

中国地质科学院
地质研究所刊

第 5 号

地质出版社

中国地质科学院

地质研究所刊

第五号

地质出版社

中国地质科学院

地质研究所刊 第5号

中国地质科学院地质研究所编
(北京阜外百万庄)

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑: 李汉声

地质出版社出版
(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: $10\frac{5}{8}$ 字数: 250,000

1982年12月北京第一版·1982年12月北京第一次印刷

印数: 1—3,134册·定价: 1.70元

统一书号: 15038·新883

目 录

中国东部成矿域和成矿期及其区域地质背景	郭文魁等 (1)
初论华北地台基底成分特征对后期金属成矿	
作用的影响	耿树方 (31)
成矿规律若干问题	闻 广 (43)
铬尖晶石类矿物化学成分变异特征及其地质	
意义	白文吉 (55)
应用多变量统计分析对我国铬铁矿床的铬尖	
晶石化学成分的研究	王炳熙 (65)
西藏雅鲁藏布江缝合带高压低温绿片岩相的	
新资料	肖序常等 (77)
湘中锡矿山地区泥盆—石炭系过渡层的孢子	
组合	侯静鹏 (81)
四川侏罗系轮藻化石	刘俊英 (97)
青海、甘肃民和盆地晚侏罗世—早白垩世孢	
粉组合	余静贤等 (111)
南雄盆地古新世的孢粉组合	孙孟蓉等 (127)
四环硅藻属 <i>Tetracyclus</i> Ralfs 及其地层意义	李家英 (149)
一门新兴的边缘科学——天文地质学(《天文地质学概论》一书序言)	黄汲清 (30)
西藏超基性岩中金刚石的特征	顾秉刚 孙德恕 (64)
在巴西萨尔瓦多举行的“太古代和早元古代地质演化和金属成矿作用国际讨	
论会”简介	沈其韩 (80)
我国目前区域岩石物性工作的动向	贺绍英 (96)

中国东部成矿域和成矿期 及其区域地质背景^①

郭文魁 刘兰笙

俞志杰

(中国地质科学院地质研究所)

(地质矿产部)

一、引 言

矿产区划是从事地质找矿与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^{[1][2]},但其所以然,则仍是一个探索与争论的中心问题。笔者试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。由于笔者水平不高以及内容繁杂与实际资料不足,错误之处在所难免,希不吝指正。

二、中国东部成矿域的范围与主要构造特点

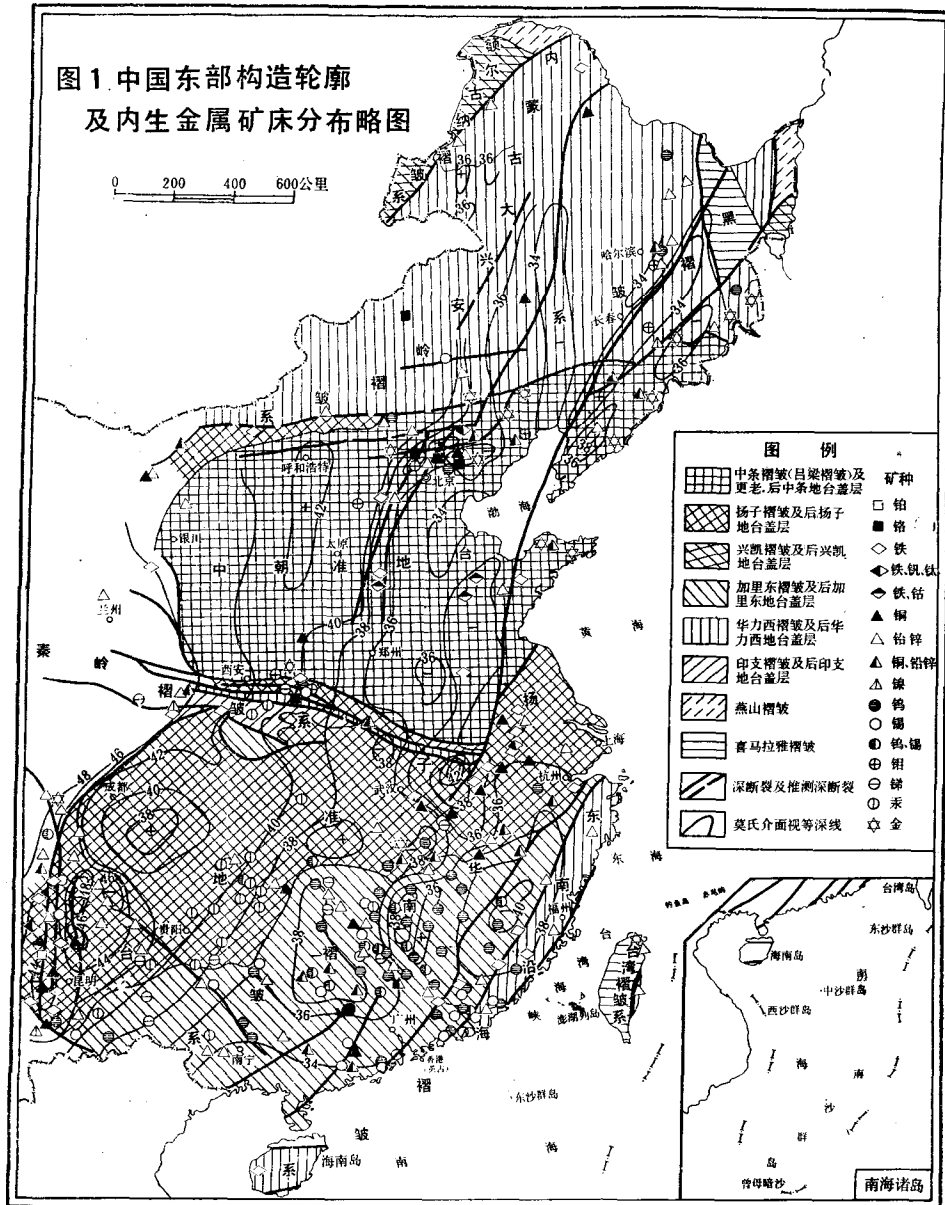
一个区域的地壳(包括陆壳及洋壳)在其生成的过程中或经过后来的构造活动及相应的变质作用或岩浆作用,其中分散的(包括“矿源层”)有用元素在适当的条件下集聚而成为有经济价值的矿床,就是通常所说的成矿作用。

