.74	0.12	7.60
2		0.35	1.77	0.35	0.93	0.16	0.91	0.17	9.78
3		0.47	2.64	0.48	1.35	0.21	1.27	0.18	13.26
4		0.49	2.58	0.49	1.32	0.22	1.17	0.19	13.06
5		0.51	2.74	0.50	1.34	0.22	1.21	0.20	13.72
6		0.40	2.14	0.40	1.08	0.18	0.99	0.16	10.92
7		0.35	2.04	0.39	1.02	0.15	0.95	0.16	10.34
8		0.50	2.75	0.52	1.33	0.21	1.19	0.19	18.60

续表

序号	岩体	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
9	瓦屋刘岩体	0.49	1.89	0.40	1.12	0.19	0.90	0.14	18.06
10		0.61	2.49	0.52	1.43	0.23	1.14	0.17	11.52
11		0.47	1.73	0.37	1.05	0.18	0.88	0.14	8.10
12		0.32	1.70	0.36	0.91	0.15	0.96	0.14	8.20
13		0.31	1.61	0.32	0.85	0.14	0.94	0.13	8.50
14		0.45	2.40	0.51	1.28	0.19	1.14	0.18	11.30
15		0.48	1.77	0.38	1.07	0.18	0.90	0.15	8.52
16	闪长质脉岩	0.92	3.95	0.71	1.73	0.27	1.74	0.22	19.44
17		0.53	2.39	0.44	1.37	0.18	0.83	0.14	11.03
18		0.62	3.12	0.57	1.42	0.23	1.19	0.19	17.76
19		0.40	2.48	0.47	1.17	0.17	1.03	0.15	12.22
20		0.68	3.88	0.71	1.70	0.24	0.38	0.22	18.47
21		0.50	3.01	0.58	1.40	0.20	1.09	0.17	16.51

资料来源：* 引自 1∶5 万池河幅、藕塘幅区调报告，1998，安徽地调院。 ** 吴明安，1996。

表 3-9　深熔钙碱性花岗岩体及闪长质脉岩稀土元素参数

序号	岩体	∑REE	∑Ce	∑Y	∑Ce/∑Y	δEu	ΔCe	(La/Yb)N
1	管店岩体	123.19	109.77	13.42	8.18	0.97	0.90	26.54
2		113.28	96.40	16.88	5.71	0.94	0.98	14.27
3		145.18	121.80	23.38	5.21	1.03	0.93	13.44
4		165.93	142.94	22.99	6.22	0.98	0.91	19.84
5		171.77	147.64	24.13	6.12	0.90	0.92	19.66
6		157.67	137.87	19.20	7.18	0.89	0.92	23.47
7		146.78	128.68	18.10	7.11	0.91	0.89	23.62
8		179.50	150.61	28.89	5.21	0.88	0.92	20.55
9	瓦屋刘岩体	132.95	107.02	25.93	4.13	0.81	0.81	21.01
10		152.97	131.37	21.60	6.08	0.87	0.89	18.55
11		132.81	117.32	15.49	7.57	0.85	0.86	23.83
12		132.60	117.31	15.29	7.67	0.77	0.91	21.48
13		113.25	97.70	15.55	6.28	0.85	0.83	19.97
14		159.05	138.13	20.92	6.60	0.81	0.88	21.61
15		127.14	111.60	16.14	3.91	0.85	0.84	21.58
16	闪长质脉岩	216.71	182.19	34.52	5.28	0.95	0.92	15.72
17		244.94	224.32	20.62	10.88	0.97	0.90	45.99
18		232.72	205.09	26.63	7.74	0.93	0.91	29.14
19		184.03	162.45	21.58	7.53	0.89	0.85	30.21
20		204.28	172.51	31.77	5.43	0.89	0.90	70.00
21		210.93	182.13	27.90	6.53	0.89	0.81	29.38

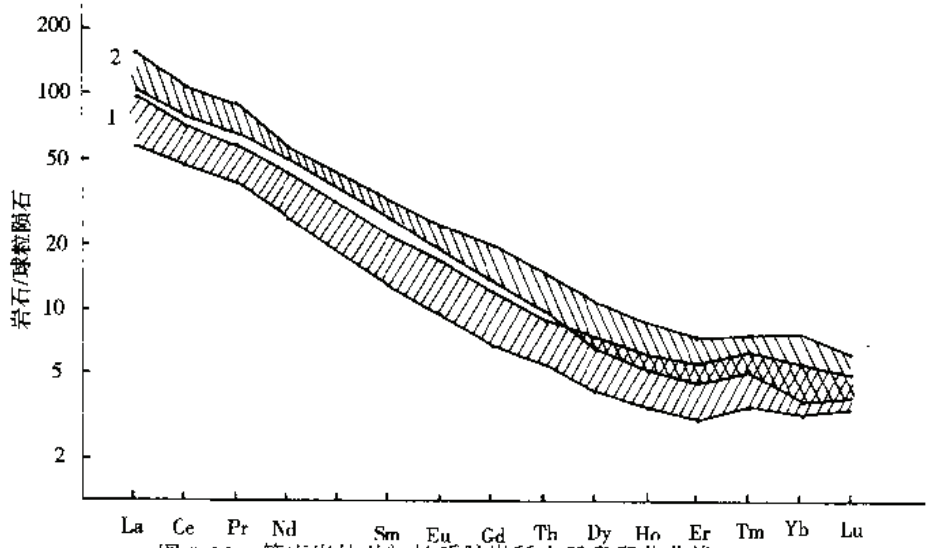


图 3-10　管店岩体及闪长质脉岩稀土元素配分曲线

1—管店岩体；　2—闪长质脉岩

由所示图表归纳出以下特点：

(1)张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩类稀土元素配分模式为右倾斜型，轻稀土元素相对富集，重稀土元素相对亏损，轻重稀土元素比值为 4.13～10.88，其中闪长质脉岩的轻重稀土元素比值略高于深熔钙碱性花岗岩石，这种特点反映了轻重稀土元素的相对分离。稀土元素分馏因子$(La/Yb)_N$一般变动于 13.44～30.21，揭示了部分熔融过程中碱硅质组分明显富集。

(2)稀土元素总量变化范围为 113.25×10^{-6}～244.94×10^{-6}，其中闪长质脉岩变动于 184.0×10^{-6}～244.94×10^{-6}，显示了较高的稀土含量，重稀土元素 Y，一般变化范围为 7.60×10^{-6}～13.72×10^{-6}，部分样品可达 18×10^{-6}～19×10^{-6}。这种数值特征反映了岩源物质为深源组分(上地幔或下地壳)，同时，可能受到硅铝壳的同化混染。

(3)铕亏损和铈亏损不明显。δEu 一般变动于 0.77～1.03 之间，δCe 一般变动于 0.81～0.92 之间，这表明岩浆演化过程中斜长石结晶分离特征不明显。考虑到深熔钙碱性花岗岩体和闪长质脉岩较高的 M 值，镁铁处于平衡状态，缺乏铁镁矿物的分离结晶作用，因此，区内花岗岩体和闪长质脉岩结晶分离特征不明显，主要是部分熔融的产物。对于中酸性岩石，影响结晶分离的主要因素是斜长石，斜长石分离结晶，Eu 显著亏损。因此，我们选择配分系数十分接近的 Sm 和 Eu，在结晶分离时，随着熔体中 Sm 的富集，Sm/Eu 比明显增大，所以，Sm-Eu 与 Sm 呈正相关关系；在部分熔融过程中，由于 Sm、Eu 分配系数相似，其富集程度相近，Sm/Eu 比值变化不明显。因此，随着 Sm 的增大，Sm 与 Sm/Eu 无明显相关关系。图 3-11 给出了 Sm/Eu-Sm 图解。从图中可以看出，无论管店岩体、瓦屋刘岩体及闪长质脉岩，它们的 Sm/Eu 与 Sm 的投点十分分散，无明显正相关关系。因此，图解进一步反映了其岩浆是部分熔融的产物。

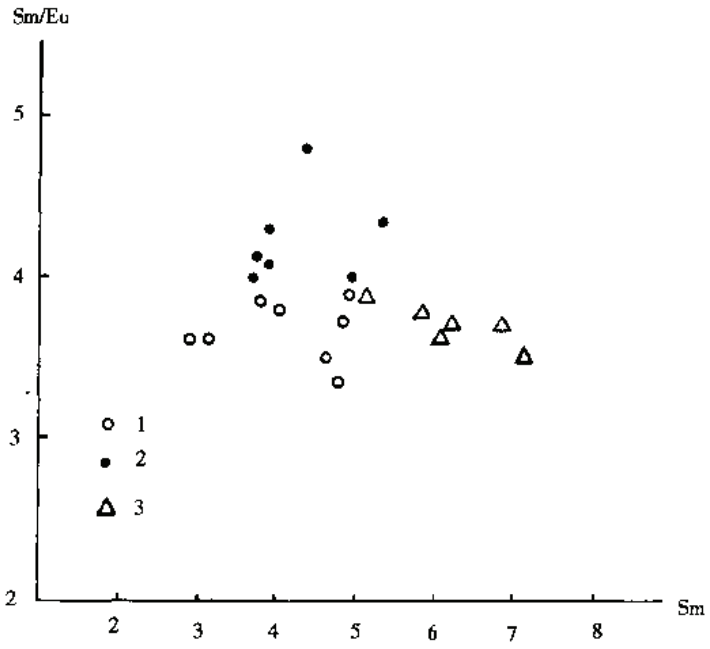


图 3-11 Sm-Eu-Sm 图解

1—管店岩体；2—瓦屋刘岩体；3—闪长质脉岩

(4)管店岩体与闪长质脉岩稀土配分模式基本相似，重稀土元素有较大的重叠，唯轻稀土元素闪长质脉岩偏高，显示出二者具有相似的来源，二者都没有出现明显的铕负异常，表明闪长质脉岩不是深熔钙碱性花岗岩岩浆晚期分异的产物。

(三)微量元素

管店深熔钙碱性花岗岩及闪长质脉岩微量元素含量及有关参数列于表 3-10。

(1)由表可知，亲石元素具有低 Rb 高 Ba 的特征，Rb/Sr 比值一般偏低，K/Rb 比值偏高，这一特征与高钾岩系十分相似。但是，Sr 的含量变化较大，一般变动于 400×10^{-6}～900×10^{-6}，低者可小于 300×10^{-6}，高者可达 1000×10^{-6}，这种特点与前陆带高钾闪长岩系高 Sr 的特征不一致。一般说来，Sr 在岩浆岩分异过程中趋向于岩浆晚期阶段富集，富 Ca 花岗岩类 Sr 含量可达最大值，即在岩浆分异趋向于钾硅质富集时，Sr 含量一般都有较高的丰度。然而，本区 Sr 在花岗闪长岩-二长花岗岩中的明显变化与 K 含量变化具有显著的负相关关系，这表明在一定范围内钾质交代作用对岩石的酸性淋滤，使 Sr 丰度产生明显的降低。

岩石中的$(Rb/Yb)_N$比值明显偏高，一般均在 30 以上，属于强不相容元素富集型，比值的强烈变动与 Rb 的变化直接相关。因此，本区深熔花岗岩高 K 低 Rb，以及岩浆期后强烈的钾质交代作用表明导源于下地壳的岩浆熔体可能有一定数量来源于交代地幔源的热流体的参与。

闪长质脉岩亲石元素丰度及上述有关参数与深熔钙碱性花岗岩类十分相似(表 3-10)，而且，轻稀土元素丰度更趋于富集，这可能表明形成闪长质脉岩的偏基性熔体，混入交代地幔源的富含碱质热流体的数量更多。

表 3-10　管店岩体、闪长质脉岩微量元素分析结果($w_B/10^{-6}$)

岩体	管店岩体					闪长质脉岩			
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rb	68.50	41.40	93.10	116.00	98.8	49.8	71.9	78.6	74.9
Ba	1825	1876	1286	1236	1288	2347	2274	1936	1157
Th	7.35	6.58	9.96	14.27	12.9	11.64	6.34	1.06	7.55
K	27971	16517	33283	31789	34133	21995	23228	23987	27473
Nb	9.4	5.8	10.2	12.0	9.8	10.0	13.9	12.1	13.7
La	35.24	25.92	29.81	21.89	—	57.95	52.65	41.53	—
Ce	66.81	55.08	52.48	46.49	—	105.9	97.07	83.04	—
Sr	916	1078	599	649	431	1016	834	485	802
Nd	27.18	27.50	18.24	18.72	—	39.55	37.88	38.46	—
P	1508	1246	703	901	772	1660	1847	2125	1829
Zr	292.3	223	144	162	—	289	284		278
Sm	4.62	4.71	2.91	3.14	-	6.14	6.03	7.36	
Ti	4363	3707	2099	2650	2928	4871	3565	5249	5542
Y	13.05	13.26	7.60	9.78	—	11.95	14.76	19.14	—
Yb	1.17	1.27	0.74	1.07	—	0.83	1.19	1.47	—
V	117	94	62	69	58	125	138	151	121
Cr	281	239	392	314	253	327	369	186	438
Mn	637	733	369	468	328	553	859	1172	854
Ni	67.3	53.1	36.9	50.6	30.4	118.3	180.0	138.9	171.0
Co	20.5	17.7	11.4	13.8	12.1	26.7	27.1	81.6	26.0
Cu	40.5	10.1	28.6	12.9	191	42.5	43.2	140.0	24.1
Zn	63.9	57.5	51.5	42.1	99.4	105.2	169.8	352.7	75.6
Pb	25.9	19.4	30.1	36.9	50.9	20.3	21.6	85.0	11.9
Au	0.009	0.009	0.024	0.010	0.020	0.218	0.955	0.030	0.010
Ag	0.14	0.10	0.28	0.56	0.80	0.58	0.70	0.52	250

(续下页)

续表

Co Ni	0.30	0.33	0.31	0.27	0.40	0.17	0.15	0.59	0.15
K Rb	408	399	357	274	345	442	365	305	367
Rb Sr	0.07	0.04	0.16	0.18	0.23	0.05	0.09	0.16	0.09
$(Rb\ Yb)_N$	36.80	20.49	79.08	72.19	-	37.71	37.98	33.61	—

序号与样品号对应关系为：D10、S-1、ZK51-6、ZK53-5、TC1-1、ZK92-4、ZK92-6、TC1-4、ZK31-4

(2)亲铁过渡元素 Cr、Ni、Co、Y、Ti、Fe、Mn 等在区内花岗岩石中普遍偏高，闪长质脉岩中的含量相对更高；Co/Ni 比值，深熔钙碱性花岗岩一般高于闪长质脉岩。由于岩石化学成分反映的镁铁组分基本平衡，因此，岩浆分异过程中不存在铁镁矿物为主的分离结晶作用。所以，亲铁过渡元素丰度在一定程度上反映了部分熔融程度，或者表明较高的熔融程度，或者表明深源为亲铁过渡元素含量较高的超镁铁质变质基底。

(3)高场强元素 P、Zr、Nb、Ti 等一般赋存于副矿物中，它们大多为难熔组分，在深熔过程中，高场强元素常残留于源岩中，从而使熔体中的上述组分产生亏损。图 3-12 所示微量元素比值蛛网图中，Nb、P、Zr、Ti 等高场强元素均有一定程度的亏损。扣除板内交代地幔源钛铌硅酸盐亏损引起的 Ti、Nb 亏损因素，区内岩石十分明显的高场强元素亏损，提供了深熔岩浆作用的证据。

(4)成矿元素 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 在区内花岗质岩石中十分富集，深熔钙碱性花岗岩中金的丰度一般变动于 $9\times10^{-9}\sim24\times10^{-9}$，是维氏地壳丰度(1962)的 2～6 倍，为魏德波尔(1974)花岗闪长岩—花岗岩的 3～8 倍。闪长质脉岩中金的丰度变动于 $10\times10^{-9}\sim965\times10^{-9}$，已具有明显的金矿化痕迹。因此，它们与金多金属矿化有着密切的关系。区内许多闪长质脉岩在空间上与含金硫化物石英脉以及破碎带蚀变岩型金矿体紧密相邻，闪长质脉岩成为区内寻找金多金属矿化的找矿标志。



图 3-12　管店岩体及闪长质脉岩微量元素比值蛛网图

1—管店岩体(10 个样品平均)；2—闪长质脉岩(12 个样品平均)

(四)同位素地质特征

中国科技大学李学明等(1985)对管店岩体锆石铀钍铅测试结果列于表 3-11。由于岩体

受郯-庐断裂带长期活动的影响，其黑云母的变形和蚀变作用使五个黑云母样品的 K-Ar 法同位素年龄变动于 119～146Ma 之间。我们对区内穿插花岗岩的闪长质脉岩一个样品 Ar-Ar 年龄测定结果为 124.7±0.3～125.7±1.3Ma，侵入时代为燕山晚期。李学明采用一致不一致曲线法对锆石样品数据进行处理后得出了两个交点年龄，其上交点为 1770Ma，下交点为 128Ma，综合其他地质特征上交点解释为来源物质的生成年龄或基底岩石年龄，下交点为花岗岩的生成年龄。

表 3-11　管店岩体同位素测定

全岩钐、钕同位素						
Sm 10^{-6}	Nd 10^{-6}	Sm/Nd	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	I_{Nd}	ε_{Nd}
4.77	28.82	0.17	0.1001	0.511765±15	0.511681	-15.5
全岩 Rb、Sr 同位素						
Rb 10^{-6}	Sr 10^{-6}	Rb/Sr	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$^{87}Rb/^{86}Sr$	I_{Sr}	ε_{Sr}
58.3	175.5	0.33	0.706330±6	0.1435	0.7061	21.6
全岩锆石铀铅同位素						
$^{207}Pb/^{235}U$	$^{206}Pb/^{238}U$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{208}Pb/^{232}Th$	
0.01996	0.1336		0.04850		6.11×10^{-3}	
0.02312	0.1343		0.04839		5.290×10^{-3}	
0.01842	0.1231		0.04849		5.570×10^{-3}	
0.02067	0.1537		0.05309		5.53×10^{-3}	
0.02074	0.1444		0.05049		6.51×10^{-3}	
0.02014	0.1357		0.04888		5.62×10^{-3}	

资料来源：钐钕同位素数据引自李学明等，1985；其余引自陈江峰等。

本区管店岩体的 $^{206}Pb/^{204}Pb=16.504$，$^{207}Pb/^{204}Pb=15.292$，显示了铅同位素组成具有极低放射性成因特征，暗示岩浆岩来源于极低 μ 值源岩。这种极低 μ 值源岩显然与遭受中高级变质作用的基底岩石有关，尤其是麻粒岩相、角闪斜长岩相下地壳在遭受变质过程中 U、Th 严重丢失，从而导致深熔岩浆岩具有极低的铅同位素组成，这种同位素组成在安徽四个地区近 100 个岩浆岩长石铅同位素组成数据中得到反映（表 3-12）。

表 3-12　安徽中生代岩浆岩长石铅同位素组成

	铜陵地区	宁芜地区	皖南地区	大别、北淮阳地区
$\omega(^{206}Pb)/\omega(^{204}Pb)$	17.50～18.10	18.06～18.58	18.17～20.79	16.40～17.58
$\omega(^{207}Pb)/\omega(^{204}Pb)$	15.45～15.69	15.41～15.63	15.51～17.36	15.36～15.50

管店岩体 $\varepsilon_{Nd}=-15.5$，$I_{Sr}=0.706$，也给出了同样的信息，所有这些同位素资料都表明，本区中生代侵入岩源于变质的古老基底。

四、岩浆作用与成矿

上述资料表明，张八岭构造带中生代侵入岩岩浆作用具有以下特点：

（1）区内岩石类型主要有石英闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩，闪长质脉岩（闪长玢岩、微晶闪长岩、石英闪长玢岩）普遍发育。岩体严格受控于郯-庐断裂带，呈北北东向展布。主要造岩矿物为斜长石、钾长石及石英，暗色矿物以黑云母为主，见有少量角闪石；副矿物含量普遍偏低，尤其是磷灰石无论从数量上还是从自形程度及粒径大小上都无法与沿江高钾闪长岩系相比。岩体中普遍发育的微粒闪长质暗色包体，提供了深熔岩浆作用的证据。

（2）深熔钙碱性花岗岩类岩石化学特征反映为高钾钙碱性岩系，它们 K_2O 含量一般＞3%，闪长质脉岩一般＞2%。考虑到扬子前陆带高钾钙碱性岩系普遍偏高的 K_2O 含量，可以

认为区内构成了一个明显的高钾岩区，其偏高的K_2O含量来自于交代地幔，它们是地幔热流体硅碱富集的重要标志。

(3)岩石地球化学特征提示区内深熔钙碱性花岗岩及闪长质脉岩具有显著的深源特征。微量元素显示低Rb高Ba，亲铁过渡元素普遍偏高；稀土元素配分模式为平滑的右倾斜型；高场强元素Nb、P、Ti等，Eu、Ce亏损反映了它们的载体副矿物的缺乏，表明具有副矿物残留的特征；极低的放射性Pb同位素组成揭示了来源物质属于古老的变质基底岩石，U-Pb协和曲线上交点1770Ma表明，岩浆源岩可能为下地壳物质。因此，上述特征表明区内岩石是下部地壳深熔作用的产物，它们可能为古中元古代—太古宙的角闪斜长片麻岩或麻粒岩相。

(4)深熔钙碱性花岗岩与闪长质脉岩在诸多特点上相似或相近，揭示了它们的同源岩浆的属性。然而，温压计测定表明深熔钙碱性花岗岩形成于中浅成环境(~3km)，压力和温度相对偏低，闪长质脉岩则形成于深成环境(>20km)，定位于中浅成环境，温压相对较高，显然，它们分别来自于不同的地壳深度。闪长质脉岩的形成与深部岩浆房的二次重熔和地幔射气相关，后者致使闪长质熔浆具有大量挥发性气体和明显偏高的碱质。

综合上述特点，本区岩浆岩导源于古老的变质基底，是下地壳物质深熔作用的结果，明显偏高的碱质，尤其是普遍偏高的K_2O含量，表明在郯-庐断裂带活动作用下，强烈的地幔射气作用或者来自地幔的热流体参与了成岩作用。由于下地壳镁铁质岩系具有较高的金丰度，在深熔作用过程中导致金的活化转移，岩浆分异和强烈的断裂活动从成矿物质、成矿空间和成矿热动力等方面提供了条件。因此，张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩及闪长质脉岩与金的成矿作用十分密切，该区是进一步寻找铜金矿床的有利地段。

第三节　华北陆块东南缘蚌埠隆起地区花岗岩

一、问题的提出

华北陆块东南缘蚌埠地区，东接郯-庐断裂带，西邻淮南断裂，总体构造格架为近东西向蚌埠隆起叠加北北东向断裂系统。蚌埠隆起，东西长百余公里，南北宽约40km，基底由五河杂岩组成，包括变质镁铁质岩系、表壳岩系和变质变形花岗质侵入体。区内广泛出露的花岗岩类，1∶200000区域地质调查报告(1979)划归为蚌埠期，笼统定名为“混合花岗岩”。划归为蚌埠期的主要依据有二：

(1)仅分布在属高级区域变质相和区域混合岩出中心的下五河亚群中，并大都沿区域性褶皱核部出露。从褶皱运动、变质作用、岩浆活动三位一体的观点来看，说明岩体与区内主要的褶皱期——蚌埠期在时间上、空间上存在密切关系。

(2)蚌埠期磨盘山岩体被凤阳群门云山组沉积覆盖。

(3)癞石山岩体锆石U-Pb法同位素年龄测定为13.62亿年。由于样品受后期干扰及测定误差等因素，所得数值可能偏低(围岩的变质年龄为17~19亿年，应与岩体形成时代大致相仿)，但间接地否定了过去认为“属燕山期的看法。”

为了深入研究区内花岗岩，我们进行了野外调研和室内鉴定，对所谓蚌埠期“混合花岗岩”提出质疑。

(一)"混合花岗岩"的岩浆特征

区内位于东西向构造带的所谓混合花岗岩是由一系列不同岩石特征的岩类组成。其中东西向分布的荆山-涂山岩体为略具片麻状的黑云母二长花岗岩;燕山-陶山-老虎山组成北北东向花岗岩带,其主要岩石类型为中粗粒黑云母二长花岗岩,岩石结构变粗,矿物无定向排列;呈东西向展布的西芦山则出现显著的斑状结构,岩石类型见有斑状二长花岗岩;锥子山花岗岩体具有典型的半自形中粒花岗结构。蚌埠地区深部控制孔发现的李楼、马头山以及五河荣渡等处的石英闪长岩,不仅有较大的规模,岩石结构、矿物组成等都具有典型的岩浆岩特征。因此,蚌埠地区的所谓"混合花岗岩"是由石英闪长岩-花岗闪长岩-花岗岩组成的一套岩石,岩石类型以及结构特征与混合岩化或花岗岩化岩石有显著的差异。

根据野外调研资料,所谓"混合花岗岩"的荆山、涂山、九华山等地均发现了岩体与围岩的明显侵入接触关系,接触带见有表壳岩系及变质镁铁质岩系的捕虏体以及不同程度的同化改造的残影。这些事实,足以说明岩体是呈熔体状态侵位的,它们在接触带可以岩枝形式穿入围岩,可以捕获具有鲜明棱角状的围岩碎块,可以同化改造捕虏体。

蚌埠地区各类岩体中,尤其是略具片麻状的荆山-涂山黑云母二长花岗岩中岩浆期后脉岩十分发育。主要见有花岗伟晶岩、花岗细晶岩、微晶闪长岩、花岗斑岩等,这些脉岩与岩体中都见有紫褐色石榴石,显示了矿物组分上的相似性和继承性。这种特征有力地表明花岗岩体经历了岩浆期和岩浆晚期的分异演化过程。

(二)"混合花岗岩"的形成时代

我们对1∶200000区域地质调查报告把"混合花岗岩"划归为蚌埠期的三个主要依据进行了考查。首先,野外实地考察了磨盘山岩体与凤阳群白云山组的接触关系。石门山一带石英岩采场较多,露头较好。观察表明,磨盘山岩体与凤阳群白云山组石英岩及绢云石英片岩之间存在一条近东西向的韧性剪切带,构造带强烈片理化和绢云母化。因此,磨盘山岩体与凤阳群白云山组之间为断层接触。

如果对区内"混合花岗岩"的岩浆侵入特征认同,那么,岩浆侵入岩的空间展布主要受构造活动控制,时间上也与构造活动的期次有关。所谓"混合花岗岩"在空间展布上主要有两组方向,一组为近东西向,它与蚌埠隆起的轴向大体平行;另一组为北北东向,切割蚌埠隆起轴向。因此,控岩构造应当形成于基底褶皱之后,"混合花岗岩"的形成时代也不应当属于蚌埠期。

至于区内"混合花岗岩"的同位素年龄数据,十分稀少。而且,同位素年龄数据很不一致。例如,1∶200000区域地质调查报告中列举的癞石山岩体锆石铀铅年龄为13.62亿年,区域报告未采用的1978年测定的女山花岗岩体的钾长石钾氩年龄为122.6Ma,涂山花岗岩体钾氩年龄为123.1Ma,桑宝梁等(1990)测定的磨盘山岩体全岩钾氩年龄为667Ma,全岩Rb-Sr等时线年龄为1796Ma。区内十分发育的花岗伟晶岩脉和石英大脉,1∶200000区调报告认为属于混合岩化和花岗岩化的产物。我们在蚌埠秦集花岗岩体石英大脉中采集到捕掳体,经镜下鉴定为微晶闪长岩,该类闪长岩一般在区内被看作中生代的产物。因此,酸性石英大脉的时代归属亦令人怀疑。近期对荆山花岗岩体黑云母Ar-Ar频谱年龄的测定结果为162.8±0.3Ma(邱瑞龙等,1999),提供了其形成时代为燕山期的直接证据。

总之,区内"混合花岗岩"的岩石学证据表明,它们是岩浆侵入花岗岩。它们的侵位时代应利用可靠的同位素测年方法在排除壳源杂岩捕掳体或同化混染残余体影响的条件下进行

深入地研究；尤其对于区内大面积隐伏的石英闪长岩体应进行同位素年龄测定。可以预见区内主要侵入花岗岩体可能为中生代侵入岩。

二、区域岩石学特征

根据野外观察及一定数量样品的薄片鉴定结果，蚌埠地区侵入岩主要可以划分为六大类型，即二长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、钾长花岗岩、石英正长斑岩及各类脉岩。

(一)二长花岗岩

二长花岗岩类主要出露于怀远、蚌埠至凤阳地区，岩体主要有荆山岩体、涂山岩体、东西芦山岩体、蚂蚁山岩体、燕山-陶山-老虎山岩体及凤阳九华山岩体等。岩体大多呈东西向展布，部分为北北东向展布，围岩主要为五河杂岩，包括变质镁铁质岩系、变质表壳岩系。二长花岗岩大多呈灰、灰白色，细粒至中粗粒结构，可见似斑状结构，部分岩石发育片麻状构造，大多数岩石为块状构造。片麻理发育者一般为中细粒结构，块状构造则大多为中粗粒结构且蚀变较为强烈。主要造岩矿物为斜长石、钾长石、石英，暗色矿物为少量黑云母。副矿物磁铁矿十分发育，普遍见有石榴石，常见磷灰石、榍石等。石榴石电子探针分析为铁铝榴石。钾长石主要为微斜长石及条纹长石，含量一般可达30%左右，常呈聚斑状，钾长石有时填隙于斜长石粒间，一般与斜长石呈共生关系，但形成时间略晚。钾长石与石英见有镶嵌、包含等关系，形成大致同时。

二长花岗岩类主要包括片麻状黑云母二长花岗岩、细粒黑云二长花岗岩、斑状二长花岗岩、中粗粒黑云二长花岗岩等。其中，片麻状黑云二长花岗岩可能形成较早，且为细粒黑云二长花岗岩穿切。斑状二长花岗岩及中粗粒黑云二长花岗岩既可独立产出，亦可能构成片麻状黑云二长花岗岩的内部相。

(二)花岗闪长岩

花岗闪长岩主要出露于蚌埠锥子山、淮光一带，它们分别构成锥子山岩体和淮光岩体的主体。岩体呈北北东向展布。

花岗闪长岩呈灰白色，中粒半自形结构。锥子山岩体岩石呈块状构造，淮光岩体具一定的流动构造，黑云母排列方向为近东西向(95°)，尚可见塑性流变及暗色矿物富集条带。主要造岩矿物为斜长石(50%～60%)、钾长石(15%～20%)、石英(20%～25%)，暗色矿物以黑云母为主(5%～6%)，角闪石少量(1%～3%)。斜长石半自形柱状，粒径0.5～2.0mm，钾长石它形-半自形板状，主要为微斜长石及条纹长石，石英他形粒状，大多为填隙式。副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石等，总的看来，副矿物数量较少。

花岗闪长岩岩体中见有花岗伟晶岩脉，脉体中见有黄铁矿。岩体中见有北东向构造破碎带，岩石强烈片理化，绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化等蚀变发育。

(三)石英闪长岩

石英闪长岩地表未见出露，主要分布于马头城、李楼一带深部，在五河荣渡钱台子金矿区西侧东张台子深部亦见有强烈蚀变的石英闪长岩。岩石埋深一般大于200m，多处钻孔石英闪长岩深部尚未控制。

石英闪长岩呈灰、灰白色，中粒—中粗粒结构，似斑状结构，块状构造，主要造岩矿物见有斜长石(60%～70%)、石英(5%～10%)、暗色矿物以黑云母为主(10%～15%)，含有少量角闪石(3%～5%)。

马头城石英闪长岩接触带大理岩有矽卡岩化，并有铁矿层发育。钱台子西侧东张台子ZK7129钻孔中从221.96m至终孔301.76m为石英闪长岩，岩石边缘相为细粒闪长岩，内部相为中粒石英闪长岩，岩石普遍蚀变且片理发育。

(四)钾长花岗岩

钾长花岗岩主要出露于郯-庐断裂带内，岩体主要有磨盘山岩体和女山岩体。钾长花岗岩大多呈肉红色，块状，不等粒花岗结构，局部发育片麻理。钾长花岗岩的主要造岩矿物为条纹长石和微斜长石，含量达50%～60%，斜长石为10%～15%，石英含量约20%～40%。镁铁矿物主要有黑云母和白云母，含量一般在5%以下。副矿物含量极少，主要见有金红石、独居石、锆石等。条纹长石中的钠长石多呈火焰状或条带状，微斜长石格子双晶发育。斜长石多呈半自形柱状，聚片双晶纹细而密，牌号偏低，多为更长石。钾长石常呈汇聚体集中出现，斜长石粒径一般较小且自形程度较好。长石绢云母化蚀变发育。钾长石常包含斜长石或石英，局部可见交代现象及蠕英结构。白云母多呈条片状，分散在岩石中，在构造片理发育时，可集中呈带状分布。在岩体接触带糜棱岩带中，细粒化石英发育，白云母呈带状与重结晶石英形成明显的片理。因此，岩石中的白云母部分可能为构造变质的产物。

本区女山岩体中既见有钾长花岗岩，又见有花岗闪长岩。发育于郯-庐断裂带中的钾长花岗岩都具有明显的构造蚀变影响，其中包括显著的红化现象。一方面它们可能由钾长石含量的增多而引起，另一方面可能在构造作用下矿物中的铁质氧化的结果。

(五)石英正长斑岩

区内石英正长斑岩见于凤阳县霸王城、大东关一带，霸王城-鹿塘断层东侧，呈北北东向展布，长约1km，宽约0.5km，出露面积约2km²。石英正长斑岩呈浅肉红色，斑状结构，基质为微晶结构，斑晶含量约10%～20%。主要为钾长石和斜长石，黑云母少量；基质由钾长石和石英组成。副矿物见有磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石等。由于聚合斑晶和球粒结构发育，该类岩体形成于浅成或超浅成环境。

据312地质队资料，该类岩石重砂中发现有自然金颗粒。

(六)脉岩

区内脉岩十分发育，主要见有石英正长岩、花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩、闪长玢岩、花岗斑岩、花岗伟晶岩、花岗细晶岩以及辉绿岩、云煌岩等。脉岩在空间上有呈北北东向、北东向、近东西向和北西向展布。脉岩的形成时间亦有多个时期，中酸性脉岩大多为区内花岗岩的专属性脉岩，基性脉岩则可能属于喜山期。

石英正长岩脉主要出露于五河地区，岩脉呈北北东向，展布方向与郯-庐断裂带一致。岩脉一般宽约5～10m，延长数百米。花岗斑岩脉出露于涂山童郢中粗粒二长花岗岩中，脉岩呈北东向延伸，宽约数十米，延长数百米。在空间上该类脉岩与硫化物石英脉关系密切，硫化物石英脉常穿切花岗斑岩脉。花岗斑岩呈灰褐色，常见钾长石大斑晶($d=2\sim3$cm)，基质由钾长石、斜长石、石英组成。

花岗闪长斑岩脉在五河地区小巩山—大巩山一带常有出露，且与石英大脉在空间上关系密切，展布方向大体平行，走向北北东。花岗闪长斑岩呈灰褐色，斑晶为斜长石($d=0.5\sim1.0$cm)，石英($d=0.2\sim0.5$cm)，基质由钾长石、斜长石、石英、及少量黑云母组成。(石英)闪长玢岩是区内广泛出露的中性脉岩，其展布方向多为北东向和近东西向，脉岩中常见有黄铁矿。在荆山花岗岩体发现闪长玢岩呈走向38°，倾角近于直立，脉岩接触带见有明显的冷

凝边及暗化边。该脉岩又为云煌岩切入，它们的展布方向大体平行。在云煌岩脉中可见多种成分的捕掳体，它们大多呈浑圆状，大小不一（$d=1.0\sim40$cm），捕掳体成分有花岗岩/斜长角闪岩/角闪斜长片麻岩等，闪长玢岩中未见捕掳体。由此可见，云煌岩不仅生成较晚，而且来源较深。

二、岩石地球化学

（一）岩石化学

蚌埠地区花岗岩体的岩石化学指数列于表 3-13，其岩石化学特征综述如下。

（1）二长花岗岩类的酸度为 25.12～79.47，SiO_2 含量为 71.17%～74.57%，酸度变动范围较大，SiO_2 含量相对集中。全岩总碱量变动于 7.54%～8.84%，其平均值明显偏高。与山东玲珑花岗岩相对比，本区二长花岗岩碱硅质明显偏高。二长花岗岩碱硅质具有不明显的正相关关系，SiO_2 与 K_2O 的正相关关系更为清晰，反映了岩浆演化向着钾硅质富集的方向。岩石的钠钾比变动于 0.86～1.44，一般>1，偏低的钠钾比可能与交代作用有关。

表 3-13　蚌埠地区侵入岩岩石化学参数

岩体	涂山	西产山	曹山	霸王城	磨盘山	女山	玲珑
岩类	二长花岗岩	二长花岗岩	二长花岗岩	石英正长斑岩	钾长花岗岩	钾长花岗岩	二长花岗岩
样品数	7	2	2	1	3	5	52
SiO_2	73.50	73.17	74.36	72.30	77.58	72.82	71.53
酸度	55.94	53.95	56.89	22.98	53.83	38.63	34.98
总碱量	8.34	8.11	8.24	8.40	7.91	7.91	7.75
固结指数	2.96	3.15	4.77	10.71	1.54	3.25	4.45
分异指数	89.32	88.60	86.34	86.93	94.72	88.91	84.11
组合指数	2.27	2.16	2.22	2.34	1.82	2.11	2.12
氧化度	0.39	0.35	0.41	0.46	0.44	0.45	0.44
钠钾比	1.16	1.24	0.90	0.80	0.64	0.84	1.18
铝碱比	1.23	1.27	1.21	1.59	1.11	1.27	1.39
钙碱比	0.23	0.23	0.17	0.19	0.03	0.14	0.35
铝指数	0.99	1.03	1.03	0.99	1.08	1.11	1.03
ΣFe-Mg	9.50	5.44	3.77	1.71	12.21	4.87	4.45
M	32.75	34.73	40.12	64.75	20.59	41.48	36.45

裴有守等，1988。

钾长花岗岩酸度变动于 20.28～66.85，SiO_2 的变动范围为 71.29%～78.27%；酸度的变动范围较大，SiO_2 含量相对集中，这种特征与二长花岗岩相似，可能与岩石的蚀变作用有关。岩石的总碱量变动于 7.04%～8.82%，钠钾比相应偏低。从图 3-13 中可以看出，钾长花岗岩的硅碱变异无明显的相关关系，K_2O 与 SiO_2 的相关关系亦不明显，样点较为分散，这说明岩石缺乏硅碱分异演化。

（2）二长花岗岩与钾长花岗岩的组合指数一般偏低，反映了碱硅比较低，硅质组分相应偏高。岩石的铝指数一般在 1.00 左右，显示了铝饱和的特征。铝碱比变动于 1.00～1.41 之间，其中二长花岗岩变化范围较窄（1.10～1.35），总体上铝碱比偏低，钙碱比相对偏高；钾长花岗岩低钙，钙碱比相对偏低，其数值与 S 型花岗岩相似。本区二长花岗岩的钙碱比低于山东玲珑花岗岩，亦明显低于邻区张八岭构造带的二长花岗岩，显示了较低的钙碱比。

（3）二长花岗岩的固结指数变动于 1.89～6.30 之间，分异指数变动于 83.40～92.91 之间；钾长花岗岩的固结指数变动于 0.89～5.49 之间，分异指数变动于 88.46～94.27 之间。反映岩浆分异特征的 M 值在二长花岗岩及钾长花岗岩中均明显偏低。这种数值特征表明区

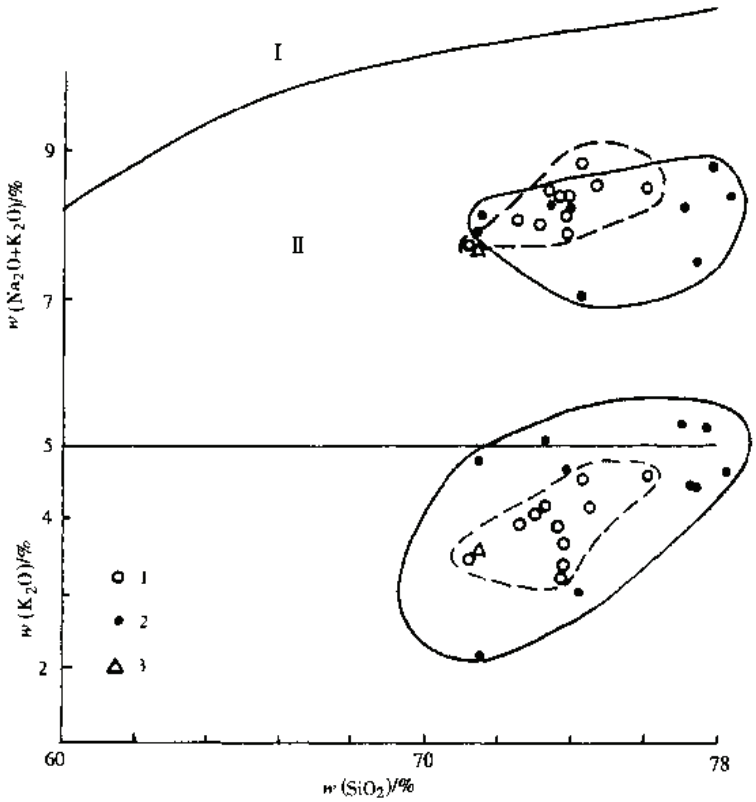


图 3-13　蚌埠地区花岗岩 SiO_2 - (K_2O+Na_2O)图解

1　二长花岗岩；　2-钾长花岗岩；　3—玲珑花岗岩

内花岗质岩石具有强烈的镁铁质矿物分离，它们可能是镁铁质岩系或者表壳岩系部分熔融的产物。

(4)利用岩石的氧化度、钠钾比及铝指数等岩石化学参数判定，本区二长花岗岩可能源于下地壳镁铁质岩系，钾长花岗岩则可能由变质变形花岗质片麻岩形成。

(二)稀土元素

蚌埠地区花岗岩类稀土元素分析结果列于表 3-14，稀土元素配分曲线示于图 3-14。

表 3-14　蚌埠地区花岗岩稀土元素分析($w_B/10^{-6}$)

岩体	涂山	磨盘山	女山	脉岩		玲珑*
				石英闪长玢岩	花岗闪长斑岩	
序号	1	2	3	4	5	6
样品数	7	3	1	1	1	7
La	4.73	33.78	28.33	12.63	70.37	23.61
Ce	8.96	60.47	84.98	23.84	117.78	48.61
Pr	1.19	8.48	7.09	2.75	12.02	—
Nd	3.87	28.84	26.29	10.39	38.42	14.93
Sm	0.89	6.59	5.67	2.38	6.35	3.14
Eu	0.24	0.59	0.86	0.59	1.23	0.63
Gd	0.84	6.55	4.43	1.56	3.57	2.06
Tb	0.16	1.27	0.81	0.18	0.45	
Dy	0.98	7.90	5.46	1.12	2.81	1.40
Ho	0.23	1.66	1.11	0.19	0.46	—
Er	0.75	4.99	3.44	0.50	1.37	0.66
Tm	0.16	1.11	—	—	—	—
Yb	1.02	5.24	3.61	0.49	1.43	0.56
Lu	0.19	0.83	0.53	0.08	0.23	0.06
Y	7.98	46.68	28.33	5.60	14.47	—

(接下页)

续表

∑REE	31.19	214.98	200.96	62.30	270.96	—
∑Ce/∑Y	1.75	1.82	3.21	5.41	9.95	—
δEu	0.85	0.27	0.51	0.89	0.75	0.71
$(La/Yb)_N$	3.22	3.12	3.04	3.23	6.75	4.58
$(La/Sm)_N$	2.70	3.74	4.55	14.84	28.55	27.81
$(Gd/Yb)_N$	0.65	1.00	0.98	2.56	2.00	2.99

* 资料来源：蚌埠—五河地区主要金矿类型的成矿条件及其预测，秦宝梁等，1994；玲珑据白谨，1986。

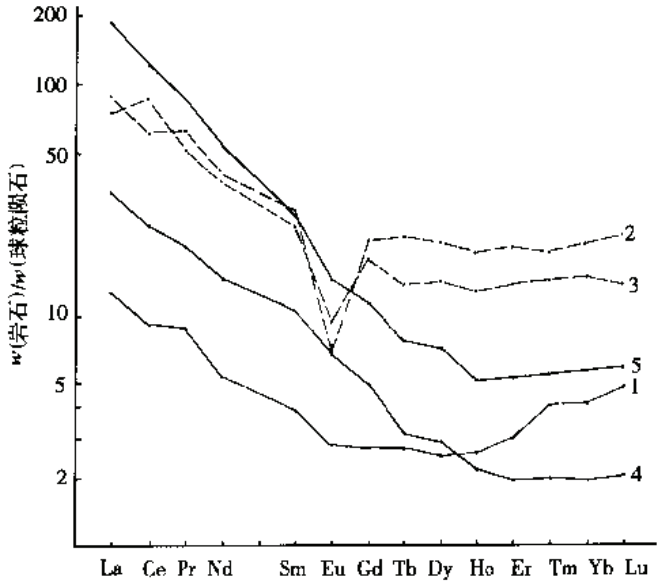


图 3-11 蚌埠地区花岗岩稀土元素配分曲线

(序号同表 3-14)

由所述图表可以看出：

(1)区内花岗岩类稀土元素配分模式明显有两种类型，钾长花岗岩为右倾斜海鸥式，属于S型；二长花岗岩则为平缓右倾斜型，配分曲线较为平坦，且重稀土元素曲线明显上跷，重稀土元素含量相对增高，表明二长花岗岩中有明显的表壳岩系物质混入。

(2)钾长花岗岩的稀土元素总量一般$>200\times10^{-6}$；二长花岗岩及石英闪长玢岩稀土元素总量一般偏低，其中涂山二长花岗岩七个样品的稀土元素总量平均值仅为31.19×10^{-6}。重稀土元素Y值在钾长花岗岩中明显偏高，二长花岗岩及脉岩中偏低，前者反映了硅铝壳组分特征，后者则为深源物质特征。轻重稀土元素比值(∑Ce/∑Y)在区内钾长花岗岩及二长花岗岩中均明显偏低，脉岩相应偏高。反映稀土元素分馏特征的$(La/Yb)_N$值亦与∑Ce/∑Y相吻合，这就表明岩浆源岩稀土元素分馏不明显，其源岩组分与扬子前陆带及张八岭构造带均有显著差异。

(3)钾长花岗岩铕亏损十分明显，二长花岗岩及脉岩铕亏损不明显。这表明钾长花岗岩为硅铝壳组分熔融，斜长石有明显的分离；二长花岗岩及脉岩，斜长石结晶分离则不明显。

(4)本区花岗岩石稀土元素配分模式及有关参数与山东玲珑二长花岗岩相比较，二长花岗岩及脉岩更相似于玲珑花岗岩，唯稀土元素总量相应偏低，稀土元素分馏程度不高。

(三)同位素地质特征

1.铅同位素地质

区内花岗岩的铅同位素分析结果列于表3-15，$^{207}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$图解示于图3-15。

表 3-15　蚌埠地区花岗岩铅同位素组成

产地	岩石类型	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	Th/U
涂山	二长花岗岩	17.021±0.047	15.394±0.053	37.332±0.035	69.77	4.18
荆山	二长花岗岩	16.501±0.008	15.283±0.009	36.996±0.012	68.78	4.37
淘山	二长花岗岩	17.061±0.006	15.398±0.007	37.366±0.005	69.82	4.17
磨盘山	钾长花岗岩	16.508±0.019	15.302±0.020	35.967±0.020	67.78	3.60
毛山	钾长花岗岩	15.881±0.017	15.131±0.018	36.226±0.019	67.26	4.34
		16.918±0.034	15.400±0.032	37.629±0.032	69.92	4.48

引自秦宝琛等(1994)"蚌埠—五河地区主要金矿类型的成矿条件及其预测"研究报告。

由上述图表可以看出，本区花岗岩类的长石铅$^{206}Pb/^{204}Pb$变化于67.26～69.92之间，均<70，属贫放射性铅。一般而言，由于变质作用可能导致铀铅或钍铅的丢失，其中铀铅的丢失更为广泛。测定结果表明，$^{207}Pb/^{204}Pb$普遍偏低，反映以^{235}U衰变成^{207}Pb的U-Pb丢失明显，这种特征与华北地区花岗质岩石的铅同位素组成十分相似。

本区花岗岩在$^{206}Pb/^{204}Pb$-$^{207}Pb/^{204}Pb$图解中的投点位于下地壳和上地幔演化曲线之

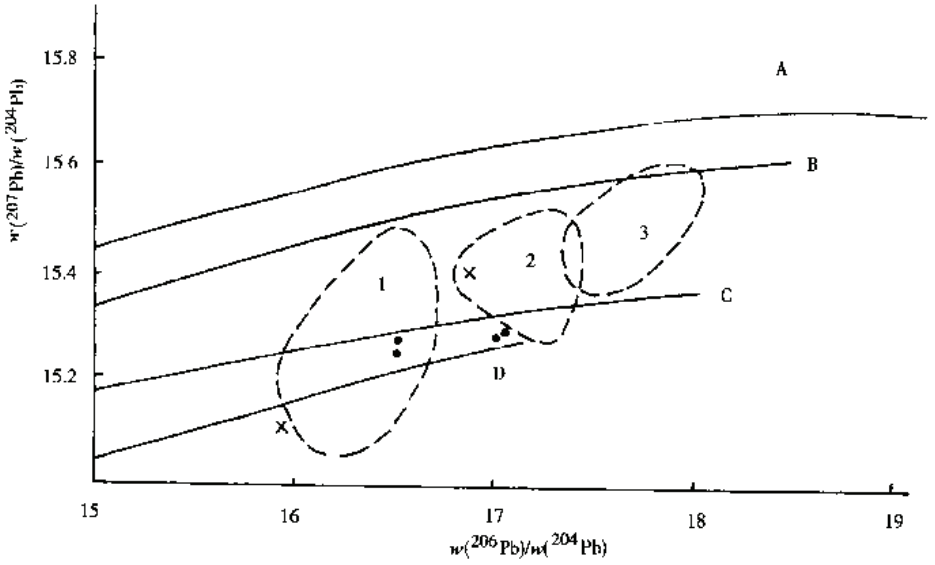


图 3-15　蚌埠地区花岗岩$^{207}Pb/^{204}Pb$-$^{206}Pb/^{204}Pb$图解

1—华北地区；2　胶东地区；3—秦岭地区

A—上地壳；B—造山带；C—上地幔；D　下地壳

间，远离上地壳和造山带演化曲线，反映了它们的深部物质来源。

2. Sr同位素

表3-16列出涂山和磨盘山两个花岗岩体的Sr同位素分析结果和Rb-Sr等时线初始值及等时线年龄。

表 3-16　蚌埠地区花岗岩全岩 Rb-Sr 同位素组成

岩体	$w(Rb)/10^{-6}$	$w(Sr)/10^{-6}$	$w(Rb)/w(Sr)$	$w(^{87}Rb)/w(^{86}Sr)$	$w(^{87}Sr)/w(^{86}Sr)$	$w(^{87}Sr)/w(^{86}Sr)(I)$	t/Ma
磨盘山	188.27	33.79	4.98	14.893	1.09350	0.7163±0.0033	1796±9
	234.28	14.93	15.69	51.067	2.02588		
	161.32	24.25	6.65	20.180	1.24370		
	277.53	12.41	22.36	77.08	2.71182		
	151.03	24.02	6.28	19.02	1.21076		

续表

涂山	83.91	725.43	0.11	0.335	0.7090	0.7078±0.0001	252±0.5
	105.75	253.89	0.42	1.193	0.7124		
	94.17	289.20	0.32	0.939	0.7114		
	95.06	516.54	0.18	0.444	0.7098		

资料引自桑宝梁等,1994。

磨盘山钾长花岗岩 Rb 高 Sr 低,Rb/Sr 比变动于 4.98~22.36,Sr 初始值为 0.7163,反映了 S 型花岗岩的数值特征,其物源应为硅铝质表壳岩系。但磨盘山岩体位于郯—庐断裂带内,构造作用强烈,尤其是韧性剪切变形发育,且使花岗岩产生明显的白云母化。这种蚀变交代作用可能使岩石的 $K_2O/(K_2O+Na_2O)$ 比值增高,从而导致 Sr 初始值的增加。如果这种认识成立的话,上述等时线年龄则不能代表封闭体系年龄。

涂山二长花岗岩富 Sr 低 Rb,Rb/Sr 比值较低,Sr 初始比为 0.7078,属于壳幔混合型。Rb-Sr 等时线年龄 252Ma,与钾氩测定年龄 123.1Ma 相差甚远。因此,二长花岗岩的同位素年龄有待进一步研究。

四、岩浆作用与成矿

地处华北陆块东南缘的蚌埠地区,花岗岩类的分布和出露比较广泛,由于长期以来局限于 1∶200000 区域地质调查报告提出的蚌埠期混合花岗岩的认识,花岗岩的成因归因于混合岩化与花岗岩化作用。区内金矿化点十分发育,现已查明小型金矿点数个,金的成矿时代确定为燕山期(董发先等,1993)。因此,金矿化与蚌埠混合花岗岩无法联系,也就是说,区内金矿化缺少岩浆活动提供的热动力支持。这种观点对于认识区内中生代花岗岩浆作用规律以及金的普查找矿研究都是不利的。

综合上述资料,本区岩浆作用的特点可归纳如下:

(1)区内花岗岩石具有多种类型,基本可以划分为四个岩石组合:一为花岗闪长岩-二长花岗岩组合;二为闪长岩-石英闪长岩组合;三为花岗岩-钾长花岗岩组合;四为石英正长岩-石英正长斑岩组合。前三种组合在空间分布上以东西向展布为主,兼有北北东向分布;后一种则以北北东向为主。闪长岩-石英闪长岩组合在区内主要由钻孔发现,它们从蚌埠地区的西部至东部都可见到,而且向下延深尚未控制。在五河地区,五河杂岩变镁铁质岩系之下见有强烈蚀变的闪长岩类;在怀远南马头城石英闪长岩与大理岩接触带见有矽卡岩化及铜铁矿化。这些资料表明,蚌埠台隆深部可能存在较大的中性岩岩基。

(2)初步研究表明,蚌埠地区所谓"混合花岗岩"具有明显的岩浆特征,接触带侵入接触关系明显,岩体中见有五河杂岩捕掳体,捕掳体随岩浆改造程度的差异可以出现不同的形态。改造程度较弱的捕掳体,棱角十分明显,变质岩系的片麻理十分清晰;改造程度稍深的捕掳体,形态基本清楚,边界浑圆,棱角消失,捕掳体内浅色矿物成分明显增多;改造程度较深的捕掳体,形态仅依稀可辨,暗色矿物明显减少。

花岗岩石的结构构造特点提供了岩浆结晶作用的证据,本区仅在荆山-涂山二长花岗岩中见有部分片麻理,中粗粒花岗闪长岩-二长花岗岩则为花岗结构和块状构造。马头城、李楼、东张台子等钻孔中所见石英闪长岩均为典型的半自形粒状结构,斜长石→钾长石→石英的结晶顺序代表了鲍温系列。

花岗岩体中的同源脉岩的发育，再一次提供了岩浆演化的证据，尤其是具有相同副矿物组分的花岗伟晶岩脉的发育，反映了岩浆晚期或期后大量挥发组分的富集。

(3)区内花岗岩的地球化学资料反映，钾长花岗岩属于S型。铝过饱和，钾硅质明显富集，稀土元素配分模式为海鸥型，Rb/Sr比值偏高，富Rb低Sr，Sr初始值大于0.710，表明源岩属于硅铝质组分，较低的放射性Pb反映了古老的变质基底特征。因此，钾长花岗岩来源于下部地壳的变质变形花岗质侵入体。

二长花岗岩类属于钙碱性岩系，较高的钠钾比和氧化度、较低的铝指数以及偏高的钙碱比，都表明它们属于I型。由于M值明显偏低，显示了镁铁质组分的分离，较低的放射性铅同位素和Rb/Sr比值表明二长花岗岩来源于下地壳镁铁质岩系。涂山岩体稀土元素配分曲线重稀土元素上跷，反映了富集重稀土元素的石榴石副矿物富集。

(4)本区花岗岩类的成岩时代应该说是多期次的。区内发育的辉绿岩脉及云煌岩脉含有多类型的捕掳体，且捕掳体熔蚀明显。这就表明它们可能来源于深部，因此，其形成时代可能最晚。广泛发育的石英正长(斑)岩及闪长(玢)岩钾氩年龄测定均为燕山晚期(107～128Ma)。闪长玢岩又为云煌岩切穿，因此，区内基性脉岩可能为燕山晚期或喜山期的产物。

涂山二长花岗岩的同位素年龄K-Ar法为123.1Ma，Rb-Sr等时线年龄为252Ma，荆山见到长花岗岩黑云母Ar-Ar频谱年龄为162.8Ma；显然，代表了中生代侵入岩，不属于蚌埠期老花岗岩。值得指出的是，由于涂山岩体围岩捕掳体十分发育，因此，采样的代表性值得注意。构成上述Rb-Sr等时线的样品，分析数据没有拉开也可能直接影响等时线年龄的可靠性。

女山钾长花岗岩和磨盘山钾长花岗岩无论在空间上和岩石类型上都十分相似，但是，它们的同位素年龄相去甚远。前者K-Ar年龄为122.6Ma，后者K-Ar年龄为667Ma，Rb-Sr等时线年龄则为1776Ma。因此，有关它们的同位素年龄尚需进一步确定。

(5)区内脉岩十分发育，尤其是五河地区，广泛发育的石英正长岩脉、花岗闪长斑岩脉、石英闪长玢岩脉及石英大脉。五河地区的金矿化大多直接叠加在石英大脉中，石英大脉旁侧经常产出花岗闪长斑岩脉或石英闪长玢岩脉，其空间展布方向大体相似。因此，应当说，金矿化与该类脉岩在空间上存在一定联系。董发先等(1991)依据包裹体成分氢氧同位素研究，提出了五河地区成矿热流体来源主要与花岗质岩浆有关的推论，并指出花岗质岩浆即区内大量发育的中酸性岩脉或超浅成相侵入体，因此，区内金矿化在成因上可能与上述脉岩有关。

第四章　区域地球物理、地球化学特征

第一节　重力、航磁资料的区域分析

依据研究区重磁场分布特征以及构造单元的划分，可将重磁场划分为华北陆块异常区、张八岭异常区及滁州异常区。其中华北陆块异常区又可分为固镇、蚌埠、淮南—肥中三个次级异常区(图 4-1、图 4-2)，其分布特征分述如下。

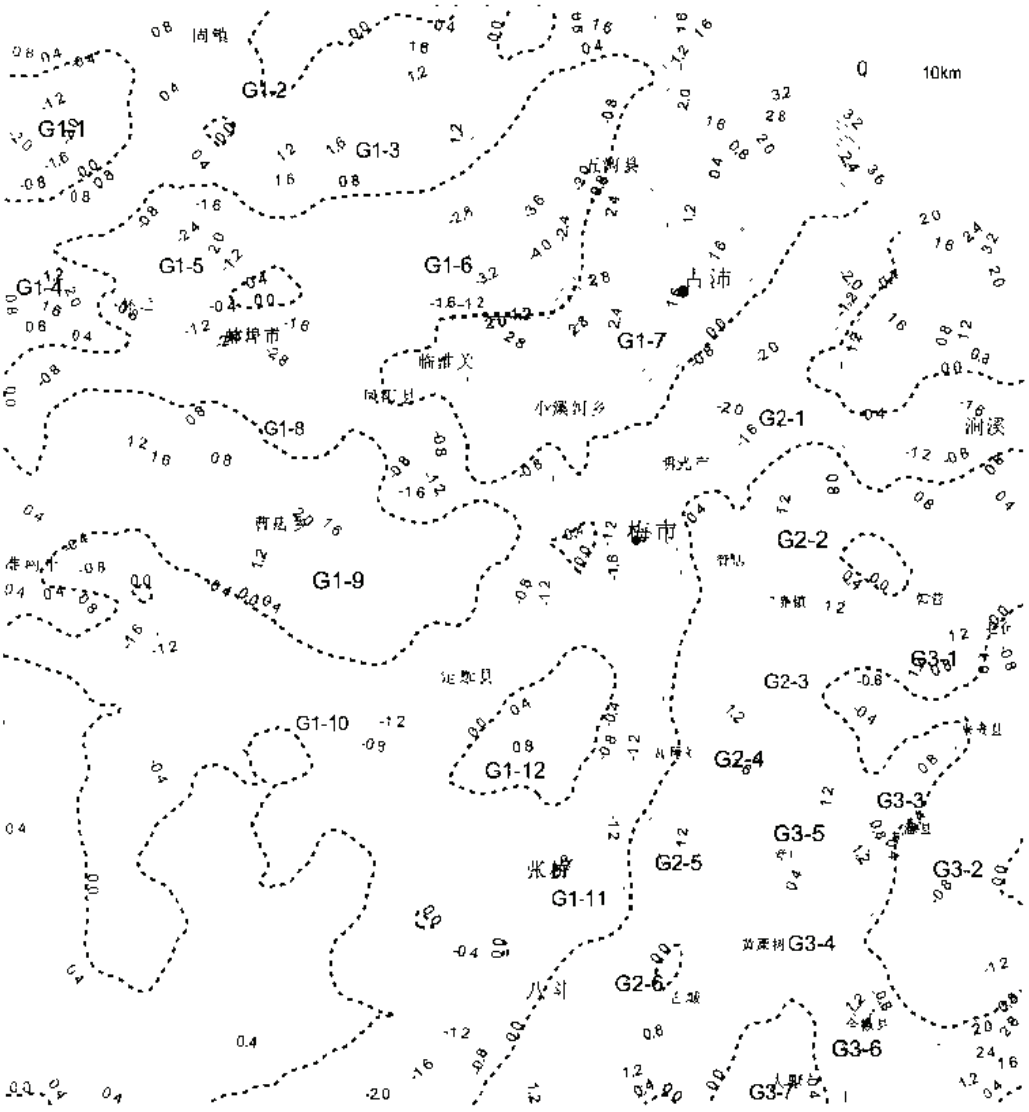


图 4-1　安徽东部地区布格重力异常垂向一阶导数等值线图(上延 1km)



图 4-2　安徽东部地区航磁化极异常垂向一阶导数等值线图(上延 1km)

一、华北陆块异常区

该区位于郯-庐断裂带以西，东经 117°线以东的区域。区内重磁场分布总体特征为东西向或近东西向。自北向南可分为固镇断陷异常区、蚌埠隆起异常区、淮南复向斜－肥中断陷异常区。

(一)固镇断陷异常区

异常区位于五河-利辛断裂以北，广为第四系覆盖，未见地层出露。布格重力异常主体为高背景，北东向分布的局部重力高，低异常叠加其中。航磁化极异常呈近东西向分布于布格重力异常南侧梯度带附近，并呈现多个局部异常中心。

自西向东，布格重力异常出现两处东偏北走向的低值异常区(G1-1、G1-2)，异常极小值为$-6\times10^{-5}m/s^2$左右。该区段未见明显的磁异常显示，故认为该重力低异常应为第三系断陷盆地引起。异常带向东为G1-3重力高异常，其走向北东，极大值达$17\times10^{-5}m/s^2$左右，异常宽缓，经垂向导数处理后，分解为北东、北东东向分布的两组局部重力高异常，并在西南端相交。其南侧异常与航磁C1-3分布基本一致，C1-3异常强度局部在500nT以上。分析认为该重高、磁高异常可能反映了基底含铁岩系的分布(五河群)。C1-3磁异常向东继续延伸，梯度带，经分析认为，该磁异常可能与隐伏侵入岩有关，但也不排除为含铁岩系的可能。五河磁异常(C1-5)分布于东西向展布的高磁异常带的东端，位于五河县城东侧，局部异常走向呈北北东向，长约1km，场值最大在200nT左右。该异常区全为第四系覆盖，厚度在几十至上百米。分析认为，该异常除与五河岩群绿岩带有关外，可能主要与隐伏岩体有关。更确切的解释需做进一步的研究工作。

(二)蚌埠隆起异常区

该异常区位于五河-利辛断裂与刘府断裂之间，东邻郯-庐断裂带。区内前寒武纪变质岩系较发育，自上而下分为晚太古界五河岩群及中元古界凤阳岩群等。五河岩群组成蚌埠复式背斜，凤阳岩群则分布于凤阳山区一带。五河岩群主要有西固堆岩组、庄子生岩组、峰山李岩组以及上部的小张庄岩组和殷涧岩组。西固堆岩组具有花岗绿岩特征，本区近80%金矿床、矿(化)点皆产于西固堆岩组。它们主要出露于蚌埠涂山、曹山、凤阳临淮关-大漠河，以及五河大凡山、渠渡等地。区内岩浆岩有新太古代和古元古代杂岩及中生代中酸性岩体以及第三纪火山岩等。

异常区重力场表现为东西向、北东向重力高和重力低相间分布的特征。这些高、低异常带主要反映了古老基底构造、块状构造和断裂发育特点，重力高反映了褶皱轴部的基岩隆起，多数还叠加有中一酸性侵入岩体所形成的重力异常；重力低反映了中、新生代凹陷或松散沉积；明显的重力梯度带异常指示了深大断裂带的位置。磁场的分布特征为沿蚌埠复背斜核部出现的近东西向分布的高磁异常带。由西向东异常强度稍有降低，异常规模减小，至大漠河以东，异常走向发生变化，局部异常呈北北东向展布，与郯-庐断裂带次级构造分布有关。

由布格重力异常图可见，蚌埠以北至新集、五河一带，出现一大范围的重力低值区，且异常的走向由西部的东西向分布至新集一带转为北东向，异常带中出现两个负异常中心，极小值分别为$-7\times10^{-5}m/s^2$、$-25\times10^{-5}m/s^2$以下。西侧G1-5号异常呈等轴状分布，东侧的G1-6异常呈似"三角形"，规模较大。异常北西缓，东南陡，中心偏向东南侧。异常区内无磁异常显示。故分析认为，该异常主要反映了五河断陷盆地的分布，且盆底中心偏东南。

怀远-蚌埠一带为蚌埠隆起的西段，地表见有花岗岩、二长花岗岩，以及中生代中酸性浅成岩出露。布格重力异常在该区显示为一明显的重力低(G1-8)，且有一定的走向，长约10km左右。异常中心位于蚌埠南约5km处，极小值约为$-15\times10^{-5}m/s^2$以下，与其对应，磁场为东西向分布的高磁异常带，异常强度在100至几百纳特不等。分析认为该重低、磁高异常显示深部可能存在一拆离构造，五河杂岩推覆于新地层之上，也可能是由低密度磁性岩体所引起，且深部仍有较大的延深。

经凤阳、板桥到大漠河，向北东至古沛、小溪集，出现了本区中场值最高的重力异常带(G1-7)。最高场值在$27\times10^{-5}m/s^2$以上，异常规则，范围较大，由多级异常叠加而成。经导

数处理后，出现多处局部异常中心。该处磁异常相对较弱，大漠河以西，磁异常多以东西向分布为主，向东则呈北北东向分布。结合地质及物性特征分析认为，该重力高异常带，主要反映了毛河群隆起的分布，部分磁异常则与隐伏岩体有关。

(三)淮南--肥中异常区

该区为刘府断裂以南、郯-庐断裂带以西的区域。构造上属华北陆块淮南复向斜及肥中断陷，本区除在凤阳山区出露有古生代至元古代地层外，均为第四系覆盖，未见岩浆岩出露。布格重力异常在区内的走向分布变化较大，主要分布有G1-9、12、13 三个重力高异常区，以及G1-10、G1-11 带状分布的负异常区。研究区内的磁场分布未能显示其全貌，在永康、张桥以西出现大范围宽缓的高磁异常区，场值一般在100～200nT 左右。位于张桥至梅市一带出现一呈弧形分布的弱磁异常带，极大值约在100nT 左右。依据区内已有资料的分析认为，G1-9 重力异常区主要反映了古生代地层隆起带的分布；呈弧形分布的G1 -10 重力低异常(长约90km)、以及沿郯--庐断裂带分布的重力低值异常带，除与断裂构造有关外，还反映了中新生代盆地的展布特征。而位于研究区西南侧大范围的重力高(G1 -13)、磁高区，推测与老变质基底有关，更确切的解释，将有待于做进一步的研究工作。

二、张八岭异常区

该区位于郯-庐断裂带及黄-破剪切带所夹持的三角形区域内，基本上与张八岭隆起相对应，以重磁高背景、多个局部异常叠加为其主要特征。出露地层主要是张八岭群的北将军组和西冷组。北将军组下部为白云质大理岩、灰岩、千枚岩及变质砂岩；上部为绿片岩类、石英岩、凝灰质千枚岩、云母石英片岩。西冷组上部岩性相近，为石英角斑岩、凝灰熔岩、变质粉砂岩或千枚岩及绢云长英片岩；中部岩性复杂，主要有石英角斑岩、千枚岩、角砾岩及细碧岩，带内部分地段出露侵入岩。

区内布格重力场为区域性的相对重力高，由密度参数及地质资料说明是张八岭构造带的整体反映。位于高背景西侧为一较密的北北东向分布的重力梯度带，它即是著名的郯-庐断裂带的反映。该区异常总体呈北东向分布，但被多组北西向构造切割，使得异常走向上不连续并呈块状分布，且自北东向南西，异常呈七段高低相间出现的格局，从而揭示区内北北东以及北西两组构造共同作用的结果。磁场展布特征相对较为单一，总体为高磁场区，其分布范围从南西向北东有缩小趋势。沿郯-庐断裂的东侧，一条北北东向高磁异常带十分醒目，省内走向长达140km 左右，且场值由西南向北东逐渐降低，其分布与重力梯度带相吻合。分析认为它们由主要与郯-庐断裂带有关的磁性侵入岩体所引起。

依据重磁场总体分布特征，结合地质情况对该区局部异常的分布及特征简析如下：

(一)嘉山异常(G2-1)

异常位于嘉山市北东方向，为一明显的重力低异常。异常走向北东，省内走向长约10km，向西南方向与梅市重力低异常相连，异常最小值在 $-6\times10^{-5}m/s^2$ 以下，磁场为相对低值区。该区地表多为第四系覆盖，局部见第三系花果山组。结合物性资料分析认为该异常应由第三系沉积盆地引起。该异常的展布同时也揭示了该处存在较大规模的断裂构造。

(二)紫阳 -柳巷异常(C2-1)

该异常位于嘉山北北东方向，沿郯-庐断裂带分布，异常分东西两条带展布。西侧异常走向由近南北向转为北东向，有两个异常中心，磁场值均在150nT 以上，走向长约35km；东侧

异常带相对较弱，场值在100nT以上。重力场在该区为高背景，局部重力高与其分布基本一致。该区地表均为第四系。结合区域地质构造特征推测该异常与磁性变质基底分布有关，其东侧的局部异常可能与隐伏岩体有关。

（三）三关异常（G2 2、C2 2、C2-3）

位于管店东约10km处，重力异常呈向北东方向张口的弧形分布，两个相对重力高中心，场值分别为$18\times10^{-6}m/s^2$、$20\times10^{-6}m/s^2$。北侧重力高中心，伴随一弱磁异常，并在其西侧、南侧伴随出现磁异常（C2-2、C2-3），最大值分别为250、100nT以上。据物性资料分析，该区北将军组与西冷组存在0.15～0.2的密度差，因此认为该重力异常可能为北将军组大理岩、灰岩、绿片岩构成的背斜构造的反映，磁异常则推测为隐伏侵入岩体引起。

（四）张八岭－三界异常（G2 3、C2-4）

异常位于管店东南方向，为一明显的重力低值区。该异常自来安经张八岭至三界，呈北西向展布，与两侧异常的差值在5×10^{-6}～$8\times10^{-6}m/s^2$。沿该异常的北西端管店南侧，出现较大规模的航磁异常，异常值在350nT以上。该异常为郯-庐断裂东侧高磁异常带的一部分（北北东向），但值得注意的是该局部异常方向发生了变化，与重力低异常方向一致。异常区内主要出露地层为西冷组石英斑岩、千枚岩，据此认为，该异常除反映低密度地层分布外，主要反映沿北西方向可能存在一组规模较大的断裂构造带，管店岩体的侵位则受到了北北东及北西两组构造的控制。该岩体向北西仍可能有一定的延伸。

（五）牛头山－北将军异常（G2 4、G2-5、C2 5）

该异常为本带中规模最大、幅值最高的局部重力异常。它位于滁州市西北方向，呈北西、北东方向展布，异常最大值在$26\times10^{-6}m/s^2$以上，局部异常出现三个中心。磁异常区基本位于北东向分布的重力高异常两侧梯度带上，走向北北东，异常强度在350nT以上。该异常区出露地层以西冷组石英斑岩、千枚岩为主，西侧有北将军组千枚岩、凝灰岩、石英岩、绿片岩等。同时在仙店子附近的钻孔中，凝灰岩、千枚岩以下（－300m）为白云质大理岩。因此，经分析认为该重力异常由北将军组白云质大理岩、灰岩、绿片岩引起。沿郯-庐断裂东侧分布的侵入岩体则是引起磁异常的主要原因。值得注意的是，北将军西南的高磁异常，应揭示深部有隐伏磁性岩体的存在，且具有一定规模。

（六）孤山异常（G2-6、C2-6）

异常位于郯-庐断裂带东侧降兴、孤山、李集一线，为郯-庐重力梯度带等值线向东突出的弧形区域。局部异常的中心位于复兴、孤山以及李集，重力低异常呈北北东向分布，长约35km左右。该区磁场为高背景区，异常中心位于降兴西约5km处，最大值450nT以上，为沿郯-庐断裂分布的高磁异常带的一部分，总体呈北北东向展布。异常区出露地层主要为西冷组，章广一带出露有二长花岗岩。分析认为，该异常反映了重要的地质、构造特征，大范围的相对重力低，除与广泛出露的西冷组有关外，也不排除深部有更低密度地层存在的可能。同时重力低异常的分布揭示了该区有两组构造的存在，一组为北北东向，沿管店、复兴、李集向张八岭镇方向延伸，可见具有一定的规模；另一组为北西向，可能切穿郯-庐断裂带延至华北陆块，推测具有较大的延伸，高背景磁异常与燕山期隐伏侵入岩体有关。

三、滁州异常区

该异常带位于马厂、珠龙、白米桥一线以东区域，为黄-破剪切带与滁州断裂所夹持的省

内部分。出露地层有震旦系陡山沱组、灯影组、奥陶系、寒武系以及侏罗系火山岩、白垩系陆相碎屑岩及零星出露的侵入岩。

本区重力场由两条明显的异常带组成。西带位于马厂、黄栗树、沙河集一线，为一条北北东向展布狭长的重力高异常带，异常最大值在 $24\times10^{-5}m/s^2$ 以上。该带多处出露震旦系上统及古生代地层，因此分析认为该异常应是该地层隆起的反映。东带异常则主要表现为大范围的重力低，具有一定的走向，该区主要分布有白垩及第三纪地层，故认为异常主要与中新生代盆地有关。磁场分布与重力场具有类似的特征，西带为一条延伸较大的狭长的高磁异常带，并出现多处局部异常，值得重视的是，这是一条继鄯-庐断裂东侧高磁异常带之外又一条异常带，它们在章辉南相汇，并向北东方向分为两支延伸到省外。东支场值相对较弱，但已发现多处矿产均位于其中，分析认为这应是一条控岩控矿构造带，值得进一步研究。磁场的东带以大范围的负值为其特征，反映了弱磁性的中新生代盆地的分布。

下面就区内局部异常的分布及地质特征简述如下。

(一)复兴-自来桥异常(G3-1、C3-1)

重力高异常位于来安县城北约 10km 处，呈北东向分布，向西与 G2-2 异常相接，异常最大值 $18\times10^{-5}m/s^2$ 左右。航磁异常位于其北侧，异常主体部分呈近南北向分布，由多个局部异常组成，异常极大值在 250nT 以上。出露地层有西冷组和灯影组，东南部为第四系覆盖。分析认为，该重力高为嘉山集重力高异常体隐伏东延的可能性最大，也有可能是受构造作用，西冷组推覆在陡山沱、灯影组之上所致。依据该区北部出露大范围燕山期花岗岩认为，高背景磁异常及局部异常，主要反映了隐伏岩体的分布。

(二)来安—乌衣镇异常(G3-2)

该异常主体为北北东向分布，局部向西延伸，异常极小值在 $5\times10^{-5}m/s^2$ 以下，磁场在该区内为平静的弱磁场区。据出露情况分析，该大范围的低重、弱磁异常反映了第三系-白垩系断陷盆地的分布。局部重力低异常向北西延伸与 G2-3 相接，揭示了在该方向上可能存在一组断裂构造。

(三)三官异常(G3-3、C3-2)

该异常位于滁州市至来安县城之间。布格重力异常为重力高背景中向北东伸出的局部重力高，呈现两个局部异常中心，幅值均在 $17\times10^{-5}m/s^2$ 以上。磁场在该区的分布则出现东西两条高磁异常带，走向北北东，西侧异常带从规模及强度上来看均较东侧为大，走向长约 25km，极值在 150nT 以上。出露地层为零散的灯影组、寒武—奥陶系及闪长玢岩。分析认为该重力高异常主要应是上述地层构成的小断块隆起所致。弱磁性闪长玢岩体应是引起该区磁异常的主要原因。

(四)黄石坝异常(G3-4)

异常位于黄石坝火山盆地之内。磁异常较规则，负场伴生不明显，重力场为一明显的重力低，据 1∶50000 重力成果，在重力低区内未发现局部突变或相对重力高异常。根据已知地层展布及物性参数推断，该磁高、重低异常主要为安山岩类及次火山岩的共同反映。

(五)马厂—黄栗树异常(G3-5、C3-4)

异常位于大墅、马厂、黄栗树至沙河一线，长约 60km。异常总体走向北东，局部为北东东。为一高重力背景中分布的条带状局部异常，异常极值大约在 $25\times10^{-5}m/s^2$ 左右。仅在马厂至三合一带出现具明显走向的航磁异常，异常强度在 400nT 以上，走向北东。该异常区出

露地层以陡山沱组、灯影组和寒武、奥陶系白云岩、灰岩为主，显见高重力异常与该套地层隆起有关，高磁异常则与闪长类侵入岩有关。

第二节　区域地球化学特征

一、微量元素含量特征

（一）区域内微量元素含量特征

本次化探采用的数据主要是1∶200000水系沉积物测量结果，因水系沉积物测量的特点，坪区以及低洼的农田区没有采样，现只就采样区进行研究。参数的统计按全省、全区、三个构造分区分别进行，各元素的统计参数见表4-1（为剔除后的参数，下同）。

表4-1　研究区微量元素含量及变异系数

地区 / 元素	全省		全区		华北陆块分区		张八岭构造带分区		扬子地台分区	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数
Ag	87.09	0.17	90.53	0.19	90.99	0.17	92.56	0.21	91.15	0.2
As	7.21	0.18	8.21	0.27	8.74	0.26	7.18	0.32	8.54	0.21
Au	1.35	0.48	1.31	0.42	1.44	0.33	1.53	0.43	2.05	0.47
Bi	0.25	0.31	0.25	0.25	0.27	0.22	0.23	0.31	0.25	0.2
Cd	84.07	0.32	70.39	0.24	66.56	0.21	74.69	0.25	69.72	0.25
Co	12.11	0.19	11.90	0.23	12.05	0.18	11.45	0.27	11.95	0.16
Cu	20.02	0.22	20.62	0.27	21.63	0.21	18.26	0.42	21.31	0.17
Cr	64.57	0.15	67.07	0.13	67.79	0.10	63.26	0.28	68.41	0.09
Hg	38.98	0.42	30.44	0.39	30.85	0.41	28.18	0.35	34.45	0.4
Sn	3.53	0.19	3.50	0.23	3.59	0.19	3.29	0.22	3.64	0.18
Sb	0.51	0.48	0.58	0.23	0.60	0.21	0.5	0.29	0.53	0.2
Pb	23.90	0.15	23.06	0.16	25.28	0.13	20.93	0.16	21.69	0.11
Ni	21.60	0.23	26.89	0.27	26.70	0.22	25.12	0.38	29.37	0.23
W	2.11	0.18	1.97	0.28	2.15	0.19	1.52	0.35	2.13	0.19
Zn	61.28	0.22	51.11	0.17	49.27	0.16	55.62	0.23	53.7	0.14

注：Au、Ag、Cd、Hg单位为10^{-9}，其他元素单位均为10^{-6}。

元素平均含量全区与全省相比，以Au、Ag、As、Sb、Cr、Ni较高，而Cu、Pb、Zn、Bi、Hg、Cd、Co、Sn、W略低为特征；三个分区与全区相比：华北陆块分区（以下简称西区）Au、Ni、Zn、Cd相对低，而As、Sb、Bi、Ag、Co、Cu、Cr、Hg、Pb、Sn、W均相对高；张八岭构造带（以下简称中区）除Ag、Zn、Cd较高，其他元素均相对低；扬子陆块分区（以下简称东区）除Pb、Cd相对低，其他元素均相对高。三个分区中，西区以富含Co、Cu、Pb、W、As、Bi，中区富含Ag、Cd、Zn，东区富含Au、Cr、Hg、Sn、Sb、Ni为特征。

（二）区域内微量元素变异特征

比较表4-1中各元素的变异系数可以发现：全区Ag、Co、Cu、Cr、Sn、Pb、Ni、W较全省高，而Au等其他元素均低于全省。全区及各分区Au、Hg两元素变异程度明显高于其他元素，且以东区最高，中区除Au、Hg外其他元素变异系数均高于西区、东区，反映张八岭构造

带曾经历过较复杂的元素迁移，即富集或贫化的过程。

（三）金元素含量分布特征

（1）从图 4-3 中可以看出：全省采样区范围内，水系沉积物 Au 的含量在 0.02×10^{-9}～168.4×10^{-9}之间，且主要集中在 0.02×10^{-9}～8.4×10^{-9}之间，直方图显示接近正态分布。而全区范围内，水系沉积物 Au 的含量在 0.20×10^{-9}～48.60×10^{-9}之间，且主要集中在 0.50×10^{-9}～5.00×10^{-9}中，直方图显示半个峰值（图 4-4），较全省含量范围明显低。

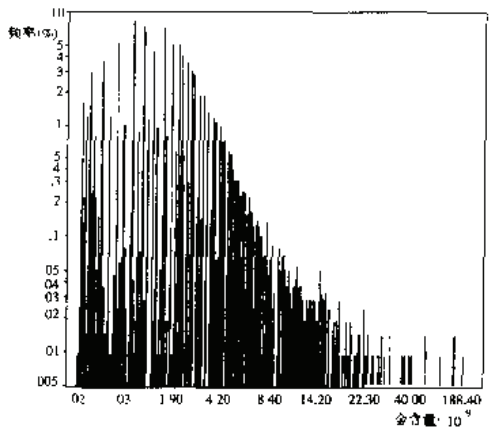


图 4-3 全省金元素直方图

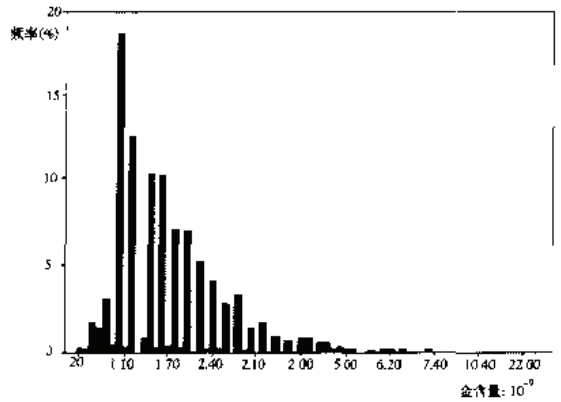


图 4-4 全区金元素直方图

（2）五河-凤阳地区 Au 平均含量较全省略高，Au 的含量在 0.20×10^{-9}～13.20×10^{-9}之间。直方图（图 4-5）显示为半个峰值，Au 含量为 1.00×10^{-9}的样品占 20%以上，含量为 1.20×10^{-9}、1.40×10^{-9}、1.60×10^{-9}的样品各占 10%以上，众值为 1.40×10^{-9}。直方图特征与全区相似。

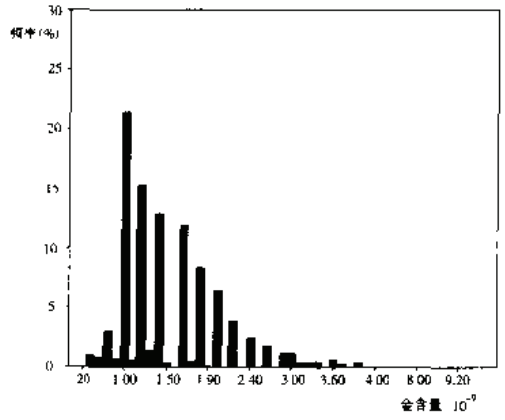


图 4-5 五河-凤阳地区金元素直方图

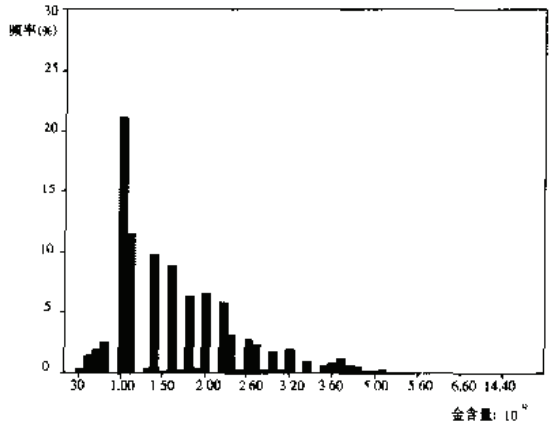


图 4-6 张八岭地区金元素直方图

（3）张八岭地区 Au 平均含量较五河—凤阳地区略高，但较滁县—马厂地区明显低。Au 的含量在 0.30×10^{-9}～28.80×10^{-9}之间，其直方图（图 4-6）特征与两区类似，显示为半个峰值。Au 含量为 1.10×10^{-9}的样品占 20%以上，含量为 1.20×10^{-9}、1.40×10^{-9}、1.60×10^{-9}的样品各占 10%左右，≤1.00×10^{-9}的不到 10%。另外从图中可以看出，Au 含量在 3.60×10^{-9}～4.00×10^{-9}之间有一个小波峰，反映该区 Au 元素至少来自于两次 Au 元素迁移

特征较明显，而该小波峰反映的 Au 元素迁移母体应是该区 Au 元素富集成矿的重要物质来源。

(4)滁县—马厂地区 Au 平均含量最高，Au 的含量在 0.20×10^{-9}～18.60×10^{-9} 之间。集中在 1.00×10^{-9}～2.90×10^{-9} 之间，波峰不明显，但含量连续性较好(图 4—7)。高值范围较广，全区范围内 Au 最高含量在该区内。应是重要找矿区域。

