



含铁建造的古环境分类

术 语

本文所采用的“铁岩(ironstone)”这一术语是指含铁15%以上的化学沉积岩。“含铁建造(iron formation)”是指主要由铁质岩组成的、最上层和最底层均为铁质岩的可在地质图上标示出的岩石单元。化学沉积岩限于其体积占50%以上的无机和(或)有机化学沉淀物,这些沉淀物来自地表水体和(或)那些沉淀物的成岩交代产物。铁质岩可由主要的富铁和贫铁矿物来修饰,如:条带状菱铁矿—燧石铁岩和鲕状赤铁矿—石英铁质岩,其中“燧石”包括重结晶燧石,“石英”仅是指碎屑石英颗粒。

绝大部分(但并非全部)含铁建造按照燧石含铁建造或贫燧石含铁建造可以很容易地被划分开。无论什么年代的含铁建造都算在内,只有极少数的含铁建造不含燧石。在不同作者描述的有关燧石含铁建造的59篇文献和有关贫燧石含铁建造的42篇文献中,大多数作者采用了不同的术语来描述岩体及其岩石类型,但是一些作者用来描述岩体的术语却被另一些作者用来描述岩石类型。有些作者用五花八门的术语来描述岩体和岩石类型。

“燧石含铁建造(cherty iron formation)”这一术语的已发表过的同义语有:含铁建造(iron formation)(26个作者),含铁建造(iron—formation)(22),含铁建造(iron—bearing formation)(9),铁岩(ironstone)(6),铁英岩(itabirite)(3),条带状赤铁矿—石英岩(banded hematite—quartzite)(2),及一些个别作者所采用过的其它14个名称。燧石含铁建造内,岩石的命名更是变化多端。以前所采用过的名称是:岩石,用铁矿物或“含铁的”来修饰(15个作者);燧石,用铁矿物或“含铁的”来修饰(14);含铁建造(9);碧玉铁质岩(8);含铁建造(7);含铁

建造,用铁矿物修饰(7);铁岩(6);铁燧岩(6);石英岩,用铁矿物或“含铁的”来修饰(6);矿石,各种各样的修饰(4);用连字符连接的含铁矿物(4);主要铁矿物,用“燧石质的”或“硅质的”修饰(3);片岩,用铁矿物修饰(3);碧玉(3);及其它15个仅一、二个作者采用的名称。随着时间的推移,术语的多变性并未减少,只是某些名词的用法,例如,iron—bearing formation(含铁建造),显著地缩减了。

已发表过的相当于“贫燧石含铁建造(chertpoor iron formation)”的术语有:层(bed),交替采用铁矿物、“铁(iron)”,“富铁(iron—rich)”,“铁矿石(iron ore)”,“矿石(ore)”,“铁岩(ironstone)”,“含铁的(ferruginous)”,“含铁鲕粒(ferruginous oolite)”,“鲕粒(oolite)”,“鲕状铁(oolitic iron)”,“鲕状铁矿(oolitic iron ore)”,“鲕状的(oolitic)”,或“海绿石砂(greensand)”(20个作者);铁质岩(ironstone)(17);矿床(deposit),用“铁(iron)”,“铁矿(ironore)”,“矿石(ore)”,“铁岩(ironstone)”,“鲕状的(oolitic)”,“鲕状铁(oolitic iron)”,或“鲕状赤铁矿(oolithic hematite)”(14)来修饰;建造(formation),用“铁(iron)”,“铁(iron—)”,“铁岩(ironstone)”,主要含铁矿物,“明尼特型(Minette—type)”,“克林顿型(Clinton—type)”,“沉积铁的(Sedimentary iron—)”,或“含铁的(iron—bearing)”(7);矿石(ore),用“铁(iron)”,“鲕状铁(oolitic iron)”,“鲕粒(oolite)”,或“鲕褐铁矿(minette)”(7);层(horizon),用“矿(ore—)”,“铁

(iron)”或“含铁的(iron-bearing)” (3)来修饰；赤铁矿层(hematite-seam)(1)；赤铁矿层(hematite-layer)(1)。对贫燧石含铁建造的岩石所采用过的名词有：矿石(ore)，有各种修饰用语或不加修饰(15个作者)；主要含铁矿物，用次生矿物或“鲕状的”修饰(12)；鲕粒(oolite)，用“铁”或含铁矿物修饰(9)；铁岩，用含铁矿物，“鲕状的”或“豆状的”修饰(7)；铁岩(6)；岩石，用含铁矿物，“含铁的”，“鲕状结构的(oolitic-textured)”或“鲕状富铁的(oolitic iron-rich)” (5)；鲕状砂岩(oolitic sandstone)(2)；及一些个别作者所采用的6个其它名词，包括含铁建造(iron-formation)。

美国地质调查所目前用“iron formation(含铁建造)”和“iron-formation”这两个术语将燧石含铁建造及其铁质岩区分开(布兰特等人, 1973)。然而这种区分不适于文字上的表达，而且，iron-formation”这一术语作为一种岩性名词来使用，与一个建造(formation)的概念也是相矛盾的。

对富燧石和贫燧石铁岩的命名，需要统一的程序，因为两者都具有鲕状结构，其岩石学的比较始于凯尤克斯(1911)。含铁建造(iron formation)这一术语用于指定的矿床时不大写，因为一含铁建造的范围，对任何可填图的矿床来说，客观上是可以测量出的，而在理论上，就象用于正式选定的建造一样，它并不是一个适宜的定义。

