

山东冶金地质参考资料

(当代地质)

冶金工业部
山东地质勘探公司 情报组

1988.10

地质参考资料汇编目录

1、矿床学的新进展概述.....	1
2、区域成矿分析若干问题.....	3
3、成矿模式与成矿系列.....	11
4、现代成矿作用的研究及其意义.....	14
5、层控矿床.....	18
6、新发现的重要矿床类型.....	21
7、裂谷与矿产.....	26
8、谈类花岗岩与金属成矿作用.....	29
9、矿床地球化学.....	40
10、混合岩化和混合岩化作用.....	44
11、岩浆作用及岩浆岩概述.....	46
12、区域变质作用与大地构造的关系.....	50
13、变质作用类型、变质期次和变质旋迴.....	64
14、变质实验岩石学和变质反应.....	67
15、变质岩地球化学.....	60
16、交代岩岩石学.....	62
17、浊流沉积与等深流沉积.....	67
18、论断裂变质作用.....	71
19、花岗岩的成因类型.....	80
20、硅酸盐熔体包裹体研究的新进展.....	84
21、大陆推覆体构造.....	88
22、韧性剪切带.....	91
23、板块构造研究的新进展.....	93
24、海沟—岛弧—弧后盆地体系及俯冲带.....	97

矿床学的新进展概述

涂 光 炽

当前,世界矿产资源总的发展趋势是资源品种不断扩大,品位要求逐渐降低;新的矿床类型有所增加;南极、海水和海底矿产资源的开发利用已提到日程上来。综合找矿、综合评价、综合开发、综合利用更为加强(西方的钾盐矿很少是以找钾为目的发现的,而多半是在勘探油气和煤炭资源时找到的,如加拿大、法国);非金属矿产日益显示其重要性,产值为金属矿产之两倍,但研究水平低于金属矿产;普遍重视经济效益;对矿产资源的保护逐步在采取立法和行政措施;矿产资源的发展趋势已成为讨论的热门课题等。

十年来国外金属矿产找矿领域的重大进展莫过于元古界和斑岩型矿床。澳大利亚、加拿大主要是中元古代大量不整合脉型铀矿的发现使世界铀矿储量增长很多。南澳大利亚奥弗巴尔德中元古代巨型铜—钼—金—稀土—铁综合矿床的初步勘探和评价已证实了它的到今为止,人类找矿史上最大的突破。在南北美洲西部、中东等找到了较多的斑岩铜矿。除了早已为矿床学界所熟知的斑岩铜矿、钼矿外,又新开拓了斑岩钨矿(中国、加拿大)、斑岩锡矿(玻利维亚、中国)和具备若干斑岩型矿床特征的斑岩铀矿(纳米比亚)、斑岩铅锌矿和斑岩金矿。晚近形成的斑岩矿床与聚敛板块构造及I型花岗岩类关系密切。氧同位素研究表明,除岩浆热液起了主导成矿作用外,也有大气降水的参与。气液包体工作说明前者盐度高,后者盐度低。对斑岩铜矿床,最近划分了花岗岩型(或称Climax型)和石英二长岩两种类型。

随着现代海底成矿作用在太平洋中脊、红海等地的发现,对与海相火山活动有关的块状硫化物矿床研究的兴趣大大地复活了。研究的内容包括它们与不同构造背景、岩石组合的关系,蚀变和成因等。在贱金属矿床分类上,一般倾向三分,即①铜或铜锌矿床,主要与铁镁质火山岩有关,多产于各个时代;②铅锌铜矿床,赋存于长英质的火山岩和火山沉积岩中,元古代和之后的地层中多见;③铅锌矿床,则多产于以砂泥质岩石为主岩的地层中,火山作用不如前二者明显。近来,还有部分学者将某些钨矿床与钽石硫化物矿床与中基性海底火山作用联系起来。

在沉积矿床方面,人们更多考虑到成矿物质来自深部的可能性,这包括某些天然气田的部分深成气,若干膏盐物质的深部来源等。一些近去被认为是典型的陆源沉积矿床,如苏联奇亚图尔锰矿,最近也被认为是热泉从深部带来锰在盆地中形成的。深部物质可经火山喷溢、火山沉积、断裂、对流、热卤水、热泉等方式带到地表。上升洋流被认为与磷块岩、含铜页岩、某些条带状铁矿等的成矿物质来源有关。红土化作用与一些三水铝矿、风化壳型铝矿形成关系的研究是一个受到重视的课题,重点地区在北澳大利亚和太平洋西南诸岛屿。

近来,层控矿床的讨论进展很快,并通过层控理论找到了一批矿产(如奥地利、阿根廷和巴西的层控白钨矿床)。但对层控矿产的理解很不一致,发展也不平衡。在西欧、加拿大、澳大利亚的矿床界,讨论层控的气氛十分浓厚,相形之下,经典矿床学最发达的美、苏反而落后了。目前,较多学者认为层控矿床的形成包括了多种地质作用,成矿历史较长。在无可争议的层控砂岩型铜、铀矿床,碳酸岩型铅锌矿床与某些汞矿床的研究方面近年来取得了较多的

成果。对一些克拉克值很低的元素来说,人们愈来愈认识到后期的活化改造对成矿的重要意义。加拿大、南非等地产于太古代绿岩带中的金矿床大多是后成的,金本身是太古代产物,但呈分散状、成矿与后期岩浆活动、构造变动或变质作用有关。我国南方一些沉积改造型铀矿可赋存于从震旦纪到二叠纪的地层中,但成矿则都在燕山晚期或稍晚一些。

人们对花岗岩类与成矿关系的认识已不像四、五十年代那样绝对化;某些学者甚至认为花岗岩浆只供给热量使被侵入岩石中的元素活化成矿,但多数人不排除岩浆分异交代作用与某些铌、钽、钨、锡矿床的密切联系。在不久前结束的国际地质对比计划项目——“酸性岩浆活动与有关矿床”的讨论中对如何区别含矿岩体与非含矿岩体未能取得一致意见,但不少人认为岩体分异完善、金属及挥发分本底较高等是成矿的先决条件。花岗岩类成因类型的划分及与成矿作用的联系是近来讨论热烈的课题,并提出了若干大同小异的,以两分法或三分法为基础的分类方案。

