

鄂东南地区温压地球化学 场特征及其对矿产的控制

谭 秋 明

(湖北省地质科学研究所)

鄂东南地区是我国重要的有色金属产地。作者运用岩浆岩矿物包裹体测温、测压及岩石定量分析资料,建立了该区温压地球化学场,提出了温压地球化学分区;探讨了温压地球化学场和矿产分布间的关系,指出了成矿有利地段。

关键词: 岩浆岩; 温压地球化学场

鄂东南地区是长江中下游铁铜成矿带的一个重要组成部分。这里分布着著名的鄂城、铁山、金山店、灵乡、殷祖、阳新等六大岩体,尚有铜山口、龙角山等数十个小斑岩体。它们是本区主要的成矿母岩。70年代以来,岩浆岩及与岩浆作用有关矿床的矿物包裹体研究工作有了重大进展^{①②}〔1〕〔2〕,积累了大量矿物包裹体资料。矿床地球化学和区域地球化学研究工作,也有了较大发展,尤其在利用地球化学指标指导盲矿体勘查方面,取得了较为成功的经验〔3〕。本文试图利用岩浆岩矿物包裹体测温、测压资料和岩石定量分析结果,探讨本区温压地球化学场特征及其对矿产的控制,为在本区进一步深入找矿打开一个新的思路。本区岩浆岩温压特征及元素含量见表1。

温压场特征

1. 岩浆岩始晶温度的空间变化

岩浆始晶温度(取各样品测得的熔体包裹体均一温度的最高值)总体反映为西高东低、北高南低的变化趋势。在这种总体变化的背景上,出现北东或北西向的低温槽或温度波动带。由铁山岩体西缘经金山店岩体,拐向灵乡岩体,形成一个始晶温度梯度变化

带,从东向西,由1000℃递增至1200℃(图1)。对于单个岩体来说,鄂城岩体中部出现低温槽,向西、北、东均递增;铁山岩体西段、金山店岩体及灵乡岩体,均为由东向西递增。这几个岩体均与铁矿的形成有关。铁山岩体中东部呈现辐射递减;阳新岩体由中段向东西两侧递减。该两岩体与形成铜铁或铜矿有关。殷祖岩体由东向西递减、姜桥岩体则呈辐射递增。该两岩体目前仅发现钨、钼、铜矿化,局部见有金矿化。区内与铜钼矿或铜钨钼矿有关的小斑岩体,其始晶温度一般不超过1000℃,且大多因强烈蚀变而测不到始晶温度。

2. 岩浆气液温度的空间变化

岩浆气液温度(当一个样品测得几组气液温度时,选择气液温度最高的一组取其平均值)总体反映为北西低,南东高(图2)。而本区中部出现两个高温带,一个在铁山岩体南东缘(下陆)至阳新岩体西北缘(鸡冠咀附近),呈北北东向展布,气液温度高达600~640℃,并在鸡冠咀和铜绿山之间形成

