

第一章 铁矿床找矿潜力与成矿规律预测

铁矿资源是发展钢铁工业的物质基础。对我国铁矿资源现状与成矿规律进行科学分析,加强铁矿地质勘查和有关研究工作,提出合理对策,是确保我国钢铁工业可持续发展的重要前提。

第一节 我国铁矿资源概况

一、矿量和分布

据 1997 年铁矿储量平衡表统计,我国已探明铁矿产地 1992 处(不包括台湾省),其中,超大型矿床(>10 亿吨)12 个,即辽宁省的弓长岭、西鞍山、东鞍山、齐大山、红旗、南芬,河北自治区的司家营,内蒙古的白云鄂博,四川省的红格、白马、攀枝花和云南省的惠民;大型矿床(10 亿吨至 1 亿吨)94 处;中型矿床(1 亿吨至 1000 万吨)366 处;小型矿床(<1000 万吨)1532 处。

在 1992 处铁矿床中,共探明储量 519 亿吨,保有储量 481 亿吨。探明铁矿储量主要集中在辽宁、河北、四川、山西、安徽、云南、内蒙古、山东和湖北等 9 个省(自治区),包括 1020 个产地,探明储量共计 413.2 亿吨,占全国探明铁矿总储量的 80%。其次为河南、北京、甘肃、湖南、新疆、广东、福建、江西和陕西等省(市、自治区),共探明储量 73.8 亿吨,包括 576 处产地,占全国探明铁矿总储量的 14.3%。其他一些省(市、自治区)探明铁矿储量较少,只占全国探明总储量的 5.7%。

我国铁矿床的分布常成群集中分布,构成一些重要的铁矿集中区(成矿区),其中最主要的有以下 10 个:鞍山—本溪、西昌—滇中、冀东—密云、五台—吕梁、长江中下游、鄂西—湘西北、包头—白云鄂博、安徽霍邱、鲁中和邯郸—邢台(图 3-1-1)。

这 10 个铁矿成矿区(带)中,共在矿产地 689 处,探明铁矿储量 390.5 亿吨,占全国铁矿探明储量的 75.5% (表 3-1-1)。除了上述 10 个铁矿集中区外,还有闽西南、豫中、祁连山和东疆等地铁矿也相对较集中,并构成一定成矿区(图 3-1-1)。

表 3-1-1 我国主要铁矿成矿区（带）资源概况

No	成矿区（带）名称	矿产地	探明储量/亿吨	占全国探明储量的百分比/%	主要矿床类型
1	鞍山—本溪	38	125	24.2	沉积变质型
2	西昌—滇中	97	70.7	13.7	岩浆型、热液型、火山岩型和沉积型
3	冀东—密云	138	62.7	12.1	沉积变质型
4	五台—吕梁	32	33	6.4	沉积变质型
5	长江中下游	150	30.7	5.9	夕卡岩型、火山岩型、热液型
6	鄂西—湘西北	85	22.8	4.4	沉积型
7	包头—白云鄂博	21	17.3	3.3	沉积变质型、热液型
8	安徽霍邱	10	10.4	2.0	沉积变质型
9	鲁中	45	9.8	1.9	夕卡岩型、热液型、沉积变质型
10	邯郸—邢台	73	8.3	1.6	夕卡岩型
共计		689	390.7	75.6	

应该指出，尽管我国已探明的铁矿储量不少，其中 A + B + C + D 级储量达 519 亿吨，A + B + C 级储量为 227.8 亿吨，但是有相当一部分矿床由于矿石选冶困难，开采技术条件（如矿体埋藏较深、水文地质条件十分复杂等）和交通不便等问题未解决，所以还暂不能开发利用。估计这类暂难利用的矿石储量达 185 亿吨，大致占保有储量的 38.6%（宋瑞祥，1996）。

将我国铁矿储量与世界上主要产铁国家对比（表 3-1-2）可以看出：世界铁矿石储量为 1500 亿吨，铁金属量 650 亿吨；基础储量 2300 亿吨，换算成铁金属量 1000 亿吨。世界上主要产铁国家是原苏联、澳大利亚、巴西和加拿大等国。由于我国和世界各国储量的统计标准不一样，彼此之间很难直接对比。如果用我国 A + B + C 级保有储量（227.8 亿吨）与其他国家的基础储量相对比，按全国铁矿石的平均品位（T_{Pe}）34% 计算，铁金属量为 78 亿吨，即我国铁矿储量列居世界第五位，排在原苏联、澳大利亚、巴西和加拿大之后，美国之前。

表 3-1-2 世界铁矿储量和储量基础（亿吨）

国家（地区）	铁矿石		铁金属量		Fe 平均品位/%
	储量	基础储量	储量	基础储量	
原苏联	637	780	235	290	36.89

国家(地区)	铁矿石		铁金属量		Fe 平均品位/%
	储量	基础储量	储量	基础储量	
澳大利亚	160	281	102	179	63.75
巴西	111	173	65	101	58.56
加拿大	119	255	45	100	38.66
美国	161	252	38	60	23.60
中国 ^①	90	90 (228)	35	35 (78)	38.89 (34)
印度	54	121	33	63	61.11
南非	40	93	25	59	62.50
瑞典	30	46	16	24	53.33
委内瑞拉	20	33	12	17	60.00
世界总计	1500	2300	650	1000	

(据 U.S. Bureau Of Mines' Mineral Commodity Summaries' 1987 ~ 1994)

①据 U.S. Bureau of Mines 的估算, 未进行校正; 括号中的数字是作者对我国铁矿储量和平均品位的计算数据。

二、铁矿石的含铁量

我国铁矿的一个特点是贫矿多、富矿少。全国铁矿石平均含铁量 (T_{Fe}) 只有 34% 左右。据统计, 能直接入炉的富铁矿石探明储量只有 15.7 亿吨, 占全国探明总储量的 3%。而且富矿大多数零散地分布在约 300 个矿区中, 能构成单独开采的大型富铁矿床只有鞍山弓长岭二矿区 (储量 0.8 亿吨)、海南石碌铁矿 (1.6 亿吨) 和山东张家洼铁矿 (0.7 亿吨) 3 处。其中, 炼钢用的矿石储量就更少, 只有 2.7 亿吨, 占全国探明储量的 0.52%。

三、铁矿石的共(伴)生组分

我国铁矿床的另一个特点是矿石共(伴)生组分多, 据统计, 含共(伴)生组分的铁矿石储量多达 148.2 亿吨, 占全国探明总储量的 28.7%。一些矿床中往往共(伴)生多种组分, 如岩浆型钒钛磁铁矿床, 不仅含多量 Ti 和 V, 而且是伴有 Cr、Ca、C、Ni、Se、Te、P 和 Pt 族元素等十几种有用组分的综合性矿床; 华北地台上的夕卡岩型铁矿床普遍伴生 Co, 部分矿床还有 Cu、Au 等元素; 鄂东南等地的夕卡岩矿床常伴生 Cu、Au、Co; 宁芜地区的玢岩铁矿伴生 V、Ti、S、P 等; 宁乡式沉积铁矿伴生 P; 内

蒙古黄岗和广东大顶等夕卡岩矿床伴生大量 Sn ；白云鄂博铁矿床同时又是一个特大型稀土—铌矿床等等。

四、铁矿石类型

根据铁矿石的种类，可分为磁铁矿矿石、赤铁矿矿石、假象或半假象赤铁矿矿石、钒钛磁铁矿矿石、菱铁矿矿石、镜铁矿矿石、褐铁矿矿石及由上述两种或两种以上含铁矿物组成的混合矿石。个别矿区还有较多的穆磁铁矿矿石（如内蒙古谢尔塔拉）。

磁铁矿矿石是我国最重要的铁矿石，主要赋存于沉积变质型、夕卡岩型、火山岩型和热液型铁矿床中，属易选和利用率高的矿石类型，其储量和开采量均居各类型矿石之首。赤铁矿矿石主要赋存于沉积型、风化淋滤型、火山岩型矿床及部分沉积变质型铁矿床中。钒钛磁铁矿矿石则主要赋存于岩浆型铁矿床中。菱铁矿矿石一般赋存于沉积型、热液型、和部分夕卡岩型矿床中。镜铁矿矿石主要赋存于部分沉积变质铁矿床和夕卡岩型铁矿床中。褐铁矿矿石则主要赋存于风化淋滤型矿床内。

当杂质元素（S、P、Cu、Pb、Zn、V、Ti、Co、Ni、Mn、Sn、F、As 等）含量较高时，又可分为高硫铁矿石、高磷铁矿石、富锌铁矿石、富锰铁矿石、铜铁矿石等等。

按矿石的结构、构造的不同，可分为致密块状、浸染状、条纹状、条带状、网脉浸染状、角砾状以及鲕状、豆状、肾状、蜂窝状、粉状和土状矿石等。

第二节 我国铁矿床的成因类型、主要地质特征和形成地质条件

中国幅员辽阔，地质条件复杂，铁矿类型很繁。程裕淇等（1976、1978、1994）曾对我国铁矿的成因类型进行过多次研究。在此基础上，笔者进一步划分为以下 8 个类型组：

- （1）与铁质基性、超基性岩浆侵入活动有关的岩浆型铁矿床（简称岩浆型）；
- （2）与中酸性（包括偏基性或偏碱性）岩浆侵入活动有关的夕卡岩型铁矿床（简称夕卡岩型）；
- （3）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（简称火山岩型）；
- （4）热液型铁矿床；
- （5）沉积变质型铁矿床；
- （6）沉积型铁矿床；
- （7）风化淋滤—残积型铁矿床（简称风化淋滤型）；
- （8）其他类型（包括成因不明的类型）。

不同铁矿成因类型所占的储量比重见图 3-1-2。

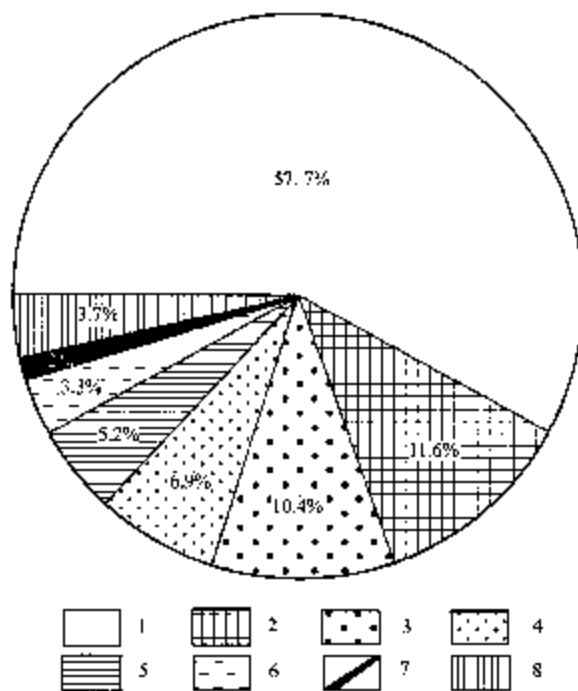


图 3-1-2 我国不同铁矿成因类型储量所占比例

1—沉积变质型；2—岩浆型；3—夕卡岩型；4—沉积型；5—火山岩型；
6—热液型；7—风化淋滤型；8—其他类型（包括成因不明的类型）

表 3-1-3 列出了上述 7 个主要铁矿类型组的产出区域构造背景、11 个亚类、主要成矿元素、每个类型组可能含的矿床类型和常见的矿物组合以及矿床实例。对每个铁矿床类、型组或亚类可能包含的矿床类型的划分，主要是从矿床成矿系列的角度考虑的。

表 3-1-3 中国主要铁矿床类型

类型组	主要成矿元素	可能包含的矿床类型	可能包含的常见矿物组合	区域构造背景	矿床实例
I. 与块状基岩、超基性岩侵入活动有关的岩浆型铁矿床	Fe, Ti, V (Co, Ni, Cu, Cr) 等	岩浆结晶分异型	铁磁铁矿、磁铁矿、尖晶石类、磁黄矿、基性斜长石、斜方辉石、单斜辉石、橄榄石、角闪石、磷灰石等	不同隆起区或其边缘的断裂带内或其附近	四川攀枝花、红格、白马、太钢、河北大庙—黑山等
		岩浆晚期贯入型	铁磁铁矿、磁铁矿、磁黄矿、金红石、斜长石、基性斜长石、磷灰石、绿帘石等		

类型组	主要成矿元素	可能包含的矿床类型	可能包含的常见矿物组合	区域构造背景	矿床实例
I. 与中位、中偏基性(或偏碱性)侵入体有关的铁矿床	Fe (Co, Cu, Au)	钙闪岩岩型	磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钨矿、黄铜矿、辉石、石榴子石、阳起石、方解石	造山带或造山带内次一级构造带	新疆哈密、山东济南、金岭、莱山、山西塔儿山、二峰山、河北中关、西石门等
		铁闪岩岩型	磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、自然金、透辉石、金云母、辉钨矿、透闪石、菱镁矿		
		钙铁辉石岩型	磁铁矿、假象赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、透辉石、金云母、阳起石、透闪石、石榴子石		
		高温热液交代(充填)型	磁铁矿、透闪石、金云母、蛇纹石		
II. 与中、酸性(包括偏基性或偏碱性)岩浆侵入体有关的夕卡岩型铁矿床	Fe, Cu (Co, B, Mo, Au)	钙闪岩岩型	磁铁矿、假象赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、透辉石、石榴子石、含铁金云母	稳定区(或活化稳定区)造山带或其内部隆起区的次一级构造带	湖北大冶、河北石家庄等
		铁闪岩岩型	磁铁矿、黄铁矿、辉钨矿、透辉石、菱镁矿、金云母、辉钨矿、辉钨石		
		高温气液充填型和、中温热液交代型	磁铁矿、含铁金云母、黄铁矿、菱铁矿、赤铁矿、白云石、石英		
	Fe, Sn, (Cu, Pb, Zn, W, Mo)	钙闪岩岩型	磁铁矿、锡石、闪锌矿、黄铜矿、辉钨矿、石榴子石、透辉石、石英、萤石	活化区或构造带	福建马山、贵田、广东大顶、尖山、内蒙古黄岗、黑龙江黑山等
		铁闪岩岩型	磁铁矿、锡石、辉钨矿、白铜矿、闪锌矿、方解石、透辉石、辉钨矿、金云母、磁黄铁矿、磁黄石		
		钙铁辉石岩型	闪锌矿、方解石、磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、石榴子石、辉钨矿、辉钨石、透辉石、透闪石、磁黄石		
	Fe, Sn, (Cu, Pb, Zn, W, Mo)	高、中温气液交代(充填)型	磁铁矿、假象赤铁矿、含铁角闪石、萤石、蛇纹石、绿帘石、含氟透闪石、石英		

类型组	主要成矿元素	可能包含的矿床类型	可能包含的常见矿物组合	区域构造背景	矿床实例
Ⅲ 与中性(偏基性或偏酸性)钠质或斜钠质火山-侵入活动有关的铁矿床	Fe (Cu, S, P, Au)	矿浆型(?)	磁铁矿、透辉石、磷灰石、石榴子石、石英、方解石	活动区或过渡区火山岩所陷盆地	宁芜、庐枞地区, 西奥加多林地区
		钙夕卡岩型	磁铁矿、透辉石、石榴子石、磷灰石		
		高温气液交代(充填)型(浸染型)	磁铁矿、透辉石、钠长石、钠闪石、磷灰石		
		高中温气液充填(交代)型	磁铁矿、假象赤铁矿、磷灰石、石英、钠长石、阳起石		
		中低温热液交代(充填)型	磁铁矿、菱铁矿、黄铁矿(黄铜矿)、石英、硬石膏、玉晶石、明矾石、高岭石		
	Fe (Cu) 为主	火山-沉积型	赤铁矿、石英、重晶石	活动区(地槽褶皱带)	云南大红山、晏莽、新疆库姆塔格、赤龙峰、武可布台等
		火山喷溢-熔浆型	磁铁矿、钠长石、电气石、绿帘石		
		火山气液交代充填型	磁铁矿、赤铁矿(镜铁矿)、石英、钠长石(碳酸盐矿物、绿帘石、或阳起石、绿帘石)		
		火山时发沉积型	磁铁矿、赤铁矿、(菱铁矿、黄铁矿、黄铜矿)、石英、(绿帘、白云石、绿帘石、钠长石)		
Ⅳ 热液型铁矿床	Fe (Cu)	火山沉积型	赤铁矿、铜矿、石英、(含铜矿物、重晶石、绿帘石)	地槽褶皱带或隆起区或深大断裂附近少数产干冲积带	山东马陵、大冶河、湖北灵乡、四川泸沽等 滇中上厂、八街、大龙等, 贵州观音山、铁厂山和山东义盛、产于
		高中温热液型	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、透辉石、透闪石、阳起石、蛇纹石、石英、方解石		
		中低温热液型	菱铁矿、赤铁矿、黄铁矿、褐铁矿、方解石、白云石、石英、重晶石		

类型组	主要成矿元素	可能包含的矿床类型	可能包含的常见矿物组合	区域构造背景	矿床实例
V. 沉积变质型铁矿床	Fe (S, Cu)	沉积变质氧化带型	磁铁矿 (假象赤铁矿)、石英	古老稳定区, 隆起区 (原生沉积阶段属褶皱带)	辽宁鞍山, 本溪地区; 河北冀东, 安徽祁门等地, 山西五台
		沉积变质铁-硅酸盐型	磁铁矿、(假象赤铁矿)、石英、绿泥石、云母类及/或闪石类 (阳起石透闪石、铁闪石、蓝绿色角闪石等), 及/或辉石类 (普通辉石、紫苏辉石)		
		沉积变质硫化物型	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、(磁铁矿)、石英		
VI. 沉积型铁矿床	Fe, Pb, Zn (Cu)	沉积变质菱铁矿型	菱铁矿、(磁铁矿) 黄铁矿、绢云母、石英、铁白云石、重晶石	相当活动的地区 (褶皱带内)	陕西大西沟, 吉林大岭子等
		沉积变质多金属硫化物型	方铅矿、闪锌矿、菱铁矿、黄铁矿、黄铜矿、重晶石、碳酸盐矿物、石英、白云母		
	Fe (P)	浅海至潮坪带氧化带中之氧化铁矿型	赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、石英、绿泥石、方解石	稳定区 (块台、准块台)	河北的宣龙式铁矿和綦南、綦北、广西、四川、云南等省(区)的宁乡式铁矿等
1. 浅海相沉积铁矿床	Fe (P)	浅海相沉积铁矿床	菱铁矿、绿泥石、石英、胶磷矿、方解石、海绿石		
		浅海相沉积铁矿床	赤铁矿、菱铁矿 (褐铁矿)、黄铁矿、石英	稳定区、活化区 (地台、华地台)	华北、华南等地石炭—二叠纪、侏罗纪菱(赤)铁矿和煤系、山西和贵州一带
		三角洲沼泽相、滨海沼泽相、大陆沼泽相煤型	菱铁矿、黄铁矿、煤、黄铁矿		
2. 海陆交替相或湖相沉积铁矿床	Fe (煤、铝土矿)	三角洲沼泽相、滨海沼泽相、大陆沼泽相煤型	菱铁矿、黄铁矿、煤、黄铁矿	稳定区、活化区 (地台、华地台)	华北、华南等地石炭—二叠纪、侏罗纪菱(赤)铁矿和煤系、山西和贵州一带
		大陆沼泽相铁铝土矿型	赤铁矿、一水硬铝石、勃姆石、黄铁矿、石英		

类型组	主要成矿元素	可能包含的矿床类型	可能包含的常见矿物组合	区域构造背景	矿床实例
Ⅲ. 风化淋滤 残积型铁 矿床	Fe (Cu, Pb, Zn, Mn, Ni)	多金属硫化物 或黄铁矿矿床 的氧化铁帽	褐铁矿、赤铁矿、菱铁 矿、孔雀石、铜蓝、菱 锌矿、白钨矿、石英、 高岭石	活动区	广东大 宝山、 大湾坪
		菱铁矿矿床的 氧化铁所	水赤铁矿、褐铁矿、重 晶石、石英、粘土矿物	活动区	贵州现 音山、 铁矿山、 湖北黄柏
		含铁铝土矿的 氧化铁帽	褐铁矿、假象赤铁矿、 软锰矿、硬锰矿、石英、 重晶石	活动区	海拉尔 坑、太 华、万 家岭
		沉积变质铁硅质 建造的古风化壳	假象赤铁矿、石英、赤 铁矿	稳定区 (隆起区)	山西袁 家村

(据程裕斌等, 1994, 有补充修改)

一、岩浆型铁矿床

岩浆型铁矿床又称为钒钛磁铁矿矿床, 主要集中分布在四川攀(攀枝花)西(西昌)地区和河北大庙、黑山一带, 散布于陕南、东疆、粤东和黑龙江北部等地。已探明铁矿储量 60 多亿吨, 其中攀西地区占该类型铁矿床探明总储量的 94.8%。矿床在成因上与不同地质时代的基性、超基性杂岩体有关, 矿体直接产于岩体内。成矿时代主要属于海西期, 其次为加里东期和元古宙。

在构造上, 矿床大多数产于隆起区边缘的深断裂带或其附近, 往往在区域上呈线状分布。具体矿床的产出则与深断裂带所派生的次级断裂密切相关。

矿床按含矿母岩的岩石类型, 可分为辉长岩(包括斜长岩)型、橄辉岩型和辉绿岩型, 其中以前两类为主。根据形成方式的不同, 又可分为岩浆结晶分异型和岩浆晚期贯入型两类, 以前者居多。

