

钢铁冶金工艺岩石鉴定

钢铁冶金工艺岩石鉴定短训班用

下 册

北京钢铁学院

地质教研组

一九七六年一月

P 583
G 22
:2
C.1

目 录

第三篇 光性工艺矿物学

一、均质矿物.....	1
萤石.....	1
β -方石英.....	2
白榴石.....	2
三铝酸五钙.....	3
γ -氧化铝.....	3
铝酸三钙.....	3
尖晶石.....	4
方镁石.....	5
石榴石类.....	7
钙铝榴石.....	7
钙铬榴石.....	7
钙铁榴石.....	8
石灰.....	8
褐硫钙石.....	9
硫化镁.....	9
方锰矿.....	10
钙钛矿.....	10
方铁矿.....	11
铁.....	11
铁酸镁.....	11
\checkmark 磁铁矿.....	12
硫锰矿.....	13
\checkmark 磁赤铁矿.....	14
二、一轴晶矿物.....	15
霞石类.....	15
霞石.....	15
钾霞石.....	16
石英类.....	16
石英.....	17
方石英.....	18
氢氧钙石.....	19

水镁石.....	19
磷灰石.....	19
黄长石类.....	20
镁黄长石.....	21
铝黄长石.....	22
碳酸盐类.....	23
方解石.....	23
白云石.....	25
菱镁矿.....	27
菱铁矿.....	27
高铝酸钠.....	28
硅酸三钙.....	28
六铝酸钙.....	30
刚玉.....	31
石墨.....	32
锆英石.....	32
氮化铝.....	33
铁酸钙.....	33
✓ 金红石类.....	33
✓ 金红石.....	34
✓ 锐钛矿.....	34
氧化铬.....	35
硅碳石.....	35
碳化铝.....	36
三氧化二钛.....	36
赤铁矿.....	36
钛铁矿.....	37
三、二轴晶矿物.....	38
硼砂.....	38
磷石英.....	38
三斜霞石.....	39
长石类.....	40
正长石.....	40
透长石.....	41
微斜长石.....	42
钠长石.....	43
钙长石.....	44
堇青石.....	45
纤维蛇纹石.....	46
叶蛇纹石.....	47

滑石	48
枪晶石	48
硅灰石	49
假硅灰石	50
硅钙石	50
二铝酸钙	51
莫来石	51
红柱石	53
硅线石	54
兰晶石	54
铝酸-钙	55
辉石类	56
顽火辉石	56
紫苏辉石	57
斜顽辉石	58
透辉石	58
钙铁辉石	60
普通辉石	60
钛辉石	61
蔷薇辉石	62
镁蔷薇辉石	62
β -硅酸二钙	63
γ -硅酸二钙	64
橄榄石类	65
镁橄榄石	66
橄榄石	67
铁橄榄石	68
锰橄榄石	69
钙镁橄榄石	70
碳化钙	71
铁铝酸四钙	71
铁酸二钙	72
安诺石	73

第四篇 钢铁冶金工艺岩石学

一、引言	74
(一) 岩石和工艺岩石	74
(二) 工艺岩石学及其研究内容	75
(三) 工艺岩石学在钢铁冶金生产中的应用	76
二、耐火材料	77

(一) 粘土质耐火材料	77
(二) 高铝质耐火材料	83
(三) 硅质耐火材料	89
(四) 镁石(方镁石)质耐火材料	99
(五) 镁铬质耐火材料	110
(六) 镁铝质耐火材料	113
(七) 镁橄榄石质耐火材料	116
(八) 白云石质耐火材料	121
三、冶金炉渣	131
(一) 炉渣的化学成份及其分类	131
(二) 炉渣的矿物组成	133
(三) 炼铁炉渣的矿物组成	135
(四) 炼钢炉渣的矿物组成	138
四、人造富矿(烧结矿、球团矿)	141
(一) 我国人造富矿的铁精矿粉原料	141
(二) 烧结矿	143
1. 烧结矿中矿物组成及其性质	143
2. 烧结矿的结构类型	146
3. 烧结矿中不同矿物组成和结构特征及其对质量的关系	146
4. 酸性脉石磁铁矿精矿粉(即高硅磁铁矿精矿粉)	
烧结矿粉化的原因及防止粉化的措施	149
5. 含氟低硅磁铁矿精矿粉(如包钢白云鄂博矿铁精矿粉)	
烧结矿强度差的原因及提高强度的措施	160
(三) 球团矿	171
1. 球团矿的矿物组成	171
2. 磁铁矿精矿粉焙烧自熔性球团矿的矿物组成和显微结构及其对质量的影响	172
3. 磁铁矿精矿粉焙烧非自熔性球团矿的矿物组成和显微结构	173

第三篇 光性工艺矿物学

一、均质工艺矿物

萤石 (氟石) (Fluorite, Флюорит)

$N=1.434$

CaF_2

等轴晶系

【化学组成】成份中常含有稀土元素，特别是钇族稀土。含钇多时则称为钇萤石 (含 Y F_3 达 10-20%)。大多数萤石含 CaF_2 在 99% 以上。并有少量的 Si，有时因杂质或包体而含有 Al 和 Mg。

【物理性质】晶体常呈立方体，呈八面体者较少。前者产于低温条件，后者产于高温条件。在炉渣和烧结矿中出现的多为粒状，或树枝状单晶。常见立方体贯穿双晶 (图 3-1)。纯者无色透明，但通常见到的都染有颜色，如酒黄、紫红、绿等色，(111) 解理完全。硬度 4。比重 3.18。熔点 1360℃。

