

文章编号: 1000-6524(2004)03-0273-06

碳酸钾焙烧分解富钾页岩的实验研究

苗世顶, 马鸿文, 郑 骥, 章西焕

(中国地质大学 矿物岩石材料国家专业实验室, 北京 100083)

摘要: 通过实验探讨了富钾页岩+ 碳酸钾体系热分解反应过程。以富钾页岩分解率为目标函数, 正交实验表明: 最佳焙烧温度为 820~ 830 °C, 富钾页岩: 碳酸钾(质量比) = 1.00: 1.51, 最佳焙烧时间 60 min, 生料粒度 60~ 80 目。并用热重/ 差热分析和 X 粉晶衍射进行分析, 拟合热力学数据, 初步分析了反应机理。

关键词: 富钾页岩; 分解; 碳酸钾; 实验研究; 热力学; 反应机理

中图分类号: TQ129; P589

文献标识号: A

An experimental study of the dissociation process of potassium shale with potash

MIAO Shi_ding, MA Hong_wen, ZHENG Ji and ZHANG Xi_huan

(National Laboratory of Mineral Materials, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The thermal dissociation of the potassium shale-potash system has been experimentally investigated. The orthogonal experiment shows that the optimum reaction temperature is 820~ 830 °C, the mass ratio of potassium shale to potash is 1.00: 1.51, the optimum reaction time is 60min, and the particle size of the raw material is 60~ 80 mesh. The process was analyzed by thermal analysis of TG and DTA, and the baked materials were analyzed by X-ray diffraction. The mechanism of the reaction is proposed on the basis of the above thermal dynamic data.

Key words: potassium shale; dissociation reaction; potash; experimental study; thermal dynamics; mechanism of reaction

开发非水溶性钾矿资源生产钾盐, 主要是利用富钾岩石热分解水浸法提取钾盐, 研究重点在于选择助熔剂和工艺条件。所谓富钾岩石是指 K_2O 含量达到工业利用标准($K_2O > 8\%$, 质量分数)的各种天然岩石, 包括富钾页岩、富钾板岩、富钾砂岩和富钾火山岩等(马鸿文等, 2002)。赵恒勤等(2003)利用碱石灰助熔烧结钾长石解决了焙烧工艺问题。湖南化工研究院采用旋风冶炼, 以煤、磷矿石、钾长石、白云石和氯化钙为原料, 得到钾肥和钙镁磷肥(田改仓, 2000), 但目前工作缺乏从热力学、动力学及反应机理方面深入系统地研究碳酸钾+ 钾长石体系的研

究, 特别是对于未经选矿的岩相体系的研究甚少。邱龙会等(2000)分析了在有石膏、碳酸钙条件下钾长石分解动力学行为, 但焙烧熟料体系复杂, 对于制备纯度较高的钾盐, 或者说对于浸取液的分离势必存在着不可解决的难题(郑大中, 1998)。国外只有印度学者 Saxena 和 Dasgupta 等在钾长石焙烧工艺方面有过报道, 但没有给出产品的测试结果(Dasgupta, 1975)。本项研究利用碳酸钾(工业级合格品)焙烧分解富钾页岩, 熟料溶于水, 经 CO_2 酸化后过滤, 滤渣用于制备矿物聚合材料或者用于合成附加值更高的钾霞石, 滤液经浓缩除杂, 制备高纯度的

收稿日期: 2003-09-22; 修订日期: 2004-05-17

基金项目: 教育部博士学科点基金资助项目(1999049114)

作者简介: 苗世顶(1979-), 男, 汉族, 在读硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