关于含铁建造的分类方案

划分含铁建造的最常用的方法是选择几个公认的典型矿床，然后把所有其它的含铁建造都分别归并到最相似的典型矿床中(格罗斯, 1965)。这种方法有几个缺点。第一，类似的典型矿床可以叫出不同的地区名称，例如，在火山沉积物中形成的含铁建造，在欧洲长期以来被认为是兰迪尔型(西查尔兹, 1924)，而最近在北美，则被命名为阿尔戈马型(格罗斯, 1965)。第二，有些地理位置接近而其沉积环境不同(如伴生

岩石所表明的)的矿床也被划为一类；如：南斯拉夫的三迭纪瓦雷什含铁建造，尽管不与火山岩伴生，也被划分为兰迪尔型(奎德, 1970)。第三，每一个含铁建造都具有自己的特性，而典型矿床的哪些特征是某一矿床的共同特征就可能不太清楚了。第四，对于无论哪种含铁建造的成因似乎都没有普遍一致的意见，而把某种含铁建造划归为某一典型矿床，就可能对某一种特殊成因的确凿证据留下一些错误的印象。第五，读者就会被迫从典型矿床的解释中得到某一含铁建造的古环境的情况。最后一点也是最重要的一点，典型矿床的权威性的成因解释可能经证明是错误的，而划归为这一类型的所有其它含铁建造却没有相应地改变；例如，帕拉克(1975)证明了基律纳含铁建造的侵入岩浆成因是错误的，但对盖杰尔(1931)的其它所谓基律纳型矿床却没有证明是错误的。

另一种分类方法是根据成因解释，例如，与火山岩伴生的含铁建造，推测其成因是由于火山喷发，因而命名为喷出岩(哈钦森等人, 1971)。鉴于有关成因问题的长期争论的历史情况，用象“喷出岩”这样的成因命名来取代象“含铁建造”这样的非成因命名，即使是在所有研究者目前都公认为喷发成因的情况下，也未免过早。

本文所采取的分类方法(表1)是根据对含铁建造内铁质岩的物理特性及伴生岩石的特性的古环境解释而建立的。表1中的前三种古环境类型最为重要。在包括大部分含铁建造的按年代顺序编排的表(表2)中区分开了六种古环境类型和三种中间类型，这些含铁建造都有化学分析结果可资利用。表2中有几个分类需要修改，因为对个别一些矿床又做过彻底的研究。

浅水—火山岩—地台含铁建造(SVOP-IF)

时代持续最长的古环境类型是浅水—火山岩—地台含铁建造(SVOP-IF)，高峰期在太古代、奥陶纪和泥盆纪。这是一种区域变化最大的含铁建造类型，可能是沉积界面起伏的反映。与相等厚度的其它类型的含铁建造相比，SVOP含铁建造一般具有更有

限的区域范围,这显然是由于火山地台的区域限制所造成的。厚度通常仅为几米至几十米,有时也可超过300米。

下伏的火山岩通常具有化学蚀变(古德温,1964)。在含有丰富的后生动物大化石的少数含铁建造内,如泥盆纪兰迪尔含铁建造(博特科,1965)以及贫燧石的铁质岩内,如太古代海伦含铁建造的贫燧石的部分(古德温,1962),没有或很少发育条带。有关浅水的最普遍的证据是在未受扰动的层之间出现平躺着的条带状铁质岩的碎屑,这表明有波底沉积作用(巴拉加尔,1975)。在太古代的SVOP含铁建造内,含有10%以上的游离碳的黄铁矿质泥岩通常与铁质岩成互层(古德温,1962)。硫与碳的同位素比值均表明,至少在海伦SVOP含铁建造内出现有机分离作用(古德温等人,1976)。与其它类型的含铁建造相比,菱铁矿、黄铁矿和磁黄铁矿较丰富。菱铁矿或磁铁矿条带与燧石交替出现,但铁质岩局部可能是块状菱铁矿或黄铁矿(古德温,1962)。SVOP含铁建造是化学上最不均匀的一种类型。除了Fe、Si、C、Mn、O和S之外的其它元素都很不丰富,但P可能形成高度富集(帕拉克,1975),一些层状贱金属硫化物矿床被认为是相变(facies variants)(格罗斯,1973)。前寒武纪(弗顿尔,1977)和显生代(格拉夫,1977)的SVOP含铁建造比其它类型的含铁建造都更稳定地具有正的铈异常。这可能与富含斜长岩的火山环境有关,因为斜长岩明显富集铈(施耐茨勒尔和菲尔鲍茨)。

虽然无论任何年代的SVOP含铁建造都极少有鲕粒结构,但在加拿大西北北纬64°54',西经107°44',整合覆于巴克河长英质火山杂岩上的太古代奥特林SVOP含铁建造构成的基底中有保存非常完好的鲕粒(拉姆伯特,1976;夏普,1975)。该含铁建造延伸30公里以上,呈不规则的环状露头,厚达37米。它大部分由贫瘠的条带状菱铁矿—燧石铁质岩组成,象海伦SVOP含铁建造的“条带状燧石”一样(古德温,1962)。部分鲕状岩是硅质灰岩,含铁5%(中子活化分析),含有不规则的绿色碎屑,含铁可达20%。其基本现象与燧石含铁建造中其它

