



印度前寒武纪条带状含铁建造

世界各地都有条带状含铁建造分布,但其叫法不同,如条带状含铁燧石、条带状赤铁碧玉岩、条带状赤铁石英岩、印花岩(Calico rock)、含铁矿石(ironstone或泥铁矿)、铁英岩、碧玉铁质岩、条带岩(ribbon rock)、条带状磁铁碧玉岩、铁燧岩、带状岩石(Zebra rock),等等。1955年国际上统一规定:寒武纪以前的称为前寒武纪含铁建造,如苏必利尔湖型(即上湖型)含铁建造;寒武纪以后的称为含铁矿石(Ironstone),如明尼特型含铁矿石。印度的含铁建造主要属于前者。但古生代开始到现在已有600百万年,与此相比,前寒武纪所占时间约3000百万年,所有前寒武纪的含铁建造,是否都可以归并为一组,并定名为“上湖型”,还需要考虑。

条带状含铁建造在物理和化学性质方面,都有许多独特之处。它们主要形成于前寒武纪,但燧石含铁建造也有产在某些古生代和更年青的岩石中的。其地质年龄长,外表、矿物和化学成分以及产出模式均与众不同。关于它们的沉淀条件曾引起了许多猜测。

詹姆斯对含铁建造所下的定义是,“一种化学沉积物,呈典型的层状或薄层状,含15%以上沉积成因的铁,通常含有但不一定都含有燧石层”。本文所用含铁建造这一术语,是指由燧石或石英组成的、含有一种或多种含铁矿物的岩石,不一定呈薄层状,也不一定要求含有某一最低量的铁。

印度含铁建造的分布

在印度各邦的不同地层中,实际上都有铁矿产出,但有经济价值的前寒武纪铁矿,多分布在比哈尔邦、奥里萨邦、中央邦、果阿、卡纳塔克(迈索尔邦)、泰米尔纳德和安得拉邦。

比哈尔和奥里萨已有几个大铁矿。在南辛格布姆发现有大矿,与主要由条带状赤铁石英岩(或条带状赤铁碧玉岩)和含熔岩流与凝灰岩夹层的页岩组成的铁矿群共生。在辛格布姆、凯翁贾尔与博奈地区,该岩群引起了被切割的地形。条带状含铁矿建造形成高800~1000米的突出山脊,低处一般是千枚岩、熔岩与页岩。在马尤尔班杰地区,戈鲁马希斯尼山(950米)是由伴生有石英岩、变闪长岩与铁闪石片岩的条带状赤铁石英岩构成的。喜马拉雅邦的曼迪铁矿,其来源认为与奥里萨的条带状赤铁碧玉岩相似。

在中央邦的巴斯塔尔地区,邦拉迪拉山脉的大铁矿是由条带状赤铁石英岩导生的。它所在的邦拉迪拉铁矿统与辛格布姆、凯翁贾尔和博奈的铁矿统相似。在罗格哈特也发现有与邦拉迪拉山脉有些相似的条带状和致密的赤铁石英岩与赤铁碧玉岩。

在印度西海岸,在马哈拉施特拉的拉特纳吉里地区、果阿,某些铁矿与属于达瓦尔群的条带状赤铁石英岩共生。

在泰米尔纳德、萨勒姆和蒂鲁奇拉帕利地区,磁铁石英岩带广泛分布,形成一系列山脊和山丘,其中有许多山峰高达1000米。

卡纳塔克(迈索尔邦)是达瓦尔群分布的典型地区,条带状含铁建造是该群的一个重要岩层。由于这些岩石坚硬、抗风化,所以形成突出的山脉,在这个邦有些最高的山峰是由赤铁石英岩或磁铁石英岩构成的。与条带状含铁建造一道产出的还有其它许多大型铁矿床,主要在贝拉里、比贾伊普尔、奇克马嘎鲁尔、奇特拉杜尔加、北卡纳拉、希莫加、图姆库尔和迈索尔等地区。

印度含铁建造的描述

含铁建造的岩性及其化学成分相当均匀,主要由石英与某些矿物组合形式的氧化硅和铁组成。由于含铁建造的构造、结构和矿物,是沉积、成岩、交代和变质作用的结果,其中有些作用是渐进的、不可逆的,所以,对所有含铁建造没有普遍都适用的特殊描述。在性质上,一般各个组成的层带厚度以及铁硅的相对比例都有所不同。硅氧带的颜色、结构也有很大不同。颜色有白、灰白或者是红色或棕色的不同浓淡色调;在结构上可以由粗的燧石或碧玉结构渐变成细粒砂糖状或粗粒状的石英岩结构。有些薄层全部或者主要是由铁与氧化硅等物质组成,但更常见的是由铁矿物和石英紧密混合组成的。氧化铁以晶体、颗粒或不规则的小碎块等形式产出,或散布在细晶质石英的充填物中,或沿层理集中成线。

