

国外地质资料选编 (九十五)

国外重要矿床(区) 勘查史例

(第一册)

501

(5-1)

930

地质矿产部情报研究所

一九八五年三月

前 言

为配合1985年全国固体矿产普查工作会议，根据地质矿产部地矿司和物探局的要求，我们在多年进行的国外典型矿床发现史情报调研的基础上，选择了近二十多年来较有影响的五十余个重大矿床（矿区、矿带）勘查史例，经过补充、修改，汇集成两册出版。

这些矿床勘查史例，较全面地反映了国外固体矿产普查勘探工作的基本经验和教训。可以看出，国外许多大矿床的发现并不是一举成功的，而是经历了漫长而曲折的勘查历史。有些是通过典型矿床的详细解剖，建立矿床模式，以此指导一个成矿区（带）范围内连续发现大矿的；有的是在普查找矿中，从成矿区（带）或含矿盆地着眼，把矿床作为地质构造区（带）或盆地演化的一个组成部分，经过系统的区域性工作和成矿预测而发现矿床的；有的是根据含矿地区和矿床的具体地质、地球物理、地球化学以及地理条件，在必要的方法试验的基础上，合理综合运用地质方法和物化探等技术方法找到大矿床的；有的是研究矿产普查哲学，合理和灵活地改进勘查工作的组织管理，导致大区域范围内迅速发现大矿的；还有在普查找矿工作中，生产、科研和教学单位长期密切合作，以科研先行，为普查工作指明方向，最终发现矿床的；等等。这些成功的经验，对于各级领导和广大地质工作者进一步研究提高普查找矿效果等问题，具有一定的对比和借鉴意义。

本书以及其中每一篇文章，实际上都是集体劳动的成果，本次汇编过程中大都是过去已发表的资料基础上，加以整理、修改、并补充新的资料而成的。参加本书编写工作的主要是矿产室和方法室的部分同志。全书最后由吴昌功、王家枢、张肇元同志定稿和编辑加工。大部分附图由报导室魏智如同志清绘。在本书编辑过程中，还得到王绍伟同志等人的热心帮助和支持。由于我们情报研究和编辑加工水平所限，错漏之处难免，欢迎读者指正。

地质矿产部情报所

一九八五年三月

目 录

1. 从典型矿床研究入手, 建立克菜梅克斯型斑岩钼矿模式, 指导成矿带范围内大型钼矿的连续发现	(1)
2. 苏联乌克兰地盾前寒武纪铁矿资源扩大过程	(23)
3. 在分析对比成矿地质背景基础上, 采用综合物探方法查明一个大型富铁矿区——苏联土尔盖拗陷磁铁矿床的勘查过程	(36)
4. 典型解剖与区域展开相结合找到富矿储量 260 多亿吨的大铁矿——苏联库尔斯克铁矿区的地质特征及其勘查过程	(46)
5. 系统地质填图和地面物探相结合, 使加拿大拉布拉多铁钼矿带扩大和富矿储量不断增加	(67)
6. 加强物探资料的推断解释——拉布拉多地槽中部物探方法找富铁矿的经验	(63)
7. 开展重力测量和物探测井, 进一步扩大老矿区远景——基鲁纳铁矿区远景的扩大	(68)
8. 采用综合勘查方法使储量明显扩大的富铁和多金属矿区——阿塔苏铁、锰、多金属矿区的勘查过程	(70)
9. 古生物-地层研究的重要作用——澳大利亚格魯特岛锰矿床的发现	(80)
10. 控矿因素分析与物化探方法紧密配合找铀成果显著——加拿大阿萨巴斯卡铀矿区的发现与扩大	(84)
11. 麦克莱恩铀矿床的发现——阿萨巴斯卡盆地中物探方法找深部铀矿床的实例	(95)
12. 理论预测, 卫星影像和物探资料综合分析, 发现奥林匹克坝特大型铜铀矿床	(105)
13. 区域性基础地质调查为依据, 应用地质概念和理论作出正确选区, 发现阿利格特河区铀矿床	(118)
14. 地质研究与综合物化探相配合——苏联诺里尔斯克老矿区新矿床的发现	(124)
15. 物探间接找矿的成功实例——诺里尔斯克铜镍矿区	(130)
16. 物探发现加拿大提里铜镍矿——地面电磁异常验证见矿	(135)
17. 蒙特卡姆铜镍矿——航空电磁法的重要发现	(142)
18. 采用新的成因理论, 重视控矿条件的研究, 并在方法试验的基础上, 以综合物化探方法, 使老矿带焕发青春——西班牙-葡萄牙黄铁矿带层控火山成因硫化物矿床的勘查历史	(145)
19. 加拿大魁北克省诺兰达地区的勘查史——地质与物化探结合是成功的关键	(162)
20. 美国威斯康星州北部块状硫化物矿床发现史	(169)

从典型矿床研究入手，建立克莱梅克斯型 斑岩钼矿模式，指导成矿带范围内 大型钼矿的连续发现

前 言

六十年代中期以来的十余年中，在美国科罗拉多州连续发现了几个大型隐伏钼矿床，新增矿石储量近7亿吨，累计探明储量超过11亿吨。目前，仅克莱梅克斯和亨德逊两个钼矿的钼产量占美国总产量约70%，占世界总产量约40%。

