

国外地质资料选编（十八）

国外斑岩铜矿

地质科学研究院情报所

一九七五年四月

国外斑岩铜矿

地质科学研究所情报所

一九七五年四月

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“**洋为中用**”的教导，为了配合国内找斑岩铜矿工作，我们选编了有关国外斑岩铜矿的 30 篇文章。内容共分三大部分，第一部分：斑岩铜矿的概论，重点介绍斑岩铜矿的区域分布规律，蚀变、矿化分带以及成因理论，共八篇；第二部分：斑岩铜矿带和典型矿床地质特征，主要介绍北美、南美、东地中海及准噶尔带的斑岩铜矿区域地质特征，以及美国宾厄姆、智利丘基卡马塔、秘鲁米契基累、苏联科翁腊德、蒙古察干苏布尔加、巴布亚和新几内亚地区富比兰山、布干维尔岛潘古纳及西非斑岩铜矿型矿床等实例，共十五篇；第三部分：斑岩铜矿普查方法和发现史例，主要介绍斑岩铜矿普查中的地质方法和化探方法，以及加拿大直布罗陀、美国卡拉马祖和墨西哥拉卡里达德斑岩铜矿的发现史，共七篇。

这些资料仅供同志们参考。我们要按照毛主席关于“**认真学习外国的好经验，也一定研究外国的坏经验——引以为戒**”的教导，结合我国具体的情况加以分析研究批判接受。

由于我们水平较低，编、译中一定有许多缺点和错误，欢迎读者批评指正。

地质科学院情报所

1975.4.

目 录

斑岩铜矿概论

1. 国外斑岩铜矿的某些情况	(1)
2. 斑岩型铜-钼矿床的区域分布规律	(10)
3. 斑岩型矿床的水平和垂直蚀变矿化分带	(16)
4. 斑岩型矿床分带模式的变化	(70)
5. 苏联卡拉巴斯和科翁腊德铜-钼矿床的交代分带	(82)
6. 斑岩铜矿的顶和底	(94)
7. 斑岩铜矿成因的板块构造模式	(109)
8. 斑岩铜矿和环太平洋锡矿同古毕乌夫带的关系	(120)

斑岩铜矿带和典型矿床地质特征

9. 北美西北部斑岩铜钼矿床	(136)
10. 南美斑岩铜矿的区域特征	(153)
11. 准噶尔-巴尔喀什褶皱系的含铜斑岩建造矿床	(164)
12. 东地中海-伊朗阿尔卑斯期的铜钼矿带	(171)
13. 加拿大科迪勒拉地区 32 个斑岩铜钼矿的特征	(179)
○14. 美国犹他州宾厄姆-坎尼恩斑岩铜矿床	(190)
○15. 智利的斑岩铜矿床	(201)
○16. 秘鲁米契基累斑岩铜矿床	(218)
○17. 苏联哈萨克斯坦科翁腊德斑岩铜矿地质特征简介	(226)
18. 苏联乌兹别克的卡耳马克尔斑岩铜矿地质构造特征简介	(231)
19. 蒙古察干苏布尔加铜-钼矿床的构造特点	(236)
20. 与安山岩岩颈及侵入体有关的新类型铜矿	(240)
21. 巴布亚和新几内亚地区富比兰山(奥克特迪)斑岩铜矿床	(242)
22. 布干维尔岛潘古纳铜矿	(256)
23. 西非“斑岩铜矿”型的矿床	(261)

斑岩铜矿的普查方法和发现史例

24. 斑岩铜矿的分布规律及普查方法	(264)
25. 找斑岩铜矿床的化探方法(评述)	(268)
26. 普查和评价网脉型铜钼矿和铜矿的某些方法问题	(279)
27. 斑岩铜矿的新发现	(284)
28. 加拿大直布罗陀斑岩铜矿发现史	(288)
29. 美国卡拉马祖铜矿的发现	(290)
30. 墨西哥最大的斑岩铜矿——拉卡里达德铜矿勘查史	(299)

国外斑岩铜矿的某些情况

国外铜矿床的主要工业类型有斑岩铜矿、含铜砂岩、含铜黄铁矿和硫化铜镍矿床等。

斑岩铜矿是一种规模很大的低品位的铜矿床。矿石为细脉浸染状。单个斑岩铜矿床的矿石储量常超过一千万吨，最大的达数十亿吨，一般在0.5—5亿吨。铜品位一般为0.4—1.2%，原生矿石品位常低于0.8%（少数例外），次生富集带品位可超过2%。

斑岩铜矿床常与浅成侵入岩（其中常有斑岩，有的可以认为是次火山岩）有关，系低温岩浆—“正常”热液作用过程的产物。矿石既可产于侵入体中，也可产于围岩中。

经济意义很大

斑岩铜矿的铜储量占铜总储量的比例，资本主义国家为62%（1970年，未包括苏联），苏联为13.1%（据1974年报道）；资本主义国家（未包括苏联，下同）斑岩铜矿的铜产量占总产量的比例为49.4%（1970年）。

各国的主要铜矿类型不尽相同，但七大产铜国中，除赞比亚和扎伊尔基本上都是含铜砂岩型以外，美国、智利和秘鲁都以斑岩铜矿占绝对优势（1970年储量分别占该国铜储量89.8%，96%，92.6%；产量分别占91.7%，93.9%，95%），苏联和加拿大的斑岩铜矿也很重要。

不少斑岩铜矿常含可回收的钼（万分之几至十万分之几）、金、银、硒、碲等金属（可称斑岩铜钼矿、铜金矿）。资本主义国家斑岩铜钼矿的钼储量占钼总储量的30%（其余68%为与斑岩有关的网脉型钼矿），产量占34%（1970年）。斑岩铜钼矿中的辉钼矿是提取钼的重要来源。此外，作为铜的副产品的黄铁矿精矿可制硫酸，有的矿床还在回收磁铁矿（如菲律宾阿特拉斯）。

国外斑岩铜矿的工业开发始于1905年。长期以来，它就是国外铜矿的主要类型之一。据1933年第16届国际地质会议资料，当时世界铜储量估计为一亿吨，而1929年美洲斑岩铜矿的铜储量已超过四千万吨。苏联哈萨克斯坦的科翁腊德大型斑岩铜矿和乌兹别克的卡耳马克尔矿床也早在二十年代就发现了。国外大约在六十年前投产的五、六个大型斑岩铜矿，至今仍全部在生产。其中美国最大的宾厄姆矿床，从1905年到1960年已产铜约726万吨，铅约181万吨，锌约68万吨，辉钼矿约22.7万吨，银约6,220吨，金约342吨。

