

国外镍矿资料专辑

陕西省冶金地质勘探公司地质研究所

一九七四年十一月

前 言

在批林批孔运动的推动下，我们遵照毛主席的“开发矿业”的教导，根据“洋为中用”的原则，在所党委的领导下，配合我公司对镍矿普查与勘探工作的需要，从国外资料中选择出最近十年内世界主要产镍国家中各大矿区的地质论文十篇。其中加拿大的五篇、苏联的两篇、摩洛哥的一篇、以及西班牙的一篇等，编成专辑。

我们选取尽量与我国的情况相似的世界典型镍矿床实例和新的勘探方法。内容计有镍矿床地质学（铬镍矿床地质、铜镍矿床地质和镍钴矿床地质等），含镍岩体的地球化学和成矿的物理化学、镍矿化的特殊类型以及最新的勘探方法等。供广大读者参考。

由于我们的水平较低，在译、校和编辑等方面都会存在着不少的缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

一九七四年十一月

目 录

加拿大与超基性岩侵入体有关的硫化镍矿.....	(1)
萨德伯里硫化矿床—与清晰的镍侵入体包体相间的特殊关系.....	(20)
魁伯克马拉提克马桥镍矿的矿床地质和地温.....	(35)
加拿大某些超基性岩体的地球化学.....	(48)
Cu-Fe-S, Cu-Ni-S和Fe-Ni-S体系中的相关关系	(69)
贝辰加硫化铜镍矿床.....	(90)
诺里尔斯克含镍侵入体及其硫化矿石成因类型	(192)
摩洛哥布阿兹尔地区的镍钴矿床	(220)
Cr-Ni矿化作用的一种特殊类型	
——西班牙马拉加堇青石—铬铁矿—红砷镍矿矿石及其为不混合 液体的可能成因	(231)
中子捕获 γ 射线法勘探镍	(244)

加拿大与超基性岩侵入体 有关的硫化镍矿

绪 言

自一九五六年在马尼托巴省汤普生的硫化镍矿床发现后,重新又在超基性岩中进行地质勘探。汤普生矿山年产约50,000吨金属镍,或者说占一九六五年世界总产量的八分之一。在同一地区建立了三个新矿山均投入生产。据估计将有现在马尼托巴镍矿产量的二倍。这里的全部矿床都与超基性岩有关。

矿石与超基性岩有全部空间关系的是正在开采的马桥矿山。安大略省的果尔登湖矿山和不列颠哥伦比亚伊特马斯科特矿山,这些矿床最近的镍产量如表1所示。过去的二个生产矿山是准州西北的因累特兰琴和安大略省亚历索,都是生产少量高品位的镍矿石,其他与超基性岩有关的重要硫化镍矿床,都是有潜力的生产矿山,但是其中能利用的地质情报并不多。二十五个与超基性岩有关的加拿大硫化镍矿床列如表II,绝大部分的研究工作是

表 I 镍矿产量 (吨)

矿山名称	1965年	1966年
马桥	2300	3500
果尔登湖	1850	1800
伊特马斯科特	1970	1730

表 II 加拿大与超基性岩共生的镍矿床

第一类	第二类	第三类
亚历索	伊特马斯科特	桦树林
乌河*	拉克伦孜	莫克
博登	奎尔克雷克	米斯特利
布科湖	烂石	皮普
杜登纳尔德	斯塔特	谢班多万
果尔登湖	汤普生	索布
累克芒特	北兰金斯	
马桥		
梅瓦特尔斯		
腊格兰		
索塔姆		
沃博登		

* 乌河矿床完全与基性和超基性两种岩石共生,但现在仍将它列入表II的第一类中。

来自表Ⅱ中第一栏内的各地矿床。本文广泛地应用所完成的野外调查材料和部分的表内二栏第七个矿床所完成的实验研究内容，表内其他的六个矿床（第三栏）的报导用的较少。这些矿床的产地位置如图1所示的加拿大地图中。

根据二十五个矿床与超基性岩侵入体所伴生的地质环境的研究，可将这些矿床分作两大类；即与造山作用和火山作用有关的矿床。硫化镍矿床也可以与层状侵入体有关，不过，只有利思湖的矿床可以属于此类。大比例尺的地质带或位于利思湖侵入体的分布带均大致平行于矿带的行列。

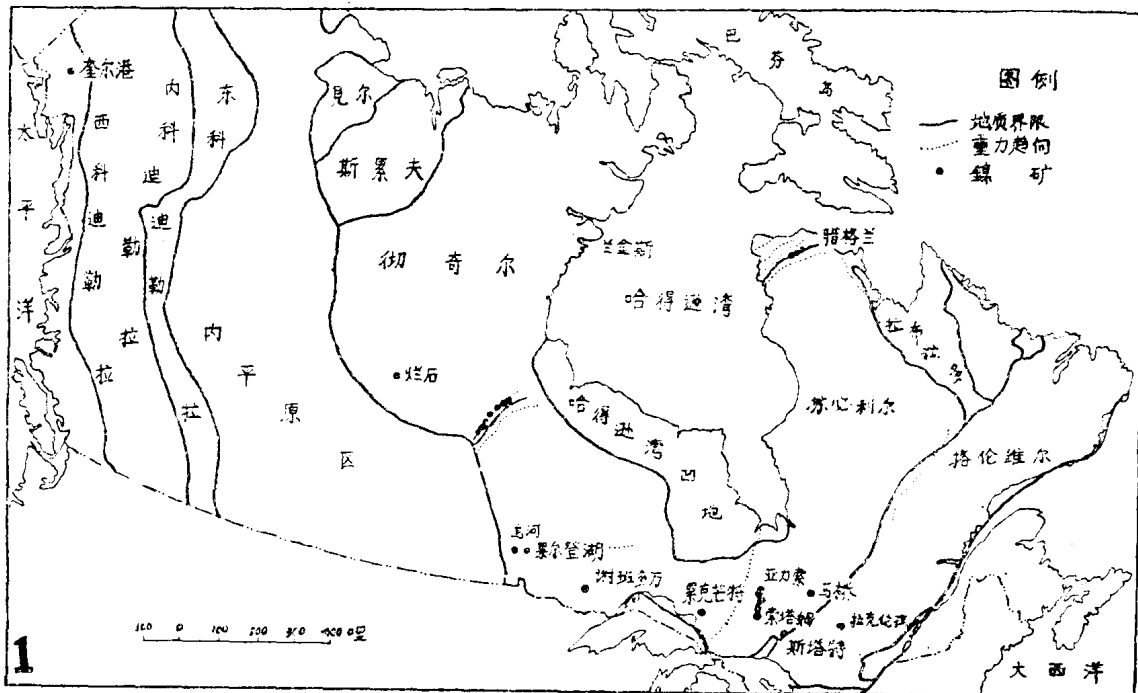


图1 加拿大境内与超基性岩有关的主要硫化镍矿床位置图

层状侵入体伴生物

硫化镍矿床常发生在层状基性—超基性岩侵入体的底部附近或作为超基性岩层的一部分。这些侵入体的产状分别为岩床、岩盆或锥形岩体。其实例在布什维尔德火成杂岩体，波特格特拉斯特剖面的底部附近和在伊锡兹瓦侵入体基底可以见到。经过萨德伯里和其他层状侵入体上部岩石层序的对比表明在萨德伯里的深部为超基性岩似乎确实。在萨德伯里矿石角砾岩里的超基性岩碎块可来自埋藏的超基性岩层中。

