

P619.2-89C1

287790



非 金 属 矿 产 地 质 学

田 煦 周开灿 文化川 主 编

武汉工业大学出版社

P619.2-89C1

207790

高等学校教材

非金属材料地质学

田 熙 周开灿 文化川 主编

武汉工业大学出版社

内 容 简 介

本教材是按高等学校非金属矿类专业教材编审委员会审定的编写提纲编写的。它以成矿作用为主导,系统地阐述了主要非金属矿床的成矿地质特征、地质条件和地质作用,并介绍了各矿种的成分、结构、构造、性能、特点和用途、工业技术要求、资源概况及产销情况、矿床成因类型、典型矿床实例,以及找矿前提和找矿标志。同时注意了建材非金属矿床的特点,反映了当前对非金属矿床的研究现状和水平。

本书共分三十五章,包括结论和金刚石、长石、云母、蛭石、石棉、硅灰石、萤石、重晶石、压电原料及光学原料、叶蜡石、沸石、珍珠岩、浮岩、辉绿岩、高岭土、膨润土、海泡石—凹凸棒石、盐类矿产、石膏、磷、硫、明矾石、砷、硼、硅藻土、石灰岩、白云岩、大理岩、花岗岩及新型建材原料、菱镁矿、滑石、石墨、蓝晶石类矿产、宝玉石等40个矿种。

本书可作为高等学校“矿产地质与勘探”等专业的教材,也可供从事非金属矿床的勘探、矿山地质工作和科研人员参考。

* * *

本书由雷承禹教授主审,经国家建筑材料工业局高等学校非金属矿类专业教材编审委员会,于1986年12月召开的《非金属矿产地质学》审稿会通过,同意作为高等学校教材出版。

高等学校教材

非金属矿产地质学

四川建筑材料工业学院

田 熙 周开灿 文化川 主编

责任编辑 官 杰 高鸣涵

*

武汉工业大学出版社出版发行

湖北省新华书店经销

中南三〇九印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092毫米 1/16 印张: 26.75 字数: 639 千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数: 1 ~ 2000册

ISBN 7-5629-0166-X/TD·0007

定价: 5.25元

前 言

非金属矿产发展很快,“现在,非金属矿产原料的产值,已经超过金属矿产原料的产值。”第26届国际地科联主席E·塞博尔德非的这句话(1980年),反映了当今世界矿产资源开发和利用的现状,说明非金属矿产在国民经济建设中具有十分重要的意义。现在,世界各国都十分重视非金属矿产资源的普查勘探和科学研究,使非金属矿产资源的开发利用达到了新的阶段。非金属矿领域,尤其是对新的非金属矿床类型的研究,是现代地质科学最重要的方向之一。

我国非金属矿产资源十分丰富,是世界上已知非金属矿产比较齐全的少数国家之一。

随着地质科学的发展,非金属矿床地质和成矿理论都有很多新的进展,但许多矿种,尚缺乏系统的资料总结。

四川建筑材料工业学院,设有目前国内唯一的“非金属矿地质与勘查”本科专业。为适应我院地质专业的特点,和满足教学发展的需要,多年来,我们一直酝酿编写一本非金属矿床方面的,以成矿作用为主,内容全面的教材,以应教学之急需,并供从事非金属矿床地质工作的人员参考。在有关方面的关怀、鼓励和支持下,本教材的编写工作得以付诸行动。

1983年12月,编写组在经过多次讨论后,制定出《非金属矿产地质学》教材编写大纲讨论稿(第三稿),并由程裕琪、袁见齐二位先生作了详细审查。1984年9月,国家建筑材料工业局,高等学校非金属矿类专业教材编审委员会洛阳会议,将该书正式确定为非金属矿地质类教材,并列入出版计划。同年,编写组对大纲又进行了认真修改,并于1985年7月,由教材编审委员会审定通过。

《非金属矿产地质学》是按审定通过的编写大纲编写的。在编写过程中,依据“三基”和理论与实践相结合的原则,注意了非金属矿产的特点,反映了本学科当前的研究现状和发展水平。在内容上,贯彻了以矿床成因、成矿作用为主导,并同时阐述了矿床成因类型、典型矿床实例及成矿控制条件和找矿标志,概述了矿物成分、结构、构造、性能、特点、用途、工业评价指标和资源分布状况。从而对每个矿种都作了全面、系统的介绍和总结。

本书由田煦、周开灿、文化川主编,霍承禹教授主审。田煦编写第三、四、五、八、十一、二十二、二十七、二十九、三十四章;周开灿编写前言及第一、十六、十七、十八、二十、二十六、二十八、三十、三十一、三十二、三十五章;文化川编写第十二、十三、十四、十五、十九、二十一、二十四、二十五章;万朴编写第六、九、十章;李齐白编写第二、三十三章;李庭柱编写第七、十六、二十、二十三、二十九、三十、三十一章。此外,郑自立、李虎杰、白钟、谢重恒、易发成、刘厚祥参加了资料收集,并分别参加了个别章节初稿的编写。

1986年12月,高等学校非金属矿类专业教材编审委员会地质编审组,受国家建材局教材处委托,召开了审稿会,对书稿进行了详细的审议。根据审稿会的意见,主编对全书作了进一步的修改和补充。最后,又经霍承禹教授复审定稿。