碳酸钾。制备矿物聚合材料过程中,以 KOH 代替 NaOH 作为碱激发剂,大大提高了矿物聚合材料的强度(Davidovits, 1988)。本工艺酸化后的滤渣主要是 $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}$, 滤渣中少量的游离 K^+ 起到激发剂的作用,提高了矿物聚合材料的强度(王刚等, 2003)。本项工艺焙烧原料是工业合格品级碳酸钾,而产品为高纯度电子级碳酸钾,从价值上可以平衡焙烧助料和焙烧成本,从而使矿物聚合材料或钾霞石的产值成为净收益。矿物聚合材料可以用于墙体砖,而钾霞石可用作催化剂载体,两者都有较大的市场容量,因此,该工艺有着良好的产业化前景。本文从实验上得出富钾页岩在助熔剂 K_2CO_3 存在的条件下煅烧分解,在此基础上推测可能的反应,并拟合实验结果,进一步验证热力学分析。

1 实验部分

1.1 原料

富钾页岩来自于江苏丰县。丰县华山钾矿的富钾页岩探明储量富矿 10.82 亿吨,贫矿 9.87 亿吨,

平均品位 9.03%~12.71%,最高达 14.32%(章西焕等, 2003)。富钾页岩呈紫红色,致密块状,具有良好的平行层理,颗粒细小,具隐晶-微晶质结构。X 射线粉晶衍射物相分析表明(由石油化工研究院物质结构室采用 Siemens 公司 D500D 射线衍射仪分析, Cu 靶, $\text{K}\alpha$ 辐射源,管电压 15 kV,管电流 5 mA,扫描速度 $2^\circ/\text{min}$, 2θ 范围 4.0~70.00)(图 1),该富钾页岩主要由微斜长石、伊利石、针铁矿等组成。按照全岩化学成分分析结果(表 1)及物质平衡原理,采用 LINPRO 程序(马鸿文, 1999)计算,物相含量为微斜长石 78.5%,伊利石 10.2%,针铁矿 8.5%,白云石、磷灰石和金红石之和为 2.8%。该富钾页岩微斜长石含量较高,不同于一般页岩。

1.2 实验方法

反应物料质量配比为富钾页岩: $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1.0: 1.5$,准确测量 m_1 ($\pm 0.1\text{mg}$),将计算配比的反应物料粗混后置于振荡磨样机(XZM100 型,动力 1.1/0.75kW)振荡 3 min,筛分;用 KSW_4D 型温度控制器和 SXG 型高温箱式电炉升温到设定温度,

表 1 实验原料的化学成分

$w_B/\%$

Table 1 Chemical composition of the experimental material

样品	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	H_2O^-	总计
FXY_1	55.13	0.72	18.25	7.52	0.12	0.08	0.73	0.67	0.38	14.01	0.30	1.78	0.20	99.89
FXY_2	55.46	0.86	18.87	7.14	0.03	0.00	0.64	0.50	0.41	14.97	0.20	0.82	0.11	100.01

由中国地质大学(北京)化学分析室采用硅酸盐化学全分析法分析,即: SiO_2 、 H_2O^+ 、 H_2O^- 重量法, Na_2O 、 K_2O 火焰光度法, Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、FeO、MgO、CaO 容量法, MnO 原子吸收光谱法。

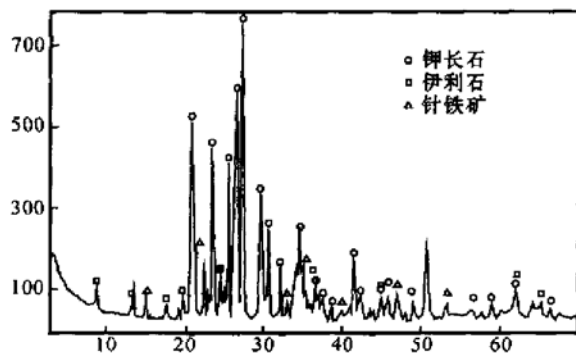


图 1 富钾页岩粉体的 X 射线粉末衍射图

Fig. 1 XRD patterns of potassium shale

开始计时;反应达到指定时间后,取出试样在空气中冷却。熟料溶于水,充分搅拌,若有混浊胶态物出现,加入少量硝酸并不断搅拌,待溶液澄清后,利用

快速滤纸过滤,除去上层清液,滤渣经热水洗涤数次,定量转入干燥烘箱, 105°C 烘干至恒重,记下滤渣质量 m_2 ,计算富钾页岩分解率公式:

$$\alpha = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

其中 α 为富钾页岩分解率, m_1 为富钾页岩质量, m_2 为剩余残渣质量。

2 结果与讨论

2.1 反应温度对热分解速率的影响

从热力学角度来说,温度是决定反应能否发生的主要因素。对于固相反应体系,产物失重不大的反应,如本实验焙烧前后失重率为 8.0%,常压下对于做体积功所需要的能耗,在热力学分析时可以忽略不计。