造山作用的伴生物

很多的硫化镍矿床都与区域断层带密切伴随的超基性岩体有关。这种超基性岩体和其相关的矿石都是沿着或毗邻主要断层产出。实例如伯尔契特里、博登、巴科、谋阿克米斯

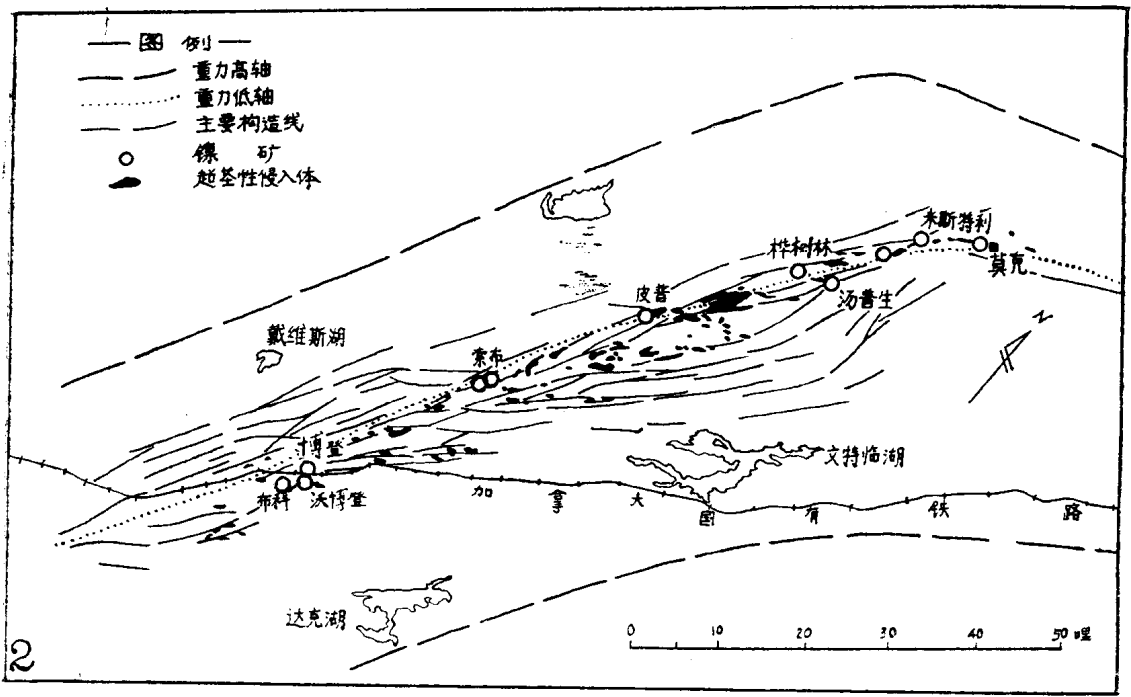


图 2 马尼托巴省汤普生带的超基性岩侵入体硫化镍矿床的主要构造线和主要重力轴的分布图

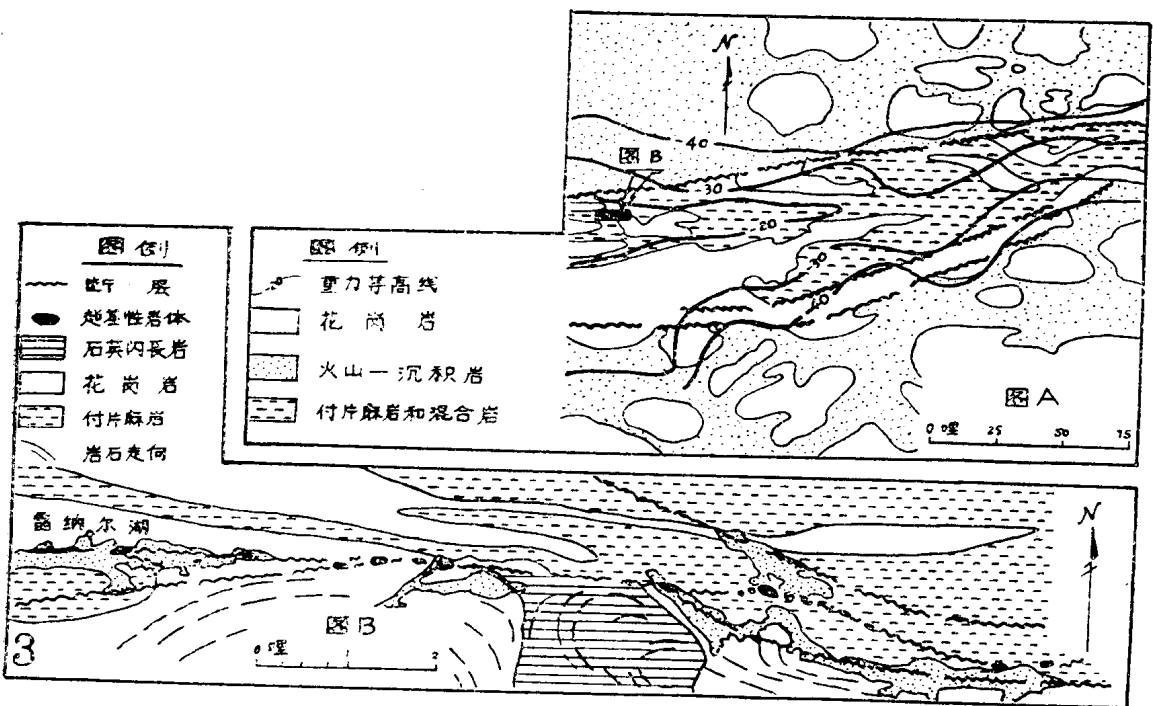


图 3 沿安大略省英格利河片麻岩带的地质和地球物理布局

特里、皮佩、索布、汤普生和沃博登矿床是沿着汤普生带（图2），果尔登湖矿床沿着英格利河片麻岩带的中心（图3），根据汤普生和英格利河带的区域地质和地球物理的简短描述，就可以帮助更明确地辨别它们。

汤普生带

汤普生带的矿体，沿着走向北东的彻奇尔和苏必利尔前寒武纪地盾亚区（图2）边界带中间的网状断层带分布，这一网状断层带至少有100哩长，10哩宽，断层带的轴线与发育很好的布吉尔负重力异常的趋向相关。根据地震的研究表明在汤普生断层带附近的康拉德间断以上花岗岩的厚度超出30公里。断层轴线和地壳增厚是在近于平行正布吉尔重力异常的两边相接的，地震的纵剖面图指出花岗岩在重力向东南增高地区康拉德间断以上的厚度约9公里。沿着近于平行的高密度带向东南的主要麻粒岩及紫苏花岗岩和地表的岩石不同；沿着近于平行的高密度带向西北为花岗岩和副片麻岩；沿着低密度带的断层带为花岗岩、副片麻岩、变质沉积岩、变火山岩和超基性岩石；沿着断层带的沃博登—谋阿克湖附近约有200个超基性岩体。其中已知三个露头，超基性岩石是原生橄榄石和辉石形成假像结构的蛇纹石化块状岩体。在蛇纹岩中的橄榄石和辉石的残留很少遇到。根据假像其原岩应为橄榄岩和辉石岩。没有见到和它共生的辉长岩。这些超基性岩在某些地段发育出片理。但是高度的剪切和擦痕影响的蛇纹岩不常见。这一现象认为是沿断层活动的固体阶段原地变质作用要比侵注重要些。

