

一九五九年
硅酸盐研究工作报告会
论文选集

科学出版社

內 容 簡 介

本书汇编了1959年11月在上海召开的全国硅酸盐研究工作报告会的主要研究报告。内容为有关水泥、硅酸盐、玻璃、陶瓷、耐火材料等共计42篇论文。

本书可供硅酸盐方面的科学研究工作者、工程技术人员和高等学校教师参考之用。

一九五九年 硅酸盐研究工作报告会 論文选集

硅酸盐研究工作报告会大会秘书组

科学出版社出版 (北京朝阳门大街117号)
北京市书刊出版业营业许可出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

1962年11月第一版 书号:2641 字数:563,000
1962年11月第一次印刷 开本:737×1092 1/16
(京)0001—1,200 印张:21 插页:26

定价:4.40元

前 言

解放以来,我国硅酸盐工业和科学技术工作,在党的领导与关怀下,有了很大发展,特别是从 1958 年大跃进以来,在党的总路线、大跃进、人民公社三面红旗的鼓舞下,全国硅酸盐科学技术工作者,发挥了冲天干劲,以忘我的劳动精神,在生产技术、科学研究方面都取得了很大成绩。为了检阅和总结十年来的辉煌成就,庆祝我中华人民共和国成立十周年,中国科学院与中国硅酸盐学会于 1959 年 11 月在上海共同举办了硅酸盐研究工作报告会,参加这次报告会的有生产企业,研究单位和高等学校等代表 360 余人,会上宣读和提出研究报告 170 余篇,对交流经验和促进生产起了很大作用。为了传播和推广这些研究成果,更好地为生产服务,我们选编出版了部分研究报告,供同志们参考。

我们对报告内容曾作了某些修改和删节,不当之处,希提出指正。

硅酸盐研究工作报告会

大会秘书组

1960 年 11 月

目 录

白云石高温水泥与耐火混凝土的研究

I. 白云石-硅酸镁系熟料合成的研究	1
II. 影响水泥熟料和混凝土性能的某些因素	16
III. 水泥和混凝土的建筑和陶瓷物理性能	24
快硬矿渣硅酸盐水泥的研究	32
石膏矿渣水泥	40
石膏矿渣水泥碱度问题的研究	52
采用石灰配料强化水泥窑生产时几个问题的研究	62
旋窑后结圈原因的分析	74
用化学方法测定普通水泥熟料的相组成	85
水泥标准强度试验方法的研究	96
非蒸压硅酸盐砖	111
非蒸压石灰-矿渣硅酸盐混凝土	132
非蒸压硅酸盐大型砌块	150
声频法弹性模数的测量	155
玻璃纤维在侵蚀介质中的化学稳定性	162
低硼低碱玻璃纤维的研究	169
景德镇历代瓷器胎、釉和烧制工艺的研究	175
景德镇制瓷原料的化学矿物组成	193
利用镁质粘土合成堇青石瓷的研究	202
堇青石瓷坯的研究	214
气氛对某些瓷坯加热性状的影响	221
宜兴陶土原料的研究	230
陶瓷耐火材料窑圆柱形料垛(包括匣钵)间的传热	242
提高滑石质瓷料热稳定性的研究	248
陶瓷热压铸造工艺的新发展	253
硬瓷器的试验报告	258
晒红	262
高温釉下黄色料的试验报告	264
含氟炉渣对于硅酸铝耐火材料的润湿行为	266
CaF_2 与硅酸铝耐火材料的化学反应及化学侵蚀	271
CaF_2 - CaO - Al_2O_3 - SiO_2 系统相平衡的研究—— CaF_2 - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	283
玻璃熔窑用大型粘土耐火砖的生产	289
13 立方米小高炉炉衬使用问题的研究	293

冶炼含氟矿石 11 立方米高炉炉衬侵蝕問題的研究	299
冶炼含氟铁矿石对于高炉炉衬的侵蝕問題	313
轉炉生白云石炉衬质量的初步研究	320
高鉛砖制造工艺改进的研究	332
銻紅玻璃的研究	343
硒、硫化鎘在鋅-硼硅酸盐玻璃中的着色作用及大型五角星玻璃制造工艺总结	348
用熔化高硼玻璃的連續性池炉生产高鉛玻璃	356
平焰柴窑的工艺分析与热工研究	361
新型建筑用玻璃纖維的組成和性能	373

白云石高温水泥与耐火混凝土的研究*

I. 白云石-硅酸镁系熟料合成的研究

张綬慶 詹 岳 秦淑引**

一、緒 言

我們在研究白云石高温水泥的制造工艺条件时,曾利用生白云石与石英粉合成了质量适于制造耐火混凝土的熟料。用生白云石和結晶质的石英粉成熟料,要在相当高的温度下烧成;并且熟料中的 MgO 含量仅来自白云石,有一定的局限。

硅酸镁系的原料,如滑石和蛇紋石在加热分解过程中因生成活性的氧化硅,如用作合成白云石熟料的稳定材,即可加速 CaO 与 SiO_2 的結合反应速度,又可提高熟料中的 MgO 含量,对改进熟料生产工艺和提高熟料质量应有良好的作用。

关于利用硅酸镁系原料合成稳定白云石耐火材料和白云石高温水泥熟料的问题,已有入进行过一些研究。在苏联,Г. В. 庫科列夫 (Куколев) 与 И. Е. 杜达夫斯基 (Дудаевский)^[1] 在 1941 年詳細研究了白云石-蛇紋石混合物在烧成中发生的过程。最近,А. И. 阿伏古斯丁尼克 (Августиник) 与 М. Н. 巴宾 (Бабин)^[2] 又研究了制造抗水性白云石熟料的白云石-蛇紋石配料在烧成中的物理化学过程。在波兰,已在生产上采用蛇紋石和橄欖石作原料制造了稳定白云石熟料^[3]。在罗马尼亚,А. 布兰尼斯基 (Braniski)^[4] 研究了蛇紋石-白云石系的耐火度; V. Sinansky^[5] 研究了利用波兰产蛇紋石作稳定材制造稳定白云石耐火材料的问题。在日本,永井彰一郎等人^[6] 研究了用橄欖石作稳定材制造抗水性的白云石耐火材料。在德国,有 K. Spangenberg 和 H. Plank^[7] 研究了白云石、石灰石与硅酸镁质岩石制造耐火材料的问题。

