

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

論我国富鉄矿已知重要类型的 成矿地质特征

裴荣富、陶惠亮、叶庆同、趙一鳴、王立華

本文对我国許多地质工作者进行富鉄矿研究的結果,主要是解放以来的工作成果,进行了初步的汇集和概括,并对今后富鉄矿的研究工作和找矿方向提出一些意見,以供大家参考和討論。

一、富鉄矿的重要类型及其成矿特征

我国各类型鉄矿中均有富鉄矿賦存。就其規模与分布的广泛性而言,以内生鉄矿和外生鉄矿的浅海相沉积及沉积变质鉄矿中的富矿为主要。其他类型鉄矿中的富矿,虽然一般規模不大(也有个别例外),但其分布相当广泛,因之,亦不能忽視。現仅根据已有的地质生产研究資料,对各主要类型富鉄矿的矿床的特征及其成矿地质条件探討于下:

(一) 内生鉄矿床方面

1. 晚期岩浆类型鉄矿床: 为含鈦的鈦磁鉄矿及鈦鉄矿-磁鉄矿矿床。該类型矿床主要分布在华北、西南及西北地区,由于它們均与各时期(主要是海西期或前震旦紀)的基性岩浆杂岩有着密切的成因关系,这些杂岩体又多受大断裂构造控制,因此,在全国其他各地大断裂构造分布地带,亦可能繼續找到本类型的矿床。

根据目前研究資料,有关晚期岩浆类型鉄矿床中富鉄矿富集因素,主要有下列三个方面:

(1) 基性岩浆杂岩的分异作用: 晚期岩浆矿床主要产于各种成分的基性杂岩体中,鉄矿床的規模、形状、产状和矿石物质成分及其在空間的分布等,均直接受基性杂岩体形成的各种地质因素控制。其中鉄质的富集与岩体分异作用的完善程度有密切关系。

例如,在一个典型矿区内,其基性岩浆杂岩分异为五个岩带,并具有如下的特征(見表)。

由下表所列五个岩带的岩石化学成分来看,它們較一般輝长岩更富含鉄质。这种富鉄质的基性岩浆杂岩的分异結果,自下而上地形成以橄欖輝石岩(或橄欖斜长岩)→鈦磁鉄矿→流层状輝长岩所組成的两个重复出現的岩組,并形成底部和上部两个含矿层。底部岩組的分异作用較上部尤为完善,故其含矿层厚度大,鈦磁鉄矿最为富集,含鉄品位也最高。其含矿层本身,實質上也是由各种不同品級的鈦磁鉄矿层与流层状輝长岩的条紋(或条带)状矿带所組成,而以矿带底部的鈦磁鉄矿带最为富集,并形成致密矿体。从矿体在垂直剖面上的各种类型矿石的分布来看,其富集現象也具有明显的漸变分带关系,一般由下而上可划分为:

- 1) 致密块状矿石、致密块状与浸染状矿石互层；
- 2) 致密浸染状矿石；
- 3) 稀疏浸染状矿石；
- 4) 含鉄流层状輝长岩。

綜上所述,基性岩体各岩带的分布、含矿岩組和含矿层中鉄质的富集,无疑均系受基性岩浆岩分异作用的影响所致。

岩 带		厚度(米)	主 要 岩 性
淡色流层状灰色岩带		1,000—1,400	間夹鉄、磁鉄矿带,越往上部則含輝石越少
上部含矿层		0—120	富含輝石、磷灰石的鉄磁鉄矿层,底部为鉄磁鉄矿輝石岩或橄欖輝石岩
暗色流层状輝长岩带		160—600	可分上、中、下三部,上部有3米厚的斜长岩一层,漸至中、下部輝石成分和金属矿物逐漸增加,局部夹淡色輝长岩及鉄磁鉄矿床
底部含矿层		60—450	富矿-貧矿-含鉄围岩呈多次重复,鉄磁鉄矿层及流层状輝长岩亦呈漸变互层,在底部矿石中,鉄磁鉄矿愈为富集,呈致密矿体
边长緣細岩晶輝带	橄欖輝长岩	9—270	主要为具流层状的細晶輝长岩,其上部有时出現一层橄欖輝长岩,其下部与大理岩接触处出現輝长角閃云母片岩。此带与底部含矿层之間有粗晶及伟晶斜长岩侵入体,亦呈小岩株穿入矿层
	片状細晶輝长岩		
	角閃云母片岩		

(2) 基性岩浆杂岩的构造作用: 許多矿区資料表明,本类型矿床中高品位矿石的富集,直接受着岩体本身构造的控制。例如,某矿区的基性岩体呈岩盆状构造,一方面由于分异作用决定着富鉄矿主要集中在岩体下部;另一方面由于岩体原始岩盆构造的控制,致使在岩盆的凹陷部位更有利于高品位鉄矿的富集(图1),为此,按岩体的流层构造,找出岩盆的中心凹陷部位,即为高品位鉄矿最富集的地段。

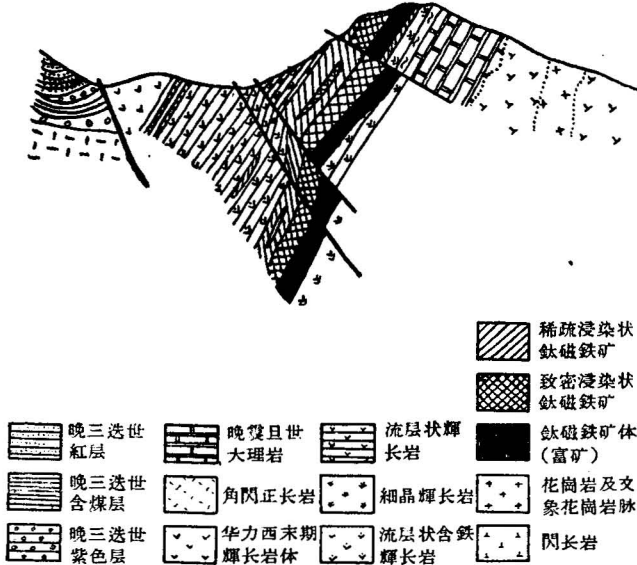


图1 岩体岩盆构造(以某地岩盆的东南部分为例)控制富矿体剖面示意图
(据徐宪 1958 年資料)

在另一个矿区内, 基性杂岩体发育的裂隙构造带, 系为控制富矿体生成的先决条件。另外, 岩体分异的不同岩带的接触构造带 (图 2), 也直接控制着矿体的分布, 并形成由致密块状矿石组成的若干近似平行的富鉄矿体。

(3) 晚期貫入的含鉄溶液的交代蝕变作用: 晚期貫入的含鉄溶液, 系基性岩浆杂岩晚期岩浆阶段分异作用的产物, 在一定的条件下它与围岩之間常产生交代蝕变作用, 交代蝕变的强度, 常决定着鉄矿的成矿富集作用。一般在近鉄矿体两侧围岩的蝕变现象有: 綠泥石化、鈉黝帘石化、碳酸盐化和纤閃石化。这些围岩蝕变的发育地段, 一般鉄矿体的矿石品位較高。晚期岩浆矿床所具有的这种近矿围岩蝕变, 可作为今后探寻富矿的标志, 同时, 也启示我們应注意研究該类型鉄矿的富化, 可能与岩浆期后热液作用有关。

