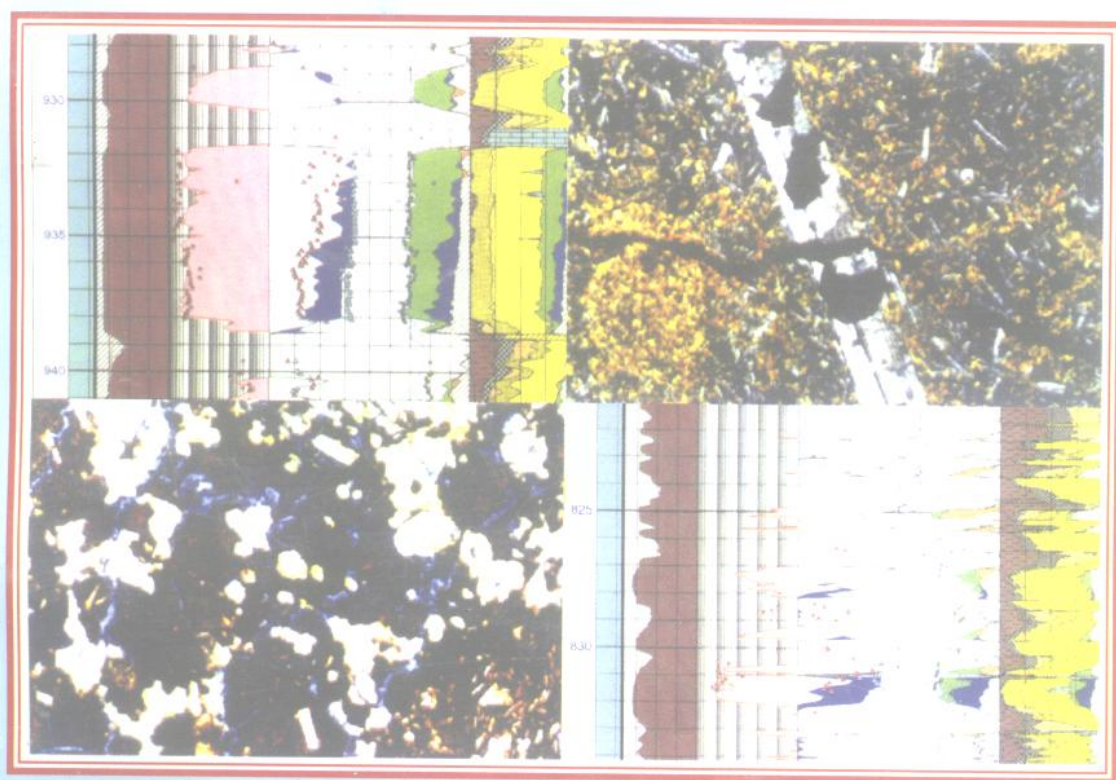


测井解释常用岩石矿物手册

斯仑贝谢测井公司 编
吴庆岩 张爱军 译



石油工业出版社

北京)

81

6

登录号	126228
分类号	TE15 P631.81
种次号	058 054

测井解释常用岩石矿物手册

斯仑贝谢测井公司 编

吴庆岩 张爱军 译
李 坚 校

54/05/21



石油0122220

石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了油气田测井解释中常见岩石和矿物的地球化学性质、物理性质、产状、岩石物理性质、测井参数等。是测井解释工作者和地质工作者一本较好的工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

测井解释常用岩石矿物手册/美国斯仑贝谢测井公司编;
吴庆岩, 张爱军译. —北京: 石油工业出版社, 1998. 12
ISBN 7-5021-2406-3

I. 测…

II. ①美… ②吴… ③张…

III. ①油气测井—岩石—地质测井—手册②油气测井—矿物—
地质解释—手册

IV. TE15-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 24086 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
河北省徐水县照排厂排版
河北省徐水县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 13 印张 336 千字 印 1—1200

1998 年12月北京第 1 版 1998 年12月第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2406-3/TE·1989

