

出版品第7号

国外勘查地球化学译文选编

第二辑



中国地质学会勘查地球化学专业委员会

1984年7月

编辑说明

在“国外勘查地球化学译文选编”第一辑的基础上我们又编印了第二辑。本辑文章内容较新，涉及面也较广，文章选自第八届国际勘查地球化学会议论文集（12篇）、勘查地球化学杂志（2篇）、分析杂志（3篇）、第二届联合国地热开发和利用国际会议论文集（4篇）、及苏联有关化探文章（6篇），共27篇（其中英文21篇，俄文6篇）。这些译文将为系统传递国外信息起到良好的作用。

本译文辑是在谢学锦、邵跃两位同志具体指导下进行的。李美生同志参加了部分文章的审校工作。蔡玲珊、秦大地同志负责全部文辑的编辑工作。董文同志绘制了文辑的全部图件。

由于我们的编辑水平不高，错误难免，恳请读者批评指正。

物化探所

化探情报组1984.7.



200350770

17301



00291262

目

1. 阿拉斯加布鲁克斯山脉矿带的地球化学资料.....	59173/32 (1—8)
2. 加拿大育空地区汤姆pb—Zn—Ba矿床附近沉积岩的地球化学.....	(9—16)
3. 日本西南部钼矿省, 钨矿省及无矿省花岗岩中磷灰石..... 的地球化学性质.....	(17—22)
4. 东格陵兰(72—74°N)晚前寒武纪沉积物中层控矿化..... 的地球化学勘查.....	(23—27)
5. 沉积盆地金属化探中石油井样品与数据的应用.....	(28—33)
6. 秘鲁拉格兰哈斑岩铜矿床淋滤帽的地球化学.....	(34—45)
7. 西北昆士兰杜格尔德河Zn—pb矿脉的风化作用: 1. 铁帽剖面.....	(46—61)
8. 勘查地球化学的初期.....	(62—67)
9. 一种解释与矿物形成方式有关的痕量元素浓度..... 的新方法.....	(68—75)
10. 沿埃拉特海湾西海岸的水系沉积物地球化学测量.....	(76—83)
11. 印度尼西亚加里曼丹西北部的土壤地球化学勘查.....	(84—94)
12. 应用各种地球化学近程指标在撒岛南部花岗岩中..... 勘查锡矿的有效性.....	(95—101)
13. 应用于地球化学勘查的土壤中的微量元素模式.....	(102—108)
14. 勘查中的地球化学方法.....	(109—149)
15. 地热水及伴生岩石建造(内华达州中——北部) 中的痕量、微量和常量元素.....	(150—154)
16. 地热体系勘查、开发和利用的水文地球化学综述.....	(155—164)
17. 热泉水的地球化学研究和氟的含量——印度喜马拉雅 ——波雷迪市, 马尼可兰地区热泉活动的分析.....	(165—169)
18. 根据内生分散晕中元素间的相关关系评价金属矿床 的剥蚀深度.....	(170—172)
19. 关于开展野外地球化学工作最有利时期的选择问题.....	(173—174)
20. 水动力因素在金属矿床水地球化学分散晕形成 过程中的作用.....	(175—177)
21. 哈萨克斯坦金属矿床水地球化学普查的基本原则.....	(178—180)
22. 楚—伊犁成矿带地下水中普查找矿的微量元素组合.....	(181—185)
23. 内生地球化学晕的分带性系数(基本性质).....	(186—190)
24. 土壤及沉积物中非晶质铁的氧化物选择性溶解提取技术.....	(191—199)
25. 钍勘查植物激光荧光分析.....	(200—203)
26. 在硅酸盐岩石中PPb级金、银和镉用电热雾化原子吸收 分光光度法的同时测定方法.....	(204—206)
27. 用原子——捕集原子吸收光谱法测定土壤中的铅和镉.....	(207—213)

阿拉斯加布鲁克斯山脉矿带的地球化学资料

Sherman P. Marsh and John B. Cathrall

摘 要

阿拉斯加布鲁克斯中央山脉 (Central Brooks Range, Alaska) 的地球化学研究结果, 在东西走向的变质岩及其附近的沉积变质岩中圈出了一个区域性的受构造控制的矿带。该矿带从阿拉斯加的安布勒河 (Ambler River) 幅向东延伸到达拉和菲利普—史密斯 (Chandalar and Philip Smith) 幅, 从西经 147° — 156° , 距离大于 375 公里, 跨越宽度从北纬 67° — 69° , 距离大于 222 公里。矿带内, 有几个与变质火成岩、变质沉积岩和变质火山岩有关的铜、钼矿点。地球化学研究结果, 圈出了另外一些矿产靶区。

从 1975—1979 年, 在阿拉斯加布鲁克斯中央山脉总共采集了 4677 个水系沉积物样和 2286 个淘洗重砂样, 用光谱半定量方法, 分析了 80 筛孔 ($< 177\mu\text{m}$) 的水系沉积物样和水系沉积物中淘洗重矿物 (比重 > 2.86) 的非磁性部分。

这次研究中区分了两种地球化学组合: 一是 Cu-Pb-Zn 的贱金属组合; 另一是 Mo-Sn-W 的钼组合。在变质岩带内这两种组合指出了若干矿化类型。与 Cu、W 伴生的 Mo 异常指出了与变质火成岩有关的斑岩型钼矿远景区。这一区域研究指出, 在变质岩带中央的变质火成岩区是寻找有远景的斑岩型矿化的靶区, 变质火山岩区是寻找有远景的块状矿化矿床的靶区。

引 言

本文是 1975—1979 年阿拉斯加矿产资源评价计划 (AMRAP) 中, 布鲁克斯中央山脉五个 $1^{\circ} \times 3^{\circ}$ 图幅 (图 1) 所进行的地球化学研究总结。研究区长 377 公里, 宽为 116—大于 222 公里, 从西经 147° — 156° , 北纬 67° — 69° , 包括 58,000 平方公里。AMRAP 计划中的其它研究工作还包括基岩和地表矿产填图; 收集重力、航磁及其它地球物理资料; 以及选矿采样等。地球化学研究包括采集水系沉积物样和从水系沉积物及岩石中淘洗重砂样品。

