



魁北克诺兰达地区的发现

本文是J.博尔迪在七七届勘探专题讨论会上的发言

主席先生,贵宾们,勘探工作者同事们:

过去几天里,我们有机会参加这次专题讨论会,物探和化探界的一些知名人士,回顾了各种技术在科学勘探中应用的现状。毫无疑问,在确定目标和其后的发现中,技术手段起了重要作用。地质学家与地球物理学家、地球化学家同等重要,其作用决不应被低估或忽视。

本文是诺兰达地区块状硫化矿床在过去60年左右的时间里的勘探和发现的技术史的个人回顾。象所有的历史一样,这一技术史也可能有点主观。无论如何,这一史例都可以被认为是各种勘探方法的相互关系的典型实例,每个勘探方法在该时间范畴内是成功的,并且,每种方法的成功也要归功于其它方法,以及那些以前曾在当地工作过的人。我相信,深入和全面地研究矿区的勘探史,特别是研究导致发现矿床的各种找矿勘探准则的评价和使用可以得到许多有益的东西。

图1是魁北克西北和安大路东北主要矿区位置图。

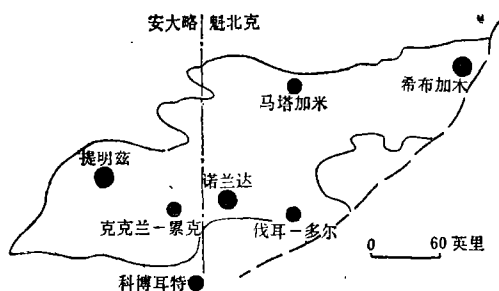


图1 阿伯提比采矿地区

诺兰达硫化矿床概述

“块状硫化矿”一词通常指含有大于50%硫化物的矿化,硫化物由比例不等的黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿和黄铜矿组成。一

个矿体的块状硫化矿常构成一个或几个似透镜状矿体,这些矿体基本上与围岩地层整合。块状硫化矿的两侧常有浸染状硫化矿,特别是底盘地层,常见多少受到蚀变的长英质火山岩地层。这个地区的大多数矿体,除一、二个矿体外,均独立产出。矿体沿围岩地层面延伸最大不超过1200英尺。

诺兰达地区是加拿大前寒武系产出矿体最多的块状硫化矿群,储量达1.17亿吨,平均含铜2%,锌2%,银0.60盎司/吨,金0.10盎司/吨。这一吨数得自19个矿床,其中85%集中在主要的汉尼矿床(8千万吨)周围10英里范围内。这一吨数等于加拿大前寒武系贱金属储量的20%。目前,这里的一个矿床正在生产,两个矿床处于不同的开拓阶段,三个矿床可以看作是今后的储备。

这些矿床的特性对物探和化探(以及地质的)勘探技术的反应是可变的,在诺兰达地区找矿,可以比喻为干草堆里捞针,在新区作一般的地面普查时,人们常常必须得首先发现干草!

发现(矿床)的技术评价

对诺兰达地区的所有各类矿床,就找矿勘探、地质、物探和化探所起的基本作用和贡献而言,已做过评价审查(常常不易确定哪种方法对发现矿床起着“主要的”作用)。

然而,为了了解所使用的各种成功的方法的真正意义,应该考虑这个发现所处的时间范畴,这样才能正确地评价勘探计划执行过程中的思想和所应用的方法。每个史例都受到下列各点的制约。

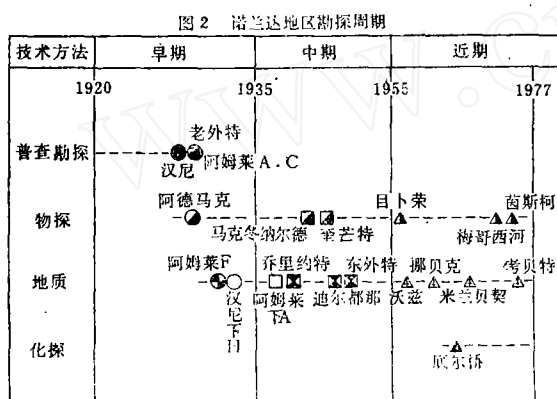
- (1) 该阶段可资利用的有效知识或资料;
- (2) 可应用的找矿技术手段的有效性;
- (3) “新”的找矿勘探概念(当时常

