

黄龙铺钡天青石的矿物学研究及其意义

黄典豪 刘金定 王义昌

江秀杰

(中国地质科学院矿床地质研究所)

(陕西地质十三队)

黄龙铺钡矿床中脉石矿物“天青石”以其颜色、粗大晶体和形态引人注目。该矿床的辉钼矿—方铅矿—黄铁矿—“天青石”—石英—方解石脉，呈大脉和网脉状产于熊耳群细碧岩内。“天青石”除在黄龙铺产出外，在邻近地区构成矿床（点）*，因此，确定其确切种属不仅有矿物学意义，而且对其矿床（点）进行合理评价也有实际价值。我们根据该矿物的物理性质和化学成分并与国外钡天青石资料对比，将其定名为钡天青石。

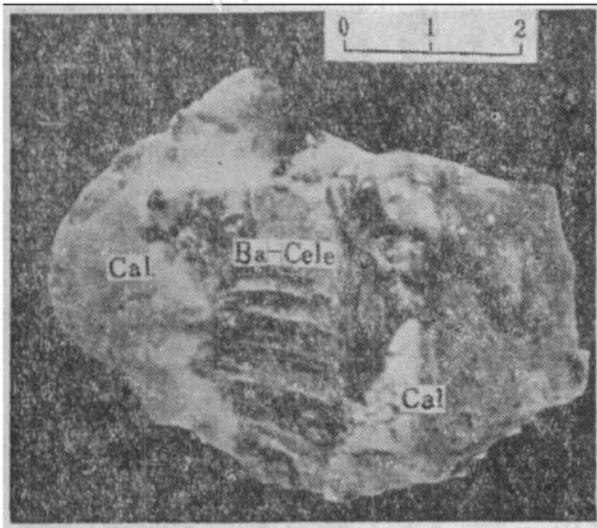
2.5cm（照片1）。单个晶体常呈板状，半透明—透明。两个样品实测比重为4.06和4.13。硬度分别为157kg/mm²(3.6)和159kg/mm²(3.7)。

薄片呈无色透明，二轴晶（+），弗氏台测得2V = 61—63°。（001）解理完全。最高干涉色一级黄。平行消光。呈正或负延长。实测折光率（自然光）：Ng = 1.637, Nm = 1.629, Np = 1.627, Ng - Np = 0.010。在薄片上，可见其被方解石穿插交代（照片2）。

