

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1992年 第1号 (总第25号)

地质出版社



中國地質科學院

地質研究所所刊

（第四卷第一期）

地質研究所

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1992年 第1号 (总第25号)

地 质 出 版 社

(京)新登字085号

858815

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

(总第25号) 第1号 第25号

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1992年 第1号 (总第 25 号)

责任编辑: 张肇新 张中民

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 7.75 铜版图: 3 页 字数: 192000

1992年3月北京第一版·1992年3月北京第一次印刷

印数: 1—830册 国内定价: 5.50 元

ISBN 7-116-00988-4/P·847

目 录

纸张涂布用高岭土的物理性能及其与矿床类型的关系.....	周国平等 (1)
“三江”地区义敦岛弧的构造-岩浆演化与汞、银、金多金属成矿系列	侯增谦等 (17)
柿竹园-野鸡尾矿床锡的地球化学循环与演化	张绮玲 (35)
武夷山南桥混合岩-石英正长岩体的岩石学特征及成因	吴澄宇等 (47)
内蒙古中南部古陆边缘花岗岩类及其演化.....	聂凤军等 (61)
柴达木盆地马海盐矿床基本地质特征及形成条件浅析.....	王弭力等 (81)
土岭-石湖金矿区黄铁矿的热电性及其找矿意义.....	崔艳合 (94)
内蒙古白音诺砂卡岩型铅锌矿床中闪锌矿的标型特征及其意义	雷蕴芬 张德全 (104)
识别火山成因粘土岩层的新方法及其在地层学和沉积岩石学上的意义.....	冯宝华 (114)
FIA-C 测碳系统在海洋科学研究中的应用——大洋多金属结核碳物相分析	李 兴 (120)

号I第 年2991
(1) 号千四第
(11) 号第第第

期学律更版國中
刊預預突預氣地有華

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF MINERAL DEPOSITS, CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.1,1992(Serial No:25)

CONTENTS

- Physical Properties of Paper-coating Kaolin in Relation to the Genetic Types of Kaolin Deposits Zhou Guoping *et al.* (14)
- Tectonomagmatic Evolution and Mercury, Silver, Gold Polymetallic Minerogenic Series in Yidun Island-Arc, Sanjiang Region Hou Zengqian *et al.* (33)
- Geochemical Circulation and Evolution of Tin in the Shizhuyuan-Yejiwei Ore Deposit Zhang Qiling (46)
- Petrological Characteristics and Genesis of the Nanqiao Migmatite-Quartz Syenite Body, Wuyishan Area Wu Chengyu *et al.* (60)
- The Origin and Evolution of Granitoids in the Ancient continental Margin of South-Central Inner Mongolia Nie Fengjun *et al.* (80)
- Main Features and Formation Conditions of Salt Deposits in Mahai Subbasin, Qaidam Basin Wang Mili *et al.* (93)
- Thermoelectricity of Pyrite from the Tuling-Shihu Gold Ore District and Its Ore-prospecting Significance Cui Yanhe (103)
- Typomorphic Characteristics and Geological Significance of Sphalerite in Skarn Lead-Zinc Deposits Lei Yunfen *et al.* (113)
- A New Method for Recognition of Volcanogenic Clay Strata and Its Significance in Stratigraphy and Sedimentography Feng Baohua (119)
- The Application of FIA-C Carbon-determining System to Oceanography—Analysis of Carbon Species in Polymetallic Nodules Li Xing (126)

EDITOR: Editorial Department, Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences

ADDRESS: Baiwanzhuang Road, Beijing, People's Republic of China

纸张涂布用高岭土的物理性能 及其与矿床类型的关系

周国平 汤 骧 白名岗

(矿床地质研究所)

林毓川 赵念真

(广东省地质测试中心)

文章提要 我国高岭土资源丰富,储量可观,但大多数矿床主要用于陶瓷原料和部分橡胶填料。我国目前所需高档涂布原料主要依靠进口。本文对各种类型的高岭土矿床作了矿物成分、化学成分、粒度组成和造纸工艺性能的各项研究,并作了造纸涂布试验。根据各类高岭土的物理性能和纸张涂布性能结合矿床的成因类型,认为沉积-风化亚型高岭土矿床是一种优质的造纸刮刀涂布原料,是今后在第三、第四纪砂质沉积层中找矿的重点目标。

一、纸张涂布用高岭土的概述及样品来源

(一) 概 述

高岭土是一种重要的工业矿物原料,作为高档造纸原料在世界上已经使用了很久。尤其是20世纪70年代以后,由于造纸涂布工艺的改进,大多数工业发达国家都采用了先进的刮刀涂布工艺。这样,对造纸高岭土原料的要求就更加严格,同时需求量也急剧增加。美国1987年的产量是8,000,000多吨,全世界高岭土的产量1987年已超过20,000,000吨(Murray, H. H., 1988),其中有60%作为填料和涂料用于造纸工业。

高岭土的主要矿物是高岭石,其所具备的1:1层状结构和层电荷等于零的特征使其在造纸生产过程中不起任何化学反应,能比较好地保留在纸张纤维表面。高岭石的片状晶形也有利于生产出高光泽度的纸。因此,用高岭土作填料和涂料可使纸张表面平滑、光亮、白度高,使纸张具有不透明性和适于印刷的特性。

高岭土的造纸工艺特性取决于高岭土矿物的组成及单矿物的结构和形态。涂布用高岭土的工艺质量控制可通过高岭石的粒度大小和形态的测定来完成。高岭土作为高质量的涂布原料必须满足下列要求(Storr, M., 1985)。

