

中国东部成矿域与成矿期的基本特征

郭文魁 刘兰笙 俞志杰

(地质部地质研究所) (地质部地质矿产司)

矿产区划是从事地质找矿和有关科研人员共同关注的重要问题之一。在不同地质发展背景区内往往出现不同的矿种组合,这已成为中外多数地质学家所公认的事实,但其所以然仍是一个探索与争论的中心问题。作者试图从中国东部成矿域地质发展背景与区内主要矿产组合的某些基本联系以论证具有一定规律性的成矿问题。由于作者水平所限以及内容繁杂与实际资料不足,希读者批评指正。

一、东部成矿域的范围与主要构造特点

东部成矿域是太平洋成矿带的一部分,其范围为自银川-昆明深断裂带以东地区(图1)。此区突出的构造特征是在古亚洲构造格局之上迭加了太平洋式构造,以北北东方向为主的太平洋式构造迭加在近东西向为主的古亚洲构造域之上,形成“格状构造骨架”。其框格之内往往为中新世沉积盆地,“格架”则由相对隆起的山系构成。在这些山系中除沉积岩外,无例外地均有火成岩及变质岩的存在,而其火成岩出露的数量和时代自西而东有显著增加和变新的趋势。盆地之内一般有沉积矿产,而且还有更多的内生、迭生与变生矿产出现,在这个意义上,隆起与拗陷(盆地)对矿种组合以及矿床类型的控制起着决定性作用。

地震与重力场资料^①反映出东部地区有三个近南北向与北北东向的构造带。一个从贺兰山、六盘山穿越秦岭经龙门山到康滇地轴,是地震密集地带,也是重力场梯度较密集地带,应是深部巨型断裂构造的反映,名之为银川-昆明深断裂构造带;另一个连续分布最长的北北东向重力异常密度梯度带是北起大兴安岭,经太行山到华南的雪峰山山系,它也反映了一个深部巨型断裂带的存在,沿此带还零星发现金伯利岩、苦橄岩和其它基性超基性岩的露头;第三个北北东向巨型断裂构造带是郯庐断裂带,此带北延经辽东半岛西侧、小兴安岭东缘至那达哈达岭而进入苏联境内,南越长江,大致沿赣江、北江而没入南海,沿此带在华北地块有金伯利岩浆的侵入与钙碱系列火山岩浆喷发。从北到南该断裂东侧一律为相对隆起区。中国东部绝大多数矿产产于近东西向的断裂褶皱构造系与近南北或北北东向断裂构造带之上及其邻近地区,而两组构造交汇之处,矿产尤为密集,形成矿带与矿汇,显示了断裂褶皱构造系与断裂构造带对成矿的控制作用。

