

国外前寒武纪铁硅建造风化淋滤型 富铁矿矿床成因理论及找矿方法



冶金工业部情报标准研究所编

一九七八年一月十三日

国外前寒武纪铁硅建造风化淋滤型 富铁矿矿床成因理论及找矿方法

冶金富铁矿情报会战小组编译

冶金工业部情报标准研究所

一九七六年七月

前 言

在毛主席“开发矿业”的伟大号召下，我国冶金矿山的生产建设正以高速度向前发展。目前冶金地质部门正在积极寻找富铁矿。为了配合这一工作，我们编译了有关国外前寒武纪铁硅建造风化淋滤型富铁矿的一些地质资料，以供从事富铁矿找矿工作同志们参考。

全部资料由于篇幅较大，故分成富铁矿矿床实例、成因理论及找矿方法两册印刷出版。这本是《国外前寒武纪铁硅建造风化淋滤型富铁矿矿床成因理论及找矿方法》部分。

参加编译工作的有：冶金部情报标准研究所，北京钢铁学院采矿系，桂林冶金地质学校，辽宁、黑龙江、云南、华北冶金地质勘探公司，浙江冶金地质大队，湘钢技术处，桂林冶金地质研究所，天津冶金地质调查所，冶金部物探公司，冶金部冶金地质会战指挥部等单位。在编译过程中并得到有关单位协助。

由于我们水平低，并受资料和时间限制，所编译的资料定会有许多缺点错误，请同志们批评指正。

一九七六年五月

毛主席语录

开发矿业

洋为中用

打破洋框框，走自己工业发展道路。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

世上无难事，只要肯登攀。

学习有两种态度。一种是教条主义的态度，不管我国情况，适用的和不适用的，一起搬来。这种态度不好。另一种态度，学习的时候用脑筋想一下，学那些和我国情况相适合的东西，即吸取对我们有益的经验，我们需要的是这样一种态度。

内 部 发 行
定价 1.00 元

目 录

成因理论部分

1. 沉积岩的演化·····	(1)
2. 科纳克里红土铁矿床·····	(5)
3. 巴西米纳斯吉拉斯的浅成铁矿石·····	(11)
4. 赤铁矿——褐铁矿矿床·····	(12)
5. 苏必利尔湖型铁矿石的热液淋滤——一个修改的理论·····	(19)
6. 巴西铁矿的成因·····	(23)
7. 美国密执安州艾恩河——克瑞斯特瀑布地区铁矿床及地质特征·····	(28)
8. 沉积铁矿物的环境控制·····	(36)
9. 库尔斯克磁异常区含铁石英岩的古风化壳·····	(47)
10. 关于库尔斯克磁异常区富铁矿成因一些看法·····	(53)
11. 美国苏必利尔湖铁矿区软矿的产状和成因·····	(59)
12. 哈默斯利铁矿床受地层、构造、古气候等成矿因素控制·····	(70)
13. 毛里塔尼亚克迪亚迪吉勒条带状铁矿的富集作用·····	(74)
14. 关于古地理古气候及其与富铁矿床形成的关系·····	(82)
15. 库尔斯克磁异常区残余富铁矿石成因·····	(97)
16. 关于前寒武纪铁硅建造风化淋滤型富铁矿成因的几个问题·····	(110)
17. 磁铁铁矿床中假象赤铁矿的一个新解释·····	(121)

找矿方法部分

18. 国外富铁矿物探工作简介·····	(135)
19. 物探在寻找富铁矿工作中的作用·····	(139)
20. 南澳大利亚米德尔拜克山含铁建造的重磁法测量·····	(149)
21. 米德尔拜克山区铁矿的地球物理勘探·····	(159)
22. 美国密执安州艾恩河——克瑞斯特瀑布矿区的重力测量结果·····	(170)
23. 拉布拉多瓦布什湖铁矿床·····	(181)
24. 岩石天然剩磁的研究——在拉布拉多地槽南部探寻铁英岩工作中的应用·····	(187)
25. 澳大利亚赤铁矿矿床的古地磁研究——I·····	(197)
26. 澳大利亚赤铁矿矿床的古地磁研究——II·····	(207)
27. 斯蒂普罗克湖赤铁矿的探测·····	(217)

成因理论部分

沉积岩的演化

R. M. 加勒尔斯 F. T. 麦肯斯

含铁矿物与含铁岩石的化学风化似乎比岩盐、硫酸钙或碳酸盐矿物的风化还要复杂,因为大多数铁矿物与土壤水的相互作用都涉及氧化-还原反应,而且还可能形成几种残余的固相。大多数主要铁矿物,例如磁铁矿(Fe_3O_4)、菱铁矿(FeCO_3)、黄铁矿(FeS_2)、磁黄铁矿(FeS)以及不同成分的硅酸铁在地表风化后,在它们的结构中都含有低价铁。这些矿物通常在岩石中分散地产出,但也可能以不连续的条带状或分凝的形式产出。在岩石矿物中还发现有高价铁和低价铁代换同样大小电荷的离子,例如在白云岩中 Fe^{2+} 代换 Mg^{2+} , 在蒙脱石中 Fe^{3+} 代换 Al^{3+} 。