【光学性质】薄片无色透明，有时具有绿色或紫色色调，但分布不均，可呈带状或斑点状分布。常具方形轮廓。若为树枝状则可见椭圆形长方状颗粒平行排列组成的串晶 (图 3-2)。高负突起，糙面很显著。常出现两组或三组交叉的解理裂缝，交角为 60° 左右。正交偏光下全消光。但有些萤石，其边缘具有较弱的双折射率，干涉色为淡灰色。

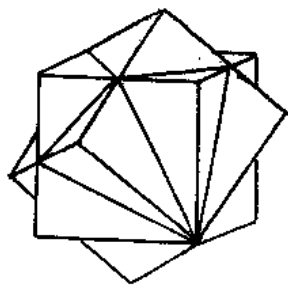


图3-1 萤石的贯穿双晶

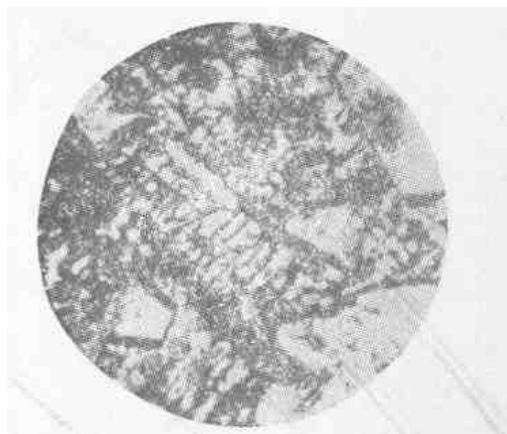


图3-2 电炉渣中的萤石串晶

【鉴定特征】均质体，高负突起，具有完全的 (111) 解理是萤石的主要鉴定特征。此外斑点状颜色和带状构造也是其特有的标志。

【产出】萤石在转炉、电炉的炉渣中是常见的组成矿物。在高氟矿石的高炉渣和烧结矿中也有出现。

β-方石英 (β-Ceristobalite, β-Кристобалит)

$N = 1.486$

SiO_2

等轴晶系

【化学组成】成份中常含有少量其他元素，如Al、Fe、Na、Ca等。

【物理性质】是方石英的高温变种，晶体呈八面体、立方体。常呈粒状及骨架状颗粒。具(111)双晶，硬度6-7。比重2.27-2.35。熔点1713℃。

【光学性质】薄片无色透明低负突起。正交偏光下全消光。有聚片双晶。

【鉴定特征】根据晶形，低负突起，均质性识别之。

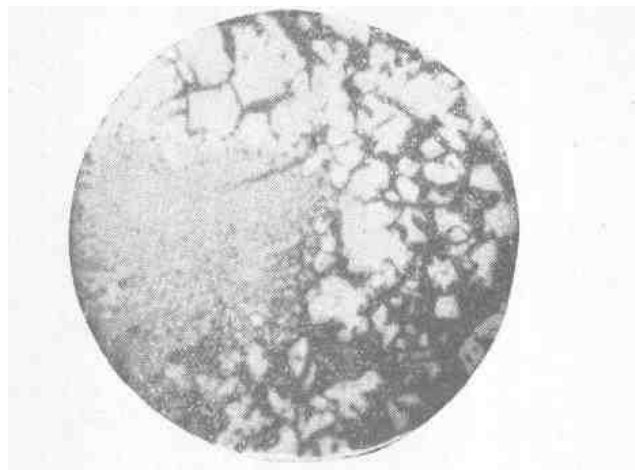


图3-3 方石英

【产出】见于硅质耐火材料中。

白榴石 (Leucite, Лецит)

$N = 1.508-1.511$ 或

$N_e = 1.509, N_o = 1.508$

$N_e - N_o = 0.001$

一轴晶 (+)

$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$

假等轴晶系

【化学组成】成份中可有微量的Na，有限地代替K（约13%）。以及少量的钙。

【物理性质】常温下属假等轴晶系，热到625℃以上时，逐渐变为等轴晶系。通常为四角三八面体，熔蚀后呈浑圆状，其中经常含有辉石、磁铁矿或玻璃质的包裹体，呈平行晶体轮廓的环带状分布。没有解理。颜色为灰、白、淡黄等。硬度5-6。比重2.45-2.5。熔点1680℃

【光学性质】薄片无色透明，断面为八角形。由于熔蚀，通常为不具稜角的浑圆颗粒。低负突起，糙面不显著，经常含有包裹体，这是其很大的一个特点。正交偏光下几乎是均质的，双折射极弱，聚片双晶很赋特征，可有好几组互相相交的双晶带。因光性异常有时可见一很小的光轴角，但干涉图很不清楚。

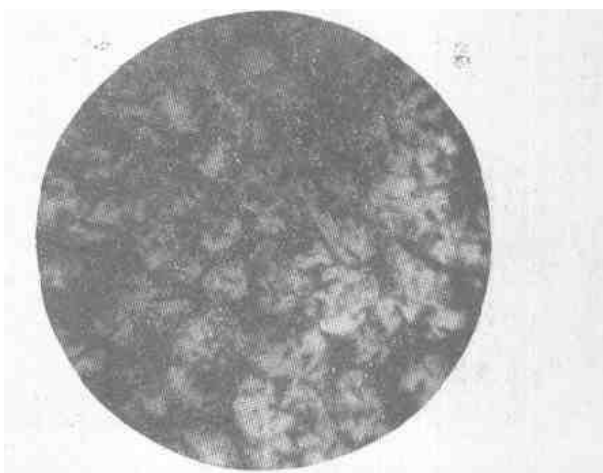


图4-4 使用后高铝砖工作带中的白榴石

【鉴定特征】白榴石可根据晶形、低负突起，包裹体，聚片双晶以及极弱的双折射率鉴定之。

【产出】白榴石在高炉炉衬、冶金炉渣，以及陶瓷和玻璃的结石中是一种常见的矿物。

α-三铝酸五钙

$N = 1.608$

$5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$

等轴晶系

【化学组成】成份中可含 Na_2O 和 K_2O 等杂质。

【物理性质】三铝酸五钙有两个变体，α-三铝酸五钙和斜方晶系的α'-三铝酸五钙($N_g = 1.692$, $N_p = 1.687$, $N_g - N_p = 0.005$, $2V = \text{大}$)。另外还可出现三铝酸五钙玻璃。

