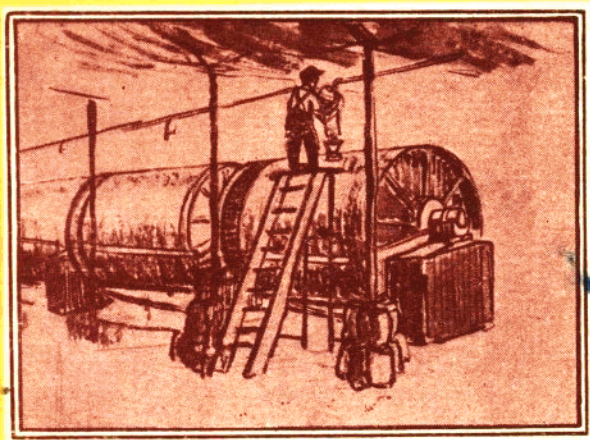




林福申編著

陶瓷原料的处理

輕工業出版社

陶瓷原料的处理

林福申 編著

輕工業出版社

1959年·北京

内 容 介 紹

陶瓷原料的处理,是决定生产优质陶瓷的两大关键之一(原料与烧成)。粘土和高岭土是制造陶瓷和炆器的主要成份,所以陶瓷的质量亦决定于粘土和高岭土质量的优劣。因此对于陶瓷原料的处理,在目前是决定陶瓷器质量好坏的主要一环。

本书共分六节,主要介绍了粘土在使用前如何处理,并附带将硅石和长石也做了简短的论述,目的在使陶瓷原料处理后能在制品上达到各项物理化学性能指标的要求。本小册子适合于陶瓷厂工人、工程技术人员和实验室研究所工作者的参考。

陶瓷原料的处理

林福申 編著

輕工業出版社出版

(北京市广安門內白廣路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 999 号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

787×1092 公厘 1/32·1 $\frac{12}{32}$ 印張·2 冊頁·98,000 字

1959 年 7 月第 1 版

1959 年 7 月北京第 1 次印刷

印数: 1—3,000 册 定价: (10) 0.24 元

統一書号: 15042·748

目 次

一、概述	1
二、粘土的成因、种类和風化作用	5
三、粘土的精制	6
(一) 水簸精制粘土	7
(二) 利用电泳提純粘土的方法	15
(三) 怎样除去粘土中的鉄杂质	19
四、坏土的陈腐	26
五、真空練泥	31
六、顆粒細度对产品質量的影响	34

一、概 述

陶瓷生产的关键，首推原料和燒成。人常說向泥巴要宝，向火求財，就是这个道理。陶瓷生产的原料，主要是各种非可塑性的硅石、長石和可塑性的粘土；其中粘土和高嶺土为主要原料。这种原料是經過千百萬年的風化而成的。当然，其中还含有不同量的雜質。这些雜質对制造精細产品，在外觀上和內、在質量上会起到不良影响。如产品色澤不鮮艳，瓷器表面出現斑点、小孔、变形等等。目前产品的变形現象較為普遍，因此，在使用原料上必須注意經過多方处理才能使用。

我們知道生产精細陶瓷和化学机械設備时，成本較高一些。但如果使用低質原料或組成不均匀的原料进行生产，廢品率却較高。因此注意有选择地开垦粘土矿，以及精选矿石和精細处理原料，是特別重要的。我国江苏宜兴化工厂生产化学机械設備时，对原料处理一般是这样：原料要經多次風化，並經种种除鉄、淘洗、电泳、加强振动篩子、陈腐、真空練泥等等处理工序。經過处理的原料顆粒細度增加，加强了泥料的成型性与可塑性，提高了产品韌度、强度和化学稳定性，从而也解决了变形、裂口、針孔等弊病，並能降低燒成温度。这样就大大提高了产品质量。

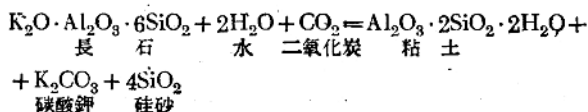
随着工农业生产的大跃进，陶瓷工业已进入了一个新时代：用陶瓷可以代替鋼鉄来大量制造輕工业机械設備。由于各項机械設備的物理性能要求較高，因而原料处理就显得更加重要。