常被认为是非正统的)的流行与传播。

有些发现无疑是对所掌握的资料全面地和正确地分析的结果,然而,也有这种例子,即运气在发现中起着很大作用。

在诺兰达发现技术对勘探生命周期的关系

图2描述了在诺兰达地区发现对勘探生命周期的关系。过去60年,诺兰达的勘探可适当地划分成三个阶段,每一阶段被大约七年的间歇期所隔开(有点象圣经上偶然遭遇的饥荒期)。



早期 (1920~1935) (图3)

可以预料,勘探的发现在此阶段占统治地位。爱德·汉尼1920年在鲁安区的奥西斯科湖附近圈定了硫化物铁帽,他为了找金矿,自1911年以来断断续续地在该区进行过勘探。1923年,开始钻探并成功地揭露了黄铁矿化流纹岩底部的主铜—金矿带。这一发现便成了有名的汉尼矿山。有趣的是,在这一发现的一年中,该地区开展了自然极化法测量,这是加拿大第一次使用这种方法。大部分透镜状矿体之发现与自然极化法无关,然而其结果却肯定了硫化物透镜体复式系列的存在,其中有些没有出露。

到1925年为止,在西北方向5英里处发现了另外的铁帽。这些铁帽是杜弗瑞斯诺伊区的阿姆莱上部‘A’和阿姆莱‘C’,以及在西北方向1.5英里之杜卜拉特区的老外特。

此间,在汉尼矿之西10英里处的博奥恰斯特尔区,于1925年第一次用物探方法发现

了新矿。此处阿德马克矿床是用简单的倾斜针(dip-needle)测量发现的。该矿床位于低地之下,在受到矿化和蚀变的长英质火山岩之北数百英尺。

1929年,在阿姆莱‘C’之北1英里处,一个“地质的”钻探方案幸运地打到了阿姆莱‘F’矿床。这一时期以1931年在汉尼矿床地下开采过程中发现大型下‘H’矿床而告结束。

中期 (1935~1955)

这一时期是以利用地质勘探经验为其特征。那些在岩性、矿化、蚀变和构造的某些组合上对矿床沉积有利的地方,便进行追索、钻探,重点放在圈定“有利的”受断层或褶皱控制的构造上,那里从深处上升的矿液能够与易于反应的岩石进行物理或化学交代作用。

图3 早期 (1920~1935)



图4 中期 (1935~1955)

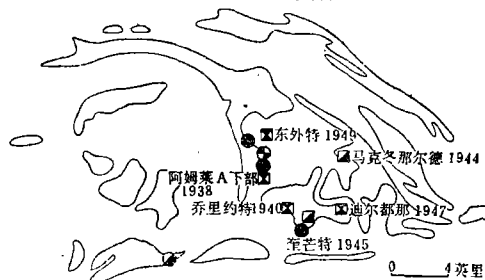
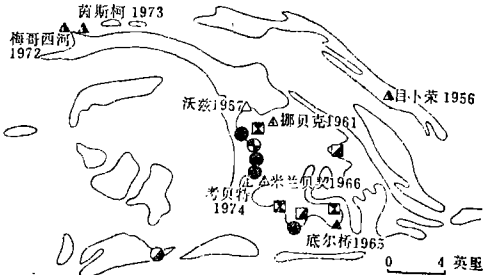


图5 近期 (1955~1977)



1938年,在经过一个勘探的停滞期之后,埋藏在小的上‘A’矿的地表露头之下700英尺处发现了阿姆莱下‘A’矿体。这些矿床是彼此分隔开的,但是被一个共同的堇青直闪岩蚀变筒联系起来,这个蚀变筒穿过了有利的(阿姆莱)流纹安山岩接触带。