在卡纳塔克(迈索尔邦),从希姆加和奇特拉杜尔加地区,变质不深的条带状赤铁碧玉到变质较深的巴巴布丹和库德雷穆克地区的条带状赤铁和磁铁石英岩,变化很大。含碧玉的岩石中,硅质层在显微镜下鉴定是明亮的红色,是铁的氧化物微尘状颗粒所引起的。

条带规则而且大致平行,但在巴巴布丹以及比贾伊普尔地区的巴加尔科特和阿明加尔附近,曾见到层间褶曲和角砾岩。在贾加卢附近的燧石铁矿建造中,有一条3~4米厚的角砾岩带,与格罗斯所描述的“锐角砾岩”(sharpstone conglomerates)相似。在巴巴布丹地区还见到石笔杆(石灰岩和灰页岩中的小柱状构造)。

显微镜下可见到石英层本身就呈条带状,由大小不等的颗粒组成,每一条带内的石英颗粒都十分均匀。

有时石英脉沿条带共同的方向横切过。在这些石英脉中,石英具有不同的构造,并含有粗结晶的赤铁矿。在匀称的沉淀过程中如遇有干扰,在条带状含铁建造中就可以出现这种穿切过的构造不同的石英脉。

含铁岩石露头,由库尼加尔向南到锡瓦萨穆德兰大致呈南北向,绵延80公里,代表达瓦尔条带状含铁建造地层。磁铁矿很普遍,但也有象铁镁闪石、角闪石、辉石、石榴石和紫苏辉石那样的矿物。贾亚拉姆(1917)曾对这些岩石进行过描述并将它们归于达瓦尔片岩和紫苏花岗岩系,后者当时认为是紫苏花岗岩岩浆的分异产物。这种变异,现在认为是条带状含铁建造所受变质程度不同的反映。

雷峨曾对卡纳塔克的巴拉累地区的多尼马赖条带状赤铁石英岩进行了矿相研究,他指出铁矿条带主要由假象赤铁矿组成,当假象赤铁矿聚结在一起时,产生连续的赤铁矿层。石英条带具有浸染的假象赤铁矿化的磁铁矿小结晶和镜铁矿柱晶。

乔塔乌代普尔铁矿系中出现的条带燧石石英岩,有四种类型:条带状赤铁石英岩(这是最主要的一种);黑色、灰色与白色条带状燧石石英岩,有时渐变为致密黑色石英岩,其中炭形成带色的介质;含绿泥石的,是一种白色和绿色的条带状岩石(这是少见的一种);灰色、条带状的或致密的、含绢云母的燧石石英岩。

除斯潘塞帕西瓦尔在辛格布姆做了一点有价值的岩石学研究外,近年来只是对铁锰矿石作了显微镜鉴定,没有做其它岩石学的研究。这里的条带状含铁建造总的外观是铁灰色赤铁矿条带切过的坚硬、板状砖红色碧玉岩,赤铁矿与层理大致平行,条带的宽度变化由几厘米

到显微镜能见到的大小。条带大致平行。但更常见的是局部变薄直到尖灭,或是变厚,有的沿层理呈透镜状逐渐变薄。条带往往被粗粒结晶的、细到中等的石英脉沿与之垂直的方向横切过,巴巴布丹的铁矿建造也有相似的现象。碧玉带通常呈多角形的形态,在明显的氧化硅外圈内被赤铁矿的微粒充填,多角形是由于胶凝的氧化硅-氧化铁胶体逐渐压皱所造成。和重的氧气硅核心在一起的有细小的球粒,外面有清晰的氧化硅,在正交尼科耳棱镜之间显示常见的黑十字,这些小球粒均产在平行条带的一些层中。

最近默克霍拉德海亚和钱达在奥里萨做了细致的工作,弄清了条带状赤铁碧玉与伴生的层状燧石中重结晶程度和顺序。对卡纳塔克所见到的层间角砾也作了描述。根据他们的看法,岩石角砾化一部分是同时生成的,而且是在重结晶开始之后发生的。在条带状赤铁碧玉岩中,微晶石英是其中最多的组分,而玉髓则非常少。铁矿群中纯的燧石也少见。碧玉颜色的深浅与赤铁矿含量直接有关。碧玉条带与铁灰色赤铁矿形成规则的互层,除弥散的赤铁矿尘末和小颗粒之外,碧玉条带含有赤铁矿与磁铁矿的微小晶体,另外还有少量后期沉积的黄铁矿。磁铁矿一般都假象赤铁矿化,同时黄铁矿蚀变成针铁矿。

在卡纳塔克的奇特拉杜加地区含铁建造中,曾见到菱铁矿;但在巴巴布丹只能根据有无六面体形状的存在,来推测有无菱铁矿。六面体在由粒状石英组成,在这些面积与周围的基质之间颗粒大小往往不同。被氧化硅或赤铁矿假象交代的类似的碳酸盐菱形晶体,在比哈尔和奥里萨也都能见到。

