

国外地质资料选编（十九）

国外砂页岩型铜矿



地质科学研究所

一九七五年九月

国外砂页岩型铜矿

地质科学研究所

一九七五年九月

前 言

遵照伟大领袖毛主席关于“**洋为中用**”的教导，为了配合国内找铜工作，我们选编了有关国外砂页岩型铜矿的25篇文章。内容分两部分，第一部分：砂页岩型铜矿概论，重点介绍砂页岩型铜矿的概念、类型、形成条件、预测准则及砂页岩型铜矿床总况等，共七篇文章。第二部分：砂页岩型铜矿床及其研究，主要介绍赞比亚、苏联、美国、澳大利亚、东德、波兰、摩洛哥及巴勒斯坦地区的砂页岩型铜矿的矿床地质情况、分布规律、沉积环境以及古地理研究状况，共18篇文章。

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。

地质科学研究所情报所

一九七五年九月

目 录

砂页岩型铜矿概论

1. 关于含铜砂岩矿床的几个问题..... (1)
2. 含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿床..... (6)
3. 含铜砂岩矿床的类型..... (20)
4. 含铜砂岩和页岩的分类..... (26)
5. 海相沉积物中的铜矿床..... (31)
6. 论含铜砂岩矿床的形成条件..... (38)
7. 预测层状铜矿床的主要准则..... (48)

砂页岩型铜矿床及其研究

8. 赞比亚铜矿带中的金属矿床..... (67)
9. 赞比亚铜矿的沉积环境..... (78)
10. 赞比亚西北部卡伦瓦小富铜矿..... (97)
11. 赞比亚铜矿带齐布卢玛西部矿体的地质和古地理..... (102)
12. 苏联层状铜矿床分布的基本规律..... (130)
13. 苏联科达尔-乌多坎铜矿带的地质特征..... (135)
14. 苏联乌多坎砂岩铜矿地质构造特征简介..... (160)
15. 苏联杰兹卡兹甘矿床的古地理研究..... (166)
16. 美国密执安州怀特潘诺恩萨奇页岩中的铜矿..... (201)
17. 美国西北部前寒武纪贝尔特盆地的层控型铜矿床..... (214)
18. 美国西南部二迭纪含铜页岩..... (235)
19. 美国新墨西哥州纳西梅恩托山脉三迭纪砂岩中的层控型铜矿床..... (243)
20. 澳大利亚芒特艾萨铅-锌-银和铜矿床..... (256)
21. 澳大利亚某些阿得雷德的层状铜矿点..... (273)
22. 中欧“含铜页岩”——同生沉积矿床的典型..... (280)
23. 波兰二迭纪铜矿的成因..... (287)
24. 摩洛哥前阿特拉斯西部塔拉特-努阿马诺矿床的沉积构造和矿化作用... (298)
25. 巴勒斯坦地区提姆纳铜矿床..... (302)

关于含铜砂岩矿床的几个问题

含铜砂岩矿床是目前国内外最重要的铜矿工业类型之一，进一步认识它的重要性并切实加强普查勘探措施，对我国铜矿资源的迅速扩大有着重要意义。

经济意义巨大

含铜砂岩矿床泛指沉积岩系中顺层产出的浸染状铜矿床，它具有几个明显的特点：

(1) 有用组分种类丰富，含量较高，分布较均匀，除铜（平均品位2.4%）外，有时铅、锌、银、钴能形成具有工业价值的大量富集，有些矿床有多种稀散或放射性元素可综合利用；(2) 规模较大，大型者铜储量可达数百至一千万吨；(3) 可以构成延伸范围很大的铜矿带；(4) 有时埋藏不深，可供露采。

因此，这类矿床在国外铜的储量和产量构成中，无论在历史上还是目前，均占重要位置。在本世纪三十年代至六十年代初，含铜砂岩矿床在国外铜总储量中占第一位，曾达51.4%（五十年代中期）。由于近年斑岩铜矿的大量发现和开发，目前，含铜砂岩矿床已退居第二位，但它仍约占国外铜储量的30%和产量的四分之一，虽低于斑岩铜矿，却远高于其它类型。

在主要产铜国中，赞比亚和扎伊尔的铜矿资源长期名列世界前茅，几乎全是这种类型；在苏联，含铜砂岩矿床自三十年代以来一直在储量中占较高的比例，目前稍低于岩浆铜镍矿床（30.6%），占30.3%；美国除了斑岩铜矿外，这种类型的矿床所占的储量、产量比例最高。

虽然含铜砂岩矿床具有重要的经济意义，但是相对于斑岩铜矿、黄铁矿型铜矿、铜镍矿床及某些其它类型铜矿床来讲，由于研究程度较低，寻找这种类型铜矿又不是很容易，因此在一个相当长的时期里，已发现的这种矿床主要限于非洲中部（赞比亚-扎伊尔铜矿带）和东德（曼斯菲尔德铜矿）等局部地区，而且在资产阶级形而上学思想的支配下，被看成是个别现象。但自五十年代以来，先后发现了规模很大的波兰的前苏台德矿床和苏联的乌多坎矿床，美国的怀特潘（或译白松）矿床又有扩大，近年又在美国蒙大拿西部一直到加拿大的西南部发现了另一个规模很大的含铜砂岩矿带。因此引起了人们广泛的注意和进一步的研究。现将研究概况简介如下。

一般地质特征

含铜砂岩矿床一般分为含铜页岩型和含铜砂岩型以及作为其变质产物的沉积变质矿床三类。按照相环境，含铜页岩为浅海相矿床，含铜砂岩包括泻湖-三角洲相和湖泊-冲积相矿床。由于这类矿床成因尚不够明了，有人又将其归为层控或层状矿床一类。其基本地质特征可归纳为：