1940年,在汉尼矿西北1英里处薄薄的覆盖层之下,发现了乔里约特(Joliet)矿床,那里先前已注意到在切变的流纹岩中有浸染状硫化物。

1944~1945年,物探方法有二个重要发现。第一个是位于汉尼矿东北5英里的杜弗瑞斯诺伊区的马克冬纳尔德矿床。这是诺兰达地区用地面电磁测量法发现的第一个矿床,该矿床含有分散的贱金属矿点,在覆盖层下2.5英尺。

然而,物探的主要发现,还是1945年的奎芒特矿床。该矿床与汉尼矿毗邻,大体上在汉尼河断层之北,直至后来才设想此断层是矿床侵位的控制构造。在此前的20年中,做了许多地表和地下勘探工作,但一无所获。所采用的成功的方法是地磁测量,它圈定出几个磁异常。采矿公司对这些磁异常进行了系统的钻探。结果是,沿奥西斯科湖北岸的异常之一打到了块状硫化矿。这个重要发现是个典型事例,它说明确定目标的重要性。

1947年,随着发现奎芒特所带来的兴奋,便继续进行经验地质调查研究。其结果便发现了迪尔都那矿床,它位于奎芒特矿山之东2.5英里。这个地方在流纹岩露头上曾注意到有弱浸染的硫化物。在这个地点钻探的结果发现了黄铁矿—闪锌矿透镜体,富含银和金,其顶部在地表下面500英尺。

本阶段于1949年以偶然地发现东外特矿而告终,一个为评价目的而加深的钻孔发现了这个矿。这真是奇缘巧合!此矿位于杜弗瑞斯诺伊区,在1925年发现的老外特矿之东北3/4英里处。新矿位于地表下1300英尺,和老外特矿所接触的岩性一样。此外,其下部有一典型的蚀变筒。与本矿相伴出现的是流纹岩上面的穹状构造,被埋在厚达1/4英里的(阿姆莱特)安山岩下。这一发现对该区以后的地质思路产生了影响。

近期(1955~1977)

在诺兰达地区,继续花了许多时间,作了很大努力来进行地面电磁法的工作,此方法在许多块状硫化物地区曾成功地使用过。里奥廷托曾首先沿公路网使用一种这样的测量法(装配在汽车上的电磁法),结果在1956年发现了杜弗瑞斯诺伊区东北部之目卜荣矿床,此矿在汉尼矿东北11英里。另外,在对异常进行钻探之前,用重力测量帮助确定块状硫化物矿床的存在。在用地球物理法取得这个与另一些发现之间,十六年过去了。

这一阶段以巩固以往30年所获得的经验地质知识而开始。然而,地质思想的主要跃进可能是在1953年在遥远的澳大利亚促成的,一位联合锌公司的地质学家哈登金在研究了布罗肯山矿床之后,提出成矿新理论。他的观点可简单地解释如下:“在矿物勘探中,(沉积的)概念……第一次有希望将矿体赋存的观点从不可思议的王国中解脱出来,把它放在应放的地方去——放到自然活动的体制中去。从这一观点看,矿体的赋存应该不单是可以了解的,也许甚至是可以预测的。”

某联合锌矿公司的地质学家们——爱德华兹、基尔莫尔和斯彭思发展了这个思想,他们认为诺兰达的块状硫化矿可能与他们的火山岩围岩是同期的。而且,他们认为主矿体是受特定的时间控制的——可能与长英质火山活动的地层时期有关。

1957年,联合锌矿公司对已有的资料作出了新的解释之后发现了沃兹矿床,该矿位于东外特矿西北1.5英里处。虽然这个比例有限,但却是第一次应用火山成因概念发现的。这一发现揭示出,大片地区的地下分布着有利于成矿的(外特)流纹岩,但被一个广泛分布的(阿姆莱)安山岩层序所覆盖着。

对以钻探资料为基础的地质资料进行了许多刻苦分析。1961年,在长期空缺之后,杜佛特湖矿山打的124号钻孔,发现了挪贝克矿床,此矿位于杜弗瑞斯诺伊区,东外特矿东北1.25英里,垂深1100英尺。

