

I、II类型铝土矿，应在距古平原上的古风化壳几十公里范围内的海湾地区；寻找III类型铝土矿，必须是基底为碳酸盐岩含 Al_2O_3 较高、 Al_2O_3/SiO_2 大于1~2（如贵州清镇、修文为2~2.5）的古岩溶型洼地。上述三个类型矿床中，均必须有含煤岩系存在，它说明其下面的铝土矿还未受到剥蚀。

侯正洪、吴成柳、刘鸾玲、庄世杰、郭永芬、简可清、苏惠娴等同志参加了部分工作并提供了大量测试数据及照片，在此一并致谢。

主要参考文献

- [1] Bauxite-Alumina-Aluminium, Prospecting of the Second International Symposium of ICS - O B A, Budapest, v. II, Bauxite, pp.12: 39~52
- [2] 许勤, A.: 地质译丛, 1957, No 9, 10 ~ 21页
- [3] Валетон, И.: Бокситы, Изд. Мир, М., 1974, с. 172~173
- [4] Бенеславский, С.И.: Минералогия бокситов, 1974, с. 122
- [5] Бенеславский, С.И.: Минералогия бокситов, 1963, с. 56

石绿岩溶孔雀石矿床的年龄、成因及成矿意义

广东冶金地质勘探公司935队 阮 汀

石绿岩溶孔雀石矿床，是一个赋存在山间盆地第四纪洪积层下部、岩溶洼地不整合面上的隐

伏矿床。矿体形态简单，以似层状为主。大部分矿石为铜品位在1%以上的富矿，有用矿物90%为孔雀石。矿床规模中等，近地表产出，开采方便。

矿床年龄

为研究矿床形成时代，作者除采用传统的地质地貌法外，还采 C^{14} 样品测年。采样点位于矿区中部22.5线，地表标高38.89米。地层剖面自上至下依次为（图1）：

5. 灰、灰黑色腐植质表土层 厚0.5米；

4. 灰黑、土黄色砂砾、含土砂砾、含土砂层 地表为清晰可辨的山前洪积平原，砾石成分以云母石英片岩为主，花岗岩、花岗片麻岩、石英闪长岩、石英粉砂岩等少量，粒径一般1~8厘米，次棱角状或棱角状，部分次圆状，砾石表面新鲜，断面未见风化晕圈；砂以石英居多，绢云母次之，分选性差，局部夹有薄层状或透镜状含土砂，交错层理、斜层理清楚，透水性好，未含矿，与下伏岩溶混杂堆积物和盆地边缘残坡积物不整合接触，推断其成因以洪积为主，部分为冲积或坡积相，厚17米；

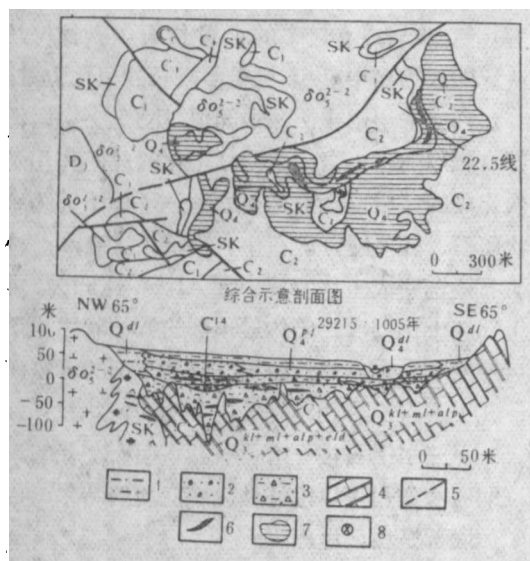


图1 矿区地质略图

Q₁—全新统；Q₂—晚更新统；C₂—中石炭系；C₁—下石炭统；D₁—上泥盆统；SK—夕卡岩； δo_2^{1-2} —燕山第二期石英闪长玢岩；1—含砂粘土层；2—砂砾层；3—含孔雀石粘土砂砾混杂层；4—大理岩；5—断层；6—铜矿体；7—岩溶洼地；8— C^{14} 采样点

