



某些火山成因矿床的

大地构造类型及其标志

广东冶金地质勘探公司九三二队 夏春骥 曾刚智

许多金属与非金属矿床在成因上与海底或陆地火山活动、火山成矿作用有关,有些还是目前世界上最大的或绝无仅有的矿床。因此,中外地质学者对火山活动、火山成矿作用引起了普遍的关注和重视。但传统地质理论很少注意火山活动、火山成矿作用的大地构造类型及其特征标志,往往把地槽型海底火山活动、火山成矿作用与中生代以来地洼型的陆地火山活动、火山成矿作用相混,进行不恰当的类比,使评价发生错误。笔者认为,火山活动受不同类型地壳构造运动影响和制约,火山喷发只是火山活动表现于地壳外部的一个发展阶段;在其发展进程中,随着活动能量的不断消耗,火山活动形势必转变为地壳内部的熔浆侵位活动,并在不同

深度成形成次火山岩和火成岩岩体。在火山活动的相应侵位阶段所形成的金属矿床也应视为火山成矿作用矿床,都是属于同源同系列火山活动的产物。由此,火山成矿作用矿床理应包括发生在火山活动的不同阶段所形成的一切矿床(图1)。世界上许多规模较大的黄铁矿型铜矿、斑岩型铜(钼)矿、玢岩铁矿及某些层控铅锌矿床等均属之。然而,一个矿床的形成,往往取决于成矿物质来源、成矿构造、成矿围岩及其它外部条件,而这些条件又取决于成矿时所处大地构造区的性质,并伴随其地壳构造运动的发生而形成。例如,白银地区和店口附近的黄铁矿型铜矿床(图2、3)尽管都是火山成因矿床,但其成矿地质条件、矿体形态、产状

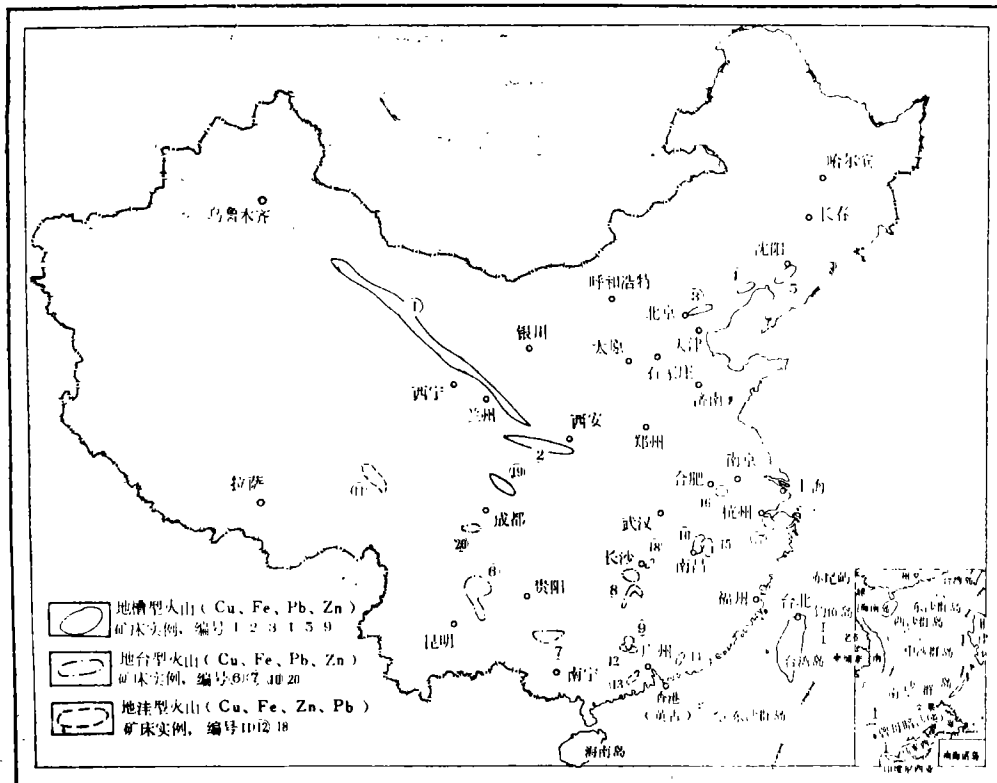


图1 我国不同大地构造类型火山成矿作用矿床实例分布示意图

和矿石品位等都不同，原因是两者分别属于不同的地槽型海底火山喷发沉积热液矿床，后者是地洼型陆地火山热液矿床。我国许多斑岩铜钼矿床、铁铜矿床和某些层控铅锌矿床也有类似情况。因此，研究火山活动、火山成矿作用规律，识别火山成矿作用矿床的大地构造类型及其特征标志，对于指导找矿评价和矿床勘探都具有重要意义。

火山活动的发展阶段

对火山活动的认识，是从近代火山活动资料中获得的。据地震资料推算，火山活动发源于地壳深处（5~50公里以下），壳外表现为火山喷发活动。火山活动显示地壳构造运动正处在活动或比较活动的地质发展阶段，广泛发生在地槽褶皱带和地洼断褶带内，在地台的断陷盆地中也可见到强弱不等的陆表海性质的火山活动。因为在不同构造区和不同构造级别相衔接的深大断裂交汇处，应力容易集中形成脆弱地段，有利于火

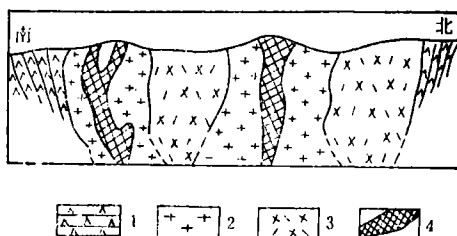


图2 甘肃某地槽型黄铁矿型铜矿床地质剖面示意图

1—细碧岩系；2—石英角斑凝灰岩；3—石英角斑岩；4—致密块状黄铁矿矿体

山活动发生。所以，火山活动、火山成矿作用是按地壳发展“动定转化递进”规律演化的结果。它体现了火山活动由喷发阶段到侵入阶段的全过程及其所处相应发展阶段的各种成矿地质作用（图4）。

