

钟姑山矿区铁矿床成因与成矿模式探讨

朱璋如

(冶金部华东地质勘查局 803 队·马鞍山市)

钟姑山铁矿床是一个受构造、地层和岩浆活动控制的大型铁矿床,在时空及成因上属于连续成岩成矿体系。笔者以研究资料为依据,认为该矿床属于中—偏高温热液充填型—(斑岩型)—低温热液型铁矿床,并建立了该区成矿模式图。

关键词 钟姑山矿区 铁矿床 矿床成因 成矿模式

矿区地质

钟姑山矿区位于宁芜断陷盆地西南侧,处于当(涂)姑(山)穹窿背斜的南段东翼,区内北北东向与北西西向两组断裂发育(图 1),严格控制了岩浆活动与矿化作用。

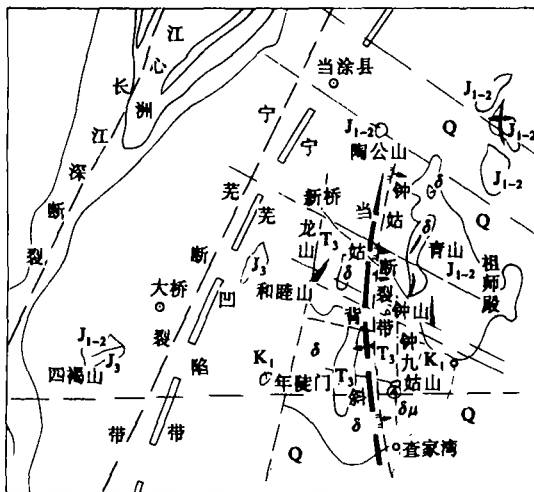


图 1 宁芜地区南段地质构造略图

Q₄—第四系; J₃—K₁—葛村组; J₁₋₂—象山群; T₃—黄马青组; δ_μ—辉长岩; δ—闪长岩

1. 地层

矿区出露和深部工程见到的地层,从老至新分布有三叠系青龙群灰岩(T₁₋₂)、黄马

青组砂页岩(T₃)、下侏罗统象山群中粗粒砂岩(J₁₋₂)及上侏罗—下白垩统葛村组(J₃—K₁),由火山碎屑岩与粉砂质粘土岩组成,并有孢子花粉及叶肢介化石分布(图 2)。

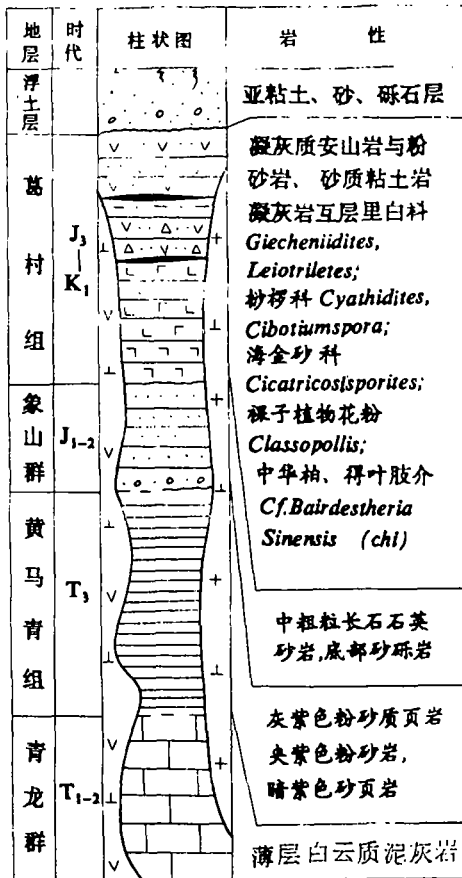


图 2 钟姑山矿区地层柱状图

本文 1992 年 5 月收到。

2. 构造

纵贯本区的为当(涂)姑(山)背斜,长轴北北东向,长约7km,背斜轴部地层为青龙群灰岩(T_{1-2}),两翼地层为黄马青组砂页岩(T_3)、象山群砂岩(J_{1-2})。两翼岩层倾角 $25^{\circ}\sim 32^{\circ}$ 。断裂构造发育,燕山运动早期以断裂为主,基本上是北北东向与北西西向的两组共轭断裂带,把本区分割成大小不等的岩块,如北北东向钟姑断裂带与北西西向横向断裂带。燕山运动晚期断裂构造基本上承袭早期构造轮廓。

