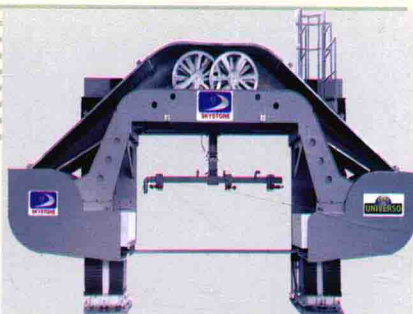
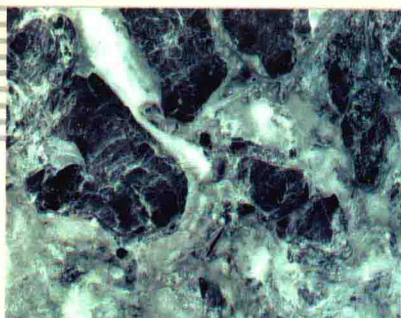
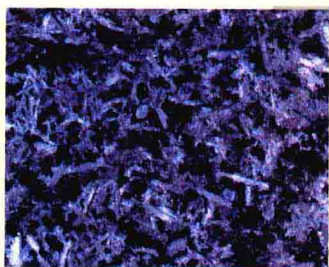


饰面石材加工基础

李湘祁 林 辉 编著



中国建材工业出版社

饰面石材加工基础

李湘祁 林 辉 编著

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饰面石材加工基础/李湘祁, 林辉编著. —北京:
中国建材工业出版社, 2016.12
ISBN 978-7-5160-1712-8

I. ①饰… II. ①李… ②林… III. ①建筑材料-装
饰材料-石料-加工工艺 IV. ①TU521.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 277681 号

内 容 简 介

本书内容涵盖石材形成、开采、加工与使用全过程, 系统介绍了石材的地质学基础, 石材基本性能, 石材开采与加工的原理、工艺与方法, 石材加工工具的性能与使用技术, 石材缺陷及其修复方法等, 阐明了石材成分、结构构造与石材的使用性能、装饰性能、加工性能之间的关系。

本书在讲述过程中注重原理与工艺并重, 内容紧凑, 知识体系完整, 图文并茂, 可作为材料类相关专业的高校教材, 也可供石材开采、加工、安装与贸易的相关工程技术人员参考借鉴。

饰面石材加工基础

李湘祁 林 辉 编著

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 13

字 数: 300 千字

版 次: 2016 年 12 月第 1 版

印 次: 2016 年 12 月第 1 次

定 价: 38.80 元

本社网址: www.jcbs.com 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社市场营销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

前 言

人类利用石材的历史源远流长，早在1万年前的新石器时代，人类就已开始使用经过打磨、加工的石器作为生产工具和生活用具。人类开采天然石材用作建筑材料也有几千年的历史，例如古埃及的胡夫金字塔建于距今约4700年前，由230万块巨石堆砌而成。世界各地不同时代的以石材为主体的典型建筑如雅典的宙斯神庙、古埃及亚历山大灯塔、古巴比伦空中花园、梵蒂冈的大教堂，以及我国河北的赵州桥、云南大理的千寻塔、南京的中山陵等充分体现了人类在开采、加工、利用石材资源上的悠久历史和辉煌成就。现代石材除保留原有建筑材料的基本用途外，更广泛的用途是作为具有艺术价值和经济价值的装饰材料。一方面，世界市场对装饰石材产品需求的日益增加推动了我国石材产业的蓬勃发展；另一方面，石材加工业的现代化发展也使得建筑中石材的使用性能与装饰性能高度融合，石材的“美丽”被展现得淋漓尽致！

自20世纪90年代末以来，我国石材产量、消费量、进出口贸易量一直稳居世界前列。石材行业的快速发展需要大量专业技术人才的支撑，因此福州大学材料科学与工程学院从1998年开始，就开设了《石材工艺学》和《石材优化与贸易》两门专业选修课程。本书在这两门课程讲义的基础上，结合目前石材开采、加工技术与设备的最新发展，补充与更新了相关的工艺内容。全书分为7章，第1章介绍了石材相关的矿物学、岩石学及构造地质学基础知识，概述了石材矿床类型与成矿规律；第2章主要介绍了石材的分类、石材的物理化学性能、结构构造与石材性能之间的关系；第3章介绍了饰面石材矿床勘查与评价的要点以及石材开采工艺与方法；第4章主要介绍了饰面石材锯、磨、切加工设备的结构、技术性能与加工原理；第5章主要介绍了石材薄板与大板生产中的锯、磨、切加工工艺；第6章对金刚石锯切工具、金刚石铣磨工具、钢砂和锯条、磨料与磨具的基本性能及选用原则做了较系统的介绍；第7章讲述了天然石材的缺陷种