对前寒武纪成矿理论的较新进展主要体现在:①大致肯定了大量条带状铁矿的搬运及沉积和古绿岩型金铀矿床的形成均与20亿年前的缺氧环境有关,而太古代块状硫化物矿床中铅的明显缺失则与当时的绿岩缺少不相容元素有关;②太古代不同变质地区与矿化发育的关系,似乎倾向于认为高级变质区中矿床不甚发育,而低级变质的花岗岩—绿岩区则具备较多矿床类型:金、铜—镍、块状硫化物与条带状铁矿、铬、温石棉;③条带状含铁建造的类型划分,大地构造背景,沉积环境,硅铁来源,与海底火山活动的联系。多数同意将条带状含铁建造划分为阿尔戈马型与苏必利尔型。

在矿床分布规律方面,苏联学者仍多沿用地槽、地台发育观点,但较普遍地接受了活化地台这一概念。西方学者则多试图以板块构造理论,或板块与槽台结合以解释某些类型矿床的分布。对斑岩铜矿、块状硫化物矿床、锡矿等与板块下插、碰撞的关系进行了探讨,目前还缺乏成熟的见解。近年来裂谷与矿床的成因空间联系,已受到广泛的注意,已联系到裂谷与金刚石、碳酸岩、一些有色金属矿床、膏盐矿床等的密切关系。条带状铁矿常处于古大陆块体边缘的观察也受到人们的关注。大型推复体与一些油气田的共存关系为深部开拓展示了广阔的远景。近年来成矿同生构造引起了人们的重视。对奥林匹克坝矿床的初步研究说明成矿环境是古泥石流,二者都受活动裂谷控制。一些块状硫化物矿床,澳大利亚布罗肯山和埃莎山铅锌矿,我国凡口、花垣铅锌矿和一些油田等的形成也和成矿同生构造有关。

金属、非金属矿床、煤炭、油气、蒸发岩等过去被作为独立的、分割的领域被人们研究和开发。目前,它们之间的内在联系已受到重视。煤成气是天然气的重要组成部分,有些金属矿床过去可能是古油藏,而蒸发岩则不仅是某些油气藏的重要盖层,它还可能生油气,而它所含的碱金属和挥发分与岩浆热液的结合是一些矿床形成的关键所在。盐湖则是浅层生物气的有利形成地带。

近年来成矿模式的研究为大家所关注。它包括具体矿床或某一些类型矿床的成矿模式。它不仅概括地总结了成矿全过程,而且也是据以寻找新矿床的理论依据。美国密苏里东南铅锌矿以油田卤水淋滤基底前寒武系和寒武纪砂岩中的铅锌的成矿模式对这一地区开拓新资源已起了指导作用。2/3的日本黑矿发现于60年代之后,也归功于黑矿成矿模式的研究与深部地球物理工作的结合。

一些矿床多成因、多来源、多阶段的发育历史已为更多研究工作所证实。新近出版的美国经济地质杂志发行75周年纪念论文集提供了另一批实例。如不少不整合脉型铀矿床经历四个阶段:沉积预富集,变质作用使品位提高,不整合面上的表生富集与砂岩盖层下的重新活化,整个成矿历史超过10亿年。块状硫化物矿床与某些贱金属矿床的金属、硫和成矿溶液常包括多重来源。

在矿产资源的寻找和研究方面,野外观测、实验手段与方法日趋多样化并向深度发展。气液

包体、稳定同位素、微量元素、成矿实验和热力学的结合似乎是大势所趋。近来，信息系统和遥感在一些国家得到快速的发展，如美国地质调查所就储存了近五万个矿床的多种信息。微量元素，特别是稀土和稀有气体的含量、配分、比值研究推广很快。硫同位素进展不多，但氧、碳、氢同位素应用领域日渐开阔。目前，仍多侧重介质对同位素分馏机制的影响。低温领域的成矿实验较前多见。包体的成分分析与氢氧同位素测定受到更广泛的重视。爆破法在测温在西方已停止使用十多年了，但在苏联仍继续应用。热力学与具体矿床的矿物共生组合，溶解度实验等结合得更密切。地球化学的深部地球物理方法日趋综合、完善，发现了不少隐伏矿床。

我国矿产资源的发现和研究在解放后有重要和快速的发展：求得储量的矿种已达140余种，相当一部分矿种可以保证一定时期国民经济发展的需要；找到了一批新类型矿床（如白云鄂博稀土—铁—铈矿床，莲花山斑岩钨矿等）；在成矿规律、成矿理论上有不少新的中肯的认识；野外与室内观测分析手段尚称齐备。但与国外新的进展相对比，在不少方面尚存在较大差距，主要是：①信息不快，信息系统刚开始建立；②缺乏创新精神，对国际上的新见解、新学说照搬多，结合我国特点创新少；③对一些重大资源问题，如南方碳酸盐地层生油问题、我国裂谷系统与成矿作用等战略性问题缺少对策，系统工作，综合分析都很不够；④基础资料和基础理论尚未受到应有重视，缺少长期的探索性研究；⑤综合找矿、综合评价、综合开发、综合作用体现很差，主要受一些人为因素干扰，重要技术也未过关，经济效益差；⑥新技术、新方法的获得不够及时，获得后使用效率不高；⑦对本世纪末、下世纪初的矿产资源发展趋势尚未展开必要的讨论。

摘自《当代地质科学动向》

度正日益加大，找矿的效果正日益降低，这就是当前面临的形势。因此，为了提高找矿效果，包括向深部的隐伏矿进军，除了必须继续发展各种有效的普查找矿技术方法外，必须大力研究发展区域成矿分析，加强找矿的理论指导。为此，必须破除多年来就“（老）矿”找矿带来的一些狭隘的习惯认识，才能正确认清形势，也才有可能认识基础地质和区域成矿分析的重要性。而各种基础地质调查研究，又必须通过研究成矿规律，进行区域成矿分析，才能更好地为地质—找矿服务。其实，任何有效的找矿技术方法，都必须在地质成矿的理论指导下进行工作。否则，盲目地使用技术方法，即使是先进的，也必然带来严重的浪费。所以，区域成矿分析的重要性，已由地质找矿工作面临的新形势，而被提到重要日程上来了。

人类历史阶段的各种成矿理论，实质上都是假说，都是在一定地质空间根据一定的现象和事实所得出的一些认识。因此，这些认识对全世界来说，可能有其普遍性的一面，同时又往往有着特定地区的特殊性的一面，有时后者还是主要的，因而它们往往带有不同程度的片面性。因此，适用于中国的成矿理论，应是既有反映全世界普遍性的一面，又要有充分反映中国区域成矿特征的特殊性的一面。所以，对于外国成矿理论的衡量、鉴别，其基本的出发点是，必须以是否符合我国成矿特征实际为标准。学习外国的一些（决不是所有的）成矿理论，只是因为对中国有用，决不是因为新鲜和流行。学习实用中，既不能视而不见，更不能人云亦云，甚至当作教条。有的理论，明明是中国人先提出的，为什么好像要在外国人认可后才能承认，或是外国人后提出也只承认外国人的，这种作风与我们中华民族的伟大气节没有任何共同之处。