从中国大地构造的整体看,几个主要褶皱系如内蒙-大兴安岭、昆仑山-秦岭等自西而东有其延续性,似乎东西两部没有明显的界限。但自银川-昆明深断裂系(自银川开始沿六盘山,穿越秦岭经龙门山直到康滇断裂带)以东,除近东西向的褶皱断裂系外,并有近南北向或北北东向相互平行的隆起与拗陷或断裂带显著出现,这通常被认为是中生代太平洋构造活动的迹象。这两组构造系带相互交接配合组成“格状构造骨架,”并派生了北东向的盖层褶皱以及北东或北西向的断裂等,也就是东部地区在古亚洲构造格局之上又迭加了太平洋构造。伴随着太平洋构造活动,有大量中酸性岩及少量基性岩的侵入与喷发,以及与这些岩浆活动有关的矿产形成。这就与中国西部形成了明显的差异。因此我们曾以银川-昆明深断裂系一带为界将中国分为西部与东部两个成矿域。东部成矿域通常被视为环太平洋成矿带的一部分。

东部成矿域“格状构造骨架”框格之内往往有中生代沉积盆地之形成,这些盆地自西

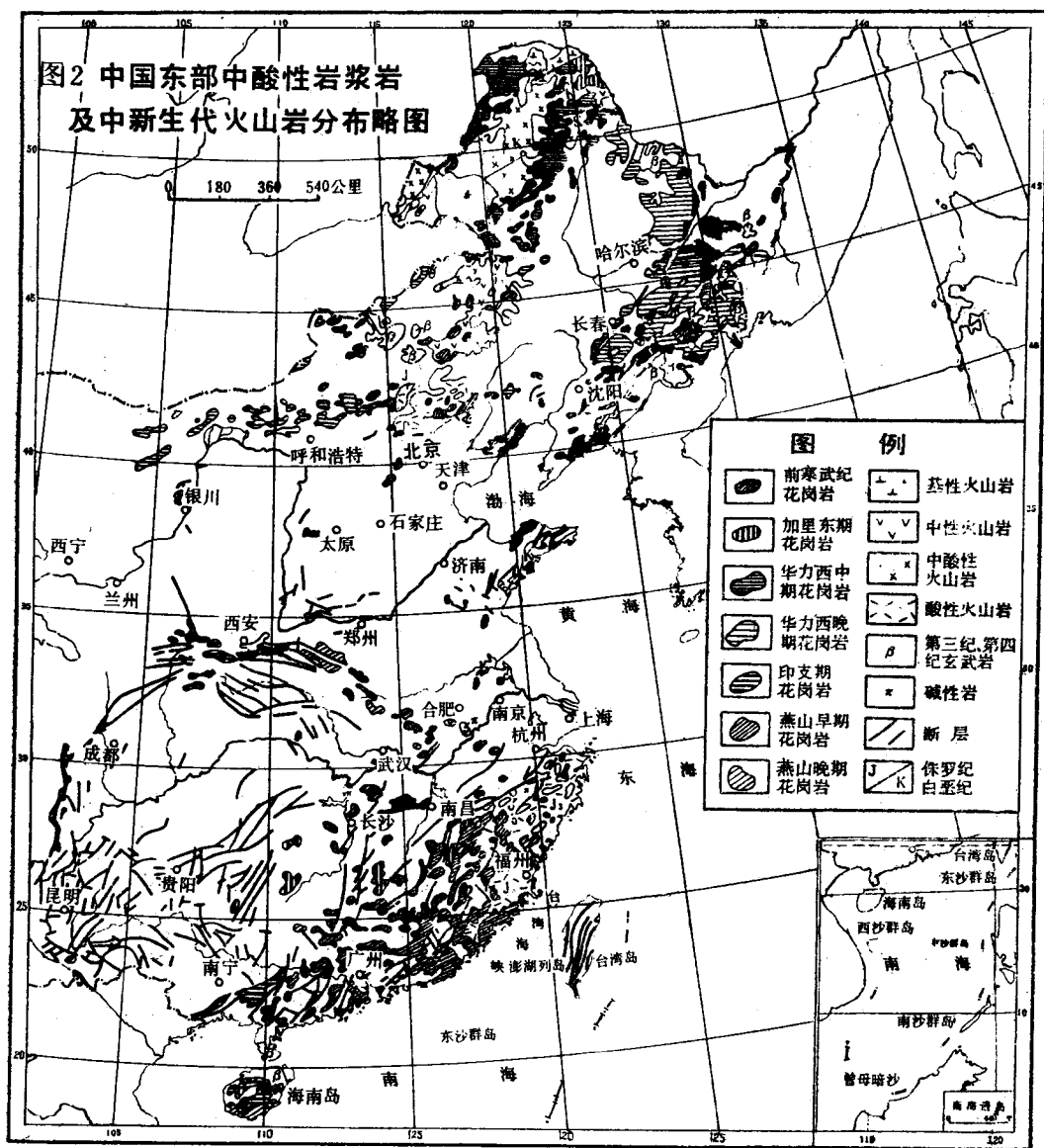
① 编者注:本文有关成矿期和成矿域部分的摘要曾在《矿床地质》报导,本刊所发表的系全文。