新的矿床的发现，是地质人员通过典型矿床详细研究，建立多期侵入和多期成矿的概念模式，并且正确应用这种模式指导找矿而取得的丰硕成果。克莱梅克斯型虽然是由多期地质作用形成单一钼矿多层矿体的实例，尽管它作为多期地质作用形成的复式矿床还不够典型，但从基础地质研究着手，建立多期成矿模式，并在一个成矿带范围内取得连续突破的经验，对我们颇有借鉴意义。尤其像我国东部地区如何提高找矿效果，开展深部找矿，必须开创新的找矿路子。美国利用矿床模式找钼矿的思路无疑是值得重视的。

一、老矿山详细研究，建立多期侵入和多期成矿模式

五十年代中期，美国克莱梅克斯金属公司（AMAX）为了扩大和寻找可供未来开发的新的钼矿床，曾执行了一项研究计划。首先，组织了一个有经验的地质学家小组，收集和整理了当时世界上所有已知的钼矿床的资料。他们通过综合分析，得出了几条重要结论。其中之一是，唯有克莱梅克斯型钼矿床最有远景，并排除了伟晶岩、矽卡岩及其它矿床类型，从而使该公司把注意力集中到寻找克莱梅克斯型矿床上。主攻方向确定以后，就开展了对著名的克莱梅克斯钼矿床的全面研究。研究内容很广泛，包括矿床产出的地质构造环境、深成侵入体的时代和成分、具体的控矿条件、含矿母岩的热液蚀变分带特征等。尤其细致研究和重新认识了矿化岩体之间的复杂地质关系和某些长期未能圆满解释的“反常”地质现象，从而为多期成矿模式的建立提供了强有力的论据。

1、搞清复杂地质现象的相互关系，查明多期 侵入和多期矿化的证据

克莱梅克斯矿床是1879年发现和1918年正式开采的特大型钼矿。到七十年代末期，估计

总共开采出17亿磅(77.11万吨)钼。保有矿石储量4.62亿吨,平均 MoS_2 品位0.4%。

克莱梅克斯矿床位于科罗拉多州中部田米耳山脉的西北,莫斯基托断层东侧(图1, 2)。该断层的时代属前寒武纪,但自前寒武纪以来断续地发生过活动。该断层两面的岩石中都有拉拉米期斑岩(大部分为石英二长岩类)和第三纪中期的流纹质岩石。

克莱梅克斯矿床的时代属于第三纪中期。钼矿化与一套硅质碱性流纹斑岩侵入体(复合岩株和岩墙杂岩)有关(图2)。该侵入杂岩是第三纪中期侵入到前寒武纪岩石中的,其最后一次大的热液活动时间,距今约3000万年(K-Ar法)。所有斑岩在化学成分和矿物组成上基本相同,只是在岩石结构、蚀变和矿化程度、类型上稍有差别;而且由于热液蚀变和交代作用的结果,许多地方岩石的原始结构已部分或全部破坏。这些不同时代的斑岩密切混杂在一起,再加上形成时间不同、空间上又有重迭的矿化和蚀变现象,就构成一种杂乱无章的地质体(图2)。如何正确鉴别和区分不同类型的斑岩是长期未解决的一个地质难题。

克莱梅克斯矿床由三个网状状辉钼矿矿体组成。上部矿体和下部矿体很早就知道。第三个矿体(后来命名为采烈斯科矿体)虽然在三十年代已被开采,但因其大部分被剥蚀掉,仅留下根部,所以直到六十年代,通过对残余矿体的地表取样,才恢复了矿体原来的投影形状和大小。它位于上部矿体的上方。这三个矿体在空间、时间和成因上有联系,但形成时代不同(图4, 5)。由于蚀变和矿化带的重迭,也导致混乱和出现一系列表面看来自相矛盾的现象。这也成为典型矿床研究必须解决的地质课题。

从1934年首次对克莱梅克斯矿床开展全面研究以来,至少有25名地质学家在不同时期从事过地质资料收集和解释,并且都用一般成矿理论来说明上述的种种现象。这种理论认为,在一次大的侵入活动中,岩浆侵入和冷凝,形成不同岩相(边缘相,内部相)。岩浆活动在总体上是逐渐减弱的,但也有一些脉动式活动。这些连续的脉动式岩浆热液活动,就在不同岩相中同时形成相同类型的矿化和蚀变。实际上,是利用这种简单的公式化的理论来说明一些复杂的地质现象。这就是关于该矿床成因问题上统治几十年的一次侵入和一次成矿的观点。

但是,长期从事克莱梅克斯矿床研究的地质学家华莱士(S.R. Wallace)认为,像克莱梅克斯这样一种复杂的地质体,用一次成矿论来解释是难以令人信服的。他决心从艰苦细致的基础地质研究着手,收集有力的证据,用多期侵入和成矿理论来驳倒一次成矿论。他还认为,虽然这里的斑岩杂岩体、钼矿化、蚀变带空间上重迭,造成表面上乱七八糟的图象。但这种地质上的复杂性,必然在客观上包含有时间上分隔的证据。