鲕状岩是一致的(泰勒,1969)。本文中対“鲕状岩(oolite)”和“鲕石(ooid)”这两个名词的用法遵循巴瑟斯特(1975)的意见,即:鲕状岩是鲕石的集合体。

SVOP含铁建造的一般古环境被认为是一种大部分被侵蚀或塌陷而没入波底的火山或者是逐渐往上堆积达浅水深度的火山,在小岛或环礁湖的四周围绕着台地。澳大利亚和巴布亚之间的默里群岛(哈顿等人,1892)及斐济与塔希提之间的纽埃岛(斯科菲尔德,1959)就与这种环境类似。在默里群岛上火成喷发碎屑中发现有第四纪灰岩和白云石的喷出块,和太古代皮克莱克朗SVOP含铁建造的火山角砾岩中的燧石碎屑极相似。

含后生动物很少的、宽广的富含化学沉积物的浅海含铁建造(MECS-IF)

在岩相与成份上均与SVOP含铁建造有密切联系的是含后生动物很少、宽广的富含

含铁建造的古环境类型 表1

字头缩写	全 名	基 本 特 征
SVOP-IF	浅部—火山岩—台地含铁建造	燧石质的,主要是太古代和古生代
MECS-IF	含后生动物很少的,宽广的富含化学沉积物的浅海含铁建造	燧石质的,条带状,最丰富的早元古代(前寒武纪X)类型
SCOS-IF	砂质、粘土质、鲕状的内陆浅海含铁建造	贫燧石的,最丰富的显生代类型
DWAT-IF	深水含铁建造	燧石质的,大多为太古代的
SOPS-IF	砂质的,贫鲕粒的浅海含铁建造	贫燧石、富含海绿石,仅在显生代有
COSP-IF	煤沼环含铁建造	贫燧石,无鲕粒,仅在显生代有

化学沉积物的浅海含铁建造(MECS-IF)。MECS含铁建造是詹姆斯定义的含铁建造(1966)。这种含铁建造在全世界范围内构成下元古界(前寒武纪X)岩系的重要部分。厚度一般超过100米,在西澳大利亚(特兰达尔和布罗克利,1970)和苏联西南部(别列夫切夫,1973),含有大量MECS含铁建造的沉积—火山岩系厚度可达2000米。对这样的古老岩层来说,其延伸范围更

为可观；例如：索科曼MECS含铁建造及其有关部分穿过加拿大东部延伸1100公里以上（格罗斯，1968）。但有几个MECS含铁建造分布面积是有限的，“宽广的”这一形容词仅是指形成建造的浅海。

虽然大部分MECS含铁建造属下元古代（克劳德，1973），但有一些MECS含铁建造不属下元古代（表2）。凯尤克斯描述了侏罗纪含铁建造，在岩相上可与MECS含铁建造相比，奥罗克（1961）扩大了显生代的表。如在SVOP含铁建造中一样，MECS含铁建造的铁质岩中明显的条带与后生动物大化石是不相容的。但海绵骨针和放射虫目可能是丰富的。发育良好的条带是前寒武纪矿床的特征。门格尔（1973）根据5000个测量结果得出，条带的平均厚度为1厘米，并且，苏必利尔湖地区的MECS含铁建造的铁质岩的条带厚度与索丹SVOP含铁建造铁质岩的条带厚度没有什么不同。在北美的MECS含铁建造内，鲕状结构很普遍，但在任何其它含铁建造内都不占优势。

在所有各类含铁建造中MECS含铁建造铁质岩的含铁矿物种类最多。普通矿物包括赤铁矿、磁铁矿、铁蛇纹石、菱铁矿、黑硬绿泥石、铁滑石、铁闪石、黄铁矿和铁白云石。铁闪石一定是变质成因的，但其它矿物在未变质的密西西比蒂那夫MECS含铁建造内都有出现（舒尔茨，1966）。富含这类矿物的条带与重结晶燧石成互层。MECS含铁建造与SVOP含铁建造在组分上的相似之处在于，除Fe、Si、C、Mn、O和S外，其它元素都很贫乏，但锶通常是无异常或负异常（弗赖尔，1977）。

苏必利尔湖西部的下元古代冈夫林特MECS含铁建造是研究得最详细的一个。该含铁建造中的大化石证明了这个含铁建造保存得非常完好（巴洪和泰勒，1965）。其沉积特征包括：鲕状结构、迭层构造、交错层理及条带状铁质岩所组成的波纹层理（古德温，1956；格罗斯，1972）。大部分化学沉积岩含有低于15%的铁，可被称为含铁燧石。但沉积特征看来与含铁量的多少无关。作者曾经在加拿大桑德湾的希尔克瑞斯特帕克内的上灰岩层内发现含铁很少的鲕状灰

岩。用中子活化法测定的铁含量为2%，酸性残渣的X—射线衍射图表表明存在有铁滑石。冈夫林特MECS含铁建造基底的鲕状铁质岩是方解石质的。

冈夫林特MECS含铁建造是唯一进行了 δO^{18} 和 δD 分析的。以太平洋海水氧同位素标准为准的23.61/每密尔和-73.1/每密尔这两个值使克瑞特（1973）得出结论认为，

