

高等学校教学用书

矿物学

上
蒋良俊 编著

系
矿物
也：
有
七
大量

二 出版社

前 言

一、本書系編者在中南礦冶學院爲地質測量找礦及地質勘探專業講授礦物學課程所編的講稿，從1956年秋開始着手，邊教邊寫，直至最近才陸續完成，並對全稿作了一番補充、修改和整理。這是本書的編寫經過。

二、本書內容的安排，基本上是根據前高教部所頒布的高等工業學校礦產地質及勘探專業用礦物學教學大綱編寫的，但在編寫中對若干部份曾作了某些變動。

三、本書取材主要來自蘇聯教材以及我國有關地質礦產方面的資料，也適當參考英美的礦物學著作。各論部份更多是依據蘇聯A. Γ. 別提赫琴著的“礦物學教程”，但都根據需要加以增刪，並補充本國資料，使能結合我國實際。另外，並對書中所講述的二百多種礦物，按照主要物理性狀，列成簡單鑑定表，作爲附篇，載于書末，以便檢索和根據這些特征來鑑定礦物。

四、鑑于本書的編著，主要是爲了高等學校學生學習之用，因此，編者在文字和敘述上，避免過于簡省，這樣似便于學生閱讀。同時，對礦物名詞也都附以俄文名和英文名，俾便查考。

五、在編寫過程中，曾得到教研組同志們的幫助，同學們也提供過不少的寶貴意見，使得本書能以順利地編寫完成，著者在此特深表謝意。

六、本書初稿雖經試用，並經過補充、整理和修改，但因限于水平和經驗，以致遺漏、不妥或甚至錯誤的地方，一定很多，尙希讀者多加批評和指正。

目 录

緒論	1
一、矿物和矿物学的概念	1
二、矿物学发展簡史	3
三、我国古代矿物学知識发展史話	8
四、矿物在工农业上的意义	12
五、矿物学的任务	13

上篇 通論

第一章 矿物化学	15
一、地壳的組成及其特性	15
二、元素的周期系及其地球化学特性	27
三、矿物的化学組成和化学式	33
四、“水”在矿物中的作用	48
五、矿物結晶构造与外界条件的关系 ——矿物的同質多象	52
六、胶体的概念	56
第二章 矿物形态学	67
晶体形态	67
集合体形态	70
第三章 矿物物理学	76
光泽	77
透明度	81
顏色	82
条痕	89
发光性	90
解理	94
裂开	98
断口	99
硬度	100

韌性.....	105
比重.....	106
磁性.....	110
电性.....	113
放射性	117
矿物的其他性質.....	119
第四章 矿物地质学	121
成矿地质作用	121
甲、內生成矿作用	123
乙、外生成矿作用	141
丙、变质成矿作用	152
矿物的形成	155
假象.....	155
矿物的共生組合, 世代及形成順序	159
矿物的标型特征.....	162
第五章 矿物的鉴定法和研究法	166
一、矿物的主要鉴定法和研究法	167
二、矿物的詳細鉴定法和研究法	171

下篇 各論

矿物的分类	176
第一大类 自然元素	178
一、金族	181
1. 銅	181
2. 銀	184
3. 金	185
二、鉄——鉑族	188
4. 鉑	188
三、砷族	190
5. 砷	191
6. 銻	192
7. 鉍	192

四、硫族	194
8. 硫	194
五、碳族	197
9. 金剛石	199
10. 石墨	202
第二大類 硫的化合物及其類似化合物	204
第一類 簡單硫化物及其類似化合物	209
一、輝銅礦族	210
11. 輝銅礦	210
12. 輝銀礦	211
二、方鉛礦族	213
13. 方鉛礦	213
三、閃鋅礦族	216
14. 閃鋅礦	216
15. 纖維鋅礦	219
16. 硫鋅礦	220
17. 辰砂	221
四、磁黃鐵礦族	223
18. 磁黃鐵礦	223
19. 紅砷鏷礦	225
20. 鏷黃鐵礦	226
五、黃銅礦族	228
21. 黃銅礦	228
22. 黝錫礦	231
23. 斑銅礦	233
六、銅藍族	234
24. 銅藍	234
七、雌黃族	235
25. 雌黃	235
26. 雄黃	237
八、輝銻礦族	238
27. 輝銻礦	238
28. 輝鉍礦	240

