

国外地质资料选编（九十五）

国外重要矿床(区) 勘查史例

（第二册）

地质矿产部情报研究所

一九八五年三月

目 录

[21]	加拿大巴肯斯矿床勘查历史的回顾·····	(174)
[22]	坚持不懈的地质研究是日本黑矿矿床勘查成功的关键·····	(183)
[23]	加拿大西北地区伊佐克湖矿床的发现史——综合物探扫面见大矿·····	(190)
[24]	魁北克莱萨德有色金属矿床的发现——简单的甚低频 电磁法收到良好的找矿效果·····	(198)
[25]	瑞典艾提克铜矿床的发现史——常规的电阻率法效果好·····	(205)
[26]	热液蚀变带研究和断层性质判断, 导致克拉马祖铜矿的发现·····	(211)
[27]	系统的区域地质调查研究导致墨西哥大型斑岩铜矿床的 发现——拉卡里达德铜矿发现史·····	(222)
[28]	一个高效率勘查和开发的矿山——潘古纳大型铜矿的发现和勘查史·····	(231)
[29]	地质预测和地震测量发现了波兰大型铜矿·····	(236)
[30]	盆地分析和层控理论指导系统找矿——加拿大塞尔温盆 地铅锌矿床的发现与扩大·····	(240)
[31]	物探工作导致法罗多金属矿的发现——综合物探方法找 块状硫化物矿床·····	(249)
[32]	研究已知矿床的挖矿因素指导新区勘查, 导致美国最大 隐伏铅矿带——密苏里州维伯拉姆矿带的发现·····	(256)
[33]	派因帕因特铅锌矿床的发现与扩大·····	(261)
[34]	爱尔兰的矿产普查及化探的作用——兼介纳凡锌铅矿之勘查·····	(271)
[35]	成矿规律研究为基础, 化探为手段发现内华达州卡林型金矿带·····	(277)
[36]	化探作为浸染型金矿主要找矿手段的一次重要实践—— 科特兹金矿的发现·····	(285)
[37]	勘查工作组织管理上的灵活性与麦克劳克林大型金矿的发现·····	(290)
[38]	综合物化探方法填绘尼加拉瓜的含金构造·····	(292)
[39]	美国拜哲山砂金矿区的物探工作——以地震法为主对砂 金矿区沉积剖面进行分层·····	(299)
[40]	细致的野外观察, 地质情况的独到理解, 使老矿区获得 新生——墨西哥瓜那托银矿区的扩大·····	(305)
[41]	地质与物化探综合找矿见效果——美国斯提耳沃特铂钯 矿床的发现·····	(310)
[42]	北哈萨克斯坦铝土矿区的物探工作及其效果——综合物 探方法的应用·····	(315)

- [43] 矿床勘查过程中必须重视综合评价——加拿大坦科
伟晶岩型稀有金属矿床勘查历史回顾……………(319)
- [44] 物探方法在苏联萨雷兹锡矿区的应用——综合物探方法找锡矿……………(324)
- [45] 地质类比和铀钼榴石测量——苏联雅库特金刚石矿床的发现……………(332)
- [46] 地质预测为指导,传统找矿方法和现代先进方法相配合,发现西澳钾镁煌斑岩型金刚石矿床……………(345)
- [47] 博茨瓦纳大型金刚石原生矿床的发现——重砂法找矿要
注意新构造和地貌研究……………(354)
- [48] 以成矿预测为基础,生产和科研单位长期密切合作,在
伊尔库次克州发现大钾盐矿……………(359)
- [49] 自然硫后生成因模式的建立与美国鲁斯特勒硫矿的发现……………(366)
- [50] 以洋流上升成磷理论为指导,运用岩相古地理分析方
法,澳大利亚发现大型磷块岩矿床……………(375)

加拿大巴肯斯矿床勘查历史的回顾

一、前 言

加拿大纽芬兰岛中部的巴肯斯矿床是1905年发现, 1928年投产的。它是国外最富的大型黄铁矿型多金属矿床之一。在该矿床已发现17个矿体, 过去五十年间在12个矿体中共开采了约1740万吨矿石, 采取出约254吨锌、132万吨铅、23万吨铜、2000吨银、23吨金。平均品位是: 锌14.62%, 铅7.6%, 铜1.34%, 银114.8克/吨, 金1.34克/吨。按1979年3月价格, 这些金属共值42亿美元。矿石中还含25—30%重晶石。已发现的矿体多已采尽, 余下的少数矿体因属表外储量目前尚不能开发。矿山行将闭坑, 选厂已准备改选尾矿堆的重晶石。

该矿床初期找矿工作比较顺利, 后来的勘查历程是曲折的。一些矿体的发现经过和勘查工作的经验教训有一定参考意义。

二、矿床简况

巴肯斯矿区由厚达11公里的早、中生代变质沉积-火山岩系组成, 区内有大的花岗岩侵入体。含矿层系变质程度很低, 属葡萄石-绿纤石相。矿区构造比较复杂, 有背斜和冲断层通过。含矿层系产状比较平缓至中等倾斜。地表广布第四纪冰碛物(最厚55米, 平均7米), 基岩露头甚少。

已发现的矿体分布在长约8公里、宽约2.5公里的近东西向地带中。除最初发现的两个小矿体外, 其余均无露头。矿床产在海底酸性(英安质)火山岩和有关的沉积岩中, 这些岩石位于晚奥陶世-早志留世巴肯斯超群的下群近顶部处。