我国拥有丰富的硅酸镁系原料资源,特别是含水化硅酸镁系的滑石和蛇紋石,品质纯洁矿藏的分布也相当广泛。但关于利用这类原料作稳定材合成稳定白云石熟料的问题,到目前为止尚未进行过研究。鉴于这种情况,我們在进行白云石高温水泥和耐火混凝土的研究中,特就利用硅酸镁系原料合成白云石熟料的问题进行了研究,研究结果列后。

二、实 驗 部 分

(一) 原 料

供研究用的白云石原料系江苏省产。硅酸镁系原料,共采用了以下四种·辽宁海城范

* 本研究报告共有四篇,除本书中收录的三篇外,在这前面尚有“制造工艺条件与性能的研究”一篇,未收入本书内。

** 参加本工作的尚有关素琴同志,本研究工作中的化学分析系中国科学院冶金陶瓷研究所化学分析室硅酸盐组分析。

家堡滑石、辽宁岫巖蛇紋石、陝西大安蛇紋石和四川彭县蛇紋石。这些原料的化学組成如表 1。白云石与蛇紋石的显微鏡照片和差热分析曲綫如图 1,2 所示。关于滑石的資料已有詳細报导^[8]茲不贅述。

表 1 原料的化学組成

原料名称	产地	化 学 組 成, %						
		烧 失	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	合 計
白云石	江 苏	41.65	6.55	0.38	0.65	30.73	19.17	99.13
滑 石	辽宁海城	6.44	60.24	0.45	0.06	0.22	32.58	99.99
蛇紋石	辽宁岫巖	12.47	44.70	0.52	0.48	0.24	40.73	99.14
蛇紋石	陝西大安	14.43	37.75	0.24	5.25	0.16	42.42	100.25
蛇紋石	四川彭县	13.55	39.27	0.88	6.56	—	39.54	99.80
石英粉	湖南望城	0.15	99.28	0.39	0.03	0.19	—	100.04

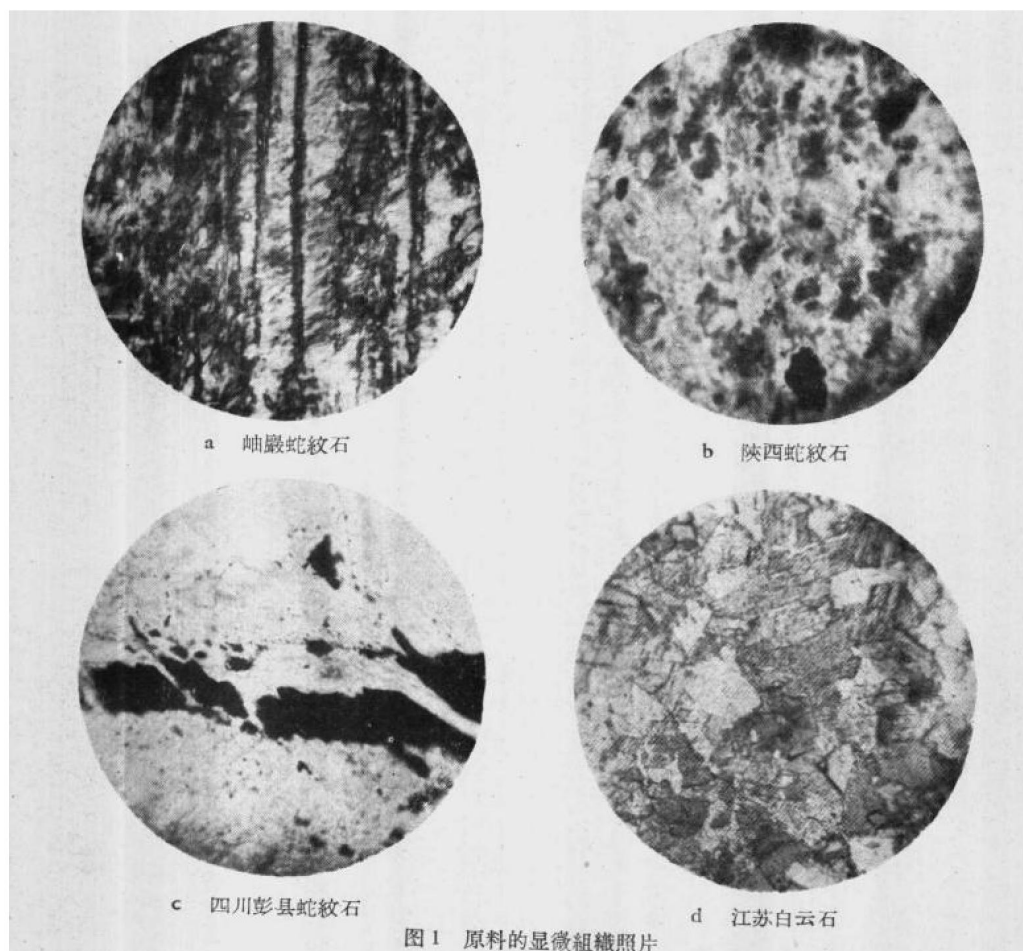


图 1 原料的显微組織照片

从表 1 和图 1、2 的数据可以看出,供研究用的四种硅酸鎂系原料,海城滑石和岫巖蛇紋石都是組成接近于理論值的純矿物。陝西大安和四川彭县蛇紋石从它們的差热分析曲綫来看,主要組成矿物也都是蛇紋石,与岫巖蛇紋石相比,含有較高量的氧化鉄,在显微鏡下观察它是以鉄鎂橄欖石的形式存在,在大安蛇紋石中成斑状分布在基質內,在彭县蛇紋

