

水合碱式硫酸镁晶须的物理化学性能表征

魏钟晴 马培华 徐 刚 保积庆 诸葛芹 景燕

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁, 810008)

摘要 研究了碱式硫酸镁晶须的微观形态、化学组成、溶解性、比重等物理化学性质。通过 X—射线衍射光谱和红外吸收光谱研究了其结构特性。

关键词 水合碱式硫酸镁 晶须 物理化学性能

晶须的研究经历了 400 余年的历史, 只是到了本世纪中后期才引起了人们的极大兴趣, 这一研究至今方兴未艾。晶须以其特有的微米级结构向人们展示出了它的诸多优异性能和诱人的应用前景。以盐湖丰产镁资源为原料制备镁盐晶须, 原料易得且价格低廉, 制备方便且应用前景广阔, 不失为镁资源综合利用的极佳途径。

近年来, 我们研究了镁基硫酸盐晶须 $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (以下称 153MOS) 的水热合成。良好的晶须可通过 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 间的水热反应生成。通过控制适宜的合成条件, 使反应体系在温度为 $130^\circ\text{C} \sim 170^\circ\text{C}$ 、压力为 $393.99 \sim 719.64\text{kPa}$ 条件下进行。合成的晶须具有很高的纯度, 产率达 90% 以上。

对于 153MOS 晶须的物理化学性能, 有关文献研究很少。本文就 153MOS 的表观纤维特征、物理化学性质、X—衍射光谱和红外吸收光谱进行了较为详细的研究。

1 MOS 晶须的表观特征

153MOS 晶须的合成方法见参考文献^[1]。制备的 153MOS 晶须显白色, 不溶于水, 呈棉絮状悬浮于盛有水的烧杯中。如图 1 所示, 153MOS 在显微镜下观察为纤维状, 纤维长可达 $200\mu\text{m}$, 纤维直径约为 $0.8 \sim 1.2\mu\text{m}$ 。

2 MOS 的体积质量测定

本方法是根据固体矿物在水中的失重等于同体积水重的原理测得 MOS 的体积质量^[2-5]。首先称量空比重瓶重量为 W_1 , 然后注入蒸馏水, 置于 50°C 下的恒温槽中恒温 10 分钟, 用滤纸吸去塞子上毛细管口溢出的水, 取出比重瓶, 擦干外壁, 再称得重量为 W_2 , 倒去液体, 将瓶吹干, 放入 MOS 固体, 称得重量为 W_3 , 再注入已知密度 (按 1.0000 计) 的水, 放于真空干燥器中, 用煮沸法使附于固体表面的空气全部消除后再将比重瓶注满蒸馏水, 同样恒温 10 分钟, 取出擦干, 称得重量为 W_4 。

所有称重均在 1/10000 电子天平上进行,MOS 体积质量由下式计算:

$$d=d_{H_2O}(W_3-W_1)/[(W_2-W_1)-(W_4-W_3)]$$

结果总结在表 1 中。

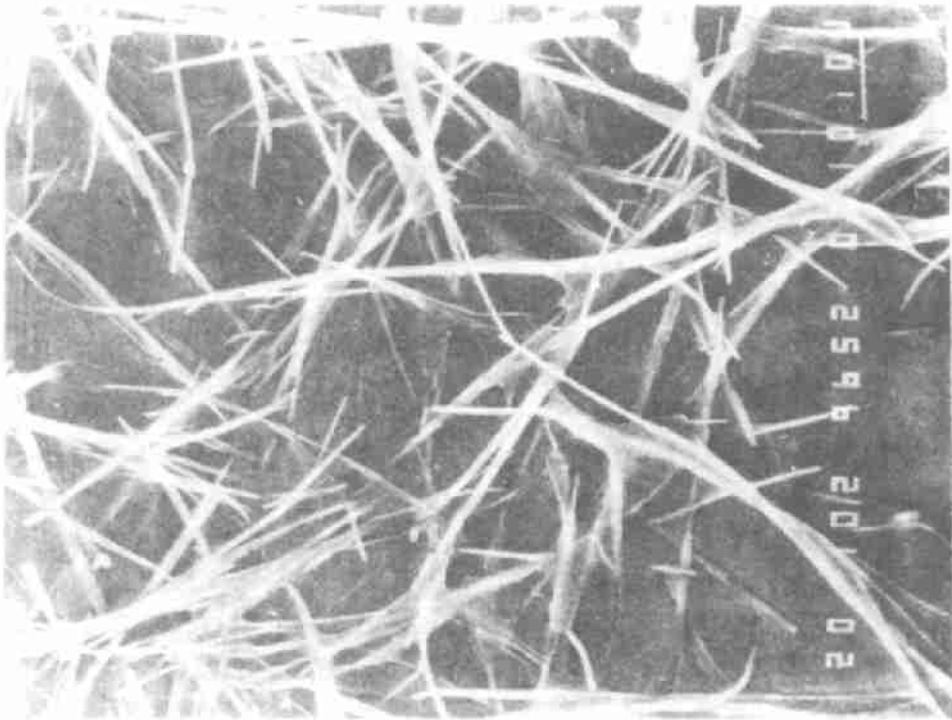


图 1 153MOS 显微晶形

表 1 比重瓶法测定 MOS 体积质量的实验数据

	MOS-17	MOS-2	MOS-3	MOS-7	MOS-
W_1	6.0521	5.3328	7.3031	6.0619	6.0746
W_2	6.1222	6.3717	7.3832	6.1845	6.1532
W_3	16.2104	16.3850	17.3894	16.2141	16.2122
W_4	16.2008	16.3824	17.3782	16.1991	16.2023
$A=W_2-W_1$	0.0601	0.0389	0.0801	0.1226	0.786
$B=W_4-W_1$	10.1387	10.0496	10.0751	10.1372	10.1227
$C=W_3-W_2$	10.0882	10.0133	10.0062	10.0296	10.0590
$D=B-C$	0.0505	0.0363	0.0689	0.1076	0.0687
比重=A/D	1.1901	1.0716	1.1626	1.1394	1.1441

3 数据处理和分析:

3.1 算术平均值

$$M = (1.1901 + 1.0716 + 1.1626 + 1.13894 + 1.1441) / 5 \\ = 1.14156 \approx 1.1416$$

3.2 偏差计算

	绝对偏差	相对偏差
MOS-17	$1.1901 - 1.1416 = 0.0485$	$0.0485 / 1.1416 \approx 0.0425 = 4.25\%$
MOS-2	$1.0716 - 1.1416 = -0.0700$	$-0.0700 / 1.1416 \approx -0.0613 = -.13\%$
MOS-3	$1.1626 - 1.1416 = 0.0210$	$0.0210 / 1.146 \approx 0.0184 = 1.84\%$
MOS-7	$1.1394 - 1.1416 = -0.0022$	$-0.0022 / 1.1416 \approx 0.0019 = 0.19\%$
MOS-X	$1.1441 - 1.1416 = 0.0025$	$0.0025 / 1.1416 \approx 0.0022 = 0.22\%$

$$\text{平均偏差 } \delta = (0.0485 + 0.0700 + 0.0210 + 0.0022 + 0.0025) / 5 = 0.0288$$

$$\text{相对平均偏差 } (\%) = (0.0288 / 1.1416) \times 100\% = 2.53\%$$

$$\text{标准偏差 } S = \{[(0.0485)^2 + (-0.0700)^2 + (0.0210)^2 + (-0.0022)^2 + (0.0025)^2] / \\ (5-1)\}^{1/2} \approx 0.0439 = 4.39\%$$

$$\text{平均值的标准偏差 } S_1 = S / (n^{1/2}) = 0.0439 / 5^{1/2} \approx 1.96\%$$

3.3 可疑值的处理^[4]