为了确定较佳的煅烧温度,设计了温度单因素

实验, 分别将配比为富钾页岩: $K_2CO_3 = 1.0: 1.5$ 的反应物料在 $740^\circ C$ 、 $760^\circ C$ 、 $780^\circ C$ 、 $800^\circ C$ 、 $820^\circ C$ 、 $840^\circ C$ 、 $860^\circ C$ 、 $880^\circ C$ 和 $900^\circ C$ 温度下进行焙烧, 固定反应时间为 1h, 反应物粒度为 80 目, 测定富钾页岩分解率分别为 75.30%、74.60%、78.11%、77.21%、92.51%、96.08%、90.56%、82.80% 及 85.20%。从结果可知, 平衡反应的温度在 $820\sim 860^\circ C$ 范围内。由于 K_2CO_3 的熔点为 $913^\circ C$, 故无再提高反应温度的必要, 焙烧反应的较佳温度为 $820\sim 850^\circ C$ 。

为了研究反应生料在焙烧过程中的物相转变, 对不同焙烧温度下得到的熟料进行了物相鉴定。采用 X 射线粉晶衍射方法鉴定, 结果如图 2 所示: $740\sim 760^\circ C$ 生料基本未分解, 经检索 JCPDS 卡判断, 主要物相还是原富钾页岩的微斜长石、伊利石、针铁矿等和助熔剂碳酸钾, 另有 $K_2CO_3 \cdot 1.5H_2O$, 为碳酸钾在空气中潮解而致; $820\sim 840^\circ C$ 出现新的物相—— $K_3Al_3O_6/K_3AlO_3$ (JCPDS 卡号: 27-1336), 说明富钾页岩开始分解, $840^\circ C$ 产物中微斜长石、伊利石的峰消失, 针铁矿峰变得很弱; $880^\circ C$ 和 $900^\circ C$ 的衍射谱图中没有微斜长石峰, 说明富钾页岩中主要矿物几乎完全分解。另外, 还有少数碳酸钾的峰, 可能是剩余碳酸钾在空气中潮解的缘故。

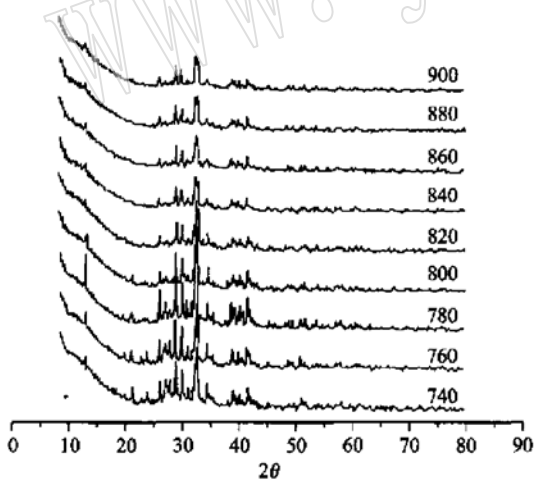


图 2 焙烧熟料 X 射线粉晶衍射图

Fig. 2 XRD patterns of the baked reactant

2.2 反应物体系热重与差热分析

为了精确测定焙烧过程中的热失重并推测不同温度下可能出现的吸放热现象, 采用 LCT_1 差热天平对反应物体系进行热稳定性分析, 由中国地质大学物质结构分析室对反应物试样富钾页岩: $K_2CO_3 = 1.0: 1.5$ 体系进行了热重(TG)/差热分析(DTA)。