“这些燧石似乎是在与那些三迭纪和下古生代样品中的燧石相同的温度下从淡水中生成的。”科克尔和克雷顿（1976）在布罗克曼—哈默斯利含铁建造内发现了同样低的 δO^{18} 值，指出，这可能是由于在沉积物的脱水作用之前，因地下水的注入而造成的。另一种可能的解释是，海洋氧同位素比值已经随时间而改变了（佩里和坦，1972；科克尔和克雷顿，1976）。

概括起来说，MECS含铁建造可以想象为一个靠近平坦大陆的稍有起伏的浅海陆棚，大陆内部有陆源沉积物凹陷；或是一个象包含有巴哈马的安德罗斯岛的平坦的海洋台地（金伯利，1975）。本文认为典型的MECS含铁建造的区域面积如此广大，与人们所提出的那种湖泊古环境是相矛盾的。而且，大部分沉积岩组合看上去似乎是海相的。MECS含铁建造通常除与白云岩和燧石这样的非铁质岩的化学沉积岩伴生之外，也常与碎屑沉积岩伴生，如，在南非的厚达1400米的整个下元古代马尔马尼白云岩（位于彭奇MECS含铁建造之下）内，MEOS含铁建造的铁质岩断断续续地与白云岩成互层（巴顿，1976）。这里白云岩—白云岩层的区别就象铁质岩与含铁建造的岩性—岩层的区别一样。

砂质、粘土质和鲕状的内陆浅海含铁建造

仅在结构上与鲕状SVOP含铁建造和MECS含铁建造相似，而在其它方面却迥然不同的含铁建造类型被称为砂质、粘土质和鲕状的内陆浅海含铁建造（SCOS含铁建造）。这种类型与詹姆斯（1966）概念中的“铁岩（ironstone）”是相当的。SCOS含铁建造是显生代的主要类型，也出现在一些前

含铁建造的古环境分类

表2

类型 ¹	含铁建造名称 ²	年 代 ³	类 型	含铁建造名称	年 代
SCOS	刻赤	早上新世	SCOS	红层—洛林	晚早侏罗纪
SCOS	苏梅西	渐新世	SCOS	黄层—洛林	" " "
SCOS	库丹—布拉克	中渐新世	SCOS	灰层—洛林	" " "
SCOS	帕兹德里奥	始新世	SCOS	黑层—洛林	" " "
SCOS	萨巴纳拉加	始新世	SCOS	绿层—洛林	" " "
SCOS	安克山	始新世	SCOS	阿维拉斯	" " "
SCOS	北路易斯安娜	中始新世	SCOS	北安普顿	" " "
SCOS	韦切斯	中始新世	SCOS	罗斯代尔	" " "
SOPS	霍恩尔斯托恩	古新世	SCOS	马尔卡	" " "
SOPS	纳维辛克	晚晚白垩纪	SCOS	拉塞	" " "
SCOS	阿巴加+巴塔蒂	晚晚白垩纪	SCOS	马尔斯通	中早侏罗纪
DWAT	佩拉佩德希	晚晚白垩纪	SCOS	弗罗丁厄姆	" " "
SCOS	巴哈里亚	晚白垩纪	SCOS	克利夫兰	" " "
SCOS	阿斯万	晚白垩纪	SCOS	奥伯班克—埃奇特	" " "
SCOS	皮斯河	晚白垩纪	SCOS	库莱莫拉	早侏罗纪
SOPS	格林桑德	晚早白垩纪	SCOS	马泽内+昌奇	早早侏罗纪
SOPS	格兰德普莱	晚早白垩纪	SCOS	阿尔法—弗里德里克	" " "
SCOS	拉明	晚早白垩纪	SCOS	胡萨尼亚	" " "
SCOS	西恩德	晚早白垩纪	INT1	索斯特	" " "
SCOS	亚布斯+那巴	早白垩纪	MECS	瓦雷斯	早—中中三迭纪
	巴拉达		SCOS	德塞特盆地	晚二迭纪
DWAT	麦肯齐德尔塔	早白垩纪	COSP	拉尼甘杰	中二迭纪
SCOS	克来克斯贝	中早白垩纪	COSP	普雷斯特韦奇	早二迭纪
SCOS	瓦西	早早白垩纪	COSP	巴尔米拉	早二迭纪
SCOS	马桑内—莱—勃	早晚侏罗纪	COSP	达麦林顿	宾夕法尼亚期
	伊斯		COSP	达尔利克雷班德	密西西比期
SCOS	韦斯特伯里	早晚侏罗纪	MECS	蒂纳	中密西西比期
SCOS	吉夫霍恩	早晚侏罗纪	SCOS	图云	晚泥盆纪
SCOS	夏蒙森	晚中侏罗纪	SCOS	那摩	中晚泥盆纪
SCOS	温德加莱	晚中侏罗纪	SVOP	康斯坦兹—兰迪尔	晚中—早晚泥盆纪
SCOS	埃尔泽格	晚中侏罗纪	SVOP	柯尼斯祖—兰迪尔	" " "
INT1	拉沃尔特	晚中侏罗纪	SVOP	格罗祖伯格—布莱	" " "
MECS	普莱瓦斯	早中+中中侏罗纪		德拉	
SCOS	杜布斯	早中侏罗纪	SCOS	马丁	泥盆纪
SCOS	穆尔奇森—卡兰	晚早侏罗纪	SCOS	塔伊米斯特	早—中泥盆纪
SVOP	阿尔泰	早—中泥盆纪	SCOS	上瓦巴那	早奥陶纪
INT1	安德内	早中泥盆纪	SCOS	斯科舍—瓦巴那	" " "
INT1	普尔乔基	志留纪	SCOS	皮来特—瓦巴那	" " "
SCOS	罗斯山	早中志留纪	SCOS	多米尼昂—瓦巴那	" " "
SCOS	柯克兰—克林顿	早中志留纪	INT1	昂儒	早早奥陶纪
SCOS	威斯特摩兰—克林顿	早中志留纪	SOPS	奥兰德	" " "
SCOS	沃尔考特—克林顿	" " "	SCOS	西里特—布利斯	晚寒武纪—早奥陶纪
SCOS	弗纳斯维尔—克林顿	" " "	MECS	乌拉库姆+姆敦	寒武纪—奥陶纪
SCOS	红山	早志留纪	MECS	梅利希干	早寒武纪
SCOS	埃特米特—维瓦尔迪	" " "	MECS	乌达	前寒武纪Y—古生代
SCOS	梅维尔	晚晚奥陶纪	MECS	拉皮坦	前寒武纪Z
SCOS	兰德盖	中奥陶纪	INT ₁	宜化	" " "
SVOP	奥斯汀布鲁克	" " "	MECS	下哈科斯—达马拉	晚前寒武纪Y—