超基性岩侵入体对其围岩为整合或是不整合关系。博登湖矿床（图4）的平面和钻孔剖面表明超基性岩系侵入到陡倾的片麻岩带的整合关系，围岩的页理平行于平面和剖面中

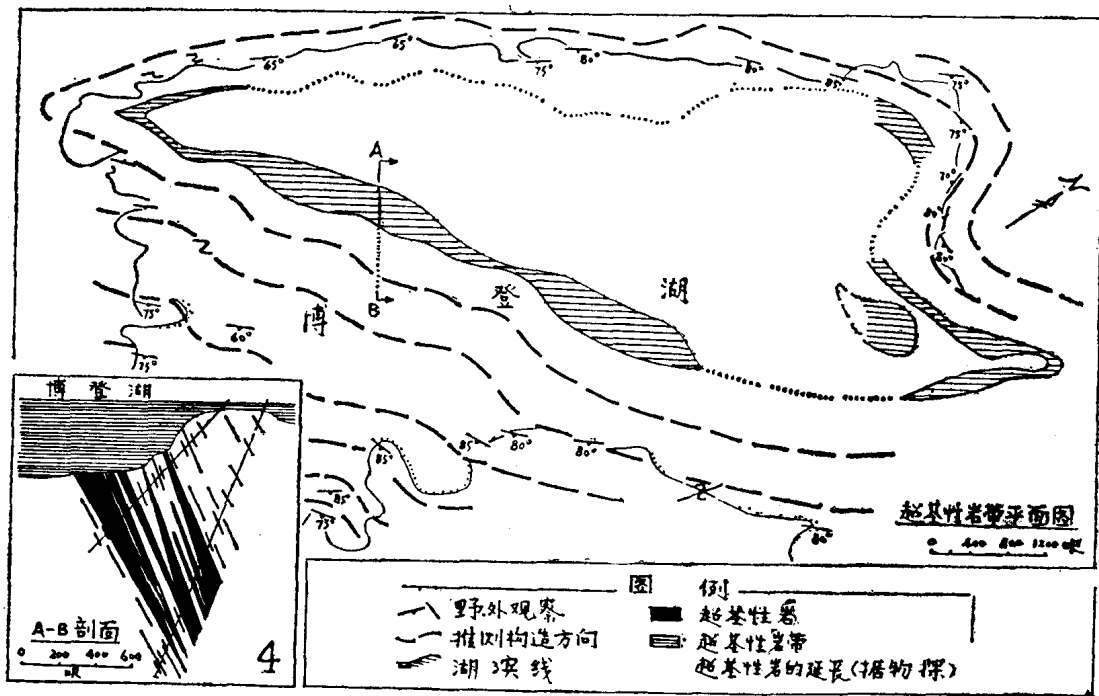


图4 马尼托巴省博登湖整合状超基性岩侵入体

为岩床状的超基性岩体。不整合关系在布科湖矿床（图5）的平面图和垂直钻孔剖面图中表示出来，在这里表面露出一组与钻孔界限不整合的痕迹。岩芯角表明围岩的麻理与超基性岩倾角之间存在着明显的不整合关系。沿着走向断层发生的造山作用伴生物中的许多超基性岩体产状为假整合关系。

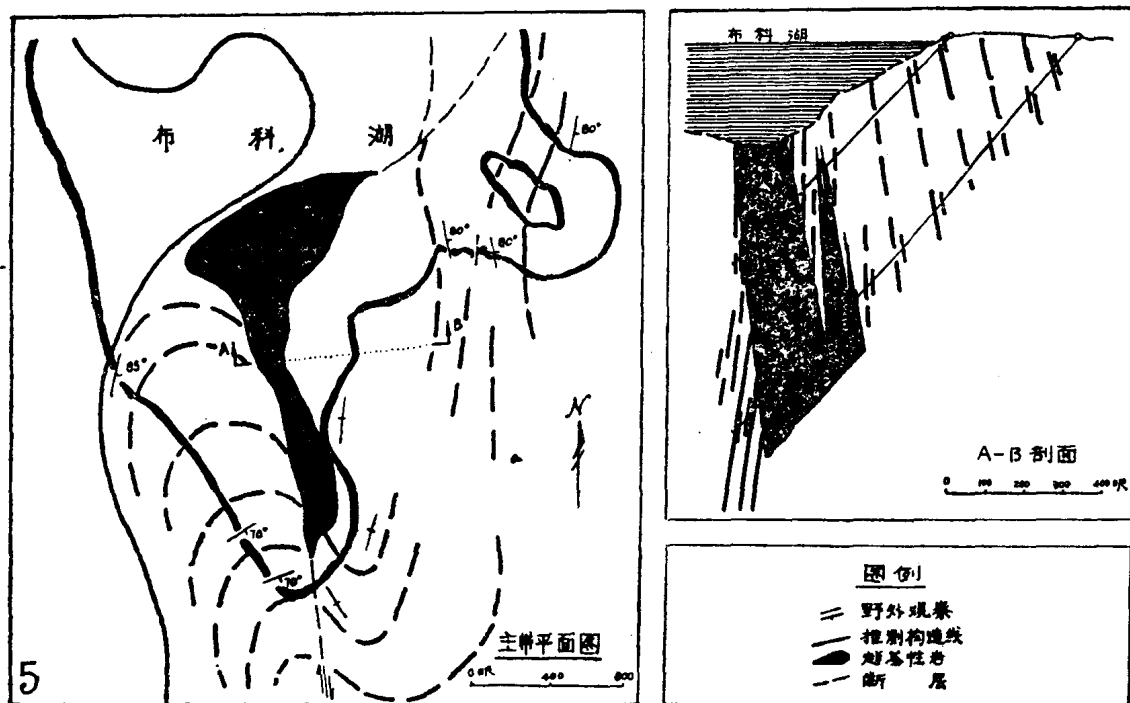


图5 马尼托巴省布科湖不整合状超基性岩侵入体

果尔登湖带

英格利河片麻岩带是一个向东倾伏的花岗岩、花岗质副片麻岩和混合岩的杂岩体。其南北两侧以区域断层为界（图3），长约450哩，平均宽约50哩，片麻岩带南北两侧的岩石性质和构造都不相同。片麻岩带显有正布格异常（图3A）。

超基性岩体和矿床沿着位于向南近8哩片麻岩带断层和平行于片麻岩带北面的接界断层分布（图3），镍矿化作用和超基性岩石呈不整合接触，且沿着断层断续延长约8哩，位于果尔登湖的矿体是本区唯一生产镍矿的矿体。

火山作用的伴生物

超基性岩伴生物中的镍矿床，并不关系到特别发育完好的断层带，在整个火山岩中作杂乱分布，这种超基性岩侵入体形成混流的岩床或岩脉成为火山岩层序的主要部分。这种地质组合的实例于安大略省（图6）东北可以见到。这里的主要断层为东—南东方向，而含镍超基性岩体排成北—北东方向。

