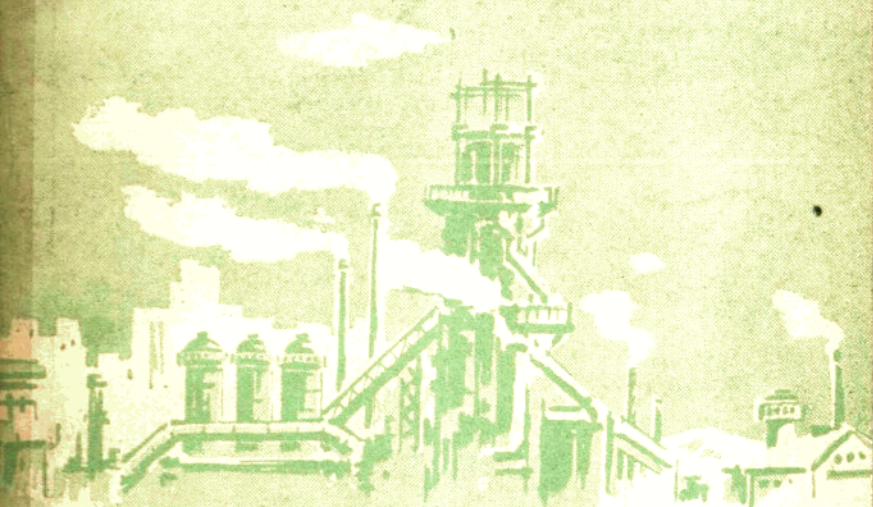


工业矿物原料丛书



铌和钽

Е.Ф.吉夫 А.И.瓦依森别尔格著

于志鸣等译

中国工业出版社

本書系苏联地質部全苏矿物原料研究所主編的“对矿物原料質量的工业要求丛书”(требования промышленности к качеству минерального сырья)(为簡便起見,我們簡称“工业矿物原料丛书”)的第49册“鉍和鉭”的第二版(выпуск 49, ниобий и тантал, издание второе) Е. Ф. 吉夫(Е. Ф. Зив)和 А. И. 瓦依森别尔格(А. И. Вайсенберг)著。苏联地質部科技書籍出版社1959年出版。

Авторы выпуска Е. Ф. Зив и А. И. Вайсенберг
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
К КАЧЕСТВУ

МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
СПРАВОЧНИК ДЛЯ ГЕОЛОГОВ

ВЫПУСК 49
НИОБИЙ И ТАНТАЛ
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1959

• • •
工业矿物原料丛书

鉍 和 鉭

于 志 鳴 等 譯

•
地质部地质書刊編輯部編輯(北京西四羊市大街地質部院內)

中国工业出版社出版(北京德勝門外10号)

(北京市書刊出版事業許可證出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行·各地新华書店經售

•
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $1^{3/4}$ ·插頁1·字数38,000
1962年3月北京第一版·1962年3月北京第一次印刷
印数0001—0910·定价(11-9) 0.31元

•
統一書号: 15165·1317 (地质-135)

第二版原序

以“工业矿物原料丛书”这个总名称出版的地质人员参考书，是由全苏矿物原料研究所主编，并且由国立地质书籍出版社出版的。这套丛书第一版的编写和发行大约是10年以前的事情了。

对这套丛书的需要量很大，很快就销售一空。为了满足地质人员的要求，全苏矿物原料研究所已经根据苏联和国外科学技术的新成就着手丛书第二版的编写工作。写作大纲仍然与从前的相同。

在丛书中将要简单扼要地阐明矿产的性质和应用范围、矿物成分、矿床类型、工业矿石类型和初步加工方法以及对工业矿石的技术要求（标准、主管机关的技术条件、生产实践的資料，等等）、样品和标本的野外研究方法、表示该采矿工业部门发展动态和当前状况的最重要的经济資料。

丛书将针对每一种矿产分册出版，篇幅从1到3印张。总计大约有50册。

本丛书第二版各册的编号，不管出版时间的先后，一律保持第一版的顺序。

目 录

第二版原序

一、总述，性質及应用·····	3
二、鈮、鉭的地球化学特征和矿物·····	10
三、鈮和鉭的矿床·····	20
四、矿石和精矿的加工·····	32
五、对鈮鉭矿石、精矿及其金屬的工业要求·····	38
六、矿石質量的試驗·····	42
七、鈮鉭工业在資本主义国家·····	47
参考文献·····	52