定价: 20.00 元

目 录

绪言.....	(1)	硬水铝石	(51)
元素.....	(3)	刚 石	(52)
矿物分类.....	(9)	透辉石	(53)
矿物分论	(13)	白云石	(55)
霓石	(15)	镁电气石	(56)
钠长石	(16)	顽辉石	(57)
铁铝榴石	(18)	绿帘石	(58)
明矾石	(19)	泻利盐	(59)
角闪石	(20)	铁橄榄石	(60)
方沸石	(21)	长 石	(61)
锐钛矿	(22)	铁阳起石	(62)
中长石	(23)	氟磷灰石	(63)
钙铁榴石	(25)	萤 石	(64)
硬石膏	(26)	镁橄榄石	(65)
铁白云石	(27)	方铅矿	(66)
钙长石	(28)	柘榴石	(67)
歪长石	(29)	水铝石	(68)
无烟煤	(30)	钙芒硝	(69)
叶蛇纹石	(31)	针铁矿	(70)
磷灰石	(32)	钙铝榴石	(71)
文 石	(33)	石 膏	(72)
普通辉石	(34)	赤铁矿	(73)
重晶石	(36)	岩 盐	(74)
小氯镁石	(37)	钙铁辉石	(75)
烟煤	(38)	片沸石	(76)
软水铝石	(39)	角闪石	(77)
水镁石	(40)	氢氧磷灰石	(79)
倍长石	(41)	紫苏辉石	(80)
方解石	(43)	钛铁矿	(81)
碳磷灰石	(44)	钾盐镁矾	(82)
光卤石	(45)	六钾霞石	(83)
天青石	(46)	水镁矾	(84)
黄铜矿	(47)	拉长石	(85)
氯磷灰石	(48)	无水钾镁矾	(86)
斜黝帘石	(49)	浊沸石	(87)
方英石	(50)	白榴石	(88)

褐煤	(89)	钾盐	(125)
褐铁矿	(90)	异晶石	(126)
菱镁矿	(91)	水碱	(127)
磁铁矿	(92)	电气石	(128)
白铁矿	(93)	透闪石	(129)
微斜长石	(94)	鳞石英	(130)
独居石	(96)	天然碱	(131)
丝光沸石	(97)	钙铬榴石	(132)
泡碱	(98)	毒重石	(133)
霞石	(99)	硅灰石	(134)
奥长石	(100)	锆石	(135)
橄榄石	(101)	黑云母	(140)
蛋白石	(102)	白云母	(142)
蛋白石-1	(103)	金云母	(144)
蛋白石-2	(104)	海绿石	(146)
蛋白石-3	(105)	鲕绿泥石	(149)
正长石	(106)	绿泥石	(151)
泥 炭	(108)	鳞绿泥石	(152)
钙钛矿	(109)	斜绿泥石	(154)
杂卤石	(110)	伊利石	(156)
黄铁矿	(111)	高岭石族	(158)
镁铝榴石	(112)	高岭石	(159)
辉石	(113)	迪开石	(161)
磁黄铁矿	(114)	埃洛石	(162)
石英	(115)	蒙脱石	(164)
金红石	(116)	识别矿物的主要交会图	(175)
透长石	(117)	岩石分类	(185)
菱铁矿	(118)	岩石分论	(193)
锰铝榴石	(119)	火成岩的主要造岩矿物	(195)
闪锌矿	(120)	沉积岩的主要矿物	(199)
榍石	(121)	页岩成分	(201)
尖晶石	(123)	参考文献	(202)
菱锆矿	(124)		

绪 言

多数矿物没有固定的化学成分。尤其是云母和粘土矿物，其化学成分很不固定。这是因为：(1) 微量元素可置换晶格中的其它元素，特别是当它们的离子结构相似时更容易发生这种置换作用；(2) 离子可能被吸附；(3) 存在包裹体。这些微量元素或杂质对矿物的整体性质有时并无明显的影响，但在某些情况下，很少的微量元素对矿物性质却有很大的影响。例如，稀土元素钆 (Gd) 的热中子俘获截面很大，只要几个毫克每升的钆，就会对热中子吸附作用产生很大的影响。同样，几个毫克每升的钍和铀将对总自然伽马响应产生强烈的影响。少量的钡将会强烈影响岩性密度测井中的岩电吸收截面指数 Pe 值，等等。

