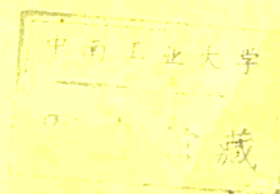


高等学校教材 737152

层控矿床学

朱上庆 郑明华 主 编



地质出版社



高 等 学 校 教 材

层 控 矿 床 学

朱上庆 郑明华 主编

地 质 出 版 社

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书是作者在多年教学和科研的基础上,结合层控矿床研究的动向和现代水平,为矿床地质专业编写的教材。

本书内容丰富,有特色,对层控矿床的基本概念、基本理论作了全面论述,总结了层控矿床的主要类型及国内外重要实例,以及时间空间分布规律,还简明地介绍了层控矿床研究方法。为层控矿床教材建立了基本体系。

全书共九章,约30万字,图约百余幅,除供矿产地质专业教学使用外,还可作为从事矿床地质研究的地质工作者参考。

※ ※ ※

本书由祁思敬、王俊发主审,经地质矿产部高等地质院校矿床地质学课程指导委员会于1989年9月西宁会议通过,同意作为高等学校统编教材出版。

※ ※ ※

高等学校教材

层 控 矿 床 学

朱上庆 郑明华 主编

*

责任编辑:陈磊

地质出版社出版

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:13.125 字数:306000

1991年10月北京第一版·1991年10月北京第一次印刷

印数:1—1300册 定价:3.45元

ISBN 7-116-00869-1/P·743

前 言

为满足现代化工业对矿产资源日益增长的需要,人们努力探索找矿的新途径。在寻求解决那些经典的岩浆-热液成矿论无法解决的成矿难题过程中,层控理论应运而生。层控理论一经问世,就显示出其巨大的生命力。鉴于层控理论在指导找矿和勘探工作中获得了极大效益,因而在较短的时期内就迅速地在全球范围内传播开来,成为当今矿床理论研究的热门课题之一。现在,层控理论已经渐趋成熟,并发展成为矿床学领域中的一个分支,成功地建立了一门新的学科——层控矿床学。

根据理论研究和实际工作的需要,近年来在我国大多数高等地质院校的有关专业中,设置了“层控矿床学”课程或专题讲座,在更高的层次上则招收和培养了“层控矿床方向”的硕士学位和博士学位研究生,专门从事层控矿床的理论研究。鉴于培养人才和教学工作的需要,地质矿产部矿床学课程教学指导委员会,在1989年的西宁会议上通过决议,责成中国地质大学朱上庆教授和成都地质学院郑明华教授负责主持编写一本适用于40学时左右的教学用书:《层控矿床学》,以供全国地质院校使用。会后,两院校即分别组织专人,以两院校多年来的教学和研究成果为基础,结合国内外的最新成就,着手按教学环节的实际需要组织编写,并如期完成。

全书共分九章,各章的执笔人为:第一、四、七章郑明华;第二章黄华盛;第三章池三川;第五章刘建明;第六章杨登、郑明华;第八章朱上庆;第九章崔彬。初稿完成后,由郑明华统一修改和定稿,朱上庆最后审定。脱稿后,经主审人西安地质学院祁思敬教授和西北大学王俊发教授对书稿进行了系统的、认真的审阅,提出了许多宝贵的意见。我们根据这些意见又作了许多重要的修改。

本书的顺利完成,实与地质出版社教材编辑室和地质矿产部矿床学课程教学指导委员会的切实领导和大力支持分不开的,也与两位主审人的辛勤劳动分不开的。我们愿意借此机会向他们致以崇高的敬意和衷心的感谢。

应当指出,由于层控理论的提出和发展的时间不长,尽管从事研究的人员和著述甚多,但迄今为止,对层控矿床中的某些基本概念尚存在争议,成矿机制的认识也未臻成熟,加之编者的学术水平有限,因而书中谬误之处在所不免,我们欢迎使用本书的老师和同学们以及关心本书的读者不吝批评指正!

朱上庆

(中国地质大学)

郑明华

(成都地质学院)

1990年7月

目 录

第一章 总论	1
第一节 层控矿床及其意义	1
第二节 层控矿床理论的提出和发展	3
第三节 有关层控矿床学的若干基本概念	6
一、矿源层和矿源岩	6
二、矿床的改造作用	6
三、矿床的叠加作用	7
四、复成矿床和成矿时期	7
五、时控及其特征	8
六、矿质的活化与迁移	8
第四节 层控矿床的基本特征	9
一、岩层的控制	9
二、岩相的控制	10
三、含矿地层中矿质的活化与转移	11
四、局部构造的控制	11
五、热液活动的标志	12
六、成矿的多成因和矿质的多来源	12
七、层控矿床空间上的成群、成带性	12
八、时控特征	13
第五节 层控矿床的分类	13
第二章 层控矿床与沉积环境的关系	15
第一节 沉积作用过程中金属元素的聚集	15
一、某些重要金属元素的表生地球化学特征	15
二、机械沉积作用中矿质的聚集	18
三、化学沉积过程中矿质的聚集	19
四、生物化学沉积作用中矿质的聚集	22
第二节 沉积相的控矿作用	25
一、沉积环境与沉积相	25
二、主要控矿沉积相	27
三、沉积相控矿的意义	33
第三节 矿源层(岩)在层控矿床形成中的意义	34
一、矿源层(岩)的判别标志	35
二、矿源层(岩)中成矿元素的赋存状态	37
三、矿源层(岩)中成矿元素的活化与迁移	38
第三章 层控矿床与构造的关系	43
第一节 全球构造与层控矿床	43