1. 粒度: $<2\mu\text{m}$, $>80\%$; $>10\mu\text{m}$, $<1\%$; 最好的, $<0.1\%$;
2. 白度: $>85\%$, 高级涂布原料要求达91%;
3. 粘浓度: $>65\%$, 高级涂布原料要求72%;
4. 磨耗: 要求越低越好, 无明显的石英存在。

(二) 样品来源

本文所研究的高岭土样品采自广东沿海地区数十个高岭土矿床。包括广东惠来灯塔风化残积型高岭土矿, 广东揭西埔寨风化残积型高岭土矿, 广东揭阳直科风化残积型高岭土

矿, 广东惠阳沙尾风化残积型高岭土矿, 广东台山玉环风化残积型高岭土矿, 广东茂名沉积风化型高岭土矿, 广东高州沙田风化残积型高岭土矿, 广东化州大坡风化残积型高岭土矿, 广东湛江山岱风化残积型高岭土矿, 广东湛江芦村风化残积型高岭土矿, 广东廉江大崇山风化残积型高岭土矿, 广东廉江青平风化残积型高岭土矿, 广东廉江坦塘风化残积型高岭土矿, 广东廉江横山风化残积型高岭土矿, 广东廉江龙头砂沉积型高岭土矿等矿床, 经实验室初步研究后筛选出一部分样进行涂布试验。

二、纸张涂布用高岭土的基本性能

(一) 矿物成分

天然产出的高岭土在原始状态常含有较多的杂质, 如长石、石英、云母和针铁矿等。杂质的种类和含量取决于矿床的成因。这些杂质的存在将会影响高岭土的颜色(白度)、

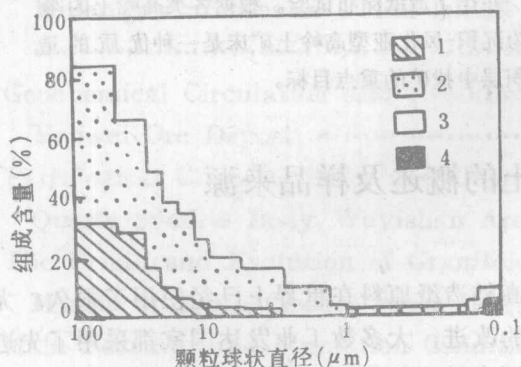


图1 高岭土中常见矿物的粒度分布

(据 Brociner, R. E., 1985)

Fig. 1 Distribution of grain sizes of normal minerals in kaolin

1—长石和石英; 2—云母(白云母和伊利石);
3—高岭石; 4—蒙脱石

磨耗和流变性能。研究表明, 高岭土中常见矿物一般都富集在不同的粒级中。图1是英国康沃尔高岭土原矿中常见矿物的粒度分布(Brociner, R. E., 1985)。从图中可见, 石英和长石主要集中在 $10\mu\text{m}$ 以上的粗粒级中, 约占30%。云母类矿物分为两种, 白云母主要集中在 $5\mu\text{m}$ 以上的粗粒级中, 约占80%以上, 伊利石则主要集中在最细的粒级中。高岭石的富集范围是 $<1\mu\text{m}$ 的粒级中。笔者近几年的研究结果表明, 我国大多数高岭土矿床的常见矿物的粒度分布与其基本相同。高岭土原矿含高岭石、伊利石、石英和部分长石、白云母及少量蒙脱石^①。高岭土在用于纸张涂布以前必须进行提纯处理, 以达到所要求。

对所研究的高岭土样品在实验室内采用沉降法提取 $<2\mu\text{m}$ 的粘粒, 得到的高岭土样品经X光、红外光谱、差热、扫描电镜和透射电镜分析, 证实样品中主要以高岭石为主(平均在80%左右)。表1是所研究样品经提纯后的矿物成分。可见, 高岭土已得到明显的富集, 含量在74—95%, 基本上满足了涂布高岭土原料对高岭石含量的要求(要求高岭石含量 $>80\%$)。石英、长石等矿物的含量已经很少。粘土矿物的种类包括高岭石、伊利石和蒙脱石。根据矿物种类和含量, 可将样品分成以下三类: (1)以高岭石为主, 含少量伊利石、埃洛石和蒙脱石的高岭土, 如样品K-49、K-20、K-23、D-1、T-1、S-1; (2)以高岭石为主, 仅含少量伊利石的高岭土, 如样品M-3、M-1、M-2、M-4、M-5、K-110; (3)以高岭石为主, 含较多伊利石的高岭土, 如样品K-109、K-108。三类样品的X射线衍射