矿体有三种成因和构造形态类型: (1) 黄铁矿型块状含铜多金属矿体(又称原地矿), 是在海底喷气-火山作用过程中原地形成的。从地层关系看, 它位于网脉矿之上。矿石很富, 由条带状“黄矿”(铜锌矿石)、“黑矿”(铅锌矿石)和重晶石组成, 与日本黑矿型矿床很相似, 硫化物颗粒很细; (2) 较贫的搬运型矿石构成的矿体(又称机械搬运碎屑矿), 产在一定层位的角砾岩化沉积-火山岩中, 主要由硫化物和重晶石的半磨圆碎屑组成, 也有少量岩石碎屑, 胶结物主要为凝灰质。这种矿石可能是由上述原地矿体经冲刷、搬运, 再沉积形成的。推测矿石碎屑是沿较陡的海底斜坡与淤泥一起以密度流方式搬运, 然后沉积在古地形洼地(有人认为属地槽型)中的。搬运距离(离最近原地矿)可达2.4公里, 这种矿石构成的表外矿体距最近原地矿可达6.7公里。此型矿体大致呈长卵形, 已知最大的麦克莱恩矿体长870米, 厚20米; (3) 更贫的细脉浸染型矿石的网脉状矿体(又称网脉矿), 与变质火山岩中的破碎带有关。有人认为与热液喷孔有关, 而喷孔位置受张断裂交切带控制。

在已知17个矿体中(参见图1、2),属于原地矿的有5个,储量占所有已采矿体矿石的48%左右,其平均品位为锌17.50%,铅8.55%,铜1.66%,银109.2克/吨,金1.65克/吨,此外含重晶石25%,黄铁矿14.4%;属于搬运矿的有11个,储量约占52%,其平均品位为锌12.20%,铅7.12%,铜1.04%,银126.9克/吨,金1.06克/吨,含重晶石30%,黄铁矿7.5%。网脉型矿体矿石品位低,属表外储量。

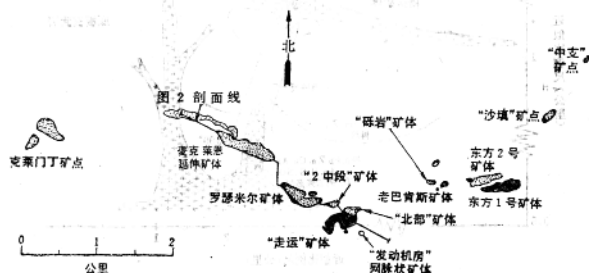


图1 巴肯斯矿床矿体和矿石类型分布平面图。涂黑的为原地矿,加细点的为搬运矿

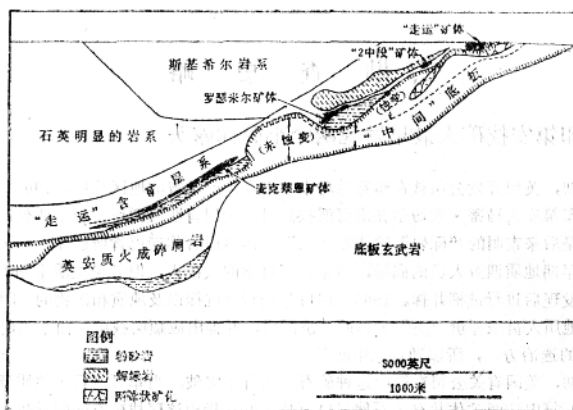


图2 通过“走运”、“2中段”、罗瑟米尔和麦克莱恩矿体的剖面图

据加拿大地质调查所1983年出版物报道,最近在巴肯斯矿区麦克莱恩矿体西北新发现了“麦克莱恩延伸”矿体,并已于1982年下半年进行开拓。该矿体位于罗瑟米尔-麦克莱恩矿体带的延长线上,亦系同一层位搬运矿,其东南端与麦克莱恩矿体的西北部邻接,其间为不大的逆断层。该矿体已知含矿石约34万吨,品位为锌10.22%,铅5.90%,铜1.42%,银88.02克/吨,金0.72克/吨。

在同类矿床中，巴肯斯矿床的突出特点在于它的品位很高（金、银含量也高），搬运矿分布很广。目前关于该矿床成因的比较一致的意见，大致可由图3来表示。

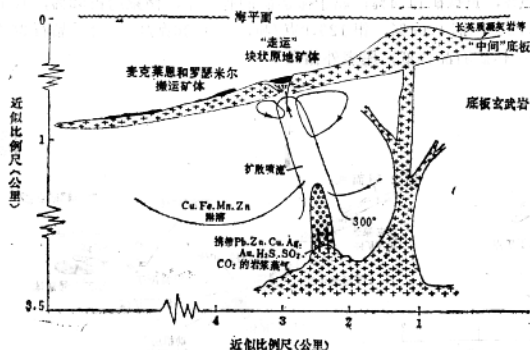


图3 巴肯斯矿床成矿示意图

三、勘 查 史 略

1. 印第安找矿人最早发现两个小矿体露头

本世纪初，英纽开发公司就在纽芬兰岛中部未经矿产勘查的地区找矿。1905年，该公司雇用的土著印第安人马蒂·米切尔在沿河溪找矿时，于巴肯斯河西岸发现了两处铜铅锌矿化露头。这就是后来查明的“砾岩”矿体和“主”矿体（后合称老巴肯斯矿体）。米切尔原系猎人，当过早期地质调查人员的向导，后来成了自学的找矿人，但并无地质学知识。

1905年发现后进行过槽井探。1906—1911年进行过坑探以及地质和矿物的初步研究。1911年又有地质人员来评价“主”矿体的经济潜力，并提出应顺层找矿。由于当时尚无可以用这种矿石的选冶方法，所以勘查就中断了。

1925年初，美国有关公司在选冶这种矿石方面有了突破。当年又进行了地质调查和经济可行性评价，算出这两矿体共有矿石储量11万吨，并且指出该区找矿有光明前景。

2. 物探一举发现两个浅而富的大矿体

1926年，在准备开采上述已发现的两个矿体的同时，在矿体外围紧邻地段首次开展了找矿工作。这次勘查是由瑞典物探专家汉斯·伦德伯格指导进行的，开始是用等位线法在小范围内进行电法测量。该法在两个已知矿体上得出了异常反应，此外还在工作区东部圈出一个

