

中国几组主要铁矿类型

程裕淇 赵一鸣 陆松年

中国存在着各地质时代的地层系统,其中大多数形成于迥不相同的地质环境,并经历了复杂的变化,也有与各期地壳运动有关的各火成岩类,因此具有多样的地质和构造特征,很有利于不同类型的铁矿和许多其他矿产的形成。

本文是在以往工作的基础上^[1,2,3,4,5],再根据十几年来许多地质队,以及一些地质科研单位和院校的大量实际资料和有关研究成果的综合分析,对中国已知的几组主要铁矿类型的特征和有关铁矿形成的某些问题,作简单的介绍和讨论。

关于类型的命名与划分,本文对以往我国所采用的有所修改,企图能更多地说明或反映铁矿形成的主要地质因素。还认为有必要将一些生成条件虽有所不同而在成因上有相互关系的类型,分别纳入几个共同的类型组,来表达其形成过程中的内在联系,并在此基础上提出了铁矿成矿系列的概念。作者认为,这将有利于进行铁矿的区域成矿分析和矿产预测工作。

一、与基性、基性-超基性岩浆侵入活动 有关的岩浆晚期铁矿床*

这组矿床又叫钒钛磁铁矿矿床,大多分布在西南、西北、华北等地区。其成矿时代主要属于海西早期,其次为加里东早期和晚元古代晚期或早元古代晚期。在成因上它与不同地质时代的基性、基性-超基性杂岩体有密切的关系,矿体产于岩体内的一定部位。在构造上它均产于不同隆起区边缘的深断裂带内或其附近,往往在地区上呈线状分布。具体矿床的产出则与断裂带所派生的次级断裂密切相关。

组成钒钛磁铁矿矿石的金属矿物主要为钛磁铁矿,次为磁铁矿、钛铁矿、尖晶石类等¹⁾,常伴生少量磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿和硫钴矿-硫镍钴矿等金属硫化物。非金属矿物一般主要有辉石等(含钛普通辉石、异剥辉石、紫苏辉石、古铜辉石等)、基性斜长石、橄榄石、角闪石和磷灰石等。其晚期蚀变矿物有绿泥石、纤闪石、蛇纹石和金云母等。

根据其形成方式,矿床大致可分为分异型和贯入型两类。前者居多。

(一) 岩浆晚期分异型铁矿床

这类铁矿的母岩许多呈较大的单斜层状和岩盆状,侵入在以碳酸盐岩石为主的地层中。按其岩性大致有辉长岩型、辉绿岩型、辉长岩-苏长岩型、辉长岩-橄长岩型、含橄辉长

* 主要根据中国地质科学院地质矿产研究所研究成果加以归纳。

1) 在岩浆晚期贯入型铁矿床中还有金红石出现。

岩型及辉长岩(角闪石岩)-辉石岩-橄辉岩(橄榄岩)型等六种。含矿岩体的岩石化学数字特征 m/f 为 0.3—1.9, 属于富铁质基性岩和超基性岩类。

矿体一般产于岩体的下部和底部, 有的岩体中显示多层韵律性的特点。矿床亦相应由多层矿体组成。西南某矿床可作为一个典型例子。含矿岩体层状构造发育, 根据岩相、含矿性和矿石结构构造等特征, 自上而下至少可将岩体分成三个韵律层, 相应由辉长岩含矿带、辉石岩含矿带和橄辉岩含矿带等组成(图1)。各韵律层(含矿带)的主要共同点是:

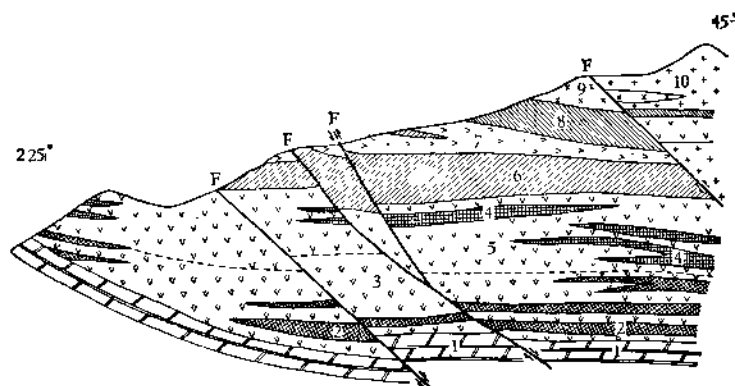


图1 中国西南某岩浆晚期分异型铁矿床含矿基性-超基性岩体韵律层示意剖面

(根据地质矿产研究所原图简化)

- 1.震旦界硅化大理岩; 2.角闪橄辉岩型矿层; 3.角闪橄辉岩; 4.橄辉岩型矿层; 5.不等粒辉石岩—细粒橄辉岩; 6.辉石岩型矿层; 7.中粒辉石岩; 8.辉长岩型矿层; 9.辉长岩; 10.花岗岩; 2—5.橄辉岩含矿带; 6—7.辉石岩含矿带; 8—9.辉长岩含矿带; F. 断层

1. 含矿岩石基性程度自上而下增高, 表现为橄榄石含量逐渐增多, 而单斜辉石和基性斜长石的含量相对减少;

2. 含矿性自上而下变好, 矿体一般都产于每个韵律层的底部;

3. 矿石结构构造也有较大的变化, 通常矿层上部的矿石为星散状—稀疏浸染状构造, 下部则为稀疏浸染状、稠密浸染状和条带状构造, 局部还有块状构造, 嵌晶结构自上而下愈为明显。这种现象可能是受岩浆分异作用的影响所致。

基性、超基性岩岩浆分异的程度, 受岩体的规模、形态、产状、侵入部位和围岩条件等因素的影响。大型矿床一般含矿岩体规模较大, 侵入深度也较大, 多形成较大的似层状矿体。

矿体形态为层状、似层状或透镜状, 其产状基本与岩体层状构造一致。矿体与顶板含矿母岩之间的界线很不清楚, 无论在矿物组合或化学成分上, 二者均呈渐变过渡关系。

(二) 岩浆晚期贯入型铁矿床

含矿岩体为斜长岩和辉长岩, 侵入于前震旦纪变质岩系中。矿体的生成是在含矿母岩形成后, 富含挥发分的铁矿浆¹⁾沿一定的构造裂隙贯入而成。矿体为不规则扁豆状、脉

1) 可能来自深部或附近的岩浆就地分异地段。

状或分枝脉状,与含矿岩体呈穿插关系,一般界线清楚。近矿围岩有明显的热液蚀变现象,表现为纤闪石化、绿泥石化、黧帘石化、硅化、绢云母化和碳酸盐化等。蚀变带一般宽达数米。