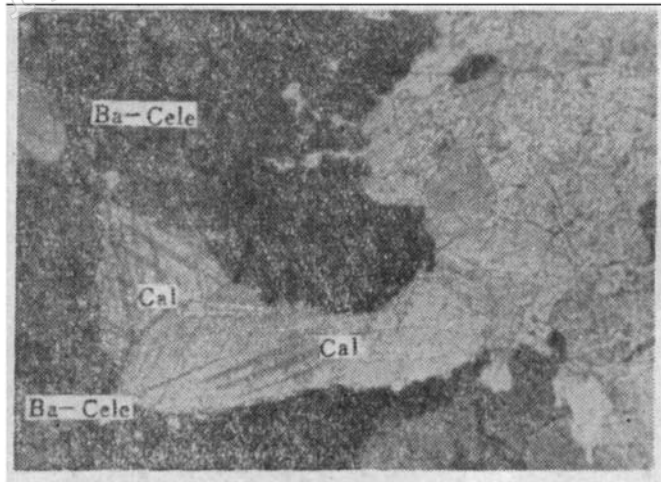
一、钡天青石的物理性质和光学性质

（一）、物理及光学性质

（二）、X光衍射分析



照片1. 钡天青石(Ba-Cele)嵌布于方解石(Cal)中，其晶面呈弯曲壳层状。



照片2. 钡天青石(Ba-Cele)被方解石(Cal)交代。正交偏光×63

对该矿物两个样品作了X光衍射分析。为了与天青石和重晶石对比，将有关资料一并列于表1。

由表1可见，所研究钡天青石(Sr, Ba)SO₄的X光粉晶数据特征介于天青石和重晶石之间，但与天青石的较为相近。而随着BaSO₄分子重量百分数

本区钡天青石呈淡蜡黄、淡米黄和乳白色。油脂光泽。其晶体大小不一，一般为4×1.2cm—3×

* 彭振云，1976，小秦岭的天青石，西北地质科技情报，第2期。

钡天青石 (及风化产物)、天青石和重晶石的x光粉晶数据

表 1

编号	HD80-4			HD80-14			标 1		标 2		HD80-1		
钡天青石				钡天青石			天青石		重晶石		天青石的风化产物		
hkl	d 实	d 计	I/I ₀	d 实	d 计	I/I ₀	d	I/I ₀	d	I/I ₀	d 实	d 计	I/I ₀
200											4.418	4.418	1.7
011	4.242	4.2495	2	4.269	4.2700	1.5	4.15	4	4.32	2	4.327	4.3303	1.9
111	3.799	3.7985	8	3.818	3.8165	2	3.75	5	3.89	2	3.890	3.8882	3.2
201	3.614	3.6137	0.5	3.633	3.6300	0.5			3.76	2	3.760	3.7564	1.7
002	3.465	3.4636	4.5	3.479	3.4790	5	3.43	3	3.58	2	3.568	3.5680	3.2
210	3.325	3.3285	10	3.356	3.3439	10	3.29	10	3.42	10	3.438	3.4313	6.6
102	3.210	3.2060	6	3.221	3.2203	5	3.17	5	3.31	6	3.305	3.3085	6
211	2.9980	3.0001	7.5	3.017	3.0139	6	2.96	9	3.10	8	3.096	3.0924	6.6
112	2.7549	2.7542	4.7	2.7700	2.7669	3	2.73	6	2.829	5	2.830	2.8279	4.2
020	2.6905	2.6905	4	2.7040	2.7041	2.5	2.67	7	2.715	5	2.7235	2.7235	4.6
301	2.6180	2.6151	0.5	2.6255	2.6266	0.5	2.56	1					
212	2.4004	2.3998	1.5	2.4105	2.4109	1	2.37	4	2.463	1	2.4740	2.4733	1.9
220	2.2758	2.2712	1.2	2.2805	2.2822	1	2.25	5	2.318	4	2.3210	2.3185	1.8
103	2.2273	2.2278	0.5	2.2355	2.2377	0.5	2.20	3			2.2985	2.2973	1.3
302	2.1910	2.1887	0.5	2.2015	2.1984	0.5					2.2760	2.2715	1.5
221	2.1609	2.1582	2	2.1675	2.1685	1.5	2.14	5	2.203	3	2.2075	2.2050	2.8
122	2.0646	2.0609	6	2.0705	2.0708	5	2.04	8	2.115	8	2.1106	2.1168	10
203	2.0320	2.0274	4	2.0360	2.0364	3	2.00	8	2.098	6			
410	1.9788	1.9709	1	1.9808	1.9797	1	1.94	4	2.053	3	2.0480	2.0471	2.7
321	1.8787	1.8752	0.5	1.8840	1.8847	0.5	1.853	3	1.926	1	1.9296	1.9255	1.4
303	1.7899	1.7852	1	1.7954	1.7955	1	1.770	5	1.849	3	1.8520	1.8508	2.6
031	1.7362	1.7318	0.5	1.7393	1.7395	0.5	1.722	2	1.750	3	1.7520	1.7597	1.2
313	1.7012	1.6964	1	1.7044	1.7041	1	1.680	4	1.725	1	1.7501	1.7523	1.8
230	1.6520	1.6517	0.5	1.6593	1.6598	0.5							
421	1.6232	1.6191	1.5	1.6260	1.6267	1	1.600	6	1.671	4	1.6696	1.6682	2.5
231	1.6099	1.6067	1	1.6155	1.6145	0.5			1.629	1	1.6370	1.6348	1.6
132	1.5680	1.5654	1	1.5727	1.5729	0.5	1.556	4	1.588	1	1.5906	1.5918	1.5
214	1.5364	1.5362	0.5	1.5418	1.5431	0.5	1.527	1					
323	1.4900	1.4889	1	1.4968	1.4958	1	1.474	6	1.532	4	1.5310	1.5308	2.6
斜方晶系 a = 8.4721 Å b = 5.3810 Å c = 6.9272 Å V = 315.80 Å ³ Z = 4 空间群 D _{2h} ¹⁶ - Pnma				斜方晶系 a = 8.5093 Å b = 5.4080 Å c = 6.9580 Å V = 320.19 Å ³ Z = 4 空间群 D _{2h} ¹⁶ - Pnma			斜方晶系 a = 8.38 Å b = 5.37 Å c = 6.85 Å V = 308.25 Å ³ Z = 4 空间群 D _{2h} ¹⁶ - Pnma		斜方晶系 a = 8.87 Å b = 5.45 Å c = 7.14 Å V = 345.16 Å ³ Z = 4 空间群 D _{2h} ¹⁶ - Pnma		斜方晶系 a = 8.836 Å b = 5.447 Å c = 7.136 Å V = 329.58 Å ³ Z = 4 空间群 D _{2h} ¹⁶ - Pnma		