一、裂谷带中的层控矿床	43
二、海沟与火山岛弧中的层控矿床	46
三、碰撞带中的层控矿床	46
第二节 中国大地构造演化及与层控矿床的关系	49
第三节 局部构造对层控矿床就位控制	51
一、层理构造	53
二、断裂构造	53
三、褶皱构造	56
四、假整合和不整合构造	58
五、古岩溶构造	60
六、复合构造	61
第四章 地下(卤)水溶滤型层控矿床	64
第一节 地下(卤)水溶滤型层控矿床的基本特点	64
第二节 地下(卤)水的来源	65
第三节 地下水的性质和成分	66
第四节 地下水溶液的成矿方式	70
一、渗滤交代作用	70
二、加热循环溶滤作用	72
三、深部地层水的渗滤交代作用	77
四、“萨布哈”成矿作用	77
第五节 地下(卤)水溶滤层控矿床的基本类型	82
一、大陆内部区的溶滤型层控矿床	83
二、陆缘区的溶滤型层控矿床	85
三、海盆区的溶滤型层控矿床	90
第五章 海底喷流型层控矿床	101
第一节 海底喷流型层控矿床的概念和特点	101
第二节 现代海底热液喷流成矿活动	103
第三节 喷流型层控矿床的成矿作用	108
一、火山-喷流型矿床的形成作用	108
二、沉积-喷流型矿床的形成作用	110
第四节 主要的喷流型层控矿床	113
一、贱金属块状硫化物矿床	113
二、铁锰氧化物矿床	118
三、金(银)矿床	119
四、层控锡-(钨)矿床	120
五、层控重晶石矿床	120
第六章 变质和超变质热液型层控矿床	121
第一节 概念及基本特征	121
第二节 变质热液的形成	122
一、变质水的来源及性质	122
二、变质热液的形成	124

第三节 含矿变质热液的迁移与矿质的沉淀	125
一、变质热液的迁移	125
二、变质溶液中成矿元素的活动性	128
三、变质溶液中矿质的沉淀	129
第四节 主要的变质热液型层控矿床	132
一、变质热液层控矿床	132
二、超变质热液型层控矿床	136
第七章 岩浆-气液叠生型层控矿床	140
第一节 岩浆-气液叠生型层控矿床的基本特点	140
第二节 岩浆-气液改造形成的层控矿床	140
一、铁矿床	140
二、钨、锡矿床	144
三、铜矿床	144
第三节 岩浆-气液叠加形成的层控矿床	145
一、稀土-铁矿床	146
二、铜-(硫-金-铁)矿床	147
三、锡-(多金属硫化物)矿床	148
第八章 层控矿床的时空分布规律	151
第一节 层控矿床的时间演化规律	151
一、太古宙层控矿床	151
二、元古宙层控矿床	153
三、古生代层控矿床	154
四、中、新生代层控矿床	156
第二节 层控矿床的空间分布规律	157
一、古陆成矿区	157
二、古生代地槽褶皱带成矿区	158
三、古生代地台成矿区	160
四、中、新生代成矿区(带)	160
五、中、新生代大陆内部活化成矿区	161
第三节 中国层控矿床的成矿演化特征	161
第九章 层控矿床的研究方法	164
第一节 基础地质研究	164
一、矿体的形态和产状研究	164
二、矿石组构研究	165
三、沉积岩相-古地理研究	165
第二节 微量元素研究	169
一、微量元素	169
二、稀土元素	173
第三节 稳定同位素研究	174
一、层控矿床的稳定同位素特征	174
二、稳定同位素在层控矿床研究中的应用	176

第四节 矿物中流体包裹体研究	187
一、确定成矿环境	187
二、确定成矿的温度和压力	187
三、成矿流体的物理化学参数的计算	188
四、确定成矿时代	191
第五节 有机地球化学、标型矿物及其它研究方法	191
一、有机地球化学研究	191
二、矿物标型特征研究	192
三、数学地质方法的研究	195
主要参考文献	199

