

## 加拿大铌钽矿床的新近评价

作为矿点分类的235处,其中伟晶岩168处,余者为碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体或未确定类型。由于五十年代初首次查明了地质特征的这些杂岩体,使它成了矿业生产最有希望的来源。一九六一年以来,在魁北克的奥卡由圣劳伦斯铌公司和金属公司从碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体中开采出铌(烧绿石)。从一九六九年开始,由加拿大铌矿业公司从曼尼托巴的别尔尼克湖的大型分带伟晶岩中回收钽(钽锡矿)。

### 历史

加拿大铌钽资源的发现和勘探经历了九十年(1882—1972)的历史,并且涉及到全国许多地方。最初,铌钽矿物被视为矿物珍品;后来从其他商品的副产品中回收铌钽。这样逐步发展起来,如今成了至少是两个矿山的主产品。多年来,找矿工作局限于花岗伟晶岩中,后来扩展到科迪勒拉的某些砂矿和曼尼托巴的别尔尼克湖的分带花岗岩,并采掘出大量产品。

矿物珍品阶段是从铌钽矿的鉴定和G.C.霍夫曼(1882)报导了魁北克贝尔奇尔地区的梅松诺维伟晶岩样品的化学分析开始的。随后,由H.V.埃尔斯沃斯(1932)证实了矿物单体;他也报导了在安大略东南部和魁北克西南部的铌钽矿物是来自许多其他伟晶岩中。

开始于20年代末的时期,是以加强寻找锡的工业矿床为特点的,其结果在曼尼托巴的别尔尼克湖、麦肯齐区的耶罗奈夫博利欧河地区查明了一些伟晶岩。虽然锡的工业矿床未曾找到,但在研究伟晶岩中却发现了铌钽矿物的新产地。

一九四〇至一九四五年,即第二次世界大战期间,在加拿大矿业集团中开始加强铌的找矿,其结果在耶罗奈夫博利欧河地区发现了许多含钽伟晶岩,并于一九四三年对其中的一些进行了研究,生产了少量铌铁矿精矿和其他矿物。在一九四六至一九四八年期间,由德斯塔法尼钽有限公司、铌钽有限公司、佩格钽有限公司及弗雷达一号地区生产了五吨精矿。

一九四七年联邦法改变了行情,加之工业上生产的盖革和闪烁计数器的应用,掀起对找铀矿的极大热潮。铀的找矿集中在萨斯喀彻温的阿萨巴斯湖、苏必利尔湖、安大略的其他地区以及西北地方等地。同时重新检查了格伦维尔岩,特别是帕里桑德和班克罗夫

特地区的伟晶岩。大量的伟晶岩与侵入到格伦维尔岩系中的花岗岩伴生,是这些地区的特点。这些伟晶岩体久已小规模地开采过长石、云母和石英。寻找新的铀矿床的狂热,导致A.H.兰(1952)和R.B.罗(1958)在这些点的露头 and 废石堆上发现了许多铌钽矿物产地,但是没有获得铌钽精矿的工业产品。直到一九四九年,当在麦克维特区发现放射性时,在奈梅戈斯地区做过少量工作。尔后涉及到烧绿石矿物,这是一种含钙和稀土的钛铌铁矿,通常含少量铀和钍。进一步工作在碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体中圈定了铌钽矿储量。

一九五二年末,住在奥卡附近的一个农民F·曼尼发现了放射性露头,并把含磁铁矿的放射性岩石标本寄到加拿大地质调查所。在那里鉴定出有钽和烧绿石-细晶石系列矿物存在。一九五三年把另一个样品送到蒙特利尔地方矿业科实验室,鉴定出稀土磷酸盐矿物-铈磷灰石。上述远景地区用地面、航磁和地质踏勘圈出。借助于放射性测量和磁异常,与碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体伴生的矿化,以及杜弗赖逊山放射性矿脉的发现,于一九五九年在周围许多地区进行了标桩。从那时起,圣劳伦斯铌公司和金属公司扩大了奥卡矿山,并于一九六一年作为世界上最大的烧绿石精矿产地开始生产。

