

任允芙 主编

冶金工艺矿物学

冶金工业出版社

前 言

本书由北京科技大学地质系任允芙负责主编。书中第一、第二、第三、第四、第五、第六、第七、第八、第十及第十一章由任允芙编写,其中第五章部分内容由张伟晒协助编写,第七章部分内容由李建平协助编写;第九、第十二、第十三、第十四及第十五章由陈兆喜编写;第十六章由任允芙、陈兆喜编写;第十七章工艺矿物的光学性质及理化性质鉴定表及鉴定表中的中英文索引由李前懋、王植时编写。全书由任允芙统一修改定稿完成。

本书在收集资料和编写过程中,得到北京科技大学地质系的领导袁怀雨等以及工艺矿物学科研组的蒋烈英、李建平及张孝平等同志的大力支持与帮助,在此,我们表示衷心感谢。

由于编者水平及时间所限,书中不妥或错误之处在所难免,衷心希望使用本书的同志们提出宝贵意见,以便修订改正。

编者

1992年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、冶金工艺矿物学的概念及其任务	(1)
二、冶金工艺矿物学的主要研究内容及其与其他科学的关系	(1)
三、冶金工艺矿物学的现状及今后的发展方向	(2)
第一部分 通论	
第二章 工艺矿物在光学显微镜下的光学性质	(3)
第一节 透明工艺矿物的光学性质	(3)
一、晶形	(3)
二、解理及解理角的测定	(4)
三、薄片矿物的颜色、多色性和吸收性	(5)
四、薄片矿物的边缘、贝克线、突起及糙面	(6)
五、干涉色和双折射率	(8)
六、消光类型与消光角的测定	(11)
七、晶体的延性符号	(13)
八、双晶的观察	(14)
九、光性符号测定	(14)
十、测定光轴角大小	(22)
十一、锥光镜下色散现象的观察	(23)
十二、光性方位	(25)
十三、测定矿物的折射率	(26)
十四、光性异常	(28)
十五、光性与成分的关系	(28)
第二节 不透明工艺矿物的光学性质	(29)
一、矿物的反射力及双反射	(29)
二、反射色、反射多色性和内反射色	(31)
三、矿物的均非性	(33)
四、矿物的显微硬度	(34)
第三章 工艺矿物在光学显微镜下的化学性质	(38)
第一节 浸蚀反应	(38)
一、浸蚀反应的基本原理	(38)
二、浸蚀操作与浸蚀剂	(39)
第二节 工艺矿物化学成分的显微结晶化学分析	(41)
一、显微结晶化学分析法的实质	(41)
二、常用试剂及操作方法	(42)
三、反应结果观察	(42)

第四章 矿石中矿物颗粒大小及其含量的测定和计算	(46)
第一节 矿石中矿物颗粒直径大小的测定	(46)
一、矿石中矿物颗粒直径大小的测定	(46)
二、矿石中矿物粒度统计分析	(47)
第二节 矿石中矿物含量的测定及计算	(48)
一、薄片或光片中矿物含量的测定	(48)
二、分离矿物定量测定法	(52)
三、X射线物相定量分析	(53)
四、K值法测定磁性矿物的含量	(54)
五、由化学成分计算矿物含量	(54)
第五章 单矿物分离和矿物的微区、微量分析简介	(61)
第一节 单矿物分离	(61)
一、单矿物的分离步骤	(61)
二、单矿物的分离方法	(61)
第二节 工艺矿物的微区、微量分析简介	(65)
一、光谱分析	(65)
二、原子吸收光谱分析	(66)
三、激光显微光谱分析	(66)
四、X射线荧光光谱分析(或称X射线光谱分析)	(66)
五、极谱分析	(66)
六、电子探针X射线显微分析	(66)
七、离子探针分析(离子探针质谱显微分析)	(68)
八、扫描电子显微镜	(69)
九、X射线衍射分析	(70)
十、红外吸收光谱	(71)
十一、穆斯堡尔谱仪	(71)
十二、热分析	(73)
十三、矿物比重的测定	(74)
第六章 工艺矿物的合成及其化学式和计算	(77)
第一节 工艺矿物的合成	(77)
一、溶液中沉淀合成法	(77)
二、水溶液培育单晶法	(77)
三、熔融法	(77)
四、固相反应合成法	(77)
五、水热合成法	(78)
六、高压合成法	(79)
第二节 工艺矿物的化学式及其计算	(80)
一、实验式及其计算	(80)
二、结构式(又称晶体化学式)及其计算	(80)