【光学性质】薄片无色透明，粒状，无解理。中正突起，正交偏光下全消光。

【鉴定特征】根据粒状，无解理，中正突起，均质性识别之。

【产出】是高铝冶金炉渣和水泥的组成矿物。

γ-氧化铝 (γ-Alumina, γ-Глинозем)

$N = 1.696$

Al_2O_3

等轴晶系

【化学组成】化学成份比较纯净，有时含有Fe、Mn、Cr、Ti等杂质。

【物理性质】 Al_2O_3 具有三个或更多的变体。γ-氧化铝加热到1700℃以上即转变为α-氧化铝，且为单向转变，同时体积减小1.43%。γ-氧化铝常呈八面体及粒状、片状颗粒。比重3.47。

【光学性质】薄片无色透明。高正突起，糙面显著。折光率随着 Al_2O_3 的煅烧程度而增大。在正交偏光下均质。

γ-氧化铝的煅烧温度与折光率

煅烧温度 (°C)	150	750	850	890
折光率	1.587	1.635	1.665	1.681

【鉴定特征】根据晶形、突起、均质性鉴别之。

【产出】将水铝矿或一水软铝石在700-900℃以下煅烧，即形成γ-氧化铝。将氢氧化铝沉淀，在925℃加热几小时也可获得γ-氧化铝。瓷土或耐火土在1000℃以下加热，或在轻烧粘土材料中均有γ-氧化铝出现。但在显微镜下很难辨认。

铝酸三钙

$N = 1.710$

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

等轴晶系

【化学组成】

【物理性质】呈菱形十二面体或颗粒状。解理不发育。硬度6。

【光学性质】薄片无色透明，断面呈六边形、长方状。高正突起，糙面显著。正交偏光下全消光。

【鉴定特征】根据晶形、突起、均质性识别之。

【产出】在冶金炉渣、水泥中可以出现。

尖晶石 (Spinel, Шпинель)

$N=1.719-2.12$

$(Mg, Fe, Zn, Mn) O \cdot (Al, Cr, Fe)_2 O_3$

等轴晶系

【化学组成】尖晶石类矿物由于类质同象比较发育，故化学成份也较复杂。其中二价元素可以任何比例混合， Fe^{3+} 仅在一定限度内取代 Al 或 Cr ，而 Al 则以任何比例被 Cr 所取代。尖晶石又可分为铝尖晶石和铬尖晶石两个亚类。

- 铝尖晶石分为：
- (1) 贵尖晶石 $MgO \cdot Al_2O_3$
 - (2) 镁铁尖晶石 $(Mg, Fe) O \cdot (Al, Fe)_2 O_3$
 - (3) 铁尖晶石 $FeO \cdot Al_2O_3$
 - (4) 锌尖晶石 $ZnO \cdot Al_2O_3$
 - (5) 锰尖晶石 $MnO \cdot Al_2O_3$

- 铬尖晶石分为：
- (1) 镁铬尖晶石 $MgO \cdot Cr_2O_3$
 - (2) 镁铬铁矿 $(Mg, Fe) Cr_2O_3$
 - (3) 铬铁矿 $FeO \cdot Cr_2O_3$

【物理性质】尖晶石类矿物晶体呈八面体，其八面体接触双晶也甚常见。通常呈不规则粒状，电熔尖晶石在迅速冷却的条件下，晶面常现环状阶梯状凹下，在一般炉渣中的尖晶石经常见自形的八面体晶体。八面体解理不完全。其颜色、硬度、比重和折光率均随成份而异。