在本教材的大纲制定和书稿编写过程中,得到国家建材局人才开发司、地矿部南京地质

矿产研究所等单位，以及程裕琪、袁见齐、张炳禧、赵东甫、王润民、闻铭、张梦麟等同志的热情支持和协助，在此一并致以深切的谢意。

限于编者的水平，本书的缺点和错误仍在所难免，敬请读者批评、指正。

编 者

1987年6月 绵阳

目 录

第一章 绪论	1
第二章 金刚石	10
第一节 概述	10
第二节 金伯利岩及金刚石矿床的成因概述	17
第三节 矿床类型	19
第四节 矿床实例	28
第三章 长石	31
第一节 概述	31
第二节 矿床类型	32
第四章 云母	36
第一节 概述	36
第二节 矿床成因概述	38
第三节 矿床类型	39
第四节 成矿控制条件	43
第五章 蛭石	45
第一节 概述	45
第二节 矿床成因概述	47
第三节 矿床类型	48
第四节 成矿控制条件	51
第六章 纤蛇纹石石棉(温石棉)	52
第一节 概述	52
第二节 矿床成因概述	55
第三节 矿床类型	62
第四节 我国温石棉矿床的分布规律	70
第五节 石棉与健康	70
第七章 角闪石石棉	73
第一节 概述	73
第二节 矿床成因概述	79
第三节 矿床类型	79
第四节 成矿控制条件和找矿方向	83
第八章 硅灰石	85
第一节 概述	85
第二节 矿床成因概述	88
第三节 矿床类型	90
第四节 成矿控制条件	93

第九章 萤石	95
第一节 概述	95
第二节 矿床成因概述	97
第三节 矿床类型	98
第十章 重晶石	105
第一节 概述	105
第二节 矿床成因概述	107
第三节 矿床类型	108
第十一章 压电原料和光学原料	111
第一节 概述	111
第二节 矿床类型	114
第十二章 叶蜡石	121
第一节 概述	121
第二节 矿床成因概述	124
第三节 成矿控制条件和找矿标志	135
第十三章 沸石	138
第一节 概述	138
第二节 矿床成因概述	142
第三节 矿床类型	146
第四节 成矿控制条件及找矿标志	152
第十四章 珍珠岩	155
第一节 概述	155
第二节 矿床成因概述	159
第三节 矿床类型	162
第四节 成矿控制条件和找矿标志	163
第十五章 浮岩	165
第一节 概述	165
第二节 矿床成因概述	167
第三节 矿床类型	168
第十六章 辉绿岩、玄武岩	171
第一节 概述	171
第二节 辉绿岩、玄武岩的性能特点和用途	172
第十七章 高岭土	177
第一节 概述	177
第二节 矿床成因概述	185
第三节 矿床类型	188
第四节 我国高岭土矿床分布规律及找矿方向	199
第十八章 膨润土	202
第一节 概述	202
第二节 矿床成因概述	207

第三节	矿床类型	212
第四节	膨润土矿床评价	216
第十九章	海泡石—凹凸棒石	218
第一节	概述	218
第二节	矿床成因概述	221
第三节	矿床类型	221
第四节	成矿控制条件和找矿标志	226
第二十章	耐火粘土	229
第一节	概述	229
第二节	耐火粘土矿床	231
第二十一章	盐类矿产	237
第一节	概述	237
第二节	矿床成因概述	241
第三节	矿床类型	244
第四节	成矿控制条件及找矿标志	250
第二十二章	石膏、硬石膏	252
第一节	概述	252
第二节	矿床成因概述	254
第三节	矿床类型	255
第四节	成矿控制条件	258
第二十三章	磷	261
第一节	概述	261
第二节	矿床成因概述	263
第三节	矿床类型	268
第二十四章	硫	274
第一节	概述	274
第二节	自然硫的形成作用和矿床类型	277
第三节	我国硫铁矿床的形成作用和矿床类型	284
第四节	硫铁矿床成矿控制条件	295
第二十五章	明矾石	297
第一节	概述	297
第二节	矿床成因概述	298
第三节	矿床类型	299
第四节	成矿控制条件和找矿标志	304
第二十六章	砷	305
第一节	概述	305
第二节	矿床成因概述	309
第三节	矿床类型	312
第四节	成矿控制条件	314
第二十七章	硼	316

第一节 概述.....	316
第二节 矿床成因概述.....	318
第三节 矿床类型.....	319
第四节 成矿控制条件.....	325
第二十八章 硅藻土	326
第一节 概述.....	326
第二节 矿床成因概述.....	330
第三节 矿床类型.....	332
第二十九章 石灰岩、白云岩	336
第一节 概述.....	336
第二节 矿床成因概述.....	338
第三节 矿床类型.....	339
第三十章 大理岩、花岗岩及新型建材原料	341
第一节 大理岩、花岗岩.....	341
第二节 新型建材原料.....	344
第三十一章 菱镁矿	348
第一节 概述.....	348
第二节 矿床成因概述.....	350
第三节 矿床类型.....	352
第三十二章 滑石	357
第一节 概述.....	357
第二节 矿床成因概述.....	361
第三节 矿床类型.....	364
第三十三章 石墨	369
第一节 概述.....	369
第二节 矿床成因概述.....	373
第三节 矿床类型.....	376
第四节 成矿控制条件.....	383
第三十四章 蓝晶石类矿产	386
第一节 概述.....	386
第二节 矿床成因概述.....	390
第三节 矿床类型.....	391
第四节 成矿控制条件.....	395
第三十五章 宝石和玉石	397
第一节 概述.....	397
第二节 主要宝玉石及其矿床.....	400
第三节 宝玉石矿床的成因类型.....	416
全书主要参考文献	420