①刘家齐等:湖北大冶铜铁矿床包裹体液相化学成分的研究,1980年。

②谭秋明:鄂东南地区矿物包裹体特征及其地质意义,1986年。

鄂城—大冶—阳新地区岩浆岩始晶温度、气液温度、成岩压力及元素含量一览表

表 1

岩体名	岩浆始晶 温度 (°C)	岩浆气- 液温度 (°C)	成岩压力 ($\times 10^5$ 帕)	Au (ppb)	Ag + Sb + Hg (ppm)	Cu + Pb + Zn (ppm)	Cr + Co + Ni + V (ppm)	P + F (ppm)
鄂 城	1044(17)	330(19)	683(3)	0.4(48)	0.13	38	179	590
铁 山	1017(9)	361(12)	630(2)	0.7(61)	0.20	79	218	1872
余泉山	1150(2)	395(1)		0.8(10)	0.25	14	25	393
谢华伍		278(3)	570(1)	1.9(11)	0.33	116	272	1081
金山店	1074(15)	355(9)	605(2)	0.4(23)	0.15	46	114	751
王豹山	1090(2)	373(1)	440(1)	0.8(10)	0.27	34	77	542
郭家桥	880(1)	385(1)		0.5(19)	0.10	69	91	788
灵 乡	1033(3)	270(6)	687(2)	1.0(43)	0.14	93	167	1417
洋塘山	955(2)	275(2)	215(1)	2.9(12)	0.62	139	157	1549
铜山口	993(1)	258(3)	563(2)	2.8(28)	0.74	475	99	1248
瓦雪地		310(2)		4.8(26)	0.40	124	135	1209
古家山	968(2)			0.9(10)	0.40	38	103	1196
姜 桥	990(15)	378(12)		0.6(11)	0.19	98	116	674
殷 祖	1013(8)	338(10)	558(3)	0.8(38)	0.22	96	209	1345
傅家山		440(1)	500(1)	1.3(15)	0.52	149	126	1390
龙角山		310(1)	820(1)	1.1(30)	0.36	227	128	1239
徐家山		440(1)		0.8(10)	0.14	78	100	1471
铜绿山	985(11)	383(12)	800(1)	3.5(26)	0.14	121	108	1248
阳 新	1014(5)	485(13)	664(2)	0.8(63)	0.05	102	156	1826
白云山		242(3)		10.0(25)	1.33	410	122	1834
阮宜湾		285(3)		3.5(21)	1.01	167	110	1145
汤家湾		370(1)		1.1(29)	0.18	125	65	861

注：始晶温度为石英中熔体包裹体均一化温度。元素含量为岩体岩石定量分析结果，样品数同Au，括号内为统计样数。

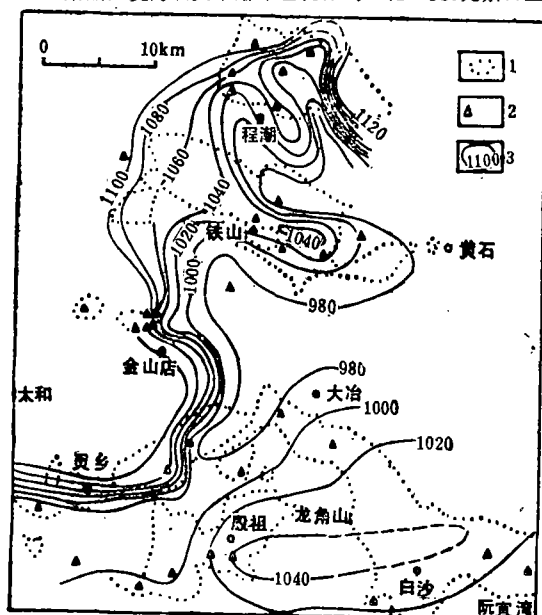


图 1 岩浆岩始晶温度等值线图

1—岩体边界；2—采样点；3—始晶等温线

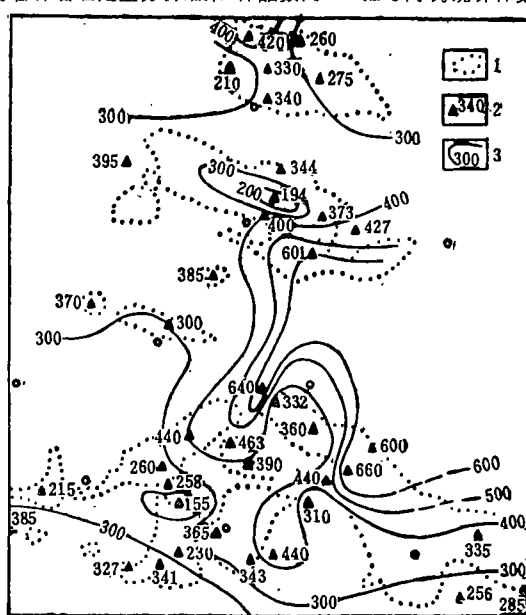


图 2 鄂东南地区岩浆岩石英中气液包裹体均一等温线图

1—侵入体界线；2—取样位置及气液包裹体均一温度；3—温度等值线

梯度带；另一个在下朱经大箕山至千家湾一带，气液温度高达600~660℃。其余地段主要为低于400℃的中低温区。在灵乡岩体南东缘及阳新岩体南缘，出现两个低于300℃的相对低温带。对于单个岩体来说，鄂城岩体呈现中间高（高于300℃）、东西两侧低的分布特征；铁山岩体呈现辐射递增；灵乡岩体由北东向南西递减；阳新岩体中出现波状变化；殷祖岩体则由中部向北东、南西两侧递增。反映出在与铁铜矿有关的岩体中，与岩浆始晶温度相反的递变特征。