区域成矿分析中，如同任何科学研究一样，首先应当尊重的是客观事实，而不是某种“权威”或流行的理论，更不宜照套某些不切合实际的成矿理论，或将复杂多样的客观事物简单化，必须从全面看问题，发展地看问题。对科学问题的结论，只有通过科学历史的检验，而不是其它任何途径，才能作出。同时，必须分清内因和外因，抓住主要矛盾和矛盾的主要方面。要反对主次不分，成矿的多源、多期、多成因等等在一定条件下是客观存在的，但其中都应当有着一个主要的，即起主导作用的，笼统地考虑多种因素，表面上看起来似乎很全面，实际上是主次不分而无法认清事物的本来面目。

区域成矿分析，如同任何科学一样，将不断辩证地发展，即不断地扬弃陈旧的，修正不正确的，和建立新的认识。当然，其中也包括了对我们自己认识的修正，这是科学历史发展的必然。因此，为了发展区域成矿分析，衷心欢迎大家的批评和指正。！

一、一种矿产的分类

矿产，从它所具有的可资利用的特性而言，可以大致分为下列两类：

1. 利用其物质组分的矿产。这类矿产是现代矿产中的大部分，在整个矿产的产值中占有主要比重。除了以自然元素产出的几种矿产以外，其余都需经过冶炼或提取，才能为人类所利用。这类矿产就其成矿物质的性质，可进一步划分为无机质和有机质两类。有机质的矿产，如煤、石油、天然气等。无机质的矿产，包括金属和非金属两亚类。前者如金、银、铜、铁、锡等，后者如磷块岩、钾盐、硫磺等。

2. 直接利用其物理性质的矿产。如云母、压电石英、兰石棉、宝石、石材等等。其中包括了人类原始的石器时代最早利用的石材，也包括现代尖端工业利用的许多具有特殊性能的矿产，

随着这类工业的飞速发展,其产值正在快速增长,可以预期不久的将来还将增加许多新的矿产种类。现在,对于这类矿产的重视程度,总体说来还是不够的,亟待加强。

上述各类矿产,其性质不同,生成条件有别,成矿物质来源各异,区域成矿分析中需要抓住的主要矛盾和主要矛盾方面也不同。

二、成矿的地质背景

矿产是一类特殊的地质体,它们同所有的矿物和岩石一样,大多数都主要分别形成于生成三大岩类之一的地质环境中。进行区域成矿分析,必须首先探讨矿产所经历的主要成矿期的地质背景。在不同时间和空间中产生的具有相似形成背景的矿产,都有其基本的共同性。而又有具体的特殊性。进行区域成矿分析,既要由特性到共性,也要从共性到特性。到头来,还要对具体问题作具体分析,才能进行矿产预测,指出找矿方向。在这里从成矿地质背景的共性出发,提出一些在成矿分析中值得注意和讨论的问题。

如对于产出在一些沉积盆地的矿产,不论它们主要形成于沉积阶段和成岩阶段,还是成岩以后的非岩浆活动或非变质阶段,即广义的“沉积矿产”,了解沉积盆地的形成地质背景,及其发展过程中的地壳变动、古地理变化、所形成的岩相建造及其矿物、岩石、地球化学、地球物理特征等情况,甚至探讨盆地外圈的古地理情况,都是分析成矿区域地质背景和区域成矿特征所必须进行的综合研究工作。

如对于在成因上同岩浆活动有密切关系的矿产,则需了解控制和影响岩浆活动及其时、空变化的构造因素、岩浆活动成因的划分与岩浆演化的时、空特征、成矿专属性等等情况。在火山活动地区,还需了解火山活动的方式、火山机体的区域性特征及其与一定的成矿作用的关系等等。

又如对产于区域变质岩石分布地区的(受)变质和变成矿产,一般不仅要了解变质岩系的层序、岩性和建造特征(包括岩石学、地球化学、地球物理特征)、变质作用的性质和变质程度等情况,还需探讨变质前的原岩建造特征及其形成地质环境以及变质作用产生的构造前提等问题。这样才有可能使成矿分析达到一定的水平,取得一定的实际效果。

必须指出:不论在时间或空间上,在自然界还存在着上述三大类成矿地质背景之间的相互过渡或交叉的事实。如在火山岩系发育地区,在空间上可能从一个兼有爆发和喷发特征的火山活动中心逐渐向边缘的火山沉积区,甚至更远的沉积区过渡。同样,从一套火山沉积岩系的层序上,也可体现为一定的火山活动时代可由以海相中、基性喷发为主的早期,经以海陆交替相酸性火山碎屑堆积为主的中期,过渡到以陆相火山沉积与正常沉积交替出现的晚期等等。又如,一定地质时代的地台区未变质的含矿细碎屑建造,可经过过渡性的凹陷区形成的轻微变质的相应含矿建造,到活动性大的槽区所最终形成的变质较深的含矿火山沉积建造等等。在这类复杂情况下,更需针对实际情况,进行实事求是的综合分析。

三、成矿的物质来源

矿产来源于成矿物质,而成矿物又必有其来源。在沉积岩地区生成的“沉积矿产”的成矿物质来源,相对地比较简单一些。至于岩浆成因矿产和变质矿产的成矿物质来源,就比较复杂,有时可能有着不止一个的来源,其中有的还得到一些稳定同位素数据的解释的支持,但多个来源中

也必定只有一个主要来源。

成矿物质的来源，可以存在着由远到近不同的远程度，直至就地“土生土长”。从另一个角度看，成矿物质的来源，又可以就与其共生地质体的关系，分为直接来源与间接来源。

对于利用其物质组分的那一类矿产，其中有机质的矿产，一般说来是就地形成的“沉积矿产”；如大量的煤都是在沼泽盆地中形成后经沉积物覆盖起来，至油、气的生油层也可以说是就地形成。至于贮油层则往往是油、气经过不同距离的运移后产生的。无机质的矿产的情况是复杂多样的，如岩浆成因矿床中，与超基性岩有关的铬、铂、金刚石等，一般认为与来自地幔的上述岩石直接相关，即来自其远（深）的直接来源。与较酸性的花岗岩类有关的，则部分来自壳源，在其上升过程中，还继续有壳源物质加入，并包括来自浅部侵位时的同化—混染，由此与其有关矿产的间接来源因素也在增加。红海海底的岩浆作用和含矿热卤水活动，是现代的成矿作用，并提供了成矿的物质来源。一些金属矿的次生富集，也是近期的“就地取材”的成矿作用。变质矿产的物质来源问题，实质上包括了对原有地质体中成矿物质的来源和变质作用的性质与程度的探索，前者对于受变质矿产是主要的问题，而后者对于变成矿产的形成也是重要因素。对于直接利用其物理性质的矿产，往往是具体生成条件，比诸物质来源，有着更重要的意义。如对于宝玉石来说，二氧化硅的供给来源较多，而合适的成矿条件则具有较大的局限性；又如在区域变质地区，富铝的层位虽在一定的原岩建造中较为常见，但只有在高级角闪岩相的地段，才有可能找到可供利用的蓝晶石矿床的可能性。