类及其主要修复方法，包括石材的粘结、石材的清洗与石材的染色。本书内容涉及石材形成、开采、加工、优化与使用过程，力图用最少的篇幅向读者展现饰面石材生产加工的内容全貌。本书既可作为材料及相关专业学生的入门教材，也可作为石材业内人士的参考用书。

本书在编写过程中参考了一些已出版的文献资料，在此向作者表示感谢！福州天石源超硬材料工具有限公司提供了部分设备图片及技术性能参数，在此表示感谢！

由于编者水平有限，加之时间匆忙，本书难免存在缺漏与不当之处，真诚希望专家、读者批评指正。

作者

2016年11月于福州大学

目 录

第 1 章 石材地质学基础	1
1.1 矿物学基础	1
1.1.1 矿物的形态	1
1.1.2 矿物的光学性质	2
1.1.3 矿物的力学性质	3
1.1.4 石材中常见矿物的鉴别	4
1.2 岩石学基础	8
1.2.1 岩浆岩	9
1.2.2 沉积岩	18
1.2.3 变质岩	22
1.3 地质构造基础	27
1.3.1 岩层的产状及厚度	27
1.3.2 岩体与围岩的接触关系	28
1.3.3 褶皱构造	28
1.3.4 断裂构造	30
1.4 石材矿床类型与成矿规律	31
1.4.1 石材矿床类型	31
1.4.2 成矿规律	33
第 2 章 石材概述	37
2.1 天然石材的分类	37
2.2 天然石材的命名	38
2.3 石材的成分、结构与构造	38
2.3.1 花岗石的成分、结构与构造	39
2.3.2 大理石的成分、结构与构造	40
2.3.3 石材中的有害矿物	42
2.4 石材的物理化学性能	42
2.4.1 颜色与光泽	43
2.4.2 硬度	43
2.4.3 强度	44
2.4.4 耐磨性	44
2.4.5 体积密度	44
2.4.6 吸水率	45
2.4.7 耐酸碱性	45

2.5 石材的工业技术要求	46
2.5.1 石材的可使用性能	46
2.5.2 石材的可加工性能	47
第3章 石材的开采	49
3.1 石材矿床的勘查与评价	49
3.1.1 石材矿床的勘查	49
3.1.2 石材矿床的评价	53
3.2 石材矿山的类型与组成要素	54
3.2.1 石材矿山的类型	54
3.2.2 石材露天采场的组成要素	55
3.3 矿床开拓及开拓运输方法	57
3.3.1 矿床开拓	57
3.3.2 开拓运输方法	57
3.4 石材矿床的开采工艺	60
3.4.1 剥离	60
3.4.2 分离	61
3.4.3 顶翻	61
3.4.4 分割	62
3.4.5 整形	63
3.4.6 吊装运输	63
3.4.7 清渣排废	63
3.5 石材矿山的开采方法	64
3.5.1 凿眼劈裂法	64
3.5.2 凿眼爆破法	66
3.5.3 火焰切岩机切割法	72
3.5.4 机械切割法	73
第4章 饰面石材的加工设备	82
4.1 石材的加工性能	82
4.1.1 影响石材加工性能的因素	82
4.1.2 石材可加工性的分级	83
4.2 饰面石材的锯切设备	84
4.2.1 框架式锯机	84
4.2.2 金刚石圆盘式锯机	90
4.2.3 金刚石多绳串珠锯	97
4.2.4 多绳锯与框架锯、圆盘锯的锯切特点的比较	99
4.3 饰面石材的研磨抛光设备	100
4.3.1 手扶摇臂磨机	100
4.3.2 小圆盘磨机	102

4.3.3	桥式磨机	103
4.3.4	多头自动化连续磨机	104
4.3.5	定厚机	106
4.4	饰面石材的切断设备	108
4.4.1	桥式切断机	108
4.4.2	纵向切机	110
4.4.3	横向切机	112
4.4.4	手拉切机	113
4.5	石材的异型加工设备	114
4.5.1	异型石材自动化生产设备	114
4.5.2	异型石材的通用加工设备	117
第5章	饰面石材的加工工艺	119
5.1	大理石、花岗石薄板的加工工艺	119
5.1.1	加工工艺概述	119
5.1.2	选料装车	120
5.1.3	锯切	121
5.1.4	定厚	123
5.1.5	研磨抛光	124
5.1.6	切断	126
5.1.7	分色包装	127
5.2	大理石大板的加工工艺	128
5.2.1	选料装车	129
5.2.2	安装锯条	129
5.2.3	锯切	130
5.2.4	吊卸毛板	131
5.2.5	补胶粘结	131
5.2.6	研磨抛光	132
5.3	花岗石大板的加工工艺	132
5.3.1	花岗石大板的框架式砂锯锯切	132
5.3.2	花岗石大板的金刚石绳锯锯切	149
5.3.3	花岗石大板的磨光	150
5.3.4	花岗石大板的切断	154
第6章	石材加工工具	157
6.1	磨料	157
6.1.1	常用天然磨料的主要品种	157
6.1.2	人造磨料的主要品种	159
6.1.3	磨料的性能	162
6.1.4	磨料的粒度及粒度组成	165