超基性岩体一般与其分枝岩脉呈整合侵入，岩相分带清楚，同时可分异成辉长岩和辉石岩类的岩相，安大略省东北的亚力苏、杜登纳尔德、特克斯蒙特、梅瓦特尔斯和苏斯曼

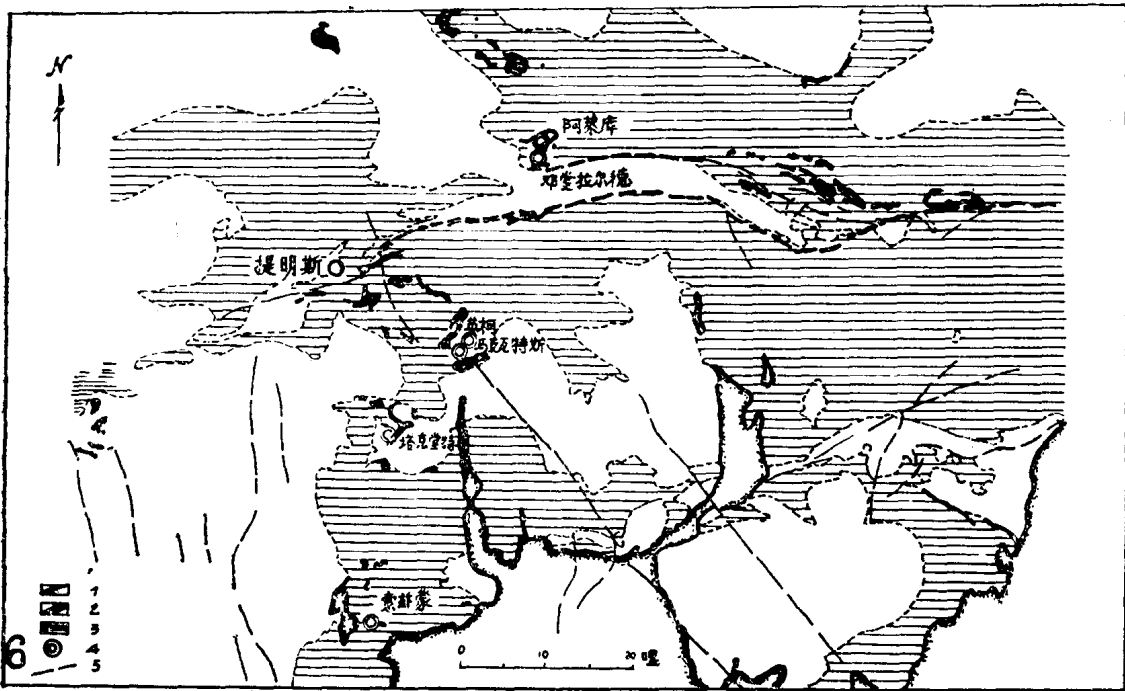


图 6 安大略省提明斯区的火成岩和超基性岩、硫化镍矿床和主要构造线的分布

1—年青的沉积岩盖层；2—超基性岩；3—占优势的火山岩；4—镍矿区；5—主要构造单元

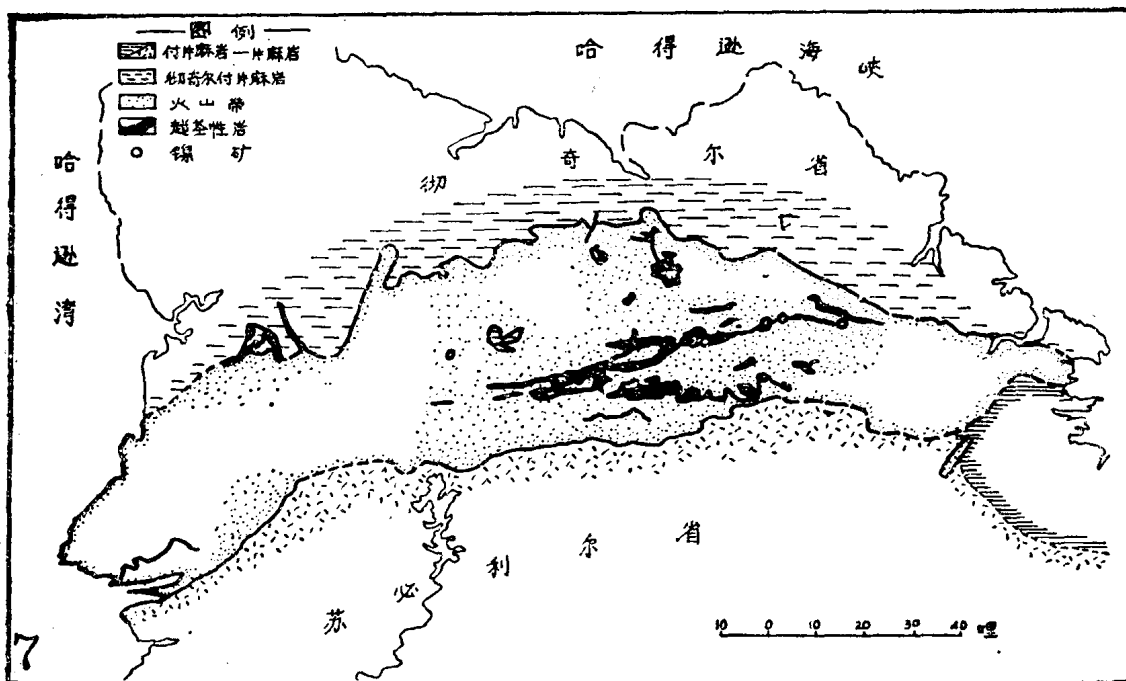


图 7 魁伯克昂加伐的地质和主要的镍矿床

等矿床是这种产状的范例(图6)。

魁伯克的昂加伐硫化镍矿床是火山岩组合中的特殊情况,这里的矿石是在长约35哩一系列透镜状蛇纹岩床中伴生(图7)。含矿的岩床产于开张褶皱中火山沉积岩系的一组水平层内,这一火山沉积岩系覆盖在构造与汤普生带相似的库吉尔和苏必利尔区界面以上。

硫化镍矿床与超基性岩侵入体的关系

在造山作用和火山作用的伴生物中,硫化镍矿床在超基性岩内部形成浸染状矿体,在超基性岩的接触带形成块状矿体和细脉状矿带;邻近的围岩中也形成块状矿体和细脉状矿带,有些超基性岩体曾发生过三种类型的矿床。不过,浸染状矿石类型多发生在造山作用的伴生物中,在火山作用的伴生物中接触式反而较普遍一些。发生在围岩的硫化物的浓集在这两个类型中都有;汤普生矿山就是突出的范例。

造山作用的伴生物

造山作用伴生物呈整合和不整合侵入体中的浸染状硫化镍的实例在布科和博登湖发现(图4、5)。于超基性岩内所发生的镍硫化物差不多完全为浸染状。但是,有些地方于超基性岩和附近围岩的接触带或交叉花岗伟晶岩的破裂带中可以见到长数吋的矿体。

布科湖侵入体是两种岩石类型的组合,即直闪石镁铁闪煌岩、黑云母片岩,其平均成分为49%的 SiO_2 , 25%的 MgO 和3%的水,蛇纹岩成分为38%的 SiO_2 , 37%的 MgO 和9%的水。这两种岩石中均含有浸染状硫化镍,其Ni/S比值相似。陡倾的超基性岩体含有如图8所示的不规则分布的硫化镍矿石。硫化物矿物在已知的接触处浓集的程度不相一致,实

