浙江诸暨枫桥地开石矿的超细粉碎研究*

李 艺 覃朝科
(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院 桂林 541004)

摘 要 诸暨地开石属高铝低硅、微铁微钛和自然白度高的优质矿产资源，经湿法超细粉碎—水力分级提纯，可形成无尾矿生产工艺，开发出高级造纸涂料、填料和高铝陶瓷原料等高中档系列产品。

关键词 地开石；超细加工；浙江；诸暨
分类号 P619．25；TS727.3；TS727.6

1 矿石组成特征

研究试样采自诸暨枫桥地开石矿，其矿物组成较简单，主要为地开石（约占95%），少量为一水硬铝石（约占5%），微量高岭石、伊利石及微晶石英等，在矿石表面局部偶可见有褐铁矿。从表1、表2结果对比可见，枫桥地开石矿的化学成分具有高铝低硅、微铁微钛等特点，属优质造纸级矿石原料。

该区地开石的X射线衍射分析结果及其红外吸收光谱分析曲线与其同一亚类的高岭石矿物基本一致，其区别主要依据差热分析结果进行区分，其与标准地开石的差热曲线有一些差异（图1），这是由于试样中含有少量的一水硬铝石的干扰影响所致，但其在532.7℃、653.3℃和685.6℃等处，显示出一开阔下凹的较圆滑的吸热复谷，这与地开石的吸热效应是基本一致的，结合其较高的吸热温度（653.3℃和685.6℃），可区别于同亚类的高岭石（具较尖窄的吸热谷及其吸热温度为500～600℃）矿物。

2 矿石矿物的工艺特征

矿石以浅灰白色为主，次为灰白色、浅灰黄白色，淡黄白色等。矿石为致密块状，质地细腻，表面有滑感，边角透明至半透明。矿石自然白度为85%左右，密度2.65～3.02g/cm^3，硬度Hm＝2．5～3，抗压强度为60～120N/mm^2，一般为80N/mm^{2}左右。

地开石呈微细片状结晶，其结晶粒度一般< 5μm，一水硬铝石的结晶粒度为2～15μm，常呈“草莓状”集合体产于地开石中。另外，偶可见微量微细粒石英（10～20μm）呈微细脉状或团状集合体产出。矿石中的微量有害杂质Fe_2O_3的赋存状态主要呈褐铁矿形式产出，且明显可见，在矿石加工过程中，其大部分可为手选或为机械和化学选矿方法除去。

1997年3月18日收稿，7月18日改回。
第一作者简介：李 艺，男，1955年出生，高级工程师，地质专业。
*中国有色金属工业总公司项目“耐火粘土及其它陶瓷原料的开发利用”研究成果之一（项目号：94—D—6）。

表 1 诸暨枫桥地开石的化学成分

Table 1 The chemical composition of the dickite in Fengqiao, Zhuji %

项目	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	H_2O^+	H_2O^-	灼失量
含量	41.19	41.88	0.097	0.048	0.021	0.041	0.063	0.052	0.088	0.056	痕	13.92	0.72	15.17

3 超细粉碎试验

表 2 浙江一些地开石矿床的主要化学成分 %

Table 2 The major chemical composition of some dickite deposits in Zhejiang

矿床名称	仙居大洪矿床		仙居岭梅矿床	松阳峰硐岩矿床		天台宝华山矿床
矿石级别	造纸级	高铁级	优质	造纸级	劣质	优质
SiO_2	46.47	44.68	46.23	49.40	65.03	46.38
Al_2O_3	38.35	39.09	39.00	35.90	24.34	38.73
Fe_2O_3	0.25	1.23	0.04	0.10	0.11	0.09
TiO_2	0.20	0.30		0.07	0.08	0.33
CaO	0.26	0.21		0.14	0.17	0.22
MgO	0.15	0.05		0.16	0.07	
K_2O	0.18	0.07	0.20	0.06	0.24	
Na_2O	0.16	0.17	0.08	0.05	0.18	
H_2O^+			12.46			
烧失量	13.55	14.03	14.06	13.15	8.96	13.87

超细粉碎是将物料经超细粉碎工艺设备加工形成粒度为10μm以下的粉体。对于超细粉碎的粒度界限如何划分，目前尚无一致的说法，但一般常将<2μm的粉体称为超微细粉，2~10μm的粉体称为超细粉。亦有人将<10μm的粉体统称为微粉。

