

稀有元素矿床地质

第 2 輯

含鈳鉄矿花崗岩

Ф.Р. 阿彼尔津 Л.Г. 費尔德曼 著

地質出版社

苏联地质部全苏矿物原料研究所

稀有元素矿床地质

第 2 輯

含鈷鉄矿花崗岩

Ф.Р.阿彼尔津 Л.Г.費尔德曼 著

地质出版社

1959·北京

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (ВИМС)

ГЕОЛОГИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Вып. 2
КОЛУМБИТОНОСНЫЕ ГРАНИТЫ
ГОСГЕОПТЕХИЗДАТ
МОСКВА—1958

本輯主要介紹一種新的、極有遠景的矽鐵礦床類型——含鈣
鐵礦花崗岩。

本輯中詳細論述了北尼日利亞焦斯高原含鈣鐵礦花崗岩的
一般地質條件、構造特征、焦斯高原北尼日利亞年青花崗雜岩
的特性、鈣鐵礦與不同岩相間的關係、尼日利亞年青花崗雜岩
中鈣的地球化學特點，以及鈣在表生作用帶的富集情況等。最
後提出了含鈣鐵礦疏松岩石的選礦及勘探方法。

稀有元素礦床地質

第2輯

含鈣鐵礦花崗岩

著者 Ф.Р.阿彼爾津 Л.Г.費爾德曼
譯者 房 立 民

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可証出字第050號

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 出 版 社 印 刷 廠

北京安定門外六鋪炕40號

印數(京) 1-3300冊

1959年10月北京第1版

開本33"×46"1/32

1959年10月第1次印刷

字數 42000

印張 15/8

定價 0.29 元

目 录

前 言	4
关于北尼日利亚铜铁矿-锡石砂矿床的一般情况	11
北尼日利亚焦斯高原及其附近地区的地 质 构造基本特征	15
焦斯高原尼日利亚花岗岩体及其特 性	20
尼日利亚年青花岗岩杂岩体不同相的岩石中的附生矿物及其不同特 性	27
尼日利亚年青花岗岩杂岩中的某些地球化学特 性	37
表生带中铌的富集	42
尼日利亚含铜铁矿疏松岩石的选矿及勘探方法特 点	44
结 论	50
有关尼日利亚含铜铁矿花岗岩主要文献目 录	53

前 言

本文的目的，是向广大地质界、矿山工程师及从事于钨-钼矿物原料研究的专家们介绍一种最重要的钨矿床类型之一——钨铁矿花岗岩。

在这个类型中，北尼日利亚最有价值。在其境内分布着焦斯高原等矿床，自其中以钨铁矿精矿形式开采钨原料的数量佔世界第一位，且钨铁矿中含有大量的钼。该区很早以前就以开采砂锡矿而著称。布里坦公司早在近百年之初就在那里开采砂锡矿。

顺便开采钨铁矿，不过是在第二次世界大战前几年才开始的。在战后发生的所谓冷战的年代里，它得到了迅速的发展。那时，恰恰是美国——精矿的主要收购者以高价（最近，每一公斤含钨和钼的五氧化物总量为60%的精矿价格为4.25美元）收买了其中絕大部分的矿物原料。这种情况，很明显地刺激了最近三、四年來在钨、钼矿物原料方面的开采。从中可看出，还在1952年对商品精矿的要求就大大的严格起来：当五氧化二钨、五氧化二钼之比为1:1，若混入物如二氧化钛及二氧化锡不超过8%，氧化铁不超过25%，氧化锰不超过13%时，每增长1%即增加0.02美元。

起初，在尼日利亚地区的开采对象仅为冲积-洪积砂矿床，最近几年重心才轉移到花岗岩的坡积-残积复盖层（花岗岩侵入体受破坏后的直接产物）及受不同程度风化的花岗岩基岩方面。可以确定，没有任何矿化标志的花岗岩可做为钨铁矿的直接来源，而最有开采意义的含钨铁矿岩石，为具有一定成分的花岗岩相岩石，其中钨铁矿为重要的附生矿物。在花岗岩出露的广大范围内，这种附生的钨铁矿是有工业意义的。