从重力资料看,东北地块、华北地块、华南地块的物理性质是不同的。东北地块重力场基本上呈北北东向分布,在其东部并有北北东向椭圆异常出现,与地表的中新生代构造

① 据陈益震等人资料。

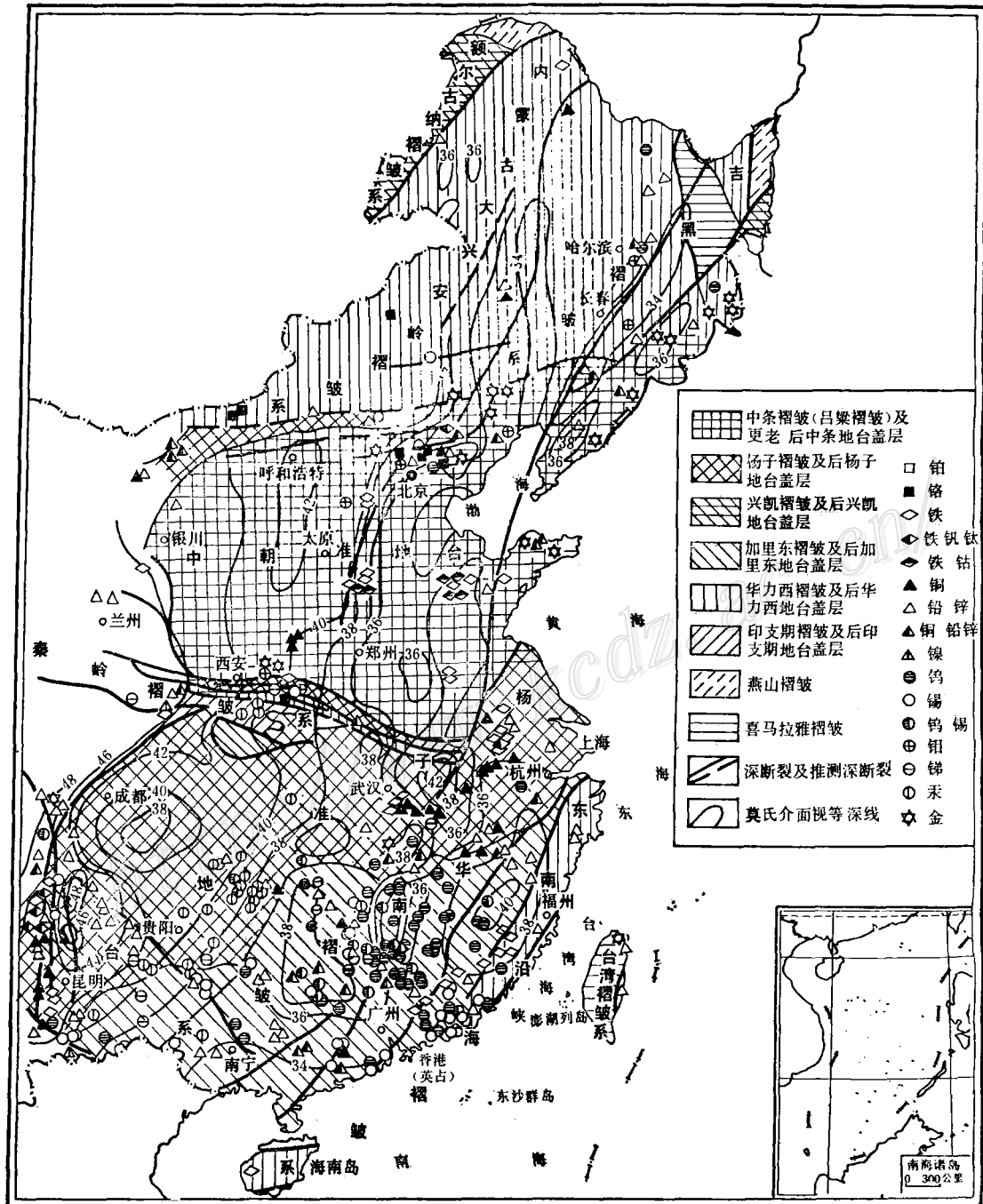


图 1 中国东部构造轮廓及内生金属分布略图

线大致相同,而与海西期北东向褶皱和佳木斯—牡丹江近东西向构造线有程度不同的差异,显示地壳表层与下层的构造线不同。华北(包括辽东)地块等重力线的走向与地表山势构造的延展基本一致,但是等重力线在其南、北缘均显示有一定偏移,一方面显示地块边缘地壳有所增厚,另一方面反映近南北向或北北东向构造线截过近东西向构造线,前者晚于后者,并对后者起了控制与改造作用。重力异常在阴山—燕山一线以北仍保持北北东或近南北向特性,但梯度较宽缓。华南区重力场呈现等轴状,走向不明显,与地表所呈北东向断裂褶皱差异较大,值得指出的是纬度 $24^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间有一东西向重力宽缓梯度带,可能反映南岭基底断裂构造之存在。二者的不同还表现在华北地块是从太古代即已结晶固结的刚性克拉通,具有“上刚下柔”的特性,而华南地块则表现为“上柔下刚”的性质。

从重力异常结合地表构造分析,东部的盆地多是地壳变薄或地幔突起处,而地面隆起或山系则为地壳增厚之处,在剖面上分别形成“凹镜”与“凸镜”状地壳构造形式。

根据以上地壳性质与矿种组合之差异,中国东部可分为三个成矿省。

二、东部成矿域的三个成矿省

(一) 华北地块成矿省 其范围与中朝准地台的中国部分吻合,它的基底是由各种不同程度的结晶变质杂岩、混合岩和岩浆岩所组成。其盖层为上元古代的巨厚震旦系沉积及寒武系、奥陶系、石炭系、二迭系和中新生代沉积。在奥陶纪以前为浅海相、湖相沉积,奥陶纪末期华北地台大幅度上升,缺失了志留系一下石炭统的沉积,而中上石炭统一二迭系为海陆交互相沉积,产有巨厚的煤层,中新生代以陆相地层占绝对优势。上元古代时期,伴随蓟县运动,地块内部与北部边缘发生分异断裂,壳下经分异的岩浆沿断裂上升,形成太行辉绿岩脉群(1200百万年)或发生隐闭爆发,形成金伯利岩。中生代中期后受太平洋洋底扩张的影响,构造活动最为强烈,使早已固化且经历了古生代屡次震荡运动发生断裂的地块,再次受到来自太平洋应力的挤压,发生隆起和凹陷,至壳上层发生张裂与挤压。沿断裂与隆起及凹陷的交接部位有类花岗质岩浆侵入,凹陷区有中酸性岩浆喷发。这些断裂和岩浆岩是成矿的重要因素之一。

华北地块矿产之分布,总体而言大致可以分为两种,即陆缘褶皱系成矿带与陆内断裂隆起成矿区,前者与后者交汇处往往形成多期次多矿种的成矿带或矿汇。

北部陆缘成矿带以康保—赤峰—开原深断裂为界,与东北成矿省毗邻。该带西起临河,东至延吉,为一巨型东西向成矿带,又可分为内(南)外(北)两个亚带。外(北)亚带以产金为特征,金多产于太古界岩石中,为一多期多矿种成矿亚带;西段以海西期成矿作用为主,矿产组合以铁、铜、铅、锌、铂(金)为主;中段(山西隆起与郯庐断裂之间)在海西期及此前成矿作用基础上又有中生代与酸性岩有关的成矿作用的迭加,矿产组合以金、钨、铅、锌、铁为代表,钨以黑钨矿石英脉出现于深断裂边缘隆起带的燕山早期花岗岩中;东段由开原至延吉,以海西期及此前成矿作用为主,矿产组合为金、镍、铜、铅、锌、铁,而以海西期与基性超基性岩有关的铜、镍矿的屡次出现为特征。内(南)成矿亚带(即通称之燕山成矿带),这是多期次多矿种的矿产密集带,除太古界、元古界岩系中的铁、金、铬和海西期的铁、钒、铂外,中生代以产钼、钨、铜、铅、锌为主,总之此亚

带是以金、钼、钨为特征的成矿亚带。从太古界隆起向元古界及寒武系凹陷,在矿种上有从金向钼、钨而至铜、铅、锌的变化趋势。

南部陆缘成矿带位于华北地块南缘,“秦岭地轴”以北的轴缘拗陷带,西起陕西兰田,东至河南鲁山一带,呈东西向至北西西向,以产金、钼(钨)、铜矿产为主,是我国重要的金、钼矿带之一。其分布的规律与北缘相同,从太古界到寒武系也有从金到钼(钨)的明显分带,矿产于元古界火山岩及中生代花岗岩中。华北地块西缘是海西成矿带,沿贺兰山和六盘山有铁、铜、铬小矿床分布。

山西断裂隆起成矿区可分为东西两个北北东向断裂成矿带。东部为太行山断裂成矿带,自北而南穿切两个不同时代的相对拗陷区,北段元古界拗陷在中生代花岗岩与碳酸岩接触处,形成了铁、铅、锌组合的矿床;南段为下古生界拗陷,中生代闪长岩与中奥陶统灰岩接触处形成著名的邯邢式铁(钴)组合矿产。西带为汾河裂谷成矿带,其北段以铜、钼组合为主,南段以邯邢式铁(钴)组合为主。此外在南段还有中条山元古代成矿期的铜(钼)矿带。

辽鲁断裂隆起成矿区,可以郯庐断裂为界分辽鲁隆起构造成矿区及郯庐断裂系(包括北西向断裂)成矿带。辽鲁隆起构造成矿区又可分为以铁、铅、锌、铜、镍、金组合为特征的辽东成矿亚区和以金、铜为主的胶东成矿亚区。郯庐断裂系成矿带的矿产组合特征为金刚石和铁、钴。在辽东半岛及山东沿郯庐断裂及其断裂支系,断续出现金伯利岩,其同位素年代数据有元古代、加里东期、海西期到燕山期,但以海西期居多。此现象究竟是岩浆多期活动逐步上升到地表,还是三次侵位而将壳下早已结晶的包体携带上来,还有待研究。