第一章 总 论

第一节 层控矿床及其意义

层控矿床 (strata-bound deposits), 就字义而言, 是指那些受层状岩石控制的矿床, 或解释为受一定的地层层位控制的矿床。但是, 矿床受层状岩石制约的原因、机理及成矿物质的来源等问题, 受众多因素所制约。因此, 对层控矿床概念的理解至今仍众说纷纭。但是, 总括起来, 大致可以分为广义的层控矿床和狭义的层控矿床两大类。前者所指层状岩石包括有沉积岩、火山岩、层状侵入岩以及它们的变质岩和变成岩, 有些学者甚至包括了它们的风化产物; 而所指地层层位, 小至单一岩层, 大至岩组或岩系。狭义者所指层状岩石则主要为沉积岩、火山岩及火山-沉积岩, 当然也包括这些层状岩石的变质岩和变成岩; 所指地层层位, 一般为单一岩层至岩组 (即岩石建造)。本教材以后各章所介绍的层控矿床, 主要是指狭义者而言。狭义的层控矿床系指那些矿体赋存于某一地层层位内, 矿体形态总体上呈层状、似层状或透镜状, 而矿体的随机形态则多种多样, 但仍受地层层位控制。层控矿床的矿体形态如图1—1所示。

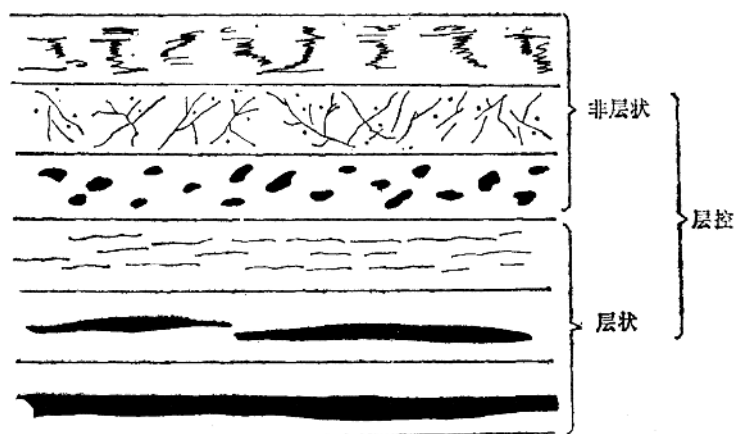


图 1—1 层控矿床矿体形态示意图

(据 G·C·阿姆斯图茨, 稍加修改, 1980)

由上所述, 狭义的层控矿床乃是一类产于特定地层层位中的金属及非金属矿床。它们的容矿岩石包括正常沉积岩、火山-沉积岩、火山岩以及其受变质的岩层。控矿地层单位, 既可是单一的岩层也可以是一套特定的岩石组合。但是, 就矿体与围岩的相互关系而言, 也只有极少数呈完全整合关系。大多数层控矿床, 无论在形态、产状和相关位置上, 相对于层理而言, 都显示出某种程度的变化。因而, 层控矿床的形成不同于那些与地层同沉积

的沉积矿床,层控矿床往往经历过较长期的和复杂的演化过程。层控矿床一般表现为在早期沉积作用或火山-沉积作用的基础上,经过后期地质作用的某种程度的改造而形成。诚然,一部分层控矿床受后期地质作用改造显著,而一部分则可能遭受改造的程度较轻微。

因此,层控矿床中常或多或少保留有同生沉积的某些特征,又具有某些后生成因的标志。显而易见,层控矿床以其自身的既具有外生矿床的特征又具有内生矿床的标志而区别于典型的沉积矿床,又不同于典型的后生矿床。在特定的意义上来说,倘若把沉积作用和沉积-改造作用视为层控矿床形成的统一过程,那么,则可把沉积矿床和层控矿床视为沉积-演化全过程中的两个不同阶段的产物。

传统矿床学对不同成矿作用多强调其区别和对立,往往忽视或无视其间的联系。但由于多数成矿作用具有长期性和复杂性的特点,多数矿床复合成矿远多于单一成矿的事实已为众所公认,从而证明绝对化了一源成矿理论不能有效地指导找矿和勘探工作。此外,新技术和新方法在矿床研究中的应用,对层控矿床理论的兴起和传播起了很大作用。如成岩-成矿实验、稳定同位素和同位素计时、气液包裹体成分和温压测定、微量元素含量与比值、稀土元素配分以及热力学计算等,对探讨和确认成矿物质来源、含矿溶液的成分与性质、成岩成矿的物理化学条件、成矿阶段和成矿时代等,提供必不可少的重要参数。这些参数对多源、多成因的层控矿床的认识提供了重要的依据。

