

矿石学

上编 概论

中国地质科学院 矿床地质研究所
陈正 岳树勤 陈殿芬 编著

地质出版社

矿石学

上编
概论

地质出版社

18312

120
50-4
1

矿 石 学

上 编 概 论

中国地质科学院矿床地质研究所

陈 正 岳树勤 陈殿芬 编著

地 质 出 版 社

内 容 简 介

《矿石学》共分上、下两编。上编为概论，下编为铬、镍等十五种矿产的矿石各论。本书为上编，内容包括矿石学的基本原理和研究方法。首先论述有关主要术语的含义，然后叙述与矿物性质和结构有密切联系的结晶化学特性，系统描述矿石结构的主要类型，重点介绍矿石相平衡的实验原理和方法，以及实验成果对矿石生成机理的解释和应用。最后探讨了矿石的成因类型。本书中总结了有关这方面的最新成就，以便在矿石的研究工作中使用。

本书内容丰富，理论与实际并重。可供矿床、矿相、岩石、地质勘探工作者及地质院校师生参考。

矿 石 学

上编 概论

中国地质科学院矿床地质研究所
陈 正 岳树勤 陈殿芬 编著

责任编辑：王 曙

地质出版社出版

(北京西四)

妙峰山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：19⁵/₈字数：459,000
1985年10月北京第一版·1985年10月北京第一次印刷
印数：1—2,450册 定价5.00元
统一书号：13038·新174

序 言

如所周知,矿床是由矿石构成的。矿石是矿床的核心部分,也是矿床研究的主要对象。历来的矿床学家们在其毕生的经历中,一般都有如下的体会:凡是同一矿种同一成因类型的矿石,不论产在世界何地,在化学成分、矿物种类、结构构造、产状以及生成的物理化学条件上,都有一定程度的共性,而与其他类型的矿石相对比,则有显著的区别。因此,以往很多的矿床、矿相学家,都认为应当将矿石作为一门学科来研究。在四十年代,苏联著名的矿床、矿相学家别捷赫金,就曾呼吁开展矿石学的研究工作。六十年代以后,西欧、北美的学者们,又正式提出了“矿石学(ore petrology)”这一学科的名称。现在看来,矿石学不仅可以看作矿床学的分支学科,也可以看作是岩石学的分支学科,因为矿石实际上不过是有用矿物较为富集、并足以开采利用的较为特殊的岩石而已。不言而喻,矿石学作为新学科进行研究,有利于为矿床学奠定更为坚实的基础,也可为岩石学领域填补某些空白。

基于以上原因,中国地质科学院矿床地质研究所自1979年开始,就提出将“矿石学研究”作为一项科研任务纳入“六五”规划。研究组由二室、三室、六室等十余单位科研人员组成。并由陈正担任专题负责人。

矿石学研究工作分两部分进行。第一部分作为《矿石学》的上编出版,其内容为矿石学的基本理论和研究方法。其中先论述一些与矿石学有关的主要术语及其含义,阐明一些与矿物性质、矿物晶体结构有密切联系的基本结晶化学特性,系统介绍矿石的组构类型,系统介绍矿石相平衡实验成果和应用,并探讨矿石的成因类型等。上述各方面在近一、二十年有显著的进步和发展,书中已将现代新成就总结起来,以便在矿石的具体研究工作中应用。

第二部分为各矿种矿石建造的详细论述,以及有关成因和成矿物理化学条件的探讨。共包括铬、镍、钴、铁、钒、钛、锰、金、银、钨、锡、钼、铜、铅、锌、锑、汞等矿种,约数十种矿石建造类型。每一矿石建造类型的论述内容,大致包括地球化学特性、矿石的化学成分和矿物成分、成矿期和成矿阶段的划分,每一成矿阶段矿石的结构构造,矿物生成顺序和共生组合,围岩蚀变,矿石建造的成因以及生成机理,产状与主要产地,以及矿石开采利用的途径和前景等等。这些内容由于对某一矿种有较丰富实践经验的同志负责研究和总结。本部分拟作为《矿石学》的下编出版。

矿石学上编共由五章构成,第一、二、四章由陈正编写,第三章由岳树勤编写,第五章由陈殿芬编写。

矿石学研究项目得到矿床地质研究所科技处及有关各室的积极支持。《矿石学 上编》脱稿后,曾蒙矿床地质研究所宋叔和、郑直二所长,蒋溶、郭宗山、黄蕴慧、秦淑英、陈学正、李鹏九、刘玉山等同志及武汉地质学院徐国凤同志详细审阅,提出不少宝贵意见,特在此表示衷心的感谢。在整理编写过程中,还得到郭世勤、沈湘元、孙淑琼、邹星等同志多方协助,都在此一并致谢。