第二次世界大战以来，国外由于浅部富矿资源日益减少，所以对较贫但规模大而易于露天开采的斑岩铜矿（勘查一般也较容易，但贫的斑岩铜矿，有时不易辨认，在工作程度不足时，易被忽略）就更为注意，其重要性也更加突出。美国斑岩铜矿储量和产量占该国铜总储量和总产量比例的变化情况是：1913年分别为38%和32.5%，1933年——58.8%和53.6%，1954年——73.8%和85.4%。1940—1955年，美洲斑岩铜矿平均年产量占世界铜总产量的比例已接近40%。战后，很多地区都在大力寻找斑岩铜矿，并且发

现了不少新矿床。1960—1970年国外新发现的斑岩铜矿有36个(未包括苏联和蒙古)。据1972年初资料,北美已知的56个斑岩铜矿中,有39个是1950年以来发现的(39个中铜金属储量在200万吨以上的有8个)。三十年代初,在加拿大铜储量中,主要是硫化铜镍矿和含铜黄铁矿,斑岩铜矿所占比例极小。五十年代以来,在西部发现了很多斑岩铜矿(目前已知的有三十多个)。在加拿大1970年铜储量中,斑岩铜矿已占一半左右(1970年产量还只占6.8%,估计1973年已超过20%)。菲律宾目前铜产量几乎均来自斑岩铜矿,1950年产量约为1万吨,1960年约4万吨,1973年已增至22.1万吨。国外近年还发现了一些新的重要的斑岩铜矿区,如伊朗、伊里安岛、布干维尔、蒙古等。其中有的矿山已投产,有的正在建设。苏修为了掠夺1968年在蒙古布爾甘省发现的被宣称为“世界最大铜矿之一”的额尔德图音鄂博斑岩铜矿资源,正以“联合开发”为名,建设采选企业。有人预计,今后三十年中,世界铜产量的大部分将来自斑岩铜矿。

总的品位较低,但低中有较高的

总的说来,斑岩铜矿是较贫的。但是,其中也有较富的矿床。1929年时,美洲12个斑岩铜矿床的铜品位为0.95—2.18%,平均为1.66%。1960—1970年国外新发现的36个斑岩铜矿中,有10个矿床品位大于或等于1%,最高为1.58%。智利在开采的几个大型斑岩铜矿,一般品位超过1%。

在一个矿床范围内,品位的分布也是不均匀的。一般原生带较贫,次生富集带较富(可 $>2\%$)。次生富集带的发育与地质构造、地形、气候和侵蚀速度等有关,干燥、半干燥气候较为有利,但在热带较潮湿区也发现具有次生富集带的斑岩铜矿(如伊里安岛、中美等)。加拿大西部因曾受冰川作用影响,一般只有原生矿,但也发现了少数具有次生富集带的斑岩铜矿。

从国外斑岩铜矿开发史可以看出,先开采的是其中较富的部分,然后发展到开采贫矿。例如1905年时宾厄姆斑岩铜矿计算储量的铜品位是2.2%,而1962年时所采矿石的铜平均品位已降至0.78%。在一个斑岩铜矿中,较富部分所占的比例虽不大,但其绝对量是较大的。

由于斑岩铜矿规模大,一般埋藏不深,有用组分分布比较均匀,可用大型机械露采,所以开采成本较低(据称以露采斑岩铜矿为主的美国和加拿大每磅铜的开采成本,比主要是井下开采富矿的赞比亚和扎伊尔的开采成本为低),并且从矿石中获取金属的百分比很高。在智利、秘鲁和美国,从含铜0.8—0.9%的斑岩铜矿中所获得的铜的成本,与从铜品位等于其3—5倍以上的黄铁矿型矿石和含铜砂岩中所获得的铜的成本是一样的。苏联科翁腊德矿冶公司所开采和冶炼的都是贫的斑岩铜矿石,但它所生产的铜,在苏联是成本最低的。由于采选条件较好,加之可以回收钼、金、银等,因此对铜品位的要求较低。国外目前正在开采的斑岩铜矿中,个别矿床铜的平均品位低至0.35%左右(可副产少量钼)。有人估计,到公元2000年时,铜品位近0.25%的斑岩铜矿即可开采。

矿床具有共同的地质特征

不同地区的斑岩铜矿具有一些基本的共性,但也可以有一些差异。

斑岩铜矿一般位于中酸性侵入体内或其附近，系细脉浸染状硫化物矿床。在大多数矿床中，至少有一个侵入相是斑岩。一般主侵入期岩石是花岗闪长岩、二长岩和正长闪长岩，在末期形成较酸性的小侵入体；花岗斑岩和花岗闪长斑岩，较少为闪长斑岩。矿床与这些侵入体有密切关系。矿体产在小侵入体的外接触带或小侵入体中。这些小侵入体多呈岩株状，也有呈岩颈、岩墙（有的为岩墙群，也有的为环状岩墙）和岩床状的。岩体面积一般小于一平方公里至十余平方公里。少数也有产在出露面积达一、二千平方公里的岩基中的（如美国比尤特矿床产在博耳德岩基中）。岩体往往是多期多相的。美洲与斑岩铜矿有关的侵入岩序列一般为：闪长岩→石英二长岩→石英二长斑岩→“石英斑岩”。一般认为侵入体分布受断裂控制。有人认为与斑岩铜矿伴生的侵入岩的岩性决定于构造环境：在地壳厚的地带，矿床常与石英二长岩伴生（如美国亚利桑那州）；岛弧的矿床与石英闪长岩、闪长岩或花岗闪长岩伴生（如布干维尔、菲律宾）；不列颠哥伦比亚的两个不同时代的伴生岩石不同的斑岩铜矿，可能与两种类型地壳板块运动有关。