第一章 绪 论

一、非金属矿产的概念

矿产 是自然界产出的有用矿物资源。矿产按工业用途一般分为金属、非金属和燃料矿产三类。本书是以非金属矿产为研究对象。

非金属矿产 是指除金属、燃料矿产和地下水资源以外,能开发利用的其它有用矿物、岩石、砂砾和能混合加工成工业产品的一切矿物和岩石的总称。

非金属矿床 是指地壳中能产出非金属矿产的地质体。《非金属矿产地质学》,研究和论述了非金属矿床在地壳中的形成条件、成矿作用、矿床成因类型及地质特征、分布规律、找矿标志和经济技术条件。因此,它具有地质的和经济技术的双重意义,是综合性的直接用于生产实践和国民经济建设的地质学学科。通过对非金属矿产资源的全面研究,能更好地为非金属矿床的勘查、评价以及工业开发和利用服务。

二、非金属矿产在国民经济中的意义、发展现状及展望

非金属矿产种类多、分布广,是人类最早利用的矿产。远古时期的石器时代,人类首先使用了石刀、石斧等石器。在现代人类的日常生活中,所使用的非金属矿产,其种类和数量远远超过了金属矿产。20世纪初期能利用的非金属矿产约60种,目前已达200种以上,其中非金属矿物约150种,岩石50种。

“现在,‘非金属原料的产值已经超过金属原料的产值。’第26届国际地科联主席E·塞博尔德,1980年在国际地质大会上讲的这句话,反映了当今世界矿产资源开发利用的现状。据统计,1975年世界非金属矿产品产量,比1965年约增长50%,年平均增长率为4.5%。而同期,金属矿产品产量只增长了约30%,年平均增长率仅2.6%。近年来,资本主义国家非金属矿原料总产值一般比金属矿原料产值高一倍。如美国,1953—1978年非金属矿原料产值由35亿美元增至128亿美元,同期,金属矿原料的产值,由33亿美元仅增至69亿美元。据美国统计,世界非金属矿原料总产值,1950年为407亿美元,1960年为600亿美元,1970年为999亿美元,1980年达1580亿美元,预计2000年将达到2000亿美元。因此,可以预言:“二十一世纪,人类将从金属时代变为新的‘石器时代’。”

非金属矿原料的消费量,与一个国家的工业发展水平紧密相关。目前,按人口平均非金属矿原料消费量,以西德为最高,每年约15吨,美国约9.5吨,日本和西欧其它工业发达国家,接近美国水平。我国目前非金属矿原料产值还较低,1980年才7亿元,人均消费量亦很低。

在非金属矿产中,产量和消费量最大,增长速度最快的是建筑材料矿产,其次是农用和化工矿产。在美国,建材矿产约占整个非金属矿产总产量的90%,占总产值的60%。因此,它在非金属矿产中占有重要地位。仅石灰岩一项,全世界一年就要消耗20亿吨。

以上,不仅说明非金属矿产在国民经济中具有十分重要的意义,是现代建设的重要物质基础,而且随着科学技术的发展,必将对它提出更多的要求。为了满足现代工农业对非金属矿产日益增长的需要,世界各国都十分重视对非金属矿床的普查勘探和科学研究,开发和利

用各种矿物和岩石，不断扩大非金属矿产的新类型和新用途。目前，发展较快的有以下几个方面。

新型建筑材料矿产 随着现代城市建筑向高层、超高层发展，具有隔热、隔音、防火、防震等特性的轻质、高强度建筑材料的发展最引人注目。过去认为没有用的，或者用途有限的矿物和岩石，得到了广泛的利用。目前，用于轻质骨料和板材的天然矿物和岩石多达十余种，如：珍珠岩、沸石、浮岩、膨胀粘土、页岩、板岩、半石墨岩、火山渣、蛭石、硅藻土、煤矸石、石棉和石膏等。它们的产量年增长率达5~15%。美国是轻质骨料用量最大的国家，70年代初期，已在80%的混凝土中采用，天然轻质骨料矿产年产量达2000万吨。

与冶金工业有关的耐火材料矿产 高铝和高镁质耐火材料矿产得到迅速发展。蓝晶石、硅线石、红柱石等高铝矿物需求量不断增长。镁质耐火材料中，传统的矿产是菱镁矿，现已开发利用的低铁蛇纹岩和镁质碳酸盐岩，也很有发展前途。此外，作为一般耐火材料的白云石、硅石、铝矾土、高岭土、膨润土、叶蜡石、锆英石、石墨、硅藻土、高硅珍珠岩、蛭石等用量也很大。目前，仅炼钢一项就消耗耐火材料总产量的60%。耐火材料现已由第一代的耐火砖，发展到第二代的散装材料和第三代的纤维材料。

