

中国宝石级钠柱石矿床的 地质概况及其矿物学、宝石学特征

曹亚文

(地质矿产部矿床地质研究所, 北京 100037)

主题词 钠柱石 宝石 矿物学 新疆

提 要 中国已知的宝石级钠柱石矿床仅有一处,位于新疆阿克陶县苏巴什达坂北其依达克附近。构造上属于中帕米尔褶皱带。该矿床沿构造破碎带呈脉状产出元古界石榴黑云斜长片麻岩中。构造破碎带的岩石具有明显的对称分带性:破碎带的中心为钠柱石矿体,向两侧依次为楣石透辉石长英岩带、黑云母钠长岩带,并逐渐过渡为围岩。钠柱石矿的成因类型为沿构造破碎带产出的热液交代脉型。钠柱石多与钠长石一同产出,呈四方柱状;浅紫—深紫色;透明—半透明;折射率: $N_o = 1.541$, $N_e = 1.537$;实测比重 $D_m = 2.561 \text{ g/cm}^3$;硬度 $H_M = 5.5-6$ 。利用化学分析和电子探针测定,其成分范围为 $\text{Ma}_{93.5-91.9} \text{Me}_{6.5-8.1}$,该成分相当罕见。X射线粉晶衍射分析结果显示该矿床中的钠柱石为四方晶系;空间群 $I4/m$;晶胞参数 $a_0 = 12.0(3) \text{ \AA}$, $c_0 = 7.53(4) \text{ \AA}$, $Z = 2$ 。经加工试验,该矿床中的钠柱石既可加工成刻面宝石,亦可加工为带有明显猫眼效应的弧面宝石。原石残缺部分较少时,出成率可高达30%以上。

1 引 言

钠柱石(marialite)是方柱石族矿物的钠端员矿物。方柱石(scapolite)是指含有 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 和其他阴离子的四方铝硅酸盐矿物族,其基本阳离子除 Al、Si 外,主要为 Ca 和 $\text{Na}^{[1]}$,因此,从成分上讲,方柱石族矿物通常被看作是端员 $\text{Na}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_3 \text{Cl}$ (钠柱石 = Ma)和 $\text{Ca}_4[\text{AlSi}_3\text{O}_8]_3 \text{CO}_3$ (钙柱石(meionite) = Me)的连续固溶体系列^[2-4]。依成分中 Ma 与 Me 的比例关系,方柱石族矿物分别被命名为钠柱石、针柱石(dipyre)、中柱石(mizzonite)和钙柱石四个矿物种^[5,6,1]。

钠柱石这一矿物名称是 G. von Rath 于 1866 年以他夫人 Maria Rosa 的名字命名的,用以代表产出于 Naples 附近 Pianura 的钠质矿物^[1]。由于以往对方柱石族矿物的种名、族名使用相当混乱,1987 年国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会公布了该族矿物的命名方案^[6],在该方案中,钠柱石依然作为矿物种名,但未给出具体的成分范围。通常将钠柱石的成分范围确定为: $\text{Ma} = 100\% - 80\%$, $\text{Me} = 0\% - 20\%$ ^[5,1,4]。虽然宝石界有些人将钠柱石的成分范围扩大到 $\text{Ma} = 100\% - 50\%$ ^[7],但地质学家和矿物学家基本上不使用这种定义。

方柱石族矿物是常见的造岩矿物,自然界产出者多为针柱石、中柱石及钙柱石。纯的钠柱石在自然界中尚无产出,即使是 $\text{Ma} > 80\%$ 的钠柱石在自然界中也十分罕见^[1,8]。作者在工作中发现,新疆产出的宝石级钠柱石之 $\text{Ma} > 90\%$, 非常独特。

位于新疆阿克陶县苏巴什达坂北其依达克附近的宝石级钠柱石矿床,是我国目前已知的唯一一处宝石级钠柱石矿床。该矿床发现年代不详,在新疆地质矿产局喀什第二地质大队 1985 年所编的与本区有关的矿产图中仍未标出该矿床。根据来自矿区牧民所提供的零星信息看,该矿床可能发现于 1985—1990 年间,喀什第二地质大队(?)曾作过一些工作,但未见文字记载。在 1992 年出版的《中国宝石》第 1 期中,对该矿床有一简要报导^[9],认为其成因是矽卡岩型,宝石矿物为方柱石,并对其宝石学特征作过一些研究。笔者对该矿床进行了实地考察、观测和室内研究工作,首次确定该矿床之宝石级方柱石矿物为钠柱石,成因为沿构造破碎带产出的热液交代脉型,矿区不存在矽卡岩。

2 地质特征

2.1 矿体产状

在大地构造位置上,该矿床位于中帕米尔褶皱带。矿区地层为元古界(未分),其主要岩性为石榴黑云斜长片麻岩。矿体呈脉状沿一构造破碎带展布。该构造破碎带之产状为:走向 $\text{NW}20^\circ$,直立,横切元古界地层之片麻理。矿体产状与构造破碎带一致,并严格受其控制。在地表,矿体仅有零星露头,多呈不规则状及透镜状,一般宽 1—2m,长 3—4m 左右。沿矿体所处的构造破碎带,岩石有明显的蚀变,蚀变带宽 2.5—6m(也基本代表构造破碎带的宽度),在地表断续延展约 200m。

2.2 矿体及围岩的岩石学与矿物学特征

如前所述,钠柱石矿体沿一构造破碎带分布。在该构造破碎带中,岩石有明显的对称分带性,自中心向两侧依次为:(1) 钠柱石矿体带;(2) 榍石透辉石长英岩带;(3) 黑云母钠长岩带;(4) 围岩——石榴黑云斜长片麻岩(图 1)。

(1) 钠柱石矿体带 岩性为含钠柱石钠长岩。青灰色,粗晶-伟晶状结构,有时具有角砾状构造,角砾为蚀变的石榴黑云斜长片麻岩。在镜下,见岩石具不等粒半自形-自形嵌晶结构。其主要矿物及特征如下:

钠柱石 在手标本上呈紫色—粉紫色,四方柱状,极易识别。经常集中出现,与钠长石嵌生。含量 5% 左右。

钠长石 自形一半自形,低负突起,Ⅰ级灰黄干涉色,可见聚片双晶。成分见表 1 内 SF-4 样品,端员组成为 $\text{Ab}_{96}\text{An}_3\text{Or}_1$,系较纯的钠长石。有两种粒径:一为 0.5mm 左右,另一为 2—5mm,后者常为斑晶,并常与前者构成条带。钠长石在手标本上呈淡淡的青色,易于辨认。其含量为 80% 左右。

石英 手标本上为无色、透明、油脂光泽,常呈条带状分布于岩石中,条带宽 2—3mm。镜下见其呈半自形—他形,与钠长石嵌生,以低正突起、一轴晶正光性等特征易与其他矿物区别。有的颗粒具波状消光现象。粒径 1—3mm。含量 5%—15%。在岩石中,石英条带中无钠柱石,钠柱石颗粒附近亦无石英。

该岩石的次生变化有碳酸盐化、水云母化及粘土化,主要表现为方解石、水云母及粘土

矿物交代钠长石。钠长石被交代之后,岩石变为疏松状。笔者用电子探针分析了水云母的成分(表1内SBF-1样品),其分子式为: $(K_{0.77}, Na_{0.01})_{\Sigma 0.78} Al_2 [(Al_{0.22} Si_{2.65})_{\Sigma 2.87} O_{10} (OH)_{3.76}]$ 。水云母经常以放射状集合体产出。该岩带宽1—2m左右。

(2) 榴石透辉石长英岩带 带宽1—5m,灰白色,其中分布有一些墨绿色团块(不规则状,2×5cm左右)。岩石具不等粒半自形—自形嵌晶结构。其主要矿物及特征为:钠长石 自形一半自形,特征与钠柱石矿体中者相同,唯粒径较小,约1mm左右。镜下见其中常包裹有细小的黑云母。含量50%左右。成分见表1内SF-3样品。

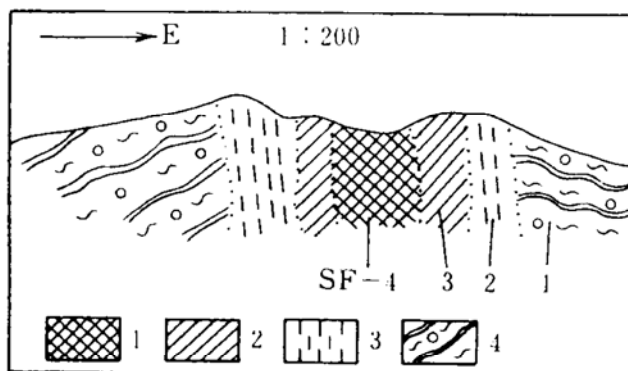


图1 新疆钠柱石矿点剖面图

Fig. 1 Geological section of the marialite deposit in Xinjiang

1—钠柱石矿体;2—榴石透辉石长英岩;3—黑云母钠长岩;
4—石榴黑云斜长片麻岩

石英 他形,与钠长石嵌生,粒径0.5—1mm,含量20%左右。

透辉石 四方柱状,多集中分布,在岩石中形成墨绿色团块。单晶体大者直径可达1cm以上,但透明度极差,无宝石价值。薄片呈极淡的褐色,多色性很弱,高正突起,可见两组近于垂直的解理。Ⅱ级蓝干涉色,斜消光,消光角40°左右。成分见表1内SF-3样品,其分子式为: $(Mg_{0.86} Ca_{0.83} Fe_{0.14} Na_{0.12})_{\Sigma 1.95} [(Si_{2.05} Al_{0.02})_{\Sigma 2.07} O_6]$,系含少量铁的透辉石。透辉石常有次生变化,变为阳起石,并环绕透辉石分布。阳起石的成分亦列于表1,其分子式为: $(Ca_{1.77} Na_{0.35})_{\Sigma 2.12} (Mg_{3.83} Fe_{0.88} Mn_{0.01} Ti_{0.01})_{\Sigma 4.73} [Si_{7.47} Al_{0.29}]_{\Sigma 7.76} O_{22} (OH)_2$,为成分非常接近透闪石的阳起石。透辉石的含量(包括次生的阳起石)为20%—30%。

榴石 手标本上呈深黄—浅黄色,玻璃光泽;粒径一般为3—5mm,大者可达2—3cm;自形一半自形;多有裂纹,呈半透明状,有可能作为宝石使用。薄片见其多分布于钠长石晶粒间,以高突起、粗糙面、高级白干涉色等特征而易于识别。成分见表1,其分子式为: $Ca_{1.03} (Ti_{0.96} Fe_{0.01})_{\Sigma 0.97} (Si_{0.98} Al_{0.03})_{\Sigma 1.01} O_5$ 。X射线粉晶衍射分析得其晶胞参数:单斜晶系, $a_0 = 7.06$, $b_0 = 8.702$, $c_0 = 6.556 \text{ \AA}$, $\beta = 113.9^\circ$ 。实测比重 $D_m = 352 \text{ g/cm}^3$; 硬度 $H_M = 5$ 。含量3%—5%。

岩石之副矿物有:①电气石 自形柱状,直径1—2mm。薄片多色性明显,c轴垂直下偏光时呈深绿色,平行下偏光时呈淡绿色。与钠长石嵌生;成分见表1。含量<1%。②磷灰石 浑圆状,分布于钠长石中,有铁染现象,可能是围岩的交代残余,粒径0.1—0.2mm,成分见表1。