对国外 62 个斑岩铜矿矿体围岩成分资料的统计表明，大多数矿床产在侵入岩中，占 74%，其中产在闪长岩、正长闪长岩和二长岩中的为 43.5%，产在花岗闪长岩中的为 19.6%，产在花岗斑岩中的为 10.9%。产在中性喷发岩的为 9%，其余产在其它的各种成分的围岩中。斑岩铜矿侵入体的围岩岩性不一，时代不一，可以老至前寒武纪（变质岩等），新至新第三纪（火山岩等），也可以是近乎同时的同源岩浆系列的火山岩。

矿体往往没有清楚的地质界线，矿体形态取决于许多因素的复杂的组合。这些因素是：侵入体轮廓，围岩性质，成矿前和成矿后的构造，原生和次生矿化作用，水文地质条件等。矿体在平面上的形态主要有两种：①复杂的，但总的是卵圆形或环形的，②拉长状的。矿体在平面上的面积一般介于 300×360 米到 $1,000 \times 2,700$ 米。在垂直剖面上呈茶碗状或倒锥状，水平或缓斜的透镜状，钟状及矿株状等。矿体垂向延伸可自数百米至三、四公里。

据 J.D. 洛厄尔等人统计，美洲 27 个主要斑岩铜矿的矿体一般为卵状和筒状，平面上的规模平均约为 $1,000 \times 1,800$ 米，矿体平均矿石储量为 1.5 亿吨，平均含铜 0.8%，钼 0.015%，原生矿石含铜 0.45%。70% 矿体产在侵入体中，30% 产在围岩中。

斑岩铜矿通常具有比较明显（但明显程度有差别）的原生蚀变带，常见的有四类蚀变，一般由中心向外为：钾蚀变带（钾长石-黑云母-石英化，有时还有硬石膏，在剖面上位于下部），似千枚岩化带（石英-绢云母化带），泥岩化带（绢云母高岭土化带），青磐岩化带（绿泥石-绿帘石-碳酸盐化）。不同地区的矿床，其蚀变发育情况可以有不同，如太平洋和加勒比海的岛屿上的矿床，钾蚀变带黑云母多，钾长石少，青磐岩化较发育等。影响蚀变分带情况的因素有：矿床出露深度，成矿前围岩成分，成矿前构造，容矿火成岩的来源和化学成分，矿化剂的化学成分和数量，矿床规模，角砾岩化，与矿化同时的构造，以及原生蚀变和表生蚀变的范围。

有些矿床中部有石英核的存在，如巴布亚富比兰山，美国矿物园，加拿大的伐利科珀和直布罗陀等。

在斑岩铜矿中常可见到筒状或脉状角砾岩。据统计，美洲 27 个矿床中有角砾岩筒的占 20 个，南美的“电气石-角砾岩筒”型矿床较发育。苏联科翁腊德有爆发角砾岩。苏联其它一些矿床、蒙古的两个矿床以及菲律宾不少矿床也都有角砾岩。这些角砾岩有

火成的（包括火山的和侵入的），也有热液作用形成的。此外，很多矿体周围都有广而密集的不规则的破碎岩带，这一特征对在野外认识斑岩铜矿是很有用的。

原生矿石由含矿石矿物细脉和浸染体的蚀变岩石组成。岩石裂隙是控制成矿作用的重要因素。在矿石矿物中，数量上占优势的是黄铁矿和黄铜矿，有时有斑铜矿；次要的有硫砷铜矿，黝铜矿，辉铜矿，辉钼矿，磁铁矿，闪锌矿，方铅矿，赤铁矿，有时还有金。原生矿化有分带现象。美洲 27 个矿床一般自矿床中心往外为：（黄铜矿，辉钼矿）→黄铁矿→（方铅矿，闪锌矿，银，金），自下而上为：（黄铜矿，辉钼矿）→黄铁矿。硫化物产状由中心往外为：浸染状→微细脉状→细脉状→浸染状→细脉状→脉状与细脉状→脉状。矿床中钼含量偏高的矿石可分布在铜矿石范围的内部（如苏联卡扎兰）、靠外部，甚至超出铜矿石范围（如科翁腊德），但许多矿床还未发现这种铜和钼分布的分带性。此外，一般说来，大陆上的斑岩铜矿富钼，岛弧的富金。

表生作用形成的矿床次生分带有重要的实际意义。一般自上而下可分五带：淋滤带，氧化矿石带，混合矿石带，次生硫化物富集带，原生矿石带。

淋滤带形成于浮土下或地表基岩露头上，它是风化的多孔岩石，常为铁的氢氧化物染成褐色（铁帽，淋滤帽），铜含量常变贫（0.1—0.2%，甚至更低）。该带厚度取决于气候和地形，可自 0 米至 450 米（智利埃耳萨尔瓦多矿床），多数为 20—25 米。

氧化带通常位于淋滤带下，偶有呈氧化矿石直接出露地表的。氧化带岩石常被染成绿灰色和蓝色，有时致密，有时有细小孔隙或孔洞，有很多石英细脉和矿化裂隙穿插。

次生硫化物富集带（胶结带）分布在氧化矿石带或混合（硫化物-氧化物）矿石带之下，其上界通常是平整而清晰的，下界不平，轮廓不清，铜含量最高的通常是该带上部。在许多情况下，该带分布深度是 100—250 米，厚数十至 200 米。

在典型的斑岩铜矿区中，近年发现了一组中到大型的低品位氧化矿体，它们在广义上也可归为斑岩铜矿。这种矿体主要靠采用新的浸析技术进行选冶。它们有时是下伏硫化矿体的一部分，但更常见的是独立存在的矿体。美国亚利桑那州有一些这样的矿体，智利的埃克索提卡矿床也属此。

形成与分布有一定规律

根据地槽学说，斑岩铜矿成矿带（区）一般是地槽区的一部分，其磨拉石发育期很长，优地槽和冒地槽环境在时间和空间上频繁交替。矿带一般位于不同时代褶皱系的衔接处，但最有远景的是优地槽杂岩和冒地槽杂岩沿走向互相交替的地段。矿质最富地段位于地壳中最小重力值与最大重力值的过渡带。有的认为斑岩铜矿趋向于产在造山期很长的多旋回地槽区，在该时期内，在地槽中堆积了很厚的主要是火山成因的岩系（它们属于安山岩建造，陆相英安岩建造和斑岩建造）。这些地区可能含矿的侵入杂岩属于辉长岩-闪长岩-花岗岩建造或辉长岩-二长岩-正长岩建造。矿带一般产于褶皱带的火山岩带（与深断裂有关）中，尤其是在火山岩带下面有时代较老的隆起的部分（矿床附近目前也可能没有火山岩）。也有产于火山岩带以外的，那里矿带受构造岩浆活化期形成的断裂带控制。一般在斑岩铜矿带内，侵入岩广泛发育，可占其面积的一半左右。此类矿床主要是在构造旋回的造山期和造山期后紧接花岗岩基侵入后形成的，也有很少数的矿床（如哈萨克斯坦的博舍库耳）是活动带发展早期形成的。

