



中国地质大学（武汉）研究生系列教材

矿物岩石材料工艺学

KUANGWU YANSHI CAILIAO GONGYIXUE

沈上越 李 珍 编著

中国地质大学（武汉）研究生教材建设基金资助
中国地质大学“211工程”地球物质科学与材料学学科基金资助

中国地质大学出版社

矿物岩石材料工艺学

沈上越 李 珍 编 著

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

矿物岩石材料工艺学/沈上越,李珍编著. —武汉:中国地质大学出版社,2005.9

ISBN 7-5625-2051-8

I. 矿…

II. ①沈…②李…

III. 矿物-岩石-材料工艺学

IV. ①P57 ②P58

矿物岩石材料工艺学

沈上越 李 珍编著

责任编辑:王文生

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮编:430074

电话:(027)87482760

传真:87481537

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:270千字 印张:11

版次:2005年9月第1版

印次:2005年9月第1次印刷

印刷:武汉教文印刷厂

印数:1—2000册

ISBN 7-5625-2051-8/P·647

定价:18.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

“研究生系列教材”总序

在中国地质大学研究生院建院二十周年来临之际,第一批反映我校研究生教学与科学研究成果的“研究生系列教材”出版了,这是我校研究生教育发展过程中的一件大事,可喜可贺!

随着我校研究生招生规模的不断扩大,如何保证研究生的培养质量是我们必须积极思考并努力着手解决的问题。这套研究生系列教材的及时出版,正是一个很有力的举措。研究生教材建设是保证和提高研究生培养质量的重要手段,是反映一个学校教师队伍的学术水平和教学水平的宏观尺度,更是具有战略性意义的基本建设。各门课程必须有高质量的教材,才能使研究生通过学习,掌握各门学科的坚实的基础理论和系统的专门知识,为从事科学研究工作打下良好的基础。因此,我校研究生院筹集资金设立了“研究生教材建设基金”,资助出版“研究生系列教材”以满足本校各学科研究生教学的需要,促进我校研究生教材建设工作,提高研究生培养质量。

由于研究生具有人才的高层次性、培养的超前性和学习的研究性等特点,这就要求研究生教材并不是本科生教材的简单深化和延续,而应该结合学校的学科专业结构和特色来编写系统性、新颖性、适用性融为一体的研究生教材。这套“研究生系列教材”以具有我校特色的研究生课程教材为主,既有基础理论教材,又有研究生专业课教材,准备在今后数年内分批次出版。“研究生系列教材”总的特色是从我校研究生的教学实际需要出发,根据各门课程在各专业研究生培养中的地位 and 作用,在内容上求新、求深、求精。专业课程教材还要力求高起点,反映科学规律,追踪该学科专业的发展前沿,反映国内外的最新研究成果。

虽然,我们的主观愿望是尽可能组织编写出一套特色鲜明、适用性强的高质量“研究生系列教材”,但由于我校研究生教材建设工作起步不久,经验不足,已出版的教材质量尚待在使用中检验,敬请校内外专家学者及读者不吝指教,我们将非常感谢。

姚书振

中国地质大学(武汉)研究生院 院长

2005年5月20日

前 言

《矿物岩石材料工艺学》是在1999年编著的《岩矿材料工艺学》基础上重新编写而成,以适应国家提出的“研究生培养方案——拓宽口径、提高质量、满足国民经济建设需要”的目标。我国高等教育的改革正向广度与深度展开,国民经济的发展、社会的进步以及经济结构的调整和发展,对高等人才的培养提出了更新、更高的要求,这种要求促使高等教育的改革不断深化。面向21世纪的教学内容课程体系改革构成了教学改革核心的重要内容,教学是实现人才培养目标的基本途径。高质量的教材是实现教学目标和提高教学质量的重要保证,本教材的编写紧扣人才培养的目标和要求,同时体现教学思想、教学方法、教学手段的创新。坚持知识、能力、素质的统一,构建适合时代要求的课程体系和知识结构。

《矿物岩石材料工艺学》的编写以本学科学科带头人为主编,使教材具有思想性、科学性、先进性。内容力求精练,突出“三基”,删繁就简。具有启发性,有利于创造性思维的培养。在思想性、科学性、先进性的原则下,教材编写力求文字、单位、符号、规范、标准等符合国家统一标准。