这些微量元素或杂质的存在，会使多数矿物的密度和放射性参数发生变化，有时这种变化还是很重要的。所以有必要了解化学成分的变化范围，进而了解测井参数的变化范围，使测井值与当地的或区域的地质数据相一致。

尽管凭经验选取测井参数是司空见惯之事，然而应用矿物的化学及物理参数以及仪器响应方程，远比经验更加正确、更加令人满意。

本手册主要介绍了常见元素的数据，如元素符号、原子序数 Z 、原子量 A 、热中子俘获截面 σ 、离子电荷、离子半径及系数 C ，常见元素及稀有元素的丰度。

随后是矿物的分类，介绍了地壳中已经识别的 2200 种矿物中最常见最重要的 125 种矿物（它们也是丰度最高的矿物）。应该记住，95% 的岩石是由 10 种矿物混合组成的，而 99% 的岩石是由 20 种矿物混合组成的（见参考文献 54）。

最后一部分内容是矿物分述。该部分旨在为测井分析家的日常解释工作提供帮助。他们将针对所用岩石模型中的矿物，选择每种矿物的合理的测井参数。

矿物分述中的每种矿物，其内容是：

- (1) 分类。
- (2) 地球化学数据：
 - ① 通用的理论结构式；
 - ② 有具体化学成份的例式，有的例式还在右上角注明出处；
 - ③ 理论结构式及例式的化学成分；
 - ④ 杂质或微量元素；
 - ⑤ 变种（如果存在）；
 - ⑥ 蚀变；
 - ⑦ 转变（如果发生）；
 - ⑧ 常见伴生矿物。
- (3) 结晶学性质：
 - ① 晶系；
 - ② 单位晶胞参数（仅限于云母和粘土矿物，供计算密度用）。
- (4) 岩石物性：
 - ① 硬度；
 - ② 密度；
 - ③ 阳离子交换能力（仅限粘土矿物）。
- (5) 产状。
- (6) 物理性质。

(7) 测井参数及其变化范围。括号内为建议使用值。核测井数据是依据结构式, 用 SNUPAR 程序 (斯仑贝谢核参数程序) 计算得到的。

应用 SNUPAR 程序重新计算该参数时, 岩石的化学成分及杂质或微量元素的信息是有用的。它将使测井分析家了解所用微量元素的范围, 这也有助于地球化学测井 (GLT) 资料的解释工作。

由于云母和粘土化学成分变化较大, 所以专门做了介绍。这里转载了不同研究人员的研究成果。Serra 和 Hertzog 的研究成果是针对湿粘土矿物取得的, 可以看出它们的化学成分十分相似。因此通过 SNUPAR 程序计算出的测井响应, 代表了这些湿粘土。但是他们并未考虑可能存在的中子吸收的影响, 如钆、硼、钐等。GFOCHM 中的数据, 是针对干粘土取得的。

由于钍、铀及钾对自然伽马有影响, 而且是用自然伽马能谱 (NGS) 仪 (NGT) 测出的, 所以用专门的表格列出了含有这些元素的矿物。

交会图上的数据可确定基本矿物 (参见书末的交会图)。对于粘土和云母, 椭圆内代表某一专门矿物, 根据统计分析的结果, 该矿物的数据点一定落在该面积内, 离平均值很远的点就舍掉了。

分析交会图时, 必须定出矿物在交会图中的位置。根据距该矿物理论位置的远近, 确定是否存在该矿物。但是不要忘记也有相当数量的其它矿物存在, 这样将使测井值向交会图的左方移动 (即 Ca、Fe 或 K 元素的影响, 将使 Al—Si 交会图中的点向左或左下方移动)。

给出了矿物的密度变化范围及其出处 (见右上角的数字)。黑体字是斯仑贝谢公司 “技术评论” (1988 年 1 月号) 杂志提供的数据。

“伴生矿物” 及 “产状” 将向测井分析家提供以下信息: 地壳中丰度最高、最常见的矿物; 这些矿物所占的最大百分含量; 最常见的伴生矿物及其共生性 (例如石英与霞石从不共生)。这部分资料按岩石类型介绍 (火成岩、沉积岩或变质岩)。