另外, 还应提出的是, 近年来对本类型矿床的矿石物质成分和可选性能的研究, 对矿床评价起到很大作用。一般认为矿石中鈦的存在形态有三: 1) 在高温条件下鈦与磁鉄矿呈类质同象的固溶体, 称为鈦磁鉄矿; 2) 至 600—700℃时, 鈦分解析出粒状或格板状鈦鉄矿, 与磁鉄矿呈联晶共生, 称为鈦鉄-磁鉄矿; 3) 若鈦呈鈦鉄晶石 ($2\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) 微晶析出, 呈細密格状存在于磁鉄矿中, 称为莫根生矿。鈦磁鉄矿和莫根生矿, 一般为难选或不可选的矿石; 鈦鉄-磁鉄矿一般是可选的, 其中粒状构造者最易于选别。这种易选矿石的形成, 除与其生成时一定温度压力有关外, 也可能与成矿后的区域变质作用有关。区域变质的再結晶作用可使細密格板状结构的鈦鉄矿变为易选粒状结构的矿石。例如, 分布在我国北方前震旦紀結晶岩系中的岩浆晚期矿床, 其矿石可选性能良好, 也可能与区域性变质作用有关。

2. 气成-高温热液类型鉄矿床: 本类型矿床目前我国尚未大量发现, 仅見于内蒙一带和长江下游地区。由于这些矿床均具有独特的成矿地质条件, 特别是富矿的生成更显著地具有气成-高温的成矿特征, 故暫并为一个大类。同时, 又根据其受到与成矿有关的岩浆的侵入构造控制, 及其所受到的温度、压力和地球化学等綜合地质因素影响的不同, 可再划分为两个亚类: 中、深成交代型和中、浅成貫入型。

(1) 中、深成交代型亚类矿床: 本亚类型矿床是我国目前所特有的鉄矿类型。其成矿作用很类似高温、气成交代的砂卡岩类型鉄矿, 但也有独特之处。根据目前的研究, 其成矿富集条件可概括为下列四点:

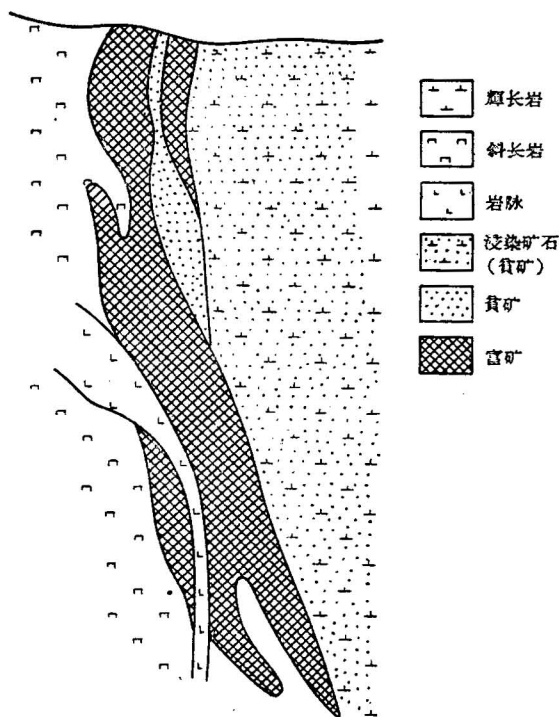


图 2 岩体分异的不同岩带接触控制富矿体剖面示意图
(据江福凱等 1957 年資料簡化)

1) 与成矿作用有关的岩浆岩,为偏碱性的黑云母花岗岩,具有 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量偏高的化学成分。按最近研究资料,认为它可能属海西造山期的产物。

2) 偏碱性黑云母花岗岩侵入体,受到地槽边缘褶皱构造的控制,并处于中深、高温、高压的环境中,及受到地层褶皱运动的作用下,与围岩形成同形褶皱构造,并产生不同程度的“交代侵入接触”¹⁾。与此同时,又为伴有相当数量的挥发性元素(主要为氟)的酸性(含相当数量的钠和一定数量的钾)含铁流体,与围岩交代而形成铁矿。因此,在这种地质条件下,“交代侵入接触”作用的强烈程度与铁矿规模的大小和铁质富集程度常成正比。

3) 矿体主要受化学活性较强的白云质碳酸盐类岩石所控制,特别是富矿体更明显地受这种围岩褶皱构造轴部的控制,其产状也与围岩构造相一致。

4) 富铁矿石具有一定的矿物组合,主要为磁铁矿、赤铁矿,并伴有一定量的磷灰石和大量氟石等挥发性的矿物组分。挥发性组分的富集作用,也可能是促使铁质易于富集的重要因素。

(2) 中浅交代型亚类矿床: 本亚类型矿床目前我国发现地区不多,但从长江下游等地区整个矿田的成矿作用来看,间歇性的多期成矿可能系其特征。其早期成矿性质类似岩浆晚期矿床,但铁质富集的盛世,应属气成高温热液阶段。此外,还有中温热液期的硫化矿染作用。本亚类富铁矿的主要成矿地质条件和富集特点,可概括为下列三点:

1) 与成矿有关的岩浆岩,主要为中性的閃长斑岩,向深部逐渐变为閃长岩,并以缺少铁镁硅酸盐矿物和以多磁铁矿和磷灰石等矿物的浸染为特征。此系属燕山期产物。一般均为侵入侏罗-白垩纪火山岩系中的岩株体;受区域断裂控制明显,因之,常呈具有方向性排列的线状分布。由于其中、浅成条件下,所受到的温度、压力都是较为骤然地改变,从而产生不同势差的影响,在岩株体顶部不仅普遍生成斑状构造的边缘相,同时还发生复杂的破裂构造,特别是在其顶部的侵入岩钟部位,围绕岩钟形成环状破裂,这种环状的张开性裂隙构造带,为控制富矿生成的决定性条件(图3)。

2) 富矿体多呈网脉状致密矿石贯穿于浸染型的贫矿中,两者呈突变相接。另外,也有中、粗粒磁铁矿富矿再交代贫矿现象,可见富矿生成较晚,并有重复交代富集的特征。

3) 富铁矿为具有阳起石、磷灰石、磁铁矿等特定矿物组合的矿石。一般颗粒度较贫矿为粗,并常呈巨大伟晶状产出,这可能为在气成高温作用下,易于生成伟晶并促进铁质再富集之故。

3. 接触交代-高温热液铁矿床(广义的矽卡岩型矿床): 本类型矿床分布范围很广,几遍布全国各地。按矿物组合可分为:单一磁铁矿或赤铁矿、黄铜矿或黄铁矿磁铁矿、锡石磁铁矿和多金属磁铁矿等类型。

就矿床的区域分布特点看来,这类矿床大多数都具有多期性的成矿特征。也有些矿

1) “交代侵入接触”一词系程裕淇等 1957 年对鞍山附近西鞍山的“对面山花岗岩”和围岩的接触关系进行研究后提出的。是指具有一定交代性质的侵入接触而言。围岩靠近接触线附近,往往有宽度不大的混合岩化带出现,没有正常的接触变质现象,或呈现介于标准的区域变质和标准的接触变质作用之间的过渡类型的变质作用。这种现象的出现可能指示着当时及当地的大地构造环境及其活动性介于所谓典型的地槽和地台的特征之间的过渡状态。