地 质

布鲁克斯中央山脉研究区, 由早古生代和 (或) 前寒武系变质火成岩、变质火山岩和变质沉积岩组成的中央变质岩带, 其北侧为古生代沉积岩和沉积变质岩组成一个宽带, 绝大部分为泥盆纪的砾岩、页岩、石灰岩和白云岩 (图 2)。侏罗纪、三迭纪和二迭纪的基性火山岩占据了中央变质岩带南部部分测区。白垩纪的深成花岗岩体沿钱达拉幅南部边缘分布; 位于萨维伊—帕斯 (Survey-pass) 幅和怀斯曼 (Wiseman) 幅中央边界的正东和萨维斯—帕斯和安布勒河 (Ambler Rive) 幅中央边界的正西。中央变质岩带主要由夹有一些千枚岩、石英岩的片岩 (石英-云母片岩, 绿泥石-石英片岩, 绿色片岩和钙质片岩等) 和沿测区南部

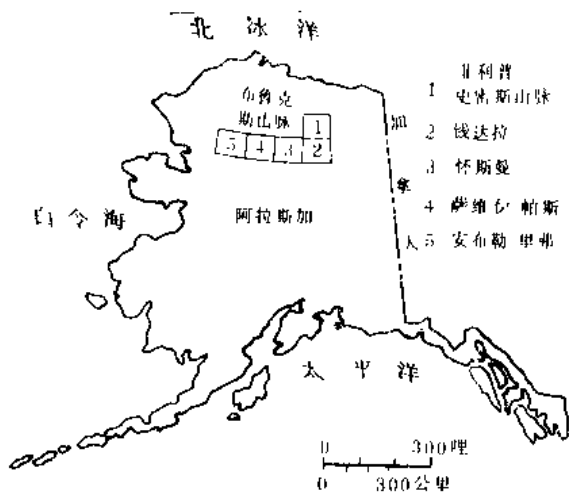


图1 图示进行地球化学采样的布鲁克斯中央山脉中 $1^{\circ} \times 3^{\circ}$ 图幅的位置

边缘分布的火成岩组成。位于钱达拉和萨维伊-帕斯图幅中央的变质火成岩是石英二长岩和花岗质成分的岩石 (Grybaek 等人, 1977)。钱达拉图幅变质火成岩的K-Ar 法年令资料结果不一致, 根据黑云母结果为101—125百万年, 根据角闪石为486百万年, 表明白垩纪地层中有晚期的热液活动 (Marsh等人, 1978a)。同样, 在萨维伊-帕斯图幅向西的变质火成岩, 根据黑云母和白云母的K-Ar法年令资料给出86—92百万年, 而全岩的Rb-Sr法年令为 373 ± 25 百万年 (Silberman等人, 1979, P.B18)。

构造: 该区经历了古生代 (可能为泥盆纪) 造山运动, 大多数已知矿床属于这一时

代。在加拿大西北部, 这期造山运动可能与埃尔赛纳里安 Ellsinerian 造山运动有关, 在美国西部可能与安特勒造山运动有关。后来的中生代构造作用使这期造山运动的影响大大复杂化, 使阿拉斯加北部地层逆时针旋转了 75° , 导致了大量逆断层、迭瓦状断层 (telescoping)

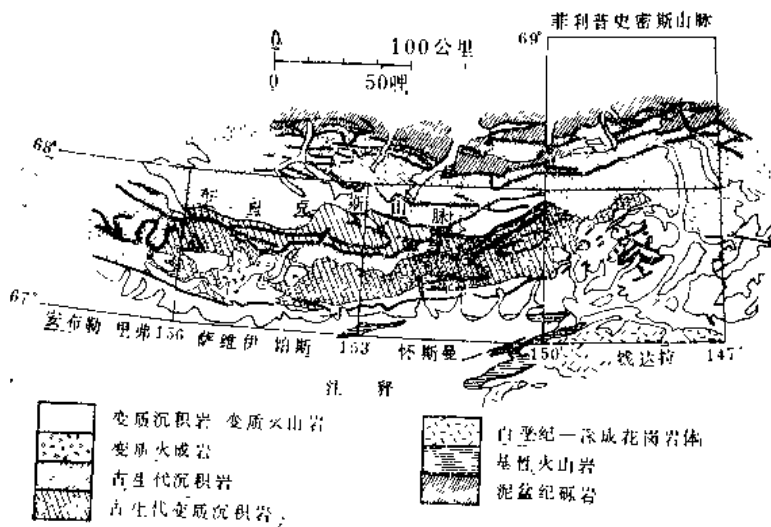


图2 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉的地质略图

和横断层 (Grybeck和Nokleberg, 1979, P.B21; 和Tailluer, 1973)。据了解晚期的中生代构造作用使古生代 (可能泥盆纪?) 的矿化活动复杂化并变得有些模糊了。

整个研究区发现了许多矿点 (图3) (Grybeck, 1977), 但仅仅少量矿点是有经济意义的, 主要有金矿脉和金的砂矿 (Nolan Creek, Myrtle Creek, Hammond River, Little Sguaw, Mikado等); 层状火山成因的Cu-Zn块状硫化物矿床 (Arctic, Sun, 可能还有Bornite); 以及钱达拉图幅西北部与含硫化物变质火成侵入岩体有关的砂卡岩矿床 (沿比格-斯普鲁斯-克里克的Venus-Victor-Eva 矿床) 等组成。至今, 虽然有几个铜矿床已进行了详细勘查 (Dayoung, 1978, 1978; Grybeck, 1977), 据产量报导仅金矿

床有某些意义。图3，中位置1，2和4，指出了安布勒河图幅沿布鲁克斯山脉南翼有一个火山成因的Cu—Zn块状硫化物矿带（Grybeck和Nokleberg，1979）。这些矿床赋存在泥盆纪（可能是前寒武纪）的变质火成岩和变质沉积岩中，并与变质火山流纹岩共生。根据这次研究的地球化学资料指出，这一矿带或“铜矿带”可以向东或北东延伸，并可能含其它类型的矿床。

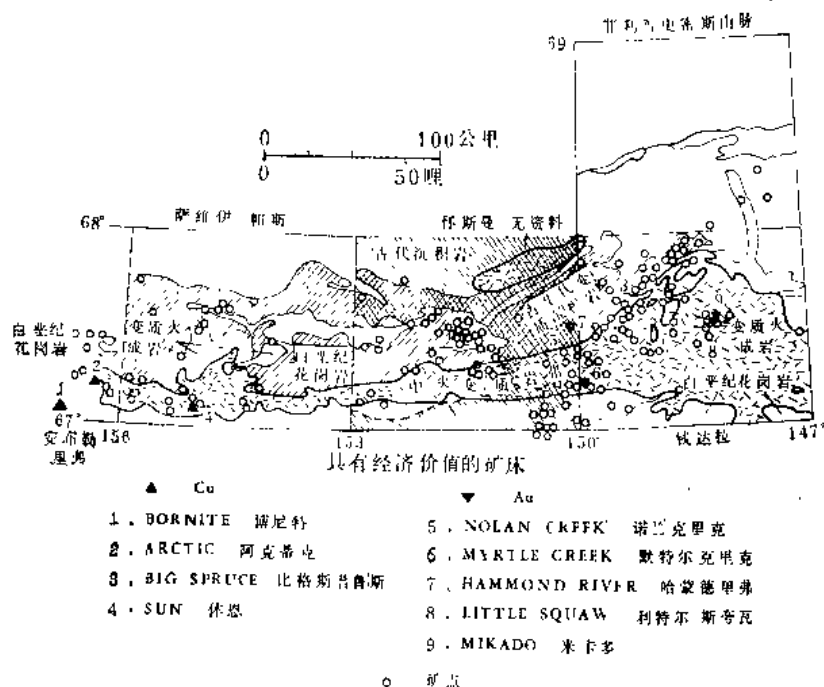


图3 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉的矿带及有较大经济意义的矿床（据Grybeck(1977)图改编）

