

出又受背斜倾没端和扬起端、倒转背斜、复向斜中次级背斜、沉积间断面、层面构造等几种构造组合的联合控制。

铜矿床在空间上与燕山早期中酸性侵入体有关,本地区的所有铜矿床,无不例外地均伴有小型侵入体,并伴有矿化作用、蚀变作用,显示了岩体与成矿的密切关系。

硫同位素测定, S^{32}/S^{34} 的比值和陨石硫 S^{32}/S^{34} 比值很接近。铜官山矿 S^{32}/S^{34} 的比值在 22.160~22.174 之间;新桥矿 S^{32}/S^{34} 的比值在 22.170~22.173;狮子山矿 22.122~22.220;金口岭 22.122~22.220。

$\delta S^{34}\%$ 值的变化,铜官山矿 0.38~4.45;新桥矿 0.03~4.02;狮子山矿 -0.15~3.23;金口岭矿 -0.59~1.00。一般多在 -0.59~4.45% 之间,变化范围较窄,表明成矿溶液中的硫在成矿过程中同位素分馏作用不强烈,具有很好的均一性,说明矿质来

源比较单纯。

以上资料表明,本地区矿床的成矿物质,主要来源于地壳深部或下地幔,部份成矿物质来源于围岩。

综合上述,铜陵地区极大多数铜矿床,产于一定的地层中,受三个不同时代地层控制,具有层控矿床的主要地质特征。矿床受区域构造制约,产于地质构造的特定部位,与燕山早期中酸性侵入体有关。成矿物质主要来源于上地幔,部份来自围岩,因而认为是以后生为主的广义层控矿床。

层位岩性对矿床的形成固然是重要的地质因素,但不是唯一因素,不等于有了层位就能找到矿。多年找矿实践表明,单一的控矿地层还不能构成矿床,只有在控矿地层、构造因素、岩浆岩因素以及其他各种地质因素的共同作用下,才能形成具有经济意义的矿床。

赣东北网状断裂对成矿的控制

江西冶金地质一队 苏运波

赣东北是我国铜矿的主要蕴藏区之一,此外还分布有铅锌钨锡铌钽等金属矿产。该区主要由东西向、北东向、北北东向及北西向构造组成区域构造的格架(图1)。东西向构造是区内发育最早、活动时间最长的构造,自晋宁期到喜山期均有活动,波及之地层从古生界以前直至新生界。组成这个构造的主要成分为一系列东西向基底褶皱带及伴生的东西向断裂。由于受后期构造的干扰和改造,使局部方向变为北东东、东西向构造,对以后各期构造运动的发生、发展有明显的影响。

北东向构造始于上古生代,系叠加在东西构造的基础上发生,主要由一系列北东向褶皱带、压扭性断裂和岩带组成,燕山期具有明显的继承性和新生性。

北北东向构造发生于燕山早期,至新生代仍有活动,整个构造运动分为早、晚两个阶段:第一阶段主要形成北东 20~30° 的平行相间展布的断隆和断凹;第二阶段形成一

系列北北东 10~15° 的压扭性断裂(局部为张扭断裂)和中新世火山盆地。

北西向(约北西 300~340°)构造主要由一系列压性和张性断裂组成,局部地段有北西向褶皱分布。该构造可能始于古生代,至新生代仍有活动继承,具有多期复杂的活动历史,是区内重要控岩控矿构造之一。

此外,根据卫星照片和现已查明的情况,区内还分布一些南北向构造,但不占主要地位。

区内各组构造在发生和发展的漫长历史过程中,是互为依存,相互干扰,先后叠加,形成多构造的复合;特别是东西向构造和北东、北北东向构造的复合关系十分重要。它对区内燕山早期第一阶段花岗岩的成矿活动有重要的控制意义。