我校是全国较早从事矿物岩石材料研究的单位,近几年在该领域主持和完成了国家自然科学基金、博士点基金、863项目及省部级重点攻关和横向协作项目40余项;在各种形态(粒状、针状、层状等)矿物超细粉体新材料与各种高分子材料的应用、新型矿物功能材料及纳米矿物材料等领域取得多项国内领先、具国际先进水平的成果。这些成果将大大丰富我们所修订的《矿物岩石材料工艺学》教材,同时我们也将国内外在该领域的最新成果编写于教材中。

《矿物岩石材料工艺学》是岩石矿物材料学博(硕)士专业基础学位课,具有以下特色:

(1)观点新颖。教材从全新的视野,按照材料学的观点和方法,以矿物岩石为原料研究开发矿物岩石各种功能新材料;按照材料学的四要素——材料制备、材料组构、材料性能、材料效能,全面系统地研究了矿物岩石材料全过程,采用现代测试技术与理论从机理上探讨矿物岩石新材料的制备工艺。

(2)制备方法先进。教材简要、系统地回顾和总结了传统制备矿物岩石材料的工艺;着重讲述复合材料新技术——原位复合技术、自蔓延复合技术、梯度复合

技术及最新纳米复合材料的制备技术等。

(3)突出学校特色。在教材修订中,我们不仅要反映国内外在该领域的高水平成果,尤其要突出“地大特色”,即我校“岩石矿物材料”博士点是我国在该领域的第一个博士点,在修订该领域教材时,已把我校近几年来在矿物微结构、矿物功能材料、矿物纳米材料及矿物环保材料等取得的国内领先和国际先进水平的成果编写了进去。

(4)应用领域广,使用价值大。“岩石矿物材料学”是“矿物学、岩石学、矿床学”、“矿物加工工程”、“材料学”三个二级学科的交叉、渗透和融合,除作为这四个博士点与硕士点必修学位课教材之外,还可作为宝石学博(硕)士点、矿产普查与勘探博(硕)士点、非传统矿产资源博(硕)士点、地质工程博(硕)士点等四个博士与硕士点的选修教材;同时可作为从事该领域的教学科研、技术开发和管理人员的重要参考书。

由于时间仓促,水平有限,不足之处敬请读者赐正。

沈上越 李 珍

2005年8月

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 基本概念	(1)
1.1.1 矿物与矿物学	(1)
1.1.2 岩石与岩石学	(1)
1.1.3 工业矿物和岩石	(2)
1.1.4 工业岩石学(工艺岩石学)	(4)
1.1.5 材料科学(材料科学与工程)	(5)
1.1.6 矿物岩石材料工艺学	(6)
1.2 矿物岩石材料学的发展趋势	(7)
第二章 矿物岩石材料的分类	(9)
2.1 无机非金属材料的分类	(9)
2.1.1 按化学成分分类	(9)
2.1.2 按材料性能(功能)分类	(11)
2.1.3 按材料的用途分类	(12)
2.2 矿物岩石材料的分类	(12)
2.2.1 按矿种分类	(12)
2.2.2 按材料结构分类	(12)
2.2.3 按功能分类	(13)
第三章 矿物岩石材料制备工艺技术	(16)
3.1 非金属矿深加工与制品(材料)	(16)
3.1.1 初加工	(16)
3.1.2 深加工	(16)
3.1.3 深加工技术发展趋势	(17)
3.1.4 制品(材料)	(18)
3.2 矿物岩石材料制备工艺一般流程	(19)
3.3 成型与固化工艺	(20)
3.3.1 成型	(20)
3.3.2 固化工艺	(27)
3.4 成品加工与性能改善	(30)
第四章 材料复合技术	(32)
4.1 概述	(32)
4.2 原位复合技术	(32)
4.2.1 金属基原位复合技术	(33)
4.2.2 陶瓷基原位复合技术	(34)
4.2.3 高分子基原位复合技术	(35)