(二)东北成矿省 东北成矿省位于康保-赤城-开原深断裂以北的地区,包括内蒙古东部、吉林和黑龙江等省区。

1.地质背景:东北地区从时间演化上看可截然分为两个发展阶段,即中生代以前的古亚洲地槽阶段和中生代以来受太平洋式构造影响的断块阶段。在古亚洲地槽阶段,加里东运动形成地背斜,海西期,特别是早石炭世以后的海西中、晚期伴随有中酸性、基性、超基性岩浆的侵入,生成岩浆型铜、镍、铂、铬矿及斑岩铜钼矿。中生代时期被卷入环太平洋带的构造活动,受太平洋洋底扩张应力的挤压在海西褶皱基底上又发生了强烈的隆起与拗陷,并伴随有强烈的断裂岩浆活动,使此区形成明显的三部分:即自东而西为小兴安岭-老爷岭断裂隆起区、松辽断裂拗陷和大兴安岭断裂隆起区。

(1)小兴安岭-老爷岭断裂隆起区为郯庐断裂带的北延部分沈阳-罗北断裂与其分叉沈阳-那丹哈达岭断裂所切割。另外,南北向嘉阴-鸡西断裂将此隆起分为东西两块:东块(佳木斯-兴凯湖地块)是在海西褶皱基底上由较厚的侏罗系与白垩系的陆相沉积与中基、中酸性火山岩组成的中生代褶皱系,但在那丹哈达岭其盖层主要是海相中生代地层;西块包括小兴安岭、张广才岭和老爷岭,为相对上升区域。在广阔的海西期花岗岩基露布区,有侏罗系陆相沉积零星残存及中生代类花岗岩小侵入体散布。花岗岩小侵入体与上部古生界碳酸岩接触处往往形成矽卡岩型铜、铅、锌、钨、钼(锡)组合的矿床。新生代时期有部分断裂复活地带,有玄武岩浆喷溢。

(2)松辽断裂拗陷以白垩系和新生界沉积最为发育。

(3) 大兴安岭断裂隆起区的南部有下古生界沉积及海底火山喷发, 伴随有铁铜矿产出, 北部、东部在海面褶皱基底上广泛分布有火山岩, 在火山喷发同时有石英闪长岩、花岗岩、碱性花岗岩浆侵入。在花岗岩与二迭系(?) 灰岩接触处形成了含锡石的磁铁矿, 与南岭的锡铁矿类同。在碱性花岗岩体内出现浸染型的稀有元素矿床。新生代也有玄武岩浆沿断裂喷溢, 在黑龙江支流河谷的第四系沉积中形成重要的砂金矿。

2. 成矿区划: 根据不同矿种与海西期超基性岩的分布以及与中生代以来断裂带的延展似有一定联系的这一现象, 我们试将东北成矿省分为以下几个成矿区或带(有待进一步补充与修改)。

(1) 小兴安岭-老爷岭断裂隆起成矿区: 为多期次成矿区, 除元古代的沉积变质铁矿与金矿外, 古生代以来的矿产主要沿沈阳-罗北与沈阳-那丹哈达岭两条断裂派生的北西向断层分布, 矿产组合以铜、铅、锌、钨、钼(锡)为特征。

(2) 大兴安岭断裂隆起成矿区: 可分为二个成矿带: A. 大兴安岭东坡断裂成矿带, 此带沿大兴安岭东坡呈北东东向延展, 以嫩江深断裂与辽沈拗陷为界, 成矿带北段为海西期铜、钼及铅、锌、银、铜组合, 南段为铁、锡、铅、锌、稀有矿产组合; B. 大兴安岭西坡断裂成矿带, 受北东向德尔布干深断裂的控制, 自古生代中期以来有海西期花岗岩浆的侵入与燕山期中酸性岩浆的侵入与喷发, 矿产组合为铜、钼、铅、锌。

(3) 内蒙加里东与海西褶皱带中有志留系的变质铁矿与黄铁矿型铜矿以及海西期超基性岩中的铬矿, 组成了铬、铁、铜组合的内蒙海西褶皱系成矿带。

(三) 华南成矿省 华南地区是指宝鸡-桐城断裂(或缝合线)以南和龙门山-康滇地轴以东广大地区而言(包括扬子准地台、华南加里东褶皱系及东南沿海海西(?)褶皱带), 是从元古代以来大陆逐步向东南增生的地区, 其构造运动频繁, 沉积相变显著, 岩浆多期活动, 因而成矿作用多种多样, 形成不同的矿种组合。

1. 地质背景: 华南地块根据其沉积类型、构造轮廓及岩浆活动分五个构造层: (1) 晋宁(邇东或扬子)运动以前的上元古界构造层; (2) 震旦系(狭义)至志留系的下古生代构造层; (3) 泥盆系到中三迭统的构造层; (4) 上三迭统到始新世的构造层; (5) 始新世以后的新生代构造层。

上元古界是华南地区出露最老的地层, 主要是复理石、类复理石的陆缘碎屑(板溪群)和陆缘碎屑-碳酸岩(昆阳群、会理群)的地槽沉积, 有些地区下部层位常含火山岩。因而华南上元古代沉积, 早期是优地槽型, 常伴生有黄铁矿型铜矿或多金属矿; 晚期为碳酸岩及中酸性火山岩为主的冒地槽型。

板溪群和昆阳群沉积之后, 从赣北、鄂西到滇东等地先后发生了一系列强烈的造山运动, 伴随有基性、中酸性岩浆的侵入与喷出, 称为晋宁或扬子造山运动, 此运动使扬子地块与华北地块连在一起, 形成了广阔的震旦古陆。从震旦纪至燕山运动之前, 是地台的沉降阶段, 构造运动主要表现为升降运动。下古生代主要是大型的隆起和大型拗陷的发生和发展。上古生代西部边缘南部剧烈沉降, 至末期, 西南地区有大规模基性岩浆侵入和喷发。而在华南加里东褶皱带, 晋宁运动时表现为大幅度升降运动, 加里东运动褶皱回返, 形成褶皱基底, 并伴随花岗岩的侵位。

印支运动在龙门山及康滇地轴, 右江地区比较强烈。

燕山运动在华南区表现为褶皱运动或为断块移动。除追踪并发展了原有不同方向的断裂外,还产生了一些新的北东向及北北东向断裂,与此适应还发生了一系列北西向的张裂,同时伴随大量类花岗质岩浆侵入与喷发。这些断裂和岩浆岩与成矿关系更为密切。