1.0716 和 1.1901 偏离平均值较大,是可疑值。用下面的方法检验:

(1)四倍法

若 $(\text{可疑值} - M) / \delta \geq 4$,则舍去

$$(1.0716 - 1.1416) / (2.5\%) = 2.8 < 4 \quad \text{故 } 1.0716 \text{ 不必舍去}$$

$$(1.1901 - 1.1416) / (2.5\%) = 1.9 < 4 \quad \text{故 } 1.1901 \text{ 不应舍去}$$

(2)Q 检验法

若舍弃商值 $Q = (m_{\text{可疑}} - m_{\text{相邻}}) / (m_{\text{最大}} - m_{\text{最小}})$ 大于对应的舍弃商值,则舍去。可疑值为

1.1901 和 1.0716

$$Q(1.1901) = (1.1901 - 1.1626) / (1.1901 - 1.0716) \\ = 0.0275 / 0.1185 \approx 0.232$$

$$Q(1.0716) = (1.1394 - 1.0716) / (1.1901 - 1.0716) \\ = 0.0678 / 0.1185 \approx 0.572$$

由舍弃商数值可以看出:当测定次数 $n=5$ 时, $Q(0.90)=0.64$,对照 $Q(1.1901)$ 和 $Q(1.0716)$ 可知,二者均小于 0.64,所以 1.1901 和 1.0716 均不应舍去。