实验条件: X光衍射CuKα, 30KV, 20ma, 扫描速度1°/分。量程1×10⁵, 纸速5×120

注: 标1, 2, 引自参考文献[1]

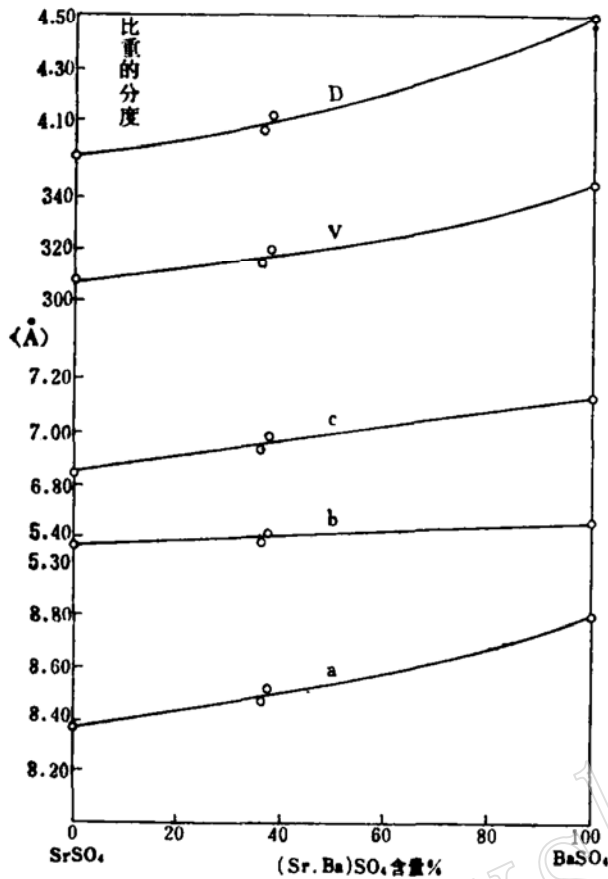


图1 天青石—重晶石类质同象系列的晶胞参数a、b、c及晶胞体积V和比重D的变化图
SrSO₄和BaSO₄两端引自参考文献[1]

的增加，相应谱线的面网间距也逐渐增大。

从表示天青石—重晶石系列的晶胞参数a、c、b及晶胞体积V和比重D的变化图(图1)中，可见a、b、c及V随所含BaSO₄分子重量百分数的增加而变大，这是因为离子半径大的Ba²⁺(R=1.34)置换了离子半径小的Sr²⁺(R=1.12)所致。总的变化趋势是a随着BaSO₄的增加而增大得明显一些。SrSO₄和BaSO₄的晶胞参数差值： $\Delta a = 0.49$, $\Delta b = 0.08$, $\Delta c = 0.29$ ，几乎是一直线。同时，随着BaSO₄的增加，比重也随之相应增大，这是因为Ba的原子量(187.36)比Sr的原子量(87.63)大得多。因此，可根据天青石—重晶石相应的a、b、c及V值，粗略求出SrSO₄和BaSO₄的分子重量百分数。

