

## 含铁建造的构造体系与沉积作用



含铁建造由各种不同的岩相所组成，而其沉积作用则同特定类型的构造体系有密切关系。尽管这些化学沉积岩石的生成并不限于任何的特定地质时代，然而厚层含铁建造仍以中前寒武纪的为多（克劳德，1973）。

称为含铁建造的条带状硅铁沉积因其与鲕绿泥石—菱铁矿—粘土铁岩不同，所以在过去几十年内，成了世界很多研究者的课题，并且对它在整个地质时期内的沉积、层位及构造等方面的研究，都获得了重要进展。而今，含铁建造已被公认为是一群重要的具有特殊成矿意义的化学沉积含铁沉积物，其重要性并非仅在于提供铁质来源的局部现象。新的资料和重新评价过的老资料，使人们必须对含铁建造沉积物的性质与成因、形成的环境、铁硅源的成因观点、整个地质时期中其分布的构造控制及成矿意义等，作出修正。

### 含铁建造岩石学

詹姆斯（1951）将含铁建造定义为一种化学沉积岩石，具典型薄条带和（或者）细层，至少含有15%沉积成因的铁，并且通常（但不一定）含燧石层。按照这一定义，含铁建造已同灰岩一样成了普通的岩石学术语，被普遍承认和广泛应用。含铁建造和这一广

金属组分的矿物含量有助于寻找盲矿体。

### 三

由于宣读的论文大多数是东道国代表的，因此从某种意义上说，可以从这些论文中更好地了解苏联包裹体研究的发展情况。苏联从五十年代以来在这方面的研究发展迅速。无论在基础理论、方法技术方面，还是在应用方面，都取得了成就。考其原因，恐怕主要有三：①有好的学术带头人，特别是H. П. 耶尔马可夫教授。他们也很注意教学工作和科研工作的结合；②既注意基础理论的研究，又注意了应用研究，还特别注意用包裹体研究解决矿床成因和找矿勘探中的问题；③研究人员多，形成了一些研究中心，例如：莫斯科大学、利沃夫大学及新西伯利亚地质和地球物理研究所就是三个大的中心。这些研究中心对于推动包裹体研究工作的发展起了不小的作用。当然苏

岩性组中有成因联系的化学沉积物，以其存在有条带状或层状燧石和石英，铁矿物具硅质基质，低铝低钛以及典型的原始沉积特征而区别于粘土—铁岩含铁沉积物（格罗斯，1965，1972）。

在化学沉积的含铁建造群中，业已发现具有多种物理化学特征的各种岩石类型。詹姆斯（1951）关于对主要氧化物相、硅酸盐相和硫化物相的识别，是考察含铁建造不同岩相间成因关系的一个重要步骤。含铁建造的特殊结构、原生沉积特征、矿物学、微量元素含量和伴生岩石，说明其沉积环境条件变化范围极为广泛（格罗斯，1965，1968，1972，1973，1980）。人们通常认为，前寒武纪火山—沉积岩层序中普遍存在的是含铁建造薄层石英—磁铁矿相，其实也存在有很多不同岩性的氧化物相。按理，一个单独的地层单元，只能有一种主要的岩相，然而含铁建造的不同岩相共生、原始沉积特性、组分变化以及条带特征，则说明硅质富铁沉积物的沉积和成岩期间物理化学条件的差异。要了解含铁建造的成因及其地质意义，就必须研究全部地质史中所揭示的各个大小地层单元以及含铁建造的分布和沉积环境；并且还要详尽地描述各个含铁建造的岩相学、沉积特征及构造环境。

### 含铁建造的沉积环境

美国苏必利尔湖区含铁建造是最早作为铁矿大规

联包裹体研究工作也存在一些问题，例如，人员多虽是一个优点，但某些方面也存在着提高效率和质量的问题。

我国在六十年代初，只有个别同志从事这方面工作。自七十年代以来，包裹体研究工作有了较迅速地发展。就人员和规模来看，可能仅次于苏联。就发展水平来看，即使和一些先进国家相比，差距也不算很大。如果我们继续努力，坚持独立自主、自力更生的方针，沿着正确的方向发展，注意利用包裹体研究成果解决地质学、特别是矿床学和找矿勘探中的理论问题和实用问题，同时吸收国外先进经验和先进技术，加强基础理论研究以及人员的培养，可以在不久的将来，赶上或超过某些先进国家的水平。包裹体矿物学这门新兴的科学，在地质学中将起到越来越大的作用，将吸引更多的人来从事这方面的研究。



