

淋积型孔雀石矿床

石绿铜矿 梁英强

石绿铜矿东段次生矿是一个中型孔雀石矿床。矿床产在石绿—石根向斜轴部，与侵入于向斜西翼的石英闪长玢岩、夕卡岩关系密切(图1)。空间上与第四系松散沉积物混杂堆积。矿体底板

是变质的黄龙群灰岩——大理岩，由于断裂控制，构成一个向北西倾斜、两头高中间低的山前坳槽。

关于矿床成因，长期以来众说纷纭：

1.省地质局704队暂定为喀斯特洼地次生富

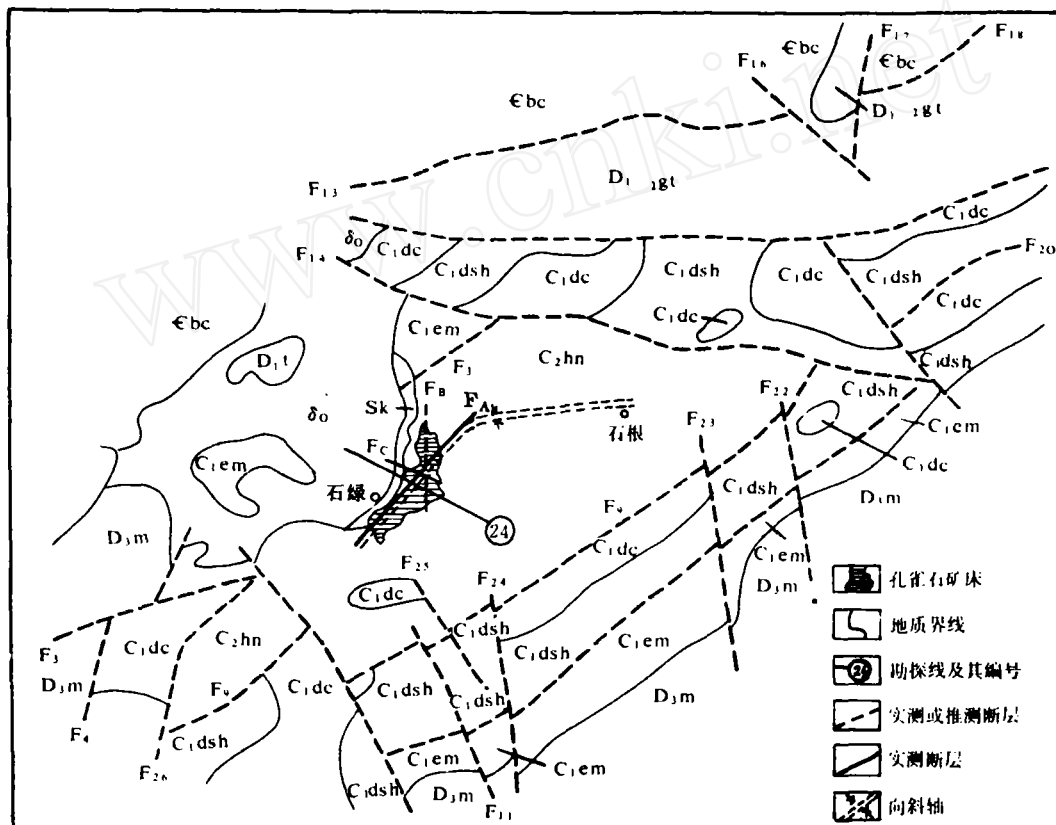


图1 区域地质略图

C₂hn—黄龙群灰岩、大理岩；C₁dc—测水段砂页岩；C₁dsh—石磴子段灰岩；C₁em—孟公坳组砂岩、页岩；D₃m—帽子峰组页岩、砂岩；D₃t—天子岭组页岩、灰岩；D₁₋₂gt—朴头群砾岩、砂岩、页岩；€bc—八村群砂岩、页岩、片岩；δ₀—石英闪长玢岩；Sk—夕卡岩

