

非 金 属 矿 工 业

国内外技术水平资料之三

高岭土矿国内外生产 技术水平及发展趋向

全国非金属矿技术情报网
国家建材总局技术情报标准所

1978年9月



前 言

全国非金属矿技术情报网在国家建材总局的指导和支持下，围绕非金属矿生产、科研、设计、教学的需要开展情报服务工作。为了摸清国内外非金属矿生产技术情况，更好地为赶超世界先进技术水平服务，我们组织全网力量对非金属矿工业国内外技术水平及发展动向作了一次较广泛的调查研究工作。在国家建材总局指导下，在全网十二个正副组长单位党委的重视和支持下，在网内成员单位的紧密配合下，共同努力编写出石棉、云母、金刚石、石膏、石墨、滑石、高岭土、非金属矿地质等八种国内外技术水平及发展动向的综合性技术情报资料，共计四十余万字。

这些资料的国内部分由网内七个专业组分别按矿种进行收集编写；国外部分由武汉建材工业学院，总局第一、第二、第三非金属矿山设计研究院，总局情报标准所按矿种分工进行收集整理编写。最后参加综合整理审稿的有：国家建材总局非金属矿局，武汉建材工业学院，总局建设公司地质处，总局第一、第二、第三非金属矿山设计研究院，旅大金州石棉矿，总局情报标准所等八个单位。

系统地编写非金属矿工业国内外技术水平及发展动向这还是第一次，由于时间紧、资料收集不够全面，加上缺乏经验，水平有限，一定还有不少缺点错误，敬请读者批评指正。

全国非金属矿技术情报网
国家建材总局技术情报标准所

1978年9月

目 录

第一部分 国内外生产技术水平对比及发展趋向	(1)
一、资源与产销	(1)
二、采矿技术水平	(3)
三、选矿技术水平	(4)
四、发展趋向和几点建议	(10)
第二部分 国外生产技术水平	(12)
一、概况	(12)
二、生产高岭土的主要国家和公司	(18)
三、采矿技术水平	(20)
四、选矿技术水平	(24)
五、参考资料	(34)
第三部分 国内生产技术水平	(37)
一、概况	(37)
二、采矿技术水平	(41)
三、选矿技术水平	(42)
四、典型厂矿介绍	(44)

第一部分

国内外生产技术水平对比及发展趋向

一、资源与产销

1. 储量:

高岭土矿床在世界上分布很广,已知的有50多个国家生产高岭土。有些国家储量多,产地集中,质量优良。如美国高岭土矿带跨越佐治亚和南卡罗来纳两个洲,长达800公里,宽24公里,矿石粒度极细,质量纯,含矿率达90%。已探明的储量有10亿余吨。再如英国的康沃耳半岛是世界上有名的高岭土地之一。系原生型矿床,矿体呈漏斗形,有的深达240米,含矿率10~30%。英国80%的高岭土产自该地,但储量未见报导。苏联高岭土主要产地有三处:一是格鲁霍维茨矿,是残留型原生矿床,质量较好。二是布罗夏诺夫矿,系风化型原生矿,储量约1.6亿吨。三是哈萨克斯坦矿,储量未见报导。其它如捷克,高岭土储量也很大,估计在10亿吨以上。墨西哥全国各洲都有原生热液型矿床,储量约有5亿吨以上。但全世界总储量有多少?则未见报导。

我国高岭土矿床分布也很广,差不多全国二十几个省、自治区都有热液蚀变、风化型原生矿和沉积型次生矿床。但质量好,储量多的矿床多集中在东南沿海各省如湖南、江西、浙江、江苏、广东等地。根据现有90多个矿点的普查、勘探资料统计,约有储量3.2亿吨左右。其中苏州地区阳山一带就有储量4.875万吨(内工业储量1,200余万吨)。还有许多矿床尚未普查、勘探。因此,从现有资源情况来看,我国发展高岭土工业是有其有利条件的。

2. 生产规模:

从目前国际工业发展趋势来看,高岭土矿山企业也在向集中的、大型化发展。1974年全世界高岭土产量1500万吨左右,其中美国产量达580万吨,占世界首位。但是,全国仅有12个公司,其中佐治亚洲高岭土公司,恩格尔哈德公司年产量都在100万吨左右。英国的英吉利高岭土公司(EEC)是英国最大的也是世界上最大的高岭土公司,1977年产量已达350万吨,占全国总产量90%。苏联年产高岭土220万吨,其中格鲁霍维茨矿生产70万吨,布罗夏诺夫矿生产100万吨,这两个矿约占全苏产量的80%。这些大公司所属的矿山一般规模较大,使用大型的采、掘设备或自动化的水力开采,并拥有大型的精选、脱水、干燥厂,工艺流程和工艺设备先进,自动化水平较高。产品品种多、质量好,成本低,劳动生产率高,有其不少优越性可资借鉴。

我国高岭土矿山分属于轻工、建材和地方经营管理,全国年产量究竟有多少?尚无

全面的统计资料。据我们已经了解的几个主要矿山的年产量统计约30万吨左右。从全国范围来看,估计也不会超过50万吨。约为美国高岭土产量的十二分之一,为英国产量的七分之一。从生产规模来说,我国高岭土矿山规模很小,地方经营的大多数是年产200~1000吨的小矿山,产量、质量都很不稳定。全国年产1万吨以上的矿山不足10个,年产10万吨以上的仅有苏州瓷土公司1个(现有选矿厂生产能力仅有3万吨)。机械化水平不高,劳动生产率低,成本高,产品品种、质量还不能满足国内工业、建筑、日用陶瓷日益增长的需求,与国外先进的高岭土企业相比,差距还是比较大的。

3. 用途和消费:

高岭土用于日用陶瓷、建筑陶瓷(卫生器皿、缸瓷、面砖)、搪瓷、电瓷、电缆、和耐火材料(如熔炼光学玻璃和控制玻璃纤维用的高岭土坩埚,可以代替价格昂贵的铂坩埚)。此外还用于制造白水泥,农业上用作化肥、农药、杀虫剂的载体。医药、炼油、玻璃纤维,纺织品的涂料、吸水剂、添加剂、漂白剂、去垢剂等以及化妆品、铅笔、颜料、油漆、研磨工具中都有一定的用途。还有一项较突出的用途是制造各种类型的分子筛、以代替传统的人工合成分子筛,广泛的用于化工、石油、冶炼等工业部门。近年来工业陶瓷和特种工业陶瓷如切削刀具、钻头、耐酸器皿、造纸烘缸以及尖端技术方面的原子反应堆,喷气飞机和火箭燃料室喷咀用的陶瓷涂料都需要优质高岭土。美国近年来还研究以高岭土作为提炼铝的原料。

尽管高岭土用途如此繁多,但是全部产量80~85%还是用于陶瓷、造纸、橡胶、塑料和耐火材料方面。以美国来说全国产量50%是用于造纸工业的。(其中价值45%作填料,55%作涂料)。在欧洲有160万吨高岭土用于造纸填料,140万吨用于造纸涂料。约占欧洲高岭土总消费量的80%,大部分是从英国进口的。

但是在我国造纸工业中,主要用滑石作填料,用高岭土作涂料的则很少。以苏州瓷土公司1976年产品分配情况来看:用作造纸涂料的仅2千吨(主要作铜板纸涂料),为优质高岭土产量的二十分之一,占总产量13万吨的1.5%。与英美等国相比,相差很悬殊。这可能是优质高岭土供不应求和价格过高所致?(按照国际市场价格:滑石应比高级涂料的高岭土还贵,而国内调拨价格则相反)。因此,对高岭土消费对象和今后需要量进行分析、研究,这对确定高岭土工业发展方向和选矿技术措施是有重要意义的。

在其它工业的用途,近十几年来都有很大的增长,英、美等国较大的高岭土公司都生产多品种(牌号)产品,以适应各个工业部门的需要。如美国弗里波特高岭土公司在1976年就有27条生产线,生产58种不同产品,而且还有不断增长的趋势。而我国目前轻工系统和地方经营的高岭土矿山所生产的产品多数供给日用陶瓷、建筑卫生陶瓷之用。其它工业陶瓷,特种工业陶瓷和特种耐火材料(如熔炼特种玻璃用的坩埚)主要由苏州瓷土公司调配。因此,供不应求,远远不能适应国民经济发展的需要。

4. 劳动生产率:

据了解,英吉利瓷土公司(ECC)年产高岭土350万吨,全公司共有职工六千人,其中三分之一是研究、工程部门的技术人员,还有很大部分的经理、推销人员。全员劳动生产率达583吨/人·年。而我国机械化水平较高的苏州瓷土公司,年产高岭土13.4万吨,全公司共有2060人,其中工程技术人员很少,(直接生产工人1623人),全员劳动

生产率为65吨/人·年。与英、美、捷克等国高岭土公司的劳动生产率相比差9~10倍。现将可比的几个公司的劳动生产率列入表1。

表1

国 家 、 公 司	年 产 量 (万吨)	全 员 人 数	劳动生产率 吨/人·年	备 注
1. 英国、英吉利瓷土公司	350	6000	583	
2. 西德、格布吕德尔—多夫内尔公司	10	302	331	另产石英砂38万吨
3. 捷克、赫莱米克色陶瓷厂、高岭土车间	20	300	660	副产石英砂80万吨
4. 苏州瓷土公司	13	2080	65	

我国劳动生产率之所以低，主要是采选过程的机械化、自动化水平低。另一方面是非生产人员过多，而科研人员又太少。在国外，先进的选矿厂、采矿场都是由中央控制室用电子计算机集中控制。大部分职工在科研、工程技术部门（如试验、试制、检验、设计、建造和机修厂等）工作，这是值得我们借鉴的。

二、采矿技术水平

1. 采矿：

在英、美等主要生产高岭土国家中，高岭土矿床一般都离地表较浅（30~40米）。几乎全是露天开采（选择性开采）。如英国最大的E.C.L.P.公司（即E.E.C.公司子公司）约有25个矿点。其中Bleakpool矿年产高岭土30多万吨，矿坑面积24公顷，深62米，采剥比1~10。先用拖拉机铲配合胶轮的车箱式刮土机进行剥离。剥离物装入自卸卡车运出矿坑，每一循环处理500吨。拖拉机铲是Clack175型及275型，斗容量分别为3.4米³和5.0米³。采矿时，先用刮土机把高岭土刮松，然后用高压水枪开采。水枪压力为21公斤/厘米²。人工操作的水枪口径8~10厘米，自动操作的水枪口径10~15厘米。可按程序自动操作，水平或垂直喷射。废石由机铲装入自卸卡车运出矿坑。高岭土则连同石英砂等杂质混合成矿浆（含固体5%）从工作面流到矿坑底部的矿浆池中。颗粒较粗的砂子等杂质沉淀下来，定期用挖掘机装到皮带运输机上，以每小时400吨的速度转运到尾矿场去。池中矿浆则用砂泵输送到地面的除砂车间。

又如美国FreePort Kaolin Co.在乔治亚的果尔登矿，在4.8公里范围内同时开采了5个矿体，复盖层厚1.5米~45米。用边开采边复田的“移动式堑沟”法开采。剥离用17.6米³车箱式刮土机和推土机。采矿用2台迈步式索斗铲。其中1台悬臂长68.8米，斗容量15.3米³。另一台悬臂长48.8米，斗容量5.4米³，柴油电动机驱动，采掘能力约33万吨/年。

在欧洲和澳洲等地一般采用大型机械铲或前端式装载机。如捷克采用3米³机铲。保加利亚某矿和英国W.B.B公司的球土矿则采用了斗轮式挖掘机。

在我国高岭土矿山中有地下开采也有露天开采的。机械化水平都很低，在露天矿山中又以山坡露天占多数。因此，国外一些露天开采的方法和大型设备（如索斗铲等）不

一定能适用于我国现有的矿山中，但是扩大露天开采规模，采用一些较大型的机铲、前端式装载机和自卸卡车等以提高采矿机械化水平，这对提高劳动生产率和降低成本可能是有效的。