良导体，在西南角发现一个小导体。随着电法工作继续向西南推进，又圈出了一个异常。在该异常最大电导率区进行槽探，首先揭露出强烈的网脉状矿化，继之发现块状硫化物矿体，这就是“走运”矿体。对东部导体试钻结果发现了“东方1号”矿体。从6月初起，通过电法测量在80天内就发现了两个大矿体（包括钻探和槽探揭露到矿体时间在内），这是物探的辉煌成果，但也是该区主要由物探技术发现的仅有的两个矿体。它们都是很浅的埋藏矿，很富的原地矿。后来探明这两矿体共有原地矿石800多万吨。巴肯斯矿床就是1928年在全区最大的“走运”矿体首先投产的。

3. 长期无新发现，竟去求助“魔杖”

电法勘探轻而易举地发现两个大矿体后，物探成了该区勘查计划的主要组成部分。这种情况一直持续到四十年代初。伦德伯格本人在该区一直工作到1941年，并且先后采用了电法、电磁法和磁法进行勘查，但在找矿上再无建树。

1927—1929年，W.H. 纽豪斯博士来该区进行野外地质工作，在矿山和外围填了图。他认为矿体是交代作用形成的，产出部位距“石英斑岩”（后人查明主要是英安凝灰岩）不远。他还建议在克莱门下湖区等地进行勘查。

1934年，矿山经理 P.W. 乔治强调在紧邻已知矿体地段找矿，这使“走运”矿体朝西南有所扩展。这是1927年到1947年间矿床储量的仅有的一次比较重要的扩大。他还指出“走运”矿体产在背斜中部，认为构造对矿化有利。

1926年以后的十年中，尽管进行了不少工作（包括物探、地表传统找矿、填图和钻探，且也扩及外围），但并未找到新矿体。1926年那样的“鸿运”已一去不复返了。

这十年无新发现的局面，使公司领导人颇为沮丧。他们对所用物探方法和勘查途径的有效性产生了怀疑，不再迷恋地表传统找矿和物探方法，但未能采取正确态度去积极探索切合该区找矿实际的科学的途径和方法，而且最后竟然在1937年发展到聘请了一个名叫哈利戴的英国“魔杖”探矿师。该人自称只用地图和罗盘就能找到矿床。他一手拿着由两块鲸骨制成的“魔杖”，一手拿着矿石标本，进行所谓野外检查。他竟然还预测了矿物含量、品位、矿体埋深和倾向。公司领导人虽明知这是胡猜，却居然认为不应放弃这一尝试机会。哈利戴提出了可以钻探的四个地段，但经验证无一见矿。这次用迷信方法找矿的必然失败，从反面保全了地质人员和物探人员的声誉。从1938年起，矿区就一直有专职的地质师。1941年后且设有总地质师。

4. 由零打碎敲转向集中系统找矿，地质指导发现两个深部大矿体

由于物探再未发现新矿体，加上已积累了不少从矿井、钻孔和地表获得的地质资料，从四十年代初开始，地质前提和理论终于成了制定勘查计划的主导因素。

1904—1941年，R. 汤姆森博士任矿区地质师，对矿区进行了地质调查。他同意交代说，认为首要控矿因素是岩性。他还认为矿液与火山活动有关，但在六十年代晚期以前这一看法对勘查并无影响。

1941年, H. J. 麦克莱恩博士任矿区地质师(直至1951年)。他领导开展了一项钻孔岩心重新编录和坑道、地表露头重新填图的全面计划。他改进了岩性地层对比, 指出某些构造可能是矿液通道。他强调构造控矿, 并将巴肯斯背斜追索至克莱门丁湖。四十年代早期的勘查, 主要是对填图得出的构造目标进行间歇性的零星钻探, 结果几乎全部落空。

1926年以来找矿工作全告失败的事实, 使公司认识到有必要总结找矿经验, 以便弥补日益减少的矿石储量。1945年初召开了有伦德伯格、汤姆森等在该区工作过的专家以及总地质师麦克莱恩和公司采矿部门人员参加的会议。他们研究了过去勘查的结果, 制定了该区找矿的“最后努力计划”。他们拟定了一些新的措施, 目的是使勘查具有新的活力并加强勘查工作。会议决定把找新矿体的工作主要集中在生产矿山毗邻地段(巴肯斯穹窿状构造周围未勘查地段), 而不是外围地区。他们提出了应进行系统勘查的一些具体目标。后来证明这些新的努力还是及时的, 也是经过深思熟虑的。这项计划为该区找矿工作打开了新局面。

1946年开始由“走运”矿体向西沿已知矿体走向进行平巷探矿, 当年就打到1.5米含低品位铅锌的重晶石矿化。1947年在该地段继续钻探, 坑道钻探打到1.3米、地表钻孔打到7米中品位重晶石铅锌矿石。这就是罗瑟米尔矿体。后来探明该矿体含高品位矿石约360万吨, 埋深225米。

在钻探圈定罗瑟米尔矿体的工作中, 也查明矿体系产在北西向的槽形构造中。据此提出了由该矿体向西北推进的一项地表钻探计划。1950年在含矿层系底板上的第二个洼地中发现了麦克莱恩矿体。它有高品位矿石储量365万吨, 埋深达620米。

