

金屬礦床工業類型目錄

1. 緒論……………(馮景蘭稿)
2. 鉄……………(馮景蘭稿, 祁思敬补充实例)
3. 錳……………(祁思敬、邓熾昌稿, 馮景蘭校补)
4. 鉻……………(祁思敬、金景福編, 馮景蘭校补)
5. 鈦……………(祁思敬、霍承禹編, 馮景蘭校)
- ✓ 6. 鋁……………(祁思敬、趙鳳池、馬新兴集稿, 馮景蘭校編)
- ✓ 7. 鈷……………(祁思敬、趙鳳池資料, 馮景蘭改編)
8. 釩……………(馮景蘭編)
9. 銅……………(馮景蘭編)
- ✓ 10. 鉛、鋅、銀……………(馮景蘭稿, 白士魁、熊曾熙、丰淑庄补充实例)
11. 鋁……………(霍承禹編, 馮景蘭校)
12. 錫……………(馮景蘭編, 胡祖桂、黃茂新、卫冰洁补充实例)
13. 鎢……………(馮景蘭稿, 蔡时玉补充实例)
14. 鉬……………(蔣明霞稿, 馮景蘭校补)
15. 碑……………(祁思敬稿, 馮景蘭校补)
16. 鉍……………(夏宏远稿, 馮景蘭校补)
- ✓ 17. 汞……………(朱文清編, 馮景蘭校补)
18. 鎘……………(馮景蘭編, 朱文清补充实例)
- ✓ 19. 金……………(馮景蘭編)
- ✓ 20. 鉑……………(馮景蘭編)
21. 放射性金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)
22. 稀土及分散金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)

第二章 鐵

(馮景蘭稿，邢思敬補充实例)

鋼鐵是現代应用最多最广的金属，一个国家每人每年平均使用鋼鉄量的多少是这个国家工业化程度高低的主要标志之一。

I 概 論

(1) 鐵的地球化学：鐵为地壳中較多元素之一，仅次于 O, Al, Si 而佔第四位，平均含量約 4.2%；在橄欖岩中，可达 8%；通常从岩漿中，最先結晶分出，把岩石染成黑色；暗色矿物中，常含大量鐵質。在岩漿初結晶时期所形成的矿物，如鉄尖晶石，及鉻鉄矿等，都含有鐵；在岩漿主要結晶时期，不形成巨大鉄矿，但在岩石风化之后，可把鉄富集起来，形成殘积鉄矿；在偉晶岩时期，所成鉄矿床很小；在砂页岩中，由于碳酸鈣与矽酸鹽类間的反应，可发生接触交代鉄矿，但規模也不太大；在热液时期，鉄成硫化物或碳酸鹽类，常含金、銅及其他杂质，主要是黄鉄矿及磁黄鉄矿，經风化后，鉄被流水帶到湖海中，堆积下来，造成沉积矿床，如再經以后的变質富集，往往形成大矿。

(2) 鐵的主要矿物和矿石：列如下表：

矿物类别	化学成分	含鉄 %	矿石类别	矿石品位(F.含量)
1. 磁鉄矿	Fe_3O_4	72.4	磁鉄矿石	55—60%
2. 赤鉄矿	Fe_2O_3	70.0	赤鉄矿石	55—58%
3. 褐鉄矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	43—63	褐鉄矿石	40—50%
4. 菱鉄矿	FeCO_3	48.3	菱鉄矿石	30—35%
5. 含鈦鉄矿	FeTiO_3	36.8 (Ti 31.6)	鈦鉄矿石	20—25%

此外，含鉄矿物，虽然很多，但因含鉄成分太低或含鉄成分虽高而所含杂质过多，不宜冶炼，就不能成为鉄矿石。例如黄鉄矿、磁黄鉄矿及毒砂等，虽然都含有相当量的鉄，但因系硫化物或砷化物，不能用以直接冶鉄，只能用作提炼硫、砷及其他有关的工业原料。只有当硫、砷提出之后，所残余的含鉄廢物，有时可作鉄矿的代用品。

鉄矿石的工业价值，决定于工业上对于鉄矿石的要求，包括：(i) 鉄矿石中的含鉄量；(ii) 鉄矿石中所含杂质的种类和数量；(iii) 鉄矿石的物理性質；(iv) 鉄矿石的冶炼特性；(v) 鉄矿床的位置、交通、儲量及其他经济条件，如燃料、配料等等。

鉄矿石的工业品位，約为含鉄 25—70%，不及 25—35%时，須要加工处理，最常用的加工处理方法：为 (i) 磁选法，一般用于磁鉄矿，及加热还原可以发生磁性的赤鉄矿；

(ii) 焙燒法，一般用于菱鉄矿，加热，可除去其中之 CO_2 ；(iii) 淘洗法，用以除去其中所含之泥沙杂质。

铁矿石的技术加工，取决于下列各方面：（根据扎鲍罗夫斯基）

(i) 矿石的化学成分，矿物成分，及物理性质，（这些可以决定矿石的选矿方法，及可选范围）

(ii) 矿石的构造与结构，（这些可以决定选矿方法及压碎程度）

(iii) 有益矿物和有害矿物的性质。（借以确定选矿程序）

(iv) 非金属部分的化学成分。（借以确定选矿时，Fe 的损失量）

(v) 坚实度、孔隙度及粒度（可以影响矿石机械加工的物理状态。）

(vi) 粘土杂质含量。（影响冲洗，筛选，烘干等加工处理）

按照加工处理难易的程度，苏联将铁矿石分为九类：(i) 高品位冶金矿石（即不需加工，即可冶炼的矿石）；(ii) 洗选矿石；(iii) 磁性矿石；(iv) 重力选矿矿石；(v) 手选矿石；(vi) 弱磁性矿石；(vii) 浮选矿石；(viii) 混合矿石；(ix) 能综合利用的矿石。

铁矿石中的有害成分：包括 P, S, Si, F, Pb, Zn, As 等；P, S, As 影响钢铁的坚韧品质；F, Zn, Pb 等，腐蚀炉壁；Si, 增加冶炼困难。其中磷不能超过 1%（在陶氏炉）0.2%（在马丁炉）或 0.3%（在贝氏炉）；硫不超过 0.5%，砷一般不超过 0.02%；铅、锌一般不超过 0.1%，但对 Si, F 等有害成分的存在量，要求不太严格。

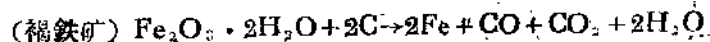
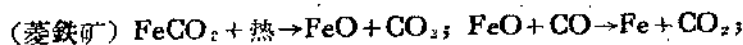
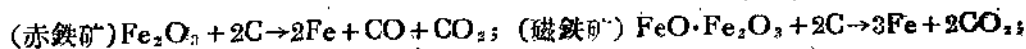
铁矿石中的有益成分如 Mn, Ni, V, Ti, Co, Cu, Cr 等一般都不及 2%。

在划分矿石品级，和矿床评价时，一定要确知有益成分和有害成分的含量，不然就无法作正确的计算。

矿石中 SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , BaO , Na_2O , K_2O 的含量，对于炉渣的计算很有关系，在矿石评价时也应考虑。

(3) 铁矿床的大小等级，可分四种：(i) 储量达几十亿吨者，称为很大的矿床；(ii) 储量达几亿吨者，称为大矿床；(iii) 储量达几千万吨者为中等矿床；(iv) 储量只几百万吨者，为小矿床。五百万吨以下的铁矿床，就很少有建设独立的新式钢铁工业的意义。

(4) 钢铁工业技术：炼铁过程，主要是铁氧的还原过程；在鼓风炉中的高温情况下，剧烈地进行下列的化学反应：



现在工业上的钢铁产品，多少总含碳质，约从 0.04% 至 7%。普通钢铁的技术性质，一般是随含碳量的多少而改变；因之碳素钢铁产品，可分为下列四种：

(i) 熟铁……含碳量……0.04—0.2%；

(ii) 碳钢……含碳量……0.2—1.5%；

(iii) 钢质生铁……含碳量……1.5—2.5%；

(iv) 生铁……含碳量……2.5—4.0% 或更多。

熟铁较富于展性和延性，碳钢是在速冷的情况下制成，具高度的坚硬性，和较低的展性和延性。生铁是比较脆的。钢质生铁的性质介碳钢与生铁之间。

鋼中碳素，成碳化鉄 Fe_3C 而存在着；生鉄中的碳素，可全部呈結合狀態（白口鉄），或一部成結合狀態，一部成游离石墨而存在着（灰口鉄）。

生鉄的溶化溫度，隨碳量的增高而降低；一般含碳 2.5—4.3% 的生鉄的溶点为 1100°C — 1300°C 。

在鋼鉄产品中，除 Fe 外，尚有其他已經还原的元素，如 Si、Mn、P、S 等。P、S 的含量，在适用的鋼鉄中，只能有万分之几，至多不許超过 0.1%；磷量增高，使鋼鉄冷时变脆；硫量增高，使鋼鉄热时不坚；相反地，錳对鋼鉄質量，能起好的影响。