钒钛磁铁矿矿石的金属矿物主要为钛磁铁矿, 次为磁铁矿、钛铁矿和尖晶石类等, 常伴生少量磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、硫钴矿和硫镍钴矿等金属矿硫化物; 非金属矿物一般有辉石(包括含钛普通辉石、易剥辉石、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, 晚期蚀变矿物有绿泥石、纤闪石、蛇纹石和金云母等。

钒钛磁铁矿不仅是铁、钛、钒共生的矿床, 而且常伴生有铬、镓、铜、钴、镍、

硒、碲、硫、磷及铂族元素等十几种有用组分。矿石全铁含量一般为 25% ~ 45%，局部有大于 45% 的富矿石， TiO_2 含量 5% ~ 15%， V_2O_5 0.2% ~ 0.5%。

（一）岩浆结晶分异型铁矿床

此类矿床的重要产区为攀（枝花）—西（昌）地区。该区含矿基性超基性岩体主要分布于北起冕宁，向南经西昌、米易、攀枝花到云南牟定，构成南北长 300km，东西宽 10 ~ 30km，断续分布的钒钛磁铁矿成矿带。现已发现含矿岩体 25 个，其中红格、攀枝花、白马和太和 4 个岩体赋存有特大型或大型钒钛磁铁矿矿床。

成矿带在区域构造上位于川滇南北向构造带（康滇地轴）的安宁河断裂构造带附近。含矿基性超基性岩体严格受大断裂的控制，绝大多数都产于安宁河断裂带西侧与昔格达断裂带所限的狭长带中，沿南北向断裂出露，构成岩带。

区内地层由老到新分别为：

（1）新太古界到古元古界康定群：是康定杂岩的主体部分，由斜长角闪岩类和有关的混合岩组成；

（2）中新元古界会理群（昆阳群）：同位素年龄为 800 ~ 1700Ma，主要为板岩、千枚岩、砂板岩、变玄岩等组成，总厚度达 15000m；

（3）震旦系（600 ~ 800Ma）：主要为中酸性火山岩建造及火山碎屑沉积岩建造，其中晚震旦世地层，在隆起带从下向上依次为砾岩、砂页岩、泥灰岩、灰岩和白云石大理岩等，总厚度大于 3000m；

（4）古生代沉积：为早二叠世的碎屑岩、碳酸盐岩和晚二叠世的玄武岩。厚度 200 ~ 600m；

（5）上三叠统陆相紫红色砂砾岩夹泥岩建造，厚度达 280m。

在上述地层中，震旦纪的白云质大理岩常构成一些重要钒钛磁铁矿矿床（如攀枝花、红格和白马等）的围岩。

攀西地区基性—超基性岩体可分为 7 个主要类型：①纯橄岩—方辉辉橄岩型；②角闪橄榄岩—角闪辉石岩—辉长岩型；③二辉橄榄岩—二辉橄辉岩—二辉辉石岩—辉长岩型；④单辉橄榄岩—单辉橄辉岩—单辉辉石岩—辉长岩型；⑤辉长岩型；⑥辉绿岩—辉绿辉长岩型；⑦碱性超基性岩型。其中④⑤类岩体与钒钛磁铁矿矿床关系密切。

单辉橄榄岩—二辉橄辉岩—二辉辉石岩—辉长岩型是红格、新街等矿床的含矿岩体。该类型岩体规模较大，一般大于 3km²，大者可达 100km² 以上。岩体具明显的分异现象，形成自下而上由超基性到基性的一套连续分异的典型层状岩体。岩体上部相常出现碱性岩脉。组成岩体的辉石为单斜辉石，斜方辉石偶见或缺失。

辉长岩型也是本区重要的含钒钛磁铁矿矿床的岩体类型，如攀枝花、白马、太和等含矿岩体。岩相单一，都是辉长岩。在分异良好的辉长岩体中具有明显的层状构造。组成岩体的辉石几乎全为单斜辉石，斜方辉石仅在局部产出。

关于本区含钽钛磁铁矿层状基性、超基性岩体的时代，以往一般认为属海西期。袁海华（1985）曾对攀枝花、红格、太和和白马等岩体的全岩和单矿物辉石、角闪石、黑云母、斜长石等做了两条 $K-Ar$ 法等时线，其年龄为 $(338.7 \pm 0.9) Ma$ 和 $(382.19 \pm 13.02) Ma$ 。

四川省地矿局 106 队（1986）对红格、攀枝花的部分样品用 $K-Ar$ 法测定年龄为 $483.05 Ma$ ，攀枝花岩体 III 矿带辉长岩中斜长石为 577.31 和 $645.83 Ma$ ；红格岩体路枯北矿区辉石岩中的辉石为 498.75 和 $483.19 Ma$ 。他们认为 $500 Ma$ 左右的年龄值是较可信的，即成岩成矿时代为加里东期。

张宗清、卢纪仁等（1999）用 $Sm-Nd$ 法对攀枝花、白马、红格岩体的年龄进行测定结果，岩体形成于海西—印支期，年龄值为 $283 \sim 197 Ma$ ，其中，红格岩体 $(283 \pm 38) Ma$ ，白马岩体 $(197 \pm 60) Ma$ ，攀枝花岩体上部岩相 $(210 \pm 43) Ma$ ，下部岩相 $282 Ma$ 。

矿体一般产于岩体的下部和底部，形态为层状、似层状和透镜状，有些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。例如红格矿床，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 3 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 3-1-3）。各韵律层（含矿带）的主要共同点是：

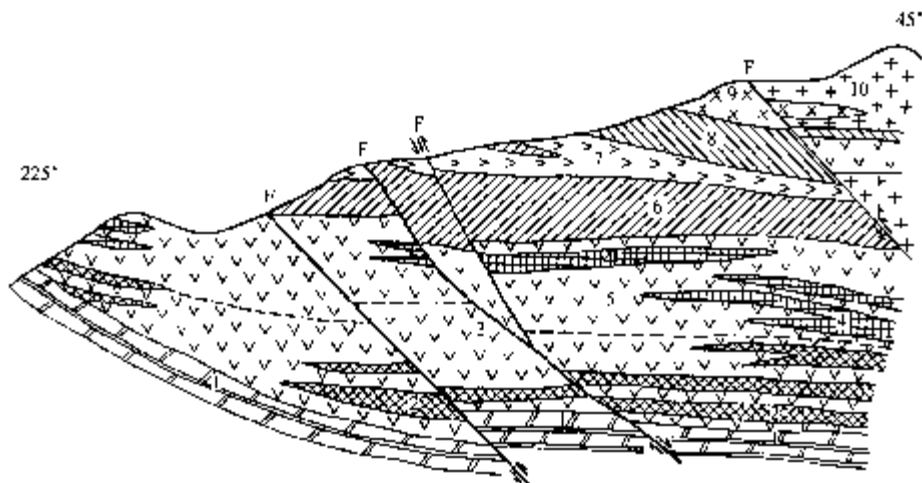


图 3-1-3 四川红格岩浆型铁矿床含矿基性—超基性岩体韵律层示意剖面

（据原地质矿产研究所，1974 年原图简化）

- 1—元古宙硅化大理岩；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—辉石岩型矿床；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小;

(2) 含矿性自上而下变好, 矿体一般都产于每一个韵律层的底部;

(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。

又如攀枝花矿床, 含矿辉长岩体的层状构造也十分明显, 它们由浅色岩石与暗色岩石相互更替而成, 各种岩石之间均为过渡关系。原生层状构造和岩体的分布方向和围岩的产状一致。根据岩性和矿物成分的变化, 含矿辉长岩体自下而上可分为 5 个岩相带和若干个矿化带。主要含矿部位位于岩相带下部, 它是岩相带内基性程度最高的部位, 矿石常为辉长岩夹橄榄岩或橄榄岩型。

(1) 底部边缘带, 该带以暗色细粒辉长岩为主, 含矿性差, 厚度变化大, 厚 10 ~ 300m;

(2) 下部暗色层状辉长岩含矿带, 包括 3 个含矿带厚 60 ~ 520m;

(3) 中部暗色层状含矿辉长岩带, 其中包含 4 个含矿带, 厚 166 ~ 600m;

(4) 上部浅色层状含矿辉长岩带, 其中包含两个含矿带, 厚 10 ~ 120m;

(5) 顶部层状辉长岩带, 含矿性差, 厚 500 ~ 15000m。

主矿体产于 (2)、(3) 含矿辉长岩带中。韵律层结构在矿物成分和含量上的变化规律是: 从上到下斜长石基性程度逐渐增高, 在岩体上部 $A_n = 40 \sim 57$, 向下至底部为 $A_n = 59 \sim 67$; 橄榄石、辉石含量则逐渐增加, 从而导致岩石基性程度逐渐升高的韵律式变化。

韵律结构表现在岩石和矿石结构构造上也很明显。在岩体或韵律层上部, 由于金属矿物含量较少, 岩石和矿石一般呈条带状或稀疏浸染状构造; 到下部, 由于金属矿物增多, 变为稠密浸染状或条带状甚至块状构造。在矿石结构方面, 韵律层下部岩石一般为嵌晶结构, 即由脉石矿物包裹自形铁钛氧化物而成; 韵律层上部岩石, 铁、钛氧化物都在辉石、斜长石粒间呈填隙状产出, 构成填隙结构。往下, 铁钛氧化物含量增多, 到岩体或韵律层下部, 有时彼此连成一层, 过渡为海绵陨铁结构。

(二) 岩浆晚期贯入型铁矿床

该类钒钛磁铁矿矿床分布于河北大庙—黑山一带的基性杂岩体中, 以“大庙式”铁矿床著称。

含矿基性岩体产于内蒙古地轴东段南缘, 受东西向深大断裂控制。基性杂岩体侵位于前寒武纪变质岩系中, 其岩性主要为斜长岩、辉长岩、苏长岩, 次为橄榄岩、辉石岩和角闪岩。斜长岩和苏长岩—辉长岩类岩体直接产于深断裂带中, 东西延长约 40km, 南北宽 2 ~ 9km。岩体中部被中生代火山岩覆盖, 使岩体分隔为东、西两段, 西部为黑

山岩体，东部称头沟岩体。

斜长岩为基性岩体的主要组成部分，占岩体总面积的 90%，具多次侵入特征，又可进一步划分为白色斜长岩、绿泥石化斜长石和纤闪石化斜长岩等。其中又以白色斜长岩分布最广，斜长石（ $A_n = 35 \sim 50$ ）占岩石总体积的 80% ~ 90%，普遍遭钠黝帘石化。岩石中钛磁铁矿、绿泥石和磷灰石等矿物约占 3% ~ 5%。有时还可见金红石和白钛矿。

苏长岩—辉长岩类岩石中以辉长岩为主体，还包括二长辉长岩、紫苏辉长岩和苏长伟晶岩等。上述各类岩石基本上是同源同期先后侵入的产物。斜长岩和苏长岩—辉长岩亦为先后侵入关系。

斜长岩类岩体形成的时代应属元古宙晚期，中国地质科学院力学所（1973）和北京大学（1974、1975）等测得 $K - Ar$ 同位素年龄为 604.4 ~ 992 Ma°。

按成矿与基性岩的关系及成矿方式，可分下列两种类型矿体，即贯入型和浸染型，其中以前者为主。

贯入型矿体产于斜长岩或辉长岩的裂隙中及斜长岩与辉长岩的接触带，呈透镜状或脉状产出，形态较规则，产状陡，同围岩界线清楚，主要由致密块状矿石组成。在矿体中常见有斜长岩角砾和捕虏体。矿石矿物主要为钛磁铁矿，含少量钛铁矿和微量黄铁矿、黄铜矿、金红石等，主要脉石矿物有绿泥石、角闪石和斜长石，少量磷灰石。

浸染状矿体主要产于辉长岩和斜长岩接触带附近的辉长岩中，与围岩界线呈渐变关系。矿石具浸染状构造。主要矿物成分有钛磁铁矿、钛铁矿、斜长石、普通辉石、紫苏辉石、阳起石和绿泥石等，次为磷灰石、金红石和硫化物。化学成分的特点是含 P_2O_5 较高，一般达 0.59% ~ 0.93%，部分矿石可达 5% ~ 10%，形成主要由钛磁铁矿和磷灰石组成的富磷铁矿床，但 TFe 含量则降低为 20% 以下。

矿床的形成是在斜长岩形成后，苏长岩—辉长岩熔浆相继侵入，在局部的辉长岩中形成较早的浸染型富磷铁矿床。最后是含矿熔浆沿构造裂隙带贯入，形成致密块状矿体和浸染状矿体，并伴有绿泥石化、钠黝帘石化和纤闪石化等热液蚀变作用。

二、夕卡岩型铁矿床

夕卡岩型铁矿床又称接触交代型铁矿床。矿体主要产于中性、中酸性或酸性中浅成侵入体和碳酸盐岩的接触带夕卡岩或附近围岩中，一般呈透镜状、似层状、脉状或不规则状产出。这类铁矿床是我国主要铁矿床类型之一，也是目前富铁矿类型之一。其储量约占全国铁矿床总储量的 10.37%（图 3-1-2），富矿石占全国已探明富铁矿石的一半左右。

夕卡岩铁矿床在我国分布很广，除天津、台湾、重庆和贵州以外的各省（市、自治区）均有产出，但分布不均，较集中地分布于华北地台中部、长江中下游、闽南、粤东、东秦岭和东疆等地区（图 3-1-1）。

（一）类型及其地质特征

根据与成矿有关的侵入体岩性组合及其所反映的区域地质背景和矿化元素组合，可大致分为以下₃类矿床：

（₁）与中性和中偏基性（或偏碱性）侵入体有关的铁矿床。已知的这类铁矿床主要分布在稳定的华北地台范围内隆起区边缘的拗陷带（邯邢式铁矿床），部分产于地槽造山带（如磁海铁矿床）。与成矿有关的岩体在华北地台为燕山期辉长岩—闪长岩和闪长岩—二长岩杂岩体，一般主要呈似层状侵入在以中奥陶统为主的碳酸盐岩层中。在磁海则为海西期的辉绿辉长岩。近矿岩体的钠质交代作用十分强烈，主要是钠长石化，局部有方柱石化。金属矿物以磁铁矿为主，次为假象赤铁矿，含钴黄铁矿等。铁矿床伴生的金属元素一般较单一，主要是钴，部分矿区有铜、金，个别与基性岩有关的矿床还有镍、铂和钼。

（₂）与中酸性侵入岩有关的铁矿床。这类矿床主要分布于地台边缘的拗陷带，如长江中下游地区的大冶铁山等矿床。在这个地区，与成矿有关的侵入体为燕山期闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩等杂岩体。矿化围岩为三叠纪灰岩或含白云质灰岩。近矿岩体的碱质交代现象也十分明显，如钠长石化、方柱石化；局部有钾长石化，蚀变分带清晰（图3-1-4）。矿石矿物主要为磁铁矿，其次有假象赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿等。金属矿化组合主要是铁、铜、钴、金。

（₃）与酸性（或偏中性）侵入体有关的铁矿床。该类铁矿床主要分布于大陆边缘的拗陷带、褶皱区，如东北大小兴安岭、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。一般当围岩为泥砂质岩石、火山凝灰岩类夹碳酸盐岩层时，侵入体岩性主要为花岗岩类，闽南地区的个别矿床（马坑）还有不少辉绿闪长岩类产出；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。岩体时代不一，东部地区大多为燕山期；西北和部分东北地区的一些岩体主要为海西期和印支期，并有可能伴生同时代的火山岩；康滇地轴上的少数花岗岩体则属于新元古代澄江期的产物。与酸性岩类有关的铁矿床中，伴生金属矿化比较复杂，可能出现锡石、辉钼矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、白钨矿和辉铋矿等，分别组成锡石—磁铁矿（黄岗、大顶）、辉钼矿—磁铁矿（马坑）、铁闪锌矿—磁铁矿（曲里村）、辉钼矿—黄铜矿—闪锌矿—磁铁矿（木龙沟）等矿石建造，甚至发现有铁、铜、铅、锌、钨、锡、铋、钼等多金属矿化共生的矿床（翠宏山、西山）。近矿岩体的碱质交代现象以钾化为主，包括钾长石化、黑云母化和绢云母化等。

综观上述，与夕卡岩铁矿床有关的岩浆岩存在着明显的成矿专属性，随着成矿岩体酸度的变化，即从辉长岩、辉绿岩类→闪长岩、二长岩类→中酸性杂岩体→花岗闪长岩和花岗岩，铁矿伴生的金属元素组合相应依次发生变化：钴（铜、镍、金、铂）→铜、钴（金）→铜、铅、锌（钼）→铜、铅、锌、钨、锡、钼、铋→锡。

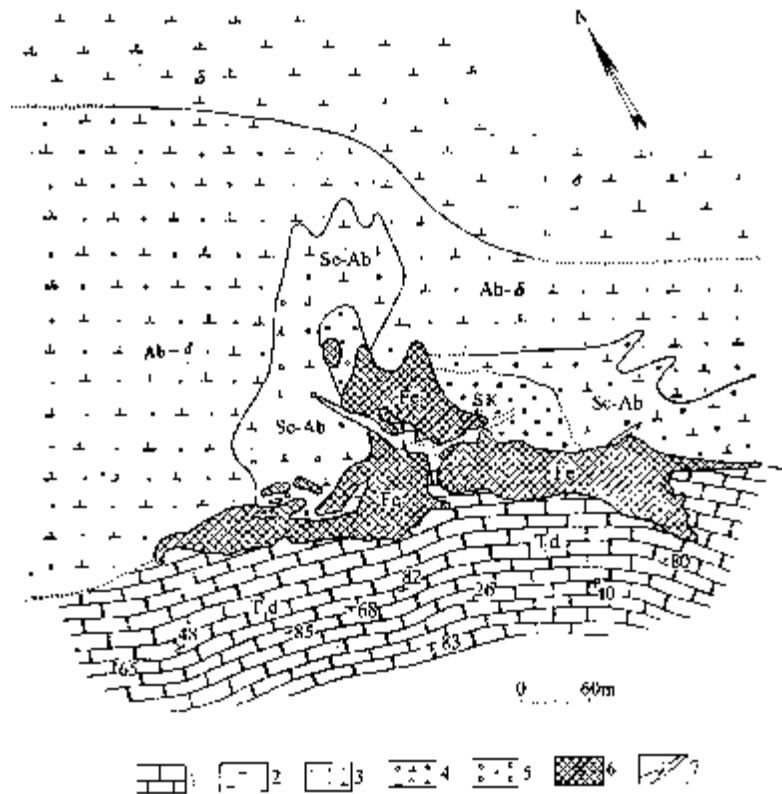


图 3-1-4 大冶铁矿铁门坎矿段蚀变分带的地质略图

(据赵一鸣等, 1983)

1—大理岩; 2—石英闪长岩; 3—透辉石化钠长石化闪长岩; 4—网脉状方柱石化 (包括石榴子石化、透辉石化、绿帘石化和钠长石化) 闪长岩; 5—石榴子石—透辉石—方柱石夕卡岩; 6—磁铁矿矿体 (脉石矿物主要为含铁金云母); 7—闪长玢岩岩脉

必须指出, 在讨论侵入岩的成矿专属性时, 还应考虑到不同区域的构造背景和地球化学特点以及侵入体围岩的物质成分等条件, 因为在侵入岩酸度相似的岩性条件下, 可以由于这些情况的差别而使其伴生金属元素组合有一定差异。

根据夕卡岩矿物组合的不同及其所反映的被交代围岩岩性的差别, 又可把夕卡岩铁矿床划分为钙夕卡岩型和镁夕卡岩型两类, 其中以钙夕卡岩型居多, 镁夕卡岩型铁矿只占少数, 如陕西木龙沟、黑山, 黑龙江二股西山和山西二峰山、狐堰山等矿区。当围岩为灰岩时, 通常形成钙夕卡岩型铁矿, 组成的夕卡岩矿物一般有透辉石—钙铁辉石系列辉石、钙铝—钙铁榴石系列石榴子石、硅灰石、方柱石和符山石等; 当围岩为白云岩类时, 则常形成镁夕卡岩型铁矿床, 组成夕卡岩矿物可能有透辉石、镁橄榄石、铝质透辉石、尖晶石、金云母、硅镁石族和蛇纹石等。在镁夕卡岩型铁矿床中, 铁矿物除磁铁矿外, 还时可能出现较多的镁磁铁矿, 甚至局部有镁铁矿, 如陕西木龙沟和安徽三铺地

区。

矿石大多属富矿，铁品位（ T_{Fe} ）一般为 40% ~ 55%。

（二）大型夕卡岩铁矿床形成的地质条件

大型夕卡岩铁矿床形成的区域构造位置大多为褶皱带的隆起区向凹陷区过渡处的凹陷区一侧或坳陷区的次一级基底断裂凹陷带。

富铁的闪长岩类（如邯邢、莱芜和鄂东南等地区）和辉绿闪长岩类（如新疆磁海和福建马坑）的存在及其深部的分异作用和热流体活动是提供大量铁质的物质基础。基底深断裂的存在则是促使富铁岩浆和含铁热流体上涌的通道。侵入体和碳酸盐围岩的接触带，特别是当接触带和断裂复合、岩体的内凹处或岩体超复于碳酸盐围岩时，常形成有利的容矿空间。