华南地区岩浆岩极为发育,晋宁期有花岗闪长岩、含锡花岗岩及与铁铜有关的小型辉长岩及超基性岩,如九岭山及黄陵等岩体。加里东期花岗岩有二带,呈北东东向展布,北带西起湖南塔山、白马山经武功山、金溪、贵溪慈竹东至弋阳上坊;南带西起广西苗儿山、越城岭、都庞岭,经湘赣边界的万洋山、诸广山、彭公庙、兴国而东至武夷山。这些花岗岩深部可能连在一起。海西期岩浆岩主要分布在康滇地轴,为与钨钛磁铁矿有关的基性超基性岩;在东部亦存在海西期类花岗岩。印支期花岗岩分布趋势大致从六万大山向东北延,越过南岭,沿湘粤拗陷北延,至株洲、益阳折向东,沿袁水-钱塘江拗陷两侧东延,至武夷山区,又转呈北北东向零星展布,大致有围绕赣南隆起展布的趋势。印支期花岗岩中也有钨锡存在。燕山期类花岗岩在华南东南隆起区最为发育,大片出露于南昌-电白与丽水-河源断裂所夹持的断块之内。

华南岩浆岩时代在从西向东逐渐变新总趋势之基础上,还有部分较晚岩体出现于西部。

2.成矿区划:华南地质构造多期,沉积矿与内生矿并存,据不同地区的矿种组合划分出以下成矿带。

(1)秦岭汞、锑、铅、锌、镍、铜(铬)成矿带:又可分为两个亚带,北亚带为秦岭中轴汞、锑、锌、铅、(铬)构造成矿带,南亚带为秦岭镍、铜构造成矿带,为与基性及超基性岩有关的岩浆矿床。

(2)长江中下游拗陷铁、铜成矿带:西起武汉沿长江向东到南京,为一巨厚的古生界三迭系沉积区。在碳酸岩和中酸性侵入岩的接触带形成了矽卡岩铁矿、铁铜矿以及矽卡岩-斑岩型铜钼矿。在玄武安山岩的盆地内生成玢岩型铁矿,盆地外缘往往有斑岩铜钼矿的出现,此外还有铅锌矿产出。

(3)江南隆起铅、锌、锡、钨、锑(铍)成矿带:在上元古界板溪浅变质碎屑岩中有中生代花岗岩及花岗闪长斑岩,在花岗岩中有石英脉钨矿;岩体附近出现脉状铅锌矿,花岗岩与寒武系灰岩接触处有矽卡岩锡矿;在附近的灰岩中出现团块状锑矿;花岗闪长斑岩中形成浸染钨钼矿化;此外花岗岩体中还有铍矿。

(4)钱塘-袁水拗陷铜、钼、铅、锌、(钨)成矿带:此拗陷与长江中下游拗陷相似,也是古生界沉积区,唯规模较小。在隆拗交界处的火山岩盆地边缘的中生代花岗闪长斑岩中有斑岩型铜钼矿床;而在火山盆地中则出现含银的铅锌矿脉;业已证明,铅锌矿脉之下为含铜的花岗闪长斑岩,二者显然为矿化分带关系。此外还有矽卡岩型铜铅锌矿、铅锌矿化及铜钨矿。

(5)华南加里东褶皱区钨、锡、铅、锌、锑、金、铜、(硒、铌、钽)多金属成矿区:这是我国矿产最为富集的地区,成矿作用主要与印支期及燕山早期花岗岩有关。该区大致位于武功山以南,南岭以北,丽水-河源断裂以西和雪峰山主断裂以东的广阔地区,也是加里东、印支和燕山早期类花岗岩迭加,形成地壳厚度较大的地区。自西而东分为三个构造成矿区:西部为湘西隆起锑、钨、金成矿区,以脉状锑、钨、金矿和似层状锑矿为主;中部为湘南、粤北拗陷锡、钨、铅、锌、铜、(铌、钽)成矿区,以矽卡岩型锡、钨

(铋、钼)矿为主,还有矽卡岩型铅锌矿、斑岩铜矿、似层状铅锌矿、浸染型铌钽矿及锡石硫化矿等;东部为赣南隆起钨、锡(铅、锌、铋、钼、铀)成矿区,以黑钨矿石英脉及黑钨矿锡石石英脉为主,还有少量矽卡岩型白钨矿-铅锌矿和花岗岩中的浸染型铌钽矿与脉状铀矿。

(6)浙闽滨海火山岩铅、锌、钼、铜、铁(钨)成矿带:位于丽水-河源深断裂之东,可能是海西褶皱带。以脉状铅锌矿、浸染型钼矿、斑岩铜矿和闽西南永安-龙岩凹陷中的铁矿为主,还有少量脉状钨矿。成矿时代为中生代。

(7)岭南坳陷锡、钨、铜、铅、锌、铋、汞、铌、钽、铁成矿带:这是南岭及其以南东西向延展长形地带,东起潮州延经桂南至滇南箇旧。此带除有燕山早期花岗岩外,主要的是燕山晚期甚至第三纪初期花岗岩,多为二云母花岗岩,沿北东向深断裂也有花岗闪长岩出现,成为矽卡岩型铜、铅、锌矿生成的要素。区内有锡、钨矿,锡矿以锡石硫化物矿床为主,钨矿则为斑岩型,在锡矿之外带经常出现铜、铅、锌、铋矿化,有时也有汞矿化。值得注意的是在粤东花岗岩与中泥盆统或侏罗纪灰岩接触处有矽卡岩型锡铁矿,与东北黄岗极其相似。矿床较明显受北西、东西与北东向断裂控制。

(8)贵州汞、铋(金刚石)成矿区:此区包括湘西及川东的部分地区,介乎江南隆起与四川盆地之间,恰位于大兴安岭-太行山-雪峰山重力梯度带上,可能是基底断裂导致地幔上升的地区,汞矿受断裂控制,分别赋存于上震旦统、下中寒武统、中泥盆统、下二迭统以及中三迭统的碳酸岩中,除辰砂外,常伴生有辉铋矿与少量辉钼矿。

(9)滇黔铅、锌、铁成矿区:位黔西及滇东一带,方铅矿体呈透镜状或脉状产于上震旦统、下寒武统、中、上泥盆统、下、中石炭统的白云岩及灰岩中,伴生矿物有闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、白铁矿等。在中、上泥盆统、下石炭统、下二迭统等层位中还有菱铁矿出现。

(10)康滇断裂隆起铁、铜、镍、铅、锌、锡(稀有元素)成矿带:此带是中国东西两大不同构造单元的分界线,是一个以断裂分异为主,多次隆起,岩浆与沉积作用多期交替成矿的典型地区;是与酸性岩有关的锡矿最早形成的地区;是海西期基性岩浆矿床的主要分布区;也是元古代早期层状铜矿广泛分布的地区。