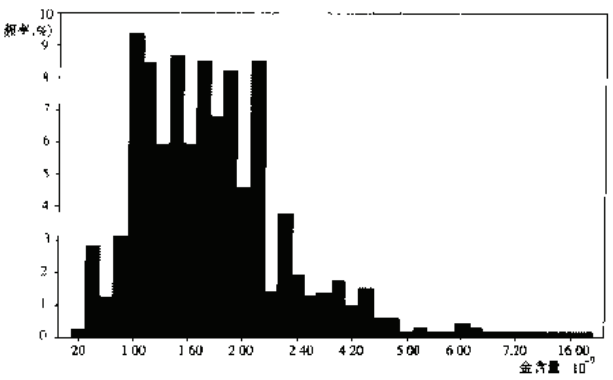


图 4-7 滁县—马厂地区金元素直方图

二、微量元素组合特征

通过对全区及各分区元素含量进行的 R 型因子分析结果显示(表 4-2，表 4-3)：全区范围内相关系数较高，且由大到小的元素组合顺序为：Ni—Cr、Ni—Co、Co—Cr、Ni—Cu、Cu—Co、Cu—Cr、Zn—Co、Zn—Ni、Zn—Cu、Zn—Cr、Ag—Sn、Ag—Ni、As—W、Sn—Co，即以 Ni、Co、Cr、Cu、Zn、Ag、Sn、W 为主，其他元素相关性较差。

表 4-2 安徽东部地区元素相关系数表

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn
Ag	1	0.064	0.18	0.09	0.219	0.385	0.3	0.366	0.71	0.37	0.114	0.074	0.567	−0.08	0.378
As	0.064	1	0.128	0.02	0.111	0.1	−0.07	0.057	0.064	−0.028	0.265	0.248	0.12	0.326	0.1
Au	0.181	0.125	1	0.056	0.268	0.031	0.01	0.11	0.116	0	0.09	0.112	0.038	0.038	0.23
Bi	0.019	0.02	0.01	1	0.014	0.016	0.03	0.073	0.04	0.26	0.022	0.017	0.05	0.01	0.062
Cd	0.219	0.107	0.268	0.011	1	0.207	0.1	0.176	0.174	0.15	0.093	0.084	0.033	0.017	0.302
Co	0.385	0.1	0.031	−0.026	0.102	1	0.905	0.417	0.206	0.417	0.138	−0.009	0.37	−0.072	0.598
Cr	0.385	−0.03	0.04	0.013	0.06	0.905	1	0.729	−0.067	0.927	−0.075	−0.048	0.435	−0.034	0.619
Cu	0.368	0.079	0.11	−0.003	0.128	0.745	0.729	1	0.308	0.79	0.13	0.011	0.116	0.032	0.627
Hg	0.071	0.064	0.116	0.05	0.074	−0.026	0.67	0.008	1	0.071	0.122	0.09	0.122	0.009	−0.003
Ni	0.367	0.059	0.09	0.026	0.09	0.417	0.927	0.765	−0.057	1	0.065	0.036	0.442	0.069	0.651
Pb	0.114	0.265	0.09	0.022	0.093	0.138	0.075	0.13	0.122	0.065	1	0.081	0.116	0.074	0.163
Sb	0.074	0.248	0.112	0.017	0.084	−0.009	−0.048	0.011	0.09	0.036	0.081	1	0.021	0.106	0.065
Sn	0.567	0.12	0.038	0.015	0.033	0.37	0.435	0.116	0.122	0.442	0.116	0.021	1	0.062	0.356
W	0.08	0.326	0.038	0.01	0.017	0.072	−0.034	0.032	0.079	−0.069	0.074	0.106	0.062	1	0.092
Zn	0.378	0.1	0.23	0.062	0.302	0.598	0.619	0.627	0.003	0.651	0.163	0.065	0.356	−0.092	1

与 Au 相关性较好的元素依次为 Zn、As、Cu、Ag、Sb(相关系数范围为 0.268～0.112)。选取 7 个主因子(表 1-3，对所有变量的方差总贡献占 85%，下同)。第一个主成分因子为 Ni、Co、Cr、Zn、Cu、Zn、Sn、Ag；第二个主成分因子为 As、Pb、W、Au、Sb；第三主成分因子为 Cd、Au、(W)；第四主成分因子为 Hg、Sn、Ag；第五主成分因子为 Bi；第六主成分因子为 Sb；第七主成分因子为 Hg、(Ag)。从以上分析结果可以得出：区内经过多期元素迁移，以 Ni、Co、Cr、Zn、W、Pb 等多金属元素组合居主导地位，反映了该区水系沉积物的主要组分特征，Au 的迁移、富集有两期，第二个主成分因子显示 Au 在低温中迁移富集的过程，第三个主成分因子显示 Au 在中(中高)温中迁移富集的过程。

表 4-3　五河-凤阳地区 R 型因子分析表

	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子	第五因子	第六因子	第七因子
Co	0.9330	−0.0890	−0.1490	−0.1060	0.0285	0.0139	0.0872
Ni	0.9290	−0.2360	−0.0743	−0.0948	0.0308	−0.0081	0.1280
Cr	0.9070	−0.2430	−0.1080	−0.0707	0.0433	0.0007	0.1230
Cu	0.8380	0.0449	−0.1200	−0.0730	0.0172	−0.1230	0.1010
Zn	0.7870	0.0916	0.1990	−0.1840	0.0269	−0.0842	0.0755
Sn	0.6260	0.1790	−0.1560	0.4790	0.0573	0.1930	−0.2870
Ag	0.5680	0.2170	0.2230	0.4140	−0.1130	0.1940	0.4320
Cd	0.2120	0.3140	0.6340	−0.1766	−0.0057	−0.2220	−0.1230
Au	0.1440	0.4380	0.5530	0.1170	0.0298	−0.1840	0.0713
As	0.0859	0.6480	−0.2590	−0.2730	−0.0148	0.1730	−0.2260
Pb	0.0607	0.6089	−0.2910	0.0876	−0.0921	−0.3500	0.1120
Sb	0.0228	0.4280	0.0668	0.3180	−0.0693	0.7480	0.1350
Hg	−0.0095	0.3490	0.1520	0.6150	0.1030	0.0488	0.0293
Bi	−0.0096	0.1160	−0.0336	0.0171	0.9730	0.0622	−0.1730
W	0.0972	0.3970	−0.4740	−0.0894	−0.0157	−0.2350	0.0598

华北陆台分区(表 4-4，表 4-5)：相关系数由大到小的元素组合顺序为 Ni—Co、Ni—Cr、Co—Cr、Cu—Ni、Co—Cu、Cu—Cr、Ag—Sn、Ni—Zn、Cu—Pb。与 Au 相关性较好的元素依次为 Ni、Cr、Ag、Co、Hg、Pb(相关系数值的范围为 0.195～0.113)，反映 Ni、Cr、Co、Cu、Zn 为主的组分中伴生 Au 的特点。R 型因子分析选取八个主因子。第一个主成分因子为 Ni、Cr、Co、Cu、Zn、Pb；第二个主成分因子为 Ag、Sn；第三个主成分因子为 Sb、As、(Bi)；第四个主成分因子为 Cd；第五个主成分因子为 Au、(W、Pb)；第六个主成分因子为 Sb、Au、(Bi)；第七个主成分因子为 Bi、(Cd)；第八个主成分因子为 Hg。Au 的迁移主要有两期(第五期、第六期)，从元素组合特征可知，Au 的富集以低温类型为主。

表 4-4　五河—凤阳地区元素相关系数表

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn
Ag	1	0.111	0.167	0.063	0.007	0.159	0.221	0.282	0.14	0.18	0.215	0.038	0.527
As	0.111	1	−0.004	0.159	0.046	0.412	0.232	0.23	0.016	0.256	0.115	0.414	0.152
Au	0.167	−0.004	1	0.041	0.058	0.087	0.186	0.167	0.115	0.195	0.113	0.057	0.084
Bi	0.063	0.159	0.041	1	0.07	0.143	0.159	0.089	0.012	0.111	0.062	0.159	0.133
Cd	0.007	0.046	0.058	0.07	1	0.066	−0.003	0.129	0.021	0.075	0.06	0.063	−0.038
Co	0.159	0.412	0.087	0.143	0.066	1	0.721	0.629	0.005	0.778	0.314	0.3	0.267
Cr	0.221	0.232	0.186	0.159	−0.003	0.721	1	0.572	0.06	0.776	0.225	0.171	0.254
Cu	0.282	0.23	0.167	0.089	0.129	0.629	0.572	1	0.113	0.851	0.485	0.196	0.288
Hg	0.14	0.016	0.115	0.012	0.021	0.005	0.06	0.113	1	0.03	0.097	0.009	0.218
Ni	0.18	0.256	0.195	0.111	0.075	0.778	0.776	0.851	0.03	1	0.339	0.215	0.131
Pb	0.215	0.115	0.113	0.062	0.06	0.314	0.225	0.485	0.097	0.339	1	0.137	0.134
Sb	0.038	0.414	0.057	0.159	0.063	0.3	0.171	0.196	0.009	0.215	0.137	1	0.043
Sn	0.527	0.152	0.084	0.133	−0.038	0.267	0.254	0.288	0.218	0.131	0.134	0.043	1
W	0.01	0.27	−0.012	0.108	0.06	0.336	0.163	0.26	0.005	0.23	0.264	0.127	0.058
Zn	0.082	0.228	0.054	0.194	0.136	0.532	0.502	0.469	0.013	0.506	0.251	0.217	0.145

表 4-5　五河－凤阳地区 R 型因子分析表

	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子	第五因子	第六因子	第七因子	第八因子
Co	0.8700	−0.1700	0.0997	−0.1690	0.0231	0.0049	−0.0785	0.0921
Ni	0.8380	−0.1060	0.3310	−0.0861	0.1270	0.0363	0.0184	0.0716
Cu	0.8030	0.0910	−0.1980	0.1810	0.1300	−0.0086	−0.0541	−0.0054
Cr	0.7820	0.0258	0.2710	−0.2360	0.2190	−0.0066	0.0117	0.1240
Zn	0.6160	0.2340	−0.0632	0.0438	0.0453	−0.2470	−0.0188	0.1020
Pb	0.5320	0.1110	−0.0615	0.3170	−0.1760	0.1090	0.2010	0.2510
As	0.4070	0.2530	0.5710	−0.1230	0.0971	0.2510	−0.1760	−0.0279
W	0.4330	−0.2880	0.1760	0.1573	−0.5400	−0.0146	0.2930	−0.0604
Sn	0.3900	0.6410	0.3140	0.2050	−0.0694	−0.2250	−0.240	0.0002
Sb	0.3820	−0.2940	0.5140	0.0317	0.2040	0.4070	−0.430	−0.1190
Ag	0.3580	0.6840	0.2010	0.0734	−0.0595	−0.1390	−0.900	−0.0110
Bi	0.2530	−0.1725	0.4420	0.0761	0.3010	−0.4780	0.0680	0.0457
Au	0.2240	0.5160	−0.1850	0.5440	0.1740	0.3830	0.2860	−0.3560
Cd	0.1200	−0.1290	0.0472	0.7670	0.1500	−0.3190	−0.4280	0.0371
Hg	0.1140	0.4870	0.1490	0.2830	−0.0627	0.3200	0.1270	0.7160

张八岭构造带分区(表 1-6，表 4-7)，相关系数由大到小的元素组合顺序为：Ni－Cr、Ni－Co、Co－Cr、Ni－Cu、Co－Cu、Cu－Ni、Cu－Cr、Co－Zn、Ni－Zn、As－Sb、Cr－Zn、Cu－Zn、Co－Sn、Ni－Sn、Sn－Zn、Sn－Ag、Bi－As。与 Au 相关性较好的元素依次为：Cd、Sb、As、W、Pb、Ag、Hg、Bi、Cu、Hg(相关系数值的范围为 0.300～0.116)。R 型因子分析选取七个主成分因子。第一个主成分因子为 Ni、Co、Cr、Cu、Zn、Sn、Ag。第二个主成分因子为 As、Sb、Pb、Bi、W、(Au)；第三个主成分因子为 Cd、Ag、(Bi、W)；第四个主成分因子为 Hg、(Au)；第五个主成分因子为 Au、(Ag、Sn)；第六个主成分因子为 W、Sn；第七个主成分因子为 Cd、Bi。Au 元素的迁移主要有两期，即第四期、第五期，其第四期表现为 Au 元素的析出过程(该期为 Hg 元素的富集过程)，第五期表现为 Au 与 Cd 元素的富集过程，显示了该区 Au 元素富集成矿与 Cd 元素异常的密切关系。

表 4-6　张八岭地区元素相关系数表

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn
Ag	1	0.[illegible]	0.117	0.083	0.[illegible]	0.[illegible]	0.347	0.335	0.[illegible]	0.376	−0.028	0.078	0.[illegible]	−0.026	0.476
As	0	1	0.246	0.513	0.[illegible]	0.[illegible]	0.038	0.167	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.476	0.711	0.[illegible]	0.126	0.001
Au	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.121	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]
Bi	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.384	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.064
Co	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]
Cu	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]
Cr	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]
Cu	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]
Hg	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	−0.[illegible]	0.226	0.309	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]
Ni	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	1	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]
Pb	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]
Sb	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]
Sn	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	0.[illegible]	0.[illegible]
W	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	−0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1	−0.[illegible]
Zn	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	0.[illegible]	1

表 4-7　张八岭地区 R 型因子分析表

	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子	第五因子	第六因子	第七因子
Co	0.9600	0.0138	−0.1359	0.0923	0.0728	−0.0194	−0.0824
Ni	0.9500	0.0949	0.1410	0.0850	0.1750	−0.0700	0.0069
Cr	0.9360	0.0534	−0.1920	0.0858	0.0884	−0.0753	0.0079
Cu	0.8650	0.1560	−0.1820	−0.0143	0.2160	−0.0218	0.0165
Zn	0.8620	0.1150	0.2220	0.0914	0.0436	−0.1380	0.0361
Sn	0.7280	0.1930	0.3562	0.0871	−0.3030	0.4130	−0.1010
Ag	0.5360	0.0915	0.4770	−0.2790	−0.4460	0.2580	0.0827
Cd	0.1810	0.3840	0.6920	−0.0392	0.0587	−0.1230	0.4090
Au	0.0111	0.4800	0.3410	−0.4250	0.5860	−0.1299	−0.2200
As	−0.0164	0.8220	−0.2120	−0.0628	−0.2070	−0.2260	−0.2650
Bi	−0.0679	0.6180	−0.1120	−0.1040	−0.0831	−0.0722	0.3870
Sb	−0.0781	0.8090	0.1650	0.0464	−0.1770	−0.2580	−0.3420
Pb	−0.0792	0.7010	−0.1090	0.1200	−0.0077	−0.0511	0.2760
Hg	0.1260	0.3790	0.3150	0.7650	0.0478	0.2800	−0.0826
W	−0.1936	0.5870	−0.3960	−0.0628	0.1560	0.4850	0.1684

场子地台分区(表 4-8，表 4-9)：相关系数由大到小的元素组合顺序为：Ni—Cr、Co—Cu、Co—Ni、Cu—Zn、Co—Sn、Cr—Sn、Ni—Sn、Co—Zn、Co—Cu、Cu—Ni、Cu—Cr、Ni—Zn、Cr—Zn、Ag—Cr、Ag—Zn、Ag—Zn、Ag—Co、Ag—Ni。与 Au 相关性较好的元素依次为 Cd、As、Zn、As、Hg、Pb(相关系数值的范围为 0.570～0.167)，这些元素与 Au 的相关性明显高于西区和中区。R 型因子分析选取了六个主成分因子：第一个主成分因子为 Cr、Co、Ni、Sn、Zn、Cu、Ag、Cd，第二个主成分因子为 As、Au、Pb、Cd；第三个主成分因子为 W、Pb、(Bi)；第四个主成分因子为 Bi、Hg、(Sb)；第五个主成分因子为 Sb、Hg；第六个主成分因子为 Bi、(Hg)。Au 元素的迁移富集只有一期，即第二期，且与 As、Cd、Pb 元素相伴生，表现了该区 Au 元素富集成矿与 As、Cd、Pb 元素富集的密切相关性。

表 4-8　滁县—马厂地区元素相关系数表

	Ag	As	Au	Bi	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Sn	W	Zn
Ag	1	0.318	262	−0.31	0.424	0.597	0.514	0.492	0.3	0.590	0.215	0.198	0.732	115	0.85
As	0.318	1	11	0.671	0.138	−0.19	−0.261	0.228	0.187	194	0.954	0.223	0.52	0.11	
Au	0.262	0.11	1	0.22	0.57	0.166	0.178	0.167	0.011	0.28	0.474	18	0.17	0.151	
Bi	−0.31	0.40	0.29	1	0.018	0.317	0.127	0.25	0.06	037	0.11	−0.031	0.307	−0.1	−0.04
Cd	0.424	0.138	0.57	0.018		0.701	0.553	0.51	0.17	0.228	0.259	0.587	0.168	0.189	0.542
Co	0.597	0.19	0.55	−0.015	0.261	1	0.908	0.97	−0.17	0.253	0.014	0.052	0.707	0.27	0.683
Cr	0.514	−0.234	0.178	−0.127	0.186	0.356	1	0.866	0.75	0.08	−0.46	−0.06	0.92	0.277	0.637
Cu	0.492	0.118	0.68	−0.25	0.221	0.67	0.9	1	−0.186	0.659	0.11	0.031	0.783	0.11	0.774
Hg	0.3	0.087	15	0.25	0.17	−0.15	−0.1	0.186		0.146	0.152	0.542	0.05	1	0.45
Ni	0.590	0.181	11	0.06	0.728	0.253	0.908	0.569	0.11	1	0.215	−0.035	88	−0.17	0.657
Pb	0.215	0.954	0.28	−0.41	0.259	0.019	0.48	0.15	0.162	−0.019	1	0.16	0.46	0.115	0.175
Sb	0.198	0.223	0.74	−0.03	0.085	−0.052	0.26	−0.051	0.043	0.035	0.11	1	0.129	−0.2	0.113
Sn	0.732	0.11	018	−0.17	0.168	0.707	0.597	0.532	0.05	88	0.035	−0.029	1	189	0.511
W	−0.115	0.152	53	0.307	0.189	−0.27	−0.254	−0.176	0.071	0.27	0.216	0.221	0.189	1	−0.14
Zn	0.845	0.15	0.151	−0.15	0.542	0.682	0.57	0.45	0.065	0.657	0.175	0.113	0.511	0.14	1

表 4-9　滁县-马厂地区 R 型因子分析表

	第一因子	第二因子	第三因子	第四因子	第五因子	第六因子
Co	0.9280	−0.1840	0.0099	−0.0138	−0.0153	0.0660
Ni	0.9189	−0.2440	−0.0012	−0.0252	0.0156	0.0255
Cr	0.9140	−0.2800	0.0242	0.0028	0.0218	0.0376
Zn	0.8329	0.3260	−0.0310	0.0446	−0.0864	0.0373
Sn	0.7880	−0.1400	0.1010	0.0526	0.2120	0.0085
Cu	0.7780	−0.0891	0.0713	0.0219	−0.0115	0.0371
Ag	0.7690	0.2040	0.1230	0.0006	0.2250	0.0166
Cd	0.4350	0.6910	−0.2037	−0.0026	−0.2420	−0.1140
Au	0.2130	0.7340	−0.0129	0.1220	0.1790	−0.0743
Pb	0.0946	0.5870	0.4040	0.0006	−0.0203	0.2310
Sb	−0.0063	0.2550	−0.3900	−0.5070	0.6800	0.0877
Bi	0.0296	0.0244	−0.5190	0.6330	0.0905	0.5640
As	−0.0551	0.7460	−0.0764	−0.2540	−0.0549	0.1970
Hg	0.0875	0.3440	0.0479	0.5440	0.4630	−0.5460
W	−0.3050	0.1210	0.6550	0.1230	0.2930	0.3700

三、微量元素空间分布特征

区中 Au 的高背景区主要分布在东区郭营—大愈营—秦家营以南的地区；西区凤阳县京山乡—红心乡—马岗乡以北的地区及定远县杨店乡—双墩乡一带；中区管店—草庙王庄、珠龙—大墅一带；王塘—自来桥镇—刘庄以北，王窑乡—大徐店—英泥镇乡一带，张八岭—沙河集—大柳镇一带显示 Au 较低背景。

As、Sb 在西区红星乡—永家乡以北呈大面积高背景出露，在东区也显示较富；在中区中间地带显示较贫。

Cu、Cr、Co、Ni、Zn 等高背景主要出露在东区马头城乡—凤阳县—小溪河乡—西固镇一带，常家坟乡—大徐店—沙涧一带；中区明光市—草庙王乡—藕塘乡一带和沙河集—大墅一带；以及东区赵台子—自来桥—竹镇一带，其他地区主要显示为低背景。

西区刘府断裂以北的蚌埠隆起中 Au 主要呈现高含量；定远-颍上断裂以南的肥中断陷中主要为 Au 背景含量，零星地段显示中高背景。而之间淮南复向斜中 Au 显示为低背景，只是沿定远—红心乡北北东断层两侧附近，Au 含量显示略高。

中区 Au 高背景沿池河-太湖断裂、黄-破剪切带呈带状分布。其中藕塘—草庙王庄—小王家 Au 高背景带主要沿燕山早期花岗岩与张八岭岩群接触带分布；大墅—曾家洼—珠龙—屯仓高背景带沿区内黄-破剪切带中南段分布；分区内中南部，管坝乡—常山岭、曲亭—张八岭—沙河集西侧存在着明显的 Au 低背景。

东区 Au 高背景区主要为黄庵—黄栗树—黄石坝一带以及周家坝—长兴—袁旗杆一带，与中区大墅—屯仓 Au 高背景区相连接，并沿黄-破剪切带分布，其他地区主要呈低背景反映。

四、金及其相关元素地球化学异常特征及分布

1. 华北陆块分区

该区 Au 等组合元素异常呈五个区(带)分布，现分别叙述如下(图 4-8)。

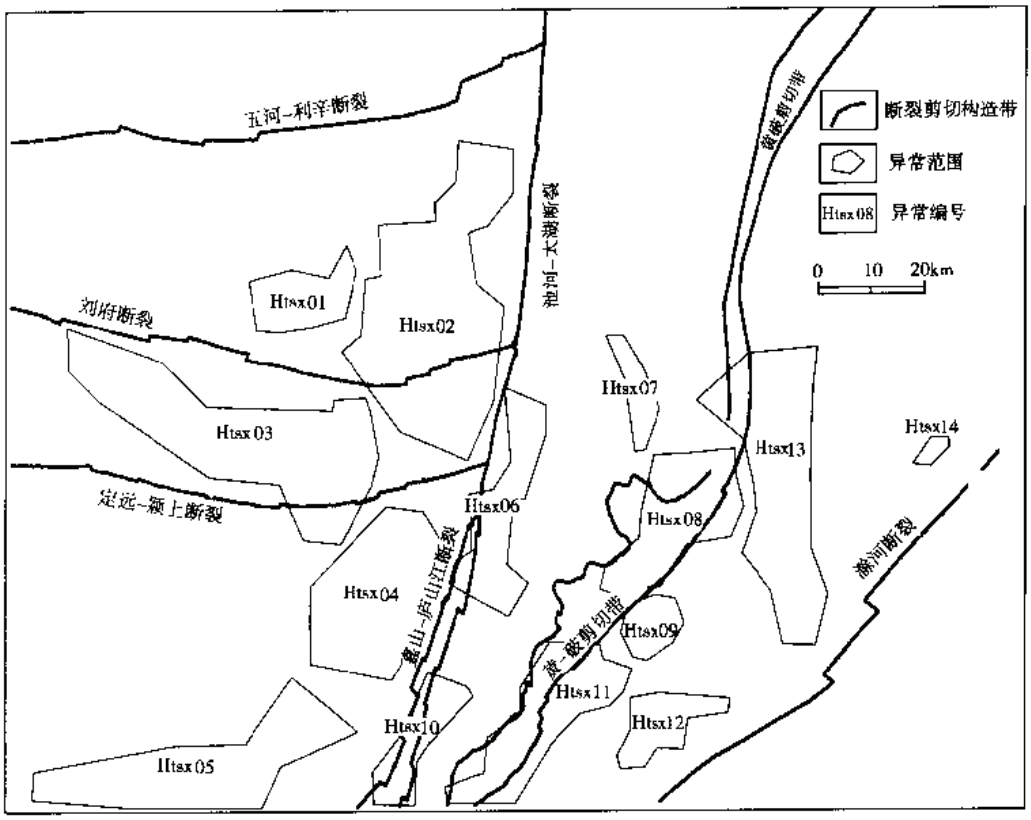


图 4-8 Au 等组合元素异常分布示意图

(1)凤阳县-临淮关异常(编号 HTSX01)，面积约 193km²。该异常沿蚌埠隆起中部近东西向断层及两侧分布，并受北东向断层控制。出露地层主要为晚元古代五河杂岩(Ar_2)。Au 异常发育，异常中心明显，其中凤阳县异常及临淮关异常同时发育有 Hg、Ag、Pb、Cu、Sn、Ni 异常，异常中心与 Au 的基本吻合，另伴有弱 Bi 异常。在临淮关 Au 异常内带已发现凤阳县吕庄金矿点、南岗金矿化点、常家湾金矿化点、陈家湾金矿化点。总铺乡北西 6km 处 Au 异常具伴生 Hg 异常，其他元素异常未见。异常区内出露霸王城岩体、上徐庄岩体、癞石山岩体、黄潘庄岩体，异常主要沿其接触带及其外侧分布。

(2)西固堆-大、小溪河乡-链镇乡异常带(编号 HTSX02)。面积约 1100km²，出露地层主要有太古代五河杂岩(Ar_1)，中新生代沉积(K_2-E)。该异常沿池河-太湖断裂西侧分布，Au 异常呈串珠状分布。按元素组合特征及分布特点，可分为三个异常。

a. 西固堆-庄子李金矿点异常。该区 Au 异常发育，西固堆东南 3km 处 Au 的异常中心明显，Au 异常呈内、中、外带分布，因西边未采样，异常未封闭，异常面积约 10km²。Au 异常范围内同时分布 Zn、Ag、Bi、Pb、W 异常，Ag、Bi、W 三元素的异常中心与 Au 的中心吻合；该异常 Au 的内带中已发现五河县牛头金矿点、白石山金矿点、西坂子金矿点、雷打山金矿点、山马庄金矿点、大巩山金矿点等。另外在邱庄北 2.5km 处发现 Au 异常，Au 异常分三个浓度带，异常未封闭，伴生 Cu、W 弱异常；庄子李-太平集发育有零星 Au 异常，但伴有较强

的 Sb、Ag、Bi、W 异常，并有明显的异常中心。该三处异常主要沿女山岩体、东老山岩体接触带及外侧分布。

b. 慈善庙—大、小溪河乡—白山凌异常。该 Au 异常呈串珠状分布，主要有大溪河乡 Au 异常、小溪河乡 Au 异常、燃灯乡东南 3.6km 处 Au 异常、白山凌东南 3.5km 处 Au 异常，其他呈 Au 弱异常分布。该异常发育有较强、面积较大的 Hg 异常，As、Sb、Ag、Pb、Cu 等元素异常零星分布。其中慈善庙—大、小溪河乡 Au 异常外侧已发现小红山、马山金矿化点、新农村、吴段庄金矿点、凤阳北门曹金矿点、嘉山李大山矿化点；白山凌 Au 异常北侧发现嘉山大营山金矿化点。

c. 链镇乡—刘家铺异常。Au 异常发育，链镇乡 Au 异常伴生 Sb 异常和弱 Bi、As 异常，异常中心一致。刘家铺北东约 5.2km 处 Au 异常只伴生 Bi 的弱异常。

(3)常家坟乡—雷家户—沙涧—定远县 Au 异常带(编号 HTSX03)。面积约 930 km^2，异常区出露地层主要有青白口纪至下三叠世沉积盖层($Qn-T_1$)，中新生代红色断陷沉积(K_2^2E)。该异常出露在淮南复向斜中，总体沿近东西向断裂分布，并沿北东向断层呈现局部高。异常区内未发现 Au 矿(化)点。

a. 常家坟乡—红店乡 Au 异常。Au 异常呈串珠状分布，组合元素异常较完整，As、Sb、W、Cu、Co、Cr、Sn、Zn 元素异常均发育较强，同时有较强的 Bi、Ag 异常。Au 异常发育较好的主要有常家坟乡东 8km 处 Au 异常、雷家户南 8km 处 Au 异常、红店乡东 4km 处 Au 异常。其他均为 Au 弱异常反映。

b. 沙涧—定远县—红桥乡异常。该异常沿北北东向定远县—黄泥铺断层分布，Au 异常较发育，异常中心明显，自北向南主要有五个浓集中心：

①沙涧北东 10km 处，Au 异常发育，Au 最高含量 13.2×10^{-9}，内、中、外带发育，异常内发育 Ag 异常和弱 W 异常，两侧发育 Sb 异常；

②沙涧东南 16km 处，Au 异常发育，伴生 Bi 弱异常；

③定远县北东 4km 处，Au 异常发育，伴生较强的 Hg、As、Ag 异常；

④定远县南 6km 处，Au 异常呈较强分布，只伴生强 Hg 异常；

⑤红桥乡南 3km 处，Au 异常发育，伴生 Hg、Ag 异常以及 Sb 弱异常。

(4)向阳乡—永家乡—连江乡异常(编号 HTSX04)。面积约 600 km^2，出露地层为中新生代沉积(K_2^2-E)。Au 异常沿郯-庐断裂带西侧呈北东向零星分布。朝阳北东 7km，南东 7km，西南 14km，三处均为 Au 弱异常，并伴生着 Bi 弱异常。大桥乡—连江乡 Au 异常发育，主要伴生 Hg 异常。

(5)跃进乡—八斗乡异常(编号 HTSX05)。面积约 620 km^2，出露地层为中新生代沉积(K^2-E)。Au 异常呈单点分布，异常强度各异。高牌集西南只分布有 Au 异常；双庙乡—双墩乡一带发育 Au 弱异常。其中双墩乡西北 8km 处 Au 弱异常；双庙乡南 13km 处 Au 异常伴生 Ag、Hg 异常。

总之，华北地台分区 Au 异常与北东向、近东西向两组断裂密切相关，并沿其两侧分布，伴生异常主要为 Hg 异常，部分同时伴生 Ag、Bi、Sb、As 异常。

2. 张八岭构造带分区

该区综合元素异常沿黄—破剪切带呈北东向带状分布，可以分成下面五个异常区(带)。

(1)管店—草庙王庄—藕塘异常(编号 HTSX06)。面积约 310 km^2，该异常 Au 的浓集趋

势明显，分带清晰。异常中心主要分布在燕山早期花岗岩与张八岭岩群的构造接触带上。异常区内已发现十多处金矿(化)点，主要出露在 Au 异常的外带上。异常主要有：

a. 高坦－管庙 超集异常。Au 异常见中、外两个浓度带，以 Au 异常为主，并伴生 Cr、Hg、Ag 异常，已发现谢岭、许平、王陈、茂石李、小赵、铜狗城、郭大洼金矿(化)点。

b. 草庙王庄－鹅塘异常。Au 异常较发育，浓集中心明显，仁和乡西 7km 处 Au 含量达 14.40×10^{-9}，该异常元素组合较好，Hg、Bi、Sb、Cr、Cu、Co、Sn、Ni 异常都较发育，且浓集中心吻合。Ag 异常在 Au 异常旁边发育，并较强。局部伴生 W 弱异常。已发现小庙山、红土山、虎头岭金矿(化)点。

(2)管镇—张浦营 Au 异常(编号 HTSX07)，面积约 90 km^2。出露地层为张八岭群(Pt_3)，以 Au 异常为主，外侧发育 Ag、Sb 单点异常。

(3)屯仓－复兴镇－沙河集异常(编号 HTSX08)，面积约 400 km^2，出露地层为震旦纪-三叠纪沉积，并发育燕山中期花岗岩(γ_5^3)。Au 异常较发育，元素组合好，Sb、As、Hg、W、Ag 浓度分带完整，浓集中心与 Au 基本吻合。Au、W、Sb 异常分布与花岗岩出露区一致。

(4)界牌乡 三官乡异常(编号 HTSX10)，面积约 190 km^2，出露地层主要为元古代张八岭岩群(Pt_3)，中新生代堆积(K_1—K_2^1)。该异常沿嘉山-定远断裂带呈北东向带状分布，在界牌乡东出露燕山中期花岗岩。该异常 Au 呈弱异常零星分布，在 Au 异常旁边发育 Hg 异常和弱 W、Ag 异常。

3. 扬子陆块分区

(1)滁县－陡岗异常(编号 HTSX09)，面积约 100 km^2，沿黄-破剪切带东侧分布，出露地层主要为震旦纪－三叠纪沉积(Z－T)，中新生代沉积(J_3、K_2^3 E)，并出露燕山中期花岗岩(γ_5^3)，该异常区内 Au 呈弱异常，Sb、Hg、Ag、As 异常发育，Bi、W 呈弱异常，各元素异常中心吻合程度高，异常中心沿花岗岩与围岩接触带分布。

(2)黄石坝 黄栗树－大墅异常(编号 HTSX11)，面积约 420 km^2，该异常沿黄-破剪切带呈北东向带状分布。出露地层主要为震旦系周岗组、苏家组、黄墟组、灯影组，寒武纪至三叠纪沉积盖层。该异常组合较完整，Au、Sb、As、Zn、Cu、Cr、Co、W、Hg、Ag 异常清晰，分带性好，浓集中心吻合程度高，Au 等元素异常有五个明显的浓集中心：

a. 罗家洼北东 2km 处：Ag、Hg、Au、Cu、Cr、Sb 异常中心；

b. 黄栗树北北西 1.3km 处：Au、Hg、Ag、Cu、Zn、As、Sb、W 异常中心；发现黄泥河金矿(化)点；

c. 管家洼－钟成 Au、As、Bi、Sb、Ag、Hg 异常中心，该异常内已发现全椒县曾洼金矿(化)点、王合集、大庙山、塘头山、钟成山金矿(化)点；

d. 大马厂 Au、As、Sb、Ag、Zn、Cu、Cr、Co 异常区，已发现两处金矿(化)点；

e. 大墅东南 2.5km 处，主要为 Au、Cu 异常，东南侧伴生 As 弱异常。

(3)界首 全椒异常(编号 HTSX12)，面积约 160 km^2，出露地层主要为中新生代沉积。全椒县东北 3km 处出露小块震旦纪－三叠纪沉积岩。Au 弱异常主要分布在全椒县南南西 3km 及北北东 6km 两处。该异常区发育有较大面积强 Sb 异常，并伴生较强 Hg、Bi 及弱 As 异常。

(4)东陵－牧场－文山集异常(编号 HTSX13)，面积约 190km^2，近南北向分布。

a. 东陵－牧场异常：异常区出露地层主要有张八岭岩群，中新生代红色断陷沉积(K_1－

K_2^1、K_2^2—E、N），并有燕山早期、晚期花岗岩出露（γ_5^2、γ_5^3）。Au 呈零星弱异常分布，Zn、Cu、Cr、Co、Ni、Ag 异常较发育，只在袁旗杆及西北侧分布有 Hg 强异常；牧场东南 1.8km 处分布 Bi 异常。该区 Zn、Cu、Cr、Co、Ni、Ag 强异常与燕山期花岗岩出露区一致。

b. 长兴—武集—文山集异常：出露地层主要为中新生代断陷沉积（K_2^2—E）。Au 异常零星分布且较弱，伴生有 Hg、Bi 异常，西侧周口营至来安分布有较强的 W 异常。

（5）东旺庙异常（编号 HTSX14）。面积约 20km²。存在 Au、Ag 较弱异常，但 Hg 异常较强，Hg 的高含量点与 Au 的一致。

综合根据以往的找矿工作成果和实际效果分析认为：重力资料在解决构造问题，尤其是厘定隆凹及断裂带效果显著；航磁资料在研究岩体（隐伏岩体）、火山机构及构造方面都能获得明显效果；地球化学测量成果可以提供直接的找矿信息，根据成矿元素的迁移、富集规律，找到成矿元素及其伴生元素的富集地段，从而达到找矿目的。

结合本区重力、航磁异常特征，局部重力高、磁力高异常基本上能反映出找矿地质标志中的局部构造、基底及侵入岩体的空间展布形态。尤其在重力高、磁力高二者对应地段，或其外围由重力、磁场所反映的断裂构造带及断裂交汇处，是金矿赋存的有利区域。

相对地球化学异常来说，金矿的成矿、找矿标志为：Au 元素异常强度大、面积广，其强度在 $n\times10^{-9}\sim n\times10^{-8}$ 之间（经异常查证，Au 元素含量显著增高，最高可达几百到几千 mg·t），并且其浓度分带明显，形态规整。与 Au 异常有关的伴生元素异常强度往往也较大，特别是 As、Sb、Hg 等常常也有浓度分带，面积较大。

第五章 遥感地质解译

第一节 遥感信息源及解译方法

本次遥感解译主要使用彩红外航片，同时还使用了 TM 卫片和黑白航片，重点地区利用彩红外航片放大片进行解译。

一、图像类型

(一)TM 卫片

TM 卫片系采用计算机数字彩色合成、所取得的影像细腻、协调一致、反差适中、层次较为丰富的 TM4、7、3 波段彩色合成(TM4 赋予红色、TM7 赋予绿色、TM3 赋予蓝色)，并采用放大片(放大片比例尺 1∶100000 -1∶200000)，用作本次区域地质构造遥感解译的基础遥感资料。同时还利用了 TM4、5、3 合成图像。

(二)彩红外航片

本地区彩红外航片，是为配合研究这一地区地质找矿工作专门开展的彩红外航摄飞行，所取得的彩红外航片，对本区地质构造解译，金矿控矿构造研究和其它找矿信息的提取大有帮助，是 GIS 项目遥感地质解译调查的重要信息源，特别是对区域构造和南北向控矿构造研究及火山机构等解译效果显著。因此，我们在宏观地质解译过程中，对发现的控矿构造全部采取放大成 1∶15000 的放大片，以取得更好的解译效果。

(三)黑白航片

本次利用的黑白航片是 1967 年秋季航摄的 1∶35000 黑白航片。对于地质构造和岩浆岩解译效果较好，是本次 1∶100000 区域地质解译编图的重要信息源。GIS 资源评价项目使用的遥感资料见表 5-1。

表 5-1 工作区使用的遥感资料一览表

序号	影像类型	比例尺	成像时间	处理情况	备注
1	彩红外航片	1∶50000	1997 年 5 月	重点地段采用放大片，比例尺 1∶15000	23×23cm 像幅
2	TM 卫片	1∶200000 ~ 1∶100000	1986~1989 年	4、7、3 波段彩色合成，部分 2、3、4 波段合成和 4、5、3 波段合成	计算机合成
3	黑白航片	1∶35000~ 1∶40000	1967 年	局部地区放大	18×18cm 像幅
4	MSS 卫片	1∶200000	1973~1985 年	局部放大	彩色合成片

二、TM 卫星图像处理与信息提取

遥感信息提取的要素主要为含矿地层与控矿构造(断裂构造、构造破碎带及环状构造)、岩浆岩(热源)、围岩蚀变等。为了增强与提取这些有用的信息，根据该区各地物特征和地表出露情况，制定了图像处理和信息提取方案，然后利用部航遥中心图像处理设备和加拿大

PCI 图像处理专用软件进行了多项功能处理与信息提取。本次图像数字处理主要进行彩色合成、专题信息提取和计算机数字镶嵌。

(一)彩色合成

本次合成采用 TM173(RGB)合成方案。采用这一合成方案是从地质解译角度考虑。TM7 波段信息丰富,具有红外特征,对地质解译有较好的效果,TM4 波段主要反映绿度;TM1、2、3 波段反映亮度。但 TM1、2 波段一般易受雾霾和大气散射影响,图像效果一般,反差偏小。因此,选择 TM3 波段较合适。所以选择了 TM4、7、3 波段进行彩色合成,经预处理后再彩色合成,扫描输出了 1∶1000000 彩色底片和刻录光盘(BSQ 结构)数据,供在计算机上随时调用。

(二)专题处理和信息提取

本次处理主要采用彩色密度分割、比值增强、神经网络分类、变换比值处理等。根据 TM 图像各波段特征,充分提取区内与金矿有关的遥感信息,采用了不同的处理方案。如采用了 TM5/7、TM4/3、TM3/4 比值合成,反应羟基矿物信息和提取与黄铁矿化有关的构造破碎蚀变带的信息。又如,为增强综合矿化信息,采取 TM5/1+TM7/1+TM3/4 或 TM5/1+TM3/4+TM7/4 合成,其中高亮度区可能为矿化蚀变及植被中毒异常区。又如采用植被指数法,用(TM4-TM3)/(TM4+TM3),并将图像数据进行归一化处理,与 TM1、TM2 数据彩色合成,以增强粘土、碳酸盐等蚀变矿物的光谱信息。又如在比值增强处理中采用 TM4/5、5/7、7/4 合成方案突出了线性构造。

三、遥感解译方法

本次遥感解译工作主要以彩红外航片为主,其它航片、卫片为辅。采取室内目视解译,辅以野外调查及数字图像处理方法,包括彩色合成、增强、比值图像、变换等。目视判读是本次解译的基本方法。解译中主要根据影像色调、形态及不同地质体所反映的图案组合等特征识别地质体,解译的具体方法为直接判读法、对比分析法和逻辑推理法。

本次 GIS 项目彩红外遥感地质解译调查及成矿远景分析,以室内遥感解译,结合野外地质路线检查,并在建立地质解译标志的基础上进行解译—验证—再解译的反复过程,最后在充分把握依据的基础上编制成图。整个工作经历了三个阶段:①航、卫片初步解译、野外踏勘、编写设计;②详细解译、野外验证;③图像处理、再解译、验证、编制成图。整个解译工作和野外工作密切结合,前后多次野外验证,大大丰富了室内解译的可靠性。

四、遥感地质解译标志

(一)地层岩性解译标志

地层岩性遥感解译主要是根据不同岩石类型的波谱特征和形态特征的变化,从影像上的色调、形态、影纹、水系类型、地貌形态和植被覆盖程度等方面,综合分析辨认。并经野外验证建立解译标志,达到对岩性的判读和识别。

工作区的地层解译以郯-庐断裂带为界,分东西两部分,岩性齐全,既有沉积岩、变质岩,也有岩浆岩。各自的遥感影像特征变化较大,但亦有规律可循。其主要特征如下。

1. 沉积岩解译标志

本区出露的沉积岩主要有:第四纪未固结的松散沉积物和已固结的碎屑岩类砂岩、砾

岩、碳酸岩、石英岩等。松散沉积物主要是沿着冲沟、谷地和丘陵地分布；砂岩、砾岩主要分布在工作区中部、北部一带，以红色砂岩、砾岩为主，并受郯-庐断裂带控制，其总体上呈南北向展布。松散岩类其影像特征呈浅色调，并有规整的方格状和条带状影纹，树枝状水系发育。碎屑岩的解译标志为条纹带状影像，色调在黑白航片上为浅灰至灰色，在彩红外航片上多为褐色。冲沟、水系较发育，一般为肋骨状、树枝状水系，并组成浑圆状丘陵地，植被稀少。碳酸岩影像上呈斑点状、条带状、地貌形态为浑圆状山形、低山残丘，水系密度小。石英岩表现为条带状纹理，多组成山体或沿山脊分布，水系、植被不发育。

2. 变质岩的解译标志

由于变质岩经历了强烈的构造变形，影像特征较为复杂。与沉积岩和岩浆岩相比较，变质岩的解译难度较大。本区出露的变质岩主要有片岩、片麻岩、大理岩、石英岩等，主要分布在区内中部及北部地区。其影像特征因受片理构造发育程度以及暗色矿物含量的不同，差异较大。其色调较深，影纹粗糙，具有条带状的片理、线理影像。山体形态有的较陡峻（如北将军组），有的较平缓，水系多呈树枝状或“丰”字形水系，植被发育。片麻岩、角闪岩等主要分布在工作区北部，受郯-庐断裂带控制明显，也呈南北向展布。色调偏深暗，不同色调组成的细线纹理表现为“片麻状”影纹。山体形态表现为丘陵地，并具有羽状、“丰”字形及钳状、树枝状水系。

3. 火山岩解译标志

工作区火山岩发育，为一套基性火山岩（玄武岩）出露，航、卫片上玄武岩显示明显，界线清楚，其影像色调在航、卫片上深暗，影纹粗糙，植被覆盖较厚，组成浑圆状丘陵山地，水系多为树枝状水系。

（二）线性构造解译标志

线性构造是本次遥感地质解译的重要内容，本区线性构造的主要解译标志可概括如下：

（1）具明显的线状影像色调，色彩异常，包括色调或色彩异常线、带及面；

（2）地层横向错位，不连续，两套岩层沿走向斜交以及其它地质体错位等；

（3）山脊错位，断开，呈线性展布的低凹负地形或冲沟谷地；

（4）水系类型沿某一界面发生突变，河谷异常点段。

（三）环状构造解译标志

环形构造以色调异常、地貌形态（环状山脊、沟谷、盆地）、水系等标志表现出来。

（四）构造破碎带、蚀变带解译标志

构造破碎带在本区解译标志主要反映在南北向断裂，以及与之平行或斜交的次级构造破碎带。地形地貌上多表现为负地形或起伏不大的丘陵地带。由于岩石破碎，破碎带两侧为连续的山体地形。有些破碎带经后期改造和硅化蚀变后又组成正地形显示。工作区蚀变带在航片上反映较好的主要为硅化带，伴随有绿泥石化、绢云岩化、黄铁矿化等，其地形地貌上表现为负地形沟谷；硅化较强的组成正地形，而且易与同一岩性的围岩相区别。其影像色调一般较浅，水系不发育，影纹也较围岩细腻。

（五）火山机构解译标志

航、卫片中火山机构表现极为明显，具有明显的环状影像，同时具有放射状、环状水系特征。本区发育的火山机构多为圆形或椭圆形，中心呈低凹的负地形显示。有些火山机构顶部表现为桌状平台，色调深暗容易区别。如本区出露的大横山、小横山、中嘉山、老嘉山、鲁山、

台山、官山等火山机构都具有这些特征。

第二节　线形、环形构造遥感解译研究

通过对本区彩红外航片及 TM 卫片的详细解译，发现和圈定出区内多条线性构造及环形构造。

一、线性断裂构造

区内线性构造主要有东西向、北北东向、北东向、南北向及北西向五组。

(一)东西向断裂

东西向断裂构造是本区最早的一组断裂构造。区内共解译出九条，分别为：怀远-黄家断裂(F_1)、马头城-临淮关断裂(F_2)、官沟-下纪家断裂(F_3)、淮南-定远断裂(F_6)的东延部分、草庙王-燕子山水库断裂(F_7)、新集水库-珠龙断裂(F_9)、中嘉山断裂(F_{10})、烂泥冲-沙河水库断裂(F_{11})、官渡断裂(F_{12})。现将主要断裂简述如下。

1. 草庙王-燕子山水库断裂(F_7)

该断裂西起草庙王，长 87 km，并被一组南北向断裂和一组北东向断裂切割错移。断裂东段燕子山水库南侧有玄武岩($\beta\mu$)出露；西段分布在中元古界张八岭群西冷组中；东段分布在白垩系张桥组内。该断裂在航、卫片上为一条浅色调的线性沟谷，局部山脊错断。沿断裂走向岩石强烈硅化，且该方向节理密集发育，断裂西段草庙王附近为该断裂与南北向、北东向断裂复合部位。复合部位可见有金矿化(构造蚀变岩型)现象。

2. 新集水库-珠龙断裂(F_9)

该断裂西起新集水库，东延至珠龙，长约 14 km，被一组南北向(管店-石庙子构造带)切断错移。该断裂在航卫片上，西段显示为一负地形沟谷，控制河流走向，并见有陡崖分布；东段断裂两侧色调深浅不同，并见有山脊错断和强烈硅化现象。西段地层为新元古界张八岭群西冷组，东段为早侏罗统周岗组。该断裂西段呈北西西走向，局部地段为西冷组与北将军组分界线。

其它东西向断裂见表 5-2。

表 5-2　东西向断裂表

断裂编号	断裂名称	走向	长度/km	影像特征	备注
F_{10}	中嘉山断裂	E-W	29.5	在航卫片上显示为一清晰的线性影像，局部山脊错断，断裂东段呈北东东向，沿断裂分布有火山机构	
F_{11}	烂泥冲—沙河集水库断裂	E-W	15	航片上显示为线性沟谷、洼地，局部山脊错断，西段为北将军组与西冷组分界线(色调差异显示)	
F_{12}	官渡断裂	E-W	19	航卫片上显示为一较清晰的线性洼地，为一隐伏断裂	

(二)北北东向断裂

该组断裂多分布在郯-庐断裂以东地区，为郯-庐断裂配套的次级构造，并受郯-庐断裂控制，区内呈北北东向展布。其形成时代多为燕山中晚期。

1. 鸡塘-古城断裂(F_{16})

该断裂北起大横山菱环构造外缘，向南西方向延伸，工作区内长约 61 km。该断裂为郯

向断裂的一部分，并被一组北西向断裂错移，主要分布在晚白垩统张桥组内，中段为张桥组与瓦屋刘岩体接触界线。该断裂在航卫片上为一条浅色线性影像，具体表现为断裂东侧颜色深红色，而西侧则呈浅红色调。中段控制河谷展布方向，北段则显示为一负地形沟谷。该断裂与南北向宋山—石店断裂控制本区管店岩体（小寺王单元）、瓦屋刘岩体。

2. 隆兴-大昌断裂（F_{37}）

该断裂南起草庙集东侧，向北经隆兴、大昌集延伸至新集水库东侧，长约 45 km。北段为中元古界张八岭群西冷组与瓦屋刘岩体分界线，中段贯穿西冷组及晚白垩统张桥组，并有多处岩脉出露。南段断裂出露在早震旦统周岗组及晚白垩统张桥组之间。在航卫片上可见该断裂呈清晰的线性沟谷和山脊错断影像，局部为丘陵与平原分界线，并可见断层三角面。沿该断裂可见硅化和黄铁矿化等现象。断裂北端由北北东转为北东向。

其它次级北北东向断裂见表 5-3。

表 5-3　北北东向断裂特征

断裂编号	断裂名称	走向	长度 km	影像特征	备注
F₃₇	大昌断裂	NNE	54	航卫片上可见为一条线性洼地隐伏，在南段有晚白垩统张桥组出露	为郯-庐断裂带的次级派生断裂
F₃₈	草巷—旧县断裂	NNE	20.5	航卫片上表现为一条线性洼地，南段断裂两侧色调略有差异，北端有火山机构分布	该断裂可能是F₃₇断裂的北延部分，只是中间地段没显示

（三）北东向断裂

该组断裂形成时代较晚，除切断南北向、东西向断裂外，本身又被北西向、北北东向断裂切断错移。

1. 练铺-梅市断裂（F_{5}）

该断裂自凤阳山南侧，经梅市斜穿本地区，长约 69 km。东西两端为隐伏状态，中段出露新元古界张八岭群西冷组、西段横穿郯-庐构造带，并被郯-庐断裂错断。在航卫片上，西段为线性洼地显示，东段为负地形沟谷，且沿断裂两侧有火山机构分布。

2. 沙河集断裂（F_{10}）

该断裂南起濉县沙河集水库，长约 63 km，北端出露地层为中元古界张八岭群西冷组和北将军组，南段切割寒武纪地层，局部表现为中元古界张八岭群与晚侏罗统黄石坝组的分界线。在航卫片上，该断裂为一负地形显示，局部地段反映为断裂沟谷，并见有山脊错断影像。

3. 香泉-陶厂断裂（F_{22}）

该断裂分布于工作区南部的香泉-陶厂一带，长约 8 km。断裂形成于燕山期，具压性。航卫片影像上为一清晰的线性色调，局部地段见山脊错移，并控制了该区的山脊走向。断裂北端为山地与平原的边界线。该断裂为淮阳山字型弧东翼的组成部分，所见构造形迹为一系列正常扇形褶皱。

4. 陡口赵—王界断裂

该断裂南起岱山水库，向北东经陡口赵、河口陆、草庙王北侧延伸至王界，长约15.5 km。主要分布在新元古界张八岭群西冷组中，并切割管店—石店子构造带。为一右旋脆性断裂，航卫片影像上为一清晰浅色调显示（图 5-1）。

5. 古河断裂（$F_{}$）

该断裂北起古河镇，向西南延伸至巢湖，长约16.4km。断裂中段穿过寒武系灰岩。在航卫片影像上，该断裂线性影像不太清晰，为一隐晦的线性影像显示，向北似乎延至黄荣树东。北段沿构造带可见有十几米宽的角砾岩出露。

其它北东向断裂见表5-4。

表5-4　北东向断裂特征表

断裂序号	断裂名称	长度 km	影像特征	备注
F_{25}	香泉断裂	8	航片上显示为一条清晰的浅色调线性影像，局部沿山脊，沿断裂带普遍硅化	

（四）南北向断裂

该断裂是本区主要金矿控矿构造，主要由管店-石店子构造带及其两侧与之平行的次级断裂组成。其中包括张八岭地区一组南北向断裂（图5-2、图5-3）。

该断裂带由管店-下马、宋圩-石店子两条南北向断裂及次一级南北向、北北西向断裂组成。根据航卫片显示，管店-下马、宋圩-石店子两条断裂，南端于李集一带相交合并为一条断裂继续向南延伸。在周家岗-王合集一带显示较差。往南经燕子山至玉屏山继续出露。该断裂带，线性影像清晰，航片反映出破碎带，经地表验证局部破碎带宽达200～500 m。同时根据卫片显示该断裂带向南可延伸至仙踪镇一带。沿该构造带有多处岩脉金矿化。构造带内岩石蚀变强烈，并严格受南北向断裂带和次级断裂控制。南北向构造带宽约2～4 km，长分别为10 km、67.8 km。两条断裂在重力布伽异常△g平面等值线图和区域航磁异常△T平面等值线图上均有显示。

1. 宋圩-石店子断裂（F_{24}）

该断裂北起管店西侧，经宋圩—河口陆—岱山林场—清水塘—石店子向南延伸，长约40km。该断裂北段出露在小寺王（单元）花岗闪长岩体内，中段为中元古界张八岭群西冷组与北将军组交界线，致使两套地层呈断层接触。断裂带南端地层为早震旦统周岗组。在航卫片上，该断裂为一连续、清晰的线性浅色调负地形。断裂具多期活动性质，早期表现出左旋变形特征，断层面总体倾向西，倾角为65°～88°（图5-4）。该断裂带在岱山林场一带，南北向破劈理极为发育，硅化蚀变强烈。

地表验证可见，该断裂的北端东集东侧一带，地表露头为小寺王岩体，见有南北向分布的煌斑岩体出露。南北向节理发育，同时断裂的南端北张一带，可见断裂具有多期活动的特点。

2. 管店-下马断裂（F_{26}）

该断裂北起管店，经草庙王、烂泥冲、和尚庄、下庄至下马，长约67.8 km。断裂北段为小寺王（单元）岩体和新元古界张八岭群西冷组，中段表现为新元古界张八岭群西冷组与北将军组断层接触，南段出露在新元古界西冷组中。

航卫片上，该断裂为一清晰的线性影像，局部地段表现为沟谷、洼地（负地形），地表验证可见该断裂具有多期活动性质。早期表现出左旋变形特征，断层面倾向东偏北，倾角多在60°～70°。沿该断裂可见有糜棱岩化、片理化、构造角砾岩、碎裂岩，并发育有硅化、黄铁矿化等蚀变现象。在仙店子、和尚庄一带，沿断裂破碎带取样分析，金品位达0.5g/t。地表可见草王庄、和尚庄断层破碎带宽达200～300 m（图5-5）。根据航卫片显示，两条南北向主干断裂在李集南合并为一条断裂，继续向南延伸。在周家岗—王合集一带表现不甚清晰，但在燕子山

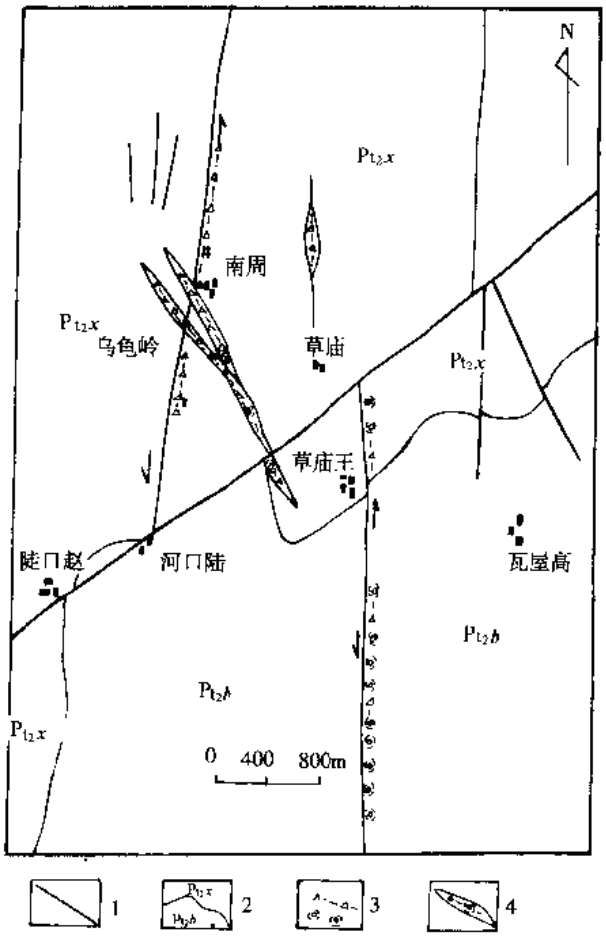


图 5-1 草庙王一带断裂构造解译图

1—断裂构造；2—中元古界张八岭群西冷组、北将军组；
3—构造破碎带、钠化带；4—含金构造破碎带

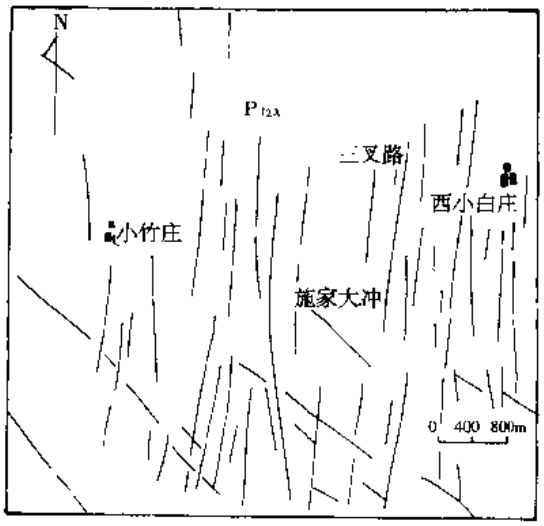


图 5-3 嘉山张八岭小竹庄一带
南北向断裂构造航片解译图

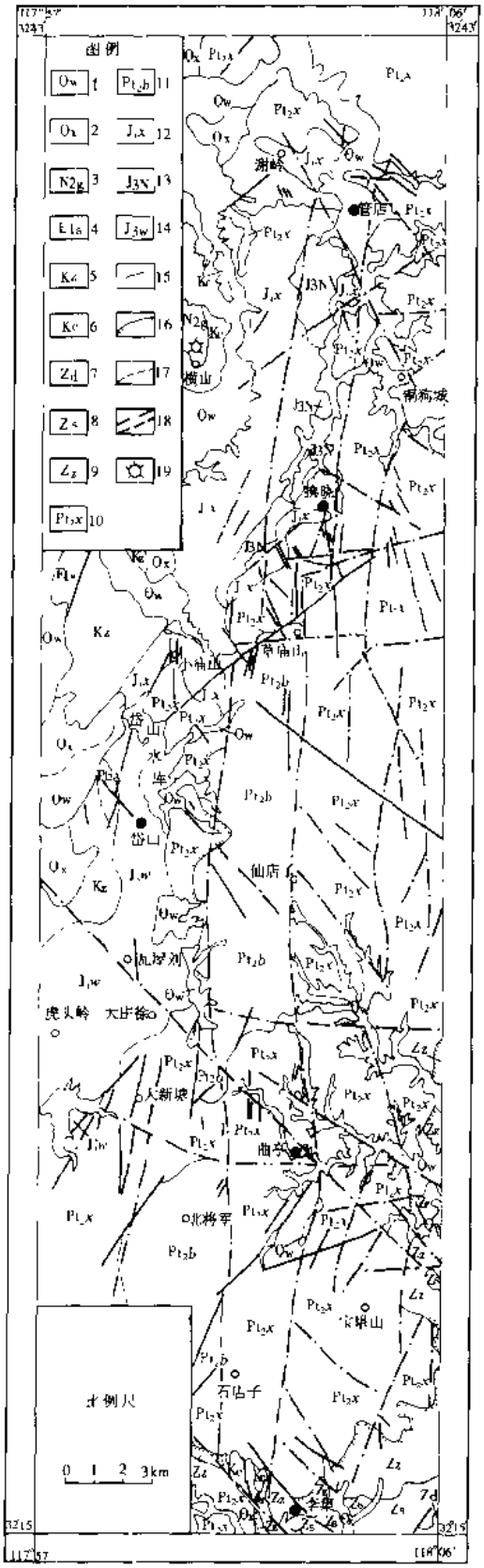


图 5-2　管店 石店子地区南北向断裂带
遥感地质解译图

1- 第四系全新统芜湖组；2—第四系上更新统下蜀组；3- 上第三系杜九组；4—下第三系舒山集组；5- 白垩系晚统张桥组；6—白垩系晚统赤山组；7　震旦系晚统陡山沱组；8- 震旦系早统东家湾组；9- 震旦系早统周岗组；10—中元古界西冷组；11—中元古界北将军组；12—小李大单元；13 -南封单元；14—拓展刘单元；15　地质界线；16—不整合线；17—推测地质界线；18 -遥感解译断裂和一般性断层；19　火山机构

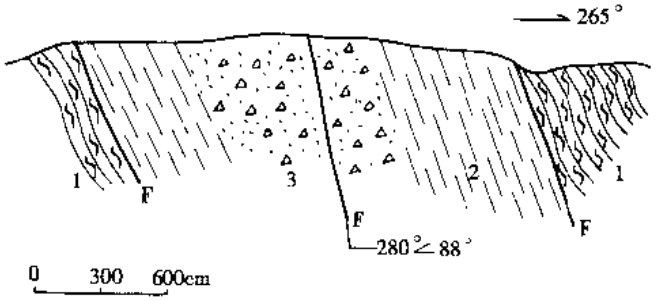


图 5-4 石店子水库边南北向断裂破碎带素描图

1—西冷组石英片岩、绢云母片岩；2—破劈理；3—构造破碎带、角砾岩

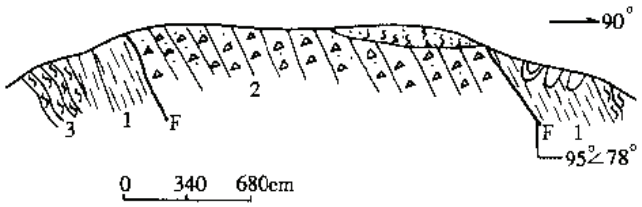


图 5-5 管店-下马断裂、和尚庄一带断裂破碎带素描图

1 片理化、糜棱岩化；2—构造角砾、碎裂岩；3—片麻岩

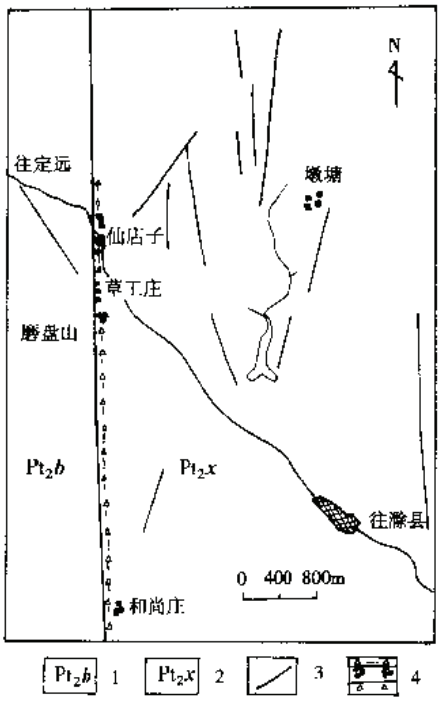


图 5-6 管店-下马断裂，仙店子-和尚庄段航片解译图

1 北将军组；2—西冷组；3 断层；4—硅化、角砾岩

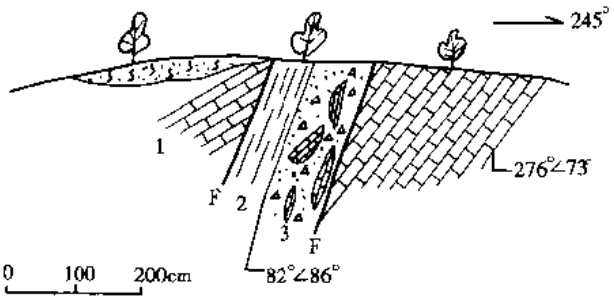


图 5-7 管店-下马断裂，铜井山水库段南北向破碎带素描图

1—震旦系陡山沱组灰岩；2—破劈理、片理化带；3—构造角砾岩和透镜体

北，该断裂继续出露，可见断层破碎带。在铜山、玉屏山南坡采石场，破碎带宽度约 10～1.5m，破劈理发育，岩石呈角砾状，并见北西向构造切穿南北向断裂(图 5-7)。其它南北向断裂见表 5-6。

表 5-5　南北向断裂特征表

断裂编号	断裂名称	长度/km	影像特征	备注
F_{36}	草广集断裂	12.0	航片上为一线色线性洼地，局部为山地、平原界线，山脊错断	
F_{37}		12.6	航片上显示为清晰线性影像，局部为丘陵与谷地界线	

(五)北西向断裂

航卫片解译表明该方向断裂形成时代较晚，切割本区其它不同方向的断裂。特别是对本区南北向控矿构造和次一级构造破碎带起破坏作用，也是本区较为发育的一组断裂。

1. 施官集-自来桥断裂(F_{37})

该断裂自明光市北，向东南方向延伸至三关一带，长约 91km。该断裂切割郯-庐断裂东界断层(F_{15})和练铺-梅市断裂(F_{35})，具左旋性质。断裂西段有玄武岩出露，中段隐伏于第四纪松散层下，东段分布在中元古界西冷组中，卫片中可看出，该断裂内分布有三处第三纪火山机构(Ⅱ)。

在航卫片上，该断裂西段显示为一较隐晦的线性洼地，东段则为一清晰的线性沟谷，断裂两侧色调深浅不一。

2. 大湾断裂(F_{38})

该断裂西起大湾，向东南延伸至沙河集水库附近，长约 18.5km。主要分布在中元古界张八岭群西冷组中，切割管店-马店断裂(F_{26})，表现为左旋性质。断裂西段有脉岩出露。在航卫片上该断裂为一清晰的线性负地形影像，局部山脊错断。

3. 腰埠-曲亭断裂(F_{31})

该断裂西起郯-庐断裂(F_{12})，向东南方向延伸经仁和集、曲亭、黄石坝，至腰埠，长约 62.6 km。该断裂西段切割郯-庐断裂带，中段切割管店-石店子南北向构造带，东段切割黄破断裂，具右旋性质。断裂中段斜穿瓦屋刘岩体、中元古界张八岭群西冷组及震旦纪地层。在航卫片上，该断裂为一条清晰的线性沟谷，局部有色调差异显示。

1. 定远-黄栗树断裂(F_{32})

该断裂西起定远县，往东南方向经永宁、周家岗、黄栗树水库延伸至全椒县南荒草圩农场，长约 83.8km。该断裂西段横穿整个郯-庐断裂带，中段切割黄破断裂(F_{19})，具右旋性质。断裂两端隐伏于第四纪地层下，沿断裂有晚白垩统赤山组出露。中段斜穿瓦屋刘岩体、中元古界张八岭群西冷组及震旦、寒武纪地层。在航卫片上，该断裂显示为一条清晰的线性影像，西段局部为山地、平原接触界线，色调略有差异，中段则表现为山脊错断，局部为山地与平原分界线。

5. 马湖断裂($F_{...}$)

该断裂位于古城集东侧，长约 14.3km。沿断裂有岩脉出露，并受该断裂控制呈北西走向。该断裂北西段隐伏于第四纪地层下，东南段分布在中元古界张八岭群西冷组中，为一逆断层，形成于燕山期，至喜山期仍有活动。该断裂切割郯-庐断裂东界断裂(F_{15})和蔺塘-古城断裂(F_{16})，具左旋性质。在航卫片上，该断裂呈一清晰的浅色调线性影像显示，断裂两侧色

调差异明显，下盘色调浅，上盘色调深。

其它北西向断裂特征见表 5-6。

表 5-6　北西向断裂表

断裂编号	断裂名称	长度/km	影像特征	备注
F_{4}	练铺-高塘断裂	24	航卫片上显示为一清晰的浅色调线性洼地	具左旋性质，横切郯庐断裂带
F_{5}	池河断裂	51.8	航片上显示为线性影像，局部为山地与平原分界线	具左旋性质，横切郯庐断裂带
F_{6}	界牌断裂	26.2	航片上为一较清晰的线性洼地，北西段色调略有差异	具右旋性质，横切郯庐断裂带
F_{7}	飞龙-杨塘断裂	33.6	航片上显示为一条线性影像	切割 F_{14}、F_{15}、F_{16} 断裂，具左旋性质
F_{8}	高花集断裂	29.6	航片上为一浅色调线性影像，中段控制河流走向	切割 F_{12}、F_{13}、F_{16}（黄破断裂）断裂具右旋性质
	大巩山-横河断裂	14	航片上为一条线性沟谷显示，中段断裂两边色调略有差异	穿过大巩山地区，对大巩山金矿有破坏作用

本区主要断裂构造遥感解译特征“皖东地区线性环形构造遥感解译图”见图 5-10。

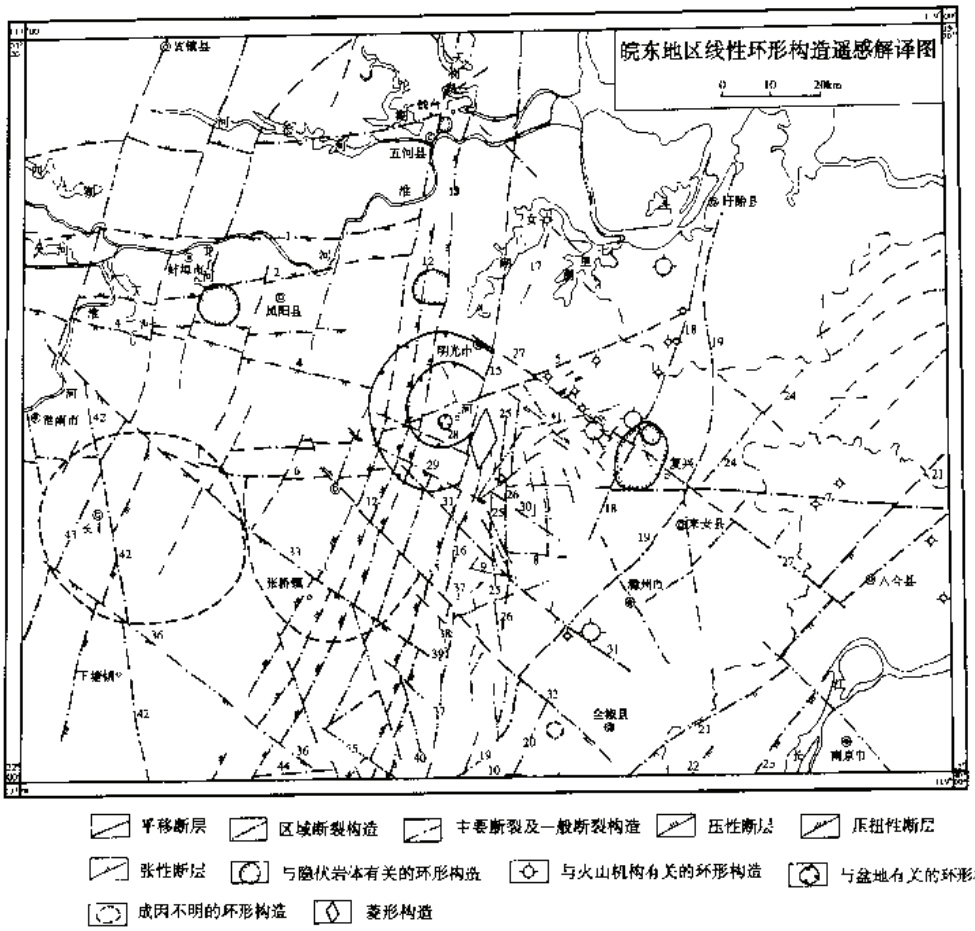


图 5-8　皖东地区线性环形构造遥感解译图

二、环形构造

本区环形构造共解译出 25 处，其成因多样、形态各异、规模不等，大的直径达 18km，小

的直径不到1km。环状影像在航卫片上清晰可见。分析其成因，主要有：①热隆起、热动力中心；②古火山机构；③成因不明；④隐伏岩体有关。

（一）梅市-三和环形构造

该环形构造是本区最大的一个环形构造。TM卫片上可见明显的菱环特征，以梅市-三和集为中心，呈同心环状分布，并且放射状断裂也十分明显。环形影像面积达245km²，在环形构造外缘尚有几处弧形构造，并可见到玄武岩出露。

梅市以南三和集西侧有一小型环形影像，面积大约有7km²。在同心系列环形构造的东侧，发现有一个菱形构造。菱形构造的长轴大致呈南北向，短轴大致呈东西向。菱形构造内分布有一较小的环形火山机构，即大横山火山机构，面积在航片上显示约4km²（地表查证为新第三纪的火山机构见图(5-9)。

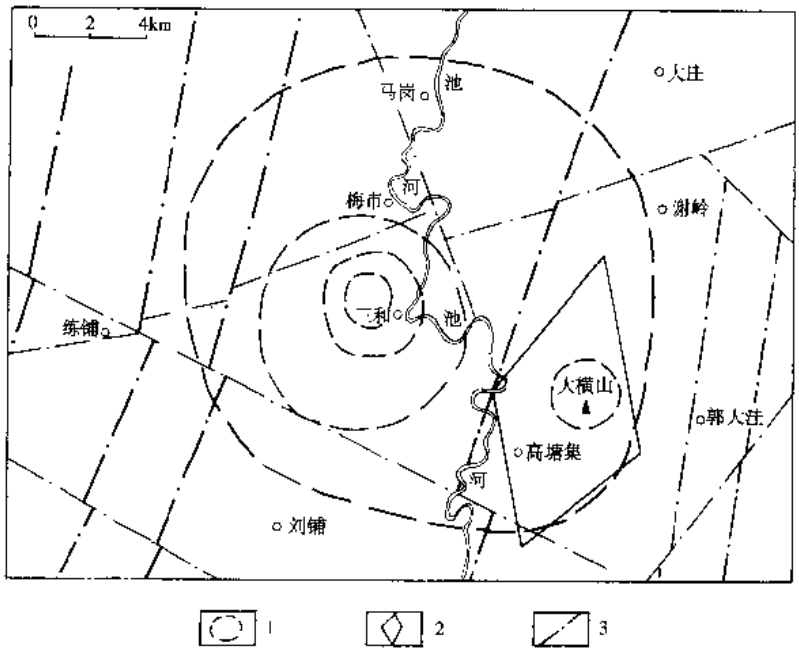


图5-9 梅市-三和一带环形构造TM卫片解译图

1—环形构造；2—菱形构造；3—断裂构造

这一菱形构造在4、5、3三波段合成TM彩色卫片和彩红外航片上均有不同程度的显示。

物探资料表明，在梅市至三和一带，有一重力负异常，恰好与前述同心状构造的中心部位重合；而大横山环形构造部位存在航磁异常，且在其北部也存在两个航磁异常。三个航磁异常呈串珠状分布。

化探资料表明，大横山环形构造部位具有较高的Ni、Cr及Co异常背景，在剩余异常图上也表现明显。

菱形构造主体分布于早第三纪盆地内，区内出露的主要是早第三纪地层。其东部发育有新第三纪火山岩（玄武岩）。

据有关资料，在三和环形构造分布区已发现石膏矿，且是我省目前唯一的含水石膏矿。矿体埋深浅，地表以下3m即见矿。已探明矿体东西长1000多米，矿层向北倾，倾角7°～8°，

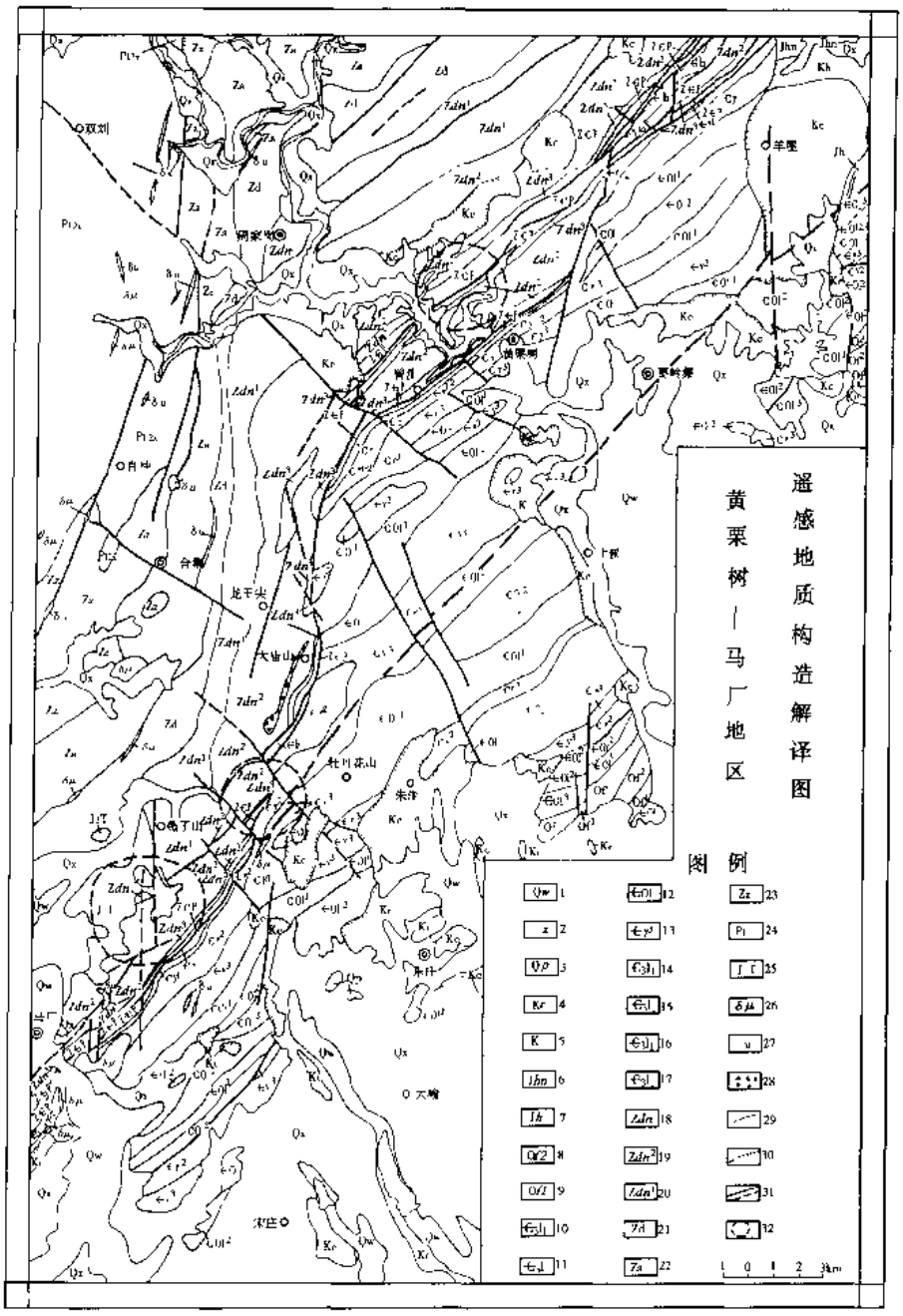


图 5-10　黄栗树-马厂地区遥感地质构造解译图

1--第四纪全新世芜湖组；2--第四纪上更新世下蜀组；3—第四纪中更新世泊岗组；4—白垩纪晚世赤山组；5—早白垩世黑石渡组；6—晚侏罗世黄石坝组；7—晚侏罗世红花桥组；8--早奥陶世分乡岩组上岩段；9—早奥陶世分乡岩组下岩段；10--晚寒武世娘娜山岩组上岩段；11　晚寒武世娘娜山岩组中岩段；12--晚寒武世娘娜山岩组下岩段；13　中寒武世杨柳岗岩组上岩段；14—中寒武世杨柳岗岩组中岩段；15. 中寒武世杨柳岗岩组下岩段；16--早寒武世黄栗树岩组；17--震旦(或寒武)纪皮园村岩组；18　晚震旦世灯影岩组上岩段；19--晚震旦世灯影岩组中岩段；20　晚震旦世灯影岩组下岩段；21　晚震旦世陡山沱岩组；22—中震旦世苏家湾岩组；23　早震旦世瓦岗岩组；24—中元古代西冷岩组；25—能竹山单元；26—闪长玢岩；27--英安玢岩；28—隐爆角砾岩；29--地层界线；30--不整合界线；31　断层(或推测断层)；32--环形构造

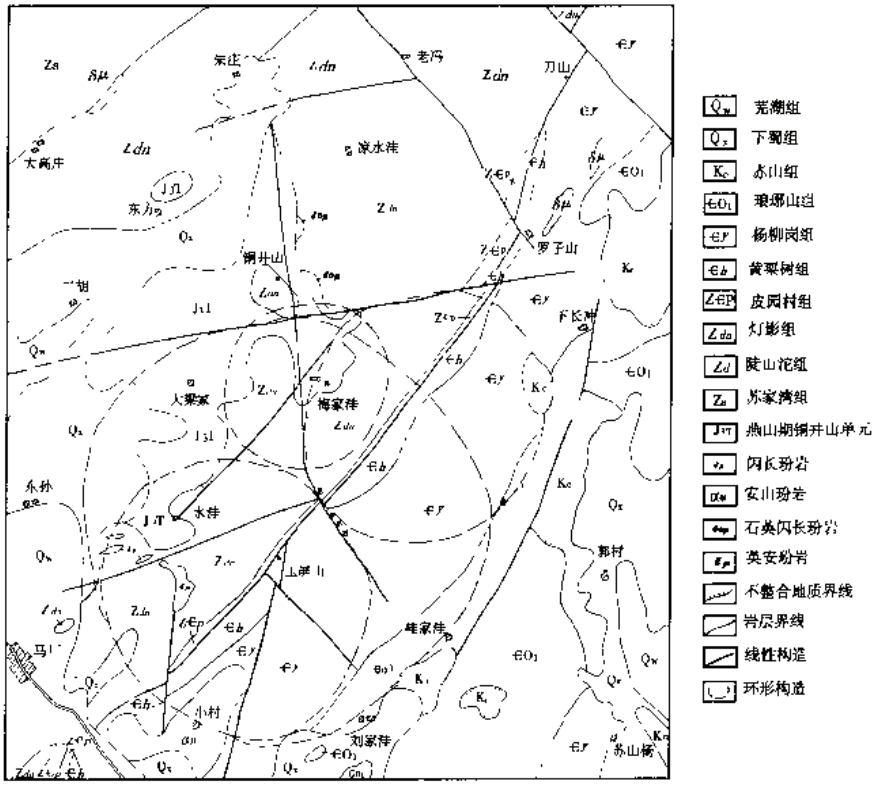


图 5-11　玉屏山-梅家洼环形构造解译图

（比例尺同图 5-10）

向北控制深度为 120m。含矿层为下第三纪地层，平均厚度 7m。据调查在三和外围均有石膏矿分布，目前已控制的三和石膏矿储量为>3000 万吨。

以上梅市、三和一带显示的环形构造和菱形影像在同样具有重力背景值的东兴一定远、练铺及嘉山北面的苏巷均无显示。这一菱环构造在几组方向断裂构造的复合部位，有较好的成矿背景。关于该环形构造其成因尚不清楚，可能与第三纪红盆有关，也可能与深部热动力或陨石造成的多伦环有联系，究竟是何成因尚有待进一步研究。

（二）黄栗树-马厂地区环形构造

根据航卫片解译，这一地区主要有三处环形构造，其成因为岩浆热液成因（隐伏岩体）。环形构造内有多组断裂分布，地表可见硅化、蚀变及角砾岩，环形影像内可见岩体或岩脉出露（图 5-10）。

（三）玉屏山-梅家洼环形构造

玉屏山-梅家洼一带共解译出四个环形影像（构造）。四个环形影像处在南北、北东、北东东、北西等多组断裂构造部位，形成环套环和相切的关系（图 5-11）。根据这一地区航磁资料，玉屏山、梅家洼为一航磁异常区。地表验证可知，环形构造边部铜井山一带有岩体出露，航卫片上反映的这一环形构造应为隐伏岩体的反映。

（四）自来桥环形构造

该环形构造位于嘉山的自来桥地区，直径约 15km 左右，面积约 176.6km² 其在 1∶500000MSS 卫片上显示为一色环。环内出露为第三纪玄武岩、元古界北将军组、屯仓岩体

(二长花岗岩)和郭营岩体(花岗岩、花岗闪长岩)。而这两个岩体的微量元素与酸性岩平均含量比较,铬、镍、钴、钒、铅、锌、锆、钡、锶、硼等均偏高;F_{18}和F_{27}的交汇部位也位于该环内,其也许是今后找矿的有利地区。

(五)钱台子环形构造

位于五河县城西北约4 km处,该环形影像是与隐伏岩体有关的环形构造。在卫片上水系呈环形状影像显示,且环状影像较清晰。该环形构造所反映的隐伏岩体在东张台子钻孔(ZK7129)中得到证实。该钻孔深度301.76m,在其底部(221.96m～301.76m)有闪长岩出露。此环形构造与金矿关系密切,如在环形构造内钱台子一带发现有两个小型金矿床。

(六)李楼环形构造

该环形构造位于蚌埠市东南龙子河、李楼一带,环形构造成因与隐伏岩体有关。在卫片上色调呈斑杂状,影像较隐晦。该环形构造所反映的隐伏岩体可在两个方面得到证实:其一,环内李楼乡以南有二长花岗岩出露;其二,钻孔资料亦揭示有隐伏岩体存在。