集孔雀石矿床，认为原岩风化后就地形成孔雀石，由于地下水位升高，孔雀石被转入第四系堆积物，同时又有大量孔雀石生成。

2.有人认为“该矿床应属淋滤—化学沉积矿床，即以化学沉积为主，伴以淋滤成矿作用的混合沉积矿床。”

3.多元浊液淋积成矿，认为矿床是混合浊液沉积而成。

4.多因复成矿床，认为成矿作用复杂，不能简单地归属于某一种矿床类型。

5.认为矿床属冲积型，理由是它与第四系冲积物堆积在一起。由此派生出的一种观点是：貌似砂矿并非砂矿的一种特殊矿床，有可能成为一种新的矿床类型。

上述观点中，以第一种似乎更切合实际，但观点不够明确，论证不够充分。第二种观点是错

误的。因为矿床几乎是在地下水体形成的，而且矿床特征与化学沉积型矿床毫无共同之处。第三、第四种观点的毛病在于面面俱到，忽视了真溶液淋积成孔雀石这一最主要的成矿作用。第五种观点缺乏说服力，因为冲积作用的存在并不等于冲积成矿。这一点本文在后面还要说到。

另外，这五种观点的通病在于没有正视次生矿的物源这一重要条件。

根据前人的资料和本人的长期观测，认为这一特定矿床是由与它连接的、已被解体的原生铜矿以及其他含铜母岩演化而成的淋积型孔雀石矿床。

区域地质特征

(一) 地层 古生界与新生界地层残缺不全。与矿床关系密切的是黄龙群灰岩、大理岩及第四系松散沉积物。

(二) 构造 褶皱、断裂，特别是北东向的构造发育。矿区内有交叉型断裂控制。

(三) 火成岩 加里东、海西特别是燕山期岩浆活动频繁，与本矿床关系密切的是燕山期石英闪长玢岩。

(四) 内生矿产 主要原生铜矿床集中于石绿山段。与东段次生矿关系密切的黄狗洞地区，也存在原生矿体，并与次生矿几乎连在一起。西段次生矿与原生矿连在一起，已被冶金地质933队所证实。

矿床形成条件

(一) 构造与火成岩

1. 矿区是由 F_A 、 F_B 、 F_C 三条断层组成的交叉型断裂所控制 (图2)。

F_A ：是本区的主要构造，它复合于石绿—石根向斜的轴部，与区域主要构造方向一致。在3号泵井标高约零米处和目前开采的1米、-1米中段，均发现普遍带擦痕的断层角砾岩。在-1米中段测得其产状为：倾向NW290°，倾角71°。初步定为冲断层。