在代德里、诺阿门迪、基里布鲁等地区,稍带红色或棕色物质的菱形部分,表明原来有菱铁矿存在,现已大部分蚀变成赤铁矿,这在含铁条带中都能见到。在含硅的条带中,石英大部分都为等粒状,呈角形或稍呈角形。石英颗粒一般表现有应变效应。赤铁矿的斑点和针状包裹体在石英中均常见。在硅质条带中能见到微小球粒结构。

中央邦德鲁格和巴斯塔周围地区的含铁建造,普遍地表现出完整的条带,有界限分明的暗灰色赤铁矿层与灰色、白色的石英岩层。有几处还见到一种易变的、模糊不清的条带。经常见到条带状赤铁石英岩10~15米厚的底层几乎全是致密的石英岩。个别层的厚度有1毫米到3厘米的变化形成薄厚不同的条带。在这里还有几条碧玉带。

在印度南部紫苏花岗岩高度变质的地方,含铁建造往往呈叶状或片状,硅质层重结晶成有光泽的粒状石英,常有磁铁矿结晶集合体伴随闪石、辉石和石榴石发育。

条带状含铁建造的化学成分(以 $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$ 表示)与其它沉积岩和残余岩石很不相同。与鲕状沉积物相比,这些岩石的特征是氧化铝含量低。印度的条带状含铁建造的化验工作做的很少。在巴德腊伐提以东约8公里的希达哈利,分析了两处“条带状赤铁石英岩”,其结果 Al_2O_3 的百分含量分别为0.62和0.76。库德雷穆克的磁铁石英岩,其 Al_2O_3 含量变化不大,一般小于2%,但经常是小于1%。在条带状含铁建造中,铁含量高,与铁相反,氧化铝含量低,如果认为二者都是由火成岩导生的话,是难以解释的。与任何较老的前寒武纪地盾的平均化学成分相比,在有含铁建造的典型前寒武纪盆地中其总体化学成分是铁量非常高而铝很贫。所以在母物质变为含铁建造的过程中必须带走铝而带入铁。铝的处置是一个实际问题。

地 层

(1) 卡纳塔克(迈索尔邦):条带状含铁建造由属于达瓦尔群的重要地层组成。它们的岩性和产状特征象层状矿床,用作标志来说明不含化石的前寒武纪岩石的构造与地层是有价值的。巴巴布丹的含铁建造不与灰岩伴生(灰岩认为是生物作用的标志),而且不含粒状或鲕状岩石(可以解释为矿化化石原生有机物),上述事实可以说明这些建造的年龄大于

2500百万年。其构造模式也指出,它们比希莫加和奇特拉杜尔加—达瓦尔片岩带其余部分的含铁建造要老。

卡纳塔克的许多含铁建造与巴巴布丹的含铁建造相反,它们是与灰岩和锰铁矿层伴生。希莫加与奇特拉杜尔加片岩带形成一北北西倾伏的地背斜。实际上这个邦的所有锰矿都产在这个带里。

没有放射性年龄数据,但毫无疑问,达瓦尔群的一些条带状含铁建造有着不同的年龄,巴巴布丹系代表较早的地槽沉积,后来它被隆起并侵蚀到基准面,再沉到海平面以下,在上面再沉积下一层年代新的沉积物,代表现在的希莫加与奇特拉杜尔加带。后来地壳旋回运动,把巴巴布丹含铁建造与伴生的岩石褶皱成它现在弯曲的镰刀状。

根据拉马雷峨的看法,典型的含铁建造是中达瓦尔群的特征,而含铁石英岩、燧石含铁板岩与角砾化的锰铁石英岩和赤铁石英岩,则产在希莫加和奇特拉杜尔加两个岩带上达瓦尔群里面。他划分出几种类型的含铁燧石片岩,其中有些与火山岩伴生,火山岩经过后来的蚀变,变成不规则带状铁帽,向下渐变为含铁燧石片岩,而典型的条带状含铁建造,是与达瓦尔带的泥质片岩和绿泥石片岩伴生,而且有时象在库德雷卡尼夫地区那样与灰岩呈互层。

拉马雷峨对达瓦尔群的分类,也适用于早先的迈索尔邦。卡纳塔克邦现在扩大了,达瓦尔岩石都在新并入地区的北部。拉达哈克里希纳把达瓦尔群的整个范围,从该邦南部边境开始,北到贝尔格姆附近的德干暗色岩下面为止(距离约600公里)都考虑在内,提出了一种临时的分类方法(见下),可以看出条带状含铁建造是产在不同的地层里面:

苏帕—丹德利系——粗糙的条带状赤铁和磁铁石英岩、铁白云质灰岩、千枚岩和板岩。

锡尔西—拉尼本努尔系——次级的含铁石英岩杂砂岩、板岩和凝灰岩带。

灰色暗色岩系——含黄铁矿燧石、变闪长岩流、枕状熔岩、集块岩和凝灰岩。

道古尼系——条带状赤铁石英岩、白云质含钙高的灰岩、千枚岩。

巴巴布丹系——条带状磁铁石英岩、泥质板岩、致密的基性熔岩流和石英岩。

卡纳塔克含铁石英岩认为是变质成因的,证据之一就是某些地方见到下伏岩石与氧化铁矿之间的渐变现象。这种现象在上湖区也见到过。基瓦丁统玄武岩表现有渐变相,经过硅质玄武岩变成条带状的硅质含铁建造。这种渐变现象,认为是含铁建造不是由这样的一些岩石后来二次交代的证据,它们是火成岩重结晶后不久沉淀的。在巴巴布丹的卡尔加提区段有较好的出露,含铁岩石过渡到下伏的变闪长岩,而不象桑帕特伊艳加所讲的是渐变关系。

北卡纳拉—果阿的含铁建造代表希莫加片岩带西部的含铁建造,两地区的地层层序是相似的,二者之间的高差约600~800米,认为果阿含铁建造沿加茨的西缘被断层错断。

(2) 比哈尔、奥里萨、中央邦:条带状铁矿建造是铁矿群的一个重要组成部分,其年龄在2700百万年以上。达瓦尔群这一名词,代表德干中部以及向南到尼尔吉里地块西北角的片状岩石,弗莫尔将此名词推广应用到位于始生界上不整合面下的所有沉积片岩。邓恩接受这一观点,并用来把辛格布姆地区较老的变质岩统和铁矿统都包括进去。据克里希南的意见,铁矿统、甘加普尔统和老的变质岩系,分别组成达瓦尔群的上、中、下三个部分。后来弗莫尔得出结论,产在铁矿统里面的赤铁石英岩体和赤铁矿石似乎提供了决定因素,同意铁矿统与南印度的达瓦尔群是同位的地层。于是可以根据有无条带状含铁建造的存在来决定它是否属于达瓦尔层。但后来邓恩根据在“拉杰普塔纳、中央邦以及乔塔纳格普尔有几种片岩系,其中任何系都可以是、也可以不是达瓦尔群的同位层”这一点,不同意上述看法。作者最近对此问题作了研究,认为达瓦尔群这一名词,不应当用来代表卡纳塔克典型地区以外的片状岩石,因为所有这些不含化石的沉积物不能认为是同期等列沉积的。

除含铁建造外,铁矿统包括一个熔岩、页岩和砂岩的地层层序。虽然含铁建造与熔岩的

层位关系,在整个南辛格布姆和邻近地区不是一致的,熔岩在任何地方都不与条带状赤铁碧玉岩直接接触,而总是有一层页岩在其间。铁矿群不整合覆在老变质岩(>3200百万年)之上,被一不整合层隔开,伏在丹乔里层(1600~1700百万年)的下面。

约翰斯和克里希南把岩石分为三组:网格普尔群、铁矿群和科尔哈普尔群。中央邦的条带状含铁建造属于克鲁克尚克的邦拉迪拉统,它与比哈尔和奥里萨的铁矿统相似。比哈尔和奥里萨的辛格布姆—凯翁贾尔—博奈带主要是条带状赤铁碧玉岩,而条带状赤铁石英岩在奥里萨的托马卡地区有出露。辛格布姆北面 and 东面的铁矿统,被划分成下查伊巴萨阶和上铁矿阶。推想在铜带冲断层的两边有含铁建造存在(该冲断层界线明显,长200公里,将南面的高度变质岩石与北面高品位的岩石隔断)。最近萨卡尔等人认为,此地区经过三次明显的造山旋回:“老变质的造山旋回”(3200百万年)、“铁矿造山旋回”(2700百万年前)、“辛格布姆造山旋回”(850百万年前),由于铁矿造山旋回结束于2700百万年,辛格布姆、北马尤尔班杰以及北凯翁贾尔的条带状赤铁碧玉岩带一定更古老。沙卡(私人通讯)现在认为,贾穆达—科拉河谷典型地区的条带状赤铁碧玉岩铁矿群可能是在3200到3000百万年之间沉积的。按照萨卡尔等人的看法,铁矿群沉积物、火山碎屑物以及火山岩,是在不稳定的陆棚条件下沉积在已侵蚀的老变质岩和伴随的花岗岩上。当早先的一些地质工作者在对比冲断层两边铁矿阶时,发现很大的岩性差异,特别是北边没有条带状赤铁碧玉岩,但在南边在铁岩统里面条带状赤铁矿是很明显。

普拉沙德等人最近研究出来的结果是,除了确定熔岩、砂岩和尖角粗砂岩围绕凯翁贾尔—博奈的页岩—条带状赤铁碧玉建造(邓恩称之为铁矿阶)组成一隔开的老地层外,还发现含条带状铁矿建造的两个较老地层。属于这两个地层中年龄较小的一个地层,在其页岩与条带状赤铁碧玉岩中,有库塔克和凯翁贾尔两地区的托马卡铁矿与代德里铁矿。

