

# 国内氢氧化镁阻燃剂的研究现状

姬连敏,李丽娟,聂 锋,曾忠民

(中国科学院青海盐湖研究所,青海 西宁 810008)

**摘 要:**综述了国内氢氧化镁阻燃剂的合成、表面改性及其应用,主要论述了近20年来国内在氢氧化镁阻燃剂研发方面取得的成果及发展方向,简单概述氢氧化镁阻燃剂的发展前景。

**关键词:**氢氧化镁;阻燃剂;高纯超细;研究现状

中图分类号:TQ569

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2007)02-0000-00

## 0 前 言

随着塑料、橡胶、合成纤维等高分子材料生产的发展及其应用领域的扩展,其易燃性也日益引起人们的关注。尤其当高分子材料与电器组合使用时(如电线、电缆等塑料制品),由于在高压、发热、放电等条件下工作,容易燃烧引起火灾,同时产生大量烟雾和有毒气体,造成财物损失及人员伤亡。为此,人们研究出各种阻燃剂来解决高分子材料的阻燃和抑烟问题,如卤系(主要为氯系和溴系)、磷系以及无机阻燃剂(氢氧化铝、氢氧化镁、三氧化二锑等)<sup>[1]</sup>。由于火灾中有80%是烟窒息死亡。因此,阻燃剂技术中“抑烟”比“阻燃”更为重要。虽然卤系(尤其是溴系)、磷系阻燃剂的阻燃效果好,但价格昂贵,并且存在环保问题,因此其应用受到限制。氢氧化镁具有阻燃抑烟、热稳定性高、无毒等特点,受热分解时,释放出水,同时吸收大量的潜热,这就降低了树脂在火焰中实际承受的温度,具有抑制高聚物分解和可燃性气体产生的冷却效应。分解后生成的氧化镁是良好的耐

火材料,也能帮助提高树脂抵抗火焰的能力,在生产、使用和废弃过程中均无有害物质排放,是一种环保型绿色阻燃剂。氢氧化镁分解温度高达340℃,比常用的无机阻燃剂氢氧化铝高出140℃,致使添加氢氧化镁的合成材料承受更高的加工温度,有利于加快挤塑速度,缩短模塑时间,使添加材料具有更佳的加工性能,同时亦有助于提高阻燃效率,多数性能优于氢氧化铝,是目前最有发展前途、环境友好的无机阻燃剂,近几年在国内外日益受到重视,氢氧化镁阻燃剂研发是各国研究的热点领域<sup>[2]</sup>。

由于氢氧化镁是一种表面极性很强的无机化合物,其晶体在(101)方向有微观内应变,晶体表面带有正电荷、具有亲水性,与亲油性的聚合物分子的亲和力欠佳,晶粒趋向于二次凝聚;同时,氢氧化镁与聚合物的界面产生空隙<sup>[2]</sup>。常规方法合成的产物往往比表面积大、粒子之间的团聚性强,直接添加到高聚物中时分散性及相容性差,影响复合材料的加工性能。用作阻燃剂时,其添加量40%方能取得理想的阻燃效果,如此高的添加量势必造成聚合物复合材料机械力学性能的降低<sup>[3]</sup>;因此对传统的氢

收稿日期:2006-12-11;修回日期:2007-04-02

基金项目:中国科学院科技支青资助项目(ZQ-2006-01);青海省科技厅资助项目(2005-G-165)

作者简介:姬连敏(1982-),女,硕士研究生,主要从事无机材料研究。

氧化镁阻燃剂进行改性研究已成为目前比较热门的研究课题。

中国科学院青海盐湖研究所、杭州化工研究所、江苏海水综合利用研究所、兰州化学工业公司研究院、北京地质研究所、大连理工大学、连云港市盐化厂、温州钾肥厂、新疆工学院等有关单位相继对氢氧化镁的制造和应用开展了研究,并分别研制出了一些特殊晶形的、比表面积小的氢氧化镁阻燃剂,可广泛用于聚丙烯、聚氯乙烯、聚乙烯及橡胶、不饱和聚酯、油漆等、具有较好的经济效益<sup>[4-5]</sup>。

### 1 片状 Mg(OH)<sub>2</sub> 的合成研究

向兰<sup>[6]</sup>等研究了在 NaOH 溶液中 Mg(OH)<sub>2</sub> 晶体的水热改性,使不规则的 Mg(OH)<sub>2</sub> 颗粒水热改性后转化成规则的六角片状 Mg(OH)<sub>2</sub> 晶体。实验研究结果表明,反应持续时间(1~4 h)与反应温度从 140 增加到 200 都能促使合成大颗粒小 cluster 的片状 Mg(OH)<sub>2</sub>。最合适的水热处理条件为颗粒密度 0.075 g/mL,NaOH 浓度为 5.0 mol/L,温度 200 ,时间 4 h,其测定数据见表 1。

表 1  $I_{(001)} / I_{(101)}$  随反应时间和温度的变化

Table 1 Variation of  $I_{(001)} / I_{(101)}$  with reaction time and temperature

时间/h	温度/	$I_{(001)} / I_{(101)}$
1		1.3
2		1.6
3		4.8
4		5.8
	140	2.1
	160	3.6
	180	4.0
	200	5.0

$$I_{(001)} / I_{(101)} = 0.58$$

李丽娟<sup>[7,8]</sup>等人使用未见公开报道的转化剂体系,使普通团聚状氢氧化镁转型为六角片

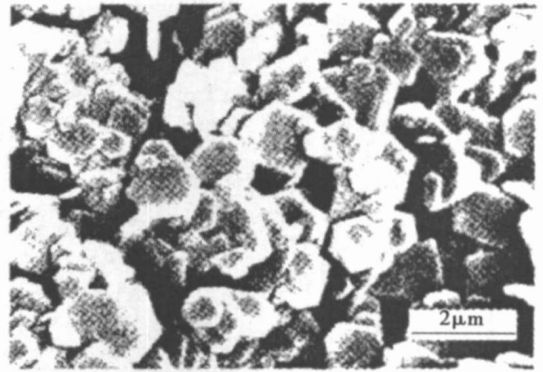


图 1 200 ,4 h,5 mol/L NaOH 下所得 Mg(OH)<sub>2</sub> 的形貌变化

Fig. 1 Morphology of Mg(OH)<sub>2</sub> prepared under hydrothermal conditions of 200 ,4 h and 5 mol/L NaOH