以下两点是很重要的。

1. 首先可以完全确定，含钨铁矿花岗岩有其独特的成因，

并且是一种重要的鉍矿床类型。

2. 事实証明，沒有理由認為尼日利亞含鈷鉄矿的松軟岩石系在亞热带独特的地壳风化成矿条件下，由于鈷鉄矿、錫石及其它重矿物富集而形成的一种罕見現象。它証实了在酸性火成岩中，在其較早期的结晶阶段，以附生矿物形态发生鈷鉄矿的堆积，在原則上是可能的。并且它說明，在該区内具有独特的气候条件下，也可能发现成因类型相似的矿床。完全有根据預期那些矿床可能是相当大的；如同尼日利亞的矿床实例所示，在那些矿床中具有合乎要求的鈷鉄矿的含量是完全有可能的。

最近几年来，与炭酸岩（含燒綠石）有关的鉍矿床开始起着巨大的作用，虽然如此，也决不能在任何程度上降低尼日利亞花崗岩的意义，对它的开采是有着很大的經濟效果的。

花崗岩內附生鈷鉄矿的高度富集，及自那种合乎要求的精矿中可以获得利潤，就使得我們特別注意在苏联境內寻着含鈷鉄矿的花崗岩，因为在苏联和尼日利亞相似的岩漿作用有着极其廣闊的分布。熟悉了尼日利亞花崗岩、它們的地質情况及与其伴生的矿化特性等，就可以帮助我們順利地寻找鈷鉄矿。

很自然，本書很注意北尼日利亞含鈷鉄矿花崗岩矿床，特別是对焦斯高原的研究成果。这些材料是摘自 F.A. 威廉斯、J.A. 米汉（Meechan）、K.L. 鮑洛（Paulo）、T.U. 約翰及 H.G. 魯希頓（Rushton）等人的論文集以及其它地質学家（主要是尼日利亞地質局）的著作。除区域地質特征及焦斯高原矿床特征外，本文中還簡要的論述了关于普查工作方法、样品的實驗室加工以及提取标准精矿等技术方面的知識。

在轉到主題以前，对鉍鉍矿物原料經濟地質範圍內的一些問題，作簡要的敘述还是有益的。

鉍及鉍可以广泛的应用在很多工业部門。目前主要是应用在黑色冶金方面，这儿，鉍的化合物以鉍鉄（鉍40—50%）、或以鉍鉍鉄（鉍及鉍60%）的形式广泛地用于生产特种耐热的鉍鉍鋼

方面。鈮的加入可以提高这种特种鋼的抗疲勞及抗變形（Ползучесть）的特性。沒有鈮和某些其它合金的加入，这种鋼就发生所謂粒間腐蝕。其實質，就是当高溫時鋼里的炭質与鉻形成化合物。假如其中含有鈮，則鈮优先与炭发生作用，这样就保證了金屬結構中晶面上保留有游离的鉻，从而就防止了在高溫下鋼的粒間腐蝕。鋼的抗蝕性在現代汽輪机及噴汽发动机方面是必要的，因为在汽輪机及噴汽发动机中，吸附作用是在高压下进行的，并且液体燃料的燃燒溫度可达数千度。

对于制造上述鈮化合物及鉍化合物來說，鈷鉄矿是最适合的矿物原料。

近来还发现鈮是一种制造高質量磁性合金的最有价值的附加物。在美国制造阿康瑪克斯-1型（Алькомакс-1）合金时，鈮附加物的用量为4%，这就使着它有較高的磁性。鈮的各种合金及鈮的炭化物广泛的应用在制造切削用具及其它金属加工工具方面。鈮在其它方面的应用也是很多的，并且也是很有名的。

在冶金、电工学、医学及其它方面，都广泛的运用鈮的各种合金。这种金屬，在現代的电工学、远距离控制及自动控制方面都有着极其重大的意义；鈮可用于所有的电子真空管中，鈮阴极及阳极网可在高电压及高溫下进行工作。

所有以上那些都造成对鈮及鉍矿物原料需要方面的扩大。仅在美国，1952年鈮及鉍的消耗量即达300—400吨。今后对它們的需要方面將有所增加。自1943—1952年間，美国每年自各国收購的鈷鉄矿精矿为500—2000吨（在該阶段內收購的总量为11000多吨）及鉍鉄矿100—250吨（在該阶段內收購的总量为2000多吨），那一数量佔所有資本主义国家产量的68%左右，其中80%左右是采自北尼日利亞。

同时美国本身对鈷鉄矿及鉍鉄矿的年采量却不超过0.5—1.5吨，尽管如此，美国境內的許多矿床却含有很大的鈮、鉍矿物原料儲量。其中可以提出的是阿肯色鈷鉄矿砂矿床，在該砂矿床