F_B ：此断层是依据岩性及夕卡岩带的分布推断的，北西走向。断层的北东盘是深灰色细晶质

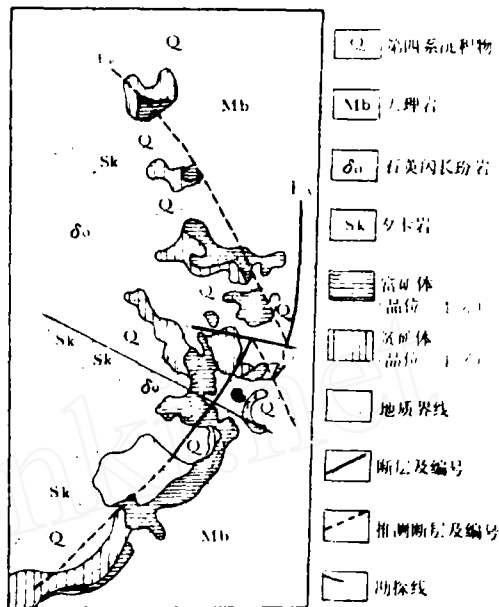


图2 1米中段地质平面图

未见矿化的大理岩，南西盘是发育着原生矿细脉的灰白色中—粗品质大理岩、石英闪长玢岩及夕卡岩。

F_C ：它是依据断层角砾岩和 F_A 被错开而确定的，走向北西西，具平移断层性质，形成于 F_A 、 F_B 之后。

三条断层的交叉处，基底岩石破碎，形成许多凹洞与孤峰 (图3)，给地表、地下水渗透开辟了道路，并为矿液沉淀提供了有利的场所。

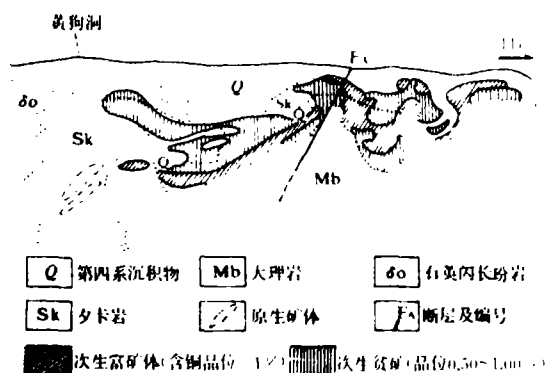


图3 21线剖面图

由于断裂的不均衡性， F_A 强于 F_B ，若以 F_C 为界，南边要比北边成矿有利。

2. 裂隙发育。与矿体底部接触的大理岩，特

别是断裂交叉处裂隙发育。宽度1厘米以下的裂隙纵横交错,绝大部分网脉已被氧化的褐铁矿、孔雀石及钙质、硅质所充填。此外,还有一些大的张裂隙,被淋积或冲积的富含孔雀石的砂石所充填。

3.石英闪长玢岩自石绿—石根向斜接近轴部的北西翼高角度侵入,低角度向东超覆于黄龙群灰岩之上(图3)。它是含铜夕卡岩的母岩,又是孔雀石矿床的母岩。风化的含铜蛇纹石化玢岩比较普遍,主要产于接触带附近,含铜有时超过1%,但未经风化或蚀变的,品位很低,有的甚至不含铜。

(二) 基底与岩性

矿床的基底是由变质灰岩—大理岩组成,多数为中—粗粒结构。结构变化有利于溶蚀作用的进行。碳酸盐类是比较强的沉淀剂,它是含铜冷水溶液沉淀的重要介质。加上基底是向着母岩(矿)方向缓倾斜的(平均倾斜度21°)山前坳槽,既是拦截矿水溶液的屏障,又是矿液沉淀的场所。断裂发育、基底破碎,溶蚀加剧,有利于氧化作用向纵深发展。基底的起伏控制矿体形态,使之成为不规则形状。溶洞发育,其中以0.1~3米较普遍。喀斯特率8.13%。接近矿体的上部,基底发育着很多近于水平方向的扁豆状溶洞,它是由原生层间囊状矿脉的膨大部分溶蚀后形成的。

(三) 水文气候条件

矿区地表水系发育,由北西流向南东。大理

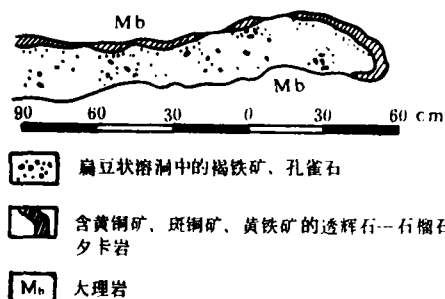


图4 - 4米中段扁豆状溶洞素描图

岩基底透水性好,地下水也发育,流向为北东至南西,与矿体延伸方向基本一致。现代地下水位标高为19.67~21.67米,它严格控制着矿体的顶板。

本区属于亚热带潮湿气候,雨量充沛,加剧

了物化作用的进行。

(四) 物质来源

与次生铜矿紧密毗邻的原生夕卡岩型铜矿,是本矿床的主要物源,其次是其他含铜岩石及附近的原生矿体。

1. 就地原生铜矿的存在

(1) 已被解体的原生铜矿床位于次生矿的北西侧,两者形迹非常相似,其中次生矿的残积型矿体就是原生矿床的一部分(图5)。铁帽与残积型的灰绿—棕色风化夕卡岩堆积物中,普遍具有原来原生硫化物被溶蚀后留下的空隙和褐铁矿的蜂窝状构造。根据大量样品资料,残留铜的平均品位约0.35%。在22~24线的一块约1千平方米面积的残积型矿体中,还含有1.10%的铜,而且有往下增高的趋势。有些地方,如32线附近27米标高处,发现有零散分布的轻度风化原生矿石,含有黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿及孔雀石,大块标本分析,含铜高达8.74%。可见它作为主要物源是有依据的。