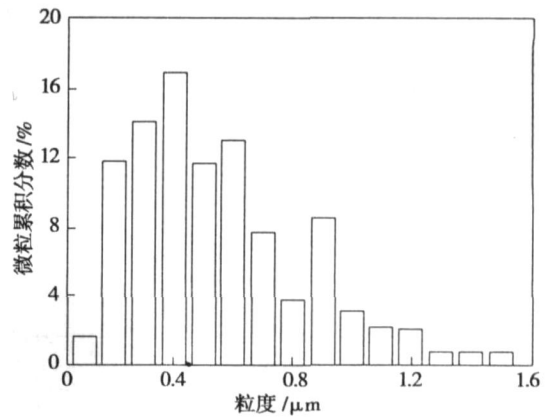


图 2 Mg(OH)<sub>2</sub> 粒径随反应时间的变化 (4 h,3 mol/L NaOH,200 )

Fig. 2 Variation of Mg(OH)<sub>2</sub> particle size with reaction time

状氢氧化镁,晶型完整,转化率达到 95% 以上,取得非常满意的结果。满足国内外用于电线、电缆、塑料等行业对其粒径的要求(D(50) 1.5 μm; D(90) 3.0 μm);并且该制备技术已申请专利(专利申请号 200610041984.3)。如图 3 为该技术产品的电镜扫描图(TEM),图 4 为最佳条件下所得 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的粒度分布,可以看出经水热处理后颗粒的表观粒径呈现正态分布,平均粒径较小(D50 = 1.45 μm),粒度分布均匀,表 2 为国内氢氧化镁阻燃剂性能对比表。

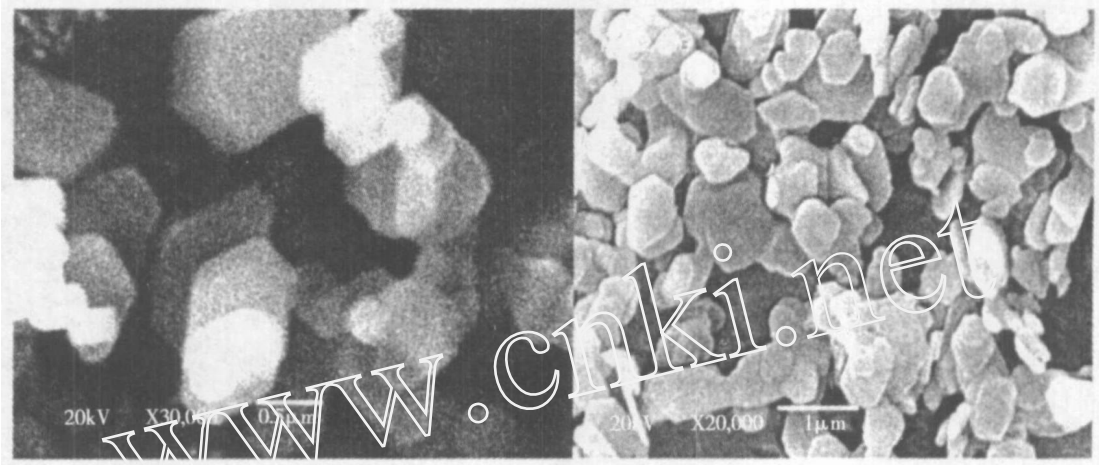


图 3 水热条件 140 °C, 4 h, 2 mol/L 转化剂体系下所得  $Mg(OH)_2$  的形貌变化

Fig. 3 Morphology of  $Mg(OH)_2$  prepared under hydrothermal conditions of 140 °C, 4 h and 2 mol/L converting agent

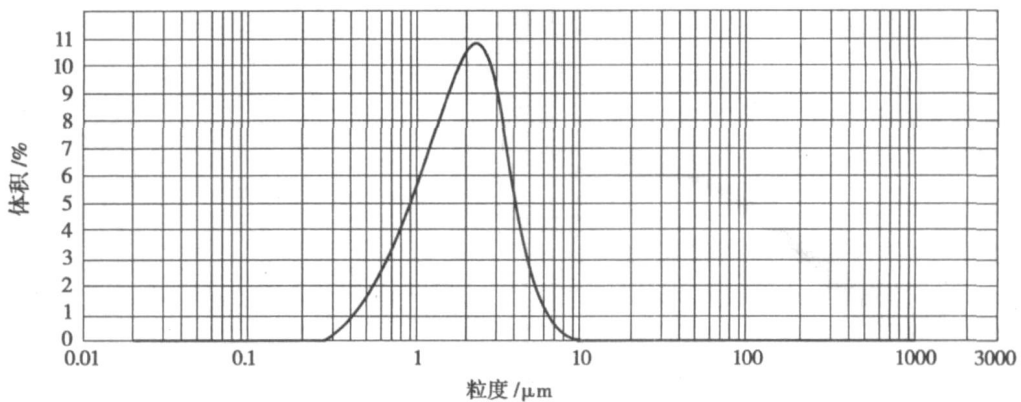


图 4  $Mg(OH)_2$  产品的粒度分布图

Fig. 4 Particle size distribution of  $Mg(OH)_2$  product

表 2 国内不同研究单位工艺技术指标比较

Table 2 Comparison of the technological indexes of several domestic institutes

编号	项目	单位	清华大学 化工系	南风集团	北京化 工大学	中科院 盐湖所
1	转化剂类型	-	NaOH	NaOH	NaOH	B 体系
2	转化剂浓度	mol/L	4.00	4.00	4.00	2.00
3	氢氧化镁料浆浓度	%	-	7.5	7.5	15
4	反应温度		200	200	160	140
5	反应时间	h	4.0	4.0	6.0	4.0
6	搅拌速度	r/min	770	200	700	600
7	晶体形貌	-	大多呈六角片状	正六方形	普遍呈六角片状	六角片状 95 %
8	晶体粒度	μm	0.3 ~ 1.5	-	-	0.3 ~ 1.2
9	比表面积	m <sup>2</sup> /g	10.0	-	7.7 ~ 13.2	7.0 ~ 7.3