此外, 1950年在巴肯斯矿体北300米处发现了一个大的高品位矿体。

5. 地层、岩性、古地形控矿概念和成矿理论指导下的系统钻探继续有所发现

上述三个新发现的矿体都和碎屑成分复杂的角砾岩或花岗岩砾岩以及含黄铁矿的粉砂岩和杂砂岩紧密伴生, 呈整合状产出。这就得出了角砾岩分布和硫化物交代受地层控制的概念, 认为角砾岩分布受古地形控制, 角砾岩的渗透性为矿液提供了通道。根据这一地层-角砾岩概念, E. A. 斯旺森(1951年起任矿区总地质师至今)在1951年制定了渐进的系统钻探计划, 其范围涉及“东方1号”矿体之北, 老巴肯斯矿体西北、“走运”矿体以南和以西、麦克莱恩矿体以南以及克莱门丁区。矿体经常产在含矿层系的酸性岩中这一点, 仍被用作找上述角砾岩和矿体的指南。钻孔间距一般为150米, 发现黄铁矿质粉砂岩或铅锌矿化后减至75米。该法一直使用到1971年。二十年间圈出了一个有经济价值的矿体(“东方2号”), 两个表外矿体(“沙填”和克莱门丁), 以及“走运”矿体西侧的一个矿点和矿区东北端的“中支”矿点。“东方2号”矿体是1953年发现的。在发现前对“东方1号”矿山地下勘探平巷重新进行了地质填图, 并辅有地表钻探。在角砾岩层中发现硫化物矿石碎屑后, 又用钻孔等电位法电测检查紧邻地区所有钻孔, 以确定可供钻探的目标。在此基础上再打的第一孔就打到约10米厚的高品位矿体。克莱门丁矿体是1960年在地质填图指导下用深钻发现的。

1947—1953年的发现使矿区储量几乎翻了一番, 且也标志着矿区开发的一个新时期的开始。罗瑟米尔和麦克莱恩矿体成了过去二十五年的主要产地。

1956—1957年, B.H.雷利博士对矿区进行了全面研究。他在1960年提出可用同生说取代一直沿袭下来的单纯的后生热液交代说。他认为火成碎屑岩近地表热液交代形成底板网脉状矿体, 在古地表则有硫化物矿层伴生。某些矿层被剥蚀, 有的又再沉积下来。他主张沿已知矿体方向、在古地形低洼处以及沿蚀变通道找矿。这也支持了当时所采用的勘查途径(五、六十年代实际上主要已经是在找搬运矿, 但矿区地质人员仍持后生热液交代观点)。直到六十年代晚期, 关于网脉状矿化交代带是块状硫化物矿层根部带的看法才为人们所接受。于是又转向找直接底板中的网脉状矿化和蚀变带。1971年开始对推测存在古火山中心的一个外围地区进行踏勘性钻探。钻孔深达1183米, 但未见含矿层系。

1970年, 矿区储量已无法维持正常开采。七十年代又进行了一项勘查计划。目前矿区内含矿层系最大勘查深度已达1300米, 外围找矿涉及面积约8000平方英里。目前遗留在矿区的已知的是一些表外矿体和矿点。外围虽找到几个重要矿化地, 但品位低, 交通不便, 现尚难开发利用。目前仍在执行一项积极的勘查计划。正在对麦克莱恩矿体之西和之下的有利层位进行坑探和钻探。还在对外围一个矿点进行坑探。

四、几点启示

在巴肯斯矿床几十年勘查的经验教训中, 似有以下几点可供找矿工作借鉴:

1. 研究地质特征, 分析地质前提, 运用地质理论, 开阔找矿思路

在找矿时, 要注意搞清区内有关的地质、矿床情况, 分析研究控矿条件; 要掌握有关矿床模式的概念和成矿的理论(这需要总结实践得来的认识, 需要根据新发现的情况及时予以修正, 需要学习), 注意可能存在的多种成因-构造形态类型的矿体, 注意在空间上和时间上伴生的有关矿床(或成矿系列)。例如在通过工作认识到矿床可能属于黄铁矿型多金属矿床后, 那么除继续寻找块状硫化物矿层外, 还可根据当地地质条件, 考虑是否可寻找其底板的网脉矿体和附近的搬运碎屑矿体。在巴肯斯矿床最早发现的两个露头矿中, 就有一个是搬运矿体(“砾岩”矿体)。在“走运”原地矿体发现后不久, 在紧邻处也发现了两个不大的搬运矿体。由于早期未抓住这些典型从地质角度进行较深入的研究, 所以对其意义并无应有的认识, 对它们也不够重视, 也未能运用这些样板来进一步寻找这类矿体。直至1947年罗瑟米尔矿体发现后, 才重视这类矿体, 逐步进行了研究和探索, 才大量找到这类矿体。还有一点值得注意的是, 由于缺乏有关知识和思路不广, 有时甚至实际上已遇到矿体, 也会将脚下或身旁的矿体漏掉(见下述例子)。此外, 在找这类矿床时, 还要考虑到区内含矿层位可能不只一个, 如该区就有此情况。

巴肯斯的例子也说明, 找矿要有矿床模式概念, 但又不应囿于某一抽象的模式概念。因为对于矿床类型的认识可能不正确(尤其在初期), 而已有的模式概念也并不是完美无缺的。再者, 同类矿床虽有共性, 但每一具体矿床又各有其个性。如巴肯斯矿床虽属黑矿型矿床, 但搬运的碎屑矿特别发育, 分布很广。找矿是一个探索过程, 目前许多地区发现矿床的希望

主要就在于进行科学的顽强刻苦的探索。要勇于探索，善于探索。要解放思想，开动脑筋，冲破传统观念的束缚，不断向已有的模式和理论挑战。要深入实际进行周密踏实的调查研究，学习并掌握正确的思想方法和工作方法，学习并批判地吸收当代有关科学的成果，把理论与实际紧密结合起来。要注意并精心研究新情况，及时作出比较合理的新解释，使认识不断深化，建立并不断修正用以指导当地实际工作的矿床模式和成矿理论。