至于地下开采，我国大多采用进路分层崩落和水平分层充填等采矿方法。工作面用手镐或风镐落矿。耙子、簸箕、手推车和小箕斗运输。劳动强度大，效率低，很不安全。如要选用一些新型的挖掘和装载机械又受高岭土含水胶粘不易卸脱等因素限制，因而未能找出理想的采矿方法来摆脱采矿落后面貌。目前，我们还没有掌握国外地下开采高岭土的可供借鉴的资料，也就无法进行对比。

2. 矿山运输：

矿山运输在英美等国早已使用管道输送高岭土矿浆和尾矿。矿石在露天采场采出后，用移动式捣浆机制成矿浆或从水力开采的坑浆池中，通过管道泵送到除砂车间。除去砂砾等杂质后再把矿浆泵送到中央精选厂或中央脱水干燥厂的贮存罐中。管道直径自7.5~30厘米不等，视输送量而定。长度自2~3公里到几十公里。管道用钢管加耐磨衬里（如聚氨酯等）。据国外报导，这种管道铺设后经10~20年不需要更换。年输送量可高达几百万吨。在输送过程中，矿浆内可加入分散剂（四焦磷酸钠或碱性磷酸盐），PH6—7，用溴百里蕃酚兰指示剂测定。矿浆固体含量可达30—40%。

在我国，矿石运输基本上仍用人推车、电机车、汽车、船舶等工具，个别矿山甚至还有人背肩挑的。堆场占地面积很大，选矿厂有庞大的贮存，配料仓库和众多的装载机、皮带运输机和构筑物，运输复杂，很不经济。如果用管道运输，则三分之二以上的砂砾在采场捣浆，除砂过程中即可舍弃，既便于尾矿处理又节约运输量。当然管道输送在国内非金属矿山还是新鲜事物，技术上会产生这样、那样的困难和问题需要努力去克服。但是，看来这是一个发展的方向。

三、选矿技术水平

我国高岭土选矿大部分用湿法，也有一部分瓷石用干法选矿。一般小矿山都用水力淘洗沉淀、除砂、脱水后再送到陶瓷厂进一步精选。有些大中型矿山则在矿山用人工手选后运往选矿厂集中除砂、分级（精选）、脱水、干燥和磨粉。

国外高岭土选矿也有干法和湿法两种，而以湿法为主（在美国占75%）。干法较简单，基本上是干磨和气力分级，用于生产质量较差的产品或处理易选的原矿。生产优质产品仍用传统的湿法选矿，基本流程是除砂——分级（精选）——漂白（除铁、钛）——脱水——干燥。（附美国高岭土典型采选工艺流程图——图1）

1. 除砂：

美国除砂作业较为简单。常用耙式浮槽式分级机，螺旋分级机，水力旋流器，振动筛等除砂。然后，通过粒度分级，生产各级产品。英国高岭土原矿中含有大量砂子，需要用沉砂坑螺旋或耙式分级机和水力旋流器排弃大于300目（53微米）的大量砂子和云母。