1963年,有关利用汞地球化学作为探途

元素指示硫化物盲矿的文献引起了费尔宫桥勘探的注意。用一个简单的莱麦尔探测器，对杜弗瑞斯诺伊区新近发现的挪贝克矿床周围的地表和岩心取样试验轻易地揭示出了汞

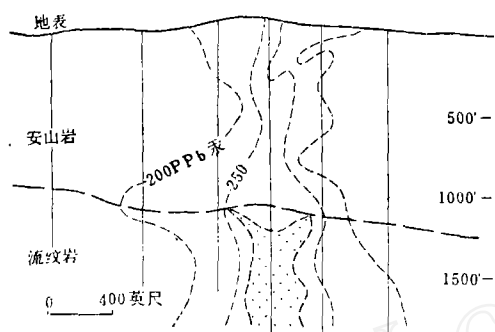


图6 诺兰达地区盲硫化矿床汞晕 (1963)

异常值 (150~300ppb) (图6)。在该矿床上伏岩石的1100英尺之上，发现了一个很清楚的主分散晕，包括面积达1500英尺长，700英尺宽。此晕圈显示出作为此类矿床之特征的一个看不见的向上的蚀变管筒投影 (和放大)。已知汞是受微型破裂网络 (诺兰达术语即是格栅型蚀变) 约制，暗示出汞是从下面漏出来的。运用这种实用工具有助于把注意力集中在那些被认为可能有盲矿床的地区。

正确评价汞作为地球化学探途元素这一特点，加上矿石局限在火山岩地层的这个重要事实，导致1965年费尔宫桥至底尔桥的发现，底尔桥位于汉尼—奎芒特联合企业以东

2.5英里，老迪尔都那工作区以南1/4英里。另外，激发极化法被用来确定盲矿床下盘地层中微弱浸染的黄铁矿化，继而在地表300英尺下发现了盲矿体之顶。作为一个块状硫化物矿的非直接的指南，激发极化法能成为有用的勘探工具。

1969年，以及更近期的1974年，在杜佛特湖矿山发现了米兰贝契矿床和考贝特矿床，此矿距阿姆莱‘A’矿床约1.25英里之遥。这些新发现矿床均在地下2300英尺深处。这些发现是由于应用了各种岩性的、地层的和构造的经验的结果，这些经验是收集了以往多年钻探所得的相当巨大资料作基础的。在米兰贝契 (可能也在考贝特) 汞地球化学是一个有成果的辅助手段。

在最后一次成功的地球物理发现后，又过了16年，以奎北克自然资源局为代表于1972年进行了空中电磁奎斯托 INPUT 测量，在汉尼矿之西北21英里处，希比考特区 (重新) 发现了一个孤立的强磁导体。

这个异常先前作过钻探试验，但无结果。埃索铜矿田团体进行钻探便发现了梅哥西河矿床。应用各种地球物理方法的麦克伐团体进行了史例的研究。1973年，详细的达赫姆 (Dighem) 空中电磁法测量探明了毗连的新因斯柯矿床，这里先前已在地面建立了地层概念。

图7说明各种技术发现的矿床百分比以及储量百分比。

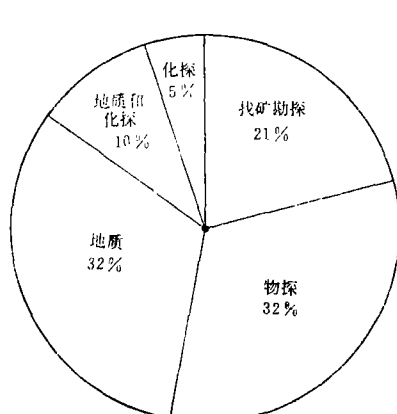


图7a 诺兰达地区各种技术发现矿床百分比 (1923~1977)

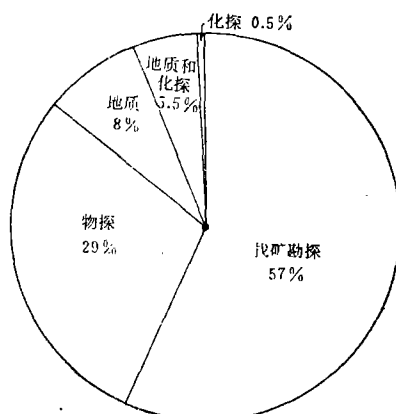


图7b 诺兰达地区各种技术发现吨位百分比 (1923~1977)