根据该区地开石矿具有自然白度高、结晶粒度细、比重小、抗压强度低和易破碎等特征，对该矿石进行了干法和湿法加工工艺的对比试验。干法加工的试验条件为：首先将原矿石破碎至<2mm，然后将该物料在460mm×600mm筒形磨矿机中干磨，磨矿机功率为1.5kW，磨矿介质为瓷球，装球量为80kg；干磨产品再经国产超音速气流粉碎机进行超细粉碎。湿法加工的试验条件为：将破碎至<2mm的物料采用球磨机进行湿磨，磨矿介质为瓷球，装球量为80kg，加水量和矿量之比为1∶1，磨矿到一定时间取样分析。上述试验的其它条件及结果见表3。

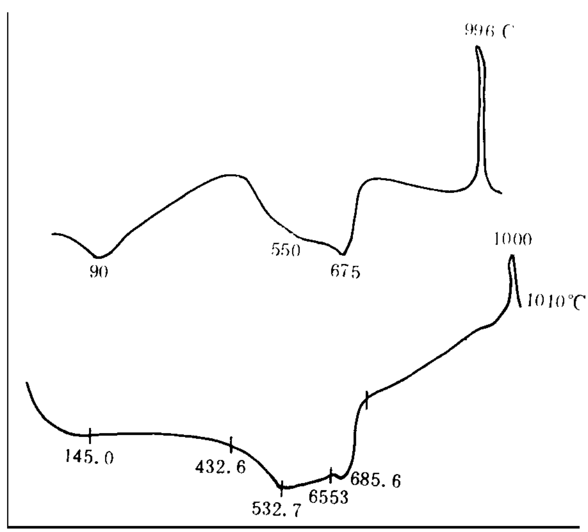

图 1 枫桥地开石差热曲线

Fig. 1 The DTA curves of dickite in Fengqiao, Zhuji

(图中数字单位均为℃)

采用干法加工工艺，由于地开石表面比较滑腻、粘结性大，在干磨过程中，矿粉紧紧地粘附于磨矿介质的表面，形成一层较厚的缓冲层，大大降低了磨矿介质对矿石的有效冲击力和磨剥作用，而已磨细的矿石物料颗粒表面能大，极易结团，特别是矿石不是很干燥时，更易粘结，因而造成干磨效率很低，干磨24h，粉体<45μm粒级的含量仅为46%。超音速气流粉碎机是目前非金属矿干法超细粉碎中较为先进的设备，其粉碎效果一般较好。但该矿石干磨24h后物料再经超音速气流粉碎机（国产）反复粉碎二次，其小于

2μm 粒级的含量只占 23％，效果并不理想，且气流粉碎机的耗能很大。采用湿法加工工艺，由于水介质能够直接有效地冲击和磨剥矿石，经 6h 磨矿，矿石物料粒度全部＜45μm，且＜2μm 粒度的含量可达 29％；经 24h 磨矿，＜2μm 粒级的含量达到 51％，远大于干磨 24h 再经气流超细粉碎的 23％。由此可见，该矿石适宜采取湿法粉碎工艺。需要说明的是，试验中采用的湿法球磨机属于较老的设备，磨矿效率不很理想，如采用当前较为先进的湿法超细搅拌磨矿机等设备，其超细效率和效果会更好。

表 **3**　地开石矿超细粉碎试验结果

Table 3　The experiment result of the superfine break of dickite

粉碎方法		设备功率 /kW	矿量 /kg	给矿粒度	粉碎时间 /h	产品细度所占比例（％）	
						－45μm	＜2μm
干法	球磨	1.5	15	＜2mm	12	34.5	
					24	46.0	
	气流	130	12	－45μm 占 46％	0.5	86.8	23
湿法（球磨）		1.5	15	＜2mm	3	84.5	20
					6	100	29
					12	100	38
					24	100	51

4　分级提纯试验

目前所常采用的超细粉碎设备普遍存在着粉碎效率低、耗能大等问题，粉碎的粒度大小与粉碎效率成正比，而与生产成本成反比，而且其产品粒级的分布也很不均匀。为降低生产成本而获得质量合乎要求的超细粉体和较理想的粒级分布，常需增加对超细粉碎加工的粉体进行超细分级（和提纯）的生产工艺。超细粉的分级有干法气流分级和湿法水力分级两种。一般而言，超微细粉在空气中易形成大颗粒团聚体，不易分散，而其在水中受水中分散剂等的作用，矿粉得到充分的分散，以利于其按粒度大小及比重大小来分级，所以水力分级的效果一般比气流分级的效果好。目前，水力超细分级的工艺比较成熟，常用的设备为卧式螺旋离心分级机和小直径水力旋流器组，均能生产出粒度满足需要的各种产品。