在风化过程中,低价铁从矿物中释放出来并被土壤中的水氧化为高价铁,水解后形成三氧化二铁。这些矿物包括水化的高价铁的双态针铁矿($\alpha\text{FeO} \cdot \text{OH}$)和纤铁矿($\gamma\text{FeO} \cdot \text{OH}$),与无水双态赤铁矿($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$)和磁赤铁矿($\alpha\text{Fe}_3\text{O}_4$, 即有磁性的赤铁矿)。由于这些风化产物是黄色、橙褐色和红色的,所以含铁岩石风化后通常形成具有鲜明色彩的土壤带,这些土壤带和导生这些土壤的新鲜的淡褐色岩石形成鲜明的对照。岩石中铁的总含量只要百分之几就足以使土壤带有很浓的红色。

在风化带内铁可以形成氧化物的明显的趋势,以及这些氧化矿物在土壤中是异常稳定的现象,可以解释为是由于在充氧条件下,它们的溶解度极低的原故。对于含水与不含水铁氧化物在土壤环境中的相对稳定性,过去曾经有过混乱的看法,现在看来,即使是在有利于水合物形成的稀薄土壤溶液中赤铁矿也是稳定的矿物。由于上述四种矿物都是极难溶解的,而且它们的溶解度差别极小,所以任一种矿物都可以形成,并可存留很长的时间,即使是地质学的观点来看也是如此。概括地说,赤铁矿发育在温暖多水地区土壤中,而针铁矿则应在其它地方形成。图1与图2用气体分压力或以 Eh 与 PH 作为记述变量来说明氧化铁在很大的条件变化范围内是难溶解的。在这些图中,赤铁矿用来代表高价铁的整个范围,铁的偏硅酸盐代表铁硅酸盐的全部范围,由于各种矿物的稳定性差别很小,因此该图所表示的关系并未因这些概括而受到影响。

图1说明在多数的土壤环境里,三氧化二铁都可以从磁铁矿、菱铁矿或黄铁矿导生,这些环境的变化范围大致是: CO_2 为 10^{-1} — $10^{-3.5}$ 大气压, O_2 为 $10^{-0.7}$ — 10^{-10} 大气压, S_2 的压力非常小。

图2表示一组铁的化合物的稳定度与氧化电位和 PH 的关系。为了圈出矿物区域的准确边界,必须对该系统的化学成分作一些规定。(见插图下面的说明)不过该图只表示出铁矿物习性的一般型式。图中点图的面积表示土壤中存在的条件变化范围;总的来说,该面积的上部可以认为是代表土壤上部潮湿的充气带,该面积的下部则相当于土壤带下部的条件,在这

里土壤水与含有还原铁的矿物起化学反应。

在大多数自然溶液中所遇到的溶解铁中，低价与高价的铁是两个重要的品种。 Fe^{3+} 只是在高度氧化和强酸性环境里才是重要的，而 Fe^{2+} 在氧化的、酸性到弱碱性条件下以较大的浓度($>10^{-6}$ 克分子数)存在。从Eh-PH图可看出，高价铁显然有较大的稳定度，同样也可说明，许多含低价铁矿物只在还原的、中等酸性到强碱性的条件下才是稳定的。当地下水中富集碳酸盐、硫或二氧化硅时，含有这些成分的铁矿物的稳定范围就增大了。在大多数土壤水环境中，由于溶解的氧浓度很高、碳酸盐、硫或氧化硅的浓度很低，而使原生的含铁矿物趋于稳定。研究了这两张插图和某些简单的化学反应，就可得出关于含铁多的矿物和岩石的化学风化作用的一些结论。

新墨西哥克里斯托山脉石英岩排洩水的化学分析结果

组 分	浓度(ppm)
HCO_3^-	5.7
SiO_2	3.6
Ca^{2+}	1.9
SO_4^{2-}	1.8
Na^+	0.5
K^+	0.3
NO_3^-	0.1
Mg^{2+}	Ca 0.06
Cl^-	Ca 0.06