陶瓷原料 随着民用和工业陶瓷用量的增加，不仅促进了传统的高岭土、长石等矿产的发展，同时，新型的更为经济的原料也迅速发展，最有代表性的是硅灰石。此外，钠长石、钙长石、霞石正长岩、白岗岩、透辉石、透闪石及长石砂岩中的长石等，也可用作陶瓷原料。

农用矿产 世界各国都很重视农用矿产资源的开发利用，肥料矿产的产量和消费量一向增长较快。除了传统的硫、磷、钾以外，目前已大量利用和正在试用的非传统农用矿产资源，已达30种以上。许多国家对含钾岩石（粗面岩、流纹岩、霞石正长岩、粗玄岩、响岩等）和含钾矿物（钾长石、明矾石、霞石、白榴石、伊利石、金云母等）开展了研究，有些已用于生产钾肥。近年来，不少国家已注意到海洋磷结核的经济意义，据估计，海洋磷矿可回收300亿吨，足够供应全世界用一千年。此外，为了改良土壤，提高肥效和农作物产量，还直接或间接施用非金属矿物和岩石，如：海绿石、沸石、皂石、泥炭、蓝铁矿、辉长-苏长岩、拉长岩、玄武岩、凝灰岩、浮岩、火山渣、火山灰、辉岩、橄榄岩及蛇纹岩、绿帘绿泥片岩、绿脱石-蛭石岩、石灰岩、菱镁矿、白云石、方解石、石膏、水镁石、方镁石、膨润土、凹凸棒石、海泡石、硅石、珍珠岩、硅藻土及霞石正长岩等。

环保矿物和岩石 环境污染是当今世界的一大公害，各国普遍采用非金属矿产来处理“三废”（废气、废渣、废液），保护环境。目前已投入使用的有珍珠岩、沸石、凝灰岩、膨润土、凹凸棒石粘土、硅藻土、海绿石砂岩、石榴石及硅质岩、白云岩、石灰岩等。

我国幅员广大，地质构造复杂，成矿条件多样，矿产资源十分丰富。目前已探明储量的非金属矿产约89种，产地约5000处，是世界上非金属矿种比较齐全的少数国家之一。其中，有20余种非金属矿产储量居世界前列或占重要位置，如：硫铁矿、石膏、石墨、石棉、菱镁矿、膨润土、岩盐、萤石、明矾石、碑、磷、高岭土、重晶石、硅藻土、芒硝、珍珠岩、沸石、石灰岩、耐火粘土、叶蜡石、海泡石、凹凸棒石、滑石、硼砂、玻璃原料和水泥原料等。我国的大理石、花岗石等天然石材储量丰富，著称于世。近年来，我国非金属矿地质工作有了较大发展，对膨润土、石膏、硅藻土、重晶石、硅灰石等，探明了一批新的大型或巨大型矿产地，水泥和玻璃原料的分布规律已基本掌握。非金属矿产在品种和产地也有新进展，

如钠质膨润土、海泡石、凹凸棒石、蓝晶石、硅线石、红柱石、透辉石、透闪石、霞石正长岩、累托石、蓝宝石及药用麦饭石等。因此，我国非金属矿产资源的开发利用及出口的潜力是巨大的。

我国西南地区的磷：粤北、长江中下游、内蒙狼山、辽宁东部、四川南部的硫铁矿：辽宁、吉林、西藏、青海的硼矿：黑龙江、山东、内蒙的石墨：辽宁、山东的菱镁矿、滑石：黑龙江、河北、江苏、内蒙的蓝晶石、硅线石：吉林、河北、山东、安徽、江苏、浙江、福建等省中、新生代火山岩分布区内的膨润土、沸石、珍珠岩、轻质骨料、明矾石、萤石和宝石：辽宁、河北、山西、山东、安徽、江苏、浙江、宁夏、四川等地的水泥灰岩、石膏、耐火粘土：湖南、江西等地的海泡石：苏皖地区的凹凸棒石：江苏、湖南、福建、广东等地的高岭土：湖南、山东、福建、四川、湖北、陕西等地的重晶石，以及云南、浙江、吉林、山东、四川等地的硅藻土等，都很有远景。

历年来，我国出口的石墨、滑石、菱镁矿、重晶石、萤石、粘土、石棉、硅灰石、明矾石、硼、膨润土、大理石、花岗石等非金属矿产品，有40余种。

虽然我国非金属矿地质工作已经取得了巨大成绩，但是仍很薄弱，还不能满足国民经济建设和发展的需要。地质找矿工作发展不平衡，许多矿种缺乏地质工作的全面规划，资源情况不清，一些重要矿种储量不足或不能利用，供需矛盾日趋突出。我国非金属矿产资源开发利用的程度还很低，已被开发利用的矿种仅50余种，真正形成生产力的仅20多种。非金属矿地质队伍不大，地质科研、分析测试和开发应用研究更是薄弱环节。因此，必须加强非金属矿的普查找矿工作，积极寻找国家短缺的钾盐、金刚石、硼、天然碱、高中档宝石、钠质膨润土、海泡石、凹凸棒石、霞石正长岩、高铝矿物原料等矿产。对于国际市场有销售前途的石棉、鳞片石墨、优质高岭土、重晶石、滑石、硅藻土、菱镁矿、萤石、纤维石膏、蛭石、优质大片云母、优质石材等，应积极安排地质找矿工作，扩大矿产地。要加强非金属矿床成矿规律及找矿方向的研究，加强非金属矿分析、测试和物理、化学性能及开发应用的研究。充分发挥我国非金属矿产资源的优势，扩大其经济效益和社会效益，更好地为经济建设服务。

