



黄金地质研究所

信息室 提供

战略地质调查项目系列成果——
黄金地质专题信息编辑之十三

锰矿床

MENG KUANGCHUANG

中国人民武装警察部队黄金地质研究所

2007 年 12 月



黄金地质研究所
信息室 提供

战略地质调查项目系列成果——
黄金地质专题信息编辑之十三

锰矿床

MENG KUANGCHUANG

课题组成员：李杰美 王美娟 朝银银 王 欣



目 次

概 况

锰矿石分类·····	(1)
主要锰矿床类型及其基本地质特征·····	(2)
中国锰矿床类型·····	(2)
中国锰矿床的研究程度和研究史·····	(4)
中国锰矿资源状况·····	(5)
中国锰矿地理分布·····	(6)
中国锰矿床时空分布及成矿规律·····	(7)
锰矿石储量大于 $2\,000\times 10^4\text{ t}$ 的锰矿床·····	(8)
世界上十大巨型锰矿床·····	(8)
锰矿业简史·····	(9)

典型矿床

国 内

贵州遵义海相沉积碳酸锰矿床·····	(10)
辽宁瓦房子海相沉积氧化锰-碳酸铁-锰矿床·····	(13)
湖南民乐沉积碳酸锰矿床·····	(16)
广西下雷锰矿床·····	(19)

国 外

南非卡拉哈里锰矿田·····	(23)
原苏联南乌克兰含锰盆地及大托克马克、尼科波尔、恰图拉锰矿床·····	(26)
澳大利亚格鲁特岛锰矿床·····	(29)

详细摘要

国 内

湖南湘潭锰矿床·····	(32)
陕西黎家营锰矿床·····	(33)
四川轿顶山钴-锰矿床·····	(34)
天津东水厂硼-锰矿床·····	(35)
广西木圭表生锰矿床·····	(36)
湖南玛瑙山锰矿床·····	(37)
湖南桃江锰矿床·····	(38)
云南斗南锰矿床·····	(39)
新疆莫托沙拉铁-锰矿床·····	(41)

国 外

加蓬莫安达锰矿床·····	(43)
印度中央邦—马哈拉施特拉邦锰矿床·····	(44)
墨西哥莫兰戈锰矿床·····	(45)
瑞典朗班锰矿床·····	(46)
保加利亚波扎雷诺锰矿床·····	(48)
日本野田玉川锰矿床·····	(48)
智利科金博省锰矿床·····	(49)
越南高平省河朗锰矿床·····	(49)

西班牙韦尔瓦省锰矿床	(50)
斐济维蒂岛锰矿床	(50)

译 文

俄罗斯乌拉尔山南部 South Faizuly 锰矿床的地质学、岩石学特征及矿床形成条件	(50)
俄罗斯乌拉尔山南部 South Faizuly 锰矿床矿石矿物学特征和变形条件	(51)
前苏联鄂霍次克海 Deryugin 盆地沉积于全新统中的碳酸盐类锰矿物	(51)
波兰 Tatra 山 Křížna 地体中托阿尔阶碳酸锰 / 硅酸锰矿床的起源	(51)
土耳其色雷斯盆地古地中海边缘区浅的次级盆地中渐新世锰矿床的沉积与成岩	(52)
对乌拉尔山脉锰矿床的预测	(52)
乌兹别克斯坦 Kyzyl Kum 中部地区 Bukantau 矿区的无过滤矿化作用	(52)
南非 Postmasburg 锰矿区锰矿床的地质学和矿石成因	(52)
伊朗西北部 Hashtrood 西南的 Idahlu 和 Jokandy 地区的锰矿化的研究	(53)
海洋生物沉积带中的锰矿形成特征及其地球化学特征	(53)

英 文

The Vani manganese deposit , Milos island , Greece : A fossil stratabound Mn-Ba-Pb-Zn-As-Sb-W-rich hydrothermal deposit	(53)
Sedimentary manganese metallogenesis in response to the evolution of the Earth system	(54)
Geochemistry of hydrothermal manganese deposits from the Pitcairn Island hotspot , southeastern Pacific	(55)
Breccia-hosted manganese-rich minerals of Alpi Apuane , Italy A marine , redox-generated deposit	(56)
Nature and origin of the Vani manganese deposit , Milos , Greece : an overview	(57)
Manganese deposits in the global lithogenetic system : Quantitative approach	(57)
Mineralogy , petrography , geochemistry and genesis of the Paleoproterozoic Birimian manganese-formation of Nsuta/Ghana	(58)
Mineralogical and geochemical constraints on environmental impacts from waste rock at Taojiang Mn-ore deposit , central Hunan , China	(59)

其 他

铁、锰、铬矿地质勘查规范	(60)
世界主要锰矿床一览	(89)
世界锰资源年评 (2004—2005)	(96)
不同类型锰矿床中的主要锰矿物	(100)
锰矿物的主要物理性质	(101)
普通岩石中 Mn 的丰度	(103)
有经济意义的锰矿床内的锰矿物	(103)

主要文献	(103)
------------	-------

结 语	(110)
-----------	-------



锰矿石分类

1 锰矿石按矿床的成因类型分类

1) 沉积型。海相沉积碳酸锰矿石：遵义锰矿、湘潭锰矿、花垣锰矿、桃江锰矿、龙头锰矿、松桃锰矿和秀山锰矿等。海相沉积氧化锰-碳酸锰矿石：瓦房子锰矿。海相沉积锰-硼矿石：水厂沟锰-硼矿。湖相沉积碳酸盐岩类含锰-铁矿石：屯留潞安锰矿。

2) 沉积变质型。沉积变质氧化锰矿石：斗南锰矿、白显锰矿、乐华锰矿。沉积变质硫锰-碳酸锰矿石：桃江棠甘山锰矿。

3) 风化型锰帽型：木圭锰矿；堆积型：八一锰矿、东湘桥锰矿、平乐锰矿、荔浦锰矿；淋滤型：木圭烟灰状锰矿石。

4) 热液型：玛瑙山锰矿。

2 锰矿石按工业用途分类

1) 冶金用锰矿石。低磷低铁锰矿石：锰铁比 (Mn/Fe) 大于或等于 5，磷锰比 (P/Mn) 小于或等于 0.003，可直接用于冶炼电炉或高炉锰质合金。

中磷中铁锰矿石：锰铁比为 3~5，磷锰比为

0.003~0.005，可用于冶炼高碳锰-铁或配矿用于冶炼锰质合金。

高磷高铁锰矿石：锰铁比小于 3，磷锰比大于 0.005，此类矿石可用于炼制镜铁。它不能直接用于冶炼锰-铁合金，须与低磷低铁矿石搭配使用，或采用 2 步冶炼，第一步用于炼制低磷低铁富锰渣，第二步用富锰渣入炉冶炼锰质合金。

2) 化工用锰矿石包括化学工业和轻工业用锰矿石。

3 按矿石中铁、锰含量分类

可分为锰矿石及铁-锰矿石。

4 按矿石的物质组成和化学成分、结构、构造和嵌布粒度分类

1) 碳酸锰矿石。按矿物粒度大小分微细粒碳酸锰矿石（湘潭锰矿微细粒菱锰矿石，江口洞口锰矿微细粒高磷菱锰矿石）和细粒碳酸锰矿石（响涛源锰矿细粒锰方解石矿石）。我国碳酸锰矿石按工艺类型划分为十大类（表 1）。

表 1 我国碳酸锰矿石类型

矿床成因	沉积型	沉积型	沉积型	沉积型	沉积型	沉积型	沉积型	沉积变质型	沉积型	沉积变质型
工艺类型	龙头型	花垣型	城口型	湘潭型	屈家山型	响涛源型	遵义碳酸锰型	乐华型	大新碳酸锰型	东水厂型
嵌布粒度	微细粒	微细粒	细粒	微细粒	细粒	细粒	细粒	微细粒	微细粒	微细粒
结构构造	隐晶质结构 层状构造	鲕状结构 块状构造	粒状结构 层状构造	隐晶质结构 层状构造	粒状结构 层状构造	隐晶质结构 层状构造	粒状结构 块状构造	粒状结构 层状构造	粒状结构 块状构造	粒状结构 鲕、块状构造
主要矿物	钙菱锰矿 锰方解石	菱锰矿 钙菱锰矿	菱锰矿 钙菱锰矿		钙菱锰矿 锰方解石	菱锰矿 钙菱锰矿	钙菱锰矿 锰方解石	菱锰矿 钙菱锰矿	菱锰矿 钙菱锰矿	菱锰矿 钙菱锰矿
主要有益、有害矿物与元素	一般碳酸锰矿	高磷碳酸锰矿（以磷灰石、胶磷矿为主）	中磷碳酸锰矿（以磷灰石、胶磷矿为主）				高铁碳酸锰矿（鲕绿泥石、黄铁矿、赤铁矿）	高硅碳酸锰矿（以石英为主）	高硼碳酸锰矿（以锰方硼石为主）	

2) 硫锰-碳酸锰矿石。微细粒硫锰-碳酸锰矿石（高磷矿石），如棠甘山锰矿。

3) 铁-锰矿石。指矿石中有益组分以铁为主、锰为次（含量不小于 10%）。铁锰之和不小于 30%，锰铁比在 1 以下，如玛瑙山和后江桥锰矿。

4) 氧化锰矿石。包括锰帽、淋滤和堆积 3 种成因类型的矿石。微细粒高铁锰氧化矿石，如东湘桥锰矿；高铁氧化锰铅矿石（氧化铁锰铅矿石），如

玛瑙山锰矿；普通氧化锰矿石，如桂阳六合锰矿。

5 按矿物的自然类型和所含伴生元素分类

1) 碳酸锰矿石。矿石中以各种碳酸盐锰矿物形态存在的锰的含量占矿石中含锰总量的 85% 以上。

2) 氧化锰矿石。矿石中以各种氧化锰矿物形



态存在的锰的含量占矿石中含锰总量的 85% 以上。

3) 混合锰矿石。矿石中以各种碳酸锰或各种氧化锰矿物形态存在的锰，其含量占矿石含锰总量均小于 85%。

4) 多金属锰矿石。其锰矿物类型同前 3 种锰矿石类型，除锰矿物外，还含有其他金属和非金属矿物。

摘自《矿产资源综合利用手册》

主要锰矿床类型及其基本地质特征

类 型		所处大地构造位置及形成环境	主要成矿时代	含矿岩系及围岩	矿体形态、产状	矿 石 物 质 成 分		矿床规模	矿 床 实 例
						主要矿石矿物	$w(\text{Mn})/\%$		
沉积矿床	陆源碎屑岩建造中的矿床	地台	早第三纪白垩纪	陆源岩系、产在海侵岩系底部，围岩主要是砂泥质岩石	层状、透镜状，矿体厚度从小于1~30 m	软锰矿、硬锰矿、锰方解石、菱锰矿等	原生矿石品位变化大，大部分为20~50	一般中型以上，有特大型矿床	尼科波尔、大托克马克、恰图拉(原苏联)；格鲁特岛(澳)
	碳酸盐建造中的矿床	地台和地槽区	寒武纪二叠纪中生代	碳酸盐-陆源岩系和灰岩-白云岩系，围岩以灰岩白云岩为主	层状、透镜状	菱锰矿、锰方解石为主，有的矿床为软锰矿、碱硬锰矿、蔷薇辉石	原生矿石品位15~30，表生富集成可采矿石	规模中等，有的低品位矿床规模大	伊米尼、布阿尔法(摩洛哥)；乌卢捷利亚克、乌萨(原苏联)；莫兰戈(墨西哥)
	铁硅质建造中的矿床	参见受变质矿床							
火山成因的矿床		分布于各个时期地槽褶皱带中，多形成于地槽发育早期阶段	中—新生代，泥盆纪	火山-沉积岩系产在酸—基性火山熔岩凝灰岩及伴生的硅质页岩和碳酸盐岩中，基性火山岩多变为绿岩	层状、透镜状，囊状，有的为脉状	褐铁矿、黑锰矿、锰尖晶石、蜡硅锰矿、水锰辉石、菱锰矿、锰方解石、硬锰矿、软锰矿	一般品位中等，20~30	小型居多，个别达中型和大型	奥林匹克半岛(美)；日本东海岸；阿塔苏地区(原苏联)；奥特兰(墨西哥)；科布雷(古巴)
受变质矿床	锰榴石英岩	分布于古老地台区，形成于地槽或地台环境	前寒武纪	绿片岩相，角闪岩相变质岩系，有的剖面含变质火山岩，围岩多为锰榴石英岩、石英岩、千枚岩、片岩碳酸盐类岩石	层状、透镜状	菱锰矿、锰方解石、褐铁矿、方铁锰矿、碱硬锰矿、锰铝榴石、蔷薇辉石、软锰矿、隐钾锰矿	原生矿石品位低，氧化富集后品位达30以上，有可采价值	中型以上	阿马帕(巴西)；基森盖(扎伊尔)；中央邦和马哈拉施特拉邦(印)；恩苏塔(加那)
	与条带状含铁层伴生的矿床	分布于古老地台，多在地槽环境下形成，仅个别形成于地台区	前寒武纪早古生代	绿片岩相变质岩系，围岩为含铁层、白云岩、硅化角砾岩，页岩；个别矿床产在未变质岩系中	层状、透镜状	褐铁矿、方铁锰矿、黑锰矿、锰尖晶石、软锰矿，有的矿区有锰碳酸盐	一般品位21~54	特大型，大型	卡拉哈里，波斯特马斯堡(南非)；莫安达(加蓬)；小兴安岭(原苏联)；木通—乌鲁空(玻利维亚—巴西)

摘自《矿产资源综合利用手册》

中国锰矿床类型

1982 年地质矿产部和冶金工业部联合颁发的“锰矿地质普查勘探规范（试行）”中，把我国锰矿划分为 4 个类型：海相沉积类型锰矿床，沉积变质类型锰矿床，层控型铅-锌-铁-锰矿床和风化类型锰矿床。

1 海相沉积类型锰矿床

这是我国最重要的锰矿类型，其保有锰矿石储量占全国总储量的 70.35%。赋存的层位：前寒武

系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系。按含矿岩系及锰矿层的特征，将此类锰矿分为 5 个亚类。

1.1 产于硅质岩、泥质灰岩和硅质灰岩中的碳酸锰矿床

含矿岩系以富含硅质、泥质并出现硅质岩段或不纯碳酸盐岩夹层为特征；含矿岩系的周围为同期沉积的纯碳酸盐相区。锰矿层主要产于含矿岩系的泥质、硅质灰岩段内。纯碳酸盐相较少出现锰矿。矿体呈层状、似层状或扁豆状，有 1~4 层矿。矿



层长数十米，宽十余米，厚1至数米。矿石主要为碳酸锰类型，可细分为菱锰矿型、钙菱锰矿-锰方解石型、锰方解石型。有的局部出现硅酸盐-菱锰矿型。未见原生氧化锰类型。非金属矿物主要有石英、玉髓、方解石等。多属于酸性矿石。常见矿石具灰泥结构，结核状、豆状、微层状构造。矿层浅部发育有次生氧化带，主要为隐钾锰矿、硬锰矿-软锰矿型矿石。矿床规模多属大型或中型。典型矿床有广西下雷、龙头等。

1.2 产于黑色页岩中的碳酸锰矿床

多分布于地台边缘的长期拗陷区，属近海浅水半封闭的海湾或滞流盆地环境。含矿岩系或含矿岩段为黑色含碳质页岩、粘土岩夹灰岩、白云岩层或透镜体。有时夹劣质煤或鸡窝状石煤，富含微粒状的黄铁矿。含矿岩系具水平层理或线理。矿体呈层状、似层状、扁豆状或透镜状。有一至数层矿。矿体长1000至数千米，宽100至数百米，厚1至数米。矿石类型为碳酸锰型，未见原生氧化锰类型。最常见的是菱锰矿型，次为钙菱锰矿-锰方解石型、锰方解石型，少数矿石中出现少量锰菱铁矿、黑锰矿、黑镁铁锰矿、方锰矿、硫锰矿等矿物。非金属矿物主要为石英、方解石及粘土矿物，常伴生星散状黄铁矿。矿石结构主要有泥晶、球粒结构及少量鲕状结构；球粒在一些矿区鉴定为蓝绿藻。矿石构造有块状、条带状。近地表不同程度地发育有次生氧化带，由隐钾锰矿-恩苏塔矿型或恩苏塔矿-隐钾锰矿型矿石组成。含Mn 20%~27%。矿床规模以大、中型居多，也有小型矿床。这是我国最重要的锰矿类型之一。典型矿床有湖南湘潭、民乐，贵州大塘坡，四川高燕等。

1.3 产于碎屑岩中的氧化锰、碳酸锰矿床

一般形成于古陆边缘的浅海沉积环境。含矿岩系为杂色粉砂质页岩或粉砂岩，常夹有泥质灰岩、灰岩，并见水平层理和少量交错纹理。矿层通常产于小旋回从碎屑岩到碳酸盐岩的过渡带中。矿体常呈透镜状，可有数层矿。原生矿石有氧化锰类型和碳酸锰类型。前者主要为水锰矿型矿石，后者有菱锰矿型和钙菱锰矿-锰方解石型矿石。有的矿区主要为褐铁矿或水锰矿与锰的碳酸盐矿物组成的混合类型矿石。非金属矿物有的以石英、玉髓为主，有的以方解石为主。有的属酸性矿石，有的属自熔性或碱性矿石。矿石具有细粒集合体及鲕状、球状结构；主要构造为条带状或块状。近地表发育有程度不等的氧化矿石，主要为软锰矿-硬锰矿型。典型矿床有辽宁西部的瓦房子和云南东南部的斗南等。

矿床规模一般为大、中型。

1.4 产于白云岩、白云质灰岩中的氧化锰、碳酸锰矿床

含矿岩系为白云岩、粉砂质白云岩、白云质灰岩。矿层底板之白云岩具有涟浪、缓斜层理、水下滑动等构造，或含鲕粒。如云南白显锰矿床是赋存于中三叠统法郎组海相沉积的氧化-碳酸锰矿。含矿岩系由碳酸盐岩组成，矿体呈层状、似层状。主要矿物成分有黑锰矿、褐锰矿、软锰矿、硬锰矿、水锰矿、菱锰矿和锰方解石等。矿石具粒状、晶簇结构，花斑状、带状构造。矿床规模属于中型。

1.5 产于火山沉积岩系中的氧化锰、碳酸锰矿床

含矿岩系属于火山喷发期后或火山喷发间歇期的正常海相沉积碎屑岩与碳酸盐岩。矿层产于碎屑岩中，或碎屑岩向碳酸盐岩过渡的部位。火山喷发岩属于中—基性，沉积碎屑岩中含有火山物质。矿层中常出现碧玉条带或团块。矿石结构有晶粒状、球粒状。矿石构造有块状、条带状和网脉状。矿体呈层状、似层状，厚数米，长可达千米，矿床规模属于中型。典型矿床有新疆莫托沙拉等。

2 沉积变质类型锰矿床

该类锰矿床原系沉积矿床，后来经受了区域变质或接触变质作用，矿石矿物成分有了显著的改变，矿体的形成、产状与沉积锰矿层没有明显的差别。围岩的变质程度多属于轻变质。此类矿床储量占全国总储量的7.85%。根据矿物成分等可分为2个亚类。

2.1 产于热变质或区域变质岩系中的氧化锰矿床

这类矿床多系上述某些海相沉积矿床经受变质作用而成。矿石具变晶或变鲕状结构，条带状构造。主要矿石类型有菱锰矿-褐锰矿型、褐锰矿-黑锰矿型，并常有锰的硅酸盐出现。非金属矿物除石英和方解石外，还出现少量钠长石—奥长石、闪石类、辉石、石榴子石和云母等。围岩多属于千枚岩和绿片岩类。矿床规模属于中—小型。典型矿床有陕西黎家营锰矿。

2.2 产于热变质或区域变质岩系中的硫锰矿、碳酸锰矿床

这类矿床主要是前述海相沉积锰矿床，经受接触变质或其他变质作用，变成硫锰矿-菱锰矿或硫锰矿-锰白云石。可出现少量锰的硅酸盐矿物。矿石具有变晶、球粒状结构，多具条带状构造。非金属矿物除石英、白云石外，可出现少量硅酸盐矿



物。围岩为板岩或绿片岩类岩石，典型矿床有湖南棠甘山、陕西天台山等。矿床规模属于中型。

3 层控型铅-锌-铁-锰类型锰矿床

这类锰矿床中常伴生有多种有用元素可供综合利用，但其储量所占的比例仅 5.59%。矿床常产于比较固定的层位，并有明显的后期改造作用。例如，产于湖南、广东地区中泥盆统的棋梓桥组、上泥盆统的余田桥组或天子岭组中的锰矿；福建、安徽的中下石炭统分界处的锰矿等。矿体多呈透镜状，其产状与围岩近似一致，但并非完全整合。矿体的分支复合、膨胀收缩现象显著，并常有切穿围岩层理的现象。常见的围岩蚀变有白云石化、铁-锰碳酸盐化等。原生矿石有方铅矿-菱锰矿、硫锰矿-磁铁矿型和闪锌矿-菱铁锰矿型。矿石具粒状、球粒状结构，块状、浸染状、细脉状构造。矿体次生氧化后，锰质显著富集，有软锰矿-硬锰矿型锰矿石和软锰矿、硬锰矿-褐铁矿型铁-锰矿石。矿床规模大、中、小型都有，但多数为中小型。典型矿床有湖南的后江桥、玛瑙山等。

4 风化类型锰矿床

这类锰矿床在各类锰矿储量中所占比例仅次于海相沉积锰矿床，为 14.15%，居第二位。矿体埋藏浅，容易开采，已被广泛地开发利用，就其主要成矿条件而言，它是各种原生锰矿床或含锰岩系的锰质，在湿热气候、有利的构造、岩性及丘陵地貌等条件下，经风化、淋滤、富集而形成。按照矿床的地质特征，这类锰矿床可以分为 4 个亚类。

4.1 沉积含锰岩层的锰帽型矿床

各地质时代原生沉积含锰岩层，经次生富集而形成的有工业价值的矿床。主要成矿时代为第四纪。矿体保持原来含锰岩层的产状，沿走向延续较

长；沿倾向延深受氧化带发育深度控制，可由几米到 80 多米，个别达 150 m。当含锰岩层产状平缓，并大面积赋存于氧化带内时，矿体可有很大延展，矿体呈似层状或透镜状。矿石由各种次生锰的氧化物、氢氧化物等组成，主要有硬锰矿、软锰矿、偏锰酸矿、水锰矿等。矿石含 Mn 20%~40%，Fe 10%~30%。矿石多具次生结构和构造。矿床规模属于中小型。典型矿床如广西东平、云南芦寨等。

4.2 热液或层控锰矿形成的锰帽型矿床

这类矿床通常产于某一地区层控锰矿或热液多金属锰矿风化带中，矿体可呈透镜状、脉状或囊状。矿石由各种次生锰的氧化物和氢氧化物组成。常见矿物有铅硬锰矿、黑锌锰矿、水锌锰矿、黑银锰矿等，具有次生结构和构造。典型矿床有广东小带、江苏栖霞山、安徽塔山等。矿床规模多属中小型。

4.3 淋滤（积）型矿床

这类锰矿常产于含锰沉积层的构造破碎带、层间剥离带、裂隙和溶洞中。在地下水渗滤及运动过程中，锰质被溶解、迁移到适宜的部位聚集成矿。矿体呈似层状、脉状、透镜状或囊状。矿石主要由氧化锰、氢氧化锰类矿物组成。矿石具有胶状、网脉状、空洞状或土状构造。典型矿床如闽西南连城兰桥，广东新榕、汾水等。

4.4 堆积锰矿床

这类矿床是由含锰岩层或锰矿层经次生氧化富集、破碎，并经短距离搬运、堆积而成。矿石由各种锰的次生氧化物、氢氧化物组成，呈角砾状、次角砾状、豆粒状聚积于松散的砂质土壤之中。矿体呈层状、似层状，产状与地面坡度基本一致，并受含锰层的出露情况和地貌形态控制。典型矿床如广西思荣、凤凰、木圭、平乐，湖南东湘桥等。矿床规模属于中小型。

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿床

中国锰矿床的研究程度和研究史

中国锰矿床的开发是 20 世纪初由开拓湘潭、木圭等几个锰矿床开始的，木圭锰矿床于 1918 年开始采掘，瓦房子锰矿床发现于 20 世纪 30 年代末，遵义锰矿床发现于 40 年代初。解放前对锰矿床地质调查较少，仅有一些零星报道。

解放后，锰矿床的研究工作得到空前发展。建

国伊始，大规模开展了对铁、锰矿床的普查勘探。侯德封、叶连俊率先开展了中国锰矿床的研究，他们应用氧化还原条件控制锰的价态的地球化学原理，对地表氧化矿石采掘殆尽的湘潭锰矿床提出了在地下深部可能发现碳酸锰矿的看法，并及时得到生产部门的证实，挽救了濒于垂危的矿山寿命。



1954年3月，地质部召开了锰、铬及黑色冶金辅助原料专业会议，总结交流普查勘探及研究工作的经验。

叶连俊（1956）、赵家骧（1956）、黎盛斯（1957）等先后发表论著，从沉积学的观点就成矿时代和赋存层位、成因类型及成因特征、古地理环境及展布规律，以及找矿标志和找矿方向等诸多方面提出了见解。尔后随着锰矿床勘探和科研工作的不断深入，继锰矿床、铁-锰矿床之后，又发现了硼-锰、钴-锰、磷-锰和硫-锰等工业矿床类型，展现了中国锰矿床绚烂多彩的画卷。同时，在成矿理论、沉积建造岩相古地理环境与成矿、矿石物质成分与地球化学、生物作用与成矿试验等方面也取得了可喜的成果。

成矿理论方面，叶连俊等提出了“外生矿床陆源汲取成矿论”、“成矿时代的地史意义”和“沉积矿床多因素多阶段成矿论”等。孟祥化进行了沉积建造及其共生矿床分析。各产锰省（区）地质矿产局、勘探公司以及有关大专院校、科研单位撰写及发表了不少有关沉积相古地理环境与锰矿床成矿关系的论著，如对滇黔桂印支—华力西期以及湘黔早震旦世锰矿床编制了岩相古地理图。

锰矿床物质成分的研究是配合矿石加工、综合利用和矿床评价以及探讨矿床成因而进行的。20世纪50年代末，范德廉曾对瓦房子铁-锰矿床矿石

做了详细的物质成分研究。尔后，我国又查明了各类型锰矿床的物质成分。后来的研究工作还应用了电子探针、扫描电镜等新技术手段；开始了锰矿石稀土丰度及其模式特征的探讨。施倪承、赖来仁等对华南次生氧化锰矿物做了颇为深入的研究。国家海洋局、地质矿产部以及中国科学院开展了近海大洋锰结核物质成分和成因机制的调查研究。

生物作用与成矿试验研究已获得一些新成果。在早震旦世黑色岩系型碳酸锰矿石内发现有蓝藻化石，并讨论了其生物成矿作用（季金法等，1984；尹磊明，1989）。桃江锰矿床利用嗜锰、嗜硫细菌进行了富集锰的选矿试验获得成功。成矿试验方面还做有锰溶解沉淀的条件和水锰矿、硫锰矿、锰方硼石等形成条件以及高 CO_2 大气圈条件下 $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ 迁移和淀积条件等的模拟试验。近期还利用碳、氧同位素来解释微生物对锰的富集作用。

20世纪70年代以来，地质矿产部、冶金工业部和中国科学院等都加强了锰矿床的综合研究，出版了《中国锰矿地质文集》（1985），《贵州锰矿地质》（1989），《广西锰矿地质》（1992），《锰矿床地球化学研究》（1994）和中国若干典型锰矿床的总结性论著等。

摘自《中国矿床》中册

中国锰矿资源状况

截至1996年底，中国陆地已查明锰矿区213处，保有锰矿石储量5.66亿t，其中A+B+C级占40%，为2.27亿t。如按矿石平均含Mn 21%计算，保有锰金属储量1.19亿t，其中A+B+C级0.48亿t。据美国矿业局 *Mineral Commodity Summaries* 1996年的资料，世界锰矿储量为6.8亿t（锰金属量，下同），储量基础50亿t。其中南非居首位，储量基础40亿t；往下依次是乌克兰：5.2亿t；加蓬：1.5亿t；澳大利亚：0.72亿t；巴西：0.56亿t；格鲁吉亚：0.49亿t；印度：0.36亿t。如以中国的A+B+C级储量和国外的储量基础相比，中国居于格鲁吉亚之后，印度之前，排在第7位。40多年来，中国保有锰矿储量增长了近6倍，从1955年的9437万t增加到了1996年的5.66亿t（表1）。

1987年，据中国地质科学院区划室预测，

表1 中国锰矿历年储量统计

年份	保有储量/亿 t		年份	保有储量/亿 t	
	合计	其中：A+B+C		合计	其中：A+B+C
1955	0.94	0.53	1980	3.97	1.97
1960	4.08	2.15	1985	4.79	2.33
1965	2.45	1.08	1990	5.82	2.54
1970	4.07		1995	5.80	2.39
1975	4.10	2.22	1996	5.66	2.27

中国锰矿石资源总量为27亿t。

需要指出的是，世界洋底锰结核的资源非常丰富。据估计，整个大洋的锰结核资源约有3万亿t，其中太平洋约有1.7万亿t。锰结核不仅含锰，而且含丰富的铜、钴、镍等。大洋底锰结核中锰、铜、钴、镍的储量是陆上相应储量的几十到几千倍。

中国20世纪70年代末开始对洋底锰结核进行调查，到1989年底，“向阳红16号”经过多个航



次在太平洋约 150 万 km² 的国际海域 1 137 个测站采样 2 000 多次, 采得多金属结核样品 2 t 多。1989 年, 经国家矿产储量管理局审定, 以矿块平均丰度、品位、海底地形坡度等指标, 圈出 30.1 万 km² 的远景区。区内含有干结核 167 272 万 t, 其中含铜 1 505 万 t, 镍 1 773 万 t, 钴 401 万 t, 锰 45 163 万。1991 年 2 月 28 日, 联合国第 9 届海

底筹委会根据中国申请, 将其中 15 万 km² 留给中国作为开辟区, 从而使中国有了海底锰结核开采权。1994 年 5 月, 中国“海洋 4 号”船再赴太平洋开展锰结核勘查, 以进一步查明“开发区”结核的地质储量, 为圈定富集区作出评价。

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿床

中国锰矿地理分布

中国现已查明的 213 个锰矿区, 5.66 亿 t 保有储量分布于全国 21 个省、市、自治区, 其中以广西和湖南最为重要, 保有储量分别为 2.15 亿 t 和 1.03 亿 t, 占全国总保有储量的 38% 和 18%。其次是贵州: 0.74 亿 t; 云南: 0.48 亿 t; 四川:

0.27 亿 t; 辽宁: 0.39 亿 t; 湖北: 0.14 亿 t; 陕西: 0.13 亿 t。这 6 个省区储量合计 2.15 亿 t, 占全国总保有储量的 38%。

表 1 列出了中国主要的锰矿区, 其中大型 7 处。

表 1 中国主要锰矿区

编号	矿区名称	规模	利用情况	编号	矿区名称	规模	利用情况
1	天津蓟县东水厂	小型	未采	30	广西八一(柳江思荣、来宾凤凰)	中型	已采
2	山西灵丘小青沟	小型	未采	31	广西宜山龙头	中型	已采
3	山西晋城上村	小型	未采	32	广西大新下雷(含北和中、南矿区)	2 个大型	已采
4	内蒙古四子王旗西里庙	小型	已采	33	广西靖西湖润	大型	已采
5	辽宁朝阳瓦房子	大型	已采	34	广西天等东平	中型	已采
6	辽宁凌源太平沟	中型	未采	35	广西德保足荣	中型	已采
7	福建大田建爱	小型	已采	36	广西桂平木圭	中型	已采
8	福建龙岩竹子板	小型	已采	37	广西钦州华荣	中型	已采
9	福建龙岩康龙	小型	未采	38	广西防城大塘	小型	已采
	福建连城兰桥	小型	已采	39	四川秀山笔架山	中型	已采
	福建连城庙前	小型	已采		四川秀山小茶园	中型	未采
10	江西乐平花亭	中型	未采	40	四川汉源轿顶山	小型	已采
11	湖北黄陂团山	小型	未采	41	四川乐山大瓦山	小型	已采
12	湖北阳新银山	小型	未采	42	四川城口高燕	中型	已采
13	湖北长阳古城	中型	未采	43	四川平武虎牙	中型	未采
14	湖南湘潭	中型	已采	44	四川松潘火烧桥	中型	未采
15	湖南桃江响涛源	中型	已采	45	贵州遵义	大型	已采
16	湖南湘乡金石	中型	已采	46	贵州松桃杨立掌	中型	未采
17	湖南宁乡棠甘山	中型	已采		贵州松桃大屋	中型	未采
18	湖南邵阳清水塘	中型	已采		贵州松桃大塘坡	中型	已采
19	湖南洞口江口	中型	未采	47	云南宣威格学	中型	未采
20	湖南永州东湘桥	中型	已采	48	云南蒙自岩子脚	中型	已采
21	湖南道县后江桥	大型	未采	49	云南建水白显	中型	已采
22	湖南花垣民乐	大型	已采	50	云南文山老乌	中型	已采
23	湖南郴县玛瑙山	小型	已采	51	云南砚山斗南	中型	已采
24	广东连州小带	小型	已采	52	云南鹤庆	中型	已采
25	广东罗定新榕	小型	已采	53	陕西汉中天台山	中型	未采
26	广东梅县宝坑	小型	已采	54	陕西宁强黎家营	中型	已采
	广东梅县铅山里	小型	已采	55	陕西西乡水晶坪	中型	已采
	广东梅县汾水	小型	已采	56	陕西紫阳屈家山	中型	已采
	广东梅县苏田	小型	未采	57	甘肃文县沟岭子	中型	未采
27	广东蕉岭羊子殿	小型	已采	58	新疆和静莫托沙拉	中型	未采
28	广西平乐	中型	已采	59	新疆库车卡郎沟	小型	未采
29	广西荔浦	中型	已采	60	新疆昭苏	中型	未采



中国锰矿储量比较集中的地区有 8 个。

1) 桂西南地区, 包括大新、靖西、天等、德保、扶绥等县。有大、中、小型锰矿区 12 处, 保有锰矿储量 1.77 亿 t, 占全国总储量的 31.3%。其中大型锰矿 2 个, 即大新下雷和靖西湖润锰矿, 储量分别有 1.28 亿 t 和 0.23 亿 t。

2) 湘、黔、川三角地区, 包括湖南花垣、贵州松桃、四川秀山等区。有大、中、小型锰矿区 9 处, 保有锰矿储量 0.77 亿 t, 占全国总储量的 13.7%。其中大型锰矿 1 处, 即湖南花垣民乐锰矿, 储量 0.28 亿 t。

3) 贵州遵义地区, 包括遵义市和遵义县。有大、中、小型锰矿区 8 处, 保有锰矿储量 0.41 亿 t。其中大型锰矿 1 个, 即遵义铜锣井锰矿, 储量 0.32 亿 t。

4) 辽宁朝阳地区, 有大、中型锰矿区 2 处, 保有锰矿储量近 0.40 亿 t。大型锰矿 1 处, 即朝阳瓦房子锰矿, 储量 0.33 万 t。

5) 滇东南地区, 包括砚山、文山、建水、石屏、蒙自、开远和个旧等县(市)。有中小型锰矿区 12 处, 保有锰矿储量 0.40 亿 t, 其中主要锰矿: 建水白显, 锰矿储量 694 万 t; 砚山斗南, 锰矿储

量 1 303 万 t。

6) 湘中地区, 包括宁乡、益阳、湘潭、湘乡、邵阳、邵东、新邵、桃江、涟源县(市)。有中小型锰矿区 18 处, 保有锰矿储量 3 045 万 t, 其中主要锰矿区: 湘潭锰矿, 储量 996 万 t; 桃江响涛源锰矿, 储量 952 万 t; 宁乡棠甘山锰矿, 储量 433 万 t。

7) 湖南永州—道县地区, 主要有永州东湘桥和道县后江桥 2 个锰矿。前者为中型锰矿, 储量 431 万 t; 后者为一大型铁-锰-多金属矿, 储量为 2 935 万 t。

8) 陕西汉中—大巴山地区, 包括陕西的汉中、西乡、紫阳、宁强、镇巴和四川的城口等县(市), 有中、小型锰矿区 7 处, 保有锰矿储量 2 402 万 t。主要锰矿: 汉中天台山锰矿, 储量 813 万 t; 宁强黎家营锰矿, 储量 220 万 t; 城口高燕锰矿, 储量 1 085 万 t。

以上 8 个地区合计保有储量 4.63 亿 t, 占全国总保有储量的 82%, 是中国当前和今后锰矿业和重要原料基地。

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿床

中国锰矿床时空分布及成矿规律

从大地构造位置看, 中国锰矿绝大多数产于地台区, 如中南和西南地区的锰矿位于扬子地台边缘、华南褶皱区, 以及华北地台区, 只少数产在地槽中, 如产在祁连山和天山的锰矿。

从成矿古地理环境看, 中国锰矿的成矿环境主要是浅海, 其次是陆缘滨海与潟湖。

据统计, 中国锰矿床, 除志留纪、白垩纪、侏罗纪和第三纪外, 从前寒武纪到第四纪各个时代均有产出。其中以前寒武纪和泥盆纪的锰矿储量最多, 分别占全国总储量的 32.0% 和 30%, 其次是第四纪, 占 11.9%, 二叠纪占 9.5%, 三叠纪占 8.9%, 石炭纪占 3.7%, 奥陶纪占 1.9%, 寒武纪占 1.6% (表 1)。

1) 前寒武纪, 主要是震旦纪锰矿, 分布于湘、黔、川、鄂、辽、陕等地, 矿床规模一般为大、中型。代表矿床有湖南的花垣民乐、湘潭; 贵州的松桃大塘坡; 四川的秀山笔架山和辽宁的瓦房子, 等等。

2) 寒武纪, 矿床赋存于含磷锰的碎屑-碳酸盐

表 1 各地质时代锰矿储量统计

地质时代	储量 亿 t	占总量 %	主要分布地区	矿床实例
前寒武纪	1.81	32.0	川、黔、鄂、辽、甘、陕、滇、津	瓦房子、湘潭
寒武纪	0.09	1.6	新、甘、陕	天台山
奥陶纪	0.11	1.9	川、湘、甘	桃江、轿顶山
泥盆纪	1.70	30.0	湘、桂、粤、川	下雷、后江桥
石炭纪	0.21	3.7	鄂、桂、新、赣、闽	昭苏、花亭
二叠纪	0.54	9.5	粤、黔、湘、晋、滇、闽	铜锣井、格学
三叠纪	0.50	8.9	川、滇、闽	斗南、虎牙
第四纪	0.67	11.9	粤、鄂、湘、桂、闽、苏、滇	东湘桥
时代不明	0.03	0.5	粤、闽、甘、吉、冀、京	
合计	5.66	100.0		

岩中, 属磷-锰共生矿床, 规模为中、小型, 代表矿床有陕西汉中天台山锰矿。

3) 奥陶纪, 锰矿分布于四川、湖南等地, 一般为中、小型, 以富锰矿和低杂质锰矿为主, 矿石质量较好。代表矿床有湖南桃江响涛源和四川汉源轿顶山等锰矿。

4) 泥盆纪, 锰矿分布于广西、湖南和广东等地, 矿床一般为大、中型。中国储量超过亿吨的最



大锰矿床——广西大新卜雷锰矿就是这个时代的，其含矿层分布广，资源潜力大。

5) 石炭纪，锰矿分布于广西、江西、新疆、湖北、福建。规模为中、小型，代表矿床有广西龙头和江西花亭。

6) 二叠纪，锰矿分布于贵州、湖南、云南等地，规模一般为中、小型，个别大型，如贵州遵义锰矿（包括铜锣井、沙坝、长沟、黄土坎等矿段）储量在 3 000 万 t 以上，是重要锰矿原料基地之一。

7) 三叠纪，锰矿主要分布于云南、四川等地，规模多属中型，矿石质量较佳，以富锰矿和低杂质锰矿为主。代表矿床有云南的建水、斗南、鹤庆等矿床。

8) 第四纪，主要为地表风化型矿床，分布于广西、广东、湖南、福建等地，规模多为中、小型。代表矿床有广西平乐、荔浦和湖南永州东湘桥等锰矿。

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿床

锰矿石储量大于 2 000×10⁴ t 的锰矿床

国家(地区)	矿 床 或 矿 区		储量(矿石) 10 ⁸ t	w(Mn)/%	矿床类型	成矿时代	发现年代 或现状
印度	中央邦和马哈拉施特拉邦(Madhua-Maharashtra)		0.44	46.0	沉积变质	前寒武纪	
印度	奥里萨邦		0.303	10~15	沉积变质	前寒武纪	
哈萨克斯坦	阿塔苏矿群(Atasu)	整个矿群	4.0	25.00	火山沉积	古生代(晚泥盆世)	
		卡拉扎尔	1.0	24~28	火山沉积	古生代(晚泥盆世)	1931 年发现
		乌斯卡金(Ushkatyn)	1.12	22.95	火山沉积	古生代(晚泥盆世)	1963 年发现
哈萨克斯坦	曼干什拉克(Mankishlak)		0.538	15.96~22.6	海相沉积	新生代(早渐新世)	
哈萨克斯坦	卡扎克派矿群(Kazakpie)		0.5	18.5	火山沉积	古生代(晚泥盆世)	
格鲁吉亚	恰图拉(Chiatora)		1.55	22.5~28.9	海相沉积	新生代(渐新世)	
俄罗斯	波罗任(Bolory)		1.5~2.0	20~48	火山沉积	新元古代—早寒武世	1974 年发现
俄罗斯	小兴安岭矿群(Xiaoxing'anling)		1.0	21.0	沉 积	新元古代	
俄罗斯	北乌拉尔盆地矿群(North Urar)		0.5~1.0	21.2	海相沉积	新生代	
俄罗斯	乌萨(Usa)		1.0	3.91~11.12	海相沉积	新生代	
俄罗斯	萨彦岭矿群(Sayanling)		>0.5	13.6~17.7	海相沉积	新元古代	
俄罗斯	奥尔拉岛(Ola Island)		0.2	6.6~14	海相沉积	古生代	
俄罗斯	拉赛(Rasai)		0.3	24.95	海相沉积	新生代	
中 国	广西下雷		1.34	15~33	海相沉积	古生代(晚泥盆世)	
中 国	广西木圭		0.25	20~24	海相沉积+风化	古生代(晚泥盆世)	
中 国	贵州遵义		0.47	18~35	海相沉积	古生代(晚二叠世)	
中 国	辽宁瓦房子		0.42	18~24	海相沉积	新元古代	
中 国	湖南民乐		0.31	19.86	海相沉积	新元古代	
中 国	湖南后江桥		大 型		海相沉积	古生代(晚泥盆世)	未 采

摘自《世界矿情》亚洲卷

世界上十大巨型锰矿床

序号	国 家	矿 床	储量/10 ⁸ t	成矿时代	成因类型
1	南 非	卡拉哈里	>30	前寒武纪	受变质
2	南 非	波斯特马斯堡		前寒武纪	受变质
3	乌克兰	大托克马克	14.16	新生代	沉 积
4	乌克兰	尼科波尔	11.00	新生代	沉 积
5	加 蓬	莫安达	>4.5	前寒武纪	火 山
6	巴 西	木通—乌鲁空	3.8	古生代	受变质
7	保加利亚	瓦尔纳	2.2	新生代	沉 积
8	格鲁吉亚	恰图拉	2.2	新生代	沉 积
9	澳大利亚	格鲁特岛	1.9	中生代	沉 积
10	印 度	中央邦—马哈拉施特拉邦	1.5	前寒武纪	受变质

摘自《矿产资源综合利用手册》



锰矿业简史

锰矿物的利用历史十分悠久，据文献记载，世界上利用锰矿物最早的国家有埃及、古罗马、印度和中国。中国利用锰矿物的历史可追溯到距今 4 500~7 000 年前后新石器时代的仰韶文化（彩陶文化）时期。由于软锰矿呈土状，黑色，极易染手，在古人看来，这是一种奇妙的陶器着色颜料。

可是锰元素的发现却比较晚，到 1774 年才由瑞典矿物学家甘恩（J. G. Gahn）从软锰矿中还原出了金属锰。

锰在钢铁工业上的应用是各国冶金学家几十年不懈努力的结果。1875 年以后，欧洲各国开始用高炉生产含锰 15%~30% 的镜铁矿和含锰达 80% 的锰铁。1890 年用电炉生产锰铁，1898 年用铝热法生产金属锰，并发展了电炉脱硅精炼法生产低碳锰铁。1939 年开始用电解法生产金属锰。

最早开采的锰矿是美国田纳西州惠特福德（Whitfeld）锰矿，始采于 1837 年，到 1884 年锰矿石年产量已达 4 万 t。印度也是开采锰矿较早的国家之一，始采于 1892 年。第一次世界大战前，印度出口锰矿石一直居世界首位。1928 年以后其地位被原苏联所取代。从 20 世纪 20 年代末原苏联的锰矿石产量一直居世界领先地位。此外，开采锰矿石比较早的还有巴西、加纳、澳大利亚、南非和加蓬等国。

中国锰矿的地质找矿工作开始得也比较早，据所见资料，从 1886 年开始并于 1890 年首先在湖北兴国州（今阳新）发现锰矿，随后于 1897 年和 1907 年又先后在湖南发现安仁、攸县和常宁、耒阳锰矿；1910 年发现广西防城大直、钦州黄屋屯锰矿；1913 和 1918 年，前后发现了湖南湘潭上五都锰矿（1937 年改称为湘潭锰矿）和广西木圭、江西乐华锰矿。我国老一辈地质工作者，如朱庭祜、王晓青、田奇玲璚、李殿臣、李四光等对湖南、广东、广西、江苏、江西等地做了大量锰矿地质调查，初步了解了我国一些锰矿产地及其锰矿石质量，探讨了锰矿床的成因。

大规模的锰矿地质勘查工作是在新中国成立以

后。从 1950 年广西工业厅对桂平木圭锰矿、华东地测处对南京栖霞山锰矿、西南工业厅对贵州遵义锰矿进行勘查开始，经过近 50 年广大地质工作者的努力，到 1996 年底，全国锰矿地质勘查投入约 6.8 亿元，机械岩心钻探工作量约 190 多万米，累计探明锰矿石 6.48 亿 t。

中国最早开采的锰矿是湖北阳新锰矿，始采于 1890 年，后因质量不佳，不久即行停采。阳新锰矿停采后，汉冶萍煤铁厂矿公司为了解决锰矿原料，于 1908 年在湖南常宁曲潭设常耒锰矿采运局，开采常宁—耒阳一带锰矿。1913 年在湖南湘潭上五都发现锰矿后，1914 年即由新组建的裕牲矿业公司负责开采，到 1917 年已初具规模，日产锰矿石百余吨，最高年产达 3 万 t，仅 1916—1927 年的 12 年间，运销日本八幡制铁所的锰矿石就达 14.3 万 t（矿石品位不低于 45%）。

据查阅资料表明，1949 年以前全国曾开采过锰矿的地区：湖南、广西、广东、江苏、江西、福建、贵州、河北和辽宁。据不完全统计，从 1912 年到 1945 年的 33 年间，我国共开采锰矿石 140 万 t（表 1），年均产量 4.2 万 t，最高年产 7.43 万 t（1927 年），主要集中于桂、湘、赣、辽、粤、苏 6 个省（区），合计 135.8 万 t，约占全国总产量的 96.8%，其中又以桂、湘 2 地为最多，占全国总产量的 65.4%。

表 1 1949 年前锰矿石产量

省区	累计产量/万 t	记载产量日期	主要产地	产量/万 t
全国	140.28	1912—1945		
广西	48.48	1915—1937	木圭	30.0
湖南	43.25	1912—1944	湘潭	30.2
辽宁	0.12	1926—1927		
	30.00	1937—1945	瓦房子	30.0
江西	6.50	1926—1931	乐华	6.5
广东	3.93	1926—1931		
江苏	3.50	1942—1945	栖霞山	3.5
其他	4.50			

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿床



贵州遵义海相沉积碳酸锰矿床

遵义式锰矿床分布于黔中—滇东成矿区，主要产于上二叠统龙潭组底部，部分产于下二叠统孤峰组（“白泥塘层”）顶部。前者岩类组合为黑色页岩及粘土岩；后者则为黑色硅质灰岩及黑色页岩。矿石元素组合主要为钙-锰，其次为铁-锰，矿石以碳酸锰矿为主。矿床规模属大型。

1 矿床地质

矿区位于遵义市东南，由铜锣井、冯家湾、共青湖、团溪、和尚场、毛家山及蒜叶沟等多个矿床

组成（图 1），其中以铜锣井矿床规模最大，距遵义市 6~8 km，占遵义矿区矿石总储量的 75%，控制面积约 35 km²。

矿区地层见图 2 a。茅口组下部（ $P_1 m^1$ ）厚 12 m，为灰白色厚层块状灰岩，含珊瑚、腕足类及 *Verbeekina* sp.，属台地碳酸盐沉积；上部为厚 70 m 的“白泥塘层（ $P_1 b$ ）”，为深灰色薄层状含碳硅质泥晶灰岩夹燧石层，产硅质放射虫及海绵骨针等小个体生物组合，属黔中台沟（陈文一等，1984）沉积。龙潭组厚 120 m，为海陆交互相沉积。锰矿床含矿系适于下二叠统顶部至上二叠统底部。

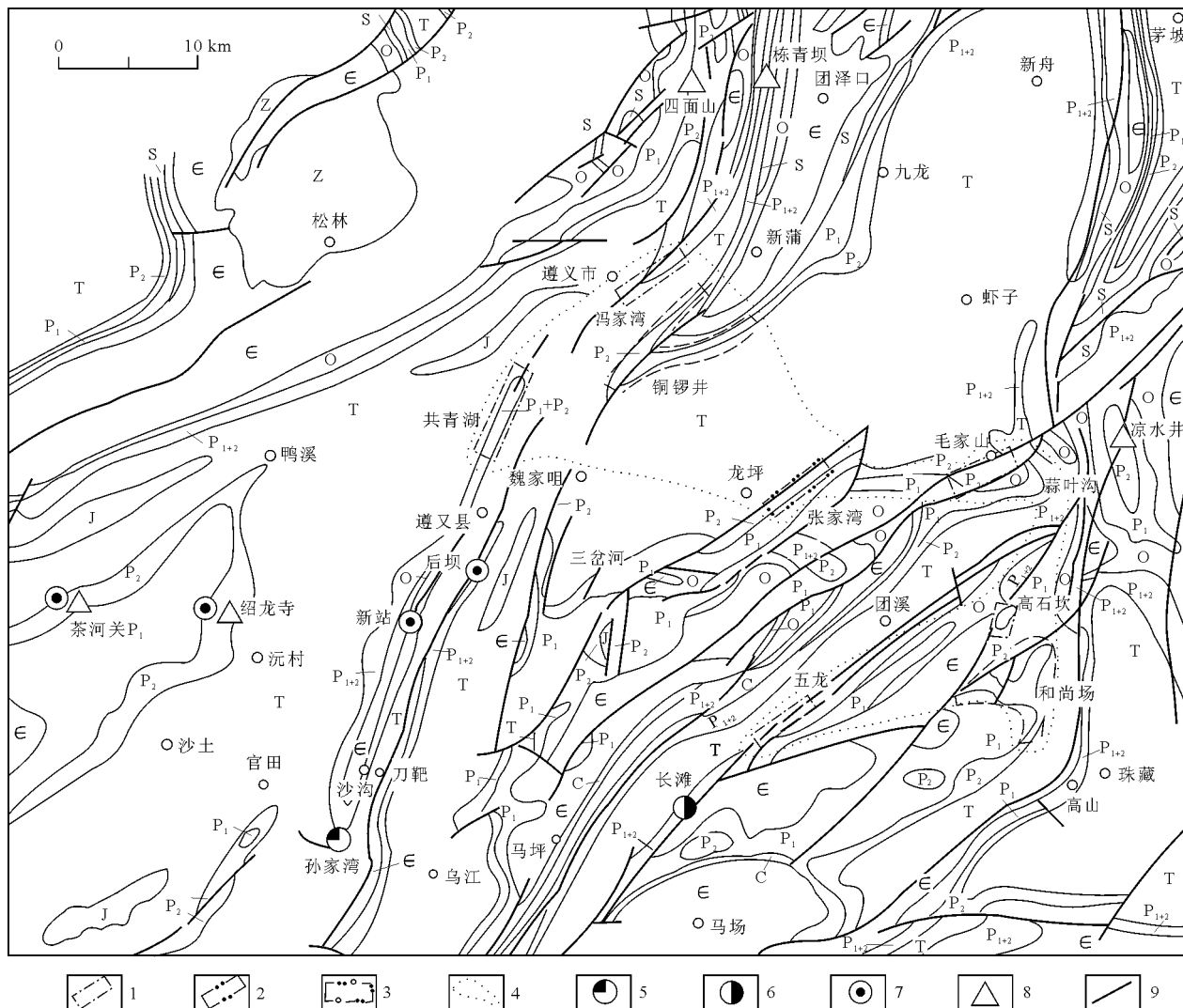


图 1 贵州省遵义锰矿床地质略图（据王庆生等，1989）

J—侏罗系；T—三叠系；P₂—上二叠统；P₁—下二叠统；P₁₊₂—二叠系（未分）；C—石炭系；S—志留系；O—奥陶系；E—寒武系；Z—震旦系；1—锰矿区范围；2—铁-锰矿区范围；3—铁-锰、硫-铁矿区范围；4—锰矿床分布范围；5—锰矿化点；6—铁-锰矿点；7—含锰菱铁矿区；8—硫-铁矿区；9—断层

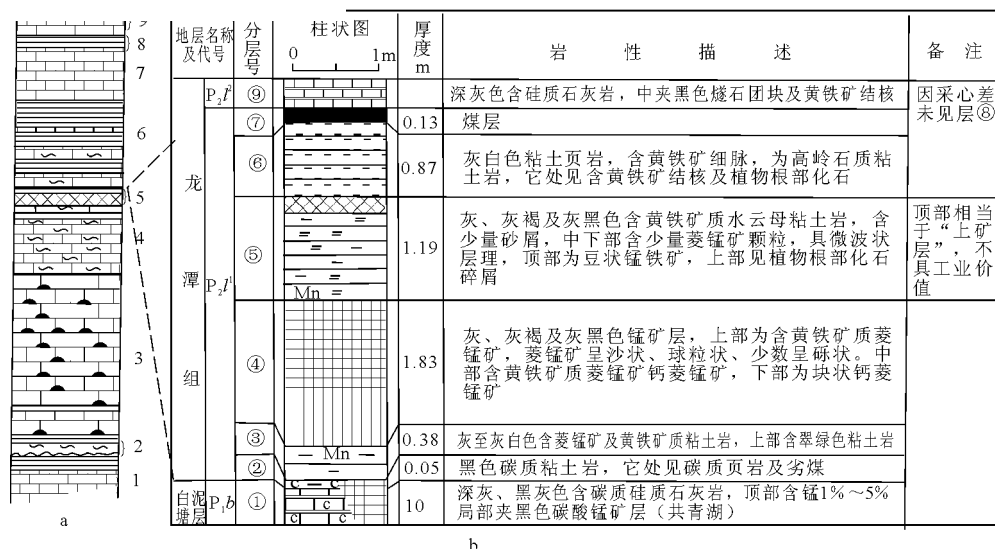


图 2 遵义锰矿区域地层柱 (a) 及含矿系 (b) [(b) 图据王庆生等, 1989]

1—寒武、奥陶系灰岩和页岩；2—下二叠统梁山组（粉砂质泥岩及劣质煤）；3—栖霞组（生物屑灰岩、燧石结核灰岩）；4—茅口组（P₁m）；5—上二叠统锰矿床含矿系（龙潭组底部）；6—上二叠统龙潭组（P₂L，泥质灰岩、页岩、煤层）；7—长兴组（灰岩、燧石灰岩）；8、9—三叠系（页岩及碳酸盐岩）

矿区位于扬子地台内的黔中隆起与娄山拗陷之间。构造以褶皱为主，轴向 NNE 及 NEE。遵义往东南计有 7 个背、向斜单元，遵义锰矿床出露于背、向斜翼部。铜锣井锰矿床位于铜锣井倾伏背斜上；共青湖锰矿床位于共青湖—新站背斜上。

遵义矿区无火山岩体。但因地壳拉张裂隙，在贵州西部及黔中，有大陆溢流拉斑玄武岩（峨眉山玄武岩）岩流的陆地和海底喷溢，它们可能与锰矿床具物源关系。

2 含矿系及矿体形态

含矿系原指下起白泥塘层顶上的假整合面，上至矿层顶板之上的煤层（广义的可至其上含锰生物屑灰岩）的一段厚 2~5 m 的岩层。贵州地质矿产局 102 队（王庆生等，1989）据假整合依传统看法将其划归龙潭组底部；贵州区域地质调查大队（陈文一等，1985）将其划为早二叠世孤峰组。杨培基等见白泥塘层顶部黑色碳酸锰矿层有民采。该地龙潭组底部还存在灰白色碳酸锰矿层。概括而言，遵义锰矿床含矿系位于下二叠统“白泥塘层”顶部至上二叠统龙潭组底部。茅口中期形成的黔中台沟因东吴运动而抬升，外围台地向台沟推进，台沟变浅。台沟边缘相（由硅岩、硅质角砾岩构成）阻止了外围台地的继续推进，因而在台沟内白泥塘层之上未出现台地相茅口组白色灰岩。证实台沟相的白泥塘层控制着格学式（如共青湖）和铜锣井式锰矿床、长滩式铁-锰矿床以及茶河关式绿泥石质菱铁

矿矿床等含矿系的展布；台沟外台地相的茅口灰岩顶部假整合面上，分布着三岔河式硫铁矿的含矿系。图 2 b 示铜锣井矿区 ZK5101 含矿系的层序。

层⑧下部夹 2~3 层含锰生物屑灰岩。层⑧为深灰色粉砂质钙质泥岩，具透镜状层理、虫孔，含蕉叶贝，有时含菱铁矿或黄铁矿结核。底部具小冲刷面及下伏粘土岩层之扁平砾石或砾岩薄层。厚 0.1~1.85 m，一般 0.5 m。层⑤近顶部含肉红—暗红色菱锰矿或菱铁矿鲕豆、砂屑及透镜体（即“上矿层”，厚 0.1~1 m）。层④为浅灰—深灰色及褐色—棕红色碳酸锰矿层，其构成：上部为厚层碳酸锰矿层，呈灰黑、棕红、褐色卵形，角砾状、花斑状或碎屑状，混杂有粘土岩，主要由菱锰矿（含有赤铁矿斑点）组成，常为黑锰矿、锰铁矿等交代。矿层顶面局部见冲刷面。

中部为条带状矿石，由碳酸锰矿微层，条带与黑灰色粘土岩相间组成。部分层理具搅动构造。

下部为灰白、褐灰、深灰色纹层状及致密状碳酸锰矿层（含锰灰岩或钙菱锰矿），顶部可见栉壳构造。

矿体呈层状、似层状及透镜状，与地层产状一致，层位稳定，矿体边缘往往呈小透镜状、团块状、结核状尖灭于粘土岩中或变为含锰粘土岩。矿层厚 0.3~4.5 m，一般 2 m 左右。矿体变化大，“无矿天窗”和表外矿石多，各大、中型矿床主矿体长度皆在 1 000 m 以上。铜锣井矿床含矿层厚度平均 3~4 m，矿体长数十到数千米，南翼矿体厚



度大，品位佳且较稳定。最大矿体（沙坝矿段）东西长 4 km，南北宽大于 1 km。

3 矿石类型、组构和矿物组成

矿石成因类型为原生碳酸锰矿石和次生氧化矿石，以前者为主，后者仅占总储量的 1/9。各矿区（段）矿石的主组分含量见表 1。原生矿石组分含量：Mn 15% ~ 25%，全矿平均 20.25%；TFe 9.27%；P 0.043%；Mn/Fe 多半小于 2.5； $(\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) < 0.5$ 。即属低磷、高

铁、高硫和造渣组分略高的酸性锰矿石。次生氧化矿石组分含量：Mn 20% ~ 30%，平均 25.72%，TFe 12.30%，P 0.084%， SiO_2 18.56%。原生矿石可选性好。需要指出，矿层中上部暗紫红色含黑锰矿、锰铁矿的菱锰矿石含锰常可达 40% ~ 50%， $\text{Mn}/\text{Fe} > 10$ ， $(\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \leq 0.5$ ，经焙烧可获优质矿石。矿石中 B，Mo，F，V，Zn，Ni，Co 大多超过克拉克值 3 倍以上，黄铁矿中伴生 Co，Ni 达工业要求（Co 0.001% ~ 0.018%，Ni 0.02% ~ 0.03%）。

碳酸锰矿石由菱锰矿、钙菱锰矿、铁菱锰矿、

表 1 遵义锰矿床各主要矿区（段）基本化学组分

		$w(\text{B})/\%$									
矿区(段)		Mn	TFe	TS	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	烧失量	Mn/Fe
铜锣井	沙坝	19.65	9.12	4.43	0.046	12.71	6.32	6.98	2.51	25.20	2.15
	铜锣井	18.22	8.31	6.71	0.047	13.39	7.78	6.67	2.46	28.44	2.19
	黄土坎	18.63	9.85	6.07	<0.05	12.91	4.48	9.13	2.48	27.04	1.89
	长沟	18.25	10.94	6.69	0.051	11.63	39.3	6.35	2.01	27.38	1.67
和尚场		17.47	8.5±	6±	<0.04	12±		8±	2±		2.06
冯家湾		16.02	10.67	6.10	0.038	16.03	9.86	5.43	2.24	25.69	1.50
共青湖		15.80	9.83	6.96	0.15	17.36	7.84				1.61

注：本表数据皆为各矿区（段）龙潭组底部矿石的平均含量；据王庆生等，1989。

锰方解石、水云母、鲕绿泥石、黄铁矿、玉髓及自生石英等组成。可见沉积期泥晶或泥晶—微晶球粒和鲕粒，以及纹层状、条带状、虫孔、生物搅动等构造，并含陆源、生物和火山碎屑等。具成岩早期交代及交代残余结构，放射状团粒、鲕粒，黄铁矿莓球等构造以及成岩晚期结晶粒状、脉状及压溶构造。还具表生成岩或热水作用形成的晶粒、溶蚀交代、细脉、孔穴充填（包括栉壳构造）等构造。次生氧化矿石由六方锰矿（恩苏塔矿）、软锰矿、水羟锰矿、高岭石、褐铁矿等组成，呈致密或疏松块状、粉末状、炉渣状、叶片状等。

4 矿床形成条件

锰质来源可能与峨眉山玄武岩有关，但也不排除部分来自古老含锰岩系或底板白泥塘层的可能性。

遵义锰矿石中的玻屑、晶屑（已菱锰矿化）可能来源于黔中瓮安、息烽一带茅口晚期玄武岩（MnO 0.35% ~ 0.71%）的陆源风化；区域锰、铁、硫矿产与该玄武岩中微量元素的 Q 型聚类分析表明，矿石、粘土岩和玄武岩具亲缘关系（王庆生等，1989）。贵州西部晚二叠世早期玄武岩喷溢区东侧前锋部位普遍具玄武岩冷液浸变粘土化现

象，玄武岩与粘土化玄武岩（大方县猫厂）组分含量分别为 FeO 5.12%，0.92%； Fe_2O_3 8.73%，0.39%；MnO 0.20%，0.01%；MgO 4.54%，0.59%；CaO 7.38%，0.92%（《贵州区域地质志》，1987），大量组分经浸变析入海水而参与锰矿床、铁矿床、硫铁矿床等的成矿。

矿石稀土模式（图 3）表明下矿层具明显铈亏损。中上矿层暗红色菱锰矿石稀土总量达 923×10^{-6} ， $(\text{Ce}/\text{La})_N = 1.12$ ， $(\text{La}/\text{Yb})_N = 20$ ，轻稀土相对高度富集。

图 2 b 剖面由上而下环境序列：台沟、衰老台沟或潟湖以及滨海沼泽。成矿是在处于抬升过程并

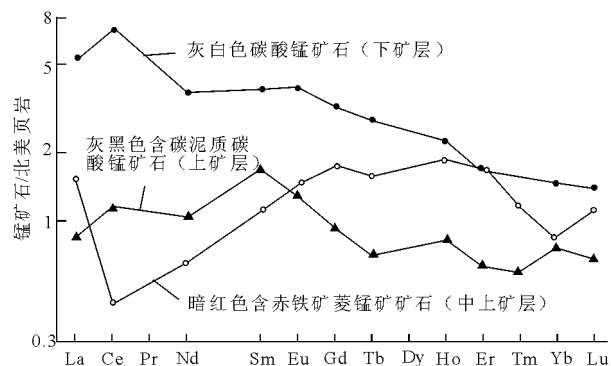


图 3 遵义锰矿矿石的稀土配分模式（北美页岩数据据 Haskin 等，1968）



趋向衰老的台沟内或其继承发展的潟湖—沼泽环境中进行的。矿层及其顶底板含有较多的黄铁矿，矿层（特别是中上部矿层）含大量碳质，整个矿层含 $C_{有机}$ 平均 0.45%，最高 1.74%（铜锣井矿区），显示了环境的半局限性。为锰质的汇聚和碳酸锰矿的形成创造了条件。据王庆生等资料，矿层中黄铁矿、硫锰矿硫同位素以轻硫为主，变化范围较大，黄铁矿 $\delta^4 S$ 为 $-24.5\text{‰} \sim 24.6\text{‰}$ ；硫锰矿为 $-22.49\text{‰} \sim 19.45\text{‰}$ ，且具跳跃式，显示藻菌分馏的潮湿环境。碳酸锰矿石 $\delta^3 C$ （PDB）为 $-2.965\text{‰} \sim -8.086\text{‰}$ ，平均为 -6.05‰ ，显示为较滞流水生物分解产物。 $\delta^8 O$ 为 $-2.954\text{‰} \sim -6.095\text{‰}$ ，说明它形成于淡化微咸水环境或经淡水改造（王庆生等，1989）。

锰质在台沟或潟湖海解沉积，经过成岩期藻菌分解，孔隙水中锰浓度增大，发生大量生物碎屑、少量晶屑、岩屑等的碳酸锰矿化，并有草莓状黄铁

矿和少量硫锰矿生成。局部的表生成岩作用或热水作用参与，导致了黑锰矿、锰铁矿等对菱锰矿的交代。

5 找矿标志

在峨眉山玄武岩分布区外侧的黔中台沟（遵义—格学台沟）或其抬升的继承性半局限潟湖—沼泽环境内，沿下二叠统顶部及上二叠统底部追寻。在台沟范围内，在白泥塘组顶部碳硅质灰岩中，找格学式锰矿床。在龙潭组底部伊利石粘土岩中找铜锣井式锰矿床、长滩式铁-锰矿床和茶河关式锰菱铁矿矿床（三者具侧变关系，其顶板为高岭石粘土岩）。在台沟外台地相区，在茅口灰岩假整合面上高岭石粘土岩中，找三岔河式硫铁矿矿床。

摘自《中国矿床》中册

辽宁瓦房子海相沉积氧化锰—碳酸铁-锰矿床

瓦房子式矿床赋存于燕辽沉降带的中元古界铁岭组中部，如朝阳瓦房子铁-锰矿床，凌源太平沟、平泉中心村锰矿床等。矿床属泥质岩型，其中瓦房子铁-锰矿床是中国北方最大的矿床，并以其复杂多样的矿石类型和矿物组合而闻名于世。瓦房子锰矿是 1937 年由当地居民首先在屈家沟南部发现转石，后由本溪煤铁公司派人进行调查后发现的。