当前,人们极为重视对层控矿床的研究,并非出于时髦,而在于对层控矿床的深入研究不仅具有重要的理论意义,而且具有重要的实际意义。据不完全统计,层控矿床提供的矿产储量约占矿产总储量的70%以上,其中层控金矿约占世界金储量的80%以上;层控铅锌矿约占世界铅锌储量的90%;层控汞锑矿约占世界汞锑储量的80%以上;层控铜矿约占世界铜储量的50%以上。层控矿床不仅储量大,而且顺层分布、形态较规则,易于现代机械化和自动化开采。鉴于层控矿床受一定层位控制,从而建立了“顺层找矿”的思想,这一思想无疑大大开阔了找矿远景,具有相当重要的战略意义。在国内外,根据这一思想实施找矿和勘探曾取得重大成功。又鉴于层控矿床具明显的时控性,从而又可作为地层对比的辅助标志,尤其适于那些变质较深、缺乏化石的哑地层或遭受强烈变形地区的地层对比。特别需要指出的是,鉴于层控矿床在其形成过程中既有外生作用又有内生作用,既有浅部成矿作用又有深部成矿作用,既有同生作用又有后生作用,既涉及常温常压的成矿环境又涉及较高温度和较高压力下的成矿环境。因而对此类矿床的研究结果,必然可以纠正传统成矿理论中过分强调内生成矿与外生成矿的对立、浅部成矿与深部成矿的对立、同生成矿与后生成矿的对立、常温常压与高温高压成矿的对立,进而把这些对立面从某一个侧面(可能并非全面)把它们有机地统一起来了。显然,这是层控矿床理论对矿床学科所作出的又一重大贡献。

我国地大物博,矿产资源丰富,在当今世界150余种矿产中,除少数几种外,均探明有一定的储量,是世界上少有的几个矿产资源较为齐全的国家之一,并跻身于世界五大资源国之列。人们注意到,我国在提供矿产储量的矿床类型中,层控矿床占有很大的比率。这是由于我国长期的地壳演化历史为层控矿床的发育创造了十分良好的自然条件。我国多旋回的地壳运动、特别是晚近地史中频繁而剧烈的地壳运动和岩浆活动,使早期形成的矿化层或沉积矿床在后期受到改造和叠加作用的机率大为增加,因而比稳定地台和地盾区有更多的层控矿床生成。我国许多地区古生代和前古生代的地壳运动,常伴随有多期次的变

质作用和混合岩化作用。在我国东部,中、新生代地壳运动强烈,使岩石发生不同程度的变质和变形,许多地区还发生强烈的花岗质岩浆的侵入活动。所有这些地质作用无不对早期已形成的矿化地层或矿床发生不同程度的改造和矿质的叠加,从而为我国众多的层控矿床的发育创造了至关重要的条件。

第二节 层控矿床理论的提出和发展

层控矿床学或层控矿床地质学,是研究层控矿床在地壳中的形成及其分布规律的科学。

因此,层控矿床学,必须解决两个基本问题。第一,正确地认识各类层控矿床的形成条件和形成过程,即查明层控矿床的形成机制;第二,查明层控矿床形成的时间和空间位置,正确地认识层控矿床在地壳中的分布规律。即查明在何种地质条件下,可以预期找到何种层控矿床。

层控矿床学的建立和发展,经历过曲折的路程。

自从18世纪“火成论”和“水成论”之争被火成论占据统治地位以后,成矿理论问题似乎取得了基本上的解决。人们被授予于这样一种概念:除了与沉积层关系十分密切的煤、石油、天然气以及铁、锰、铝、磷等少数矿种外,自然界中为数众多、品种复杂和类型迥异的各种矿床,都是与特定的岩浆和岩浆期后热液的作用有关。鲍文曾断定,一切成岩-成矿物质均来自玄武岩浆演化的结果。这种论点长期被视为成矿作用的标准模式,并居于不容争议的统治地位。但是,按照岩浆-热液理论去实施找矿,即从岩浆岩单一因素出发找矿,在许多情况下未能取得预期的效果。随着地质勘探工作的进展和新事实的大量涌现,许多曾被确定其成因与花岗岩有密切关系的矿床,表明与岩浆活动并无关系。鉴于许多矿床分布区内甚至无岩浆岩分布、矿石组成相对简单、矿体受层位控制明显、古沉积相环境对矿床的控制等,人们开始把注意力转向非岩浆成矿方面。

违背传统和占主导地位的岩浆-热液观点的趋势,是在世界不同地区独立出现的。在本世纪30年代,德国慕尼黑大学的A·毛赫(Albert Maucher)指出,德国巴伐利亚一带的变质多金属硫化物矿床乃受地层控制。自50年代起,A·毛赫及其学生对阿尔卑斯和土耳其地区碳酸盐岩层中的层状铅锌矿床进行了详细研究,得出矿石是在沉积建造中富集结论,并将这些矿化特点概括在“层控”这一概念中。此后,在欧洲的矿床学界中逐步形成所谓“慕尼黑学派”。60年代初,毛赫等又发起一项对欧洲古生代地层中的层状Sb-Hg-W矿床的研究计划,结果导致1967年在奥地利阿尔卑斯地区密尔特西尔附近的弗尔伯特尔大型白钨矿矿床的发现。从此,层控和层控矿床的概念在国际矿床地质界迅速而广泛地流传开来。