本手册也收录了岩石资料, 它将提供构成岩石的主要矿物以及影响测井响应的副矿物方面的参考资料。应用 ELAN 程序做定量解释时, 测井分析家可用这些参考资料比较精确地选择矿物模型。所谓主要矿物是指它的含量在 10% 以上, 次要矿物是指含量在 2% ~ 10% 的矿物, 副矿物是指岩石含量较低的矿物, 一般在 2% 以下。

本手册亦是理论电性——岩相数据的核心, 用其可控制电性显示。只要化学成分或矿物成分已知, 并与实际测井响应做了对比, 则借助 SNUPAR 程序可确定任何类型岩石的测井响应。

除了业已证实和公认的数据外, 电性——岩相数据已不再是经验性的了。如果需要, 根据本地区的具体情况, 通过增加某些影响测井响应 (如钍和 (或) 铀的含量、 P_e 值及密度值、热中子孔隙度等) 的元素 (如钆、硼、钍等) 或矿物 (如锆石、独居石、黄铁矿等), 可对本手册数据做局部修改。

元 素

常见元素在地壳中的相对丰度
(火成岩和沉积岩)

元素	质量 ^[55] %	质量 ^[58] %	原子 %	体积 %	原子半径 $\times 10^{-10}\text{m}$
O	46.71	46	60.5	94.24	1.40
Si	27.69	28	20.5	0.51	0.36
Al	8.07	8	6.2	0.03	0.56
Fe	5.05	6	1.9	0.44	0.70
Ca	3.65	2.4	1.9	0.28	0.65
Na	2.75	2.1	2.5	1.04	0.99
K	2.58	2.3	1.4	1.21	0.95
Mg	2.08	4	1.8	0.37	0.70
Ti	0.62		0.3	1.88	1.33

据参考文献 55 和 58。

沉积岩中稀有元素的平均浓度

元素名称	符号	浓度 ^[2] , g/t	浓度 ^[53] , mg/l
铈	Ce	67	46
钇	Y	33	28
钕	Nd	28	24
镧	La	25	18.3
钍	Th	9.6	11.5
锆	Ge	1.5	7
钐	Sm	7.3	6.47
钆	Gd	7.3	6.36
铍	Be	6	6
镨	Pr	6.5	5.53
钪	Sc	22	5
镝	Dy	5.2	4.47
硼	B	10	3
铀	U	2.7	1—3
铒	Er	2.8	2.47
铕	Eu	1.2	1.06
铽	Tb	1.1	0.91
镱	Lu	0.8	0.75
铥	Tm	0.25	0.2

据参考文献 2 及 53。

钆、钐和硼的热中子截面值高，因而会影响 σ 值及热中子孔隙度响应。

钆发现于硅铍钇矿、独居石及氟碳铈矿之中，存在于伟晶岩中。钆及钐在沉积岩中的浓度几乎相等。地球化学测井测量稀土元素，在钆测井响应中，钆的影响占 80%，钐占 20%。

硼存在于某些矿物中，如电气石和斧石，亦存在于硼酸盐中，如方硼石、硬硼钙石及硼砂。这些矿物见于碱性湖泥质沉积中，并与蒸发矿物如石膏、硬石膏、岩盐、光卤石、钾盐镁矾、天然碱、无水芒硝、钙芒硝等伴生。粘土矿物也可吸附硼（参考文献 22）。在这种情况下，硼经历三个阶段而被混入碎屑粘土矿物之中：（1）吸附在粘土矿物的絮片体上；（2）可能是絮片体边缘静电束缚作用所致，硼开始固定在絮片上；（3）随后混入粘土矿物的结构之中，可能进入四面体层置换硅（参考文献 22）。置换的程度主要取决于硼在水中的矿化度，而粘土在水中为原生沉积物。硼被认为是古矿化度的指示剂（参考文献 67、22）。事实上，硼在海水中的浓度随海水矿化度的不同而变化。Hingston（参考文献 22）指出，对一定的表面积，伊利石固定硼的能力最强，高岭石次之，蒙脱石最差。据