钟姑断裂带:位于当姑背斜东翼,走向北北东,断层面向东倾,倾角 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$,长7~8km,宽600~700m,属逆断层,具压扭性特征及多阶段活动的特点,为含矿岩浆侵入充填有利部位。

横向断裂带:呈北西西向横贯钟姑山区,如姑山—年陡断裂、青山河断裂、青山街—和睦山断裂、白象山—和睦山断裂(见图1),大致北西西向延展,断层面向北倾,倾角为 $35^{\circ}\sim 75^{\circ}$,长约8km,宽500~700m。该断裂带具张扭性特征,切割了基底地层及北北东向构造带,具有多阶段活动的特点。说明本区横向断裂与纵向断裂为同一应力长期作用的产物。

3. 岩浆岩

本区构造发育,岩浆活动频繁,主要分布中偏基性—中偏碱性浅成闪长岩类。如安山玢岩、辉石闪长岩、钠长闪长岩等。上述岩体与铁矿床在时间与空间上关系密切。

矿床地质特征

钟姑山矿区已知有9个大中型铁矿床分布,且几乎毗邻相连。现以姑山、钟九铁矿床为例,将其地质特征简述如下。

1. 矿床赋存的地质条件

本区铁矿体均分布于中偏基性—中偏碱性岩体顶部与三叠系黄马青组砂页岩及青龙群灰岩接触带中,褶皱轴部及断裂带控制矿

体,矿化以充填胶结形式为主,近矿围岩及矿石中的围岩角砾无明显的交代现象。

2. 矿体形态、产状和容矿构造

由于矿体产于不同的构造部位,矿体形态多种多样。如姑山铁矿床赋存在背斜轴部内接触带,矿体呈似穹窿状,北、东、西三侧产状较陡,倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,而南侧较缓。矿体露头东西长约700m,在深部向外扩大,矿体一般厚50~100m,向深部沿接触带延伸(图3)。钟九铁矿体赋存于内、外接触带,断裂带内及不整合面部位,矿体呈似层状、脉状。地表矿体露头长800余米,厚20~60m,矿体走向北北东 $9^{\circ}\sim 11^{\circ}$,倾向南东(图4)。

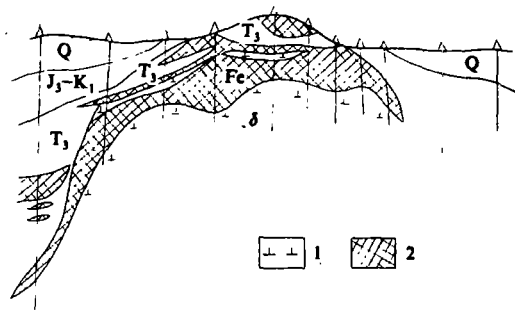


图3 姑山铁矿床7线地质剖面图

Q—第四系; J_3-K_1 —葛村组; T_3 —页岩; 1—辉石闪长岩; 2—铁矿体

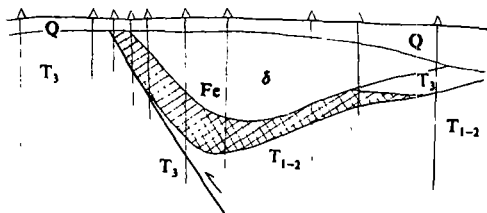


图4 钟九铁矿床3线地质剖面图

Fe—铁矿体; δ —闪长岩; T_{1-2} —灰岩(其余图例同图3)

3. 矿石矿物成分及其组合

本区矿石受晚期矿化蚀变作用的叠加和表生作用影响,由原磁铁矿变为假象赤铁矿或半假象赤铁矿。

矿石矿物主要有假象赤铁矿、半假象赤

铁矿、磁铁矿、镜铁矿、菱铁矿、针铁矿、穆磁铁矿（成矿晚期的板状磁铁矿）组成。偶见黄铁矿、黄铜矿。脉石矿物主要由石英（或玉髓）、磷灰石、高岭石、方解石、阳起石、金云母、楣石、铁碧玉、重晶石、独居石、天青石等组成。