在50—60年代期间,还有许多学者提出类似的重要论点。有的学者考虑到层状矿床可能有特定的岩性环境,提出矿床的形成多依赖于环境。C·L·奈特(1957)发表《矿床成因——矿源层概念》一文中提出,大多数矿田的硫化物矿体是从与其它沉积组分同时沉积的硫化物堆积体中衍生出来的。大体同时,H·金和E·奥德里斯科尔特提出大量硫化物矿床的矿质富集是在地表上进行的。这一思想得到R·斯坦顿和S·理查兹对硫化物层和含铁层的化学关系的独立研究成果的有力支持。1959年,L·巴斯贝京应用培养细菌的办法,在

室温下的人造海水中制造出数种硫化物矿物，打破了那种认为形成硫化物矿物必须要有高温的迷信。1962年，G·C·阿姆斯图茨提出：“每一种岩石都有它自己本来的一份矿床，是同时形成的或从它自己内部来源物质形成的”。并在《矿石成因若干关系的逻辑》一文中指出，“层状矿床绝少是岩浆-热液交代形成的”。1963年，洛弗林（T.S.Lovering）提出“双生成因”（Diplogensis）一词，用于一部分是同生另一部分具后生特点的矿床。并指出：“欧洲曼斯费尔德式‘含铜页岩’中，硫是同生沉积的，而铜及其他金属则是后来和后生方式引入的”。随之他又引进了“岩生”一词（Lithogene），其含义是成矿金属是从固体岩石中经活化、迁移和再沉积到其他地方的过程（即侧向分泌）。大体同时，戴维森（C.F.Davidson, 1962）在美国《经济地质》上发表了“层控铜矿床的一个可能的成因模式”一文，这是美国地质文献中首次出现“层控矿床”一词。他认为从盐类矿床中挤出来的层间卤水，当它们运移到深处淋滤了原生的浸染状硫化物中的铜，然后运移、沉淀在化学和构造条件均有利的部位成矿。1964年，K·邓哈姆根据在北英格兰深钻中所取得的可贵资料，提出了原生卤水成矿方式。同年，加里克（W.Garlick）指出生物礁特别是聚环藻形成的叠层石组成的生物礁，尤其有利于后生矿化的就位。

须要指出的是，在50年代后期到60年代初期，我国著名学者孟宪民先后发表了一系列的论文和谈话，并翻译引进当时在国际上刚刚兴起的同生成矿理论和观点，对同生矿床理论在我国的传播做了大量开创性的工作。他反复强调：“多数矿床中矿石如同包围它们的岩石一样是同生的，而且是同一来源的”。他曾利用“土生土长”、“主曰子曰”、“纸包油条”等形象化语言来表达他的一些基本思想。所谓“土生土长”，指金属的富集主要归因于同生沉积作用。现在所见到的某些金属矿床产在特定的地层层位中，是与火山活动、沉积建造、岩相古地理等有密切的联系。所谓“主曰子曰”、“纸包油条”，指后期地质改造作用取得的矿质，基本上是就地取材的。遭受改造后会出现一些脉状体（子曰），这些脉体是由层状矿体（主曰）中派生出来的。与此同时，围岩会出现某些蚀变，这是在特定的物理-化学条件下发生的成分变化而生成的，有如包油条的纸上沾有油迹一般。虽然他当时并未明确采用层控一词表述他的学术思想，但他的“沿地层层位找矿”的思想和理论观点，却与层控理论类同。

进入70年代，层控理论有了长足的进步。1970年，邓哈姆关于“岩石组合和成因”的讨论，1971年H·金在经济地质学家协会所作的《澳大利亚人对成矿问题的一些与传统观点相反的想法》的优秀讲演中指出，在澳大利亚迄今为止所发现的重要产地，几乎全部（Au和铝土矿除外）是层状的。……全部构成有重要价值或主要的矿床（其中大多数为硫化物矿床或硫化物伴生矿床）均产在特定的岩层或特定的层位中。同年，K·B·克劳斯科夫提出了沉积-演化的概念。在第24届国际地质大会（1972）上，毛赫发表了题为“时控和层控矿床与地球的演化”的论文，系统地总结了研究层控矿床的经验，这无疑给正在迅速发展的层控理论以新的推动力。1976—1983年，由K·乌尔夫主编的《层控矿床和层状矿床手册》十四卷本相继问世，它标志着层控矿床研究在世界范围内达到了新的高潮。特别是G·C·阿姆斯图茨在《矿石成因若干关系的逻辑》一文中尖锐地指出：“长期以来绝大多数地质学家完全逍遥自得地站在远处观察矿石，因为流行的矿石成因说——岩浆-热液说被无条件地接受，而且觉得不需怀疑它们的真实性。可是，由于许多新地质事实的发现，怀疑这一理论的人多起来了，研究态度也逐渐发生了变化。层控理论的出现，是观察-实验法对