由上面的数据处理结果可以确定 153MOS 的体积质量为 1.1416。

3 153 晶须的 X-Ray 晶体分析

样品的物相鉴定采用日本 Rigaku D/max-3B 型 X 射线粉末衍射系统(Fe 靶)。将显微镜

下观察只有晶须而无毛团状物的样品在 50℃下充分干燥后,摄取 XRD 图谱,谱图如图 2 所示。测得衍射数据如表 2 所示。

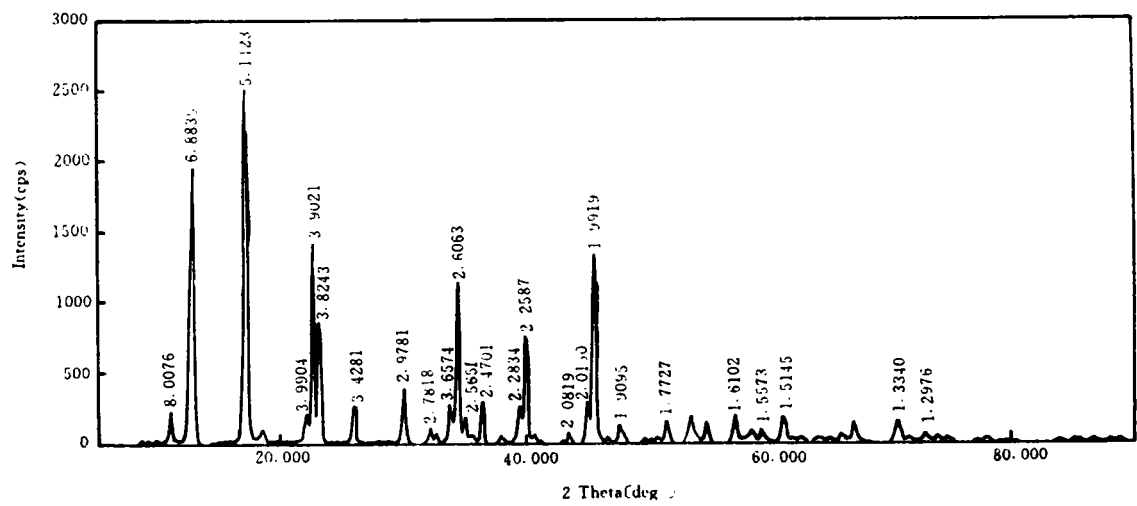


图 2 153MOS 的 XRD 图谱

表 2 153MOS 的 X-Ray 衍射数据

No.	2-Theta	INTEN	d	WIDTH	I/I0
1	13.92	385	7.988	.3	7
2	16.19	3645	6.874	.375	68
3	21.72	5347	5.137	.42	100
4	28.1	387	3.987	.3	7
5	28.75	2862	3.899	.405	54
6	29.33	1595	3.823	.405	30
7	32.82	520	3.426	.42	10
8	33.54	89	3.354	.21	2
9	37.98	812	2.974	.435	15
10	40.79	201	2.777	.405	4
11	42.75	478	2.655	.345	9
12	43.17	346	2.631	.24	6
13	43.68	1886	2.602	.465	35
14	44.39	280	2.562	.42	5
15	45.19	95	2.519	.24	2
16	46.16	591	2.469	.45	11
17	50.2	462	2.281	.39	9
18	50.82	1429	2.255	.525	27
19	51.71	112	2.219	.27	2
20	55.48	180	2.079	.495	3
21	57.47	475	2.013	.495	9
22	58.2	2310	1.99	.525	43
23	59.73	82	1.943	.255	2
24	60.97	226	1.908	.33	4
25	61.37	153	1.896	.255	3
26	63.62	78	1.836	.24	1
27	64.4	74	1.816	.24	1
28	64.95	56	1.802	.195	1
29	66.25	278	1.771	.42	5
30	68.92	319	1.71	.465	6
31	69.57	156	1.696	.255	3
32	70.71	250	1.672	.495	5
33	73.99	349	1.608	.465	7
34	74.64	58	1.596	.195	1
35	75.6	125	1.579	.27	2
36	75.89	103	1.574	.225	2
37	77.05	157	1.554	.27	3
38	79.51	230	1.513	.495	4

鉴定结果表明,该产物的成分为 $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。通过 PDF 卡可知该晶须属正交晶系,晶胞参数为 $a=15.94, b=3.11, c=13.38^{(6,7)}$ 。

5 MOS 的化学组成^(4,5,8)

所有用于化学分析的 153MOS 的样品为显微镜下观察无毛团状物而只有晶须的样品。

5.1 MOS 样品液的配制

5.1.1 0.1mol/L 盐酸溶液的配制与标定

用 10ml 量筒量取 9.0ml 浓盐酸(密度 1.19),注入 1000ml 的细口瓶中,用蒸馏水稀释至 1000ml,盖上瓶盖,摇匀,待标定。

量取 0.02985mol/L(已预先配制好)的硼砂基准液 20ml 放至锥形瓶中,加 2 滴甲基红(0.2%),用盐酸滴定,滴至溶液由黄色变为红色为止,消耗的盐酸体积为 V_{HCl} 。平行滴定三次,结果如表 3 所示:

表 3 用 0.02985mol/L 硼砂基准溶液标定盐酸结果

序号	V_{HCl} (ml)	V_{HCl} 平均值 (ml)	$M_{\text{HCl}} = 2M_{\text{B}} V_{\text{B}} / V_{\text{HCl}}$
1	10.77	10.77	0.1109
2	10.75		
3	10.78		

5.1.2 样品分析试液的制备

用蒸馏水洗涤 200ml 容量瓶,再用 0.1109mol/L 盐酸洗涤三次。用万分之一电子天平称取经充分干燥的 MOS 样品 0.2505g 放至烧杯中,用过量的 0.1109mol/L 盐酸溶解,水浴加热烧杯 1 小时以加速试样的溶解,待溶液透明后,放置冷却,转入 200ml 容量瓶,再加盐酸至刻度,配好的溶液待用于化学分析。