成矿物质来源的载体，即成矿的地质体，不一定局限于地层，地层只是诸多载体中的一种，因而“矿源层”这个名词有它的局限性，不如称作矿源体为好。

就某些层控矿床而言，它的形成和分布，往往是受着一定层位的控制。层控成矿论者认为，含矿层位就是成矿物质的重要或主要来源所在。但需指出：虽然在一定的地质历史阶段，就存在着一些富含某些有用物质的层位，但其中大多数或绝大多数都未达到可供开采利用的程度，即尚未形成矿床，只有经过不同介质或作用的运移富集，才会形成矿床。可见，在这种情况下，物质来源是成矿之前的一个阶段的问题，而成矿则是在它之后的另一个阶段的问题。因此，如将说明成矿前的物质来源的“层控”，当作成矿时的矿体类型来命名，似欠妥当，即与矿床类型的命名原则有所不符。而矿床类型，应主要以成矿时的主要特征来命名。

四、影响成矿的地质因素

有了成矿的物质来源，往往还需要通过一定介质的运移、富集，并在一定的地质背景中，于各种有关地质因素的影响下，才能具体地形成矿产，也就是使成矿物质得以富集、赋存在含矿的地质体中，并达到可资开采利用的富集程度。上述介质，可能是气体，也可能是液体，例如在不同压力下具有不同温度的各种不同来源的热液，有的与岩浆作用有关，有的与变质作用有关，有的与混合岩化作用有关，有的是地下热水等等。对于沉积阶段和成岩阶段形成的沉积矿产来讲，这些介质是基本上在常温常压条件下的地表水和接近地表的地下水。

在任何情况下，并不是有了成矿物质的来源，即矿源体，就都能成矿。同样地，并不是在任何含矿地质体中，到处都是矿。所以问题是在什么具体条件下能够成矿？而在含矿地质体中，又在什么部位有着什么样的矿？这些正是当前应当着力研究的问题，也正是世界上正在共同注意的

问题。否则，不解决这些问题，就解决不了具体的理论指导找矿问题。

各种影响成矿的地质因素，对于不同条件下的成矿作用，其影响各不相同。但是，在不同的时间和空间中，各种影响成矿的地质因素中，必然有着起主导作用的主要因素。

首先，区域的大地构造特性，决定了产生三大岩类和有关矿产的各种地质作用在其中所起的不同作用及其不同的演化规律，也决定了区域的地球化学和地球物理的特征。所以，它构成了整个区域的成矿的地质背景。至于现行的一些大地构造认识，是否恰如其分地反映了当时当地的实际情况，那是确实存在的另一个问题。例如，一个海底的深大断裂，可以引起地槽沉降带的产生，又可以是板块缝合线的所在。由此，在有些情况下导致了一系列矿源体的产生、形成、发展、演化，以致矿产的生成。

其次，对于一定地区内具体的矿产，其影响成矿的地质因素，都是各种地质作用的产物，其中也包括各种岩石的矿物、岩石、地球化学、岩相等特征，也包括了具体构造在内。如对于同生矿床来讲，不同矿产与其共生岩石的类别和特征往往有一定的内在联系，如铬、镍之与超基性、基性岩，膏、盐之与蒸发岩建造的沉积岩类，刚玉之与混合岩化的高级角闪岩相地区的高铝沉积岩类，等等。对于后生矿床而言，其中交代成因矿床的容矿（储矿）岩石的物理性质、化学特征和物理化学性质，对它们的形成，往往有重要的影响，又如成矿前及成矿期的构造，可以成为成矿物质迁移的通道，和成矿物质赋存的场所，而成矿后的构造，则使已经形成的矿产发生变动和变化。

问题是需要对各种因素，分别其实际所起作用的大小，予以实事求是的估量和评价，以作为具体成矿预测的基础。一些地质数学（Geomathematics，近二十年来习称“数学地质”，但其含义甚不确切，故改用此后出的术语）的预测方法，正是企图应用统计学概念来表达这种估价。当然，在现阶段的成矿预测中，实际起着主要作用的还是地质类比法，即使将来地质数学的预测方法更加成熟完善时，也仍然需要与地质类比法相结合，并以其为基础。在成矿预测中，任何脱离地质成矿特征的统计学方法，都必将导致谬误。而且，实际上是区域的规模愈小，往往成矿预测的要求愈具体，难度愈大，其成矿预测的现实成熟程度也愈低。这正是应当努力解决的问题所在。

五、成矿的时间和空间

矿产形成在一定的时间和空间中，其规律也表现在一定的时间和空间中。回顾历史，成矿规律的认识，往往是从空间规律性开始，逐步走到空间加时间，即矿产成因的规律性认识。成矿规律学中对空间及时间规律的认识，在很大程度上体现为对成矿区域及成矿时代的研究和划分。

在许多成矿区域中，由于经历过不止一次的地质作用，由此导致了不止一次的（即多期的）成矿作用，而在一定地区内基于区域地球化学特征的相似性，同一种或同一组矿产在不同时代多次得以富集成矿，表现为多个成矿时代，并不断重复生成相同矿种或矿组的矿产，因而表现为区域的成矿继承性。由于不同成矿时代具体地质背景的差异又可以不同的矿床类型产出，而在区域的地质发展历史中，又由于不同成矿时代区域地质背景和地球化学特征的差异性，发生了不同的地质作用，并导致了不同的成矿作用和矿产的生成表现为不断新生的一面，由此不断生成新的不同矿种（组）的矿床。这种由于不同的差异性所产生的不同矿种（组）及不同类型的顺序形成，