而东分为三列：西列自北而南有海拉尔、鄂尔多斯和四川等盆地；中列有松辽、华北（包括合肥、信阳）、江汉、衡阳等盆地；东列有黄海、东海等。“骨架”之框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自西而东显然有增加的趋势。盆地之内一般有沉积矿产，而在“框架”之上，则不仅有中生代以前的沉积矿产，而且还有更多的内生、迭生与变生矿产的出现，在这个意义上，隆起与凹陷（盆地）对矿种以及矿床类型的控制起着决定性作用。



注：莫氏介面视等深线据国家地震局物探队主编的“中国地壳深部构造轮廓略图”构造轮廓根据地质科学院地质所编 1:1000万“中国人地构造图”

本图上中国国界线系按照地图出版社1980年出版的《中华人民共和国地图》绘制



以上仅就地表地质矿产现象初步加以概括。让我们进而根据初步重力资料和局部地震与电磁资料对我国东部陆块深部以及深部构造与表层构造的关系，进行初步分析。从重力资料^①看，东部的北方重力场基本上呈北北东向分布，而在华北（包括辽东）地块 尤为规则，等重力线的走向与地表山势构造的延展基本一致，但是这些等重力线穿越华北地块的南缘北缘处，均显示有一定的偏移，一方面显示在陆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切近东西构造线，前者晚于后者，并对后者起了控制与改造作

① 陈益震、杜昌仁，1979，从重力资料分析我国板块内构造的一些特征。

用。重力异常在阴山—燕山一线之北仍保持北北东或近南北向,但梯度较宽缓。东北区的东部并有北北东向椭圆形异常出现,与地表中新世代构造线大致相同,而与海西期北东向褶皱和佳木斯—牡丹江近东西向构造线在形态上有程度不同的差异,显示地壳表层与下层的构造线不同,说明东北陆块的物理性质与华北地块有所不同。华南区重力场呈现等轴状,走向性不明显,与地表所呈现的北东向褶皱断裂形态差异较大。显示华南陆块与华北地块的物理性质完全不同,而壳表层与壳下层的物理性质变化较大。值得指出的是在纬度 24° — 25° 之间有一东西向重力梯度带,可能反映南岭基底断裂构造之存在。

东部的地震与重力场反映出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”,是地震密集的地带,也是重力场梯度较为密集地带,这可能是深部巨型断裂构造的反映,所以名之曰“银川—昆明”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,经太行山到华南雪峰山山系。它也可能反映了一个深部巨型断裂带的存在,并截切了近东西向构造系。其在东北与华北部分由于构造线方向与深部形变方向一致,重力异常梯度带显示较为密集,而至华南地区重力异常梯度带较为宽散,但走向仍延续少变,它穿越秦岭处,在地表除出现中新世代断陷盆地外(如山阳、旬阳的公馆),黄陵背斜隆起也应是深部构造的反映。沿此带还零星发现金伯利岩、苦橄岩和其他基性超基性岩的露头,应是深部断裂的岩浆活动在地表的踪迹。第三个北北东向巨型断裂构造带是郯庐断裂带,在沈阳、鲁南、赣水等地裂谷中,地壳的厚度比该地东西两侧要薄5—10公里,也即地幔沿裂谷突起约5—10公里。此断裂构造带北延经辽东半岛西侧,小兴安岭西麓至那丹哈达岭而进入苏联境内。郯庐断裂带南延越长江,大致沿赣江、北江而没入南海。沿此断裂带在华北地块有金伯利岩的侵入与钙碱系火山岩的喷发。从北到南此断裂东侧,一律为相对隆起区。中国东部绝大多数已知矿产是产在近东西向的褶皱断裂构造系与近南北或北北东向的断裂构造带之上及其邻近地区,而两组构造带交汇之处,矿产尤为密集,形成矿带与矿汇。显示了褶皱断裂构造系与断裂构造带对成矿作用的控制意义。

从重力场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之处,形成地壳构造形态,如同凹镜,拟简称为地壳凹镜构造。而地面隆起或山系则为地壳增厚之处,如大别山,形成的地壳构造形态如同凸镜,拟简称为地壳凸镜构造。

华北地块是从太古代即已结晶固结的刚性克拉通,物探资料反映在此刚性较强的块体下有柔性块体之存在,这可能代表软流体,具有“上刚下柔”的特性。而华南陆块性质表现为“上柔下刚”的性质,这与作者对长江中下游壳表层褶皱形态与基底断裂关系的研究所得出的结论^[13]是一致的。据人工地震对东南地区地壳深部的研究,该区地壳约分三层:上层纵波速度为4.92公里/秒,厚1.5公里;中层波速为6.15公里/秒,厚20公里;下层波速为6.83—6.97公里/秒,厚 11 ± 1.5 公里。地壳平均总厚约32.5公里(较重力异常值小约5公里)。根据休斯与巴尔契实验数据推断,上层可能代表地壳表层的柔性沉积;中层应是花岗岩,下层为辉长岩。至于东北区陆块则是介乎华南与华北之间的性质。

根据以上地壳性质之差异,中国东部可分为三个不同的成矿省:华北地块成矿省;东北成矿省;华南成矿省。

三、东部成矿域的三个成矿省

(一) 华北成矿省

1. 地质背景

华北地块的基底由各种不同程度结晶变质杂岩、混合岩和岩浆岩所组成，许多重要矿产赋存在这些杂岩之中，这些显生宙以前的杂岩，按照区域变质程度、层位顺序、区域不整合关系和同位素年龄又大致试分为上下两大部分，列表如下：

显生宙			寒武系
上部	元古代	570百万年 ^①	青白口系
			蓟县系
		1700百万年—中条运动 ^② 或吕梁运动-----?	长城系
		中元古代	溥沱群(上) 嵩山群、辽河群(上)
	下元古代	2000百万年 ^① —五台运动 ^② -----?	五台群、登封群、辽河群(下)、东鞍山组(?)
下部	太古代	2500百万年 ^① —阜平运动 ^② -----?	阜平群、泰山群、鞍山群
		3000百万年-----?	桑乾群、迁西群
		3500百万年 ^① -----?	