5.2 MOS 样品液的分析

5.2.1 样品液中 Mg^{2+} 的分析

取一定体积(10ml 或 20ml)的样品液放至锥形瓶中,加蒸馏水稀释至 30ml,再加 10ml $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}-\text{NH}_4\text{Cl}$ 缓冲溶液,滴加铬黑 T 指示剂 10 滴,用 0.04225mol/L EDTA 溶液滴定 Mg^{2+} (用 10ml 酸式滴定管,精度准确到 0.05ml),平行滴定多次,结果如表 4 所示。

表 4 用 0.04225mol/L EDTA 溶液滴定 Mg^{2+} 结果

序号	V _{EDTA} (ml)	V _{EDTA} 平 值均(ml)	V _{样品液} (ml)	M _{EDTA} (mol/L)	Mg ²⁺ (mol/L)		200ml 样品液中(即 0.2505 克 MOS 中) 含 Mg ²⁺ 的物质的量)
					含量	平均值	
1	7.55	7.55	20	0.04225	0.01595	0.01596	0.003194
2	7.57						
3	7.53						
4	3.75	3.78	10		0.01597		
5	3.80						
6	3.78						

5.2.2 样品液中 OH^- 的分析——过量 H^+ 的滴定

(1)NaOH 标准溶液的配制和标定:在 1/10000 电子天平上称取 4g 左右的 NaOH,加蒸馏水定容至 1000ml 待标定。在锥形瓶中加入 20ml 0.1109mol/L 盐酸溶液,加 2 滴酚酞,用 NaOH 溶液滴定。平行滴定 3 次,结果如表 5 所示。

表 5 用 0.1109mol/L 盐酸标定 Mg^{2+} 结果

序号	$M_{(HCl)}$ (mol/L)	$V_{(NaOH)}$ (ml)	M_{NaOH} (mol/L)
1	0.1109	18.22	0.1219
2		18.20	
3		18.20	

(2)样品液中过量 H^+ 的滴定:用移液管量取 20ml 样品液放至锥形瓶中,加 2 滴酚酞指示剂,以标定过的 NaOH 溶液滴定,平行滴定多次,结果如表 6 所示:

表 6 用 0.1209mol/L NaOH 溶液标定样品液中过量 H^+ 浓度结果

序号	V_{NaOH} (ml)		M_{NaOH} (mol/L)	$V_{样品液}$ (ml)	样品液中过量 H^+ 浓度 (mol/L)
1	13.60	13.62	0.1219	20.00	0.08301
2	13.65				
3	13.60				

(3)MOS 中 OH^- 含量的计算

200ml 样品液中与 MOS 反应的 H^+ 浓度 M 和物质的量 m 分别为:

$M=0.1109-0.08301=0.02789(\text{mol/L})$

$m=(0.02789\text{mol/L})\times[(1000\text{ml/L})/200\text{ml}]=0.005578\text{mol}/(200\text{ml})$

OH^- 与 H^+ 为等摩尔反应,所以,0.2505g MOS 中的 OH^- 的物质的量为:

$$m_{\text{OH}^-} = m_{\text{H}^+} = 0.005578\text{mol/L}$$

5.3 样品中的 SO_4^{2-} 含量的测定——重量法

5.3.1 MOS 样品液的配制

在万分之一电子天平上准确称量 100ml 容量瓶 48.3158g,向其中放入 MOS 样品,再准确称量总重为 49.1767g(算出 MOS 重为 0.8609g)。然后,加入 0.1109mol/L 的盐酸数毫升,再加入浓盐酸少许,水浴加热以加速溶解,待完全溶解后,取出,冷却,加水至刻度,待用。

5.3.2 样品液的沉淀以及沉淀的洗涤、称量

取一定体积(30ml 和 60ml)样品液放至 400ml 烧杯中,加水稀释至 200ml 左右,热至近沸,并对热溶液滴加 10—15ml 5%氯化钡溶液,不断搅拌。沉淀和母液置于沸水浴上加热两小时,取下放置 2 小时后分别用玻砂坩埚(16# 和 18#)抽气过滤,用热水转移并洗涤沉淀,直到洗涤液无 Cl^- 反应为止。沉淀和坩埚于 130°C 下烘干恒重(方法同上)。然后称重,进一步算出沉淀重量。16# 玻砂坩埚中沉淀为 0.1290g,18# 玻砂坩埚中沉淀为 0.2587g。