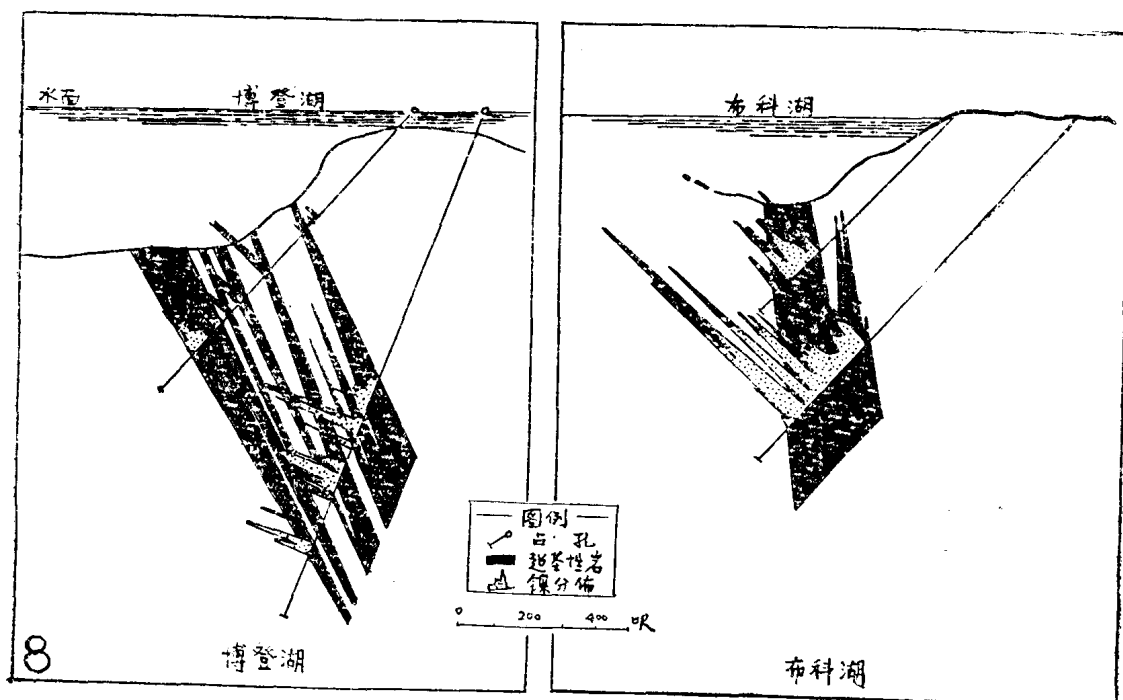


图8 马尼托巴省博登湖和布科湖矿床的镍矿分布

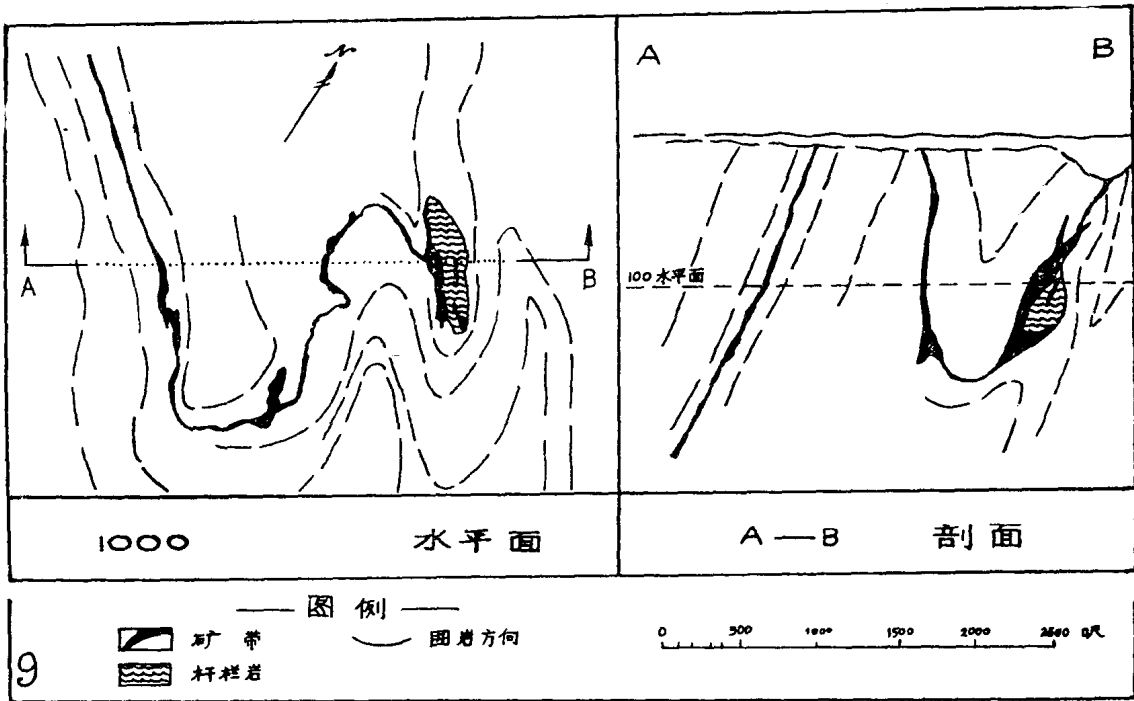


图 9 马尼托巴省汤普生矿山的硫化镍矿和超基性岩之间的空间关系 (祖布里克修改)

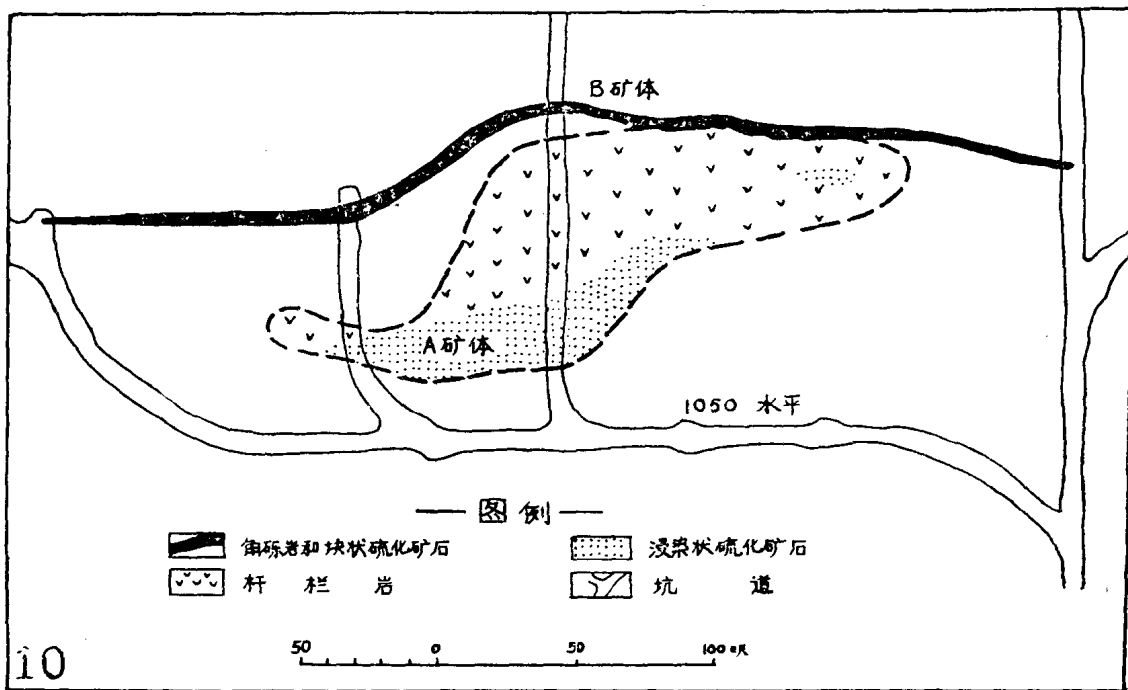


图 10 安大略果尔登湖矿山的硫化镍矿和超基性岩之间的空间关系

际的分布曲线表明，在布科湖区的两个钻孔中证明在相反的联系处浓集，部分的蛇纹岩中有晚期的花岗伟晶岩产出，其中镍含量很低。

在汤普生和果尔登湖矿山的超基性岩侵入体中、接触带和其围岩中所产出的硫化镍为浸染状。其分布关系如图9所示(经祖布里克修改)。果尔登湖矿床(图10)的硫化镍和蛇纹岩侵入体之间的关系与上述的情况相似。硫化物分散分布在全部超基性岩侵入体中(称A-矿体)，在侵入接触处富集或发生在靠近超基性岩侵入体的断层里的硫化镍称B-矿体。

在造山作用的伴生物中，超基性侵入体和有关镍矿床的相应位置受构造类型的影响，其分布形式未见因重力关系在垂直富集上的影响。

火山作用的伴生物

在火山岩系中的硫化镍矿床与许多超基性岩侵入体的较低部位有关。硫化镍矿床的形态与位置一般与侵入体较低部位的弯转有关。

与席状超基性岩有关的硫化镍矿床发现在安大略省的索斯曼、亚力索等地，索斯曼侵入体(图11)与火山岩层成整合产出，在其顶部可由枕状构造加以鉴别。在整个岩层内向南陡倾，枕状体卧向南方。硫化镍矿床发生在辉石岩近流纹岩的边缘相中超基性岩北部接触带上。