(11)海南铁、铜、钴(钻)成矿带:海南石碌沉积变质赤铁矿为我国最好的富铁矿,矿体产于花岗岩与时代尚未确定的大理岩接触带,含矿层之下有含钴的铜矿体。岛之东南海滨有大量钴石与独居石砂矿。

(12)台海新生代褶皱铜、金成矿带:铜、金矿以金瓜石为代表,产于中新统英安岩和砂页岩中,呈脉状和似层状。在花莲奇美及台东都峦山还有斑岩型(?)铜矿产出。这是我国东部唯一的新生代褶皱带的成矿区。

三、东部成矿域的主要成矿期

1.太古代迁西群与鞍山群(2500—2800百万年)① 沉积变质铁矿,以鞍山樱桃园为代表,相当于阿尔果曼铁矿成矿期。

2.元古代(570—2500百万年):下元古代沉积变质铁矿以鞍山地区的东鞍山铁矿为

① 中国科学院地质研究所

代表,相当于上湖式铁矿;中元古代有大栗子沉积铁(铜)矿、中条山细脉浸染型与层状铜矿,相当于乌干达层状铜矿期;上元古代有宣龙式鲕状赤铁矿沉积,在康滇地区有与小型基性超基性岩有关的铁、铜矿和与花岗岩有关的锡矿、矽卡岩铁矿,与伟晶岩有关的稀有元素矿,与细碧角斑岩有关的铁、铜(大洪山)及铜-铅-锌矿(拉拉厂)等矿产,还有层状铜矿(东川式),与扎伊尔铜矿期相当。

3.下古生代加里东构造活动期:形成了与海相火山喷发有关的铁铜(温都尔庙式)和含铜黄铁矿(龙门山);在地台上出现中奥陶世鲕状赤铁矿;与黑云母花岗岩有关的钨锡矿(彭公庙、都庞岭)和锡铜矿(万洋山);金伯利岩以及与辉长岩有关的铜镍矿(力马河)。

4.上古生代海西构造活动期:是我国东部与基性岩有关矿产形成最多的时期,也是铁铜的一个重要成矿期,有以下重要矿产形成:与基性超基性岩浆分异有关的钒-钛-铁矿,铜-镍矿、铬-铂矿、铬矿;与碱性超基性岩有关的金刚石;玄武岩中的铜矿(铜厂河式);与花岗闪长岩有关的铜-钼矿(多宝山);与花岗岩有关的矽卡岩型铁、铜、铅、锌、稀土元素矿(东北);在地台区还有小型斑岩铜矿、斑岩钼矿;与闪长岩有关的矽卡岩铁-铜矿(三矿沟);沉积金属矿有中泥盆统碎屑岩中的赤铁矿(宁乡式)和碳酸岩中的菱铁矿;层控矿产有中、上泥盆统与中、下石炭统碳酸岩中的铅-锌矿。

5.中生代成矿期:是我国东部成矿最盛的时期,无论东北、华北或华南成矿省,都有大量金属矿产形成,华南尤为丰富。沉积矿产有三迭系与白垩系的砂岩铜矿、侏罗系的菱铁矿;与岩浆活动有关的矿产,随着构造活动的发展,矿产组合有所变化。中生代一般分为印支期与燕山期构造运动,印支运动在华南比较发育,但也波及到东北区的东部,如吉林东部的盘石、安图、通化、延吉、珲春、汪清等地都有印支期花岗岩、白岗岩、斜长花岗岩和花岗闪长岩的形成,并相应产生铜、金、钼、铅、锌组合矿产产出。

以南岭区域各期花岗岩和有关矿产组合为例,其演化梗概如下:印支期花岗岩为铜-铅-锌和钨-锡-铋-钼组合;燕山早期第一幕花岗岩为钨-锡-铜-铅-锌组合;燕山早期第二幕花岗岩为钨-锡-钼-铋-铅-锌-铌-钽-稀土元素(铁)组合,花岗闪长岩为铜-铅-锌-钨组合;燕山早期第三幕花岗岩为铅-锌-铜组合;燕山晚期黑云母斑状花岗岩为锡-铜-铅-锌-钨-铋-钼-铌-钽-镉组合;燕山晚期花岗岩(晚白垩世)为锡-铅-锌-铋-镉-钽-银组合。

燕山早期构造活动范围较广,特别是第二幕几乎遍及东部,不同地区的岩浆性质和矿产组合也有差异,仅举下例加以说明:辉长-闪长岩为铁-钒-硫组合(玢岩铁矿);闪长岩、石英闪长岩为铁-铜-钴-钨-钼-铅-锌-金组合(大冶);花岗闪长岩为铜-钼-铅-锌-银-金组合(武山、城门山);花岗闪长斑岩为铜-钼-金组合(德兴)和钨-钼-铜组合(都昌);闪长岩为铁-钴(铜)组合(邯邢式);燕山晚期碱性花岗岩为稀有元素组合;花岗岩为铁-锡(黄岗)、金-铜(玲珑)组合以及金伯利岩中的金刚石(山东)。

6.新生代成矿期有石英安山岩中的金-铜组合(台湾)、花岗岩中的钼-铜-铌-铋-碲-碲组合。

四、东部成矿作用的基本特征

(一)从上述中国东部成矿域的地质背景、矿产类型及其在时空方面的分布概况可看出:

1. 以华北地台为中轴, 南北两个断裂褶皱区在矿产组合上虽然有较大差异, 但也有几点相同之处, 如地块南北陆缘地壳增厚处具有由老到新从金向钼、钨过渡的变迁现象。由地块向北向南先后出现扬子期、加里东期和海西期褶皱带(区), 但北部扬子期褶皱不显著, 加里东褶皱带较狭窄。这些褶皱带均受燕山期构造活动影响, 然北方不如南方剧烈。南北两区在加里东褶皱区边缘燕山晚期花岗岩迭加处均出现铁-锡和稀有元素组合, 南北均有斑岩铜-钼组合。这种不完全的成矿组合类型, 在一定程度上似受相似的地质背景所控制。