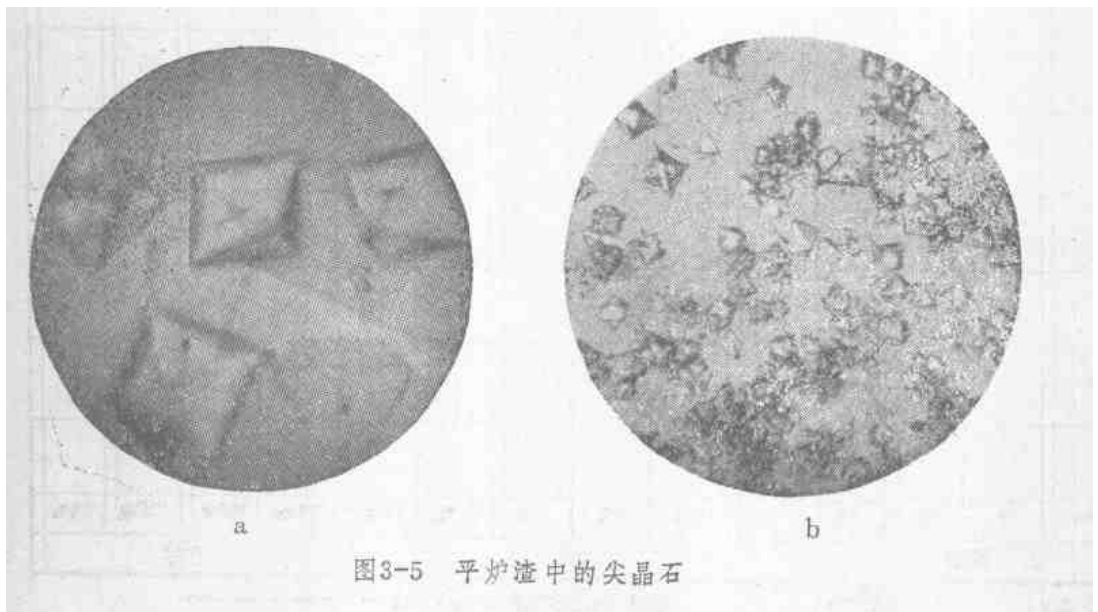


图3-5 平炉渣中的尖晶石

尖晶石类的物理性质

性质 \ 变种	贵尖晶石	镁铁尖晶石	铁尖晶石	铈尖晶石	锰尖晶石	镁铬尖晶石	铬铁矿
颜色	无色、浅红、浅绿、天蓝	绿、褐	黑	绿、黑、蓝	褐、黑	黑	铁黑、褐黑
硬度	8	7.5-8	7.5	7.5	7.5	5.5	5.5
比重	3.58	4.0-4.2	4.39	4.62	4.03	4-4.46	4.0-4.9
折光率	1.715	1.77-1.79	1.83	1.805	1.848	2.00	2.05-2.16
熔点	2135℃	—	1750℃	—	—	>1800℃	>1800℃

【光学性质】薄片贵尖晶石无色、镁铁尖晶石绿色，铁尖晶石深绿色，镁铬尖晶石绿色或微透明的红褐色、黄褐色。铬铁矿几乎不透明，边缘有时微呈红、褐红色。高正突起——极高正突起，糙面非常显著。解理不明显或者没有解理，表面有不规则裂纹。个别变种（贵尖晶石）有微弱的干涉色，可达一级。

【鉴定特征】根据晶形、颜色、高突起、均质性等即可鉴别。其不同种属可根据颜色来区别。尖晶石以其八面体的晶形可与石榴子石区别。与方镁石的区别，在于前者具有解理。铬铁矿的颜色很深，薄片几乎不透明，可与镁铬尖晶石或镁铬铁矿区别。

【产出】人造镁铝尖晶石是由氧化镁或氢氧化镁与烧结氧化铝合成的。一般在1650℃的高温下，经固相反应或完全熔化而获得。

尖晶石也是镁铝砖的重要组组成份。腐蚀后的耐火砖中，常见有无色透明的镁铝尖晶石。尖晶石也是炉渣，特别是高铝炉渣以及高铝水泥中的常见组成。高锰炉渣中常有锰尖晶石出现。



图3-6 炉渣中的锰尖晶石

方镁石 (Periclase, Периклаз)

N = 1.736

MgO
等轴晶系

【化学组成】在成份中常含有少量Fe、Mn、Zn等杂质。富铁的变种称铁方镁石。

【物理性质】常呈立方体、八面体或不规则粒状。立方体解理完全。颜色为白、灰、黄色。比重3.56，硬度5.5，熔点2800℃。

【光学性质】薄片无色透明，随着FeO含量的增高颜色逐渐变深，经常呈黄、褐黄、褐色。当FeO含量为25%时为黄色，50%时为褐色。多呈浑圆颗粒（图3-7）。高正突起。