升温范围从室温到 $1000^\circ C$, 升温速率 $10^\circ C/min$, 样重为 50.0 mg, 热重与差热曲线如图 3 所示。从图中看出, 在 $60\sim 134^\circ C$ 间, 3 种反应体系均出现两次失重和两次吸热, 表明碳酸钾失去自由水和部分结晶水; $172^\circ C$ 有一放热峰, 表明反应物有相转变过程; TG 曲线表明反应物体系自 $690^\circ C$ 开始有气体或其他易挥发物质放出; 差热曲线在 $880\sim 910^\circ C$ 区域有数个吸热谷, 而热重线平稳下降, 表明该体系达到一个反应平衡, 可以推测该反应是吸热反应。TG 线给出该样品质量为 46.0 mg, 失重 4.0 mg, 计算失重率为 8.0%。

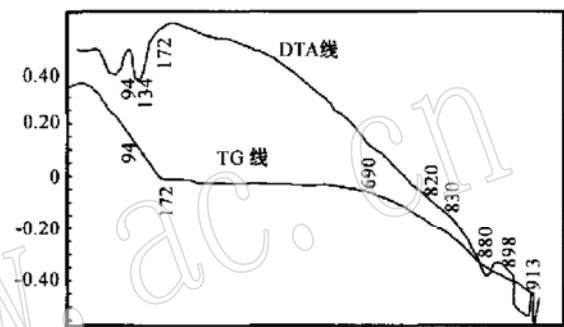


图 3 反应物体系的 TG/DTA 曲线

Fig. 3 TG and DTA curve of the reactant

2.3 其他因素对分解率的影响

在温度单因素实验的基础上, 设计了 4 因素 3 水平的正交实验。影响分解率的因素有生料粒度、焙烧温度、焙烧时间和碳酸钾用量。第一轮实验结果(表 2) 显示焙烧温度是最重要的因素, 其次是碳酸钾的用量。调整水平, 第二轮实验(表 3) 得出最佳反应条件: 焙烧温度为 $820\sim 830^\circ C$, 焙烧时间为 60 min, 生料粒度对分解率影响不大, 控制在 60~ 80 目即可, 适宜碳酸钾加入量为富钾页岩: $K_2CO_3 = 1.00: 1.50\sim 1.52$ 。考虑到成本因素, 碳酸钾用量不宜过大, 取富钾页岩: $K_2CO_3 = 1.00: 1.51$ 为宜。

2.4 不溶物残渣的物相鉴定

为了进一步查清反应产物的物相, 在测定分解率之后, 对用硝酸和水溶解产物后所留下的不溶物进行了 X 粉晶衍射的物相鉴定, 结果(图 4) 表明, 其中含有 $\beta-Ca_2SiO_4$ (卡片号: 49-1673)、 $Ca_2FeAl_2(SiO_4)(SiO_7)(OH)_2 \cdot xH_2O$ (卡片号: 39-1368) 和 $K_2CO_3 \cdot 0.5H_2O$ (卡片号: 11-0655), 这在一定程度上揭示了原富钾页岩中针铁矿、白云石等含 Fe、Ca 等的矿物在焙烧过程中的物相转变。

表2 焙烧分解富钾页岩第一轮正交实验结果

Table 2 The first orthogonal experiment result of potassium shale dissociation

正交序列	生料粒度/目	焙烧温度/℃	焙烧时间/min	t ₁ : t ₂	分解率/%
1132	20	740	40	1.50	75.85
2111	80	740	20	1.48	70.00
3123	200	740	30	1.52	78.85
1221	20	780	30	1.48	79.20
2233	80	780	40	1.52	91.55
3212	200	780	20	1.50	82.24
1313	20	820	20	1.52	86.10
2322	80	820	30	1.50	88.74
3331	200	820	40	1.48	85.75
K(1, j)	80.37	74.91	79.46	78.32	
K(2, j)	83.43	84.32	82.26	82.27	
K(3, j)	82.29	86.86	84.38	87.31	
级差	3.06	11.95	4.92	9.00	