地 球 化 学

活动性水系沉积物和重砂是地球化学研究中所使用的两种主要的地球化学采样介质。全部水系沉积物样品采自活动性的Ⅰ和Ⅱ级水系，尽可能靠近水系的中部。必须注意的是，当样品采自一个明显的冰积地区时，尽可能将样品采自冰积层上游的水系物质。基岩出露区的大部分样品是采自采样点周围30米范围内。小于177 μ m（-80目）的水系沉积物样和淘洗的非磁性重矿物（比重 >2.86 ）部分用作分析。布鲁克斯中央山脉过去的采样经验指出，对于来自局部基岩的碎屑沉积物地区，这些采样介质认为是最有经济意义和最为有用的。

根据美国地调所和阿拉斯加地质和地球物理所两个单位的意见，该区采样密度大约为每12平方公里1个点（图4），采集了4677个水系沉积物和2286个重砂样品。全部样品在采样点处用2毫米的不锈钢筛筛选，清除过大的物质。然后，沉积物经空气干燥，用177 μ m的不锈钢筛筛选，将小于177 μ m部分留作分析。在采样点上淘洗重砂样品，经空气干燥，用402 μ m和102 μ m的筛过筛，取中间部分（-420 μ m，+102 μ m）留作分析。此部分样用三溴甲烷（比重2.86）分离成重粒级和轻粒级部分。重粒级用磁选分离，非磁性部分用作分析。样品根据格兰姆斯Grimes和马兰齐诺Marranzino（1968）叙述的地质物料分析中的半定量

发射光谱分析。由于Zn的光谱分析灵敏度较低，所以，使用了原子吸收方法测定（Ward等人，1968）。Cu、Pb、Zn、Mo、Sn和W的异常下限用直方图检验法确定（据美国地调所开卷报告（见参考文献）不同作者所发表的资料）。异常下限值在90%分位数以上。如果样品在异常下限以上，则将它们示于图上。98%分位数以上则认为是很强的异常。图5—7和10—12示出了三种数值的变化，异常下限、中等异常和强异常。

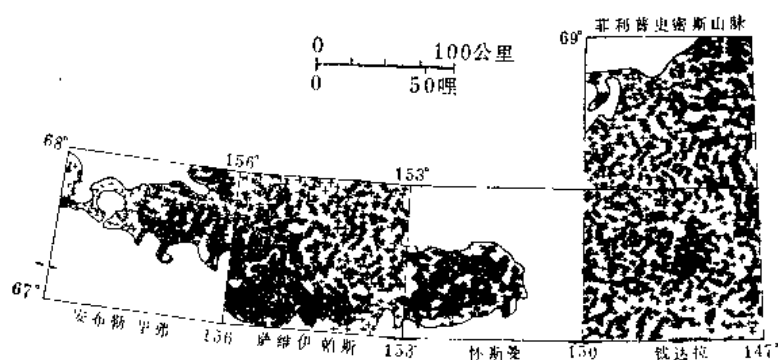


图 4 图示研究区采样点的分布

地球化学组合

本文研究中清楚地确定了两种地球化学组合：Cu、Pb、Zn的贱金属组合，Mo、Sn、W的Mo组合。

贱金属组合（Cu、Pb和Zn）

铜、水系沉积物中的Cu异常赋存在两个主要地区（图5）。一组异常与北部的古生代沉积岩和变质沉积岩带中的泥盆纪页岩有关。另一组异常与中部变质岩带有关。同样，少数异常与白垩纪深成岩体有关，在野外已观察到这种深成岩体有小的贱金属矿脉。在中部变质岩带，异常成群地集中在图上填出的变质火成岩和变质火山岩的露头周围，或在野外已观察到

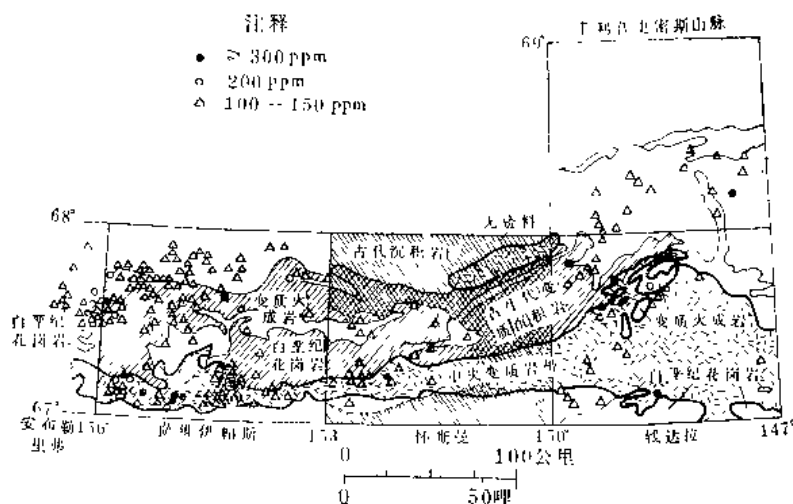


图 5 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉中水系沉积物光谱分析测定的铜异常的分布及丰度。