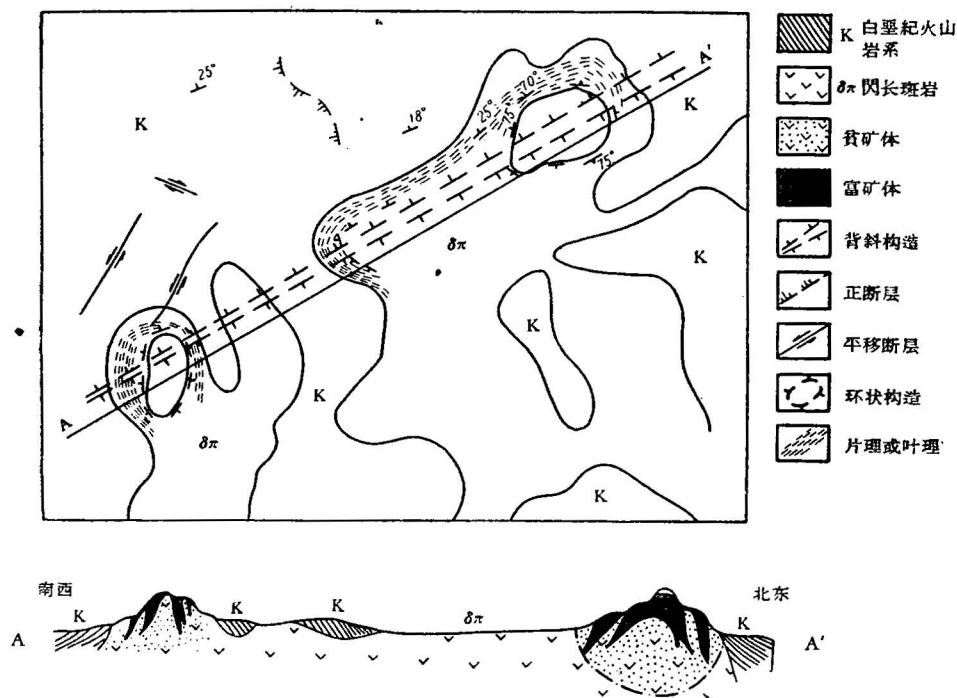


图3 岩钟的环状张开裂隙控制富矿体平面示意图(据向翥熙 1958 年资料简化)

床还反映了間歇性的成矿特点。此外,同一成矿期也还常常包含有若干个成矿阶段。其成矿作用往往自气成作用的矽卡岩化阶段开始,在高温热液交代作用的水矽酸盐化阶段富集,甚至有些矿床可延續到中低温热液交代阶段而告終。

根据目前研究資料,可将本类型矿床所受构造、岩浆等属性的控制 and 其具不同金属含矿性的規律概括如下:

(1) 产于地槽褶皱带中者: 其与成矿有关的岩浆岩以偏酸性的中小型花崗岩类为主,它們多属海西造山期的产物。成矿作用以褶皱构造控制为主,并以含多金属伴生元素为其特点,如分布在东北北部、内蒙、天山、祁連山和秦岭等地槽中的矽卡岩型矿床。

(2) 产于不稳定地台区內沉积拗陷带(区)中者: 与成矿有关的岩浆岩以中、小型中性或中酸性(閃长岩或花崗閃长岩)岩类为主,它們多属燕山运动期的产物,并以燕山运动早期的成矿作用为主,但也有印支运动期者。成矿作用受拗陷带(区)內的褶皱断裂控制,并以有时形成含有錳、錫或銅、鉬或鉛鋅多金属等复杂的伴生組分为其特点,如分布在长江中下游及东南沿海各省的矽卡岩型矿床属之。

(3) 产于地台上或地台边缘的断裂构造带中者: 与成矿有关的岩浆岩仍以中、小型中酸性岩类为主,但有时也出現偏基性的岩石,它們也是属于燕山运动期的产物,也有一些矿床时代可能較古老。成矿作用主要受断裂构造控制,并以形成含其他金属元素較少的鉄矿石类型为特点,如分布在我国华北和西南地区的矽卡岩型矿床属之。

以上的概括,仅为一般分布現象的归納,其成矿作用的詳細分析尚需深入研究。

关于本类型矿床中富鉄矿的富集規律,也可从火成岩、构造和围岩控制条件等方面来

探討:

(1) **火成岩与鉄矿的富集**: 与成矿有关的火成岩一般为中、小型的中酸性侵入体。在接触带附近火成岩呈現偏碱性化或基性化(鉀、鈉长石化或鈣长石化)的地段,最易于促进砂卡岩化作用的进行。同时,也給繼續上升的含鉄流体的富集,造成良好的空間。在这种地段,若再迭加有多期造矿活动,并伴随有強烈的水砂酸盐化作用时;則鉄矿往往最为富集。直接控制矿床的生成及矿体产状、規模和貧富。一般侵入体与围岩的接触綫越参差不齐,則鉄矿富集的希望越大,特别是围岩突入侵入体中(图4)或轉折的接触部位,更易

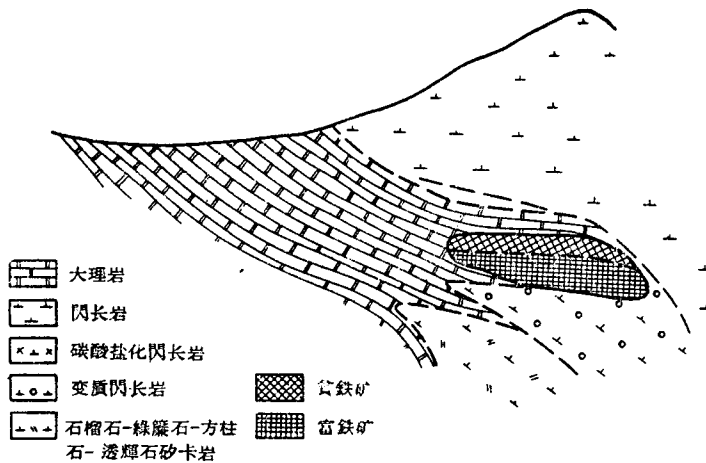


图4 围岩突入侵入体中控制富矿体剖面示意图

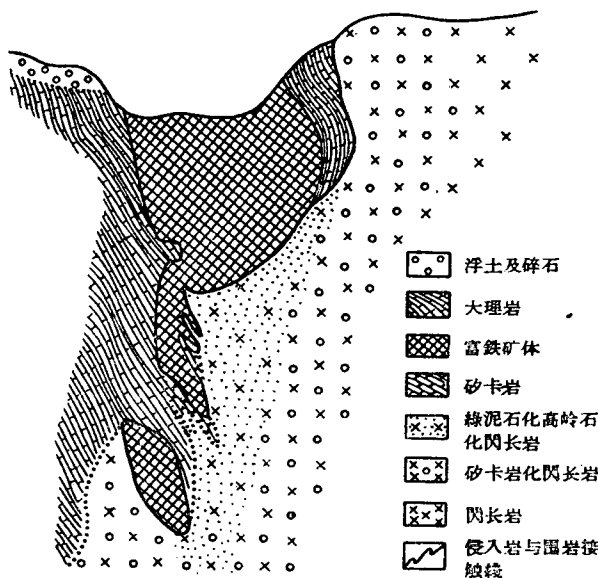


图5 火成岩与围岩侵入构造的轉折接触部位控制富矿和盲矿体剖面示意图

形成較富集的矿体。这可能由于轉折接触构造綫起到阻挡作用,使鉄質易于孕育成矿之故。另外,在深部发展的几次轉折接触部位,常可能有潛伏盲矿体存在(图5),有时还成羣出現。經驗証明,詳細分析这种复杂的侵入接触构造型式,有利于发现更多的盲矿体,扩大矿区远景。

(2) **围岩与鉄矿的富集**: 围岩性质也显著地影响到矿体的大小、形状和鉄矿的富集。根据已知資料,砂卡岩类型鉄矿可以产于各种不同性质的围岩中,但其中大型鉄矿床的围岩多为不純質的石灰岩;中型鉄矿为石灰岩,也有为砂卡岩夹石灰岩、粉砂岩和火山凝灰岩者;而小型鉄矿床的围岩基性則較为多样。不純質的碳酸盐类岩石之所以易于成矿,是由于其化学性质的活泼,易与岩浆岩的气态和液态殘余溶液发生反应,特别是当其夹在两层不易渗透的泥質岩之間时,更易控制含矿溶液起強烈的作用而富集。此外,也由于不純質灰岩中鎂、鉄、鋁等成分的参与,易于交代生成各种不同矿物組合的砂卡岩带。这时,含鉄溶液往往选择交代砂卡岩或結晶灰岩而成矿。若交代結晶灰岩(大理岩),則常呈单一磁鉄矿或赤鉄矿組合的自熔性富矿。如围岩含鉄質較高(如砂卡岩和含鉄砂岩),在成矿过程中就会阻止含鉄热液的扩散,促使鉄矿沉积而富化。例如华北和西南等地区的某些鉄矿床就是在原来沉积貧鉄矿或含鉄砂岩的基础上,經过接触交代作用而生成砂卡岩型富鉄矿。

