P618
/

时限与层控矿床

〔联邦德国〕D. D 克莱姆　H.-J. 施奈德 主编
蔡文彦 等 译

科学出版社
1986

内 容 简 介

本书原是为了表彰矿床地质学家阿伯特·毛赫尔教授在成矿理论研究方面的重要贡献而编辑出版的纪念文集，其内容广泛，由几十位作者执笔，所涉及矿床实例几乎遍及各大洲，主要是围绕时限和层控理论所作的矿床地质工作成果报道和综述评论，共28篇论文。编者根据文章内容区分成六个专题：时限和层控矿床总论（6篇）、前寒武纪矿床（3篇）、古生代矿床（8篇）、中生代矿床（3篇）、层控侵入矿床（2篇）以及地球化学和成矿作用（5篇）。近年来，矿床地质工作中涉及层控矿床理论的问题越来越多，翻译出版此书，供广大地质工作者及有关科研、教学人员参考。

Edited by D. D. Klemm and H.-J. Schneider
TIME-AND STRATA-BOUND ORE DEPOSITS
Springer-Verlag, 1977

时限与层控矿床
〔联邦德国〕D. D. 克莱姆 H.-J. 施奈德 主编
蔡文彦 等 译
责任编辑 苏宗伟
科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号
中国科学院印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
*
1986年8月第一版 开本：787×1092 1/16
1986年8月第一次印刷 印张：20 3/4
印数：0001—1,200 字数：476,000
统一书号：13031·3252
本社书号：4784·13—14
定价：4.85元

译 者 的 话

人类开发利用大自然所赋予的矿物资源的历史可以远溯至铜器时代、石器时代，而对这些有用的矿物聚集成为经济矿床的地质历史和成矿作用过程的认识和理解却长期存在许多争论。现代的矿床成因理论是随着地质学史上有名的水成说和火成说大论战，以及各种各样的成矿观点和成矿假说的讨论而不断前进的，阿伯特·毛赫尔（Albert Maucher）关于金属矿床成矿的时限和层控理论也是如此。

我们知道，很多矿床的形成，并不止于一期成矿作用，而成矿过程也不限于一种地质作用，尤其是矿石物质更不仅是一个来源，它们往往表现为多源、多成因和多期成矿作用叠加的复杂过程的产物。因此，通过对大量的矿床实例进行分析比较，找出它们之间的异同，归纳概括成矿床形成模式和时间空间分布规律，从而指导找矿勘探工作实践，就是矿床学的主要任务之一。

早在三十年代，毛赫尔教授就提出了某些金属矿形成的层控特征，其中也包括一些久经确认的热液成因的金属矿床，如锑、钨、汞等等。但是，当时并未引起足够的重视。第二次世界大战以后，许多过去仰仗殖民地提供矿产品的国家面临金属原料短缺。随着地质勘探工作向深部发展，新的矿产资源基地不断涌现，作为一种指导找矿勘探的理论，时限和层控的成矿观点才为越来越多的地质工作者所接受。当前，对“层控”和“时限”的了解和应用还存在一定的问题，见仁见智，众说不一。所谓层控（strata-bound），就我们的粗浅理解，就是指矿床产出于一些特定的层位，超越这些层位就没有这种矿床。所以，它既概括了矿床形成过程中原始成矿物质聚集的成层性特点，又反映了它们的地质产状，对找矿勘探有相当的实用意义。首先，矿质的原始聚集是成层的（它可以是已达工业矿石品位的，也可以不够工业品位；可以是沉积的，也可以是火山的、火山-沉积的、岩浆的、变质的等等），重要的是后来的成矿作用叠加（如热液矿化作用）而形成改造的（由贫矿变富矿）或者再造的（由非矿床变为矿床）矿床。这些叠加的成矿作用取决于一定的区域性地质事件，而任何地质事件发展都有其时间的局限，这就导致矿物聚集的时限（time-bound）特征。我们认为，毛赫尔的矿床成因理论与沉积说、火山说、热液说、岩浆说以及超变质作用等成矿假说并不是绝然对立的，恰恰是取材于那些理论假说而发展起来的。地壳中成矿物质的聚散是地球化学演化的长期过程的反映，只强调一、两个典型的矿物岩石特征去孤立地判断矿床成因，或者把天然生成的矿床人为地分割成互不相干的一些成因类型，是不合适的。在这一方面，层控和时限的观点有其独到之处。但是，矿床成因的层控理论并非包罗万象，也不必要把一切矿层都纳入狭义的层控类型，因为那些成层产出的沉积矿床本来就是层状矿床，其受地层层位的控制没有多少争议。同时，区域地质事件的发生、发展时间问题也值得考虑，世界上不同的区域差异很大，全球性的成矿作用时限模式能否建立呢？差不多与此同时兴盛起来的板块构造学说与矿床形成的时限和层控之间的关系如何，也不可不予考虑。

1977 年，毛赫尔教授七十寿辰之际，为了表彰他在这一科学领域中的贡献，迪特里

希·克莱姆和汉斯·施奈德主编的这本纪念文集由施普林格出版公司出版了。书中所选的论文内容相当广泛，多数是地质工作实践的成果报道，从不同的角度论证了层控和时限矿床的成因观点。也有几篇综述评论性文章，有关中国板块构造与成矿作用的一篇。作者所依据的资料陈旧了，并且显然失之于片面，但是，作为大区域成矿规律和成矿预测的探讨，仍可使读者从中得到某些启发。每篇文章后面均附参考文献。这些文献目录涉及现代矿床学工作的大量成果，为便于逐篇检索和系统查阅，集中改排在书末，并依文章顺序编号。谨此说明。

参加本书翻译、校订工作的有蔡文彦、唐连江、苏宗伟、张中民、季克俭、周明鉴、李增全、梁元博、王人龙、石永泰、刘铭铨、李祺方、潘云唐、王世德、周文辅、衣晓云、谢洪源和刘英俊等同志。由于译者水平有限，欠妥和疏漏之处难免，希望读者批评指正。