6.1.5 磨料的几何形状	165
6.2 金刚石锯切工具	166
6.2.1 金刚石圆锯片	166
6.2.2 金刚石锯条	171
6.2.3 金刚石串珠绳	172
6.3 金刚石铣磨工具	175
6.3.1 金刚石铣磨工具的类型	175
6.3.2 金刚石铣磨工具的特点	176
6.4 钢砂与锯条	176
6.4.1 钢砂	177
6.4.2 锯条	177
6.5 石材磨抛工具	178
6.5.1 磨具的构成	178
6.5.2 磨具的使用性能	180
6.5.3 磨具选择基本原则	181
第7章 石材的缺陷与修复	184
7.1 石材缺陷的类型	184
7.1.1 石材的天然缺陷	184
7.1.2 石材生产与加工中产生的缺陷	185
7.1.3 石材使用过程中产生的缺陷	185
7.2 石材缺陷的修复与消除	186
7.2.1 石材的粘结与修补	186
7.2.2 石材的清洗去污	190
7.3 石材的染色	192
7.3.1 石材染色方法	192
7.3.2 染色石材的工业技术指标	194
参考文献	195

第 1 章 石材地质学基础

地球是具有圈层构造的星球，由内到外分别为地核、地幔和地壳。地球的平均半径约为 6371km，与人类活动最为密切相关的是地壳，其厚度仅为 5~70km，其中大陆地区厚度较大，平均约为 33km；大洋地区厚度较小，平均约为 7km；整体的平均厚度约为 16km。

地壳是由岩石组成的。根据成因可以把天然岩石分为三大类：火成岩、沉积岩、变质岩。在种类繁多的岩石中，通常把具有一定块度、强度和稳定性的，不需要经过加工或者只需要机械加工便能利用的岩石称为天然石材。天然石材的物化性能及其开采、加工、使用性能与岩石的结构构造、矿物组成密切相关，所以了解相关的矿物学、岩石学及构造地质学基础知识有助于从根本上理解石材的物理、化学性能及其开采、加工特性。

1.1 矿物学基础

矿物是由地质作用或宇宙作用所形成的、具有一定的化学成分和内部结构、在一定的物理化学条件下相对稳定的天然的单质或化合物，它们是岩石和矿石的基本组成单位，是地壳中自然存在的各种元素所形成的自然物体，其中以自然化合物为主。

1.1.1 矿物的形态

矿物的形态是矿物的重要外表特征。它取决于矿物的化学成分与内部结构，同时也受形成矿物时的环境条件所影响，所以矿物的形态不但是矿物重要的鉴定特征，也是分析矿物形成环境条件的重要依据。

根据矿物在三度空间发育的相对比例可将矿物单体的形态大致分为三类。

1. 粒状矿物

矿物单体在三度空间的发育程度基本相等时的形态称为粒状。石榴石、磁铁矿、黄铁矿等矿物的晶体常具这种形态。

2. 片状矿物

矿物单体在二度空间较为发育，而在第三度方向上不甚发育。当晶体较薄时称为片状，如云母、辉钼矿等；当矿物单体厚度较大时可称为板状，如斜长石、重晶石等；对于细小弯曲的片状矿物也可以描述为鳞片状，如绢云母。

3. 柱状矿物

矿物单体沿一向延长较为发育的称为柱状矿物，如石英、角闪石、电气石等矿物。当矿物单体更加细长时可描述为针状、毛发状等，如石棉、孔雀石、阳起石等。

1.1.2 矿物的光学性质

1. 矿物的颜色

矿物的颜色是矿物对白光中不同波长的可见光选择性吸收的结果，对透明矿物而言，它的颜色是所透过光波的颜色，对不透明矿物而言，它的颜色主要取决于其表面反射光波的颜色。当矿物对白光中不同波长的可见光均匀吸收时，若光波被全部吸收，则矿物呈黑色，若被部分吸收，呈灰色，若基本不吸收，呈无色或白色。