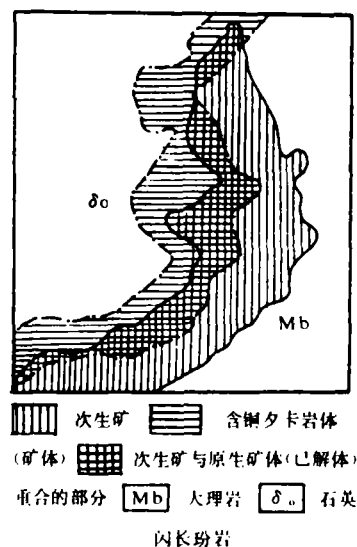


图5 原生铜矿(已解体)与次生矿床形迹对比平面图

从图5得出,原生矿残迹与次生矿投影面积之比为0.77。而解体的原生矿体产状陡,约85°稍倾向南东,次生矿倾角缓,约21°,倾向北西,两者相对。从图5中可知,次生矿由上至下,矿体趋于尖灭,而解体的原生矿体没有多大变化。所

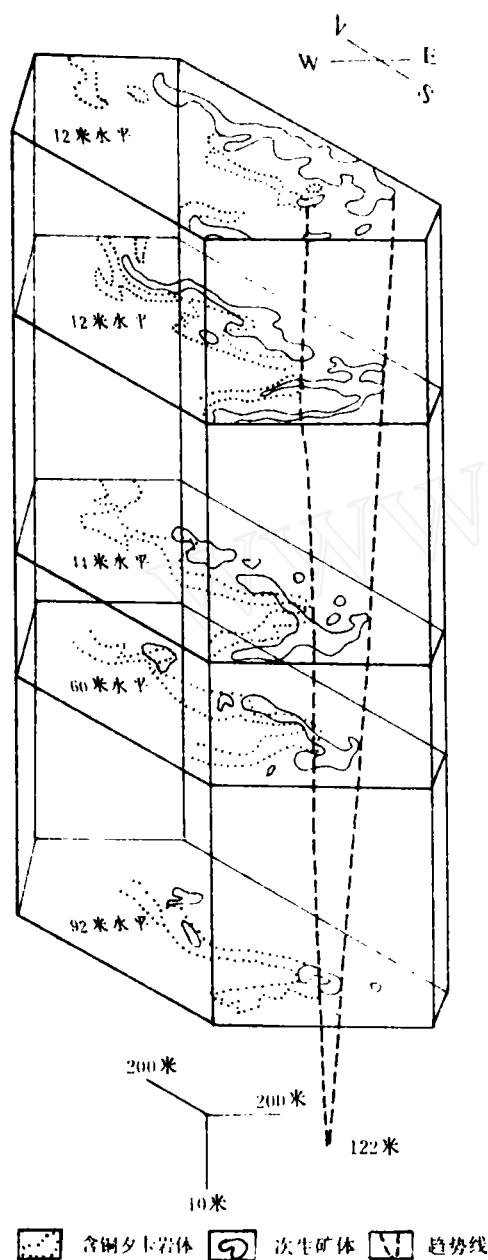


图6 联合水平断面立体透视图

以,从体积的角度来看,要比次生矿大。次生矿的平均品位 2.08% 。大量事实说明,本区氧化程度是比较深的,但残留的品位还如此高,因此,推测原生铜矿床的平均品位虽低于次生矿,但也不应当太低。