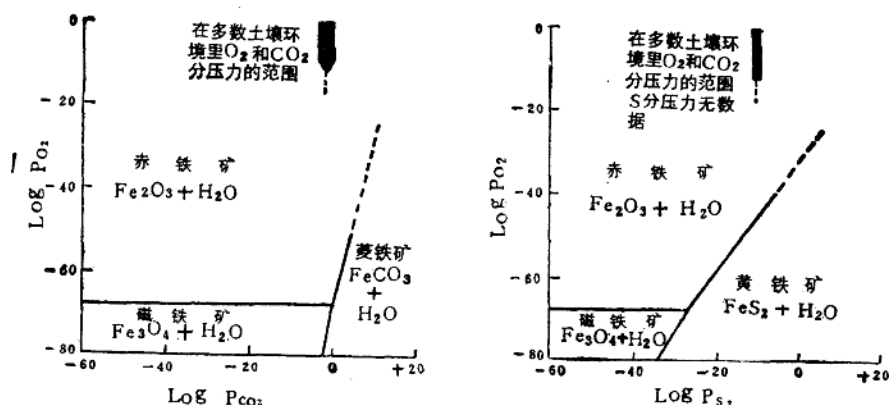
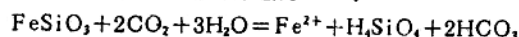


图1 表示某些铁矿物稳定度与 O_2 、 CO_2 及 S_2 分压力的关系图

根据加累斯(Garrels)与克赖斯特(Christ)1965年的文章

氧化铁的形成可以看成是经过两个阶段的反应过程。首先，含低价铁的矿物受二氧化碳酸性侵蚀而使低价铁释放，其次低价铁被溶解的氧所氧化。

铁的硅酸盐和碳酸盐与水中的碳酸反应生成 Fe^{2+} ：



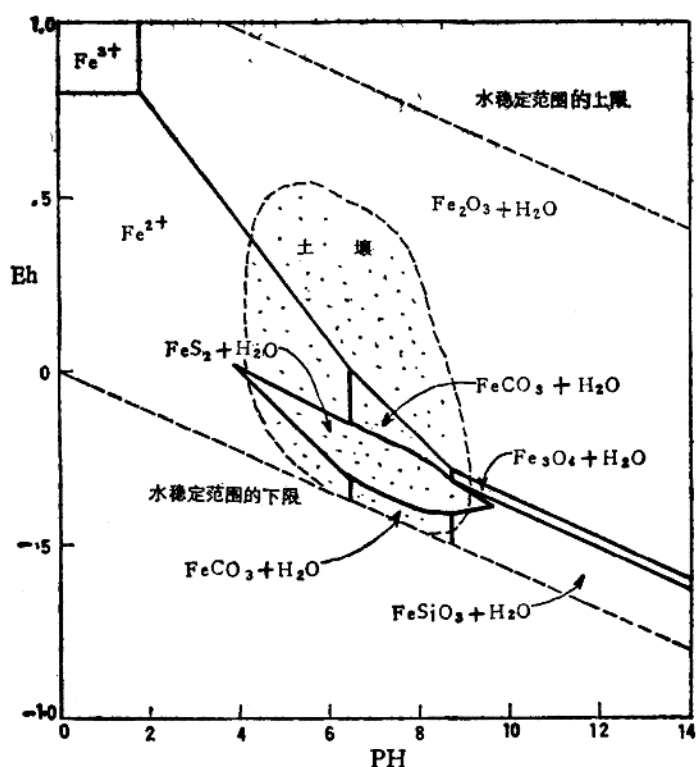
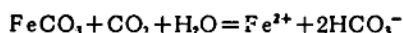


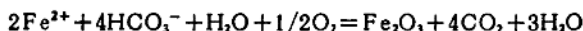
图2 表示温度为 25°C 与总压力为 1 大气压时, 溶解铁种的优势范围和某些铁矿物的稳定范围

溶解铁种的范围是离子总活度大于 10^{-6} 的范围内。环境条件是: 溶解的二氧化碳总量 = 10^{-3} 克分子, 总碱量 = 10^{-3} 克分子, 有非晶质的二氧化硅, 上面和下面的虚线是水的稳定边界, 根据加累斯 (Garrels) 和克赖斯特 (Christ) 1965 文章。

与



当这些矿物溶液导生的低价铁与溶解的氧接触时, Fe^{2+} 氧化成三氧化二铁沉淀下来。



铁的硫化物的风化包含硫和铁的氧化。由于高价铁氧化物形成过程中产生硫酸, 黄铁矿风化导生的溶液具有强的酸性。在潮湿的风化条件下, 其反应为:



在此反应中, 铁由 +2 氧化成 +3 价, 硫由 -1 氧化为 +6。氧化剂是溶解在土壤水中的氧。在干燥地区强氧化和代酸性条件下, 由于黄铁矿氧化的结果形成了硫酸铁, 以及三氧化二铁或是硫酸铁交代了三氧化二铁, 最后这些硫酸盐类变成了三氧化二铁。