二、与中—酸性岩浆侵入活动有关的接触交代-热液型铁矿床

这是一组点多面广以富矿为主的铁矿床,在成因上与中—酸性岩浆侵入活动有关。按其生成地质条件的不同,可分为下列两个类型:

(一) 接触交代铁矿床(即广义的矽卡岩矿床)

产于中—酸性(偏基性或偏碱性)侵入体与碳酸盐类为主的围岩接触带或其附近围岩中,在岩浆期后高温气液与围岩相互作用下,主要以交代的方式生成。许多矿床产于矽卡岩中,但也有一些矿床的矽卡岩阶段不发育,矿体直接交代接触变质带的围岩而成。矿床往往沿着一定的有利构造部位,伴随着有关岩体成群或带状分布。

根据与成矿有关的侵入体岩石类型及其所反映的地质环境和矿化元素组合,可大致分为以下三类矿床:

1. 与中性(包括偏碱性和偏基性)侵入体有关的铁矿床

已知矿床主要分布在较稳定的华北地台范围内。与成矿有关的岩体为燕山期辉长-闪长岩和闪长岩-二长岩类杂岩体¹⁾,一般主要呈复杂的层状体侵入在以中奥陶统为主的碳酸盐岩层中,往往有多层矿体产出。矿石金属矿物成分以磁铁矿为主,次有少量黄铁矿、假象赤铁矿、镜铁矿和黄铜矿等。铁矿伴生的金属元素一般较单一,主要是钴。部分与辉长岩类²⁾侵入体有关的铁矿床,其矿化金属元素组合为 Fe(Cu)-Co-Ni,个别矿区还有 Pt 和 Pd。近矿岩体的钠质交代现象明显(钠长石化,局部有方柱石化)。

2. 与中—酸性侵入体有关的铁矿床

这类矿床主要分布于活动性较大的拗陷带(如扬子江下游地区)。与成矿有关的侵入体为燕山期闪长岩-正长闪长岩-花岗闪长岩和闪长岩-二长岩-花岗岩类杂岩体。不少岩体的同化混染现象较明显。岩体大多为中小型岩株,有些地区还出现同时代的火山喷发岩。矿化围岩为三迭系和石炭二迭系灰岩。矿石金属矿物主要为磁铁矿,次有假象赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿和斑铜矿等,有的还有较多的菱铁矿出现。金属矿化组合主要是 Fe-Cu,伴生 Co。矿体附近内接触带的碱质交代现象也十分明显,如钠长石化、方柱石化和钾长石化等。

3. 与酸性侵入体有关的铁矿床

这组铁矿床主要分布于隆起区的凹陷带(如天山、东北大小兴安岭、燕山、东秦岭和东南沿海一带)。与成矿有关的侵入体主要为不同时代的花岗岩和花岗闪长岩类。一般当围岩为泥砂质岩石夹碳酸盐岩层时,侵入体岩性主要为花岗岩;而当围岩是厚层白云岩或白云质灰岩时,侵入其中的岩体多数为花岗闪长岩类。

矿石矿物较复杂,除磁铁矿、假象赤铁矿和黄铁矿外,还可能有黄铜矿、磁黄铁矿、铁

1) 根据王日伦等意见,认为岩体系火山岩,喷出于中奥陶世,铁矿为火山喷发沉积成因。

2) 包括辉长苏长岩、橄辉岩以及辉长岩和闪长岩的过渡类型。

闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、锡石和白钨矿等。伴生的金属元素常有 Cu、Pb、Zn、Mo 或 Sn、W、Bi 等。近矿岩体的碱质交代现象以钾交代为主(钾长石化、黑云母化和绢云母化等)。

综观上述,与接触交代铁矿床有关的岩浆的确存在着成矿专属性,即从辉长岩类、闪长岩类、中酸性杂岩体,一直到花岗闪长岩和花岗岩类,铁矿伴生的金属元素相应依次发生变化: Co、Ni (Pt、Pd) $\rightarrow$ Co $\rightarrow$ Cu、Co $\rightarrow$ Cu、Pb、Zn、Mo $\rightarrow$ W、Sn(Bi)。

必须指出,在谈到岩浆岩成矿专属性这一问题时,应充分考虑到不同区域的地球化学特点和不同地质时代岩体含矿性的差异。

关于接触交代铁矿的富集规律,可进一步从下列有关的三个不同方面来探讨。

1. 侵入体的特征

在上述各类侵入岩中,对成矿最有利的是闪长岩-二长岩类岩体,其次为花岗岩类(包括花岗闪长岩类),只有极少数是与基性岩类和正长岩类等岩体有关。这些岩石的岩石化学的特点是碱值偏高,多数大于中国同类岩石的平均值,而闪长岩类岩体的 Na_2O 含量则更高。

如前所述,近矿岩体碱质交代现象明显,使原岩中含铁矿物(磁铁矿、角闪石和黑云母)消失,产生大量新生的钠(钾)长石和透辉石(或次透辉石),铁质被大幅度带出,成为组成铁矿体的重要物质来源。

岩体的侵入深度可以从中、深成一直到超浅成;但以中浅成或浅成侵入体为多。少数产于褶皱带的花岗岩与前寒武纪地层接触处产生边缘混合岩化作用,其侵入深度相对较深。

已知成矿岩体的生成地质时代大部分属于燕山期,西北和东北地区的一些岩体主要为印支期和海西期,西南地区的部分花岗岩体则是晚元古代晋宁期的岩浆活动产物。

侵入体的形态产状和侵入接触构造的特点,对矿化相对富集具有重要意义。大量生产实践资料说明,铁矿体常产出在侵入体与碳酸盐围岩的接触面参差不齐处,特别是侵入

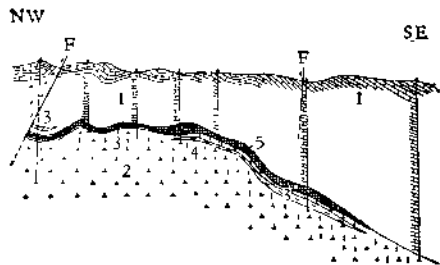


图2 产于侵入体上隆部位的似层状铁矿体示意剖面

(根据华北地质研究所 1974 年原图修改)