（100）解理完全，可呈三角形或正方形的解

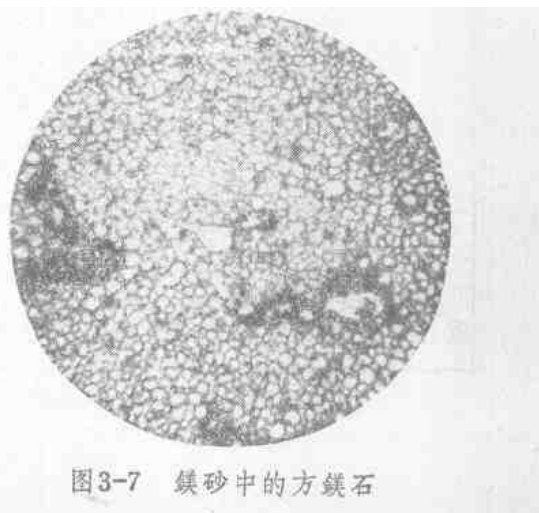


图3-7 镁砂中的方镁石

理裂隙，有时可见一组解理，很多切面也没有解理。正交偏光下全黑，但应注意若薄片很厚，因重迭有非均质矿物，其边缘可出现干涉色。

【鉴定特征】常以晶形、解理突起，均质性识别之。

【产出】方镁石为镁砖、铬镁砖、镁铝砖和镁钙砖等碱性耐火材料的主要组成。在镁橄榄石制品、稳定和半稳定白云石制品以及硅酸盐水泥中也有出现。



图3-8 平炉纯沸腾期渣中的方镁石（白色）

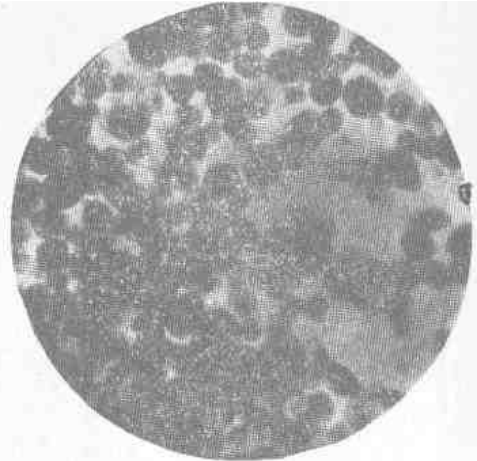
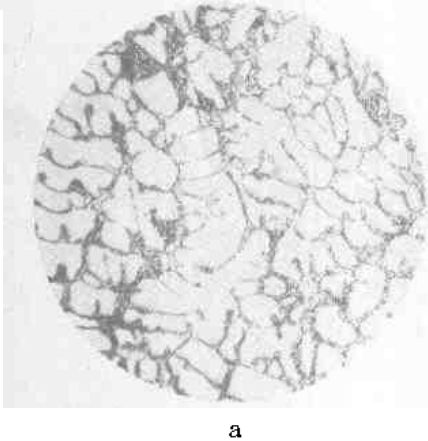
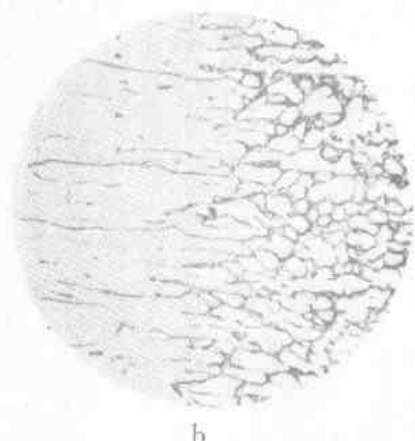


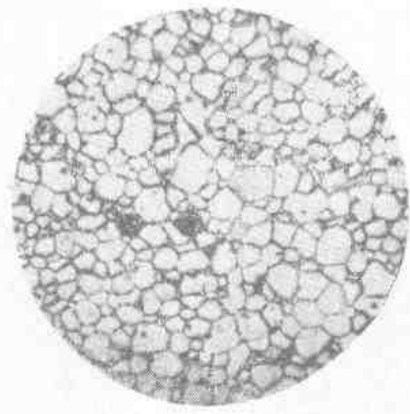
图3-9 平炉炉底中的方镁石（黑色圆粒状）正交偏光



a



b



c

方镁石也是冶金炉渣的常见的组成矿物。

电熔所得的方镁石，晶粒粗大，解理发育，颜色较淡，甚至无色。其熔块分带现象十分明显，第一层的颗粒具有沿边缘产生的不规则裂纹，第二层的晶粒呈明显的拉长现象，第三层为颗粒状。电熔镁石因其解理发育，这样可削弱制品在冷却过程中所产生的应力。制品的热稳定性良好，对碱性炉渣具有良好的抗渣性。而对酸性渣的作用也很缓慢

图3-10 电熔方镁石熔块的分带现象
a. 第一层 b. 第二层 c. 第三层

石榴石类

本类矿物的一般式为 $3A^{2+}O \cdot B_2^{3+}O_3 \cdot 3SiO_2$ 。式中 A^{2+} 经常由 Ca、Mg、Fe、Mn 构成。 B^{3+} 由 Al、Fe³⁺、Cr 以及很少的 Ti 构成。有时 Si 可被少量 P 代替。

本类矿物可分两个系列、六个主要变种：

1. 铁铝石榴石系列：镁铝石榴石、铁铝石榴石、锰铝石榴石。

2. 钙铁石榴石系列：钙铝石榴石、钙铁石榴石、钙铬石榴石。

后三个变种在工艺制品中是可以见到的。

本类矿物的共同特征是在薄片中等轴状，可见自形断面。亦有呈不规则粒状。高正突起。N = 1.8-2.0，均质体。无解理，常有平行 (110) 的裂理。颜色因变种而不同，薄片呈无色、粉、黄或褐色。含 Ca 的石榴石常有异常干涉色及环带构造。

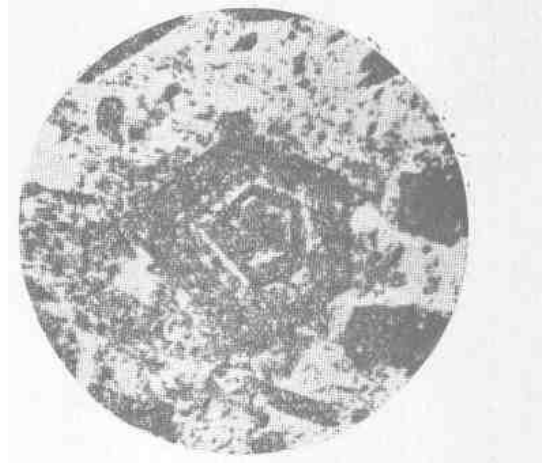
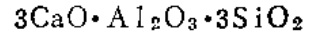


图3-11 石榴石的环带构造

钙铝石榴石 (Crossular, Гроссуляр)

N = 1.734



等轴晶系

【化学组成】常含有 Fe₂O₃ 及 Cr₂O₃ 等，可分别同钙铬石榴石、钙铁石榴石形成连续固溶体。

【物理性质】晶体常呈菱形十二面体，四角三八面体或二者的聚形。通常为等轴粒状。无解理、硬度6比重3.50-3.63，熔度3。800℃以上稳定。

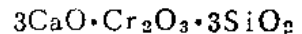
【光学性质】薄片无色，有时带淡褐色，高正突起，糙面显著。正交偏光下只有很小的晶粒表现为完全均质。而较大的晶粒均出现光性异常，双折射率约为0.003，干涉色弱，为一级深灰。这种晶粒也常具有两组互相垂直的聚片双晶。

【鉴定特征】钙铝石榴石的折光率在钙质石榴石系中是最低的，薄片以无色为主，较大的晶粒常有干涉色，也可出现双晶。

【产出】石榴石可见于碱性炉渣浸蚀的高铝砖中。

钙铬石榴石 (Ouvrovite, Уваровит)