2. 仔细观察，联系思索，掌握规律，见微知著

在地表和地下都可能遇到指示附近有矿体存在的线索。这些线索往往显示微弱，易被忽视，这就要求细心观察和联系有关情况进行科学的思索。要善于抓住找矿线索。对一些可疑线索要进行研究，再研究。

例如在巴肯斯矿区原来已知的两大原地矿体旁侧60米范围内就分别赋存着一个相当大而富的搬运矿体（后来查明这两个搬运矿体合计有450万吨高品位矿石），但由于不认识矿体形成和分布规律，对一些线索未予注意以及工作部署上存在问题，致使在相邻原地矿体分别发现21年和27年之后才找到这两个矿体。斯旺森认为这一事实是令人发窘的。这两个实例是：（1）1947年发现的罗瑟米尔矿体的东端距“走运—2中段”矿体西端不过60米，且在1940—1942年钻进的255号孔中，已经打到83米黄铁矿微弱浸染的岩石（含微量有色金属硫化物），以及产在蚀变英安质石英凝灰岩中的61厘米厚的含铜铅锌硫化物的稠密浸染状黄铁矿矿石。后者被定为中品位矿石，但未认识其意义。因为附近已知矿体主要是块状富矿，而且这种含微量铜铅锌硫化物的浸染状黄铁矿在全区岩石中并不罕见，所以当时没有重视这段矿石。而这正是罗瑟米尔矿体的东端。（2）“东方2号”矿体距“东方1号”也不过60米。1939年在“东方1号”矿山平巷中已经揭露出“东方2号”矿体的东端，见到铜铅锌硫化物散布在角砾岩段内。当时也已划为中品位矿石，但因不是块状矿，所以也被认为没有意义，不久就被遗忘了。1953年重新进行坑道地质填图才再发现这一矿化，并且认为与罗瑟米尔矿体很相似。进一步工作才发现了这一新矿体。

3. 反复调查研究，逐步提高认识，结合实际情况，不断改进方法

在巴肯斯矿床后期五十多年勘查中，曾多次进行了地质填图，反复调查研究了露头、钻孔和坑道的地质情况，许多新的认识和发现就是通过这些工作逐步取得的。

就指导找矿的地质概念和理论而言，虽然直到六十年代晚期矿区内占统治地位的一直是后生热液交代说，但对地层、岩性、古地形以及构造等控矿因素还是逐步有了认识。沉积—火山成矿说或沉积—喷气成矿说也终于获得了广泛的承认。这些逐步认识的地质概念和总结出来的理论（包括吸收整个地质科学领域内发展着的有关理论），对找矿起了指导作用。应该指出，有的地质概念用于找矿实际，在开始时是凭经验的（对成因的看法甚至可能是不正确的），后来才搞清其地质意义。如关于古地形洼地控矿问题就是一个例子。还应指出的是沉积—火山成矿说对该区找矿的指导作用并不大，这可能与该假说迟至六十年代晚期才得到承认有关。目前该区也还有不少矿床地质问题没有解决。

地表传统找矿虽最早发现了矿体，但因该区属冰碛物覆盖区，所以后来就作用不大了。由于类似的原因，后期才开始进行的地表化探，在该区也未取得成功（近年在外围地区找矿中起了较好作用）。物探方法早期取得了巨大成功，说明物探在找这种浅而富的块状硫化物矿体方面是非常有效的。后虽在该区先后进行过许多电法、电磁法、磁法和重力测量工作，且由地面物探扩展到航空和井中物探，但收效甚微（只有井中电测在一个新矿体发现中起了辅助作用），这主要是因为后来的对象基本上是埋藏颇深的机械搬运碎屑矿（黄铁矿含量较低，硫化物主要在碎屑中）。上述情况说明，需要重视科学技术进步，不断改进方法本身以适应任务要求，也说明需要特别注意结合各阶段具体情况选用最佳找矿方法。

4. 认真总结经验，从实际出发，正确处理系统和灵活、点和面、近和远等方面的关系

在一个地区如何部署整个勘查工作，是关系到找矿全局的战略性问题。这需要在调查研究的基础上，考虑已有的经验教训，根据实际情况来确定。从巴肯斯矿区情况来看，在1926年取得了巨大成功之后，在将近二十年内，勘查作用规模较小，而且工作是孤立的、痉挛性的，钻探评价工作也很零散，缺乏整体的系统勘查计划，在勘查步骤和重点上也摇摆不定，加之初期对地质研究重视不够和对地质指导的重要性认识不足，这就导致对矿区地质和各类矿体伴生关系（成矿系列）长期缺乏整体的了解；另一方面，勘查人员也长期没有认识到该矿区（面积约20平方公里，露头稀少）客观上已进入以找隐伏的搬运矿为主的阶段，因而仍因袭原来找浅部原地富矿为主的一些方法和指导思想，致使找矿长期无甚成效。通过1945年的总结和分析研究，才制定了比较符合该区当时实际情况的由地质指导的勘查计划，强调主要先集中在生产矿山紧邻地段找矿（实际上也是一种“就矿找矿”的做法），同时又在经费和具体工作安排方面允许有较大灵活性。通过这项计划指导下的工作，找矿才取得了新的突破。

斯旺森在回顾该区五十多年找矿历史时，认为在1926年发现两个大型原地富矿矿体后的初期勘查工作，应该是由已知矿体沿倾斜向下及向旁侧进行系统找矿。他认为该矿区的情况印证了一句古老的格言：找矿最有利的地区是在已知矿化的附近。他的这些看法对巴肯斯矿区来说是有道理的。