t₁: t₂ 为碳酸钾: 富钾页岩。

表3 焙烧分解富钾页岩第二轮正交实验结果

Table 3 The second orthogonal experiment result of potassium shale dissociation

正交序列	生料粒度/目	焙烧温度/℃	焙烧时间/min	t ₁ : t ₂	分解率/%
1132	60	820	80	1.51	99.85
2111	80	820	40	1.50	99.63
3123	100	820	60	1.52	99.82
1221	60	830	60	1.50	98.94
2233	80	830	80	1.52	99.25
3212	100	830	40	1.51	99.51
1313	60	840	40	1.52	99.12
2322	80	840	60	1.51	98.87
3331	100	840	80	1.50	98.25
K(1, j)	99.30	99.77	99.42	98.94	
K(2, j)	99.25	99.23	99.21	99.20	
K(3, j)	99.19	98.75	99.17	99.40	
级差	0.11	1.02	0.30	0.46	

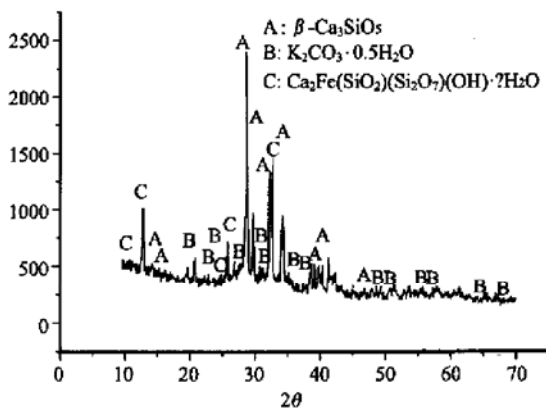


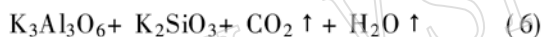
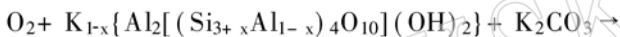
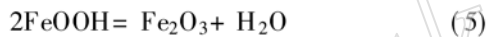
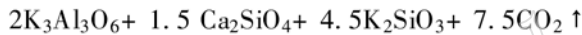
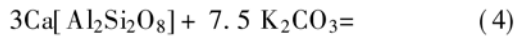
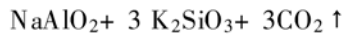
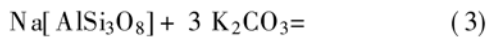
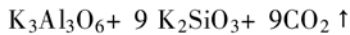
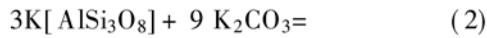
图4 不溶物残渣的X射线粉晶衍射图

Fig. 4 XRD pattern of insoluble residue

2.5 反应机理推测

根据热力学计算与分析, 结合反应物料的热重/差热分析结果, 可以推测富钾页岩+ K₂CO₃ 体系热分解反应的可能性。因为熟料几乎全部溶于水, 故产物中不会出现钾长石玻璃或高温透长石, 当然更不可能出现缺钾似长石如钾霞石、石榴石等, 不溶物残渣的物相也证明产物中不存在上述物质。熟料中可溶性盐只可能是铝酸盐、偏硅酸盐等盐类。另外, 不溶物残渣中有 Ca₂SiO₄、Ca₂FeAl₂(SiO₄)(SiO₇)(OH)₂·xH₂O, 故可以推断有下列反应发生: 原微斜长石中钾长石、钠长石和少量的钙长石端员组分分解, 形成偏硅铝酸盐, 放出 CO₂ 气体; 富钾页岩中的铁铁矿和钙长石形成 Ca₂FeAl₂(SiO₄)(SiO₇)(OH)₂·