第一,最能说明时间上分隔的地质证据,是所谓成矿期斑岩岩墙群(图3)。这是沿克莱梅克斯复合岩株中心岩体的放射状张裂隙侵入的一系列不连续的岩墙系。这些岩墙在大量巷道和钻孔中均可见到。典型矿床研究工作开始时,不仅在地表和钻孔中追索这些岩墙,而且对该矿山几十处岩墙和岩墙两壁进行取样,重新作系统研究,以查明岩墙与矿化作用之间的关系,了解矿化强度在不同位置和时间上的变化规律。

研究表明,这类岩墙在下部矿体内是含矿的,因而岩墙时代比下部矿体早;但在上部矿体内,岩墙是不含矿的(这里所谓“含矿”与“不含矿”指的是辉钼矿,而不是钨锰矿),因而岩墙时代晚于上部矿体。按理讲,这些岩墙应当穿切上部矿体的硅化岩石,但实际上,这个地区所有岩墙均已强烈硅化。这就不能不使人对侵入的顺序、蚀变和矿化的顺序,或者说所有这些地质作用的顺序产生很大的怀疑。

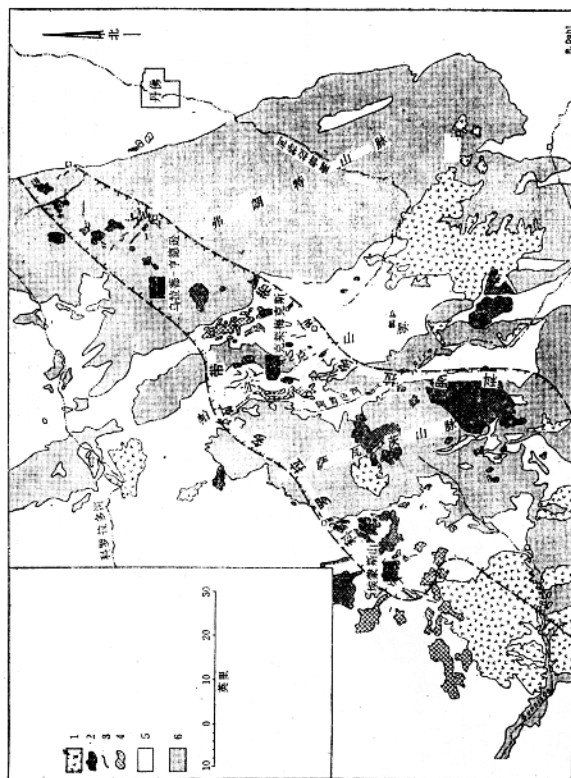


图 1 克拉斯诺亚尔斯克、乌拉尔—亨德逊矿床和泰拉斯多成矿带之间的关系图
白垩纪和第三纪的：1—火山岩；2—岩体；3—岩体或岩床；4—岩基或岩床群；5—基岩到第四纪的
沉积岩和地表沉积；6—前寒武纪的变质岩和花岗岩类岩石，未划分

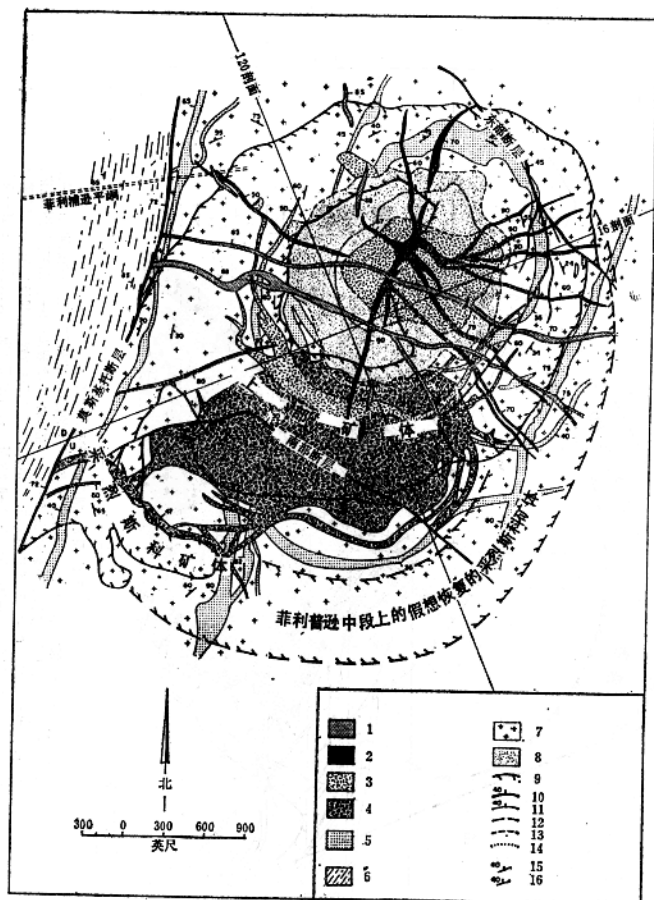


图 3 菲利普斯中段的地质和矿带情况

第三纪克萊梅克斯斑岩组的：1—晚期流纹斑岩岩墙；2—成矿期斑岩岩墙；3—克萊梅克斯岩株中部岩体；4—克萊梅克斯岩株西南岩体；5—第三纪石英二长斑岩；6—早石炭世明特恩组，其中第三纪石英二长岩岩床约占40%；前寒武纪的：7—花岗岩和片岩，未划分；8—高硅质岩石；9—0.2% MaS_2 矿石边界（虚线表示推断）；10—断层及倾角；11—接触带及倾角；12—推测的接触线；13—渐变接触线；14—受硅化作用破坏的大致接触线；15—叶理走向及倾角；16—层理走向及倾角