2. 分级：

美国广泛使用带有运输螺旋的卧式连续分级机和刮板分级机。从除砂车间来的矿浆

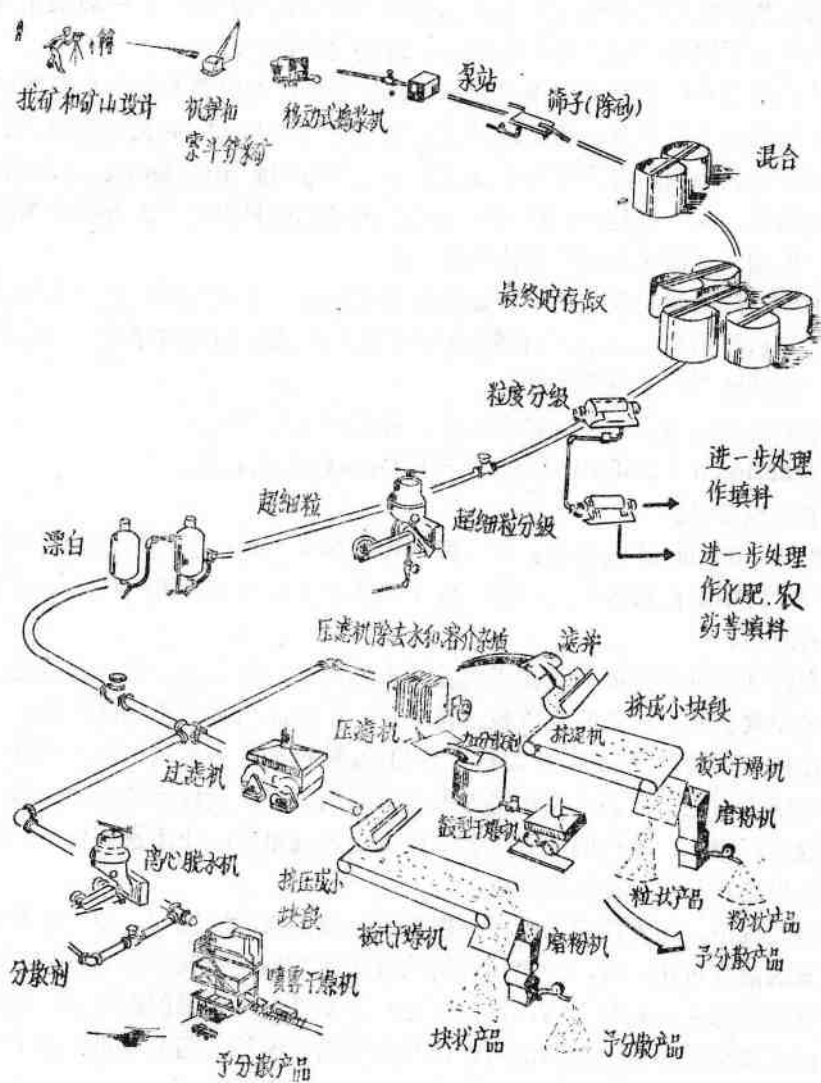


图1 英国高岭土典型采选工艺流程图

通过罐上的棒条筛流到贮存罐中。然后再流入一组分配罐。每一分配罐的矿浆自流入第一段刮板分级机，排弃粗粒物料后，由砂泵送至第二段捣浆机中。搅拌后自流到第二段刮板分级机。第二段和第一段分级机的溢流流入一排100目振动筛，进一步分离出细砂和云母。筛下含固体30~35%的矿浆贮存在半成品的罐中。筛上物和第二分级机的粗粒料输送到尾矿场去。

英国除了用水力旋流器进行分级外，广泛使用分选池和Dorr-Oliner水力分级机。溢流进入42米的浓缩池。池底排出的含固体20~25%的矿浆送到三个分选池中的第一个。每一个分选池中有一个倾斜的慢速旋转臂将较重较粗的颗粒刮到底部排料处。细粒随溢流进入第二个分选池，重复上一个作业后进入第三个分选池。每个池底部都有一些粗粒料被排弃。分级所得的产品中含+300目颗粒的小于0.02%。

西德则使用分级精确度较高的小直径环形“水力旋流器组”，一般采用3—6段来分离高岭土和长石以及高岭土的粒度分级，这是它的特点。

英美等国都另设中央精选厂集中处理来自各采场，经过初步除砂分级的矿浆。在美国从除砂车间泵送来的矿浆，通过贮存罐，先用 $\phi 50$ 毫米水力旋流器分级，溢流到250目筛子除去细砂和云母后，得到粒度小于2微米占60%的矿浆（实际上已是纯的高岭土）。然后进一步用水力旋流器处理，得到-2微米占35%填料级产品。部分矿浆再用离心分级机分级，得到-2微米占92%的涂料级产品。

在英国精选厂的原料配料比例，是根据各矿区高岭土的物理化学性能检验得出的数据用电子计算机算出来的。原料储存池中的矿浆由中央控制台按予先确定的比例输送到矿浆槽中，保持适当的比重和流速。

混合配料的矿浆进入一组卧式离心分级机共有三种类型：

①International Combution公司生产的Dynacone离心机。

②勃尔特离心机。

③瑞典的Alfa-laval离心机。第一段流程中生产平均小于10微米的填料级产品。第二段生产较细的中级涂料级产品，有一台Alfa-laval离心分级机生产小于2微米占94%的特级涂料产品。

我国在除砂和分级方面一般使用沉淀池和振动筛，螺旋分级机，水力旋流器等。先用双轴立式捣浆机除去一部分粗砂粒（粗尾矿），然后用水力旋流器分级。一次粗选的溢流矿浆搅拌后到精选，底流矿浆搅拌后到扫选。精选经水力旋流器溢流到精矿池贮存。扫选的底流排除细尾矿，溢流则和精选的底流回到搅拌机搅拌后再粗选。总的来说：和英美等国选矿厂相比，我们的分级工艺流程是比较简单的，使用设备也少。主要原因是我国高岭土机选产品的分级种类很少。

在分级过程中，国外广泛的使用分散剂，一般矿浆浓度25%，使用分散剂后，进入水力旋流器的浓度可达30%，卧式离心机浓度可达40%。而我国有的选矿厂水力旋流器进浆浓度则控制在8—12%左右。由此可见，在保证分级效果的前提下，适当的加入分散剂，可以提高分级设备的处理能力。但是在英国和西德使用分散剂不如美国广泛，而我国还没有使用。

分散剂一般用多磷酸盐、六聚偏磷酸钠和硅酸钠、常和碳酸钠和氢氧化物一起使用。

3. 脱水：

美国高岭土分级作业的矿浆固体含量一般为15~25%，用De Laval离心脱水机初步脱水后进入板框式压滤机。压滤成固体含量达70%的滤饼，然后送去干燥。但是在美国燃料较为便宜，为了节约人力，现在已经普遍使用喷雾干燥。因此板框式压滤机已为外滤式滚筒压滤机(Eimco真空过滤机)所取代。因为真空过滤机的滤饼固体含量55~60%，加分散剂调成“浆状”（保持原有水份）送去喷雾干燥，其浓度是比较合适的。当然由于分散技术的提高，即使固体含量达70%的板框式压滤机的滤饼也可以送去喷雾干燥的。

英国高岭土工业使用板框式压滤机已有60多年历史。经过多年来不断改进，目前已

使用了液压自动上榨开棺的压滤机。额定压力20公斤/厘米²，有的甚至已高达70公斤/厘米²，经过2小时左右就可以卸并。尽管液压机实现了自动操作效率大大提高了，但其基本结构和工作原理还是相同的。因此英国高岭土公司（E、C、C）的研究人员，为了提高压滤机的效率在1971年研制了一种新型的管式压滤机，其特点是半连续工作，压力大，滤并水份比较低，可自动化操作。现将几种过滤机成本比较如表2。

表 2

过 滤 机 型 号	压 力	滤 饼 含 水 率 %	滤 饼 厚 度 (毫米)	干 固 体 成 本 (元/吨)
真空回转过滤机	0.7	47	6.3	3.42
板框式压滤机	7	32	18.9	2.48
管式过滤机	10.5	21	0.4	2.96

我国目前的脱水工艺，普遍使用浓缩池和板框式压滤机。苏州瓷土公司的浒关选矿厂进浆浓度一般在8~12左右。滤并的固体含量为55~60%，额定压力8~10公斤/厘米²，每小时出料一次，生产能力1吨/台·班，人工卸并，换滤布，劳动强度大，材料消耗多，是亟待改进的。