根据板块构造学说,斑岩铜矿带通常产在会聚板块边界(俯冲消亡带)之上,与钙碱性岩浆有关(沿俯冲消亡带有大洋地壳被部分熔融),而且其发育时间延续较长,表现为一系列脉动。P.吉尔德认为斑岩型矿床至少是在下列四种环境中形成的:①大陆与大洋的简单连接带,产在大陆一侧——如安第斯带;②活化的地台中——如美国西南部,受大陆板块深部构造控制;③大洋与大洋的简单连接带(岛弧)——如布干维尔;④大陆-岛弧-大洋复合连接带——如加拿大西部,矿床在空间分布上有规律,在时间上是间断的,大陆深部的构造可能对矿床的产出有影响。这些不同环境中的斑岩型矿床有许多共同特点,说明岩浆、金属元素和硫来自深处。

矿床产在区域断裂带中有多期侵入体、斑岩状岩石小岩体、迸发产物出现的地段和岩墙发育的地段。一般赋存在断裂分叉地区或交切地区,而且可呈矿结分布。断裂面的曲折和火山-构造(环状、放射状裂隙)在矿化分布方面可起重要作用。

现有的关于斑岩铜矿成因的见解,几乎都是以岩浆-热流说为基础的,但在侵入顺序、侵入深度、含矿热液析出时间以及来源方面有不同意见。过去占统治地位的是岩浆期后中温热液说,现在则有不同认识。

“正岩浆说”者认为,熔融体来自地壳深处,可能来自地幔和地壳分界面附近(硫同位素接近陨石型,初始 Sr^{87}/Sr^{86} 比值以及氧和氢的同位素也说明这一点),接近上部地表时被水饱和,在外界应力影响下,水释放出来,以后结晶作用沿岩钟发育路线发育。J.D.洛厄尔等人认为斑岩铜矿是从低温岩浆到“正常”热液条件的一种物理-地球化学连续作用过程。绝对年龄测定结果表明,侵入作用与矿化作用基本上是同时的。实验矿物学、矿物包裹体和同位素研究等资料也说明这一点(蚀变和矿化可从 600°C — 700°C 开始,矿石矿物大多形成于 350°C — 250°C ,如科翁腊德成矿温度为 460°C — 110°C)。

R.福尼埃提出了水不饱和熔融体侵入说,认为深部原始含铜斑岩熔融体中水未饱和,熔融体侵入深度可小至一千三、四百米,断裂作用会使水突然大量散失和使熔融体过度冷却。

D.怀特虽未专门对斑岩铜矿提出一种假说,但他主张许多有色金属矿床是热源附近卤水循环形成的。

关于斑岩铜矿的形成深度,一般认为介于中深到超浅成的范围,尤以浅成到超浅成为主。矿床顶部在形成时的深度以 1.5—3 公里的为多,也有的可浅至几百米。不少矿床与火山岩有密切关系,有的可以认为是次火山环境的产物。矿化系统(包括矿床顶、底无经济价值部分)实际上横跨在火山环境与侵入环境之间的分界线上下。R.西利托认为,整个矿化系统垂直延伸可大至 8 公里,顶部为成层火山,底部由含矿网脉和钾蚀变的显晶质侵入岩(岩株)过渡到未蚀变的较大的深成岩体。

斑岩铜矿的分类还很不统一。有的根据有用金属元素成分分为斑岩铜矿和斑岩铜钼矿,有的还分出斑岩铜金矿。J.D.洛厄尔等人划分了“潮湿型”和“干燥型”斑岩铜矿。“潮湿型”的特点是黄铁矿与黄铜矿的比值高,黄铁矿-绢云母-石英热液蚀变晕大,北美西南部大部分大型斑岩铜矿属于这种类型。“干燥型”的特点是绢云母-黄铁矿含量较低,原生品位常达可采范围,不列颠哥伦比亚许多矿床属于“干燥型”。B.科列斯尼科夫划分出了深成的和火山成因的次生石英岩矿床。Б.Г.巴什基洛夫等人划

分出：和侵入体共生的矿床，分布在侵入体以外的矿床。И.Г.巴甫洛娃将苏联的斑岩铜矿分为：产在地槽早期的细碧角斑岩建造火山岩中的矿床；产在造山运动晚期的斑岩建造酸-中性侵入岩和变质岩中的矿床；产在造山运动晚期的与斑岩建造的火山岩同时形成的侵入岩和变质岩中的矿床。最近А.К.卡尤波夫等人根据构造、岩浆、矿物-地球化学特征将巴尔喀什褶皱系的斑岩铜矿分为五种类型：次生石英岩-含金-辉钼矿-黄铜矿-辉铜矿型，泥岩化岩-辉钼矿-黄铜矿型；石英-辉钼矿-黄铜矿型；黄铁细晶岩-辉钼矿-黄铜矿型；云英岩-辉钼矿-黄铜矿型。

地质年代以新为主，但也有老的

国外已知斑岩铜矿的地质年代，大部分都较年轻，主要属侏罗纪至第三纪。美洲西部、太平洋西南部岛弧和巴尔干-苏联亚美尼亚-伊朗等已知主要斑岩铜矿带，基本上都是侏罗纪至第三纪的，个别矿床甚至是第四纪初期的。

但是，年代较老的斑岩铜矿也不乏其例。如苏联科翁腊德属于古生代，蒙古的细脉浸染型铜钼矿亦产在古生代褶皱带中（有人认为额尔德图音鄂博矿结的一些矿床产在三迭-侏罗纪的鄂尔浑-色楞格火山岩带的边缘），西班牙和加拿大西部已知有三迭纪的斑岩铜矿。