岩石的次生变化有,方解石充填于钠长石粒间或其裂隙中,可能系成岩期后的产物。

(3) 黑云母钠长岩带 土黄色,宽1m左右。在野外,清楚可见该带是(2)带与围岩(元古界地层)的过渡带,靠近围岩一侧有较多的围岩特征。岩石具条带状构造,手标本上见黑云母相对集中分布而呈2—3mm宽的深色细条带,似乎由剪切构造作用造成。薄片见

表 1 钠柱石矿床中矿物的化学成分
Chemical composition of minerals from the Marialite

样品号	位置或岩石	矿 物	分 析 结 果 (wt %)														
			Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO	F	P ₂ O ₅	H ₂ O'	Cl	总和
SFH-1'	钠柱石矿体中心	钠柱石	11.60	<0.05	18.94	62.09	1.20	1.81	<0.01	S=0.03	0.02	0.09	< 0.1	< 0.1	0.27	4.10	100.22
SBF-0"	钠柱石矿体中心	钠柱石	11.37	0.03	18.98	60.51	1.88	2.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		(5.18)	100.00
SF-4	钠柱石矿体中心	钠长石	11.11	0.07	19.48	68.60	0.22	0.58	0.00	0.04	0.00	0.17		0.00			100.28
SBF-1"	钠柱石矿体中心	水云母	0.12	0.51	32.45	45.73	10.47	0.01	0.06	0.06	0.00	0.86					90.27
SF-3	榴石透辉石长英岩带	钠长石	11.19	0.00	18.73	67.95	0.29	0.72	0.05	0.00	0.05	0.20	0.00	0.00			99.20
SF-3	榴石透辉石长英岩带	阳起石	1.34	18.86	1.85	55.27	0.33	12.24	0.08	0.15	0.11	7.76	0.00	0.00			98.00
SF-3	榴石透辉石长英岩带	透辉石	1.66	15.75	0.36	56.26	0.02	21.21	0.00	0.17	0.00	4.48	0.00	0.00			100.01
SF-3	榴石透辉石长英岩带	磷灰石	0.13	0.00	0.02	0.00	0.00	55.72	0.00	0.00	0.00	0.12		42.44			98.43
SF-3	榴石透辉石长英岩带	电气石	2.69	8.73	26.76	37.35	0.11	0.91	1.21	0.00	0.00	9.11		0.00			86.86
SF-3"	榴石透辉石长英岩带	榍 石	0.13	0.07	0.86	30.01	0.00	29.20	39.12	0.05	0.06	0.47		0.00			99.96
SF-2	黑云母钠长岩带	黑云母	0.45	13.53	13.11	38.02	8.23	0.22	3.18	0.022	0.23	16.00		0.00			93.98

* - 化学分析; 测试单位: 地质矿产部测试技术研究所. ** - 电子探针波谱分析; 测试仪器: JCA-733 TM5500; 测试条件: 加速电压 15kV, 速流 20nA; 测试单位: 地质矿产部矿床地质研究所电子探针室. SBF-0 样品经能谱分析有 Cl 存在. 其余样品为电子探针能谱分析了(标样法律); 测试仪器: JCA-733 Link 860; 标样: 美国国家标准局标样; 测试条件: 加速电压 15kV, 速流 20nA; 测试单位: 中国地质大学(北京) 电子探针室

岩石具半自形嵌晶结构。其矿物组成及特征为:

钠长石 半自形—自形,可见聚片双晶,低负突起;用垂直(010)晶带最大消光角法测得其 $An=93$ 。粒径 0.2—2mm。含量 80% 左右。

黑云母 呈片状,多色性明显,解理垂直下偏光时呈浅土黄色,平行下偏光时为绿褐色。Ⅱ级黄绿干涉色,平行消光,二轴晶负光性, $2V=0^\circ$ 。成分见表1内 SF-2 样品,成分中 TiO_2 含量略高,达 3.18%。黑云母呈定向条带状分布,并与钠长石嵌生。片径 1—3mm。含量 20% 左右。该岩石中黑云母的含量向围岩(元古界地层)方向逐渐增高,系围岩的交代蚀变残余物。

磁铁矿 他形,粒径 0.01mm,不透明,分布于钠长石晶粒间。电子探针分析得其 FeO 含量为 91.99%,换算后的分子式为 Fe_3O_4 。含量 <1%。

(4) 围岩 即元古界石榴黑云斜长片麻岩。灰色,片麻状构造,变斑晶结构。肉眼可见 1cm 左右的褐红色自形石榴石变斑晶(手标本上为不透明)。岩石的主要矿物有:

斜长石 半自形,可见聚片双晶和卡钠复合双晶。以垂直(010)晶带最大消光角法测得其为更长石—中长石。粒径 0.2—1mm。含量 15% 左右。

黑云母 片状,片径 1—2mm。特征同(3)带中者。含量 35%—40%。大多定向排列构成片麻理。

石英 他形,与斜长石嵌生,粒径 0.2—1mm,含量 35% 左右。

石榴石 薄片无色,自形,高正突起,均质。其中常包裹有石英、黑云母等矿物。石榴石除呈变斑晶(粒径 1—2cm)外,亦见 1—2mm 大小者。其含量为 5%—10%。

副矿物为磷灰石,六方短柱状,直径 0.2mm 左右,含量 <1%。

以上各带无截然界限,为逐渐过渡。

3 钠柱石的矿物学特征

3.1 产出状态

如前所述,钠柱石产于沿构造破碎带分布的含钠柱石钠长岩脉中,多呈自形与钠长石共生而一同产出。

3.2 形态及粒度

四方柱状,但四个棱角多呈圆滑状,柱面上发育平行c轴的纵纹(照片1)。直径多为 0.5—1.2cm,柱长 1—2cm,大者之粒度可达 $(2-4)cm \times (4-6)cm$,亦见为数不少的 $(0.2-0.3)cm \times (1-1.5)cm$ 者。

