

铀矿勘探地质

(会议论文集)

原子能出版社

内 容 简 介

本论文集系选译自国际原子能机构出版的《铀矿勘探地质会议论文集》。

主要内容：不同类型的铀矿床；铀矿成因理论的探讨和有利的找矿标志以及各专业小组的专题报告。许多论文附有讨论意见。

本论文集可供从事铀矿地质工作的科技人员以及有关人员参考。

铀矿勘探地质

(会议论文集)

原子能出版社出版

原子能出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

(限国内发行)



开本 850×1168¹/₃₂ ·印张 10³/₁₆·字数 267 千字

1978 年 6 月北京第一版·1978 年 6 月北京第一次印刷

统一书号: 15175·103

定 价: 1.15 元

目 录

| | |
|--------------------------|--------|
| 铀矿床的分布和铀矿勘探的有利地区 | (1) |
| 南非前寒武纪含铀砾岩 | (16) |
| 法国原子能委员会研究的主要含铀区的地质概况综述 | (39) |
| 波希米亚地块的热液铀矿化 | (69) |
| 美国铀资源的特点 | (78) |
| 葡萄牙的铀矿床 | (89) |
| 纳米比亚斯瓦科普蒙德附近的罗幸铀矿床 | (101) |
| 南格陵兰钠质霞石正长岩中的低品位铀矿床 | (111) |
| 碱性火成岩中铀的产状 | (120) |
| 索马里布尔地区阿利奥格勒放射性矿物产地 | (127) |
| 意大利中部第四纪碱性火山岩中的喷发-浅生铀矿化 | (134) |
| 铀分布的成矿构造控制 | (143) |
| 阿根廷沉积铀矿床的形成条件 | (163) |
| 美国的铀矿卷 | (167) |
| 日本小沉积盆地中的铀矿产地 | (182) |
| 意大利阿尔卑斯二迭纪和早三迭世铀矿床成因特点 | (191) |
| 用地质产状作为勘查铀的标志 | (203) |
| 在寻找铀矿省和主要铀矿床时应考虑的某些地质概念 | (221) |
| 晶质铀矿形成的热动力条件 | (239) |
| 关于含铀矿化流体的研究 | (254) |
| 利用砂岩的颜色作为普查铀矿的标志和解释矿床的成因 | (271) |
| 英国勘探区选择的准则 | (287) |
| 铀矿床类型及其找矿标志(专业小组意见) | (299) |

铀矿床的分布和铀矿勘探 的有利地区

(加)H.W. 利特尔

加拿大开采的铀矿床有四种类型：砾岩，含有简单矿物的热液脉和浸染体，含有复杂矿物组合的热液脉和浸染体，以及伟晶岩。所有矿床均产在加拿大地盾的边缘。

目前已圈定的矿床及其著名的矿床附近新矿体的范围，是在埃利奥特湖，班克罗夫特和比弗洛支。此外，在加拿大几个新地区中发现了一些有希望的矿床标志，这些矿床有上面的类型，也有未报道过的新类型。矿化作用已在萨斯喀彻温省的西普雷斯山脉和基瓦廷地区的帕德莱与贝克湖有过报道，但是在基瓦廷只完成了少量钻探工作。已发现的比较有希望的矿床在萨斯喀彻温省的拉比特湖，拉布拉多的马科维克-凯波科克地区以及其他一些资料尚未公布可供利用的地区。

新的发现证实了对铀矿床某些类型有利环境的一些预测，例如，早元古代含黄铁矿的砾岩无论在哪里发现，都不同程度含有铀，但是，晚元古代的类似的砾岩则没有。褐煤铀矿床正在预测是有利的渐新世地层中进行钻探。在加拿大地盾，新发现的矿床有伟晶岩型、脉型和交代矿床型，这些矿床类型是产于早已指出在岩性和(或)构造上是有利的地区内。

加拿大矿床的分类由兰、格里菲思和斯特西等人^[1]修改过(见表)。主要的更改是花岗岩矿床在此仅被认为是大的深成岩体，而开采的班克罗夫特矿床原先分类是作为花岗岩和正长岩矿床，在本报告分类是作为非带状的伟晶岩。第二个变化是与碱性侵入体有关的铀矿化大部分是在碳酸盐岩内，而不是在与大多数碳酸盐岩伴生的蚀变霓长岩内。褐煤矿床已被分类作为砂岩矿床的一种