4.2.4 其他原位复合技术	(36)
4.3 自蔓延复合技术	(36)
4.3.1 SHS 粉末技术(SHS Powder)	(37)
4.3.2 SHS 密实化技术(SHS Densification)	(37)
4.3.3 SHS 冶金技术(SHS Metallurgy)	(38)
4.3.4 SHS 气相传质涂层技术(SHS Gastransport Coating)	(38)
4.3.5 SHS 焊接技术(SHS Welding)	(38)
4.4 梯度复合技术	(39)
4.4.1 化学气相沉积(CVD)技术	(39)
4.4.2 物理气相沉积(PVD)技术	(40)
4.4.3 颗粒排列技术	(40)
4.4.4 自蔓延快速加压(SHS/QP)梯度复合技术	(40)
4.4.5 电解析出复合技术	(41)
4.4.6 等离子熔射复合技术	(41)
4.5 其他复合技术	(41)
4.5.1 分子自组装技术(Self-assembling of molecule)	(41)
4.5.2 超分子(Super-molecule)复合技术	(42)
4.6 多相材料	(42)
4.7 纳米复合材料	(43)
4.7.1 概述	(43)
4.7.2 纳米粉体的合成	(43)
4.7.3 纳米-纳米复合材料	(45)
4.7.4 纳米-微米复合材料	(46)
4.7.5 溶胶-凝胶法制备有机-无机纳米复合材料	(46)
4.7.6 插层复合法制备有机-无机纳米复合材料	(47)
4.7.7 纤维矿物/聚合物纳米复合材料的制备	(49)
第五章 超细超纯石英粉体材料的制备及应用	(50)
5.1 石英的一般特征及用途	(50)
5.1.1 石英的一般特征	(50)
5.1.2 石英的用途	(50)
5.1.3 石英原料的工业技术指标	(51)
5.2 石英的提纯	(51)
5.3 石英玻璃、熔融石英陶瓷	(53)
5.3.1 石英玻璃	(53)
5.3.2 熔融石英陶瓷	(55)
5.4 高纯石英粉体材料制备与应用	(56)
5.4.1 石英粉的分类	(56)
5.4.2 石英粉的物理化学性质与应用效果	(57)
5.4.3 石英粉的应用	(58)
5.4.4 高纯石英粉体的制备	(58)

5.4.5 高纯球形石英粉体的制备	(58)
第六章 超细重碳酸钙系列产品的开发应用	(62)
6.1 重碳酸钙的用途及方解石的物化特性	(62)
6.1.1 重碳酸钙的用途	(62)
6.1.2 方解石的物化特征	(62)
6.2 湖北省两类方解石矿资源	(63)
6.3 超细重碳酸钙产品的工艺流程	(64)
6.3.1 产品的试验研究	(64)
6.3.2 产品的工艺流程	(65)
6.4 超细重碳酸钙产品在造纸、塑料与橡胶中的应用	(65)
6.4.1 超细重碳酸钙成纸试验	(65)
6.4.2 改性超细重碳酸钙产品在塑料与橡胶中的应用	(66)
6.5 轻钙生产工艺流程(化学沉淀碳酸钙)	(66)
第七章 针状硅灰石制备与高聚物复合材料	(68)
7.1 硅灰石矿物结构特征	(68)
7.2 硅灰石的工艺技术特征及应用	(69)
7.2.1 硅灰石的工艺技术特征	(69)
7.2.2 硅灰石的工业应用	(70)
7.3 硅灰石深加工技术及超细针状硅灰石制备	(71)
7.3.1 硅灰石深加工技术	(71)
7.3.2 超细针状硅灰石制备	(74)
7.4 针状硅灰石在聚合物材料中的应用	(77)
7.4.1 硅灰石/聚丙烯复合材料	(78)
7.4.2 硅灰石/尼龙6复合材料	(80)
7.4.3 硅灰石/环氧树脂复合材料	(84)
7.5 针状硅灰石在摩擦材料中的应用	(87)
7.5.1 摩擦材料的配方及制备工艺	(87)
7.5.2 摩擦材料(刹车片)的性能分析	(88)
7.6 硅灰石酸法制备白炭黑	(89)
7.6.1 硅灰石酸法制备白炭黑的原理及工艺流程	(89)
7.6.2 硅灰石酸法制备白炭黑的影响因素	(89)
7.7 硅灰石的合成	(91)
7.7.1 熔融法	(91)
7.7.2 烧结法	(91)
7.7.3 水溶液合成法	(91)
7.7.4 蒸压合成法	(91)
7.7.5 磷渣改造法	(92)
第八章 蒙脱石粘土矿物功能复合材料	(93)
8.1 蒙脱石矿物的一般特征	(93)
8.1.1 蒙脱石晶体化学性质概述	(93)