1. 中奥陶统碳酸盐岩层; 2. 闪长岩; 3. 砂卡岩;
4. 钠长石化透辉石化闪长岩; 5. 磁铁矿体;
F. 断层

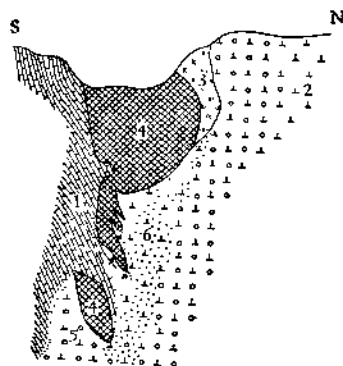


图3 大冶铁矿火成岩与围岩侵入接触带转折处控矿示意剖面图

(根据 1961 年裴荣富等原图修改)

1. 大理岩; 2. 闪长岩; 3. 次透辉石砂卡岩; 4. 铁矿体; 5. 砂卡岩化闪长岩; 6. 绿泥石化、高岭土化闪长岩

体顶面相对隆起部位(图2)以及侵入接触面的坡度突变处(图3)等部位,也出现于似层状侵入体下盘与碳酸盐围岩的接触面上。

2. 构造条件

从大范围看,本类型铁矿床多产于拗陷区内的凹陷和凸起的过渡带,或是隆起区内的凹陷边缘带。在上述地区与成矿有关的岩体或矿群的分布经常位于两组构造体系的复合处。

对于具体矿床或矿体而言,控矿构造型式是多种多样的。各类构造型式同时存在的复杂地区或复合处,常是矿床或矿体富集最有利的部位。

3. 矿化的层位和岩性条件

关于矿化层位,值得注意的是,每一地区一般有一至两个主要矿化层位控制着区域的铁矿化。

围岩岩性主要为碳酸盐类岩石,次为火山凝灰岩、钙质砂页岩等。有些矿区的富铁矿主要交代变质石英砂岩或硅质岩,但邻近一般有碳酸盐围岩存在。

围岩为白云岩或白云质岩石时,可形成镁矽卡岩和镁矽卡岩型矿石;围岩是较纯的灰岩或灰岩与砂页岩互层时,通常形成钙矽卡岩和钙矽卡岩型矿石;当围岩以白云质灰岩为主时,则形成钙镁矽卡岩和相应的钙镁矽卡岩型矿石。

在一定的地质条件下,含铁较高的沉积围岩也可能对铁矿的生成提供铁质来源。

不少矿床的矽卡岩阶段为高温气液作用所叠加,有的成矿作用还可延续到中、低温热液作用阶段。

某些接触交代铁矿床(如大冶等)的矿石,矽卡岩及其他交代蚀变岩石中 F、Cl、H₂O 等挥发分含量普遍比围岩和岩体高得多。这说明,除了K和Na等碱质元素外,F、Cl、H₂O等挥发组分对铁质的迁移和富集,可能也起了积极的作用。

(二) 热液型铁矿床

这包括高温热液磁铁矿床和中低温热液赤铁矿-菱铁矿(褐铁矿)矿床两类。以富矿为多。

在成因上,它大多与同一地区同一成矿时期的接触交代铁矿有着内在的联系,共同构成一个成矿系列(见后)。如在某一成矿区(带)或矿田范围内,两类矿床常相伴产出。但热液矿床在空间上往往与中、酸性侵入体有一定距离。有的矿床则常位于接触交代铁矿床的外侧围岩中。因此,推测矿质可能主要来源于岩浆期后热液,其生成时期稍晚于接触交代阶段。

这种矿床常沿区域性大断裂呈线状分布,大断裂旁侧的次级断裂一般控制了具体矿床。断裂的交汇处,近乎平行断裂的密集处或背斜褶皱轴部往往是成矿的有利部位。矿体经常选择性地交代碳酸盐岩层或粉砂质岩层等等。矿体形态为似层状、透镜状、扁豆状、脉状和囊状等。

矿石矿物成分,对于高温热液矿床来说,以磁铁矿为主,次为赤铁矿和黄铁矿;非金属矿物有阳起石、绿帘石、绿泥石和蛇纹石等。中低温热液矿床矿石的主要金属矿物为赤铁矿或菱铁矿(氧化后变为褐铁矿),非金属矿物一般有石英、方解石、铁白云石和重晶石等。

围岩蚀变有绿泥石化、硅化、绢云母化、重晶石化、含铁碳酸盐化和黄铁矿化等,蚀变矿物的种类在颇大程度上受蚀变原岩的物质成分的影响;蚀变带宽度一般为数米至十余米不等。

三、与中性(偏基性或偏酸性)钠质或偏钠质 火山-侵入活动有关的铁矿床

这是一组偏酸性或偏基性而往往又含钠较多的中性火山-侵入活动中形成的铁矿类型,简称火山-侵入型铁矿。绝大多数直接产出不同地质时代的火山(火山沉积)岩及有关侵入体中,成矿物质直接与火山-侵入活动有关,大多以伴生有明显而广泛的蚀变和富矿占较大比例为特征。其中一部分已受很轻微或稍深的变质作用。它实际上包含着一定火山-侵入岩浆活动时期在一定地区内,具体形成环境条件有所不同,而在区域成矿发生、发展上又有着内在联系的,甚至实质上属于同一成矿作用范畴的一组成因类型或亚类,构成一个成矿系列(见后)。

近年来,这组铁矿已发现于不少地区。如见于辽宁东南部下元古界上部变钠质中、酸性火山沉积岩系中,西南上元古界下部浅变质钠质富铁中、酸性或中、基性岩系中,西北一些地区的下古生界上部中、基性或中、酸性火山岩系中,东北西北部和云南的石炭二迭纪中(酸)性火山岩系或局部富钠的中、基性火山岩系中,以及以长江中下游为代表的中生代晚期的中性(偏碱性)一中、酸性火山岩系中。除最后一区是属于地台上断陷盆地的陆相火山-侵入活动外,其他大多是具有不同的地质背景 and 不同深度的海相(部分海陆交替相)火山-侵入活动产物。火山-侵入岩类大多含钠偏多,且一般认为并有一定的依据说明,钠质的存在及其不同方式的活动与铁质的迁移富集有密切关系。

所见铁矿,有的是属于层状火山喷发沉积或火山碎屑沉积性质的;在有些地方还有含铜的矿物和硫化物等。更多的是形态多种多样,矿石结构构造变化较大;见于不同的火山岩中或有关小侵入体的不同部位以及它与围岩的接触带中。它们分别具有不同的成矿条件,但大多是在火山-侵入活动过程中不同阶段和部位的气液交代(充填)作用形成的,而一小部分呈致密块状者,可能具有矿浆充填性质。它们大致产出火山-侵入活动的中心及其附近¹⁾,这正是岩类复杂多变、蚀变强烈和矿化有利的地段;铁矿矿物以磁铁矿和假象赤铁矿为多见,矿石和蚀变岩石中富于热液(气)交代生成的矿物;磷硫变化较大,这可能同火山喷气(液)的性质有关,有些与富钠岩浆有关的矿石含磷、钒都较高,另一些则又富于硫、铜、钴等。