当前，非金属矿产资源的调查研究和发展动向，表现为：

1. 加强非金属矿产资源的分析

加强非金属矿产资源形势的研究和分析，是制定有关非金属矿产资源政策，合理地调节和部署地质工作，提高资源保证程度的必要手段。做好这一工作，可以取得显著的经济效果。

苏联、美国在这方面做了大量工作。美国地质调查所，1962年曾对除燃料以外的近百种矿产做了全面分析，并从中选出硫、磷、钾、石墨、云母、蓝晶石等列为重点研究课题。美国采矿、冶金和石油工程师协会编著的《工业矿物和岩石》(除燃料以外的非金属矿)一书，是美国非金属矿产资源形势分析的代表作(每五年编印一版，现已出版第五版)。该书已成为世界各国有关专业人员的一部重要标准参考书。苏联从50年代末期就全面开展了对非金属矿产资源形势的分析工作。1968~1970年，全苏非金属矿研究所与苏联外贸部合作，全面分析了1913~1967年非金属原料及其产品的国际贸易资料，提出了苏联需进口的多种原料的代用品，和发展有利原料出口的建议。此外，波兰、英国、法国和西德等国也进行了类似的工作。近年来，我国也开展了这项工作，已对十几种主要非金属矿产进行了资源战略分析研究。

2. 注重非金属矿产的预测，开展综合研究和综合找矿

加强基础地质研究,开展成矿预测,在寻找非金属矿方面展示了有利前景。众所周知,苏联西伯利亚雅库特金刚石矿床的发现,就是与盛产金刚石的南非地台进行地质类比,开展成矿预测而找到的。澳大利亚、印度等国许多大型沉积磷矿的发现,是以“洋流上升理论”为指导,在预测的成矿远景区内找到的。又如澳大利亚西部的金伯利地区金刚石矿,和苏联东西伯利亚的早寒武世钾盐矿,也是在成矿预测区内发现的。

在认真进行地质调查研究,正确开展成矿预测的同时,应注意从成矿建造(沉积建造、岩浆建造和变质岩建造等),开展对非金属矿产的综合研究(研究非金属矿的共生组合、成矿系列、成矿规律和资源综合利用)和系统找矿。这是当前国内外非金属矿床研究的极其重要的方向和课题,已引起广泛的注意。如:

(1)与超基性岩建造有关的非金属矿产,有石棉类(纤蛇纹石石棉即温石棉、角闪石石棉)、滑石、云母类(金云母、蛭石)、宝石类(翡翠、蛋白石、贵橄榄石、玛瑙、软玉、绿玉髓等)和镁质耐火材料(纯橄岩和橄榄岩)等。

(2)与火山岩建造有关的非金属矿产种类多、分布广、规模大。如辉绿岩、玄武岩、安山岩、浮岩、凝灰岩、火山渣、沸石、珍珠岩、膨润土、明矾石、黄铁矿、刚玉、红柱石、叶蜡石、高岭土、萤石、玛瑙、蛋白石、蓝宝石、石榴石、橄榄石等。我国东部的中、新生代陆相火山岩区,是我国非金属矿产的重要分布地区。

(3)与碳酸岩-碱性杂岩建造有关的非金属矿产,包括磷灰石、蛭石、金云母、重晶石、萤石等。

(4)与沉积建造有关的非金属矿产种类很多,仅直接或间接与盐类建造有关的矿产就不下三、四十种。其中主要有石盐、钾盐、石膏、芒硝、天然碱、硝石、硼、碘、溴及自然硫、磷等20余种。它们在空间分布上,往往同属于一个统一的大型沉积盆地。苏联学者在研究盐类建造的基础上,建立了一整套以找钾盐为主,同时综合普查其它矿产的预测方法,从而有力地推动了与盐类建造有关的矿产的综合普查找矿工作。

(5)与古老变质岩及碳酸盐岩建造有关的非金属矿产,包括石墨、石棉、云母、硼、高铝原料矿物及宝(玉)石、白云岩、大理岩等。

3. 加强非金属矿床物、化探找矿方法的研究和应用

应用物、化探方法普查勘探非金属矿床,已经取得了可喜的进展。如加拿大萨斯喀彻温钾盐矿的突破,就归功于物探方法的应用。由于综合应用了伽玛测井、中子测井、密度测井、声波测井和井径测井技术,从而迅速地确定了该矿床的工业意义,使其成为目前世界上规模最大(储量达454亿吨)、质量最好的钾盐矿床。现在,物探方法已成为找盐类矿床及自然硫矿床十分有效的手段。利用化探(Br/Cl比值)找钾盐也很有成效,苏联几个大型钾盐矿床,如卡姆巨型钾盐矿床的发现,水化学方法起了重要作用。此外,国外已在云母、金刚石、萤石、水晶、建筑材料等20多种非金属矿床的普查勘探中,使用了物、化探方法。