$x\text{H}_2\text{O}$ 的硅铝酸盐物相; 伊利石和碳酸钾反应同理生成水溶性的偏硅铝酸盐。结合热力学数据(叶大伦, 1981; 林传仙等, 1985), 计算下列反应 1 110 K 时的吉布斯焓变, 计算方法为: $\Delta_r H(T_2) = \Delta_r H(T_1) + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$, $\Delta_r S(T_2) = \Delta_r S(T_1) + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p d \ln T$, $\Delta_r G(T_2) = \Delta_r H(T_2) - T \Delta_r S(T_2)$, 其中 $T_1 = 298.15 \text{ K}$ 时, $\Delta_r H(T_1)$ 、 $\Delta_r S(T_1)$ 、 ΔC_p 可以查表计算出。结果表明, 标准吉布斯反应自由能 $\Delta_r G_m$ (1 110 K) 均远小于 0, 因此这些方程式在热力学上是可行的。



富钾页岩是一种富含 K_2O 的薄片状或薄片层理的粘土岩, 由弱固结的粘土经较强的压固作用、脱水作用和重结晶作用形成。其基本结构为 Si、Al、O 形成链状、架状骨架, 阳离子 K^+ 、 Na^+ 等位于链间较大空隙, 通常状况下稳定。但在焙烧条件下, 链间钾离子可以被其他阳离子取代。取代钾离子的阳离子多比钾离子半径小, 例如 Na^+ 、 Ca^{2+} 等(罗孝俊等, 2001)。本项实验利用碳酸钾焙烧, 成功开辟了新的钾溶出工艺, 笔者认为不能单独从离子交换的角度来考虑, 因为随着固相反应的加剧, Si、Al、O 骨架结构被打开, 共价键渐变成离子键, 阴阳离子的电价保持平衡的同时, 离子迁移速率的快慢起了决定因素, 阳离子脱离 Si、Al、O 骨架而自由, 原 Si、Al、O 骨架共价键断裂, 最终形成水溶性的离子化合物。

3 结论

(1) 碳酸钾助熔焙烧富钾页岩体系能在较低的温度下快速分解, 适宜焙烧温度为 820~ 830 °C, 焙烧时间为 60 min, 碳酸钾的加入量的增多可以促进富钾页岩的分解, 适宜的富钾页岩: 碳酸钾(质量比)为 1.00: 1.50~ 1.52。综合考虑成本因素, 富钾页岩:

K_2CO_3 的最佳质量比为 1.00: 1.51; 生料矿粉粒度对分解率的影响不大, 控制在 60~ 80 目为佳。

(2) 碳酸钾+ 富钾页岩体系焙烧熟料的主要物相为 $\text{K}_3\text{Al}_3\text{O}_6$ 、 K_3AlO_3 、 K_2SiO_3 , 均可溶于水, 同时也产生了次要物相 Ca_2SiO_4 、 $\text{Ca}_2\text{FeAl}_2(\text{SiO}_4)(\text{SiO}_7)(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 等。

(3) 从富钾页岩 Si、Al 骨架结构中析出水溶性钾, 不是简单的离子交换过程, 伴随着钾离子的活化, Si、Al、O 骨架的坍塌, 共价键渐变成离子键, 绝大部分硅酸盐矿物岩石转化为水溶性的离子化合物。