3. 岩浆岩成岩压力的空间变化

岩浆岩成岩压力，在本区中部，即由铁山岩体南东缘经阳新岩体西北端，往龙角山方向，形成一个高压带，石英中包裹体测得压力大于 $700 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，最高达 $820 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。由金山店岩体经灵乡岩体中段至殷祖岩体中段出现压力梯度变化带，测得的包裹体压力由东向西，由 $700 \times 10^5 \text{ Pa}$ 降至 $400 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。在本区南西形成低压区，测得压力小于 $500 \times$

10^5 Pa 。在西北部和东南部形成中压区，测得压力大致在 $500 \sim 700 \times 10^5 \text{ Pa}$ （图3）。鄂城岩体和金山店岩体中测得的压力，明显的表现出北缘高、南缘低，而该两岩体形成的主要铁矿床均分布在南缘，反映出铁质向低压区富集的特征。

地球化学场特征

为了与温压场相对应，选用岩浆岩岩石定量分析资料，探讨本区地球化学场特征。

1. 岩浆岩中金的分布特征

金的总体分布，呈现西低东高、北低南高的特征。在此背景上，出现三个浓集带：一在铁山岩体东南缘—铜绿山一带，呈北北东向分布，金含量为2~4.1ppb；二为瓦雪地—铜山口一带，呈北东向分布，金含量为2.8~4.8ppb；三为阳新岩体南缘，呈近东西向分布，金含量为1.9~10ppb。其它地段主要为含量低于1ppb的低含量区。

2. 岩浆岩中亲硫元素的分布特征

亲硫元素含量明显地分为北低南高二个区。高含量带分布在瓦雪地经铜山口、龙角山，拐向阳新岩体南缘，呈近东西向弧形分布。其中银、锑、汞总量高于0.4ppm，最高达1.33ppm；铜、铅、锌总量大于100ppm，可高达410~475ppm。该带以北地区，岩浆岩中银、锑、汞总量一般小于0.2ppm，很少超过0.3ppm，变化较复杂，但大体可显示出西高东低的特征；铜、铅、锌总量小于200ppm，且具有由西向东递增的规律变化，由西部的小于50ppm，向东递增至大于100ppm。而在上述高含量带以南，也形成低含量区，银、锑、汞总量一般小于0.2ppm，铜、铅、锌总量一般小于100ppm（图4）。