颜色是矿物的重要光学性质之一，不少矿物的特殊颜色可以作为矿物的一种鉴定特征。矿物的颜色根据其致色原因分为以下几类：

1) 自色

矿物因其晶体结构中的组成元素的离子在可见光的激发下发生电子跃迁或能量转移而产生的颜色称为矿物的自色。自色为矿物本身所具有的颜色，很稳定，基本不受外界条件的影响。决定矿物颜色的因素主要有以下几种：

(1) 矿物所含的过渡金属元素或稀土元素的电子跃迁。如 Fe^{3+} 使绿帘石、钙铁榴石呈褐色、褐绿色。

(2) 矿物晶体结构中相邻离子间通过吸收外来能量而产生电荷转移。例如蓝宝石的蓝色与 $\text{Fe}^{3+}-\text{Ti}^{4+}$ 之间的电荷转移有关。

(3) 晶格缺陷造成的电子转移。有些新开采出来的岩石，遇阳光照射会发生系列颜色变化，这与岩石中存在的矿物晶体缺陷对光吸收形成了色心有关。如纯净的水晶是无色透明的，若含 Fe^{3+} 离子，水晶带浅黄色，在高压辐射下形成 $[\text{FeO}_4]^{4-}$ 色心，产生紫晶的颜色。

(4) 能带间电子的转移。许多金属或硫化物矿物的颜色与电子吸收能量越过禁带到达导带有关。

2) 它色

矿物由于其中的外来机械混合物（如带色的杂质、包裹体等）而呈现的颜色称为它色。

3) 假色

有些矿物的颜色是干涉、衍射、折射等物理光学作用造成的结果，称为假色。例如拉长石由于晶体内部层状出溶结构引起光的干涉而呈现蓝色、绿色等变彩效应。挪威“珍珠蓝”、乌克兰的“蓝钻”都是这样一类含大量拉长石的石材。

2. 矿物的光泽

光泽是矿物表面对可见光的反射能力，根据可见光在矿物的晶面、解理面或磨光面上反射率 R 的大小，矿物的光泽分四个等级：

(1) 金属光泽： $R > 25\%$ ，似平滑金属磨光面的反光。

(2) 半金属光泽： $R = 25\% \sim 19\%$ ，似未经磨光的金属表面的反光。

(3) 金刚光泽： $R = 19\% \sim 10\%$ ，似金刚石般的反光。

(4) 玻璃光泽： $R = 10\% \sim 4\%$ ，呈普通平板玻璃表面的反光。

此外，在矿物不平坦的表面或矿物集合体的表面还常见以下几种特殊变异光泽：

(1) 油脂光泽: 某些解理不发育的浅色透明矿物的不平整断口上因反射光发生散射而呈现出如同油脂般的光泽, 例如石英断口的光泽, 还有许多玉石的光泽属此类。

(2) 树脂光泽: 某些具金刚光泽的黄、褐或棕色透明矿物的不平整断口上的似松香般的光泽, 如琥珀。

(3) 蜡状光泽: 某些透明矿物的隐晶质或非晶质致密块体上的似蜡烛表面的光泽, 如蛋白石、石髓、叶蜡石。

(4) 沥青光泽: 解理不发育的半透明或不透明黑色矿物的不平整断口上的乌亮沥青状光泽。

(5) 珍珠光泽: 具有完全解理的透明矿物, 由于光线通过几层解理面的连续反射和互相干涉, 呈现与珍珠相似的光泽。典型的如白云母的珍珠光泽, 其他还有片状石膏等。

(6) 丝绢光泽: 具有平行纤维状集合体的矿物因反射光相互干扰而产生的像丝绢一样的光泽, 如石棉、纤维状石膏的光泽。

3. 矿物的透明度

矿物的透明度是矿物允许可见光透过矿物的程度, 它取决于矿物对光的吸收率。金属矿物的吸收率高, 一般都不透明; 非金属矿物的吸收率低, 一般都是透明的。矿物的透明度可简单地分为以下3种:

(1) 透明矿物: 矿物碎片边缘能清晰地透见他物, 如水晶、冰洲石等。

(2) 半透明矿物: 矿物碎片边缘具有模糊的透光现象, 如辰砂、闪锌矿等。

(3) 不透明矿物: 矿物碎片边缘也不透明, 如黄铁矿、磁铁矿、石墨等。

1.1.3 矿物的力学性质

矿物的力学性质是指矿物在外力(如敲打、挤压、拉引、刻划等)作用下所表现出来的性质。

1. 矿物的解理和断口

矿物晶体受应力作用而超过弹性限度时, 沿一定结晶方向破裂成一系列光滑平面的性质称为解理, 这些光滑的平面称为解理面。解理反映出晶体的异向性和对称性, 只在晶体中发生。例如方解石为三方晶系, 当受到外力敲打时, 方解石沿一定方向裂开成菱面体, 解理面完好、光滑。