(1) **大地构造特征** 含铜页岩分布在与褶皱区毗邻的地台边缘部分和边缘拗陷中，泻湖-三角洲相含铜砂岩分布在褶皱区的外带，在褶皱区内带仅有各种类型含铜沉积的

局部堆积。

(2) **地层特征** 含铜砂岩矿床广泛见于早元古代至晚第三纪各个时代,目前看来,以元古代(如苏联乌多坎、赞比亚-扎伊尔铜带)和晚古生代(如中欧铜矿区和苏联杰兹卡兹甘)最重要。含铜沉积在较大面积范围内产在一定的地层层位,而在局部则产在矿床内一些小地段剖面的狭窄部位。由于海浸和海退的交替,含铜层位往往沿剖面向上在一定方向上迁移,即具“时代滑动”的特点。

(3) **岩性建造特征** 含铜岩石包括沉积岩系中砾岩至碳酸盐类的各种岩石,最重要的是砂岩和粉砂岩,页岩、泥灰岩和灰岩(有的为白云岩)次之。在某些矿床中,含铜岩系内或之下,有熔岩和火山碎屑岩出现。按照某些苏联人的看法,含铜沉积是干燥气候的杂色建造的一个组成部分,位于下伏红色岩系(或煤系)与上覆膏盐岩系的过渡带中。

(4) **矿体形态特征** 矿体总的来说比较规则稳定,延伸广泛,其产出严格受含铜层位控制,形态因古地理环境而异。含铜页岩的板状矿层十分稳定,长宽常为若干公里,厚0.3~5米。泻湖-三角洲相含铜砂岩的矿体各为板状、透镜状和带状,沿剖面向上常为多层分布,雁行排列,长宽常为数百至几千米,厚为几米至数十米,其规模虽不及前者,却远大于湖泊-冲积相者。

(5) **矿物-化学特征** 原生铜矿石中,以辉铜矿、斑铜矿为主,黄铜矿和黄铁矿次之,常含自然铜,这与其它大部分铜矿类型铜硫化物以黄铜矿为主、含大量黄铁矿或磁黄铁矿的情形不同。反映在化学性质上,矿石具有贫硫贫铁的特点。

(6) **矿化分带特征** 具有原生和次生分带。次生分带与斑岩铜矿和黄铁矿型铜矿所见者相似,有氧化带、淋滤带和次生硫化富集带之分。原生分带表现为水平方向和垂直方向上的矿石分带和矿物分带,后者又有海侵型和海退型垂直分带的区别。在泻湖-三角洲相矿床中,在同一海退期中,近岸部分形成海退型分带,而在沙坝前部分则形成海侵型分带。

(7) **变质特征** 大多数含铜砂岩和含铜页岩区域变质微弱或未经区域变质,仅某些时代较老的矿床,遭受了绿片岩相(偶为绿帘石角闪岩相)区域变质或接触变质,变为沉积变质矿床。变质过程中,硫化物发生再生,矿石形成各种变质结构和构造。在许多破碎带中发育角砾岩和交错细脉。

普查勘探中的几个突出问题

(1) 着重找浅海相和泻湖-三角洲相矿床。

这两类矿床由于生成环境比较稳定,常常规模巨大,具有重要的经济价值。著名的赞比亚-扎伊尔铜带,长500公里,宽数十公里,产有一系列浅海相和泻湖-三角洲相矿床,铜储量约占国外总储量的五分之一。中欧晚二迭世含铜页岩,遍布西德、东德和波兰的大部地区。波兰自五十年代中期发现这种矿床以来,铜储量一跃为欧洲的第二位(仅次于苏联,达一千余万吨),产量成倍增长。苏联的含铜砂岩矿床,以泻湖-三角洲相的乌多坎和杰兹卡兹甘矿床为主,二者构成苏联铜总储量的27%。美国除怀特潘矿床(储量七、八百万吨),近十年来大力开展了与之相似的西蒙大拿铜带的工作,据称该带矿石储量可达十亿吨,铜品位0.5~1.0%。加拿大也已注意了西南部前寒武纪含铜

砂岩矿带的工作*。

可以说,举凡世界上重要的含铜砂岩矿床产区和国家,都以浅海相和泻湖-三角洲相矿床为主。正因为如此,国外相当重视这两类矿床的普查,一方面抓住老矿区(矿床)不放,狠抓外围找矿,另一方面针对有利的矿化线索,开展系统深入的地质研究和勘查。有人根据它们的时代分布特征(国外此型矿床总储量中,前寒武纪的占78.5%;除中欧含铜页岩和苏联杰兹卡兹甘矿床外,大型和特大型矿床几乎都是元古代的),强调找前寒武纪的矿床。

(2) 加强成因和分布规律的研究。

这类矿床时代分布广泛,含铜岩石岩性多样,成矿环境复杂,所以其成因和分布规律的研究尤为重要。六十年代以来曾经对赞比亚-扎伊尔铜带的各个方面作过总结,近年来苏联主要根据本国的有关资料,分析总结了这类矿床的分布规律和预测准则。此外,近几年在一些国际性专业会议上,也专门探讨了含铜砂岩矿床的有关问题。

众所周知,关于含铜砂岩矿床的成因,长期以来存在同生说和后生说两种截然不同的见解。在同生说中,又有不少人强调成岩作用在成矿过程中的作用。有些人则注意探讨火山作用与某些浅海相矿床的内在联系。含铜砂岩矿床的成因研究具有重要的找矿意义。例如,成因至今有争议的苏联杰兹卡兹甘矿床,主要是在1928~1932年期间探明的,其后很长一段时期无明显进展。五十年代中期,通过深入研究,同生说占了上风,加强了古地理研究,在该区北部同一含铜地层中发现了几个小矿床,扩大了储量,并划分出了新的含铜层位。