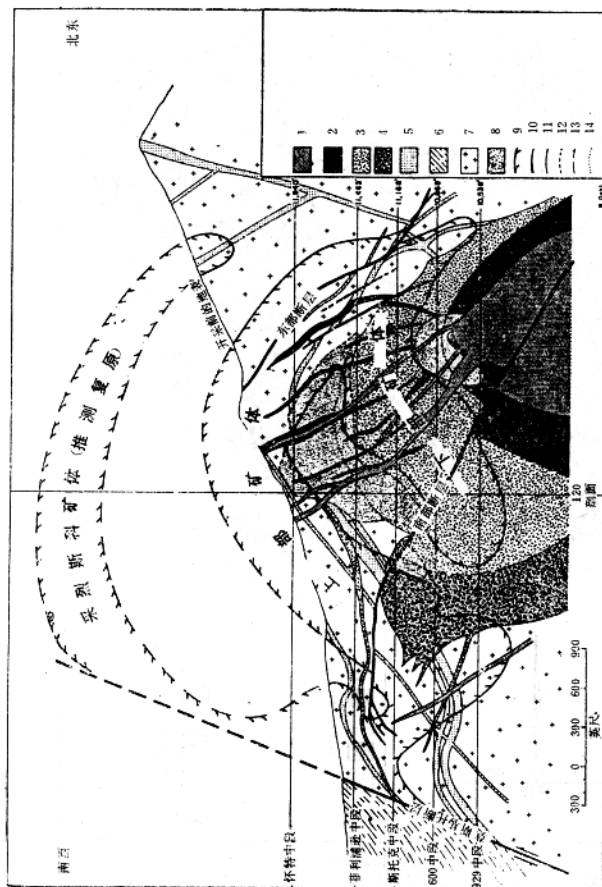


图 4 图 2 中剖面 16 的地质和矿带情况

第三纪的, 1-4-克米阿克斯岩组; 1-克米阿克斯岩组的斑状花岗岩和晚期流纹岩岩墙; 2-克米阿克斯岩组的细晶岩和成矿期流纹岩; 3-克米阿克斯岩组中部岩体; 4-克米阿克斯岩组西南岩体; 5-石英二长岩; 6-早石炭世明特曼组, 其中第三纪石英二长岩岩体占40%左右; 7-前震武纪的花岗岩和片岩, 未划分; 8-高硅质岩石; 9-0.2% MoS₂ 矿石边界 (虚线表示推断); 10-新层 (虚线表示推断的); 11-接触线; 12-渐变接触线; 13-推测的接触线; 14-受硅化作用破坏的大致接触线

地质人员经常敲打这些岩石，仔细观察这些岩石，并动脑筋去思考这些岩石，就发现，这些岩石的硅化现象和围岩的硅化现象并不完全一样。具体说来，岩墙只受到与下部矿体有关的石英-绢云母-黄铁矿化影响，而围岩（斑岩）既受到这一蚀变作用影响，又受到上部矿体有关的早期硅化作用的影响。

根据上述地质观测资料，就可建立该区岩墙与上、下两个矿体形成的时间顺序：

- (1) 上部矿体下盘硅化；
- (2) 放射状岩墙侵入；
- (3) 下部矿体上盘硅化

第二，对该矿山一个开采中段（菲利浦逊中段）平巷岩石重新填图、取样和薄片鉴定，发现了岩浆多期侵入的另一证据。在克莱梅克斯复合岩株中心岩体东面发现一种斑状岩体（图3）。过去首次在钻孔中见到时，岩体边缘相粒度细，内部相粒度粗。按一般理论解释，该岩体是斑岩岩株的冷却边。但后来发现，该岩体其它地方却不存在这种细粒边缘岩石相带，而是粗粒斑岩与围岩截然接触。在接触带上的粗粒斑岩中见有一些模糊的未定名的细粒斑岩岩块包体。华莱士认为，这种岩块包体应是冷却边缘相岩石碎块，由于再次侵入作用从早期斑岩中剥离下来，再进入粗粒斑岩中的。因此，说明中部岩体是两期侵入的产物，而且两期岩石均被放射状岩墙所穿切。

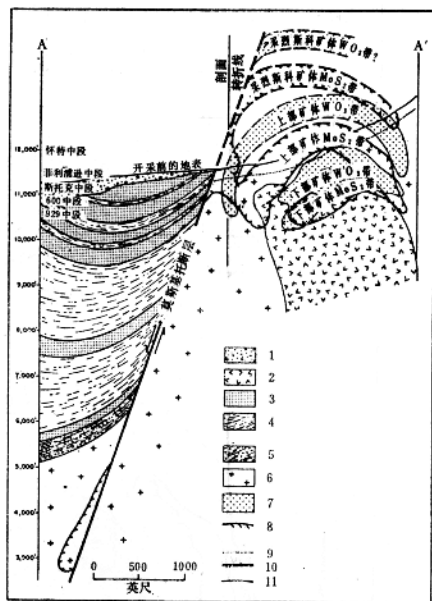


图5 穿过克莱梅克斯地区A'-A' (见图2) 线剖面图
1—第四纪地表沉积；2—第三纪克莱梅克斯岩株；3—第三纪二长斑岩岩床；4—早石炭世沉积岩（主要是页岩，砂岩和砾岩）；5—早古生代沉积岩（主要是石英岩和白云岩）；6—前寒武纪花岗岩和片岩，未划分；7—WO₃矿带（虚线表示推断的界线）；8—MoS₂矿石边界（虚线表示推断的）；9—氧化的大致底面；10—断层（虚线表示推断的）；11—接触线