富铁岩浆和碳酸盐围岩在深部的相互作用就像炼铁炉内铁矿石中加入石灰岩熔剂一样，进一步去渣促使铁质富集。强烈的碱交代作用，特别是钠交代作用，表现在近矿内接触带闪长岩类侵入体的大范围的钠长石化或钠、钾长石化以及流体中大量 CO_2 、 Cl^- 、 F^- 等挥发组分的参与，是铁质萃取、迁移和富集的催化剂。挥发组分大多在铁矿石及其近矿蚀变岩的交代矿物中得到确证，如含氯角闪石、萤石、含铁金云母、金云母等，或以气液包裹体的形式赋存于各类交代矿物中。这说明碱质交代和挥发组分曾积极参与了夕卡岩铁矿的成矿作用，促使铁质从富铁岩浆融熔体和已冷却的闪长岩类围岩中萃取、迁移和富集（赵一鸣等，1983a、1990）。

部分夕卡岩铁矿床的流体包裹体的研究表明，透辉石、石榴子石等夕卡岩矿物的形成温度大致为 400 ~ 700℃，含盐度较高（46% ~ 49% NaCl）；磁铁矿的形成温度较广，从 250 ~ 550℃ 不等，盐度低于 23% NaCl。这和大量磁铁矿的沉淀发生在含水硅酸盐阶段的地质观察是基本符合的（赵一鸣等，1983b）。

三、火山岩型铁矿床

火山岩型铁矿床，确切地说，应称为与中性（偏基性或偏酸性）火山—侵入活动有关的铁矿床或火山—侵入岩型铁矿床。矿床一般产于不同时代的火山（火山沉积）岩及有关浅成侵入体中，大多伴有明显而广泛的钠质交代及其他蚀变，并以富矿石占较大比例为特征。因此，该类铁矿也是目前我国重要的富铁矿类型 2_—。其储量约占全国铁矿总储量的 5.2%（图 3-1-2）。

按铁矿产出的火山岩系生成地质环境，又可分为与陆相富钠质中偏基性火山—侵入活动有关的铁矿床和与海相中偏基性（或偏酸性）火山—侵入活动有关的铁矿床两类。

（一）与陆相富钠质中偏基性火山—侵入活动有关的铁矿床

这类铁矿重要集中区为宁芜—庐枞地区。那里分布有江苏梅山、安徽姑山、凹山、

高村、和尚桥、白象山、罗河和龙桥等一批大型铁矿床和许多中小型铁矿床。铁矿产于下扬子台褶带侏罗—白垩纪陆相火山断陷盆地中。成矿主要与燕山期（109.7~137Ma）中偏基性富钠质的闪长玢岩有关。在每一个火山侵入活动中心地带，往往形成一组空间上主要与辉长（石）闪长玢岩潜火山岩体有关从高温到中低温的铁矿，并以不同形式产出，有的属于产于玢岩顶部的高温气液交代型浸染状铁矿床（如陶村、吉山和泰山等）；有的为产于玢岩体接触带及其附近的高温气液交代充填型铁矿床（凹山、梅山）；当围岩为三叠纪灰岩时，可能出现接触交代型铁矿床（凤凰山、梅子山等），也有属于中低温热液充填交代型（龙虎山、牛首山）以及火山喷发沉积型（龙旗山）铁矿床。它们尽管产出形式、伴生蚀变等各不相同，但在时、空、成因上互有联系，共同构成一个与闪长玢岩有关的铁矿成矿系列，并被概括为“玢岩铁矿”模式（宁芜研究项目编写小组，1978）。

矿体大多为透镜状、似层状、脉状或囊状。矿石矿物以磁铁矿为主，次为假象赤铁矿、赤铁矿、黄铁矿、镜铁矿、褐铁矿和少量黄铜矿。脉石矿物对产于闪长玢岩内接触带的高温气液交代型矿床来说，典型的是钠长石、方柱石、阳起石、磷灰石、绿帘石和绿泥石组合；在高温气液交代充填型和接触交代型矿床中，还可能出现透辉石、石榴子石和金云母，有的矿床中（如罗河）还有多量硬石膏；在中低温热液交代充填矿床中，矿石一般由赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿和石英、高岭石和绢云母等组成。矿石构造有块状、浸染状、角砾状、网脉状和斑杂状等。矿石化学成分以高硫、高磷、富钒为特征。块状矿石平均含 $\text{TFe} 38\% \sim 46\%$ ，浸染状矿石平均含铁量 $23\% \sim 34\%$ ，属贫铁矿石， $\text{SiO}_2 0.05\% \sim 7\%$ ， $\text{P} 0.3\% \sim 0.6\%$ ， $\text{V}_2\text{O}_5 0.1\% \sim 0.3\%$ 。

围岩蚀变发育，并有明显的分带性，一般下部碱质交代现象发育，包括钠长石化、方柱石（钠柱石）化；中部为深色蚀变，包括钠长石化和辉石—阳起石化；上部则为浅色蚀变带，包括黄铁矿化、硅化和高岭土化等（图 3-1-5）。

（二）与海相中偏基性（或偏酸性）火山—侵入活动有关的铁矿床

这类铁矿床多产于优地槽区海底火山喷发中心附近或距火山活动中心有一定距离的火山碎屑沉积岩类中。根据铁矿成矿方式的不同，又可分为火山喷溢—熔浆型、火山气液交代充填型和火山（喷气）沉积型等。在一个成矿带，甚至在一个矿田中，火山气液交代充填型矿床常和火山（喷气）沉积型矿床共生，并构成一个成矿系列，这在东天山地区甚为明显，现以云南大红山大型铁矿床为例，作简要介绍。

铁矿体呈透镜状、似层状产于元古宇大红山群。大红山群由一套浅—中等变质的海相火山碎屑—碳酸盐岩—熔岩（细碧岩和角斑岩）组成，自下而上岩性为：下部变钠质凝灰岩、熔岩；中部为含方柱石条带状白云石大理岩、变钠质熔岩和绿片岩；上部为条带状、块状白云质大理岩和炭质板岩互层。铁矿体呈透镜状产于中部变钠质熔岩中，铜矿体呈似层状产于下部大理岩和片岩中。矿石构造主要有块状、浸染状、角砾状、条带状、杏仁状和斑杂状等。矿石矿物主要为磁铁矿、赤铁矿、次有假象赤铁矿、菱铁矿、

黄铜矿、黄铁矿和斑铜矿等。脉石矿物有石英、钠长石、黑云母、白云石、绿泥石、白云石、石榴子石和角闪石等。围岩蚀变显著，有钠长石化、绢云母化、碳酸盐化、硅化和电气石化，其中与铁矿关系较密切的近矿蚀变主要是钠长石化、硅化和绢云母化，而与铜矿有关的蚀变则为白云石化、黑云母化和硅化。矿石含 TFe 35% ~ 57%，平均品位为 40.98%，铜矿石平均品位为 0.78%。

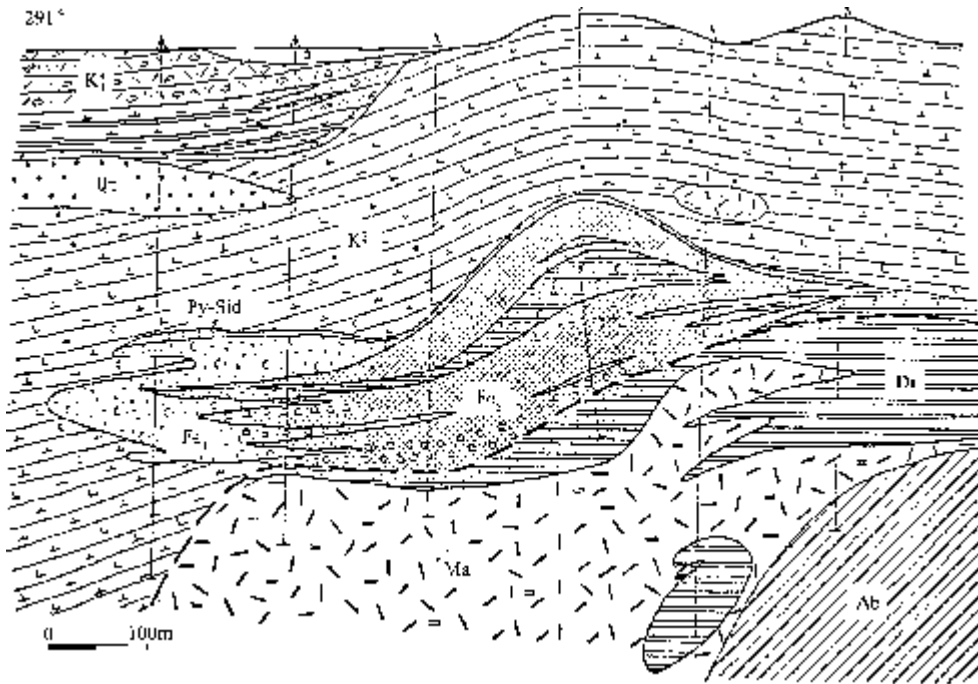


图 3-1-5 梅山铁矿 III - III' 剖面蚀变分带示意图

(据陈毓川等, 1981)

K₁—黑云母辉石安山岩；K₂—凝灰角砾岩和辉石黑云母安山岩；Ab—含透辉石钠长石交代岩；

Ma—霓透辉石钙铁榴石钠柱石岩；Di—方解石透辉石岩；Qt—硅化岩；Fe₁—碳酸

盐化贫铁矿石；Fe₂—块状富磁铁矿石；Py-Sid—黄铁矿-菱铁矿矿石

四、热液型铁矿床

热液型铁矿床在全国铁矿总储量所占比重虽不大（约 3.3%）（图 3-1-2），但它是我国富铁矿的主要来源之一。它们明显受构造控制，其中有的受接触构造控制，有的受断裂构造控制，有的则受褶皱构造控制，也有的受上述两种构造的联合控制。规模较大的热液型铁矿床的围岩大多为不同时代的碳酸盐岩。

根据铁矿成矿与侵入体的关系及其形成条件，可大致划分为两类，即高温热液型和

中低温热液型。

高温热液型铁矿常呈透镜状、似层状或脉状产于中（酸）性侵入岩体接触带及其附近的围岩中。与夕卡岩型铁矿不同之处是一般缺乏较典型的夕卡岩矿物组合，但围岩蚀变仍较显著，常见的有阳起石化、透闪石化、绿帘石化、硅化、黑云母化和蛇纹石化等。矿石矿物主要是磁铁矿，次为赤铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等，脉石矿物和蚀变矿物相同。矿床实例有山东马陵、大湍河，湖北大冶灵乡和四川泸沽的铁矿山、大顶山和朝王坪等。

中低温热液型铁矿床与侵入岩体的关系不明显，但有些矿床（如滇中地区等）常伴生辉绿岩脉。矿体常受区域性断裂系统控制，呈透镜状或脉状产出。围岩蚀变以绿泥石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化或泥化等为主。矿石矿物主要为菱铁矿，次为赤铁矿、褐铁矿，伴有少量黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。褐铁矿大多属于菱铁矿的风化淋滤产物。脉石矿物主要有方解石、白云石、石英、铁白云石、绿泥石等，有时还有重晶石和玉髓。矿床实例有贵州观音山，云南滇中地区的化念、上厂、八街和王家滩，以及山东朱崖、文登、店子等。

五、沉积变质型铁矿床

沉积变质型铁矿床是我国最重要的铁矿类型，其储量占全国铁矿总储量的 57.7%（图 3-1-2）。矿床形成的地质时代一般为前寒武纪，尤其是早前寒武纪硅铁建造中。

前寒武纪条带状硅铁建造主要分布于华北地台，其次为扬子地台南缘、秦岭造山带和祁连造山带（图 3-1-1）。其中最重要的铁矿集中区为辽宁鞍山地区、冀东迁滦地区、山西五台及吕梁地区和内蒙古中部。

（一）时空分布

我国条带状硅铁建造形成的地质时代，最古老的为古太古代（ $\leq 3.5 \sim 3.2\text{Ga}$ ；沈其韩，1998），以冀东曹庄岩群中条带状硅铁建造中的杏山铁矿和黄柏峪铁矿为代表，大致相当于乌克兰地盾 Konka-Belozerka 带的下 Konka 群中的硅铁建造（ 3.4Ga ）。产于冀东迁安岩群条带状硅铁建造中的水厂铁矿的形成时代为中太古代（ $3.2 \sim 2.8\text{Ga}$ ；伍家善等，1991），也相对较古老，它大致可与南非 Swaziland 超群（ 3.2Ga ）、乌克兰 Belozyrosky Konsky（ 3.25Ga ）和南美委内瑞拉地盾中的硅铁建造（ 3.2Ga ）相对比。

新太古代（ $2.8 \sim 2.5\text{Ga}$ ）是我国条带状硅铁建造形成的最主要时代，包括早期的鞍山岩群、遵化岩群、泰山岩群、霍邱岩群、登封群中的铁矿床以及晚期的滦县群中的铁矿床等。它们均产于华北地台的边缘或地台中部的局部隆起区结晶基底中。

新太古代和古元古代的硅铁建造（ $2.56 \sim 2.45\text{Ga}$ ）以山西五台群和吕梁群为代表，沈其韩（1998）把这两个地区的硅铁建造划为新太古代和古元古代的过渡层，而马丽芳

等(2002)则把它们划入新太古界。

古元古界(2.5~2.3Ga)中的条带状硅铁建造则以河北朱杖子群和山西吕梁群中的铁矿(如冀东柞栏杖子和晋北袁家村等)为代表。

成矿年代相对较新的条带状硅铁建造为祁连造山带的镜铁山群(相当于中元古界蓟县系)、秦岭造山带中新元古界的碧口群(鱼洞子铁矿)以及扬子地台南缘赣中—湘中地区的新元古界上部的下坊组和江口组中的铁矿床(江西新余和湖南祁东等)。

在几个重要条带状硅铁建造集中区,如冀东迁滦地区和内蒙古中部等,含矿建造往往跨越几个地质时代,就是说成矿作用在时间上有继承性,如前所述,在冀东迁滦地区、现有古太古代的铁矿(杏山),又有中太古代的(水厂),还有新太古代的(石人沟、司家营)和古元古代的(柞栏杖子)。又如内蒙古中部条带状硅铁建造的时代有中太古代(集宁群中的壕赖沟铁矿)、新太古代(乌拉山群中的书记沟铁矿)和新太古代至古元古代过渡层的(三合明群中的三合明铁矿等)。即使是在鞍本地区,弓长岭、庙儿沟等一批大型铁矿产于新太古代鞍山群下部,而东西鞍山和齐大山等大型铁矿则归属于新太古代鞍山群的上部,二者的围岩岩性和变质相也有明显差别。

表3-1-4示意地反映了我国前寒武纪重要条带状硅铁建造岩系的时空分布。

(二) 含硅铁建造的岩石组合、变质相及其原岩成分

含硅铁建造的岩石组合明显受原岩岩性和变质作用的程度所控制。不同的原岩岩性其岩石组合有所不同,同一原岩岩性由于变质程度不同,其变质岩石组合也不一样。现将我国各地区不同时代主要条带状硅铁建造的变质岩石组合、变质相、原岩建造和矿床实例列于表3-1-5。从表3-1-5可以看出:

(1) 按条带状硅铁建造的变质程度可分为以下几类:

麻粒岩相 主要岩性有麻粒岩、二辉斜长片麻岩、角闪辉石斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩等,见于冀东迁西(曹庄岩群和迁安岩群)、北京密云(密云岩群)和内蒙古中部地区的集宁群。

高角闪岩相 包括角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩和变粒岩等,广泛分布在鞍本(鞍山岩群下部)、冀东(遵化岩群)、豫中(泰山岩群)和安徽霍邱(霍邱群)等地。

低角闪岩相 主要有黑云(角闪)变粒岩、云母石英片岩和斜长角闪岩等,分布于鞍本、鲁西南、豫中(登封群)等地。

高绿片岩相 主要岩性有绿泥角闪片岩、黑云(角闪)斜长片岩、云母石英片岩、绢云千枚岩和变质石英砂岩等,分布于山西五台(五台群)、吕梁(吕梁群)、冀东(朱杖子群)和陕西略阳(碧口群)等地。

低绿片岩相 包括各类千枚岩和板岩,见于甘肃祁连山(镜铁山群)、赣中(震旦纪下坊组)和湘中(震旦纪江口组)等地。

表3-1-4 我国前寒武纪重要条带硅铁建造时空分布

地质时代/代	地质时代/代	中 国 地 台						秦岭造山系		祁连山系	扬子地台
		辽东	冀东	晋云	白 崇 五 台	内蒙古中部	鲁西	豫中	安徽霍邱	包群地区	祁连山
新元古代	0.6										下扬子 孔山组 (断谷岩组)
	1.0									马山群 (包桐子)	梅山山群 (皖皖山)
古元古代	1.8										
	2.5			东林子群 (神忙仗了) 溧县群 (司家营)	丹家港 (董家村) 五台群 (山羊坪)		三台岭群 (一合明)				
新太古代	2.8		梨山岩群 (东西鞍山、弓子岭)	遵化岩群 (石人窝)	张家坟群 (冯家峪)		泰山岩群 (峰旺)	登封群 (许白)	崆峒群 (吴寨、张庄)		
	3.2		迁安岩群 (水厂、大石河)		蓟云岩群 (沙?)		集宁群 (康惠沟)				
古太古代	3.6			黄庄岩群 (青山)							

注:括号中为矿床实例。

岩石的变质程度与其生成的地质时代有关,总的看,地质年代愈老、变质程度也就愈高。古太古代和中太古代生成的条带状硅铁建造,通常遭到较强烈的混合岩化,岩石大多为麻粒岩相;新太古代的大多为高角闪岩相,部分为麻粒岩相或低角闪岩相;而古元古代岩组以高绿片岩相居多,中新元古代的则主要为低绿片岩相。

表 3-1-5 中国各地区不同时代主要条带状铁建造的变质岩石组合表

时代	条带状铁建造名称	变质岩石组合	变质相	原岩建造	矿床实例	资料来源
新元古代 Pt ₃	江西松山组	绢云绿泥石千枚岩+含磁铁矿云(绿泥)千枚岩+白云质石英质千枚岩+绢云母千枚岩+条带状铁英岩	绿片岩相	基性火山岩-泥质-硅铁质沉积建造	杨家桥	江西地质局902队, 1978
	湖南江山组	千枚岩+板岩+含铁板岩+条带状铁英岩	低级绿片岩相	泥质-硅铁质沉积建造	祁东	湖南省地质局417队, 1980
中元古代 Pt ₂	陕西碧口群	黑云母(角闪石)斜长片岩+绿帘斜长片岩+绢云石英片岩+斜长角闪片岩+条带状铁英岩	高级绿泥片岩相	基性火山岩-中酸性杂砂岩-硅铁质沉积建造	鱼洞子	西北冶金地质公司一队, 1965
	甘肃镜铁山群	千枚岩+石英岩+炭质千枚岩+钙质千枚岩+白云质大理岩+条带状含磁铁矿、菱铁矿	低绿片岩相	泥质(炭质)中酸性杂砂岩-硅铁质沉积建造	独树沟	西北冶金地质5队, 1983
古元古代 Pt ₁	辽东朱杖子群	白云石英片岩+黑云母(角闪)片岩+变粒岩+斜长角闪岩+条带状铁英岩	高绿片岩相至低角闪岩相	中酸性凝灰质-泥砂岩(夹基性火山岩)-硅铁质沉积建造	柞栏	河北省地质局5队, 1977
	山西吕梁群	绢云千枚岩+绿泥片岩+磁铁矿片岩+变质石英砂岩+条带状铁英岩	高绿片岩相	酸-基性火山岩-泥质-泥砂岩-铁铁质沉积建造	袁家村	赵一鸣等①
	山西五台群	绢云绿泥片岩+黑硬绿泥片岩+斜长角闪片岩+绿帘角闪片岩+云母石英片岩+条带状铁英岩	高绿片岩相	基性火山岩+条带状铁铁质建造	山牛坪	冶金部第一地质公司一队, 1982