等距发育的“网状断裂构造”系统 及其控矿意义

中生代以来,区内新生和复活的北北

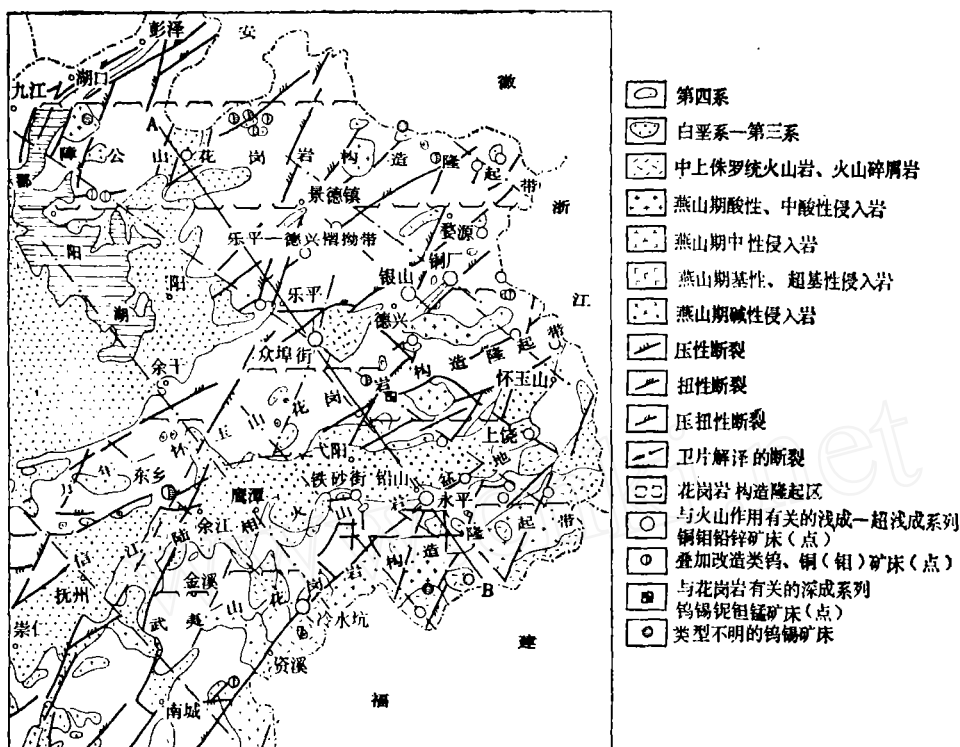


图1 赣东北地质构造矿产略图

东、北东、北西向断裂构造是三组重要的区域性构造，具有同级构造大致等距分布的特征，组成“网状断裂构造”系统。北北东向（ $20\sim 30^\circ$ ）断裂构造形迹显著，主要为一组压扭性断裂组成。根据卫片解译和区测实际资料，区域从东至西，大致以40公里间距分布了四条区域性I级（区域相对分级，下同）断裂带，即董村—上饶断裂带、黎川—婺源断裂带、余江—乐平断裂带、进贤—鄱阳断裂带。断裂带延伸达几百公里以上，均已超出本区范围而延至外省外区。在I级构造之间还相间分布了II级和更低级次的断裂。北东向（ $50\sim 60^\circ$ ）断裂是本区构造形迹最显著的一组构造，由一系列压扭性断裂组成，一般走向平直，延伸大，有明显的构造山脉发育。该构造发生于上古生代，燕山期有明显复活，至喜山期仍有活动，属区域性的主干断裂带，有赣东北深大断裂带、彭泽—湖口断裂带、篁壁—五都断裂带、陈坊—玉山断裂带、赋春—塔前断裂带等。低级序的断裂则遍布全区。北西向 $300\sim 320^\circ$ 之断裂是一组以前忽略的区域性控矿构造，根据卫片影象和野外实际资料，本组构造在