1 矿区地质特征

矿床位于辽宁省朝阳市南西 60 km，面积约 80 km²。矿区为瓦房子复背斜的东南翼，牛粪洞子大断层将其一分为二，小凌河水系将矿床分为 11 个矿段（图 1 a）。

东南矿区为团山子向斜，由团山子、鸡冠山、雹神庙等 6 个矿段组成；向斜东南部分的寒武系与侏罗—白垩系接触。西北矿区亦为向斜构造，因断层切割只保留一翼，由窝瓜沟、东沟、牛粪洞子等 5 个矿段组成。区内断层发育，较大者自北向南有牛粪洞子、马台子、后洞子断层等。

矿区内发育中元古代、寒武纪、侏罗—白垩纪和第四纪地层（图 1 b）。

中元古界雾迷山组（厚度大于 1 500 m）由叠层藻白云岩、砂屑白云岩、硅岩等组成；洪水庄组

（50~80 m）以黑色纹层状页岩为主；铁岭组下部为黑白相间纹层状白云岩（22~45 m，其顶部夹石英岩），中部为含矿系（0~42 m），上部为厚层硅质灰岩（0~26 m）。寒武系（524 m）底部由底砾岩及暗红、绿灰色泥灰岩及页岩组成。侏罗—白垩系由凝灰质砂页岩、粗面岩、流纹岩等组成。

岩浆岩以中基性为主，角闪玢岩、安山玢岩侵入于东南矿区（雹神庙等地）；西北矿区见少量辉绿岩床及岩墙；矿石因之遭受变质。

2 含矿系及其变化

含矿系由泥质岩及 3 层锰矿层组成，分布稳定，倾角平缓。含矿系具清楚的岩相及矿相变化，在鸡冠山矿段的钻孔（H711，H217）及坑道（G48）内均可看到水锰矿矿石向菱锰矿矿石的过渡（图 1 a）及围岩的相应变化（表 1）。

3 矿体形态

含矿系内赋存 3 层锰矿，厚 0.5~6 m，一般为 1~2 m，其中 I，II 矿层具工业意义（表 1）。锰矿层由似层状、透镜状矿体及围岩组成，单层一般厚 10~30 cm，长一般为 10~50 m。

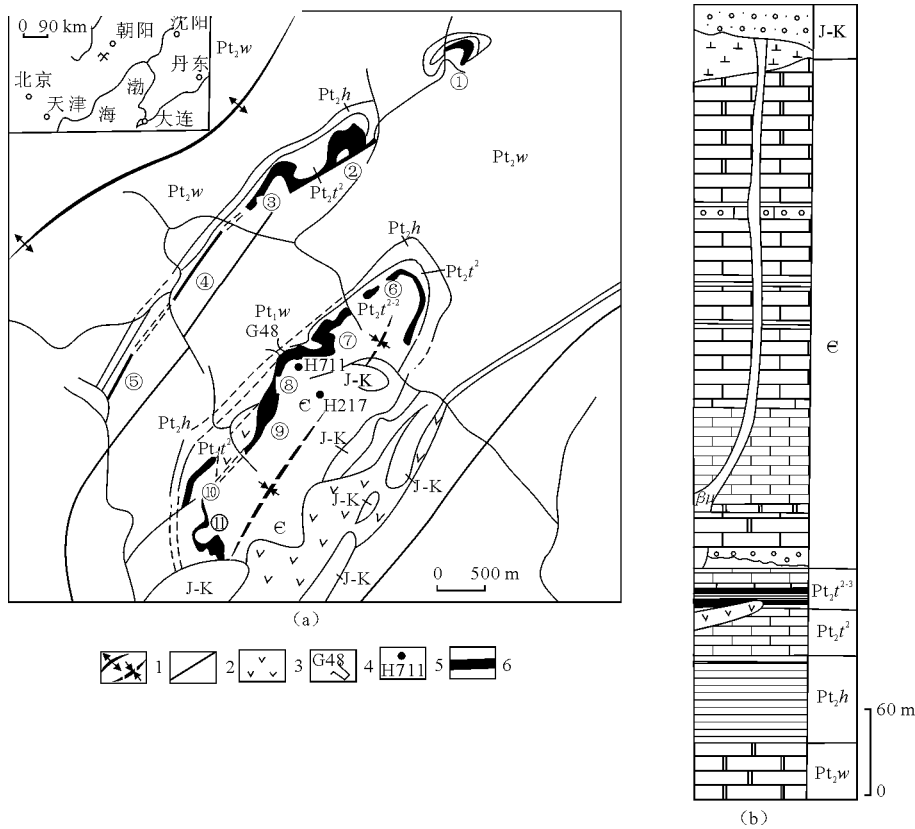


图 1 瓦房子矿床地质图 (a) 及地层柱状图 (b) (据东北地质局 101 勘探队, 1955 简化)

J—K—侏罗—白垩系; e—寒武系; Pt_2w —中元古代雾迷山组; Pt_2h —中元古代洪水庄组; Pt_2t^1 —中元古代铁岭组下部 (1 段); Pt_2t^{2-3} —中元古代铁岭组中上部 (2—3 段); β_e —辉绿岩; 1—背斜和向斜; 2—断层; 3—安山玢岩、角闪玢岩; 4—坑道及编号; 5—钻孔及编号; 6—铁-锰矿层矿段及编号: ①—窝瓜沟, ②—东沟, ③—牛粪洞子, ④—杨家杖子, ⑤—双庙, ⑥—团山子, ⑦—曲家沟, ⑧—鸡冠山, ⑨—雹神庙, ⑩—松树底下, ⑪—小杨树沟

表 1 瓦房子矿床东南、西北矿区含矿系及矿层对比

含矿系分层	东南矿区	西北矿区
第Ⅲ矿层之上(厚 10 m 以上)	上部:暗棕色硅质灰岩,灰岩 下部:暗棕色绢云母页岩	上部:黑色绢云母钙质页岩 下部:黑色绢云母页岩
第Ⅲ矿层(不稳定)	水锰矿透镜体层(厚 0.5 m)	菱锰矿透镜体层(厚 1 m)
Ⅱ—Ⅲ矿层之间(厚 8~12 m)	红—暗棕色石英-绢云母页岩,钙质页岩	上部:黑色硅质灰岩及绢云母钙质页岩 下部:黑色页岩及石英-绢云母页岩
第Ⅱ矿层(较稳定)	水锰矿透镜体层(厚 2~6 m)	菱锰矿透镜体层(厚 1~3 m)
Ⅰ—Ⅱ矿层之间(厚 3~6 m)	红色含赤铁矿钙质页岩及暗棕色含石英粉屑灰岩或石英粉砂岩	黑色粉屑灰岩夹钙质页岩
第Ⅰ矿层(较稳定)	似层状、透镜状水锰矿层(厚 0.5~2 m)	似层状、透镜状菱锰矿层(厚 0.5~1 m)
Ⅰ矿层之下	暗红色含赤铁矿页岩及灰岩(厚 1~4 m)	黑色石英-云母页岩(厚 2~7 m)

4 矿石类型、组构及物质组成

矿石属酸性铁-锰矿石, Mn/Fe 值为 1~2, 磷与硫均较低, 可作冶炼Ⅱ, Ⅲ级镜铁或生铁的辅助原料。矿石的化学组分见表 2。碳酸锰矿石中含 Co 0.01%~0.02%。

矿石共有 3 种成因类型 (表 3): 1) 沉积 (含成岩) 的水锰矿及菱锰矿矿石; 2) 受变质的方铁

锰矿-褐锰矿、硅酸锰-氧化锰、热臭石-菱锰矿矿石; 3) 表生氧化的软锰矿及硬锰矿-水羟锰矿-针铁矿-水针铁矿矿石。

水锰矿矿石分布于东南矿区, 呈似鲕状、条带状、致密状及砾状。矿物呈隐晶质 (0.001 mm)、细粒 (0.5 mm)、粗晶 (5~20 mm) 及放射状、针状集合体 (长达 5 mm) 产出, 有时呈脉状。水锰矿中总是分布有尘点状赤铁矿和石英。



表 2 瓦房子矿床各类型铁-锰矿石化学成分

表 2 瓦房子矿床各类型铁 锰矿石化学成分													w (B) /%	
序号	Mn	Fe	P	S	MnO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	FeO	H ₂ O	CaO	MgO	CO ₂	Co	
1	31.12	15.22	0.092	0.025	23.41	21.05	19.16	—	5.83	4.10	4.18	3.20	0.014	
2	33.31	15.52	0.076	0.02	20.85	19.06	19.54	—	2.89	7.19	4.62	8.32	0.012	
3	30.51	21.13	0.069	0.05	19.26	17.30	26.60	—	1.43	3.23	3.89	1.29	0.023	
4	30.49	17.64	0.058	0.035	19.55	17.00	22.21	—	1.74	6.32	4.47	2.20	0.017	
5	19.01	14.53	0.069	0.87	—	22.16	—	16.37	2.19	5.13	6.22	19.42	0.027	
6	20.02	16.96	0.081	0.515	—	23.34	—	19.10	2.77	3.04	4.96	15.04	0.033	
7	16.35	12.53	0.078	0.99	—	19.06	—	14.11	1.84	8.54	5.65	26.40	0.023	
8	16.70	14.81	0.107	0.59	—	19.47	—	16.68	1.50	5.13	5.08	21.78	0.027	
9	33.80	17.64	0.096	0.02	33.30	7.82	22.57	—	1.19	1.46	2.24	5.04	0.014	
10	25.68	27.76	0.093	0.028	24.27	6.91	28.32	—	1.94	7.78	2.66	4.20	0.011	
11	25.90	21.03	0.083	0.025	26.14	5.40	26.48	—	5.72	2.61	3.86	0.63	0.032	
12	25.68	25.00	0.093	0.02	26.38	4.92	31.48	—	4.63	4.08	5.26	2.61	0.027	
序号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Mn+Fe		Mn/Fe	(CaO+MgO)/(SiO ₂ +Al ₂ O ₃)				P/Mn			
1	18.16	1.01	0.013	46.34		2.04	0.43				0.003			
2	13.17	1.01	1.01	48.83		2.15	0.83				0.002			
3	26.33	2.16	0.125	51.64		1.44	0.25				0.002			
4	27.01	1.58	0.068	48.13		1.73	0.38				0.002			
5	23.16	1.18	0.07	43.54		1.31	0.47				0.004			
6	23.11	—	0.075	36.98		1.18	0.35				0.004			
7	16.80	0.88	0.48	38.88		1.30	0.80				0.005			
8	19.46	1.84	0.063	41.51		1.13	0.43				0.006			
9	21.85	2.79	0.098	51.44		1.92	0.15				0.003			
10	22.99	1.77	0.095	53.44		0.93	0.42				0.004			
11	27.16	2.28	0.135	46.93		1.23	0.22				0.003			
12	21.66	2.27	0.07	50.68		1.03	0.39				0.004			

注：1~2：原生氧化矿石（水锰矿为主），3~4：受变质硅酸锰-氧化锰矿石，5~8：原生菱锰矿矿石，9~10：表生软锰矿矿石，11~12：表生铁锰氧化物、氢氧化物矿石；据东北地质局 101 勘探队，1955 略有增加。

表 3 瓦房子矿床铁-锰矿石的矿物组合

矿物	沉积-成岩过程中形成		接触变质过程中形成		表生氧化过程中形成	
	氧化矿石相	碳酸矿石相	受变质氧化矿石	受变质碳酸矿石	由氧化矿表生形成	由碳酸矿表生形成
主要	水锰矿	菱锰矿、钙菱锰矿、铁菱锰矿、锰方解石	褐锰矿、方铁锰矿、锰铁矿 I ¹⁾ 、锰铁矿 II ¹⁾	粗晶菱锰矿、粗晶钙菱锰矿、粗晶铁菱锰矿、热臭石、绿泥石	软锰矿	硬锰矿、水羟锰矿、针铁矿、含水针铁矿
常见	赤铁矿、石英、方解石、玉髓、粘土矿物	白云石、石英、黄铁矿	锰橄榄石、三斜锰辉石、锰硅灰石、锰铝榴石、钙铁榴石、含锰透辉石、透辉石、磁铁矿、赤铁矿	锰铝榴石、钙铁榴石、锰方解石、磁铁矿、石墨	石英、方解石、白云石	石英、方解石、白云石
少见		白铁矿、黄铜矿	硫铜钴矿、含钴黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、闪锌矿、方铅矿			

1) 锰铁矿 I 即原称黑镁铁锰矿，锰铁矿 II 即原称的斜方多镁黑镁铁锰矿（范德廉，1964）

菱锰矿矿石分布于西北矿区，呈致密状、似鲕状、砾状。砾石一般为 0.5~2 cm，最大 20 cm，由泥晶菱锰矿组成。似鲕状矿石由菱锰矿的粗晶球粒、放射球粒及同心环鲕粒组成，有时被热臭石交代。锰方解石及含锰方解石多呈脉状产出。

受接触变质矿石分布于雹神庙、牛粪洞子等矿段。后期的岩浆活动使瓦房子矿床的 2 类原生矿石均遭受接触热变质作用，形成新的矿物组合，但未丧失其工业价值（表 2）。

水锰矿矿石经变质形成：1) 浅变质方铁锰矿-

褐锰矿矿石；2) 深变质硅酸锰-氧化锰矿石；3) 晚期热水溶液形成的热臭石-菱锰矿矿石及穿插矿石的脉。在安山玢岩、角闪玢岩广泛分布的雹神庙地区可以看到不同变质程度的矿石呈带状分布。

方铁锰矿-褐锰矿矿石呈致密状、似鲕状；主要由该 2 种矿物的细晶粒和变斑晶组成；褐锰矿中布满尘点状石英和赤铁矿。探针分析证实，褐锰矿中 SiO₂ 为 1%~5% 及 10%，方铁锰矿中 Fe₂O₃ 为小于 1% 及 24%~34%。

硅酸锰-氧化锰矿石以致密块状为主，偶见条



带状。主要矿物有锰铁矿Ⅰ、锰铁矿Ⅱ、三斜锰辉石、锰橄榄石等(表3),它们紧密共生在一起。锰铁矿Ⅰ与Ⅱ区别较大,前者呈橄榄绿色,均质,等轴粒状或近圆形,并富铁;后者藕荷色,非均质,具复杂双晶,呈八面体及多边形晶体,富锰(Fan, et al., 1993)。

碳酸锰矿石经变质形成粗晶碳酸锰矿物及石榴子石、绿泥石、石墨等,晚期热水溶液形成锰热臭石、硫铜钴矿等(表3),受变质碳酸锰矿石呈黑色及黄绿色,具致密状、砾状及似鲕状构造。热臭石呈片状及放射状集合体,强烈交代菱锰矿并形成穿插矿石的细脉,说明其形成最晚。电子探针分析证实其为锰热臭石($Mn/Fe=1.31\sim1.95$)。

表生氧化的软锰矿矿石具致密状、条带状,并见针状、放射状晶体,其结构、形态与水锰矿极为相似,可能由水锰矿氧化而成。硬锰矿-水羟锰矿-针铁矿-水针铁矿矿石具格子状构造,由菱锰矿氧化形成。

5 矿床形成条件

瓦房子铁-锰矿床赋存于铁岭组中部由泥质岩向碳酸盐岩转化的过渡带中。太古宙变质铁矿床,串岭沟期铁矿床及高于庄期的风化产物成为矿床的主要物源。

在瓦房子西面的太平沟和中心村矿床,其含矿系为深灰色页岩夹2~3层菱锰矿矿石,但未见水锰矿矿石。这一情况及瓦房子矿区内岩矿相的变化(表1),说明燕辽海的东部是离海岸更近和更为氧化的环境。水锰矿“鲕粒”与粉砂岩以及菱锰矿“鲕粒”与砾状层形成的条带构造,说明它们形成

于海水较浅、水动力较强、沉积环境频繁交互更替的条件下。

瓦房子铁-锰矿床主要形成于同生沉积阶段,胶体化学和生物化学作用是其富集的主因素。成岩和后生作用使原生沉积的矿石重结晶形成粗晶和球粒。晚期岩浆活动使之受热变质作用而形成方铁锰矿-褐锰矿和硅酸锰-氧化锰矿石。上述各类矿石在表生带内均经次生氧化。

6 找矿标志

地层标志,含矿系赋存于铁岭组中部,位于纹层状白云岩之上几米处,白云岩顶部的薄层状、透镜状正石英岩是靠近含矿系的标志。

沉积旋回标志,含矿系形成于蓟县纪末,锰矿层位于大海退层中的小海进旋回的下部。

岩相古地理标志,从区域上看,瓦房子矿床及其东部地区海水较浅,水动力较强,更接近海岸线。因此,寻找优质的氧化锰矿石应在东区,西区以菱锰矿矿石为主。

含矿系岩性标志,红—暗棕色泥质岩是寻找原生水锰矿矿石的标志,而黑色岩系则是寻找菱锰矿矿石的标志。在角闪玢岩、安山玢岩发育地区可以找到受变质矿石。

地表次生氧化矿标志,致密块状、条带状、放射状、针状软锰矿矿石出现于浅部,其深部地区可能有原生水锰矿矿石存在。格子状、粉末状水羟锰矿-硬锰矿-针铁矿-水针铁矿矿石赋存部位的深处常为原生菱锰矿矿石。

摘自《中国矿床》中册

湖南民乐沉积碳酸锰矿床

湘潭式锰矿床是赋存于早震旦世间冰期黑色页岩中的一系列原生沉积碳酸锰矿床,最早发现于湖南湘潭,故名。它们广泛分布于湘、黔、川、鄂等地,重要者有湘潭、民乐、大塘坡、棠甘山锰矿床等。矿床属黑色页岩系型,矿石为Ca-Mg-Mn型元素组合,由菱锰矿-镁锰云石层组成。在花岗岩侵入的外接触带内(棠甘山锰矿床)形成具工业意义的硫化锰-硅酸锰-碳酸锰矿床。

1966年春,湖南省地质局四〇五地质队在民乐一带找到含锰层位,经追索,发现锰矿露头数

处,经过沿矿层追索,并布置少量手掘平硐了解原生矿情况。仅用3个月时间就确定了矿层露头的延长、分布情况,氧化矿和原生矿的厚度、品位,认为矿区远景较大,有进一步工作价值。1966年10月开展详查工作,1967年10月提交了详查报告和锰矿石储量1515万t。

1 矿区地质特征

矿床位于湘西花垣县南西27.5 km,地质构造



属摩大岭向斜东南翼。区内褶皱简单，主要由大猫向斜及乘来山背斜。较大断层位于无矿地区，仅F₂逆断层纵贯矿区，受其影响有时矿层重复出现(图1)。

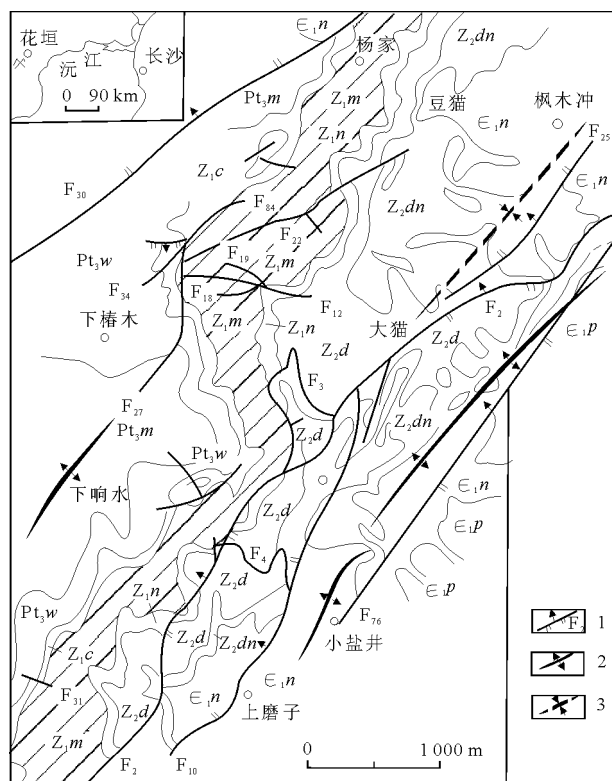


图1 湖南民乐锰矿区地质示意图(据湖南省地质矿产局405队,1984略有修改)

∈_{1p}—下寒武统杷榔组; ∈_{1n}—下寒武统牛蹄塘组; Z_{2dn}—上震旦统灯影组; Z_{2d}—上震旦统陡山沱组; Z_{1n}—下震旦统南沱组; Z_{1m}—下震旦统民乐组; Z_{1c}—下震旦统椿木组; Pt_{3w}—五强溪组; Pt_{3m}—马底驿组; 1—逆断层及编号(另有正断层及性质不明断层); 2—背斜; 3—向斜

矿区地层由板溪群、震旦系及下寒武统组成,未见侵入岩。

板溪群(出露厚度大于420 m),下部马底驿组以紫红色板岩为主,具铜矿化;上部五强溪组为浅灰绿色凝灰质粉砂岩、板岩等,顶部见铜矿化。

下震旦统分为3组:椿木组为下冰碛层,下与板溪群不整合;民乐组(贵州称大塘坡组)下段为黑色页岩夹锰矿层,上段为绿灰色页岩和泥岩;南沱组为上冰碛层。上震旦统分为2组:陡山沱组与下伏地层为假整合接触,由白云岩、黑色页岩和灰岩组成;灯影组为黑色薄层硅岩夹少量硅质页岩。

寒武系仅见下寒武统牛蹄塘组,主要为黑色岩系,并含钒矿层,底部有磷结核产出。

2 含矿系

含矿系位于民乐组下段,锰矿层赋存于其下部。在下椿木,含矿系剖面可分为含矿层及其上、下围岩3部分。

1)矿下围岩,总厚9.5 m。下部为深灰色石英岩状砂岩与黑色粉砂质泥岩互层,厚6 m;上部以黑色页岩为主,夹凝灰质页岩和含锰白云岩,厚3.5 m。

2)含矿层,总厚8 m。由4个矿层与夹层围岩组成,均呈黑色,致密碳酸锰矿石中见碳沥青球体。

3)矿上围岩,总厚20 m。下部为黑色含晶屑硅质页岩,上部为黑色页岩(见尘点状石英)。

含矿系之上为民乐组上段的绿灰色页岩。

3 矿体形态

碳酸锰矿体与围岩整合接触,共有4层。Ⅰ,Ⅱ矿层为工业矿体并以Ⅱ矿层最为重要(占矿区储量的98%)。Ⅰ矿层平均厚1 m,个别2.28 m,分布局限于矿区中心。Ⅱ矿层平均厚2.71 m,由3~4个矿层组成,下部呈层状、似层状,上部呈透镜状。Ⅲ,Ⅳ矿层呈透镜状,厚度较小。

4 矿石类型、组构及物质组成

矿石属含铁较低的高磷锰矿石,Ⅱ矿层质量最好,Ⅰ矿层次之(表1)。按成因可分原生沉积碳酸锰矿石和表生氧化锰矿石(含量甚少)。

矿石主要由菱锰矿、镁锰云石、含锰白云石等组成并具致密状、纹层状构造。

致密矿石呈黑色,有时见碳沥青小球体,且球体愈多、矿石质量愈好(Fan et al., 1993)。矿石内还常见火山凝灰质条纹。矿石由显微凝块状(长0.05~0.4 mm及0.5~0.7 mm)集合体组成,形状极不规则,其间为碳质、粉砂、粘土和显微球状黄铁矿。显微凝块由极细(1~5 μm和6~10 μm)碳酸锰显微球粒组成。尹磊明(1989)在这类矿石中发现大量变异球集藻——*Sphaerocongregus variabilis*和生物细胞降解、破坏后形成的显微球粒结构。

纹层状矿石多呈灰黑色,也由显微球粒状碳酸锰矿物组成的凝块状集合体构成。有些纹层可能是



表 1 民乐矿区 I, II 矿层化学组分对比

区 段	矿层编号	矿石品级	组 分 含 量/%											
			Mn	P	SiO ₂	TFe	S	As	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Co		
13 线以北	Ⅱ	1	21.34	0.239	20.97	2.38	1.31	0.013	6.81	3.85	4.02	0.004 9	0.004 1	
		2	18.97	0.247	24.17	2.64	1.84	0.013	7.61	3.47	5.90	0.009 2	0.004 4	
		1+2	19.79	0.244	23.07	2.55	1.63	0.013	6.93	3.62	5.71	0.007 5	0.004 3	
13 线以南	Ⅱ	1	20.91	0.163	20.66	2.53	1.11	0.024	8.07	4.01	3.58	0.003	0.003 1	
		2	19.40	0.173	22.25	2.55	1.74	0.019	7.73	3.60	5.62	0.003 7	0.004 1	
		1+2	20.28	0.167	21.32	2.54	1.49	0.021	7.87	3.76	4.79	0.003 6	0.003 7	
全区	Ⅱ	平均	19.86	0.235	22.83	2.55	1.53	0.018	7.56	3.72	4.91	0.004 9	0.003 9	
全区	Ⅰ		16.15	0.235	27.61	3.59	2.35	0.032	7.16	2.54	7.18	0.003 4	0.004 0	

区 段	矿层编号	矿石品级	组 分 含 量/%										$w(\text{Ag})/10^{-6}$	Mn/Fe
			Cu	Pb	Zn	K ₂ O	TiO ₂	CO ₂	Cr	F	H ₂ O ⁺			
13 线以北	Ⅱ	1	0.004	0.00	0.005	0.96	0.13	26.41	0.020	0.083	2.01	0.026	8.97	
		2	0.007	0.00	0.007	1.42	0.18	22.83	0.014	0.058	2.05	0.08	7.19	
		1+2	0.006	0.00	0.006	1.24	0.14	25.52	0.018	0.077	2.04	0.06	7.76	
13 线以南	Ⅱ	1	0.003	0.009 5	0.009	0.90	0.15	23.36	0.017	0.090	1.93	0.086	8.26	
		2	0.004	0.001 9	0.010	1.32	0.18	22.03	0.014	0.124	2.13	0.130	7.61	
		1+2	0.003 2	0.005	0.009 9	1.15	0.17	22.70	0.016	0.107	2.05	0.109	7.98	
全区	Ⅱ	平均	0.004 1		0.008 7	1.18	0.15	24.58	0.017	0.087	2.04	0.09	7.79	
全区	Ⅰ		0.004 7	0.002 4	0.009 7	1.65	0.11	24.61	0.016	0.002	2.20	0.22	4.50	

据湖南省地质矿产局 405 队, 1984。

藻席。矿石内可见塌陷褶皱（包卷构造）及毫米级显微逆断层（借助于 X 射线放射照相）。

5 矿床形成条件

矿床的锰质来源主要为陆源和海源。由于含锰盆地附近往往有深大断裂存在，故热水溶液和热卤水也可提供一些锰质。

大塘坡期的海域西北紧依古陆，其上主要分布有板溪群岩石，其锰含量未超过地壳克拉克值。但雪峰山东麓的板溪群马底驿组内赋存有锰矿层，长数千米，厚 0.4~1 m，锰含量大于 30%。在古丈交坪一带，五强溪组中也有锰的矿化。上述岩石和矿石暴露地表，经风化而析出的锰质，成为湘潭式锰矿床的主要物源之一。

海底火山喷发也为矿床提供了重要物源。湘、黔、川交界区的含矿系内，经常见到透镜状、扁豆状、薄层状晶屑凝灰质岩石，厚几十厘米至几米。在矿石及夹层黑色页岩中，凝灰物质更是常见。它们呈灰色的条纹、条带及透镜体产出，常含较多的石英、长石晶屑和酸性岩屑，石英多呈尖角状、眉弓状、刀状等。湖南地质矿产局 405 队等发现火山物质的富集低端恰好是主矿层分布的中心地带和锰、磷含量高的地带，说明部分锰质可能是由火山喷发提供的。

缺氧环境不但有利于陆源锰和海源锰的彻底海

解，而且可使锰呈溶解态长期蕴积在水盆地内。如当代最典型的缺氧盆地——黑海就蕴积着 1 亿 t 呈溶解态的锰。民乐锰矿层的厚度和质量与黑色页岩的厚度呈正相关（湖南地质矿产局 405 队等，1984），说明缺氧环境持续时间越长，溶解态的锰在水盆内蕴积越多，越有利于形成规模巨大的锰矿床。因此，缺氧环境的形成方式和规模对锰的成矿作用至关重要。湘潭式碳酸锰矿床的分布与下冰碛层的展布紧密相依，反映了这一密切关系。大塘坡期的缺氧环境是由于冰川消融，大量溶水突然涌入而导致海平面上升造成的，是一个大面积缺氧事件。

由湘潭式锰矿床的沉积地质环境可知，在间冰期内并无大的构造运动导致水盆地大幅度上升而造成强氧化条件，因而不利于形成高价锰的氧化物。但在陆上冰川与冰海沉积和冰海沉积与多源冰海沉积的交替带内（王砚耕等，1980），缺氧环境与微氧化环境的交互出现，以及锰沉积过程中某些震荡运动和滑动运动却是可以经常发生的，从而为锰呈低价态碳酸锰直接沉积成矿提供了有利的沉积地球化学条件。由此可见，在古老的地质时代，由于古大气圈内自由氧含量较低，碳酸锰矿物可以是原生沉积的，而不一定是氧化锰矿物经成因作用而形成的。

间冰期初始阶段，由于气温升高，有利于微生物的繁衍、生长。它们死亡、降解后，析出大量



CO₂ , NH₄ 等, 开使周围介质的碱性增加, 从而为在缺氧环境中长期蕴积的溶解锰提供了形成碳酸锰的良机。换言之, 微生物的繁衍、生长和死亡、降解也会造成缺氧环境和微氧环境的交替变化, 并控制锰的溶解和沉淀。碳酸锰矿石中由变异球集藻组成的凝块状构造和纹层状构造可能就是上述生物化学作用的产物。因此, 可以认为在同生沉积阶段, 碳酸锰就已淀积成矿石; 在成岩早期又进一步富化, 矿石中由生物细胞降解、破坏后形成的显微球粒状菱锰矿的存在就是证明。

总之, 湘潭式锰矿床的形成过程可概括为物质来源以陆源和海源为主, 缺氧环境为锰淀积前的大量蕴积创造了条件, 矿床为蕴积、淀积、成岩再富集 3 阶段成矿 (Fan et al. , 1992)。

6 找矿标志

1) 矿床在成因上与冰川的消溶和缺氧环境有密切联系。因此, 冰碛层及间冰期黑色页岩的分布、厚度及陆上冰川与冰海沉积和冰海沉积与多源冰海沉积的交替带是重要的找矿标志。

2) 碳酸锰矿石淀积于缺氧环境向氧化环境的转变处 (即微氧化环境内), 其沉积序列标志是从黑色岩系向浅色岩系的过渡。

3) 矿床的物质来源与海底火山喷发有密切联系。因此, 同沉积期火山岩的分布、类型和变化也是重要的找矿线索。

摘自《中国矿床》中册

广西下雷锰矿床

下雷式锰矿床属硅、泥、灰岩型锰矿床, 为重要类型, 它们产于晚泥盆世五指山组硅岩-硅质灰岩-钙质泥岩中, 为硅酸锰-碳酸锰矿床, 属硅-钙-

锰型元素组合类型。所构成的下雷锰矿成矿带, 绵延 60 余千米, 下雷、湖润等地为硅酸锰-碳酸锰矿床, 靖西县龙邦为碳酸锰-褐锰矿矿床 (图 1)。

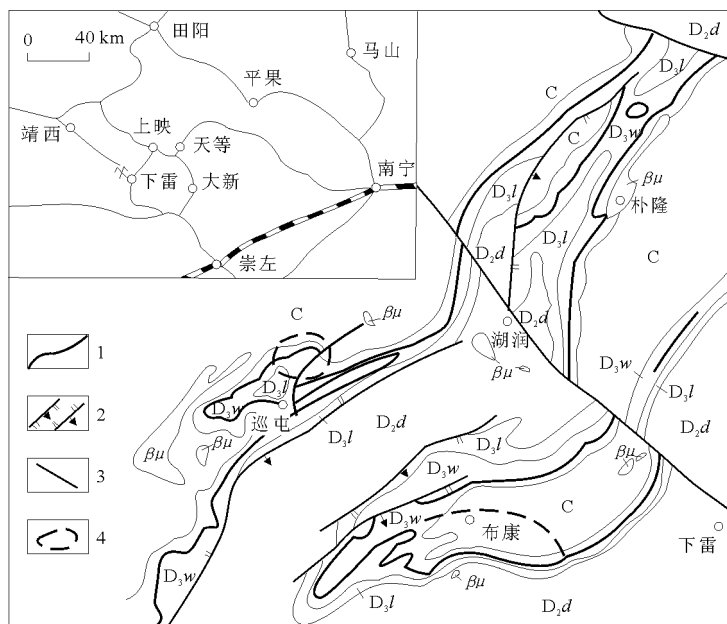


图 1 下雷锰矿区地质略图 (据曾友寅, 1989 略有增删)

C—石炭系; D_{3w}—上泥盆统五指山组; D_{3l}—上泥盆统榴江组; D_{2d}—中泥盆统东岗岭组; $\beta\mu$ —辉绿岩体; 1—锰矿层露头; 2—正断层, 逆断层; 3—平推断层; 4—豆鲕粒状锰矿层分布范围

1 矿区地质

矿区位于广西大新县城西北 53 km 的下雷乡。构造位置为华南褶皱系右江褶皱带南部, 上映倒转向斜的南西端。矿区为一近 EW 向而西端上翘的

箱状倒转向斜 (图 1)。EW 长近 9 km, SN 宽约 2.5 km。向斜南翼产状陡峻, 部分倒转; 北翼产状平缓。

矿区地层为泥盆系及石炭系。中泥盆统东岗岭组之下主要为碎屑岩。东岗岭组、上泥盆统及下石



炭统为碳酸盐岩、硅岩和泥岩等。卜石炭统有基性火山岩。

2 含矿系

上泥盆统分为同时异相的 2 类地层：南丹型和象州型。前者为含浮游动物群（浮游型菊石、竹节石、介形类、牙形刺及薄壳腕足类）的硅、泥、灰质沉积，为含锰地层；后者为含底栖壳相动物群的

碳酸盐沉积，不含锰。南丹型的上泥盆统为区域广义的含矿系（图 2）。下部为榴江组，厚 47~234 m，以硅岩为主，次为钙质硅岩、硅质灰岩及硅质泥岩等，夹含锰灰岩及碳酸锰矿薄层（经表生富集形成有土湖锰矿）。上部为五指山组，厚数十米至 300 余米，岩性 3 分：下段（2~3 分层）为钙质泥岩及条带状、扁豆状灰岩，厚 10~87 m；中段（4~10 分层）为下雷、湖润、龙邦等矿床的含矿系，由薄层状硅质灰岩、钙质泥岩及三层锰矿层组成，

系	统	阶段	代号	分层	柱状图	厚度 m	欧洲分层
石炭系	中统下统	C ₂	C ₁			浅灰色薄至中厚层状微粒至细晶灰岩	杜内阶
						上部灰色灰岩与硅质岩互层，下部灰至灰黑色硅质灰岩夹生物碎屑灰岩及硅质岩条带或团块，局部含磷	
泥盆系	上统	五指山组	D ₃ w	17		8~62 灰色泥质灰岩与深灰色钙质泥岩，呈薄层状互层	法阶
				16		3~19 深灰至黑灰色含眼球状钙质结核泥岩，局部含锰（品位高达 12.8%）	
				15		0~12 黑灰色厚层状泥灰岩夹生物碎屑灰岩	
				14		0~8 灰黑色薄层状硅质灰岩夹硅质泥岩，局部含锰	
				13		0~18 灰黑色厚层状泥灰岩夹少许硅质岩团块	
				12		0~4 灰黑色硅质泥岩、硅质页岩，局部含锰	
				11		0~1 灰黑色含豆状硅质结核泥岩，局部含锰（13.05%）	
				10		10~60 灰至深灰色薄、微层状硅质灰岩夹泥岩。常夹碳酸锰矿透镜体	
				9		0.05~0.92 绿色带灰、肉红色石英质硅质岩，偶夹锰矿薄层	
				8		0.2~2 灰至深灰色致密块状碳酸锰矿，含星点状黄铁矿，称“Ⅲ矿层”	
				7		0.1~1.3 灰、灰绿色致密块状（北翼微层状）锰质泥岩，称“夹层二”	
				6		0.2~5 灰至深灰色、铁黑色、灰绿色、棕红色微粒碳酸锰矿，上部以豆鲕状构造为主，中部以条状为主，下部以豆状结构为主，称“Ⅱ矿层”	
				5		1~30 灰色、厚层状硅质灰岩，层间夹微层状钙质泥岩，底部含锰，称“夹层一”	
				4		0.5~2.9 灰、灰绿、棕红等色微粒豆状、条带状碳酸锰矿，中部夹一条厚 5~10 cm 的石英质硅质岩，称“Ⅰ矿层”	
				3		1.6~7.1 灰色中厚层状泥质灰岩夹钙质泥岩及硅质岩团块，底部为角砾状灰岩	
				2		9~80 灰绿、紫红色钙质泥岩夹扁豆状灰岩、条带状灰岩，局部可见粒序层理及揉皱构造	
				榴江组	D ₃ l	137 深灰色硅质灰岩夹硅质泥岩、生物碎屑灰岩、硅质岩及含锰灰岩，锰品位 8.05%	弗拉斯阶
	中统	东岗岭组	D ₂ d			浅灰色巨厚层状白云质灰岩，顶部见坝积岩	吉微特阶

图 2 下雷锰矿区综合地层柱状图（据杨家谦，1985 略有增删）

厚 12~103 m，矿层赋存于下部 40 m 内；上段（11~17 分层）由钙质泥岩、泥质灰岩、含硅质泥灰岩及黑色硅岩、泥灰岩组成，厚 11~124 m。

3 矿体形态

矿体呈层状，层位稳定，其产状与围岩一致。含矿层由 3 层矿和 2 个夹层组成。底板为泥质灰岩，普遍含锰；顶板 9 分层石英硅岩为钻探近矿的标志层，一般厚 0.1~0.3 m。

工业矿体主要分布于矿区以南及西南（布康矿段）和中部，次为东北部。Ⅰ矿层最厚可达 3.23 m，一般为 1~2 m；Ⅱ矿层厚 0~5 m，一般 1.5

~3.5 m；Ⅲ矿层 0~3.13 m，一般 1~2 m。

4 矿石类型、物质组成和组构特征

原生矿石平均品位：Mn 22.07%，TFe 6.18%；表生矿石 Mn 37.81%，TFe 9.58%。Mn/Fe 值为 3.4~3.6，P/Mn 为 0.005~0.006，(CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃) 为 0.48，属中铁、中磷、酸性矿石（表 1）。各类型原生锰矿石的化学全分析数据见表 2。表生矿石符合做干电池的指标要求。原生矿石的工业利用尚待解决。微量元素中，仅 BaO 在Ⅰ，Ⅱ矿层内含量较高（0.2%~0.3%，个别 0.96%）。



表 1 卜雷锰矿床各矿层主要化学组分平均含量

矿层	矿 石 类 型	主 要 组 分/%								Mn/Fe
		Mn	TFe	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	烧失量	
Ⅲ	(硅质)碳酸锰矿	19.20	6.39	0.129	22.34	1.26	9.74	3.18	26.54	2.84
	氧化锰矿	28.58	10.97	0.173	28.05	3.75	0.55	0.45	11.80	2.61
Ⅱ	硅酸锰-碳酸锰矿	23.43	6.76	0.116	25.35	1.91	6.17	2.80	20.27	3.46
	氧化锰矿	34.10	9.78	0.160	21.27	3.39	0.47	0.41	11.86	3.50
Ⅰ	硅酸锰-碳酸锰矿	22.81	5.32	0.110	20.81	1.27	10.32	3.11	24.94	4.28
	氧化锰矿	35.36	8.52	0.149	20.94	2.78	0.89	0.45	12.50	4.19
平均	原生锰矿	22.07	6.18	0.118	23.01	1.48	8.74	3.03	22.87	3.57
	氧化锰矿	32.81	9.58	0.158	23.55	3.28	0.64	0.44	12.05	3.42

矿层	矿 石 类 型	P/Mn	(CaO+MgO)/ (SiO ₂ +Al ₂ O ₃)	伴 生 元 素/%						
				S	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	
Ⅲ	(硅质)碳酸锰矿	0.006 7	0.55	0.68	0.008	0.016				
	氧化锰矿	0.006 0			0.018		0.008	0.05	0.027	
Ⅱ	硅酸锰-碳酸锰矿	0.005 0	0.33	0.21	0.001	0.028				
	氧化锰矿	0.004 7			0.017		0.008	0.06	0.028	
Ⅰ	硅酸锰-碳酸锰矿	0.001 8	0.61	0.49	0.007	0.006				
	氧化锰矿	0.004 2			0.011		0.005	0.02	0.023	
平均	原生锰矿	0.005 7	0.48		0.008 6	0.016 6				
	氧化锰矿	0.004 8			0.015		0.007	0.04	0.078	

注：据广西地质局，1992。

表 2 下雷锰矿床原生锰矿石化学全分析数据

											w (B) /%	
序号	矿 石 名 称	矿层	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe	MnO ₂	Mn ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	CoO
1	碳酸锰矿石(菱锰矿矿石)	Ⅰ	15.92	0.10	2.69	8.16	0.70	—	38.85	2.57	3.99	痕
2	碳酸锰矿石	Ⅰ	22.59	0.06	3.27	12.26	0.72	—	19.35	17.20	2.18	痕
3	碳酸锰矿石	Ⅰ	22.49	0.06	4.17	5.61	0.64	—	22.54	16.71	3.22	痕
4	硅酸锰-菱锰矿矿石	Ⅱ	27.77	0.06	1.23	10.63	0.73	—	32.22	4.01	2.72	痕
5	硅酸锰-菱锰矿矿石	Ⅱ	18.02	0.05	1.53	11.62	0.57	—	42.66	1.26	1.64	痕
6	菱锰矿矿石	Ⅱ	13.69	0.04	1.08	12.80	0.91	—	37.78	0.24	3.02	痕
7	硅酸锰矿石	Ⅱ	47.82	0.08	1.04	15.44	0.72	—	25.53	1.22	2.08	痕
8	硅酸锰矿石	Ⅱ	5.68	0.04	0.87	15.43	0.83	—	27.65	4.77	6.08	痕
序号	矿 石 名 称	矿层	NiO	Na ₂ O	K ₂	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	P ₂ O ₅	S	CO ₂	C有机	总计
1	碳酸锰矿石(菱锰矿矿石)	Ⅰ	痕	0.16	0.16	1.37	4.02	0.28	痕	21.02		99.99
2	碳酸锰矿石	Ⅰ	痕	0.25	1.19	0.51	4.11	0.26	痕	16.00	0.10	100.05
3	碳酸锰矿石	Ⅰ	痕	0.24	1.06	0.15	4.48	0.14	痕	18.05	0.10	99.66
4	硅酸锰-菱锰矿矿石	Ⅱ	0.01	0.15	2.50	0.16	2.51	0.24	痕	14.60	0.06	99.60
5	硅酸锰-菱锰矿矿石	Ⅱ	0.02	0.37	0.34	0.32	2.49	0.32	痕	18.12	0.08	99.41
6	菱锰矿矿石	Ⅱ	0.02	0.26	0.55	0.55	2.57	0.66	痕	25.49	0.07	99.73
7	硅酸锰矿石	Ⅱ	0.02	2.95	0.51	0.62	1.16	0.11	痕	痕	0.13	99.43
8	硅酸锰矿石	Ⅱ	痕	0.17	0.15	0.03	1.97	0.26	痕	35.63	0.68	100.24

注：由中科院地质研究所化学研究室董光复分析；C有机由石油工业部石油勘探开发科学研究院实验中心周光鑫等分析。

矿石按成因分为 3 类，相应地具有 3 类矿物组合：1) 沉积碳酸锰矿石，包括有碳酸锰矿物及伴生的玉髓、石英等；2) 热水沉积硅酸锰-碳酸锰矿石，仍以菱锰矿、钙菱锰矿等为主，伴有蔷薇辉石，锰铁叶蛇纹石、黑云母、绿泥石和阳起石等硅酸盐矿物，以及少量低价态氧化锰矿物（褐锰矿、锰铁矿等）；3) 表生氧化锰矿石，主要为锰钾矿、软锰矿、硬锰矿、六方锰矿和高岭石，伴有赤铁矿、褐铁矿和石英等。Ⅰ矿层内碳酸锰矿物主要为钙菱锰矿、含锰方解石、锰方解石及少量菱锰矿；Ⅱ矿层主要为菱锰矿，其次为钙菱锰矿；Ⅲ矿层主

要为钙菱锰矿，次为锰方解石。
原生矿石的构造、组成和颜色因地因层而异。布康矿段的Ⅲ矿层以及矿区的西部、北部和东北部各矿层以碳酸锰矿石为主，呈灰及深灰色，具纹层状、条带状构造；布康矿段的Ⅰ，Ⅱ矿层则以硅酸锰-碳酸锰矿石为主，主要呈豆鲕状、纹层—薄层状、条带状、斑点、斑杂状以及结核状等，并具红、暗红、棕红、灰绿、黄绿、淡黄等色。表生氧化锰矿石呈灰黑、褐黑、棕黑色，部分呈钢灰色。主要为松散粉末—小块状、块状—斑块状和条带状构造。



原生豆鲕状矿石主要分布于 I 矿层底部和上部、II 矿层（上、中、下 3 分）的上部和下部以及 III 矿层下部。矿石以基质为主，豆鲕粒一般占 10%~30%，2 者界线分明。矿石分为 2 种类型：一类为豆鲕粒—纹层薄层状构造，豆鲕粒顺序排列，有时呈串珠状；另一类呈不现层理的微晶基质支撑豆鲕粒，为块状构造。各类豆鲕粒不具碎屑核心，但可具团粒核心，核心较大，同心环带厚而圈数少（2~4 环）。较常见的豆鲕粒有球形、椭圆形、同心状、连生状、假豆鲕团粒和复杂成分豆鲕粒。豆鲕粒主要由菱锰矿、蔷薇辉石、锰针叶蛇纹石、黑云母、绿泥石和石榴子石等不同组合而成。基质主要为泥晶菱锰矿（含赤铁矿斑点）；少部分为菱锰矿（或钙菱锰矿）混杂以蔷薇辉石、锰针叶蛇纹石或黑云母等。

5 矿床形成条件

晚泥盆世，华南海南部桂中、桂西南一带由于基底古构造控制及同沉积拉张应力作用，产生微型扩张和沉陷，导致块状碳酸盐台地解体，形成半局限碳酸盐台地相与台沟相交错的格子状古地理相带

格局。下雷锰矿区位于晚泥盆世龙邦—下雷狭长台沟内，为封闭较好氧化界面以下水动力微弱的较深水环境。

在台沟内附近的那坡和龙舟科甲都有中基性海底火山喷溢（细碧岩，具枕状构造）。台沟具同沉积断裂活动，围绕可能的热泉喷口矿物作带状分布，并具热水成因的豆鲕状构造。

下雷锰矿 II 矿层豆鲕状矿石基质（含赤铁矿斑点的菱锰矿）的 X 射线衍射谱线显示伴有长石（D 值 4.24, 3.78, 3.48, 3.387, 3.30, 3.28 等），可能为晶屑。

I, II 矿层矿石 Ba 含量为 $412 \times 10^{-6} \sim 2866 \times 10^{-6}$ ，最高 8598×10^{-6} ，大多高于红海热卤水沉积物的 Ba 含量（ 440×10^{-6} ），并具 $(Na_2O + K_2O) > Al_2O_3$ 的特点。

龙邦、下雷锰矿具有与新疆莫托沙拉火山-沉积褐锰矿—黑锰矿相似的矿物组合。下雷硅酸锰-碳酸锰矿石 $\sum REE = 100 \times 10^{-6} \sim 137 \times 10^{-6}$ ； $Ce(N)/La(N) = 0.6 \sim 0.8$ ； $La(N)/Yb(N) = 10 \sim 20$ ，为轻稀土富集型；具有与莫托沙拉火山-沉积锰矿石大体相似的稀土模式（图 3）。

矿层底板泥质灰岩的 $\delta^{13}C$ 值分别为 0.03‰，

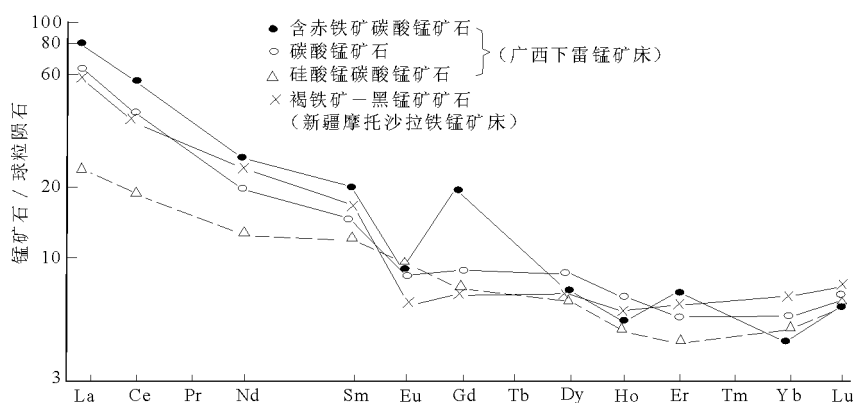


图 3 下雷锰矿矿石与莫托沙拉褐锰矿-黑锰矿矿石的稀土模式（球粒陨石数据据 Herrmann A. G., 1971）

0.12‰，属海水碳，锰矿层中碳酸锰矿物的 $\delta^{13}C$ 值变化范围为 $-2.83\text{‰} \sim -14.2\text{‰}$ ，大多集中于 $-4.23\text{‰} \sim -9.5\text{‰}$ ，平均 -7.06‰ ；不同层位 2 颗豆粒碳酸锰矿物 $\delta^{13}C$ 值分别为 -7.78‰ 和 -6.23‰ ，显示其相似于深源碳酸盐矿物的 $\delta^{13}C$ 值（曾友寅，1989，1991）；惟有机作用因素除外。

据上述特征可认为，布康、巡屯矿段的矿石具热泉喷口附近的热水沉积特征，而在其外侧分布的以碳酸锰矿为主的矿石则具有离喷口较远的海水沉积特征，但其物质来源与海底火山喷溢和热泉仍有密切关系。火山气液沿同沉积断裂间歇性喷溢，从

而驱动海水升降循环，并溶滤出岩浆或围岩中的成矿物质，在龙邦—下雷高热场台沟中沉积形成独特的矿石类型、矿物组合和结构构造。

6 找矿标志

寻找下雷锰矿的建造标志是硅、泥、灰岩含锰建造；地层标志是南丹型地层区的上泥盆统五指山组下部；岩性标志是硅质灰岩夹钙质泥岩段；岩相古地理标志是高热场狭长形台沟。

摘自《中国矿床》中册



南非卡拉哈里锰矿田

卡拉哈里锰矿田位于南非共和国开普省库鲁曼地区。大地构造单元属南非地盾（或称克拉通），成矿时代为前寒武纪，矿床成因类型为海相沉积锰矿床。含 Mn 岩系为德兰士瓦群，锰矿层位是霍特泽尔建造的一部分。据估计整个矿田储量为 136.13 亿 t。

卡拉哈里矿田为一大型含 Mn 盆地，SN 长 35

km，宽 5~10 km，又可分为若干个矿床（图 1）。

卡拉哈里锰矿田的矿石类型分布见表 1。典型锰矿石化学分析结果见表 2。锰矿田的矿石可划分为以下几个类型。

1) 马马特万型，含 Mn 38%~40%，为成岩—低级变质矿石，含碳酸盐褐锰矿锰质泥屑岩；构成储量的主体部分。

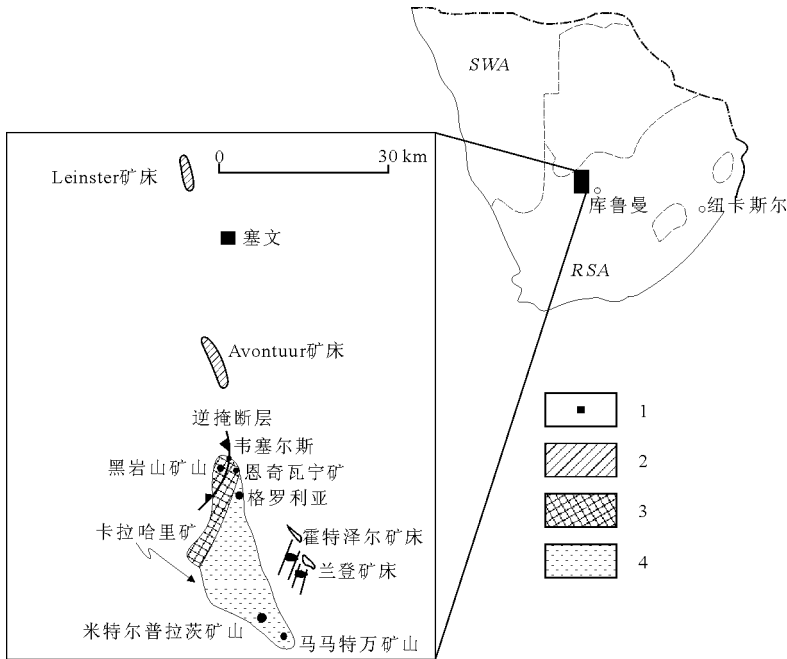


图 1 卡拉哈里锰矿田各矿山、矿床位置图（据 Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986）

1—表生矿石；2—锰铁矿石；3—韦塞尔斯型矿石；4—马马特万型矿石

表 1 卡拉哈里锰矿田矿石类型的分布

矿 山 名 称	下 矿 体	中 矿 体	上 矿 体
霍特泽尔	顶部剥蚀		富黑锰矿、锰铁矿石
	富隐钾锰矿、锰铁矿石		
	富隐钾锰矿、锰土矿石		
	富黑锰矿矿石		
	富隐钾锰矿矿石		
德 文	底部剥蚀		
	富隐钾锰矿矿石		
	富褐锰矿矿石		
	接触带矿石		
兰 登	富隐钾锰矿矿石		
	富隐钾锰矿、锰铁矿石		
	富黑锰矿矿石		
马马特万阿达姆斯	富隐钾锰矿、褐锰矿矿石		
斯马特	富褐锰矿、钙锰矿矿石		
黑岩山	富褐锰矿、方铁锰矿、隐钾锰矿矿石	富褐锰矿、赤铁矿、隐钾锰矿矿石	富褐锰矿、隐钾锰矿、赤铁矿矿石

据 Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986

表 2 卡拉哈里典型锰矿的化学成分

化学成分	马 马 特 万 型			韦塞尔斯型
	块 矿	粉 矿	块 矿 ¹⁾	块 矿
Mn	37~38	35~37	38.09 ²⁾	47~48
Fe	4~6	7.0	2.15	11~14
SiO ₂	4~6	5~7	3.62	6~9
CaO	12~16	12~16	12.81	4~6
MgO	3~5	3~5	2.52	0.5~1.5
Al ₂ O ₃	1.0(最高值)	1.0(最高值)	N. A.	1.0(最高值)
Na ₂ O	0.4	0.4	N. A.	0.4
K ₂ O	0.5	0.5	N. A.	0.2
P	0.05(最高值)	0.05	N. A.	0.05(最高值)
S	0.10(最高值)	0.10	N. A.	0.15
CO ₂	15~17	15~17	16.08	1~3
H ₂ O	3.5	5.0	N. A.	2.3

资料来源：Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986；1) 据 Kleyenstüber (1979, 1984) 分析结果，其他据萨曼科公司分析结果 (1979)；2) MnO = 24.83%，Mn₂O₃ = 27.09% (Kleyenstüber, 1979)。

2) 韦塞尔斯型，含 Mn 60%，为贫碳酸锰，含褐锰矿、黑锰矿、方铁锰矿矿石，产于受正断层影响的构造变形带附近，受热液作用品位提高，但数量少，只占总储量的 3%。

3) 霍特泽尔表生矿石，最高含 Mn 60% 以上，仅限于 2 个小的保存在地堑内的矿床；霍特泽尔和兰登安耐克斯。

4) 磁铁矿型矿石，只是构造上剥蚀后残留矿石，位于矿田北部雷恩斯特和阿旺图尔矿床。

1 马马特万锰矿床

该矿床位于卡拉哈里锰矿田最南端，是 5 个保存下来的剥蚀残体中最大的一个，构成该矿田储量的主要部分。矿山于 1963 年投产，露天开采。锰矿石的 Mn/Fe 值高，CaO，MgO，CO₂ 含量高，为自熔矿石，适于生产高锰合金，P 含量低于 0.05%，Al 低，易于冶炼。

该区锰矿层所在的霍特泽尔组整个地覆于玻基碎屑岩及枕状熔岩之上 (Ongeluk 组)，其上又被第三系卡拉哈里组不整合地覆盖。该区出露的地层已发生轻微褶皱，有 2 个方向的褶皱影响了矿层，构成平缓的盆地与穹隆构造。这些起伏的构造在前卡拉哈里期已被夷平。因此锰矿层之上的铁建造仅在低凹处被保存，并由此可知原始锰矿层的沉积厚度大于 40 m，其余地段锰矿层已被剥蚀一部分。

区内 2 个 EW 向的正断层分别使矿层向 S 下降了 12.9 m，平行与垂直断层的节理广泛发育，沿断层和节理发育的铁化作用使部分地段的矿石品

位降低。第三纪卡拉哈里层下的不整面上发育了次生硬锰矿矿带及隐钾锰矿代表古老的氧化带。

锰矿层所在的霍特泽尔组内共有 3 个对称的沉积旋回，它们由铁建造↔赤铁泥屑岩↔锰质泥屑岩构成每个旋回。马马特万锰矿层位于最下部旋回的中心部分。整个矿层最厚可达 45.2 m，分为 3 个部分，自下而上：

1) 下部非工业矿石带，厚 6 m，平均含 Mn 30%，Mn/Fe=5；

2) 中央工业矿石带，厚 19.7 m，平均含 Mn 38%，Mn/Fe>8；

3) 上部非工业矿石带，厚 19.5 m，平均含 Mn 30%，Mn/Fe=3。

锰矿层本身亦可称为锰质泥屑岩，灰—暗灰色，微晶，条带状，细层纹状构造。层纹由近平行的、粉色、白色、红色碳酸盐薄层和小透镜体构成，条带由褐色、白色、卵形碳酸盐结核呈条带状排列而显示出来。根据条带、层纹特征及锰质泥屑岩颜色的不同，进一步划分为 11 个带，这些带在整个矿区内均可对比。

从沉积学的角度锰矿层可划分为 3 个岩相旋回。每一旋回内，中心部分为富褐锰矿（含 Mn 50%~58%）的锰质泥屑岩，内含白色锰方解石卵石（直径 2~5 mm），碳酸盐总含量较低。由中心带向上下渐变为富碳酸盐的锰质泥屑岩，其中褐锰矿较少（38%~46%），含大量褐色黑锰矿、锰方解石小卵石（小于 2 mm），最后渐变成含相当数量的（大于 8%）赤铁矿的褐锰矿-褐白云石泥屑岩，再变成磁铁矿、赤铁矿泥屑岩。3 个沉积旋回构成了原生沉积特征和早期成岩特征的组合体，前者以锰质泥屑岩为代表，后者以碳酸盐卵石、层纹、透镜体的组分数量、大小为代表。

锰矿层内各种矿物的比例，即微晶褐锰矿、锰白云石、亮晶锰方解石、黑锰矿等在垂直方向上具有旋回性变化，并与岩相变化相对应，且沿走向十分稳定。

马马特万锰矿层各亚层的平均化学成分见表 3。主元素、痕量元素平均含量及元素间相关系数见表 4。

2 米特尔普拉茨矿床

该矿床发现于 1965 年，由于地表无露头，矿层埋深达 300~400 m，是通过区域地面磁测发现异常，后经钻探验证发现的。当时共打 18 个孔，



表3 马马特万锰矿层各亚层的平均化学成分

亚层	矿物名称	$w(B)/\%$									
		K ₂ O	Na ₂ O	BaO	SiO ₂	Mn ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
V—M	褐锰矿	0.01	0.03	0.04	10.07	71.76	8.82	0.49	2.38	6.08	0.17
C—H	褐锰矿	0.01	0.03	—	8.42	78.72	7.74	0.85	1.18	2.71	0.12
N	褐锰矿	—	0.01	0.03	9.47	75.11	7.69	0.41	2.78	4.18	0.10
V+W	黑锰矿	—	0.03	0.06	0.31	62.31	31.33	0.42	1.38	4.34	0.11
X	黑锰矿	0.01	—	0.09	0.15	65.65	31.96	0.06	1.15	1.02	0.01
C	黑锰矿	0.02	0.03	0.03	0.01	63.26	30.40	0.32	1.79	3.91	0.03
H+N	黑锰矿	0.01	0.02	0.05	0.06	66.37	32.57	0.05	1.21	0.24	0.08
普通的	赤铁矿	—	0.02	0.05	0.01	1.63	—	0.01	0.19	97.89	0.08
V—M	方解石	0.01	0.01	0.06	0.14	—	6.97	0.72	55.83	0.19	0.01
C—N	方解石	0.01	—	0.10	0.02	—	5.64	0.11	56.27	0.06	—
V—W	锰白云石	—	0.01	0.04	0.27	—	21.24	7.14	30.65	0.21	0.02
X—H	锰白云石	—	0.02	0.07	0.02	—	14.46	10.98	31.09	0.34	0.01
N—L	锰白云石	—	—	—	0.05	—	20.11	8.16	31.27	0.11	—
B	菱锰矿	0.23	—	—	3.02	—	78.49	9.17	0.03	0.12	0.12

资料来源:Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986

表4 马马特万锰矿层各亚层主元素、微量元素平均含量及元素间相关系数

亚层	厚度 m	$w(\text{B})/\%$		$w(\text{B})/10^{-6}$								
		Mn	Fe	Cu	Ba	Pb	Zn	V	Co	Ni	Sr	Zr
V	4.1	32.4	9.6	52	1 062	49	80	114	—	26	172	44
W	1.8	29.4	4.7	37	940	70	28	126	35	12	160	46
X	3.8	37.1	5.0	23	1 644	65	31	122	9	17	266	31
Y	5.2	28.1	5.3	14	1 170	68	27	94	7	12	328	25
Z	5.2	29.4	6.5	56	1 274	56	40	128	—	21	192	42
M	4.6	40.3	4.9	84	2 386	54	62	398	32	32	464	37
C	4.9	34.8	4.1	51	1 856	69	44	203	54	15	136	50
H	4.6	36.0	3.6	44	2 862	67	48	192	74	14	130	50
N	4.7	39.6	4.4	75	4 609	72	60	242	43	22	94	55
L	3.0	31.8	6.1	6	3 245	57	46	160	—	20	137	49
B	3.2	27.1	9.1	64	1 841	49	58	93	—	99	123	48
	Mn	Fe	Cu	Ba	Pb	Zn	Zr	V		Ni	Sr	
Mn												
Fe	—0.399											
Cu	0.025	0.005										
Ba	0.399	—0.313	0.532									
Pb	—0.137	—0.062	—0.436	—0.446								
Zn	—0.026	0.017	0.896	0.434	—0.295							
Zr	0.690	—0.291	0.106	0.309	—0.382	0.059						
V	0.634	—0.368	0.432	0.666	—0.557	0.354	0.745					
Ni	0.307	0.086	0.535	0.498	—0.567	0.415	0.433	0.720				
Sr	—0.691	0.291	—0.072	—0.305	0.430	—0.018	—0.991	—0.751	—0.417			

据7个钻孔中193个样品分析结果;资料来源:Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986

总进尺6 650 m, 确定矿层在走向上延伸达5 km以上。1975年对该区进行详细勘探, 完成钻探总进尺2 470 m, 孔孔见矿。圈定储量数见表5。该矿山于1979年投产。

该区锰矿层赋存于霍特泽尔构造盆地的西南边缘, 整个盆地为一个平缓的褶皱构造。矿层属波斯特马斯堡群, Voelwater 亚群霍特泽尔组内。其上覆岩层为Dwyka组冰碛层, 最厚达300 m, 以及厚约85 m的卡拉哈里层。

该区锰矿层分为上下2部分。

表5 米特尔普拉茨矿床已证实储量

Mn 边界品位/%	储量/Mt	$w(B)/\%$		Mn : Fe
		Mn	Fe	
30	169.2	34.6	4.4	7.9 : 1
35	52.6	37.9	4.1	9.2 : 1
37	32.6	39.0	4.1	9.5 : 1

资料来源:Mineral Deposits of South Africa, Vol. 1, No. 2, 1986

上部矿带的层位近于霍特泽尔组顶部, 为低品位矿石, 含Mn 18%~25%, 厚度很少超过3 m。

下部矿带位于铁建造近底部, 最厚达28 m, 最高品级矿石通常产于该部下部的5~10 m处,



矿层同西南方向变薄，逐渐尖灭。

锰矿石为炭灰色，钙质富锰泥岩，内含白色碳酸盐包裹体，呈球状或卵圆状，细粒结构，在显微镜下单矿物颗粒直径为 0.5~0.001 mm，呈浸染状分布。矿物成分主要为褐锰矿、锰白云石、锰方解石；非金属矿物有方解石、白云石等。各种矿物的相对丰度见表 6。

表 6 米特尔普拉茨矿床矿石及非金属矿物的相对丰度

矿物名称	分子式	相对丰度
褐锰矿	$MnO \cdot 3Mn_2O_3SiO_2$	大量
黑锰矿	$(Mn,Fe)_3O_4$	少量
锰铁矿	$Fe_2O_3Mn_3O_3$	少量
方铁锰矿	$(Mn,Fe)_2O_3$	少量
锰白云石	$Ca(Mn,Mg)(CO_3)_2$	大量
锰方解石	$(Ca,Mn)CO_3$	大量
热臭石-3R	$(MnFe)_8(Si_6O_{15})(OHCl)_{10}$	痕量
赤铁矿	Fe_2O_3	少量
磁铁矿	Fe_3O_4	少量
方解石	$CaCO_3$	大量
白云石	$CaMg(CO_3)_2$	大量
石英	SiO_2	痕量

资料来源: *Mineral Deposits of South Africa*, Vol. 1, No. 2, 1986

矿石的化学成分在垂向及横向上均有变化，Fe，Ca 为同步增加，且与 Mn 呈反相关， SiO_2 相当稳定， Al_2O_3 ，MgO 不和其他元素同步变化，少量 P，Ba 普遍可见 6 成分见表 7。

3 矿床成因

据 Benkes 等人 (1982, 1983) 提出的看法，霍特泽尔组铁建造↔赤铁矿泥屑岩↔锰质泥屑岩旋回代表火山喷气旋回。Fe， SiO_2 沉积在近火山源

表 7 米特尔普拉茨锰矿床矿石成分 $w(B)\%$

成分	典型的锰矿石	典型的含铁锰矿石
Mn	38.3	35.6
Fe	3.8	4.1
TiO_2	0.01	0.01
CaO	11.03	19.48
K_2O	0.01	0.01
P_2O_5	0.01	0.02
SiO_2	4.8	3.68
Al_2O_3	0.07	0.04
MgO	4.6	1.77
烧失量	13.79	17.92

资料来源: *Mineral Deposits of South Africa*, Vol. 1, No. 2, 1986; 据 X 射线荧光分析测定

处，而锰则沉积在距火山较远处。

锰矿层内富褐锰矿 X，M，N 亚层代表远源沉积相，沉积环境的氧化条件最高，碱性最高，而近源沉积相锰的沉淀数量减少，Fe，Ca 增加，表现为沉淀了较多的锰白云石和赤铁矿，较少的褐锰矿。