一 总述, 性質及应用

鈮和鉭属于Д. И. 門捷列夫周期表第五族的第二副族化学元素。鈮（鈮）于1801年为英国化学家哈切特在鈮鉄矿（鈮鉄矿的英文名称，以其发现地点〔北美〕命名）矿物中发现。

1802年瑞典化学家埃克別尔格在一个芬兰矿物内发现一种新的元素，他称之为鉭，因为这个元素对酸异常稳定。而且在分解这个矿物时遇到很大困难^①。含新元素的矿物称之为鉭鉄矿。由于鉭和鈮的性質頗为近似，故此，长期以来都被人們認為这是一种相同的元素。仅在1844年間德国化学家罗茲在某一个矿物中发现了类似埃克別尔格所鑑定的鉭的元素，根据他的意見，还发现了一种他称之为鈮的新元素。似乎哈切特的鈮和埃克別尔格的鉭并不是純粹的元素，而是这两种元素的混合物。

长期以来鈮（鉭）都保持了两个名称：“鈮”（Gb），通用于美国和某些西欧国家，“鉭”（Nb），通用于苏联和其他許多国家，自从1950年以来規定以“鉭”作为统一的名称。

鈮和鉭具有相近的化学和物理性質，而且分离它們是化学工艺中最复杂的問題之一。

①鉭的英文名称为 Tantalum，来源于 Tantalus 一字。希腊神話中謂 Tantalus 系Zeus之子，他因洩漏父亲的秘密，被罰立于湖中，渴而欲飲，則水退，飢而欲摘悬于头上之果，則果上升，故以此神命名該元素，借以譬喻該元素分解时遇到的困难。——中譯本編者注。

1866年馬林雅克提出利用氟化物方法分离鈾和鈾；这种方法一直应用到現在，变化不大。博尔頓首先提取出了純淨的这些元素：1903年制取了鈾，而1907年則获取了鈾。在工业上鈾于1922年开始进行生产（美国），鈾則开始于1928年。

鈾和鈾是一种灰鋼色的金属；鈾稍帶淡藍的光彩。鈾和鈾的近似以及它們在自然界中共同存在是由于这些元素的原子半径和电子层构造、离子化电位和晶体构造相似。鈾和鈾的主要特性列于表1。

两种金属的特点都是熔点和沸点高，电子发射功能低，这說明它們具有电子放射的能力，它們也有高温时吸收和保持气体（氧、氮、氢）的能力以及抵抗盐酸、硫酸、硝酸和其他侵蝕剂作用的高度稳定性，其中包括一系列熔熔的金属。

鈾和鈾具有塑性，在室温下加压力易于加工处理，焊接方便。它們可以同許多元素組成极其珍贵的合金。在酸性电解液中鈾和鈾只是通过一个方向放射电流。鈾（根据最新材料）和鈾在生物組織中不会引起熾烈的反应。鈾具有重要的核子特性——夺取热中子的短軸横截面和最重要的人工同位素蜕变的短周期。

鈾和鈾相互形成了連續系列的固体溶液，而且这两种金属的合金在所有的浓度間隔中都是塑性的，很稳定，侵蝕性介質对其不起作用，并具有純金属的其他珍贵特性。鈾和鈾的这种特性具有很大的实际价值，因为在許多技术部門中都可以用鈾和鈾或純鈾的合金代替純粹的鈾。

置于空气中，保持在室温条件下两种金属都很稳定；鈾在温度 200° 以上开始氧化，鈾在 400° 以上才开始氧化。如果

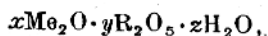
氢为它们所吸收，则形成一种脆性的氢化物。在铌钽的金属尾矿进行加工时，根据这种脆性可以将密实的毛坯变成粉末。在真空中加热氢化物至600°温度以上，可以赶走氢，并还原成金属本身原来的机械性质。温度在600°以上可以吸收氮，这就形成了氮化物。铌的氮化物在15°K时具有超导电的性质。它十分稳定，能够抵抗盐酸，硫酸，硝酸以及沸腾时的王水的作用。