3. 灰黄、土黄带紫红色含砾砂质粘土、粘土质砂、砂砾等混杂堆积物 分布在岩溶洼地上部, 半胶结状, 胶结物为泥质, 砾石成分与上层基本相同, 有时含孔雀石矿石, 粒径一般1~3厘米, 个别大于15厘米, 磨圆度不一, 部分磨圆度较高, 次圆状或棱角状均可见。砾石大部分已风化, 仅见砾石轮廓, 手捏即成泥沙, 部分半风化者断面可见多层风化晕圈。本层透水性差, 为矿区主要隔水层, 含矿贫或不含矿, 其成因因为岩溶堆积、化学沉积、冲积、洪积等所组成的岩溶洼地上部混杂堆积相, 厚22米;

2. 棕褐、黄绿、灰绿、灰白等杂色含孔雀石矿石粘土质砂、含土砂砾、砂砾等混杂堆积层 分布在洼地中、下部, 胶结状, 各岩层相变迅速, 呈不规则犬齿状相接, 连续性差, 砾石成分基本同上层, 所含孔雀石矿石大量增多, 可达5~45%, 部分是含铜夕卡岩角砾, 粘土为含铜胶泥, 构成富矿层, 铜品位1~49%不等, 品位高, 变化大, 砂砾状结构, 透水性好, 底板起伏不平, 紧贴下伏基岩。本层上部有一厚0.8~1.2米的土黄色粘土透镜体, 其中所含腐木甚多, 腐木走向大致为NW30~SE30, 取C¹⁴样一个, 编号石1, 推断其成因因为岩溶堆积、化学沉积、残坡积、冲洪积等所组成的岩溶洼地中、下部混杂堆积相, 厚8米;

1. 中石炭统黄龙群灰岩 已变质成大理岩, 溶洞发育。

C¹⁴测年腐木样品, 采自矿区主要含矿层位, 经国家地震局地质研究所张景文测定(1980), 年龄为29215±1005年(起始年龄: 1950年; C¹⁴半衰期: 5568年), 属晚更新世。上述年龄值, 可作为该矿床的成矿年龄。

据报道, 广东沿海陆丰^[1, 2]、澄海、惠东、阳江、深圳^[3]等地, 在海(港)湾和河谷底部广泛发育一层晚更新世河流相或三角洲相或海相的粗碎屑砂砾、含土砂砾、含砾砂、含土砂、砂层, 并在该层中、上部, 常见呈薄层状或透镜状的腐木层或泥炭土层, 经C¹⁴测年为距今30000~16450±325年。显然, 本矿区主要含矿层的年龄与上述层位大致相当, 可与区域对比。

矿床成因

该矿床地质特征与通常的铜矿床类型截然不

同, 其成因至今仍众说纷纭, 主要观点有:

1. 堆积—一次生富集孔雀石矿床^[4]或谓之“第四纪次生富集氧化铜矿床”^①;

2. 淋滤—化学沉积型矿床, 即以化学沉积为主, 伴以淋滤成矿作用的混合沉积矿床^[5];

3. 淋积型孔雀石矿床^[6];

4. 多元浊流淋积铜矿床^②;

5. 以机械沉积作用为主的冲、洪积砂矿床。

根据前人成果和作者实地调查研究, 我们对该矿床成因提出新的认识——岩溶孔雀石矿床。其主要依据有:

(一) 从矿石物质成分和结构构造来看, 该矿床成矿作用多种多样, 前人所提出的观点中, 第一种认识过于笼统, 其余几种看法仅表明了该矿床实际存在的某一种成矿作用方式或某一种矿床类型, 而忽略了对成矿富集和后期改造过程起着重要制约的岩溶作用, 以及矿床贮存的空间——岩溶负地貌。