除碳質外。制造特种鋼，需加入其他元素，如 Mn, Cr, Ni, Co, W, Si, Mo, V 等。使其显出不同的优良性質，以适合于不同的工业用途，因之制成鉄与上述各种元素的合金，称为鉻鉄，錳鉄，矽鉄等，他們是当生鉄加工制造鋼和熟鉄时的半成品。

因生鉄化学成分的不同。生鉄加工，制成鋼或熟鉄的方法，最常用的有下列三种。分別应用不同方法的主要关键，是磷的含量：

(i) 貝塞埋法：用含磷少 (0.07—0.1%) 的生鉄。在貝塞埋爐中加工，此爐是曲頸甌式能轉动的爐子，內砌耐火磚，当溶鉄注入后，从下边吹入空气，將 Si, Mn, C 等元素，因氧化而逐漸消失，当碳达某种适当程度时，即成鋼或熟鉄。

貝塞埋生鉄，須有下列的成分：C, 3.75—4.00%；Si, 1.25—1.75%；Mn, 0.60—1.00%；P, 0.06—0.09%；S, 0.04—0.06%。

(ii) 陶馬斯法：对于含磷較高生鉄的加工，須用陶馬斯法，該法也是在轉爐中进行，不过是要用白云石或菱錳矿，制成碱性耐火磚，作为爐壁，就可將石灰放入轉爐內，作为溶剂，將磷、硫粘在一起，成为爐渣分出，此种爐渣，因含磷較高，可用作农田肥料。

最好的陶馬斯生鉄的化学成分是：C 3.0—3.5%；Si 0.2—0.6%；Mn 1.0—1.5%；P, 1.8—2.2%；S, 0.03% 以下。

(iii) 馬丁法：第三种將生鉄加工制造的方法是馬丁法，該法系在反射爐中进行，这就是在被燒热的馬丁爐中进行，馬丁爐壁的耐火磚，可以屬酸性或碱性，以适应于不同成分的生鉄的加工。由于磷的含量不同，所用生鉄，可分兩类：(i) 在酸性耐火磚馬丁爐中加工的生鉄，含磷应不超过 0.04—0.06%；(ii) 在碱性耐火磚馬丁爐中加工的生鉄，含磷一般为 0.1—0.3%，但有时可能达到 1.2%。

如將普通碳鋼，加工制成特种鋼，应將普通鋼，放入石墨粘土坩堝或电爐中溶化，并加入必需数量的元素。

最近，能直接从矿石煉出熟鉄和鋼，但方法还不够完善，未被广泛地采用；又在电力非常便宜的地方，在电煉中溶煉生鉄的方法，也可采用。

为了能从矿石中得到适当質量的生鉄，冶金工业对鉄矿石的要求如下：

(i) 溶煉貝塞埋生鉄所用的含鉄 60% 的矿石，对杂质所允許的最大含量，为 P, 0.05%；S, 0.5—1.75%；Mn 1.6%；

(ii) 溶煉陶馬斯生鉄所用的，含鉄 40% 的矿石，磷的最适宜含量为 0.85—1.1%，最大限度为 0.65—1.50%；錳的最适宜含量为 0.85—1.30%。

(iii) 在溶煉酸性馬丁生鉄用的含鉄 60% 的矿石中，含磷不得超过 0.01—0.02%，不含硫，燃料用含硫少的焦炭或木炭；制碱性馬丁生鉄，最好用含磷不超过 0.2% 的矿石。

(5) 世界主要鉄矿区及成矿时代：

欧洲主要有：(i) 俄罗斯南部矿区（克里沃罗格和庫爾斯克磁力異常区产元古代变質矿床），(ii) 洛林矿区（侏罗紀沉积矿床），(iii) 諾曼加——紹林吉亞——波希米亞

(下志留纪沉积矿床)和(iv)瑞典北部区(元古代后期岩浆矿床)。

亚洲最大的矿床区是:中国东北区、华北区、朝鲜及印度等地的含铁石英岩矿床(寒武纪前变质铁矿床),乌拉尔古生代砂页岩矿区,南乌拉尔白垩纪沉积矿区,和菲律宾含铁红土矿区。

非洲 南非联邦区具有很大的寒武纪前变质铁矿,其次是北非区的白垩纪和第三纪的热液矿床和砂页岩矿床。

北美洲 最重要的是上湖区和拉布拉多区的寒武纪前变质铁矿,其次是纽芬兰下志留纪沉积矿床,及美国东部各洲的志留纪矿床,和古巴的含铁红土矿床。

南美洲 明纳斯吉拉斯铁矿区的寒武纪前变质铁矿床,规模很大。

铁矿的生成可分为下列五期:

(i) 寒武纪前时期 形成了苏联(克里沃罗格区,库尔斯克磁力异常区,科拉半岛某些矿床,和小兴安岭),美国(上湖区),中国(东北区),印度(比哈及奥里萨),朝鲜和北欧斯塔的那维亚各国所有的最大变质矿床;同时又形成了瑞典巨大的磷灰石磁铁矿矿床和非洲中部和南部的钛磁铁矿矿床和中国的震旦纪沉积矿床。寒武纪前铁矿佔世界总储量的绝大部分,和世界铁矿石产量的 60% 以上。

(ii) 下古生代时期,形成了欧洲(瓦巴纳,诺曼加,绍林吉亚和波希米亚)的沉积铁矿,志留纪时期形成了北美洲的克林敦的沉积铁矿。

(iii) 华力西期:在苏联有重要的乌拉尔砂页岩—热液矿床。

(iv) 中、上、中生代时期:在侏罗纪和白垩纪形成了十分巨大的沉积矿床,如欧洲的洛林沉积矿床,北非的阿尔及利亚和突尼斯的热液矿床,乌拉尔中部和南部及菲律宾的红土铁矿,所有这个时期,铁矿的总产量,约达世界总产量 30%。

(v) 第三纪时期:形成了苏联的刻赤沉积铁矿,和古巴风化残余的红土铁矿。

(6) 世界铁矿的储量及产量: 全世界铁矿储量,约共 5,000 亿吨,其中苏联约佔 53.44%,美国 18.94%,英国 2.40%,法国 2.36%。

世界年产生铁估计约 2.0—2.5 亿吨,其中美国约佔 45%;苏联约佔 20%;西德 10%;英国 8%;法国 7%;日本约 4%;中国约 2%。

我国 1950 年生铁产量为 400 余万吨,1957 年底钢的年产量,可达 500 万吨,约佔亚洲的第二位。世界的第八位。而铁矿的储量,可能佔亚洲的第一位。

II 鐵礦床的主要工业类型

根据前述铁的地球化学特性,铁能在不同地质情况下集中,所以铁不仅以各种形态,普遍存在于各种矿床中,而且主要的成矿作用,几乎都可以造成有工业价值的铁矿床,所以铁矿床的工业类型,基本上与成因类型相符。其较重要者有下列五种:

(1) 岩浆分泌磁铁矿型铁矿床:在成因上与基性火成岩有关,很少与酸性火成岩有关,在辉长岩或辉石岩中。磁铁矿与钛铁矿一起,形成钛磁铁矿,且常含钽,成类质同象混合物,含量由千分之几到百分之几。

按照产状,分佈在辉长岩系中的钛磁铁矿矿床,可分两类:第一类成浸染体矿床,面积 0.1—1 平方公里,含铁量低,不及 20%;第二类为脉状矿体,长达 1—2 公里,厚 1—10 公尺,矿石很富,含铁量达 50—57%。主要矿物有磁铁矿、钛铁矿、绿泥石等。

兹举苏联乌拉尔的钛磁铁矿床为例:

在乌拉尔范围内,钛磁铁矿矿床很多,特别在乌拉尔的中部和南部,最大矿床有库辛斯

基 (Кусинское), 勃拉溝答 (Благодать), 及高山 (Высокая) 等。它們的形成条件, 属于烏拉尔的加里东褶曲。

此类矿床, 位于輝長橄欖岩內, 走向南北, 几乎沿烏拉尔山嶺, 成一長条。

岩石一般由純橄欖岩, 橄欖岩, 蛇紋岩, 輝長岩和閃長岩組成; 个别地帶, 有純橄欖岩和橄欖岩, 或輝長岩和閃長岩。

矿体常位于岩体中部, 呈浸染狀, 含鉄不多, 儲量极大, 在岩牆狀輝長岩侵入体中的矿床, 已經变質, 一般成脉狀, 矿石为块狀, 品位高, 有很大工业价值。

輝長岩建造中的鉄矿床, 常含鉄、鈦、鈳, 形成含鈳鉄磁鉄矿矿床。可分含鉄多的, 和含鉄少的兩类:

据拉茲柯夫斯基的意見, 含鉄多的矿石与基性岩石的小岩牆狀侵入体有关, 并产生于变質岩系与沉积岩系的接触帶, 岩石以輝長岩为主, 輝岩, 角閃岩次之, 輝長岩已受变質, 成閃長角閃岩、角閃岩、綠泥石片岩、及綠簾綠泥石片岩。

按其形狀, 含鉄多的矿石, 为脉狀致密矿石, 有时也成浸染矿石帶, 矿石与圍岩, 呈急变接触, 圍岩变質甚剧, 常成脉壁粘土帶, 并成貫入体, 沿超基性岩体形成时所产生的裂隙而上升。因此推想浸染矿体, 是由于含矿熔融体, 在構造挤压下, 进入較弱地帶而形成的。

据查瓦里茨基的意見, 鈳鉄磁鉄矿建造。是在岩漿結晶分異时形成的, 有时以結晶殘余产物, 沿母岩裂隙侵入而形成的, 根据殘余岩漿熔融体的流动性, 推想有某些揮发分的存在。

脉狀矿体, 长达 2 公里, 厚自数公尺至 12 公尺, 平均 3—4 公尺。浸染矿体長自数十至数千公尺, 厚 2—35 公尺, 平均 15—20 公尺, 矿体向下延深不一, 最大深度达 350 公尺, 除主要矿体外, 还有盲矿体。

在含鉄多的磁鉄矿石中, 鉄的含量, 在致密矿石达 40—51%, 在浸染矿石 20—35%, TiO_2 在致密矿石, 达 14%; 浸染矿石 7—10%, 在这兩类矿石中 $\text{TiO}_2 : \text{Fe}$ 均为 1:3.5 左右。

鉄含量每增加 1%, V_2O_5 的含量也按 0.012—0.015% 的規律增加。

含鉄少的鉄磁鉄矿, 通常位于超基性侵入体内。如橄欖岩、輝石岩、角閃岩等, 而不产生在輝長岩中, 矿体呈致密条狀, 或密集浸染狀。矿条之間, 有含浸染矿的圍岩, 矿化帶長 100—1000 公尺, 或更大。致密矿石含鉄, 52—55%, 浸染矿石含鉄 20% 左右, 致密矿石中 TiO_2 , 4—5%, 浸染矿石, 2—3%。

中国热河大所, 也有岩漿分泌鉄磁鉄矿矿床, 詳后。

(2) 岩漿分泌磷灰石—磁鉄矿型鉄矿床: 所有著名的具有工业价值的磁鉄矿矿床, 均产于酸性火成岩中, 一般为正長岩及正長斑岩; 見于輝長岩中者, 規模不大, 无工业价值。世界磷灰石磁鉄矿床最大者为瑞典之基魯納和吉利瓦尔鉄矿。茲举基魯納鉄矿为例:

基魯納 Kiruna 鉄矿床之下盤为太古代礫岩, 上盤为千枚岩、石英岩、砂岩和礫岩, 矿体直接位于下盤角斑岩中, 角斑岩至深处变为鈉輝正長岩。矿体与角斑岩間, 无漸变現象。

矿体为岩牆狀矿脉, 厚 20—150 公尺, 傾斜向东, 走向南北, 长达 4—5 公里, 鑽探深达一公里, 物探深达 1.5—2.0 公里, 除主矿体外还見有平行的小矿体。

矿物成分为磁鉄矿, 磷灰石, 与矽酸鹽类矿物。少量磷灰石, 造成磁鉄矿中的分散浸染体或不易察見之包裹物, 磷灰石与磁鉄矿, 可以是同时結晶的, 也可稍后于磁鉄矿結晶。

矿石成分: Fe, 60—70%, P, 0.03—1.8%, S, 0.5%, Mn, 0.7%, SiO_2 , 1.5%, Al_2O_3 , 0.7%, Ca 0%, TiO_2 0.3% 儲量达数十亿吨。

关于这一矿床的成因, 有几种看法, 但一般認為是岩漿期貫入型的。根据鑽探和磁力測

量証明矿体甚深，上盤与下盤間的斑岩层长达 12—13 公里，厚达 1 公里。岩漿分泌为矿石部分与矽酸鹽部分，是在許多公里以下进行的。

在下盤斑岩中，見有小磁鉄矿体，逐漸过渡为磁鉄矿正長斑岩，含鉄氧达 14—15%。

在矿体中見有石英斑岩的捕虏体以及正長斑岩的角礫，可見矽酸岩漿与含矿岩漿，不是同时結晶的。

現已确定磷灰石的含量，随深度增加而减少，上部为 12—15%，下部为 0.1—0.2%。此外还发现在富磷灰石矿石中，有貧磷灰石矿的碎片，这可以說明貧磷灰石岩漿，是在早期分出，而晚期則分出含磷灰石較多的矿石。

(3) 接触交代矽噁岩型鉄矿床：分佈很广，成分較高，常为工业开采的对象。矿体位于火成接触帶內，与酸性侵入体，花崗閃長岩有关。圍岩主要为灰岩或白云灰岩。矿体形状不規則，有时长达数公里，厚数十公尺至 100 公尺。矿石矿物主要为磁鉄矿，其次为赤鉄矿，伴生矿物有黄鉄矿，黄銅矿，少量他种硫化物及矽噁岩矿物。含磷一般不多，硫为主要有害成分。

此类矿床，在許多国家中都有，并在个别場合下，有很大工业意义，例如苏联的磁山，美国的鉄泉 (Iron Springs) 矿山，中国的大冶鉄矿等。

苏联南烏拉尔磁山矿床：是世界上已知的此类最大矿床之一，由北而的白樺山，南面的阿塔契山，西面的烏加喀山及东面的远山等四个獨立山所組成。

矿区地質主要为泥盆系和石炭系組成两个向斜褶曲。泥盆紀岩层，主要为碧石 (яшма)，石炭紀岩层为灰岩，与凝灰質砂岩成互层。在石炭系的底部，有厚的角斑岩层。这些岩层，大都被殘积层、洪积层及冲积层所掩盖。

磁山本身，由各种火成岩組成，其上有些地方有变質很深的下石炭紀岩层，大部变成矽噁岩，其中含有矿体，形成两个主要矿区：一个矿区，沿阿塔契山东坡，烏加喀山南坡和西坡，以及这些山的山麓分佈着；另一个矿区，分佈在远山南坡及山麓。

白樺山及远山，阿塔契山，烏加喀山的北部，均由淡色花崗岩組成，代表一大侵入体的南端。該侵入体向东北方向延長，穿过上面所提到的两个古生代岩层向斜中东面的那一个。

侵入体成分不一，大部由玫瑰色花崗岩組成，此花崗岩常漸变为花崗閃長岩，石英閃長岩和正長岩。

阿塔契山頂及其东坡、南坡，都由閃長玢岩組成，形成向东傾斜的厚岩层，为含矿层的下盤。

沿阿塔契山东支，发育有輝石及假象角閃石閃長岩和微晶花崗岩小侵入体，在阿塔契山东坡的玢岩中，以及其他許多地方，也遇到閃長岩脉。

含矿地区。由石炭紀灰岩受花崗岩侵入体影响而形成的矽噁岩所構成，其中含有矿巢、凸鏡体和层狀的傾斜矿体，矿石呈浸染狀或致密狀。

查瓦里茨基 (А. Н. Заварицкий) 將磁山区的矽噁岩分为下列数种：(i) 石榴石矽噁岩；(ii) 輝石石榴石矽噁岩；(iii) 符山石石榴石矽噁岩；(iv) 云母石榴石矽噁岩；(v) 含有綠簾石、綠泥石、云母、普通閃石的石榴石矽噁岩，(vi) 角閃石矽噁岩；(vii) 綠簾石矽噁岩及石榴石綠簾石矽噁岩；(viii) 綠泥石矽噁岩，