总厚度为500~1300米的俄罗斯地台含铁建造厚层序，断续分布于亚速海经克里沃罗格和库尔斯克到北部的卡累利阿一带，伴生有石英岩、白云岩、石灰岩、炭质片岩、绿泥—角闪片岩、千枚岩、凝灰岩以及铁镁质和超铁镁质熔岩。具有这类伴生岩石和明显薄层、微条带状氧化物相的含铁建造，说明其西部为冒地槽条件沉积，东部为优地槽条件沉积（亚历山多夫，1973；格罗斯，1967b）。

许多主要由条带石英—磁铁矿—赤铁矿相或菱铁矿相所构成并且厚度可观和侧向延展的含铁建造，广泛分布于加拿大前寒武纪地盾区、波罗的海地盾以及南美、西非、印度和中国等地。这些含铁建造与沉积变质岩和变质火山岩伴生，表明其生成条件同库尔斯克—克里沃罗格地槽的含铁建造相似，均系陆坡边部近海沉积。

阿尔戈马型含铁建造及年龄为早前寒武纪至现代

的沿火山带断裂产出的含铁原始物，均系洋底扩张脊沉积，并且伴生有杂砂岩、浊流岩、细粒碎屑沉积物以及自流纹岩到安山岩和超镁质火山岩。阿尔戈马型含铁建造与陆架沉积含铁建造相比，一般是厚度较薄，并且局部有延展。产于火山口和喷发中心或其附近的含铁建造地层，通常由具有硫化物相和碳酸盐相的非均质集合体所组成；而产于远离喷发中心的含铁建造地层则由厚度较大、分布较广的杂砂岩组成（古德温，1973；格罗斯，1965）。

阿尔戈马型含铁建造可以形成于自围绕热液喷发中心沉积开始，至发展成熔岩流和沉积扇形成的局部盆地和洼地这一火山带发育期中的任何阶段。加拿大前寒武纪地盾（图2）米契皮科坦区含铁建造和斯特金含铁建造，都以碳酸盐—硫化物相为主，产于靠近火山中心处；而马里河和提马加米区以及梅尔维拉半岛伴有少量火山物质的含铁建造则产于火山带的侧