戈鲁马希斯尼—苏金达带包括条带状赤铁石英岩、条带状磁铁石英岩和千枚岩,被辛格布姆花岗岩侵入。诺阿门迪铁矿建造由页岩、条带状赤铁碧玉岩与含锰页岩组成,它比戈鲁马希斯尼—苏金达铁矿建造年青,因为已看到后者在下面通过西翼被倒转的马掌形诺阿门迪向斜。此两建造之间的差别是,诺阿门迪含铁建造是锰铁矿,而这种含锰地层在戈鲁马希斯尼建造中却没有见到。

在代德里—托马卡地区,条带状含铁建造的下部接触带不明显。在下部石英岩中它本身就开始呈条带状,表明在沉淀的地球化学条件下它呈规则的周期变化。从下部石英岩到含铁建造,在几英尺范围内这种变化终止。在横向几英尺的距离内,矿石矿物也变成碧玉或燧石。所以按阿卡亚的意见,条带状燧石虽然不含铁,根据其地层实际的延续,应该认为是含铁建造。

矿 物

前寒武纪的岩石年代久,其发育的自然条件复杂,以及后来发生的变化,很难确定前寒武纪含铁建造中哪些矿物是先形成的“原生”矿物。所谓“原生”矿物,是指直接沉淀的或者是沉积后在沉积物底部由于成岩作用生成的矿物。某些矿物来源于成岩作用还是来源于变质作用,是有怀疑的,因为这两种作用彼此可以互相渐变,绝对地区别开往往不可能。磁铁矿和某些硅酸铁属于这类。对于这些岩石在整个地质年代里所经历的各种不同的物理过程,现代矿物学的研究提供了某些证据。

在未蚀变的或是弱变质的含铁建造中,大量存在的主要矿物有:燧石(石英)、碳酸铁、磁铁矿、赤铁矿、铁滑石与黑硬绿泥石,还有绿泥石和黄铁矿,但后两种不占主要地位。

由碳酸盐型含铁建造开始,它们被认为是唯一的原生相,其它含铁建造推想是由于变质

作用或其它沉积作用由燧石、碳酸盐导生的。霍奇基斯早就提出,在有足够氧的浅水中,铁能以氧化物的形式沉淀。

(1) 氧化硅矿物:氧化硅大量产出,它现在是以燧石或石英的形式出现的。认为燧石是原生的。在有燧石的层中其颗粒非常小,可是它们一般都比较小。有时石英层再分成许多薄层,每一薄层具有大小不同的颗粒。铁矿石包体的条纹经常连续地穿过邻近的石英颗粒,表明氧化硅原来是以凝胶体沉淀的。

在卡纳塔克的巴巴布丹地区,含铁建造中有纤维状的(梳状结构)的石英产出。在变质不深的岩石中有碧玉。

根据默克霍拉德海亚和钱达的看法,条带状赤铁碧玉和层状燧石中的结晶顺序似乎是隐晶质的石英、微晶石英—粗粒石英。

(2) 铁矿物:研究条带状含铁建造,其中的一个主要问题是确定在外表看来没有蚀变的含铁建造里铁矿物的历史。这些代表开始沉淀物的矿物是不是原生的?它们是不是成岩作用变成的产物?还是由于低度变质的结果?在Eh变化的条件下,新沉淀的二价铁矿物是不稳定的。由此看来,对这些问题不容易得到一个明确的回答。矿物学和矿物构造方面所得到的证据可以部分地得出一个结论,例如,磁铁矿是由菱铁矿局部氧化形成的,但如果这种氧化很完全,对于铁矿的物质来源问题,镜下鉴定可能提不出一个答案。菱铁矿可以不要加入新的物质即可变成磁铁矿或硅酸铁或是赤铁矿。因此,关于矿物共生问题,特别是关于赤铁矿和磁铁矿到底哪个是原生矿物的问题,研究含铁建造的一些工作者并没有一致的看法。主要困难是,这种关系往往带有很大的局部性,即使在一块标本里也不是均一的。在显微镜的视野里,可能看到一颗未蚀变的磁铁矿颗粒、一片未蚀变的赤铁矿,还有一片几乎完全被磁铁矿交代的赤铁矿。由一种矿物变成另一种矿物,只需增加或者减少少量的氧,所以很可能只是一种纯粹的局部事件。

在印度,赤铁矿是常见的铁矿物,所以许多含铁建造都是条带状赤铁石英岩。在碧玉层中赤铁矿是带颜色的物质,以微尘状散布在燧石中。磁铁矿以小的八面体产在侵入体接触带附近,并且通常已变成假象赤铁矿。铁矿条带与不同量的石英混合。特别是在变质带中有黄铁矿生成。针铁矿和褐铁矿以次生矿物出现。