Couch 和 Gnim 报道（参考文献 22），某一特定粘土矿物的比表面积，是控制硼固定能力的主要因素。伊利石含硼最多（直至 500mg/l），高岭石最少（平均 60mg/l）。蒙脱石（可能还有绿泥石）处于中间（参考文献 22）。海水沉积的伊利石平均含硼 450mg/l，丰咸水沉积的伊利石约含硼 125mg/l，淡水沉积的伊利石约含硼 80mg/l。硼在结晶程度不好的粘土中的丰度比在同类型结晶程度好的粘土中要高（参考文献 22）。

尼日尔三角洲中的淡水粘土（实际是高岭石）约含 35mg/l 硼，而海水粘土（高岭石及 30% ~ 40% 的伊利石—蒙脱石）约含 160mg/l 硼（Porren-ga，参考文献 22）。

钍及铀，即使含量很少，也会影响自然伽马响应。含钍母岩都是富硅质的酸性火成岩，钍在其中以几种矿物存在。钍的氧化程度很稳定。它的所有化合物都是不溶于水的。钍是碎屑原生物质的指示剂。页岩中钍的含量为 8~20mg/l，平均 12mg/l。铀存在于碎屑矿物中，但亦能被粘土所吸附或在还原环境下沉淀为沥青铀矿，或者含铀地层中的流体在流过地层时沉淀而成（详见参考文献 60）。

元 素 数 据 表

元素名称	符号	Z	A	热中子俘获截面 b	离子电荷	离子半径 10^{-10}m	$C = 2Z/A$
氢	H	1	1.0080	0.33200	+1	0.01	1.98413
氦	He	2	4.0026	≥ 0.00700			0.99935
锂	Li	3	6.9410	71.00000	+1	0.68	0.86443
铍	Be	4	9.0122	9.20000	+2	0.35	0.88769
硼	B	5	10.8110	759.00000	+3	0.23	0.92498
碳	C	6	12.0112	0.00340	+4	0.16	0.99907
氮	N	7	14.0067	0.00000	+5, -3	0.13, 1.71	0.99952
氧	O	8	16.0000	0.00027	-2	1.32	1.00000
氟	F	9	18.9984	0.00980	-1	1.33	0.94745
钠	Na	11	22.9898	0.53000	+1	0.97	0.95695
镁	Mg	12	24.3120	0.06300	+2	0.66	0.98717
铝	Al	13	26.9815	0.23000	+3	0.51	0.96362
硅	Si	14	28.0860	0.16000	+4	0.42	0.99694
磷	P	15	30.9738	0.01900	+5	0.35	0.96856
硫	S	16	32.0640	0.52000	-2, +6	1.84, 0.3	0.99800

续表

元素 名称	符 号	Z	A	热中子 俘获截面 b	离子电荷	离子半径 10^{-10}m	$C = 2Z/A$
氯	Cl	17	35.4530	33.20000	-1	1.81	0.95902
钾	K	19	39.0983	2.10000	+1	1.33	0.97191
钙	Ca	20	40.0800	0.43000	+2	0.99	0.99800
钛	Ti	22	47.9000	6.41000	+4	0.68	0.91858
钒	V	23	50.9417	5.06000	+4, +2	0.63, 0.88	0.90299
铬	Cr	24	51.9960	3.10000	+3	0.63	0.92315
锰	Mn	25	54.9380	13.30000	+4, +2	0.6, 0.8	0.91012
铁	Fe	26	55.8470	2.56000	+2, +3	0.74, 0.64	0.93112
钴	Co	27	58.9332	37.50000	+2, +3	0.72, 0.63	0.91629
镍	Ni	28	58.7100	4.54000	+2	0.69	0.95384
铜	Cu	29	63.5400	3.81000	+2, +1	0.72, 0.96	0.91281
锌	Zn	30	65.3700	1.10000	+2	0.74	0.91785
溴	Br	35	79.9090	6.8000	-1	1.96	0.87599
锶	Sr	38	87.6200	1.21000	+2	1.12	0.86738
锆	Zr	40	91.2200	0.18200	+4	0.79	0.87700
铌	Nb	41	92.9060	0.15000	+5, +4	0.69, 0.74	0.88261
钼	Mo	42	95.9400	2.6500	+6, +4	0.62, 0.70	0.87555
银	Ag	47	107.8700	63.8000	+2, +1	0.89, 1.26	0.87142
镉	Cd	48	112.4000	2450.000	+2	0.97	0.85409
锡	Sn	50	118.6900	0.63000	+4	0.71	0.84253
钡	Ba	56	137.3400	1.20000	+2	1.34	0.81549
镧	La	57	138.9100	8.900	+3	1.02	0.82068
铈	Ce	58	140.1200	0.730	+3	1.03	0.82786
钐	Sm	62	150.3500	5820.000	+3	0.96	0.82474
铕	Eu	63	151.9600	4100.000	+3, +2	0.95, 1.09	0.82917
钆	Gd	64	157.2500	49000.000	+3	0.94	0.81399
钽	Ta	73	180.9480	22.000	+5	0.68	0.80686
钨	W	74	183.8500	18.500	+6	0.62	0.80500
铅	Pb	82	207.2000	0.18800	+2	1.2	0.79151
钍	Th	90	232.0382	7.40000	+4	1.02	0.77573
铀	U	92	238.0508	2.72000	+4, +6	0.94, 0.80	0.77294