3. 岩浆岩中铁族元素的分布特征

岩浆岩中铁族元素（Cr、Ni、Co、V）的分布，大致以大冶湖为界，分成南北二区。北区含量略高，铁族元素总量可达218~272ppm，且变化较规则，等值线呈偏同心

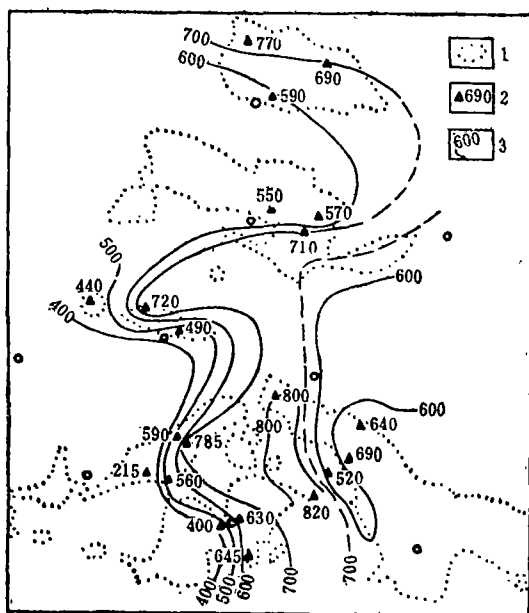


图3 鄂东南地区岩浆岩成岩压力
($\times 10^5 \text{ Pa}$) 等压线图

1—岩体界线；2—取样位置及压力值；
3—等压线

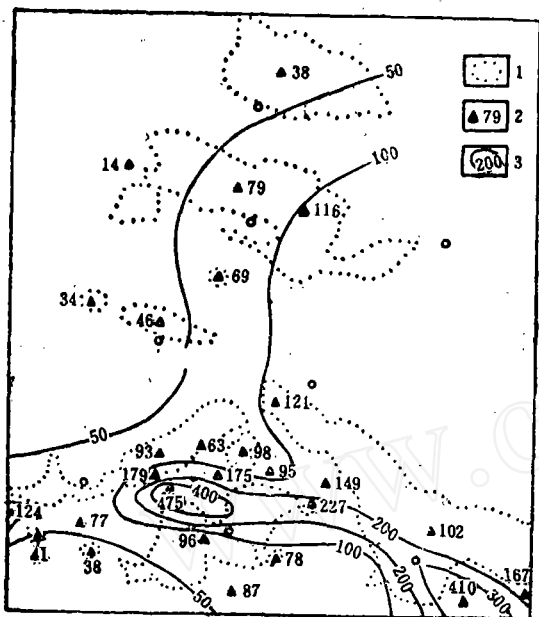


图 4 岩浆岩中Cu+Pb+Zn累积值 (ppm) 等值线图

1—岩体边界；2—样位及含量；3—等值线

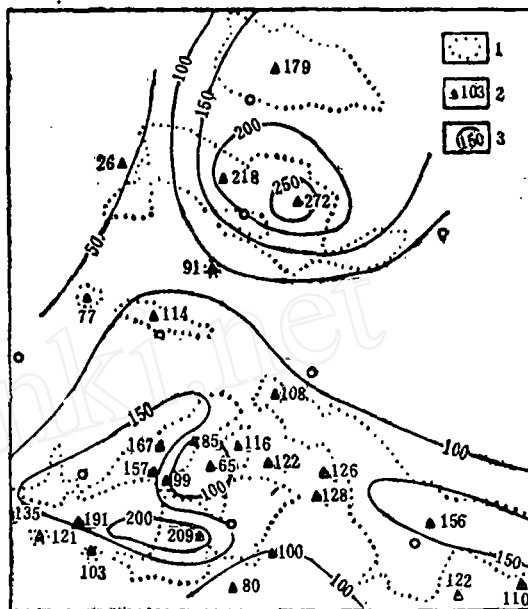


图 5 岩浆岩中Cr+Ni+Co+V 累积值 (ppm) 等值线图

1—岩体边界；2—样位及含量；3—等值线

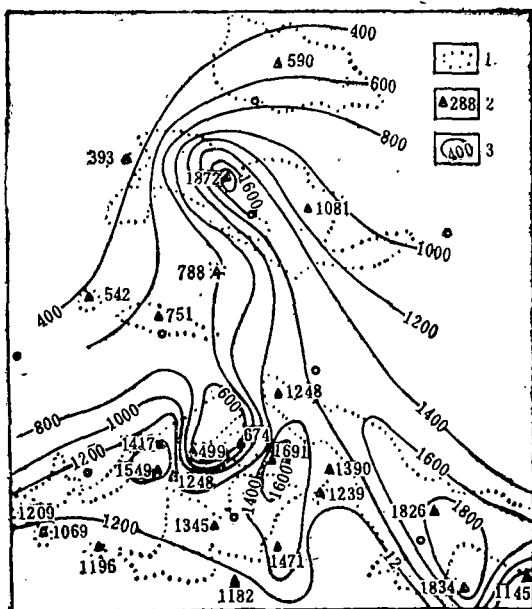


图 6 岩体中P+F累积值 (ppm) 等值线图

1—岩体边界；2—样位及含量；3—等值线

圆状分布，含量由中部向四周递减；南区含量略低，为65~209ppm，且变化较大，出现局部的梯度变化，含量最高处在殷祖岩

体，在本区西部及灵乡、姜桥、殷祖三岩体之间出现低含量区（图5）。

4. 岩浆岩中挥发分含量的空间变化

岩浆岩中挥发分(以磷、氟总量表示)，总体显示出北西低、南东高的特征。而由阳新岩体至铁山岩体，形成一个北西向高含量带，磷、氟总量可达1826~1872ppm；由该带向西北或东北，含量均递减，但在其南西侧则形成复杂的局部梯度变化，尤其在灵乡岩体中部，经殷祖岩体北缘至姜桥一带，形成明显的局部梯度变化带，磷、氟总量由499~674ppm骤升至1248~1691ppm（图6）。

温压条件和元素分布的关系

考虑到区内较大岩体与小斑岩体间温压地球化学条件的差异，以及两类岩体合在一起研究时，其体积差异太大，因而会减小大岩体在统计工作中的“权”，所以将两类岩

岩浆岩温压参数与元素含量间相关系数表

表 2

相关系数(r)		元素				
温压特征		Au (ppb)	Ag + Sb + Hg (ppm)	Cu + Pb + Zn (ppm)	Cr + Co + Ni + V (ppm)	P + F (ppm)