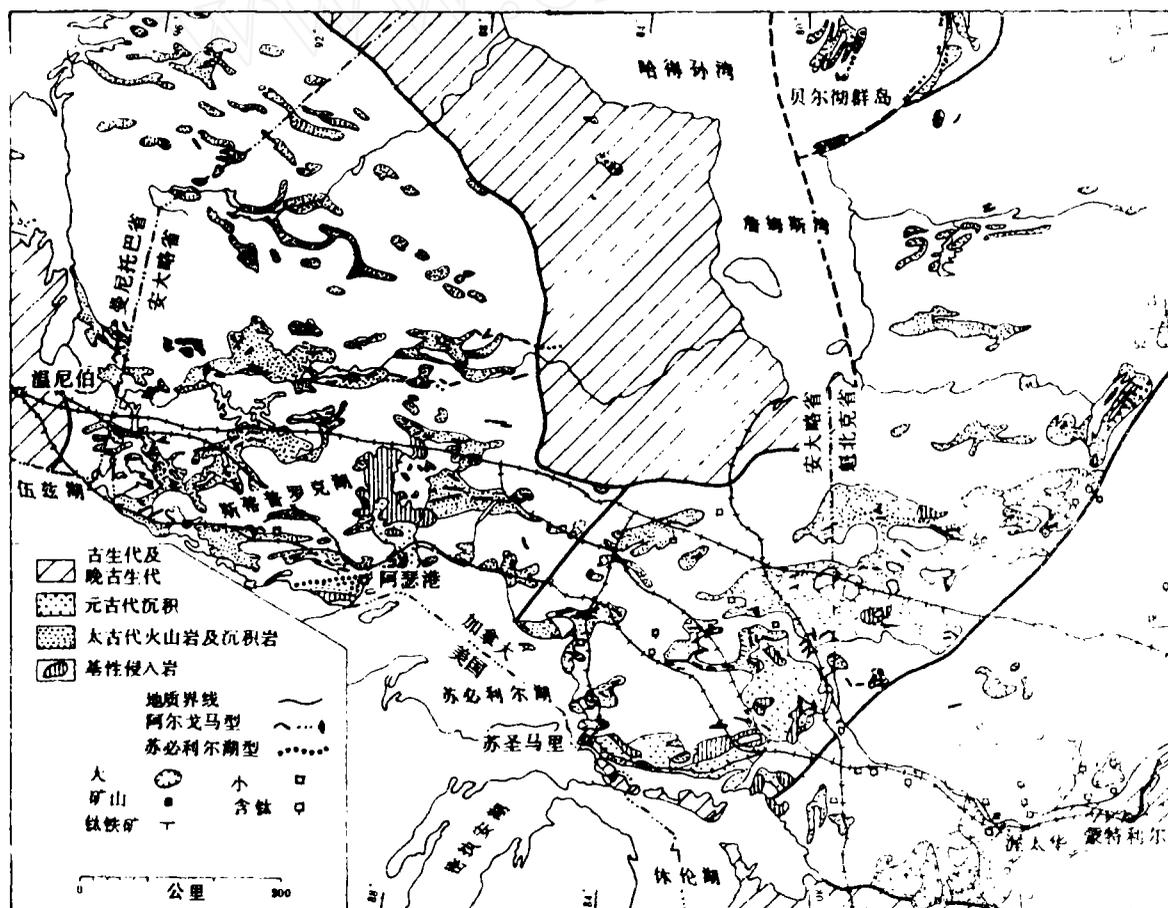


图2 加拿大新加瓦—苏必利尔克拉通南部含铁建造分布

翼。其他如斯基比湖、布鲁斯湖以及圣约瑟湖区的含铁建造主要伴有杂砂岩—浊流岩，据认为其产地与火山主要喷发中心有一定的距离（古德温，1973），所含的铁和硅可能来自火山带翼部断裂的热液活动。远处以沉积为主的含铁建造可能形成于盆地边缘至克拉通坡面火山带的一侧，或者是临海的一面。许多薄层或微条带氧化物相含铁建造地段，厚度大于100米，横向延展也相当可观。圣约瑟湖带含铁建造，其厚度（100米以上）和铁硅含量同产于陆架单独盆地中的透镜状含铁建造可以互相对比（迈耶和佩伦，1980）。沉积于陆架和翁加瓦克拉通拉地台边缘的厚层含铁建造，大部分均由透镜体状和似片状地层单元组成，这些地层单元均沉积在一连串断续排列的线形盆地内。

### 含铁建造构造体系与沉积作用

构成世界多数主要铁矿的苏必利尔湖型厚层含铁建造，同位于沿前寒武系克拉通或大陆边缘的构造体系有直接关系。位于陆架和陆坡各种碎屑和碳酸盐沉积物上的含铁建造，其沉积作用同平行分布于大陆边缘滨海线形地带的火山活动相符。这些滨海构造带的标志是盆地沉积末期广泛的火山活动、滨海线形盆地

或海槽的加深和铁镁质—超铁镁质岩石的喷出侵入。关于含铁建造中大量铁硅的来源，尽管有的资料提出过看法（霍兰德，1973），但笔者认为，其来源应与构造脊两翼的断裂和深断层有关的热液喷发活动。

翁加瓦—苏必利尔克拉通周围是互相连接的线形盆地，盆地内克拉通陆架沉积有自浅海至冒地槽环境的页岩、粉砂岩、白云岩、石英岩、炭质页岩、含铁建造、凝灰岩、熔岩、杂砂岩和浊流层（图3）。据认为，苏必利尔湖区含铁建造沉积于该克拉通西南缘，而曼尼托巴北部其他含铁建造则可能沉积于西北边缘。在拉布拉多—魁北克地槽和贝尔彻—内斯特坡卡盆地含铁建造地层中，可以看出自克拉通边缘浅水沉积环境至深水沉积环境的海进，以及从克拉通至近海之间火山物质的增长。翁加瓦克拉通北缘史密斯角带的铁镁质—超铁镁质喷出和侵入岩，及其东南缘含铁建造和伴生岩石具有深水沉积过渡岩系岩石特征，说明含铁建造属于陆架沉积环境。除特米斯坎盆地的凝灰质页岩外，东南部的大部分岩有变质程度极高，火山物质无法辨认。