J·斯特罗勒于一九五二年底在尼皮辛湖曼尼托岛的碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体某些露头上发现了放射性。这种岩石比以往采集并送化验的普通样品有更高的放射性。渥太华的布兰西矿山和安大略矿山科都报导了岩石中含有相当于0.07~0.12%氧化铀。地质调查所的矿物研究鉴定铌钽矿物为烧绿石-细晶石。一九五三年二月博卡格矿业有限公司取得了被肯迈和范克利夫所保有的曼尼托岛资产权,同时下了竖井,采了选矿研究用的大样,估算了储量并急待开发。

航空测量的广泛应用,在安大略和魁北克发现了若干磁异常,随后的地质踏勘验证是碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体。

由多米尼翁湾有限公司做的航空测量圈定了安大略的奈梅格斯和拉克内湖杂岩体,同时与安大略联邦政府对詹姆斯湾低地的联合踏勘,找到了莫索尼南部的杂岩体。奇库蒂米的索克姆北部所做的航空测量,找到了魁北克部分的圣霍诺里杂岩体。用同样的方法在别的地方也发现了一些杂岩体。地面的地质踏勘验

证了其中许多杂岩体有烧绿石矿化存在。多矿物公司的奈梅戈斯产地和统一莫里森勘探有限公司在詹姆士湾低地北杂岩体产地圈定了铌的储量,在合适的市场情况下铌的巨大储量是有经济价值的。

应用地面仪器寻找铌矿,导致不列颠哥伦比亚的哥尔登地区放射性砂矿和该省的曼逊河、伊塞河及布鲁河含烧绿石碳酸盐岩的发现,但没有计算可供现在可采的足够储量。

一九六六年十月,谢马洛矿业有限公司请求国际有限公司确定蒙特加利伟晶岩的钽储量。

## 地 质

铌钽矿物产于五个地质环境中,其中两个具有经济意义;在改变市场购买的情况下,第三个也可以成为开采对象。这些地质环境包括:碱性花岗岩、土壤、砂矿、伟晶岩和碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体。

残积层(或土壤)包括铝土矿、红土以及覆于含铌铁矿-钽铁矿的结晶岩石或碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体上部的各种复土。在结晶岩石中可有碱性花岗岩、花岗伟晶岩、正长岩和正长伟晶岩侵入。热带风化作用分解大量岩石,在原地改造深度可达300英尺,铌钽矿物绝大部分富集于30英尺以上的部分。在冰川的作用下不发生扰动和再沉积,或由于深部风化和侵蚀作用而不产生广泛搬运的这种土壤,在加拿大这种条件是罕见的。

砂矿形成于上述原岩、风化作用和水搬运条件兼备的地区。像钠长石-黑云母-铌铁矿花岗岩、钠长石-钠闪石-绿泥石花岗岩和花岗-正长伟晶岩这样的岩石,是金属矿物的主要来源。化学和机械风化作用的配合,能生成含铌铁矿或烧绿石等矿物的砂和砾石。这种条件对热带气候更为典型,而加拿大西部的科迪勒拉那样的温暖气候,却很罕见。具有流动水和坡度变化的水系使矿物富集于富矿带中,也是同样重要的。除已知的现代非固结锡、铌砂矿外,大概在砂岩和砾岩中还可能古砂矿能够找到并供开采。

在含黑云母和钠长石的碱性花岗岩中,铌铁矿-钽铁矿与磷钇矿、日光榴石、褐钇铌矿伴生;有时烧绿石见于黑云母和钠闪石、钠长石花岗岩中;在其他花岗岩中,铌铁矿、钽铁矿通常与钨辉石、钨云母、绿柱石、锡石和钽榴石中的一个或几个共生。在曼尼托巴的别尔尼克湖开采钽锡矿——一种含锡的钽铁矿变种;这种矿物还见于西澳大利亚的伟晶岩中。另外,据报导在一些花岗斑岩和细晶岩中有褐钇铌矿、钽钇矿、易解石和烧绿石。在加拿大这种矿床未必有经济价值。

这些矿床和矿点与酸性和碱性结晶岩地区有关,它们的内部和外部构造及岩层出露于其中。岩株和岩基的收缩与矿脉和伟晶岩体充填的断裂系统有关;角砾岩和接触变质带,是要找的某些构造。考虑到结构、构造变化,规模的变化以及由于分异或交代作用导致内部分带不够复杂,应对伟晶岩进行专门研究。分带的花岗伟晶岩判明是非常丰富的铌钽资源。