含铜砂岩矿床分布规律的研究,主要是为了查明最主要的控矿因素,制定出可靠的预测准则。按照苏联一些人的看法,这些准则主要是大地构造准则、地层准则、古地理准则和矿物-化学准则(包括矿化分带)。在具体实践中,可根据地质勘探的阶段和规模,分别采用区域性的和局部性的预测准则,属于前者的是大地构造、古地理、地层以及含铜沉积的变质作用诸因素,属于后者的是岩性-相控矿因素、地层控矿因素和矿化分带。

总的看来,国外含铜砂岩矿床成因和分布规律的研究还不够深入,但已经受到普遍的重视。

(3) 古地理研究是基本找矿手段。

普查含铜砂岩矿床,在国外仍以地质方法为主,尤以古地理研究最为重要。物探方法一般只能用于找矿地区的地层划分和构造研究,化探方法的应用也不很广。在赞比亚-扎伊尔铜带大面积土壤覆盖的条件下,经过多年的努力,已摸索出一套行之有效的地质和化探结合的找矿方法,即首先根据区域地质研究选定残积土壤下可能有元古代下罗安组含矿地层的地段,然后作土壤取样,并同时进行详细地质测量和基岩取样,最后根据地质研究选定最有希望的化探异常布钻圈定矿体。

古地理的研究,不仅有助于解决成因和类型划分的问题,而且更重要的是,依据古地理研究的成果并结合其它资料,可以对研究区的含矿远景作出预测评价。在已知矿床和矿点中,详细研究含铜沉积的古地理特征,特别是恢复出古海岸线的大致位置和变化,可以确定含铜沉积的沉积相,查明矿床分布规律,进而发现含铜带。例如,苏联乌多坎矿床所在的科达尔-乌多坎矿带,从古地理研究入手,追索不同时代的含铜带,结

果发现了几处小矿床和矿点,并推测该带中还可能存在含铜页岩层位。已经查明,在一些铜矿带中,铜矿层的岩性可以有方向性的变化。例如,赞比亚铜矿带的西部条带的矿石主要是白云岩、页岩等,而东部条带主要为石英岩(砂岩)。波兰卢宾-谢罗绍维茨矿床的西北翼主要是碳酸盐矿石和页岩矿石,而东南翼主要是砂岩矿石。

岩性-相分析法目前仍是广泛采用的古地理研究方法。其中,不少人强调岩石原生构造的研究。国内外研究煤系地层广为采用的相-旋回分析法,被苏联一些人引用来研究杰兹卡兹甘无化石的杂色含铜岩系,收到了较好的效果。值得指出的是,国外在含铜砂岩矿床古地理研究中,开始采用一些比较精确的方法,目前多见的是矿石矿物共生分析、同位素分析(硫、氧、铅等)和相关统计分析。

(4) 注意研究与伴生矿产的关系。

含铜砂岩矿床往往与其它沉积矿产伴生,有着空间上和成因上的联系,可以互为找矿标志,国外亦很重视这方面的研究。

此类矿床铜矿化与铅锌矿化的伴生现象广泛见于中欧、非洲中部、苏联杰兹卡兹甘、美国西蒙大拿等地区的一些浅海相和泻湖-三角洲相矿床。沿剖面向上和从海岸线向盆地纵深方向,铜矿石依次为铅、锌矿石取代。反映在岩性上,铜矿石主要产在砂岩、粉砂岩和页岩中,而铅、锌矿石一般产在碳酸盐类岩层中。因此,在发现浅海相铅锌沉积矿床的地方,要注意其下和朝古海岸线方向是否有铜矿化。澳大利亚的芒特-艾萨矿床,产在早元古代芒特-艾萨群的乌尔卡特页岩组中,最初是作为铅锌矿床在1923年发现的,后于1927年和1930年在打钻过程中于同一层位中发现了空间上与铅锌矿体分开的铜矿层,目前储量约为四百万吨,是澳大利亚很大的一个铜矿和铅锌银矿。

含铜砂岩矿床和盐类矿产的关系同样值得注意。中欧晚二迭世含盐盆地中,产有巨大的钾盐矿床,在盐下岩系中即赋存著名的蔡希斯坦含铜页岩。其它含铜砂岩矿床和盐类矿产伴生的实例也屡见不鲜。

某些含铜砂岩矿床与自然铜矿床存在密切的空间关系。如美国的怀特潘矿床,最初发现和开采的是诺恩萨奇页岩组底部附近的砂岩中的自然铜,直到四十年代,才在该组的页岩和粉砂岩中找到了以辉铜矿为主的矿层。在该矿床东北不远处,在层位可能比诺恩萨奇页岩稍低一些的杏仁状玄武熔岩和砾岩中,产有基维诺自然铜矿床,规模与怀特潘矿床相当,二者的关系至今还在探讨之中。玻利维亚的科罗科罗矿床也有类似情况。