吴健松<sup>[9]</sup>等人以尿素分解产生的  $NH_3$  为沉淀剂,通过分阶段控制温度直接在水热反应

釜均匀沉淀薄片状氢氧化镁。TEM 示粒子呈六方棱形形状(如图 5,6)。

表 3 产品各主要成分检测含量(质量百分数/%)

Table 3 Major components of the product(in weights percent)

Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	B	酸不溶物	其他离子
41.220	0.030	0.012	0.098	未检出	0.181	未做检测

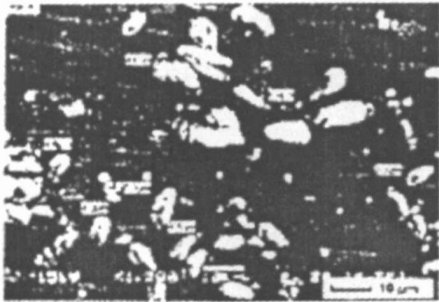


图 5 氢氧化镁晶体电镜扫描图

Fig. 5 SEM images of Mg(OH)<sub>2</sub> crystal

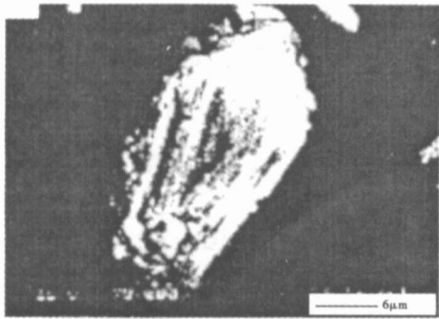


图 6 单片氢氧化镁晶体电镜扫描图

Fig. 6 SEM images of monolithic Mg(OH)<sub>2</sub> crystal

闫修川<sup>[10]</sup>以青海东台吉乃尔盐湖制备 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 的副产物 Mg(OH)<sub>2</sub> 为原料,经过水热晶化反应和表面处理制得优良的阻燃用 Mg(OH)<sub>2</sub>。

表 4 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品与工业 Mg(OH)<sub>2</sub> 化工行业标准比较

Table 4 Comparison of Mg(OH)<sub>2</sub> product with technical Mg(OH)<sub>2</sub> of chemical industry standard

项 目	指标	
	HG/T3607-2000I型	自己产品
氧化镁含量, %	63.0	66.0
氧化钙含量, %	1.0	0.02
酸不溶物, %	0.2	0.04
水分, %	2.5	0.17
氧化物(以 Cl 计), %	0.15	-
铁(Fe)含量, %	0.25	0.30
灼烧失重, %	28.0	29.0
筛余物(75 μm 试验筛), %	0.5	-

图 7 为最佳条件下所得 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的粒度分布,可以看出经水热之后颗粒的表观粒径呈现正态分布,平均粒径较小(D(50) = 5.570 μm),粒度分布均匀。

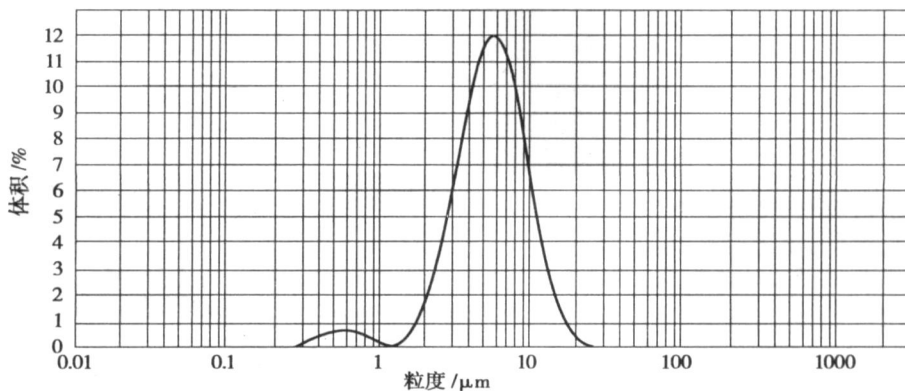


图 7 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的粒度分布图

Fig. 7 Particle size distribution of Mg(OH)<sub>2</sub> product

图 8 所示最佳条件下所得 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的 SEM 形貌图,可以看出所得产品为片状结

构,大粒径所占比例较大,粒径分布比较均匀,平均一次粒径约为 0.35 μm。

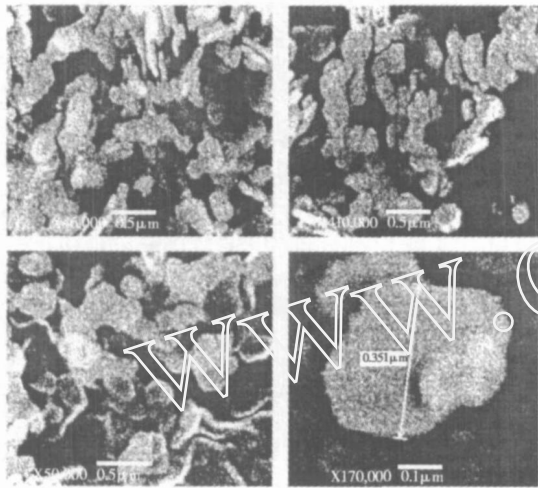


图 8 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的 SEM 形貌图  
Fig. 8 SEM images of Mg(OH)<sub>2</sub> product