不同的矿物解理的发育程度也不相同, 根据解理的发育程度, 通常将其分为5级:

(1) 极完全解理: 极易分裂成薄片, 解理面平整光滑, 如云母、辉钼矿。

(2) 完全解理: 容易分裂成薄片, 解理面较平整光滑, 如方解石、萤石。

(3) 中等解理: 不易分裂成平整光滑的解理面, 但仍可见到小面积、断续状或阶梯状的解理面, 如辉石、角闪石。

(4) 不完全解理: 解理面偶尔出现, 多数断面上难以见到, 如绿柱石、磷灰石。

(5) 极不完全解理: 一般情况下难以见到解理, 如石英。

矿物内部若不存在由晶体结构所控制的弱结合面网, 在应力作用下矿物晶体将沿任意方向破裂成不平整的断面, 称为断口。例如石英无解理, 受力后其破裂面凹凸不平,

形似贝壳。断口在晶体和非晶体上均可发生。

2. 矿物的硬度

硬度是指矿物抵抗外来机械作用（如刻划、压入或研磨等）的能力。

在肉眼鉴定矿物时多采用莫氏硬度表示矿物的相对硬度。通过矿物与 10 种标准硬度矿物间的相互刻划对比来测定，该方法是由德国矿物学家莫尔制定的，所以也称为莫氏硬度。选用的这 10 种标准硬度矿物构成摩氏硬度计，按其软硬程度排列成 10 级，如表 1-1 所示。

表 1-1 摩氏硬度计

硬度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准硬度矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

以上 10 种标准硬度矿物的硬度等级只表示硬度的相对大小，各级之间硬度的实际差异不是均等的。硬度高的物质能在硬度低的物质上留下划痕，反之则不能。使用摩氏硬度计测定矿物硬度时，将待测矿物与标准硬度矿物相互刻划，如某一矿物能被石英所刻划，但又能刻划正长石，则该矿物的硬度在 6 与 7 之间，可写成 6~7。

3. 矿物的密度

矿物的密度是指矿物单位体积的质量，其大小主要取决于矿物的化学成分与内部结构，此外，矿物形成时的温度、压力等条件也会影响其密度。密度一般随铁、锰、钛含量增加而增大，大多数矿物的相对密度为 2.5~4.0g/cm³，如石英为 2.65g/cm³，斜长石为 2.61~2.76g/cm³等。

1.1.4 石材中常见矿物的鉴别

石材中常见的矿物有石英、钾长石、斜长石、辉石、角闪石、黑云母、橄榄石、方解石、白云石、蛇纹石、石榴石等。根据矿物的形态和物理性质（如颜色、光泽、解理、断口、硬度）等最直观的特征，或再辅以很简单的化学试验，可以对石材中的矿物进行肉眼鉴定，从而大致判别石材类型及其加工难易程度。

1. 石英族

包括 SiO₂ 的一系列同质多象变体，其中以常温、常压下稳定的 α -石英最为常见。

1) α -石英 (SiO₂)：低温石英

(1) 鉴定特征：常呈柱状晶体，六方柱面上具横纹。通常为无色、乳白色、灰白色，因含杂质、色心或细分散包裹体而呈各种颜色；玻璃光泽，贝壳状断口呈油脂光泽；透明或半透明；无解理；莫氏硬度 7，相对密度 2.65g/cm³。

(2) 成因产状： α -石英分布广泛，是三大岩类的主要造岩矿物，为花岗伟晶岩脉和大多数热液岩脉的主要矿物成分。

2) β -石英 (SiO₂)：高温石英

(1) 鉴定特征：呈特征的六方双锥晶形（六方柱发育差），颗粒较小，晶体多呈短柱状，表面粗糙。灰白色，乳白色，玻璃光泽，断口油脂光泽。

(2) 成因产状：常呈分散粒状的斑晶，产于酸性喷出岩（如流纹岩）中，常压下，

低于 573℃ 即转变为 α -石英,但仍保留六方双锥晶形。

2. 长石

长石族矿物是地壳中分布最广的矿物,约占地壳总质量的 50%,是大多数火成岩、变质岩以及某些沉积岩主要或重要的造岩矿物。长石主要是为 Na、K、Ca 的铝硅酸盐,其基本成分为:

- (1) 钾长石:化学式为 $K [AlSi_3O_8]$,代号为 Or;
- (2) 钠长石:化学式为 $Na [AlSi_3O_8]$,代号为 Ab;
- (3) 钙长石:化学式为 $Ca [Al_2Si_2O_8]$,代号为 An。

自然界中的长石均由上述 3 种长石以不同比例组合而成,其中 Ab 和 An 之间在各种温度下都能以任意比例相互混溶形成稳定的矿物晶体;An 与 Or 之间即使在高温下也只能是有限的混溶;Or 与 Ab 只有在较高的温度下才能形成一定比例的稳定混溶。根据长石的成分可以将长石分为正长石和斜长石两个亚族。

(1) 正长石亚族包括由钾长石 (Or) 和钠长石 (Ab) 组成的各种长石,这些长石的阳离子为 K^+ 和 Na^+ ,所以统称为碱性长石。此类长石包括透长石、正长石、微斜长石。

鉴定特征:正长石常呈短柱状或厚板状;浅肉红色、白色;透明、玻璃光泽;硬度 6;有两组呈 90° 相交的完全解理;相对密度 2.57g/cm³。

(2) 斜长石亚族根据 An 的百分含量由低到高划分为钠长石、奥长石、中长石、拉长石、培长石与钙长石 6 种。此外,按组分的由低到高,又分为酸性斜长石、中性斜长石和基性斜长石。

鉴定特征:斜长石为透明矿物,板状晶形,玻璃光泽,常呈灰色、白色,偶见肉红色,随 An 含量的增加颜色由浅变深,相对密度 2.61~2.76g/cm³,有两组交角近于 85° 的解理,解理面上肉眼可见明暗相间的密集的聚片双晶纹和环带构造,在特定方向观察,有时可见带有蓝、紫等色彩的变色。

3. 橄榄石 $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$

(1) 鉴定特征:粒状;黄绿色至墨绿色,随含铁量的增加颜色加深;透明;玻璃光泽;不完全解理性;硬度 6.5~7,相对密度 3.22~4.39g/cm³。

(2) 成因产状:形成与深部岩浆作用有关,是超基性岩及基性岩的主要造岩矿物,也有接触变质和区域变质成因。

4. 辉石族

辉石族的矿物种类较多,根据矿物的晶体结构可分为斜方辉石亚族与单斜辉石亚族。其中属于斜方辉石亚族的主要矿物有紫苏辉石、古铜辉石、顽火辉石等;属于斜方辉石的主要矿物有普通辉石、透辉石、霓石等。

辉石族矿物是具有链状结构的硅酸盐矿物,所以常呈柱状晶形,横断面为近正方形的八边形,解理中等至完全,夹角 87°,硬度 5~7,玻璃光泽,颜色随阳离子的种类和含量而异,含 Fe 多者色较深。在作为石材的常见岩石中主要有以下类型:

- 1) 普通辉石 $Ca(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Ti, Al)[(Si, Al)_2O_6]$

(1) 鉴定特征:绿黑色、褐黑色或黑色,玻璃光泽。晶体常为短柱状,横断面近正

八边形，集合体呈粒状或块状。柱面 {110} 解理完全或中等，夹角为 87° 和 93° 。硬度 $5.5\sim6$ ，相对密度 $3.23\sim3.52\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状：为基性、超基性岩的主要造岩矿物，也见于变质岩中，与橄榄石、斜长石等共生。

2) 透辉石-钙铁辉石 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$

(1) 鉴定特征：短柱状晶体，横断面呈正方形或八边形。呈白色、浅绿色、灰绿至深绿、墨绿色、褐色或褐黑色，玻璃光泽，硬度 $5.5\sim6.5$ ，相对密度 $3.22\sim3.56\text{g/cm}^3$ ，解理中等至完全，夹角 87° 。

(2) 成因产状：透辉石-钙铁辉石为矽卡岩的特征矿物，与石榴子石、符山石等共生。透辉石也是基性和超基性岩的常见矿物；富 Ca 沉积岩经区域变质作用以及硅质白云岩经热变质作用也可形成。

3) 霓石 $\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

(1) 鉴定特征：长柱状或针状晶体，暗绿色至绿黑色；透明；玻璃光泽；硬度 $5.5\sim6$ ，相对密度 $3.40\sim3.60\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状：主要产于碱性火成岩中，是碱性岩中的典型矿物，常与正长石、霞石共生。