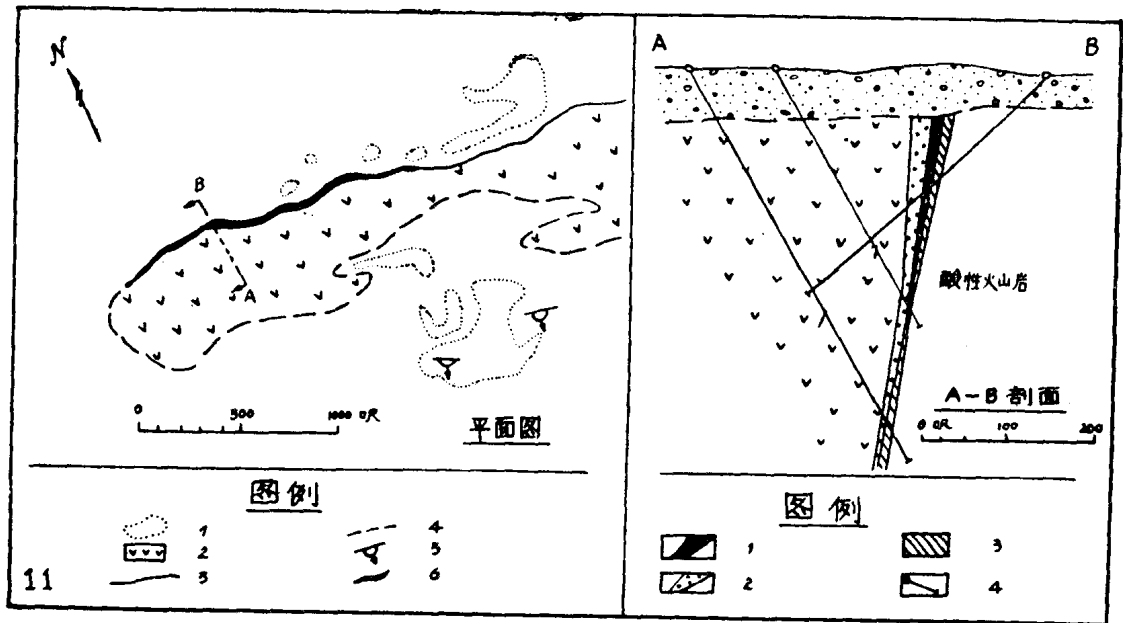


图 11 安大略省索斯曼镇在整合超基性岩的下接触带上的硫化镍矿床位置

平面图

1. 酸性火山岩;
2. 橄榄岩;
3. 钻孔控制的接触界线;
4. 磁异常推断的接触界线;
5. 枕状构造的顶和倾向;
6. 硫化镍带。

剖面图

1. 细脉和块状硫化物;
2. 辉石岩中的浸染状镍硫化物
3. 辉石岩;
4. 钻孔。

在亚力索的硫化镍矿体产在橄榄岩中的为浸染状，产在橄榄岩与蛇纹岩的接触带以及母岩蛇纹岩的裂隙中的为块状透镜体。硫化物局限在沿接触带的转弯处长约 300 呎的一条带上（图12），接触带的倾角几乎垂直，到地表即倾向北 70—80°。在橄榄岩中广泛分布的浸染状硫化物于下接触带处即减少，顺着枕状构造向上浓集为层状矿体。向下接触带硫化物的浓集情况如剖面图所示（图12）。

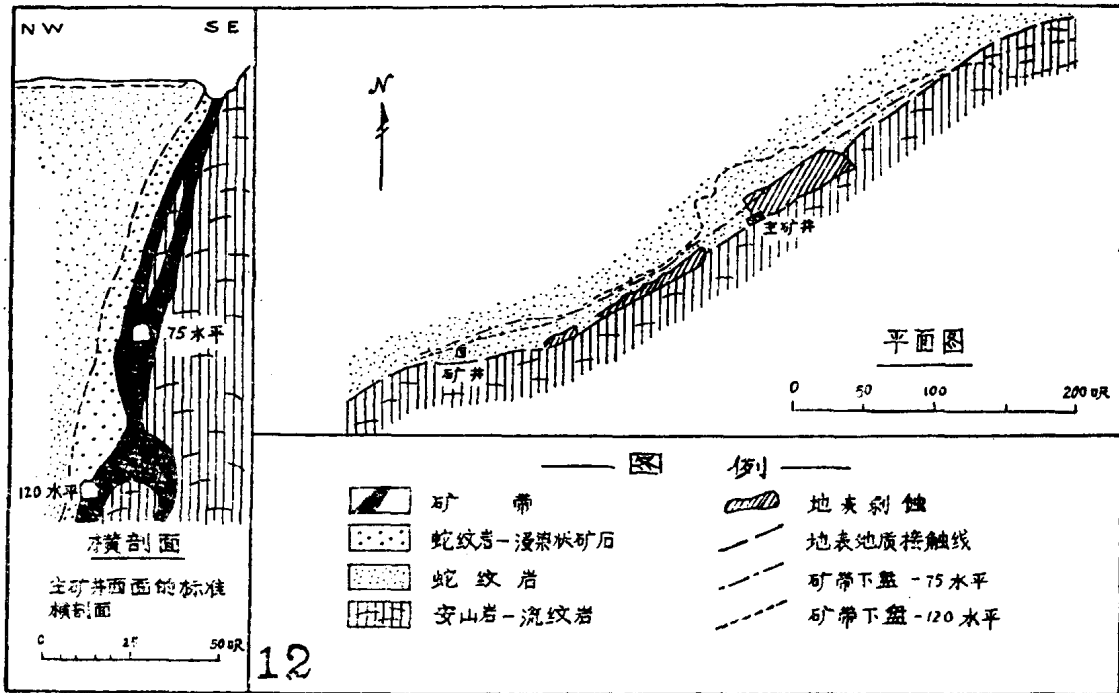


图 12 安大略省亚力索矿山地质平面和剖面图

北部的兰金斯矿体，产于蛇纹岩侵入体的上部急骤转弯的地方，如图13的平面图和剖面图所示。在急转弯的底部矿床富集；在其上的水平面上即为稠密浸染状矿石。经过硫化物分布的详细研究表明块状矿石（ $>1\%Ni+Cu$ ）和稠密浸染状矿石（ $2-7\%Ni+Cu$ ）有明显的接触界限。在进入小于 1% 硫化物的蛇纹岩以上，浸染状硫化物数量即减少；在底部矿带以上的稠密浸染状矿石，直接位于急转弯地段的主矿带以上（图13）。在较上部浸染状矿石透镜体的中心硫化物浓集的程度最高。

具有浓集在下接触带的硫化镍矿床的岩床状超基性岩侵入体的标准实例是昂加伐的卡提尼库矿床。研究这些矿床底岩的大面积出露、开张性构造以及低级的变质作用等方面的原因是特别好的课题。橄榄岩岩床具块状构造，并发育出很好的柱状节理（图14），柱状节理面没有什么擦痕以及其他任何的运动迹象。其上下接触带紧靠着围岩，岩芯上常被复着未破碎的断续的浸染状硫化物橄榄岩，块状硫化物紧接着围岩。由这些事实说明岩床是侵入在未结晶的褶皱岩系中。

含硫化镍矿床北倾 $20-60^\circ$ ，不论在水平和垂直方向上其倾向变化都非常大。在克劳湖的岩床发生在倾向东的向斜构造中（图15），岩体大面积出露，勘探的钻孔资料已表示在图15的纵横剖面上。硫化镍富集在橄榄岩侵入体下接触带的浸染状透镜体中，在下接

触带的块状硫化物岩席上复有浸染状矿体。浸染状硫化物矿体常富集在下接触带附近，岩席中部以上其浓集程度渐小。有些地方的围岩石英岩的裂隙中充填有块状硫化物矿体。不过像这种产状很少见。

另外，在昂加伐地区硫化镍矿床的罕有产状是在侵入体邻近围岩中发现矿体（杜登纳尔德矿床），其整合状超基性岩体形成在褶皱火山岩系的聚合部位，在杜登纳尔德镇不规则状超基性岩体的平面图和剖面图（图16）表示了硫化镍矿床发生在距侵入体有100呎远的流纹岩围岩中。硫化物也是在接触处富集在超基性岩中呈浸染状分布。