2. 两个巨型深断裂带穿过不同构造体, 成矿作用具有连续性或相似性。大兴安岭-太行山-雪峰山断裂带所经过的地区, 如五台区有超基性岩, 并有发现金刚石砂粒的报导; 磁县与汤阴均发现苦橄岩(似金伯利岩); 越过长江在鄂西相应地带发现金刚石砂粒; 至黔东南在已找到金伯利岩的基础上又有新的发现。另一巨型深断裂如郯庐断裂在地块区也是生成金伯利岩的有利构造; 进入褶皱带, 在华南所经区, 在加里东期类花岗岩大岩基上出现与燕山期花岗岩有关的钨-锡-钼-铅-锌-铋-钨组合; 进入东北褶皱带, 所经之区在海西类花岗岩大岩基露布地区出现星散的燕山期小岩体, 也伴生有钨-钼-铅-锌-铋-钨组合, 但均为小矿或矿化点。这显示了巨型断裂穿越不同构造体成矿作用的连续性, 穿越相似构造体成矿作用的相似性。

3. 在褶皱回返的剥蚀面上均有赤铁矿层形成。如华北的上元古界宣龙式铁矿, 华南中泥盆统的宁乡式铁矿。

(二) 从三个成矿省类花岗岩的变化特征看, 形成工业矿床者更多地与岩浆的热能或化学作用有关。因此我们试用切帕尔(Chapell)与怀特(White)划分“I”型与“S”型花岗岩的参数^①。从三个成矿省已有的岩石分析资料中挑选了那些与矿化联系不显著的花岗岩(不包括中性、中酸性花岗岩)的岩石化学资料, 分构造期进行了不同参数的计算与图解(图2、3、4)。

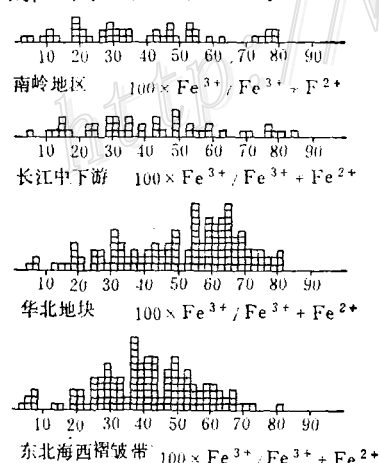


图2 中国东部花岗岩氧化率($100 \times \text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$)柱状图解

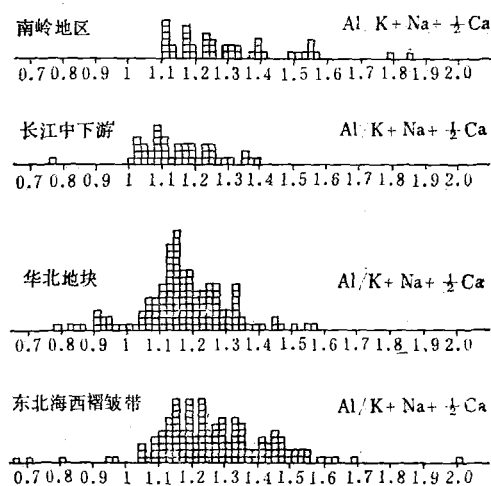
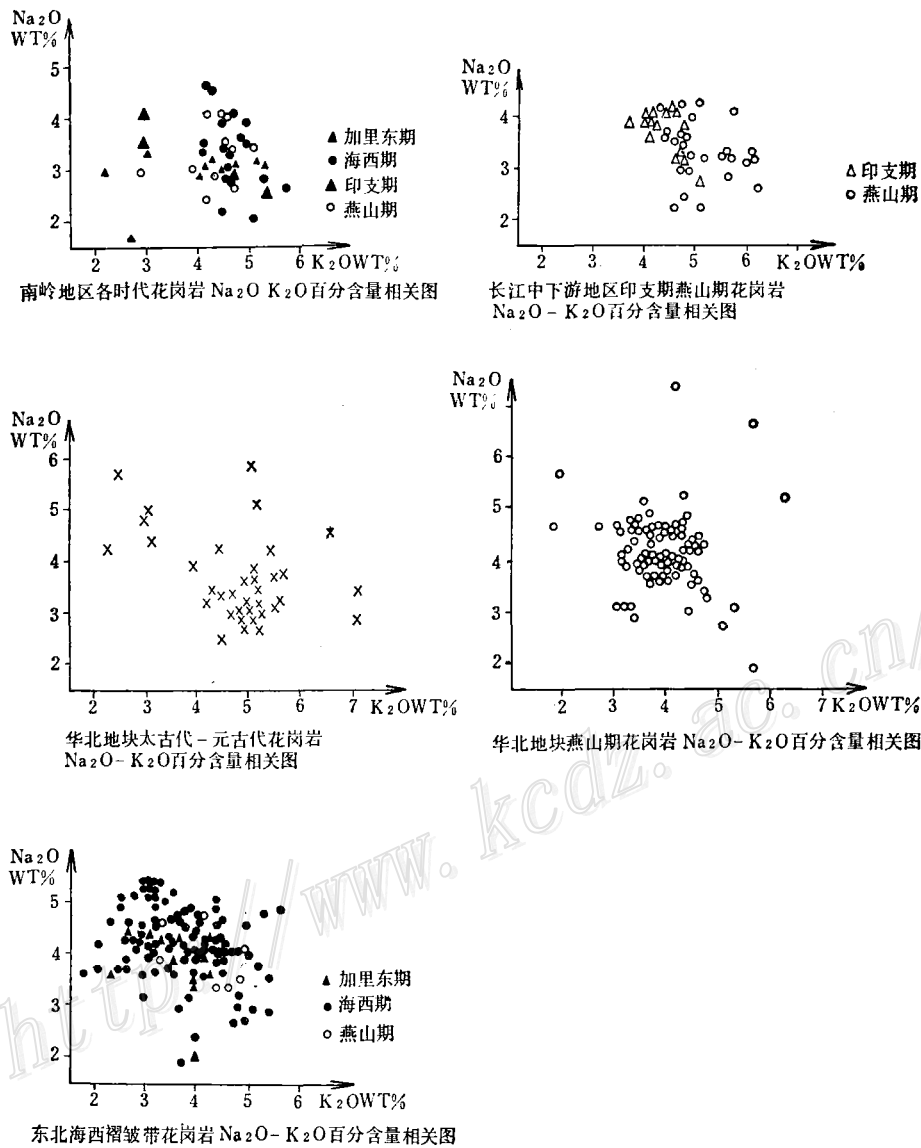


图3 中国东部花岗岩 $\text{Al} / (\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2} \text{Ca})$ 柱状图解