中，0.86%的重砂为銅鉄矿，其总儲量为4500吨。爱达荷州的庫特 (Коунть) 及爱莫尔 (Эльмоур) - 庫特 流域的砂矿床中以及該州西南部的其它砂矿床中銅鉄矿都高度的富集，且其中并伴生着独居石、鉄金紅石、黑稀金矿、銅钒矿及褐銅钒矿等。另外与碳酸岩及其它矿床中的燒綠石及等軸鉬鈣矿矿体有关的那些鉬矿床也是很有名的 (南达科塔、北卡罗来納、阿肯色、科罗拉多、瑪格涅特-考夫 [Магнет-Ков] 等，其中鉬及鉬的总儲量为5000吨。

上述資料可說明美国收購鉬和鉬的数量是明显的超过了它的消耗量，同时对它自己的矿床却完全没有开采。毫無疑問，可以看出美国把鉬和鉬是当作 战略 物資囤积起来的，恰恰在这一点上，連美国政府的官方人士也毫不隱瞞，他們認為鉬是“首要的战略物資”。議會中也曾宣稱，沒有鉬就不可能保証美国国防的需要。在这方面还可以借用一位軍事評論家的話：“假若說在我們国家的領土上，我們进行着飞机的生产那就不是事实了，因为飞机所需要的耐热合金是来自非洲” (指尼日利亞而言)。

包括在資本主义国家內的其它的鉬、鉬矿物原料資源 (各国的錫、鉬选矿厂中附帶的除外) 还有烏干达南罗得西亞及北罗得西亞、比属剛果、西澳大利亞 (烏日那Вуджина)、印度、玻利維亞、尼亞薩蘭 (契弗系的火山岩槿)、莫三鼻給 [思庫伯維赫尔 (Нкумбв Хилл)]、特兰斯瓦 [帕拉布拉 (Парабора)] 阿根廷、法属赤道非洲、馬达加斯加、馬來亞、挪威、葡萄牙及其它区的燒綠石 (碳酸岩的) 和銅鉄矿 - 鉬鉄矿 (主要是偉晶岩中) 矿床，其中不包括上述已指出的美国矿床。

上述区域中的矿床，其成因类型是不同的。如上所述，碳酸岩中燒綠石的意义虽然是在增長着，但各种銅鉄矿砂矿床及銅鉄矿 - 鉬鉄矿偉晶岩仍然是鉬和鉬的主要来源。假若把各种不同成因类型矿床中銅鉄矿及鉬鉄矿精矿开采規模进行对比的話，就可以相信这一点。

直到目前为止还没有得到有公认的铌、钽矿床成因类型的分类法。其实，工作中的分类表仍是可以采用的，这个表是由 A. H. 金兹堡^①编制的，我们又进行了某些补充。

一、重要的铌矿床（内生矿床）

I. 与碱性岩有关的岩浆矿床及变质交代矿床

1. 岩浆成因的铌钽钙铈矿床：产在层状构造的深成霞石正长岩中的霓霞岩、异性霞石正长岩及其它岩石中。

2. 与霞石正长岩-碱性正长岩-碱性花岗岩系碱性岩的自交代作用（Автометасоматоз）有关的岩浆后期矿床：

（1）钠长石-钠霞正长岩（霞石正长岩中钠自交代作用的产物）中的烧绿石-锆英石矿床；

（2）碱性正长岩及花岗岩岩浆后期钠长石化带中的复稀金矿、黑稀金矿、褐钨钒矿、曲晶石矿床；

（3）碱性岩及半碱性淡色花岗岩岩浆后期钠长石化带中的钨铁矿-曲晶石矿床。

3. 与碱性岩系（辉岩-霞霓钠辉岩-霓霞岩-磷霞岩）自交代作用有关的岩浆期后碳酸岩矿床。

II. 与花岗岩有成因关系的岩浆矿床

4. 黑云母花岗岩中附生的钨铁矿矿床（尼日里亚含钨铁矿花岗岩）。

III. 伟晶岩矿床

霞石正长伟晶岩（碱性伟晶岩）

① A. H. 金兹堡，稀有金属矿床成因类型，矿床勘探 №6. 1957 年。

A. H. 金兹堡，关于钽的某些地球化学特性及其矿化，地球化学 №3. 1956 年。

5. 含鈦鉬鈣鈾礦及鉬-鉍矽酸鹽的偉晶岩礦床。

正 長 偉 晶 岩

6. 含燒綠石、鈣鈾礦及石英的偉晶岩礦床。
7. 含鈦鉄金紅石及鈦鉄礦的偉晶岩。
8. 鈉長石化花崗偉晶岩的鈣鉄礦礦床。
9. 稀土元素的鉬-鈦酸鹽及鉍-鉬酸鹽偉晶岩礦床（費爾斯曼分類的第二類型偉晶岩）。