根据两者边界线和地下水流向,推测淋滤后的含铜溶液在向下渗滤过程中,作了一定水平方向的移动。一般距离为150米,最大为550米。有

的是原地沉淀的。

(2) 次生矿体上伏的大理岩普遍原生矿化,强度由西到东减弱。多数细脉已风化,有的半风化。24勘探线附近的大理岩中,发育着比较大的扁豆状层间夕卡岩矿脉,有的厚度约25~30厘米,溶蚀后脉壁还有原生矿残留(图1)有的品位达到 1.56% 。物质成分:一种是含黄铜矿—磁铁矿—斑铜矿的透辉石、石榴石夕卡岩,选择交代中—粗晶方解石大理岩;另一种是含黄铜矿—黄铁矿的透辉石、石榴石、硅灰石夕卡岩,选择交代白云质大理岩。

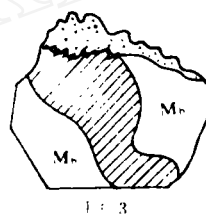


图7 矿脉上部风化

有的矿脉上部已氧化成孔雀石和褐铁矿,下部是生根的没有氧化的原生矿脉(图7)。有的是别处含铜溶液在原矿脉之上沉淀,集中形成大量孔雀石集合体,多数情况还存有由钙质、铁质、硅质组成交错薄板状残骸。

(3) 矿床中心部位的24线,CK101钻孔揭露的原生矿体与夕卡岩化大理岩中的次生矿相距仅十几米,可以推断,两者是连在一起的。

如果没有较大规模的原生铜矿床作为主要物源,要生成如此巨大的孔雀石矿床是不可想象的。事实上,本矿床几乎所有的富矿(含铜 1%),特别是贫矿(含铜 $0.5\sim 1.0\%$)都含有大量带棱角的风化夕卡岩(多为石榴石夕卡岩)残骸和呈黄铁矿假象的褐铁矿,它们作为带棱角的砾石(砾度 $1\sim 15$ 厘米)与矿石共生。

2.附近原生铜矿体和其他含铜岩石也是形成次生矿的小部分物源。例如矿床西侧的石绿山上发现前人开采残迹,废渣含铜 1.05% ,位置比次生矿高得多。此外,含铜夕卡岩化石英闪长玢岩和大理岩均是含铜溶液的供给者。

矿床特征及成因

(一) 矿床分带性 平面上,由西到东呈明显的带状分布。即:石英闪长玢岩—夕卡岩—富铁的残积型贫矿—含孔雀石富矿—富含孔雀石富矿—棕色多含泥质和铁锰结核的贫矿—大理岩。

南北方向上,富含孔雀石的矿石集中于18~28.5线之间。

垂直方向,由上而下为:棕褐色砾石泥砂堆积的含铜贫矿—富含孔雀石的砾石泥砂冲积型矿石和淋积型矿石—特富孔雀石的淋积型矿石—大理岩。

(二) 矿体埋藏深度 由南往北变浅。富矿体的品位和底板与基底坳槽基本吻合,顶板标高基本低于现代地下水面(图8)。根据图6的趋势线,推测次生矿体于-122米尖灭。这与钻孔揭露的情况相近。