5. 角闪石族

与辉石族矿物相似，角闪石族矿物也可分为斜方角闪石亚族和单斜角闪石亚族，其成分上的差异也与辉石族相似。

角闪石族的矿物也具有链状硅酸盐矿物的形态特征，呈柱状晶形，且柱体较辉石更长，横断面呈近六边形；两组解理等级略高于辉石，夹角为 56° ，硬度 $5\sim6$ ，玻璃光泽，颜色随阳离子的种类和含量，尤其因 Fe 的含量而异，主要有以下类型：

1) 普通角闪石 $\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

(1) 鉴定特征：晶体呈较长的柱状或针状，横断面呈假六边形或菱形；常带不同色调的绿色，深绿至黑绿色，玻璃光泽，硬度 $5.5\sim6$ ，相对密度 $3.1\sim3.3\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状：为各种中酸性岩浆岩（如闪长岩、正长岩、花岗岩）的主要造岩矿物之一，也是角闪岩相区域变质岩（如角闪岩、角闪片岩、角闪片麻岩）的主要组成矿物之一。

2) 透闪石-阳起石 $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2\text{-Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$

(1) 鉴定特征：透闪石可含少量 Fe，当 FeO 含量在 $6\%\sim13\%$ 时，称阳起石。透闪石常呈白色或灰白色；阳起石为浅绿色至墨绿色，颜色因 Fe 含量多少而异。其晶体常呈长柱状或针状，集合体呈细长柱状、针状、放射状、纤维状或粒状、块状，具玻璃光泽，纤维状者具丝绢光泽，硬度 $5\sim6$ ，透闪石相对密度 $3.02\sim3.4\text{g/cm}^3$ ，阳起石相对密度 $3.1\sim3.3\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状：接触变质矿物，经常发育于石灰岩、白云岩与火成岩的接触带中，也常见于区域变质成因的结晶片岩中。

6. 云母族

云母族矿物属层状硅酸盐矿物，矿物呈片状，具有极完全解理。根据层间阳离子的

不同分为不同的亚族和种。

1) 白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

(1) 鉴定特征: 晶体呈假六方板状、短柱状或片状。细小鳞片状, 白云母因呈丝绸光泽而称为绢云母。白云母一般无色透明, 含杂质者微具浅黄、浅绿等色, 呈玻璃光泽, 解理面上呈珍珠光泽, 硬度 $2.5\sim3$, 相对密度 $2.76\sim3.10\text{g/cm}^3$, 平行底面的解理极完全, 薄片具弹性。

(2) 成因与产状: 各种地质作用均可形成, 常产于中酸性岩浆岩、伟晶岩、片岩、片麻岩中, 常与石英、长石共生。

2) 黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH}, \text{F})_2$

(1) 鉴定特征: 晶体呈假六方板状、短柱状, 通常为片状或鳞片状集合体, 黑色、绿黑色, 玻璃光泽, 解理面上珍珠光泽, 透明至半透明, 硬度 $2.5\sim3$, 相对密度 $3.02\sim3.12\text{g/cm}^3$, 平行底面的解理极完全, 薄片具弹性。

(2) 成因产状: 主要是中、酸性和碱性岩浆岩及伟晶岩、区域变质岩(片麻岩、片岩)的重要造岩矿物之一。黑云母经热液作用蚀变为绿泥石、白云母和绢云母等其他矿物。

7. 石榴石族

石榴石族矿物的化学式为 $\text{A}_3\text{B}_2(\text{SiO}_4)_3$, A 代表二价的 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子, B 代表三价的 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Cr^{3+} 、 V^{3+} 等阳离子。按照阳离子间的类质同象关系, 可以将石榴石族矿物分为两个系列:

(1) 铝榴石系列: 包括镁铝榴石、铁铝榴石、锰铝榴石;

(2) 钙榴石系列: 包括钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石。

自然界中的石榴石总可以从成分上归入两系中的一系。本族矿物具有相同的形态, 相似而过渡的性质。

(1) 鉴定特征: 本族矿物除钙铬榴石呈翠绿色外, 其余的多呈红至深红、红褐至褐黑色; 玻璃光泽, 断口油脂光泽, 性脆, 无解理, 硬度 $7\sim7.5$, 相对密度 $3.53\sim4.32\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状: 钙铁榴石或钙铝榴石通常产于富 Ca 岩石(如矽卡岩), 接触交代成因。铁铝榴石产于富 Al 岩石, 普遍见于各种片岩及片麻岩中, 区域变质成因, 此外在岩浆岩和伟晶岩中也常见。