类型，其他的类型是卷型矿床，这种卷型矿床尚未肯定的鉴别出来。

由于篇幅所限，本报告对砂矿、白云岩、磷块岩、页岩和碳氢化合物矿床的讨论将省略，因为这些矿床近年来在加拿大没有调查。

在表中的第一组矿床由不常见的含铀花岗岩组成。花岗岩的平均铀含量估计在 3 和 5 ppm 之间变化。在科罗拉多州弗朗特山脉(前山)的拉拉米岩干的平均铀含量是 7.6 ppm^[2]，新罕布什尔州的康韦花岗岩的平均铀含量大约是 15 ppm^[3]。在加拿大仅有一个花岗岩采用近距离间隔的金刚石钻探取样，那就是魁北克省约翰·比茨地区(圣皮埃尔铀矿有限公司的矿产地)。在一个大的红色花岗岩体中，已圈定了几条小的、不规则的伟晶岩带，其含铀量比正常花岗岩要高些。这些带中的最大一个带是 1000×2500 英尺，已探测的深度达 150 到 300 英尺。在这个带内用酸浸出的铀平均含量是 70ppm。其他带没有这么大，含铀量稍微高一点。已鉴定出有晶质铀矿的微细晶体，这些晶体紧密地与磁铁矿伴生。

在安大略省法弗拉布尔湖附近的一个类似的花岗岩中，铀含量可能高，但是岩体没有进行足够的取样^[4]。迄今已报道的所有含铀高的花岗岩都是在加拿大地盾发现的，虽然其他地区也有可能发现，但是按照目前的价格未必有一个地区能达到可采品位。

伟晶岩矿床在加拿大仅提供生产铀的 4% 或 5%，在 1964 年估计只占加拿大储量的 2%。然而，对它们进行了相当详细的研究，这种研究程度高于所证实的生产潜力，因为近年来对它们进行了大量勘探活动。C. J. 沙利文在最近一次报告中指出了采取这种政策的理由，他认为只要水冶技术取得进展，这种矿床的低品位矿石(0.03% U_3O_8)，一样可供大规模的开采。

非带状红色伟晶岩主要产在班克罗夫特地区(见图 1)。含矿伟晶岩是红色的，另外还遭受了局部的“红色蚀变”。有一个复杂的矿物集合体产出，该集合体通常以碱性长石、纤闪石、石英、铀钍矿、晶质铀矿和褐帘石作为特征。休伊特曾指出^[5]，闪岩作为一种主岩在化学上和物理上很重要。

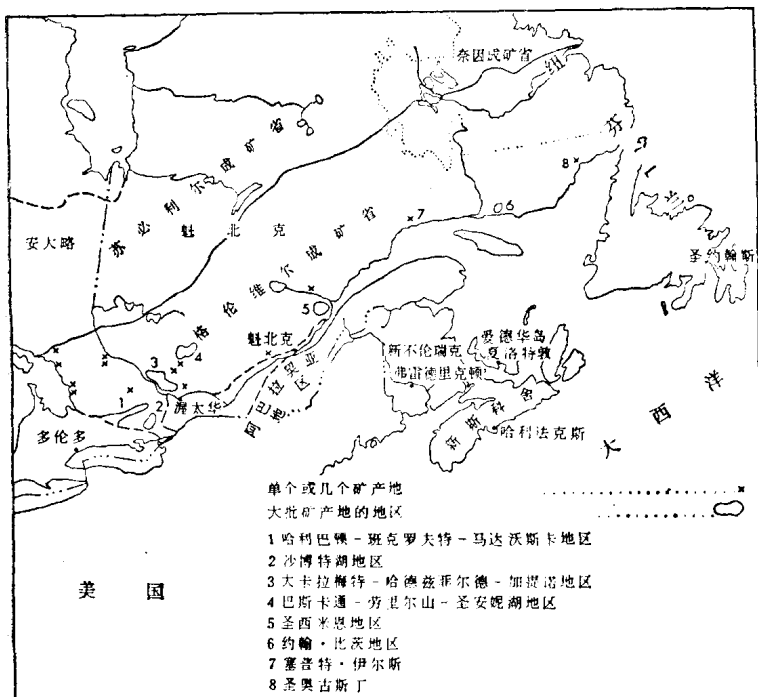


图1 格伦维尔成矿省的伟晶岩铀矿床分布图

在别的地方,红色伟晶岩并不常见,但是除了含放射性成分最丰富的褐帘石外,都类似于班克罗夫特的伟晶岩,并且花岗片麻岩是最常见的主岩。红色伟晶岩有些地方过渡为带状伟晶岩或者方解石-磷灰石-萤石脉。

非带状白色伟晶岩在格伦维尔成矿省的部分地区大量产出,如图1所示,并在各处零星分布(图2)。这些白色伟晶岩有两种类型,即含白云母和含黑云母(或角闪石)类型。白云母伟晶岩通常含放射性矿物少,但黑云母伟晶岩通常有晶质铀矿的富集,或者偶有黑稀金矿或铀钍铀矿^[6]。这样的富集是和磁铁矿集合体和(或)黑云母晶体紧密伴生有关。这些地区最近正在或已在勘探(图1)。