痕量元素 Ba，V，Ni，Co 向着远源方向，富褐锰矿锰质泥屑岩的沉积环境增加，与碳酸盐有关的 Sr 向着更远处减少。矿石中 Al 含量极低，Zr 含量低，且与 Cr 无关，表明矿石与火山或喷气活动有关，其沉积环境与红海或洋底扩张的弧后盆地类似 (1985)。据已知矿物组合推测，其成岩环境比沉积环境更偏碱性、还原，褐锰矿先变成黑锰矿，接着锰方解石沉淀，贫锰方解石卵石、层状、透镜体、脉体形成。

然而比较流行的看法仍以沉积成因，后来受到变质及表生作用的想法占优势。S. Roy 将该矿床列为地槽型非火山成因锰矿床，与铁建造伴生 (1981)。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

原苏联南乌克兰含锰盆地及大托克马克、尼科波尔、恰图拉锰矿床

南乌克兰渐新世含锰盆地是渐新世时期横跨欧亚 2 洲的巨型锰矿带的一部分，在原苏联境内构成乌克兰—高加索—乌拉尔成矿省。该盆地的锰矿床皆位于乌克兰结晶地盾的南坡及阿佐夫结晶地块的西部，长 250 km，宽约 25 km。该盆地矿床可分为几个部分。

英古列茨—巴萨夫洛克矿床，共包括 10 个以

上矿床；

东西尼科波尔矿床；

卡霍夫卡湖区矿床；

大托克马克矿床等 (图 1)。

锰矿床均保存在侵蚀凹地内或基底剥蚀通道内，向高地方向尖灭。

原苏联渐新世含锰层可划分为 3 个部分：

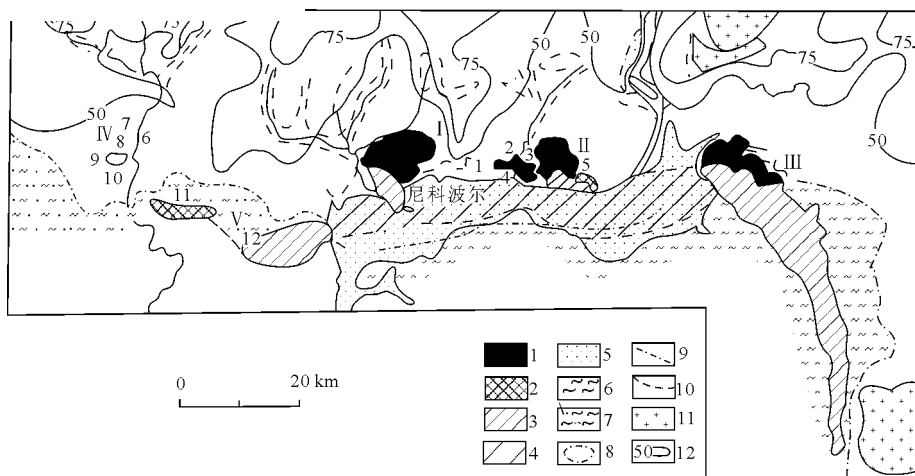


图1 南乌克兰盆地锰矿床分布图 (据 The Manganese Industry of O. S. S. R. 1986)

1—氧化锰矿石；2—氧化锰-碳酸锰矿石；3—碳酸锰矿石；4—渐新世后碳酸锰矿石部分或全部被剥蚀；5—第聂伯区，卡霍夫卡坝；6—渐新世粘土；7—渐新世砂质粘土；8—渐新世沉积物岛区；9—渐新世沉积物延续范围北界；10—渐新世沉积物及碳酸锰矿石推测边界；11—结晶基底岩，地表出露或部分为第四纪所覆盖；12—前寒武纪夹层地表构造等值线

1) 矿层下伏为砂、粉砂、正石英及大量海绿石沉积物；

2) 矿层由石英砂、粉砂、粘土、含锰矿层透镜体及结核构成；

3) 矿层上伏为粘土层，混有海绿石及分布广泛的植物碎片。

总体来说，锰的堆积时期与早渐新世时期海侵一致。而且当时陆源物质减少，含金属溶液未被碎屑及粘土物质所稀释。因此英古列茨—巴萨夫洛克矿床内锰克拉克值的富集指数达 360 (软锰矿平均为 160~210)，尼科波尔矿床氧化带内有代表性的软锰矿、硬锰矿-软锰矿、水锰矿矿石达 400~450，锰方解石达 270~280，大托克马克矿床达 290 (平均 230)，尼科波尔的磷增加指数为 8~10。

南乌克兰含锰盆地内锰矿床的分布受当时古地理环境的控制。乌克兰盆地内主要锰矿床地质简要特征见表 1。有 5 个矿区：I—尼科波尔西部；II—尼科波尔东部；III—大托克马克；IV—克里沃罗格 (英古列茨等)；V—第聂伯—英古列茨分界。

1 尼科波尔锰矿床

位于第聂伯罗彼得洛夫斯克省。该矿床于 1883 年被发现，1886 年开始采矿。已勘探的总面积达 500 km²，已探明储量 (A+B+C₁) 约 10.2 亿 t，C₂ 级储量约 800 万 t，此外还有 6 200 万 t 表外储量。

该区矿层几乎成水平状，或略有倾斜，倾角小于 5°，向 S 或 SW 倾。

矿层深 10~100 m。厚度自 0.5~5 m 不等，平均厚 1.5~2.5 m。矿体呈透镜状，与砂质-粉砂质粘土沉积物共生，有锰矿石结核与粘土质凝灰岩沉积物结核成互层。整个矿层平均含 Mn 15%~25%。

共有 3 种不同类型矿石成带状分布。原生氧化锰矿石 (含 Fe₂O₃)，主要产于北部，主要由软锰矿、结核状水锰矿、结核状氢氧化锰构成。原生氧化锰及碳酸锰混合矿石位于中部，矿带宽 0.3~4.5 km，具双层构造，上部为氧化锰-软锰矿、水锰矿，下部由碳酸锰组成。碳酸锰矿石主要分布于南部，并一直延伸到矿层尖灭处，厚约 4 m，随基底岩起伏而变化。

氧化锰矿石含 Mn 10%~45% 不等，碳酸锰矿石含 Mn 30%。2 类矿石含 Si 均高，前者组分均匀，而后者组分稳定性差。

主要锰矿物有软锰矿、水锰矿、硬锰矿、锰方解石、钙菱锰矿。非金属矿物为石英、蛋白石、长石、粘土、方解石、白云石、钙磷酸盐等。矿石平均化学成分见表 2。

2 大托克马克锰矿田

位于乌克兰南部波罗热州境内，与尼科波尔矿床是连续的，其构造背景同属于乌克兰地盾的南缘。

矿床成矿时代为渐新世，含锰岩系为石英海绿石砂粘土组合。

锰矿层产于该岩系的底部，连续性好，长达



表 1 原苏联乌克兰盆地内锰矿床及其主要地质特征

时 代	矿 床 及 含 矿 区	成因类型	矿化规模	含 锰 层 围 岩	矿 石 类 型	矿 物 组 合
现 代	黑海陆棚 乌克兰西、南西、北区	沉 积 沉 积	小 型 小 型	同期底层沉积物 凝灰质、沼泽及冲积物	氧化锰 氧化锰	胶状氢氧化锰、铁褐锰矿(?) 软锰矿,硬锰矿
新	上新世 Kamishburun Eltigen-Ortel Kiz-Aul-Bekci	沉 积	巨 型	烟色、棕色、粗碎沉积物	锰菱铁矿氧化锰 (硬锰矿)	Mn-Fe 碳酸盐及其风化产物
近	刻赤半岛	沉 积	分 散	粘土	氧化锰	水羟锰矿,隐钾锰矿钙锰石
中	Kasantip Cap	沉 积				
新	Kremenets NE 区	沉 积	无意义	鲕状灰岩	氧化锰及碳酸锰	硬锰矿,水羟锰矿,菱锰矿
纪	Burshtin, Rogatin 区, Kho- drov 区, Ivano-Frankovsk	沉 积	小 型	灰岩,泥灰岩	氧化锰及碳酸锰	水羟锰矿,菱锰矿,锰方解 石,菱铁矿
古	顿巴斯(Mayar, Nikotovka 村	沉积和 渗滤	分 散	Poltavian 砂岩	氧化锰	硬锰矿
渐	南乌克兰含锰盆地	沉 积	巨 型	海绿石砂及粘土	氧化锰-碳酸锰	软锰矿,硬锰矿,水锰矿,锰 方解石,菱锰矿
近	尼科波尔,大托克马克,英古 列茨克里米亚	沉 积	小 型	Maikopiou 砂质—泥质沉 积物	碳酸锰	Fe, Mn 碳酸盐
始	Lvov 区, Dobromilov 区, Yamnaya-Dalnje 村	沉 积	小 型	页岩	碳酸锰	Fe, Mn 碳酸盐
新	Tismannitsa 河	沉 积	小 型	砂岩	碳酸锰和氧化锰	硬锰矿和菱锰矿
纪						
古						
中	白垩纪 克里米亚山 Podolya	沉 积 沉 积	分 散 分 散	砂质泥质岩 灰岩	碳酸锰 氧化锰	锰碳酸盐 锰氢氧化物
生	侏罗纪 克里米亚区(Uzungine Yal- tian, Balaklavian)	风化壳	分 散	大理岩,灰岩	氧化锰	硬锰矿和软锰矿呈囊、脉状 产出
代	第聂伯罗夫斯克—顿涅茨克 凹陷	沉 积	小 型	鲕状菱铁矿-碳酸锰矿石	碳酸锰-硅酸锰- 氧化锰	锰碳酸盐和锰氢氧化物
三	Rahovian 地块北部 (Rudarvian-Glima brook 谷)	热 液	无意义	砾岩及红褐色砂岩破裂带	碳酸锰和氧化锰	菱锰矿和蔷薇辉石,软锰矿, 氧化物为锰的氢氧化物
古	二叠纪 顿巴斯 Yami 村	沉 积	无意义	红色砂岩	氧化锰	Fe, Mn 氧化物
生	石炭纪 顿巴斯 Kanski Oskol 村	沉 积 沉 积	无意义 无意义	粘土 菱铁矿结核	碳酸锰 碳酸锰	锰方解石 锰碳酸盐
代	泥盆纪 顿巴斯 Lvov-Volinsk 盆地	沉 积	无意义	菱铁矿和镁菱铁矿结核	碳酸锰	锰碳酸盐
志						
留						
纪						
寒						
武						
元	Chivhinian 矿床	沉积变质	小 型	结晶片岩和片麻岩接触带		
古	Rahovian 结晶地盾矿化				氧化锰	软锰矿,硬锰矿和铁氢氧化物
宇	(Bichkob, Dolovoye, Yasemi)	渗 滤	小 型	结晶片岩与灰岩接触带上 部		
太	Hoshechevatan 矿床	风化壳	小 型	结晶灰岩	碳酸锰和氧化锰	蔷薇辉石,锰铝榴石,水羟锰 矿
古	Azovian 结晶地块	沉积变质	小 型	片麻岩内大理岩及花斑大 理岩	碳酸锰和氧化锰	
宇	(Demianov Plot)					

100 km，北部宽 12~15 km，南部宽 2 km，北部矿层厚 0.1~3 m，平均 1.8 m，矿层厚度自北部边缘向中央递增。

锰矿石具有分带现象：自氧化物（软锰矿、硬锰矿）到氧化物-碳酸盐组合（硬锰矿、水锰矿、锰方解石、菱锰矿）向碳酸盐组合（钙菱锰矿、锰方解石）过渡。这种矿石分带与盆地的轮廓有关，氧化锰为近岸产物，碳酸盐则为深水产物。

主矿层厚 3 m，矿层在走向上尖灭处有粗粒碎屑岩，偶见含煤夹层。

碳酸锰矿石成分：Mn 15.81%~31.32%，平

均 23.78%，Fe 0.48~5.10%，平均 1.31%，P 0.003%~0.630%，平均为 0.090%，微量元素有 Cu，Ni，Co，V，Cr 等。

表生风化作用普遍，其矿物成分为软锰矿、隐钾锰矿、硬锰矿、钙锰矿、水钠锰矿。

3 恰图拉锰矿床

该矿床位于格鲁吉亚库塔伊斯城以东 60 km，1849 年被发现，1879 年始被开采，多年来一直是原苏联高级级锰矿石(包括冶金级与电池级锰矿



表 2 泥科波尔氧化锰及碳酸锰矿石的化学成分 $w(B) \%$

元 素	氧 化 锰 矿 石				碳 酸 锰 矿 石		
	最低值	最高值	平均值	克拉克值	最低值	最高值	平均值
Mn	9.45	44.45	27.30	273	10.37	31.69	19.04
Si	9.79	23.16	16.75	0.58	11.95	21.84	18.39
Fe	0.35	6.58	2.60	0.56	1.15	5.25	3.92
Al	0.54	5.39	3.17	0.39	1.27	5.18	3.43
Ca	0.90	4.91	2.56	0.86	4.61	8.25	6.05
Mg	0.27	1.62	0.77	0.41	0.37	1.70	1.13
Na ₂ O+K ₂ O	0.72	2.28	1.59	—	0.52	2.18	1.41
P	0.02	0.76	0.19	2.04	0.07	0.54	0.19
Ba	0.09	0.22	0.16	2.46	0.16	0.28	0.22
S	0.04	0.31	0.08	1.70	0.05	0.20	0.09
Ti	0.02	0.07	0.04	0.09	0.02	0.05	0.04

据:ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА МАРГАНЦЕВОЕ РУДООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ СССР. МОСКВА НАУКА 1984.

石)的主要产地。

该矿床成矿时代为渐新世,成因类型为海相沉积。矿层近水平状,厚 1.5~4 m,平均 2 m。其内高品位矿石厚 1~1.5 m,分布面积约 150 km²,矿层受断层影响,位移达 20~3 m 不等。

锰矿层与砂岩、粘土岩共生。下伏为灰岩,偶见砂岩;上覆为砂岩,有时为其他中新世—渐新世沉积岩,盖层最厚达 200 m。

该矿床矿石类型主要有以下 3 种。

1) 原生氧化矿石,主要分布在西部、中部,平均含 Mn 28.9%,矿石矿物有软锰矿,硬锰矿和水锰矿。

2) 碳酸锰矿石,主要分布在西北部,含矿层位上部含 Mn 10%~30%,平均 22.5%,Fe 2%~4%,P 0.1%~0.3%,CaO 20%~32%。主要矿石矿物为菱锰矿、钙菱锰矿和锰方解石。

3) 氧化碳酸锰矿石,分布在风化带,即碳酸盐在地表出露的地段,是表生氧化作用的产物。平均含 Mn 27.2%,Fe 2%~5%,SiO₂ 8%~35%。主要矿石矿物为含水氧化物-复水锰矿。

恰图拉以西 30 km 还有 Adzhameti-Chkari 三个锰矿床。含锰岩系与之相似,矿层总厚为 0.6~3 m,去掉夹石实际矿石厚仅 0.2~1.2 m。

乌克兰地区其他尚未开采锰矿床:Khoshchevat, Burshtyn。前者位于奥德萨省布格河左

岸,矿带长 10 km,宽 0.8 km,工业矿体厚 2~8 m,长 40 m,推测储量 300 万 t。为锰-铁矿石,含 Mn 18%。后者位于伊凡-弗兰科省,碳酸锰含 Mn 0.5%~30%,氧化矿石含 Mn 30%~40%。

4 成因

过去一致认为是海相沉积锰矿床,而近来有人提出热液沉积的观点,值得重视。И·П·德鲁日宁和 П·Е·科米萨罗夫(1982)分别从沉积相—旋回及含矿岩系粘土物质的研究和矿石矿物成因角度对尼科波尔提出上述观点。他们认为锰矿化发生在滨海带最大海侵时期,处于区域构造运动(包括振荡运动)之相对静止期,认为矿层上覆岩层内出现的坡缕石是分散在沉积岩中不稳定的火山碎屑物质形成的,因为可能有海底热液喷气来源。Г·Ф·赖琴科等人研究矿石具有锰化石物与硅固溶体和高温指示矿物,说明矿石由复杂高温气态物质经冷凝和水化形成,认为锰化合物与 SiO₂,碳酸盐一起呈热液流体从地下沿断层进入海盆,并发生内生锰化合物的氧化、水化、硬化作用及锰沉积。

上述资料与尼科波尔矿床古构造位置恰好处在活化裂谷带与横向深断裂交叉部位这一论述吻合。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

澳大利亚格鲁特岛锰矿床

格鲁特岛锰矿床位于澳大利亚北部地区卡奔利亚海湾的格鲁特岛上。

矿床属典型的海相沉积锰矿床,成矿时代为早白垩世。储量约 2.5 亿 t,矿石平均含 Mn 40%~

50%,质量属世界第三。

该矿床于 20 世纪 60 年代中期被发现,当年便投产。除生产冶金级锰矿石外,还生产化工级矿石,是制造自然铁,金属锰,合成 MnO₂ 的矿石



开生产优质电池级锰矿石。矿石产量及出口量均有增加，是世界上十大锰矿山之一。

1 地质概况

格鲁特岛面积 2 486 km²，自古元古代以来一直是稳定的。前寒武纪岩石为格鲁特岛层，厚约 610 m。早白垩世沉积岩系不整合地覆于格鲁特岛层之上，称为姆拉曼层，据其中海相微体化石鉴定及钾-氩同位素年龄测定大约为 95 Ma。具体岩性见表 1。

锰矿层位于姆拉曼层上部，厚 2~20 m，矿体

形态简单，呈层状，似层状。

矿石以原生氧化锰为主，也有成岩作用，次生风化作用生成的锰矿石。矿石平均含 Mn 40%~50%，Fe 1%~6%，Al₂O₃ 1.5%，Mn/Fe 值平均为 15:1~20:1，最高可达 53:1。

格鲁特岛原生、次生锰矿石的矿物组合见表 2，3。与锰矿石共生的岩石和沉积物见表 4。矿石类型亦可按其形态、结构、构造划分为 7 种。

1) 疏松豆状、鲕状矿石，一般由隐钾锰矿和软锰矿构成同心状壳层，产于粘土或软锰矿构成的基质中。

2) 豆状砾石或漂砾，被红土化砂质粘土或氧

表 1 格鲁特岛地层

第四系	土壤,粘土质砂
第三系	红土砾岩,含褐铁矿砂质粘土岩,砾岩
	——不整合——
白垩系(姆拉曼层)	白、红褐、黄色砂质粘土岩含氧化锰矿体
	——假整合——
灰绿色泥灰岩,含锰方解石(Mn 20%)	条带状粘土岩,含氧化锰结核,菱锰矿结核,有孔虫化石
	——不整合——
中元古界(格鲁特岛层)	石英砂岩,长石石英砂岩,砾岩

据 Proceeding of the and International Sympisium on Geology and Geochemistry of Manganese,1980.

表 2 格鲁特岛锰矿原生锰矿石

名 称	结 构 / 形 态	矿 物 组 合	次 生 叠 加
鲕状矿石	正向或反向粒级层理,近水平状,随基岩地形起伏而变化,小—中等规模的斜交层理	软锰矿,钒镁锰矿,隐钾矿,钠水锰矿,六方锰矿,硬锰矿,锂硬锰矿,复水锰矿,锰方解石,核心为粉砂、砂粒及再造的锰矿石	交代作用;Fe,Mn,粘土; 胶结作用;Mn; 压实作用
豆状矿石	正向和反向粒级层理,近水平状,随基岩地形起伏而变化,小—中等规模的斜交层理	软锰矿,钒镁锰矿,隐钾锰矿,钠水锰矿,六方锰矿,硬锰矿,锂硬锰矿,复水锰矿,锰方解石,核心为粉砂、砂粒及再造的锰矿石	交代作用;Fe,Mn,粘土; 胶结作用;Mn 的压实作用; 沿裂隙发生的压力溶解作用
硬底(基岩底)	致密,薄层(cm 厚)波浪? 侧向连续延伸达几十米	隐钾锰矿	次生铁锰矿物充填裂隙;被铁氧化物和粘土所交代

据 Pracehus, B., 1990。

表 3 格鲁特岛锰矿次生锰矿石

名 称	结 构 / 形 态	矿 物 组 分
球状矿石	不同物质(砂砾)胶结而成,产于土壤中,侧向上构成连续的层位	锂硬锰矿,隐钾锰矿,赤铁矿,针铁矿,石英
结核状矿石	大小不一,有时具脱水特征(侧向上),向上方生长,位于球状矿石之下	锂硬 锰矿,隐钾锰矿,针铁矿
树枝状结核	树枝状或珊瑚状生长,向上厚度加大,具脱水特征,位于主矿体之下	隐钾锰矿
硅质矿石	块状—重结晶状,通常为水平状,部分为胶结砂	软锰矿,钒镁锰矿,石英,隐钾锰矿
薄层状锰结壳	在筒壁上呈薄层状,沿垂直和水平方向成筒状分布,露头上呈锰—喀斯特状	隐钾锰矿
“洞穴珍珠”	疏松,呈圆或拉长状,具同心层理,可与薄层状锰结核相比,但致密程度低得多	隐钾锰矿
组合颗粒	薄层状外壳,含有几个豆状或鲕状矿石颗粒	隐钾锰矿
放射状软锰矿	侧向上有波状起伏,沿矿体顶面分布(G 南矿体),产在老粘土层内,叠加豆状结构	软锰矿
块状锰结壳	块状,硬或极硬,胶结的豆状、鲕状矿石,通常残留有原始结构特征,水平—近水平状	隐钾锰矿,软锰矿,有时豆状矿石被风化掉
胶结状锰结壳	鲕状和豆状矿石,块状,非常硬,一般为近水平状	软锰矿,隐钾锰矿,钒镁锰矿,六方锰矿
软质豆状/鲕状矿石	软基质,含有粘土,浸染状分布,以及重结晶的锰矿物	软锰矿,隐钾锰矿,钒镁锰矿,六方锰矿,高岭土
“巧克力”状矿石	强烈淋滤,不规则状,基质脆性,含氢氧化物和粘土、豆状及鲕状矿石散布(有时为胶结的碎块)	软锰矿,隐钾锰矿,钒镁锰矿,高岭土,铁氢氧化物

据 Pracehus, B., 1990。



表 4 格鲁特岛与锰矿石共生的岩石和沉积物

名 称	结 构 / 形 态	岩 石 矿 物 组 分	次 生 叠 加 特 征
土 壤	不规则状,侧向上集中于河谷,垂向上产于通道内,呈筒状	石英砂、有机质砾石,粘土	Fe/Mn 球状矿石,向顶部颗粒变细,树枝状锰结核红土化
砂	侧向分布,有时产于筒状体内小/中型斜交层理,块状	石英为主,沿海滨分布,珊瑚状/壳状岩屑	Fe/Mn 浸染及胶结物极少为硅化
红土(锰)	侧向分布,位于土壤之下,洞穴内	砂,Fe-Mn 氢氧化物胶结、粘土	筒状体和球状矿石
红土(铁)	侧向分布,位于锰红土之下,洞穴内	砂,铁氧化物/氢氧化物粘土	富铁层位,筒状体鲕状矿石/豆状矿石交代作用
粘 土	面状,区域上厚达 50 m,有时呈层状,多数情况下已受扰动,产于红土和筒状体内孔洞中很少呈层状,在矿石中呈浸染状	高岭土岩,蒙脱石成粘土、粉砂、粉砂岩,粘土状砂	铁氧化物、氢氧化物浸染,锰结核,树枝状
铁豆状矿石	软—硬质胶结状,斜切含锰层	针铁状,有时为赤铁矿	
铁质结砾岩	致密,坚硬,侧向分布胶结状	针铁矿	锰氧化物斑块
铁—筒壁	致密,残余的岩石和矿物呈胶结状,沿筒壁分布	赤铁矿(针铁矿)、石英、高岭土	
砾 岩	不规则状,囊状和透镜状,不连续	砂、石英岩砾石再造的矿石,铁氧化物粘土	
石英岩	致密,基岩具剥蚀特征		(锰)浸染状分布

据 Pracehus, B., 1990。

化锰胶结。

3) 结核状砾石和漂砾,具胶状结构,产于砂质粘土构成的基质中。

4) 层厚状,致密的漂砾或中砾,有些显然是成岩阶段的均一层状体经原地破裂之后形成的。

5) 由上述各种类型矿石构成的砾石、中砾或漂砾, $\text{SiO}_2 > 20\%$ (体积比)。

6) 含铁氧化物大于 10% 的氧化锰矿石,呈薄层状、透镜状,常见为赭石状褐铁矿豆石被氧化锰所胶结。

7) 薄层状砾石、中砾(致密的)或豆状矿石与砂质粘土构成连续互层状。

2 矿床成因

不少研究工作者对格鲁特岛锰矿的成因提出不同的观点,其中较重要的有以下几种。

1) L·A·弗莱克斯提出的沉积模式,他将该矿床形成的关键因素概括为①有足够的锰质来源;②在海侵层序内有海退事件;③锰矿层与较粗砂岩产于铁氧化环境下沉积的黑色页岩之上;④具半封闭海湾状海湾的高能富氧古地理沉积环境;⑤晚期风化富集作用。该模式认为,格鲁特岛锰矿产于浅海海侵序列内一系列较小的沉积旋回中。原生矿石具有反递变粒级层理,表明其沉积作用区域内的能级是逐渐增加的;颗粒较大的豆状矿石堆积表明整个沉积环境内需要浅海区为海退环境,特别要求局部地段海浪力量增强,当时海水深度估计为 15~47 m 之间。

该模式还认为格鲁特岛锰矿的物质来源于盆地边缘岩石的化学风化作用。特别是当海水中腐敗有机物含量高,海水循环受限制时,必然形成缺氧条件,锰更易于溶解,此时锰含量估计为 500×10^{-9} ;当海平面下降时,盆地充氧条件好,含溶解锰的储集层便会消耗。当海平面下降到盆地边缘某一特定浅水位置时,导致能级增加。尤其是在海湾地区,絮凝锰的微粒受逆掩效应影响,通过潮汐滞留机制,自动扰动效应可使锰富集。格鲁特岛古地理再造图正好显示出港湾状古海滨环境。而后来发生的化学风化、红土化作用又使锰进一步富集。

2) Oswald (1980) 及 McIntosh (1975) 等认为在早白垩世海侵初期阶段,格鲁特岛西侧存在着有利于锰沉积的理想环境。因为当时的陆棚盆地存在着砂岩山脊(现今为内露层)及潮水形成的沙洲、沙咀。该地有锰矿沉积的最早标志是呈灰色含黄铁矿的含锰泥灰岩及方解石、菱锰矿的结核,见拉姆拉曼层下部。

后来随着海水位的提高,氧化条件促进了氧化锰的沉积。致密的、被胶结的豆状矿石主要分布于近砂岩内露层的西侧以及盆地边缘;疏松的豆状矿石主要分布于盆地以东,该处水体扰动强,胶结锰矿石可能是在再造阶段锰活化而成。锰和石英砂一起沉积便形成了硅质和砂质矿石,经干缩及再造成砾岩。

3) 美国地调所的 Force 和 Cannon (1988) 提出了黑色页岩盆地周边浅海锰矿床的沉积模式,把格鲁特岛列为这种环境下沉积的典型氧化相锰矿床。



4) 许多人经研究一再地提出了格鲁特岛锰矿生物成因的观点。其中最新的资料是 J·Dstwold (1991) 提出的氧化锰豆石、鲕状矿石的生物成因证据, 主要是通过岩石学研究证实。该矿床的锰矿石交代了海藻叠层石、球胞型微体古生物及微海藻, 其主要证据:

①现代海水及浅水中有广泛分布的能使具高 Mn/Fe 值氧化物沉淀的微体有机物, 因此有理由相信同样的过程过去也曾发生过;

②锰矿层内具有海藻和细菌微构造, 矿体及围岩中的生物构造有板状海藻叠层石(海藻席), 藻灰结核, 球胞形体, 梯形或多孔状构造, 球形体。

Monty (1981) 提出的具海藻或细菌成因的结构证据: 格鲁特岛的海藻席与近代死海内含锰叠层石的形态极为相似; 格鲁特岛豆石与古代钙藻灰结核的形态极为类似; 蓝绿藻活动生成的钙质微体叠层石的产出。豆状或鲕状矿石的生物成因证据是藻类丝状体的生长现象等。

3 格鲁特岛锰矿稀土元素地球化学特征

Bernhard, Pracejus 等人的研究表明, 由于红土作用的影响, 地层垂直剖面上大部分稀土元素的浓度随深度的增加而降低 (Yb 除外); Ce 和 Eu 为最活泼的元素, 相对于其他元素的亏损表现为增长的负异常; 矿物标准化结果表明, 软锰矿主要富集了 La, Ce, Eu, Nd, Sm; 针铁矿则强烈富集了 Gd, 所有其他矿物的稀土元素组成都不太重要。

红土岩组分表明为中—重稀土元素的明显分离; 高岭石亏损重稀土; 铁氢氧化物富集重稀土。

该矿床表生矿石稀土元素类型及富集特征可与波的尼亚湾现代海相氧化锰对比。现代沉积物为圆盘状及扁平状锰结核, 表明 2 矿床形成时具有类似的氧化还原条件。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

湖南湘潭锰矿床

湘潭锰矿床位于湖南省湘潭市北 14 km 处, 包括鹤岭、乌田—桑树坳、水井、梁山桥—炭家岭、白衣庵、棠华及莲花山 7 个矿区, 面积 35 km²。

矿床形成于江南古陆半封闭的海湾中, 属浅海局限盆地生物沉积碳酸锰矿床。锰矿床赋存于下震旦统莲沱组黑色页岩段中, 层位稳定, 主矿体 1 层, 产状与岩层产状一致, 走向延长 7 km, 平均厚 1.75 m, 平均品位 Mn 21.31%, SiO₂ 17.45%, CaO 9.79%, P 0.144%。

该矿于 1913 年发现 MnO, 次年始采, 至中华人民共和国成立一直生产放电锰粉, 当时产量居各省之首, 最高年产矿石量达 3.7 万多 t, 累计生产矿石 32 万多 t, 被誉为中国的“锰都”, 名扬东亚。

1912—1913 年, 湘潭上五都螃蟹冲谢某提供了上五都鹤岭一带地表见“黑石”的信息。次年, 湖南省财政厅矿业科派习矿学者数人入山勘验, 始知为氧化锰矿。1914 年, 由私人集资设立裕生矿业公司, 首先在颜家冲开采, 矿石销往日本, 从此鹤岭锰矿以其质优名扬东亚。尔后数十家公司云集鹤岭, 竞相开采, 引起了国内地学界的瞩目。

1914—1940 年, 先后有朱庭祐、刘代屏、王晓青、田奇璚、王竹泉、熊永先等来矿区调查, 他们对成矿时代、地质构造进行了研究, 有的还估

算了矿区储量。

中华人民共和国成立以后, 本区开展了系统的地质勘查工作。1950—1951 年, 中国地质调查所长沙分所曾 2 次派人进矿区工作, 先后测制了矿区 1:1 000 地形地质图 7.2 km², 1:5 万区域地质图约 600 km², 1:5 000 矿区地形地质图 7.5 km², 施工钻孔 68 个, 3 110.48 m。1952 年 8 月提交了《湖南湘潭上五都锰矿地质报告》。该报告提出了“扶乱冲矿层下部为含锰灰岩”的新认识, 并认为在震旦系与寒武系底部为主要含锰层位, 富锰矿体属残余矿。

1953 年下半年, 由于氧化锰资源开采殆尽, 重工业部指示矿山进行大规模压缩, 矿山人员外调, 职工人数由年初的 3 550 人减到 1 048 人, 矿山生产量也由 3.3 万 t 下降到 1.56 万 t, 并作“关闭”的打算。

1953 年 11 月, 矿山几近停产的时刻, 地质部委派侯德封与叶连俊来矿区考察。经他们研究前人的工作成果, 对“扶乱冲含锰灰岩”进行现场踏勘, 选择颜家冲、扶乱冲等矿场钻孔采集样品进行研究及化验, 发现扶乱冲含锰灰岩品位达 32.71%, 经 900 °C 灼烧后, 含 Mn 达 50%, 遂下结论: 氧化锰矿层下部蕴藏着大量的原生矿——碳



酸锰矿，如质量符合要求，将来可大量开采。

1954年5月，苏联专家来矿，再次肯定了矿床成因属沉积碳酸锰矿床和矿石的使用价值。从此，矿区勘查进入以碳酸锰矿为主要对象的新阶段，同年8月，重工业部钢铁工业管理局华中地质勘探公司组建湘潭锰矿勘探队（1956年后改称冶金工业部地质局湖南分局九〇一队），于10月开展区域性普查工作，12月提交了《湘潭锰矿预查报告》。在此基础上，1955年选择东起花岭，西至江家大塘，南至荒唐坳—鹅公塘，北至西扶冲—柴山水库，面积 12.89 km^2 的矿区范围进行勘探，以钻探为主，辅以槽、井、硐探工程详细圈定矿层，于1957年9月结束勘探，1958年1月提交了《湖南湘潭锰矿地质勘探总结报告书》。同年9月，经全国储委审查批准。

在九〇一队勘查期间，取得的主要成果：1) 查明碳酸锰矿的主要分布地段，探明锰矿储量907万t（包括含Mn 20%以下的储量），证实碳酸锰矿是本区主要勘查和开采对象。2) 纠正了过去对锰矿产出层位认识之误，指出湘潭锰矿产出层位为下震旦统莲沱组黑色页岩段。3) 鹤岭地区勘探告捷。为矿山由开采地表浅部氧化矿转为开采地下碳酸锰矿提供了资料，同时也为中国勘探同类型矿床提供了可供借鉴的经验。

1960年3月，湖南冶金勘探公司二三六队进入矿区继续进行勘查工作，至1965年。期间开展以水文地质勘探为主的补充地质勘探工作，提供了

完整的区域和矿区水文地质资料，进行了矿石物质组分研究和含锰低于20%的碳酸锰矿石的选矿试验工作。经冶金部北京矿冶研究院于1964年和1965年2次试验均获得优质锰精矿，肯定了含锰低于20%的碳酸锰矿石的开采利用价值，使数百万t低品位锰矿得以利用。该队在此工作期间投入钻探工作量29 776 m，硐探961 m。新增储量916万t，成为湘潭锰矿第二期扩建的设计依据。

为扩大矿区远景，二三六队于1978年底又重返矿区开展深部及其外围的普查找矿工作。在鹤岭区青山矿段打钻孔10个，只有1孔见矿，总结教训后发现青山矿段深部次级断裂发育，含锰岩系由于被断裂破坏，常形成狭窄的无矿带，而钻探正好打在无矿带上。据上述认识，在部署黄峰寺段找矿时，先分析深部褶皱构造形态和可能出现的深部断层破坏而造成的无矿地段，结果首批施工的5个钻孔中除1孔外均打在工业矿体上，构造形态与原推断一致，从而打开了黄峰寺深部找矿的局面。1989年7月结束工作。共投入钻探12 315 m，增加储量230万t，延长了矿山寿命。应用构造和古地理研究成果指导水井、乌田、棠华3矿区找矿取得了较好的效果。

九〇一队、二三六队和矿山勘探队先后开展矿区普查勘探，累计探明锰矿石储量1 472万t，使湘潭锰矿再次成为中国重要锰矿基地之一。

摘自《中国矿床发现史》

陕西黎家营锰矿床

陕西黎家营锰矿床地处秦岭山脉南麓，汉中盆地西部边缘北侧。位于陕西省宁强县东皇沟乡向家营村。矿区距阳（平关）—安（康）铁路及公路的代家坝车站10 km，有简易公路相通，交通方便。

矿床处于秦岭褶皱系摩天岭加里东褶皱带中。矿区出露地层自下而上有中元古界碧口群海相火山喷发沉积岩和下震旦统断头崖组碎屑岩及碳酸盐岩建造。锰矿则产于碧口群郭家沟组的板岩、千枚岩夹变质基性火山岩中，为一受变质的浅海相火山沉积型锰矿。

矿区共发现10个矿体，为层状及扁豆状与围岩呈整合产出。其中1号矿体最大，长887 m，厚2.81 m。矿石以褐锰矿为主，硬锰矿、软锰矿、菱锰矿次之；脉石矿物有方解石、石英、锰闪石等。矿石含Mn平均为22.28%。累计探明矿石储

量443万t。矿石可选性良好，采用重-浮选、干式磁选、单一浮选等不同流程选矿试验，精矿品位均达到30%以上，回收率分别达80.52%，76.83%，80.07%，均取得了满意的效果。矿体处在当地最低侵蚀基准面以上，围岩稳固，矿体产状较陡，水文地质条件简单，具良好的开采技术条件和外部建设条件。

黎家营锰矿是陕西省地质局第二综合队于1961年1月发现的。1961—1962年进行普查评价，填制了1:2 000地形地质图，通过槽、坑探等手段圈出6个矿体，长35~372 m，平均厚0.86~3.44 m，平均含Mn 16.75%~25.21%。可选性试验证明磁选效果较好。该队1962年4月提交了《陕西省宁强县黎家营锰矿1961年年终普查评价报告》，计算锰矿石储量177万t，其中工业储量12



力 t，成为当时陕西省内的一个重要锰矿床，并为以后进一步勘探奠定了基础。

1967 年，西北冶金地质勘探公司七一一地质队对该矿进行踏勘后，认为矿的形成与火山喷发沉积作用密切相关，成矿条件好，应当注意在深部找

矿。在这一认识基础上，1972 年该队五分队开始对矿床进行详查，1978 年转入勘探，1982 年 12 月提交了《陕西省宁强县黎家营锰矿床地质勘探报告》，累计探明锰矿石储量 433 万 t。

摘自《中国矿床发现史》

四川轿顶山钴-锰矿床

矿床位于四川省汉源县城北 68 km，处于四川台坳西段，瓦山断块中部。矿区地质构造简单，断裂、褶皱不发育，无火成岩侵入。沉积岩层（奥陶系—二叠系）倾角平缓（图 1）。矿床赋存于上奥陶统黑色岩系内，属铁-钴-钙-锰组合，并分别形成钴矿层和锰矿层。

含矿系厚 2~4.5 m，最厚 10 m，由泥灰岩→菱锰矿→黑色页岩→菱锰矿→灰岩序列和砂岩→黑色页岩序列组成；前者有钴、锰富集，后者只有钴富集；据张文堂等（1982）资料，含矿系属上奥陶统。

钴呈层状产出，分布广，见于 7 个层位的 6 种岩性内。锰只有 2 层，呈透镜状产出。梯子岩—乾

隆沟以北为富钴主矿体，以南为贫钴矿体。锰矿床只分布于北部并由 6 个透镜体组成。尖山子矿段为钴、锰共生的富矿段，羊角岭和梯子岩次之。

矿区的上下 2 层菱锰矿为富锰矿石，锰平均品位为 31.85%，主要由菱锰矿组成（50%~90%），锰方解石次之。偶见黑锰矿、蔷薇辉石等。

锰矿石属酸性，Fe 1%~5%，Mn/Fe 为 8。可分富、中、贫 3 类，富矿（Mn>25%）占 80%，可直接入炉冶炼。

钴矿体分布较广，层位稳定但厚度变化大（0.37~4.85 m，平均 1.46 m）。矿石平均含钴 0.091%，镍 0.067%，共 6 种矿石类型。其中夹层页岩型质量最好（但仅占总体积 2%）；其次为

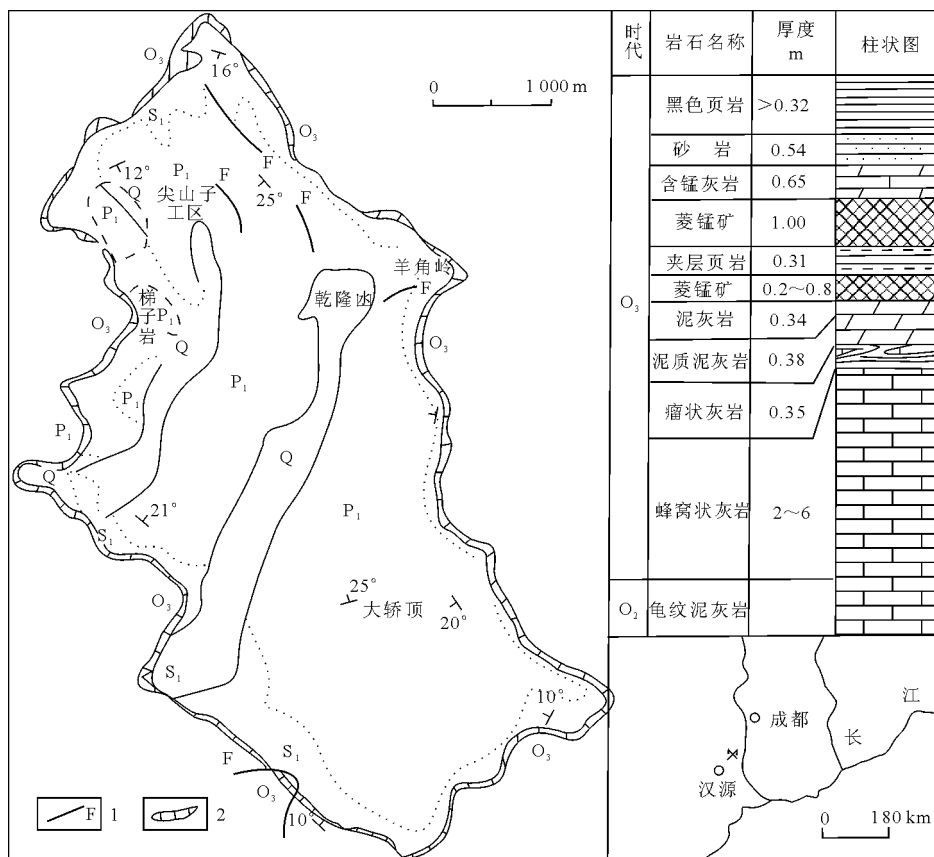


图 1 轿顶山钴-锰矿区地质图及含矿系柱状图（据李本能，1985；略加修改）

Q—第四系；P₁—下二叠统；S₁—下志留统；O₃—上奥陶统；O₂—中奥陶统；1—断层；2—矿层



灰岩型（占 86%）、砂岩型、碳质页岩型；菱锰矿型和泥灰岩型含钴最低（四川地质矿产局 106 队，1965；四川 601 矿区钴、锰矿床储量报告）。

钴矿石由硫钴镍矿、黄铁矿、白铁矿、方铅矿、闪锌矿等组成，具块状、条带状、豆鲕状，见隐晶质、放射纤维状及生物结构。矿石属复杂浸染型难选矿石。

矿区位于台地边缘地区的轿顶山—大瓦山断裂带和黑马断裂带交会处附近。矿源为海源。由于微氧化和还原条件的更替而形成锰与钴的分别富集。菱锰矿矿石形成于微氧化及碱性环境中，而钴矿石形成于富微生物的还原环境中。2 类矿石均经成岩作用富化。

摘自《中国矿床》中册

天津东水厂硼-锰矿床

天津东水厂硼-锰矿床属蓟县式硼-锰矿床，位于华北地台北部燕辽锰矿成矿区，矿化发生于中元古代高于庄期，形成小型矿床，分布于迁西、蓟县、兴隆、平谷以及冀西北的易县、怀安等地。在蓟县前干涧、耙齿峪等地为以碳酸锰矿石为主的矿床，蓟县东水厂为以锰方硼石为主的矿床；统称为蓟县式硼-锰矿床。其含矿系岩石组合为泥质岩-白云岩。1971 年，我国于天津市蓟县东水厂和北京

市平谷县中心村首次发现锰方硼石（ $\text{Mn}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$ ）作为工业矿石与碳酸锰矿石共生，为举世罕见的硼-锰元素组合型。

矿床位于天津市蓟县城东北 15 km。矿区长 3 km，宽 0.65 km（图 1），处于阴山 EW 向构造带东部马兰峪复背斜西端南翼。矿区构造为向 SW 倾单斜层，断裂以 NNE 向为主，规模不大。

含矿地层为中元古界高于庄组，由滨海浅海泥

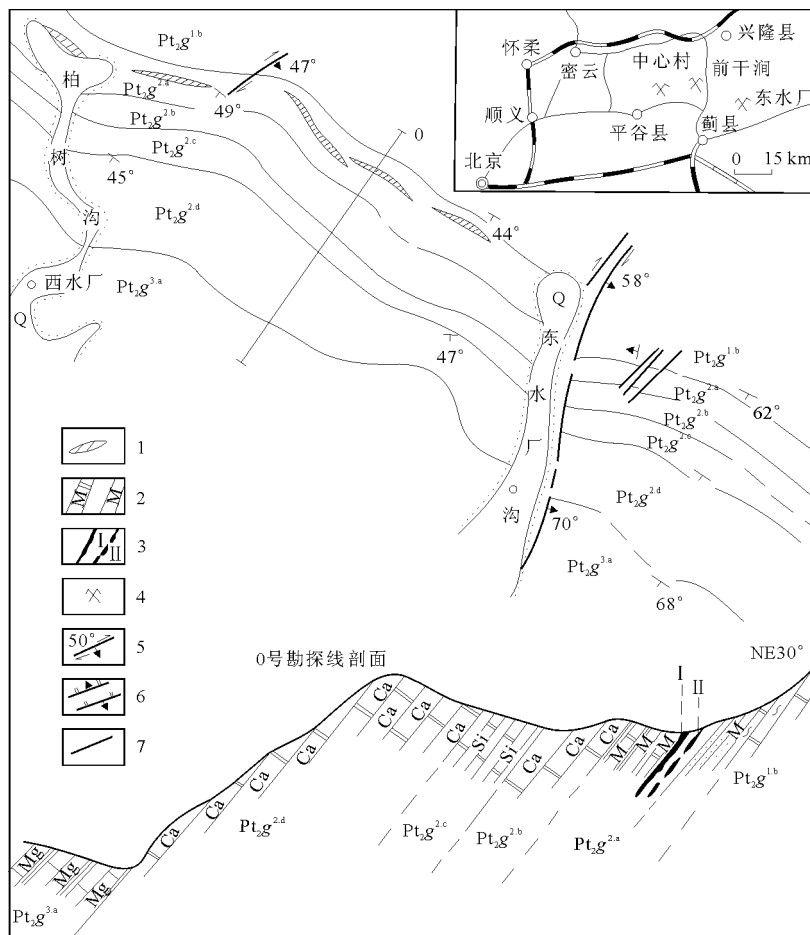


图 1 蓟县东水厂硼-锰矿区地质示意图（据河北地质局第十地质大队，1975 有改动）

Q—第四系； $\text{Pt}_2\text{g}^{3,a}$ —白云质灰岩夹钙质页岩； $\text{Pt}_2\text{g}^{2,d}$ —灰质白云岩； $\text{Pt}_2\text{g}^{2,c}$ —硅质白云岩； $\text{Pt}_2\text{g}^{2,b}$ —灰质白云岩； $\text{Pt}_2\text{g}^{2,a}$ —含矿系，含锰粉砂质白云岩与页岩； $\text{Pt}_2\text{g}^{1,b}$ —燧石条带白云岩；1—锰矿体露头；2—含锰粉砂质白云岩及含锰砂岩；3—第一层硼锰矿（上矿层）及第二层硼锰矿（下矿层）；4—硼-锰矿床；5—平移断层；6—正断层及逆断层；7—性质不明断层



质岩、白云岩和白云质灰岩组成。目下而上分为 4 段 ($Pt_2 g^1 - Pt_2 g^4$)。硼-锰矿赋存于 $Pt_2 g^2$ 下部。

区域岩浆活动强烈。串岭沟组夹大量高钠质中基性熔岩、次火山岩及凝灰质角砾岩；大洪峪组夹多层富钾碱性熔岩、火山角砾岩等。分布于平谷县大华山和蓟县下营一带，属多期性中心式海底喷溢。

含矿系以粉砂质白云岩为主，整覆于 $Pt_2 g^1$ 之上，分上、中、下 3 部分，厚 60~70 m，硼锰矿层位于中部靠上的粉砂质白云岩中。

矿体呈透镜状（多为下平上凸）、扁豆状、饼状、串珠状及不规则团块状，锰方硼石和菱锰矿共生或单独产出。分上下 2 层矿，垂距 1.6~3 m，以上层矿为主。矿体最厚 0.70 m，一般为 0.1~0.3 m。透镜体长度及间距一般为 0.5 m 至数米。

硼-锰矿石分为 2 类，其组分：富矿石含 Mn 15%~30%， B_2O_3 10%~26%，Cl 1%~4%；贫矿石含 Mn 10%， B_2O_3 1%~4%，Cl 0.1%~4%。

2 类矿石均含 I。

全区贫富矿石混合平均：Mn 16.37%， B_2O_3 9.29%，TFe 2.67%，S 0.34%，P 0.16%， SiO_2 27.49%。经“选矿-化工-冶金”联合试验表明可主要提取硼，并综合回收锰，其产品可用于化工及农肥工业。

矿石按成因分为原生沉积（包括成岩）硼-锰矿石和表生氧化锰矿石。

原生矿石具致密块状（主要产于上矿层，为富矿）、团块状、条带状构造，呈白及淡红色，由锰方硼石、菱锰矿、钙菱锰矿组成，它们多呈团粒状、锤粒状（纺锤状颗粒的简称）产出，后者密集聚合，垂直或斜交于层理；也见有团块状及斑点状者。基质为碳泥质及铁白云石。表生矿石呈致密块状、浸染斑点状构造，由硬锰矿、钙硬锰矿、软锰矿等组成。

摘自《中国矿床》中册

广西木圭表生锰矿床

表生锰矿床在我国锰矿床总储量中居第二位（占 15.65%）。以华南，尤以湘、桂、闽、粤等地最为发育。依成矿条件、富集部位可分为锰帽型、淋滤型和堆积型 3 类。广西木圭锰矿床囊括上述 3 类型。

矿区位于桂平县城东北 25 km 木圭圩附近，处于华南褶皱系桂湘赣褶皱带大瑶山凸起南侧，南华准地台十万大山拗陷之东北隅。矿区为一略向 SSW 倾伏的宽缓向斜，西北翼地层挤压褶皱，且多倒转；断裂较多（NNE 向逆断层纵贯矿区西部）。矿区东南部褶皱平缓、断层少，地层倾角一般为 5~15°。

中泥盆统东岗岭组泥质灰岩分布于向斜两翼外围。上泥盆统硅岩、条带状硅质灰岩分布于向斜内。矿区南部五指山组分布区覆盖有石炭纪页岩及古近纪红色砂砾岩。

锰矿赋存于上泥盆统榴江组。下含锰层之下的硅岩内有闪长玢岩和碧玉岩；在上含锰层下部有含锰硅岩夹条带状碧玉岩（莫斯霖，1987）；当时，区域上沿灵山断裂也多处有火山喷溢（如灵山及小董），它们可能为含锰层提供硅、锰物源。

榴江组为含矿系，共 15 个分层，总厚 161 m。主要由黑色硅岩、硅页岩、含锰灰岩及含锰硅岩等组成，具 3 个含锰层位（锰矿层）。1~5 分层共 95 m，主要为黑色硅岩及硅页岩，其底部含磷粘土岩

之上为 6.40 m 的淋滤型烟灰状锰矿层。6~8 分层厚 21 m，由黑色硅质页岩与锰矿层互层及含锰硅岩、含燧石条带含锰灰岩组成，风化形成为淋滤型夹层状锰矿体。9~15 分层厚 45 m，由黑色硅岩-硅页岩与含燧石条带含锰灰岩互层组成，其顶部第 15 分层为一厚 4 m 的浅灰色条带状含锰灰岩（夹硅质及黄铁矿结核），风化后形成锰帽型松软锰矿层。

矿体产状平缓，多呈面状分布，厚度较大，埋深数米至数十米，易于露采。松软锰矿分布于矿区中南部，呈层状。烟灰状锰矿分布于蓬莲冲、潭莲塘、大排岭等处，产于榴江组底部或东岗岭组顶部岩溶面或裂隙中，呈透镜状、似层状、囊状及不规则状。夹层状锰矿体主要分布于矿区北部，其次为向斜两翼部分地段；堆积锰矿体主要分布于矿区北部莲花山、车高岭、灯笼山以及南部大排岭等处，呈形态复杂、大小各异的矿体群产于山顶或平缓斜坡，位于更新世阶地上的红土层中。

木圭锰矿床次生氧化锰矿石按成因分为 4 类，即锰帽型水羟锰矿矿石（松软锰矿）、淋滤型硬锰矿矿石（夹层状锰矿）、淋滤型软锰矿矿石（烟灰状锰矿）和堆积型硬锰矿矿石。

松软锰矿床具大型规模，其矿石呈猪肝色，相对密度 1.5，湿矿含 H_2O 44.6%，主要为水羟锰矿，次为软锰矿、黝锰矿、硬锰矿等。矿石呈泥状



结构、薄层状、肾状、放射状、块状等构造。矿石平均化学组分：Mn 20.90%，TFe 9.43%，SiO₂ 36.73%，P 0.091%，Co 0.05%，Ni 0.03%，TiO₂ 0.31%。属高硅酸型铁-锰矿石。

烟灰状锰矿床具中型规模，其矿石呈黑色、钢灰色，以粉末状为主（杂有团块状）。主要矿物为软锰矿，次为黝锰矿、硬锰矿及水羟锰矿。原矿平均化学组分：Mn 26.79%，TFe 7.09%，SiO₂ 25.02%，P 0.721%，Co 0.022%，Ni 0.11%，TiO₂ 0.105%。矿石虽属高磷酸型贫锰矿石（含矿率 9%~65%），但水洗筛选后可获高品级富矿。

夹层状锰矿石呈褐色、灰黑色，主要为硬锰矿，次为软锰矿、水羟锰矿。具环带状、角砾状、网格状、薄层状、块状、肾状、葡萄状。原矿化学组分：Mn 20%~36%，TFe 5%~15%，SiO₂ 15%~30%，P 0.15%~0.3%，Co 0.05%，Ni 0.03%，TiO₂ 0.31%。矿石质量变化大，有富锰矿石、贫锰矿石，经简单手选、水选可获富矿。

堆积锰矿石为灰黑、黑褐色，其矿物成分和结构与夹层状矿石相似，但多呈结核状、粉末状、角砾状、蜂窝状构造。原矿化学组分：Mn 30.86%，TFe 12.32%，SiO₂ 17.7%，P 0.138%，Co 0.025%~0.078%，Ni 0.01%~0.03%，TiO₂ 0.01%~0.03%。含矿率 20%~30%，已基本采完。

表生锰矿床的形成是母岩、构造、地貌以及气

候条件综合作用的结果。榴江组的含锰层（主要是含锰灰岩，次为含锰硅岩）是表生锰矿床的主要母岩。如锰帽型松软锰矿层的母岩是由该层的原岩（胚胎矿）——含锰灰岩（含 Mn 4.9%，TFe 1.99%）风化而成。构造上，本区经有燕山、喜马拉雅期的褶皱和断块抬升。断层的发育，宽缓向斜以及硅岩沿节理的易破碎等均利于潜水的流通，能促进含锰风化壳的形成，利于次生氧化锰矿石的富集和保存。木圭位于西江南岸和北回归线上，它所处的冲积平原准平原化——岩溶丘陵区的剥蚀地貌、多级阶地地形以及炎热多雨的亚热带气候利于化学风化作用的进行，从而在基岩风化带形成锰帽矿床和淋滤矿床，在部分红土化地区 and 红土阶地上形成堆积锰矿床。

基本找矿标志是沿榴江组 3 个含锰层位及其风化壳追溯。沿剖面第 15 分层追寻锰帽型松软锰矿层；沿 6, 7, 8 分层构造裂隙带、层间裂隙带找淋滤型夹层状锰矿层；在东岗岭组顶部的岩溶面上找烟灰状锰矿体；在夹层状锰矿层附近或其红土风化壳中具碎屑矿石堆、含浑圆锰粒的红土或含锰块屑的黑土中追寻堆积型锰矿床。

此外，可适当利用地貌标志，如找锰帽矿床注意中低山丘陵区；找堆积矿床应注意在平缓低山丘陵区的缓坡、平顶、低平谷地以及地文期剥蚀面（峰顶面）或河流阶地上进行追溯。

摘自《中国矿床》中册

湖南玛瑙山锰矿床

湖南玛瑙山锰矿床属热液改造型矿床，本类矿床占总储量的 5.6%，由含锰岩层或胚胎矿经后期热液改造而成。矿床赋存于中泥盆统棋梓桥组含锰泥质白云质灰岩中。属铁、锰、铅、锌多金属组合。矿区内或附近有花岗岩侵入体。

矿区位于郴州东南 12 km 处，南岭 EW 向构造带古生代褶皱区五盖山背斜北延的田岭背斜东翼（图 1）。矿区内褶皱、断裂发育，有 F₁ 和 F₄ 两条较大断裂，形成岩浆通道和层间虚脱容矿部位。区内出露有中粗粒磁铁黑云花岗岩和二云花岗岩岩株。接触带围岩蚀变有钾化、云英岩化、夕卡岩化和磁铁矿化。含矿系为棋梓桥组下段厚约 170 m 的白云质灰岩和白云岩，含 Mn 一般为 1%~6%，平均 3.3%；TFe 2%~5%。铁-锰-多金属矿体产于含矿系底部含锰泥质白云质灰岩中。矿区分玛瑙山、玉皇庙和枫树下 3 个矿段，7 个主要矿体（3

个铅-铁-锰矿体，4 个铁-锰矿体）。矿体呈似层状、透镜状或小扁豆状。部分受断裂控制呈脉状、不规则囊状。主要矿体长 200~500 m，宽 100~300 m，厚 1~30 m。矿体走向多与地层产状一致，沿倾向见有穿层现象。矿体上部为氧化矿石，氧化深度 0~40 m；下部为原生矿石。

矿石工业类型有铁-锰矿石、铁矿石、硫化铁矿石和铅-锌矿石。按成因可分为原生和次生 2 类。氧化矿石约占全区矿石的 70%，平均含量（唐桂秋，1985）：Mn 17%，TFe 26%，P 0.023%，S 0.16%，As 0.35%，Pb 2.8%，Zn 0.34%，SiO₂ 10.3%，Al₂O₃ 9.6%，CaO 1.5%，MgO 1.1%，Ag 73×10⁻⁶，属酸性自熔性矿石。原生矿石：Mn 16%，TFe 28%，P 0.04%，S 1.65%，As 1.63%，Pb 0.9%，Zn 0.04%，SiO₂ 11.3%，Al₂O₃ 1.9%，CaO 4.7%，MgO 1.1%，Ag 26×

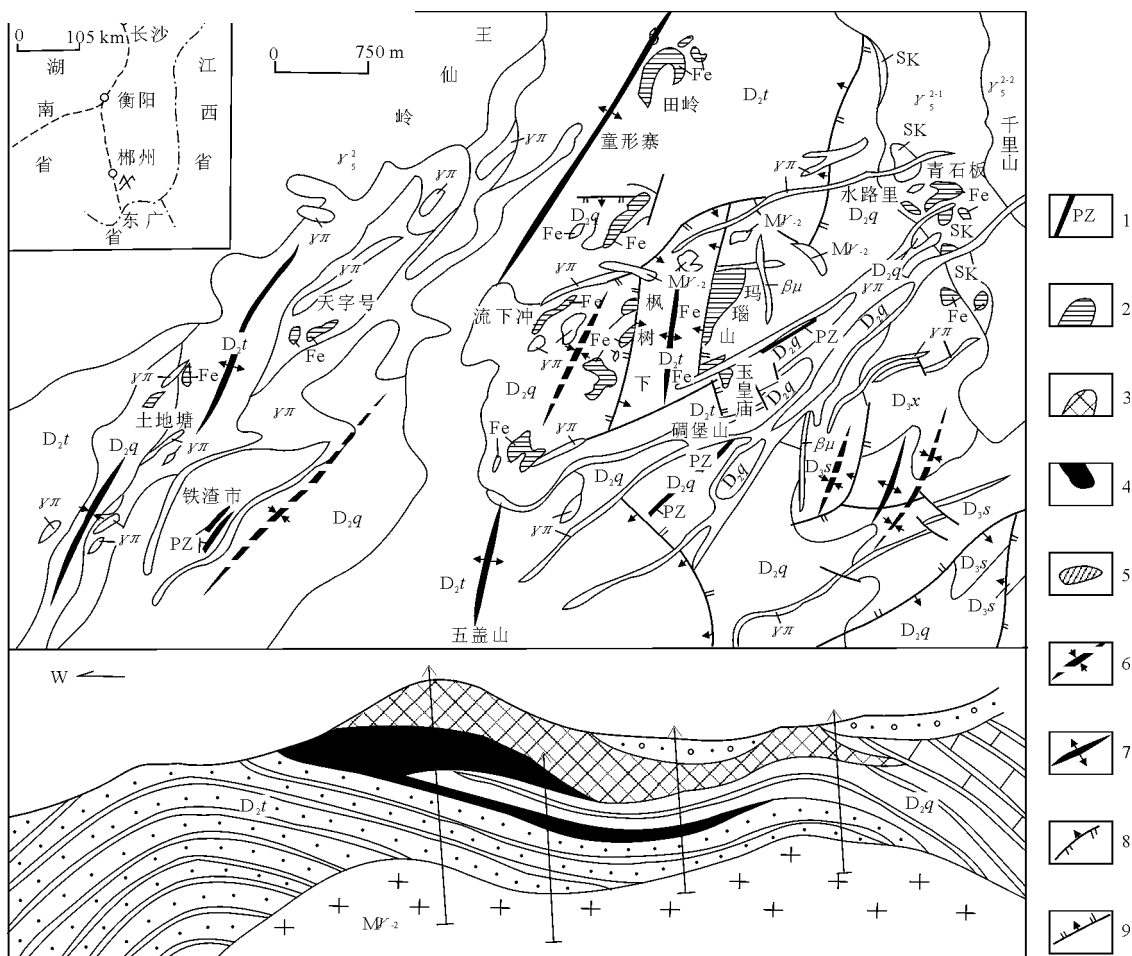


图1 玛瑙山铁-锰-多金属矿田地质图(据湖南地质局408地质队,1978略有删节)

D₃x—上泥盆统锡矿山组; D₃s—上泥盆统余田桥组; D₂q—中泥盆统棋梓桥组; D₂t—中泥盆统跳马涧组; γ_5^{-1} , γ_5^{-2} , M γ_1 , M γ_2 , γ_2^{-1} —不同类型的花岗岩; $\gamma\pi$ —花岗斑岩; $\beta\mu$ —辉绿岩; SK—夕卡岩; 1—铅-锌矿化带; 2—铁-锰-多金属矿体; 3—氧化铁-锰-铅-锌矿体; 4—磁铁矿、硫锰矿、方铅矿矿体; 5—碳酸锰透镜体; 6—向斜轴; 7—背斜轴; 8—逆断层; 9—正断层

10^{-6} , 属自熔性矿石。除锰、铁外可综合利用铅、锌、银等。

原生矿石呈块状, 具热液变质矿物组合, 如硫锰矿(共生菱锰矿)、铁菱锰矿、锰方解石、磁铁矿、赤铁矿、方铅矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、铁闪锌矿、锰石榴子石以及方解石、白云石、粒硅镁石、重晶石、透闪石、方柱石、金云母、辉石、阳起石等。铁、锰矿物粒度多为 0.05~1 mm。次生氧化矿呈蜂窝状、条带状。主要为硬锰矿、软锰矿、褐锰矿、磁铁矿、白铅矿、铅矾、方解石及粘土矿物。氧化锰矿物呈细小鳞片状或隐晶状集合体。

棋梓桥组下段碳酸盐岩具锰铁高背景值及胚胎矿。铁-锰-多金属矿石具热变质矿物组合。与硫锰

矿共生的玫瑰红色脉状菱锰矿爆裂测温值为 330℃, 气液包裹体频次高度为 47 mm, 显示其形成与热液作用有关。可概括为热液作用于沉积矿源层或胚胎矿, 捕捉其成矿物质(铁、锰)并带入有用组分铅、锌、银等, 在有利的容矿部位汇聚富集, 形成改造型铁-锰-多金属矿床; 又经表生氧化, 易溶组分淋失, 铁-锰氧化富集, 形成大中型的氧化铁-锰矿床。

应注意铁锰高背景碳酸盐层(中上泥盆统)附近有侵入体的地区, 在岩体以外碳酸盐岩(含锰白云岩、含锰泥质白云质灰岩等)部位找矿; 并注意露头铁锰帽标志。

摘自《中国矿床》中册

湖南桃江锰矿床

湖南桃江锰矿床产于中奥陶统磨刀溪组黑色岩系中, 属中型富锰矿床, 元素组合为(镁)钙-锰型。

矿床位于湖南省桃江县南偏西 30 km。矿区处于扬子地台和华南加里东褶皱带的过渡带内, 桃江



—宁乡复回斜北侧。区内分布有寒武系、奥陶系及下志留统，主要为黑色岩系（图1）。

含矿系总厚近40 m，下部为黑色页岩，中部

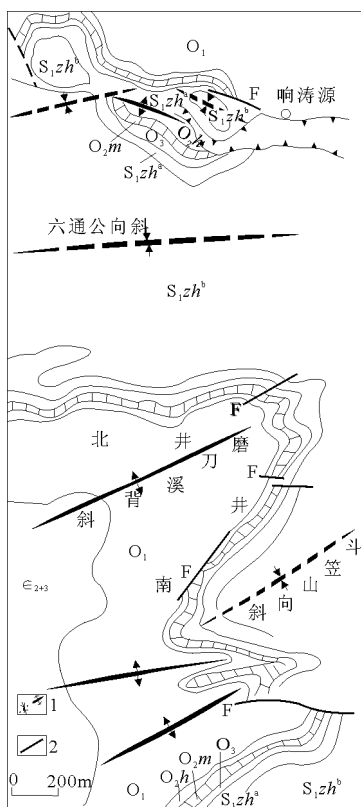


图1 桃江锰矿地质图（据桃江锰矿、湖南冶金地质大队236勘探队联合调查小组，1979；略加修改）

∈₂₊₃—中上寒武统探溪群；O₁—下寒武统；O_{2h}—中奥陶统胡乐组；O_{2m}—中奥陶统磨刀溪组；O₃—上奥陶统南石冲组、五峰组；S_{1zh}^a—下志留统周家溪群下亚群；S_{1zh}^b—下志留统周家溪群上亚群；1—向斜和背斜；2—断层

为含矿层，上部为深灰色粘土岩。含矿层仅1层，惟响涛源矿区内见有2层。含矿层的沉积韵律：黑色页岩→含铁锰灰岩→菱锰矿→含铁锰灰岩→钙质泥岩。矿体呈层状、似层状及相互叠置的透镜体。厚度一般为0.5~0.8 m。矿层中可见小型斜层理，波痕、冲刷构造、同生砾状及角砾状构造。

矿石为低磷、低铁，高钙中锰自熔优质碳酸锰矿石，可用于冶金。平均品位：Mn 20%，Fe 2.1%，P 0.068%，CaO 14.01%。按成因有原生沉积碳酸锰矿石和表生氧化锰矿石，后者已采完。

碳酸锰矿石以浅色（肉红、米黄、浅灰等）为主，深色者次之。矿石呈致密状、条带状、砾状、角砾状及“斑点”状。矿石矿物有菱锰矿及钙菱锰矿等。

含矿系及矿层具清晰的岩相及矿相变化。区域北部为滨海带，至响涛源一带为黑色页岩及碳酸锰矿层，水体较浅，为碳酸锰矿石沉积的有利部位；至肖家冲—烟溪一带为黑色硅岩和含锰灰岩，为较深水环境。含矿系代表海侵至海退序列，矿层形成于海侵到海退的转折期的微氧化及碱性环境中。