(七)火山机构

该类环形影像,区内最为广泛,航卫片显示极为明显,主要分布在工作区北部的管店以东地区。这类火山机构为第三纪火山喷发后的产物,火山锥影像较为完整。火山口部位为第三纪玄武岩,围岩多为中元古界张八岭群西冷组和晚白垩统赤山组和侏罗纪地层。火山机构保存较完整,其环形构造规模多在8.5～10km^2。

(八)大巩山地区环形构造

大巩山地区环形构造航卫片上反映规模较小,面积仅0.8～1.76km^2。其成因为热液蚀变或与隐伏岩体有关。但这一地区环形构造处在断裂交汇部位,地表蚀变强烈,具有较好的成矿远景。

本区主要环形构造特征见表5-7。

表5-7　工作区主要环形构造遥感解译简表

编号	位置	环形构造类型	影像特征	环形构造与矿产的关系
1	位于盱眙幅旧县北	火山机构环	环状山脊、环形色线环、具向心状水系	
2	位于盱眙幅河桥东	火山机构环	航、卫片上为线状色环,具向心状水系	
3	位于定远、蚌埠幅的五河—梅市地区	与盆地有关的环形构造	航、卫片上为多层色环,具向心状水系,该同心环的东半部分受郯-庐断裂带的影响,其形态不够完整	在该同心环内已开采石膏矿
4				
5				
6	位于南京幅的草庙子西	与隐伏岩体有关的环形构造	航、卫片上为多层环色线	在该环内已发现金矿化点
7	位于盱眙幅小模山	火山机构环	航、卫片上为锥状山脊,环状色线,具放射状水系	
8	位于盱眙幅鲁山			
14	位于南京幅嘉山			
15	位于南京幅老嘉山			
17	位于南京幅的自来桥地区	成因不明的环形构造	在小比例尺的卫片上显示为色状环	
18	位于南京幅的竹镇东约8km处	火山机构环	航、卫片上为锥状山脊,具放射状、向心状水系	
9	位于定远幅永康、朱巷地区	成因不明的环形构造	卫片上为隐晦的色环影像	
20	位于定远幅张桥、武桥地区			定远盐矿就位于该环的东兴镇

(接下页)

续表

21	位于南京幅竹镇东南地区	火山机构环	航、卫片上为环状山脊，正地形，具放射状，向心状水系	
22	位于南京幅六合县北东约 4km 处	火山机构环		
23	位于南京幅黄石坝的上河	火山机构环	航、卫片上具色环影像	
24	位于南京幅六合县东南约 16km 处	火山机构环	航、卫片上为环状山脊，正地形，具放射状，向心状水系	
27	位于南京幅仓坝县草庵	成因不明的环形构造	卫片上具有清晰色环，环状水系	

三、侵入岩解译

利用彩红外航片及不同种类不同比例尺的遥感图像对工作区的岩浆岩进行了仔细解译，区内岩浆岩既有侵入岩也有火山岩。

本区侵入岩受郯-庐断裂控制，以近南北向分布为主，主要岩体有临淮关石英正长岩；怀远涂山、荆山花岗闪长岩；东西芦山花岗岩；小寺王、南封花岗闪长岩；磨盘山、女山钾长花岗岩；瓦屋刘花岗闪长岩；铜井山花岗闪长岩等。同时区内发育有基性、超基性岩脉，如煌斑岩脉等。其遥感影像标志与围岩有明显不同的色调显示。如管店一带，出露的小寺王单元，岩体呈负地形，浅色调显示。由于受后期叠加改造，有些岩体形成正地形，影像色调也较深。如分布于北部的磨盘山、女山岩体。纵观本区侵入岩的影像特征有如下特点：①色调一般多为浅色，地貌上呈负地形。受后期构造叠加改造作用强的北部地区，其岩石结构发生变化，岩体影像上表现为深色调、正地形；②岩体影像一般多为斑块状、条块状、似姜状；③图像上岩体形态特征，一般表现为圆形、椭圆形、长方形或不规则状；④由于风化作用，特别是工作区中部管店小寺王单元、南封单元、瓦屋刘单元，岩体风化强烈，其表面残积物堆积较厚并被开垦耕作，其影像有条块状的耕作地。工作区主要侵入岩遥感解译标志见表 5-8。

表 5-8　工作区主要岩体影像特征

岩石名称	岩　性	主要分布区	影像特征	与围岩界线特征
管店岩体（小寺王单元）	花岗闪长岩	管店、小寺王、郭大洼、小庙山一带	浅色调，影纹呈斑块状，风化强烈，呈负地形，植被不发育	与围岩界线不明显
瓦屋刘岩体（瓦屋刘单元）	花岗闪长岩	瓦屋刘、大张一带	浅色调，影纹呈花斑状，岩石易风化，地形起伏较缓，且有农田的条块状影像	与围岩界线有些地段清楚
磨盘山、女山岩体	钾长花岗岩	分布工作区北部的石门山、磨盘山、女山（五河县一带）	深色调，影纹粗糙，组成丘陵山地，多呈正地形，岩体形态呈椭圆形或长条形	与围岩界线清楚
马厂岩体（铜井山单元）、滁县岩体	花岗闪长岩	铜井山、马厂和滁县城西南一带	浅色调在彩红外航片上呈浅黄褐色，影纹较细，呈斑块状，水系发育，易风化，负地形，具农田的条块状影像	与围岩界线不明显
临淮关岩体	石英正长岩	临淮关东侧	负地形，地表零星露头，影纹不明显，呈南北向展布	围岩为第四纪松散覆盖层
涂山、荆山岩体	花岗闪长岩	怀远城关附近	正地形，呈斑块状影纹粗糙	与围岩界线明显，岩体节理发育
东、西芦山岩体	花岗岩	蚌埠李婆乡及凤阳西侧一带	正地形，呈斑块状影纹粗糙，色调浅灰	与围岩界线较清晰

第三节　遥感找矿信息提取

一、五河大巩山地区

（一）控岩控矿构造

1. 北北东向断裂

最为醒目的北北东向断裂有两条：五河-红心铺断裂(F_{12})与朱顶-石门山断裂(F_{13})，是安徽境内郯-庐断裂带重要的组成部分。前者系郯-庐断裂的西界主断裂，向南延伸经合肥、舒城到大别山区的山七里河一带，长约350km。在本区主要为第四纪松散层覆盖，但片上线性影像特征明显。朱顶-石门山断裂(F_{13})经定远县桑涧子至舒城县三河镇广寒桥，长约175km。卫片上，地貌特征、色调差异等影像特征所反映的线性影像十分明显。其西侧为新太古界五河群，东侧为白垩系，并使两套地层呈断层接触。沿断裂带岩石破碎，有角砾岩、碎裂岩，糜棱岩甚至超糜棱岩分布，并有第三纪玄武岩产出。

2. 南北向断裂

南北向断裂大巩山一带发育较好，不仅控制了大巩山一带主要脉岩——花岗闪长斑岩的产出与展布，而且与金矿有着密切的关系。其中规模较大、发育较好的主要有两条：小巩山-大巩山断裂带和白石山-崂山断裂带。二者发育规模相近，均由若干条次级南北向断裂组成、断续延伸，组合成带。影响宽度数十米至上百米，长达2.5km。断裂带自外向内依次出现碎裂片麻岩-糜棱岩化片麻岩-糜棱岩或构造片岩-碎裂硅质岩或糜棱岩化硅质岩。带内挤压片理极其发育，构造透镜体也较常见。带内发育有石英脉与含金硫化物石英脉，有的彼此平行、有的相互交叉或分支复合。

大巩山地区南北向断裂带具有挤压为主的压扭变形性质，属韧脆性变形带。由宏观构造面理与糜棱岩中某些石英残斑的不对称、旋转以及石英长轴与C面所夹锐角判断，该变形带的扭动方式以左旋为主。

3. 北西-北西西向断裂

该组断裂带总体走向285°～290°，局部有所变化达300°～310°，倾向北北东-北东，倾角较陡。断裂带内岩石破碎、硅化、构造角砾岩比较普遍，并有石英脉与含金矿化石英脉充填。北西-北西西向断裂带中的构造岩与南北向断裂带中的构造岩有相似之处，主要为糜棱岩化片麻岩、糜棱岩和千糜岩，其中残斑大多为石英，呈对称或不对称的眼球体。基质为绢云母、石英及少量白云母，越接近含金石英脉体，绢云母含量越高。鳞片变晶的绢云母和白云母环绕石英残斑优选定向排列，构成S面理，原岩中的长石已基本解体，沿C面理局部发育了细石英脉，其中的石英又发生塑脆性形变，出现粒内形变效应。

综上所述，北西-北西西向断裂为一脆性变形为主，韧性变形次之的构造变形带。

4. 北东向断裂

区内规模较大的北东向断裂有三条：西窗堆-井头断裂、牟家-山马庄断裂和女山-黄庄断裂。

西窗堆-井头断裂：为一推测隐伏断裂，西北侧为第四纪地层覆盖、东南侧为五河群西窗堆组。长度大于3km，可能为左旋张扭性断裂。

牟家-山马庄断裂：由多条近乎平行排列的断裂组成，长达 1km。其总体走向 40°～55°，倾向北西。带内构造角砾岩、碎裂岩发育，多有石英岩脉充填，两侧岩石局部糜棱岩化。该断裂切过近南北向断裂及中酸性脉岩并使其发生左旋错移，反映出断裂的多期活动特点，具张-张扭-压扭复合性质。

女山-黄庄断裂：主要发育于女山钾长花岗岩体内，并穿过朱顶-石门山断裂伸入白垩纪新庄组，长达 3km 以上，总体走向 35°，向南东倾。断裂带内岩石破碎，构造角砾岩发育，局部有呈透镜状或 S 状的石英脉充填，两侧岩石片理化发育，说明断裂具张扭-压扭性。

（二）含金构造

大巩山地区金矿属脉状热液型金矿，其矿化类型主要为含金石英脉型和构造破碎带蚀变岩型。前者含矿热液沿断裂裂隙空间充填交代而成；后者系含矿热液沿断裂裂隙运移时对围岩发生蚀变而成。二者又往往并存，形成复合型金矿。本区金矿空间分布上常成带出现，分段集中；时间上呈多期次成矿特点，表现为先后期次的叠加、改造富集。金矿的产出严格受断裂构造的控制。

1. 南北向断裂构造的控矿作用

本区含金在 1g/t 以上的矿体及矿化体大部分产于南北向的小巩山-大巩山断裂与门石山-崂山断裂带内，特别是那些形变强烈，构造岩发育地段更是成矿控矿的有利部位。金矿化主要与断裂中的石英脉体共生，有时石英脉本身即是矿体。显示出南北向断裂严格控制各矿脉、矿（化）体的产状、形态、规模及其分布；而矿化类型则直接为形变差异所制约。石英脉型矿化主要受张扭性脆性形变控制，构造蚀变岩型矿化则与相应的塑性形变密切相关。

2. 北东向断裂带的控矿作用

北东向断裂带内含金石英脉多呈单脉产出，规模较小。含金石英脉体产出与断裂的张扭性活动阶段有关，后期又经历压扭作用，石英发生破碎，出现密集张节理，两侧围岩产生糜棱岩化与挤压片理化。

另外，在门石山—山马庄一带的两条北西-北西西向断裂带内，多处出现含金石英脉，含金品位一般在 3g/t 左右。石英脉体具尖灭再现与尖灭侧现特征，有些石英对壁生长成梳状，脉壁平直。围岩中糜棱岩等构造岩不甚发育。这些均表明石英脉是在张扭性脆性形变的环境下形成的。

二、管店—石店子地区

（一）基本特征

前已叙述本区张八岭一带与金矿控矿密切相关的构造，分别是：宋圩-石店子（F_{25}）、管店-卞马（F_{26}），两条南北向断裂。两条断裂总体走向近南北，局部地段表现为北北东向，长分别为：40km、67.8km。航卫片上显示，两条断裂带宽约 2～4km，地表所见断裂破碎带宽约 40～500m。沿两条断裂两侧分布有次一级与之平行或斜交的构造破碎带，并见有金矿化和金矿点分布。根据调查验证，两条南北向断裂，早期具有韧性变形特点，如在构造带内矿物定向拉长、糜棱面理和折劈理发育。后期则主要表现为脆性变形，表现为伸展拉张岩浆侵位。如断裂带内煌斑岩脉发育，石英脉贯入形成石英脉型金矿。最后阶段以强烈剪切作用为主，主要表现为：密集型剪切裂隙、破劈理、碎裂岩，形成叠加破碎蚀变岩型金矿。可见，两条断裂多期活动明显。从运动方向看，脆性变形阶段以左“旋”变形为主，主断面总体倾向东偏北，倾角

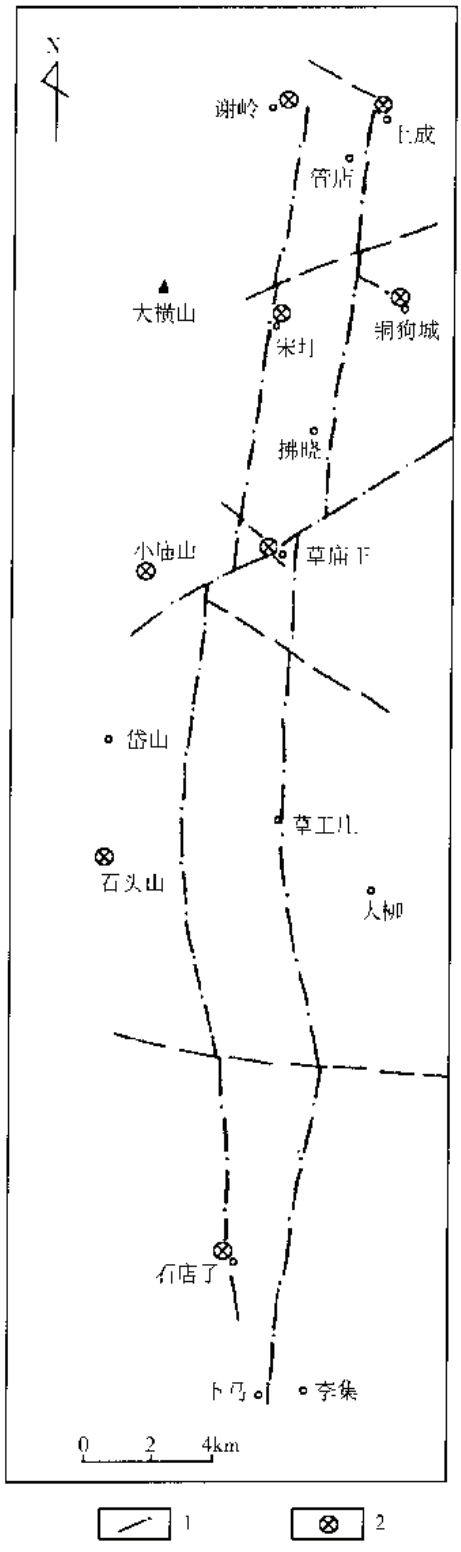


图 5-12　管店-石店子地区南北向断裂及金矿点分布图

1—南北向断裂；2—金矿点

较陡，一般为 65°～88°。

(二)金矿构造

这一地区与金矿有关的成矿构造主要受两条南北向断裂控制。根据航卫片解译和地面验证已发现的金矿点，主要分布在两条南北向断裂带内及其两侧(图 5-12)。

根据遥感解译，受这一地区南北向构造带控制的成矿构造主要有：

1. 小庙山构造破碎带

航片中显示该破碎带为南北走向，长约 1.8km，为一组斜列式排列的构造破碎带，分布在宋圩-石店子断裂西侧。

2. 南周-草庙王构造破碎带

航片上显示该构造破碎带宽约 10～40m，走向北西 330°～310°，长约 2.2km，破碎带含金丰度较高，蚀变强烈，其中在该破碎带黄家坝(水库)以北、乌龟岭以东地段见地表强烈硅化、绿泥石化、黄铁矿化，经拣块样分析金含量最高为6.45g/t。

3. 铜狗城构造破碎带

分布在铜狗城北 500m 处，为北西 330°走向，长约 800m，分布在管店-下马南北向断裂东侧，中元古界张八岭群西冷组中，破碎带宽约 2～10m，破碎带中见有含金石英脉(图 5-13)。

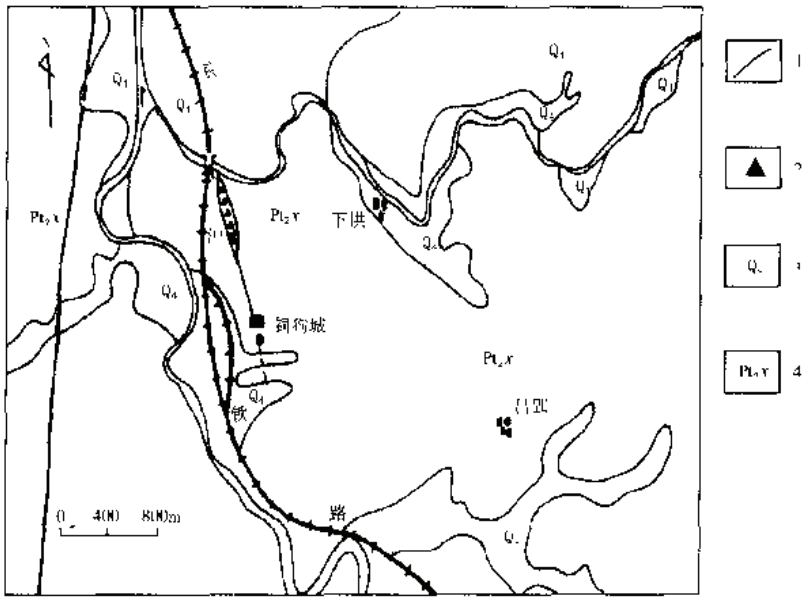


图 5-13 铜狗城一带北西向构造破碎带航片解译图

1—断裂构造(东侧为管店-下马断裂)；2—含金构破碎带；3 第四纪堆积层；4—中元古界西冷组

1. 王成构造破碎带

航片显示该构造破碎带走向为 330°～340°，长约 900m，位于管店-下马断裂北端，破碎带宽约 3～10m。破碎围岩为张八岭群西冷组石英片岩与小寺王(单元)花岗闪长岩交界处。破碎带内 30m 以下可见厚度达 30cm 左右的含金石英脉，含矿层大都为硫化物矿物，黄铁矿、毒砂、石英脉等。同时，还发育有一条北北东向(20°)与之共轭的构造破碎带，围岩为小寺王(单元)花岗闪长岩。经野外验证，可见含金石英脉宽约 8～10cm，经拣块样分析，金品位分

别为 31.53g/t,27.8g/t。

5.大新塘构造破碎带

该破碎带走向北北东 20°左右,长约 2.2km,位于宋圩-石店子断裂西侧。破碎带宽窄不一,在大新塘村下组老乡房屋处见宽 20m 左右,破碎带蚀变强烈,主要为黄铁矿化、硅化、绢云母化等,破碎带中可见有与之平行展布的煌斑岩脉。破碎带中破劈理极发育,且间距较小,仅 2～3mm。

由于蚀变风化强烈,破碎带倾向不清,倾角较陡,经地表拣块样分析含金品位达 0.18g/t。

三、黄栗树—马厂地区

区内主要发育三组断裂:北东向断裂、南北向断裂和北西向断裂(图 5-14)。

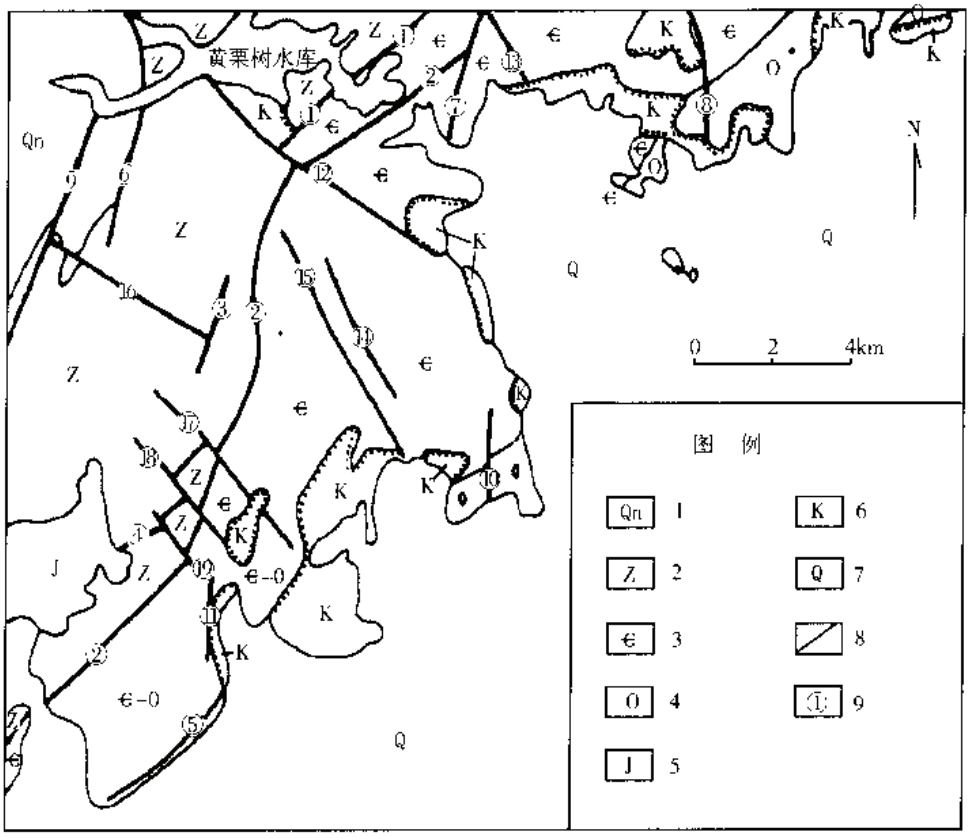


图 5-14 黄栗树-马厂一带断裂构造解译图

1—古元古界地层;2 震旦纪地层;3 寒武纪地层;4—奥陶纪地层;5—侏罗纪地层;6 白垩纪地层;7 第四纪地层;8 断裂构造;9—断裂编号

(一)北东向断裂

该组断裂总体呈北东向,为黄(栗树)-破(凉亭)断裂带北东段。在遥感图像上表现为线性影像,共解译出五条断裂(见表 5-9)。其中,黄栗树断裂规模最大,该断裂断面倾向北西,倾角约 20°～45°。其上盘为灯影岩组-黄栗树岩组,下盘为皮园村岩组-杨柳岗岩组。沿断裂发育有角砾岩,在黄泥河一带表现明显。由此表明黄栗树断裂的脆性变形特征十分明显。沿断裂发育有硅化岩,在航片上显示明显,硅化岩呈突出的孤峰,线状断续排列。

表 5-9　黄栗树—马厂地区北东向逆断层

编号	断裂名称	长度 km	性质	影像特征	断层证据
1	西风尖断裂	13.8	逆断层倾向 NW	航片上为一清晰的线性影像，局部可见山脊错移、硅化强烈	发育构造角砾岩，几破碎
2	黄栗树断裂	28.5	逆断层倾向 NW	航片上为一清晰的线性山脊，线性色调差异，局部山脊错移，硅化强烈	构造角砾岩，劈理揉皱发育，为黄 破断裂地段
3	龙王尖断裂	2.5	逆断层	航片上为较隐晦的线性影像	沿断裂可见岩脉出露，并受断裂控制
4	中门断裂	6.5	逆断层倾向 NW	航片上为一清晰的线性影像，硅化强烈，局部山脊错移，北段见有岩脉出露，南抵铜井山单元	
5	东山林场断裂	4.9	逆断层倾向 NW	航片上为清晰的线性影像，中段色调差异，并见山脊错移	该断裂为黄-破断裂的次生断裂

（二）南北向断裂

该组断裂主要为管庙-龙王尖断裂带，呈南北向展布，断裂倾角较陡，断裂面不很平直，断距不大。可见尖灭再现，常见有脉岩贯入，显示出拉张的特点。共有八条断裂（表 5-10）。

表 5-10　黄栗树-马厂地区南北向断裂

编号	断裂名称	长度 km	性质	影像特征	断层证据
6	周湾水库断裂	8.5		航片上为一浅色调线性沟谷，较隐晦，两端有岩脉出露，中段为地层分界线	为F_{27}、F_{28}断裂南延部分。岩石硅化破碎，片理产状紊乱
7	上郝断裂	5.1	右旋	航片上为一清晰的线性影像，南端控制河流走向	缺失地层、糜折、揉皱发育，倾向西
8	枣树山断裂	1.7	正断层	航片上为一清晰线性沟谷，北段色调差异，中段山脊错移	西盘上升，岩性破碎，劈理发育，产状杂乱
9	连陈断裂	7.5		航片上为一清晰的浅色调影像，沿断裂有多处岩脉出露	
10	大石坎断裂	2.2		航片上可见清晰线性影像，南端见山脊错断	发育构造角砾岩
	姚子川—梅家洼断裂	2.75	倾向西	航片上为一清晰的线性影像，南端色调差异明显	沿断裂岩石破碎，构造劈理发育
	玉屏山断裂	4.3	正断层	航片上为一清晰的线性影像，北段具明显的色调差异，南段见山脊错位	为F_{27}、F_{28}断裂南延部分。沿断裂岩石破碎，发育有构造角砾岩
11	长汗断裂	1.5		航片上为一较清晰的线性影像，中段为地层分界线	为F_{27}、F_{28}断裂南延部分，构造角砾岩发育

（三）北西向断裂

该组断裂总体走向 NW，根据其切割地层及其它方向断裂的情况来看，在时间上可分为两期。第一期形成 NW 向正断层，第二期形成 NW 向左行平移断层。NW 向正断层在该地区共有四条（表 5-11）。此类断裂走向北西，倾向不定，倾角较陡，在地表常呈负地形，航片上显示出较平直的线状影像。断距不大，主要造成地层走向不连续及两侧差异运动。沿断裂岩石破碎，产状较乱，发育有角砾岩，角砾多呈尖棱角状，显示出张性特点。断裂为后期平移断层所利用，具多次活动的特点。

表 5-11　黄栗树-马厂地区北西向正断裂

编号	断裂名称	长度 km	性质	影像特征	备注
12	山银杨断裂	11.0	正断层	航片上为一清晰的线状影像，中段为地层分界线(色调差异)	F_{12}断裂南段可见断层角砾岩走向 350°
13	鲶子洼断裂	2.1	正断层	航片上为一清晰的线状影像	NE 倾向，NE 盘下降
14	石牛沟断裂	3.2	正断层	航片上为一清晰的线状影像，山脊错位	NE 倾向，NE 盘下降，走向 150°
15	磨盘山断裂	6.2	左旋	航片上为一清晰的线状影像，并见山脊错断	擦折，揉皱发育，走向 15°NE 盘下降

NW 向左行平移断裂共有四条(表 5-12)。该组断裂断面倾向不定，倾角较陡，沿断裂岩石硅化破碎，并发育有角砾岩及断裂擦痕，擦痕指示断裂具左行平移的特征。参见黄栗树-马厂地区遥感地质构造解译图。

表 5-12　NW 向左行平移断裂

编号	断裂名称	长度 km	性质	影像特征	备注
16	三合集断裂	4.0	左行平移倾角较陡	航片上为一清晰的浅色调线状影像(注地)	劈理发育，岩石破碎
17	王庄断裂	5.5	左行平移倾角较陡	航片上为一清晰的线状影像，中段见山脊错断	劈理发育，岩石破碎
18	柴油断裂	3.1	左行平移倾角较陡	航片上为一清晰浅色调的线状影像，山脊错断	缺失地层，可见擦痕、角砾岩
19	老虎洼断裂	2.0	左行平移倾角较陡	航片上为一清晰的线状影像(色调差异)	地层沿走向相间

(四)金矿构造

黄栗树-马厂地区发育有多处金矿(化)点，自南向北多达 10 余处。构成黄栗树含 Au 构造带，现将重要金矿床(点)控矿构造解析如下：

1. 马厂矽卡岩型铜金矿

主要集中在燕子山-铜井山-东苏一带。矿体产于石英闪长岩体与震旦纪灯影岩组围岩接触带部位，白云质灰岩顶垂体、捕虏体及其层间劈理构造内。其次为玉屏山东新庄安山岩北接触带，杨柳岗岩组白云质灰岩层间断裂及劈理构造内。代表性矿点有燕子山、铜井山、东苏铜金矿点。遥感影像上有环形影像显示，可能与岩浆活动有关。

2. 玉屏山黄金洞金矿点

矿体赋存于黄栗树断裂部位，震旦系皮园村岩组上段($Z_2\in_1p^2$)薄层硅质岩之中，受近南北向断裂(走向 330°)控制。

3. 梅家洼-大子岭构造蚀变岩型金银矿(化)点

主要集中在梅家洼东寨子山-大子岭一带。位于黄栗树断裂部位，震旦系灯影组中段(Z_2dn^2)至寒武系黄栗树岩组上段($\in h^3$)薄层白云质泥灰岩、白云岩及泥质硅质顶岩段。矿体产于次级北东向断裂构造蚀变岩带之中。代表性矿(化)点有风凰堰、寨子山、大包头金银矿化点。遥感影像上有环形影像显示，可能与岩浆活动有关。

4. 大庙山金矿

金矿位于黄栗树断裂上盘之褶皱的倒转翼上。矿体产于灯影组中段(Z_2dn^2)之中，受北东向断裂(走向 33°)控制。大庙山矿点在遥感影像上有环形影像显示，可能与岩浆活动有关。

5. 龙王尖金矿

龙王尖金矿位于黄栗树断裂西侧，分布于灯影组中段(Z_2dn^2)之中，岩层呈北东走向，金

矿赋存于角砾岩和碎裂岩中，野外观察其为褶皱核部，由泥灰岩夹层表现出来的两个同斜褶皱，包络面产状平缓，其上方的白云岩被挤压、破碎呈角砾状和碎裂状（无外系统岩石混入），并且至泥灰岩处即趋尖灭。泥灰岩主要发育有两组劈理（共轭）。块状白云岩受挤压应力作用，当应力松弛时会产生碎裂（强烈处为角砾），所以说龙王尖矿点实质上是受控于北东向挤压带

6. 曾洼金矿点

曾洼金矿点位于黄栗树断裂西侧的灯影组中段（Z_2dn^2）内。岩层走向为30°，矿体处于厚层白云岩与泥灰岩之间的层间劈理构造内，其中白云岩赋矿。

7. 黄泥河金矿（化）点

黄泥河金矿位于黄栗树断裂带（推覆构造）北段，震旦纪灯影岩组中段（Z_2dn^2）之中。金矿主要受控于北东向逆冲断裂及紧密型同斜褶皱构造内的层间断裂与劈理构造。从曾洼至黄泥灌一带，在遥感影像上有一大的环形影像，可能与深部岩体有关。

综上所述，黄栗树－马厂地区金矿（化）点主要受北东向黄栗树断裂及其次级断裂控制。从赋矿层位来看，多数金矿（化）产于震旦系灯影岩组中段（Z_2dn^2）和寒武系娘娘山组中。岩性主要为中厚层白云岩与泥灰岩互层及条带状灰岩，少数产在皮园村岩组上段（$Z_2\in_1p^2$）薄层硅质岩中。遥感图像显示环形影像。

第六章　成矿地质条件分析

第一节　矿化系列与矿床类型

70年代末，程裕淇教授等曾系统地论述了成矿系列的基本理论，指出成矿系列是形成于一定的地质构造单元，具有统一的成矿过程，时、空上具有伴生特点，成因上具有内在联系的一组矿床类型或类型组合。矿化系列是指在一定的地质构造环境中，具有相同或相似的成矿过程，时空上有密切联系，成因上有亲缘关系的一组矿化类型的组合或整体。

矿化系列是在一定的地质演化历史中形成的，与一定的地质构造运动、岩浆活动、沉积、变质、风化作用等相联系的一组矿化类型。本次划分矿化系列的主要依据是矿化形成的大地构造单元和地质背景，主要的成矿作用类型和方式，成矿的主要物质来源等。

一、矿化系列

依据上述矿化系列的划分原则，研究区可划分为四个矿化系列。

(一)岩浆矿化系列

岩浆矿化系列指与岩浆作用有关的一组矿化类型，岩浆在其活动过程中，由于初始岩浆成份和岩浆演化过程的不同，以及围岩、构造等对岩浆分异演化的影响不同，造成了岩浆携带的成矿物质和挥发组分不尽相同；从而伴随岩浆演化产生的成矿作用也不尽相同，在不同的围岩或构造环境形成了不同的矿化类型。综合研究区内各类矿化类型特点，可将岩浆矿化系列划分为以下几个亚系列。

1.深熔花岗岩有关的Au矿化亚系列

该矿化亚系列主要产于张八岭冲断带和华北陆块东南缘蚌埠隆起中，与成矿作用密切相关的岩浆岩是基底岩系深部熔融的花岗闪长岩-二长花岗岩以及与其密切相关的中酸性脉岩。基底各类含金建造是该类岩浆期后热液金成矿作用的主要物质基础，特别是镁铁质岩系在熔融过程中赋存在矿物晶格中的金被析离出来，富集于岩浆晚期热液中。在温度为750～850℃的流体相和岩浆共存的体系中，流体相中的金属富集度可达50%，因此，深熔花岗岩的成岩作用是一种重要的成矿作用。该类矿体和矿化体受韧脆性断裂构造控制。主要矿化类型有：破碎蚀变岩型Au矿化(小庙山、草庙王、童郢等)；含金石英脉型Au矿化(荣渡、大巩山、毛山、铜狗城等)；多金属石英脉型(Au、Ag、Pb、Zn、Cu)矿化(郭大洼、罗岭、傅家、洼子陈、冷水洞)；热液交代蚀变型Au、Ag矿化(大庙山、曾洼)；中低温热液型Pb、Zn矿化(东、西芦山、周山)，中低温含金红石、重晶石石英脉Au矿化(马山、小红山)等。

2.同熔型高钾闪长岩类侵入岩有关的Au、Cu、Pb、Zn、Ag矿化亚系列

该矿化亚系列与成矿作用有关的花岗岩为同熔型花岗岩。同熔型花岗岩类一般形成于上地幔或下地壳的深部，与金矿化有关的同熔型花岗岩类分布于活动大陆边缘。同熔型花岗岩矿化系列成矿物质来源，成矿热液性质以及成矿物理化学条件与深熔花岗岩类都有着很

大的差异。其成岩作用过程中围岩同化混染的程度和成矿作用的围岩条件对成矿作用都有着明显的影响。该类矿体大多受控于侵入体的接触带构造和侵入体的后生断裂，Au 常与 Cu 共生。主要矿化类型有与石英闪长玢岩相关的夕卡岩型 Cu(Au)矿化(琅琊山、东荪、铜井以及何巷子、施湖李)，斑岩型 Au 矿化(凤阳郁庄)等。

(二)复合矿化系列

复合矿化系列指两种以上成矿作用叠加而形成的矿化类型组合，如同生沉积矿化基础上岩浆热液迭加改造而形成的矿化。主要矿化类型为产于震旦系灯影组碳酸盐岩中的层控-热液迭加改造型 Au、Ag 矿化等。

(三)沉积矿化系列

沉积矿化系列主要指与沉积作用有关的一组矿化类型。研究区内主要表现为第四系冲积物和残坡积物中的砂金矿和白垩纪红层中的河湖相堆积 Au 矿化。该类矿化类型在研究区内表现为中、小型砂金矿床、砂金矿点，如大巩山砂金矿床、马厂砂金矿床、大庙山砂金矿点、涂山砂金矿点及山张家砂金矿化点等。

(四)风化淋滤矿化系列

该系列指由风化作用(包括物理风化和化学风化作用)形成的矿化类型组合。新生成的矿化体受原岩成分控制，原岩是矿化物质来源，成矿作用风化淋滤。该类型矿化主要有风化淋滤型 Au 矿化(龙王尖)，硫化物氧化带 Au 矿化(宋家湾、大凹等)。

上述矿化系列的形成是在一定的地质环境中长期地质作用的结果。许多矿化体形成以后可能经历了各种地质作用使其改造、富集、破坏甚至消失。岩浆矿化系列与复合矿化系列集中形成于燕山期，这也是研究区内的主要矿化形成期。印支期，在碰撞造山期间，区内经历了强烈的变形作用，褶皱、推覆、逆掩普遍。至燕山期，进入应力转换时期，地壳由挤压向拉张松弛阶段发展，断裂构造发育，深大断裂沟通深部岩浆房，并导致深部岩浆上涌，形成中酸性侵入岩体。同时深部岩浆携带大量的成矿物质和成矿流体(包括在其活动过程中从围岩中捕获的成矿物质)，形成了与岩浆作用有关的岩浆矿化系列。岩浆热液对原先沉积的矿化层叠加改造形成复合矿化系列。由于岩浆的起源、性质和侵入围岩环境的不同而形成不同的岩浆热液矿化亚类型和成矿元素组合。

研究区不同的矿化系列间主要存在着下列关系，即主次关系、并存关系、继承关系、过渡关系等。所谓主次关系是指研究区内以岩浆矿化系列和复合矿化系列占绝对主导地位，而沉积矿化系列和风化淋滤矿化系列则居次要位置。所谓并存关系是指不同的矿化系列在同一构造单元或同一地质环境中不同矿化类型相互共存，如扬子前陆带北缘滁州-全椒褶冲带中岩浆矿化系列与复合矿化系列、沉积矿化系列和风化淋滤矿化系列并存；马厂黄栗树地区夕卡岩型 Cu(Au)矿与层控-岩浆热液叠加改造型 Au、Ag 矿并存。继承关系是指不同矿化系列间有继承和被继承的关系，如沉积矿化系列往往是复合矿化系列形成的基础，沉积矿化系列为复合矿化系列和风化淋滤矿化系列的形成提供成矿物质和成矿空间与成矿环境；反过来，岩浆矿化系列与复合矿化系列又为沉积矿化系列的形成提供了成矿物质，如马厂砂金矿是岩浆与复合矿化系列形成的金矿化体经风化、搬运再沉积而形成的；大凹铁帽型金矿是岩浆矿化系列与复合矿化系列所形成的矿(化)体经风化、淋滤而次生富集形成的。过渡关系是指不同矿化系列间存在相互过渡的关系，如沉积矿化系列与复合矿化系列间则存在明显的过渡关系，岩浆热液叠加改造强烈时则形成复合矿化系列，而改造微弱时则为沉积矿化系

列，同样岩浆矿化系列与复合矿化系列间也存在着过渡关系；当然即使在同一矿化系列中，不同的矿化亚系列间也存在着过渡关系，如在岩浆矿化系列中，随着距离岩体的远近形成不同的矿化亚系列，在岩体附近形成与中酸性岩浆有关的Cu、Au矿化亚系列，远离岩体则形成中低温热液型Pb、Zn矿化亚系列。

二、金矿类型

目前研究区内主要金矿类型有：含金石英脉型金矿、破碎带蚀变岩型金矿、层间破碎带热液型金矿、夕卡岩型铜金矿及砂金矿等。由于后二者为伴生矿及砂矿，描述从略。

岩浆热液型金矿是内生金矿系列的重要类型，根据成矿作用的特点提出本区主要矿床类型。

（一）含金石英脉型金矿

研究区内已知金矿床（点）绝大部分属于此类型，也是目前最有工业价值的原生金矿类型，如五河钱台子金矿、大巩山金矿、凤阳毛山金矿等。该类金矿床（点），金主要以自然金、银金矿形式产出，矿化不均匀，品位变化系数在80～150，自然金、银金矿一般呈树枝状、方片状及不规则片状，大多分布于黄铁矿及石英颗粒间及裂隙间。

（1）含金石英脉型金矿与闪长质脉岩（闪长玢岩、微晶闪长岩、石英闪长玢岩）及花岗质脉岩（花岗闪长斑岩、石英正长斑岩）等关系密切，矿体在空间分布上常与该类岩石相伴，有的直接以其作为围岩。

（2）含金石英脉型金矿体一般产于区域次级韧脆性剪切带或剪切破碎带中，呈脉状、透镜状充填于构造裂隙之中。矿体两侧发育有厚度不等的碎裂岩、糜棱岩或片理化带。

据统计，具有工业价值的含金石英脉大多产于南北向韧脆性剪切带中，但绝大多数并不是充填于糜棱面理（Sm）中。石英脉与Sm在平、剖面上都有一定交角（一般∠20°）赋存在相当于Riedel剪切裂隙系统中的R及P裂隙中。

（3）区内含金石英脉种类较多，按矿物组合可分为含金硫化物石英脉、含金重晶石石英脉、含金金红石石英脉、纯石英脉四类，其中最具工业价值的为第一种。

含金硫化物石英脉金矿硫化物具有多种矿物组合，反映了不同成矿阶段的产物。区内主要见有金-黄铁矿-石英组合、金-毒砂-黄铁矿-黄铜矿-石英组合、银（金）-方铅矿-黄铜矿-黄铁矿-石英组合、银（金）-方铅矿-石英组合等。

（4）该类型金矿的地球化学研究表明，成矿热液以深熔花岗岩岩浆期后热液为主，且有少量地下热雨水（中生代大气降水）的混合。这种混合不仅使成矿热液得到稀释，而且能促使热液地球化学性质的改变，有利于矿石矿物的沉淀。

（5）近矿围岩蚀变一般发育强度较弱，围岩蚀变的范围较窄，主要为绢云母化、硅化、绿泥石化、高岭土化及黄铁矿化。黄铁矿可呈自形粒状稀疏浸染，亦见有沿裂隙产出黄铁矿的微细脉体。

（二）破碎带蚀变岩型金矿

破碎带蚀变岩型金矿（化）产生于构造破碎带中，矿体由构造碎裂岩经含金热液交代蚀变，达到金的工业品位的蚀变岩石构成。该类型矿体中局部见有硅化脉或团块状石英。因此，在成矿作用上与充填成矿的含金石英脉型明显不同，交代蚀变成矿作用是本类型的重要特征。小庙山金矿为研究区内的典型代表，另外大巩山金矿3号矿体及黄郢金矿点也属于该类

型。根据邱瑞龙等(1997,1998)对小庙山金矿研究成果综述如下。

1. 基本地质特征

(1) 该类型金矿在空间分布上与构造破碎带密切相关,主要发育于应力最集中、断裂破碎最强烈的主断裂面附近。构造破碎带一般都有一定的宽度,可达2～6m,由主断面向外,大多呈单侧发育。随着构造破碎强度的减弱,交代蚀变强度相应减弱,矿化强度亦随之减弱,呈现了明显的分带。

(2) 矿体与闪长质脉岩密切相关,脉岩大多平行矿体展布。由于构造发展的继承性和脉动性以及脉岩的界面效应,主断面大多沿着脉岩的一侧发育或者呈微角度斜切,这些地段往往成为矿化富集地段。因此,闪长质脉岩不仅成为该类型金矿的找矿标志之一,而且当主断面沿着脉岩发育时,该地段可能成为矿化富集地段。

(3) 该类型金矿的形成与构造碎裂岩的蚀变作用类型和强度关系极为密切,强烈蚀变的黄铁绢英岩化蚀变岩金矿化明显,绢英岩化蚀变岩次之,红化硅化碎裂岩金矿化一般较弱。金矿体旁侧的蚀变岩石一般具有明显的蚀变分带。

(4) 破碎带蚀变岩型金矿矿石矿物组合较为简单,主要为金-黄铁矿组合,黄铁矿氧化为褐铁矿、针铁矿及少量硫盐。因此,地表矿体呈灰黑绿褐色。如果矿化体进一步氧化则出现主要为褐铁矿、赤铁矿、针铁矿等组成的铁帽。

(5) 该类金矿的地球化学类型属于金-铁型,成矿元素组合为 Au-Ag Cu-Fe。Cu-Pb Zn 多金属硫化物不发育,As、Sb、Bi 元素丰度较低。

(6) 该类型金矿可划分为三个矿化阶段,即微细粒黄铁矿阶段、金-黄铁矿-石英阶段、碳酸盐-石英阶段。

2. 矿石矿物组合

破碎带蚀变岩型金矿的矿石矿物组合较为简单,主要为立方体黄铁矿及五角十二面体黄铁矿。黄铁矿的粒度有两类,其一为中细粒,粒径为 0.5～1.0mm,其二为微细粒,粒径一般为 0.1～0.2mm。微细粒黄铁矿阶段,微细粒黄铁矿呈稀疏浸染状分布于蚀变岩石中,黄铁矿见有立方体及五角十二面体两种晶形,自形程度较好。该类黄铁矿大多已褐铁矿化及针铁矿化,但大多保留黄铁矿的假象。金-黄铁矿-石英阶段,金-黄铁矿出现于微细脉状石英中,石英细脉一般为 0.5～1mm,石英与黄铁矿充填于细脉中,黄铁矿大多为立方体,呈细-中粒,黄铁矿中见有包体状微粒金。碳酸盐-石英阶段发育于成矿的末期,细脉状碳酸盐和石英出现于矿化带及外蚀变带中,一般硫化物不发育,金银矿化亦不发育。该类型的矿石构造主要有浸染状构造、网脉状构造。前者为微细粒黄铁矿在蚀变岩中稀疏浸染分布;后者为黄铁矿-石英微细脉呈网脉状产出。矿石结构主要为交代填充结构、交代假像结构、碎裂结构等。

(三)破碎带热液金矿(卡林型金矿)

扬子前陆带北缘滁州-全椒褶冲带中,赋存于震旦系灯影组、寒武系杨柳岗组及娘娘山组中的两种金矿化类型:其一产于泥灰岩及粉砂质泥岩(含灰质)中,受褶皱层间破碎带及褶皱形态所控制,另一种受断裂破碎带所控制,产于碎裂状、角砾状白云岩中(热液蚀变型金矿)。产于泥灰岩中的金矿化其矿化围岩为青灰色泥灰岩,而矿体则为黄褐色泥灰岩。矿体与围岩之间界线清楚,一般呈舒缓波状,总体与褶皱片理带产状一致。围岩呈块状,裂隙不发育,而矿化体片理和劈理非常发育,说明其受褶皱层间破碎带控制。青灰色泥灰岩与黄褐色矿化泥灰岩之间无明显的界线,蚀变特征也基本相同,主要为细网脉状硅化和碳酸盐化,但

围岩蚀变较弱，而矿化蚀变较强。该类型金矿成矿热液主要为岩浆热液，近矿围岩蚀变较弱，围岩蚀变范围较窄，主要有绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、重晶石化等。

第二节　主要金矿床地质特征

研究区内已知金银矿床、矿(化)点较多，民间采矿坑(包括古采坑)星罗棋布，除已发现的几个小型金矿床及少数矿点外，其余工作程度较低。根据现有的金矿床(点)的有关资料，对区内主要金矿床地质特征进行综合。

一、毛山金矿床

(一)矿区地质概况

区内第四系广布，在矿区西北部毛山附近有零星基岩露头。经工程揭露，矿区内主要出露新太古代五河杂岩变质镁铁质岩系，岩石为变粒岩，夹有多层斜长角闪岩、角闪岩及浅粒岩。在—25 m中段坑道中见较多斜长角闪岩及角闪岩。变质镁铁质岩片麻理走向70°左右，倾向南东，倾角44°～72°。

矿区地处蚌埠隆起核部的东端转折部位，东邻郯-庐断裂带五河-红心铺断裂。矿区的控矿构造为南北向毛山韧脆性剪切破碎带。韧脆性剪切破碎带宽10 m以上，最大达50～60 m，倾向东，倾角10°～20°，延深已达800 m，带内剪切劈理发育。控矿断裂具多次活动特点，早期为韧脆性变形，后期达加脆性断裂活动。含金石英脉充填的断裂，一般经过压剪性(平面上兼右旋)→张剪性(平面上兼有左旋)→压剪性等几个发展阶段。含金石英脉充填于剪切破碎带内的张剪性裂隙中，与剪切劈理呈平面上平均交角25°，剖面上平均交角为11°。

矿区内未见到较大侵入岩体，在钻孔及坑道中见到多条脉岩(二长斑岩、闪长玢岩、煌斑岩、二长岩等)，宽数米至十多米，其生成时代有早有晚，部分脉岩与金矿关系密切。毛山金矿区物探异常特征表现为布格重力高峰值异常，靠近峰值圈边部异常形态呈拐弯、同象弯曲特征，剩余重力异常、重力垂向二次导数均呈峰值异常特征，其航磁反映为较高磁场向低缓紊乱磁场的过渡；航电HR、HI、LI呈高磁响应，反映低阻特征，在矿区北部HR、HI、LI呈低电磁响应，反映高阻特征。

(二)矿床地质特征

含金硫化物石英脉型矿体主要由石英脉及黄铁绢英岩化岩石构成。

该矿床共圈出九个金矿体，金矿体沿走向、倾向均呈舒缓波状弯曲，在剖面上呈雁列式近幕状排列(图6-1)。矿体中以二号矿体规模较大，占总储量90%左右，该矿体为一舒缓波状脉体，走向近南北，倾向东，倾角10°～18°，矿体上部倾角较缓，向深部变陡，并略向南东侧伏。矿体长305m，延伸长150 m，矿体尖灭处呈锯齿状，矿体厚0.72～5.10 m，平均厚度2.10 m，赋存标高5～64 m，厚度变化系数37.1，属均匀类型。金矿体主要赋存于黄铁矿矿体中，黄铁矿体规模稍大。

1.矿石类型及矿物组合

矿石类型以石英-硫化物型为主，其次为石英-氧化物型。石英氧化物型仅分布于一、二、八号矿体中，仅占金矿总储量的6%。氧化带界面推测标高为1～5 m。矿石以黄铁矿、石英为主，矿物成分见表6-1。

自然金：在光片中，自然金呈细小片状，粒度为 0.01～0.05 mm，个别在细粒石英中呈嵌晶，大部与黄铁矿共生。在人工重砂中所见自然金呈淡黄-金黄色，以树枝状为主，次为粒状、片状。其中，细粒金占 58.85%，中粒粒占 31.88%，微细金占 9.27%。

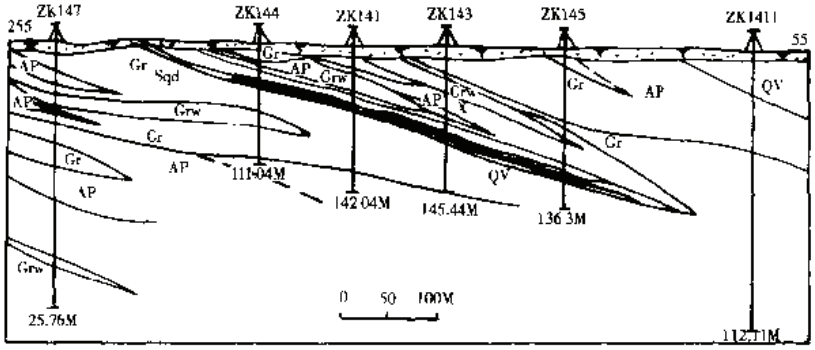


图 6-1 凤阳毛山金矿 11 线地质剖面图

Q—第四系；CS—砂砾岩；Grw—浅粒岩；Gr—变粒岩；AP—斜长角闪岩；Sqd—绢英岩；QV—石英脉；③—金矿体及编号；X—脉岩；

表 6-1 毛山金矿矿石物质组成

类别	金属矿物	脉石矿物
贵金属矿物	自然金	
金属矿物	主：黄铁矿 次：黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿、白钨矿、磁铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿、金红石	主：石英 次：绢云母、重晶石、碳酸盐
表生矿物	主：褐铁矿；次：孔雀石	
原岩残留矿物	金红石	长石，白云母，黑云母
Au Ag	5.53	
成色	870	

黄铁矿：半自形-自形粒状，粒径一般为 1～4mm，也有细粒状，粒径仅 0.1mm，具碎裂结构，常呈集合体、团块状或脉状产于石英脉中，与其相间呈条带状，含量 5%～60%不等，矿石含硫平均品位为 17.41%(8.30%～13.58%)。

黄铜矿：它形粒状，粒度 0.01～0.3mm 不等，与黄铁矿密切共生，有的沿黄铁矿裂隙充填，含量小于 1%。

2. 矿石结构、构造

① 矿石结构：自形-半自形粒状结构、它形粒状结构、压碎结构等，如方铅矿尚有揉皱结构，褐铁矿多具假像结构、环带结构等。

② 原生矿石构造：块状、团块状、条带状构造，尚见有浸染状、斑点状、网脉状、角砾状构造等。氧化矿石构造有胶状构造、蜂窝状构造等。

3. 矿石化学成分

矿床金品位为 2×10^{-6}～27.76×10^{-6}，最高含量为 60.54×10^{-6}，矿床平均品位 6.03×10^{-6}、金品位变化系数 77.3，属变化较均匀型。

地表石英脉金平均品位 7.01×10^{-6}，地下二号矿体金品位为 5.54×10^{-6}～11.56×10^{-6}，矿体平均品位 6.69×10^{-6}。其余矿体金品位变化较大，变化范围为

5.18×10^{-6}～60.54×10^{-3}。

矿床中银含量较低，品位为 1.2×10^{-3}～18.60×10^{-6}，最高含量为 61.2×10^{-6}，矿床平均含银为 4.18×10^{-6}。其它组分：Cu0.01%～0.06%，Pb0.05%～0.20%，Zn0.001%～0.03%，As 含量甚微。

二、大坝山金矿床

（一）矿区地质概况

大坝山金矿床地处郯-庐断裂带内，东邻朱顶-石门山断裂。矿区主要出露新太古界五河杂岩变质镁铁质岩系及变质表壳岩。以黑云斜长片麻岩、含黑云斜长片麻岩、斜长片麻岩为主，其次为黑云角闪斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩及混合岩化斜长片麻岩等，它们往往互层出现。总体看，白石山-崎山地段，黑云角闪斜长片麻岩及角闪斜长片麻岩分布比该段南北两侧居多。矿区东侧为白垩系下统新庄组，分布于朱顶-石门山断裂东侧，为一套陆相杂色砂砾岩。矿区花岗斑岩、花岗闪长斑岩等中酸性脉岩发育，南部为女山钾长花岗岩

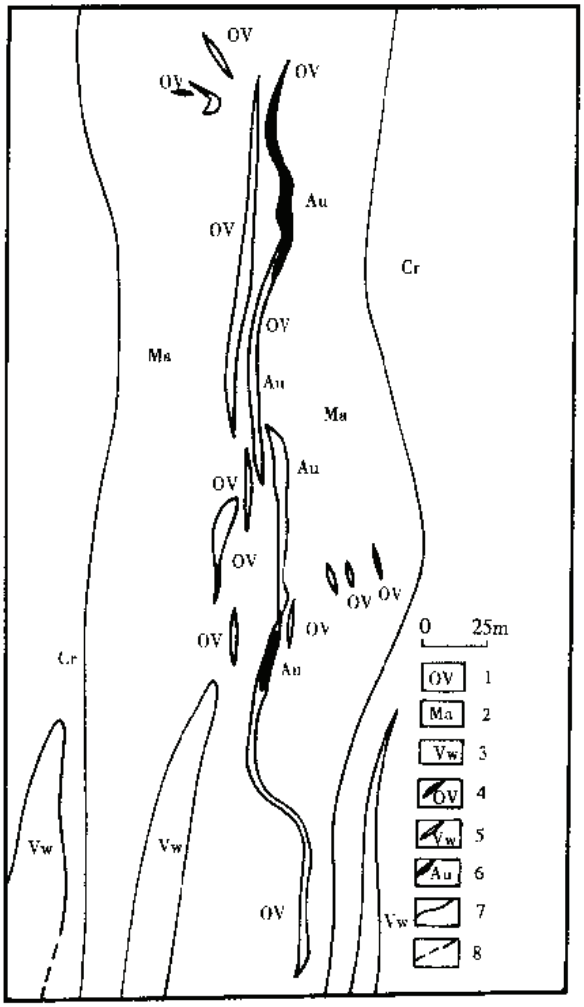


图 6-2 大坝山二号矿体示意图

1 变粒岩；2 绢云石英片岩；3—花岗闪长斑岩；4—石英脉；5 含金石英脉及编号；6 金矿体及编号；7—地质界线；8—推测岩体边界

大坝山金矿的控矿断裂为南北向韧脆性剪切破碎带，含金石英脉产于南北向脆性断裂及次级断裂中。

（二）矿床地质特征

1. 矿床类型

大坝山金矿床以含金石英脉型金矿为特征。区内含金在 1×10^{-6} 以上的含金石英脉共有 26 条，其形态、产状及分布空间主要受控矿断裂控制。一般多呈复脉群出现，常具膨胀、收缩、尖灭再现等特征。其次见有破碎带蚀变岩型金矿体。

二号复脉带为代表的含金石英脉群，受南北向剪切破碎带控制（图 6-2），围岩绢英石英片岩片理近南北向。含金石英脉平行成群出现，呈微角度斜交切割围岩片理，脉体多呈透镜状、脉石碎裂，劈理发育，沿裂隙多充填有金属硫化物。以 24 号复脉带为代表的复脉群，受韧脆性剪切破碎带控制，呈边幕式排列的透镜状复脉，脉石常破裂，劈理发育，沿裂隙充填有含金硫化物，矿化强度与裂隙发育程度呈正相关。矿体与围岩界线清楚，含金品位极不均匀。

破碎带蚀变岩型金矿以215号金矿体为代表，矿体受北东至北北东向构造破碎带控制，产于蚀变岩带内，产状与蚀变岩带一致。矿带长约300m，厚1～9m，矿体与围岩无明显界线，以化学分析样品圈定边界。这是一种交代作用为主金矿化较均匀的破碎带蚀变岩型金矿体。

2.矿体地质特征

(1)矿体形态、产状、规模

大巩山金矿经地表及钻探施工后，共圈出金矿体24个，其规模大小不一，一般长在12～50m左右，厚度0.5～1.61m，两个主要矿体长度≥100m。4号金矿体(24-4)赋存于24号复脉带的膨大部位，为一缓倾斜脉状矿体。矿体走向北东30°，倾向西，倾角13°，在走向与倾向上均呈波状弯曲起伏。矿体长123m，延伸135m，厚度0.27～1.37m，平均厚度1m左右，矿体赋存标高—27.1～17.5m(图6-3)，含金平均品位4.46×10^{-6}。

215号金矿体(215-3)：赋存于215号构造破碎带中的近顶板部位，为隐伏矿体。矿体呈板状产出，走向北东15°，倾向南东，倾角50°左右，略向北倾伏，走向及倾向上均呈舒缓波状，与构造破碎带产状一致。矿体长250m，延深150m，平均厚度2.27m，矿体含金平均品位为3.17×10^{-6}(图6-4)。

(2)矿石类型及矿物组合特征

根据矿物组合及其含量差别，划分为三种矿石类型：硫化物型、矿化蚀变岩型及氧化带型(表6-2)。

表6-2 大巩山金矿矿石类型及矿物分类

矿石类型	贵金属矿物	金属矿物	脉石矿物	表生矿物	产出部位
硫化物型	自然金、银金矿、自碲铋金矿	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿、白铁矿、赤铁矿、金红石	绢云母、石英、金云母、方解石、铁白云石、重晶石、绿泥石、长石	褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿、斑铜矿、赤铜矿、自然铜	石英脉上、下盘或脉体膨大部位
蚀变岩型	自然金	黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、金红石	石英、方解石、长石、角闪石、黑云母	褐铁矿、绢云母	蚀变围岩及糜棱岩带
氧化带型	自然金	黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、白铅矿	石英、铁白云石、长石、黑云母	褐铁矿、白铅矿、绢云母、绿泥石	氧化带

①自然金：金的赋存状态以自然金为主，少量呈银金矿产出。自然金主要以包体金和裂隙金两种形式产出，前者形成较早，以微细包体产于黄铁矿、黄铜矿、石英中，它们代表自然金的两个世代，另外有少量呈晶隙金产出。自然金，金黄色，呈它形粒状、叶片状、针状等形态，野外肉眼可见短状自然金，但大部分金粒在镜下才能看到。自然金粒度多在0.04～0.2mm之间，自然金除与石英连生外，还与黄铁矿、黄铜矿连生；在氧化矿石中，多与褐铁矿、铜兰、孔雀石连生。

②黄铁矿：矿石中的主要金属矿物，分布不均匀，含量约3%～5%，亮黄色，金属光泽，自形粒状及半自形粒状，其立方体晶形及五角十二面体晶形，粒径大小不等。在地表则风化为褐铁矿，黄铁矿与自然金的关系较为密切。黄铁矿可以分四个世代：第一世代多呈半自形-自形立方体，数量少；第二世代以半自形它形粒状为主，晶形以五角十二面体为主，碎裂现象普遍，以块状、脉状或以胶结物形式分布于第一世代石英之中；第三世代以五角十二面体为主，呈细粒自形晶，少数半自形，呈细脉状、浸染状分布于早期黄铁矿裂隙及边缘；第四世代细粒自形晶，呈细脉状与碳酸盐共生。涂朗玖(1989)9个黄铁矿单矿物化学分析，Fe，44.78%～45.94%，平均45.38%；S，50.91%～52.1%，平均51.93%，与黄铁矿理论值

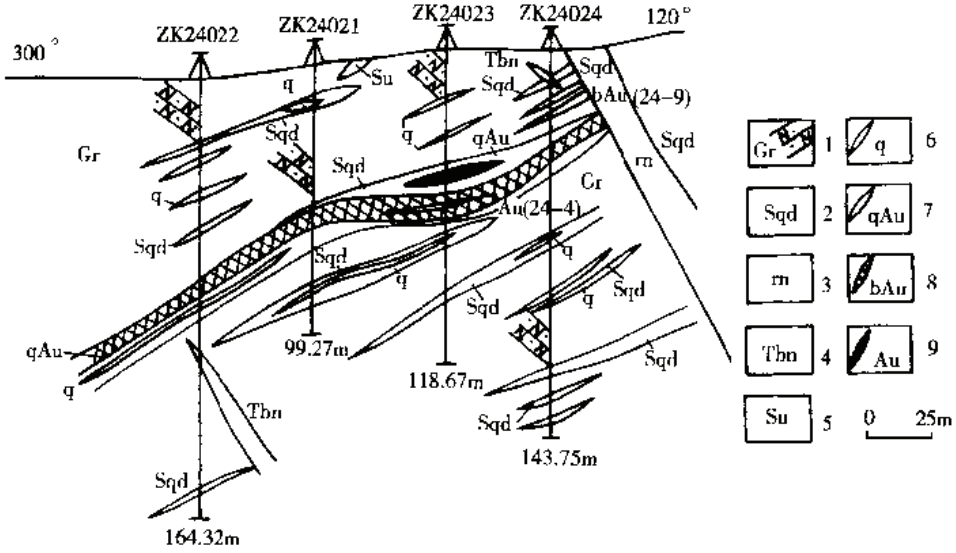


图 6-3 大坝山金矿 2102 线地质剖面图

1—变粒岩；2—绢云石英片岩；3—花岗斑岩；4—花岗闪长斑岩；5—闪长玢岩；6—石英脉；7—含金石英脉；8—表外金矿体；9—金矿体

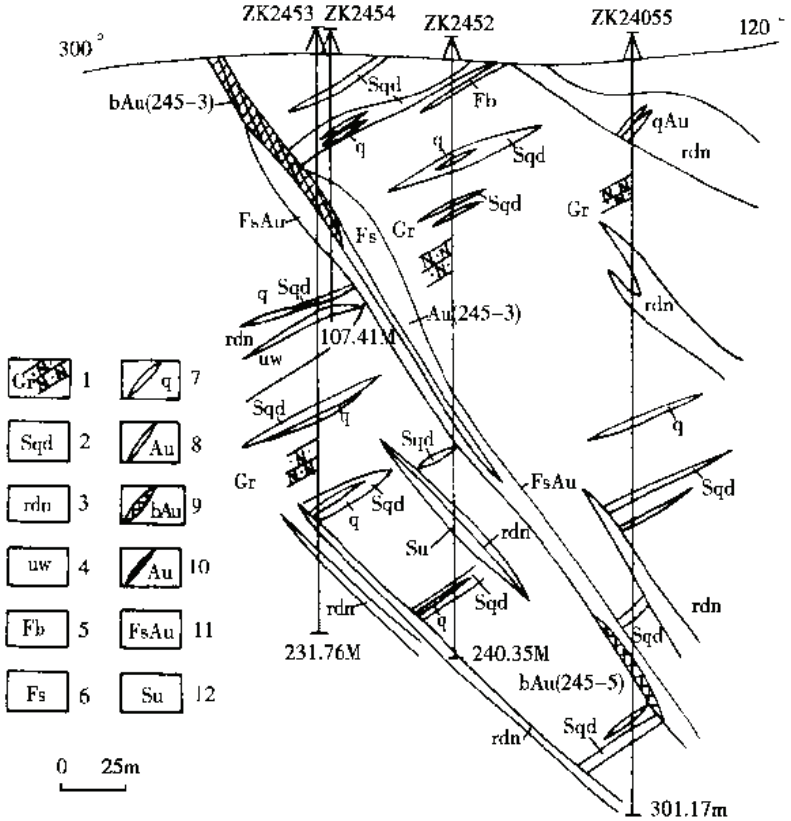


图 6-1 大坝山金矿 2105 线地质剖面图

1—变粒岩；2—绢云石英片岩；3—花岗闪长斑岩；4—蛇纹岩；5—构造角砾岩；6—构造蚀变带；7—石英脉；8—含金石英脉；9—表外金矿体；10—闪长玢岩；11—断裂金矿体；12—闪长玢岩脉

(Fe,46.55%,S,53.45%)比较,Fe、S均亏损,与焦家、小秦岭等金矿相似,其形成可能与岩浆期后热液有关。

③黄铜矿:铜黄色,常见兰、绿等锖色,呈它形粒状,分布于石英、黄铁矿晶间及裂隙中,其形态及粒度大小受晶隙、裂隙、裂纹等所制约。光片中可见黄铜矿粒径0.01～0.2mm,个别达1mm,黄铜矿常与自然金连生,据电子探针分析(表6-3),含金达0.14%～1.03%,与金矿化关系密切,亦为载金矿物之一。

表6-3 黄铜矿电子探针分析结果

序号	样号	Au	Ag	Fe	Cu	As	Co	Ni	Bi	Pb	Zn	S	Σ
1	B6-1	1.03	0.37	29.85	33.86	0.13	0.08	0.15	—	0.37	0.30	32.98	99.00
2	WG8	0.24	0.01	30.05	34.34	0.56	—	—		0.05	0.05	31.24	99.93
3	WG1-1	0.14	0	31.37	33.55	0.01	—	—	0.24	0.10	0.06	33.80	99.10

注:据来源:秦宏建等,1999.

4.石英:矿石中主要脉石矿物,是构成含金石英脉及金矿石的主体矿物,一般为白色、乳白色、灰白色,少数为灰黑色,呈块状及脉状产出。石英也可划分四个世代:第一世代呈中粗粒、乳白色、浑浊状、波状消光、变形纹、变形带、碎裂现象普遍;第二世代为细粒状、隐晶质状、浅灰色-烟灰色、波状消光,呈细脉、网脉状充填于前期石英脉中;第三世代为细粒、柱状,构造变形不明显,产于早期石英及硫化物中;第四世代为细-微脉状、无色透明,呈细脉状与重晶石、碳酸盐共生。

(3)矿石结构、构造

矿石中最常见的结构是半自形晶粒状结构和它形晶粒状结构,多由黄铁矿、黄铜矿组成,矿石受应力作用后常出现碎裂结构、压碎结构,自形晶粒状结构、包含结构、假像结构、骸晶结构等时或出现

矿石原生构造见有块状构造,由黄铁矿晶粒紧密嵌合而成;条带状构造系由黄铁矿在石英脉中呈条带状分布,其它还有粒状黄铁矿、黄铜矿等构成浸染状和网脉状构造;黄铁矿等受应力作用,破碎成角砾状构造;矿石在氧化带尚有蜂窝状和胶状构造。

(1)矿石化学成分

据已有资料,石英脉型矿体,含金1.09×10^{-7}～76.36×10^{-6},平均品位6.74×10^{-6};破碎带蚀变岩型矿体,含金1.38×10^{-6}～9.48×10^{-5},平均品位3.48×10^{-6}。银含量一般为1.3×10^{-6}～31.8×10^{-6},最高含量为267×10^{-6},平均银含量12.27×10^{-6}。

三、柴渡金矿床

柴渡金矿位于五河县城北北东方向,紧邻淮河北岸。

(一)矿区地质概况

矿区位于华北陆块南缘蚌埠隆起区东端,夹持于五河-红心铺和朱顶-石门山断裂之间,地处淮河北岸的平原区。第四系和上第三系厚约80m。

据钻孔揭露,主要岩石组合为斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、石榴石黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩,其次为辉石角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩及混合岩化

黑云斜长片麻岩和混合岩化斜长片麻岩。通过钻孔资料的综合分析，基本层序见图 6-5。矿区内未见到规模较大的岩浆岩体，仅见斜长角闪岩、辉石角闪岩以及闪长玢岩、花岗斑岩等岩脉。

第一期断裂NNE向和近SN向，与郯庐断裂近于平行，倾向东，倾角50°～60°，具逆冲性质，相当于韧脆性剪切带，推断其初始生成期为印支-燕山早期。

第二期断裂主要表现为脆性断裂，构造产物主要为碎裂岩，伴随着断裂活动，有含金多金属硫化物热水溶液活动。此外，本期还发育有NW、NWW向断层。

第三期断裂以NE、NNE向为主，倾向NW，倾角较陡。这一期断裂产物为未胶结或胶结不牢的碎裂岩，局部为煌斑岩充填。该期断裂在激电测量中反应明显，生成期在燕山末期至喜山早期，为成矿后断裂。

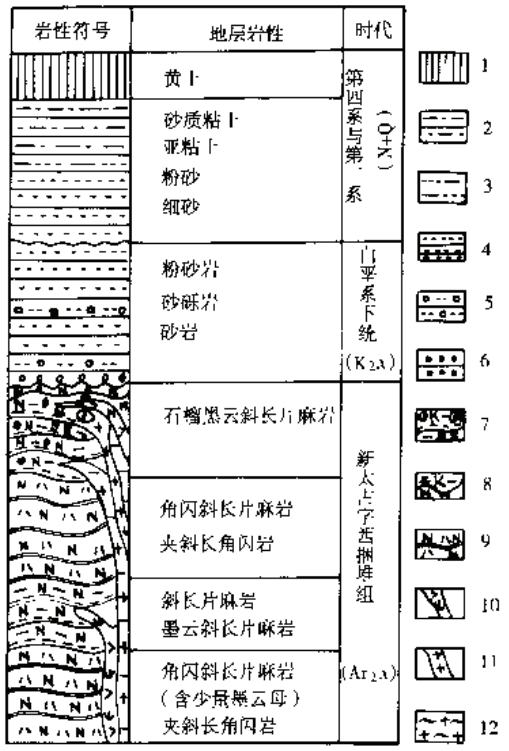


图 6-5 大巩山-荣渡地区地层综合性状示意图

1—第四系；2、3、4—第四系与第三系砂质粘土、亚粘土、粉砂、细砂；5、6—白垩系下统砂、砾岩；7—石榴石黑云斜长片麻岩；8—黑云斜长片麻岩；9—角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩；10—基性—超基性岩脉；11—花岗斑岩；12—花岗岩

（二）地球物理场特征

区域内磁、电异常发育，航磁、地磁异常呈条带状分布，走向NE30°左右，长一般3～5km，宽0.5～1km。异常空间分布和走向主要受两侧朱顶-石门山和五河-红心铺断裂控制。一般认为区域上磁异常反映基底隆起和超镁铁质岩、镁铁质岩的分布；低（负）磁异常反映基底断陷和断裂破碎带。

激电异常在淮河南北两侧呈走向NE30°左右的长带状和椭圆状分布，在淮河北岸异常走向与磁异常相近，且位于磁异常端部、转折、断开等部位；淮河南岸因磁异常偏转，激电异常与之有30°左右的斜交关系，异常η_s最高峰值2.0%～2.3%，初步认为区内激电异常为金属硫化物富集而引起。区域重力场呈现两低一高，中间为凤阳-双沟重力高带，反映了基底隆起，其东侧津里重力低，和西侧一弧形重力低，反映了中、新生代凹陷。矿区位于正负梯度带上。已知矿床位于磁异常梯度带和拐弯处，高激电背景（η_s>1.6%）内。在Ⅰ、Ⅱ号激电异常中心外侧的梯度带上，矿化走向与激电异常轴有10°～20°夹角，电测深断面图反映矿体位于高阻部位，两相邻矿体之间呈现低阻破碎带特征。

（三）矿体地质特征

1. 矿体形态

荣渡金矿床由东、西两个矿带组成，含矿韧脆性剪切带走向近南北（NE0°～10°），延长>600m，倾向南东，倾角60°左右，延深>250m，两矿带间距250～270m。每个矿带都由一条规模较大的主干含矿韧脆性断裂，以及1～2条近平行的次级含矿脆性断裂组成（图6-6、图

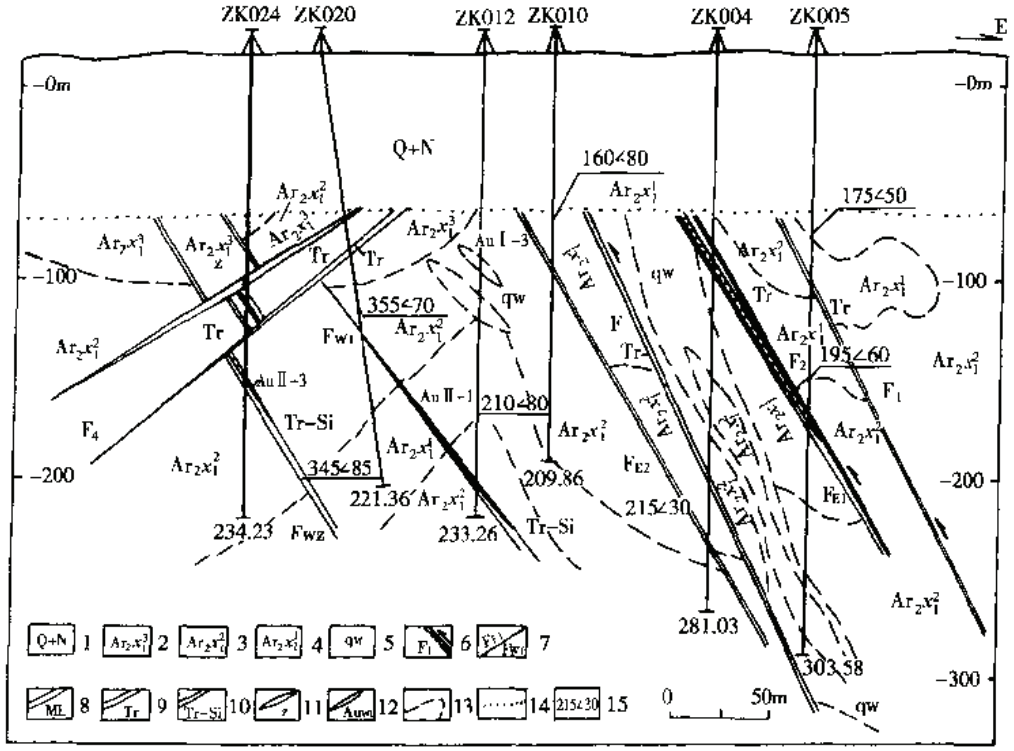


图 6-6 荣渡矿区 0 线综合地质剖面

1—第四系和第 系；2 西圳堆组下段第 岩性段；3—西圳堆组下段第 岩性段；4—西圳堆组下段第 岩性段；5—蚀变性岩；6—断层及编号；7—东、西脆性断层及编号；8 —破碎带；9—碎粒岩及碎裂岩；10 硅化碎裂岩；11 煌斑岩；12 金矿体及编号；13 地质界线；14— 岩岩面界线；15 产状

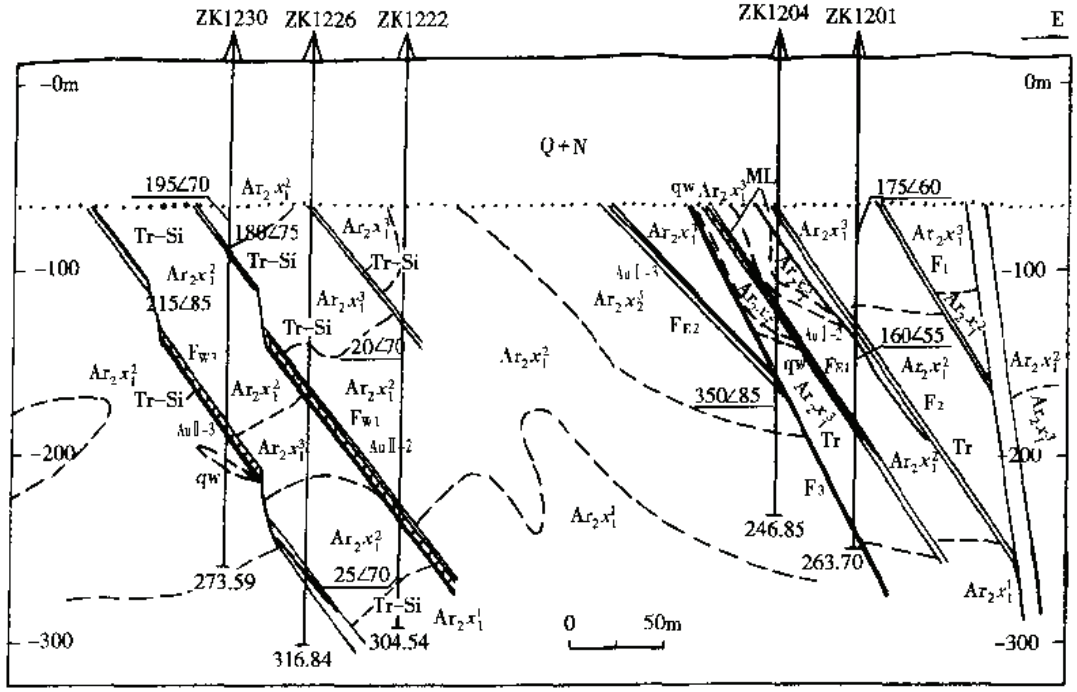


图 6-7 荣渡矿区 12 线综合地质剖面(图例同图 6 6)

6-7)。矿体在主干含矿断裂内有尖灭再现的现象，Ⅰ、Ⅱ号矿带在矿区中部的8线附近尖灭，成为含少量硫化物石英细脉破碎带。从东到西，分别命名为Ⅰ号及Ⅱ号矿带。Ⅰ号矿带有3个矿体，赋存于主干容矿断裂北部的为Ⅰ-1矿体，南部的为Ⅰ-2矿体；次级含矿断裂中有Ⅰ-3矿体，Ⅰ-3矿体的容矿断裂与主干容矿断裂夹角约10°。Ⅱ号矿带中也有三个矿体，赋存于主干容矿断裂北部的为Ⅱ-1矿体，其南部为Ⅱ-2矿体；次级容矿断裂中的为Ⅱ-3矿体，部分单孔见矿的零星矿体未予编号、统计。单个矿体走向近南北，与容矿韧-脆性断裂在平面上交角约5°～8°左右，呈右行边幕状排列。倾向南东，倾角50°～67°；延深100～250m，赋存标高在－60～－270m。

2.矿石类型和矿物组合

本矿床矿石的自然类型属含金多金属硫化物石英脉型。矿石矿物以黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金、银金矿为主；脉石矿物以石英为主，属金-硫化物-石英矿石建造。荣渡矿区含金多金属硫化物石英脉金属矿物和脉石矿物如表6-4。

黄铁矿是分布最广的金属矿物，按其形态、粒度、生成的早晚和伴生的矿物不同可分以下三类：①早期它形中-细粒黄铁矿（第一世代），常与第二世代石英相伴生；②细粒半自形-它形黄铁矿（第二世代），与方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等金属硫化物相伴生，交代充填在早期黄铁矿、石英的裂隙、颗粒间隙中，含量较少；③细粒半自形-自形晶黄铁矿（第三世代），常与碳酸盐类矿物相伴生。

表6-4　荣渡金矿床矿物组成种类表

矿石矿物	非金属矿物		金属矿物
	贱金属矿物	贵金属矿物	
主要	黄铁矿、方铅矿	自然金、银金矿	石英
次要	黄铜矿、闪锌矿、斑铜矿、辉铜矿、白铁矿、毒砂、磁铁矿		碳酸盐、绢云母

3.矿石结构构造

矿石结构主要为它形晶粒状结构、压碎结构、交代结构，其次还可见包含结构、乳浊状结构、自形晶-半自形晶结构、胶状结构。

矿石构造主要有致密块状构造、浸染状、脉状构造、网脉状构造，局部见角砾状构造。

4.矿化富集特征

矿体的含金品位与矿体的厚度关系表现在同一矿体上，中部和中偏上部富集，顶部底部矿化强度变弱，金品位降低；沿走向矿体中部为矿化富集区，对应金品位的高值区，矿体尖灭处变贫。含金品位与成矿温度有一定的正相关性，金品位的高值区对应于成矿温度的高值区，随着成矿温度的下降，金品位也相应减小。沿矿体的走向，矿化富集部位，金的成色相对较高；矿体尖灭部位，随着矿化强度的减弱，金的成色有降低的趋势。

5.金赋存状态及嵌布形式

金主要以自然金和银金矿等独立的金矿物形式赋存于载金矿物中。自然金和银金矿多呈浑圆状、它形粒状、片状及不规则的树枝状，粒径在零点几至百余μm之间。金矿物的嵌布形式以裂隙金为主，镜下见其金细脉状或粒状分布在黄铁矿及脉石英的裂隙中，或与方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等硫化矿物呈连生体，一起交代充填在早期黄铁矿和脉石英裂隙中。另一种重要的赋存形式为包体金，金矿物粒度在显微金-次显微金级之间，形状为浑圆状或不规

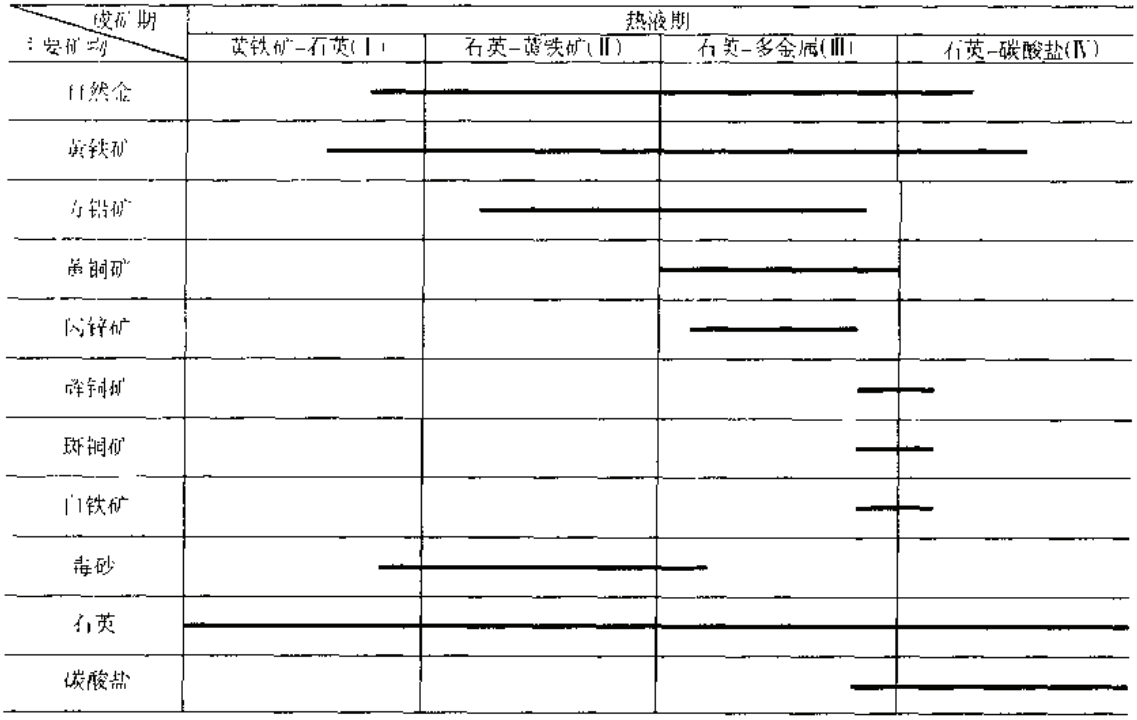
则状、星浸染状或包体状嵌布在黄铁矿及其他硫化物中，或在脉石英中。粒间金也是本矿床嵌布形式之一，金矿物与金属硫化物连生，分布在其它金属硫化物及脉石英的粒间。在本矿床中还发现以超显微金或类质同象的形式存在于金属硫化物中的金元素。

矿床中自然金的成色变化范围817.24～932.72，平均为868.69(8个自然金颗粒)；银金矿的成色变化范围713.31～787.13，平均为742.85(5个银金矿颗粒)。主要伴生有益组分为银，赋存在自然金或银金矿中，Ag平均含量17.84%、Pb品位0.4%～39.57%、Cu品位0.03%～1.75%、Zn品位0.09%～0.41%。

6.成矿阶段

荣波金矿床金的成矿作用可划分为四个成矿阶段(表6-5)。

表6-5　荣波金矿床成矿阶段及主要矿物生成顺序



①黄铁矿-石英阶段(Ⅰ)：形成第一世代的石英，中-粗粒状、半自形-它形晶，集合体呈灰白色块状，含较多的气液包裹体。该阶段黄铁矿少量、金矿化极微弱。②石英-黄铁矿阶段(Ⅱ)：第一世代的细粒它形晶黄铁矿大量出现，呈脉状及团块状集合体充填交代第一世代石英裂隙中，第二世代细粒它形晶的石英形成。该阶段为本矿床金主要成矿阶段之一。③石英-多金属硫化物阶段(Ⅲ)：形成较多的方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、辉铜矿等金属硫化矿物和第二世代石英，以细脉、网脉及团块状交代早期石英、黄铁矿。该阶段为本矿床最重要的金成矿阶段。④石英-碳酸盐阶段(Ⅳ)：碳酸盐矿物及玉髓状石英的大量生成，以脉状或网脉状分布于早期金矿脉裂隙中或石英脉壁、金矿化微弱。

四、小庙山金矿床

小庙山金矿位于定远县池河镇东北小庙山—大孤山一带，地处张八岭构造带北部，西邻郯-庐断裂带，东邻管店-龙王尖断裂。区内出露的地层为西冷岩组的变石英角斑岩，少量北将军组变粉砂岩夹碳质千枚岩等。区内近南北向断裂构造特别发育，其次为北西向断裂。岩浆活动强烈，见有管店花岗岩体，金矿体位于岩体外接触带附近。管店—小庙山一带闪长质脉岩特别发育，多充填于近南北向和北西向剪切断裂带中。