矿石矿物组合有金云母—磷灰石—石英—磁铁矿；钠长石—磷灰石—白云母—磁铁矿；磷灰石—石英—磁铁矿；石英—假象赤铁矿。

矿石化学成分以 Fe、Si 的氧化物为主，其平均含量为： $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 53\%$ ， $\text{FeO} = 16.83\%$ ， $\text{SiO}_2 = 9.96\%$ ， $\text{TiO}_2 = 0.39\%$ ， $\text{V}_2\text{O}_5 = 0.14\%$ ， $\text{P}_2\text{O}_5 = 0.805\%$ ， $\text{S} = 0.056\%$ ， $\text{Cr} = 0.004\%$ ， $\text{Ni} = 0.002\%$ ， $\text{Co} = 0.0001\%$ 。

4. 矿石结构构造及自然类型

矿石的原生结构有自形、半自形结晶粒状、叶片状、板条状、蒿束状、显微斑状和交织状等结构；次生结构有替代假象、骸晶、反应边、他形结晶粒状等结构；有时见斑状和压碎状结构。

常见的矿石构造有块状、角砾状、网状、浸染状、条纹状、骨架状等构造。局部矿石可见菊花状构造、气孔—晶洞状构造。

根据矿石构造，本区铁矿石主要自然类型有块状矿石，大多为富矿石，占矿石总储量的 40%；角砾状矿石，以贫矿为主，约占矿石总储量的 30%；此外还有网脉状矿石、条纹（带）状矿石、骨架状矿石、变菊花状矿石等类型。

5. 蚀变与矿化

钟姑铁矿床围岩蚀变自下而上，深部为浅绿色蚀变带，蚀变矿物有钠长石、金云母、磷灰石、阳起石，并有叠加蚀变水云母化、绿泥石化、碳酸盐化；浅红色蚀变带，其蚀变矿物有钠长石、方柱石、透辉石、磷灰石，叠加蚀变碳酸盐化、方沸石化、水云母化等。近矿蚀变以高岭土化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化为主。其次是钾长石化、钠

长石化、金云母化、透辉石化，另外砂页岩角岩化、灰岩大理岩化也较发育。浅部蚀变带主要是硅化、高岭石化、泥化（蒙脱石化、水云母化）、碳酸盐化，其次为绢云母化、绿泥石化、绿帘石化等。

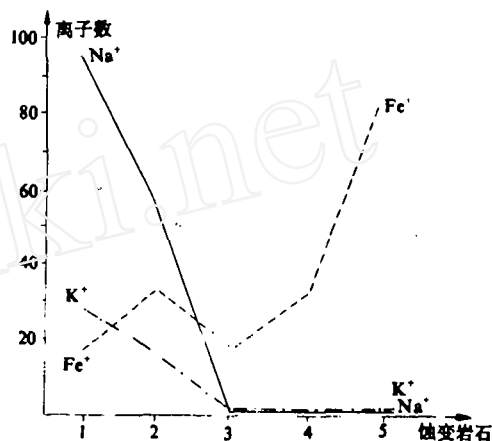


图 5 钟姑矿区蚀变岩石中主要元素的含量变化曲线

（横坐标为由新鲜辉石闪长岩，从深部往浅部蚀变的蚀变岩石种类）

本区围岩蚀变与矿化关系密切（图 5），钠长石化对围岩中铁质的迁移富集起重要作用。如辉石闪长岩由深部往浅部在蚀变过程中， Fe^{3+} 有规律地逐渐升高，而碱金属元素逐渐降低，表明对后期铁矿浆形成十分有利。