5.3.3 MOS 中 SO_4^{2-} 的物质的量的计算

0.8609g MOS 中 SO_4^{2-} 的物质的量为:

$$(0.1290/\text{BaSO}_4) \times (100/30) = 0.001842(\text{mol})$$

$$(0.2578/\text{BaSO}_4) \times (100/60) = 0.001841(\text{mol})$$

二者平均值为 0.001842mol。其中, $\text{BaSO}_4 = 233.40$,那么,0.2505g MOS 中 SO_4^{2-} 的物质的量为:

$$0.001842 \times (0.2505/0.8609) = 0.0005360(\text{mol})$$

5.4 结果与讨论

总结上面的结果可知,0.2505g MOS 中 Mg^{2+} 、 OH^- 和 SO_4^{2-} 的物质的量分别为:0.003194mol、0.005578mol 和 0.0005360mol。

利用上述数据可进一步计算出 0.2505g MOS 中的水物质的量:

$$[0.2505 - (0.003194 \times \text{Mg}^{2+} + 0.005578 \times \text{OH}^- + 0.0005360 \times \text{SO}_4^{2-})] / \text{H}_2\text{O} \\ \approx 0.001473(\text{mol})$$

其中, $\text{Mg}^{2+} = 24.31$, $\text{OH}^- = 17.00$, $\text{SO}_4^{2-} = 64.00$, $\text{H}_2\text{O} = 18.02$

因此,在 0.2505g MOS 中 Mg^{2+} 、 OH^- 、 SO_4^{2-} 和 H_2O 的物质的量分别为:0.003194mol、0.005578mol、0.0005360mol 和 0.001473mol。其比例为:

$$\begin{aligned} & \text{M}_{\text{Mg}^{2+}} : \text{M}_{\text{OH}^-} : \text{M}_{\text{H}_2\text{O}} : \text{M}_{\text{SO}_4^{2-}} \\ &= 0.003194\text{mol} : 0.005578\text{mol} : 0.001473\text{mol} : 0.0005360\text{mol} \\ &= 5.959 : 10.41 : 2.748 : 1 \\ &\approx 6 : 10 : 3 : 1 \end{aligned}$$

因此可写出 MOS 的化学式为: $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。这与 X-Ray 鉴定结果是一致的。水的化学计量偏小,由热分析结果可知是由于脱水所致。

将 MOS 充分干燥后,采用德国 SPECORD-75 型红外光谱仪,试样与 KBr 混合压片,以空气为参比物摄取红外光谱。同样地,摄取无水 MOS 的 IR 光谱。谱图如图 3 所示。

谱图分析:

(1)羟基 O—H 的游离态存在(例如在醇和酚的稀溶液中)时,在 IR 谱图上表现为在 $3650-3600\text{cm}^{-1}$ 附近有吸收峰。从 MOS 的 IR 可看出,在 3600cm^{-1} 附近有一吸收峰,表明 MOS 中存在有 O—H 键。测定固体时,一般只能得到以氢键聚合的多聚物的光谱。氢键的形成往往使基团的频率降低、峰变宽,频率的降低值取决于氢键的强弱。IR 谱图中的 3350cm^{-1} 附近的吸收峰表明为成氢键的 O—H 伸缩振动频率。这两个吸收峰预示着 MOS 中不仅有 O—H 键,而且有 O—H 与 O—H 间的氢键。