九、輝鉍矿族	242
29. 輝鉍矿	242
第二类 二硫化物及其类似化合物	245
一、黃鉄矿族	245
30. 黃鉄矿	247
31. 白鉄矿	251
32. 輝砷鉍矿	252
33. 毒砂	253
二、方鉍矿族	255
34. 方鉍矿、砷鉍矿及砷鉍矿	256
第三类 含硫盐	257
一、銅的含硫盐——黝銅矿族	258
35. 黝銅矿	259
二、銀的含硫盐——硫砷銀矿族	261
36. 硫砷銀矿	261
37. 硫銻銀矿	262
三、鉛的含硫盐	263
38. 硫銻鉛矿	263

緒 論

一、矿物和矿物的概念

矿物学(Минералогия, Mineralogy 正如其名字本身字义所示,乃是研究矿物的科学。这门科学早在远古的时候就已經萌芽,随着采矿业的发展而发生和成长,同时經常地为采矿业服务。我們从它的名称看,本身就可以說明矿物学与采矿业之間的密切关系,原来矿物(Минерал, Mineral)一字,系从拉丁文“Minera”而来,这个字的意义,就是矿石。

什么是矿物呢!矿物就是在地壳中(包括岩石圈、水圈、大气圈或各圈之間)进行各种物理、化学过程而产生出的自然产物,这些自然产物都具有一定的物理和化学特性,并且构成地壳(岩石)的組成部分。

矿物除很少数是自然元素外,絕大多数都是自然化合物。它們的化学組成,一般可以用化学式表示(虽然随所含杂质可能稍有出入)。大部分的矿物都是固体,但有时也成液体和气体状态存在。固体矿物具有一定的物理性质和化学性质,这些性质則是决定于构成此矿物的物质結晶构造和其化学成分。当然,在液体矿物(如水与自然汞)和气体矿物(如碳酸气,硫化氢气等)中,則这种性质与物质結晶构造的关系,就不存在。

在某种程度上,我們可以大致地認為每一矿物不論它大小如何,在其所占空間內总是一种均一的物质(这里應該說明一下,化学上和物理上絕对均一的矿物,在自然界中是不存在的)。此外,固体矿物虽然絕大多数是以具有不規則外形的晶粒产布于自然界中,但往往也有一些是具有完整晶形的結晶体。

矿物学是研究矿物的科学,现代矿物学它不单研究矿物的組成和性质,而且研究在地壳中所发生的,形成和改变矿物的各种自然化学过程。因此,从这一观点看,矿物学可認為是“地壳的

化学”。这一观点已经成为现代矿物学的基础。

苏联杰出的矿物学家B.И. 维尔納茨基院士，曾給矿物学下过一个最完整的、现代的定义：

“矿物学是地壳的化学，它的任务是研究自然化学过程的产物(即所謂矿物)，以及这过程的本身。同时研究在不同自然环境中，各个时期自然化学过程及其产物的变化，并研究矿物彼此之間的自然組合(矿物的共生)和其生成的规律”。

矿物学也研究在實驗室条件下所获得，而按其組成和性质則与自然矿物相当的化学化合物(人造矿物)^①。这种研究对于了解自然矿物的生存条件，很有帮助，同时也具有一定的实用价值。

另外，由于矿物学也追溯各个矿物和矿床的历史，从矿物的发展过程来探討和研究矿物，因此，矿物学不单是关于矿物的科学，同时也是有关矿床的科学。矿物学和矿床学是很紧密联系着的。