3.3 物理性质

具贝壳状断口。有两组互相垂直的中等—不完全解理。用液体(无水乙醇)失重法测得比重 $D_m=2.561g/cm^3$,根据晶胞参数(见后述)计算得到的比重 $D_c=2.582g/cm^3$ 。用前苏联产 ПМТ-3 型赫鲁晓夫压入显微硬度仪在垂直 c 轴的切面上测得维氏显微硬度 $H_V=1014kg/mm^2$ (负荷 200 克)。据 H_V 值以公式 $H_M=0.675 \sqrt[3]{H_V}^{[10]}$ 计算得摩氏硬度 $H_M=6.8$,与常见的方柱石族矿物之 $H_M=5-6$ 相比,显得高了一些;经刻划试验,其摩氏硬度应在 5.5—6 之间。条痕色为白色。

3.4 光学性质

在手标本上呈粉紫色—深紫色；由于其内部存在气液包裹体而使其有完全透明者和半透明者两类，二者常共生，有时甚至可在同一晶体内出现。透明晶体有肉眼可见的多色性。在显微镜下观察，钠柱石为无色透明，低负突起至低正突起，一级灰干涉色，平行消光，负延性，一轴晶，负光性。用油浸法测定其折射率为： $N_o = 1.541$ ， $N_e = 1.537$ 。在长波紫外线下有黄色荧光。

3.5 化学成分及晶胞参数

对该矿床之钠柱石首先用电子探针进行了成分分析，结果见表 1 内 SBF-0 样品，能谱分析表明，其中有 Cl 存在。后又用单矿物进行了湿法化学分析，结果见表 1 内 SFH-1 样品。将分析结果以 24 个氧原子为基准，计算得的分子式分别为：

SFH-1 号样： $(Na_{3.19} K_{0.22} Ca_{0.24})_{\Sigma 3.65} [Al_{3.17} Si_{8.82} O_{24}] Cl_{0.99}$

SBF-0 号样： $(Na_{2.97} K_{0.32} Ca_{0.29})_{\Sigma 3.58} [Al_{3.02} Si_{8.18} O_{24}] Cl_{1.18}$

后者的电价不太平衡，可能是由于分析中 Cl、H 等不能准确定量所致。总体上，电子探针和化学分析结果基本一致。

根据 Shaw(1960)的定义^[1]， $Me = 100 \times (Ca + Sr) / (Na + K + Ca + Sr)$ ，依此式计算，该矿床中钠柱石的端员组成分别为：SFH-1： $Ma_{93.5} Me_{6.5}$ ；SBF-0： $Ma_{91.9} Me_{8.1}$ 。

钠柱石的 X 射线粉晶衍射分析结果见表 2，粉晶衍射图谱见图 2，精化后得出该矿物为四方晶系，空间群为 $I 4/m$ ， $a_0 = 12.0(3)$ ， $c_0 = 7.53(4) \text{ \AA}$ ，晶胞体积 $V = 1084.3 \text{ \AA}^3$ ，分子数 $Z = 2$ 。

3.6 讨论

虽然，方柱石族矿物在许多地质环境中都可以产出，但至目前为止，已知自然界中所产出的方柱石之成分几乎全部落入 $Ma = 20\% - 80\%$ 的范围内^[11]。Shaw(1960)在分析了产于世界各地的 46 个方柱石样品成分的基础上，认为 $Ma = 80\%$ 是天然产出的钠柱石已达到的最大值。

表 2 钠柱石的 X 射线粉晶衍射分析结果

Table 2 X-ray powder diffraction data of marialite

N_o	D_o	I	D_c	hkl
1	8.49	5	8.50	110
2	6.36	12	6.39	101
3	6.04	4	6.02	200
4	4.367	3	4.379	211
5	4.237	15	4.254	220
6	3.7978	84	3.8049	310
7	3.5370	32	3.5406	301
8	3.4445	100	3.4456	112
9	3.0493	98	3.0514	321
10	3.0061	52	3.0080	400
11	2.8367	12	2.8360	330
12	2.7202	40	2.7213	411
13	2.6800	84	2.6775	312
14	2.3593	9	2.3597	510
15	2.2939	20	2.2924	431
16	2.1924	7	2.1897	422
17	2.1435	14	2.1422	521
18	2.0647	4	2.0635	530
19	2.0119	13	2.0071	323

D_o —实测 d 值； D_c —计算 d 值； I —强度值。测试仪器：Phillips PW 1700 自动粉末衍射系统；测试条件：Cu 靶，45 kV，40 mA；测试单位及测试者：中国地质科学院矿床地质研究所 王立本