在热浓盐酸和硫酸中钽比铌稳定。这两种金属皆溶于氟氢酸，并迅速地溶成氟氢酸和硝酸的杂质。碱性热溶液对铌钽溶解得很显著，在熔炼的强碱中它们迅速地发生氧化，并形成钠盐或钾盐，铌酸和钽酸。钽具有良好的抵抗浸蚀的特性，尤其是在淬火之后。

铌钽最重要的化学化合物是五氧化物，钠，钾和其他金属的铌酸盐及钽酸盐，含钾的氟化络盐，氯化物，碳化物，氢化物。除了五价铌钽化合物以外，还有这些元素的低价化合物（I，II，IV）。

五氧化二铌和钽是一种白色的固体，无味、无臭。通常它们都是当作加工金属精矿时的中间产物获得的；而且在空气中灼烧金属，灼烧氢氧化物以及利用其他方法也可以获得它们。灼烧过的五氧化二铌和钽不溶于水，而且几乎不溶于强碱和矿物酸中，氟氢酸则除外。

如果五氧化二铌和钽与各种金属的氧化物一起熔融时，或者氢氧化铌钽被碱性溶液处理时，就可以获取铌酸盐和钽酸盐。最重要意义的有难溶于水的钠盐和易溶的钾盐。这些盐的通式为



式中 Me——有关的金属；

铌和钽的主要特性

表 1

	铌	钽
原子序号	41	73
原子重量	92.91	180.88
同位素(天然的)*	—	180.181
原子容积	7.32	10.9
原子克拉克值	2.4×10^{-3}	2.1×10^{-4}
原子半径, Å	1.46	1.46
离子半径, Å	0.69	0.69
结晶构造	空心立方体	空心立方体
格架周期, Å	3.294	3.296
20°C时的比重, 克/厘米 ³	8.5	16.6
熔点温度, °C	2415	2996
沸点温度, °C	3300	5300
0—100°C时的单位热容积 小卡/克·度	0.065	0.034
20—100°C时的热导电性 小卡/厘米·秒·度	—	0.13
20°C时的电阻, 10 ³ 欧姆·厘米	13.2	15
电化学当量, 毫克/库仑	0.1926	0.3749
发射功能, 伏特	4.01	4.10
离子化电位, 伏特	6.77	7.3 ± 0.3
夺取热中子的横截面 靶恩/原子	1.2	20
磁性	顺磁的	顺磁的
金属具有超导电性的温度, °C	-263.8	-268.8
退火片的强度范围, 千克/毫米 ²	33.8—41.5	31.7—45.7
弹性系数, 千克/毫米 ²	10600	17830
退火片的布氏硬度, 千克/毫米 ²	75	45—125

* 此外, 尚可获得很多的铌和钽的人工同位素(26)。

R——铌或钽。

铌和钽的氟化络盐: 钾的氟—钽酸盐 (K_2TaF_7), 钾的氟—铌酸盐 (K_2NbF_7) 和钾的氧—氟—铌酸盐 ($K_2NbOF_5 \cdot H_2O$) ——都是在加钾盐于氟氢酸的氢氧化物溶液中形

成的。分离铌和钽的工业方法是以钾的氟-钽酸盐和钾的氧-氟-钽酸盐溶解度不同为基础的。

铌和钽的氯化物 (TaCl_5 , NbCl_5 , NbOCl_3) 是在氯或其他氯化剂作用于金属和氧化物时获得的。 NbCl_5 熔点温度为 204.7° ; TaCl_5 为 216.5° ; 沸点温度相应地为 254° 和 239° ; NbOCl_3 升华的温度为 400° 。铌和钽的氯化物具有很大的吸湿性, 并倾向于水解作用。

铌和钽的碳化物 (NbC , TaC) 是在温度 $1600-1900^\circ$ 下利用五氧化物和碳还原的方法获得的。两种碳化物都有硬度高 (NbC 的显微硬度为 2055; TaC 为 $1200-1547$ 千克/毫米²) 和熔点温度高 (NbC 约 3780° 左右; TaC 为 3880°) 的特点。两种碳化物都不溶于酸, 在空气中温度约 800° 时开始氧化。铌和钽的应用范围列于表 2 (根据美国 1952 和 1953 年的材料)[30]。