加拿大伟晶岩铀矿床产出的有利地区已经相继由兰^[7]、罗斯

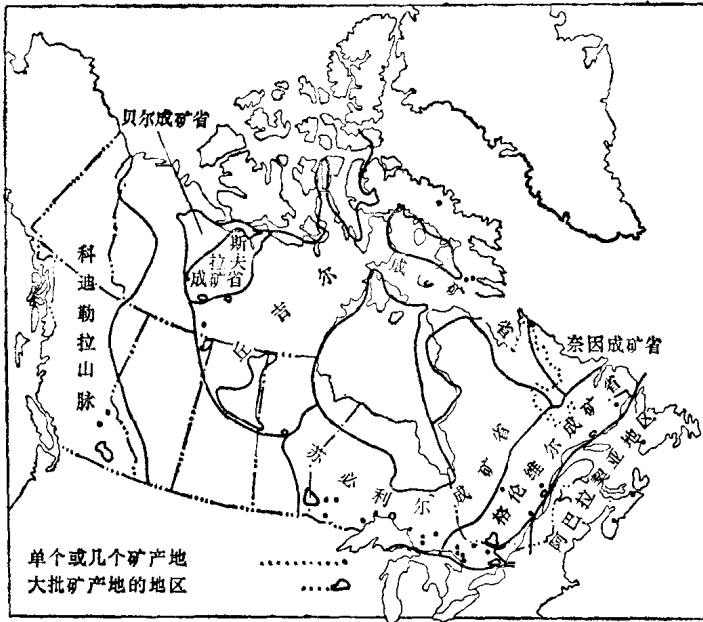


图 2 加拿大伟晶岩铀矿床分布图

科^[8]和利特尔^[9]提出,并且在这些地区内已发现了新的产地,最近发现的矿床是在巴芬岛南部。

带状伟晶岩在加拿大要比非带状伟晶岩少见得多,并且以含有锡、钨、铍、稀土、铌、钽、钼、锂、长石、云母和宝石矿物等而著名。然而,这些伟晶岩的铀含量通常是很低的,铀主要作为次要成分产于像铌铁矿-钽铁矿、曲晶石、黑稀金矿和铌钽矿等矿物中。在几个带状伟晶岩中报道过有微量晶质铀矿。

带状伟晶岩在加拿大地盾是大量的,并且广泛分布,但是在地球化学上,这些有各种金属含量的复杂矿床,除了或许作为少量副产品以外,要作为铀的一种来源就没有价值了。

加拿大地盾的伟晶岩铀矿床,除大多是在地盾的南部和西部边缘分布外,显然在分布上没有一定的型式。然而,这种分布型式可能比实际情况更为明显,也许大部分在那些边缘地区更易见到。而且,在各种地质成矿区域内,这些伟晶岩矿床形成的时间

大约在 1000—2500 百万年以前，地盾边缘未必就是在它们目前地方附近，并且地质成矿区域确实不太可能是在与现在有关的位置上。

然而，在格伦维尔成矿省（图 1），除了分散产出的矿点外，伟晶岩矿床产于一条平行于格伦维尔前缘或靠近前缘、相隔约 150—200 英里的带内。可以推测，这可能是铀从不常见的含铀岩石中产生活动作用的结果，这些含铀岩石在变质作用以前则占据于该带内。由于没有任何特别岩石类型是如此分布的证据，故这些特别岩石似乎更可能产生深变质带的适当深度范围内，那里的物理-化学条件对铀的沉积作用是适当的。

硬石膏铀矿化仅知道在一个地点有产出，即在安大略省班克罗夫特附近的法拉第矿下平巷处^[10]。它由中-粗粒紫色或绿色硬石膏岩墙组成，其宽度由几英寸到 40 英尺。纤闪石化的绿色透辉辉石，粉红或白色方解石以及铀钍矿、晶质铀矿、曲晶石与磷灰石等副矿物是岩墙内常见的成分。富含铀的硬石膏通常含有少量的方解石。由于见到有从硬石膏到伟晶岩的全部分粒作用阶段，所以这些分粒作用带包含有各种数量的钠长石、微斜长石、反纹长石和石英。在硬石膏中的铀是法拉第矿山储量的一个重要组成部分，但是，由于硬石膏分布不规则和渐变特征，连大概的储量数字都还没有弄清楚。

硬石膏铀矿石含量可保持均一。产在魁北克省西部格伦维尔岩体的岩墙中的硬石膏（一些地质工作者已向作者口头讲过），不过数量较少，并且不产在含有数量可观的放射性矿物的岩墙内。