1. 火山活动的喷发阶段 在有利于火山活动的构造区内，由于深部物质（包括成矿和成岩物质）在高温、高压条件下均处于炽热的熔融状态（称为熔浆，由成分复杂的矿浆和岩浆组成），由于火山管道内部气液膨胀产生巨大的内外压力差，使通道断裂再度破裂、扩大、直至地表，导致深部急剧减压，造成熔浆向上运移的巨大力量。它足能冲破地壳表层岩石，形成火山物质的强烈喷

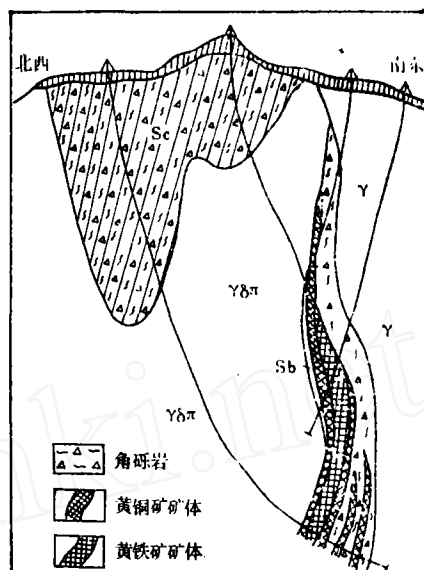


图3 店口某地洼型黄铁矿型铜矿床地质剖面示意图

Sc—富钠质角砾凝灰岩；Sb—富钠质火山碎屑岩及熔岩； $\gamma\delta\pi$ —燕山期斜长花岗岩； γ —燕山期蚀变花岗岩

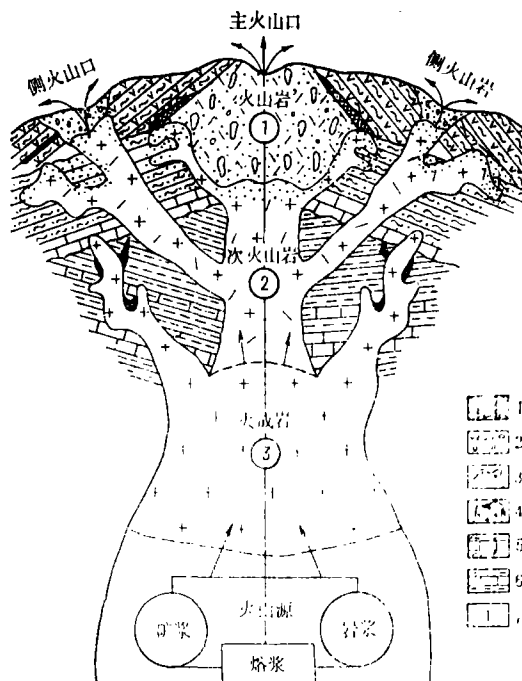


图4 火山活动各发展阶段成矿基本特征模式图

1—火山岩类及矿层；2—火山角砾岩；3—次火山岩类及细脉浸染矿石；4—火成岩类及夕卡岩或脉状矿体；5—某构造层群碎屑岩夹灰岩（围岩）；6— $\times\times$ 构造层群碎屑岩夹灰岩（围岩）；7—①火山喷发阶段；②、③火山侵入阶段

发。这就完成了火山活动的第一个发展阶段——火山喷发阶段。火山喷发口称为火山口，起主导作用的火山口叫主火山口，绕其分布的侧火山口称次火山口或寄生火山口。喷发阶段形成的物质（包括气态、液态和固态物质）成分复杂。在火山碎屑和火山熔岩中常可形成火山同生沉积和火山异地沉积矿床，称为火山层控矿床或火山层控改造矿床。白银地区的黄铁矿矿床（图5）、陈家庙地区的磁铁—赤铁矿床（图6）、祁连山桦树沟的镜铁矿矿床以及某些火山异地沉积的层控铅锌矿矿床等，均属于火山喷发阶段形成的矿床。