续上表

类 型	含铁建造名称	年 代	类 型	含铁建造名称	年 代
MECS	哈夫耶尔	寒武纪—志留纪			
MECS	西亚夫耶尔	" " "	SCOS	罗佩尔河	前寒武纪Z
SCOS	弗列雷—苏尔—奥恩	晚早奥陶纪	SCOS	康斯坦茨山	早—中前寒武Y纪
SCOS	上图林根	中早奥陶纪	SVOP	佩盖杰尔—基律纳	" " "
SCOS	萨尔卡	" " "	SVOP	基律纳瓦拉—基律纳	早前寒武纪Y
INT ₁	克拉巴瓦	" " "	MECS	塞拉多斯卡拉加斯	" " "
					晚前寒武纪X—
					前寒武纪Z
MECS	科 埃	中前寒武纪X—	SCOS	豆状蒂姆勃尔	中—晚前寒武纪X
		中前寒武纪Y	SCOS	磁性蒂姆勃尔	" " "
INT ₁	布罗肯山	晚前寒武纪X—	MECS	库鲁曼+潘奇	" " "
		早前寒武纪Y	MECS	霍塔泽尔	" " "
MECS	朱安托拜	前寒武纪X—	MECS	布尔吉达—哈默斯利	前寒武纪X
		前寒武纪Z	MECS	布罗克曼—哈默斯利	" " "
MECS	奥科马+巴弗拉	晚前寒武纪X	MECS	马拉曼巴—哈默斯利	" " "
MECS	索科曼	" " "	MECS	基帕鲁	" " "
MECS	泰米斯卡米	" " "	MECS	库尔斯克	" " "
MECS	岗夫林特	中—晚前寒武纪X	MECS	克里沃罗格	" " "
MECS	比瓦比克	" " "	MECS	比哈尔+奥里萨	早—中前寒武纪X
MECS	特罗马尔德	" " "	MECS	宁巴	早前寒武纪X
MECS	曼斯菲尔德	" " "	MECS	鞍山	前寒武纪W—前寒武
MECS	瓦尔肯	" " "			纪Y
MECS	艾思伍德	" " "	MECS	扭曲层	晚前寒武纪W—前
MECS	铁河	" " "			寒武纪X
MECS	尼戈尼	" " "	SVOP	萨布干尼亚	" " "
MECS	古斯湖	" " "	MECS	拜林加	前寒武纪W—前寒
SCOS	达斯波特	" " "			武纪X
SCOS	克莱班德	" " "	MECS	西麦尔维尔	" " "
INT ₃	麦因—大西洋城	前寒武纪W—早前	DWAT	萨万特湖	晚前寒武纪W
		寒武纪X	INT ₂	圣乔塞夫湖	前寒武纪W
MECS	上戈埃	晚前寒武纪W	SVOP	皮克尔罗洛	" "
MECS	舍巴	" " "	INT ₃	塞米诺	" "
DWAT	圣克劳斯	" " "	INT ₃	诺瓦利马	" "
MECS	塞罗玻利维亚	" " "	SVOP	索丹	中晚前寒武纪W
INT ₃	斯提普岩	" " "	MECS	卡斯卡德—莫	" "
SVOP	海伦	" " "		扎	
SVOP	奥特林	" " "	MECS	邦峰	中前寒武纪W

1. 古环境类型的字头缩写见表1所列。IZT₁, IZT₂, IZT₃分别代表SCOS—MECS, SVOP—DWAT, SVOP—MECS这样几个中间类型。中间类型意味着由于资料不足, 不能进行确切的分类或者是确实具有中间类型的特征。

2. 除库丹—布拉克之外, 连字符后面的名字为含铁建造的地理群。有关系的含铁建造用+连结。

3. +表明一个已知的时间范围, -表明一个可能的时间范围, 或年代不确定。

寒武纪的、化学沉积岩极少的陆缘岩系内。里海北部的一个SCOS含铁建造, 年龄不到500万年, 厚达16米, 是最厚的一个(索科洛娃, 1964), 最大长度达150公里, 是延伸最大的一个(乌科维奇, 1960)。最老的SCOS含铁建造属早元古代(前寒武纪X);