在北美东部，近年也已发现了若干属于古生代和前寒武纪的斑岩铜矿型的矿床和矿点。在阿巴拉契亚北段发现的一些古生代矿点和矿床（规模小），据认为已受深刻的剥蚀，是原来矿床靠近根部的部分。加拿大前寒武纪地盾巴恰瓦纳区有五个规模不大的含铜角砾岩筒和一个斑岩岩株，其中两个岩筒中的铜矿已在开采。此外，在西非上沃尔特亦已发现斑岩型的铜矿和铜钼矿。

据苏联1971年资料，在国外62个已知斑岩铜矿中（包括苏联及苏联以外地区），产于阿尔卑斯褶皱带中的24个，拉拉米褶皱带中的20个，海西褶皱带和加里东晚期褶皱带中的14个，加里东早期褶皱带中的3个，贝加尔褶皱带的1个。可见斑岩铜矿虽主要产在中生-新生代褶皱带中，但并不限于该期褶皱带，而且在有些地区主要是产在较老的褶皱带中，例如乌兹别克、哈萨克斯坦-蒙古中北部及南部。

有人认为斑岩铜矿地质年代以新的为主是因为这种类型矿床通常产在浅部和中深部，所以时代新的剥蚀深度小保存就好，时代老的剥蚀深度大，保存就差。

世界成矿带的分布与新矿带的发现

从已知的斑岩铜矿分布情况看，可大致分为三大带。

已知的中生-新生代斑岩铜矿基本上分布在两大带内（矿床在带内分布不均匀，见附图）：①“环太平洋带”——东部主要是美洲大陆西部的科迪勒拉-安第斯带，它北起阿拉斯加，经加拿大西部、美国西部、墨西哥、巴拿马、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁，到智利和阿根廷西部。西部主要是岛弧带，自所罗门群岛（布干维尔等）、伊里安岛、马来西亚的沙巴、菲律宾，直至我国台湾省花莲南约60公里的奇美矿床和日本 的冲绳，苏联堪察加半岛也有矿点；②“阿尔卑斯-喜马拉雅带”——西起西班牙，经南斯拉夫、罗马尼亚、保加利亚、土耳其、亚美尼亚、伊朗、巴基斯坦西部查盖地区，到缅甸的望谟（梦内瓦）。

已知古生代（主要是海西期）褶皱带中的斑岩铜矿，重要的有乌兹别克东部，哈萨

克斯坦巴尔喀什湖以北地区，以及蒙古中北部额尔德图音鄂博和南部东戈壁的察干苏布阿尔加（蒙古东部的阿伦诺尔矿床的时代不明）。这一带也可称之为“中亚-蒙古带”。

由于斑岩铜矿分布在一定地质区中，因此在这些地区尚可发现新的斑岩铜矿床。在已知的斑岩铜矿区，矿床大多成群产出的特点对找矿也是很重要的。加拿大不列颠哥伦比亚省中南部吉昌岩基的出露面积约1,240平方公里，岩基中产有十多个斑岩铜矿床，其中6个是1954年以来在岩基中部以泽西矿（1954年发现）为中心，半径不到8公里的范围内发现的。该岩基内斑岩铜矿的铜金属储量已达800万吨左右。北美1950年以来找到的39个矿床中，有90%是在1950年前已知的铜矿化区找到的。据1972年资料，菲律宾约有斑岩铜矿床15个，矿石储量约10亿吨，目前则已知有34个斑岩铜矿床，矿石储量已达30亿吨左右（铜品位0.3—0.64%），8个矿床正在开采，9个已初勘完毕，其余正在普查勘探中。智利、秘鲁也有类似情况。

不仅在已知的斑岩铜矿区尚可发现新矿床，而且还能发现一些新的斑岩铜矿区或带。例如北美西部和南美秘鲁、智利为已知区，但近年在巴拿马、哥伦比亚和厄瓜多尔也发现了重要的斑岩铜矿，从而使太平洋东岸斑岩铜矿带更趋连续。此外还发现了该带的一个分支——安的列斯带（多米尼加和波多黎各等）。布干维尔-伊里安-沙巴是新发现的斑岩铜矿带。“阿尔卑斯-喜马拉雅带”这一斑岩铜矿带也是不久前才认出的。位于该带东段的巴基斯坦查盖地区的沙音达克矿床，据最近报道有矿石储量2.5亿吨，含铜0.5%，钼0.01—0.09%。缅甸望濊附近的两个矿床，已查明矿石储量8,100万吨（铜品位分别为0.53%和1.03%）。蒙古也是新发现的斑岩铜矿地区。从乌兹别克到蒙古东部以至更往东（其间包括我国新疆北部和天山、内蒙、东北部分地区），是否存在着一个古生代斑岩铜矿带，是值得注意的问题。有些地区目前虽尚未发现斑岩铜矿，但从地质上推测却有找到的希望。有人已从板块构造学说预测了一些可能发现中生-新生代斑岩铜矿的地区（阿留申群岛、堪察加、日本、泰国、阿富汗、印尼、新西兰……）。苏联也认为其远东沿海地区有发现斑岩铜矿的希望。我国东南沿海、东北的东部以及青藏高原边部和滇西也值得进一步注意。

从伴生矿床到斑岩铜矿

斑岩铜矿有时与其它类型矿床有一定伴生关系。例如在有的地区可以与接触交代型（砂卡岩型）铜矿或磁铁矿矿床伴生（当围岩有灰岩时）。有的地区与脉状铜矿伴生。美国西部斑岩铜矿中就有这种情况，如莫伦锡和比兹比矿床都有一部分属于接触交代型铜矿。有些矿床原来就是开采较富的交代型和脉状铜矿，而后来发展到开采浸染状矿石。如美国大型的比尤特铜矿，过去一直被当作脉状铜矿，在开采九十年之后，即到本世纪五十年代初才发现大矿脉旁的细脉浸染型矿石有开采价值。1955年露天场投产，1964年露天场生产的铜已占全矿山铜产量的56%。1969年在巴布亚发现的奥克特迪（富比兰）斑岩铜矿，其紧邻处及附近就有接触交代型含铜磁铁矿矿床和含铜块状硫化矿床。1968年在该地发现了含铜磁铁矿转石，接着找到了含铜的磁铁矿矿体和含铜块状硫化矿体，后来又在斑岩侵入体上进行工作，才发现了细脉浸染型斑岩铜矿床。可见当具备一定地质前提时，在已知有接触交代型含铜磁铁矿矿床和铜矿床或脉状铜矿床的地区及其附近，还可能找到规模较大的细脉浸染型斑岩铜矿的希望（反之，也可由斑岩铜矿找其