2. 火山活动的侵位阶段

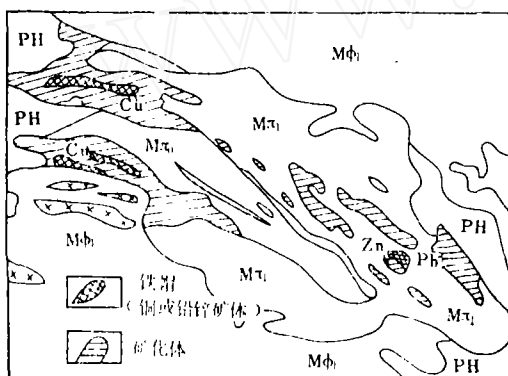


图5 白银地槽型铜铅锌矿区地质示意图

（据西北冶金地质勘探公司研究所）

PH—千枚岩夹大理岩；Mφ₁—细碧岩系；Mφ₀—细碧玢岩系；Mπ₁—石英角斑岩系；Mπ₀—石英钠长斑岩系

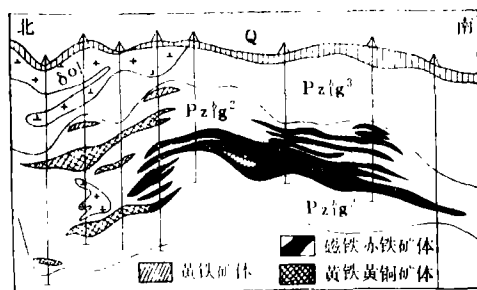


图6 陈家庙地槽型铁铜矿床矿体纵剖面示意图

（据甘肃冶金地质二队）

Q—黄土；Pzlg²—斜长角闪片岩、黑云母石英片岩；Pzlg¹—黑云母更长片岩夹铜云母石英片岩；Pzlg¹—斜长角闪片麻岩；δo₁—石英闪长岩

（1）次火山岩侵位阶段 火山经过一次或多次喷发之后，由于能量不断消耗，转入地下的次火山侵位阶段。此阶段熔浆充分分异，形成不同酸度的次火山岩类岩体，并顺序晶出金属矿物，一些气液物质成为金属元素的良好搬运者，形成含矿气水溶液，在有利的构造部位（如岩筒、岩顶、断裂、裂隙）及围岩和物理化学环境中，形成工业矿床。许多大中型斑岩铜钼矿床、铜铁矿床、铜铅锌多金属矿床、钨锡矿床和某些火山热液改造矿床均属之。如德兴、多宝山、大宝山、玉龙、白山堂、公婆泉、太阳山、凹山以及浏阳、莲花山等矿床；国外的德瓦、加祖和科恩拉德等矿床也都是火山活动第一侵位阶段形成的。矿床的生因和空间分布都与斑岩类岩体有密切关系，而且都位于火山构造带内的火山管道（颈部）附近。因此，这种火山成因的次火山岩岩相已成为重要的找矿标志之一。

（2）火成岩侵位阶段 随着火山活动能量的减弱，熔浆只能在地壳较深部位侵位和分异，形成一些似斑状和粒状岩石，成分复杂。这种与火山活动有成因联系的岩体，称之为火成岩（而那些非火山成因者暂定为“岩浆岩”，以相区别）。

火成岩侵位阶段，特别是它的前锋，含挥发组分的岩浆仍十分活跃，可沿火山通道及其附近围岩中的断裂裂隙系统发生渗透、充填或交代作用形成脉状、网脉状、团块状或不规则状接触交代（夕卡岩型）矿床，如红沟、大冶、大顶、白银、陈家庙等矿床。这种与火山活动有生因联系的矿床，当然也应视为火山成矿作用矿床，而且是一种很重要的矿床类型。

综上所述，火山活动和火山成矿作用是发生在地壳构造运动的不同发展阶段特定地质构造区内的，是地壳内矛盾激化的必然产物。火山成岩作用和火山成矿作用是在火山活动的相应发展阶段熔浆分异、演化的结果。火山岩（火山碎屑岩和火山熔岩）、次火山岩和火成岩均属于同源、同一火山活动系列的产物，不但具时空分布的一致性，而且在岩相演变特征、矿物组分、化学成分以及矿化蚀变类型等方面，也都具有许多共同之处。

白银矿区的细碧角斑岩与钠长石英斑岩

在化学成分、侵入顺序上均是相当的,宁芜地区有许多闪长玢岩、闪长岩与上部王龙山组安山岩的化学成分相当;江苏铜井与甘肃太阳山等地区也有类似情况。火山岩、次火山岩、火成岩不仅在时空分布上均与火山活动中心相一致,而且在矿物组分、化学成分等方面都是相互联系逐渐过渡的(表1)。这种同源分异特征可以作为区分不同大地构造类型火山成矿作用矿床及其岩相、岩性特征的地质依据。然而,火山活动特别是火山成矿作用的方式、性质及强度等又常因地而异,在生产实践中,应作全面分析。

火山成因矿床的大地构造类型及其标志

发生在地壳构造运动不同发展阶段的火山活动及与其紧密相关的各类矿床特征,取决于其所处大地构造运动类型,并受其制约。据此,火山成矿作用矿床可按大地构造演化特征划分出各具不同特征的大地构造类型。例如在地槽发展阶段,火山活动属海底火山喷发和侵位活动,就形成了海相富钠质地槽型火山矿床。然而,在中国东南部自中生代以来地壳发展已进入一个新的发展阶段——地洼阶段,其火山活动主要发生在陆地,就产生了陆相富钾质地洼型火山矿床。由于大地构造类型不同,成矿地质条件各异,矿床组合、矿体组合、矿石矿物组合及其时空分布规律等也不尽相同(表2)。在找矿评价和矿床勘探中,只有认识和掌握了不同构造类型,不同性质矿床的成矿地质特征标志,才能更有效地指导生产实践。根据笔者了解的点滴资料归纳如下:

1.地槽型火山成矿作用矿床及其特征标志 地槽区是活动较大的构造区,它的发展,开始(前期)是大幅度差异升降,形成许多狭长带状海槽和链状群岛(或海底山脊),随后就是强烈的褶皱回返,即所谓褶皱带山脉。地槽型的海底火山活动、火山成矿作用也往往发生在地槽区发展前期的这些海槽或海底山脊的破裂带内。在我国东北、西北和西南等地区的地槽褶皱带内,均有海相火山岩系和火山岩矿床分布。例如祁连加里东褶皱带内,火山岩系(包括火山碎屑岩、火山熔岩、次火山岩、火成岩和碳酸盐岩夹层在内)从天水北部到玉门以西作狭长带

状分布,构成了火山喷发到火山侵位活动阶段的一套比较完整的火山活动系列,其中有许多铁、铜多金属火山沉积矿床、火山热液矿床、斑岩型矿床和火山热液交代矿床等,它们都分布在富含钠质的海相火山岩系中。如白银黄铁矿型铜矿床、小铁山铜多金属矿床、桦树沟镜铁矿矿床、陈家庙高硫铁铜矿床、红沟铜矿床以及公婆泉、白山堂的斑岩铜矿床等均属之。在其它地槽褶皱带内也发现了许多成因类似的矿床。这些矿床不但明显地受海相富钠质细碧角斑岩系地层控制,而且还具有较强烈的蚀变特征。这种特征可作为该类型火山矿床的标志:

(1)构造标志 矿带位于地槽褶皱带内,特别是在其拗凹中,沿古海槽或海底山脊呈线状、带状分布,延续性、稳定性较好,矿床受火山构造,尤其受火山口附近的断裂带或层间破碎带控制。矿体呈似层状、扁豆状,平行整合于围岩产出。火山热液矿床或叠加在火山沉积矿床之上的火山热液矿床,较明显地受片理、裂隙系统控制。