小庙山金矿地球物理场特征：①位于郯-庐断裂带所反映的重力梯度带上；②位于管店岩体磁异常梯度带上；③局部磁异常呈北东向展布，幅值为150～200nT；④电阻率法联合剖面曲线呈低阻止交点；⑤电阻率法测深ρs断面等值线呈同步扭曲，反映低阻破碎带。安徽省地矿局物化探院1∶50000化探测量(1997)显示，矿区内Au、Cu、Pb、Ag、As、Bi元素的平均含量大于克拉克值，花岗岩体接触带及剪切破碎带控制了异常展布，异常元素组合主要有Au、Ag、Cu；As、Sb也有一定的相关性。Au的峰值可达360×10^{-9}，Ag、Cu、Bi异常与Au异常重叠较好。

金矿体位于管店花岗岩体外接触带西冷岩组变石英角斑岩中的近南北向构造破碎带中，含金构造破碎带总体走向北北东5°～20°，沿走向及倾向均为舒缓波状，倾角较大，一般为75°～85°，总体倾向南东，地表倾向西。矿体的产状与构造破碎带的产状基本一致，平面上呈断续扁豆状分布，剖面上呈舒缓波状。总体上呈上窄下宽之趋势，地表大多为线状矿化蚀变带，采深5～9m，矿体厚度可达1.5m。含矿构造破碎带由压性和张性断裂复合控制，蚀变带主要受早期构造挤压破碎带控制，叠加黄铁矿化受晚期剪切断裂制约。

矿石类型主要有蚀变角砾岩型、蚀变闪长玢岩型、蚀变变石英角斑岩型及硫化物网脉型等。矿石中矿物比较简单，主要为两期黄铁矿，早期黄铁矿呈微细粒浸染状，晚期中细粒黄铁矿大多呈细脉状、网脉状产出。主要蚀变类型有：黄铁矿化、绢云母化、硅化、高岭石化、赤铁矿化、褐铁矿化等。蚀变岩石以矿脉为中心，呈单侧分布，由内向外蚀变带依次为黄铁绢英岩带-绢英岩化蚀变岩带-红化硅化破碎带。闪长玢岩脉阻隔的一侧，蚀变带不发育。浅表揭露的矿体大多为氧化带矿体，矿石主要由地表水氧化淋滤形成的水绿矾、铜矾等硫酸盐组成。浅表矿石的金含量变化较大(1.60×10^{-6}～41.46×10^{-6})，硫酸盐富集程度与金含量成正比。钻孔中深部矿石为黄铁矿浸染矿石，金含量可达18×10^{-6}，金的赋存状态主要有两种形式，其一为自然金，其二呈显微金赋存于黄铁矿中。

综上所述，小庙山金矿受构造破碎带控制，矿体具有一定规模，地表以下矿脉的品位及厚度有逐渐增大的趋势。闪长质脉岩不仅在成因上与金矿化有密切关系，而且上断面及矿化富集地段均位于闪长质脉岩的旁侧。因此，闪长质脉岩既是重要的控矿因素，又是明显的找矿标志。

邱瑞龙等(1997)成矿环境研究表明：本矿床属中浅成，成矿深度约3km，成矿时代略晚于闪长质脉岩形成，约为120Ma左右。成矿温度变化较大，一般介于400～235℃，成矿热液酸碱度为弱碱性，成矿盐度可达10.0%～11.0%，成矿热液的介质密度0.6～0.7g/cm³。总之，反映了该矿床成矿热液含有较多的挥发组分，成矿压力相应较高，物质来源深度较大，成矿物质较富集。

五、大庙山金矿床

（一）矿区地质概况

大庙山金矿位于全椒-滁州前陆褶冲带的北东段，西邻黄-破断裂带，地处黄 破断裂与管店 龙王尖断裂的交汇处。区内出露岩层有震旦系、寒武系的变粉砂岩、千枚岩、灰质白云岩、微晶灰岩夹钙泥质粉砂岩、页岩，以及黑色厚层或薄层硅质岩等。地层走向30°左右，倾向北西，倾角60°～80°。矿区南部有马厂石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩侵入体。大庙山-牛山线见有隐爆角砾岩，并见若干条闪长玢岩脉。

矿区位于马厂 黄栗树 珠龙重力高值带的中部和黄-破断裂带所反映的重力梯度带的边部。马厂航磁异常系侵入岩体引起，该侵入体向北有延伸，矿区内有隐伏岩体存在。区内化探异常明显，马厂 黄栗树 一带有 一条呈北北东向展布的Au、As、Hg、Sb等组合元素异常，大庙山金矿床即位于该化探异常的中部。

（二）矿床地质特征

大庙山金矿产于灯影组中段地层中，矿体赋存于两条北北东向构造破碎带中，共圈出11个矿体。矿体走向与破碎带走向大体 一致（北北东20°～10°），倾向西，倾角 一般在50°～60°之间。矿体呈似层状、透镜状或脉状，矿体长可达272m，一般为100～152m，赋存于剪切破碎带中的Ⅰ、Ⅱ号矿体（图6-8），金储量占该矿床储量的81.35%。

Ⅰ号矿体：赋存于Z_2dn^{1-3}上部，位于Ⅱ号矿体之下的 一个隐伏矿体，走向NNE30°，倾向NW，倾角55°。矿体长76m，平面上及剖面上呈透镜状产出，矿体厚1.12～1.57m，品位1.03×10^{-6}～1.49×10^{-6}，厚度、品位变化系数分别为68%和11%，厚度变化属较稳定-不稳定，品位变化为稳定型。

Ⅱ号矿体：位于Ⅰ号矿体上部，为本矿床主矿体，矿体长273m，向南西侧伏，呈似层状产出，矿体走向NNE26°，倾向北西，倾角53°～61°。见矿厚度1.10～8.20m，品位4.11×10^{-6}，品位、厚度变化系数分别为53%和75%，属较稳定 不稳定型。主要矿石矿物列于表6-6。

表6-6 大庙山金矿床主要矿石矿物成份表

矿物分类		主要矿物	次要矿物	微量矿物
金属矿物	含矿物	自然金		银金矿
	硫化物	黄铁矿	针铁矿	闪锌矿
	氧化物	褐铁矿		磁铁矿
脉石矿物		方解石、白云石、石英、绢云母	高岭石、伊利石、玉髓	重晶石、水镁石、长石、石榴石、角闪石、绿帘石、绢石

矿石结构：①半自形-它形粒状结构；②碎裂 压碎结构；③胶状结构；④交代假象结构；⑤交代残余结构。

矿石构造：①角砾状-碎裂状构造；②细脉浸染状构造；③片理化构造；④土状-蜂窝状构造或块状构造。

（三）矿石主要类型

1. 含金构造角砾岩型

灰白-浅褐红色，部分为褐黄色，角砾-碎裂构造。角砾成分较单 一，由白云质灰岩和泥灰岩等构成，多被硅化石英细脉及碳酸盐脉充填胶结。伴有浸染状-细脉浸染状黄铁矿化、水云

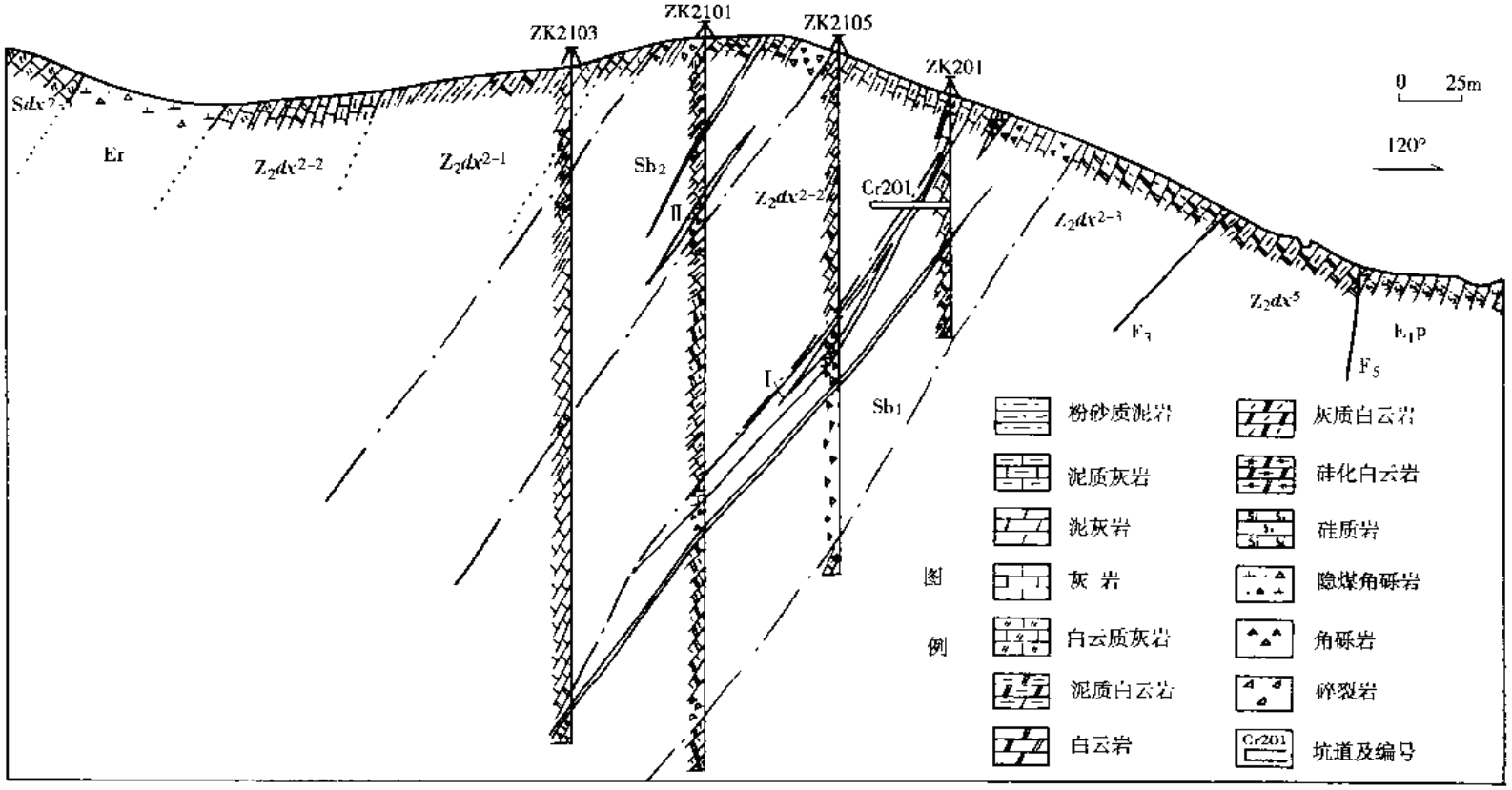


图 6-8 大庙山金矿床地质剖面图

母化和重晶石化等蚀变。

2. 含金碎裂状硅化白云岩型

浅灰-灰黄色，碎裂-压碎构造，具不同程度破碎。矿物成分简单，主要由白云石及少量方解石构成。裂隙被碳酸盐、硅质细脉和少量黄铁矿、重晶石等充填。

3. 含金硅化碎裂岩型

呈紫红-褐红色，具角砾状构造和块状构造。原岩可能为泥灰岩，局部可见少量重结晶碳酸盐细粒及粘土矿物，并保留泥灰岩构造形态。经强烈硅化、绢云母化和黄铁矿化，又被晚期构造破碎，裂隙内充填有晚期石英-碳酸盐脉、重晶石细脉。金属矿物含量较高，金含量亦较高。

4. 含金片理化泥灰岩或泥质白云岩型

灰黄-褐黄色，深部多呈黄灰-青灰色。片理构造，岩石强烈挤压和揉皱，片理构造普遍明显，局部呈透镜体状分布。片理中见石英细脉和碳酸盐脉穿插。金属矿物含量较高。

据镜下观察，金粒的形态多种多样，有浑圆乳滴状、片状、枝杈状和不规则片状。金粒多在0.002～0.005mm，少数达0.018～0.06mm，重砂测定个别达0.09～0.07mm。

金的嵌布类型可分为裂隙金、晶隙金和包体金三种类型。

A. 裂隙金：主要嵌布于岩石裂隙中，一部分同褐铁矿、黄铁矿、伊利石粘土矿物伴生；一部分嵌布于石英、褐铁矿裂隙中，多呈片状、枝杈状。

B. 晶隙金：主要嵌布于黄铁矿、褐铁矿晶隙内。

C. 包体金：包裹于褐铁矿和石英中，金粒常呈乳滴状、不规则粒状。

金主要赋存于黄铁矿、褐铁矿、石英细脉和绢(水)云母中。

电子探针分析，金含量83.61%～99.72%，含少量Fe、Ag、Cu、Zn、As、Sb杂质，金的成色平均为937。

六、滁州夕卡岩型铜金矿床

该矿床位于扬子前陆带北缘全椒-滁州褶冲带，属夕卡岩型矿床，以铜为主，金、银等为伴生有益组分。矿区出露地层主要为寒武系、奥陶系。石英闪长玢岩侵入体在矿区中部出露，面积约1km²。岩体平面上呈南端收敛、北端开阔的似三角形状，向北北东延伸；剖面上岩体上宽下窄，西缓东陡，呈不对称的漏斗状(图6-9)。石英闪长玢岩与寒武-奥陶系的网纹状、条带状灰岩相接触，在构造薄弱带、破碎带往往形成夕卡岩型铜(金)矿体。由侵入体向围岩方向，岩石蚀变、矿物组合及元素组合具明显分带：石英闪长玢岩→夕卡岩化(方柱石-透辉石-石榴石)石英闪长玢岩(铜、钼)→石榴子石-透辉石夕卡岩带(铜、金)→透辉石-石榴石夕卡岩带(铜、铁)→夕卡岩化大理岩(铜、铅)→大理岩(铅、锌)。除了上述蚀变矿化带外，尚有钠长石化、碳酸盐化、绿泥石化、硅化、绢云母化和高岭土化等蚀变。

矿体产于接触带100m范围之内。矿床矿体数量众多，计有大小矿体260多个，它们规模相差悬殊，形态各异，多呈扁豆状、不规则透镜状、似层状及枝杈状楔状等。

矿石矿物成份主要有黄铜矿、斑铜矿、磁铁矿和赤铁矿，次有辉铜矿、铜蓝、黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等；脉石矿物主要有石榴子石、透辉石、透闪石，次有绿泥石、石英、方解石和阳起石等。矿石结构主要有自形-半自形晶粒状结构、他形晶粒状结构；矿石构造类型有斑状、细脉浸染状、条带状以及块状和角砾状构造等。矿石自然类型为含铜夕卡岩型(占76%)含铜

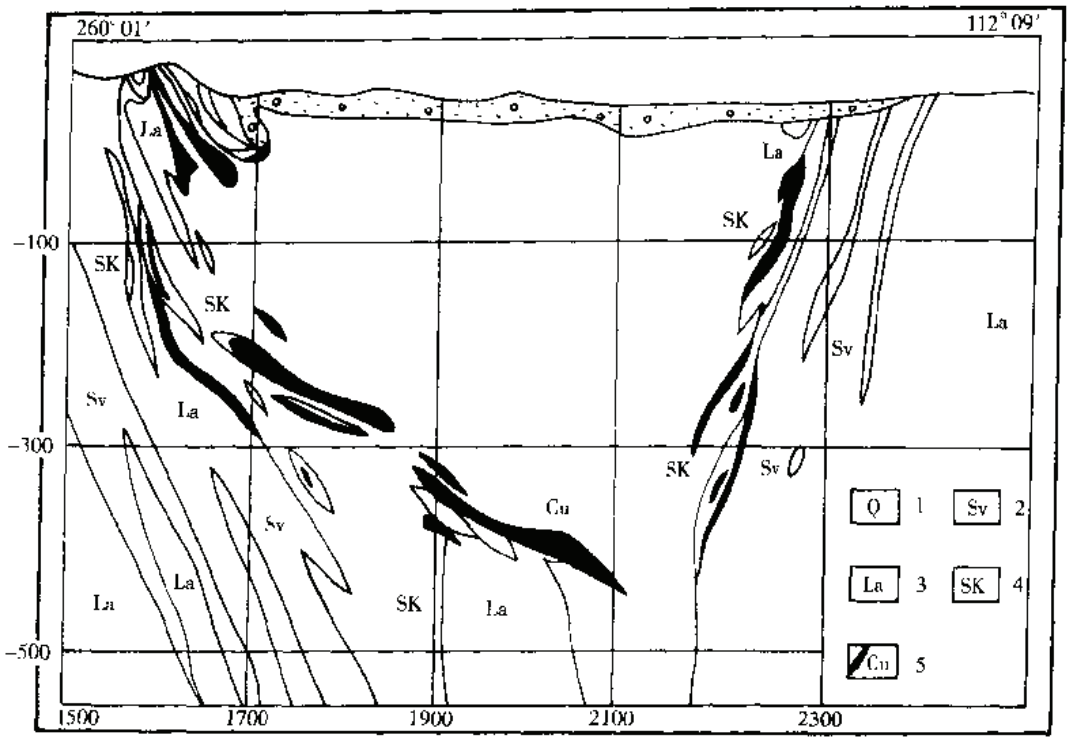


图 6-4 琅鄂山铜金矿地质剖面示意图

1-第四系；2-闪长玢岩；3-矽卡岩；4-大理岩；5-矿体

闪长玢岩型(占 15%)、含铜磁铁矿型(占 7%)、含铜大理岩型(占 2%)。矿石中主要有用组分为铜，Cu 平均品位为 1.5%，伴生有 Au、Ag、Fe、Mo 等有益组份。

铜矿石中伴生 Au 的含量变化与 Cu 呈正相关，近矿围岩中 Au 含量普遍较低。Au 几乎都以显微金的形式存在，显微 Au 的矿物类型主要为自然金，次为银金矿，少量为金银矿、碲金银矿等。Au 在铜矿石中的嵌布形式可分为裂隙金、粒间金和包裹金三类，其中裂隙金占 52%，主要分布于黄铜矿、斑铜矿显微裂隙中，少量分布在脉石矿物裂隙中；粒间金占 24%，主要分布在黄铜矿与斑铜矿之间或黄铜矿、斑铜矿与脉石颗粒之间；包裹金占 24%，呈微细粒状包裹于黄铜矿、斑铜矿颗粒中。由于金的嵌布形式不一，因而金的形态非常复杂，有不规则状、细脉状、浑圆状、树枝状等。金的共生关系较为复杂，主要有裂隙交代充填，以显熔体形式包裹在其它矿物中，主要共生组合为黄铜矿-斑铜矿-自然金-银金矿。铜矿石中除伴生有金矿化外，伴生银矿化也很明显，铜矿石中伴生银品位可达 16.23×10^{-6}。

琅鄂山铜矿区航磁异常形态规则，走向北北东，长 1.5km，宽 1km 左右，$\triangle T_{max}=270$nT，北侧伴有铜负异常，$\triangle T_{min}=-70$nT。地磁异常总体呈北北东，并有多个次一级异常，幅值约 700~1000nT。其航、地磁异常主要由隐伏闪长玢岩引起。在岩体磁异常梯度带上明显伴有次一级正异常，其$\triangle T_{max}=80$nT，为接触带附近含铜磁铁矿引起。因此在岩体磁异常梯度带上的局部正异常是寻找该类型铜(金)矿床的直接标志。

该矿区水系沉积物中的化探异常主要为 Cu、Pb、Hg、Ag、Sb、Mo 等，其中 Cu 异常面积约 $22km^2$，最高值为 61.8×10^{-6}，平均为 38.7×10^{-6}；Pb 异常面积 $46km^2$，最高值为 15.0×10^{-6}，平均为 10.3×10^{-6}；Hg 异常面积 $61.8km^2$，最高值达 322×10^{-9}，平均

103×10^{-9}，浓集中心位于铜矿体南北外围。Cu 异常圈内的东、西侧各有一个 Au 异常，Au 浓度为 21×10^{-9}。南部也有 Au 为主的异常，Au 异常下限为 6×10^{-9}，最高值为 63.9×10^{-9}，Cu 则没有明显的浓集中心。Cu、Pb、Zn、Ag 综合异常的面积约 50km²，浓集中心与 Cu 矿化比较吻合。

水系沉积物中地化异常的分带大致为：由内向外，依次为 Cu-Pb Ag-Hg，表明隐伏矿床前缘元素异常面积大，强度高，近矿元素则相对较弱。

滁州多卡岩型铜(金)矿是扬子前陆带中最常见的一种铜金矿化类型，在苏家湾以北地区广泛发育。东苏铜矿、铜井山铜矿、苏家湾铜铁矿等均属多卡岩型矿床。这种类型矿化的主要特征是矿体产于中酸性侵入岩体与震旦-寒武-奥陶纪碳酸盐岩的内外接触带中，以铜矿化为主，伴生有金银等矿化，具有一定的找矿远景。

七、马厂砂金矿床

马厂砂金矿床位于全椒县马厂，地处滁州前陆褶冲带中部。

原生矿床或含金地质体经风化、剥蚀、搬运、沉积形成砂金矿床。马厂为一中型砂金矿床。砂金主要分布于石英闪长玢岩、花岗闪长岩及其围岩的河谷中，附近属剥蚀堆积地形，周围有陡山沱组、灯影组及寒武纪地层，岩体与碳酸盐岩接触带及捕虏体中局部见有多卡岩铜金矿。

矿层产于第四系全新统冲积层及残坡积层中，局部赋存在残积层底部砾石层、砂砾层、粘土砾石层、粘土碎石层中。依地貌形态可分为阶地砂矿、支谷砂矿及河漫滩砂矿。

(一)阶地砂矿

控制长 11250m，宽 200～450m，平均厚 0.55m，矿有一层，含金平均 0.38g/m³。

(二)支谷砂矿

控制长 1200～2300m，宽 20～230m，厚 0.47～0.91m，矿有四层，含金 0.21～0.55g/m³。

(三)河漫滩砂矿

长几十米至千余米，宽 80～200m，厚 0.2～1m，含金 0.11～0.5g/m³。

矿层呈层状、不规则长条状。主要含金层分为含金砾石层、含金砂砾层、含金粘土砾石层等。与金相伴生的矿物组合为磁铁矿、石榴石、绿帘石、榍石等，依此可证明金的来源与多卡岩型铜矿有关(注：多卡岩型铜矿含金 0.0×10^{-9}～2.6×10^{-9}，说明可能为砂金的原生矿体)。金矿物呈金黄色，以不规则的片状及粒状为主，次为树枝状及粉末状，粒度以 0.1～0.5mm 居多。

该砂金矿是经多种地质作用形成的。阶地砂矿层和河漫滩砂矿层为冲积型砂矿，而支谷砂矿层则为冲坡积层或残坡积层砂矿。

第三节　控矿因素

研究区地跨三个Ⅰ级构造单元，矿床的形成受诸多地质因素的影响，但这些具有内在联系的地质成矿因素控制着矿床的时空分布，并表现出一定的规律性。虽然前人对本区金矿的成矿地质背景和成矿规律从不同方面做过不同程度的研究，但总体看来，由于研究区覆盖、半覆盖区面积较大，基础地质工作程度不深等客观因素的制约，对本区金矿成矿条件和控矿

素的认识不够深入。由于本次研究工作是地理信息系统(GIS)在金矿资源评价中的应用，本文提出的控矿因素，仅对前人不同阶段的研究成果进行一次较系统的总结，同时，针对金矿资源评价中所涉及的一些问题，作了一些分析和探讨。

一、地层含金性及控矿特征

研究区地层以郯-庐深大断裂为界分为华北和扬子两大地层单元。大断裂以西的蚌埠-五河地区为华北地层区，以新太古界五河杂岩出露最广，为华北陆块结晶基底。古元古界变质凤阳岩群和新元古代至古生代分布于凤阳山区；大断裂以东为扬子地层区，张八岭地层小区主要分布新元古界张八岭岩群，滁县地层小区出露震旦系至早古生代盖层。扬子地层区基底据现有资料分析应为陆集杂岩，在研究区未出露，仅在局部钻孔中可见。

研究地层的含金性，对于讨论金的来源、成矿地质条件及成矿远景等都是十分必要的。

(一)蚌埠地区变质岩层及其控矿特征

1.变质岩类型及特征

(1)辉石岩类

包括辉石岩、角闪辉石岩、金云辉石岩、辉闪岩和橄辉岩等。主要矿物共生组合有：①紫苏辉石＋普通辉石－角闪石；②角闪石＋透辉石＋斜长石；③普通辉石－金云母；④角闪石－阳起石＋普通辉石；⑤普通辉石＋橄榄石＋角闪石。镜下呈粒状变晶结构和网状变晶结构，辉石大多退变为角闪石、阳起石、黑云母、蛇纹石等，这是退变作用或混合岩化作用的产物。该岩类主要属于变质镁铁质岩。

(2)角闪石岩类

包括角闪石岩和辉石角闪石岩，主要产于变质镁铁质岩和变质表壳岩，在涂山、西芦山及荣渡等地可见，局部可见与辉石岩呈渐变过渡关系，过渡岩性为辉石角闪岩。主要矿物共生组合有：①普通角闪石＋斜长石；②普通角闪石－普通辉石＋斜长石。

(3)斜长角闪岩类

包括斜长角闪岩、石榴石斜长角闪岩、透辉斜长角闪岩等。矿物共生组合有：①角闪石－斜长石(An－66~70)＝石英；②角闪石＋斜长石＋石榴石；③角闪石－斜长石＋透辉石。斜长角闪岩常与角闪石岩呈渐变过渡关系，其原岩部分具有基性脉岩特征，部分则具有变质基性火山岩特征。

(4)片麻岩类

包括黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和斜长片麻岩等。主要矿物共生组合：①斜长石(An－30～48)－角闪石＋石英；②斜长石＋石英＋黑云母；③角闪石＋黑云母＋斜长石＋石英；④斜长石＋石英。属于变质表壳岩。

(5)变粒岩类

主要有阳起钾长变粒岩、角闪钾长变粒岩等。常见变余凝灰结构及斜长石变余环带，属于变质表壳岩。原岩为中酸性火山凝灰岩。主要矿物组合：①阳起石－钾长石＋斜长石＋石英；②角闪石＋钾长石＋斜长石＋石英。

(6)浅粒岩

主要为变质表壳岩(原小张庄组)，矿物组合为斜长石＋石英＝电气石，原岩主要为长石石英砂岩及部分中酸性火山岩。

(7) 片岩类

主要分布于原殷洞组，包括绿泥片岩、绿帘角闪片岩和云母石英片岩等。主要矿物组合有：①绿泥石＋斜长石＋石英；②绿帘石＋角闪石＋斜长石＋石英；③白云母＋黑云母＋石英＋斜长石。原岩为基性-酸性火山岩。

(8) 大理岩类

包括白云石大理岩、方解石大理岩和透辉石大理岩等。在门台子、马头城和大金山等地均可见。主要矿物组合为白云石＋方解石＋金云母±透辉石±石英。

(9)麻粒岩

麻粒岩在五河荣渡矿区个别钻孔中可见。岩石呈灰黑色-暗绿色，麻粒结构，块状构造。主要组成矿物：斜长石 50%～56%，紫苏辉石 31%±，普通角闪石 10%，以及少量黑云母、石英、磁铁矿和磷灰石。

(10)蛇纹岩

主要见于五河荣渡钻孔及大巩山。岩石呈黄绿-灰褐色，具纤维结构，块状构造。主要组成矿物纤维蛇纹石、叶蛇纹石、胶蛇纹石及菱镁矿；次要矿物黑云母、磁铁矿、磷灰石等。镜下可见橄榄石矿物假象，原岩可能是纯橄榄岩或橄辉岩，经水化和硅化形成。

2. 变质岩系含金性及控矿作用

区内金矿化大部分赋存于变质镁铁质岩系，为了研究变质岩系含金性，前人做了大量工作。在实测地质剖面上，主要矿点的露头或钻孔中，较系统地采集了不同层位、不同岩性和岩石的化学光谱样品，并剔除了有蚀变、矿化的特高样品，分析结果见表 6-7。从表中可以看出，变质镁铁质岩石金的丰度较高。

表 6-7　早前寒武纪变质岩系及燕山期脉岩金丰度统计表

岩系	岩石名称	样品数	金丰度，10^{-7}	均方差	变化系数	金丰度平均值 / 10^{-9}
变镁铁质岩系	斜长角闪岩	33	4.19	1.97	118.60	5.37
	角闪石岩	2	7.50			
	蛇纹岩	4	14.05			
变质表壳岩系	蚀变斜长片麻岩	41	4.17	4.17	99.15	2.81
	角闪变粒岩	12	0.94	0.67	71.37	
	角闪斜长片麻岩	191	3.07	4.74	121.86	
	黑云斜长片麻岩	17	2.66	7.28	207.87	
	斜长浅粒岩	3	1.60	0.61	38.02	
	角闪岩	2	0.85			
	大理岩	33	1.52	0.99	65.55	
	黑云片岩	10	1.25	0.50	39.95	
脉岩系	安山岩	29	2.06	2.63	127.77	3.94
	闪长岩	30	5.72	10.78	188.45	
	闪长玢岩	7	1.90	1.47	77.53	
	花岗斑岩	3	1.87	1.06	56.78	
	辉绿岩	3	2.67	2.63	98.96	

据秦宝梁等(1990)。

从荣渡矿区不同岩石金丰度分析结果表(表 6-8)可以看出：

表 6-8　荣渡矿区岩石金丰度分析结果

岩矿石名称	样品数	金丰度平均值 10^{-9}	均方差	变异系数 %
蛇纹岩	18	1.91	1.50	78
辉石角闪岩	42	3.46	6.12	177
角闪辉岩	41	2.40	4.22	176
斜长角闪岩	85	4.13	5.37	129.98
蚀变斜长角闪岩	77	2.81	4.18	148.65
角闪斜长片麻岩	122	2.86	3.20	111.92
蚀变角闪斜长片麻岩	149	2.96	3.81	128.71
斜长片麻岩	179	1.69	11.41	243.17
蚀变斜长片麻岩	152	6.71	16.88	251.54
黑云斜长片麻岩	285	2.38	3.18	133.18
蚀变黑云斜长片麻岩	165	4.27	6.54	153.16
花岗岩	10	5.31	5.13	96.6
千糜岩	19	27.21	41.71	153.29
糜棱岩	179	16.31	36.38	219.05
碎裂岩	44	4.20	7.41	176.19
蚀变碎裂岩	92	13.31	34.60	256.91
蚀变岩	19	11.14	17.52	175.19
长英质脉体	9	1.62	1.31	81.15
矿化石英脉	53	661.52	874.97	132.27
斜闪煌斑岩	10	7.82	4.17	147.85

样品由 312 队化验室分析。

①岩石中金的含量变化范围较大，其中以斜长角闪岩以及斜长片麻岩、花岗岩为高。

②变质超镁铁质岩(蚀变为蛇纹岩)及斜长角闪岩蚀变后，金丰度下降，为原岩的 65%～68%。TTG 中的斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩，蚀变后岩石金丰度较原岩约增加 13%～79%。

③动力变质的千糜岩、糜棱岩中金的丰度较原岩高 2.7～5 倍，比碎裂岩高得多，说明在韧性剪切作用过程中，有明显的金的富集作用(当然，不排除在成矿过程中热液的带入)。

④变质镁铁质岩系金含量变化系数大(一般在 150%以上)，表 6-7 和表 6-8 所列蛇纹岩的金含量差异尤为明显。

总之，根据以上特点，可以认为新太古宙变质镁铁质岩系金的含量较高与其镁铁质含量较高有关，该岩系是区内主要的赋矿岩层，同时不排除其可能为金矿化提供部分矿源。

(二)张八岭地区变火山岩及其控矿作用

西泠岩组变火山岩为一套海底喷发的火山沉积建造，主要由大量的石英角斑岩夹少量细碧岩及其相应的火山碎屑岩和凝灰质沉积岩组成。

1. 岩石特征

(1)变石英角斑岩类：一般呈灰白、浅灰绿色。质地坚硬、片理不发育。斑状结构、变斑状结构、块状构造，微片状构造。斑晶主要是钠更长石，约占 10%～25%，其次为石英。钠长石多呈半自形板柱状，双晶常见，斑晶中可见呈孤岛状正长石残留体，为钠质交代钾质不彻底的结果。基质中钠长石呈它形粒状，与石英紧密镶嵌，少量副矿物为金红石、磷灰石及磁铁矿等。

(2)变细碧岩类：灰绿色，斑状结构，少量长条状钠长石斑晶呈平行排列。基质为脱玻交

组结构。气孔、杏仁状构造发育，常被压扁拉长，绢云母、绿泥石、绿帘石、石英及方解石充填其中。主要矿物有钠长石50%～70%，磁铁矿10%～20%，次要矿物为磷灰石、绿帘石、黑云母、含钠闪石、绿泥石等。

变火山碎屑岩常见石英角斑质凝灰岩、细碧质凝灰岩、凝灰质粉砂岩及凝灰质千枚岩等。变石英角斑质凝灰岩呈灰白、灰褐色，变余凝灰结构、鳞片变晶结构，片理化现象显著。由于变质作用，原岩组构遭受不同程度的破坏。变细碧质凝灰岩呈黄绿、灰绿、暗绿色。变余晶屑粉砂状结构、粒状变晶结构，片状构造。主要矿物成分为钠长石，少量黑云母及绿泥石。变凝灰质粉砂岩呈灰、灰褐色，层状、似层状构造。具显微花岗变晶结构、变余粉砂状结构。矿物有石英50%～60%，钠长石5%～20%，绢云母3%，绿泥石、绿帘石5%～10%及少量磷灰石、磁铁矿等。

2. 岩石化学特征

西冷岩组变火山岩具"双峰"式分布特点，具裂谷双模式火山岩特征，细碧岩投影大部分落入玄武岩区，石英角斑岩投影点则多落入流纹岩区。分异指数(DI)为85～95、45～55，缺失55～85，与著名的冰岛裂谷、格雷戈理裂谷相似。

本区变火山岩不同于陆相的流纹岩和玄武岩，分别与石英角斑岩、细碧岩相类似，属于一套海相火山喷发的细碧-石英角斑岩。

3. 变火山岩的控矿作用

张八岭构造带内金矿床(点)产于管店花岗岩体的内外接触带附近，张八岭岩群西冷岩组变火山岩是金矿的赋矿围岩之一。

(三)灯影岩组碳酸盐岩含金性及控矿作用

出露于仝椒马厂—来安屯仓一带的灯影岩组，为一套碳酸盐岩建造，由于郯-庐断裂的影响，岩层走向为NNE-NE向，与区域构造线一致。花山—马厂一带具有明显的Au异常，且与地层分布相一致，除极少数异常落于陡山沱岩组外，大部分Au异常皆分布于灯影岩组中岩段(表6-9)。

表6-9　灯影组岩石金丰度统计

层位	岩性	样品数	平均值 10^{-9}	标准离差
Z_2dn^2	泥灰岩(硅化、褐铁矿化)	103	250.45	371.37
	白云岩、鲕状白云质灰岩(硅化)	749	61.99	160.65
	硅质条带灰质白云岩、灰岩	39	11.03	9.93
	石英砂岩、泥质粉砂岩	16	9.58	18.51
Z_2dn	灰黑色沥青质白云岩	14	5.25	4.53
脉岩	闪长玢岩	5	13.92	11.35

从表6-9中可以看出，金含量与岩性有着密切关系，与泥灰岩、泥质白云岩及含泥质白云岩、鲕状白云质灰岩密切相关。泥灰岩金的平均含量高达250.45×10^{-9}，表现出明显的富金性；泥质白云岩、含泥质白云岩、鲕状白云质灰岩金含量也比较高，其平均含量可达61.99×10^{-9}。其中较纯的含硅质条带灰岩、白云岩中金含量一般较低；不纯的、碎裂状，特别是泥质含量较高的碳酸盐岩中金的含量均较高；而粉砂岩、砂岩及灰黑色沥青质白云岩及闪

灰岩岩金含量普遍较低。

本区金矿(化)体赋存于灯影组中段，以第二岩性层为最好；第一、第三岩性层次之。据312地质队统计金(表6-10)在一、二、三岩性层分别为18.56×10^{-9}、53.6×10^{-9}和26.55×10^{-9}；在灯影组上、下段含量仅为8.10×10^{-9}和4.38×10^{-9}，接近克拉克值；中段平均含量42.35×10^{-9}，含量丰度分别是下岩段和上岩段的9.7倍和5.2倍。因此灯影岩组中岩段碳酸盐岩可能提供了部分矿源，也是金富集的矿(化)层。

表6-10 灯影组各岩段金丰度值[$w(Au)/10^{-9}$]

组	段(层)		样品数	最大值	最小值	平均值	标准离差
灯影组	上段		9	21.56	0.70	8.10	7.30
	中段	一层	37	100.9	2.60	26.55	49.13
		二层	31	470.10	1.70	63.60	115.60
		三层	21	134.39	1.70	18.55	30.96
	下段		9	8.90	2.06	4.38	2.24
	全段					34.61	84.80

灯影岩组中金元素丰度值非常高，为地壳丰度值的几十、甚至上百倍，这种金在地层中的富集可能与不同岩性地层含金性差异有关，也可能与成矿热液选择性交代有关，总之金的步富集对该区金矿化十分有利。

二、构造控矿作用

构造对金矿的控制作用主要表现为断裂对金矿的控制作用。深断裂是区域性控岩控矿构造，它们提供了导岩导矿通道；浅层次脆性断裂是区内主要的容矿断裂，它们控制了矿体的产出形态和分布；区域性深断裂与韧脆性断裂具有派生关系，后者是前者的次级构造。网络状断裂系统是研究区主要的控岩控矿构造，近东西向和南北向(含北东向)断裂控制了区域岩浆岩和成矿带的分布，是主要的导岩和导矿构造。北东向、近东西向、北西向断裂控制岩脉和规模较小但数量众多的矿点和矿脉。网络状断裂构造的节点部位控制了局部的物化探异常，矿床(点)分布。

(一)区域控岩控矿断裂构造

区内两条深断裂带郯-庐断裂带和黄-破断裂带，不仅仅是不同构造单元的重要边界，也是区域主要的控岩控矿构造，对本区金矿的成矿具有至关重要的作用。

郯-庐断裂带与金矿关系主要表现在两个方面：(1)控制了张八岭构造带侵入岩的分布和与其有关的金矿化带的形成，为金的成矿作用提供了深部岩浆及热液活动的构造场所；(2)郯-庐断裂带强烈活动，波及范围广，影响深度大，对区域物质场的调整产生重要作用，为深熔岩浆作用、成矿物质活化转移、成矿构造及构造动力因素的创造，提供了重要条件。

黄-破断裂带作为张八岭构造带与扬子前陆带的边界深断裂，是造山过程重要的多期活动的构造变形地带，控制了燕山期岩浆活动，不仅是一条重要的控岩构造，同时也是成矿热液活动的构造场所。

嘉山管店-仝坂龙王尖断裂是一条重要的近南北向断裂，北段发育于元古界张八岭岩群，南段切过震旦-寒武系，控制了燕山期岩浆活动，是区内中生代晚期金矿成矿作用的重要

区域控矿构造。该断裂为半隐伏断裂，地表断续出露，断裂带内岩石强烈蚀变，碳酸盐化、硅化及黄铁矿化发育，断裂带南段充填有燕山期隐爆角砾岩，马厂一带控制着燕山期花岗闪长岩及有关金矿(点)的分布。

(二)蚌埠隆起区断裂控矿作用

金矿床和矿体主要受韧脆性剪切破碎带控制，区内剪切破碎带主要发育有郯-庐断裂带内的五河-大巩山剪切破碎带、临淮关-尖岗剪切破碎带、曹山-龙子河剪切破碎带、洼子陈-马山-小红山剪切破碎带、钟家山-付家-东西产山剪切破碎带等。韧脆性剪切破碎带主要有两组方向：北北东向和近东西向(NE50°～60°)。韧脆性剪切破碎带长达百米至上千米、宽数米至数十米，其规模与含金石英脉正相关。值得指出的是，韧脆性剪切破碎带具有多期性，早期形成韧性剪切带(印支-燕山早期)，晚期叠加近 S-N 向脆性剪切破碎，角砾岩化和碎裂岩化发育，使早期形成的石英脉和糜棱岩化岩石破碎，同时充填成矿流体，形成具有工业意义的金硫化物石英脉矿体。

(三)张八岭构造带断裂控矿作用

韧脆性剪切带和构造破碎带是区内主要的容矿构造。

韧脆性剪切断裂主要发育有北北东向、北西和北北西向多组，主断面大多平直、构造角砾岩不太发育，主断面两侧发育大体平行密集的破劈理。构造破碎带的显著特点是发育颇具规模的构造角砾岩，发育密集的破劈理和构造透镜体。

概括区内断裂控矿作用的特点主要表现为如下三个方面。

(1)多级别断裂的控矿作用。一级断裂郯-庐断裂带为区域控岩控矿构造；二级断裂管店-龙王尖断裂是重要的导矿构造，成为成矿热液纵向迁移的构造场所；三、四级断裂构造为容矿断裂。

(2)多方向断裂控矿作用。控矿断裂和容矿断裂有多组方向，其中近南北向的管店-龙王尖断裂是区内重要的控矿断裂；北北东向和北西向韧脆性剪切带是区内主要的容矿断裂；多方向、多级别断裂的控矿和容矿构成了区域上的断裂网络控矿作用。

(3)同方向容矿断裂具有不同的形成和演化历史，从而形成不同的金矿类型，同方向不同变形特征的容矿断裂。例如北北东向的构造破碎带形成破碎带蚀变岩型金矿；北北东向韧脆性剪切带则形成含金石英脉型金矿；同方向不同变形期次的容矿断裂、多期次的成矿作用则形成复合矿床。

(四)扬子前陆北缘全椒－滁州褶冲带

本带处于张八岭构造带与扬子前陆带交接部位，近南北向管店-龙王尖断裂与黄-破断裂带交汇处。印支期造山作用形成的构造表现为一系列的冲断和褶皱作用及其相伴的层间剪切滑动及推覆构造，成矿热液沿着各种构造滑动面运移形成“层控”的假像。

夕卡岩型铜金矿床受控于岩体接触带构造，矿体形态受围岩接触带形态与产状控制，部分矿体呈浸染状、细脉浸染状赋存于岩体中。区内同熔型侵入体受黄-破断裂带控制，大多呈北东向展布；侵入体与震旦-寒武-奥陶纪碳酸盐岩的接触带形态大多不规则，矿体形态各异，多呈扁豆状、不规则透镜状、似层状等。

三、岩浆岩控矿作用

研究区内岩浆活动形成侵入岩和喷出岩两大类岩石。除西冷岩组火山岩、部分次火山岩

外，大部为岩浆侵入作用的产物。区内金的成矿作用与岩浆侵入作用关系密切，特别是岩浆期后成矿热液与区内广泛发育的各类脉岩在空间分布上和成因上有着密切的关系。

（一）侵入岩浆作用的时空控矿特征

研究区出露及隐伏的侵入岩及其脉岩具有明显的带状展布特征，共有三个带，与华北陆块东南缘蚌埠隆起带、张八岭构造带、前陆褶冲带三个次级构造单元相对应。区内主要金矿床及矿（化）点的分布亦呈带状且与三个岩浆岩带相一致。蚌埠隆起带的金矿床（点）在空间上一般都与花岗岩体及其脉岩有关，它们位于岩体港湾状拐弯处、倾伏端以及外接触带，如黄郢、冷水涧、东一西产山等金（多金属）矿点；五河地区近南北向金矿体与南北向展布的花岗质脉岩平行产出。张八岭构造带内的二长花岗岩体受郯-庐断裂带控制呈近南北向带状产出，区内已知金矿点分布于岩体的内外接触带，在空间上与岩体密切相关。管店石英二长闪长岩-二长花岗岩体由于受到郯-庐断裂带的控制岩相呈不对称分布，边缘相、过渡相主要分布于北（东）接触带，内部相偏于西南靠近断裂带一侧，并已大面积剥蚀出露于地表。由于剥蚀较深其成矿最有利部位可能已被剥蚀，岩体内金矿点虽然较多，但难以成气候；管店岩体的北东和东南接触带多为半隐伏接触，可见围岩西冷岩组残留顶盖，岩体剥蚀较浅，已知矿床（点）的规模较大、品位较高，这充分说明岩体对金矿的控制作用。出露于扬子前陆带北缘的夕卡岩型铜金矿床赋存于侵入岩体的内外接触带附近，严格受控于岩体的接触带构造，岩体形态控制着矿体的形态和产状，含铜金石英闪长玢岩与岩体常呈渐变过渡关系。上述特征表明侵入岩体不仅在空间分布上和金矿化关系密切，而且岩体对矿体的产出有着明显控制作用。归纳起来主要表现为：岩体对围岩的"超覆"接触带有利于矿化富集交代作用；锯齿形接触带尤其围岩向侵入体突出坡坎处有利于形成富厚矿体，平直而陡倾接触带不利于矿化富集；岩体内的捕虏体有利于矿液交代富集；岩体内的裂隙构造，如两组裂隙交汇处，易形成矿床。

研究区内金的成矿作用主要形成于中生代，它们在时间上和中生代侵入岩浆活动是一致的，主要表现为两期：其一与主要侵入体同期，作为岩浆演化晚期的分异产物即岩浆期后热液成矿，广泛出露于张八岭构造带的含金石英脉型金矿以及扬子前陆带北缘的夕卡岩型铜金矿床属于此类；其二与各类脉岩密切相关的金矿化，大多发育于脉岩之后，其成矿热液与岩浆期后脉岩或多阶段发育的岩浆活动有关。该类金矿化包括五河地区以及黄栗树-龙王头一带的含金石英脉型和张八岭构造带的破碎带蚀变岩型金矿，前者与中酸性脉岩有关，后者与闪长质脉岩有关，金矿化与脉岩的形成同期，成矿一般晚于脉岩。

（二）岩浆岩成因类型与控矿作用

1. 深熔花岗岩的控矿作用

研究区内深熔花岗岩主要包括张八岭构造带的石英二长闪长岩-二长花岗岩以及蚌埠隆起区的二长花岗岩及其脉岩。花岗岩体的矿物化学、岩石化学、稀土元素、微量元素及钕锶和铀铅等稳定同位素的研究资料（邱瑞龙等，1997）表明它们具有下地壳深熔花岗岩的特征，其原岩为古老的变质基底。这些古老变质基底一般具有较高的含金丰度，在深熔作用形成花岗岩浆过程中金可以活化富集于熔体中。因此，古老变质基底的深熔作用在金成矿作用中具有重要的意义。金的亲铁和亲硫的双重地球化学特点，尤其是亲铁性决定了地球演化早期以富镁铁为特征的古老地壳具有较高的金丰度。金的高电离势和电子亲合势，决定了金主要呈自然元素状态出现，形成独立金矿物或赋存于黑云母、角闪石、斜长石等造岩矿物和某些副

矿物的晶格缺陷中。由于金与造岩元素和造矿元素之间没有任何化学键的联系，以后的地质作用迭加时，尤其是镁铁质硅酸盐矿物被解离形成新矿物时，原先参加到这些载金矿物晶格中的金就从岩石中游离出来，并以各种络阴离子状态聚集于岩浆热液中，并随之迁移。最终以富含 SiO_2 的热液沿各种不同的构造裂隙沉淀富集，形成相应的细脉浸染型、细脉型、含金石英脉型金矿床。金在酸性岩浆中的地球化学行为与在镁铁质硅酸盐熔体中的行为具有明显的差异。由于酸性岩浆水的饱和度较高，金主要富集于晚期水溶液中。岩浆热液对成矿物质的汲取是在岩浆分离结晶过程中进行的，因此，深熔岩浆作用不仅使镁铁质基底中的金活化转移，而且使它们在岩浆期后热液中富集，岩浆分异的气液所含挥发分越多对成矿越有利

2.同熔型花岗岩的控矿作用

扬子前陆带北缘的同熔型花岗岩类源于上地幔，同时，在成岩过程中不同程度的受到地壳，主要是上地壳的同化混染。由于该类花岗岩形成于俯冲环境下，深部岩浆房所受压力较大，岩浆富含水和挥发分。在洋壳、上地壳和上地幔基础上演化而成的中酸性岩浆，富含铜金等成矿物质，其侵位途中还可能同化部分含金地层，随着岩浆的分异演化，大量成矿物质富集于岩浆期后热液中。扬子前陆带花岗岩类侵位于显生宙盖层中，尤其是碳酸盐围岩中，常形成铜金夕卡岩型及斑岩型和热液型矿床。因此，同熔型花岗岩类所形成的金矿化无论矿化类型、矿体形态、分布特征等方面都与深熔花岗岩类不同，显示了不同类型花岗岩不同的控矿特征。与同熔型花岗岩类有关的金成矿作用往往不形成独立的金矿床，金经常与铜共生，形成铜金矿床，这可能与它们的地球化学行为相似以及幔源成矿物质组成有关。该类控矿作用的另一个特点是大理岩化的围岩参与了热液成矿过程，由于交代作用，碳酸盐组分改变了成矿热液的化学成分和性质，有利于成矿物质的沉淀和富集。

(三)脉岩与控矿作用

在研究区内，特别是蚌埠—五河地区、张八岭地区，脉岩种类多，分布范围广，局部地段密集产出。各类脉岩主要是燕山期形成的，其中与金矿化密切相关的有闪长质脉岩、花岗质脉岩以及石英正长斑岩脉等。

1.闪长质脉岩与控矿作用

闪长质脉岩在构造岩浆岩带普遍发育，一般呈脉状、岩枝状、岩墙状，沿区域性构造带成群出现。其展布方向主要受北北东、北西向断裂控制。该类脉岩在空间上与破碎蚀变岩型金矿化带互相平行，紧密伴生，是寻找破碎蚀变岩型金矿的主要直接标志之一。

邱瑞龙等(1997)通过矿物学、岩石学、岩石化学、地球化学等方面的研究认为区内大多数暗色脉岩(以往所称煌斑岩)应定名为闪长质脉岩。闪长质脉岩的地球化学特征表明它们与深熔花岗岩有着明显的亲缘关系，同时，闪长质脉岩明显偏高的碱质和挥发组分以及成矿元素(Cu、Pb、Zn、Ag 等)的贫化都与分异岩浆特征不相吻合。研究资料表明它们的形成深度(>20km)远大于花岗岩体(0～3km)，其成因与深部岩浆房重力分异滞留在深位岩浆房的基性熔体的进一步分异和地幔射气相关。致使闪长质熔浆具有大量挥发性气体和明显偏高的碱质，破碎带蚀变岩型金矿地球化学特征与闪长质脉岩的相似性，揭示了破碎带蚀变岩型成矿热液与闪长质脉岩在成因上的联系。

构造活动的持续性和多期性，不仅为闪长质脉岩提供了侵位空间，后继断裂往往沿着早期断裂带再次活动。由于闪长质脉岩与围岩之间的物理性差异，包括岩石密度、抗剪强度、原

有构造界面等，往往成为构造叠加最为强烈的地方。因此，脉岩构造界面效应构成了成矿溶液的通道和沉淀的场所，闪长质脉岩脉壁界面成为有利的导矿构造和容矿空间。

2. 酸性脉岩与控矿作用

酸性脉岩是蚌埠地区最为发育的一类脉体，主要有花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英斑岩、二长花岗斑岩、花岗细晶岩及黑云二长花岗斑岩等。五河地区中酸性脉岩K-Ar同位素年龄测定结果（董法先等，1993）为161.19Ma～208.56Ma，大巩山一带渡钱台子金矿蚀变岩绢云母Rb-Sr等时线年龄为153.76Ma，可见中酸性脉岩与金矿化大体同时且略早。董法先等依据包裹体氢氧同位素组分提出了成矿流体的来源与花岗质岩浆同源的推论，认为区内大量发育的中酸性脉岩或超浅成侵入体，可能代表与本区成矿同一个热流体来源的那些花岗质岩浆岩，或者是隐伏花岗岩分异作用近地表的产物。因此，本区成矿流体的来源与本区中酸性岩脉所代表的深层次岩浆分异活动密切相关。

3. 隐爆角砾熔岩与成矿作用

隐爆角砾熔岩主要出露于扬子前陆带北缘黄渠树—马厂地区，呈北北东-北东向展布，长约1.5km，宽20～120m不等，与围岩呈侵入接触关系。为灰黄色-褐黄色，由角砾和熔岩构成。角砾成分主要由花岗闪长斑岩、灰岩、泥灰岩构成。角砾分选性差，大小混杂，小者3～5mm，大者10～25cm，大多呈次浑圆状，少部分为次棱角状及不规则状。胶结物为安山质熔岩和岩屑、晶屑组成。熔岩中斑晶占5%～10%左右，由斜长石及少量角闪石、石英组成；基质占35%，由玻璃质、隐晶质组成。SiO_2变化范围61.85%～64.67%，平均含量63.26%，属钙饱和系列。

隐爆角砾熔岩是一种超浅成的岩浆，多次脉动贯入击碎早已凝固的侵入体或围岩。当岩浆中的残液含量超过挥发组分的临界含量时，形成巨大的内压力，经隐爆形成。其展布方向受北东向断裂控制，在空间上和成因上是与同熔型花岗岩类密切伴生。区内岩浆热液交代型金矿和含金石英脉型金矿在空间上与隐爆角砾熔岩产出于同一构造破碎带中。

第四节　成矿物质来源及成矿作用

金的成矿作用及其成矿物质来源是矿床成因研究的重要内容，国内外许多矿床学家进行了大量的研究，提出了许多成矿理论，建立了不同的成矿模式。尽管它们的观点差异十分明显，而且随着地质资料和分析精度的不断完善，这种争论还可能继续下去。但是，随着金矿理论研究的不断深入，人们对金的成矿作用和矿床成因的认识更为深入，更接近于地质过程的本质。研究区内，有关岩型和金矿床的研究资料丰富、成果累累；蚌埠地区金的成矿作用虽然存在着截然不同的看法（桑宝梁等提出绿岩带金矿，1994；董法先等提出花岗质岩浆热液金矿，1993），但随着对地质成矿背景的认识不断深入，尤其是蚌埠隆起带中生岩浆岩带的确立（邱瑞龙等，1998），中生代岩浆热液成矿的认识受到越来越多的认同；张八岭地区金的成矿作用和成矿物质来源，邱瑞龙等（1997）作了系统的研究。我们在上述研究成果的基础上通过成矿物质来源、成矿热液性质和成矿物理化学条件等方面对本区成矿作用作进一步的探讨。

一、成矿物质来源

（一）蚌埠地区成矿物质来源

蚌埠地区含金石英矿脉主要赋存于五河杂岩和凤阳群变质岩中，矿体与围岩的空间关系表明，矿体分布严格受控于断裂构造。前文提供的五河杂岩变质岩系各类岩石的金的平均含量表明，区内变质岩系与地壳金的克拉克值相近或略高，未显示明显的高异常。已有研究资料尚缺乏变质岩系围岩中的金活化迁移至金矿体的证据，因此，区内变质岩系作为金矿化的矿源层难以成立。特别值得指出的是，区内变质岩系为一套太古代-元古代地层，区域变质作用发生在前寒武纪，区内的金成矿作用为中生代，两者相去甚远。国外太古宙绿岩中金矿化时代一般为25～26亿年，我国绿岩带成矿时代大致在23亿年之前。此外，花岗质岩类与金矿化的密切的时空关系也为我们研究金的成矿物质来源提供了启示。

1. 硫同位素

研究区内各种类型金矿硫化物都十分发育，显示了金的亲硫特点。因此，研究硫同位素组成及分馏作用，探讨硫的来源有助于了解成矿物质来源和成矿机理。本区矿石硫同位素分析结果列于表6-11。

表6-11　蚌埠地区金矿石硫同位素分析结果

矿区	样品数	矿物	硫同位素组成‰		
			变化范围	平均值	极差
毛山	8	黄铁矿	4.9～9.6	5.1	7.8
	1	方铅矿	1.27		
大巩山	5	黄铁矿	5.1～7.8	7.4	1.7
钱台子	6	黄铁矿	3.2～7.8	2.6	9.4
	7	方铅矿	1.8～5.4		

资料引自秦宝梁，1993。

硫同位素富含重硫，正向偏离陨石硫。上述硫同位素分布属正态分布，黄铁矿硫同位素较高，方铅矿硫同位素较低，这种分布特征与常见硫化物的$\delta^{34}S$分布相似（黄铁矿＞闪锌矿＞黄铜矿＞方铅矿），反映了硫同位素的分馏作用。Ohmoto（1972）指出，Fe-S-O体系（$\delta^{34}S_{\Sigma S}$－0‰，250℃）沉淀的黄铁矿，$\delta^{34}S$范围为－27～－5‰，其变化与形成环境的氧逸度和pH值有关。包裹体测定表明本区成矿流体为强碱性；氧化度偏低，因而，黄铁矿的$\delta^{34}S$较高。

研究区内围岩斜长片麻岩中的黄铁矿硫同位素$\delta^{34}S$平均值为1.2‰，与矿石中的硫同位素比较接近，它们都与陨石硫相近，因此推断矿石硫可能来自上地幔或者下地壳。矿区地质特征研究表明成矿流体主要为深熔岩浆期后热液，因此，矿石硫可能主要来自下地壳，当然不排除围岩中的硫部分进入成矿流体的可能。

2. 铅同位素

蚌埠地区金矿及五河杂岩铅同位素分析结果列于表6-12。铅同位素模式年龄（Ma）及μ值由美国地质调查局同位素软件（K. Ludwig Version2.53）计算。由表可知，蚌埠地区金矿石的铅同位素模式年龄明显大于围岩的模式年龄，不同样品的铅模式年龄很不一致。因此，本区金矿石的铅同位素为异常铅。金矿石的μ值很不一致且变化范围较大，其低值接近原始地幔（μ＝8.99），大巩山地区高值偏高，反映了来源区异常铅可能来自不同源区、不同数量

的放射成因铅，代表了正常铅和放射成因铅的混合。其中$^{206}Pb/^{204}Pb$的增高对μ值的变化影响较大。同时，铅同位素组成($^{*}Pb/^{204}Pb$)一般小于70%，表明放射性铅同位素总体上属于低放射性铅范围，其变化范围与北淮阳-大别山区相类似。

表 6-12　蚌埠地区金矿石及围岩铅同位素组成

矿床	样品数	测定对象	铅同位素组成						
			$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{*}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	M-age	μ
毛山	7	金矿石	16.753	15.355	37.217	69.325	1.091	954	9.118
大巩山	7	黄铁矿	17.218	15.477	37.743	70.438	1.112	927	9.815
柔渡	9	方铅矿	17.040	15.523	37.813	70.373	1.098	1029	9.818
山马庄	2	矿石	17.063	15.360	37.509	69.923	1.111	720	8.993
南窑	1	矿石	16.810	15.525	37.225	69.561	1.083	1045	9.411
史家沟	1	矿石	16.670	15.325	37.054	69.049	1.088	969	9.091
柔渡	8	围岩	17.261	15.459	37.892	70.612	1.116	765	9.392

资料引自桑宝婁等(1994)和董法先等(1993)。

五河杂岩的铅同位素模式年龄表明它们的铅同位素也是异常铅，而且μ值偏高。上述铅同位素结果表明，区内金矿的成矿物质主要来自古老的变质基底，它们可能是五河杂岩下部或者更深部位的基底岩石。其放射性铅同位素的增高可能与来自中生代交代地幔的热流物质有关，这些物质参与了花岗质岩浆深熔作用过程。

3. 氢氧同位素

蚌埠地区脉石英的氧同位素变化范围为9.00‰～11.60‰，石英包裹体水的δD值为65‰～－90‰(表6-13)。利用石英-水的分馏方程计算的水氧同位素$\delta^{18}O_{H_2O}$值为2.11‰～7.11‰，该数值大部分位于岩浆水的范畴($\delta^{18}O_{H_2O}$，＋5.5‰～＋10‰；δD，－50‰～－85‰，Taylor，1974)。脉石英氧同位素值略偏高，可能与岩浆演化和成矿环境有关。

柔渡矿床脉石英$\delta^{18}O$平均值为12.30‰，包体平均值δD为－76‰；斜长角闪岩、紫苏麻粒岩$\delta^{18}O$为11.6‰，δD为－94‰。通过计算，投影在$\delta D-\delta^{18}O$图解上，前者落入岩浆水范围，后者落在岩浆水以外，表明成矿流体主要来自岩浆水，但混有部分大气降水。

表 6-13　蚌埠地区含金石英脉氢氧同位素组成

样号	矿床点	地质产状	$\delta^{18}O$ ‰	$\delta^{18}O_{H_2O}$ ‰	δD ‰
B189	毛山	5中段脉石英	11.67	4.78	
B142		25中段脉石英	13.33	5.44	
B329	大巩山	24号矿体脉石英	11.91	5.02	
B3	小巩山	3号矿体脉石英	12.23	5.34	
B91	吴段庄	含金硫化物脉石英	11.34	4.45	
B67	狮子山	脉石英	12.22	5.33	
B146	史家沟	脉石英	13.32	6.43	
	柔渡	脉石英	9.30	2.41	－70
		脉石英	13.90	7.01	
ZK1230 19		脉石英	9.60	2.11	－90
ZK1204-3		脉石英	14.50	7.61	－65
ZK401 7		脉石英	14.60	7.71	－78
ZK024 16		脉石英	14.10	7.21	－76

资料B引自桑宝婁等(1994)，ZK引自董法先等(1993)。水氧同位素计算分馏系数根据Clayton *et al.*，(1972)。

（二）张八岭地区金成矿物质来源

1. 硫同位素示踪

区内不同类型的金矿化作用都与硫化物密切相关，尤其是金的亲硫性质控制了金的地球化学行为与硫的密切关系。因此，硫同位素是一种良好的示踪剂，有助于了解成矿物质来源及成矿机理。表 6-14 给出本区不同类型金矿石以及闪长质脉岩的硫同位素分析结果。

表 6-14　张八岭地区金矿石及闪长质脉岩硫同位素组成

类型	测定对象	样品数	$\delta^{34}S/‰$ 变化范围	$\delta^{34}S/‰$ 平均值	$\delta^{34}S/‰$ 极差	$w(^{34}S)/w(^{32}S)$
含金石英脉型	金矿石	3	+4.74～+3.1	+0.33	7.83	22.23
	黄铁矿	2	-4.61～+5.23	+5.42	1.62	22.34
	方铅矿	3	-6.43～-8.7	-7.56	2.27	22.05
	辉钼矿-金矿石	3	+1.84～-5.19	+2.17	7.03	22.27
破碎蚀变岩型	金矿石	1		-3.94		22.37
	褐铁矿铁帽	4	-5.55～+6.01	-5.81	3.46	22.35
闪长岩脉	全岩	2	+0.90～-3.81	+2.36	2.91	22.27

资料引自邱瑞龙等，1997

金矿石硫同位素测定结果表明，十分接近陨石硫，与闪长质脉岩的硫同位素值相一致，反映成矿作用中的硫源与闪长质脉岩可能来自同一源区。本区金矿石硫化物以黄铁矿为主，反映还原硫占优势，且重硫富集[$w(^{34}S)/w(^{32}S)>22.22$]，这种特征与闪长质脉岩相似，反映了深源硫的属性。

2. 氢氧同位素示踪

成矿热液的主要成分是水，为了探讨热液水的来源，利用了含金石英脉脉石矿物的氢氧同位素分析资料（表 6-15）。

表 6-15　脉石英氢氧同位素组成

成矿阶段	样品数	$\delta^{18}O/‰$	$\delta^{18}O_{H_2O}/‰$	$\delta D/‰$
硫化物阶段	3	+9.41	-0.18	-61.95
氧化物阶段	1	+9.50	+0.82	-76
脉壁蚀变岩	1	+6.60	-1.22	

资料引自邱瑞龙等，1997。

含金石英脉型石英的氧同位素变化范围较大（+6.0‰～+12.1‰），这一数值明显高于地幔岩，与 I 型花岗岩（9.12‰～10.5‰）相类似。热液水氧同位素与标准岩浆水相比明显偏低，显然，中生代大气降水的混入和随着温度和介质浓度的降低，氧同位素向低值漂移是使成矿热液氧同位素降低的主要原因。含金石英脉包裹体氧同位素与岩浆水的平均值（ 70‰）相近似，明显高于中生代大气降水（ 125‰）。

（三）滁县—全椒地区成矿物质来源

研究区地质背景分析可以看出，区内的 Cu、Au 夕卡岩矿床及岩浆热液叠加改造型 Au、Ag 矿、含金石英脉型金矿在时空分布上与同熔型花岗岩类密切相关，构造控岩控矿特点说明矿液的通道和岩浆侵入的通道是一致的，夕卡岩与岩浆岩化学成分及稀土元素的相似性

和继承性说明矿化热液来源于同一岩浆源，它们具有同源的特点。岩浆岩的研究成果表明，其物质来源主要与扬子前陆带隆起上地幔密切相关，岩浆演化过程中混熔部分地壳组分，因此，成矿物质主要来自于上地幔，成矿热液部分来自于中生代大气降水。

大庙山矿区碳氧同位素分析结果见表6-16。由表可以看出，产于泥灰岩中的金矿体氧

表6-16　大庙山金矿床矿氧同位素分析

样号	岩性	矿化特征	分析结果		
			$\delta^{13}C_{PDB}$ ‰	$\delta^{18}O_{PDB}$ ‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$ ‰
DHS-1	泥灰岩	顶板围岩	3.98	−7.81	22.32
DHS-2	泥灰岩	矿化围岩	2.83	−7.53	22.61
DHS-4	泥灰岩	金矿体	2.17	−7.62	22.52
DHS-5	泥灰岩	矿体夹层	3.13	−5.97	23.19
DHS-6	泥灰岩	矿体夹层	1.47	−7.31	22.84
DHS-7	白云岩	透镜体	5.32	−5.06	25.16
DHS-8	泥灰岩	围岩	0.01	−7.50	22.64
DHS-9	泥灰岩	金矿体	3.13	−7.67	22.47
ZK2501-1	白云岩	矿体顶板	5.27	−6.55	23.62
ZK2501-2	白云岩	矿体顶板	4.59	−6.49	23.78
ZK2501-3	白云岩	近矿围岩	5.57	−7.58	22.56
ZK2501-4	白云岩	金矿体	1.67	−11.52	18.50
ZK2501-5	白云岩	银矿体	1.90	−14.53	15.60

$\delta^{18}O_{SMOW} = 1.03\delta^{18}O_{PDB} + 30.87$(Craig，1965)。

同位素组成与近矿围岩基本一致，碳同位素组成矿体中亏损，说明矿化过程中围岩与成矿热液间产生了同位素交换。产于碎裂状及角砾状白云岩中的金、银矿体，碳氧同位素组成与围岩相比$\delta^{13}C$偏低3.6‰，$\delta^{18}O$偏低8‰，碳氧同位素呈同步亏损，说明成矿作用过程中经历了强烈的岩浆热液矿化作用。

大庙山金矿床矿石及围岩稀土元素组成列于表6-17。

表6-17　大庙山金矿床稀土元素组成及特征参数表(w_B/10^{-6})

样品	DHS-4	DHS-5	DHS-6	DHS-1
La	15.26	15.87	4.28	4.22
Ce	29.91	30.86	8.75	8.15
Pr	3.62	4.09	1.59	1.11
Nd	13.67	15.53	4.63	4.44
Sm	3.16	3.50	1.03	1.11
Eu	0.89	0.97	0.30	0.32
Gd	3.10	3.34	0.98	1.13
Tb	0.49	0.48	0.16	0.17
Dy	2.84	2.73	0.96	1.09
Ho	0.57	0.55	0.17	0.19
Er	1.68	1.60	0.44	0.53
Tm	0.25	0.25	0.06	0.08
Yb	1.78	1.76	0.43	0.52
Lu	0.27	0.27	0.06	0.08
ΣCe	80.31	84.93	23.14	23.11
ΣY	10.98	10.98	23.14	23.14
ΣREE	91.29	95.91	28.40	28.81
ΣCe/ΣY	5.98	6.46	6.31	5.33
δEu	0.87	0.86	0.91	0.87
δCe	0.94	0.92	0.81	0.95
$(La/Yb)_N$	5.78	6.07	5.71	5.47
$(La/Sm)_N$	3.04	2.86	2.61	2.39

由表可知，围岩中稀土元素总量明显偏低，配分模式为轻稀土富集型，铕亏损不明显，矿石稀土含量明显增高为91×10⁻⁶～96×10⁻⁶，配分模式虽为轻稀土富集型，但重稀土元素配分曲线斜率较缓，有一定程度的铕亏损、矿石中稀土元素明显的变化，表明外来稀土元素的加入。据分析，区内大面积出露震旦-寒武系碳酸盐岩，如果是地下水热液成矿，那么很难造成矿石中稀土含量的明显增高。大庙由矿区西侧存在有一条规模较大的隐爆角砾熔岩，据航磁资料推断矿区深部有隐伏岩体。总之，大庙由金矿床的成矿与岩浆热液关系密切，岩浆热液沿构造破碎带上侵，与围岩产生热液蚀变、交代、矿化而形成矿床。

二、成矿热液性质

根据研究区内已有的研究资料，包括成矿热流体的包裹体成分、包裹体测温和测压以及围岩特征、围岩蚀变类型、矿石矿物组合等方面的资料，综合分析了区内成矿热液的物理化学参数。

（一）成矿物理化学条件

1. 成矿温度

利用脉石英包裹体均一法测温和金属矿物爆裂法测温确定矿体的形成温度。

董法先等(1993)对大巩山—荣渡地区的测温结果划分了三个不同的热液期次：①早期矿化温度为320～360℃，370～440℃，主成矿温度为315℃，该期黄铁矿生成，见有部分金的沉淀；②中期成矿温度为220～300℃，主成矿温度为255℃，该期发育大量金属硫化物和金矿物；③晚期成矿温度为170～180℃，主成矿温度为175℃，该期发育碳酸盐化、重晶石化、绿泥石化及少量金属硫化物和金矿物。

邱瑞龙等(1997)对张八岭地区测温结果显示，含金石英脉型金矿化的成矿温度为460～205℃，硫化物爆裂温度控制了成矿温度上限，脉石英均一温度提供了成矿温度下限，这一温度间隔代表四个矿化阶段。上述成矿温度范围表明区内含金石英脉型属于高中温热液矿床、破碎带蚀变岩型金矿的成矿温度相当，成矿温度变化范围较大，一般为>400～115℃。

2. 成矿深度

利用脉石英包裹体的均一温度和爆裂温度和李千伦(1981)的流体压力和均一温度、爆裂温度关系式 $P=780(TJ-30)/(TB-30)-70$ 计算的成矿流体压力及估算的成矿深度列于表6-18。

表6-18　大巩山—荣渡地区成矿流体压力计算结果

样号	ZK024　16										
期次	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
均一温度/℃	264.0	324.0	430.6	122.4	267.5	228.1	332.0	167.1	334.2	180.8	238.8
爆裂温度/℃	380	380	380	285	285	285	285	300	300	295	295
压力/MPa	0.591	0.752	0.961	0.352	0.797	0.675	0.994	0.466	0.949	0.514	0.685
深度/km	1.95	2.48	3.17	1.16	2.63	2.23	3.28	1.54	3.13	1.70	2.26

均一温度和爆裂温度资料引自董法先等，1993

由表可以看出，早期成矿压力平均值为0.968MPa，成矿深度为3.19km；中期成矿压力平均值为0.665MPa，成矿深度为2.19km；晚期成矿压力为0.409MPa，成矿深度为1.35km。上述计算结果表明，从早期至晚期成矿压力逐渐降低，成矿深度有变浅的趋势。总

之，大巩山—荣渡地区属于中浅成成矿

张八岭地区各类矿化体大多赋存于花岗岩体中，利用花岗岩角闪石压力计计算的花岗岩成岩压力为1.08MPa，估算的形成深度约3km，这一深度代表了本区的成矿深度，属于中深成成矿。

涞县—金银地区的夕卡岩型铜金矿床以及热液型含金石英脉型矿床由于与同熔型花岗岩类在空间上关系密切，尤其是夕卡岩型铜金矿床往往分布于同熔型花岗岩接触带，因此，岩体的形成深度制约了成矿的深度。区内同熔型花岗岩类的大量资料显示，它们属于中浅成，成矿深度亦应为中浅成成矿。

3. 成矿的酸碱度及盐度

大巩山—荣渡地区依据石英包裹体测定结果，成矿流体的pH值为6.60～8.56，平均值为8.00，考虑到本区成矿温度，成矿流体为弱碱性-碱性；E_h平均值为 0.95，数值偏低，表明成矿流体氧化性较低，还原性较强。区内成矿流体的盐度变化范围较大，早期盐度较高(28.8%)，中期平均值为14.9%，晚期盐度偏低平均值为11.1%。上述结果表明，从成矿早期至成矿晚期盐度逐渐降低，显示了主成矿期盐度较高的特点。本区成矿流体密度变化不明显，中期平均值为0.93g/cm³，晚期平均值为0.99g/cm³。

张八岭地区成矿热液的酸碱度为中性-弱碱性，pH值为6.7～6.8，平均值为6.7。区内破碎带蚀变岩型金矿由围岩所反映的成矿热液组分更富于碱质。因此，它们的碱度可能为弱碱性。成矿热液的盐度直接影响成矿元素的富集程度，含矿流体的盐度明显高于无矿流体的盐度。破碎带蚀变岩型成矿流体盐度为10.0%～11.0%，含金石英脉型的盐度为9.73%～10.12%，其数值与山东玲珑金矿富矿石英包裹体的盐度相近似(10%～11%)。成矿溶液的介质密度，破碎带蚀变岩型(0.6～0.7g/cm³)明显小于含金石英脉型(0.85～0.95g/cm³)，这种特征反映破碎带蚀变岩型成矿热液含有较多的挥发组分。

(二)成矿热液组分

张八岭地区根据邱瑞龙等(1997)对区内两种金矿类型的元素地球化学特征研究，已经查明含金石英脉型亲石元素丰度较高，微量元素模式更接近于花岗岩，且Ba、Nb、Sr、Ti、P的强烈亏损显示了岩浆分异晚期热液的特点；破碎带蚀变岩型亲铁过渡元素丰度相对较高，微量元素模式与闪长质脉岩相似，且两者Ba、Th、K、Sr等具有互补性，表明破碎带蚀变岩型金矿化继承了闪长质脉岩分异热液的特点。

含金石英脉型石英包裹体成分分析显示，成矿溶液以水为主，还原性气体(H_2、CO、CH_4)含量较低，CO_2/H_2比值较高，平均值为356，反映了岩浆热液的特点。液相成分中碱性组分明显偏高，K/Na为2.02～14.87，成矿热液以富钾为特征；基性组分Ca^{2+}和Mg^{2+}等偏低，从成矿早期至成矿晚期明显降低；酸根离子主要为Cl^-、F^-，其中Cl^-的浓度明显大于F^-的浓度，含氧酸根均低于检测线，显示了岩浆热液的特点。

大巩山—荣渡矿区含金脉石英包裹体测定(董法先等，1997)显示，液相组分阳离子以K、Na为主，Na离子含量平均值高出K离子平均值近一倍。基性组分Ca^{2+}和Mg^{2+}含量极少，酸根离子主要为Cl^-和SO_4^{2-}。气相组分以H_2O含量最高，摩尔分数平均值为61.19%，CO的摩尔分数平均值为2.22%，H_2的摩尔分数平均值为1.03%，CH_4的摩尔分数为0.13%，显然，CH_4、H_2、CO_2含量较低，CO_2/H_2平均值652。总体上看，大巩山和荣渡矿区包裹体成分特点与张八岭构造带相似，反映了岩浆热液富碱和高氧逸度的特点；但是，两地区

成矿热液也存在着显著的差异，大现山—朱渡矿区成矿热液碱质以钠为主以及含氧酸根的大量出现显示了成矿热液源区和成矿环境的不同。

三、成矿作用

研究区地跨三个不同的次级构造单元，不同基底的结合部位(过渡带)构成地质背景异常，断裂构造十分发育，岩浆活动较频繁，基底岩石含金丰度值高，总体构成了十分有利的金矿成矿远景区。在前人工作的基础上，通过对区域成矿条件和成矿物质来源的分析研究，概括了本区的区域成矿规律，为金矿的资源评价奠定了地质基础。

(一)构造基底与金的成矿

本区分布有三种不同的构造基底，华北陆块南缘蚌埠隆起区基底为五河杂岩；张八岭构造带基底为阚集杂岩；扬子陆块的滁州褶冲带则为董岭式基底。基底与金矿成矿作用主要表现在以下几个方面。

1. 基底展布与矿带分布间的关系

不同类型基底的结合带多为构造薄弱带，它们是构造岩浆活动最强烈的部位。同时，基底多表现为刚性。在基底隆起和扩张阶段，抬高的脊部破裂形成深断裂，局部地段沟通了深部岩浆房，控制了岩浆的上升和侵位。因此，基底对构造岩浆活动的控制，也就控制了成矿带的分布，基底的展布与成矿带的分布具有十分密切的成因关系。

2. 基底物质与金矿的关系

基底不仅在空间上与矿带的分布关系密切，而且基底的物质组份为深熔岩浆作用过程金的活化转移提供了重要的物质来源。

蚌埠隆起的基底是太古界五河杂岩，主要为一套镁铁质、超镁铁质岩，部分岩石化学特征与玄武质科马提岩相当，金平均值为 5.04×10^{-9}。蚌埠地区金矿在成因上与深熔花岗岩浆热液有关，深熔成矿作用揭示了变质基底作为区内金矿化物质基础的重要作用。

张八岭构造带的基底主要包括太古界—下元古界的阚集杂岩，原岩主要为中基性火山岩，这些中深变质岩类构成了区内具有较高的含金丰度的变质基底，可为金的成矿作用提供一定的矿源。

滁州褶冲带的基底可能为董岭岩群，董岭岩群变质岩中 Cu、Au、Mo 元素丰度较高，可能对金的成矿作用有一定的贡献。

(二)岩浆活动与金矿成矿

研究区内金矿床(点)的分布，与岩浆活动有着密切的成因联系。

岩浆岩的研究结果表明区域岩浆岩主要来源于上地幔和下地壳。发育于扬子前陆带的中生代构造岩浆活动，与地幔上隆和地壳拉张密切相关。地幔物质的部分熔融，上地壳物质同化混染形成同熔型花岗岩浆，岩浆分异演化产生成矿热液。因此，同熔型花岗岩浆与铜金矿化不仅具有同源性，而且具有鲜明的继承关系。滁州褶冲带的金矿化与岩浆岩时空对应，金矿(化)体主要产于岩体内外接触带及其附近，而大脑山式、龙王头式 Au、Ag 矿化也与岩(脉)体密切伴生，是岩浆期后热液活动的产物。

张八岭构造带和蚌埠隆起区中生代深熔型花岗岩及其各类脉岩，在深熔岩浆作用过程中使金含量较高的下地壳基底变质岩发生部分熔融，成矿物质活化转移，金富集于深熔花岗质岩浆中。深熔花岗岩浆的上侵和演化，不仅使熔体中的成矿物质进一步富集，而且可从围

岩中萃取部分成矿物质，从而形成深熔花岗岩浆成矿热液。因此，深熔岩浆作用本身就是成矿作用重要的一环，不同类型金矿化和岩浆演化的不同阶段有着密切的成因关系。张八岭构造带中金矿的分布与岩浆岩密切共生，并有明显的岩浆岩成矿专属性：含金石英脉型金矿与深熔花岗岩浆期后热液有密切的成因联系；构造破碎带蚀变岩型金矿与闪长质脉岩密切相关。

（三）构造与金的成矿作用

区内两条深大断裂带——郯-庐断裂带和黄-破断裂带是区域主要的控岩和控矿构造，对本区金矿的成矿具有至关重要的作用。

郯-庐断裂在中生代的强烈发育，不仅波及范围广，影响深度大，而且对物质场的调整作用也比较强烈。这就为岩浆活动、成矿热流体运移、成矿物质活化、成矿控矿构造及构造动力因素的创造，提供了重要条件。就目前所知，郯-庐断裂带主干断裂，对金矿体不起直接的控制作用，但沿郯-庐断裂两侧或夹持区域中的某些区段发育的次级构造及低序次构造发育了良好的金矿化，有的区段构成金矿床。郯-庐断裂带控制了张八岭构造带侵入岩的分布和金矿化带的形成。不同方向的构造与郯-庐断裂次级构造交汇处则控制了成矿区和矿田的分布。如蚌埠隆起的东西向构造与北北东、北东向断裂的交汇处；张八岭构造带中北西向与北东向断裂的交汇部位。

滁州褶冲带的夕卡岩型金矿化受岩体与围岩接触带的形态与产状控制，褶皱及逆掩推覆所形成的层间破碎带和逆掩推覆面是龙王尖式和大庙山式金、银矿化的主要控矿构造。另外，近南北向的隐爆角砾熔岩带也是不容忽视的控岩、控矿构造；北东向与近南北向构造的交汇点是有利的成矿部位。

（四）地层与金的成矿作用

区内已知的金矿（化）体均与一定的地层层位有关，含矿地层不仅为金矿（化）体提供了有利的赋矿空间，而且可能提供了部分成矿物质。

区内北部的五河杂岩变质镁铁质岩是有利的成矿母岩，已知金矿床的80%产于该层位中，说明金矿床（点）与该层位有着密切的成生联系。

全椒—滁县地区龙王尖式和大庙山式金矿主要产于震旦系灯影组中，该组不仅为金矿化提供了有利的成矿空间，而且金丰度值较高，其本身就是一个重要的含金地层。

综上所述，总结出研究区成矿作用的总体规律是研究区位于十分有利的构造部位上，基底隆起和基底过渡带控制了构造岩浆活动和金矿带的分布；郯-庐断裂带和黄-破断裂带是最重要的控岩控矿构造，它们在燕山期的强烈活动，控制了区域岩浆活动和金矿（化）带的展布。其低序次的断裂构造和不同方向断裂构造的交汇处则控制了矿田和矿床的分布。不同的构造单元中具体的控矿构造和成矿特点有所不同。燕山期岩浆活动是本区重要的成矿因素之一，也是主要的成矿期，它不但为金元素的活化、迁移、富集提供了热动力条件，其本身也是重要的矿质源，与金矿的空间分布密切相关。不同的地层层位与金矿有密切的成矿专属性。

（五）成矿机制

纵观研究区内不同类型金矿的空间分布特征、矿石结构构造特点以及包裹体反映的成矿热液性质，它们的成矿作用方式主要有三种类型：热液脉状充填型、破碎带热液交代型和接触交代夕卡岩型。

热液脉状充填成矿作用主要包括含金硫化物石英脉型金矿，是区内最为发育的成矿作用之一。成矿热液来自岩浆热液，沿韧性剪裂面、剪切破碎带等断裂充填贯入，由于热液活动的多阶段性和构造活动的多期次性含金石英脉都有不同的矿物组合，其中硫化物黄铁矿、黄铜矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿等十分发育，脉石矿物以石英为主，可见碳酸盐、重晶石、萤石等。一般从早期至晚期石英和硫化物都有多个世代产出，金主要富集于早中期，常与黄铁矿、黄铜矿等共生。

破碎带热液交代成矿作用形成破碎带蚀变岩型金矿。构造破碎带提供了该类型金矿发育的空间。成矿热液来自岩浆热液，热液中挥发性组分含量一般较高，成矿作用以热液交代为主，发育含金石英细脉和网脉。矿体由构造碎裂岩石经含金热液交代蚀变达到金的工业品位的蚀变岩石组成。该类型金矿的形成与构造碎裂岩的蚀变作用类型和强度关系极为密切，强烈蚀变的黄铁绢英岩化蚀变岩金最富集。蚀变岩石的明显分带和黄铁矿的多阶段产出，显示了富含碱质的成矿热液渗滤交代过程中围岩成分对成矿溶液组分和性质改变的重要作用。

接触交代夕卡岩型铜金矿床的成矿作用主要取决于同熔型岩浆热液和接触带构造的发育程度，前者提供了成矿物质，后者提供了成矿空间。一般说来，与该类型夕卡岩型铜金矿床有关的同熔型花岗岩体出露面积较小，多呈小岩株、小岩枝、小岩瘤。有利的接触带围岩为含泥质条带的碳酸盐岩，有利的成矿空间多为围岩接触带附近的前缘舌状体的上下盘和层间破碎带。含有成矿物质的岩浆热液沿着接触带构造破碎带运动迁移，早期发育夕卡岩化，碳酸盐围岩被交代，围岩中的钙镁组分进入热液改变了热液的物理化学条件，促使成矿物质沉淀，形成夕卡岩铜金矿床。

第五节　区域成矿模式

随着找矿工作的不断开展和地质科研工作的逐步深入，近十年来相继发现了郭大洼、小庙山、大庙山、龙王尖、涂山、荣渡等地一批金矿床(点)，这些金矿产出地质条件和成矿特征，进一步丰富了该区成矿模式。我们在前人研究的基础上，特别是利用了近年来我们在区内的研究资料和成果，建立了区域成矿模式(图 6-10)。

一、区域深部地质特征

研究区地跨华北陆块、张八岭构造带及扬子前陆陆块三个不同的大地构造单元，郯-庐断裂带及黄(渠树)破(凉亭)断裂带是它们的分界断裂。不同构造单元的构造变形、岩浆活动、成矿作用等都与其深部地质特征，特别是基底变质岩系密切相关。尤其对深熔花岗岩类的演化及其相关的成矿作用具有明显的制约作用。

华北陆块东南缘基底明显隆起，太古宙-太古宙变质岩系出露地表，推测其为地表至康氏面以上地壳的重要组成部分；康氏面以下为硅镁层，代表下地壳；莫霍面构成上地幔岩石圈的顶部界面。区内出露基底系新太古代五河杂岩，主要由镁铁质变质岩系、变质变形花岗质侵入体以及表壳岩系(包括片麻岩系与海相碳酸盐建造)组成，为一套变质的火山-沉积岩系。根据花岗岩研究资料，区内深熔岩浆作用推测为下地壳物质部分熔融的产物，其深部岩浆房可能位于康氏面附近。

张八岭构造带为苏鲁大别造山带的一部分，深部结构十分复杂。全球深反射地震资料综合分析推断，张八岭构造带结晶基底以下分层与华北陆块和扬子陆块大体相似。20～33km为硅镁质下地壳；33km莫霍面以下为上地幔岩石圈；上部地壳由元古界-太古界变质岩系组成。构造带东界黄-破断裂带附近表现为俯冲基底增生楔。区内出露结晶基底有阚集杂岩、肥东岩群、张八岭岩群等。阚集杂岩由变质变形中酸性侵入体及表壳岩组成；肥东岩群为一套含磷、锰的碳酸盐岩；张八岭岩群则由表壳岩系北将军组和细碧-石英角斑岩建造为主的西冷岩组组成。与扬子陆块基底相比，上述基底都有明显抬升。岩浆岩地球化学研究资料表明，张八岭构造带内花岗岩系下地壳深熔岩浆作用产物，其深部岩浆房大约位于20km以下。