它有关类型铜矿，如美国正在一些斑岩铜矿深部注意找接触交代型铜矿床）。地处我国华北、华南两大地质区之间的长江中下游地区，是否有此可能是值得研究的问题。

斑岩铜矿除本身常含钼外，有时也与细脉浸染型（网脉型）钼矿（或称斑岩钼矿，与其有关的侵入岩一般较斑岩铜矿更偏酸性）伴生。美国西部的主要斑岩钼矿带位于斑岩铜矿带的东侧（两带相距远达几百公里），而加拿大不列颠哥伦比亚的斑岩钼矿和斑岩铜矿则基本上分布在一个带内。从这一情况出发，也可以考虑在已知有细脉浸染型钼矿的地区（如我国秦岭、东北、华北等）及其附近地带注意有无斑岩铜矿的存在。

斑岩铜矿有时与铅锌矿、钨锡矿或整合块状硫化矿（包括含铜黄铁矿）也有一定伴生关系。如美国宾厄姆斑岩铜矿的周围就有交代型和脉状铅锌银“卫星矿”，其采矿的历史过程是从开采周围铅锌银矿（主要从1863年起到现在）到开采富的脉状和交代型铜矿（主要从1897年起至1947年）到开采斑岩铜矿（1905年至今）。

有的斑岩铜矿床是古代开采金、银的矿山（如美国的比尤特铜矿最初是开采金和银的，布干维尔潘古纳矿区是古代产金区），这一点也值得注意。

普查的方法

地质方法，即全面的区域地质研究、野外地质调查、关于斑岩铜矿特性及其形成和分布规律的知识和对地貌特点的了解等，对于找斑岩铜矿是极其重要的。

普查前可先进行地质预测，根据斑岩铜矿的形成和分布规律，通过分析区域地质调查结果，收集、整理和分析区域物化探资料，圈出进一步工作区。

地质填图是十分重要的手段。过去很多斑岩铜矿就是通过地质填图、采样和露头研究（特别是淋滤铁帽研究）而发现的。在近年的发现中，这些方法仍起极重要的作用。许多重要矿床都是通过对微小而不醒目的地表显示的直接观察解释而发现的。例如，布干维尔潘古纳矿床是通过地表地质研究及与菲律宾已知矿床特征的对比而发现的，最近在巴拿马发现的塞罗科罗拉多斑岩铜矿（已查明矿石储量20亿吨，铜品位0.61%，总储量可能达30亿吨）是通过地表地质工作发现淋滤铁帽等而找到的。智利埃耳萨尔瓦多矿床是根据一个被深深淋滤了的铁帽和一个退色带发现的，秘鲁米契基基矿床发现的关键是在于认识了一个十分微弱而又不明显的淋滤帽。除了铁帽和淋滤帽（包括表生褪色带）外，斑岩、岩墙群、角砾岩筒和角砾岩脉、钾蚀变、无石英核、边缘黄铁矿晕和青磐岩化蚀变等都是找矿的标志（这些标志应综合考虑）。

五十年代以来，国外对斑岩铜矿进行了很多地质研究工作，尤其是对斑岩铜矿的围岩蚀变、地质年代、成因等进行了较深入的研究，其中包括作了一些实验地质、包裹体、同位素和一些矿物中的微量元素研究等。研究成果对找矿起了相当大的作用。例如根据对围岩蚀变顺序的认识和对矿区构造的详细研究，导致了卡拉马祖隐伏矿床的发现。研究还表明，在一些地区的斑岩铜矿含矿侵入体中，黑云母和角闪石等矿物中铜含量偏高，辉钼矿中钼含量偏高，有的侵入体中氟含量偏高。这些也可用作在一定地区区分有矿和无矿侵入体的一种标志。

最近几年，国外已在研究斑岩铜矿与板块构造的关系。据认为，查明不同时期板块的边界及其性质将有助于寻找斑岩铜矿。

在填图中采用了航空地质方法。有的地区还用航空目测法找侵入体和调查蚀变带

(颜色异常等)，如墨西哥拉卡里达德铜矿。

化探是找斑岩铜矿的基本手段之一，次生晕、分散流和原生晕法均有应用，主要指示元素是铜和钼（结合金、银含量偏高，有时还用砷、铅、锌和汞）。在墨西哥、伊里安岛、布干维尔、加拿大西部、苏联巴尔喀什湖北部等地，化探都起了较大的作用。

物探也是重要的手段，其中最有效的是电法，特别是激发极化法（结合磁法、自然电位法、重力法等）。在加拿大、美国等地区不少新矿床（如直布罗陀、皮马）的发现中，物探起了重要作用。

由于各地条件不同，各种物化探方法的效果也有所不同。

在普查中，有时需要进行钻探做出评价。在决定评价孔的深度时，要考虑淋滤带的深度。

普查时应根据具体情况合理地运用综合方法。

由于进一步开展了地质调查研究工作，由于对斑岩铜矿的矿床特征和分布规律有了较多的认识，以及地质调查和物化探等方法的发展，因此在许多已知的斑岩铜矿区范围内又找到了很多矿床，在新区也有不少重要发现。美国且已在找埋藏较深的隐伏斑岩铜矿。

（地质科学研究院情报所编写，原文载于1973年5月

《国外地质科技参考资料》第18期，选编时作了一些补充）

斑岩型铜-钼矿床的区域分布规律

斑岩型(细脉浸染型)铜-钼矿床广泛地分布于世界许多地区。这种类型的矿床在成分、构造、分带性、围岩蚀变类型方面相似,具有一系列共同的分布规律,这是因为它们的构造位置相似,都与一定的岩浆杂岩有关,在成矿过程中断裂构造都起控制作用的缘故。

关于斑岩型铜-钼矿床的分布规律,许多人从不同的角度作过研究:在编制各个地区的预测图和成矿规律图时,在研究火山岩带地质和成矿规律问题时,在对各个地区进行地球物理调查时,在探讨构造-岩浆活化问题时,在专门研究各个地区(美国西南部各州、智利、亚美尼亚等)的铜-钼矿床以及全世界的铜-钼矿床时,在将铜矿床或钼矿床作为一个独立的建造来研究时都研究过。