(3) **构造控制与鉄矿的富集**: 根据現有資料分析本类型矿床多产于拗陷区(带)內的凹陷和凸起的接触边緣地带;或者是隆起区內的凹陷边緣带上,并受区域性大断裂所派生的次一級断裂构造控制;同时,矿床的富集部位也受着凹陷构造边緣的复式褶皱构造中的次一級小向斜和背斜軸部的控制。以上由于构造控制而成生的綜合成矿因素,常表现为多种构造型式,主要可归納为: 1) 小背斜和小向斜的軸部; 2) 較大背斜和向斜的一翼或两翼; 3) 穹窿构造的边緣和背斜軸傾沒部分; 4) 节理、断裂和破碎带; 5) 层面裂开; 6) 不同构造的沉积間断(不整合面或假整合面),等等。这些构造型式都是成矿交代的良好空間。但是不同型式构造的成矿控制也有所不同,其中有些构造型式是形成矿床的构造空間,也有些是含矿溶液的构造通路。为此,必須詳細地进行矿田构造研究,也必須注意多种构造型式同时存在的复杂地区,特别是各种构造复合聚集的中心位置,常常是矿床分布最广、規模最大和矿石品位最高的部位。

4. 中低温热液型矿床: 本类型矿床分布范围也很广,矿石以赤鉄矿、褐鉄矿和菱鉄矿为主,一般物质組成較简单。

根据对本类型矿床成矿地质条件的分析,說明它常与接触交代-高温热液型矿床的成矿作用,有着区域性的联系,也就是說,在同一个成矿区(带)或某一鉄矿田中,这两种类型鉄矿常相輔而生,在某些矿区内甚至常成为砂卡岩型矿床成矿作用的延續,并重迭出現于砂卡岩型矿床之上。但其成矿条件和富集規律,也具有独自的特点,一般可概括如下:

(1) **矿床与較小的中、酸性侵入体(花崗岩、花崗閃长岩、閃长岩等)**有相当距离: 有人認為它們在成因上有关,并可能是矿液的来源。但有的地区却没有侵入岩的露头。有些矿区中中酸性或基性岩墙較为发育,也可能与这些岩墙有成因关系。

(2) **矿床明显地受构造控制**: 有时,其产出的空間位置,常在数个大断裂交叉构成的地塹状构造中(图6),并与大断裂的次一級构造有关。在构造裂隙最发育地段,矿体規模

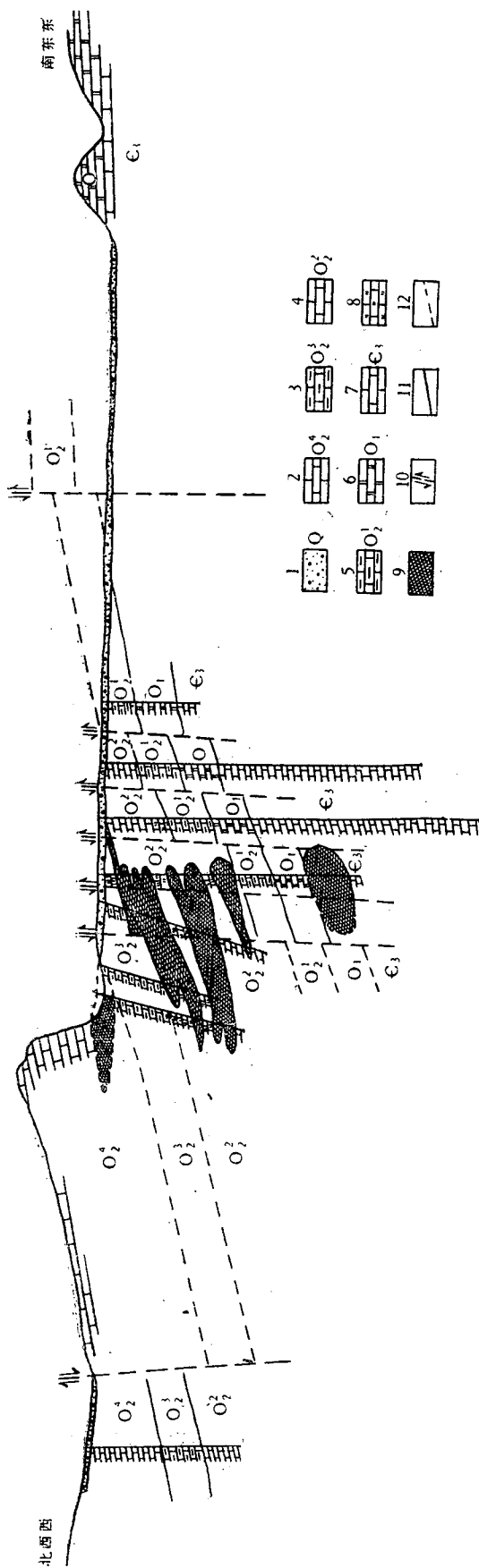


图 6 山东一一铁矿剖面示意图

1. 第四纪河流冲积层
2. 中奥陶世含磁石结核之厚层灰岩
3. 中奥陶世晚期泥质灰岩(对主要矿体的生成起屏蔽作用)
4. 中奥陶世厚层纯灰岩(本矿区成矿最有利之岩层)
5. 中奥陶世下部泥质灰岩
6. 早奥陶世白云质灰岩
7. 晚寒武世石灰岩
8. 褐铁矿化灰岩
9. 铁矿物
10. 成矿前断层(以后又有活动)
11. 地质界线
12. 推断地质界线

較大,而在裂隙交會處,礦石品位最富。有人認為區域大斷裂是成礦溶液的通道,可以導致來源於與礦區有相當距離的岩漿岩的殘余含礦溶液的充填,而次一級構造裂隙是良好的成礦空間。我們認為鐵質來源可能与一定岩漿源有關,但也決不容忽視岩漿源的殘余溶液在活動過程中,有一定圍岩組分的參與而使鐵富集的作用。

礦體的產狀和形狀亦嚴密地受構造裂隙的控制,通常呈似層狀、凸鏡狀、脈狀及雞窩狀,其產狀不一,陡傾斜和緩傾斜礦體連續出現,并常見膨脹、收縮、分叉、尖滅而再現等現象。膨脹部分礦體大而富,收縮和分叉部分則逐漸變貧,但若沿成礦構造追蹤,亦可發現再次膨脹出現的潛伏盲礦體。

(3) 礦體圍岩性質決定着礦床的生成形式:一般在鈣質岩石(包括凝灰岩)中,以交代成礦作用為主,若有泥質岩石作為鈣質岩石的屏障時,則更為明顯地呈現選擇交代鈣質岩石的現象而形成富礦體。其他脆性的泥砂質岩石,由於構造裂隙控制,也易于富集成礦,但以充填作用為主。

若在礦床圍岩中具有明顯的構造裂隙,并兼具易于選擇交代的鈣質圍岩,從而出現充填和交代兩者復合的成礦作用時,礦床最為富集。近礦圍岩具有一定程度的蝕變現象。一般有碳酸鹽化、絹雲母化、高嶺土化、矽化、白云石化等;有的地區還有明礬石化、重晶石化,或含有少量螢石等。近礦圍岩蝕變強度,也常反映成礦富集程度。