含矿岩层厚度的变化，在东矿区由零到 100 公尺；西矿区 0—200 公尺或更大。矿体厚度的变化，由几公分到 40 公尺，最厚达 70 公尺。

磁鉄矿为主要原生金屬矿物，个别地段有赤鉄矿，硫化物中有黄鉄矿及少量黄銅矿、閃鋅矿、方鉛矿及毒砂。

磁鉄矿在深达 30—40 公尺之氧化帶中，变为假象赤鉄矿和含水氧化物，有的也成結核狀礦矿。在較深层位內，有下列三种类型的磁鉄矿：(i) 致密純粹赤鉄矿，分佈很少；(ii) 帶有方解石和黃鉄矿的磁鉄矿，含鉄达 30%；(iii) 含矽酸鹽类矿物（石榴石、少量角閃石和綠泥石等）磁鉄矿分佈最广。

矿石平均化学成分为：(i) 含硫少的矿石：Fe 48.04%，Mn 0.086%，SiO₂ 5.33%，P 0.22%，S 0.16%；(ii) 含硫矿石：Fe 53.97%，Mn 0.11%，Si 6.93%，P 0.04%，S 2.83%，純矿石：Fe 达62—67%。

此矿矿石的儲量为数万万吨。

美国猶他鉄泉矿山 (Iron Springs, Utah) 位于猶他州的西南部，主要为接触交代矿床。該区地层，从石炭二疊系到新生界，都有代表。第三紀灰岩及石炭紀灰岩被黑云母石英正長斑岩漿所侵入，形成鉄矿床。

矿体可分三类：(i) 火成岩中的裂隙充填矿脉；(ii) 接触交代矿床；(iii) 白堊紀石英岩中的角礫膠結帶。其中以第二类，石炭系灰岩与石英安山斑岩間之接触交代矿床，为最重要。

矿体大致呈凸鏡狀，長軸与接触面平行，由于断层和其他原因，不規則处甚多，深度未詳。

矿石以磁鉄矿、赤鉄矿为主，間有少量褐鉄矿，非常堅致。脉石矿物在地表及接近地表部分以石英、石髓为主，向下因深度增加，方解石也随着增加。接触变質矿物，有石榴子石、透輝石、磷灰石、云母、角閃石及其他矽酸鹽类矿物。

矿石品位大部分在 60% 以上，平均为 56%，磷普遍稍高，S, Cu, Ti 都不超过允許的限度。

本矿儲量，約 5,000 万吨。

据可諾普夫的意見：厚达 400 公尺的岩株，外层已冷凝，并形成矽酸鹽接触岩石以后，鉄矿才被帶入，以矿石常在這些岩石的裂隙內为明証。含矿热液，使灰岩及斑岩变質。

据萊斯 (Leith) 及哈德 (Harder) 的意見：灰岩中鉄矿石的大量沉淀，只有在灰岩和鹽酸反应的情况下才能发生。鉄是呈氯化鉄搬运出来，并按照下列化学反应发生沉淀：

$3\text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{HCl} + \text{H}_2 + 77 \text{ 加魯里}$ 。鹽酸溶解灰岩并使磁鉄矿交代灰岩。

接触交代矿床的一般特点，是他們主要生在火成岩与碳酸鹽岩石的接触处，碳酸鹽岩石一般都受到矽噁岩化作用。矿体形狀和矿物成分也都有許多共同点，所以 B. H. 斯米尔諾夫也称他們为矽噁岩型鉄矿。

我国湖北大冶，河北武安紅山，山东益都金嶺鎮等鉄矿，都应屬此类，詳后。

(4) 热液 (?) 菱鉄矿型鉄矿床：此类矿床，常成层狀、脉狀、凸鏡狀及囊狀，产于灰岩层中，長一公里至数公里，厚在 100 公尺以下，平均約 30—40 公尺；矿石主要为菱鉄矿。

关于此类矿床的成因，存在着很多不同的意見：(i) 苏联奥勃魯契夫，將此类列入热液交代类型；(ii) 卡薩特金把这类鉄矿和其他产于碳酸鹽类岩石以及碳酸鹽白云質岩石內的鉄矿，一起列入中温热液类矿床內，与奥勃魯契夫的見解相近；(iii) 白替曼把鉄的碳酸岩矿石，看成沉积矿石；(iv) 烏斯品斯基觉得这种矿床的成因不十分清楚，大部分学者，認為他們是在热液作用过程中菱鉄矿置換了碳酸鹽类岩石；(v) 尼格里把碳酸鉄的脉狀形成物和交代形成物列为跟基性侵入岩有关的远成岩漿分出物，証据是跟这种鉄的堆积物，共

生着 Ni 和 Cu 等与基性岩有关的金属。

这类矿床，在许多国家都有，规模较大的如苏联巴卡尔（Бакальское）矿床，西班牙比尔堡（Вильбао）矿床，奥地利埃尔茨别尔格矿床等。

联苏巴卡尔铁矿床，（Бакальское）位于南乌拉尔山脉西坡，东北距兹拉托乌斯特城（Златоуст）65 公里。矿体产于寒武纪前石英岩、砂岩、頁岩、灰頁岩以及白云岩和白云岩化的灰岩中。这些沉积岩层被輝綠岩脉和輝綠岩床所穿插。主要矿床，见于三个互相平行的山脊上，略当走向东北西南的背斜层轴部；由于断层和侵入輝綠岩的关系，而构造复杂。但主要是在碳酸鹽岩层内，成为矿层及矿巢，沿走向延展数百公尺至一、二公里，沿倾向深达 300 公尺，厚数十至数百公尺，平均 40—50 公尺。原生矿石，主要为菱铁矿及石英，铁白云石，黄铁矿、方鉛矿、黄銅矿、重晶石等热液矿物；表生矿石为褐铁矿；距铁矿床不远处，还有菱镁矿。他们在成因上，可能有关系。

巴卡尔铁矿各类矿石的含铁量，在菱铁矿中为 33—37%，在次生褐铁矿及水赤铁矿中，为 58—64%；在氧化矿石中，硫含量，只万分之几，在菱铁矿中达 0.2—0.3%，很少达 1.7%；含磷 0.06—0.5%；并有少量锰。矿石总储量约二亿吨。

关于巴卡尔铁矿床的形成，有着不同的看法，据米特罗波夫斯基（Митропольский）的意见，这个矿床是经过（i）白云岩化阶段——沿正断层裂缝，石灰岩中的钙被镁代替，并再结晶；（ii）菱铁矿化阶段——由于白云岩受含铁矿液的影响，使碳酸铁富集起来；（iii）硫化物富集阶段；（iv）赤铁矿化阶段——菱铁矿的去碳酸作用，以及褐铁矿的失水作用，形成铁的低氢氧化物；（v）褐铁矿化作用——水赤铁矿的水化作用和菱铁矿的失碳酸化和水化作用，前三阶段是由于热液作用而发生的，第四阶段是由于輝綠岩之侵入使矿床变质而发生的；最后阶段，是大气影响的结果。而格拉茨高夫斯基 Глазковский 根据矿石中见有典型鲕状构造的鳞绿泥石类，认为是沉积矿床。

此外北乌拉尔的庫塔伊（Кутайское）矿床，高加索的恰塔赫（Чатахское），南哈萨克斯坦的阿巴伊尔（Абайское）菱铁矿床，都与此矿床相似。

西班牙比尔堡铁矿床，位于比斯克海灣附近，呈带状，延長 24 公里，寬达 10 公尺，拔海 250—500 公尺，圍岩下部为細粒云母砂岩，上部为夹有方解石細脉厚层灰岩，矿体多半沿灰岩和砂岩接触部分，个别矿体出现在灰岩上部。一般呈凸鏡体，長 300—500 公尺，寬达 100 公尺，矿石矿物，主要为菱铁矿，含铁 50—58%。儲量約 1 万万吨。据推测，白堊紀沉积物，在始新世和中新世，受褶皱作用，形成許多断层，含矿溶液，沿断层上升，置换灰岩，形成菱铁矿，其后再經氧化水化，变为赤铁矿及褐铁矿。