4. 开展矿物的物性研究,开辟和扩大工业利用新领域

一种天然矿物或岩石转变为工业矿物或岩石,往往是由于某些特殊物理、化学性能的研究和发现,而导致某种新用途的出现。因此,加强矿物物性研究,探索新的应用领域,是充分利用自然资源的重要途径。对非金属矿产来说,更具有特殊的意义。现代矿物物性研究,主要有以下几方面:

(1)研究和发现矿物新的物化特性,探索新的工业用途 如沸石在1756年就已发现,但直到20世纪30年代才开展沸石的矿物结构研究,后来发现沸石类矿物的吸附和离子交换性能,并合成沸石成功,直至60年代才成为工农业广泛利用的非金属矿产。又如膨润土发现于1898年,但到1940年才被工业所利用。60年代以来,由于膨润土的高粘结力特性,使其用途达到百余种,尤其是钠质膨润土,被誉为“万能矿物原料”。硅灰石,是60年代新兴的工业矿物,现已利用于十几个工业部门。从硅藻土中可制取150余种材料,用途达500余种。海泡石在深井、地热钻井中,是稀少而重要的特种泥浆配料。此外,Ⅱ型金刚石、磷灰石、三水铝矿、方钠石、碘、氟镁石、硬硼钙石等,也因具有特殊的物化性能,而出现新的工业用途。

(2)矿物定向变型 对矿物施加某种影响,利用物理、化学方法,使其按人们所需要的方向,获得某种新的性质,从而使原来无价值或价值较低的矿物,得到工业利用。如在保护介质中对金刚石进行热处理,可提高其强度10~20%。金刚石经“硼化”处理后,即具有半导性。又如苏联用酸浸法,在不太高的温度、压力条件下,可将镁铁质云母加工成一种纯 SiO_2 板状晶体的新材料(硅质板)。

(3)研究和发展人造矿物 这是解决天然资源不足的重要途径。目前已有金刚石、水晶、刚玉、云母、萤石、冰洲石、沸石、金红石、高岭石、石膏、硅灰石、方钠石、蓝石棉等十多种人工合成矿物,进入了工业利用领域。人造金刚石的产销量已超过天然金刚石;人造磨料(刚玉)已完全取代天然原料。可以预料,将会有更多的人工合成矿物问世。

(4)发展代用材料 利用具有相似性能的物质来代替天然矿物,弥补自然资源的不足,并控制环境污染,具有重要的意义。如用有机聚合物、氧化铝、粘土、蛭石、黑云母、石英、玻璃、滑石等,在一定范围内代替资源短缺的片状白云母;目前代用材料已满足云母消费量的16%。美国已研制一种玻璃纤维,代替天然资源奇缺的蓝石棉,做防毒面具过滤器,性能更为优越。萤石对环境污染严重,许多国家已利用硬硼钙石、硼砂、铝土矿、锰矿和钛铁矿等代用品。矿物棉、人造纤维和金属纤维已大量取代石棉,等等。以铝硅酸盐矿物原料为基础,制备新材料,是当前世界各国正在研究的方向和课题。

由上可见,矿物的物、化性能研究对非金属矿产的开发利用具有极其重要的意义。现代的矿物物、化性能研究,主要是性能测定,并从矿物晶体内部结构进行理论解释。研究和发现矿物的新性能,利用各种新材料,探索新用途,与发现一个大型矿床具有同等重要的意义。

矿床是完整地质体系的组成部分,所有地质环境均可生成为人类所利用的原料。从这个意义上讲,大部分非金属矿产将是取之不尽,用之不竭的。尽管某些矿产资源将会出现枯竭,但随着现代科学技术的发展,必然会有新的天然原料或人造产品来补偿。

三、非金属矿物的特点

1.非金属矿物的组成

非金属矿产主要由O、Si、Al等元素组成,它们是构成地壳的主要元素,三者之和占地壳重量的82.58%。因此,非金属矿产种类繁多,广泛分布于地壳中,使我们有可能大量利用。

组成非金属矿产的元素主要是亲石元素,其矿石矿物主要是含氧盐,特别是以硅酸盐、硫酸盐、碳酸盐为最主要,其次是磷酸盐、硼酸盐和氧化物。卤化物和某些自然元素也可形成矿床。矿物种类多,形成条件复杂多样。