其它如沉积锰矿、磷块岩矿床与含铜砂岩矿床的伴生关系,也是值得注意的。

今后研究的课题和途径

国外提到的今后研究的主要课题和途径有以下几个方面。

(1) 进一步深入研究含铜砂岩矿床的成因,主要包括矿质来源、富集成矿方式、矿化分带的形成机理和控制因素等。

(2) 详细研究含铜沉积的沉积、成岩、后成和变质阶段的界线,以及它们在成矿过程中的作用,尤其是成岩和后成作用过程中金属迁移的规模。

(3) 针对各个类型和亚类,更详细地研究其分布规律和控矿因素,制定出相应的预测准则。

(4) 继续探讨含铜沉积中的浅海相、泻湖-三角洲相和湖泊-冲积相的特定的相

标志。

(5) 查明含铜页岩型和含铜砂岩型矿床之间，含铜砂岩矿床与沉积铅锌矿床、自然铜及盐类矿床之间，在空间上和时间上的联系，以提高找矿效果。

(6) 古地理研究中，要大力采用比较先进和精确的方法，如运用矿石矿物共生分析和同位素分析方法作含铜沉积的地球化学研究，利用含铜沉积光谱和化学分析资料作相关统计分析等。

我国国土辽阔，有着多种多样的成矿条件，且已发现了像东川那样的著名的层状铜矿，应该说是有着扩大和新发现含铜砂岩矿床的广阔前景的。欲达此目的，就全国范围来说，有必要在继续抓紧普查陆相含铜砂岩的同时，着力于浅海相和泻湖-三角洲相矿床的普查（需要注意前寒武纪地层分布区的找矿）。在地质研究和普查勘探中，在现有的基础上，利用已有的实际资料加强成因和分布规律的研究，采用先进方法更广泛更深入地开展古地理研究，根据矿产的伴生关系注意综合找矿，都是值得注意的问题。对已知矿床（区）的深入研究和外围找矿应该加强（如我国产于碳酸盐类岩石中的某浅海相矿床，如果朝古剥蚀区方向追索较粗粒沉积物中的铜矿化，可能是有意义的），同时应该积极地有选择地深入研究新的找矿线索。

*加拿大在西南部发现前寒武纪含铜砂岩外，最近在西北地区西部的中马更些山脉也发现中元古代的层状铜矿。含铜层产在红层与其上覆的碳酸盐类岩层的过渡带中。

（地质科学研究院情报所编写，原载《国外地质科技参考资料》1975年第4期）

含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿床

摘 要

含铜页岩和泥灰岩的层状矿床和断续与大海沟通的盆地的一定海侵有关。这些矿床分布在古凸起的周围,并且赋存在由砂质沉积向碳酸盐沉积第一次过渡的还原相地层中。

含铜页岩和泥灰岩矿床之所以有很重要的经济意义是因为它们和含铜砂岩矿床一起共有1.6亿吨金属铜储量,即占世界整个铜矿床所含金属铜的30%,其平均品位很高,含铜2.4%。但它们的规模很不一致。

含铜页岩和泥灰岩矿床,除具有内部矿物分带性外,在横向上或剖面上可过渡为含铜砂岩,并向海侵岩系中和下伏的基底中的不整合矿化过渡。这种海侵岩系含有铀、锰、铅、锌等矿产,但这些元素未富集在一起。

如果说含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿床的形成作用显然是同生的,那末其所含的元素则来自基底的地下淋滤。这种淋滤作用是由被沉积物掩埋以前的海底高地引起的。这类矿床在地质特征上的一致性可由其特有的补给类型来说明,而其规模和地球化学成份的差异性则可由被淋滤的基底的多样性来解释。

绪 言

当矿床成因还不很清楚时,为了查明矿床形成的主要因素,首先需要通过对比以及因而尽量收集形成过程相同的矿床的资料来进行研究。可惜,矿床形成过程大多还很不清楚。因此,我们不得不从实际观察的准则出发,尽量选择相似的矿床,并且注意被忽视的类别和注意常常富有意义而尚未研究透彻的问题。

矿床学家往往把层状铜矿分成三个主要类型:

1. 与火山岩伴生的黄铁矿型矿床,例如日本的黑矿。最近R.W.哈钦森发表了一篇文章,又将这一类型分为三个亚类(译文见《国外地质科技动态》1975年第1期——编者);

2. 含铜页岩和含铜泥灰岩;

3. 含铜砂岩(红层铜矿);

在乌多坎(苏联)和卢宾(波兰)矿区未发现之前,含铜砂岩似乎没有经济意义。然而,除科罗科罗(玻利维亚)、乌多坎以及可能还有杰兹卡兹甘(苏联)矿区之外,这些矿床在空间分布上均与含铜页岩和泥灰岩有关。在许多矿区,尤其是卢宾和赞比亚的一些矿床,这种关系甚为密切,其间没有任何空间间断。因此,研究含铜砂岩不能脱离含铜页岩和泥灰岩的研究。而且,研究人员应该把这些世界上主要的含铜页岩和泥灰岩的不同矿床作为矿床学中一整类矿床去进行研究。这一类矿床有下列特点:

1. 在露头范围内:矿化往往产在沉积间断上的海侵岩系内,并与层理完全整合;

2. 在标本上:在灰—黑色细粒粘土—泥灰—粉砂质(常常为纹泥状)岩石中矿化颗粒非常微细(肉眼往往难以分辨出硫化物)。

总之,它们显然是一类矿床。

据W.G.加尔立克(1972年)回忆,H.史奈德洪1932年在赞比亚只考察一周,就毅然将铜矿带矿床和在东德曼斯菲尔特的矿床列为同类矿床。P.巴托洛梅(1969年)将

美国怀特潘和扎伊尔沙巴区（前称加丹加省——编者）矿床列为同类。波兰的下西里西亚的卢宾矿区在层位上与曼斯菲尔德一致；同样，沙巴矿床与赞比亚的矿床在层位上也是一致的。

按照上面提出的这些准则，我们试图查明具有共同特点的已开采或适于开采的主要矿床的分布如下：

1. 沙巴和赞比亚北部的层状矿床，科尔韦济、封古鲁默、利卡西、卢本巴希矿区（扎伊尔），木富里腊、布瓦纳姆库布瓦、罗安木利阿希、基特韦、班克罗夫特、恩强加矿区（赞比亚）；