8. 绿泥石

化学式为 $\text{X}_m[\text{Y}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, X = Mg、Fe、Al、Mn、Li 等, $m=5\sim6$; Y = Si、Al 及少量 Ti、Cr、Fe。

(1) 鉴定特征: 晶体呈假六方板状, 常呈鳞片状集合体, 也见鲕状、致密块状集合体, 颜色因成分而异: 富 Mg 者呈浅蓝绿色; 含 Fe 高者呈深绿至黑绿色; 含 Mn 者呈橙红、浅褐色; 含 Cr 者为浅紫至玫瑰色, 通常呈灰绿至蓝绿色。玻璃光泽, 解理面上珍珠光泽, 具有平行底面的完全解理, 薄片具挠性, 硬度 $2\sim3$, 相对密度 $2.48\sim3.60\text{g/cm}^3$ 。

(2) 成因产状: 为辉石、角闪石或黑云母等富 Mg、Fe 的矿物经低温热液蚀变的产

物；也可是富 Mg、Fe 的基性岩浆岩及黏土质的原岩经低级区域变质作用形成；鲕绿泥石主要产于沉积岩中。

9. 蛇纹石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_2$

(1) 鉴定特征：一般呈显微叶片状、显微鳞片状、致密块状或凝胶状隐晶质集合体。呈纤维状的纤蛇纹石称蛇纹石石棉或温石棉，呈深绿、黑绿、黄绿色，也有呈白色、灰色、浅黄、蓝绿色，常有青、绿色斑纹，似蛇皮状。常见的块状呈油脂或蜡状光泽，纤维状者呈丝绸光泽，硬度 2.5~3.5，密度 2.2~3.6g/cm³。

(2) 成因产状：主要由富 Mg 的超基性岩、基性岩及白云岩等经热液蚀变而形成。

10. 电气石 $\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn}, \text{Li}, \text{Al})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH}, \text{F})_4$

(1) 鉴定特征：柱状（或针状）晶体，两端具不同的三方单锥晶面，柱面常有纵纹，横断面呈球面三角形。其颜色随成分而异：富含 Fe^{2+} 者，呈黑色，称黑电气石；富含 Li^+ 、 Cs^+ 、 Mn^{2+} 者，呈玫瑰红色、绿色、浅蓝色，统称彩色电气石；富含 Mg^{2+} 者，常呈黄色、褐色；富含 Cr^{3+} 者，呈深绿色。带色的电气石，围绕 c 轴由中心向外呈色带分布， c 轴两端的颜色也不相同，具玻璃光泽，无解理，硬度 7~7.5。

(2) 成因产状：典型的气成热液矿物，主要产于花岗岩伟晶岩及气成热液矿脉或其蚀变围岩中，与白云母、石英、黄玉等共生，也见于矽卡岩及沉积岩中。

11. 方解石 $\text{Ca}[\text{CO}_3]$

(1) 鉴定特征：常见菱面体、六方柱等晶形，集合体常呈晶簇状、片状、粒状、块状等；无色或白色，有时被 Fe、Mn、Cu 等元素染成浅黄、浅红、紫、褐黑色；玻璃光泽。完全解理，解理面平行菱面体；硬度 3，相对密度 2.71g/cm³，随 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 的增加而增大。块体加冷稀 HCl 剧烈起泡。

(2) 成因产状：分布广泛，具有各种不同成因。主要系沉积作用形成，沉积而成的鲕状灰岩中含大量生物化石。也见于热液矿脉及变质岩中，是石灰岩、大理岩的主要矿物成分。

12. 白云石 $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$

(1) 鉴定特征：常呈菱面体，晶面常弯曲成马鞍状。集合体呈粒状、致密块状。无色、白色或灰白色，含 Fe^{2+} 者微带黄褐或褐色，含 Mn 者呈浅红色，具玻璃光泽，具有三组完全解理，解理面常弯曲。硬度 3.5~4，相对密度 2.85g/cm³。块体加冷稀 HCl 起泡不剧烈，加热则剧烈起泡。

(2) 成因产状：在沉积岩中分布广泛，主要见于浅海相沉积物中；也可由热液交代和变质作用形成。白云石是组成白云岩与白云质灰岩的主要矿物。

1.2 岩石学基础

岩石是地质作用的产物，是一种或几种矿物的集合体。它具有一定结构和构造，根据岩石的成因可以把岩石分为三大类：岩浆岩（或称火成岩）、沉积岩、变质岩。岩浆岩由岩浆凝固结而成；沉积岩是由地壳风化产物、生物作用产物、火山碎屑物等，在外力作用下经搬运、沉积、固结而成；变质岩是由岩浆岩、沉积岩经变质作用转化而成