(三) 富矿体 占整个矿床金属量的81%,而60%的富矿又集中于-12米~20米之间。这是淋积叠加的结果。

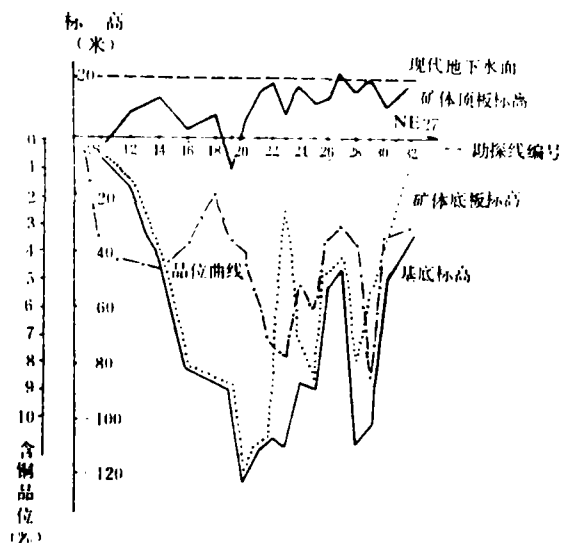


图8 大理岩基底与富矿体
有关要素对比图

(四) 矿体形态

矿体多呈不规则的透镜状、囊状和瘤状。富矿体厚度、品位变化大。

(五) 主要矿物形态

1. 孔雀石: 集合体形态有葡萄状、钟乳状、皮壳状、放射状、脉状、细粒浸染状以及碎屑状、粉末状等。有的表面具美丽的绒毛。有的集合体几经侵蚀,形成环状(由同心圆放射状结构溶蚀而成),少数留有被搬运的痕迹。

第一期孔雀石(淋积型)色深绿、墨绿、翠绿。集合体坚硬结实。被搬运的属这一期。

第二期淋积型孔雀石为粉绿色,色浅。集合体呈纤维放射状,易碎,不坚实。有的呈粉末状或细脉状(图9)。

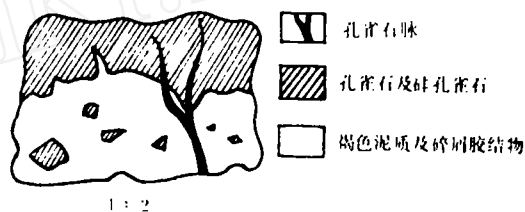


图9 第二期孔雀石细脉
穿插第一期矿石

2. 蓝铜矿: 板状晶体,呈球状、束状集合体。有的呈细粒嵌布。多数与孔雀石共生。不稳定,常见孔雀石具板状假象。

3. 硅孔雀石: 多数呈胶状产出。与孔雀石共生或被孔雀石细脉穿插。

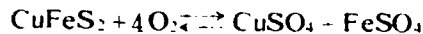
4. 褐铁矿: 多见于残积相中,具蜂窝状构造,多数硅化。疏松土状者含铜、含锰较高。

(六) 孔雀石、蓝铜矿等矿物的生成机理

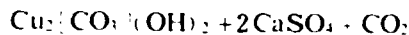
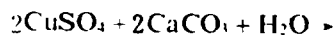
本次生矿最主要的有用矿物是孔雀石,硅孔雀石和蓝铜矿是少量的,因此称为孔雀石矿床。

由于原矿(岩)风化解体,含铜硫化物风化后,经一系列复杂的物化作用,最后形成上述有用矿物。

黄铜矿在风化壳氧化条件下,于渗滤带或流动带中生成硫酸铜和硫酸亚铁。



硫酸铜冷水溶液遇到了沉淀剂——大理岩,即生成孔雀石。

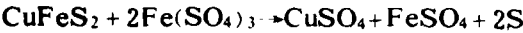


往往在风化石英闪长玢岩超覆的地区,如20米中段北边,粘土发育,上部不透水,有利于蓝

铜矿生成。

当原生矿石或含铜岩石风化时，由于放出胶状硅氧，因此，靠近接触带上部，可见硅孔雀石与孔雀石共生。

黄铁矿分布很广。如在30~32线的25米标高处，黄铁矿大量集中。它的存在，使强的氧化剂——硫酸铁有了物源。硫酸铁与硫酸在本区是非常丰富的，它们作为溶剂，使含铜硫化物容易溶解。



矿床成因

燕山期石英闪长玢岩侵入的同时，形成夕卡岩型铜矿床。由于风化侵蚀作用，原生矿被解体。在地表、地下水影响下，通过渗滤作用，铜被淋走，在不远的地方沉淀成第一期淋积矿。新构造