磁铁矿 (Fe_3O_4) 的风化作用比较复杂, 其反应过程还不十分了解。因为直到土壤形成的最后阶段磁铁矿还是剩留的矿物之一, 因此磁铁矿的风化作用一定是非常缓慢的。磁铁矿往往是沉积岩中的一种重矿物成分, 显然磁铁矿颗粒的外面包有一层耐久的、不透水的三氧化二铁薄膜。

上面的讨论和举出的例子强调指出，由于三氧化二铁的环境稳定范围比较大，因此含铁矿物与含铁岩石化学风化作用便形成了三氧化二铁。风化作用的结果，低价铁是溶液中生成的最初的铁矿物，并且只产在土壤带的下部，而当土壤水最后返回到地面时低价铁便被氧化。因此，原先溶解在弱酸性地下水中的铁在河流中的运移往往不是以溶液的方式，而是以分散的三氧化二铁粒子、或是以矿物颗粒表面上的三氧化二铁的薄膜的方式进行的。

科纳克里红土铁矿床

F G 帕西瓦尔

摘 要

几内亚共和国科纳克里红土铁矿床,由硬质红土矿壳构成的矿床(A层),7~10米厚,含铁量53%(干法)的铁矿经择优开采。硬壳以下的软层(C层)含铁约57%,其厚度自几米至100米以上不等。此层以下是超基性火成岩(纯橄榄岩),即矿源岩。软层通常被称作红土矿,但其直接残余含量并不大,本文作者认为此层主要是含少量红土化的纯橄榄岩的交代作用形成。

软层及壳矿均含有高铬尖晶石集合体,对其成因有所探讨。据认为两者的演变过程各不相同,并列举了例证。镍作为组分之一,也影响着软层作为铁矿的价值,水(化合及自由状态)按重量计约占软层的50%,锰并不重要。

最近发现,面积相当大的一部分软层被次生针铁矿不规则地再胶结成坚硬块状的“褐色矿”,其自由湿度小于3.5%。对其成因作了解释并据此指出了其它可能出现类似情况的地区。

将此矿床与别处的红土矿作了比较并探讨其时代和延续时间。

正 文

科纳克里的红土矿建造,就其规模和特征而言,也可能出现在其他地方,但尚未被详细报导过。该矿仍然在生成过程中,有人称它为“活的红土矿”。

地 势 及 概 况

科纳克里城建立在原先称为汤博(Tumbo)的小岛上,目前已经与几内亚共和国沿岸的大陆人工联接起来,纬度 $9^{\circ}30'N$ (见图1)。它位于一半岛的尖端,这个布满红土矿的山岭半岛呈西南~东北走向深入内陆,长约40公里,在卡考利马(Kakoulima)山脚下终止,该山高1000米以上。距科纳克里约10公里处有个小山丘,叫卡劳姆(Kaloum)半岛也就以此得名,半岛高度一般不超过150米,在科纳克里山岭宽度为1公里左右,靠近卡考利马(Kakoulima)山则宽达6公里。该地区为热带季风气候,雨季自6月延至9月末,平均年降雨量约4.5米。多半在夜里下雨,即使雨季也如此。因此,可以毫无困难地全年开采。年温度变化不大,月平均温度为 $22\sim 32^{\circ}C$ 。整个半岛几乎全部覆盖着红土矿表层,植物不易生长。山地上只有稀少的灌木林和矮树丛,山谷积存些泥土,足以生长植物,多数种香蕉和蔬菜。在内陆则种植大米。沿沙滩生长浅根棕榈树。

半岛的下伏岩层是一种橄榄岩(纯橄榄岩),但只到卡考利马(Kakoulima)山附近才露出地面。此山附近层序,由底层的纯橄榄岩向上,经异剥橄榄岩和橄长岩,直至辉长岩。在一个钻孔内发现了粗玄岩而不是通常见到的纯橄榄岩。但在整个半岛红土矿区域,地下岩层都是纯橄榄岩,偶而由于存在异剥石而变成异剥橄榄岩。