1980 年 12 月于北京

原 编 者 序

矿床形成的时代限制和层位控制，近十年来已成为国际学术交往中争论最大的课题。由于现代的矿物资源勘探和世界规模的地球物理研究取得惊人的成就，地壳某一部分的复杂地质历史与个别的金属成矿省（矿带）发育之间的相互关系已引起人们更大的兴趣。从这一点来回顾地球的历史，我们现在就可以承认，是有许多证明存在世界性时限矿床富集的全球规模的金属成矿期。

对这些金属成矿过程的知识，是几十年来逐步增长的。那是从简单的观察和释疑开始的，是以和那种盛行一时的矿质来源于花岗岩岩浆分异的理论体系相对立的异端学说而首次提出的。显然，首先涉及沉积层序中矿石富集的这种新思想，现在归入层控（strata-bound）这一术语，而且主要被解释为层状或沉积矿床。然而，“层控”这一现代术语，就象一般不带成因条件的描述性术语那样，还包括成层的（侵入的或喷出的）岩浆杂岩体中个别岩石单位所专有的矿化。

阿伯特·毛赫尔（Albert Maucher）是这方面工作早期的代表之一，他在第二次世界大战前十年就曾精辟地论述了这些问题。甚至在他关于北巴伐利亚变质多金属矿床成因问题的第一批论文（1932—1939）里就提出了全世界变质黄铁矿-金属矿床类型的层控特点和沉积成因的理论。但是，在当时的这一观点实在“太时髦”了，并未引起普遍重视。

经过战争造成的较长期的中断之后，阿伯特·毛赫尔又集中精力于层控和层状（沉积的）矿床的成因问题，在五十年代开始研究阿尔卑斯和土耳其碳酸盐岩中的铅-锌矿。鉴于他的学生人数以及慕尼黑大学里重建的研究所中研究报告的增多，他在科研集体中展开的别开生面的学术讨论，外界人士称他们为“慕尼黑学派”。

六十年代初，他开始了一项关于欧洲以及全世界古生代层状锑-汞-钨矿的研究计划。这方面学术活动的结果就是促进了战略资源的勘探和1967年奥地利-阿尔卑斯大型费尔伯脱（密特西尔）白钨矿床的发现。

这一成就的科学理论基础锑-汞-钨矿床的时限和层控建造的成因概念，那还是阿伯特·毛赫尔自1965年以来发表的一系列文章里提出来的。他的坦率而认真的学术讨论风格几十年来随时都吸引了一大群学生、朋友以及同行们，并影响他们的研究工作，其范围早已超越了德国和欧洲。

六十年代，他的科学研究领域扩展了，首先是与雷瓦尔德（G. Rehwald）一道着手编辑著名的《矿相图谱》（Card Index of Ore Photographs）。

本书所辑文章基本上概括了阿伯特·毛赫尔科学研究的广泛领域，也反映了这一富有生命力的成矿假说在世界各科学研究中心所同时取得的进展。由于这些文章的作者仅限于围绕阿伯特·毛赫尔个人科学活动的小圈子，所以就不能全面了解所有从事同一课题工作的有能力的其他同行。否则，会有更多的文章收进来以反映这个仅在最近二十年间才发展起来的现代地学的重要课题。就象所有大陆的地质和地球物理野外观察都在某种程度上紧密结合板块构造分析，以反映该学科领域的现代进展那样，他们的文章进一步

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

阐明了物理化学、地球化学、岩石学和显微镜下观察之间的各种各样的相互关系。

当然，作者们往往着眼于反映个人的实际工作成果甚至侧重于基础性论述，因此本书虽然编入了一些近乎全面的综合性论题，还是未能概括出这一现代课题的总面貌。

纵览全书，编者按文章的不同内容分成六个部分：

1. 总论：概述时限与层控矿床问题，包括理论综述和区域性评论。

2. 前寒武纪矿床
3. 古生代矿床
4. 中生代矿床
5. 层控侵入矿床

} 讨论时限和层控含矿建造的不同地质时代和地区的实例。

6. 地球化学和成矿问题：通过邻近学科领域专题成果或有代表性的详细研究工作阐述总的课题。

为了便于较多的国际读者阅读，本书用英文出版，这就给一些作者带来了技术上的困难和额外的辛勤劳动，在此谨向他们的友善合作表示谢忱。

我们特别高兴地看到阿伯特·毛赫尔的老师之一保罗·拉姆多尔（Paul Ramdohr）以及他早期科学工作时的老友之一赫尔曼·博彻特（Hermann Borchert）为本书撰写的文章。

衷心感谢康拉德·斯普林格（Konrad F. Springer）博士及其在海德堡的斯普林格出版社的编辑小组为提高本书的出版质量所作的耐心细致的工作。

从本书的作者名单看来，还有许多阿伯特·毛赫尔的同事、朋友和学生没有列入。他们或因暂时太忙或者正从事地质研究的其它领域的工作而未能为本书写作。他们好多位为此深表遗憾。

我们受作者们之托，编辑本书献给阿伯特·毛赫尔七十寿辰。

D. D. 克莱姆
H.-J. 施奈德
1977 年 10 月于柏林

目　　录

译者的话…… iii
原编者序…… v

总　　论

层控矿床形成的时间因素……B. И. 斯米尔诺夫 2
中国板块构造与成矿作用…… J. 佩雷拉 13
相界——地质体系中金属浓度的标志……E. T. 德根斯、P. 斯托弗 17
同生-后生作用的过渡——以澳大利亚矿床为例……L. J. 劳伦斯 29
西班牙-葡萄牙黄铁矿带内火山成因硫化物层控矿床的勘探——地质、地球物理和地球化学工作……G. K. 斯特劳斯、J. 马德尔、F. F. 阿隆索 35
巴西塞尔希培盆地的下白垩统钾盐和镁钙盐的形成——兼论西非 加蓬、安哥拉等地的类似矿化现象…… H. 博彻特 63