目 录

第一章 绪论	1
一、矿石学概述	1
二、矿石建造	2
三、成矿期、成矿阶段和矿物世代	4
四、矿物共生	6
五、矿石学与其他学科的关系	8
第二章 金属矿物的族类、通性和产状	11
第一节 金属矿物晶体化学概述	11
一、矿物的键性和晶格类型	11
二、晶体中离子的配位	13
三、矿物中的杂质	16
(一) 置换固溶体	16
(二) 间隙固溶体	17
(三) 形成固溶体的一般条件	18
四、原子的活动与扩散	19
(一) 自身扩散	19
(二) 置换杂质扩散	20
(三) 间隙杂质扩散	20
(四) 离子键与共价键晶体中的扩散	21
(五) 非晶质固体中的扩散	22
(六) 晶粒边界上的扩散	22
第二节 金属矿物结构分类原理和类型	22
第三节 金属矿物的族类、通性和产状	28
一、自然金属和半金属类	29
(一) 自然金属	29
(二) 铂族	30
(三) 铼族	30
二、硫化物与硫酸盐矿物类	31
(四) M_2X 类型: 辉银矿(反萤石)族	31
(五) M_2X 类型: 辉铜矿族	32
(六) MX 类型: 方铅矿族	33
(七) MX 类型: 闪锌矿族	34
(八) MX 类型: 纤锌矿族	36
(九) MX 类型: 红砷镍矿族	37
(十) M_3X_4 类型: 硫尖晶石族	38
(十一) MX_2 类型: 黄铁矿族	39
(十二) MX_2 类型: 白铁矿族	41

(十三) MX_2 类型: 斜方碲金矿族	42
(十四) MX_3 类型: 方钴矿族	43
(十五) 层状矿物族	43
三、氧化物类	44
(十六) MO 类型: 红锌矿族	44
(十七) MM_2O_4 类型: 尖晶石族	44
(十八) M_2O_3 类型: 赤铁矿族	47
(十九) MO_2 类型: 金红石族	48
(二十) MO_2 类型: 晶质铀矿族	49
第三章 矿石的结构和构造	55
第一节 矿石组构的分类	55
一、拉姆多分类	56
(一) 结构	56
(二) 结构及其成因关系	56
二、别捷赫金分类	56
(一) 主要矿石构造分类	56
(二) 矿石结构分类	59
第二节 晶粒内部结构	59
一、解理	59
二、双晶	61
(一) 原生双晶	62
(二) 次生双晶	64
(三) 原生双晶和次生双晶的区别	66
三、环带结构	68
(一) 生长环带	68
(二) 交代环带	68
第三节 结晶结构	69
一、熔浆及气水溶液中的结晶作用	69
二、决定熔体和溶液结晶作用的主要因素	70
三、晶粒的结晶程度	70
(一) 自形结构	71
(二) 半自形晶结构	71
(三) 他形晶结构	71
(四) 海绵陨铁结构	71
(五) 斑状结构	71
(六) 嵌晶结构	72
(七) 共结文象结构	72
(八) 共析文象结构	72
四、晶粒的结晶粒度	72
五、多晶集合体的生长和生长结构	73
(一) 晶粒界线	74
(二) 多晶集合体晶粒的形状	74

(三) 多晶集合体的同时生长结构 (互边结构)	75
第四节 固溶体的分解结构	76
一、固溶体形成和分解的基本原理	76
二、固溶体分解结构的形态、标志和类型	77
(一) 出溶物的形态	77
(二) 固溶体分解结构的标志	79
(三) 固溶体分解结构类型	79
三、出溶结构的意义及其应用	80
第五节 交代结构	82
一、影响交代作用的因素	83
(一) 晶体结构因素	83
(二) 介质情况	83
二、交代作用的性质	84
(一) 熔蚀 (或溶蚀) 作用	84
(二) 置换作用	84
(三) 扩散交代作用	85
(四) 分解作用	85
(五) 老矿物溶解及新矿物的充填	86
三、交代作用方式或种类	86
(一) 交代作用方式	86
(二) 交代作用的结构类型	86
四、判断交代作用的准则	88
第六节 沉积矿石结构	90
一、机械沉积作用及其结构	90
二、化学沉积作用及其结构	91
三、莓状结构	91
第七节 变质结构	93
一、变质作用	93
二、变质因素	93
(一) 粒间流体	93
(二) 固体扩散	94
(三) 颗粒界线	94
(四) 颗粒界线运动	95
(五) 颗粒界线能和张力的	95
三、变质反应	96
四、变质作用的性质	97
(一) 单晶中的变形	97
(二) 多晶集合体中的变形	99
五、退火作用	100
(一) 恢复	100
(二) 次粒作用	100
(三) 结晶和重结晶	102