就是成矿系（序）列。

这种成矿的新生性与继承性的结合，是普遍存在的客观事实，也是我国成矿规律的基本特征之一。成矿的新生性是人们公认无疑的，而需要注意的是成矿继承性，实质上后者就是区域地球化学特征的继承性。这就要求我们在成矿预测中不要受某个已知成矿时代所局限，而要考虑到可能存在的其他成矿时代以其意义。当然，同时也必须承认，在任何一个成矿区中的任何一种（组）矿产，都必定有着一个相对主要的成矿时代，即不同成矿时代的成矿强度必然存在着差异。所有以上这些问题，都是在区域成矿分析中必须考虑的问题。

六、成矿系列

我们从一定成矿时期，一定地区的成矿地质背景的统一性和具体成矿条件的差异性，以及区域成矿作用的发展全过程考虑，先在1975年提出了铁矿类型组（类型组合、成矿地质体组合）和铁成矿系列，后来又把这种分析研究扩大到所有矿产，当然这项工作才开始，有待于不断的补充与修正。根据现在的认识，“成矿系列是由两个或更多的矿床类型所组成，它们分别含有一定的（共同的及或各自的）有用组分，产出在一定地质单元内的不同地质部位，其具体的生成地质条件虽有所不同，但都在一定的主要地质作用的影响之下，主要形成于一定的地质历史时期（即统称的成矿期）的同一或不同阶段，且从区域地质的发展历史角度来考虑，彼此之间存在着内在的联系，并构成一个四维成矿整体，即一个成矿系列”。另一方面，自1958年以来，已从岩浆岩成矿属性出发，也导致了与岩浆作用有关的成矿序（系）列的认识，即不同矿种（组）矿产的顺序形成。

每一成矿系列所包含的不同矿床类型，许多具有在空间上或时间上相关共生的特点，而各相应类型所含有的矿种或矿组，也有一定程度的相似性，即在不同地区，不同成矿期但具有相似的地质背景时，可大致重复出现。因此，在充分了解其区域地质、成矿特征的前提下，同一系列的不同类型常可互为区域性的或一个矿区内的找矿标志。当然，这种类型组合的重复出现和矿种或矿组组合上的相似性只是相对的，而且各地的发育程度也有差别。这是由于相似成矿地质背景在时、空上的具体差异性和成矿地质作用的演化与分异所产生的差异性所决定的。

研究矿床分类，建立成矿模型（式）划分成矿区和进行区域成矿分析，都必须同时考虑到在一定地质时间和地质空间中，在一定成矿条件下客观存在的成矿系（序）列，即不同矿种（组）以及不同矿床类型等的系（序）列关系，即顺序组合关系。也只有通过不断总结、分析大量实际资料，从而对上述各种关系取得较完整认识的基础上，才能逐渐完善矿床的成矿系（序）列，和由此出发的矿床分类和成矿模型（式）等等，将使它有可能象门捷列夫的化学元素周期律那样，具有高度的科学预见性。这正是我们争取日渐接近的奋斗目标。

区域成矿分析的基础，是区域地质、矿产的调查研究。为此，必须大力加强基础地质的调查研究工作，要深入细致地进行野外观察、记录、收集必要的实际资料，和进行必要的室内鉴定、测试、分析、综合、研究，由此取得规律性的认识。这意味着经历了野外、室内，往复认识的过程。必须反对任何的调查与研究脱节和野外与室内脱节，因为它违反了地质工作的客观规律，和割裂了对地质客体的认识。进行测试、分析的标本、样品，首先要有足够的代表性，其中包括充分了解其地质背景和根据任务需要使其合理的分布。而代表性的标本样品应该少而精，且具有最高的利用率，也就是用最小的工作量取得最大的地质效果。这样适量的测试、分析结果，和与其精度相适应的探讨，才能相对最有效地说明有关的地质成矿问题。否则，分析、测试愈多，浪费

愈大，并甚至得出错误的假象认识。对于各种地质作用的模拟实验，确是当前国内外着力探索的方向，但由于许多客观地质作用的时间及空间规模和因素条件的复杂性在实验室中尚难以模拟，因此已有的实验成果往往带有不同程度的片面性，这是应用有关成果进行推理时必须考虑到的问题。

对地质矿产客体的认识，实质上是永远没有完结的过程，地质、矿产研究的科学历史正是如此，甚至有些矿床开采完了而成因还在争论，历史说明了这些认识都还没有也还不可能达到最终真理。由此出发，对同一地质、矿产客体通过调查研究，从不同角度取得更多的认识，都应当受到欢迎。然而地质、矿产调查研究的力量也存在着如何合理分工协作、充分发挥各方面作用的问题。其中，首要的问题是要避免测试分析工作量的不必要的重复浪费。同时，在社会主义的大协作中，要有甘当配角的精神，当然主角和配角也只有相对的意义。

总之，我们只有不断地通过实践，认识，再实践，再认识的唯一途径，逐步完善区域成矿分析，以服务于地质—找矿实践，以达到综合找矿、综合评价、综合开发、综合利用，多快好省地为祖国四化建设服务。

我国是一个拥有九百六十万平方公里领土和广袤海域的伟大国家，在这个辽阔广大的区域中，其成矿特征的复杂多样，为地球上所罕见。因此，我们完全有条件创造世界上最先进的成矿规律理论。

参考文献（略）

摘自中国区域地质1982年第二辑

成矿模式与成矿系列

张炳熹 陈毓川

成矿模式与成矿系列是两个在矿床研究及勘查实践中都具有重要意义的概念。它们之间具有类似的一般涵义,但有不同的来源和具体内容。

成矿模式的概念主要发展于国外而近来引入国内的,成矿系列则主要是从国内长期矿床研究和勘查实践的经验总结中发展起来的。前者多局限于一个特定矿种的某一种成因类型,后者可概括在一个特定地区内,由一连串相关的地质作用形成的,在成因上互相有联系的,成因类型不尽相同的,一种或多种矿床的组合(系列)。

一、成 矿 模 式

模式一词来源于英文Model,也可译作模型。用模(型式)来描述某种复杂的自然现象或过程本身,或者对它内在的本质的特点加以揭示,是自然科学中常用的方法。在地质学方面,关于Model一词的定义,如美国地质协会出版的《地质词典》(1980第2版)所载,为“一种用描述、统计数据,或比拟对一种不能直接观察或难于观察的现象或作用(过程)的工作假说或精确的模拟(模式型)可由不同方法得出,例如用计算机、由立体照像或用比例的试验(Scale experiments)”。这个定义后半段则强调了数学的或实验的模拟。