时代	条带状铁建造名称	变质岩石组合	变质相	原岩建造	矿床实例	资料来源
新太古代	安徽霍邱群	黑云变粒岩 + 黑云斜长片麻岩 + 斜长角闪岩 + 白云石大理岩 + 条带状铁英岩	高角闪岩相	基性火山岩-杂砂质-泥砂质碳酸盐-硅铁质建造	祁邱	安徽省地质局 337 队, 1983
	河南登封群	斜长角闪岩 + 黑云斜长变粒岩 + 角闪片岩 + 角闪斜长变粒岩 + 条带状铁英岩	低角闪岩相	基性火山岩	许尸	河南省地质局 2 队, 1985
	河北滦县群	斜长角闪岩 + 黑云(角闪)变粒岩 + 白云石英片岩 + 条带状铁英岩	低角闪岩相	基性火山岩-中酸性杂岩-硅铁质沉积建造	司家营	河北省地质局 15 队, 7 队, 8 队, 1978, 1981
Ar ₁	山东泰山岩群	黑云变粒岩 + 铁闪石英片岩 + 斜长角闪岩 + 角闪斜长片麻岩 + 条带状铁英岩	低角闪岩相至角闪岩相	基性火山岩-杂砂岩-碎屑沉积建造	韩庄、范庄等	山东省沂源地质队, 1985; 山东省地质局 2、5、8 队, 1976
	辽宁鞍山岩群	绢云千枚岩 + 黑云变粒岩 + 云母石英片岩 + 斜长角闪岩 + 条带状铁英岩	低角闪岩相	泥质-中酸性杂砂岩-基性火山岩-硅铁质沉积建造	东西鞍山、齐大山等	赵一明, 1960 年短期调研
		斜长角闪岩 + 黑云变粒岩 + 云母石英片岩 + 条带状铁英岩	高角闪岩相	基性火山岩-中酸性杂砂岩-泥砂质岩-硅铁质沉积建造	弓长岭、歪头山等	
Ar ₂	冀东遵化岩群	辉斜长麻粒岩 + 黑云角闪斜长片麻岩 + 辉石斜长角闪岩 + 角闪斜长辉石岩 + 条带状铁英岩	麻粒岩相	基性火山岩-硅铁质沉积建造	石人沟	河北地质局 8 队, 1975
	内蒙古下集宁群	麻粒岩 + 辉长片麻岩 + 条带状铁英岩	麻粒岩相	基性火山岩 + 中酸性杂砂岩 + 硅铁质沉积建造	碾盘沟	沈其韩, 1998
	京北密云岩群	二辉斜长片麻岩、黑云辉石斜长片麻岩 + 角闪辉石斜长片麻岩 + 辉石斜长片麻岩 + 条带状铁英岩	麻粒岩相	基性火山岩-硅铁质沉积建造	沙厂	北京地质局 161 队, 1976
中太古代 Ar ₃	冀东迁安岩群	辉斜长麻粒岩 + 紫苏黑云(石榴子)斜长片麻岩 + 夕线石榴子斜长片麻岩 + 辉石斜长片麻岩 + 条带状铁英岩	麻粒岩相	基性火山岩 + 中酸性杂砂岩-泥砂质-硅铁质沉积建造	水厂、潘家沟等	沈其韩, 1998
	古太古代 Ar ₄ 冀东青田岩群	斜长角闪岩 + 绿帘角闪片岩 + 辉石角闪片岩 + 夕线斜长片麻岩 + 条带状铁英岩	高角闪岩相	基性火山岩-泥砂质-中碱性碳酸盐-硅铁质沉积建造	杏山	沈其韩, 1998

(1) 赵一明、吴之斌, 1960, 山西岚县袁家村铁矿床富铁矿地质特征 (内部报告)。

(2) 条带状硅铁建造的原岩均属海相火山沉积岩或海相沉积岩, 可大致分为以下 3 种类型:

以基性火山岩为主的泥砂质、硅铁质沉积建造 主要遭受高角闪岩相至麻粒岩相变质作用, 火山岩系的原岩以拉斑玄武岩为主, 也有相应成分的凝灰岩和少量中、酸性火山岩。硅质铁矿产于火山喷发阶段所形成的火山沉积相或沉积相岩石中。矿床实例有冀东迁安岩群中的太平寨、豆子沟, 遵化岩群中的石人沟和北京东北部密云岩群中的沙厂铁矿等。

含有不同比例沉积岩的火山岩系或火山沉积岩系和有关硅质铁矿 原岩包括基性、中性、中酸性熔岩、相应的凝灰岩与凝灰质沉积岩以及粉砂岩、杂砂岩、泥灰岩和泥质岩石。硅质铁矿大多产于厚度较大的火山沉积旋回上部, 可构成较大规模的工业矿体, 如辽宁鞍山岩群下部的弓长岭、庙儿沟、歪头山等铁矿和冀东迁安岩群中的水厂和滦县群中的司家营等铁矿床。

含少量凝灰质岩石的沉积岩系和有关硅质铁矿 原岩主要为泥质和粉砂岩和砂质沉积岩, 也可有少量凝灰质岩石, 局部有中、基性熔岩。硅质铁矿产于较典型的沉积岩组中, 矿层大多较稳定, 可延展达一定或较长距离(数公里至十余公里), 层数可为单层或多层。矿床实例如辽宁上鞍山群中的齐大山、东西鞍山, 冀东朱杖子群中的柞栏杖子和山西吕梁群中的袁家村铁矿等。

(三) 条带状硅质铁矿石的化学组成和矿物组合

此类铁矿石以贫矿为主, 含铁品位(T_{Fe})一般为 25%~36%, 富矿只占极少数。富铁矿是在贫铁矿的基础上由热液作用进一步富集而成的, 并明显受断裂构造控制, 如鞍山地区的弓长岭和樱桃园等矿区所见(图 3-1-6), 富矿石含铁品位(T_{Fe})可达 52%~62%。在贫铁矿石中 $w(Fe_2O_3)/w(FeO)$ 的比例通常为 1.36~1.91, SiO_2 的含量可达 39%~50%, 而 Al_2O_3 则一般不高, 仅 0.42%~3.04%; CaO 和 MgO 的含量也相对较低, 分别为 0.43%~2.42% 和 1.77%~3.51%。

矿石构造大多为条带状或条纹状, 通常表现为以石英为主的条带(纹)和以磁铁矿为主的条带(纹)互间, 变质程度较高的矿石可出现片麻状。矿石矿物主要为磁铁矿, 其次为假象赤铁矿, 少量黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿, 个别矿区有大量镜铁矿(如甘肃镜铁山)。脉石矿物主要为石英, 个别矿区为碧玉, 次为角闪石、黑云母、透辉石、镁铁闪石、铁闪石、斜长石、阳起石、绿泥石和铁白云石等, 在少数麻粒岩相的铁矿石中, 可出现紫苏辉石和石榴子石。

(四) 条带状硅铁建造形成的地质环境

我国华北地台太古宇含有条带状硅铁建造的变质岩系为古老克拉通的组成部分。沈其韩(1998)曾指出, 沉积铁建造的原始沉积盆地大部分属于大陆边缘海盆地或岛弧盆

地，而且各不相连。古元古代和古元古—新太古过渡性质的硅铁建造主要形成于克拉通内断陷盆地或拗拉槽盆地。许多沉积盆地曾是封闭或半封闭的漓湖或局部盆地，处于与陆地碎屑相隔绝的条件，构成一个非扰动（或扰动中稳定）而相对平静的浅水—半深水沉积环境。

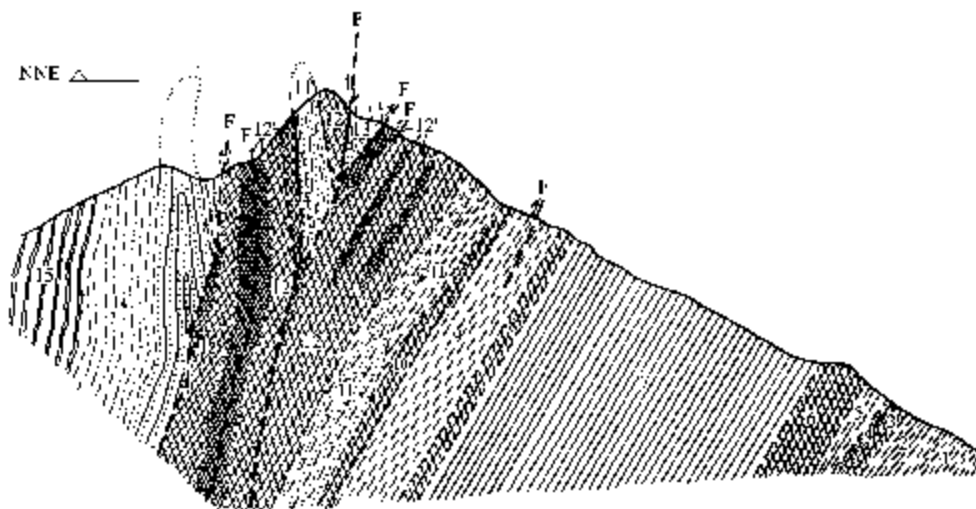


图 3-1-6 鞍山弓长岭铁矿含铁层及富铁矿产出地质条件示意剖面

（据程裕淇等，1978）

- 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；8—同 3；9—同 1；10—同 3；11—同 1；11'—绿泥石化石英斜长角闪岩；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—绢云母石英片岩；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

原苏联的库尔斯克磁异常区是目前世界上已知最大的铁矿区。位于原苏联欧洲部分的中部，总面积 15 万 km^2 ，硅铁建造带长达 600km。其中仅富铁矿探明储量已达 391 亿吨。

如果把我国华北地台北缘的条带状硅铁建造和库尔斯克异常区的相对比，其差别十分明显。后者形成时的海盆地规模巨大，硅铁建造的沉积较稳定连续，构成宽 200 ~ 600m，延长达 6000km 的铁矿带。而鞍本地区延续最长的铁矿层，也不过 20km。就是说，无论是鞍本地区或冀东地区的前寒武纪硅铁建造都形成于较小的海盆、断陷盆地或拗陷槽盆地中。这是我国鞍山式铁矿的规模远小于世界上一些主要国家（原苏联、美国、澳大利亚和巴西）的主要原因。

众所周知，在早前寒武纪时大气圈缺氧，因而有利于铁呈低价状态呈胶状态在水

中运移,通过微生物作用使铁质沉积。沉积变质铁矿石大多具有特征性的条纹条带构造,并具有韵律性,在世界各地均有惊人的一致性。这是一种典型的沉积构造。富铁与富硅条带连续呈条纹、条带沉积,多数研究者认为铁质是在胶体状态下的化学沉积产物。

铁矿往往有多个层位,其岩石组合和赋存部位常具有旋回性。当含矿建造为火山—沉积岩时,矿层则一般赋存于海侵沉积岩系的中部或中上部泥质沉积岩相中。

关于铁和硅质的来源,前人曾作过较深入的讨论,提出了火山源、陆源、生物源以及上升洋流带人等假说。目前看来,这么大规模的铁硅质最大的可能来自火山作用。由于距火山中心距离的不同,可形成不同的含铁建造岩相。

至于早前寒武纪硅铁建造中的富矿成因,在我国主要属热液型,如鞍山弓长岭二区和樱桃园所见的富铁矿。富铁矿是在条带状石英磁铁贫矿石的基础上经热液作用,进一步去硅富铁而成的(见前)。

应该指出,国外一些主要产铁国家的富铁矿石大多为前寒武纪条带状硅铁建造中的贫矿经风化淋滤后富集而成,如俄罗斯的库尔斯克、乌克兰的克里沃洛克、澳大利亚的哈默斯利和巴西的米纳斯—吉拉斯等。但这类富铁矿石在我国鞍山、冀东等沉积变质铁矿集中区基本缺失,只在山西袁家村有少量产出,而且不具工业意义。

笔者(1959、1960)曾先后对原苏联库尔斯克和山西袁家村铁矿中的条带状硅铁建造及其富矿作过有关研究,认为我国鞍山式贫铁矿中风化淋滤型富矿缺失或不发育的原因主要与华北地台演化的不稳定性有关。在俄罗斯地台具含铁建造的结晶基底形成后,有一个较长时间剥蚀期(元古宙至泥盆纪)。出露在地表的条带状磁铁贫矿层遭受了长时间的古风化淋滤作用,形成了厚达100~300m的多孔状假象赤铁富矿层(面型古风化壳)。此后,海盆地又沉积了石炭纪、侏罗纪和白垩纪等沉积盖层,使富矿得到较好地保存而免受剥蚀。但在我国的华北地台,活动性极大,再加上含条带状铁建造的规模本来就较小,遭受古风化淋滤作用的时间也较短,在结晶基底形成后很快就沉积了中元古代或寒武纪盖层。因此,就不易形成规模较大的古风化壳型富铁矿。

六、沉积型铁矿床

沉积型铁矿床在我国不但分布较广,而且成矿时代也较多,根据其形成时地质环境和古地理条件的不同,大致可分成浅海(滨海)相沉积铁矿床和海陆交替相或湖相铁矿床两大类。

(一) 浅海相沉积铁矿床

该类铁矿床,产于从中元古代早期以后许多地质时代的地台型海相沉积地层中,少数含矿地层具有边缘凹陷或类似冒地槽沉积性质。矿床一般呈层状,层位较稳定,大多

具有一定规模或规模较大。其中一部分为富矿体。矿石含磷往往较高，含硫较低。此类矿床探明储量约占全国铁矿总储量的 7.8% (图 3-1-2)。

含矿建造常位于一个大的海侵地层的底部，大多属浅海—滨海相沉积，厚度一般较小。矿层本身常产于砂页岩中，多数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，不少地方有鲕绿泥石。它们的生成分别反映了沉积环境和介质条件的差异。

含铁建造中的含铁层及其所含单个铁矿层，一般厚度较小，从几十厘米到一二米或几米。矿层数目因地而异大多为 1~4 层。

铁矿石常具鲕状、块状，少数呈肾状或角砾状。矿石化学成分变化较大，一般赤铁矿型矿石 TFe 含量为 30%~55%， SiO_2 为 15%~35%，两者的数量互为消长。硫含量为 0.02%~0.2%，磷含量则较高，达 0.4%~1.1% 或更多。菱铁矿型矿石的 TFe 含量为 25%~40%。

我国有许多不同时代的浅海相沉积铁矿床，其中最老的是河北西北部形成于中元古代早期的宣龙式铁矿，分布最广且储量最多的是华南泥盆纪宁乡式铁矿。此外，北京、河北、吉林和河南等省（市）中元古界和新元古界及其他时代地层中，也都有不同规模的赤铁矿（菱铁矿）矿床产出。下面着重对较重要的宣龙式和宁乡式铁矿的地质特征、成矿条件或成矿规律作一介绍。

1. “宣龙式”铁矿床

“宣龙式”铁矿床属滨海浅海相沉积赤铁矿菱铁矿矿床，是我国沉积铁矿重要类型之一。铁矿主要分布于河北西北部张家口地区的宣化—龙关—赤城一带，大致呈北东东方向展布。在大地构造上位于燕山拗陷带西部的宣龙拗陷内，其北部边界与内蒙古地轴南缘相邻，西南侧与五台台隆相接。铁矿层产于中元古代长城系串岭沟组下部砂页岩中，因此推测，铁矿赋存的宣龙拗陷当时处于大部环陆的半封闭式古海湾盆地环境。

该类铁矿在冀北西北地区，现已探明中型矿床 6 处，小型矿床 6 处，共获工业储量 2.9 亿吨。其中，最重要的矿区有庞家堡、辛窑和烟筒山等。

中元古代长城系由下而上包括常州沟组、串岭沟组和团山子 3 个组，是一个由碎屑岩—泥质（粉砂质）岩—碳酸盐岩组成的较完整的海浸沉积旋回。其中矿层赋存的串岭沟组，厚 11~91m，主要由含砂质条带的粉砂质页岩、含铁砂岩和铁矿层组成。含矿层中一般有 1~4 层赤铁矿，其顶部常有一薄层（0.35~0.4m）菱铁矿，各矿层厚度 0.5~3m 不等。

矿石矿物以赤铁矿为主，其次为菱铁矿和褐铁矿，含少量黄铁矿。某些地区因受花岗岩类侵入影响，一部分赤铁矿改造为磁铁矿。脉石矿物有石英、长石、绿泥石和磷灰石等。矿石构造有鲕状、肾状和块状，局部有角砾状。鲕状赤铁矿为单个同心圆状鲕粒集合体，鲕粒大小一般为 1mm。鲕粒的中心常为石英颗粒，也有长石、绿泥石或磷灰

石碎屑。铁矿石含铁 (TFe) 一般为 30% ~ 50%，平均 41.6%，有些矿区（如庞家堡）品位较富，平均品位可达 45.28%； SiO_2 为 15% ~ 30%；S 为 0.006% ~ 0.15%；P 为 0.1% ~ 0.5%。

2. “宁乡式”铁矿床

“宁乡式”铁矿床是我国分布最广储量最多的沉积铁矿床，赋存于中上泥盆统，以上泥盆统为主。这类铁矿床广泛分布于华南的湖北、湖南、四川、云南、贵州、广西、江西等省及甘肃南部地区。大地构造位置主要为扬子地台的上扬子台褶带和四川台坳，部分矿床则产于地台边缘附近松潘—甘孜造山系的巴颜喀拉造山带和华南造山系的赣湘桂粤造山带中。现已探明的铁矿储量达 37.4 亿吨，占全国沉积铁矿床探明储量的 73.5%。

“宁乡式”铁矿的分布和岩相古地理间的关系 早泥盆世华南海局限于昆明以东的贵阳、桂林、南宁一带；至中泥盆世，海侵范围扩大，超越江南古陆，向鄂西、湘西北侵漫，形成一海湾，沉积了滨海相的砂（页）岩，而在滇东、湘中一般为碳酸盐潮坪，但在一些小的海湾中则沉积了碎屑岩，铁矿层不仅产于碎屑岩中，也产于碳酸盐岩相内，且分布较广，如云南昆明北部的鱼子甸、四川西昌北部的碧鸡山、贵州的平黄山和潘家院子等以及广西的海洋、屯秋和大圩等（图 3-1-7）；晚泥盆世，在鄂西、湘西一带海水进一步扩张，沉积了海陆交互相的黄家磴组和写经寺组，并有不少大（中）型沉积铁矿形成，例如鄂西的火烧坪、官店、龙角坝、长潭河和五家河等（图 3-1-8）。湘甲碳酸盐台坪的上泥盆统，下部称余田桥组，主要由灰岩、泥灰岩构成，上部称锡矿山组，为砂页岩、灰岩夹鲕状赤铁矿层，越向北碎屑含量越高。由湘中至粤赣一带逐渐接近华南海的边缘，总的特点是滨海碎屑岩发育，上部夹陆相层。沿湘、赣交界和鄂西、湘西北的陆缘常发育鲕状赤铁矿。与中泥盆世不同的是，在晚泥盆世沉积铁矿的分布范围相对集中，矿化强度加大，形成了一批大中型鲕状赤铁矿矿床，主要集中分布于鄂西和湘西北的华南海海湾和湘中以及赣西边境地区，只有个别矿床赋存于湘东南地区，如大坪。

中泥盆世和晚泥盆世沉积铁矿床的异同 宁乡式中泥盆世和晚泥盆世沉积铁矿床虽有不少相似之处，但在赋矿层位、分布范围、矿床规模、赋矿围岩岩性、矿石矿物和含铁品位等方面均有一定差异（表 3-1-6）。对于中泥盆世沉积铁矿来说，大多数铁矿层产于海侵沉积岩系的碎屑岩中，广西海洋铁矿产于碎屑岩向碳酸盐岩过渡的下部白云岩内，而云南寸田铁矿的铁矿层则赋存于海退沉积岩系的砂岩中。矿层一般为 1~2 层，个别位于造山带的矿床（如甘肃黑拉）可多达 6~7 层，但不稳定，时而较厚，时而变薄或尖灭，并可有分叉或合并现象。在铁矿层中，鲕状赤铁矿常和菱铁矿、鲕绿泥石共生或互间，有时则延矿层出现一定分带现象。图 3-1-9 反映了鄂西、湘中、赣西和湘南地区晚泥盆世主要沉积铁矿床的含矿岩系柱状图对比情况，从图中可以看出：①湖南大坪铁矿的铁矿层赋存于上泥盆统余田桥组（相当于鄂西地区的黄家磴组）中部，

只有一层矿，上部的锡矿山组在矿区内缺失，湘中、赣西和鄂西等地的铁矿一般有 1~4 层，但主矿层只有一层，大多为 P_{e3} ，赋存于写经寺组下部或锡矿山组中部；②在海侵程序沉积岩系中，主要生成鲕状赤铁矿，矿层单一稳定，分布范围较大，海退程序沉积岩系中则往往生成鲕绿泥石、鲕状赤铁矿和菱铁矿矿石，矿层结构较复杂，变化大，分布范围也相对较小，一般多位于古陆边缘，如鄂西火烧坪和官店矿区上部的 F_{e4} 铁矿层。

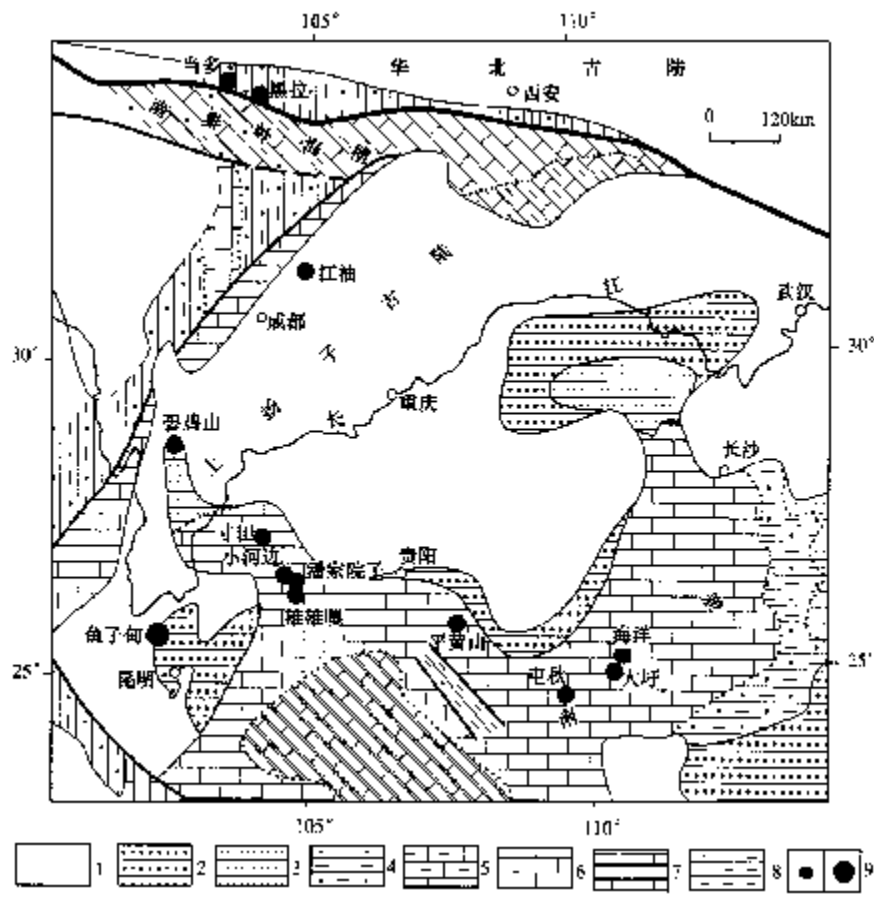


图 3-1-7 中泥盆世古地理及主要沉积铁矿的分布

(古地理图据王鸿祯等, 1985)