斑岩铜矿地质研究的最新进展

有关扩张的模式和速度的资料不足,所以不能建立起板块相对运动的模式。相对于北大西洋和中大西洋的张开而建立的北美板块运动模式(科尼,1972)表明,北美板块离开欧洲向南西向的旋转发生于80~40百万年之前。大洋的法拉龙板块和北美板块间相对运动的模式表明,在80百万年,两个板块之间的向东会聚变为东—北东向会聚,而且,两个板块间的相对运动从8厘米/年明显地增至14厘米/年,直至大约40百万年以前,一直保持着这个高速度(科尼,1976)。

现代活动潜没带的轮廓测量表明,潜没带的倾角较低,与会聚的速度较高有关(卢伊恩迪克,1970)。如果将这个关于相遇板块的快速会聚并伴生浅部潜没带的假说应用于有拉拉米造山运动作用的区域(80~40百万年),会聚速度加快,可以产生极浅的潜没带,使沿火山轴的钙碱岩浆活动明显减弱并且向内陆移动到潜没的板块已经到达的适合于岩浆生成深度的相应位置上(图1)。把这一理论应用于美国西南部,可以解释为什么在白垩纪末期,靠近大陆边缘的岩浆活动显著减弱(图2),而在第三纪早期,远

至亚利桑那东部、新墨西哥西部、科罗拉多和蒙大拿这样一些内陆地区的岩浆活动却仍在继续(图3)。潜没角度的减小,就会使沿潜没带的岩浆作用,向内陆移动到原先上部板块内软流圈与地幔物质没有与沿潜没带

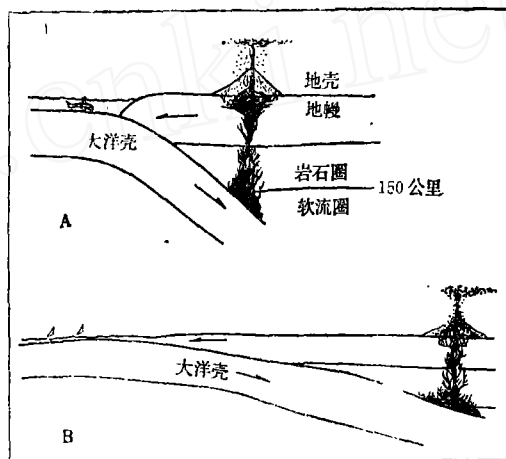


图1 根据潜没带的倾斜度所提出的快速会聚的假想效果;据卢伊恩迪克的资料所设的一个理论模式[1970](A)“正常的”会聚;(B)快速会聚,较浅的潜没。应注意到,钙碱岩浆活动带在快速会聚时从大陆边缘移向内陆。

结 论

经历60年的勘探,诺兰达地区可以认为进入了勘探发展的壮年期。部分原因是由于大自然的恩惠,部分是由于勘探中的某些坚持性。不论采用哪种方法,以及发现涉及到哪些公司,在国际范围内观点的传播,加上使用各种技术辅助手段,对矿床的发现都是一个推动。过去多年间,从事诺兰达地区勘探工作的人,提出和发展了许多观点和概念,有些已经发展成为找矿勘探准则,并可用于其他地区前寒武纪火山成因的块状硫化矿的找矿工作。

各种发现史例的这一评述,介绍了诺兰

达地区过去成功地应用过的找矿技术的范围和深度。现在,在超过1000英尺深处的地下或许还会发现盲矿体,不过深部找矿既困难又费钱,并且无疑要有一笔建立在长期基础上的足够的钻探预算。今天,我们面临的问题是,利用现有探查技术手段所得到的效果愈来愈小了。但是,那些对块状硫化矿的找矿勘探工作能作出正确评价的人们,肯定能加速发现率。如果我们不能应付这场挑战,那么那些捉摸不定的小矿区就是我们大家的借鉴。

摘译自:《77届勘探专题讨论会》有关文件

(王之田译 李志锋校)