① 周国平、林毓川, 1990, 广东沿海地区风化残积型高岭土矿床及其特征, 地质学报, 64卷3期。

表 1 涂布高岭土样品的矿物成分 (%)
Table 1 Mineral composition of coating kaolin

样号	K-49	K-20	K-23	K-26	D-1	T-1	S-1	M-3	M-1	M-2	M-4	M-5	K-110	K-109	K-108	K-109-1
石	0.00	1.37	0.41	0.00	0.00	0.72	2.16	0.00	1.05	0.00	2.18	0.00	0.00	1.12	2.29	2.17
钠长石	3.54	0.02	0.00	2.35	2.74	0.85	0.06	1.83	0.00	0.47	0.34	0.59	0.00	{3.94	{4.38	0.00
钙长石	0.30	0.60	0.25	0.50	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.45	0.00			1.49
高岭石①	74.60	76.88	89.91	83.43	89.99	91.61	82.26	92.26	93.41	92.14	90.78	96.43	95.27	74.19	77.15	76.22
伊利石	14.29	12.43	6.77	7.78	0.59	3.38	11.79	3.46	2.79	2.22	3.55	0.93	3.29	15.30	12.26	13.02
蒙脱石	2.12	7.07	0.69	2.36	2.00	0.00	1.22	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.92
三水铝石	1.69	0.00	0.00	0.24	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
明矾石	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.33	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
针铁矿	0.82	0.21	0.24	0.64	0.51	0.65	0.41	0.28	0.33	0.35	0.46	0.31	0.21	0.92	0.51	1.11
金红石	0.60	0.00	0.07	0.04	0.02	0.03	0.17	0.22	0.29	0.24	0.44	0.19	0.15	1.04	0.80	0.89
其它矿物	1.58	1.84	1.76	2.00	2.15	1.26	1.26	1.40	1.09	0.90	1.56	0.36	0.42	2.61	1.95	1.41
总 和	99.54	100.42	100.07	99.33	99.68	98.50	99.37	99.45	98.98	98.03	99.83	99.40	99.36	99.14	99.37	98.03

① K-20, T-1—样品中含有少量的埃洛石; K-49—广东廉江大崇山高岭土; K-20—广东廉江青平高岭土; K-23—广东廉江坦塘高岭土; K-26—广东廉江横山高岭土; D-1—广东化州大坡高岭土; T-1—广东台山玉环高岭土; S-1—广东湛江山岱高岭土; M-1, M-2, M-3, M-4, M-5—广东茂名高岭土; K-110, K-109, K-108, K-109-1—广东廉江龙头砂高岭土

特征也出现一定的差异,就高岭石的结晶有序度来说(Hinckley, D. N., 1963),第二类样品最高(表2),高岭石矿物含量也最高(表1)。从对纸张涂布不利的矿物成分来说,伊利石、蒙脱石、石英、长石和金红石的含量在第二类样品中平均则是最低的(表2)。由此可见,第二类样品在矿物成分上有明显的优势。

表2 涂布高岭土样品高岭石的结晶度指数和有害矿物含量

Table 2 Indexes of crystallinity of kaolinite and content of impure minerals of coating kaolin

样号	I + M(%)	Q + F + R(%)	结晶度指数 ^①
K-49	16.41	4.44	0.80
K-20	10.14	2.89	0.82
K-23	7.46	0.73	0.89
K-26	19.5	1.99	0.57
D-1	2.59	2.91	0.78
T-1	3.38	1.60	0.87
S-1	13.01	2.39	0.68
M-3	3.46	2.05	1.40
M-1	2.79	1.34	1.39
M-2	2.46	0.71	1.10
M-4	3.55	3.21	1.28
M-5	0.93	1.23	1.38
K-110	3.29	0.15	1.05
K-109	15.3	6.1	0.85
K-108	12.26	7.47	0.82
K-109-1	13.94	5.35	0.73

① 根据 Hinckley, D. N. (1963) 的计算方法计算; I—伊利石; M—蒙脱石; Q—石英; F—长石; R—金红石; 样品号说明见图1

(二) 化学成分

高岭土的化学成分对造纸工业影响较大,尤其是铁、钛含量将直接影响高岭土涂料的白度和加工工艺特性。表3是所研究样品的化学成分。对涂布高岭土来说,化学成分可以分成有用组分和有害组分两种。 Al_2O_3 、 SiO_2 、 H_2O 是高岭石的理论成分,而 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 则主要代表了母岩中残留矿物和伊利石、蒙脱石的成分,对纸张涂布来说后者是有害成分。其次, Fe_2O_3 、 TiO_2 是着色氧化物,对涂料的白度影响较大,也是有害成分。根据以上分析,也可将所研究样品分成三类:(1) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值在2.0—2.16之间, Fe_2O_3 、 K_2O 含量较高, TiO_2 含量低的样品,如K-49、K-20、K-23、K-26、D-1、T-1、S-1;(2) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值在1.9—2.0%之间, Fe_2O_3 、 TiO_2 、 K_2O 含量均较低的样品,如M-3、M-1、M-2、M-4、M-5、K-110;(3) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比值在2.15—2.2之间, Fe_2O_3 、 TiO_2 、 K_2O 含量均较高的样品,如K-109、K-108。显然,第二类样品在化学成分上也占有明显的优势。

为了便于对比,表3同时也列出了英国ECC高岭土公司和美国佐治亚休伯(Huber)高岭土公司涂布高岭土的化学成分(Brociner, R. E., 1985)。与之相比,所研究的大部分高岭土样品的化学成分与ECC公司和休伯公司的涂料是比较接近的。

表 3 涂布高岭土样品和英国及美国涂料产品的化学成分 (%)
Table 3 Chemical composition of coating kaolin and coating products of U. K. and U. S. A. (%)