(三)、红外光谱分析

对该矿物作了红外光谱分析，为了与天青石和重晶石相对比，现将它们的红外光谱曲线示于图2。从图2可见，重晶石和天青石的红外光谱吸收

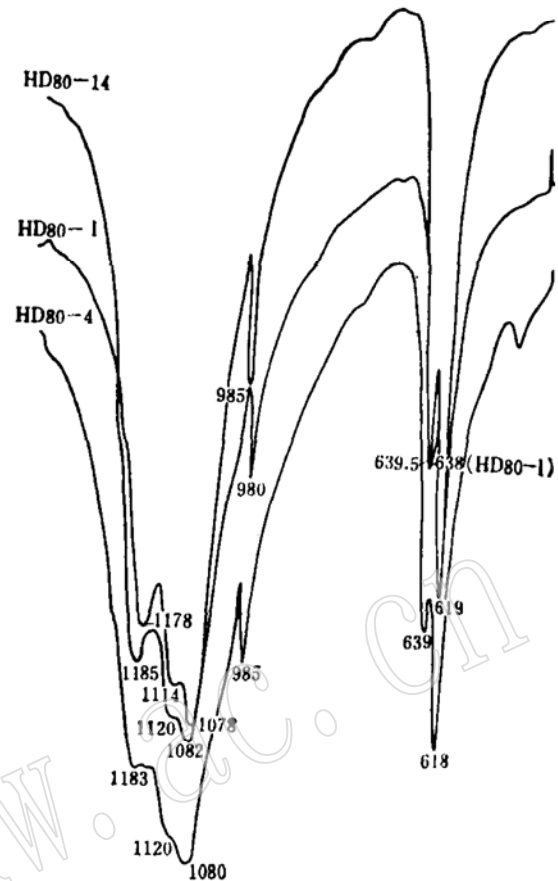


图2. 钡天青石(HD80-4, HD80-14)及其风化产物(重晶石HD80-1)的红外光谱曲线

(分析者：中国地质科学院矿床地质研究所郭立鹤、陈燕知)。

带特征很相似，但前者几乎所有峰的位置都比后者相应峰的位置低一些，这是因为重晶石中Ba原子量比天青石中Sr原子量大之故。而钡天青石的红外光谱的特征是几乎全部峰的位置都介于天青石和重晶石之间，这与无水硫酸盐红外谱的伸缩方式随阳离子质量的增加而向较低频率移动的结论一致⁽³⁾。

(四)、差热分析

两个钡天青石的差热曲线(图3)特点是：在1080℃开始出现吸热效应，在1100℃时形成了一个明显的陡、窄吸热谷。而重晶石和天青石的差热曲线分别在1150℃和1145℃才开始发生吸热效应*。可见，钡天青石的吸热效应温度比重晶石和天青石的低些。对经1200℃差热分析冷却后的样品作了x光衍射分析(表2)，其结果与未经加热处理的同一

* 矿物热谱汇编，1975，桂林冶金地质研究所岩石室。

钡天青石(HD80-14)经1200℃差热分析后的X光粉晶数据

表 2

线 号	h k l	d	I/J.	线 号	h k l	d	I/J.
1	0 1 1	4.270	2	15	2 2 1	2.1695	3.5
2	1 1 1	3.818	3.2	16	1 2 2	2.0725	10
3	2 0 1	3.633	1	17	2 0 3	2.0380	7.7
4	0 0 2	3.480	3.6	18	4 1 0	1.9832	2.5
5	2 1 0	3.346	8.6	19	3 2 1	1.8876	1.4
6	1 0 2	3.222	5.8	20	3 0 3	1.7980	2.8
7	2 1 1	3.017	8.3	21	0 0 4	1.7399	1.4
8	1 1 2	2.7725	5.8	22	3 1 3	1.7070	2.3
9	0 2 0	2.7015	4.9	23	2 3 0	1.6608	1.7
10	3 0 1	2.6300	1.4	24	223, 114	1.6288	2.9
11	2 1 2	2.4130	2.6	25	2 3 1	1.6156	2
12	2 2 0	2.2840	2.2	26	132, 511	1.5752	2.2
13	1 0 3	2.2425	1.3	27	2 1 4	1.5426	1
14	3 0 2	2.2038	1.4	28	3 2 3	1.4972	3.2

实验条件: X光衍射, 30KV, 25ma, 4×10^3 c/s

样品的相同, 这似乎表明钡天青石在1080℃发生吸热效应乃是相变的结果。

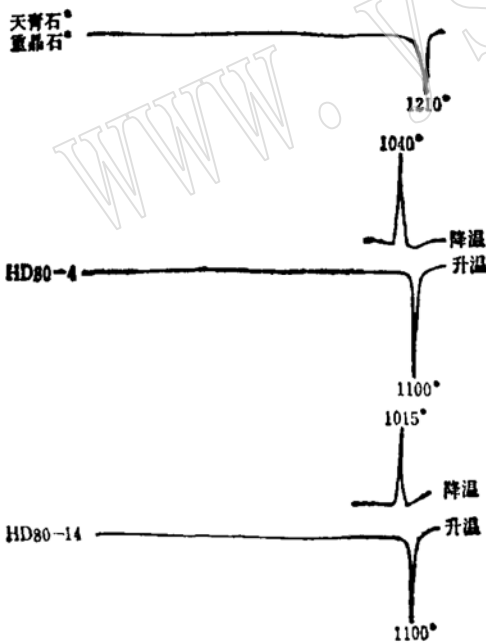


图 3 钡天青石(HD80-4, HD80-14)、天青石及重晶石的差热分析曲线

(分析者: 中国地质科学院矿床地质研究所差热分析组)。*者引自参考文献[1]