在南美和西澳大利亚, SCOS含铁建造夹在页岩和次生石英岩之间, 后者不整合覆于厚层MECS含铁建造之上(巴顿, 1975, 1976)。

在所有年代的含铁建造中, SCOS含铁建造通常都是鲕状和非条带状的。纽约州的志留纪克林顿SCOS含铁建造内的某些铁质

岩的一些手标本看起来不是鲕状的,但在薄片内,通常在化石碎屑周围可以发现几个鲕状层(舍恩,1962)。块状的鲕绿泥石和(或)菱铁矿构成了SCOS含铁建造铁质岩的一个清楚的虽是次要但很有意义的部分(哈利芒得,1925)。

SCOS含铁建造铁质岩中最丰富的铁矿物是针铁矿、赤铁矿、鲕绿泥石和菱铁矿。局部地区中磁铁矿或黄铁矿可能是主要铁矿物。普通的不含铁的矿物包括碎屑石英、方解石、白云岩和磷灰石。自生燧石通常是有的,但不象它在SVOP含铁建造和MECS含铁建造中那样同含铁物一样多。铁、磷和钒一般是大陆平均值的6倍,即:34%Fe、0.6%P、0.08%V(泰勒,1964;科尔比,1970;哈德尔,1964;帕姆奎斯特,1935)。锰更是多变的,大多在0.1~0.5%之间。唯一可资利用的稀土元素研究结果揭露了一个铈的负异常(蒂莫费耶娃和巴拉绍夫,1972)。

SCOS含铁建造的沉积特征表明,该种含铁建造是一种扰动很厉害的极浅水的沉积,例如:鲕石的破碎和再生长,后期变质的岩化鲕状沉积物的破裂碎屑,大的交错层、丰富的波痕、雨痕或气泡。被包起来的动物群和植物群也表明是浅水沉积。浅陆棚化石通常就象在鲕状灰岩中一样丰富,一般均部分被铁矿物交代。甚至在贝壳完全缺乏的地方,普遍存在的不规则的潜穴也记录下了与鲕粒沉积作用同时代的丰富的生命。第三纪SCOS含铁建造局部含有丰富的木质和树籽。石英砂粒通常是相当规则的,虽然其它证据表明有扰动现象,而且大多与伴随的鲕石同等粒度或小一些。

研究了哥伦比亚的始新世帕兹德里奥SCOS含铁建造,其厚度自0.5米至8米以上,延伸57公里。鲕状铁质岩产于1400米厚的泥岩—砂岩、内陆浅海岩系的基底附近,后者整合地覆于100米厚的河成砾岩、砂岩和褪色泥岩之上。已聚集起来的鲕粒侵入到一个富含木质和树籽的泻湖,又被盆地的泥所覆盖。紧接着的海退没有鲕粒。帕兹德里奥SCOS含铁建造的上、下边缘为暗色的菱铁矿—鲕绿泥石—黄铁矿—磷灰石—石英,渐变为富含赤铁矿—针铁矿—鲕绿泥石—磷灰

石的较厚的中心部分。菱铁矿、赤铁矿、针铁矿、磷灰石和燧石均局部交代鲕绿泥石,后者显然是先形成的含铁矿物。仅在一个碎屑内发现方解石。被包在里面的木材部分被无构造的黄铁矿交代,但其它地方的多孔构造保存得很好,孔壁为赤铁矿薄层,孔内充填物为菱铁矿。

SCOS含铁建造的理想古环境是象亚速海或马拉开波湾这样的浅内陆海。亚速海部分下伏有上新世SCOS含铁建造(马尔科维奇,1960),马拉开波湾下伏有中新世SCOS含铁建造(赫德伯格,1928)。在欧洲西北部,有岛屿星罗棋布的广阔的内陆海产出了丰富的侏罗纪SCOS含铁建造(布朗,1964),SCOS含铁建造地区的所有其它详细的古地理恢复,例如:美国东部志留纪的克林顿含铁建造,也表明存在一个内陆海,在陆围的内陆海内不常有SCOS含铁建造形成,如就在现在的威海北部形成了广阔的中渐新世含铁建造(斯特拉霍夫,1969;戴维森,1961)。戴维森将这些矿床描述为“淡水”,容易使人误解,因为目前的威海的含盐量平均为海水的三分之一,并且有3000平方公里的钙质鲕状岩,连接着底部沉积物(迪基,1968)。除了被陆地包围之外,威海被认为是与SCOS含铁建造古环境最相似的现代模拟。SCOS含铁建造是典型的海侵环境,是在富含石英砂的海岸线和蓄积有硅酸盐泥的滨外地区之间形成的,靠近或是就在旁边的同时代盐沉积带(布罗卡普,1942)。

深水含铁建造(DWAT—IF)