矿床物源以江南古岛群上的古老含锰岩石及锰矿层为主。在南坝地区含矿系内见变余凝灰熔岩，为锰的补充物源。

矿床形成后经受成岩再富集，菱锰矿变为粗晶并具较大的δ³C负值，反映了微生物的积极作用，矿床应属沉积-成岩矿床。

今后应注意在江南古岛群附近中奥陶统浅海地区寻找本类矿床。

摘自《中国矿床》中册

云南斗南锰矿床

滇东南锰矿层位于中三叠统法郎组中部。沿滇东南—越北古陆北缘展布，有斗南大型锰矿床及白显、岩子脚等中小型矿床。斗南锰矿床属陆源泥质岩型褐锰矿-钙菱锰矿矿床；白显锰矿床为碳酸盐岩型碳酸锰矿床的锰帽。元素组合类型为锰型及钙-锰型。

矿床产于云南省文山苗族壮族自治州砚山县阿舍乡，斗南弧形向斜的两翼。该向斜轴向50°，SW端扬起收敛，NE倾伏撒开；北翼倾角平缓，南翼倾角较陡以至倒转。区内断裂较发育，无火成岩体。矿区长7.3 km，宽0.15~2.7 km，包括戛科、卡他、大凹子、白姑和咪哩克等5个矿段（图1）。

含锰地层法郎组，假整合于个旧灰岩之上，为深灰色粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰色碎屑灰岩和锰矿层组合。泥岩含瓣鳃类及菊石。锰矿层中具核形石、藻屑及丝状体。岩层具水平层理、交错层及波痕。法郎组总厚642 m，由上而下分为6段：T₂f⁶—T₂f¹。T₂f⁶为微层状泥岩、粉砂岩段；T₂f⁵为上含矿段；T₂f⁴为下含矿段；T₂f³为紫色层段（上部为内砾屑灰岩；下部为泥岩）；T₂f²为绿色泥岩段；T₂f¹为内砾屑灰岩段。

斗南含矿系位于法郎组中部，由粉砂岩、泥岩夹多层碳酸盐岩（包括碎屑灰岩）及锰矿层组成。厚231 m，包括下含矿层T₂f⁴⁻¹（又称戛科含矿亚段）、上含矿层T₂f⁵⁻²（又称白姑含矿亚段）以及

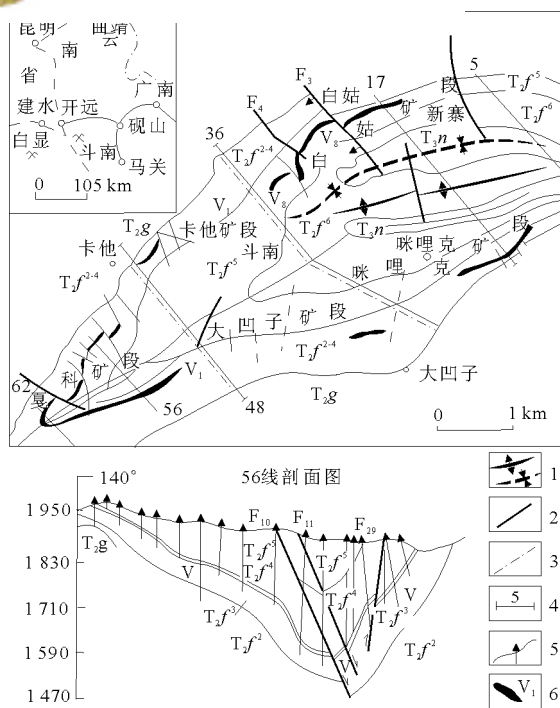


图 1 斗南锰矿地质简图 (据苏俊华, 1983)

T_{2g} —中三叠统个旧组; T_{2f}^{1-4} , T_{2f}^5 , T_{2f}^6 —中三叠统法郎组第二至四段 (T_{2f}^4 为下含矿段), 第五段 (上含矿段), 第六段; 1—背、向斜轴; 2—断层; 3—矿段分界线; 4—勘探线及编号; 5—钻孔; 6—矿层及代号

它们之间厚约 156 m 的粉砂岩及含锰泥岩。 T_{2f}^{5-2} 厚 45~72 m, 产 8 层锰矿, 其中 5 层 (V_6 , V_{7a} , V_{7b} , V_8 , V_9) 具工业意义, V_8 为主矿层。 T_{2f}^{4-1} 厚 21~35 m, 产有 6 层锰矿, 主矿层 V_1 位于近底部。愈往上矿层的规模变小或质量变差。含矿层位在矿区内由西南而东北逐渐升高, 即戛科及卡他为 T_{2f}^{4-1} , 白姑为 T_{2f}^{5-2} 。

矿体产状与围岩一致, 主要为层状、似层状及透镜状。以层状矿体厚度及质量最为稳定。主矿体长度大于 1 500 m, 宽 200~300 m, 厚 0.69~1.31 m。主矿层 V_1 , V_8 都是复矿层, 多数次要矿层为单矿层。

斗南锰矿床的 3 种原生矿石构成 2 种矿相。3 种矿石是致密块状、条带状氧化锰矿 (褐锰矿) 矿石, 斑状褐锰矿-碳酸锰矿石以及碳酸锰矿石。2 种矿相为斑状褐锰矿-碳酸锰矿过渡型矿相 (王文忻, 1980) 或称混合矿相 (刘国基等, 1984) 和碳酸锰矿相。混合矿相的主要特征: 主矿层矿石由褐锰矿致密块状矿石、褐锰矿-含锰碎屑灰岩 (或碳酸锰) 条带状矿石以及碳酸锰矿 (或含锰灰岩) 互变 (或混生) 构成连续矿层, 或褐锰矿呈透镜体分布于碳酸锰矿石中构成斑状矿石等。

斗南锰矿床全区原生矿化学组分平均含量 (据

刘国基等, 1984): Mn 23.26%, Fe 1.55%, SiO_2 13.60%, Al_2O_3 3.06%, CaO 19.23%, MgO 2.76%, P 0.056%, S 0.096%, 烧失量 23.78%; Mn/Fe 15.01, $(CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3) = 1.32$; P/Mn 为 0.002 4。原生矿石属低磷、低硫自熔碱性优质富锰矿石, 矿石质量和数量均以 V_1 , V_8 最佳。全区次生氧化矿石化学组分平均含量: Mn 39.52%, Fe 3.31%, SiO_2 20.68%, Al_2O_3 7.23%, CaO 3.4%, MgO 1.06%, P 0.040%, S 0.032%, 烧失量 12.86%; Mn/Fe 11.94, $(CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3) = 0.16$; P/Mn 为 0.001 0。次生氧化锰矿石属低硫、酸性优质锰矿石。

矿石按成因分为原生锰矿石及表生氧化锰矿石。原生锰矿石又可分为沉积碳酸锰矿石 (为贫矿); 褐锰矿矿石 (I, II 级富矿; 勘探队称为块状及条带状灰质氧化锰矿石); 斑状褐锰矿-碳酸锰矿石 (为 III 级富矿或贫矿; 勘探队称为斑状灰质氧化锰矿石)。原生锰矿石占总储量的 98%, 表生氧化锰矿石仅占 2%。原生锰矿石中碳酸锰矿石占 26%, 致密块状褐锰矿矿石仅占 4%。其余 70% 为条带状褐锰矿石和斑状褐锰矿-碳酸锰矿石; 其中尤以条带状矿石为主要矿石类型。在白姑矿段和戛科矿段, 该矿石类型占总储量的 80%。

褐锰矿矿石为致密块状和条带状, 普遍具鲕豆状构造。鲕豆粒度 0.3~13 mm, 一般 1~4 mm。鲕豆以椭圆形为主, 次为浑圆形、纺锤形及不规则状。鲕豆大多具生物屑、自生钠长石或方解石核心。同心环带为数圈至十几圈不等, 有的呈偏心状。环带由褐锰矿与菱锰矿相间构成。鲕豆粒之间为泥晶含锰方解石或重结晶的粉晶或假亮晶方解石基质, 部分鲕豆粒具褐锰矿交代菱锰矿的交代残余。

碳酸锰矿石为钙菱锰矿矿石或含锰灰岩的鲕豆粒或内碎屑矿石。粒屑大小 0.4~5 mm, 基质或胶结物为泥晶-粉晶方解石。具钙质生物核心及碳酸锰同心环带, 含藻屑及丝状体。

斑状褐锰矿-碳酸锰矿石为紫红、灰色钙菱锰矿或含锰灰岩基质中含稀疏的黑色褐锰矿斑点、核形石、鲕豆粒、结核、内碎屑团块及层纹石等, 构成花斑状。

锰矿区位于拉丁期滇黔桂海域西南部的滇东南海湾。白显锰矿床形成于碳酸盐台地相; 斗南、岩子脚和老乌等锰矿床形成于台地前缘斜坡相。有利聚锰环境 (下斜坡—坡底) 及含锰热水喷口的迁移受明苏同沉积断裂活动控制 (郑荣才等, 1991)。



卡他 39 线附近的水卜隆起将矿区分为东西 2 个洼地。锰质海水先在西侧洼地（戛科—卡他一带）沉积为 $T_2 f^{4-1}$ 锰矿层；尔后，沉积中心东移，在东侧盆地（白姑一带）沉积为 $T_2 f^{5-2}$ 锰矿层。因此，锰矿层由西而东呈叠瓦状分布。

斗南锰矿床环绕越北古陆北缘分布，古陆上的富锰片麻岩、中泥盆统含锰层及上二叠统峨眉山玄武岩（ MnO 5.18%）等的风化可提供陆源锰。个旧灰岩风化壳之结核含 Mn 5%~15%， Fe 5%~25%，可作为锰源（杨光炽，1985）。其他可能的来源还有盆地边缘的含锰热液喷口（郑荣才，1991）或热水对此前含锰地层的萃取淋滤（罗崇迅等，1992）等。

滇东南锰矿石 $Ce(N)/La(N)$ 值为 0.3（斗南）~0.1（白银），具明显的铈亏损，其稀土分配模式具海水（深海水）及其他若干海相成因物的稀土模式特征。

碳酸锰矿石具鲕豆、内碎屑，显示矿床由沉积富集而成。刘国基（1984）认为是“滨海成鲕，浅海定位”。郑荣才等（1991）指出矿体属异地堆积

重力流沉积。关于褐锰矿矿石，苏俊华（1983）曾论证为沉积成因。郑荣才等都注意褐锰矿矿石具褐锰矿交代碳酸锰的现象，显现出沉积-成岩富集特征。郑荣才（1991），罗崇迅等（1992）认为该矿床属热水沉积（2 次热水成锰事件）。斗南锰矿床与新疆莫托沙拉火山沉积的以及广西靖西县龙邦热水沉积的褐锰矿床具某些相似处，其成因机制值得深入研究。

斗南及白显锰矿床地层为法郎组。以往文献皆划归为中三叠世晚期。罗崇迅等（1992）在开远马者哨法郎组底部页岩中采得卡尼期菊石，结合区域沉积相分析，从而将滇东南锰矿区该组划归晚三叠世卡尼早期。因而，找矿时地层时代的厘定尚需注意。法郎组下伏个旧灰岩，上覆鸟格组碎屑岩。古地理为碎屑陆棚外的碳酸盐台地相及台地前缘斜坡相区，受同沉积构造控制。潟湖、下斜坡、坡底等利于聚矿。白云岩组合的相变带、粉砂岩-粉砂质泥岩-碎屑灰岩组合的碳酸盐岩夹层等是含锰层赋存的有利部位。

摘自《中国矿床》中册

新疆莫托沙拉铁-锰矿床

火山-沉积矿床多位于地槽区或其边缘，规模较小，仅占锰矿床总储量的 2%。火山-沉积矿床可分为与基性喷发岩有关的（黎家营）和与硅岩、碧玉岩有关的（莫托沙拉）2 种。新疆莫托沙拉铁-锰矿床含矿系属早石炭世火山-沉积岩系，为硅岩-碧玉组合（图 1），矿石属铁-锰元素组合，矿床具中型规模。

莫托沙拉矿床位于新疆和静县巴伦台西 60 km 处，地处天山地槽褶皱区中天山隆起带南缘复式向斜内的莫托沙拉向斜中。沿褶皱轴有 F_3 、 F_5 等主断裂。矿区东侧外围零星分布有早石炭世安山岩火山角砾岩及凝灰岩（厚约 150 m），属中酸性爆发喷溢相。

含矿系赋存于早石炭世含矿亚组（ C_{1a} ）内。该系自下而上为粉砂岩段、铁矿层段、条带层段、含锰层段及泥质砂岩段。

铁矿体呈层状、似层状，厚一般为 5~20 m。矿体与围岩同步褶皱。铁矿层以赤铁矿和含碧玉条带赤铁矿层为主，夹有硅岩、重晶石岩和含碧玉硅质粉砂岩夹层。锰矿体产于铁矿层之上的含锰层内，长 0.8~1 km，宽 0.3~0.5 km，具 3 层矿，累计厚 0.7~30 m，平均 5.86 m。锰矿层中多夹

层，下层矿为层状菱锰矿，较贫；中层矿为层状菱锰矿，中等品位；上层矿极不稳定，以氧化锰矿为主，较富。

工业矿石为含铅、锌、硫高的酸性铁-锰矿石。矿区锰矿石平均含量： Mn 18.77%， TFe 7.17%， S 0.98%， Pb 0.07%， Zn 0.15%， P 0.06%， SiO_2 24.76%。另外氧化锰矿石含 B_2O_3 4.15%。铁矿石平均含量： TFe 47.21%， Mn 0.93%， S 0.46%， Pb 0.20%， Zn 0.18%， P 0.08%， SiO_2 12.48%， Ba 1.78%， Cu 一般为 0.01%~0.1%。

矿石成因类型为沉积菱锰矿矿石（占 50%~60%）、热水叠加成因氧化锰-菱锰矿矿石和氧化锰矿石及次生氧化锰矿石。条带状菱锰矿矿石（贫矿）为主要矿石类型，表现为显微球粒状（0.01~0.05 mm）菱锰矿的条带与鳞片状赤铁矿条带相间分布。热水叠加成因氧化锰矿石主要由微晶褐锰矿晶粒集合体构成，见有褐锰矿交代菱锰矿球粒，并具褐锰矿、黑锰矿、镜铁矿、磁铁矿、锰辉石、蜡硅锰矿、重晶石及硫化物矿物细脉。次生氧化锰矿石由硬锰矿、软锰矿、针铁矿及水针铁矿等组成。

赤铁矿石呈钢灰色块状及红色（含碧玉）条带状；矿层下部偶具鲕状。伴生碧玉、方解石、重晶

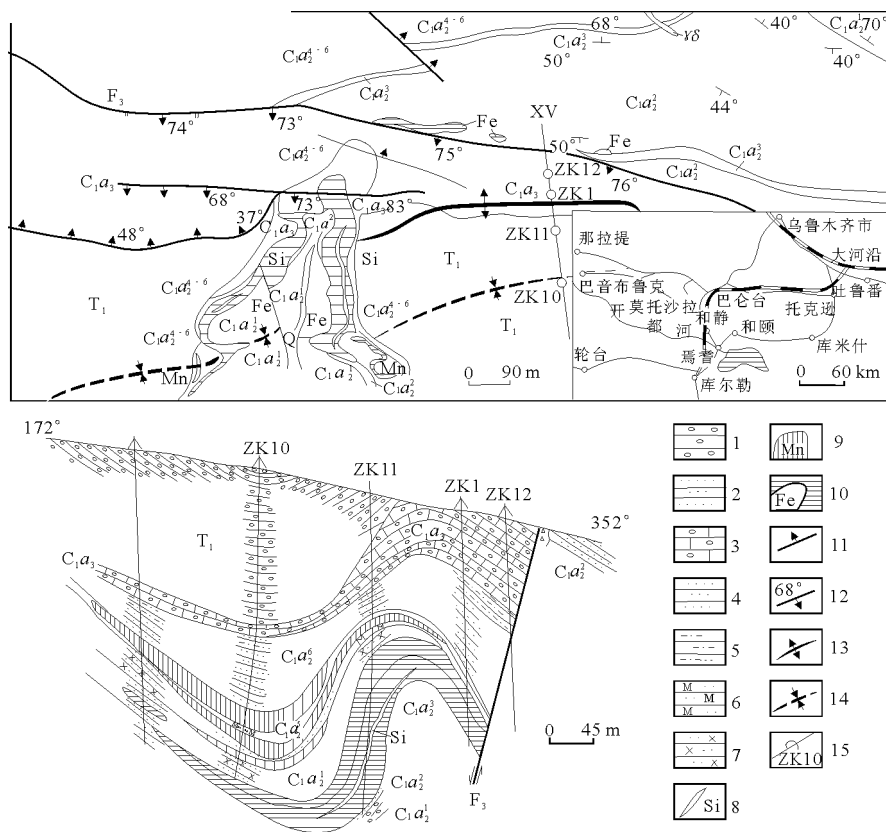


图1 莫托沙拉铁-锰矿床地质图及剖面图 (据王有标等及新疆地质矿产局一队和三队, 1985, 有改动)

Q—第四系; T₁—下三叠统仓房沟群 (紫红色砾岩夹砂岩); C₁a₃—下石炭统阿克苏组上灰色亚组 (结晶灰岩、钙质砾岩); C₁a₄⁶—含矿亚组上泥质砂岩段、锰矿层段及铁-锰条带层段; C₁a₅¹—上泥质砂岩段 (灰绿色砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩); C₁a₆²—含锰层岩段 (锰矿夹含锰细砂岩); C₁a₇³—铁-锰条带层段 (含铁-锰条带砂岩及粉砂岩层); C₁a₈⁴—含矿亚组铁矿层岩段 (铁矿和铁砂岩层); C₁a₉⁵—下泥质岩、砂岩段 (灰绿、黄绿砂岩、粉砂岩); C₁a₁₀⁶—花岗质砾岩段 (黄褐色、红褐色花岗质砾岩); γδ—花岗闪长岩脉; 1—砾岩 (兼带砂粒符号者为含砾砂岩); 2—粉砂岩; 3—钙质砾岩、灰岩; 4—砂岩; 5—泥质粉砂岩; 6—含锰砂岩; 7—含铁砂岩; 8—硅岩; 9—锰矿层或锰矿层夹含锰细砾岩; 10—铁矿层; 11—正断层; 12—逆断层; 13—背斜轴; 14—向斜轴; 15—勘探线、钻孔及编号

石、石英等。热水叠加作用导致有重晶石、方解石、石英、磁铁矿、镜铁矿、毒重石等变晶或细脉。

矿床形成于莫托沙拉浅水洼地的潮下铁-锰碎屑岩相区。由矿区东侧 3~5 km 的乌拉尔更西里—仓克拉达坂火山中心, 向莫托沙拉浅水洼地依次分布有熔岩、熔岩角砾岩→具碧玉、玄武岩屑的凝灰岩→铁-锰矿层及层凝灰岩、含矿硅岩等火山-沉积系列。含矿系内有碧玉岩、硅岩、重晶石岩 (富铜、铅、锌、银、金和硼) 和凝灰岩 (时见岩屑、晶屑及玻屑等, 累计厚约 6 m)。含矿系及矿石的元素组合为铁、锰、硅、钡、硼及铜、铅、锌、金等, 反映成矿物源主要与同沉积期火山喷溢有关。

据王有标等 (1985), 钢灰色赤铁矿 δ¹⁸O 值为 -0.46‰~1.25‰, 接近于海水 δ¹⁸O 值 (-0.5‰~0.5‰), 说明铁质沉积时与海水发生同位素交换。红色赤铁矿的 δ¹⁸O 值为 4.86‰~8.40‰。据同位素值计算的赤铁矿和碧玉形成温度为 134~158 ℃; 据铁矿层内脉状石英、镜铁矿 (δ¹⁸O 值为

12.71‰) 计算成矿温度为 314 ℃。铁矿石和锰矿石具沉积和热水叠加 2 期矿物组合。热水叠加氧化锰矿石的稀土总量为 98.76×10⁻⁶, Ce(N)/La(N)=0.66, La(N)/Yb(N)=8.91, 具轻稀土富集特点。其稀土总量及分配模式与广西下雷锰矿 I, II 矿层相似, 后者已被论证属热水沉积成矿。钢灰色赤铁矿层含较多的几丁虫及草莓针藻, 铁矿层含少量硬石膏, 具硅岩、重晶石岩夹层以及锰矿石中含硼较高, 说明铁-锰成矿于盐度较高的介质条件。

找寻本类型矿床应沿下石炭统阿克苏组上部碎屑岩向碳酸盐岩的过渡部位。含矿系上下均有假整合或不整合; 其下为花岗质砾岩。古地理为海湾式盆地或断陷盆地的浅水洼地部位, 特别是旁侧有中基性火山喷溢处。含铁-锰砂岩、泥质粉砂岩、硅岩、重晶石岩和红碧玉, 以及铁、锰、铜、铅、锌、硼、钡元素组合等是良好找矿标志。



加蓬莫安达锰矿床

莫安达地区的锰矿床于1951年发现,矿石储量有2亿t,主要有2个矿床:班冈比高原和奥古马高原矿床。莫安达矿床赋存在前寒武系弗朗斯维尔统FB₁层的黑色页岩中(图1)。矿床由一个厚度不大的块状氧化锰和氢氧化锰的底层以及厚度为3~9 m的板状矿层组成。铁和铝的氢氧化物,少量的高岭土、伊利石是主要的非金属矿物。含Mn 50%~52%。板状矿层上覆有富铝铁的锰豆石建造。豆石建造和板状矿层中间有一厚度不大的过渡层。

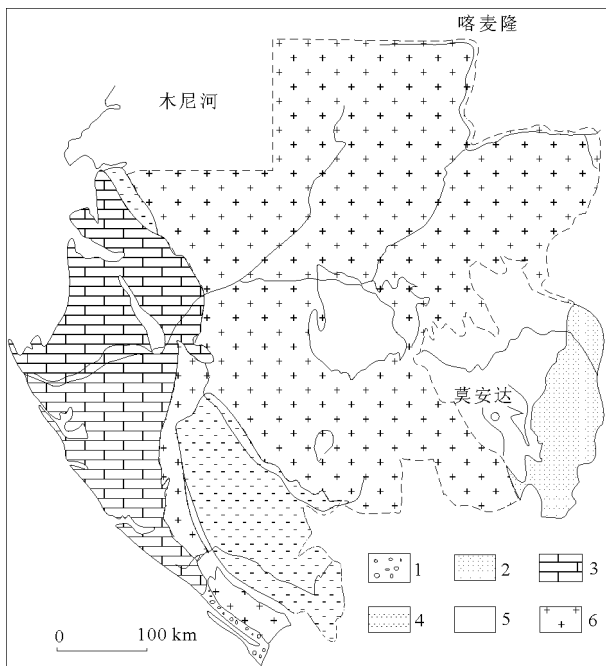


图1 莫安达锰矿床地质示意图

1—第四系; 2—巴泰凯高原第三系; 3—中生界和新生界; 4—晚前寒武系; 5—中前寒武系; 6—早前寒武系;

莫安达地区的弗朗斯维尔统是一套碎屑成因且在海相环境中沉积的前寒武纪沉积岩。这些沉积物是在与大陆架连接的一些盆地中沉积的,而莫安达锰矿床则位于弗朗斯维尔盆地中。弗朗斯维尔盆地中的地层顺序从上到下可见以下特征。

FE: 含火成碎屑成分的云母砂岩、页岩、粉砂岩,厚度150~200 m。

FD: 黑色页岩,火成碎屑凝灰岩,厚度150~200 m。

FC: 层状燧石岩和黑色页岩,厚度40~50 m。

FB₂: b—页岩、黑色页岩,厚度30~40 m。

a—等粒状石英砂岩(布巴拉砂岩),厚度30~100 m。

FB₁: c—含镁-铁的黑色页岩或含锰的黑色页岩,在班冈比地区厚度为150 m。b—靠近底部为蚀变的粉砂岩、含镁的细粒砂岩,层内角砾岩,在班冈比地区厚度为100 m。页岩,略呈绿色具有光泽夹有石英砾岩和页岩碎片。此层以轻微的角度不整合于FA层之上。

FA: 主要是粗粒长石砂岩,交错层状构造,靠近顶部有细粒的云母砂岩夹层,中部白云岩发育,靠近底部常常有砾岩透镜体,在班冈比地区厚度为100 m。

据大量的放射性年代测定,弗朗斯维尔统的年龄为17.50~18亿年。该统为未变质的岩石,代表深度为400~500 m的FA—FB接触带上所发生的成岩作用的演化。

主要的工业矿层有致密的底层,板状层,过渡层,豆石层,砂质粘土层。

致密的底层主要由软锰矿组成,其厚度一般为2~5 cm。软锰矿带上覆有块状的层状矿石,其成分大都是些非晶质的氢氧化物,此外还有水锰矿、锰榴石、黝锰矿等。

板状层是工业矿层的主要部分,赋存在底层之上。在班冈比地区厚度为3~9 m,平均厚度为5 m。板状层一般具层状构造。几乎呈水平层产出。在一些板状层直立且与较高层位(过渡层和豆石层)相混合时,有些地方就会有一些岩溶坑洼地。在板状层中也可以看到致密矿块碎屑的软锰矿层,以及早期分解的致密底层的形迹。可以看到富矿囊,最早是在矿床底部下面的页岩中形成的,但可在不同的层位中见到,矿石的主要矿物是非晶质或隐晶质的氢氧化物和黝锰矿、锂硬锰矿以及隐钾锰矿的混合物。

过渡层厚0.5~1 m。一般没有层状构造,主要含有板状矿的碎块、由隐钾锰矿胶结的豆状矿层。在比较低的地方和高地的边缘地区,过渡层由于发育有浅蓝色的结核状隐钾锰矿胶结物而变硬,这种硬化作用渐渐延伸到下伏的板状矿层中。这些壳层常常被流经高原的河流切割,形成峭壁,在山坡上形成巨大的漂砾。这些峭壁和漂砾是这种矿床位置的标志。

豆石层厚5~6 m,覆盖在板状层和过渡层之



上。这个层是由似球状的，直径在 2~10 mm 的豆石组成。豆石一般以矿石碎屑为核心，围绕这个核心三水铝矿、针铁矿和锂硬锰矿成同心层状沉积。豆石层是非工业矿层，含锰仅 15%。

砂质粘土层厚度为 0.1~0.5 m，表层的锰已经被淋滤掉，但仍然保存一些豆石矿。是工业矿石

开采之前的可生产矿层。该层在班冈比高原有 19 km²，奥古马高原有 12 km²。在弗朗斯维尔和奥孔贾等地也有分布，但储量小，品位低，其价值不大。

摘自《国外锰矿床及其地质找矿方法》

印度中央邦—马哈拉施特拉邦锰矿床

印度中央邦—马哈拉施特拉邦锰矿床为一长 200 km，宽平均 30 km 的弧形矿带，其中分布有 200 多个矿点，20 余个小矿床，含 Mn 平均 46%。

该区含锰岩系主要为前寒武纪索萨尔群，其片岩为冒地槽或地台（陆棚）型正石英-碳酸盐岩系，

主要组分为泥质-砂泥质-砂质-钙镁质碳酸盐岩。

该区锰矿层整合地产于 Mansar 组的底部、中部和顶部，层位对比见图 1。也有些氧化锰层和透镜体整合地产于下伏 Lohangi 组的钙-硅酸盐和大理岩内。

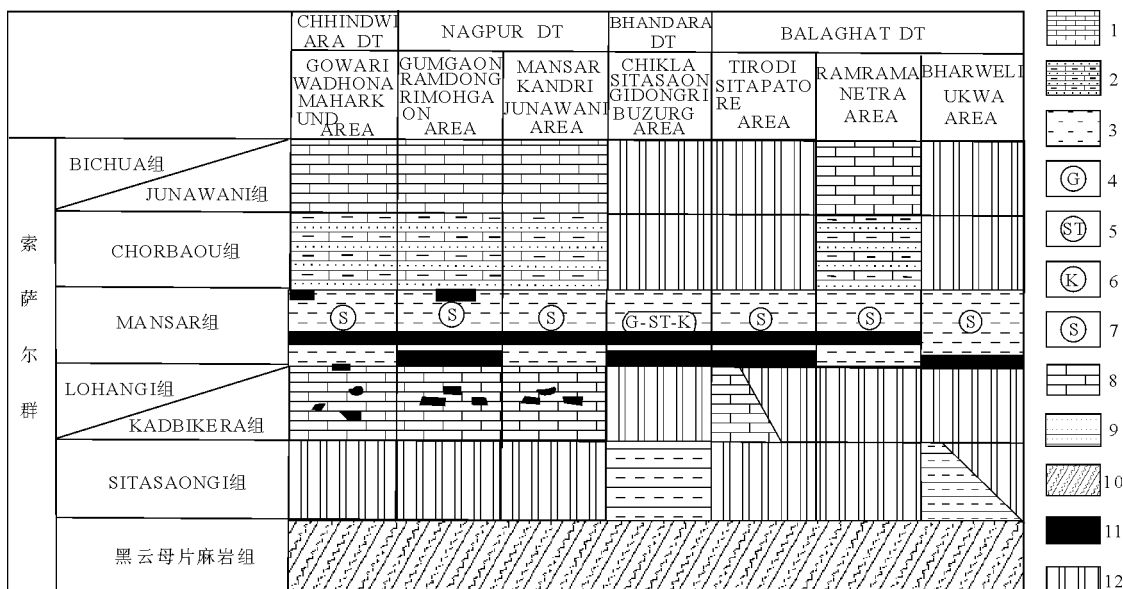


图 1 印度索萨尔群含锰层位对比示意图（厚度及横向延展未按比例表示；据 Varentsov, I. M., 1980）

1—Bichua 和 Junawani 组；2—Chorbaou 组；3—Mansar 组；4—绿片岩相；5—十字石-铁铝榴石亚相；6—蓝晶石-铁铝榴石亚相；7—夕线石-铁铝榴石-白云母亚相；8—Lohangi 和 KadbiKera 组；9—Sitasaongi 组；10—Tirodi 黑云母片麻岩组；11—锰矿；12—缺失

锰矿层常成独立的氧化矿层，氧化锰—硅酸盐（锰榴石英岩）与泥质、云母质变沉积物密切共生。矿石本身具原生沉积层理，或与石英岩成互层。

该区锰矿体及锰榴石英岩的矿物组合见表 1。该区有以下几个主要矿区。

1) 巴韦利矿（巴拉卡德区），位于中央邦巴拉卡德城东北，是印度最大锰矿床之一。矿层长达 5 km，厚 1~9 m。矿层中夹有碧玉石英岩及千枚岩夹层，矿层上覆岩石为绢云母千枚岩和片岩，下伏岩石为石英岩、粗砂岩及砾岩。主要含锰矿物有硬锰矿，也有一些锰钡矿。

2) 乌克兰矿区，位于巴伊哈尔高原上乌克兰

村附近。矿层长约 5.6 km，中部厚 3~3.5 m，向两端变薄到 0.9 m。主要矿物有硬锰矿及褐锰矿，有时有软锰矿。

3) 贾甘托拉和冈迪矿区，是乌克兰区的西延部分，矿层上覆为绢云母片岩，下伏为含千枚岩层的粗砂岩，内含碧玉质石英岩夹层。东部厚近 1 m，其他地方只有 0.15~0.2 m，长 1 800 m 左右。

4) 拉乌古尔矿区，矿层出露长度近 2.2 km，中段厚 1.5 m，向两端变薄，围岩及矿物成分类似于乌克兰区。

5) 卡杰利东格里矿区，该矿区虽也位于中央邦贾布阿区，但含锰岩系属前寒武纪阿拉瓦利岩



表 1 中央邦和马哈拉施特拉邦索萨尔群锰矿体和锰榴石英岩矿物组合

岩 相	矿 床	锰矿体中的金属矿物	铁榴石英岩中的矿物组合
绿片岩相	马哈拉施特拉邦 Dongri Bururg-Kumura	褐锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿, 水锰矿	锰铝石榴石-蔷薇辉石-石英; 锰铝石榴石-褐锰矿-石英; 蔷薇辉石-锰铁矿; 锰铝石榴石-褐锰矿-锰钒矿-石英
	中央邦巴瓦尔-乌克瓦区	褐锰矿, 方铁锰矿, 钒锰矿	
闪岩相	马哈拉施特拉邦 Chikla- Sitasaongi	褐锰矿, 方铁锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿	锰铝石榴石-褐锰矿-石英; 锰铝石榴石-蔷薇辉石-石英; 锰铝石榴石-褐锰矿-方铁锰矿-锰金云母-石英; 锰铝石榴石-蔷薇辉石-锰镁闪石-磷灰石-石英; 锰铝石榴石-蔷薇辉石-锰铁矿-黑锰矿-石英
	中央邦 Tirodi-Sitapatore	褐锰矿, 方铁锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿, 黑锰矿, 杂铁锰尖晶石	锰铝石榴石-蔷薇辉石-锰铁矿-锰镁闪石-磷灰石-石英; 锰铝石榴石-锰镁铁闪石-褐锰矿-磷灰石-石英; 蔷薇辉石-锰铁矿-石英; 褐锰矿-方铁锰矿-蓝透闪石-石英
	中央邦 Netra-Ramrama	褐锰矿, 方铁锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿, 黑锰矿, 杂铁锰尖晶石	锰铝石榴石-蔷薇辉石-石英-褐锰矿-锰钒矿; 锰铝石榴石-锰镁闪石-褐锰辉石-磷灰石-石英; 锰铝石榴石-蔷薇辉石-石英-锰铁矿
	中央邦 Gowari Wadhona	褐锰矿, 方铁锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿, 黑锰矿, 杂铁锰尖晶石	锰铝石榴石-蔷薇辉石-石英; 锰铝石榴石-褐锰矿-锰金云母磷灰石-石英; 锰透辉石-钠锰维辉石-方解石-磷辉石-锰千枚岩-红帘石-石英; 锰铝石榴石-蔷薇辉石-微斜辉石-石英

系,时代与索萨尔群不同。岩石以千枚岩、石英岩、锰榴石英岩组成。锰矿层长 1 000 m。主要含锰矿物为褐锰矿、方铁锰矿、隐钾锰矿、赤铁矿、软锰矿、黝锰矿及锰钒矿等。

索萨尔群内含锰层及锰榴石英岩代表盆地内浅部边缘部分同沉积含锰沉积物。矿体原来是以化学

沉积而堆积的,几乎全部都由较高价氧化物组成,含少量 SiO₂;变质前的锰榴石英岩由氧化锰、粘土和 SiO₂ 混合沉积物组成。后在变质作用阶段,随温度的增高,锰氧化物不断地被还原,并获取少量的 Fe, SiO₂ (表 2),生成褐锰矿-方铁锰矿-锰钒矿-黑锰矿-镁铁矿-杂铁锰尖晶石组合。

表 2 索萨尔群内各矿床的矿石组分

矿 床 (区)	矿 石 主 要 成 分/%				
	Mn	Fe	SiO ₂	P	Mn/Fe
巴拉卡德区巴韦利矿床	37.5~41.0	5.0~6.75	14.35~21.5	0.04~0.225	5.6~8.2
巴拉卡德区乌克瓦矿床	44~50			低	
巴拉卡德区 Tirodi	49.25~50.25		2.25~9.5	0.15~0.25	
贾甘托拉 Chikla	50.5~52		0.13~0.18	一级矿石	
	46.5~48		0.18~0.23	二级矿石	
	45		0.25	低品级矿石	
那格浦尔区曼索尔矿床	27.32~42.09	4.6~9.1	9.06~32.70	0.19~0.65	

摘自《世界黑色金属矿产资源》

墨西哥莫兰戈锰矿床

该矿床位于墨西哥伊达尔州东南部,面积约 50 km×25 km。总储量估计为 15 亿 t,平均含 Mn 25% 以上;已探明的碳酸锰储量为 3 000 万 t,含 Mn>27%。它是世界上规模仅次于南非卡拉哈里的第二大矿床。

该矿床为典型的海相沉积型矿床,成矿时代为晚侏罗世。

矿区由若干个矿床组成,最大的矿床位于特奇

恩特拉村。自 1968 年开始生产锰矿石,以碳酸锰矿石为主。表生氧化锰矿石虽数量少,却品位高,适于生产电池级活性锰矿石。高品位矿石均位于近地表 30 m 以上。

含 Mn 层位于塔曼组含 Mn 灰岩内,厚 30~50 m,平均 35 m。灰岩内含 Mn 5%~30%。矿层大部分为低品位矿石,底部含 Mn 量增高。

含矿层塔曼组可进一步划分为以下 2 部分: 1)



卜部圣地亚哥组，以薄层状黑色页岩为主；2) 上部奇科波组以碳酸盐岩为主。锰矿层则产于奇科波组的底部。矿层 1~9 m，一般含 Mn 27%。该组底部有一层 1 m 厚的微细纹层状黑色碳酸盐岩，内含有机碳 2%~3%，黄铁矿 0.5%~4%。锰矿层最厚的部分见于特奇恩特拉矿山，厚达 9 m，其下伏为含 Mn 低的厚约 1 m 碳酸盐岩（称 A 层），及圣地亚哥组顶部的壳质残留粗碎沉积岩。矿层上覆也是纹层状黑色碳酸盐岩，包括矿层在内，地层层位自下而上岩石中 Mn 含量逐渐降低。

矿石本身为微细纹层状黑色碳酸盐岩，具球粒状至内碎屑结构。主要矿物成分为菱锰矿及少量滑石-绿泥石组成。据电子探针分析结果证实菱锰矿是矿带内惟一的含 Mn 矿物。其平均组分为 Mn 0.66，Mg 0.15，Ca 0.11，Fe 0.08。由于 Mg 取代了 Mn，使其组分变化大，而 Ca，Fe 含量基本不变。矿带之上低品位碳酸锰由锰方解石组成，其平均组分为 Mn 0.18，Mg 0.03，Ca 0.74，Fe 0.03。

自矿层向上，距底层上 6~9 m 处为高黄铁岩石，为含化石层位，已被菱锰矿交代。粉砂层中部有燧石层位和含化石风暴富集层，总厚约 24 m，鲕状结构层视厚度约 30 m，其顶部亦存在块状鲕石层。

该区的锰矿石可概括为 2 种类型。

1) 同沉积碳酸盐矿石，化学沉积产物。主要含锰矿物为锰白云石、菱锰矿、锰方解石。脉石矿物有石英、黄铁矿、粘土、生物碳酸盐。矿石为细粒结构，具薄层状、浸染状构造，并为次生石英-方解石-菱锰矿脉切穿。矿石化学成分：Mn 27%，Fe 7.1%，SiO₂ 3.32%，S 1.8%。

2) 表生氧化锰矿石，规模小、分散，局部很富。其分布取决于有利的构造、地形及水系条件。含 Mn 矿物为结晶差的六方锰矿，少量软锰矿及拉锰矿。矿石化学成分：Mn 50%，Fe 5.8%，SiO₂ 2.9%，P₂O₅ 0.1%，S 0.05%。

该区非矿碳酸盐岩内也含 Mn 15%~20%。

梅纳德等人 (1990) 对莫兰戈矿床应用 X 衍射、电子探针、稳定同位素地球化学、C/S 值分析等手段进行了颇为详细的岩石学、矿物学、地球化学、古地理学的研究，其成果概括如下。

侏罗纪时该区的沉积环境为以断层为边界的沉积盆地，盆地内的地形有明显的起伏，岩屑及碳酸盐沉积物均来自周围的高地，据含矿层位塔曼组的岩相分析，说明当时是沉积在水深为 100~300 m 的有限盆地内斜坡相，水深大于风暴波浪的底部，也比其他显生宙海相沉积锰矿床的沉积深度大。

稳定同位素地球化学特征为碳同位素在矿带上表现为负偏移，矿带之下的圣地亚哥组 $\delta^{13}\text{C}$ 近于 0，为典型原生海相碳酸盐岩；矿带上菱锰矿 $\delta^{13}\text{C}$ 值为较大负值（-16‰），锰方解石为 $\delta^{13}\text{C} = -5\text{‰} \sim 0$ 。说明矿石中碳酸盐有一部分来自有机质的氧化作用，硫同位素在矿带上也表现异常。矿层上下之黄铁矿 $\delta^{34}\text{S} = -30\text{‰}$ ，矿带内 $\delta^{34}\text{S}$ 为 8‰，据认为是封闭体系内硫酸盐还原作用所致。另据 S/C 值等资料，认为在矿石沉积之前盆地已为静海条件，矿石沉积及其后阶段，盆地为亚氧化条件。此外，缺乏深海底栖生物及生物扰动作用，存在有变化小的短暂生物种属组合也说明是类似条件（亚氧化条件）。

根据上述种种证据，推断出当时的古地理环境。锰矿化沿斜坡相在走向上连续分布，锰矿石是当海水位上升时期，从静海黑色页岩相—亚氧化的页岩—灰岩岩系的过渡带上突然出现的，与其他锰矿床沉积条件不同点在于当时沉积深度较大，未见大量波浪活动的证据，而且有机碳质保存好，残积的 C_{有机} 为 0.5%~1.0%，因此在早期成岩阶段，通过与有机质的反应，所有氧化锰已变成碳酸锰，另外一点是认为在侏罗纪海侵阶段，因海平面增高，沉积盆地与周围盆地逐渐增加了沟通，水深超过“海槛”的高度，也能使之与外部锰质来源沟通，改善了盆地深水部分的通气条件，结果是导致溶解锰数量减少，形成锰矿层。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

瑞典朗班锰矿床

瑞典朗班锰矿床位于瑞典中部韦姆兰省。为产于斑岩建造内的火山沉积型矿床。百余年来该矿床以富含稀有矿物和复杂的晚期脉状矿物组合而闻名。

该矿床的含 Mn 岩系为前寒武纪（中元古代斯

维科芬尼亚）长英变粒岩建造。主要岩性为酸性火山岩，偏碱性凝灰岩（石英角斑岩型）—偏钾质（流纹岩质）凝灰岩。按粒度又进一步划分为长英质片麻岩（大于 0.5 mm），长英质变粒岩（0.3~0.5 mm）及长英质角岩（小于 0.03 mm）。



含矿围岩目下而上分为以下几组。

1) 上地壳岩石, 长英质变粒岩, 细碧岩和白云质大理岩;

2) 较老的花岗岩和绿岩 (Horrjsjo 花岗岩);

3) 较年轻的花岗岩和绿岩 (Filipstad Jarna Hyttsjo 花岗岩) 和辉绿岩岩墙。

该矿床的矿石由铁矿石和锰矿石组成, 这 2 种矿石在化学成分上彼此分开, 但空间上往往密切共生。矿石产于白云质灰岩、白云岩内。铁矿石主要由赤铁矿组成 (70% ~ 80%), 在赤铁矿边缘也产有磁铁矿, 一般具块状构造。锰矿石主要由黑锰矿, 部分由褐锰矿组成。黑锰矿石往往富含碳酸盐和硅酸盐类矿物, 具条带状构造; 褐锰矿矿石具块

状构造。

由于后期热液变质作用的影响 (650 °C), 生成了夕卡岩矿物、后期交代、热液矿物, 因此该矿床的矿物组分极为复杂, 包括不同价态的不同金属 Mn^{2+} , Mn^{3+} 以及 Sb^{5+} , As^{3+} , Pb^{2+} , Ba^{2+} , Be^{2+} 等的矿物组合 (表 1)。该矿床的 Mn/Fe 值为 13。

有关该矿床矿石的铀、钍同位素丰度及其比值的研究, 提出为喷气—沉积成因的观点。

韦姆兰省同类型的锰矿床还有哈尔斯蒂根 (Harstigen), 帕集斯伯格 (Pajsberg), 斯霍 (Sjo) 雅各布斯伯格 (Jakobsberg), 伯拉特弗斯 (Brattfors) 等矿床。

表 1 瑞典朗班型锰矿床的矿物组合

矿物名称	成分	共生次序		备注
羟锰矿	$Mn(OH)_2$	B, L, S, P, H, J	IV	开放裂隙内
六方水锰矿	$\beta MnOOH$	L, B, S, P, H, J	IV	羟锰矿氧化产物
水锰矿	$\gamma MnOOH$	L, H, S	IV	偶见
方锰矿	MnO	B, L	I	常见 (B 矿体)
黑锰矿	Mn_3O_4	L, B, J, H, P, S	I, II, III, IV	主要锰矿石
α 杂铁锰尖晶石	$(Mn, Fe)_3O_4$	L	II	
红钛锰矿	$MnTiO_3$	L, J, H	III	产于 Sköl 岩石内
方铁锰矿	$(Mn, Fe)_2O_3$	L, U	II	变质产物
褐锰矿	$3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$	L, S, H, P, B, S, N	I, II	主要锰矿石
黑镁铁锰矿	$MnFe_2O_4$	J, L, N	I	常见 (J 矿体)
锌铁尖晶石	$(Zn, Fe)(Fe, Al, Mn, Ti)_2O_4$	L	II	
锰尖晶石	$MnAl_2O_3$	B	II	非常少见
锰铜矿	$CuMn_2O_4$	L	IV	偶见
羟锰铅矿	$Pb(OH)MnO_2$	L	IV	偶见
羟锡锰矿	$MnSn(OH)_6$	L	IV	
黑锡锰矿	Mn_2SbFeO_6	S	II	非常少见
锡砷锰矿	Mn_7SbAsO_{12}	B	II	非常少见
黑硅铝锑锰矿	$Mn_{13}Al_4Sb_2Si_2O_{28}$	B, S, L	II	
硅砷锑锰矿	$Mn_5Sb(Si, As)_2O_{10}$	L	III	
硅锑锰矿	$Mn_4Mn_9SbSi_2O_{24}$	L, S	II	
钒锰铅矿	$PbMn(OH)[VO_4]$	L	IV	非常少见
锰黄砷榴石	$(Ca, Na)_3(Mn, Mg)_2[AsO_4]_3$	L, S	II, III	常见
砷锰钙矿	$(Ca, Na, Pb)_2(Mn, Mg)_3[AsO_4]_3$	L, S	II	
红砷锰矿	$Mn_2(OH)[AsO_4]$	L, H, B, S	II, III	
羟砷锰矿	$Mn_2(OH)[AsO_4]$	L	IV	非常少见
羟砷锰石	$Mn_5(OH)[AsO_4]$	L, B, S, H	IV	
砷锰钙石	$Ca_2Mn(H_2O)[AsO_4]_2$	H, L	IV	
球砷锰石	$Mn_4Mg(OH)_4(H_2O)_2[AsO_4]_2$	L	IV	非常少见
褐砷锰矿	$MnMn_2(OH)_4[AsO_4]$	H	IV	非常少见
羟砷锰石	$\gamma Mn_2(OH)_4[AsO_4]$	B	IV	非常少见
锰砷镁石	$Mn_3(H_2O)_8[AsO_4]_2$	L	IV	偶见
氯砷锰石	$Mn_5(AsO_3)_3(Cl, OH)$	L, B	III, IV	
砷锰铅矿	$Pb_3Mn[AsO_3]_2$	L	IV	
砷锰矿	$Mn_3[AsO_3]_2$	L	IV	非常少见
羟砷锰石	$Mn_9(OH)_9[AsO_4]_2[AsO_3]$	B, L	IV	
黑硅砷锰矿	$Mn_6(OH)_2SiO_4[AsO_3]_2$	L	III	
红砷铝锰石	$Mn_4Al(OH)_2[AsO_4][AsO_3]_2$	B, L	IV	
硼镁锰矿	$(Mg, Mn)_2MnO_2[OB_3]$	L	III	不常见



续表

矿物名称	成分	共生次序		备注
水锰辉石	水化锰硅酸盐	L, H, J, P, S	IV	夕卡岩内少量
蜡硅锰矿	$Mn_{14}(OH)_{14}[Si_2O_5]_7$	L	III, VI	
淡硅锰石	$Mn_7[SiO_4][SiO_4(OH)_2]$	P	III	
硅锰石	$Mn_7(OH)_2[SiO_4]_3$	B	III	
钡锰叶闪石	$Ba_2MnFeO(OH)[Si_2O_7]$	L	II	
辉叶石	$NaMn_3(OH)_4[(Si, Al)_4O_{10}]$	H, S	III	
红硅钙锰矿	$Ca_2Mn_7(OH)_2(H_2O)_6$	L, H, J, S	III, VI	
钠透闪石	$(Na, Ca)Ca_2(Mg, Mn)_5$	L, H, P, J, S	II, III	
斜硅锰石	$Mn_9(OH)_2[SiO_4]_4$	L, B	II, III	
锰绿帘石	$Ca_2(Al, Mn)Al_2O(OH)$	J, S, L, U	III	
锰铝榴石	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	I, H, J, Sl, S, P, B, U	II, III	
蔷薇辉石	$MnSiO_3$	L, H, S, Sl, P, J, B	II, III	
钙蔷薇辉石	$(Ca, Mn)_2[Si_2O_6]$	L, H, S	II	
锰橄榄石	Mn_2SiO_4	L, H, S, J, P, B	II, III	
锰透辉石	$Ca(Mn, Mg, Fe)[Si_2O_6]$	L, H, J, S, P	II, III	
硅钨锰矿	$MnMn_3O_3[SiO_4]$	L	III	
硅铅锰矿	$Pb_2(MnO_2)Si_2O_7$	L, P, H, J	II	
硅锰铅矿	$Pb_4Mn[Si_2O_7]$	L, H, P, J	III	
针硅钙铅石	$Pb(Ca, Mn)_2[Si_3O_9]$	L	III	
硅铍钙锰石	$CaMn_2[BeSiO_4]_3$	L, J, H	III	偶见
硅铍锰钙石	$MnCa_6(Be_2OOH)_2[Si_3O_{10}]_2$	H	IV	

资料来源: S. Roy, 1982; 位置: L—朗班, B—伯拉特弗斯, H—哈尔斯蒂根, Sl—斯洛达陶波 (Slöjdartorp), P—帕集斯伯格, U—乌尔特维斯 (Ultevis), S—斯霍, J—雅各布斯伯格; 共行顺序: I—变沉积矿石和早期夕卡岩, II—主要一期夕卡岩形成, III—Sköl 岩石形成, IV—低温裂隙或热液矿物形成

摘自《世界黑色金属矿产资源》

保加利亚波扎雷诺锰矿床

波扎雷诺锰矿床位于保加利亚索非亚州, 为火山沉积型锰矿床, 成矿时代为白垩纪, 矿石平均品位 29.89%。

含 Mn 层由安山岩、安山质角砾岩、泥岩、锰矿石组成, 矿床呈小透镜体产于一定层位, 延长

150 m, 厚 1.5~5 m。主要含 Mn 矿物有软锰矿、硬锰矿、褐锰矿、隐钾锰矿。富矿石含 Mn 17%~48%, Fe 0.3%~9.6%; 铁-锰矿石 Mn 30%, Fe 24%, 含 P 0.02%~0.06%。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

日本野田玉川锰矿床

日本野田玉川锰矿床位于北上山地的岩手县, 为火山沉积型产于碧玉岩建造内的锰矿床。

含 Mn 岩系为早白垩世的玄武岩-玄武质火山岩 (称为辉绿凝灰岩层) 夹板岩、硬砂岩、燧石, 但受晚白垩世的花岗闪长岩、橄榄岩、蛇纹岩侵入影响, 发生热变质作用。

锰矿层呈透镜体产出, 与包围它的厚层燧石呈整合产出, 或呈互层状, 具同期褶皱。该矿床共有 3 个矿体, 最大的矿体长 1 200 m, 倾向延伸 600 m。

锰矿石一般品位中等, 含 Mn 33%~35%, 锰矿物组合具有明显的分带现象。自矿体内部向外锰

含量降低, Si 增多。矿体中心为羟锰矿、方锰矿、黑锰矿, 向外变为锰橄榄石→蔷薇辉石→燧石。此外, 该矿床有 40 多种含 Mn 矿物在各带中具有各种伴生关系。推测其变质条件为 1 000 K, 5×10^8 Pa。

北上山地全区有许多与野田玉川锰矿相似的矿床, 总计锰矿床 96 个, 含 Mn, Fe 矿床 32 个, 沿 NE 方向呈宽 4~15 km 条带状分布。代表性矿床还有加苏 (栃木县), 严木 (佐贺县), 属于足尾山地和丹波高地。其矿床特征基本类似, 只是足尾山地的含 Mn 层位共有 4 个。

这些矿床的矿物组合见表 1。



表 1 日本产于碧玉岩建造内锰矿床的矿物组合

矿床类型	矿床名称	矿物组合
未变质矿床	足尾山地栃木县 Manako 矿床	菱锰矿、黑锰矿、方锰矿 蜡硅锰矿、褐锰矿
	足尾山地栃木县加苏矿床	菱锰矿、蔷薇辉石、三斜辉石 锰橄榄石、含锰铁橄榄石、锰铝石榴石、锰铁闪石、羟硅锰石、斜硅锰石、胶硅锰矿、硫 锰矿、锰尖晶石、褐锰矿、黑镁铁锰矿、方锰矿、羟锰矿、钙锰矿、红钛锰矿、水羟镍矿、 羟硼锰石,以上为较重要的锰矿物,总计为 40 种
接触变质矿床	北上山地岩手县野田玉川矿床	羟锰矿、黑锰矿、硫锰矿 六方水锰矿、方锰矿、褐锰矿、黑镁铁锰矿、杂铁锰尖晶石、红钛锰矿、菱锰矿、锰方解 石、蔷薇辉石、三斜锰辉石、钙蔷薇辉石、锰橄榄石、锰铝石榴石、锰尖晶石、羟硅锰石、 蜡硅锰矿、水锰辉石、红硅锰矿、胶硅锰矿、硅钛锰钡石、锰铁闪石、锰硬绿泥石及一些 不含锰的硅酸盐、磁铁矿、赤铁矿、重晶石、Fe,Cu,As,Co,Pb,Ni,Mo 硫化物,热 变质矿体内有晶质铀矿、角岩、夕卡岩、热液脉矿物表生的软锰矿、硬锰矿、拉锰矿
	足尾山地 栃木县 Kanoiri,Yok- oneyama 矿床	锰铝石榴石、蔷薇辉石、钙蔷薇辉石、锰橄榄石、三斜锰辉石、锰-钙辉石、锰闪石、磁黄 铁矿、镍黄铁矿,其他硫化物少量出现
	山梨县 Tomisato,Kusana 矿床	褐锰矿、黑锰矿、蔷薇辉石、锰橄榄石
区域变质矿床	佐贺县严木 Saga 矿床	菱锰矿、锰铝石榴石、蔷薇辉石、锰橄榄石、黑镁铁锰矿、锰尖晶石

摘自《世界黑色金属矿产资源》

智利科金博省锰矿床

智利科金博省锰矿床为火山沉积型锰矿床，矿床产于一个近 SN 向盆地内，盆地长 30 km，宽 15 km，含 Mn 岩系为早白垩世阿尔布阶和阿普第阶（K₁）。含 Mn 层有 2 个：下部为 Argueros，上部为昆·马克萨组（Q·Marquesn）。

下部含 Mn 层由斑状安山岩流、含 Fe 燧石、砂岩及灰岩组成，为海相岩层。顶部有 3 层氧化锰矿石，矿层厚数 cm 至 2.1 m。矿石矿物为褐铁矿、水锰矿和硬锰矿。含 Cu 1%~3%。

上部含 Mn 层由灰岩及石英岩组成，与安山斑岩密切共生，中部有 2 层薄层状氧化锰矿石。矿石矿物以锰矿、水锰矿为主，次为软锰矿。

昆·马克萨组岩性依次如下：

- 5) 安山岩、火山碎屑岩、陆相
- 大量锰矿石透镜体
- 燧石、火山碎屑岩
- 安山岩
- 50~300 m
- 12~15 m
- 50~100 m

- 4) 砂岩、灰岩、含化石
- 3) 安山岩
- 2) 砂岩、钙质燧石
- 1) 安山岩
- 105 m
- 150 m
- 150 m
- 330 m

整个含 Mn 岩系中，海相灰岩占 65%，其次为火山碎屑岩，夹火山岩。锰矿层在走向上不连续，长 13 km。共有矿层 2~4 个，层厚 0.4~1.2 m，以褐锰矿、硬锰矿为主。矿石含 Mn 36%，高品位矿石含 Mn 50%。

主要锰矿床自北而南：Romero，LaLiga，Arayan，Corral Quemado 和 Fragua。

Arqueros 组含 Mn 岩系分布范围 5.5 km×1.5 km，主要岩性为砂岩、砾岩，夹少量火山岩。锰矿层厚 0.95~1.25 m。锰矿物为软锰矿、硬锰矿、黑锰矿和褐锰矿。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

越南高平省河朗锰矿床

越南高平省河朗锰矿床属晚泥盆世浅海沉积矿床，含矿地层分布在托塔—凭卡向斜的西北端，锰矿层赋存在弗拉斯阶—法门阶的托塔组含 Mn 硅质岩（5~20 cm）与灰岩层间，层位与中国广西下雷锰矿层上泥盆统五指山组、榴江组相当，是越东北

地区沉积锰矿层的主要含矿层位。该区在历史上是重要的锰矿产区，二战期间年产量为 1.6×10⁴ t，全部出口至日本。该区在 1958 和 1971 年由前苏联协助进行过再评估。识别出 3 个主要矿床——托塔（Toc Tac），隆伦（Lung Luong）和凭居（Bang



Cu) 矿床。其中托塔矿床是最重要的。

托塔矿床位于茶灵县广忠村，含锰灰岩、钙质粉砂岩厚约 500 m，锰矿层厚 0.2~2.0 m。矿石由硬锰矿、软锰矿、水锰矿、褐锰矿和黑锰矿组成，还有少量蔷薇辉石和菱锰矿，矿石具条带状构

造。原生锰矿含 Mn 23.69%，Fe 3.99%，P 0.179%，SiO₂ 24.52%；Mn/Fe 值为 5.93。风化富矿品位为 38%~40%。矿床含有 100×10⁴t 矿石储量，提供国内制造电池。

摘自《世界矿情》·亚洲卷

西班牙韦尔瓦省锰矿床

西班牙韦尔瓦省锰矿床位于伊比利亚岛西南部黄铁矿带上，锰矿化与硫化物矿化、海底火山作用有关。

含 Mn 岩系为酸性、基性火山岩，主要岩性为细碧岩熔岩，少量凝灰岩；石英角斑岩，英安岩和火山碎屑岩。

层状黄铁矿床和同期或稍晚期的锰矿床主要与酸性火山岩喷发有关。锰矿石与凝灰质页岩、碧玉共生，比黄铁矿石分布更广。

除西班牙韦尔瓦省外，在葡萄牙卢萨尔也有分布。

卢萨尔锰矿床的含 Mn 岩系由硅质页岩，放射

虫燧石、紫红色层凝灰岩，含 Mn 碧玉透镜体等组成。矿石由菱锰矿、蔷薇辉石组成，含少量锰铝榴石，矿石具有沉积结构。

韦尔瓦省的 La Zarza 锰矿区的含 Mn 岩系直接覆于黄铁矿之上，或部分地交代黄铁矿相。锰矿石与富铁红色碧玉透镜体共生，产于层状凝灰质页岩内，薄层杏仁状细碧岩覆于凝灰质页岩之上。

韦尔瓦省的 Tharsis 锰矿区的锰矿层与红色燧石-凝灰质页岩共生。该区有 2 期连续的海相酸性喷出岩伴随有黄铁矿及锰矿化，而第三期陆相喷发岩内不含矿。

摘自《世界黑色金属矿产资源》

斐济维蒂岛锰矿床

矿床位于维蒂岛西南部，矿床成群分布（图 1）。矿床为火山沉积型，含 Mn 岩系为绿岩建造，岩性为玄武岩、安山岩、流纹岩、英安岩、石英角砾岩、粗面岩，其次为灰岩。成矿时代为中始新世—中中新世。

该国于 1949 年始开采锰矿。

低品位矿石，含 Mn 4.5%~7%，产于半泥质沉积物内；高品位矿石含 Mn 50%~55%，产于角砾带内，呈脉状，最高品位可达 58%。

氧化锰矿石由软锰矿、硬锰矿、褐锰矿等组成；少量锰矿物还有隐钾锰矿、锰钡矿、斜方水锰矿、锂硬锰矿等。

矿石中 SiO₂，Fe₂O₃ 含量低，而 Ba，Cu，Zn 含量变化大。矿石中还含有少量硫化物、重晶石、含钡锰矿物。

斐济岛上的锰矿床是海底热泉活动的产物，其构造背景为小型弧间盆地。有的矿体形成于枕状玄武岩-半泥质沉积物的接触带上；有的完全产于半泥质沉积物内。前者含贱金属较高，及少量硫化物矿化。该矿床除同生成因外，尚叠加了热液活动的产物。

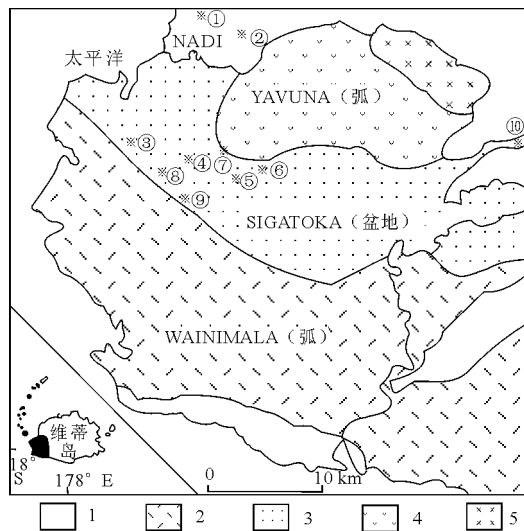


图 1 维蒂岛西南部地质略图及锰矿床分布（据 Colley H, 1987）

1—中—上新世盖层、较老岩层小构造窗；2—Wainimala 弧岩系；3—Sigatoka 盆地，主要为 Sigatoka 沉积岩系；4—Yavuna 弧岩系；5—Yavuna 岩株；矿床名称：①—Votualevu，②—Sivia Creek，③—Koroisa，④—Nabu，⑤—Vunamoli No2 and Vunamoli No4，⑥—Vunamoli No 1 and Vunamoli No 3，⑦—Olo，⑧—Koroviko，⑨—Natabuquto，⑩—Nasauco

摘自《世界黑色金属矿产资源》



俄罗斯乌拉尔山南部 South Faizuly 锰矿床的地质学、岩石学特征及矿床形成条件

South Faizuly 锰矿床赋存于马格尼托哥尔斯克 (Magnitogorsk) 古火山岩带中的燧石质岩石中, 对矿石和硅质围岩 (碧玉岩、燧石质粉砂岩) 进行了地质学、矿物学和地球化学特征研究。矿床形成分为 4 个连续的过程: 1) 中泥盆世含矿沉积物的沉淀和成岩作用; 2) 中泥盆世—早石炭世含 Mn 岩系发生沉积变质; 3) 中石炭世—二叠纪在

火山沉积岩的构造变形过程中发生热液交代脉状成矿; 4) 中生代—第四纪时矿床受到表生蚀变和部

分剥蚀作用。建立了在热液两端含 Mn 岩石的成矿模型。
王美娟译自 *Lithology and Mineral Resources*, 2005, 40 (1), 朝银银校

俄罗斯乌拉尔山南部 South Faizuly 锰矿床矿石矿物学特征和变形条件

对乌拉尔山南部的 South Faizuly 热水沉积锰矿床中的锰矿石进行了矿物学研究, 共鉴定出 32 种矿物。其中石英、黑锰矿、菱锰矿、锰橄榄石、三斜锰辉石和肾硅锰矿为主要矿物, 方解石、镁菱锰矿、羟硅锰石、锰铝榴石、蔷薇辉石、斜绿泥石和红硅锰矿为次要矿物。这种矿物组合是矿石在中泥盆统一石炭统岩石底部沉淀过程中形成的。变质作用的最高参数为 $T \approx 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P \approx 2.5 \times 10^5\text{ Pa}$ 。矿物与矿物组合之间的这种关系使得重建随温度压力的升高矿石间的转换模型成为可能。Mn 最初以氧化物、凝胶状 Mn-Si 相的形式存在。菱

锰矿和硅锰矿形成于成岩作用阶段。随着温度压力的进一步增长, 硅锰矿被后来的肾硅锰矿、锰橄榄石、三斜锰辉石以及其他的硅酸盐晶体所交代。除了 P , T 条件之外, 影响变质矿物组合的因素还有矿石的 $\text{Mn}/(\text{Mn}+\text{Si})$ 值和气孔溶液的 X_{CO_2} 值, 其中气孔溶液的 X_{CO_2} 值由含矿岩石中有机物的多少决定, 在中石炭世和二叠纪构造变形过程中热液分离产物 Mn, Si 和 CO_2 等形成了矿化细脉。

王美娟译自 *Geology of Ore Deposits*, 2006, 48 (3), 朝银银校

前苏联鄂霍次克海 Deryugin 盆地沉积于全新统中的碳酸盐类锰矿物

对 Deryugin 断陷盆地轴部沉积核中的原生碳酸盐进行了多种方法的矿物学与化学成分的测定, 碳酸盐类锰矿物 (菱锰矿、菱锰矿) 及其伴生的含锰方解石、含锰黄铁矿及绿脱石首次在鄂霍次克海中被发现。在全新世硅藻土软泥中的碳酸盐类锰

矿物可能是由于氢氧化锰、有机质和生物硅向成岩过程转化而成, 这些在内生流体沿沙床间歇流动形成的浊流岩中可以发现。

王美娟译自 *Oceanology*, 2006, 46 (5), 朝银银校

波兰 Tatra 山 Křížna 地体中托阿尔阶碳酸锰/硅酸锰矿床的起源

Tatra 山西部 Křížna 地体中的含锰序列位于下托阿尔阶的浅水沉积岩和中托阿尔阶—阿连阶远洋红色鲕粒石灰岩中。含锰序列构成了厚 2 m, 长数百米的透镜体。它可以分为各具特色的几个相: Fe 富集层 (厚约 15 cm); 碧玉层 (厚可达 0.5 m); X 射线非晶形氧化锰层 (厚 10 cm), 页岩层 (厚约 5.10 m) 和富锰层 (厚可达 1.1 m)。富锰

层中的矿物如褐锰矿、肾硅锰矿、含锰方解石和菱锰矿分布于 2 个不同的带即以碳酸盐为主和以硅酸盐为主的带中。矿床最重要的特征是锰含量高 (MnO 的百分含量可达 62.8%), 过渡元素含量低 [$(\text{Co} + \text{Ni} + \text{Cu}) < 0.01\text{ wt.}\%$] 以及高 Ba (达 $4\ 500 \times 10^{-6}$)。矿物学和地球化学特征以及特殊的微生物构造和生物组合显示 Mn 的来源主要为浅海



喷流作用。锰矿化受同沉积构造的控制，外延的断层作为地质流体运移的通道。含锰序列的这种相变化可以用底部水的化学成分和流体温度的变化来解释。现存的含锰序列的矿物成分主要是成岩作用的

结果。

王美娟译自 *Chemical Geology* , 2005, 224 (1—3), 朝银银校

土耳其色雷斯盆地古地中海边缘区浅的次级盆地中 渐新世锰矿床的沉积与成岩

色雷斯盆地的北部与古地中海边缘区断续相连，是始新世微晶灰岩含量高的碳酸盐、渐新世早期的豆状和粗粒贝壳状碎片及晚第三纪碎屑状的沉积物沉积的地方。在 Binkilic 矿床碳酸盐相向碎屑岩相转换的地方，具有成层的薄层不连续的锰矿石（以氧化矿物为主，碳酸盐矿物为辅），呈浸染状、豆状/鲕粒状、凝块状和块状形式。主要矿物为软锰矿、水锰矿、隐钾锰矿、菱锰矿和镁菱锰矿。在光片中，锰的碳酸盐呈一轴海绵状针状体，可见其被氧化锰替代，这就说明游离态锰在成岩过程中从

方解石中向碳酸锰转移，最终进入到氧化锰中。在整个成矿过程中，稀土元素显示出明显的 Eu 正异常和微弱的 Ce 负异常。碳同位素的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为 $-5\text{‰} \sim -7\text{‰}$ ，与现代淡水值相近。矿体形成于海退过程中，在盆地边缘靠近港湾处沉淀，事实证明成矿流体主要为在盆地从古地中海分离出来时，Stranjha 块体附近的含锰岩石析出的地下水。

王美娟译自 *Ore Geology Reviews* , 1995, 10 (2), 朝银银校

对乌拉尔山脉锰矿床的预测

据已有资料 and 我们的长期研究，提出了为乌拉尔冶金工业 [在原苏联解体后，失去了原料支持（乌克兰锰矿和乔治亚锰矿）] 提供含锰原料最合理的方式。在乌拉尔山脉有望发现 2 种类型的锰矿床：1) 硅酸率 (MSi, 即 $\text{MnO} : \text{SiO}_2$) 范围为 1 ~ 2, 含锰量达到 17% ~ 20% 的低变质硅酸岩和碳酸盐矿石。最有希望的地区是乌拉尔山脉（北部和极地地区）和 Pai-Khoi 地区具有不同的地质年龄的碳酸盐岩；2) 氧化物，主要是软锰矿-硬锰矿矿

石，锰含量达 30% ~ 35%，赋存于中生代—新生代锰帽中，该铁帽赋存于古生代含锰（火山硅酸盐-碳酸硅酸盐）岩石和无经济价值矿床或小矿体中。乌拉尔山南部的晚白垩世和早第三纪准平原 (Trans-Uralian 和 Zilair 地区) 是区内最有成矿潜力的地区。加强锰矿冶炼技术的改进很有必要。

朝银银译自 *Lithology and Mineral Resources* , 2001, 36 (1), 王美娟校

乌兹别克斯坦 Kyzyl Kum 中部地区 Bukantau 矿区的无过滤矿化作用

Kyzyl Kum 中部地区锰和宝石（绿宝石和美蛋白石）矿床形成于沉积盖层发展期。沉积平衡作用下在覆盖内形成侵入的含金属元素流体。本区的构造活化使得沉积覆盖形成了侵蚀窗，上升的粘土溶液（其中含游离态 H_2S ）也在侵蚀窗内得到释放。近地表地区存在对 Mn 富集、宝石形成及其相关成分有利的地球化学障。在横剖面上可以看出，

同一成矿流体在遇到不同的地球化学障同时生成不同类型的矿化。区内构造从 SE 到 NW 活化迁移，使刚刚就位的锰矿床和宝石矿床也从相同方向发生剥蚀。现在，只有最年轻的矿床在 Kyzyl Kum 中部以北地区得到了完好保存。

朝银银译自 *Lithology and Mineral Resources* , 2005, 40 (5), 王美娟校

南非 Postmasburg 锰矿区锰矿床的地质学和矿石成因

Postmasburg 锰-铁矿仅出现在含白云石的前寒武纪以硅酸角砾岩和页岩为主的灰岩构造中。从

硬锰矿-锰土族分离出的次生蚀变产物中主要的锰矿物为褐锰矿和方铁锰矿。可见不同成矿时代的矿



物。矿化作用可分为 3 个不同的成因类型，他们可以分为纯的喀斯特型矿床和具有喀斯特成因的复合建造，由条带状铁建造侵入形成的浅海相沉积层。沉积后的变质较弱，本文对不同矿石类型的演化过

程做了简要阐述。

朝银银译自 *Mineralium Deposita*, 1995, 30 (3-4), 王美娟校

伊朗西北部 Hashtrood 西南的 Idahlu 和 Jokandy 地区的锰矿化的研究

本文研究的主要目的是确定 Hashtrood 市周围，尤其是 Idahlu 和 Jokandy 地区的锰矿化的成因。该地区锰矿化分布范围广泛。其成因主要是由于热泉活动在地表的沉积。矿化类型主要为块状和脉状矿化。由于研究区存在热泉及其流动痕迹，可以推断锰和铁在热泉中发生预富集，在热泉活动到

地表或者流入岩石裂隙或断层中，并发生锰矿化。主要的锰矿物是软锰矿和硬锰矿，伴生有石膏、石灰华、重晶石和碧玉。

朝银银译自 *BHM Berg — und Hüttenmännische Monatshefte*, 2007, 152 (8), 王美娟校

海洋生物沉积带中的锰矿形成特征及其地球化学特征

在对锰-铁结核的表面层 ($<2\text{ mm}$) 和 4 个微型结核的表面 ($0\sim7\text{ cm}$) 的研究基础上，研究了太平洋赤道北部沉积物中的自生锰矿形成的过程。显示出结核组成的多相性。来自水与沉积物分界面的结核横向剖面的样品的 Mn/Fe 值最高。不同结核的成分差异与铁的氢氧化合物 (P , Sr , Pb , U , Bi , Th , Y 和 REE)，锰的氢氧化物 (Co , Ni , Cu , Zn , Cd , Mo , Tl , W) 最先进入的微量元素以及结核生成过程中捕获的造岩成分 (Ga , Rb , Ba , 和 Cs) 有关。由 Mn/Fe 值区分出的结核上下的稀土元素，铈含量最高。微型锰结核与结核表层的成分

对比表明，微型锰结核在沉积成岩过程中经历了强烈的活化改造。微型结核以 Mn/Fe 和 P/Fe 值高， Ni/Cu 和 Co/Ni 低为特点。成岩过程中，微型结核和结核中的 Ce 和 Th (最小移动元素) 的含量相同。微型结核和结核中的化学成分的不同不仅与在成岩作用过程中其他 Mn 源的进入有关，而且与在沉积期悬浮物质中把 Mn 从最近的 Fe 中置换出来后的铁的氢氧化合物的转化有关。

朝银银译自 *Lithology and Mineral Resources*, 2006, 41 (1), 王美娟校

The Vani manganese deposit, Milos island, Greece: A fossil stratabound Mn-Ba-Pb-Zn-As-Sb-W-rich hydrothermal deposit

The Vani manganese deposit is a fossil stratabound hydrothermal deposit formed by the penetration of hydrothermal fluids through a lithified pyroclastic tuff. Two types of deposit have been recognized: "high-temperature" hydrothermal Mn deposits formed initially when the hydrothermal fluids penetrated faults and fissures within the volcanoclastic sandstone and bedded hydrothermal Mn deposits formed subsequently as the cooling hydrothermal fluids migrated along the bedding planes of the volcanoclastic sandstone. Both are late-stage, low-temperature deposits. Mineralogical analysis showed that the principal manganese

minerals present are (in decreasing order of abundance) cryptomelane, pyrolusite, hollandite, ramsdellite, coronadite and romancheite with jacobsonite, franklinite and hydrohetaerolite present in minor amounts. On average, the "high-temperature" hydrothermal Mn deposits appear to be marginally enriched in pyrolusite, ramsdellite and perhaps coronadite and jacobsonite and depleted in haematite compared to the bedded hydrothermal Mn deposits but these variations are not statistically significant. Variations in the abundances of minerals between individual samples are much greater with pyrolusite, cryptomelane and hollandite var-



ying between low and very abundant and ramsdelite, coronadite, romanechite and barite between absent and very abundant. However, no systematic patterns in the relative abundances of the various minerals could be observed. The compositional data also showed wide variations in element concentrations between samples. On average the “high-temperature” deposits are significantly enriched in Mn and the bedded deposits in Na, K, Mg, Ca, Al, Ti, Fe, Zn, Zr, Nb, Ce, Hf and Th. This reflects the fact that the “high-temperature” deposits formed first when the Mn concentration in the hydrothermal fluids was higher. The bedded deposits formed subsequently and are characterized by higher concentrations of lithogenous elements derived from the associated volcanoclastic sandstone. However, no well-defined patterns of association between the ore-forming elements could be observed in the samples. Nonetheless, these data demon-

strate that the Vani manganese deposit is a Mn-Ba-Pb-Zn-As-Sb-W-rich hydrothermal deposit which is similar in mineralogy and composition to the epithermal vein deposits of the southwestern United States. Based on a comparison with the JADE submarine hydrothermal field in the Okinawa Trough, it is suggested that Pb, Zn, As and Sb may have been leached as chloro complexes from felsic rocks of the Aegean intracontinental Arc by deeply penetrating chloride-rich hydrothermal fluids during the formation of the Vani manganese deposit, although a magmatic contribution is possible. The high positive Eu anomalies in the deposit confirm that leaching of the divalent Eu^{2+} from the host rocks took place at temperatures greater than 250 °C during this time.