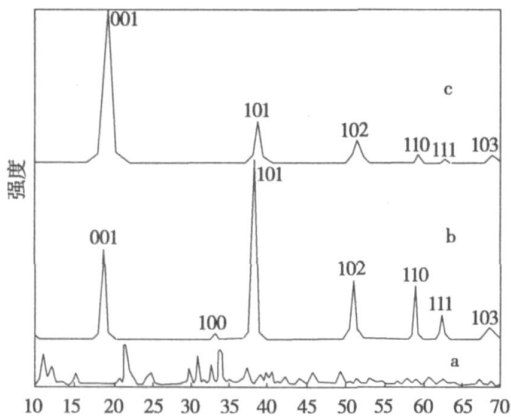


图 9 XRD 谱图 (a)Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>12</sub>·5H<sub>2</sub>O 纳米线;  
(b)通过前驱体的水热过程得到的片状 Mg(OH)<sub>2</sub>;  
(c)Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管。

Fig. 9 XRD patterns: (a) Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>12</sub>·5H<sub>2</sub>O nanowires, (b) plate-like Mg(OH)<sub>2</sub> obtained via hydrothermal process of the precursor, and (c) Mg(OH)<sub>2</sub> nanotubes

## 2 晶须/纤维状 Mg(OH)<sub>2</sub> 的合成研究

Fan, Weiliu<sup>[11]</sup>等在没有任何表面活性剂或催化剂情况下,以 Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>12</sub>·5H<sub>2</sub>O 纳米线

为先驱,通过简单的溶剂热法合成了纳米管状的 Mg(OH)<sub>2</sub>。XRD, TEM, ED and HRTEM 表明了纳米管的结构、形貌及其组成;在(001)和其它晶格面的强度突出变化表明优先生长的纳米管。TEN 结果表明纳米管晶形良好,纳米管外径 80 ~ 150 nm,壁厚 30 ~ 50 nm,长 5 ~ 10 nm。ED 指明了 Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管为单晶,其生长方向为[110],该结论由 HRTEM 研究证实。

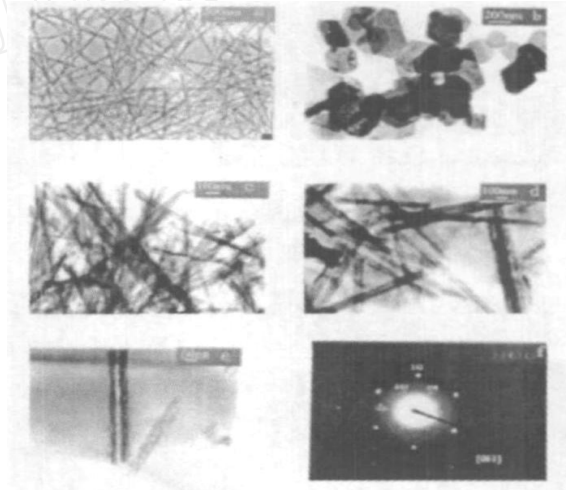


图 10 TEM 图 (a) Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>12</sub>·5H<sub>2</sub>O 纳米线;  
(b)通过前驱体的水热过程得到的片状 Mg(OH)<sub>2</sub>;  
(c)和(d)是 Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管的放大图象;(e)一个单晶管的进一步放大图象;(f)单个 Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管的 ED 谱图。

Fig. 10 SEM imagines: (a) Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>12</sub>·5H<sub>2</sub>O nanowires, (b) Mg(OH)<sub>2</sub> particles obtained via hydrothermal process of the precursor, (c) and (d) of the enlarged images of Mg(OH)<sub>2</sub> nanotubes, (e) further magnified image of a single tube, and (f) ED pattern of the single Mg(OH)<sub>2</sub> nanotube

由图 11 (a) 中衍射点与六角结构可以对应,这一指定得到了 (b) HRTEM 图像的进一步证明,六角 Mg(OH)<sub>2</sub> 的纳米管的纵轴是沿 [110] 方向的;从长方形选定区域图像中观测到的边缘间距 (~ 0.157 nm) 与 (110) 晶格面间的间隔是对应一致的。HRTEM 图像在 HITACHI 9000 - NAR - 发射电子显微镜上测定。

姜玉芝<sup>[12]</sup>等人以碱式硫酸镁晶须和氢氧化钠为原料,研究了水热合成法制备氢氧化镁晶须的合理工艺条件,结果表明,当碱式硫酸镁

晶须料浆质量分数为 4.0 % ,搅拌强度为 100 r/min ,反应温度为 180 ,反应时间为 4 h 时 ,可合成直径 0.5 μm、长径比 15、表面光滑、纤维均匀、高纯度的氢氧化镁晶须。

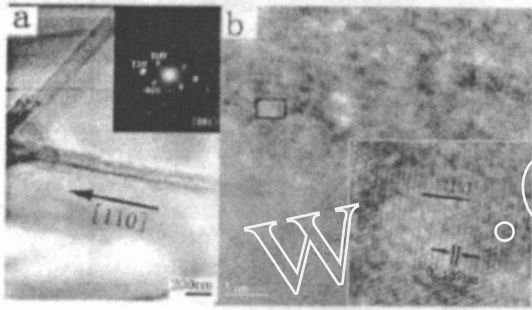


图 11 (a) 单个 Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管的 TEM 图像和 SAED 谱图(插入);(b) 单个 Mg(OH)<sub>2</sub> 纳米管的 HRTEM 图像。

Fig. 11 (a) TEM image and SAED pattern (inset) of an individual Mg(OH)<sub>2</sub> nanotube , (b) HRTEM image of an individual Mg(OH)<sub>2</sub> nanotube



图 12 碱式硫酸镁晶须料浆浓度为 4 % 时得到的产物形貌

Fig. 12 Morphology of the hydrothermal products produced with 4 % basic magnesium sulphate whiskers

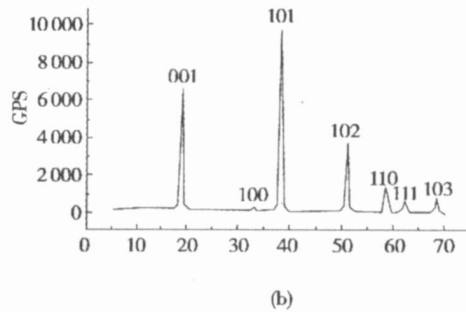
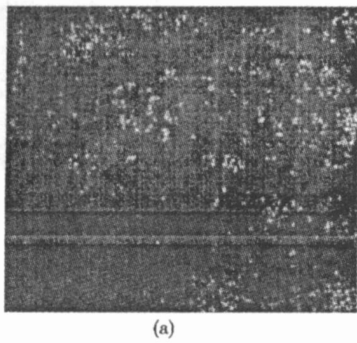