化学换算系数

从已知氧化物的质量百分比 得到元素的质量百分比	换算系数	从已知元素的质量百分比 得到元素的质量百分比	换算系数
$\text{SiO}_2 \sim \text{Si}$	0.46743	$\text{Si} \sim \text{SiO}_2$	2.13935
$\text{TiO}_2 \sim \text{Ti}$	0.59950	$\text{Ti} \sim \text{TiO}_2$	1.66806
$\text{Al}_2\text{O}_3 \sim \text{Al}$	0.52924	$\text{Al} \sim \text{Al}_2\text{O}_3$	1.88950
$\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim \text{Fe}$	0.69943	$\text{Fe} \sim \text{Fe}_2\text{O}_3$	1.42973
$\text{FeO} \sim \text{Fe}$	0.77730	$\text{Fe} \sim \text{FeO}$	1.28650
$\text{Mn}_2\text{O}_3 \sim \text{Mn}$	0.69596	$\text{Mn} \sim \text{Mn}_2\text{O}_3$	1.43686
$\text{MnO} \sim \text{Mn}$	0.77445	$\text{Mn} \sim \text{MnO}$	1.29124
$\text{Cr}_2\text{O}_3 \sim \text{Cr}$	0.68419	$\text{Cr} \sim \text{Cr}_2\text{O}_3$	1.46158
$\text{MgO} \sim \text{Mg}$	0.60309	$\text{Mg} \sim \text{MgO}$	1.65813
$\text{CaO} \sim \text{Ca}$	0.71469	$\text{Ca} \sim \text{CaO}$	1.39921
$\text{ZnO} \sim \text{Zn}$	0.80336	$\text{Zn} \sim \text{ZnO}$	1.24477
$\text{SrO} \sim \text{Sr}$	0.84559	$\text{Sr} \sim \text{SrO}$	1.18260
$\text{Na}_2\text{O} \sim \text{Na}$	0.74185	$\text{Na} \sim \text{Na}_2\text{O}$	1.34798
$\text{K}_2\text{O} \sim \text{K}$	0.83014	$\text{K} \sim \text{K}_2\text{O}$	1.20462
$\text{P}_2\text{O}_5 \sim \text{P}$	0.43641	$\text{P} \sim \text{P}_2\text{O}_5$	2.29142
$\text{SO}_3 \sim \text{S}$	0.40048	$\text{S} \sim \text{SO}_3$	2.49700
$\text{SO}_2 \sim \text{S}$	0.50049	$\text{S} \sim \text{SO}_2$	1.99804
$\text{H}_2\text{O} \sim \text{H}$	0.11190	$\text{H} \sim \text{H}_2\text{O}$	8.93675
$\text{CO}_2 \sim \text{C}$	0.27291	$\text{C} \sim \text{CO}_2$	3.66421

应用举例：若已知 SiO_2 在某岩石中质量百分比为 25%，则可求出 Si 在该岩石中的质量百分比为 $25\% \times 0.46743 = 11.68575\%$ ；若已知 Si 在某岩石中的质量百分比为 18%，则可求出 SiO_2 在该岩石中的质量百分比为 $18\% \times 2.13935 = 38.5\%$ 。