重要的是要弄清含铁建造中铁矿物的来源,因为这些矿物可能告诉我们沉淀部位的古代环境。只有知道了矿物集合体是原生的,才能对沉积环境作出推理。利普认为,对于含铁建造的来源问题,也就是对其沉淀环境的化学参数问题,根据锰的分布可提出一种研究途径,而且不涉及从现在的矿物出发对原来的矿物作出的某些判断。可是这两种金属的差别似乎是不象在前寒武纪以后的氧化铁矿中那样明显。

卡纳塔克含铁建造中的磁铁矿,似乎是由变质作用生成的,至少在该邦的南部是这样。在该邦的中部和南部,由北到南变质作用的程度是逐渐加深的。在希莫加和奇特拉杜尔加地区变质程度浅,条带状含铁建造含有燧石,并含有褐铁矿或赤铁矿。再向南变质程度深,有铁镁闪石、紫苏辉石、磁铁矿和石榴石发育,石英呈粒状。

在马尤尔班杰的格鲁马希尼地区,条带状赤铁石英岩已变质成条带状赤铁矿—铁闪石岩,磁铁矿的条带与铁闪石的条带分别代表原来条带状赤铁石英岩里面的氧化铁与氧化硅的条带。

对于辛格布姆的条带状赤铁碧玉岩,斯潘塞帕西瓦尔的结论是,很大一部分的含铁物质有一个时期应当是作为磁铁矿存在的,现在已变成了赤铁矿。中央邦拜拉迪拉含铁建造中的含铁条带中,含有自形晶赤铁矿和磁铁矿。磁铁矿呈同样大小的颗粒,经常被赤铁矿沿边

缘和沿断口交代。根据这方面的观察, 戈斯希等人认为磁铁矿可能是原始矿物, 赤铁矿是由磁铁矿导生的。辛格布姆地区古阿含铁建造有假象赤铁矿和残余磁铁矿, 使得保罗也得出了相同的结论。

詹姆斯认为, 苏必利尔湖区实质上未变质的含铁建造中, 碳酸铁、氧化物和硅酸盐是原生的, 反映了沉积环境的条件不同。他讲两种氧化物相包括两种主要类型: 一种是磁铁矿, 另一种是赤铁矿。按他的看法, 两种矿物都是原生的, 磁铁矿条带状岩石是在弱氧化到中等还原条件下产生的, 而赤铁矿条带状岩石是在强氧化的、可能在靠近海岸环境下堆积的。在武尔卡含铁建造中, 矿体含大量氧化铁, 可能是在原始沉积物中以磁铁矿和赤铁矿的形式存在的。冈德森和施瓦茨认为, 磁铁矿是比瓦比克含铁建造的主要原生铁矿物, 硅酸铁是由磁铁矿和燧石脉石矿物所参与的反应生成的。另一方面, 李普和戈德契根据化学方面的证据得出的结论是, 铁主要以碳酸盐形式沉淀, 现今的磁铁矿、赤铁矿以及硅酸盐富的部分, 反应出变化的成岩环境与变质环境。对于上湖地区含铁建造中磁铁矿来源于菱铁矿, 提出了令人信服的岩石学证据。磁铁矿产生复杂的共生集合体, 其中磁铁矿颗粒大小的变化范围很宽, 与层里面的关系不密切, 形成横切的细脉和碎片, 经常与铁滑石和黑硬绿泥石共生, 以上事实导致他的结论是, 磁铁矿可以认为是原生矿物。

史迈斯和海斯认为赤铁矿是原生矿物。早期在德兰士瓦、瑞典、巴西、美国以及世界各地工作的一些研究者, 也持相同的见解, 在前寒武纪的和较年青的岩石中, 都有原生赤铁矿含铁建造分布。

瓦格纳详细地研究了瑞士和南非的含铁建造, 他指出在早期阶段它们是由褐铁矿或赤铁矿与燧石互层组成, 经过一般的成岩过程变成致密块状的赤铁矿或磁铁矿, 而燧石则重新结晶。

根据林格伦的意见, 上湖的含铁矿建造中磁铁矿由于区域变质而大量发育, 以后大部分氧化成赤铁矿。

支持磁铁矿是原生矿物观点的确切证据, 没有支持赤铁矿是原生矿物观点的证据多。布罗德里克和格鲁纳认为在上湖区, 相对地讲在没有变质的比瓦比克含铁建造中, 磁铁矿是主要的原生矿物。在澳大利亚的米德拜克山脉, 爱德华发现, 在整个赤铁矿矿体里面有很多微小的磁铁矿核, 以致可以证明赤铁矿就是原来的磁铁矿。迈尔斯研究西澳大利亚的含铁建造也得出相似的结论。