拉布拉多—魁北克地槽清楚地显示了大陆边缘典

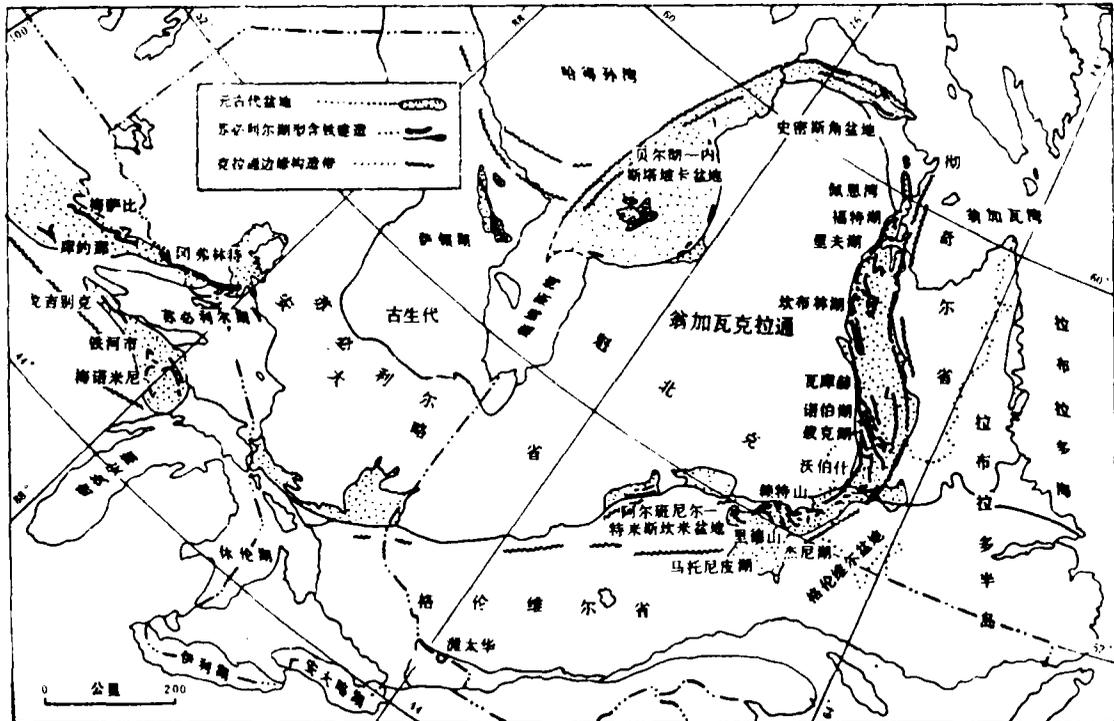


图3 沉积—构造盆地边缘至翁加瓦—苏必利尔克拉通含铁建造分布

型沉积—构造的特征(图4),前人资料对此已有过描述(格罗斯,1968;迪莫斯等,1970;赞贾克,1974;巴拉格和斯科特,1981;格罗斯和赞贾克,1983)。本文下述的特征有其特殊意义:含铁建造与一般类型的陆架沉积物伴生,并且形成于一系列互相连接的盆地之中,沿克拉通边缘连续延伸长达1000公里以上。较厚的含铁建造层和较厚的火山岩层相邻,但是克拉通陆架和陆坡上靠近喷发中心的含铁建造,其厚度随碎屑沉积和火山岩数量的增加而变薄乃至消失。沉积在由于海水深度变化而产生的各次海进和海退期间的陆架含铁建造,当海进海退高能级时,大多数具有鲕状结构和其他沉积特征;诺伯湖盆地某些地段就有这种自鲕状结构至薄层或微条带的过渡。线形边缘盆地同克拉通周围深部构造体系的发育有关。看