摘自 *Developments in Volcanology*, 2005, 7: 255-291

Sedimentary manganese metallogenesis in response to the evolution of the Earth system

The concentration of manganese in solution and its precipitation in inorganic systems are primarily redox-controlled, guided by several Earth processes most of which were tectonically induced. The Early Archean atmosphere-hydrosphere system was extremely O_2 -deficient. Thus, the very high mantle heat flux producing superplumes, severe outgassing and high-temperature hydrothermal activity introduced substantial Mn^{2+} in anoxic oceans but prevented its precipitation. During the Late Archean, centered at ca. 2.75 Ga, the introduction of Photosystem II and decrease of the oxygen sinks led to a limited buildup of surface O_2 -content locally, initiating modest deposition of manganese in shallow basin-margin oxygenated niches (e.g., deposits in India and Brazil). Rapid burial of organic matter, decline of reduced gases from a progressively oxygenated mantle and a net increase in photosynthetic oxygen marked the Archean-Proterozoic transition. Concurrently, a massive drawdown of atmospheric CO_2 owing to increased weathering rates on the tectonically ex-

panded freeboard of the assembled supercontinents caused Paleoproterozoic glaciations (2.45 ~ 2.22 Ga). The spectacular sedimentary manganese deposits (at ca. 2.4 Ga) of Transvaal Supergroup, South Africa, were formed by oxidation of hydrothermally derived Mn^{2+} transferred from a stratified ocean to the continental shelf by transgression. Episodes of increased burial rate of organic matter during ca. 2.4 and 2.06 Ga are correlatable to ocean stratification and further rise of oxygen in the atmosphere. Black shale-hosted Mn carbonate deposits in the Birimian sequence (ca. 2.3 ~ 2.0 Ga), West Africa, its equivalents in South America and those in the Francevillian sequence (ca. 2.2 ~ 2.1 Ga), Gabon are correlatable to this period. Tectonically forced doming-up, attenuation and substantial increase in freeboard areas prompted increased silicate weathering and atmospheric CO_2 drawdown causing glaciation on the Neoproterozoic Rodinia supercontinent. Tectonic rifting and mantle outgassing led to deglaciation. Dissolved Mn^{2+}



and Fe^{2+} concentrated earlier in highly saline stagnant seawater below the ice cover were exported to shallow shelves by transgression during deglaciation. During the Sturtian glacial-interglacial event (ca. 750~700 Ma), interstratified Mn oxide and BIF deposits of Damara sequence, Namibia, was formed. The Varangian (\equiv Marinoan; ca. 600 Ma) cryogenic event produced Mn oxide and BIF deposits at Urucum, Jacadigo Group, Brazil. The Datangpo interglacial sequence, South China (Liantuo-Nantuo \equiv Varangian event) contains black shale-hosted Mn carbonate deposits. The Early Paleozoic witnessed several glacioeustatic sea level changes producing small Mn carbonate deposits of Tiantaishan (Early Cambrian) and Taojiang (Mid-Ordovician) in black shale sequences, China, and the major Mn oxide-carbonate deposits of Karadzhai-type, Central Kazakhstan (Late Devonian). The Mesozoic period of intense plate movements and volcanism produced greenhouse climate and stratified oceans. During the Early Jurassic OAE, organic-rich sediments host many Mn car-

bonate deposits in Europe (e. g. , Úrkút, Hungary) in black shale sequences. The Late Jurassic giant Mn Carbonate deposit at Molango, Mexico, was also genetically related to sea level change. Mn carbonates were always derived from Mn oxyhydroxides during early diagenesis. Large Mn oxide deposits of Cretaceous age at Groote Eylandt, Australia and Imini-Tasdremt, Morocco, were also formed during transgression-regression in greenhouse climate. The Early Oligocene giant Mn oxide-carbonate deposit of Chiatura (Georgia) and Nikopol (Ukraine) were developed in a similar situation. Thereafter, manganese sedimentation was entirely shifted to the deep seafloor and since ca. 15 Ma B. P. was climatically controlled (glaciation-deglaciation) assisted by oxygenated polar bottom currents (AABW, NADW). The changes in climate and the sea level were mainly tectonically forced.

摘自 *Earth-Science Reviews*, 2006, 77 (4)

Geochemistry of hydrothermal manganese deposits from the Pitcairn Island hotspot, southeastern Pacific

Hydrothermal Mn crusts from a submarine volcano in the Pitcairn Island region have been studied mineralogically, radiometrically, and by bulk and partition chemical techniques.

The crusts contain layers that comprise three morphological types. A mechanism of formation by downward growth from a Mn-cemented surface sand hardpan is proposed. Age dating of the crusts suggests relatively recent, and rapid, formation. Mineralogically, the crusts exhibit variable amounts of 10Å and 7Å manganite. Chemical data, however, indicate that the crusts do not show element associations characteristic of marine birnessite, suggesting that the 7Å manganite phase may have transformed from structurally unstable 10Å manganite as a result of air drying.

Trace element concentrations in massive, finely laminated types 2 and 3 crust layers are significantly lower than those in similar crusts from is-

land arc and back-arc settings and, in general, are comparable with, or lower than, those of the most trace element poor crusts from mid-oceanic ridge environments. REE data suggest that these crusts are almost pure hydrothermal deposits with little or no hydrogenous component. In the types 2 and 3 crusts, only Mo shows a significant enrichment that is likely to be hydrothermal in origin, although it is enriched to lower levels than in hydrothermal crusts from most other geological settings.

Friable, Mn-cemented sand type 1 crusts contain elevated trace element concentrations, in part as a result of incorporation of biogenic and volcanoclastic phases, but also as a result of hydrogenous inputs consistent with their greater age and closer proximity to seawater. In contrast to types 2 and 3 crusts which show no Li enrichment, type 1 crusts are enriched in Li to levels above those that can be accounted for by hydrogenous input and a hydro-



thermal source for it is proposed.

The observed variability in the composition of hydrothermal Mn crusts between midplate hot-spot, mid-oceanic ridge, island arc, and back-arc environments may be influenced by variability in basement composition and sea water/rock ratio in

the hydrothermal systems. As both parameters are directly related to tectonic setting, this may play an important role in controlling the chemistry of hydrothermal deposits.

摘自 *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1994, 58 (22)

Breccia-hosted manganese-rich minerals of Alpi Apuane, Italy: A marine, redox-generated deposit

Mn-rich beds occur within the “Brecce di Serezza” Formation (BSFm) intercalated between Norian metadolostone-Megalodontic marble and Hettangian marble in the Alpi Apuane, (Italy). The BSFm is a rockfall talus deposit that accumulates at the base of the footwall scarp of normal faults bordering extensional marine coastal basins. The type sequence of metabreccia ends with a bed of chloritoid schist interpreted as the metamorphic equivalent of lateritic soils. The four main types of Mn mineral assemblages are: 1) braunite, piemontite, and rare hausmannite; 2) piemontite, braunite, hollandite and minor rhodochrosite and kutnahorite; 3) braunite, hollandite and rare piemontite. The other minerals are: quartz, calcite, muscovite, phlogopite, baryte and minor hematite, rutile and apatite. During the Alpine orogeny pressures of 4~6 kb and temperatures of 350~380 °C were attained; Mn assemblages with hematite and phlogopite indicate $f_{O_2} > 10^{-8}$ for $T = 350$ °C and $f_{O_2} \geq 10^{-6}$ when braunite appears.

On the Mn-rich rocks Ti, Fe, Nb, Sn, Ta, Hf, Th, Ga, Rb, Pr, K, Na, Nd were identified as detrital in origin and are positively correlated with Al. U is positively correlated with Co, Pb, Bi, Mo. The rare earth element patterns normalized to seawater show a negative slope towards the heavy rare earth elements, with positive Ce anomalies in some samples, positive Ce and Eu anomalies in other samples and negative Ce and positive Eu anomalies in a third group. The Eu concentrations are nearly constant and the Eu anomalies reflect differences in the concentration of other rare earth

elements; for Ce, a positive correlation with $Al_2O_3 + SiO_2$ indicate that a detrital signature prevails on that produced by duration of seawater exposure.

But a significant good correlation of La, Tm, Lu with Mg could indicate, at least for these elements a seawater signature. Only in some samples, Ba, Eu, Sr show anomalously high concentrations, likely of hydrothermal origin.

However, generally in all the chemical variation diagrams the BSFm samples fall outside the field of hydrothermal and hydrogenous deposits as defined in the literature for other Mn deposits.

In addition, metabasites and metavolcaniclastic beds are absent from the BSFm sequence and BSFm coastal basins were for the most part separated from the open ocean and related streams, that must be excluded as possible Mn-sources.

Owing to the arid climate of Late Triassic the runoff was negligible and the groundwater, oxidizing and alkaline, were unable to mobilize Mn.

The BSFm basins are then the most suitable depositional environment for Mn. The water column was stagnant and stratified. Only where bottom of the basin was deeper than the oxic-anoxic boundary, reducing marine bottom waters percolated within the fractured basement and leached Mn from disseminated minerals of metamorphic rocks and, then, rising along fault and fractures, supplied Mn to the bottom waters. Afterwards, when tectonic uplift and sealevel drop brought the bottom into the oxic field, Mn precipitated and formed the Mn-rich matrix of the BSFm deposits.

摘自 *Lithos*, 1996, 37 (4)



Nature and origin of the Vani manganese deposit , Milos , Greece : an overview

The Vani manganese deposit is located in the rugged NW sector of Milos Island . It occurs within the Vani volcano-sedimentary basin , which is underlain by dacitic domes and flows of Upper Pliocene age (3.5~2.0 Ma) . The end of the emplacement of the dacites was marked by the collapse of the magma chamber , which resulted in a huge pyroclastic episode and the deposition of a thick layer of pyroclastic material within a shallow submarine basin . This pyroclastic material subsequently compacted to form the volcanoclastic sandstone , which became the host for the manganese ore beds which were about 4 m thick in the two sections studied . Hydrothermal fluids penetrated these sandstone horizons via fractures and fissures to produce the manganese deposit . The permeable nature of the sandstone facilitated the retention of the hydrothermal fluids within these layers . This permitted the fluids to cool slowly and deposit the manganese oxides almost quantitatively . Formation of the hydrothermal manganese deposit took place fairly rapidly over a period of several tens of thousands of years at most . Strong tectonic activity resulted in

rapid uplift of the area which elevated the deposit above sea level .

Two generations of manganese oxides have been identified within this deposit ; the first generation consists of pyrolusite and ramsdellite ; the second generation of oxides of the isostructural series cryptomelane-hollandite-coronadite plus hydrohetaerolite characterized by high contents of K , Ba , Pb and Zn , respectively . This sequence is the result of a two-stage process of formation of the manganese-oxide minerals in which a second high-salinity hydrothermal fluid enriched in Ba , Pb and Zn as a result of the dissolution of sulphide minerals remineralized the original manganese-oxide assemblage . It is this two-stage process of formation , which was mainly responsible for the unique characteristics of this deposit . Although formed in a submarine setting , the deposit shows marked differences in mineralogy and composition from known submarine hydrothermal manganese deposits and is most analogous to the epithermal vein deposits of the southwestern United States .

摘自 *Ore Geology Reviews* , 2001 , 18 (3—4)

Manganese deposits in the global lithogenetic system : Quantitative approach

A computerized data base , including 330 localities and believed to represent at least 95% of the presently recorded spot accumulations of ore-grade Mn on land , is the basis for a quantitative analysis of terrestrial Mn resources . This file is reprinted in full (Appendix) .

The present subaerially exposed global ore Mn resources are calculated as 17.9×10^9 t Mn¹ . In this figure are included the actually mineable straight Mn deposits (8.7×10^9 t Mn) ; potentially mineable land-based Mn accumulations (9.2×10^9 t Mn) , and actual or potential Mn that could be extracted as a byproduct of mining other metals (0.6

$\times 10^9$ t Mn) . This distribution is strongly influenced by giant accumulations , where the single , exceptional Kalahari Mn field contains over 50% of the presently economic Mn ore reserves , or 23.42% of the global land Mn resources .

A set of attributes has been selected to treat the global ore Mn population in terms of genesis , geotectonic and environmental setting , and lithologic associations . In terms of genesis , precipitation from aqueous solutions was responsible for at least 99% of the contemporaneous , and probably also the past Mn accumulations now exposed on land . Weathering of Mn orebodies has left its mark on



93% of the Mn localities, and 24% are now represented entirely by supergene assemblages. Less than 0.01% of the ore Mn resources, however, are formed by weathering-related accumulation over silicate rocks (ultramafics).

In terms of geotectonic environments, the bulk of the land-based Mn deposits (97%) formed in intraplate and stable continental margin settings; 3.1% formed along Pacific-type and rift-type continental margins; and only 0.000 45% of the deposits formed in an oceanic setting. This is in contrast with the outstanding Mn-accumulating capacity of the present ocean and is a consequence of the low preservation potential of the oceanic domain.

In terms of lithologic associations, 96% of the Mn in land-based deposits is present in marine-sedimentary associations (70% of Mn is in banded iron formations, 14.4% is in detrital and 11.1% is in carbonate-dominated associations). Chert and jasper, limestone, sandstone, shale, and banded iron formation are statistically the most common immediate hosts to Mn ores with recorded hosting frequencies of 79, 50, 45, 37 and 35 respectively.

In terms of geological history, the lower Proterozoic accounts for 58.9% of the preserved ore

Mn on land, followed by Oligocene (17.2%), Jurassic (6.2%) and middle Proterozoic (4.5%). In terms of the intensity of Mn accumulation per one million years of geological time, Oligocene (110×10^6 t Mn/ma) is two orders of magnitude greater than the nearest time periods: Jurassic (8.9×10^6 t Mn/ma) and lower Proterozoic (6.5×10^6 t Mn/ma).

The historical distribution pattern of the land-based Mn deposits seems to indicate that accumulation of the bulk of the present ore-grade Mn is the result of repeated recycling with a land \rightarrow ocean trend, abruptly initiated at the time of early cratonization (about 2.5 Ga). This has been supplemented by a substantially less significant, but remarkably steady reverse trend of addition of juvenile Mn released from the mantle into the crust. Mafics and particularly basalts are the most important intermediaries in the cumulative secular increase of liberated and accumulated Mn in the crust. Direct to indirect, proven to hypothetical spatial coincidence of "basalts" and Mn ores can be demonstrated on at least 169 localities out of 330 (= 51%) evaluated.

摘自 *Ore Geology Reviews*, 1992, 7 (4)

Mineralogy, petrography, geochemistry and genesis of the Paleoproterozoic Birimian manganese-formation of Nsuta/Ghana

The manganese deposit of Nsuta, in the Ashanti Belt of Southern Ghana, is sandwiched between Birimian metasedimentary rocks. The metasedimentary rocks contain interbedded carbonate-rich layers, which exhibit a characteristic banded appearance near the contact with the orebody. The orebody is a carbonate-type manganese-formation and in terms of origin is considered here as a Mn-analogue of the volcanogenic-exhalative Algoma type iron-formation. The protolith of the orebody (chemical sediment including Fe-bearing rhodochrosite and alabandite) is envisioned to have been formed in a marine basin with relatively high CO₂ activity and Eh-pH conditions were extremely low

(Eh 1 to m0.6 Volt and pH 8 to 11) during Birimian times (2 170~2 180 Ma). These conditions occurred immediately below the shelf break in a shallow-marine environment. Subsequent submarine weathering (halmyrolysis) followed later by metamorphism of Eburnian age (2 100 Ma) led to the formation of Mg-Ca-Fe-bearing rhodochrosite, the dominant mineral in the orebody. Other minerals of the orebody are: sulfides (e.g. two generations of alabandite sphalerite, pyrite, millerite, niccolite, gersdorffite, and molybdenite), oxides and hydroxides (vanadium-bearing jacobsonite, galaxite; brucite, Mn²⁺-todorokite), Mn-silicates and an unknown boron mineral. Pyrochroite, possibly



preceded by manganosite, occurs as a retrograde mineral. This mineral assemblage forms the protore of the Nsuta deposit. Opaque Mn^{4+} -todorokite replacing Mn^{2+} -todorokite, manganite, mangano-melane, pyrolusite and nsutite which formed at the expense of rhodochrosite, are of supergene origin and represent the economic part of the deposit. The orebody is interleaved between the associated pelitic-psammitic metasedimentary rocks suggesting that its protoliths was deposited over a time interval during the sedimentation of the latter. Both units underwent subsequent processes (submarine weathering and metamorphism) together. The compositional differences between the orebody with high Mn and CO_2 and low Si and Al contents

relative to the metasedimentary rocks are explained by a model involving the continuous sedimentation of continent-derived materials (protolith of the metasedimentary rocks). During this time a pulsatory phase of submarine volcanism and consequent precipitation of materials of essentially volcanogenic-exhalative origin occurred (protolith of the orebody). From the exhalations, the carbonate minerals in both the manganese-rich sediments and the metasedimentary host-rocks (in the latter in the form of layers and disseminations leading to relatively high concentrations of Mn, Ca and CO_2) were precipitated.

摘自 *Mineralium Deposita*, 1999, 34 (3)

Mineralogical and geochemical constraints on environmental impacts from waste rock at Taojiang Mn-ore deposit, central Hunan, China

The mineralogy and geochemistry of the waste rocks distributed at Taojiang Mn-ore deposit, central Hunan province, China, were studied using X-ray powder diffraction (XRD), electron microprobe analysis (EMPA) fitted with energy dispersive spectrometer (EDS) and inductively coupled plasma mass spectrum (atomic emission spectra) ICP-MS (AES), with the aim of predicting the environmental impacts of weathering of the waste rocks. The mineralogical results from microscope observation and XRD and EMPA studies show that the waste rock is composed of black shale and minor Mn carbonates. The oxidation of sulfide minerals such as galena, pyrite and chalcopyrite is accompanied by decomposition of Mn carbonates and K-feldspar during exposure to atmospheric O_2 . The geochemical characteristics of major, rare earth elements (REE) and trace elements of the waste rocks also show that the waste rock can be divided into black shale and Mn carbonate, and both of them are currently under chemical weathering. The major alkalis and alkaline elements (Ca, Mg, Na, K, Rb, Sr and Cs) and major ele-

ments (Fe, S and P) and heavy metals (Sc, V, Cr, Th, U, Sn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Cd, Sb, and Tl) are being released during weathering. The mobility of alkalis and alkaline elements Ca, Mg, Na, K, Rb, Sr and Cs is controlled by decomposition of Mn carbonates. The dispersion of Cr, Sc and Th (U) might be related to weathering of K-feldspar, and the release of the heavy metals Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Mo, Cd Sb and Tl is dominated by the breaking of sulfide minerals. The REE of the waste rocks and surrounding soils and the spidery distribution patterns of heavy metals in the waste rocks, the surrounding soils and the surface waters show that weathering of the waste rocks and bedrock might be the sources of heavy metal contamination for the surrounding soils and surface water system for the mining area. This is predicted by the mass-balance calculation by using Zr as an immobile element. Therefore, it is urgently necessary take measures to treat the waste rocks distributed throughout the area for the local environmental protection.

摘自 *Environmental Geology*, 2007, 52 (7)

铁、锰、铬矿地质勘查规范

DZ/T 0200—2002

1 范 围

本标准规定了铁、锰、铬矿产地地质勘查规范的内容，包括范围、引用标准、勘查的目的任务、勘查研究程度、勘查控制程度要求、勘查工作及质量要求、可行性评价、矿产资源/储量分类及类型条件、矿产资源/储量估算等方面的要求。

本标准适用于铁、锰、铬矿地质勘查及矿产资源/储量估算，也适用于验收及评审铁、锰、铬矿产勘查报告；还可以作为矿业权转让及矿产勘查开发筹资、融资、股票上市等活动中评价和估算矿产资源/储量的依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 13908—2002 固体矿产地质勘查规范总则

3 勘查的目的任务

3.1 预 查

通过对区内地质、物探、化探、遥感等资料的综合研究，初步的野外观测，极少量的工程验证结果，并与地质特征相似的已知矿床类比，提出可供普查的矿化潜力较大地区，为普查工作提供依据，并可估算预测的矿产资源量。

3.2 普 查

通过对矿化潜力较大地区进行地质填图、数量有限的取样工程和物探、化探等野外工作，以及可行性评价的概略研究，提出是否有进一步详查的价值，或圈定出详查区范围，估算推断的矿产资源量，为详查工作提供依据。

3.3 详 查

通过对普查圈出的详查区采用各种勘查方法和手段，进行系统的工作和取样，并通过预可行性研究，做出是否具有工业价值的评价，或留出勘探范围，估算控制的矿产资源/储量，为勘探工作提供依据，也可作为矿山总体规划和编制矿山项目建议书的依据。对直接提供开发利用的矿区，其加工选冶性能试验程度，应达到可供矿山建设设计的要求。

3.4 勘 探

通过对勘探区采用各种勘查手段和有效方法，加密各种采样工程，并进行可行性研究，估算探明的矿产资源/储量，为矿山建设确定生产规模、产品方案、开采方式、开拓方案、矿石加工选冶工艺、矿山总体布置和矿山建设设计等提供依据。

4 勘查研究程度

4.1 地质研究程度

4.1.1 预查阶段 全面收集地质、矿产、物探、化探和遥感地质资料，了解区域地质特征，选定找矿远景区进行预查工作。对预查区内有成矿条件的物探异常、化探异常、遥感异常、矿化点和矿点进行评价，



初步了解其特征和分布范围，为进一步开展普查工作提供依据。

4.1.2 普查阶段 收集地质、矿产、物探、化探和遥感地质等资料，了解区域地质特征和成矿远景。大致查明普查区内的地层、岩性、厚度、产状和分布等；大致查明较大的褶皱、断裂和破碎带的分布、规模和产状；大致查明侵入岩或喷发岩的种类、数量、形态和分布。评价各类物探异常、化探异常、遥感异常和矿点或矿化点，大致查明其产出特征和分布范围。对区内有进一步工作价值的矿床（体），应大致查明其分布、数量、赋存部位、厚度、规模、产状和矿石质量；大致了解矿床（体）氧化带发育情况，为进一步开展详查工作提供依据。

4.1.3 详查阶段

4.1.3.1 区域地质 进一步研究区域与成矿有关的地层、构造、岩浆岩、变质岩及矿产等资料，并根据物探、化探和遥感地质等资料，阐明铁、锰、铬矿产在区域构造单元上的位置、区域地质特征、成矿条件、成矿远景和区内的主要矿产等。

4.1.3.2 矿区（床）地质 基本查明地层时代、层序、岩性、厚度、产状及分布等，对沉积矿床、变质矿床，还应研究含矿地层（岩系）的沉积环境、岩相、岩石组合、变质程度及成矿元素的分布和变化规律，确定矿体赋存层位及矿体在地层中的空间分布；研究矿区构造与矿体空间分布的关系，基本查明控制矿体的褶皱、断层和破碎带的性质、规模、产状、相互关系和分布规律，对位移大、分割矿体的较大断层，应当大致了解其空间位置、产状和位移，对较小的断层，应根据地表工程资料，初步阐述其范围和分布情况；研究和基本查明侵入岩和喷发岩的种类、形态、规模、产状，了解侵入（喷发）时代、期次、与围岩的接触关系等，与侵入（喷发）岩有关的矿床，还应研究其岩性、岩相、岩石的结构、构造和岩石地球化学特征等与成矿的关系，以及对矿体的影响程度；研究和基本查明矿区内变质作用及近矿围岩蚀变的性质、种类、规模、强度、蚀变组合及对矿床的影响，对于变质矿床还应研究并初步划分变质相、分布规律及矿化富集作用。研究氧化作用对矿床的影响，基本查明氧化带的深度、氧化矿石类型、产出特征和分布范围，对风化矿床分布地区应当注意寻找原生矿床，对堆积矿床应了解矿体底板（特别当底板为碳酸盐岩时）的起伏情况；对物探异常进行综合研究，阐明异常特征及其与矿体和构造的关系。

4.1.3.3 矿体地质 基本查明矿体的赋存部位、形态、规模、产状、厚度及其变化规律；基本确定矿体的连续性；了解矿体内夹石规模和分布情况；了解成矿后构造或岩脉对矿体的破坏情况。

4.1.4 勘探阶段

4.1.4.1 矿区（床）地质 进一步研究矿区（床）成矿地质特征，确定矿床赋存层位及矿体在地层中的空间分布；研究矿区构造与矿体空间分布的关系，查明控制矿体的褶皱、断层和破碎带的性质、规模、产状、相互关系和分布规律，对位移大、分割矿体和影响开采的较大断层，其空间位置、产状、位移应有工程控制；查明侵入岩和喷发岩的种类、形态、规模、产状和分布规律，侵入（喷发）时代和期次，与围岩的接触关系等，研究其与成矿的关系，以及对矿体的破坏影响程度；查明矿区内变质作用及近矿围岩蚀变的性质、种类、规模、强度、蚀变组合及对矿化的富集作用；研究氧化作用对矿床的影响，查明氧化带的深度、氧化矿石类型、产出特征和分布范围。

4.1.4.2 矿体地质 详细研究和查明矿体的赋存部位、形态、规模、产状、厚度及其变化规律，确定矿体的连续性；详细查明矿体内夹石规模、分布和变化规律；研究成矿后构造或岩脉对矿体的破坏影响程度。对首采地段主矿体应当详细控制其形态、空间位置、产状等。对首采地段主矿体上盘具有工业价值的小矿体，亦要同时进行控制，必要时可加密工程提高勘探和研究程度。对露天开采矿床，为确定露天采场境界线，应系统控制主要矿体四周和露天采场底部矿体的界线；对地下开采矿床应控制主要矿体的两端、上下界线及延深情况，以便确定开拓工程位置。

4.2 矿石质量研究

4.2.1 预查阶段 初步了解矿石的矿物成分、化学成分和主要元素的含量。

4.2.2 普查阶段 大致查明矿石矿物、脉石矿物种类、矿石品位、结构、构造和矿石自然类型；大致了解有用、有益和有害组分的含量和分布，为确定是否能工业利用提供依据。

4.2.3 详查阶段 基本查明矿石矿物、脉石矿物种类、含量和矿石结构、构造特征；基本查明矿石有用和有益及有害组分种类、含量、赋存状态和分布规律；初步划分矿石自然类型和工业类型，研究其分布规



律,为矿区建设总体规划、矿山建设的项目建议书和预可行性研究提供依据。

4.2.4 勘探阶段 详细查明矿石矿物、脉石矿物的种类和含量,研究矿石矿物的相互关系及分布规律;详细查明有用和有益及有害组分的含量、赋存状态和分布规律。详细研究矿石的结构、构造和分布特征,查明铁、锰、铬矿物和主要脉石矿物的粒度和嵌布特征;按矿石的矿物成分、含量、结构、构造、氧化程度等因素详细划分自然类型,确定氧化带、混合带、原生带矿石界线;在划分矿石自然类型基础上,根据矿石选冶特点,按工业利用途径,详细划分矿石工业类型,并研究其分布范围和所占比例,为矿山可行性研究和建设设计提供依据。

4.3 矿石选(冶)和加工技术条件

4.3.1 预查阶段 对已发现的矿体进行类比研究,做出矿石是否可选的预测。

4.3.2 普查阶段 一般进行矿石选(冶)性能对比研究,做出是否可作为工业原料的评价。对组分复杂、粒度较细,国内尚无成熟生产经验的矿石,应进行可选性试验或实验室流程试验。

4.3.3 详查阶段 研究矿石的选冶和加工技术条件,做出工业利用方面的评价。对生产矿山附近的、有类比条件的易选矿石,可以类比评价,不做选(冶)试验;对需选矿石,一般情况下进行可选(冶)性试验或实验室流程试验;对难选矿石或新类型矿石,应当进行实验室扩大连续试验。

4.3.4 勘探阶段 应详细研究矿石的选冶和加工技术条件。对有类比矿山条件的易选矿石,进行可选(冶)性试验或实验室流程试验;对需选矿石一般进行实验室流程试验,必要时进行实验室扩大连续实验;对难选矿石,进行半工业试验,必要时应做工业试验,以选择最佳工艺流程。

4.4 矿床开采技术条件研究

4.4.1 预查阶段 对经预查发现矿体的矿点或矿产地,应收集区域水文地质、工程地质及环境地质资料,为进一步开展工作提供依据。

4.4.2 普查阶段 在收集研究区域水文地质、工程地质及环境地质资料基础上,了解矿区地表水体分布,了解矿体(层)顶底板围岩和矿石的稳定性及环境地质条件,为进一步开展工作提供依据。

4.4.3 详查阶段

4.4.3.1 水文地质研究 在了解区域水文地质条件和收集当地水文、气象有关资料基础上,基本查明含水层和隔水层的岩性、厚度、分布、产状、埋藏条件,含水层的富水性,各含水层的水力联系,隔水层的稳定性和隔水程度;基本查明矿区内地表水体分布及其与主要充水含水层的水力联系;研究地下水的水位(水压)、水质、水温、水量、动态变化及补给、径流、排泄条件,初步确定矿坑充水因素,预计矿坑涌水量;初步划分矿床水文地质类型,确定水文地质条件复杂程度;提出矿山工业和生活用水的水源方向。

4.4.3.2 工程地质研究 测定矿区主要岩矿石的力学性质,研究其稳定性能;基本查明矿区内断层破碎带、节理、裂隙、风化带、泥化带、流沙层、软弱夹层的分布,评价其对矿体及其顶底板岩层稳固性的影响;对露天采场边坡的稳定性提出评价意见;调查老窿及采空区的分布、充填和积水情况;初步划分矿床工程地质类型和确定工程地质条件复杂程度。

4.4.3.3 环境地质研究 基本查明岩石、矿石和地下水(含热水)中对人体有害的元素、放射性及其他有害气体的成分、含量等情况,提出对人体有无危害的初步评价意见;收集地震、泥石流、滑坡、岩溶等自然地质灾害的有关资料,分析其对矿山生产的影响。预测矿山开采对本区环境、生态可能产生的影响。

4.4.4 勘探阶段

4.4.4.1 水文地质研究 研究区域水文地质条件,确定矿区所处水文地质单元的位置;详细查明矿区含水层和隔水层的岩性、厚度、产状、分布及埋藏条件,含水层的富水性,导水性、渗透系数,各含水层间的水力联系,隔水层的稳定程度和隔水程度;详细查明断层破碎带的位置、规模、性质、产状、充填与胶结程度、富水性、导水性及其变化,沟通各含水层及地表水的程度;详细查明地表水体的分布范围、汇水面积、水位、流量、流速、动态变化及其与矿床主要充水含水层的水力联系,评价其对矿床充水的影响;研究地下水的水位(水压)、水温、水量、动态变化及补给、径流、排泄条件,确定矿坑充水因素;划分矿床水文地质类型和确定水文地质条件复杂程度;根据矿床水文地质条件,结合矿床开拓方案,估算第一开采水平正常和最大的矿坑涌水量,预测下一开采水平或最低开采水平的涌水量;研究地下水和地表水的水质、水量,为矿山工业和生活用水提供方向。



4.4.4.2 工程地质研究 在研究矿区地层岩性、厚度及分布规律基础上,划分岩(土)体的工程地质岩组;测定矿体及顶底板岩石的体积质量(体重)、硬度、湿度、块度、抗压强度、抗剪强度、松散系数、安息角等物理力学参数,研究其稳定性能;详细查明矿区内断层破碎带、节理、裂隙、层理、片理、风化带、泥化带、流沙层、软弱夹层的分布、产状、规模及充填、充水情况,确定其对矿床开采的影响;详细查明第四系的岩性、厚度和分布范围;对露天采场边坡稳定性做出评价;调查并研究老窿或溶洞的分布、充填和积水情况;划分矿床工程地质类型和确定工程地质条件复杂程度,预测矿床开采时可能出现的主要工程地质问题并提出防治建议。

4.4.4.3 环境地质 详细调查矿区内有关的崩塌、滑坡、泥石流、岩溶等物理地质现象,地表水和地下水的质质量,放射性和其他有害物质的含量、赋存状态及分布规律;收集有关地震、新构造活动资料,阐明矿区地震地质情况和矿区的稳定性;对矿床开采前的地质环境质量做出评价;预测在矿床开采中,对矿区环境、生态可能造成的破坏和影响,并提出预防建议。

4.5 综合勘查综合评价

4.5.1 预查阶段 初步了解有无其他有益矿产。

4.5.2 普查阶段 对具有工业利用价值的共生、伴生矿产,应大致查明其含量和赋存特点,研究其综合利用的可能性。

4.5.3 详查阶段 对具有工业利用价值的共、伴生矿产,应基本查明其物质组分、含量、赋存状态和分布状况,确定其工业利用的可能性。

4.5.4 勘查阶段 对勘探范围内具有工业利用价值的共生、伴生矿产,应进行综合勘探、综合评价。查明其物质组分、含量、赋存状态和分布规律,并对共生和伴生有用组分在不同矿物中的分配率进行查定,做出评价。对矿石中有利于提高冶炼产品质量,而在选冶时不能顺便回收的伴生有益组分,亦应进行评价,但不单独估算储量。对矿体中及邻近矿体上下盘围岩中的共生矿产,应充分利用勘探工程进行评价,必要时适当加密工程,提高其控制和研究程度。对于共生矿产的勘探研究程度,应按相应矿种地质勘查规范要求执行。

不同类型的铁、锰、铬矿床中可能含有不同的共(伴)生组分,其中有些组分如超过一定限量时,将对冶炼产品构成危害,但这些组分当通过选、冶途径可予分离,并可综合回收利用成为有用组分时,应注意综合评价;当有些有用组分含量虽低于工业利用要求,但在选矿后的尾矿或精矿中易于富集的,亦应进行评价。

5 勘查控制程度

5.1 矿床勘查类型确定的原则

5.1.1 追求最佳勘查效益的原则 勘查工程的布置应遵循矿床地质规律,从需要、可能、效益等多方面综合考虑,以最少的投入,获取最大的效益。

5.1.2 从实际出发的原则 每个矿床都有其自身的地质特征,影响矿床勘查难易程度的四个地质变量因素(矿体规模、形体形态复杂程度、构造复杂程度、有用组分分布均匀程度)常因矿床而异,当出现变化不均衡时,应以其中增大矿床勘查难度的主导因素作为确定的主要依据。

5.1.3 以主矿体为主的原则 当矿床由多个矿体组成时,应以主矿体(占矿床资源/储量 70% 以上,由一个或几个主要矿体组成)为主;当矿床规模较大,其空间变化也较大时,可按不同地段的地质变量特征,分区(块)段或矿体确定勘查类型。

5.1.4 类型三分,允许过渡的原则 铁、锰、铬矿床均按简单、中等和复杂三个等级划分为Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ三个勘查类型。由于地质因素变化的复杂性,允许其间有过渡类型以及比第Ⅲ勘查类型更复杂的类型存在。

5.1.5 在实践中验证并及时修正的原则 对已确定的勘查类型,仍须在勘查实践中验证,如发现偏差,要及时研究并予修正。

5.2 勘查工程间距确定的原则

5.2.1 根据勘查类型和勘查阶段选取相应的勘查工程间距。



5.2.2 详查阶段的工程间距,是矿床勘查的基本工程间距。勘探阶段的工程间距,原则上在基本工程间距的基础上加密。预查和普查阶段,因工程数量稀少,其工程间距不做具体要求,但应充分考虑与后续工程衔接。

5.2.3 第Ⅲ勘查类型勘探阶段的工程间距,是矿床勘查工程的最密间距。一些规模小、形态和组分变化都很大的矿床,按此工程间距仍难获得理想勘查效果时,应及时转为“边采边探”方式,在采掘过程中再对矿床产出的地质特征作进一步调查。

5.2.4 当矿体在走向上的变化比倾向上大时,工程可布置成短边在矿体走向上的长方形网度。

5.2.5 圈定矿体的地表工程间距,一般为深部工程间距的二分之一。

5.2.6 勘查类型一经修正,其勘查工程间距亦应作相应的调整。

5.3 勘查控制程度

首先应当控制勘查区内矿体总体的分布范围和相互关系。具体控制程度则应根据勘查阶段、矿床产出特征和可能建设的规模(含矿山服务年限),以及市场需求程度等多种因素,与投资者共同商定(附录D.3)。

6 勘查工作及质量要求

6.1 地形及工程测量

应采用全国统一坐标系统和最新的国家高程基准。其质量标准要求按DZ/T0091《地质矿产勘查测量规范》执行。边远地区的勘查区,当周围没有可供联测的全国坐标系基准点时,可采用全球卫星定位系统,建立独立坐标系统进行测图。测量范围和地形图比例尺,应满足不同勘查阶段地质填图及资源/储量估算的需要。

6.2 地质填图

6.2.1 矿区地质填图 根据不同勘查阶段的目的任务,进行不同比例尺地质填图,其质量要求按相应比例尺地质填图规范执行。(地形)地质图比例一般为1:5 000~1:25 000。

6.2.2 矿床地质填图 矿床地形地质图是以同比例尺的地形图为底图填制而成的。对矿体分布地段和重要地质界线必须用工程揭露控制,所有地表工程均须用全仪器法测定位置。勘探线剖面必须实测。勘探阶段测制地形地质图,详查阶段测制地形地质图或地形地质简图,普查阶段测制地形地质简图或平面地质简图,预查阶段测制平面地质简图或平面地质草图。矿床地质填图的比例尺一般为1:500~1:2 000。

6.3 物探工作

6.3.1 根据勘查区的地质、地球物理、自然地理条件和地质工作要求,开展方法试验,测定有关参数,实测地质、地球物理综合剖面,选择有效的物探方法进行综合勘查。

6.3.2 开展不同比例尺的磁力、重力和电法测量工作,为查明岩体和矿体的边界、形状、产状,研究构造带和寻找隐伏矿体等提供信息,应充分利用井中物探方法,追索圈定矿体边界。了解矿体形态和产状。

6.3.3 勘查磁性铁矿时,应运用地面磁测资料,对矿体的分布范围、形状、产状、埋深和厚度变化以及地质构造进行推断和圈定。运用井中三分量磁测,确定钻孔穿过矿体(层)的部位,解决矿体延伸和相对连接问题,探测井旁和井底的盲矿体。在控制剖面上的钻孔应保证井中磁测曲线异常能穿过矿体(层)进入正常场,以利于正确解释。

6.3.4 勘查赤铁矿、褐铁矿、菱铁矿、菱锰矿、氧化锰矿和铬矿等弱磁性或无磁性矿床时,应通过实验,选用高精度磁测、重力或电法等,取得有益于对矿体认识和解释的信息。

6.3.5 勘探和详查阶段对控制剖面的地面和岩矿心进行放射性检查,发现异常时,应查明原因,并做出评价。

6.3.6 物探工作质量要求按现行专业规范和规程执行。野外工作结束后要及时整理资料,编制与地质图比例尺相适应的物探图件,提交工作总结报告。矿产勘查报告中应简要阐明物探工作成果,并评述其质量。

6.4 探矿工程

6.4.1 槽探 是系统揭露地表矿体的主要工程,一般在覆盖层厚度不超过3 m条件下使用,为保证采样的质量,探槽必须挖至基岩新鲜面。



6.4.2 浅井(钻) 当覆盖层较厚时,应以浅井(钻)控制矿体残部或浅部矿体。浅井(钻)必须揭穿矿体顶底板与围岩的界线或掘进到基岩新鲜面。

6.4.3 坑探 一般用于矿床首采区或主要储量区。坑道布置应以探明矿体情况为主,并考虑将来可为矿山生产所利用。其质量要求参考《DZ/T 0141—94 地质勘查坑探工程规程》执行。

6.4.4 钻探 是勘查深部矿体的主要手段,其质量要求参考《岩心钻探规程》执行。

6.4.4.1 探矿孔的矿心采取率(包括顶、底板上和下5 m范围内的岩石)不得低于80%,当矿心采取率连续5 m低于80%时,要查明原因,并采取补救措施。围岩岩心的分层采取率不得低于65%。

6.4.4.2 使用的钻探工艺应能保持矿石原有结构特点和完整性,避免矿心粉碎、贫化。在复脉型和多脉型矿床中要严格控制钻进回次长度及回次采取率,防止钻进中漏矿。采用金刚石绳索取心钻探工艺时,穿矿孔径要满足取样要求。

6.4.4.3 认真测量钻孔顶角和方位角,做好孔深校正、原始记录、简易水文观测、封孔和矿、岩心保管工作。钻孔弯曲度应符合规程和地质设计要求,钻孔偏斜超差时要及时设法补救。见矿点和厚度大于30 m的矿体的出矿点均应测定钻孔弯曲度。封孔质量不符合规程或设计要求时应返工重封。

6.5 化学样品的采集、加工、化验分析

6.5.1 样品采集 钻孔岩、矿心一般采用1/2劈切法;地表露头、探槽、浅井、坑道中对矿体(层)采用连续刻槽法,其断面规格和样品长度视矿体(层)厚度大小、矿石类型变化情况、矿化均匀程度及工业指标而定。采样长度一般0.3~2 m。刻槽断面规格一般(5 cm×2 cm)~(10 cm×5 cm);对风化矿床为确定其含矿率,刻槽断面规格一般不小于20 cm×15 cm。

6.5.2 样品加工

6.5.2.1 加工要求 要求在样品加工全过程中样品质量总损失率不得大于5%,样品的缩分误差不得大于3%。

6.5.2.2 分步缩分加工 分析样品的制备按切乔特公式进行缩分:

$$Q = Kd^2$$

式中:

Q ——样品的最低可靠质量(kg);

K ——缩分系数;

d ——样品中最大颗粒直径(mm)。

铁矿和锰矿常用 K 值为0.1~0.2,铬矿一般采用0.25~0.3。

6.5.2.3 机械联动线加工 经过一次破碎、缩分,直接达到要求的粒度和质量。应按确定的加工方法和操作规程进行。样品的缩分均匀性要进行试验。

6.5.3 化验分析

6.5.3.1 基本分析 主要用以查明矿石中有用组分的含量,是圈定矿体、划分矿石类型及资源/储量估算的主要依据。

a) 铁矿石基本分析项目,磁性铁矿石或其他类型矿石用磁性铁含量圈定矿体时,分析项目为TFe, mFe, 赤铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石为TFe, 矿石中的共生矿产也应列入基本分析;

b) 锰矿石基本分析项目,氧化矿石分析Mn, Fe, P, SiO₂, 碳酸锰矿石还要分析CaO, MgO, Al₂O₃和烧失量,对其他有害元素,当其含量较多影响矿石质量评价时,也应作基本分析;

c) 铬矿石基本分析项目, Cr₂O₃, FeO, Fe₂O₃, 并视矿石用途的不同,必要时可分别增加Al₂O₃, SiO₂, MgO, CaO。

6.5.3.2 光谱全分析 用以确定组合分析、化学全分析项目和对矿床进行综合评价提供参考资料。样品应按矿石类型、品级和岩石类型以及蚀变带从基本分析样品的副样中抽取。

6.5.3.3 组合分析 用以查明矿石中伴生有益和有害组分的含量及分布状况,并据此计算伴生有益组分的资源/储量。样品按工程分矿体、矿石类型或品级进行组合。样品长度一般应与矿石类型自然分层一致。样品从基本分析样品的副样中按长度比例抽取,质量一般为100~200 g。分析项目一般根据光谱全分析和化学全分析的结果确定。



6.5.3.4 化学全分析 是在光谱全分析和岩矿鉴定的基础上进行。用以查定各种矿石类型中主要元素及其他组分的含量,以确定矿石性质和特点。每种矿石类型一般做一至三件。根据需要围岩亦可做少量化学全分析。全分析的结果总和在 99.3%~100.7% 范围以内。

6.5.3.5 物相分析 用以确定矿石中主要组分和伴生有益组分的赋存状态、物相种类、含量和分配率。样品可从基本分析或组合分析副样中抽取,亦可专门采集具有代表性的样品。样品件数应视矿床规模和物质成分复杂程度而定。物相分析一般将铁矿石中的含铁矿物分为磁性铁、硅酸铁、碳酸铁、硫化铁和赤(褐)铁;将锰矿石中的含锰矿物分为碳酸锰、硅酸锰、氧化锰;对铬铁矿石主要研究其中的伴生有益组分镍、钴和铂族元素(铂、钯、钨、铼、钌、铑)等。

6.5.3.6 单矿物分析 用以查定矿石中主要有用矿物的化学成分,主要伴生组分的赋存状态和含量。采样时应注意代表性,样品可从工程揭露的矿体或矿体露头上采取。送交实验室的单矿物样品质量,需根据分析项目和实验室要求而定。

6.5.3.7 化学分析质量检查 主要检查基本分析的偶然误差和系统误差,对物相分析亦应做检查。

- a) 内部检查,内部检查样品由送样单位及时地分期、分批从基本分析副样中抽取,编密码送原实验室进行检查,内部检查样品的数量分别为基本分析数量的 10% 和组合分析样品数量的 3%~5%。当样品数量少时,其基本分析样内检不得少于 30 件,组合分析样内检不得少于 10 件;
- b) 外部检查,外部检查样品由送样单位分期、分批从基本分析正样中抽取,由基本分析实验室负责送指定的实验室进行检查,外部检查样品数量分别为基本分析和组合分析样品数量的 5%,当基本分析样品总数少时,外部检查样品数量不得少于 30 件;
- c) 化学分析质量及内、外部检查分析结果误差处理参考 DZ/T 0130《地质矿产实验室测试质量管理规范》执行。

6.6 矿石选冶试样的采集与分析、试验

选矿试验指标是确定矿石选冶加工工艺流程、制定矿产资源/储量估算工业指标和评价铁、锰、铬矿床工业价值的重要依据。凡需选矿石,均应采取选矿试验样。根据《矿产勘查各阶段选冶试验程度的暂行规定》,结合我国铁、锰、铬矿石选矿性能,在详查和勘探阶段需进行实验室流程试验,当矿石组分复杂时,还需做试验室扩大连续试验,以评价矿石的选矿性能。

采取选矿样品要与负责试验单位共同协商编制采样设计,并征求矿山设计生产部门的意见。所采样品应具有充分的代表性,要求试样的矿石类型、品位、矿物成分、结构、构造、化学成分及空间分布等方面与详查和勘探范围内矿石特征基本一致,还须考虑开采时的贫化率,故试样中应采取一定量的近矿围岩或夹石。当矿石中有共、伴生有用组分时,采样应考虑其含量和分布情况,以便同时研究其赋存状态和综合回收工艺。试样质量据试验目的要求而定,一般为 50~3 000 kg。采样方法多用矿心劈切法、刻槽法、剥层法和全巷法等。

6.7 岩矿石物理技术性能测试样品的采集与试验

6.7.1 为进行矿产资源/储量估算及研究矿床开采技术条件,在详查和勘探阶段应测定岩矿石的物理技术性能。测试项目为岩矿石的体积质量(体重)、块度、湿度、孔隙度、松散系数、安息角、硬度以及抗压、抗剪、抗拉强度等。采样方法、数量和质量要求按《金属非金属矿产地质普查勘探采样规定及方法》执行。

6.7.2 体积质量(体重)样应按矿石类型和品级分别采集,在空间分布上应有代表性。小体积质量(体重)样品每种矿石类型或品级的样品数量不少于 30 件。对裂隙发育或松散多孔的矿石(如氧化铁、锰矿石等)每种矿石类型或品级还应测定二至五个大体积质量(体重)样,用于校正小体积质量(体重)值或直接参与资源/储量估算。小体积质量(体重)样品的体积一般为 $60\sim 120\text{ cm}^3$,大体积质量(体重)样品的体积一般不小于 0.125 m^3 。测定矿石体积质量(体重)的同时还应测定矿石的主元素品位、湿度、孔隙度等。

6.8 原始地质编录、资料综合整理和报告编写等

6.8.1 原始地质编录

6.8.1.1 原始地质编录是观察研究地质现象的现场记录和观察研究手段的记录,应及时、真实客观。

6.8.1.2 原始地质编录包括实测剖面、地质填图、槽探、井探、坑探与钻探工程、采样等。



6.8.1.3 记录由原始编录人员选用适当的信息记录手段,如数字、文字、图像、磁带、磁盘(光盘)等进行。还要和国家信息系统的建设相适应,及时采用新的方法和手段。

6.8.1.4 原始地质编录整理是根据各种测量成果和对标本、样品的鉴定、测试成果对现场编录进行修正、补充和归纳、整理,编制必要的图表,并按规定格式整饰。采用计算机进行原始编录时,还应及时将原始数据按规定格式存盘、入库。

6.8.1.5 原始地质编录应检查、验收。未经验收或检查不合格的不得利用。

6.8.2 资料综合整理

6.8.2.1 地质资料综合整理是地质勘查工作中的重要环节,应贯彻地质勘查工作的始终。

6.8.2.2 资料综合整理包括地质填图资料、探矿工程资料、水文地质工程地质资料、化学样品分析测试结果、岩矿石物理技术性能测试结果、物探、测量资料等综合图件的编制,综合图表的编制及矿产资源/储量估算等。

6.8.2.3 资料综合整理成果应经过质量检查和验收。

6.8.2.4 为提高资料综合整理水平,数据、图表、图件等应积极采用计算机技术进行数据处理和制作。

6.8.3 勘查报告编制 每一勘查阶段都编制相应的勘查报告。根据报告载体性质的不同,可将报告分为纸质报告和机读报告两大类。每类报告的组成文件可分为四个部分。

- a) 报告正文,由前置部分、主体部分、参考文献、报告图版(必要时)和封底等部分组成;
- b) 报告附图,由图幅标准化的图式、图例、规范化的单张、拼幅图件和图集、图册等组成;
- c) 报告附表,视勘查阶段的不同,报告附表种类各有增减,一般由成果表、登记表、一览表、计算表、统计表等组成;
- d) 报告附件,包括勘查许可证、资源/储量计算工业指标凭证、矿石选冶试验报告、矿床可行性研究报告(非报告正文的独立评价报告)、照片(插图)、与报告有关的录音带和录像带以及与矿区勘查有关的其他技术资料文件等。

勘查报告的具体编制按 DZ/T 0033—2002《固体矿产勘查/矿山闭坑地质报告编写规范》进行,并应由上一级主管单位检查验收。

7 可行性评价

7.1 概略研究

是指对矿床开发经济意义的概略评价。所采用的矿石品位、矿体厚度、埋藏深度等指标通常是我国矿山几十年来的经验数据,采矿成本是根据同类矿山生产估计的。其目的是为了由此确定投资机会。由于概略研究一般缺乏准确参数和评价所必需的详细资料,所估算的资源量只具有内蕴意义。

7.2 预可行性研究

是指对矿床开发经济意义的初步评价。其结果可以为该矿床是否进行勘探或可行性研究提供决策依据。进行这类研究,通常应有详查或勘探后采用参考工业指标求得的矿产资源/储量数,实验室规模的加工选冶试验资料,以及通过价目表或类似矿山开采对比所获数据估算的成本。

7.3 可行性研究

是指对矿床开发经济意义的详细评价,其结果可以详细评价拟建项目的技术经济可靠性,可作为投资决策的依据。所采用的成本数据精确度高,通常依据勘探所获的储量数及相应的加工选冶性能试验结果,其成本和设备报价所需各项参数为当时的市场价格,并充分考虑了地质、工程、环境、法律和政府的经济政策等各种因素的影响,具有很强的时效性。

8 矿产资源/储量分类及类型条件

8.1 矿产资源/储量分类依据

8.1.1 地质可靠程度

8.1.1.1 预测的 是指对具有矿化潜力较大地区经过预查得出的结果。在具有初步的数据并能与地质特征相似的已知矿床类小时,才能估算出预测的资源量。

8.1.1.2 推断的 是指对普查区按照普查的精度大致查明矿产的地质特征以及矿体(点)的展布特征、



品位、质量等，也包括那些由地质可靠程度较高的基础储量或资源量外推的部分。矿体的连续性是推断的。矿产资源数量的估算所依据的数据有限，可信度较低。

8.1.1.3 控制的 是指对矿区的一定范围依照详查的精度基本查明了矿床的主要地质特征、矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件，矿体的连续性基本确定，矿产资源数量的估算所依据的数据较多，可信度较高。

8.1.1.4 探明的 是指在矿区的勘探范围依照勘探的精度详细查明了矿床的地质特征、矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件，矿体的连续性已确定，矿产资源数量估算所依据的数据详尽，可信度高。

8.1.2 经济意义

8.1.2.1 经济的 其数量和质量是依据符合市场价格确定的生产指标估算的。在可行性研究或预可行性研究当时的市场条件下开采，技术上可行、经济上合理、环境等其他条件也允许，即每年开采矿产品的平均价值能满足投资回报的要求，或在政府补贴和（或）其他扶持措施条件下，开发是可能的。

8.1.2.2 边际经济的 在可行性研究或预可行性研究当时，其开采是不经济的，但接近盈亏边界，只有在将来由于技术、经济、环境等条件的改善或政府给予其他扶持的条件下才可变成经济的。

8.1.2.3 次边际经济的 在可行性研究或预可行性研究时，开采是不经济的或技术上不可行，需大幅度提高矿产品价格或技术进步，使成本降低后方能变为经济的。

8.1.2.4 内蕴经济的 仅通过概略研究做了相应的投资机会评价，未做预可行性或可行性研究。由于不确定因素多，无法区分其是经济的、边际经济的，还是次边际经济的。

8.2 矿产资源/储量类型（附录 A）

8.2.1 储 量

8.2.1.1 可采储量（111） 是探明的经济基础储量的可采部分，是指在已按勘探阶段要求加密工程的地段，在三维空间上详细圈定了矿体，肯定了矿体的连续性，详细查明了矿床地质特征、矿石质量和开采技术条件，并有相应的矿石加工选冶试验成果，已进行了可行性研究，包括对开采，选冶、经济、市场、法律、环境、社会和政府因素的研究及相应的修改，证实其在计算的当时开采是经济的。估算的可采储量和可行性评价结果的可信度高。

8.2.1.2 预可采储量（121） 是探明的经济基础储量的可采部分，是指在已达到勘探阶段加密工程的地段，在三维空间上详细圈定了矿体，肯定了矿体的连续性，详细查明了矿床地质特征、矿石质量和开采技术条件，并有相应的矿石加工选冶试验成果，但只进行了预可行性研究，表明当时开采是经济的。估算的可采储量可信度高，可行性评价结果的可信度一般。

8.2.1.3 预可采储量（122） 是控制的经济基础储量的可采部分，是指在已达到详查阶段工作程度要求的地段，基本上固定了矿体的三维形态，能够较有把握地确定矿体连续性的地段，基本查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件，可提供矿石加工选冶性能条件试验的成果。对于工艺流程成熟的易选矿石，也可利用同类型矿产的试验成果。预可行性研究结果表明开采是经济的，估算的可采储量可信度较高，可行性评价结果的可信度一般。

8.2.2 基本储量

8.2.2.1 探明的（可研）经济基础储量（111b） 是未扣除设计、采矿损失的可采储量（111）。

8.2.2.2 探明的（预可研）经济基础储量（121b） 是未扣除设计、采矿损失的预可采储量（121）。

8.2.2.3 控制的经济基础储量（122b） 是未扣除设计、采矿损失的预可采储量（122）。

8.2.2.4 探明的（可研）边际经济基础储量（2M11） 是指在达到勘探阶段工作程度要求的地段，详细查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件，圈定了矿床三维形态，肯定了矿体连续性，有相应的加工选冶试验成果。可行性研究结果表明，在确定的当时，开采是不经济的，但接近盈亏边界，只有当技术、经济等条件改善后才可变成经济的。估算的基础储量和可行性评价结果的可信度高。

8.2.2.5 探明的（预可研）边际经济基础储量（2M21） 是指在达到勘探阶段工作程度要求的地段，详细查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件，圈定了矿体三维形态，肯定了矿体连续性，有相应的矿石加工选冶性能试验成果。预可行性研究结果表明，在确定的当时开采是不经济的，但接近盈亏边界，



待将来技术经济条件改善后可变成经济的。估算的基础储量的可信度高,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.2.6 控制的边际经济基础储量(2M22) 是指在达到详查阶段工作程度的地段,基本上查明了矿床地质特征、矿石质量、开采技术条件,基本圈定了矿体的三维形态。预可行性研究结果表明,在确定的当时,开采是不经济的,但接近盈亏边界,待将来技术经济条件改善后可变成经济的。估算的基础储量的可信度较高,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3 资源量

8.2.3.1 探明的(可研)次边际经济资源量(2S11) 是指在勘查工作程度已达到勘探阶段要求的地段,地质可靠程度为探明的,可行性研究结果表明,在确定的当时,开采是不经济的,必须大幅度提高矿产品价格或大幅度降低成本后才能变成经济的,估算的资源量和可行性评价结果的可信度高。

8.2.3.2 探明的(预可研)次边际经济资源量(2S21) 与探明的(可研)次边际经济资源量(2S11)分布特征相同,估算的资源量可信度高。但本类型只进行了预可行性研究,可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3.3 控制的次边际经济资源量(2S22) 是指在勘查工作程度已达到详查阶段要求的地段,地质可靠程度为控制的,预可行性研究结果表明,在确定的当时,开采是不经济,需大幅度提高矿产品价格或大幅度降低成本后,才能变成经济的。估算的资源量的可信度较高。可行性评价结果的可信度一般。

8.2.3.4 探明的内蕴经济资源量(3S1) 是指在勘查工作程度已达到勘探阶段要求的地段,地质可靠程度为探明的,但未做可行性研究或预可行性研究,仅作了概略研究,经济意义介于经济的至次边际经济的范围内,估算资源量可信度高,可行性评价可信度低。

8.2.3.5 控制的内蕴经济资源量(3S2) 是指在勘查工作程度已达到详查阶段要求的地段,地质可靠程度为控制的,可行性评价仅做了概略研究,经济意义介于经济的至次边际经济的范围内,估算的资源量可信度较高,可行性评价可信度低。

8.2.3.6 推断的内蕴经济资源量(3S3) 是指在勘查工作程度只达到普查阶段要求的地段,地质可靠程度为推断的,资源量只根据有限的数据估算的,其可信度低。可行性评价仅做了概略研究,经济意义介于经济的至次边际经济的范围内,可行性评价可信度低。

8.2.3.7 预测的资源量(3S4)? 依据区域地质研究成果、航空、遥感、地球物理、地球化学等异常或极少量工程资料,确定具有矿化潜力的地区,并和已知矿床类比而估算的资源量,属于潜在矿产资源,有无经济意义尚不确定。

9 矿产资源/储量估算

9.1 矿床工业指标

矿床工业指标是指当前技术经济条件下,矿床应达到工业利用的综合标准,是评价矿床工业价值、圈定矿体、估算矿产资源/储量的依据。它是依据保护和合理利用矿产资源的方针,以及国家经济政策、技术水平和经济效益等多方面因素所确定的,其内容由矿石质量(化学的或物理的)指标和矿床开采技术条件两部分组成(附录 E.1.1)。预查阶段和普查阶段,可采用矿床一般工业指标(附录 E.1.2);详查阶段和勘探阶段,则应根据矿床地质特征,结合预可行研究或可行性研究成果,并按当时的市场价格进行论证,由投资方(业主)向地勘单位提供按国家规定的程序制定和下达的矿床工业指标。

9.2 矿产资源/储量估算的一般原则

9.2.2 根据矿体产出的地质特征和勘查工程的布置方式,合理地选择估算方法(附录 E.2)。提倡和鼓励运用新技术、新方法。对于使用的任何一种估算方法,都应选取一部分有代表性的矿体或块段,采用其他估算方法进行验算与对比。

9.2.3 估算使用的计算机软件,必须是经国务院地质矿产主管部门认定的。

9.2.4 在圈定有工业利用价值的共生矿产的矿体时,应尽量考虑与主矿体在空间上、形态上的一致性;在固定有工业综合利用价值的伴生组分范围时,则必须按与主矿种矿体(矿块或矿段)空间相一致的原则进行。

9.2.5 对已开采的矿床,应按实际资料扣除截止到地质勘查野外工作结束时采空区的储量。



9.3 矿产资源/储量分类估算结果表

对将提交勘查成果的矿床，根据矿床地质可靠性的控制程度和可行性研究程度所确定的经济意义，按照 GB/T 17766—1999《固体矿产资源/储量分类》将其矿产资源/储量进行分类估算，并按矿体和块段编号制表，标明矿产资源/储量分类的编码，分类表述其平均品位、矿石量及分类含量等估算结果（附录 E.3）。

附 录 A
(规范性附录)
固体矿产资源/储量分类

表 1 固体矿产资源/储量分类表

经济意义	地 质 可 靠 程 度			潜在矿产资源 预测的
	探明矿产资源			
	探 明 的	控 制 的	推 断 的	
经 济 的	可采储量(111)			
	基础储量(111b)			
	预可采储量(121)	预可采储量(122)		
	基础储量(121b)	基础储量(122b)		
边际经济的	基础储量(2M11)			
	基础储量(2M21)	基础储量(2M22)		
次边际经济的	资源量(2S11)			
	资源量(2S21)	资源量(2S22)		
内蕴经济的	资源量(331)	资源量(332)	资源量(333)	资源量(334)?