碳酸盐岩中的矿化在加拿大至少有 40 个地区（见图 3）。大多数是在安大略省，其他在魁北克省、不列颠哥伦比亚省和西北地区。许多碳酸盐岩和一些伴生的霓长岩含有痕量的铀，若干碳酸盐岩含有少量铀的富集，通过拣块取样分析得到的氧化铀含量大于 0.05 %。在这种矿体内的铀大部分或全部存在于烧绿石内，在加拿大境内大部分铀的变种矿物是产在安大略省尼皮辛湖曼尼托岛上的纽曼矿床。该处铀的矿石总储量大于 5 百万短吨，其平均品

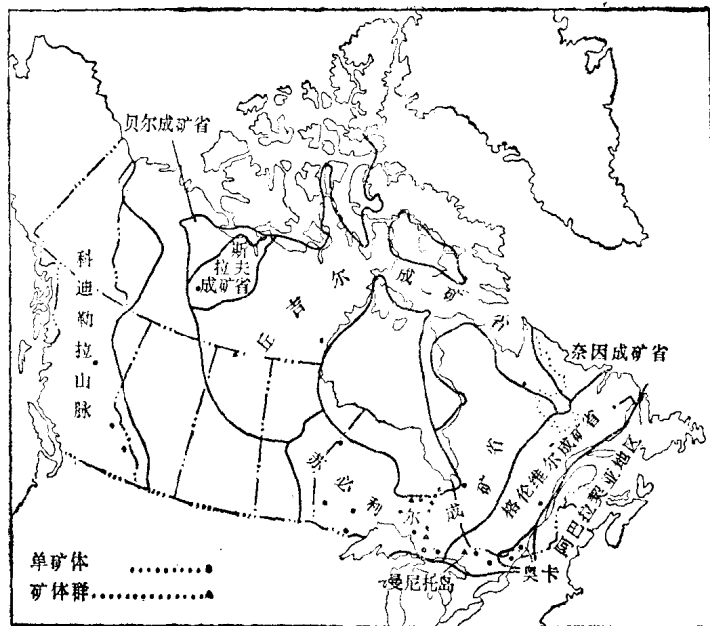


图3 加拿大碳酸盐岩矿床分布图

位为 $0.049\% \text{U}_3\text{O}_8$ ^[11], 所含大约 2500 短吨 U_3O_8 已被划分采区。

交代矿床到目前为止在加拿大除矿物学上的意义外没有什么价值。它们主要由片麻岩组成, 但在少数几个地方是由粉红色大理岩或砂卡岩组成, 它们通常产在伟晶岩的接触带^[12]。此类矿床铀含量不高; 而钍则丰富得多。含铀片麻岩(通常和辉钼矿伴生)的矿床产于萨斯喀彻温省查理波伊斯湖和格伦维尔成矿省的几个地区^[13-16]。

热液脉和浸染矿床在加拿大广泛分布(见图4)。对这些矿床进行矿床成因方面的研究表明, 矿化有重复的共生次序, 在比弗洛支地区由凯佩尔^[17]通过铀-铅同位素研究已证实, 该地矿脉形成的年龄在 1780, 1110, 270 和 100 百万年, 并有再生的矿化作用。所有这些矿床均受构造控制, 它们是在主断层内或其毗邻, 或位于主断层带。像在甘纳尔和拉比特湖, 矿床产在断层的交切部位。这种控制作用已为人们所熟悉, 并据此可在加拿大的许多地区沿着北

东走向断层和剪切带去寻找这类矿床。矿床实例有沃拉斯顿湖矿带,阿萨巴斯卡地区的圣路易断层和其他断层,麦克唐纳断层以及镭锭港的未命名北东走向断层。作者所能提出的建议莫过于就是要继续调查这些有利于热液矿床形成的地点,特别要注意寻找分支断层和断层的交切部位。

兰等^[1]作者将热液脉和浸染矿床分为两个主要类型,在此将它们定名为类型 I 和类型 II(见表)。

类型 I 包含有许多复杂矿物(例如在埃尔多拉多的矿床已鉴定出的矿物有 40 多种)和各种各样的伴生元素,比较重要的有铜、银、钴、镍、铋、砷和硒。主要的铀矿物是沥青铀矿,它通常呈胶状。这些矿床由裂隙充填脉组成,有少量到中等数量的浸染体产在毗邻的围岩中。最典型的脉石矿物是碳酸盐和赤铁矿,石英也是丰富的。主岩是受剪切和蚀变的沉积物或斑岩,其中赤铁矿化广泛分布。类型 I 矿床的例子有埃尔多拉多矿脉,爱科湾矿山的 2 号矿脉和贝尔成矿省附近地区其他小型铀矿床,萨斯喀彻温省果耳德菲耳兹的尼科尔逊矿山和不列颠哥伦比亚省赫泽耳顿附近的维多利亚矿山。