铌和钽 (尤其是前者) 在冶金工业中应用很广泛。铌可以当作合金钢的一种成分, 用于不锈钢、工具钢、耐热钢、耐热钢、抗蠕钢, 防蚀钢和合金。铌呈铁-铌状 (50—60% Nb) 加入钢中。铌是高矫顽磁性合金重要的组成部分, 它也可用来炼制铝、铜、钼、锆及其合金。铌和钽的碳化物可以加入到某些牌号的极硬合金, 耐热合金和铸造碳化物的成分中。铌的硼化物用于生产耐热合金和耐火材料, 而它的硅化物则用于制造耐热的金属烧结合金。

由于熔点温度高, 蒸气压低, 并且有高度的发射能力以及低压情况下吸收和保持气体的能力, 因此铌、钽可以作为制造电子真空仪器零件的上佳材料。两种金属都可作为气体吸收剂 (吸气剂), 以维持电子真空仪中的深真空。钽和铌可以制造“热附件” (加热零件) ——电子管, 尤其是强发

射管的阳极，簡热式阴极及其他零件。在电子真空技术中不仅可以利用純粹的鈹和純粹的鈳，而且还可以利用它們相互合成的金屬。由于鈹具有形成稳定阴极氧化层的能力，以及对酸性电解質的不活动性，因此可以将它用于电解整流器。具大表面的多孔的鈹（例如，第一次焙烧之后得到的金屬）可以用于制造自动恢复的电解質电容器以及火花保險装置。

結合高度防蝕的特性，强度高，可塑性和热传导可以将鈹利用于化学仪器制造业。1942年美国曾以80%金屬鈹制成的仪器供应生产酸的工厂。

美国鈳、鈹供給机构
(需求总量的百分数)

表 2

应 用 部 門	鈳		鈹	
	1952年	1953年	1952年	1953年
不銹鋼生产	60	73	28	46
有色金属的专门合金	30	18	—	9
硬質合金的生产	5	4	16	9
銲接金屬的电焊条生产等	5	5	—	—
电子真空工业	—	—	25	17
用于电子管	—	—	18	10
“ “ 电容器	—	—	7	7
化学工业	—	—	20	18
外科医术	—	—	5	1
合成橡胶	—	—	6	—
总 結	100	100	100	100

鈳在化学工业中的用途远景很大，因为它具有近似于鈹的防蝕特性，但是有几乎减小二分之一的比重。鈹和鈳的合金同样也有很大的远景。

鉍可以当作結構材料用于核子技术中，因为它在王水中很稳定。最近从原子动力工程方面对鉍的兴趣越来越增强了，鑑定証明純度高的鉍适于制造原子反应堆工作条件时防鉍的保险套。鉍在这一部門利用的可能性是由以下几个因素决定的：它在用于冷却反应堆的熔化鈉、鉀、鈉与鉀的合金、鋰、汞、錫、铋中的稳定性，夺取热中子的短軸横截面、高温熔点、和很低的蒸气压、高度的热传导性、塑性以及同鉍“和睦共处”的性能[47]。

鉍可以当作結構材料用于放射性尾矿的装置中，这是因为鉍在它爆光时发生的人工放射性很小的緣故。它也可以当作合金元素用于金屬鉍表面上的一层氧化物的稠密保护薄膜。这种合金約有7%的鉍，甚至在溫度350°不含游离氧的水中也是极其稳定的[51]。由于鉍的高度防蝕性及其在生物組織中不易引起可燃反应的性能（与生物組成“和睦共处”的性能）可以将它用在医学工业上。在某些生产过程中它可以代替鉑。

鉍和鉍在溫度較高的情况下主要具有超导电的特性。这在最近时期可以将它們利用来制造計算机的电子管。

鉄、銅、鎳、鉍、石英、氧化铝、石墨等制成的各种物件都可以鍍上鉍和鉍，而且它們的化費一般都不大的。

鉍和鉍的碳化物用于硬質合金生产中，鉀的氟-鉍鉄矿可以当作催化剂——用于合成橡胶的生产，五氧化二鉍——用于紅外線照相术中，鉍和鉍的氧化物——用于生产具高折射系数的專門光学玻璃，少量鉍鉍还可以用于其他一系列部門中，随着技术发展它們的用途将日益增大起来。