奥地利埃尔茨别尔格矿床，生在下泥盆紀灰岩中，形成一座鉄矿山，山頂全由菱铁矿組成。上部氧化为褐铁矿，矿体面积約一平方公里，平均厚 160—200 公尺，平均含铁 30—44%，錳 2.76%，与铁白云石，方解石，石英及少量，黄铁矿、黄銅矿、方鉛矿、黝銅矿、辰砂等共生。总儲量約 5 亿吨，为奥地利最大鉄矿床。

（5）海相湖相沉积型鉄矿床：具有层理和一定的层位，給找矿开采以极大的方便，规模广大，寬 10—20 公里，長数十至百余公里。最長的是北美克林頓沉积鉄矿，断續延長达 1800 公里，象这样大的，主要属海相沉积。矿石以赤铁矿为主。湖沼沉积鉄矿，一般比海相沉积鉄矿小，圍岩为陆相砂岩和泥岩。沉积鉄矿的一般形状为广大的矿层，也有成大凸鏡体和矿巢，有时更形成砂矿。

沉积鉄矿的沉积环境，可分为（i）大陆沿岸或海水条件下的沉积带；（ii）陆台或大陆凹陷沉积带，（封閉盆地）；（iii）在母岩原地或近旁沉积的矿床。因为铁是惰性元素，往

往沉积在被破坏的原生岩附近。但最主要的沉积条件，是海滨条件，因为海水对鉄的膠体溶液起反应，所以常大量沉积在海水与鉄的膠体溶液的接触地方。最常見的是在瀉湖和陆棚上，与海岸的距离，比鋁远些，比錳近些。

沉积鉄矿的形状为其主要特点之一，大都成为矿层，变化不大；湖成矿层，变化較多，且往往形成各种不同厚度的平行矿层，或大凸鏡体。各层品位和矿物成分，大同小異；矿层厚自数公分，以至 15—20 公尺，延長数十百公尺，沿傾斜方向可追蹤数公里。

沉积鉄矿石的構造，通常为鱗狀，有时呈薄层狀，或鲕狀構造与薄层狀構造相間；矿床圍岩，一般均为砂岩，頁岩，和灰岩，在經過区域变質地帶，可变为石英岩，板岩及大理岩等。

沉积鉄矿的儲量，一般都很大，例如美国克林頓鉄矿儲量有 25 亿吨。苏联刻赤鉄矿儲量，也有数十亿吨，中国的宣龙式鉄矿，儲量也很大。

茲列举世界著名的大沉积鉄矿，刻赤，克林頓，和阿尔薩斯等三处，分述如下：

刻赤鉄矿床位于苏联黑海沿岸。刻赤半島的东部和北部边缘，矿床生在第三紀沉积岩中，形成許多短而陡的东西向及东北西南向的褶皺，褶皺背斜部分，侵蝕很深，而在向斜部分，有矿层存在。这些向斜层长达 6—10 公里，寬 1.5—2 公里。含矿层可分兩帶：下帶为「烟矿」由褐鉄矿菱鉄矿及綠泥石所組成，含有致密菱鉄矿——綠泥石包体，凸鏡体及夾层；上帶为「褐色矿」褐鉄矿。兩帶矿石，都具有鱗狀構造，鱗的直径从一公厘至一公分。烟矿，是較坚硬而致密的鉄矿，但暴露在空气中經過一段时期之后，容易用手弄碎，失去深綠的顏色，变为与褐色矿相似的东西。矿物除褐鉄矿，菱鉄矿，綠泥石外，还有藍鉄矿， $(\text{Fe} \cdot (\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ，含磷矿石刻赤石（鉄、錳、鈣、鎂的含水磷酸鹽类）不純的和純的硬錳矿 $(\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO} \cdot m\text{H}_2\text{O})$ 軟錳矿、重晶石、石膏、黄鉄矿、雌黄、雄黄等矿物，含錳常达 5—7%。矿石主要成分为：Fe 33—40%，最少为 25.4%；Mn, 4.8%，最少为 1—2%，最多 7%；Si, 15—20%；P, 0.4—1.3%，平均 0.7—0.8%，最高达 1.6%；S, 0.5—2%；As, 0.5—0.15%。从磷的含量看来，刻赤矿石是質量較差的陶馬斯矿石。含鉄高于 36—38%，为可采矿石。矿层复盖不厚，可露天采掘。儲量达数十亿吨，为苏联最大的沉积矿床。

克林頓鉄矿床：为美国最大的沉积鉄矿，其重要性仅次于上湖变質鉄矿。該种鉄矿，北自威斯康新和紐約兩州，南达阿拉班馬州，长达兩千公里。矿层与頁岩，灰岩相間，属于志留紀之克林頓期。鉄矿由一至四层，厚数公分至十公尺，发育最厚处在阿拉班馬之紅山，(Red Mountain,) 四层全可开采。矿石分三类：(i) 鱗狀矿石，为直径 1—2 公厘之赤鉄矿鱗球，被赤鉄矿和方解石所粘結；(ii) 化石矿石 (fossil-ore) 为化石碎片，大部被赤鉄矿所替换，被非晶質赤鉄矿和鱗狀紅鉄矿所粘結，含有高量碳酸鈣；(iii) 亞麻子矿为扁圓形之赤鉄矿結核，圍繞以赤鉄矿泥及被赤鉄矿所代替之化石碎片，原生矿为堅矿，含鈣質高，而含鉄成分低 (35—40%)，风化露头部分有軟矿，由于碳酸鈣質之淋去，使含鉄成分，提高到 50—60%，又由于具有較高之碳酸鈣質，克林頓鉄矿为自熔鉄矿，即不須加灰岩即可熔煉的鉄矿。矿石平均品位 38—48%，含磷 0.5—1%，硫很少，儲量約达 15—25 亿吨。如向东北延展到新芬蘭华班拿 (Wabana)，尚有相似的矿床，厚达 3—10 公尺，一直延伸到海水以下。

阿尔薩斯——勞倫——魯森堡鉄矿。为欧洲著名大矿。位于德、法及魯森堡間。为鱗狀之赤鉄矿，褐鉄矿层，夾在侏羅紀頁岩、灰岩及砂岩中。見于巨大的向斜盆地內，傾向西南，入于法境。現在主要开采地点在法国勞倫市附近，鉄矿共有七层，厚自数公分至八公尺，按

走向看来，多近于扁豆形，不是到处可采。矿石为土状的鲕状褐铁矿，赤铁矿，及铁的磷酸盐类矿物，品位较低，一般在 30% 左右，含磷，0.5—1.8%； CaO ，5—12%； SiO_2 ，7—20%；间有少量磁铁矿及黄铁矿；储量巨大，约达 50 亿吨。

我国最著名的沉积铁矿，是宣龙式铁矿、宁乡式铁矿详后。

砂铁矿床，可以说是近代的碎屑沉积铁矿之一种，分佈很广，而工业意义不大。但在个别情况下，沿着海岸，湖滨和河床，可见到含铁很富的黑色砂子，主要是由磁铁矿组成。由流水或波浪所搬运富集而形成的。例如在新西兰北岛之西南部，延長着一条长达 10 公里的砂矿地带，砂铁矿品位高达 60%，又含 TiO_2 8.4%，已从事大量开采。日本和中国，也有开采砂铁矿的。尤其是在中国有漫长的海岸，Fe，Ti，金和獨居石等砂矿都有可能存在着。

(6) 风化型铁矿床 包括由磁铁矿和菱铁矿矿床风化所成的铁帽，由基性火成岩风化所成的红土化矿床，以及淋积在灰岩洞穴中的次生铁矿，都属于此类，但其中最重要的是风化残积所成的矿床，即风化壳铁矿。

风化壳铁矿，主要在蛇纹岩，及含铁灰岩的风化面上形成，特别是在地面平缓，侵蚀缓和的情况下容易造成。矿床面积，可从十分之几平方公里，至几十平方公里；厚从十分之几公尺至几十公尺。围岩多为泥土，矿石多为褐铁矿，矿体多成凸透镜体，并含少量铬、锰、镍、钴、等金属，例如古巴东部铁矿床，即有此现象。