2. 德国和波兰的蔡希斯坦世矿床，

里舍尔斯多夫矿区（西德）；

曼斯菲尔德和赞格豪森矿区（东德）；

博列斯瓦维茨和卢宾矿区（波兰）；

3. 怀特潘矿区（美国密执安州）；

4. 乌多坎矿区（苏联东西伯利亚）；

5. 杰兹卡兹甘矿区（苏联哈萨克斯坦）；

6. 芒特艾萨矿区（澳大利亚昆士兰）；

7. 博累奥矿区（墨西哥下加利福尼亚州）；

8. 提姆纳（巴勒斯坦地区）和阿拉伯谷地矿区（约旦）；

9. 洛马根迪矿区（津巴布韦）；

10. 科罗科罗矿区（玻利维亚）。

新发现的加拿大马更些山脉铜矿河矿区沉积岩中产出的矿床也属于上述类型的矿床。

还应提及的有：摩洛哥的前阿特拉斯山脉和上阿特拉斯山脉的可采矿床，安哥拉和加蓬的非洲沿海地区白垩纪边缘盆地和美国科罗拉多高原地区的可采矿床。

此外在世界许多地区类似的地质环境中还发现了一些不具开采价值的铜的地球化学异常。

现将这些矿床的基本特点，按比较公认的划分，依次研究如下：

环境 即矿床的形成环境，它可以突出表明矿床与各种规模地质格局的主要关系，在把含铜页岩和泥灰岩矿床视为具有明确特点的一整类矿床时，对这些关系还应作更详细的分析。

含量 即矿石及其规模和化学-矿物特点。

其次，从含铜砂岩矿床着手研究与其相关的矿化作用。

最后，在明确了类型及其范围之后，再研究适合各种关系的成因模式。

含铜页岩和泥灰岩矿床的形成环境

与沉积作用的关系

海侵

1. 沉积作用的突然变化一般与砂岩向页岩和页岩向白云质为主的碳酸盐岩石过渡有关（但是，在阿拉伯谷地则相反，而是白云岩向砂岩过渡），在这个时期，红色氧化介

质向灰色、黑色或绿色还原介质过渡（参阅P.尼可里尼总结的规律，1962年）。这种突然变化，可说明海侵进一步向前发展，它与盆地下降是一致的；因此局部地区矿化作用产生在时代非常确切的沉积层中。还应指出，这种与层理整合的关系对金属矿床来说是很特殊的。

2.然而，从更大的范围来看，矿化作用是跟随着海侵发生的。在同一矿区，矿化层不是属于同一时期的，而是伴随楔状海侵层发生变动；这是不整合面上具有一定重要意义的最初的岩性变化，在这种不整合上局部具有重要的铜矿化现象。

进行这种重要的观察是困难的。它需要掌握确切的地层年代标志，或表明各层位关系的良好露头条件。此外，对于底盘非常平缓的古地理环境（如对欧洲中部的蔡希斯坦统）观察尤其困难，因为这里没有明显的楔状海侵层。

我们对摩洛哥前阿特拉斯山脉的早寒武世海侵曾做过两方面观察：一方面，在横穿山脉的西部地区，矿化富集从“薄层灰岩”的下伏岩层（阿马杜斯，阿卢斯）过渡到塔姆茹特白云岩之下的塔拉特努阿马诺层（提兹赫特，提弗基……）（图1）。另一方面，早寒武世海侵自西向东从早阿杜杜尼期到佐尔治期发展，纵向伸延数百公里。层状铜矿点分布在东部的佐尔治阶内，和西部阿杜杜尼阶的铜矿点一样，都是产在第一层碳酸盐层之下，位于红色粗粒碎屑沉积向灰-黑色细粒碎屑沉积的过渡处。

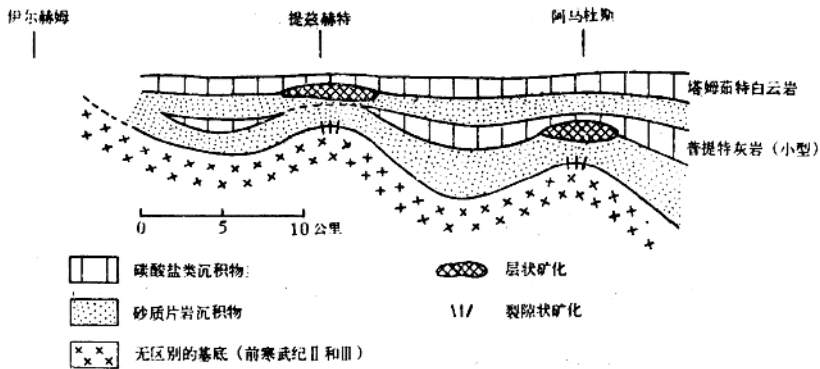


图1 前阿特拉斯山脉西部横穿山脉的早寒武世海侵理想剖面图

对于欧洲中部的蔡希斯坦统也曾做过类似的观察。K.H.韦德波尔（1964年）曾指出，在整个盆地范围内，下西里西亚的格罗德泽茨和兹洛塔雷依矿化的沥青质泥灰岩比德国西北部的含铜页岩产出层位高，距蔡希斯坦海侵的最远界线10多公里。