二 鈮、鉭的地球化学特征和矿物

Nb和Ta的化学性質近似（參閱表1）闡明了它們的地球化学相似，共同参加地質作用过程和經常共同存在于同一种矿物里。从Nb和Ta的情况来看，在周期表中可以知道它們与很多元素，特别是与Ti, TR, U, Th, Zr的地球化学性質相似。

自然界中广泛分布有綜合性的化合物——含U, Th, TR的鉭鈮酸盐和鈦鉭鈮酸盐，鈮和鉭主要以六次配位的方式加入于其中。在这些化合物中Nb和Ta以类質同象的方式被鈦置換。

除了单独矿物以外，鈮和鉭也以混入物状态存在于Ti, Zr, Sn, W等矿物中，例如存在于鈦鉄矿、鈣鈦矿、鋯石、錫石、黑鎢矿等矿物中。鈮和鉭在这些矿物中的存在形式并非总是很清楚的。

不久之前人們認為、Nb和Ta呈类質同象混入物状进入Ti, Zr, Sn, U及W矿物的晶体格架中。最近几年的研究証明，很多情况下錫石中鈮鉭含量的增高都是与这些元素个体矿物的显微包裹体有关[15]，而高含量的鈮鉭，有时甚至是黑鎢矿中的鈳也可能是由于 $\text{Sc}(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4$ 型鈳鉄矿或鈳鈳鉄矿混入物引起的[13]。

在地壳中鈮比鉭分布更为广泛，但是这些元素的克拉克值（參閱表1）暂时还不能算作最后定論[18]。可以設想，鈮以及少量鉭的克拉克值應該比表1中指出的情况大大地增长，因为最近几年在岩漿岩（花崗岩）和碳酸岩矿床中发现了規模巨大的这些元素的聚集体。

鈮鉭含量之間的比例[52]平均（在地壳中）等于11.4，它們含量的比例在成分不同的岩漿岩及其脈狀新生岩中變化十分顯著：超基性岩為16、輝長岩為17.3、花崗岩和閃長岩為5、正長岩為15、霞石正長岩為387[52]。

從超基性和酸性一直到礫性岩漿發現鈮鉭含量都有總的增長趨勢。在每一個岩漿雜岩體內Nb和Ta的含量都是在岩漿旋迴終了時發生增長的，及至偉晶作用末期增長更多。以燒綠石-微晶石[5]和鈮鐵礦-鉭鐵礦[11]為例，確定了在晚期岩漿成礦作用過程中鉭的地球化學作用比鈮增長的大。

鈮和鉭地球化學演變史的重大差別在於：鉭只是大量集中於晚期花崗偉晶岩里，而鈮不僅在花崗岩（以及與其有關脈狀產物和晚期岩漿產物）中發生聚集，而且主要還是聚集在礫性岩以及與其有關的脈狀充填物和交代體中。

這種差異闡明了岩石是各種不同的，在這些岩石中見有Nb礦床，它富集於鈉長石化霞石正長岩及其偉晶岩中，而且也富集於含燒綠石的碳酸岩、含鈦鈮鈣鈾礦的異性霞石正長岩等。同時鉭的富集只在鈉長石化花崗偉晶岩中有獨立的工業意義。

在花崗岩中大量的鈮鉭都分散在鈦鐵礦和黑雲母中，其間Ti（部分）為Nb和Ta所取代[19]。在花崗岩中酸性岩漿演化的最後幾個階段有時則形成鈮鐵礦-鉭鐵礦組的單獨鈮-鉭礦物，而且在數量上達到巨大的工業價值（尼日里亞）。

在花崗偉晶岩中Nb和Ta形成了單獨的礦物，主要屬於鈮鐵礦-鉭鐵礦組，其間Nb:Ta的比例不同，這一點是與這些元素在原始岩漿中的比例有關，也就是與地球化學省的特點有關。