图 13 氢氧化镁形貌和 XRD 谱图

Fig. 13 Morphology and XRD pattern of Mg(OH)<sub>2</sub>

邓国初<sup>[13]</sup>等人以纤维状水镁石为原料,经分离制取纤维状氢氧化镁产品获得成功,但产物纯度和形貌并不理想;其制备过程及方法按下列流程:水镁石原矿—细碎—化学药剂作用—机械剥分—分散剂处理—分选提纯磁选—超细分级—纳米纤维。

胡章文<sup>[14]</sup>等人利用蛇纹石酸浸滤液提取镁,制备针状纳米氢氧化镁,其制备工艺比较复杂。制备工艺流程:蛇纹石酸浸滤液—结晶(粗硫酸镁)(加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)净化(精制硫酸镁)(加 NH<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O、PEG)沉淀反应—过滤干燥

纳米氢氧化镁样品。图 14 为 XRD 测试结果:a 为不加表面活性剂的;b 为添加 PEG 时的。从图可知,b 样的衍射峰明显宽化,且主峰强度大,故可判定所制样品为氢氧化镁,其结晶良好且平均粒径变小。依据谢乐公式计算,该氢氧化镁粉体中晶粒尺寸 < 15 nm。

图 15 左为氢氧化镁的电子衍射照片,照片特征说明所制纳米氢氧化镁为晶型结构;图 15 右为放大 10 万倍氢氧化镁的 TEM 照片。从图中可看出,添加表面活性剂时得到的样品呈针状分布,直径在 5~9 nm,长径比为 15~20。

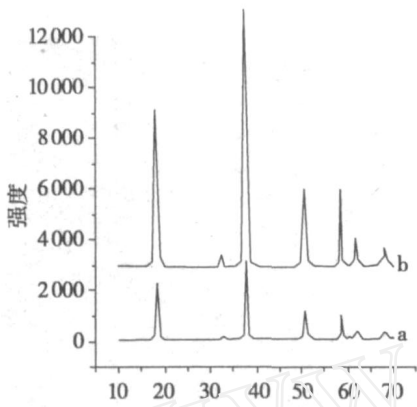


图 14 氢氧化镁样品的 X 衍射图谱

Fig. 14 XRD patterns of Mg(OH)<sub>2</sub> product

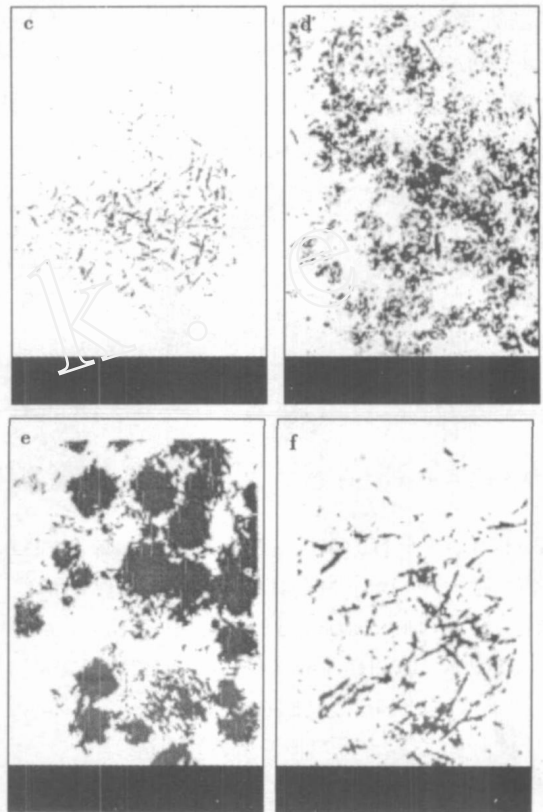


图 16 发明所得产品的 TEM 照片

Fig. 16 TEM images of the product obtained by this invention

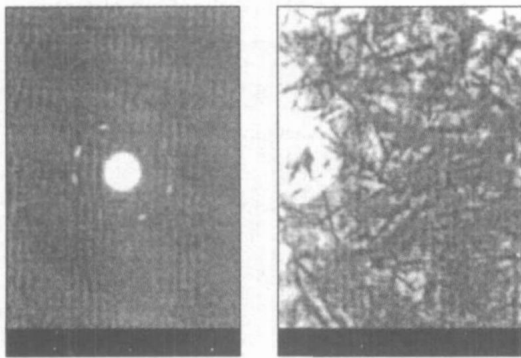


图 15 样品的电子衍射(左)及 TEM 照片(右)

Fig. 15 ED(left) and TEM(right) images of the product

瞿保钧<sup>[15]</sup>等人将分析纯氯化镁制成水溶液,然后与氢氧化钠反应,制备针状纳米级氢氧化镁产品,并已申请中国专利,但此种方法原料成本较高,产品质量不够稳定。