IV. 主要與半碱性的淡色花崗岩有關的汽成-熱液礦床

10. 含鈣鉄礦的云英岩。
11. 含鈣鉄礦及鈦鉄金紅石的石英—長石—絹雲母脈。
12. 白崗花崗岩中含鉬及鉍的脈狀錫礦床和鎢礦床（石英—錫石及石英—黑鎢礦）。

二、重要的鉍礦床（內生礦床）

13. 含鉍鉄礦-鈣鉄礦及含鉍鉄礦的鈉鉀花崗偉晶岩（根據費爾斯曼分類主要是第四類偉晶岩）。

（1）含燒綠石及鈣鉄礦-鉍鉄礦的鈉長石化偉晶岩（根據費爾斯曼分類為第五類偉晶岩中含鈉的亞類）；

（2）含綠柱石及鉍鉄礦的云英岩化偉晶岩（根據費爾斯曼的分類為第五類偉晶岩中的含鈉亞類）；

（3）含鈣鉄礦-鉍鉄礦鉀輝石偉晶岩（根據費爾斯曼分類為第五類偉晶岩中的含鉀亞類）；

（4）含有微晶及其它鉍鉄礦-六方鉍鋁石、鉍鉍礦、鉍鉍鉄礦的鈉長石化及鉀雲母化偉晶岩（根據費爾斯曼分類為第五類偉晶岩中的含鉀亞類）。

三、鉍-鉬礦床（外生礦床）

14. 鉍-鈣鉄礦殘積砂礦床及沖積砂礦床，常伴生有錫石（尼

日利亞、馬來亞)，少數情況下含有金（法屬赤道非洲）或稀土礦物及鈦酸鹽（美國西、南部諸州）。

15. 含大量鈮的鋁土礦床（美國）。

在上述分類中，並非所有成因類型礦床在現代都具有工業意義。其中根據鈮的富集程度，以岩漿礦床（含鈦鐵花崗岩）及含鈦鐵花崗岩或含鈦鐵-鉬鐵偉晶岩崩解區內的次生沖積砂礦床以及殘積-坡積砂礦床佔有重要地位。

近幾年來，自炭酸岩礦床中以燒綠石—等鉍鉍鈣石的精礦形式獲得鈮礦物原料的數量有所增加。

富含鉍礦物的精礦，主要是以塊狀體取自南羅得西亞、比屬剛果、澳大利亞及巴西等的偉晶岩礦床，那些礦床是鈉—鋰偉晶岩亞類（根據費爾斯曼分類為第五類偉晶岩）。從下面所列出的鈦鐵礦精礦（含五氧化鈮物不少於45%的鉍—鈮礦物的精礦）及鉍鐵礦（含五氧化鉍不少於40%）的精礦的世界生產量可以說明這一情況——關於各種成因類型的工業意義。自1918年至1938年鉍鐵礦-鈦鐵礦的世界開採量為：1918年2噸、1923年6噸、1928年30噸、1929年40噸、1932年12噸、1935年87噸、1936年356噸、1937年776噸、1938年938噸。

表1中提供了自1938年至1952年時期內按國家和礦床類型而劃分的資料。

自表1中可看出，鈦鐵礦和鉍鐵礦的開採量是極不平衡的，第二次世界大戰末開採量顯著增長，之後遂代之以下降，並且自1954年起又有了新的上升。近20年來鈮和鉍精礦的價格曾不止一次地發生變化，一公斤鈦鐵礦精礦的價格變化於1.5到4.5元範圍內，且大致為鉍鐵礦精礦價格的10倍。價格的那種變化與生產量沒有什麼直接的關係，倒是取決於原料的需要方面。很特殊的是，在第二次世界大戰末期鈦鐵礦精礦開採量最大的年代里，它卻保持有最高的價格水平。近年來，雖然開採量有了急劇的增長，原料價格卻重新達到了最高的水平。自表1中可看出，鈦鐵