2. 通过详细地质填图和取样，重新认识和正确解释 矿区内某些“反常的”地质现象

所谓“反常的”地质现象，指与一次侵入成矿论相矛盾的或不能圆满解释的情况。这种“反常的”地质现象具有特殊的意义，对它们进行仔细研究，总能告诉人们一些不寻常的情况。在典型矿床研究时，地质人员也应当像关心他们所喜欢和所满意的事情那样来考虑他

所不理解的事情。

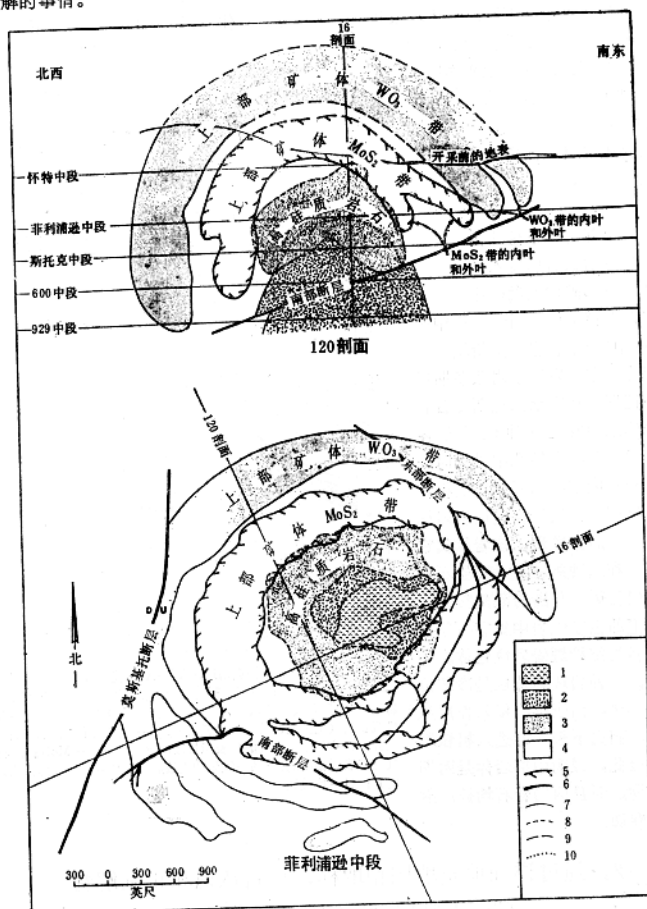


图 6 克莱梅克斯矿床的地质情况和矿带情况，表明其上部矿体的两期成因性质
1—克莱梅克斯岩株中部岩体，晚期；2—克莱梅克斯中部岩体，早期；3—高硅质岩石；4—WO₃品位>0.02%（虚线是推断的）；5—0.4%MoS₂矿石边界（虚线是推断的）；6—断层；7—接触线；8—渐变接触线；9—推测的接触线；10—受硅化作用破坏的大致接触线

克莱梅克斯的地质学家充分利用了该矿山是一个地下矿的有利条件。大量地下坑道既有

利于地质人员进行详细地质填图，而且当地质概念发生变化时，也可以得到实际的检验。为了解释某些反常情况，对1920年以前就有的一些巷道进行了重新填图，根据目前在地下揭露的地质关系来重新认识过去许多无法解释的地质问题。

第一，多年前在格里兹利开采中段（菲利普逊中段之上60英尺）打过两个水平钻孔，打到了克莱梅克斯岩株中部岩体的斑岩。这种斑岩比原来预想的新鲜得多，岩石基质比中部岩体其它部分的粒度要细得多。过去曾认为，这种斑岩应是放射状岩墙群的中心，但却不具备这种岩墙岩石中特有的微破碎结构。总之，这种岩石方面的“反常”情况当时没法解释清楚。但是，根据目前对于中部岩体是两期产物（见图6）的新认识，这种“反常”情况就有了明确的答案，即它是代表新的一次岩浆作用的产物。

第二个“反常”情况是矿体的几何形态（图6）。该矿区三个选置的矿体中，上部矿体规模最大，品位最富。以前，用低品位线（ $\text{MoS}_2, 0.2\%$ ）圈定矿体时，矿体呈完整的圆环状。如用高品位线（ $\text{MoS}_2, 0.4\%$ ）圈定矿体形态，就在其南翼的矿化奇怪地缺失了一块（实际上是一个拉长的稍呈弧形的低品位矿化带）。如果选择一个适当的剖面，将矿带再用高品位线画出，上部矿体就出现一个明显的双舌状带。两个舌叶向上伸进品位较高的矿化带。这个矿化带又按逆时针方向下旋转到北翼，经过西北部达到西翼。在西南部又分为两枝，当中是一个“无矿区”。上部矿体钼品位分布型式和矿体几何形态上的这种“反常”情况早就知道，而且对它的成因和重要性有过各种推测，虽未能找到正确答案，但也认为不能简单地用偶然的不规则性来解释。