注：表中所用编码（111～334），第 1 位数表示经济意义：1＝经济的，2M＝边际经济的，2S＝次边际经济的，3＝内蕴经济的，?＝经济意义未定的；第 2 位数表示可行性评价阶段：1＝可行性研究，2＝预可行性研究，3＝概略研究；第 3 位数表示地质可靠程度：1＝探明的，2＝控制的，3＝推断的，4＝预测的；b＝未扣除设计、采矿损失的可采储量。

附 录 B
(资料性附录)
铁、锰、铬矿物及矿石类型

1 铁矿物及铁矿石类型

1.1 铁矿物

目前具有工业利用价值的主要铁矿物有磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿和菱铁矿，其主要特征见表 1。

表 1 铁矿物类型表

矿 物 名 称	化学分子式	主要成分(质量分数)/%	附 注
磁铁矿 (Magnetite)	Fe ₃ O ₄	Fe 72.4 FeO 31.03,68.96	
钛磁铁矿 (Titanomagnetite)	Fe _(2+x) ²⁺ Fe _(2-x) ³⁺ Ti ₂ O ₄ (0<x<1)	Fe 57.4;TiO ₂ 12~16	600℃以上铁钛固溶体结构均一,600℃以下分解成磁铁矿、钛铁矿及钛铁晶石
钒磁铁矿 (Coulsonite)	FeV ₂ O ₄	FeO 27.92~30.75 V ₂ O ₅ 68.41~72.04	含钒磁铁矿固溶体分解产物
钛铁晶石 (Ulvöspinel)	Fe ₂ TiO ₄	FeO 81.59;TiO ₂ 18.41	钛磁铁矿固溶体分离产物
钛铁矿 (Ilmenite)	FeTiO ₃	Fe 36.8;Ti 31.6	
赤铁矿 (Hematite)	α-Fe ₂ O ₃	Fe 69.94	玫瑰花状或片状集合体称镜铁矿
磁赤铁矿 (Maghemite)	γ-Fe ₂ O ₃	Fe 69.94	由磁铁矿氧化而成,具磁性
针铁矿 (Goethite)	α-FeO(OH)	Fe 62.9	褐铁矿主要组成部分,其中含不定量吸附水者称水针铁矿
纤铁矿 (Lepidocrocite)	γ-FeO(OH)	Fe ₂ O ₃ 89.9;Fe 62.9	褐铁矿主要组成部分,其中含不定量吸附水者称水纤铁矿;其分布不及针铁矿普遍
菱铁矿 (Siderite)	FeCO ₃	FeO 62.01;CO ₂ 37.99	



1.2 铁矿石的自然类型

1.2.1 按组成矿石的主要铁矿物可分为磁铁矿石、赤铁矿石、镜铁矿石、假象赤铁矿石、钒钛磁铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石，以及由两种以上铁矿物作为主要组成的复合矿石等。

1.2.2 按矿石中主要脉石矿物的种类可分为石英型、闪石型、辉石型、斜长石型、石榴子石型、铁白云石型、碧玉型铁矿石等。

1.2.3 按结构、构造可分为浸染状、网脉状、条纹—条带状、致密块状、角砾状、鲕状、肾状、蜂窝状、粉状铁矿石等。

1.3 铁矿石工业类型

1.3.1 炼钢用铁矿石：铁含量 $w(\text{TFe}) \geq 56\%$ ，有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼钢质量标准的铁矿石，主要用于平炉、电炉（炼钢做氧化剂）、转炉（炼钢做冷却剂）。

1.3.2 炼铁用铁矿石：铁含量 $w(\text{TFe}) \geq 50\%$ [褐铁矿矿石、菱铁矿矿石扣除烧损后 $w(\text{TFe}) \geq 50\%$]，有害杂质含量及块度均符合直接入炉炼铁质量标准的铁矿石。炼铁用铁矿石及铁精矿粉按主要造渣组分的比值，又可划分为碱性矿石、自熔性矿石、半自熔性矿石和酸性矿石。其标准见表 2。

表 2 炼铁用铁矿石质量标准表

矿石类型	$w(\text{CaO} + \text{MgO}) / w(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$	矿石类型	$w(\text{CaO} + \text{MgO}) / w(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$
碱性矿石	> 1.2	自熔性矿石	$1.2 \sim 0.8$
半自熔性	$< 0.8 \sim 0.5$	酸性矿石	< 0.5

注：当 MgO 和 Al_2O_3 含量都很低时，亦可采取 $w(\text{CaO}) / w(\text{SiO}_2)$ 值确定酸碱度

1.3.3 需选铁矿石：含量较低的铁矿石（贫矿），或铁含量高但有害杂质含量超过规定、含伴生有用组分不符合入炉冶炼要求的一般富矿 [$w(\text{TFe}) \geq 50\%$] 统称需选铁矿石。这些矿石需要选矿、烧结或球团处理后，才能入炉冶炼。

需选铁矿石工业类型，从选矿工艺要求出发，根据磁性铁（ mFe ）对全铁（ TFe ）的占有率，将其划分为磁性铁矿石和弱磁性铁矿石。 $w(\text{mFe}) / w(\text{TFe}) \geq 85\%$ 为磁性铁矿石， $w(\text{mFe}) / w(\text{TFe}) \leq 85\%$ 为弱磁性铁矿石。当矿石矿物成分复杂，矿石中硅酸铁（ siFe ）、硫化铁（ sfFe ）和碳酸铁（ cFe ）的质量分数大于 3%，或三者之和大于 3% 时， $w(\text{mFe}) / w(\text{TFe} - \text{siFe} - \text{sfFe} - \text{cFe}) \geq 85\%$ 为磁性铁矿石， $w(\text{mFe}) / w(\text{TFe} - \text{siFe} - \text{sfFe} - \text{cFe}) \leq 85\%$ 为弱磁性铁矿石。

2 锰矿物及锰矿石类型

2.1 锰矿物

目前工业上利用的主要锰矿物为锰的氧化物、氢氧化物、硫化物、碳酸盐及锰的硅酸盐矿物，详见表 3。

表 3 锰的工业矿物

类	矿物名称	曾用名	化学分子式	Mn 及特征元素 $w_B/\%$	附 注
氧 化 物	硬锰矿 (Psilomelane)		$\text{BaMn}^{2+}\text{Mn}_9^{4+}\text{O}_{20} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Mn 45~60	氧化锰矿石中的主要矿物
	锰钾矿 (Cryptomelane)	隐钾锰矿	$\text{K}_2\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_7^{4+}\text{O}_{16}$	MnO ₂ 79~90; MnO 0~6; K ₂ O 2~4	氧化锰矿石中的主要矿物, 属 αMnO_2
	锰钡矿 (Hollandite)	钡硬锰矿、碱硬锰矿	$\text{Ba}_2\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_7^{4+}\text{O}_{16}$	MnO ₂ 66~88; MnO 0~9; BaO 2~18	常见氧化锰矿物
氢 氧 化 物 类	钙锰石 (Rancieite)	兰西锰矿、钙硬锰矿	$(\text{Ca}, \text{Mn}^{2+})\text{Mn}_4^{4+}\text{O}_9 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	MnO ₂ 65~75; MnO 0~14; CaO 3~12	见于锰碳酸盐和锰硅酸盐岩的风化带中
	锰铅矿 (Coronadite)	铅硬锰矿、铅锰氧石	$\text{PbMn}^{2+}\text{Mn}_7^{4+}\text{O}_{16}$	MnO ₂ 60±; MnO 8±; CaO 20~33	含铅次生锰矿中的常见铅锰矿物
	锂硬锰矿 (Lithiophorite)		$(\text{Li}, \text{Al})\text{MnO}_2(\text{OH})_2$	MnO ₂ 45~60; MnO 0.5~8; Al ₂ O ₃ 17~24; Li ₂ O 0.4~3	次生钴锰矿床中的主要载钴、镍矿物, 含钴可达 0.6%~10%



续表 3

类	矿物名称	曾用名	化学分子式	Mn 及特征元素 $w_B/\%$	附 注
氧化 物 氢 氧 化 物 类	水羟锰矿 (Vernadite)	复水锰矿、偏锰酸矿	$(\text{Mn}^{4+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ca}, \text{Na})(\text{O}, \text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	MnO_2 71 \pm ; MnO 1.8 \pm	由锰硅酸盐和碳酸盐特别是含锰灰岩风化形成的锰帽中主要锰矿物
	软锰矿 (Pyrolusite)		βMnO_2	MnO_2 90 \sim 98	原生、次生氧化锰矿石中主要锰矿物之一,具有较大且发育完好晶形者称黝锰矿,软锰矿石常作放电锰用
	六方锰矿 (Nsutite)	恩苏塔矿	$\text{Mn}_x^{2+} \text{Mn}_{1-x}^{4+} \text{O}_{2-2x} (\text{OH})_{2x}; x = 0.06 \sim 0.07$ (大多数)	MnO_2 89 \sim 93 ; MnO 0.8 \sim 1.8	锰矿氧化带中常见矿物,属 σMnO_2 ,具有良好的放电性能
	拉锰矿 (Ramsdellite)	兰姆斯德矿、斜方软锰矿	γMnO_2	MnO_2 90 \sim 97	放电性能好,但较少见
	钙锰矿 (Todorokite)	钼镁锰矿、托锰矿	$(\text{Mn}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Mn}_3\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	MnO_2 50 \sim 79 ; MnO 3 \sim 13 ; BaO 0.2 \sim 3 ; CaO 3.0 \pm ; MgO 1 \pm	是现代海洋锰结核中的主要矿物;锰矿床氧化带中常见
	水钠锰矿 (Birnessite)	钠水锰矿	$\text{Na}_4\text{Mn}_{14}\text{O}_{27} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	MnO_2 66 \sim 79 ; Na_2O 0.16 \sim 12	现代海洋锰结核中的主要矿物,也见于锰矿床氧化带的下部
	水锰矿 (Manganite)		$\gamma\text{MnO}(\text{OH})$	Mn 55 \sim 62	原生沉积氧化锰矿石中的主要矿物之一
	褐锰矿 (Braunite)		$3(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3; (\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	Mn 55 \sim 60 ; SiO_2 8.5 \sim 11	变质锰矿和原生沉积氧化锰矿石中的主要矿物之一
	黑锰矿 (Hausmannite)		Mn_3O_4	Mn 45 \sim 65	原生沉积氧化锰矿石中的主要矿物之一,变质或热液锰矿床中亦常见
	锰铁矿 (Jacobsite)	黑镁铁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg}) \cdot (\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_4$	Mn 24 \pm ; Fe 42 \pm	变质锰矿床或原生氧化锰矿石中常见矿物之一
碳 酸 盐 类	方铁锰矿 (Bixbyite)		$(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$	Mn 52 \sim 62	变质锰矿床中或原生氧化锰矿石中出现
	方锰矿 (Manganosite)		MnO	Mn 77.4	变质锰矿床中或原生氧化锰矿石中出现
	水锌锰矿 (Hydrohetaerolite)		$\text{Zn}_2\text{Mn}_4\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn 38 \pm ; ZnO 37 \pm	含锌次生氧化锰矿床中常见锰矿物
	黑锌锰矿 (Chalcophanite)		$(\text{Zn}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}) \text{Mn}_3^{4+}\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	MnO_2 60 \sim 64 ; MnO 0.8 \sim 6 ; ZnO 14 \sim 21	含锌次生氧化锰矿床中常见锰矿物
	菱锰矿 (Rhodochrosite)		MnCO_3	Mn 35 \sim 45	碳酸锰矿石中主要矿物
	钙菱锰矿 (Calciorhodochrosite)		$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{CO}_3$	Mn 25 \sim 35	碳酸锰矿石中主要矿物
	锰方解石 (Manganocalcite)		$(\text{Ca}, \text{Mn})\text{CO}_3$	Mn 15 \sim 27	碳酸锰矿石中主要矿物
	锰白云石 (Kutnahorite)		$\text{Ca}(\text{Mn}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	Mn 15 \sim 18	碳酸锰矿石中常见矿物
	铁菱锰矿 (Ferrorhodochrosite)		$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{CO}_3$	Mn 32 \sim 38 ; Fe 5 \sim 15	铁锰碳酸盐矿石中常见矿物
	硫锰矿 (Alabandite)		MnS	Mn 63.14 ; S 36.86	变质和内生锰矿床中可大量出现,沉积碳酸锰矿床中可少量出现
硼 酸 盐 类	褐硫锰矿 (Hauerite)		MnS_2	Mn 46.14 ; S 53.86	变质和内生锰矿床中出现
	锰方硼石 (Chambersite)		$\text{Mn}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$	Mn 42.00 ; B_2O_3 49.29 ; Cl 6.60	罕见,在个别沉积矿床中可作为主要锰矿物
	蔷薇辉石 (Rhodonite)		$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{SiO}_3$	MnO 47.05 ; CaO 6.97 ; SiO_2 45.98	变质及热液矿床中常见
	锰铝榴石 (Spessartite)		$\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	MnO 21 \sim 38 ; Al_2O_3 18 \sim 20 ; SiO_2 35 \sim 38	变质及热液矿床中常见
	锰铁叶蛇纹石 (Mangano ferrorantig-orite)		$(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})_4\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	MnO 31.74 ; FeO 14.41 ; MgO 6.31 ; SiO_2 45.98	变质及热液矿床中出现
	蜡硅锰矿 (Bementite)		$\text{Mn}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{15}(\text{OH})_{10}$	MnO 34 \sim 50	变质及热液矿床中出现



2.2 锰矿石自然类型

- 2.2.1 根据矿石中主要锰矿物划分：碳酸锰矿石；氧化锰矿石；硅酸锰矿石；硼酸锰矿石；铁锰多金属矿石；及由上述两种或两种以上类型的矿物构成的复合矿石。
- 2.2.2 根据矿石结构构造划分：块状矿石、条带状矿石、多孔状矿石、肾状矿石、豆状矿石、粉状矿石、钟乳状矿石等。

2.3 锰矿石工业类型

- 2.3.1 冶金用锰矿石：
- a) 根据 $w(P)/w(Mn)$ 比值分为：
 - 1) 低磷矿石：比值 ≤ 0.003 ；
 - 2) 中磷矿石：比值为 $0.003\sim 0.006$ ；
 - 3) 高磷矿石：比值 > 0.006 ；
 - b) 根据 $w(CaO+MgO)/w(SiO_2+Al_2O_3)$ 比值分为：
 - 1) 酸性矿石：比值 < 0.8 ；
 - 2) 自熔性矿石：比值为 $0.8\sim 1.2$ ；
 - 3) 碱性矿石：比值 > 1.2 ；
 - c) 根据 $w(Mn)/w(Fe)$ 比值划分为：
 - 1) 铁锰矿石：比值 < 1 ；
 - 2) 高铁锰矿石：比值为 $1\sim 3$ ；
 - 3) 中铁锰矿石：比值 $> 3\sim 6$ ；
 - 4) 低铁锰矿石：比值 > 6 。
- 2.3.2 电池用锰矿石可根据其中 MnO_2 内部晶形结构划分为 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho$ 型等放电锰矿石。
- 2.3.3 化工用锰矿石按用途可分为电解金属锰用、电解二氧化锰用及制锰盐用矿石。

3 铬矿物及铬矿石类型

3.1 铬矿物

铬的工业矿物见表 4。

表 4 铬的工业矿物

矿 物 名 称		化 学 分 子 式	$w(Cr_2O_3)/\%$	附 注
铬铁矿物 (亚铁铬铁矿)	镁铬铁矿 (Magnesiochromite)	$(Mg, Fe)Cr_2O_4; Mg\ 1\sim 0.75; Fe\ 0\sim 0.25$	50~60	少 见
	铁镁铬铁矿 (Magnesioferrochromite)	$(Mg, Fe)Cr_2O_4; Mg\ 0.5\sim 0.75; Fe\ 0.25\sim 0.5$	50~60	常 见
	镁铁铬铁矿 (Ferromagnesiochromite)	$(Fe, Mg)Cr_2O_4; Mg\ 0.5\sim 0.25; Fe\ 0.5\sim 0.75$	50~60	常 见
	铁铬铁矿 (Ferrochromite)	$(Fe, Mg)Cr_2O_4; Mg\ 0.25\sim 0; Fe\ 0.75\sim 1$	50~60	少 见
铝铬铁矿	铝-铁镁铬铁矿 (Alumo-Magnesioferrochromite)	$(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$	32~50	产于高铝超基性岩中
	铝-镁铁铬铁矿 (Alumo-Ferromagnesiochromite)	$(Fe, Mg)(Cr, Al)_2O_4$	32~50	产于高铝超基性岩中
高铁铬铁矿	高铁铬铁矿 (Ferri-chromite)	$(Mg, Fe)(Cr, Fe)_2O_4$	32~50	产于纯橄岩和斜辉辉橄岩中
铬铁矿	铝-高铁铬铁矿 (Alumo-Ferri-chromite)	$(Mg, Fe)(Cr, Fe, Al)_2O_4$	32~50	又称含铁富铁铝铬铁矿
	硬铬尖晶石 (Chrompicotite)	$(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$	32~38	

3.2 铬矿石自然类型

铬矿石的自然类型见表 5。

3.3 铬矿石工业类型

按工业用途划分：冶金用铬矿石、耐火材料用铬矿石、化工用铬矿石、铸石用铬矿石。



表 5 铬矿石自然类型

矿 石 类 型		铬矿物密集程度	铬矿物质量分数 /%	Cr ₂ O ₃ 估计质量分数 /%
致密块状矿石		极密集	>80	>40
浸染状 矿石	稠密浸染	较密集	50~80	25~40
	中等浸染	中等程度密集	30~50	15~25
	稀疏浸染	稀疏	10~30	5~15

附 录 C

(资料性附录)

铁、锰、铬矿床主要类型

1 铁矿床主要类型

1.1 岩浆晚期铁矿床

1.1.1 岩浆晚期分异型铁矿床 产于辉长岩-橄辉岩等基性、超基性火成岩体中。单个含矿岩体断续延长数千米至数十千米，宽一至几千米。矿体呈较规整的多层似层状，产于岩体中下部、韵律层的底部。矿体(层)累积厚度数十至二三百米，延深数百至千米以上，多为大型矿床。成矿后断裂和岩脉发育，常破坏矿体在走向、倾向上的连续性。矿石具浸染状、条带状、块状构造，陨铁嵌晶结构、固溶体分解结构。金属矿物以钛磁铁矿为主，粒状钛铁矿为次，并含少量磁黄铁矿、黄铁矿及其他钴镍硫化物。脉石矿物有辉石、基性斜长石、橄榄石、磷灰石等。矿石一般 $w(\text{TFe})$ 20%~45%， $w(\text{TiO}_2)$ 3%~16%， $w(\text{V}_2\text{O}_5)$ 0.15%~0.5%， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 0.1%~0.38%，伴生有 Cu, Co, Ni, Ga, Mn, P, Se, Te, Sc 及铂族元素等。矿石均需选矿后才可冶炼。矿床实例：攀枝花铁矿。

1.1.2 岩浆晚期贯入式矿床 产于辉长岩和斜长岩岩体中。矿体沿岩体中一定裂隙分布，或产于辉长岩与斜长岩的接触带内。矿体形状不规则，一般呈扁豆状、似脉状成群出现，雁行排列并向深部侧伏。单个矿体长数米、数十至数百米不等，厚度数米至数十米，延深数十至数百米。矿床规模多为中小型。矿石呈致密块状、浸染状构造。矿石中有用矿物颗粒较粗大，常见金红石而未见钛铁晶石。矿石矿物成分和化学成分大体与岩浆晚期分异型铁矿床类似，但常含有多量的斜长石、辉石、纤闪石、阳起石、磷灰石，岩体中局部可形成单独的铁磷矿体。矿石易选。矿床实例：大庙铁矿。

1.2 接触交代-热液铁矿床

本类型矿床一般含铁较高，分布普遍。接触交代型矿床主要产于中—酸性侵入体与碳酸盐类岩石的接触带内。

矿床规模一般为中小型，少数为大型。矿体一般长数十至数百米，少数达数千米，延深几十至数百米以上，厚度几米至几十米。矿体的形态及分布受接触带控制。有似层状、扁豆状、巢状等，常有盲矿体存在。矿石以块状构造为主，浸染状为次，亦有角砾状构造，具有交代和粒状结构。矿石矿物以磁铁矿为主，假象赤铁矿为次，有的矿区出现较多菱铁矿。硫化物以黄铁矿为主，部分矿区有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钼矿等。少数矿床中含有锡石和“胶态锡”。脉石矿物以透辉石、石榴子石为主，角闪石、碳酸盐矿物等次之。有的矿区脉石矿物蛇纹石较多。矿石全铁质量分数 30%~70%，硫质量分数一般在 4% 以下，磷低， $w(\text{SiO}_2)$ 4%~15%，伴生有 Cu, Co, Ni, Pb, Zn, Au, Ag, W, Sn, Mo 等。矿石一般可选性良好，除某些含锡较高的矿床未利用外，均已被广泛开采利用。矿石中常含有能综合回收的伴生有用元素，如 Co, Ni, Cu, Au, Ag, S 等。矿床实例：大冶铁矿。

1.3 与火山-侵入活动有关的铁矿床

1.3.1 与陆相火山-侵入活动有关的铁矿床 矿床在火山机构中的产出位置可分为①产于火山碎屑岩中的火山-沉积矿床；②产于玢岩体内部、顶部及其与周围火山岩接触带中的铁矿床；③产于玢岩体与周围沉积岩接触带中的铁矿床。其中以位于玢岩体顶部及其与周围火山岩接触带中的矿体规模最大，矿石较富。与陆相火山-侵入活动有关的矿床，矿体规模大小不等。大型矿体长千米以上，厚度几十至二三百米，宽数百至近千米。矿体呈似层状、饼状、透镜状、钟状、环状、囊状。产状多近水平，或以缓角度向四周倾



伏。矿石矿物以磁铁矿、假象赤铁矿、赤铁矿为主，并含有黄铁矿。脉石矿物有透辉石、阳起石、磷灰石、碱性长石及硬石膏等。围岩蚀变发育。矿体外有时形成单独的黄铁矿体及硬石膏矿体。矿石具块状、浸染状、浸染网脉状、角砾状、斑杂状、条纹条带状等构造。浸染状矿石一般 $w(\text{TFe})$ 为 17%~30%，块状矿石一般 $w(\text{TFe})$ 为 35%~57%， $w(\text{P})$ 为 0.1%~1.34%， $w(\text{S})$ 为 0.03%~8% 或更高， $w(\text{V}_2\text{O}_5)$ 为 0.1%~0.3%。矿床实例：梅山铁矿。

1.3.2 与海相火山—侵入活动有关的铁矿床 矿床产于地槽褶皱带的海底火山喷发中心附近，矿体赋存于一套由火山碎屑岩—碳酸盐岩—熔岩（细碧岩与角斑岩）组成的建造中。矿体呈层状、似层状、透镜状，少数为脉状、囊状，常成群成带出现。单个矿体走向延长几十米至千米以上，厚几米至几十米，最厚达百米，延深百米或数百米，最大达千米。矿体一般产状平缓，中小矿体有时产状复杂。矿石构造与陆相火山—侵入活动有关的矿床相同，并具杏仁状构造、定向排列构造等。矿石中金属矿物以磁铁矿、赤铁矿为主，另有假象赤铁矿、菱铁矿和硫化物。脉石矿物有石英、钠长石、绢云母、铁绿泥石等。矿石含铁量与陆相火山—侵入活动有关的铁矿床相似，并多含 Cu, Co。多数铁矿床含铁一般较高，矿石易选，但有的矿区含有一定数量的菱铁矿、黄铁矿、硅酸铁矿物等，影响选矿效果。矿石中伴生的 S, P, V_2O_5 , Cu, Co 等，可综合回收。矿床实例：大红山铁矿。

1.4 沉积铁矿床

1.4.1 浅海相沉积铁矿床

1.4.1.1 震旦纪沉积赤铁矿、菱铁矿矿床 产于震旦系中，矿层底板为细砂岩或砂质页岩，顶板为黑色页岩夹薄层砂岩，一般有三四层矿，单层厚 0.7~2 m。矿石类型以赤铁矿石为主，菱铁矿石次之。矿石以鲕状构造为主，一般 $w(\text{TFe})$ 为 30%~50%，硫、磷含量较低。在局部地段，小断层较发育。矿床实例：庞家堡铁矿。

1.4.1.2 泥盆纪沉积赤铁矿、菱铁矿矿床 产于中上泥盆统中，含矿建造以砂、页岩为主，含矿一至四层，累积厚度不大，但较稳定。矿石类型以赤铁矿石、菱铁矿石为主，其次为鲕绿泥石矿石及混合型矿石。矿石以中级品位为主， $w(\text{TFe})$ 为 25%~50%，一般含磷高，含硫低。矿床实例：火烧坪铁矿。

1.4.2 海陆交替—湖相沉积铁矿床 铁矿层往往与煤系地层关系密切，有的矿层产于碳酸盐类岩石古侵蚀面上，与铝土矿、粘土矿共生。层位稳定，矿床规模多为中、小型。矿体有似层状、层状、透镜状，或由结核状和扁豆状矿石与粘土页岩或煤层组成不连续的菱铁矿、赤铁矿或褐铁矿含矿层。矿石以菱铁矿为主，或以赤铁矿为主，或两者兼有。脉石有绿泥石、石英、粘土矿物等。 $w(\text{TFe})$ 为 30%~55%，含磷高，含硫低，有的矿区含锰、铝、硫较高。本类型矿床矿石采、选、冶困难，鲕绿泥石型矿石目前国内尚难利用。矿床实例：土台铁矿。

1.5 沉积变质铁矿床

1.5.1 变质铁硅建造铁矿 矿体一般大而贫，也有少量富矿。物质组分一般较简单。可分为三个亚类：①产于以角闪质岩石为主并夹有黑云变粒岩等岩石的岩层中的铁矿，有时夹有石英岩；②产于以绢云母质绿泥石质千枚岩和片岩为主的岩层中的铁矿；③产于夹有大理岩的片岩、片麻岩及变粒岩的岩层中的铁矿。

此类矿床的含矿带在区域构造上常呈复式褶皱，使矿体（层）重复出现；轴部矿体加厚；有的矿床受后期剥蚀或断层影响，在局部范围内呈单斜构造或向斜构造产出。

一个矿区内铁矿有的是多层，也有一至二层的。矿层厚者可达二三百米。矿体延长一般几百米至几千米，极少数可达十余千米，延深数百米至千米以上。矿体形态简单，多呈层状、似层状，产状与围岩基本一致。在贫矿层中的有利部位有时见富矿，个别富矿体沿走向仅百余米，延深却可达千余米。矿石矿物一般以磁铁矿为主，少数矿区赤铁矿、假象赤铁矿较多。矿石中普遍含少量碳酸铁、硅酸铁，个别矿区含量较高。脉石矿物有石英、绿泥石、镁铁闪石。铁铝榴石、黑云母、碳酸盐矿物等，一般含少量黄铁矿。矿石多具条纹条带状构造，花岗变晶、鳞片变晶结构。多数矿区的矿石 $w(\text{TFe})$ 为 20%~40%， $w(\text{SiO}_2)$ 为 40%~50%，一般要做选矿处理；少数矿区产有富矿， $w(\text{TFe})$ 达 50%~60%，含硫、磷低，可供直接入炉冶炼用。矿床实例：鞍山铁矿。

1.5.2 变质碳酸盐型铁矿 铁矿产于千枚岩、大理岩、白云质大理岩、板岩等各类岩层之中或其接触面



上,以矿体厚度变化大和富矿占比例大为特征。矿体呈层状、似层状、扁豆状或不规则状。矿石矿物有赤铁矿、菱铁矿、磁铁矿、褐铁矿。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石及碳酸盐类。矿石构造以块状为主,条状、条带状次之。矿床实例:大栗子铁矿。

1.6 风化淋滤型铁矿床

本类型矿床由各类原生铁矿、硫化物矿床以及其他含铁岩石经风化淋滤富集而成,也称风化壳矿床。

本类矿床以“铁帽”分布广泛为特征,矿体形态受地形及构造影响,呈不规则或扁豆状。规模一般小型,也有大、中型矿床。矿石以疏松多孔褐铁矿为主。脉石为石英、碳酸盐类、粘土矿物等。矿石具块状、蜂窝状、葡萄状或土状构造。矿石 $w(\text{TFe})$ 为 35%~60%。多数矿床随原生矿(岩)石的不同成分,常含 Pb, Zn, Cu, As, Co, Ni, S, Mn, W, Bi 等杂质。矿石难选,工业利用上存在一定局限性,多作为配矿利用。矿床实例:大宝山铁矿。

1.7 其他类型铁矿床

指由多时期多因素形成,而主要成矿因素、成矿时期尚有不同认识的矿床,如海南石碌、内蒙古白云鄂博等铁矿床。

石碌铁矿的地层主要为一套浅海潟湖相沉积岩系,并经受了程度较浅的区域变质和接触变质作用。铁矿体主要赋存于白云岩、白云质结晶灰岩中的透辉石透闪石岩内,呈层状或似层状,产于复式向斜的两翼或一翼。矿区外围见中生代花岗岩。

主矿体长 2 570 m,宽 460 m,最大垂厚 430 m。矿石矿物以赤铁矿和石英为主,并含少量磁铁矿及半假象赤铁矿、铁碧玉等。矿石平均 $w(\text{TFe})$ 为 51%, $w(\text{SiO}_2)$ 为 6%~33%, $w(\text{S})$ 为 0.22%~0.6%, $w(\text{P})$ 为 0.01%~0.04%。矿石中 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2) > 90\%$ 。矿体底板以下有单独的铜钴矿体。该铁矿所产铁矿石为优质富铁矿石。

白云鄂博铁矿的地层为前寒武纪浅变质的石英岩、板岩、白云岩夹云母片岩,铁矿产于白云岩中或白云岩与硅质板岩接触处,呈似层状、透镜状顶层产出。含矿带东西长 16 km,南北宽 1~2 km,主矿体长 1 250 m,水平厚度平均为 245 m,真厚度 99 m,最大延深 970 m。铁矿石主要由磁铁矿、赤铁矿、假象赤铁矿组成,在矿体和围岩中普遍含有多种稀有、稀土矿物。脉石矿物有萤石、钠辉石、钠闪石、云母、重晶石、白云石、石英等。近矿围岩中含稀有、稀土元素,有时可单独构成矿体。铁矿石 $w(\text{TFe})$ 为 27%~55%,平均 $w(\text{TFe})$ 为 31%~36%, $w(\text{S})$ 为 0.2%~2%, $w(\text{P})$ 为 0.3%~1%, $w(\text{F})$ 为 2%~10%, $w(\text{TR}_2\text{O}_3)$ 为 2%~8%, $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$ 在富集地段质量分数为 0.05%~0.1%。由于矿石组分复杂,属难选矿石。

2 锰矿床主要类型

2.1 海相沉积锰矿床

是锰矿床中最重要的类型。产出层位:中元古界长城系高于庄组和蓟县系铁岭组,新元古界震旦系下统南沱组(大塘坡组、湘锰组)、上统陡山沱组,中奥陶统磨刀溪组、上奥陶统五峰组,上泥盆统榴江组、五指山组,下石炭统大塘阶阿克沙克组、中石炭统黄龙群,下二叠统孤峰组、上二叠统龙潭组,下三叠统蒗茨沟组和北泗组、中三叠统大茅组及上三叠统松桂组等。按含矿岩系和锰矿层特征,分为 5 个亚类。

- 产于硅质岩、泥质灰岩、硅质灰岩中的碳酸锰矿床 分布于台盆或台槽区,含矿岩系以富含硅质、泥质,以及出现硅质岩段或夹层的不纯的碳酸盐岩为特征;锰矿层主要产出于含矿岩系的泥质、硅质灰岩段内,呈层状、似层状、透镜状;长数百米至数千米,厚一至数米;矿石具泥晶结构,结核状、豆状、微层状构造;矿石类型有菱锰矿型、钙菱锰矿-锰方解石型、锰方解石型;有的矿床局部出现锰的硅酸盐-菱锰矿型;非金属矿物主要为石英、玉髓、方解石;大多数属酸性矿石;矿层浅部发育次生氧化带;矿床规模多属中、大型。矿床实例:下雷锰矿、龙头锰矿、大通锰矿。
- 产于黑色岩系中的碳酸锰矿床 含矿岩系或含矿岩段为黑色含碳页岩、粘土岩,具水平层理或线理;矿体呈层状、似层状、透镜状,长数百至数千米,厚一至数米;矿石具泥晶结构、球粒结构及少量鲕状结构,块状、条带状构造;矿石类型最普遍的是菱锰矿型,次有钙菱锰矿-锰方解石



型、锰万解石型；非金属矿物主要为石英、方解石及粘土矿物，常见伴有星散状的黄铁矿；以酸性矿石为主；近地表部分不同程度地发育次生氧化带；矿床规模以大中型居多。典型矿床有湘潭锰矿、民乐锰矿、松桃锰矿、铜锣井锰矿和高燕锰矿。

- c) 产于细碎屑岩中的氧化锰、碳酸锰矿床 含矿岩系为杂色粉砂质页岩、粉砂岩，常夹有泥质灰岩、灰岩；矿体常呈透镜状，可有数层矿；矿石具细粒集合体及鲕状、球粒状结构，条带状、块状构造；原生矿石有氧化锰类型和碳酸锰类型，氧化锰类型主要为水锰矿型，碳酸锰类型有菱锰矿型、钙菱锰矿-锰方解石型；非金属矿物以石英、玉髓或方解石为主；矿石有的属酸性矿石，也有属自熔性或碱性；近地表有发育程度不等的氧化矿石；矿床规模一般较大。矿床实例：瓦房子锰矿、斗南锰矿。
- d) 产于白云岩、白云质灰岩中的氧化锰、碳酸锰矿床 含矿岩系或含矿段为白云岩、粉砂质白云岩、白云质灰岩；矿体呈层状、似层状、透镜状；矿石有菱锰矿型，锰方解石-菱锰矿型，呈晶粒或隐晶结构，鲕状、豆状、块状、条带状构造；非金属矿物有石英、白云石、方解石，属酸性矿石；次生氧化带以软锰矿和水羟锰矿型矿石为主；矿床规模大、中、小型都有。矿床实例：白显锰矿。
- e) 产于火山-沉积岩系中的氧化锰、碳酸锰矿床 含矿岩系属火山喷发期后或火山喷发间歇期的正常海相沉积碎屑岩与碳酸盐岩；矿层产在碎屑岩中或碎屑岩向碳酸盐岩过渡处；矿体呈层状、似层状，厚数米，长可达数千米，矿床规模中型；矿石呈晶粒状、球粒状结构，块状、条带状、网脉状构造；主要为菱锰矿型矿石，含褐锰矿和锰的硅酸盐，并有微弱的方铅矿、闪锌矿化；非金属矿物多为硅质矿物；属酸性矿石。矿床实例：莫托沙拉锰矿。

2.2 沉积变质锰矿床

2.2.1 产于热变质或区域变质岩系中的氧化锰矿床 为海相沉积矿床经受变质作用而成；矿石具变晶或变鲕结构，条带状构造，主要为菱锰矿-褐锰矿型、褐锰矿-黑锰矿型，一般有锰的硅酸盐出现；非金属矿物除石英、方解石外，出现少量钠-奥长石、闪石、辉石、石榴子石、云母等；围岩多属千枚岩、绿片岩类；矿床规模属中小型。矿床实例：黎家营锰矿、龙田沟锰矿。

2.2.2 产于热变质或区域变质岩系中的硫锰矿、碳酸锰矿床 为海相沉积矿床受接触变质或其他变质作用而成；矿石变成硫锰矿-菱锰矿型或硫锰矿-锰白云石型矿石，具变晶及球粒状结构，条带状构造，也出现少量的锰的硅酸盐；非金属矿物除石英、方解石、白云石外，出现少量变质硅酸盐矿物；围岩属板岩或绿片岩类；矿床规模属中型。矿床实例：棠甘山锰矿、天台山锰矿。

2.3 层控铅-锌-铁-锰矿床

矿床常产于某些比较固定的层位内，明显受到后期改造作用。矿石组分复杂含铁-铅-锌等多种元素。矿体大多呈透镜状产出，产状与围岩近似，但不完全整合。围岩蚀变有白云石化、铁锰碳酸盐化。原生矿石有方铅矿-菱锰矿型、硫锰矿-磁铁矿型和闪锌矿-菱铁矿型，呈粒状、球粒状结构，块状、浸染状、细脉状构造。次生氧化后锰显著富集，有软锰矿-硬锰矿型的锰矿石和软锰矿、硬锰矿-褐铁矿型的铁-锰矿石。铅-锌矿物在半氧化带有白铅矿、铅矾等，在氧化带有铅硬锰矿、黑锌锰矿等一类矿物。矿床规模大中型都有，矿床实例：后江桥锰矿、玛瑙山锰矿。

2.4 风化锰矿床

2.4.1 沉积含锰岩层的锰帽矿床 为原生沉积含锰岩层，经次生富集而形成有工业价值的矿床；矿体保持原来含锰岩层的产状，沿走向延续较长，沿倾向延续深浅受氧化带发育深度控制，可由数米至数十米，个别上百米；当含锰岩层产状平缓且大面积赋存在氧化带内时，矿体才有很大的延伸；矿石主要由各种次生锰的氧化物、氢氧化物组成，具次生结构和构造；矿床规模多属中小型。矿床实例：河间锰矿、东平锰矿、芦寨锰矿。

2.4.2 热液或层控锰矿形成的锰帽矿床 常产于层控矿床产出的地层的风化带内，矿体呈透镜状、脉状、囊状；矿石由各种次生的锰的氧化物、氢氧化物组成，常见铅硬锰矿、黑锌锰矿、水锌锰矿、黑银锰矿，含铅-锌常较高，具次生结构、构造；矿床规模多属中、小型。矿床实例：高鹤锰矿、塔山锰矿。

2.4.3 与热液贵金属、多金属矿床有关的铁-锰-银矿床 矿石呈土状、角砾状，含大量粘土或岩屑，其铁、锰含量只达一般指标的边界品位，但尚含金、银、铅、锌、铜等多种有用金属，具一定规模，可具有



工业利用价值。矿床实例：七宝山铁-锰矿、连州铁-锰矿。

2.4.4 淋滤锰矿床 锰矿常产于含锰沉积岩层的构造破碎带、层间剥离带、裂隙、溶洞中，是锰质在地下水运动中被溶解、携带至适合部位积聚而生成的；矿体呈脉状、透镜状、囊状；矿石主要由次生氧化锰、氢氧化锰矿物组成，具胶状、网脉状、空洞状、土状构造；矿床规模多属中、小型。矿床实例：兰桥锰矿、汾水锰矿。

2.4.5 第四系中的堆积锰矿 由含锰岩层或锰矿层经次生氧化富集、破碎、短距离搬运、堆积而成；矿石由各种锰的次生氧化物、氢氧化物组成，呈角砾状、次角砾状、豆粒状，积聚于松散的砂质土壤之中；矿体呈层状、似层状，产状与地面坡度基本一致，受含锰层的出露和地貌形态的控制；矿床规模多属中、小型。矿床实例：思荣锰矿、凤凰锰矿、木圭锰矿、平乐锰矿、东湘桥锰矿。

3 铬矿床主要类型

3.1 层状铬矿床

矿床产于具有层状特征、韵律构造的基性—超基性杂岩体中，于岩浆早期阶段由分凝作用形成。矿体多赋存在斜方辉石岩、斜辉辉橄岩、纯橄岩等超基性岩相中。矿体呈层状，平行多层产出，单层厚度数十厘米至数米，走向延长和横向延伸非常稳定，矿床规模巨大，是世界上最主要的铬矿资源。矿石多为细粒致密—稠密浸染状，品位中等， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 值一般小于 2。属于该类矿床的有南非的布什维尔德、津巴布韦的大岩墙、美国的斯提尔沃特、芬兰的克米等矿床。我国目前尚无该类型工业矿床实例。

3.2 岩浆晚期铬矿床

3.2.1 产于以纯橄岩为主的纯橄岩-单辉辉石岩型岩体中的铬矿床 矿体多赋存在纯橄岩岩相内的粗粒—伟晶纯橄岩中，与围岩呈渐变过渡关系，其边界需用化学方法圈定。矿体规模一般较小，常由矿毛、矿条、矿巢组成矿体（带）。矿石多呈细粒稀疏—中等浸染状，以网环状、条带状、斑杂状、角砾状构造为主。局部见有瘤状、豆状、压滤条带状构造。矿石矿物成分除铬尖晶石含量较高外，其他均与围岩一致。矿石 $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 一般为 5%~20%， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 值小于 2。造矿铬尖晶石与附生铬尖晶石类型一致，多为高铁铬铁矿和铝-高铁铬铁矿。该类矿床的资源/储量在我国铬矿资源/储量中占一定比例，但多为贫矿，需经选矿方能提供工业利用。矿床实例：高寺台铬矿、平顶山铬矿、放马峪铬矿、毛家厂铬矿、松树沟铬矿。

3.2.2 产于以斜辉辉橄岩为主的纯橄岩-斜辉辉橄岩型镁质岩体中的铬矿床 矿体多赋存在斜辉辉橄岩相或该岩相与纯橄岩相接触带附近的纯橄岩岩体中，常成带、成群分段集中分布。矿体直接围岩多为纯橄岩，部分为斜辉辉橄岩，少数为斜辉辉橄岩，个别矿体贯入到岩体围岩中。矿体与围岩界线清楚，接触线多呈直线和折线。矿体产状多变，形态复杂，多呈不规则的扁豆状、似脉状、透镜状、囊状、柱状等。矿体外缘常有数厘米至数十厘米宽的蚀变退色带或绿泥石壳。矿石以中粗粒伟晶他形致密块状为主，矿体边部见有中细粒浸染状及豆状、瘤状构造的矿石。矿石矿物成分中除铬尖晶石和蛇纹石、绿泥石外，尚见橄榄石、斜方辉石、铬绿泥石、钙铬榴石、铬云母、单斜辉石、针镍矿、镍黄铁矿、硫砷钴矿及铂族矿物等。该类的一部分矿床矿石中 $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 在 45% 以上， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 大于 3.5；另一部分矿床矿石中 $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ 为 20%~35%， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})$ 值为 2~2.7。造矿铬尖晶石类型主要为铬铁矿和铝铬铁矿型，大多数与附生铬尖晶石类型一致，个别显示有较大的差别。单个矿体规模较大，长数十米至千余米，厚数米至百余米，这类矿床是我国铬铁矿床的主要类型。矿床实例：罗布莎铬矿、东巧铬矿、萨尔托海铬矿、鲸鱼铬矿、赫根山铬矿。

3.3 外生铬矿床（残坡积矿床、滨海砂矿、河床砂矿等）

该类矿床是由内生铬矿床或基性—超基性岩受表生改造作用而形成的，工业意义有限。矿床实例：哈萨克斯坦肯皮尔赛矿床风化壳的残积砂矿和津巴布韦大岩墙的坡积砂矿，日本和美国的滨海砂矿及越南的河床砂矿等。我国目前尚未发现该类型工业矿床。

4 铁、锰、铬矿床规模划分

铁、锰、铬矿床规模划分见表 1。



表 1 铁、锰、铬矿矿床矿石资源/储量规模划分表

矿 种	矿 床 规 模/亿 t			
	大 型	中 型	小 型	
铁 矿	贫 矿	>1	0.1~1	<0.1
	富 矿	>0.5	0.05~0.5	<0.05
锰 矿	>2 000	200~2 000	<200	
铬 矿	>500	100~500	<100	

附 录 D

(资料性附录)

勘查控制程度要求

1 勘查类型

1.1 确定勘查类型的主要地质依据

1.1.1 矿体规模

1.1.1.1 大型 铁矿、锰矿矿体沿走向长度大于 1 000 m，沿倾向延深大于 500 m；表生风化型铁、锰矿体，连续展布面积大于 1.0 km²。铬矿矿体沿走向长度大于 500 m，沿倾向延深大于 200 m。

1.1.1.2 中型 铁矿、锰矿矿体沿走向长度 500~1 000 m，沿倾向延深 200~500 m；表生风化型铁、锰矿体，连续展布面积 0.1~1.0 km²。铬矿矿体沿走向长度 200~500 m，沿倾向延深 100~200 m。

1.1.1.3 小型 铁矿、锰矿矿体沿走向长度小于 500 m，沿倾向延深小于 200 m；表生风化型铁、锰矿体，连续展布面积小于 0.1 km²。铬矿矿体沿走向长度小于 200 m，沿倾向延深小于 100 m。

1.1.2 矿体形态复杂程度

1.1.2.1 简单 矿体以层状或似层状产出；分支复合少，夹石很少见，厚度变化小（厚度变化系数 $V_m < 50\%$ ）。

1.1.2.2 中等 矿体多以似层状、脉状或大型透镜状产出，间有夹石；膨胀收缩和分支复合常见，厚度变化中等（厚度变化系数 $V_m = 50\% \sim 100\%$ ）。

1.1.2.3 复杂 矿体以透镜状、扁豆状、脉状、囊状、筒柱状或羽毛状以及其他不规则形状断续产出；膨胀收缩和分支复合多且复杂，厚度变化大（厚度变化系数 $V_m > 100\%$ ）。

1.1.3 构造复杂程度

1.1.3.1 简单 产状稳定，呈单斜或宽缓褶皱产出；一般没有较大断层或岩脉切割穿插，局部可能有小断层或小型岩脉，但对矿体的稳定程度无明显影响。

1.1.3.2 中等 产状较稳定，常呈波状褶皱产出；有为数不多，但具有一定规模的断层或岩脉切割穿插，对矿体的稳定程度有一定影响。

1.1.3.3 复杂 产状不稳定，褶皱发育，断层多且断距大，或岩脉切割穿插严重，矿体遭受到严重破坏，常以断块状产出。

1.1.4 矿床有用组分分布均匀程度

1.1.4.1 均匀 矿化连续，品位分布均匀（品位变化系数 $V_c < 50\%$ ），品位变化曲线为平滑型（相邻品位绝对差值 $< 5\%$ ）。

1.1.4.2 较均匀 矿化基本连续，品位分布较均匀（品位变化系数 $V_c = 50\% \sim 100\%$ ），品位变化曲线以波型（相邻品位绝对差值 $5\% \sim 7\%$ ）为主，兼有尖峰型（相邻品位绝对差值 $7\% \sim 11\%$ ）。

1.1.4.3 不均匀 矿化不连续或很不连续，品位分布不均匀或很不均匀（品位变化系数 $V_c > 100\%$ ），品位变化曲线为尖峰型或多峰型（相邻品位绝对差值 $> 11\%$ ）。

1.2 勘查类型的划分与确定

1.2.1 勘查类型的划分

依据矿体规模、矿体形态复杂程度、构造复杂程度和矿石有用组分分布均匀程度，将勘查类型划分为



三个类型。其中第Ⅰ勘查类型为简单型，矿体规模为大型，矿体形态和构造变化均简单，矿石有用组分分布均匀。矿床实例：南芬铁矿（铁山、黄柏峪矿段）、庞家堡铁矿（10—36 线区段）和遵义锰矿（南翼矿体）等；第Ⅱ勘查类型为中等型，矿体规模中等，矿体形态和构造变化中等，矿石有用组分分布较均匀。矿床实例：梅山铁矿、石碌铁矿、白云鄂博铁矿（主矿体、东矿体）和龙头锰矿、斗南锰矿以及罗布莎铬矿（31 号主矿体）等；第Ⅲ类勘查类型为复杂型，矿体规模小型，矿体形态和构造变化复杂，矿石有用组分分布不均匀。矿床实例：大冶铁矿、凤凰山铁矿、大庙铁矿、大栗子铁矿和八一锰矿、湘潭锰矿、瓦房子锰矿以及赫根山铬矿、东巧铬矿、鲸鱼铬矿等。

1.2.2 勘查类型的确定

勘查类型的确定应遵循追求最佳效益的原则、从实际出发的原则、以主矿体为主的原则、类型三分允许过渡的原则和在实践中验证并及时修正的原则。其中从实际出发的原则在勘查类型的确定中是至关重要的。由于每个矿床的地质变化特征往往不尽相同，甚至同一矿床的不同矿体或区段，其变化程度亦各有区别。大多数情况下，影响勘查类型确定的多种地质变量因素的变化并不一定向着同一方向发展，以致其间出现多种型式组合，因此勘查类型的确定一定要从实际出发，要以引起增大勘查难度最大的变量作为确定的主要依据。本附录中表 1 和表 2 攀枝花铁矿和湘潭锰矿勘查实例，尽管其矿体规模都达到大型，但是两矿的探-采对比资料表明，由于成矿后构造的破坏引起勘查难度增大，均不能定为第Ⅰ勘查类型，分别确定为第Ⅱ勘查类型（攀枝花铁矿）和第Ⅲ勘查类型（湘潭锰矿）。又如下雷锰矿，各区段矿体变化特征和复杂程度不尽相同，其中 0~35a 勘探线范围内矿体产出比较规整。确定为第Ⅰ勘查类型；3a~34a 勘探

表 1 铁矿勘查类型实例

矿体名称	确定勘查类型的主要地质因素				勘查实况		套用本规范		
	矿体规模	矿体形态	矿体构造	组分分布	类型与网度	探采对比	勘查类型确定依据	类型	工程间距
南芬铁矿，沉积变质型，12.8 亿吨，w(TFe) 31.82%	主矿层（第三层矿）：长度 2 900 m，厚度 6~157 m，(平均 87.8 m)垂直深>1 145 m	厚实、稳定、规则的层状矿体（由地表至-200 m，高差大于 500 m，厚度变化：92~88~94 m 间）	呈单斜构造，沿走向、倾向均呈舒缓波状。矿体西北段顶部被断层 F ₁ 切割，在详勘地段矿体中断层少	矿石以磁铁矿石英岩为主，呈条带状构造，矿化连续，品位分布均匀	1953—1976 年勘探第Ⅰ勘查类型，A ₂ 200 m×200 m，B(200~230)m×(200~260) m，C ₁ (200~350)m×(200~400)m	1976 年已采 12 个露采平台，资料对比：面积重合率 89%，平均品位绝对误差[w(TFe)] 为-1.43%，储量平均相对误差-3.16%	矿体规模超大型、矿体形态和构造均简单、矿石有用组分分布均匀，按本标准 5.1 条定为第Ⅰ勘查类型	Ⅰ	探明：200 m×200 m 控制：400 m×(200~400)m
	大型	简单	简单	均匀					
攀枝花铁矿，岩浆晚期分异型，10.8 亿吨，w(TFe) 33.23%	露头长 15 m，累计厚 130 m，以主矿体计：长 1 000~2 000 m，厚>15 m，有 2 个矿区矿体平均厚 137~164 m，垂深已控制 300~650 m	似层状	断层发育，主要有 NE 向逆断层，SN 和 NW 向横断层 3 组，均对矿体有一定程度的破坏	主矿种元素(Fe)分布较均匀，但共生元素多而复杂（计 12 种可综合利用元素）	1955—1958 年勘探，第Ⅰ—Ⅱ勘查类型，A ₂ 100 m×(50~60)m，B 100 m×(100~120)m，C ₁ 200 m×(100~120)m	1. 稀空 200 m×100 m 与 A ₂ 对比：品位差 0.35%，储量差 4.85%，已采地段与 A ₂ 对比（段高 15 m），5 个台阶储量相对误差为 1.07%，1.92%，3.31%，3.75%，13.08%	矿体规模、形态和主元素特征，可归入第Ⅰ勘查类型；但共生组分和构造均为中等复杂程度，后期断层影响了矿体的实际规模，是勘查工作增加难度的主要原因，按本标准 5.1.2 条，定为：第Ⅱ勘查类型	Ⅱ	探明：100 m×(50~100) m 控制：200 m×(100~200)m
	大型	简单	中等	较均匀					
大庙铁矿，岩浆分凝贯入型，4 657 万吨，w(TFe)：25.69%	由 52 个矿体组成，多数长度<1 000 m，主矿体 8 个：长 100~300 m，厚 12~100 m，斜深 200~300 m	透镜状、扁豆状、囊状、似脉状，分支复合膨缩尖灭。矿体大小悬殊，厚度变化大，地表几个矿体向深部可变成一个矿体	常见后期岩脉（粗面岩和玢岩岩脉）切穿矿体，破坏了矿体的完整性	矿化连续，品位分布均匀，全铁品位变化系数为 20%~50%	1954—1956 年勘探，第Ⅲ、Ⅳ勘查类型，B(15~50)m×(30~60)m，坑探（坑道间距），C ₁ 50×50（钻探）	以 24 号矿体开采资料与勘探对比：1) 面积重合率 882 m 以上；84%，872~800 m；53%~74%；800 m 以下：46%；2) 储量相对误差 77%~126% 平均 16.8%	800 m 标高以上，规模小，形态杂，岩脉破坏按本标准第 5.1.2 和 5.1.4 条定为第Ⅲ勘查类型	Ⅲ	800 m 标高以上 探明：50 m×50 m，控制：100 m×50 m 800 m 标高以下：坑探加密其重合仍低，比第Ⅲ勘查类型更复杂
	小型	复杂	中等	均匀					



表 2 锰矿勘查类型确定实例

矿床名称	确定勘查类型的主要地质因素				勘查实况		套用本规范		
	矿体规模	矿体形态	矿体构造	组分分布	类型与网度	探采对比	勘查类型确定依据	类型	工程间距
遵义锰矿,海相沉积型,3 635 万 t,Mn:氧化锰质量分数为 28%,碳酸锰质量分数为 20.29%	长 1 600~4 000 m(整个矿层控制长度为 16 500 m),宽 320~800 m(最宽处 1 100 m),厚 1.79~2.0 m(最厚 6.69 m)	似层状,主矿体厚度变化系数(V_m)为 31%~54.81%	呈单斜层状产出,沿走向略有平缓起伏,4 000 m 长的矿层沿倾斜控制 1 100 m 为明显变薄	矿化连续,品位均匀稳定,4 000 m 长矿层沿倾斜控制 1 100 m 为明显变贫; V_e 为 13.9%~19.2%	1954—1958 年勘探,第 I 勘查类型,A ₂ 100 m×50 m,B 200 m×100 m,C ₁ 400 m×200 m	1)探采对比厚度差—0.49%,品位差 2.12%,储量差 4.51%;2)稀空(200 m×100 m)厚度差—0.48%,品位差 3.32%,储量差 6.22%	规模超大型、形态稳定、成矿期后构造不发育、锰矿组分分布均匀,按本标准 5.1 条原则定为第 I 勘查类型	I	探明:200 m×100 m,控制:400 m×200 m
斗南锰矿,海相沉积型,1 569 万 t,Mn:氧化锰质量分数:原生 20%~25%,次生 37.17%,碳酸锰质量分数<20%	I 矿段(V ₁):长 2 151 m,宽 650 m,厚 1.41 m,II 矿段(V ₈):长 2 320 m,宽 541 m,厚 1.41 m;次要矿体:长 100~480 m,宽 100~340 m	薄层状、透镜状、似层状,主矿层: V_m 19%~46%,次矿层: V_m 25%~64%	断层发育:I 矿段,断距>25 m 者 3 条;10~25 m 者 9 条(平均 11 条/100 m);断距<3 m 者占 84%;II 矿段,F3 延长 1 800 m,一般断距 42 m(最大 65 m)	锰矿组分分布均匀,锰的品位变化系数 V_e 为 25%~35%	1965—1970 年勘探 I 矿段(V ₁);第 II 勘查类型,偏复杂型 B 100 m×(50~100)m,C 200 m×(100~120)m;II 矿段(V ₈);第 II 勘查类型,偏简单型,B 150 m×(100~150)m,C 300 m×(200~300)m	目前尚未收集到探采对比资料	主矿体:按本标准 5.1.2 条,增大勘查难度最大的是断层对矿体的破坏,定为第 II 勘查类型,因 I、II 矿段受破坏程度不等,又有简单与复杂之分	主矿体 II	偏简单型—I 矿段,探明:150 m×100 m,控制:300 m×200 m 偏复杂型—I 矿段,探明:100 m×50 m,控制:200 m×100 m
	主矿层:大型 次矿层:小型	简单	复杂 (I 矿段更复杂)	均匀			次要矿体:规模小、断层破坏大,比第 III 类型更复杂		稀疏工程控制,边采边探
湘潭锰矿,海相沉积型,1 472 万 t,Mn:氧化锰质量分数 22.99%	全长 8 800 m(各段长 1 900~2 700 m),宽 105~580 m(最宽 2 000 m),厚 0.3~5.33 m(平均 1.85 m)	层状、似层状、厚度变化大,褶皱轴部加厚,翼部变薄, V_m :42.70%~71.62%	有 3 组断层发育,断层长度一般大于 200 m,垂直断距 10~30 m,常使矿层出现 20%~29%的(断层)无矿带	Mn 品位变化系数 V_e 12.73%~27.73%	1954—1958 年勘探,1960—1965 年补勘,第 II 勘查类型,A ₂ 75 m×75 m,B 稳定区 150 m×75 m,不稳定区及圈定边界 75 m×75 m,C ₁ 150 m×75 m	用 4 个采井(3 个已闭坑)资料与勘探资料对比:面积差—33.59%,储量差—33.23%(出现较大误差原因是将约 30%的断层无矿带圈入矿体内)	1 个地质变量因素之间稳定等级差异大,按本标准 5.1.2 条,造成勘查难度增大的主要地质因素是断层,致使产出特征复杂化,定为第 III 勘查类型	III	探明:75 m×50 m,控制:150 m×(50~100)m

线范围内矿体变化程度中等,确定为第 II 勘查类型;I~II 勘查类型之间区段(主要是 15~35a 线间)矿体变化复杂,特别是断层多,矿体被严重分割,属构造复杂型,确定为第 III 勘查类型。由此可见,对于勘查类型的确定,一定要从实际出发灵活运用确定原则。

1.3 铁、锰、铬矿勘查类型实例

见表 1,表 2,表 3。

2 勘查工程间距

2.1 确定工程间距的基本原则

- 2.1.1 以勘查类型为基础,类型简单工程间距相对稀疏,类型复杂则工程间距相对密集。
- 2.1.2 相邻勘查类型和控制程度之间的勘查工程间距原则上为整数级差关系。
- 2.1.3 勘查工程间距可有一定变化范围,以适应同一勘查类型不同矿床或同一矿床不同矿体(或矿段)的实际变化差异。

2.2 确定间距的方法

通常采用类比法,以相同类型矿床的勘查工程间距稀密验证和已有的探采验证资料类比等办法确定;



表 3 铬矿勘查类型确定实例

矿床名称	确定勘查类型的主要地质因素				勘查实况		套用本规范		
	矿体规模	矿体形态	矿体构造	组分分布	类型与网度	探采对比	勘查类型确定依据	类型	工程间距
罗布莎铬矿, 晚期岩浆型, 396 万 t, w (Cr ₂ O ₃): 52.63%	123 个矿体; 长 > 100 m 的 32 个, < 50 m 的 137 个 (最长 390 m, 最小 < 10 m), 厚 1 ~ 3 m (最厚 46 m); 斜深 10 ~ 50 m (最深 300 m)	> 100 m 矿体为豆荚状、脉状、似层状和透镜状, V_m 为 92%, < 100 m 矿体为不规则透镜状、囊状、饼状、锅底状、眼球状和漏斗状等	123 个矿体中有 23 个盲矿体, 矿体有侧伏 (SE25°), 总体向 S 倾, 产状稳定	V_c 为 11.68%	1966—1981 年勘探, 1984—1985 年补勘, 第 II 号主矿体) B 40 m × 40 m, C 80 m × 40 m	1984—1985 年补勘, 第 II 号主矿体) B 40 m × 40 m, C 80 m × 40 m 网度求 C 级储量是恰当的	主矿体为中型, 产状和形态均较稳定, 组分均匀, 构造对矿体破坏不明显, 按本标准 5.1 条定为第 II 勘查类型 > 100 m 小矿体为第 III 勘查类型	II	探明: 50 m × 50 m, 控制: 100 m × 50 m
	主矿层 中型小矿体 小型	主矿层 中等小矿体 复杂	简单	均匀					稀疏工程控制 边采边探
赫根山铬矿, 岩浆分异型, 129.9 万 t, w (Cr ₂ O ₃): 23.6% ~ 27.8%	主矿体 6 个 (占储量 90%); 长 60 ~ 720 m, 斜深 40 ~ 280 m, 厚 2.8 ~ 3.5 m, 其他小矿体: 长 10 ~ 40 m, 厚 0.01 ~ 1 m;	豆荚状、透镜状、似脉状, 厚度膨胀明显, 厚度变化系数 (V_m) 63.6% ~ 150.7%	构造破坏不明显, 但矿体倾角变化大, 侧伏 (20 ~ 30°) 明显	品位分布均匀, Cr_2O_3 的品位变化系数 (V_c) 为 14.2% ~ 25.2%	1957—1961 年勘探, 北部 (65, 73 号矿体) 第 III 勘查类型 C 60 m × 40 m 南部 (4, 10 号矿体); 第 IV 勘查类型 C 20 m × (20 ~ 30) m	10 号矿体 C 级储量与下列稀空网度比较储量差: 1) 40 m × (20 ~ 30) m, 差 -2.67%; 2) 60 m × (20 ~ 30) m, 差 4.80%; 3) 80 m × (20 ~ 30) m, 差 4.30%	矿体形态较规则, 组分分布均匀, 构造破坏不明显但矿体倾角变化大, 厚度不稳定, 按本标准 5.1.2 条及与较复杂的 10 号矿体稀空网度比较, 定为第 III 勘查类型	III	北部 (较简单型) 探明: 50 m × 25 m, 控制: 100 m × 50 m
	中—小型	中等—复杂	中等	均匀					南部 (较复杂型) 探明: 25 m × 25 m, 控制: 50 m × 50 m
鲸鱼铬矿, 岩浆熔离型, 27.8 万 t, w (Cr ₂ O ₃): 34.6%	主矿体 3 个: 长 41.2 ~ 85.6 m, 宽 20.0 ~ 48.0 m, 厚 20.3 ~ 31.5 m, 一般矿体: 长 10 ~ 20 m, 厚 0.5 ~ 3 m	主矿体: 透镜状, V_m : 19.7% ~ 29.7%。一般矿体多产于主矿体四周, 呈不规则柱状或囊状	产状多变, 侧伏普遍且变化大 (侧伏角 20 ~ 65°), 开采资料表明: 矿体赋存状态几乎无规律可寻	组分分布均匀, V_c 2.8% ~ 5.6%	1965—1966 年勘探, 第 IV 号主矿体) C 20 m × 20 m	I 和 I ₁ 两矿体 (占地勘储量的 74.5%) 的探采对比资料: I ₁ 号矿体: 面积重合率 70.94%, 储量差 -25.8%, I 号矿体: 面积重合率 50.2%, 储量差 26.1%	4 个地质变量因素中惟组分分布均匀, 影响勘查难度的是矿体规模、形态和构造变化复杂, 按本标准 5.1.2 和 5.1.4 两条, 该矿床实际勘查类型比第 III 勘查类型更复杂		勘查期间只作稀疏工程控制, 主要工作应转为边采边探方式进行
	小型	主矿体 中等小矿体 复杂	复杂	均匀					

也可以根据已有的勘查成果, 运用地质统计学方法或动态分维几何学方法 (SD 法) 确定。

2.3 推荐的工程间距

- 2.3.1 铁矿勘查工程间距见表 4。
- 2.3.2 锰矿勘查工程间距见表 5。
- 2.3.3 铬矿勘查工程间距见表 6。

表 4 铁矿勘查工程间距

勘查类型	勘查工程间距/m	
	控制的	
	沿走向	沿倾向
I	400	200~400
II	200	100~200
III	100	50~100

表 5 锰矿勘查工程间距

勘查类型	勘查工程间距/m	
	控制的	
	沿走向	沿倾向
I	400~600	200~400
II	200~300	100~200
III	100~150	50~100

表 6 铬矿勘查工程间距

勘查类型	勘查工程间距/m	
	控制的	
	沿走向	沿倾向
I	200~400	100~200
II	100~200	50~100
III	50~100	50



3 勘查控制程度

3.1 预查阶段

在区域地质研究的基础上，进行区域性地质、物探、化探路线踏勘；在矿化露头或物、化探异常较集中地段，布置极少量的取样工程，初步圈定矿化地段；估算预测的矿产资源量（344）？，作为区域远景规划的宏观决策依据。

3.2 普查阶段

根据矿化区范围的大小，对已发现的矿化地段要有一至三条主干地质、物探、化探剖面控制；主干剖面上应布置数量有限的取样工程，结合已掌握的成矿规律，大致圈定矿体的展布空间；估算推断的矿产资源量（333），作为矿山远景规划的依据。

3.3 详查阶段

根据系统取样工程获得的资料，基本查明矿区（床）、矿体的地质特征，矿石质量和加工技术性能，以及主要开采技术条件。在此基础上圈定矿体，估算控制的矿产资源/储量，作为矿山总体规划和矿山项目建议书使用。

3.4 勘探阶段

通过在系统取样工程基础上加密取样工程，详细查明矿区（床）矿体地质特征、矿石质量和加工技术性能，以及开采技术条件。在此基础上进一步圈定矿体，估算探明的矿产资源/储量，其中可采储量部分应满足矿山首期建设设计的要求。

4 矿山建设对矿产资源/储量的要求

4.1 铁、锰矿矿山建设要求（表7）。

4.2 铬矿矿山建设要求（表8）。

表 7 铁、锰矿矿山建设要求

矿山生产规模	年生产能力 万 t/年	服务年限/年	相当储量/万 t
大 型	>100	>30	>3 000
中 型	30~100	20~30	600~3 000
小 型	<30	<20	<600