矿床成因

钟姑山矿区有受背斜穹窿构造控制，又处于断裂交叉部位的姑山浅岩浆接触贯入式铁矿床；有断块拗陷部位的钟山铁矿床及当姑背斜轴部的钟九中高温热液接触交代—充填铁矿床。

1. 岩浆岩岩石学特征

本区主要分布偏碱的中基性岩，属于富钠的钙碱性系列，有辉石闪长岩—钠长闪长岩—安山岩。岩体的化学成分及查氏数值特

征与其他岩体对比见表 1, 其化学成分查氏 图解见图 6。

表 1 钟姑矿区岩体与其他岩体化学成分及查氏数值特征对比

序号	岩石名称	时代	氧 化 物 含 量 (%)														
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	灼减	合计
1	辉石闪长岩	燕山晚期	55.24	0.728	16.45	4.42	1.75	0.091	3.84	6.18	4.43	1.87	0.272	1.48	2.99	4.77	99.75
2	钠长闪长岩		58.62	0.62	16.04	2.44	3.08	0.14	0.78	4.96	6.54	3.22	0.23		1.41	4.04	100.21
3	中国闪长岩		57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	0.18	3.77	5.58	4.26	2.57	0.37	0.43	0.89		100.00
4	戴里闪长岩		56.71	0.84	16.67	3.16	4.40	0.13	4.17	6.74	3.39	2.12	0.25		1.36		99.94

序号	岩石名称	时代	查 氏 数 值 特 征										
			a	c	b	S	a'	f'	m'	c'	n	a/c	Q
1	辉石闪长岩	燕山晚期	13.03	5.09	15.47	66.43		37.97	43.52	18.52	78.03	2.56	1.69
2	钠长闪长岩		19.34	1.18	11.13	68.35		43.75	11.87	44.38	75.54	16.42	-3.16
3	中国闪长岩		13.39	4.42	15.46	66.74		42.86	41.52	15.62	71.13	3.02	2.27
4	戴里闪长岩		1.07	6.1	16.7	66.5		42.9	43.3	13.8	71.4	1.78	5.5

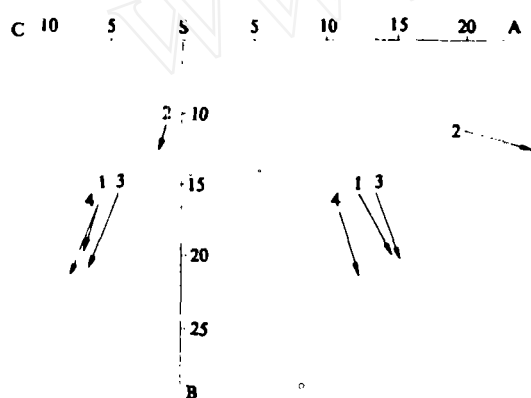


图 6 钟姑山铁矿床岩浆岩化学成分查氏图解

1—姑山辉石闪长岩; 2—钟九钠长闪长岩; 3—中国闪长岩; 4—戴里闪长岩

(1) 由表 1 及图 6 表明, 本区岩浆岩化学成分及碱度较戴里标准岩石为高, 它反映了深部同一岩浆源分异的特征, 碱性组分 $\text{Na} > \text{K}$ 。

(2) 岩石化学成分由从基性向中性→次碱性过渡的趋向, 同样反映了同一岩浆源分异演化的特征。

(3) 岩石中含 Fe 较高, 说明矿浆主要来自岩浆源。

另外, 本区岩体与同岩体相关的矿体之磷灰石内, Y、Ce、La 元素含量与配分

十分接近, 这进一步说明岩体与矿体是同成矿期同阶段的产物, 辉石闪长岩与钠长闪长岩是钟姑地区铁矿的成矿母岩。

2. 成矿物质来源

从钟姑地区岩浆岩岩石化学特征, 可说明本区成矿物质主要来自深部岩浆源; 其次铁质来源于近矿围岩, 主要有三叠系黄马青组砂页岩和青龙群灰岩。上述地层铁质成分高, 又富含钙碱质成分, 这对铁质活化转移十分有利 (表 2)。

3. 成矿温度

本区矿石矿物爆裂法测温结果 (表 3) 表明, 矿物形成温度主要在 $340^{\circ} \sim 405^{\circ}\text{C}$, 铁矿床属于中—偏高温热液接触充填为主的成因类型。上述矿体主要赋存于钠质较高的中—偏基性辉石闪长岩与围岩的接触带内。

4. 成矿期与矿化阶段

根据钟姑矿区铁矿床物质组分及矿石结构、构造特征的研究, 本区矿床的形成过程, 可分主 (早) 成矿期、次 (晚) 成矿期和表生作用期, 由中—偏高温向低温阶段过渡。从矿物生成顺序 (图 7) 可知, 矿石矿物及主要脉石矿物, 均在中高温阶段形成, 后又经晚期热液矿化蚀变作用的叠加和表生