结晶岩、片麻岩及麻粒岩岩层中的碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体露头与加拿大前寒武纪地质的情况类似。在一些地区他们还与碱性火山岩有关,但证据也许是很少或是不充分的。碳酸盐岩与碱性正长岩可互相伴生,也可不伴生。碳酸盐岩和碱性正长岩,二者在成分上变化均很大,含有不充足的硅,而硅酸盐岩石富钠。含霞石的正长岩、煌斑岩和爆发角砾岩经常出现。这种杂岩体或多或少地被变质带包围,其中围岩被富含钠的角闪石和辉石及碳酸盐所交代。这种岩石通称为长霓岩。

## 找 矿 方 法

由于放射性元素铀、钍与铌、钽天然伴生的结果,使得许多铌、钽矿点可借助放射性探测发现。奥卡和纽曼岛矿床即是早期最著名的发现。布加勃砂矿也是用地表仪器检查出来的。航空放射性测量探测仪器的不断改进,促进了该法的应用。这种方法成功地被应用于踏勘本国前寒武纪稳定地盾区的区域断裂线附近的领域。圣安特雷和圣霍诺雷杂岩体,就是上述方法配合找到的。规模不大的圆形或封闭的异常往往是碱性正长岩-碳酸盐岩杂岩体所固有的特征。

磁铁矿与碱性正长岩和铌矿化伴生,促进了找矿中航空和地面磁测的应用,并导致迄今不知道的碱性杂岩体的发现。航磁测图可用于检查常呈圆形封闭的小异常,因为这些特征发现了安大略的大比弗豪斯、施利布特湖和阿尔发-B等杂岩体。

一旦需要验证地球物理异常,必须用诸如地质踏勘、槽探、地表揭露以及金刚石钻探等手段进行评价。在杂岩体基岩出露不好的地区,地震测量(配合冲击钻或不用冲击钻)有时用于评价不固结的复盖层之深部。

有的铌钽矿物产地用物探方法难以查明。例如,含铌铁矿的伟晶岩,不能从周围的花岗岩、片麻岩或沉积变质岩中区别出来,除非周围岩石的磁铁矿含量比伟晶岩体高。充分检查花岗岩岩基边缘的航空照片,可能有更好的效果。像曼尼托巴的别尔尼克湖蒙特加利伟晶岩,用地球物理方法仍然发现不了。

对已知的碱性杂岩体及其周围环境,必须注意铌

## 以造岩矿物的含铁性作为硫化矿床矿化强度的标志

本文叙述的是苏联萨亚克组矿床\*的情况。萨亚克组矿床赋存于同名的地堑—地向斜的东部和中部。后者由萨亚克系中石炭统海相沉积组成，不整合地产于中古生代，局部于前古生代基底之上。上述沉积层为一组不等粒的花岗质砂岩、复矿砂岩和钛磁铁矿砂岩、砾岩、凝灰—泥砂岩、火山凝灰岩和岩屑凝灰岩、灰岩以及灰质砂岩。在塔斯蒂库杜斯克系剖面中（据Г.И.布尔杜科夫）灰岩与灰质砂岩组成明显的碳酸盐层，个别地段厚度达100—120米。

萨亚克地堑—地向斜中之火山—沉积岩被花岗闪长岩、闪长岩及花岗岩成分的侵入体所切穿，其中以花岗闪长岩占绝对优势；同时为许多成分变化不定的辉长岩和闪长岩直至斜长斑岩系列的岩脉所切穿。成矿前和成矿期的压得很紧的构造环境产生了广泛发育的扭转变形断层型陡倾的（70—80°）断裂网，其走向以北东向（早期断裂）和北西向（较晚的断裂）两个方向为主。

在侵入体外接触带或稍远的地方火山沉积岩遭到强烈的角岩化和砂卡岩化。在矿田内有钾长岩、钠长岩、绿帘石岩、方柱石交代岩；硅灰石砂卡岩、辉石砂卡岩、辉石—柎榴石砂卡岩及柎榴石砂卡岩；电气石交代岩、斧石交代岩和绿帘石—石英—方解石—绿泥石交代岩。