运动中，本区属于粤西断块隆起，地壳以缓慢上升为主。隆起区内，阳春石绿属相对沉降区（图10）。在上、中更新世，地下水位上升，氧化带陷

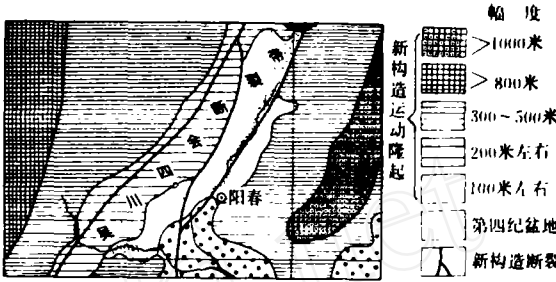


图10 华南沿海及邻区新构造图（局部）

落，第四系冲积物沉积，淋滤作用继续进行，第二期淋积型孔雀石与冲积物混合堆积，叠加于第一期之上（图11）。

由于本区发育着断裂破碎带，氧化剂充足，

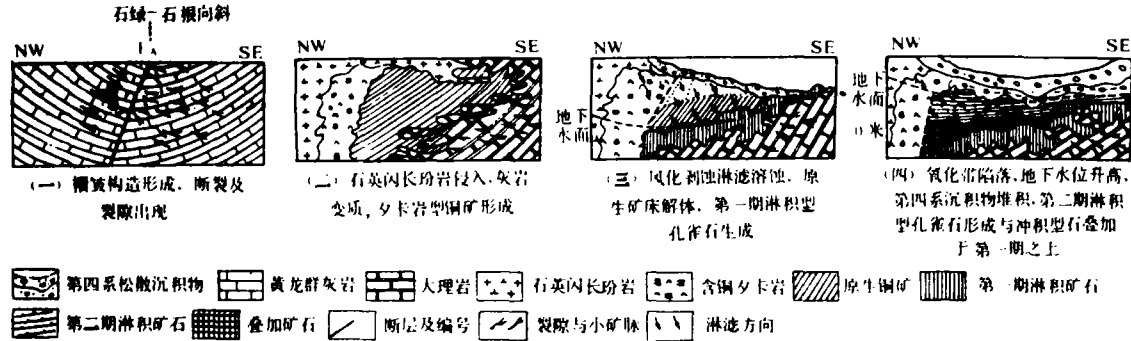


图11 成矿阶段理想剖面图

碳酸盐岩在氧化作用下，产生孔隙，并容许地下水彻底向下穿透；加上氧化带陷落，产生了深度大而深刻的氧化作用。这就是本矿床埋藏深，缺少辉铜矿和铜蓝的主要原因。交叉型断裂的东侧不形成矿床，这是由于断裂的不均衡性，岩性、向斜的控制以及火成岩侵入方向等诸因素决定的，所以只在西侧形成“半边X形”矿床。

需要说明的是，部分冲积型含孔雀石矿体存在，并不说明矿床是属于冲积矿床。因为直接形成孔雀石的是淋积作用。没有冲积，孔雀石还是照样存在于这个特殊的半封闭的坳槽中，不存在冲积后富集成矿的道理。相反，有的地方反而破坏了矿体，如常见的“冲积漏斗”（图12）。

此外，还有残积作用形成的部分贫矿，不属

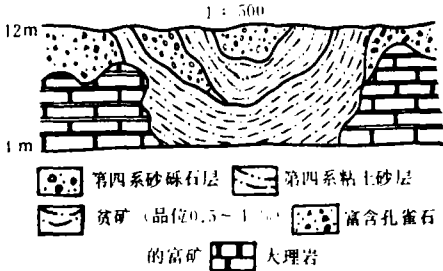


图12 “冲积漏斗”素描图

于淋积范畴，它也是比较次要的成矿作用。

结语与探索

有人认为，研究矿床的一种共同趋势是把矿床位置与构造控制当作同义词。如果说本次生矿

床呈“半边X形”分布是受基底所控制,那么,被解体了的原生矿床残迹与次生矿又那么相似以及火成岩呈弧形分布,又该怎样解释呢?笔者认为,不均衡的交叉型断裂就是根本的控制因素。

当然,本文作为成因论证,对于构造条件仅是初步探索。还要探索的是,矿体下伏基岩的大小溶洞,普遍充填或半充填有淋积型孔雀石,解体了的原生矿床的边界是否可以往东边挪动呢?