N = 1.860



等轴晶系

【化学组成】可与钙铝石榴石构成连续固溶体。

【物理性质】常呈菱形十二面体，四角三八面体或两者的聚形。切面常为多边形。无解理，硬度7.5，比重3.78，熔度7。

【光学性质】薄片为绿色，极高正突起，糙面显著，正交偏光下均质，常有异常干涉色。

【鉴定特征】根据绿色、突起及多边形切面即可识别。

【产出】见于碱性炉渣作用的铬质耐火材料的工作带中。

钙铁榴石 (Andradite, Андрацит)

$N=1.895$



等轴晶系

【化学组成】用钙铝榴石组成连续的固溶体系列。有时可含有较多的Ti，分别称黑榴石(TiO_2 1-5%)，钛榴石(TiO_2 20%±)。

【物理性质】晶体常呈菱形十二面体及等轴粒状。无解理。硬度6.5-7，比重3.83，

【光学性质】薄片通常为褐、黄、红色，如含Ti较多，则为深褐色或深红褐色。甚至透明度很差或不透明。极高正突起，糙面显著。因在800℃以上处于稳定状态，在低温时则处于准稳定状态。所以正交偏光下一般为均质性，但有时有异常干涉色，可达I级灰色。呈非均质性时可见聚片双晶及环带构造。

【鉴定特征】可根据颜色、突起，均质性鉴定之。异常干涉色，双晶和环带构造都可与其他矿物区别。

【产出】偶见于炉渣的矿物中。也见于含有酸性脉石的赤铁矿自溶性烧结矿中。

石灰 (氧化钙) (Lime, Известь)

$N=1.837$



等轴晶系

【化学组成】容易水化形成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

【物理性质】常呈立方体或粒状，立方体解理完全，硬度3.5，比重3.32，熔点2570℃。

【光学性质】薄片无色

(但应注意，若用水磨则易水化，这样石灰的位置则变为黑色洞穴。所以磨片时应用无水酒精磨制)呈颗粒状或圆粒状，具有明显的立方体解理，极高正突起，糙面非常显著。正交偏光下均质。反光下呈褐灰色。

【鉴定特征】根据晶形、解理、突起和均质性鉴定之。

在玻璃载片上放少许新研碎的石灰细粉，加上一滴由50%酚和硝基苯组成的试剂，如有石灰存

在，经3~5分钟之后则出现具有

强双折射率的针状酚酸钙晶体，这种酚酸钙有时呈放射状(图3-13)。

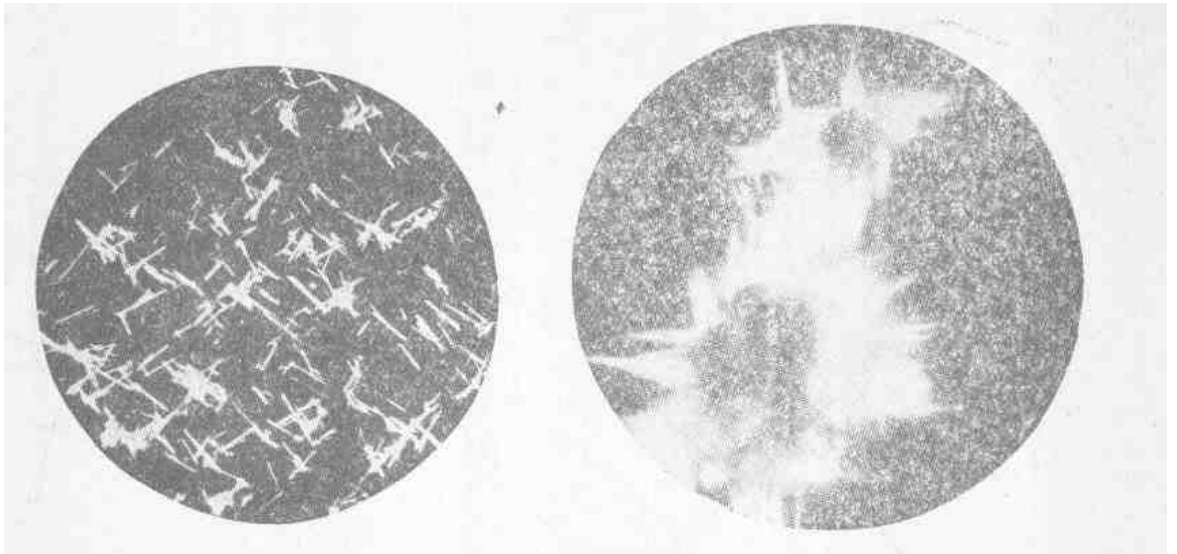
【产出】石灰在水泥、炉渣及白云石质制品中都有出现。分布在水泥熟料中的游离石灰，大多在硅酸三钙与铝酸三钙附近。

石灰也是氧化钙制品的主要组成。氧化钙制品不仅在制造过程中很难烧结，同时制品的大气稳定性也很差，易于水化而使制品碎裂。因此从制团块烧成制品起一直到使用时止都必须保存在无水的介质中。



图3-12 氧化钙制品中的石灰

石灰是很便宜和极易获取的原料，用其制作的坩埚及其它制品又具有非常良好的抗渣性，因此用以熔炼各种有色金属，如铂和铂族金属以及制取纯铀。



a

b

图3-13 草酸钙针状及放射状晶体

褐硫钙石 (Oldhamite, Ольгамит)