扬子陆块深部地质结构研究较为详细，深部地壳结构划分为六层，上地壳包括陆相中生界、海相古生界、绿片岩相浅变质岩系及角闪岩相中深度变质岩系等四层；18～32km为下地壳硅镁层；33km以下为上地幔岩石圈。研究区内黄-破断裂以东，未见基底岩系出露，盖层包括震旦系至侏罗系的碳酸盐岩和陆源碎屑沉积及陆相盆地火山岩系。区内构造岩浆岩研究表明，中生代侵入岩具有幔源特征，它们是交代地幔岩部分熔融的产物。岩浆侵位具有分层模式，中深岩浆房大约位于15～18km莫氏面附近；岩浆就位的浅部岩浆房大约位于3～5km。局部可能存在的深部岩浆房大约位于25～32km的下地壳中。区域性深断裂控制了深部构造-岩浆作用与浅层构造-岩浆活动与成矿作用。

二、成岩成矿系列

研究区内金成矿作用与岩浆热液活动紧密相关，它们在成岩成矿演化过程中构成了完整的成岩成矿系列。由于岩浆岩类型和成岩物质来源的差异，区内存在三个岩浆岩-成矿系列，与三个构造单元不同的基底岩系相对应。华北陆块东南缘蚌埠隆起区岩浆岩为深熔钙碱性花岗岩，其成岩物质主要来自华北陆块下地壳硅镁层的部分熔融。由于金的亲铁性，镁铁质和超镁铁质变质岩系一般都有较高的含金丰度，在构造运动和深熔岩浆作用过程中可以使金活化富集于岩浆熔体中。在岩浆演化过程中，金银多金属进一步浓集于岩浆期后热液中，从而构成成矿流体。这种成矿流体与岩浆演化晚期的中酸性脉岩无论在空间上和时间上都有着更为密切的关系。揭示了深熔岩浆作用以及岩浆分异作用在成矿物质的汲取、富集以及沉淀成矿过程中具有重要作用。张八岭构造带深熔花岗岩-成矿系列，深熔岩浆作用的特点和过程与华北陆块十分相似，古老的变质基底为成岩成矿提供了物质来源。然而，张八岭构造带的基底变质岩系及下地壳与华北陆块明显不同，以郯-庐断裂带为界它们分属于不同的地层分区。一般认为，张八岭构造带的基底与扬子陆块相类似。近年来，在张八岭地区发现了一些新的线索，例如，老嘉山集混合岩化片麻岩的铀铅年龄达26亿年。这种老的变质岩石仅仅在华北陆块中见及；女山湖玄武岩捕虏体发现类似于华北陆块的老变质岩石，这些事实表明张八岭地区深部是否存在两个陆块的基底，值得进一步研究。

扬子陆块同熔型花岗岩-成矿系列，与上述两个系列在成岩成矿物质来源上存在着质的差异。同熔型高钾闪长岩类，无论在岩石矿物组合、岩石地球化学特征以及同位素组成等方面所反映出的成因特征都与上地幔交代地幔岩有关，而且其成岩成矿物质主要来自地幔源，壳源物质的同熔位于次要地位。同熔型花岗岩的成矿系列包括了夕卡岩铜金成矿类型以及各类热液充填和交代成矿类型。研究资料表明，岩石地球化学和矿床地球化学揭示的元素组

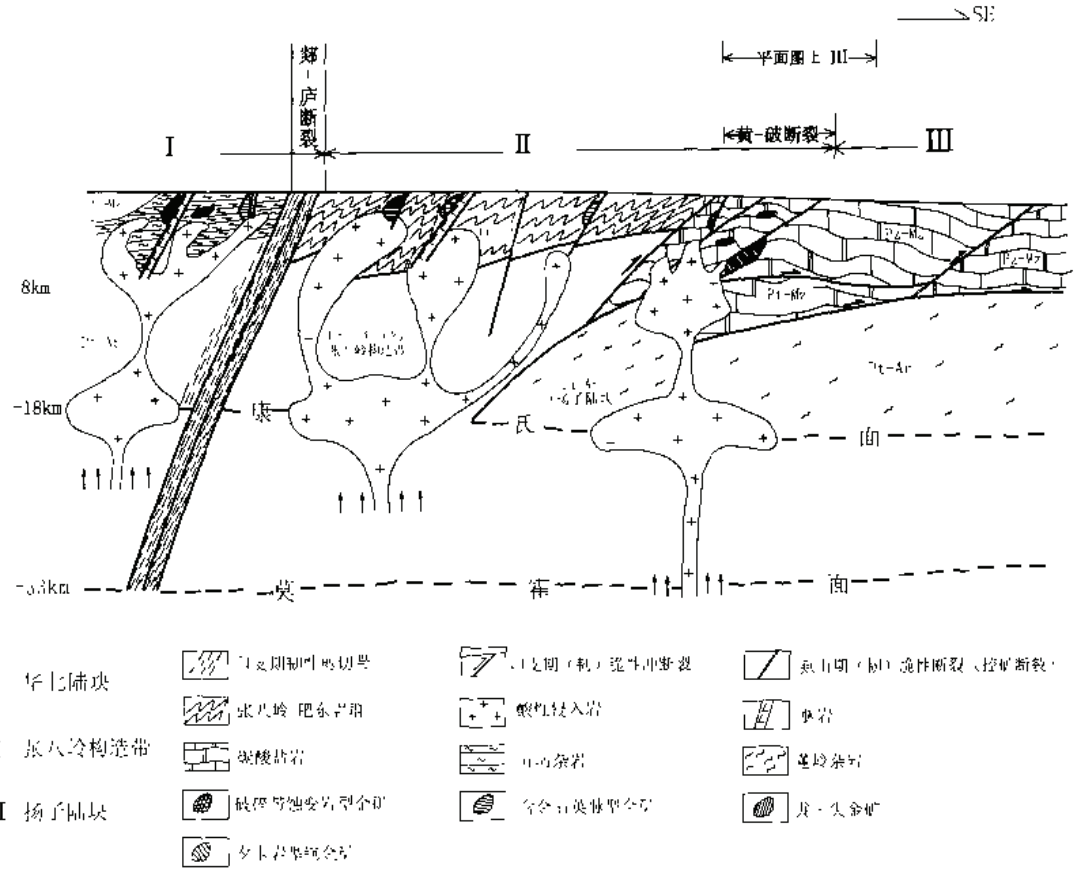


图 6-10 区域成矿模式示意图

合、稀土元素特征以及同位素组成具有较大的相似性，反映了成矿流体与岩浆熔体的同源性、继承性和互补性。

三、构造控矿特征

构造对金矿的控制作用主要表现为断裂对金矿的控制作用，区域性深断裂是重要的导岩和导矿构造，派生的各类次级断裂，尤其是韧脆性—脆性断裂是主要的容矿断裂。

区内两条深断裂郯-庐断裂带和黄—破断裂带，不仅仅是构造单元的边界断裂，也是区域性控岩和控矿构造，对区内金矿的成矿具有重要的作用。郯-庐断裂带两侧以及夹持其中的区段是区内重要的成矿地段。它不仅控制了张八岭构造带内的侵入岩和五河-大别山地区的各类脉岩的空间分布，而且提供了成矿物质活化、成矿流体运移及其构造动力。黄-破断裂带是另一条贯穿区内的深断裂，是造山运动的重要的构造变形地带，控制了燕山期同熔型岩浆活动。嘉山管店—全椒龙王尖断裂是穿切张八岭构造带和滁州褶冲带的近南北向断裂，具有深断裂特征。该构造带控制了燕山期的侵入岩分布，而且控制了张八岭构造带及全椒段的金矿床(点)的分布；不仅具有导岩导矿的特点，而且具有直接控矿的特征。

华北陆块东南缘蚌埠隆起区的主要控矿断裂为近南北向的韧脆性剪切破碎带，在郯-庐断裂带内尤为发育。近南北向构造破碎带内尚见有近东西向(北西西或北东东向)韧脆性

断裂控矿。张八岭构造带主要控矿构造为韧脆性剪切带，它们属于郯-庐断裂带的派生构造，主体方向为北北东向。其中北北东向构造破碎带和北北东向韧脆性剪切带是区内重要的容矿构造；其次见有北西向构造破碎带，它们由剪切破劈理叠加于角砾岩不十分发育的构造角砾岩带组成。扬子前陆北缘仑山—滁州褶冲带夕卡岩型铜金矿化主要受控于接触带构造，热液脉状金矿化则受控于断裂构造，它们往往利用了印支期逆冲、褶皱、滑脱、推覆所形成的构造薄弱面。近南北向隐爆角砾熔岩带也是区内不容忽视的控岩、控矿构造，北东向与近南北向构造的交汇点是有利的成矿部位。

四、矿床成因

区内不同构造单元发育的各种金矿床类型，矿床成因机理不尽相同，控矿因素有所差别，成矿作用过程各有不同，但从成因上看都与岩浆热液密切相关，反映了研究区内金的成矿作用与岩浆活动的密切关系。

（一）矿质来源

综合区内已有研究资料可以看出，金的成矿热液为岩浆期后热液。矿床元素地球化学特征与花岗岩及闪长玢岩元素地球化学特征具有相似性、继承性和互补性，反映了岩浆演化序列的特点。同位素及包裹体研究资料表明成矿热液为中—弱碱性富氯富碱流体，其成因属于岩浆热液。硫同位素相当于陨石硫，揭示了物源区为上地幔或下地壳。铅同位素资料明显划出两个类别，其一为变质作用放射铅明显丢失的低放射成因铅同位素；其二为来自地幔的高放射铅同位素。这就表明成矿物质分别来自上地幔和下地壳两个源区，与研究区内同熔型花岗岩及深熔花岗岩相一致。

（二）深熔岩浆作用与成矿

花岗岩研究资料表明张八岭构造带及蚌埠隆起花岗岩为深熔岩浆作用的产物，它们是下地壳物质部分熔融的产物。下地壳硅镁层是重要的含金岩石，深熔岩浆作用使载金矿物自动清洗碱存其晶格中的金，活化转移至熔体中，从而致使镁铁质岩石中的金淋滤富集于深熔岩浆中。

深熔花岗岩浆的上侵分异演化导致熔体中的金进一步浓集于岩浆期后热液中。显然，古老的变质基底可能是区内金矿化的主要来源，深熔岩浆作用和岩浆分异演化对金成矿物质的富集起到了重要作用。

（三）剪切破碎带控矿和容矿

蚌埠隆起区韧脆性剪切破碎带控矿特征十分明显。荣渡—大巩山成矿区紧邻郯-庐断裂带，与郯-庐断裂带平行的一组北北东向剪切破碎带发育，它们控制了区内荣渡、西坂子、小巩山、门石山、大巩山等矿床（点）。较大的北北东向剪切破碎带在临淮关—亮岗、蚌埠等成矿区内发育，近东西向（NE50°～60°）剪切破碎带亦具有明显的控矿特征，区内主要发育有汪子陈—马山—小红山剪切破碎带和清塘—宋山—付家—东西庐山剪切破碎带。北北东向剪切破碎带内常见的绢云石英片岩韧性变形，代表了区域东西向糜棱岩化五河杂岩破后期北北东向构造改造利用。剪切破碎带构造活动的多期性，强烈构造破碎叠加于早期构造变形之上，提供了成矿空间。

张八岭构造带金的成矿作用主要受近南北向管店—龙王尖韧脆性剪切带控制，区内主要金矿体分布于该断裂带的次一级北北东及北西向韧脆性剪裂面、剪切带及构造破碎带中。

金银-滁州成矿亚带构造控矿主要表现为两个特点：其一，黄梨树-马厂成矿区为管店-龙王尖韧脆性剪切带与黄-破断裂带的联合控岩控矿；其二，滁州-来安-带，黄-破断裂带严格控制了同熔型中酸性侵入岩的分布，侵入岩的接触带构造以及北东向剪切破碎控制了夕卡岩型铜金矿床和硫化物石英脉型金矿的分布。

（四）成矿时代

研究区内的金的成矿作用与中生代强烈的岩浆活动密切相关，其成矿时代属于燕山期。蚌埠隆起区荣渡-大巩山金矿成矿年龄测定结果（董法先等，1993）属于燕山期，其中大巩山矿区脉石矿物绢云母-绿泥石的 Rb-Sr 等时线年龄为 153.76Ma。张八岭构造带测定的与金矿体具有密切成因关系的闪长质脉岩的 $^{40}Ar-^{39}Ar$ 热坪年龄为 124.7～125.6Ma（邱瑞龙等，1998），属于燕山晚期。金矿体切穿闪长质脉岩，成矿时代略晚于闪长质脉岩，亦应属于燕山晚期。金银-滁州成矿亚带金矿化主要分布于燕山期同熔型中酸性侵入岩体内及接触带附近；充填于构造破碎带或地层层间破碎带部位的蚀变岩型或脉型金矿，在空间上与侵入岩密切相关，成矿流体为岩浆热液，因此，成矿作用与燕山期侵入岩属于同期。

第 二 篇

应用 GIS 进行金矿资源评价

第七章　地理信息系统概述及应用研究现状

地理信息系统(Geographic Information System，简称 GIS)是在计算机软、硬件平台支持下对空间数据进行输入、存储、检索、运算、分析、建模、显示、输出等的计算机系统，是集地理学、测绘遥感学、空间科学、信息科学、计算机科学和管理科学为一体的边缘学科。它一般具有输入、输出、查询、分析及空间数据库管理功能。

地理信息系统的核心是将空间信息和属性信息有机结合在一起，并作为研究问题的基本要素来解决涉及空间分析与查询问题。地理信息系统的这一机制不但为传统领域的应用提供了有力工具，还为非传统领域的应用提供了可能性。

地理信息技术同其他一些计算机技术一样，在它刚出现的时候，往往是从某一(或某些)领域开始应用的，随着该项技术的发展和成熟，它的应用领域越来越宽。地理信息系统发展到现在，其应用已从较单一的一些领域扩大到了很广泛的领域，特别是近年国外已将这项技术在信息产业界推广，收到了很好的效果。可以认为，地理信息技术在业界的广泛使用成功是该技术真正成功的标志，反过来只有该技术被业界广泛认可和支持，才能使该技术进一步得到更好的发展。

GIS 中的数据结构主要有两种：栅格数据结构和矢量数据结构。栅格数据结构实际上就是像元阵列，每个像元由行列确定它的位置。运用栅格模型，地图被划分成有规则的网络，空间事物就按其在网络中的行和列来取值。栅格数据是量化和近似离散的，其表示的地表是不连续的，这意味着地表一定面积内地理数据的近似性。矢量数据结构通过记录坐标的方式，尽可能将点、线、面地理实体表现得精确无误。以往使用的 GIS 或基于矢量，或基于栅格。GIS 的发展使矢量和栅格可以集成于一个窗口环境下，一般使栅格作为背景，矢量数据用于查询和分析。

地理信息系统按其功能和内容一般分为工具型地理信息系统和应用型地理信息系统。工具型 GIS 向用户提供一个通用的 GIS 操作平台，由用户根据自己的应用进行二次开发，如：ARC/INFO、MAPINFO、MAPGIS 等。应用型 GIS 是在比较成熟的工具型 GIS 基础上，根据用户的需求和应用目的而设计的一种解决实际应用问题的地理信息系统，如：地下管网系统、矿产资源评价系统等。

GIS 一般具有以下一些功能：

(1)输入功能

GIS 可以利用数字化仪或扫描仪把地图、图像(如航空照片)和规划图输入计算机中，然后进行编辑处理(修改、增补等)。

(2)输出功能

GIS 可以把经过分析而得出的图形或文字报告显示在荧光屏上，也可以通过绘图仪或打印机打印出来。

(3)查询、分析功能

通过空间查询和空间分析而得出决策结论，是GIS的出发点和归宿。这是一个复杂的处理过程，需要应用GIS目标之间的内在空间联系并结合各自的数学模型和理论来制定规划和决策。典型的空间分析，包括最佳路径分析、污染源流分析、农业布局合理性分析、城市布局合理性分析、道路选线分析、以及地表表面面积计算等。

(4)空间数据库管理功能

地理对象经过数据输入后，形成庞大的地理数据集，对此需要利用数据库管理系统来进行管理。GIS都具有地理数据库，其功效类似对图书馆的图书进行编目，分类存放，以便于快速查找。

第二节　GIS应用研究现状

一、国外研究与应用现状

世界上第一个地理信息系统CGIS是在1963年由加拿大测量学家R. F. Tomlinson提出并建立的，主要用于自然资源的管理与规划。随后，美国、加拿大、澳大利亚国家先后建立了许多专业性的土地信息系统和地理信息系统。许多大学和研究机构开始重视GIS软件设计及应用研究，成立了各种GIS实验室。八十年代是GIS普及和推广应用阶段，GIS技术取得突破性发展，涌现出一些代表性的GIS软件。进入九十年代，GIS已成为确定性的产业，投入使用的GIS系统，每2-3年就翻一番，GIS市场的年增长率为35%以上。桌面GIS系统大规模出现后，业界对GIS的需求迅速扩大。随着地理信息产业的建立和数字化信息产品在全世界的普及，GIS应用已遍及资源、环境、社会、经济各个领域，渗透到各行各业。愈来愈多的学科，如地理学、工程学、城乡规划、计算机科学、测量与制图、航测与遥感、地质矿产等都把GIS作为发展方向。GIS信息作为信息社会中一种重要的基础信息，既是社会公益性产品，又具有重要的市场价值。

GIS的应用范围相当广泛，它已经在以下几个方面得到较好的推广应用：

(1)区域与城市规划；

(2)农业、土地与水资源规划；

(3)林业管理；

(4)自然资源调查；

(5)环境保护；

(6)大型工程项目的前期准备和实施控制；

(7)公用事业管理；

(8)地籍与房产管理；

(9)交通运输规划与管理；

(10)国防与军事。

另外，GIS在金融业、保险业、建筑业、制造业、房地产业、零售业、运输业、公用设施业以及通讯业等也得到广泛应用。

70年代末，一些数学地质、遥感地质专家、计算机地学处理专家如Bomham-Carter、F. P. Agterberg等积极开展这方面的应用工作。八十年代中后期，GIS的地学应用特别是矿产

资源评价处于试验成熟期。进入九十年代，GIS 在地学及其它领域如城市规划等得到空前广泛的应用。F. P. Agterberg 研究了基于栅格数据证据加权资源评价模型，并得到广泛应用。在美国 CUSMAP 国土资源评价计划中，大多数图幅应用了 GIS 技术。九十年代初期，美国矿产资源评价广泛应用了包括 GIS 在内的计算机信息处理技术。

二、国内研究与应用现状

近十年来，我国地理信息系统基础软件产品的发展取得了长足的进步。在产品开发技术方面，我国已经从个别功能、单项技术的零星开发阶段进入全面开发整个系统的阶段。出现了一批在国内有一定影响的软件产品，例如中国地质大学（武汉）的微机地理信息系统 MAPGIS 等；涌现出一批以地理信息系统软件开发和系统集成为主要方向的高技术公司，并占领了部分国内市场。

我国应用地理信息系统（GIS）八十年代要在传统领域，象城市规划、土地管理、测绘、环保、农业等领域。近年来，GIS 在地质找矿和矿产资源评价、土地整治和自然资源管理及区域经济规划、综合研究国情、城市建设、各种灾害的评估和防治、农作物估产以及耕地动态变化等方面进行广泛应用。

GIS 具有很强的空间信息存储、管理和分析功能，在地理、测绘和国土资源的信息管理与处理、区域评价与建设规划等领域，有广阔的应用前景，在地质矿产评价方面也同样有很高的推广应用价值。

近几年来，我国地质矿产部门组织应用 GIS 试点工作，并着力抓基础地学数据库建设，取得了重要成就。在地矿工作信息化工程规划中，将 GIS 应用列为重要工作内容。八十年代应用开发计算机辅助制图和地理信息系统技术取得了突破性进展。自主开发出具有国际先进水平的彩色地学图件编辑出版系统 MAPCAD、工具型地理信息系统 MAPGIS、固体矿产勘查评价自动化系统 KPX。建成一批固体矿产勘查、物化探、水工环、石油海洋地质、数字地图、地质工作管理、方法模型、地学基础软件等具有一定规模的各类数据库。可以预料，随着 GIS 广泛应用与开发将会极大地影响和改变我国传统的地质研究与地质矿产勘查工作的思维方式和工作方式。

第二节　GIS 软硬件运行环境

一、GIS 软件系统的选择

GIS 软件系统包括操作系统平台和 GIS 软件，使用的操作系统一般是 Unix、Windows 或 Windows NT。在选择操作系统方面，原来以 Unix 为主流平台的 GIS 软件，近几年都更换或扩展到了 Windows 平台，目前几乎所有的 GIS 软件都支持 Windows 或 Windows NT，从发展趋势看，这仍将是一大主流，今后几年中 Windows 的用户还会大量增加。

国内外已开发出了许多 GIS 软件工具，它们硬件适应能力强、操作效率高、功能强大、易于扩充。利用系统软件工具可以大大提高建立应用系统的速度，减少开发中的重复劳动，提高应用系统的质量（如稳定性，可靠性），使不同的应用系统间可以方便地互相利用对方的数据和功能，并使用户可以专注于其专业问题。

GIS软件的功能模块包括信息采集、信息管理和处理、信息分析、信息产品输出、系统接口、人机界面等部分。采集、管理和处理、分析、输出是系统处理地理信息系统的核心部分；系统接口使用户能够方便地存取数据库中的数据，支持高层次工具和应用模型的开发；人机界面部分使用户在使用应用系统时能充分发挥计算机的交互性。

据统计在国际市场上GIS软件商有数百多家，但占据市场主导地位的为数不多。国外开发出的成功软件有：ARC/INFO、MapInfo、GENMAP、INTERGRAPH MGE MICROSTATION、IDRIST等，国内开发的GIS软件有：MAPGIS、SPACEMAN、GeoUnion等。

ARC/INFO是由美国环境系统研究所(ESRI)开发的GIS软件，其系统比较庞大、技术层次较高，主要的使用对象是专业化的地理信息使用部门。ARC/INFO的最大特点是对地理信息本身的生成与处理及空间数据分析能力强。

MapInfo是美国MapInfo公司推出的GIS软件，其系统相对精练、实用性强，用户可以在短时间内熟练掌握使用。MapInfo的最大特点是数据统计分析功能强，用户界面友好，而对地理信息的处理功能相对弱些，不具备拓扑关系分析。

GIS作为信息产业的重要组成部分，正以前所未有的速度向前发展。作为GIS技术开拓先驱，ESRI公司秉承技术融合、产品开放、全面合作的方针，向社会提供完整的GIS解决方案。GIS技术作为信息技术的组成部分，不是孤立存在的。它是在吸收和融合了相关信息技术的基础上，丰富并发展了自己。

二、PC ARC/INFO功能简介

PC ARC/INFO(V3.5)是由美国环境系统研究所(ESRI)开发的桌面GIS软件(微机版)，由若干个主模块和附加模块组成，具有以下主要功能。

(一)矢量式地图处理功能

(1)图形编辑：删除、拷贝、移动、旋转点、线、面图元；曲线圆滑、求平行线、镜面反射。

(2)空间查询：从图查属性、从属性查图、条件查询。

(3)空间分析：邻近分析、叠置分析、空间集合分析、缓冲区分析、网络分析、最佳路径分析。

(4)几何量算：计算直线、折线距离、计算面积、容量。

(5)图形运算：坐标几何、三角联网、多边形合并、图幅拼接。

(二)栅格式地图处理功能

由格网生成等值线，由等值线生成格网，矢量—栅格转换，矢量栅格叠加，绘制通视图、坡度图、坡向图，挖填方计算、边界提取、平滑处理、分类分析、布尔集合运算、地图代数处理等。

ARC/INFO开发平台提供了以下几种优势：

(1)与过去的单一AML语言比，现在可用C、C++、VB、VC、Delphi、PowerBuilder来开发，可以根据应用和平台的需要选择。每个平台都有比较好的开发系统，如UNIX上的WorkShop、Windows上的VB、VC等，用户可以选择他们喜欢的任何工具。

(2)可以充分利用开发工具和系统平台的资源，如GUI界面元素、Window风格，开发出更灵活完整的界面。

(3)可以利用现有的软件资源，如其它厂商提供的工具或控件，用于强化系统功能。

(4)与应用结合更紧密,能够更有效地控制流程。如利用现有的系统,加上 ARC/INFO 的组件,就可以得到空间分析功能。

(5)速度和性能将会比 AML 提高很多。

走开放之路,是当今信息技术发展的一大特色。随着 ARC/INFO 的 ODE 推出,ESRI 公司已走上了全面开放之路。主要体现为:

(6)全面的硬件平台支持

(7)全线操作系统支持

(8)全线数据库支持

(9)工业标准开发环境

ESRI 的开放战略包括数据开放、平台开放和软件功能开放,并随着计算机技术、网络技术、通信技术及其他的信息技术的发展不断创新和完善。

①数据开放:ESRI 的所有产品都有良好的数据转换功能。

②平台战略:计算机硬件性能不断发展,到目前为止 PC 机已成为主流的桌面平台和部分分布式环境服务器平台。ESRI 把其 ARC/INFO 和 SDE 成功地移植到 Windows NT 上,使用户在硬件环境的选择上有更大的自由度。

③功能开放:ESRI 在大多数产品上提供开放的 COM 开发环境,同时,COM 技术也是 ESRI 产品平台开放的主要前提。

三、PC ARCVIEW 功能简介

ArcView GIS (V3.0)是 ESRI 公司推出的功能强大的桌面 GIS 软件,是桌面制图和地理空间分析首选软件。它直观易用的界面工具、高效便捷的制图方式、先进强大的分析功能,一经推出,就备受广大 GIS 用户的青睐。它采用标准的 Windows 关联多文档(包括视图、表格、图表、程序、对话框)界面,实现与地图紧密相关的多种信息的可视化。利用 ArcView 可以用任何来源的数据,并可以在所有的流行计算机平台上制作地图。ArcView 还提供进行高水平空间分析的强大工具(网线分析、空间分析、3D 分析等),它的"插件"式可扩展的软件结构为 GIS 应用提供了具有伸缩性的开发平台,从而使桌面 GIS 发展到一个全新的水平。

1. 可视化的决策支持

ArcView 以 Project 为一个应用单元,由多种文档组成:Views、Tables、Charts、Layouts、Scripts。每种文档都有其相应的图形用户界面,简单直观且动态关联。用户在地图上可以直观地获得感兴趣的数据信息,而且还可以将分析结果转换成高质量的地图及数据显示。用户还可以将声音、影像等多媒体信息与图形相连,获得更好的可视化效果以支持决策。

2. 数据集成的环境

据估计,80%的数据包含地理要素,用 ArcView GIS 软件,很容易直接将用户的数据与地图相联。ArcView 提供数据获取(数字化、扫描等)及编辑的良好环境,并可以直接读取 Shapefiles、ARC/INFOcoverages、PCARC/INFOcoverages、AutoCAD(DXFandDWG)、MicroStation(DGN)、VPF 等地图数据,及输入 Mapinfo、Atlas GIS 和 ASCII 地图数据。

ArcView 可以打开 GIF、RLC、EPS、TIFF、BIL、PICT、Landsat、BIP、JPEG、BSQ、EMP、SPOT、WMF、SunRaster 和 ERDAS IMAGINE 等影像数据;可以直接从 dBASE、INFO、SDE 及 ASCII 读取数据库表,并通过 ODBC 获得 ACCESS、Paradox、Foxpro、Oracle、

SYBASE、INFORMIX、DB2 或任何与 ODBC/SQL 兼容的数据库。ArcView 还可以作为 SDE 客户端在 RDBMS 中获取空间数据。

3. 专业化的地图制作

ArcView GIS 先进的制图、编辑工具使用户能够制作出版水平的地图及报告，来充分展现用户的分析、结果及设想。

1. 精美制图的关键技术

(1)数据驱动分类(相等面积、相等区间、自然中断、标准偏差、数据正规化等等)

(2)渐变符号

(3)屏幕制图要素

(4)预建的颜色

(5)预设制图模板

(6)几千种字体、图形符号

(7)支持 TrueType 字库、符号库

(8)旋转符号

(9)上百种投影

(10)自动地图标注(叠加控制、复制标签控制、绘制内容)

(11)共同的数据分类方法

(12)在现有地图上加点、线、多边形

(13)编辑、旋转、隐藏单个标注

(14)用户图例编辑器

(15)支持多种类型的打印机、绘图仪及胶片输出设备

ArcView 不仅有专门的文档 Layout 用于制图设计，而且在 ArcView3.1 中推出专门的工具用于快速生成各种形式的报表。其制图工具增强了用户与制图部件的交互，可以从一个模板开始，采用这些部件来定制独具特色的高表达力的地图。

当需要进行专业化的地图输出，特别是影像输出时，ArcView 的扩展模块 ArcPress 可以帮助用户将绘图文件光栅化，提高绘图输出质量。ArcPress 提供高效的、优化的输出格式，降低了用户对昂贵的硬件设备的要求。

使用 ArcPress，任何地图或影像可以被输出到任意型号的标准绘图设备，或转化为其他格式，包括 TIFF、PCX、HPPCL、CalComp、CannonBubbleJet、EpsonStylesPro 和其他许多格式。

3. 可扩展的结构

(1)ArcView GIS 内部扩展功能

CAD 数据集成数字化、空间数据访问、影像数据集成。

(2)可选的扩展模块

ArcView 空间分析模块、ArcView 网络分析模块、ArcView 影像分析模块、ArcView Internet MapServer、ArcPress For ArcView。

ArcView 可扩展的结构为 GIS 应用提供了一个可伸缩的软件平台。这种结构的工作机制使得各个扩展模块作为 ArcView 功能的延伸，可根据需要随时加载或卸载。它将桌面 GIS 带到一个全新的高度。这种可扩展的结构还为 ArcView 提供了弹性的工作环境。GIS

用户或开发商可根据应用的实际需求，通过灵活地选取内部的、外部的、甚至是用户自己定义的扩展模块，以构成独具功能特色的应用系统。当扩展模块加载了以后，相关的功能会自动地反映在 ArcView 用户界面上。

3. 强大的空间分析功能

空间分析是从数据中发现隐藏规律的过程，它是 GIS 真正魅力所在。ArcView 提供几百种方式，让你能在桌面通过直观易用的 ArcView 图形用户界面来进行复杂的地理数据分析。

(1)Theme on－theme Selection：完成叠加、缓冲区、邻近分析等空间操作；

(2)空间联接(SpatialJoin)：通过 Table 中 Shape 项，把不同的 Theme 或同一 Theme 的要素按位置联结起来，从而产生诸如：Point－near－Line、Line－in－Line、Point－in－Point 等多种空间关系分析。

ArcView 先进的扩展模块提供了更强有力的工具来分析、解决下列实际问题。

7. 空间分析

SpatialAnalyst 主要用于处理光栅数据。这类数据特别适合表现传统的大量跨空间连续的地理信息，如高程、坡度、降雨量等，也被用于表现人口密度、消费行为等非传统信息。通过栅格数据建立的连续地表模型是进行流域和流向分析的理想数据。SpatialAnalyst 提供基本的栅格数据建模能力，这包括表面生成(通过点状要素的 Themes 生成栅格 Themes)、表面分析(基于要素的缓冲区分析、基于点状要素的邻近分析、点密度图分析、选址分析)、地表模型(坡度、坡向、山影、流域描绘、通视性分析)以及生成等高线等。SpatialAnalyst 的另一特点是可以进行矢量、栅格一体化分析。它可以基于面状矢量图层对栅格数据进行合并分析，以获得某些统计信息。这些工具集成在 ArcView 的用户界面上，使得用户只需轻轻点几下鼠标就可以快速、方便地完成主要的空间操作。

8. 网络分析

NetworkAnalyst 帮助你解决各类网络问题(街道、高速路、河流、管线)。如寻找最佳的行车路线、寻找最近的应急或服务设施、确定服务或销售区域等。在进行这些网络分析时，Network 可以提供不同的分析尺度，而不仅仅局限于距离。

9. 三维分析

3DAnalyst 支持建立和使用不规则三角网(TINs)。TIN 是一种基于矢量的具有拓扑结构的数据模型，它能很好地表现地形和表面数据模型。3DAnalyst 提供了由现有的 ArcView 图层生成 TIN 的工具，并可编辑结果；它还全面支持光栅数据分析，并提供由表面数据内插 z 值生成三维 shape 文件的工具；它更以低廉的价格为桌面用户提供了交互式的三维透视观察功能；它为用户提供了一种认识数据的全新工具，3DAnalyst 实现了三维数据和 GIS 数据的无缝链接。

10. 影像分析

ImageAnalyst 是 ERDAS 公司为 ArcView 编写的扩展模块。它可以为大多数 ArcViewGIS 用户提供一系列影像分析和显示功能，为已有的基于栅格的空间分析模块(SpatialAnalyst)作了补充。同时提供一个从 ArcViewGIS 到 ERDASIMAGINE 的直接发展途径，以满足用户对复杂或综合的地理成像和图像处理的需要。ArcViewGIS、ImageAnalyst、ArcView Spatial Analyst 和 ERDASIMAGINE 之间的数据流对用户是直接和透明的。

ImageAnalyst 扩展模块的主要功能：

(1)存取工业标准的影像数据类型和格式

(2)快速影像显示和操作

(3)3 级影像增强

(4)空间增强滤波

(5)影像对地图配准

(6)图像分析工具

(7)与 ArcViewGIS 的集成工具

(8)可用 ArcView 的 Avenue 语言进行客户化

11. 嵌入的面向对象的开发工具

Avenue 是一种嵌入的开发工具。它包含一系列有继承关系的对象，每类对象都可接受一些特定的请求(Request)，并完成相应任务；它具有健全的流程控制，支持程序调用和参数传递；它可与网络上其它结点的应用程序之间相互通讯，包括发送或接收数据、执行请求、返回分析结果；它可以直接调用 DLL 中的函数，并传递参数；它还可以调用操作系统的执行程序，并传递参数；它带有编辑器、编译器、随机帮助和多种调试工具；它独立于硬件平台和操作系统，在一种平台上的 Avenue 程序可在其它任何平台的 ArcView 上执行。ArcView 的一个扩展功能 DialogDesigner 还可以帮助用户创建自己的对话框，完善了原有的界面工具。通过 Avenue 用户可以定制程序界面，修改原有的功能，创建具有特定功能的应用系统，满足最终用户的需要。

四、软硬件环境配置

(一)软件配置

以流行的 WINDOWS 95 为操作平台，选用 PC ARC/INFO(V3.5)和 ARCVIEW GIS (V3.0)为 GIS 工具软件，利用 ARCVIEW GIS 内嵌的 AVENUE 语言和 VISUAL BASIC (V5.0)作为二次开发工具。辅助应用软件：MAPGIS(V5.0)、MAPINFO(V4.0)、Suffer (V3.0)等。

(二)硬件配置

目前绝大多数 GIS 都运行在图形工作站和 PC 机上，随着 PC 机性能的提高，PC 机在逐渐代替图形工作站。GIS 的一般硬件组成如图 7-1 所示。

数字化仪由电磁感应板和坐标输入控制器组成，普通地图固定在感应板上，当控制器放在感应板时，控制器在感应板上的相对位置就转变为相对坐标传输给计算机。数字化仪能够记录每个点、线和多边形的位置，形成矢量数据文件。由于数字化仪需用手工操作，故输入地图很费时间，效率较低。

扫描仪一般比数字化仪昂贵，它将地图以数字化的形式一行一行地直接输入到计算机中。扫描仪获得的图像是栅格图像，需要进行目标识别和栅格到矢量的转换。目前扫描仪的分辨率已达到 5～10mm，完全能满足高精度照片扫描的要求。

绘图仪与终端都是输出设备，绘图仪主要用于绘制所需地图，终端设备用于显示地图和数据处理结果。目前市场上的高精度绘图仪已达 1200dpi，能够绘制高质量的影像地图。

磁盘、光盘和磁带用于存贮数据和程序。目前硬盘的容量已达到几十 GB，而且价格相

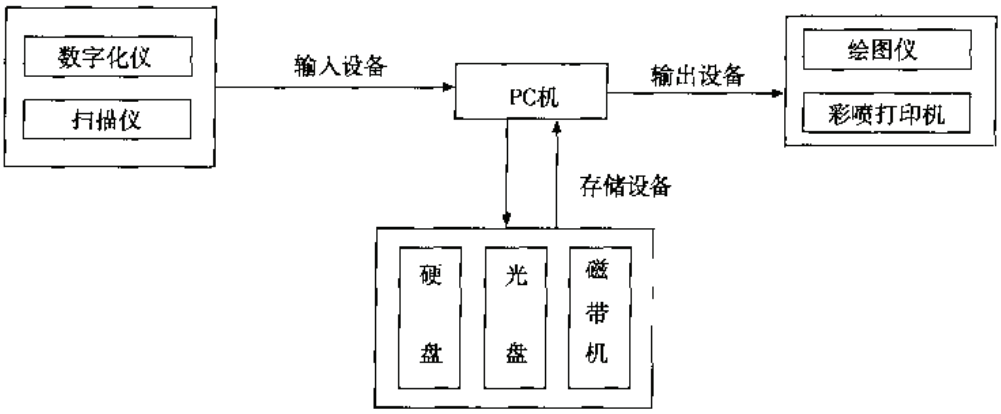


图 7-1 GIS 的一般硬件组成

当便宜，可以满足矢量 GIS 的要求。但是随着 GIS 技术的发展，栅格数据越来越受到重视，而栅格数据的存贮量是非常巨大的，这时需要使用硬盘阵列组，把几十个甚至几百个硬盘插在一个硬盘柜中，形成一个逻辑盘。

当前，一些高科技硬件设备也进入了 GIS 领域，例如数字摄影测量工作站、GPS 接收机等。

此次工作配置硬件如下：

主　　机：HP 300(GIS 应用)、COMPAQ/90(数字化、数据录入)

数字化仪：CALCAMP DRAWINGBOARD

绘 图 仪：NOVAJET III

打 印 机：HP DeskJet 1120C

扫 描 仪：HP ScanJet IIcx

第八章　地学空间数据库建设与制图

第一节　地学空间数据库建设

应用GIS进行矿产资源评价的首要任务是建设好地学空间数据库。安徽东部地区地学空间数据库建设，大体经过基础资料准备、制定数字化图层及属性文件格式标准及划分图层、数字化图形与采集属性数据、编辑修改与拓扑处理、进行预处理、图幅拼接与属性数据合并、到地学空间数据库建立。其工作流程见图 8-1。

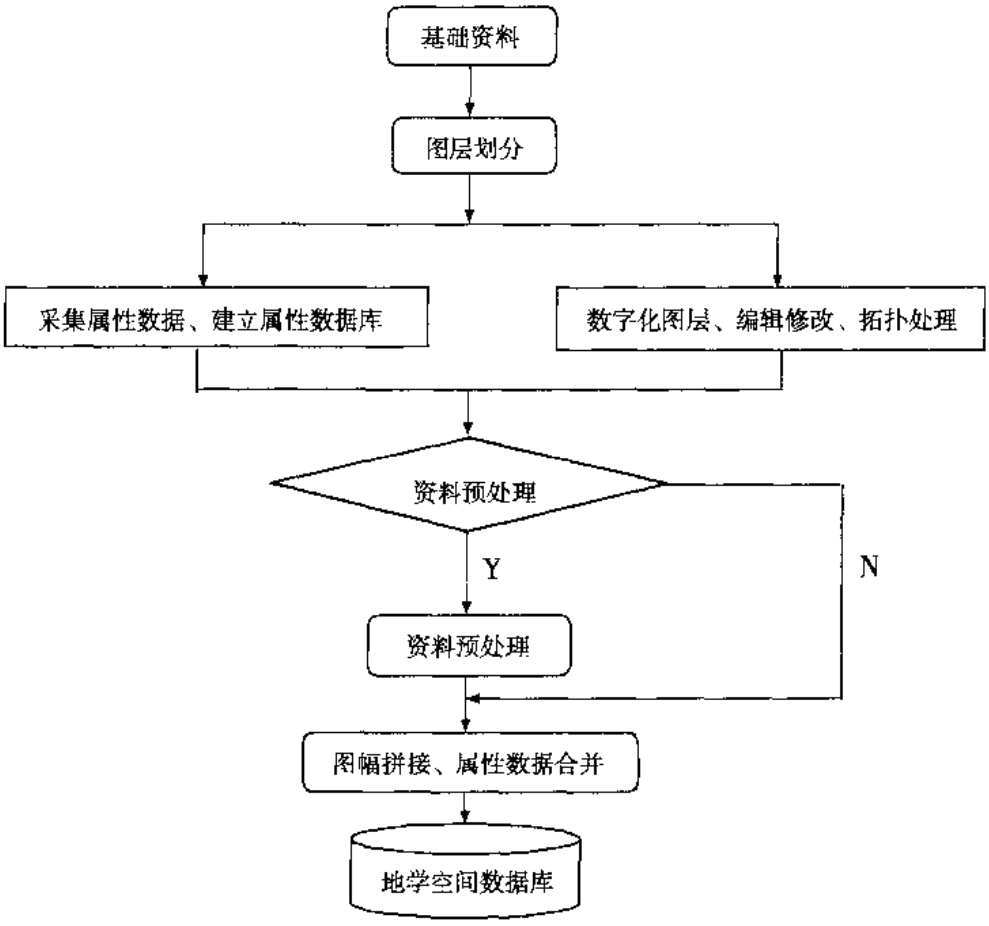


图 8-1　安徽东部地区地学空间数据库建设工作流程图

一、标准化设计

GIS是以计算机软硬件技术为支撑，处理和管理地学各类信息数据的自动化系统。为了实现数据交换和数据共享，必须制定一定的标准和规范。一些国际组织和机构研制的地学基

础信息数据标准和规范应运而生。例如：美国地调局研制的DLG数据标准，加拿大能源、矿产和资源部的测绘与遥感署的国家地形数据库(NTDB)标准和规范等。

数据标准与规范设计的原则：

(1) 科学性和系统性

以适合现代计算机和数据库技术应用和管理为目标，按地学信息的属性和特征进行严密的科学分类，形成系统的分类体系。

(2) 相对稳定性

分类体系和编码系统应以地学要素中最稳定的属性特征为基础，能保证数据类别概念在较长的时间内不发生重大变更。

(3) 完整性和可扩展性

分类体系的完整性和数据的完整性。分类既反映实体的属性特征，又反映实体间相互关系，具有完整性。数据的完整性包括数据分层、实体种类、属性数据等。数据的代码结构应当留有适当的扩充余地，以便数据的更新和扩充。

(4) 数据逻辑一致性

数据逻辑关系的正确性和地理一致性。

GIS数据库一般既要存储和管理属性数据和空间数据，又要存储和管理空间拓扑关系数据。数据层原理：大多数GIS都是将数据按照逻辑类型分成不同的数据层(Coverage或Layer)进行组织的。GIS的数据层结构把按空间数据逻辑或专业属性分为各种逻辑数据类或专业数据层，原理上类似于图件叠置片。例如，一幅地形图可分为水系、交通、居民地、等高线等诸层分别存储。当进行空间分析或处理时，可以提取有关的若干数据层叠加而得到需要的数据。专业数据层的设计一般是按照专业内容和类型而进行的，影响数据专业类型分类的因素很多，其中最重要和最普遍的因素是数据分类、数据与数据之间的关系和数据与其功能之间的关系。在设计专题数据层的过程中，应以考虑和支持应用需求为主导思想，设计出能充分满足应用目的、支持GIS正常运行和操作的数据库。

属性是空间实体的特征反映。空间实体的属性特征有质量特征、数量特征和关系特征等。属性表(即属性数据库)的设计直接影响系统的运行和操作。属性表设计关键是正确定义各种属性并使表格合理化、规范化，既简洁明了，又要求数据冗余度小。

(一) 图层划分

受地质矿产部科技司和地调局委托，由安徽省地质矿产局和中国地质矿产信息院共同编制《数字化地质图图层及属性文件格式》行业标准。本标准在综合分析用户需求的基础上，结合GIS软件功能的特点编制而成。数字化地质图共设置十九个图层，制定与其相关联的属性表36个。

地质图内容包括地理要素和地质要素两大部分，根据需要将二者分别划分为如下图层：

1. 图幅基本信息图层(LX△△△01)

数字化地质图的总体描述，内容包括角点坐标、图幅号、比例尺、调查单位及出版年代等。

2. 水系图层(LX△△△02)

包括河流、湖泊、水库、沼泽地、海岸线、干出滩等及其类别和名称。

3. 交通图层(LX△△△03)

包括铁路、公路及其类别和名称。

4. 居民地图层(LX△△△04)

包括乡镇及以上各级政府驻地名称。

5. 境界图层(LX△△△05)

包括县以上(含县)各级行政区划界线和其他特殊地区、自然保护区界线。

6. 地形等高线图层(LX△△△06)

包括地形等高线及高程、各类测量控制点、山峰高程点。

7. 地层图层(DX△△△01)

包括沉积地层、火山地层、变质地层的界线及地层的主要特征。

8. 火山岩岩性及火山岩相图层(DX△△△02)

包括各种火山岩岩性、岩相界线及其特征。

9. 非正式地层单位图层(DX△△△03)

包括各种特殊成分、标志、形态、成因含义的非正式沉积、变质、火山地层单位界线及其主要特征。

10. 侵入岩图层(DX△△△04)

包括侵入岩及变质变形侵入岩(体)界线及其主要特征。

11. 脉岩图层(DX∠△△05)

包括各类脉岩及其主要特征。

12. 围岩蚀变图层(DX△△△06)

包括各种围岩蚀变及其主要特征。

13. 混合岩化带、变质相带图层(DX△△△07)

包括各类混合岩化带、变质相带及其主要特征。

14. 断层(带)图层(DX△△△08)

包括各类断层(带)线及其主要特征。

15. 韧性变形带图层(DX△△△09)

包括各韧性变形带及其主要特征。

16. 褶皱图层(DX∠△△10)

包括各类褶皱轴线及其主要特征。

17. 矿产图层(DX∠△△11)

包括矿产地(矿点、矿床)的矿种、矿床成因类型、矿床规模、矿石品位、成矿时代及地质工作程度等主要信息。

18. 产状符号图层(DX△△△12)

包括地层产状和片理、片麻理、劈理、线理、流面及裂隙等产状及其主要特征。

19. 其它图素图层(DX△△△13)

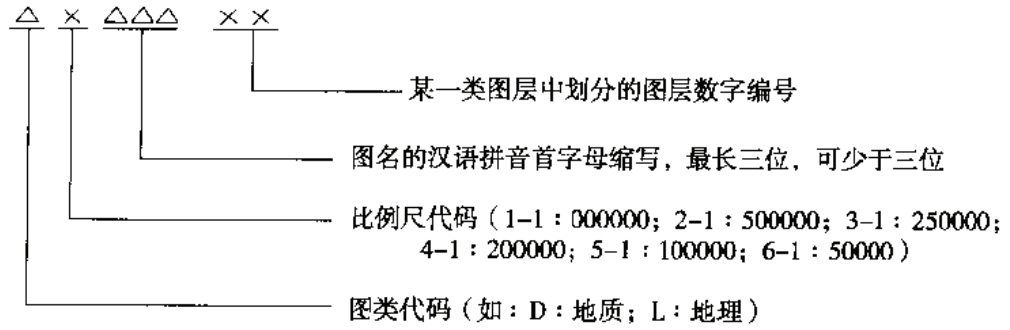
包括化石采集点、同位素年龄采样点、钻孔、火山机构、震中、泉及图切剖面线等。

为适应金矿资源评价需要,本次还设置了矿产、物化遥、自然重砂图层及相应的属性文件,同时对图层名、属性文件名、图元编号等进行了设计。

(二)图层名、属性表名、图元编号设计

1. 图层命名规则

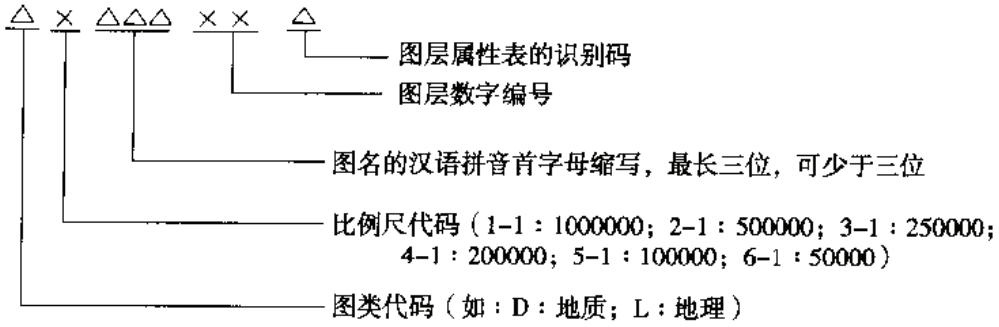
建立GIS系统以图层为单元进行管理。为保证多幅图拼接后每个图形信息及相应属性信息的独立性，防止图层名重复出现，图层名编码结构如下：



其中，若图名超过3个汉字，则取前两个和最后一个字的汉语拼音的首字母。若图名出现重名时，则前两位不变，第三位改为数字顺序编号。图类代码为相关专业术语的汉语拼音的首字母，如首字母与已有图类代码相同，则为专业术语第二个字拼音的首字母。每一图类还可分若干图层，由编码结构中最后两位数字顺序编码。其中图名编码部分当有需要时，可直接采用国标分幅编码，并编制与上述方案中三位代码的对照表，以实现数据交换。

2. 属性表命名规则

每个图层的点、弧段或多边形有不同属性表，每种属性表需确定名称。其编码结构如下：



识别码采用字符，取属性表主要含义的一个汉语拼音的首字母。如1：50000将军庙幅地质图中地层图层有地层界线和地层单位二种属性表，分别取界线(J)、地层(D)，即用D6JJM01J、D6JJM01D表示。具体属性表名见属性表格式。

3. 图元编码规则

数据库中目标的空间数据的位置信息数据、拓扑关系等与其它说明数据和属性特征等非空间数据一般是分别存放在不同的数据库或数据集中。要想完整地再现目标的所有信息，必须对存放在不同数据库中的空间数据和非空间数据进行连结。常规的连结方法是通过一定的标识码(图元编号)进行的。图元编号是GIS连结图形与属性的关键字，在两者中必须保持一致。图元编号由顺序码和识别码两段组成，顺序码视图元数目可取1～4位数字填写；为保证多幅图拼接后相同图素的图元编号不重码，应在不同图幅的图元顺序码前分别加识别码。

二、图件资料收集与准备

自1973～1979年，研究区进行了1∶200000区域地质矿产调查工作；于1992～1998年在主要成矿带(华北陆块东南缘、张八岭构造带等)进行了八幅1∶50000区域地质调查工作；1973～1979年进行了区域地球物理、地球化学普查工作；重要成矿区段进行了大比例尺区域地质调查及地球物理、地球化学测量；TM卫片、彩红外遥感解译等工作。基于研究区工作情况，以1∶200000蚌埠、盱眙、定远、南京幅地质图为基础图件，辅以其它辅助图层，建立图形库，收集最新地质成果资料，对地质图进行了预处理，同时采集属性数据。收集、应用资料详见表(表8-1，表8-2)。

表8-1　基础地质图及地形图情况一览表

资料名称	图幅编号	经　度	纬　度	完成单位	验收单位	出版时间
蚌埠幅地质图	I-50-XXVII	117°00′00″ 118°00′00″	33°20′00″ 32°40′00″	安　徽区域地质调查所	安徽省地质矿产局	1979年
盱眙幅地质图	I-50-XXIX	118°00′00″ 119°00′00″	33°20′00″ 32°40′00″	江　苏地矿局区调队	江苏省地质矿产局	1978年
定远幅地质图	I-50-XXXIV	117°00′00″ 118°00′00″	32°40′00″ 32°00′00″	安　徽区域地质调查所	安徽省地质矿产局	1978年
南京幅地质图	I-50-XXXV	118°00′00″ 119°00′00″	32°10′00″ 32°00′00″			1977年
蚌埠幅地形图	I-50-(28)	117°00′00″ 118°00′00″	33°20′00″ 32°40′00″			
盱眙幅地形图	I-50-(29)	118°00′00″ 119°00′00″	33°20′00″ 32°40′00″	安　徽地质测绘技术院	安徽省测绘局	
定远幅地形图	I-50-(34)	117°00′00″ 118°00′00″	32°40′00″ 32°00′00″			
南京幅地形图	I-50-(35)	118°00′00″ 119°00′00″	32°10′00″ 32°00′00″			

表8-2　其它资料应用情况一览表

资料名称	完成单位	完成时间	应用情况
1∶50000施家集幅地质图	安徽区域地质调查所	1991年3月	编制1∶200000地质图预处理及编制1∶200000构造骨架图及分析区内地质特征时参考用
1∶50000东王集幅地质图		1998年3月完成(未出版)	
1∶50000池河镇、禹塘镇、管家坝、界牌集四幅地质图			
1∶50000秋龙岭地质图	江苏省南京地质矿产研究所	1995年	
1∶50000张八岭幅地质图			
安徽省矿点(床)数据库	安徽区域地质调查所	1977～1979年	高阶异常成果图数字化及其属性数据采集、进行金矿资源评价
		1996年	编辑研究区矿点图层，进行金矿资源评价
1∶200000安徽省布格重力等值线图、1∶200000安徽省航磁化极异常等值线图、1∶200000安徽省地球化学数据	安　徽物化探院	1998年4月	编制同比例尺地球物理、地球化学图层
TM卫片、彩红外遥感解译资料	安　徽地质调查院		编制遥感线性及环形构造图层，编制构造骨架图时参考

三、按标准分层对图元编用户号

参照"数字化地质图图层及属性文件格式"标准，并按图素类型对图件进行分层、划分图元，给图元编用户ID(user ID)号。

物、化、遥图件及辅助性图件因目前无统一的图层划分标准，本着规范、实用的原则，定义了图层的划分，制定了相应的属性文件格式、划分了图元，给图元编用户ID号。现对以下对各种图件分层及图元编号进行叙述。

(一) 地质图地质要素分层及对图元编号

基于金矿资源评价是以1∶200000地质图为基础图件，根据《数字化地质图图层及属性文件格式》标准，将其图素划分成地层及各地层间的接触关系、侵入岩及其内部的岩相界线、火山岩岩性及其内部的陆相火山岩岩相界线、脉岩、围岩蚀变、混合岩化带、断层、褶皱、产状符号、其它要素(化石采样点、同位素年龄采样点、钻孔、火山机构、图切剖面等)等类型。每一类图素的空间数据或性质相近的一组图素的空间数据，以及用于描述这些图素特征的属性数据构成一个图层。据此将以上各图素相应划分成若干图层。

现将各图层图元划分如下。

1. 地层图层

依据区内岩石地层分布的具体情况，原则上以地层单位的"组"或"段"所在的多边形为图元，亦考虑到同一地层单位"组"或"段"在各地层分区中的差异或同一地层在分区中岩石、化石、含矿性、厚度等的变化，将同一地层单位的"组"或"段"进一步细分为若干不同的图元，这些图元是描述地层实体特征的最基本单位。每一图元包括地层实体的一组相关特征属性。每一图元编一用户ID值。地层图层中另一类实体类型表现为弧段——不同地层单位间的接触关系。其类型有：实测整合、推测整合、实测不整合、推测不整合、实测平行不整合、推测平行不整合、侵入接触、断层接触等不同的接触关系类型，均为不同类图元，用户给每一图元编一用户ID值。其它地质要素，如：侵入岩、脉岩等在地层图层中以一类实体类型存在，可统一编同一用户ID值。

描述地层单位实体的多边形及描述地层接触关系的弧段，二者同存于地层图层中，用以表示地层实体特征属性。

2. 火山地层岩性图层

区内侏罗纪-第三纪地层多以火山岩和火山碎屑沉积为主，表现为"火山地层"。作为一种沉积类型，它有其本身的特点，表现为火山喷发"间歇性"堆积。为体现火山喷发"间歇性"各阶段的特点，1∶200000地质填图中将"火山地层"进一步划分到"岩性层"，每一岩性层以一种岩性为主，其间用"陆相火山岩内部的岩性界线"分开，表现在地质图中。

这样"火山地层"既作为地层图层中的一种特殊意义的图元，又将其进一步细划成岩性层。为更好地表现出这种图层中"嵌套"意义，我们将"火山地层"单独提取，其中以岩性层作为描述火山地层的最基本的单位——图元。给同一岩性层编同一个用户ID值(可与地层图层用户ID值相同)。火山岩岩性图层中各图元间的界线，按其接触关系类型，可以有：陆相火山岩内部岩性界线、断层接触类型等。不同接触关系类型为不同类图元。用户给每一图元编一用户ID值。

3. 侵入岩图层

研究区侵入岩与成矿关系密切，是本次工作的重点。对区内侵入岩做了统一命名。按岩石类型及结构、构造等特征划分到岩相。因此本次将侵入岩的岩相作为描述侵入岩这一实体特征的最基本的单位；侵入体岩相不发育时，以具有相同特征的侵入体作为基本单位。这样，岩相、具有相同特征的侵入体作为描述侵入岩特征的基本单位——图元。每一图元编一用户ID值。侵入体中的捕虏体等作为具有同类实体特征的地质体，用户给其一个用户ID值。

侵入岩图层中岩相间存在渐变过渡接触关系，这种渐变过渡接触关系作为图元，用以描述侵入岩内部接触关系这一实体类型，用户给其一个用户ID值。侵入岩与其它图素的接触关系，依接触关系类型不同编不同的用户ID值。

4. 脉岩图层

脉岩作为一种特殊产状的实体，随着岩浆的侵入而广泛存在，并与金矿形成之有一定关系。地质图按成因分为岩枝型、同熔型、深源型、次火山岩型及成因不明等五种类型。并对其进行了统一的命名；结合与侵入岩关系的研究，划分了脉岩的时代。

鉴于地质图中对脉岩只做了定性归类统计及描述。因此，我们以脉岩多边形为记录单位，相同岩性的脉岩作为同一类图元，给每一图元编用户ID号。

5. 围岩蚀变图层

1：200000地质图按蚀变类型不同用各种不同的蚀变花纹表现出来。在同一蚀变区域，或以一种蚀变类型为主，或几种蚀变类型叠加，在地质图中按蚀变类型圈定多边形，我们以圈定的蚀变多边形为记录单位，每个蚀变多边形为一个图元，同一种蚀变类型的若干多边形为一类图元，用以描述“蚀变”这一实体特征。用户给每一图元一个用户ID值。

6. 混合岩化带图层

在区域混合岩化、花岗岩化为主导方式的重熔改造过程中，产生了多种形态、不同变质强度的混合岩。从混合岩化作用的强度概念出发，以花岗岩的形态特征为依据，将混合花岗岩划分成不同的岩石类型。如：条带状混合岩、眼球状混合岩、混合质花岗岩带、雾迷岩等。因同一变质地层中可能发生不同类型的混合岩化作用、或不同变质地层中发生相同的混合岩化作用，每一种混合岩化作用类型，在地质图中以不同花纹表现出来，用混合岩化类型界线分隔，以不同的混合岩化作用类型作为描述混合岩化这一实体类型的基本单位——图元，同一种混合岩化作用类型为同一类图元。用户给每一图元一个用户ID值。

7. 断层图层

1：200000区调资料虽然对断裂的规模、产状和性质有所查明，但对数字化图层来说，断层的复杂性表现：①同时代其方向、性质可以不同；②同方向其时代、性质可以不同；③同性质其时代、方向可以不同。因此，它们与其它地质体的关系也是多种多样的。基于此，我们以图幅构造纲要图中给断层的分类编号作为图元的编号。少数断裂构造因工作程度不同，同一条断裂构造分成实测段及推测段两种类型，用户应视具体情况把二者分成不同的图元。无名断层无论其走向如何，均作同一类图元。每一图元用户给一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同。

8. 褶皱图层

1：200000构造纲要图中厘定了不同时期、不同级次的褶皱构造。依此按构造纲要图中褶皱的分类编号作为图元编号，不同编号作为不同的图元，用以为描述褶皱这一实体类型基

本单位。无名褶皱无论其性质如何，均作为同一类图元处理，统一给其一个用户ID值。

9. 产状图层

地质图各地质体中均标出了不同的产状类型及它们的走向、倾向、倾角。每一产状所表示的地质实体的位置及其它的特征作为一个图元，用户给其一个用户ID值。

10. 其它图素图层

包括化石采样点、同位素年龄采样点、钻孔、火山机构、泉、震中、图切剖面等。

化石采样点：1∶200000地质图中化石采样点分为：植物、动物、孢粉、脊椎动物、鱼类等。化石采样点标注在不同地质实体的特定位置。因此以同一地层单位的同一化石类别作为描述化石采样点基本单位——图元，不同地层单位中同一化石类别或同一地层单位中不同化石类别均为不同的图元，每一图元编一个用户ID值。

同位素年龄采样点：在1∶200000地质图中，同位素以符号及其相关的描述信息标注在特定的地质实体中，每一同位素作为一个图元，用户给其一个用户ID值。

钻孔：钻孔以其标准符号及其控制地质体的厚度标注在地质图上。不同类型的钻孔用不同的钻孔符号表示，每一个钻孔所表示的钻孔位置及相关的描述信息为一个图元。用户给每一图元一个用户ID值。

火山机构：以其标准火山机构符号标注在地质图上，每一个火山机构为一个图元。用户给每一图元一个用户ID值。

泉：以泉标准符号标注在地质图特定位置，每一泉水标注为一图元，用户给每一图元一个用户ID值。

震中：以地震符号、强度及主震发生的日期标注在地质图上，其位置表示地震发生的中心位置，每一震中为一图元，每一图元编一个用户ID号。

图切剖面：在地质图中，每一条连续剖面弧段为一图元，用户给每一图元一用户ID值。

以上各图素保存在同一个图层中，因化石采样点、同位素年龄采样点、钻孔、火山机构等均以图素标识点标识，因此各图素应用不同图元编号区分，以保证属性数据唯一性。图切剖面线以弧线(arc)表示，其图元编号可与标识点的图元编号相同。

(二) 地理要素按标准分层对图元编号

根据《数字化地质图图层及其属性文件格式》标准，将地理要素的图素分为：基本信息、水系、交通、居民地、境界、行政区划、等高线及高程点等类型。性质相近的一组图素的空间属性数据的集合及其描述属性数据构成地理要素各图层。各图层图元划分如下：

1. 基本信息图层

数字化地质图的总体描述，包括图幅角点、图幅名称及编号、比例尺、图幅的调查情况等信息。

2. 水系图层

水系图素有线状水系(单线河流、海岸线等)、面状水系(长年双线河、湖泊、水库、干出滩等)。每一连续的线状水系(如：单线河一池河的连续水域)弧段为一图元，无名线状水系弧段可作为同一类图元处理；每一个独立的面状水系多边形为一图元，若干无名面状水系亦可作为一类图元处理。给线状水系和面状水系每一图元分别编用户ID值，二者的图元编号可相同，同一类图元用户ID值相同。

3. 交通图层

分铁路弧段和公路弧段，每一连续的铁路或公路主弧段为一个图元。无名铁路弧段可作一类图元；无名公路弧段亦可作一类图元。用户给每一图元一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同。

4. 居民地图层

居民地在地质图中依居民地类型不同，用以下两种方式标注：①按居民地所占面积的大小及其形态和所在位置圈定居民地的边界弧段；②在居民点所在位置用"网点"标注。无论以哪一种类型标注，每一居民地为一个图元，用户给每一图元一个用户ID值。

5. 境界图层

境界图层包括两种图素类型：境界及行政区划。在地形图中以境界线圈定每一行政区的边界，因此境界线弧段及行政区划多边形均为描述境界图层的图素。每一行政区划多边形为一个图元；每两个行政区之间的弧段为一个图元。用户给行政区划多边形及境界线弧段图元分别编用户ID值。二者的图元编号可以相同。

6. 等高线图层

因1∶200000地质图所采用的地理底图不统一，等高线的等高距不一致，等高距有40m及50m两种。因此等高线采用了"安徽省地质测绘技术院"编绘的同比例尺地理底图。每一条等高线代表一海拔高程，同一海拔高程的等高线弧段为一类图元；高程点以另一种方式表示特殊意义的地理高程，用特殊符号表示高程点位置及其种类，同时标有高程，每一高程点为一图元。等高线图元及高程点图元均是表示地形等高线这一实体类型基本单位。用户给每一图元一个用户ID值，相同高程的等高线图元用户ID值相同，等高线图元和高程点图元的用户ID值可相同。

（三）物探重力、航磁分层对图元编号

根据物探重力、重磁不同参数及不同数据预处理结果，共划分58个图层。每一图层中相同异常等值线为同一类图元；图层中每一异常孤点为一图元。用户给每一图元一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同。二者用户ID值可相同。

（四）化探分层对图元编号

研究区采用1∶200000化探水系沉积物测量分析的结果。选取研究的元素为：Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg、Co、Cr、Ni、Sn、W、Cd共15种。

按各元素网格化含量值直接编制了地球化学元素色块图层，按各元素剔除后的平均值、标准离差编制了地球化学元素等值线图层、地球化学元素异常图层。

1. 地球化学元素色块图层

地球化学各元素色块图层依据各元素含量绘制。每一种元素色块图分成五个色区，每一个色区含量等值级为同一类图元；不同色区的含量等级为不同图元。用户给每一图元一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同，仅为本次评价时参考。

2. 地球化学元素等值线图层对图元编用户号

地球化学各元素等值线依据全区各元素剔除后的平均值、标准离差求得。各元素地球化学图层内每一等值线为一类图元；不同等值线为不同图元。用户给每一图元一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同，且与等值线值相对应。

3. 地球化学元素异常图层

地球化学各元素异常图层依据全区及三个构造分区各元素平均值及标准离差算出。用

等值线表示，同种元素相同等值线为同一图元；不同等值线为不同的图元。用户给每一图元一个用户ID值，且与等值线值相对应。

（五）其它图层对图元编号

1. 矿产图层对图元编用户号

根据区内矿床(点)的大地坐标值进行投影，生成矿床(点)图层，每一矿床(点)为一个图元，用户给其一个用户ID号。

2. 重砂异常图层对图元编用户号

①重砂异常图层对图元编用户号

根据1：200000矿产图提取重砂异常信息，圈定重砂异常多边形作为重砂图层。每一重砂异常多边形代表了某一种重砂矿物或以某一种重砂为主的重砂矿物组合在多边形区域的异常丰度范围。每一多边形为一图元，用户给每一图元一个用户ID值。

②金异常图层对图元编用户号

研究区侧重对金异常信息的提取，因此在重砂异常图层中提取金异常多边形，作为金异常图层。每一金异常多边形代表该多边形所在区域的金异常丰度值。每一多边形为一图元，用户给每一图元一个用户ID值。

3. 构造格架图层对图元编用户号

由上、次断裂构造及褶皱组成构造格架图层的图素。如：厘定一级构造单元主要断裂构造和二级构造单元断裂构造、一般断裂、正常背斜、正常向斜、倒转背斜、倒转向斜等均为描述构造格架这一实体类型的基本单位——一图元。用户给每一图元一个用户ID值。

4. 变质基底岩石地层图层对图元编用户号

由不同类型基底(华北陆块、张八岭构造带、扬子陆块)、盖层及其间的接触关系构成该图层的图素。不同类型基底、盖层所在的多边形为不同的图元，如华北陆块的五河杂岩、张八岭构造带的西冷岩组、中生代沉积盖层等为不同的图元，相同类型的基底或盖层的若干多边形为同一类图元。用户给每一图元一个用户ID值，同一类图元用户ID值相同。

构造格架地层图层中另一类实体类型表现为弧段，即构造地层间接触关系，如：断裂接触、不整合接触等。不同接触关系类型为不同的图元，用户给每一图元一个用户ID值。

5. 韧性剪切带图层

韧性剪切带图层对图元编号。

韧性剪切带多边形可作为同一类图元处理，用户给其同一个图元编号。

四、物化探图形数据的转换

物探重磁异常数据处理后的所有图层和化探各元素异常等值线图层间采用数据文件转换方式完成。其中物探重磁异常数据经过上延、方向导数计算后形成网格化数据，文件格式为.grd形式。而化探各元素异常数据则由1：20万安徽省化探异常数据库根据本次工作区域的大小以DBF文件或TXT文件格式提取。两者经过下列步骤最终形成Arc/Info文件格式的图层。

（一）物探重磁异常数据预处理后的数据转换步骤

1. grd文件→dxf文件

利用surferV4.0软件的topo命令将重磁预处理后的grd文件读入，依据其最大值和最

小值，合理地确定等值线的间隔，并以 ASC Ⅱ 码形式生成相应的 dxf 文件，为了保证转换后异常值相等的等值线拥有一个用户 ID 号，必须分异常值进行转换，即每一个 dxf 文件对应一个异常值的所有等值线。

2. Dxf 文件→Arc/Info 图层

(1) 进入 Arc Info，执行 DXFARC 命令，将每一个 dxf 文件转换成对应的 Arc/Info 图层。这样，对于一幅预处理后的等值线图，将有一系列的子图层 子图集；

(2) 进入 ARCEDIT 模块，将每一个子图层中的弧段(等值线)分别赋于相应的用户 ID 号，然后叠加子图层，最终构成整幅的包括所有等值线的统一图层；

(3) 由于 surfer 形成的 dxf 文件，其坐标采用的是相对坐标系统，与实际的大地坐标系统不一致，因此必须运行 Arc/Info 的 Transfor 命令，将其转换成统一的大地坐标系统。

(4) 用 build clean 命令，建立弧拓扑关系。

3. 构造用户属性表

依据表 8-3、表 8-4 的格式要求，创建各图层的用户属性表，并根据异常值与用户 ID 号的对应关系，输入用户属性表记录。

表 8-3 重磁异常等值线属性表

序 号	数据项名	数据项代码	数据类型及长度	单 位	备 注
1	图元编号	CHFCAC	N8		图元编号为与图层属性表关联的关键字段
2	等 值 线	VALUE	N6		

表 8-4 重磁异常点属性表

序 号	数据项名	数据项代码	数据类型及长度	单 位	备 注
1	图元编号	CHFCAC	N8		图元编号为与图层属性表关联的关键字段
2	异常编号	P-CODE	C10		
3	异常名称	P-NAME	C20		
4	异常最大值	V MAX	N8		

(二) 化探各元素异常数据转换步骤

形成化探各元素异常等值线图，可以用两种方法，一是 MAPGIS 软件提供的方法；二是用 surfer 软件绘制。现分别叙述如下。

1. MAPGIS 软件提供方法

(1) 首先将从 1∶20 万化探异常数据库中提取某元素异常数据文件(.dbf 或.txt 文件)，按照 MAPGIS 软件要求的 dat 文件格式进行文本编辑。

(2) 进入 MAPGID 文件转换模块，读入上述的 dat 文件，根据该元素异常等值线的顺序，每个异常值形成一个 dxf 文件。

(3) 退出 MAPGIS，进入 Arc/Info，执行 DXFARC 命令将一系列 dxf 文件转换成相应 Arc Info 子图层，并通过 ARCEDIT，对每一子图层中的弧段(等值线)分别赋 ID 号，然后进行叠加，生成一个完整的元素异常等值线图层。

(4) 执行 Arc/Info 的 Transfer 命令，进行坐标校准。

(5)使用 build/clean 命令,建立拓扑关系。

(6)依照表 8-5 格式,建造各元素异常等值线图层的用户属性表。

表 8-5 化探异常等值线属性表

序 号	数据项名称	数据项代码	数据类型及长度	单 位	备 注
1	图元编号	CHFCAC	N8		图元编号为与图层属性表关联的关键字段
2	等 值 线	VALUE	N8		

2. surfer 软件绘制法

(1)首先从 1∶20 万化探异常数据库中提取的某元素数据文件(.dbf 或.txt 文件),按照 surfer 软件要求的 dat 文件格式进行文本编辑。

(2)进入 surfer 软件,采用反比法方式进行数据网格化,形成 grd 文件。

(3)利用 surfer 的 TOPO 命令,分别形成该元素的各异常等值线 DXF 文件。

(4)退出 surfer,进入 Arc/Info 完成 DXF 文件到 Arc/Info 子图层文件的转换,注意对每一个异常等值线赋相应的 ID 值,叠加子图层以形成一完整的该元素异常等值线图层。

我们通过分别输出同比例尺图内容的 surfer 图形和经转换生成的 Arc/Info 图层进行对比,两者各弧段、图形边界框等完全重合,因此可以说,转换后的 Arc/Info 图层是可信的,可以满足空间分析,矿产资源评价预测对数据的要求。

五、属性数据的采集与编辑

(一)与图元编号对应采集属性数据

1. 地质图地质要素图层与图元编号对应采集属性数据

依据《数字化地质图图层及属性文件格式》标准,结合地质图、构造格架图、及其相关地质报告等,按图元采集属性数据,填写相应的属性文件,用以表示各图层点、弧段、多边形的特征。

2. 地质图地理要素图层与图元编号对应采集属性数据

依据《数字化地质图图层及属性文件格式》标准,按图元采集属性数据,填写相应的属性文件。

3. 物探重磁图层与图元编号对应采集属性数据

为了更好地描述物探重磁各图层,除了图形文件和 Arc/Info 自创特征属性表外,还少不了必要的用户信息属性表。这类属性表标准化程度如何,同样影响数据共享与交流。鉴于目前这方面尚没有正式的标准格式,本着实用、规范的原则,初步定义了两个用户属性文件。见表(表 8-3,表 8-4)。

根据图元编号填写了相应的属性文件。

4. 化探图层与图元编号对应采集属性数据

为了更好地描述化探各图层,本着实用、规范的原则,初步定义了化探元素属性表(表 8-5)。

根据图元编号填写了每一种元素属性文件。

5. 重砂异常图层与图元编号对应采集属性数据

以上对重砂图层图元的划分进行了描述,根据矿产图、矿产报告的内容,同时考虑用户

需要编写重砂异常属性表，见下表(表 8-6)。

表 8-6　重砂异常图层属性表

序　号	数据项名称	数据项代码	数据类型及长度	单　位
1	图元编号	CHFCAC	N8	
2	异常编号	WTCEBD	C9	
3	异常名称	WTCEBE	C44	
4	行政区位置	QDADB	C20	
5	矿产(床)编号	QDAH	C29	
6	经　度	CHACBA	C7	° ′ ″
7	纬　度	CHACBB	C6	° ′ ″
8	工作比例尺	WTJDBA	C6	
9	地形图编号	CHAMAC	C12	
10	异常面积	WTCFBA	N5.1	km^2
11	异常级别	QDPDA	N1	
12	重砂矿物组合	QDNGB	C26	
13	重砂矿物含量	QDNGC	C80	
14	异常性质	QDPDB	C150	
15	报告名称	PKHA	C64	
16	报告编号	PKHB	C14	
17	出版日期	DDAEED	C6	YYYYMM
18	资料来源	PKIGJ	C30	
19	数据采集日期	SDAFAF	C6	YYYYMM

根据重砂异常图层属性表按图元采集属性数据，对第一图元填写相应的属性文件。建立属性数据库。

6. 构造格架图层与图元编号对应采集属性数据

根据构造格架图的图素内容，本着实用方便的原则，建立图层属性表(表 8-7)

表 8-7　构造图层属性表

数据项名称	数据项代码	数据类型及长度
图元编号	CHFCAC	N8
构造线名称	NAME	C30

根据属性表，按图元采集属性数据。建立属性数据库。

7. 构造地层图层与图元编号对应采集属性数据

本着实用、规范的原则，定义了用户属性表。见下表(表 8-8)。

表 8-8　构造地层图层属性表

数据项名称	数据项代码	数据类型及长度
图元编号	CHFCAC	N8
构造地层名称	DSN	C50
地层单位符号	DSO	C13

按图元编号采集属性数据，每一图元对应一用户属性。

构造地层接触关系属性表同地层接触关系属性表。按图元编号采集每一图元的属性数据。

8. 韧性剪切带图层对图元编号对应采集属性数据

本着实用的原则，建立以下用户属性表(表 8-9)。

表 8-9　韧性剪切带图层属性表

数据项名称	数据项代码	数据类型及长度
图元编号	CHFCAC	N3
韧性剪切带名称	NAME	C30

(二)属性数据库的建立及编辑修改

1. 数据库结构的建立

数据库结构的建立严格按照各图层相应的属性文件格式，采用一致的数据项名称、数据项代码、数据类型及长度，用户关键字“图元编号(chfcac)”与特征属性表中的“用户 ID 值”定义一致。

2. 按数据库结构采集属性数据

依数据库结构的数据项定义采集属性数据，每一图元对应一组表示该图元属性的空间信息特征。在 Arc/Info 的 tables 模块中建立描述属性文件，或在其它关系数据库管理软件中建立数据文件。按填写的属性文件内容填写汉字或数据项代码。

3. 编辑修改描述性属性数据(库)

为确保描述性数据与图层的特征属性数据之间的一致性及数据代码的正确性，必须对属性数据库进行编辑修改。

在数据库管理软件中添加数据、修改数据、操作数据等。

用自编的代码查错程序查找代码错误。

代码查错具体操作过程如下：

建立好用户属性数据库，执行查错程序，形成一个错误代码文件。按错误代码文件检查代码错误。在数据库管理软件中修改代码错误。

(三)图层的特征属性数据的采集与编辑修改

Arc/Info 图层通过编辑修改，增加图层点、弧段、多边形的用户 ID 值，建立拓扑关系后，系统自动形成点、弧段、多边形特征属性表(AAT、PAT)，每种表均有基本项。如多边形特征属性表包括：面积、周长、内部标识、用户 ID 值等；弧段特征属性表包括：弧段起始点、终结点、弧段的左多边形、弧段的右多边形、弧长、内部标识、用户 ID 值等；点特征属性表包括：点所在大地坐标值、内部标识及用户 ID 值等。

图层特征属性表错误的编辑修改可通过修改图层用户 ID 值错误、重建图层的拓扑关系来改变特征属性表的错误；亦可在 tables 模块中编辑修改特征属性表，可添加数据、显示数据、提取数据、操作数据等。

六、图形数字化及编辑修改

(一)图形数字化准备工作

1. 人员准备

录入人员对图件的分层、地质特征、图元的划分及图面的全部内容有全面的了解；对各图层点、弧段、多边形的属性特征、图元的用户编号、机内 ID 号有较清晰的认识；对软件的功能、操作规程有所掌握。再准备一张清晰、未经折叠的图件贴在数字化板上。

2. 图面准备

确定定位点的位置，并对每个定位点编号，图廓的四个角点为定位点，应对编号统一管理。一个定位点不能有两个编号，两个以上定位点不能有相同编号。

3. 创建图层(cover)、图幅定位校准及图框(box)生成

(1)创建图层(cover)

创建图层可根据需要采用图幅的经纬度或大地坐标值。经纬度和大地坐标为不同的地图投影，因此需要进行不同坐标系间的投影变换。随着计算机地图制图的发展，研究地图投影变换的理论和方法在不断改进和更新。Arc/Info 平台支持多种投影方式，提供了从高斯-克吕格地图投影点的坐标变换为大地坐标投影点的关系式(数学模式)。

以下就在地图制图中应用高斯-克吕格地图投影和大地坐标地图投影及其间的相互转换进行叙述。

①经纬度坐标值计算

目前许多国家作为地理制图的数学基础是高斯－克吕格投影，标准分幅(1∶200000 或 1∶50000)经纬度表示为度分秒。

Arc. Info 平台用其创建图层必须用度分秒的十进制单位。换算方法如下：D(度分秒的十进制表示方法代号)＝度－分/60－秒/3600(D－M/60+S. 3600)。以此得出图幅四个角点的度分秒十进制坐标值。

②大地坐标值计算

通过 Arc/Info 提供的数学模式，将图幅的经纬度换算成大地坐标。换算方法如下：

首先在 DOS 下编辑 sml 文件。

进入 DOS 系统，编辑 Pro. sml，内容如下：

input

projection geographic

units DMS(指定坐标为度分秒 60 进制表示方式)

parameters

output

projection UTM(投影方式：UTM 投影)

units meters

zone n(n 为标准分幅所处的分带值)

xshift x(x 为 x 坐标偏移值)

yshift y(y 为 y 坐标偏移值)

parameters

end

Pro.sml 中指定的坐标方式为 DMS(度、分、秒)进入 DOS 系统,编辑 input.sml。内容如下:

x1 度 分 秒 y1 度 分 秒(图幅角点 1 坐标 x1、y1)

x2 度 分 秒 y2 度 分 秒(图幅角点 2 坐标 x2、y2)

x3 度 分 秒 y3 度 分 秒(图幅角点 3 坐标 x3、y3)

x1 度 分 秒 y4 度 分 秒(图幅角点 4 坐标 x4、y4)

依据以上 sml 文件,在[arc]下进行转换。

命令格式如下:

[Arc]project file input.sml output pro.sml

将图幅的高斯-克吕格(GAUSS KRUGER)投影表示方式转换为用 UTM 投影(大地坐标投影)表示方式。Output 文件为图幅的 UTM 投影坐标(大地坐标)。

3)创建图层

步骤如下:

进入 Arc/Info 的 arcedit 模块,根据图幅角点(TIC)的坐标及图幅角点用户编号用键盘创建空图层。方法有两种,具体步骤如下:

方法一:

进入 arcedit 模块,采用键盘方式输入图幅角点的大地坐标值创建图层。

命令格式如下:

[arc]arcedit

:disp 4

:coor keyboard(指定坐标输入方式为键盘输入)

:create cover(图层名:cover)

TIC ID,x,y:图幅角点用户 ID 值符号 1,x 坐标 1,y 坐标 1

TIC-ID,x,y:图幅角点用户 ID 值符号 2,x 坐标 2,y 坐标 2

TIC-ID,x,y:图幅角点用户 ID 值符号 3,x 坐标 3,y 坐标 3

TIC-ID,x,y:图幅角点用户 ID 值符号 1,x 坐标 4,y 坐标 4

TIC-ID,x,y:0(表示结束 TIC 点的坐标输入)

Enter corner point of boundary(x,y):此处键入图幅初始边界的左下角与右上角的边界角点坐标。通常初始边界应大于图层约 1cm。至此图层 cover 创建成功。

:drawe all;draw 显示含图幅四个角点的空图层。

方法二:

在 Arc/Info 的 tables 模块下键入图幅坐标值,创建图层。

命令格式如下:

[arc]create cover

[arc]table 进入 tables 模块

:select cover.tic

Enter command:add 增加图幅角点的大地坐标值。

IDTIC:1 (此处输入图幅角点的用户 ID 值,如 1)

XTIC:x1（角点1的x坐标值）

YTIC:y1（角点1的y坐标值）

IDTIC:2（此处输入图幅角点的用户ID值，如2）

XTIC:x2（角点2的x坐标值）

YTIC:y2（角点2的y坐标值）

⋮

依次键入图幅四个角点及其x、y坐标值。至图层cover创建成功。

(2)图层定位校准

具体步骤如下：

:coor dig 数字化仪初始化，进行图幅定位校准。

屏幕显示：TIC-ID:1 *

TIC-ID:2 *

TIC ID:3 *

TIC-ID:4 *

(*—鼠标按下A、B键)按下鼠标A键，将显示出定位精度RMS，如果定位精度达不到要求，则需要按上述步骤重新输入各定位点，直至RMS error≤0.003，用户予以确认，可进行图层的数字化工作。该精度一直保持在退出arcedit操作之前，若再次重新进入arcedit，并且定义坐标输入方式为digitizer时，必须按上述步骤重新对图层的TIC点效验，直到RMS error满足要求为止。

(3)创建图框：可采用以下两种方法创建图框。

方法一：

命令格式如下：

_arc~generate box

generate>>line

ID:1(TIC用户ID值)

x,y:x坐标1,y坐标1

x,y:x坐标2,y坐标2

x,y:x坐标4,y坐标1

x,y:x坐标3,y坐标3

x,y:x坐标1,y坐标1　按图框的走势输入定位点坐标。退出generate图框生成器，生成图框box。

方法二：

进入arcedit模块，采用键盘方式输入图幅角点的大地坐标值，生成图框。

命令格式如下：

|arc~arcedit

:disp 1

:coor keyboard(指定输入方式为键盘)

:ef arc

:add

依次输入图幅四个角点X、Y坐标值，生成box。

在arcedit模块中检查图框是否与图幅角点(TIC)坐标一致。如不一致，在tables模块中进行校正。

校正步骤如下：

[arc]tables

Enter command:sel box.tic

Enter command:list 显示box角点坐标，检查角点坐标与实际角点坐标误差，进行校正

Enter command:update 坐标校正指令。

Enter record number:1 显示角点1坐标误差值。

Edit? Xtic - 实际角点x1坐标

Edit? Ytic = 实际角点y1坐标

Enter record number:2 显示角点2坐标误差值。

Edit? Xtic = 实际角点x2坐标

Edit? Ytic - 实际角点y2坐标

Enter record number:3 显示角点3坐标误差值。

Edit? Xtic = 实际角点x3坐标

Edit? Ytic = 实际角点y3坐标

Enter record number:4 显示角点1坐标误差值。

Edit? Xtic - 实际角点x4坐标

Edit? Ytic = 实际角点y4坐标

Enter command:q 退出tables模块，box坐标校正完毕。

(二)地质图地质要素图层的数字化及编辑修改

按地质图地质要素各图层点、弧段、多边形的特点及数字化存贮的方式，按下列步骤进行数字化。

1.数字化断层弧段及编辑修改

断层在各种地质体中广泛存在，断层弧段可作为地层界线，侵入岩边界，脉岩边界，为保证各图层面相同弧段的唯一性，各图层叠加后的完整化一，首先进行断层的数字化及编辑修改工作。

具体步骤及命令格式如下：

(1)数字化断层弧段

进入arcedit模块，在已创空图层cover中进行数字化。

[arc]arcedit

:disp 4

:edit cover

:drawe all;draw

:coor dig

进行数字化仪初始化，进行图幅定位校准，直至RMS满足要求为止。

:ef arc:add 指定数字化要素为弧段，在数字化仪上用鼠标完成数字化工作。

(2)弧段赋用户ID值

在数字化同时根据断层弧段的图元编号给每一条断层一个用户编号，或通过下列步骤给断层弧段赋值。

:ef arc:sel (many)选择一条或若干条弧段

:cal $id = [图元编号](为便于叙述，规定断层图层的图元编号在100～200之间)

(3)编辑修改

显示数字化错误，对照地质图对断层图层中悬挂点及伪结点进行编辑修改。

步骤如下：

:drawe all node errors:draw 显示弧段错误，悬挂点及伪结点均以红色方块显示。

:ef arc:sel:split 增加弧段结点。

:ef node 指定编辑要素为结点。

:snapdistance (简写:sd)用鼠标规定弧段之间两个端结点能咬合的最大距离。

:move:draw 移动端结点，使两个端结点咬合。

(4)图边处理

处于图边的断层在数字化时难免超出或未达到图边，这就要进行图边处理。

命令格式如下：

:ef arc:get box 拷贝图框至断层图层中。

drawe all node error:draw 显示图边数字化错误。

按步骤3修改图边悬挂点及伪结点，使断层线达至图边框。修改完成，删除图边弧段。

(5)图层拓扑处理

通过反复修改，确保图层无错误后进行拓扑处理。

命令格式如下：

[arc]build cover line (指定拓扑特征为弧段)