8.1.2	膨润土的物理化学性质	(94)
8.1.3	蒙脱石的提纯	(95)
8.2	柱撑蒙脱石的合成工艺	(95)
8.3	蒙脱石/环氧树脂纳米复合材料的制备	(97)
8.3.1	有机蒙脱石的制备	(99)
8.3.2	蒙脱石/环氧树脂(E-44)纳米复合材料的制备	(100)
8.3.3	蒙脱石/环氧树脂(E-12)纳米复合材料的制备	(102)
8.4	蒙脱石/聚丙烯酸钠吸水功能复合材料	(104)
8.4.1	超强吸水性复合材料的制备与表征	(104)
8.4.2	矿物/聚合物吸水材料的发展趋势	(107)
第九章	石墨的深加工及硅化石墨的研制	(108)
9.1	石墨的矿石类型	(108)
9.2	石墨的结构及物性	(108)
9.2.1	石墨的结构	(108)
9.2.2	石墨的物性	(108)
9.3	人造石墨	(109)
9.4	石墨的深加工	(110)
9.5	硅化石墨的研制	(111)
9.5.1	硅化石墨的特性	(112)
9.5.2	硅化石墨的应用	(113)
9.5.3	硅化石墨的制造方法	(114)
9.5.4	硅化石墨的制备工艺	(115)
第十章	铸石材料	(118)
10.1	铸石的原料	(118)
10.1.1	主要原料	(118)
10.1.2	附加料	(120)
10.2	铸石的制备及合理的生产工艺	(121)
10.2.1	铸石的制备	(121)
10.2.2	合理的生产工艺	(122)
10.3	铸石的物质成分	(123)
10.3.1	铸石的化学成分	(123)
10.3.2	铸石的矿物成分	(124)
10.4	铸石的显微结构及构造	(124)
10.4.1	铸石的显微结构	(124)
10.4.2	铸石的构造	(126)
10.5	铸石的物性及应用	(127)
10.5.1	铸石的物性	(127)
10.5.2	铸石的应用	(127)
10.6	几种特种铸石	(128)
10.7	铸石废品的种类、原因及防止方法	(129)

第十一章 耐火材料侵蚀机理研究	(130)
11.1 耐火材料的概念.....	(130)
11.2 耐火材料的分类.....	(130)
11.3 耐火材料的损坏原因及预防措施.....	(131)
11.4 粘土砖、高铝砖侵蚀机理	(132)
11.4.1 粘土衬砖侵蚀机理.....	(132)
11.4.2 一等高铝砖侵蚀机理.....	(135)
11.5 镁砖、镁碳砖侵蚀机理	(138)
11.5.1 盛钢桶的结构与使用条件.....	(138)
11.5.2 武钢镁砖的特性.....	(139)
11.5.3 镁砖侵蚀机理剖析.....	(139)
11.5.4 镁碳砖的侵蚀机理.....	(143)
第十二章 环境材料的研制	(147)
12.1 环境污染的分类及控制.....	(147)
12.2 矿物环境材料的基本性能和应用领域.....	(148)
12.2.1 矿物环境材料的基本性能.....	(148)
12.2.2 环保材料的应用领域.....	(149)
12.3 矿物环境材料的研制.....	(150)
12.3.1 根据不同目的选择不同环境矿物材料.....	(150)
12.3.2 环境矿物材料吸附性同阳离子交换性的关系.....	(151)
12.3.3 吸附的可逆性研究.....	(151)
12.3.4 环保用矿物材料的选矿提纯、改型、改性及复合研究.....	(152)
12.3.5 环保用矿物材料的性能稳定性.....	(152)
12.3.6 “生态建筑材料”的研制.....	(153)
参考文献	(155)

第一章 绪 论

1.1 基本概念

1.1.1 矿物与矿物学

按现代的观点,矿物(Mineral)是自然过程中所产出的单质或化合物。它们具有相对固定的化学组成,呈固态并具有确定的内部结构,它们在一定的物理化学条件范围内稳定,是组成岩石和矿石的基本单元。目前已知的矿物约 4 000 多种,绝大多数是固态无机物,液态的(如自然汞)、气态的(如氦)以及有机物(如琥珀)仅占数十种。在固态矿物中,绝大多数都属于晶质矿物,只有极少数(如铝英石)属于非晶质矿物。来自地球以外其他天体的天然单质或化合物,称为宇宙矿物。由人工方法所获得的某些与天然矿物类同的单质与化合物,则为合成矿物。矿物原料和矿物材料是极为重要的一类天然资源,广泛应用于工农业及科学技术的各个部门。

矿物学(Mineralogy),是研究矿物的化学成分、内部结构、形态、性质、成因、产状、共生组合、变化条件、用途以及它们之间的相互联系的一门科学。当前,对上述各方面内容的研究,除了促进矿物学本身的进一步发展外,其主要任务一方面是据以扩大矿物的利用,另一方面则是为找矿、勘探提供有关的资料;此外,可为阐明地壳物质的演化历史及其过程提供科学依据。