在研究了各个地区(巴尔喀什湖地区、亚美尼亚、乌兹别克)的铜-钼矿床和阅读了大量的资料之后,可以清楚地看到,这种类型矿床的分布有很严格的规律。普遍的情况是:铜-钼矿床产在:(1)火山岩带中;(2)在火山岩带中,产在它下面有时代较老的隆起*的部分;(3)在这些部分中,产在区域构造断裂带中;(4)沿着断裂带,产在有多期侵入体、斑状岩石小岩体、迸发产物出现的地段和岩墙发育的地段。

正是这些规律总合起来决定了实际上是各个地区斑岩型铜-钼矿床的分布情况。

1.在褶皱区内,能说明铜-钼矿带、矿田和铜-钼矿床本身分布的最普遍的规律是它们都产在火山岩带中。这里所说的火山岩带,按E.K.乌斯齐耶夫等人的定义,系指那些与地壳和上地幔的深断裂带有关的,而在其形成中火山作用起主要作用的狭长的全球性构造单元而言。

但是必须指出,铜-钼矿化与这些带的火山-深成岩建造,不仅有空间关系,而且还有时间关系,在一定程度上还有成因(或共生)关系。

就形成时间来看,铜-钼矿床被认为是与斑状岩石小侵入体同时期的,而这些小侵入体又被认为是与一定的喷发岩系是同岩浆源的。

铜-钼矿化产在火山岩带这点,实际上已在所有的产这种类型矿床的地区得到证实。

世界上最大的斑岩铜矿区明显地产在美洲西部火山岩带的三个地区:在北美,有美国西南部诸州的矿床;在中美,有墨西哥(还有巴拿马等——本刊编者注)的矿床;在南美,有秘鲁、智利铜矿带的矿床(还有哥伦比亚、厄瓜多尔以及阿根廷的矿床——本刊编者注)。在这个火山岩带的较北部地区——加拿大不列颠哥伦比亚省(布伦达、贝思利赫姆等)。

巴尔喀什湖地区的矿床明显地产在晚古生代的滨巴尔喀什-伊犁火山岩带中;中亚

* 这里的意思是:隆起构造在优地槽(偶而是冒地槽)条件下的褶皱区发育早期就已显示出来或者是从前一个时期继承下来的。

的矿床明显地产生在晚古生代的库拉明带中。蒙古北部额尔德图音鄂博矿结的一些矿床产生在三迭-侏罗纪的鄂尔浑-色楞格火山岩带的边缘部分。保加利亚的矿床产生在晚白垩世-早第三纪的亚巴尔干-中山火山岩带中；堪察加的矿床和矿点产生在堪察加-千岛火山岩带中。

许多人根据对这些火山岩带的火山作用和矿化作用所作的专门研究，查明了其发育的许多规律。

据M.M.瓦西列夫斯基等人的资料，火山岩带最典型地段的特征是：与地槽发育同时形成的一定成分的火山建造作规律性的互层产出。这些建造包括早期地槽拗陷形成时期的建造（玄武岩、安山玄武岩）；差异隆起和火山岛屿形成时期的建造（安山岩、安山英安岩、英安岩）；火山山链形成时期的建造（安山岩、英安岩、流纹岩）；发生弯状断块运动（构造活化）时期和上迭火山岩带形成时期的建造——成分复杂的斑岩建造。

除这些建造的火山岩的成分作规律性的变化（从基性到酸性）外，当从早期到晚期过渡时，较晚期岩石的成分越来越不受其下伏基底发展史的制约。

铜-钼矿化在时间上与两个建造的火山-深成岩的关系最为密切。这两个建造是：早期地槽建造（即细碧角斑岩建造）和晚期造山建造（即斑岩建造）。

铜-钼矿床在地槽区发展史中的双重位置，是Ю.А.毕利宾发现的，他把这些矿床列入过渡类型，并指出正是类似的构造条件才有利于在活动带发育的早期末和晚期末才能形成一系列类似的近地表矿床。

早期地槽建造岩石中产生有北哈萨克斯坦的矿床和矿点（博舍库耳等）、乌拉尔（耶列诺夫）和堪察加-千岛火山岩带的一些矿床。

在晚期造山斑岩建造岩石中产生有滨巴尔喀什-伊犁火山岩带的矿床、智利和其他地区的矿床。

与铜-钼矿化有关的小侵入体在火山岩中的位置往往是在古火山喷口、喷发岩被的上升通道和火成角砾岩带中。这种关系在智利的斑岩铜矿床和巴尔喀什湖地区许多矿床中表现得尤其清楚。

将不同时代的火山岩带加以比较可以看出，对铜-钼矿化最有远景的是晚古生代的火山岩带（滨巴尔喀什湖、库拉明带），特别是中生-新生代的火山岩带（美洲西部、亚巴尔干-中山火山岩带等）。

就侵蚀切割程度来看，有利于找矿的是那些位于离矿床形成时期的地表面以下不超过500—1000米、在个别情况下可为2公里的现代露头中的火山岩带。由于火山岩被及组成这些岩被的各个岩组的厚度不同，含铜-钼矿化的火山岩带在现代侵蚀截面中既可以由早期火山建造的岩石组成，也可以由晚期火山建造的岩石组成，有时火山岩只保存在“基底”上的洼地中（亚美尼亚、保加利亚）（图1）。

对于寻找斑岩型铜-钼矿床特别有利的是火山岩带的这样一些地方：这里在现代侵蚀截面中有产生在时代较新的火山岩被中的褶皱基底岩石的露头存在，即有所谓褶皱基底“窗”存在。

2. 决定斑岩型矿带、矿田和矿床本身构造位置的一个重要规律是它们都产生在火山岩带下面有隆起构造的部分，而这些隆起构造在褶皱区的发育早期就已显示出来或者就是由前一时期继承下来的。在隆起构造中，对成矿最有意义的是中间地块的边缘带和内地