注：①据国际地质学会。②据中国地质科学院地质研究所。

下部在我国被认为是属于太古界。近年在迁西群采样测定其全岩Rb-Sr等时线年龄为2736百万年^①，有大于3000百万年之趋势，其变质年龄从锆石U-Pb等时线值为2460±60—85百万年（据皮京），因此将太古代与元古代的界线确定在2500百万年是有依据的。与迁西群同时或稍晚有鞍山群，鞍山群岩层曾遭受三次混合岩化，这是主要的含铁层位，辽东、冀东和五台山地区的重要铁矿均产自此层，可能与阿勾曼（algonian type）型铁矿相当。主要岩石为片麻岩、麻粒岩、角闪岩、混合岩，局部有大理岩及磁铁石英岩，个别地区在其上部有变质较浅的片岩及千枚岩（如阜平群及鞍山群）。变质程度属于麻粒岩至铁铝榴石角闪岩相。而在太行山、内蒙一带有紫苏辉石之出现。推定原岩应包括基性岩类、基性火山碎屑岩、粉砂岩、半粘土质岩、粘土质岩及少量碳酸质岩。在这套变质杂岩的形成同时或稍晚，不同地区有辉长岩、闪长岩、花岗岩及伟晶岩之侵入。这类杂岩出露于辽东、内蒙、燕山、太行山、五台山、鲁东以及秦岭东北坡，组成了我国陆壳最老的基底。但因为较多粘土质存在，还不应是最原始地壳。

上部为元古界，由一套中—低变质的火山岩和沉积岩组成，通常以比太古界杂岩含较多的碳酸质岩为其特征。它不整合覆盖在太古界之上，对其上界还有争论。分布范围远较太

① 中国科学院地质研究所。

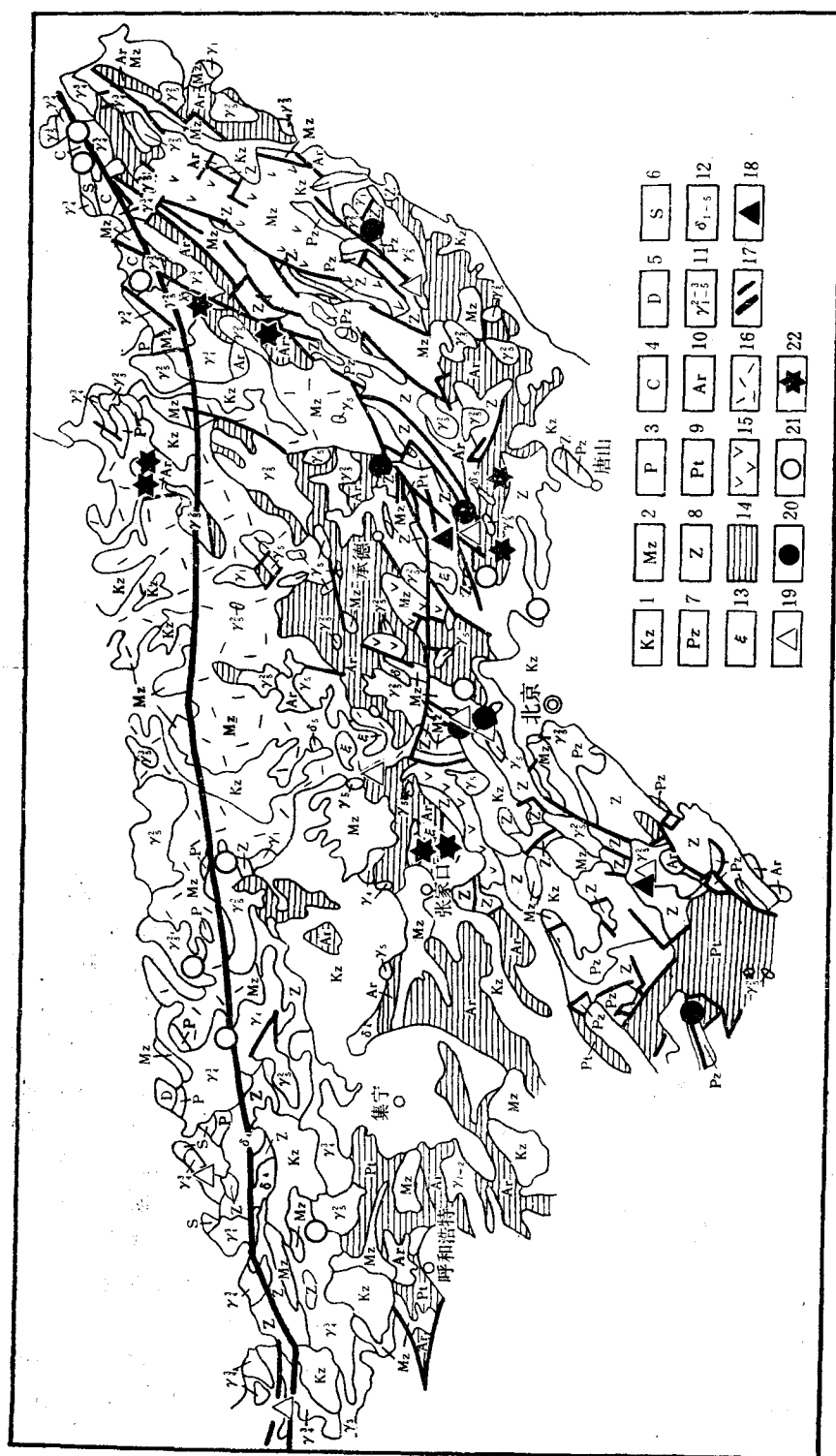


图3 华北地块北缘(中段)地质构造及有色金属矿床分布略图

1. 新生界, 2. 中生界, 3. 二叠系, 4. 石炭系, 5. 泥盆系, 6. 志留系, 7. 古生界, 8. 中-上元古界, 9. 下元古界, 10. 太古界, 11. 花岗岩类 (数字表示期次), 12. 闪长岩类 (数字表示期次), 13. 碱性岩, 14. 基底构造层, 15. 中性喷出岩, 16. 酸性喷出岩, 17. 断裂及深断裂, 18. 铜矿, 19. 铅锌矿, 20. 钼矿, 21. 钨矿, 22. 金矿