不同时代,不同地区火山-侵入活动可能形成的具体铁矿类型组合有较大的或一定的差别,现以长江中下游某区为例以见一斑,并说明它们之间的内在联系。根据最近有关单位^[6]的研究,该地在晚侏罗世和早白垩世时,有一套以安山质为主的熔岩和火山碎屑岩的形成,岩浆的演化大致是中偏基性,含钾较高→中偏碱性,含钠较高→中偏酸性→碱性。在中性岩浆喷发以前,有辉长闪长玢岩(斑岩)浅成侵入和次火山侵入杂岩的形成。在某些

1) 大致是岩浆及有关液、气上升、喷发或爆发较为集中的地段,可能是火山口、破火山口或次火山岩侵入体较多的地方。

少数含矿地层具有边缘凹陷或冒地槽沉积性质。矿床一般呈层状,层位较稳定。其中一部分为富矿,但往往含磷较高。

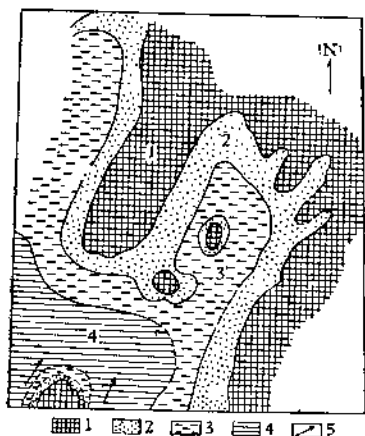


图5 湘赣成矿区晚泥盆世铁矿沉积时的岩相古地理示意图
(根据廖士范 1964 年原图修改)

1. 晚元古代变质砂页岩系, 为基岩的古陆剥蚀区(古陆);
2. 浅海相砂页岩夹鲕状赤铁矿绿泥石铁矿的岩组沉积区;
3. 浅海相粉砂岩夹绿泥石的鲕状赤铁矿、菱铁矿岩组沉积区;
4. 浅海相至半深海相的石灰岩岩组沉积区;
5. 海侵方向

含矿建造常位于一个大的海侵岩系的底部,大多为浅海沉积,厚度一般较小,并反映了比较缓慢的沉积条件以及有时出现的湿热气候和局部的海水交替进退情况。矿层本身常产于砂页岩之中,大多出现在粉砂岩向页岩或钙质页岩递变处。矿石矿物一般以赤铁矿、菱铁矿为主,许多地方也有鲕绿泥石。它们的生成分别反映了沉积环境和介质条件的差异(图5)。

铁矿石常具鲕状、块状构造,少数具角砾状甚至肾状构造。

时代最老的赤铁矿、菱铁矿层产于震旦界下的下部,主要分布于北方几省。

分布最广的泥盆纪铁矿,主要产于中南、西南、西北一些省、区,由于各地加里东运动后海侵时间的先后,分别产于中或上泥盆统中。

此外,我国北方震旦界中、上部,西南地区寒武系、奥陶系,不同地区的石炭系、二迭系、三迭系等等地层中都有菱铁矿或锰铁矿矿床。

五、海陆交替相和湖相沉积铁矿

这组铁矿是在海陆交替和湖相环境中沉积的矿床,形成的时代以石炭纪、二迭纪、侏罗纪为最重要。含矿层往往与煤系地层有较密切的关系,矿层多呈透镜状、似层状,沿走向变化较大,矿石矿物主要为菱铁矿,次为赤铁矿,常含不等量的鲕绿泥石。许多具硫低磷高的特点,也有不少含磷较低的,常具块状、角砾状或鲕状构造。

湖相沉积铁矿形成的控制因素与浅海相沉积铁矿比较相近,但往往湖泊的大小,湖底地形起伏也控制了铁矿的规模。

六、受变质沉积铁矿

受变质沉积铁矿,不论在我国或世界其他地方,都是一组十分重要的铁矿类型,形成于不同的地质时代,分布广泛。根据矿床和含矿变质岩层的矿物组合与其他地质特征,及其所反映的成矿物质和原始沉积环境,又可分为下列两组类型。

(一) 受变质铁硅质建造及有关铁矿床

该类铁矿主要形成于晚元古代以前,当时沉积于活动性较强的、持续下沉的海盆地¹⁾

1) 个别地区可能为湖盆地。

中较浅部位,以大多具有黑白条带状、条纹状、细纹状构造为特征。已知产地中以贫矿居多,但也常赋存有不同规模和成因的富铁矿。

这组铁矿主要分布于东北、华北地区,其他地区也有发现。辽宁(如鞍山)、吉林、河北、山东等地的一些有关矿区产于太古界鞍山群、泰山群及与其相当的变质岩系中的不同层位,其变质年代¹⁾不晚于 $23.5-25.5 \pm 0.5$ 亿年^[1],变质岩大多属角闪岩相,部分属麻粒岩相,所含铁矿以往曾称为鞍山式铁矿。山西、内蒙古和其他地区的一些已知铁矿,产于下元古界的五台群及其相当的地层中,其变质时代不晚于 20.5 亿年,岩石属角闪岩相或绿片岩相。也有一些铁矿产于震旦系和下部古生界。年代较老的含矿变质岩系常已受到不同程度的混合岩化、花岗岩化的影响。

含铁建造可在上述变质岩系中的不同层位出现。每一含铁建造中的铁矿可能是多层的,也可能只有一、二层,而有时其中一层厚度可达二、三百米。含铁建造常延长较远,但其厚度有相当的变化。所含铁矿层,许多也有一定或较好的延续性,但其厚度有更大的变化,而其累积厚度又常与整个含铁建造的厚度变化相适应。看来矿床的规模大小决定于铁质供应是否充分和盆地是否持续而缓慢下沉。

根据它的矿物组合及其所反映的原岩岩性等特点,含铁建造大致分为四种类型:

最常见的是以层状特征明显的角闪质岩石²⁾为主,并常夹有一定厚度的黑云变粒岩等³⁾“半粘土质”岩石的一套含铁岩层。前者常更多见于铁矿层之下,其原岩大致有的是基性凝灰质岩石或凝灰岩,有的是富铁泥灰岩类,在许多地方见有产状明显的变质基性侵入体(透镜状岩床或岩脉等),但证明为基性熔岩的还不多;后者大多为粉砂级沉积物,部分具有硬砂岩性质或可能混染了凝灰质碎屑,在少数地区可能包含了英安岩类等熔岩及有关凝灰岩。