更确切地说，该区含铜沥青质泥灰岩时而产在长身贝属的标志层之上，时而产在其下，但总是产在时代不一致的红色岩相之上。

古凸起

矿化富集与底盘的不规则性有关。确切地说与高地有关。

根据最近一个时期的调查，首先在曼斯菲尔德、博累奥、赞比亚，其次在卢宾、摩洛哥的前阿特拉斯等地区发现了这种古地理控制的共同特点。

有时高地突起颇高，以至出露水面而处于氧化条件之下，这时高地上不含矿。但在

其边缘部分,矿化却非常丰富,有时高地处于还原介质条件下,则矿化作用首先发生在它的上面。

蒸发岩类

含矿层和蒸发岩(往往为石膏、硬石膏和盐岩)之间往往存在着地层上互相邻近的关系。与此相反,A.R.伦弗罗认为,蒸发岩并非总是在矿层的顶板中,譬如在博累奥矿区,石膏层位于整个含铜矿化层下面的上新世岩层的底部;在科罗科罗,含矿砂岩分布在石膏底辟体之上;在杰兹卡兹甘矿区,含石膏层既分布在含铜砂岩的底板中,也分布在顶板中。

在一些矿区含矿层内常见的干缩裂隙近似于蒸发岩中所见的裂隙,如曼斯菲尔德含铜页岩的顶底板、赞比亚的齐布卢玛、摩洛哥的提兹赫特和塔拉特努阿马诺、扎伊尔的卡莫托等都见到这种裂隙。

由此可以得出结论,含矿海侵盆地与大海的沟通是不完全的。

因此,通过连续取样,可以很准确地圈定矿化作用的古地理环境。

与构造的关系

一般说来,围岩沉积岩系经正断层构造作用而未发生严重的柔性变形时,常呈平台状,即使地层年代相当古老的也如此。沉积盆地相当于沉积同时形成的地堑。但是也有重要例外,这就是沙巴和赞比亚的富铜矿床。在沙巴地区,呈鳞片状、甚至伴有逆掩断层的底辟构造是由于有柔软特性的基底岩层(粘土-滑石质岩石)存在,从断层——原来可能是正断层——发展而成的。按照A.伏朗索(1973年)的观点,该构造作用是属于早期的,可能是与岩系沉积同时期的。在玻利维亚的科罗科罗的第三纪地堑至少也属这种构造类型。相反,在赞比亚褶皱作用却伴随有相当于再次造山运动产生的变质作用。

在局部地区,对于页岩和泥灰岩内的矿床,正断层的作用似乎不会直接控制矿化富集作用,但博累奥矿区除外,这里矿化富集作用与沉积同期形成的断层有关。有利于成矿的古凸起被与沉积同期形成的断层所圈定(博累奥),它和有利于密西西比河谷型铅锌矿化的古凸起不同。相反,许多含铜砂岩矿床与断层有密切关系,老怀特潘矿区就是一个例子。

从区域范围看,矿化良好的矿区位置似乎相当于地堑边缘断裂(而这也是沉积盆地的古地理界线)附近地区;因此,卢宾矿区位于紧靠德国-波兰中生代和第三纪大型坳陷的边界地带,该边界相当于海西构造带的北部边缘,曼斯菲尔德矿区位于早二迭世萨尔期开始形成的北北东—南南西地堑的边缘,怀特潘矿区在距苏必利尔湖大断层不远的地方,沿断层平行分布;摩洛哥上阿特拉斯矿床与阿特拉斯北部大断层有关;科罗科罗-恰卡拉拉矿区沿着底辟大断裂延伸。但是,这种控制要素对沙巴矿区不适用,矿化很富集的沙巴卢非里弧横穿加丹加与沉积同时形成的地堑;在赞比亚,这种关系还很不清楚。只有从大型构造范围上来研究,才能看出赞比亚铜矿带和沙巴是位于基巴拉和达马腊两个褶皱带的交叉处。

上面所说的这些现象表明了含矿地区与大型构造的关系。这些含矿地区相当于开张地带。但是,似乎还不可能进一步确切地将其纳入全球构造中去。因为,一方面,对于古老的年代,如发生主要矿化作用的晚前寒武纪,俯冲消亡带或扩张带的特性尚待研

究,另一方面,对于近代时期出现的尚须研究的问题有:

1)不清楚的问题:德国和波兰的蔡希斯坦统是产在晚期北海西俯冲消亡带上的呢?还是产在早期前阿尔卑斯扩张带上?博累奥上新统是与晚期内华达-拉拉米俯冲消亡带相关?还是与东太平洋中脊的扩张相关?

2)与俯冲消亡带的直接关系:科罗科罗位于安第斯造山俯冲消亡带之上。

3)与扩张带的直接关系:安哥拉和加蓬的早白垩世矿床正好位于大西洋开始形成时期的中大西洋中脊上。

然而,可以肯定,在造山俯冲消亡的情况下,在晚期——“造山期后”形成了含矿岩系,这时,形成含矿岩系的地区受到了张力作用,而这种张力作用是在俯冲消亡作用时出现硅铝质脊而产生的地壳均衡运动造成的。

此外还应指出围岩岩系具有“造山期后”的特定的年代:

前寒武纪最后一个旋回的末期,占这种类型矿床铜储量的78.5%,包括赞比亚、沙巴、怀特潘、乌多坎、前阿特拉斯、提姆纳等地区;

泥盆纪到石炭纪(加里东期后):杰兹卡兹甘矿区;

二迭纪、三迭纪(海西期后):曼斯菲尔德和卢宾矿区;

拉拉米期后:科罗科罗(渐新-中新世),博累奥(上新世)矿区;例外的是安哥拉和加蓬沿海盆地的下白垩统。

与岩浆作用的关系

在任何一个矿区,矿体和岩浆岩之间似乎没有联系,其空间-时间上的关系好象也不密切。然而,这种不密切的关系从一个矿区到另一个矿区,却非常相似,但模糊不清。因此必须进一步予以确定。