4. 干燥:

在目前，美国、英国、西德的高岭土选矿厂中，都用喷雾干燥，尤其美国用得最早、最普遍。英国和西德则小部分用喷雾干燥。在美国喷雾干燥机入料是转筒过滤机的滤并（含水率35~40%），先用捣泥机将滤并打碎，用分散剂调成PH=35的“矿浆”。干燥机的喷雾器一般用转轮而不用喷嘴。进入的热气温度为600°C，排气温度为120°C。产品温度70°C，产品含水份1%以下。美国佐治亚洲高岭土矿用的φ9米的喷雾干燥塔，生产能力达12~15吨/时（干料）。

喷雾干燥的优点是工艺简单，易采用自动化，可以不用笨重的压滤机，缩小建筑面积，产品水份低，包装输送方便。另外，由于干燥时间短，一般矿浆接触热气时间为30秒钟，对于热敏感性的高岭土来说，不会影响质量。假若入料水份太高（如50%以上）则采用喷雾干燥的经济性就不很明显了，甚至还不如一般干燥机经济。因此在美国也有用鼓型干燥机的（用83公斤/厘米²的过热蒸汽通入转筒，使筒壁加热，矿浆则沾在转筒外壁），高岭土受热后成干并，其产品为酸性的。设备处理能力和效率均较低。此外，根据不同要求都有使用转筒干燥机和板式干燥机的。

在英国和西德，普遍的使用传统的转筒干燥机和板式干燥机等。在E. C. C. 另设有中央脱水干燥厂，其中Blackpool是E. C. L. P公司最大的一个脱水干燥厂，每周生产7500~8000吨产品，厂里的自动压滤机将固体含量20%左右的矿浆压成含水份30%的滤并，用挤泥机挤成块段后用皮带机输送到干燥机，为了便于操作在打碎的滤并中适当掺入一些“干料”。干燥机共有9台，具有4种类型。

（1）喷雾干燥机2台（其中1台是1972年由丹麦进口的，干燥锥高9米），用于生产粉状产品，含水份0.5%左右，PH值7.5左右。

(2) Buell 干燥机 2 台，带有旋转臂将打碎的滤饼慢慢的向下移动、送到热涡流中去干燥，然后，在底部排料，卸到皮带运输机上。

(3) 流化床层干燥机 1 台，用于生产粒状产品，含水份 10% 左右，PH 值 5 左右。

(4) 转筒干燥机 4 台（有直接和间接加热两种），每周生产能力 200~2500 吨，每日 24 小时工作，用于生产块状产品含水份 12% 左右。PH 值 5 左右。

该厂采用多种类型的干燥机保证了生产流程的灵活性。所有干燥机都是烧油的。自动化操作。产品用皮带运输机或气动运输到 4 个大料仓中储存。

我国现有的选矿厂一般用烘房或隧道窑干燥，也有用链板式（或网带式）干燥机的。入料滤饼含水率约 35% 左右，用矿车将滤饼推入隧道窑中或把滤饼用捣泥机打碎后，用皮带机送到链板式（或网带式）干燥机。干燥后产品含水率 13%（实际 16~18%），干燥能力 1 吨/台·时。绝对干料为 870 公斤/台·时。这几种干燥机，一般说来热能没有充分利用，耗煤多（每吨高岭土耗煤 0.12 吨，有的至甚更多些）。干燥效率低、劳动强度大，不很理想，有待改进。

在徐家桥选矿厂设计时曾考虑用喷雾干燥，矿浆浓度 8~12% 不经板框式压滤机压滤直接送去喷雾干燥，估算成本过高又顾虑喷嘴堵塞等问题未予采用。但是在建材、陶瓷行业中已对喷雾干燥机进行几年的研究试制工作。目前已有 3 台先后投入生产，另有 2 台正在建造过程中，实践证明：喷雾具有工艺简单，生产周期短，产品成本低。产品呈球状，流动性好，有良好的颗粒级配。可以任意并准确的控制残余水份等优点。根据 1977 年 10 月沈阳陶瓷厂“离心式喷雾干燥机使用情况介绍：喷雾干燥除基建投资稍大外，生产成本还是低的，其具体的技术经济指标如表 3。

表 3

指 标 名 称	单 位	压滤、火坑、磨料	离 心 喷 雾
矿浆（或滤饼）含水率	%	40~45	<53
干粉含水率	%	13	8
生产能力	吨/日	36	36
建筑面积	米 ²	850	407
基建投资	万元	19.83	55
其中：土建费用	“	7.5	28.9
设备费用	“	12.33	24.85
劳动定员	人	38	15
生产费用	元/吨粉	10.85	8.00

由此可见，为了解决目前干燥这个薄弱环节，应采取积极措施，采用喷雾干燥技术是很必要的。当然不是所有产品都要用喷雾干燥，而是根据不同产品的要求看经济效果，

采取其它的干燥设备，如网带式干燥机等，并改进提高其热能利用率，是现实需要的。

5. 产品的包装运输：

美国生产的高岭土绝大部分用于本国。产品用自动计量包装或散装外运。近十年来造纸工业使用高浓度“浆状”高岭土（固体含量70%以上）。用铁路上专用的槽车直接送到用户。如费里波特公司有一种高浓度的“矿浆”，即将固体含量65%的高岭土浆，通过“热气幕”处理之后，获得固体含量高达70~72%的，流动性极好的“矿浆”供给用户。

英国、西德的高岭土产品基本上全经干燥处理的。产品用自动计量包装机装袋外运。（在英国、绝大部分产品是出口的）。在储存区采取严格的措施，防止产品被污染。产品搬运用E. C. C子公司的斗容量0.76~3米³的Brag 534WX前轮驱动的铲运机。（也可用于采矿剥离等其它用途）。近年来英国也开始以高浓度的高岭土“矿浆”供应给国内造纸厂使用。