(6)备份图层

命令格式如下：

[arc]copycov cover dc (图层cover备份为dc)

2.数字化地层、侵入岩及脉岩边界弧段及编辑修改

因断层在各种地质体中广泛存在，地层、侵入岩、脉岩边界相互制约。因此，在断层图层中数字化地层、侵入岩、脉岩等的边界弧段。

步骤如下：

(1)数字化弧段

按数字化断层弧段的命令格式进行数字化。数字化的先后顺序为：首先数字化侵入岩及脉岩的边界，然后数字化地层边界，且按地层沉积时代由新到老的顺序进行数字化。在数字化同时给地层界线、侵入岩边界线、脉岩边界线分别编号。如：地层整合接触界线弧段用户ID=1，不整合接触界线弧段用户ID=2，其余依次类推；侵入岩边界线弧段用户ID=300，脉岩边界弧段用户ID=400等。

(2)编辑修改

在数字化时会出现弧段丢失、交叉、重复、悬挂点及伪结点等，对照地质图进行补充、修改。具体步骤同断层弧段的编辑修改。

(3)处理图层cover

图层 cover 包括断层、地层界线、侵入岩边界线、脉岩边界线四种图素类型的弧段，保证了各图素公共边界的完整合一。再利用各图素界线弧段用户 ID 值，分析各图素弧段间的公共关系，从 cover 图层分离出断层图层(DCx)、侵入岩图层(qyy)、脉岩(my)图层。

具体步骤如下：

进入 arcedit 模块编辑 cover，步骤同上。

:ef arc

:sel $id >= 100 and $id <= 200 (100～200 为断层线用户 ID 值范围)

:put dcx(断层线图层)

:sel $id = 300

:put qyy (侵入岩图层)

:sel $id = 400

:put my (脉岩图层)

在 arcedit 模块中自动生成 dcx、qyy、my 图层，它们拥有和图层 cover 同样的坐标系统、大地坐标值和角点用户编号。

(1)地层图层：图层 cover 作为地层图层，包括断层线、地层线、侵入岩界线、脉岩边界线。

具体步骤如下：

①改变图层中弧段用户 ID 值

为便于编辑，给断层弧段赋同一个的用户 ID 值(ID=100)；给侵入岩及脉岩边界赋同一个用户 ID 值(ID=300)。

命令格式如下：

:ef arc

:sel $id >= 100 and $id <= 200 (选择断层线弧段)

:cal $id = 100 (赋同一个用户 ID 值 100)

:sel $id >= 400 (选择脉岩边界线弧段，其用户 ID 值为 400)

:cal $id = 300 (改为与侵入岩同一个用户 ID 值 300)

②编辑修改

修改图层中悬挂点及伪结点错误，保留作为地层界线的断层弧段；侵入岩或脉岩出露面积较大或作为地层单位的界线时，保留其边界线，删除出露面积小的侵入岩或脉岩。

③修改图边的数字化错误

拷贝图框(box)，同时给图框赋同一个用户 ID 值。

命令格式如下：

:ef arc;get box

:sel :cal $id = 1000 (图边框用户 ID 值为 1000)

编辑图边的悬挂点及伪结点错误。

④增加用户 ID 值

按地层图层的图元编号给每一个多边形增加一个用户 ID 值点。

命令格式如下：

:cf label

:ad（按屏幕菜单选择相应的选项）

②建立拓扑关系

要保证每一个多边形完全封闭，每一个多边形内只有一个用户ID值点，必须对地层图层建立拓扑关系。

命令格式如下：

_arc lclean cover dc（cover图层拓扑生成图层dc）

在editplot模块中查看错误类型。进入arcedit模块中识别错误，修改错误，直至无任何差错，再做以下处理：

命令格式如下：

[arc]build dc polygon（建立图层dc多边形的拓扑关系）

完成地层图层的数字化工作。

(5)侵入岩图层(qyy)

①编辑修改

侵入岩图层中仅有侵入岩边界弧段，而侵入岩图层中可能有断层接触、后期脉岩的侵入、围岩的捕虏体等。应视具体情况，拷贝相关图层部分弧段作为侵入岩边界线。跨图幅的侵入岩以图框弧段作为其边界。

编辑修改图层中的悬挂点及伪结点错误。

②数字化岩相界线

数字化侵入体内部的岩相界线，同时修改数字化错误。

③增加用户ID值

根据图元的用户编号给每一个多边形增加一个用户ID值。

④拓扑处理

图层进行拓扑处理，反复修改数字化错误，直至无任何错误。

完成侵入岩图层的数字化工作

(6)脉岩图层

仅有脉岩边界线弧段。如脉岩边界有其它接触关系类型，与侵入岩图层同样处理。按脉岩图层的图元编号，给每一多边形增加一个用户ID值。建立图层的拓扑关系，修改数字化错误。

3.数字化火山岩岩性图层及编辑修改

1∶200000地质图中，火山地层作为地层图层的一部分，其地层单位内又进一步划分到岩性，其间以"陆相火山岩的岩性界线"分隔，每一岩性层以一种岩性为主。

生成火山岩岩性图层，步骤如下：

(1)数字化图层

备份地层图层，在备份地层图层中保留火山地层边界弧段，其余部分删除，或在Arcview中根据火山地层的图元编号生成shape文件，通过转换生成火山地层图层。数字化火山地层内部岩性界线，在数字化同时给定岩性界线的用户ID值。

(2)编辑修改

对照地质图修改图层数字化错误。

(3)增加用户标识

按火山岩岩性图层的图元编号,给每一个火山岩岩性多边形加用户ID值。

(4)建立拓扑关系

检查错误,修改错误,直至无任何错误为止。

4.数字化围岩蚀变图层及编辑修改

具体步骤如下:

(1)创建图层(sb)

命令格式如下:

[arc]create sb cover(根据cover图层创建图层sb)。

(2)进入arcedit模块进行数字化

按蚀变类型数字化蚀变多边形弧段。在一蚀变连续区域的同一种蚀变类型圈定为一个多边形,不同区域的同一种蚀变圈定为不同的多边形。

数字化时注意以下事项:

1.弧段的完整性

围岩蚀变多发生在与侵入岩接触的围岩,侵入岩内部或其它特定的地质实体中。为保证各相关图层之间弧段的重合,在数字化时从侵入岩图层、地层图层、脉岩图层中拷贝与蚀变有关的弧段或多边形,以之作为蚀变图层的部分弧段或某种蚀变类型多边形的弧段。

2.蚀变叠加处理

由于蚀变叠加的普遍存在,在同一个图层中,Arc/Info至今不能处理好"叠加"这一问题。因此在两种蚀变存在包含关系时,以一种蚀变类型为主圈定蚀变范围,叠加的蚀变多边形作为其中的一部分,占据其中一定面积;在两种蚀变(或多种蚀变)存在相交关系时,相交部分被一种主体蚀变类型所占领。

(3)编辑修改

显示悬挂点及伪结点错误,对照地质图检查数字化错误。

(4)增加用户ID值

按图元编号,给蚀变多边形增加标识点。

(5)建立拓扑关系

通过反复修改,图层基本无错误后,建立图层的拓扑关系。进一步识别错误,修改错误,以确保每一个多边形完全封闭,每一个多边形内只有一个用户标识点。

5.混合岩化图层(hhy)生成步骤

(1)创建图层

[arc]create hhy cover(根据图层cover创建图层hhy)

(2)数字化hhy图层

在arcedit模块中数字化混合岩化带边界弧段。因一种混合岩化发生在一特定地层中,拷贝相关的地层界线弧段作为混合岩化带边界。

(3)编辑修改

对照地质图修改数字化错误。

(4)增加用户ID值

按图元编号,给每一混合岩化带多边形增加用户ID值。

(5)建立拓扑关系

建立图层的拓扑关系，进一步识别错误，修改错误，以确保每一个多边形完全封闭，每一个多边形内只有一个用户标识点。

6. 褶皱图层

根据地质图中地层的出露规律，用户在透明薄膜上用标准符号清晰地勾绘出与地质图同比例尺的褶皱图层。贴在数字化板上。

生成褶皱图层步骤如下：

(1)创建褶皱图层(zz)

[arc]create zz cover (根据图层 cover 创建图层 zz)

(2)数字化图层

在 arcedit 模块中数字化褶皱轴线，同时根据褶皱图层的图元编号给定褶皱轴线的用户 ID 值。

(3)数字化褶皱的形态

按褶皱的形态数字化褶皱弧段，用户可给其同一个用户 ID 值。作为褶皱的图例层，可以与褶皱图层共存在一个图层中，亦可单独作为一个图层存在。

(1)编辑修改

修改数字化错误，保证每一个褶皱图例为封闭的多边形，褶皱轴线走褶皱图例弧段中线。

(5)建立拓扑关系

建立褶皱轴线及褶皱图例弧段的拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build zz line

7. 产状图层(cc)

生成步骤如下：

(1)创建图层

命令格式如下：

[arc]create cc cover (根据图层 cover 创建图层 cc)

(2)数字化图层

数字化产状符号位置标识点，同时按图元编号给每一标识点一个用户 ID 值。在同一图层中数字化产状符号，按地质图中产状符号形态进行数字化，作为产状图层的图例层。

(3)编辑修改

检查数字化标识点(如：标识点的丢失、重复)错误及产状形态弧段的悬挂点及伪结点错误。产状标识点及产状符号可同存入同一图层中。

(4)建立拓扑关系

建立产状标识点及产状符号弧段的拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build cc point

8. 其它图素图层(qt)

包括化石、同位素年龄采样点、钻孔、火山机构、泉、震中、图切剖面等图素。

(1)创建图层

命令格式如下：

[arc]create qt cover（根据图层 cover 创建图层 qt）

(2)数字化图层

图切剖面数字化成弧段，同时按图元编号给每一连续剖面线弧段一用户 ID 值；其余数字化成标识点，在数字化同时按图元编号给每一标识一个用户 ID 值。

(3)编辑修改

修改数字化标识点(如：标识点的丢失、重复)错误。

(4)建立拓扑关系

建立图层的标识点及弧段的空间拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build qt line（建立图层弧段的空间拓扑关系）

[arc]build qt point（建立图层标识点的空间拓扑关系）

(三)地质图地理要素图层的数字化及编辑修改

选择一张清晰的未经折叠的地质图或地理底图。在 arcedit 模块中进行数字化及编辑修改工作。地理要素图层分层数字化及编辑修改步骤如下：

1. 水系图层(sx)

数字化具体步骤如下：

(1)创建新水系图层

[arc]create sx cover（根据图层 cover 创建图层 sx）

(2)数字化图层

进入 arcedit 模块进行数字化

[arc]arcedit

:disp 4

:edit sx

:drawe all;draw

:coor dig

:ef arc;add 数字化水系弧段。

数字化水系图层注意以下事项：

水系分湖泊、水库、双线河等面状水系；单线河、海岸线等线状水系；其它干出滩、人工渠等。数字化面状水系时必须给定数字化弧段的用户 ID 值，如：ID=100。Arc/Info 是以拓扑结构的矢量格式存贮数据，弧段拓扑处理后矢量方向为数字化方向，因此，数字化单线河流时要按河流的流向从上游向下游进行数字化。

(3)编辑修改

修改数字化弧段的悬挂点及伪结点错误。

拷贝图框，修改图边悬挂点及伪结点错误。保留作为多边形水系边界的图边框，以保证多边形水系的完整性。

(4)增加图层的用户 ID 值

面状水系按图元编号给每一面状水系多边形增加标识点；每一线状水系按图元编号给

定用户 ID 值。

命令格式如下：

;ef label

;ad 按屏幕上菜单提示选择相应的菜单项，增加多边形的用户 ID 值。

;ef arc

;sel (many)

;cal Sid = [图元编号] 按线状水系的图元编号给每一条弧段一个用户 ID 值

(5)建立拓扑关系

建立图层面、线的拓扑关系。修改数字化错误，保证线状水系与面状水系的衔接性，每一个面状水系多边形完全封闭，同一个多边形内只有一个用户标识点。

具体拓扑过程在第五节进行详细叙述。

2. 交通图层(jt)

数字化具体步骤如下：

(1)创建新图层

命令格式如下：

[arc]arcedit jt cover (根据图层 cover 创建图层 jt)

(2)数字化图层

进入 arcedit 模块数字化铁路或公路弧段，双线铁路或公路数字化其中线。在数字化同时按图元编号给每一连续弧段一个用户 ID 值。

(3)编辑修改

修改数字化弧段的悬挂点及伪结点错误。

拷贝图框，修改图边的悬挂点及伪结点错误。保证图层全部数据的完整性及准确性，再删去图框。

(1)建立拓扑关系

建立图层弧段的拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build jt line

3. 居民地图层(jmd)

(1)创建居民地图层

命令格式如下：

[arc]arcedit jmd cover (根据图层 cover 创建图层 jmd)

(2)数字化居民地图层

居民地在地形图中有两种表示形式。第一种：按居民地覆盖面积的大小按其形态圈定居民地边界；第二种：用小圆点表示居民地地理位置的中心点。

如居民地在地形图上以第一种形式表示，则根据用户需要采用以下两种方式数字化。

第一种方式：

进入 arcedit 模块，按地形图中绘出的居民地的形状数字化居民地边界弧段。

第二种方式：

取地形图标绘的居民地形状中心位置，按图元编号数字化居民地标识点。

为便于进行空间分析，在数字化时按居民地的图素类型（省辖市、地级市、县、镇、行政乡、乡级以下居民地等）按分值区间分别给定不同的用户ID值，如：县级以上居民地用户ID值为1～10；镇级居民地用户ID值为10～50；乡级及以下居民地用户ID值为50～100。

(3)编辑修改

修改数字化弧段的结点错误，使结点咬合。

检查数字化标识点重复、丢失、标识点用户ID值错误，同时进行修改。

(4)增加标识点

按图元编号增加多边形用户标识点。

(5)建立拓扑关系

①数字化成弧段的居民地进行拓扑处理。

命令格式如下：

[arc]clean jmd jmda 图层jmd拓扑后生成图层jmda。

或[arc]build jmd poly 建立图层jmd面的拓扑关系。

②数字化成标识点居民地，按以下方式进行处理。

按居民地的图素类型（省辖市、地级市、县、镇、行政乡、乡级以下居民地等）确定不同的缓冲距离，buffer产生围绕标识点的缓冲区建立新的多边形图层。

步骤如下：

备份图层：

[arc]copycov jmd jmd10（备份图层为jmd10）。

按标识点的取值将不同图素类型的标识点放在不同的图层中。

:ef label

:sel $id >1 and $id < 10 (ID=1～10为县级及以上居民图素用户ID值)

:put jmd1 (jmd1为县级及以上居民地图层)

:sel $id >10 and $id < 50 (ID>10～50为镇政府驻地用户ID值)

:put jdm2 (jmd2为镇政府驻地图层)

:sel $id > 50 and $id < 100 (ID>50～100为乡级以下居民地用户ID值)

:put jmd3 (jmd3为乡级以下居民地驻地图层)

在arcedit中自动生成jmd1、jmd2、jmd3图层。

在[arc]下，buffer产生围绕居民地标识点的缓冲区来建立多边形图层。

命令格式如下：

[arc]buffer jmd1 [out-jmd1] # # 250 {fuzzy tolerance} point

out-jmd1为jmd1建立缓冲区后的输出图层，#（buffer-item及buffer-table）采用默认参数，250（经验值）为县级及以上居民地图素采用的缓冲距离（buffer-distance），{fuzzy tolerance}值视标识点间距离大小而定，其值的大小以保证标识点缓冲多边形与标识点数相同为准。

[arc]buffer jmd2 [out-jmd2] # # 200 {fuzzy tolerance} point

200（经验值）为镇政府驻地采用的缓冲距离。

[arc]buffer jmd3 [out jmd3] # # 150 {fuzzy tolerance} point

150（经验值）为乡级以下居民地采用的缓冲距离。

将建立缓冲区的图层[out-jmd1]、[out-jmd2]、[out-jmd3]保存为一个图层 jmd。

:edit out jmd1

:ef arc:get out-jmd2 拷贝图层 jmd2 多边形弧段至 out-jmd1 中。

:get out jmd3 拷贝图层 jmd3 多边形弧段至 out-jmd1 中。

:save

则 out-jmd1 为 buffer 产生的居民地图层。其中的居民地特征属性表在 buffer 命令执行后重新建立图层的特征属性表，因此 out-jmd1 的标识点 ID 值为机内 ID 值。为便于进行空间分析、查询、数据再现等，out-jmd1 的标识点 ID 值必须采用用户 ID 值。

具体操作步骤如下：

删除 out-jmd1 中机内标识点，增加用户 ID 值点。

命令格式如下：

:ef label

:sel all;delete 删除图层 out-jmd1 标识点。

:get jmd10 拷贝居民地图层 jmd10 用户标识点至图层 out-jmd1。

:save 保存居民地图层 out jmd1。

建立图层 out-jmd1 的拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build out jmd1 poly

4. 境界图层(jj)

境界包括境界线及行政区划多边形。

数字化步骤如下：

(1)创建境界图层(jj)

命令格式如下：

[arc]create jj cover (根据图层 cover 创建图层 jj)

(2)数字化境界图层

进入 arcedit 模块，在数字化仪上数字化境界线弧段。

(3)编辑修改

修改图层数字化弧段的悬挂点及伪结点错误。

(4)修改图边错误

增加图框，修改境界线图边悬挂点及伪结点错误。

(5)增加用户标识点

按行政区划的图元编号增加行政区多边形的用户标识点。

(6)建立拓扑关系

建立图层弧段及多边形的拓扑关系。

[arc]clean jj jj1 图层 jj 拓扑后生成图层 jj1。

图层经过以上处理后，建立了图层的拓扑关系，每一行政区划边界弧段因相交结点的生成而成为多条弧段，这就使得每两行政区之间弧段独立。根据境界弧段的用户 ID 值给每一条境界线弧段赋用户 ID 值。

重新定义图层的拓扑关系。

5. 等高线图层(dgx)

包括等高线及高程点。

数字化该图层步骤如下：

(1)创建等高线图层

命令格式如下：

[arc]create dgx cover (根据图层 cover 创建图层 dgx)

(2)数字化图层

进入 arcedit 模块数字化等高线弧段，在数字化同时按图元编号给定每一条等高线弧段的用户 ID 号。

(3)编辑修改

对照地形图修改等高线弧段的交叉、重复、丢失、悬挂点及伪结点等错误。

(4)修改图边错误

拷贝图边框，修改图边弧段的悬挂点及伪结点错误，以保证等高线弧段在图内的完整性，删除图边框。

(5)数字化高程点

数字化高程点，同时按图元编号给定高程点用户 ID 值。

(6)建立拓扑关系

建立图层等高线弧段及高程点的拓扑关系。

命令格式如下：

[arc]build dgx line

[arc]build dgx point

(四)物探图层数字化及编辑修改

1. 重磁、航磁各图层由等值线及异常孤点组成，分层在 arcedit 模块中数字化物探重磁等值线弧段及异常孤点。

2. 按用户的图元编号，给等值线及异常孤点赋用户 ID 值。

3. 修改数字化弧段的交叉、重复、悬挂点及伪结点、标识点的重复等错误。

4. 建立各图层等值线及异常孤点的拓扑关系。

(五)重砂图层数字化及编辑修改

具体步骤如下：

1. 创建图层

命令格式如下：

[arc]create zs cover (根据图层 cover 创建图层 zs)

2. 数字化图层

准备一张清晰的重砂成果图或矿产图，在 arcedit 模块中数字化重砂异常弧段。

因重砂异常多边形叠加的存在，arc/info 尚不能处理好多边形在同一图层中的叠加问题，为便于空间分析，需进行以下处理。

重砂异常归类，相同重砂矿物异常弧段存入同一图层中，如：金(或以金为主的组合矿物)异常图层、锆石(或以锆石矿物为主的组合矿物)异常图层等。

3. 编辑修改

修改数字化弧段端结点错误、封闭弧段、使之构成封闭的异常多边形。

1. 修改图边错误

拷贝图边框，编辑图边异常弧段悬挂点及伪结点错误，以保证图边异常多边形的完整性，删除其余的图边框。

3. 增加标识点

按图元编号，给每一弧段圈定的异常多边形一个用户ID值。

5. 建立拓扑关系

按重砂异常种类分成若干个图层，分别定义各图层多边形的拓扑关系。

(六)构造格架图层数字化及编辑修改

具体步骤如下：

1. 创建图层(gz)

命令格式如下：

_arc]create gz cover（根据图层cover创建图层gz）

2. 数字化图层

地质专家根据研究区的地质、物探、化探、遥感等成果，绘制了构造格架图。

在arcedit模块中数字化构造格架图弧段。在数字化同时按图元编号给每一弧段一个用户ID值。

3. 编辑修改

修改弧段的悬挂点及伪结点错误。

拷贝图边框，修改图边的悬挂点及伪结点错误、删除图边框。

4. 建立拓扑关系

建立图层弧段的拓扑关系。

(七)韧性剪切带图层数字化及编辑修改

1. 创建图层(jqd)

命令格式如下：

arc]create jqd cover（根据图层cover创建图层jqd）

2. 数字化图层

数字化剪切带多边形的边界弧段，如其边界为断裂构造，则拷贝构造格架图层中相关弧段作为该图层弧段。

3. 编辑修改

编辑修改弧段悬挂点及伪结点错误。

4. 增加标识点

根据图元编号给每一个多边形一个用户ID值。

5. 建立拓扑关系

建立图层(多边形图素)拓扑关系。发现图层存在的错误，进一步修改弧段连接错误、多边形不封闭、多边形遗漏标识点或多个标识、用户标识点不正确等错误。

七、图层数据建立拓扑关系

前已详述了图层各特征类型(弧段、多边形、标识点、TIC点等)矢量数据的编辑修改，增

加了每一图层的图素标识。为确定图素的空间特征及其相互关系，进一步检查图层的错误，有效地存贮数据，针对各图层的特点进行了相应的拓扑处理。

图层数据建立拓扑关系，因图层图素类型存贮集合及拓扑命令：build 与 clean 的区别，而采用不同的拓扑处理方法。在此就图层的拓扑处理作一总结。汇总见表 8-10：

表 8-10　各图层建立拓扑结构命令形式一览表

图层类型	图层举例	拓扑处理方法
点	产状、居民地、矿点、钻孔	Build cover point
线	断层、褶皱、交通、重磁、化探	Build cover line
面	脉岩、蚀变、(居民地)、韧性变形、汇水盆地	Clean cover，Build cover poly
点线	其它图素、等高线	Build cover point(line)
线面	地层、火山岩岩性、侵入岩、水系、境界	Clean cover，Build cover poly

说明：点、线、点线集合存贮图层用 build 拓扑；面、线面集合存贮的图层可先用 clean 拓扑处理后修改错误，反复拓扑、修改，至图层在 editplot 模块中显示无错误为止，再用 build 命令拓扑即可。

各图层处理均可按上表进行。

水系图层因单线河弧段并不构成面状水系边界，线面分离独立存贮，拓处理方式与其它图层略有不同，以下简述处理过程。

(1) 数字化时给定面状水系边界弧段用户 ID 值为 100，线状水系用户 ID 值不等于 100。

(2) 进入 arcedit 编辑水系图层，图层没有错误后，面状水系边界及线状水系弧段分成两个独立的图层 sxm、sxx 存贮，步骤如下：

```
:edit sx(水系图层)
:drawe all node errors;draw(显示弧段悬挂点及伪结点错误，修改错误)
:ef arc;sel $id = 100;put sxm(生成仅有面状水系边界的图层)
:ef label;sel all;put sxm(在 sxm 图层中加入面状水系多边形的用户 ID 值)
: ef arc;sel $id <> 100;put sxx(生成仅有线状水系弧段的图层)
```

(3) 在 arcedit 模块中编辑 sxm 图层，修改其悬挂点及伪结点错误。拓扑处理、查错、修改，反复此过程直至在 editplot 模块中检查无错误为止。备份 sxm 图层。

```
[arc]copycov sxm river
```

(4) 拓扑 sxx 图层

```
[arc]build sxx {line}
[arc]arcedit
:disp 4
:edit river
:drawe all node errors;draw 显示图层错误，同时修改错误。
:ef arc;get sxx
```

:save river(river 图层包含面状水系弧段及多边形标识点、线状水系弧段。)

:q 退至[arc]下。

[arc]build river line 拓扑处理 river 图层。

在资源管理器中，将 sxm 图层中 P*.* 文件拷贝到 river 图层中。River 图层为面状水系与线状水系共存的水系图层。

八、地质图图层预处理

(一)地质图图层预处理

为适应金矿资源评价的需要，利用最新区调资料、科研成果对各类图件进行预处理，建立反映最新地质成果的地质、物探、化探空间数据库。现就研究区地层、岩浆岩、脉岩、物探重磁及化探元素等值线等图层的预处理作以下论述。

1. 地层图层预处理

原 1∶200000 地质图是"年代地层学理论"为主，辅以"生物地层学""构造地层学"理论的指导下测制的。1982 年《安徽省地质志》对安徽省地层做了系统的修编工作；1997 年在现代地层学及沉积地层学理论指导下，对以往所建的年代地层单位等进行研究(清理)，编著了《安徽省岩石地层》(中国地质出版社，1997)。近年来区内在蚌埠隆起带及张八岭构造带等主要成矿区段完成了 8 幅 1∶50000 区域地质调查工作，使该区地层研究程度进一步提高。

(1)建立研究区地层单位序列表

研究区地层以郯-庐断裂为界，西区隶属华北地层区，东部隶属扬子地层区(包括大别-苏鲁造山带)。根据研究区历年来的工作成果进行了总结归纳，对研究区建立的年代地层单位进行了研究、追溯地层单位创名的沿革，重新厘定了华北地层区及扬子地层区地层单位的含义，考虑区域的延伸与对比，查清了研究区地层单位的同物异名、同名异物。其中前侏罗纪地层按全国地层多重划分研究《安徽省岩石地层》(1997)为标准，侏罗系及之上的地层按《安徽省区域地质志》为标准。编制了以现代地层学理论为指导的华北地层区、扬子地层区序列表(表 8-11)。

根据本次工作的成果，重新形成了地层图层。对不合理的地层界线做了修改，按以上的地层单位序列表重新拟定了地层图层的图元编号，按新编的图元编号对图层的用户编号做了修改。

(2)对预处理地层图层图元编用户号

根据华北地层区、扬子地层区地层单位序列表对研究区地层进行了分幅清理，建立分幅地层单位序列表(略)，根据分幅地层单位序列表重新对各图幅地层图层图元编号进行调整，删去了废弃的地层单位的图元编号，清理不合理及合并的地层单位图元编号，增加新创的地层单位图元编号等。

原则上以地层单位的组或段为图元，同一地层单位的组或段若干多边形为一类图元，用户对每一图元编用户 ID 值，同一类图元用户 ID 值相同。

(3)与图元编号对应采集(修改)属性数据

正常沉积地层或火山地层根据沉积、火山地层单位属性表数据项内容；变质岩根据变质地层单位属性表数据项内容，修改或删除原用户属性表各图元相关属性数据；增加新增的用户属性。

表 8-11　研究区华北地层区、扬子地层区地层单位序列表

地层单位名称（华北地层分区）	地层单位符号	地层单位名称（扬子地层分区）	地层单位符号
下苏镇组	Q_1f	龙湖组	Q_3w
戚哨组	Q_3q	下蜀组	Q_3x
泊岗组	Q_2b	殷家矶组	Q_2q
午朝组	Q_1d	华亭组	N_2g
尖山组	N_2j	花果山组	N_1h
下草湾组	N_1x	洞玄观组	N_1d
土门组下、中、上段	E_2t、E_2t^2、E_2t^3	张山集组下、上段	E_2z^1、E_2z^3
定远组	E_2dy	狗头山组	E_2g
张桥组	K_2z	舒山集组	E_1s
邵庄组	K_1sq	赤山组	K_2c
邵庄组下、上段	K_1sq^1、K_1sq^2	赤山组下、上段	K_2c^1、K_2c^2
新庄组一、二、三、四段	K_1x^1、K_1x^2、K_1x^3、K_1x^4	浦口组	K_1p
新庄组	K_1x	葛村组	K_1g
毛坝口组	J_3m	黄石坝组	J_3hn
石盒子组	P_1s	红龙桥组	J_3h
太原组	C_2t	罗岭组	J_2l
马家沟组老虎山段	O_2m^4	钟山组	J_1z
马家沟组青龙山段	O_2m^3	范家塘组	T_3f
马家沟组萧县段上部	O_2m^{x2}	黄马青组	T_2h
马家沟组萧县段下部	O_2m^{x1}	高涌组	$T_{1-2}x$
马家沟组萧县段	O_2m^x	青龙组	P_1+T_1q
贾汪组	O_1j	大隆组	P_2d
土山子组下坝段	$\epsilon_3O_1s^x$	龙潭组	P_1l
崮山组	ϵ_3g	孤峰组	P_1g
张夏组	ϵ_2z	栖霞组	P_1q
馒头组四段	$\epsilon_{1-2}m^4$	船山组	C_3c
馒头组三段	$\epsilon_{1-2}m^3$	老虎洞组-黄龙组并层	C_2l+h
馒头组一、二段	$\epsilon_{1-2}m^{1-2}$	金陵组 高骊山组 和州组并层	C_1j+h
昌平组	ϵ_1c	五通组	D_3C_1w
猴家山组	ϵ_1hj	茅山组	S_3m
猴家山-昌平组并层	ϵ_1hj+c	坟头组	S_2f
魏集组	Z_1w	高家边组	S_1g
倪园组-九顶山组并层	Z_1n+jd	汤头组-五峰组并层	O_3t+w
四顶山组	Z_1sd	临湘组 宝塔组并层	O_2m+b
九里桥组	Z_1j	牯牛潭组	O_1g
四十里长山组	Z_1ss	大湾组	O_1d
刘老碑组	Qnl	红花园组	O_1h
刘老碑组下、上段	Qnl^1、Qnl^2	仑山组	O_1l
伍山组	Qnw	分乡组	O_1f
曹庙组	Qnc	上饶冲组	O_1s
宋集组	Pt_1sj	浪那山组下、中、上段	ϵ_3l^1、ϵ_3l^2、ϵ_3l^3
青白口组	Pt_1q	杨柳岗组	ϵ_3y
口子山组	Pt_1b	观音台组	ϵ_2O_1g
山河杂岩	Ar_2w	大陈岭组	ϵ_1d
		黄柏岭组	ϵ_1h
		尚塘组	ϵ_1ht
		幕府山组	ϵ_1m
		灯影组 皮园村组并层	$Z_2\epsilon_1d+p$
		黄墟组	Z_1h
		苏家湾组	Z_1s
		周岗组	Z_1z
		西沟岩组	$Pt_{2-3}x$
		北将军组	Pt_3bj
		铜集杂岩	Ar_3Pt_1k

2. 侵入岩图层预处理

区内岩浆岩主要分三大岩系。即：华北陆块蚌埠隆起钙碱性花岗岩系、张八岭构造带深熔钙碱性花岗岩系、扬子前陆北缘高钾闪长岩系。本书从各岩系空间分布、岩石学、岩石化学、稀土元素、微量元素、同位素等进行了综合分析，纠正了前人不合理的岩石命名。结合野外工作，重新圈定了中生代岩浆岩地表露头

(1)侵入岩图层预处理

通过本次研究，纠正了不合理的岩石命名及时代归属，重新建立了研究区侵入岩年代单位属性表。详见表 8-12。

表 8-12　侵入岩岩石命名及岩体代号对比表

1∶250000 地质图幅工作情况			本次预处理后情况		
岩体名称	岩石名称	岩石代号	岩体名称	岩石名称	岩石代号
朱门岩体	混合花岗岩	γ₅	朱门岩体	二长花岗岩	ηγ₅
涂山岩体	混合花岗岩	γ₅	涂山岩体	二长花岗岩	ηγ⁵
西芦山岩体	混合花岗岩	γ₅	西芦山岩体	二长花岗岩	ηγ₅
东芦山岩体	混合花岗岩	γ₅	东芦山岩体	二长花岗岩	ηγ₅
曹山岩体	混合二长花岗岩	ηγ₅	曹山岩体	二长花岗岩	ηγ₅
磨盘山岩体	混合钾长花岗岩	κγ₅	磨盘山岩体	钾长花岗岩	κγ₅
安山岩体	混合花岗岩	γ₅	安山岩体	钾长花岗岩	κγ₅
张公山岩体	混合二长花岗岩	ηγ₅	张公山岩体	二长花岗岩	ηγ₅
陶山岩体	混合二长花岗岩	ηγ₅	陶山岩体	二长花岗岩	ηγ₅
朱龙岩体	混合花岗闪长岩	γδ₅	朱龙岩体	二长花岗岩	ηγ₅
老山岩体	混合花岗岩	γ₅	老山岩体	花岗岩	γ₅
黄山子岩体	混合花岗岩	γ₅	黄山子岩体	花岗岩	γ₅
蜘石山岩体	混合花岗闪长岩	γδ₅	蜘石山岩体	花岗闪长岩	γδ₅
东老山岩体	混合钾长花岗岩	κγ₅	东老山岩体	钾长花岗岩	κγ₅
			峰山李岩体	花岗岩	γ
			凤羽北岩体	二长花岗岩	ηγ⁵
			紫闪岩体	流纹斑岩	λπ₅
本次工作新发现岩体(部分)			王郎庙岩体	玄武岩类	βμ
			柳岗行岩体	玄武岩类	βμ
			东马陵岩体	玄武岩类	βμ₅
			西梁岭岩体	花岗岩	γ₅
			将王庙北岩体	闪长玢岩	δμ₅

根据本次工作的成果，重新形成了侵入岩图层。对不合理的岩体边界做了修改，增加新发现的侵入体边界弧段，重新拟定了侵入岩的图元编号，根据重新拟定的图元编号对图层的属性标识做了修改。

(2)对预处理图层划分图元

以具有相同特征、具有独立命名的侵入体或若干个无独立岩体名称而具有相同岩性的侵入体为同一图元，修改或增减原图层的图元编号。

(3)与图元编号对应采集属性数据

根据侵入岩年代单位属性表定义的数据项内容，根据图层处理的结果修改原数据库每一图元的内容。

3. 脉岩图层预处理

(1)研究区脉岩工作概况

1∶200000地质填图工作中，在脉岩矿物成分、结构、构造、岩石化学、微量元素、副矿物等方面做了细致的工作。

本次工作，对区内脉岩做了统一的命名工作，修正了不合理的岩石名称；结合野外工作，在重点工作区填绘了遗留的岩石露头，并做了命名工作。

(2)图层预处理

根据本次工作的成果，重新形成了脉岩图层。对不合理的脉岩边界做了修改，增加新发现的脉岩边界弧段，按重新拟定的图元编号对脉岩图层的用户标识做了修改。

(3)与图元编号对应采集属性数据

同名脉岩为一图元，用户给每一脉岩一个用户ID值。

根据脉岩图层属性表定义的数据项内容，修改原属性数据库每一图元的属性数据。

4. 构造图层预处理

依据野外地质观察资料及地球物理和遥感地质解译成果，对区内构造格架进行厘定，划分了Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级构造单元及次级构造。构造格架图图层分层及对图元编用户号，在辅助图层中叙及。

(二)物探重磁图(层)预处理

1. 基本原理

本项研究中，对重磁数据采用了频率域内重磁场的转换处理方法进行了处理，其基本原理如下：

(1)利用富里叶正变换，由实测的重磁异常 $f_a(x,y)$，计算它的频谱 $F_a(\mu,v)$；

(2)由实测异常的频谱 $F_a(\mu,v)$ 乘以相应转换的权函数的频谱 $\Phi(\mu,v)$，得到转换后异常的频谱 $F_b(\mu,v)$；

(3)利用富里叶反变换，由转换后异常频谱 $F_b(\mu,v)$ 计算得到转换后的重磁异常 $f_b(x,y)$。

2. 计算公式

在空间域中，重磁场的各种转换可以写成褶积形式：

$$f_b(x,y)=\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}f_a(\xi\eta)\phi(x-\xi,y-\eta)\mathrm{d}\xi\mathrm{d}\eta=f_a(x,y)*\phi(x,y)$$

式中：

$f_a(x,y)$、$f_b(x,y)$——转换前后的位场。

$\phi(x,y)$——权函数，亦称虚波脉冲响应函数。

利用富里叶变换的褶积定理，上述褶积关系在频率域内即变为简单的乘积关系：

$$F_b(\mu,v)=F_a(\mu,v)\cdot\Phi(\mu,v)$$

式中：

$F_1(\mu,v)$、$F_2(\mu,v)$和$\Phi(\mu,v)$ ——$f_1(x,y)$、$f_2(x,y)$和$\phi(x,y)$的频谱；

μ,v ——x,y方向上的圆频率；

$\Phi(\mu,v)$为权函数的频谱，亦称滤波器的频率响应函数。

那么对于重磁位场转换中几种频率响应函数分别为：

解析延拓：　　$\Phi(\mu,v)=\exp(2\pi z\sqrt{\mu^2+v^2})$

化到磁极：　　$\Phi(\mu,v)=(2\pi\sqrt{\mu^2+v^2})^2/q_1q_2$

任意方向一阶导数：　　$\Phi(\mu,v)=2\pi[i(\alpha\mu+\beta v)+\gamma\sqrt{\mu^2+v^2}]$

垂向二阶导数：　　$\Phi(\mu,v)=(\mu^2+v^2)2\pi$

3. 原始数据的扩充及边部处理

在应用快速富里叶变换计算时要求点数和线数必须是2的整数幂。因此，当实际资料不满足这一条件时，需要把实际资料的点、线扩大为2的整次幂。

另外，为减少由于实测资料的有限性、离散性及算区四周边界场值不是光滑地趋于零而造成转换后场的畸变——边部"振荡"现象，程序中对边部数据采取加权处理，从而使得实测区边界值从向外延伸处开始逐步下降为零。

4. 位场转换

根据研究区资料解译的需要，我们采用上述方法对区内重磁数据进行如下方面的处理：

重力资料：向上延拓1km、5km、10km、20km以及0°、45°、90°、135°四个方向水平一阶导数和垂向一阶、二阶导数。

航磁资料：化极处理，向上延拓1km、5km、10km、20km以及0°、45°、90°、135°四个方向水平一阶导数和垂向一阶、二阶导数。

(三)化探元素数值分析与计算处理

按研究区范围采集来的网格化数据，因其中有许多空白区，且少量样品分析元素不一致，为了统计的一致性和使于某些分析(如因子分析等)，空白区及分析元素不全的个别样品已被删除。因本次重点为对金矿资源评价预测，分析元素为Au、Ag、As、Bi、Co、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Sb、Sn、W、Zn14种。

计算公式主要为常规的统计公式，在此不一一列出，全区及各分区元素的平均含量标准离差、变异系数等均统一为剔除二倍标准离差后的统计结果(即：X±2S)。因为本次工作选择的区域较大(四幅1∶200000图幅)，均为在计算机内形成图层。为便于分析研究，又不遗漏各元素地化特征，地球化学图层等值线进行了抽稀，按照－1.5S、－0.5S、+0.5S、+(1.5～2.0)，2～4倍[+(1.5～2S)]，4～16倍[－(1.5～2.0S)]的统计结果调整而得，后三个值分别作为各元素的高背景区界线。异常图层按区域内构造分区界线分别进行了统计，依然按照X－2S，作为外带，中带和内带根据各元素含量变化的特点，分别按照1∶2～1∶4～16进行确定。

九、图层的矢量数据与属性数据的连接

图层的矢量数据是图层的数据模型，Arc/Info图层是以拓扑结构的矢量格式存贮的一组相关地理数据，由精心组织的目录和文件构成。坐标、几何关系及描述性数据均存贮其中。

图层的属性数据指：图层中现实的地理现象，是图层中以点、弧段、多边形等方式记录的

地理位置和表示的地理现象，图层中每一个特征属性数据表示独立的地理现象，被赋予唯一的数字标识码，其唯一的空间数据和一组相关的属性（描述性数据）。

正图层矢量数据特点决定其具有将空间数据和属性数据联结起来的能力。Arc Info 在建立拓扑关系时就定义了几何拓扑特征，并存贮到一个称之为特征属性表（AAT、PAT）的文件中。特征类型不同，属性表的内容也不同。Arc Info 每一图层的空间数据可以有两个特征属性表。如可以有多边形特征属性表和弧段特征属性表，或有点特征属性表和弧段特征属性表等。图层中每一特征在特征属性表中占据一条记录。每一条记录包括一个由 Aarc/Info 定义的内部标识码和由用户定义的用户 ID 值码。

图层的矢量数据将图层的空间数据和属性数据联结起来，而表示二者联结起来的特征属性表可以把图层的空间数据和用户属性数据联结起来。

Arc/Iinfo 产生的特征属性表、用户属性表以扩展名为 DBF 的文件名存贮，无论那一种数据库管理软件（Arc/Info 数据库管理模块、关系数据库管理软件 — DBASE Ⅲ、FOXBASE、FOXPRO、ACCESS、EXCELL 等），产生的数据库文件因具有相同的文件结构，相互兼容。特征属性与用户属性建立联结，即可对图层进行空间分析等操作。

目前基于窗口的应用软件首推 Areview，基于窗口集成的 GIS 系统，Areview 软件提供了强大图形用户界面，辅助用户组织、维护、直观再现、分析、空间信息传输等。Areview 支持 Arc Info 软件的多种数据格式及其它标准图像、数据库和文本文件。

以下就 Areview 软件项目管理窗口联结图层的矢量数据和属性数据做一简单介绍。具体步骤如下：

（1）双击 arcedit 快捷方式图标，进入"项目"，出现一组相关窗口，包括以下文件：视图（view）、表格（tables）、图表（charts）、图版（layouts）和 script。

（2）双击"表格（tables）"增加图层用户属性文件，出现增加属性文件对话框，打开所需用户属性表。激活用户属性表中关键字段（为图元编号）。

（3）双击"视图（view）"，在 view1 中增加相关图层，激活该图层。

（4）在窗口主题（theme）菜单中选中"table"选项，出现相应图层特征属性表，激活该属性表中关键字段（cover-id，即用户在数字化时按图元编号给定图元的用户 ID 值）。

（5）在窗口中单击热连接按钮，此时图层矢量数据和用户属性数据通过关键字连接。表示图层特征的每一条记录均有用户属性数据与之对应，可对图表进行查询、提取特征信息、直观再现、检查错误、维护等操作。

（6）保存项目（project）。

十、图形拼接

研究区四幅地质图各图层的拼接工作烦杂，按图层的图素类型及其存贮集合，说明图形的拼接步骤。

（一）准备工作

（1）比较相邻图层，确保各图层所有数据没有错误，相邻图层的属性表项名及定义、用户 ID 值及定义一致，穿过地图边界的连接特征属性一致。

（2）相邻两图层既要保证用户 ID 值及定义的一致性，要确保相同用户 ID 值对应相同的一组空间属性数据。

(3) 在[arc_下用 copycov 对要拼接的图层做备份。

(二)图形拼接命令的选定(见表 8-13)

表 8-13 图形拼接命令 mapjoin、append 比较表

Mapjoin	Append
适用于多边形及网络图层的拼接	适用于具有不同特征类型的图层的拼接
合并输入的数据,重建图层拼接后的属性表	合并输入的属性表,建立图层拼接后的特征属性表
手动重建图层的拓扑关系	不改变图层的拓扑关系
不需重建图层的拓扑关系	需重建拓扑关系

由表 8-13 可知,mapjoin 命令拼接图层最大的特点是:按图幅坐标使相邻图层拼接成一个图层,同时重建图层的拓扑关系,重建图层拼接后的特征属性表,所有的用户属性值均随之改变。Append 命令拼接图层的特点是:按图幅坐标使相邻图层拼接成一个图层,同时合并拼接图层的特征属性表,建立输出的属性表,并不改变用户属性值。

基于 mapjoin 和 append 的区别及拼接图层的目的,采用 append 进行图形拼接。

(三)图形拼接

拼接后生成的图层名为 cover。

```
[arc]append cover
enter the 1st coverage :cover1   输入第一个要拼接的图层
enter the 2nd coverage :cover2   输入第二个要拼接的图层
enter the 3rd coverage :cover3   输入第三个要拼接的图层
      ⋮
enter the nrd coverage :end   接触图层拼接。
```

生成拼接图层 cover,对拼接后的图层重建拓扑关系。

(四)图形拼接后的处理工作

图形拼接重建拓扑关系,对多边形图层和线图层进行接边处理。

线图层接边步骤如下:

(1) 进入 arcedit 模块,编辑 cover。

(2) 将图边相同特征属性的弧段按图层的实际需要连接起来,删除公共图边,弧段中间的结点用 unsplit 删除,以保证弧段完整化一。

多边形图层接边步骤如下:

(1) 进入 arcedit 模块,编辑 cover。

(2) 将图边具相同特征属性的多边形弧段按图层实际需要连接起来,删除公共图边,弧段中间的结点用 unsplit 删除。

(3) 删除接边多边形的一个用户 ID 值点,以确保一个多边形只有唯一的特征属性表和一个用户 ID 值。

(五)属性数据合并

图层特征属性数据合并:图层用 append 命令拼接后,编辑修改,建立图层拓扑结构,Arc Info 在建立拓扑结构的同时合并图层的特征属性数据,建立输出属性表。

图层用户属性数据的合并:采用合适的数据库管理软件(如:foxpro)拼接图层的用户属

性数据。步骤如下：

（1）保证拼接图层的用户属性表的数据项名及定义、用户 ID 值及定义、接边弧段及多边形的用户 ID 值、数据项的长度等均一致。合并的数据库文件之间没有矛盾的数据或重复内容的数据。

（2）在 foxpro 窗口中打开被合并数据库文件，在 edit 菜单中选择 append 选项，出现 append 对话框，打开需合并的数据库文件，按图元编号增加属性数据至被合并的数据库文件中

综合上述，本次建立 1∶20 万安徽东部地区地学空间数据库，共收录了地理、地质、矿产、物探、化探、遥感、重砂七大类数据，录入方法以 Arc/Info 平台下数字化为主，物化探数据预处理后的成果采用数据转换方式（用 surfer 转换为 Arc/Info 图层），用户属性文件均用数据库管理软件（如：Foxpro、Excel、Access 等）录入。空间数据库共存储图层文件 130 个，属性文件 140 个，安徽东部地区金矿资源评价地学空间数据库图层数据及属性数据文件统计表见表 8-14、表 8-15。

表 8-14　安徽东部地区金矿资源评价空间图层数据及属性数据表

图层类别	图层名	属性表名
地理图层	1. 基本信息图层　2. 水系图层 3. 交通图层　4. 居民地图层 5. 境界图层　6. 地形等高线图层	1. 图幅角点 l4sf01t，基本信息 l4sf01j　2. 五代水系 l4sf02s；线状水系 l4sf02h　3. l4sf03j　4. l4sf04j　5. 行政区划 l4sf05x；境界线 l4sf05j　6. 地形等高线 l4sf06d；高程点 l4sf06g
地质矿产图层	1. 地层图层　2. 侵入岩图层　3. 脉岩图层　4. 围岩蚀变图层　5. 断层（带）图层　6. 褶皱图层　7. 产状图层　8. 其它图素图层　9. 金矿床（点）图层	1. 地层 d4sf01d；界线 d4sf01j　2. 侵入岩 d4sf04n；界线 d4sf04j　3. d4sf05m　4. d4sf06w　5. d4sf08d　6. d4sf10z　7. d4sf11c　8. 化石采样点 d4sf13h；同位素年龄采样点 d4sf13t；钻孔 d4sf13k；火山机构 d4sf13s；图切剖面 d4sf13p　9. Au
地球物理电磁图层	1. 航磁△T 化极异常等值线图层　2. 航磁△T 上延 1、5、10、20km 及 0°、45°、90°、135°水平方向一阶导数异常等值线图层　3. 航磁△T 垂向一阶导数异常等值线图层　4. 航磁△T 垂向二阶导数异常等值线图层	1. w4sf01c　2. w4sf02c；w4sf03c；w4sf04c；w4sf05c；w4sf06c；w4sf07c；w4sf08c；w4sf09c；w4sf10c；w4sf11c；w4sf12c；w4sf13c；w4sf14c；w4sf15c；w4sf16c；w4sf17c；　3. w4sf18c　4. w4sf19c
地球物理重力图层	1. 布格重力△G 异常图层　2. 布格重力△G 上延 1、5、10、20km 及 0°、45°、90°、135°水平方向一阶导数异常等值线图层　3. 布格重力△G 垂向一阶、二阶导数异常等值线图层	1. w4sf01z　2. w4sf02z；w4sf03z；w4sf04z；w4sf05z；w4sf06z；w4sf07z；w4sf08z；w4sf09z；w4sf10z；w4sf11z；w4sf12z；w4sf13z；w4sf14z；w4sf15z；w4sf16z；w4sf17z；w4sf18z；w4sf19z；w4sf20z；w4sf21z　3. w4sf22z
地球化学异常图层	金、银、砷、锑、铋、汞、钨、铜、铅、锌、镍、锡、钴、铬、锰元素地球化学异常图层	h4Auyc；h4Agyc；h4Asyc；h4Sbyc；h4Biyc；h4Hgyc；h1Wyc；h4Cuyc；h4Pbyc；h4Znyc；h1Niyc；h4Snyc h4Coyc；h4Crvc；h4Cdyc
地球化学等值线图层	金、银、砷、锑、铋、汞、钨、铜、铅、锌、钡、镍、锡、钴、铬、锰元素地球化学等值线图层	h4Audh；h4Agdh；h4Asdh；h4Sbdh；h4Bidh；h4Hgdh；h4Wdh；h4Cudh；h4Pbdh；h4Zndh；h4Nidh；h4Sndh；h4Codh；h4Crdh；h4Cddh
遥感图层	1. 环形构造图层　2. 线形构造图层	1. d4sfhx　2. d1sfxx
重砂异常图层	1. 重砂异常图层　2. 金重砂异常图层	1. d4sfzs　2. d4sfAu

表 8-15　辅助图层及属性表

图层类别	图　层　名	属　性　表　名
地质辅助图层	1. 构造格架图层　2. 构造地层图层　3. 韧性变形带图层　4. 区域控岩控矿构造图层	1. d4sfgz　2. d4sfdc　3. d4sfjqd　4. d4sfkkgz
汇水盆地图层	1. 一级汇水盆地图层　2. 二级汇水盆地图层　3. 三级汇水盆地图层　4. 五级汇水盆地图层	1. h4hs　2. h4hs3　3. h4hs4　4. h4hs5
地球化学色块图层	金、银、砷、锑、秘、汞、钨、铜、钼、钒、镍、锡、钴、铬、镉元素地球化学色块图层	h1Ausk；h1Agsk；h1Assk；h4Sbsk；h4Bisk；h4Hgsk；h4Wsk；h4Cusk；h4Pbsk；h4Znsk；h4Nisk；h4Snsk；h4Cosk；h4Crsk；h4Cdsk

第二节　制　　图

基于窗口的 Arcview 软件，为用户提供了强大的出图功能。

本次资源评价主要图件及辅助图件，均应用 Arcview 出图。其步骤如下：

(1) 在 Arcview 项目(project)窗口中打开图层，并打开用户属性文件，各种信息出现在一个独立窗口(文档窗口)中，用户可通过这些窗口对信息进行交互式操作，并关联视图特征属性表和用户属性表。

(2) 在视图中直观再现地图的空间信息。如在地层图层视图中再现地层单位符号、面状水系图层中再现湖泊、水库的名称等。表现有这些综合信息视图的文档保存在扩展名为(apr)的文件中。

(3) 窗口图版(layout)提供了综合项目信息文档及其它制图要素图版，选择一种图版作为制图样式，在其中规定项目视图的名称、比例尺、图例等，同时也可在图中编辑修改图层弧线及增加相关文本，保存此编辑好的图版。

(4) 在 file 菜单中选择"print"，规定打印属性。

本次评价工作重点对 1∶200,000 安徽东部地区地质图和汇水盆地图进行了精心制作，现简述如下：

一、1∶200,000 安徽东部地区地质图

1∶200,000 安徽东部地区地质图的制作是成功应用国产软件平台 MAPGIS(5.0)绘制完成的。MAPGIS(5.0)微机版地理信息系统是中国地质大学(武汉)信息工程学院开发的工具地理信息系统软件的一个集图形、图像、地质、地理、遥感、测绘、人工智能、计算机科学于一体的高效全汉字系统。

纵观计算机制图流程，可概括为以下几个环节：先用输入系统采集图形、图像、属性数据，然后通过图形整饰和服务系统将输入的数据进行整饰和校正，通过库管理进行入库和库维护，接下来就可以通过空间分析来进行各种查询、分析、统计等操作，需要输出的图形、图像、报表等数据通过输出系统进行输出。整个工作流程见图(图 8-2)。

(一)图形数字化输入

图形数字化之前，需要对数字化图件进行预处理，即对整个图件主要结构建立一个总体认识，然后根据工作目的需要将底图上的图形要素进行分类，每一类作为一个图层。在充分了解整个底图资料后，就可以拟数字化工作提纲，包括总的图层数及其命名，每个数据文件

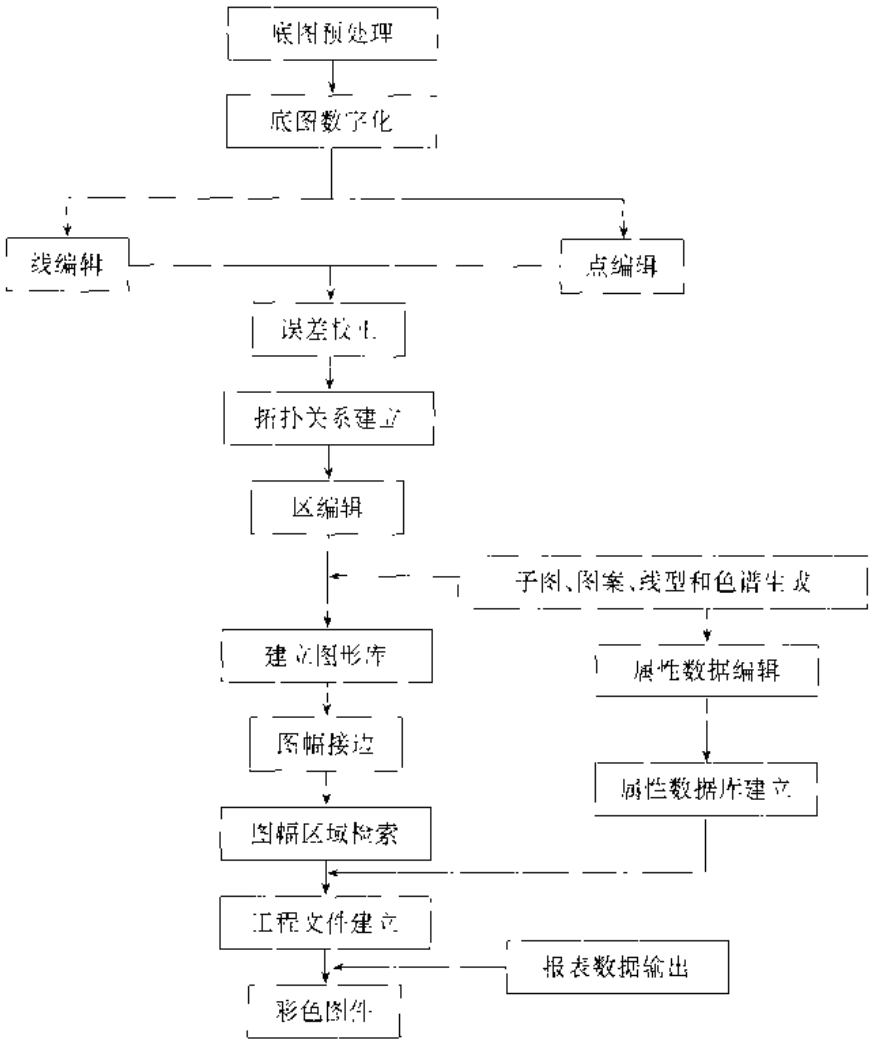


图 8-2　地质图制图工作流程图

的命名、工作的先后顺序、工作进程等等。

数字化按基本图元方式进行，经过数字化仪加二、图形坐标原点、坐标轴、角度校正等初始化后，就可以进行点图元或线图元数字化。线图元数字化又可以为点方式和流线方式两种形式，前者一般用于特征点采集曲线，采集的点数少、数据量小；而后者适宜采集自由曲线，速度快，精度高，但数据量大。点图元的数字化只采集其控制点，而线图元则只跟踪基线。

(二)图形编辑处理

图形编辑是计算机制图中最重要的不可缺省的阶段。通过编辑，能够改善绘图精度、更新图形内容、丰富图形表现力、实现图形综合。

1. 线图元编辑处理

线编辑既是图形编辑中很重要的一个环节，又是十分费时、费力的艰辛工作过程。通过数字化和矢量化操作而得到的图形矢量数据，由于系统和人工的误差，反映线图元的空间特征数据与其实际的空间特征可能不一致。如两条线该相交的而未相交；不应相交的却又相交；本应圆滑的曲线却表现为有棱角等。所有这些只能在线编辑过程中得到修正。利用线编

辑功能模块，可以修改线图元的空间数据，其中包括增删线、改变线的空间位置、剪断线、联接线、靠近线等功能；也可以编辑、修改线参数，还可编辑和输入线属性。值得注意的是，在编辑过程中，持有耐心细致的工作责任心往往能起到事半功倍的效果。

2. 点图元编辑

所谓点图元是指由一个控制点决定其位置的有确定形状的图形单元，包括字符串、子图、圆、弧、版面、图像等六种类型。点编辑包括空间数据编辑和参数编辑，前者是改变控制点的位置，增减控制点等操作；后者包括改变点元内容、颜色、角度、大小等图形参数。由于地质图性质所致，在点元编辑过程中，可将点元区分为截然不同的两种类型，即可改变和不可改变控制点位置的点元。前者是起整饰图形作用，诸如地层单位符号的标注、水系名称的加注等，其控制点位置的位移、点元参数的修改常是为了改善图面美观；后者是那些如居民地、高程点、矿产地等其空间位置固定的点元。对这类点元一般只可进行点元参数编辑，而且其参数必须依照规定设置。

3. 图形的误差校正处理

在将地图内容经数字化仪输入计算机生成矢量数据后，或把地图由扫描仪扫描成栅格数据再将此栅格数据矢量化成矢量数据后，由于手工操作误差、数字化设备精度、图纸变形等因素，数字化图形常与实际图形在空间位置上存在变形或畸变，虽经编辑、修改后，有时也很难达到实际要求的精度。因此，经编辑后的图形矢量数据，若误差较大（一般以误差在2‰～3‰为界限），只有经过误差校正功能模块才能清除图形变形。在实际工作中，有时仅仅是些图元与实际不等，有时整个图形产生畸变，因此图形误差校正包括局部和整体图形误差校正两种方式。但无论哪种方式，必须要有包括至少三个以上采集控制点的控制文件。控制点的选取应尽量能覆盖全图且均匀分布，一般控制点为三角点、水准点和经纬点，采集控制点的点数越多，则图件控制越精确。

误差校正分为狭义和广义两种形式，上述的变形或畸变校正属于前者，而后者的原始数据并不存在畸变，可为什么要进行校正呢？编制地图必然要采用地图投影的方法，正是由于各种地图投影分类所采用的投影参数的异样，从而导致了同样的图形在不同投影坐标系中其四个角点坐标值的不同。譬如，一个图形若在ARC/INFO系统中采用大地坐标系而在MAPGIS系统中采用地理坐标系，虽然它们所反映图元的空间特征是一致的，但表现空间特征的矢量数据却不一样。因此只要正确设置校正控制点文件的内容就可以方便地完成两者之间的相互转换。

4. 拓扑处理

MAPGIS拓扑处理功能模块改变了人工建立拓扑关系的方法，使得原来比较繁琐的区域输入、子区输入等工作变得相当容易，大大提高了地图录入编辑的工作效率。另一方面，拓扑处理建立的拓扑关系排除了区域数据可能存在的错误，使图形数据规范化、标准化。

在进行拓扑处理之前，对原始数据的预处理可以使得将来的工作一劳永逸，避免以后发现错误再返工重来。预处理首先将原始数据中与拓扑无关的线（如道路、行政界线、指引线等）保存为新文件后再剔除，等到拓扑处理完成后再添加回来；然后将与拓扑有关的线数据装入，进行自动剪断线，再清除剪断线所生成的微短线。为了正确得到节点信息则运用自动线节点平差，进行完上述操作后再把线转换成弧段并保存为弧段文件，将该文件重装之后就可以进行拓扑重建。

拓扑重建即拓扑关系的处理，只有建立了拓扑关系，才能进行空间分析和统计计算等功能。拓扑重建的实质就是建立节点和弧段间的拓扑关系以及弧段所构成的区域之间的拓扑关系，同时为区域填色并赋予其缺省属性。如上所述，在拓扑重建后，只要简单地修改区域参数及属性就达到了给地图上色的目的，避免人工造区并挑子区等如此繁重的劳动，极大地提高了工作效率。

(三)系统库管理

地质图中地学含义的表现力是十分丰富的，如何确切地表达各种地学概念也是计算机制图中十分重要环节。MAPGIS 系统库包括子图库、填充图案库、线型库和颜色色谱库。虽然这些系统库所表现的功能、形态各异但它们的最终目的是一致的，都是为美化地质图图面起修饰服务的。

在制作《安徽东部地区地质图》过程中，像地层不整合接触界线、各种遥感解译的线性构造、韧性剪切带、省界线以及地层产状等线型不同于一般的线条，为了将这些内容反映在图面上则须在线型库中生成其各自的线型。又比如像小型金矿点、硅化等围岩蚀变、平移正断层等带有断层性质的各种断层，这些符号只能在子图库中形成。再如在图面上像夕卡岩化、大理岩化等类型的围岩蚀变不同于绢云母化、硅化等围岩蚀变，前者图形具有区域性，后者则点状分布，为了体现前者的区域特点就只能用填充图案方法。

地质图件的岩石地层、各类岩石谱系等要素的色彩可谓五彩缤纷，而且其用色标准有行业标准。本此制图色标完全依照中华人民共和国地质矿产行业标准《地质图用色标准及用色原则》(DZ/T 0178-1997)首先在颜色色谱库中按照标准配比不同的颜色，然后在编辑系统中设置相应的区域参数，完成整个图件上色任务。

(四)图形库管理

《1：200000 安徽东部地区地质图》是由国际标准分幅 1：200000 蚌埠幅、时胎幅、定远幅和南京四幅组合而成，数字化输入时这四幅是相互独立的数据文件进入计算机。如何将这四幅图件装成单幅图形显然不可等同于简单地拼凑，这就涉及到地图投影方面的知识。

为了解决这一难题，本次工作首先将这四幅图件作为图形库中的帧进入图形库。图形库公共参数横向跨度、纵向跨度设置采用等经纬跨度分幅(即所谓梯形分幅)。将它们成功进入图形库后，为了消除彼此间接合处图元的联接误差，反复运用图幅接边功能，使整个图幅看不出是数次"曝光"产品。最后利用图幅区域检索功能，设置正确的裁剪区域并将所需图元截取，最终得到完整的图件。

(五)图形输出

为了将计算机制作的图形文件实现在图纸，首先要建立工程文件。在工程文件中，需要指出组成这幅地图的各个文件的文件名、相对位置以及在图中的缩放比例、旋转角度等信息。需要注意的是，在编辑工程文件时，插入文件的顺序应为点文件－线文件－面文件；另外，工程文件中页面大小并不是纸张大小，而是指整幅图的大小。在这里顺便提及工程文件中页面大小与绘图仪驱动程序中页面大小的关系。绘图仪在绘制图件时一般要在绘制图纸的上下、左右四个方面预留一定尺寸的空间，这主要是硬件要求所致。因此设置驱动程序的页面大小至少需要等于工程文件的页面大小与其固有的预留尺寸之和。

在输出系统中，输出范围是从原点开始的第一象限的范围。如果图件不在第一象限的范围内，就应该设置相应的位移参数，使其移动到第一象限的范围内。如果图件的左下角坐标

距原点太远，虽然也能输出，但可能会造成纸张的浪费并减慢处理速度，所以应把它移动到原点附近。

为了使绘图仪绘制的图件达到满意的程度，还必须注意色彩校正。MSPGID 系统的颜色色谱库与计算机显示屏一样是用红、绿、蓝(RGB)来拟合色彩的，都是通过调整 RGB 值显示斑斓绚丽的颜色；而绘图仪绘制地图所用的并不是光，而是颜料，一般常用的是 CMYK(青色、品红、黄色、黑色)。对于同一个颜色，用 RGB 值来调整和用 CMYK 值来调整是截然相反的。这就是在显示屏上的色调和在绘制图纸上的色调不一致的原因。因此，为了使三基色与四基色模拟值尽可能一致，就需要校正三基色模拟值，如果校正成功，则达到了所见即所得的效果。

二、1∶200,000 安徽东部地区汇水盆地图

为适应全矿资源评价需要，此次还新编了 1∶20 万安徽东部地区汇水盆地图。在编制工作中汇水盆地图层的勾绘采用了多种方法，并进行了比较，现只就两种主要的方法及其制作过程作以下论述。

(一)传统的汇水盆地制作方法

根据分水岭直接勾绘。由区内最高分水岭开始，(如长江、淮河分水岭)，逐级往下勾绘；再勾绘出该分水岭次一级的分水岭，依此类推，形成树枝状图系。此法勾绘的汇水盆地图件，只有线，没有面。具体步骤如下：

第一步：将四幅已数字化好的 1∶200,000 地形等高线图层(含高程点)拼接叠加成一个图层。为减小数字化汇水盆地图层的误差，确保成图质量，按 1∶200,000(或大于 1∶200,000)比例出图，形成的图件作为勾绘汇水盆地图层的底图。

第二步：在底图上按地形走向，主要是山脉走向(研究区主要为北东向，北东东向)特点，勾绘出分水岭界线。此界线就作为一级汇水盆地边界，两个相邻的一级分水岭之间的区域即为一级汇水盆地。

第三步：在每一条一级分水岭之下游，按次一级的地形走向(或山脉走向)，沿一级分水岭往下勾绘出二级分水岭，每一个一级分水岭同一侧，相邻的两个二级分水岭之间的区域，即为二级汇水盆地。

第四步：按第三步原则类推，在二级分水岭下勾绘三级分水岭，形成三级汇水盆地；在三级分水岭下勾绘四级分水岭，形成四级汇水盆地……，直到最后一个一级分水岭。研究区只勾绘出三级分水岭。

第五步：依据底图上编制的分水岭级别及绘制的树枝状图形，逐级赋予相应的 ID 值并数字化折线，即制成插图 8-3 这样的汇水盆地图层。

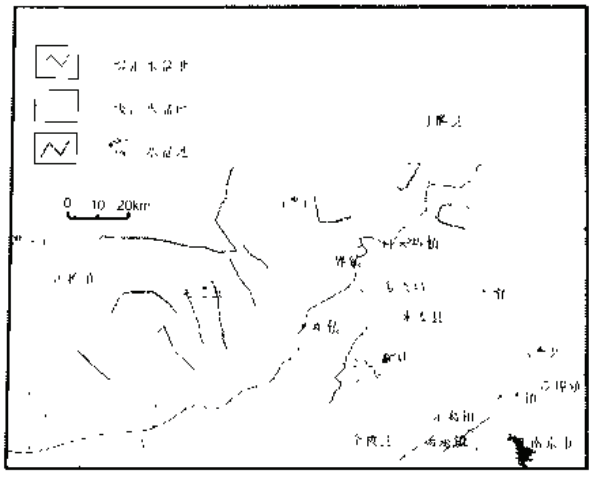


图 8-3　传统方法绘制的汇水盆地

从插图 8-3 及制作步骤中可以看出：依此法制作的汇水盆地图件，主要为线型图层。没有面（即多边形），分级较少；每一级分水岭尽头的区域难以确定为哪一级汇水盆地控制，显然远离一级分水岭的点或异常很难推测其真正源头。

（二）综合的汇水盆地制作方法

即结合水系、地形以及高程三角点进行了勾绘，是本次采用的编制方法，具体步骤如下：

第一步：将四幅地形等高线（含高程点）图层，水系图层同时叠加并拼接成一个图层，按 1∶200000（或大于 1∶200000）比例出图，形成全区 1∶200000 简要地理底图。

第二步：在地理底图上根据区内水系特点，结合研究区地理位置特征把长江、淮河水系的分水岭勾绘出来。即首先把研究区分成长江水系汇水盆地、淮河水系汇水盆地两个一级汇水盆地。研究区涉及的淮河、长江两侧的广大冲积平原，河流交错，汇水流向复杂，难以人为勾绘分水岭，都作为一级汇水盆地考虑。

第三步：在一级汇水盆地中，以每条次一级的独立流入长江（或淮河）的河流（或湖泊）的整个流域范围定义为二级汇水盆地。勾绘方法是以每一个次一级水系的流入长江或（淮河）的汇水口为起点，沿两侧分水岭（或坡脊）向上勾绘，直到一级分水岭上。其中地形线较稀少的地段，可以结合高程点、三角控制点、水系、或者参考小比例尺地理底图勾绘。这两条二级分水岭与上游的一级分水岭围成的区域，即为该一级汇水盆地下，该河流（或湖泊）的二级汇水盆地（见图 8-4）。以淮河一级汇水盆地为例，可分别勾绘出：女山湖、七里湖，花园湖、龙河、天河、窑河等二级汇水盆地（长江水系类似）。

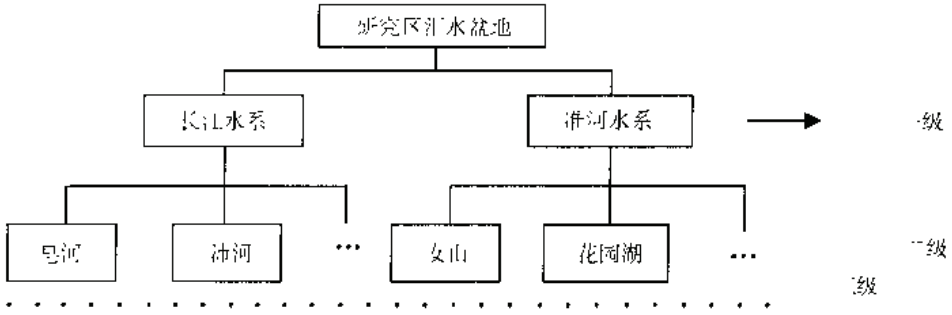


图 8-1　汇水盆地分级序

第四步：类似第三步，再以每一个流入二级水系的最低出水口，沿两侧分水岭向上勾绘直至上一级（二级分水岭，甚至一级分水岭）分水岭，该多边形区为三级汇水盆地。以此类推，直至最后。

第五步：以此方法，研究区长江水系共勾绘出九级汇水盆地，淮河水系共勾绘出八级汇水盆地，每一级汇水盆地自成一体，也可以套合使用（见图 8-5）。

第六步：按以上方法绘制多级汇水盆地，数字化时，每一级水系可以单独成图，也可以叠加在一起。叠加在一起形成该区多级汇水盆地图层。该方法绘制的汇水盆地图层，每一级汇水盆地有固定的面积及汇水盆地，每一级汇水盆地自成一体，可以单独构成各级汇水盆地，也可以叠加形成综合汇水盆地图层。区域内每一个点所属汇水盆地级别明显，和地质、物化探图层套合使用，对各类异常追根溯源，寻找异常的源头，确定异常的范围都有一定的指导作用。

(三)两种方法的对比

通过上述两种汇水盆地勾绘方法的描述及所成图件的对比，可见两种方法各具特色。

(1) 传统汇水盆地勾绘方法简单明了，线条较少，比较适宜中大比例尺底图上汇水盆地图层的勾绘，但对于中小比例尺底图，该方法勾出的图件明显过于简单，难于满足需要。

(2) 综合汇水盆地勾绘方法较复杂，线条及多边形较多，适宜于各种比例尺底图上汇水盆地图层的勾绘。而且用该种方法绘制的汇水盆地中任意一点、甚至小多边形(如物探异常)都受明确的某级别汇水盆地控制，与其它图层套合(如地质、矿产、物化探图层)，追踪异常源头都具有明确的指示作用。但由于底图比例尺所限(全是1∶200000图幅)，三级以上汇水盆地的河流，水库名较少，且地形线、高程点较少，这样勾绘的较高级别的汇水盆地命名较困难，统一定为淮河水系三级、四级……汇水盆地(长江水系类似)。

综上所述，本次采用的综合方法勾绘及其成果图，有以下特点：

(1)每级汇水盆地都是封闭的(一级汇水盆地为一级分水岭与研究区边界线围成的多边形区域)。在研究区内任意点所在汇水盆地的位置明确，且每一级汇水盆地的汇水范围，涉及区域、河流、村庄都一目了然(图8-5)。

(2)汇水盆地级别层次清楚，追根求源标志明显。同一级别，或者不同级别的汇水盆地之间分界清晰，汇水盆地内属性、地球化学等特征各异，能较好地反映区域或局部的水系、地形地貌、微量元素等特征。

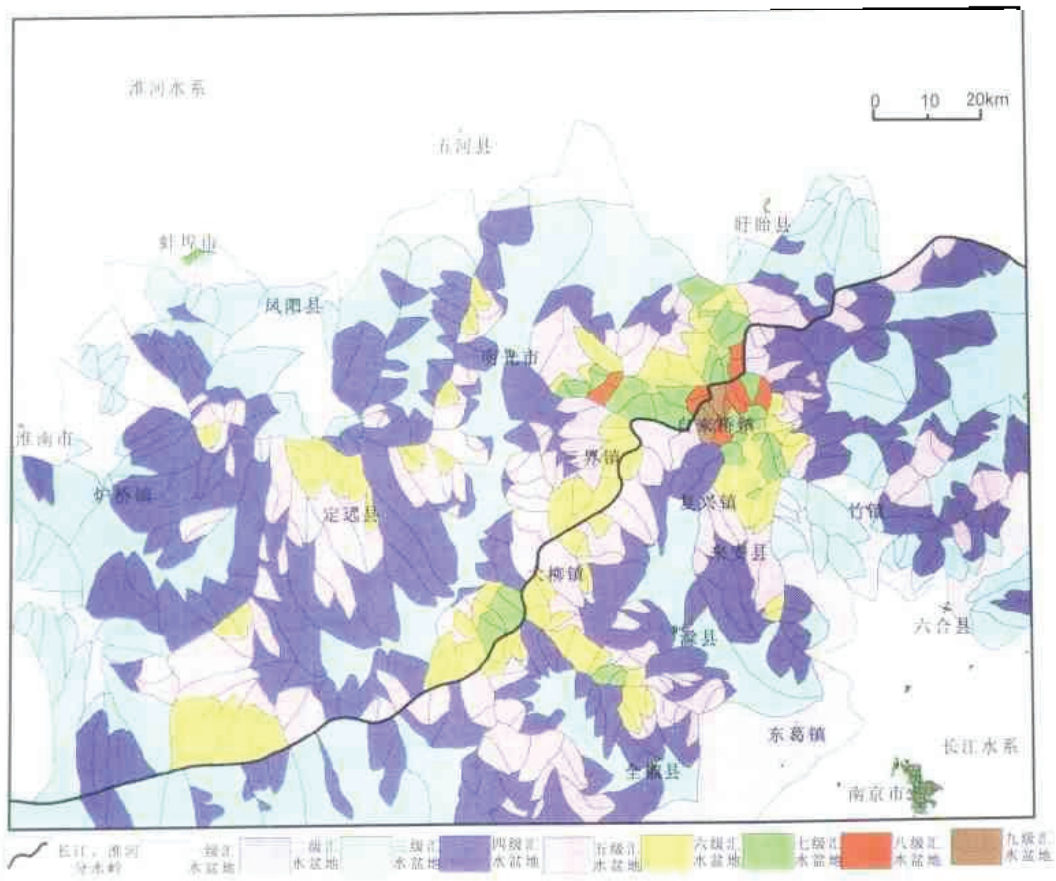


图8-5 安徽东部地区汇水盆地图 (1∶200000)

第九章　金矿资源评价

随着科学技术发展，现代矿产勘查技术已进入了信息化阶段。广大地质工作者以地质调查资料为基础，深入研究区域地质背景与区域成矿作用，采用GIS技术进行矿产资源评价。GIS作为对地球空间数据采集、储存、检索、分析、建模和应用的计算机系统，也称空间数据管理系统（姜作勤，1997），不仅可以管理数字、文字为主的属性信息，而且可以管理以图形、图像为主的空间信息，并通过各种空间分析方法对各类空间数据进行综合，了解空间实体之间的相互关系，掌握各种地质现象和区域成矿作用，以便对矿产资源进行有效评价。因此，GIS已成为当今我国矿产资源评价的理想工具和手段。

本次进行金矿资源评价范围是安徽东部九河—滁县一带。该区为原地矿部确定的"九五"跨世纪片区找矿工程之一。地域跨1∶200000区调蚌埠、盱眙、定远、南京四个标准图幅（纬度：32°00′～33°20′；经度：117°00′～119°00′），总面积约20000km²。

评价任务主要是以1∶200000区调资料为基础、综合物化遥资料，Arc/Info和ArcView为基础平台，开展安徽东部地区金矿资源评价，探索和总结金矿资源GIS评价方法。

然而，安徽东部地区的上述四幅图分别完成于70年代中、末期，是由不同单位于不同时期承担完成的，总体反映研究程度相对较差。为了提高区内地质研究程度，以满足金矿资源评价要求，故在本次评价过程中，先后开展了区域地质背景、控矿因素及成矿规律、物化遥等专题研究，同时开展了野外地质调查以及与邻区同类型金矿床（主要是与胶东地区金矿床）进行地质对比研究。通过野外地质调查和对比研究，取得了一定进展，并获得了较丰富的资料。在进行资源评价过程中还收集、利用了部分1∶50000区调以及勘查和科研资料，对1∶200000地质图进行了修编和预处理，经过修编和预处理后的地质图，其精度相当1∶100000比例尺，这就为本次预测评价奠定了较为扎实的基础。

第一节　评价程序及工作流程

一、基本程序及流程

金矿资源评价是一项较为复杂的系统工程，地学空间数据库建立以后，即要进行矢量数据与属性数据的连接、开展空间分析、建立资源评价模型、确定地质变量、正确应用评价数学模型进行矿床定位预测和资源潜力评估、提出评价成果与工作建议。整个评价工作都是有序进行的，其基本程序是：

（1）建立地学空间数据库；

（2）开展地质调查，进行区域成矿地质背景和区域成矿规律及典型矿床地质对比研究；

（3）进行GIS可视化金矿信息处理和解释；

（4）开展空间分析，将与成矿相关图层数据关联、叠加、磨合，综合分析区域成矿规律及

找矿标志；

(5) 建立金矿资源评价模型；

(6) 确定地质变量，计算参数和取值；

(7) 选择评价数学模型及计算方法；

(8) 进行金矿资源评价，筛选和确定找矿远景区，进行金矿潜在资源量计算，并作出评估；

(9) 评价成果表达，提出找矿工作建议。

金矿资评价工作流程见图 9-1。

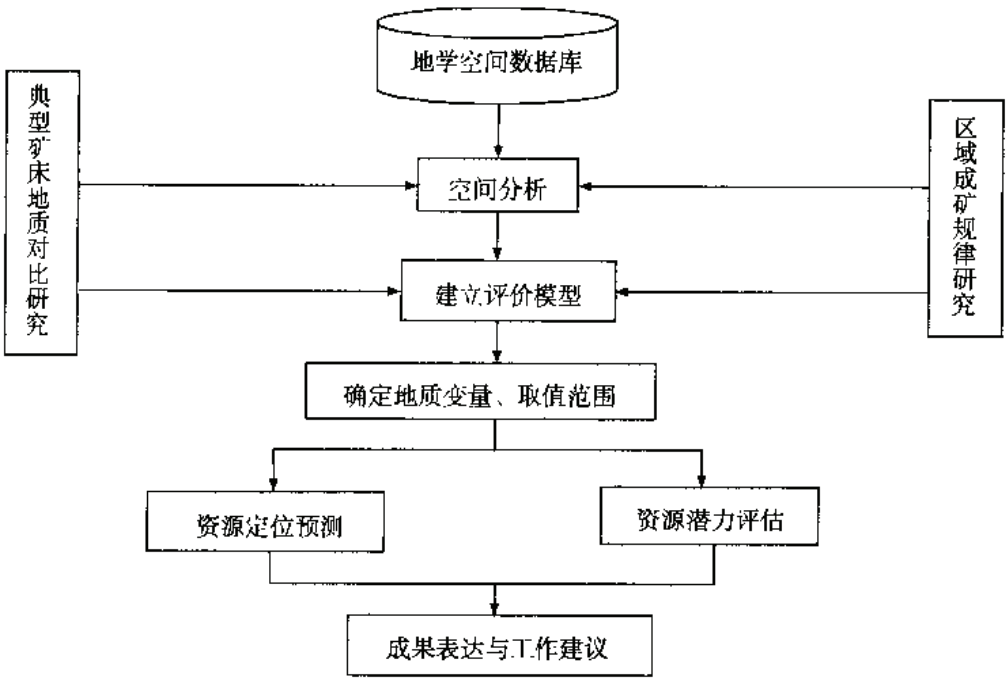


图 9-1 GIS 金矿资源评价工作流程图

应用 GIS 进行资源评价不仅可以将图形、图像、数据、文字(包括地、物、化、遥等各类图件资料)等集成为一体建库，也可将它们以图幅、图块、图层的存取结构建库，这样，能够方便地检索、分析和显示各种地质信息。Arc Info 地理信息系统，具有丰富的空间分析功能，如叠置分析、地形分析、空间集合分析等，地质工作者可利用多图层、多属性进行多模型的可视化操作，可以用不同的评价模型进行运作，以达到理想的且符合客观实际的评价效果。GIS 是由图形数据驱动的，这为广大地质工作者地质找矿知识的应用提供了想象空间。可以说，进行金矿资源评价的全过程，也就是地质人员在 GIS 的支持下，完成图层数据综合分析的全过程。

二、空间分析技术要点

基于 GIS 具备强大的分析功能，开展空间分析是资源评价技术关键之一，本次空间分析采用的技术要点是：

(1) 应用岩石地层图层、特殊岩性图层同金矿点图层、地球化学金元素图层关联，了解

地层含(赋)矿性，确定主要含(赋)矿层位。

(2) 应用断裂(带)及韧性变形带构造图层同岩浆岩、矿产关联，解释构造与岩浆岩、矿化关系，认识金矿化与构造的关系，厘定控矿容矿构造。

(3) 应用侵入岩图层同构造图层及物、化、遥图层关联，推测隐伏侵入体，再同地球化学图层叠加关联，了解岩浆作用与成矿的关系，确定岩浆岩成矿专属性及成岩成矿系列。

(4) 应用围岩蚀变图层同侵入岩图层进行关联，叠加矿产图层，认识其主要蚀变类型与矿化的关系。认识围岩蚀变类型与矿化关系。

(5) 应用基底变质岩系图层，布格重力异常图层和重力垂向一阶导数图层、航磁化极异常图层同航磁化极异常垂向一阶导数图层关联，叠加矿产图层，推断隐伏基底，了解金矿与基底的关系，分析金矿源层。

(6) 应用汇水盆地图层与矿床(点)、化探、重砂异常关联、叠加，分析推测金产地。

(7) 应用地质、矿产信息图层同重砂、物化遥异常图层、布格重力垂向一阶导数异常(上延1km)、航磁化极一阶导数异常(上延1km)、地球化学金系列元素异常及汇水盆地图层关联、叠加、耦合，分析金矿成矿条件及分布规律。

(8) 应用金矿床(点)图层同含(赋)矿岩层、控矿构造图层、侵入岩图层、围岩蚀变图层、物化遥信息图层。关联、耦合，分析金矿控矿因素和成矿规律，建立资源评价模型。

(9) 应用正确的评价数学模型进行资源预测评价。

第二节　评价模型与地质变量

资源评价模型正确与否，对评价工作十分重要。因为只有建立正确的模型，才有可能获得理想的评价效果。然而，模型建立的基础是依赖于研究区内地质背景、成矿条件和成矿规律，以及对各类找矿信息的认识，也取决于空间库内图层数据和属性数据的丰富程度及其可靠程度。地质变量的确立，又必须得到图层信息的支持。否则，难以实现GIS评价目标。同样，矿产评价所选择变量与计算参数，又是依据建立评价模型所选择的基本条件而确立的，它们之间是相互联系的。

安徽东部地区金矿资源经过多年地质调查和勘查，尤其通过本次专项研究，已获得丰富的地质资料，为建立该区地质找矿综合信息模型奠定了基础。

前已述及，矿床地质模型和勘查模型是建立资源评价模型的基础。由于安徽东部地区跨三个Ⅰ级构造单元，三个地区地质背景和成矿条件不尽相同，因而分区模型的表现亦有一定差异。现分述如下。

一、金矿地质模型

根据研究区内主要金矿床的地质特征，建立了该区内主要金矿类型的矿床地质模型。

(一)含金石英脉型金矿

1. 含(赋)矿地层

含金石英脉型金矿床(体)在区内广泛发育，但主要产于蚌埠隆起带和张八岭构造带内。蚌埠隆起区的含金石英脉型金矿床的主要赋矿地层为新太古界五河杂岩，其中包括变质镁铁岩系和表壳岩系及各类片麻岩、变粒岩和浅粒岩。如五河地区，柴渡金矿床的赋矿围岩主

要为变质镁铁质岩石；凤阳地区的毛山金矿床的含矿围岩主要为变粒岩。产出于张八岭地区的含金硫化物石英脉型金矿床(体)的赋矿地层主要为新元古界张八岭岩群西冷岩组，它们是一套变火山岩系，主要由变石英角斑岩组成。产出于全椒—滁州地区的含金石英脉型金矿含矿地层主要为震旦系灯影组、寒武—奥陶系泥质条带灰岩、泥灰岩。该类型金矿在滁县地区分布不广，规模不大，为次要类型金矿。

2. 控矿构造

含金石英脉型金矿主要受控于燕山中晚期近南北向剪切构造带，该带在区内不同构造单元的发育程度和表现形式不尽相同。蚌埠隆起区发育一系列近南北向韧脆性剪切破碎带，东段郯-庐断裂带内韧脆性剪切破碎带尤为发育，由东向西依次可见朱顶-石门山、五河-红心铺、临淮关-亮岗、曹山-龙子河、怀远-淮南等剪切断裂带。与其平行的次一级脆性剪切破碎带及其配套的北西向剪切带是区内主要的容矿构造。张八岭构造带内的主要控矿断裂是北北东向的管店-龙王尖断裂带。该断裂为郯-庐断裂带的次一级断裂。北北东向和北西向次一级韧脆性和脆性剪切带是区内主要的容矿构造。全椒—滁州地区的含金石英脉型金矿主要受控于黄-破断裂带的次级断裂以及岩体和围岩接触带构造。由于规模较小，一般不具有重要意义。