火山岩

在含矿海侵岩系之下,往往有强烈的火山喷发现象。只有乌多坎、赞比亚铜矿带和沙巴(除非粘土-滑石质岩石属于火山成因)例外。在沙巴,火山碎屑岩分布在罗安组的主要含矿层的顶板。

在含铜矿化最富的地区,火山岩主要为玄武岩,但是也有酸性玢岩。相当于这些岩石的岩浆岩系的特点尚待研究。

岩脉或岩床状晚期辉长岩类岩石

在没有火山岩分布的地区,见有岩脉或岩床状辉长岩类岩石穿切含矿岩系,尤其是在赞比亚、沙巴、乌多坎和摩洛哥的前阿特拉斯可以见到这种情况。A.卡波尼(1963年)对沙巴地区、E.弗沃莱特(1973年)和M.沙迪(1971年)对摩洛哥前阿特拉斯地区均提出了这些岩石与含铜矿化之间的关系问题。

与气候的关系

对这个问题已有许多论述,但是许多论点仍然是推测性的。岩系底部的红色岩相被认为是热带潮湿气候的产物。蒸发岩可在许多不同的气候条件下发育。按K.H.韦德波尔(1964年)的观点,蔡希斯坦含铜页岩沉积层中的植物化石属于在湿度较小的气候条件下发育的植物群。此外,也不要忘记在加丹加群的岩系中有冰碛层。

由细粒沉积作用过渡到还原相似乎不是气候变化的结果,而是由海侵本身引起的。

矿床规模与成分

规模特征

把现在整理的资料和1972年发表的法国地质矿产勘查局第57期论文集刊载的资料(1968年底以前的资料)相比较是一件有意义的工作。由于填补了一些空白和补充了一些新发现(第一次统计表中44个矿区,现在是87个矿区),现在的资料就更加完整。

所研究的这些矿床在未开采前共含金属铜约一亿六千万吨,到1971年底,已采出了四分之一左右。

如表1所示,这种类型的铜矿在铜金属储量方面占第二位,仅次于斑岩铜矿。这种类型的铜矿和斑岩铜矿一样,比黄铁型铜矿更为重要⁽¹⁾。这种类型矿床全部矿石储量的总的平均品位为2.40%(第一次统计表中为2.57%),因此品位很高,比第一次统计表中的斑岩铜矿的品位(1.01%)高得多。

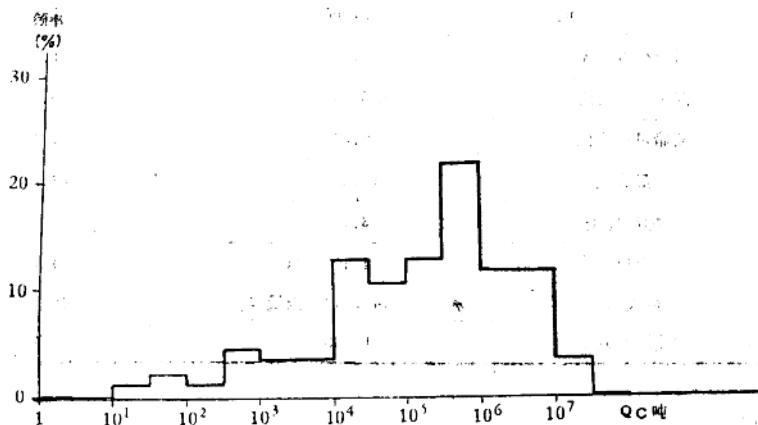


图2 含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿区的矿层中金属含量Qc的直方图

表1 三个主要类型铜矿床铜金属储量(Qc)所占的比例

类 型	地质矿产勘查局论文集第57期统计数		现在统计资料储量	占总储量%
	储 量	占总储量%		
含铜页岩、泥灰岩和砂岩型	10,500 万吨	28	16,000 万吨	29
斑岩型	19,000 万吨	47.5	28,000 万吨	51
与火山岩密切相关的黄铁型	3,800 万吨	9.5	4,200 万吨	7.5
其他类型	6,700 万吨	17	6,800 万吨	12.5
总 计	40,000 万吨	100	55,000 万吨	100

(1) 由于没有发现新的大矿床以及由于某些矿区的重新分类,黄铁型铜矿床似乎没有太大的变化。特别是芒特艾萨、鲁贝克里克和图纳赫矿区已被认为不属于黄铁型。与西班牙韦尔发矿区下部网状脉相当的那部分矿石的远景并未计算在内,但是,对斑岩和砂岩这两种类型来说,其重要的潜在可能性在东欧的一些地区就也未计算。因此,对这三种类型之间的相对重要性应给予足够的注意。

富集指数，品位加权的金属储量超过 500 万eqt（以 100 % 计算的金属当量/吨），而第一次统计表中为 350 万eqt。斑岩铜矿可能大大低于此数，但未进行过计算。

表 2 所示系第一次统计表中中和现在整理的资料中按矿区分布的统计参数的对比资料。平均值或中值变化不大，标准偏差有些减少，但仍很大，超过第一次统计表中其他类型的分布标准偏差很多。

表2 含铜页岩、泥灰岩和砂岩类型矿区铜金属储量 (Qc)、品位 (m) 和富集指数 (i) 的分布的统计参数 (eqt=以100%计算的当量/吨)