样 号	氧化 物	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	MnO	SO ₃	烧 失 量	Σ	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
K-49 ②		44.83	37.31	0.60	1.11	0.27	1.69	0.51	0.06	0.18	0.01	—	13.66	100.23	2.05
K-20 ②		46.63	36.88	0.00	0.29	0.02	1.47	0.31	0.12	0.60	0.00	—	14.21	100.52	2.16
K-23 ②		45.96	38.35	0.07	0.32	0.02	0.80	0.03	0.05	0.18	—	—	14.75	100.53	2.05
K-26 ②		45.38	37.24	0.02	0.87	0.09	0.92	0.38	0.10	0.20	0.00	—	14.45	99.65	2.08
D-1 ②		45.12	37.39	0.01	0.68	0.11	0.07	0.41	0.03	0.17	0.00	—	15.54	99.93	2.02
T-1 ②		45.18	37.65	0.03	0.88	—	0.4	0.1	—	—	—	—	14.29	98.83	2.06
S-1 ①		46.50	37.33	0.17	0.55	—	1.40	0.053	0.22	0.15	—	0.02	13.40	99.59	2.10
M-3 ②		45.26	37.80	0.22	0.39	0.045	0.41	0.22	0.094	0.11	0.00	—	14.46	99.01	2.02
M-1 ①		44.14	38.05	0.20	0.54	0.03	0.20	0.04	0.00	0.02	0.00	—	15.80	99.02	1.98
M-2 ①		44.34	38.30	0.24	0.47	0.066	0.30	0.066	—	0.02	0.00	0.13	14.38	98.31	1.97
M-4 ①		46.55	37.38	0.44	0.63	0.07	0.42	0.04	0.05	0.11	—	0.44	13.84	100.10	2.13
M-5 ①		45.91	38.80	0.10	0.42	0.09	0.12	0.07	0.09	0.07	0.01	0.035	13.85	99.57	2.00
K-110 ②		44.59	39.60	0.15	0.29	0.11	0.39	0.47	0.00	0.00	0.00	—	14.45	100.05	1.90
K-109 ②		45.64	36.00	1.04	1.25	0.11	1.81	0.43	0.06	0.28	0.00	—	13.10	99.72	2.15
K-108 ②		47.05	36.06	0.81	0.70	0.20	1.45	0.50	0.03	0.21	0.00	—	12.82	99.83	2.20
K-109-1 ①		45.74	35.85	0.89	1.50	—	1.54	0.04	0.30	0.27	0.02	—	12.46	98.61	2.16
Supreme ③		47.0	38.0	0.52	0.52	—	0.77	0.05	0.06	0.19	—	—	13.5	100.59	2.09
SPS ③		47.0	38.0	0.02	0.6	—	1.3	0.08	0.07	0.16	—	—	13.0	100.23	2.09
Dinkie B ③		48.0	37.0	0.02	0.65	—	1.7	0.13	0.05	0.16	—	—	12.2	99.91	2.20
NCC ③		48	37	0.02	0.61	—	1.6	0.1	0.04	0.21	—	—	12.3	99.88	2.20
Superclay ③		48	37	0.05	1.1	—	2.7	0.13	0.07	0.17	—	—	11.2	100.42	2.20
Alphagloss ③		45.0	38.0	0.51	0.91	—	0.19	0.33	0.04	0.07	—	—	14.0	99.05	2.01
Alphacote ③		45.4	39.6	0.66	0.32	—	0.07	0.21	0.06	0.04	—	—	13.8	100.16	1.96
Alphaplate ③		45.0	39.0	0.52	0.71	—	0.40	0.31	0.04	0.08	—	—	13.7	99.76	1.96
Alphatex ③		52.1	44.1	1.6	0.98	—	0.12	0.21	0.17	0.07	—	—	0.71	100.06	2.01
U. S. NO. 2 ④		45.9	39.2	1.5	0.3	—	0.07	0.3	0.04	0.06	—	—	13.9	101.27	1.98

① 由广东省地质测试研究中心测试; ② 由地矿部岩矿测试研究所测试; ③ 英国 ECC 高岭土公司涂布高岭土产品; ④ 美国佐治亚 Huber 高岭土公司涂布高岭土产品; 样品号说明见表 1

(三) 粒度组成

高岭土的粒度组成是纸张涂布的关键指标之一。高岭土原矿的粒度组成反映了高岭土形成时的地质环境特点和成矿作用特点,同时也决定了高岭土加工处理的途径及涂料的得

表 4 涂布高岭土样品的粒度组成

Table 4 Grain size constituents of coating kaolin

样号	累 积 重 量 (%)								平均粒径 (50wt%) (μm)	比表面积 (cm^2/g)
	<1 μm	1—2 μm	2—5 μm	5—10 μm	10—20 μm	20—30 μm	30—40 μm	40—50 μm		
K-49	4.65	7.91	23.1	58.3	84.1	95.4	97.2	100	8.82	5164.5
K-20	3.41	9.56	27.2	77.0	93.0	97.2	97.9	100	7.28	5414.0
K-23	6.44	10.7	26.7	69.7	88.9	94.1	95.1	100	7.71	6267.0
K-26	5.30	10.6	26.8	67.5	90.5	94.5	95.1	100	7.84	5901.1
D-1	7.94	10.59	31.05	72.35	84.95	92.05	92.5	100	7.225	6826.85
T-1	4.86	9.10	21.5	64.4	88.4	91.9	95.6	100		
S-1	—	8.30	23.9	56.8	74.9	91.6	95.4	100	8.96	4440.0
M-3	23.9	48.6	78.7	94.8	100				2.34	17440.0
M-1	—	46.65	81.35	94.95	98.9	100			2.26	13558.5
M-2	10.1	21.7	50.2	88.9	93.0	95.2	96.4	100	4.98	9464.9
M-4	—	42.5	82.2	98.0	98.1	100			2.56	12948
M-5	41.0	58.8	88.3	93.6	93.6	96.7	100		1.5	23402
K-110	6.15	20.6	40.64	72.6	82.1	89.0	96.0	100	6.62	8713.56
K-109	37.5	56.7	84.0	92.8	100				1.65	22452
K-108	37.6	56.8	84.9	94.8	98.2	100			7.64	22544