5. 重视对生产矿山的矿床地质调查研究，重视矿山地质和开发勘探工作

从1926年起，巴肯斯矿区的勘查工作就被看作整个采矿工作的一个阶段，勘查与采矿基本上是齐头并进的，迄今还在找矿。

公司还从一开始采取了一项有远见的措施—保存各时期所有钻孔的岩心。后来证明这对确定新的地质对比关系，提供地质研究材料是很有价值的。以后发现的一些矿体就是在对露头、岩心、坑道等进行多次反复调查研究的基础上通过进一步工作找到的。

在矿山储量日趋枯竭的情况下，有关公司和加拿大地质协会对保存并总结该矿床地质资

料和勘查、开采的历史资料十分重视。1975年决定以《加拿大地质协会专刊》形式出版该矿床的总结性材料。矿山工作人员以及采矿公司、政府部门和大学的专家参加了对现有资料的综合研究，并且进行了进一步的调查研究（特别对行将闭坑和将被水淹的开采坑道）。1981年该《专刊》出版，发表了有关的综合研究成果，其中包括对该区矿床地质的新认识和新的勘查见解。这不仅有学术意义，而且对该区（包括外围）和类似地区的找矿也有一定指导意义。

苏联地质部矿经所所长 В.П. 费多尔丘克最近在介绍巴肯斯矿床地质和普查勘探简况的一篇文章中，把该矿床投产后的勘查工作统称之为开发勘探。这里有开发勘探工作，但也包括了生产矿山外围地段、地区的找矿工作。不过巴肯斯勘查和开发的历史，确实说明了矿山开发勘探工作和矿山地质工作的重要性，说明了生产矿山的矿床调查研究的重要性。正如费多尔丘克指出的那样，矿床勘探的可靠程度只有在开采过程中才能最完全地予以确定。他还指出：在开采时，常常可以查明矿体内部结构的新的详细情况，这就可以进一步搞清（而且有时还能根本改变）原先形成的关于矿床构造及其成因特点的概念，并且可以在此基础上研究出隐伏矿体的预测准则，评价整个矿田的远景。他感到遗憾的是：对于在矿床开采过程中积累起来的极其丰富的实际资料，并不都能以适宜的方式将其汇总起来、进行分析研究；在许多情况下，这些资料被无可挽回地丧失掉了；总结矿床（特别是构造和成因复杂的矿床）开发经验的出版物很少。这些意见似也值得注意。

王绍伟 编写

资 料 依 据

- [1] The Buchans Orebodies, Fifty Years of Geology and Mining, Edy. E.A. Swanson et al. 1981.
- [2] 《Разведка и охрана недр》，1982, №10.

坚持不懈的地质研究

是日本黑矿矿床勘查成功的关键

黑矿矿床是日本晚第三纪地层中发现的金属矿床。它产在以长英质凝灰岩、熔岩及浅成侵入岩为主的中新世火山-沉积岩系中,即所谓“绿色凝灰岩区”,这是因为成岩蚀变和热液蚀变使这些岩石显示出特有的绿色。黑矿矿床具有很高的金属含量,在日本金属生产中占有很大的比重,被认为是日本的重要财富。现在日本国内总产量中大约50%的铜,40%的铅,35%的锌,20%的金和40%的银是用黑矿矿石生产的。

目前,在日本已知的黑矿型矿点有100多个,但大都聚集在8—9个地区。日本本州秋田县东北部的北鹿地区(地质上称为“北鹿盆地”)是最重要的矿区,约占已知储量的85%(1.1亿吨矿石)。该区最早发现的黑矿矿床是在1861年,当时发现的是一种露出地表的土状矿石,即小板矿区的老元山矿床;1885年发现花冈矿区的角挂泽矿床;1916和1919年分别发现花冈矿区的堂屋敷、神山矿床;1942年发现花冈矿区的落合泽等2个矿床;以后,在五十年代发现小板矿区的内之岱等8个矿床;六十年代发现花冈矿区的松峰、小板矿区的上向等24个矿床;七十年代又发现深泽矿区的角挂泽和岩神地区的钨钼矿床等。从中可以看出,该区虽然早在十九世纪中叶就开始勘查和开采,以后100多年来不断地进行勘查,不断地有所发现,特别是近20多年来由于坚持不懈地进行详细地质调查和研究,在这块面积不大(600平方公里)、地质研究程度高的地区,仍有大量的矿床被发现。

一、黑矿矿床地质

一般认为,黑矿矿床是与中新世长英质火山作用有成因联系的层控多金属硫化物-硫酸盐矿床。矿床见于发生强烈蚀变的中新世地层,这种地层主要由海底成因的火山岩和伴生的火成碎屑岩组成,而黑矿矿床产于其中特定的层位(西黑泽至女川阶)(图1)。

矿体包括两个矿层,上部为层状块状矿石层,向下渐变为经济价值较小的网脉状矿石层。具明显的垂直分带特征。典型的黑矿矿体的上、下层和矿石种类自上而下为(图2):

上盘 上部火山岩及沉积岩层。

含铁磁石层: 隐晶质的石英和赤铁矿薄层,常常有少量黄铁矿和粘土矿物,有时也有水锰矿和褐锰矿。

重晶石矿石带 层理好的薄层状重晶石矿带,几乎完全由重晶石组成,有时也含有少量方解石、白云石和菱铁矿。

黑色矿石带 (Kuroko) 闪锌矿-方铅矿-黄铜矿-黄铁矿-重晶石层状矿带,朝该带顶

部有大量黝铜矿-砷黝铜矿。少数矿床中有许多斑铜矿。在某些矿床中有少量银金矿、硫铜银矿、辉银矿、自然银、硫银铁矿、深红银矿、辉铜银矿、辉铜矿、铜蓝、硫砷铜矿、硫钼铜矿、锗石、方硫镍矿、针镍矿、针硫铅铜矿、方解石、菱铁矿、水铝石。