组成非金属矿产的矿物,在物化性质上和一般造岩矿物很少有区别,或者它们本身就是

造岩矿物。因此它不象金属矿物那样，通常都具有特殊的物理性质(如光泽、颜色等)，而易于辨认。所以，非金属矿产常常易被忽视。

2. 非金属矿产的利用

非金属矿产的利用与金属矿产不同。工业上，只有少数非金属矿产，是用来提取和利用某些非金属元素或其化合物，如硫、磷、钾、硼等。这些矿产的工业价值，主要决定于这些元素的含量和矿石的工业加工性质。大多数非金属矿产，是直接利用其中的有用矿物。矿物集合体或整个岩石的某些物理、化学性质和工艺技术特性。例如：金刚石是利用它的硬度和光泽；石棉是利用它的耐火、耐酸和能纺织的纤维特性；云母是利用其透明度和绝缘性；水晶是利用它的光学和压电性能，等等。此外，非金属矿产的物、化性能和价值，是从矿山采出时就具有的，而且一直保持到产品的最后应用阶段，如云母、石棉、硅藻土、高岭土和石墨等，至于建筑石材、碎石和砂、砾就更是如此了。

非金属矿产的价值相差很悬殊，如极普通的砂和砾，除非它接近市场，否则几乎是没有什么价值的。而金刚石和其它一些矿产，因其价值相当昂贵，即使不易开采，也不能阻止人们对它们的开发和利用。

3. 非金属矿产的一矿多用和多矿同用特点

使用的多样性，是非金属矿产的突出特点。许多非金属矿产往往具有多种可利用的特性，如高岭土、膨润土等粘土矿产，因具有粒度细、白度高、耐高温、分散性和可塑性等多种特性，既可用作耐火材料，又可作陶瓷原料，还可作粘合剂、漂白剂、填料、涂料等，而且其应用范畴还在不断扩大。又如石灰岩，依其不同性能，可作水泥、化工、熔剂、电石、建材等原料。

不同的非金属矿产，又往往具有相同或近似的可利用的特性，因此又可多矿同用，或相互代用。如膨润土、凹凸棒石、海泡石和一般粘土，都可用作泥浆原料；硅灰石、叶蜡石、高岭土、蛇纹石，甚至粉煤灰、斑状凝灰岩、透辉石、透闪石等均可用作陶瓷原料；千枚岩可代替粘土作水泥配料等。由于许多非金属矿产可一矿多用和多矿同用，因此，它们的经济价值将随着现代科学技术的发展而变化。

四、非金属矿产的分类

由于非金属矿产使用广泛而又特殊，矿体产状多种多样，这就使非金属矿产的分类十分困难。目前，还没有一种统一的完全令人满意的分类方案，这将是今后需要进一步研究和解决的课题。

归纳起来，非金属矿产的分类有两种方案。

一种是地质分类，即成因类型分类法。

A.С.Хоментовский 1958年首先提出成因分类方案，将非金属矿产分成外生、岩浆和变质矿产三大类，然后按成矿作用，又将每大类分成若干小类。

Peter W. Harben 和 Robert L. Bates 1984年在《Geology of the Nonmetallics》(非金属地质学)一书中，把非金属矿产分为火成岩矿产、伟晶岩和热液作用矿产、喷出岩矿产、沉积岩矿产、地表蚀变矿产和变质作用矿产共六类。

另一种是目前世界各国惯用的按用途进行分类。美国按用途将非金属矿产分为十四类：磨料、陶瓷原料、化工原料、建筑材料、电子及光学原料、肥料矿产、填料、过滤物质和矿

物吸附剂、耐火原料及钻井泥浆原料等。苏联分为五类：化学原料、粘结原料、耐火—陶瓷原料和玻璃原料、集合原料及晶体原料。

1979年，我国袁见齐等把非金属矿产按用途分为：冶金辅助原料、化学工业（包括化肥）原料、工业制造业原料、压电及光学原料、陶瓷及玻璃工业原料、建筑及水泥原料、宝石及工艺美术材料共七类。

此外，还有一些其它过渡性分类。如1950年Bates提出的把用途和矿物成因结合起来的分类法；1962年，Wright和Burnet提出的以单位价值和产量为依据的三重分类法；1969年，Fisher提出的以单位价值、产地价值及有代表性的产量为标准，将工业矿物分为六个组，这是一种较详细的分类，但较烦杂；1970年，Kline把工业矿物分成化学矿物和物理矿物两大组；1973年，Dunn提出一种矩阵分类法，是一种把地质产状和最终用途协调起来的分类。近年来，苏联又提出一种新的分类方案，即以工业用途和矿石加工技术相结合的分类。

由于非金属矿产的特殊性和复杂性，以上分类都不完善。许多非金属矿，如高岭土、萤石、滑石、菱镁矿等，都有几种不同的成因类型。多数非金属矿产具有多种用途，所以按用途分类也不确切，往往同一种矿产，可以同时归属几个不同的类别。