区内发育较普遍，具有一定规模，断裂结构面力学性质复杂，以压性为主，局部具压扭和张扭性特征；断裂单体平面延伸不大，一般为几到几十公里，有成带分布的特点，构成延伸达几百公里以上的断裂带，具等距分布规律，局部地段构造形迹显示隐伏或半隐伏特征。I、II级区域性断裂控岩控矿情况显著，局部有航磁异常显示和温泉分布；断裂下切深度较大。可能属初次一级构造，具有区域性重要意义。根据卫片影象，并经局部实地检查，区域从西至东，大致以60~80公里的距离分布的I级区域性断裂带计有：鹏田—抚州断裂带、鹰潭—锦江断裂带、上饶—乐平断裂带、玉山—铜厂断裂带，其中上饶—乐平断裂带延伸规模最大，沿带有大量航磁异常分布，可能具有深大断裂性质。在I级构造之间还相间分布了一些低级次的区域性断裂构造。

由北北东、北东、北西向三组区域性I、II级断裂带组成的“网状断裂构造”系统是铜铅锌直接的区域控矿构造条件，两组或三组断裂交叉的构造结点，对铜铅锌矿床、矿田及与之有成生联系的岩体（群）

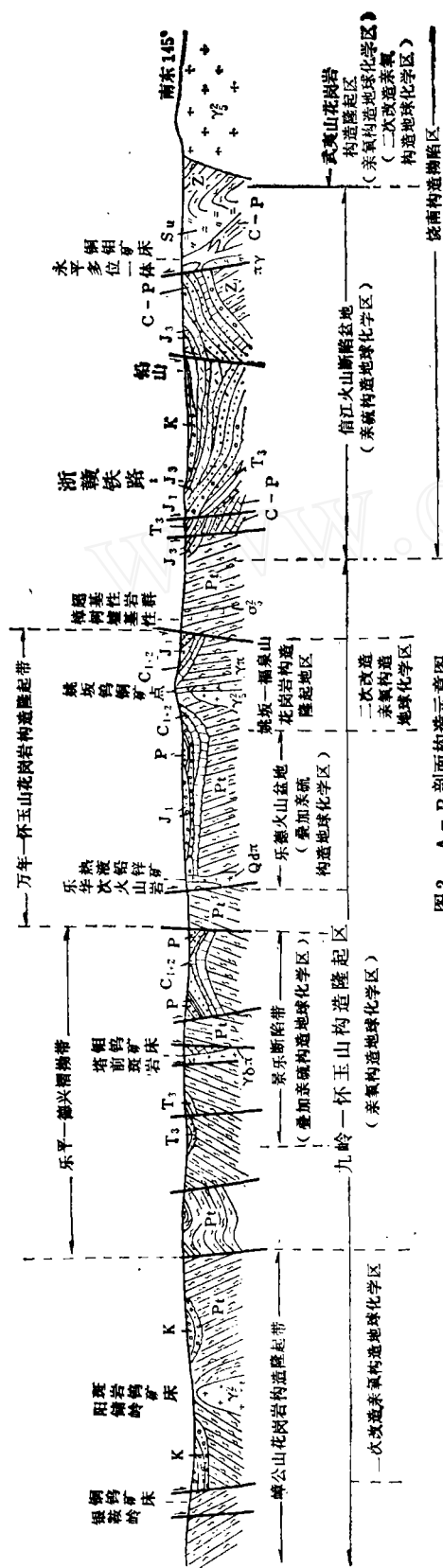


图2 A-B剖面构造示意图

的空间分布，具有重要的定位意义，其依据是：

(1)区内已知大中小各类铜钼铅锌矿床(点)绝大多数分布于两组或三组断裂的交叉部位(图1、2)，同时也见一部分夕卡岩型和斑岩钨(钼)、钨(铜)矿床分布在这些构造部位；

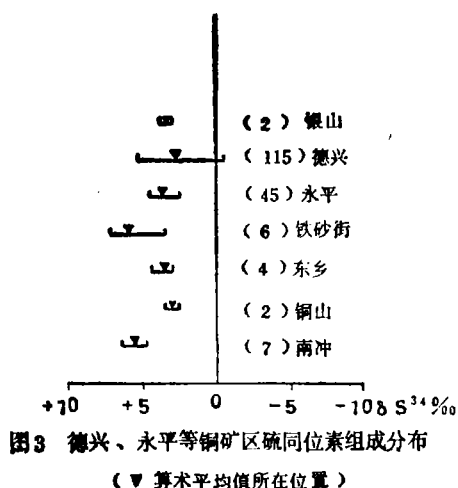
(2)在Ⅰ级或Ⅱ级断裂构造的交叉部位，多数有不同规模的中酸性、基性—超基性杂岩群和磁异常分布。据已知资料，这些岩体除少部分属新生代产物以外，大多数为燕山早期(以第二阶段为主，年龄为170~150百万年)，属陆相火山的钙碱系列浅成—超浅成侵入杂岩(包括次火山岩)。