在我国，优质高岭土都用人工计量，包装外运。包装过程中粉尘飞扬，有害工人身体健康。低级产品有的装草袋或散装外运。储存和运输过程中没有防污染的措施。外来杂质时有混入，影响产品质量，也需要加以改进。

6. 高岭土的除硫、除铁技术：

（1）明矾石的浮选分离：苏州阳山高岭土中含有不同程度的铁和硫杂质。而含硫杂质中、主要是黄铁矿（FeS₂）和明矾石（KAl₃〔SO₄〕₂·〔OH〕₆），目前只有用水力旋流器除去一些粒度较粗、比重较大的有害杂质，但是原矿中高岭石和明矾石粒度特性和比重都很相似（晶粒极细——<0.02毫米，细微分散），所以不能仅以水力旋流器将硫降低到合格要求（0.5~1%），而仅能作为一种辅助手段，结合除砂，在联合工艺流程中采用。江苏省地质实验室曾用加温氨浸法将高岭石和明矾石分离。高岭土含硫量达到优质土的标准。同时将明矾石进行综合利用，制造钾—氨复合肥料的原料，但是受到工艺条件限制，还没有应用到工业生产上。用浮选法分离明矾石，在国外，苏联做过一些纯矿物的研究，单一的明矾石可以通过浮选而富集，但高岭石——明矾石浮选分离的资料则尚未见闻。

由于高岭土吸附性很强，因而高岭石和明矾石浮选分离是比较困难的。且矿浆中存在多价金属阳离子（Fe⁺⁺⁺、Al⁺⁺⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺）破坏了浮选过程中矿物的选择性，更增加了困难。1977年苏州瓷土公司研究室、湖北建工学院和第一非金属矿山设计院共同对高岭土中明矾石浮选分离进行了试验。进行了十五种调整剂，十三种捕集剂试验，取得了较好的效果；使含硫量（SO₃）3.26%的高岭土原矿通过浮选，高岭土的含硫量降到1%以下。达到了机选2级品的要求。同时探讨了几种价格低廉，来源广泛的石油化工副产品和废料作为油酸类的代用品，是有利于今后生产的。但这仅仅是试验室试验，要投入正式生产还需要作进一步扩大试验和半工业性试验。

另外，国外介绍一种用选择性微差絮凝法从高岭土明矾石中分离明矾石的方法。从实验证明，当PH=11，在间隔1/2~1小时内（明矾石和高岭土的沉降率差异最大的时间内）能获得有效的分离，下表为土耳其 OySO 天然高岭土明矾石试样的选择性絮凝结果如表4。

表 4

试 样 成 份	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₂	明矾石 (%)	高岭土 (%)
原 成 份	12.55	40.80	35.69	2.50	8.37	21.68	70.08
第一次选择性絮凝	13.20	41.90	37.80	0.58	1.99	5.13	94.87
第二次选择性絮凝	13.43	45.97	38.87	0.11	0.39	1.01	98.99
第三次选择性絮凝	13.77	48.28	39.29	0.02	0.06	0.16	99.84

由此可见,采用此法能把明矾石作为副产品提纯出来,而且含硫量从8.37%逐步下降到0.06%,即明矾石从21.68%下降到0.16%,效果是相当好的,但这也只是试验室探索性的试验结果。

(2) 高梯度强磁选机除铁:在国外,一般是用化学方法来除铁,即用亚硫酸锌或亚硫酸钠将高岭土中三价铁化合物还原成为溶性二价铁化合物,使用后随滤液排弃。也有用氧化钙——氧化钛的复合物作高岭土的脱色剂,滤液(漂白)后送去脱水(矿浆中固体含量15~25%)。但化学除铁成本较贵,有影响产品质量和增加废水处理困难的缺点。我国在选矿工艺上还没有采用。美国近年来出现以磁选机来取代化学漂白的趋势。经过多年来试验试制,1972年美国太平洋电机公司制成第一台磁化罐直径为2.1米,高0.5米的PEM—84型磁选机,最大处理量为50~60吨/时(干料)。生产普通产品为60吨/时,成本为0.68元/吨。并已正式用于工业生产上了。

1976年开始,苏州瓷土公司研究室与江西有色冶金研究所、设计院、机修厂共同研制JSQC—2型湿式电磁平环强磁选机。于1977年6月安装完毕,7~9月正式投入试车试验。磁选机的主要技术性能为:分选环外径1100毫米,转速1转/分,分选环格数27格,磁极2对,激磁电流取600安,分选区平均磁强19600高斯,电动机容量2.2瓩。入选矿浆浓度为7~12%,矿浆粒度-200目,处理量0.5~1.0吨/台·时(干料)。磁选成本3.15元/吨精矿。试验中用3种选矿介质(纯铁齿板,纯铁球钢丝绒)。在机选2级土变1级土试验中,进浆浓度为7%,处理量达0.5吨/台·时(干料),原矿含铁(Fe_2O_3)为1.25%,处理后最终精矿含铁量达到0.72%。又在4号瓷土变机选2级土的试验中,进浆浓度为12%左右,处理量达1.0吨/台·时(干料),原矿含铁量1.61%,处理后最终精矿含铁量达0.73%。都能达到产品标准。但对菱铁矿、黄铁矿、氧化亚铁等弱(或无)磁性矿物,磁选效果不好。总的来说,试制的强磁机得到了预期的效果。但在它运转中还存在一些问题,有待进一步的改进,才能投入正式生产。

四、发展趋势和几点建议

由于各工业部门使用高岭土日益广泛,自1971~1975年以来,全世界高岭土产量逐年有所增长。以苏州瓷土公司来说,从1952年的年产1.7万吨上升到1976年年产13.4万吨,增加6倍多,还不能适应国民经济不断增长的需要。但是近十几年来优质高岭土资

沉日渐减少，仅仅依靠选别开采和加强手选已不能解决工业陶瓷和高级日用陶瓷的急需。因而英、美等国都在大力开展科研工作，尤其是研究一些新的除铁、钛、硫、钾等杂质的选矿方法和设备，使质量差的原生高岭土得以提高品级，充分合理地利用资沉，这也是日见显著的趋势。为此，提出以下几点建议：