此外,還應指出,本類型礦床在過去常被認為屬於出露地表的不規則脈狀小礦體,特別是它們都是產於各種岩石中的弱磁性礦石,找礦標志不夠明顯。然而,已有經驗表明,這種類型的礦床在地下往往有隱伏的中大型礦床。

(二) 外生鐵礦床方面

外生鐵礦床方面的富鐵礦,以淺海相沉積型鐵礦床較重要,在全國分布最廣。其他如海陸交替相和內陸湖沼相沉積型鐵礦床以及各種風化、淋濾型的鐵礦床,都有富鐵礦賦存,在全國分布也很廣,其中有的類型尚具有地區性分布的特點,例如在我國中南和西南地區的鐵帽礦床特別發育,因之,也具有不可忽視的重要意義。

淺海相沉積鐵礦在我國各主要地質時代的淺海相沉積地層中多有所發現,其中以早震旦世與中、晚泥盆世含礦層為最主要。前者主要分布在我國北方,后者主要分布在我國南方(最近在南方和北方亦都有新發現)。

根據已有研究資料,淺海相沉積型富鐵礦的富化有兩種情況:即原生沉積富化和成礦後的富化。成礦後的富化,是以變質作用為主、風化作用為輔。變質作用的富化主要表現為含礦層受到岩漿作用的影响,使其中的鮞綠泥石和赤鐵礦、菱鐵礦貧礦石變質為磁鐵富礦;另外,也有晚期含鐵熱液的作用,使鐵質增加,同時,硫、磷組份也有所提高。至於風化作用的富化,僅為原生沉積鐵礦淺部的氧化淋濾作用,從而產生次生富集,主要表現為鈣、鎂組份的淋失和氧化高鐵離子的增加而相對富化,但一般富化深度不大。原生沉積富化,是生成本類型富鐵礦的主要方面。其沉積富集規律可歸納為以下幾點:

(1) 鐵質來源充足和長期化學風化作用決定着鐵礦的富集:在冀北和豫西的早震旦世沉積鐵礦以及鄂西北、湘贛、滇東、桂東北和黔南的中、晚泥盆世沉積鐵礦均為來自古陸上久經化學風化的古老岩系中的鐵質,并在半封閉狀的海灣和海盆及潟湖中,造成良好的

沉积环境,特别是在一定的地质时期的特定气候条件下(温湿),最适宜铁的化学风化补给,而不适宜和没有大量非铁杂质的掺合时,更易于形成最富集的铁矿。另外,在长期侵蚀的古陆上,分布着古老的沉积变质铁矿,铁质来源尤为充足时,铁矿也最为富集。很多浅海相沉积铁矿的富矿区多与其近邻古陆上沉积变质铁矿分布的一致性,充分说明了铁质来源充足的富集规律。

(2) 浅海沉积盆地临近古陆边缘地段的稳定程度和盆地凹陷速度的急缓,直接影响着富铁矿的形成:很多浅海相沉积铁矿的富铁矿区的实例说明:靠近古陆边缘,地壳振荡稳定,盆地凹陷的沉降速度缓慢,并使铁质的补给和沉积凹陷幅度呈现和谐的沉积补偿规律,对本类型铁矿的富集最为有利。一般在盆地凹陷沉积开始以后,缓慢的沉降速度,使碎屑岩相沉积厚度不大,并呈现有沉积韵律,逐渐过渡为泥砂质或粉砂质和泥灰质岩相时,铁质最为集中,矿层最厚,铁矿品位也最富。反之,地壳振荡频繁,且盆地的沉降速度很快,碎屑岩相沉积厚度巨大,沉积韵律紊乱,这不仅说明没有充分时间进行化学风化作用,铁质不易富集。并且可能因沉积补偿规律的破坏,使铁质分散,不能形成富矿。

(3) 适宜的古地理和古地形,是控制形成沉积富铁矿的良好环境。很多沉积富铁矿区分布的实例,说明在浅海区域或浅海的岛海区内铁矿最为富集,其次为滨海区。浅海海岸曲折程度大,一般呈现海湾、半封闭海盆和泻湖时,成矿最有利。浅海海岸和海底古地形的起伏程度也是控制富铁矿沉积的因素。一般在浅海海底地形隆起并向凹陷海过渡的缓坡地带,以及海岛和海底隆起周围的缓坡地区,都是铁矿富集地段,特别是在向深海过渡的范围内,由于钙质成分的增加,常出现自熔性富矿(图7)。

(4) 海进和海退变换的海水动力作用,是铁质迁移、集中、停滞和沉积富集的重要控制因素。一般铁矿形成在海进时期,海退时期较次要。在海进开始以后的发展阶段铁质最为富集,但不是富集在海进的开始或最高潮期。很多矿区铁矿层的分布都集中于海进发展阶段所沉积的泥砂岩、粉砂质或泥灰质岩相中。而海进初期的单一砂质岩相或海进高潮期的单一钙质岩相中铁质较贫的事实,即可说明海水进退的控制规律。另外,海水缓慢地升降、海流长时期的迂回和停滞,使海底常期保持稳定的沉积、富集环境,铁质易集中停滞而沉积形成富铁矿。反之,海水动荡频繁,海流湍急,则会破坏稳定的沉积环境,例如在古河口、海峡、海沟和开阔的平直海岸地区,都因海水动力作用的破坏,使铁质不易富集。

综上所述,是多从铁质来源、沉积的构造条件、古地理、古地形的环境以及海水动力作用等的富集成矿的先决条件来提出的,至于铁质在介质(海水或湖水)中呈何种方式进行沉积,以及控制这些沉积作用的物理、化学条件,也均应给予极大重视、予以研究。根据目前研究资料来看,广泛分布的沉积铁矿,在具有一定的沉积层位和岩相以及一定的控制沉积环境下,认为铁质应以悬浮物的机械搬运沉积作用为主,但铁质呈溶液状态的化学和生物的沉淀作用,似也存在。此外,古气候亦影响着沉积作用的进行,故对区域性古气候变化的研究,也不容忽视。

此外,还应特别指出,以上对沉积铁矿富集规律的归纳,无论是从沉积先决条件方面还是从沉积方式等方面的规律性,均应全面地加以综合考虑,强调一点有利和不利因素,都可能对矿床得出片面的评价。