礫性花崗岩、花崗正長岩、正長岩以及它們的偉晶岩都

有高含量的TR, U和Th, 其間主要有成分复杂的矿物: 鈮鈮矿、褐鈮鈮矿、黑稀金矿、复稀金矿, 間或有烧綠石型的鈮鈮酸盐(尼日里亚的鈮閃花崗岩)。

在霞石正长岩中Nb的主要部分, 看来都呈类質同象混入物分散在各种主要矿物和副矿物: 异性石、鈦鉄矿、榍石、褐硅鈮鈮矿, 以及暗色矿物(輝石、閃石等)中。个别情况下, 在这些岩石中与Ti和TR一起, 也形成了单独的鈮矿物——鈦鈮鈣鈾矿。在这些岩石的伟晶派生物中形成了各种不同的矿物, 主要是含Ti, U和TR: 烧綠石、鈾鈮鈮矿、易解石、鈮鈣矿、鈦鉄金紅石、胶綠层硅鈾鈮矿、綠层硅鈾鈮矿。

在硷性-超基性岩中 鈮和 鈮几乎不能形成独立的矿物, 并且主要都分散在鈮矿物中: 鈦磁鉄矿、鈣鈮矿、鈾鈣鈮矿、鈮鉄矿, 偶而也分散在鎢石中。

在伴有强烈硷性交代作用(主要是参与伟晶岩和侵入岩中鈮質交代作用)以及碳酸交代作用的岩浆过程的最終几个阶段見有高度富集的鈮、鈮呈鈮鉄矿、鈮鉄矿、烧綠石出現, 而碳酸岩中只呈烧綠石出現。

在主要与花崗伟晶岩有关的成矿作用較晚期的热液阶段中Nb和Ta的富集迅速下降。这些元素的独立矿物很稀少, 它們两者主要都分散于Sn和W矿物中: 錫石、黑鎢矿等。在风化条件下Nb和Ta的矿物十分稳定。

含Nb和Ta的矿物計有130种, 但是其中只有80种是单独的鈮鈮矿物, 其余則含有这些元素, 呈混入物状出現。大部分鈮鈮矿物都是成分复杂的, 也有少部分是简单的无水氧化物, 这些矿物在最近的結晶学研究方面都是当作 ABX_3 , ABX_4 , AB_2X_6 , $A_2B_2X_6$ 和 $A_mB_nX_p$ 型氧化物进行研究的。

式中 $A = \text{Na, Ca, Fe}^{2+}, \text{Mn, TR, U, Th, Pb, Bi}$; $B = \text{Nb, Ta, Ti, Fe}^{3+}, \text{Zr}$ 和 $X = \text{O, OH, F}$ 。

硅酸盐意义次要，因其所含的鉬鈮主要呈混入物状。

从独立的鉬鈮矿物来看，实际上可以应用的有：鉬铁矿-鉬铁矿、烧綠石-微晶石和鈦鉬鈣鈾矿，有时也利用黑稀金矿、鉬錫矿、六方鉬鉛石、鈦鉄金紅石。从其中鉬鈮呈混入物状的矿物来看，具有实际意义者为：鈦铁矿、金紅石、鈣鈦矿（鈦鉬鉄鈣矿）、榍石、錫石和黑鎢矿。

独立鉬鈮矿物的重要特性和鑑定标志都列于表 3 中。

鉬铁矿和鉬铁矿为一系列純鉬和純鈮之变种的边缘矿物。

在鉬铁矿中 Nb_2O_5 的理論含量可能达到 82.7%，而 Ta_2O_5 的含量在鉬铁矿中达到 86.1%，但实际上鉬-鉬铁矿的成分却要复杂些。Fe 在鉬铁矿中經常伴随着 Mn，并比 Mn 占优势，但在鉬铁矿中 Mn 比 Fe 占优势。除此之外，在它們之中經常有混入物 Sn, Ti, W, Zr, Th 和 U，同样也有 Ca, Cu, Mg, Co 和 Y。甚致在同一矿床的情况下鉬-鉬铁矿类的矿物成分都可能发生变化。

在本类的端員矿物之間存在着（按化学分析資料）过渡变种，关于这一点，一些学者認為是在鉬铁矿和鉬铁矿之間完全和所限制之类質同象混合的証明，而另一些学者[11]則認為是某些純成分的机械混合物。同时鎢石、独居石和細晶石之斑晶，由于它們和板鈦矿的结晶相似性都[11]認為混入物状的 Ti 是以类質同象进入鉬-鉬铁矿的晶体格架中，虽然在一种情况下，为鉬铁矿中未知铁矿物的分枝貫穿脉之不同被証明了。