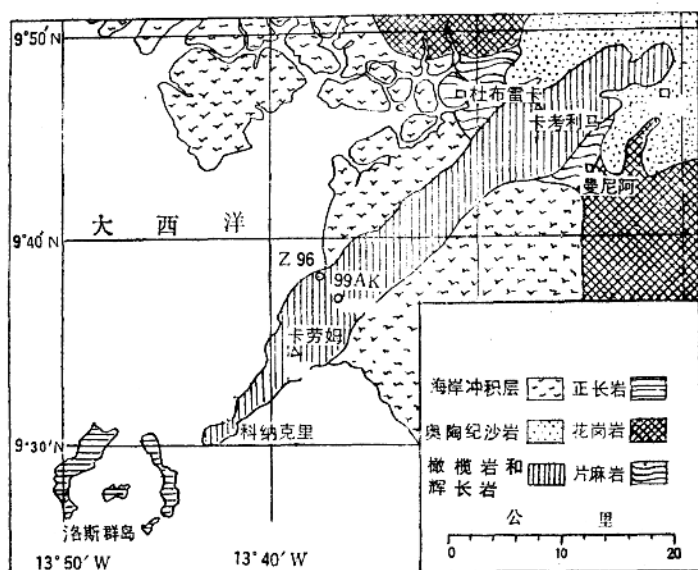


图 1

半岛西侧有花岗岩和片麻岩出露。靠近杜布雷卡 (Dubreka) 有相当规模的黑云母花岗岩露头, 在坎博 (Kambo) 山顶升高达 16.7 米; 它与橄榄岩之间隔着白云母片麻岩露头。橄榄岩的南侧, 在曼尼阿 (Maneah) 处, 正在采掘类似的花岗岩充作铁路和公路的路基石。

这类片麻岩呈花岗岩变晶状, 有黑云母和白云母并含锆。片麻岩内也存在磷灰石和石榴石。黑云花岗岩内存在带波状消光的石英, 磁铁矿和绿帘石, 也含锆。在卡考利马 (Kakoulima) 山的东北及东面, 在更老的片麻岩及其它岩层上不整合地覆盖着一层几乎平坦的奥陶系砂岩残余层。砂岩边界构成近于垂直的悬崖, 偶而在整体上有孤立小尖山突出。高原海拔高约 600 米。

半岛尖端 6~10 公里沿海处为洛斯 (Los) 群岛。这里是霞石正长岩, 其表面为铝土矿层。

1919~1922 年对卡劳姆 (Kaloum) 矿床进行了勘探, 占孔 187 个按孔距 1 公里构成一三角网格, 但开发却延缓了许多年, 1949 年在一更为窄的范围内重新开钻, 孔距更小, 矿样运往英国做高炉试验。1950 年开始开采此矿, 自 1953 年起正式运矿。目前只从 8 米厚的硬质表层开采有限的高铁低铬地区, 年运矿量如下 (公吨计):

1953 年	391695	1957 年	1058028	1961 年	534936
1954 年	579618	1958 年	372796	1962 年	719495
1955 年	674949	1959 年	358374	1963 年	559000
1956 年	822413	1960 年	766454	1964 年	701053

目前继续进行钻探, 按六方网格法, 1956~1959 年间钻探量加大。例如, 在 1958 年共钻了 372 孔, 总长达 12,660 米。取了岩心矿样, 进行化验, 多数按米计量, 分析了 Fe、 Al_2O_3 、Cr、Ni 和 P。

所出售的原矿标准成分如下:

Fe	53%	FeO(OH)	84.2%
Al ₂ O ₃	9.0		
SiO ₂	1.5		
Cr ₂ O ₃	1.7 (Cr 1.15)		
NiO	0.15(Ni 0.12)		
SO ₃	0.3 (S 0.1)		
P ₂ O ₅	0.2 (P 0.085)		
CaO	0.4		
TiO ₂	0.1		
Mn	微量		
Cu、Pb、Zn	无		
BaO、MgO	无		
As、Sb	无		
化合水	11.0~12.0		

采用标准露天开采法。

层 序

如前所述,整个半岛几乎全部覆盖着一层深红或红黄花斑物质,凡是熟悉其它地区的红土矿者必定能认出这是红土矿,在某些地区,表面呈火山渣状,多数则是多孔状。表面很硬,须采用冲击钻机来钻开爆破孔。表层硬度愈往下就逐渐减少,直到深达7~8米处通常软到可以用麻花钻头钻孔。(开采时充分利用了这个特点,即先用冲击钻和垂直钻爆破孔,再从采矿面上部用麻花钻头水平钻孔),在矿山通称硬质表层为A层,在勘探阶段对底下的较软表层通称为B层,但目前很少对二者加以区分,因为B层多数是和A层一并开采的。诚然,硬度的变化也伴随着化学变化,B层通常含铝土比上层少。

深度约达8~12米时逐渐变成一种软的黄或浅黄色物质,叫做“软层”或C层。这一变化大略发生在潜水面位置,但潜水面却是按季节之不同而有所升降的。在A层/B层内自由湿度在11~13%就算很高了,但C层的湿度却约为38%。C层外观与普通红土矿截然不同,其结构相当均匀而不含气泡;在与B层接合处及附近它却开始变干而改观。此层厚度由2或3米直达180米以上,它并不粘手,但摸上去却象致密的细粉砂一般。

C层以下为纯橄榄岩。这种转变通常是突然的,在接合缝处或缝的上缘通常有一条主要的玉髓构成的硅质带,而蚀变层本身在某些局部却可能是高度硅化的。这种硅氧形成零星矿脉,它在纯橄榄岩顶面以上的C层材料内构成数米长的分枝。