此类岩石大量出现的地区。

铅·铅异常趋向于与Cu异常伴生，出现在已知变质火成岩（图.6）周围。在菲利普·史密斯山系图幅中出现了大片低值，相当于布鲁斯克中央山脉另一些地点出现的弱异常。通常

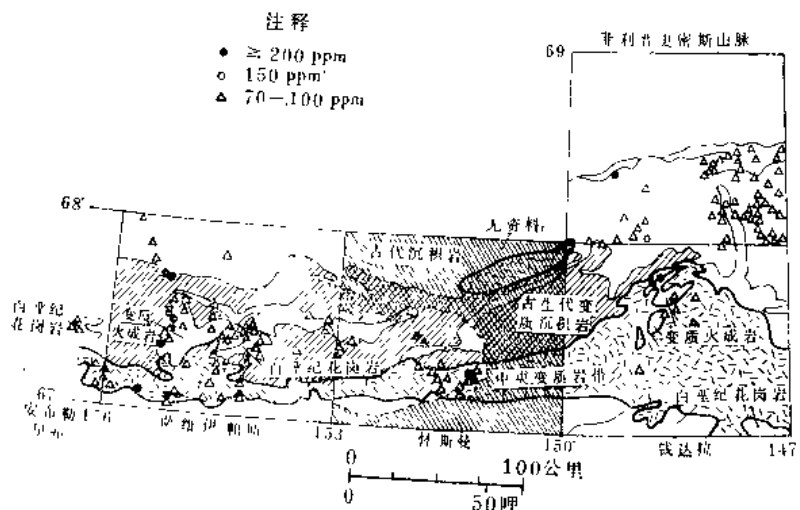


图 6 阿拉斯布鲁克斯中央山脉中水系沉积物光谱分析测定的铅异常的分布及丰度。

含有大量Pb以及其它元素的黑色页岩，在菲利普·史密斯图幅中大量出现，可能是导致这种高背景的原因。

锌·水系沉积物中用原子吸收分析法测定的Zn异常，同样也存在于两个Cu异常（图.7）地区。

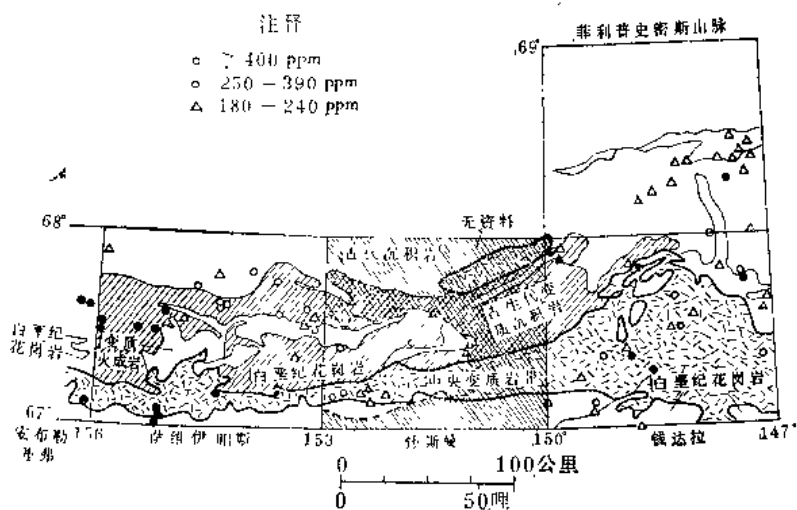


图 7 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉中水系沉积物光谱分析测定的锌异常的分布及丰度。

为了综合贱金属组合，绘制了浓集图，表示水系沉积物中铜、铅、锌中值以上的浓集总和（图.8）这些浓集图圈定了贱金属矿化的远景区。虽然，布鲁克斯山脉的这一地区几乎没有已知的贱金属矿床，但是本研究指出了这些矿床的远景，特别在变质岩带的变质火成岩

周围。中部变质岩带中的高浓度值，可以指出与矿化有关并有必要作进一步研究的以前所不

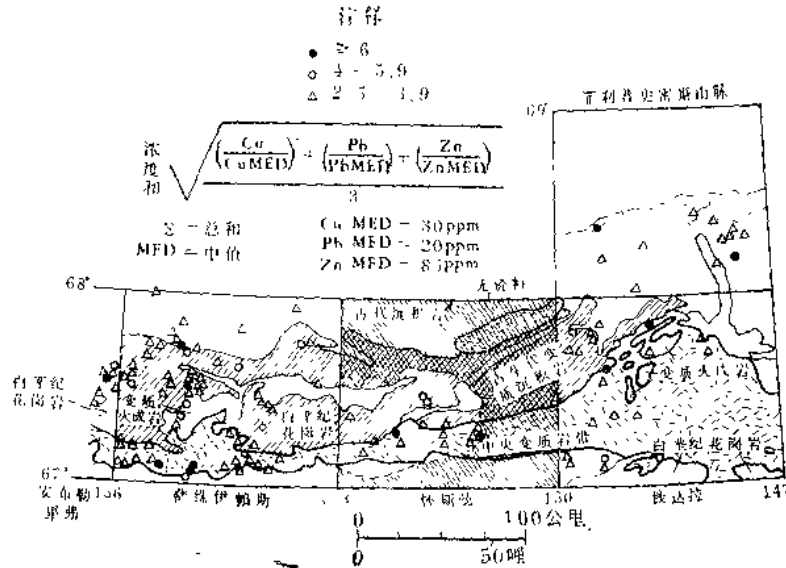


图 8 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉水系沉积物
铜、铅、锌中值以上的浓度总和

知道的变质火成岩区。

为了确定其它类似于安布勒-里弗图幅 (Grybeck和Nokeberg, 1979) 中所发现的Cu-Zn块状硫化矿床的远景，绘制了一种图表示水系沉积物中Cu、Zn中值以上的浓度总和 (图9)。其中有许多Cu-Zn浓度迭加在Cu-Pb-Zn浓度上，然而，没有迭加的那些(用一种符

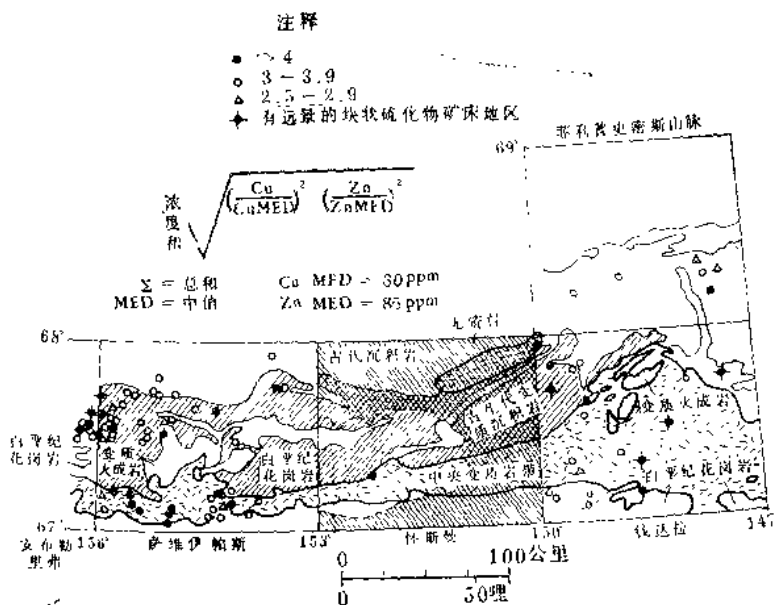


图 9 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉水系沉积物中
Cu、Zn中值以上的浓度总和。有远景的块
状硫化矿床处已被标出。