大岩体	岩浆始晶温度($^{\circ}\text{C}$)	-0.73 (7)	0.08 (7)	-0.87 (7)	0.8 (7)	-0.59 (7)
	岩浆气-液温度($^{\circ}\text{C}$)	0.13 (7)	-0.66 (7)	0.3 (7)	-0.22 (7)	0.41 (7)
	成岩压力($\times 10^5 \text{Pa}$)	0.80 (7)	-0.4 (7)	0.39 (7)	-0.56 (7)	-0.04 (7)
小岩体	岩浆始晶温度($^{\circ}\text{C}$)	-0.16 (7)	-0.06 (7)	-0.21 (7)	-0.69 (7)	-0.59 (7)
	岩浆气-液温度($^{\circ}\text{C}$)	-0.67 (14)	-0.69 (14)	-0.67 (14)	-0.45 (14)	-0.43 (14)
	成岩压力($\times 10^5 \text{Pa}$)	-0.46 (6)	-0.33 (6)	0.32 (6)	0.02 (6)	-0.15 (6)

注：所用统计数据均为各岩体平均值，括号中为参与统计岩体数。

体的温压条件与元素含量间，分别计算相关系数（表2）。

由表 2 可知，岩浆始晶温度与金、亲硫元素及挥发分间呈现负相关，即这些元素有向低始晶温度区浓集的特征；但铁族元素与岩浆始晶温度间，在两类岩体中出现相反的关系，可能反映了两类岩体成因差异。岩浆气-液温度与低温元素、铁族元素间具负相关，而与金、铜铅锌及挥发分间，在两类岩体中出现相反的关系。成岩压力与银、锑、汞间呈负相关，而与铜、铅、锌间呈现正相关，与金的关系在两类岩体中相反。

综上述，金及亲硫元素在大岩体中的富集可能与低始晶温度、高气-液温度、高成岩压力区有关，铁族元素的富集与高始晶温度、低气-液温度和低成岩压力区有关；而小斑岩体中金及亲硫元素的富集，则可能与低始晶温度、低气-液温度及低成岩压力区有关。从而在本区出现了金和亲硫元素均由西北部中低成岩压力、高始晶温度、中低气液温度区向南东部的中高成岩压力、中低始晶温度、中高气液温度区递增的趋势。在此背景之上，出现的局部温压变化，影响着元素的迁移富集。