- 1—古陆；2—近海盆地碎屑组合；3—滨海碎屑组合；4—浅海泥砂质组合；5—浅海泥质碳酸盐岩组合；6—浅海碳酸盐岩组合；7—半深海硅质及碳酸盐岩组合；8—半深海泥质组合；9—沉积铁矿床（中型及大型）

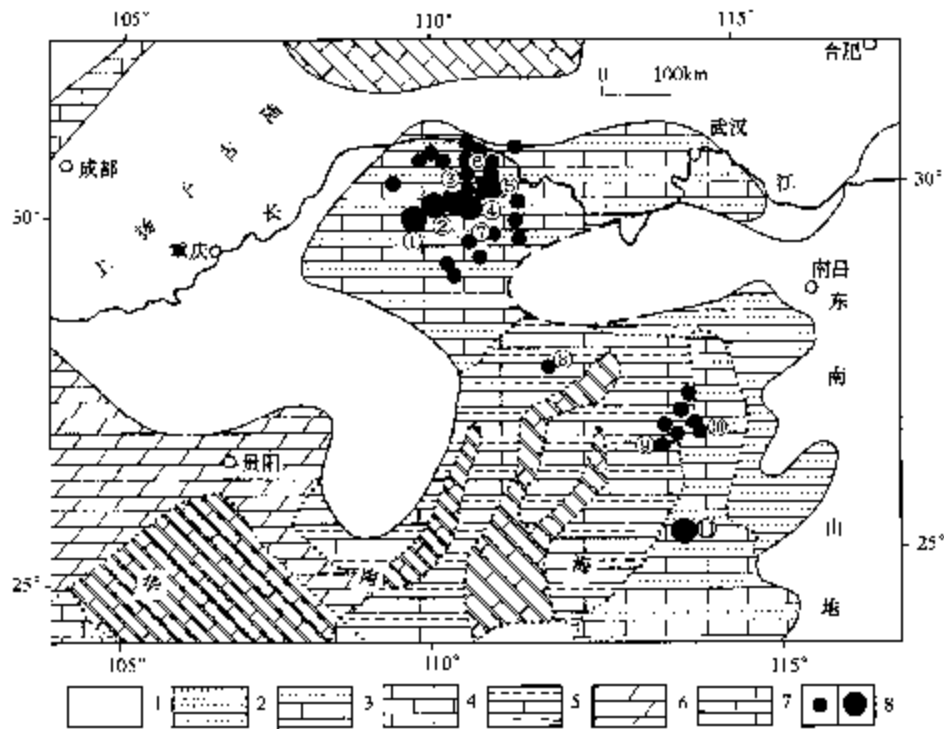


图 3-1-8 晚泥盆世古地理及主要沉积铁矿的分布

(古地理图据王鸿桢等, 1985, 有修改)

- 1—古陆; 2—海陆交互相碎屑岩组合; 3—滨浅海碎屑及碳酸盐岩组合; 4—浅海碳酸盐岩组合; 5—浅海泥质碳酸盐岩组合; 6—浅海镁质碳酸盐岩组合; 7—深浅海硅质碳酸盐岩组合; 8—沉积铁矿床(中型及大型)
- ①长潭河; ②五家河; ③官店; ④龙角坝; ⑤火烧坪; ⑥青岗坪; ⑦小溪峪; ⑧插花庙; ⑨排前; ⑩乌石山; ⑪大坪

表 3-1-6 中泥盆世和晚泥盆世沉积铁矿床地质特征对比

成矿时代	中泥盆世	晚泥盆世
赋矿层位	广西、贵州等地赋矿层位为中泥盆统郁江组、在云南则为中泥盆统中下部(鱼子田组等)	鄂西和湘西北为上泥盆统黄家磴组和写经寺组,而在湘东、赣西等地则为余田桥组和锡矿山组
分布	相对较广;包括桂东北、黔西、川中、川北、云南东北部和甘肃南部	较集中,主要分布于鄂西、湘西北和湘赣交界处
规模	绝大多数为中小型,只有个别矿床属大型	有相当多的大中型矿床,特别是在鄂西地区
矿体特征	矿体有 1~6 层,但其中一层为主矿层	矿体有 1~4 层,但主矿层只有一层

成矿时代	中泥盆世	晚泥盆世
赋矿围岩岩性	以砂岩、粉砂岩和页岩等碎屑岩为主，在桂北东和甘南地区，除碎屑岩外，碳酸盐岩发育	主要为砂页岩和粉砂岩，夹薄层灰岩或泥灰岩
矿石矿物组合和品位	鲕状赤铁矿常和鲕绿泥石、菱铁矿共生；含铁晶位 (T_{Fe}) 一般为 26% ~ 45%，局部有大于 45% 的富矿	以鲕状赤铁矿为主，局部有较多的鲕绿泥石和菱铁矿，个别矿区受花岗岩类侵入影响，可出现磁铁矿，含铁品位一般为 35% ~ 45%，有些矿床有晶位大于 45% 的富矿

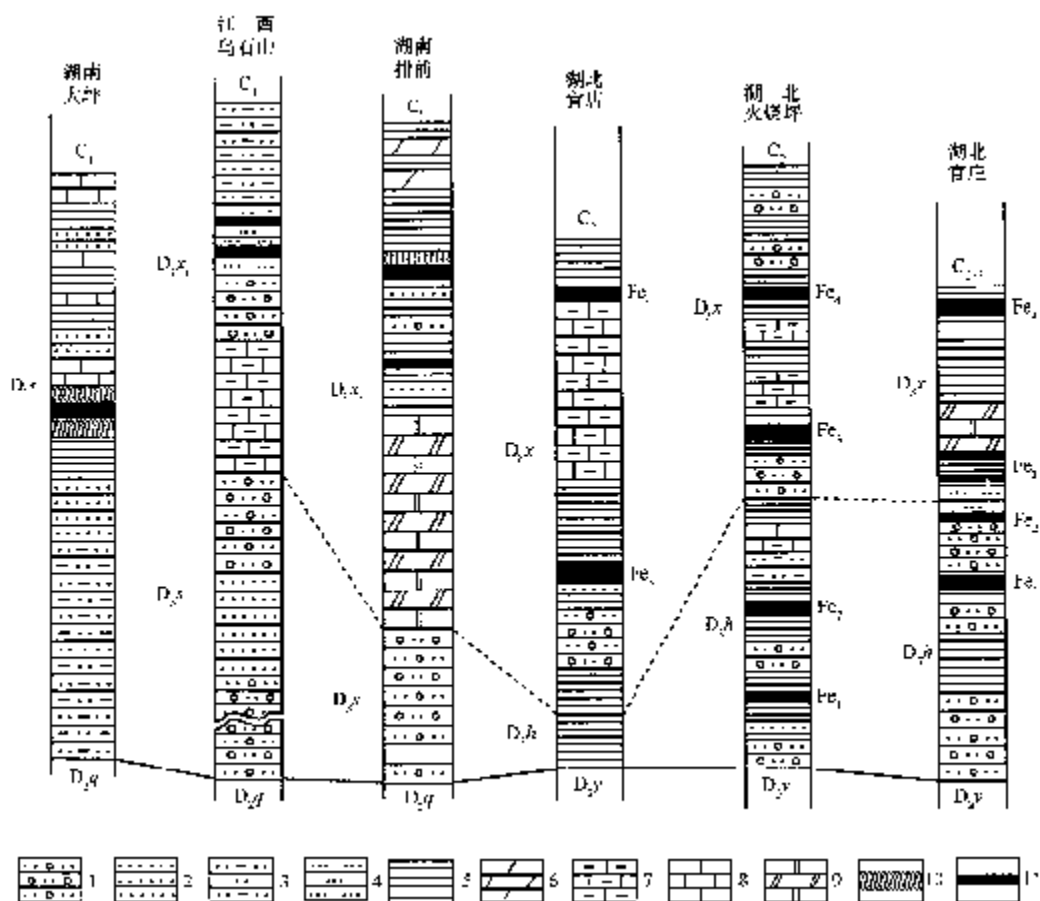


图 3-1-9 晚泥盆世主要沉积铁矿床含矿地层柱状对比图

(据赵一鸣等, 2000)

1—石英砂岩; 2—细砂岩; 3—泥质砂岩; 4—粉砂岩; 5—页岩; 6—泥灰岩; 7—泥质灰岩; 8—灰岩; 9—白云质灰岩; 10—绿泥石岩; 11—铁矿层; D_{2q} —棋子桥组; D_{2y} —云台观组; D_{3s} —余田桥组; D_{3h} —黄家磴组; D_{3xi} —锡矿山组; D_{3x} —写经寺组; 垂直比例尺除湖北官庄为 1:500 外, 其他均为 1:1000

宁乡式铁矿生成条件讨论 含铁建造大多产于海侵程序沉积岩系中。矿层之下一一般为石英砾岩或石英粗砂岩,向上渐变为细砂岩、砂质页岩或页岩,矿层一般产于页岩或粉砂岩中。少数矿层则产于海退沉积岩系内,如云南寸田铁矿和鄂西等地区部分矿床的上部铁矿层(Fe_4)。含铁建造或含铁层位主要属古海盆地或古海湾中的浅海—近岸(包括潮坪)沉积。从含矿层盛产腕足类、珊瑚、鱼类、苔藓虫以及植物茎、碎片等化石特征,反映其处于湿热气候条件下比较缓慢的沉积和局部海水交替进退环境下。鄂西—湘西北成矿区是一个相对较封闭的内陆古海盆地。海洋的大风大浪不易侵袭到这个内陆盆地中来,海水比较平静,有利于铁矿沉积作用的进行(廖士范, 1964)。而周围的古陆(包括西部的上扬子古陆、北部的武当淮阳古陆和东南部的江南古陆)又有较充分的物质(包括铁质)供给。铁质可能是以胶体和细悬浮凝胶的方式进行迁移的(傅家谟, 1961)。因此,就构成了一个沉积成矿十分有利的古地理条件,并形成一系列规模巨大含铁品位相对较高的铁矿床。湘中—赣西成矿区也处于一个半封闭的古海湾有利古地理环境。根据宁乡式铁矿的共生岩石类型(石英砂岩—粉砂岩—粘土页岩—鲕状赤铁矿等),刘宝琚(1980)把该类类铁矿的沉积条件归属于滨海三角洲陆源型旋回,并认为形成于明显的温湿气候环境。据 Borchet (1960),氢氧化铁和氧化铁形成于浅海通风的水中,随着海水深度的加大,先后出现菱铁矿、鲕绿泥石,最后是黄铁矿。上述矿物相的分异,反映了海水的垂直分带。Taylor (1967)曾指出,鲕绿泥石形成于较大范围的浅海海域内,其水温超过 20°C ,进一步说明鲕状铁矿的形成是在温暖潮湿的季节性气候条件。程裕淇等(1983)认为,宁乡式铁矿不同矿石类型的生成,分别反映了它们的沉积环境和介质条件的差异。一般在近岸浅海处,由于氧气充足,二氧化碳相对贫乏,水温较高,易于形成赤铁矿。而离海岸较远和海水较深处或在近岸拗陷处,海水较稳定,有机质不断分解出二氧化碳。在这种半还原弱碱性条件下,易于形成菱铁矿。在相似条件下,如有硅质参与,就可能生成鲕绿泥石。鄂西—湘西北地区 and 湘中一带的宁乡式铁矿矿石的 Al_2O_3 含量大多较高,一般为 $2.5\% \sim 9\%$,少数矿区矿石的 Al_2O_3 含量可高达 $12\% \sim 21\%$,如湖南的榔榔坪、西界和喻家嘴等。Bubenicek (1968)认为中欧地区沉积鲕状铁矿石中含 Al_2O_3 较高表明从陆地分离出来的红土中的铁参与了沉积成矿作用。Lemoalle 和 Dupont (1973)曾研究了非洲乍得湖中现代鲕状铁矿的形成。虽然乍得湖大体上是一个淡水湖,湖水盐度的增长是在干旱季节由于蒸发作用的结果。因此,上述沉积条件可与浅海古海盆或古海湾和半碱水环境进行对比。特别有意义的是,根据他们的观察,铁质富集反应作用是在季节性洪水开始时进行的。铁质是呈吸附的氢氧化物或氧化物形式进行搬运的。被溶解铁质的浓度是很低的,它对于形成鲕状铁矿来说,微不足道。鲕状铁矿的形成是在乍得湖东南靠近主干河流入口处,其水深大致为 $1 \sim 3\text{m}$ 之间。就今论古,宁乡式鲕状赤铁矿生成时海水的深度大概也不会超过数十米。综上所述,宁乡式沉积铁矿产出的有利古地理条件是:①湿热的古气候条件,促使古陆的含铁岩石进行红土化作用,并提供较充分的铁质来源;②相对较封闭或半封闭的内陆古海盆

地、古海湾或潮坪，那里海水深度不大，且较平静，无海洋大风大浪的侵袭，有利于铁矿沉积作用的进行；③浅海的海侵沉积岩系中，一般形成鲕状赤铁矿矿石相，而海水稍深和海退沉积岩系中往往生成鲕绿泥石—鲕状赤铁矿—菱铁矿石相；④铁质可能主要是以胶体，细悬浮凝胶或呈吸附的氧化物形式被古陆的河流进行搬运的。

（二）海陆交替相或湖相沉积型铁矿

这类矿床形成于海陆交替相或湖相的沉积环境中，其生成的时代以石炭纪、二叠纪、三叠纪和侏罗纪较为重要，主要分布于山西、四川、贵州和云南等省。在两广等地区，也有第三纪的湖相菱铁矿或沼铁矿。不少地方的铁矿层，往往同煤系地层有密切关系，在有的地区（如贵州、山西）铁矿常和铝土矿共生，且铝土矿层一般产于铁矿层的上部。矿层多呈层状、似层状或透镜状，沿走向变化大。矿床规模均为中小型。矿石矿物主要为菱铁矿，次为赤铁矿，可含不等量的鲕绿泥石。矿石以中等品位较多，许多具低硫高磷的特点，也有不少含磷较低的，常具块状、角砾状和鲕状构造。本组铁矿已探明储量为 4.6 亿吨，仅占全国铁矿总储量的 0.89%。

不同时代形成的代表性湖相或海陆交替相沉积型铁矿的地质特征见表 3-1-3。

七、风化淋滤型铁矿床

这类铁矿床是由不同类型的菱铁矿矿床、金属硫化物矿床或其他富铁岩石等，在湿热的气候和适当的地形、构造条件下，主要通过风化淋滤剥蚀作用富集而成。矿床大多为中小型，只有个别属大型，其探明铁矿储量占全国总储量的 1.2%（图 3-1-2）。

根据原生矿床或富铁岩石的类型不同，可大致分为以下几类：①菱铁矿风化的铁帽（广东大宝山、广西渠香、岷陇和云南、贵州的某些铁矿床）；②黄铁矿矿床或其他金属硫化物矿床的风化铁帽（广东大降平、安徽新桥和福建建爱）；③富铁的钙铁榴石和钙铁辉石夕卡岩的风化壳（福建万湖、太华和江西铁坑）；④玄武岩风化残堆积铁矿床（海南临澄）。其中以①、②类为主，某些矿床的原生铁矿①、②类兼而有之，如广东大宝山。

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），次为赤铁矿（假象赤铁矿），有时含一定量软锰矿、硬锰矿。在金属硫化物铁帽中，还可能有少量白铅矿、菱铁矿、水锌矿、孔雀石等。脉石矿物可能有石英、方解石、白云石、高岭石和绿泥石等。矿石构造为块状、多孔状、蜂窝状、葡萄状、网格状、皮壳状和疏松土状等。

详细研究这种铁矿石和残留的原生矿石或岩石的成分、结构构造特点，对正确判别原生矿床类型和进一步预测隐伏的菱铁矿或多金属硫化物矿床（体）具有重要意义。

八、其他类型铁矿床

这里指的主要是在成因上争论较多,目前尚难以确定的铁矿床,如内蒙古白云鄂博和海南石碌铁矿床等,因此暂把它们列入其他类型铁矿床范畴。

(一) 白云鄂博铁矿床

白云鄂博铁矿床位于内蒙古包头以北,是我国巨大的铁—稀土(铌)矿床,也是目前世界上最大的轻稀土矿床,铁矿储量也为超大型(14.68亿吨)。矿床在大地构造上位于中朝地台的内蒙古地轴北缘,北与内蒙古优地槽造山带相邻。

矿床产于中元古代早期白云鄂博群中,后者主要由石英岩—板岩、千枚岩和白云岩等组成一套浅海相碎屑岩建造,在区内构成走向近东西的复向斜。白云向斜是一个次一级的复向斜,其核部由黑色富钾板岩组成,两翼为白云岩。本区的铁、稀土、铌矿化主要分布于此向斜内。

区内侵入岩发育,大多分布在南部,包括辉长岩、辉长—闪长岩、黑云母花岗岩等。黑云母花岗岩按其化学成分,属钙碱性和碱性花岗岩的中间成分,其同位素年龄值为255~264Ma,属海西期产物。

铁(稀土)矿体呈似层状、透镜状产于白云岩中,含矿带东西向16km,南北宽1~2km。整个矿区可分为3个矿段,即东矿、主矿和西矿。

根据组成矿石的脉石矿物和含铁矿物的种类不同,可划分出6种主要铁矿石类型:萤石—钠辉石—钠闪石—磁铁矿及赤铁矿型、萤石—赤铁矿及磁铁矿型、钠辉石—磁铁矿型、钠闪石磁铁矿型、白云石—磁铁矿及菱铁矿型、黑云母—磁铁矿型。另外还有钠辉石型、白云石型、透辉石型和黑云母型铌、稀土矿石。在这些矿石中,磁铁矿和赤铁矿只占次要地位。

矿区内交代现象十分普遍,蚀变作用主要可分为4个阶段:

(1) 镁夕卡岩阶段:见于矿区东部黑云母花岗岩和白云岩接触带。所见矿物有透辉石、金云母、硅镁石、透闪石、萤石、磁铁矿、铈磷灰石、方钍石、独居石、褐帘石、硅铈铈矿、烧绿石和铌钙矿等。

(2) 早期钠、氟交代阶段:在东矿、主矿和西矿段广泛发育,主要表现为钠闪石化、黑云母化和萤石化,伴生钠闪石型、白云石型、萤石型和黑云母型等铌、稀土、铁矿化。

(3) 晚期钠、氟交代阶段:主要发育在主矿和东矿段,并叠加在早期钠、氟交代产物之上,形成钠辉石型铌和稀土铁矿石、钠闪石型铌和稀土矿石及条带状萤石型铌和稀土铁矿石。

(4) 晚期脉状矿化蚀变阶段:形成各种交代细脉,所见矿物有钠闪石、钠辉石、石

英、钠长石、萤石、方解石、重晶石、黄铁矿、易解石、包头矿、氟碳钙铈矿、黄河矿和金绿宝石等。

矿石含铁品位 TFe 为 31% ~ 36%，平均为 34.01%，富矿品位 TFe 为 45% ~ 55%，含 TR_2O_3 2% ~ 8%， $(Nb, Ta)_2O_5$ 为 0.05% ~ 0.1%，P 为 0.3% ~ 1%，F 为 2% ~ 10%。

关于矿床成因，目前分歧较大，主要有以下几种认识：①特种高温热液交代成因；②沉积变质—热液交代成因；③碳酸盐岩浆侵入成因；④含稀有金属碳酸岩浆的火山—沉积成因等。

（二）石碌铁矿

海南石碌铁矿是闻名全国的大型富铁矿矿床，是炼钢矿石的生产基地。矿床位于华南造山系南缘、海南隆起的西北部。含矿地层为新元古界 $[(975 \pm 8.6) Ma]$ 石碌群，为一套浅变质具类复理式沉积特征的板岩—千枚岩、变粉砂岩、石英岩、白云质大理岩。由于附近有晚海西期 $(249Ma)$ 花岗岩产出，因此又遭受了接触变质（交代）作用，形成透辉石—透闪石夕卡岩和石榴子石夕卡岩等。