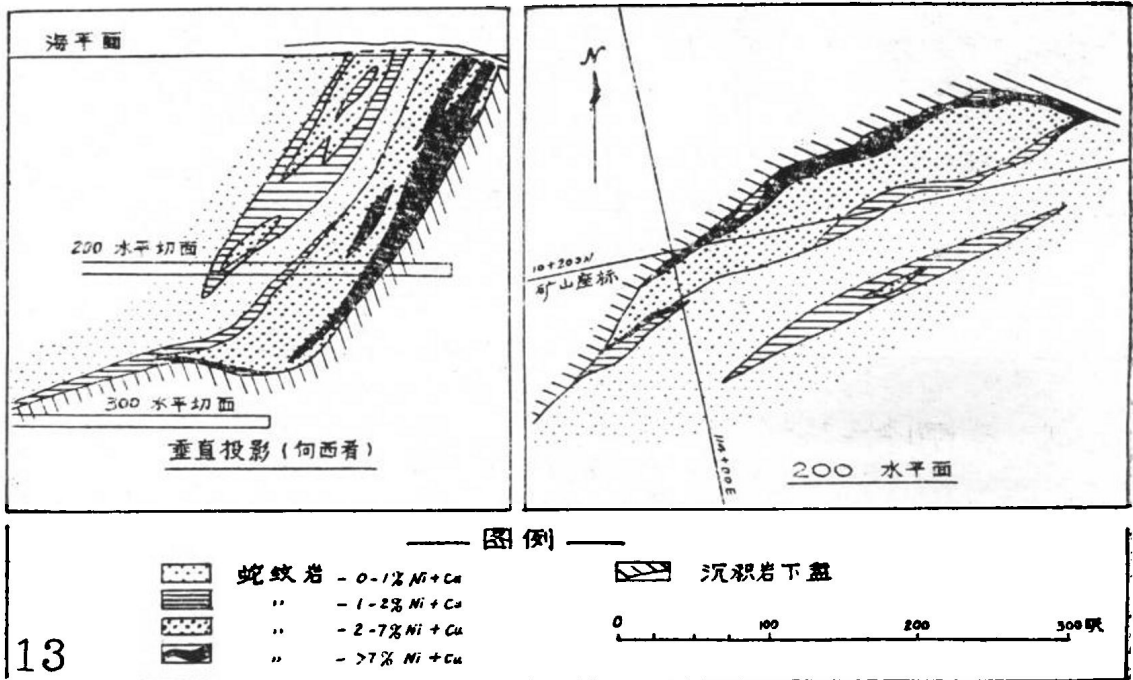


图 13 特里托里斯西北兰金斯海湾，北部兰金斯矿山，表示Ni+Cu分布的平面图和垂直剖面图



图 14 魁伯克昂加伐蛇纹岩中的柱状节理

和以上所叙述的整合侵入体相对照，在安大略省梅瓦特尔斯有一种陡倾产状的橄榄岩脉中含有块状硫化镍矿体和浸染状的硫化镍矿石。岩脉切穿一系列酸性和基性火山岩杂岩

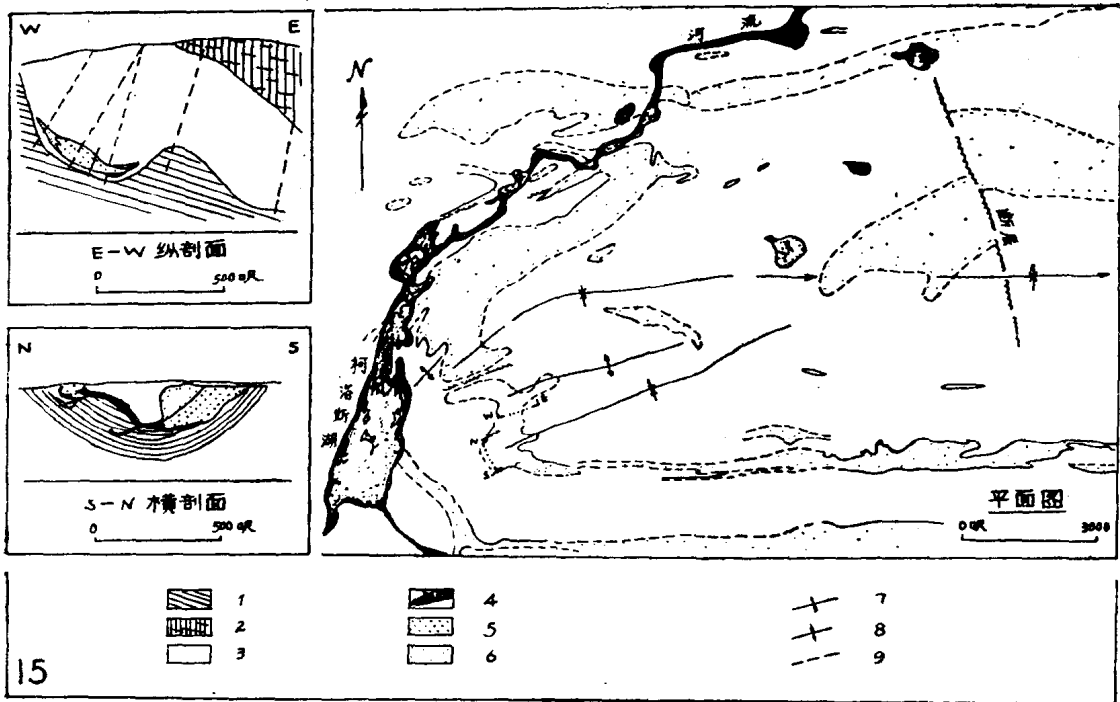


图 15 魁伯克昂加伐克劳斯湖地区地质平面图、横剖面和纵剖面图

1—石英岩板岩；2—玄武岩；3—定纹岩；4—块状硫化物；5—浸染状硫化物 $>1.2\% \text{Cu} + \text{Ni}$ ；6—浸染状硫化物 $0.8-1.2\% \text{Cu} + \text{Ni}$ ；7—倾伏背斜；8—倾伏向斜；9—钻孔交切线