第二部分 工艺矿物分类及各论

第七章 均质工艺矿物	(82)
------------------	------

1. 氟盐	(82)
2. 方氟硅钾石	(82)
3. 方氟钾石	(83)
4. 钾冰晶石	(83)
5. 锂冰晶石	(83)
6. 蛋白石	(83)
7. 萤石(氟石)	(84)
8. 钾盐	(85)
9. 白榴石	(85)
10. 岩盐(石盐)	(86)
11. 三铝酸五钙	(86)
12. 铝酸三钙	(87)
13. 氧化钡	(87)
石榴石族	(87)
14. 镁铝榴石	(88)
15. 铁铝榴石	(89)
16. 锰铝榴石	(89)
17. 钙铝榴石	(89)
18. 钙铁榴石	(90)
19. 钙铬榴石	(90)
方镁石族	(90)
20. 方镁石	(90)
21. 石灰(氧化钙)	(91)
22. 绿镍矿	(91)
23. 方锰矿	(91)
24. 方铁矿(维氏体或富氏体)	(92)
25. 方镍石	(92)
尖晶石族	(93)
26. 尖晶石	(93)
27. 磁铁矿	(94)
28. 铬铁矿	(95)
29. 镁铁矿(铁酸镁)	(95)
30. 钛铁晶石	(95)
31. 磁赤铁矿	(96)
32. 褐铁矿	(96)
33. 赤铜矿	(96)
34. 金刚石	(97)
35. 硫镁矿(硫化镁)	(99)
36. 褐硫钙矿	(99)
37. 闪锌矿	(99)
38. 方铅矿	(100)
39. 硫锰矿	(100)
40. 黄铁矿	(100)

41. 方硫锰矿(褐硫锰矿)	(101)
42. 钙钛矿	(101)
43. 氯化钛	(102)
44. 碳化钛	(102)
45. 氯化锆	(103)
46. 氯化钒	(103)
47. 铁	(103)
48. 铜	(104)
49. 银	(104)
50. 金	(105)
第八章 一轴晶工艺矿物	(106)
1. 锥冰晶石	(106)
2. 氟硅钠石	(106)
3. 氟镁石(氟化镁)	(106)
4. 氯化锌	(106)
5. 氯化镁(氯镁石)	(107)
6. 氯化铁(陨氟铁)	(107)
霞石族	(107)
6. 霞石	(107)
7. 钾霞石	(109)
石英族	(109)
8. 石英	(111)
9. 磷石英	(111)
10. 方石英(方石英)	(111)
11. 柯石英	(112)
12. 凯石英	(112)
13. 玉髓	(113)
14. 氢氧化镁石(水镁石)	(113)
15. 氢氧化钙石(羟钙石)	(114)
16. 氢氧化锰石(羟锰矿)	(114)
17. 菱硅钙钠石	(115)
18. 磷灰石	(115)
19. 磷酸三钙(白磷钙石)	(116)
黄长石族	(117)
20. 镁黄长石	(118)
21. 铝黄长石	(118)
方解石族	(120)
22. 方解石	(121)
23. 文石(霏石)	(122)
24. 白云石	(122)
25. 菱锰矿	(123)
26. 菱镁矿	(124)
27. 菱铁矿	(125)

28. 硅酸三钙(三钙硅,亦称阿里特)	(125)
29. 六铝酸钙	(126)
刚玉族	(126)
30. 刚玉	(127)
31. 赤铁矿	(129)
32. 钛铁矿	(130)
33. 镁钛矿	(130)
34. 红钛锰矿	(130)
35. 铍石	(131)
36. α -氮化硼	(131)
37. 钾钙硅石	(131)
38. 碘化钙	(132)
39. 碳化钙(电石)	(132)
40. 锆石	(132)
41. 石墨	(133)
42. 红锌矿	(134)
43. 氮化铝	(134)
44. 黑锰矿	(134)
45. 铁酸钙	(135)
46. 碳化铝	(135)
47. 硅碳石(碳化硅)	(136)
48. 碳化硼	(136)
金红石族	(137)
49. 金红石	(137)
50. 锐钛矿(八面石)	(138)
51. 板钛矿	(139)
52. 硫镉矿	(139)
53. 辰砂	(140)
54. 铜蓝	(140)
55. 针镍矿	(140)
56. 磁黄铁矿	(141)
57. 硫铁矿	(141)
58. 三方氧钒矿	(141)
59. 绿铬矿	(142)
第九章 二轴晶工艺矿物	(143)
1. 冰晶石	(143)
2. 芒硝	(143)
3. 硼砂	(144)
4. 石膏	(145)
长石族	(146)
碱性长石亚族	(147)
斜长石亚族	(148)
5. 透长石	(151)