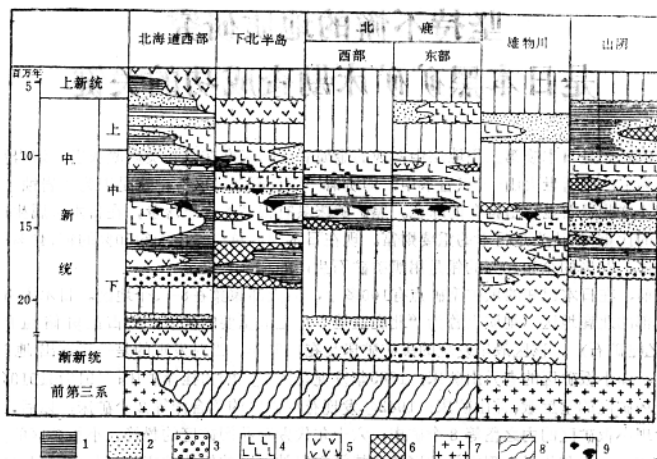


图1 主要黑矿地区的简略地质柱状图

1. 泥岩, 2. 粉砂岩和砂岩, 3. 砾岩, 4. 流纹-英安质火山岩, 5. 安山质火山岩,
6. 玄武质火山岩, 7. 中生代花岗岩, 8. 古生代沉积岩和它们的变质岩, 9. 黑矿矿床

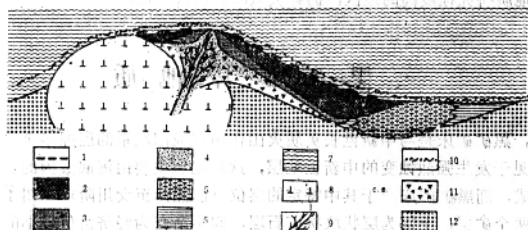


图2 典型黑矿矿床的横剖面略图

1. 重晶石矿石, 2. 方铅矿-闪锌矿-重晶石 (黄铜矿-黄铁矿) 矿石 (黑色矿石), 3. 黄铁矿-黄铜矿矿石 (黄铜矿-黄铁矿-石英矿石 (硅质矿石)), 4. 黄铁矿-黄铜矿-石英矿石 (硅质矿石), 5. 石膏矿石, 6. 粘土, 7. 酸性凝灰岩, 8. "白色流纹岩" 穹度, 9. 黄铁矿-黄铜矿-石英细脉, 10. 铁质磁石带, 11. 爆发角砾岩, 12. 酸性凝灰角砾岩

黄色矿石带 (oko) 黄铁矿-黄铜矿 (闪锌矿-重晶石-石英) 层状矿带, 在某些矿床中已认出的少量矿物有铜、铅、铋、锑复杂的磷酸盐类, 萤石和斑铜矿。

黄铁矿矿石带 (ryukako) 黄铁矿- (黄铜矿-石英) 矿带, 通常为层状, 有时呈脉状

和浸染状。

石膏矿石带 (sekkoko) 石膏-硬石膏-(黄铁矿-黄铜矿-闪锌矿-方铅矿-石英-粘土)层控矿带;呈脉状者不多。有少量芒硝和无水芒硝。这种矿带产在硅质矿带顶部或旁边,或黄色矿石带的边部。

硅质矿石带 (keiko) 黄铁矿-黄铜矿-石英网脉状矿带;常可见到原生酸性火山岩构造,但有时被广泛发育的隐晶质石英所掩盖。

下盘: 硅化流纹岩和火山碎屑岩,局部有浸染状或脉状硫化物。

总的来看,层状矿石中上部富含方铅矿、闪锌矿和重晶石(黑色矿石);下半部以黄铁矿和黄铜矿(黄色矿石)为主。层状矿石之下是网脉状矿石,以浸染状和网脉状黄铁矿和黄铜矿矿化为主;矿化呈不规则漏斗状分布在长英质熔岩和火山碎屑岩中。网脉状矿石通常强烈硅化,因而称为硅质矿石。层状和网脉状矿石间的界线以及网脉状矿石与无矿化火山岩之间的界线是渐变的,而层状矿石与顶板沉积岩(凝灰岩和(或)泥岩)之间的界线是突变的。铁质磁石小透镜体或薄层常常直接覆盖在层状矿石之上或出现在顶板凝灰岩中。石膏和(或)硬石膏呈扁豆状或不规则块体出现在网脉状和层状矿石之间,或层状矿石附近。

但必须强调指出,在各个矿体内,缺失一个或更多的带的情况是有的。

对于矿石来说,可以简单地概括为三个基本矿石带:黑色矿石,黄色矿石和硅质矿石。黑色矿石由方铅矿、闪锌矿和重晶石组成,局部含一些黄铁矿和黄铜矿。矿物颗粒通常很细(小于200—300微米),呈块状结构,也有些胶状结构,尤其是在该带的最上部黄铁矿和闪锌矿中,这种胶状结构更为常见。在小板和花冈矿山中该带平均金属含量为Cu2.2%,Pb16%,Zn22.5%。黄色矿石由黄铁矿和黄铜矿组成,矿物颗粒也较细,其结构通常也呈块状,但亦有角砾状矿石碎片或不太致密的粉状矿石。在小板和花冈矿山中该带平均金属含量为Cu7.4%,Pb0.2%,Zn2.0%。硅质矿石由黄铁矿和黄铜矿脉所充填的致密硅质流纹岩或凝灰岩组成,黄铁矿常呈自形晶产出(常大于1毫米),但当它与隐晶质石英伴生时,则呈细晶质或胶状。黄铜矿一般产在黄铁矿晶体间,局部交代黄铁矿。在小板和花冈矿山中该带平均金属含量为Cu1.9%,Pb0.06%,Zn0.2%。