矿砂矿床（其中可明显的划分出尼日利亞矿床）及鉬鉄矿偉晶岩矿床是供給世界市場的主要来源。

关于北尼日利亞鉬鉄矿 - 錫石 砂矿床的一般情况

世界上最大的鉬鉄矿矿床分布在北尼日利亞的焦斯高原地方^①。高原的絕對高度很明显的高出了其四週的地区1200—1300公尺；其面积为2000平方公里左右。其出露范围大致符合于所謂年青的尼日利亞花崗岩系的花崗岩类岩体之一。有完全可以开采的錫石、鉬鉄矿砂矿床及原生矿床产于其中。錫石及鉬鉄矿砂矿床分布在沿河流的比較廣闊的范围内，那些河流自高原流向四週比較低窪的地方，这样就把可采面积增加到7000—8000平方公里。因为在焦斯高原之北部、南部及西部都存在有类似的錫石和鉬鉄矿砂矿床，所以总的可采面积增加到28000平方公里。

长期以来，尼日里亞的鉬鉄矿就被認為是錫石砂矿床的有害混合物，是精煉錫石精矿时最討厭的东西。仅在30年代才开始順便开采鉬鉄矿。漸漸的尼日利亞成为世界上生产鉬（鉬鉄矿精矿）的首要地区。在1953年，尼日利亞佔資本主义国家鉬开采总量的95%。1955年，在全世界鉬生产量平衡中尼日利亞比重为85%，虽然如此，但那时自許多国家內的碳酸鹽矿床中以燒綠石精矿的形式获得鉬的量却有了很大的增長。那种情况，毫無疑問是由于美国政府（鉬精矿的主要消耗者，由尼日利亞联合錫矿公司所供給）保障了对精矿收購的固定价格——每公斤含鉬和鉬的五氧化二物的总量为60%的鉬鉄矿精矿为4.25美元——所引起的。由于战后新企业暫时的兴起，尼日利亞鉬鉄矿精矿开采量的下降遂代之以新的增長。在那以后，对那里的鉬鉄矿精矿的开采量明显的

① 在前几年的著作中，这个地区也称为包契高原或零菲茲（Тинфилс）高原。

各个区域各个成因类型矿床中钼、钼精矿的生产量 (吨)

表 1

矿床类型	国 家	主 要 矿 种	1938	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952*
砂矿床	厄日利亚	钼铁矿	540	815.6	2032.9	1597.6	1576.3	1307.8	1116.1	902	376	112.1	1315
	印度	"	—	3.6	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	法属赤道非洲	"	—	—	—	4.8	1	—	2.1	6.2	2.1	—	—
	玻利维亚	"	—	—	—	0.5	3.2	—	—	—	—	0.5	2.4
	马来亚	"	—	1.4	1.4	1.4	—	—	—	—	8.1	25.4	18.4
伟晶岩及其它类型矿床, 其中包括盐型矿床	南罗得西亚	钼铁矿	7.2	—	5.7	—	7.7	—	8.1	5.1	1.0	—	—
	比属刚果	"	135.2	151.2	294.6	198.2	168	158.2	145.5	116	135.3	95.7	104.9
	巴西	"	39.2	17.0	258.5	—	89.8	—	40.9	54.5	12.1	5.0	1.6
	黑德加斯加	"	—	—	—	0.1	—	—	—	—	—	3.9	47.8
	南非	钼铁矿	0.6	—	3.0	—	—	—	—	—	2	3	—
	南-西非洲	钼铁矿	2.7	—	0.9	—	—	—	—	3	6.1	2	—
	乌干达	"	9.1	—	6.9	6	1	1.3	1	4	3	6.1	2.7
	澳大利亚	"	20.5	—	11.2	—	0.4	—	6.1	2	7.1	2	—
	莫三鼻给	钼铁矿	—	5	5	1.5	0.2	—	—	0.3	6.2	6.2	—
	阿根廷	"	—	0.8	0.1	0.5	—	—	—	0.5	—	—	—
	美国	"	17.5	2.6	1.5	0.5	2	—	0.4	0.5	0.5	0.5	2.5