6. 正长石	(152)
7. 微斜长石	(153)
8. 高温钠长石	(154)
9. 更长石	(155)
10. 中长石	(156)
11. 拉长石	(157)
12. 倍长石	(157)
13. 钙长石	(158)
14. 堇青石	(159)
15. 叶蜡石	(160)
16. 滑石	(160)
17. 叶蛇纹石	(161)
18. 纤维蛇纹石(温石棉)	(162)
云母族	(163)
19. 白云母	(163)
20. 钠云母	(164)
21. 锂云母	(165)
22. 金云母	(165)
23. 失透石	(166)
24. 水铝氧石(氢氧化铝石、三水铝石)	(167)
25. 硬石膏	(167)
26. 枪晶石	(168)
27. 针钠钙石	(169)
28. 天青石	(170)
29. 硅灰石	(170)
30. 假硅灰石	(171)
31. 磷硅灰石	(172)
32. 二铝酸钙	(172)
33. 铝酸一钙	(173)
34. 重晶石	(173)
35. 莫来石	(174)
36. 硅钙石	(175)
37. 红柱石	(175)
38. 磷酸四钙	(176)
39. 钠盖斯密特石(透磷硅钙石)	(177)
40. 斯氏体	(177)
41. 矽线石(硅线石)	(177)
角闪石族	(178)
42. 直闪石	(179)
43. 镁铁闪石	(180)
44. 透闪石	(180)
辉石族	(181)
45. 顽火辉石(顽辉石)	(182)

46. 紫苏辉石	(183)
47. 斜顽辉石	(184)
48. 透辉石	(184)
49. 钙铁辉石	(186)
50. 普通辉石	(186)
51. 钛辉石	(187)
52. 霓石	(188)
53. 硬玉	(188)
54. 锂辉石	(189)
55. 镁蔷薇辉石(镁硅钙石)	(190)
56. 蓝晶石	(191)
57. 蔷薇辉石	(191)
58. β -硅酸二钙(贝利特)	(192)
59. γ -硅酸二钙	(194)
橄榄石族	(194)
60. 镁橄榄石	(194)
61. 橄榄石	(195)
62. 铁橄榄石	(196)
63. 锰橄榄石	(198)
64. 钙镁橄榄石	(198)
65. 钙铁橄榄石	(199)
66. 钙锰橄榄石	(199)
67. 独居石	(200)
68. 斜锆石	(201)
69. 铁铝酸四钙	(201)
70. 安诺石(黑钛石)	(202)
71. 铁酸二钙	(202)

第三部分 冶金矿物原料及其工艺产品

第十章 烧结矿和球团矿(人造富矿)	(204)
第一节 铁矿石原料	(204)
第二节 烧结矿	(204)
一、烧结矿中各种工艺矿物的形成	(204)
二、烧结矿的矿物组成及其显微结构	(212)
三、烧结矿的矿物组成和显微结构对其质量的影响	(214)
第三节 球团矿	(216)
一、球团矿的矿物组成及其固结机理和显微结构	(216)
二、球团矿的矿物组成和显微结构对其强度和冶金性能的影响	(218)
第十一章 黑色冶金炉渣及钢中夹杂物	(219)
第一节 高炉炉渣	(219)
一、高炉渣的化学成分、矿物组成和类型	(219)
二、高炉渣中的矿物组成及其对炉渣性质的影响	(222)