(2)层位、岩相、岩性标志 目前已知矿床大部分产在下古生界变质火山岩系中,是一套地槽型海相碎屑岩夹火山岩、大理岩复理式建造,在火山岩系(火山碎屑岩、火山熔岩和火山侵入岩)岩性分异剧烈地段,矿体直接赋存于含黄铁矿矿体的富钠质细碧角斑岩、细碧岩或相当于这种火山沉积成分的各种变质片岩中,陈家庙地区就是根据这个层位的岩相岩性特征,在所谓“找矿禁区”的高硫铁矿下部的黑云母更长片岩、黑云母石英片岩中发现了新的工业铜矿体(图6)。

(3)变质及蚀变特征 该类型矿床均产在变质火山碎屑岩系中,围岩具明显的变质条带、片理和变余、变晶结构以及碎屑的压扁拉长等特征,而且矿体和围岩同时遭受区域变质和热变质作用,往往具有更为强烈的近矿围岩蚀变,如绢云母化、硅化、绿泥石化、重晶石化和白云石化等。次生蚀变有高岭土化、黄钾铁矾化、水铝铅矿化、明矾石化、蛋白石化和铁锰化等。在地表显示出各种鲜艳的色彩,为良好的找矿标志。但蚀变不具完好的分带性。在一般情况下,铜矿的富集与绿泥石化、硅化关系密切。铅锌矿的富集则与重晶石化、硅化的关系较密切。

表 1

不同构造类型火山岩类岩相岩石化学成分对比表(以酸性岩为例)

地槽型 构造类型	岩石化学特征 岩性、岩相	化 学 成 分 (%)										查 氏 数 值 特 征										备 注		
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	H ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	S	a	b	c	f'	m'	c'	a'	n	G		$\frac{K_2O}{Na_2O}$	
地槽型 构造类型	细碧角斑岩	73.55	0.26	12.91	1.18	1.19	0.04	0.58	1.40	6.63	0.97	30.20	15.20	4.00	0.60	49.60	23.00	27.40	—	91.41	—	0.15		
	钠长花岗斑岩	68.90	0.13	13.60	0.84	0.80	0.02	0.22	1.10	4.71	1.26	81.90	14.80	2.00	1.30	67.00	19.50	—	12.90	64.00	—	0.17		
	黑云母花岗岩	68.19	0.04	17.25	0.33	1.93	0.06	1.07	4.49	4.80	1.26	78.00	12.40	4.50	5.00	47.00	40.30	12.10	—	86.00	—	0.28		
	国外钠石英角斑岩	73.58	0.30	13.27	1.26	1.34	0.03	0.87	1.24	5.71	0.81	80.60	13.80	5.50	0.40	50.00	32.00	—	18.00	91.00	32.82	0.14		
地槽型 构造类型	流纹岩 花岗斑岩 黑云母花岗岩 国外花岗岩	1. 同类型火山活动不同发展阶段所形成的同一岩性（基性—酸性）不同岩相（喷出—侵入）的岩石化学特征，分别具有相似的化学成分和矿物组分； 2. 同一岩性（酸性或基性）的不同岩相（喷出—侵入）岩石均显示出富含钠质，而且 $K_2O/Na_2O < 1$ ， 3. 与国内外同类型、同性质岩石化学成分近似，其中 n 值 m' 、 f' 值偏高																						
		属同源同性质火山活动的产物																						
		华南地区																						
		1.28																						
地槽型 构造类型	流纹岩 花岗斑岩 黑云母花岗岩 国外花岗岩	1. 同类型火山活动不同发展阶段形成的同一岩性不同岩相的岩石化学特征分别具有相似的化学成分和矿物组合； 2. 同一岩性不同岩相的岩石，均显示出较高的碱质和硅质，而且 $K_2O/Na_2O > 1$ （富钾质）； 3. 与国外同类型同性质岩石化学成分近似，其中 SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 稍高																						
		属同源同一类型火山活动的产物																						
		华南地区																						
		1.28																						