号表示)可能代表Cu-Zn块状硫化矿床的远景区。实例示出:在钱达拉图幅的中央变质岩带西北部的浓集区和中央-南部的浓集区;在萨维伊-帕斯图幅南部的变质岩带中有四个明显的(<4)浓集区;在古生代变质沉积岩中有六个(>4)浓集区,可能与黑色页岩中块状硫化矿床有关。

Mo组 (Sn、W和Mo)

钼·水系沉积物中的钼异常(图10)比锡、钨异常更加受到地形的限制。这种比较有限的分布可能由于在研究区PH值低的水中(PII4.5)Mo溶解度所致。同样,辉钼矿很容

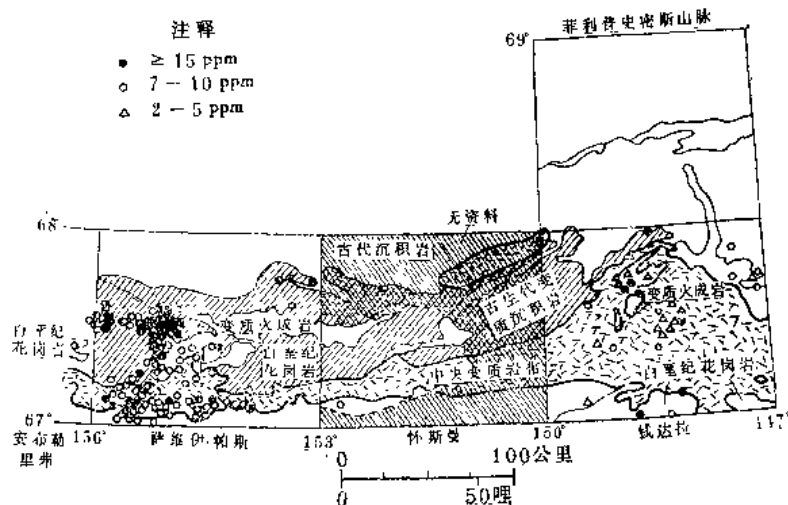


图 10 阿拉斯加布鲁克斯中央山脉的水系沉积物中用光谱分析测定异常的分布和丰度。在钱达拉图幅中蚀变区用*号表示。

易受机械风化,在这种地势高和水流快的地区,绝大部分辉钼矿细粒可能被冲走。因此,在碎屑物质中发现的任何细粒辉钼矿通常是靠近它的源岩。由于这些因素的结果,Mo异常出现在Sn、W异常相同的地区,但更靠近源岩。在萨维伊-帕斯图幅西南部的大量源岩。在萨维伊-帕斯图幅西南部的大量异常代表了一个大的有远景的Mo矿带,部分与大片的变质火成岩区有关。

来自钱达拉图幅(图10)变质火成岩中大蚀变带的岩石样品,含有高达700 PPm Mo, 150PPm Sn, 300PPm Cu, 190 PPb Te和11 PPb Au (Marsh等人, 1978a)。这些结果与水系沉积物和重砂资料相结合,指出了一个以前不知道的斑岩型,可能为斑岩型钼矿。同样,在该区南部出现的Mo、Sn、W异常可能指示另外的矿化。

锡·来自水系沉积物重砂的非磁性部分中的Sn表明,在研究区有两个明显的异常总体(图11)。一个总体在菲利普-史密斯山脉的中-南部和萨维伊-帕斯图幅的西北部,与碎屑沉积岩(泥盆纪砾岩)有关。该总体样品不含Mo组的其它元素。在这些岩石中,Sn可能在碎屑状的物质中。在第二个总体中,Sn异常出现在中央变质岩带的变质火成岩周围和白垩纪深成岩体的周围。Sn与该组的其它元素伴生,指出了有远景的Mo矿化。在萨维伊-帕斯图幅或在安布勒-里弗图幅的西南部未采集重砂样品。

钨·水系沉积物中重砂的非磁性部分的W异常(图12),与Sn异常一样出现在第二总体的相同地区,其异常较少,且更为离散些。

加拿大育空地区汤姆Pb-Zn-Ba矿床附近 沉积岩的地球化学

Duncan Large

摘 要

用x射线荧光法对汤姆(Tom)层状Pb-Zn-Ba矿床附近泥盆系沉积岩中总数为138个样品进行了主元素和16个微量元素及痕量元素的分析。

下盘泥质板岩的地球化学特点在于它富集了与耐风化碎屑矿物及长石有关的典型元素(例如 Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 , Ce, Nb, Zr)。这些矿物可能赋存于远离浊流成因的粉砂质夹层中。

上盘页岩以V的高含量为特点。有机碳的数据和V/Cr比值表明在上盘页岩和西矿带附近可能局部发育有腐泥质的条件。上盘页岩中Ba的含量非常高($>0.5\%$ Ba)。

在矿床周围的沉积岩中Zn的分散范围比Pb大。Fe, Mn或Cu在靠近矿床的沉积岩中没有明显的富集。

绪 言

位于加拿大育空地区马克米兰隘口(Macmillan)地区的汤姆矿点于1951年首次发现层状致密硫化物-重晶石矿床(图1)。后来求得平均品位为Pb8.6%, Zn8.4, Ag80g/T的储量8.46百万吨(Carne, 1979)。最近,在马克米兰隘口地区的勘探工作发现了几个新的层状Pb-Zn矿床和重晶石矿产地。对汤姆矿床附近沉积岩进行地球化学研究有下述理由:(1)进一步搞清沉积成矿周围的岩石地球化学环境;(2)搞清已知矿床周围的岩石地球化学晕。

很显然,这两方面的研究结果可能都适用于类似矿床的勘查。

区 域 地 质

硫化物-重晶石矿床产于上泥盆系密西西比坎诺尔建造的页岩-粉砂岩层序中(Dawson, 1977; Blusson, 1978)。这一沉积岩层序产于索尔维恩盆地(Selwyn Basin),它是育空和西北地区中下古生代加拿大克拉通西部边缘的主要古地理特点。层状贱金属矿化的地层层序与坎诺尔建造中岩性的垂直变化相吻合。坎诺尔建造在汤姆地区的特点是在薄层状粉砂岩(以下简称FW粉砂岩)和上覆深灰到黑色的、稍微有点黄铁矿的单一页岩(以下简称HW页岩)接触带之间局部发育了不规则的粗石英-卵石砾岩层和透镜体。FW粉砂岩是由泥质板岩和颗粒度分级发育良好的粉砂岩的薄层互层所组成。在成因上被认为是远距离浊流沉积所造成。FW粉砂岩和HW页岩之间的岩性差异被认为是由于浊流沉积及碎屑加入