二、化学分析

对钡天青石作了化学分析, 为便于与类似矿物的化学成分相对比, 现将有关资料列于表3。

表3表明, 钡天青石的主要组分为 SrO、BaO 和 SO₃, 并含少量 CaO 及微量 RE₂O₃。其 SrO 含量为 30.57—31.10%, 这与钡天青石 (3*) 的含量相当, 而比天青石低, 比锶重晶石高得多。其 BaO 含量为 26.48—27.21%, 这与 3* 含量近似, 而比天青石高, 但比锶重晶石却低 20% 左右。

据表3资料所计算的矿物分子式及其所含的 SrSO₄、BaSO₄和CaSO₄端员分子的重量百分数如表 4。

从表 4 可见, 本区钡天青石中存在着 Ca、Sr和Ba的类质同象置换关系, 其中所含的SrSO₄、BaSO₄和CaSO₄的分子重量百分数分别为: 58.38—59.21、34.08—35.10、4.08—4.82, 说明其以SrSO₄为主。

三、钡天青石的次生变化

本地区的氧化带较厚, 钡天青石经化学风化作用后, 呈白色或淡黄白色, 具网格构造。对所获少量的纯净钡天青石风化产物作了X光衍射(见表1)、红外光谱(图2)和能谱定性及半定量分析(图4)。其X光粉晶数据和红外谱特征表明属重晶石。能谱分析表明, 其主要成分为Ba、S, 含少量 Sr (0.5—0.6%) 和I(0.1—0.3%)。按重晶石的成分换算, 其大致含BaO 64.53%, SrO 0.59%, SO₃ 34.88%。可见, 其化学成分同重晶石。上述资料说明, 钡天青石经风化后, 其大部分锶解离, 可能呈重碳酸锶被

钡天青石、天青石、锶重晶石和重晶石的化学分析(%)结果对比

表 3

氧化物	钡天青石 (HD80-4)	钡天青石 (HD80-14)	钡天青石 (3*)	天青石 (4*)	锶重晶石 (5*)	重晶石 (6*)
SiO ₂	0.42	0.11	—	—	—	0.02
Al ₂ O ₃	0.21	—	—	痕	—	0.35
Fe ₂ O ₃	0.07	0.03	1.26	1.03	—	—
MnO	0.0056	0.0088	—	—	—	—
MgO	0.008	0.011	—	—	—	痕
CaO	1.16	1.37	1.22	1.30	—	0.13
SrO	31.10	30.57	31.89	45.66	14.7	1.34
BaO	26.48	27.21	24.48	8.47	48.6	63.47
PbO	—	—	—	—	—	痕
SO ₃	39.52	39.92	39.03	42.09	36.2	34.18
P ₂ O ₅	0.013	0.017	—	—	—	—
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	—	—
H ₂ O ⁻	—	—	—	—	—	0.21
TiO ₂	0.002	0.004	—	—	—	—
ZnO	0.005	0.0037	—	—	—	—
RE ₂ O ₃	0.061	0.03	—	—	—	—
烧失量	0.72	0.56	1.81	—	—	—
总和	99.77	99.83	99.69	98.55	99.50	99.70

分析者：中国地质科学院岩矿测试技术研究所曾祥灿，*者引自参考文献(2)

钡天青石和类似矿物的分子式及它们端员组分的分子重量百分数

表 4

编号	矿物名称	分子式	端员组分的分子重量百分数		
			SrSO ₄	BaSO ₄	CaSO ₄
HD80-4	钡天青石	(Sr _{0.59} Ba _{0.34} Ca _{0.04}) _{0.97} SO ₄ 简化式：(Sr _{0.59} Ba _{0.34} Ca _{0.04})SO ₄	59.21	34.08	4.08
HD80-14	钡天青石	(Sr _{0.58} Ba _{0.35} Ca _{0.05}) _{0.98} SO ₄ 简化式：(Sr _{0.58} Ba _{0.35} Ca _{0.05})SO ₄	58.38	35.10	4.82
3*	钡天青石	简化式：(Sr _{0.62} Ba _{0.32} Ca _{0.04})SO ₄	60.28	31.13	4.23
4*	天青石	简化式：(Sr _{0.83} Ba _{0.10} Ca _{0.04})SO ₄	83.34	10.50	4.4
5*	锶重晶石	简化式：(Ba _{0.70} Sr _{0.33})SO ₄	31.16	67.39	—
6*	重晶石	简化式：(Ba _{0.97} Sr _{0.03} Ca _{0.01})SO ₄	2.99	95.96	0.53