(3)受这个构造系统控制形成的内生金属矿床，不管是什么类型，以何种造矿元素为主，都程度不一地伴有铜钼铅锌银等亲硫元素或其中几个元素的组合，并且一般都环绕成矿岩体形成规律性的矿化—蚀变空间分带。例如斑岩铜矿的矿化蚀变分带就是此类的典型。围岩蚀变除部分矿床出现钾化外，一般以中低温蚀变组合为主，而高温的云英岩化、黄玉化等蚀变则不常见。

(4)区内已知铜钼矿床8个硫同位素测定结果，虽然各矿区见有微小差别，但总体属于陨石型， δS^{34} 变化狭窄(图3)，说明“网状断裂构造”系统控矿的同一性。

“网状断裂构造”系统不但控制了矿田、矿床的定位分布，而且控制了成矿区(或成矿区段)的分布。这个系统客观上将区域切割成许多断块，由于各个断块垂向运动的差异，因而形成“断隆”和“断凹”两种性质不同的构造单元。有的“断隆”形成后长期处于隆起剥蚀中，使基底裸露，有的“断凹”后来发展成为中生代陆相火山盆地。例如鄱阳湖盆地、吉安盆地和区内一些呈三角形展布的中小型盆地，实为不同级别的北东、北北东、北西向断裂控制形成的负性断块构造单元。据研究资料，这些盆地的形成，与中生代区域性火山活动有直接联系，是在断块的基础上发展形成的火山构造沉陷产物。区内的铜钼铅锌和放射性矿床大多数循着这些盆地分布，构成独立的成矿区或成矿区段。

“断隆”并非一律对成矿不利，这取决于它所处部位的上升幅度和剥蚀程度。例如



长期下降拗陷发展形成的信江盆地，由于“网状断裂”的切割，形成一系列的次级半岛状隆起。在这些断隆部位，由于原始盆地盖层不厚，新地层剥蚀无遗，从而大大地提高了这些区段的找矿意义。区内永平铜矿、东乡铜矿、铁砂街铜矿等都是位于这些盆地的边部隆起部位。

“网状断裂构造”系统的形成 及其控矿机制探讨

“网状断裂构造”系统一词系从构造组合形式出发而命名。关于这种构造形式的成生机制笔者认为与全球性构造有关。板块构造学说提出存在太平洋板块和印度大陆板块。中生代以来，两大板块对我国大陆板块的俯冲碰撞作用的结果，产生以各自碰撞带为中心的挤压应力场，以波动传递形式向四周辐射，形成正负相替的断裂褶皱带。两大应力波系的运动结果，形成许多互相干扰、互相交叉、互相割切的新生和复活断裂构造，构成复杂的“网状断裂构造”。这种构造格局，随着我国区域性地质工作和遥感地质工作的发展，愈来愈得到揭示。北东向构造多集中于我国东部沿海一带，往西构造发育强度逐渐减弱，而北西向构造多集中在我国西部，向东则逐渐形成“泛而不显、深而不明”的分布特征，显出两个独立的构造波系图象*（图4）。此外，实际资料证明，北北东、北东、北西向三组构造多具有同级等距发育的特征，形成此起彼伏的正负交替关系出现；高级次构造之间包含了低级次构

造，低级次构造之间又包含了更低级次的构造；证明其地壳构造的运动方式并非单纯的块状性质，而且具有波动方式的特点。对于广泛分布于我国东南部的北北东向和北东向两组断裂，据其空间的展布形式和发生发展的演变历史，二者乃应是太平洋板块构造先后两个活动旋回的产物。不过前期构造受后期构造的复合，中生代亦有显著活动而已。