(四) 马氏体转变	109
六、变质矿石结构	109
(一) 热力变质作用的结构特征	109
(二) 优选定向	111
(三) 动力变质结构特征	111
(四) 冲击变质作用	112
(五) 区域变质作用结构特征	113
(六) 复变质作用	114
(七) 退变质作用	115
第八节 内生矿石的构造	115
一、岩浆矿石构造	115
(一) 浸染状构造	116
(二) 块状构造	116
(三) 网环状构造	116
(四) 假斑状构造	116
(五) 斑杂状构造	116
(六) 团块状构造	117
(七) 反团块构造	118
(八) 斑点状构造	118
(九) 戈壁砾石状构造	119
(十) 松鸡羽毛状构造	119
(十一) 各种累带构造	119
(十二) 脉状构造	120
(十三) 抵触构造	120
(十四) 球粒构造	120
(十五) 胶结构造	120
二、气水—热液矿石构造	121
(一) 块状构造	121
(二) 浸染状构造	121
(三) 斑点状构造	121
(四) 角砾状及次角砾状构造	121
(五) 斑杂状构造	121
(六) 胶结构造	121
(七) 残余构造	121
(八) 脉状构造	122
(九) 条带状构造	122
(十) 开放空间充填作用形成的构造	123
第九节 沉积矿石构造	123
一、机械沉积矿石	123
(一) 层状构造	123
(二) 条带状构造	124
(三) 角砾状构造	124

(四) 波浪状构造	124
(五) 斜层理构造	124
(六) 胶结构造	124
(七) 叠层石构造	124
(八) 沉积层理构造	124
二、胶体沉积矿石	124
(一) 胶体溶液的概念	124
(二) 胶体矿石组构	125
(三) 胶体构造特征	126
第十节 变质矿石的构造	127
(一) 皱纹状构造	127
(二) 香肠状构造	127
(三) 假砾石状构造	127
(四) 含矿变质砾岩状构造	127
(五) 条带状构造	127
(六) 片状构造	127
(七) 片麻状构造	127
(八) 变余层状构造	128
(九) 变余胶状构造	128
(十) 角砾状构造	128
(十一) 碎裂构造	128
(十二) 糜棱状构造	128
(十三) 脉状构造	128
第四章 矿物共生组合与相平衡原理	131
第一节 概述	131
第二节 相平衡的基本原理与相律	133
第三节 相平衡实验	137
一、实验的几个重要环节	137
(一) 体系的选择	137
(二) 实验方法的选择	138
(三) 相出现法	138
(四) 平衡状态	139
(五) 类质同像	140
(六) 惰性与非惰性矿物	140
(七) 淬火	141
(八) 实验产物的鉴定和分析	141
二、实验的几种常用方法	142
(一) 敞口容器法	142
(二) 简单闭管法或真空石英玻璃管法	142
(三) 差热分析法	143
(四) 压缩黄金管法	143
(五) 加入熔剂法	144