古巴风化残积铁矿。分佈在馬雅利，茂及三費利等区，由蛇纹石风化而成，在高原上成一片复盖层，深达 5 公尺，面积 4×10 平方英里，矿石为赤铁矿，褐铁矿及少量磁铁矿。平均含铁达 40—50%，含铝较高，显见为富铁红土，储量很大。

在苏联的乌拉尔，曾经长期从黄铁矿类矿床的铁帽中开采铁矿，这里铁矿随着深度的增加，硫也跟着增多，结果铁内含硫太多，不得不停止开采。个别铁帽，沿走向延展能达 1.5—2 公里，个别矿山，在深处出现含金黄铁矿。巴西的閼那斯——吉拉斯，中国甘肃的白银厂，也都有相似的情况。

阿拉帕也夫风化淋积铁矿，见于苏联乌拉尔东坡，斯維尔德洛夫斯克城东北 180 公里阿拉帕也夫斯克附近，該铁矿可分三区，自北而南，延展约三十公里；矿区底部为錯动和侵蚀都很剧烈的石炭纪灰岩，有发育很广的中生代喀斯特地形，石灰岩个别凸出部分，有时达到地表，而凹下部分，可深达 150—200 公尺；在喀斯特灰岩之上，为水平的中生代碎屑沉积，其岩性变化很大。

此种中生代沉积物的下部，为由泥质所胶结的粗砂岩，泥沙和粘土。粘土中常含燧石，砂质页岩，石英，碧玉等卵石，称为「别里克」层。

别里克层的厚度由零到几十公尺，或直接复于灰岩面上，或被厚达 20 公尺的泥层与灰岩隔开，此泥质层被称为「底板泥」是灰岩淋蚀的残积物，部分留在原地，「别里克」层上被较细碎屑物质，而层理发育完善的岩石所代替。

在中生代地层之上，有时有第三纪泥灰岩盖层，而大部分是直接被第四纪灰色砂质粘土所复。

铁矿层分佈在「别里克」层下部，以褐铁矿为主，形成约数公分至半公尺的结核，除褐铁矿外，还有菱铁矿成稀疏的结核，或「别里克」碎屑物的假象，此外矿体内，还有燧石、石英及其他岩石的卵石；在潜水面内，胶结物为绿色粘土，而在潜水面上，胶结物为赭色粘土。

铁层厚度，变化很大，可由零到 40 公尺，平均不过 8—10 公尺；结核数量，多少不

一，从个别稀少的結核多到結核紧密相联，以至形成大片的褐鉄矿巢及矿层。

矿石平均品位，32—42%；个别地区达48—50%；S 0.07—0.09%；储量約兩亿吨。

我国的山西式鉄矿床，与此相似。

(7) 含鉄石英岩型鉄矿床，主要生在寒武紀前变質岩系中，可能是由岩系中的水成鉄矿，經区域及接触变質，和热液活动而成，其主要矿物为磁鉄矿及赤鉄矿，規模宏大，为世界上儲量最大的工业类型，如苏联之曲角鉄矿，北美之上湖鉄矿，中国之鞍山鉄矿等都是世界著名的大鉄矿。

由于此类矿床成因复杂，各家有不同的看法，因而提出了不同的命名，烏斯品斯基 (H. A. Успенский) 在別傑赫琴矿床学中，称之为受变質矿床 (Метаморфизование)；B. И. 斯米尔諾夫称之为变質矿床 (Метаморфические)；林格俞，把他归在「鉄建造」的矿床組中；奧勃魯契夫，称之为「成因特別复杂的矿床」薩特金把这类矿床，归在成因不明的矿床內，認為与岩石的淋濾和交代有关，至于在什么条件下淋濾，热液或风化，他沒有意見；塔納托尔 (Танатор) 認為曲角含鉄石英岩，是由岩漿生成，并在含鉄石英岩中埋藏了鉄矿体；H. Y. 温奇尔 (Winchell) 認為上湖的鉄建造，包括有化学的及机械的海洋沉积；H. H. 温奇尔認為鉄建造为原始的海綠石 glauconite 或土狀矽鉄矿 Greenalite 沉积，范海恩 (Van Hise) 和賴斯 Leith，認為鉄和矽氧或直接从岩漿分泌得来，或从大陆风化得来，沃尔夫 (Wolf)，認為鉄氧的化学情况，从沉淀时到現在，并沒有很大的变化；格劳替 (Grout) 和布劳得利克 (Broderick) 認為含鉄燧石的沉积，主要是由于生物在淺水中作用的結果。

含鉄石英岩的形狀，一般是条帶狀、层狀、凸鏡狀、块狀及小脉狀。最特殊的鉄氧和矽氧，相互成层，矿帶普通厚只数公分，很少有厚达数公尺以上的純矿层，也有成为火成岩盖层的含鉄石英岩，分布面积很大 (庫兒溝)，間或也有少数矿体穿插石英岩。

矿化地帶的岩石褶皺甚劇，採皺从数公分至数百公尺；作为矿石的含鉄石英岩沿走向延展达数十百公里，一般不相連續，而是各个獨立的單个矿体，相距远近不同，通常在一定地域形成矿区，在同矿区內之各矿体，矿物及其他特点，都很近似，但形狀及矿体大小很不相間。矿层長度 1—2 公里，厚度 10—20 公尺，斜向深处，非常稳定，在一公里內，无大变化，个别致密矿体，厚达 300—400 公尺。

矿层品位不一，致密矿体，矿化程度不同，各段品位，有貧有富，選擇性矿化，存在于一定岩性的岩石中，外形呈层狀或凸鏡狀。

根据矿石品位，分富矿和貧矿，富矿不是成獨立状态，而是出現在貧矿中。例如上湖鉄矿的平均品位为50—62%；曲角鉄矿，45—50%；鞍山富矿，也可达到同样品位，貧矿只20—35%。

矿物成分，一般都以赤鉄矿，假象赤鉄矿和磁鉄矿为主。假象赤鉄矿，可能是从磁鉄矿变来的，杂质有 S, P, Al, Mn 等。

茲將此类世界大矿，分別簡述如下：

曲角 (Кривой пор) 鉄矿床位于烏克蘭社会主义共和国德聶伯彼得罗夫斯克省內，含矿帶長 90—100 公里，寬 3—6 公里。

矿区岩石屬寒武紀前，錯动复杂，飽受浸蝕，并被水平的第三紀和第四紀沉积所掩盖。

寒武紀前岩层，可分兩系：第一系是較老的由片麻及花崗岩所組成，其上有变質很深的綠石岩；另一系叫作「克里沃罗格」系，由各种变質水成岩組成，与下面的一系不整合。

克里罗格系，地层剖面如下 (自下而上的次序)

(1) 長石砂岩，含石英、長石及石英——絹云母膠結物，厚 50—400 公尺；

(2) 千枚岩；50—200 公尺；

(3) 滑石片岩及阳起石片岩，10—40 公尺；

(4) 綠泥石及角閃石片岩，100—200 公尺；

(5) 含鉄石英岩，按構造特性，分为碧玉岩及含鉄角岩两种，总厚 50—200 公尺，它們主要是鉄矿和石英岩的很薄互层，鉄矿物为磁鉄矿、赤鉄矿及假象赤鉄矿；共生矿物有絹云母，綠泥石，角閃石，及菱鉄矿等；矿石夾层，普通含 70% 左右的金屬矿物及 30% 左右的石英，而石英夾层約含 80—90% 的石英及 10—20% 的金屬矿物；矿物顆粒直徑，一般为 0.02—0.03 毫米；夾层厚度，很少超过 1—5 毫米。

(6) 石墨絹云母片岩、黑云母片岩、綠泥石片岩，厚数千公尺。在露头处，已变为杂色粘土質頁岩。

整个克里沃罗格系，被垂直于此系走向的輝綠岩脉所切断，脉厚 0.5—10.0 米，一般都是直立的。

寒武紀前岩系，構成狹長向斜褶皺，其兩翼褶曲成第二級和第三級褶皺，并有許多逆断层及正断层。

含鉄石英岩矿层，在褶皺兩翼成为几个狹長地帶，露出地表长达数千米，各有專名，在走向斜的东翼，就有五个这样的矿层地帶。

含鉄石英岩，是含矽氧很高的矿石，含鉄只 25—45%，須經选矿。質量高而致密的假象赤鉄矿体和磁鉄矿及赤鉄矿体，含鉄达 65% 以上，他們是由含鉄石英岩中砂粒，受含矿热液作用，被磁鉄矿及赤鉄矿交代而成。