前寒武纪矿床

南非(阿扎尼亚)开普省北部锰矿的时代问题……P. G. 松格 76
美国密执安铜矿床的时限与层控特征……G. C. 阿姆斯图茨 82
阿根廷圣路易斯前寒武纪基底中的层控白钨矿床……
…… M. K. 布罗德托布、A. 布罗德托布 93
玻利维亚锡矿带成因的新认识……H. -J. 施奈德、B. 莱曼 99
东阿尔卑斯早古生代锑-钨-汞建造中的矿床及其成因解释…… R. 希尔 109

古 生 代 矿 床

塔斯马尼亚金岛白钨矿的成因…… U. 伯查德 134
土耳其卡拉布伦半岛卡莱吉克辰砂矿床成因的地质考察…… A. 泽岑 138
安纳托利亚西部巴恩德尔门德雷斯地块的层控铅锌矿床……O. Ö. 多拉 148
与海底火山隆起有关的特柳克-戈拉尔型热液-沉积铁矿——兰迪尔型铁矿的碳酸盐相产物 …… H. G. 克吕特纳 156
西班牙比利牛斯山区尤奎-阿斯图雷塔层控菱镁矿床 ……
……W.E. 彼特拉谢克、M. 克拉利克、A. 兰岑巴赫尔 172
奥地利蒂罗尔霍奇菲尔津结晶菱镁矿矿床中的沉积菱镁矿组构……
……O. 舒尔茨、F. 瓦夫塔 176

中 生 代 矿 床

四个阿尔卑斯铅锌矿床的对比研究 …… L. 布里奇、L. 科

斯得尔卡、P. 奥梅尼托 H.-J. 施奈德、E. 施罗尔、O. 舒尔茨、I. 斯特鲁柯 184
西喀尔巴阡山三叠纪铅-锌矿床及其硫同位素分布…… J. 坎特 198
东阿尔卑斯陶厄恩芬斯特蛇绿岩中层控黄铁矿-金属矿床 ……
……K. 德克曼、D. D. 克莱姆 206
意大利与中生代蛇绿岩有关的矿床…… P. 朱法蒂 212

层控侵入矿床

南斯拉夫橄榄岩中的铬铁矿的成因…… S. 格拉菲瑙 220
氧逸度及其对布什维尔德杂岩体中铬铁矿的成因意义……
……R. 斯尼特拉格、G. 格伦瓦尔德 239

地球化学和成矿作用问题

关于钛磁铁矿熔离问题的若干特殊观测结果…… P. 拉姆多尔 252
热液硫酸盐的硫同位素组成及其成因……
……Ф. В. 丘赫罗夫、Л. П. 叶尔麦洛娃、Л. П. 诺希克 260
西班牙雷亚尔省阿尔马登汞矿床附近岩石中碳和氧同位素研究……
…… R. 艾希曼、F. 绍佩、M. 席德洛夫斯基 268
朝鲜抱川铁矿闪岩及伴生磁铁矿石的成因……苏七燮 274
红海阿特兰蒂斯二号海渊现代重金属矿床的地球化学和成岩作用……
……K. 韦伯-狄芬巴赫 283

总　论

层控矿床形成的时间因素*

B. И. 斯米尔诺夫

地槽形成早期阶段的许多硫化物矿床是层状矿床的典型代表，例如碳酸盐岩石中的铅锌矿床和地壳上部褶皱作用时期地槽发育晚期阶段的砂岩和页岩中的铜矿床。所有的层状矿床的共同点是生成期长，而且第一阶段和最后阶段之间在成矿作用上有着根本性的变化。这一点不仅在各不同矿区范围内特别明显，而且在层状矿床本身也是特别明显的。

一、硫化物矿床

硫化物矿床，在其含量、地质位置、生成条件和成因方面与其它矿藏是不同的。这种矿床当中值得注意的是，与玄武-安山质岩石有关的黄铁矿和黄铜矿矿床，以及与安山-流纹质岩石有关的多金属（Pb、Zn）硫化物矿床。

许多硫化物矿区的形成过程经历了漫长的时期，在这一期间矿床反复经受改造。例如，高加索（苏联）的一些已知硫化物矿床就是在加里东、海西、启莫里和阿尔卑斯造山运动期间形成的；在乌拉尔（苏联）发现有海西、加里东和元古代时期的矿床；加拿大有一些矿田是元古代、海西和启莫里时期的；日本的一些矿床是海西、启莫里和阿尔卑斯期的。在单一的旋迴中这些硫化物矿床可能形成若干次。如乌拉尔的已知矿床是海西期、晚志留世、中泥盆世和早石炭世时期的……。

对于单一的矿田、矿床，甚至硫化物矿化的矿体来说，从火山阶段开始，直到最终使矿床特征定型的火山期后阶段为止，始终不断的矿质供给是其特点。硫化物矿床形成的长期性，在苏联埃尔扎特、哈萨克斯坦的阿萨苏和布拉契亚的奥塞尔涅沃（Osernego**）等地区有所表现。

埃尔扎特　关于多金属硫化物矿床成因的讨论是人们所熟知的。长期以来的传统看法是典型的热液成因，与晚古生代斯梅诺戈尔斯克花岗岩杂岩体的派生物有关（P. Burow、I. Grigoriew、W. Nechoroschew、W. Popow 等人）。在 1940—1950 年间有过一种反对意见认为，这些矿床与在它们的大部分中发现的泥盆纪火山岩有密切的成因上、空间上和短时期的联系（Weiz, 1959; Scherba, 1957、1968; Derbikow, 1966; Jakowlew, 1975; 等）。

这两种地质观点的争论曾不止一次地在文献上发表过，因而这里不必赘述。只提一下如下情况就足够了：一种意见是古生代的，这种深成热液假说的依据是泥盆纪喷出岩穿过一些矿体而侵位，同时有穿切斯梅诺戈尔斯克花岗岩（帕里金斯科尔矿床）的多金属成

* 原题：Factor of Time in Formation of Strata-Bound Ore Deposits. 作者：V. J. Smirnov (Moscow).