其次是主要由绿片岩相的千枚岩类或其角闪岩相低级亚相的片岩组成,其原岩大多是粘土质岩石(如鞍山)以及一些粉砂质岩石,有的杂有凝灰质成分,并有凝灰岩或熔岩夹层。有的地方岩石变质很浅,铁矿具有铁质碧玉岩特征,附近的相当岩层中有中、酸性熔岩、凝灰岩和凝灰质岩石,说明至少一部分铁质来自邻区的火山活动。

第三类是含有相当数量白云质大理岩或大理岩的“半粘土质”或“粘土质”变质岩建造,已知产地较少。原岩大致主要为沉积岩。

第四类以富硅质的岩石居多,如原为砂质碎屑岩的石英质砂岩、石英岩、硅质板岩等,有的原岩可能为酸性凝灰质岩石的浅粒岩。已知产地更少。

上述四种建造反映了原岩物质成分与形成环境的不同,代表同一地质时期内沉积相的变化或不同地史阶段的岩性、岩相的差别。此外,在上述四类之间也存在着一些过渡的类型。

它们大多是下沉水盆地内较浅部位以沉积方式生成的一些岩类。铁矿的物质来源,可以设想许多是同盆地的或相邻地区的较早或大致同时的火山活动(以基性为主)有关,

1) 这大致是由同位素年龄所指示的、变质地层所经历的第一次区域变质的终了年代。

2) 即所谓“基性岩石”,包括角闪岩相的斜长角闪岩、角闪片岩、角闪变粒岩(granulite),及其麻粒岩相岩石——含辉石类、角闪石、斜长石的片麻岩和麻粒岩(granulite)。

3) 兼包黑云母斜长片麻岩及其麻粒岩相岩石,如紫苏辉石黑云斜长片麻岩(麻粒岩)。

当然也有相当一部分来自附近古陆的富铁岩类的侵蚀与风化。

铁矿的黑色(暗色)带¹⁾、纹²⁾含有较多的铁矿矿物和一定的石英,有的也有一些不同数量的铁镁硅酸盐矿物甚至碳酸盐类矿物;白色(浅色)带、纹主要由石英组成,也可含有相邻黑色带、纹中所含其他矿物。铁矿矿物是磁铁矿或赤铁矿、假象赤铁矿等;铁镁硅酸盐矿物随变质程度的不同可能为绿泥石类、闪石类(铁闪石、阳起石、镁铁闪石、阳起质透闪石等)、辉石类(紫苏辉石、不同的单斜辉石)、铁铝榴石和黑云母等;碳酸盐矿物包含方解石、铁白云石、菱铁矿、方解石等。有时呈块状构造,其矿物成分及结构接近黑色带、纹,一般含铁较高。变质程度高时(麻粒岩相),部分矿石的条带、条纹状常向片麻状过渡。在少数变质很浅地区,矿石呈红、灰、白等条带、条纹构造,外貌与典型的碧玉铁质岩很相似,不同条带分别由碧玉、镜铁矿(赤铁矿)、菱铁矿、铁白云石、重晶石等矿物为主的矿物组合构成。

这些贫矿石化学成分简单,含铁量一般为 25—40%,含二氧化硅常为 40—50%,磷、硫含量很低。

贫矿中也有含铁达 50—60%或以上的富矿,组分也简单,硫、磷都低或很低。大致可分为三种类型。

第一是原始沉积的同生富矿。矿体为致密块状,有时局部还呈细纹状构造,与贫矿间分界不清楚,两者所含矿物种类相同,没有伴生蚀变矿物。

第二是变质贫矿又受后期热液影响生成的。有的为受热液的淋滤去硅改造而成的多孔状、粉末状富矿,或由热液交代作用而形成的坚硬块状富矿,但以后者为主。后者呈似层状、扁豆状、脉状及多种不规则形态,大小不等,与贫矿间属渐变关系。

这类交代富矿大多位于一些离花岗质岩体的边缘混合岩化带或区域性混合杂岩边缘不远的贫矿中,其产出和生成受到明显的断层、褶皱等构造控制(图 6),如不同性质的断裂带(尤其是延深大而远的陡倾斜压性断层),一些等倾同斜褶皱带,以及褶皱轴部附近的层间孔隙等部位,常是一定地质背景下有利的富矿形成地段³⁾。

已知富矿绝大部分为磁铁矿石,有的含假象磁铁矿,少数的赤铁矿(假象赤铁矿,镜铁矿)石。一部分矿石还含一些共生蚀变矿物以及微量黄铁矿等。富矿周围有明显的蚀变带,且常有一定的分带现象,可作为找矿标志。蚀变作用一般主要是绿泥石(磷绿泥石、辉绿泥石及扇石等)化,有些地方还有白云母化和微量电气石的生成。总的来讲,显示了中、深成热液(气)交代的性质;另一些地方(如弓长岭^[3])则还有镁铁闪石、铁直闪石、铁铝榴石等,局部有菱铁矿的生成,可能说明该地富矿的形成与中温、中压区域变质作用相似的地质环境有关。在富矿形成过程中,除常有镁、钾、钠等的带入以外,其物质成分仍在一定程度上反映了原岩组分³⁾。一般认为,鞍山及其附近地区这类富矿是同该区两期重要混合岩化、花岗岩化^[10](其钾-氩法年龄分别为 24 ± 0.5 亿年和 18.5 ± 0.5 亿年)有关的热液产物。这种热液的主要活动期具有碱性特征,并有相当含量的铁。其物质成分,看来大部分来自

