

非金属矿产地质学

冯本智 兰心俨 周裕文 编著

地质出版社

· 北 京 ·

序

非金属矿产是人类物质生活、科技进步、经济建设中不可缺少的重要原料。人类历史就是从用石头做工具开始的，漫长的“石器时代”反映了非金属矿产在人类社会早期历史中所起的决定性作用。以后，随着社会生产力的发展，金属矿产与非金属矿产“并驾齐驱”，共同成为支撑社会进步的基础物质资源。近150年来，石油天然气工业的突起推动了社会经济的迅猛发展，也为充分利用非金属矿产提供了更有利的经济技术条件。近年来，由于科学技术进步和材料结构的多样化，非金属矿产在国民经济中的地位不断上升，在一些发达国家中，非金属矿产的开发速度与产值已超过了金属矿产。在21世纪，为了社会可持续发展，需要开发多种新型矿产资源，新型材料工业将有飞跃发展，而非金属矿产就是其取之不尽的物质源泉。

我国是世界上最早利用非金属矿产的国家之一。新中国成立50年来，地矿部门和有关系统大力开展了非金属矿产的地质勘查工作，保证了非金属矿产工业的迅速发展。迄今我国已开发利用了130多种非金属矿产，其中石墨、滑石、菱镁矿、萤石、重晶石等十多种矿产的储量居于世界的前列。

我国非金属矿产资源丰富、品种齐全、质地优良、潜力很大，已在国际矿业市场上占有重要地位。随着其开发、利用的加速，在国民经济中的地位在逐年提高。同时，多年来所积累的丰富地质资料，也为系统地研究非金属矿床的地质特征和成矿规律创造了有利的条件。

目前，国内已出版过一些有关非金属矿产的教材、专著和工业手册，内容翔实全面，被广泛参考引用，对非金属矿产资源的

开发和研究起了积极作用。但由于其专业性较强,对初学者不够简明。冯本智教授等主编的这本《非金属矿产地质学》深入浅出、简明扼要地论述了非金属矿产研究的新近成果,反映了本学科在 20 世纪末期的学术水平。

本书的第一章绪论和最后一章发展趋势系统地阐明了非金属矿产地质学的研究对象、特点、历史、现状及 21 世纪的发展趋势;提出了关于加强非金属矿产研究、开发、利用的建议,强调要加强非金属矿产的深加工研究,扩大应用领域,提高综合利用水平;指出了非金属矿产在轻质建筑材料、环境保护材料和现代公路建设中的广阔应用前景。

本书依据现代地质科学原理,重点阐述了金刚石、石墨、菱镁矿、硅藻土、磷、硼等 16 种矿产的形成条件、矿床成因和时空分布规律;对非金属矿产工业类型、矿石技术特征、应用要求等做了简明的介绍;分析了每种矿产资源的供需现状和前景展望。书中较充分地反映了我国学者 50 年来对非金属矿产的主要研究成果,指出学科研究存在问题和改进意见。

本书内容充实、论述严谨,将地质、矿业、经济、技术四者紧密结合,融化为一体。可以说,本书是对各主要非金属矿产地质研究在现有基础上的一次全面总结,并将我国的非金属矿床研究推向新的、更高的台阶,为更深入系统的探索丰富多彩的非金属矿产成矿理论打下良好的基础。

期望本书的问世不仅对方兴未艾的非金属矿产资源的开发利用有广泛的参考借鉴价值,也为提高广大民众对地质矿产资源科学的理解和对地矿工作的支持起到积极作用。

翟裕生

2000 年 1 月 20 日

前 言

中国幅员辽阔,地质环境复杂多样,蕴藏了较丰富的非金属矿产资源。新中国成立 50 年来,先后在地质部、地质矿产部:中国地质调查局指导下,大规模开展了非金属矿产的勘查和研究,取得丰硕的成果。已发现和利用的非金属矿产种类齐全,矿床类型繁多。现已查明储量居世界前三位的非金属矿有十余种,其中石膏、重晶石、石墨、萤石、滑石、硅灰石、芒硝、菱镁矿等,居世界第一、二位;石墨产量占世界总产量的一半以上;滑石产量占世界总产量的三分之一。我国是世界上菱镁矿的最大资源国、生产国和出口国。中国在世界非金属矿物材料生产上,占有十分重要的地位。