矿体呈似层状主要产于轴向近东西的向斜轴部（图 3-1-10）。铜钴矿体产于铁矿体万都。铁矿石主要由鳞片状赤铁矿和石英组成，含微量磁铁矿，局部见菱铁矿。铜钴矿体的矿石矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、含钴黄铁矿、含钴磁黄铁矿、辉钴矿等。脉石矿物主要为石英、透辉石、透闪石、石榴子石、重晶石和方解石等。

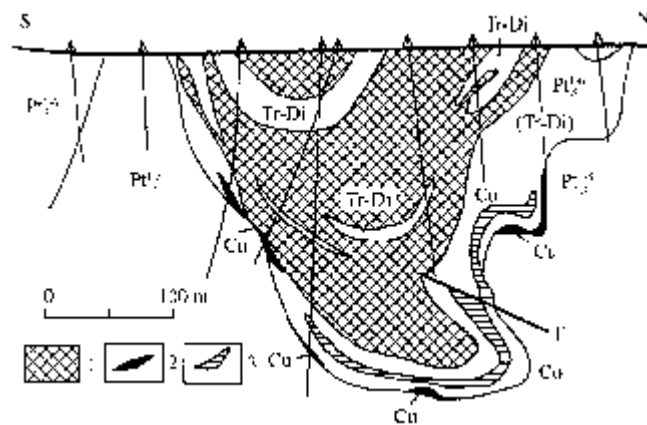


图 3-1-10 海南石碌铁矿 $8a$ 线剖面图

（据广东省冶金地质 934 队，1979 修改）

Pt_3^{1-5} —白云岩夹板岩、千枚岩、粉砂岩和赤铁矿，在矿体内部或旁侧常变为透闪透辉石岩；

Pt_3^{1-5} —石英岩； $Tr-Di$ —透闪透辉石岩；1—铁矿体；2—铜矿体；3—钴矿体

铁矿石平均品位 TFe 达 51.15%；铜钴矿石 Cu 平均为 1.58%， Co 为 0.307%。铜钴矿中还伴生 Ag 、 Ni 等有益元素。矿石构造，富矿以片状构造为主，贫矿以块状、条

带状为主，次为角砾状。

关于矿床的成因，20 世纪 50 年代大都认为是夕卡岩型，70 年代初，沉积变质成因观点占优势，但也有人认为是火山—沉积铁矿或是沉积变质热液加富等。笔者曾到石碌铁矿作过短期考察，也曾对原苏联克里沃罗克、库尔斯克和我国鞍山、冀东、新余等地的前寒武纪沉积变质铁矿进行过考察，认为石碌铁矿与这些前寒武纪沉积变质铁矿虽有某些相似之处，但异多于同，不好对比。因此，有关其成因值得进一步探讨。

第三节 我国铁矿成矿时代及其演化

我国的铁矿床从太古宙一直到新生代均有形成，但在不同地质时期和不同地质条件下形成的铁矿类型规模却各不相同，显示了铁矿床形成随地壳发展而演化的特点（表 3-1-7）。

表 3-1-7 我国主要铁矿类型成矿时代演化

成矿时代		矿床类型						
		沉积变质型	沉积型	岩浆型	夕卡岩型	火山岩型	热液型	风化冲蚀型
新生代	第四纪		+					-
	第三纪	喜马拉雅期						
中生代	白垩纪		-		+++	++-	++	
	侏罗纪	燕山期	++		++	+	+	
古生代	三叠纪	印支期	+	++	+	+		
	二叠纪		++	+	++	+	+	
中生代	石炭纪	海西期	+	+++	+	++		
	泥盆纪		+++	+	+	+		
代	志留纪		+		+			
	奥陶纪	加里东期	+				+	
	寒武纪		+				+	
元古宙	新元古代	澄江鲁宁期	+	+	++	+	+	
古宙	中元古代		++	-	+		++	
	古元古代		+++			++		
太古宙	新太古代		++					
	中太古代		-					
	古太古代		+					

注：+++ 为重要成矿时代；++ 为较重要成矿时代；- 为次要成矿时代。

一、太古宙

太古宙是我国沉积变质型铁矿床（条带状硅铁质建造）的主要形成时期，特别是在新太古代，往往构成断续分布的巨型铁矿成矿带，如辽宁鞍山地区鞍山群中的铁矿、冀东滦县群和遵化岩群中的铁矿、北京密云地区四合堂群、山西五台群、山东泰山群、河南登封群以及安徽霍邱群中的铁矿床等。在中太古代这类铁矿明显减少，主要见于冀东迁安岩群和北京密云岩群中，如河北水厂、大石河和密云沙厂等，而在古太古代则仅形成个别小型矿床。

二、元古宙

在古元古代，亦形成一些大型沉积变质铁矿床，如山西吕梁群中的袁家村和冀东朱杖子群的柞栏杖子等。伴有大量海相火山岩和碳酸盐岩的云南大红山铁矿也形成于古元古代。

在中元古代，浅海—滨海相沉积赤铁矿床占有较重要位置，主要分布于华北地台北缘含硅铁质建造变质岩系附近的沉降区，如宣化一带庞家堡等铁矿床。甘肃祁连山地区和陕西勉略地区分别有镜铁山式和鱼洞子等条带状硅铁质建造产出。而在云南澜沧江以南的火山岛弧带则有受变质火山—沉积型铁矿（惠民）产出。

新元古代的沉积变质铁矿床仅见于我国南方江西新喻地区和湖南的祁东，也属条带状硅铁质建造。在河北北部则有大庙式岩浆晚期钒钛磁铁矿床形成。在此时期亦有少量接触交代—热液型铁矿形成，如四川泸沽矿田。内蒙古白云鄂博和海南石碌铁矿的成矿时代和成因虽有较大争论，但其主体可能也形成于新元古代。

三、古生代

在此时期形成的铁矿类型较多，以沉积型和岩浆型铁矿为主，次为夕卡岩型和火山岩型。沉积型铁矿广泛分布于我国南方的中晚泥盆世浅海相沉积岩系中，称为“宁乡式”铁矿。在石炭—二叠纪，也有一定量沉积铁矿形成。岩浆型铁矿则集中分布于扬子地台西缘隆起区的西昌—攀枝花裂谷带，沿深大断裂带产出，形成时代主要为海西期（343~283Ma），部分可能属印支期（210~197Ma；张宗清等，1999）。

在江苏利国有加里东期夕卡岩铁矿形成（415~411Ma），而新疆磁海、宁夏克布勒、黑龙江羊鼻山和山东济南等夕卡岩铁矿床则形成于海西期（260~247Ma）。新疆蒙库铁矿属晚泥盆世细碧—石英角斑质火山岩型，式可布台、莫托沙拉等火山—沉积型铁矿的围岩时代为石炭纪，也均属海西期。

属于印支期的夕卡岩铁矿床见于广东大顶（225 ~ 206Ma）、内蒙古黎子山（220Ma）和黑龙江翠宏山（203Ma）。

四、中生代

燕山旋回是我国最重要的构造岩浆活动时期，中性和中酸性侵入岩遍及全国各地，特别是中国东部，一般分早、晚两期，早期属侏罗纪，晚期属白垩纪。这些侵入岩常与夕卡岩型和陆相火山岩型铁（多金属）矿床关系密切，如长江中下游、邯邢、鲁中、闽南—粤东和东秦岭等地区所见的夕卡岩型铁（铜、多金属）矿床和有关热液矿床以及宁芜—庐枞地区与陆相火山侵入岩有关的铁矿床均形成于该时期。此外，在下侏罗统还有湖相沉积铁矿分布，如产于四川台坳中南部的“綦江式”铁矿。

五、新生代

形成于第四纪的铁矿，以风化淋滤型残—坡积铁矿为主，次为陆相沉积菱铁矿、沼铁矿，此外，还有滨海砂铁矿床，如台北沿海的砂铁矿床，但上述铁矿大多属中小型。

第四节 我国铁矿重要成矿区（带）成矿规律

在第一节，已划分出我国 10 个主要铁矿成矿区（带）：鞍山—本溪、西昌—滇中、冀东—密云、五台—吕梁、长江中下游、鄂西—湘西北、包头—白云鄂博、安徽霍邱、鲁中和邯邢—邢台。下面对其中 6 个重要的和有代表性的铁矿成矿区（带）的成矿规律进行论述。

一、鞍山—本溪铁矿成矿区

这是我国最重要的铁矿成矿区，由于我国最早在鞍山地区研究了这类沉积变质铁矿，故通常将鞍山式铁矿作为典型代表。鞍本地区位于华北地台东北缘胶辽台隆的西北部，区内早前寒武纪变质岩系由新太古代鞍山群和古元古代辽河群组成。条带状硅质铁矿主要赋存于鞍山群中，已探明东鞍山、西鞍山、齐大山、眼前山、樱桃园、弓长岭、红旗、南芬（庙儿沟）、歪头山等 18 个大型特大型矿床和一批中小型矿床（图 3-1-11），铁矿储量达 125 亿吨，占全国铁矿总储量的 24.2%。

本区和外围的鞍山群变质岩系，实际上是大片花岗岩分布区中的残留体。因此，缺乏完整连续的剖面，可大致划分为下鞍山群、中鞍山群和上鞍山群 3 个岩群。

(1) 下鞍山群：自下而上可分为城子矽组和通什村组，其岩性分别是：①城子矽组，主要由斜长角闪岩、辉石斜长角闪岩、黑云角闪斜长变粒岩、黑云斜长变粒岩、浅粒岩、含石榴角闪岩、榴辉岩等组成，夹条带状硅质铁矿，厚度 $> 5653\text{m}$ ；②通什村组，主要由黑云斜长变粒岩、黑云角闪斜长变粒岩、石榴直闪斜长变粒岩组成，夹条带状硅质铁矿和品质磷矿，厚 5582m 。

(2) 中鞍山群：又可分为 3 个组，自下而上是山城子组、烟龙山组和大峪沟组。它们的岩性分别是：①山城子组，为一套主要由斜长角闪岩组成的地层，夹厚度不大的条带状硅质铁矿透镜状体，总厚 1616m ；②烟龙山组，主要是混合质黑云片麻岩，夹斜长角闪岩、云母石英片岩以及 2 个条带状硅质铁矿层位，最大厚度为 3032m ；③大峪沟组，在本区分布较广，岩石由细粒黑云变粒岩组成，夹数量不等的斜长角闪岩及云母石英片岩、二云变粒岩、二云片岩、石榴绿泥片岩等，在一些地段夹有规模大小不等的多层条带状硅质铁矿，岩层最大厚度为 2474m 。

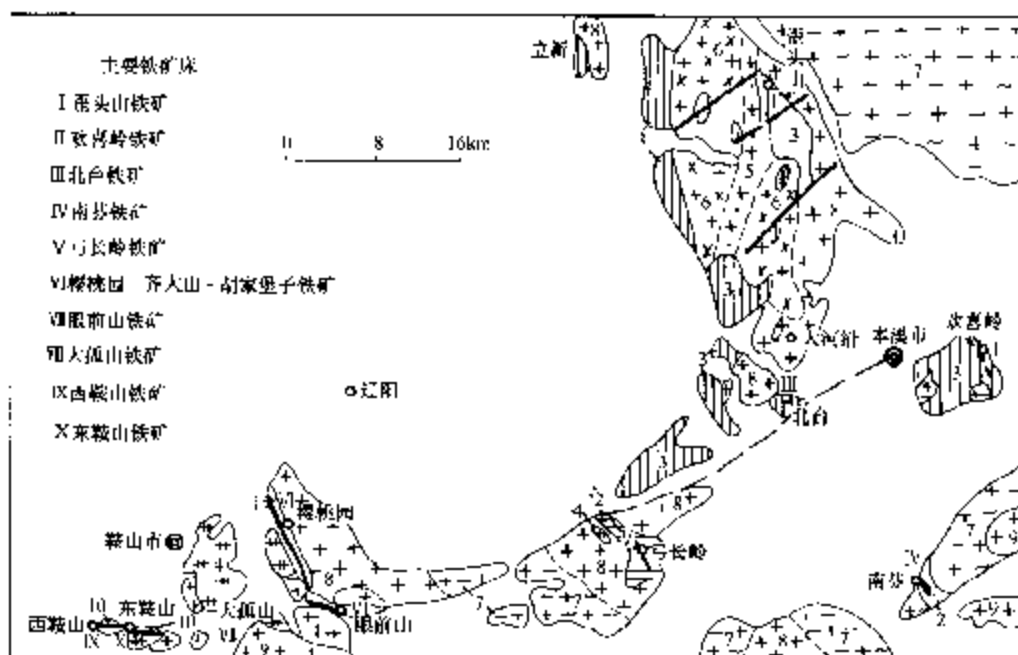


图 3-1-11 辽宁鞍山地区鞍山群条带状硅质铁矿分布略图

- 1—以陆源沉积物为主的含铁岩系；2—过渡型含铁岩系；3—以基性—中酸性火山沉积为主的含铁岩系；4—大于 2.8Ga 的花岗质杂岩体；5—英云闪长岩；6—花岗闪长岩—黑云母花岗岩；7—时代不明的花岗质岩石；8—形成于 2.5Ga 的钾质花岗岩；9—中生代花岗岩；10—新元古代石英岩（钓鱼台石英岩）

(3) 上鞍山群：只有樱桃园组，主要岩性有绢云石英绿泥千枚岩或片岩、黑云变粒岩、斜长角闪岩，并夹有一层厚度很大的条带状硅质铁矿层，局部还夹有 $20 \sim 40\text{m}$ 厚

的条带状硅质铁矿_{1~2}层,本组地层厚度近千米,其上被辽河群地层不整合覆盖。

鞍山群的变质年龄在 $2.5 \sim 2.65\text{Ga}$ 之间,其原岩的形成时间可能早于 2.8Ga (程裕淇等,1994)。

根据本区铁矿产出的变质岩系层位及其所反映的变质相和铁矿床地质特征的不同,可把条带状硅质铁矿划分为₃类:

产于上鞍山群绿片岩相—低角闪岩相变质岩系中的铁矿床 含矿变质岩系的原岩基本上为沉积岩建造。矿床由一个厚大的主矿层组成,或还伴生_{1~2}个小矿层。主矿层单层厚 $100 \sim 300\text{m}$,延长几十公里。这类铁矿床均为大型或特大型,矿床实例为东鞍山、西鞍山、齐大山和眼前山等。

产于中鞍山群角闪岩相变质岩系中的铁矿床 变质岩原岩有基性火山岩、中酸性火山岩和沉积岩。铁矿层一般为密集多层,单层厚 $20 \sim 60\text{m}$,矿层累计厚度可达 160m ,延长几百米至 4.5km 。此类铁矿床大多为大、中型,也有小型。矿床实例有弓长岭、南芬、歪头山和小岭子等。

产于下鞍山群角闪岩—麻粒岩相变质岩系中之铁矿床 变质岩原岩属基性火山岩建造。铁矿床为稀疏多层状,大多为小型。矿层单层厚 $10 \sim 20\text{m}$,累计厚度 $20 \sim 40\text{m}$ 。矿床实例为罗卜坎。

上述₃类条带状硅质铁矿的主要地质特征见表₃₋₁₋₈。

二、西昌—滇中铁矿成矿带

该铁矿成矿带在大地构造上位于康滇地轴,位于扬子地台西缘,其基底包含了太古宙末到古元古代角闪岩相到变粒岩相变质岩和花岗质岩石组成的“康定杂岩”(及其相当的岩群)与中、新元古代昆阳群或会理群等浅变质地层,以及新元古代的晋宁期花岗岩类等。其上沉积了震旦系和一些显生宙地层,并受到古生代岩浆活动(主要是侵入活动)的明显影响。这是一个南北向继承性多旋回铁矿床重要成矿带,探明铁矿储量达 70.7 亿吨,占全国总储量的 13.7% 。

在成因上与岩浆活动有关的铁矿床,其成矿时代最早是中元古代早期或古元古代晚期,为产于大红山群和河口组浅变质细碧角斑质岩系和基性岩建造中的火山—沉积型(铜)铁矿床、铁矿床和高温气液交代型、充填型铁矿床等,组成一个成矿系列,局部还包含了矿浆型铁矿床,分别分布于云南大红山(云南大红山铁矿床)和四川会理西南拉拉厂附近(图₃₋₁₋₁₂)。此外,在会理的其他地点和云南昆明西北鹅头厂等地中昆阳群及其相当的浅变质地层中,也见有同上述类型相似的铁矿床。有的可构成大型矿床。其次,有新元古代与晋宁期和澄江期岩浆活动有关的铁矿床。当时有大规模酸性火山喷发和岩浆侵入活动,主要沿南北向安宁河断裂发生,伴有少量基性岩类。在侵入体接触带及其附近,有以接触交代型为主的和热液交代型铁、锡矿床产出,形成本区的铁

锡成矿带。这个矿带北自西昌以北喜德朝王坪, 南到云南昆明以南的石屏境内。带内从北而南有泸沽、摩沙营、顺河、长塘等与铁锡矿化有关的花岗岩、花岗闪长岩。泸沽花岗岩的时代较新, 同位素年龄为 $635 \sim 716 \text{Ma}$, 属澄江期产物。摩沙营及春以南的花岗岩时代较老, 同位素年龄为 $719 \sim 1084 \text{Ma}$, 属晋宁期产物。从伴生矿化看, 泸沽花岗岩外接触带主要产有接触交代型为主的和热液交代型铁矿床或(锡)铁矿床。摩沙营岩体和顺河岩体主要伴生有接触交代型锡矿床, 次为热液交代型铁矿床。云南境内的石屏龙潭花岗闪长岩体和黑云母花岗岩体接触带则有含钨锡的赤铁矿矿体产出。

表 3-1-8 鞍本地区及外围鞍山群各组岩层中条带状硅质铁矿床特征

		上鞍山群		中鞍山群		下鞍山群	
		樱桃园组	大峪沟组	烟龙山组	山城子组	通什村组	城子组
	变质岩相	绿片岩相— 低角闪岩相	主要为角闪岩相			角闪岩—麻粒岩相	
	岩层的主要岩性	绢云(白云母)石英绿泥片岩、千枚岩、云片岩、黑云变粒岩	细粒黑云变粒岩、斜长角闪岩、云母片岩、石榴绿泥片岩	黑云片麻岩、云母石英片岩、斜长角闪岩、	斜长角闪岩	以角闪斜长片麻岩为主, 以含辉石为特征	
	岩层的原岩建造	基本上为沉积岩建造	火山—沉积岩建造	基本上为火山岩建造	基性火山岩建造		
条带状铁矿床特征	矿床结构	主矿层只有一层	1~6层	1~8层	1~2层	1~2层	
	矿层单层厚度	100~340m	几米至几十米	几米至几十米	20m以下	20m以下	
	矿层延长	十几公里	几百米至几公里	几百米至1km以上	几十米至几百米	几十米至几百米	
	矿床规模	大型	大、中、小型	大、中、小型	小型	中、小型	小型
	矿石特征	磁铁矿+石英为主, 有少量含闪石类的矿石	磁铁矿+石英+闪石 磁铁矿+石英			磁铁矿+石英+闪石类 磁铁矿+石英 以含辉石为特征	

[据周世泰(1989)原表和程裕淇等(1994)对部分内容的修改]

时代更晚的是本带北段攀西地区含钒钛磁铁矿的基性、超基性岩体，它是本区最重要的铁矿床成矿母岩，以往测定的同位素年龄值存在着一些矛盾，含矿岩体大部分侵位于上震旦统白云质大理岩或前震旦系的碳酸盐岩层中，其上多被中生代地层覆盖。看来岩体的主要成矿时代究竟是否属古生代早期或晚期，或兼具两个时代，还有待今后进一步工作来证实。有关的岩浆型钒钛磁铁矿矿床是区内最重要的铁矿床类型，集中分布在北起冕宁，南至金沙江岸，沿安宁河断裂西侧分布，矿带长约320km。在云南牟定等地也有这类铁矿床产出，但规模远不如四川境内的一些矿床。本区钒钛磁铁矿矿床的分布可进一步划分为两个矿带：东矿带分布于安宁河断裂以西和绿汁江断裂以东的狭长地带，包括太和、巴洞、白马、白草和红格等重要地区，是主要矿带；西矿带位于绿汁江断裂西侧，包括攀枝花、萝卜地、安益等矿区（图3-1-1）。

康滇地轴地台盖层中还有不同时代的沉积铁矿床产出。它们均分布于安宁河—易门深断裂以东。其中以中奥陶统的华弹式铁矿床和中泥盆统的碧鸡山、鱼子甸铁矿床较为重要。

在上元古界双水井组中，赋存有满银沟式沉积变质型富铁矿床。铁矿床主要分布在满银沟运动所形成的不整合面之上，以一套铁泥质胶结石英碎屑为主的碎屑岩，在此含铁岩系之下，不整合面之上分布有变质凝灰岩和中酸性变质火山岩。因此，有人提出铁矿床在成因上可能与火山—沉积有关（中国地质科学院地质矿产研究所第一铁矿床研究队，1978）。