1) 条带一般宽 5—10 毫米。

2) 条纹宽 1—5 毫米;细纹宽 1 毫米以下。

3) 如原岩为斜长角闪岩的,含绿泥石特多;为白云母石英片岩或含白云母浅粒岩的,富含白云母和石英(有人称为“云英岩化”)。

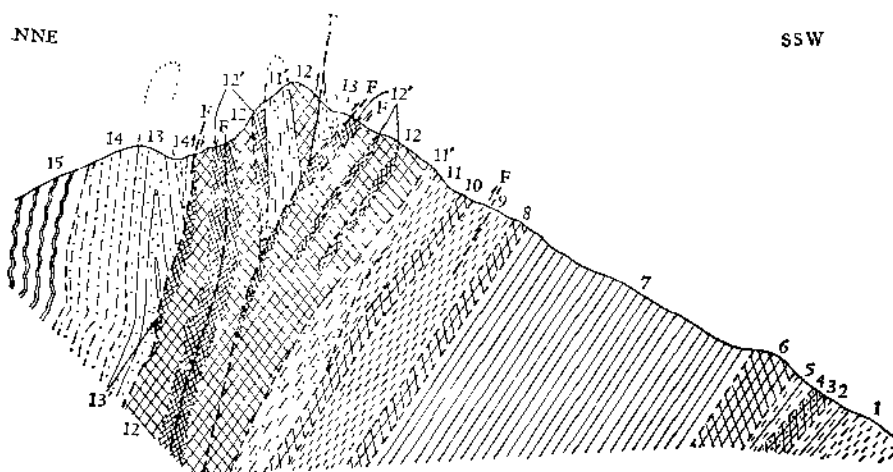


图6 鞍山弓长岭铁矿含铁层及富铁矿产出地质条件示意剖面

(根据程裕淇 1957 年图修改)

1. 石英斜长角闪岩; 2. 局部绿泥石化的云母石英片岩及石英云母片岩; 3. 细纹状磁铁贫矿; 4. 含少量磁铁矿的石英片岩; 5. 同 2; 6. 细纹状及块状磁铁贫矿; 7. 局部绿泥石化的黑云母变粒岩, 有时在中部含有薄层磁铁贫矿; 8. 同 3; 9. 同 1; 10. 同 3; 11. 同 1; 11'. 绿泥石化石英斜长角闪岩, 局部含少量镁铁闪石及铁铝榴石; 12. 同 6; 12'. 磁铁富矿; 13. 石英岩; 13'. 镁铁闪石化、绿泥石化及磁铁矿化的石英岩; 14. 细云母石英片岩; 15. 条带状及条痕状混合岩; F. 富矿生成以前的压性断层, 其中 2—12 为含矿层

混合岩化作用主期¹⁾被混合岩化的岩石(包括贫铁矿层在内), 也有一部分来自热液影响所及的围岩(如含石英斜长角闪岩蚀变过程中所带出的 Na^+ 和 Fe^{++})和贫矿层。

第三是受表生作用形成的富铁。这类富矿是贫矿在不同地质作用时期出露地表后, 受风化和潜水的淋滤去硅等作用而形成的。在成矿地质、地理等条件有利、贫矿巨厚或较厚、其上又被震旦亚界、寒武系等覆盖的有些地段, 现已找到这类富矿或有关富矿线索。铁矿物为假象赤铁矿、赤铁矿或褐铁矿。

后两类在成因上是属于受变质沉积铁矿又受后期地质作用的改造和叠加的一组多时期成矿的复杂矿床类型。

(二) 受变质碳酸盐型及有关铁矿床

这是一组受到轻微区域变质作用的碳酸盐型及有关氧化物(氢氧化物)型等沉积铁矿, 原来沉积于具有一定活动性的较浅海域。

已知铁矿床见于东北地区下元古界上部的辽河群以及陕南泥盆系中。含矿建造常位于海侵序列的底部, 许多具一定的韵律性沉积特征, 大多形成于较细碎屑岩相向碳酸盐的过渡带, 有的还呈半封闭状态, 一般以弱还原环境为多(有的已向还原环境转化)。建造中以千枚岩类、板岩类、硅质板岩等泥质岩石居多, 其中不少岩石本身富含铁质, 并可向深部相变为白云质岩石; 有的也有轻微变质的粉砂质、砂质岩石; 有的则夹有白云质大理岩和

1) 大致相当于岩浆活动的正岩浆期。

白云岩等。

铁矿体呈层状、似层状、扁豆状或不规则形态,有时呈矿饼群出现。

铁矿矿物主要为赤铁矿(镜铁矿)、菱铁矿、磁铁矿、褐铁矿等,个别地区还有鲕绿泥石,其相互比例多少及其有无,决定于原岩的矿物相建造¹⁾,也决定于其所受变质程度和后期不同性质溶液改造的差别。看来原始沉积中菱铁矿占较大比重。硫磷含量变化大,但含磷一般较多。矿石以块状居多,部分呈豆状、鲕状²⁾,有的还有条带状、条纹状和角砾状及其他构造。总的说来,它同上述浅海相沉积铁矿的差别,主要在于沉积地带的相对活动,沉降也较快³⁾,因而整个沉积建造和铁矿的岩相(矿相)和厚度变化较大。铁矿除了遭受轻微区域变质作用外,许多地区,又受到后期岩浆、构造、热液等活动或潜水作用的叠加和改造影响,而使矿体的物质成分(形成部分的富化)和形态又有所变化,如产生一些热液型粗晶铁矿脉,或表生作用形成的垂直分带等。于是使有关矿床的特征变得更加复杂了。

七、残积型及其他表生铁矿床

这组矿床是由不同类型的原生铁矿床、硫化矿床或其他富铁岩石在适当气候、地形和构造等条件下,主要经过时代较近的风化剥蚀淋滤富集而成。

根据原生矿床或岩石类型的不同可大致分为以下几类:

1. 多金属硫化物矿床或黄铁矿矿床的风化铁帽(广东);
2. 菱铁矿矿床的风化铁帽(湖北、贵州、云南等地);
3. 含磁铁矿(或硫化物)钙铁榴石和钙铁辉石矽卡岩的风化壳(福建南部);
4. 玄武岩风化残积铁矿床。

其中 1、2 两类见的较多。

此外,上述受变质铁矿床中的古风化壳型假象赤铁矿,在成因上也应属于这一类,但主要形成于较老的地质时代。

矿石矿物成分一般为褐铁矿(包括针铁矿、水针铁矿和水赤铁矿等)、赤铁矿(假象赤铁矿)、软锰矿、硬锰矿等,在多金属硫化矿床铁帽中,还可能有少量白铅矿、菱锌矿、水锌矿、孔雀石等。非金属矿物有石英、方解石、白云石和粘土类矿物。矿石构造为块状、多孔状、蜂窝状、葡萄状、网格状和土状等。

详细研究这种铁矿石和有关的原生岩石或矿石的结构构造和矿物成分特点,对正确判别原生矿床的类型,进一步寻找原生隐伏菱铁矿或多金属硫化矿床具有重要意义。

八、一些多时期、多因素形成的铁矿

有些铁矿形成于两个以上的成矿时期,当然其中只有一个成矿期和一个或一组因素对铁矿的形成起主导作用;而对形成于最早成矿期的那一部分矿床来讲,则它在实质上是原有沉积铁矿或受轻微区域变质的沉积铁矿受到了后期热液作用的叠加与改造,而往往改变了它的矿物组合和含铁品位,甚至增加了其他一些有用元素和矿物。因此,把它作为