玻利维亚锡矿床成因模式

玻利维亚锡矿产量约占世界的14%,其中大部分采自原生矿床。最重要的矿床产于锡矿带中部和南部,那里的矿化具有次火山特征,与中新世火山喷发作用和浅部酸性斑岩侵位有关。尽管迄今产量的大部分来自高品位脉状矿体,但是现已确认,至少有5个矿床具有斑岩矿化特征,拥有储量巨大的斑岩锡矿。它们由浸染状、细脉状和角砾状锡矿石组成,分散于大范围的蚀变岩石中。虽然其品位低,但是随着高品位脉状矿石逐渐枯竭,以及近年来锡的价值日益提高,斑岩矿化必将成为重要的、有远景的长期来源。这种矿床的可能规模已为亚亚瓜、萨尔瓦多拉岩株中的卡塔维矿床显示出来。该矿床是玻利维亚所有锡矿床中的佼佼者,至少已从其脉状矿石中生产锡金属50万吨。可是现在其富矿石即将耗尽,目前正在进行开采其斑岩锡矿的可行性研究。最近估计其矿石储量为8000万吨,锡品位为0.3%。

斑岩锡矿床与斑岩铜矿床有许多类似之处,其重要特征如下:

1. 矿化集中于小型中—酸性斑岩岩株中(其地表露头通常为1~2平方公里);

2. 岩株以次火山岩为特征,侵位于层状火山岩的火山口中,或其下方;

3. 热液角砾岩为突出的特征之一;在某些情况下,岩株基本上是角砾岩筒。一般存在几幕斑岩侵入作用和角砾岩化;

4. 岩株及邻近的围岩受到强烈、普遍的热液蚀变。蚀变使长石分解,并以富含绢云母、电气石组合为主。通常显示明显的侧向和垂直蚀变分带性。例如乔罗尔克矿床,中心为石英—电气石化带,由此往外为绢云母化带、绿泥石化带。

5. 矿石矿物(锡石)伴生有硫化物,尤其是黄铁矿,但是也包括黝锡矿、黄铜矿、闪锌矿和

毒砂等。有时矿化亦具有分带性,贫黄铁矿、高品位的核为富黄铁矿、低品位的晕所环绕;

6. 普遍的蚀变和矿化的生成不受脉状矿化的限制。

J. Nigel Grant 等对玻利维亚典型的、工作程度深的乔罗尔克和亚亚瓜斑岩锡矿床进行了详细的地质、流体包裹体和稳定同位素研究,并在此基础上提出其成因模式如下:

1. 火山期 该期包括由英安质到流纹质火成碎屑岩和中心火山口喷出熔岩所构成的层状火山岩建造。喷发的物质来源于深部岩浆房。起初岩浆含水量低,并在地表猛烈爆发。在地球化学上没有明显的专属性,尽管某些矿化中心通常具有K/Rb值低、Sn和Li含量高的特点。

2. 充填火山口的斑岩和角砾岩期 见斑岩锡矿床演化示意图①。由于源岩浆房中持续的结晶作用,剩余的熔体逐渐富于水和其他挥发分,特别是硼,以及锡和其他金属。这种岩浆在火山口中脉动上升,在比早期岩浆更深的地方为蒸汽所饱和,并导致火山口中作为斑岩的岩浆流体的分出和冷凝。在许多矿床中常见热液角砾岩化。这是它们在低地静压力条件下由岩浆蒸汽造成的反映。首先由初始水力压裂形成角砾岩,接着碎块为向上的蒸汽流腐蚀和流体化,这种蒸汽流来自斑岩侵位的逐次脉动。

3. 普遍蚀变期 当火山口中斑岩侵入作用逐渐退缩到较低的高度时,上述裂隙化和角砾岩化的岩石便普遍蚀变(斑岩锡矿床演化示意图②)。强烈的石英—电气石化发育在内部、较深的部位,那里的流体包裹体,特别是乔罗尔克的证据表明,流体是二相的,其中高盐度卤水与低密度气相共存。蚀变温度至少高达500℃;流体包裹体和稳定同位素证据都说明流体为原生岩浆成因。在石英