偶而曾发现一种深色硬质针铁矿岩,含有无数肉眼易见的光亮晶体,用透镜就可辨认出是八面体。这种矿不规则地分布在地面上和开采面矿脉中。因它含铬高,尽量避开采。八面晶体多半是含铬尖晶石,偶而也可能是磁铁矿。为方便起见,可称它为尖晶石。

概 论

红土矿(及其高铝氧伴生物,铝土矿)在热带地区分布虽然广泛,但其成因的某些方面及至本世纪初仍处于争论中。近十余年以来土壤地质学家对于红土矿生成的知识有了重要进展,即使现在,对于红土矿,铁角砾岩以及褐铁矿诸名词的使用也会发生混乱。

1936年福克斯(Fox)分析表明这些岩石是“蠕虫状密高岭土,在其上部存在大量铁的水合物”。有相当数量的硅氧作为石英存在着。

根据本著者的经验,印度的其它地区存在着分布很广的红土矿矿床,却没有发育成密高岭土。这类产状的一部分主要是运积矿床,与底层岩石呈刀刃状接触,却也不是全部如此。

福克斯(Fox)认为红土矿是高岭土化后的一种“最终阶段”,而戴伊(Dey)氏把这种红土矿视为一种可以列入目前公认的红土矿材料一类之内的半成品。

戈登(Gordon)氏认为阿肯色(Arkansas)州铝土矿的高岭土部分中大部分的高岭土并不是生成水铝氧矿的半途阶段,而是水铝氧矿的进一步高岭土化所形成的。

拉克鲁瓦(Lacroix)氏认为科纳克里沿海洛斯(Los)群岛上从霞石正长岩蚀变化铝土矿的过程发生在单一的显微滑动空间内,但他也发现有变成塑性粘土的实例。戈登(Gordon)氏等认为阿肯色(Arkansas)州自霞石正长岩生成的矿床内的长石直接蚀变成微晶质水铝氧矿。

然而,萨博特(Sabot)氏声称,在红土化作用发生之前“几乎经常”发生泥质蚀变,主要变成高岭土,在末蚀变岩石与红土矿层位之间形成夹层,并引证了大量,范围很广的实例。在几内亚,他指出达博拉(Dabola)地方的红土矿内存在密高岭土带,从而推论说拉克鲁瓦(Lacroix)氏关于几内亚的自母岩直接蚀变成铝土矿的报导可能只适用于取自地面或附近的矿样。诚然,由纯橄榄岩过渡到C层的针铁矿是相当突然的,通常并不存在高岭土相。如前所述,只在很有限几个钻孔内发现由高岭土构成的2米以内的扁豆状矿体,而这种产状通常比目前的蚀变带的位置高许多。这些纯粹是局部现象,而其成因尚未经研究。一般来说,在科纳克里并不存在纯橄榄岩和硬壳之间任何阶段的高岭土相。

红土化作用主要是原地蚀变,导致残余红土矿的形成,其中组份仅仅在局部或内部搬运,但在地面上红土矿硬壳可能被机械破碎,搬运并再沉积,在某些情况下与其它物质,例如砂粒,相混合。弗莫尔(Fermor)氏,称这种类型为“次生红土矿”。在尼日利亚的因努古(Inugu)地方发现有大量这类矿床。

科纳克里矿床内硬壳的主要骸品物质可能是残余物质,而只发生过最低限度的搬运,但原有残余物质确曾经历过再溶解和再排列,如前面所指出,现今的硬壳大部分只是间接从纯橄榄岩导生的。

除了源岩以外,铝土矿形成因素与红土矿形成因素是很类似的。戈登(Gordon)氏等指出铝土化所需最佳条件包括:“能保证既热又潮的气候,在多数时间内降雨量须大大超过蒸发量”。他们又指出:“检验阿肯色(Arkansas)州铝土矿区的地质学证据之后所得结论是:从湿季干季交替的气候转变成持续潮湿的气候可能就是铝土矿形成期,当恢复到季节性干燥的气候时就表示该形成的结束”。

比较普遍的意见是:干湿季交替有利于红土矿形成。关键因素并不是降雨量的多少;在印度某些地区年降雨量56吋,而红土矿形成很顺利,而在科纳克里年平均降雨量为180吋,偶而达到260吋。始新世沉积所提供的连续降雨量证据,其说服力当然应当让位给目前正在印度和几内亚形成中的红土矿,这些地区普遍都是干湿季交替气候。认为连续降雨的现今热带地区有红土化介质在活动这可能是正确的;认为这个过程结束后产生广泛的硬壳矿,这一点在上述地区则不大可能。

1910年荷兰(Holland)氏建议,可能有细菌参与活动。迈年(Maignien)氏认为虽然土壤空气正常循环是不足的,微生物不得不利用其它氧气来源,尤其是三氧化二铁的氧,从而产