1) 根据沉积时氧化与还原程度的差别,分别为氧化物(氢氧化物)相、碳酸盐相、铁硅酸盐相等。

2) 豆状、鲕状均系残留构造。

3) 因此,有些地区被认为属于“冒地槽”沉积。

一种单独的类型来对待。在上述的一些类型中,有一部分实际上是属于这一范畴的,而且已作了相应的说明。但这类铁矿床研究的还不够详细,因而起主导作用的成矿期还不能肯定或有较大争论。

九、关于铁矿成矿分析的一些意见

综观以上的叙述和讨论,作者认为对上述几组铁矿类型的成矿分析方面,下列几点意见是值得重视的:

(一) 一般来讲,同岩浆活动有关的几组铁矿类型,除了考虑到区域地质背景及其发展过程,不同时代岩浆含矿性和岩浆活动影响所及岩石的物质组分等差异以外,岩浆岩的化学特征,尤其是它的成矿专属性,对有关铁矿的物质组成的影响,是一个基本的、决定性的因素。如分异良好的富铁质超基性岩和基性岩类的存在,是形成岩浆晚期钒、钛磁铁矿这组类型的物质基础。对于接触交代-热液类型组来讲,同它们有关的侵入岩岩性由辉长岩类、闪长岩类、中-酸性杂岩体,一直到花岗闪长岩和花岗岩类,铁矿的伴生元素往往相应依次发生这样的变化: 钴、镍(铂、钨)→钴→铜、钴→铜、铅、铋、钼→钨、锡(铋)。对于火山-侵入型来讲,则中性而偏于钠质或富于钠质的岩类出现,常较中-酸性或酸性的更有利于铁矿的形成,其中有的铁矿常具有含钒、磷较多的特点。

(二) 构造活动及其一系列形迹则在时间上和空间上,直接或间接控制着上述几组铁矿类型的分布与产出。首先,地壳运动及有关的构造活动的多期¹⁾性,控制了地质史上岩浆的多次活动及其演化分异。其次,不同构造体系的构造断裂带或构造复合带,往往为岩浆的侵入与喷出活动,提供了运移、喷发的通道,因而在空间上直接控制了各类岩浆地质体并间接地控制了有关铁矿带和矿体的分布;再者,一些岩体和有关铁矿体的具体产出,又常受到局部的褶皱或不同力学性质的小断裂(或各种接触构造、火山构造)乃至岩浆分异的地质力学背景的影响。最后,成矿后的构造活动,不仅常使各组铁矿类型位移或破坏,有时也为后期热液活动对原有矿体的改造提供了机会。当然,构造控制的讨论,一定要本着具体问题作具体分析的原则,才能使推论或结论更接近或符合客观实际。

(三) 对于许多不同交代成因的铁矿和一部分热液充填生成的铁矿,不仅矿床围岩的物理或物理化学的特征,对成矿的难易和产出部位,起到明显的控制作用,而它的物质成分对矿体及蚀变围岩的一部分矿物成分,也常有重要的影响,也就是为两者的形成,提供了一定的物质来源。这是一、二十年来许多中国地质工作者感到日益明显的地质现象和事实。因此,在结合物、化探资料的研究和有关地质条件的综合分析而进行的普查、勘探中,沿着一定层位而找到新的铁矿床的实际例子也日渐增多。同时,也使我们认识到,在一定地质背景前提下,碳酸盐岩石也不一定是对生成这些铁矿唯一的重要围岩条件了。当然,在处理矿源层的问题上,也得对具体问题作具体分析。

(四) 碱质,尤其是钠质交代作用,在许多接触交代-热液铁矿和火山-侵入型铁矿的蚀变带中发育,且常分布较广。在成矿前受其影响的岩石(主要是有关的火山岩和侵入岩)内析出、运移、富集的铁质,往往为附近铁矿的形成提供了主要或重要铁质来源。在不

1) 但这不是简单的重复,而是不可逆的演变。

少地方,所形成的钠质交代岩,与矿体在空间上存在着方向性和对应性的关系,可作为一个良好的既定性又定量的近矿找矿标志。

(五) 对于不论是变质的或未变质的,以沉积方式生成的几组铁矿类型来说,铁矿的稳定性、规模、品位及其总的物质组成,主要决定于以铁质为主的物质供应或当时的沉积环境以及成岩特征等情况。前者是成矿的内在因素,后者是它的外部条件。因此,对于沉积时的地质背景、古地理和岩相等研究,可提供讨论这些问题的线索和资料。对于时代古老而变质又深的含铁岩层,尤其是地表没有露头的地区,这是一项需要认真进行综合研究的工作。形成这几组铁矿的铁质,可能来自附近陆地含铁、富铁岩石或铁矿的侵蚀作用,有的也可能来自附近水域或陆地的火山喷发。在相似铁质供应条件下,沉积于稳定的地台区水域的一般矿层的延续性大,厚度较小,其变化也较小;形成于活动性较大的地槽或其他盆形水域中的铁矿稳定性较差,但在持续缓慢下沉阶段形成的,则可达较大或巨大的厚度。由于沉积水域深度、和氧化还原以及酸碱度等情况的差别,可形成氧化铁(氢氧化铁)、碳酸铁、硅酸铁、硫化铁等不同矿石相的系列。变质铁硅质建造铁矿中贫铁矿的钙(镁)硅酸盐矿物和较少见的碳酸盐矿物的有无及其数量变化,也大致反映了原始沉积的物质组成及其沉积环境等等情况的差别,但在这方面研究的还不够。

(六) 二十多年来的实践说明,不少铁矿都经历了不止一个时期和一组因素(一种主要地质作用)的影响而形成的,也就是说,不同的铁矿成矿作用的叠加现象,并不是罕见的。事实上大多数铁矿都曾受到近期表生作用的影响,而不同程度地增加了它的含铁量,问题的关键是要查明对铁矿床的形成起主导作用那一个时期和那一组因素,这样才能作出比较符合于客观情况的成矿分析和矿产预测。