起来与滨海火山—构造带有关联并切割克拉通边缘的横向断裂系在边缘盆地发育全过程中都在活动。边缘构造体系似乎是围绕克拉通继续发育的深断裂体系。当沉积旋回和火山物质堆积作用接近完成时,边缘盆地遭受了盆地沉积物向克拉通搬运而产生的构造应力;近海构造带盆地外缘火山岩及沉积岩的潜没,可能也是由于这种构造作用所造成。沉积于克拉通南缘边部一系列线形盆地中的苏必利尔湖区似乎也存在类似这种情况(里利和詹姆斯,1973)。

在具有世界上主要含铁建造的多数边缘盆地中,可以看到自浅水沉积环境至滨海深水沉积环境的海进。翁加瓦—苏必利尔克拉通边缘盆地的大多数含铁建造,是滨海海水进退高能级条件下的沉积;而巴西米纳斯吉拉斯含铁建造则为富含灰岩的陆架海水较深部分的沉积。南非特兰斯瓦尔上群含铁建造有明显的较深陆架条件典型特征,有灰岩、白云岩和火山物质伴生,以及有较粒状结构更为普遍的微条带结构。

看起来澳大利亚内勃卢盆地的沉积环境(赫尔和哥达,1978)可以同拉布拉多—魁北克地槽部分地区的沉积环境相对比。然而,哈默斯利盆地的页岩、砂岩、杂砂岩和火山岩等集合物表明该区仍是一种深陆架沉积环境。这种含铁建造的微条带层序能均匀发育达数百公里之远(特伦多尔,1973),说明在其沉积期间具有非常稳定的构造条件。库尔斯克—克里沃罗格含铁建造的海进范围,为西部深陆架环境至东部优越地槽环境,该处沿大断裂发育有铁镁质—超铁镁质火山岩。其他如委内瑞拉、西非、印度和中国的厚层含铁建造,均伴有杂砂岩和火山岩集合物,并且在大多数地区上述岩石均已高度变质,以致沉积—构造环境难以明显划分。

阿尔戈马型含铁建造的沉积构造环境,从一个沉积—火山带至另一沉积—火山带其细节有很大的变化,就连规模较小、岩相繁多的也不例外,它们处于沉积—火山岩堆积期间的活性构造条件和盆地条件之下,因而很难稳定地和均匀地发育。很多这类含铁建造形成的构造环境可能同现代洋底扩张脊相类似,而现代洋底扩张脊,目前正在生成不太广阔的某些相的原始喷发物(罗那,1978)。阿尔戈马型含铁建造的成因可能同深大断裂通过地壳中较高梯度的地热并产生热液喷发活动的构造—火山体系有关。