(六) 贵金属双包裹法	144
(七) 热液冷封高压容器	145
(八) 内热冷封高压容器	145
(九) 热液重结晶法	145
三、氧、硫分压的控制和测量——缓冲法	147
(一) 氧逸度的缓冲法	147
(二) 硫活度的缓冲法	148
第四节 一元系相平衡图的模式	150
第五节 二元系相平衡图	153
一、液相与固相间相平衡图	153
(一) 简单共结体系的相平衡图	154
(二) 具有稳定中间化合物体系的相平衡图	156
(三) 具有不稳定中间化合物体系的相平衡图	157
(四) 简单的连续固溶体体系相平衡图	158
(五) 有限连续固溶体具有共结转变体系的相平衡图	159
(六) 有限连续固溶体具有近结或包晶转变体系的相平衡图	160
(七) 具有液态不混溶体系的相平衡图	160
(八) 复合类型的相平衡图	161
二、固相与固相间的相平衡图	161
(一) 非固溶体系相平衡图的基本类型	162
(二) 固溶体系相平衡图的基本类型	163
(三) 实际矿石中固溶体系相平衡图的十种基本类型	165
第六节 三元系相平衡图	168
一、液相与固相间的相平衡图	169
(一) 基本类型	169
(二) 具有中间化合物体系的复杂结晶途径	172
二、固相与固相间的相平衡图	175
(一) 非固溶体系共生组合的基本类型	177
(二) 具有二组分有限固溶体共生组合的基本类型	178
(三) 具有三组分有限固溶体共生组合的基本类型	179
第七节 四元系相平衡图	180
第八节 相平衡的化学热力学原理	181
一、化学反应的平衡与平衡常数	182
(一) 化学反应的质量作用定律、化学平衡与平衡常数	182
(二) 水溶液的浓度及其平衡常数式	183
(三) 气体的分压及其平衡常数式	184
(四) 逸度、活度及其平衡常数式	185
(五) 物质的标准态	185
(六) 平衡常数式的应用	186
二、化学反应的自由能、热力学函数的计算及在矿物共生平衡中的应用	186
(一) 内能、焓和热容	186
(二) 熵、自由能与化学势	189

(三) 自由能与平衡条件的计算	191
三、电化学原理及其有关计算	196
(一) 氧化—还原反应与电池反应	196
(二) 电动势与自由能的关系及其计算	197
四、水溶液的性质及其与成矿物质的溶解和沉淀	199
(一) 氢离子浓度和pH值	200
(二) 氧化—还原电位与pH值的关系	202
第九节 几种最常用的相平衡图	205
(一) 温度—组分图 (T—X图)	206
(二) 温度—压力图 (T—P图)	207
(三) 活度—温度图 (a—T图)	209
(四) 逸度—温度图 (f—T图)	214
(五) 活度—活度图 (f—a图)	215
(六) 氧化—还原电位—酸碱度图 (Eh—pH图)	215
(七) 氧逸度—酸碱度 (f_{O_2} —pH) 图	218
第五章 矿石成因	220
一、岩浆矿石	220
(一) 岩浆结晶分异作用	221
(二) 岩浆熔离作用	226
二、砂卡岩矿石	231
(一) 砂卡岩矿石形成的地质和物理化学条件	231
(二) 砂卡岩矿石的产状、矿物成分及结构构造	233
(三) 砂卡岩矿石的成矿作用	235
三、热液矿石	240
(一) 含矿热水溶液的来源及其物理化学性质	240
(二) 热液矿石形成的温度和压力	247
(三) 成矿元素的迁移、沉淀和成矿方式	250
(四) 热液作用过程中的化学动态	255
(五) 热液矿石的主要特征	257
四、火山—沉积矿石	257
(一) 火山—沉积矿石形成的物理化学条件	258
(二) 火山—沉积矿石的成矿作用	259
(三) 火山—沉积矿石的主要特征	262
五、风化矿石及矿石的表生变化	263
(一) 影响风化作用的因素	263
(二) 风化矿石的形成作用	265
(三) 矿石的表生变化	269
六、沉积矿石	275
(一) 风化产物的搬运、沉积和成矿物质的富集	275
(二) 成岩作用过程中成矿物质的富集	279
(三) 后生作用的成矿意义	280
(四) 沉积矿石的主要特征	280

七、变质矿石	281
(一) 变质矿石形成的物理化学条件	281
(二) 变质成矿作用及变质矿石的成矿方式	284
(三) 变质矿石的基本特征	286
八、矿石的围岩蚀变	287
照相图版 共八版, 32幅	295

第一章 绪 论

一、矿 石 学 概 述

矿石学 (ore petrology) 的研究对象为矿床中的矿石, 它是矿床学的分支学科, 其基本任务为研究矿石的成分、性质、组构、产状、成因以及关于矿石的分类问题等。

矿床中的矿石, 一般地说必须含有一种或一种以上的金属, 可供开采冶炼而有一定的经济价值, 否则就不能称为矿石, 而只能称为某种矿化的岩石。因此, 矿石中的有用金属, 应能达到开采利用的丰度和规模。前者指矿石所含有用金属的百分含量, 又称矿石的品位; 后者是指矿石的总量, 又称矿石的储量。当然, 矿石品位和储量的最低有效数字并非固定不变, 它可以随着矿石本身的其他特点, 伴生金属综合利用的可能性, 国家需要的程度, 以及矿山的地质经济条件有所变更。譬如对某种矿产来说, 倘若国家的需要十分迫切, 而其他因素又相当优越, 矿石的品位和储量要求就可以降低一些; 否则, 就要提高一些。以铜矿石为例, 按照一般技术经济指标, 开采品位为0.5%, 储量为数万吨以上。倘若需要迫切, 或其他条件较为有利, 二者都可以适当降低。