火山矿床的大地构造类型及其特征标志

表2

顺序号	大地构造类型 特征标志	地槽型火山成矿作用矿床	地台型火山成矿作用矿床	地洼型火山成矿作用矿床
		1	3	4
1	时空特征	成矿时间：一般 >4 亿年，相当于下古生代(或早或晚)； 成矿空间：发生在地槽褶皱区内部的拗凹带或拗褶带边缘断裂带附近； 成因：矿床形成与地槽型海底火山喷发—侵位活动密切相关	成矿时期：一般在 $8\sim4$ 亿年，即相当于上古生代； 成矿空间：大部分发生在地台断陷或台凹附近的古海河湖盆地及其边缘； 成因：与地台型火山活动有关	成矿时期：一般 <2 亿年，相当于中生代； 成矿空间：矿带多位于地洼断陷带中的火山构造带，作线状展布，连续性、稳定性较差，矿床直接产于中生代的火山盆地或锥地中； 成因：与地洼型陆地火山喷发—侵位活动有关
2	岩相层位特征	矿带常位于火山构造—岩相带内，呈狭长带状分布，连续性与稳定性较好； 矿床赋存在地槽型富钠质的构造层群中，矿体直接产于细碧角斑岩类岩层及各类火成岩(包括斑岩)体内及其附近，有时也产于远源的水盆地中	矿床多位于远源火山盆地中，呈较宽阔的面状分布，矿体直接产于富含钙质、白云质、泥炭质的碳酸盐岩类火山碎屑岩建造中，多属于火山喷发异地沉积变质矿床	矿带常发育于火山构造—岩相带内，特别是与酸性—超酸性的火山—火成岩类岩体较为密切，矿床赋存于火山岩、次火山岩、火成岩的内外接触带附近，即地洼型构造层群及其附近的围岩中
3	形态特征	矿体多呈似层状、透镜状整合于火山沉积变质岩系中；在斑岩内外接触带中，呈脉状或细脉浸染状产出，矿石多呈块状、条带状构造	矿体具多层状，大小不一，近似平行排列的似层状、扁豆状整合于碳酸盐岩类夹火山碎屑岩层中	矿体形态复杂多变，大小不一，厚度不等，视围岩岩性条件而异，在硅铝质围岩中多呈脉状、网脉状、细脉浸染状或其它不规则形状；在碳酸盐类岩石中，多呈似层状、网脉状及不规则团块状
4	蚀变特征	近矿围岩蚀变显著而强烈，以绢云母化、硅化、重晶石化与铅锌矿的富集关系密切，绿泥石化、硅化则与铜铁矿化密切相关，但蚀变不具明显分带性，仅作线状或面状分布	近矿围岩蚀变不强烈，也不显著，一般以硅化、碳酸盐化、白云石化为主，伴弱绿泥石化，不具分带性	近矿围岩蚀变明显而强烈，并且分带性较好，从内到外大致可以分为钾化带、千枚岩化带和青盘岩化带；其中钾化带和千枚岩化带与矿化关系密切
5	岩石化学特征	$K_2O/Na_2O < 1$; $Na_2O + K_2O < 7.80$ (比世界同类型岩石的偏低)； n 值($Na_2O/Na_2O + K_2O$)最低值为70.5，最高值为90.2， $Fe_2O_3 + FeO + MgO > 10\%$ ； 属富钠质火山岩类岩石，斜长石以钠长石为主，富含暗色矿物		$K_2O/Na_2O > 1$; $Na_2O + K_2O > 7.60$ ，偏碱性； $SiO_2 > 72\%$ ，偏酸性； $Fe_2O_3 + FeO + MgO < 7\%$ ； 岩石中的长石以钾长石为主，富含浅色矿物，以形成超酸性—偏碱性火山—火成岩建造为特征
6	矿物元素分布特征	以Cu、Fe、Pb、Zn、Au、Cr、Ni、Ag、Co、V为主； W、Sn、Bi、Mo、Be等金属元素含量较低； 主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、镍矿、磁铁矿以及铬铁矿、镍铁矿等	以Pb、Zn、Fe、Cu、Al等金属元素为主； Au、Ag、Bi、Mo等次之 主要金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、菱铁矿、磁铁矿—赤铁矿等	以Cu、Fe、W、Sn、Bi、Mo、Pb、Zn、Au、Ag、Be等金属元素为主； Li、Rb、Cs、Nb、U、Th等稀散放射性元素次之； Cr、Co、Ni、V等金属元素较少，主要金属矿物有：黄铁矿、黄铜矿、黑钨矿、辉钨矿、白钨矿、辉钼矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿等
7	表生作用特征	矿体在地表表生淋滤作用下形成棕褐色、褐色铁帽和彩色次生富集带	矿体经表生淋滤作用形成褐色、棕黄色铁帽或各种颜色的矾类矿物	矿(化)体经表生淋滤作用广泛形成铁帽(又称火烧皮)，以及各种颜色的次生硫化物
8	主要矿床类型及实例	1. 火山喷发沉积变质矿床(镜铁山)； 2. 火山沉积热液矿床(折腰山、小铁山)； 3. 火山沉积、异地沉积变质矿床(磁山铁矿、西成铅锌矿)； 4. 斑岩铜矿床(公婆泉、白山堂等)； 5. 火山熔离矿床(安西、金川)	1. 火山喷发沉积变质矿床(峨眉山铁矿)； 2. 火山喷发异地沉积变质矿床(粤北、桂北、湘中黄铁矿、菱铁矿、铅锌矿)	1. 火山喷发沉积矿床(利山)； 2. 火山喷发沉积热液矿床(大顶山等)； 3. 火山角砾岩筒形铜铅矿床(德兴、老虎洞)； 4. 斑岩型铜矿床、铅锌矿床、钨矿床等(玉龙、大宝山、蓮花山等)； 5. 玢岩型铁矿(宁芜、四山等)

在一个地区,热液蚀变愈复杂,愈强烈、成矿的可能性就愈大。在白银矿区外围,就是根据这个特征标志,发现新成矿地段的。

(4) 岩石矿物共生组合标志 该类矿床围岩经常是由一套细碧岩类和角斑岩类岩石组成。在该类岩石中 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, n 值 $[\text{Na}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})]$ 最低为71.7,最高可达92.9,为富钠质火山细碧角斑岩类岩石。典型的矿物组合为黄铁矿—黄铜矿组合,黄铁矿—黄铜矿、铅锌矿组合和黄铁矿—铁铜矿组合等。因此,黄铁矿、黄铜矿、铅锌矿和重晶石组合可视为矿床矿物的特征组合。目前,在华北、东北、西南和东南等许多地区,根据这个特征标志开展找矿评价工作已发现了一批黄铁矿型铜、铁多金属矿床。

(5) 地球化学特征标志 经化探证明,在近矿围岩中Cu、Zn、Au、As金属元素含量普遍增高,一般含Cu150~514 γ /g,最高可达2200 γ /g,在远离矿体围岩中,一般含Cu35~74 γ /g,在普查找矿工作中可作参考。