綜上所述，可知矿物学这门科学，乃是一种研究矿物的化学組成，内部构造，外表形态，物理性质，并闡明自然界中矿物形成的过程和环境，以及其实际用途的科学。这里，我們應該着重指出，在现代的矿物学研究中，它整个是貫穿着晶体化学(研究物质結晶构造与其化学組成及物理性质的相互关系)和地球化学(研究地壳中化学元素——原子的历史，及其在各种不同的自然界的动力与物理化学条件下的活动情况)的理論基础。換句話說，即现代的矿物学，它已經不是往日那样，拘束在学院門墙以內的，隔离开自然界地质作用而专事描述矿物本身的矿物学，已經不是仅仅停留在矿物的外表性质而不联系到內在因素的矿物学了。这是随着现代科学的进步而发展起来的矿物学的新成就，是运用辯証唯物主义原則研究矿物的科学方法。在这方面，苏联的矿物学家在现代矿物科学中起有重要的主导作用。

① 實驗室和工厂制造的各种化学化合物不能称为矿物。这些化学化合物的大部分在自然环境里不存在或不可能存在。只有某些組成和結晶构造与自然矿物相当的化学化合物，可以有条件地称为矿物(人造矿物或合成矿物)。

矿物学和其他科学之间的关系，我們可以用下面的图(图1)来表示：

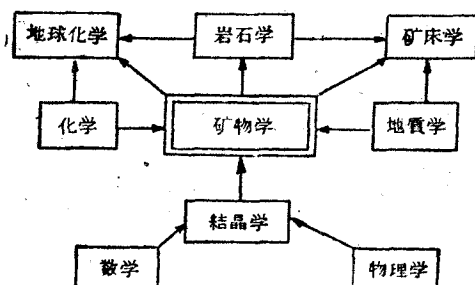


图1 矿物学与其他科学的关系

二、矿物学发展簡史

人类对于矿物及岩石的注意和利用，远在原始时代就已经开始。在当时，石头是作为劳动和斗争的工具而引起人们的注意。当人类已经使用石头的时候，这就称做石器时代，石器时代最古文化的首次发现，属于第四纪(现代纪)初期，为时大约在50万年以前。根据石器的制作加工程度，石器时代可分为：(1)旧石器时代，和(2)新石器时代。

考古学的研究，证明了原始人类在旧石器时代所知道的，不多过20种矿物及大约10种岩石。在新石器时代，则所知的矿物已增到40种。例如在我国北京西南周口店地方所发掘出的世界闻名的原始人(“中国猿人”俗称“北京人”)的石器中，就已知有这样一些矿物和岩石，如石英、燧石、绿色和灰色砂岩、基性喷出岩、花岗岩、片麻岩等制成的工具。

石器时代以后，人类从实践当中就逐渐地认识了若干金属(最初为人类所熟悉的是自然金属)。他们除了利用自然金属——铜、金、银而外，还知道辨别和寻找富含铜、锡和铁的矿石，并且逐渐学会了开采这些矿石，从中冶炼金属。人类认识金属，乃是从石器时代过渡到铜、青铜及铁器时代文化的先决条件。

据考古学材料推断，从事采矿业的古文化民族是中国人，巴比伦人，埃及人，希腊人以及其他地中海沿岸民族。在好些地方的古代矿坑，至今还有遗迹可考。不过由于那时几乎还没有文字，致有关矿石和矿物的科学概念，当时还不可能出现，矿工们累积起来的知识和经验，只是由口头一代传一代地传授下来，又由一地传至另一地。

如果根据现今所存有关矿物记载的文献和资料来看，最古的要算是我国“山海经”一书（作者姓名不可考，编写年代也未能确定，大约在公元前2000—400年）。这部书虽是关于山和海的古代传说的书，但其主要意义是在书中首次记载了13种矿物和金属，并列举其产地。它们的名称在矿物学和化学中有些还一直保存着和使用着。“山海经”可认为是第一部记载这些矿物的文献。在这些方面中国是超过其他国家许多世纪。另外在中国的某些古籍，如“尔雅”，“考工记”（公元前1115年左右），“管子”（公元前685年）等书中，也都有关于矿物和金属的记述。

其他国家中，最早用文字记载矿物并尝试将其分类的是希腊学者亚里斯多德（公元前384—322年）和他的门人提奥弗拉斯特（公元前371—286年）。亚氏把和金属相类似的矿物归属于“似金属类”。提氏写了一篇有关矿物学的专文“石头论”，他把矿物分成三类：1.金属；2.石头；3.土。从实用的观点出发，描述了16种矿物（主要是宝石）的形状。