业已查明, 区内西北侧燕山第二期花岗岩闪长玢岩和矿区基底中石炭统黄龙群变质灰岩—大理岩接触交代所形成的原生夕卡岩黄铜矿矿床(以下简称原生铜矿), 是该区岩溶孔雀石矿床的主要来源, 其次是其余各类含铜岩石。

从勘探和开采资料得知, 在岩溶洼地西侧接触带附近, 原生铜矿上部的次生岩溶矿床中的部分矿体, 呈棕褐、黄绿色。矿石成分较简单, 为夕卡岩及其风化的岩块、碎屑物, 基本保持下伏夕卡岩原生铜矿岩石的结构。常见原生硫化物溶蚀后留下的孔隙, 带棱角状的风化夕卡岩(多为石榴石夕卡岩)残骸和蜂窝状、角砾状构造; 局部与原生矿体直接相连, 如22.5线CK117孔, 两者渐变过渡, 其间半风化状矿石所含黄铜矿、黄铁矿、孔雀石等尚可见及, 矿化相若。含铜品位一般0.5~1.5%, 表明是原生铜矿受风化后, 在地表水和地下水的影响下, 铜自上至下淋滤(积)而未发生明显迁移的产物。故这部分应属岩溶矿

①广东冶金地质933队, 石绿铜矿次生矿补充勘探储量计算说明书, 1972。

②肖少康, 多元浊流淋积成矿——石绿次生铜矿成因初探, 1980。

床中的淋滤（积）残积型矿体。

堆积在岩溶洼地下部的含孔雀石粘土质砾石（部分为碎屑、岩块）砂混杂堆积层，是矿区主要含矿层位。前已述及它的成因属岩溶堆积等混合相。

矿体形态和产状与岩溶洼地（部分溶洞）地貌近于一致。平面上，矿体基本连成一体，长2200米，宽数米至550米，面积0.79平方公里，计8个矿体。剖面上，矿体沿岩溶侵蚀面展布，呈似层状（部分呈囊状、透镜状、脉状和不规则状）产出。矿体底板起伏悬殊，其中70%紧贴岩溶洼地基岩大理岩。埋藏深度自90~130米。顶板较平整，基本上与岩溶洼地中的大理岩最大埋藏标高相一致。矿体厚度变化大，平均25米，最厚119米。在相距数十米范围内，可由十余米变为百米许。矿体与围岩接触截然呈直起直落状。铜品位较高，平均2.08%，但变化较大，最高49.14%。矿石以松散状居多，少数为半胶结状和胶结状。主要为自形晶状、胶状结构，薄层状、同心环带状、钟乳状、皮壳状、角砾状构造。组成矿石的各种岩性、岩相、矿物组分等相互混杂、分选性差，无一定沉积次序，无明显界线；磨圆度不一，以棱角状、次棱角状常见。粘土在洼地底部多呈赭褐色，常具薄层状构造，有时与底部大理岩之间尚有一层厚3~15厘米的棕红色胶泥状菱铁矿。砾石成分以洼地“原地”夕卡岩、大理岩居多，次为洼地西侧山地“异地”花岗片麻岩、石英砂岩、云母石英片岩、页岩等。此外，尚有化学沉积作用所形成的孔雀石等。后者为自形、半自形晶纤维束状、环带状（断面呈同心圆状或放射状）、钟乳状（石笋或石钟状）、皮壳状、角砾状、葡萄状、肾状等集合体。主要以脉状、碎屑状分布于粘土和砂砾之间或裂隙中，少部分以半自形、他形薄膜状、浸染状附着在砂砾表面，形成艳丽的绒毛。

后期岩溶的破碎和塌陷作用，常使早期岩溶原生沉积矿床发生错位或形变，并形成岩溶角砾状构造、漏斗构造和陷落构造等。矿体中偶可见体积巨大（有时达数十立方米）、孤立分布的大理岩岩块。

综上所述，岩溶作用是区内成矿富集过程中的一个重要控矿因素。

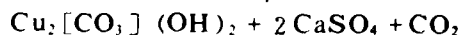
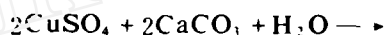
矿区次生铜矿，主要有用矿物是孔雀石，硅孔雀石和蓝铜矿少量，称为孔雀石矿床。