三、高炉炉瘤的矿物组成及其形成原因	(223)
第二节 炼钢炉渣	(224)
一、钢渣的主要化学成分及主要矿物组成	(224)
二、不同类型钢渣的矿物组成及其与工艺性能的关系	(225)
第三节 钢中夹杂物的主要矿物相的类型及其特征	(227)
一、钢中夹杂物的来源	(228)
二、钢中夹杂物的类型	(228)
三、钢中夹杂物按钢种类型的分类	(229)
第十二章 耐火材料	(231)
第一节 粘土质耐火材料	(231)
一、粘土质耐火材料的矿物原料	(231)
二、粘土质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(232)
三、粘土质耐火材料使用后的变化	(233)
第二节 高铝质耐火材料	(233)
一、高铝质耐火材料的矿物原料	(233)
二、高铝质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(234)
三、高铝质耐火材料使用后的变化	(234)
第三节 硅质耐火材料	(235)
一、硅质耐火材料的矿物原料	(235)
二、硅质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(235)
三、硅质耐火材料使用后的变化	(237)
第四节 镁石质耐火材料	(237)
一、镁石质耐火材料的矿物原料	(237)
二、镁石质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(238)
三、镁石质耐火材料使用后的变化	(240)
第五节 镁铝质耐火材料	(240)
一、镁铝质耐火材料的矿物原料	(241)
二、镁铝质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(241)
第六节 白云石质耐火材料	(241)
一、白云石质耐火材料的矿物原料	(242)
二、白云石质耐火材料的矿物组成、结构与其工艺性能的关系	(243)
三、白云石质耐火材料使用后的变化	(244)
第十三章 陶瓷和玻璃结石	(246)
第一节 陶瓷	(246)
一、传统陶瓷	(246)
二、其他陶瓷	(248)
第二节 玻璃结石	(250)
一、料粉结石	(250)
二、耐火材料结石(炉衬结石)	(250)
三、析晶结石(失透结石)	(251)
第十四章 水泥熟料	(252)

第一节 硅酸盐水泥	(252)
一、硅酸盐水泥的矿物原料	(252)
二、硅酸盐水泥熟料的矿物组成及其与性能的关系	(252)
第二节 矾土水泥	(254)
一、矾土水泥的类型	(254)
二、矾土水泥熟料的矿物组成及其与性能的关系	(255)
第十五章 铸石	(257)
第一节 铸石的原料	(257)
一、铸石制品的化学成分	(257)
二、铸石原料	(257)
第二节 铸石的矿物组成、结构和构造	(258)
一、铸石中的矿物组成	(258)
二、铸石的结构及构造	(259)
第三节 铸石的矿物组成、结构与其性能的关系	(259)
第十六章 主要冶金工艺产品的矿物组成鉴定表	(261)

第四部分 工艺矿物的光学性质及理化性质鉴定

第十七章 工艺矿物的光学性质及理化性质鉴定表	(284)
第一节 均质性矿物鉴定表	(284)
第二节 一轴晶光性矿物鉴定表	(294)
一、一轴晶正光性矿物鉴定表	(294)
二、一轴晶负光性矿物鉴定表	(300)
第三节 二轴晶光性矿物鉴定表	(309)
一、二轴晶正光性矿物鉴定表	(309)
二、二轴晶负光性矿物鉴定表	(332)
第四节 金属矿物鉴定表	(354)
主要参考文献	(367)
图片	(368)
矿物鉴定表中文索引	(384)
矿物鉴定表英文索引	(390)

第一章 绪 论

一、冶金工艺矿物学的概念及其任务

冶金工艺矿物学是应用矿物学的分支学科。它是研究冶金矿石原料及冶金工艺产品(包括人造富矿、冶金炉渣、耐火材料、陶瓷及铸石等)中矿物的化学组成、矿物组成、含量、晶粒大小、结构、工艺性质、形成工艺条件和原料条件及其与冶金工艺产品质量之间的相互关系的学科。它是一门矿物学与冶金学之间的新兴边缘学科。

冶金工艺矿物学的主要研究任务:

(1)研究冶金矿石原料及冶金工艺产品中矿物的化学组成、光学、物理、化学性质和形态特征,并据以鉴定矿石原料中的矿物及冶金产品中的工艺矿物。

(2)研究冶金矿石原料中有害元素的赋存状态、矿物的化学组成、矿物组成、性质、含量、晶粒大小及结构等特性,据以分析矿石原料的质量对其冶金产品质量的影响。并提出矿石原料合理利用或综合利用的途径和工艺措施的理论依据。

(3)研究冶金产品中矿物的化学组成、矿物组成、矿物的工艺性质、含量、晶粒大小及结构等特性与其质量或冶金性能以及工艺条件和原料条件之间的相互依存关系。为提高冶金产品的质量和有关产品的综合利用,提出理论依据和有效的工艺措施。