该区内生金属成矿活动主要发生在燕山早期，显然与太平洋板块和印度大陆板块燕山活动旋回有关（以太平洋板块影响为主。）控制矿液的运移和分配，主要是与板块构造有成生联系的“网状断裂构造”系统；特别是区域性的深大断裂，对矿床和矿田的区域分布，起着定位作用。至于某一矿床或矿田具体控制矿体就位的容矿构造，其类型则与矿床矿田所处的部位各期构造的叠加组合形式有关。因此，矿床、矿田类型较多。但是，在一个矿床和矿田的范围内，往往只以一种或两种容矿构造类型为主。

成矿与区域构造地球化学背景的关系

该区大规模铜钨铅锌成矿活动，除与岩浆构造活动本身有着直接的联系外，与成矿前期历次岩浆构造旋回叠加形成的构造地球化学背景有着十分密切的关系。根据成矿元素在不同构造部位的分布规律，可划分两类不同性质的构造地球化学区：一类是以花岗岩构造隆起区为主体的钨锡铍铌钽等元素组合的亲氧构造地球化学区；另一类则是与凹陷带有关的以铜钨铅锌银等元素组合的亲硫构造地球化学区。这两类构造地球化学区均系东西向基底和北东向盖层构造的隆起带和凹陷带的基础上发展形成。其中亲氧区主要分布在东西向与北东向或北北东向构造隆起的复合部位。这些部位由于长期处于挤压状态，使局部地壳硅铝层重熔而形成花岗岩体。在花岗岩的成岩过程中，分异作用使钨锡等亲氧元素得以进一步汇集，在东西向基底构造隆起区的原始亲氧区的基础上，形成二次叠加改造的亲氧构造地球化学区，同时

* 对我国来说，还有蒙古板块的俯冲碰撞，形成近东西向构造的挤压应力场，所以区内中生代东西向构造活动亦较显著，沿基底褶皱的隆拗相错部位，形成东西向断裂，对成矿亦有重要控制意义。