3. 与成矿有关的岩浆岩及脉岩

该类型金矿的地球化学研究表明，成矿热液主要来自岩浆期后，其地球化学元素组合与花岗岩及其有关脉岩(石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩、石英正长斑岩等)具有明显的相似性和互补性。在空间上，含金石英脉型金矿与区内出露的二长花岗岩及其脉岩密切共生，因此，研究区内含金石英脉型金矿与花岗岩浆活动有着密切的成因关系。蚌埠隆起区近东西向二长花岗岩体广泛发育，岩浆期后花岗质脉岩大多呈北北东向展布，脉岩与石英脉型金矿在空间上关系密切。张八岭构造带管店—岱山二长花岗岩体沿郯-庐断裂带东侧发育岩浆期后花岗质脉岩以及同源的来自深部岩浆房的闪长质脉岩十分发育，它们在空间上与含金硫化物石英脉型金矿相伴产出，成为找矿的直接标志。全椒—滁州地区同熔型高钾闪长岩类沿黄-破断裂带发育，岩体及有关的闪长玢岩脉与含金石英脉型金矿关系密切。

1. 围岩蚀变

含金石英脉型金矿围岩蚀变一般在脉体近侧，绢英岩化比较发育，脉幅较大的石英脉体，近侧发育黄铁矿化-绢英岩化。在脉体的远端或尖灭端，绢英岩化不发育，一般发育硅化及高岭土化。毛山金矿床或矿脉及近矿围岩中，热液蚀变较为发育。以矿体为中心向两侧具有分带现象，从含金石英脉向外，可以分为四带(表 9-1)，蚀变强度递减逐渐过渡为正常的围岩。矿体两侧蚀变基本对称，热液活动以石英脉为中心，向两侧扩散，但以向上为主，与金矿化活动关系密切是黄铁绢英岩化。

表 9-1　毛山金矿含金石英脉蚀变分带

序号	蚀变分带	宽度 m	岩性特征
1	含金石英脉	1～2	矿石主要由石英、黄铁矿组成，含细粒金，有时见绢云母细脉，晚期石英发育
2	黄铁绢英岩	上盘 2～4 下盘 0.5	鳞片变晶结构，蚀变矿物为绢云母、石英、黄铁矿及碳酸盐等，残留矿物为斜长石，局部金含量达工业品位
3	黄铁绢英岩化变粒岩	4～5	鳞片变晶结构，粒状变晶结构，主要为绢云母化、硅化，其次为黄铁矿化、碳酸盐化，下盘蚀变发育不明显
4	弱绢英岩化变粒岩	上盘 10～20 下盘 20～	粒状变晶结构，矿物成分与变粒岩相似，斜长石有绢云母化，可见微细粒石英

5. 矿化特征

含金石英脉型金矿大多呈近南北、北北东向展布，其次见有北西向和近东西向含金石英脉型金矿。

含金石英脉种类较多，按矿物组合可分为含金硫化物石英脉、含重晶石石英脉、含金红石石英脉、纯石英脉四类，其中最具工业价值的为第一种。

含金硫化物石英脉型金矿硫化物具有多种矿物组合，反映了不同成矿阶段的产物。区内主要见有金-黄铁矿-石英组合、金-毒砂-黄铁矿-黄铜矿-石英组合、银(金)-方铅矿-黄铜矿-黄铁矿-石英组合、银(金)-方铅矿-石英组合等。

6. 典型实例

该类型金矿床实例见毛山金矿、大巩山金矿和荣渡金矿。

(二)破碎带蚀变岩型金矿

破碎带蚀变岩型金矿在研究区内主要呈两种形式发育，其一单独产出于构造破碎带内，以含金蚀变岩石的化学分析结果圈定矿体；其二与含金石英脉型金矿复合产出，它们可以是破碎带蚀变岩型金矿叠加含金石英脉型金矿，也可以产出于破碎带。

1. 含(赋)矿地层

研究区内破碎带蚀变岩型金矿的赋矿地层在不同构造单元表现不同。蚌埠隆起区主要包括新太古界五河杂岩的镁铁质岩系和表壳岩系各类片麻岩和变粒岩，产出于花岗岩体内的矿化蚀变岩则为花岗岩。张八岭构造带内的该类矿床主要产出于新元古界张八岭岩群西冷岩组及岩体接触带内。区内小庙山金矿地表出露于西冷岩组，向深部则发育于管店花岗岩体内；含金石英脉型金矿和破碎带蚀变岩型金矿复合的土陈金矿点赋矿围岩特点与小庙山相似。

2. 控矿构造

构造破碎带主要为北北东向-北东向和北西向韧脆性剪切带，蚌埠隆起区五河-大巩山成矿区韧脆性剪切破碎带较为发育，其展布方向为北北东向；涂山-荆山成矿区韧脆性剪切破碎带展布方向为北东向，其中一号带延长约2km，含矿蚀变岩带叠加硫化物石英脉。张八岭构造带内发育破碎带蚀变岩型金矿的构造破碎带为韧脆性剪切带，展布方向见有北北东向和北西向，平面上延长1～2km，走向上具有膨大收缩的特点，倾向近于直立。

3. 与成矿有关岩浆岩(脉岩)

破碎带蚀变岩型金矿在空间上与岩浆期后发育的中酸性脉岩关系十分密切。蚌埠隆起区内主要见有石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩；张八岭构造带内与该类型金矿有关的脉岩主要为闪长质脉岩，包括石英闪长玢岩、微晶闪长岩和闪长玢岩。根据邱瑞龙等研究(1997)，闪长质脉岩与深熔花岗岩有着明显的亲缘关系，其形成深度远大于花岗岩体。其成因与深部岩浆房深熔花岗岩浆分异的基性组分和来自地幔源的地幔射气相关，后者致使闪长质熔浆具有大量挥发性气体和明显偏高的碱质。破碎带蚀变岩型金矿元素地球化学特征与闪长质脉岩相类似，属于金-铁型，明显不同于花岗岩浆期后热液金-多金属型。这种差异揭示了破碎带蚀变岩型成矿热液与闪长质脉岩不仅在空间上关系密切，而且在成因上具有亲缘关系。

4. 围岩蚀变

破碎带蚀变岩型金矿围岩蚀变明显，矿化强度与蚀变强度密切相关，蚀变类型和蚀变分

带为野外找矿的直接标志。破碎带蚀变岩型金矿围岩蚀变类型主要有硅化、绢英岩化、黄铁矿化、碳酸盐化及红化等;围岩蚀变分带清晰,一般单侧蚀变分带发育且蚀变宽度较大(一般为1~10m),另一侧大多受闪长质脉岩阻隔,蚀变减弱,蚀变宽度较小。因此,矿脉两侧蚀变呈现不对称带状分布。该类型金矿床常见的蚀变分带表现为从矿脉向外为:黄铁绢英岩化蚀变岩带→绢英岩化蚀变带→红化→硅化碎裂岩蚀变岩带。

3.矿化特征

破碎带蚀变岩型金矿严格受控于构造破碎带,矿化发育于断裂破碎强烈的主断面附近,随着构造破碎强度的减弱,蚀变强度减弱,矿化强度亦相应减弱。研究区内破碎带蚀变岩型金矿主要受控于北北东向构造。矿化富集于南北向、北北东向、北东向、北西向次级构造破碎带;主断面大多为韧脆性剪切破裂面,破碎带宽度一般为2~6m;破碎带内的闪长质脉岩也是重要的控矿条件,由于界面效应主断面大多沿着脉壁发育,这些地段往往成为矿化富集地段。

破碎带蚀变岩型金矿化可划分为三个成矿阶段:即①浸染微粒黄铁矿阶段,②网脉细粒黄铁矿-石英阶段,③碳酸盐-石英阶段。矿石矿物组合简单,主要为金-黄铁矿组合,黄铁矿氧化为褐铁矿、针铁矿及少量硫盐,铁帽一般不发育。破碎带蚀变岩型金矿地球化学特征表明,成矿元素Au与Cu、Pb、Zn等呈明显分离趋势;亲铁过渡元素富集,亲石元素丰度相对偏低,矿化剂F、B、P、Sb等明显增高。这种特征显示了该类型成矿热液与岩浆期后热液的差异,揭示了成因上与闪长质脉岩的亲缘关系。

矿床典型实例见小庙山金矿(详见第六章)。

(三)卡林型金矿(层间破碎带热液型金矿)

1.含(赋)矿地层

该类型金矿主要赋存于震旦系灯影组中上段和寒武系娘娜山组。震旦系中上段地层自下而上依次为:

①厚层状青灰色白云质灰岩、白云岩、局部夹中粗粒长石石英砂岩。

②青灰色厚层状白云质灰岩夹青灰色页岩和钙质页岩。

③黄褐色泥灰岩、青灰色泥质白云岩,夹黄褐色泥岩、粉砂质页岩。该层是龙王尖-大庙山一带金矿化的主要含矿层位。

④厚层状青灰色白云质灰岩。

⑤灰黑色厚层状硅质条带状灰岩、沥青质白云质灰岩。

灯影组地层在研究区内主要沿黄-破断裂带东侧出露,总体呈北东向展布,马厂—黄栗树—沙河集一带出露较连续。灯影组岩性走向上有变化,其中龙王尖—黄栗树一带碳酸盐岩中夹有钙质粉砂岩、页岩等,马厂和沙河集则以碳酸盐岩为主。这种岩性的变化对含矿性影响较大,龙王尖—黄栗树一带含矿性较好,马厂和沙河集含矿性较差。

2.控矿构造

金矿主要受控于强烈的褶皱变形以及层间剪切滑动和推覆构造。高角度断裂切割这些构造形迹,从而形成高角度断裂和层间剪滑面同时成矿特点。所谓褶皱控矿仅仅是一种假象,层间剪切滑动面组成的层间破碎带才是真正的控矿构造。褶皱变形过程中,泥灰岩及钙质页岩往往翼部被拉薄,甚至尖灭,矿体厚度变化较大;褶皱的转折部位矿体厚度较大,出现矿化富集地段。

3. 与成矿有关岩浆岩(脉岩)

区内主要见有马厂花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩侵入体;大庙山—牛山一线见有中酸性隐爆角砾熔岩以及石英闪长岩脉出露。马厂花岗闪长斑岩侵入体呈北北东向展布,根据物探异常推测马厂岩体以隐伏状延伸至大庙山矿区。区内出露侵入岩具有富硅高钾低钙高锶钡的特点,岩石属于高钾闪长岩系列,为同熔型花岗岩类。由于岩体侵位于北东向黄-破断裂带和北北东向管店-龙王尖断裂的交汇部位,两组方向的断裂构造控制了岩体和岩脉的产出。

4. 围岩蚀变

围岩蚀变类型主要为网脉状硅化、碳酸盐化和褐铁矿化。褶皱层间破碎带控制了矿化和围岩蚀变,矿体呈黄褐色,矿化围岩为青灰色,前者蚀变较强,后者蚀变相对较弱。镜下观察表明,两者都具有硅化、碳酸盐化、黄铁矿化蚀变。矿化网脉状裂隙十分发育,蚀变较强且褐铁矿化明显;围岩裂隙不发育,蚀变较弱且褐铁矿化不明显。上述原因致使野外观察围岩和矿化体之间界线清晰。

5. 矿化特征

研究区内金矿产出地质条件主要有两种,一是产于泥灰岩及钙质页岩中,受褶皱层间破碎带及褶皱形态控制;二是受断裂破碎带控制,产于碎裂状、角砾状白云岩中。矿体常呈似层状、透镜状或脉状。矿石矿物组合比较简单,主要矿物为自然金、银金矿、黄铁矿、褐铁矿、方解石、石英、重晶石等。矿石结构构造类型主要有粒状结构、碎裂结构、交代结构和细脉浸染状构造、角砾状构造、蜂窝状构造等。主要矿石类型有:含金构造角砾岩、含金碎裂状硅化白云岩、含金硅化碎裂硅质岩及含金片理化泥灰岩或泥质白云岩等。

该类型矿床典型实例出露于马厂—黄栗树一带,主要见有龙王尖、大庙山、黄栗树、黄泥洞、管店、刀山等金矿床(点)。这些金矿床(点)特征基本相同,其中大庙山金矿床规模较大。

(四)夕卡岩型铜金矿床

1. 含(赋)矿地层

夕卡岩型铜金矿床出露于扬子前陆带北缘含铜-滁州褶冲带内,区内出露地层主要有震旦系周岗组、苏家湾组、黄墟组及灯影组,寒武系黄栗树组、余家坝组及娘娜山组,奥陶系下统上湾冲组、分乡组等。赋矿地层主要为岩体接触带的震旦系灯影组大理岩、白云质大理岩和寒武-奥陶系碳酸盐岩。

2. 控矿构造

夕卡岩型铜金矿床的控岩控矿构造与北北东向黄-破断裂带密切相关,该断裂带的次级北东向断裂和北东向褶皱控制了区内同熔型高钾闪长岩类的空间展布。夕卡岩铜金矿床与高钾闪长岩体在空间上形影相随。矿体主要受岩体与碳酸盐围岩接触带构造控制,不规则状矿体环绕接触带分布。主要接触带构造有:①接触带超覆构造,矿体赋存于岩体超覆大理岩的接触带上;②接触带前缘层间剥离(残留体)构造,矿体赋存于残留体内或其上盘,矿体内部可见残留灰岩;③波状接触带构造,岩体与围岩的为波状接触带内赋存透镜状、扁豆状矿体;④捕掳体构造;⑤裂隙脉状构造等。

3. 与成矿有关岩浆岩(脉岩)

分布于黄-破断裂带内的马厂岩体、苏家湾岩体、滁县岩体、黄道山岩体及屯仓岩体等都与夕卡岩化关系密切,是区内有利的成矿岩体。上述岩体出露于黄-破断裂带的东南侧,总体延长方向为北东向,岩体大多为岩株状、岩枝状,其中滁县岩体出露面积较小,仅为 1km² 左

石。该类侵入岩为同熔型花岗岩类，属于高钾闪长岩系列，主要岩石类型有闪长玢岩、石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩等中酸性岩石。矿物组合以二长石、角闪石、黑云母为特征，化学组分碱质偏高、低铷高锶钡特征明显。

4. 围岩蚀变

同熔型高钾闪长岩系侵入岩与碳酸盐岩接触带较易产生热液交代夕卡岩化蚀变，与其有关的主要蚀变矿物有石榴石、透辉石、阳起石、绿帘石、方柱石等。早期夕卡岩化主要为石榴石透辉石夕卡岩，晚期夕卡岩化主要为阳起石绿帘石含水夕卡岩以及伴生的方柱石等碱质交代作用。

据朱雅琳(1982)资料，滁县铜矿夕卡岩蚀变水平分带为：石英闪长玢岩→方柱石、钠长石、黑云母化石英闪长玢岩→石榴石透辉石夕卡岩→透辉石石榴石夕卡岩→夕卡岩化大理岩→大理岩→灰岩。夕卡岩化石英闪长玢岩带出现细脉浸染状铜金矿化；夕卡岩带为铜金硫化物富集带；夕卡岩化大理岩带则出现多金属矿化。

5. 矿化特征

夕卡岩型铜金矿床中的金主要是伴生金的形式存在，嵌布于黄铜矿、斑铜矿的显微裂隙中，少量分布于脉石矿物裂隙中，裂隙金约占 52%；粒间金主要分布在黄铜矿与斑铜矿之间或黄铜矿、斑铜矿与脉石之间，粒间金约占 21%；呈微粒状包裹于黄铜矿、斑铜矿颗粒之中，约占 24%。铜矿石中金的含量与铜的含量呈正比，金矿围岩中金含量普遍较低。显微金的矿物种类主要有含银自然金、次为银金矿，少量为金银矿、碲金银矿等。

该类型铜金矿床以狼娜山夕卡岩型铜金矿床最为典型。区内马厂铜金矿床、东热铜(金)矿、铜井山铜(金)矿、苏家湾铜(金)铁矿、黄道山铜(金)铁矿等均属于夕卡岩型铜金矿床。

二、评价模型及地质变量

正确建立资源评价模型和确定地质变量是资源评价技术的核心。本次建立评价模型基础是深入分析区域成矿地质背景、控矿因素和成矿规律，充分分析和提取物化遥信息。只有这样才能建立正确的评价模型和确定地质变量。所建立的评价模型和确定的地质变量又必须得到图层信息的支持，这是因为应用 GIS 评价是靠图形数据驱动的，进行金矿资源评价过程，也就是评价人员在 GIS 支持下，完成图层数据综合分析的全过程。否则，应用 GIS 评价预测目的难以实现。本次进行资源评价正是注意到上述两个方面，从而使建立的评价模型和确定的地质变量在金矿评价预测中发挥了极度其重要作用。现简述如下。

(一)含矿地层(图 9-2)

1. 五河—蚌埠—凤阳地区

与成矿有关的岩石地层，主要为新太古界五河杂岩西淮堆组下段变质镁铁质岩系，其岩性主要为斜长角闪岩、角闪石岩、蛇纹岩、角闪变粒岩和角闪斜长片麻岩等。变质镁铁岩系平均含 Au 丰度为 5.37×10^{-9}，高于区内其它前寒武纪地层二倍以上。受该岩系控制的金矿床(点)，约占该区金矿的 78%，说明金矿与变质镁铁质岩系密切相关。如：五河钱台子、朱顶、大巩山金矿床及凤阳毛山金矿床等。

2. 张八岭地区

与成矿有关的岩石地层为青白口系西冷组变火山岩。原岩为扬子陆块北缘断陷环境下

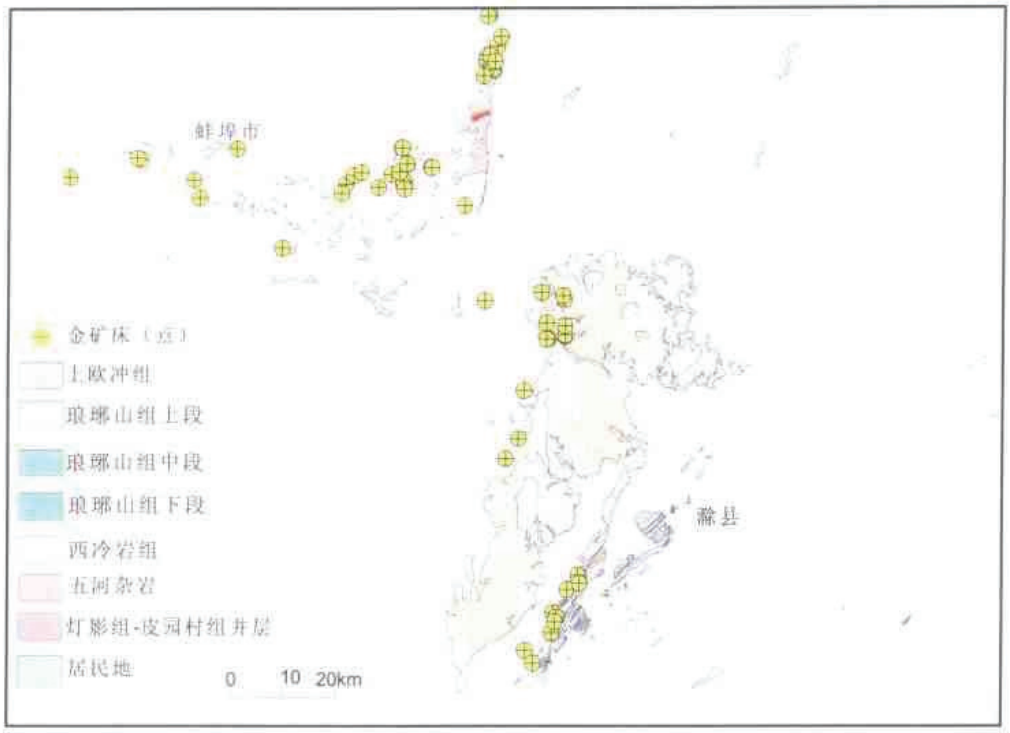


图 9-2 安徽东部地区金矿床(点)与含矿地层分布图

形成的一套火山-沉积建造。变火山岩 SiO_2 含量变化大，缺中性部分，具“双峰”式分布特点。该岩组主要由石英角斑岩夹少量细碧岩及火山碎屑岩和凝灰质沉积岩组成，为张八岭地区金矿主要围岩。西冷组含 Au 丰度平均大于 1.4×10^{-9}。显示西冷组变火山岩与 Au 富集有一定联系。如：小庙山、山城等金矿点。

3. 滁县—马厂地区

主要含(赋)矿地层为震旦系灯影组中段和寒武系琊琊组。主要岩石组合为泥质灰岩、条带状灰岩、白云岩、白云质灰岩、灰岩、砂质泥岩、硅质岩夹硅质页岩。该岩组泥灰岩 Au 平均含量高达 $9.58\times10^{-9}\sim250.45\times10^{-9}$，其中泥质灰岩 Au 平均含量高达 250.45×10^{-9}。显示该岩组碳酸盐岩层与金矿化富集有一定联系。是卡林型金矿主要含矿地层，如：大庙山、曾洼、龙王尖等金矿床(点)。

该区与赋矿有关的另两个岩组是寒武系上统琅琊山组和奥陶系下统上欧冲组。前者岩性主要为条带状灰岩、泥质灰岩，后者主要为灰岩。为该区卡林型金矿和夕卡岩型金矿床的含矿围岩，如黄栗树地区唐家洼金矿、滁县铜金矿及东荻铜金矿床。

(二)控岩控矿构造

区域性断裂对岩浆成矿作用十分明显(图 9-3)。主要断裂有：①郯-庐断裂带。是区内控制中生代岩浆岩主要断裂之一。总体是 NNE 向展布，郯-庐断裂带中的朱顶-石门山断裂基本控制了五河地区岩浆岩及金矿化的分布，形成了朱顶—大巩山岩浆成矿带。嘉山-太湖断裂控制了管店—章广中生代花岗岩，形成了管店—岱山—章广岩浆成矿带；②黄-破断裂。呈 NE 向展布。扬子陆块北缘中生代岩浆岩及 Au、Cu 矿化受其控制。形成了屯仓—滁州—马厂构造岩浆成矿带；③管店-龙王尖断裂。它是近几年发现与厘定的半隐伏断裂带(安徽省地科所，1997)。呈近 S-N 向展布。研究资料表明，该断裂对张八岭地区的金矿化控制十分明

显，尤其与池河-太湖断裂及黄-破断裂交汇处，是金矿化相对富集的地区；④刘府断裂及李楼子断裂，二者均呈近 E-W 向展布，是蚌埠隆起带内的主要控岩构造，凤阳—怀远金矿化形成受其控制。当与 NNE 向断裂交汇处，一般可以出现金矿床(点)。

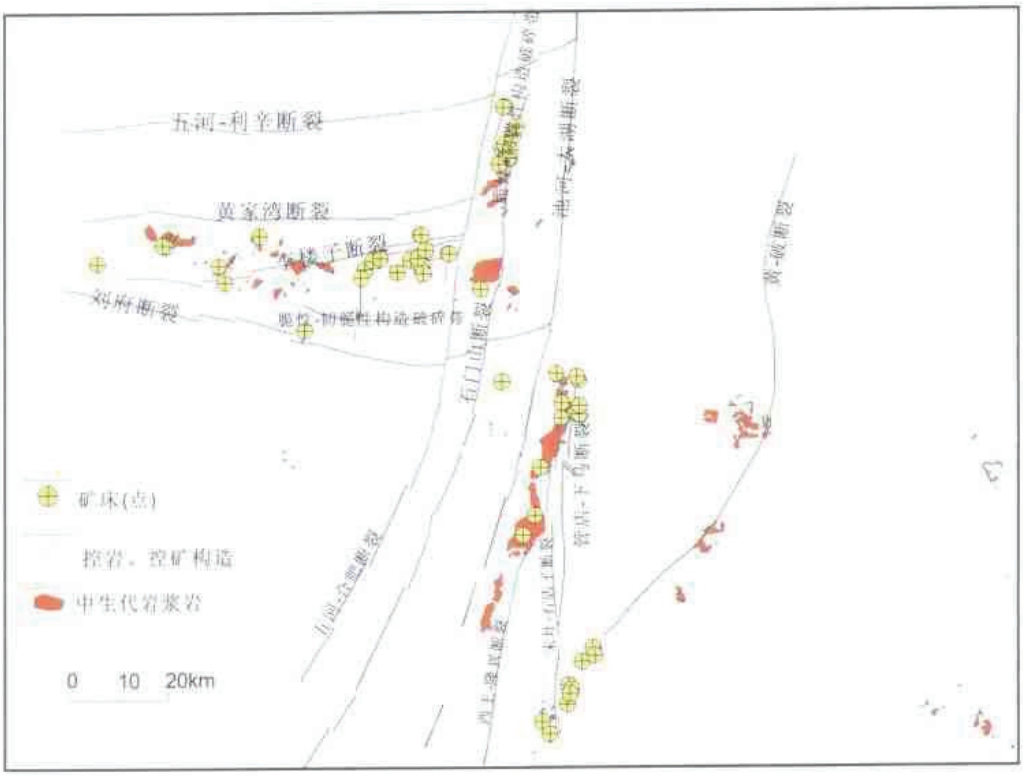


图 9-3 安徽东部地区控岩控矿构造与矿化关系图

区内控矿容矿构造较为清晰。在华北陆块南缘的五河－凤阳地区，主要为早期韧性剪切带叠加晚期脆性或韧脆性断裂控矿，构造方向一般为近 S-N、NNE 向。五河地区的金矿床(点)均受其控制，构成了朱顶-大巩山和钱台子-西崮堆等一系列含金构造带。朱顶、大巩山、钱台子等金矿床均分布于上述构造剪切带内。凤阳地区的金矿，基本受 NNE 向或 NE 向与近 E-W 向构造剪切带联合控制，构成一组 NNE 向含金构造带。其中有大庙北-总铺、张家湾-毛山、门台子-聂家湾、临淮关-亮岗、江庆-小曹、洼子陈-小溪等含金构造破碎带。其中有毛山、上王庄等金矿床(点)分布其中。蚌埠地区含金韧脆性剪切带，亦呈 NNE、NE 向展布，其中主要有涂山-荆山含金构造带。在张八岭地区，金矿化主要受两组韧脆性剪切带控制，其中有谢岭-农科站-宋圩构造剪切带，大致呈 NNE 向展布，区内小庙山、郭大洼等金矿点产于其内。另一为上陈-铜狗城-草庙王剪切带，呈 NW-NNW 向展布，区内上陈、铜狗城、草庙王等金矿点受其控制。在张八岭构造带与前陆带交接部位，印支期造山作用所形成的构造十分发育，表现为一系列冲断和褶皱作用，以及相伴产生的层间剪切滑脱和推覆构造。资料表明该区控矿容矿构造为断裂褶皱联合控矿。区内龙山尖、大庙山金矿受其控制。

(三)岩浆岩

区内与成矿有关的岩浆岩主要为中生代侵入岩，可分三类岩系：即蚌埠隆起区内钙碱性花岗岩系，张八岭构造带内深熔花岗岩系以及扬子陆块北缘高钾闪长岩系。研究资料表明：

与成矿有关的岩浆岩(脉岩)在三大构造单元内表现有所不同。在五河—凤阳区，主要见有石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩、二长花岗岩，金矿与上述岩类及岩浆期后花岗质脉岩密切相关。张八岭地区金矿，主要与二长花岗岩(管店—岱山)以及岩浆期后花岗质脉岩及同源的闪长质脉岩有关。滁州—马厂区内为同熔型高钾钙碱性侵入岩，中生代花岗岩及其相关的闪长玢岩脉与金矿密切相关。

(四)围岩蚀变

区内不同类型金矿床的围岩蚀变表现有一定差异。石英脉型金矿蚀变强度较弱，在脉体一侧一般绢英岩化发育，而脉幅较大的石英脉体，近侧发育黄铁矿化-绢英岩化，远侧为硅化、高岭土化。如：朱顶、田坂子、钱台子金矿床。破碎蚀变岩型金矿化围岩蚀变相对较强，蚀变范围较宽，蚀变分带较为明显。蚀变类型主要有：①黄铁绢英岩化蚀变岩(如毛山金矿)；②绢英岩化蚀变岩(如小庙山金矿)；③红化、硅化碎裂岩(如上陈金矿)；④硅化、碳酸盐化和褐铁矿化(如龙王尖金矿)；⑤夕卡岩化及夕卡岩化大理岩(如马厂铜金矿)。

(五)矿化特征

区内金矿化类型主要有石英脉型、破碎蚀变岩型、卡林型(层间破碎带热液型)及夕卡岩型金矿床(与铜共生)。

1. 石英脉型金矿

在区内产出较多，但以五河—凤阳成矿区分布为主，这类金矿一般产于韧脆性剪切带或剪切破碎带内。脉体近侧绢英岩化比较发育，金矿体呈脉状、透镜状，矿体厚度一般较大，品位较富。按矿物组合可分为含金硫化物石英脉、含金重晶石石英脉、含金金红石石英脉，前者具有工业意义。矿石矿物组合一般有：金-黄铁矿-石英组合；金-毒砂-黄铁矿-黄铜矿-石英组合；银(金)-方铅矿-石英组合等，如：毛山、朱顶、大巩山、钱台子金矿床等。

2. 破碎带蚀变岩金矿

主要分布在张八岭地区及五河—凤阳—蚌埠地区。后者往往与含金石英脉型金矿叠加，为复合型金矿床。多受近 S-N 向、NNE 向或 NE 向韧脆性剪切破碎带控制。该类型金矿在空间上与中生代岩浆期后中酸性脉岩(闪长质脉岩)关系密切。围岩蚀变类型主要有硅化、绢英岩化、黄铁矿化、碳酸岩化及红土化。金矿体多呈脉状或透镜状，厚度一般变化较大，品位一般为中等。矿石矿物组合主要为金-黄铁矿组合、褐铁矿-针铁矿组合。如小庙山、上陈、铜狗城等金矿床(点)。

3. 卡林型金矿(层间破碎带热液型金矿)

主要分布黄-破构造剪切带和前陆带北侧龙王尖—马厂一带。金矿带在区域上受 NE 向黄-破断裂与近 S-N 向管店-龙王尖断裂联合控制；矿化体受推覆和层间剪滑构造两组层间破碎带控制。围岩蚀变主要为网脉状硅化、碳酸盐化、萤石化、褐铁矿化及红化。矿体厚度一般变化较大，矿石矿物主要有自然金、银金矿、褐铁矿、方解石、石英、重晶石等。

1. 夕卡岩型金矿

主要分布扬子陆块东北缘的滁州—黄栗树地区，矿带受 NNE 向黄-破断裂控制；与中生代高钾闪长岩类侵入岩密切相关，主要岩石类型有闪长玢岩、石英闪长玢岩等。矿体产于岩体接触带内，成矿围岩为早古生代碳酸盐岩。围岩蚀变主要为夕卡岩化和大理岩化。矿体厚度中等，多呈透镜状产出，金与铜共生。金铜呈正向相关，金矿物主要有自然金、金银矿、碲金银矿等。如东热、马厂、苏家湾等铜金矿(点)。

（六）重磁异常

区内赋矿地层主要为新太古界五河杂岩西崮堆组、张八岭岩群西冷组、震旦-寒武纪地层，它们的密度参数大都在 $2.60\times10^{3}\sim2.99\times10^{3}\ kg/m^{3}$ 之间，相对其它地层的密度要大，故可产生重力高异常；而闪长岩类、辉绿岩类相对全区而言，前者为中等磁性，而后者具强磁性，所以它们大都可引起中高磁异常，这两大岩类又与金矿有着密切的关系。所以，在本区寻找金矿，就地球物理场来说，应以重高、磁中高为标志。

华北陆块蚌埠隆起异常区包含了该区所有已发现的金矿（化）点，除了蚌埠隆起异常区中的部分重力低异常外（五河断陷盆地引起的较大面积的重力低异常区，推测深部为一折离构造），以及可能由较低密度的花岗岩引起的怀远—蚌埠一带重力低异常区，大都以重高、磁中高为特征。特别是凤阳板桥、临淮关、小溪河一带，出现了研究区内场值最高的重力高异常带，最大值达到 $27\times10^{-5}/s^{2}$ 以上，这是五河群地层的反映。此处的磁异常（凤阳异常群）亦为高磁异常，极大值超过 350nT，它们与出露的岩浆岩和推测的隐伏磁性岩体有关。

在张八岭区许多金矿（化）点、岩浆岩均落在重力异常的梯度带上，而这些梯度带异常是郯-庐断裂带的明显反映。若以布格重力垂向一阶导数曲线图来看，等值线 $\triangle G_Z$ 大于 $0.6\times10^{-5}/s^{2}$ 范围基本包括了本区出露的岩浆岩和金矿（化）点；同时与航磁化极异常 $\triangle T\geqslant100nT$ 的区域重合。该区西冷组的重高异常受郯-庐断裂带的影响，呈现出重力梯度带走势，变化范围为 $(4\sim22)\times10^{-5}\ s^{2}$。

区内布格重力水平 90°一阶导数异常等值线（上延 1km）及布格重力垂向一阶导数异常等值线（上延 1km），除局部地区外，总体上能够反映变质基底和岩浆岩带的分布。五河及凤阳一带出现的重力异常值一般为正高场（$26\times10^{-5}/s^{2}$），推测为新太古界五河杂岩变质镁铁岩系引起，尤以五河地区反映最佳；张八岭地区管店—章广岩浆岩带及上元古界西冷组所表现的上述重力异常特征亦较为清晰。航磁化极异常等值线表现为高磁异常，极大值超过 200～350nT，局部达 400nT，推测为变质基底及岩浆岩引起。航磁化极异常垂向一阶导数（上延 1km）等值线所表现的异常形态特征，基本与航磁化极异常相似，反映变质基底及岩浆岩带和隐伏岩体更为清晰。异常值分别为正高场 $\triangle T\geqslant100nT$ 和 $\triangle T_Z\geqslant9.5nT/m$。

依据上述重磁异常特征，分区地球物理参数确定如下。

（1）五河—蚌埠—凤阳地区

由于五河断陷盆地和怀远—蚌埠低密度的花岗岩的影响，造成了大面积重力低异常。加上郯-庐断裂带的控制，使得 $\triangle G\geqslant22\times10^{-5}m/s^{2}$。如果将布格重力异常和航磁 $\triangle T$ 异常上延 1km 后求解垂向一阶导数，过滤掉浅部干扰，就可以突出一定深度的地质目标体的作用。该区重磁力垂向一阶导数异常特征显示 $\triangle G_Z\geqslant0.4\times10^{-5}/s^{2}$ 的等值线更加明显地反映了五河群地层隆起。航磁垂向一阶导数 $\triangle T_Z\geqslant0.5nT/m$ 的范围囊括了该区的所有岩浆岩和推断的隐伏磁性岩体。所以，该区的地球物理异常值为：$\triangle G_Z\geqslant0.4\times10^{-5}/s^{2}$（上延 1km），$\triangle T_Z\geqslant9.5nT/m$（上延 1km）。

（2）张八岭地区

西部以郯-庐断裂带、东部以黄-破剪切带为界，在这个北北东向的带状区域内，构造较复杂，布格重力异常主要以近北北东向梯度带为特征；而航磁垂向一阶导数异常较好地反映了该区的岩浆岩分布。因此，该区异常值为：$\triangle G_Z\geqslant0.4\times10^{-5}/s^{2}$（上延 1km），$\triangle T_Z\geqslant9.5nT/m$（上延 1km）。

(3)滁州地区

已知岩浆岩主要集中在滁县、上腰铺、屯仓及马厂一带。已发现的金矿(化)点大部分位于马厂—黄栗树—滁县岩浆岩带中。航磁垂向一阶导数明显地反映了岩浆岩和隐伏磁性岩体的分布;布格重力异常垂向一阶导数的正值区也对岩浆岩有所体现。故本区的地球物理异常值为:$\triangle T_z \geqslant 9.5nT/m$(上延 1km);$\triangle G_z \geqslant 0.6\times10^{-5}/s^2$(上延 1km)。

由上说明,区内出现重高异常和磁高中异常多为变质基底及古生界地层和岩浆岩所引起,这对于圈定隐伏含矿地层及隐伏岩体是重要信息。故将重磁异常(主要是反映隐伏含矿地层和隐伏岩体部分)作为地质变量参与本次评价计算。但也可以依据重磁异常所圈定的隐伏含矿地层和隐伏岩体作为辅助性图层参与评价,不将重磁异常作为独立地质变量参与计算。本次将反映隐伏含矿地层与隐伏岩体重磁异常作为地质变量参与评价计算仅是尝试,有待进一步探索和总结。

(七)地球化学元素异常

通过各元素的异常特征分析,结合金与其它元素的相关性(参见表 9-2),在三个构造分区中,Au 元素异常均有反映。其中以五河—蚌埠—凤阳及滁县黄栗树—马厂反映较好,且 Au 异常等值线形态及其分布方向与金矿化带一致。较高异常区与金矿床(点)分布套合性较好,说明 Au 元素异常是找 Au 的重要标志(图 9-4,图 9-5)。

表 9-2 金与相关元素相关系数表

元素	全区	五河—蚌埠—凤阳区	张八岭区	滁县—马厂区
Cd	0.268	0.058	0.3	0.57
Ag	0.181	0.167	0.117	0.262
As	0.126	−0.004	0.246	0.344
Hg	0.116	0.115	0.116	0.167
Sb	0.112	0.057	0.316	0.074
Bi	0.026	0.041	0.134	0.022

现分述如下。

1. 五河—蚌埠—凤阳区(图 9-6)

(1)Au 平均含量为 1.44×10^{-9},选取 2.4×10^{-9} 为该区 Au 异常下限。区内金矿点(除蚌埠市一常家坟附近金矿点)大多在 Au 异常范围内,是为 Au 矿床预测的首要变量。依此选取 Au 中带为 3.4×10^{-9},内带为 5.0×10^{-9}。

(2)Ag 平均含量为 90.99×10^{-9},和区中 Au 相关好,选取 121×10^{-9} 为该区 Ag 异常下限。区内金矿点基本在该异常范围内,可以作为 Au 矿床预测的变量。依此选取 Ag 异常的中带、内带分别为 151×10^{-9},210×10^{-9}。

(3)Hg 平均含量为 30.85×10^{-9},和区中 Au 相关好,选取 56×10^{-9} 为该区 Hg 异常下限。凤阳县一小溪河乡 Au 矿点都在 Hg 异常范围内。其它也都在 Hg 异常附近,可以作为该区 Au 矿床预测的变量。依此选取 Hg 异常的中带、内带分别为 82×10^{-9},130×10^{-9}。

(4)Cd 平均含量为 66.56×10^{-9},和区中 Au 相关较好,选取 93×10^{-9} 为该区 Cd 异常下限。Au 矿点在 Cd 异常中或附近,依此 Cd 异常中带、内带分别为 120×10^{-9},117×10^{-9},可以作为该区 Au 矿床预测的参考变量。

(5)Bi 平均含量为 0.27×10^{-6},和区中 Au 相关性较好,选取 0.4×10^{-6} 为该区 Bi 异常下限。Au 矿点在 Bi 异常中或附近,依此 Bi 异常中带、内带分别为 0.5×10^{-6},0.8×10^{-6},可

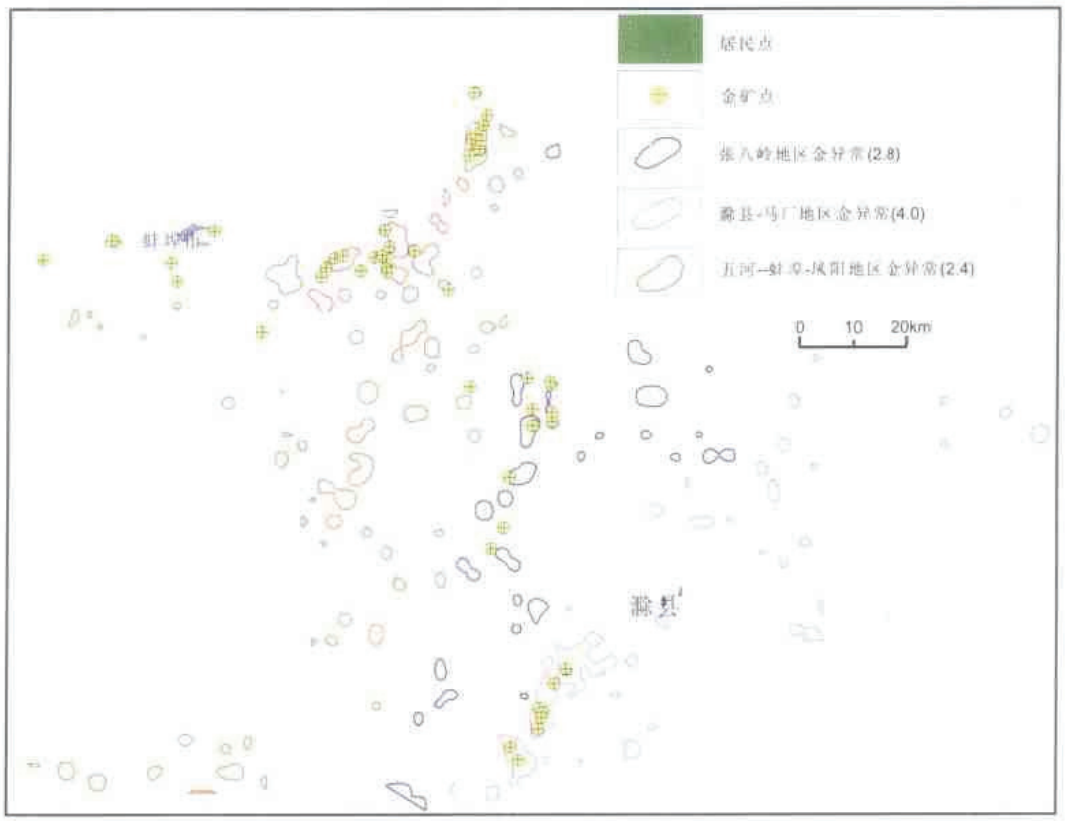


图 9-4　地球化学金元素异常等值线与金矿床(点)分布图

(图中数据单位为 10^{-9})

以作为该区 Au 矿床预测的参考变量。

2. 张八岭区(图 9-7)

(1)Au 平均含量为 1.53×10^{-9},选取 2.8×10^{-9}为该区 Au 异常下限。区中金矿点均在该异常中及附近,是 Au 矿床预测的重要变量。依次选取 Au 异常的中带、内带分别为 4.1×10^{-9},7.0×10^{-9}。

(2)Sb 平均含量为 0.5×10^{-6},和区中 Au 相关性最好,选取 0.8×10^{-6}为该区 Sb 异常下限。草庙王等金矿点在 Sb 异常中,依此 Sb 异常中带、内带分别为 1.1×10^{-6},1.5×10^{-6}。

(3)Cd 平均含量为 74.69×10^{-9},和区中 Au 相关性仅次于 Sb 元素,选取 110×10^{-9}为该区 Cd 异常下限。金矿点均在 Cd 异常的附近,Cd 异常的中带、内带分别为 146×10^{-9},182×10^{-9}。

(4)As 平均含量为 7.18×10^{-6},和区中 Au 元素相关性好,选取 12×10^{-6}为该区 As 异常下限。金矿点均在 As 异常中或附近,As 异常的中带、内带分别为 16×10^{-6},25×10^{-6}。

(5)Bi 平均含量为 0.23×10^{-6},和区中 Au 元素相关性较好,选取 0.4×10^{-6}为该区 Bi 异常下限。草庙王金矿点在 Bi 异常中,Bi 异常的中带、内带分别为 0.5×10^{-6},0.8×10^{-6}。

(6)Ag 平均含量为 92.56×10^{-9},和区中 Au 元素相关性较好,选取 132×10^{-9}为该区

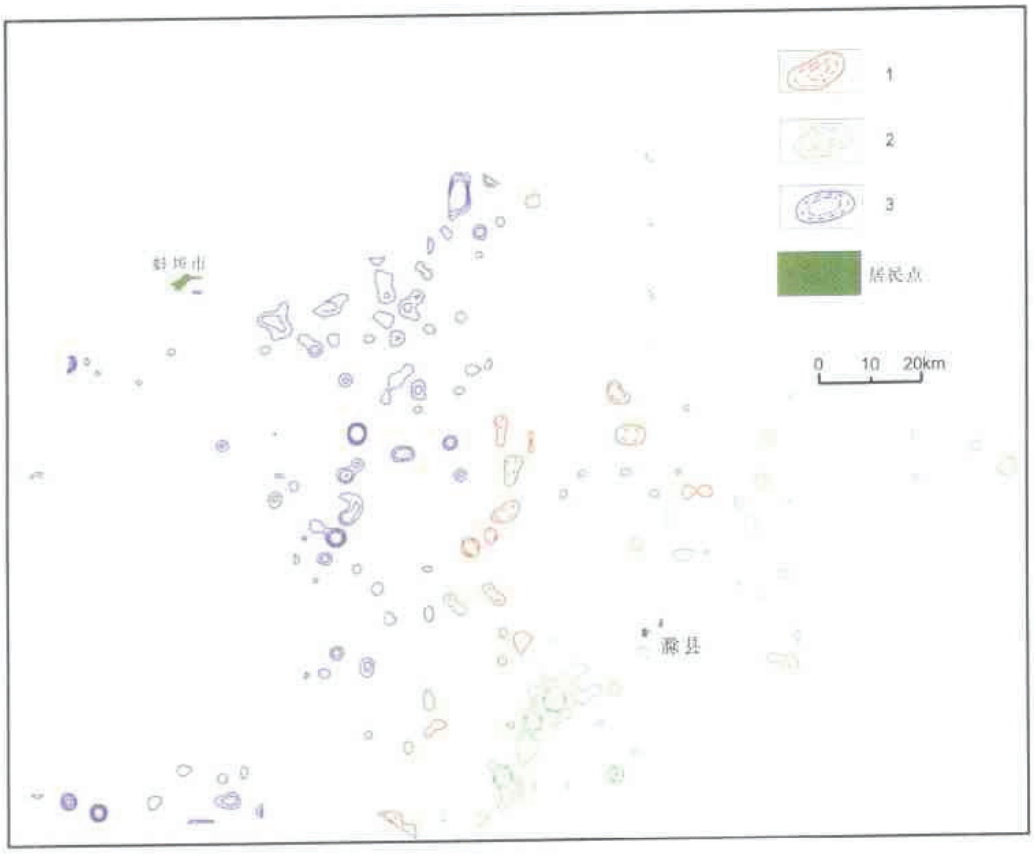


图 9-5 地球化学金元素异常图

1—张八岭地区金异常(外带:2.8×10^{-9};中带:4.1×10^{-9};内带:7.0×10^{-9});2—滁县--马厂地区金异常(外带:4.0×10^{-9};中带:6.0×10^{-9};内带:10.0×10^{-9});3—五河—蚌埠—凤阳地区金异常(外带:2.4×10^{-9};中带:3.4×10^{-9};内带:5.0×10^{-9})

Ag 异常下限。管店、草庙王金矿点均在 Ag 异常附近,Ag 异常中带、内带分别为 172×10^{-9},250×10^{-9}。

(7)该区中 Hg 平均含量为 28.8×10^{-9},与区中 Au 元素相关性较好,选取 48×10^{-9}为该区 Hg 异常下限。管店、草庙王等处金矿点在 Hg 异常中或附近,取 Hg 异常中带、内带分别为 68×10^{-9},100×10^{-9}。

3. 滁县—马厂区(图 9-8)

(1)Au 平均含量为 2.05×10^{-9},选取 4.0×10^{-9}为该区 Au 异常下限,区中已知 Au 矿点均在该异常中,是该区 Au 矿床预测的重要指示元素,该区 Au 异常的中带、内带分别为 6×10^{-9},10×10^{-9}。

(2)Cd 平均含量为 69.72×10^{-9},与区中 Au 元素相关性最好,选取 104×10^{-9}为该区 Cd 异常下限。区中金矿点与 Cd 异常套合好,Cd 异常的中带、内带分别为 138×10^{-9},172×10^{-9}。

(3)As 异常含量为 8.54×10^{-6},与区中 Au 元素相关性好,选取 12×10^{-6}为区内 As 异常下限,Au 矿点均在其中。As 异常的中带、内带分别为 16×10^{-6}、23×10^{-6}。

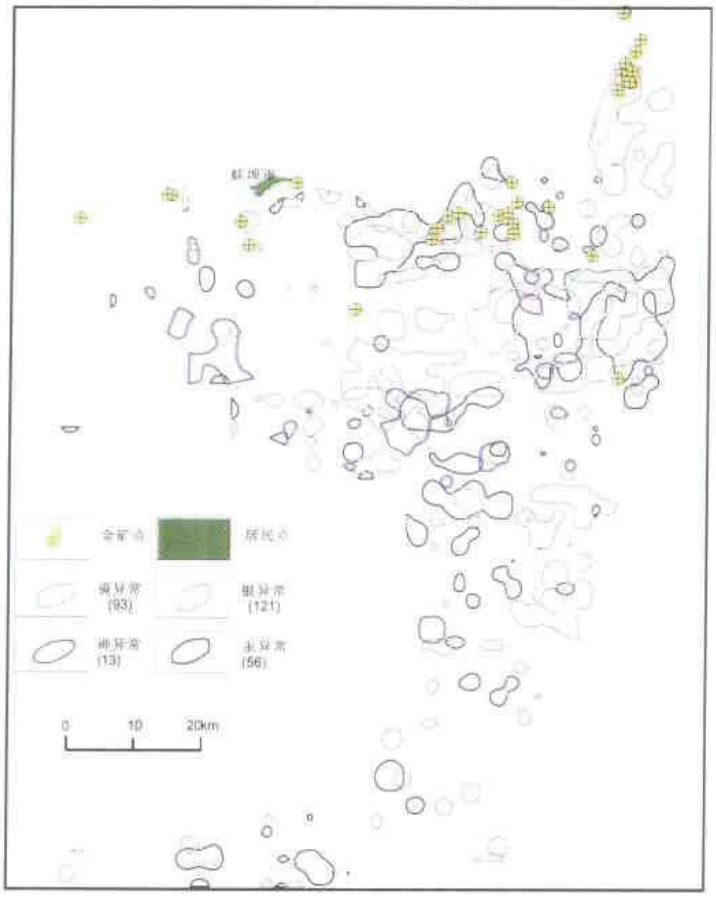


图 9-6　五河—凤阳地区地球化学 Cd、As、Ag、Hg 元素异常图

（图中数据单位：镉、银和汞为 10^{-9}；砷为 10^{-6}）

（4）Ag 平均含量为 91.15×10^{-9}，与区中 Au 元素相关性好，选取 127×10^{-9}为该区 Ag 异常下限，Au 矿点均在其中，和 Au 异常组合性好。Ag 异常的中带、内带分别为 160×10^{-9}、230×10^{-9}。

（5）Hg 平均含量为 34.45×10^{-9}，与区中 Au 元素相关性较好，选取 62×10^{-9}为该区 Hg 异常下限，区中已知 Au 矿点均在其中，和 Au 元素异常组合性较好。取 Hg 的中带、内带分别为 90×10^{-9}，145×10^{-9}，是该区中金矿床预测重要指示元素。

（八）重砂异常

区内重砂异常与构造、岩浆岩、金矿分布有一定联系，金矿点大致沿岩浆矿化带分布（图 9-9）。现分述如下。

1. 五河地区

圈定有金、重晶石重砂异常，伴生有铅族、辰砂、铬铁矿等矿物，金异常含量高达 0.2055g/m³。推断重砂物质来源于含金石英脉，显示寻找岩金及砂金的有利区段。

2. 怀远地区

圈定有锆石、钛铁矿、金、铅族异常，伴生矿物有金红石、重晶石、钍石，金最高含量达



图 9-7　张八岭地区地球化学 Cd、As、Ag、Hg 元素异常图

（图中数据单位同图 9-6）

1.888g/m³，与冷水涧岩浆热液型 Au、Pb、Zn 矿化、涂山砂金矿点套合，推断异常由金矿化引起。

3. 凤阳地区

圈定有辰砂、黄金、锆石、钛铁矿重砂异常，伴生矿物有重晶石、白钨矿、铅族、金红石等，金含量最高达 46 颗，部分样品达工业品位。推测与含金石英脉有关。

4. 管店—岱山地区

圈定金重砂异常 3 处，还有金红石、锆石、钛铁矿、钍石、白钨矿等异常，不同重砂异常部分或完全重合。且沿管店－岱山金矿点带状分布，显示与金矿化带有较好联系。

5. 黄栗树地区

圈定黄金、铬铁矿、铅族异常，伴生有锆石、金红石、钛铁矿等矿物。区内燕山期岩浆活动频繁，金矿点沿黄栗树—大马厂成带状分布。显示与金矿化有一定联系。

（九）遥感地质

通过 TM 卫片、黑白航片及彩红外航片解译，圈定了线性及环形构造（图 9-10）。应用遥感解译成果资料编制了区域构造格架图和控岩控矿构造图。遥感地质解译构造及推断隐伏岩体资料信息已在金矿资源评价模型中体现。为了避免重复计算，加大权重，故此次暂不考

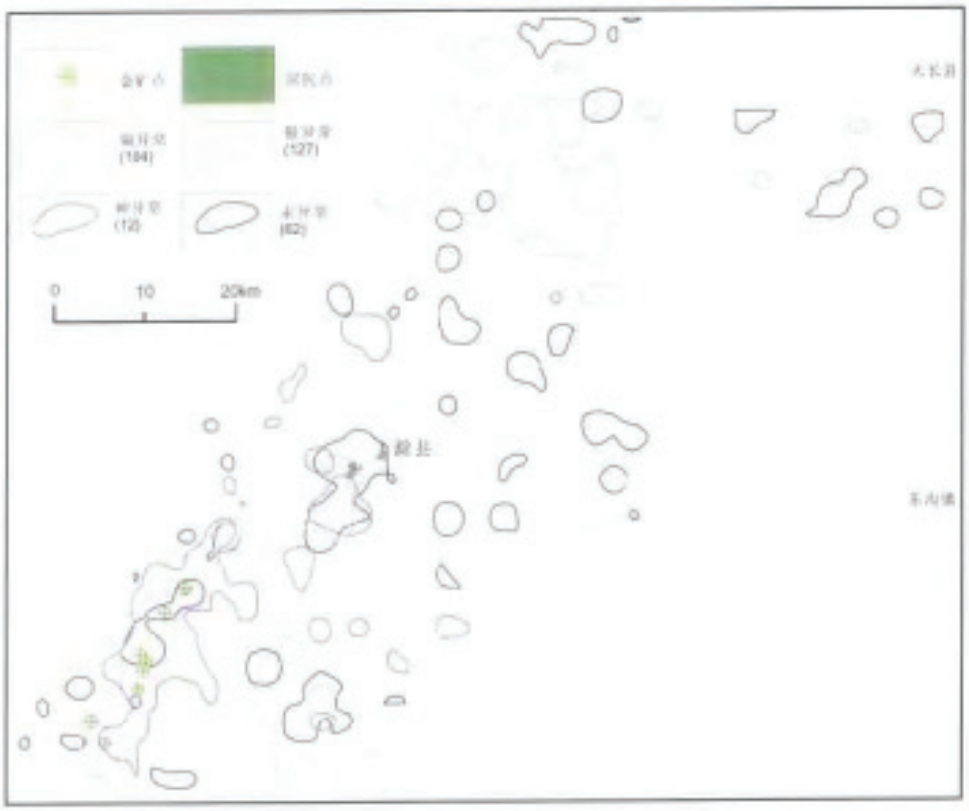


图 9-8　滁县—马厂地区地球化学 Cd、As、Ag、Hg 元素异常图

（图中数据单位同图 9-6）

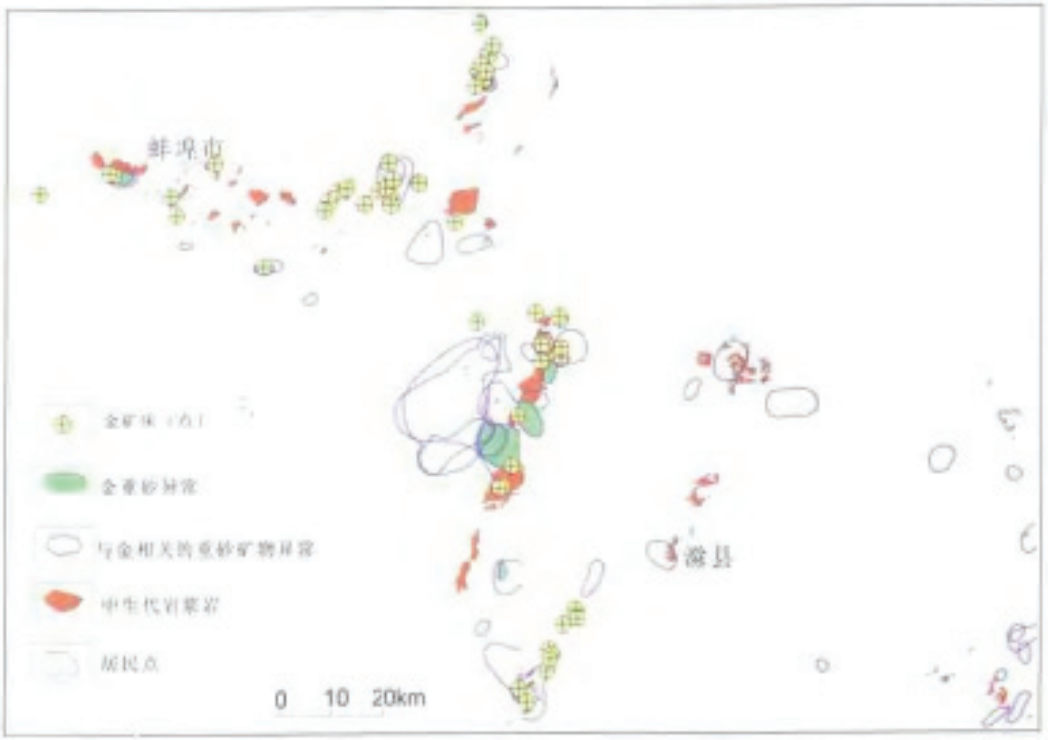


图 9-9　安徽东部地区自然重砂异常与金矿点分布图

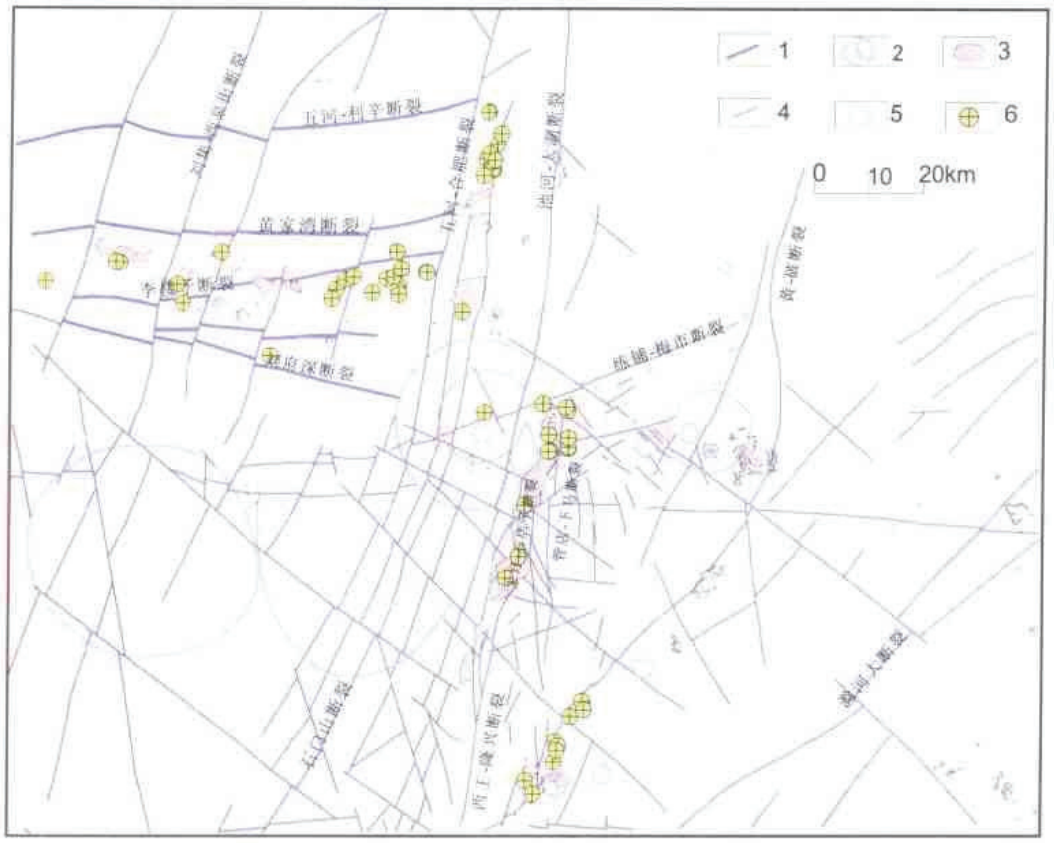


图 9-10 安徽东部地区遥感解释地质构造图

1—遥感近 E-W 向主要线性影像解译断裂构造(buf=400)；2—遥感环形影像构造解译隐伏岩床(株)；3—中生代岩浆岩；4—遥感线性影像解译断裂构造；5—遥感环形影像解译隐伏岩床(株)；6—金矿床(点)

虑它作为地质变量。

(十)汇水盆地

为适应金矿资源评价的需要，了解金矿床(点)、地球化学 Au 元素及相关元素异常与汇水盆地的关系，推测隐伏岩金产地，本次应用综合方法编制了 1∶200000 安徽东部地区汇水盆地图。现分区叙述如下。

1. 五河—蚌埠- 凤阳区

(1)板桥乡一大溪河乡金矿点主要分布在淮河水系四级或三级汇水盆地中，五级以上的汇水盆地中几乎没有。同时分区 Au 异常也主要在这两级汇水盆地中，或这两级汇水盆地汇水口的下一级汇水盆地中。

(2)蚌埠-凤阳县金矿点主要分布在淮河水系的三级汇水盆地中，个别在低一级的汇水盆地中(二级、一级)，金异常的分布特征类似。

由上可见，华北陆块以淮河水系三、四级汇水盆地与 Au 异常关系较密切。

2. 张八岭区

(1)上陈—小越等金矿点主要分布在淮河水系五级和四级汇水盆地中，以五级汇水盆地汇水口分布较多为特征。Au异常也主要分布在五级汇水盆地汇水口及下游四级汇水盆地中。

(2)虎头岭、草庙王金矿点主要分布在淮河水系三级汇水盆地中，金异常也主要分布在

这一级的汇水盆地中。

由上可见，在张八岭构造带中，以淮河水系五级、四级汇水盆地与 Au 异常较明显。

3. 滁州—马厂区

(1)该区已知金矿点以黄栗树地区较多，大马厂、大庙乡、龙王尖等金矿点主要分布在长江水系五级汇水盆地。

(2)黄泥河、黄栗树等金矿点分布在长江水系四级汇水盆地汇水口及三级汇水盆地中。

(3)其它 Au 异常主要分布在六级汇水盆地或其汇水口及五级汇水盆地中，如黄石坝、复兴镇 Au 异常。

该区以长江水系五级、六级汇水盆地与 Au 矿点(或金异常)关系较密切。

依据区内金异常与汇水盆地的关系，显示金源一般来自高一级汇水盆地中金矿床(点)。本区金矿床部分为隐伏、半隐伏矿床，本次进行的汇水盆地与金矿点及地球化学金元素和与 Au 相关元素异常关系的分析，为金矿评价预测提供了信息。

综合上述，区域成矿条件和成矿规律及各类找矿信息，可建立安徽东部地区金矿资源评价模型 及华北陆块南缘(五河—蚌埠—凤阳区)、张八岭构造带(张八岭区)、扬子陆块北缘(滁州—马厂区)分区模型(表 9-3)。模型可分解八项，其中有(一)含矿地层；(二)控矿构造；(三)与成矿有关侵入岩；(四)与成矿有关脉岩；(五)围岩蚀变；(六)重磁异常；(七)地球化学元素异常；(八)重砂异常。

(十一)地质变量的确定

经过多次分析对比，依据评价模型确定地质变量与计算参数有：

1. 变质基底

(1)Ar_{2qn} 五河杂岩西涧堆组(变质镁铁质岩)

(2)Pt$_1x$ 张八岭岩群西冷组

2. 早古生代地层

(1)Z—$\in_1d$ 灯影组中段

(2)$\in_1l$ 娘娘山组

3. 控矿构造

(1)近 S-N 向(0°～15°)含金构造带

(2)NNE 向(10°～35°)含金构造破碎带

(3)NE 向(45°±10°)剪切构造带

(4)近 E-W 向构造破碎带

4. 与成矿有关中生代侵入岩

5. 与成矿有关的中生代中酸性脉岩及矿化石英脉

6. 围岩蚀变

7. 航磁化极异常垂向一阶导数(上延 1km)≥9.5nT/m

8. 布格重力异常垂向一阶导数(上延 1km)≥0.4×10^{-5} s^{-2}

9. 地球化学金元素异常(Au)≥2.4×10^{-9}

10. 地球化学铋元素异常(Bi)≥0.4×10^{-6}

11. 地球化学汞元素异常(Hg)≥48×10^{-9}

表 9-3　安徽东部地区金矿资源评价模型

变量 / 分区 / 综合模型	五河—蚌埠—凤阳地区	张八岭地区	滁县—黄渠树地区	备　注
（一）含矿地层	Ar_{2w} 五河杂岩变质铁镁质岩 岩性：斜长角闪岩、角闪岩、角闪变粒岩、蛇蚊岩	Pt_3d 张八岭岩群西冷组岩性：石英角斑岩、细碧岩、变凝灰岩等	1. $Z_2 \in_1 d$ 灯影组中段 岩性：泥灰岩、灰岩、白云岩等 2. $\in_1 d$ 琅琊山组： 岩性：条带状灰岩、泥灰岩等	
（二）控矿构造	1. 近 S-N 向（0°～10°）含 Au 构造带 2. NNE 向（10°～35°）含 Au 构造带 3. NE 向（35°～45°）含 Au 构造带	1. NNE 向构造破碎带 2. 近 S-N 向构造破碎带及与 NNE 向构造破碎带交汇处	1. NNE 向剪切构造带 2. NE 向剪切构造带	断层影响范围：1-100m
（三）侵入岩	中生代中酸性侵入岩（二长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、石英正长斑岩等）	中生代中酸性侵入岩（石英闪长岩、二长花岗岩）	中生代中酸性侵入岩（石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩）	
（四）脉岩	中生代中酸性脉岩（闪长岩、石英闪长玢岩、闪长玢岩、花岗闪长玢岩、石英脉等）	矿化石英脉	矿化石英脉	
（五）围岩蚀变	绢云母化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、夕卡岩化	绢云母化、斜化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、夕卡岩化	绢云母化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、萤石化、夕卡岩化	
（六）重磁异常	1. 航磁化极异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥9.5 nT/m） 斜长角闪岩、角闪岩、岩体 2. 布格重力异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥0.4×10^{-5}/s²） 斜长角闪岩、角闪岩 组合特征： 上述岩石及岩体组合为磁中高、重高	1. 航磁化极异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥9.5 nT/m） 岩体 2. 布格重力异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥0.1×10^{-5}/s²） 岩体及西冷组（细碧角斑岩、角斑岩等） 组合特征： 上述岩石及岩体组合为磁中高、重高	1. 航磁化极异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥9.5 nT/m） 岩体 2. 布格重力异常垂向一阶导数（上延 1km）正高场（≥0.6×10^{-5}/s²） 组合特征： 上述岩体组合为磁中高、重高	
（七）地球化学	1. 金异常 低异常（2.4～3.3） 中异常（3.4～5） 高异常（>5） 组合元素异常： 低　中　高 2. Bi　>0.4　0.5　0.8 3. Hg　>56　82　130 4. Ag　>121　151　210 5. Cd　>93　120　147	1. 金异常 低异常（>2.8～4.0） 中异常（4.1～6.0） 高异常（>7） 组合元素异常： 低　中　高 2. As　>12　16　25 3. Sb　>0.8　1.1　1.5 4. Bi　>0.4　0.5　0.8 5. Hg　>48　68　100 6. Ag　>132　172　250 7. Cd　>110　146　182	1. 金异常 低异常（4～5） 中异常（6～9） 高异常（>10） 组合元素异常： 低　中　高 2. As　>12　16　23 3. Hg　>62　92　145 4. Ag　>127　160　230 5. Cd　>104　138　172	单位：Au、Ag、Hg、Cd 为 10^{-9}；其它为：10^{-6}
（八）黄金重砂异常	自然金（>1 颗粒）	自然金（>1 颗粒）	自然金（>1 颗粒）	

12. 地球化学镉元素异常(Cd)≥93×10⁻⁹

13. 地球化学砷元素异常(As)≥12×10⁻⁶

14. 地球化学锑元素异常(Sb)≥0.8×10⁻⁶

15. 地球化学银元素异常(Ag)≥121×10⁻⁹

16. 重砂异常(自然金大于1颗)

第三节　评价方法与数学模型

当代国内外在资源评价中应用的数学模型种类较多，如专家系统模型、多元统计模型、纯代数模型及其它数学模型。其中尤以应用专家系统模型最为广泛。近几年，国内根据不同用户需求，以MAPGIS为平台，研制了三种不同的矿产资源评价GIS模型系统(肖克炎，1997)。即经验模型、找矿信息量加权模型及矿床模型。经验模型法主要是根据矿床学家和矿床勘查专家的思路和经验新建立的概念模型条件，然后应用该模型圈出相似成矿地质条件的区域。找矿信息量加权模型的基本思路是运用概率统计方法研究各类地质标志与成矿的相关性，并给出每一标志的贡献权重。由于借用GIS空间拓扑分析功能，使得应用其他方法难以解决的问题可以顺利得到解决，从而获得预期效果。矿床模型法主要是以矿床统计预测模型为主线，以实现矿床定位预测，该预测模型较前两种方法更为准确。

结合区内金矿成矿条件和矿化特征，本次采用与ArcView挂接的"证据权"法与应用"成矿规律"法结合进行矿床定位预测；应用与ArcView挂接的"多元信息统计回归"法进行资源量预测。我们称之为"三法联合预测"(Weights of evidence method，Multiple information statistics regression method and Regional metallogenic law prognosis)，简称"WMR"法。经过此次实践，应用"WMR"法可以获得较为理想的效果。

一、矿床定位预测

(一)"证据权"法(Weights of Evidence Method)[1]

"证据权"法是地学领域使用计算机技术进行矿产资源评价预测的一种计算方法，与传统的统计方法在操作上不同之处在于它不仅是依靠图形数据驱动，而且是可视化操作，为用户带来很大方便，故成为本次评价的首选方法。"证据权"法首先需要进行数据准备工作，包括图层输入、文件转换、条件检索等等，进而转向"证据权"法应用程序，由其计算正权、负权以及后验概率值，最终根据后验概率值来形成本区域金矿资源评价成果。"证据权"法的基础是将地质找矿评价模型转换为"网络模型"，针对每一网格上信息数据进行权值计算，将抽象的模型赋予实实在在的内涵，达到评价目的。评价方法自始至终都是对图形进行操作，由计算机自动完成，这就可以避免人工操作产生的主观因素，尤其是计算权值，只要所输入的图层合理，选择条件适当，计算结果是客观可信的。

1. 应用"证据权"法评价基本流程：

(1)构筑预测评价工程文件，重点是地质矿产图层及其与找矿相关图层数据和属性数

---

[1] G. F. Bonham-Charter "Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential." Geological Survey of Canada, 1989

据。

(2)利用和提取有用的相关地质找矿信息，生成与找矿有关的辅助图层。

(3)建立找矿综合信息模型，确定地质变量和取值(即预测评价模型)。

(4)将地质找矿评价预测模型转换为"网格模型"。

(5)分别将地质找矿图素图层与含矿网格图层相叠加，搜索含矿网格单元与成矿有关的各类信息。

(6)计算各地质因素找矿信息量或证据权值(W^-、W^+)，并进行后验概率计算。

(7)计算各网格的找矿信息量，并圈定预测远景区。

2. 证据权法原理

前已述及，"证据权"法是对空间数据(图层)运用 GIS 工具进行相关分析，解出相关矩阵方程，得出后验概率，用可视化图形进行评价预测。

"证据权"法运行起来需要三类基础数据(图 9-11)：

(1)评价预测区的总面积 A；

(2)含矿网格总面积 D；

(3)第 i 个图层(矿产图层或与成矿有关的地物化遥图层)的总面积 B_i。

由上述三类基础数据可以派生出下列中间数据：

(1)D 与 B_i 同时存在的单元网格面积 $D\cap B_i$；

(2)有 D 而无 B_i 的单元网格面积 $D\cap\overline{B}_i$；

(3)有 B_i 而无 D 的单元网格面积 $\overline{D}\cap B_i$；

(4)无 D 无 B_i 的单元网格面积 $\overline{D}\cap\overline{B}_i$。

基本公式如下：

(1)矿点(床)出现的奇比

$$O(D)=\frac{P(D)}{1-P(D)}=\frac{D}{A-D}$$

式中 $P(D)=D/A$ 为矿点(床)出现的概率。

(2)证据权

第 i 图层与矿点同时存在定义为正权：

$$W_i^+=\ln\frac{P(B_i|D)}{P(B_i|\overline{D})}$$

有矿点而无第 i 图层存在定为负权：

$$W_i^-=\ln\frac{P(\overline{B}_i|D)}{P(\overline{B}_i|\overline{D})}$$

(3)后验奇比

$$\ln O(D|B_1^k\cap B_2^k\cdots\cap B_n^k)=\sum_{i=1}^{n}(W_i^k\cdot\ln O(D))$$

式中：

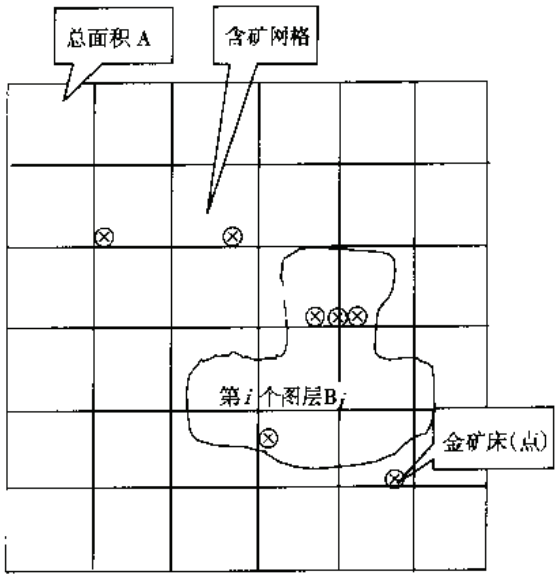


图 9-11　评价预测区网格示意图

B_i 表示第 i 个图层所占网格总面积。

$k=(0,1)$，当 $k=0$ 时，表示该图层下出现时的情况，即 $W_i^k=W_i^-$；当 $k=1$ 时，表示该图层出现，即 $W_i^k=W_i^+$。

(4)后验概率

$$P(D|B_1^k\cap B_2^k\cdots\cap B_n^k)=O(D|B_1^k\cap B_2^k\cdots\cap B_n^k)/[1+O(D|B_1^k\cap B_2^k\cdots\cap B_n^k)]$$

(5)相关系数

$$C_i = W_i^+ - W_i$$

"证据权"法软件由两部分组成，一是用 ArcView 平台 Avenue 开发的有关图层与属性表的输入、连接、空间叠加、文件转换等功能模块；另一是用高级语言 Visual C 编译成的 EXE 文件(EWP.EXE)，用来计算证据正、负权值、相关系数和后验概率。整个软件运行基本过程见图 9-12 所示。

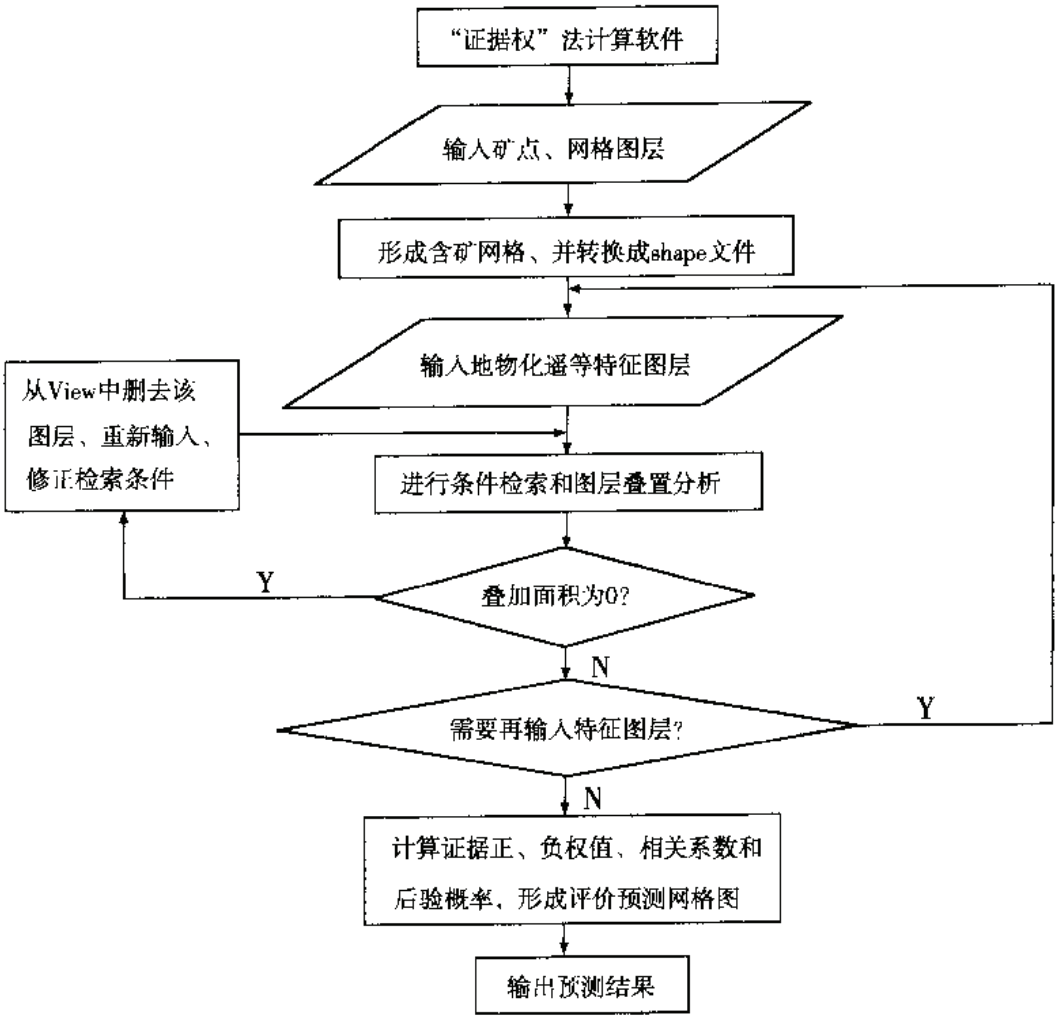


图 9-12 "证据权"法计算程序框图

3.计算步骤

将制备的各类与成矿有关的地、物、化、遥等基本图层及相关的辅助性图层应用"证据权"进行综合分析，圈定成矿区及远景区。具体操作步骤见(图 9-12)：

(1)将研究区划为正方形网格，网格的大小使每个网格只能包含一个矿床(点)。

(2)对找矿模型中的每一图层，根据公式统计以下先验概率：矿床(矿点)出现的概率 P(D)、矿床(矿点)在第 j 个图层中出现的条件概率 $P(D|B_j)$、矿床(矿点)在第 j 个图层的 B 中不出现的条件概率 $P(D|\overline{B}_j)$。

(3)将上述诸先验概率转换成奇比 O(D)、$O(D,B_j)$、$O(D|\overline{B})$。

(4)计算诸 B_j 图层的证据权 W_j^+ 和 W_j^- 及均方差 $s(W_j^+)$ 和 $s(W_j^-)$。

(5)计算诸 B_j 图层与矿相关系数 C_j、均方差 $s(C_j)$ 及其标准化参数 $C_j/s(C_j)$。

(6)综合诸图层 B_j 的矿化信息，计算条件对数奇比 $\ln O(D|B_1^* \cap B_2^* \cdots)$，进而得到奇比 $O(D|B_1^* \cap B_2^* \cdots)$，最后计算出后验概率 $P(D|B_1^* \cap B_2^* \cdots)$。

(7)计算网格单元后验概率，将这些后验概率作成色块图，设置一个合适的临界值，则大于该值的单元即为成矿区和找矿远景区。

"证据权"法评价计算成果表示的是一张后验概率图，其数值的大小，表明发现矿床的概率，然后圈出后验概率大于某一临界值的地区，即为本次圈定的成矿区和预测的找矿远景区。由于后验概率是在大量的地、物、化、遥图层数据及相关辅助图层数据叠加、综合的基础上计算出来的，因而其结果反映了上述各类信息数据对矿床定位预测的控制与指导作用。

前已述及，在进行矿产资源评价预测时，"证据权"法是由"图形数据"驱动的，与传统的各类统计法采用"数字数据"驱动不同，"图形数据"选取合理与否，直接影响到"证据权"法的应用效果。除此之外，计算网格的设计也是影响该方法使用效果的一个重要因素。

评价计算网格大小一般是由以下条件决定：①评价预测区域的"图形数据"比例尺；②评价预测区域内已知矿床(点)的分布；③运行"证据权"法的计算机硬件配置。

本次选用 1km×1km、2km×2km 网格进行计算，对比结果认为采用 1km×1km 网格计算更为合理(表 9-4，表 9-5，图 9-13，图 9-14)。因为：(a)已知矿点分布较均匀，一般每平方公里只含有一个矿点；(b)采用 1km×1km 网格较 2km×2km 精度高；(c)计算结果所显示的Ⅰ、Ⅱ级后验概率网格与金矿区域分布规律相吻合。

此次不仅对全区进行了评价预测，还分别对五河—蚌埠—凤阳、张八岭和滁县三个区进行了计算。通过对比，全区与分区计算结果有一定差异。这是因为三个分区资源评价模型和地质变量、计算参数不尽相同。对全区来说，九个地质特征变量的图形数据与含矿网格有叠复，相对分区而言，地质变量的图形数据与含矿网格没有叠复，因而产生"叠加面积为 0"的结果。因此，该变量在这个分区来说，不会对后验概率有所贡献。安徽东部各矿区的后验概率(1km×1km 网格)值分下列五级(图 9-13)：Ⅰ级为 0.777～1；Ⅱ级为 0.453～0.777；Ⅲ级为 0.200～0.453；Ⅳ级为 0.054～0.200；Ⅴ级为 0～0.054；后验概率(2km×2km 网格)值分下列五级(图 9-14)：Ⅰ级为 0.866～1；Ⅱ级为 0.599～0.866；Ⅲ级为 0.304～0.599；Ⅳ级为 0.093～0.301；Ⅴ级为 0～0.093。结合已知矿床分布规律和可能出现的远景区，本次将Ⅲ级以上的网格单元列为圈定成矿区和找矿远景区的边界。为使计算结果能更好反映客观实际，本次又按分区模型与变量分别对三个区进行了计算。计算结果见表 9-6、表 9-7、表 9-8、图 9-15、图 9-16、图 9-17。

后验概率出现的Ⅰ、Ⅱ级网格分布范围一般与应用成矿规律新圈定的成矿区带基本套合。应用"证据权"法计算的后验概率图显示成矿区和找矿远景区有：五河、凤阳、蚌埠—怀远、管店—章广、黄夹沟—马厂、滁州、上腰铺、屯仓及郭营等。说明应用"证据权"法进行矿床定位预测是可信的。另有凤阳曹店东、五河紫阳等区，也出现了后验概率值为Ⅱ级网格和局部Ⅰ级网格，为预测找矿远景区提供了重要信息。

表 9-4　安徽东部地区金矿评价预测应用证据权法计算记录表(1km×1km)

序号	计算结果、计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W⁺	W⁻	相关系数	备　注
1	变质地层	Ar_2qc、Pt_3x	1.43341×10	1.7357	−0.3119	2.1076	
2	早古生代地层	$Z_2\in d$、$\in l$	4.35407×10⁵	2.2792	−0.9876	2.3578	
3	控岩控矿构造	S-N、NNE、NE	9.68463×10⁵	3.3231	−0.2233	3.5467	
4	侵入岩	与成矿有关的中生代中酸性岩	7.9651×10⁵	2.9529	−0.1598	3.1126	
5	脉岩	与成矿有关的中生代中酸性脉岩及含矿石英脉	6.70356×10⁵	4.400	0.0142	4.4142	
6	围岩蚀变	夕卡岩化、碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绢云母化等	4.47723×10⁵	−0.5467	0.0637	−0.7474	相关系数为负数，舍去
7	航磁化极异常垂向一阶导数	≥9.5	1.62276×10⁵	0.8173	−0.2581	1.0754	上延 1km
8	布格重力异常垂向一阶导数	≥0.4	3.59895×10⁵	1.0014	−1.1219	2.1224	上延 1km
9	地球化学 Au 异常	≥2.4×10⁻⁹	2.20820×10⁵	2.8592	−0.6075	3.4768	
10	地球化学 Ag 异常	≥121×10⁻⁹	1.60376×10⁵	2.6138	−0.3521	3.0059	
11	地球化学 As 异常	≥12×10⁻⁶	8.81598×10⁴	2.3111	−0.1924	2.7065	
12	地球化学 Bi 异常	≥0.4×10⁻⁶	3.19217×10⁵	2.3325	−0.0637	2.3962	
13	地球化学 Cd 异常	≥93×10⁻⁹	1.66235×10⁵	1.8844	−0.3783	2.2127	
14	地球化学 Hg 异常	≥18×10⁻⁹	1.361375×10⁵	1.6497	−0.2116	1.8613	
15	黄金重砂异常		7.96535×10⁴	3.7578	0.1817	3.9394	

表 9-5　安徽东部地区金矿评价预测应用证据权法计算记录表(2km×2km)