背斜隆起。

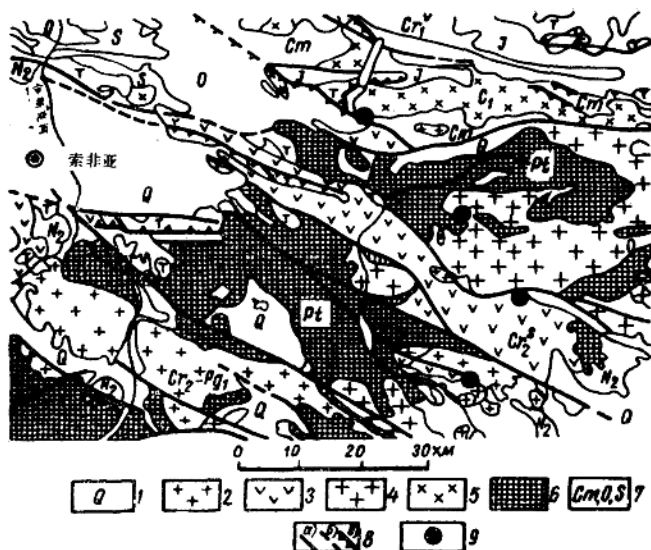


图 1 保加利亚斑岩铜矿床分布示意图（相对于基底岩石和亚巴尔干-中山火山岩带被保存下来的火山岩(Cr₂)

- 1—第四纪沉积；2—拉米期侵入体；3—森诺期火山岩；4—南保加利亚花岗岩（时代有争论）；
5—早石炭世闪长岩；6—元古代变质杂岩；7—寒武纪、奥陶纪、志留纪、三迭纪、侏罗纪岩石；
8—主要断裂：a—追索的；b—隐伏的；B—逆掩断层；9—斑岩铜矿床

大多数斑岩型矿化带恰恰处在这种构造位置中。偶尔（而且也不那么肯定）矿床在构造上产在褶皱作用已完成的地区内部的构造活化带中或这种地区的边缘活化部分。

关于铜-钼矿床有规律地产生在中间地块和地背斜隆起这点，以前就有人注意过。

下面是说明铜-钼矿化带构造位置的几个例子：滨巴尔喀什湖-伊犁火山岩带的矿床产在中哈萨克斯坦中间地块的边缘；保加利亚的矿床（米吉特、耶拉齐捷等）也产在刚性构造的边缘，即罗多彼中间地块的周围；南斯拉夫的布契姆、博罗夫多尔矿床产在塞尔维亚-马其顿中间地块（与罗多彼地块属于同一个构造）的西部边缘。

美国西南部诸州斑岩铜矿床最为发育的地区位于刚性构造的边缘部分，即科罗拉多高原的西南边缘（图2）。

在地背斜隆起范围内有：智利火山岩带的斑岩铜矿床，蒙古北部额尔德图音鄂博、美尼亚亚东南部等地区矿结中的矿床。

3. 下一个规律表现在，矿床经常就产在火山岩带的这样一些地方，它覆盖着早已形成的隆起的一些地段，而这些地段又被区域构造断裂带所切割。

不同规模的断裂起着重要的作用，它们既对有时延伸达数百公里的巨大成矿带的分布具有重要意义，也对产有矿田和个别矿床的较小的矿带的分布具有重要意义，这可以用大量的例子来说明。

控制成矿的断裂不仅在其参数方面，而且在形态和性质方面，都可能是截然不同

的。有时这是些具有次一级羽状断裂系的区域内的断裂；有时这是些深部的隐伏断裂带；有时这是些断层带或巨厚的变形岩石带——“造山带”。

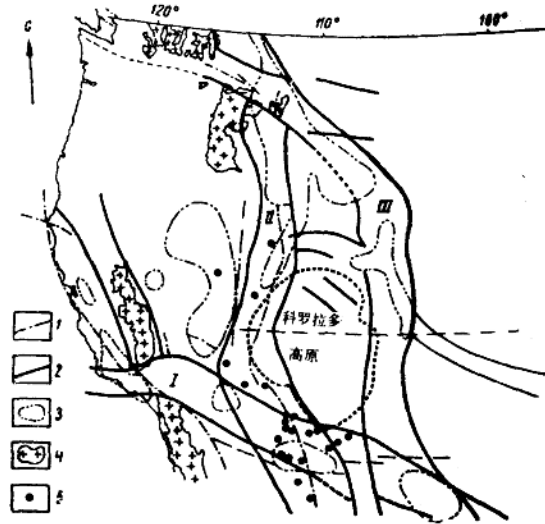


图 2 美国西南部诸州铜-钼矿床分布示意图（相对于该区主要构造单元——科罗拉多高原）

I—得克萨斯断层带；II—瓦萨契杰罗姆变形岩石带；III—弗朗特山脉

1—陡倾断层；2—变形岩石分布带的界线；3—隆起断块的界线；4—中生代侵入体；5—矿床

特别有意义的是不同走向的构造断裂的交汇地段，这里能产生透性较高的地带，适于岩浆岩侵位和成矿。这些透性较高的地带有时为岩墙发育的地区，有时为小侵入体发育的地区，有时为热液蚀变带。根据导磁性较高或铜、钼及与其伴生的某些金属的分散晕，往往可以查出或追索出这种透性较高的地带。

中堪察加山脉的斑岩型铜-钼矿床和矿点受一条长达 1,000 公里以上的深部“区域内”断裂的控制；中国华东区的矿床受一条长达 300 公里以上的赣东北断裂及其羽状断裂系统的控制；亚美尼亚的矿床受一条长度几乎为 50 公里的杰巴克林断裂的控制；蒙古南部的察干苏布尔加矿结受一条长达 16 公里以上的断裂的控制。

上已指出，对成矿具有头等重要意义的是不同走向的构造断裂相交汇的地段，这特别明显地表现在美国西南部诸州的矿床中，并在有关该区的著作中再三地强调过。美国西南部各州的主要铜矿区位于几个巨大构造单元——得克萨斯断层带、北东向的前寒武纪区域断裂线和瓦萨契杰罗姆造山带（变形岩石带）——的交汇地段，从图 2 中可以清楚地看到这点。

因此可以说，美国西南部最“盛产”铜的地方乃是迈阿米-雷伊地区的那个基底岩石（前寒武纪辉绿岩）被瓦萨契杰罗姆主断层通道和得克萨斯断层带北界所穿过的地段。

其他一些产铜矿的重要矿结也位于该区断层带和造山带相交的地段。

蒙古北部额尔德图音鄂博矿结位于北西向、北东向和近南北向的断裂相接和相交的地段。