矿床模式的建立,多由于找矿的需要。某一个有重大经济价值的矿床被发现和证实之后,随之而来的问题是如何和到哪里去找到第二个类似的矿床。“就矿找矿”实质上是在同样的一般地质背景的相邻地区寻找具体条件与已知矿床相似的矿床。这首先需要已知矿床的产状及其与周围地质环境的关系的具体了解,然后“按图索骥”,或“比猫画虎”找出有希望的地点加以验证。如果要想跳出“就矿找矿”的圈子,就需要连同已知矿区所在的地区地质背景条件一起研究,然后在类似地区预测靶区。典型矿床的研究、解剖,其意义即在于此。

对于某一个或某一类型矿床的认识,也必然要经过由感性到理性的过程。因此,在矿床模式中,外人习惯用“产状模式(occurrence model)”和“成因模式(genetic model)”来区分反映这两不同认识阶段的模式。前者也称为“描述的(descriptive)或经验的(empirical)”,是指未经成因方面的研究或研究不足而停留在对典型矿床的某些基本特征的模式化的表现;后者则试图用成因过程和机理,包括成矿物质来源、搬运和沉淀的过程和机理等成因的因素在内。本文标题所用的“成矿模式”一词,其涵义应侧重于后者。K. H. Wolf (1976)在《地质学中的概念模式》一文中使用了“概念模型”这个名词,意思是指“由实验室及野外观察可建立的理想模型”,并强调概念化模型在帮助从事找矿实践的地质学家们理解他们所要阐明的自然现象的复杂性方面的重要。其实,矿床方面的成因模式也应属于概念模式一类。

模式(型)的建立需要从自然界复杂的事物的无数的细节中挑选出具有控制意义的要素加以组合,或彼此联系起来,从而提出一个对某种现象或作用的理性知识的完整描述,这就必然受有

一定成分的主观因素的影响,因此它并不可能是一成不变的或者毫无争议的,特别是涉及难以直接观察的现象或作用(过程)。在各种因素(参数)中,地质科学模式中最重要的是“时间”和“空间”变量,因为与研究的问题有关的地质作用的进行及其各种产物之间的相互关系都可用时间和空间关系来把它们连串起来,并研究其相互关系和变化的过程。

模式有多种表达方式。常见的有图解—图画式,流程图表式,和概念化表格式。目前多数模式还处于定性的阶段,随着研究的进展,正在逐步走向量化。在建立地质模型的数学化工作中,概念模型的建立是第一步。

在各种模式中,国外近年来认为在实际找矿中见有成效的,较常引用的例子如以下几个(见 P. A. Bailey 1981):

- (1) 以南非和加拿大育河地区为典型的太古宙金铀砾岩产状模式;
- (2) 以美国西部地区矿床的典型的“矿卷(roll)”式铀矿产状模式;
- (3) 沉积磷矿床的成因模式;
- (4) 美国田纳西州碳酸盐沉积中的锌矿模式;
- (5) 美国米苏里州的铅矿床模式;
- (6) 成因与火山有关的贱金属及贵金属矿床模式;
- (7) 美国西南部发展出来的斑岩铜矿床产状模式;
- (8) 与石膏—硬石膏相伴的自然硫矿床模式。

除了以上Bailey所引的几个例子外,其它如“斑岩铜矿”、“密西西比河谷式铅锌矿”,“红土型镍矿及铝土矿”,“基性侵入岩体中的铜镍,或铂矿床”以及许多其它世界上的著名矿床,都在不同程度上具有“模式”的地位。

成矿模式除了单纯地按地质的产状和成矿的地质作用来建立以外,也还可以结合每种模式的地球物理或地球化学特点分别建立地质—地球物理或地质—地球化学模式。这就是进一步地把选择靶区和设计合理而有效的找矿方法更好地结合起来,对于找矿工作将起着更有效的作用。

必须注意的是模式毕竟是复杂的地质现象或作用的概括和简化。各个具体地区都有共性中的特性存在。世界上绝无两个完全相似的矿床,这是中外地质学家们实践所得的共同认识。因此在运用即使是国外已有成效的模式时,必须防止教条主义。此外,由经验式的模式到成因模式的过程中还有许多重要事实没有达到“知其所以然”的程度。老模式的继续修改完善,新模式的不断建立也是发展的必然趋势。计算机的使用和数学地质的的发展,也促使模式的定量化得到快速发展。把一些矿床的有效经验性模式的资料储存在计算机内,再以人机对话的方式帮助判断一个具体地区的找矿前景的研究工作已在开展中,如对不同种类的铀矿床(W. I. Finch等,1980)和不同类型的与铁铁质及超铁铁质的铜镍矿床(R. B. Mccammon,1983)研究。

二、成 矿 系 列

成矿系列是指在一定的地质单元内,在一定的地质发展阶段,与一定的地质作用有关,在不同的地质演化阶段、不同的地质部位、形成的相互有成因联系的各种矿种、各种矿床类型的一组矿床。成矿系列亦有在一个地质单元中受到不同地质发展阶段地质作用的叠加、改造,形成新的矿床组合。成矿系列具有地质时代的某些特点,本身亦是随着地球的演化,而形成具有代表各地质时代特色的成矿系列。例如太古宙与绿岩带有关的成矿系列,元古代最为发育的铁铁质建造的

成矿系列，与碳酸岩有关的稀土、硼、铁成矿系列、下古生代与硅碳泥沉积建造有关的铀、钼、钒、磷、银成矿系列、中生代与酸性岩浆有关的钨、锡、稀有、多金属成矿系列、与中酸性岩浆有关的斑岩铜矿成矿系列等。成矿系列概念的建立是我国几十年来矿产勘查和矿床研究工作经验、认识的概括，在开展综合找矿、综合勘探、综合利用矿产资源中具有一定的理论和实际意义。它把地质作用、成矿作用和形成的各种矿床在时空上联系起来考虑，这样在实际找矿中可以克服按照单一类型、单一模式、单一矿种进行找矿的片面性，并可根据具体情况提高地区综合找矿的科学预见性。