1. 统一规划。由于我国高岭土矿山分属轻工、建材、地方领导，目前对高岭土的储量、产量、供销情况尚无全面的统计资料，更谈不到对生产、基建的全面规划。但随着高岭土需要量的迅速增长，由一个主管部门，根据资沉条件来统一规划各个部门之间的矿山企业布局和建设规模、建设速度等问题，加速建设几个大、中型的骨干企业是很有必要的。

2. 修订产品标准。近十几年来，由于高岭土用途的增加，英、美等国较大的高岭土公司都生产多品种（牌号）的产品并制定相应的产品标准，以适应各个工业部门的需要。苏联在1973年修订了原1961年制定的高岭土标准。而我国高岭土品种（级别）则比较少，且1965年部颁苏州高岭土标准中，主要是化学成分，缺乏必要的物理性能指标（如细度、亮度、硬度等），使用单位只能在少数产品中挑选或在分配到的一些产品中，根据需要再自行加工，不但增加了产品成本也浪费了资沉。所以很有必要经过调查研究，参考英、美、苏等国家（或公司）的产品指标，制定各种用途的产品标准和检验方法，这也是发展多品种产品必须具备的条件。

3. 加速研究选矿新工艺和改进选矿新设备。苏州瓷土公司研究所近几年来对高岭土的除铁、除硫做了不少试验研究工作，取得了可喜的成果。但对于试制成的2台小型高强度磁选机，经过试验鉴定尚有待改进，因此必须抓紧时间解决问题，使能尽快的投入正式生产。为制造大型的强磁选机，总结经验、创造必要的条件。

4. 要解决生产过程中脱水、干燥等薄弱环节。建议试验、采用一些像国外那样行之有效的外滤式滚筒压滤机或真空回转过滤机，新型的自动液压板框式压滤机（压力70公斤/厘米²）或管式压滤机等来代替传统的、占地面积很大的浓缩池和旧式的板框式压滤机。试验，采用喷雾干燥或板式、转筒、鼓型、流化床层干燥机来代替耗煤大、效率低的烘房，和改进隧道窑结构。

5. 研究、实现生产过程自动化。目前我国高岭土选矿工艺流程比较简单，大多数选矿厂仅对原矿进行简单的化学成份测定。配矿后，来进行除砂，分级，脱水，干燥，最终产品能达到什么级别就称什么级别，中间没有任何控制和调节。而国外一些选矿厂则根据矿浆测定的有关数据，用电子模拟计算机算出配料比例，然后进行分级、精选、并随机测定其浓度等有关数据、由中央控制室按预先确定的比例输送到浆池中，并保持适当的比重和浓度，使各种产品附合各自的标准。因而整个工艺流程是比较复杂的。

因此，要生产多品种产品首先要着手研究选矿过程自动化的一些具体措施，否则要增加产品品种、数量、质量和劳动生产率也只是一句空话。

6. 要注意研究、解决废石和尾矿的处理及综合利用问题。目前有些露天开采的矿山已采取复田措施，把废石回填到废坑中去，但有些地下开采的废石和选矿厂的尾矿却仍旧堆在山坡上，损毁了一些田地。看来在研究开拓方案和采矿方法的同时要适当的研究废石、尾矿的充填和综合利用，（如把选出的明矾石烧制膨胀水泥）以及选矿废水的处

理和循环使用等积极措施来保护环境。

7. 当前地下矿开采中大多采用“进路分层崩落法”，机械化水平低、劳动强度大，效率低又极不安全。要改变现有的采掘、运输设备又受高岭土含水、易粘等特性的制约，所以急需开展对开拓方案和采矿方法的全面研究。在国外，大多采用露天水力开采，这样可以简化开拓、运输系统，省掉许多运输设备和基建投资。在我国当前情况下除了地质条件影响外，还考虑水力开采和管道运输后不能在采矿工作面 and 手选车间中选出优质高岭土，而在采矿方法研究上踌躇不前。事实上，现在要靠手选日渐减少的自然形态的优质高岭土来满足日益增长的需求是不大可能的（主要要通过选矿方法来解决）。因而，目前考虑采矿方法可不必太拘泥于手选问题而束缚了手脚。而要积极开展开采方式，开拓方案，开采方法和采矿设备选型的研究和试验，迅速改变目前地下开采的落后面貌。

第二部分 国外生产技术水平

一、概 况

目前世界上估计有52个国家生产高岭土。但质量好、储量大、产地集中、生产技术先进和产量高的国家为数不多。主要有美、英、苏、西德、捷克等国。前三国总产量约占世界总产量70%，其中美、英、西德和捷克的技术水平较高，质量较好。多数国家的高岭土工业目前生产规模小，产品质量较差，产品主要用于本国陶瓷、耐火材料等工业。各国历年高岭土产量见表5。

美、英高岭土工业所以发达是与它们的高岭土储量大、质量好，产地集中分不开的。美国佐治亚洲高岭土矿带跨越两个洲长800公里宽24公里。高岭土粒度极细，质量纯，含矿率达90%以上，全国储量达10亿吨以上。英国的康沃耳也是世界有名高岭土产地之一，高岭土质量极纯净，色白，已有200多年开采历史。西德的Hirschaw和捷克的卡尔洛一发里都是欧洲有名的高岭土产地。其它如苏联、墨西哥、澳洲等国的高岭土储量也较大。

资本主义国家，尤其美、英的高岭土公司，由于在国内外市场上相互竞争，大公司不断扩大，小公司经常被吞并和倒闭。根据71~72年资料统计，美国大小高岭土公司有12家，其中3家较大，以美国佐治亚洲高岭土公司为最大，年产约100万吨。英国有7家高岭土公司，年产350万吨，占英国总产量90%，其余为年产5~15万吨的小公司。西德年产10万吨的Gebrüder Dorfner OHG公司和Amberger高岭土公司均是欧洲出名的高岭土公司。现分别叙述如下：