如果把岩石和矿化方面的这两个“反常”情况联系在一起，再应用克莱梅克斯矿床是由多期地质作用形成的观点，就可作出圆满的解释。即上部矿体是由两次彼此密切相关、但又彼此分开的地质作用形成的复式矿体。两次矿化作用与克莱梅克斯岩株中心岩体的两次侵入有关，由两次矿化作用形成的两个半球形表面，吻合得十分严密但又不十分理想而形成目前这种几何形状。而且，钨矿化带的形状与钼矿化带的形状并不完全一致，更说明这是一个复式成因的矿体。

3. 实际资料的条理化和概念化——矿床模式的建立

由上所述可以看出，为了充分了解克莱梅克斯钼矿床，地质人员不仅对该矿山所积累的老资料进行了重新检验和认识，而且围绕某些关键性地质问题，又进行了大量的艰苦细致的野外观察，获得了有益的新资料，为发展该矿区新的地质概念，从理论和实践上驳倒以一次大的侵入活动为依据的一般成矿理论，提供了切实可靠的科学依据。并且，根据实际资料综合分析而形成的多期侵入和成矿的新认识，作了理论上的概括，建立了克莱梅克斯型单一钼矿的矿床模式（图7）。

这种模式的基本点是：克莱梅克斯岩株是一个复合岩株，有四个主要岩体或主要侵入阶段，每一个岩体或者侵入阶段都具有它自己一套在成因、时间和空间上与之有关的热液产物。每次岩浆侵入，都伴有或跟随着一次热液活动。这四个主要火成-热液期出现的顺序如下：

I期：克莱梅克斯岩株西南岩体和伴生的不规则的和交织的岩墙群侵入，形成采烈斯科矿体；

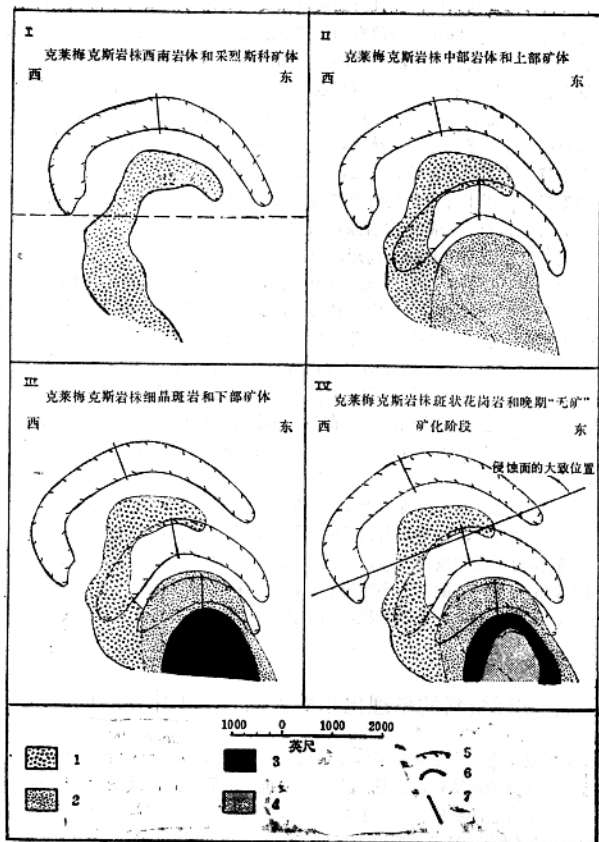


图 7 表示多期侵入和矿化及逐渐倾斜的剖面示意图

1—克莱梅克斯岩株西南岩体；2—克莱梅克斯岩株中部岩体；3—克莱梅克斯岩株细晶斑岩；4—克莱梅克斯岩株斑状花岗岩；5—MoS₂矿石边界；6—晚期无矿阶段；7—矿带的二等分线，表示矿带倾斜情况

II 期：克莱梅克斯岩株中心岩体和有关的弧形岩墙、岩席侵入，形成上部矿体；

III 期：克莱梅克斯岩株细晶斑岩岩体和成矿期岩墙（放射状岩墙群）侵入，形成下部矿体；

IV 期：克莱梅克斯岩株的斑状花岗岩岩体和晚期流纹斑岩岩墙侵入，属矿化晚期无矿阶段，主要形成黄铁矿矿化，基本上没有工业意义。

克莱梅克斯岩株每一次侵入作用，都要比前一次作用稍向东移。由于每一次侵入和隆起作用，相对晚期的地质体有一定的偏转，从而造成三个迭置矿体逐渐向东倾斜的状况。三个矿体均位于产生它们的侵入体的顶部和侧部，每一个较晚期形成的矿体都要比前一个矿体小一些。