矿床的每一矿石带化学成分变化相当大,而且在不同矿床的相同矿带之间,化学成分亦有相当大的变化。越到矿体顶部,锌、铅、钡、银、金、镉和铋的含量就越增加。北鹿地区所有黑矿矿石的平均品位约为:Cu2%、Zn5%、Pb1.5%、Fe21%、Ba12%、Au1.5克/吨、Ag95克/吨。

矿床周围有明显的围岩蚀变作用,与矿化直接有关的是硅化和泥化。泥化通常在矿床上覆岩石中更为强烈。硅化在矿体底板中最为常见,而且是硅质铜矿石的一部分。

二、地质研究与勘查

通过对最早发现的老元山矿床的调查,发现和认识到矿床与石英英安岩之间的关系,了解到大面积围岩蚀变的存在,以及了解到黑矿矿石的产状,为后来发现内之岱矿床提供了十分重要的依据。但是要勘查黑矿仅靠这些资料是不够的,而且所提供的能用于评价北鹿地区

为了扩大找矿领域, 1965年以来, 开始对盆地内部进行工作, 尤其认识到在盆地东部小板矿区和盆地西部花冈矿山之间开展盆地地质构造、堆积环境详细分析的重要性。1966—1967年进行了盆地中部构造钻探。同时还以已知矿床资料为依据, 对外围进行了分析。选择了盆地中部深泽地区为找矿目标区, 依据是: (1) 存在着属于含矿层的火成碎屑岩; (2) 有成矿期和成矿期后火山活动、岩浆贯入; (3) 有构造薄弱带; (4) 断层群西南侧有成矿前英安熔岩; (5) 断层带西南侧宝仓矿山脉状矿体往上有变为网状、浸染状矿体的现象, 认为这是黑矿型矿床下部的显示。

1969年1月开始在深泽地区进行钻探。5月发现中部的金山泽矿体, 12月在其西北部又发现一矿体。1970年1月在金山泽矿体东南部打到了最大的角挂泽矿体 (矿石储量约300万吨, 含铜1.2%, 铅2.0%, 锌>10%, 还有银、金等)。

深泽矿床的发现, 打开了北鹿盆地找矿的新局面。1974—1975年以深泽地区为中心, 通过对深泽矿床及其外围钻孔岩心的种种研究, 如详细研究地层层序、火山层序、火山喷发型式和时期等。考虑到由于黑矿化所造成的蚀变会使围岩的物理、化学及矿物性质发生重大变化, 因而重点研究了矿化底板英安岩含硫量的变化、磁化率和碱性元素的分布, 以及各类围岩中蚀变矿物的分布。研究结果发现北鹿地区黑矿矿体下伏的中新世英安熔岩, 根据产状和喷发阶段可以划分四个类型: $D_1 - D_4$; 深泽矿床的矿化作用与最晚期的 D_4 熔点穹丘密切相关; 矿体附近的样品中含硫量明显偏高 ($>0.7\%$)、磁化率偏低 ($6 \times 10^{-8} \text{ c.g.s/cm}^3$), 而周围硫的背景值则较低 ($<0.04\%$)、磁化率较高 ($104.5 \times 10^{-8} \text{ c.g.s/cm}^3$); 对底板英安岩岩心样品的四种碱性元素 (Na、K、Ca、Mg) 和四种金属元素 (Cu、Pb、Zn、Mn) 进行化学分析, 发现碱性元素含量的等值线构成的典型图形与矿床形状一致, 而金属含量等值线没有出现任何有意义的特征。而且 Na_2O 和 CaO 含量向矿床方向明显减少, 而 K_2O 和 MgO 含量略有上升; 另外还发现, 绘制表示这些化学成分变化的 $(\text{MgO} + \text{K}_2\text{O})/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{CaO}) \times 100$ 比值 (即“蚀变指数”) 图, 是预测是否有矿化带存在的有效方法。对从顶板到底板的蚀变矿物进行空间分布的研究后, 发现矿床周围有三个蚀变矿物带, 它们呈同心圆状分布, 从里向外分别为: 粘土带 (石英、绢云母、绿泥石和斜长石), 蒙脱石带 (石英、斜长石、蒙脱石, 少量绢云母和绿泥石) 和沸石带 (石英、斜长石、沸石和蒙脱石)。并且认为粘土带是矿化造成的蚀变产物, 而沸石带则是区域成岩作用的产物。

这些研究成果也就是寻找新矿床的准则和标志, 于是根据这些选定了盆地中部的岩神—钨钩地区作为靶区, 具体的依据是: (1) 深泽矿床位于一个重造式火山的东缘, 岩神—钨钩地区位于该火山西缘, 可以预期存在相似的地质构造环境和埋藏的含矿层; (2) 检查旧钻孔岩心发现北部岩神附近有一孔已打到弱蚀变的 D_4 型岩体; (3) 本区脉型矿床情况与深泽地区相似; (4) 已打钻孔间距很大, 未探矿地区很多, 可能赋存有与深泽矿床规模相似的矿床。

1975年春开始在岩神附近钻探。钻探前在北部曾进行激发极化测量, 发现有深部异常。钻探首要目的是找矿化下盘英安岩、 D_4 型岩体, 并了解其蚀变程度。第二孔就打到蚀变显著的厚的 D_4 型岩体, 并发现其中有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿网状脉发育, 被认为是黑矿型层状矿体以下的部位, 并判断附近数百米范围内可能有层状黑矿型矿体。经钻探追索, 于1975年11月发现了岩神黑矿型矿床。其后由北而南逐步展开正规钻探, 追索含矿层位, 研究地质构造, 进行矿体下伏英安岩的分类, 追索 D_4 型岩体, 进行 D_4 型岩体磁化率测量和碱金