成矿系列是以基础地质研究为基础，探索各种矿床之间联系的科学。在矿床学研究领域里，国内外都是从单个矿床的研究走向区域性矿床的研究。国外属于这个范畴的研究，可追溯到本世纪三十年代美国艾孟斯提出的围绕花岗岩体的矿床地热分带，四十年代苏联C. C. 斯米尔诺夫提出环太平洋矿带，五十年代苏联Ю. А. 毕利宾的台、槽地区成矿规律的研究，其后有B. И. 斯米尔诺夫和谢格洛夫的发展等。在我国二十年代翁文灏已提出了长江中下游和华南两类不同矿床，并提出华南矿床的分带，六十年代郭文魁、张炳熹等进行的南岭地区成矿规律和矿床分带的研究，七十年代宁芜地区研究集体提出了与中生代陆相偏碱性中基性火山—侵入作用有关的玢岩铁矿矿床组合，程裕洪等研究全国铁矿时提出了铁矿类型组合（铁矿的成矿系列），江西地矿局在研究了城门山地区铜矿后，提出“三位一体”矿床组合的模式，七九年、八三年程裕洪等先后著文论述了矿床的成矿系列，八十年代以来对成矿系列的研究已得到广泛的重视。

现略举例加以说明：六十年代初期开展稀有金属矿产找矿评价工作时，在中华和华南首先只注意了冲积砂矿型，以后转入伟晶岩型，都没有获得理想的成果。后来发现了蚀变花岗岩型，情况稍好，最后最有经济意义的是风化壳型。这说明一系列成矿作用都与燕山期的花岗岩有关，由岩浆后期的伟晶岩型到热液蚀变型是原生阶段的产物，最后叠加上近期的风化和堆积作用，形成了现在的完整系列。华南与燕山期花岗岩有关的一些稀有、稀土—多金属—钨锡矿床也都具有由花岗岩体内稀土铈钍浸染状矿化、稀有铈钍伟晶岩、热液蚀变的含矿云英岩、钨锡石英脉经接触带上的砂卡岩型钨、铜、锌等矿化到围岩中的层状矿体、网脉、细脉、大脉带锡、多金属、锑、铋、汞等矿床。金属包括铈、钍、锂、铍、钨、锡、铋、钼、铜、锌、铅、银、锑、铋、汞、铀等许多矿种。各种成因类型和矿种的矿化之间或是带状分布或具穿插关系，在原生矿化的基础上也还可有重叠在上的风化壳和残坡积到冲积砂矿型。这个成矿系列在华南地区不同次级构造单元中及燕山早、中、晚期构造岩浆活动演化过程中，可以构成互有差异的几个亚系列。

宁芜地区的玢岩型铁矿是作为一个模式提出的。如果考虑到宁芜地区整个燕山期岩浆活动的过程，包括晚期的娘娘山火山旋回碱性岩浆的活动及其有关的金、铜矿化在内，则即可构成一个成矿系列。它是与中生代偏碱性中基性火山—侵入活动有关的以铁为主包括大量黄铁矿在内的由岩浆型—蚀变浸染型—热液交代、充填型—砂卡岩型—喷发沉积型的完整系列。可以综合利用的有用成分有铁、钼、磷、硫、铜、金等。

以上所举的是国内了解得较多的与岩浆作用有关的系列中的少数例子。

沉积矿床的成矿系列亦有很多例子，它们主要是受沉积时古地理—沉积岩相和沉积物质来源区的岩性特点等控制。如近代干旱地区盐湖沉积中的食盐、硼砂、卤水中的钾、锂、镁等成矿系列；第三纪盆地中的褐煤、油页岩、天然碱、丝钠铝石等成矿系列；大陆温湿地区煤系沉积建造中的煤、黄铁矿、耐火粘土成矿系列；早古生代大边边缘海海底洋流活动区硅、碳、泥沉积建造

中的磷、锰、铀、钒、银、钼成矿系列等。

变质作用过程也为成矿物质重结晶,以及迁移富集提供了前提。随着原岩成分、变质程度的不同,可以形成各种成矿系列:例如受变质沉积矿床成矿系列,内蒙狼山地区狼山群变质岩系中的铅、锌、铜、铁系列;受变质火山(火山—沉积)矿床成矿系列,如五台地区的变质火山沉积铁矿。这可包括花岗岩化及“超变质”作用而形成的变质热液富集型成矿系列,如绿岩带中的金;混合岩化富集成矿系列,如辽宁、吉林早元古代“宽甸群”中硼铁(稀土)矿床系列,在广东云开隆起区、福建南平与混合岩化—花岗岩化有关的伟晶岩稀有铌钽金、锡、等矿床成矿系列。

在一个具体地区,成矿系列的发育可以有不同的完整程度和具体特点,亦可出现上述三大类矿床成矿系列之间过渡的类型,如在找矿评价中时时注意系列性的特点,则可以较全面地掌握矿化特点,抓住主要有意义的类型和矿种,正确而及时地作出评价,避免时间和人力、物力的浪费。

三、结 语

成矿模式和成矿系列,是国内外在过去矿床学发展的基础上结合实际找矿的需要不断地发展和受到重视,这方面的研究构成了矿床学基础研究与找矿实践间的桥梁。随着今后找矿工作的深入和难度的加大,这方面的研究任务将日益加重,但是新的技术方法的运用,数学及物理、化学原理的广泛应用,对成矿模式的定量化将有积极的作用,这方面的快速发展也是在预料之中的。

参考文献(略)

摘自当代地质科学动向

现代成矿作用的研究及其意义

王 家 枢

六十年代以来矿床地质学的重大发现之一,是现代成矿作用领域有许多重要的发现。沉积学研究的迅速发展,进入到对整个盆地的演化分析研究阶段,在预测和普查油气田、煤田、沉积矿产、层状和层控金属矿床以及许多非金属矿床中起了重要的作用。其次,现代地质科学和技术手段的发展,使人们能对以往研究较少的领域,尤其是对占地表面积四分之三的海洋开展研究。载入潜艇进入深海,不仅直接观察到成矿作用过程,而且发展了巨大工业价值的现代金属矿床。因此,现代成矿作用的研究使矿床地质学发展到一个新的阶段。

一、现代成矿作用研究、使“现在是解释过去的关键”

这一著名格言在矿床学中受到重视

过去不少人认为,矿床的形成是古代异常环境中的作用。其主要原因,就是成矿作用的现代实例太少,成矿作用的许多假说得不到实际观察的验证。

近二十年来,除了现在不可能观察到的成矿作用(如变质成矿作用)外,业已发现地质时代很新的或正在作用的各种现代成矿环境,几乎包括了各主要矿床类型(表1)。例如,在英国康沃尔郡的河流两岸,由现代碎屑沉积作用造成高、低水位之间黄铁矿、毒砂等硫化物的富集,距

地表几英寸的黄铁矿，五六十年来未曾氧化。1969—1973年，首次观察到海水中沉积的铜矿物（如孔雀石），并用扩散模式圈定了这种化学沉积作用的成矿范围。现代黑海沉积物中痕量金属