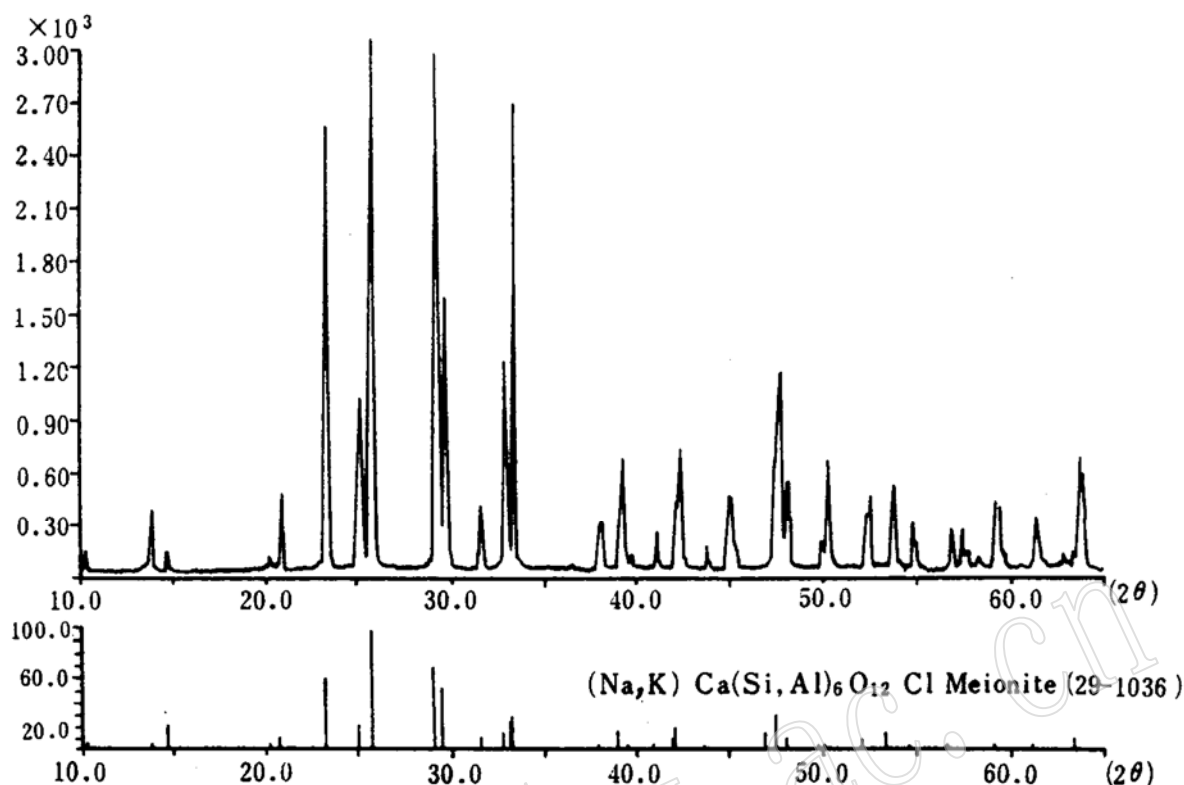


图2 钠柱石的X射线粉晶衍射图

Fig. 2 X-ray powder diffraction pattern of marialite
(测试仪器等见表2下的说明)

Evans 和 Shaw(1969)在研究方柱石族矿物的成分和离子替代情况时,所使用的产于世界各地的36个样品的Ma值大多集中在28.1—66.7%的范围内,只有一件样品的Ma=83%(产于塔吉克斯坦)^[12]。Dunn(1978)对产于加拿大魁北克、巴西、斯里兰卡、坦桑尼亚、缅甸等地的17件宝石级方柱石样品的成分进行了研究,结果是,所研究样品的Ma值均集中在28%—70%区间内(Ma=70%的样品只有三件)^[7]。Couper(1991)研究了产于缅甸的宝石级方柱石的折射率、比重和颜色的关系,在34件样品中,只有3件的Ma推算值大于80%,其中一件之Ma推算值为90%(注:该文中无化学分析数据,Ma值由折射率和比重估算而得)^[13]。从上述这些较全面地研究了世界各地方柱石族矿物成分的文献来看,天然产出的Ma>80%的钠柱石是非常稀少的。本文所述之钠柱石的Ma值高达91.9%—93.5%,这种成分非常罕见,可能是目前已知的成分最靠近方柱石族固溶体系列钠端员的钠柱石。这也说明,Ma=80%并非是天然产出的方柱石族矿物的极限值。

许多研究结果^[1,5,14]表明,随着方柱石族矿物成分的变化,其物性、结晶学参数等都有相应的变化。总的规律是:当Ma值增高时,晶体的折射率、比重减小,晶胞体积也变小(线性关系不太好)。Ulbrich等(1973)的研究结果^[14]表明,方柱石族矿物的折射率及粉晶的 d_{321} 衍射线与Me值有很好的线性关系(见图3、图4),据此,将本矿床中钠柱石的相应数据投入图3、图4,投点均落在对应参数(如No、Ne、 d_{321})对Me值回归线的附近。这也从另一方面反映出本矿床中钠柱石的成分数据是可靠的。

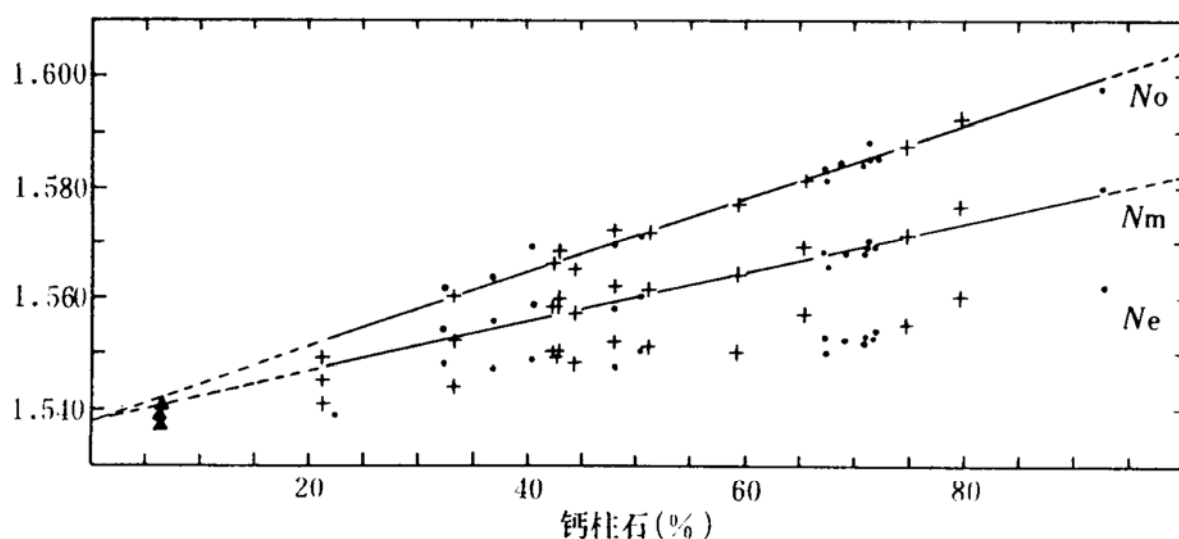


图3 方柱石族矿物的折射率是成分的函数(据 H. H. Ulbrich, 1973)