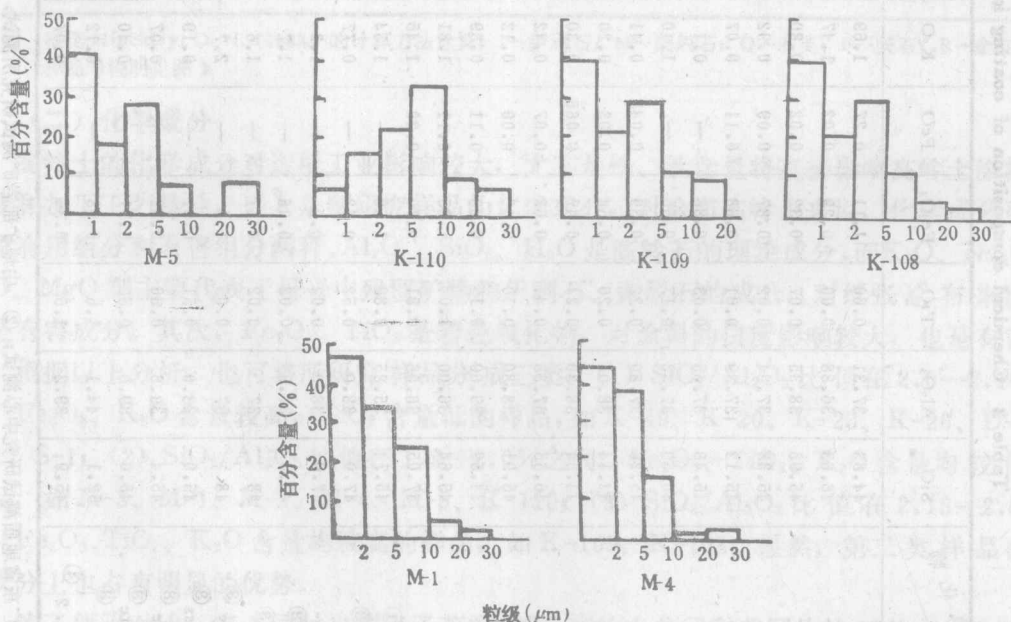


图 2 高岭土的粒度分布频度直方图
(样品代号说明见表 1)

Fig. 2 Histograms showing grain sizes of kaolin

率。表4是所研究高岭土原矿石的粒度组成。可见,高岭土的原始粒度组成差异较大。其中 $<1\mu\text{m}$ 粒级的含量变化在3.41—37.6%之间, $<2\mu\text{m}$ 粒级的含量变化在7.51—56.8%之间,平均粒径变化在1.5—8.82 μm 之间,此表面积变化在5164.5—22544 cm^2/g 之间(表4)。图2是根据所研究样品的粒度分布绘制的频度直方图。根据频度峰值的分布范围可将样品分成三类:(1)频度峰值位于5—10 μm ,粒度分布特征是以5—10 μm 粒级为中心,细粒级部分和粗粒级部分含量均依次减少。直方图的形态近似正态分布;(2)频度峰值主要位于2—5 μm ,且 $<2\mu\text{m}$ 粒级含量明显增加,直方图的形态偏向细粒级一侧(如样品M-1、M-4、M-5、K-110);(3)频度峰值位于1 μm 以下, $<2\mu\text{m}$ 粒级的含量明显增加,粗粒级含量减少,直方图形态从细粒级到粗粒级呈阶梯状下降(如样品K-109、K-108)。

纸张涂布高岭土除了对 $<2\mu\text{m}$ 粒级的含量有限定外,还要求高岭土的粒度分布有一定的级配,粒度中数位于0.5—5 μm 之间,这类涂布原料效果最为理想(Stanly, J. L. et al, 1983)。根据以上分析,第二类高岭土样品的粒度分布比较符合这种级配要求。

三、高岭土的造纸工艺性能

(一) 白度

涂布高岭土要求白度应 $>85\%$ 。对大多数天然产出的高岭土来说,由于或多或少地含有某些着色氧化物或有机质,很难达到涂布高岭土的白度要求,必须对其进行加工处理以提高白度。目前常用的提高白度的方法包括:(1)化学漂白法,即用连二亚硫酸钠还原高岭土中的 Fe^{3+} 为 Fe^{2+} ;(2)高梯度磁选法,对一些粗粒矿物($>0.5\mu\text{m}$),如赤铁矿、针铁矿以及难熔的着色矿物,如金红石、锐钛矿、黑云母、电气石、黄铁矿等用化学漂白法已无效,而高梯度磁选法则能将它们除去;(3)微生物法,它是近几年发展起来的提高高岭土白度的一种新的方法。国外研究发现,通过异养微生物可使白度增加9—26%,使高岭土的白度超过85%(Storr, M., 1985)。

考察所研究的高岭土样品,大多数的自然白度均未达到85%(表5)。因此,必须进行加工处理以提高白度。根据所研究样品着色氧化物的种类及国内现有的漂白技术和设备,实验中采用化学漂白法。经漂白处理后得到的白度称为漂后白度。从表5可以看出,9个样品的漂白处理,有3个样品超过85%,3个样品比较接近85%,其余的漂白效果太差,白度提高程度从3—23.7%。