(2)MOS 中的 O—H 键是以游离羟基的形式存在还是以 H_2O 的形式存在,可观察在 1630cm^{-1} 附近是否有吸收峰。谱图显示在 $1620-1780\text{cm}^{-1}$ 的范围内有宽而弱的吸收峰。表明 MOS 中的 O—H 部分或全部以 H_2O 的形式存在。

(3)结晶水合物中的水可以弱的氢键与阴离子结合,也可以弱的配位键与金属离子结合。其中的配位水处于中心原子的配位层中,并以配位键与金属阳离子连接。其光谱与液态水的类似,除水的三个振动模式外,还会在 $650-1000\text{cm}^{-1}$ 范围出现剪式、扭转和摇摆等振动模。IR 谱图中, 650cm^{-1} 附近位置发现较强吸收峰,说明 MOS 中存在 H_2O 与 Mg^{2+} 间的配位键。

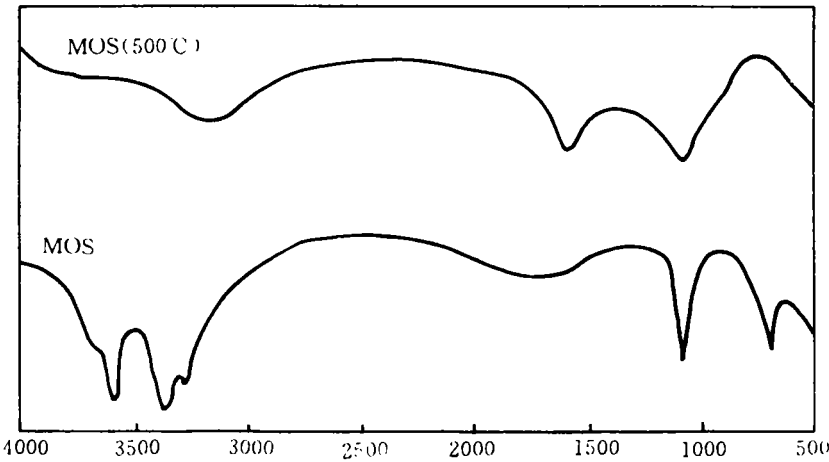


图 3 153MOS 及其 500℃ 以下加热产物的 IR 图谱

(4)另一方面,从 SO_4 角度来分析 IR 谱图。 SO_4 为四面体结构,属 T_d 点群,有 9 个振动自由度,四个振动模: $\nu_1(\text{A}, \text{R})$ 、 $\nu_2(\text{E}, \text{R})$ 、 ν_3 、 $\nu_4(\text{F}, \text{IR} + \text{R})$ 。对称伸缩 $\nu_1(983\text{cm}^{-1})$ 和弯曲模 $\nu_2(450\text{cm}^{-1})$ 只是拉曼活性的。而三重简并的反对称伸缩 $\nu_3(1105\text{cm}^{-1})$ 和弯曲模 ν_4 是红外和拉曼双活性的。IR 谱图上应该能看出这两个吸收峰的位置。然而,阳离子和外部环境的不同可造

成 SO_4^{2-} 的外部势场不同,这就使得 ν_3 在 $1050-1200\text{cm}^{-1}$ (强)的范围出现,而 ν_4 在 $600-700\text{cm}^{-1}$ (中强)的范围变动。MOS 的 IR 谱图显示在 1100cm^{-1} 有一强吸收峰,而在 650cm^{-1} 有一中强吸收峰。由此可充分说明 MOS 中存在 SO_4^{2-} 。

(5)从 500°C 的 153MOS 加热产物的 IR 谱图分析,在 1600cm^{-1} 附近的吸收峰表明 MOS 中仍有 O—H 或 H_2O ,此时水份还没有完全脱除,但 3350cm^{-1} 附近的吸收峰变宽而弱。说明 MOS 中 O—H 间的氢键已明显减弱。 650cm^{-1} 附近已没有了吸收峰。说明此时已不存在 Mg^{2+} 和 H_2O 间的配位键。 1100cm^{-1} 附近的吸收峰是 SO_4^{2-} 的伸缩振动吸收。