石中則集中以脉狀貫穿在基質內。

(二) 配料組成和試样制备

所有配料均按石灰飽和系数(KH 值)等于 1.0, 根据各原料的 SiO_2 含量計算出在白云石中应加入的数量。为了稳定熟料中可能生成的 C_2S , 对所有配料均加入了相当于熟料重量 1.0% 的 P_2O_5 。另在含氧化鉄量低的两种原料——海城滑石和岫巖蛇紋石中还加入了熟料重量 1% 的氧化鉄粉, 以促进 C_3S 的形成和 MgO 的燒結。 P_2O_5 和 Fe_2O_3 均系用化学純的試剂。为了与用石英粉作稳定材的配料进行比较, 还按前报*編号 203 熟料的配方配成了一种加石英粉的配料。考虑到生白云石的磨細过程較为困难, 并且要加热到 1000°C 碳酸鈣才能完全分解, 不利于与含水硅酸鎂原料在較

低温度下分解生成的活性 SiO_2 結合, 所以另将白云石預先煅燒到分解温度以上, 經消化后加蛇紋石配制成了一种消化白云石-蛇紋石配料以便与生白云石的配料进行比较。共計配了 6 种配料, 它們的原料配合比和化学組成如表 2、3。

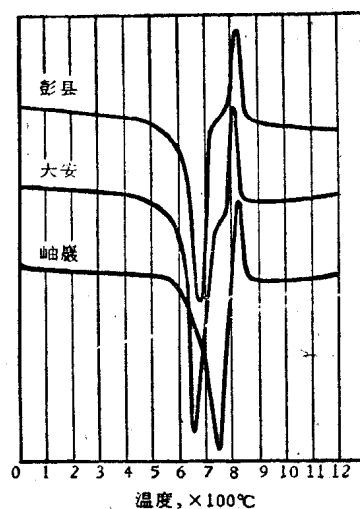


图 2 蛇紋石的差热分析曲線

表 2 配料的原料配合比(%)

配料編号	生白云石粉	消化白云石	滑 石	岫巖蛇紋石	大安蛇紋石	彭县蛇紋石	石英粉	无水磷酸	氧化鉄
M-1	92.50	—	6.29	—	—	—	—	0.60	0.60
M-2	89.92	—	—	—	9.47	—	—	0.61	0.61
M-3	90.52	—	—	8.27	—	—	—	0.60	—
M-4	90.27	—	—	—	—	9.13	—	0.60	—
M-5	89.65	—	—	—	—	—	6.32	磷灰土 1.36	1.00
M-6	—	86.80	—	—	12.41	—	—	0.79	—

表 3 配料的化学組成

配料編号	石灰飽和系数 (KH)	Al_2O_3 Fe_2O_3	化 学 組 成 (%)						
			CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	合 計
M-1	1.00	0.32	47.18	32.81	16.35	0.63	2.00	1.00	99.97
M-2	1.00	0.34	45.77	35.16	15.66	0.60	1.79	1.00	99.98
M-3	1.00	0.31	46.32	34.37	15.93	0.64	2.04	1.00	100.30
M-4	1.00	0.36	45.94	34.64	15.75	0.70	1.96	1.00	99.99
M-5	0.98	0.29	49.24	29.97	16.89	0.59	2.02	1.00	99.71
M-6	1.00	0.34	45.77	35.16	15.66	0.60	1.79	1.00	99.98

所有原料均分別磨細到通过 0.088 毫米孔径篩的細度, 按計算好的配合比称取后放

* 参看“白云石高溫水泥与耐火混凝土的研究: 一、制造工艺条件与性能的研究”, 中国科学院硅酸盐化学与工学研究所, 1959 年 4 月。

入瓷球磨內混磨 4 小时。混好的料浆烘干到半干状态, 然后用油压机以 400 公斤/厘米² 的压力压成高 2.5 厘米, 直径 2.5 厘米的圆柱形試样备用。

(三) 配料的綜合热分析及烧成

为了判明各配料在加热中的变化过程, 首先对 M—1 ~ M—4 四种配料进行了綜合热分析, 結果如图 3 所示。从图中的差热分析曲线可以看出, 所有这四种配料均明显表現