二、冶金工艺矿物学的主要研究内容及其与其他科学的关系

根据冶金工艺矿物学的主要研究任务的要求,其主要研究内容,可由以下四部分组成。

(1)通论:较系统地介绍了在光学显微镜下,研究矿石原料及冶金工艺产品中矿物或工艺矿物的光学、物理、化学性质及形态等特征,并扼要地介绍了近代研究工艺矿物和人工合成工艺矿物的方法。并据以分析确定矿石原料及冶金工艺产品中矿物的化学组成、矿物名称、含量、晶粒大小、结构、形成条件及工艺性质等特性。为学习冶金工艺矿物学,提供必要的基础知识和常用的研究方法。

(2)工艺矿物各论:工艺矿物各论,是在第一部分基础知识论述的基础上,以工艺矿物的光学性质为依据,对工艺矿物进行了系统的分类,分为均质工艺矿物、一轴晶工艺矿物及二轴晶工艺矿物三大类。并在每类工艺矿物中又根据其折射率或反射率大小的不同,从小到大按顺序对每种工艺矿物的化学组成、物理性质、显微镜下特征、鉴定特征及工艺产状等进行了较详细的叙述,为鉴定和识别工艺矿物提供具体的依据。

(3)冶金工艺矿物学在提高冶金产品质量及合理利用矿石原料方面的应用:研究冶金工艺产品化学成分及其中工艺矿物的化学组成、矿物组成及其主要体系的相图、工艺矿物的合成及其工艺性质、晶粒大小及显微结构等特性与产品质量以及形成工艺条件和原料条件之间的相互依存关系,为提高冶金产品质量和有关产品的合理利用以及矿石原料的综合利用等提出有效工艺措施和理论依据。

(4)工艺矿物光学性质及理化性质鉴定表:按透明工艺矿物的轴性及折射率大小的不同和不透明矿物反射率大小的不同,分别按顺序编写了透明矿物及不透明矿物的鉴定表,供读者方便而迅速地查阅有关工艺矿物的光性鉴定特征及有关理化性质等。

由以上冶金工艺矿物学研究的基本内容来看,说明冶金工艺矿物学与其他学科的关系极为密切。现就其与基础理论科学、地质科学及技术科学三个方面的关系,加以扼要说明。

在基础理论科学中,与冶金工艺矿物学关系最密切的学科,有化学、物理学、物理化学、结晶学、晶体光学及晶体化学等。它们是研究工艺矿物或矿物的各种性质和形成条件等的基础理论。

在地质学科中它与矿物学、岩石学以及矿床学和矿相学的关系极为密切。尤其是在研究和阐明工艺矿物的形成条件及共生组合等,上述地质学科可提供重要的理论依据。

在技术学科中它与选矿学及冶金学等有着直接的关系。近年来,在钢铁冶金工业生产中已得到证实,随着冶金工艺矿物学的兴起与发展,对促进选矿、冶金有关技术学科的发展起到了重要的作用。同时由于选矿及冶金科学的发展,又丰富了冶金工艺矿物学的研究内容。

因此,冶金工艺矿物学这门新兴的边缘学科,必须紧密地与上述基础理论、地质及选矿、冶金等学科密切结合,才能不断地迅速发展。

三、冶金工艺矿物学的现状及今后的发展方向

冶金工艺矿物学是一门发展较晚的年轻的**新兴边缘学科**。近年来,它在冶金工业的各个领域中得到了广泛的应用和重视。并在冶金工业的生产实践中已证实了发展这门边缘学科的必要性和重要性。

当前,该学科在研究工艺矿物的工艺性质及其测试方法以及合成矿物和提高冶金产品质量等方面,均取得了显著的成果,并有较大的发展。今后还应不断地充实和提高,以满足当前工业快速发展的需要。特别是在仪器测试方面应继续向着**定量化、精密化、自动化和计算机化**的方向迅速发展,更好地为四化建设服务。

第一部分 通 论

本部分较系统地介绍了在光学显微镜下,研究矿石原料及冶金工艺产品中工艺矿物的光学性质、物理性质、化学性质及形态等特征,并扼要地介绍了近代研究工艺矿物和人工合成工艺矿物的研究方法。从而为研究确定矿石原料及冶金工艺产品中工艺矿物的化学组成、矿物名称、化学式、矿物含量、晶粒大小、结构、形成条件及工艺特性等,提供必要的基础知识和常用的研究方法。