* 1954年厄日利亚钼铁矿精矿开采量最高并达到2689吨。

超过了第2次世界大战结束时所达到的规模。

尼日利亚铜铁矿精矿产量的变动及其与全世界资本主义国家内铜铁矿、钼铁矿精矿开采总量的对比列于下表中(以噸計)。

年 代	1938	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1954
尼日利亚开采量	540	816	2093	1598	1576	1308	1116	902	876	112	1315	2689
世界开采量	938	1340	2474	1839	1771	1498	1339	1135	1112	1294	1544	3594

近几年来,关于铜铁矿开采情况的官方统计几乎没有公布,仅在少数例外的情况下刊载在报章刊物上。如所周知的,例如1956年尼日利亚铜铁矿的开采量较之1954年增加一倍。

就钼而言,目前含铜铁矿花岗岩具有世界重要的经济意义,焦斯高原区在采矿工业的发展历史上写下了重要的一页。

焦斯高原范区的锡石是由尼日利亚矿物局的工作人员于1904年—1909年间在焦斯、卡诺、诺萨拉万(Носсарава)及扎里亚诸省内某些相互间距很远的区域中所首先发现,于1909年在高原上开始了锡石的工业开采,那时尼日利亚公司的工作人员在捷里米(Делими)及里弗(ривер)河流域查明了在经济上有利的锡石。锡矿开采企业的发展速度是极其蓬勃的,假若在1909年尼日利亚开采锡石公司为一个,锡的年采量为465吨,那么1919年开采锡的公司就有八个,其生产总量为18744吨。

还在1916年,就预料到在锡矿冲积砂矿中有铜铁矿的存在;一种光亮的黑色矿物被定为铜铁矿,它妨碍了锡石精矿的精选。在1916年,威廉斯借助于测角仪的测量确定其为铜铁矿。但在那几年间,仍然认为它是锡石精矿中有害的混合物。甚至在1933年,当时分出的铜铁矿单独的用为钼原料,它的价格还长久的停留在低于锡石价格的水平上。由于对它在砂矿中分布的特性、扩散量及进入到砂矿中去的原生矿的来源还完全没有进行研究,所以在那个时候,很自然的认为铜铁矿是一种得自锡石砂矿床中的不重

要的附帶產物。

最初，根據對錳鐵礦需要的增長，開採規劃可以借助於古老的廢礦堆中獲得錳鐵礦來滿足，那些老廢礦堆是在選取含錳砂礦過程中堆積起來的。當那些廢礦堆消耗完後，開始了砂礦床中對錳鐵礦來說有遠景區段的開採，並且對錳鐵礦疏鬆沉積組織了大規模的普查。在1944年，錳鐵礦成為較之錳石來說比較有價值、有意義的產物，並且開始成為焦斯高原（包契高原）錳開採方面經濟局面不穩定的“必要的穩定器”。在最近，主要是在尼日利亞砂礦床中獲取錳鐵礦。甚至在1954年，錳鐵礦的開採量有 $2/3$ 系來自砂礦床中，自富含錳鐵礦花崗岩風化帶中的開採量僅佔 $1/3$ 。

由於在砂礦床中經常有錳石及常常有黑鎢礦、鈦鐵礦、鉍英石及其它礦物與錳鐵礦伴生，所以認為偉晶岩及內成石英脈、網狀脈以及伴隨它們的云英岩帶為錳鐵礦的唯一來源，直到1954年，才推斷錳鐵礦系來自偉晶岩及云英岩，並且當上述脈狀建造風化或剝蝕時，與錳石一起堆積成砂礦床。但這個觀點是不能解釋巨大的鈦的砂礦床及其在北尼日利亞分佈局限性的現象。由於當時除偉晶岩的及云英岩的類型外，對原生錳鐵礦的其它新類型，缺乏任何世界性的文獻，因而尼日里亞砂礦床仍認為是一種類似於所熟知的（通常是不大的）在含錳鐵礦偉晶岩發育區內常見的砂礦床，且由於特別有利的气候條件及地理條件而達到宏偉的規模。

1945年，在焦斯高原西部岩體內黑雲母花崗岩的薄片中發現了錳鐵礦。經專門研究後，證明它是黑雲母花崗岩原生的伴生物，在後來的變質交代作用中完全不受影響。到1952年，含錳鐵礦花崗岩雜岩體得到了很好的研究，所以單獨的确定了錳鐵礦與年青花崗岩系的一定岩相間的重大關係。那些花崗岩通常處在劇烈破壞的狀態中，其中錳鐵礦含量是如此之高，以致於不僅從理論的觀點出發（錳鐵礦沖積砂礦精礦的原生來源的新成因類型），