生还原作用。迈年氏研究了几内亚土壤内“铁细菌”的分布并列表计算了铁的还原细菌和成矿细菌。他发现后者大量聚集(但主要位于土壤最上面的5~10厘米处或“高铁”表层内),从而断定倘若还原现象是与生物活动相联系,则氧化现象主要属于纯化学反应。他又指出,某些细小的藻类活动,释放出少氧气泡,在泡上沉积着铁的水合物,这些藻类却是嫌氧生物,然而根据记载,在稍些深一些的地层却未曾发现过。可以认为,细菌活动即使在硬壳形成中起过部分作用,迄今却没有证据,说明在深层它曾起到作用。

红土矿(与铝土矿相比较)是一种比较短命的岩石,它生成快,衰退也快。在印度可以见到,原先是光秃的岩石上在一个季度内便生成了厚度可以测量到的红土矿层。科纳克里表层红土矿内发现有汽车线圈埋其中。亚历山大(Alexander)氏提到在新加坡的红土矿角砾岩内同样埋藏着大头瓶塞。它的衰退也几乎与它的生成一样迅速,除了侵蚀介质与气候的作用以外,各种三氧化化合物的溶解也促进了它的分解。

迈年氏观察到一但有植物生长在硬壳上,就会逐渐产生一层腐质土壤,它对于铁质胶结物具有强烈溶解作用。此时树木便能生长,其根系使表层彻底分裂。

对于红土矿寿命长短的估算差别很大,这种不稳定性足以表明可见硬壳的时代是相对短暂的。关于铝土矿寿命比较有把握。阿肯色州最早的铝土矿位于下始新世岩层以下或其中。铝土矿抵抗化学衰变的能力比富铁红土矿强,其原因显然是与铁相比铝氧的可溶性相对差。富铁红土矿在地质柱状图中是很少见的,除非作为一种现今存在的表面产状,但某些铝土矿的年代可以追溯到三迭纪,甚至泥盆纪。早期始新世铝土矿的生成条件对于铁质红土矿的生成也同样适宜,即指凡是有相宜源岩存在的地方。但红土矿作为个体似乎不能存在很久,以至于被以后的沉积物一并覆盖住。杜普里兹(dupreez)氏报导说尼日利亚一矿井在170呎深度,紧位于乍得(Chad)统(上更新世)底部之下发现红土矿,这种希腊铬铁红土矿上覆盖着上白垩纪石灰石。

在撒哈拉沙漠人类生存时期内,气候曾经是热而潮的,罗特(Lhoto)氏发现洞穴绘画,以及蒙诺德(Monod)氏介绍毛里塔尼亚马特马塔(Matmata)地方的个别潭池中仍然活着鳄鱼都足以证明此点。红土矿就生成在这种条件下。毛里塔尼亚西部撒哈拉沙漠中的古老德(Gourand)要塞附近,在克迪亚迪吉勒(Kedia)和(Idjil)西侧赋存着很厚的铁角砾岩阶地,其中的红土矿胶结物是由排列致密的硬质带状赤铁矿石英岩漂砾所保存。在喀佳(Kedia)地方生成的普遍红土矿,凡是不带包体漂砾的均已衰退,只遗留下几吋厚的零散小块,显然,完成这种衰退只需几千年。

据厄尔特(Oertl)氏计算,在果阿地区要生成20米厚的红土矿层,势必风化掉约780米厚的硅质片岩,这个过程须用780,000年,年平均侵蚀率达1毫米。他指出这20米红土矿层本身按同样侵蚀率会在20,000年内风化掉,结果在这地区便不会存在20,000年以上的红土矿。因此,即使自从白垩纪末期以来连续不断发生红土化过程,人们仍然不能断定在整个这个纪内必然会有红土矿硬壳作为个体沉积保存下来。

佛克斯氏把红土矿生成时间因素定为至少一百万年。威尔逊氏写道:“沙拉(Sala)山岭较高山峰顶部的硬壳虽然有一部分的年代达到中生代,仍有许多部分的年代要近一些,部分属第四纪”。

讨论乌干达红土矿时Pallister氏指出:“可以肯定高原残余处的红土矿是在第三纪中期生成的,或许比这更早”。但是,靠近湖边的较低部位处,红土矿中所发现的石器表明其生成年

代是下或中更新世”。

近年氏认为几内亚铝硅酸盐岩石的铁化蚀变，带有中间侵蚀阶段，其层序很可能被追溯到白垩纪。

科纳克里位于西非赤道降雨量最大的地区，却不能断定这种情况曾无限期的持续着。佐伊纳(Zeuner)氏在讨论非洲气象时指出，热质赤道(发生年辐射波动量最小的纬度)在很长的时期内其部位变化不大，但在另一些时期内它南北重复摆动多次，其摆幅高达 $10\sim 16$ 度(即地理赤道南北 $5\sim 8$ 度)。在剧烈波动时期，地理带，即现在的赤道降雨区很可能大大偏南或偏北，从而只获得其目前降雨量的一部分。但这种时期必然是短期的，而每21000年又交替着降雨量更大的时期……除了这类早期阶段以外，在235,000和70,000年前之间曾有过一段降雨量大而持续很久的时期。