温压地球化学分区

及其对矿产的控制

根据不同的温压条件及元素浓集特征，

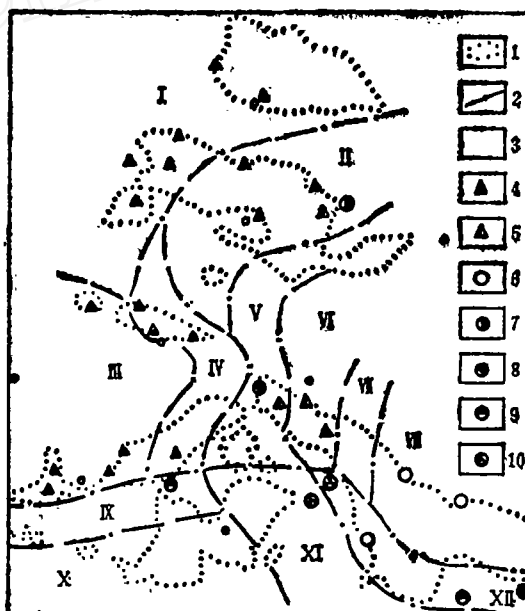


图 7 温压地球化学分区略图

1—岩体边界；2—分区界线；3—分区编号；4—铁矿床；5—铁铜矿床；6—铜矿床；7—铜硫矿床；8—金铜硫矿床；9—铜钼矿床；10—铜钼矿床

将本区划分为12个温压地球化学区（图7）。各区特征见表 3。由表可见，本区铁矿床主要分布在 I、II、IV 区中，其温压地球化学特征是较高的始晶温度、中低压力、较低的气液温度和金及亲硫元素的低浓度带。铁铜矿及铜矿主要分布在 II、V、VI、VII 区中，其温压地球化学特征是中高压力、中低始晶温度、中低气液温度（至铜金硫矿床附近可增高到大于 600°C ）及亲硫元素的中低浓度

表 3

鄂城—大冶—阳新地区温压化学分区及其特征一览表

编号	名称	成岩压力 (P , $\times 10^3$ 帕)	岩浆始温 (T , $^{\circ}\text{C}$)	岩浆气液温度 (t , $^{\circ}\text{C}$)	Ag + Sb + Hg (ppm)	Cu + Pb + Zn (ppm)	Au (ppb)	Cr + Ni + Co + V (ppm)	P + F (ppm)	包含矿床 (点) 类 型
I	中 P-高 T-中 t-低金- 低亲硫元素区	500~700	1000~1200 (向北、西递增)	210~420	<0.2	<50	0.4~0.8	26~179	393~1000	大、中、小型铁矿床
II	中 P-T-中低 t-中金- 低亲硫元素区	500~700	980~1050 (辐射递减)	194~400 (辐射递增)	0.2左右	50~100	0.5~1.9	218~272	1081~1872	大、中、小型铁(铜) 矿床, 中型铜硫矿床
III	低 P-高 T-低 t-低金- 低亲硫元素区	<500	1000~1100 (向西递增)	200~300 (局部370)	<0.4	<100	0.3~1.0	77~157	542~1417	中、小型铁矿床
IV	P-T 梯度变化-中 t- 低金-中低亲硫元素区	500~700 (向西递减)	1000~1100 (向西递增)	300~400	<0.2	<100	0.5~1.0	114~167	499~751	大、中、小型铁矿床
V	高 P-低 T-高 t-高金- 中亲硫元素区	>700 (最高800)	<1000	>400 高达600~640	<0.2	95~121	0.6~4.1	108~122	674~1691	大、中、小型铜(铁) 矿床和金铜硫矿床
VI	中低 P-T-t-中亲硫 元素区	500~600	980~1020	332~360	<0.15	>100	1.0左右	>108 <156	>1248 <1826	中、小型铜铁矿床
VII	中 P-T-高 t-中亲硫 元素区	600~700	1010~1030	600~660	<0.1	>100	1.0左右	156	1826	铜、金矿点
VIII	中 P-T-t-中亲硫元 素区	600~700	1020~1030	300~400	<0.1	>100	0.8	156	1826	中(小)型铜矿床
IX	低 P-T-t-高金-高亲 硫元素区	一般<500 梯度变化达700	<1000	<300	0.4~0.74	77~475	1.1~4.8	98~191	1209~1549	中(小)型铜铅矿床、 硫矿床
X	低 P-中低 T-t-低金- 低亲硫元素区	一般<500	1000~1020	200~341	<0.4	<100	0.8~0.9	80~209	1059~1345	金矿化点
XI	高 P-中 T-中高 t-中 金-中亲硫元素区	700~820	1010~1030	310~440	0.36	78~227	1.1	128	1239	中、小型铜、钨、钼矿 床及矿点
XII	中 P-T-t-高金-高亲 硫元素区	600~700	1000~1030	256~440	0.52~1.33	149~410	1.3~10.0	105~156	1145~1834	中、小型铜铅或铜钨铅 矿床