古界为广, 出露于地块边缘, 块内断裂隆起区, 特别是在郯庐断裂带以东出露尤为广阔。以五台山、太行山发育为完整, 研究历史也较久。该区的这套岩层又以五台运动所形成的不整合分为上下二群。下群列入下元古界, 名五台群, 与之相当的岩层有辽河群(下)、登封群及二道洼群, 岩石主要为结晶片岩、角闪斜长片麻岩、变粒岩、含大量火山喷发物的变绿岩, 夹有磁铁石英岩和镁质大理岩。也是主要的含铁层位, 在东鞍山形成可采矿体, 可与上湖式铁矿对比。内蒙二道洼群底部含砾石英片岩中有古砂金之存在, 所含锆石U-Pb法同位素年龄为2350百万年。与五台群变质的同时或稍晚有大量伟晶岩(1800—1900百万年)与花岗岩侵入。此花岗岩或伟晶岩中在胶东、辽南、吉南、燕山、内蒙、东秦岭北坡有许多含金石英脉及含金蚀变岩产出。上群为中元古代的溥沱群, 由一套浅变质的碎屑岩、碳酸盐岩及火山岩所组成。与之相当的有嵩山群、中条群与辽河群上部等岩层, 嵩山群下部全岩Rb-Sr等时线法有1799百万年^①数据。此期间的成矿作用有与中条山火山岩有关的产于变质花岗岩闪长斑岩中的斑岩铜矿和胡家峪的层状铜矿, 层状铜矿同位素年龄有1700—1900百万年的记载。溥沱群的一部分甚至全部还有可能属于晚元古界, 这还有待进一步研究。

华北地块经过阜平、五台以及中条或吕梁等构造运动, 经历广泛不同程度变质的重结晶作用, 混合岩化和岩浆侵入, 已大部固结为克拉通而成为坚固的地块。

作为华北地块上第一沉积盖层的中—上元古界在燕山蓟东厚达9400米可分三系, 自下而上为长城系, 蓟县系和青白口系。长城系以底砾岩超覆在其以前的不同变质岩层之上, 下部产宣龙式沉积铁矿。在秦岭北坡与中条山一带中酸性火山岩特别发育。

在晚元古时期, 伴随着蓟县运动, 地块内部与北部边缘发生分异断裂, 壳下部分熔融并经过分异的超基性岩浆沿断裂上升形成太行山辉绿岩脉群(1200百万年)或发生隐闭爆发, 形成金伯利岩(辽东全岩K-Ar1015—1110和1545—1584百万年; 775百万年; 755百万年)。

由于元古代结束时的构造活动, 华北地块发生分异断裂。郯庐断裂带以东上升, 早古生代海侵从寒武纪开始仅限于郯庐断裂带以西地区, 奥陶纪海侵较为广泛, 主要为浅海泻湖相的碳酸盐夹膏盐沉积。奥陶纪末期华北地块大幅度抬起, 以致志留纪无沉积而泥盆纪成为剥蚀区。下石炭统含煤层仅见于地块南缘之拗陷带, 中上石炭统。厚度不大而分布广泛, 从东北向西南灰岩层递减。而其底部铝土矿及含铁层(山西式铁矿)的层位逐渐变高, 显示穿时现象, 上石炭统为产煤层, 由东向西由浅海滨海以至到鄂尔多斯变为海陆交互沉积。到二叠纪华北地块又全部升为陆地, 并有玄武岩的喷发。但还不时有短期的下沉, 以致发生暂时海侵, 形成巨厚煤层。

从沉积情况可以看出, 华北地块在古生代时期屡经升降活动, 元古代末为抬起阶段。寒武纪初期开始下沉, 到奥陶纪末期又大幅度抬起, 变为陆地, 早石炭世初又开始下沉, 其沉降速度东北较西南为快, 形成偏斜地块, 至晚石炭世海侵到鄂尔多斯。二叠纪时期华北地块在升起的过程中不断发生震荡活动。由于这些地块的断续升降, 块内和陆缘发生分异断裂。沿着这些断裂地壳下层的不同岩浆, 从早古生代(如金伯利岩K-Ar全岩502、

① 中国科学院地质研究所。

530、532百万年)开始沿断裂向上活动,直至晚古生代(如金伯利岩金云母 K-Ar 371、360百万年和全岩 K-Ar 341、246百万年),到二叠纪方升至地表形成玄武岩流。而岩浆活动的主要时期为海西期,计有超基性岩、基性岩、花岗岩和碱性花岗岩在不同地区侵入,以致形成金刚石、铬铁矿、铜镍矿、铂钨矿、钒钛磁铁矿,和叠生在元古代铁矿层上的稀土矿。