在这以后的一段很长时期，欧洲国家由于整个中世纪都陷于宗教统治的黑暗时代，因此，和自然界有关的科学思想几乎完全停滞下来。这时期只是在东方的国家里表现出某些科学的进步。其中以十一世纪初期的杰出自然科学家，中亚细亚花拉子模（即现在乌兹别克苏维埃社会主义共和国）人，阿尔·比鲁尼（972—1048）和伊布·西纳（980—1037）值得特别注意。他们两人可以说是中世纪唯一的矿物学家。

伊布·西纳在其著作“群石论”中，把当时已知的矿物分为四类：1.石头和土，2.硫化矿物，3.金属，4.盐。这种分类与根据

金属硫化物光泽而将金属硫化物列于金属类的提奥弗拉斯特的分类，比较起来，是有了一定的进步。

阿尔·比鲁尼在其论宝石的著作“识别珠宝的综合报导”一书中，曾对矿物作了相当精辟的描述。他的书是由两部组成。在第一篇里记述了36种矿物，有机化合物（麝香、珍珠）和人造物（玻璃、珐琅、瓷器）也包括在内。在第二篇里则记述了12种金属名称，其中有4种是合金。而更重要的则是他第一次在矿物学史上用物理常数如相对硬度，比重等来鉴定矿物的种类和进行分类。同时在他的书中并引用了许多涉及矿物研磨、琢光、热及化学处理方面的技术知识，叙述了他们的矿床（特别是中亚细亚的）。因此，阿尔·比鲁尼的书为现代矿物学的萌芽打下了初步基础。

大约从十五世纪后半期文艺复兴时代开始，特别是在十八、十九世纪，随着商业资本的蓬勃兴起，自然科学逐渐摆脱宗教的束缚进入了革命的发展阶段。在十六世纪的欧洲文献中，即已出现了不少有关矿物学的著作，这中间最值得注意的是捷克人格奥尔吉·阿格里科拉(1494—1555年)的著作。他根据从矿山实际观察，在其“论矿物的起源”一书内，对矿物知识作了很丰富的报导。特别值得提出的是，他详细地描述了能鉴定矿物的物理特征如颜色、透明度、光泽、硬度、比重、解理、味、嗅等以及其外表形状，虽然他还没有关于矿物化学组成的材料。在阿格里科拉的著作中也指出了岩石与矿物间的显明界限，论及了矿床生成的问题。他的著作对他以后好几辈的矿物学研究上有着很大的影响。

结晶学的萌芽也是在这一时期。尼尔司·斯丹逊(1636—1687)于1669年从石英和赤铁矿的晶体上，发现了面角恒定不变的定律。这定律以后经过罗姆·德利尔(1736—1790)借助于对各种矿物晶体的很多次测量，被确立下来。

十七世纪末期，巴尔托林(1625—1698)在方解石中发现了双折射现象。稍后，克朗什特德(1722—1765)对矿物的吹管分析和化学组成的研究，曾加以很大的注意。

天才的俄罗斯科学家罗蒙諾索夫(1711—1765)是十八世紀科学家中最杰出的人物。他不单是卓越的化学家，而且他的“微粒哲学”对結晶学上具有伟大的貢獻，不但如此，他并于1742年开始直接从事于矿物学的研究，在他的著作中对找矿工作方面給予了许多实际的指示，对于矿业的发展貢獻很大。

十八世紀末，在欧洲各主要国家中，随着工业資本的发达，文化和科学的各个部門得到了一个新的进展。由于这时期一系列的重大发明，技术有了真正改变。随着物理学和化学上的成就，矿物学的发展也有了新的、显著的进步。

这时期俄罗斯矿物学者中最杰出的是自然科学家謝維尔金(1765—1826)和沙可洛夫(1788—1852)。謝維尔金的伟大貢獻在于他綜合了当时科学院調查队所收集的巨量資料，实现了罗蒙諾索夫所早就打算的，編著“俄罗斯矿物学大綱”的理想。同时謝維尔金也是一个最有修养的化学家，他在研究矿物时，不单只注意矿物的外表物理性質，而且也注意矿物的化学特性。沙可洛夫則是一位最負盛名的教授，他培养了无数杰出的，在矿山工作的实际地質工作者和在各大學任教的学者。