19 世纪,在矿物学的基础上产生了结晶学。进入 20 世纪以来,矿物学得到了迅速发展,在矿物的化学成分、晶体结构、矿物形成的物理化学条件与相平衡研究等方面获得了大量的成果,形成了以晶体结构、晶体化学和成因矿物为支柱的新理论、新方法百花争艳的现代矿物学特征。20 世纪 70 年代以来,兴起了矿物物理学、固体物理学和量子化学理论与方法,以及现代科学技术大量引入到矿物学研究领域,形成了以学科渗透为特征的又一次学科变革。现代矿物学已发展成为分支衍繁、门类众多的学科体系,包括矿物物理学、矿物晶体结构、矿物晶体化学、形态矿物学、成因矿物学、实验矿物学、工艺矿物学、应用矿物学(工业矿物学)、系统矿物学等众多分支学科和边缘交叉学科。人们习惯上只认为矿物学是地质科学的重要组成部分,但在材料科学领域,特别是在无机非金属材料科学领域,矿物学的理论、方法和成果客观上已得到了广泛的应用,并且发挥着越来越重要的作用。

1.1.2 岩石与岩石学

岩石(Rock),指天然产出的具有一定结构构造的矿物集合体。它构成地球上层部分(地壳和上地幔),在地壳中具有一定的产状。主要由造岩矿物组成(少数由天然玻璃质或胶体或生物遗骸组成)。岩石按成因可分为:火成岩、沉积岩和变质岩三类。其中以火成岩数量最多,在地壳深至 16km 范围内,95%以上为火成岩。矿石为经济上可利用的特殊岩石,煤和含油岩石也是特殊的岩石。

岩石学(Petrology)是地质学科中的一门基础科学。主要研究岩石的物质成分、结构、构

造、形成条件、分布规律、成因、成矿关系以及岩石的演变历史和演变规律。岩石学的研究成果,广泛应用于矿床学、地球化学、地质测量、构造地质以及水文地质和工程地质等学科。根据研究的重点不同,岩石学可分为成因岩石学、岩类学、岩组学、实验岩石学、工艺岩石学及区域岩石学等。此外,从成因来考虑,岩石学还可分为火成岩岩石学、沉积岩岩石学及变质岩岩石学等。

岩石学从 18 世纪末开始作为一门独立的学科已有 200 多年的历史。早期的岩石学的定义是一门研究岩石的天然历史的学科,其中包括岩石的矿物特征、组成、成因、蚀变和风化特点。20 世纪 60 年代以来,岩石学科得到了迅猛发展。现代岩石学已突破了早期岩石学涵义,在学科的高度分化、高度综合、活动论和定量模型化等几个方面集中体现出现代自然科学的共同特征:其一,在岩石学领域中分化形成了一系列新的研究方向,如硅酸盐熔体热力学、岩浆物理与流体、岩浆结晶的热力学与动力学等;其二,通过岩石学与其他学科的综合,形成了一系列新的边缘交叉学科,如工艺岩石学、实验岩石学、岩石物理学、岩浆动力学、岩石物理化学等。与此相伴,产生了一系列新的概念、理论和方法。纵观岩石学领域一些重大的理论、技术方法的形成和发展,是以地质学中的岩石学现象为依据,借用物理学、化学、数学等学科的理论 and 工程学科的技术形成的,与其他学科的理论和方法的发展密不可分。如岩浆分异、沉积分异理论就是以岩石学上不同密度的岩石的分层或分带分布事实,借用物理学上的浮力定律形成的。鲍文反应原理是以岩浆岩中从基性到酸性岩中矿物组合及成分变化规律为基础,借用了化学中基性组分到酸性组分结晶温度逐渐降低,以封闭体系岩浆为出发点提出来的。进入 20 世纪 90 年代后,岩石学家认识到地球物质材料(包括矿物、岩石、岩石构造、岩浆熔体及沉积物等)的物理、化学性质控制了地球内部的性质及其动力学特征,将物理学和化学的理论及实验方法应用于地球物质的研究已经成为当前地球科学最紧迫和最主要的任务。地球物质科学已经作为一门单独学科产生,这一学科将“在各种温度、压力和化学环境下测量矿物和岩石的性质并对其作出解释”。对于人类开发资源、改善环境、防止灾害具有十分重要的意义。

李庭栋院士指出:地球物质科学是当代矿物学、矿物物理学、岩石学、岩石力学和地球化学等多学科在材料科学层次上交叉综合而形成的新兴科学。地球物质研究已成为材料科学的重要组成部分,研制天然矿物岩石新材料的技术有着十分广阔的前景,这一方面的发展将构成天然岩矿新材料科学。