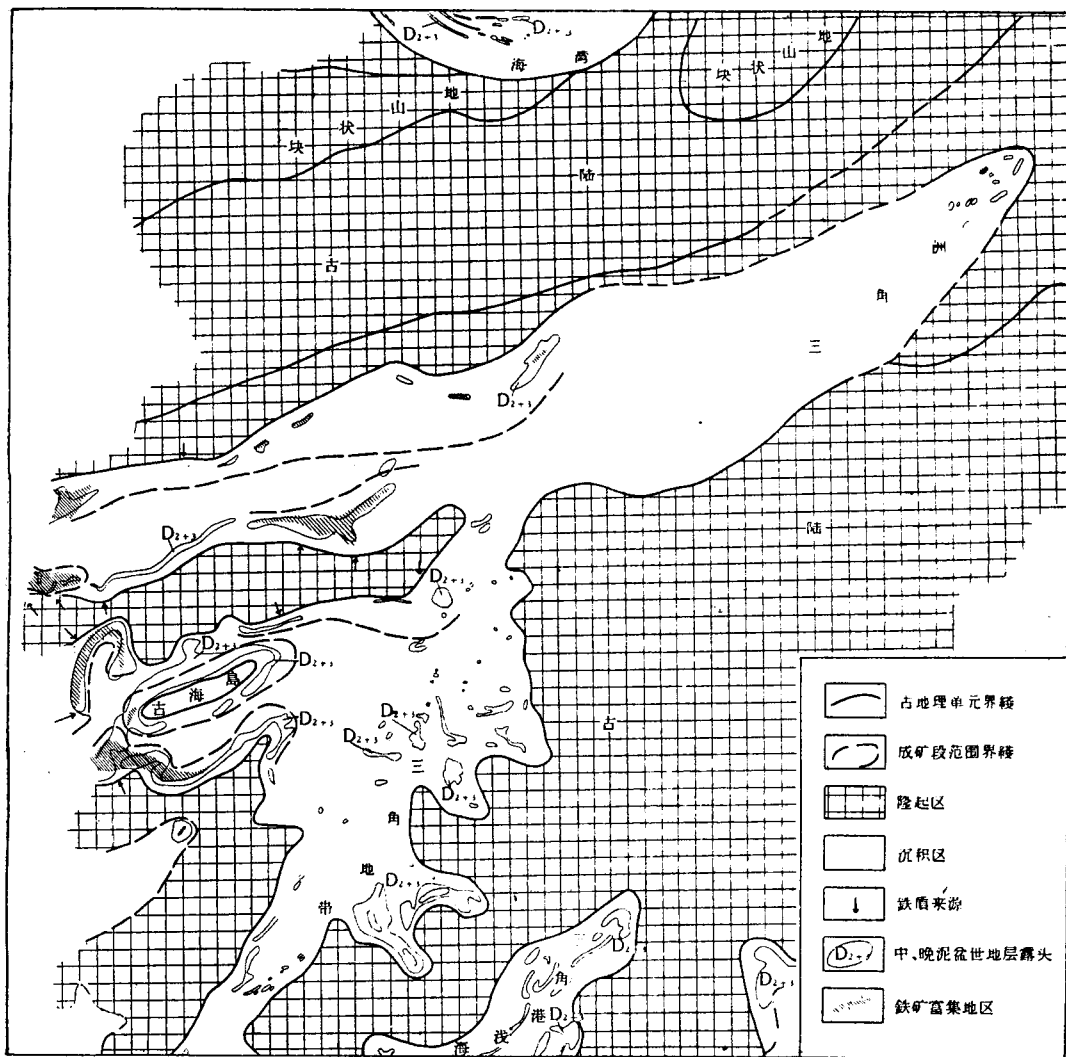


图7 华南一地区晚泥盆世沉积鉄矿富集规律示意图

浅海相沉积型富鉄矿除上述两个主要地质时代的含矿层外,其他各地质时代中亦均有富鉄矿賦存。其中以分布于我国西南地区的中奥陶世地层中的鲃状赤鉄矿床具有一定规模。今后有必要对该地区注意研究矿区构造,查明其生成规律,这亦是寻找富鉄矿的主要类型之一。

另外,在全国各地的石炭纪、二迭纪、三迭纪、侏罗纪和白垩纪以及第三纪地层中或含煤系的层位中,均应具有一定工业价值的赤鉄矿、菱鉄矿矿床。它们大多由海陆交互相沉积和内陆湖沼相沉积生成,并具有形成大量菱鉄矿富矿石的优越条件。有些矿床还可含有一定数量的錳,形成具有特殊工业意义的錳菱鉄矿。

上述这些矿床的富化规律也是多式多样的,如次生氧化淋滤作用,常使很多矿层生成含杂质不高的褐鉄(富)矿。也有些矿区受后期火成岩的接触变质作用,生成再富集的砂

卡岩型矿床。因此,需要綜合地、全面地研究与对待其富集規律。

外生鉄矿床方面,还应提出的是各种风化淋滤型鉄帽矿床。这种类型矿床不仅具有地区性分布的特点,而且在适宜的自然地理和地质条件下,原生硫化金属矿床,可以广泛生成鉄帽矿床,甚至有些矿床可以形成大型的富鉄帽矿,并以低磷、甚至低硫的褐鉄矿为主。一般可将鉄帽分为:单一黄鉄矿床型,鉛鋅硫化矿床型和銅、鉛、鋅、黄鉄矿床型。前两者分布最广,但鉄质多不如后者富集,原因是銅、鉛、鋅、黄鉄矿多金属矿床的原生矿石建造的含鉄量較高,多金属离子易于分散而使鉄质最易于次生富集。

最后应指出,寻找外生氧化矿床还应注意寻找具有很大工业意义的超基性岩风化壳型富矿。另外,在全国各地已发现的玄武岩风化壳型的小型富矿和砂卡岩及其他含鉄岩石风化形成的富鉄矿,都应适当予以注意和研究。

(三) 变質鉄矿床方面

变質鉄矿床,主要包括受变質的沉积鉄矿床和变成鉄矿床两类。后者主要是产于古老变質岩系中,往往在片麻状花崗岩与結晶鈣質岩石的接触带附近生成、含有近似砂卡岩矿物(鉄鎂或鉄鋁矽酸盐)和碳酸盐类矿物伴生的磁鉄矿或含錳磁鉄矿矿床。这类矿床是在区域性的深变質和多变質作用过程中;在特定的介質、围岩和同构造作用的条件形成的。它們的产状与砂卡岩型矿床有所类似,但成矿环境和成矿性質均不同。这类矿床虽一般品位較高,但对其鉄质富集条件,还没有进行系統的或深入的研究工作。

受变質的沉积鉄矿,主要包括产于前震旦紀变質岩系中的条带状或条紋状赤鉄矿磁鉄矿矿床和产于下部古生代輕微变質岩系中的条带状銳鉄矿菱鉄矿矿床。矿石以貧矿为主,但其中賦存有各种类型富鉄矿矿石。現将其富集規律概括如下:

(1) 原始沉积型富鉄矿:即和貧矿同时生成的原始沉积富矿,并一同经历了区域变質及有关的地质作用。它的成矿地质条件和富集規律除受到了区域变質作用,使鉄质再集中而相对富集外,其原始沉积富集条件有如前所述古生代以后的浅海相沉积鉄矿。但由于其生成年代久远,地质变迁很大,目前尚不能詳細的找出其岩相古地理等控制規律。根据現有发现的原始沉积富鉄矿的資料来看,产于太古代地层中的受变質鉄矿床,可能属于优地槽型沉积的鉄矽质建造,一般矿床規模大,矿层厚度大,分布广,連續性长,但含矿层以矽质为主。产于元古代(?)地层中的受变質鉄矿,可能属于冒地槽型沉积的矽鉄质建造,有些矿区可能伴有火山噴发沉积建造。一般矿床規模、矿层分布、厚度和連續性均較遜于前者,但矿层中鉄质較矽质占优势。产于下部古生界中的受变質鉄矿床,属于古生代地槽型沉积的鉄质碧玉岩建造,也伴有多次火山噴发建造。一般矿体規模、矿层分布、厚度和連續性,也較遜于太古代者,特别是其分布的局限性較大。从上述总的情况来看,原始沉积型富鉄矿的富集和变化,有随不同大地构造单元控制并与各时代的沉积型相和沉积建造的不同有关。也可能因有火山噴发的加多增加鉄质来源而有所富集。在各时代的不同沉积型相和沉积建造的受变質矿床的具体矿区中,仍常賦存有原始沉积富鉄矿的存在,近年来在很多受变質沉积的貧鉄矿区中,都发现有局部的原始沉积富鉄矿。

(2) 变質(水)热液交代型富鉄矿:貧矿在区域变質作用的末期,由于与貧矿共生岩石经历区域变質作用或者由于与区域变質有关的花崗岩化的作用而产生了变質(水)热

液,并使貧矿中的杂质受到了溶蚀作用而去矽(鉄質相对富集),同时也携带和迁移其中鉄質和其他组分,在适宜的构造(密挤褶皱带、逆断层带、褶皱軸部、破碎带)控制下,交代貧矿(增加鉄質)而使鉄矿再富集(图8)。这种变质(水)热液的溶蚀、交代作用,具有区域变