世界高岭土产量(万吨)

表 5

国 别	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年
美 国	443.0		550.0	579.8	483.8	518.8
英 国	277.0	296.1	340.9	350.0		
苏 联	190.0	200.0	210.0	220.0		
捷 克	40.0	42.2	45.0	50.0		
西 德				50.0	50.0	
东 德				44.0	44.0	
西 班 牙	32.4	13.5	13.8	20.2		
南 朝 鲜		18.5	37.7	48.41	51.3	
日 本	38.1	12.6	33.5	41.3	20.6	
印 度		11.5	14.3	14.7		
马来西亚			10.5	14.6	17.0	
澳大利亚		32.9	30.0	31.2	28.1	
南 非	3.9	3.8				
合 计				1464.2		

1. 美国高岭土工业

美国已有200多年开发高岭土的历史。高岭土产量多年来一直居世界第一位，而且资沅丰富，质量较纯，储藏量至少10亿吨左右，其中可用于造纸工业的高质量高岭土大约有1~2亿吨。

美国是世界上消耗于造纸用高岭土最多的国家，从图2看：美国四十多年来造纸用高岭土一直占全国总产量的50%左右，而且绝大部分用于本国。但铁、钛氧化物着色杂质含量比较高。（颜色不如英国的洁白），为了满足用户要求和扩大资沅，美国几十年来不断进行高岭土除铁研究并取得了成果。1959年首创了高岭土超细粒浮选方法，1969年研制成功专用于高岭土的高梯度强磁场磁选机以及最近和英国合作搞双液浮选高岭土的研究等，另外，由于高岭土的用途越来越广泛，美国高岭土工业在产品质量和新品种方面也作了大量研究工作。

美国高岭土矿床主要分布在佐治亚洲，南卡罗来纳洲，佛罗里达洲等东部几个洲，其次在西部的加利福尼亚洲和爱达荷洲等。美国高岭土矿床系次生沉积和残积两种类型。图3为美国高岭土矿床和主要产区分布图。

其中佐治亚洲—南卡罗来纳洲高岭土矿带，是美国最大的高岭土矿床和产区。所产高岭土质量最好，平均小于2微米占60%以上，含矿率达90%以上，该矿带长800公里，宽24公里，系次生沉积矿床，由佐治亚洲中部的 Twiggs 郡一直延伸到南卡罗来纳洲的

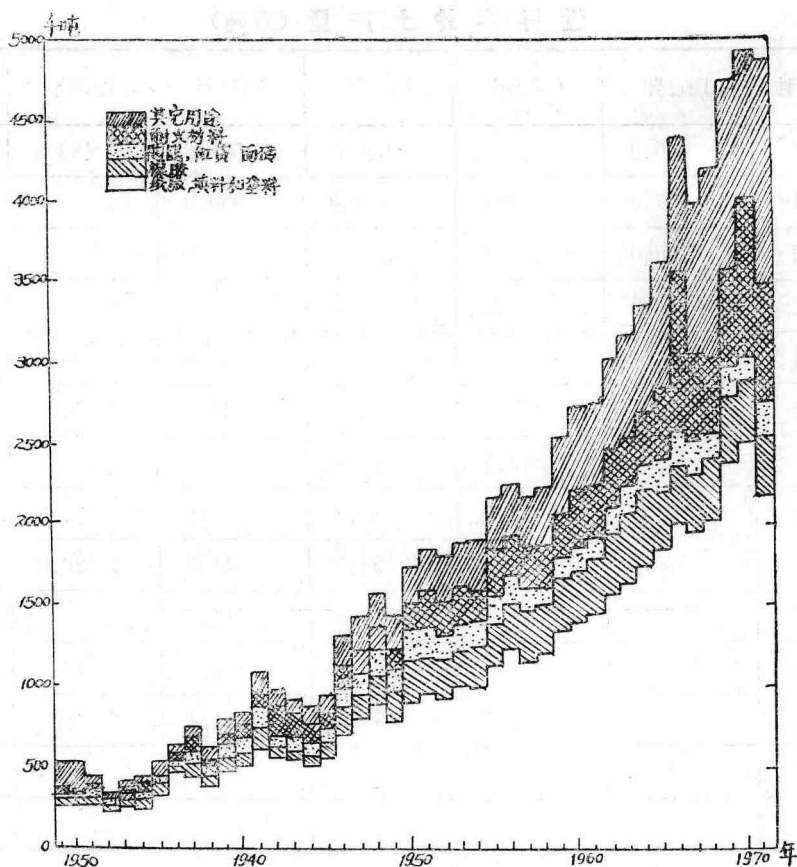


图2 美国历年高岭土消费量统计图

Lexington郡，由梅肯向西南延伸到Ahdersohville，向西延伸到亚拉巴马洲的Eufaula。主要采区和选厂分布在佐治亚洲的 Twiggs、Wikinson 和华盛顿郡以及南卡罗来纳洲的 Aiken附近。

近10—15年，在矿带中部到东端的Wrens（佐治亚洲）附近，发现了大的细粒级高岭土矿床。其它矿床沿矿带分散分布。矿带东端分布许多含铁杂质高以及复盖层极厚的矿床。

2. 英国高岭土工业

英国是欧洲开发高岭土历史较早的国家。早在十八世纪，康沃耳发现了高岭土矿床。到十九世纪，约有9家公司在那里开矿。一八八一年总产量为2000吨。一九一四年大约有50多家高岭土公司，但矿山规模小，技术落后。目前英国除了一家最大的公司——英吉利高岭土公司之外，剩余的小公司已了了无几。

英国高岭土产品质量纯净，颜色洁白，略带兰白色，在国际市场上较著名，多年来一直居世界第二位，但其出口量则占世界第一位。（本国70%产品供出口），主要用于纸张涂料和填料。

英国高岭土矿床主要为原生矿床，据认为是过热蒸气和含硼、氟化合物的热气，由