二、粘土的成因、种类和風化作用

粘土是由原始岩石崩坏而逐漸生成的。在数万万年以前（約有 20 亿年以上）地球上的岩石，經過風吹雨打日晒的大自然侵蝕，千百万次的膨脹与收縮，植物根的成长以及微生物的作用，岩石組份与結晶構造的变化，还有温度的影响和机械磨損等等遂引起了風化作用，發生开裂。后来不断又为流水冲刷，或沉淀而形成岩層。粘土粒子在轉移过程中还与其它矿物、砂子、石膏、石灰石、鉄、鎂等原素以各种不同数量化合或混合一起参加到粘土的組份中去，这样就形成了粘土。粘土本身具有粘性，和水混合后可塑造各种器皿，干燥后仍保存原有的形状；如以相当高的温度燒成便具有像石头一般的硬度。

粘土本身分为两种：即一次粘土和二次粘土。一次粘土是岩石变为粘土后，未受風雨的冲洗，其形粗糙。例如东北五林站粘土含有大小不一的砂粒或石块，其組成中含有石英、粘土、碳酸鉀等，有机物少，一般缺乏粘性。二次粘土是岩石变化为粉狀后經過雨水冲洗，流失他处积存。如紫木节粘土等，其成份中含粘土量大，砂子量小，碳酸鉀已被水冲去，其質細膩，含有机物多，粘性强。

粘土的主要成份为長石($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)、石英(SiO_2)、白云母($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)。所以說粘土是由長石風化而成长的。其成份变化如下：



在地層中埋藏着緊密的粘土和硬質粘土，一般很難起到理論上要求的風化程度，因此應將開采出來的粘土進行多次反復的凍結和溶化。在風化過程中，經過空氣中氧、水、水蒸汽等的水化、膨脹、腐爛等作用，以及由溫度的變化而發生的物理化學變化，因此能促進粘土粒度更有效的粉碎。在風化時有這樣一句話：“死土變活土，活土變油土，改良了粘土，增加了塑力”。我們知道粘土細粒含量多就是高嶺膠體、云母高嶺膠體和微晶高嶺土膠體的形成，這都是風化作用的結果。微晶高嶺土膠體是顆粒最小的一種成份，其含量多少是依風化時間而決定的。

粘土進行風化的作法是這樣：是在陽光倉庫上將粘土積堆高達0.75~1米、寬1.5~2米，底墊在平台上，以防污染。每經4~6個月倒翻一次。冬季則應在凍結前澆幾次水，一到結冰就可利用松解作用得到更細的粘土粉粒。

三、粘土的精制

陶瓷工業在黨的正確領導下，貫徹了“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社會主義”總路線的精神，現在正以一日千里之勢，向前躍進。特別是從中央提出以陶代鋼製造輕工業機械設備的口號以後，各地大量試制出新产品，對陶瓷原料質量和數量的要求就越來越高。在生產中，我們深切体会到：原料的純度必須合乎某種產品的使用要求，否則就不可能制出質量合乎標準的產品。例如目前試制的陶瓷紙機烘缸和即將試制的陶瓷內燃機等產品就必須具備相當的機械強度、抗張強度、熱穩定性和導熱性等。因此，不但對氧化鎂、氧化鋁、氧化鋅的

成份，必須保持适当比例（游离石英决不可含有），而且更重要的是如何对原料粘土的化学成份予以一定的控制。不控制就不能符合于使用要求，也就制不出理想的产品。尤其制造高級瓷器或特殊瓷器使用的原料，必須严格实行多次風化、水簸、电泳、除鉄、陈腐、真空練泥等等措施来提高粘土性能以符合使用的要求。茲將几种精制粘土方法分述如下。

（一）水簸精制粘土

1. 水簸粘土的目的

我們知道不是任何粘土都能制造出优良的陶瓷器的。如果没有質地优良的高嶺土也就沒有生产标准产品的基础，这是非常重要的。我国古代內窰記載：“其为瓷也，登泥为范，極其精制；其为陶也，博其細土加以征練”。这証明淘洗粘土在我国已有悠久历史，也說明陶瓷制造的根本方法是从水簸着手，並不是过言。