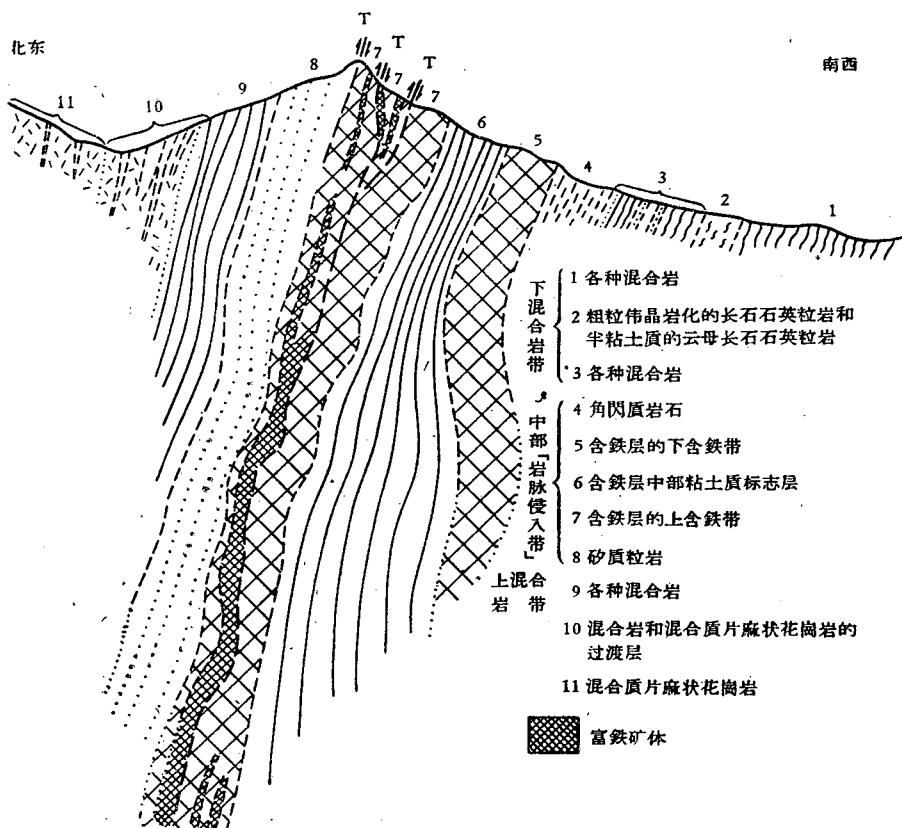


图8 变质(水)热液交代型富矿形成剖面示意图(据程裕淇 1957 年资料简化)

质末期一定的物理、化学特性,与一般岩浆期后的热液性质不同,但具有明显的热液(气)作用特性,并在其发生和活动发展过程中,受有一定成分围岩的调剂,使其呈现有既能溶蚀砂质也能迁移鉄质的特殊介质作用。因而;在伴随鉄矿交代富集的同时,也常生成綠泥石和鎂鉄閃石以及硫化物等矿物,这些变质(水)热液作用生成的蚀变带,常可作为富矿的找矿标志。我們认为本类型富矿的生成,不能忽视了在特定的区域变质作用条件下所产生的特殊介质(水或热液、气等)的迁移、交代富集作用。

(3) 古风化壳型富鉄矿: 即为在碱性溶液作用下,淋滤并带走了原始貧矿中的矽质,而在含鉄石英岩中生成疏松或多孔状的氧化富矿石。本类型富矿常形成巨大规模的矿床,在世界上占有重要位置。因此,对那些具有良好的成矿地质条件的矿区,如裂隙构造发育、切割地形和潜水面的不断下降及早期风化壳又被晚期沉积层复盖等地区,均应进行工作。

(4) 晚期热液交代型富矿: 由于加里期、海西期和燕山期以来的火成岩活动及其所

产生的岩浆期后含铁热液,与含铁石英岩(贫矿)发生充填交代作用而生成的富矿。该类型富矿,一般均呈不规则脉状,常切割含石英岩层理,并受构造裂隙控制,目前在全国各地的沉积变质铁矿床中均有发现,惟其规模均较小。但是,近来也发现有认为属于晚期岩浆的侵入与含铁石英岩发生接触交代作用所生成的较大规模的富矿,因而,火成岩侵入作用的岩浆期后热液活动,对沉积变质铁矿的富集作用,也不应忽视。

二、对今后富铁矿找矿的意见

现就今后富铁矿找矿方向问题,提出以下几点初步意见:

第一,我国已知富铁矿类型是多种多样的,特别是在一个成矿区内经常有多种类型富铁矿同时赋存。其分布规律也常具有一定的区域成矿联系性,这种特点是我国广大地区地质发育规律的客观反映。例如在我国分布极广的内生铁矿床,不论其以何种成因为主,其富化规律多表现为多期的成矿特征,并且可以看到几个阶段成矿的继承性。岩浆晚期成因的钒钛磁铁矿床,其中伴有的强烈围岩蚀变的富化作用,很可能为有延续至岩浆期后富化的关联性;岩浆期后的气成-高温热液含铁热液的活动,常易于继承在与岩浆晚期成因有关的浸染型贫矿中,形成“贯入型”富矿;接触交代至高温热液矿床,实质上也是气成-高温含铁热液在不同地质构造控制下的成矿作用,甚至本类型矿床的本身,也是由接触期至高温热液期的两个成矿阶段的延续。至于中低温热液矿床常形成接触交代至高温热液成矿作用的延续,则其间更为具有区域成矿的联系性。同样的,与内生矿床成矿有关的岩浆岩的侵入活动,也无例外地易于影响到外生沉积矿床的变质和富化;相反的,外生的成矿作用,不仅可以使原生的含铁岩石中的铁质发生迁移,而在适宜的占地理条件下富集,并且可以氧化、淋滤各种类型的贫铁矿而使铁质残余富集。受变质沉积矿床的富集,也完全遵循着沉积矿床的富集规律,至于在变质作用过程中生成的富矿,虽然是以区域变质作用为主,但其富化作用也有岩浆作用以及外生氧化参与。另一方面,在古陆上经受长期化学风化的受变质铁矿,也为沉积铁矿增加了铁质来源的富集条件。总之,各种成矿作用的相互增生和彼此联系,使区域成矿作用自然形成有机的联系。因此;在寻找富铁矿工作中,必须详细分析各种地质构造条件下的成矿作用,从其发生和发展以及成矿的广泛性和彼此联系性,辩证地、全面地考虑在一个成矿内的富铁矿类型,不能单纯只注意某一类型的寻找而偏废其他类型。

但是,也必须指出,对各类富铁矿除应从成矿作用联系性的观点对矿田进行全面评价外,还应注意同一类型矿床在不同地区的地质特点之下所反映的区域性差异,以避免用类型套矿床,导致错误的评。同时还应在结合当前工业建设的要求下,在种类繁多的矿床类型中,选择最具有工业意义的类型和重点矿区深入进行工作,以集中力量迅速解决富铁矿资源问题。根据目前工业要求和我国富铁矿成矿特点来看,我们认为今后在全国找富铁矿时,应以接触交代至高温热液铁矿床(广义矽卡岩型)为主。这种类型矿体在时间和空间上分布极广,成矿地质条件优越,远景很大。特别是矿石大部分属于磁铁(富)矿,找矿方法简便,并已积累有较成熟的经验,易于获得找矿效果。更重要的是,本类型矿体以隐伏矿体和盲矿体特别发育,有时盲矿体可在适宜的构造和围岩条件控制下成群出现。