图 16 中 a~f 分别为该发明所得产品的透射电子显微镜(TEM)照片;图 17 是该发明产品

典型的宽角 X-衍射(XRD)谱图;图 18 是该发明产品典型的傅立叶红外吸收(FTIR)光谱图。

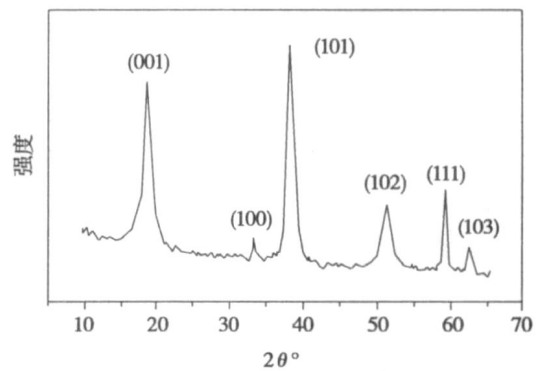
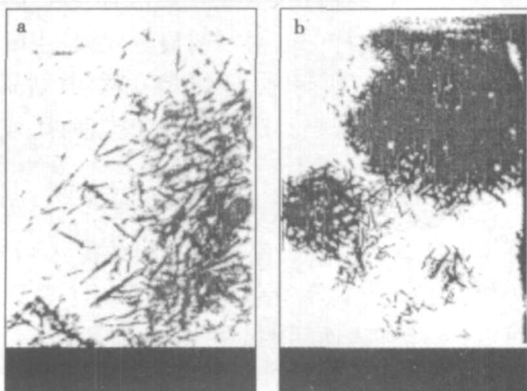


图 17 发明产品典型的 XRD 谱图

Fig. 17 Typical XRD pattern of the product obtained by this invention



Li Yan<sup>[16]</sup>等利用 MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 和氨水为原料,将氨水滴加到 MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 溶液中,当 pH 达到 12 时,生成白色沉淀;然后将沉淀转移到

高压釜中水热处理 10 h,制备出了长度为 3 μm、直径为 30 nm 的棒状 Mg(OH)<sub>2</sub>。图 19 为经过水热处理的 Mg(OH)<sub>2</sub> 产品的 X-ray 衍射图。

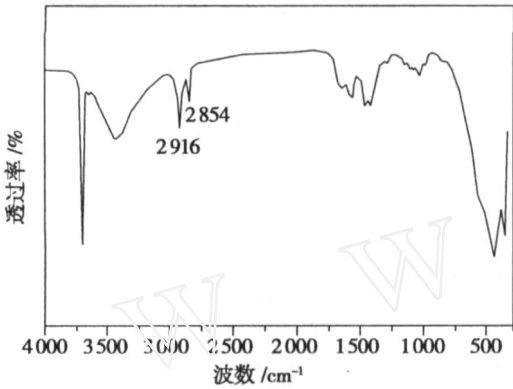


图 18 发明产品典型的 FTIR 光谱图

Fig. 18 Typical FT- IR spectra of the product obtained by this invention

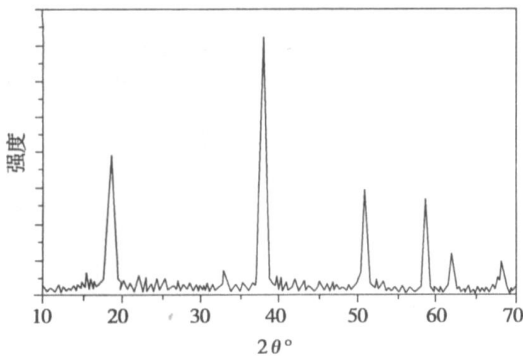


图 19 水热处理 10h后得到的 Mg(OH)<sub>2</sub> 典型的 XRD 谱图

Fig. 19 Typical XRD pattern of Mg(OH)<sub>2</sub> produced by hydrothermal treatment for 10 h

图 20 给出了以上样品的形貌直观图,形状为针状,长约 3 μm,直径约 30 nm。

图 21 中 Mg(OH)<sub>2</sub> 样品的选定区域的电子衍射 (SAED) 表明是单晶。

### 3 其他形貌 Mg(OH)<sub>2</sub> 的合成研究

钱海燕<sup>[17]</sup>等人将菱镁矿粉料于 750 煅烧,1.5 h 得到反应活性最高的轻烧氧化镁;(1)  $m(\text{MgO}) : m(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 50$  (2 g MgO, 100 mL H<sub>2</sub>O),NaOH 溶液浓度为 1 mol/L,水化温度 70

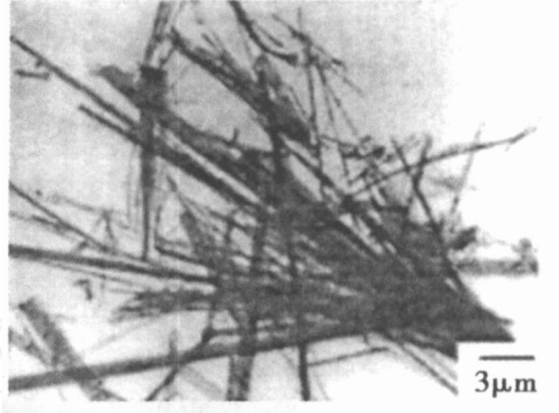


图 20 水热处理 10 h 后得到精制 Mg(OH)<sub>2</sub> 的 TEM 形貌图

Fig. 20 TEM image of refined Mg(OH)<sub>2</sub> obtained by hydrothermal treatment for 10h

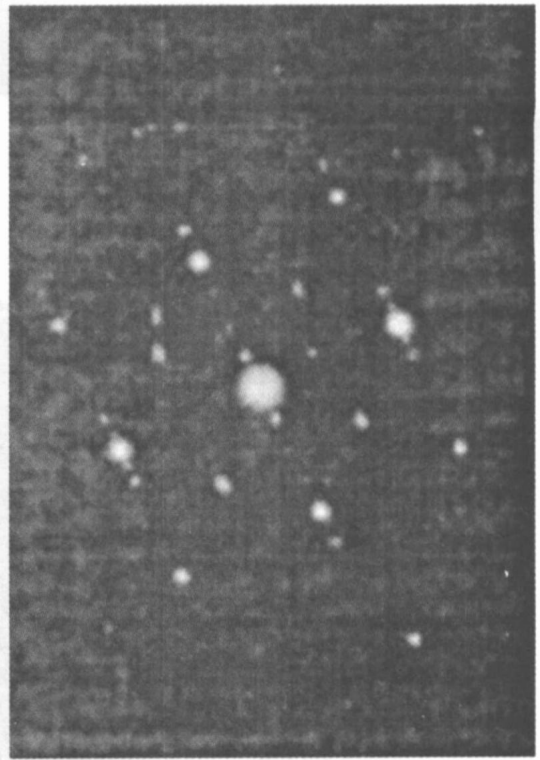


图 21 图 20 中所示纳米管的 SAED 图

Fig. 21 SAED pattern of Mg(OH)<sub>2</sub> nanorods shown in Fig. 20

,得到产物颗粒最细,D(50)为 0.94 μm。(2)  $m(\text{MgO}) : m(\text{H}_2\text{O}) = 1 : 50$  (2 g MgO, 100 mL H<sub>2</sub>O),NH<sub>3</sub> 水加入量为 8 mL (1.04 mol/L)、12 mL (1.55 mol/L),70 条件下恒温水浴,得到产