本试验中，以 45μm 和 2μm 作为指标控制点，对气流超细粉碎的地开石粉体进行水力分级，首先采用水筛法（在实际生产中可采用水力旋流器）分出＞45μm 粒级的物料，对＜45μm 的部分以硅酸钠或六偏磷酸钠作为分散剂，矿浆浓度为 10％左右，采用水力沉降分级的方法分出＞2μm 粒级和＜2μm 粒级的产品。各分级产品的质量分析结果见表 4，其中 1# 产品已经过化学漂白处理。

表 **4**　超细粉碎和水力分级产品质量分析结果

Table 4　The analytical results of products quality for the superfine break and the hydraulic gradation of dickite　　％

产品号	产率	化学成分													白度	不同粒度（μm）所占％		
		Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	MnO	CaO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O	烧失量		＜2	2～10	＞10
1#	19.3	39.23	45.45	0.13	0.14	0.03	0.05	0.87	0.14	0.81	0.12	0.48	13.66	14.08	91.4	82.3	15.	2.7
2#	67.5	41.46	41.40	0.19	0.049	0.03	0.004	0.50	0.50	1.13	0.09	0.55	12.42	14.25	85.0	10.	40	50
3#	13.2	43.12	40.03	0.16											85.0	＋45μm 100％		

目前，国内尚未制定出地开石在各个行业上的质量要求，但大都可参照对高岭土产品的指标要求。表 4 的分析结果表明，1# 产品的 Al_2O_3，SiO_2 和 H_2O 的含量分别为 39.23％，45.45％和 13.66％，与地开石的理论成分 Al_2O_3 39.5％，SiO_2 46.55％，H_2O 13.95％基本一致，说明 1# 产品为较纯的地开石，其它矿物含量极微少。1# 产品的 Fe_2O_3，TiO_2 等有害杂

质含量也很低，分别只有 0.13％和 0.03％；粒度分布以＜2μm 粒级为主，含量达 82.3％，而＞10μm 粒级的含量仅为 2.7％；产品经化学漂白后白度＞90％。从这些指标来看，1#产品质量达到了造纸涂料的要求，可作为高级铜版纸的涂料或其它高级涂料，本项研究所作的进一步的铜版纸涂布试验结果也表明其适合作高级造纸涂料使用；2#产品的 Al_2O_3 含量较高，为 41.46％，这是因其含有少量的一水硬铝石的缘故，其有害杂质如 Fe_2O_3，TiO_2，MnO 等的含量很低，自然白度也高达 85％，产品粒度＜45μm，其中＜10μm 粒级的含量占 50％，故 2#产品可作为造纸、塑料、橡胶等的填料；3#产品含一水硬铝石相对较多，Al_2O_3 含量高达 43.12％，而其它杂质含量也不高，因而可作为高铝陶瓷、耐火材料等的优质原料。由此可见，该矿石经超细粉碎－水力分级，可生产出质纯粒细的涂料产品、填料级产品及高铝陶瓷原料等系列产品，矿石可全部获得利用。

上述试验表明，枫桥地开石矿属优质非金属矿产资源，根据其矿石工艺特征，宜采用湿法超细粉碎－水力分级和提纯联合工艺流程，并还可形成无尾矿生产工艺，由此可深加工开发出各种性能优异和用途广泛的系列产品，因此，对该地开石大力投入深加工开发，具有十分重要的现实经济意义。

STUDY OF SUPERFINE BREAK OF DICKITE IN FENGQIAO, ZHUJI, ZHEJIANG

Li Yi　Qin Chaoke
(*Institute of Geology for Mineral Resources, CNNC., Guilin*)

Abstract　Dickite in Zhuji, Zhejiang is an excellent mineral resource with higher contents Al_2O_3 and lower SiO_2, a little Fe_2O_3, TiO_2 and higher natural whiteness. It can form the technological process without tailings in the process of in hydro－superfine and purifing in hydraulic gradation, thus it can develop a seris high and middle grade products of the coatings and fillers for making papers, and of the high aluminium raw materials for making ceramica.

Key words　dickite; superfine process; Zhejiang; Zhuji