按块狀矿体的形狀，可分两种：第一种为柱狀矿体，其水平断面为凸鏡狀，深达数百公尺，沿走向長 100—500 公尺，厚 10—30 公尺，但也有延深 1000 公尺，厚达 100 公尺的矿体；第二种为层狀矿体，沿走向延長数公里至数十公里，厚 10—15 公尺以下。沿含鉄石英岩及其上頁岩的接触帶而分佈着。

含鉄量高的富矿，分为含鉄 62%，62—58%，及 58—55% 等三等；含磷 0.02%，—0.09%；硫 0.02—0.05%；錳 0.02—0.08%，鈣和鎂 1%，鋁氧(Al_2O_3) 0.7—3.5%。

由于含鉄石英岩的风化，及綠泥石片岩和角閃石片岩的风化，因而生成了褐鉄矿，一部分沉积在原地，一部分經第三紀的冲刷搬运而另行堆积。

此区矿床的儲量甚大，約在数十亿吨以上。

上湖鉄矿床：位于美国西北部上湖 (Lake Superior) 的西南，閩尼苏达 (Minnesota)，威斯康辛 (Wisconsin) 及米奇根 (Michigan) 等州，是世界最大鉄矿之一，已生产了 20 亿吨的鉄矿，但尚有比这更多的儲量。

上湖鉄矿的年代，属于寒武紀前，其区域的地层剖面如下：(根据 Gruner)

第四紀……………上新統冰磧层。

不整合。

白堊紀……………礫岩及頁岩。

不整合。

阿尔岡勘紀。

克維饒完……………杜魯斯輝長岩，及与之共生的，輝綠岩及岩脉。

不整合。

上休朗年 { 板岩。
鐵礦建造。
石英岩。

不整合。

中下休朗年……………花崗岩及板岩，硬砂岩，礫岩等。

不整合。

太古代……………綠石岩及片岩

所謂鐵礦建造，包括磁石及赤鐵礦互層，以菱鐵礦、土狀矽鐵礦及赤鐵礦組成鐵礦建造的 30%，總厚達 300 公尺以上，由沉積岩系及火山岩系構成，褶曲變動複雜，變質為石英岩、板岩、大理石、片岩、磁石及碧玉等；在某些變質區域變質和接觸變質部分，鐵礦建造可變為，磁鐵角閃片岩，而赤鐵礦則變為鏡鐵礦。

礦石主要存在於傾沒的向斜構造內，礦體很大，形狀不一，一般呈層狀和條帶狀，因岩層褶皺甚劇，礦層傾角陡峻，向下延深達 1000—3000 公尺，但最好的礦石，多在上部三四百公尺以內。其中最大的米薩比 (Mesabi) 礦山，礦層較平，埋深在 70 公尺以內，採用露天開掘、深達地面以下 300 公尺，年產 4,000 萬噸礦石，平均含鐵 56%。其他礦山，構造比較複雜，成因也不全相同。

各區礦石，情況不一，含鐵一般達 50—62%，硫很低，磷 0.09%，矽氧 7—8%，鋁氧 2%，水分 11%，有些礦區，(克裕那 Cayuna 礦山)，含錳很高，一般在 5% 以上，最高達 17%；礦石礦物以赤鐵礦為主，其次為磁鐵礦、褐鐵礦、及假象赤鐵礦。在米薩比礦山，生產貝塞埋礦 ($P < 0.05\%$) 及非貝塞埋礦石 ($P > 0.05\%$)。礦石分三級，第一級為藍礦，(主要為磁鐵礦)，平均含鐵 59%；其次為褐礦，平均含鐵 50—56%；第三級為低級礦，含鐵 50%。

印度鐵礦床：主要產於比哈 (Bihar) 及奧利薩 (Orissa) 區，太古界之含鐵岩系 (新達爾蛙系) 中，儲量達 40 億噸以上，平均含鐵 60%。含鐵岩系主要為一水成火山岩系，其中含帶狀赤鐵礦——石英岩層及礦體。礦石主要為塊狀，薄層狀及粉末狀之赤鐵礦，及少量之磁鐵礦及假象赤鐵礦，含鐵 60—69%，磷錳均低，礦區延長 30 英里，傾斜 70° 沿斜向延深至少在 330 公尺以上。厚達 40 公尺。

瓊斯認為印度含鐵石英岩礦床，系由含鐵 28—30% 之原岩淋濾富集而成，與美國上湖鐵礦，完全一樣，原為沉積的凝灰岩及砂岩、其後被矽氧和鎂氧所代替、成為次生石英岩及鐵礦建造。

中國鞍山式鐵礦，與前述世界著名含鐵石英岩礦床相似，詳見下節。

三、中國鐵礦床的分佈及其主要工業類型和范例

我國產鐵地方很多，但鐵業的發展，有自北而南，自南而轉趨東北的跡象。古代鐵業，多在黃河上中游甘肅、陝西、山西、河南等省；春秋戰國時齊國的鑛鐵、吳越的鑛鐵，已漸著名；宋代以來，湖北、四川等地亦以產鐵聞；唐宋兩代、揚子江中下游鐵礦，漸成鐵業中心；明清之際晉南鐵礦，也很重要。

近代地質調查，以鐵礦為最早，中國鐵礦誌 (1921 年出版) 及每次中國礦業紀要，對於鐵礦，都有記載。除土法零星采冶外，比較重要新式開采的鐵礦產地，在遼寧、河北、山西、

山东、湖北、安徽、广东、四川、云南等省，都渐发展。根据第七次（1945）中国矿业纪要，我国铁矿储量的地域分佈为：(i) 东北区，65.6%，(ii) 中南区 12.6%，华北区 7.5%，华东区 6.9%，西南区 5.3%，西北区 3.2%。

解放以后，我国铁矿勘探工作，已获巨大成就，对于铁矿分佈已有进一步的了解，兹分六区，分别介绍如下：

(1) 东北地区：主要是东北南部，有寒武纪前变质铁矿，储量宏大，为鞍山钢铁企业的主要原料。

(2) 内蒙地区：规模巨大的变质岩系中的热液铁矿，已经勘探完毕，为建设包头钢铁工业的主要原料基地。

(3) 华北地区：包括山东、河北的砂页岩型铁矿；河北的宣龙式铁矿，及大庙式钛磁铁矿；山西、河南的山西式残积铁矿；沂蒙山区，伏牛山区，可能有巨大寒武纪前变质铁矿的发现。

(4) 东南地区，包括长江下游及闽、浙、粤等地，在长江南岸湖北、江西、安徽、江苏等处，有许多砂页岩型及热液型的矿床，大冶、鄂城、灵乡等地的铁矿，是武汉钢铁工业的主要原料基地，广东海南岛更有规模巨大的富铁矿床。

(5) 长江上、中游地区：湖南、江西、四川、等省有泥盆纪宁乡式沉积铁矿，分佈很广，云南中部的寒武纪前变质铁矿，四川西南部的钛磁铁矿，和砂页岩型铁矿，也很有价值，四川南部的侏罗纪铁矿床，也可小规模开采。

(6) 祁连山地区：镜铁山矿床，经过几年的勘探，已证明其有很大价值。

关于我国铁矿，比较全面的研究，较早的有：瑞典人丁格蘭所编的中国铁矿志，其后，谢家荣 1935 年，将中国铁矿床的分类，重新整理；解放后，1952 及 1955 年程裕淇根据新资料的研究将中国铁矿床分为三大类别及十五种类型和 23 形式略如下表：