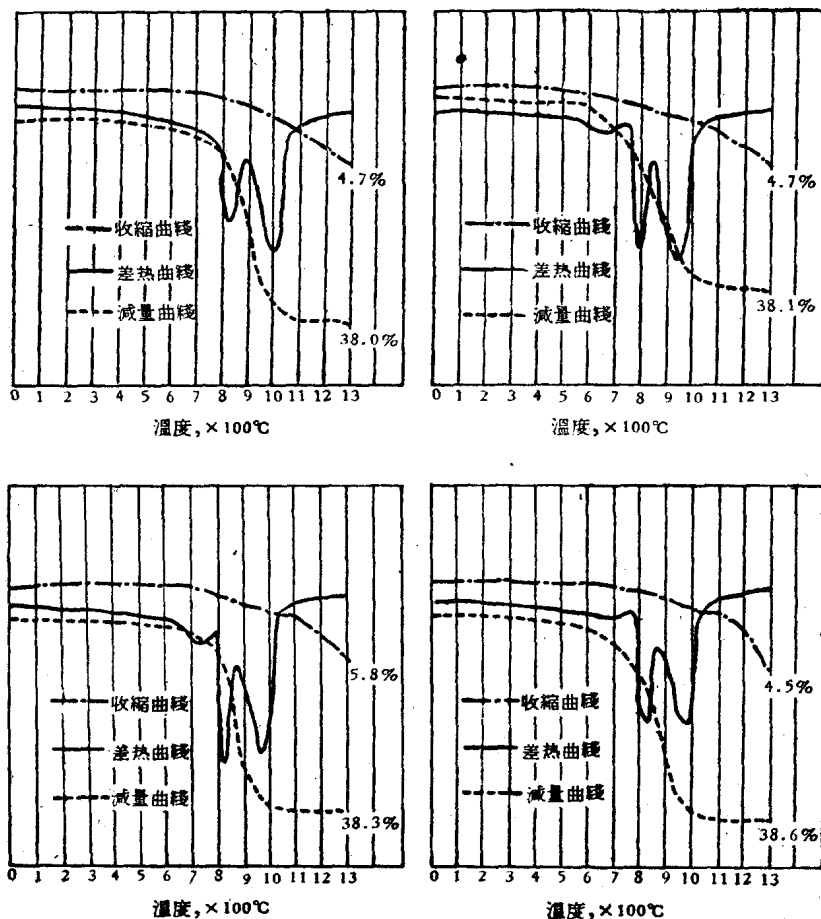


图 3 配料的綜合热分析曲线

有白云石的两个吸热谷。第一个吸热谷的谷尖温度为 800°~820°C, 比純白云石略低。第二个吸热谷的谷尖温度: M—1 配料为 1000°C, 与純白云石一致; M—2 ~ M—4 配料为 940—960°C, 也略低于純白云石。这可能是含水硅酸鎂矿物的脱水加速了白云石分解的原因^[10]。在 M—2, M—3, M—4 三种配料的差热分析曲线上, 还各在 650°C 开始有一个吸热谷, 系蛇紋石的脫水分解引起的。所有配料在各个吸热效应出現时均呈微量的收缩; 在白云石完全分解之后, 自 1100°C 开始收缩急剧增大, 到 1300°C 的收缩率以 No. 3 为最大。所有配料到 1300°C 止的失重均为 38% 以上。

从以上的資料可以看出, 生白云石与硅酸鎂系原料的配料, 在 600°C 以下的温度沒有

变化,由 600℃ 到 1000℃ 之間連續发生三次吸热反应。因此,将各配料制成的試样分别加热到 500℃,700℃,800℃,900℃,1000℃,1200℃,1400℃,1500℃ 和 1550℃ 九个温度,以观察其烧成中的变化过程。1000℃ 以下在电炉內,1000℃ 以上在煤气炉內烧成,加热到规定的烧成温度下各保温 4 小时,經自然冷却取出进行各項測定。

(四) 氧化鈣的結合速度

各配料在不同温度下烧成后的游离氧化鈣含量用酒精甘油法測得的結果如表 4。

表 4 不同温度下烧成試样的游离氧化鈣含量

烧成温度(℃)	M—1		M—2		M—3		M—4		M—5		M—6	
	绝对含量(%)	含量百分率(%)	绝对含量(%)	含量百分率(%)	绝对含量(%)	含量百分率(%)	绝对含量(%)	含量百分率(%)	绝对含量(%)	含量百分率(%)	绝对含量(%)	含量百分率(%)
500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.71	27.77
600	0.17	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.47	25.06
700	0.28	0.59	0.00	0.00	0.32	6.91	0.36	0.78	0.33	0.67	10.38	22.68
800	23.71	50.25	17.26	37.71	26.76	57.77	31.02	67.52	30.70	61.33	8.43	18.42
900	30.26	64.14	26.52	57.94	24.55	53.00	25.01	54.44	31.30	63.56	6.96	15.21
1000	19.98	42.35	18.07	39.48	14.79	31.93	16.83	36.63	23.68	48.09	3.26	7.12
1200	14.52	30.78	12.83	28.14	10.19	22.00	11.72	25.51	14.34	29.12	2.61	5.70
1400	1.58	3.35	1.97	4.30	0.38	0.82	0.86	1.87	0.66	1.34	0.00	0.00
1500	0.00	0.00	0.24	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

从上表数据可以看出,除 M—6 配料外,在 700℃ 以下,所有配料基本无游离氧化鈣分解出来。在 800°~900℃ 則有大量的游离 CaO 分解出来,其数量达到試样中 CaO 总量的 60% 以上。在 1000℃,CaO 的結合量除 M—6 外,三种白云石-蛇紋石配料比滑石-白云石、石英-白云石配料都高,約达 60~70%;而后两种的結合量則大致相同,約为 50%;消化白云石配料的 CaO 結合情况与前五种截然不同,在較低温度下即开始与 SiO₂ 結合,同时是边分解边結合,所以游离 CaO 的量最高只有 27% 左右。

(五) 陶瓷物理性质的加热变化

各試样在不同温度下烧成后的陶瓷物理性质測定結果如表 5 所示。所有試样在 700℃、800℃、900℃ 烧成后都已碎裂无法进行測定。M—5 在 1200℃ 烧成的試样,冷却后由于 C₂S 的 $\alpha \rightarrow \beta$ 型转变潰散成粉状亦未能測定。M—6 在 1000℃ 以上烧成的試样大多碎裂,所以只測得了一部分数据。