Fig. 3 Refractive indices of scapolite as a function of its composition
(after H. H. Ulbrich, 1973)

No—常光折射率; Ne—非常光折射率; Nm—No与Ne的平均值;

▲—本矿床中钠柱石数据的投点

Couper(1991)在研究了折射率与比重及成分与颜色之关系的基础上,首次将宝石级方柱石的成分与颜色联系起来,总结出:Ma = 90%—83%者为紫色、紫蓝色、深紫色;Ma = 70%—65%者为粉色,少数为浅蓝色或紫红色;Ma = 65%—45%者为微带蓝色基调的黄色;Ma = 45%—35%者多为米黄色、浅黄色、绿黄色或无色(微带黄色基调);Ma = 28%—24%者为灰色、无色或非常淡的黄色(见图5)^[13]。本文所述钠柱石的Ma > 90%,为粉紫色—深紫色,也符合 Couper(1991)所总结的规律。

4 宝石学特征

依透明程度,可将本矿床中的钠柱石分为两类:一类为透明者;另一类为呈乳浊状的半透明者。暂未发现二者在矿体中的分布规律。经加工试验得知,当二者的粒径 > 5mm 时,均可作为宝石利用。透明者可加工成刻面宝石(见照片2),当台面垂直c轴其光学效果最佳,翻面角度基本上可参照水晶。乳浊状者可加工成具猫眼效应的弧面宝石(见照片3)。

钠柱石晶体的缺陷,以较大的泡状气液包裹体(直径0.1—0.5mm)为常见,有时集中出现呈雾状从而严重影响宝石的质量。钠柱石晶体中裂纹不太发育,对宝石质量影响很小。总的来说,本矿床中的钠柱石有较好的加工工艺性能,原石残缺较少时,出成率可高达30%左右。

关于本矿床中钠柱石的颜色,作者认为应归于钠柱石结构中的色心。众所周知,方柱石族矿物晶体中存在空隙较大的结构管道,其中存在Cl⁻以及其它一些离子,极易形成色心。

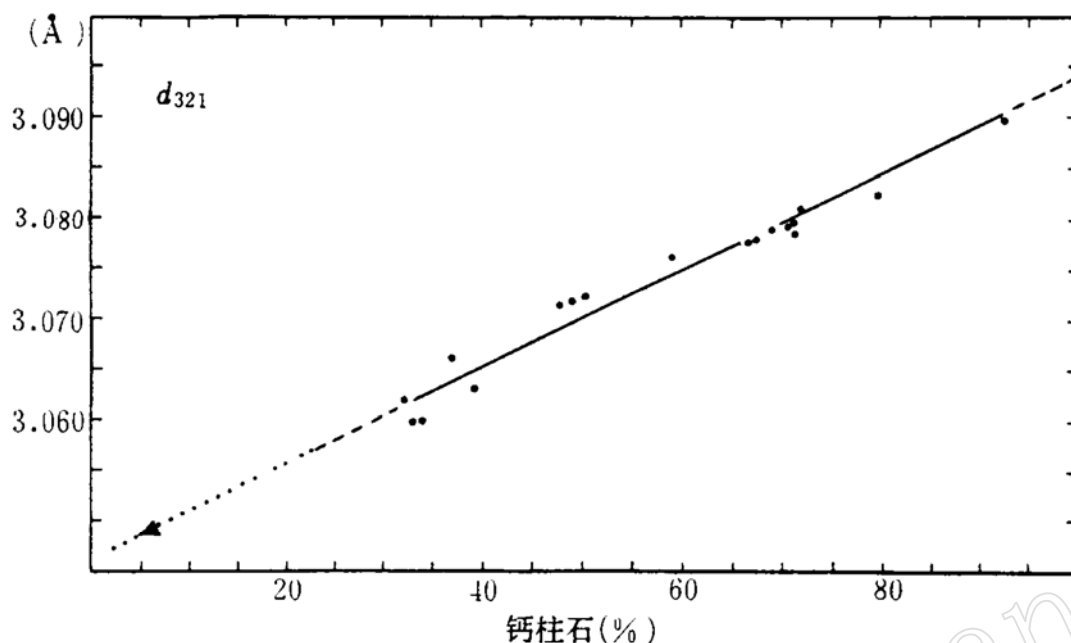


图4 方柱石族矿物 d_{321} 值随成分的变化(引自 H. H. Ulbrich, 1973)

Fig. 4 Change of d_{321} value with composition of scapolites

(after H. H. Ulbrich, 1973)

▲—本矿床中钠柱石数据的投点;点线为本文作者所加

色心不很稳定,经试验发现,只要在酒精灯火焰中加热本矿床中的钠柱石,其紫色就会很快褪去而成为无色。在常温条件下结构管道中的阴离子不易丧失,色心也不会破坏,故而不必担心钠柱石会褪色,但在高温烘烤等环境中,还应避免佩戴或存放钠柱石宝石。

关于钠柱石的猫眼效应,据仔细观察,主要是由平行 c 轴的细长管状气液包裹体(见照片4)的作用形成。但也发现有一些细长的丝状闪光并不是由包裹体形成的,在显微镜下看不到任何包裹体,而更象是一些平行 c 轴的解理面或晶体生长缺陷(如位错面等)。

本矿床中的钠柱石与紫晶最为相似,但原石可据其四方柱状晶体、一轴负晶等特征与紫晶区别开来;在钠柱石的加工成品中,总可见到一些丝状闪光以及猫眼效应,从而有别于紫晶。与紫色电气石的区别在于钠柱石的折射率低,多色性远不及电气石明显。