I 与火成岩有关的矿床：

1. 晚期岩浆矿床。

与基性侵入岩有关的钒钛磁铁矿床——大庙式。

2. 伟晶岩矿床。

(i) 磁铁矿、磷灰石、阳起石矿床——大凹山式。

(ii) 含镜铁矿伟晶岩矿床——綏远式。

3. 高温热液（交代）矿床，（包括砂页岩型矿床）——大冶式。

4. 特种高温热液矿床——包头式。

5. 中温及低温热液矿床——南山式。

II 广义的沉积矿床（外生矿床）。

6. 层状赤铁矿床：

(i) 震旦纪成层鲕状及肾状赤铁矿矿床——宣龙式；

(ii) 上泥盆纪成层鲕状赤铁矿矿床——宁乡式。

(iii) 二叠纪成层鲕状赤铁矿矿床——涪陵式；

7. 煤系及有关地层中所含团块状，荳荚状及薄层状铁矿：

(i) 石炭二叠纪煤系中菱铁矿——淮南式；

(ii) 石炭纪煤系中菱铁矿——测水式；

(iii) 侏罗纪煤系中菱铁矿及菱铁矿頁岩——威远式；

(iv) 侏罗纪煤系上砂岩中赤铁矿——綦江式；

(v) 第三紀煤系中菱鐵礦——右江式。

8. 奧陶紀灰岩侵蝕面上的中石炭紀底部，團塊狀及莖英狀，赤鐵礦及褐鐵礦——山西式。

9. 沼鐵礦，——云浮式。

10. 風化殘留礦床——信波式。

11. 鐵帽——觀音山式。

12. 靜積及坡積礦床——福建式。

III 區域變質礦床：

13. 成層條帶狀或條紋狀變質沉積礦床——鞍山式。

14. 莖英狀輕微變質沉積礦床——大栗子式。

15. 性質不明的變質礦床：

(i) 成分接近于榴輝橄欖岩礦床——馬和寺式。

(ii) 富含碳酸鹽類礦物磁鐵礦床——通遠式。

但从工业价值的观点来看，我国在过去，现在及将来，較重要的鐵礦床类型依次为鞍山式鐵礦床、層狀水成赤鐵礦床、包頭式鐵礦床、大冶式鐵礦床、大廟式鐵礦床、山西式鐵礦床及冲積砂鐵礦床等七种类型，茲略介紹如下：

I. 鞍山式含鐵石英岩型礦床：

鞍山式含鐵石英岩型鐵礦，为我国儲量最大的鐵礦床类型，是我国东北鋼鐵工业的基礎，儲量丰富，产区集中，交通便利，硫、磷均低是其主要优点；但除少量含鐵較高的富礦外，一般是大量的貧礦，不能直接熔煉，并多为赤鐵礦，須还原焙燒后，才能磁选，而且含 SiO_2 过多，需注意熔剂配合，是其缺点。

鞍山式鐵礦一般是縞狀（條帶狀），主要为含氧化鐵（赤鐵礦、磁鐵礦）之石英片岩，与其中伴生的有角閃石、阳起石、鉄閃石、綠泥石、石榴石、黑云母、滑石、磷灰石等； Al_2O_3 、 MgO 的总含量，在 5% 以下，錳在千分之几以下，S、P 常在万分之几以下；含鐵常在 20—45% 間，而以 20—35% 之貧礦为多；鐵礦矿物較多部分与石英較多部分常互成相間的薄層。

礦体成層狀，或近于層狀之扁豆形，常与受过中等区域變質的水成岩系（石英岩、千枚岩、角閃岩、云母片岩及綠泥角閃片岩等）共生。时代屬震旦紀以前，可能与五台紀相当。有时伴有产狀和成因都与普通貧礦不同之富礦体，可能由于热液作用而富集。

鞍山式鐵礦主要分佈在辽宁南部，本溪、海城、辽阳及撫順等四县，可分为 (i) 鞍山礦田（包括西鞍山、东鞍山、大孤山、櫻桃園、弓長嶺等）(ii) 唐兒溝礦田和 (iii) 辽阳礦田，其中以鞍山礦田为最大。除辽宁外，河北东部灤县司家营，山西，定襄和五台，及其他變質岩区，也都有鞍山式鐵礦的零星分佈。

根据淺野五郎的描述，鞍山地层剖面，如以西鞍山所見为准，大致有下列的层次：

震旦系…… (9) 鈎魚台石英岩（石英岩、砂岩、頁岩、礫岩等）。

不整合	
鞍山系 (五台系?)	(8) 鞍山式帶狀鐵礦層…………… 20—40 公尺。
	(7) 粗帶狀鐵礦層…………… 20—100公尺。
	(6) 綠、絹白、灰白等色千枚岩…………… 100—200公尺。
	(5) 細粒砂岩…………… 4.5公尺。
	(4) 絹云母千枚岩…………… 3公尺。
	(3) 含石英粒千枚岩…………… 0.27公尺。
	(2) 云母千枚岩…………… 未詳。
不整合	

弓長嶺
花崗岩

泰山系(?) (1) 片麻状花岗岩 (对面山花岗岩)

根据拉尔钦科的描述: 鞍山矿区的地层可分为 (i) 震旦纪前的, (ii) 震旦纪的, (iii) 古生代的及 (iv) 中生代——新生代的, (花岗岩类及第四纪沉积)。

震旦纪前的地层, 包括花岗岩片麻岩系和鞍山系。

花岗岩片麻岩系是本区域最老岩系, 是本区域所有沉积岩系的基础, 构成太子河流域所有边部。

鞍山系包括千枚岩系及含铁石英岩系, 根据鞍山矿上地质工作者周世泰, 李鸿一等把大孤山的鞍山系分为 (i) 下千枚岩层, (ii) 带状含铁石英岩层及 (iii) 上千枚岩层, 与浅野五郎西鞍山柱状剖面, 稍有出入。

根据最近的研究, 认为鞍山系自下而上包括 (i) 混合岩, (ii) 角闪岩, (iii) 长石石英片岩, 及云母石英片岩, (iv) 角闪岩, (v) 含铁石英岩, 及 (vi) 石英岩, 云母石英片, 岩绿泥石石英片岩及千枚岩是一种含有碎屑物质及大量火山喷发的地槽型建造。

震旦系以角度不整合的关系位于鞍山系之上, 一般可分三层 (石英岩、片岩和石英岩), 主要为石英岩, 个别地区有厚达 30 公尺之頁岩, 其中往往也有赤铁矿层。(宣龙式铁矿)

古生界在鞍山矿区, 主要为寒武系及奥陶系, 通常在拗陷地带, 露头面积不大, 前者自下而上为褐红色頁岩, 夹黑色灰岩薄层, 灰色頁岩, 黑色灰岩及绿灰色砂岩, 后者主要为块状灰岩。

第四纪沉积为沙礫、泥土和黄土, 在辽河流域平均厚达 40—60 公尺。

岩漿岩包括花岗岩、閃長岩、石英斑岩及輝綠岩等。

按照年代和矿物成分, 鞍山区花岗岩可分为中生代的千山花岗岩, 黑云母花岗岩及震旦纪前的弓长岭花岗岩, 千山花岗岩东北延展到千山山脉一带, 黑云母花岗岩见于本区北部和中部, 弓长岭花岗岩分布于本区东北部, 他们都穿过鞍山系。至于日本地质学家所说更老的不穿过鞍山系的对面山花岗岩是否存在, 尚未肯定。

輝綠岩产于構造断裂带, 特别在矿化地段, 常呈岩牆出现, 石英斑岩, 分布不广, 通常也成岩牆。

关于鞍山矿田的主要構造, 有人說是一个巨大的向斜褶皱, 也有人說是一个背斜褶皱, 但所有矿床, 都位于一大窪地的沿岸地带, 也就是說位于个别瀉湖和海湾地带, 在含有铁矿的震旦纪前岩石沉积之后, 地槽还在下降以造成震旦系、寒武系和奥陶系, 及以中生代、新生代的沉积, 此后由于褶皱断裂和火山活动, 構造更复杂化。

矿体形状, 可分两种 (i) 致密矿体, 即組成岩体的岩石本身就是矿体, 矿体各部, 品位不均, 有些部分較富, 而有些部分較貧 (大孤山)。(ii) 选择性矿体, 在无矿的沉积岩中, 偶尔而在火山岩 (櫻桃園) 中呈个别含铁石英岩出现, 厚 1—2 公厘至 1—2 公尺 (西鞍山、东鞍山)。

矿物成分, 主要为磁铁矿, 假象赤铁矿, 和赤铁矿, 同时黄铁矿化相当发育, 也間有螢石化現象。

矿体主要为含铁石英岩, 但个别地方在其他类变质岩中, 偶然在花岗岩和其他侵入岩中, 可呈矿脉出现, 此等矿脉厚自 0.2 公尺至一、二公尺。

关于鞍山铁矿的成因, 有許多不同說法:

1919 年, 井上板仓, 根据西鞍山铁矿的研究, 认为成矿时期, 是寒武纪前, 铁质溶液, 是在細菌帮助下, 发生沉淀, 形成貧矿, 而富矿的生成, 則因鉄被潛水帶去, 重行沉淀富集而成, 与北美上湖铁矿的成因相似。