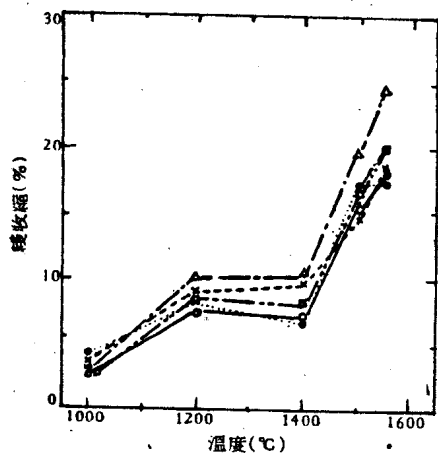
表 5 的結果,按項以图表示如图 4a、b。

从表 5 和图 4 可以看出,所有試样都是自 1400℃ 起开始急剧烧結,从 1550℃ 烧成后的結果看,按 M—6、M—3、M—4、M—2、M—1、M—5 的次序烧結程度依次下降。这个規律在所有的陶瓷物理性质上都表現一致。用消化白云石的 M—6 配料,在 1500℃ 烧成后的吸水率达到 0.5%,烧后試样的断面組織有如瓷胎,已达到瓷化的程度。

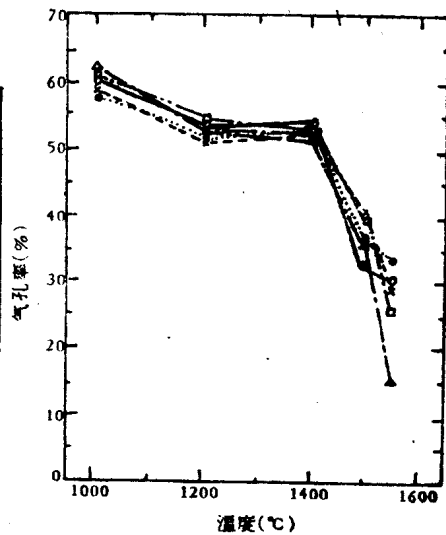
这里应特別指出的一点,所有配料不論其烧結的难易如何,在 1500℃ 烧后的真比重都达到最高值,并互相接近一致,烧成温度再升高則略有回落。

表5 烧成試样的陶瓷物理性質

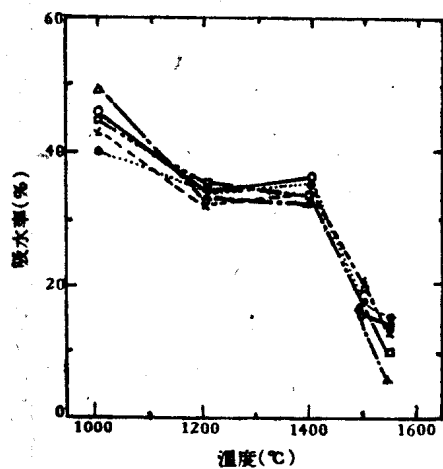
配料編号	烧成温度 (°C)	线收缩 (%)	显气孔率 (%)	吸水率 (%)	体积密度 (克/厘米 ³)	真比重	耐压强度 (公斤/厘米 ²)
M—1	500	+0.27	30.77	15.60	1.97	2.83	86
	1000	2.76	60.06	45.30	1.32	2.89	28
	1200	7.60	53.56	33.90	1.55	3.09	137
	1400	6.80	53.89	36.30	1.59	3.23	272
	1500	15.25	32.65	15.97	2.04	3.36	924
	1550	18.00	30.60	13.40	2.29	3.33	1180
M—2	500	+0.11	31.34	16.34	1.94	2.85	—
	1000	3.70	59.00	43.18	1.37	2.94	41
	1200	8.98	52.09	32.23	1.61	3.12	199
	1400	9.48	53.20	34.34	1.55	3.17	305
	1500	14.59	40.42	20.50	1.98	3.35	718
	1550	18.46	29.70	12.80	2.32	3.32	1218
M—3	500	0.25	36.10	20.00	1.80	2.86	41
	1000	2.98	62.32	49.45	1.26	3.00	47
	1200	10.06	53.11	33.50	1.58	3.16	231
	1400	10.03	52.16	33.03	1.58	3.33	374
	1500	19.46	35.78	16.21	2.20	3.36	1003
	1550	24.54	15.29	5.47	2.79	3.31	1627
M—4	500	0.00	33.38	17.39	1.86	2.85	68
	1000	2.96	60.42	45.56	1.33	2.97	39
	1200	8.51	53.60	34.18	1.57	3.12	137
	1400	8.01	53.30	33.80	1.54	3.32	230
	1500	16.67	39.34	19.47	2.02	3.35	816
	1550	20.12	24.81	10.02	2.48	3.31	1498
M—5	500	0.14	29.84	14.90	2.00	2.87	110
	1000	4.11	57.31	40.60	1.41	2.84	37
	1200	—	—	—	—	3.03	—
	1400	6.78	53.71	34.81	1.54	3.26	237
	1500	16.70	36.59	17.68	2.08	3.34	953
	1550	17.35	33.38	15.21	2.19	3.30	887
M—6	1500	—	1.45	0.50	3.12	3.37	—
	1550	—	1.00	0.32	3.14	3.32	—



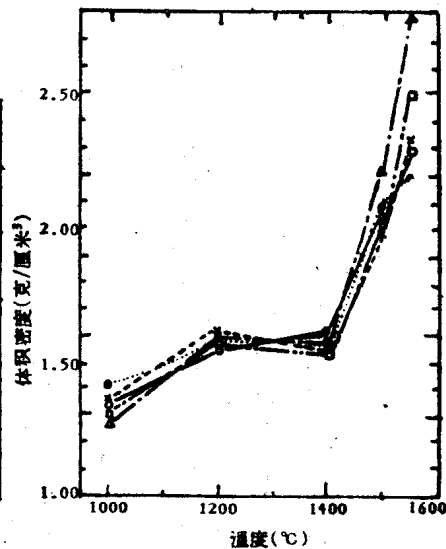
○—M-1 X---M-2
 △---M-3 □---M-4
 ●.....M-5