下面列出鉬-鉬铁矿中基本元素（以氧化物計算）含量

(%)的变化:

Nb_2O_5	5.04—77.0	SiO_2	0.48—7.20
Ta_2O_5	2.0—84.0	Fe_2O_3	痕跡—1.57
SnO_2	到 0.54	FeO	0.69—18.59
TiO_2	痕跡—6.78	MnO	2.14—15.0
ZrO_2	0.13—0.54		

錳-鈮鉄矿、錳-鉭鉄矿和鈮鉭鉭鉄矿是鈮鉄矿和鉭鉄矿的变种。

鈮-鉭鉄矿組的矿物常見于花崗伟晶岩中并与后期矿物鈉长石、鋯石、錫石、細晶石以及其他矿物一起，有时这組矿物也見于硷性和鈉长石化花崗岩中。这組矿物有着很大的实际意义。鉭鉄矿是获得工业鉭的重要来源，鈮鉄矿也是获得鈮的較重要来源之一。

烧綠石和細晶石，烧綠石的組份是不稳定的（表4），这被解释为烧綠石和細晶石无限的类質同象。同时，在烧綠石中 Ta_2O_5 的含量不超过10%，而 Nb_2O_5 的含量在細晶石中不超过百分之几[5]，因此，完全的类質同象在这个范围内是不存在的。看样子，其余的类質同象是多种多样的——在阳离子部分： K^+ , Mg , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sb , Pb , TR , Th , U 和在阴离子： Ti , Sn , Fe^{2+} , W , S , Zr 。这組矿物，尤其是 U 和 Th 是多种多样的，它們經常处于非晶質状态中，但在灼烧后，它們还原成结晶体并能照到非常清楚的粉末照象底片。

这个組矿物不同种类是很多的：鉭烧綠石、等軸鉭石、鈮鉭鉭矿、鉭-鈮鉭鉭矿、黑鉭鉭矿、黄鉭鉄矿、鈣鈮水石、富鈮烧綠石、鈮鉄鈮矿、鈮鈦鈮矿、鈦-鈮鈦鈮矿、鈮鈦鉛鈮矿和斜方鈦鈮稀土矿。

烧綠石和等軸鉭鈣矿主要是見于碳酸岩中，这些碳酸岩

是与超基性—硷性岩体有关，在这些岩体中，它们与斜锆石、含铀的方钍石、磁铁矿、磷灰石、蛭石等伴生。大多数的烧绿石、钼烧绿石和铀钼矿生于霞石正长岩及其伟晶岩中，在那里，它们在位置上和成因上都与钠长石化地段有联系，并与黑云母、钛铁矿、榍石、锆石、方解石等矿物伴生。在花岗岩中很少见到烧绿石，而细晶石则见于花岗岩伟晶岩中并与铌—钽铁矿、曲晶石等矿物伴生。

在烧绿石—细晶石中主要元素含量的变化 表4
(以氧化物计算%)

烧 绿 石		细 晶 石
Nb ₂ O ₅	37.54—65.60	痕跡—7.74
Ta ₂ O ₅	0—5.86	68.43—77.0
SiO ₂	0.09—3.78	
TiO ₂	0.83—12.25	0—1.58
SnO ₂	0.25—0.55	0.8—4.0
ZrO ₂	0.53—4.99	
ThO ₂	0.26—9.28	
Fe ₂ O ₃	0.36—4.30	
ΣCe ₂ O ₃	0.66—13.33	0.17—4.20
ΣY ₂ O ₃	0.24—11.34	0—0.23
Bi ₂ O ₃	—	0—3.25
UO ₂	0.20—12.90	0—4.21
UO ₃	0.43—10.68	0—1.59
CaO	2.82—20.01*	10.48—15.03
Na ₂ O	2.52—6.93	1.66—5.13
H ₂ O	0.47—11.55	0.71—5.70
F	0.49—4.31	0—2.85

* BaO 0.93%，Sr 到 1.07%。

从工业意义上来讲，烧绿石是铌的重要来源之一。在新墨西哥（美国）开采着不多量的细晶石。