(七) 二十多年的地质工作也说明,一定地区内的一些铁矿,虽主要形成于同一成矿期,并受相同主要地质作用¹⁾的制约而产生的,但由于形成的具体地质环境的不同及其所反映的空间或时间²⁾上的一定差别,实际上是形成条件有所不同而在一定成矿期的区域成矿的发生发展上又有着内在联系的一组铁矿类型,它们构成一个铁矿类型组,因此,我们建议称为一个成矿系列。综观上述不同铁矿类型,有下述成矿系列: 1. 与基性—超基性岩浆侵入活动有关的岩浆晚期铁矿床的分异型—贯入型成矿系列; 2. 与中—酸性侵入岩浆活动有关的接触交代—热液型铁矿成矿系列; 3. 与中性钠质(偏钠质)火山—侵入活动有关铁矿的火山喷发型—火山沉积型—玢岩型—矿浆型系列,其中玢岩铁矿型本身又是一个包含了四种不同类型的成矿系列(或亚系列); 4. 许多未变质和轻微变质沉积铁矿床中的不同矿石相系列,实质上也是一种成矿系列。但我们对于受变质铁硅质铁矿床未变质时的成矿系列了解的还很差。

看来这些不同的铁矿成矿系列所包含的类型,许多具有空间或时间上伴生的特点,在不同地区,不同成矿时间但具有相似的地质背景下,可大致重复出现,当然有时只是其中一部分的重复出现,而其具体特征也可能不完全相同³⁾。总的来讲,一定的铁矿成矿系列是受着一定的区域地质背景及其所反映的发展过程和经历的主要地质作用等因素所制约

1) 如侵入活动、陆相或海相的火山—侵入(或火山—次火山)活动、海相或陆相的沉积作用、一定的变质作用等。

2) 指属于同一成矿时期的不同成矿阶段而言。

3) 如岩浆晚期钒钛磁铁矿床的贯入型中含钛矿物有金红石、钛铁矿、钛磁铁矿的差别等等。

的。对于变质的铁矿来讲,既要考虑变质作用发生发展的地质环境及其物理化学条件等,更要认真研究与分析原始建造的地质背景,才能建立相应的成矿系列。属于每一成矿系列的不同铁矿类型,在充分了解其区域地质、成矿特征的前提下,常可互为区域性的或一个矿区的找矿标志,在成矿分析和矿产预测工作中对此必须加以重视。

上述成矿系列的概念也适用于其他的一些矿产,如石英脉型黑钨矿、接触交代型白钨矿和花岗岩中浸染型黑钨矿(白钨矿)常构成一定地区和一定成矿时代的一个钨矿的成矿系列;同一成矿期的斑岩铜矿和有关的接触交代型铜矿与热液型铜矿也可构成铜矿(有的还与其他矿种共生)的一个成矿系列⁹⁾。但目前我们对于自然界存在的不同矿种和不同矿组的成矿系列,还了解的较差,而对于它们的研究与进一步认识,将使我们逐渐能够更广阔、更准确地反映客观世界。

(八) 在影响和制约着铁矿生成的各地质因素中,在一定的时间和地区内,往往只有一种或一组起主导作用,随着时间或其他条件的变化,它或它们又常退居(转化为)次要地位而为其他因素所替代。可见在进行成矿分析时,始终只强调一个或一组因素是不恰当的,形而上学的,也必然是不符合于客观实际的,要对具体问题作具体分析,而且还须注意成矿过程中各因素之间的内在联系,相互影响及其相互转化的可能性。因此,掌握和运用辩证唯物主义的观点、方法是非常必要的。

参 考 资 料

- [1] 程裕淇 1953 对于勘探中国铁矿问题的初步意见。地质学报, 33 卷 2 期。
- [2] 边效曾 1957 铁矿的普查勘探。地质出版社。
- [3] 程裕淇 1957 中国东北部辽宁山东等省前震旦纪鞍山式条带状铁矿中富矿成因问题。地质学报, 37 卷 2 期。
- [4] 程裕淇 1959 我国已知重要铁矿类型简介。地质论评, 19 卷 5 期。
- [5] 裴荣富、陶惠亮、叶庆同、赵一鸣、王立华 1961 论我国富铁矿已知重要类型的成矿地质特征。地质学报, 41 卷 2 期。
- [6] 长江中下游火山岩区铁矿研究组 1977 玢岩铁矿——安山质火山岩地区铁矿床的一组成因模式。地质学报, 第 1 期。
- [7] 张荣华 1974 一个铁矿床的围岩蚀变和成因探讨。地质学报, 第 1 期。
- [8] 傅家楨 1961 鄂西宁乡式铁矿的相与成因。地质学报, 41 卷 2 期。
- [9] 廖士范 1964 中国宁乡式铁矿的岩相古地理条件及其成矿规律的探讨。地质学报, 44 卷 1 期。
- [10] 程裕淇、钟富道、苏泳军 1973 中国华北和东北地区的前震旦系。地质学报, 第 1 期。

1) 根据江西有关地质队的工作,有此实例;国外(如美国)也有类似情况。

MAIN TYPE-GROUPS OF IRON DEPOSITS OF CHINA

Cheng Yuqi, Zhao Yiming, Lu Songnian*

Abstract

There exist in China different types of iron deposits of different geologic ages, found in sedimentary, igneous or metamorphic terrains.

Certain modifications are made in regard to the classification and nomenclature of the main types of iron deposits so far used in China, with a view to express more about the salient geologic factors involved in the ore genesis. Grouping of the related types into some respective type-groups are further made so as to indicate their reciprocal relationship in the course of their formation. And on this basis, the concept of minerogenetic series of iron deposits is put forward. These will be helpful to the regional minerogenetic analysis and mineral-prognostic study based on the characteristics of regional geology and mineralization and their historical development.

The main type-groups of iron deposits briefly described in this paper are: 1) late magmatic differentiation-injection iron deposits related to the intrusions of basic and ultrabasic magmas; 2) pyrometasomatic-hydrothermal iron deposits related to the intrusions of intermediate-acid magmas; 3) iron deposits related to the volcano-intrusive activities of sodium-rich or slightly sodic magmas of dominant intermediate composition (including volcano-extrusive, volcano-sedimentary, porphyrite and ore magma types); 4) neritic sedimentary iron-deposits; 5) paralic and lacustrine sedimentary iron deposits; 6) metamorphosed sedimentary iron deposits, including metamorphosed "cherty" iron formation and related iron deposits and metamorphosed carbonatetype and related iron deposits; 7) residual and other supergene iron deposits. Besides, there are also some poly-epochal, poly-genetic and remoulded iron deposits with the leading mineralizing factors and epoch not yet ascertained.

This paper is ended with some remarks on the minerogenetic analysis of the iron type-groups listed together with the concept of minerogenetic series briefly introduced.

* Formerly Cheng Yu-chi, Cho Yih-ming, Lu Song-nien.