○—M-1 X---M-2
 △---M-3 □---M-4
 ●.....M-5



○—M-1 X---M-2
 △---M-3 □---M-4
 ●.....M-5



○—M-1 X---M-2
 △---M-3 □---M-4
 ●.....M-5

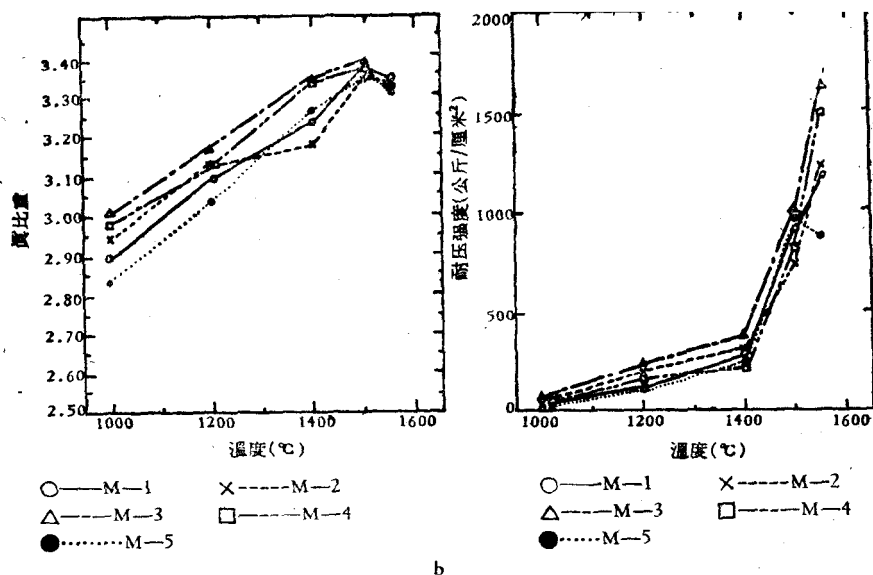


图4 试样的陶瓷物理性质依烧成温度的变化

(六) 相组成的加热变化

为了观察烧成过程中的相组成变化,对在 800°C, 1000°C, 1200°C, 1400°C 各温度下烧成的试样进行了粉末法 X-射线分析。拍照用的照象机直径为 57.3 毫米,用 Cu, $K_{\alpha+\beta}$ 靶, 拍照条件为 38KV, 8mA, 曝光时间 9—10 小时。

表 6 不同温度烧成试样的 X-射线分析数据
800°C

线 条 No.	M-1		M-3		M-5		M-6	
	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$
1	5.9	30	5.85	40	5.9	30	—	—
2	4.98	20	4.95	20	4.95	20	—	—
3	3.8	50	3.8	20	3.9	20	3.4	30
4	3.2	100	3.2	100	3.2	100	3.1	90
5	2.8	80	2.8	80	2.75	80	2.8	90
6	2.5	80	2.55	80	2.50	80	2.5	20
7	2.3	20	2.35	20	2.35	30	2.3	40
8	2.2	90	2.2	90	2.2	90	2.15	100
9	2.0	20	2.0	50	2.0	30	1.95	20
10	1.85	10	1.90	30	1.90	10	1.85	10
11	1.80	30	1.80	20	1.79	20	—	—
12	—	—	—	—	—	—	1.70	40
13	1.55	70	1.57	70	1.55	70	1.50	90
14	—	—	1.39	10	1.37	20	1.38	10
15	1.28	10	1.28	10	1.28	20	1.28	20
16	—	—	—	—	—	—	1.22	40

1000℃

(表 6 續)

線 条 No.	M-1		M-3		M-5		M-6	
	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$
1	4.90	40	4.8	40	5.0	50	4.6	30
2	3.0	30	3.1	40	3.1	30	3.1	50
3	2.8	75	2.8	75	2.8	70	2.8	80
4	2.6	80	2.60	75	2.6	80	2.60	50
5	2.4	30	2.4	30	2.4	30	2.4	50
6	2.3	30	2.3	20	2.3	30	2.3	50
7	2.15	20	2.2	20	2.18	20	2.2	50
8	2.10	100	2.1	100	2.12	100	2.1	100
9	1.95	30	1.95	20	1.95	20	1.95	20
10	1.90	30	1.90	30	1.92	50	1.90	30
11	1.80	70	1.80	70	1.80	70	1.80	60
12	1.68	20	1.70	20	1.70	30	1.70	20
13	1.64	20	1.65	20	1.65	20	1.65	20
14	1.48	95	1.50	95	1.50	95	1.50	95
15	1.34	10	1.34	10	1.35	10	1.35	10
16	1.30	10	1.29	10	1.30	10	1.30	10
17	1.26	30	1.26	20	1.28	30	1.26	20
18	1.21	60	1.22	60	1.22	70	1.22	60

1200℃

(表 6 續)

線 条 No.	M-1		M-3		M-5		M-6	
	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$
1	7.1	20	—	—	7.1	30	—	—
2	4.9	20	4.85	30	—	—	—	—
3	3.1	10	3.1	20	3.1	20	3.0	30
4	2.8	80	2.8	70	2.8	80	2.75	80
5	2.3	10	2.35	10	2.35	30	2.35	20
6	2.18	100	2.10	100	2.15	100	2.14	100
7	1.95	10	1.93	10	1.90	30	1.90	10
8	1.80	10	1.80	10	1.80	30	1.80	10
9	1.65	10	1.65	10	1.65	20	1.65	20
10	1.50	90	1.48	95	1.48	90	1.49	90
11	1.26	10	1.26	10	1.26	10	1.28	10
12	1.22	60	1.22	70	1.22	70	1.21	70

1400℃

(表6續)