** 可能是 Osernoe 之误。——译者

分的岩脉存在；而另一种意见是泥盆纪的，这种火山热液假说的依据是矿石的层状构造和多数矿层的形态，而这些矿层在泥盆纪火山岩中呈整合产出。最近，在里德尔-索科尔诺沃地区发现了多金属矿，被描述为火山沉积成因，时代属泥盆纪（Pokrowskaia and Kowrigo, 1970）。这些矿构成所谓第二里德尔矿床，产于艾斐尔-泥盆纪火山沉积岩中。

这一矿床的平行矿体呈层状，与克鲁科夫斯科依矿床中部的阿列夫罗泥岩整合接触。

矿体是由连续的页岩层构成的，矿石致密细粒，有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、布来克利（Bleklih）矿石、白云石和其它非矿石矿物。

以下几点事实证明是同生沉积矿床：

1. 矿床的沉积韵律；

2. 矿层的特殊形状，底板边缘为线状，顶板边缘为非线状；

3. 矿石和母岩的特征变形，同时期沉积；

4. 位移后矿层和片岩的同期褶皱。

在矿区阿尔泰的硫化物多金属矿床，发现矿体一方面与中泥盆世喷出岩有关，另一方面与中石炭世侵入岩有关。解释这一点的只能是，本区内矿床的形成期长，始于中古生代泥盆纪火山作用，这时形成了硫化物多金属交代和火山沉积矿层，终止于晚古生代的花岗岩岩浆作用，这时形成了脉状以及可能还有其它形状的硫化物矿体。矿石形成的整个时期近5千万年。

哈萨克斯坦阿塔苏 这一地区的矿床位于哲尔明斯克向斜地区，该向斜由晚泥盆世火山沉积岩构成。本地矿床中最著名的有：Dscheirem, Uschkatan, Dschumart, Karadschal 和 Bestiube。

与片状岩石夹层同时形成的层状铁-锰和黄铜矿-闪锌矿矿石在这里与晚些时候形成的上覆 Pb/Zn 钡矿石混合在一起。A. Betechtin、L. Pustowalov 及其他人等把这些矿床看作是沉积生成的，后来受到变质作用。I. Jagowkin、M. Rusakow、K. Satpaew 及其他人等认为，它们是热液交代成因的。

对于第一种理论来说，下列理由是有根据的：矿体具有固定的整合层理和韵律构造，矿物成分简单。对于第二种理论，考虑了热液成因特点，即某些矿体或部分矿体具有穿层性质，具有交代矿石形成的特点，在围岩中有钠长石、白云石、石英和重晶石生成。

然而，早在 1938 年 Streiss 就曾指出，沉积矿石的形成与热液矿石的形成很近似，同时提出了一种矿石两期形成理论，早期是火山沉积阶段，晚期是热液阶段。后来，Scherba（1964）在许多细节上进一步证实了这一理论，并且在中哈萨克斯坦详细描述了阿塔斯尼斯基类型多金属矿床。按他的说法，这一类型的矿床是这样形成的：在晚泥盆世海盆地中堆积了火山沉积岩，包括凝灰岩、层凝灰岩、泥质板岩、钙质岩石和白云岩，并且被辉绿岩-安山岩脉和粗面英安岩-流纹岩脉切穿。晚加明（Gamennian）期，在石炭纪含燧石碳酸盐岩石之间同时沉积了菱铁矿、赤铁矿、磁铁矿、软锰矿*、硬锰矿** 和褐锰矿。这些矿石矿物于是形成这一地区的沉积 Fe-Mn 矿床。在这些矿物因有细小的球团状黄铁矿和闪锌矿加入而发生变化时，便形成了同生的成层 Fe-Mn-Zn 矿。供这些矿石形成的金

* 原文是 pyrolisite，可能是 pyrolusite 之误。——译者

** 原文是 psilpnomelan，可能是 psilomelan 之误。——译者

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

属物质来自火山热液，运移至海底。后来，成层的矿石被覆盖，但热液作用却继续着。因而在晚加明期岩石中存在着含重晶石-闪锌矿-方铅矿的成层似透镜状矿体。

Scherba 认为，阿塔苏的热液交代矿石是在沉积矿石之后形成的，具有由沉积成因到交代成因的渐变现象。另外一些地质学家把成矿时间看作是海西旋回的褶皱后时期。在这一实例中，从沉积矿石堆积开始到交代矿石形成为止过去了 1 亿年。

布拉契亚的奥塞尔诺依 沉积岩，火成碎屑岩和喷出岩建造与其同岩浆岩一起在一个因断层而破裂的向斜褶皱中发生褶皱。在该褶皱中有十层硫化物多金属和菱铁矿矿石，以层状和角砾状沉积构造为主，间有交代成因的细脉，后者是在成岩阶段和后来的热液作用中形成的。上部矿体延伸至离地表很近，而其它矿体则达到地表以下 1300 米。顶部的矿层与沉积岩和火山岩相间产出，沉积岩和火山岩的厚度为 1—10 米（图 1）。