上述铜矿物堆积于岩溶洼地中，系由矿源体经风化淋滤、溶解迁移、堆积富集而成。其化学变化如下：

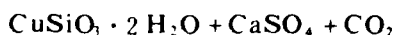
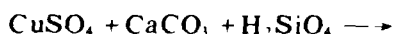
夕卡岩中的黄铜矿氧化成硫酸铜：



硫酸铜冷水溶液流入岩溶洼地，遇到沉淀剂——组成洼地基底的大理岩，生成孔雀石：

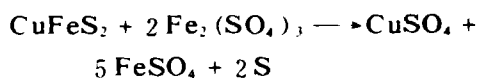


在接触带上部，当硫酸铜溶液遇到矿源体风化放出的胶状硅氧时，则生成硅孔雀石：



可见，化学沉积作用是矿区重要成矿作用之一。

需要指出，区内断裂破碎带发育，有利于氧化作用向纵深发展，黄铁矿分布广泛，作为溶剂的硫酸铁非常丰富，使含铜硫化物经风化淋滤容易溶解成硫酸铜溶液，而岩溶洼地基底绝大部分为硫酸铜的沉淀剂大理岩。这就是矿区主要为孔雀石等所组成的氧化矿石，而缺少辉铜矿、铜蓝等含铜硫化物的重要原因。



岩溶洼地标高12至-12米之间的富矿，集中了矿区近一半的金属量和1/3以上的矿石量。该带正好处于垂直渗透带底部，岩溶地下水上下频繁波动变化的界面上，是充满新鲜空气的良好氧化环境。地下水的波动增强了铜的溶解作用，有利于上述氧化铜矿物沉淀，是该矿床的主要矿化地带。

在富矿体的边部和顶部，尚有相当数量的松散粉末状贫矿石，呈棕褐—黑色，矿化均匀，含铜一般0.5~1.0%，与富矿界线清楚，粘土含量增多，呈泥状结构、半胶结状构造、含铁、锰较高（20%左右），未见孔雀石。据物相分析，含

结合铜高达50~70%。据许志华研究认为^③，该矿石中的铜主要分布在褐铁矿中。后者在电子吸收图中显示同心圆状和多孔状结构，表明系由胶体凝聚而成。电子探针扫描结果，铜在褐铁矿颗粒的面分布和线分布都是均匀的，说明铜可能呈类质同象或胶体吸附状态存在。但由于三价铁离子和二价铜离子的离子半径相差达25%，两者在表生作用下不可能进行类质同象置换，因此铜只能以离子吸附状态存在于粘土矿物表面。

岩溶洼地下部的含孔雀石混杂堆积，有时具有冲积物的特点，说明成矿过程中还受到河流机械沉积分异作用的影响。

(二) 铜矿体赋存于岩溶作用所形成的空间。矿体分布在岩溶地貌中，以岩溶洼地为主，岩溶不整合侵蚀面和溶洞居次。溶蚀洼地控制了矿体形态、产状和分布。洼地基底拗槽与矿体底板起伏和铜的品位变化基本吻合(图2)。可见，岩溶作用形成未含铜的岩溶堆积物，使矿石贫化。并且后期岩溶作用产生的塌陷，使早期形成的岩溶堆积矿床发生错位和形变。但所形成的岩溶负地貌单元，都提供了铜矿贮存的环境。

岩溶矿床“是以岩溶作用形成的空间(古的或晚近的岩溶侵蚀面或洞穴)作为有用矿物聚集

场所的矿床”^[7]。石绿孔雀石矿，不仅铜矿堆积在岩溶空间，而且成矿富集作用与岩溶发育同时进行，故应属岩溶矿床。由于赋存上述铜矿的含矿层具有一定层位(有特定的地质时代、岩性、岩相和古地理环境，可与区域对比)，所以该类矿床也是一种层控矿床。