(6) 地表矿化标志 矿体出露地表,由于表生淋滤作用,往往形成黄褐色的铁帽或呈现出红、蓝、黄、白、绿、紫等各种颜色,成为良好的找矿标志。

2. 地台型火山成矿作用矿床及其特征标志 地台区是一个相对稳定的构造区,沉积作用、构造活动、火山活动以及火山成矿作用均较微弱。目前,仅在地壳的局部构造区内见到该类型的火山矿床,研究程度较差,大部分属于火山喷发异地沉积矿床或火山喷发异地沉积改造矿床。在广东、广西、湖南、江西等省区内,先后在晚古生代一早中生代浅海相地层中发现有火山活动和火山成矿作用的痕迹。根据有关矿产资料、岩矿鉴定、同位素年龄和硫同位素测定资料报道,在尤门、开平、恩平、连平、连山、曲仁以及跳马涧等地也发现有英安质或流纹质熔结凝灰岩、角砾凝灰岩、凝灰岩和层凝灰岩等产于中上泥盆统灰岩夹粉砂岩、粉砂质页岩中,并在这些火山岩层或夹火山碎屑岩层的碳酸盐建造中,发现许多既貌似沉积矿床,又貌似热液矿床的所谓沉积改造矿床。如大顶山含锡磁铁矿矿床、大宝山铁铜多金属矿床、凡口—杨柳塘等层控含铜黄铁矿铅锌矿

矿床等,均属地台型火山成矿作用的火山喷发异地沉积改造矿床。其特征标志是:

(1) 改造标志 该类型成矿作用发生在相对稳定的地台发展阶段,受地台型的地壳构造运动、火山活动和沉积变质作用控制,矿床往往位于复式后加里东台陷的凹地(沉降区)或纬向与北东向构造交切所形成的断陷盆地内(如火山盆地、海盆地、河湖盆地等,时代多属于晚古生代)。这种构造盆地,不但有利于火山活动和火山成矿作用,而且也有利于形成半封闭—封闭的沉积环境,有利于火山成矿物质的聚集和沉淀。在粤北、赣东北、湘中和桂北等地区有许多大中型黄铁、菱铁、铅锌矿矿床产于构造盆地的凹地中,这是一个很重要的区域(盆地)找矿标志。

(2) 层位、岩相、岩性标志 找矿层位主要集中在晚古生界的浅海相碳酸盐岩夹沉积火山碎屑岩层内,如粤北中上泥盆统的天子岭组、东岗岭组和下石炭统的石磴子段,湖南、江西的跳马涧组等。矿体直接赋存于靠近火山碎屑凝灰岩和含盐度较高的泻湖相、礁灰岩相和陆表海的海湾沉积相中。岩性以钙质、泥钙质、泥炭质、粘土质灰岩,粉砂岩,页岩为主,这是一种海水进退的沉积层序。矿体与围岩整合,呈似层状、透镜状、扁豆状等产出。矿层不但具明显的条带、层理、层纹等同生沉积构造特征,而且也具有明显的粗细不一的脉体和重熔结晶等热液改造富集特征。各地矿床经硫同位素测定 δS^{34} 值均在1~8%之间,反映了成矿物质主要来源于地壳深处与火山喷发作用有关,致使矿床既貌似沉积矿床,又貌似热液矿床。研究表明,它是一种火山喷发异地沉积改造矿床,成矿物质来源于远源火山喷发,随着海流进入构造盆地沉淀而成。因此,在古地台古地理环境中,矿床比较严格地受层位、岩相、岩性所控制。

(3) 矿石矿物组合和蚀变标志 矿石矿物组合比较简单,常为以条带状、块状黄铁矿为主的含铜铅锌矿组合、铁铜矿组合和菱铁矿铅锌矿组合。近矿围岩蚀变微弱,种类简单,如方解石化、白云石化、硅化和微弱的绿泥石化等,不具分带性,蚀变矿物多成脉体顺层或斜穿矿体出现在近矿围岩之中。

(4) 成矿标志 该类型矿床的形成, 一般来说都需要经过两个或两个以上的成矿富集阶段, 一是同生沉积成矿(矿源层形成)阶段, 二是后期改造富集(工业矿体形成)阶段。因此, 在矿床特征上, 既非沉积矿床, 又非热液矿床。碳同位素分析认为属于火山碳。资料表明, 地台型陆表海火山活动不但给成矿提供了大量的物质来源, 而且也增高了盆地海水的温度和改变了海水的酸碱度, 造成生物的大量死亡, 形成了一种适合于成矿物质随海水运移的热含矿卤水溶液, 在当时比较封闭的盆地凹陷中沉淀成矿。因此, 该类型矿床一般是在成矿温度低、蚀变弱、高硫低氧、比较还原的环境中形成的。矿床分布不局限于火山活动区, 而且可以远离火山源而存在于构造盆地中, 是一种火山喷发异地沉积改造矿床。

(5) 矿床地表标志 该类矿床主要由黄铁矿、黄铜矿等多金属硫化物组成。矿床在表生风化淋滤作用下, 往往在地表形成了引人注目的规模巨大的铁帽或色彩艳丽的铜、铅、锌氧化物的地表。

3. 地洼型火山成矿作用矿床及其特征标志 国外许多地区自中生代以来, 继古地槽区和稳定的古地台区之后, 出现一个新的活动区——地洼区。这种新型活动区, 沉积作用、火山活动和火山成矿作用, 及其它特征均表现明显而强烈, 又大多发生在陆地。这种与陆地火山活动在时间、空间和成因上有联系的成矿作用矿床, 称为地洼型火山成矿作用矿床。当然, 也无例外地包括陆相火山喷发沉积矿床和火山侵位阶段所形成的热液或沉积—热液改造矿床, 其中尤以斑岩型铜钼矿床、铁铜矿床、铜铅锌等金属矿床和火山夕卡岩型金属矿床最为重要。美国、秘鲁和智利以斑岩铜矿占绝对优势, 据统计有50%铜储量属于地质时代较新的斑岩铜矿。我国的德兴、玉龙、多宝山和长江中下游地区也有许多规模巨大的斑岩铜矿、玢岩铁矿等矿床, 尽管有些在成矿特征方面类似地槽型火山矿床, 但是, 其火山活动和火山成矿作用在时间、空间和成矿方式等方面毕竟不同于地槽型, 也并非地台型, 而有独有的特征标志。