在矿物和产出形式上,伴有复杂矿物的脉状和浸染状矿床类似于在亚希莫夫和申戈洛布维的著名含铀矿脉。

类型 IIa 的热液矿床是由脉型和交代矿床组成,矿物比较简单,并且伴生元素较少,除铁和硫以外,它们含量很少,并不是全部矿床内都有。这些元素有硒、钒、钽和钼。沥青铀矿是主要的铀矿物,它大体呈块状产出。围岩的赤铁矿化很广泛和典型。主岩由此矿床至彼矿床变化不一,由角闪岩、花岗片麻岩、石墨片岩、糜棱岩、长石化石英岩和剪切粗面岩等组成。脉石矿物由碳酸盐、石英、绿泥石和赤铁矿组成,赤铁矿在矿床内和毗邻的围岩产出丰富。已鉴定出有少量或痕量的黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、硒铅矿和其他硒化物类矿物、诺兰矿(nolanite)以及其他一些矿物。

在萨斯喀彻温省的比弗洛支地区,特伦布莱^[8]从花岗岩化程度递增的沉积岩和火山岩中的铀和钍含量和钍/铀比率得出结论,

石英岩在大多数铀矿床中是最有可能的来源。他推测在花岗岩化过程中,铀从沉积物中析出,并富集在某些花岗岩和后成铀矿床中。这个过程似乎是发生在马科维克^[14]和基帕瓦-格林德斯通湖地区,在那里含铀矿脉大部分是产于一定的石英岩层中。

类型 IIa 的矿床是最大量和广泛分布的热液矿床(见图 4),产于比弗洛支地区雷罗克的霍塔湖,西诺岬地区的甘纳尔,基帕瓦-格林德斯通湖地区和马科维克以及雷克斯帕尔矿产地。

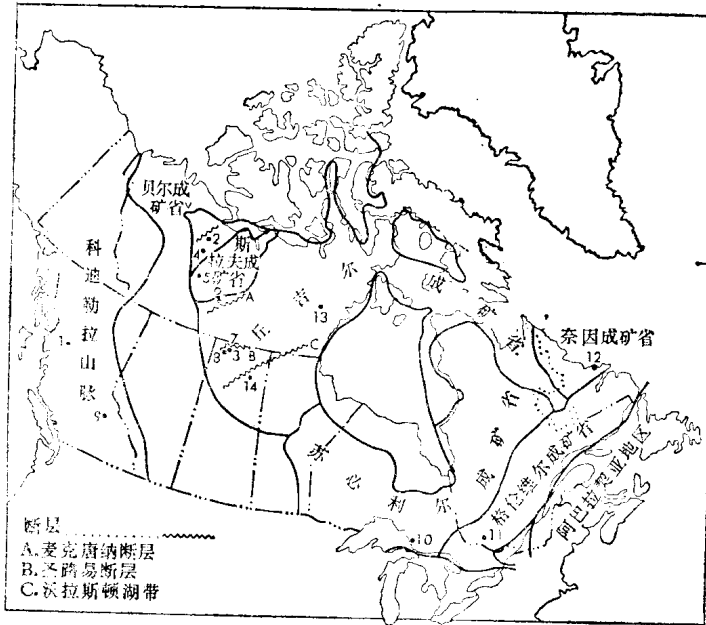


图 4 加拿大的热液脉和侵染矿床

类型 I; 1. 罗歇·德布勒, 维多利亚 2. 埃尔多拉多, 爱科湾, 康塔克特湖
3. 尼科尔逊 6. 布兰切特岛 类型 IIa; 4. 霍塔湖 5. 雷罗克 7. 比弗洛支地区
8. 甘纳尔 9. 雷克斯帕尔 10. 西诺岬 11. 基帕瓦-格林德斯通湖
12. 马科维克地区 13. 贝克湖 类型 IIb; 14. 拉比特湖

类型 IIb 的矿床在矿物成分方面与前面描述过的矿床有明显的不同,这类矿床产于萨斯喀彻温省的拉比特湖^[19]。剪切化、角砾化和热液蚀变的花岗片麻岩和准泥质板岩被石英和含有少量方铅矿、闪锌矿的碳酸盐以及同生黄铁矿所胶结。沥青铀矿主要