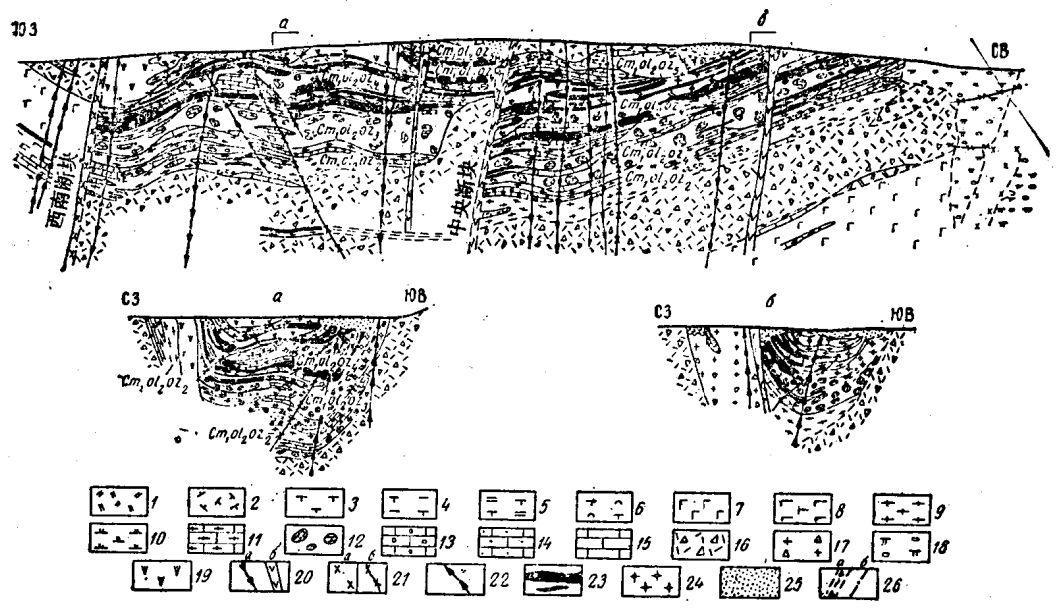

图 1 苏联布拉契亚奥塞尔诺依多金属矿床的垂直和水平剖面图

（根据 Distanow 等人资料，1972）

1—15: Oldindinskoi 组火山沉积杂岩。 1. 流纹-英安熔岩 (Cm_1)； 2. 酸性结晶碎屑凝灰岩；3.酸性非均质碎屑凝灰岩； 4.酸性中粒碎屑凝灰岩 (1—5 毫米)； 5. 酸性粗粒碎屑凝灰岩 (5—30 毫米)； 6.熔结凝灰岩； 7.安山-英安熔岩； 8. 中性凝灰岩； 9. 钙质凝灰岩； 10. 碳质凝灰岩； 11. 细纹理凝灰岩和石灰岩； 12. 钙质角砾岩和凝灰钙质胶结物； 13. 钙质凝灰质硬砂岩； 14.钙质凝灰质砂岩； 15.灰岩。 16—20: 寒武纪次火山杂岩。16.流纹-英安岩浆角砾岩；17.英安质岩浆角砾岩； 18.角砾岩筒相集块岩； 19. 蚀变为绿岩的辉绿斑岩； 20. 石英辉绿斑岩； 21 粗面英安岩和花岗正长斑岩； 22.粗玄岩和粗面粗玄岩； 23.多金属矿体； 24.菱铁矿矿体； 25.氧化带； 26.断层。

根据 Distanow 等人 (1972) 的意见，该硫化物多金属矿的原生矿石是与其它岩石同时以热液沉积方式沉积的。局部的上覆热液交代矿化带是晚期产物，它主要含菱铁矿和菱铁矿-重晶石，并夹有硫化物层。根据这些事实，原生矿石属早寒武世火山沉积成因是无疑的了。

热液交代矿化的实际时间不清楚，可能它是在早前寒武纪火山沉积矿石形成之后接着发生的或者它是与当地已知的早古生代花岗岩有关或者甚至与二叠-三叠纪花岗正长

斑岩有关。在后一种情况下，布拉契亚矿床形成的平均时间为2亿5千万年。

奥塞尔诺依铁矿形成的主要时期是早寒武世，但它延续了一个很长时期，是在1.5公里厚的岩石中一个接一个地形成的。

二、碳酸盐岩石中的铅锌矿

闪锌矿和方铅矿的层状矿床常常伴生有黄铁矿、重晶石、萤石及其它矿物，而这样的矿化是该类矿床的特点。这类矿床与厚层碳酸盐岩石，特别是白云岩中一定的层位有关。在这些矿区范围内没有岩浆岩，所以它们不可能是岩浆期后产物。

在苏联，此类型最著名的代表性矿床是哈萨克斯坦卡拉套山脉的矿床；其它还有美国的密西西比河谷矿床、加拿大的彭特角矿床，上西里西亚(波兰)、非洲北部、东部和西部以及其它地区的矿床。这些矿床是地质研究人员集中讨论的题目。

一些地质学家认为，这些矿床成因是原生沉积同生的，是主岩形成后由较深的含矿热水沉积的。这些含矿热水可能是岩浆水、变质水、沉积水和雨水（A. Betechtin、E. Sacharow、I. Knjasew、W. Kreiter、Tsch、Tschere、T. Galkewitsch 及其他人等）。笔者也同意这一假说，看来它至少部分是真实的。

支持第二种假说的事实是，除层状矿体外，还见有交叉矿体，而且还存在着特征的交代矿层和岩石的变质作用，以及70—200℃这样相当高的矿化温度。

最近，特别强调了碳酸盐岩石中层状铅锌矿床形成的长时间性。Cannon(1973)证明，密西西比河谷矿床大的方铅矿晶体发育了100—300百万年。Juschko (1969) 发现，在卡拉套矿床中有六个世代的方铅矿。第一世代是与晚泥盆世白云岩同时代，而最后世代的方铅矿是中生代或新生代时期在气化带中的白铅矿晶体上形成的。这样就产生了矿层演化学说，提出了原生同生沉积作用，后来又被后成热液作用所代替。持这种观点的人还有Laffite (1966)、Juschko (1969) 及其他等人。下面列举卡拉套矿床（主要根据 Juschko 的意见)和撒丁矿床(根据 P. Zuffardi 的资料)的两个实例。