十九世紀的中叶，矿物学已完备地成为研究矿物的科学。此时在矿物学里发展起两个学派，一是以研究晶体几何形状作为基础的結晶学的派別，一是爭取能够更完滿地研究矿物化学成分的化学的派別。

結晶学的派別是从曾用測角器描述过 500 多种正常結晶形状的罗姆·德·利尔(1736—1790)，及曾創立晶体构造理論并确立标軸有理数定律的列涅·茹斯塔·阿羽伊(1743—1821)开始的。世界有名的科学家科克沙洛夫(1818—1892)，加多林(1828—1892)和叶列麦耶夫(1830—1899)等，則是俄罗斯在結晶学方面的杰出代表人物。科克沙洛夫在研究俄罗斯矿物晶体的正确物理常数这一方面，有着惊人的成就。这些研究成果都收集并綜合在十一卷的巨著“俄罗斯矿物学資料”(1852—1892)內。他所求得的常数为全世界矿物学書籍所采用。在俄罗斯及全世界結晶学与矿物学的发

展上，借最精确的测量为根据来辨認矿物，这一新的时期，是和科克沙洛夫的名字分不开的。加多林曾創立了結晶学中的新的学派，他研究了理論結晶学的数学基础，并推导出32个对称类。

矿物学中的化学派別，其代表人物是：曾把矿物学看作是化学的一部分的別尔采利烏斯(1779—1848)，他鉴定过大批矿物的化学成分，用化学式表示它們，并根据化学式来分类。曾确立类质同象及同質多象概念的米契尔利(1794—1863)等等。

矿物学中显微鏡研究方法的确立，也属于这一时期（十九世紀前半期）。从索尔比(1826—1908)于1857年将偏光鏡裝置在显微鏡上开始，透明矿物的薄片研究即得到了迅速的发展。以后，費多罗夫发明的費氏旋轉台，对矿物和岩石的薄片研究，更有非常重大的意义。而最近三十年来对不透明矿物的光片在反射显微鏡下的研究，也有极大的成就。

十九世紀末期和二十世紀初期，随着各方面科学的进步，这时期矿物学的特点是，进入到了考虑及矿物构造及其化学組成特性，并确立了矿物化学組成及物理性質和矿物构造間关系的，一种綜合学派的发展时期。門德雷耶夫(1834—1907)費多罗夫(1853—1919)維尔納茨基(1863—1945)，費尔斯曼(1883—1945)，戈尔德斯密特(1888—1947)等，都是矿物学中这方面最杰出的代表人物。

費多罗夫在几何結晶学及晶体构造的理論方面，有很卓越的成就。他創立了平行六面体的理論，推导出230种对称空間群，为近代晶体的X射綫分析打下了基础。他发明了双圈經緯仪式測角器和研究晶体光性的費氏旋轉台，費氏旋轉台的发明使得費多罗夫的名字，在全世界科学界中永垂不朽。費多罗夫在晚年从事了晶体化学分析的研究，根据晶体測角器量得的資料和他所建立的晶体构造理論来决定矿物的化学組成，完成作为晶体鉴定表的巨著“結晶界”一书。

維尔納茨基和費尔斯曼院士，以及挪威科学家戈尔德施密特等，在矿物学研究上开辟了一条新的道路。他們把矿物学看作是

“地壳的化学”，对矿物的化学构成问题，矿物的共生问题以及自然界矿物存在条件的研究，都有独到的见解，创立了矿物学中的新学派，为地球化学奠定了基础。现在这一新的学派已经以“地球化学”这一名称，发展成为一门独立的科学。

这里应该着重指出，俄罗斯杰出的化学家门德雷耶夫，他所发现的化学元素周期规律，不仅奠定了现代化学和物理学的基础，而且对现代矿物学的发展也起着巨大的作用。门德雷耶夫周期律已成为矿物学中所有化学研究的主要指针。