表 2 钟姑山铁矿床围岩化学成分表

地层	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	S	CO ₂
黄马	59.90	0.69	14.92	4.94	1.76	0.122	1.75	4.45	0.10	2.04	0.131	4.94	0.04	3.98
青组	58.22	0.70	16.89	6.11	3.18	0.039	2.20	1.91	0.09	2.61	0.110	5.38	0.03	2.95
(T ₂)	60.08	0.64	15.99	3.63	3.03	0.036	1.89	3.70	0.09	1.77	0.120	5.09	0.03	3.93
青龙群 (T ₁₋₂)	14.91	0.09	1.61	1.42	4.97	0.64	13.68	25.89	0.07	0.13		0.48		35.70

作用的影响。总之, 本区成矿地质作用是不太复杂的, 矿化方式以充填构造胶结围岩角砾为主, 无较大规模的蚀变现象, 矿体成分简单, 早于磁铁矿析出的非金属矿物种数很少, 只有磷灰石、透辉石, 而且量也少。蚀变矿物石英、高岭石、金云母及碳酸盐类, 主要是作为磁铁矿的后继者出现的, 所以本矿床的蚀变主要是成矿近晚期和成矿后的蚀变。由此说明钟姑铁矿床形成, 主要是在整个岩浆向热液演化过程的岩浆晚期至热液早期的某一特定阶段发生的。原本是一个磁铁矿床, 由于晚期矿化蚀变作用的叠加和表生作用的影响, 主要为假象赤铁矿化, 所以本区以假象赤铁矿床为主。综上所述, 钟姑铁矿床是成矿作用早期阶段和晚期矿化蚀变作用的叠加及表生作用的产物。

表 3 爆裂测温结果

序号	矿物名称	爆裂温度(℃)
1	假象赤铁矿	405
2	粒状磁铁矿	340
3	粒状磁铁矿	365
4	粒状磁铁矿	362
5	粒状磁铁矿	365
6	粒状磁铁矿	470
7	粒状磁铁矿	380
8	粒状磁铁矿	370
9	板状磁铁矿	435

另据 K—Ar 法同位素年龄测定, 本区成矿母岩(辉石闪长岩、钠长闪长岩)年龄在 125~105±Ma, 而矿化年龄在 103~93±Ma, 说明岩浆后期至期后, 气液上升, 矿质不断富集, 形成浓集矿浆。也说明成岩、成矿在时间上先后关系明显, 以及空间

分布上岩浆活动与矿化存在着密切关系。

矿物名称	主(早)成矿期		次(晚)成矿期		表生期
	高温阶段	中温阶段	低温阶段		
磁铁矿	●				
板状磁铁矿	●				
粗粒磁铁矿	●				
赤铁矿		●			
假象赤铁矿		●			
镜铁矿			●		
菱铁矿			●		
黄铁矿			●		
透辉石	●				
磷灰石	●				
钠长石	●				
金云母	●				
绿帘石	●				
石英	●	●	●	●	●
高岭石	●	●	●	●	●
方解石	●	●	●	●	●
白云石	●	●	●	●	●
天青石			●		
重晶石			●		
铁碧玉			●		
蛋白石			●		
玉髓	●				
绿泥石			●		
针铁矿			●		
褐铁矿			●		

图 7 钟姑铁矿床矿物生成顺序

成矿模式的建立

钟姑矿区地质构造的特征, 是在区域性穹窿背斜之上, 发育了寄生的当(涂)姑(山)穹窿背斜构造, 走向北北东。本区位于背斜轴部南端, 在区域性北北东与北西西向两组基底断裂之上, 发育了北北东向压扭性当姑断裂带及北西西向张扭性断裂带(见图 1)。两组断裂交叉, 把本区截成格子状条块, 在燕山运动晚期以断陷为主, 形成钟山、钟九小型断块凹地和姑山拱形穹窿构造。

造。上述构造是深部岩浆侵入浅部的主要通道，也是本区控岩、控矿的构造体系。

本区铁矿床形成于第三系沉积之前燕山运动晚期，大规模的强烈喷发，显著减弱而代之为区域性岩浆侵入，来自较深部的中基性富钠质的岩浆，沿着经过多次构造运动的基底断裂上升。在上升过程中，由于物理、化学条件的变化，不断分异，形成了富铁的硅酸盐熔体。岩浆分异早期在较高的氧逸度下，磁铁矿与铁镁矿物一起晶出并分散于岩浆分异所形成的残留熔体中，见图8鲍恩反