第二章 工艺矿物在光学显微镜下的光学性质

本章所介绍的主要是工艺矿物的光性鉴定方法。该法是通过研究工艺矿物的光学性质,借以达到鉴定工艺矿物的目的。它与化学方法不同,可以不破坏原来矿物的结构而进行鉴定。因此,此法是一种很好的研究矿物的方法。但也必须指出,光性鉴定不能代替化学分析。如欲精确地测定一种矿物的组成,只有通过化学分析或有关电子光学仪器分析,而不能靠其它办法。所以说任何一种研究方法都是从不同的角度研究矿物的某一方面,所有研究方法都不是孤立的,而是有着相辅相成的关系。

工艺矿物可分为透明矿物和不透明矿物两大类。

第一节 透明工艺矿物的光学性质

透明矿物按照光学性质可分为均质矿物和非均质矿物,在非均质矿物中又分为一轴晶矿物和二轴晶矿物,而一轴晶矿物和二轴晶矿物又有正晶与负晶之分。

对于透明工艺矿物的光性鉴定,一般是把欲研究的工艺矿物或工艺岩石制成 0.03 毫米标准厚度的薄片,利用偏光显微镜,在单偏光镜下、正交偏光镜下或聚敛偏光镜下观察研究矿物的形态、解理、颜色、多色性、吸收性、突起和糙面、干涉色和双折射率、消光性质、延性符号、双晶、光性符号、光轴角、色散、光性方位及折射率测定等光学性质。同时,在偏光显微镜下也可利用油浸法精确地测定矿物的折射率等光学性质。

现将工艺矿物及其工艺岩石或矿石在光学显微镜下观察研究的内容作简要的论述。

一、晶形

晶体在薄片中的形态决定于矿物晶体所属晶系、晶体的对称型、晶体的生成环境及切片的方位。在薄片中所见到的晶体形状并不是整个立体,而仅是某一剖面。同一晶体由于切片方位不同,在薄片可表现出不同的各种各样的形态。例如一个立方体晶体,因切面方向不同,切面形状可以是正方形、三角形、六边形、长方形以及其它不规则形状,如图 2-1 所示。在实际鉴定工作中,必须仔细观察晶体各个方向的切面,并结合晶面夹角等特征,综合判断矿物的晶形。

工艺矿物的形状按其晶形发育的程度可分为:自形、半自形及他形三种。自形晶体形状

完整,例如某些高炉渣中的黄长石及尖晶石等,或某些烧结矿中的磁铁矿等均为自形晶。半自形晶仅有部分轮廓具有晶形,其余部分则无平整轮廓,例如某些烧结矿中的半自形晶磁铁矿及橄榄石等。他形晶体完全不具有晶形,例如某些高碱度烧结矿中的他形晶磁铁矿及铁酸钙等。在工艺矿物集合体中,矿物常表现出一定的形态和排列方式,这些不同形态和排列方式的形成是与矿物所属晶系及其结晶时所处的物理化学条件有着直接关系。在工艺岩石或矿石中常可根据矿物的晶形判断该矿物所属晶系及其结晶生成的先后顺序。

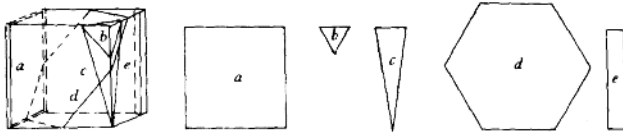


图 2-1 薄片中的晶形与切片方位的关系

二、解理及解理角的测定

(一)解理

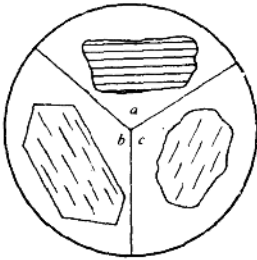


图 2-2 解理的完善程度

- a—云母完全解理;
- b—辉石类中等解理;
- c—橄榄石不完全解理

晶体沿某一晶面方向开裂的性质,称为解理。根据晶体在外力作用下,裂成光滑解理面的难易程度不同,可把解理分为完全、中等、不完全和极不完全四类。在薄片观察完全解理,解理裂缝呈细而连续的直线,裂缝与裂缝之间距离比较均匀(如图 2-2a 中的云母)。中等解理在薄片表现为解理裂缝往往不能贯穿整个晶体,而有中断现象,例如辉石类矿物等(如图 2-2b)。不完全解理表现为解理裂缝少而断断续续,仅能勉强看出大致方向,如橄榄石(图 2-2c)。极不完全解理,实际上等于无解理,如石英。