綫 条 No.	M—1		M—3		M—5		M—6	
	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$	$d(\text{\AA})$	$1/I_1$
1	3.0	60	3.0	50	3.0	50	3.0	50
2	2.8	80	2.8	80	2.8	80	2.8	80
3	2.6	50	2.65	40	2.6	40	2.65	40
4	2.4	50	2.4	40	2.4	40	2.4	40
5	2.32	50	2.35	40	2.33	30	2.35	40
6	2.2	30	2.2	40	2.2	20	2.2	20
7	2.1	100	2.1	100	2.1	100	2.1	100
8	1.95	10	1.95	10	1.95	10	1.95	10
9	1.90	10	1.88	10	1.90	10	1.90	10
10	1.80	20	1.80	30	1.79	20	1.80	20
11	1.75	30	1.75	20	1.75	40	1.75	20
12	1.65	40	1.65	30	1.65	50	1.65	40
13	1.50	90	1.50	90	1.49	90	1.49	90
14	1.35	10	1.35	10	1.33	10	1.35	10
15	1.28	20	1.28	20	1.26	10	1.26	20
16	1.22	70	1.22	60	1.22	70	1.22	70

上列数据与文献的资料^[10,11,12]对照可得到如下的結果：在 800℃ 烧成的試样，CS 的綫条(No. 4)最强，其次为 β - C_2S (No. 5; 6; 8; 13)，M—6 并已看到有相当强的 MgO 綫条出現，此外还看到有 γ - C_2S 的微弱綫条 (No. 7)；在 1000℃ 烧成的試样，MgO 的綫条 (No. 8; 14) 显得非常强烈， β - C_2S 的綫条 (No. 1; 3; 4; 11) 还仍相当强，而 CS 的綫条已减弱；在 1200℃ 烧成的試样，除有强烈的 MgO 綫条 (No. 6; 10; 12) 和 β - C_2S 綫条 (No. 2; 4) 外，在加有氧化鉄的 M—1 和 M—5 还看到有鉄鋁酸鈣的微弱綫条 (No. 1)， γ - C_2S (No. 5) 綫条的强度較 1000℃ 已减弱，但在 M—5 仍还相当强；在 1400℃ 烧成的試样，除 MgO 外已有强烈的 C_2S 綫条 (No. 1; 2; 3; 5) 出現，同时 β - C_2S 的綫条較 1200℃ 已显著减弱。从烧成温度的变化来看，在 1200℃ 以下烧成的各个試样，相互間虽略有差别；而在 1400℃ 烧成的已基本相同。

(七) 工 艺 試 驗

从以上的实验結果可以肯定：在合成白云石-硅酸鎂系熟料时，从 CaO 与 SiO_2 的結合速度和燒結的角度来看，蛇紋石較滑石优越；白云石則以采用消化白云石为有利，在 1550℃ 烧成即可制成质量很好的稳定白云石熟料。为了在实验上进一步証实这一点又进行了以下的工艺試驗。

1. 配料的組成 白云石原料仍用江苏产白云石，先将原矿粗碎成 3~5 厘米的小块放入煤气炉內在 1250℃ 煅燒 6 小时，使其充分分解，然后用水消化成消化白云石，供作配料使用。消化白云石的組成为：

燒失	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	合計
25.11	0.20	0.35	0.09	43.44	30.63	99.82

从上列数据不难看出，消化白云石的杂质含量普遍都比前述的生白云石低。这可能

是原矿的质量有了变动,也可能是经过消化,不分解的杂质被分离除掉的原因。

用作稳定材的硅酸镁原料,采用了海城滑石和大安蛇纹石两种。为了进行比较,另配了一种用石英粉作稳定材的配料。这些原料与上述实验用的完全相同。还有,根据前次配料的经验,稳定 C_2S 用的 P_2O_5 以无水磷酸的形式加入,因容易吸水,给配料增添麻烦,乃改用了磷灰石。此外,为了促进 MgO 的烧结,将氧化铁的加入量增加到熟料重的 3%。

配料的原料配合比和计算得出的化学组成如表 7、8。

表 7 配料的原料配合比(%)

配料编号	消化白云石	海城滑石	大安蛇纹石	石英粉	磷灰土	氧化铁
M—7	77.13	18.44	—	—	2.28	2.15
M—8	70.15	—	26.68	—	2.26	0.90
M—9	83.34	—	—	12.16	2.27	2.23

表 8 配料的化学组成

配料编号	石灰饱和系数 (KH)	Al_2O_3 Fe_2O_3	化 学 组 成 (%)						
			CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	合 计
M—7	1.00	0.22	43.55	37.42	14.53	0.62	2.85	1.00	99.97
M—8	1.00	0.19	40.13	41.88	13.36	0.57	3.06	1.00	100.00
M—9	1.00	0.20	47.14	32.41	15.85	0.60	3.00	1.00	100.00

2. 熟料的性质 上述配料按前述同样的方法磨细、混合压成试块,放入高温试验窑内在 $1550^{\circ}C$ 保温 12 小时烧成。烧成熟料的陶瓷物理性质如表 9。

表 9 熟料的陶瓷物理性质

熟料编号	线收缩 (%)	显气孔率 (%)	吸水率 (%)	体积密度 (克/厘米 ³)	真比重	耐压强度 (公斤/厘米 ²)
K—7	19.33	21.76	8.43	2.61	3.32	1093
K—8	24.35	3.02	1.06	2.86	3.29	2114
K—9	23.17	19.38	7.24	2.68	3.27	1252

从表列结果可以看出,消化白云石-蛇纹石的配料(K—8)最易烧结;消化白云石-滑石配料(K—7)最难烧结。K—8 的配料组成基本与 M—6 相同,而烧结性不如 M—6,可能是由于磨细程度与前次不同的原因。