1.1.3 工业矿物和岩石

工业矿物和岩石一词来自英文 Industrial minerals and rocks,是指除了矿物燃料以外的其他化学组成或技术物理性能可资工业利用而具有经济价值的所有非金属矿物与岩石。严格限定工业矿物和岩石一词的应用范畴是有一定困难的。首先,有些文献将宝石矿物排除在工业矿物之外,但实际上金刚石、蓝晶石等宝石矿物的用途不仅是做宝石,还大量用作其他工业矿物原料。其次,某些金属矿石也可以作为某种利用其技术物理特性而不是利用其来冶炼金属元素的工业原料,如用作耐火材料和吸附剂的铝土矿,用作染料的赤铁矿等。再者,有些文献还把一些人工产物也归入工业矿物与岩石之中,如水泥、石灰、工业副产品磷石膏、人造金刚石、人造云母、矿棉等。因此,将工业矿物与岩石的涵义限于除矿物燃料以外的,具有工业价值的,可供开采利用的,包括宝石在内的天然非金属矿物与岩石。从这一角度来说,工业矿物与岩石可以被认为是非金属矿产的同义语,强调是从工业经济的角度来论述有关非金属矿产,从而与一般的矿床学专著有所区别。

因此,对从事这方面资源勘查的人员来说,不仅要求有全面的、精湛的地质理论与技术,而且要求熟悉加工工艺和市场行情,熟悉科学技术发展对非金属材料的需求,要在工作中能不断探索、创新,以适应社会发展的需要。

在这里,工业矿物和岩石一般是指除矿物燃料、金属矿产和宝石之外,其化学组成或技术物理性能可供工业利用而具有经济价值的非金属矿物和岩石(表 1-1)。

表 1-1 主要工业矿物与岩石的分类

用途	工业矿物	工业岩石	用途	工业矿物	工业岩石
化工原料	岩 盐 芒 硝 天然碱 明矾石 自然硫 黄铁矿 方解石		建筑石材、集料、轻骨料、砖瓦材料		大理石 花岗石 砂和卵石 膨胀页岩和粘土 砖瓦页岩和粘土
光学工业原料	光学石膏 光学萤石 光学石英 冰 洲 石		水泥和 粘合原料		灰岩(包括大理岩) 粘土和页岩 砂岩 凝灰岩和火山灰、沸石岩 石膏岩
电气和电子工业材料	石 墨 电气石 白云母				
农药农肥原料	磷灰石 钾 盐 芒 硝 石 膏	磷块岩	玻璃原料	长石	石英砂和石英岩 霞石正长岩 硬硼钙石
研磨和宝石原料	金刚石 刚 玉 石榴子石 蓝晶石		陶瓷原料	叶蜡石 长 石 硅灰石 透辉石	高岭土 绢英岩 细晶岩 霞石正长岩
工业填料、过滤剂、吸收剂和载体材料	滑 石 蓝石棉 沸 石 水镁石 三水铝石	高岭土和膨润土 硅藻土 漂白土 海泡石粘土	耐火材料和铸造材料	石 墨 菱镁矿 叶蜡石 红柱石 蓝晶石 蓝线石 砂线石	白云岩 石英岩 铝土矿 粘 土 砂
染 料		白 垩 红 土			
绝热、隔音、绝缘和轻质材料	石 墨 石 棉 蛭 石	珍珠岩 硅藻土 浮石与火山岩 石膏岩	熔剂和冶金原料	萤 石 长 石 硼 砂	灰 岩 白云岩
铸石材料		辉绿岩 玄武岩 粗面岩 安山岩	钻探工业材料	重晶石	膨润土 坡缕石粘土 海泡石粘土

从表 1-1 中也可看出,它不包括矿物燃料(煤、石油、气)、金属矿产和宝石,而且工业岩石比工业矿物的种类还多,因此我们称矿物岩石材料而不单纯称矿物材料。

1.1.4 工业岩石学(工艺岩石学)

工业岩石没有一个严格的定义,一般认为工业岩石是指硅酸盐和铝硅酸盐的工业制品和工业副产品。工业制品,主要包括玻璃、水泥、陶瓷、铸石、耐火材料、烧结矿和球团矿等。工业副产品包括各种冶金炉渣、粉煤灰、尾矿等。与前述 1.1.3 中的工业矿物与岩石略有区别。