区。斑岩型铜钨钼矿床, 主要分布在Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ区, 除龙角山一带具较高压力和气液温度外, 其余均为中低压、中低始晶温度、中低气液温度及金和亲硫元素的高浓度区。金的浓集有二种不同的温压条件: 一为高压、低始晶温度、高气液温度区, 代表夕卡岩型含金矿床的发育部位, 如Ⅶ区; 另一为中低压、中低始晶温度、中低气液温度区, 代表与斑岩体有关的含金建造的存在。据上述, 除目前已在阳新岩体西北缘找到了金铜矿床外, 在铁山岩体南东缘及阳新岩体中下朱一大箕山—千家湾一带的高气液温度区, 均有寻找夕卡岩型含金矿床的可能; 在灵乡岩体南东侧和阳新岩体南缘, 有寻找斑岩型含金矿床的可能。

影响温压地球化学场的因素

1. 地质构造因素

本区自印支晚期开始, 形成东隆西拗、南隆北拗的基本构造格局。在北西部拗陷区, 由于有砂页岩和膏盐层以及发育在该层与下伏碳酸盐岩地层间层间滑脱面的存在, 形成低压、高始晶温度、低气液温度区。高始晶温度和低压环境, 易使轻硫逸失, 从而不仅降低了岩浆中硫的浓度, 而且使 $\delta^{34}\text{S}\%$ 值升高(一般大于+10); 同时高温又可加速岩浆中水的分解, 促使 H^+ 的逃逸而使岩浆中氧逸度增高^[4], 据相图推算的 $\lg f_{\text{O}_2}$ 约为-10.3, 最高可达-8.6。从而形成低硫、高氧环境, 促使亲氧成矿元素的堆积, 形成以铁为主的矿床。由于砂页岩的屏蔽作用, 高温气液流向隆拗交接部集结, 形成高压和高气液温度、低始晶温度区。反之, 在本区南东部隆起区, 则形成轻硫的相对浓集和氧逸度的降低, 岩浆岩和相应矿床中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}\%$ 一般小于+6, 由相图推算的 $\lg f_{\text{O}_2}$ 约为-11.2。低氧高硫环境利于亲硫元素的浓集, 从而形成了本区温压地球化学场的差异变化。

2. 岩浆侵入期次及岩浆岩侵蚀深度

本区岩浆侵入体分燕山早、晚两期, 早期岩体主要分布在东南部隆起区, 从岩体与围岩接触关系及捕虏体分布看, 主要为正接触带, 如铁山岩体和阳新岩体, 相对剥蚀较深; 西部则主要分布燕山晚期的侵入体, 常保留有蘑菇状顶盖, 接触带时有低角度超覆, 反映出相对侵蚀较浅。

岩浆在地表或接近地表时, 由于表面的氧化作用使始晶温度增高。而向深部, 由于岩浆表面冷却结壳形成的封闭条件, 易使挥发分浓集, 从而降低始晶温度。如果我们把区内所有岩浆体(指大岩体)的表面, 看作一个始晶温度的近似等温面, 那么侵蚀深度浅的, 常反映出较高的始晶温度和较低的挥发分含量; 而侵蚀深度较深的, 常反映为较低的始晶温度和较高的挥发分含量。这与前边提到的西北部岩体侵蚀深度小、东南部岩体侵蚀深度大是一致的。前缘元素和高温元素的累加比值 $10(\text{Ag} + \text{Sb} + \text{Hg})/(\text{W} + \text{Mo})$ 也说明: 接近岩体表面或前缘时, 该比值增