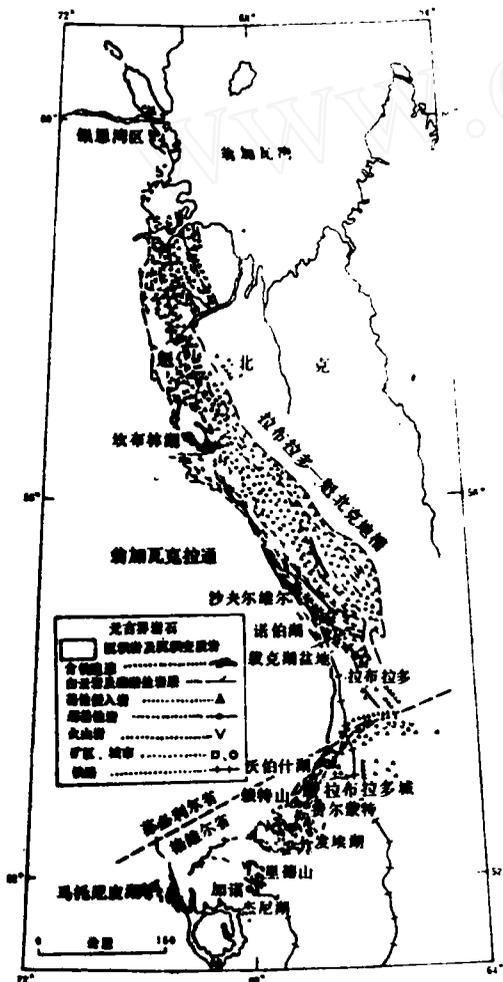


图4 拉布拉多—魁北克地槽地质概况及含铁建造分布

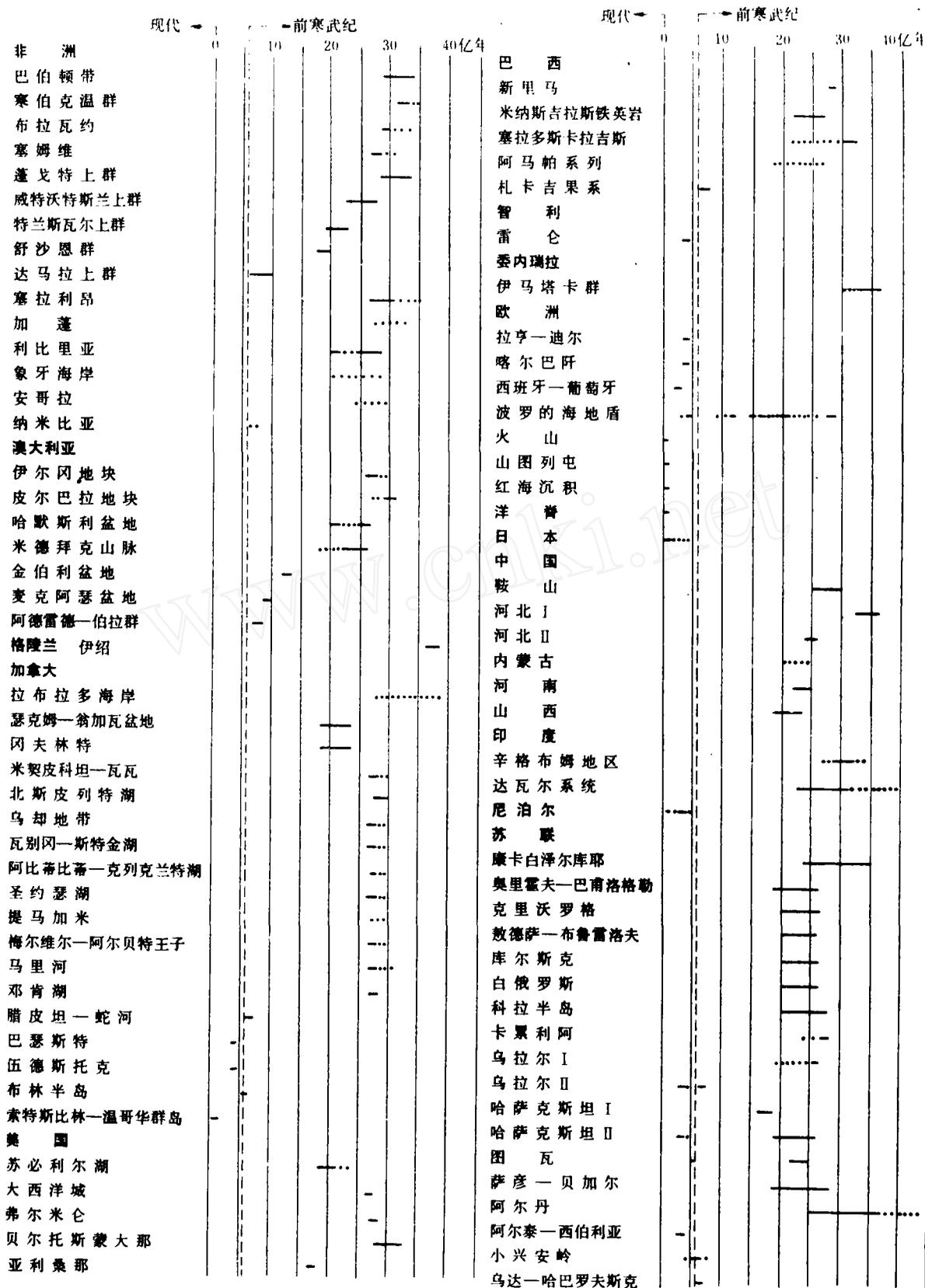


图5 含铁建造沉积年代 (根据共生岩石同位素年龄确定; 短线表示最小至最大, 圆点表示可能或推测)