工业岩石学是研究工业岩石的科学,它是以结晶矿物学、岩石学以及多种工业科学的理论和技术为手段,是研究以天然岩石或矿物为原料,经过加工或热处理而制成的工业品和工业副产品的物相组成、结构构造的变化与其工艺生产条件、工业产品性能之间关系的科学。工业岩石学的名称是从前苏联沿用下来的,也叫工艺岩石学,英文为 Industrial petrology,西方国家叫应用岩石学(Applied petrology)。工业岩石学的三大支柱,即矿物学与岩石学、物理化学及现代技术方法等;最经典的研究方法是岩相学、相图学及热力学;该学科更接近材料科学。

1.1.4.1 工业岩石的分类

1. 按硅酸盐工业分类

- (1)耐火材料(Refractory)。
- (2)玻璃(Glass)。
- (3)陶瓷(Ceramics)。
- (4)水泥(Cement)。
- (5)宝石制品(Gemstone 或 Gem)。
- (6)铸石(Cast stone)。
- (7)玻璃结石(Stone of glass)。
- (8)冶金炉渣(Metallurgical slag)。
- (9)球团矿(Pellet)和烧结矿(Sinter)。

2. 根据工业岩石的形成条件分类

(1)熔融型(Meleing type)。熔融型是指原料在高温下熔融成为液相后又经冷凝、固结而形成的岩石,如铸石、玻璃、熔铸耐火材料(Fused cast refractory)及电熔水泥(Electric melting cement)等。

(2)烧结型(Sintering type)。凡是经过配制的固体物料,在固态条件下加热煅烧,使其矿物组成、结构构造和化学成分均发生变化的硅酸盐材料和中间产物都属烧结型,如陶瓷、耐火材料、水泥熟料(Cement clinker)烧结矿和球团矿。这里要指出的是,在煅烧过程中可以出现部分的液相,如烧结矿中的粘结相。

(3)水硬型(The type of water hardening)。凡是由于水化反应胶结的人造岩石都称为水硬型。这一类型包括所有水硬型胶凝材料,如水泥混凝土(Cement concret)、水泥浆(Cement)等。

(4)复合型(Composite type)。凡是无机与有机或金属复合制成的材料,均称为复合型,是介于上述三大类材料之间的材料,如金属陶瓷(Cerment)、树脂砂轮、铸石复合砂泵等。

1.1.4.2 工业岩石和天然岩石的比较(表 1-2)

表 1-2 工业岩石与天然岩石的比较

	工业岩石	天然岩石
类型	熔融型工业岩石,如铸石、熔铸耐火材料	岩浆岩
	烧结型工业岩石,如陶瓷、烧结耐火材料	变质岩
	水硬型工业岩石,如水泥、水泥混凝土	沉积岩
	耐火材料使用后的蚀变产物,如霞石	接触变质矿物
	冶金炉和玻璃窑炉炉壁上新生的产物	气水热液变质岩
	玻璃中的结石	包裹体
冷却速度	快	慢
冷却时间	短	长
温度、压力	低	高
熔剂成分	简单,少	复杂,多
化学成分	简单	复杂
矿物成分	简单	复杂
种属	少,但某些工业岩石是天然岩石中所没有的,如水泥、烧结矿、球团矿、炉渣等	多
结构构造	简单,人工可以控制	复杂
包体	少	多
鉴定难易程度	较困难,因为部分工业岩石颗粒太小,偏光显微镜无法鉴定,如陶瓷要靠其他测试方法	比较容易鉴定,因为大部分岩石,除粘土岩、喷出岩之外,都可以用偏光显微镜鉴定
用途	可制成各种工业品或工业原料,作为商品出售	只有部分为工业品的原料,可以作为商品出售,大部分岩石正在开发利用之中

1.1.5 材料科学(材料科学与工程)

材料是用来制造各种产品的物质,这些物质能用来生产和构成功能更多、更强的产品。材料通常包括了三层含义,即原料、制品和中间产品。

材料科学与工程(Materials science and engineering)是 20 世纪 50 年代末 60 年代初建立起来的一门综合性应用科学。它的主要任务是揭示材料成分、结构、工艺与性能之间的关系,并以此为指导研制具有新性质、新功能的新材料及其应用,但其研究对象却是一切固体材料。研究内容包括化学组成、矿物组成、显微结构、性能、制造方法等。1994 年,“两院院士”师昌绪