二、应用矿床模式指导钼矿勘查， 连续发现新的大型隐伏矿床

建立矿床模式，不仅仅是典型矿床研究结果的理论总结，更重要的是要应用这种模式来指导新矿床的发现，并且通过实际找矿工作，不断丰富和完善现有矿床模式，使之更符合客观实际。克莱梅克斯斑岩钼矿模式建立以后，美国 AMAX 公司的地质学家们迅速而大胆地在找矿工作中检验这种模式的正确性，在短短的十多年时间内，相继发现亨德逊、埃孟斯山等几个大型钼矿床，从实践上证明，这种多期成矿模式是经得起考验的。

1. 晚期无矿阶段产物及其时间和 空间位置的科学解释与亨德逊大型隐伏钼矿床的发现

众所周知，应用矿床模式找矿时，不能盲目地把一个模式（或其一部分）原封不动地从一种环境或一个地区生搬硬套到另一种环境或另一地区。在科罗拉多成矿带寻找新的钼矿床时，就十分注意了这一问题。

红山地区是首先选定的应用模式找矿的靶区。

红山位于克莱梅克斯矿山北部约56公里。该区在二十世纪初就发现了著名的乌拉德高品位钼矿床，1914年投产，间断开采到1974年，因储量枯竭而关闭矿山。红山地区与克莱梅克斯地区在地质上有许多重要的共同之点：

- (1) 二者同处于科罗拉多成矿带范围内，都是网脉状辉钼矿矿化；
- (2) 二者都靠近第三纪强烈活动的大断层。在克莱梅克斯地区是莫斯基托断层，在红山地区是伯索德山口断层。这两个断层都是前寒武纪形成的剪切断层；
- (3) 两个地区的矿体都与差不多同时代的、相同成分的复合岩株有关。红山第三纪中期的岩浆岩称为红山杂岩，出露地表有三个岩体，即鹑滑岩体、东丘岩体和红山斑岩，三者形成一个长720米，宽240—360米的不规则侵入体。此外还发育一些同心状和放射状岩墙群。尤其是放射状岩墙群（火成-破碎岩墙群）具有特殊的意义，因为其中很多岩墙有钼异常。
- (4) 两处的杂岩中所有岩石均显示了一期或多期矿化和热液蚀变的影响。乌拉德矿体的蚀变作用有两期，主蚀变期强烈，分布在矿体内及其周围；晚蚀变期较弱，迭加在主蚀变序列的下部。而且，红山和克莱梅克斯两个地区的矿体内部及近矿围岩中，金属矿物含量和比例虽不尽相同，但种类完全一致。

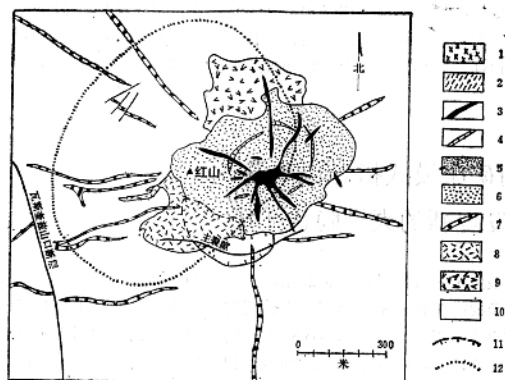


图 8 红山侵入杂岩地质图
 红山第三纪侵入杂岩；2—火成—破碎岩墙；4—同心状岩墙；6—红山斑岩；7—流纹斑岩墙；8—“铜滑组”；9—“东丘组”；11—乌拉德矿床（虚线为推断的）；12—亨德逊矿床（大致的地表投影）（图例1，2，5，10略）

二个地区相比较，也存在某些明显的差别。例如，两地矿床形成时盖层的深度不同。乌拉德矿床在浅处形成，其盖层深度只有 600 米，而克莱梅克斯矿山最上部的采烈斯科矿体形成深度估计约 3000 米，也许还要深一些。因此，反映在它们的矿体形态上有所差别。乌拉德矿体是似筒状或柱状，而采烈斯科矿体呈稍张开的伞状。

总之，红山的地质特征表明，它可能也是多期侵入和成矿的，其中有一次侵入和热液活动产生了乌拉德矿体，并推测该矿体形成在岩浆岩体顶部。如果有利的岩浆、构造在时间和空间上有机结合，在其深部有可能形成克莱梅克斯型的多层钼矿体。

但是，把克莱梅克斯矿床模式所有地质参数应用到红山地区时，就遇到一个如何看待与晚期无矿阶段有关的那部分模式的问题。因为克莱梅克斯矿床晚期无矿阶段的主要矿物组合是石英、绢云母、黄铁矿、粗粒菱锰矿和萤石，还有少量闪锌矿、方铅矿和黄铜矿。在克莱梅克斯诸矿体以外相当远的地方，还有一些含菱锰矿和萤石的有色金属硫化物细脉。这套矿物组合在斑状花岗岩的上接触带上最为富集。

上述晚期无矿阶段产生的矿物组合，在红山地区的蚀变带中大量出现，并影响了红山斑岩，使这种岩石地表上显示深灰色（菱锰矿氧化所致）。红山斑岩位于该杂岩体中心部位，它在地表上是时代最新的主要岩石类型，是乌拉德矿体形成以后侵入的。如果照搬克莱梅克斯矿床模式，乌拉德矿体相当于克莱梅克斯矿床的下部矿体，红山斑岩相当于克莱梅克斯矿区晚期无矿阶段的斑状花岗岩体。假如情况真是这样，要找新的深部矿体就没有指望了。