表 8 铬矿矿山建设要求

矿山生产规模	年生产能力 万 t/年	服务年限/年	相当储量/万 t
大 型	>25	>20	>500
中 型	10~25	15~20	150~500
小 型	<10	<15	<150

附 录 E

（资料性附录）

矿产资源/储量估算

1 矿床工业指标

1.1 主要内容

1.1.1 矿石质量指标

1.1.1.1 边界品位：是圈定矿体的单个样品中 有用组分含量的最低标准，是划分矿石与废石（包括非矿夹石）的分界品位。

1.1.1.2 最低工业品位：单工程中单矿层样品的最低平均品位要求，又称最低可采品位。

1.1.1.3 有害组分的最大允许含量：矿体在单工程样品中，对产品质量或对加工过程有不良影响组分的最大允许含量。

1.1.1.4 伴生有用组分的综合利用指标：矿体中与主要有用组分相伴生的，在技术上可行、经济上合理，



能综合回收的其他有用组分的最低含量标准。

1.1.2 矿床开采技术指标

1.1.2.1 最低可采厚度：可供工业开采的矿体（矿层或矿脉）的最小真厚度值。

1.1.2.2 夹石剔除厚度：开采时难以剔除，被允许圈入矿体中的非矿部分的最大真厚度值，又称夹石最大允许真厚度。

1.2 铁、锰、铬矿床一般工业指标

1.2.1 铁 矿

1.2.1.1 炼钢用铁矿石见表 1。

表 1 炼钢用铁矿石一般工业指标

矿 石 类 型	$w(\text{TFe})$	主 要 有 害 物 质			其他有害物质
		$w(\text{SiO}_2)$	$w(\text{S})$	$w(\text{P})$	
磁 铁 矿 石	$\geq 56\%$	$\leq 13\%$	$\leq 0.15\%$	$\leq 0.15\%$	$w(\text{Cu}) \leq 0.2\%$
赤 铁 矿 石					$w(\text{As}) \leq 0.1\%$

注：矿石块度要求为平炉用铁矿石 25~250 mm；电炉用铁矿石 50~100 mm；转炉用铁矿石 10~50 mm。

1.2.1.2 炼铁用铁矿石见表 2。

表 2 炼铁用铁矿石一般工业指标

矿 石 类 型	$w(\text{TFe})$	主 要 有 害 物 质			其他有害物质
		$w(\text{SiO}_2)$	$w(\text{S})$	$w(\text{P})$	
磁 铁 矿 石	$\geq 50\%$	$\leq 18\%$	$\leq 0.30\%$	$\leq 0.25\%$	$w(\text{Cu}) \leq 0.2\%$
赤 铁 矿 石					$w(\text{Pb}) \leq 0.1\%$
褐 铁 矿 石					$w(\text{Zn}) \leq 0.1\%$
菱 铁 矿 石					$w(\text{Sn}) \leq 0.08\%$
					$w(\text{As}) \leq 0.07\%$
					$w(\text{F}) \leq 1.0\%$

注 1：褐铁矿石、菱铁矿石为扣除烧损后折算的标准；自熔性矿石全铁质量分数 $[w(\text{TFe})]$ 可降至 $\geq 40\%$ ，磷含量为一般要求，按炼铁品种不同对矿石含磷量要求也不同；酸性转炉炼钢生铁矿石 $w(\text{P}) \leq 0.03\%$ ；碱性平炉炼钢生铁矿石 $w(\text{P}) \leq (0.03\% \sim 0.18\%)$ ；碱性侧吹炉炼钢生铁矿石 $w(\text{P}) \leq (0.2\% \sim 0.8\%)$ ；托马斯生铁矿石 $w(\text{P}) \leq (0.8\% \sim 1.2\%)$ ，普通铸造生铁矿石 $w(\text{P}) \leq (0.05\% \sim 0.15\%)$ ；高磷铸造生铁矿石 $w(\text{P}) \leq (0.15\% \sim 0.6\%)$ 。

注 2：矿石块度要求：8~40 mm。

1.2.1.3 需选铁矿石见表 3。

表 3 需进行选矿的铁矿石一般工业标准

矿 石 类 型	$w(\text{TFe})/\%$	
	边 界 品 位	工 业 品 位
磁 铁 矿 石	≥ 20 $w(\text{mFe}) \geq 15$	≥ 25 $w(\text{mFe}) \geq 20$
赤 铁 矿 石	≥ 25	28~30
菱 铁 矿 石	≥ 20	≥ 25
褐 铁 矿 石	≥ 25	≥ 30

如果矿石易采、易选，经济效果好，或含有可以综合回收的伴生组分，则全铁（TFe）含量要求可适当降低；磁铁矿石中硅酸铁、硫化铁、碳酸铁含量较高，则采用磁性铁（mFe）标准。

1.2.1.4 矿床开采技术指标见表 4。

表 4 矿床开采技术指标

矿床开采技术指标	露天矿	坑内矿
最小可采厚度/m	2~4	1~2
夹石剔除厚度/m	1~2	1



1.2.1.5 铁矿石中伴生组分评价参考含量见表5。

表5 铁矿石中伴生组分评价参考含量表

伴生组分	质量分数	伴生组分	质量分数	伴生组分	质量分数	伴生组分	质量分数
V ₂ O ₅	0.15%~0.20%	Mo	0.02%	Ni	0.1%~0.2%	TR ₂ O ₃	0.5%
TiO ₂	5%	S	2%~4%	Pb	0.2%	U	0.005%
Co	0.02%	P ₂ O ₅	1%~2%	Zn	0.5%	Au	0.1×10 ⁻⁶ ~0.30×10 ⁻⁶
Cu	0.1%~0.2%	Nb ₂ O ₅	0.05%	Sn	0.1%	Ag	5×10 ⁻⁶

注：表中Co，Cu，Ni，Pb，Zn，Mo，S，Au，Ag系指这些元素赋存于硫化物中的质量分数；V₂O₅指赋存于有用铁矿物中的质量分数；P₂O₅指磷灰石状态时的质量分数；U指晶质铀矿、方钍石等独立矿物存在时的质量分数；Nb₂O₅指以铌铁矿物为主的质量分数；TR₂O₃指以独居石、氟碳铈矿矿物为主时的质量分数；Sn指富集在铁精矿中的锡，当铁精矿还原焙烧时，锡被挥发，可在烟道中回收或在铁尾矿中呈锡石单独矿物的质量分数；TiO₂指钽钛磁铁矿床中，可被选出的粒状钛铁矿中的质量分数；铁矿石中其他有用组分，如铬、镓、锗、硼等达到多少质量分数即可综合回收，目前尚无成熟经验，在工作中可据具体情况与有关部门商定；表中质量分数一般为块段平均品位。

1.2.2 锰 矿

1.2.2.1 冶金用锰矿石一般工业指标见表6。

表6 冶金用锰矿石一般工业指标

自然 类型	工业 类型	品级	$w(\text{Mn})/\%$		$w(\text{Mn}+\text{Fe})/\%$	$w(\text{Mn})/w(\text{Fe})$	每 1% 锰允许磷含量 /%	$w(\text{SiO}_2)/\%$
			边界品位	单工程平均品位				
氧化 锰 矿 石	富锰 矿石	I		40		≥ 6	≤ 0.004	≤ 15
		II		35		≥ 4	≤ 0.005	≤ 25
		III		30		≥ 3	≤ 0.006	≤ 35
	贫锰矿石		10~15	18				
	铁锰 矿石	I		25	≥ 50		$\leq 0.2\%$ (磷总量)	≤ 25
		II		20	≥ 40		$\leq 0.2\%$ (磷总量)	≤ 25
III		10	15	≥ 30		$\leq 0.2\%$ (磷总量)	≤ 25	
碳酸 锰 矿 石	富锰矿石		25		≥ 3	$\leq 0.005\%$	≤ 25	
	贫锰矿石	10	15					
	铁锰矿石	10	15	≥ 25		$\leq 0.2\%$ (磷总量)	≤ 35	
	含锰灰岩	8	12		碱 性 矿 石			

碱性矿石

注1：灰质氧化矿石（脉石以方解石为主，碱度≥0.8，烧失量质量分数达18%以上）的评价，可采用碳酸锰矿石的工业指标。
注2：自熔性、碱性的锰矿石，可酌量降低其富矿锰品位指标。
注3：当碳酸锰矿石的灼失量较高，虽然锰的质量分数略低于25%，但焙烧后锰含量可达到氧化锰富矿矿石标准时，这类碳酸锰矿石也可作为富锰矿石考虑。

1.2.2.2 矿床开采技术指标：矿层最低可采厚度0.5~0.7 m；夹石剔除厚度0.2~0.3 m；堆积矿净矿含矿率（质量分数）≥15%。

1.2.2.3 优质锰矿石、优质富锰矿石品位及杂质含量指标见表7。

表7 优质锰矿石和优质富锰矿石品位及杂质含量指标

工业分类	品级	自然类型	w(Mn)/%	w(Mn)/w(Fe)	w(P)/w(Mn)	烧失量/w _B
优质锰矿石		氧化锰矿石	≥18	≥6	≤0.003	
		碳酸锰矿石	≥15	≥6	≤0.003	≥20%
优质富锰矿石	I	氧化锰矿石	≥35	≥6	≤0.003	
		碳酸锰矿石	≥28	≥6	≤0.003	≥20%
	II	氧化锰矿石	≥30	≥4	≤0.005	
		碳酸锰矿石	≥25	≥4	≤0.005	≥20%

注：优质锰矿、优质富锰矿矿层最低可采厚度标准可为0.3~0.4 m。

1.2.2.4 锰矿石中伴生组分评价参考含量见表8。

伴生多种贵金属及有色金属的矿床，据目前的实验研究，用化学选矿，综合回收效果好，技术经济上可行，从而使锰含量未达到表内矿石要求的锰矿石也具有利用价值，应根据加工技术试验结果制定包括锰含量在内的合理工业指标。



表 8 锰矿石中伴生组分评价参考含量表

元素或组分	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	B ₂ O ₃	S
含量/ <i>w_B</i>	0.02% ~ 0.06%	0.1% ~ 0.2%	0.1% ~ 0.2%	0.4%	0.7%	0.2 ×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁶ ~10×10 ⁻⁶	1% ~3%	2% ~4%

注：锰矿石中伴生元素多呈细微粒分散、包裹，或与锰、铁矿物结合的状态存在。

1.2.2.5 天然放电锰（锰粉）一般技术标准见表 9。

表 9 天然放电锰（锰粉）一般技术标准

品 级	<i>w</i> (MnO ₂) /%	<i>w</i> (TFe) /%	制成锰粉的放电时间 /min
I	≥75	≤2.8	≥570
II	≥70	≤3.5	≥510
III	≥65	≤4.5	≥450
IV	≥60	≤5.5	≥390
V	≥55	≤6.5	≥330

注：对其他有害元素，一般标准：*w* (Cu) <0.01%，*w* (Ni) <0.03%，*w* (Co) <0.02%，*w* (Pb) <0.02%。

1.2.2.6 化工用二氧化锰矿粉一般技术要求：*w* (MnO₂) ≥50%；其他元素如制硫酸锰时，*w* (Fe) ≤3%，*w* (Al₂O₃) ≤3%，*w* (CaO) ≤0.5%，*w* (MgO) ≤0.1%；制高锰酸钾时，*w* (Fe) ≤5%，*w* (SiO₂) ≤5%，*w* (Al₂O₃) ≤4%。

1.2.3 铬 矿

1.2.3.1 矿石品位及开采技术指标见表 10。

表 10 铬矿矿石品位及开采技术指标

项 目	矿 床 和 矿 石 类 型		
	内 生 矿 床		
	富 矿		贫 矿
<i>w</i> (Cr ₂ O ₃) /%	边界品位	≥25	≥5~8
	最低工业品位	≥32	≥12
最低开采厚度/m		0.3~0.5	1.0
夹石剔除厚度/m		0.5	1.0

注 1：冶金用铬铁矿石或精矿，火法冶炼时 $w(\text{Cr}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO}) > 2$ （湿法提炼金属铬则不受其限制）； $w(\text{SiO}_2) \leq 8\%$ （用矿热法冶炼高碳铬铁时不受其限制）； $w(\text{P}) \leq 0.07\%$ ， $w(\text{S}) \leq 0.05\%$ 。
注 2：耐火材料用铬矿石或精矿， $w(\text{SiO}_2) \leq 10\%$ ， $w(\text{CaO}) \leq 3\%$ ， $w(\text{FeO}) \leq 14\%$ 。
注 3：化工用铬矿石或精矿 $w(\text{SiO}_2) \leq 8\%$ ， $w(\text{Al}_2\text{O}_3) \leq 15\%$ 。
注 4：辉绿岩铸石用铬铁矿， $w(\text{Cr}_2\text{O}_3) \geq (10\% \sim 20\%)$ ， $w(\text{SiO}_2) < 10\%$ 。
注 5：当需选铬铁矿中伴生的铂族元素总量达到 $0.3 \times 10^{-6} \sim 0.4 \times 10^{-6}$ 时，应做出评价。
注 6：贫矿边界品位的选取一般为尾矿品位的 2 倍。
注 7：富矿最低开采厚度的选取，单矿层 0.5 m，复矿层则每一单层 0.3 m。

1.2.3.2 冶炼铬铁用富矿（或精矿）质量要求见表 11。

表 11 冶炼铬铁用富矿（或精矿）质量要求

品 级	<i>w</i> (Cr ₂ O ₃) /%	<i>w</i> (Cr ₂ O ₃) / <i>w</i> (FeO)	<i>w</i> (P) /%	<i>w</i> (S) /%	<i>w</i> (SiO ₂) /%	用 途 举 例
I	≥50	>3	—	—	<1.2	氮化铬铁
II	≥45	2.5~3	<0.03	<0.05	<6	中低碳和微碳铬铁
III	≥40	≥2.5	<0.07	<0.05	<6	碳素铁铬铁(电炉)
IV	≥32	≥2.5	<0.07	<0.05	<8	碳素铬铁(电炉)

注：块度要求，高炉冶炼碳素铬铁为 20~75 mm，电炉冶炼铬铁为 40~50 mm（粉矿、精矿均可）。

2 矿产资源/储量估算方法

2.1 估算参数的确定

2.1.1 矿体面积 根据矿体产状和形态在几何法、求积仪法或坐标算法等多种方法中选择最合理的一种。面积测定不得少于 2 次，当差值 ≥2% 时，取其平均值。



2.1.4 平均品位 分别以单工程中的单矿层为计算单位,按勘探线剖面、块段、矿体(矿床)分类计算。其中,当样品分割长度或矿体厚度与样品品位有一定依存关系时,或在沿脉工程中,取样间距不等且样品品位变化较大时,应采用相应的样品长度或矿体厚度、取样距离等影响参数对品位进行加权平均。反之,应以算术平均法计算。

2.2.3 SD 法 是断面法引用计算机处理技术的新发展,它是以最佳结构地质变量为基础的,以断面构形替代空间构形为核心,以 spline 函数及分维几何学为工具的估算方法。它适用于多种矿床类型不同矿体规模、产状和不同勘查阶段,而且还可以对估算成果做出精度评估。

3 ×××铁(锰或铬)矿床矿产资源/储量分类估算结果表

表 12 适用于铁、锰、铬矿床，为分类登记矿产资源/储量估算结果之用。使用中可根据矿床的具体情况取舍表中内容，或对有关栏目再作细化展开。

表 12 $\times\times\times$ 铁 (锰或铬) 矿床矿产资源/储量分类计算结果表

矿产资源/储量类型		查 明 矿 产 资 源										潜在矿产资源			合 计
		探 明 的				控 制 的				推 断 的		预 测 的			
名 称	代 码	矿体编号	块段编号	平均品位	矿石量		矿体编号	块段编号	平均品位	矿石量		矿体编号	平均品位	矿石量	
储 量	111														储 量
	121														
	122														
基 础 储 量	111b														基础储量
	121b														
	122b														
	2M11														
	2M12														
	2M22														
资 源 量	2S11														资源量
	2S21														
	2S22														
	331														



续表

矿产资源/储量类型		查明矿产资源										潜在矿产资源			合 计		
		探 明 的				控 制 的				推 断 的			预 测 的				
名 称	代 码	矿体编号	块段编号	平均品位	矿石量		矿体编号	块段编号	平均品位	矿石量		矿体编号	平均品位	矿石量	矿体编号	平均品位	矿石量
					块段	矿体				块段	矿体						
资源量	332																资源量
	333																
	334?																
合 计	储 量																
	基础储量																
	资源量																
	资源/储量之和																

注：计量单位：铁、锰、铬矿含量以质量分数（%）计；矿石量以万 t 计。

附 录 F
(资料性附录)
名词解释

- 1 全铁（TFe）** 指岩矿石样品经化验分析确定的铁元素的总含量。全铁是评价铁矿石质量的主要技术指标。
- 2 磁性铁（mFe）** 一般是指强磁性铁矿物中的铁。其含量可根据铁矿石的物相分析结果确定。磁铁矿、钛磁铁矿、半假象赤铁矿等都属于具有工业价值的强磁性铁矿物。在磁场强度为 $6.4 \times 10^4 \sim 8.0 \times 10^4$ A/m 的磁场中可进行磁选。磁黄铁矿虽具有强磁性，但因含硫高，故在铁矿床中不作为具工业价值的磁性铁矿物。在地质勘查中，铁矿石中磁性铁占全铁的百分率称为磁性铁占有率，是评价铁矿床工业价值和划分矿石工业类型的依据。
- 3 硫化铁（sFe）** 指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硫化物中的铁，包括黄铁矿、白铁矿、砷黄铁矿、磁黄铁矿等矿物中的铁。
- 4 碳酸铁（cFe）** 指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁碳酸盐矿物中的铁，包括菱铁矿、铁白云石等矿物中的铁。
菱铁矿（FeCO₃）中 $w(\text{FeO})$ 为 62.1%， $w(\text{CO}_2)$ 37.9%，焙烧以后 CO₂ 烧失，FeO 含量相对提高。因此在评价菱铁矿床时，其工业指标可略低于磁铁矿石和赤铁矿石。铁白云石含铁低，属于铁白云石类型的矿石，不具工业价值，但可作为熔剂利用。
- 5 硅酸铁（siFe）** 指铁矿石经化学物相分析结果确定的含铁硅酸盐矿物中的铁。含铁硅酸盐矿物种类很多，主要有橄榄石类、石榴子石类、辉石类、闪石类、黑云母、铁绿泥石、阳起石、绿帘石等。这些含铁硅酸盐矿物一般铁含量较低，且含硅高，为工业不可用铁，需要在选矿过程中将其选除。
过去认为铁矿石中的硅酸铁不溶于稀盐酸，因而称为非可溶铁，全铁减去硅酸铁称可溶铁（SFe）。实践证明有很多含铁硅酸盐矿物可不同程度地溶于稀盐酸。以钙铁榴石为例，在分析可溶铁时，其铁含量的 50% 可被溶解。故笼统地说硅酸铁为非可溶铁是不正确的，采用可溶铁作为评价铁矿石的标准也不合适。
- 6 赤（褐）铁（oFe）** 指铁矿石经化学物相分析结果确定的赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿等矿物中的铁。属于该类型的需选矿石，选矿工艺比磁铁矿复杂，因此在评价该类型矿床时，矿石的铁含量要求应略高于磁铁矿矿床。
- 7 造渣组分** 铁矿石中不能被还原进入生铁的氧化物称为造渣组分。主要造渣组分有酸性氧化物（SiO₂）、碱性氧化物（CaO，MgO，BaO，Na₂O，K₂O）和两性氧化物（Al₂O₃，TiO₂ 等）。在炉渣中起主要作用的是其中的 SiO₂，Al₂O₃，CaO，MgO 等组分。
- 8 假象赤铁矿** 交代其他矿物形成的赤铁矿，它保持被交代矿物的外形，称之为假象赤铁矿。



9 放电锰矿石 具有放电性能的二氧化锰矿石，是制作干电池的原料。在电池中的作用主要是消除电池工作时氢的极化作用，使电流畅通。其放电性能取决于 MnO_2 的含量和晶型： MnO_2 含量越高越好，其晶型以 γ 型和 ρ 型最优。

世界主要锰矿床一览

矿床编号	矿床名称	地理位置	矿床成因类型	成矿时代	主要锰矿物	矿石储量及品位
1	哈德塞尔	美国亚利桑那州	热液型	中生代	氧化物,隐钾锰矿,锰铅矿	>100 万 t; Mn 15% , 含 Pb, Zn, Cu, Ag, Sb
2	马乔依	美国亚利桑那州	火山沉积型	上新世	硬锰矿	>100 万 t; Mn 8.75%
3	森尼赛德	科罗拉多州尤里卡区	热液型	新生代	蔷薇辉石,菱锰矿,红锰铁矿,羟硅锰石,锰橄榄石,硫锰矿	>1 000 万 t; Mn 10.0%
4	马波尔山—霍夫依山	缅甸因州	火山沉积型	志留纪	褐锰矿,菱锰矿(赤铁矿)	>1 000 万 t; Mn 8.87%
5	阿鲁斯托克	缅甸因州	火山沉积型	志留纪	硅酸锰,碳酸锰,亚铁菱锰矿,褐锰矿,蜡硅锰矿,锰铝榴石	>1 000 万 t; Mn 9.54%
6	库犹纳	明尼苏达州	海相沉积型	古元古代	氧化锰,碳酸锰	>1 000 万 t; Mn 7.84% , Fe 32% (Mn 0.5% ~ 16% , Fe 20% ~ 25%)
7	比尤特	蒙大拿州	热液型	始新世	菱锰矿,蔷薇辉石,钨锰矿,硫锰矿(与 Au, Ag, Pb, Zn 硫化物伴生)	>100 万 t; Mn 18%
8	三基兹	内华达州	火山沉积型			>100 万 t; Mn 13.2%
9	奥林匹克半岛	华盛顿州	火山沉积型	始新世	氧化锰矿物,褐铁矿,黑锰矿,锰尖晶石,锰铜矿;硅酸锰矿物;蜡硅锰矿,水锰辉石,羟硅锰矿等;碳酸锰矿物;菱锰矿,锰方解石	平均含 Mn 35% ,少数矿床含 Fe 6.5%
10	莫兰戈	墨西哥伊达尔戈州东南部	海相沉积型次生富集	晚侏罗世	以菱锰矿为主,锰白云石,锰方解石;表生氧化矿石中为六方锰矿,软锰矿,拉锰矿	$R_1 + R_2 = 15.26$ 亿 t; Mn 27% ~ 27.7% ,碳酸锰 3 000 万 t, Mn > 27% ,次生氧化锰 Mn 50% , Fe 5.38%
11	卢西弗地区	墨西哥南下加利福尼亚州	火山沉积型	早上新世	软锰矿为主,隐钾锰矿,碱硬锰矿,铅硬锰矿	矿点
12	圣弗朗西斯科	墨西哥哈利斯科省西南部	火山沉积型	中第三纪	褐锰矿,软锰矿(赤铁矿)	矿点; Mn 35% ~ 40% , 400 万 t, Mn 26.1% , Fe 0.4% ,铁氧化物 Fe 17.9% , Mn 0.4%
13	索诺达等	墨西哥圣路易斯波托西州	热液型	不明		矿点
14		塔拉曼茨	热液型	不明		矿点
15	查科雷顿多	古巴奥连特省	火山沉积型	晚白垩世—中始新世,始新世	硬锰矿,水锰矿,软锰矿,钙锰矿,锰钾矿	奥连特省总储量数千 t, Mn < 20% ;表生矿石含 Mn 40% ~ 50% ,估计 280 万 t
16	马塔安布雷	古巴比那尔德里奥省	火山沉积型	晚白垩世—中始新世,始新世		矿点
17	乌拉塔—艾耳拉尔马	委内瑞拉博利瓦尔州	沉积变质型	前寒武纪(> 17 亿年)	褐锰矿,锰铝榴石	矿点, Mn 25% ~ 55% ,乌拉塔一处 35 万 t
18	里查德阿姆朋曼弗尔斯山	圭亚那(法属)	沉积变质型	前寒武纪(> 17 亿年)	褐锰矿,锰铝榴石,蔷薇辉石	矿点
19	马里帕等地	苏里南	沉积变质型	前寒武纪(> 17 亿年)	褐锰铝榴石,蔷薇辉石	矿点
20	马休斯山	圭亚那西北部阿拉卡卡区	沉积变质型表生富集	前寒武纪(> 17 亿年)	软锰矿,隐钾锰矿,水锰矿,锂硬锰矿	1 300 万 t; Mn 41%
21	卡拉贾斯—阿苏尔	巴西帕拉州	沉积变质型表生富集	古元古代	隐钾锰矿,钠水锰矿,锂硬锰矿,三水铝石,针铁矿,菱铁矿	0.65 亿 t; Mn 38% ~ 44%
22	瓜库依	巴西圣埃斯皮里图州	沉积变质型	前寒武纪		资源量 220 万 t



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主 要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
23	塞拉多纳维奥	巴西阿马帕州	沉积变质型 次生富集	前寒武纪	隐钾锰矿,软锰矿,褐锰矿,锂硬锰矿,水锰矿,硅锰钠锂石	0.16 亿 t;探明储量 1 000 万 t,Mn 40%~45%;块状矿石 Mn>44%,多在 50% 以上;片状矿石 Mn 30%~44%;残坡积矿 Mn 30%~48%;(次要)锰榴石英岩 Mn>34%
24	乌鲁库姆	巴西南马托格罗索州	沉积变质型	新元古代	隐钾锰矿,软锰矿,褐锰矿,锂硬锰矿,水锰矿,硅锰钠锂石	2.468 亿 t;探明储量 1 580 万 t
25	费里费洛	巴西米纳斯吉拉斯州	沉积变质型	前寒武纪(>27 亿年)	菱锰矿,锰方解石,锰铝榴石,蔷薇辉石,三斜锰辉石,锰镁铁闪石,锰橄榄石,水锰辉石等	探明储量 510 万 t,Mn 30%~48%
26	拉裴蒂	巴西米纳斯吉拉斯州	沉积变质型	前寒武纪(>27 亿年)	锰白云石,菱锰矿,锰铝榴石,普遍含石墨	探明储量 510 万 t
27	莫罗多米纳	巴西	沉积变质型	前寒武纪(>27 亿年)	碳酸锰,菱锰矿,锰方解石,锰橄榄石,锰石榴石,三斜锰辉石	Mn 27%,3 000 万 t
28	马劳	巴西巴伊亚州 乌兰迪地区	沉积变质型 次生富集	前 寒 武 纪 7.9~5.2 亿 年	隐钾锰矿,锰石榴石,含石墨方锰矿,方铁锰矿,铁锰矿,黑锰矿,锰钼矿	资源量 79 万 t
29	哈卡拉西	巴西巴伊亚州 乌兰迪地区	沉积变质型	前寒武纪		资源量 95 万 t
30	阿里安娜	戈亚新州	沉积变质型	前寒武纪		资源量 42 万 t
31	木通	玻利维亚与巴 西交界处	沉积变质型	寒 武—奥 陶 纪	隐钾锰矿	Mn 39.4%~50.7%,Fe 8%~16%;储量 1 亿 t(6 000 万 t),2.486 亿 t
32	拉塞雷纳	智利科金博省	火山沉积型	早白垩世	褐锰矿,黑锰矿,水锰矿,软锰矿,硬锰矿	智利全国锰储量 1 200 万 t;Mn 44%~48%,Mn 30%~42%
33	瓦里纳尔	智利	火山沉积热 液型	白垩纪	褐锰矿,黑锰矿,水锰矿,软锰矿,硬锰矿	
34	塔拉帕卡	智利	热液型	上 新 世—更 新世	高钾隐钾锰矿,锰钼矿	
35	圣地亚哥德尔 埃斯特罗锰矿 区	阿根廷	火山沉积型, 热液型		锰方解石,菱锰矿,铁白云石,软锰矿,硬锰矿	阿根廷全国锰储量 210 万 t;Mn 19%~35%
36	科尔瓦多锰矿 区	阿根廷	热液型			
37	坦巴奥	布吉纳法索东 北部	次生富集	元古宙	菱锰矿,锰铝榴石,蔷薇辉石,锰白云石,水黑锰矿	1 683 万 t;化工级矿石 Mn 56%~60% 构成主矿层;冶金级矿石 Mn 48%~54%(富矿),44%~48%;氧化锰 Mn 53.88%,Fe 1%~2%
38	卡拉哈里锰矿 田	南非开普省	海相沉积型	前寒武纪(23~19 亿年)	褐锰矿,黑锰矿,隐钾锰矿,锰铁矿,方铁锰矿,钙锰矿,伴生赤铁矿,Ba,V,Ni,Co	136.13 亿 t;马马特万矿山:Mn 33%~37%;韦塞尔斯矿山:Mn 47%~48%
39	波斯特马斯堡 矿田	南非开普省	次生富集	前寒武纪(— 新生代)	方铁锰矿为主,褐锰矿,黑锌锰矿,黑锰矿,黑镁铁锰矿,锂硬锰矿,水锰矿等	0.15 亿 t;Mn 30%~43%,高品位部分大于 50%,含 Fe 高,Mn/Fe 3:2~4:1
40	德兰士瓦矿床	南非开普省	次生富集	前寒武纪(— 新生代)	软锰矿,硬锰矿	1 000 万 t
41	安帕尼希—贝 基利区	马达加斯加	沉积变质型	前 寒 武 纪 (24.2 亿年)	锰铝榴石,蔷薇辉石,锰橄榄石	
42	基森盖锰矿区	扎伊尔	沉积变质型, 次生风化	前寒武纪	菱锰矿,褐锰矿,方铁锰矿,水锰矿,隐钾锰矿,软锰矿,锂硬锰矿	冶金级矿石 Mn 42.85%,350 万 t;化工级矿石:Mn>54.16%,1 200 万 t;电池级矿石,碳酸锰矿石:Mn 40%,1 000 万 t;表生矿石:Mn 50%
43	罗斯贝里堡锰 矿区	赞比亚	沉积变质型	前寒武纪		矿 点
44	奥特乔森杜	纳米比亚东北 部	沉积变质型	前寒武纪(10~6.2 亿年)	氧化锰,硅酸锰,褐锰矿,黑镁铁锰矿,杂铁锰尖晶石,黑锰矿,方铁锰矿,锰钼矿	储量 370 万 t;Mn 40%~48%



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主 要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
45	莫安达	加蓬	次生富集	前 寒 武 纪 (17.4 亿年)	菱锰矿为主,水锰矿,软锰矿,锂硬 锰矿,Co,Ni,Cu 含量高	储量 2.2 亿 t,Mn 50%~52%
46	恩苏塔	加纳	海相沉积次生 富集(Mn 15% ~25%)组成	前寒武纪(24 ~22 亿年)	菱锰矿,锰石榴石,蔷薇辉石,软锰 矿,隐钾锰矿,六方锰矿,伴生针铁 矿	2 000 万 t;Mn 30%~50%,50%~ 55%;以碳酸锰为主,高品位矿石近 于采空;电池级锰矿石
47	莫科它	象牙海岸	沉积变质型	前寒武纪	菱锰矿,锰铝榴石,蔷薇辉石	小型;富矿;Mn 48%~50%
48	奥迭内	象牙海岸	沉积变质次生 富集型	前寒武纪	菱锰矿,锰铝榴石,蔷薇辉石	单矿体 300~600 万 t;Mn 25%~ 30%;风化后达电池级矿石
49	伊米尼	摩洛哥	海相沉积型	晚白垩世	软锰矿为主,水锰矿,隐钾锰矿,锰 钒矿,锰铅矿,拉锰矿,锂硬锰矿, 羟黑锰矿	储量 1 亿 t;平均含 Mn 46%,最高达 58.95%
50	布阿尔法	摩洛哥东部	海相沉积型	早侏罗世	软锰矿,隐钾锰矿	
51	蒂阿拉提内	摩洛哥	海相沉积型	早侏罗世	黑锰矿,黑镁铁锰矿,软锰矿,硬锰 矿,钡镁锰矿,伴生磁铁矿,赤铁矿	
52	姆古斯萨	摩洛哥	海相沉积型	早侏罗世	软锰矿,硬锰矿为主	
53	塔斯杰姆特	摩洛哥	海相沉积型	早侏罗世	氧化锰,以硬锰矿为主,隐钾锰矿, 锰钒矿,锰铅矿,拉锰矿,锂硬锰 矿,羟黑锰矿	矿点;Mn 40%~50%,最高 58.95% (20 世纪 60 年代初期已采空)
54	纳格舒姆	摩洛哥	海相沉积型	二 叠—三 叠 纪	上部以褐锰矿为主,下部由软锰矿 组成富矿,Pb,Ba 含量高	
55	格里宾纳姆	摩洛哥	火山沉积型	早石炭世	褐锰矿,黑锰矿,隐钾锰矿,软锰 矿,蔷薇辉石,红硅锰矿,锰方解石	矿点;Mn 35%~40%;Fe 3%
56	瓦瓦扎特南部	摩洛哥	热液型	前寒武纪	褐锰矿,隐钾锰矿,黑锰矿,锰钒 矿,硬锰矿,软锰矿	矿点
57	巴尼阿巴斯	阿尔及利亚	不 明	不 明		矿 点
58	阿·马赫穆德	利比亚	不 明	不 明		矿 点
59	伯拉契	利比亚	不 明	不 明		矿 点
60	阿尔库夫拉	利比亚	不 明	不 明		矿 点
61	西乌拉里	利比亚	不 明	不 明		矿 点
62	穆罕默德	苏 丹	不 明	不 明		矿 点
63	辛开特	苏 丹	不 明	不 明		矿 点
64	萨法加	埃 及	不 明	不 明		矿 点
65	圣·约翰	埃 及	不 明	不 明		矿 点
66	红海沿岸矿群	埃及红海沿岸	不 明	不 明		矿 点
67	西阿拉巴	约 旦	不 明	不 明		矿 点
68	乌姆博格马	埃及西奈	海相沉积型	早石炭世	氧化矿石:软锰矿,硬锰矿,水锰 矿,黑锰矿,羟锰矿,与赤铁矿、针 铁矿伴生	
69	提姆纳穹丘	以色列	沉积—表生富 集	奥陶—白垩 纪,晚白垩世	水锰矿,碱硬锰矿,铝硬锰矿,羟锰 矿,锰土	1 000 万 t,Mn>23.42%
70	罗斯科里伯	索马里	不 明	不 明		矿 点
71	恩卡法拉	埃塞俄比亚	火山沉积型	全新世	软锰矿,水钠锰矿,钙锰矿,菱锰矿	矿点
72	瓦尔纳	保加利亚	海相沉积型	渐新世	氧化锰,硅酸锰,碳酸锰(菱锰矿, 锰方解石)	储量 2.2 亿 t;Mn 17.3%~25%,高 29%~39%,低 6%~18%;含 P,S 高
73	斯雷德纳果勒 (波扎雷诺)	保加利亚索非 亚州	火山沉积型	白垩纪	软锰矿,硬锰矿,褐锰矿,隐钾锰矿	10 万 t;富矿石 Mn 17%~48%,Fe 0.3%~9.6%;铁锰矿石 Mn 30%, Fe 24%;含 P 低:0.02%~0.06%
74	乌尔库特	匈牙利北部	海相沉积型	早侏罗世	以菱锰矿为主,水锰矿,隐钾锰矿, 锂硬锰矿,钡镁锰矿,六方锰矿	储量 2.15 万 t;碳酸锰矿石:低品位 Mn 15%~16%,高品位 Mn 25%~ 35%;氧化锰矿石;再沉积锰矿石



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主 要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
75	艾波里尼	匈牙利	海相沉积型	晚侏罗世	软锰矿,隐钾锰矿,水锰矿,钡镁锰矿,锂硬锰矿	矿点,现已采空
76	埃格尔	匈牙利	海相沉积型	渐新世		矿点
77	卢萨尔区	西班牙—葡萄牙韦尔瓦省	火山沉积型	早石炭世	菱锰矿,蔷薇辉石,锰铝榴石	矿点
78	凯夫里埃诺维奇	南斯拉夫波里地区	火山沉积型	侏罗纪	褐锰矿为主,隐钾锰矿,软锰矿	Mn 30%~35%,局部含重晶石,方铅矿及其他硫化物,全国储量 3 000 万 t
79	德拉马	希腊北部	热液型	渐新世	菱锰矿,钙锰矿与贱金属硫化物共生	全国探明储量 225 万 t,推断储量 900 万 t;Mn 19%~28%,有电池级矿石
80	雅科贝	罗马尼亚	沉积型	元古宙	锰石榴石,蔷薇辉石,三斜锰辉石,锰铁橄榄石,锰铁闪石	1 500 万 t;Mn 26%
81	拉德尔区	罗马尼亚	沉积型	元古宙	锰石榴石,蔷薇辉石,三斜锰辉石,锰铁橄榄石,锰铁闪石	500 万 t;Mn 19%
82	巴纳特区	罗马尼亚	沉积型	元古宙	锰石榴石,蔷薇辉石,三斜锰辉石,锰铁橄榄石,锰铁闪石	750 万 t;Mn 20%
83	赛巴斯	罗马尼亚	沉积型	元古宙	锰石榴石,蔷薇辉石,三斜锰辉石,锰铁橄榄石,锰铁闪石	矿点
84	甘巴特萨,莫利内洛	意大利亚平宁山	热液型	中—上新世 侏罗世?	软锰矿,褐锰矿,蔷薇辉石,菱锰矿,红硅锰矿,锰绿帘石	矿点
85	西西里	意大利	沉积型	渐新世—中新世	钠水锰矿,钡镁锰矿,锂硬锰矿,针铁矿,赤铁矿	矿点
86	上比利牛斯省	法国	沉积型	泥盆纪	氧化锰,钙锰石	矿点
87	阿里内日省	法国	沉积型	二叠纪—三叠纪	氧化锰,钙锰石	矿点
88	埃雷利	土耳其奥尔杜省	火山沉积型	白垩纪	黑锰矿,软锰矿	土耳其全国 1 400 万 t;Mn 36%
89	查塔尔贾	土耳其特基尔达省	火山沉积型	白垩纪		
90	特罗斯多地块	塞浦路斯	火山沉积型	晚白垩世	隐品质锰氢氧化物,与针铁矿共生	41 000 t;Mn 8%,Fe 33%
91	哈尔茨穹丘(凯那封谢尔)	英国南威尔士	火山沉积型	寒武—奥陶纪	菱铁矿,锰铝榴石,蔷薇辉石,锰绿泥石,锰橄榄石,羟硅锰石,锰铁矿,羟锰矿	矿点,270 万 t;Mn 32%
92	朗班等(包括帕集斯伯格,哈尔斯蒂根雅各布斯格)	瑞典韦姆兰省	火山沉积型,受后期热液变质影响	前寒武纪(19~17 亿年)	黑锰矿为主,褐锰矿,赤铁矿,磁铁矿,与夕卡岩、热液矿物伴生,成分复杂	
93	大托克马克,包括克里沃罗格(英古列茨)麦日杜列契	原苏联乌克兰南部波罗热州	海相沉积型	渐新世	氧化锰,软锰矿,硬锰矿,水锰矿,锰方解石,菱锰矿,碳酸锰	储量 11 亿 t;碳酸锰 Mn 15.81%~31.32%,平均 23.78%;氧化锰 26%~28%
94	尼科波尔	原苏联第聂伯罗彼得洛夫斯克省	海相沉积型	渐新世	氧化锰,软锰矿,水锰矿,碳酸锰,锰方解石,钙菱硬锰矿,水锰矿,复水锰矿,碳酸锰,菱锰矿,钙菱锰矿,锰方解石	储量 6.55 亿 t;Mn 22%,氧化锰 10%~45%,碳酸锰 30%
95	恰图拉	原苏联格鲁吉亚库塔伊斯城东	海相沉积型	渐新世	氧化锰,软锰矿,硬锰矿,水锰矿,复水锰矿,碳酸盐锰,菱锰矿,钙菱锰矿,锰方解石	储量 1.55 亿 t;氧化锰平均 28.9%,碳酸锰平均 22.5%(10%~30%),氧化碳酸锰平均 27.2%
96	布尔斯顿	乌克兰西部伊凡诺—弗兰科州	海相沉积型	渐新世	锰方解石,钙锰矿	原生矿石;Mn 0.85%~30%,原生氧化锰 30%~40%
97	霍舍瓦特	乌克兰	沉积变质型	太古宙	以碳酸锰为主,局部硅酸锰与赤铁矿、磁铁矿伴生	优质矿石;Mn 30%,Fe 20%
98	拉赛	北高加索	海相沉积型	晚渐新世—早中新世	碳酸锰,钙菱锰矿,锰方解石,原生氧化锰,贫铁-锰矿石	碳酸锰储量 3 000 万 t,Mn 24.95%;贫铁锰矿石 Mn 8.81%,Fe 7.44%;原生氧化矿石 Mn 25.16%



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
99	阿扎美吉—奇恰里	格鲁吉亚, 格鲁尔区	海相沉积型	渐新世		原生氧化矿石: MnO_2 32% ~ 80% , MnO 22% ~ 50% , P 0.1% ~ 5% ; 碳酸 锰矿石: MnO_2 0 ~ 3% , MnO 13% ~ 33% , P 0.4% ; 氧化锰矿石: MnO_2 22% ~ 67% , MnO 20% ~ 45% , P 0.1% ~ 0.7%
100	曼给什拉克	里海以东	海相沉积型	早渐新世	硬锰矿, 软锰矿, 水锰矿, 褐锰矿, 菱锰矿, 锰方解石	5 380 万 t, Mn 15.96% ~ 22.6% , Fe 1.28% ~ 3.95% ; 氧化锰 38.4% ~ 43.9% , Fe 1.4% ~ 6.34% , 含 P 0.6%
101	乌鲁切列亚克	乌法布东北	海相沉积型	晚二叠世(早 二叠世)	锰方解石为主	含锰灰岩: Mn 10% ; 储量 800 ~ 1 000 万 t, 上部层 Mn 6% ~ 9% , 下 部层 Mn 2% ~ 3% , 局部为 12% ~ 18%
102	马格尼托哥尔斯克矿群(包括 尼阿兹, 古洛夫, 雅里姆贝托 夫, 马密林, 费兹拉等)	乌拉尔	火山沉积型	早泥盆世	褐锰矿, 黑锰矿, 蔷薇辉石, 硬锰 矿, 软锰矿, 水锰矿	储量 300 万 t; 氧化矿石: Mn 35% ~ 50% , 硅酸锰 30% ~ 35% , 褐锰-硬锰 矿: 31.6% ~ 45%
103	阿克马托夫(亦 名阿克尔曼)	乌拉尔奥伦堡 州	不 明			
104	北乌拉尔盆地 矿群(包括波鲁 诺契、别列佐 夫, 布尔曼托蒂 林, 新别列佐 夫, 叶卡捷林 因, 朱尔金, 洛 兹文, 伊夫德 尔, 维泽尔, 马 尔吉拉特, 科 林, 共 12 处)	乌拉尔	海相沉积型	早渐新世	锰方解石, 钙菱锰矿, 软锰矿, 硬锰 矿	5 000 万—1 亿 t; 碳酸锰 Mn 平均 21.2% (17.5% ~ 21.92%)
105	卡扎克派矿群: 兹哲迪—乌鲁 陶, 普罗梅苏托 契, 纳杰扎塔斯	哈萨克斯坦中 部	火山沉积热液 型	晚泥盆世	硬锰矿, 软锰矿, 水锰矿, 黑镁铁锰 矿, 伴生有磁铁矿, 赤铁矿, 磷灰石	储量 5 000 万 t, 贫矿含 Mn 18.5% , 矿石含 P 低 (0.04%) , 伴生 Pb , Ba
106	乌斯卡金	哈萨克斯坦中 部	火山沉积型	晚泥盆世	褐铁矿, 硬锰矿, 有赤铁矿伴生	储量 3 000 万 t, 铁-锰矿石 1 000 万 t; 氧化锰 Mn 31% , Fe 6.5%
107	阿塔苏矿群, 包 括卡拉扎尔, 大 克泰, 科林塔 特, 达尔尼, 乌 夫斯托克, 德兹 马特, 卡米斯, 绍依恩塔斯	哈萨克斯坦中 部	火山沉积型	晚泥盆世	褐锰矿, 黑锰矿, 黑镁铁锰矿, 硬锰 矿, 水羟锰矿, 赤铁矿, 磁铁矿	4 亿 t; 富矿石含 Mn > 5% , Fe 0.8% , P 0.03% ; 部分氧化矿石 Mn 40% , ($\text{Mn} + \text{Fe}$) 45% ~ 50% , 全区平 均 Mn 25%
108	穆罗瑞克		火山沉积型	晚泥盆世		
109	杜尔诺夫	新西伯利亚萨 彦岭	火山沉积型	中泥盆世	褐铁矿, 硬锰矿	储量 60 万 t; 平均含 Mn 20% (Mn 6.5% ~ 36.5% , Fe 2.2% ~ 13.3%
110	马祖尔和波诺 金		火山沉积型	早寒武世		600 万 t; Mn 20% , Fe 11%
111	乌萨	西伯利亚克麦 罗沃州	海相沉积型	早寒武世	钙菱锰矿, 铁菱锰矿	近 1 亿 t; 贫矿石 9 300 万 t, 氧化矿 石 550 万 t; 北矿体 Mn 11.12% , Fe 4.04% ; 中矿体 Mn 9.98% , Fe 5.12% , 南矿体 Mn 3.91% , Fe 3.13%
112	波罗任	西伯利亚叶尼 塞山	火山沉积型	新元古代— 早寒武世(里 菲期)	水锰矿为主, 次有菱锰矿, 隐钾锰 矿, 锰钼矿, 软锰矿, 硬锰矿	储量 1.5 ~ 2 亿 t; 碳酸锰占 57% , Mn < 20% , Fe 4% ~ 7% , 磷灰石达 1% ~ 4% ; 氧化锰 43% , Mn 13% ~ 48% , Fe 2.2% ~ 7.9%



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
113	萨彦岭群,包括 下乌丁、尼古拉 耶夫,科特斯 克,卡尼斯克	伊尔库茨克西 北	海相沉积型	新元古代	软锰矿,硬锰矿,隐钾锰矿,水锰矿	下乌丁 5 000 万 t, Mn 13.6% ~ 17.7%, Fe 2.7% ~4.3%; 含 Fe 矿 石中 Mn 9.5% ~12.4%, Fe 12.7%
114	沙干—扎巴	贝加尔湖西岸	沉积变质型	太古宙	锰方解石,软锰矿,硬锰矿,水锰矿	100 万 t; Mn 6%, 氧化带 Mn 40% ~ 44%
115	奥尔拉岛(又名 奥尔达基特)	布里亚特贝加 尔湖	海相沉积型	早寒武世		2 000 万 t; 平均 Mn 6.6% ~14%, Fe 6% ~7%; 矿体 No1: Mn 15.1%, Fe 3.6% ~13.8%, P 0.04% ~0.57%; 富矿: Mn 19.1%; 矿体 No2: Mn 10.4%, Fe 6.3% ~18.4%; 矿体 No3: Mn 3.3% ~26.8%, Fe 5.4% ~ 11.8%; 矿体 No4: Mn 3.4% ~9.8%
116	巴尔古津—维 蒂姆(也称贝加 尔—维蒂姆)	布里亚特	沉积型	前寒武纪	碳酸锰	表外矿石
117	泽拉夫矿群,包 括达乌塔什,塔 什塔—卡拉哈	乌兹别克	海相沉积型	晚志留世	菱锰矿,锰方解石,钙铁菱锰矿,伴 生菱铁矿,硬锰矿,软锰矿	碳酸锰 Mn 16%
118	万丹		不明	不明		
119	小兴安岭矿群, 包括南兴安,伊 尔尼密伊,普佩 雷契,奥赫林, 谢尔普霍夫,比 赞		沉积型	新元古代	褐锰矿,黑锰矿,赤铁矿,菱锰矿, 含锰菱铁矿,菱锰矿,锰方解石	平均含 Mn 21%, 最高 35% 以上,伊 尔尼密伊包括乌德斯科—圣塔尔矿 区估计 1 亿 t, 褐锰矿石 Mn 32% ~ 55%, 层状矿石 Mn 28% ~30%, P 低 0.04% ~0.06%, 碳酸锰 Mn 22% ~46%
120	中乌拉尔矿群, 包括克利瓦金, 塔吉洛—库兹 文,包括萨帕 尔,利波夫等 20 个矿体	乌拉尔卡姆斯 市东 20 km	火山沉积型	早泥盆世	锰菱铁矿,锰方解石,菱锰矿,蔷薇 辉石,锰铝榴石	克利瓦金 Mn 8.7% ~44.2%; 帕萨 尔 Mn 25% (10% ~50%), 储量 100 万—150 万 t, Mn 30% ~33%; 利波 夫 Mn 10% ~12%, Fe 4% ~5%, 氧 化锰 Mn 18% ~23%
121	安得拉邦斯里 卡库兰	印度	沉积变质型	前寒武纪(> 26.5 亿年)	褐铁矿,锰钒矿,锰铁矿,黑锰矿, 杂铁锰尖晶石,软锰矿,硬锰矿,隐 钾锰矿	R ₁ + R ₂ = 140 万 t, 斯里库兰 Mn 38% ~40%, Fe 5% ~12%
122	奥里萨邦卡拉 汉迪	印度	沉积变质型,次 生风化	前 寒 武 纪 (9.46~8.46 亿年), 沉 积 年代 20~17 亿年	隐钾锰矿,水锰矿	R ₁ + R ₂ = 3 030 万 t, 矿石 Fe 高, P 低, 品位变化大, 以低品位矿石为主: Mn 10% ~15%; 锰质页岩: Mn 26.54%, Fe 31.4%; 铁锰矿石 Mn 28.85%, Fe 26.0%; 锰矿石 Mn 34.44% ~48.78%, Fe 1.60% ~ 18.70%
123	奥尔萨邦博纳 尔	印度	沉积变质型	前寒武纪		
124	中央邦,马哈拉 施特拉邦,包括 巴拉卡德(巴韦 利), 乌克瓦卡 杰利, 贾甘托 拉, 冈迪等一系 列矿床	印度	沉积变质型	前 寒 武 纪 (9.86~8.46 亿年)	硬锰矿, 锰钒矿, 软锰矿, 褐锰矿	全区储量 R ₁ + R ₂ = 4 401 万 t, 含 Mn 平均 46%; 巴拉卡德: Mn 50.58% ~52.49%; 乌克瓦: Mn 51.07%, 低 P; 贾甘托拉, 冈迪: Mn 48%
125	中央邦,贾布阿 区,包括卡杰利 东格里锰矿	印度	沉积变质, 有后 期热液作用叠 加	前寒武纪	褐锰矿, 方铁锰矿, 锰钒矿, 锰铁矿	
126	拉贾斯坦	印度	沉积变质型	前寒武纪	软锰矿, 隐钾锰矿	
127	古吉拉特邦(希 夫拉杰普尔— 巴曼克恩地区)	印度	沉积变质型	前寒武纪	褐铁矿, 软锰矿, 隐钾锰矿, 水锰矿	R ₁ + R ₂ = 201 万 t, Mn >46%



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主 要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
128	果 阿	印 度	沉积变质型	前寒武纪	氧化锰	85 万 t,Mn 39%
129	卡纳塔克邦	印 度	沉积变质红土 风化型	新太古代	软锰矿,隐钾锰矿,拉锰矿,水锰矿	$R_1+R_2=1\,240$ 万 t,Mn 38%~46%
130	安得拉邦(阿迪 拉巴德,19°42' N,78°31'E)	印 度	沉积变质型	元古宙	钙锰矿,水钠锰矿,六方锰矿,拉锰 矿,钙锰矿,软锰矿	Mn 40%~47%,Fe 1.8%~2%
131	瓦房子	辽宁省西部朝 阳县与建昌县	海相沉积型	新元古代	水锰矿,硬锰矿,褐锰矿,黑锰矿, 菱锰矿	探明储量 3 765.5 万 t,碳酸锰 18%, 氧化锰 20%~24%,含铁较高 (Fe11%)
132	遵 义	贵州省	海相沉积型	晚二叠世	钙菱锰矿,菱锰矿,锰方解石,锰白 云石,硬锰矿,软锰矿,黝锰矿,偏 锰矿	探明储量 4 695.2 万 t;铜锣井 3 642.8 万 t;碳酸锰 18%~23%,氧 化锰 30%~35%,P 和 Si 含量低,Fe 与 S 高
133	花垣民乐	湖南省	海相沉积型	新元古代	菱锰矿,软锰矿,硬锰矿	探明储量 2 969.8 万 t,碳酸锰 20.39%
134	道县后江桥	湖南省	海相沉积型,晚 期热液改造型	晚泥盆世	锰菱铁矿,硬锰矿,软锰矿,铅硬锰 矿,赤铁矿,褐铁矿,锌锰矿等	探明储量 2 468.2 万 t,氧化锰 12.99%,伴生 Zn,Cd
135	桂平木圭	广西省	海相沉积+风 化型	新泥盆世	软锰矿,硬锰矿	探明储量 2 469.7 万 t,氧化锰 20% ~24%
136	平武虎牙	四川省	沉积变质型	早三叠世	菱锰矿,少量软锰矿,硬锰矿,赤铁 矿,磁铁矿等	探明储量 1 959 万 t,Mn 15%~ 25%;锰矿层含 P 高,Mn 7%~ 32%;铁锰矿层:Fe 10%~15%;铁 矿石:Fe 45%~30%
137	大塘坡	贵州省松桃县 及印江县	沉积变质型	新元古代	菱锰矿,锰方解石,硬锰矿,软锰矿	探明储量 1 875 万 t,Mn 22%~24%
138	砚山斗南	云南省	海相沉积型	中三叠世	褐铁矿,菱锰矿	探明储量 1 762 万 t,碳酸锰 15%~ 25%;氧化锰 30%~47%;Fe 3.31%;P 低
139	杨立掌	贵州省松桃县	沉积变质型	新元古代	菱锰矿,锰方解石,硬锰矿,软锰矿	探明储量 1 474.0 万 t,碳酸锰 19.89%
140	长阳古城	湖北省	海相沉积型	新元古代	菱锰矿,锰方解石,硬锰矿,褐锰矿	探明储量 1 161.4 万 t,碳酸锰 17% ~20%,氧化锰 23%
141	城口高燕	四川省	海相沉积型	新元古代	菱锰矿,锰白云石	探明储量 1 085.2 万 t,碳酸锰 20.53%,氧化锰 30.85%
142	大新下雷	广西省大新县	海相沉积型	晚泥盆世	钙菱锰矿,菱锰矿,锰方解石,蔷薇 辉石等	探明储量 13 159.9 万 t,碳酸锰 15% ~25%,氧化锰 26%~33%
143	阿拉桑	蒙古库苏古勒 省,蒙古—原苏 联边界	海相沉积型	早寒武世	菱锰矿,水锰矿和褐铁矿	
144	巴基斯坦拉斯 贝拉	巴基斯坦俾路 支省	火山热液型	白垩纪		矿点:3 万 t,含 Mn 20%~44%,
145	长冈	韩国	海相沉积接触 变质及热液叠 加型	寒武纪	碳酸锰,菱锰矿,钙菱锰矿,锰白云 石,褐锰矿,羟硅锰矿,含少量金属 硫化物	矿点:25 万 t,碳酸锰 Mn 30.4%,Fe 3.6%
146	稻仓石	日本北海道	热液型	中新世	以菱锰矿为主,伴生黄铁矿,闪锌 矿,方铅矿,黄铜矿,锰方解石等	Mn 27%~36%
147	美利河	日本北海道	热液型	中新世	软锰矿,水锰矿,斜方水锰矿	
148	(汤泽)八云,上 国等	日本北海道	热液型	中新世	以菱锰矿为主,伴生黄铁矿,闪锌 矿,方铅矿,硫锰矿,黝铜矿等	上国矿山:Mn 26%~31%,Pb 3.2%~1.5%,Zn 1.6%~3.8%, Au $0.2\times 10^{-6}\sim 0.5\times 10^{-6}$;八云矿 山:Mn 9.4%~28%,Pb 0.2%~ 4.2%,Zn 0.3%~6.1%,Au 少量
149	野田玉川	日本本州	火山沉积型	早白垩世	蔷薇辉石,锰橄榄石,羟锰矿,黑锰 矿,菱锰矿,褐锰矿,方锰矿,硫锰 矿等,矿物组合有明显分带现象	Mn 30%~35%
150	加苏	日本栃木县	火山沉积型	二叠纪	菱锰矿,锰橄榄石,蔷薇辉石,方锰 矿,羟锰矿,矿物成分复杂	Mn 35%~36%



续表

矿床 编号	矿床名称	地理位置	矿床成因 类 型	成矿时代	主要 锰 矿 物	矿 石 品 位 及 储 量
151	大江	日本北海道	热液型	中新世	菱锰矿为主,伴生闪锌矿,方铅矿,含 Mn 14.73% ~ 14.84%; Pb 黄铁矿,黄铜矿,赤铁矿,磁铁矿,0.65% ~ 1.24%; Zn 2.18% ~ 4.63%	
152	龙岛	日本长野县	热液型	二叠纪	菱锰矿,锰方解石,镁菱锰矿,方铅矿,闪锌矿,黝铜矿	含 Mn 35%
153	清堪地区	泰 国	热液脉型	泥盆—石炭纪		矿点
154	南邦地区	泰 国	沉积—风化型	志留—泥盆纪		矿点
155	宋卡地区班迈	泰 国	热液脉型	中生代(?)		矿点
156	吉兰丹州丁加奴	马来西亚东北部	次生风化型,原生矿石为火山沉积型	三叠纪	软锰矿,隐钾锰矿	矿点;Mn 30%~40%,
157	谢科	菲律宾 I 区	不 明	不 明		菲律宾全国推测锰矿资源量 600 万 t
158	帕拉南迪纳皮克	菲律宾 II 区	不 明	不 明		矿点
159	卡朗格兰马里甘诺	菲律宾 III 区	不 明	不 明		矿点
160	斯坦克鲁兹	菲律宾 IV 区	不 明	不 明		矿点
161	布桑加岛	菲律宾 IV 区	不 明	不 明		矿点
162	米拉格罗斯	菲律宾 V 区	不 明	不 明		矿点
163	锡基霍尔	菲律宾 VII 区	不 明	不 明		矿点
164	圣安东尼奥	菲律宾 X 区	不 明	不 明		矿点
165	东西蒂文	蒂汶	不 明	白垩纪	软锰矿,隐钾锰矿,黑锰矿	矿点
166	雷蒙德	新喀里多尼亚	火山沉积型	不 明		矿点
167	维蒂岛	斐 济	火山沉积型	始新世—中新世		31 万 t;高品位矿:Mn 50%~55%,最高 58%;低品位矿:Mn 4.5%~7%
168	北岛、奥克兰岛	新西兰	火山沉积型	二叠—侏罗纪	褐锰矿,蜡硅锰矿,水锰矿,隐钾锰矿等	
169	爪哇	印度尼西亚	不明(古代锰结核?)	古新世—始新世,二叠纪—石炭纪	铁锰结核,软锰矿,硬锰矿,锰土	储量 48 万 t;优质矿石已采空,Mn 29%,高品位矿石为电池级,化工级
170	格鲁特岛	澳大利亚北部	海相沉积型	早白垩世	软锰矿,隐钾锰矿,锂硬锰矿,硬锰矿,六方锰矿,钼镁锰矿	储量 2.5 亿 t;平均品位:Mn 40%~50%,含 Fe 低,Mn/Fe 15:1~20:1,最高达 53:1,有电池级锰矿石
171	伍迪伍迪	澳大利亚皮尔巴拉	沉积变质—风化富集型	中元古代(风化作用,元古宙—第三纪)	褐锰矿,隐钾锰矿,软锰矿,针铁矿	储量数千 t
172	皮克希尔	澳大利亚西部	沉积变质	中元古代	褐锰矿,隐钾锰矿,软锰矿,针铁矿	皮尔巴拉地区安特希尔储量 1 300 万 t,Fe 29.1%,Mn 19.1%;利本希尔 600 万 t,Fe 25%,Mn 17%;尼科拉斯 14 400 万 t,Fe 51.7%,Mn 1.9%;罗夫山 16 700 万 t,Fe 47%,Mn 6.9%
173	艾隆巴隆	澳大利亚西部	不 明	不 明	不 明	矿点
174	戈尔德斯通	澳大利亚东部	不 明	不 明	不 明	矿点

摘自《世界黑色金属矿产资源》

世界锰资源年评（2004—2005）

锰是钢铁工业的基本原料之一，目前世界钢铁工业消费的锰占锰矿石总消费量的 90%。近年来，由于世界钢产量连续增长，世界锰矿的需求大幅度增长。2005 年全球锰矿产量增长 11%，达到 3 470

万 t（按锰含量计算 1 180 万 t），世界锰矿石主要生产国有中国、南非、巴西、乌克兰、加蓬、澳大利亚、哈萨克斯坦、印度、加纳和墨西哥等。

2005 年世界锰合金产量约为 1 070 万 t，与



2004 年基本持平。世界锰合金主要生产国有中国、乌克兰、南非、日本、挪威、印度、巴西、俄罗斯、澳大利亚和哈萨克斯坦等。

2005 年国际市场锰矿石基准价格上涨 63%，在 2005 年 10~12 月，日本钢铁公司与必和必拓公司结束了 2006 年锰矿基准价格谈判，锰矿石价格比 2005 年降低 24.5%。

1 储量和资源

世界陆地锰矿资源比较丰富，但分布很不均匀，锰矿资源主要分布在南非、乌克兰、加蓬、印度、澳大利亚、中国、巴西和墨西哥等国家。南非和乌克兰是世界上锰矿资源最丰富的 2 个国家，南非锰矿资源约占世界锰矿资源的 77%，乌克兰占世界锰矿资源的 10%。2005 年世界陆地锰矿石储量基础分别为 4.3 亿 t 和 52.0 亿 t（表 1）。世界海底锰结核及钴结壳资源也非常丰富，是锰矿重要的潜在资源。

世界锰矿床类型主要有沉积型、火山沉积型、沉积变质型、热液型、风化壳型和海底结核-结壳型。在世界锰矿资源中高品位锰矿（大于 35%）

主要分布在南非、澳大利亚、加蓬和巴西。

与国外锰矿资源相比，我国锰矿床规模以中小型为主，矿石品位也比较低，平均含 Mn 20%~30%，开发利用条件处于劣势。

2 生产

据 World Metal Statistical Yearbook 2005，2004 年世界锰矿产量约为 2 700.3 万 t（矿石），比 2003 年增长 6.6%（表 2）。近 2 年来，随着世界钢铁产量的迅速增长，世界锰矿石产量也大幅增长。按 2004 年产量排序，中国、南非、巴西、乌克兰、加蓬、澳大利亚、哈萨克斯坦、印度、加纳和墨西哥 10 个国家的锰矿产量合计为 2 655 万 t，约占世界锰矿总产量的 98.3%。

在上述国家中，加蓬、澳大利亚和南非主要生产高品位的锰矿，巴西、印度、哈萨克斯坦和墨西哥主要生产中等品位的锰矿，而中国、乌克兰、加纳主要生产低品位的锰矿。在 2004 年世界锰矿产量中，高品位的锰矿占 33%，中等品位的锰矿占 30%，低品位的锰矿占 37%。

据国际锰协会，2005 年全球锰矿产量增长 11%，达到 3 470 万 t（按锰含量计算 1 180 万 t），中国是最大的生产国，锰矿产量达 1 200 万 t（按锰含量计算 240 万 t），南非锰矿产量 460 万 t（按锰含量计算 205 万 t），澳大利亚和巴西位于其后，分别生产了 390 万 t 和 350 万 t 锰矿（按锰含量计算分别为 180 万 t 和 150 万 t）。由于世界锰矿需求大幅度增长，而且未来仍保持增长趋势，加蓬、南

表 1 2005 年世界锰储量和储量基础 矿石量/万 t					
国家或地区	储量	储量基础	国家或地区	储量	储量基础
南非	3 200	400 000	印度	9 300	16 000
乌克兰	14 000	52 000	巴西	2 300	5 100
加蓬	2 000	16 000	墨西哥	400	900
中国	4 000	10 000	其他	很少	很少
澳大利亚	6 800	13 000	世界总计	43 000	520 000

资料来源：Mineral Commodity Summaries, 2006。

表 2 世界锰矿石产量 矿石量/万 t						
国家或地区	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2004 年较 2003 年增减比例/%
中国	530.0	530.0	530.0	530.0	530.0	
南非	363.5	327.1	308.2	379.9	420.7	
巴西	192.5	197.0	252.9	254.4	337.5	
乌克兰	274.1	274.0	276.2	252.3	227.8	
加蓬	174.3	179.1	185.6	200.0	246.0	
澳大利亚	161.4	206.9	218.7	255.5	242.6	
哈萨克斯坦	120.2	138.5	183.5	236.1	240.0	
印度	160.4	148.3	162.5	201.8	214.9	
加纳	89.6	107.7	113.6	150.9	159.7	
墨西哥	41.1	25.9	17.2	29.4	35.7	
格鲁吉亚	6.3	9.8	10.3	17.4	17.5	
伊朗	9.7	14.0	14.0	14.0	14.0	
世界总计	2 139.7	2 172.6	2 285.6	2 533.5	2 700.3	6.6

资料来源：World Metal Statistical Yearbook，2005。

非、印度和澳大利亚等国均计划扩大锰矿的生产规模。

未来南非锰矿的产量将会有大幅增长，由于南非国内锰铁合金的生产成本很高，因此，未来南非将向国际市场出口更多的锰矿石而非锰铁合金。

目前世界锰业五大公司包括：必和必拓公司（BHP Billiton）、埃拉蒙特公司（Eramet）、淡水河谷公司（CVRD）、联合锰业公司 Assmang（Associated Manganese）以及尼克普公司（Nikopol）。

2004 年世界锰合金产量约为 996 万 t，与 2003 年（842 万 t）相比，增长 18.3%（表 3）。世界锰合金主要生产国家是中国、乌克兰、南非、日本、挪威、印度、巴西、俄罗斯、澳大利亚和哈萨克斯坦等国家，这 10 个国家锰合金产量合计为 894.8 万 t，约占世界锰合金总产量的 90%。

表 3 世界主要国家锰铁合金及硅锰合金产量

国家或地区	合金/万 t				
	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
中国	192.0	234.0	257.0	305.0	410.0
乌克兰	102.2	101.8	106.8	108.0	152.0
南非	90.7	75.1	93.5	92.1	98.0
日本	40.6	43.1	42.8	43.0	53.1
挪威	46.5	47.0	47.0	47.5	47.5
印度	34.5	31.5	31.5	32.5	33.0
巴西	29.3	27.6	33.9	32.9	32.9
俄罗斯	21.0	17.9	23.2	18.4	25.1
澳大利亚	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
哈萨克斯坦	10.4	14.7	16.6	18.1	18.2
墨西哥	19.8	13.4	11.2	13.7	17.6
法国	50.0	48.0	48.0	40.7	17.0
韩国	25.0	24.5	23.1	14.1	14.5
意大利	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
西班牙	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
世界总计	738.0	758.0	812.0	842.0	996.0

资料来源：Metal Yearbook，2004。

中国、乌克兰和南非是世界三大锰合金生产国，其锰合金产量分别占世界锰合金产量的 41.2%，15.3% 和 9.8%，合计 66.3%（包括锰铁合金、硅锰合金）。中国锰合金的生产大部分依靠进口的高品位锰矿石。由于近年来中国锰合金产量占世界锰合金产量的比重越来越大，中国对国际锰合金市场的影响也越来越大。

据国际锰协会，2005 年世界锰合金产量约为 1 070 万 t，与 2004 年基本持平，按国家或地区，中国 460 万 t，占世界锰合金产量的 43%，前苏联