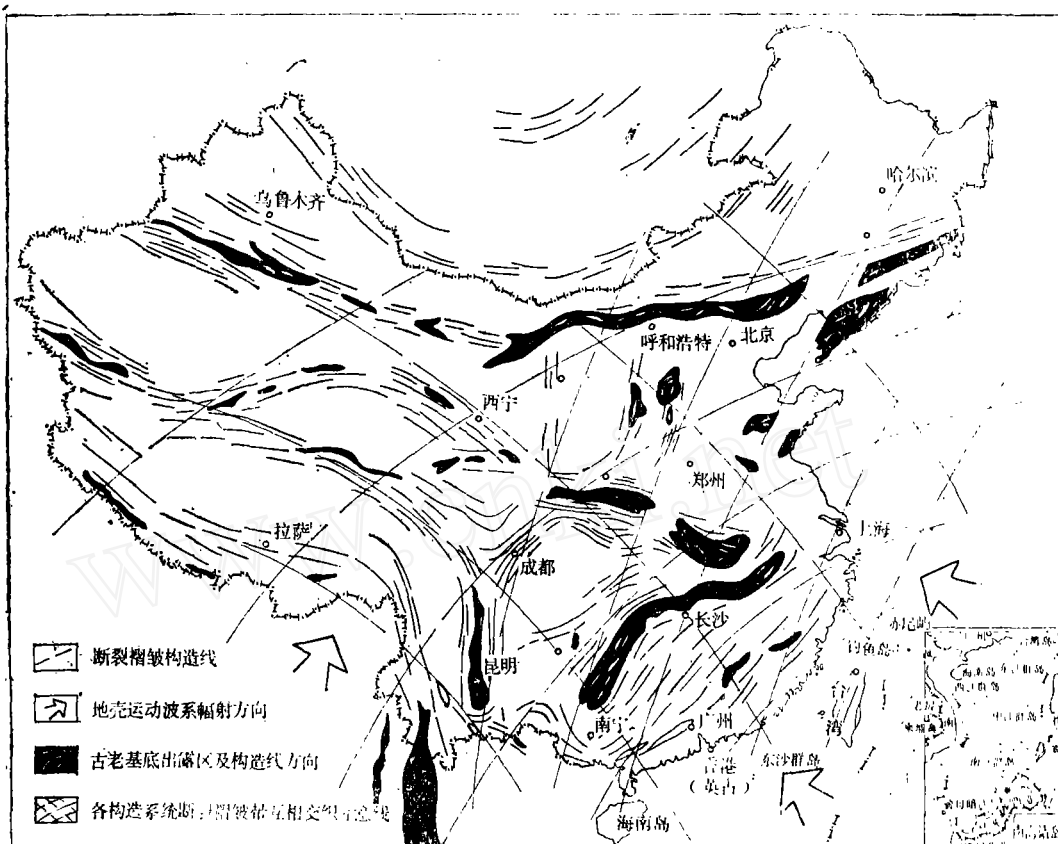


图4 中国及其邻区燕山旋回构造带分布略图(据张伯声1965年地质图修改)

带来钨锡铋钼等深成成矿活动。区内崂公山、灵山、怀玉山、武夷山等花岗岩构造隆起区均属此类。相反,在基底的褶皱带和盖层的向斜部位,由于沉积和保存了元古界以来的多期古火山岩和五元素(Ni, Mo, V, P, U)地层以及晚古生代以后的多期煤系地层,在这些层位中,铜铅锌银硫砷铁元素含量丰度较高(图5),特别是黄铁矿发育普遍。此外,硫酸盐—菱铁矿建造亦分布甚广,具有明显的亲硫和富硫的地球化学特征,十分有利于硫化物的交代和沉淀。亲氧和亲硫两种不同性质的构造地球化学区,是区内燕山早期第二阶段大规模铜钼铅锌成矿的背景。在“网状断裂构造”系统控矿的前提下,不同的构造地球化学区出现不同的含矿建造和矿床类型。亲硫构造地球化学区,在亲硫和富硫(建造)的背景基础上,铜钼铅锌的成矿趋势大为加强,出现单纯亲硫元素的富矿建造,往往形成斑岩铜矿(主要分布在前古生界的基底构造区内);层状夕卡岩矿床或“多位一体”矿床(主要分布在古

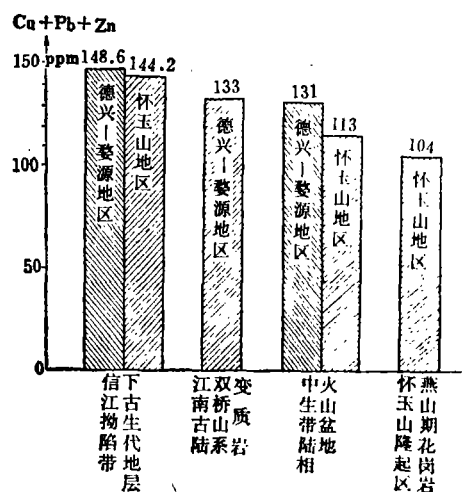


图5 拗陷区和隆起区地层Cu、Pb、Zn总背景含量对比图
(据江西冶金物探队1:5万分散流测量资料统计)

生代及其以后的盖层构造部位)(图6)、爆破角砾岩型矿床等。德兴斑岩铜矿、永平、铁砂街等层控夕卡岩型铜矿均分布在此类区内(见图6)。在亲氧构造地球化学区内,形成亲氧建造和亲硫建造元素的叠加,