中国东部进入中生代,受太平洋扩张的影响,构造活动更为强烈。华北地块虽已固化,经历了古生代屡次震荡运动,发生断裂,中生代以来,壳下层受太平洋所来的挤压,发生隆起、拗陷,以致壳上层发生张裂与挤压。例如燕山是中生代构造活动较显著的地区,原是华北地块的陆缘,经以前多次运动形成东西向的壳上隆起(地轴)、拗陷(褶皱)与断裂带,中生代的构造运动在青龙和怀柔形成了二个壳下凹陷,可能是花岗质岩浆形成之中心,以致沿燕山一带,既有类花岗岩的侵入又有钙碱系列中酸性火山岩的喷发。在相对隆起区出现中生代花岗岩,而在相对凹陷区保存了中生代以来的沉积与火山岩。在隆起带与凹陷带交接(转换)处往往发生断裂,成为中生代成矿的场所,如在怀柔至青龙的東西向带内,就有与酸性岩有关的金、钼、铅、锌及钨矿的出现,邻近此带之北有与花岗闪长岩有关的铜矿和铜钼矿。

同样情况,地壳南缘也出现一个壳下北西西向深凹陷,以至在大别山由于深部挤压发生塑性底辟作用,随着花岗岩质岩体的上升,将壳下的超基性岩块翻至上部,形成扇形翻花构造,其两侧与凹陷交接处发生较大断裂,并沿断裂凹陷有中酸性火山岩的残留。

以上二节论述了华北地块南北陆缘的变化。而华北地块本身受壳下应力作用自东而西形成辽鲁、冀豫、山西与鄂尔多斯四个间互近南北向的相对的巨型地表隆起与凹陷带,在辽鲁隆起带上,由于断裂分异又形成莱阳凹陷与辽东隆起。这些凹陷先后为中、新生代陆相沉积或陆相火山沉积所充填。大量火山喷发开始于中侏罗世,先是以中基性为主,向上逐渐变为中酸性,酸性,局部出现碱性火山岩。新生代中上新世以后有的盆地出现玄武岩及碱玄岩的喷溢。在辽鲁隆起与山西隆起上发展与发生了北北东向的主断裂带,有的形成裂谷如郯庐裂谷与汾河裂谷,这些断裂带以太行山断裂带与郯庐断裂带规模最大,且切割也深。郯庐断裂除北北东向的主要裂谷外,并在其东西两侧分别派生了北东和北西向的断层,形成放射状的裂谷系统,与非洲某些放射状裂谷类比,颇为相似^①。因而推断郯庐裂谷系统也同样是地幔突起而在壳上层所形成的系统破裂,这种破裂在相对下降的裂谷西侧尤为发育,形成北西向的盆岭构造。裂谷及其两侧均有火山岩的残留,主要为玄武岩、安山岩、粗安岩,局部出现粗白榴岩(italite)。玄武岩以碱玄岩(tephrite)为主,其中夹有拉班玄武岩。裂谷之中钠质较高,两侧钾高于钠,而总的看来由东到西碱质逐渐增高。裂谷系统内的中生代侵入岩,由济南—潍坊一线向南显示由基性向中酸性逐渐变化。沿裂谷及其西侧断裂系有金伯利岩和金刚石的产出。在裂谷之西的济南、莱芜及徐州的北西向断陷盆岭构造带有含钴磁铁矿产于闪长岩与中奥陶统灰岩的接触带。在裂谷东侧有少数磁铁矿沿北东断裂产于闪长岩与元古界粉子山群大理岩接触带。太行断裂带中的邯邢古生代拗陷显然是微山湖北西向断层与济南—潍坊断层西延部分所形成的断陷盆地,在

① 许志琴, 1979, 研究报告。

盆地之中随处可见北西向、东西向以及北北东向的断层踪迹。另外汾河裂谷与北西向断层交汇也形成了断陷盆地。在这些盆地中中生代闪长岩与中奥陶统接触带也有与莱芜相同类型的铁矿产出。以上实例说明华北内部北北东向断裂带是成矿的一个重要因素。

2. 矿产分布特征

华北地台矿产之分布, 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, 前者与后者交汇之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-开原深断裂与东北成矿省为界。西起临河东至延吉为一巨型东西向成矿亚带, 又可分为内(南)外(北)两带。外(北)带以产金为特征, 多产在太古界岩石中, 为一多期多矿种成矿亚带, 自西而东又大致可分三段。西段以海西期成矿作用为主, 叠加在元古界及太古界矿产之上, 矿产组合以铁、铜、铅、锌、铂(金)为主。中段介乎山西隆起与郯庐断裂之间, 隐生宙结晶杂岩为中生界火山岩广泛覆盖。并受北北东向断裂所切割。在海西期及以前成矿作用之基础上又有中生代与酸性岩有关的成矿作用的叠加, 矿产组合以金、钨、铅、锌、铁为代表, 钨以黑钨石英脉出现于深断裂边缘隆起燕山早期花岗岩中。东段由开原至延吉, 又以海西及其以前的成矿作用为主, 总的矿产组合为金、镍、铜、铅、锌、铁, 而海西期本身的成矿作用则是以与超基性岩有关的铜镍矿之屡次出现为其特征。内(南)成矿亚带即通称之为燕山成矿带, 这是多期次多矿种的矿产密集带, 除太古界元古界的铁、金、铬和海西期的铁、钨、铂外, 中生代以产金、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。钼铜铅锌等均产在中生代花岗岩与元古代碳酸质岩接触带。钨以黑钨石英脉产在侵位于元古代长城系的中生代酸性花岗岩中。而金多产于太古界变质岩中。

南部陆缘矿产不多, 仅见于东秦岭的北坡, 为汾河裂谷与秦岭褶皱系交切之处, 以产金、钼、钨组合矿产为主, 其分布的规律与北缘相同, 从太古界到寒武系也是有从金到钼(钨)的明显分带。钼矿产于侵入于元古界火山岩的中新生代花岗岩中。