随着科学技术的进步,在一些发达国家,非金属矿产的开发速度加快,产值已超过金属矿产,存在着极大的发展空间。非金属矿产品不仅广泛应用在建材、冶金、机械、电子、轻工、化工、交通运输、地质勘探、农业、节能与环保、陶瓷、塑料、复合材料等方面,而且在电子计算机、新光源、激光、航天航空、通讯、海洋生物工程等许多高技术领域也需要。因此,今后人类将会大量利用非金属矿产,进入一个新的“石器时代”。

本书系统、全面地介绍非金属矿床形成理论和分布规律,矿床类型及其经济意义,矿床的找矿方向和前景。内容立足于本国,适当反映了国外研究成果。本书是非金属矿产地质学的较全面的总结,反映了我国最新研究成果和研究水平。

本书由吉林大学冯本智主编(第 1、2、5、6、10、12、13、14、16 章和第 15、18 章的部分)、兰心俨(第 3、11、17 章和第 15、18 章的部分)、周裕文(第 4、7、8、9 章)参与编写。

冯本智统一修改、补充。制图、全文原稿打字由韦延光完成。

书中引用了原地质矿产部和中国地质调查局所属的一些地质队、地质科研教学单位或个人的资料、文献，得到中国地质调查局和吉林大学地球科学学院有关部门的帮助、关怀和指导，在此一并致谢。

最后，衷心感谢翟裕生院士为本书撰写了序言。姚凤良、卢静文教授评审本书及提出的宝贵意见。衷心感谢关心和支持本书出版的有关人士。

冯本智

1999 年 12 月

目 次

序

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 非金属矿产及其在国民经济中的地位	(1)
第二节 非金属矿床的特点	(6)
第三节 非金属矿床的工业分类与成因分类	(7)
第四节 我国非金属矿产地质工作的主要成就	(10)
第二章 金刚石矿床	(16)
第一节 概述	(16)
第二节 矿床形成条件	(19)
第三节 矿床类型	(27)
第四节 资源的现状与展望	(36)
第三章 石墨矿床	(39)
第一节 概述	(39)
第二节 矿床形成条件	(41)
第三节 矿床类型	(42)
第四节 资源的现状与展望	(52)
第四章 菱镁矿矿床	(54)
第一节 概述	(54)
第二节 矿床形成条件	(56)
第三节 矿床类型	(60)
第四节 资源的现状与展望	(67)

第五章 滑石矿床	(69)
第一节 概述	(69)
第二节 矿床形成条件	(70)
第三节 矿床类型	(73)
第四节 资源的现状与展望	(80)
第六章 萤石矿床	(83)
第一节 概述	(83)
第二节 矿床形成条件	(84)
第三节 矿床类型	(85)
第四节 资源的现状与展望	(94)
第七章 硅藻土矿床	(97)
第一节 概述	(97)
第二节 矿床形成条件	(100)
第三节 矿床类型	(102)
第四节 资源的现状与展望	(108)
第八章 重晶石矿床	(110)
第一节 概述	(110)
第二节 矿床形成条件	(111)
第三节 矿床类型	(117)
第四节 资源的现状与展望	(125)
第九章 云母矿床与蛭石矿床	(127)
第一节 概述	(127)
第二节 矿床形成条件	(131)
第三节 矿床类型	(133)
第四节 资源的现状及展望	(143)
第十章 硅灰石矿床	(146)
第一节 概述	(146)