呈烟灰状的变种产出，但也有些块状沥青铀矿存在。在作者检查过的岩芯中见有少量的赤铁矿化，但是霍德利检查了大约 60000 英尺长的岩芯，他将赤铁矿描述为常见矿物，虽然它不一定直接与铀矿化作用有关系。在作者看来，根据他对岩芯的检查，矿体被包含在一个泥质板岩蚀变作用的晕圈内。这种相同的矿物在加拿大其他铀矿床中没有出现，但是根据 V. 鲁齐斯卡的报道，在捷克斯洛伐克的罗日纳铀矿床也有类似的矿物。

在钻孔和露头附近见到的红色花岗岩在成因上可能与矿化作用有联系。

砾岩矿床 在加拿大有两种类型，即阿菲比亚纪(早元古代)的同生矿床和第三纪的后成矿床。第一种类型是众所周知的**布兰德河类型**，因为当开采普朗托矿山时它就首次被描述过。随后，对埃利奥特湖广泛分布的矿床进行了开采，这些矿床提供所生产的铀占加拿大的一半以上。在 1964 年，估计该区储量占加拿大铀储量的 92% 左右。

尽管这些矿床重要，由于篇幅限制，本报告仅进行简要的描述。

矿床产于含黄铁矿的石英卵石砾岩中，砾岩位于或靠近马提南达建造的底部，大部是由粗粒交错层的长石质石英岩组成。目前一般都认为矿床是同生的，并且罗斯科^[20]提出了砂矿成因的强有力的证据。T. J. 博特里尔进一步进行了研究，他测定了休伦期酸性和基性火山岩对铀矿化的化学和物理的关系，以及古海岸线对矿石堆积作用的影响。

罗斯科也指出了断层的重要性，特别是在地槽的边缘带，对于沉积作用有影响的断层更为重要。自 1965 年以来，加拿大地质调查所的 J. A. 唐纳森，R. T. 贝尔，P. F. 霍夫曼，W. F. 法里格和 R. A. 布莱对加拿大地盾的其他元古代盆地作了许多的沉积学方面的研究。这些研究工作的一些资料已经出版，其他一些资料正在印刷或在准备之中。它们对寻找砾岩矿石会有很多帮助。

在埃利奥特湖以东 50 英里处阿格纽湖的休伦期岩石也是含

铀的，目前有一个矿山正在那里开采。休伦期岩石从萨德贝里盆地以北延伸，已进行过详细的勘探。虽然已发现有含铀砾岩和泥质板岩，但是可采的品位和厚度不够。

1967年和1968年，在魁北克省的早元古代的帕帕斯克瓦萨蒂盆地，打了许多浅的金刚石钻孔和六个深孔。石英卵石砾岩见有少量的黄铁矿和低含量的铀。在基瓦廷地区帕德莱附近的早元古代的赫维茨组，类似的含铀和含金的砾岩已经进行了地质填图，但是，就作者所知，这些地区没有打钻，也没有进行适当的取样。

加拿大地盾内晚元古代沉积物中的砾岩，往往是具有赤铁矿，而不含黄铁矿，因此对形成同生砾岩矿化可能是不利的。仅是在卡斯韦尔穹丘的阿萨巴斯卡建造底部报道过有这种时代的弱放射性的砾岩。在加拿大科迪勒拉山脉晚元古代的含黄铁矿的石英卵

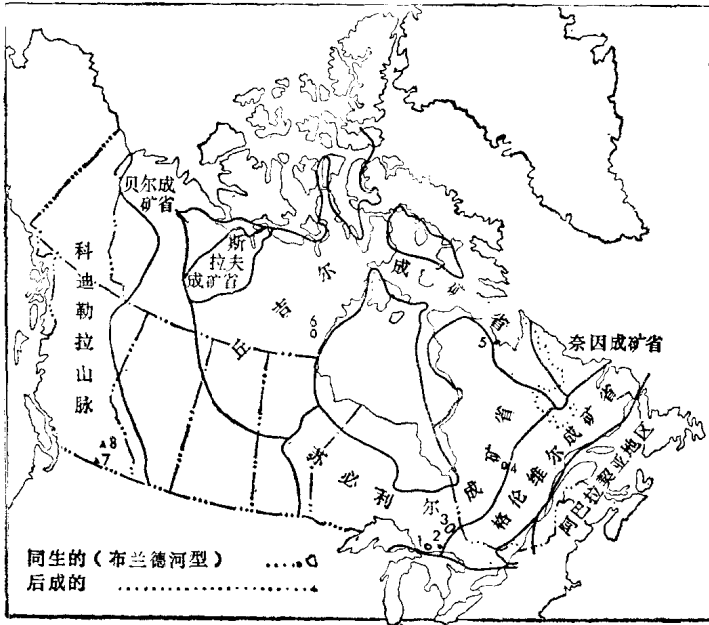


图5 砾岩铀矿床

1. 埃利奥特湖 2. 阿格纽湖 3. 萨德贝里盆地北部地区 4. 帕帕斯克瓦萨蒂盆地 5. 坎布里安湖 6. 帕德莱地区 7. 迪尔·克里克 8. 维德勒·克里克