成矿意义

(一) 岩溶矿床是具有重要经济价值的工业矿床类型之一。近十余年来，由于岩溶矿床的成矿作用被M. Leieu (1966, 1969), A. Bernard (1972) 等作了较为深入、合理的阐述，并获得了多数矿床学家的赞同，使其从传统的远成热液矿床中划分出来^[9]。据统计，在碳酸盐岩洞穴或洼盆中已发现80余种次生矿物。六十年代晚期，运用岩溶矿床成矿理论，在美国田纳西州的埃尔姆伍德发现了一个大型锌矿床(矿石储量达5000万吨以上，品位3.5~5.2%)^④。因而，该类矿床的工业价值和成矿机制越来越引起国外有关地质学家和工业部门的重视。在我国，砂锡矿^[10, 11]、铝土矿和褐铁矿等与岩溶矿床关系早已为人们所熟知。现有正在开发并具有重要经济价值的岩溶矿床有个旧砂锡矿、平桂砂锡矿和平果铝土矿，山东某地褐铁矿和鲁西南金刚石砂矿，四川盆地卤水和会理铅锌矿，古潜山油田以及凡口铅锌矿(部分矿体)、石绿孔雀石矿、金庄砂金矿、粤中某地铌铁砂矿和南海诸岛鸟类堆积磷矿等大、中型矿床^[7]。以往在国内、外文献中^[7, 12]，岩溶铜矿少见先例；据姜齐节同志推测，我国除石绿矿外，尚有江西瑞昌铜岭铜矿和滇中罗次地区的某些铜矿等。

在我国南方热带、亚热带潮湿气候型侵蚀—溶蚀及溶蚀岩溶区^[13]，新第三纪以来的新构造运动的抬升幅度自东至西逐渐增大，使岩溶矿床的赋存环境各处有别。以砂锡矿为例，西部强烈隆起的滇东南溶原—峰林高原区形成了溶盆、落水洞裸露型(局部漏斗、溶洞、地下河覆盖型)

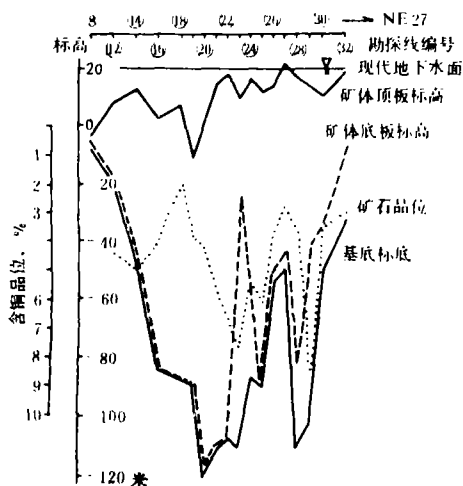


图2 岩溶洼地基底与矿体有关参数的曲线

③许志华，石绿铜矿离析产品中的结合铜的初步研究，1979。

④地质部情报研究所基础地质室水文地质工程地质情报组，国外岩溶的某些进展，国外地质工作概况之四，1981。

岩溶矿床, 如个旧砂锡矿, 有人称为“个旧式”^[14]。中部中度隆起的黔桂溶洼—峰林山区形成了洼盆、波立谷、漏斗、溶洞半裸露型岩溶矿床, 如大厂砂锡矿。东部轻微隆起—稳定的粤桂溶原—峰林平原区形成了侵蚀堆积平原、侵蚀—溶蚀盆地、波立谷、溶洞埋藏—半裸露型岩溶矿床, 如平桂砂锡矿。