SVOP、MECS和SCOS含铁建造是元古代和更年轻的岩系内最常见的类型。这三种类型都代表浅水沉积作用。太古代后的深水含铁建造(DWAT—IF)在富含火山岩的层序中是最丰富的,例如,纽芬兰的奥陶纪含铁建造(桑普森,1973;斯维登,1977),DWAT含铁建造在太古代地层内的广泛分布可以说是由于深水火山—沉积环境在当时占优势的缘故(格利克森,1976)。DWAT含铁建造的铁质岩的特征是贫铁,伴生有丰富得多的含铁燧石。在未变质的铁质岩内,

赤铁矿是最常见的铁矿物，而在变质的铁质岩内，磁铁矿是最常见的铁矿物。铁质岩层的厚度很少超过几十厘米，所以可填图的含铁建造是极少的，甚至在铁质岩有意义的地方亦是如此。西澳大利亚的太古代圣克罗斯DWAT含铁建造厚达90米，这是一个特殊的例子（丹巴尔和麦考尔，1971）。据报道，在该矿床内，在铁质岩中有泥质岩薄层夹入。显生代的DWAT含铁建造比前寒武纪的DWAT含铁建造在组份上文化更多，如富含磷的白垩纪麦肯齐德塔DWAT含铁建造（杨，1972）。

作者最熟悉的一个太古代DWAT含铁建造产在加拿大安大略的萨万特湖附近。舍杰尔斯基发现（1975，1976），磁铁矿—燧石铁质岩通常产于鲍马所谓的理想的浊流层的最上部泥质单元内和（或）其上。在接连发生的杂砂岩—浊流沉积作用期间，有些铁质岩纹层受到侵蚀。这种杂砂岩大部分是火山成因的。黄铁矿质的碳质泥岩局部有发育，但不象在典型的SVOP含铁建造内那样丰富。在几个露头的地方，可以把大型滑动构造与构造褶皱区别开。在一个类似的地区，R.G.沃尔克尔在局部地区曾发现，泥质单元由条带状磁铁矿—燧石铁质岩组成。所以，DWAT含铁建造的古环境，概括地说是一种深水坡地，比大陆边缘更接近海相火山。沉积作用可包括垂直落下的火山灰和有机物以及侧向混浊流沉积物。明尼苏达的太古代火山灰中的磁铁矿微细纹层（莱弗里，1972）被认为是与DWAT含铁建造有关的。

砂质贫颗粒的浅海含铁建造（SOPS—IF）和煤沼泽含铁建造（COSP—IF）

其它两种常见的铁的化学沉积富集类型很少形成含铁建造，其原因有二，首先是由于其含铁量一般较低，其次是规模太小而不能填图。这两种类型分别为海绿石的非颗粒状富集和煤系中的含铁层。第一种具有足够的品位并且可以进行填图，本文将划分为砂质贫颗粒的浅海含铁建造（SOPS含铁建造）。第二种被称为煤沼泽含铁建造（COSP含铁建造）。这两种类型在前寒武纪岩系内均未发现过。在前寒武纪岩石内海绿石极为罕见（克劳德，1955；麦克雷，1972），所

以就不会有SOPS含铁建造。同样，前寒武纪的煤也很稀少（泰勒等人，1957）。高碳质的泥岩通常产于太古代浅火山岩地台层序内，可以见到SVOP含铁建造。

SOPS含铁建造的主要含铁矿物是海绿石，其次是菱铁矿和黄铁矿。含铁量很少大于25%，通常在10~20%范围内变化。若铁含量超过15%，基质内方解石就小于石英。海绿石通常为粒状的，在同一样品内，看来有的是自生的，有的是运移来的（哈丁，1932）。粒状结构与MECS的铁建造内的铁蛇纹石的典型粒状结构及某些磷灰岩内的磷灰石极为相似（穆尔豪斯，1959；斯珀尔，1894）。在SOPS含铁建造内，磷酸盐结核和卵石很常见。

作者研究了新泽西州的古新世霍奈斯城SOPS含铁建造。从局部来看，霍奈斯城是几米的氧化铁，主要由粒状海绿石、被海绿石交代的球粒、石英砂、粉砂及腕足动物贝壳。霍奈斯城含铁建造是大西洋和墨西哥湾海岸的通常为海绿石的白垩纪—第三纪砂质海岸层序的主要部分（多尔夫和福克斯，1957）。反复的海侵和海退活动主宰了这一地区。SOPS含铁建造的理想化的古环境就是这样一种海相的海滨平原。但也有人报道过非海相的海绿石砂岩（克勒尔，1958），所以，正如非海相的SCOS含铁建造一样，也必须承认非海相SOPS含铁建造存在的可能性。

煤沼泽含铁建造包括自熔菱铁矿矿石，这种矿石在早期工业化时代曾经居于重要地位。局部地区煤系包围了无构造的块状菱铁矿，鲕绿泥石和（或）黄铁矿铁质岩层，但其厚度很少超过几厘米至几十厘米。在一些古老的文献中，对这样的薄层也做过详细的描述（表格雷戈等人，1920）。尽管COSP含铁建造是非颗粒状的，但在化学上与SCOS含铁建造相似，尤其是在二氧化硅含量较低这一点上。COSP含铁建造中的磷不象在SCOS含铁建造中那样丰富，但锰含量相似。