石砾岩曾报道没有放射性。

第三纪砾岩中的后成矿床已被发现于不列颠哥伦比亚省南部两个地区，即在维德勒·克里克和迪尔·克里克（见图5）。前一个勘探区（维德勒·克里克）取得的资料不多，该处的勘探工作包括详细地质填图和三个冲击钻孔^[21]。从简短的描述看来，铀矿化是在第三纪岩层底部，其时代为中始新世，在这方面，类似于西部核子公司的矿产地（以前为西北铀矿开采公司）^[22]。此公司目前正在华盛顿州进行开采。迪尔·克里克矿床是产在含有少量页岩的一个砾岩层中，该层下伏有始新世马伦组的安山熔岩，上覆有一薄层的橄榄玄武岩流，其时代估计为中新世或上新世。在砾岩中已鉴定出有钙铀云母。硫化物很稀少，但在砾岩中产有含碳物质微粒，估计微粒可能起着从循环地下水中沉淀铀的作用。

在加拿大科迪勒拉山脉的许多地区可发现类似的矿床，特别是在发现有第三纪沉积物和熔岩的高原和山间峡谷。对于报道有熔结凝灰岩的地区特别应该去调查。

砂岩型矿床有两种类型，即褐煤矿床和卷型矿床。罗斯科^[8]、罗斯^[23]和其他作者已圈出寻找此类矿床的有利地区。在加拿大报道有褐煤矿床的有萨斯喀彻温省的西普雷斯山脉地区和不列颠哥伦比亚省的少数几个地区。迄今调查所发现的矿床中，以西普雷斯山脉的矿床最有希望。铀是富集在渐新世的雷文斯克拉格建造的一定的含碳地层内，这些矿床距地表的深度为几英尺到200英尺，正在调查的有利地区约有几百平方英里。铀看来是富集在河道或凹槽内，可能是以铀-有机化合物的形式产出。与北达科他州和南达科他州的矿床不同，没有发现黄色的次生铀矿物，也没有见到伴生的钼资料，但是罗斯科^[23]发现有钒。

卷型矿床在加拿大还没有确切地鉴定出来，但是对寻找此类矿床有利的主岩（大陆成因的长石质砂岩）广泛分布在马里泰姆成矿省（该处产有二叠-石炭纪和三叠纪的含碳红色岩层）和加拿大西部从国境边界到北冰洋（该处红色岩层稀少）以及其他一些地区。

最近分析出 1959 年和 1960 年收集的马里泰姆成矿省的二叠-石炭纪盆地的河流沉积物中有铀。在新不伦瑞克省蒙克顿盆地内的这种研究成果已经出版^[25]。现有一个报告在准备之中, 其中涉及新斯科舍石炭纪盆地河流沉积物铀的分析结果将要出版。

加拿大的表生矿床, 主要以原生矿床的冠状盖层组成, 并且大多数盖层是薄的。有一个是例外: 在比弗洛支的博尔格矿体顶部产有 1500 吨次生矿石和 40000 吨左右原生的碳酸盐矿石。据报道, 在比弗洛支的次生矿物产于地表下深达 1000 英尺处。特伦布莱^[16]指出, 在甘纳尔矿山有重要的表生矿石在开采。

特伦布莱认为, 在比弗洛支地区内大的表生矿床可能有待发现。这种看法可以扩展到加拿大地盾有利于脉型和浸染型矿床产出的地方。

参考文献(略)

讨 论

J. W. 加贝尔曼: 我知道要对别的国家加以探讨是困难的, 但是我长时间对布兰德河做了探讨。虽然我有点害怕将我的想法冒险谈出来, 但是利特尔博士的报告却提供了一次合适的机会。他的地图标出成矿省和格伦维尔前缘(Grenville Front), 他并且指出距离格伦维尔前缘后部大约 150 英里的全部伟晶岩型矿床, 认为这些矿床都含有磁铁矿。我常常有这种印象, 布兰德河矿床是不含磁铁矿的; 所有的铁呈硫化物形式产出。对有关格伦维尔前缘各种类型金属矿床的进一步划分表明, 美国一些最大的铁矿床是在格伦维尔杂岩体, 此杂岩体在前缘要比伟晶岩铀矿床稍远些。磁铁矿在整个成矿省是很常见的, 并且产于格伦维尔前缘端部的北西向, 据我从文献看来, 那种地质时代的磁铁矿很少, 但是有许多硫化物矿床。所以, 关于鲍伊博士指出的在布兰德河的铀在格伦维尔时代有重新结晶作用, 至少布兰德河矿床出现过分带的迹象,