在已普查或勘探过的矿区中,只要仔细研究其成矿条件和进行细致的工作后,均能继

續发现盲矿体。当然,在提出全国以找矽卡岩型富鉄矿为主的同时,也不应忽视各地区的地质特点,应相应地开展各地区所特有的其他富鉄矿类型的找矿工作,如我国北方的沉积变质富矿和早震旦世沉积富鉄矿等;南方的中、晚泥盆世沉积鉄矿及煤系中的菱鉄矿等。各地区特有富矿类型实例很多,这里不多列举。

第二,在以寻找富矿为主的同时,亦要注意貧矿,因为貧、富矿的成矿条件往往是有机地联系着的,应加强在貧矿中找富矿的工作。富矿和貧矿在各种矿床类型中,都不是绝对孤立存在的,很多矿床中貧矿、富矿的生成地质条件是一致的,常常是有富矿必有貧矿。

第三,对富鉄矿进行评价的工作中,应加强矿石类型和质量的研究。根据各种类型富鉄矿的特点来看,内生富鉄矿的矿石复杂,伴生有益、有害元素较多,有益元素应注意分选,加以综合利用,有害元素应詳細研究其賦存情况,特别是有一部分岩浆晚期生成的鈦磁鉄矿和某些矽卡岩型磁鉄矿,其含鉄量虽然很富,但其中有害杂质(鈦或錫及鉛鋅等)很难分选,直接影响冶炼。若不經研究,大量进行勘探則将造成工业上不能利用的“呆矿”。外生沉积鉄矿的矿石类型一般比較简单,但含磷均偏高,也必須研究其分布情况,注意分別圈定高磷和低磷富矿。有时沉积富鉄矿中常含有一定量的錳,可形成具有特殊工业意义的錳鉄矿。受变质沉积鉄矿富鉄矿石的质量,一般均較佳,但有时因受晚期热液影响,常使其中含硫等杂质偏高。总之,对各种类型富鉄矿,应从各种地质因素的控制来研究矿石类型和质量的变化規律,結合工业要求,詳細划分出各种不同工业意义的富鉄矿,并对其作出可能综合利用或配矿使用等全面的正确评价。

第四,应广泛地采用綜合地质普查勘探方法,結合寻找新的鉄矿产地,深入研究富鉄矿成矿規律,选择重点地区开展大比例尺詳細預測。以往的工作經驗表明,充分研究了地质成矿規律,編制了各种不同比例尺的成矿規律預測图,在找矿和勘探工作中起到很大指导作用,但是单凭地质工作在理論上的概括和推断解释,則不易深入地了解矿床的本質,因而,必須大力利用地质、物探、化探和勘矿工程等四結合的綜合方法,才能更深入地探討地质客体的內在联系,較比全面地掌握地质矿床生成規律,从而能更合理地进行普查和勘探。

本文的編写是在程裕淇先生指导下进行的。編写工作中所参閱的大量实际資料多系各地质部門的普查、勘探报告,因材料甚多,在参考文献中未一一列出,特此說明。

参 考 文 献

- [1] 謝家荣、孙健初、程裕淇、陈愷,揚子江下游鉄矿志,地质专报第13号,1935。
- [2] 程裕淇,对于勘探中国鉄矿問題的初步意見,地质学报,第33卷,第2期,1953。
- [3] 周圣生、蔣安,湖北东南部湖相白堊紀地质与火成作用,地质学报,第33卷,第2期,1953。
- [4] 侯德封,从地层观点对中国錳鉄等矿产的寻找提供几点意見,地质学报,第33卷,第1期,1953。
- [5] 陈晋鑑,河北省西北部的震旦紀古地理和震旦紀沉积,地质知識,1956年第12期。
- [6] 程裕淇,中国东北部辽宁山东等省前震旦紀鞍山式条带状鉄矿中富矿的成因問題,地质学报,第37卷,第2期,1957。
- [7] 边效曾,鉄矿的普查勘探,地质出版社,1957。
- [8] 周圣生,中国南部火成鉄矿生成規律的初步分析,地质知識,1957年第4—5期。
- [9] 朱龙哲,在鞍山式鉄矿中富矿生成的几个地质問題,地质与勘探,1957年第11期。
- [10] 廖士范,湘赣边境的宁乡式鉄矿概述,地质論評,第18卷,第6期,1958。
- [11] 申庆荣等,燕山山脉震旦紀及震旦紀沉积矿产,地质学报,第38卷,第2期,1958。
- [12] 別列夫采夫 Я. Н.,对鞍山地区普查富矿的一些看法,地质学报,第39卷,第2期,1959。

- [13] 程裕淇,我国已知的重要铁矿类型简介,地质论评,第19卷,第5期,1959。
- [14] 程裕淇,十年来中国铁矿地质工作的成就,地质月刊,1959年第9期。
- [15] 叶連俊,論中国沉积矿床的若干形成特点,地质科学,1959年第10期。
- [16] 中国科学院湖南地质研究所及湖南省地质局,湖南上泥盆紀茶陵式及宁乡式铁矿成矿規律及預測略图简介,地质论评,第19卷,第7期,1959。
- [17] 李鴻业,鞍山式铁矿十年来的勘探工作成就,地质与勘探,1959年第20期。
- [18] Гречишников Н. П. К вопросу о генезисе железных руд саксаганского района. Геология и генезис руд криворожского железорудного бассейна Киев, 1955.
- [19] Заварицкий А. Н. К вопросу о происхождении железных руд Бакала. Тр. ин. геол. наук, Вып. 13, 1934.
- [20] Кротов Б. П. О генезисе железных руд кривого рога. Геология и генезис руд криворожского железорудного бассейна Киев, 1955.
- [21] Овчинников Л. Н. Контактво-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала. 1960.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ БОГАТЫХ РУД ЖЕЛЕЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЫХ ВАЖНЫХ ТИПОВ В КИТАЕ

Пэй Юнь-фу, Тао Хуэй-лян, Е Цин-тун, Чжао И-мин, Ван Лий-хуа

(Резюме)

Богатые железорудные месторождения известных типов Китая разбиты на три больших группы: эндогенные, экзогенные и метаморфические. Главными из эндогенных богатых железорудных месторождений представлены 4 типа: постмагматические, пневмолито-высокотемпературные, контактово-метасоматические (скарновые в широком смысле) и средне-низкотемпературные. При этом нужно отметить, что месторождения указанных четырех типов имеют сходные характеристики. Однако эти месторождения в различных районах и при различных геологических обстановках подвергаются влиянием комплекса факторов: различной температуры и давления рудообразования, геохимии и т. д., все они имеют своеобразные геологические характеристики и разные промышленные значения, указывающие критерии для поисковых и расценочных работ. Главными из экзогенных богатых железорудных месторождений представлены мелкоморские осадочные железные месторождения различных эпох. По данным изучения нижнесинийских, средне-и верхнедевонских осадочных железных месторождений, широко распространенных в Китае, со стороны источников железа, структур отложения, палеогеографии и палеоморфологии, порядка регрессии и трансгрессии, динамики и т. д., был сделан вывод о закономерности обогащения осадочных железных руд. В то же время и указано, по какому направлению железо в среде отлагается и что важны физические и химические условия, контролирующие эти отложения. Для богатых железных руд метаморфических месторождений, кроме изложения геологической характеристики богатых руд первоначально осадочного типа, метаморфически-гидротермального типа, типа коры выветривания и позднегидротермально-метасоматического типа в метаморфизованных осадочных железных месторождениях, еще отмечено, что при специфических геологических условиях регионально глубокого и многократного метаморфизма образуются сложные по генезису богатые железорудные месторождения. В настоящее время непрерывно обнаруживаются все новые месторождения во всех районах страны.

Наконец, по регионально рудообразующим характеристикам богатых железных руд Китая были диалектически выдвинуты замечания о направлениях поисков, расценке и методиках работ.