物最为细小,具体试验数据见下表 5、6、7。

表 5 不同温度下水化产物的粒度分布

Table 5 Size distribution of hydrating products at different temperatures

粒径/ $\mu\text{m}$	40		50		60		70		80		90	
	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积
0~1	28.91	28.9	32.69	32.6	36.85	36.8	53.46	53.4	41.07	41.0	32.85	32.8
1~2	10.55	39.4	9.91	42.6	10.74	47.5	12.83	66.2	20.21	61.2	13.41	46.2
2~5	17.58	57.0	14.49	57.0	17.42	65.0	21.45	87.8	21.92	83.2	18.47	64.7
5~10	11.29	68.3	12.63	69.7	10.52	75.5	5.78	93.5	8.92	92.1	12.69	77.4
10~20	18.69	87.0	18.05	87.7	14.93	90.4	0.47	99.9	7.89	100.0	17.35	94.7
20~30	9.76	96.7	10.20	97.9	9.54	100.0	0.00	100.0	0.00	100.0	4.00	99.2
30~	3.22	100.0	2.02	100.0	0.00	100.0			0.00	100.0	0.79	100.0
D(50)	3.80		3.53		2.42		0.94		1.44		2.61	
D(94)	27.15		26.11		23.71		10.74		12.38		19.56	

表 6 不同浓度 NaOH 溶液中水化产物的粒度分布

Table 6 Size distribution of hydrating products in NaOH solutions with different concentrations

粒径/ $\mu\text{m}$	$C(\text{NaOH}) / (\text{mol L}^{-1})$									
	0.0		0.5		1.0		1.5		2.0	
	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积
0~1	7.03	7.03	12.78	12.78	53.46	53.46	42.34	42.34	48.85	48.85
1~2	12.13	19.16	28.96	41.74	12.83	66.29	11.42	53.76	8.50	57.35
2~5	74.62	93.78	34.65	76.39	21.45	87.74	18.95	72.71	18.14	75.49
5~10	0.01	93.79	7.45	83.84	5.78	93.52	8.03	80.74	9.59	85.08
10~20	4.14	97.93	5.86	89.70	6.48	100.00	8.47	89.21	10.89	95.97
20~	2.07	100.00	10.30	100.00	0.00	100.00	10.79	100.00	4.03	100.0
D(50)		3.24		2.72		0.94		1.67		1.14
D(94)		10.51		24.27		10.74		30.86		18.19

表 7 不同浓度氨水溶液中水化产物的粒度分布

Table 7 Size distribution of hydrating products in ammonia solutions with different concentrations

粒径/ $\mu\text{m}$	$C(\text{氨水溶液}) / (\text{mol L}^{-1})$									
	0.00		0.52		1.04		1.55		2.07	
	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积	频率	累积
0~1	7.03	7.03	37.58	37.58	40.13	40.13	41.03	41.03	29.50	29.50
1~2	12.13	19.16	20.44	58.02	13.88	54.01	15.05	56.08	16.59	46.09
2~5	74.62	93.78	29.24	87.26	26.00	80.00	26.82	82.90	25.11	71.20
5~10	0.01	93.70	9.34	96.60	9.61	89.61	11.46	94.36	10.37	81.57
10~20	4.14	97.92	3.38	99.98	8.13	97.75	5.64	100.00	10.68	92.25
20~30	2.08	100.00	0.01	99.99	2.25	100.00	0.00	100.00	7.73	99.98
30~	0.00	100.00	0.01	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
$d_{50}$	3.24	1.61	1.71	1.60	2.47					
$d_{94}$	10.51	8.61	15.39	9.84	22.26					

胡庆福<sup>[18]</sup>等人将卤块加水溶解,精制卤液打入反应釜中,加水调至要求的浓度后升温到 50~70 ;一定浓度的氨水在混合槽中加入一定量的表面处理剂,在搅拌下充分混合,表面处

理剂完全溶解在氨水中后,一般控制溶解时间 1 h 左右。然后慢慢地将氨表面处理剂溶液加入反应釜中进行反应,反应温度 50~70 ,反应时间 1~2 h。待氨表面处理剂溶液加完后,提高

反应液温度到 80~90 ℃,恒温处理 2~3 h 后,放料进行过滤、干燥、粉碎,制得氢氧化镁阻燃剂产品。几种氢氧化镁阻燃剂性能对比、武邑

县阻燃剂厂企业标准、成品的物理性能分别列于表 8、表 9 中。

表 8 几种氢氧化镁阻燃剂性能对比表

Table 8 Comparison of the properties of several Mg(OH)<sub>2</sub> flame retardant

类 型	X-光(101)方位指标		比表面积 /m <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup>	备注
	晶粒大小 ×10 <sup>-10</sup> m	值 ×10 <sup>-3</sup>		
兰州化工研究院 LZM-20A	>800	3.0	<20	ZLG8399-83102
杭州化工研究所国产 1 号	1342.3	1.4	<30	
天津塑料研究所	698.5	2.55	22.4	
河北轻化工学院			<10	
河北武邑阻燃剂厂	-	-	<20	一步法
日本协和产品	>800	3.0	<20	キヌマ-SA
日本协和产品	>800	3.0	<20	キヌマ-SE
氧化镁水合产品	698.5	2.55	22.4	
氧化镁中间产品	199.6	1.37	8.4	表面未处理
化学制剂	242.4	-	49.9	表面未处理