$N = 2.137$

CaS
等轴晶系

【化学组成】在空气中迅速氧化。

【物理性质】晶体呈立方体或粒状。立方体解理完全。硬度4。比重2.58。不熔。

【光学性质】薄片无色，有时为浅棕色。极高正突起，糙面非常显著。正交偏光下均质。

【鉴定特征】根据晶形、解理、突起和均质性识别之。

【产出】是炉渣的组成矿物之一，多呈十字形羽毛状骸晶，在钢中夹杂物中也有出现。褐硫钙石也是单晶刚玉的组成之一，填充在刚玉晶粒的间隙之中。

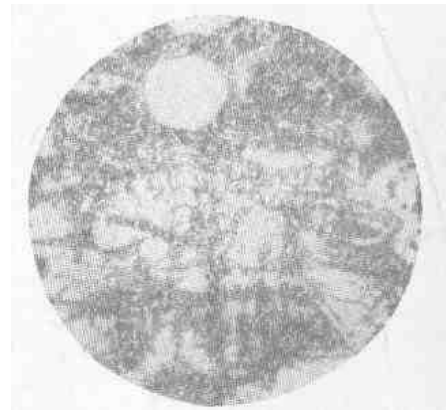


图3-14 高炉渣中的褐硫钙石十字形羽毛状骸晶

方锰矿 (Manganosite, Манганозит)

$N = 2.16$

MnO
等轴晶系

【化学组成】在空气中表面易氧化变为黑锰矿 ($MnO \cdot Mn_2O_3$)

【物理性质】晶体常为八面体，立方体。立方体解理不完全。硬度5.5。比重5.36。熔

度7。

【光学性质】薄片呈翠绿色（反射光下为灰色带浅绿色调，具内反射，尤其在浸油中可见明显的翠绿色）。极高正突起，糙面显著。正交偏光下均质。

【鉴定特征】根据晶形、颜色，均质性识别之。

【产出】

硫化镁

$N = 2.254$

MgS

等轴晶系

【物理性质】晶体为立方体，也呈粒状。立方体解理完全，比重2.84。

【光学性质】薄片无色，极高正突起，糙面非常清楚。正交偏光下均质。

【鉴定特征】根据均质、突起、晶形，解理识别之。

【产出】产自电炉中。

钙钛矿 (Perovskite, перовскит)

$N = 2.30-2.38$

$CaO \cdot TiO_2$

假等轴晶系

(单斜晶系?)

【化学组成】成份中含有少量Fe，有时含Cr和Al。当钙钛矿中的Ca被Ce代替，Ti被Nb代换时，称铈铌钙钛矿。成份中含H₂O可达3.5%，称变铈铌钙钛矿。有时含铌较高(Nb₂O₅可达26.26%)称富铌铈铌钙钛矿。者在薄片透明，红褐色， $N = 2.35$ ；前者在薄片为暗褐色，浅黄绿色。 $N = 2.21-2.24$ 。

【物理性质】晶体为立方体，个体一般较小，在炉渣中经常呈十字形树枝状孪晶。颜色有灰黑、黑、红褐和橙黄色。金刚光泽。立方体解理清楚。硬度5.5-6。比重3.97-4.04。熔



图3-15 高钛炉渣中的钙钛矿和安德石

点1970℃ (1915℃)

【光学性质】薄片为黄色、褐色。透明度差。大颗粒的颜色常具环带分布。多色性弱。极高正突起。正交偏光下，小的晶体全消光，稍大的晶体有光性异常。并呈现聚片双晶，此时 $N_g - N_p = 0.002$ 。正光性， $2V$ 近于90°，反光下具金刚光泽。



炉渣中的钙钛矿

【鉴定特征】 钙钛矿可根据晶形，特别是炉渣中的十字形雏晶，极高突起，颜色和弱的双折射率鉴定之。和金红石区别在于后者具有极大的双折射率，金红色，平行消光，常有膝状双晶等特点。

【产出】 钙钛矿是高钛渣中的组成矿物。在含钒钛磁铁矿焙烧的球团矿中也有出现。

富氏体 (方铁矿) (Wüstite, Вюстит)

$N=2.32$

FeO
等轴晶系

【化学组成】 其化学式有的资料写为 Fe_xO 。可与MgO形成固溶体。

【物理性质】 颜色为黑色。比重5.5。熔点1370℃。

【光学性质】 薄片呈黑色，几乎不透明。因与MgO为完全类质同象，故其折光率具有直线变化。如MgO:FeO=33:67, $N=2.12$ 。MgO:FeO=64:36, $N=1.95$ 。薄片呈常为浑圆状或针状。在光片中反射率与磁铁矿相似，但用1:1HCl浸蚀后，易与磁铁矿区别。