主编的《材料大辞典》称材料科学的四要素为材料结构、材料制备、材料性能及材料效能(如图 1-1)。作为自然科学的一个分支,材料科学与工程是综合了金属学、陶瓷学和高分子科学三个学科的共同点才得以建立和发展起来的。不论什么材料,尽管种类不同,各有特点,但却具有很多相通的原理、共性和相似的研究、生产方法。材料科学强调这种共性,强调各种材料之间的内在联系和相互借鉴。把不同类型的材料统一考虑,不但可以节约投资,更重要的是可以相互借鉴、相互启发、相互代用,充分发挥各类材料的优越性,加速材料和材料科学的发展。如

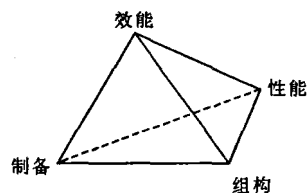


图 1-1 材料科学的四要素

马氏体相变原本是金属学家提出来的,但在氧化物陶瓷材料中被用作增韧的有效手段之一。正是受益于学科间的综合、交叉、渗透,材料科学与工程在形成一门独立学科体系后,得到了迅猛发展。这一综合,迅速加深了对不同材料的组成、结构与性能之间相互联系及其规律的探索 and 认识,发展了一系列新型材料,特别是复合材料,并在材料科学体系内部又分化形成了许多交叉学科,为发展高技术材料建立了良好的学科基础。这是学科发展的一次质变。其中无机非金属材料作为材料体系的三大支柱之一,近 20 年来得到了迅速的发展,甚至有人断言 21 世纪将是一个新的“石器时代”。而无机非金属材料与天然的岩石(矿物)的成分、结构、性能特点等各方面存在着一系列对应关系。

1.1.6 矿物岩石材料工艺学

1. 矿物岩石材料学的定义

矿物岩石材料(Mineral and rock materials)是 20 世纪 80 年代由地质学工作者提出的新概念。经过十多年的发展,矿物岩石材料学已很快成为一门相对独立的学科,但至今尚未达成公认的定义。

矿物岩石材料包括矿物材料和岩石材料两部分,但因岩石是由一种或多种矿物(有时为玻璃物质)组成的集合体,故也将矿物岩石材料简称为矿物材料(Mineral materials)或岩矿材料。

有人认为,矿物岩石材料是指从天然矿物和岩石(包括部分人造矿物和岩石)的物理、化学性质及物理化学效应出发,经过适当的加工处理或深加工处理,使之成为能被工农业生产和日常生活各个领域直接使用的材料或制品。也有人认为,矿物材料是以非金属矿物为原料,通过一定的配方、一定的生产工艺生产出的具有一定性能的非金属材料。

一般认为,矿物岩石材料是在工农业生产和日常生活中具有应用价值的天然矿物、岩石及其制成品和仿制品。其含义包括 4 个方面:①能被直接利用或稍经加工处理(如破碎、选矿、切割、改性等)即可利用的天然矿物、岩石;②以天然的非金属矿物、岩石为主要原料,通过物理化学反应(如焙烧、熔融、烧结、胶结等)制成的成品或半成品材料;③人工合成的矿物或岩石;④这些材料的直接利用目标主要是其自身具有物理或化学性质,而不局限于其中的个别化学元素。显然,矿物岩石材料属于无机非金属材料范畴,但涉及范围却十分广泛。

矿物岩石材料学,一般定义为:矿物岩石材料科学是一门应用学科,它以矿产资源的有效利用为目的,从矿物学和岩石学角度出发,利用天然矿物、岩石及其深加工产物研制和开发新型无机非金属材料,改造传统材料;其研究对象包括与矿物应用有关的所有无机非金属材料;研究内容不仅包括制品及其原料的成分、结构、性能和制备工艺,也包括这些制品及其原料与人类、环境的相互协调关系。

我们认为,用材料科学的观点与方法去研究开发非金属矿物与岩石的各类功能的科学称为矿物岩石材料学,或称矿物岩石材料工艺学(简称岩矿材料工艺学)(Rock mineral material technology),它比通常所说的“非金属矿开发与利用”的内涵要深刻得多,“非金属矿的开发与利用”只强调非金属矿的深加工技术,即超细提纯改性;矿物岩石材料工艺学即包括了深加工技术,而且特别强调材料的复合、材料的现代合成技术及其机理。

2. 矿物岩石材料学的特点

矿物岩石材料科学是研究非金属矿物与岩石的深加工及其制品(材料)的一门新兴应用科学。与传统的硅酸盐材料、耐火材料、无机化工、化肥工业等的主要区别是:

(1)上述各传统工业部门主要是以未经加工或只需经过初加工的矿物或岩石为原料,它们