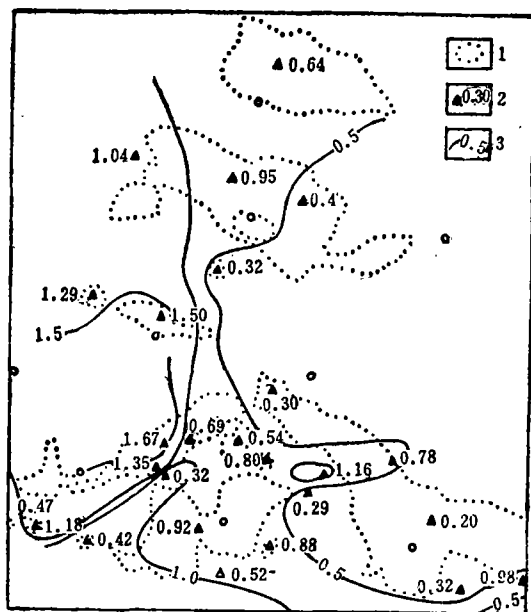


图8 鄂东地区 $10(\text{Ag} + \text{Sb} + \text{Hg})/(\text{W} + \text{Mo})$ 比值等值线

1—岩体边界; 2—样位及比值; 3—等值线

大,向岩体深部逐渐降低。由图8可见,比值由东向西升高,大于1.5的等值线圈定范围在金山店—灵乡一带,说明本处岩体侵蚀深度最小,地质勘探资料证实,金山店岩体深部面积远大于地表出露面积,它与上朱、吴伯浩等在深部连成一个规模较大的岩株体。

长期以来,前人在本区提出的下铁上铜的矿床垂直分带模式,从上述温压地球化学场分析来看,可能恰恰相反。作为一个完整的岩浆成矿垂直分带,应该是:由上至下,由赤铁矿(或赤铁矿、磁铁矿)建造→磁铁矿、黄铜矿建造→黄铁矿、斑铜矿建造。这样的垂直分带才是与成矿的温压及氧化—还原条件相吻合的。

综上所述,元素的迁移富集与岩浆岩的温压条件直接有关,而温压地球化学场又是受地质构造及岩浆岩的后期剥蚀深度的制约。它们是一个完整的成岩成矿地质过程,从而形成了本区的矿化分带。

本文经葛宗侠、缪永胜高级工程师审阅,并提出宝贵意见。插图由我所皮静静清绘,在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 张文淮等:地球科学(武汉地学院报),1984,第4期。
- [2] 张洪海等,矿床地质,1984,第3期。
- [3] 周亚特:《地球化学探矿实例》,第二辑,地质出版社,1982年。
- [4] 武汉地质学院岩石教研室:《岩浆岩岩石学》,地质出版社,1980年。

Temperature-Pressure Signatures of the Geochemical Field in the Southeastern Area of Hubei Province and Their Metallogenic Control

Tan Qiuming

The southeastern area of Hubei Province is an important nonferrous metals producer of our country. In light of inclusion thermometry and pressure test data of minerals in magmatite and quantitative petrological analyses, a temperature-pressure geochemical field of this area was established and a zonation also recognized. The relation between the field and the distribution of mineral products in this area are studied and favourable places for prospecting are also pointed out in this paper by the author.

加拿大软件专家瓦特来冶金部物探

公司咨询工作

经冶金部外事司和地质局的同意和安排,加拿大执行服务部(CESO)委派软件专家瓦特(L.J.Watt)先生于1987年到物探公司担任咨询顾问,为时两月余。在此期间,了解了我们正在研制的“地面物化探数据处理应用程序系统”的概况。针对物探公司实际情况,编写了“软件工程”讲稿,包括系统开发的全过程,每一阶段的目的、进程、方法、注意

事项和研制技术,以及实施开发的管理、人员组织、计划和控制等,对有关人员作了全面的讲述。

物探公司引进VAX-II/750计算机,时间不长。但在缺乏经验和资料基础的情况下,自行设计和编制出功能齐全、应用灵活的“应用软件”。对此,瓦特先生表示赞赏,同时也客观地评价了我们的技术水平和现状。并建议使用最佳程序语言(PL-1语言),以充分发挥新机的作用和扩大应用范围。

〔朱仁慈供稿〕