虽然泰勒对英格兰的侏罗纪含铁矿石的研究、以及霍尔穆德对韦尔什的含铁矿石所作的研究都认为磁铁矿是一种原生组分, 但在世界各地未变质的、年青的含铁矿石中, 相对地讲磁铁矿是较少的矿物。斯皮洛夫认为磁铁矿是由高价和低价含铁物质的混合物, 在一般的温度和压力条件下, 作为雨水沉淀物生成的。认为原生成因的磁铁矿, 在许多含铁矿石中没有什么不同之外, 既可以在有机物质存在的情况下由高价的氧化铁直接生成, 也可以从低价的氧化物变成磁铁矿。克罗托夫研究了苏联乌拉尔铁矿的磁铁矿, 认为可以在低温情况下, 由来源于地表的溶液生成。布朗对低温生成的磁铁矿作过评述, 他的结论是, “磁铁矿往往是天然表生的或是在地面低温过程中, 在氧化与还原两种倾向产生精确平衡的条件下生成的”。可是泰勒在讨论英国的含铁矿石时指出, “磁铁矿作为一种低温矿物产出显然是例外的特殊情况, 不是分部还原条件下的正常结果”。磁铁矿在含铁建造中作为一种显而易见的原生矿物产出, 可能表示在沉淀时 O_2 与 CO_2 大气压低(O_2 气压低, 妨碍高价氧化物形成; CO_2 气压低, 妨碍低价碳酸盐形成)。

在实际未变质的岩石中, 磁铁矿多可以根据燧石颗粒很细, 以及有类似土状硅铁矿和

铁滑石那样低品位的矿物存在看出来的,使得可以区别原生磁铁矿岩石与后来变质产生的含磁铁矿的岩石。迈尔斯对西澳大利亚哈默斯利群的条带状含铁建造进行过岩相学研究,结论是:高价硅酸铁与氧化硅的混合物,在负荷变质过程中重结晶,变成磁铁矿、赤铁矿和燧石。钠闪石—青石棉也被认为是由类似的过程形成的,交代了含铁建造中先期存在的富含碳酸钠的岩层。按特伦德尔和布洛基的意见,这里所有矿物都是在成岩作用时形成的。

苏必利尔湖地区的研究结果也提出了分歧的意见。欧文等人把石英及碳酸盐也当作原生矿物,格鲁纳等人认为赤铁矿与磁铁矿都是原生的。但冈德森和施瓦茨的观点是,麦萨比山脉原来的含铁建造主要是由石英和磁铁矿组成,含水硅酸盐是后来变质作用形成的。按拉伯奇的意见,燧石、菱铁矿、粉状赤铁矿和土状硅铁矿是原生的,而其它硅酸盐是在变质程度不高的条件下生成的。

最近艾尔斯作了仔细的研究,对西澳大利亚哈默斯利群的条带状含铁建造中含铁矿物的成因作了重要的说明,他认为,燧石、细粒赤铁矿、菱铁矿和土状硅铁矿是在原来的沉淀物里面生成的,重结晶产生赤铁矿和黑硬绿泥石粗粒的集合体。后来燧石和赤铁矿被磁铁矿自形晶所交代。这些特征都是成岩作用的特征。这里氧化物相以含赤铁矿为特征,如果有磁铁矿,则磁铁矿一般是牺牲了赤铁矿才形成的,在碧玉岩中以细粉状产出的赤铁矿,认为是原生的。

伯纳提供了热力学的证据,说明赤铁矿可以从开始精细分割的含褐铁矿的针铁矿,在低温条件下,经过成岩作用生成。磁铁矿到底能不能作为初始相存在,仍然是一个要讨论的问题。

柯蒂斯和斯皮尔斯发现了两种性质不同的情况:一种是沉积水的,一种是间隙水的。前者只有高价化合物才是真正稳定的。低价化合物在沉积物与水交界面的下面,在有成岩条件的地方才是稳定的。

根据以上讨论可以看出,关于铁矿石中矿物共生的意见有很大的分歧。在印度和其它地方的某些作者,由于见到磁铁矿颗粒或者它的晶体蚀变成假象赤铁矿或赤铁矿,就认为磁铁矿一定是原生的,这种说法没有确实的依据。因为它本身不能决定性地证明磁铁矿是先期形成的矿物。

(3) 硅酸盐矿物:认为碱性闪石是钠闪石的一个变种。桑帕特伊艳加在卡纳塔克的巴布丹山脉发现过这种矿物。斯米斯对这种矿物做过化学分析,得出它的分子式为 $2\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2(\text{FeMg}_3)(\text{SiO}_3)_4$,并定名紫钠闪石,而且认为该矿物与钠闪石和青石棉成为一个系列,它是该系列的第三个成员。后来发现紫钠闪石晶体在含铁建造中的发育往往局限在铁镁质侵入体附近。其物理、化学和光学性质表明,紫钠闪石与纤蓝闪石、青石棉和镁铁青石棉的相似,更胜于与蓝闪石和钠闪石的相似程度。