		地质矿产勘查局论文集第57期统计数	现在统计的资料
矿 区 数 目		44	87
Qc (金属量)	ΣQc (金属量总和)	7,250 万吨	14,000 万吨
	中 值	225,000 吨	140,000 吨
	最 大 值	2,000 万吨	2,000 万吨
	对数标准偏差	1.502	1.318
品 位 %	按矿床平均值	3.25	3.49
	按储量平均值	2.34	2.60
	最大值	17.5	17.5
	标准偏差	3.23	2.75
富集指数 i	中值	4,500 当量/吨	4,100 当量/吨
	最大值	541,257 当量/吨	561,802 当量/吨
	对数标准偏差	1.468	1.409

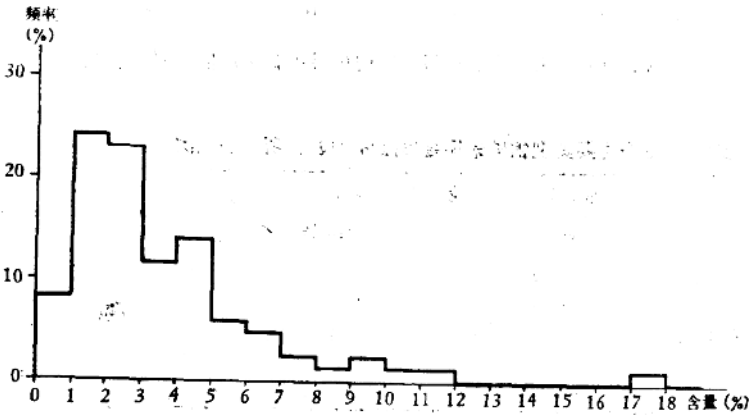


图3 含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿区的岩层中品位直方图

因此，可以看出含铜页岩、泥灰岩和砂岩无论在储量方面还是在品位方面都具有重要的意义。这种类型拥有最富或最大的矿床。目前采用的边界品位比其他类型还高得

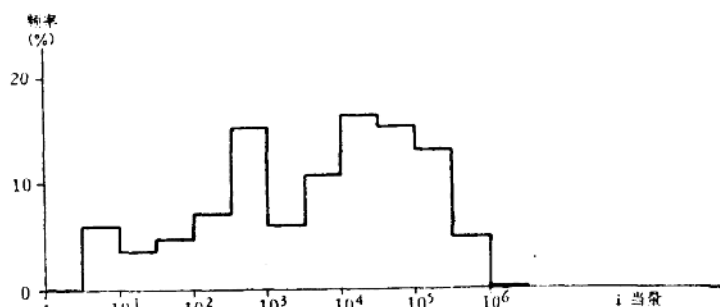


图4 含铜页岩、泥灰岩和砂岩矿区的岩层中富集指数 (i) 的直方图 (eqt=以100%计算的当量/吨)

多, 因此, 品位较低的潜在矿石已成为优先勘探的目标。但这种类型的金属储量和品位比其他类型分散性大, 这就需要查明形成储量大、品位高的矿床的各种因素。

矿石: 按母岩种类、母岩构造和化学-矿物含量的分布情况

由于发现了许多新矿床, 因此引起了对砂岩铜矿 (指狭义的砂岩铜矿——编者) 的重视。砂岩铜矿的重要性迄今仍限于赞比亚铜矿带, 这里砂岩铜矿约占铜金属储量的60%。E. 康斯坦丁诺维奇 (1973年) 指出, 实际上, 在卢宾有46%的金属储量存在于砂岩中; 在乌多坎, 矿化作用完全发生在砂岩层内。在一亿六千万吨铜金属总储量中, 约三分之一来自砂岩矿石, 其余三分之二来自碳酸盐含量不一的页岩。

所研究的矿石与其他类型矿石相比, 其基本特点之一是母岩 (砂岩、粘土或泥灰岩) 的重要性。典型矿床一般不含或很少含脉石。不含金属的造岩矿物主要来自母岩、碎屑或新产生的物质 (石英、铝硅酸盐、往往属白云质的碳酸盐)。母岩的沉积构造一般都保存了下来, 沉积同期形成的许多形象 (波痕、交错层理、滑动、重荷模。微断层……) 在大部分矿区的标本中都可见到, 这说明含铜页岩和泥灰岩矿床是在浅水下 (一般为海相和 (或) 泻湖相) 沉积的, 它们有时可以侧向过渡为沙丘 (赞比亚); 例外的是在山前地带大陆三角洲环境形成的某些砂岩矿床 (杰兹卡兹甘, 乌多坎, 科罗科罗。编者注: 据苏联资料, 前两矿床属泻湖-三角洲相)。所含矿物有时早于沉积同期形成的构造, 例如人们提到的孔雀石、硅孔雀石的滚圆碎屑颗粒 (苏联乌多坎), 或具有孔雀石被膜的硫化物碎屑颗粒 (摩洛哥, 萨哈罗, 乌多坎) 就说明了这一点, 这些观察到的现象特别有说服力。广泛分布的硫化物常常是新生成的, 它们或是空隙充填的 (其粒度与造岩矿物相仿); 或是沿层理形成薄层; 或是在微裂隙内呈细脉状; 或是呈斑状变晶、结核或微细球状。

从化学和矿物学方面看, 这种类型矿石含硫和铁比较少, 也就是说含黄铁矿很少。这种矿床不仅黄铁矿较贫, 而且也没有块状黄铁矿矿石 (与火山岩密切相关的矿床所特有的脉石)。此外这些矿床的化学特点是每个矿床至少有一个原生辉铜矿带, 如果按带划分则该带可依次过渡为斑铜矿带, 黄铜矿带和黄铁矿带。除这些侧向变化外, 还须指出, 各矿区黄铁矿的平均含量差别很大。含铜砂岩矿床中硫和铁明显减少, 甚至在科罗