【鉴定特征】 方铁矿在薄片不易鉴定，正确鉴定须在光片中进行。

【产出】 方铁矿在烧结矿和球团矿中都是常见的组成(图3-16)。在炉渣中也可出现。也见于使用后各种炉衬的工作带中。

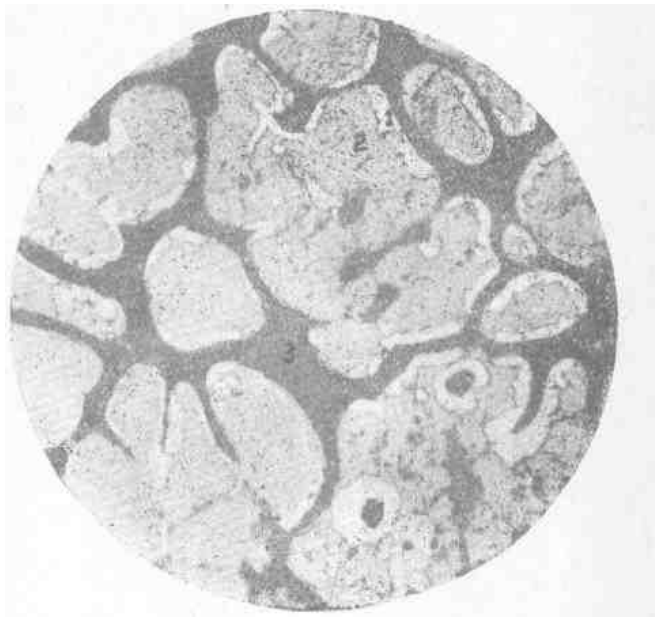


图3-16 烧结矿中的富氏体
1. 磁铁矿 2. 富氏体

铁

$N=2.36$

Fe
等轴晶系

【化学组成】 与Ni容易形成固溶体，含Ni最高可达30%。

【物理性质】 通常呈球粒状，立方体解理可能清楚。硬度4。比重7.87。熔点1535℃，具延展性，具强磁性。

【光学性质】 薄片呈黑色不透明，但是呈圆状或浑圆状。反射光下，反射率 $R=58\%$ (红光)， 59% (橙光)， 64% (绿光)。反射色白色。无内反射，刻划不产生粉末，只形成划痕。

【鉴定特征】 根据圆的球粒状及反光下的特征即可辨认。

【产出】 在各种炉渣及炉衬的工作带中都可出现。

铁酸镁 (镁铁矿) (Magnesiogerrite, Магнезиоферрит)

$N=2.39$

$MgO \cdot Fe_2O_3$
等轴晶系

【化学组成】成份中可含有少量 Fe^{2+} ， Mn 和 Ti 等。

【物理性质】晶体呈八面体，但通常为粒状。无解理，硬度6-6.5，比重4.5，熔点 $1580^{\circ}-1610^{\circ}C$ ，强磁性。

【光学性质】薄片为深红棕色，（反光下观察为灰色，但具有淡棕色色调），极高正突起，糙面清楚。正交偏光下均质。

【鉴定特征】根据颜色，突起和均质性即可辨认。

【产出】铁酸镁系在一般条件下当煅烧镁石时，氧化镁与氧化铁反应而成。铁酸镁在高温下溶解在氧化镁中，当冷却时则析出作为结晶包裹体。从而具有了固溶体分离结构。（图3-17）这种包裹体（图3-18）和结构特点几乎成了耐火材料中方镁石颗粒的常见特征。若急冷却时，铁酸镁则保留在溶液中，并将方镁石染成黄色以至红棕色。同时使方镁石折光率增高。但有时也呈显微骸晶析出，分布在方镁石颗粒之中。若缓慢冷却，铁酸镁在方镁石之中则发育为薄片状，并可显示弱的偏光性。若冷却更慢，则可能生成八面体的骸晶。

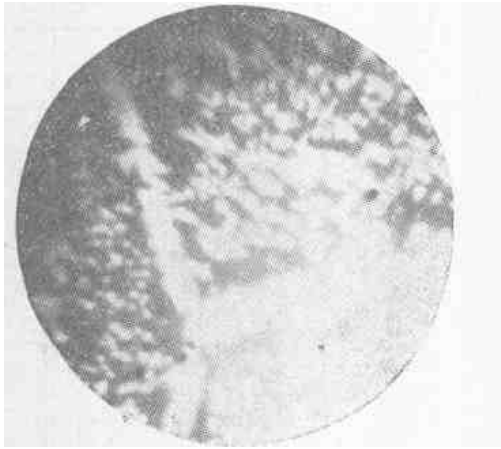


图3-17 从镁石中析出的铁酸镁
反光

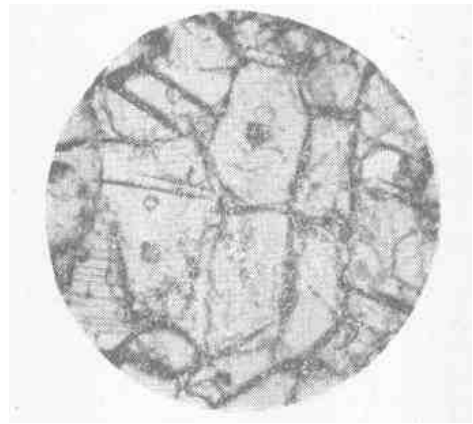
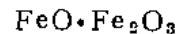


图3-18 方镁石中的铁酸镁包裹体
 $\times 80$

铁酸镁在碱性耐火材料使用后的工作带中甚为常见。在镁砖中铁酸镁也常与铝酸镁形成固溶体。在镁橄榄石砖中，铁酸镁呈不规则粒状分布在橄榄石颗粒的周围。在其使用后的腐蚀砖中也有铁酸镁出现。

磁铁矿 (Magnetite, Магнетит)

$N = 2.42$



等轴晶系

【化学组成】磁铁矿中的 Fe 可部分被 Mg 、 Zn 、 Ni 、 Mn 等所代替。

【物理性质】晶体为八面体或菱形十二面体，通常为颗粒状或不规则状，若呈树枝状则称为柏叶石，这在腐蚀粘土砖中甚为常见。硬度5.5-6.5，比重5.175，熔点 $1590^{\circ}C$ ，具强磁性。

【光学性质】薄片不透明，或近于不透明，极薄的薄片可透过甚少光线。黑色。在反射光下呈金属光泽及淡蓝灰色。如用电灯照明，则呈淡褐黑色。反射率20-21%，粉末颜色为灰黑色。

【鉴定特征】根据晶形，反射率和反射色以及磁性即可认识。

【产出】磁铁矿是主要的铁矿石之一，也是烧结矿和球团矿的主要组成之一。在耐火材