哈萨克斯坦卡拉套 卡拉套山脉的地质基底是由晚泥盆世和早石炭世褶皱和破碎的厚层碳酸盐岩石构成的。在这一地区内的铅锌矿床当中可辨认出两个主要类型，它们以米尔加利萨因斯基和阿契萨依斯基的矿床命名。米尔加利萨因斯基型矿床是由白云岩中的层状矿体构成的，产于加明阶的所谓第二条带层。矿床是由薄层白云岩和矿石矿物构成的，最重要的矿物是方铅矿，其次是闪锌矿、黄铁矿、硫化铜、重晶石、石英、铁白云石和方解石。沥青化白云岩具有鲕状构造。胶态，变胶体构造和肾状鲕状结构并不说明与含矿白云岩是同生关系，这些是卡拉套地区成矿过程最早阶段矿石矿物的特点。

阿契萨依斯基类型矿床常见于泥盆纪和石炭纪碳酸盐岩石中，具有整合状透镜体和大型穿层矿体。矿体由致密状黄铁矿与方铅矿、闪锌矿以及第一世代后沉积下来的其它矿物构成。这些矿体的周围有岩石的热液白云石化晕。卡拉套铅锌矿床的形成过程如下：

晚泥盆世的早期阶段形成了米尔加利萨因斯基类型层状沉积矿石的基底。以后，在早石炭世，可能还更晚的时期，在地下热矿水循环的影响下矿石在继续形成。在这个时期，原始沉积矿石的富集可能发生变化，同时可能形成新的矿体，具有热液成因的全部特点。在卡拉套，从铅的形成到矿床形成的过程持续了大约1亿6千万年。

意大利撒丁岛　铅锌一重晶石矿床位于该岛的西南部，这里的地层是由寒武、奥陶和志留纪的厚层碳酸盐岩石、白云岩、砂岩和页岩构成的。这些岩石由于加里东、海西和阿尔卑斯造山运动而发生褶皱，并为许多断层所切割。海西造山运动伴生有花岗岩，而阿尔卑斯造山运动则伴生有铁镁-长英质火山岩。在撒丁岛发现有三组矿床(Zuffardi, 1966)：

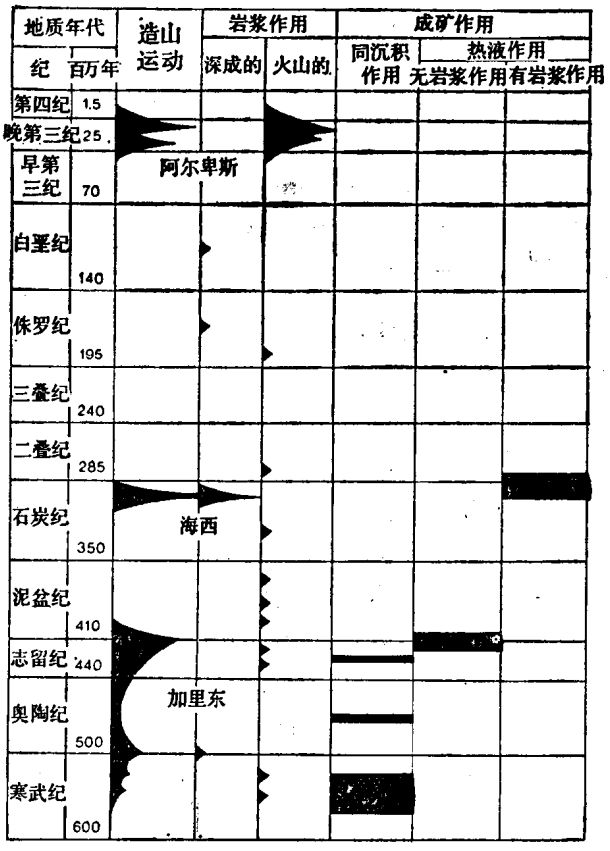

图2．　撒丁层控铅锌矿床形成过程简表
(据 Tamburrini and Zuffardi 资料编制，1967)

1．寒武纪碳酸盐岩石和白云岩中所谓含矿层内的同沉积矿层，其次是奥陶纪和志留纪沉积岩中的同沉积矿层。矿层内所含矿物有：通常为莓状结构的黄铜矿、白铁矿、黄铜矿、浅色闪锌矿、方铅矿、重晶石、碳酸盐类矿物。这些矿物具有细带状、韵律层状构造，胶体状结构，而且如硫同位素所示，是由生物因素沉积的。这些矿石是早古生代海相沉积产物。

2．加里东造山期裂隙中具有相似成分的穿层式后成矿层被看作是由于化学上活跃的非岩浆热水在较深部位循环而产生的沉积岩层的重新排列。

3．海西花岗岩体周围的穿层式后成矿层，具有从矽卡岩到中温热液岩层的分带变化。这些矿层的矿物成分有绿帘石、绿泥石、石英、重晶石、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、暗色闪锌矿和方铅矿。

对撒丁矿床的形成历史，Zuffardi 作了如下的描述：在早古生代时期同生浸染状铁、锌、铅的硫化物和 $BaSO_4$ 与碳酸盐岩石一起发生堆积作用。在加里东褶皱期，由于热水在较深部位的循环效应早期沉积下来的矿石发生了部分活动化，并转变为岩浆热液矿床。在中生代和新生代时期，矿石发生了表生改造（图2）。从矿石在寒武纪沉积物中开始沉积，到海西期热液矿床形成大约经历了3亿年。