序号	计算结果、计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W⁺	W⁻	相关系数	备　注
1	岩石地层	Ar_2qc、Pt_3x	4.63374×10	1.5701	−0.2233	1.7934	
2	早古生代地层	$Z_2\in d$、$\in l$	1.30679×10⁵	2.1228	0.0716	2.1945	
3	控岩控矿构造	S--N、NNE、NE	2.27610×10	2.9623	−0.1586	3.1209	
4	侵入岩	与成矿有关的中生代中酸性岩	2.31966×10⁵	2.9063	−0.1410	3.0473	
5	脉岩	与成矿有关的中生代酸性脉岩及含矿石英脉	1.41176×10⁵	4.0267	−0.0083	4.0350	
6	围岩蚀变	夕卡岩化、碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绢云母化等	1.62586×10⁵	1.8010	−0.0081	1.8091	
7	航磁化极异常垂向一阶导数	≥9.5	6.19627×10⁴	0.9238	−0.3162	1.2400	上延 1km
8	布格重力异常垂向一阶导数	≥0.4	1.27283×10⁵	0.9978	1.0897	2.0875	上延 1km
9	地球化学 Au 异常	≥2.4×10⁻⁹	6.75578×10	2.7866	−0.4859	3.2534	
10	地球化学 Ag 异常	≥121×10⁻⁹	5.00457×10	2.5216	−0.3294	2.851	
11	地球化学 As 异常	≥12×10⁻⁶	3.03343×10⁴	2.521	−0.1845	2.7062	
12	地球化学 Bi 异常	≥0.4×10⁻⁶	1.11662×10⁵	2.3773	0.0643	3.4416	
13	地球化学 Cd 异常	≥93×10⁻⁹	5.83108×10	1.8817	−0.3667	2.1984	
14	地球化学 Hg 异常	≥48×10⁻⁹	3.3396×10⁵	1.5334	0.1772	1.7107	
15	地球化学 Sb 异常	≥0.8×10⁻⁶	5.09159×10	2.8019	−0.1921	2.9931	
16	黄金重砂异常		1.88775×10	3.441	−0.1155	3.5566	

表 9-6　五河--蚌埠-凤阳区金矿评价预测应用证据权法计算记录表(1km×1km)

序号	计算结果 / 计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W+	W-	相关系数	备注
1	岩石地层	Ar_3ac、Pt_1x	3.537 1×10	3.1467	-0.2267	3.3871	
2	古构造地层	$Z_2\epsilon_1d$、$\epsilon_{1+2}l$、O					叠加面积为0,舍去
3	各岩体矿物组	SN、NNE、NE	3.3473×10	2.6119	-22.998	3.1217	
4	侵入岩	与成矿有关的中生代中酸性岩	1.38598×10	2.1922	-1.2434	2.0775	
5	脉岩及含矿石英脉	与成矿有关的中生代中酸性岩脉	6.0131×10	4.7166	-0.0233	4.7289	
6	围岩蚀变	矽化岩化、碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绢云母化等	4.4772×10	2.5119	-1.6013	2.5455	
7	氧化极异常重叠可圈含导数	0.5	6.9273×10	1.3978	-6.2162	0.8977	延1km
8	布格重力异常重叠可圈含导数	≥0.1	2.11032×10	2.9570	-1.1662	2.8932	上延1km
9	地球化学 Au 异常	≥2.4×10	1.07383×10	2.7310	-0.1768	3.0078	
10	地球化学 Ag 异常	≥121×10	8.76822×10	2.8507	-0.2706	2.9213	
11	地球化学 As 异常	≥7.2×10	0				叠加面积为0,舍去
12	地球化学 Bi 异常	≥0.4×10	5.65762×10	0.6875	-0.0196	0.7071	
13	地球化学 Cd 异常	≥0.3×10	5.30625×10	1.1473	-0.1507	1.1589	
14	地球化学 Hg 异常	≥65×10	4.11437×10	1.[illegible]99	-0.1082	1.1181	
15	黄金重砂异常		3.89515×10	4.6125	-0.2574	4.8773	

表 9-7　张八岭地区金矿评价预测应用证据权法计算记录表

序号	计算结果 / 计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W+	W-	相关系数	备注
1	岩石地层	Ar_3ac、Pt_1x	3.7923×10	0.3125	-0.1362	0.4528	
2	古构造地层	$Z_2\epsilon_1d$、$\epsilon_{1+2}l$	0				叠加面积为0,舍去
3	各岩体矿物组	SN、NNE、NE	2.87273×10	3.2474	-0.2341	3.5063	
4	侵入岩	与成矿有关的中生代中酸性岩	1.0[illegible]11×10	3.0577	-0.6672	3.7249	
5	脉岩及含矿石英脉	与成矿有关的中生代酸性脉岩	0				叠加面积为0,舍去
6	围岩蚀变	矽化岩化、碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绢云母化等	0				叠加面积为0,舍去
7	氧化极异常重叠可圈含导数	≥0.5	6.[illegible]×10	0.6550	-0.3537	1.1686	上延1km
8	布格重力异常重叠可圈含导数	≥0.1	7.[illegible]173×10	-0.3642	0.0838	-0.1150	相关系数为负值,舍去

(接下页)

续表

序号	计算结果 / 计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W⁺	W⁻	相关系数	备注
9	地球化学 Au 异常	≥2.8×10⁻⁹	2.82067×10⁵	2.1089	−0.2965	2.4054	
10	地球化学 Ag 异常	≥132×10⁻⁹	2.78879×10⁵	−0.0374	0.0011	−0.0385	相关系数为负值，舍去
11	地球化学 As 异常	≥12×10⁻⁶	0				叠加面积为0，舍去
12	地球化学 Bi 异常	≥0.4×10⁻⁶	2.62162×10⁵	3.2360	−0.2937	3.5297	
13	地球化学 Cd 异常	≥110×10⁻⁹	1.22567×10⁵	1.2366	0.0945	1.3311	
14	地球化学 Hg 异常	≥48×10⁻⁹	8.24339×10⁴	0.7779	−0.0474	0.8254	
15	黄金重砂异常		1.07547×10⁵	1.9194	−0.0979	2.0173	

表 9-8　滁县地区金矿评价预测应用证据权法计算记录表(1 km×1km)

序号	计算结果 / 计算内容 / 计算变量	变量取值	叠加面积	W⁺	W⁻	相关系数	备注
1	岩石地层	Ar_2w、Pt_2x	0				叠加面积为0，舍去
2	中古生代地层	$Z_2\epsilon_1d$、ϵ_2l、O_1s	4.36399×10⁶	2.6854	−0.5415	3.2269	
3	控岩控矿构造	S—N、NNE、NE	1.98205×10⁶	4.2226	−0.2180	4.4406	
4	侵入岩	与成矿有关的中生代中酸性岩	9.66412×10⁵	3.3332	−0.0982	3.4314	
5	脉岩及含矿石英脉	与成矿有关的中生代中酸性脉岩	6.99015×10⁴	3.5755	−0.0068	3.5823	
6	围岩蚀变	夕卡岩化、碳酸盐化、黄铁矿化、绿泥石化、硅化、绢云母化等	0				叠加面积为0，舍去
7	航磁化极异常垂向一阶导数	≥9.5	1.00000×10⁶	0.6350	−0.0696	1.1147	上延1km
8	布格重力异常垂向一阶导数	≥0.4	9.48893×10⁵	1.0454	−2.8379	4.8481	上延1km
9	地球化学 Au 异常	≥4.0×10⁻⁹	8.65151×10⁵	2.0102	−1.9820	3.6837	
10	地球化学 Ag 异常	≥127×10⁻⁹	8.99043×10⁵	3.2359	−2.2571	5.4929	
11	地球化学 As 异常	≥12×10⁻⁶	8.81744×10⁵	3.4856	−2.1075	5.5931	
12	地球化学 Bi 异常	≥0.4×10⁻⁶	7.03327×10⁵	3.7919	−1.1992	4.9911	
13	地球化学 Cd 异常	≥104×10⁻⁹	0				叠加面积为0，舍去
14	地球化学 Hg 异常	≥62×10⁻⁹	5.67775×10⁵	2.7170	−0.8006	3.5176	
15	地球化学 Sb 异常	≥0.8×10⁻⁶	8.90078×10⁵	3.1820	−2.1703	5.3523	
16	黄金重砂异常		4.89690×10⁵	4.7118	−0.0497	4.7615	

1. 讨论

应用“证据权”法进行矿产资源评价预测与传统的方法在操作对象上有着本质的区别，它是依靠图形数据来驱动的，加上可视化操作为用户带来极大的方便，已成为安徽东部地区金矿资源评价预测的首选方法。

“证据权”法的基础就是将地质找矿预测评价模型转换为“网格模型”，针对每一网格上的大量信息进行权值计算。从而将抽象的模型赋于实实在在的内涵，达到预测评价之目的，

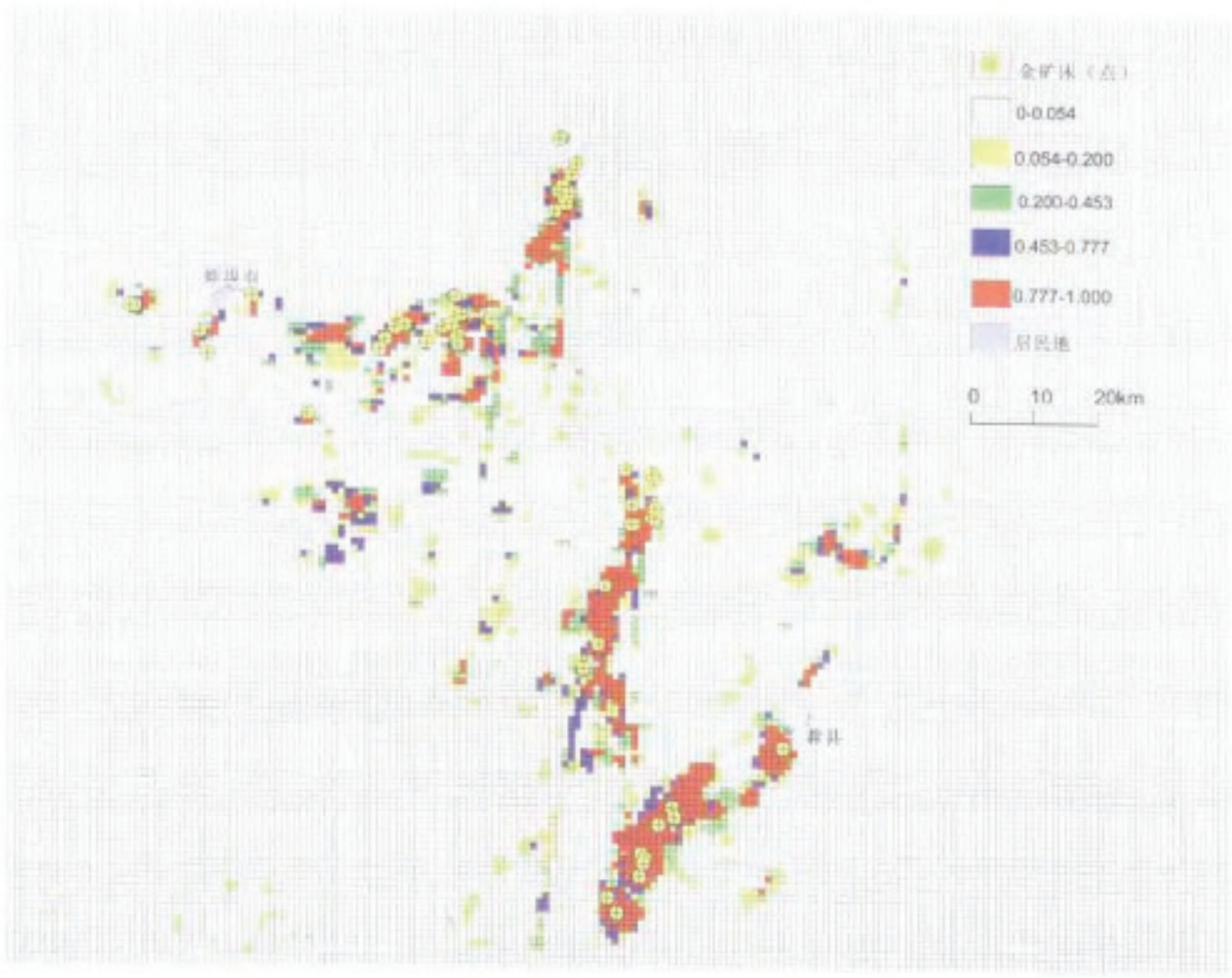


图 9-13　安徽东部地区金矿资源评价"证据权"法计算概率图(1km×1km)

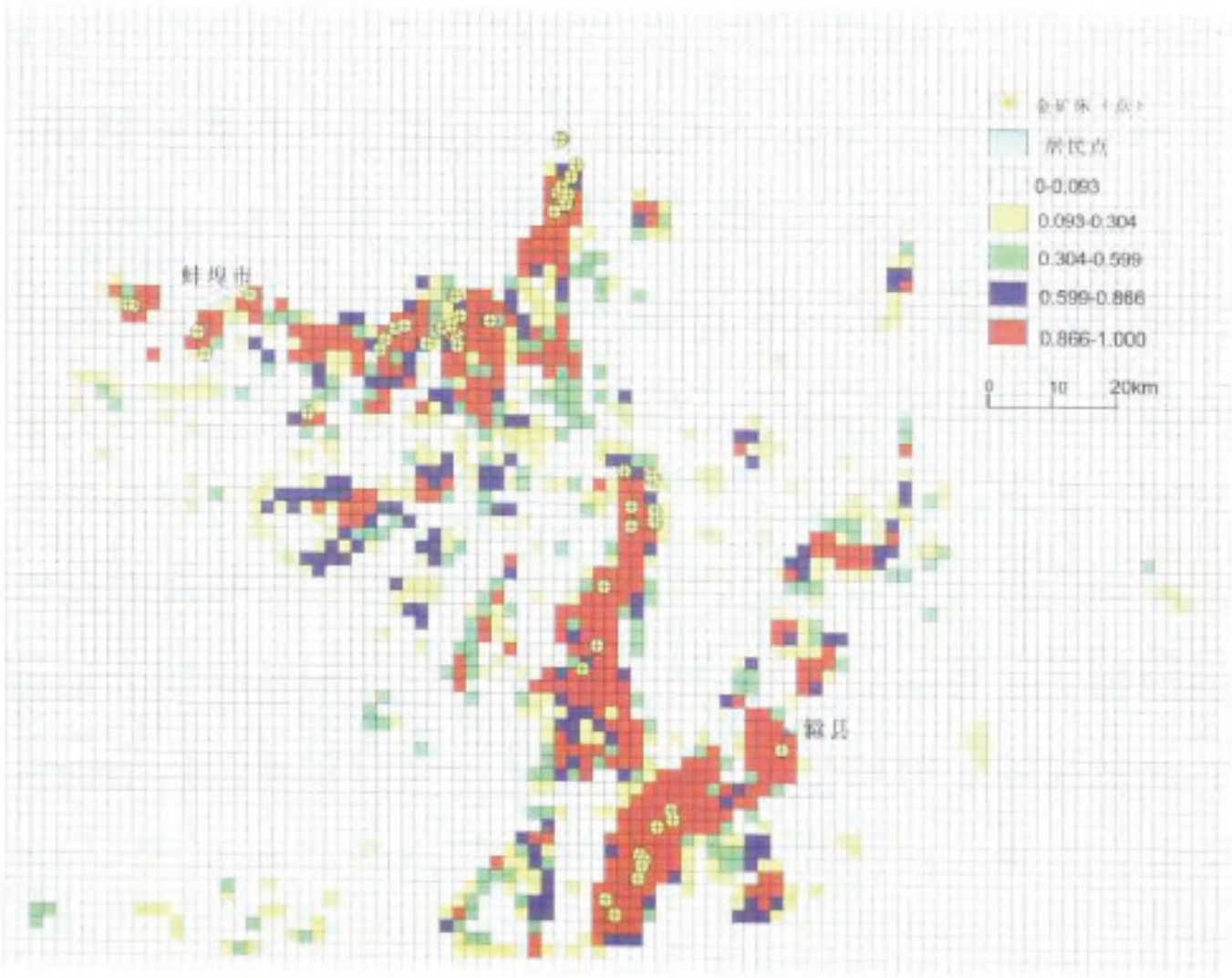


图 9-11　安徽东部地区金矿资源评价"证据权"法计算概率图(2km×2km)

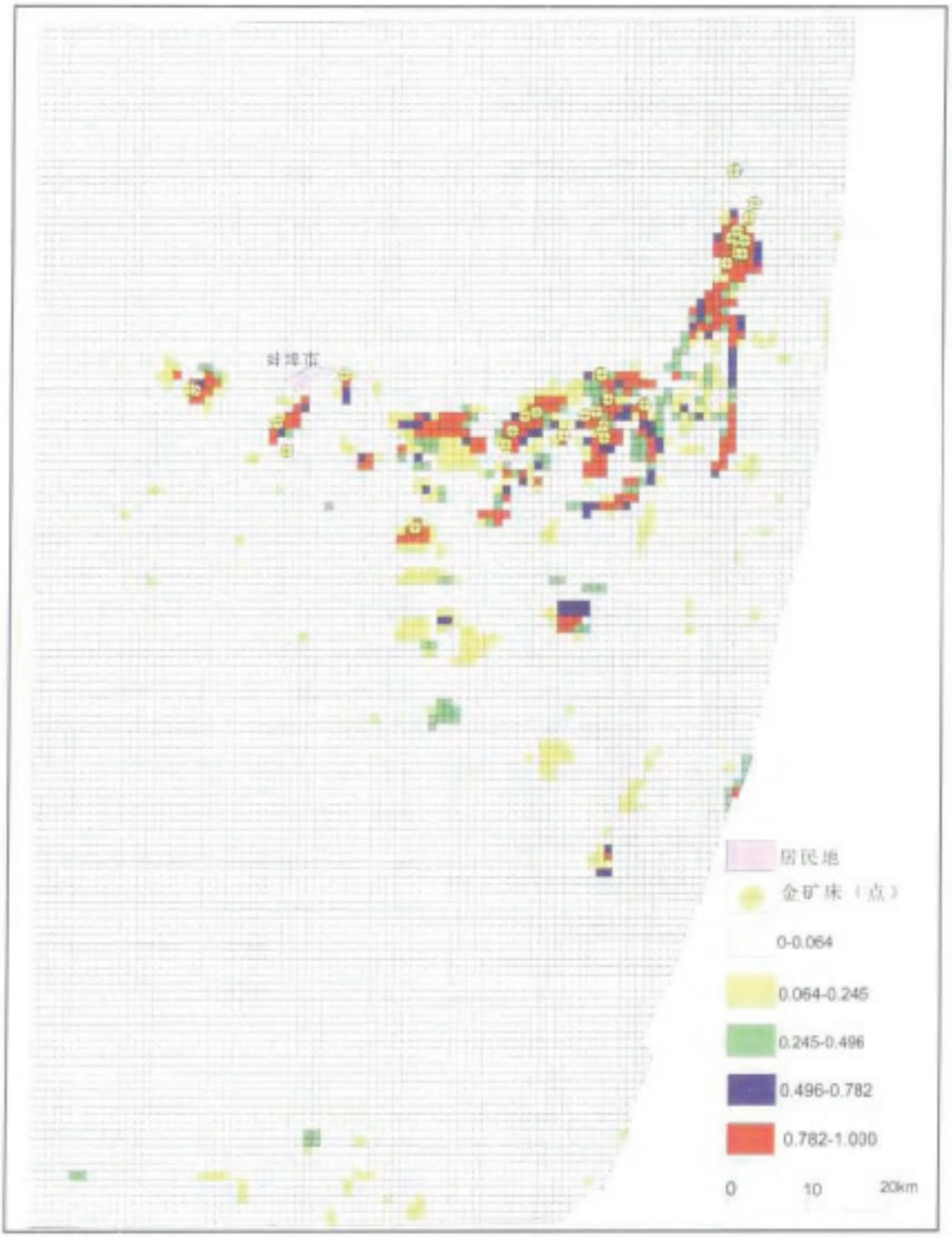


图 9-13　五河-蚌埠-凤阳地区金矿资源评价"证据权"法计算概率图(1km×1km)



图 9-16　第八岭地区金矿资源评价"证据权"法计算概率图(1km×1km)

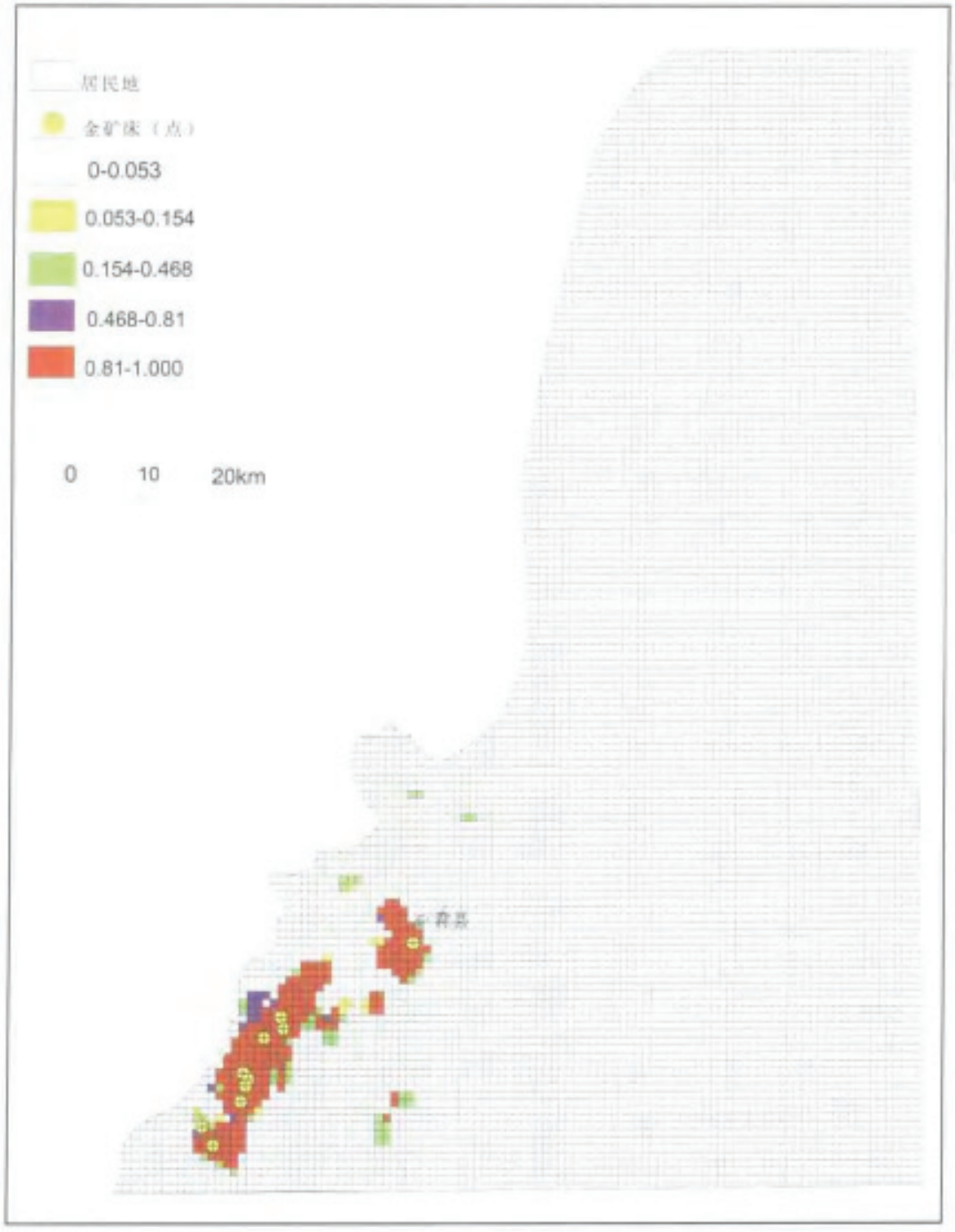


图 9-17　滇县地区金矿资源评价"证据权"法计算概率图(1km×1km)

方法合理可行。

由于研究区资料丰富，与成矿有关的条件较多，经过多次筛选，确定15～17个变量参数参加“证据权”法的计算，最后形成后验概率图。经分析认为与该区的地质情况基本吻合，所圈定的金矿成矿区及预测远景区与金矿分布规律基本一致。

3. 使用“证据权”法需要注意的问题

(1)资源评价模型、图层模型与图库

资源评价模型是由地质学家根据区域成矿地质条件、成矿规律及物化探、遥感等信息进行综合分析而建立起来的。所谓图层模型，就是包含所有找矿标志的图层文件，将地质信息归纳到图层上来，从而构成图层模型来实现评价模型。图库是形成图层模型的信息源，它包括地质、矿产、物探、化探、遥感等原始图层资料。图库如同“积木”一样，而图层模型则是由这些“积木”搭建的，它可千姿百态。从图9-18可以看出，地质模型、图层模型要经过若干次的修改、完善，才能得到满意的预测成果。

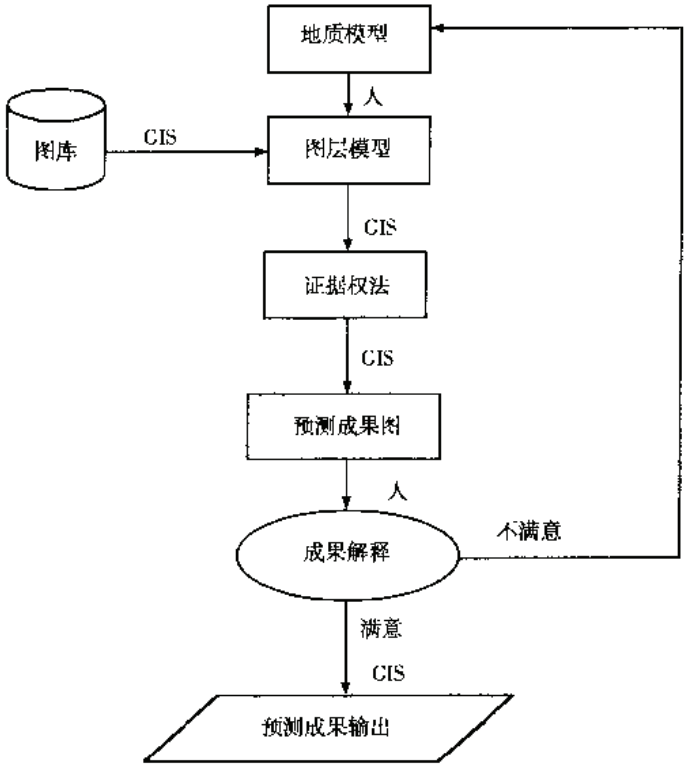


图9-18 矿产资源预测评价过程示意图

(2)图层检索条件的选择

参加评价预测的图层除了由评价模型决定外，在进行检索时，条件的提出非常重要，一旦提出的检索条件使该图层检索出的特征范围与含矿网格无交合，则会造成“证据权”法软件运行时显示“叠加面积为0”。因此，图层检索条件的选择以保证所选中的目标范围要包含有含矿网格为准。

(3)用户属性表与图层的正确对应

有时图层文件中的图元与该图层文件的用户属性表记录没有完全正确地一一对应，例如经文件转换而得的图层，往往图元编号发生了变化，若仍然使用以前的用户属性表，则关联后图元与用户属性表的记录不能对应。在按用户属性表项进行条件检索时，常常造成"选空"——没有一项被选中，最终导致后验概率计算时出现"被0除"的景象，运行崩溃。

(4)相关系数的运用

如果图层模型构造不当，往往会造成计算量增加，对评价预测作用不大。究其原因，就是一些与成矿关系不大的图层被选中加入计算。其实，只要先试算一下证据权值，进行相关分析，确定一个相关系数($C_f=W^+-W^-$)临界值，当相关系数小于此临界值时，则认为该图层与评价预测关系不大，可以剔除。

(5)分区评价预测的重要性

分区进行矿产资源评价预测，指的是当研究区包含有多个地质构造单元时，并且各个单元里的变量取值不一致。如本研究区的三个构造分区，它们的地质背景和成矿条件不尽相同。因此，就需要按照分区模型所确定的变量取值要求，分别进行矿产资源评价预测，否则会影响结果的真实性。

(二)"区域成矿规律"法

依据区域成矿规律及找矿标志进行预测，预测工作是在同比例尺成矿规律图上进行，再结合"证据权"法计算的后验概率值圈定成矿区和找矿远景区，并构筑图层文件，以Arc/Info文件格式存储。

三、金矿资源量预测

本次对全区金矿的资源量进行了预测计算，应用的计算方法软件是与ArcView挂接的"多元信息统计回归"法，所计算的资源量于潜在资源量，即依据区域地质研究成果、物化遥、矿床(点)资料，经过计算而得出的，属于潜在资源。

结合安徽省东部地区金矿成矿条件及分布规律，本次资源量预测采用"多元信息统计回归"法。同时，参考分析本区的地质、物探、化探与矿化、成矿的相关关系，将参加预测的所有地质变量划分为主相关、次相关、不相关(或不清)三大类，分别赋+2、+1和0值，与成矿不利的地质因素舍弃。将预测区分成规则的网格(2km×2km)，从而构成了地质变量相对网格单元的矩阵。对该矩阵采用矢量长度法进行特征分析，获得各网格单元的成矿有利度，进而由已知矿床(点)的储量计算出其金矿的预测储量。

(一) 方法原理

1. 数学模型

设有n个地质变量参加预测计算，预测区划分为2km×2km(或其它规格，视比例尺而定)的单元网格数为m个，第i个地质变量作用于第j个网格单元的作用值为u_{ij}，于是构成一个n行m列的矩阵U，对应的转置矩阵为U^T：

$$U_{n\times m}=\begin{vmatrix} u_{11}u_{12}\cdots\cdots u_{1m} \\ u_{21}u_{22}\cdots\cdots u_{2m} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ u_{n1}u_{n2}\cdots\cdots u_{nm} \end{vmatrix} \qquad U^T_{m\times n}=\begin{vmatrix} u_{11}u_{21}\cdots\cdots u_{n1} \\ u_{12}u_{22}\cdots\cdots u_{n2} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ u_{1m}u_{2m}\cdots\cdots u_{nm} \end{vmatrix}$$

令 $R_{m\times m}=U'_{n\times n}\cdot U_{n\times m}$ 为变量匹配矩阵，同时定义第 i 个地质变量的联系度为 a_i：

$$a_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(r_{ij})^2}$$

则第 i 个变量的权系数为：

$$b_i=\frac{a_i}{A}=\frac{a_i}{\sum_{i=1}^{n}a_i}$$

最终计算出第 j 个网格单元的成矿有利度 x_j：

$$x_j=\sum_{i=1}^{n}b_iu_{ij}$$

式中：

u_{ij} ——第 i 个地质变量在第 j 个网格单元中的作用值。

这样，由含矿网格单元的成矿有利度 x 值和该单元的矿床（点）已知矿产储量来进行投影，以确定两者的函数关系。通过离散点的回归计算，建立起两者的回归方程，也就是预测的矿产储量与网格单元成矿有利度之间的函数。

2. 计算流程见图(9-19)

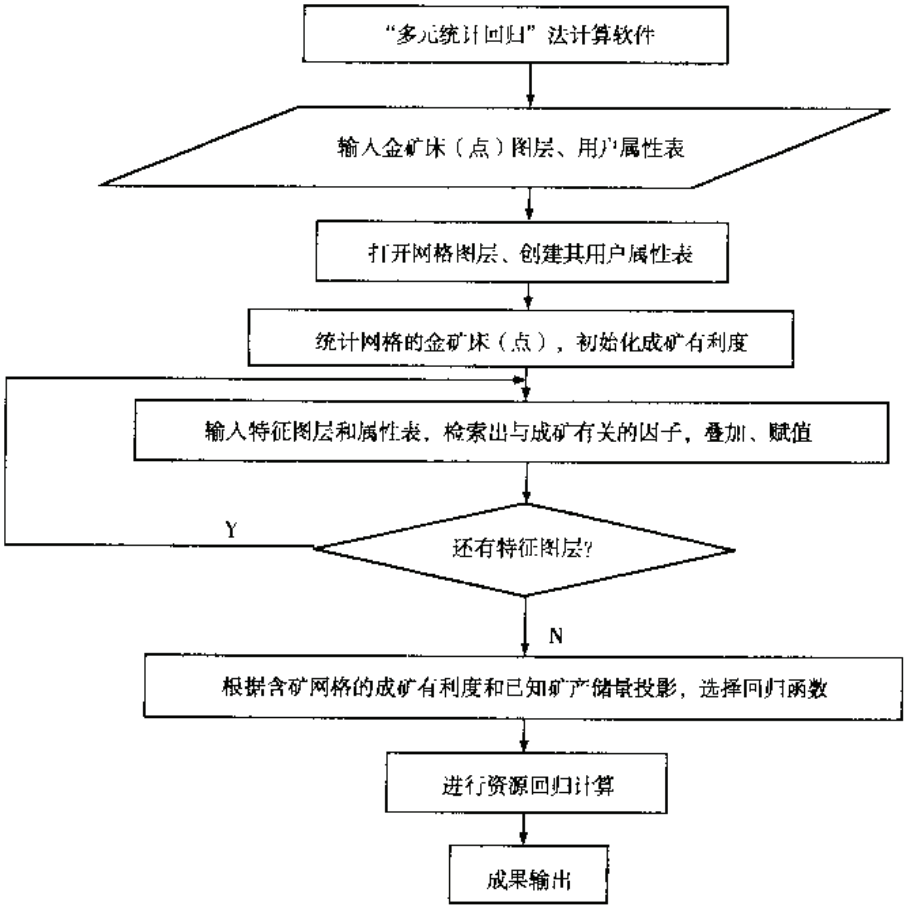


图 9-19 “多元信息统计回归”法计算程序框图

3. 回归计算的质量评定

设各网格单元的成矿有利度为 w_i，已知储量为 q_i，含有已知储量矿床(点)的网格数为 m，则：

$$\bar{w}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}w_i \qquad\qquad \bar{q}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}q_i$$

分别为 w_i 和 q_i 的平均值。于是有：

$$l_{wq}=\sum_{i=1}^{m}(w_i-\bar{w})(q_i-\bar{q})=\sum_{i=1}^{m}w_iq_i-m\bar{w}\bar{q}=\sum_{i=1}^{m}w_iq_i-\frac{1}{m}\left(\sum_{i=1}^{m}w_i\right)\left(\sum_{i=1}^{m}q_i\right)$$

$$l_{qq}=\sum_{i=1}^{m}(q_i-\bar{q})^2=\sum_{i=1}^{m}q_i^2-m\bar{q}^2=\sum_{i=1}^{m}q_i^2-\frac{1}{m}\left(\sum_{i=1}^{m}q_i\right)^2$$

$$l_{ww}=\sum_{i=1}^{m}(w_i-\bar{w})^2=\sum_{i=1}^{m}w_i^2-m\bar{w}^2=\sum_{i=1}^{m}w_i^2-\frac{1}{m}\left(\sum_{i=1}^{m}w_i\right)^2$$

设 U 为回归平方和：

$$U=\sum_{i=1}^{m}(Q_i-\bar{q})^2$$

式中：Q_i 为回归储量值。

因此，考察回归方程的显著性使用下列拟合度的概念：

$$N=\frac{U}{l_{qq}}$$

拟合度 N 仅在一定程度上反应了变量 q 对变量 w 的回归依赖关系。N 值越大，依赖程度越高($0<N<1$)。但是，当样品数量 m 较小时，N 一般比较大，若 m 较大时，即便 w、q 的回归函数关系很明显，N 也可能很小。所以，若 N 来判别显著性不可靠。本次计算采用"相关系数检验法"来验证回归结果的显著性：

$$r=\frac{l_{wq}}{\sqrt{l_{ww}l_{qq}}}$$

一般来说，当相关系数 r 在 0.9 以上时，认为回归的显著性比较好，可以用于储量预测。

4. 回归方程类型

本次预测使用的回归函数选择了三类：

(1)线性函数　　$y=a+bx$

(2)幂函数　　$y=a\cdot x^b$

(3)指数函数　　$y=a\cdot b^x$

式中 x 为成矿有利度，y 为回归计算储量。当在确定 a、b 值时，y 即为已知矿床(点)的实际储量。

通过选择具有代表性的滁县地区进行了对比计算后，经分析认为采用幂函数回归方程较为合理(图 9-20)。

"多元信息统计回归"法计算软件设计与"证据权"法相似，分为用 Avenue 编制的有关图层、用户属性表的输入、检索、统计、赋值等功能模块和 Visual Basic 编制的回归计算模块两部分。

(二)地质变量赋值

基于安徽东部地区地跨三个地质构造单元，各区金矿成矿地质条件和找矿信息有一定差异，故此次金矿资源量预测是分别计算的。有关地质变量赋值见表 9-9、表 9-10、表 9-11。

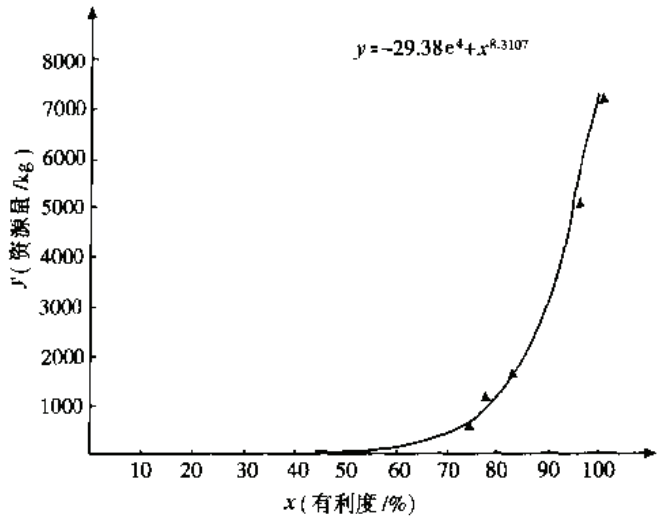


图 9-20　滁县地区幂函数回归方程曲线图

▲为已知矿床储量

表 9 9　五河 -蚌埠 -凤阳区金矿评价预测"多元信息统计回归法"计算记录表

序号	变量名称	赋　值　系　列	备　注
1	变质地层	变镁铁质岩系为 2，变质表壳岩系中浅粒岩为 1，其它为 0。	
2	控岩控矿构造	有近 S-N(含 NNE)向断裂为 2，E-W(含 NW)、NE 向断裂为 1，其它为 0	
3	断裂构造交点	有断裂构造交点为 2，其余(不清)为 0	
4	与成矿有关的中生代岩浆岩	发育为 2，其余(不清)为 0	
5	与成矿有关的中生代脉岩	发育为 2，一般为 1，其余(不清)为 0	
6	矿化石英脉	有矿化石英脉为 2，有石英脉为 1，没有石英脉为 0	
7	围岩蚀变	有蚀变为 2，无蚀变为 0	
8	金矿(化)点	有两个以上矿点或一个矿床为 2，一个矿点为 1，没有为 0	
9	航磁化极异常	△T≥100nT 为 1，△T<100nT 为 0	
10	航磁化极异常垂向一阶导数	△Tz≥9.5nT/m 为 1，△Tz<9.5nT/m 为 0	上延 1km
11	布格重力异常	△G≥22×10^{-5} m/s² 为 1，△G<22×10^{-5} m/s² 为 0	
12	布格重力异常垂向一阶导数	△Gz≥0.4×10^{-9}/s² 为 1，△Gz<0.4×10^{-9}/s² 为 0	上延 1km
13	地球化学 Au 异常	Au 异常≥2.4×10^{-9}为 2，<2.4×10^{-9}(或无)为 0	
14	地球化学 Ag 异常	Ag 异常≥121×10^{-9}为 1，<121×10^{-9}(或无)为 0	
15	地球化学 Bi 异常	Bi 异常≥0.4×10^{-6}为 1，<0.4×10^{-6}(或无)为 0	
16	地球化学 Cd 异常	Cd 异常≥93×10^{-6}为 1，<93×10^{-6}(或无)为 0	
17	地球化学 Hg 异常	Hg 异常≥18×10^{-9}为 1，<18×10^{-9}(或无)为 0	
18	黄金重砂异常	有异常为 2，无异常为 0	

表 9-10　张八岭区金矿评价预测应用"多元信息统计回归法"计算记录表

序号	变量名称	赋值系列	备注
1	变质地层	西冷组为2，其它为0	
2	控矿构造	有近S-N(含NNE)向断裂为2，E-W(含NW)，NE向断裂为1，其它为0	
3	断裂构造交点	有断裂构造交点为2，其余(不清)为0	
4	与成矿有关的中生代岩浆岩	发育为2，其余(不清)为0	
5	与成矿有关的中生代脉岩	发育为2，一般为1，其余(不清)为0	
6	矿化石英脉	有矿化石英脉为2，没有矿化石英脉为1，没有石英脉为0	
7	围岩蚀变	有蚀变为2，无蚀变为0	
8	金矿(化)点	有两个以上矿点或一个矿床为2，一个矿点为1，没有为0	
9	航磁化极异常	$\triangle T\geqslant 100nT$ 为1，$\triangle T<100nT$ 为0	
10	航磁化极异常垂向一阶导数	$\triangle Tz\geqslant 9.5nT/m$ 为1，$\triangle Tz<9.5nT/m$ 为0	上延1km
11	布格重力异常	$\triangle G\geqslant 22\times10^{-5}m/s^2$ 为1，$\triangle G<22\times10^{-5}m/s^2$ 为0	
12	布格重力异常垂向一阶导数	$\triangle Gz\geqslant 0.4\times10^{-5}/s^2$ 为1，$\triangle Gz<0.4\times10^{-5}/s^2$ 为0	上延1km
13	地球化学Au异常	Au异常$\geqslant 2.8\times10^{-9}$为2，$<2.8\times10^{-9}$(或无)为0	
14	地球化学Ag异常	Ag异常$\geqslant 132\times10^{-9}$为1，$<132\times10^{-9}$(或无)为0	
15	地球化学As异常	As异常$\geqslant 12\times10^{-6}$为1，$<12\times10^{-6}$(或无)为0	
16	地球化学Bi异常	Bi异常$\geqslant 0.4\times10^{-6}$为1，$<0.4\times10^{-6}$(或无)为0	
17	地球化学Cd异常	Cd异常$\geqslant 110\times10^{-9}$为1，$<110\times10^{-9}$(或无)为0	
18	地球化学Hg异常	Hg异常$\geqslant 48\times10^{-9}$为1，$<48\times10^{-9}$(或无)为0	
19	黄金重砂异常	有异常为2，无异常为0	

表 9-11　滁县区金矿评价预测应用"多元统计回归法"计算记录表

序号	变量名称	赋值系列	备注
1	早古生代地层	灯影组中段、珠郎山组为2，上双口组为1，其它为0	
2	控矿构造	有NNE向断裂构造为2，其它为0	
3	断裂构造交点	有断裂构造交点为2，其余(不清)为0	
4	与成矿有关的中生代岩浆岩	发育为2，其余(不清)为0	
5	与成矿有关的中生代脉岩	发育为2，其余(不清)为0	
6	矿化石英脉	有矿化石英脉为2，没有矿化石英脉为1，没有石英脉为0	
7	岩体接触带	有岩体接触带为1，其余为0	
8	围岩蚀变	有蚀变为2，无蚀变为0	
9	金矿(化)点	有两个以上矿点或一个矿床为2，一个矿点为1，没有为0	
10	航磁化极异常	$\triangle T\geqslant 100nT$ 为1，$\triangle T<100nT$ 为0	
11	航磁化极异常垂向一阶导数	$\triangle Tz\geqslant 9.5nT/m$ 为1，$\triangle Tz<9.5nT/m$ 为0	上延1km
12	布格重力异常	$\triangle G\geqslant 22\times10^{-5}m/s^2$ 为1，$\triangle G<22\times10^{-5}m/s^2$ 为0	
13	布格重力异常垂向一阶导数	$\triangle Gz\geqslant 0.4\times10^{-5}/s^2$ 为1，$\triangle Gz<0.4\times10^{-5}/s^2$ 为0	上延1km
14	地球化学Au异常	Au异常$\geqslant 2.1\times10^{-9}$为2，$<2.4\times10^{-9}$(或无)为0	
15	地球化学Ag异常	Ag异常$\geqslant 121\times10^{-9}$为1，$<121\times10^{-9}$(或无)为0	
16	地球化学As异常	As异常$\geqslant 12\times10^{-6}$为1，$<12\times10^{-6}$(或无)为0	
17	地球化学Bi异常	Bi异常$\geqslant 0.4\times10^{-6}$为1，$<0.4\times10^{-6}$(或无)为0	
18	地球化学Cd异常	Cd异常$\geqslant 93\times10^{-9}$为1，$<93\times10^{-9}$(或无)为0	
19	地球化学Hg异常	Hg异常$\geqslant 48\times10^{-9}$为1，$<48\times10^{-9}$(或无)为0	
20	黄金重砂异常	有异常为2，无异常为0	

(三)计算结果

通过在ArcView平台下进行安徽东部地区金矿资源量评价预测的计算，取得了较为满意的结果。三个分区的相关系数分别为0.8956、0.9918、0.9073，基本上符合实际情况。根据计算结果所绘制的成果图见图9-21、图9-22、图9-23所示。

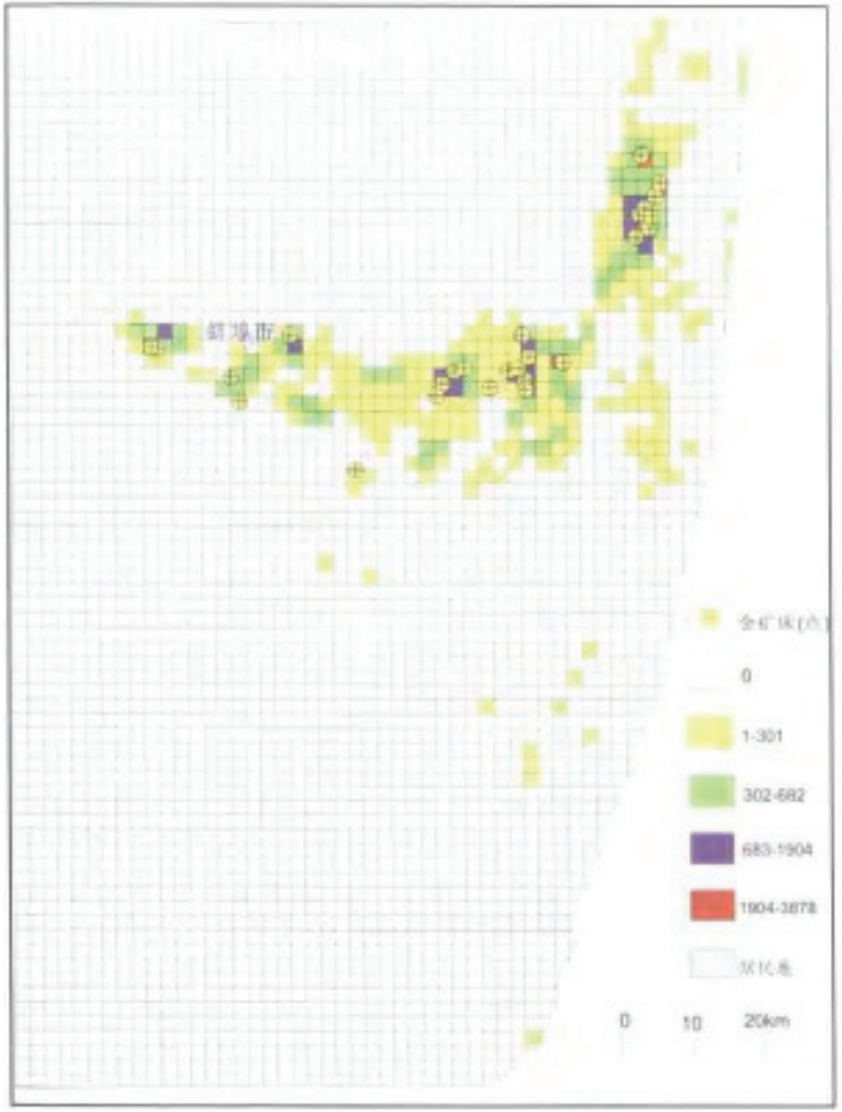


图 9-22　张八岭地区金矿储量评价预测成果图(2km×2km 网格)

注:Au 以 kg 为单位。



图 9-21　五河-蚌埠-凤阳地区金矿资源量计算成果图(2km×2km)

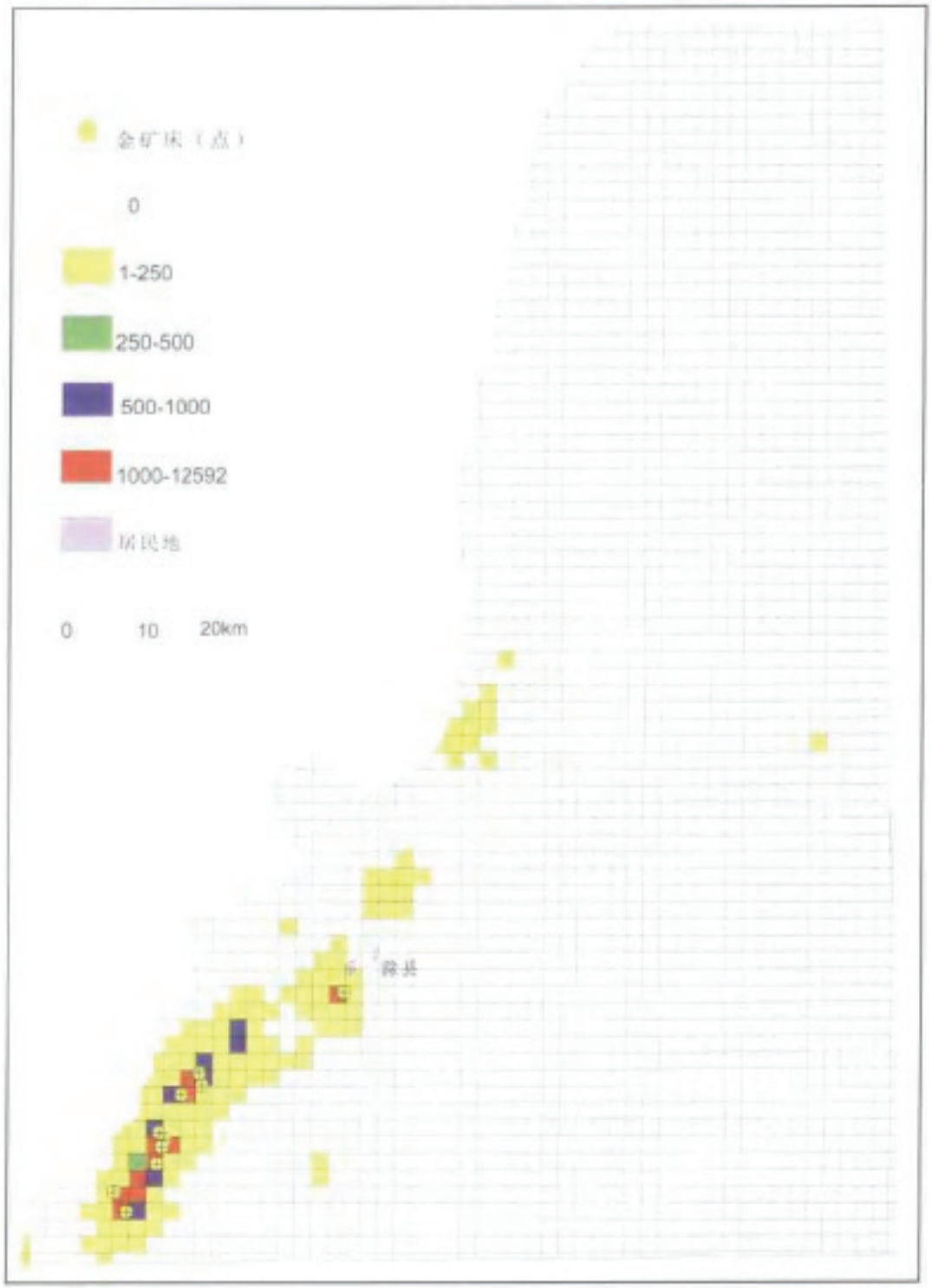


图 9-23　陵县地区金矿储量评价预测成果图(2km×2km 网格)

注：Au 以 kg 为单位。

第四节　成矿远景分析及预测评价

前已叙述，本次评价采用的基础图件主要是1∶200000地质图。由于应用专项研究及1∶50000区调资料和勘查研究成果，对地质图进行了修编和预处理，其精度相当于1∶100000比例尺。根据以往工作经验，中比例尺成矿预测(1∶200000～1∶100000)适用于Ⅲ、Ⅳ级成矿区内进行。在Ⅳ级成矿区内所预测的远景区我们称之为Ⅴ级找矿远景预测区。

一、成矿单元划分

参照《固体矿产成矿预测基本要求》(地质矿产部，1990)，结合安徽东部地区区域地质矿产研究资料，区域成矿单元可划分为Ⅴ级。全球性成矿带为Ⅰ级，如环太平洋成矿域；属同地质构造单元、跨省的成矿带为Ⅱ级，如华北陆块南缘Au、S成矿带($Ⅱ_1$)、大别—苏鲁Au成矿带($Ⅱ_2$)、长江中下游Cu、Au、Fe、S成矿带($Ⅱ_4$)；区域成矿条件相同，并有较大展布范围的成矿带为Ⅲ级，如五河-蚌埠-凤阳Au成矿亚带、张八岭Au成矿亚带、安徽沿江Cu、Fe、Au、S成矿亚带；由同一成矿作用形成的矿田(床)分布区为Ⅳ级，如五河Au成矿区($Ⅳ_1$)、蚌埠-怀远Au、Ag多金属成矿区($Ⅳ_2$)、凤阳Au、Ag多金属成矿区($Ⅳ_3$)、管店—章广Au成矿区($Ⅳ_5$)、屯仓—马厂Au、Cu成矿区($Ⅳ_6$)。在上述Ⅳ级成矿区内进行找矿远景预测并划分为Ⅴ级找矿远景区(见图9-24)。

二、找矿远景分析及预测

前已叙述，本次找矿远景预测是在圈定Ⅳ级成矿区基础上进行的。

Ⅳ级成矿区的圈定，主要依据应用后验概率法计算的数值，并结合区域成矿规律及找矿综合信息模型。圈定Ⅳ级成矿区条件是：以出现后验概率值Ⅰ、Ⅱ级网格单元为主，Ⅲ网格单元可作为成矿区边界；成矿作用和找矿规律已基本了解，区内矿床类型及矿化特征已基本掌握。各类地质找矿信息显示可以构成独立成矿区，具有找矿前景。

Ⅴ级找矿远景区的圈定是在Ⅳ级成矿区范围内进行的。其基本条件是：①后验概率以Ⅰ级网格单元为主；②控矿因素及成矿规律已基本了解；③各类地质找矿信息显示具有一定找矿潜力；④地质工作程度和地质研究程度可以满足或基本满足找矿预测的需要；⑤可以建立地质找矿信息模型，并能应用模型指导和进行成矿预测评价。

我们根据上述基本条件具备程度、预测依据是否充分、资源潜力大小等条件，经过综合分析和对比研究，圈出的Ⅴ级找矿远景区(预测区)分为A、B、C三类。

A类：预测条件具备，预测依据充分，资源潜力大或较大，主攻方向明确，可优选安排地质找矿工作。

B类：预测条件基本具备，有一定依据，并具有一定找矿潜力，可以安排一定地质工作。

C类：具备一定条件和依据，但找矿潜力并不十分明朗，需进一步检索，可以安排一定地质工作进行查证。

按照上述条件，在前人工作基础上，经过研究分析，共圈定15个Ⅴ级找矿远景预测区，A、B、C类预测区分别占预测区总数的50%、38%、12%(图9-25)，其中预测的新区约占总预测区的43%。本次预测的找矿远景区为安徽东部地区找金提供了重要依据。并指出了找

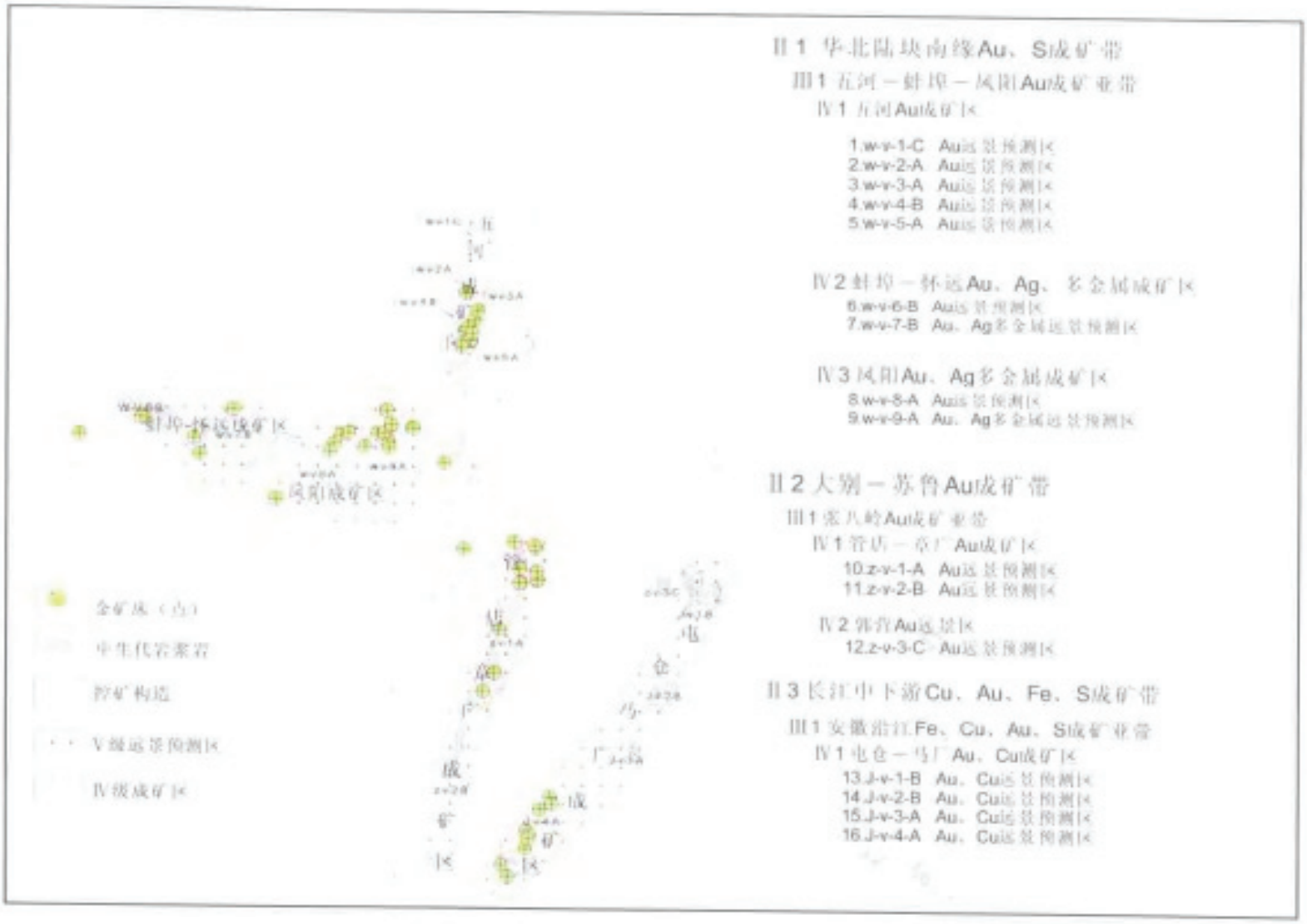


图 9-24 安徽东部地区 Au 成矿区、远景预测区分布示意图

矿方向。

第五节　评价方法评述及今后工作建议

安徽东部地区金矿资源GIS评价工作实践证明，GIS是当今金矿资源评价较为理想工具和手段，其应用必将改变过去的传统评价方法。从矿床定位预测来说，本次采用ArcView为平台挂接的"证据权"法数学模型适用于安徽东部地区金矿产出地质条件与成矿规律，通过与应用"成矿规律"法联合预测评价，圈定了区内A级成矿区，预测了一批找矿远景区，取得了理想的效果。从金矿资源量预测来说，本次首次用与ArcView挂接的"多元信息统计回归法"进行定量预测，获得了各主要成矿区段的潜在资源量，达到了预测目的。

上述评价方法应用结果说明，金矿资源应用"证据权法"、"多元信息统计回归法"与"区域成矿规律法"联合进行预测(简称"WMR"法)是正确的、可行的。通过评价取得了一批重要成果。

评价资料充分显示，安徽东部地区找金有利地区为华北陆块南缘五河、凤阳成矿区；张八岭构造带内管店—章广成矿区及扬子陆块北缘屯仓—黄栗树—马厂成矿区，其中尤以五河、凤阳、黄栗树—马厂成矿区段为最佳。因此上述地区应为找矿突破的首选地区。

安徽东部地区找Au的主攻对象在华北陆块南缘，主要有含Au石英脉型和破碎带蚀变岩型，以及二者叠加的复合型金矿床。尤其要注意近S N向、NNE向韧脆性剪切带中金矿，因为这些金矿产出地质条件和矿化特征与胶北地区金矿相似。在张八岭构造带内，主攻对象是破碎带蚀变岩型，尤其注意NE向与近S—N向构造交汇地带。在扬子陆块北缘的主攻对象主要是卡林型金矿和夕卡岩型金铜矿，前者往往产在NE向与近S—N向断裂交汇部位，受推覆构造和平移剪切双重构造控制，具有良好找矿前景。在滁县黄道山、屯仓区主攻对象应为夕卡岩型金铜矿床，具有较好的找矿前景。

评价资料表明，安徽五河—凤阳成矿亚带金矿产出地质条件及矿化特征与胶北地区金矿基本相似，具有良好的找矿前景。但以往议论较多的问题是该区热动力不足，难以形成大型金矿床。通过本次研究和野外观察，过去所确定的太古代混合花岗岩实际上有许多产地应为中生代二长花岗岩及花岗岩，尤其在荣渡地区钻孔中见有较厚的中生代闪长岩体(未见底)很值得我们重视。此外，五河成矿区内与成矿有关的中生代中酸性脉岩十分发育。由此说明，该区岩浆作用是强烈的。再从控矿容矿构造来说，五河、凤阳区主要是韧脆性剪切带和脆性断裂叠加，多呈近SW向、NNE向展布。通过地质工作可望有新发现。

凤阳成矿区，是寻找含金石英脉型和破碎带蚀变岩型金矿及多金属有利地区。在工作部署上要注意E W向构造带及其与近S-N向构造带交汇部位。

黄栗树地区找矿前景广阔。已知金矿点和矿化点分布较多，金矿成矿条件十分有利。地球化学Au元素与其相关元素异常显示为Au矿化富集有利地段，该区成矿条件显示，寻找卡林型金矿(即层间破碎热液型金矿)有望有新突破。

另外，张八岭区内管店—章广一带，石英脉型金矿和破碎带蚀变岩型金矿亦有好的找矿前景，通过进一步地质工作，有望新进展。

总之，安徽东部地区金矿资源GIS评价已获得初步成功。通过评价，预测了一批找矿远景区，对全区金矿资源潜力作出了评估；与此同时探索和总结了矿产资源GIS评价方法与

工作流程，为进一步应用GIS进行矿产资源评价提供了经验。可以预料，随着GIS广泛应用，矿产资源GIS评价技术将会得到更新更高的发展。

结　语

应用GIS进行安徽东部地区金矿资源评价，较深入地综合分析研究了金矿成矿地质背景、矿化特征、控矿因素及成矿规律，评价预测了一批找矿远景区，提出了找矿方向，并对金矿资源潜力进行了评估。与此同时，探索和总结了GIS应用于矿产资源评价方法和工作流程，取得了较好的成果。

通过评价研究，将区内划分三个Ⅰ和Ⅱ构造单元，它们分别为华北陆块蚌埠隆起带、大别-苏鲁造山带张八岭构造带及扬子陆块前陆带。进一步厘定郯-庐断裂带东支嘉(山)-池(河)、太(湖)断裂及黄(渠树)-破(凉亭)断裂作为它们的分界。对于黄-破断裂作为张八岭构造带与扬子陆块分界的主要依据是：①现场观察及各项资料显示，它是一条具有一定规模的断裂，并控制中生代岩浆活动，形成NE向构造—岩浆成矿带；②它的西侧以冲断作用为主，东侧形成一系列薄皮构造，龙王尖一带发育完好的滑脱构造为一例证；③黄-破断裂在印支期表现为多条冲断层，构成一条具有一定规模的冲断带。区内Ⅱ级构造单元分别控制五河-蚌埠—凤阳Au成矿亚带、管店-章广Au成矿带和马厂—屯仓Au、Cu成矿亚带的分布。

综合分析资料认为：五河-蚌埠—凤阳地区变质镁铁岩系，主要由角闪岩、斜长角闪岩、辉石岩、蛇纹岩及角闪片岩岩组成。其Au平均含量高于其它变质表壳岩系数倍，显示为金的富集矿源层和重要赋矿层位，其时代归属为新太古界西湖堆组，张八岭构造带内新元古界西冷组原岩为一套典型具双峰式特征的细碧岩—石英角斑岩建造，为张八岭区赋矿层位。扬子陆块北缘震旦系灯影组中上段及寒武系娘娜山组为滁县—马厂区内重要含矿地层，岩石组合为泥质砂岩、泥质灰岩、白云质灰岩、条带状灰岩、灰岩等。Au元素平均含量高于其它地层数倍~10倍以上。

现已查明，区域性断裂对岩浆成矿控制作用十分明显。郯-庐断裂带中朱顶-石门山断裂基本控制了五河地区中生代岩浆岩分布，形成朱顶—大巩山岩浆成矿带；嘉山-太湖断裂控制了管店—章广中生代岩浆岩，形成了管店—章广岩浆成矿带；黄-破断裂基本控制了扬子陆块北缘Au、Cu成矿带，形成屯仓—马厂岩浆成矿带。在前人研究资料基础上，经过再次研究和现场观察，确认张八岭地区和扬子陆块北缘存在SN向管店-龙王尖断裂带，它与NNE和NE向断裂交汇处，为金矿化相对富集地区；蚌埠隆起区内呈近E-W向分布的刘府断裂和黄家湾断裂亦为主要控岩控矿构造，当NNE向断裂与该方向断裂交汇处，一般为金的富集区。

区内控矿容矿构造清晰。五河—蚌埠—凤阳地区主要为早期韧性剪切带叠加晚期脆性或韧脆性断裂控矿，张八岭地区金矿化主要受两组韧脆性剪切带控制，而扬子陆块北缘Au、Cu矿化则为层间剪切滑脱和断裂联合控制。

构造地球化学场研究资料显示，蚀变岩型金矿的产出状态与构造作用十分密切，常量元素、微量元素含量变化与构造变形强度相关性很好，反映韧变形构造区最有利于矿化的富集。管店-龙王尖地区资料显示S-N向区域性断裂不仅是成矿热液的通道，而且提供了矿

化剂 Au 元素。

现初步查明，区内与成矿有关的岩浆岩主要为中生代侵入岩。主要有：蚌埠隆起区内钙碱性花岗岩系、张八岭地区深熔花岗岩系、以及扬子陆块北缘高钾闪长岩系。值得提出的是蚌埠隆起区内中生代花岗岩，前人资料归并为前寒武纪混合花岗岩或为混合片麻岩，未将变质表壳岩与变质侵入岩区分开来。经过此次研究及与胶北地区资料对比，将其中部分地区混合花岗岩厘定为中生代花岗岩，而且显示与成矿关系十分密切，是区内重要控矿因素。在本次研究中，还在荣渡地区第四系覆盖区，发现普查钻孔内，存在巨厚的中生代闪长岩。五河地区与成矿有关的中生代脉岩亦十分发育。由此说明五河－蚌埠－凤阳地区中生代岩浆活动强烈，为成矿的有利条件。

区内地球物理场多以重高、磁中高场出现。反映了变质基底和岩浆岩的分布，区内地球化学 Au 元素异常均有反映，其中五河－凤阳地区及黄渠树－马厂地区反映较好，Au 异常等值线形态及分布方向大致与金矿化带分布一致，高异常区与金矿床(点)分布对应性较好。与 Au 元素相关性较好的元素有 Cd、Ag、As、Hg、Sb、Bi，其中以前三种元素相关性为最好。

遥感地质解译成果资料显示区域性控岩控矿构造，并显示黄渠树、郭营等地区可能存在隐伏岩体。为金矿预测提供了重要信息。

区内矿化系列主要有：①岩浆矿化系列，又分为与深熔花岗岩有关的 Au 矿化亚系列和与同熔型高钾闪长岩类侵入岩有关的 Au、Cu、Pb、Zn、Ag 矿化亚系列；②复合矿化系列。指同生沉积矿化基础上岩浆热液叠加改造形成的矿化；③沉积矿化系列。又分为第四系冲积物或残坡积砂 Au 矿化亚系列和白垩纪地层中河湖相堆积 Au 矿化亚系列。④风化淋滤矿化系列。以前两种矿化系列为主。

金矿床类型主要有：石英脉型金矿、破碎蚀变岩型金矿、卡林型金矿(破碎带热液型金矿)、夕卡岩型金矿和砂金矿。以前三种类型为最有找矿前景。后二者为伴生矿和砂矿。

评价结果表明，GIS 应用于矿产资源评价，不仅可以将空间数据和属性数据有机结合起来，在计算机辅助下对地质、物化遥等信息有强大管理和综合分析能力，而且对空间数据分析具有高效、快捷、准确的功能，可以满足多源地学数据综合处理和评价需求。是当今较为理想的资源评价工具和手段。

矿产资源 GIS 评价的基础是要建设好地学空间数据库。安徽东部地区地学空间数据库建设大体经过基础资料准备、制定数字化图层及属性文件格式标准、划分图层、数字化图形与采集属性数据、编辑修改与拓扑处理、进行预处理、图幅拼接与属性数据合并、到地学空间数据库建立。工作流程中重要技术环节是标准化设计，基础资料应用和资料预处理。本次标准化设计按逻辑数据和专业数据分层，共设置 24 个图层和 38 个属性文件格式。应用的基础图件和数据，主要为 1∶20 万地质图、重磁异常图、自然重砂异常图及全区航卫片数据和金矿矿点数据。为适应评价需要，还编制了相关的辅助性图件。应用 1∶5 万地质调查及勘查、科研成果资料，对基础资料进行修编和预处理。本次建立的地学空间数据库共收录地理、地质、矿产、物探、遥感、自然重砂七类信息数据，分别以 Arc/Info 图层文件格式存储和以 DBF 属性文件格式存储。其信息量之大，数据之多，是前所未有的。安徽东部地区地学空间数据库建立，为本次评价奠定了扎实的基础。

本次评价工作实践证明，矿产资源 GIS 评价是一项较为复杂的系统工程。地学空间数据库建立后，即要进行图形数据与属性数据连接，开展空间分析，建立资源评价模型，确定地

质变量，正确应用评价数学模型和计算方法，进行矿床定位预测和资源潜力评估，提出评价成果和工作建议。整个评价工作是有序进行的。还应当提出，基于GIS具备强大空间分析功能和可视化操作等优点，应用和掌握空间分析技术要点，是资源评价取得成功的关键。鉴于本次评价工作注意和掌握了空间分析技术要点，从而有效地进行金矿资源评价，获得了较为理想效果。

正确建立资源评价模型和地质变量，是资源评价的技术核心。资源评价模型建立的基础是深入分析区域成矿地质背景、控矿因素和成矿规律，以及充分研究和提取物化遥信息。然而，评价模型的建立和所确定的地质变量，又必须得到图层的支持，这是因为应用GIS评价是靠图层数据驱动的，否则，GIS评价目的难以实现。本次评价工是注意到上述两个方面，从而使建立的评价模型和确定的地质变量在资源评价中发挥了重要作用。

依据区内金矿成矿条件和矿化特征，经过对比分析，本次采用的评价数学模型和计算方法是：应用ArcView接接的"证据权"法与应用"成矿规律"法结合进行矿床定位预测；应用与ArcView接接的"多元信息统计回归"法进行资源量预测。我们称之为"三法联合预测"(Weights of evidence method, Multiple information statistics regression method and Regional metallogenic law prognosis.)简称"WMR"法。经过此次实践，应用"WMR"法可以获得较为理想的效果。

"证据权"法软件由两部分组成，一是由ArcView平台Avenue开发的有关图层与属性表的输入、连接、空间叠加、文件转换等模型；二是用高级语言Visual Basic编成的EXE文件(EWP·EXE)，用来计算证据正负权值、相关系数和后验概率。经过计算对比分析，采用1km×1km计算网格是合理的。

"多元信息统计回归"法计算软件设计与"证据权"法相似，分为用Avenue编制的有关图层、用户属性表的输入、检索、统计、赋值等功能模块和Visual Basic编制的回归计算模型块两部分。

经过对比分析，本次资源量潜力评估采用的数学模型是利用幂函数回归方程，依据区内地质、物化探与矿化相关关系，将参加预测的所有地质变量划分为正相关、次相关、不相关(或不清)三大类，分别赋予－2、＋1、0值。与成矿不利的地质因素舍去，同时将预测区分成规则的网格(2km×2km)，构成了地质变量相对网络单元的矩阵，对该矩阵采用矢量长度法进行特征分析，获得各网格单元的成矿有利度，进而由已知矿床(点)的储量回归计算出各单元的金矿资源量。

"区域成矿规律"法是依据金矿成矿规律及找矿标志进行预测，再结合"证据权"法计算的后验概率值圈定成矿区和找矿远景区。

本次评价预测的找矿远景区，是在圈定Ⅳ级成矿区的基础上进行的，我们称之为Ⅴ级找矿远景区。由于应用1∶5万区调资料和科研、勘查成果资料对评价基础资料进行了修编和预处理，其评价预测精度实际相当1∶10万比例尺。

通过评价预测，对全区金矿资源潜力作了评估，开拓了新的找矿思路，评价预测了一批找矿远景区。这些找矿远景区，尤其是预测的新区，经过查证和地质工作，可望有新发现和新突破。

评价结果表明，安徽东部地区找金有利地区为华北陆块南缘五河—凤阳区、张八岭构造带内管店—章广成矿区及扬子陆块北缘屯仓—马厂成矿区。其中尤以五河、凤阳、黄栗树成

矿区段为最佳。因此，应为找金新突破的首选地区。

评价资料还表明，安徽东部地区找金的主攻对象，在华北陆块南缘，主要有含金石英脉型和破碎带蚀变岩型，以及二者叠加的复合型金矿床。尤其要注意近S-N向、NNE向韧性—韧脆性剪切带中金矿。在张八岭构造带内，主攻对象是破碎带蚀变岩型，尤其注意NE向与近S N向构造交汇地带。在扬子陆块北缘的主攻对象主要是卡林型金矿和夕卡岩型金铜矿，前者往往受推覆构造和平移剪切双重构造控制，矿化范围大。

本次评价实践进一步证明：应用GIS进行资源评价，是当今较为理想的评价手段和方法，它必将改变和代替传统的资源评价方法。可以预料，随着GIS技术进一步推广与广泛应用，我国应用GIS技术将会发展到更高更新水平。

参考文献

1. 安徽省地质矿产局. 安徽省区域地质志. 北京：地质出版社，1987
2. 安徽省地质矿产局. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京：地质出版社，1988
3. 安徽省地质矿产局. 安徽省岩石地层. 武汉：中国地质大学出版社，1997
4. 王晓平等. 硅同位素地球化学. 北京：地质出版社，1991
5. 郭达志等. 地理信息系统基础与应用. 北京：煤炭工业出版社，1997
6. 高怀忠等. 北塔山金矿床成矿流体成因及金沉淀机制探讨. 矿床地质，1999
7. 黄德志、邱瑞龙等. 安徽省嘉山管店—金银龙干尖断裂的厘定和构造岩透射电镜分析及地质意义. 地质论评，2001
8. 吴北玲等. 山东玲珑和郭家山岩体的同位素年龄及其地质意义. 岩石学报，1987
9. 刘英俊等. 元素地球化学. 北京：科学出版社，1984
10. 李马年等. 火成岩微量元素岩石学. 武汉：中国地质大学出版社，1992
11. 秦世伟、陈毓迪等. 金矿床地质及找矿方法. 成都：四川科学技术出版社，1987
12. 罗镇富等. 中国金矿床概论. 北京：天津科技出版社，1993
13. 毛智民等. 实用地理信息系统的设计与实现. 成都：西安地图出版社，1995
14. 邱瑞龙等. 华北陆块东南缘蚌埠地区侏罗山岩体同位素年龄及其地质意义. 安徽地质，1999
15. 裴有宗等. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件. 沈阳：辽宁科技出版社，1988
16. 万天丰、朱鸿等. 郯庐断裂带的形成与演化. 现代地质，1996
17. 曹志旺. 五河朱顶富金矿的成矿特征及控矿因素. 安徽地质，1998
18. 福尔·G. 同位素地质学原理(潘曙光、乔广生译). 北京：北京科技出版社，1983
19. 黄学勇. 小秦岭金河窑金矿床的形成条件与成矿规律研究. 黄金，1999
20. 邱瑞龙. 安庆月山含钾火长岩岩石学特征及岩石成因探讨. 地质论评，1992
21. 邱瑞龙. 张八岭地区金矿地质及矿床地球化学特征. 矿床地质，1998
22. 徐嘉伟、郑城. 响江平移断裂系统. 构造地质论丛(3). 北京：地质出版社，1984

THE APPRAISAL OF GOLD RESOURCES IN THE EASTERN PART OF ANHUI PROVINCE BY USING GIS

(ABSTRACT)

Tang Yongcheng, Cao Jingping, Gao Zhanghong *et al.*

1. INTRODUCTION

The appraised district lies in the eastern part of Anhui Province. Occupying an area of 20000 square kilometers around Wuhe and Chuzhou, it is equivalent to four 1 : 200000 regional surveying sheets of Bengbu, Dingyuan, Nanjing and Xuyi. It spans from the Bengbu uplift zone on the southern margin of the North China landmass, through the Zhangbaling tectonic zone of the Dabie Sulu orogen, to the foreland zone of the northern margin of the Yangtze landmass. The ore-bearing strata are the Presinian metamorphic mafic rock series, meta-volcanics and the early Palaeozoic carbonate rocks. In the area the Mesozoic granites related to metallogenesis are plenty and the Au mineralized zones controlled by ductile and ductile-brittle shear zones are widespread. It is one of important gold metallogenic areas in Anhui Province. Tens of gold ore spots have been discovered. The known mineralization types include quartz vein type, fracture alteration zone type (or the compound one of the two), Carlin-type and skarn type, of which the first three types are dominant. GIS was first used to appraise gold resources in the district in 1998. This research gives an appraisal of the gold resources and their potential based on Arc/Info and ArcView platforms as well as 1 : 200000 regional geological surveying, remote sensing, geophysical prospecting and geochemical exploration data in the district. The study has been proved successful.

2. SETTING UP GEO-SPATIAL DATA BANK

To set up geo-spatial data bank is the basic work for appraisal of gold resources. Generally, it involves in fundamental information preparation, writing standards, graph layer division, graph digitizing , collection of attribute data, edition, topological treatment, pretreatment, graph splicing, incorporation of attribute data and the final establishment. In the work flow chart standardization design, fundamental information application and information pretreatment are important technical links. The layers are divided according to logic data and specific data. Total 21 graph layers and 38 attribute file forms are set up. The applied fundamental figures and data consist of 1 : 200000 geological map, 1 : 200000 Bouguer gravity data and anomaly contour diagram, 1 : 200000 acro-magnetic data and magnetization polarity contour diagram, the aerial and satellite photograph data(TM photo and color infrared aero-photo), 1 : 200000 natural heavy concentrate anomaly, and the gold ore spots data for the district. For acquiring more ore-prospecting information we have compiled supplementary maps(1 : 200000) such as the tectonics framework, remote sensing geological interpretation and catch-basins. The gravity and magnetic anomaly diagrams are subject to 1km, 5km, 10km and 20km extension as well as four horizontal directions(0°, 45°, 90° and 135°)of first-order derivative and vertical first-order and second-order derivative calculations. The fundamental information is revised and pretreated by using the 1 : 50000 regional geological surveying and the latest scientific research result information concerned with some areas. The geo-spatial data bank of the eastern part of Anhui includes seven aspects: geographic, geological, mineral resource, geophysical prospecting, geochemical exploration, remote sensing and natural heavy concentrate information data. They are stored in the form of Arc/Info graph layer file producing 130 files, and stored in the form of DBF attribute file producing 140 data files. The large quantity of information and data are unprecedented. The data bank lays a solid foundation for the appraisal work.

3 THE APPRAISAL OF RESOURCES

3.1 The appraisal process and spatial analysis

The appraisal of mineral resources is a complex systems engineering. After setting up geo-spatial data bank a series of work will be conducted such as connecting vector data with attribute data, spatial analysis, resource appraisal modeling, determination of geological variables, proper use of mathematics model for appraisal, ore deposit location prognosis and resource potential evaluation, and putting forward appraisal result and work suggestion. The whole appraisal work is undertaken orderly.

Based on the powerful spatial analysis function of GIS and combined with the ore-forming geological condition of the district, the spatial analysis has applied following key technical points:

(1) Associating lithostratigraphic graph layer and special lithologic bed with geo-chemical graph layer to find out ore-bearing strata and determine the major producing formation;

(2) Associating fracture (zone) and ductile deformation zone structural graph layer with magmatic rocks and mineral resources to interpret the relationship of the structure with the rocks and mineralization, and find out the relationship of Au mineralization with structure and rectify rock-control and ore-control structures;

(3) Associating intrusive rock graph layer with tectonic graph layer as well as geophysical prospecting, geochemical exploration and remote sensing graph layers to infer hidden intrusive body, then associating (stacking) it with geochemical graph layer to find out the relationship of magmatism with metallogenesis and determine the ore-forming specialization of magmatic rock as well as disgenetic and metallogenic series;

(4) Associating wall rock alteration graph layer with intrusive rock graph layer, then stacked by mineral resource graph layer to find out the relationship of major alteration type with mineralization;

(5) Associating basement metamorphic rock series graph layer, Bouguer gravity anomaly graph layer, vertical gravity first-order derivative graph layer and airborne magnetization polarity anomaly graph layer with the airborne magnetization polarity anomaly vertical first-order derivative graph layer, then stacked by mineral resource graph layer to infer hidden basement, find out the relationship of gold ore with the basement, infer hidden producing formation and analyze the source bed of gold ore;

(6) Associating catch-basins graph layer with ore deposits (spots), geo-

chemical exploration and heavy concentrate anomalies, then stacked by them to analyze and infer gold ore producing sites;

(7) Associating geological and mineral resource information graph layers with heavy concentrate, geophysical exploration, geo-chemical exploration and remote sensing anomalies graph layers. Bouguer gravity vertical first-order derivative anomaly, airborne magnetization polarity first order derivative anomaly. geo-chemical Au series element anomaly and catch-basins graph layers. then stacked by the latter to analyze the distribution law of gold ore;

(8)Associating gold ore deposit (spot) graph layer with producing formation, ore-control structural graph layer, intrusive rock graph layer, wall rock alteration graph layer, geophysical exploration, geo-chemical exploration and remote sensing anomalies graph layers to analyze gold metallogenic law and set up appraisal model;

(9)Choosing proper mathematics appraisal model for prognosis and evaluation of resources.

3.2 The appraisal model and geological variable

Proper resource appraisal modeling and determination of geological variable are the core of resource appraisal. The established appraisal model is based on deeper analysis of regional metallogenic geological setting, ore- control factors and metallogenic law, a thorough study and extraction of geophysical exploration, geo-chemical exploration and remote sensing information. However, appraisal modeling and geological variable determination must be supported by graph layer information because the appraisal by using GIS is driven by graphic data. The process of appraisal is an integrated analysis of graph layer data by appraising staff with the aid of GIS. Otherwise, it is hard to fulfill the purpose of appraisal and prognosis with GIS. These two points have been considered in our appraisal work. So the established appraisal model and determination of geological variable play a very important role in appraisal of resources.

3.3 The mathematics model for appraisal and calculation method

Based on the gold metallogenic conditions and mineralization features, the applied mathematics model for appraisal and calculation methods are "weighted evidence method" linked to Arcview in combination with "regional metallo-

genic law prognosis method" for prognosis of ore deposit location, and "multiple information statistic regression method" linked to Arcview for prognosis of resources.

The "weighted evidence method" software consists of two parts. One is the graph layer and the attribute tables' input, linking, spatial stacking, file transfer, etc. modules developed on Avenue of the Arcview platform. The other is the EXE file (EWP.EXE)formed in Visual Basic. It is used for calculation of the positive and negative weighted values, correlation coefficient and posterior probability of evidence . Through analysis and comparison, the calculation grid is chosen as 1km × 1km.

The design of "multiple information statistic regression method" software is basically similar to that of "weighted evidence method". It is composed of the graph layer, the user's attribute table's input, retrieval, statistics, given value, etc. Function modules developed on Avenue, and of regression calculation model. Taking the Chuxian area as an example for analysis and correlation, we choose power function regression equation for calculation.

Generally, we apply "weighted evidence method" in combination with "regional metallogenic law prognosis method" for prognosis of ore deposit location. The practice is based on regional metallogenic law and ore-prospecting marker for prognosis and to delimit Ⅳ-grade metallogenic domain and Ⅴ-grade ore-prospecting prospective domain with the posterior probability value calculated by "weighted evidence method".

4 THE APPRAISAL RESULT AND WORK SUGGESTION

In our appraisal work 1 : 50000 scale regional surveying information and scientific results are used to revise and pre-treat 1 : 200000 scale geological map. So the prognosis precision reaches up to 1 : 100000 scale, on which Ⅳ-grade metallogenic domain and Ⅴ-grade ore-prospecting prospective domain are delimited.

The delimitation is mainly based on the posterior probability value obtained from calculation by "weighted evidence method" in combination with regional metallogenic law and integrated ore-prospecting information, then on the maturity of basic conditions for prognosis, the degree of prognosis and resource potential to divide the prospective domains into A,B and C types.

The finished prognostic prospective domains are 16, of which 8 in A type, 6 in B type and 2 in C type. There are also 7 new ones. The prognostic potential of gold resource is 200 tons. The result indicates that gold ore-prospecting potential exists in the eastern part of Anhui and new discovery and breakthrough will be realized by further reconnaissance and exploration in the prospective domains.

It is further indicated that the prospective domains include the Wuhe-Fengyang domain on the southern margin of North China Landmass, the Guandian-Zhangguang domain of the Zhangbaling tectonic belt and the Tunchang-Machang domain of the northern marginal Yangtze Landmass, of which the Wuhe, Fengyang and Huanglishu metallogenic sections are best and should be firstly chosen domains for the breakthrough of gold-prospecting work. The major targets include quartz vein type, fracture zone altered rock type gold ore or the compound one of the two the southern margin of the North China Land mass and inside the Zhangbaling tectonic belt, and the Carlin type and skarn type gold ore on the northern margin of the Yangtze Landmass. Of those large Carlin type gold ore deposit will be counted on. Based on the appraisal of gold resources we have concluded a method and work flow chart for appraisal of mineral resources by using GIS and accumulated experience for the coming work.