教条-公式法的一次冲击，是一种研究方法对另一种研究方法的胜利”。他接着指出：“如果看一下自然科学的历史，我们不得不承认矿床学是这个家族中的落后的孩子。许多学科已经摆脱套公式的阶段而走上了实验-观察阶段，并早已改变了它们的研究方法。在达尔文《进化论》发表百年之后，矿床学者只是在现在才发现了自己的进化论，将矿石和它的地质环境——围岩联系起来观察研究，对矿石的成因持变化和发展的观点，矿床学只是到现在才对解救危难的上帝（花岗岩）失去了信仰”。

在此期间，我国的不少学者也开始把注意力转向层控矿床问题，并逐步掀起研究层控矿床的巨大浪潮。在这股浪潮的推动下，积累了丰富的基础资料，提出了一些新的认识，出现了一大批有关论著，其中以涂光炽等（1984—1988）《中国层控矿床地球化学》1—3卷的出版，最为系统地总结了我国对层控矿床理论研究方面的新进展，在我国具有很大的推动作用。此外，近十年来，为总结和交流层控矿床理论研究和实践所取得的成果，还召开了三届全国层控矿床地质及地球化学会议，大大推动了我国在层控矿床方面的研究。

层控理论之所以能迅速地传播起来，除了实践证明它能强有力地指导找矿外，还由于当代新技术和新方法在矿床研究工作中的成功应用。现在愈来愈多的人接受这样的论点：许多工业矿床过去被认为是岩浆-热液的，现在则被认为是同生或准同生成因的；有愈来愈多的人承认这样的论点：现在开发和开采的许多大型和超大型层控矿床其基础部分原是在当时的地表或近地表的条件下沉积和富集的。在1976年第25届国际地质大会以来的各届国际地质大会上，层控矿床均被列为大会矿床学科的主要论题之一，并取得了较为接近的认识。过去围绕层状和层控矿床不时爆发出是同生矿床抑或是后生矿床的激烈争论已不复存在。现已比较一致地认为，这类矿床起初是同生沉积的，其有用组分，一般是初步富集了的，有些达到了工业品位，有些则不够工业品位；它们是在其后的成岩作用、后生作用、变质作用及其他的热液流体作用下，使原来的成矿物质发生重新组合，形成后生或准后生的更为集中的金属富集。

近年来，对层控矿床的研究取得了长足的进步。根据层控理论不仅发现了一大批新的矿床，而且对一些已有“定论”的矿床类型重新认识后，亦证明乃属多成因的层控矿床。所有这些成果，对提高我国层控理论水平和找矿勘探工作均具有重大的意义。

总之，虽然层控矿床从各种意义上来说，它历来都是矿床学的一个组成部分而不是一个全新的领域，但从人们对与沉积物和火山产物伴生的层控和层状矿床的研究工作来看，却已经在矿床学的广阔领域中成为一门分支。大多数学者都强调指出，由于近年来对此类矿床的大量研究工作表明，纯粹的“堆砌式”阶段或“积累、描述性”阶段，已被理论地质学和应用地质学的“解释成因”阶段所补充了。

我国地质构造复杂，形成层控矿床的地质条件优越。多旋回的地壳运动，使早期形成的沉积矿床和矿化层有更多的机会遭到种种影响而发生变化，从而使形成层控矿床的机率大为增多。

可以预期，我国矿床地质工作者，必将从中国自身的地质构造特点出发，对层控矿床学的发展，作出自己应有的贡献。

第三节 有关层控矿床学的若干基本概念

一、矿源层和矿源岩

矿源层 (source bed)，是奈特 (C.L.Knight, 1957) 提出的。他提出这一概念的前提乃是不满意当时流行的岩浆分异理论。因为有许多重要矿床和侵入岩之间并不存在成因联系。相反，这些矿床的产出却与某一特殊的沉积层显示出重要关系。它们是成矿物质的提供者。

大量地质事实表明，大多数矿田内的成矿物质（硫化物、氧化物等）与其他沉积组分是同时堆积在沉积盆地中的某一特定层位，其后，由于环境发生变化，如由于温度的升高促使矿质发生不同程度的迁移，并把迁移出的矿质沉淀在有利的构造部位和岩层中而成矿。由于被迁移出矿质的地层是矿质的提供者，因而称之为“矿源层”或矿质的“来源层”。