解理缝的宽度和清楚程度除与矿物解理的完善程度有关外,还与切片方向有密切关系。当矿物解理面与薄片平面的法线一致时(即解理面垂直薄片平面),解理缝最细、最清楚。此时稍微升降镜筒,解理缝不向左右移动。当解理面与薄片平面的法线成 α 夹角时(图 2-3),解理缝变宽(大于应有的宽度)。此时,稍微升降镜筒,解理缝向左右移动。解理面逐渐倾斜,即 α 角逐渐加大,解理缝逐渐变宽,且愈来愈不清楚。当 α 角增至一定限度时,解理缝就看不见了。这个夹角称为解理缝的可见临界角,其大小与矿物和树胶的折射率差值有关,差值愈大解理缝的可见临界角也愈大。

B. И. 洛多契尼科夫列举了一些矿物解理缝的可见临界角的近似值:

$N \approx 1.70$ 左右的矿物(辉石类),约等于 30° ;

$N \approx 1.65$ 左右的矿物,约等于 25° ;

$N \approx 1.60 \sim 1.55$ 左右的矿物(云母、斜长石等),约等于 $20^\circ \sim 10^\circ$ 。

由此可见,不同矿物的折射率相差较大时,虽具有相同组数的解理,但在薄片见到解理缝的机会是不同的。如辉石与斜长石都具有两个方向的解理,但在薄片见到斜长石解理缝的机会就少得多。同一矿物不同方向的切面、解理缝的可见性、宽度和组数也是不相同的,如辉石虽具有两组解理,但在薄片有些切面上只见到一组解理缝,只有在垂直C轴或近于垂直C轴的切面上才可见到两组解理缝。因此,在镜下观察矿物解理时,切不可个别或少数切面判断矿物解理的有无、完善程度、组数。必须多观察一定数量的切面,综合判断。

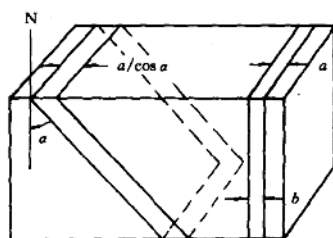


图 2-3 解理缝宽度与切片方向的关系

(二)解理夹角的测定

当矿物具有两组解理时,测定其夹角可以帮助鉴定矿物。

解理夹角在晶体上本来是一定的,但在矿物切片上,由于切片方向不同,其夹角的大小有一定差别。只有同时垂直两组解理面的切面,才是两组解理真正的夹角。因此,测定解理夹角时,必须选择同时垂直两组解理的切面。这种切面的特征是:两组解理缝最细最清楚,升降镜筒时,解理缝不向左右移动。

测定方法:

- (1)按上述原则选择合适的切面;
- (2)使一组解理缝平行目镜十字丝竖丝(图 2-4),在载物台上读数为 a ;
- (3)旋转载物台,使另一组解理缝平行竖丝(图 2-4),在载物台上读数为 b 。两次读数之差(a 与 b 之差),即为所测之夹角。

三、薄片中矿物的颜色、多色性和吸收性

(一)颜色

工艺矿物在薄片大多数是透明的,当白光透过薄片时,如果矿物对白光的所有组成光波吸收很少,并且吸收程度相同,矿物即呈现无色透明。如果矿物对各种颜色光波吸收的程度不同,矿物即呈现颜色。均质矿物的颜色不因方向而变化,其光学性质各方向一致,所以均质矿物薄片的颜色及颜色深浅各方向相同,不因光波在晶体中振动方向不同而发生改变。

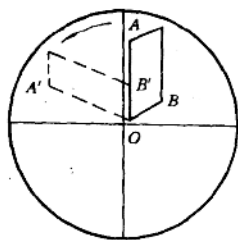


图 2-4 解理角的测定

矿物在薄片呈现的颜色与矿物的性质有密切的关系,特别是与某些色素离子有关。例如含 Fe^{2+} ,常呈浅绿色(钙铁辉石);含 Fe^{3+} 呈红色(铁酸钙);含 Mn^{3+} 呈浅红色(红帘石);含 Cr^{3+} 呈亮绿色(铬透辉石)等等。当然矿物颜色的深浅还与薄片厚度有关,对同一矿物来说,薄片愈厚颜色愈深。