并且直接从实际——如从钨铁矿石价格的观点出发，都激起了很大的兴趣。

还在1953年，自风化花岗岩中获得的钨铁矿数量就估该年年采总量的1/3。近几年来，那种风化花岗岩在焦斯高原钨铁矿开采量的总平衡中有着日益重要的意义。根据砂矿床中储量的消耗，花岗岩的作用将要提高，何况焦斯高原风化花岗岩中钨铁矿的储量显然在相当的时期内决不可能开采完，其中还未计及到在年青花岗岩的其它岩体中出露的类似矿床的远景，那些年青花岗岩在北尼日利亚区有着广阔的分布。

在沒有涉及到焦斯高原地質构造研究史的細节以及其中錫、鋁、钨铁矿矿床地質的細节前，仅指出那些关于区域地質方面重要的且十分完备的著作首先是“尼日利亞地質局”首任局长的資料(1919)年及J.D.法康涅尔(Falconer 1921年)的“塞菲茲高原地質”一文首先刊载于尼日利亞地質局的公报上。高原地質构造的各个方面，以后曾具体地刊载在尼日利亞地質局工作者的許多論文中，R.A.麦克基伊(Mackey 1949) R.格林烏德(Greenwood 1945)，J.E.罗金翰(Rookingham 1949)及其它地質学家。以后由W.N.麦克-里奧德(Macleod) 1952年)对尼日利亞年青的含钨铁矿花岗岩杂岩体进行了詳細的研究及填图，于1952年，將焦斯—布庫路(Джос—Букуру)年青花岗岩杂岩体地質图說明書公布，是由尼日利亞地質局出版的。

北尼日利亞焦斯高原及其附近地区 的地質構造基本特征

尼日利亞北部，即众所熟知的尼日利亞高原，为一經受了新基米里(上新統)及阿尔卑斯构造运动的古地台型的地質构造，那些新构造运动很明显的影响了那一地区的地壳构造。在尼日利亞高原內的絕大部分地区中，发育着前古生代的沉积建造，它

們在前寒武紀构造运动及火山作用的影响下而經受了高度的變質。

格林烏德 (R. Greenwood 1945) 把全部前古生代形成的高原划分为片麻狀結晶片岩建造及古老的花崗岩建造, 那些古老的花崗岩都与片麻岩相伴生, 且都已片理化。在前寒武紀的片岩——片麻岩杂岩体中 (近海沉积建造), 格林烏德分出了透輝石-石榴石大理岩、斜長角閃岩、石英絹云母片岩、空晶石-紅柱石片岩及其它片岩。

古老的花崗岩穿入上述地层, 而其本身則大部分变为片麻岩; 其中可分出广泛发育的等粒狀及斑狀黑云母花崗岩、二云母花崗岩, 其次为石英閃長岩。除上面所列举的變質标志外, 古杂岩体, 被一种特殊的石英-紅柱石-硅綫石脉所穿插, 那么, 就能使那些深成杂岩体很明显的与尼日利亞年青花崗岩杂岩体相区别。

尼日利亞花崗岩之时代定为中生代上白堊紀前, 为深成相的花崗岩类岩石以及与其相似的淺成岩。复杂的岩漿杂岩体的岩石聚生在同一杂岩体中, 按照体积, 其中明显的是黑云母花崗岩的大量分异出来, 其次为花崗正長岩、二長岩及輝長岩 (它們构成某些岩体的边緣部分)、鈉閃石花崗岩、石英斑岩及花崗岩-斑岩 (与花崗岩呈逐漸过渡状态) 以及其它脉岩。成分上复杂的年青花崗岩体与其周圍的那些前古生代的岩体在結構上是不同的, 并且由于它对剝蝕作用具有很大的稳定性, 所以根据地形也可以很清楚的把它們分別开来。尼日利亞高原範圍內主要花崗岩类岩体的分布位置表示在它們的理想分布图中 (图 1), 該图是摘自 F.A. 威廉斯等 (1956) 的論文中。

关于年青花崗岩侵入体的形成, 格林烏德划分了以下四个阶段。

1. 不大的侵入体及微晶輝長岩脉, 它們主要由拉長石、假象鈣閃石 (几乎完全交代了普通輝石) 以及氧化鉄組矿物組成。岩