西昌地区的中元古界凤山营组和滇中地区中元古界昆阳群大龙口组的碳酸盐岩地层和火山—沉积碎屑岩中广泛分布有以菱铁矿为主的铁矿床。矿体形态为似层状、透镜状或脉状，矿石矿物成分简单，以菱铁矿为主，次有赤铁矿，脉石矿物为方解石，次为石英和绿泥石等。代表性矿床有会理凤山营、新平鲁奎山、安宁王家滩等。成都地质矿产研究所（1986）曾对凤山营组碳酸盐岩和菱铁矿作了 $Rb-Sr$ 同位素年龄测定，结果前者为1540Ma，后者为534~846Ma，认为1540Ma代表了地层和原生沉积菱铁矿的年龄，534~846Ma反映了这类矿床的热液成矿时代，说明菱铁矿的形成经历了不止一个成矿阶段。

三、冀东—密云铁矿成矿区

这是仅次于鞍本地区的重要沉积变质型铁矿分布区。本区已探明的铁矿储量达62.7亿吨，占全国铁矿探明储量的12.1%。已知大型和特大型铁矿床有司家营、水厂、石人沟、孟家沟、沙厂、柞栏杖子和马兰庄等，还有一大批中小型矿床（图3-1-13）。

在大地构造上，本区处于华北地台北缘的隆起区（内蒙古地轴东部），广泛发育早前寒武纪变质地层，特别是太古宙变质地层在本区发育较全，包括古太古代、中太古代

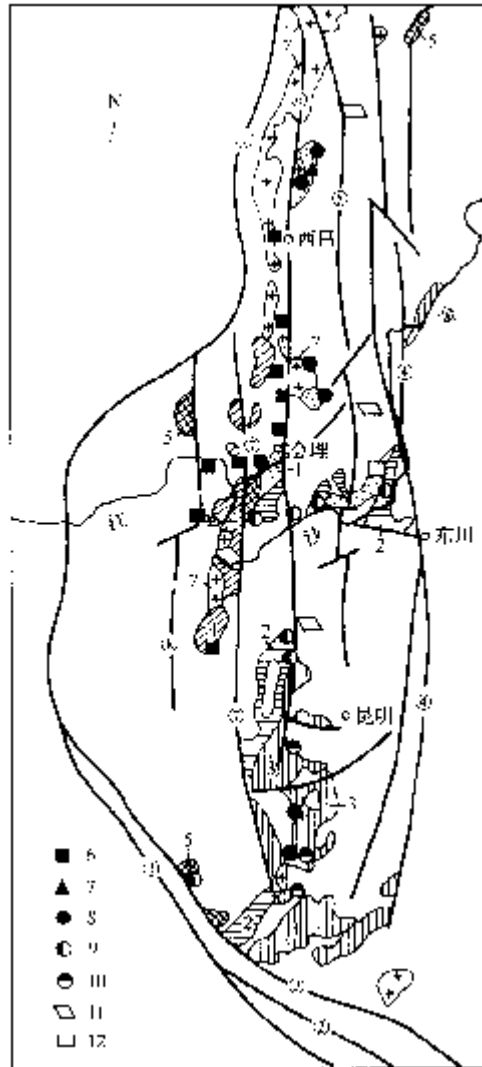


图 3-1-12 西昌—滇中地区主要铁矿分布略图

1—上昆阳亚群（会理群的一部分，登相营群下部）；2—中昆阳亚群因民组至青龙山组；3—下昆阳亚群（迤纳厂组）；4—龙川组；5—大红山群（河口组）；6—钒钛磁铁矿矿床；7—接触交代型为主的铁矿床；8—热液交代型（锡）铁矿床；9—火山—沉积、火山气液、热液交代型等（铜）铁矿床；10—热液型菱铁矿矿床；11—古生代沉积铁矿；12—浅变质沉积铁矿床；γ—澄江期或晋宁期花岗岩；①—龙门山—哀牢山大断裂；②—哀牢山大断裂；③—红河大断裂；④—昭觉小江大断裂；⑤—黑水河—滇池大断裂；⑥—安宁河—易门大断裂；⑦—元谋—绿汁江大断裂；⑧—攀枝花—楚雄大断裂，空白区为元古宙以后的地质体

和新太古代各时代的地层，也有古元古代的地层。在上述不同时代前寒武纪地层中均有不同规模的条带状硅质铁矿产出。根据沈其韩（1998）和耿元生（1998）等资料综合分析后，对本区含铁变质岩建造按成矿时代自老至新分别叙述如下。

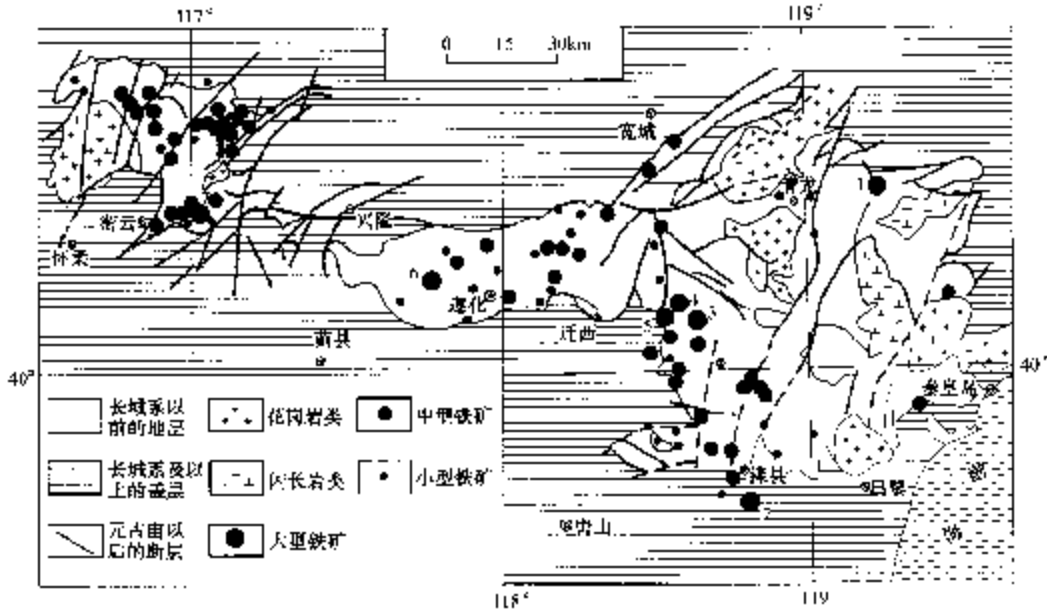


图 3-1-13 冀东—密云地区条带状硅质铁矿分布略图

1—柞栏杖子；2—司家营；3—马兰庄；4—水厂；5—孟家沟；6—石人沟；7—沙厂

（一）古太古代（ $3.6 \sim 3.2\text{Ga}$ ）

含铁建造分布于冀东迁西地区的曹庄岩群中。曹庄岩群由斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩和条带状硅质铁矿组成。代表性铁矿床为迁西杏山铁矿，属中型。矿石主由磁铁矿、石英和辉石组成，含少量角闪石、绿泥石等。

（二）中太古代（ $3.2 \sim 2.8\text{Ga}$ ）

含铁建造分布于冀东迁西地区和北京密云地区，为迁西群和密云群。变质岩石组合有二辉斜长变粒岩、黑云（石榴）紫苏斜长片麻岩、夕线石榴斜长片麻岩夹条带状（片麻状）硅质铁矿。代表性铁矿床为迁安水厂和孟家沟（大型）以及密云沙厂（大型）。矿石主要矿物为磁铁矿、石英、紫苏辉石和透辉石，次为角闪石、黑云母、石榴子石和斜长石，含少量赤铁矿、磷灰石、滑石、绿泥石、碳酸盐和硫化物。

（三）新太古代（ $2.8 \sim 2.5\text{Ga}$ ）

在冀东地区，新太古界自下而上可分为 3 个群：

(1) 遵化群：由二辉斜长麻粒岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩组成，夹条带状（局部为片麻状）硅质铁矿层。代表性铁矿床为遵化石人沟（大型）和迁西龙湾（中型）。矿石组成矿物主要为磁铁矿、石英、透辉石和角闪石，次有紫苏辉石、斜长石、阳起石和绿色黑云母，少量磷灰石、绿泥石、碳酸盐和硫化物等。

(2) 滦县群：由斜长角闪岩、黑云（角闪）变粒岩组成，夹条带状硅质铁矿层。代表性铁矿床为滦县司家营（特大型）。矿石主要矿物为磁铁矿、石英、普通角闪石、阳起石和透闪石，次为绿色黑云母、滑石、斜长石、赤铁矿、镁钠铁闪石、电气石，少量磷灰石、绿泥石、碳酸盐和硫化物。

(3) 双山子群：由黑母斜长角闪岩、石榴黑云片岩和变粒岩组成，夹有少量条带状硅质铁矿。

在北京密云地区，新太古界为张家坟群，由黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩和角闪岩等组成，夹条带状硅质铁矿。代表性铁矿床为密云冯家峪（中型）。矿石组成矿物为磁铁矿、石英、黑云母、角闪石，次有斜长石和石榴子石。

（四）古元古代（2.5 ~ 1.8Ga）

古元古界主要分布于冀东青龙一带，称为朱杖子群，由云母片岩、变粒岩（夹斜长角闪岩）和条带状硅质铁矿组成。代表性矿床为柞栏杖子（大型）和前白枣山（小型）。矿石矿物成分主要为磁铁矿、石英、透闪石、铁闪石、阳起石，次有黑云母、石榴子石，少量赤铁矿、磷灰石、碳酸盐和硫化物。

综上所述，条带状硅质铁矿在本区的早前寒武纪地层中均有产出，其中以新太古界最为重要，次是中太古界和古元古界。含铁建造的变质程度从老到新渐趋降低：古太古代的曹庄群、迁西群、遵化群、密云群均主要属麻粒岩相（个别为高角闪岩相），新太古代的滦县群、张家坟群和双山子群为高角闪岩相至低角闪岩相，而古元古代的朱杖子群则为高绿片岩相至低角闪岩相。矿石构造从太古宙的以片麻状为主，至新太古代晚期和古元古代变为以条纹条带状为主。磁铁矿的粒径随着变质程度的降低也相应逐渐变小，即从麻粒岩相的 0.1 ~ 0.5mm 渐变为绿片岩相的 0.01 ~ 0.1mm。矿石多为贫矿，含铁品位（ T_{Fe} ）平均为 26% ~ 35%。

四、长江中下游铁（铜、金）矿成矿带

长江中下游地区是我国重要的铁铜矿产基地，在大地构造上主要属于下扬子台褶带，位于扬子地台的东北端，靠近中朝地台东南部，为一向南突出的弧形断裂拗陷带。铁铜矿床大致沿江分布，西起湖北大冶，东到镇江附近；在江苏海门附近还有铁矿产出。全带铁矿床储量 30.7 亿吨，占全国总量的 5.9%，其中富铁矿也占一定比重。

本区变质岩基底为早前寒武时期的大别群和宿松群及与其相当的中、深变质岩系，

可能还有晚前寒武的浅变质岩系。矿床赋存围岩主要是晚古生代和三叠纪的碳酸盐岩建造和中生代的火山岩及火山—沉积岩建造。

区域内褶皱和断裂构造发育。褶皱轴主体为北东和近东西向。燕山早期以来,在原来的东西向构造为主的基础上,发育了一系列断层和断陷盆地(图 3-1-14),其中北东和北东向断裂是深切地幔的大断裂,是控制燕山构造—岩浆成矿带的主干构造,在它和近东西向、北西向构造的交汇处,是中生代岩浆侵入、火山喷发和铁铜金属成矿的主要场所。

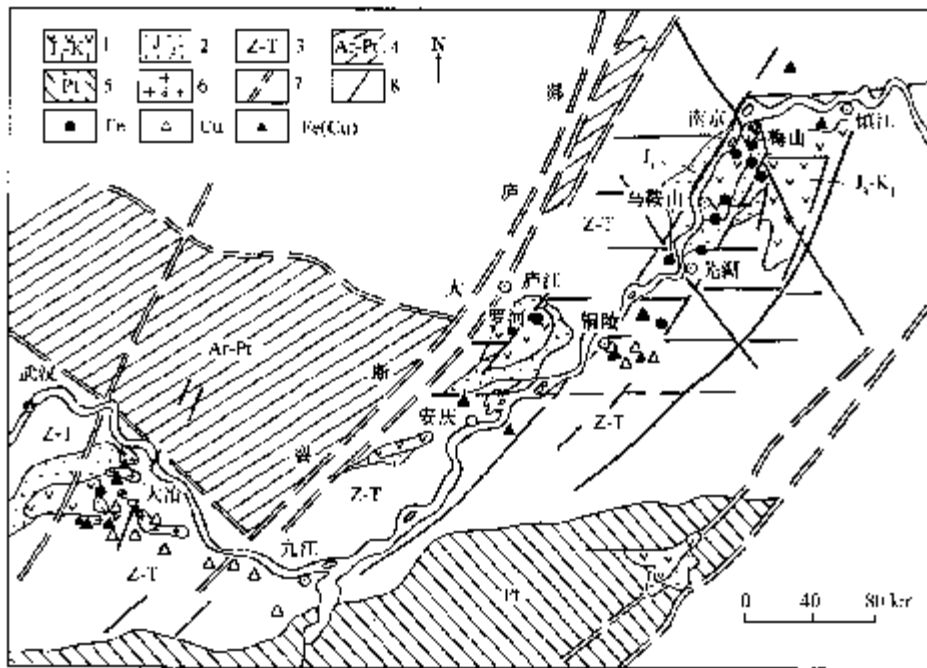


图 3-1-14 长江中下游铁矿床分布略图

- 1—上侏罗统—下白垩统安山质火山岩; 2—中下侏罗统砂岩; 3—震旦系—三叠系;
4—太古宇和元古宇深变质岩系; 5—元古宇板溪群浅变质岩系; 6—闪长岩、
石英闪长岩、石英二长岩类; 7—深断裂; 8—大断裂; Fe (黑圆点)—与火山—侵入
活动有关的交代(充填)型铁矿床(玢岩铁矿); Cu (空心三角形)—夕卡岩
(斑岩)型铜(金)矿床; Fe-Cu (黑三角形)—夕卡岩型铁(铜)矿床

本区岩浆活动以钙碱系列的基性到中酸性为主。不同时代和类型的岩浆岩,其伴生金属矿床的类型和组合也不相同。鄂东南等地区夕卡岩型铁(铜、金)矿形成时间较早,与成矿有关的主要是闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩、花岗闪长岩等,多呈岩株状复合式岩体产出。据已有同位素年龄资料,成岩时间为 95~165 Ma,伴生的铁(铜、金)矿化为 90~140 Ma。岩体侵位深度相对较大($\leq 2\text{km}$)。围岩主要为中下三叠统碳

酸盐岩,也有一些砂页岩,在大冶灵乡地区,岩体也侵入于基本上属同一浅成岩浆活动期的陆相中、酸性火山岩系。长江下游地区与陆相火山—侵入岩有关的“玢岩铁矿”,其成矿母岩辉长闪长玢岩及其伴生铁矿床的形成时间相对较晚,岩体的同位素年龄为 $90 \sim 131 \text{ Ma}$,具潜火山岩特征。其围岩主要为侏罗系—白垩系安山质火山岩及三叠系和侏罗系砂页岩,局部为灰岩。

在扬子拗陷中由武汉到镇江的沿江地段,从早古生代开始到早中三叠世,普遍为拗陷沉降带,中三叠世后各地普遍隆起。到中侏罗世,沉降区只限于庐江—枞阳、繁昌—南陵和宁芜三个盆地以及大冶西部。

长江中下游成矿带中上述不同地段的地质构造演化特点,对铁铜矿床的分布也起着明显的控制作用,即相对的沉降区以铁为主,相对的隆起区以铜(金)为主。宁芜、繁昌、南陵和庐江—枞阳盆地在侏罗—白垩纪属沉降区。在断陷盆地中,沉降幅度较大,岩浆喷出地表,形成一套安山质火山—侵入杂岩,并伴生一组“玢岩铁矿”。

安徽铜陵地区和江西九江到湖北阳新一带,为相对隆起区。在中酸性侵入岩体同石炭—二叠纪、中下三叠统碳酸盐岩围岩的接触带,有大量夕卡岩型铜(金)矿床产出,如安徽的狮子山、铜官山、铜山、江西武山等。在超浅成岩体中及其接触带,有铜山口、封山洞、城门山等夕卡岩和斑岩复合型铜(金)矿床产出,在碳酸盐岩围岩中还有热液型铜矿床,构成成矿系列。在拗陷区和相对隆起区的过渡带(如大冶地区),在闪长岩类、石英二长岩和花岗闪长岩与三叠纪碳酸盐岩石的接触带,有夕卡岩型铁(铜、金)矿床分布(见图 3-1-14)。

综上所述,在长江中下游地区主要分布有两个类型的铁矿床,即夕卡岩型铁(铜、金)矿床和“玢岩铁矿”,这两组铁矿床之间有一定内在联系,并常相互过渡,因此从大的区域内考虑,两者在实质上构成了一个统一的铁矿床成矿系列和或系列组合,但它们在空间分布、成岩成矿时代、产出区域地质构造背景和成矿作用特点等方面,又有较明显的差别,因此可把它们分别划为两个成矿系列来考虑(程裕淇等, 1983)。

五、鄂西—湘西北铁矿成矿区

鄂西—湘西北地区是我国最重要的宁乡式铁矿成矿区。这里分布有一大批大中型铁矿床,其铁矿总储量多达 22.8 亿吨(含表外储量),占我国宁乡式沉积铁矿总储量的 58.7%。

本区泥盆纪地层自下而上依次为:①中泥盆统云台观群(D_{2y}),厚层砂岩,底部偶见砾岩,厚 40m;②上泥盆统黄家碛组(D_{3h}),细粒石英砂岩,上部夹页岩及两层铁矿(Fe_1 和 Fe_2),厚 45m;③上泥盆统写经寺组(D_{3x}),下段为泥灰岩及钙质页岩,底部夹铁矿层 Fe_3 ,厚 30m,上段为页岩及石英砂岩,底部夹铁矿层 Fe_4 ,厚 20m。

由上可知,铁矿层在本区均产于上泥盆统,共有 4 层,其中 Fe_1 、 Fe_2 矿层产于上

泥盆统下段的黄家磴组中,而 Fe_3 和 Fe_4 矿层则产于上泥盆统上段的写经寺组内。

图 3-1-15 反映了鄂西—湘西北成矿区宁乡式铁矿在古海盆地中的分布位置、各矿区的铁矿层产出状况及其主矿层的围岩岩相特征,从图中可以看出:

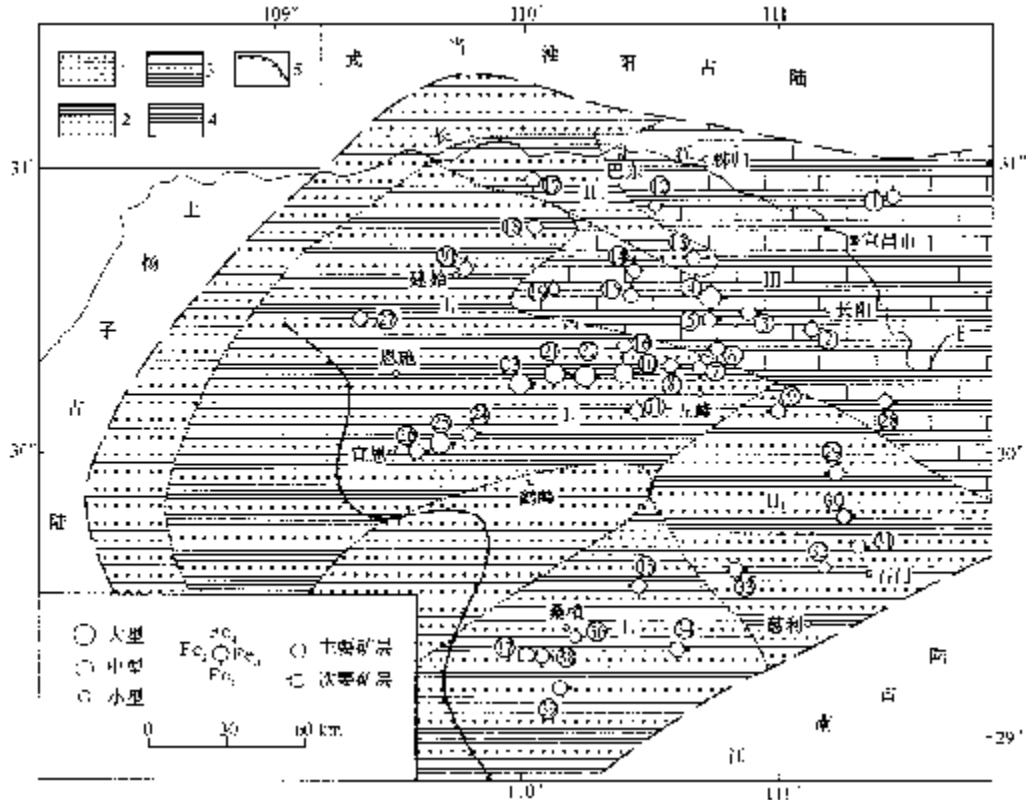


图 3-1-15 鄂西—湘西北成矿区宁乡式铁矿床的矿层产出和围岩岩相分布

1—砂岩; 2—砂岩夹页岩; 3—页岩夹砂岩; 4—页岩夹灰岩; 5—成矿后剥蚀区

①官庄; ②马鞍山; ③青岗坪; ④火烧坪; ⑤田家坪; ⑥石板坡; ⑦黄粮坪; ⑧谢家坪; ⑨阮家河; ⑩龙角坝; ⑪清水湄; ⑫白燕山; ⑬杨柳池; ⑭仙人岩; ⑮瓦屋场; ⑯龙坪; ⑰桃花; ⑱十八格; ⑲大支坪; ⑳太平口; ㉑官店; ㉒黑石板; ㉓五家峪; ㉔火烧堡; ㉕长潭河; ㉖马虎坪; ㉗铁厂坝; ㉘松木坪; ㉙太清山; ㉚杨家坊; ㉛新关; ㉜何家峪; ㉝小溪峪; ㉞喻家嘴; ㉟麦地坪; ㊱西界; ㊲利必溪; ㊳桃子溪; ㊴槟榔坪