研究表明,高岭土的自然白度主要受 Fe_2O_3 和 TiO_2 含量的影响。由图3、4可以看出,自然白度和 Fe_2O_3 、 TiO_2 含量基本上呈负相关关系。

(二) 粘浓度

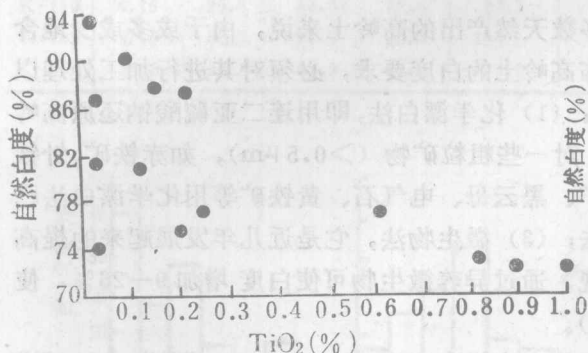
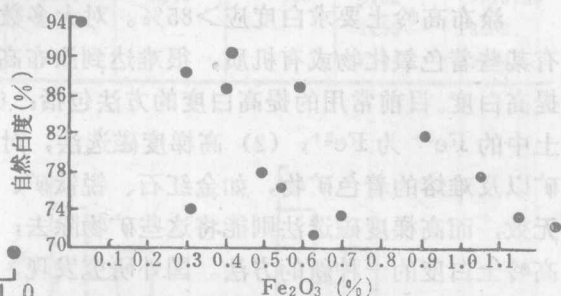
高岭土的粘度将影响纸张涂布的效果。一般用粘浓度来反映高岭土的粘度,其定义是高岭土泥浆在22℃、粘度为0.5 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 时最佳分散可达到的最高百分固含量。高岭土的粘浓度值越高,表明高岭土粘度越低,流变性越好。表5列出了所研究样品的粘浓度值。可见,高岭土的粘浓度变化范围较大,从46.4—72%。其中有一半的样品粘浓度值已超过65%,少数样品已超过70%。影响粘浓度的因素很多,也是纸张涂布高岭土的研究中始

表 5 涂布高岭土样品的造纸工艺性能

Table 5 Paper-making technological properties of coating kaolin

样 号	性 能	自然白度 (%)	漂后白度 (%)	粘浓度 (固含量/ 0.5Pa·s) (%)	磨 耗 (mg)	得 率 (%)
K-49		77.3	80.3	54	3	17.9
K-20		74.0	83.5	46.4	4	12.1
K-23		93.2		58.6	2	30.5
K-26		81.8		57.9	2	12.0
D-1		86.2		48.3	3	31.3
T-1		60.4	84.1	64.5	3.8	
S-1		81	83.5	65.0	8	
M-3		86.6		67.6	10	10
M-1		75.6	87.8	72	6	8.92
M-2		77.57	88.0	71	4	10.16
M-4		69.16	82.8	68.3	17.1	14.12
M-5		90.4		70.5	3	13.46
K-110		88.3		67.2	2	4.4
M-109		72.3	76.4	49.2	1	69
K-108		73.6	75.4	53.5	1	50

注：样品代号说明见表 1

图 3 高岭土的自然白度与 TiO₂(%) 的关系Fig. 3 Natural whiteness vs. TiO₂ content (in percentage)图 4 高岭土的自然白度与 Fe₂O₃(%) 的关系Fig. 4 Natural whiteness vs. Fe₂O₃ content (in percentage)

终未解决的问题 (Murray, H. H. and Lyons, S. C., 1956)。据笔者的研究, 高岭土的粘浓度可能与以下四个因素有关。(1) 高岭石涂料中伊利石和蒙脱石的含量。这两种矿物属于 2:1 型粘土矿物, 层间带有电荷, 混入高岭土泥浆中, 易使泥浆产生絮凝作用, 从而使涂料的粘度增加。图 5 是伊利石+蒙脱石含量与粘浓度的关系图, 两者之间基本上呈负相关关系;(2) 高岭石的结晶有序度。高岭石的结晶有序度可用结晶度指数(Hinckley, D. N., 1963)来表示, 目前公认的是结晶度指数 > 1 , 表明高岭石是有序的, 结晶度指数 < 1 , 表明是无序的。从图 6 中可以看出, 粘浓度值 $> 65\%$ 的样品, 结晶度指数均 > 1 , 也即有序度高的样品有利于提高泥浆的粘浓度。一般来说, 有序度高的高岭石晶形发育较完善, 有序度低的高岭石, 晶形不太完善, 常呈细小的不规则状。Storr 的研究表明, 高