这是格伦维尔造山运动的结果。

另外一点我想提出的是：产于班克罗夫特矿床中的岩石看来是碱性花岗岩，我从世界各地注意到：依我看来高温铀矿化有一种相似性，即其岩石中富含钍，其碱性略高于一般花岗岩。我以前就曾指出这一点，我希望你能解释一下，你说过你认为它们仍然是花岗岩，但是我想钍的数量大约比一般所预计的要大一倍。

H. W. 利特尔：班克罗夫特周围的花岗岩是碱性的；我提出的论点是：它们在格伦维尔成矿省比在别处看来更是如此，该处的铀产于含黑云母的白色伟晶岩中，呈斑点状分布。

H. H. 艾德勒：在美国已经作了许多工作，表明铀和钍不仅富集在花岗岩中，而且也富集在各种类型的正长岩中，其钾和钠的比值通常大于一般花岗岩中的比值，而在一般花岗岩中的钙开始显示出有较大的丰度。我想这种碱性地质体对未来铀资源的潜力值得进一步讨论。这也同碳酸盐岩类型的产地有联系，在某种程度上与这些碱性环境有关。你提到红色伟晶岩和白色伟晶岩。颜色对于铀的产出有意义吗？如果有，你提出的红色和白色有什么意义呢？

H. W. 利特尔：在加拿大唯一可供生产的含铀伟晶岩是特有红色的，即本来是红色的，它们与铀钍矿和晶质铀矿产生矿化作用，另外还遭受红色蚀变的影响。白色花岗岩看来完全是不同的；它们大都是小的豆荚状矿体，矿体中的铀分布很零散，通常局限于磁铁矿晶体或黑云母晶体的晶簇中，正如我已指出，这些白色伟晶岩可分为两种类型，一种是含白云母伟晶岩，这种类型迄今尚未测出有显著的放射性；一种是含黑云母伟晶岩，这种类型有些是含铀的。

H. H. 艾德勒：红色伟晶岩含碱比白色伟晶岩多吗？

H. W. 利特尔：是的，我想是这样。

H. H. 艾德勒：也许这是有意义的。你能举出红色蚀变的任何意义吗？我不想使你感到为难，因为有时很难按矿物学的术语给红色下定义。其次，当有人说起“蚀变”时，“蚀变”是一个不确切的术语。我不知道这是什么意思；我想倒不如这样说：“我不知道

它是什么，所以我把它叫做蚀变”。我想我们应当避免这样，如果我们知道它是什么，我们就可以试图将我们所指的蚀变下个定义。

H. W. 利特尔: 是的，我同意你的意见。我使用“蚀变”一词一般是指赤铁矿化。

H. H. 艾德勒: 但是没有什么东西可以说明你认为同赤铁矿化的关系，这种赤铁矿化使你确定为一种与铀的找矿有关的过程，是吗？这是一种共生组合，但也许是不能解释的。

H. W. 利特尔: 我想可以从化学上加以解释。它是与铀在伟晶岩中的沉淀过程有关的。

S. H. U. 鲍伊: 我希望利特尔博士证实一种已经作过的很重要的观察结果，就是格伦维尔成矿省中的伟晶岩排列或多或少是同格伦维尔前缘相平行，它们大致距离前缘 150—200 英里。我想利用这种观察结果，认为格伦维尔前缘距离布兰德河矿田约 50 英里。所以，如果推测伟晶岩可能是由于活动化作用而产生的，为什么我们如此迅速地排除在布兰德河矿田与格伦维尔造山运动有关的重活动化作用或者甚至是矿化作用的可能性呢？

D. S. 罗伯逊: 我想利特尔博士关于伟晶岩排列的观察仅反映出那时已知的情况，却不能反映出全部情况。关于伟晶岩，有些是粉红色的，并有粉红色长石，迄今为止它们有生产价值，这完全是偶然的。

我相信，一般都认为埃利奥特湖的物质有三种时代：有些很古老，可能是 2000 百万年或更老些；有些是 1300 百万年，大概是格伦维尔期；有些是大约 400—700 百万年。碳酸盐岩的时代晚于 1300 百万年；比较晚的格伦维尔碱性花岗岩也是如此。很难看出这些特殊现象与砾岩或者与矿化有任何关系。我认为这些格伦维尔现象是很晚的。我并不是说没有什么东西与砾岩中的矿物有任何关系，但是我怀疑它究竟是不是碳酸盐岩。

H. W. 利特尔: 我只提出一点例外，那就是碳酸盐岩的时代。确实它们有些是晚期的，但是其他还有些是格伦维尔期的。

E. E. N. 史密斯: 我想简要地讨论一下利特尔博士列于表中