Fe_1 矿层赋存在上泥盆统黄家磴组 (D_3h) 中部的页岩中, 主要分布于恩施铁厂坝、建始太平口、十八格、大支坪, 巴东仙人岩、瓦屋场和秭归杨柳池一带, 大致呈北东东向分布 (图 3-1-15)。在建始十八格和秭归白燕山矿区, 该层属于主矿层。矿层主要由砂质鲕状赤铁矿矿石组成, 呈透镜状、似层状产出, 厚度一般较小, 约 0.7m 左右。含铁品位平均为 35%。

F_{e2} 矿层赋存在黄家磴组上部的页岩夹砂岩或砂岩夹页岩中，主要分布于鄂西的宜昌、长阳、巴东和秭归一带，在湘西北的石门、慈利和桑植等地某些矿床中也有产出，其中在石门太清山和桑植麦地坪等矿区中，该层铁矿属主矿层。矿体呈透镜状或似层状，延伸可达 5km 左右。矿层厚度一般为 1 ~ 2m 左右。矿石主要由砂质鲕状赤铁矿组成，通常含铁 30% ~ 40%，局部有富矿产出。

F_{e3} 矿层赋存在写经寺组 (D_3x) 下段底部，在多数情况下，底板为石英砂岩，顶板为页岩或泥灰岩。该矿层遍布于全区，且多属主矿层。矿层在一些大型矿床中呈层状分布近百平方公里，厚度一般 1.5 ~ 3.4m。矿石主要为钙质鲕赤铁矿或砂质鲕状赤铁矿，在多数情况下含铁量随矿体厚度的变大而递增，平均品位 40% 左右，并常有富铁矿产出。

F_{e4} 矿层赋存在写经寺组 (D_3x) 上段底部页岩夹灰岩中，主要分布在建始、巴东、长阳、五峰一带。在建始太平口、巴东仙人岩和瓦屋场矿区，该矿层属于主矿层。矿体大多呈薄层状（多层）或透镜体。矿石主要由菱铁矿、鲕绿泥石和鲕状赤铁矿组成。含铁品位 25% ~ 40%。

综上所述，本区上泥盆统含矿沉积岩相和矿石相随时间的演化趋势是：容矿沉积岩岩相由以页岩为主夹砂岩向钙质页岩夹灰岩转化，铁矿石相由砂质鲕状赤铁矿逐渐向钙质鲕状赤铁矿演化，最后生成由菱铁矿、鲕绿泥石和鲕状赤铁矿组成的矿石相。 F_{e1} 、 F_{e2} 和 F_{e3} 矿层形成于海侵沉积旋回岩系中，而 F_{e4} 则形成于海侵末期或海退沉积旋回岩系内。

在古海盆地北东缘的长阳火烧坪、青岗坪、马鞍山至东南部的松木坪以及宜昌的官庄一带，主矿层为 F_{e3} ，次要矿层 F_{e1} 、 F_{e2} 和 F_{e4} 在多数矿区中俱全，但矿石大多为贫矿，只有个别矿区（如松木坪）含铁品位较高。而在古海盆中心的官店、黑石板、伍家河、龙角坝和长潭河等矿床不仅规模巨大，矿石含铁品位也相对较高（ $TFe39\% \sim 47.5\%$ ），富矿所占比重较大，约占一半左右。

同样，在古海盆地边缘的慈利—石门一带的铁矿床，主矿层虽也为 F_{e3} ，但其围岩主要是砂岩夹页岩，矿床规模均为中小型。矿石含铁品位中等（ $TFe34\% \sim 44\%$ ）。

磷在铁矿石中的含量亦与矿床所处的古地理位置有关。在沉积海盆地边缘的矿床中，磷的含量较低，如在石门—慈利—桑植一带的铁矿中，矿石磷的含量大多介于 0.06% ~ 0.58%，平均品位 0.36%。在古海盆地边缘靠近武当淮阳古陆的官庄，磷的含量也只有 0.42%，而位于古海盆中心的官店、龙角坝、长潭河等大中型沉积铁矿床中，磷的含量普遍较高，大多为 0.75% ~ 1.1%，平均 0.84%。

六、邯鄲—邢台铁矿成矿区

这是一个重要的夕卡岩型铁矿成矿区，主要分布于冀南的邯鄲和邢台一带。在大地

构造上,处于华北地台山西断隆与华北断坳的过渡带,属于次一级构造单元“武安坳陷”。在本区集中分布有 73 个不同规模的铁矿床,探明储量达 8.3 亿吨。区域构造的特点是北北东向、近南北向断裂和褶皱发育。另根据航磁资料分析,在隐伏的前寒武纪基底上存在古东西向构造,本区恰位于东西向坳陷中。这种东西向隐伏基底构造与上述盖层构造的复合地段联合控制着深部岩浆的上侵活动和有关含矿热液系统。

区内出露地层有寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系。寒武系下统为紫色砂页岩,中上统以灰岩为主,厚 553m。下奥陶统为厚层白云岩,厚 76m。中奥陶统马家沟组是本区分布最广的地层,主要由厚层灰岩组成,夹白云质灰岩和少量泥灰岩,还夹有 3 层含石膏(石盐)假晶的灰岩,总厚度为 400~700m。中奥陶统中的 3 层含膏(盐)角砾状灰岩,不仅是构造变动中的薄弱带,还具有可溶性和可塑性特点,为岩浆入侵形成似层状岩体提供了有利空间。石炭系由砂质页岩、砂岩、页岩夹灰岩组成,厚 140m。二叠系主要为砂岩、页岩和砂质页岩,下部有煤层产出,厚约 1080m。

与成矿有关的侵入岩以闪长岩—二长岩系列为主,包括一部分基性岩。侵入岩的形成时代为侏罗纪—白垩纪(89~177Ma),可分为早、中、晚三个阶段。燕山早期(152~177Ma)主要有角闪闪长岩,次为角闪辉长岩和橄榄辉长闪长岩,后两者形成相对较早。其中,角闪闪长岩类与铁矿关系较密切,主要分布于符山岩体。燕山中期(121~132Ma)以中偏碱性的闪长岩、正长闪长岩、角闪二长岩和辉石二长岩为主,是本区主要成矿岩体,如符山、固镇、矿山村和綦村等岩体大多属此类(图 3-1-16)。燕山晚期(89~111Ma)为正长斑岩和角闪正长岩体,见于洪山岩,目前尚未发现有工业价值的铁矿床。

铁矿床大多产于闪长岩类侵入体和中奥陶统灰岩或白云质灰岩的接触带,呈似层状或透镜状产出。矿石矿物以磁铁矿为主,次为假象赤铁矿和黄铁矿,可含少量镜铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、斑铜矿、闪锌矿等。脉石矿物有透辉石、透闪石、阳起石、金云母、蛇纹石、白云石、方解石,次为绿泥石、石榴子石、石英、含铁白云石等。矿石构造以块状为主,次有浸染状、条带状、斑杂状、角砾状等。矿石平均品位 40%~52%,富矿占有较大的比重。硫含量 0.07%~2%,磷 0.012%~0.037%,钴的含量偏高,可达 0.013%~0.1%,钴主要赋存于黄铁矿中,可以综合利用。

在成矿的闪长岩类内接触带,钠长石化十分发育,有时还可能有方柱石化,并伴有透辉石化,形成钠长石化(±方柱石化)、透辉石化褪色蚀变闪长岩。钠长石化的强度和分布范围往往和矿体的规模呈正比,因此,可视为重要的找矿标志之一。在外接触带,通常形成透辉石(±金云母)夕卡岩,并伴有磁铁矿化。一般从岩体向碳酸盐围岩方向的交代带剖面为:闪长岩→透辉石化钠长石化(±方柱石)闪长岩→透辉石钠长石交代岩→透辉石(±金云母)夕卡岩(叠加有磁铁矿矿化)→大理岩。

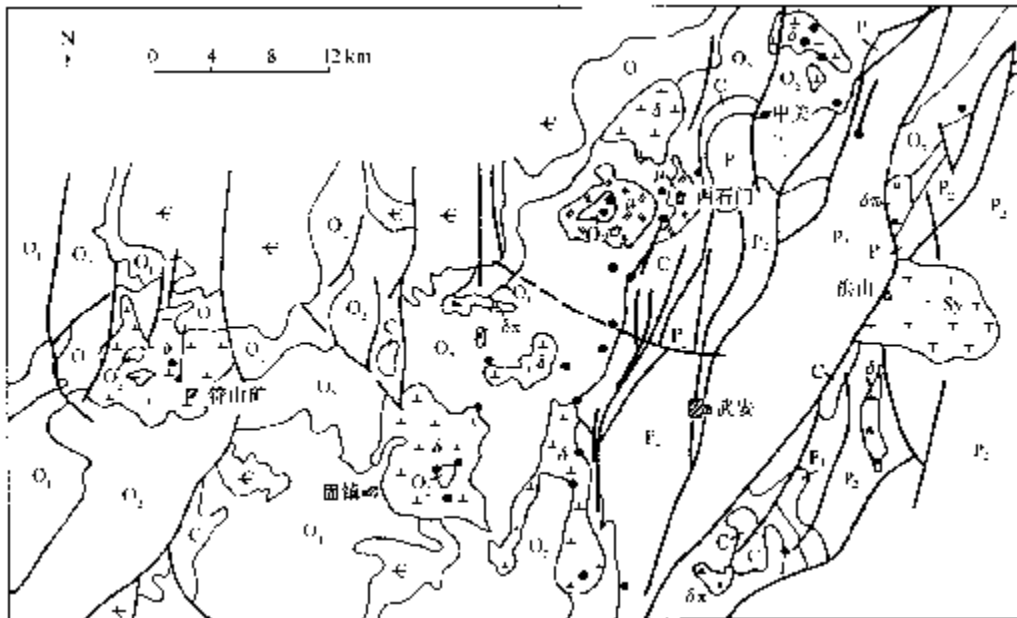


图 3-1-16 邯邢地区铁矿床分布略图

(据华北地质科学研究所铁矿队, 1974)

P₂—上二叠统砂质页岩、石英长石砂岩; P₁—下二叠统页岩、砂岩; C—石炭系砂页岩夹灰岩;

O₁—中奥陶统灰岩夹白云质灰岩; O₁—下奥陶统白云岩; C—寒武系砂页岩、灰岩;

δ—闪长岩类; δπ—闪长玢岩; S_y—正长岩; μ—二长岩; 黑圆点—铁矿床

第五节 我国铁矿的保证程度、找矿潜力和有关铁矿工作的意见

一、我国铁矿资源的需求保证程度分析

如前所述,我国截止至 1997 年底,探明铁矿产地 1992 处,累计探明储量 519 亿吨,保有储量 478.9 亿吨,其中暂难利用的铁矿石储量 185 亿吨。能直接入炉的富铁矿石探明储量只有 15.7 亿吨,占全国铁矿储量的 3%,能单独构成开采的大型富铁矿床只有鞍山弓长岭二区、海南石碌租山东张家湾。在富铁矿石中,炼钢用的矿石只有 2.7 亿吨。

20 世纪 90 年代以来,随着我国钢铁工业的飞速发展,国内铁矿石的生产能力增长

缓慢, 国产铁矿石供应缺口量呈逐年增长趋势, 而且形势十分严峻 (表 3-1-9)。

表 3-1-9 我国近十余年来钢和铁矿石产量和进口量 (亿吨)

	1990	1995	2001	2002	2003	2004 (预测)
钢产量	0.654	0.954	1.52	1.82	2.2	2.6
铁矿石产量 *	1.79	2.65	2.17	2.3	2.5	2.7
进口富铁矿石	0.142	0.412	0.923	1.2	1.5	1.9

* 国产铁矿石主要属中低品位。(据朱训等, 1999; 焦玉书, 2002; 肖春泉, 2002; 王欣, 2004)

从表 3-1-9 可以看出, 我国近几年来, 钢产量猛增, 2001 年为 1.52 亿吨, 2003 年达 2.2 亿吨, 超过美国和日本的产钢量总和, 预计今年将达到 2.6 亿吨, 而铁矿石的产量则增长较慢, 远远不能满足钢 (铁) 生产的需要。2003 年我国从国外进口铁矿石达 1.5 亿吨, 成为世界第一大铁矿石进口国。消耗外汇 51 亿美元 (折合人民币 423 亿元)。据业界预计, 今年将从国外进口富铁研石 1.9 亿吨。由于中国对铁矿石需求的扩大, 拉动了国际产品市场价格攀升, 也带动了国际海运市场船运价的上升。国内铁矿石主要进口地澳大利亚和巴西已宣布 2004 年将铁矿石价格提高 18.62% (张钦, 2004), 而海运价现在比去年的自巴西进口的铁矿石上升了 2.3 倍, 每吨上升至 33 美元 (吴文, 2004)。这就是说, 我国今年向国外进口 1.9 亿吨富铁矿石将耗资 12) .5 亿美元 (折合人民币 1025 亿元)。这是一项巨大的国库开支, 仅次于向国外购买石油的费用。

预计今后十年内我国钢铁产量还会继续高速增长, 但国产铁矿石远远不能满足需求, 又由于我国富铁矿石匮乏, 从国外进口大量富铁矿石不可避免。但从战略的角度看, 作为一个拥有 13 亿人口的大国, 铁矿石的供应不能主要依靠国外, 要首先立足国内, 挖掘国内贫铁矿的潜力, 搞“人造富矿”, 尽量提高铁矿资源保证的安全系数, 其次从国外进口一定数量的富铁矿石。美国和原苏联主要是走充分利用国内贫铁矿之路的。前期研究工作表明, 现有我国铁矿资源也完全有可能走这条道路, 但须作进一步调查研究 (赵一鸣, 2004)。

二、我国铁矿的找矿潜力

我国铁矿勘查程度较高, 全国大部分已知成矿区 (带) 已作过 1/20 区调及 1/5 万或 1/10 万的航磁测量, 并于 20 世纪 60 年代和 70 年代先后进行两次以找富矿为重点的铁矿会战。80 年代中期, 地质科研部门曾对我国铁矿资源进行过预测, 将全国划分出

17 个预测区 (表 3-1-10)。其中 11 个分布在东经 105°以东地区, 有望航磁异常 754 处, 预测资源量 311.5 亿吨。这些资源量多以隐伏矿或盲矿体分布在已知矿带的深部和边部。东经 105°线以西地区, 包括了 6 个预测区, 有望航磁异常 327 处, 预测资源量 288.45 亿吨。那里大部分地区研究及找矿工作程度相对较低或很低, 尚有发现新区的前景。

表 3-1-10 我国重要铁矿区带预测资源统计

区带简称	预测资源量/亿吨	有望航磁异常/处	有望矿点/处	备 注
密云—环柔	20	24	7	
冀东	26.52	127	18	
张家口—宣化	17.91	45		
五台	19.73	24	14	不包括岚县地区
蒙中	34.63	86	20	包括包头—白云鄂博地区
鞍本	112.54	77	15	包括抚顺南部
辽西	57.39	77	34	
宁芜	2.46	56	16	
闽南	4.96	32	9	
粤北	1.09	116		
西昌—攀枝花	246.79	56		
滇中	4.51	10		
陕南	19.36	90	15	
甘肃北山	4.11	141		
祁连山	5.93			指镜铁山一带
东疆	22.71	91	12	
新源	4.95	32	9	
合计	600.1	1081	172	

① 陈刚, 1994, 我国铁矿资源对 2010 年国民经济建设保证程度论证报告。

笔者认为, 以上预测的铁矿资源量只不过是一个较乐观的估计。应该指出, 我国铁矿资源总的格局已基本清楚, 大的格局不会有什么变化, 即使有新区发现, 其开采利用条件也不会比现有的铁矿好。某些二十年前探明了大型隐伏铁矿床, 如安徽罗河和霍邱等, 由于开采条件较差和成本过高等原因, 至今仍未被利用而成为呆矿。因此, 在今后相当时期内, 主要应依靠现已探明的铁矿储量。

三、有关铁矿工作的几点意见

(1) 沉积变质铁矿应作为最主要的找矿对象。因为这类铁矿无论在国外或国内均是最重要的铁矿类型, 不仅储量大, 而且分布相对集中, 虽然矿石品位不高, 以贫矿为主, 但大多易选, 铁精矿的成本不高。近二十多年来, 国外主要钢铁工业发达国家铁矿山开采的总趋势是: 矿山生产建设规模越来越大, 以露天开采为主, 发展大型高效率的设备, 不断提高机械化和自动化水平, 选矿也向选厂大型化、生产自动化方向发展。从而使劳动生产率迅速增长, 成本降低。规模巨大, 分布集中的沉积变质型(鞍山式)铁矿正好适于大规模露采和选矿。我国一些重要钢铁基地, 如鞍钢、本钢、首钢等, 由于铁矿石原料主要是鞍山式贫矿, 因此保证程度好, 生产长期稳定上升。为此, 对华北地台北缘前寒武纪老地层分布区, 特别是在覆盖区和半覆盖区有航磁异常出现的地段, 应注意寻找这类铁矿, 山西五台、冀东、鞍本等地已知铁矿外围及深部也应进一步加强找矿勘查工作。岩浆型钒钛磁铁矿床在四川攀西地区尚有较大的找矿潜力, 应继续开展有关勘查工作。夕卡岩型、火山岩型和热液型铁矿床是我国富铁矿的主要来源, 应进一步注意寻找。这类铁矿分布较广泛, 在全国 28 个省市自治区均有产出, 有的矿区还有一部分优质炼钢用富矿, 如山东莱芜张家洼、江苏利国、湖北大冶灵乡、福建潘田和四川泸沽等矿床。因此, 在有利的地质条件和交通条件下, 即使是中小型富铁矿, 也应进行勘查评价。

(2) 要加强我国西部等边远地区铁矿资源的勘查工作, 为国家的西部大开发战略决策服务。我国铁矿资源分布不均, 东部、中部多, 西部少。西北地区现已探明的铁矿储量仅占全国铁矿总量的 4.2%。但西部各省的地质研究程度较差, 有些地区的成矿地质条件还是较好的, 只要深入工作就可能会有较大的突破。例如, 在青藏铁路沿线唐古拉山口附近的青海和西藏境内, 已知分布有两个大型富铁矿床, 即西藏的安多当曲和青海当渠铁矿。容砂围岩为中侏罗统沉积岩和火山碎屑岩, 前者铁矿石主要由菱铁矿组成, 平均品位 (T_{Fe}) 39%, 后者由赤铁矿组成, 平均品位 40% ~ 44.5%。以往由于该区海拔高, 且交通不便, 仅作过一些粗略普查, 研究程度很低。但当前, 青藏铁路要在此地通过。交通将会变得十分方便。因此, 尽快查明这两个大型富铁矿床的成矿条件、成因类型, 做出远景评价, 为进一步开发利用打好基础, 就显得十分迫切。

(3) 要保持一定规模的铁矿地质勘查及科研工作。自从 20 世纪 70 年代铁矿会战以后, 铁矿地质勘查和科研工作大幅度被削减, 不少省地质局(队)的铁矿勘查工作几乎完全处于停顿状态。为了使我国钢铁工业得到可持续发展, 寻找更多的铁矿资源, 应适当安排必要的铁矿地质勘查工作。这就要求保持和稳定一定规模的铁矿地质勘查力量。一方面在上述鞍本、冀东、攀西、辽西、东疆等有较大铁矿找矿潜力的老区扩大有效铁矿储量, 为老矿山延长服务年限, 也为新建矿山储量升级及扩大可采储量服务。另一方

面，加强西部有利地区的铁矿找矿工作，寻找新的铁矿基地。

(4) 加强铁矿的采、选、冶科技攻关，解决一批难用铁矿问题。我国暂难利用铁矿储量占全国保有储量的 38.6%，其中难选冶矿所占比重很大。建议由国家科技部统一组织科研和生产部门进行联合攻关，提高某些大型假象赤铁矿贫矿（如山西袁家村等）和高磷赤铁矿（如鄂西官店和火烧坪等）的选冶效果，就可使相当数量的铁矿得以开发利用。许多难采矿涉及复杂的水文地质条件和开采条件，如能得到综合治理，则可解决几十亿吨铁矿的开发利用难题。尽管这些问题的解决难度较大，但应作为国家的一项长远的重大技术政策。

(5) 充分利用国外资源。前已论述，我国铁矿资源满足不了钢铁工业迅速发展的需要，缺口越来越大已成定局。为了保障我国钢铁工业的可持续发展，需要充分利用国外铁矿资源以补我之不足。就是说，在今后相当长的时间内仍需进口较大数量的富铁矿石。可考虑建立多种进口渠道，也可在国外（如澳大利亚、巴西和南非等国）投资或合资建矿。