Reference

- Dasgupta A. 1975. Fertilizer and cement from Indian orthoclase[J]. Indian Journal of Technology, 13(8): 359~ 361.
- Davidovits J. 1988. Geopolymer chemistry and properties[A]. Geopolymer '88, 1st European Conference on Soft Mineralurgy, Compiègne [C]. France, 1: 25~ 48.
- Lin Chuanxian, Bai Zhenghua and Zhang Zheru. 1985. Thermodynamical Data of Mineral and Some Compound[M]. Beijing: Science Press, 26~ 186 (in Chinese).
- Luo Xiaojun, Yang Weidong, Li Rongxi, et al. 2001. pH value on feldspar solubility and its growth[J]. Bulletin of Mineral, Petrology and Geochemistry, 20(2): 103~ 107 (in Chinese with English abstract).
- Ma Hongwen. 1999. Software for Crystal Petrology Thermodynamics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 38~ 47 (in Chinese).
- Ma Hongwen. 2002. Industrial Minerals and Rocks[M]. Beijing: Geological Publishing House, 311~ 317 (in Chinese).
- Ma Hongwen, Wang Yingbin, Miao Shiding, et al. 2003. A method of extracting electronic class potassium carbonate from potassium-rich rock[P]. CN 03100563.2 (in Chinese).
- Qiu Longhui, Wang Lisheng and Jin Zuomei. 2000. K_feldspar gypsum and calcium carbonate thermo-decompose and dynamic research[J]. Chemical Journal of China University, 14(3): 258~ 263 (in Chinese with English abstract).
- Saxena E, Datar D and Zaheer S. 1956. Extraction of potash from feldspars[J]. Trans. Indian Cerama Soc., 19: 12.
- Tian Gaicang. 2000. Prospects of exploring K_feldspar to produce potassium fertilizer[J]. Fertilizer Industry, 24(2): 18~ 20 (in Chinese with English abstract).
- Wang Gang, Ma Hongwen, Feng Wuwei, et al. 2003. The preparation of mineral polymer from potassium-distilled waste residue and fly ash: an experimental study[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 22(4): 453~ 457 (in Chinese with English abstract).
- Ye Dalun. 1981. Thermodynamical Data of the Inorganic[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 56~ 352 (in Chinese).
- Zhang Xihuan, Ma Hongwen, Yang Jing, et al. 2003. An experimental synthesis of 13X zeolite molecular sieves from potassium feldspar powder with high concentration of Fe_2O_3 [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 22(2): 167~ 172 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Hengqin, Ma Hua and Jin Mei. 2003. Comprehensive use of K_feldspar by lime calcining method[J]. Non-metallic Mine, 01: 24~ 29 (in Chinese).
- Zheng Dazhong. 1998. Feasibility of exploring potassium-phosphorous

rock to produce potassium fertilizer[J]. Sichuan Indu. & Erode Control, 1(1): 49~ 52(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 林传仙, 白正华, 张哲儒. 1985. 矿物及有关化合物热力学数据手册[M]. 北京科学出版社, 26~ 186.
- 罗孝俊, 杨卫东, 李荣西, 等. 2001. pH 值对长石溶解度及次生孔隙发育的影响[J]. 矿物岩石地球化学通报, 20(2): 103~ 107.
- 马鸿文. 1999. 结晶岩热力学软件[M]. 北京: 地质出版社, 38~ 47.
- 马鸿文. 2002. 工业矿物与岩石[M]. 北京: 地质出版社, 311~ 317.
- 马鸿文, 王英滨, 苗世顶, 等. 2003. 利用富钾岩石制取电子级碳酸钾的方法[P]. CN 03100563. 2.
- 邱龙会, 王励生, 金作美. 2000. 钾长石-石膏-碳酸钙热分解过程动

- 力学实验研究[J]. 高校化学工程学报, 14(3): 258~ 263.
- 田改仓. 2000. 论钾长石制钾肥的开发前景[J]. 化肥工业, 24(2): 18~ 20.
- 王 刚, 马鸿文, 冯武威, 等. 2003. 利用富钾岩石提钾废渣制备矿物聚合材料的实验研究[J]. 岩石矿物学杂志, 22(4): 453~ 457.
- 叶大伦. 1981. 实用无机物热力学数据手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 56~ 352.
- 章西焕, 马鸿文, 杨 静, 等. 2003. 利用高铁钾长石粉合成 13X 沸石分子筛的实验研究[J]. 岩石矿物学杂志, 22(2): 167~ 172.
- 赵恒勤, 马 化, 金 梅. 2003. 钾长石的碱石灰烧结法综合利用研究[J]. 非金属矿, 01: 24~ 29.
- 郑大中. 1998. 用绿豆岩制钾肥及其综合利用浅析兼论含钾磷岩石开发利用的可行性[J]. 四川化工与腐蚀控制, 1(1): 49~ 52.