矿石由矿物的集合体构成。矿石中的矿物可大致分成二类: 一类称为造矿矿物或金属矿物, 即那些含有有用金属的矿物。例如赤铁矿、磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、自然金、黑钨矿、锡石、辉锑矿、辰砂、闪锌矿、方铅矿等等, 是最主要的造矿矿物。矿石品位的高低, 实际上就决定于这些矿物在矿石中含量的多少。另一类称为脉石矿物, 它是矿石中除了造矿矿物以外的矿物(如一些非金属矿物)。这些矿物由于成因上的联系而与造矿矿物伴生, 但对开采冶炼来说是无用的。脉石矿物随矿石的种类而异, 常见的有石英、方解石、重晶石、萤石、云母、角闪石、辉石、石榴石、橄榄石、蛇纹石、绿泥石、长石、绿帘石等等。矿石的选矿即将矿石中的造矿矿物采用种种物理的或化学的方法富集, 矿石的冶炼即将富集的矿石熔化或溶化, 从而使有用金属与无用组分分离, 以达到回收有用金属的目的。

如所周知, 矿石往往由多种矿物的集合体构成, 由单一矿物构成的矿石比较少见。在各种常见的金属矿床中, 矿石中包含数种以至数十种金属矿物和脉石矿物屡见不鲜。这种矿石的矿物种类和含量二项, 是矿石基本的物质内容。从成因上看, 它与元素的地球化学特征、地质成矿作用、矿物的结晶化学性质、以及矿物结晶时的物理化学条件有密切关系; 从矿石的工艺性质和主要金属元素与伴生元素的回收来看, 它又起着决定性的作用。所以, 查清矿石中矿物的种类及其含量, 是研究矿石必须首先完成的任务。应当先将有代表性的矿石, 制成一定数量的光片和薄片, 置于显微镜下观察, 区分各种金属矿物和脉石矿物。再利用矿物的光性、物性、微量化学分析、电子探针分析、X-射线粉晶照相等技术方法, 鉴定矿物的种属名称, 然后再用镜下或其他测量方法, 测定矿石中各种矿物的含量。由于这一缘故, 研究矿石必须熟悉矿物在结晶化学、门类、通性、产状等方面的基本知识, 掌握矿物镜下鉴定的各种方法, 并了解各种测试技术的应用原理。否则就难以顺利

完成上述的二项基本任务。

此外，对矿石化学成分应作出包括常量和微量元素在内的化学全分析，对一些主要矿物的微量元素也应有化学分析的资料，因为它们对于研究成因和金属的回收都有密切关系。

矿石的结构构造，由矿物本身的特征、矿石的生成条件和矿物生成的先后顺序造成；地质构造活动的影响也是一个因素。研究矿石的结构构造，对于探索矿石的成因及其发展历程极关重要，同时对于矿石的选矿工艺也很有意义。选矿工艺如不先查清矿石中矿物的种类、含量以及晶粒间的嵌布特征，作为制定选矿方法和安排流程的依据，必将成为带有盲目性的工艺。

矿石的成因，决定于矿床的地质成矿作用和物理化学条件。矿石的成因与矿床的成因基本相同，可按地质成矿作用分为内生、外生和变质三大类。为了阐明矿石的成因和成因类型，必须全面了解矿石的地质产状，与母岩、围岩的关系，以及矿石本身的矿物成分、矿物间的生成顺序和组合特征等，然后应用地质学、矿床学的理论，和矿物学、矿石学的实验研究成就，给以详细论证，才能得出正确的结论。

矿石学的研究范畴，可与岩石学的研究范畴对比，分为以下三个方面：一、描述矿石学 (ore petrography)。根据矿石的物质成分和成因，划分矿石类型，并详细描述各类型矿石在化学成分、矿物成分、结构构造、矿化阶段、地质产状、以及类型与类型之间的变化、伴生和叠加关系等方面的特点。二、实验矿石学 (experimental ore petrology)。在室内高温高压条件下，对矿石中出现的各种矿物共生组合，进行模拟试验，以探索其生成的机理和物理化学条件，为阐明矿石成因提供依据。三、理论矿石学 (theoretical ore petrology)。从实际的矿石类型出发，根据地质产状、成因、以及实验室模拟试验的结果，探讨矿石类型的生成机理、物理化学条件，以及在生成过程中逐渐演化的基本原理。