第二节	矿床形成条件	(148)
第三节	矿床类型	(150)
第四节	资源的现状与展望	(158)
第十一章	沸石矿床	(161)
第一节	概述	(161)
第二节	矿床形成条件	(164)
第三节	矿床类型	(167)
第四节	资源的现状与展望	(171)
第十二章	石棉矿床	(173)
第一节	概述	(173)
第二节	矿床形成条件	(176)
第三节	矿床类型	(178)
第四节	资源的现状及展望	(188)
第十三章	工业粘土矿床	(191)
第一节	概述	(191)
第二节	粘土矿床形成条件	(197)
第三节	高岭土的矿床类型	(203)
第四节	膨润土的矿床类型	(205)
第五节	凹凸棒石粘土的矿床类型	(213)
第六节	海泡石粘土的矿床类型	(217)
第七节	叶蜡石的矿床类型	(224)
第八节	耐火粘土的矿床类型	(226)
第九节	资源的现状与展望	(228)
第十四章	磷矿床	(232)
第一节	概述	(232)
第二节	磷块岩形成条件	(233)
第三节	矿床类型	(237)

第四节	资源的现状与展望	(254)
第十五章	盐类矿床	(256)
第一节	概述	(256)
第二节	矿床形成条件	(258)
第三节	石膏矿床类型	(263)
第四节	钾盐矿床类型	(269)
第五节	资源的现状与展望	(275)
第十六章	硼矿床	(278)
第一节	概述	(278)
第二节	矿床形成条件	(280)
第三节	矿床类型	(281)
第四节	资源的现状与展望	(295)
第十七章	饰面石材和轻质建材	(298)
第一节	花岗石和大理石	(299)
第二节	浮石和火山渣	(307)
第三节	陶粒原料-粘土质岩石	(309)
第四节	珍珠岩	(312)
第十八章	21 世纪非金属矿床地质学发展趋势的预测	(316)
后记		(324)
参考文献		(325)

第一章 绪 论

第一节 非金属矿产及其在国民经济中的地位

非金属矿产系指除金属矿产、能源矿产和水以外的各种可供利用的矿物和岩石。它是人类最早使用并最有开发应用前景的一类矿产资源。目前,这种矿产资源在西方国家被称为“工业矿物和岩石”,而前苏联等国以及我国则采用“非金属矿产”这一名称。其种类繁多,迄今已达 200 余种。

非金属矿产是人类物质生活、科学进步、经济发展中不可缺少的重要原料。在 20 世纪初叶,被利用的主要非金属矿产约为 60 种,目前已达 200 种以上(其中 150 余种矿物,50 种岩石)。随着现代工业的发展可供利用的矿物和岩石种类将继续增长。由于非金属矿种多,一般产量大,用途广,这些特点使非金属矿产资源在国民经济中的地位日益提高。据统计 1974 年工业矿物(非金属矿)世界耗量总值为 600 亿美元,1980 年增至 850 亿美元,预计到 2000 年将达到 2000 亿美元。非金属矿的产销量与一个国家的工业发展水平紧密相关。目前产销量较大的大多是一些工业发达的国家,如原西德按人口平均非金属原料消费量每年约 15t,美国约 9t,日本和西欧国家也接近美国水平。

近几十年来,非金属矿产之所以得到如此快速发展,其主要原因在于科学技术的发展使可利用的非金属矿的品种增多,性能改善,用途扩大。此外,新兴工业发展和环境保护与节能的需要也扩大了非金属矿产的利用。当今世界已经把对非金属矿的开发利用程度作为衡量国家技术水平高低的一项标准,可见其的重要

性。目前，非金属矿产利用比较广泛的领域主要有以下几个方面。

一、建筑材料

非金属矿产在建筑材料方面消费量最大，约占整个产量的90%，占产值的60%。仅石灰岩一项，全世界一年的消耗量近 $20 \times 10^8 \text{t}$ 。近20年来，随着现代化城市建筑向高层、超高层发展，需要改变传统的建筑材料（砖、瓦、沙、石）的组成和发展轻质骨料与轻质板材，从而使人们注意研究和寻找具有轻质、高强、隔热、隔音、防震等性能的非金属原料，因此使某些过去认为没有用的、或用途有限的矿物和岩石得到广泛的利用。

目前轻质骨料主要包括蛭石、珍珠岩、沸石岩、浮岩、膨胀粘土、页岩、板岩、火山碴、硅藻土、煤矸石等。由于它们具有优良的物理化学性能，而且容易取得、经济便利，因而成为理想的轻质建筑原料。