南非的一个厚达70厘米的下二迭系COSP含铁建造与一仅厚6厘米的煤层密切伴生（魏格纳，1928）。铁质岩主要是粒状菱铁矿和片状鲕绿泥石，部分被菱铁矿所交

代。有角状至半角状的碎屑石英粉砂存在，伴有少量他生粘土。岩石具有一种不规则的超复的透镜体结构，这是由于碳质物质层所致。作者曾研究了哥伦比亚帕兹德里奥附近拉查帕煤矿的COSP含铁建造。仅见到黄铁矿和菱铁矿的铁质岩薄层，为煤层所包围。煤系中这种铁质岩类型的广泛发育表明，大多数大型煤盆地包括了COSP的古环境。

结 论

“铁岩 (ironstone)” 一词是所有富含铁的化学沉积岩的恰当的名称，而“含铁建造”则是指主要由铁质岩组成的岩体，在文献中，对于根据历史背景继续使用其它命名法则没有一致的意见；其它的命名法则不是缺少岩体与其岩石类型之间的界限，就是把“建造”一词作为岩石学名词来用。

本文将所有年代的经过化学分析的大部分含铁建造划分为六种古环境类型。这种分

类是依据围岩的特征，铁质岩的结构及沉积构造。因而分类不依赖任何铁富集的成因模式，而仅把大概具有相似成因的含铁建造划分为一组。在古环境类型中与丰度有关的年代变化是很显著的，但是，在地球历史的大多数大型部分内的大多数大型类型的赋存被认为是表明了不连续的发育潜势，使适宜的局部环境得以发育。这种解释与任何成因模式都是相矛盾的，那些成因模式依赖于一个单一的生物类型和（或）大气—水圈演化，例如，克劳德的演化模式。若含铁化学沉积作用的潜势目前存在的话，含铁建造的古环境分析应有助于圈定相应的现代环境，在整个显生代包括上新世，SCOS 含铁建造的丰度表明，至少这一类型的含铁建造可在现代条件下形成（詹姆斯，1966）。

叶之译自《Economic Geology》，
Vol.73.№2，1978，pp.215~225
作者：M.M.金伯利

（上接封四）

另一种方式是：冲洗液由钻杆与孔壁之间泵入，流过钻头唇部进入到岩心管内，与此同时，从双管之间压入空气，经岩心管底部的循环孔导入岩心管内，使岩心管内的冲洗液连同岩心和岩屑返上来，去气后再流回到钻杆环状间隙。由于岩心管内的冲洗液是充气的，比重轻，因此钻杆外冲洗液柱的静水压力迫使冲洗液冲刷钻头唇面并带走岩屑，进入到内管中去返上地面。冲洗液在环状间隙中向下流动的速度是很慢的，对孔壁几乎无冲刷作用，而且只要保持冲洗液液面高度，冲洗液液柱的压力就会支持着孔壁不致坍塌。1972~1976年间，加拿大在谢弗维尔软铁矿区采用这种双管充气反循环钻进法，解决了孔壁坍塌与漏失问题，取得了满意效果。因而已被选定作为勘探软铁矿等的常规钻探法。

其它国家如荷兰、奥地利、罗马尼亚等，在油田普查、勘探钻孔以及坑道钻孔均试用过反循环连续取心钻进法，钻孔深度从几十米到1000米以上，并生产相应的专用设备。如荷兰在锡矿勘探中已采用Co bi—71型钻机进行反循环连续取心钻进，钻进深为100米。最近研制成功的一

种轻便多用全液压Mini—200型钻机，用于反循环连续取心钻进可钻深25米。据最近报道，苏联在1974~1975年对反循环连续取心钻进作了初步试验，共试钻10600米，平均孔深70米，最大孔深191米。所使用钻机为УКБ—500С型。试验效果与普通岩心钻进的标定结果对比如表7。（所钻岩石平均级别为4级）

由表7看出，采用反循环连续取心钻进，机械钻速可提高2.41倍。实际钻进效率平均为2500米/台月，最高达3500米/台月。1977年，苏联已研制出用于100米孔深反循环连续取心钻进的成套技术装备，包括УРБ—2А—2ГК型钻机，НБ—4—320/63型泵，73毫米双层钻管，76、84与92毫米硬合金钻头（可钻进二至三级和七级薄层中硬岩石）以及专用水接头等附具。为了扩大反循环连续取心钻进的工作范围，目前正在研制钻进深度达300米的技术装备以及钻进硬岩的人造或天然金刚石钻头。计划到1980年，用这种方法钻进的工作量将达到50万米。

表 7

平均指标	钻进方法	
	反循环连续取心	普通岩心钻进
孔深 (米)	54.5	53.0
回次进尺 (米)	30.6	3.97
钻头进尺 (米)	67.8	17.5
机械钻速 (米/时)	33.75	9.88

钻探是比较有效地取得地质资料的手段之一。目前的钻探技术仍属于机械钻进法的范围，其基本缺点在于：钻进硬岩时，钻头磨损很快，为了更换钻头则需花费大量非生产时间，而且钻头破碎岩石时的功率利用系数很低，另一方面，随着地质勘探工作的发展，钻孔深度越来越大，要缩短勘探周期，在很大程度上取决钻探工作生产率 and 效率的提高。因此，当前岩心钻探工艺的发展动向，一是继续研究新型的岩心破碎机理；一是改进现有机械钻进法（包括研制新的超硬钻探磨料和推广高效钻探方法）。金刚石（包括人造金刚石）钻进是当前机械钻进法中较有效的钻进方法之一。据当前技术水平预测，金刚石钻进在本世纪内仍具发展前景。