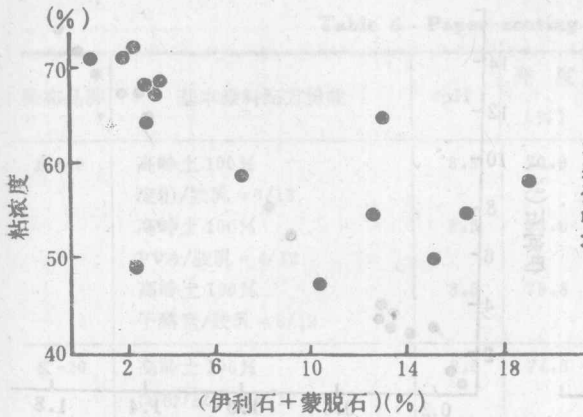


图5 伊利石+蒙脱石含量与粘浓度的关系
Fig. 5 Content of illite and montmorillonite vs. viscosity

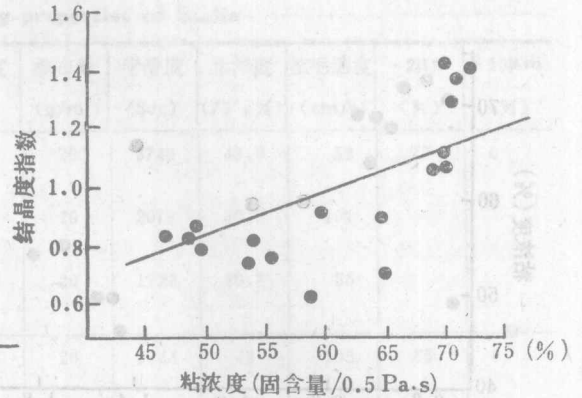


图6 高岭石结晶度指数与粘浓度的关系
Fig. 6 Crystallinity index of kaolinite vs. viscosity

岭石晶形越不规则,粘浓度值越低 (Storr, M, 1985)。他用高岭石晶体的长/厚比或宽/厚比来代表高岭石的形态几何值 (图7); (3) 高岭土的粒度组成。若涂料中细粒级矿物 ($<1\mu\text{m}$) 的含量较多,则比表面就增大,从而影响了高岭土的分散性能,同样也会导致涂料粘浓度值降低。此外,细粒级中富集的矿物包括伊利石、蒙脱石和埃洛石,这些矿物本身就会影响粘度。图8是 $<1\mu\text{m}$ 粒级含量和粘浓度的关系。图中的点可以分出两个区域,在第一个区域,当 $<1\mu\text{m}$ 粒级含量很少时,粘浓度值低。在第二个区域,当 $<1\mu\text{m}$ 粒级含量很高时,粘浓度值也降低。这说明高岭土涂料的粒度组成必须符合一定的级配要求,细粒级含量无限制增加,会导致粘浓度降低; (4) K_2O 的含量,如图9所示,随着 K_2O 含量增加,粘浓度值降低,两者呈负相关关系。研究表明,高岭土中的 K_2O 主要来自伊利石矿物 (图10),伊利石增加,会导致涂料的粘浓度降低。

(三) 磨耗

较高的磨耗会增加涂布机械的磨损,缩短刮刀的寿命。表5列出了所研究样品的磨耗,

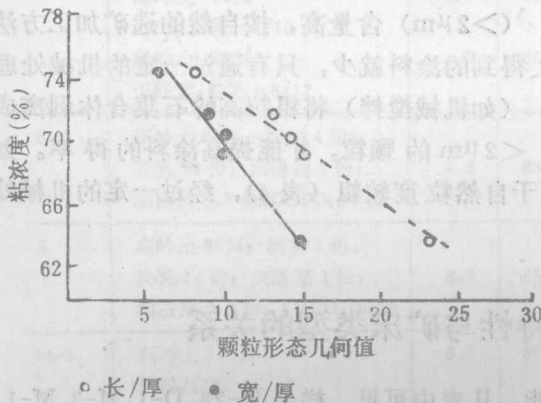


图7 高岭石晶体的几何形态与粘浓度的关系
(据Storr, M., 1985)
Fig. 7 Ratio of viscosity to morphology of kaolinite

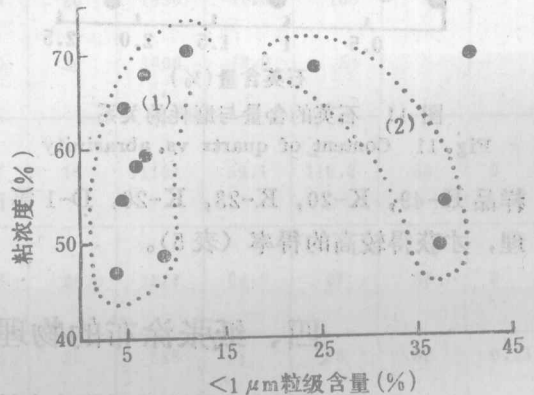
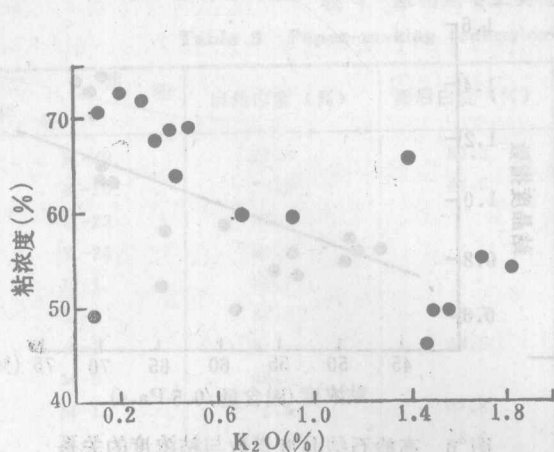
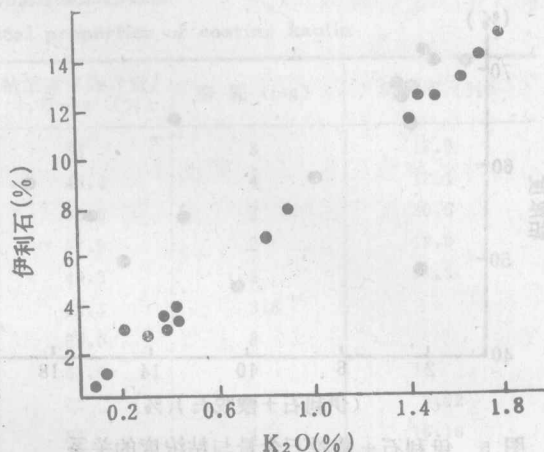