华北地块西缘是海西成矿带, 沿着贺兰山及六盘山有铁、铜、铬矿等出现。

山西断裂隆起成矿区又可分为东西两个北北东向断裂成矿带。东部太行山断裂成矿带, 在断裂带自北而南穿切两个相对凹陷区时分别形成两个不同组合的矽卡岩成矿区, 北段为元古界凹陷在中生代花岗闪长岩与碳酸质岩接触处, 形成了铁、铅、锌组合的矿床, 南段为下古生界凹陷, 中生代闪长岩与中奥陶统灰岩接触处形成铁(钴)组合矿产。西带为汾河裂谷成矿带, 在其北段以铜、钼组合为主。此外在其南段还有元古代成矿期的铜(钼)矿带。

辽鲁断裂隆起成矿区又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可再分为以铁、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。胶东产金地区有二期花岗岩, 一期为片麻状花岗岩侵入于太古界胶东群及元古界粉子山群。可能属于元古代。另一期侵入于片麻状花岗岩中的花岗岩, 同位素年龄为182—136百万年, 应为中生代之产物。而金矿与后者关系更为密切, 因而其成矿期尚待进一步确定。郯庐断裂系成矿带的矿产组合特征为金、铂和铁、钴。在辽东半岛及山东沿郯庐断裂及其支断裂, 断续出现金伯利岩, 其同位素

年龄从元古代, 经加里东期, 海西期到燕山期均有数据, 而以海西期数据较多, 这种现象究竟是岩浆多期活动逐步上升而到地表的结果, 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-赤峰-开原深断裂以北的地区, 包括内蒙东部、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构造影响的断块阶段, 现在的地势与地质构造形象大致与壳下层重力异常吻合。如小兴安岭-老爷岭断裂隆起, 松辽断陷和大兴安断裂隆起均大致呈南北向或北北东向延展, 都是中生代以后构造活动的结果。这是控制成矿的一个基本因素。中生代以前的构造线则为另外一个图象, 南部在赤峰以西, 褶皱走向大致呈东西向, 而至四平、长春逐渐转为北东向, 除佳木斯地块局部仍有古老近东西向褶皱残存外, 其它地区直至大兴安岭的褶皱线均大致呈北东向。

隐生宙麻山群结晶杂岩主要零星布分于佳木斯、兴凯湖和小兴安岭中北部。在碎屑和碳酸质岩沉积中, 夹有中酸性火山岩和基性侵入岩, 其沉积变质铁矿中伴生有金, 此外还有镁砂卡岩型金云母和伟晶岩型稀有金属矿。可能在麻山群之上还有以角闪片岩、绿色片岩及大理岩为主的黑龙江群, 根据麻山群同位素变质年龄(935百万年), 这二个古老岩群都可能是元古代的产物。元古代晚期发生强烈褶皱运动(贝加尔或扬子运动)。

扬子运动后, 古生代开始, 在鄂尔古纳河有优地槽型的绿色片岩、粘土岩及碳酸质岩出现。而在佳木斯兴凯隆起地块上仅有碎屑岩和白云质灰岩存在。东区南部直至晚寒武世开始才有海侵, 并有基性、中性及酸性火山岩的喷发, 直到志留纪末发生褶皱运动, 形成加里东褶皱带。

在南部加里东褶皱带与鄂尔古纳古生代早期沉积之间的广阔地区, 从中泥盆世开始直到早二叠世, 断续有海相火山岩、沉积岩和陆相火山岩、沉积岩之形成。并伴随中酸性基性超基性岩石的侵入, 显示海西早中期的活动相当频繁, 形成了与不同火成岩有关的砂卡岩型铁、铜、铅锌矿铜钼矿和铬矿, 上二叠统在东北各地都是盆地型的陆相到海陆交互的磨拉石-粘土沉积并夹有中酸性火山岩。在吉中及延边一带有基性超基性杂岩侵入, 生成岩浆型铜镍铂矿及铬矿。在一些闪长岩-花岗闪长岩-斜长花岗岩小岩体中形成斑岩铜矿, 而在某些斑状斜长花岗岩-花岗岩-白岗岩小岩体中形成有斑岩钼矿。

总之, 在东北地区晚古生代的海西运动频繁而广泛, 并占有统治地位, 在此期间, 不论是酸性中性或基性超基性岩都显示出自北而南逐渐变新的规律演化。

中生代以来随着壳下层受太平洋扩张力的挤压而发生突起与下陷, 地壳表层发生北北东向的分异断裂, 以致形成明显的三部分: 即自东而西为小兴安岭-老爷(松)岭断裂隆起区, 松辽断裂拗陷和大兴安岭断裂隆起区。

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。东块或称佳木斯-

兴凯湖地块,是在海西褶皱基底上覆盖有较厚的侏罗系和白垩系的陆相沉积与中基、中酸性火山岩,其中上侏罗统鸡西群为主要含煤层。但在那丹哈达岭主要是海相中生界,形成一个中生代褶皱系。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中有侏罗纪陆相沉积零星残存及中生代类花岗岩小侵入体的散布。这些类花岗岩包括斜长花岗岩、花岗闪长岩、花岗岩及白岗岩等,在其与上部古生界碳酸盐岩接触处往往形成砂卡岩型铜、铅、锌、钨、钼(锡)组合的矿床,在斜长花岗岩中还有细脉浸染型钼矿形成。