镁铁闪石经常产在条带状含铁建造中,有蓝绿色的闪石与之伴生。在哈桑地区的霍莱纳西普尔分区,条带状含铁建造中有丁香棕色的闪石。

在巴巴布丹山脉发现有碱性辉石(接近于无色的锥辉石)与紫钠闪石共生。

在含铁建造中有镁铁闪石和紫钠闪石,使得以前在卡纳塔克工作的地质人员都认为条带状岩石是这些矿物蚀变产生的。在含铁建造中有某些层含有很多这种闪石矿物,还有些孤立的层穿过层理面有紫钠闪石发亮的针状体散布,在夹层中有闪石类矿物的纤维状集合体或粗粒结晶的晶体存在。还有各种含量的磁铁矿与石英。

闪石类的岩层认为是铁镁质火成岩的残余物,蚀变后可生成条带状含铁石英岩。它与火成岩在矿物和化学方面均无相似之处。但在另一方面除含有碳酸钠外,它与产在苏必利尔湖

条带状含铁建造夹层中的闪石磁铁矿很相象。在这些条带中有2.6%的 Na_2O ，作者很早以前把它归入导生于与含铁建造毗邻的、亲细碧岩岩石的沉积物类。对发育在南非含铁石英岩中的碳酸钠闪石，有人用同样的解释去说明。皮科克和霍尔都认为碳酸钠是原生的，并与产生氧化铁矿富含碳酸钠条带的特殊沉淀条件有关。

巴巴布丹含铁建造的夹层中还有青石棉和铁石棉。

奥里萨帕罗西山的铁石棉呈脉状，在接触的岩石中与石英—镁铁闪石—铁闪石—磁铁矿的矿物集合体一道产出。

条带状含铁石英岩并不含碳酸钠。所以在火成岩侵入体附近有含碳酸钠的矿物（如紫钠闪石）和铁石棉，可以认为碳酸钠是由于交代作用从铁镁质火成岩搬运到沉积岩中去的，从铁镁质岩石排出的残余熔液一定含有足够的碳酸钠，使这些闪石与辉石在邻近的含铁矿石中发育。在苏联库尔斯克磁异常区前寒武纪含铁建造中，有后来发育的、象钠闪石的碱性闪石类矿物，也属于类似的交代作用，格拉哥涅夫曾对此作过报导，加入了碱性物推迟变质作用的进展。霍兰德注意到泰米尔纳德萨勒姆附近的含铁建造中铁闪石与磁铁矿共生。他认为这些矿物应当是与达瓦尔群年龄一样的赤铁石英岩，是由于热变质形成的。在萨勒姆地区的卡尼马莱磁铁石英岩中，有镁铁闪石和铁闪石。

邓恩曾经报导，辛格布姆地区的戈鲁马希沙尼和巴丹帕哈尔的条带状赤铁石英岩中有铁闪石。帕西瓦尔曾经公布这种含闪石—磁铁矿岩石的化学分析结果。帕西瓦尔和邓恩都认为这些岩石是花岗岩热变质的产物。产在巴巴布丹山脉含铁建造中的紫钠闪石—磁铁矿片岩的来源是铁镁质火成岩侵入发生的热变质作用。关于巴丹帕哈尔含镁铁闪石—磁铁矿岩石，其成因也是一样的。在奥里萨条带状含铁建造与辉长岩的接触带内，有石英—镁铁闪石—磁铁矿（还有铁石棉）和石英—阳起石—黠帘石—磁铁矿发育。

（4）碳酸盐矿物：象菱铁矿这样的矿物虽然在奇特拉杜尔加地区有产出，但在巴巴布丹没有见到。从巴巴布丹采来的岩石，在其薄片见到某些地方有菱形的外形，可以推想以前有碳酸盐矿物存在过。现在这些菱形由粒状石英组成，在构造上与周围的基质不同。这样的结构在南非的含铁矿石中也曾见到，碳酸盐本身在任何地方都不能保存，推测该矿物就是菱铁矿。在辛格布姆也见到相似的特点，但按照帕西瓦尔的意见，碳酸盐是白云岩。菱形体里面的氧化硅显然比周围的物质更容易风化，因为它们在风化的表面上显示出菱形的坑，偶而可发现孤立的菱形体只含赤铁矿或褐铁矿，似乎是在没有微条带干扰的沉淀过程中，在沉积的胶体里面生成的。在巴巴布丹岩石薄中所见到的菱形体被铁矿带包围，因此，其原来矿物似乎是菱铁矿。

默克霍拉德海亚和钱达最近对奥里萨贾达姆—科伊拉河谷的条带状赤铁碧玉岩和带状燧石所作的研究表明，碳酸盐菱体的生成与它们的交代时间是在重结晶之前。交代作用的发生是由于副象的转化与溶液充填。在这些假晶中交代的氧化硅一般均较粗，偶而比微结晶的基质所含的氧化铁多。原来分层的迹线有时穿过这些假晶，在基质中并不间断，表明碳酸盐菱形体不是原生的，但可能是成岩分异作用的产物。

（未完，待续）

贝庚 译自：《Journal of the Geological Society of India》，
1974, Vol.15, № 5, P.1~28

作者：C.S.皮恰姆祖