随着高级建筑石材、室内外建筑饰面材料和大量工艺雕刻石材等的需求快速增长，必然促进花岗岩、大理岩、板岩等石材工业蓬勃发展。

二、冶金工业的辅助材料

随着冶金工业高速发展和冶炼技术与工艺的改进以及对辅助原料的需求向多品种、高质量发展，因而对冶金用非金属原料如耐火材料、熔剂、球团矿黏合剂提出更多、更高的要求。目前国内利用的概况是：

1. 耐火材料

过去有菱镁矿、白云石、硅石、耐火粘土、铬矿石、高岭土等。现又增加了蓝晶石、矽线石、红柱石、刚玉、叶蜡石、膨润土、珍珠岩、锆石、石墨、石英岩、石英砂岩、水镁石等。

2. 熔剂材料

除传统的石灰岩、萤石和铝土矿外，近年来又增加了橄榄石、纯橄榄岩、叶蜡石等。高炉中加入上述材料，一是做助熔剂；二是做炉渣的调节剂。它可以减少高炉添加的熔剂的总量，达到进一步节能的目的。

3. 铁矿球团的黏合材料

鉴于富铁矿石日趋不足，许多国家已广泛利用贫铁矿石制成球团炼钢。随之而来，作为球团矿的黏合剂的矿物原料引起关注，钠质膨润土是理想的黏合材料，已得到广泛的利用。

三、陶瓷工业

陶瓷业属于资源、能源大量消耗型领域，节约燃料已成为陶瓷业突出问题之一。为此，各国正注意开辟新的原料领域，提供生产陶瓷用的矿物原料。传统的陶瓷原料如高岭土、叶蜡石及其他粘土等属于铝硅酸盐，而硅灰石、钙长石、透闪石、透辉石等矿物归为钙硅酸盐。后者在 20 世纪 60 年代才开始使用，主要优点是节约燃料，提高产品质量和降低成本，对陶瓷工业的发展意义重大。

四、环境保护与“三废”处理

在当今人类生活中，环境是最受关注的问题之一。环境污染是工业发达国家的一大社会祸害，某些非金属矿可以用来消除污染，清洁环境。由于非金属矿产具有资源丰富、价格低廉、除害效果好、常可回收有益组分等优点，世界各国在“三废”处理中相当重视利用天然原料。已经投入试用的有沸石岩、珍珠岩、海绿石砂岩、硅藻土、硅质岩及白云岩等，尤其是天然沸石被普遍利用在环保方面，处理废气、污水、放射性废物，净化城市供水等。

五、公路建设

随着现代交通事业的发展,大量修建高速公路,石材用量剧增,目前已启用的有石英岩、玄武岩、石灰岩、浮石、珍珠岩、蛭石以及各种废矿渣等。公路领域对非金属矿产的利用前景广阔。

六、轻工、日用化工

这是非金属矿产最热门的开发领域,除日常生活有关的环保产品外,还有饮料或饮用水助剂、澄清剂、食品保鲜剂、安全香烟处理剂、各种吸附剂、干燥剂、除油垢剂、食油处理剂等。这些产品均有很大的市场容量,是非金属矿产开发利用的广阔天地。

七、农业

农业是非金属矿产极有发展前景的重要应用领域。为解决农用钾肥、磷肥的不足,一些国家如南非、印度、日本、意大利等广泛开展了含钾岩石如钾长石、明矾石、霞石、白榴石、金云母等的研究,有的已用于工业生产。此外,为了提高肥效、改良土壤,还直接利用下述矿物或岩石如海绿石、泥炭、蓝铁矿、硅藻土、沸石岩、蛇纹岩、细粒石灰岩、珍珠岩等。