鲍恩反应列	裴涅尔趋势
较高氧逸度条件下	较低氧逸度条件下
Mg—橄榄石 Mg—辉石 Ca—Mg辉石 角闪石 富硅的残留熔体	Mg—橄榄石 Mg—Fe—辉石 Mg—Ca—Fe—辉石 Fe—硅灰石 富铁残留熔体

图8 岩浆分异（富铁硅酸盐熔体形成过程）图解

应系列；在较低的氧逸度条件下，岩浆分异过程中有铁橄榄石晶出，最后形成富铁残留熔体，如图8裴涅尔趋势。成矿作用主要发生在岩浆分异的晚期阶段，由于岩浆富钠（ n 值为75~78）、富磷、富挥发分，在分异过程中，铁的氧化物熔体与硅酸盐熔体产生分熔，形成辉石闪长岩与钠长闪长岩相变残浆和磁铁矿矿浆。当岩浆室上部聚集的挥发物质，内压大于围压时，使已经受构造破碎的围岩叠加碎裂，形成隐蔽爆发角砾岩圈（带），分异出的铁矿浆，因上下压力差乘虚贯入，充填胶结角砾岩圈（带），及充填于因构造虚脱的围岩层间不整合面中。此时残余热液导致矿体本身假象赤铁矿化和围岩蚀变，围岩中的铁质成分活化转移到残岩浆中。由于氧逸度较低， Fe^{2+} 离子易随岩浆运移，最后分熔出富铁矿熔浆。气化热液及富矿浆继续沿断裂上升，充填于张扭性断裂及断块盆地构造内，下白垩统地层的不整合面

中，形成主成矿期后的热液充填赤铁矿床（钟九）和热泉沉积型的铁矿床（钟山）。以上是该区的演化成矿模式。根据这一有机的连续过程，建了本区成矿模式图（图9）。

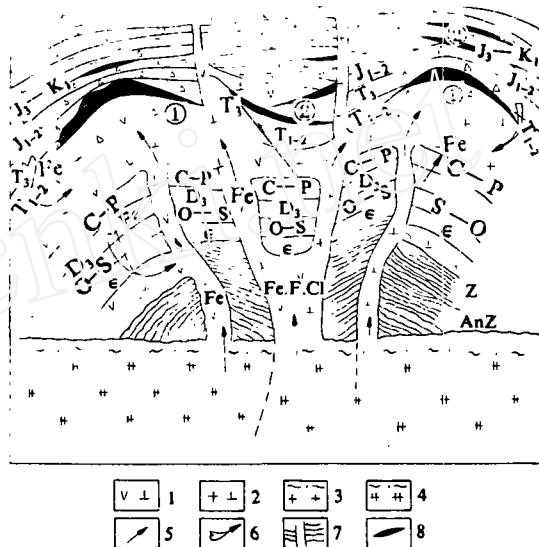


图9 钟姑山铁矿床成矿模式图

T_3-K_1 、 J_{1-2} 、 T_3 、 T_{1-2} 、 $C-P$ 、 D_3 、 $O-S$ 、 ϵ —燕山~加里东构造层；Z—震旦系； An_2 —前震旦系；1—辉石闪长岩；2—钠长闪长岩；3—富含Fe辉石闪长岩热液来源地；4—设想富含Fe及碱金属熔体的来源地；5—地幔物质分异上升方向；6—铁质活化转移；7—基底断裂；8—铁矿体

找矿方向

钟姑山矿区是我国长江中下游宁芜成矿带中的大型铁矿基地。该地区铁矿受穹窿背斜构造及北北东向和近东西向断裂控制，与富钠质的闪长岩体及三叠系的围岩地层关系密切。根据对钟姑山矿床地质特征和矿床成因方面的研究认为，今后应进一步开展当涂—姑山复式背斜带、新桥—龙山—陡门一带、青山—祖师殿—查家湾一带的普查找矿工作。

本文引用了华东地质科学研究所及地质科学院地质矿产所部分研究资料，在此特向两所从事该地区研究工作的同志致谢。