(1) 构造标志 陆地火山活动和火山成矿作用矿床在时空等方面均明显地受地洼型

构造运动控制。陆相火山岩带、矿带和矿床均呈短线状(延展性和稳定性较差)展布于地洼褶皱带内的火山构造带(火山盆地、地穹、断隆及其附近)及其边部断裂复合处。在地形地貌上, 往往形成火山锥地或近似圆形的火山洼地。根据这种火山构造标志, 在国内外广泛应用卫星照片资料进行解译, 对于确定火山构造位置效果良好。

(2) 时空标志 该类火山矿床形成时间大部分是在较新的地质年代(20~200百万年), 矿床直接赋存于次火山岩(斑岩)体的内外接触带及其附近围岩中, 其形态、产状和分布都比较复杂, 呈筒状、环状、柱状、细脉状、细脉浸染状以及角砾状等各种脉体, 它们均受成矿前和成矿时的火山构造, 特别是火山角砾岩筒的控制。矿床也常围绕火山喷发活动中心(主火山口)有规律地作环状分布(即所谓卫星矿床)。在地洼区内, 侏罗—第三纪的陆相粗粒碎屑岩建造中, 可以发现大量的火山活动产物。有许多火山口相、火山颈相或火成岩相均直接出现在上述陆相粗碎屑岩建造中; 美国、智利、秘鲁等国的情况是如此; 我国广东、江西、西藏等地也有类似情况。在找矿评价工作中应注意时空标志。

(3) 矿床、矿体组合特征 该类型矿床组合、矿体形态组合都较复杂, 经常在一个矿区出现多种成因组合矿床或多种形态组合矿体。以大宝山矿区为例, 既有地洼型火山成矿作用矿床, 又有地台型火山喷发异地沉积改造矿床。前者以形成斑岩型铜、钼、钨矿为主, 后者则形成层状、似层状黄铁矿、菱铁矿、铅锌矿矿床(图7)。矿体多呈脉状、细脉浸染状、网脉状、层状、似层状和透镜状等多种组合, 形态极为复杂。这种组合特征, 在玉龙、德兴等很多矿区均有显示。在找矿评价工作中应予以重视。

(4) 岩石矿物及元素组合标志 陆相火山成矿作用矿床, 经常同火山颈相岩体关系密切, 岩性多属于钙碱性系列岩石(钙碱指数为58~62), 其中以中酸性火山岩、次火山岩和火成岩的岩石组合对铜多金属矿床的形成较为有利; 中基性岩的岩石组合对铁矿床形成有利。岩石化学成分以含硅高富钾为特征(一般是 $K_2O > Na_2O$)。矿物组合大致有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿组合, 黄铁

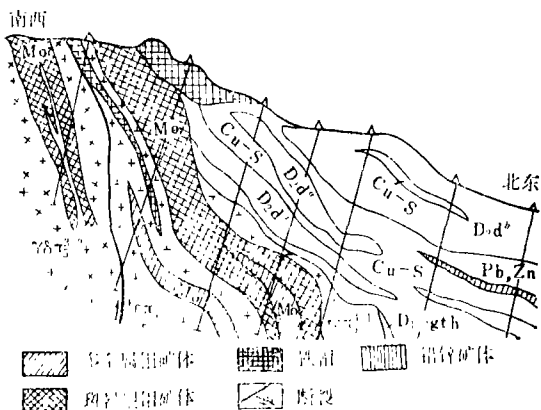


图7 粤北某地台型铁铅锌矿和地洼型钨钼铜矿复合成因矿床地质剖面示意图

D_{2d}¹—中泥盆统东岗岭组上亚组钙质页岩、粉砂质页岩、沉凝灰岩（地台沉积层）；D_{2d}²—中泥盆统东岗岭组下亚组少卡岩化灰岩；D_{1-zgth}—中下泥盆统桂头群上亚组砂岩夹页岩；Y₈₃₋₂—燕山期花岗岩闪长斑岩；ε_π₈³⁻¹—燕山期次英安斑岩（地洼型）；ε_π₈³⁻¹—燕山期次英安斑岩；F—断层；Cu—S—多金属铜硫矿体（东部）

矿、黄铜矿、铅锌矿组合，钨锡矿、铜多金属组合，以及磁铁矿、赤铁矿（有时含钨矿）组合等。元素组合为Cu、Mo、Bi、Pb、Zn、W、Sn、Au、Ag、Co等。在一般情况下，无论是矿物组合还是元素组合均比其它类型矿床要复杂得多，品位贫富变化也大得多。

(5) 围岩蚀变标志 该类型矿床以其围岩蚀变显著强烈、分布面广、分带性较好为重要标志。因为矿化与蚀变相伴产生，矿床多位于强蚀变带内。

蚀变分带从中心向外一般可分为3个带：

①钾化带：由黑云母、钾长石、石英组成。

②千枚岩化带：由绢云母、高岭土、石英组成。

③青盘岩化带：由绿泥石、绿帘石、方解石组成。

矿体主要赋存于钾化带和千枚岩化带之间，铜钼的富集与钾质蚀变带关系尤为密切，有时在青盘岩化带外缘有闪锌矿、方铅矿及金和银等富集。因此，黄铁矿化、钾化、硅化、绢云母化、高岭石化和青盘岩化等是该类型矿床特征蚀变。玢岩铁矿床产于

深色蚀变带与浅色蚀变带之间，宁芜地区就是根据这一特征标志，开展找矿评价工作并取得良好效果。

(6) 成矿物质来源 根据硫同位素资料，δS³⁴值一般为0.5~5‰，说明金属硫化物来自地壳深部或上地幔。因此，在具有深断裂成群分布的火山构造区内可能成矿。

(7) 矿床地表标志 同其它类型火山矿床一样，在表生条件下，黄铁矿等金属硫化物经过风化分解淋滤后，形成褐色、棕褐色的铁帽和铁染岩石，通称“火烧皮”。它是矿床在表生风化条件下形成的重要找矿标志之一。