新生代时期在有些断裂复活地带,有玄武岩的喷溢。

松辽断裂拗陷以白垩系和新生界沉积最为发育。

大兴安岭断裂隆起区的南部有早古生代沉积及海底火山喷发,伴随有铁铜矿之产出,北部东部为海西褶皱带,在海西褶皱基底上广泛分布有火山岩,从中侏罗世开始有中性、中酸性、酸性及少量基性岩喷发,厚度较大,多期多相,且以带凝灰质的凝灰熔岩、熔凝灰岩、凝灰岩占优势。火山岩层的下部、中部及上部均夹有含煤沉积,大致以北纬 47° 为界,南北两段岩层有明显差别。南段除个别断陷保有白垩系火山岩外,主要为中、上侏罗统的火山沉积,而北段则有白垩系火山岩的广泛分布,显示南段为相对上升地段。在火山喷发的同时或稍后有石英闪长岩、花岗岩、碱性花岗岩侵入。在花岗岩与二叠纪(?)灰岩接触带形成了含锡石的磁铁矿,这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,也是南岭常见的矿化。这在区域矿产分布方面确实是有意义的。

大兴安岭在新生代也有玄武岩沿断裂喷溢,在海拉尔盆地并沿黑龙江分布有新生代沉积,在黑龙江支流河谷的第四纪沉积中形成重要的砂金矿。

2. 矿产分布

东北及内蒙地区由于研究程度较低。对矿产的分布尚难看出明显的规律性。但不同矿种与海西期洋壳(超基性岩)的分布以及与中生代以来断裂带的延展则象是有一定联系。因此试将东北成矿省分为以下几个成矿区或带。

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

(2) 大兴安岭断裂隆起成矿区,又可分为二个成矿带:(A)大兴安岭东坡断裂成矿带,此带沿大兴安岭东坡呈北北东向延展,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、锌及稀有矿产组合。(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类的侵入与燕山期中酸性岩浆的侵入与喷发,已知矿产有与燕山期石英斑岩有关的铅多金属矿和产于海西期黑云母花岗岩和斜长花岗岩中的铜钼矿,该带的矿产组合为铜、钼、铅、锌。

此外内蒙加里东与海西褶皱带中志留系的变质铁矿与黄铁矿型铜矿以及海西期洋壳超基性岩中的铬矿,因而组成了内蒙海西褶皱系的铬、铁、铜组合的成矿带。

(三) 华南成矿省

华南地区是指宝鸡-桐城深断裂(或缝合线)以南和龙门山-康滇地轴以东广大地区而言,是从元古代以来大陆逐步向东南增生的地区。构造运动频繁,沉积相变显著,岩浆活动期多,因而成矿作用也是多种多样,形成不同的矿产组合。从地质发展以探索矿产形成的规律性,还有待进一步研究。

1. 地质背景

华南陆块是以晚元古代火山沉积岩为主。以广泛而显著的构造运动为界线,大致可分五个构造层:(1)晋宁(迤东或扬子)运动以前的上元古界构造层;(2)震旦系到志留系的早古生代构造层;(3)泥盆系到中三叠统的构造层;(4)上三叠统到始新统的构造层;(5)始新世以后的新生界构造层。

南方震旦系以下的晚元古代地层主要是复理石、类复理石的陆缘碎屑(板溪群)和陆源碎屑-碳酸盐岩(昆阳群、会理群)的地槽沉积,厚度巨大,往往夹有火山岩层,而火山岩从底部到上部经常由基性变为酸性,在一些地区其下部出现优地槽型的火山岩建造,如鄂西、皖南、皖东、赣北均有细碧角斑岩的发现,这些火山沉积建造之上多处出现砾岩甚至不整合(四堡运动,武陵运动),从而可以分为上下两群。概括而言,华南晚元古代沉积,早期是优地槽型,常伴生有黄铁矿型铜矿或多金属矿,而晚期为碳酸盐岩及中酸性火山岩为主的冒地槽型。滇东下昆阳群 Rb-Sr 法全岩等时线年龄为 1604 ± 78 百万年,上昆阳群上部 Rb-Sr 法全岩等时线年龄为 1173 ± 73 百万年,由此可见其变质沉积年代大致与华北地块上元古界的相当,只是沉积环境完全不同。板溪群和昆阳群沉积之后,从滇东、川西、鄂西到赣北先后发生了一系列强烈造山运动,伴随有基性、超基性、中酸性岩浆岩的侵入与喷发,如辉长岩(河口1177百万年,盐边冷水箐1112—1258百万年,大洪山)和角闪橄辉岩(盐边田坝1177百万年,武当山的)等,并有层状铜矿(613—718百万年)之形成。这一系列造山活动统称为晋宁-迤东或扬子造山运动,经过这次运动扬子江流域的地壳初步固结形成扬子地台,与华北地块联成一体。

在晚元古代,震旦系沉积之前,有一地壳隆起和剥蚀阶段,在此阶段有花岗闪长岩(867—853百万年,九岭山花岗岩843百万年),含锡的花岗岩(829—808百万年,黄陵花岗岩700—900百万年),与铁铜有关的小型辉长岩及超基性岩的侵入。晋宁或扬子期的岩浆活动,在康滇与雪峰两个断裂带较为激烈,其后震旦系到处以不整合关系超覆在昆阳群及其相当岩层之上。在西南及华中其下部以长石砂岩及冰碛层为主,而在东南部及川西则为基性、中酸性熔岩、火山碎屑岩或沉积岩所代替。上部为泥灰岩、硅质岩及白云岩,在火山岩地区则全部变为硅质岩,顶部往往有含磷层之出现。川西底部玄武岩的全岩同位素年龄为726—759百万年。震旦纪晚期在康滇地轴又有断裂分异活动,酸性岩浆作用较为强烈,地轴东侧,多处有黑云母花岗岩,二长花岗岩和斜长花岗岩的形成,它们与矽卡岩型富铁矿(含锡)的形成有关,并有辉长岩(736百万年)与斜长岩(647百万年)的侵入。

古生代海侵以太平洋区莱德利基虫(Redlichia)动物群为特征的沉积开始,中寒武世以后方有西方型动物群的出现。由于华北地块以北以及扬子地台以南在早寒武世末期同时发生了造山运动,以致经过扬子运动而初步固结成为地台的扬子地台又沿原来的地缝合