矿物分类

矿物的化学分类^[58]

分 类	定义的阴离子	举 例
天然元素	无带电离子	铜: Cu
硫化物和类似化合物	S^{2-} 和类似的阴离子	黄铁矿: FeS_2
氧化物	O^{2-}	赤铁矿: Fe_2O_3
氢氧化物	$(OH)^-$	水镁石: $Mg(OH)_2$
卤化物	Cl^- , F^- , Br^- , I^-	岩盐: NaCl
碳酸盐和类似化合物	CO_3^{2-}	方解石: $CaCO_3$
硫酸盐和类似化合物	SO_4^{2-} 和类似的阴离子	重晶石: $BaSO_4$
磷酸盐和类似化合物	PO_4^{3-} 和类似的阴离子	磷灰石: $Ca_5F(PO_4)_3$
硅酸盐	SiO_3^{2-}	辉石: $MgSiO_3$

硅酸盐

岛状硅酸盐 (原硅酸盐)

橄榄石族: 橄榄石 (贵橄榄石), 镁橄榄石, 铁橄榄石。

石榴石族: 钙铝榴石, 钙铁榴石, 镁铝榴石, 铁铝榴石, 锰铝榴石, 钙铬榴石。

硅镁石族: 锆石, 榍石。

双岛状硅酸盐 (环状硅酸盐)。

绿帘石族: 黝帘石, 绿帘石, 褐帘石。

环状硅酸盐

镁电气石, 电气石, 绿柱石, 堇青石。

链状硅酸盐

辉石族

正辉石亚族: 顽辉石, 古铜辉石, 紫苏辉石, 斜方铁辉石。

斜辉石亚族: 透辉石, 钙铁辉石, 普通辉石, 霓石。

角闪石族: 透闪石, 铁阳起石, 角闪石。

架状硅酸盐

长石族

碱性^①长石亚族: 透长石, 正长石, 微斜长石, 歪长石。

斜长石亚族: 钠长石, 奥长石, 中长石, 拉长石, 倍长石, 钙长石。

副长石族: 白榴石, 霞石, 原钾霞石。

沸石族: 方沸石, 片沸石, 丝光沸石, 浊沸后。

氧化硅矿物: 石英, 方石英, 鳞石英, 蛋白石。

层状硅酸盐

云母族: 白云母, 绢云母, 锂云母, 黑云母, 金云母。

绿泥石族: 绿泥石, 鲕绿泥石。

粘土矿物

高岭石亚族: 高岭石, 迪开石, 珍珠石, 埃洛石。

蒙脱石亚族: 蒙脱石, 贝得石, 绿脱石, 皂石。

伊利石族: 伊利石, 海绿石。

蛭石族: 蛭石。

碳酸盐

文石, 方解石, 白云石, 铁白云石, 菱铁矿, 菱镁矿, 菱锆矿。

含水碳酸盐: 水碱, 泡碱, 天然碱

蒸发盐

硫酸盐

非放射性硫酸盐: 硬石膏, 天青石, 重晶石, 钙芒硝。

含水硫酸盐: 石膏, 水镁矾, 泻盐。

放射性硫酸盐: 无水钾镁矾。

含水硫酸盐: 杂卤石。

卤化物

萤石。

非放射性氯化物: 岩盐

含水氯化物: 溢晶石, 水氯镁石。

放射性氯化物: 钾石盐。

① 含碱性金属 (第一组)。

含水氯化物：光卤石。

氯化物与硫酸盐混合物

放射性混合物：钾盐镁矾。

氧化物

赤铁矿，金红石，磁铁矿，钛铁矿。

氢氧化物

软水铝石，硬水铝石，三水铝石，针铁矿，褐铁矿。

磷酸盐

磷灰石族：羟磷灰石，氯磷灰石，氟磷灰石，

碳磷灰石。

独居石族：独居石。

硫化物

黄铁矿，磁黄铁矿，黄铜矿，白铁矿，闪锌矿，方铅矿。

其它

元素：硫岩，铜，金。

有机物：无烟煤，煤，烟煤，褐煤，泥煤，油母岩，沥青。

流体：石油，天然气，纯水，盐水。