矿源层概念的提出，为建立“矿源层-矿质活化转移-聚集成矿”这一新的成矿模式奠定了基础。从而摒弃了传统的岩浆-热液成矿的一成不变的公式。传统理论认为，在一定层位中发生的矿化乃岩浆-热液选择性交代的结果。然而，容矿层倘若为一固定的岩性层位时，人们还可以争辩说它的化学性质特殊，决定了矿质的交代。但事实上硫化物矿床的含矿层是多种多样的，有页岩、粉砂岩、砂岩、砾岩、碳酸盐岩、泥板岩和火山岩等。将这些化学性质迥异的岩性层位中形成的硫化物矿床统统归因于花岗岩及其分泌的含矿气液的选择性交代，显然不符合地质事实，因而也是不能接受的。另一方面，也应认识到，简单的同生论观点，即认为硫化物矿体是原生沉积而从未曾移动过的观点也是站不住脚的。因为众多的硫化物矿床特别是富矿体无不受各种形态的构造控制，这就表明，在硫化物沉积之后，曾发生过不同程度的迁移和再聚集作用。

由上可见，矿源层不同于含矿层，后者特指那些容矿的地层，前者则指提供矿质的地层。倘若矿质是由容矿层自身提供的，那么矿源层和含矿层（容矿层）合为一体，矿源层和容矿层是一致的。倘若容矿层中聚积的矿质是由外部提供的，那么，矿源层和容矿层是不一致的。据此，可以把层控矿床分为自源层控矿床和异源层控矿床。

但是，矿质的来源既可以来自沉积地层，也可以来自沉积地层以外的基底岩石或火成岩，因此矿源层的概念已经扩大，包括能够提供矿质的所有岩石，总称之为“矿源岩”。

矿源层（岩）中成矿元素的赋存状态与其活化、迁移能力、强度和条件等有密切的联系。元素的赋存状态不同，它们活化和迁移的条件也就不同。

二、矿床的改造作用

所谓改造，系指先期形成的矿化层（或矿体）遭受到后期地质作用的影响，矿质发生活化、迁移和再聚集的过程。在此过程中一般无新的矿质加入。矿化层或矿体遭到改造的程度可能有很大差别，因而又可分为轻微改造和强烈改造层控矿床两类。

轻微改造层控矿床中保留有大量原来矿化层或沉积矿床的特征，如矿体常大体呈层状或似层状产出，与围岩同步褶曲；矿石中矿物颗粒较细，常具层纹和层理；局部地段可见细脉穿层但蚀变不明显等。强烈改造的层控矿床，则原始面貌大多消失，原来沉积层中的矿质受到溶解、迁移到减压带（破碎带、断层、褶曲轴部和层间剥离带等）再沉淀成矿；围

岩蚀变较显著；矿石中的矿物颗粒较粗大；构造控矿现象较为明显。

矿床改造的程度，主要取决于矿石的物理化学性质。改造的结果既可能使矿质集中，但亦不应排除使矿质贫化的可能。

改造的方式是多种多样的，主要有：

1. 岩浆-热液改造：当沉积的矿化层或矿体形成后，遭受到岩浆-热液作用，使矿质发生活化和转移后形成的矿床。如茶陵、攸县一带的宁乡式铁矿，往往受到中生代岩浆活动的影响，赤铁矿被还原磁化，与此同时，矿石品位提高（由原来的30%左右提高到43.20—50.21%）。

2. 地下水溶液改造：这是由于地下水的活动，特别是富含NaCl的地下水溶液的活动，使原矿化层或矿体发生种种变化。如湖北黄梅菱铁矿矿床中，可见到原始沉积的成层分布的青灰色细粒菱铁矿，此外尚有呈脉状或网脉状产出的颗粒较粗大的米黄色菱铁矿。后者乃地下水通过溶解前者经过去泥排炭后再沉淀于微裂隙中的产物，结果大大提高了矿石的质量。

又如某些碳酸盐岩建造中的铅、锌硫化物矿床，如我国广西泗顶和北山铅锌矿床中部分矿体是由地下水溶液将分散于地层中的铅、锌和硫溶解并淋滤出来后，在古喀斯特溶洞中再沉淀、富集形成。

3. 构造改造：此种改造表现为矿体或矿化层受到后期褶皱、断裂等构造的影响（有时在构造作用过程中还伴随有少量流体的作用），使原来的矿体发生脆性变形甚至塑性流动，从而使矿质运移堆积于减压空间中成为矿柱、矿包或矿脉。湖南雪峰山和湘西乌峰石煤系中的“煤脉”；某些硫化物矿床的矿体在褶皱轴部变厚即此改造所致。

三、矿床的叠加作用

所谓叠加，系指在先期成矿的基础上，受到后期地质作用的影响而发生种种变化，同时有新的成矿物质的加入。换言之，后期地质作用不仅使原矿化层或矿体发生变化，而且还带入新的矿质，构成一类多矿质来源的矿床。