宝石级方柱石最先是1913年在缅甸发现的,其颜色有白色、粉色及紫色^[15]。国外已知的方柱石产地有:马达加斯加、巴西、瑞士^[1]、加拿大的安大略、魁北克、缅甸、莫桑比克、肯尼亚等^[13,15],这些产地产出的方柱石宝石大多为灰色、黄色或无色,紫色及粉色者仅在巴西、缅甸、肯尼亚有所产出。总之,宝石级方柱石较为少见,紫色及粉色者更为稀少。中国的宝石级钠柱石属紫色—粉紫色,且成分特殊,属罕见品种。

5 成因简析

方柱石族矿物可以在多种地质环境中产出,大体上可归为四类:(1)产于区域变质岩中;(2)产于伟晶岩中;(3)产于矽卡岩中;(4)产于火山岩中。本矿床的钠柱石矿虽然也产

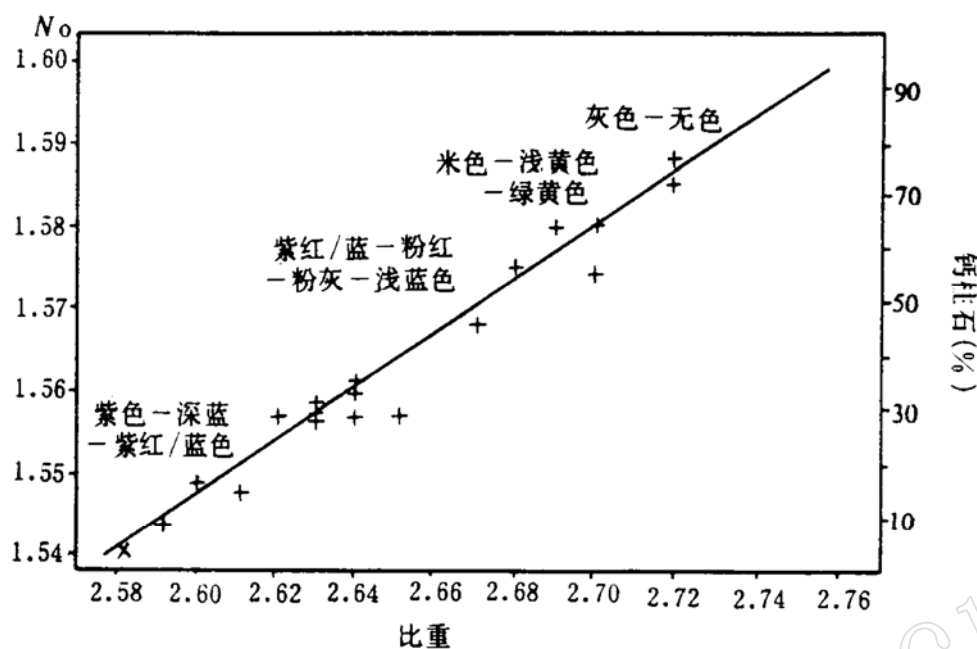


图5 缅甸的宝石级方柱石之折射率、成分与比重、颜色的关系
(引自 A. G. Couper, 1991)

Fig. 5 Gem scapolite from Burma. Refractive index (N_o) and meionite content plotted against gravity. Color of stones has been added (after A. G. Couper, 1991)

×—本矿床中钠柱石的数据点, 为绘图方便, 比重使用的是计算比重; N_o —常光折射率

于区域变质岩区, 但从其矿脉横切围岩地层片麻理、与围岩之间存在交代蚀变带、矿脉沿构造破碎带展布、矿脉中有围岩角砾、与岩浆岩无可见的直接联系等特征来看, 该矿床的形成时间应晚于区域变质作用期, 其成因类型应属沿构造破碎带产出的热液交代脉型, 并且是同构造期的。热液来源有待进一步研究, 但显然与围岩的变质作用无关, 可能来源于地下深处, 沿构造破碎带上升到矿体所处的位置。由于钠柱石呈结晶良好的晶体与钠长石共生, 未见钠柱石对钠长石的交代作用, 因此可以认为, 钠柱石是气液流体作用的产物, 即气液流体在构造破碎带中交代破碎围岩的物质, 同时发生结晶作用, 形成结晶良好的钠柱石、钠长石等。

70年代以来, 人们逐渐认识到方柱石族矿物是常见矿物, 在地壳演化中起重要作用。已有的研究表明, 方柱石生长和稳定于高温高压环境^[16]。一些人研究了在 $4 \times 10^8 \text{ Pa}$ 、 750°C 条件下方柱石的稳定性^[11, 16]后认为, 在此条件下, 只要成分条件(如 NaCl 、 CaCO_3 的活度等)适当, 方柱石均可生成和稳定。但这些实验所生成的方柱石之 Ma 值大多在 70%—15% 之间, 远低于本矿床中钠柱石的 Ma 值。因此, 这些实验的温压条件不宜与本钠柱石矿床形成时的温压条件作对比。从本矿床中钠柱石矿体及邻近岩带的矿物组合中有阳起石、透辉石、电气石(富 B)、钠长石(富 Na)等矿物来看, 本矿床的形成温度较高[高于 500°C (?)], 成矿流体中富含 Cl、B 等挥发份及碱质。