的突然中断所造成。艾姆帕里尔建造 (Imperial Formation) 复盖在HW 页岩上面, 并

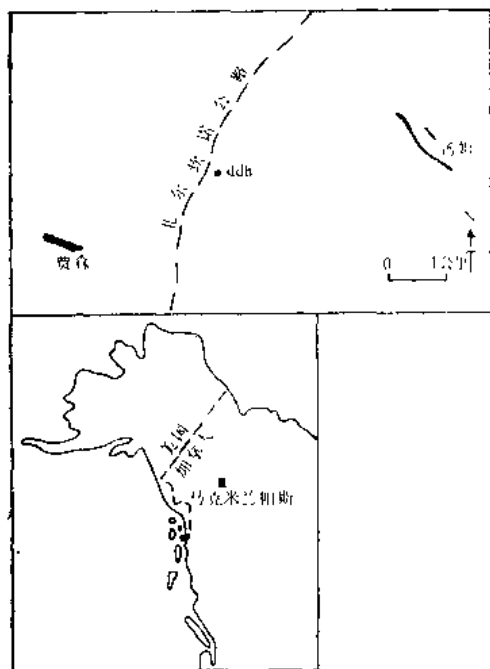


图1 汤姆矿床和取岩芯的位置 (ddh)图

差异。

较新的西矿带已经由卡恩 (1979) 进行了详细的研究。它赋存于厚的石英-卵石砾岩层上部 (图2和3)。该矿带已用钻探查明侧向延伸达1100米, 其真厚度介于3~60米之间。矿体由重晶石, 闪锌矿和方铅矿及少量黄铁矿互层 (1~5mm) 所组成。在矿床北端的钻孔底部有一块较致密的硫化物矿化的核心, 在该核心正下方卡恩 (1979) 查明了一个热液蚀变带 (硅化带) 和网脉状矿化 (菱铁矿, 黄铁矿)。西矿带显示出许多与其它海底喷气矿床沉积母岩相类似的特点 (Large, 1980)。

较老的东矿带地质比西矿带复杂得多。块状硫化物及层纹状重晶石-闪锌矿-方铅矿都有发现。矿床侧向不连续, 而是由强烈变形的不规则扁透镜体和被剪切带和断层分割的矿体所组成。东矿带硫化物的层纹状内部构造表明原来是层状矿床而后遭受强烈变形。这种变形作用早于上覆的西矿带沉积。西矿带相对来说是未变形的。变形作用可能与石英-卵石砾岩的沉积是同时发生的 (图2), 而且可能是由于与沉积过程同时的断裂所致。

采样和分析结果

在汤姆地区的露头中采集了120个坎诺尔建造的沉积岩样品 (图3)。69个样品采自FW粉砂岩, 48个样品采自HW页岩, 3个样品采自艾姆帕里尔建造。这次研究考虑不采石英-卵石砾岩, 因为它是由外来物质组成, 它的地球化学特征无助于搞清当地的条件。露头的存在确定了采样位置的分布, 示于图3。

另外, 进一步从钻孔岩心中采集了18个样品。这些样品是从离已知矿体约3.5Km处穿过含矿层位的钻孔岩心中采集的 (图1)。在汤姆地区露头样品的地球化学评价中并未包括

由中到厚层的含云母的硬砂岩组成。这种硬砂岩层的出现标志着相对稳定的、低能量环境的突然中止, 而这种环境是HW页岩的特点。不论是在坎诺尔建造或艾姆帕里尔建造中确实都没有发现火山岩或火山碎屑岩。

图2绘出了马克米兰隘口地区某些地层的相互关系。莱登等人 (1979) 指出根据一些公司地质学家的解释马克米兰隘口地区层状硫化物和重晶石矿床赋存于一个地堑构造中 (大约10km宽)。人们发现在地堑构造中坎诺尔建造岩层 (特别是HW岩) 比邻近地区的厚。在地堑中凹陷受生长断层控制, 而矿床本身也可能与这些构造的准同期运动有关。

矿化作用

汤姆矿区由两个矿化带-东矿带和西矿带组成。它们在地层, 金属含量, 构造和形态上均有

艾姆帕里尔建造

硬砂岩

坎诺尔建造

頁岩 (頁岩 (深灰色))

逐姆西矿带

逐姆东矿带

石英卵石层

砾砂岩

罗德河建造

火山岩 (基性)

灰质页岩

B. G. R. 实验室 (the Laboratories of the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) 进行样品制备并用 x 射线荧光法分析了主要元素和 16 种痕量元素 (表 1)。露头样品的分析结果以众值总结于表 1。它是根据 FW 粉砂岩和 HW 页岩分析结果所绘制的光滑的频率分布曲线, 用 B. G. R. 制定的一个程序求出。钻孔岩心的分析结果以算术平均值列出。

每个元素的分析结果一开始是根据每个元素在HW页岩和FW粉砂岩之间的分配和它们围绕矿体的空间分布来评价的,有三种过程影响沉积岩原始地球化学组分:

- (1) 来源于直接的沉积环境以外的碎屑物质的加入。
- (2) 海水的化学沉积, 包括有机物和任何吸附的元素。
- (3) 来源于海底喷气热水溶液的沉淀。

无疑沉积岩的原始组分一定程度上受风化作用的影响。钻
孔岩心样品与露头样品中某些元素含量的对比表明露头样品中 Fe_2O_3 (代表全铁), MgO ,

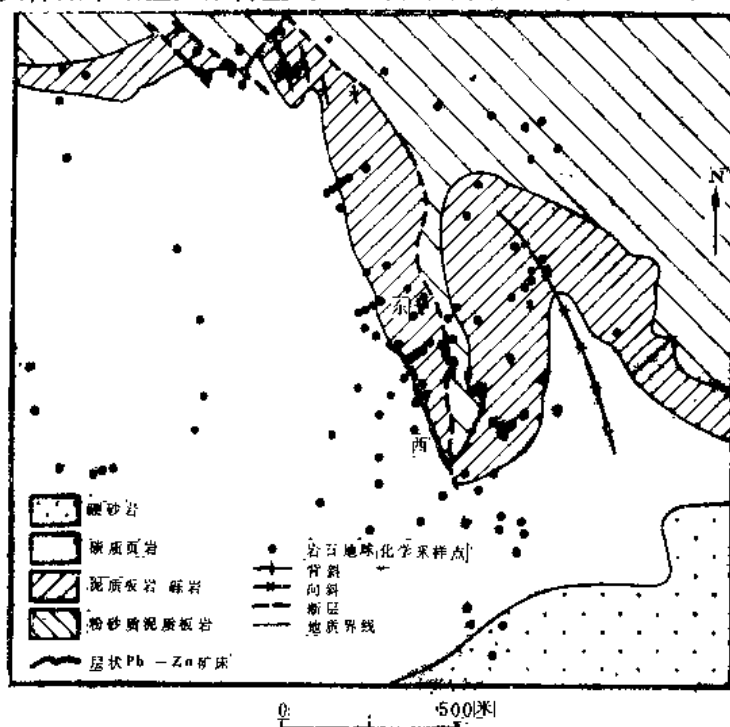


图 3 汤姆矿区地质图和采样点位图。碳质页岩相当于 HW 页岩, 泥质板岩和粉土质泥质板岩相当于 FW 粉砂岩。采不成团的样品。硬砂岩、岩相当于艾姆帕里尔建造。

CaO, P₂O₅, Cu, Ni和Ce被大量地淋滤了。虽然在露头上小心地只采新鲜物质,然而沉积岩的强烈劈理和裂隙特征仍然导致地表水深深地渗透。

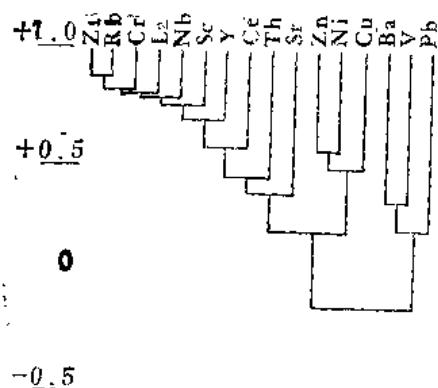


图4 用加权成对组合法绘制的微量元素树枝图。

沉积环境的地球化学

对分析结果(表1)的检查表明许多元素都选择性地分配到FW粉砂岩或HW页岩中。在多数情况下,这种富集明显地与FW粉砂岩的油流部分的碎屑和耐风化矿物的元素含量较高有关。主要元素Al₂O₃和TiO₂明显地富集在FW粉砂岩中。由微量元素数据的斯皮尔曼秩相关系数根据加权的成对组合法(Davis, 1973, chap.7)绘制的树枝图,显示出一组微量元素(Zr, Rb, Cr, La, Nb和Sc)具有大于+0.75正相关的连线值(Cophenetic Value, 即绘在树枝图上的视相关值),而另一组元素(Y, Ce, Th和Sr)相关性较差(见图4)。

所有这些元素在FW粉砂岩中比在HW页岩中富集。这些元素在FW粉砂岩和HW页岩中的频率分布特点都是对数正态分布和单峰分布。FW粉砂岩中大多数元素含量的众值可与被认为是典型的硬砂岩和粉砂岩的值相比较(1.g. refer to Rösler and Lange, 1976)。在HW页岩中这些元素的含量众值通常显著的低,并且表明沉积环境中元素极端缺失的特点。沉积岩中SiO₂的含量通常是变化的,但HW页岩地层较高部分的特点是SiO₂含量(SiO₂>85%)比别处的高。

在图4可见Ba, V和贱金属与其它微量元素是不相关的。与FW粉砂岩比Ba和V富集在HW页岩中。另外,可以看到Pb和Zn无密切关系,并且正如下面讨论的这是这些元素围绕矿化分布的一个反映。

在富含有机质,通气不好的环境中沉积的沉积岩中V趋于富集。HW页岩中V的含量比一般的页岩高(Landergren, 1974),克里奇-格拉夫(1966)叙述了利用V/Cr比值作为

表1 汤姆地区岩石中主要元素和微量元素的含量

	HW页岩(%)		FW粉砂岩(%)	
	o/C	ddh	o/C	ddh
SiO ₂	87.10	77.61	77.62	74.22
TiO ₂	0.35	0.33	0.66	0.62
Al ₂ O ₃	7.23	7.55	11.12	10.94
Fe ₂ O ₃	0.34	2.34	1.60	2.86
MnO	0.01	0.02	0.01	0.02
MgO	0.29	0.50	0.34	0.65
CaO	0.01	0.60	0.01	0.71
Na ₂ O	0.03	0.03	0.08	0.05
K ₂ O	1.78	2.08	2.85	3.06
P ₂ O ₅	+	0.24	0.05	0.16

	HW 页岩 (ppm)		FW 粉砂岩 (ppm)	
	o/C	ddh	o/C	ddh
Ba	5350	1400	3500	1400
Ce	2	51	46	73
Cr	55+	122	113	116
Cu	18	61	31	78
La	82	114	115	119
Nb	6	8	16	14
Ni	22	80	25	73
Pb	+	+	9	19
Rb	88	85	117	122
Sc	9	10	13	13
Sr	19	28	48	46
Th	4	3	9	8
V	389	656	273	383
Y	17	28	23	36
Zn	8+	+	10	15
Zr	68+	73	156	142

o/C=汤姆地区露头样品分析结果的频率分布曲线所确定的众值 (N=117) ddh=钻孔岩芯样品分析结果的算术平均值 (N=18)

十为o/C样品的双峰频率分布 (给出的值系指最大频率的峰值) 或者为ddh样品的最大方差

沉积环境的一个化学指标, 特别是用于区分腐泥的 (底层水还原条件) 和湖底软泥 (底层水弱氧化条件) 条件。图 5 可见 $V/Cr < 4$ 的样品局限于粉砂岩中, 而 $V/Cr > 10$ 的样品则局限于HW页岩层位较高的部分, 在矿体上面。这一数量级的 V/Cr 比值是不常见的, 并且反映HW页岩沉积的盆地中元素缺乏及可能是一个腐泥煤的环境特点。