三、砂岩和页岩中的铜矿床

层状陆源岩体中的层状和其它形状的黄铁矿、黄铜矿和斑铜矿矿床，长时期以来一直被看作铜矿的重要来源。在苏联，这类矿床的最著名代表是哈萨克斯坦杰兹卡兹甘和西伯利亚乌多坎。此外，还有赞比亚、曼斯菲尔德（德意志民主共和国）、下西里西亚(波兰)以及许多其它矿床。

在许多这类矿床中不仅发现有同生沉积成因特点，而且还有后成热液成因特点。关于这些矿床成因的讨论一直进行了几十年。

支持同生沉积成因者（W. Popow、D. Saposchnikow、Ju. Bogdanov、W. Garlik、P. Putic、H. Scheiderhöhn 等)提出的论证是，矿体是层状的，在沉积岩中呈整合产出，有地层和岩性方面的特征，以及与岩浆岩无关；后成热液成因论的维护者则提出了“穿层特点”，单矿层，阶段性成矿，以及岩石的交代变化特点。对这些矿床的长时期形成特点不如对前面提到的两个矿床的这一特点强调得多。然而，Darnley（1960）提出一种理论，即成矿物质在沉积物中发生了原生富集，后因高温热液作用而发生次生复杂化。

关于这些矿床形成的某些特点在西伯利亚乌多坎、赞比亚和曼斯菲尔德矿田实例中有所描述。

乌多坎 苏联西萨贝卡利砂岩铜矿产于早元古代沉积岩中，后变质为绿片岩相。铜的硫化作用见于六层沉积岩中。特别重要的矿化作用发生于 2500 米到 1500 米地层间距内的三层之中。

所有较高的铜含量均与地面三角洲和潟湖中水成的细粒斜层状砂岩有关（Bogdanov et al., 1966)。最重要的矿床乌多坎位于长达 25 公里的一个浅向斜中。矿床受到破坏，有时见有早元古代晚期的辉长岩-辉绿岩脉和花岗斑岩，以及中生代正长斑岩。

矿体构成砂岩中的一个层，厚度达 330 米，与上下围岩整合接触。矿石是由黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿和黄铁矿，以及其它少量矿物组成的，其分带如下：黄铁矿—黄铜矿—斑铜矿—辉铜矿。矿石的典型结构是条带状和斜层理，这些是沉积生成的特点。在乌多坎，石英或石英-碳酸盐穿层脉中可以发现与层状矿石中相同的硫化物，但铜要更富些。

矿的形成经历了两个阶段。在第一阶段中铜矿化的同生岩层成层于厚层三角洲砂之间，后者后来在成岩作用和碎裂作用（Katagenesis）期间发生了变化。在第二阶段中，在岩浆岩墙侵入期间的热矿水影响下形成了后成矿体。

关于两个阶段间隔的详细资料我们还不知道，但至少要有几千万年。

赞比亚 根据 Mendelsohn（1961）及其他人资料，非洲的已知矿床构成矿带；在赞比亚-加丹加的矿带长 700 公里，宽达 40 公里。这一铜矿带产于褶皱的弱变质泥板岩和泥灰质白云岩，其中矿体厚 20—70 米。该矿带属于晚元古代加丹加群下部。

这一矿带中的多数矿体呈层状，整合产于页岩和白云岩中。矿体的特点是矿石具薄层状扰动构造（Stictolothic structure)，这是重要的沉积特征(斜层理、滑动角砾岩等)。此外，地层学和岩石学上的上下关系也很明显：矿层中断于从泥板岩和泥灰质白云岩过渡到砾岩、长石砂岩和砂质白云岩的地方。

主要的矿石矿物是黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿，有时还有硫钴矿及其它钴矿物和铀矿物。在这一铜矿带中也发现有后成矿体，例如凯帕希和兴科洛鲍。在这些矿体当中有前加丹加系结晶岩石中含硫化物脉的石英-碳酸盐-长石岩石。应当注意的是，这些矿脉往上，在岩石变为加丹加砾岩、砂岩、页岩和白云岩的地方，在硫化物浸染占优势的地方就消失了。

虽然许多地质学家认为，结晶基底中被认为是层控矿化主要来源的热液脉是属于加丹加海进期，但没有得到证实，说明还存在更年青的脉。根据对凯帕希钛铀矿和兴科洛鲍晶质铀矿产地矿化作用所作放射性年龄测定(结果是 5 亿—6 亿 2 千万年，即早古生代)，

更年青的脉是有可能存在的。

对赞比亚铜矿带进行研究的所有科研人员一致认为，层控矿层中的矿石矿物在沉积之后因变质作用而发生再活动。上述事实并不排除 Darnle （1960）和 Garlik（1964）所描述的热液影响。

曼斯菲尔德 德意志民主共和国曼斯菲尔德向斜及有关地区具有数百平方公里的面积，是由中、晚二叠世沉积物构成的。基底岩石是"赤底统"斜交层状砂岩，其上是 1—2 米至数十米厚的下蔡希斯坦砾岩。砾岩之上是 20—40 厘米厚的含铜矿层，其盖层是同时代的灰岩。该剖面以中蔡希斯坦硬石膏结束。

矿层是由薄层沥青泥灰岩构成，其中有少数层状矿石矿物，主要是斑铜矿、闪锌矿和辉铜矿，其次是黄铜矿、方铅矿和自然银。该矿层具有二叠纪同生沉积层的所有特点。

这些特点是已知的，这里无需重复。然而，还有一点也是已知的，即断层中有重晶石脉，它们切过该矿层，穿过上覆和下伏岩层。在重晶石脉穿过铜矿层的地方，它们富含砷化钴，只有很少的镍，还有黄铜矿、斑铜矿、铋和沥青铀矿，它们产于铜矿层以上大约 15—20 米的地方。这些脉被视作晚期热液生成物。曼斯菲尔德矿床的整体构成包括了含铜页岩的同生沉积层和穿层的后成热液脉两者。含铜页岩和脉的形成之间的时间间隔尚不肯定。然而，考虑到准确测定的矿层年龄为中二叠世，并按 Schnide-rhöhn（1958："所有脉均晚于华力西造山运动"）意见，这一时间间隔可能达数百万年之久。