八、矿物填料及矿物材料

在橡胶、塑料、绝缘材料、油漆涂料、造纸等工业上,矿物涂料用量很大,据外刊报道,2000 年仅塑料工业将消耗矿物填料达 $1500 \times 10^5 \text{t}$ 左右。因为上述工业产品采用矿物填料后,在相对密度、硬度、强度、软化点、耐火性和导热性、表面平滑度、透明度、颜色及其他性能都有改善,扩大了利用范围,并节省了部分金属用量,例如:添加了矿物填料的工程陶瓷、工程塑料可以制作陶瓷气缸、汽车外壳等。因此,矿物填料已列为重点开拓对象。该类矿物种类较多,包括石棉、重晶石、粘土、云母、硅灰石、透

辉石、脉石英、沸石、硅藻土等,可以生产系列填料,经济效益较好,使非金属原料增值。利用矿物或岩石制取技术材料是非金属矿开发利用的重要和有远景的领域,是一个新发展趋向。

九、节能

随着现代工业的发展,能源消耗不断增加,世界各国十分重视节能和开拓新的能源。除了利用油页岩作重要的油气新采源外,并启用了沸石、珍珠岩、蛭石、浮石、硅质岩、矿棉(矿物纤维)等,生产各种保温放热制品,如用基性岩制取岩棉;膨胀珍珠岩、蛭石、硅藻土制取保温材料;用硅质粘土或沸石制取锯末矿棉,泡沫保温材料等。

在建材工业中,非金属矿产的利用具有重要节能意义,例如:在水泥生产中,加入复合矿化剂即含氟、硫、钡元素为主要成分的矿物原料,包括萤石、重晶石、石膏、黄铁矿等,可以降低熟料的煅烧温度。在陶瓷业,采用硅灰石或透辉石、透闪石、钙长石、绢英岩、霞石正长岩等低温快烧原料,既可以节能,又可以改善工艺条件和产品性能。

近代,在开发节能产品中,玻璃钢工业得到飞速发展,玻璃钢的强度超过合金铝,可与高级合金钢媲美。在驱动部件和交通工具等采用玻璃钢,可大幅度减轻制品的重量,降低能耗,如汽车部件和车身用玻璃钢制造可减轻重量 20% ~ 30%。据测算,每减重 10%,可节油 5% 左右。其他如船舶、电动机片、火车窗框等使用玻璃钢亦有显著节能效果。

此外,近年来日本已开发出取暖的放热材料,其用硅藻土加煤粉、盐、还原铁制成,产品可放入衣袋或鞋内,成为小型化学加热器。这类产品对于寒冷地区和某些病人尤其适用,由于携带方便、价格低廉,产品市场看好。

我国非金属矿产资源十分丰富,储量和品种均不亚于美、俄罗斯等国。但在利用范围和产销量方面却远不及它们。只有加强

探查和应用试验并加以推广，才能将丰富的资源用来增强国力。

第二节 非金属矿床的特点

一、矿床元素组成

非金属矿床主要由 O、Si、Al、Fe、Ca、Mg、K、Na 等造岩元素组成，它们是地壳的主要成分，丰度都比较高，其中 O、Si、Al 三者之和占地壳重量的 82.5%。因此，非金属矿床种类繁多，分布广泛。

二、矿石的矿物组成与成因

非金属矿床的工业矿物或岩石主要是含氧盐类，特别是硅酸盐、硫酸盐、碳酸盐最为重要，磷酸盐、硼酸盐次之，氧化物、卤化物和某些自然元素也可以形成矿石。非金属矿石最大富集与外生风化作用和沉积作用（化学和生物作用）有关。许多沉积矿床的形成过程中，溶解与成岩作用具有特殊意义。

三、矿石的利用方式

非金属矿石的利用方式与金属矿石不同。工业上只有少数非金属矿石是提取其中的非金属元素或化合物，如硫、磷、钾、硼等，这些矿石的工业价值主要取决于有用元素或其化合物的含量及矿石的加工性质。而对大多数非金属矿石则是直接利用其中的有用矿物、矿物集合体或岩石，其工业价值取决于它们的物理性能、化学性能和工艺技术特性。例如：金刚石主要利用其硬度和光泽；云母是利用其绝缘性能和透明度以及剥离性作为电子工业的重要原料；水晶是利用其光学和压电性能；大理岩则是利用其洁白的颜色、美丽的花纹、良好的绝缘性能制作建筑饰面材料及电气绝缘材料等等。非金属矿石作为理想的天然原料和辅助材