表1 正在进行的现代成矿作用和类似的古代成矿作用实例

类 型	理 代 作 用	古 代 类 似 物
沉 积	同 沉 积	金、铂、锡和硫化物机械富集
		维特瓦特斯兰德砾岩
	后 沉 积	黑泥中金属的 化学的沉淀
		瑞典的“明矾”页岩
		盆地卤水中铅、锌富集 岩溶中的铅、锌富集 地下水的铀沉淀
火 成	火 山	与海底火山作用有关的富铀、铁、锰氧化物沉淀
		瑞典的朗班，美国的富兰克林弗纳斯矿床
		洋脊上铀、铜硫化物矿床
	侵 入	与海底火山作用有关的黄铁矿矿床的沉积
		塞浦路斯矿床
		块状黄铁矿矿床
		与基性超基性岩有关的铜、镍矿床
		镁铁质火山中的不混合熔硫化物珠珠的分离作利用
		与酸性侵入岩有关的脉状矿床
		热卤水
		斑岩铜矿床 500 万年前
		斑岩铜矿床

的分布形式与古代黑色页岩矿床相似。密西西比河谷型铅锌矿床的形成是盆地发展的正常结果的观点问世以后，在苏联切列肯半岛的卤水及波斯湾萨布哈等现代卤水形成环境中，均发现与火山活动无关的富铅锌卤水。

现代火成作用成矿环境也普遍发现。六十年代就知道大西洋、印度洋和太平洋海底有热液活动，堆积了铁、锰质沉积物。红海底部的热卤水正在形成层状的铁、锰、铜、铅、锌氧化物和硫化物矿床。近年又发现了太平洋中脊上巨大的现代块状硫化物矿床。尽管侵入作用的正岩浆成矿环境尚未直接观察到，但夏威夷正在冷却的熔岩中，发现一种不混溶的硫化物熔融体，与基性超基性岩型铜镍矿床的形成相类似。此外，还找到不少地质时代很新的斑岩铜矿床，有的矿床形成时代距今不到500万年。

在成矿作用研究中，人们十分注意主要矿床类型随时间和空间的变化。如碎屑岩铜钴矿床主要限于中非的前寒武系，条带状含铁石英岩铁矿床明显集中在前寒武系中，等等。也就是说，这些类型中有许多没有严格的现代类似物。但另一方面，尽管某一元素的富集程度会随时间和空间而变化，但这些作用却是相同的。在这个意义上，各种现代成矿系统的发现，对矿床地质学的发展无疑起着重要的作用。

现代成矿作用的研究表明，矿床的形成不能完全看成是古代异常环境中发生的一种过程，成矿作用可以在自然界进行研究，成矿假说也可以得到检验，在地质史上引起矿床形成的大部分作用，不同程度地现在也在进行。对现代矿床的研究，可以阐明古代的地质构造环境，或者帮助建立无化石剖面的地层顺序。而根据古代形成的矿床和矿区与现代对应物之间的差异，可使人们察觉地质史上古环境的变迁。因此，现代成矿作用研究，对基础地质学也将产生深刻的影响。

二、现代作用下产生的矿床，将使人类 得到更多的可再生矿物资源

现代盐湖是人类最早开发利用的可再生资源。从盐湖中提取了食盐、天然碱、硼砂、钾盐，以及锂、镁、溴等产品。美国西尔斯湖是一个原始大湖的残留湖，目前已演变成面积约 67km^2 的泥沙滩。据统计，此湖拥有5500万吨氧化硼，40万吨氧化锂，7.5—8万吨三氧化钨，以及大量氯化钠、芒硝、钾芒硝和天然碱等。目前氧化钾年产能力达23万吨。面积巨大的死海（约 1000km^2 ），水深324m，含有 143km^3 卤水，湖水含盐度达30%。其中氯化镁220亿吨，氯化钾20亿吨，氯化钠120亿吨，溴化镁10亿吨，氯化钙60亿吨。到八十年代初，以色列将使氯化钾年产能力达126万吨。

洋底锰结核是“挑战者”号环球考察（1872—1876）首先发现的，五十年代作为潜在矿物资源开始引人注目。美、苏、法、西德、日本、新西兰等许多国家作了大量勘查和开发技术方面的研究工作；1972年，日、美、法等六国20个公司联合在夏威夷海域水深4900米试采成功。锰结核一般分布在3000—6000m深的洋底。据估计，仅太平洋深海区表层一米范围锰结核储量达16,600亿吨，含锰2000—4000亿吨，镍90—164亿吨，铜50—88亿吨，钴30—58亿吨。这四种金属储量要比陆地已知储量高出几十至上千倍，而且，目前仍以每年600—1000万吨的速度在继续堆积锰结核！不过，开发海底锰结核仍存在技术，尤其是经济可行性问题，所以人们的注意力转向水深较浅（深度约1000m）的锰结核。美国对夏威夷群岛的调查，发现这一地区锰结核中可能含钴1000万吨，镍600万吨，铜100万吨，锰3亿吨。锰结核产于太平洋的海山上，平均厚度2cm。锰结核

中钴含量比锰结核高3—5倍。预计将来锰结核和锰结核壳均可投入商业开采。

另一种有潜在经济价值的现代矿床，是非洲大陆和阿拉伯半岛之间的红海之底发现的重金属泥，分布在水深2000m的海底洼地内。最典型的矿床是“大西洋II号”海渊，沉积物中含锌可高达20%。以脱水去盐的干软泥计算，约有1.5—2亿吨矿石，含锌5%，铜1%。这种矿床形成时代距今约2—3万年，但大部分软泥可能是最近1—1.2万年内，由大洋扩散中心和裂谷带的高盐度、高温卤水沉积而成。

具有特殊意义的现代矿床，是洋脊上的块状硫化物矿床（表2），尤其是加拉帕戈斯中脊上的矿床，最大宽度218m，长约1km，连续展布，矿量达2500万吨，矿石含铜10%以及少量可回收的银、钼、钒、锡等。矿床特征和成因与陆地上大型块状—层状硫化物矿床（塞浦路斯型）相似。产出这类矿床的洋脊，扩张速度较快，有的高达4.5—9.5厘米/年。这一新的重大发现，导致美国的兴趣由开发海底锰结核转向注意研究洋脊上的矿床。因为相当大一部分洋脊距美国不远，洋脊上的矿床分布在水深2000—3000m，开采较锰结核容易；而且，矿石成分和粒度与陆上矿床一样，处理矿石不需要新的技术。据估算，加拉帕戈斯中脊上矿床形成速度极快，2500万吨的矿床只需要100年。这是一种重要的可再生资源。