近代胶体化学、物理化学、物理学和结晶化学的卓越成就，对矿物学的发展有极端重要的意义，而对于构造的直接测定，则是在1895年罗兰发现罗兰射线，及在1912年劳埃发现这种射线通过晶体时起回折现象以后，才成为可能。

另外，由于工业技术的发达，增强了对技术石材的需求，并必要阐明许多矿物的形成条件，这就引起了实验矿物学的发展。对于实验室合成化合物（人造矿物）的研究，远在十八世纪就已开始进行，但系统的研究则是在十九世纪中叶才开始（道不列，伏革等人）。俄罗斯科学家赫鲁谢夫等在这方面也有着很大的成就。

以上就是矿物学这门科学发展过程的简略介绍。

最后，应该指出，苏联自从社会主义十月革命胜利以来，矿物学这门科学也就更加获得了飞跃的进展，在扩大国家矿物原料基地，在理论研究，在干部培养各方面，都显示出了辉煌的成就。这说明在现代矿物学科学的发展中，苏联的矿物学家的工作起着巨大的作用。

三、我国古代矿物学知识发展史话

我国是世界上文化最悠久的国家之一，很古以来，就知道对矿物加以利用，从事采矿业也很早。除上节所谈从原始人的遗迹发掘（如著名的周口店“北京人”的遗迹发掘）中，可知在石器时代，人们已经知道利用若干矿物和岩石外，象传说中的皇帝造指

南車，這一偉大發明，就說明我們的祖先，遠在很古的時代，已經知道利用礦物的磁性（天然磁鐵）。

其後隨着生產的發展和社會的演進，人們知道利用金屬。在夏、商、周三代的時候，銅器就已非常之多，當時兵器也都用銅來製造。在戰國時代已開始利用鐵器，鐵的冶煉廣泛發展，迄到漢朝，冶鐵技術已經相當進步。

漢朝以後，對其他一些金屬，以至煤、石油、石鹽、石膏等的記載，逐漸增多起來。煤是較早就知道的，但最初不過是用來畫眉寫字，所以當時叫做“石墨”，而用煤做燃料則是漢朝的事，以後逐漸普遍。元朝時意大利人馬哥勃羅來我國後，曾在他的游記里寫道：“中國的燃料不是木也不是草，卻是一種黑色的石頭”。由此可見，在我國用煤已很普遍的宋末元初時代，而在當時的歐洲人看來，還是一件十分新鮮的事。

石油在東漢時已經知道，當時叫做“古漆”，說它是“燃之極明不可食”並且知道石油產地在現在陝西扶風縣東。甘肅酒泉、敦煌、四川嘉定、犍為也曾由井中出油，可以照夜。新疆庫車、烏蘇、綏來、昌吉等地出油，也是在唐朝的時候就已經知道。

利用礦物作藥物，在漢末時已開始，當時我國最古的藥典“神農本草”，開始流通，其中就收集了許多種金屬及其化合物或礦物。到明朝的李時珍，在其偉大的著作“本草綱目”一書中，對於若干礦物就更有進一步的描述和研究。

下面是有關我國古代對於礦物知識的一些文獻，雖然多是片斷的報導和記載，但從這些資料中，我們可以大致看出我國古代礦物學知識的發展情況：

一、山海經 本書作者姓名已不可考，編寫年代也未能確定，大約是在公元前2,000年之間（有的史學家認為是寫于公元前400年）。山海經雖是一部記載關於山和海的古代傳說的書，搜集了從夏朝（公元前2206—1766年）以來有關山和海的一切口頭傳說和新聞，但書中已提到了13種礦物和金屬。其中金屬有：金、

銀、錫(白錫、黃錫、赤錫)銅、鉄和白金；矿物有：磁鉄矿、赤銅矿、文石、雄黃、碧玉(水碧、綠碧和普通碧玉)，玉(白玉、水玉和普通玉)，璽(白璽、青璽和黑璽)并列其产地。本书虽然沒有对各种矿物的性質給以任何的描述，但其主要意义是它首次記載了这些矿物和金属，而它們的名称在后来中国的矿物学书中是一直繼續沿用。山海經可以認為是世界上最早的第一部記載这些矿物的文献，比希腊人提奧弗拉斯特在公元前 300 年左右所写的关于矿物的著作“石头論”还早。在这方面中国是超过了其他国家。