料，是人类最早使用和加工的矿产资源，随着现代科学技术的发展，其利用领域正在不断扩大。

四、常具一矿多用的特点

非金属矿床的组成物质常具多种用途，因而，常是一矿多用。例如：膨润土，广泛用于冶金、石油、农业、化工、油漆、建筑等 24 个领域，具有 400 多种用途。这主要是它具有膨胀性、悬浮性、黏结性、滑润性、吸附性、分散性等多样工艺技术特点。又如：大理岩具有绚丽的色泽和花纹、可锯性和磨光性好、坚固耐久、不易变色、抗压、抗冻、吸水性低、抗电击穿强度较大等性能，因此，它除做高级建筑饰面材料外，也用于工艺雕刻、电气绝缘。对于同一矿种，由于用途不同，应有不同的工业要求。一矿多用，使其经济价值倍增。

随着科学技术的发展，将会有愈来愈多的新矿种和新用途的非金属矿产被开发。

第三节 非金属矿床的工业分类与成因分类

一、非金属矿床的工业分类

世界各国大多以非金属矿的工业用途进行分类，但其详细程度各有不同，如美国分为磨料、陶瓷原料、化工原料、建筑材料、电子及光学原料、肥料、各种填料、过滤物质及矿物吸附剂、助熔剂、铸型原料、玻璃原料、矿物颜料、耐火原料以及钻井泥浆原料 14 种；我国仅分为 6 大类，即冶金辅助原料、化工原料、轻工原料、电器和电子工业原料、宝石和光学材料、建筑材料；前苏联曾提出按非金属矿的工业用途，又结合其特征及加工工艺方法进行分类的方案（表 1-1）。

表 1-1 非金属矿床的类型

大类	分类(使用方式)	原料类别	矿床种类
工业矿物	1. 自然元素	化学原料	自然硫
	2. 矿物晶体	宝石原料	金刚石(宝石级)、祖母绿、红宝石、电气石、黄玉、绿柱石、紫水晶等
		工业技术晶体原料	金刚石(工业级)、压电石英、冰洲石、白云母、金云母、石榴子石等
	3. 独立矿物	半宝石、彩石和玉石原料	玛瑙、蛋白石、玉髓、孔雀石、绿松石、赤铁矿(血滴石)等
	4. 矿物集合体	化工原料	磷灰石、磷块岩、天青石、硼酸盐、石盐、钾盐、镁盐等
		磨料	刚玉、金刚砂、铝土矿
		耐火、耐酸原料	菱镁矿、石棉、蓝晶石、红柱石、矽线石、水铝石
		涂料、填料、陶瓷原料	高岭土、滑石、硅灰石、叶蜡石
		隔音及绝热原料	蛭石
		吸附剂、助滤剂、脱色剂及净化材料	沸石、硅藻土、膨润土、海泡石、凹凸棒石
		综合性原料	萤石、重晶石、石墨
岩石	1. 原矿直接利用或经机械加工利用	彩石、玉石和装饰砌面石料	碧玉、角闪岩、天河石、花岗岩、蛇纹石、大理岩、蛇纹岩、寿山石、蔷薇辉石等
		建筑和砌面石材	花岗岩、拉长石岩、闪长岩及其他火成岩、灰岩、白云岩、大理岩、凝灰岩等
		混凝土、填料、建筑及道路建筑材料	砾石、碎石、细砾、建筑沙
	2. 经热加工或化学处理后利用	陶瓷及玻璃原料	玻璃砂、长石伟晶岩、易熔及耐熔粘土、高岭土
		制取黏结剂的原料	泥灰岩、石膏、易熔粘土、硅藻土
		耐火材料	耐火粘土、石英岩、橄榄岩、纯橄榄岩
		铸石材料	玄武岩、辉绿岩等
		颜料原料	赭石、土红、铅丹等
		综合性材料	灰岩、白云岩、白垩、沙、粘土、石膏等