① 这些参数随时间在不断变化, 现又分出“A”型与“M”型。

图 4 中国东部花岗岩 Na_2O - K_2O 百分含量相关图

从图解可看出：东北海西褶皱带的 $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指数多数集中在 1.14~1.24 之间，但 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值不论加里东期、海西期或燕山期绝大多数 $\text{K}_2\text{O} < 5\%$ 、而 $\text{Na}_2\text{O} > 3.5\%$ ，氧化率高峰出现在 24~64 之间，从三个参数综合判断，各时期大多数岩体与其说是“S”型（ $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指数大于 1.1），勿宁说更趋向于“I”型（ $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 较小，氧化率高）。海西期部分岩体具有“S”型特点（ $\text{Na}_2\text{O} < 3.2\%$ ， $\text{K}_2\text{O} \approx 5\%$ ，氧化率低 10~30）。华北地台区 $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指数连续集中在 1.1~1.2 之间， $\text{K}_2\text{O}/$

Na_2O 比值在太古代—元古代花岗岩中比值较大,而在燕山期花岗岩中比值较小,氧化率高峰出现在48~70之间,20~40之间也还有高峰,后者可能反映了太古代—元古代岩体,因此可判断太古—元古代岩体多数为“S”型,而燕山期大多为“I”型。长江中下游 $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指数高峰出现在1.1,印支期岩体 $\text{Na}_2\text{O} > 3.20\%$, $\text{K}_2\text{O} < 4.8\%$,而燕山期部分岩体 $\text{Na}_2\text{O} > 3.2\%$, $\text{K}_2\text{O} < 4.8\%$,大部分岩体 $\text{Na}_2\text{O} < 3.2\%$,而 $\text{K}_2\text{O} > 5\%$;氧化率比较分散,部分在10~35之间,部分在40~60之间,还有高达80者,因而推断印支期岩体多数更趋向“I”型,而燕山期岩体部分为“I”型,部分为“S”型。南岭区花岗岩 $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指数部分在1.1~1.2区间,大部分在1.24以上。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 总的比值较小,加里东期岩体 Na_2O 均小于3.2%, K_2O 大部分在4~5.4%区间,海西期比较分散,印支燕山期岩体多数 $\text{Na}_2\text{O} > 3.4\%$, $\text{K}_2\text{O} < 5\%$,氧化率比较分散,大多数小于35,部分较高,在40~60区间,还有特别高者在74~80区间。总的参数趋向于“S”型,其中加里东岩体全部接近于“S”型,海西期岩体部分趋向“S”型,部分趋向“I”型,而印支燕山岩体具有“I”型倾向者多于“S”型者。

以上分析,显示区分“I”型与“S”型的 $1.1\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指标在我国东部大陆是不完全适用的。但从三个成矿省的材料可看出一个共同特征,那就是沉积区首次回返褶皱所形成的类花岗岩更多地具有“S”型特征,而在此基础上后来形成的岩体则更多地具有“I”型特征。南岭花岗岩从雪峰期,经加里东、印支到燕山期 $\text{Al}/\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}$ 指标逐步降低的事实可清楚地看出这种变化规律(见表)。因此在引用这些参数时,除考虑地区的背景外,还应考虑其时间因素。

	$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$	$\frac{\text{Al}}{\text{K} + \text{Na} + \frac{1}{2}\text{Ca}}$	$\frac{\text{Fe}^{3+} \times 100}{\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}}$
大兴安岭、小兴安岭褶皱带:			
前寒武纪花岗岩	0.96(13)	1.32(13)	47.07(13)
海西期花岗岩	0.945(88)	1.33(88)	42.24(85)
燕山期花岗岩	0.88(8)	1.23(8)	49.28(8)
华北地台:			
前寒武纪花岗岩	1.35(37)	1.26(37)	49.35(34)
燕山期花岗岩	1.13(92)	1.18(92)	56.80(87)
长江中下游:			
印支期花岗岩	1.11(17)	1.22(17)	34.94(17)
燕山期花岗岩	1.61(28)	1.07(28)	46.38(28)
南岭:			
雪峰期花岗岩	1.22(3)	1.72(3)	11.67(3)
加里东期花岗岩	1.39(10)	1.57(9)	37.88(10)
印支期花岗岩	1.32(5)	1.28(5)	44.55(5)
燕山早期花岗岩	1.43(15)	1.24(15)	31.96(15)
燕山晚期花岗岩	1.38(13)	1.28(13)	51.54(13)

资料来源同图2、3、4。

(三)成矿作用间歇地长期发展性与多旋回性,是东部成矿域的一个特征。中国东部是多旋回的构造带,因此与构造有关的岩浆活动和成矿作用必然是多旋回的。此外成矿作用可表现为内生、外生、变生或迭加改造等多种形式。内生成矿作用的有用元素来源可能是外生或变生的,相反,外生与变生成矿作用也可能是破坏或改造了内生矿产的结果,从地质历史看成矿作用具有明显的旋回性。最近南岭地质工作者经过详细工作,认为该区的寒武系等某些岩层锡的丰度较高,从而推断加里东花岗岩中高锡异常是在褶皱时寒武系熔融所赐予的。寒武系沉积的锡石又来自上元古代含锡花岗岩。上元古代花岗岩锡矿不仅在我国东部存在,而且在世界上均有记载,因此具有世界性意义。从隐生宙末期所产生的锡矿到中生代晚期又形成花岗岩锡矿,这是间歇地长期发展的一个大旋回。

同样,成铜作用也有间歇长期发展的旋回性。17~19亿年的胡家峪层状铜矿的来源应是晚太古代或早元古代含铜的基性火山岩经过风化剥蚀,铜被运移到当时的滨海盆地或泻湖区沉积聚集而成。这种沉积,在当时的陆缘区又为上元古代火山岩浆增加了铜元素,因而又形成了火山岩中的细脉浸染型铜矿。

(四)从中国东部的资料可以看出,不同构造型式中所形成的特定岩石与特定的成矿元素有关。超基性岩为铬、镍、钴、铁、铜、金、铂、钨、铀、钼、钽、钇、钽;基性岩为铬、镍、铁、钴、铜、钛、钒、锌、金、铂;酸性岩为钨、锡、钼、铋、铅、铍、锑、银、金、铌、钽、锆、钽、铀、锂、氟、砷。华北地块地壳较薄,刚性岩层之下即可能为软流的地幔岩,因而反映到断裂成矿带的成矿元素主要为铁、钴、铜、镍、金、铂、钒、钛、铬;在陆缘地壳增厚处有钼、钨。东北成矿区为具洋壳性的褶皱带,但上复硅铝质沉积较厚,并有中酸性火山岩及大片花岗岩分布,因此其成矿元素介乎华南与华北之间,有铬、铁、铜、镍、铅、锌、钨、钼、锡、钽、铌、钽。