二、矿 石 建 造

矿石建造 (ore formation) 一词，是用来表示矿石类型的通称。它可与岩石学中花岗岩、闪长岩、玄武岩等不同岩类的“岩”字对比。

“建造”一词，在地质学中并不陌生，尤其在地层学中较为常见。建造一词作为矿石类型的名称，初次见于十九世纪威尔纳 (A.G. Werner) 的著作中。他在研究萨克森和哈尔茨山铅锌矿床时，将化学成分、共生矿物和生成年代相同的矿脉，划归为同一建造，从而将当地的铅锌矿脉分成黄铁矿—铅矿石、碳酸盐—铅矿石、重晶石—铅矿石、贵金属—石英等建造。到本世纪三十年代，史奈德洪 (H. Schneiderhöhn) 和拉姆多 (P. Romdohr) 二人在其矿床的分类中，将热液矿床分成各种建造，例如银—铅—锌建造、黄铁矿—铜建造等。自此以后，矿石建造逐渐受人重视。甚至有人将全部矿床的成因类型，都按矿石的建造类型进行细分。

矿石建造又称为矿石族，这是别捷赫金和其他一些学者采用的名词。“矿石建造”和“矿石族”显然是一对同义词。此外，也有人将矿石建造称为矿物共生组合或元素共生组合，但其含义比较片面，未被一般人接受。现在普遍采用的仍是“建造”一词。

矿石建造是矿石学的核心，也是矿石学的主要研究对象。对于矿石建造的含义和建立的依据，必须首先阐述清楚。此外，对于矿石建造类型的划分和命名方式，也应有原则性

的规定。

矿石建造的含义,可根据不同的目的和要求,作出不同的定义或解释。例如选矿、冶金的目的在回收有用的矿物和金属,可以根据选冶的途径和方法,将铁矿石分为磁铁矿石、赤铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石等;将镍矿石分为硫化物镍矿石、硅酸镍矿石等,而不去考虑成因问题。同样,如以研究成因为目的,也可以根据成因类型分类,而将物质成分置于从属的地位。

矿石建造可以概括地说成是,一种由矿物集合体构成的矿石类型,这一类型在化学成分、矿物成分、结构构造、地质产状、成因等方面,都具有一定特点,而以区别于其他类型。倘所述的各方面不具备一定特点,就不能称为独立的建造类型。显然,这一定义是比较合理的。

上述矿石建造的几个方面,可以归纳成为二类:一类为物质成分,包括化学成分和矿物成分。它是矿石建造的物质基础。一类是矿石建造的表现形式,包括结构构造、地质产状、建造与母岩围岩的关系、建造与建造关系等等。这一类所包括的方面虽然较多,但都与矿石的成因有密切联系,可以说,它是成因表现在物质上的一系列反映。因此,可以进一步认为,一种建造的建立,必需具备物质成分和成因上的特点,否则不能作为独立的建造类型。同样,建造与建造之间的划分,也应当以物质成分和成因上的特点为依据。

由于矿石类型与工业利用具有密切联系,一种矿石建造类型的建立,除了必需具备物质成分和成因上的特征以外,还应具有一定的工业意义,即能达到在经济上符合开采利用和回收金属的指标。否则,任何只在矿物成分和成因上有特点的矿物集合体,都可称为矿石建造,必将使建造类型多得不可胜数,完全失去实际意义。

矿石既不能与实际利用脱离联系,在研究矿石建造本身的同时,也应注意它们的工艺性质,以及在选矿、冶炼途径和方法上的问题。

矿石的成因,与矿床的成因基本相同。现代划分矿床成因类型一般采用三级分法。即第一级根据地质作用划分,第二级根据成因类型划分,第三级根据成矿作用类型划分。其中如内生、表生、变质三大类即属于第一级类型,岩浆成因、砂卡岩成因、热液成因等属于第二级类型,在岩浆成因下的早期结晶分异、晚期结晶分异和熔离,以及在热液成因下的气成高温热液、中温热液、低温热液等属于第三级类型。