• 简讯 •

重大基础地质调查研究项目“中国花岗岩重点地质问题研究”日前通过验收

由中国地质科学院地质研究所和宜昌地质研究所共同承担的中国地质调查局重大基础地质调查研究项目“中国花岗岩重点地质问题研究”(2001年1月—2005年12月)(项目号:200113900018)于2004年7月29日在北京通过最终成果验收。

该项目立项总体目标是:选定5个具有重要的、独具特色的花岗岩带,通过深入研究,建立重点区段花岗岩构造事件的时序;总结中国不同成因类型花岗岩的形成构造环境、大陆地壳生长方式,探索中国花岗岩与大陆生长相关的重大科学问题;对当前地质调查中的花岗岩区填图和研究中存在的问题进行咨询和指导,提出不同成因类型花岗岩区填图方法的完善和改进方案。在3年的研究过程中,虽然项目进行过多次调整,经费大幅度减少,但研究工作仍按任务书进行,设立了华南过铝花岗岩带、秦岭-昆仑环斑花岗岩带、兴蒙花岗岩带、燕山花岗岩带及东昆仑花岗岩带等课题,各课题围绕共同的科学目标相互协作进行了深入的研究,取得了一批可喜的创新成果:①获得一批高质量的地球化学、同位素地球化学测试数据,特别是高精度的52个锆石 SHRIMP 测年数据,解决了一些长期存在的岩体和成矿时代问题,建立了华南过铝花岗岩带、秦岭-昆仑环斑花岗岩带、兴蒙花岗岩带、燕山花岗岩带及东昆仑花岗岩带关键地段的岩浆-构造年代学格架,对相关大地构造格局和演化提出了新的认识。②在华南新发现中生代后造山碱质和铝质 A 型花岗岩带以及大量中二叠世同碰撞钾玄岩系及壳源重熔过铝花岗岩体,论证了湖南早燕山期金鸡岭岩体及含铁橄榄石-铁辉石的西山岩体属铝质 A 型花岗岩,提出华南燕山期属于大陆边缘裂谷环境的认识。③在秦岭-昆仑造山带发现了世界上罕见的元古宙、古生代、中生代造山型环斑花岗岩带,确定其属后碰撞构造环境,论证了岩浆混合导致温度异常升高是环斑结构形成的主因,丰富了环斑结构的成因认识,为研究全球环斑花岗岩类型及成因提供了基地。④进一步查明了兴蒙造山带高 $\epsilon Nd(t)$ 值花岗岩的时空分布范围,论证了显生宙大陆地壳生长与超大陆演化的关系,提出新的阶段性大陆地壳生长模式和地幔来源物质成矿域的概念,不仅对认识陆壳生长与成矿的关系具有理论意义,而且将对找矿勘探工作有重要意义。⑤提出和应用结构要素组合概念,燕山造山带演化可划分为5个造山幕,不同造山幕具有不同的结构要素组合,这一概念的建立,为花岗岩带填图赋予了新的内涵。⑥对东昆仑造山带幔源岩浆底侵作用及壳幔相互作用进行了研究,发现并确认了岩浆底侵的地表露头(世界上第三个露头),为全球研究岩浆底侵和壳幔相互作用提供了良好野外实验室。⑦对不同类型造山带的花岗岩填图理论和方法进行了初步探讨,提出了一些新的认识和建议,特别是对具有岩浆混合特征的花岗岩提出了初步的填图方案。⑧探索了我国四个花岗岩带的大陆地壳生长方式,该研究对于今后通过花岗岩研究探讨大陆地壳生长具有重要意义。

专家们认为,该项研究获得了令人可喜的新成果,形成了许多新认识,为今后与花岗岩相关研究工作的开展奠定了较好的基础。其中一些新认识同时也是新的研究课题,有待进一步研究加以检验。并建议在现有研究基础上,筛选出具有重要科学和实际意义、近期可望取得突破的课题进行后续立项研究。

(肖庆辉、王 涛 2004年8月1日供稿)