根据矿质来源的特征，可把叠加矿床分为同源叠加矿床和异源叠加矿床。

1. 同源叠加矿床：此类矿床在其形成过程中，虽然成矿作用多次发生，矿质多次带入，但整个矿床的基本组分同出一源。或来源于上地幔玄武岩浆，或来源于硅铝层重熔岩浆，或来自地壳上部的固体岩石。我国云南大红山铁铜矿床可作为此类叠加矿床的典型例子。

2. 异源叠加矿床：此类矿床不仅通过多次不同的成矿作用形成的，而且其成矿物质的来源也不相同。在两次成矿作用之间的时间间隔可能很长，以致使成矿作用和成矿物质的叠加似乎是一种偶合。此类矿床的典型矿例可推我国内蒙的白云鄂博稀土-铁矿床。

四、复成矿床和成矿时期

地壳中产出的矿床既多且复杂，以致人们找不到两个矿床是完全相同的。这是矿床形成的长期性和复杂性，也是地质作用的复杂性的必然结果。

鉴于矿床的形成要经历一个相当长期的过程，以致不可避免地会不同程度地遭到改造和叠加。这样，那些经历过多次成矿作用、多成因和多矿质来源的矿床，即称为复成矿床或复式矿床。

层控矿床实质上即属于复成矿床。

鉴于层控矿床具有复成矿床的性质，因而其成矿时间或成矿时期往往成为一个复杂的问题。确切地说，层控矿床的成矿时期应该包括整个成矿过程。

但是，由于不少层控矿床的早期矿化和晚期富集（有时可能是多次叠加和富集）相隔时间很长，由几千万年乃至几十亿年。如果把层控矿床经历如此长的相隔时间均视为成矿时期，显然也不适宜。因此，涂光炽提出，如果在同生沉积阶段已有了矿质的工业堆积，那么，同生沉积时期便可视为成矿时期。倘若在同生沉积阶段，矿质虽然发生聚积但未达到工业要求的程度，而是在经过了后期的活化、迁移和再聚积过程后，矿质的富集才达到工业要求者，其成矿时期则应指活化、富集的时期。

五、时控及其特征

目前的地质方法，对矿床随时间演化的意义认识不足。因而，往往忽视了时间也是控制矿床分布的一个重要因素。包括层控矿床在内的大多数重要矿床，通常均不同程度地表现出成矿地质特征随时间而发生明显的变化。

层控矿床的时控特征，表现为不同矿种的层控矿床倾向于在一定的地质时代中富集。而不同时代的层控矿床则往往又具有自身的特征类型。世界上主要层控铅锌矿床的主要成矿时期有：（1）1800—1400Ma形成的以沉积岩（极少火山-沉积岩）为围岩的海底喷流矿床及其变质热液改造的层控矿床；（2）500—250Ma形成的沉积和火山-沉积经后期改造和叠加型层控矿床；（3）200—70Ma则可出现陆相沉积-改造矿床的形成。

我国层控汞锑矿床在成矿时代上表现为，沉积阶段仅形成矿源层，时代以古生代为主。矿床的形成则主要是在燕山-喜马拉雅期完成的，成矿与岩浆作用无直接关系。

层控金矿床，在我国虽然形成矿源层的时间是从太古代直至中生代；但后期地质改造成矿则主要发生在燕山期，其次为海西及加里东期。

由上可见，层控矿床的形成往往受时间因素的制约。认识成矿时间是一个重要控制因素，对找矿和勘探工作显然具有重要意义。因为，了解到矿床类型随时间的变化，就能确定矿床赋存于何时代的岩层内。如果只注重矿床分布的空间分布因素而忽视时间分布因素，将是错误的，对找矿工作来说，其成功的希望是不大的。

层控矿床时间控制因素较多。据认为，控制矿床形成的时间因素包括：地壳的演化因素；大气圈、生物圈和水圈的演化因素；地壳活动性和岩浆的演化因素；元素活动性的演化因素；以及地壳的构造演化因素等等。矿床的时控性显然是多种因素综合的结果。

鉴于层控矿床多赋存于特定的层位中，尽管某些矿床可能表现出具有多层性的特点，即在不同时代的特定层位中产出。但重要的层控矿床却主要出现在某些特定时代的特定层位中。毫无疑问，这些矿床的出现乃是受时间因素的控制。为了确定时间因素对层控矿床分布规律的重要控制意义，毛赫建立了时控（time-bound）的概念。

六、矿质的活化与迁移

矿质的活化与迁移，是层控矿床形成的关键，也是区别于单一成因矿床的最基本的特征。众所周知，在沉积、成岩或岩浆分凝结晶固结后，矿质即以各种方式进入矿物晶格或呈机械混入物，或被吸附固定于矿物和岩石之中。当富含有用组分（矿质）的矿源层、矿源岩、甚至是矿体，在其后的不同地质作用下，特别是高温流体的影响下，那些被固定于矿物或岩石中的成矿物质，会随着地质作用和介质的活动而被“释放”出来，并进入到流体中。此种矿质被释放出来的过程，称为矿质的活化。