矿石建造的成因类型,即可根据上述的划分法进行分类。如果某些建造单纯由某一三级成矿作用生成,就可以简单地作为这一级生成的建造类型,例如密西西比类型的铅锌矿建造,即属于热卤水层控低温热液成矿作用生成,岩浆的硫化物铜镍矿建造,即属于岩浆熔离成矿作用生成。倘某些建造显然由两种或三种有连续性的成矿作用生成,就不能作为单一的成矿作用看待。例如锡石—硫化物建造,往往从气成—热液延续到中温热液,这就不能作为由单一成矿作用,而应作为上一级成矿作用生成的建造。一般说来,一种矿石建造只由一种主要成因形成,但也有由几种成因连续叠加,而且同等重要。例如各种火山—沉积和沉积—变质类型。

矿石建造按物质成分划分比较简单,主要根据造矿元素组合和造矿矿物组合分类。

矿石建造在按物质成分和成因类型确定之后,凡不属于同一成因类型的部分,应当分别对待,因为在不少矿床中,常见多种成因类型矿石叠加出现。举例来说,岩浆熔离型的硫化铜镍矿建造,常可伴生气成热液期的黄铜矿、硫镍钴矿、方黄铜矿及其相应的结构构造

和产状，也可伴生表生期的各种硅酸镍矿及其相应的结构构造和产状。必须将后二期的矿物成分、结构构造和产状区分出来，分别论述，才能查明熔离硫化铜镍矿建造这几方面所具有的真实情况。

矿石建造的命名，通常即以其主要造矿矿物加主要脉石矿物表示，例如自然金—石英建造、闪锌矿—方铅矿—碳酸盐建造、磁铁矿—磷灰石建造等。这是因为它最能反映矿石本身物质成分、成矿作用与物理化学特点。也可单独以造矿矿物命名，例如锡石—硫化物建造、钨钛磁铁矿建造等。倘上述二命名法都难以区分其不同的成因类型，则可冠以成因类型以示区别，例如砂岩铜矿建造、变质磁铁矿建造、火山—沉积含铜黄铁矿建造等。此外，也可以完全以元素组合命名，例如五元素建造。一般地说，元素不能反映应有的矿物成分，而矿物成分不仅能表示其化学成分，并能在一定程度上反映矿石的生成条件和选冶途径。因此，以矿物成分命名，显然比以元素命名优越。

矿石建造如已有现成的名称，应尽量采用现成的名称而不另创新名，以避免复杂化和可能带来的紊乱。

由于矿石建造在物质成分和成因上常出现逐渐变化的现象，因此，在建造类型之间，必要时可以划分出亚建造和中间过渡类型的建造。

国内外地质学家已提出了多种矿石建造的分类方案。这些方案主要根据物质成分和成因类型划分，但也有根据母岩类型和大地构造单元划分的。现知分类方案已达十多种之多，每一分类中所建立的建造类型多少也很悬殊，多者单以金属矿石而论即达百数十种，全部建造数达二百种以上。少者则不超过三十种。鉴于矿石建造既然是矿石从成因理论上和物质成分上进行分类的单元，矿石和矿床的成矿作用可以归纳成为几类，每一类的元素组合和矿物组合又常有一定数量，可知矿石的建造类型也应有一定数目，并不是漫无限制的。今后迫切的任务是，及时总结经验，从实际出发，评定真正有代表性的和有实际意义的矿石建造类型，并对每一建造类型，详细论述其在化学成分、矿物成分、结构构造、地质产状、成因等方面的特征，以便人们能较全面地掌握每一矿石建造类型的特点。这对矿石学的理论发展，矿床学的深入研究，以及矿石工艺技术的了解和探讨，都是很有意义的。

三、成矿期、成矿阶段和矿物世代

矿石建造的成矿期、成矿阶段和矿物世代，分别表示其生成和演化的阶段性历史。自然界的任一矿石建造，从其初始成形到最后完成，往往经历很长地质年代，少则千年万年，多则数十万年至数百万年。在这漫长的时期中，成矿作用的种种细节，随着地质环境、物质来源、以及物理化学条件的改变而变化。从而可以分成不同的成矿期，成矿期下又可相应分成不同的成矿阶段和矿物世代。

成矿期又称矿化期，指主要的地质成矿作用时期。内生一般划分为岩浆成矿期、伟晶岩成矿期、矽卡岩成矿期、气成热液成矿期等，表生一般划分为风化作用成矿期、机械沉积成矿期、化学沉积成矿期等，变质一般划分为区域变质成矿期、变成成矿期等。每一成矿期代表一定的地质成矿作用和物理化学条件。不同成矿期的这些成矿作用以及物理—化学条件则有很大差别。