本书在矿种编排上，以矿床成因为主，同时考虑用途，即按内生、沉积、变质矿床顺序，对于性能相近、用途类同的则靠近编排。

五、非金属矿床的勘查评价和综合利用

由于非金属矿产种类繁多，成矿条件多样，用途广泛，对矿石的工业要求差别较大。因此，非金属矿床的勘查与评价比较复杂，实际工作中应注意以下几点：

1. 注意综合找矿和综合评价

矿床不是孤立存在的，而是一定地质体系的组成部分。矿床的形成是多种地质作用的结果。各种非金属矿床，虽有各自的成矿条件，但许多矿种往往具有相似的成矿作用或成因特点，而形成于相似的地质环境中。此外，非金属矿产范围极其广泛，随着现代科学技术的发展，即使某些暂时不能被利用的矿物和岩石，也可能因发现其新的性能和特点，而被利用。因此，注意综合找矿和综合评价，在非金属矿床的勘查和评价中十分重要，也是当前非金属矿床研究中的发展方向，应引起高度的重视。按成矿建造，研究非金属矿产的共生组合、成矿系列和成矿规律，可以指导和开展非金属矿床的综合找矿和综合评价。如在石油普查中注意寻找钾盐、自然硫等矿床；在早前寒武纪变质岩分布区注意寻找磷矿、滑石、菱镁矿、石墨、硼、高铝矿物、宝石等多种矿产；在火山岩非金属矿床中，注意与火山玻璃有关的珍珠岩、膨润土、沸石和各种凝灰岩等矿床系列。与酸性火山岩—一次生石英岩建造有关的明矾石—黄铁矿—叶蜡石—高岭土、伊利石—地开石—高岭石、萤石—重晶石—方解石等矿床系列，及其伴生的刚玉、红柱石和金红石等，虽然它们的成矿条件不同，但成矿的围岩相同或相似，矿床的空间分布，往往出现有规律的共生，产于同一矿区的同一或相邻层位，及同一火山构造中。因此，要注意综合找矿和综合评价。

2. 加强实验研究，注意矿物的工业技术特性

加强实验研究，是评价非金属矿床的关键。非金属矿产的突出特点，是利用它的不同物理和化学性能，因此，非金属矿床的勘查评价，除了一般的鉴定和化学分析外，研究其物化性能是极其重要的。许多非金属矿产的物化性能和工业技术特性，常是评价其经济价值的决

定因素。非金属矿产的突破,往往不在于发现新的矿床,而在于某些应用方面的突破。实验研究是了解矿物特性和应用的关键,对保证和促进非金属矿床的地质找矿和地质评价是十分重要的。非金属矿产用一种测试技术进行实验研究,往往达不到要求,不同的矿种,又都分别有一套特殊的测试技术和研究方法。因此,实验室的工作领域和内容,不应局限在一般的分析测试上,而要随着非金属矿产的特点而扩大,要充分利用现代技术手段和物理方法,统一组织,共同协作,进行全面的综合实验研究。物化性能、工艺性能、加工试验和工业利用研究是一个整体,要和勘查评价工作同步进行,要树立找矿观念,综合应用多种测试技术成果,从不同角度去解决地质和工业利用上的不同要求,从而更好地为地质找矿和工业利用服务。要把测试成果和矿物的结构、构造联系起来,并对矿物的不同物化性能作出理论解释,从而全面、正确地非金属矿床作出评价,探索其利用新前景。要加强选矿试验和工业技术加工性能研究,开辟新的应用途径,提高非金属矿产的经济价值。

3. 合理确定评价指标

非金属矿产种类繁多,并且具有“多用”、“配合使用”和“代用”的特殊性质,故其利用领域广而不定型,而且同一种非金属矿原料的不同产品价格相差悬殊,市场竞争性强。因此,非金属矿床的勘查评价,要全面了解其多方面的用途,和工业上的不同要求。评价指标的确定,既要全面考虑,又不能面面俱到。要结合工业上的主要应用途径,选择最佳应用方案,并从多方面进行分析和论证,尽可能适应不同的工业部门,合理确定评价指标,从而充分利用矿产资源。

4. 重视经济评价和论证,注意原料“就近供应”原则

大部分非金属矿产是利用原矿,用量大,消费市场定向性强,用途又具有不定性,是否具有经济开采价值,除矿石质量和储量外,运输条件、开采方法常起决定性作用。因此,非金属矿床的勘查与评价,要重视经济评价和论证,要注意“就近供应”原则,使原料基地尽可能靠近消费中心,以减少运费和产品的损耗。

随着地表矿越来越少,要运用新的找矿理论、找矿方法和找矿技术手段,加强物化探方法的应用,进行深部非金属矿床的勘查与评价。

5. 注意非金属矿产资源的综合开发利用

许多非金属矿床都共生在一起,因此要注意资源的综合开发利用,苏联、美国、西德等许多国家在这方面都取得了明显的效果。如:开采高岭土和粘土矿时,从中提取高岭石和石英砂的系列产品;与膨润土伴生的粗面岩、凝灰岩作为陶瓷原料和铝、钾的原料;磷块岩剥离层中的海绿石可作天然无机肥料和助滤剂;开采石墨时可附采白云岩化灰岩;开采建材原料时,提取和加工系统的建材产品等。在西德只有产品指标,没有原矿的工业指标,不管什么矿,能满足产品指标即可,关键是选矿和配矿。只有注意了综合开发利用,才能充分提高矿产资源的经济价值。

参 考 文 献

[1] 王家枢,国外非金属矿产发展现状和动向,地质部情报所《地质科技参考资料》,第23期(1980)。

[2] 俞永刚,国外非金属矿资源利用现状,《建材地质》,第1期(1981)。

[3] 李悦言、张培元,我国非金属矿产资源地质工作的主要成就及展望,《地质论评》,第28卷,第3期。