(二)多色性和吸收性

非均质矿物的光学性质因方向而异,故对光波的选择性吸收也随矿物薄片方向不同而异。在单偏光镜下旋转载物台时,许多非均质矿物的颜色及浓度要发生变化。如一轴晶矿物具有对应于 N_e 和 N_o 振动方向的两种颜色。二轴晶矿物具有对应于 N_g 、 N_m 和 N_p 振动方向

的三种颜色,这种性质称为多色性。同时,不同的振动方向,光波被吸收的强度不同,强烈吸收时矿物即呈现不透明,吸收弱时矿物就呈现透明,这种在不同方向上晶体表现出颜色浓度的改变现象称为吸收性。在观察非均质矿物的多色性和吸收性时,必须找到矿物的主切面,测出它的轴名,然后分别将主折射率的振动方向与下偏光镜的振动方向平行,记下矿物的颜色和吸收性,然后写出多色性和吸收性的公式。

一轴晶矿物,如电气石的多色性记录公式为: $No = \text{深蓝色}, Ne = \text{浅紫色}$ (多色性公式),因 No 的颜色比 Ne 深,表示光波沿 No 方向振动时,总吸收强度大,故其吸收性为: $No > Ne$ (吸收公式)。

二轴晶矿物有三个主要颜色,如普通角闪石的多色性公式记录方式为: $Ng = \text{深绿色}, Nm = \text{绿色}, Np = \text{浅黄绿色}$ 。吸收公式: $Ng > Nm > Np$,称正吸收。如果与此相反, $Np > Nm > Ng$,则称反吸收。

非均质矿物中,不同矿物的多色性的明显程度往往是不同的,有的矿物多色性极为明显,如角闪石、黑云母等;有的矿物多色性不太明显,如紫苏辉石;有的非均质矿物看不出多色性。

矿物多色性的明显程度除与矿物的本性有关以外,还与切片方向有关。同一矿物切片方向不同,多色性明显程度也不同,一般是平行光轴(一轴晶)或平行光轴面(二轴晶)切片的多色性最明显,垂直光轴的切片不具多色性,其它方向切片的多色性明显程度介于二者之间。所以,测定多色性公式必须在定向切片上进行,不能只凭任意个别矿物颗粒下结论。

四、薄片矿物的边缘、贝克线、突起及糙面

(一)矿物的边缘与贝克线

在两个折射率不同的物质接触处,可以看到比较黑暗的边缘,称矿物的边缘(图 2-5a)。在边缘的附近还可以见到一条比较明亮的细线,升降镜筒时亮线发生移动,这条较亮的细线称为贝克线或光带(图 2-5b,c)。边缘和贝克线产生的原因主要是由于相邻二物质折射率不等,光通过接触界面时,发生折射和反射作用,使接触界线的一边光线相对减少,而显出较暗的边缘。其粗细明暗程度取决于两种介质折射率的差值大小,差值愈大,边缘愈粗愈黑暗。而在接触界线的另一边,光线相对加强而形成贝克线。贝克线移动规律为:提升镜筒,贝克线向折射率大的物质移动;反之,下降镜筒,贝克线向折射率小的物质移动。根据贝克线的移动规律,可以确定相邻两物质折射率的相对大小。贝克线的灵敏度很高,两种物质折射率相差在 0.001 时,贝克线仍清楚。如用单色光灵敏度可达 0.0005,此灵敏度在工艺矿物薄片鉴定中已够用。

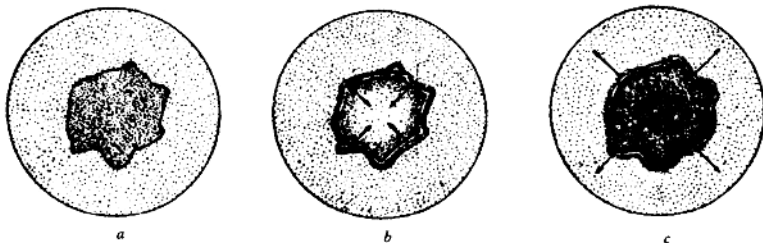


图 2-5 矿物的边缘和贝克线
a—矿物的边缘;b,c—矿物的贝克线