烧成熟料的矿物组成按水泥熟料矿物组成的计算方法,根据配料计算的化学组成求得的结果如表 10。

这种计算方法是把 MgO 看作是不与其他成分结合的形式存在的。但实际上 MgO 有

表 10 熟料的矿物组成(%)

熟料编号	MgO (方镁石)	CaS	C_2S	C_2F	C_4AF	$Ca_3(PO_4)_2$
K—7	37.00	51.15	3.08	3.19	2.96	2.29
K—8	42.00	46.73	3.05	3.06	2.72	2.18
K—9	32.00	55.36	3.67	3.47	2.86	2.18

一部分溶解在 C_3S 和 $C_4AF(C_6A_2F)$ 內形成固溶体或与其他成分結合成化合物。不过它的量很少,可以忽視不計。熟料的岩相組成如图 5 所示。从图中可以看出,它們主要是由方鎂石和 C_3S 組成,有很少量的鉄酸盐玻璃相滲入在該兩相的間隙內。

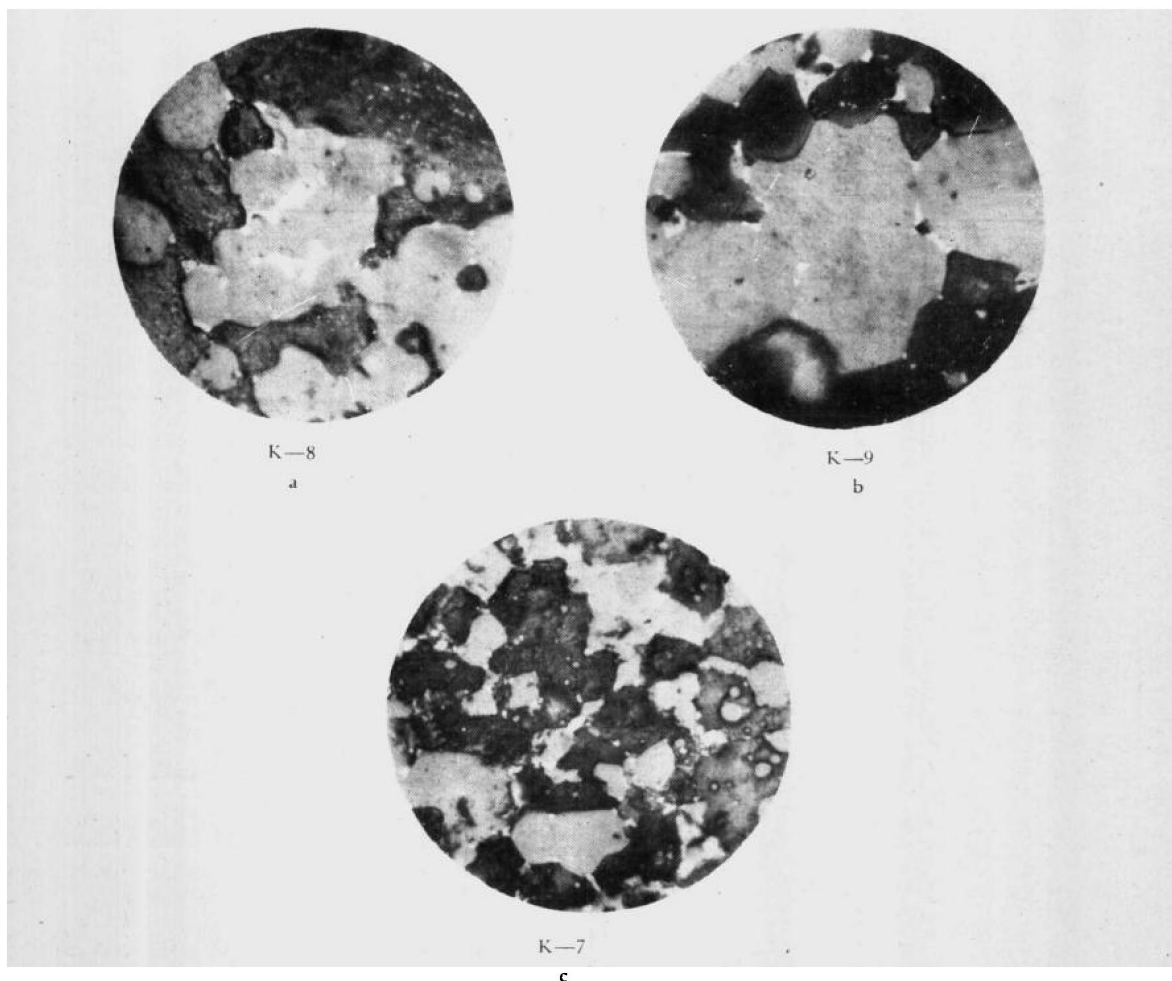


图 5 熟料岩相照片(反光, $\times 750$, HNO_3 酒精溶液腐蝕)
白色部分——方鎂石; 黑色部分—— C_3S

3. 混凝土試驗 將熟料粉碎成不同的顆粒, 按下列級配配成混凝土料, 加 10% 的水經充分混練, 然后在油压机下以 1000 公斤/厘米² 的压力压成高 5 厘米, 直径 2.5 厘米和 3.6 厘米两种圓柱体試样供各項測定使用。所有成形好的試样均放在 20℃ 的湿空气中养护, 經過一定期齡后取出进行測定。

4—1 毫米	1—0.5 毫米	0.5—0.088 毫米	<0.088 毫米
40 %	15 %	25 %	20 %

(1) 混凝土的陶瓷物理性質——按国定耐火材料檢驗方法測得的混凝土陶瓷物理性質如表 11 所示。

从表 11 結果可以看出, 三种混凝土的荷重軟化开始点, 以熟料含 MgO 量高的 C—7 和 C—8 較高; 重燒收縮以含 SiO_2 量高的 C—7 最小。