(二) 第四纪岩溶铜矿的地质特征, 以往报道甚少。据初步了解, 除本文前述数处岩溶铜矿和各地常见的原生铜矿地表氧化带外, 较为重要的有智利埃克索提卡铜矿^[15]和我国台湾金瓜石更新世英安岩(其中爆破角砾岩筒中品位最高)金铜矿^[16]、四川峨嵋第四纪玄武岩铜矿^[17]以及安徽铜绿山晚全新世(近代)人工堆积铜矿^[18]等。前者含铜1.65%, 矿石2亿吨, 是在丘基卡马塔斑岩铜矿顺坡下移3公里处堆积而成的, 是以硅孔雀石、水胆矾为主的氧化矿。后者为古代开采原生铜矿的废矿石, 经C¹⁴测年为距今 3256 ± 100 年。掌握第四纪铜矿的成矿规律, 不仅可运用将今论古和地壳(矿床)演化相结合的原则, 深入研究第四纪以前形成的铜矿床(特别是原生沉积型矿床), 具有重要的理论意义, 而且还可通过次生铜矿的研究, 指导寻找该地区的原生铜矿, 石绿铜矿即属其例。在该矿区根据勘探次生矿时所总结的成矿条件和富集规律, 以及对原生矿和含铜夕卡岩的研究, 在矿区西侧低山区找到了一些新矿体, 达到了一个中等规模的原生铜矿床。

现对第四纪岩溶次生堆积铜矿的地质特征初步总结如下:

1. 多矿源。形成次生铜矿的矿源体, 既有夕卡岩型(石绿铜矿)、东川式沉积变质型(滇中某些铜矿)铜矿, 也有含铜丰度较高的中、基性岩, 如玄武岩、英安岩和闪长岩等。

2. 矿体赋存于岩溶洼地、溶洞和不整合侵蚀面等岩溶空间。矿体形态、产状和分布均受上述岩溶负地貌制约。

3. 岩相、古地理是主要成矿因素, 成矿过程经受了岩溶作用[可能有风化淋(残)积、化学沉积、河流冲积和粘土离子吸附]等多种营力影

响, 形成了多成因混杂堆积, 具沉积矿床基本特点。

4. 矿石一般未受岩浆热液作用、变质作用和近矿围岩蚀变影响。矿体也未受明显构造变动。

5. 矿床富集与潜水面关系密切。富矿多位于垂直渗透带下部岩溶地下水潜水面上下频繁波动变化的界面上, 形成孔雀石、硅孔雀石、蓝铜矿等组成的氧化矿石。矿石含铜品位较高, 选、冶工艺较复杂。

(三) 为寻找隐伏矿床提供了一定的找矿信息。如前所述, 粤桂溶原—峰林平原区埋藏、半裸露型岩溶矿床, 矿层赋存于溶蚀—侵蚀洼盆底部的中、晚更新世岩溶混杂堆积, 其上往往覆盖有一层不含矿或微含矿的全新世冲洪积物^[13], 从而构成一系列隐伏矿床。这些隐伏的埋藏、半裸露岩溶矿床的成矿时代, 自西往东逐渐年轻: 平桂砂锡矿为白沙期(Q₂)、望高期(Q₃)和全新世(Q₄)^[18], 金庄砂金矿为石塘期(Q₃)和老珀期(Q₄); 石绿孔雀石矿为距今 29215 ± 1005 年(Q₃), 粤中某地锐铁矿砂矿和茶排铅锌矿为晚更新世至全新世(Q₃₊₄)。若再往东, 杨柳埔砂锡矿(不属岩溶矿床, 而是海河混合成因砂矿)经C¹⁴测年, 下部矿体为距今 $10345 \pm 115 \sim 8920 + 110$ 年(Q₄₋₁), 上部矿体距今 $3980 \sim 3300 \pm 85$ 年(Q₄₋₂)^[19], 可以佐证。

现以石绿铜矿为例, 提出以下寻找第四纪隐伏岩溶铜矿的主要找矿前提^[20]:

1. 存在规模较大的矿源体(原生矿或丰度高的含铜岩石), 能为成矿提供充分的物质来源。

2. 在成矿时期, 位于热带、亚热带湿润气候型岩溶区, 新构造运动稳定或微上升的地块, 地质构造软弱带, 特别是几组构造线交叉部位, 层厚、质纯的碳酸盐岩分布广泛, 水平及垂直的岩溶地貌发育, 具有较矿源体所处地形高度相对低下的第四纪溶蚀—侵蚀山间洼盆或山前平原(应有较封闭的基底), 作为铜的贮矿空间。