图8 $<1\mu\text{m}$ 粒级含量与粘浓度的关系
Fig. 8 Content of grain size ($<1\mu\text{m}$) vs. viscosity

(1) 粘浓度高区; (2) 粘浓度低区

图 9 K_2O 含量与粘浓度的关系Fig. 9 Content of K_2O vs. viscosity图 10 K_2O 含量与伊利石的关系Fig. 10 Content of K_2O vs. content of illite

除一个样品外,其余均符合刮刀涂布的要求^①。影响磨耗的因素主要是高岭土涂料中混入的硬度较大的矿物,如石英、金红石、长石等,其中石英对磨耗的影响最大。图 11 反映了涂料中石英的含量和磨耗的关系。除个别点外,总的趋势是随着石英含量的增加,磨耗值基本也呈增加的趋势。

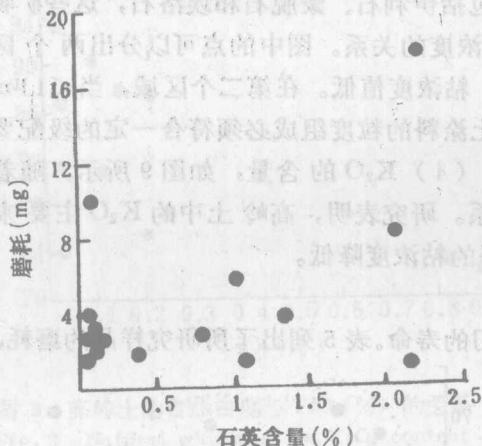


图 11 石英的含量与磨耗的关系

Fig. 11 Content of quartz vs. abrasivity

(四) 得率

高岭土涂料的得率反映了高岭土原矿石加工处理的可行性和生产的经济成本。所研究样品的得率如表 5 所示。得率最高的是 K-109 和 K-108 样品。一般来说,得率取决于两个因素:(1) 高岭土中高岭石的含量,含量越高,得率越高;(2) 高岭土原始粒度的分布,粒度越细,得率越高。粗粒级($>2\mu m$)含量高,按自然的选矿加工方法得到的涂料就少,只有通过一定的机械处理(如机械搅拌)将粗粒高岭石集合体剥离成 $<2\mu m$ 的颗粒,才能提高涂料的得率。如

样品 K-49, K-20, K-23, K-26, D-1 等由于自然粒度较粗(表 4),经过一定的机械处理,才获得较高的得率(表 5)。

四、纸张涂布的物理特性与矿床类型的关系

表 6 列出了所研究高岭土的纸张涂布性能。从表中可见,样品 K-23, D-1, M-3, M-1, M-2 获得了较高的亮度。在三种涂料配方中,当使用 PVA 作为胶粘剂时,纸张的亮度最

① 国内对刮刀涂布的磨耗要求是 $\leq 10\text{ mg}$ 。

表 6 高岭土的纸张涂布性能
Table 6 Paper-coating properties of kaolin

涂布品种	基本涂料配方份数	pH	亮 度 (%)	涂布量 (g/m ²)	平滑度 (Sec)	光泽度 (75°, %)	拉毛速度 (cm/s)	- 2μm (%)	+ 10μm (%)
K-49	高岭土 100%	8.5	70.9	20	3749	49.9	52	77	0
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	83.6	20	2079	40.7	101		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	79.8	20	1222	39.7	55		
	干酪素/胶乳 = 6/12								
K-20	高岭土 100%	8.5	74.3	20	2744	43	195	85	0
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	86.3	20	815	32	>331		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	81.9	20	805	35	240		
	干酪素/胶乳 = 6/12								
K-23	高岭土 100%	8.5	76.4	20	1019	53	111	82	0
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	89.4	20	1182	48	127		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	84.4	20	1368	37	67		
	干酪素/胶乳 = 6/12								
K-26	高岭土 100%	8.5	69.5	20	2374	49	131	81	0
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	81.1	20	1007	38	>331		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	77.8	20	760	40	146		
	干酪素/胶乳 = 6/12								
D-1	高岭土 100%	8.5	77.4	20	2827	39.6	60	79	0
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	90.4	20	1830	41.2	105		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	86.0	20	1008	42.9	54		
	干酪素/胶乳 = 6/12								
T-1	高岭土 80%；淀粉 4 份； 胶乳 14 份；润滑剂 1 份； 增白剂 0.3 份；CaCO ₃ 20 份	8.8	83.7	15	1184	59.1	116.2	80	0
S-1	高岭土 80%；淀粉 4 份； 胶乳 14 份；润滑剂 1 份； 增白剂 0.3 份；CaCO ₃ 20 份	8.8	83.5	20.9	1377	64.3	67	87	0
M-3	高岭土 100%	8.5	87.6	20	685	64	66	87	0.05
	淀粉/胶乳 = 6/12								
	高岭土 100%	8.5	93.2	20	1485	67	84		
	PVA/胶乳 = 4/12								
	高岭土 100%	8.5	87.8	20	1400	65	70		
	干酪素/胶乳 = 6/12								