华南成矿区地壳厚度由长江中下游区到加里东褶皱带逐渐增厚,长江中下游以闪长岩及花岗闪长岩为主,与之相应的成矿元素为铁、铜、钼、铅、锌、钒、钴、磷;而到南岭地壳增厚地区的花岗岩带,成矿元素组合为钨、锡、钼、铅、锌、锑、汞、银、铌、钽、锆、铀、钽、锂、氟;但在深断裂穿过的地带还有闪长岩和花岗闪长岩形成,出现铁、铜、铅、锌、钼等成矿元素组合;在雪峰断裂带由于深部基性岩化而地壳变薄处,出现了单金属或少金属组合矿床,如汞或锑-汞、锑-金、锑-钨-金等矿床;在康滇断裂隆起带以辉长岩为主,并有少量花岗岩,就出现铁-钒-钛-镍-铜-金-铂-铅-锌-锡元素组合。

参 考 文 献

- [1] 宁奇生 唐克东 杜奇等 1959 大兴安岭及其邻区区域地质与成矿规律 地质出版社
- [2] 李廷栋等 1963 黑龙江流域及其毗邻地区地质 大兴安岭北部地质 第二卷 科学出版社
- [3] 郭文魁 1965 我国主要矿产形成条件的基本特征 科学通报 第三期
- [4] 中国地质科学院 1973 中国地质图集 中国地质图制印厂
- [5] 郭文魁 1978 长江中下游构造岩浆成矿作用问题 冶金出版社
- [6] 郭文魁 常印佛 黄崇轲 1978 我国主要类型铜矿的成矿作用与分布特征 地质学报 第3期
- [7] 张文佑等 1978 “断块”与“板块” 中国科学 第1期
- [8] 中国地质科学院地矿所大地构造组 1978 中国大地构造基本轮廓 国际交流地质学术论文集(1) 地质出版社

- [9] 卢衍豪等 1979 中国寒武纪沉积矿与“生物-环境控制论” 地质出版社
- [10] 黄汲清指导 任纪舜等 1980 中国大地构造及其演化 科学出版社
- [11] Chapell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types. *Pacif. Geol.* 8, pp. 173-174.
- [12] Guild, P.W., 1972, Metallogeny and the new global tectonics. *Internal. Geol. Cong.* 24th, Repts, Sec. 4.
- [13] Kuo Wenkuei, 1978, General aspects of the evolution of geology in China. *Proceedings of the Third Conference of Geology and Mineral Resources of Southeast Asia*, Bangkok.
- [14] Neuman, E.R. and Ramberg, I.B. ed., 1978, *Petrology and Geochemistry of Continental Rifts*. NATO Advanced Study Institute Series C.
- [15] Petrascheck, W.E. ed., 1972, *Metallogenetic and geochemical provinces Symposium*, Leoben.
- [16] Shcherbakov, Y.G., 1977, The distribution of elements in the geochemistry of provinces and ore deposits.
- [17] Windley, Brina, F., 1977, *The evolving continents*, John Wiley & Sons Ltd.

THE FOUNDAMENTAL FEATURES OF METALLOGENIC MEGAPROVINCE AND EPOCHS OF EASTERN CHINA

Guo Wenkuei, Liu Lansheng

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences*)

Yu Zigie

(*Department of Geology and Mineral Resources, Ministry of Geology*)

Abstract

China has been metallogenetically separated into two preliminary metallogenetic mega-provinces of different characteristics, i.e. the Western and the Eastern China megaprovinces with Yinchuan-Kunming deep fracture as their separating boundary. In the metallogenetic megaprovince of Eastern China, there are not only E-W to NWW trending foldbelts and fractures but also N-S to NNE trending uplifts and depressions or parallel fault zones which make up configuration of tectonic frame called "frame bone" structure. The NS, NNE tectonic sets are more or less parallel to the coast of the Pacific and it is therefore believed to be of affinity to Pacific tectonism, while the E-W or NWW sets may represent compressed geosynclines. Marked with these compressed geosynclines the Eastern metallogenetic megaprovince is divided into three metallogenetic provinces with differ-

ent metal-association, namely, from north to south as Northeast, North China and South China metallogenic provinces. Within each province, metallogenic belts, regions or clusters of different metals or deposit types are, in turn, subdivided.

Temporally, there are apparently six major metallogenic epochs, i.e. (1) Archean banded iron ore of algonian type; (2) Proterozoic strata-bound copper, and lead, zinc deposits; (3) Early Paleozoic marine exhalative pyritic copper, tin, tungsten and copper deposits with affinity to granite, and copper-nickel deposits with affinity to basic rocks; (4) Late Paleozoic dominated with basic magmatism and its related ores, such as V-Ti-Fe, Cu-Ni, Cr, Pt and diamond, minor porphyry copper and molybdenum deposits as well as skarn Fe, Cu, Pb, Zn, REE ores; (5) Mesozoic or the chief metallogenic epoch characterized by polymetallic mineralizations including W, Sn, Fe, Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Bi, Sb, Hg, RE, etc. and some diamond; (6) Cenozoic metallogenic epoch of Au, Cu, Mo, RE and Se, Te, etc.

Four remarkable features of Eastern China metallogenic megaprovince are evident: (1) With the North China massif as axis, the mineralization of metal-association and deposit types show a kind of geometrical similarity southward and northward. First, on both southern and northern margins of the massif occur belts of similar Au-Mo(W) mineralizations. Further southward and northward there both appear geosynclinal folded regions where Cu, Pb, Zn and Sn, W seem rather abundant. (2) Tentative application of the parameters to distinguish "I" and "S" granites in Eastern China metallogenic megaprovince seems not well satisfied and ought to be modified. However, it does show a tendency that in the course of transformation from geosyncline to platform "S" type decreases while "I" type increases. (3) Metallogenic development usually spans intermittently a prolongable period but is still with some cyclical characters. Metallization in affinity either to granite or to basic rocks is exemplified. (4) In Eastern China metallogenic megaprovince, metallogenic element association seems closely related to tectonic layers of the crust. Rocks formed in different tectonic configuration appears to be of affinity to different metal-association, such as:

Ultramafic: Cr, Ni, Co, Fe, Cu, Au, Pt, Os, Ir, Pd.

Mafic: Cr, Ni, Fe, Co, Cu, Ti, V, Zn, Au, Pt.

Acidic: W, Sn, Mo, Bi, Pb, Be, Sb, Hg, Ag, Nb, Ta, Zr, Ta, U, Li, F, As.