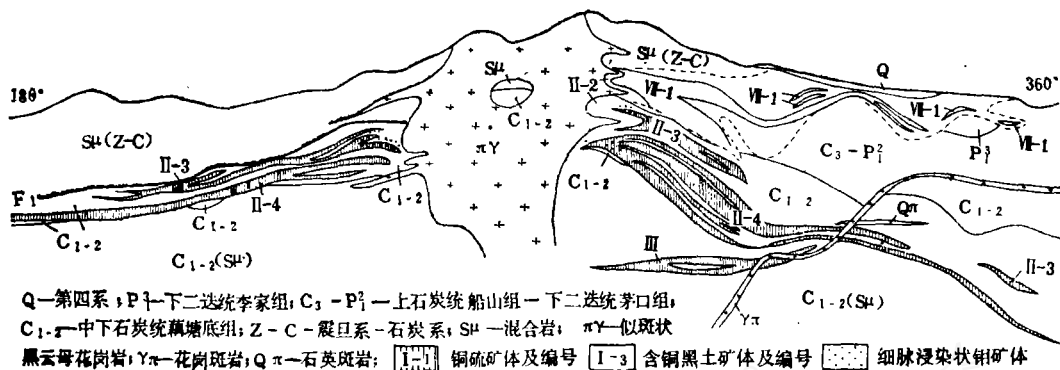


图6 永平铜矿纵剖面图

出现钨锡（铌钽）铜钼铅锌银等复杂的矿化组合，矿床类型繁多，有较典型的与火山作用有关的浅成系列的斑岩型矿床、夕卡岩型矿床、爆破角砾岩类型矿床，也有受叠加改造的前期花岗岩深成系列的钨锡（铌钽）矿床。

上述情况说明，成矿物质的来源除了成矿岩体从地壳深源携带上来以外，还有部分或大部分来自地壳浅部的围岩。岩浆热液在上升运动过程中，由于对含矿围岩的混熔和蚀变作用，使分散在围岩中的成矿元素发生活化转移，随之逐步浓集成矿，形成再造或叠加改变类矿床。这种作用，对厚度巨大的古老基底围岩显然占有主导地位，因为它不但具备提供丰富的成矿物质来源的条件，而且由于经受多期岩浆构造的叠加改造作用，使其中成矿元素浓集富化程度高，为成矿作用创造了良好的条件和基础。区内两种不同性质的构造地球化学区，总体呈现东西向的区域展布格局，这在一定程度上，即是基底古老变质岩系主导控制作用的反映。

此外，还说明某些围岩建造具有明显的选择性交代优势，是成矿富集的有利场所。区内永平、铁砂街、东乡、朱溪等铜矿，产于石炭系黄灰岩和古火山岩层位中，层控特征显著。从非矿化地段的同层位大量岩石光谱分析资料来看，造矿元素的含量一般不高，沉积（火山沉积）建造的厚度也不大，显然，大量的成矿物质不可能来自赋矿层位本身。但是这些层位一般含有较多的黄铁矿，有的还发育良好的碳酸盐—菱铁矿建造，具有亲硫和富硫的偏碱性地球化学特征，是含

矿溶液交代沉淀的良好层位。所以，只要有构造的复合前提，则往往形成层状夕卡岩型矿床。

结 语

1.从“网状断裂构造”系统控矿这一主导因素出发，铜钼铅锌区域找矿的重点，应置于北北东、北东、北西向三组区域性大断裂的交叉部位，这一构造形式在区内具有等距发育的特征，应注意用以进行成矿预测。

2.上述构造部位中的找矿重点又应该是中生代陆相火山盆地的角端部位。因为这些部位不但常是多组断裂的交叉位置，而且可能为火山机构所在之处，是后期叠加成矿的良好场所。

3.在构造控矿的前提下，必须重视基底东西向构造地球化学背景对成矿的影响和盖层建造条件的控矿作用。亲硫构造地球化学区应注意找铜钼铅锌，亲氧构造地球化学区以找钨钼为主。在基底构造区，注意找德兴斑岩铜矿和银山式陆相次火山岩热液铜矿，在盖层构造部位则应注意找永平式层控类型铜矿。

此项研究蒙中南矿冶学院陈国达教授、吴延之副教授，以及花友仁工程师等的大力指导，江西省地质局区测队和浙江冶金勘探公司提供了许多实际资料和支持，文芝新同志描绘本文插图，在此一并致谢！