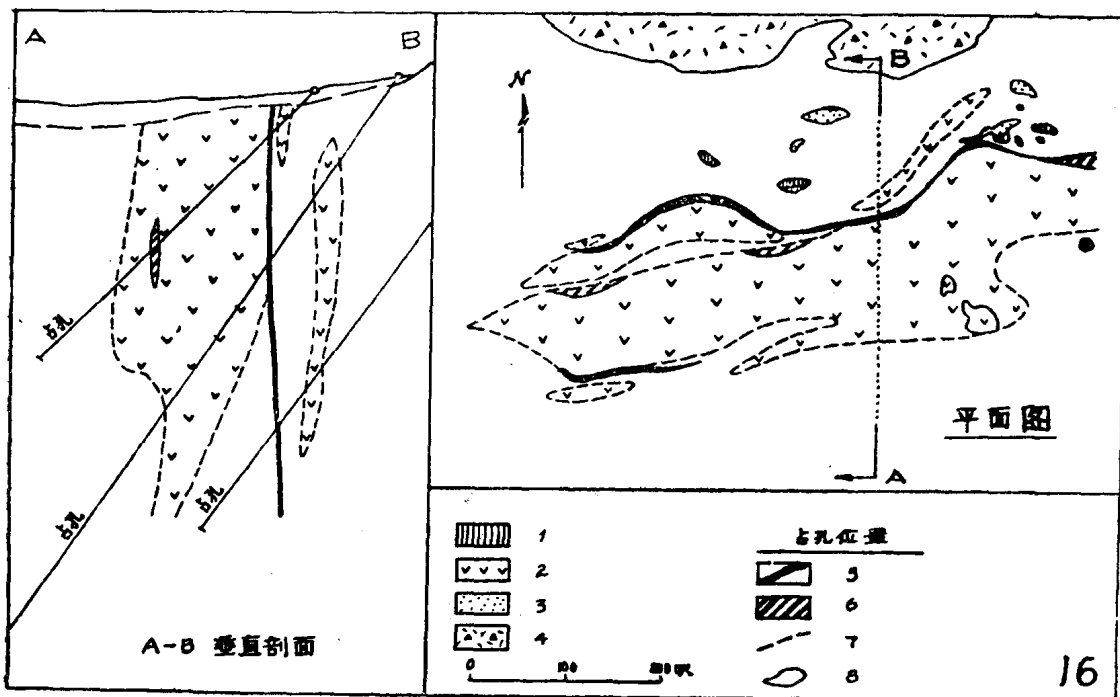


图 16 安大略杜登纳德矿床地质平面和剖面图

1—辉绿岩；2—橄榄岩；3—辉石岩；4—酸性火山角砾岩；5—镍铁硫化物带；6—浸染状镍铁硫化物；7—橄榄岩界线；8—露头

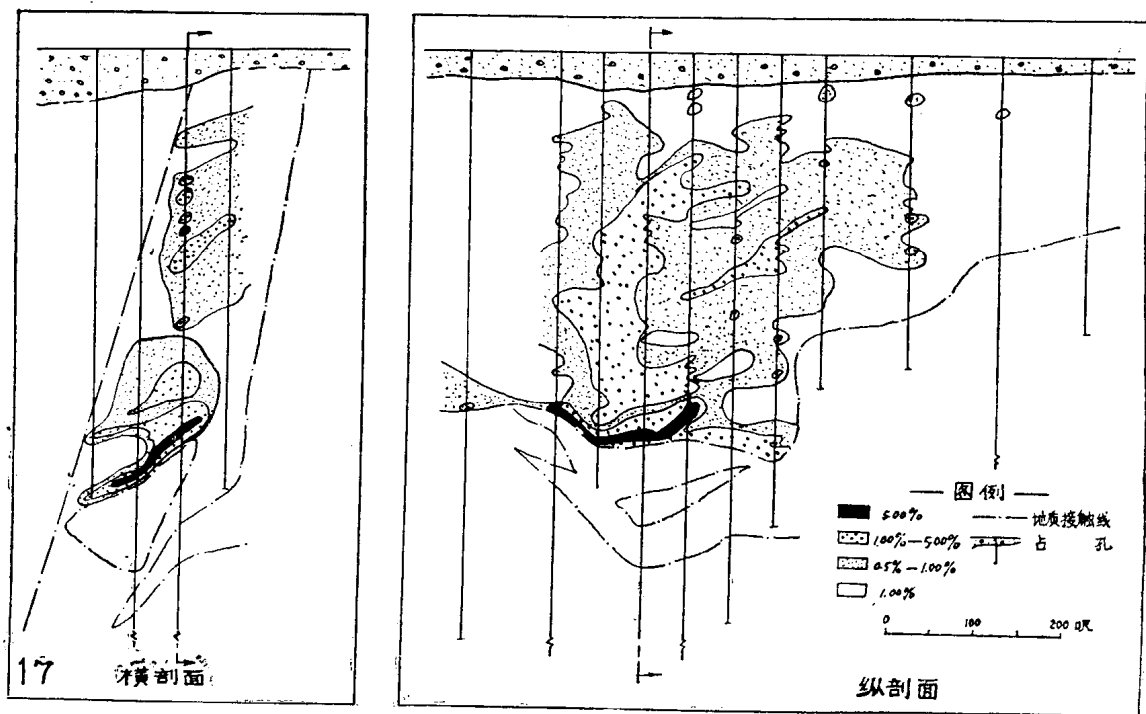


图 17 安大略省梅瓦特斯矿床，在超基性岩脉中镍矿分布的纵横剖面图

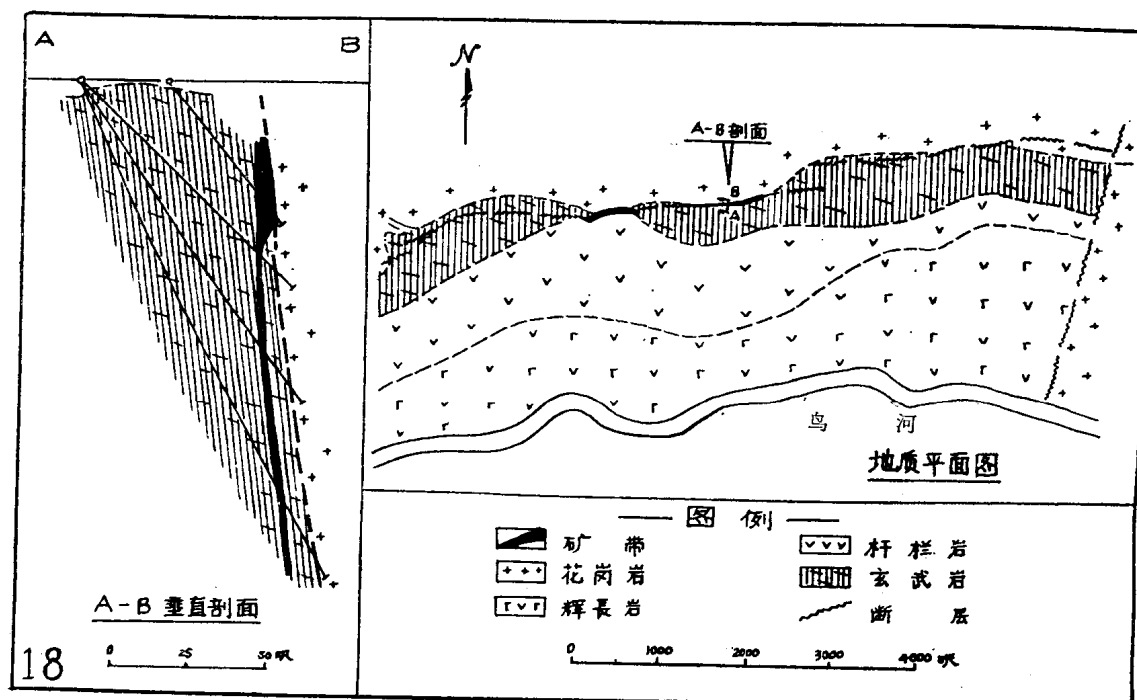


图 18 马尼托巴省鸟河矿床的地质平面和剖面图

系。这一矿床的纵横剖面(图17)表示出沿走向垂直富集的硫化镍。硫化镍矿体在脉状围岩里伸出的火山岩的角上垂直存在。硫化物在脉状围岩不规则体的垂直方向上要比在侵入体的两边富集。

在马尼托巴乌河的硫化镍矿床与基性岩和超基性岩都有密切关系,矿石产于沿着或接近花岗岩与枕状玄武岩间接触处的垂直破裂带中。破裂带位于层状辉长岩—橄榄岩侵入体的接触处和构造线以下(图18),在破裂带的近似层状侵入体里含有铜和镍,但略远一些地区仅含有铜。韦尔桑和安德生指出这种矿石有特殊的Ni:S和Ni:Cu的分布特征,一般常有大量的磁铁矿发生在这种矿石中。

矿 石 矿 物 学

在加拿大与超基性岩有关的大多数镍矿所能查到的正常硫化物组合是相当简单的。由原生矿物磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿和磁铁矿等组成,一般丰度是按上述的顺序。镍黄铁矿和磁黄铁矿部分地或全部蚀变为紫硫镍矿和白铁矿、黄铁矿,一般常发现于与浅成作用或深成作用有关的蛇纹石化超基性岩的矿床内。整个的蚀变过程中都出现假象,不过其原生组合常保留下来,即使在蛇纹石化时砷酸盐和硫化物在广泛的重结晶以后也会保留下来。像这类硫化物的共生组合的实例很多,如马尼托巴,阿比提比、特里托里斯西北部、尤康和昂加伐等超基性岩体。

原生硫化物的结构主要为镍黄铁矿在磁黄铁矿颗粒之间的边缘呈网状或分熔结构。这种结构是由固溶体的分熔作用和重结晶作用形成的,互通的边界关系带有普遍性,小的镍黄铁矿和黄铜矿的交切矿脉说明这些硫化物的晚期活动。浸染状和不连续分布的镍黄铁矿和磁黄铁矿颗粒可以嵌布在脉石中间。在某些块状硫化物矿床中半自形到他形的镍黄铁矿晶体粒径约1吋大,已查明是块状磁黄铁矿中的“转石”性质。

与上述的共生组合和丰度顺序不同的例外情况很多,即使矿床完全和超基性岩的空间关系一致也是如此。因此马桥第1号样具有标准的共生组合(或者说黄铁矿略高一些),反过来不到2000呎远的马桥第二号样却有作为主要含镍硫化物的针镍矿出现,并带有镍黄铁矿、紫硫镍矿和黄铜矿,有少量或没有磁黄铁矿等共生矿物。在提明斯附近的沃沃尔产地的矿床和一些无经济价值的矿床中针镍矿也可作为一种重要的次生矿物出现,并带有镍黄铁矿和黄铁矿。黄铁矿是谢斑多万矿床的主要矿物成分,并和镍黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿共生。

有很多的蛇纹岩含有少量或痕迹镍的矿物黄镍铁矿(Ni_3S_2)和铁镍矿(Ni_3Fe),这种矿床实例如亚力索矿床、马斯科克斯侵入体和魁伯克东城的超基性岩。辉砷镍矿(Ni, Fe, Co) AsS 在马桥的1号样中为副生矿物成分。

蛇纹石化作用中矿石矿物结构的变化

大多数的超基性岩石都几乎经过了全部的或部分地蚀变而成为蛇纹石、滑石、角闪石、绿泥石或是碳酸盐矿物,因此岩石中所保留的原生硅酸盐矿物非常稀少。所以绝大部分的研究工作都是在变质岩石中或在交代岩石中进行的。而对硫化物的原生结构和次生结