佐伊纳氏认为这种气象解说是纯粹试验性的，不必认定降雨量的变化足以抑制，甚致暂时抑制红土矿表层的建造。可是在一段很长的干燥时期，纯橄榄岩几乎没有或很少有生成床C的蚀变。

红土矿在地底下的生成和在地面上的退化势必是同期发生的过程。如果做如下推断也不过分：即在洪水时期其生成率可能是每年1毫米，按此法推算、就科纳克里各种厚度的矿床而言，可追溯到上述很长的干燥期——在该期以内退化必然超过红土化进程。综合各种因素，近年氏追溯到白垩纪层序的说法似乎是过于长久，无此必要。设第四纪总共为一百万年，就无需回到第三纪去计算科纳克里铁矿床的生成时间。总之，任何时代的估算都是纯粹推理而已。

对于侵蚀介质的抵抗力弱而其中的铁又容易溶解，这些原因使人们在地质柱状图中很少见到红土矿床，但产生一个问题，象科纳克里这样规模的原先存在的沉积物，其中的铁哪里去了？断定这种沉积物早先没有产生过是毫无理由的。其唯一根本条件是存在着大量铁源，例如超基性岩，暖季风气候，可能还有铁细菌——这样的条件同时存在，在地球历史的整个过程中肯定是相当普遍的，在前寒武纪时代可能还是经常的。含铁物质的侵蚀能提供足够的铁以便形成大规模沉积铁矿床，这种概念无需详细发挥，可是科纳克里前寒武纪时代的30亿吨金属铁却足够成层带状铁建造所需的铁量，含铁达30%，规模达100亿吨。

巴西米纳斯吉拉斯的浅成铁矿石

J. V. N. 多尔

摘 要

巴西米纳斯吉拉斯州的铁矿石分为两类：(1)含铁平均品位66%以上的深成赤铁矿石，(2)低品位的浅成铁矿石。现在开采的是高品位深成铁矿石，但低品位浅成铁矿石在将来是有很大价值的。

所有的浅成铁矿石都是铁英岩风化后形成的，变质的氧化相含铁建造，平均含铁约38%，含二氧化硅(SiO_2)约44%。米纳斯吉拉斯州中部出露的考耶铁英岩绵延约540公里。浅成矿石分为三类：(1)富含铁的铁英岩，平均含铁40%，易精选，储量约250亿吨。(2)中等品位矿石，可能平均含铁63%，查明的和估计的储量在6亿吨以上。(3)铁角砾岩，平均含铁57~62%，储量有几亿吨。

硬而脆的铁英岩的崩解主要是由于其中石英的溶解，其次是其它可溶组分的溶解而产生的铁的残余富集并伴随着赤铁矿的少量水化作用。由于风化作用的继续，大部分石英被带走，更多的赤铁矿被水化，形成中等品位的矿石。褐铁矿的次生富集作用是很重要的。风化作用的最后产物是铁角砾岩。铁角砾岩中几乎全部的铁都被水化，岩石中二氧化硅进一步减少，三氧化二铝与磷残余富集。富铁的岩屑被褐铁矿胶结也可以形成铁角砾岩。

浅成矿石成矿过程受四种因素控制：(1)地貌，矿石都产在山脊和高地上；(2)气候，形成广泛的铁角砾岩覆盖层显然需要季节性的降雨；(3)原来铁英岩的颗粒大小，颗粒度大于0.1毫米的石英不易溶解；(4)含铁建造的成份。

化学性质不活泼、物理性质耐侵蚀的铁角砾岩的覆盖层对浅成矿石的形成是不可少的，因为软的风化产物一经形成就会被移走。因此，铁角砾岩为其它类型矿石的形成提供了时间。

在铁角砾岩中作为胶结物的褐铁矿，以及由于铁英岩的淋滤和赤铁矿的水化而导生的中等品位矿石中变富的褐铁矿使铁固定下来。铁可能以低价的状态移动，并作为不可溶的水化的高价铁氧化物而沉淀，主要是由于溶液的氧化作用，其次由于溶液在地表或靠近地表处的蒸发作用，更其次是由于PH值的改变。

资料证明，含铁66%以上的高品位赤铁矿不能直接由浅成作用形成。在形成铁的浅成富集的地球化学过程中也形成氧化铝和砷的富集。高品位矿石中含这些物质成分的比例与未风化的铁英岩中的比例同样低。