在这种情况下，如何正确认识这种晚期无矿阶段的矿物组合，以及它们在原生矿化体系中所处的时间和空间位置将具有十分重要的意义。有经验的地质学家华莱士认为，红山斑岩的蚀变与克莱梅克斯矿山晚期无矿阶段可能并不是一码事。据推测，这种蚀变可能反映乌拉德深部成矿作用有关的一种独有的热液蚀变晕，也可能代表岩浆-热液系统底部的残余岩浆活动产物。不管属于哪一种情况，二者不应等同看待。

另外，红山地区的放射状岩墙群（火成-破碎岩墙）中有钼异常。据推测，钼可能以破

碎物质形式，从深部隐伏矿体上带来的。后来的工作证明，这种岩墙中的钼来自乌拉德矿化带，而不是来自深部的亨德逊矿化带。尽管具体理由是错误的，但当时所作的一般性推测却是正确的。

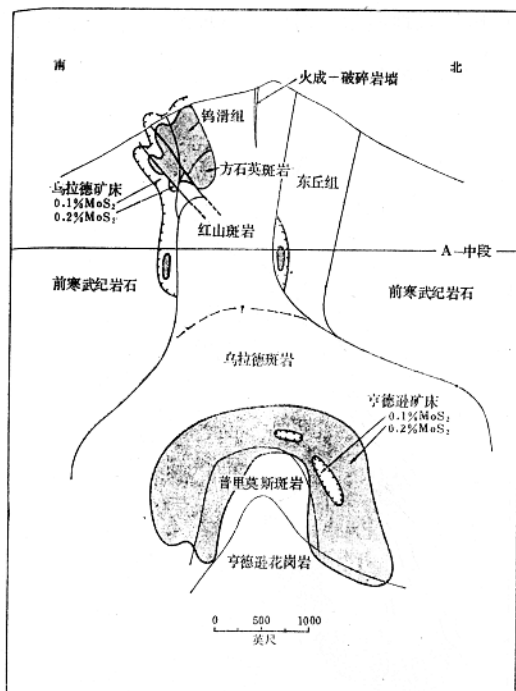


图 9 乌拉德和亨德逊矿床与红山侵入杂岩的关系图

在上述分析的基础上，为检查最好的钼异常，在红山西北部打了一个试验钻孔，揭露了亨德逊矿体的边缘。通过进一步工作，于 1963 年查明了隐伏在地下 914—1067 米的大型矿床。矿石储量 4.14 亿吨，其中 MoS_2 品位 0.42% 有 2.6 亿吨， MoS_2 0.36% 为 1.54 亿吨。1976 年开采，1977 年钼精矿产量达 10,886 吨，预计 1981 年达 22,680 吨。是仅次于克莱梅克斯的世界第二大钼矿山。

红山地区和克莱梅克斯地区的钼矿床虽然有很多相似点，但也存在一些重要差别：

(1) 克莱梅克斯有三个矿体，红山地区只有二个；(2) 红山地区亨德逊矿体下伏岩石一般较新鲜，并且为花岗斑岩，在克莱梅克斯地区为典型的斑岩；(3) 克莱梅克斯矿区有大

量前寒武纪变质岩，红山地区这类岩石相对较少。这可能是前者比后者含钨量较高的原因；
 (4) 亨德逊矿体热液蚀变带发育更完整，蚀变带出现在矿体之上1000米范围内。上述这些特征，为完善已有的矿床模式补充了新的资料。

2. 矿床模式地质参数对比，发现埃孟斯山大型钼矿床

如前所述，亨德逊钼矿床的发现，不仅论证了克莱梅克斯钼矿模式的正确性，而且也丰

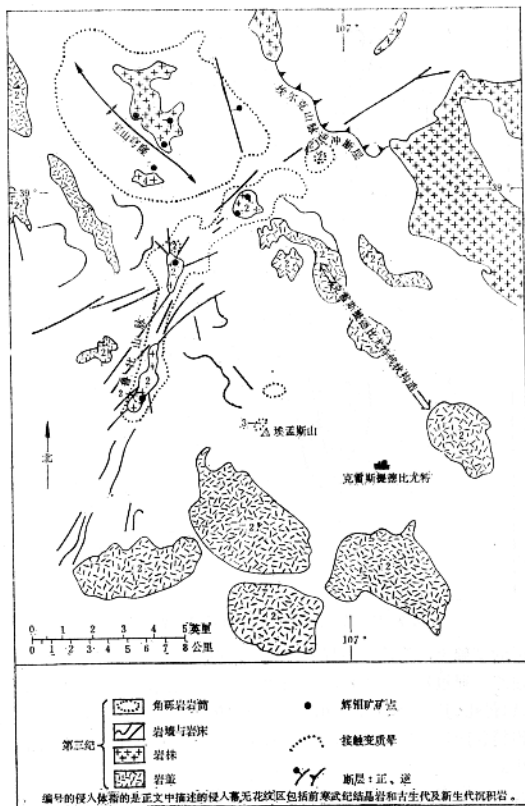


图 10 埃孟斯山地区第三纪侵入岩体分布图