表 9 成品的物理性能

Table 9 Physical properties of the products

Mg(OH) <sub>2</sub> 份数	伸长率 /%	强度 /MPa	硬度 /度	阻燃性
0	200	8.4	95	差
5	205	9.27	78	较好
10	210	9.59	75	较好
15	220	9.63	71	离火自熄
50	225	8.91	72	离火自熄
70	227	8.59	70	很好

## 4 展 望

特殊形貌氢氧化镁阻燃剂研究是阻燃剂领域中一个比较热门的课题。尽管国内有多家院校开展该方面研究工作,但国内氢氧化镁阻燃剂生产技术尚处在研发阶段。依托技术创新开发高附加值的功能性高纯超细粉体材料是镁行业面临的一个共同课题,也是镁系列阻燃剂发展的一大趋势。目前世界各国均在研制开发镁系列阻燃剂,除通用品种外,各种专用、复合型新产品层出不穷,应用领域不断开拓。我国氢氧化镁阻燃剂产品,正处在开拓研发阶段,特别是特殊形貌氢氧化镁阻燃剂,在国内尚处在应用研发过程。而我国又是镁资源大国,具有得

得天独厚资源优势,利用这一资源,开发生产镁系列阻燃剂具有广阔的前景。特别是我国消防法的即将公布,国际阻燃剂强制标准的实施,以及公共场所阻燃剂制品和组件燃烧性能的要求及标识等即将出台,必将会在我国形成强制使用阻燃剂材料的法律行为。我国阻燃剂技术与材料行业的飞跃,将促进我国氢氧化镁阻燃剂系列产品的生产和发展。

我国高分子复合阻燃材料与国际市场接轨,特殊形貌氢氧化镁阻燃剂的应用是亟待解决的关键技术。新技术开发,如高纯超细六角片状、纤维与球状氢氧化镁以及更高的有关人员的训练和销售规划,将促使镁在材料上的应用,估计在本世纪前十五年将取得重要而快速的进展。

### 参考文献:

- [1] 金永成,向兰,金涌. 溶液组成对氢氧化镁水热改性的影响[J]. 海湖盐与化工,2001,31(1):1-4.
- [2] 杨华明,周灿伟,李云龙. 氢氧化镁阻燃剂的现状和发展[J]. 中国非金属矿工业导刊,2004(5):81-84.
- [3] 姜玉芝,韩跃新,印万忠. 氢氧化镁晶须制备研究[J]. 矿冶,2006(6):44-47.
- [4] 杨延钊,樊唯镭,苏同兴,等. 氢氧化镁阻燃剂的研究现状[J]. 中国化工学会无机盐学术年会,2004.
- [5] 周卫平,买买提江. 氢氧化镁阻燃剂的制备技术[J]. 无

- 机盐工业,1997(4):25-27.
- [6] 向兰,金永成,金涌. Hydrothermal formation of dispersive Mg(OH)<sub>2</sub> particles in NaOH solution [J]. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 2004, 14(2):371-375.
- [7] 李丽娟,陈大福,聂锋. 氢氧化镁改性研究报告[R]. 西宁:中国科学院青海盐湖研究所,2005.
- [8] 李丽娟,陈大福,聂锋,等. 年产 2000 吨氢氧化镁阻燃剂关键技术产业化开发研究报告[R]. 西宁:中国科学院青海盐湖研究所,2007.
- [9] 吴健松,李海民,陶茂萍. 水热法均匀沉淀片状氢氧化镁微晶[J]. 盐湖研究,2005,13(1):37-41.
- [10] 闫修川. 氢氧化镁改性制备阻燃剂的研究[D]. 西宁:中国科学院研究生院硕士学位论文,2006.
- [11] Fan weiliu, Sun Sixiu, You Liping, et al.. Solvothermal synthesis of Mg(OH)<sub>2</sub> nanotubes using Mg<sub>10</sub>(OH)<sub>18</sub>Cl<sub>2</sub>·5H<sub>2</sub>O nanowires as precursors[J]. Journal of Materials Chemistry, 2003, 13(12):3062-3065.
- [12] 姜玉芝,韩跃新,印万忠,等. 氢氧化镁晶须制备研究[J]. 矿冶,2006(6):44-47.
- [13] 邓国初,卢永定,杨友生. 天然水镁石纳米纤维制备及其理论强度计算[J]. 非金属矿,2003(5):3-5.
- [14] 胡章文,王理想,杨保俊,等. 蛇纹石酸浸滤液体镁制备针状纳米氢氧化镁[J]. 非金属矿,2005(1):35-39.
- [15] 瞿保钧,谢荣才. 针状或薄片状纳米氢氧化镁及其制备方法[P]. 中国专利:CN 1359853A,2002.
- [16] Li Yan, Zhuang Jing, Sun Xiao, et al. Formation Of rod-like Mg(OH)<sub>2</sub> nano-crystallites under hydrothermal conditions and the conversion to MgO nanorods by thermal dehydration [J]. Materials Chemistry and Physics, 2002(76):119-122.
- [17] 钱海燕,邓敏,徐玲玲. 水化法制备超细 Mg(OH)<sub>2</sub> 的研究[J]. 南京工业大学学报,2005,27(2):30-33.
- [18] 胡庆福,刘鸿雁,王金阁,等. 一步法制备氢氧化镁阻燃剂新工艺[J]. 现代化工,1998(3):22-24.

## Current Research Status of Domestic Magnesium Hydroxide Flame Retardant

JILIAN-min<sup>1,2</sup>, LILI-juan<sup>1</sup>, NIE Feng<sup>1</sup>, ZENG Zhong-min<sup>1</sup>

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. Graduate school of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China)

**Abstract:** The synthesis, surface modification and application of the flame retardant type magnesium hydroxide in China are summarized in this paper. The achievements and developing direction of it in recent 20 years are discussed. And the prospect for the development of such kind of flame retardant type magnesium hydroxide is proposed.

**Key words:** Magnesium hydroxide; Flame retardant; High purity and ultra-fine; Current research status