综上所述，火山成矿作用矿床及其特征标志，取决于矿床的大地构造类型。在地壳发展的不同阶段，都曾有过强度不一、性质不同的火山活动和火山成矿作用，有海相火山岩沉积热液矿床，也有陆相火山岩沉积热液矿床。因而出现了矿种相同，而成矿方式、成矿地质条件和矿床规模、形态、产状等各异的矿床类型，在找矿评价和矿床勘探工作中，必须注意识别这些矿床的大地构造类型及其特征标志，才能比较准确地反映不同大地构造类型火山矿床的本来面貌，充分发挥地质理论对生产实践的指导作用。

结 论

1. 火山成矿作用是一种非常广泛而又十分重要的成矿作用，它可以借助于火山活动本身的力量和条件，直接从地壳的不同深度解决成矿物质、成矿构造以及成矿所需的岩性和物理化学等条件。这种成矿的优越条件，是其它地质成矿作用所不能比拟的。因此，它比较易于形成稳定的、品位较高的、规模较大的、埋藏较浅的黑色、有色和稀有、贵重金属矿床。

2. 火山活动不仅表现为地壳外部的火山喷发活动，同时也表现在地壳内部的侵位活动。火山成矿作用矿床和火山成岩作用岩体都是在火山活动的相应发展阶段发生和形成的，都属于同源、同类型、连续的和不可分割的火山活动系列的产物。

3. 火山成矿作用矿床，无论是属于地槽型、地台型或地洼型火山喷发沉积（或异地沉积）改造矿床，都明显地受火山构造带、

火山岩相带及火山—沉积岩岩性、层位的控制。

4. 在多数情况下, 一个具有工业规模的火山成矿作用矿床, 是在火山活动的一个或几个发展阶段, 或不同性质成矿改造作用过程才能完成, 属于“多矿种、多阶段(多类型)”的复合矿床。但是, 不同大地构造类型的火山矿床, 由于时间、空间和成矿地质条件的不同, 而具有不同的特征标志。

5. 近年来, 对一些产在火山岩层或夹有火山碎屑岩层的海相碳酸盐建造中的似沉积而非沉积矿床, 似热液而非热液矿床, 即所谓“火山层控矿床”或“沉积改造矿床”研究表明, 其中有很多是属于火山喷发异地沉积矿床或异地沉积改造矿床, 是远源火山活动所形成的一种比较特殊的地台型或地槽型火山成矿作用矿床。

6. 不同矿种或相同矿种的不同大地构造类型火山成矿作用矿床, 在我国不但有广泛

的分布, 而且在一个地区, 甚至在一个矿床又往往出现一种多构造、多阶段类型的“复合成因”矿床, 并具有十分重要的找矿前景。在东北、华北、西北、川北和华南的部分地区, 在加里东—海西古地槽褶皱带内, 在海相碎屑岩、碳酸盐岩层夹富钠质火山变质岩系中应特别注意寻找地槽型火山成矿作用的黄铁矿型铜矿床、铁铜矿床、铅锌矿床、铬镍矿床以及斑岩型铜钼矿床等。在华南、西南和华北、东北的部分地区, 在具有比较复杂构造层的地洼区内, 在地台型的陆表海沉积凝灰岩相和碳酸盐岩建造(即沉积盖层)中, 应注意寻找层控黄铁、菱铁、铅锌矿和铝土矿等矿床。在陆相火山岩一次火山岩相带及其附近的围岩中应特别注意寻找多构造、多阶段火山活动类型的“复合成因”矿床, 如斑岩、角砾岩型的铜钼矿床、钨锡矿床和铅锌矿床, 夕卡岩型的铁铜矿床、钨锡矿床以及玢岩铁矿床等等。

关于岩相、古地理若干问题的探讨

湖南冶金地质二三六队 罗灿辉

众所周知, 沉积矿床是受成矿时代和层位控制的, 它们是找矿的一个前提, 也是最直观的条件。根据笔者对铁、锰、磷沉积矿床找矿勘探的体验, 矿床多赋存于一定的岩相中, 与沉积旋回有关, 特别与当时的沉积环境密切相关, 即严格受岩相、古地理的控制, 当然总体上是受大地构造的制约。下面以两个矿区为例, 说明研究岩相、古地理的重要性。

(一) 某铁矿 位于江南古陆南缘, 矿体赋存于上泥盆统锡矿山组下部的灰绿色页岩中, 产状与围岩一致。由于当时地壳不甚稳定, 海水进退频繁, 因而出现了多个沉积旋回, 生成多层矿(一般为两层), 并常有分支复合现象。以第二层矿最稳定, 矿层均产于海侵层序中。

铁矿分布于靠古陆边缘的海湾或凹陷海盆的斜坡上, 以及海盆的古岛中。由于在矿层及其上下的钙质页岩中富含腕足类化石, 可以推测当时的海水不太深。因其紧靠古陆

边缘, 古陆为铁矿的形成提供了较丰富的物源。根据矿石的结构、构造及其岩性组合, 由陆向海方向可分为三个相带: ①含铁砂砾岩相, ②含铁砂岩、铁矿相, ③页岩、含铁灰岩相。只有第二个相带赋存工业矿体。上述相带基本上与矿体走向一致。根据相变规律布置工程, 取得了良好的效果。1957年即已探明了一定数量的富矿体, 超过中型铁矿, 以后陆续有所扩大。

(二) 某锰矿 位于江南古陆的南缘, 属湘潭式锰矿床。曾经有几个地质队进行过踏勘普查, 先后做过一些轻型山地工作, 都因矿层薄, 未进行深部评价。我们对矿区北东段已揭露的地表露头进行了详细观察, 认为矿层底部黑色页岩厚度大, 炭质成分高, 黄铁矿较多, 具备赋存锰矿层良好的岩性条件, 而且整个含矿系厚度大, 韵律较完整, 因此施工了一条剖面。结果初步证明, 含矿系厚度大, 矿石质量较好, 也摸到了海盆的宽度。为了探索海盆的展布方向, 我们根据