矿石建造多在一个成矿期内形成，即便有其他成矿期出现，也处于次要的地位。但

是,由二个或二个以上成矿期叠加构成的建造并不罕见。例如沉积—变质类型、火山沉积—变质类型、硫化物—氧化物类型的矿石建造等。当两个成矿期在同一建造中出现时,第二成矿期往往由强大的区域地质构造活动、或温度、压力、氧化电位等有巨大差异的地质环境改变引起。从而使矿物共生组合、结构构造、产状等都与原来的很不相同。但是,即使如此,第一成矿期的特点,仍然或多或少地保留下来。例如元素的共生组合,经常前后相似,其他如矿物组合、结构构造、产状等也常如此。

确定成矿期的标志,主要是野外的地质产状、矿石的矿物共生组合与结构构造。不同成矿期的矿石,常有明显的界线和不同的表现,例如岩浆成矿期的矿石,常分布在母岩的内部,矿石为浸染状或块状,一般结晶较细。伟晶成矿期的矿石多分布在母岩体的顶部及其附近的围岩中,矿石为浸染状或块状,晶体粗大。矽卡岩矿石多分布在岩浆岩和碳酸盐岩石的接触带附近,矿石中常有矽卡岩的矿物共生。气成热液矿石则多成界线清晰的矿脉、不规则状交代体及浸染状矿石产于不同岩类中,矿石中常有由气成热液作用生成的脉石矿物共生,同时还有显著的围岩蚀变出现。至于表生、变质成矿期的差别,就更为显著了。

成矿阶段又称矿化阶段,是指同一成矿期内,在相同和相似的地质成矿条件和物理化学条件下,进而细分的次一级单位。成矿阶段的形成,可以由于岩浆活动的多次变化、构造活动的多次出现、成矿溶液的显著变化、外营力的改变、变质作用的叠加等引起。例如同—岩浆期生成的铬铁矿,可以分成早期岩浆结晶分异阶段、晚期岩浆结晶分异阶段和熔离阶段,同一气成热液生成的铜铅锌矿,可以分为气成高温热液阶段、高温热液阶段、中温热液阶段、低温热液阶段等等。阶段与阶段之间,物理化学条件有较大不同,因而矿石的物质成分、结构构造和产状也都各有其一定特点。两个以上成矿阶段的矿石或共生组合,可以在空间上依次连接产出,也可以叠加伴生产出。后一成矿阶段的矿石,也常可被构造活动带入,沿着构造破碎,贯入早一阶段的矿石形成矿脉,或者沿着细微裂隙,对前一阶段的矿石进行充填和交代。这是因为矿床常产于地壳构造的活动带中,当一个成矿阶段形成之后,虽然会出现构造平静期,但往往在相隔一定时期又出现第二次小的构造活动,从而使早一阶段形成的矿石,产生破裂或搓碎,为后一次的成矿溶液再次打开上升的通道,形成第二阶段的矿石。

划分成矿阶段的直接标志是,矿石中出现后成的矿物共生组合及其由交代、充填、胶结作用形成的各种典型构造,例如脉状穿插构造、角砾状构造、环带状构造、条带状构造、集体交代构造(一组矿物集合体交代另一组矿物集合体),交代残余构造等等。

成矿期和成矿阶段,常与矿石建造有一定的关系。经常一种建造只出现于一定的主要成矿期,而同一成矿期则由于不同元素共生组合的一同出现,可以形成二种或二种以上的建造。例如,同一超基性岩岩浆矿床中,可以同时生成铬铁矿建造、铂族建造等。

矿物世代是指同一成矿阶段中,同一矿物或同一组矿物随着时间的推移多次重复结晶。每次结晶沉淀下的矿物或矿物组合,称为一个世代。例如黄铁矿—闪锌矿—黄铜矿—方铅矿的矿物组合,在同一热液阶段中重复出现,则对黄铁矿或闪锌矿等来说是两个世代,对整个矿物组或成矿阶段来说,也是两个世代。矿物世代的形成,是成矿溶液中O、S和CO₂的逸度或金属组分的浓度成周期性变化的结果。由于前期与后期之间,在某因素上仍然有所改变,以至于同一矿物在结晶程度、结晶粒度、矿物内部结构以及晶形、晶习和颜色、透明度等方面,都可能表现出不同的特点,可做为鉴别不同世代的辅助性标志。