二、尔雅和尔雅义疏 “尔雅”是我国古代的辞书，作者未能确定，編写年代大約在公元前1115年左右，距今3074年的西周时代。原作到现在还未发现，这里只是根据于后人編写的它的注释“尔雅义疏”的資料。我們从这資料可以看出在“尔雅”书中，已提到了7种矿物和金属：玉、珍珠、盐、白金、銀、金和錫。书中对矿物的产地已經比較具体和正确，对矿物的性質虽沒有給以專門的描述，但已提到了矿物的顏色，透明度、光泽、发光性，可熔性和硬度等这些性質，并以此来識別矿物。應該注意到，这較之希腊哲学家亚里斯多德在公元前 300 多年，才第一个嘗試按矿物性質分类，要早得多。

三、考工記 “考工記”是关于周朝手工业的书，作者傳說是周公。大約在公元前1115年左右与“尔雅”同时編成，但开始研究此书則是公元前 141 年(距今2100年)的事。书中虽沒有直接提到矿物，但由其中所記載的当时技艺，工业和矿山的資料，可以看出我国在当时已經認識和普遍使用銅、錫石、高岭土、玉、金、鉛和辰砂等一些矿物。

四、管子 本书作者傳說为管仲，編写年代約为公元前 685 年左右，距今 2644 年的东周战国时代。书中提到 13 种矿物和金属：磁鉄矿、赭石、玉、盐、珍珠、白璽、鉄、金、銀、錫、鉛、赤銅矿和辰砂等，虽对矿物并无描述，也沒有提到据以区别矿物的性質，但书中却首次指出了金属矿床的垂直分带，指出了

某些矿物的共生，記述了有規律的联系和金属矿床中一些矿物为另一些矿物代替的作用。如书中所提“……上有丹砂者下有黄金，上有慈石者下有銅金，上有陵石者下有鉛錫赤銅，上有赭者下有鉄……上有鉛者下有銀……”。应当說，这些結論是具有实际的和科学的意义。这是概括了我国当时非常丰富的采矿經驗的結果。而在欧美則直到18世紀才有这种类似的概括。我們不妨認為“管子”是最早提到了矿物的垂直分带和矿物在金属矿床中共生的书。

五、淮南子 这是我国第一部关于炼金术的书。編写年代是在公元前164—122年。作者为西汉的刘安。书中提到了金、銅、鉛、水銀、鉄和磁鉄矿等几种金属和矿物，对它們的性质虽沒有专门的描述，但在书中却首次闡明了矿物的不稳定性，易变性，以及随周围环境而轉化的思想。

六、本草綱目 我們在前面曾經提到过，我国利用矿物作藥物是开始于汉末，当时的“神农本草”一书，其中就收集了若干金属及其化合物或矿物，其后各个朝代对此书也都有所增补，及到明朝的李时珍(1518—1593年)，他将自汉朝以后的各代“本草”，加以刪补，把藥物用的矿物分为金、玉、石、卤四类称为金石部，共得161种。比較詳細地一一加以描述。很多的名称现仍保持在矿物学中使用着。从矿物学的观点來說，这部书可以認為是空前完整的有关矿物記載的书，书中不但記述了各种矿物的特征和产地，而且有时还进一步談到了它們的产状。例如“凡产石硫黄之处，必有温泉，作硫黄气”，又如“石綠生銅坑中，乃銅之祖气也，銅得紫阳之气而綠，綠久則成石，謂之石綠”。这在詞句方面有些虽然費解，但却已說明李氏在当时就能知道石綠（即现在矿物学中的孔雀石，孔雀石也名石綠）和其他含銅矿物共生的关系，并且还說明了孔雀石是由其他含銅矿物变化而来的次生矿物。李氏不但是我国一位伟大的藥物学家，應該說，他同时也是一位矿物学家。

七、天工开物 本书可以說是明末一部应用技术百科小全