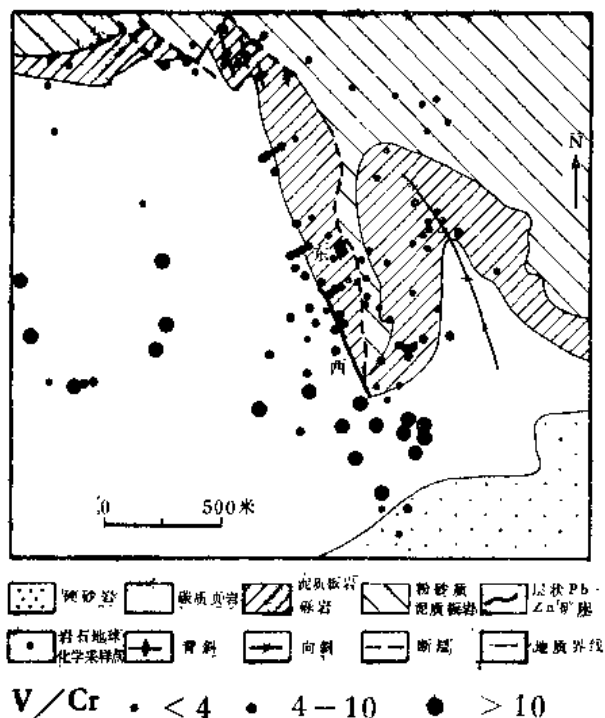


图 5 汤姆地区沉积岩中 V/Cr 的分布图。

测定了 18 个样品的有机碳含量。含有机碳 $> 2\%$ 的样品 (平均 3%) 围绕汤姆西矿带分布, 包括邻近的下盘 (图 6), 表明在沉积和矿化时局部还原条件的存在。亚德里亚海和黑海的腐泥煤也含有 $3 \sim 5\%$ 的有机碳 (Seibold 等人, 1958)。除了紧靠西矿带下盘的那些粉砂岩外, FW 粉砂岩有机碳的平均含量是 1.39% 。也测定了 5 个钻孔岩心样品的有机碳含量, HW 页岩和 FW 粉砂岩二者对比在图 7 中显而易见。

HW 页岩中 Zr 的频率分布明显地是

双峰的(图8)。含40~100ppmZr的样品紧靠矿体或沿着层状的西部矿带的走向分布(图9)。Zr可能包含在直至目前为止未被认出的次要组分中,这是在成矿作用期间有火山成因介入的。(在某些矿石间的沉积物中发现了熔蚀的锆石)。在另外相类似矿床的母岩序中常常发现有薄层含锆石凝灰岩(如Meggen, Rammelsberg)。

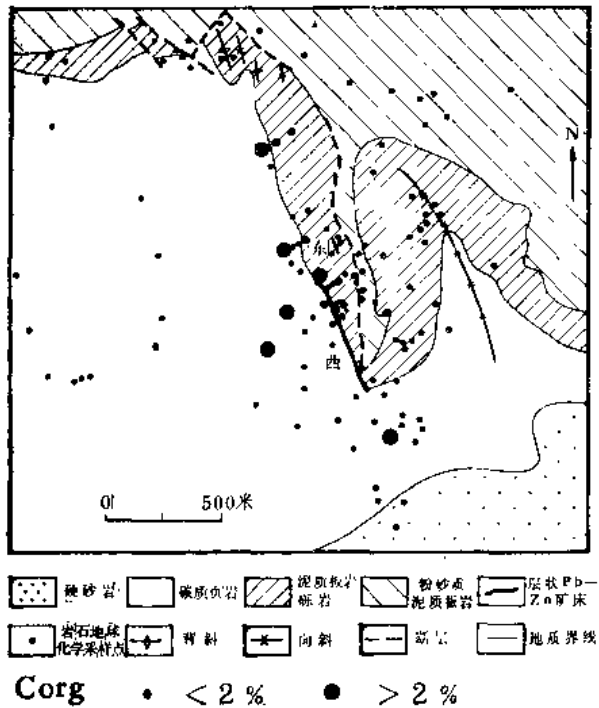


图6 汤姆矿区做有机碳分析的样品位置

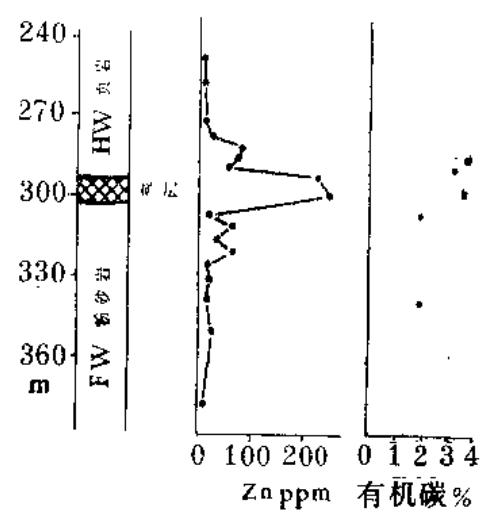


图7 钻孔岩心中有机碳和Zn的分布图。

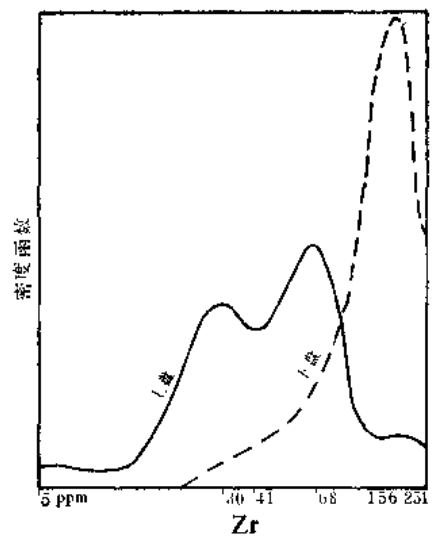


图8 Zr的频率分布图。密度函数是常见频率经光滑后的度量单位。

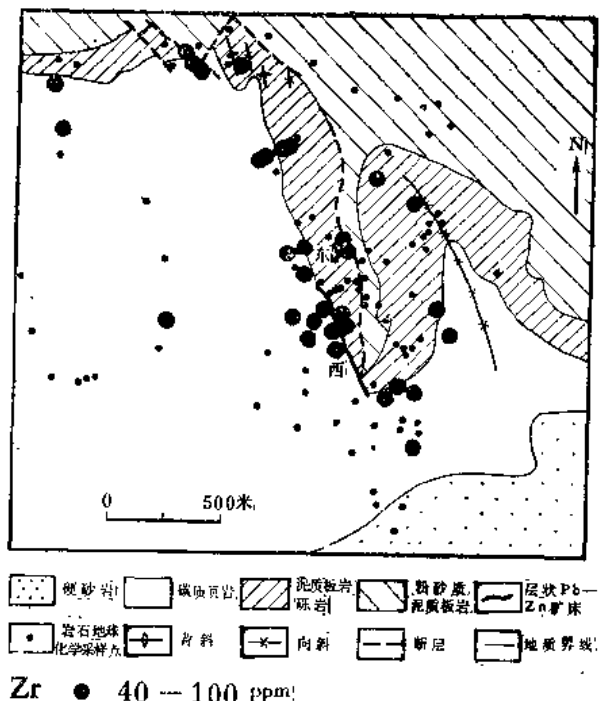


图9 汤姆矿区沉积岩中Zr的分布图。