16%，欧洲 11%，美洲 8%，印度 7%，非洲和中东 6%，日本 5%，其他 4%。

2005 年中国的锰合金产量增长 8%，而世界其他国家或地区锰合金产量有所下降，

在 2005 年世界锰合金产量 1 070 万 t 产量中，其中，硅锰合金 600 万 t，高碳锰铁合金 350 万 t，中低碳锰铁合金 120 万 t，分别占 56.0%，32.7% 和 11.3%。

自 20 世纪 90 年代以来，随着世界经济全球化的发展，世界锰业的发展存在着 2 个明显的变化趋势：企业间的并购和资源产业一体化，结果是世界锰矿和锰合金生产越来越集中于几个大的跨国公司企业集团；另一个趋势是世界锰合金的生产逐步由西方发达国家转向发展中国家。

2004 年日本 3 家钢铁公司 Nippon Denko，JEE Steel 和 Mitsui 首次与中国辽宁和内蒙古的锰铁合金企业组建合资企业，锰铁合金年生产能力将达到 20 万 t。

从锰矿生产技术看，全球锰矿的回收率平均约为 80%。

3 消 费

锰主要用于钢铁工业，锰在炼钢过程中起一种重要的固硫、脱氧还原、易形成合金的作用，锰消费的 90% 是以铁合金的形式用于钢铁工业。2004 年世界平均吨钢消耗锰铁合金约为 10 kg 左右，不同国家因技术水平、铁矿石品位及钢铁产品类型不同，其吨钢锰铁合金消耗量有所变化。

世界各国锰的消费与其钢产量密切相关，根据钢产量推断，中国、日本、美国、俄罗斯、韩国、德国、乌克兰、巴西、印度、意大利、法国及土耳其等是世界锰的主要消费国家。

2004 年中国锰铁合金消费量约为 390 万 t，日本锰铁合金消费量为 39.6 万 t，2004 年美国锰矿石的消费量为 44.1 万 t。

据国际锰协会，2004 年世界锰消费量约为 1 078.4 万 t（锰金属含量），按地区，欧洲 313.8 万 t，占世界锰消费量的 29.1%，非洲和中东 104.7 万 t，占 9.7%，美洲 86.5 万 t，占 8.0%，亚洲和大洋洲 573.4 万 t，占 53.2%。

2004 年世界锰合金的消费量为 1 082.3 万 t，按照锰合金类型分，其中，硅锰合金 595.9 万 t，高碳锰铁合金 370.0 万 t，中低碳锰铁合金 116.4 万 t。



我国锰矿消费构成：硅锰合金（SiMn）占 46%，中低碳锰铁合金（Ref. FeMn）占 7%，高碳锰铁合金（HC FeMn）占 22%，硫化锰（MnS）占 1%，电解二氧化锰（EMD）占 2%，电解锰金属（EMM）占 22%。

4 贸易和市场

中国、日本、美国、欧盟及韩国是世界上最大的产钢国或地区，因而也是最大的锰矿石消费国或锰矿石及锰合金进口国家或地区。世界主要锰矿石出口国包括南非、巴西、澳大利亚、乌克兰、加

蓬、加纳、印度等。

2005 年，我国锰矿石进口量 458 万 t，比 2004 年略有下降，我国主要从澳大利亚（156.9 万 t）、加蓬（61.2 万 t）、加纳（55.4 万 t）、巴西（55.3 万 t）、南非（35.6 万 t）、缅甸（27.2 万 t）、美国（18.5 万 t）和印度（14.2 万 t）等国家进口锰矿石，从这 8 个国家锰矿石进口量合计 424.3 万 t，占 2005 年我国锰进口量的 92.6%。

2005 年，中国锰铁合金及硅锰合金出口量 54.6 万 t，比 2004 年出口量 99.6 万 t 大幅下降，近年来我国锰铁合金出口量变化如图 1 所示。

中国继续对铁合金行业实行宏观调控政策以达

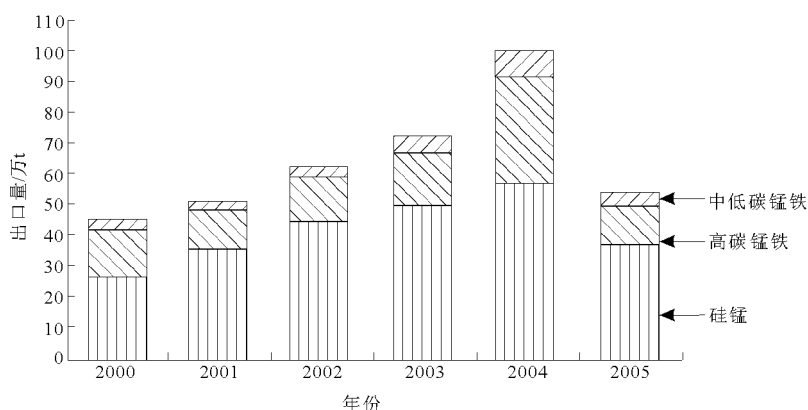


图 1 近年来中国锰铁合金出口量变化图

到控制产能和提高集中度的目的，中国政府取消了锰系合金 8%，金属锰 13% 的出口退税以及锰系合金加工贸易政策。由于政策调整、国内锰矿产量的增长以及中国钢铁生产企业锰系合金库存 2005 年初高出正常水平，尽管 2005 年我国钢产量增长了 29.3%，达到了 3.52 亿 t，国内锰矿需求大幅增长，但是 2005 年我国锰矿石的进口量 458 万 t，并没有像 2004 年那样经历了井喷式的增长（2004 年我国锰矿石进口量 465 万 t，增长 62.5%），反而比 2004 年略有下降，这说明我国对铁合金行业实行的宏观调控政策取得了一定的成效。

2004 年，日本进口了高品位的锰矿石 126 万 t，比 2003 年略有增长，近年来，日本锰矿石的进口基本上保持在这一水平上，日本的锰矿石完全依靠进口，南非、澳大利亚、加蓬、墨西哥、加纳和印度是日本锰矿石的主要供应国。

美国锰矿产品的消费全部依赖进口。2004 年美国进口不同品位的锰矿石 45.1 万 t，进口锰合金 42.9 万 t，分别比 2003 年增长 30% 和 80%。美国

进口的锰矿石、锰合金主要来自加蓬、南非、澳大利亚、巴西、墨西哥、加纳和中国等。

欧盟和韩国也是世界锰矿石及锰合金的主要进口国家或地区。

2005—2006 年国际市场锰矿石、锰合金价格变化情况如下。

锰矿石价格依其产品质量、交易时间、交易性质会上下浮动。每吨锰矿石的价格为锰矿石的每吨度价格乘以锰矿石的锰百分比含量。锰矿产品的价格比为，如果冶金级锰矿石价格为 1，则每个锰单位的高碳锰铁合金价格为 2.7，中碳锰合金价格为 3.8，硅锰合金为 5.0，锰金属为 5.2。

2005 年，国际市场锰矿石基准价格上涨 63%，在 2005 年 10~12 月，日本钢铁公司与必和必拓公司结束了 2006 年度锰矿基准价格谈判，锰矿石价格比 2005 年降低 24.5%。

2006 财年日本新日铁公司锰矿采购合同价格下滑，据报道：日本新日铁公司与必和必拓公司已就 2006 年财年锰矿供应达成协议，合同价为 3.01 美元/t 度，较 2005 财年（3.99 美元/t 度）下降



24.5%。

澳大利亚联合矿业公司 (Consmin) 总裁 Michael Kiernan 称,近 10 年锰矿的平均价格约 2.25 美元/t 度,未来 5 年中锰矿价格将保持在 3 美元/t 度以上的水平。

5 2005 年锰行业重要事件

2005 年 1~3 月:中国取消了锰系铁合金 8% 出口退税,2005 年度锰矿石基准价格谈判结束,锰矿石价格比 2004 年度上涨 63%。

CVRD 公司, Consolidated Minerals Ltd. 公司, Eramet 公司和 Assmanggon 公司公布称其 2004 年利润创历史记录。OM Holdings 公司公布其 Bootu Creek 锰矿项目,该项目计划在 2006 年 2 季度投产,年生产能力为 55 万 t。

2005 年 4~6 月: CVRD Consollidated Minerals Ltd. 和 Eramet Comilog 公司扩大矿石产能,加纳锰矿公司扩大其港口吞吐能力。

2005 年 7~9 月: 中国政府取消了金属锰 13% 出口退税以及锰系合金加工贸易。

2005 年 10~12 月: 日本钢铁公司和必和必拓公司结束了 2006 年锰矿基准价格谈判,谈判比以往提前结束,价格比 2005 年降低 24.5%。

6 展 望

锰消费的 90% 用于钢铁工业,因此,未来世界锰需求的变化趋势仍将取决于世界钢铁工业的发展,虽然锰的某些非冶金用途方面,尤其是电池,对锰的需求的增长率会高于钢铁工业对锰的需求增长,但对锰矿总的需求增长影响不大。

随着钢铁生产水平的提高,单位钢产量的锰消费量还会进一步的下降。在锰合金的消费构成方面,硅锰合金、中低碳锰铁合金的消费量增长,高碳锰铁合金的消费量下降。

2005 年,世界粗钢产量突破 11 亿 t 大关,达到 11.07 亿 t,比 2004 年增长了 4.6%。未来世界钢产量还会增长,预计 2010 世界钢产量将达到 13.5 亿 t,由于锰的需求与钢铁生产密切相关,因此,世界未来锰的需求将相应增长。国际钢铁协会的预测表明,世界钢铁需求的增长很大部分在除了日本以外的亚洲国家,其中,中国的钢铁需求还将有较大增长,中国成为最重要的锰消费国家。

据国际锰协会,2004 年世界锰消费量约为 1 078.4 万 t (锰金属含量),预计 2010 年世界锰矿需求为 1 260 万 t (锰金属含量),每年需要新增 120 万 t 锰矿石 (40 万 t 锰金属含量)。

摘自《世界矿产资源年评》2004—2005

不同类型锰矿床中的主要锰矿物

沉积和沉积-成岩作用		变质作用	表生作用
非火山成因	火山成因		
隐钾锰矿 $K(Mn^{2+}, Mn^{4+})_8O_{16}$	硬锰矿	褐锰矿	软锰矿
硬锰矿 $mRO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$ ($R = MnO, BaO, CaO, NiO, CoO, MgO, K_2O$ 等;通常多为 MnO)	隐钾锰矿	黑锰矿	隐钾锰矿
软锰矿 βMnO_2	水锰矿	方铁锰矿 $\alpha-Mn_2O_3$	硬锰矿
水锰矿 γMnO_2	软锰矿	黑镁铁锰矿或磁铁锰矿 $MnFe_2O_4$	恩苏塔矿 γMnO_2
钠水锰矿 $\delta MnOOH$ (深海锰结核中)	菱锰矿	菱锰矿	水锰矿
菱锰矿 $MnCO_3$	褐锰矿 $3Mn_2O_3 \cdot nSiO_3$	蔷薇辉石	钠水锰矿
(铅硬锰矿) $Pb(Mn^{4+}, Mn^{2+})_8O_{16}$	黑锰矿 Mn_3O_4	锰铝榴石 $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$	(钼硬锰矿)
(碱硬锰矿) $Ba(Mn^{4+}, Mn^{2+}, \dots)_8O_{16}$	蜡硅锰矿 $Mn_5Si_4O_{10}(OH)_6$	含锰辉石	(碱硬锰矿)
(黑镁铁锰矿) $MnFe_2O_4$	水锰辉石 $Mn_2Fe_2Si_4O_{13} \cdot 6H_2O$	锰橄榄石	(黑锰矿)
(钙锰矿) $(Ca, Mn)Mn_8O_{12} \cdot 3H_2O$	蔷薇辉石 $MnSiO_3$	锰闪石	
出现在沉积物和深海结核中	锰橄榄石 Mn_2SiO_4	锰云母	
锰榴石 $\alpha MnOOH$	羟锰矿 $Mn(OH)_2$	硫锰矿	
	硫锰矿 MnS		
	(铅硬锰矿)		
	(碱硬锰矿)		
	(黑镁锰矿)		
	(钼镁锰矿)		
	(锰榴石)		

摘自《世界黑色金属矿产资源》



锰矿物的主要物理性质

矿物名称	分子式	颜色	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^3$	莫氏硬度
方锰矿	MnO	绿至黑	5.36	5~6
红钛锰矿	MnTiO_3	深红	4.54	5
铁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{MnO}_3$	黑	4.9	6~6.5
铁黑锰矿	$3\text{Mn}_3\text{O}_4 \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3$	钢灰	4.8	6.5
黑镁铁锰矿	MnFe_2O_4	黑	4.75	6
方铁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Fe})_2\text{O}_3$			
羟锰矿	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	白	3.26	2.5
恩水锰矿 r-MnO_2	$\text{Mn}(\text{O}, \text{OH})_2$			
恩苏塔矿	$\text{Mn}_1^{4+}\text{Mn}_x^{2+}\text{O}_{2-2x}(\text{OH})_{2x}$	黑	3.86~4.62	6.5~8.5
锰磁绿泥石	$(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Al})_3(\text{Si}, \text{Al})_2(\text{O}, \text{OH})_9$	深棕黑褐	3.15	
锰绿泥石	$\text{R}_6\text{Si}_4(\text{O}, \text{OH})_{18}-(\text{Mn}_{3.25}\cdots)$	暗红棕	3	2.5
钾硬锰矿	$\text{KMn}_8\text{O}_{16}$			
无水钾锰矾	$\text{K}_2\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$			
锰星叶石	$(\text{KNa}_2)(\text{MnFe})_4\text{Ti}[\text{Si}_4\text{O}_{14}](\text{OH})_2$	深棕黑	3.2	3
钠水锰矿	$\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}, \text{K} \leq 1(\text{Mn}^{4+}\text{Mn}^{2+})(\text{O}, \text{OH})_2$			
钙硬锰矿	$(\text{Ca}, \text{Mn})\text{O} \cdot 4\text{MnO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$			
$\delta\text{-MnO}_2$	$(\text{Mn}, \text{Ca})\text{Mn}_6\text{O}_{12} \cdot x\text{H}_2\text{O}$			
钙钠锰矿	$(\text{Na}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{Mn}_7\text{O}_{14} \cdot 2.8\text{H}_2\text{O}$			
7\AA 水锰矿	$(\text{Ca}, \text{Na})\text{Mn}_7\text{O}_{24} \cdot n\text{H}_2\text{O}$			
绿硅锰钙石	$\text{CaMn}(\text{SiO}_4)$			
钙铁锰矿	$9\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_2 \cdot \text{CaO}$	钢灰、青铜	5	7
斜钙斜钠锰矿	$(\text{Mn}, \text{Ca}_2)\text{NaH}[\text{SiO}_3]_3$			
锰白云石	$(\text{Mg}, \text{Mn})\text{Ca}[\text{CO}_3]_2$			
钡硬锰矿	$(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$			
锰钡矿	$\text{Ba} \leq 2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$			
10\AA 水锰矿	$\text{R}^{2+}\text{Mn}_3\text{O}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} (\text{R}, \text{Mn}, \text{Ca}, \text{Ba}, \text{K})$			
硫锰钒矿	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	白、淡红	3.15	1.5
白锰矾矿	$\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	无色		
硫锑锰银矿	$2\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{MnS} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$			
日光石榴子石	$(\text{Mn}, \text{Fe})_2(\text{Mn}_2\text{S})$		3.16~3.36	6~6.5
钙胡磷锰矿	$\text{Mn}_5\text{Ca}(\text{PO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			
磷钙锰矿	$\text{Ca}_2(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			
磷钙锰铁矿	$(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3(\text{PO}_4)_2$			
锰磷酸矿	$\text{H}_2\text{Mn}_5(\text{PO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	灰玫瑰红、橙黄红		
磷锰铁钠石	$\text{Na} < (\text{Fe}, \text{Mn})(\text{PO}_4)$			
磷铍锰矿	$\text{MnBe}[(\text{OHF}) \cdot \text{PO}_4]$			
磷钠锰矿	$\text{Na}(\text{Mn}, \text{Fe})\text{PO}_4$			
肉色锰磷酸石	$(\text{Mn}, \text{Fe})_5\text{H}_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	灰黄、粉红	3.2	5
斜磷酸锰矿	$\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	无	2.94	
紫磷酸铁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{PO}_4$	深红	3.4	4~4.5
磷锂锰矿	LiMnPO_4		3.4~3.6	4.5~5
淡红磷酸铁锰矿	$(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3[\text{PO}_4]_2$	玫瑰红	3.7	5
磷酸锰矿	$\text{Mn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	玫瑰红、淡黄	3.1	3.5
锰-黄榴砷矿	$(\text{Ca}, \text{Na})_3(\text{Mn}, \text{Mg})_2(\text{AsO}_4)_3$			
锰钾镁石	$(\text{Mn}, \text{Mg})_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$			
砷锰铅矿	$(\text{Mn}, \text{Ca}, \text{Pb}, \text{Mg})_3(\text{AsO}_4)_2$			
砷酸锰矿	$\text{Mn}_3[\text{AsO}_3]_2$			
红砷镁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe})_3[(\text{OH})_7 \cdot \text{AsO}_4]$			
红砷锰矿	$\text{Mn}_2[\text{OH} \cdot \text{AsO}_4]$			
水砷锰矿	$\text{Mn}_5[(\text{OH})_2 \cdot \text{AsO}_4]_2$			
砷水锰矿	$\text{Mn}_7[(\text{OH})_4 \cdot \text{AsO}_4]_2$			
砷铜镁锰矿	$(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Cu})_5[(\text{OH}, \text{Cl}) \cdot \text{AsO}_3]_3$			



续表

矿物名称	分子式	颜色	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^3$	莫氏硬度
氯氧锰矿	$\text{Mn}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$			
蔷薇硅酸氯锰矿	$6\text{MnO} \cdot 2\text{Mn}(\text{OH} \cdot \text{Cl})_2$	红色	3~3.2	4~6
白硼镁锰矿	$(\text{Mg}, \text{Mn})\text{HBO}_3$			
白硼锰矿	MnHBO_3			
硼镁锰矿	$(\text{Mg}, \text{Mn}^{2+})_2\text{Mn}^{3+}(\text{O}_2 \cdot \text{BO}_3)$			
α 镁方硼石	$\alpha(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})_3(\text{Cl}, \text{B}, \text{O}_{13})$			
β 镁方硼石	$\beta(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})_3(\text{Cl}, \text{B}_7, \text{O}_{13})$			
水硼锰石	$4\text{MnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			
磷硼锰石	$\text{Mn}_3(\text{PO}_4 \cdot \text{BO}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$			
锰铜矿	$\text{Cu}_3\text{Mn}_4\text{O}_9$			
铅硬锰矿	$\text{Pb} \leq 2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$			
锰铁钒铅矿	$\text{Pb}_2(\text{Mn}, \text{Fe})[\text{VO}_4]_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$			
基性锰铅矿	$\text{PbO} \cdot \text{MnOOH}$			
钒锰铅矿	$\text{PbMn}(\text{OH} \cdot \text{VO}_4)$			
泡锰铅矿	$\text{PbO} \cdot 3\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$			
铅锰矿	$3\text{MnO}_2 \cdot \text{PbO} \cdot \text{H}_2\text{O}$			
锌褐锰矿	$\text{MnO}_2 \cdot 1/2\text{ZnO} \cdot \text{H}_2\text{O}$			
锰锌矿	ZnMn_2O_4			
锌铁尖晶石	$(\text{Zn}, \text{Mn})\text{Fe}_2\text{O}_4$	黑	5.07~5.22	5.5~6.5
黑锌锰矿	$\text{ZnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_2$	黑	4.85	6
水锰锌石	$\text{Zn}(\text{Mn}, \text{H}_3)_2\text{O}_4$			
水锌锰矿	$\text{HZnMn}_{2-x}^{3+}\text{O}_4$			
褐锌锰矿	$\text{MnZn}_2[(\text{OH})_2 \cdot \text{SiO}_4]$			
基性碳锌锰矿	$(\text{MnZn})_7[\text{OH}_5 \cdot \text{CO}_3]_2$			
钨锰铁矿	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	红褐至黑	7.3	5~5.5
钨锰矿	MnWO_4		7.2	4~4.5
钴土矿	$\text{CoMn}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		3.15~3.29	1~2
铌铁-钽铁矿	$(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_6$	黑	5.3~7.3	6
锰钽铁矿	MnTa_2O_6			
绿粒橄榄石	CaMnSiO_4	淡青绿、浅粉红	3.4	6
铁钴橄榄石	$(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{SiO}_4$	灰、褐红黑	3.9~4.2	6.5
锰辉石	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{SiO}_3$	琥珀深褐	3.5~3.8	5.5~6
红帘石	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Mn}, \text{Fe})_3\text{Si}_{13}\text{O}_{12}\text{OH}$	深红	3.4	6.5
胶状硅酸锰矿	$\text{MnSi}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	红褐黑	2.2	3.5
软锰矿	MnO_2	钢灰、黑	4.3~5	2~5
黝锰矿	MnO_2	黑	4.8~5	6~6.5
硬锰矿	$m\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	黑、灰黑	3.7~4.7	4~6
硬锰矿	$\text{R}_2^{2+}\text{Mn}_5\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O} (\text{R}, \text{Ba}, \text{Mn}, \text{Ca}, \text{Mg})$			
偏锰酸矿	$\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	黑、褐	2.3~3	2~3
水锰矿	$\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	暗、钢灰	4.2~4.4	3.5~4
褐锰矿	Mn_2O_3	灰黑	4.7~5	6~6.5
黑锰矿	Mn_3O_4	黑	4.7~4.9	5~5.5
菱锰矿	MnCO_3	粉红、白	3.3~3.7	3.5~4.6
锰方解石	$(\text{Ca}, \text{Mn})\text{CO}_3$	白、粉	2.7~3.8	3.5~4.5
锰菱铁矿	$(\text{Mn}, \text{Fe})\text{CO}_3$	灰、白	3.5~3.7	3.5~4.5
硫锰矿	MnS	深绿、钢灰	3.1~4.1	3.5~4.0
褐硫锰矿	MnS_2	肉红、浅灰	3.4~3.5	4
蔷薇辉石	$\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$	粉红	3.4~3.7	5~5.5
钙蔷薇辉石	$(\text{CaO}, \text{MnO}) \cdot \text{SiO}_2$	白、浅粉红	3.1~3.4	5.5~6
锰橄榄石	$2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$	灰、浅红	3.9~4.1	5.5~6
锰石榴子石	$3\text{MnO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$	黄、深红		



普通岩石中 Mn 的含量

岩石名称	$w(\text{MnO})/10^{-6}$	$\text{Mn}/\Sigma\text{Fe}$
花岗岩	260	0.015
花岗闪长岩	390	0.017
闪长岩	1 390	0.019
辉长岩	1 390	0.016
橄榄岩	1 050	0.016
杂砂岩	690	0.02
石英砂岩	170	0.03
页 岩	600	0.013
黑色页岩	150	0.008
灰 岩	550	0.12
深海粘土(CaCO_3 游离的)	5 700	0.095
海 水	0.001 3	

摘自《世界黑色金属矿产资源》

有经济意义的锰矿床内的锰矿物

矿 物			$w(\text{Mn})/\%$
中文名称	英文名称	分子式	
软锰矿	Pyrolusite	MnO_2	63.2
六方锰矿	Nsutite	$\text{Mn}_{1-x} + 4\text{Mn}_x + 2\text{O}_{2-2x}(\text{OH})_{2x}$??
水锰矿	Manganite	$\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	62.0
黑锰矿	Hausmannite	Mn_3O_4	72.0
硬锰矿	Psilomelane		可变的
隐钾锰矿	Cryptomelane	$\text{KMn}_8\text{O}_{16}$	45~60
锂硬锰矿	Lithiophorite	$(\text{Al}, \text{Li})\text{MnO}_2(\text{OH})_2$??
钽镁锰矿	Todorokite	$\text{Na}, \text{Ca}, \text{K}, \text{Mn}^{2+}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Mg})_6\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$??
斜方水锰矿	Groutite	HMnO_2	??
褐锰矿	Braunite	$3\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$	50~60
蔷薇辉石	Rhodonite	MnSiO_3	42.0
菱锰矿	Rhodochrosite	MnCO_3	可变的
锰 土	Wad		48.0

摘自《世界黑色金属矿产资源》

主要文献

- [1] 北京大学地质系地球化学教研室成矿实验组. 河北蓟县锰-硼矿床中锰方硼石形成条件的一些实验研究 [A]. 全国矿物中包裹体和成岩成矿实验学术会议论文选集之二——成岩成矿实验研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [2] 地质矿产部区域地质矿产地质司. 中国锰矿地质文集 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [3] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [4] 广西壮族自治区地质矿产局 (茹廷锵, 韦灵敦, 树皋). 广西锰矿地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [5] 广西壮族自治区地质矿产局 (吴治, 周怀玲, 蒋廷操, 等). 广西泥盆纪沉积相古地理及矿产 [M]. 南宁: 广西人民出版社, 1987.
- [6] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [7] 湖南省地质局 408 地质队. 湖南玛瑙山矿田铁锰多金属矿床地质特征 [A]. 铁铜矿产专辑 (第四集) [C]. 北京: 地质出版社, 1978.
- [8] 新疆维吾尔自治区地质局第一地质大队 (华明弟执笔). 新疆 HJ 锰铁矿床地质特征及成矿特点的几点认识 [A]. 铁铜矿产专辑 (第 6 集) [C]. 北京: 地质出版社, 1976.
- [9] 新矿物及矿物命名委员会. 英汉矿物名称 [M]. 北京: 地质出版社, 1984.
- [10] 中国地质科学院地质研究所, 武汉地质学院 (王鸿祯主编). 中国古地理图集 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [11] 陈文一, 王立亭, 叶念曾, 等. 贵州早二叠世岩相地理研究 [J]. 贵州地质, 1984, 1 (1).
- [12] 陈志明, 杨培基, 潘正萧, 等. 华南中上泥盆统碳酸盐沉积相与沉积 (和层控) 矿床 [A]. 地质科研成果选集 (中科院地质研究所) 第一集 [C]. 北京: 文物出版社, 1982.
- [13] 陈志明, 杨培基, 潘正萧, 等. 湘桂中晚泥盆世台槽相沉积特征 [J]. 沉积学报, 1983, 1 (3).
- [14] 范德廉. 斜方多镁黑铁锰矿 [J]. 地质学报, 1983, 44 (3).
- [15] 范德廉. 锰矿床地质地球化学研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1994.
- [16] 范德廉, 刘铁兵, 叶杰. 黑色岩系成岩成矿过程中的生物地球化学作用 [J]. 岩石学报, 1991, (2).
- [17] 范德廉, 叶杰, 杨瑞英, 等. 扬子地台前寒武—寒武纪界线附近的地质事件与成矿作用 [J]. 沉积学报, 1987, 5 (3).
- [18] 范德廉, 尹磊明, 叶杰, 等. 黑色岩系型碳酸锰矿床形成过程中的微生物及生物化学作用 [A]. 叶连俊等. 生物成矿作用研究 [C]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [19] 关士聪, 演怀玉, 丘东洲, 等. 中国海陆变迁海域沉积相与油气 (晚元古代—三叠纪) [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [20] 郭世勤. 锰矿石 [A]. 陈正. 矿石学 [C]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [21] 侯德封. 从地层观点对中国锰铁等矿产的寻找提供几点意见 [J]. 地质学报, 1953, 33 (1).
- [22] 侯德封. 目前中国的锰矿问题 [J]. 地质学报, 1953, 33 (3).
- [23] 黄世坤, 宋雄. 我国锰矿类型、控矿因素及成因探讨 [J]. 地质与勘探, 1985, (10).



- [24] 李金法, 杨伟君. 湖南早震旦世沉积碳酸锰矿床中蓝藻化石的发现与成矿作用意义 [A]. 沉积学和有机地球化学学术会议论文选集 [C]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [25] 黎盛斯. 关于中国中南部锰矿及磷矿成矿区域预测问题 [M]. 北京: 地质出版社, 1957.
- [26] 刘宝珩, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [27] 刘巽峰, 王庆生, 高兴基, 等. 贵州锰矿地质 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
- [28] 刘巽峰, 胡肇荣, 曾励训, 等. 贵州震旦纪锰矿沉积相特征及其成因探讨 [J]. 沉积学报, 1983, (4).
- [29] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [30] 孟祥化. 沉积建造及其共生矿床分析 [M]. 北京: 地质出版社, 1979.
- [31] 莫斯霖. 木圭锰矿 Co/Ni, Ba/Sr 比值特征及其指示意义 [J]. 地球化学, 1987, (2).
- [32] 邱广森. 新疆昭苏—莫托沙拉下石炭统阿克沙克组及莫托沙拉铁-锰矿沉积环境的特征 [J]. 新疆地质, 1990, 8 (1).
- [33] 曲红军. 试论古构造对轿顶山式锰矿的控制作用 [J]. 地质与勘探, 1992, 28 (6).
- [34] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等 (黄汲清指导). 中国大地构造及其演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [35] 施倪承, 赖来仁, 刘鸾玲, 等. 中国的锰矿物研究 [J]. 地质科学, 1984, (2).
- [36] 石综文. 我国某地上元古界中的锰方硼石 [A]. 国际交流地质学术论文集 (3) [C]. 北京: 地质出版社, 1979.
- [37] 宋雄. 中国锰矿形成时代与分布特征 [J]. 地质与勘探, 1989, 25 (5).
- [38] 苏俊华. 一个沉积成因类型的褐锰矿——斗南锰矿床 [J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1983, (4).
- [39] 唐世瑜, 刘金山. 武陵山区早震旦世沉积相与沉积锰矿床 [J]. 湖南地质, 1986, 5 (4).
- [40] 涂光炽, 等. 中国层控矿床地球化学 (第 1~3 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1983—1988.
- [41] 涂光炽. 我国南方几个特殊的热液沉积矿床 [A]. 中国矿床学 [M]. 北京: 学术出版社, 1990.
- [42] 万兵. 广西锰矿床的基性火山喷发—沉积成因的研究 [J]. 矿产与地质, 1990, 4 (2).
- [43] 王文忻. 斗南式—过渡型矿相—富锰矿 [J]. 地质与勘探, 1980, (3).
- [44] 王砚耕, 等. 湘黔桂震旦纪地层类型及特征 [A]. 中国震旦亚界 [C]. 天津: 天津科学技术出版社, 1980.
- [45] 王砚耕, 等. 贵州东部大塘坡组地层, 沉积环境和成锰作用 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1985.
- [46] 王有标, 吴琦, 许乐光, 等. 新疆某铁锰矿地质特征和成因初步探讨 [A]. 新疆地质研究论文集 (新疆地质局地质科学研究所编) [C]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985.
- [47] 萧元舫. 介绍一个新的锰矿成因类型——硫锰碳酸锰矿床 [J]. 地质与勘探, 1980, (3).
- [48] 徐雄飞, 吴光全. 湖南某地奥陶纪锰矿床地质特征及其找矿方向 [J]. 地质论评, 1964, 22 (5).
- [49] 杨可法. 中国的一种新锰矿类型——陕西省宁强县黎家营锰矿 [J]. 地质与勘探, 1982, (7).
- [50] 杨培基. 黔北晚二叠世锰矿矿石类型及成因特征 [A]. 沉积岩石学研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [51] 杨培基, 范德廉. 北太平洋几块锰结核的初步研究 [J]. 岩石学报, 1985, 1 (1).
- [52] 尹磊明. 黔东、湘西元古代晚期锰矿沉积中的微体化石 [J]. 中国科学 (B 辑), 1989, (8).
- [53] 叶连俊. 中国锰矿探索工作中的几个基本问题 [J]. 地质学报, 1953, 33 (4).
- [54] 叶连俊. 中国锰矿床的沉积条件 [A]. 地质集刊 (中科院地质研究所) [C]. 1956, 第 1 号.
- [55] 叶连俊. 外生矿床陆源汲取成矿论 [J]. 地质科学, 1963, (2).
- [56] 叶连俊. 沉积矿床成矿时代的地史意义 [J]. 地质科学, 1977, (3).
- [57] 叶连俊, 等. 华北地台沉积建造 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [58] 叶连俊, 陈其英. 沉积矿床多因素多阶段成矿论 [J]. 地质科学, 1989, (2).
- [59] 叶连俊, 范德廉, 杨哈莉, 等. 华北地台震旦系、寒武系、奥陶系化学地史 [J]. 地质科学, 1964, (3).
- [60] 叶连俊, 孙枢, 陈志明. 沉积铁矿床找矿预测工作中的几个值得探讨的沉积学理论问题 [A]. 沉积岩石学研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [61] 曾友寅. 桂西南晚泥盆世锰矿床锰质豆鲕粒类型及其成因探讨 [J]. 广西地质, 1989, 2 (3).
- [62] 曾友寅. 广西下雷晚泥盆世锰矿床沉积学研究 [J]. 沉积学报, 1991, 9 (1).
- [63] 张九龄. 国内外锰矿主要类型, 地质特征及找矿方向 [J]. 地质与勘探, 1982, (2).
- [64] 张文堂, 李积金, 葛梅钰, 等. 中国奥陶系的划分及对比——中国奥陶系地层对比表及说明书 [A]. 中国各纪地层对比表及说明书 [C]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [65] 赵家骧, 刘佑馨. 中国外生锰矿地质的初步探讨 [J]. 地质学报, 1956, 36 (4).
- [66] 郑荣才, 张锦泉. 滇东南斗南锰矿重力流沉积及其聚锰环境 [J]. 成都地质学院学报, 1991, 18 (4).



- [67] E A Alexandrov. Manganese element and geochemistry [A]. Fairbridge. Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences [C]. Van Nostrand Reinhold Co.. 1972, 670-671.
- [68] D A Crerar and, J L Barnes. Deposition of deep-sea manganese nodules [J]. *Geochim. & Cosmochim. Acta*, 1974, 38: 279-300.
- [69] Fan D., Liu T., Yang P. et al. Occurrence of anthraxolite (bitumen) spheroids in Xingtang-type manganese carbonate deposits of South China [A]. J Parnell, H Kucha, P Landais. Bitumens in Ore Deposits [C]. Springer-Verlag, 1993.
- [70] Fan Delian, Liu Tiebing, Ye Jie. The process of formation of manganese carbonate deposits hosted in black shale series [J]. *Economic Geology*, 1992, 87: 1 419-1 492.
- [71] Fan Delian, Somnath Dasgupta, B R Bolton, et al. Mineralogy and geochemistry of the Proterozoic Wafangzi ferro-manganese deposit, China [J]. *Economic Geology*, 1992, 87: 1430-1440.
- [72] Fan Delian, Yu Hariya, Li Jiaju, et al. Study on strongly metamorphosed ferro-manganese oxide minerals in Wafangzi deposit, P. R. China [A]. Proceedings of the 29th International Geological Congress, 1992 [C].
- [73] A J Fleet. Aqueous and sedimentary geochemistry of the rare earth elements [A]. Henderson. Rare earth element geochemistry [M]. Elsevier, 1984: 343-373.
- [74] L A Frakes, B R Bolton. Origin of manganese giants: Sea level change and anoxic-oxic history [J]. *Geology*, 1984, 12 (2): 83-86.
- [75] L A Haskin, M A Haskin, F A Frey, et al. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths [A]. L H Ahrens. Origin and distribution of the elements [C]. Pergamon, Oxford, 1968: 889-912.
- [76] Hou Tefeng, Yeh Lienhsien. Facies and genesis of the sedimentary manganese ores of Eastern China [J]. *Scientia Sinica*, 1957, 6 (1): 179-190.
- [77] S Roy. Ancient manganese deposits [A]. K H Wolf. Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits [C]. 1976, 395-476.
- [78] S Roy. Manganese deposits [M]. Academic Press Inc (London) LTD. 1981: 451.
- [79] D G Sapozhnikov. Geological condition for the formation of manganese deposits of the Soviet Union [A]. D G Sapozhnikov. Manganese deposits of the Soviet Union [C]. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. 1970, 9-33.
- [80] Ye Lianjun, Fan Delian, Yang Peiji. Characteristics of manganese ore deposits in China [J]. *Ore Geology Reviews*, 1988, 4: 99-113.
- [81] 陈秉祥. 甘肃省成县金家坪锰矿地质特征及找矿前景 [J]. 甘肃地质, 2007, (3).
- [82] 殷先明. 甘肃省锰矿地质特征及地质勘查工作建议 [J]. 甘肃地质, 2007, (3).
- [83] 曾柳明. 广西桂平市木乐锰矿矿床地质特征 [J]. 南方国土资源, 2007, (10).
- [84] 韩忠华. 浅析贵州二叠系锰矿与峨眉山玄武岩之关系 [J]. 贵州地质, 2007, (3).
- [85] 伍静. 广西钦州那必锰矿地质特征及成因认识 [J]. 矿产与地质, 2007, (3).
- [86] 刘平. 贵州水城一纳雍锰矿地球化学特征 [J]. 华南地质与矿产, 2007, (2).
- [87] 左全狮. 江西黄连坑锰矿成矿特征及成因探讨 [J]. 东华理工学院学报, 2007, (2).
- [88] 王尔贤. 中国的锰矿资源 [J]. 电池工业, 2007, (3).
- [89] 赵磊. 初论发现于西太平洋富钴结壳的羟锰矿 [J]. 现代地质, 2007, (2).
- [90] 刘平. 贵州水城一纳雍锰矿地质特征 [J]. 华南地质与矿产, 2007, (1).
- [91] 刘爱民. 黔东南地区含锰岩系中微量元素 Mn/Cr 比值与锰矿成矿预测 [J]. 贵州地质, 2007, (1).
- [92] 肖庆华. 东疆中天山北缘大水锰矿带锰矿成因类型及找矿方向探讨 [J]. 矿床地质, 2007, (1).
- [93] Колъник Э Л. 卡木平顶山初现第四纪铁锰矿化和磷酸盐石灰岩 [J]. 海洋地质动态, 2007, (1).
- [94] 张成忠. 四川省黑水县红岩锰矿特征及找矿前景 [J]. 中国锰业, 2006, (4).
- [95] 赵庆红. 丽江古都塘锰矿 [J]. 云南地质, 2006, (3).
- [96] 薛友智. 中国优质锰矿地质与勘查 [J]. 地质找矿论丛, 2006, (增刊).
- [97] 林贵生. 遵义锰矿地质特征及找矿潜力分析 [J]. 中国锰业, 2006, (3).
- [98] 苏康明. 雪峰山地区“湘潭式”锰矿控矿条件及成因浅析 [J]. 国土资源导刊, 2006, (3).
- [99] 钱江初. 大洋多金属结核中几种常见锰矿相的特征及其相关性 [J]. 矿物学报, 2006, (2).
- [100] 苏小兵. 甘肃省锰矿资源现状及勘查方向 [J]. 甘肃地质, 2006, (1).
- [101] 董宝林. 广西锰矿资源现状及勘查开发建议 [J]. 南方国土资源, 2006, (1).
- [102] 覃英. 黔东南地区南华纪锰矿基本特征 [J]. 贵州地质, 2005, (4).
- [103] 黄暨集. 广西武宣三里锰矿西区氧化锰矿找矿新认



- 识 [J]. 南方国土资源, 2005, (10).
- [104] 高翔. 湖南湘潭锰矿锰钾矿一天然氧化物八面体分子筛 (OMS-2) 在 HRTEM 下的微结构特征研究 [J]. 矿物岩石, 2005, (3).
- [105] 左建湘. 湘西锰矿成矿地质特征及找矿方向探索 [J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2005, (3).
- [106] 苏德法. X 射线荧光光谱法分析锰矿中的锰及其他元素 [J]. 河北工业科技, 2005, (5).
- [107] 武金阳. 湘南长村优质锰矿成矿特征及找矿方向 [J]. 地质找矿论丛, 2005, (增刊).
- [108] 裴耀真. 甘肃北山锰矿带主要锰矿类型、成矿规律及找矿远景初析 [J]. 地质找矿论丛, 2005, (增刊).
- [109] 赵东军. 广西下雷锰矿床中锰钾矿的矿物学特征 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2005, (6).
- [110] 张国斌. 扬子地台东南缘锰矿地质特征及成矿原因 [J]. 矿业快报, 2005, (7).
- [111] 程国繁. 黎平县冷水塘锰矿的发现及其经济地质意义 [J]. 贵州地质, 2005, (2).
- [112] 陶平. 贵州及邻区二叠系锰矿地质特征及成矿作用探讨 [J]. 贵州地质, 2005, (2).
- [113] 张国斌. 初探扬子地台东南缘优质锰矿地质特征及其成矿条件——以乐华锰矿为例 [J]. 地质与勘探, 2005, (4).
- [114] 唐尚文. 用闪锌矿 (方铅矿) 精矿催化还原软锰矿 (大洋锰结核矿) 制取硫酸锰 [J]. 无机盐工业, 2005, (6).
- [115] 冯雄汉. 热液条件下钙锰矿的合成及其影响因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2005, (3).
- [116] 刘平. 茅口晚期黔中台沟相锰矿地质特征及控矿条件 [J]. 贵州地质, 2005, (1).
- [117] 李会民. 扬子地台北缘锰矿成矿地质特征及找矿方向研究 [J]. 地质与勘探, 2005, (1).
- [118] 董广法. 勉略宁地区锰矿成矿环境及找矿方向 [J]. 矿产与地质, 2004, (6).
- [119] 付修根. 重庆城口高燕锰矿的生物标志物特征及意义 [J]. 沉积学报, 2004, (4).
- [120] 舒顺平. 江西乐华锰矿地面塌陷与构造关系 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, (3).
- [121] 马喆生. 镁粒磷锰矿 Mg-Fillowite 的矿物学及其晶体结构测定 [J]. 中国科学 (D 辑), 2004, (8).
- [122] 牟瑞芳. 滇西北优质富锰矿控矿条件分析 [J]. 资源调查与环境, 2004, (2).
- [123] 林良桩. 罗定新榕银锰矿矿床地质特征及矿化富集规律 [J]. 南方国土资源, 2004, (5).
- [124] 于苏俊. 云南鹤庆式锰矿成因研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2004, (1).
- [125] 周元敏. 由 Ag-Mn 矿浸锰液制取碳酸锰或硫酸锰的研究 [J]. 中国锰业, 2003, (1).
- [126] 吴永胜. 湘中中奥陶世优质锰矿地球化学特征 [J]. 湖南地质, 2003, (2).
- [127] 李雪. 浅析湘南地区锰矿矿源物质来源 [J]. 湖南地质, 2003, (1).
- [128] 高翔. 湖南湘潭锰矿次生氧化带中天然锰钾矿晶胞参数的修正 [J]. 岩石矿物学杂志, 2003, (1).
- [129] 冯旭文. 大洋多金属结核中 1 nm 锰矿相的相变及其主要控制因素研究 [J]. 矿物学报, 2003, (2).
- [130] 张文兰. 大吉山钨矿中钨铌锰矿与富钨铌锰矿的共生现象及其成因探讨 [J]. 矿床地质, 2003, (2).
- [131] 匡清国. 构造对“桃江式”锰矿空间分布的影响及其找矿意义探讨 [J]. 地质与勘探, 2003, (1).
- [132] 陈祥军. 微生物在锰的氧化富集过程中的作用——以广西湖润锰矿为例 [J]. 地质与勘探, 2003, (1).
- [133] 刘闯. 皖南—浙西—赣东北地区锰矿资源及潜力预测 [J]. 资源调查与环境, 2002, (1).
- [134] 吴迎春. 湖南团山—牛坡头湘锰期锰矿成矿规律及找矿方向 [J]. 华南地质与矿产, 2002, (4).
- [135] 周琦. 黔东北地区优质锰矿找矿进展与前景展望 [J]. 贵州地质, 2002, (4).
- [136] 王郁. 雷达遥感在澜沧江中下游地区锰矿调查评价中的应用 [J]. 地质找矿论丛, 2002, (4).
- [137] 张培志. 有机质对 51nm 锰矿相金属阳离子交换能力的影响 [J]. 海洋学报 (中文版), 2002, (5).
- [138] 杨瑞东. 早震旦世大塘坡期锰矿成因新认识 [J]. 矿物学报, 2002, (4).
- [139] 骆华宝. 我国优质锰矿的勘查方向 [J]. 地质与勘探, 2002, (4).
- [140] 王贤觉. 红十湖地区锂云母-透锂长石伟晶岩脉中锡锰钽矿的发现 [J]. 地球化学, 2002, (5).
- [141] 吴永胜. 湘中中奥陶世优质锰矿主要地质特征 [J]. 湖北地矿, 2001, (4).
- [142] 罗永灶. 连城锰矿资源特点及利用探讨 [J]. 中国锰业, 2001, (4).
- [143] 王润锁. 浅析陕西省镇巴屈家山锰矿 VI 号矿体赋存特征 [J]. 中国锰业, 2001, (4).
- [144] 官林海. 福建省连城锰矿庙前矿区 4 号矿段矿床成因探索 [J]. 中国锰业, 2001, (3).
- [145] 饶天龙. 云南优质锰矿、富锰矿基本赋存特征 [J]. 中国锰业, 2001, (2).
- [146] 吴文森. 福建省淋滤富集锰矿成因规律研究 [J]. 中国锰业, 2001, (1).
- [147] 黄圭成. 广东省新榕锰矿地质特征及成因探讨 [J]. 矿床地质, 2001, (3).
- [148] 祝寿泉. 广西东平锰矿半氧化带中的菱锰矿 [J]. 地质与勘探, 2001, (2).
- [149] 万平益. 重庆市城口锰矿地质特征与成因及成矿远景分析 [J]. 中国锰业, 2000, (3).



- [150] 李志昌. 粤四新裕锰矿成矿物质来源的 Ce, Nd 同位素证据 [J]. 矿产与地质, 2000, (6).
- [151] 刘仁福. 云南鹤庆锰矿的成矿条件及成矿远景 [J]. 矿产与地质, 2000, (3).
- [152] 姚国龙. 新疆莫托萨拉铁锰矿硅质岩特征及其成因探讨 [J]. 地质找矿论丛, 2000, (4).
- [153] 于苏俊. 云南鹤庆锰矿控矿因素初步分析 [J]. 矿物岩石, 2000, (1).
- [154] 祝寿泉. 中国沉积锰矿的成矿规律 [J]. 中国锰业, 1999, (4).
- [155] 张先觉. 我国锰矿资源开发利用现状及前景 [J]. 中国锰业, 1999, (1).
- [156] 徐荣华. 湖北锰矿成矿规律与开发利用前景 [J]. 湖北地矿, 1999, (4).
- [157] 冉国军. 松桃大塘坡原生锰矿地质特征及其开发利用 [J]. 贵州地质, 1999, (3).
- [158] 覃志安. 新疆莫托萨拉铁锰矿的物质成分 [J]. 地质找矿论丛, 1999, (4).
- [159] 解启来. 贵州松桃锰矿沉积有机质特征研究 [J]. 沉积学报, 1999, (2).
- [160] 闫茹梅. 锰矿中碳酸锰的测定 [J]. 山西化工, 1998, (2).
- [161] 吴文森. 福建省永安小陶锰矿矿床地质特征及其成因探讨 [J]. 中国锰业, 1998, (3).
- [162] 袁宁. 广东省锰矿勘查及开发前景 [J]. 中国锰业, 1998, (2).
- [163] 祝寿泉. 东平红土型锰矿的地质特征 [J]. 中国锰业, 1998, (1).
- [164] 李新辉. 广东新裕锰矿伴生银、铅的矿化富集特征 [J]. 华南地质与矿产, 1998, (2).
- [165] 朱恺军. 桃江锰矿锰帽形成的地球化学过程 [J]. 地质找矿论丛, 1998, (3).
- [166] 常勤明. 湖南桃江奥陶纪锰矿某矿段物质组成研究 [J]. 安徽地质, 1998, (4).
- [167] 刘新波. 大洋微锰结核中纤锌锰矿的发现及其矿物学特征 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, (1).
- [168] 张明贤. 滇西南地区二叠纪锰矿的成因及其找矿方向初步研究 [J]. 中国锰业, 1997, (2).
- [169] 周志强. 试论 Tm 数字图象处理技术在中国“桃江式”优质锰矿中的应用研究 [J]. 中国锰业, 1997, (1).
- [170] 杨杰东. 南沱冰期锰矿的起源和时代 [J]. 科学通报, 1997, (14).
- [171] 周新春. 磷锰铝矿在中国的首次发现 [J]. 矿物学报, 1997, (2).
- [172] 孙家富. 中国锰矿的现状与展望 [J]. 地质与勘探, 1997, (3).
- [173] 祝寿泉. 桃江式锰矿的热水沉积特征 [J]. 地质论评, 1996, (5).
- [174] 杨建国. 关于松桃锰矿资源开发的现状和建议 [J]. 中国锰业, 1996, (1).
- [175] 刘翠华. 锰矿中氧化钙、氧化镁的原子吸收法测定 [J]. 山西化工, 1996, (4).
- [176] 李上森. 卡拉哈里锰矿田的火山—喷气成因 [J]. 前寒武纪研究进展, 1996, (1).
- [177] 李志昌. 晋宁期后华南陆壳增生作用——海相碳酸锰矿的 Nd 同位素制约 [J]. 华南地质与矿产, 1996, (3).
- [178] 黄金水. 中国南方海相锰矿地质概论 [J]. 地质找矿论丛, 1996, (3).
- [179] 李惠. 优质锰矿的地球化学异常模式 [J]. 地质找矿论丛, 1996, (1).
- [180] 李自友. 锰矿中锰的测定方法 [J]. 金属矿山, 1996, (7).
- [181] 祝寿泉. 桃江式锰矿成矿期岩相古地理及成矿预测 [J]. 地质与勘探, 1996, (5).
- [182] 刘绍濂. 湘中锰矿控岩控矿构造遥感地质分析 [J]. 地质与勘探, 1996, (2).
- [183] 陈建林. 东太平洋多金属结核中的钡镁锰矿 [J]. 沉积学报, 1996, (S1).
- [184] R. Garth Platt. 加拿大安大略西北部 Schryburt 湖碳酸岩杂岩体中的钙钛矿、铈锆钙钛矿和 Ba-Fe 锰钡矿 [J]. 宝石和宝石学杂志, 1995, (2).
- [185] 孙家富. 我国富锰矿资源现状及其成矿条件分析 [J]. 中国锰业, 1995, (6).
- [186] 张廷勋. 应用地质统计学优选桃江锰矿勘探网度的研究 [J]. 中国锰业, 1995, (5).
- [187] 孔令双. 福建连城锰矿锰矿石工艺矿物学研究 [J]. 中国锰业, 1995, (4).
- [188] 颜荣贵. 中国沉积锰矿岩体工程力学特性研究 [J]. 中国锰业, 1995, (4).
- [189] 张廷勋. 应用模糊数学法划分锰矿勘探类型 [J]. 中国锰业, 1995, (3).
- [190] 姚敬勋. 沉积锰矿铁锰分离的热力学分析和实验研究 [J]. 中国锰业, 1995, (3).
- [191] 曲红军. 石屏锰矿带推覆构造的发现及其对富锰矿的控制 [J]. 中国锰业, 1995, (1).
- [192] 朱佛宏. 太平洋西南部铁锰矿化的地球化学特征 [J]. 海洋地质动态, 1995, (10).
- [193] 朱佛宏. 太平洋西南部铁锰矿化的矿物学特征 [J]. 海洋地质动态, 1995, (9).
- [194] 潘汉军. 湘中“桃江式”锰矿含锰岩系的定量研究及其找矿意义 [J]. 地质找矿论丛, 1995, (2).
- [195] 张如柏. 斜磷铁锰矿族的新变种——镁斜磷铁锰矿 [J]. 矿物岩石, 1995, (2).
- [196] 张清才. 对南丹—宜山地区“龙头式”锰矿成因的新认识 [J]. 地质与勘探, 1995, (6).
- [197] 蒋德和. 湘中地区中奥陶统“桃江式”锰矿的成矿



- 作用研究 [J]. 沉积学报, 1995, (1).
- [198] 朱平. 云南白显锰矿平台矿段沉积相与成锰环境分析 [J]. 成都理工学院学报, 1995, (3).
- [199] 王琦. 内蒙古白音诺铅锌矿床富锰单斜辉石与矿化的关系 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1995, (2).
- [200] 涂仕华. 水钠锰矿 (Birnessite) 对 Mn^{2+} 持留机理的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 1994, (1).
- [201] 李芬南. 论桃江响涛源锰矿的褶皱构造 [J]. 中国锰业, 1994, (2).
- [202] 顾连兴. 上有层状锰矿、下有脉状铅锌矿 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, (3).
- [203] 李上森. 元古宙的锰矿 [J]. 前寒武纪研究进展, 1994, (4).
- [204] 陈秀澄. 加利福尼亚中部边缘破碎带热液坡缕石和铁锰矿化 [J]. 海洋地质动态, 1994, (8).
- [205] 赵东旭. 川北高燕锰矿的锰质岩类型和生物成矿作用 [J]. 岩石学报, 1994, (2).
- [206] 郑仁贤. 新榕层控风化型铁锰矿特征及成矿机制浅析 [J]. 地质与勘探, 1994, (2).
- [207] 刘金山. 湖南早震旦世沉积建造浊流沉积及锰矿成因 [J]. 大地构造与成矿学, 1994, (2).
- [208] 韦善良. 天然锰矿中铁的测定 [J]. 电池, 1994, (4).
- [209] 罗灿辉. 在沉积锰矿找矿勘探工作中应加强岩相古地理研究 [J]. 中国锰业, 1993, (6).
- [210] 汪西鸣. 云南鹤庆锰矿含矿岩系的马尔柯夫过程分析 [J]. 矿物岩石, 1993, (2).
- [211] 杨瑞东. 贵州早二叠世茅口晚期成锰环境及锰矿远景预测 [J]. 贵州科学, 1993, (2).
- [212] 杨子元. 桃江响涛源锰矿地球化学特征与成因讨论 [J]. 中国锰业, 1993, (5).
- [213] 孙家富. 关于湖南省找富锰矿方向的探讨 [J]. 地质与勘探, 1993, (10).
- [214] 袁宁. 广东省锰矿成矿地质条件及找矿方向浅析 [J]. 地质与勘探, 1993, (6).
- [215] 马文念. 东亚壳体南部地洼区地壳演化特征与锰矿形成的关系 [J]. 地质与勘探, 1993, (1).
- [216] 孙家富. 以成矿规律指导找富锰矿 [J]. 中国锰业, 1992, (增刊).
- [217] 段彦学. 鹤庆锰矿含矿地层时代和找矿方向的讨论 [J]. 云南地质, 1992, (4).
- [218] 范章杰. 广西下雷碳酸锰矿矿物特征 [J]. 矿产综合利用, 1992, (1).
- [219] 赵天蓝. 云南鹤庆蜡硅锰矿的矿物学特征 [J]. 矿物岩石, 1992, (3).
- [220] 范章杰. 广西下雷碳酸锰矿矿石工艺特征 [J]. 矿产综合利用, 1992, (5).
- [221] 张永来. 遵义型高铁锰矿富集锰降铁的研究 [J]. 金属矿山, 1992, (12).
- [222] 沈金期. 福建省清流县仁场锰矿地质特征及其成因探讨 [J]. 福建地质, 1992, (2).
- [223] 曾孟君. 桃江式锰矿特征及成矿地质条件 [J]. 地质与勘探, 1992, (8).
- [224] 罗灿辉. 湖南省堆积锰矿地质特征、成矿机理和富集规律 [J]. 地质与勘探, 1992, (5).
- [225] 黄世坤. 锰成矿作用的新认识——兼论中国锰矿 [J]. 地质与勘探, 1992, (4).
- [226] 祝寿泉. 木圭烟灰状锰矿的成因浅析 [J]. 地质与勘探, 1992, (2).
- [227] 严桂英. 建水矿——一个黑锌锰矿族镁端元的新矿物 [J]. 矿物学报, 1992, (1).
- [228] 姚敬勋. 鄂东北早元古代沉积变质锰矿元素矿物组合特征 [J]. 岩石矿物学杂志, 1992, (3).
- [229] 陈多福. 贵州省松桃热水沉积锰矿的地质地球化学特征 [J]. 沉积学报, 1992, (4).
- [230] 易泽. 城口锰矿矿石特征及开发利用前景 [J]. 中国锰业, 1991, (2).
- [231] 刘勤学. 卢氏县神洞沟锰矿 [J]. 中国锰业, 1991, (2).
- [232] 黄世坤. 试论我国富锰矿类型、特征及控矿因素 [J]. 中国锰业, 1991, (3).
- [233] 彭张翔. Co/Ni 比值与锰矿的成因关系 [J]. 地质与勘探, 1991, 1 (2).
- [234] 王义为. 锰矿地球化学勘查 [J]. 地质与勘探, 1991, (7).
- [235] 祝寿泉. 桃江锰矿的成矿规律及找矿标志 [J]. 地质与勘探, 1991, (1).
- [236] 姚敬勋. 我国沉积碳酸盐型锰矿中菱锰矿的成分特征 [J]. 矿物学报, 1991, (1).
- [237] 许效松. 上扬子地块早震旦世大塘坡期锰矿成因和沉积学 [J]. 沉积学报, 1991, (1).
- [238] 流星. 陕南低磷优质锰矿成矿条件及找矿方向研究初况 [J]. 中国锰业, 1990, (6).
- [239] 王砚耕. 一个浅海裂谷盆地的古老热水沉积锰矿——以武陵山震旦纪锰矿为例 [J]. 沉积与特提斯地质, 1990, (1).
- [240] 孔令双. 湘潭锰矿黑色页岩自燃机理研究 [J]. 湖南冶金, 1990, (1).
- [241] 罗灿辉. 湘潭锰矿田早震旦世成矿期岩相古地理及成矿预测 [J]. 地质与勘探, 1990, (4).
- [242] 何知礼. 从地洼成矿作用看中国某些优质锰矿的成因与远景 [J]. 大地构造与成矿学, 1990, (3).
- [243] 赵东旭. 震旦纪大塘坡期锰矿的内碎屑结构和重力流沉积 [J]. 地质科学, 1990, (2).
- [244] Г И Батурин. 大洋铁锰矿形成的模式 [J]. 海洋石油, 1989, (2).
- [245] 彭张翔. 鹤庆锰矿地质特征及成矿规律的探讨 [J].



- 中国锰业, 1989, (5).
- [246] 夏文杰. 贵州松桃地区早震旦世大塘坡期沉积环境及锰矿成因 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 1989, (1).
- [247] 倪云祥. 中国的磷铁锂矿-磷锰锂矿系列矿物 [J]. 岩石矿物学杂志, 1989, (2).
- [248] 徐兴国. 上扬子区二叠系上统底部硫、锰、铁、铝矿产系列及其含矿岩段的成因探讨 [J]. 四川地质学报, 1989, (2).
- [249] 杨光炽. 建水白显锰矿氧化富集条件的初步研究 [J]. 云南地质, 1988, (2).
- [250] 黄选仁. 文山老乌锰矿高硅锰矿石特征及其工业利用 [J]. 云南地质, 1988, (1).
- [251] 黄慧琼. 湘西一黔东早震旦世大塘坡组锰矿中放射虫的发现及环境意义 [J]. 沉积与特提斯地质, 1988, (增刊).
- [252] 杜方权. 湖南大地构造特征及其与锰矿找矿的关系 [J]. 中国锰业, 1988, (4).
- [253] 许锦雄. 福建锰矿地质特征与找矿方向 [J]. 中国锰业, 1988, (2).
- [254] 关志辉. 陕南锰矿主要类型、地质特征及找矿方向 [J]. 中国锰业, 1988, (2).
- [255] 曲红军. 轿顶山式锰矿岩相古地理特征及成矿规律探讨 [J]. 地质与勘探, 1988, (11).
- [256] 汪国栋. 应重视“锰帽”对找金银矿的指示意义 [J]. 地质与勘探, 1988, (10).
- [257] 姚敬劬. 我国锰矿中磷的分布特征 [J]. 地质与勘探, 1988, (10).
- [258] 罗力生. 连城锰矿庙前矿区矿床成因初探 [J]. 地质与勘探, 1988, (2).
- [259] 周光池. 黔北锰矿岩溶成矿特征 [J]. 中国岩溶, 1988, (S2).
- [260] 王寒竹. 云南白显矿床钡镁锰矿的矿物学研究 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1988, (4).
- [261] 钟薇. 滇东南锰矿相区划分及其找矿方向 [J]. 中国锰业, 1987, (1).
- [262] 宋大康. 甘肃文县钙锰矿的初步研究 [J]. 西北地质, 1987, (3).
- [263] 刘学通. 成因地质模型法在湖南省早震旦世锰矿资源预测中的应用 [J]. 湖南地质, 1987, (1).
- [264] 顾连兴. 江西乐华层状锰矿与脉状铅-锌矿的成因联系 [J]. 地质论评, 1987, (3).
- [265] 朱均瑞. 从国外锰矿床特征探索我国锰矿找矿新途径 [J]. 中国锰业, 1987, (2).
- [266] 邹今湛. 绥宁岩田锰矿地质特征与找矿方向 [J]. 中国锰业, 1987, (2).
- [267] 李希敏. 福建连城锰矿成矿时代及成因的研究 [J]. 福建地质, 1987, (1).
- [268] 陆建有. 广东锰矿的矿物学特征 [J]. 中国锰业, 1987, (3).
- [269] 廖治保. 湖南花垣锰矿富锰方案探讨 [J]. 矿产综合利用, 1987, (1).
- [270] 李明声. 广西柳州地区第三纪锰矿成因类型及其地质特征 [J]. 地质与勘探, 1987, (12).
- [271] 刘红军. 滇西鹤庆锰矿沉积-成岩环境分析及成矿模式探讨 [J]. 地质与勘探, 1987, (7).
- [272] 遵义锰矿碳酸锰矿石物理性质研究 [J]. 北京科技大学学报, 1987, (S3).
- [273] 龚景秋. 下雷锰矿田构造特征及初步分析 [J]. 南方国土资源, 1987, (2).
- [274] 朱钧瑞. 国外锰矿资源、类型、地质特征及其对我国锰矿找矿的借鉴 [J]. 地质科技情报, 1987, (2).
- [275] 孔令双. 湘潭锰矿碳酸锰矿石物质组成研究 [J]. 中国锰业, 1986, (4).
- [276] 宋雄. 岩溶成因的兰家沟式锰矿 [J]. 地质与勘探, 1986, (8).
- [277] 彭张翔. 鹤庆锰矿地质特征及成因探讨 [J]. 地质与勘探, 1986, (8).
- [278] 张恭勤. 大巴山区晚震旦世陡山沱期海相沉积锰矿的地质特征及其成矿条件 [J]. 地质与勘探, 1986, (7).
- [279] 古亮楷. 广东锰矿成因类型及主要地质特征 [J]. 地质与勘探, 1986, (1).
- [280] 郑钰纯. 民乐锰矿生物矿物学特征初步研究 [J]. 矿物学报, 1986, (1).
- [281] 陈丕通. X射线荧光光谱法测定钨单矿物及钨矿中的钨、锰、铁和钼 [J]. 分析化学, 1985, (7).
- [282] 卫自强. 连城锰矿地质特征及找矿前景 [J]. 中国锰业, 1985, (1).
- [283] 丁宽荣. 贵州锰矿资源及发展方向 [J]. 中国锰业, 1985, (1).
- [284] 莫斯霖. 广西晚泥盆世沉积锰矿的矿质来源及成矿作用 [J]. 地质与勘探, 1985, (11).
- [285] 邵洁涟. 云南白显锰矿床中发现钡镁锰矿 [J]. 地质科技情报, 1985, (3).
- [286] 季明耀. 下雷锰矿碳酸锰矿石中钴镍矿物分布状态的研究 [J]. 中国锰业, 1983, (2).
- [287] 朱松彬. 陕南震旦纪锰矿主要类型、地质特征及找矿方向 [J]. 西北地质, 1983, (3).
- [288] 邓燕华. 江西乐华锰矿花亭矿区一台阶矿石锰赋存状态研究 [J]. 矿冶工程, 1983, (3).
- [289] 陈臻. 某地洼型堆积锰矿地质特征及成矿控制条件 [J]. 大地构造与成矿学, 1983, (4).
- [290] 卫自强. 我国锰矿资源的基本地质特征与开发利用的若干问题 [J]. 金属矿山, 1982, (12).
- [291] 张如柏. 阿尔泰伟晶岩中的锌尖晶石和磷锰锂矿 [J]. 地质论评, 1981, (1).



- [292] 邓燕华. 锰的赋存状态研究特点及研究方法——江西乐华锰矿花亭矿区 I 台阶矿石锰赋存状态研究的经验和教训 [J]. 桂林工学院学报, 1981, (1).
- [293] 章振根. 我国新疆首次发现的钽镁锰矿 (todorkite) [J]. 科学通报, 1981, (8).

- [294] 李方华. 兰西锰矿的晶体结构和相变 [J]. 矿物学报, 1981, (1).
- [295] 刘士钊. 湖南早震旦世沉积碳酸锰矿床中发现蓝藻化石——碳酸锰矿的生成与古蓝藻类生物作用有关 [J]. 地质与勘探, 1980, (4).

结 语

锰矿石主要用于钢铁工业, 我国锰矿石消费量与钢产量之比为 3.6%~4%, 如 2010 年我国钢产量达到 1.2 亿 t 的话, 则需要消耗锰矿石成品矿 480 万 t. 近年来出口锰系合金形势很好, 特别是 1995 年, 出口锰铁 17.7 万 t, 锰硅合金 44.7 万 t. 据预测到 2010 年出口锰系产品可达 70 万 t, 按炼 1 t 锰系合金用 3 t 成品矿计算, 届时出口锰系合金用成品矿 210 万 t. 以上 2 项合计, 2010 年需锰矿成品矿 690 万 t. 根据我国锰矿资源特点和矿山生产能力测算, 到 2010 年我国锰矿成品矿产量可达 500 万 t, 供需缺口近 200 万 t. 为了填补这个缺口和弥补我国锰矿石品位低的缺陷。

1) 加强锰矿。特别是富锰矿的勘查, 我国锰矿的成矿条件好, 资源潜力大, 特别是一些远景区, 如湖南兰山县一带的风化型铁锰矿; 闽西南; 云南勐宋、云县—澜沧、勐连—沧源等地区, 以及桂西南、滇东南、湘黔川等地, 仍有不断扩大储量和发现新产地的潜力, 需要进一步加强勘查工作。

2) 加强锰矿工艺矿物学和选矿工艺研究。我国锰矿品位低、矿物粒度细、高磷高铁, 需要通过工艺矿物学研究和改进选矿工艺, 以解决几亿吨微

细粒锰矿石的分选和脱磷问题。

3) 发展富锰渣法生产。该法能有效地将矿石中的铁、磷分离出来, 获得富锰、低铁、低磷富锰渣产品。我国已有多年生产经验, 今后需要进一步发展, 并形成规模经营, 是我国高磷、高铁、低锰矿石得到合理利用。

4) 合理利用国内、国外 2 种资源。一方面是我国锰矿石供需缺口较大, 另一方面我国锰矿石品位偏低, 因此在相当长一段时间内需要进口一定量的富锰矿, 而且进口的数量将会逐年增加, 预计到 2010 年可能达到 200 万 t。

5) 加强综合利用。我国锰矿床伴共生有许多有用组分, 目前在锰矿选冶加工中已回收铁、铅、锌、银等金属, 但尚有铜、钴、镍、铋、硫、磷、硼、镓、铟、铈等有待回收利用。锰矿选冶过程中的“三废”, 即尾矿、废渣和废气的综合利用也是一个重要研究课题, “三废”利用不仅可以变废为宝, 提高企业经济效益, 而且有利保护环境, 造福于后代。

摘自《中国矿情》第二卷·金属矿产