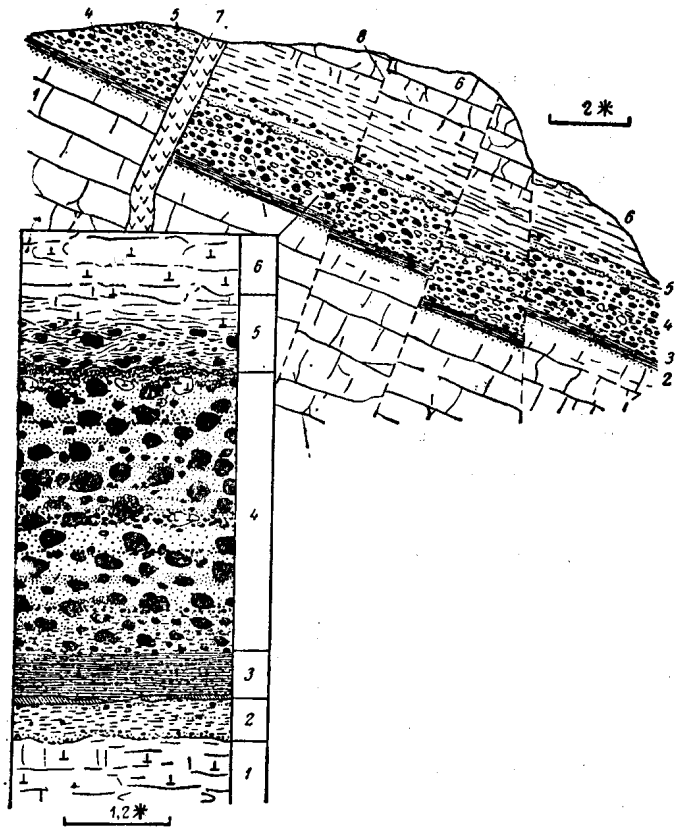

图 3 苏联西贝-乌拉尔多金属矿床外围上盘岩石中矿石碎屑的分布

（据 A. Schabin）

1、2.下盘岩石； 5、6.上盘； 1、6.流纹岩和英安岩； 2、5.含有矿石碎屑的酸性凝灰岩； 3.薄层多金属矿石物质； 4.层状胶结物中的异地矿石碎屑(黑色)和岩石碎屑(白色)； 7.辉绿岩脉； 8.成矿后断层。

四、顶板岩石中的矿石碎屑

如果真是这样，即矿石的较老部分是同生的，与层状岩石是同时间的，那么在含矿层遭到破坏期间形成的顶板岩石中一定不仅会发现围岩的碎屑，而且还会有被剥蚀的矿石碎屑。碳酸盐岩石、含铜页岩和砂岩，以及页岩中的铅锌是在安静的条件下形成的，矿层之上逐渐覆盖了顶板岩石。据笔

者所知，在这些矿床的顶板岩石中无任何矿石碎屑发现。硫化物矿床是另外一回事，它们是在火山喷发的动力条件下形成的，火山喷发携带矿石碎屑并使它们在顶板的火成碎屑物中沉积下来。

这种矿石碎屑证明矿石沉积发生在顶板岩石形成之前，它们时常见于许多硫化物矿床。它们的形状有棱角的、圆的或不规则的。碎屑的大小相当于围岩碎屑的大小，从几毫米到几十厘米。

这些矿石碎屑的矿物成分和化学成分与下伏矿体完全一致，如果下伏矿体未发生沉积后变化的话（图 3）。

这种碎屑与火山角砾岩和所谓的致密块状胶体物质（一些地质学家在上盘岩中有所发现）之间的交代硫化物集合体有明显区别。它们的沉积特点在许多出版物中都有描述（Smirnov, 1968）。

五、岩脉和矿体

碳酸盐岩石中的层状铅锌矿床和砂岩、页岩中的铜矿有岩脉伴生，其中有辉绿岩脉，较少为辉长斑岩、钠长斑岩和斜长花岗岩。

在许多将岩脉看作是成矿后产物的出版物中提出了以下几点观察作为证明：

1.穿过矿体的岩脉切过无矿的上盘；

2.岩脉穿过切断矿体的断层；

3.岩脉胶结了矿石碎屑；

4.岩脉的细小枝叉沿劈理穿过矿石；

5.矿体*的边缘被岩脉**切断；

6.岩脉切穿了矿石的带状构造；

7.在岩脉与硫化物矿石的接触带，有磁黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿和水硬绿泥石生成；斑铜矿被黄铜矿交代，而黄铜矿则被叶状构造的碳酸盐所交代。而且，黄铁矿、石英和其它矿物还发生部分溶解和再结晶。

然而，还有些出版物是说乌拉尔一些硫化物矿体的辉绿岩脉和斑岩脉是属同生成因。这些出版物认为，这些岩脉是在大部分黄铁矿沉积下来之后，但在有色金属硫化物的主要成分沉积之前侵入的（Borodaewskaia，1964）。

有可能是这样：部分岩浆岩脉是在成矿物质沉积之后不久侵入的。

六、地球化学晕

迄今，对于蚀变岩石范围内的晕和矿体周围化学元素分布的研究没有考虑到矿石形成的长期性和矿石形成过程的演化。关于硫化物矿床的地球化学晕方面，Owtschinikow 和 Baranowa（1970）获得了非常有意义的结果。

这种晕的化学成分已测定。晕内金属有大量富集，它们未计算在矿体储量之内。金

* 原文是 Ore minerals，可能是 Ore body.——译者

** 原文是 Selvages of the dykes.——译者

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com