7 结论

(1)我们合成的 153MOS 晶须纤维长可达 $200\mu\text{m}$,纤维径为 $0.8-1.2\mu\text{m}$ 。外观特征呈白色,不溶于水,用比重瓶法测得体积质量为 1.1416。

(2)合成产物经 X 射线衍射进行物相鉴定,结果表明为 $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。该晶须属正交晶系,晶胞参数 $a=15.94, b=3.11, c=13.38$ 。

(3)利用显微镜下观察只有晶须而没有毛团状物的合成样品进行化学分析,结果表明晶须的化学成份为 $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$,与 X 射线鉴定的结果是一致的。

(4)153MOS 的 IR 谱图表明它的结构非常复杂。其中不仅有 O—H 键,而且有 O—H 与 O—H 间的氢键,部分 O—H 键以 H_2O 的形式存在; Mg^{2+} 和 H_2O 以配位键结合,IR 谱还显示出了 SO_4^{2-} 的特征峰。153MOS 在 500°C 下加热产物的 IR 谱图显示,153MOS 原有的水分已部分脱除, Mg^{2+} 和 H_2O 间的配位键已不复存在,结晶水已完全脱除,但仍有以 O—H 键形式存在的水分,可说明 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 在 500°C 下还未完全分解脱水。由于脱水,O—H 与 O—H 间的氢键已明显减弱。

参 考 文 献

- [1]魏钟晴、马培华、保积庆、徐刚,盐湖研究,1997,3—4:15.
- [2]北京大学化学系物化教研室,物理化学实验,北京大学出版社,1985,405.
- [3]潘兆橐主编,《结晶学及矿物学》(上),地质出版社,1984,11,247—248.
- [4]中国科学院盐湖研究所,卤水和盐的分析方法,科学出版社,1988,437、418—436、39—40、47—52.
- [5]武汉大学等,分析化学,高等教育出版社,1981,2,118—144.
- [6][苏]B. И 米赫耶夫,矿物伦琴射线鉴定手册,中国工业出版社,1965,34—75.
- [7][苏]A. И. 季达依哥罗茨基,X 射线结构分析,科学出版社,1958,185—277.
- [8]徐书中等,化学实验分册,东北师范大学出版社,1987,439—441.
- [9]周永哈,分析结构分析,化学工业出版社,1991,88—106.

Physicochemical Properties of Hydrous Magnesium Oxysulfate Whisker

Wei Zhongqing, Ma Peihua, Xu Gang, Bao Jiqing, Zhu Geqing and Jing Yan
(Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 81008)

Abstract

The Physicochemical properties such as chemical components, gravity of magnesium oxysulfate (MOS) whisker has been investigated. The result of chemical analysis of MOS whisker is entirely in accord with the result of XRD detection. The IR spectrum also verified some certain chemical groups and chemical bonds of MOS. The apparent performance of the whisker has been determined by scanning electron spectroscopy.

Key words: Hydrous magnesium oxysulfate, Whisker, Physicochemical properties

《海湖盐与化工》1999 年征订启事

《海湖盐与化工》是国家科委批准的科技类刊物,1972 年创刊,国内外公开发行,主要报道与海湖盐行业有关的国内外先进科学技术和经济效益显著的科技成果、先进经验和经济技术信息。设有科研成果、技改经验、资源开发、学术论文、适用技术、讨论园地、海外信息、国内简讯等主要栏目。

本刊经办各类广告业务,欢迎来人来函联系。

本刊为双月刊,16 开 48 页,单价 4 元/本,刊号:ISSN1001-2214,CN12-1124/TS,邮发代号:6-34,国外代号:BM4144,全国各地邮局均可订阅。

地址:天津市塘沽区营口道 831 号。

邮编:300450

电话:(022)25892730-3009

传真:(022)25897596