斑铜矿—黄铜矿矿石和磁黄铁矿—黄铜矿矿石是主要的有工业价值的部分，其大多数集中于柎榴石砂卡岩和辉石—柎榴石砂卡岩中，少数分布于绿帘石岩和绿帘石—石英—方解石—绿泥石岩中。

柎榴石砂卡岩分布最广，呈层状产出，少数呈交错状。在与花岗闪长岩的直接接触带上有不规则的厚层柎榴石砂卡岩体产出。外砂卡岩分布最广。柎榴石砂卡岩由均质与非均质变种之钙铁柎榴石—钙铝柎榴石系列柎榴石组成，而以后者为主。辉石—柎榴石砂卡岩通常由均质柎榴石（50—90%）和辉石（10—50%）组

成。在这些砂卡岩中，间或有柎榴石、磷灰石和斜长石颗粒。通常，辉石—柎榴石砂卡岩遭到较晚期的岩浆期后的蚀变——绿帘石化、绢云母化、硅化和碳酸盐化。

绿帘石岩在柎榴石砂卡岩和辉石—柎榴石砂卡岩中呈透镜状、囊状和细脉状到处都有分布。绿帘石沿柎榴石最为发育，局部形成厚度达5米的绿帘石带。在德扎木巴斯矿床南部，绿帘石岩构成厚度达12米的层状岩体，长200米。有时绿帘石与石英共生（石英—绿帘石岩）。此外，具有绿帘石与方解石、阳起石、钾长石共生的特点。

对交代岩石的含矿性及其与主要造岩矿物（柎榴石、辉石、绿帘石、绿泥石）含铁性间的相互关系作了研究。确定了构成富矿（含铜平均品位>1%），贫矿（含铜平均品位<1%）及不含矿（铜<0.1%）的同类交代岩变种的矿物含铁丰度的差异。

钙铁柎榴石与钙铝柎榴石系列的柎榴石成分，应用图解法（格列尔，1962）根据比重（d）、结晶格架常数（参数a）和折光率（N）三个参数来确定。比重用显微校正法测定（谢尔巴克、卡柳金娜，1967）。参数a在全苏矿物原料研究所伦琴结构实验室测定，折光率N用贝克显微油浸法测定。

测定结果（资料见表）证明：在矿体和弱矿化的柎榴石砂卡岩及辉石—柎榴石砂卡岩中，柎榴石平均含72%的钙铁柎榴石分子和28%的钙铝柎榴石分子。无矿砂卡岩里，钙铝柎榴石分子含量急剧增高（达57%），即其含铁性减少。对所研究过的矿床（萨亚克Ⅰ、萨亚克Ⅱ、萨亚克Ⅲ、莫尔迪巴伊、德扎木巴斯）而言，获得的结果都是正确的。

辉石—柎榴石砂卡岩及辉石砂卡岩中的辉石属于透辉石—钙铁辉石系列。辉石的成分在ПІІМ—1型显微镜下用折光率法测定。下表表明在辉石—柎榴石砂卡岩和辉石砂卡岩中，矿化强度与辉石含铁性有明显的依存关系。在强矿化的砂卡岩中主要是铁辉石占优势（56%），含贫矿化的砂卡岩中的辉石有29%为钙铁辉石，而不含矿的砂卡岩中辉石总共只占9%。

\* 萨亚克位于苏联中亚哈萨克境内，巴尔喀什湖之北。萨亚克组矿床为一组砂卡岩型矿床。

——译者

钼矿化的勘探。在主要为前寒武纪时代的稳定地壳区内，应该沿断裂线寻找新杂岩体。碱性正长岩—碳酸盐岩杂岩体在平面图上呈圆形至椭圆形，并产生他们特有的磁异常和放射性异常。从图上或航空照片上看，多呈圆形或新月形。特殊的岩石和内部构造型

式，使其鑑定比较简单。钼主要是从这种杂岩体或其风化产物的堆积物中开采的。

摘译自《Canadian Mining Journal》，  
1972, Vol.93, №.4

晋麓译 梁国校