水带走，而残留下硫酸钡(重晶石)构成很特征的网格构造。

四、研究钡天青石的意义

本区所产的钡天青石，除作一种主要脉石矿物赋存于黄龙铺钼矿床外。在华阳川等地已构成工业矿床(点)，这便扩大了锶资源的来源。

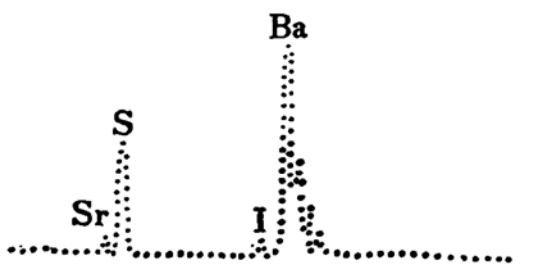


图 4 钡天青石风化产物—重晶石的能谱分析
(分析者：中国地质科学院矿床地质研究所余静)

目前,有关钡天青石的矿物学资料不甚完全,本研究提供了该矿物的较完整物理、光学性质、化学成分及其风化产物的资料。

作者对为本文承担化学分析、红外光谱分析、差热及能谱分析的同志、清绘图件的矿床地质研究所绘图组和审阅本文初稿的黄蕴慧副研究员表示感谢。

参 考 文 献

(1) 矿物X-射线粉晶鉴定手册。1978, 中国科

学院贵阳地球化学研究所

- (2) Deer W. A., Howie R. A. and Zussman J., 1962, *Rockforming minerals* vol. 5, p. 189, p. 197.
- (3) Adler H. H. and Kerr P. F., 1965, Variations in IR spectra, molecular symmetry and site symmetry of sulphate minerals. *Am. Miner.* 50, p. 132-147.

NOTE ON THE MINERALOGICAL STUDY AND ITS SIGNIFICANCE OF THE BARYTOCELESTINE FROM THE HUANGLUNGPU MOLYBDENUM DEPOSIT

Huang Dianhao, Liu Jinding, Wang Yichang, Jiang Xiujie

Abstract

The barytocelestine is one of the main gangue minerals in the molybdenum deposit of Huanglung Pu area. The veins of molybdenite-galena-pyrite-barytocelestine-quartz-calcite occur as large veins or network veins in spilite of the Xionger group of Sinian Suberathem.

The mineral is sallow, cream yellow and milky white in colour, and greasy in luster, usually $4 \times 1.2 - 3 \times 2.5$ cm in size, it has a platy form and sometimes with bended shell-layer structure on its crystal faces. Specific gravities and hardness determined of two samples are 4.06 and 4.13 and 157 kg/mm^2 (3.6) and 159 kg/mm^2 (3.7) respectively. The mineral is optically biaxial positive with $2v = 61-63^\circ$; (001) cleavage perfect; first order yellow interference colour, parallel-axial extinction; positive or negative elongations and $N_g = 1.637$, $N_m = 1.629$, $N_p = 1.627$, $N_g - N_p = 0.010$. It has been found that barytocelestine is often replaced by calcite.

The unit-cell dimensions of two samples are as follows, $a = 8.472, 8.509$; $b = 5.381, 5.408$; $c = 6.927, 6.958 \text{ \AA}$; $v = 315.80, 320.19 \text{ \AA}^3$; $z = 4$. The strongest lines in the x-ray powder pattern are $3.465(4.5)$, $3.325(10)$, $3.210(6)$, $2.998(7.5)$, $2.755(4.7)$, $2.691(4)$, $2.065(6)$, $2.032(4)$.

The calculated molecular formula of barytocelestine is $(\text{Sr}_{0.59} \text{Ba}_{0.34} \text{Ca}_{0.04}) \text{SO}_4$.

The weathered product of the barytocelestine shows a white or yellowish white colour and has a mesh structure. It is identical with baryte.