参 考 文 献

- 1 Shaw D M. The geochemistry of scapolite, part I, previous work and general mineralogy. *J. Petrol.* 1960, 1 (2): 218 - 260.
- 2 Hassan I. et al. HRTEM characterization of scapolite solid solution. *Am. Mineral.*, 1988, 73: 119 - 134.
- 3 Deer W A. et al., *Rock-forming minerals: 4 Framework silicates.* Longmans, London, 1963.
- 4 Strunz H. *Mineralogische tabellen, geest and porting, leipzig*, 1978.
- 5 Winchell A N. *Elements of optical mineralogy.* John Wiley & Sons, Inc., 1951, 352 - 354.
- 6 Bayliss P. Mineral nomenclature: Scapolite, *Mineral. Magazine*, 1987, 51(359): 176.
- 7 Dunn, P.J., et al.. On the composition of gem scapolite. *J. Gemm.* 1978, 16 (1): 5 - 10.
- 8 王 濮等. 系统矿物学(中册). 地质出版社, 1984, 86.
- 9 李景芝等. 我国的宝石级方柱石. *中国宝石*, 1992, (1): 12 - 13.
- 10 陈 正等. 金属矿物显微镜鉴定, 地质出版社, 1978, 172.
- 11 Orville, P. M.. Stability of scapolite in system Ab - An - NaCl - CaCO₃, at 4Kb and 750°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1975, 39: 1105 - 1191.
- 12 Evans B W. and Shaw D M. Scapolite stoichiometry. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 1969, 24: 293 - 305.
- 13 Couper A G. Color as a guide of to the composition of scapolite from Burma. *J. Gemm.*, 1991, 22 (5): 259 - 263.
- 14 Ulbrich H H. Crystallographic data and refractive indices of scapolites. *Am. Mineral.*, 1973, 58: 81 - 92.
- 15 Webster R. *Gems, their sources, descriptions and identification.* 4th ed., Butterworths, 1983, 350 - 351.
- 16 Ellis D E. Stability and phase equilibria of chloride and carbonate bearing scapolites at 750°C and 4000 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1978, 42: 1271 - 1281.

Geology and Mineralogical-Gemmological Characteristics of Gem Marialite Deposit in China

Cao Yawen

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words: marialite; gem; mineralogy; Xinjiang

Abstract

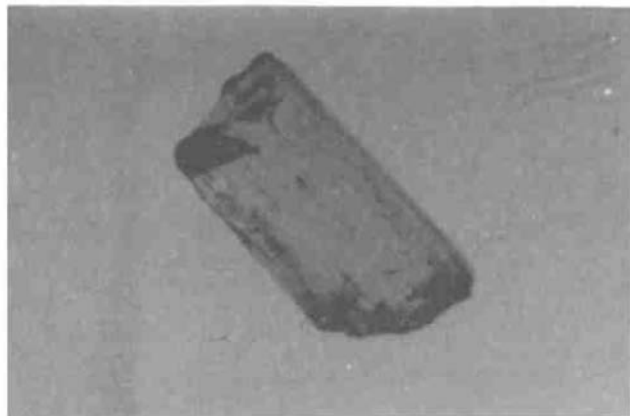
The sole gem marialite deposit in China is located at the western foot of Mount Muztagh, Akto County, Xinjiang, which is tectonically belongs to the Central Pamirs fold belt.

Gem marialite orebodies occur as veins along a structural shatter zone in the Proterozoic garnet-biotite-plagioclase gneiss. There is an obvious rock zonation from the middle to both sides of the structural shatter zone, generally from marialite orebody through diopside-felsite, biotite-albite to the host Proterozoic rocks. This deposit was formed by hydrothermal metasomatism.

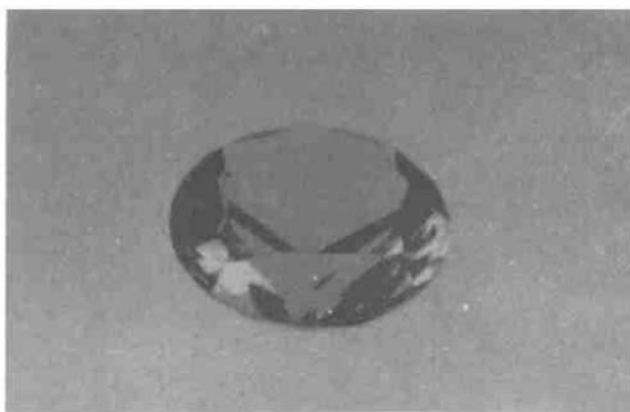
Mainly in association with albite, marialite assumes tetragonal prism form, generally (0.5—1.2) × (1—2) cm in size with a few grains smaller than 0.5 cm; transparent to

translucent (attributed to the existence of gas-liquid inclusions) in hand specimens, and light to dark purple in color. Under microscope, it is colorless, optically uniaxial negative, with measured refractive indices $N_o = 1.541$, $N_e = 1.537$. Measured density 2.561 g/cm^3 ; Moh's hardness 5.5—6. X-ray powder diffraction data: tetragonal, $I 4/m$, $a_0 = 12.0(3)$, $c_0 = 7.53(4) \text{ \AA}$, $V = 1084.3 \text{ \AA}^3$. wet chemical analysis and electron microprobe analysis give the composition of marialite as follows (in wt%): Na_2O 11.37—11.60, Al_2O_3 18.94—19.98, SiO_2 60.51—62.09, K_2O 1.20—1.88, CaO 1.81—2.02, Cl 4.10—5.17, $\text{F} < 0.1$, $\text{H}_2\text{O}^+ 0.27$, suggesting that it is the Na end member of scapolite. The composition of scapolite has been traditionally expressed in term of Ma and Me ($\text{Me} = 100 \times (\text{Ca} + \text{Sr}) / (\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Sr})$) (Shaw, 1960; $\text{Ma} = 100 - \text{Me}$), and the Ma and Me values of marialite from this deposit are $\text{Ma} = 93.5\text{—}91.9$ and $\text{Me} = 6.5\text{—}8.1$. Almost all naturally occurring scapolites fall in the compositional range Ma 20—80 (Orville, 1975). Pure marialite does not occur in nature and 80% Ma is the maximum attained (Shaw, 1960). Ma of the marialite from this deposit is higher than 91, indicating that the mineral is a rare type in nature.

Marialite from this deposit can be used as gem and can be cut into facet or cabochon, which has distinct chatoyancy. Research shows that the color of marialite is mainly caused by color center.



钠柱石晶体 × 4



钠柱石宝石刻面 × 6



钠柱石宝石弧面的猫眼效应 × 4



钠柱石中的管状包裹体 × 220