3. 矿区附近可见古代采炼铜矿之炉渣和废石, 地表可见孔雀石碎屑, 残积物中含Cu0.2~0.3%, 埋藏矿体上部一般有100~1000伽玛的低磁异常; 地表水, 特别是泉水, 矿化度高, 一般

(下转第61页)

常受断裂带控制时,还可指示下部有热液型铅锌矿存在,据此,用原生晕圈出了Zn异常的浓集带,布孔验证见30余米厚的铅锌矿体(图5)。因而该区从寻找钼矿转入了铅锌钼的综合找矿阶段。

初步认识

物化探方法和钻探验证紧密结合,在克旗小东沟矿区取得了较好的找矿效果,经过几年的实践,我们认为在该区用化探方法找矿应注意实验研究,结合验证结果,不断提高对异常的认识和推断解释水平,扩大找矿远景区。

1.在干旱条件下的山地—荒漠景观区开展次生晕工作,如果疏松层不能正常分层,应当进行取样深度和取样介质的实验。通过实验,确定最佳取样深度和元素较为富集的取样介

质(如粘土、亚粘土),可以提高次生晕的找矿效果。

2.研究原生晕的分带规律,应当考虑成矿物质来源的多样性、成矿活动的多期性,以及构造条件对元素富集的控制因素,这样,在评价异常时才能不断深化推断解释能力。如本矿区西部综合异常,原来用小东沟岩体内外接触带的分带规律进行解释,作出了是岩体上部晕的结论,通过钻探验证和进一步的原生晕工作,发现异常主要受断裂控制,深部不是岩体而是铅锌矿体。这样就把Pb, Zn是钼矿体外带的成晕元素上升到在构造有利部位是成矿元素的概念。该区Pb, Zn异常在矿区南北延伸达9公里,还伴有Cu, Ag的异常,由于推断解释的深化,在Pb, Zn异常带上寻找铅锌盲矿体的可能性大大增加了,从而扩大了该区的找矿远景。

(上接第22页)

大于200毫克/升,构成水化学异常。

我勘探公司郭凡同志参加了野外工作,中国

科学院地质研究所赵希涛同志对本文编写给予热情指导并提供资料,在此一并致谢。

主要参考文献

- [1] 阮汀,地质与勘探,1981,第7期
- [2] 张景文等,地震地质,1982,第3期
- [3] 黄玉昆等,华南地震,1981,第1期
- [4] 广东地质局704队,铁铜矿产专辑(第二辑),地质出版社,1974,128~134页
- [5] 杨世礼,广东地质科技,1981,第4期
- [6] 梁英强,地质与勘探,1982,第11期
- [7] 李国芬,地质与勘探,1981,第3期
- [8] 郑理珍,桂林冶金地质学院学报,1981,第2期
- [9] Zuffaroli, P., 层控矿床和层状矿床(第三卷),地质出版社,1979,144~180页
- [10] 刘锦新等,地质学报,1957,第37卷,第4期
- [11] 田开铭,地质学报,1957,第37卷,第4期
- [12] 长春地质学院矿床教研室,矿床工业类型(上册),中国工业出版社,1961
- [13] 中国科学院地质研究所,中国岩溶研究,科学出版社,1979,148~278页
- [14] 黄廷燧,地质论评,1983,第29卷,第2期
- [15] 外来矿床概念值得注意,地质科技动态,1978,第18期
- [16] 兰家琛等,地质科技,1973,第5期
- [17] 赖安佳,矿山地质,1983,第2期
- [18] 列别杰夫B. Г., 北京大学学报(自然科学版) 1958,第4期,503~512页
- [19] 阮汀等,1983,广东滨海砂矿成矿时代的研究,海洋地质与第四纪地质(排印中)
- [20] 广东704地质队,地质科技,1975,第1期