苏必利尔湖型和阿尔戈马型含铁建造在形成环境以及相发育的均一性和非均一性方面的差异,给解释这类含铁建造的规模和横向分布提供了基础。大陆地台和边缘盆地给热液喷发导致的铁硅厚层序堆积作用提供了相对稳定的沉积环境。位于克拉通边缘线性盆地含有陆架沉积堆积物、含铁建造和火山杂岩的翁加瓦周围构造体系,发育于24亿年至19亿年之间,共5亿年。也许,含铁建造仅沉积于其中一个相对短暂的时间之内,但却成了占地质历史十分之一的大陆或全球范围沉积—构造体系的一部分。与此相反,阿尔戈马型含铁建造却是在较大动力构造条件下沿扩张脊或火山弧体系在1万年至几百万年这样较短期间内发育,化学沉积作用已被频繁的火山喷发和碎屑沉积作用所中断。

#### 整个地质年代中含铁建造的沉积

从西格陵兰38亿年的伊绍含铁建造至红海深谷和洋脊附近现代硅质含铁泥沉积来看,整个地质年代均赋有含铁建造(图5;奥罗尔克,1961;舒尔兹,1966;格罗斯,1967a;别斯可夫,1969;吉个迪奇,1973;罗那,1978;佩里等,1978;利格特和史密斯,1980)。据报道,阿尔戈马型含铁建造出现于各个地质时代,而苏必利尔湖型或大陆边缘含铁建造,则主要出现于27亿年至20亿年期间。有人提出,这期间含铁建造沉积之所以广泛,与涉及有机物起源和演化的大气圈与岩石圈这一特殊因素有关,如大气中氧的增量,对沉积环境中以及铁的搬运和沉积过程中碳和氧均有响应。特别是近几十年,有人提出过强调这一因素的某些含铁建造成因模式(麦克格雷果尔,1927;克劳德,1973;霍兰德,1973;拉伯杰,1973;加勒尔恩等,1973;德雷弗,1974)。然而笔者断定,构造因素对控制含铁建造的沉积和分布是主要的,生物因素和大气成分因素对这种化学沉积物沉积作用的影响则是次要甚至是有限的。

厚度可观、横向延展并伴有年龄超过25亿年的火山岩和杂砂岩的阿尔戈马型含铁建造,分布十分广

泛(奥罗尔克,1961,博克斯,1973;古尔迪奇,1973;范N.多尔,1973)。戈尔和克林(1981)指出,与含铁建造伴生的前寒武纪岩石测定以及含铁建造规模和分布等资料表明,含铁建造丰度的顶点为24亿年,衰落为晚前寒武纪。目前,整个地质时期中含铁建造规模及其分布的数据仍然有限,地层也不完整,因而对于与沉积时代有关的含铁建造丰度问题定论,还有待讨论。

在含铁建造中铁赋存数量比重占优势的27亿年和20亿年之间形成的厚层含铁建造,是构造—火山体系横切克拉通边缘的线形冒地槽和优地槽盆地沉积。库尔斯克—克里沃罗格地槽沉积—火山岩的沉积发生于27亿年和20亿年之间,含铁建造沉积延伸于该地带的陆架部分至优地槽部分,并且可能断续贯穿于该期间的大部分时间(亚历山大罗夫,1973)。

据认为,澳大利亚哈默斯利群含铁建造和南非特兰斯瓦尔上群含铁建造,年龄相等,其伴生岩石均系25亿年至19亿年的陆架和陆坡沉积物(博克斯,1973;伯顿,1976)。富含铁建造、陆架沉积物和火山岩的边缘盆地至翁加瓦—苏必利尔克拉通,发育于29亿年至19亿年,据认为均系围绕克拉通的构造体系的延续部分(巴拉格和斯科特,1981;格罗斯和赞贾克,1983)。拉皮河群和札本吉栗系是大陆板块或克拉通边缘主断裂发育而成的地槽或盆地,此处的厚层含铁建造,为寒武纪末期某一相对短暂时期内的沉积。尽管显生代裂谷和扩张脊没有出现过长时期稳定沉积环境,然而还是沉积了很多小型的含铁建造。由裂谷切割大陆板块或克拉通而形成的红海地槽,目前正在沉积着铁—硅质泥,其中沿洋脊分布的含铁锰氧化物相和硫化物相含铁沉积物,可能就是含铁建造的原生物。

吴克成译自《Precambrian Research》,

20(1983)171~187.李颖校

作者:G. A. Gross