目前精制粘土有水簸、电泳、干选和除鉄等等方法。其目的是为了除去粘土中的石灰石、石膏，生成岩石的殘屑（粗砂粒、云母、鉄杂质等）和有机物質（树根、木屑等等）。这些物質被水徐徐漂除或沉淀于底部。这样，中粘土的微土分（10毫米以下者）可佔70~90%之多，易于被長石溶解，可降低燒結温度。同时，由于粘土的純度增加，从而提高了粘土的可塑性和耐火度。更重要的是使土質潔白，細致均一。在精制細陶瓷和某些特种陶瓷时，因为需要富于可塑性的細粒子原料，水簸精制粘土是原料处理工艺过程中决定坯泥釉料質量好坏的先决条件。

2. 粘土中含有雜質對產品質量的影響

甲、在粘土中含有很多有害雜質，其中以鐵質對瓷器的影響最大。鐵氧化物的總含量波動在0.5~2%之間時，粘土中的鐵質形成一系列化合物而存在。硫化物如黃鐵礦、白鐵礦(FeS_2)、矽酸鐵（綠高嶺石），這些雜質使燒出的瓷器上發生熔洞、熔疤，膨脹變形和黑色斑點；特別顯著地表現在耐火匣鉢上。這些雜質硬度很大，當粉碎粘土時不易將其粉碎和均勻分布。菱鐵礦(FeCO_3)呈瘤狀和單獨的球形顆粒狀，它和硫鐵礦產生相似的有害作用。褐鐵礦($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、含水赤鐵礦 $[\text{Fe}_x(\text{OH})_y]$ 、磁鐵礦(Fe_3O_4)都呈細粒狀分布在粘土中，使粘土成為各種不同深淺的黃色和紅色。氧化鐵經常呈小瘤狀、條紋狀和帶層的狀態。當水簸粘土時，經過多電磁吸鐵器，絕大部分鐵質都被吸除和沉淀出來。

乙、石灰石和石膏(CaCO_3 和 CaSO_4)呈瘤狀、結晶狀和水節狀蘊藏在粘土內，其所起影響與鐵質相似。如粘土中雜有大量石膏時，在焙燒過程中製品表面上會生成白色薄層和斑點。 CaO 的熔劑作用比 Fe_2O_3 尤強，因而降低了粘土的耐火度。

丙、鎂化合物形成碳酸鹽、硫酸鹽等各種形態的化合物，能降低耐火度。

丁、鈦化合物，亦能降低耐火度；且與鐵化合時，則呈現黃色。

戊、鉍化合物，極易降低耐火度，且使瓷器着色。

己、釩及鉬化合物，當粘土中含有這二種化合物時，瓷器中氣孔容易殘留可熔性釩酸鉀(K_3VO_4)及少量鉬酸鉀(K_3MoO_4)。

庚、有機物能增加粘土可塑性，但在燒成時常殘留於瓷器中，使瓷器表面出現變色及細小的小孔。

3. 怎样进行水簸

水簸又名沉淀淘洗法或澄清法。根据不同的生产需要和地区条件，其设备规模各有所不同。最简单的设备可用两、三个或五、六个水池，依山傍水就地水簸。比较复杂的是完全机械化，厂房设备有五层高，中间经过两次电磁吸铁，每天产纯高岭土100吨以上，只需10名工人操作。苏联的高岭土企业大多数采用淘洗法，先由专门的规模很大的精制厂精制，然后分送到各厂使用。我国水簸大多数用人工操作，设备极为简单。水源多靠降雨积存。近来用设计良好的水泥制水槽从事水簸的工厂正在日益发展，例如宜兴化工厂、西山窑厂、海城陶瓷厂等等。机械化水簸厂的主要水槽总斜度为1:1.7，水槽面积大约3平方米左右；前深95厘米，后深75厘米，容量约在500公斤左右。其操作方法是將粘土和水放入横式或竖式搅拌槽中，加以搅拌，使粘土崩解成片漿狀。通过120目筛子除去粗粒子、木屑、細砂和云母等。利用長距离之除砂槽，使泥漿在流动中经过多次除铁机，以除去铁質。在溶液中随时沉淀，微粒則最后流入沉淀槽中沉淀。然后去除上部的澄清水，即得較濃之泥漿。再用水泵吸送到压濾机中除水，則成为泥餅。放置陽光下或干燥室干燥即得精制的粘土。池中沉淀的杂质，每2~3天除掉一次。以高岭土来水簸，每100分生料能精制出淨料65~85%，渣子佔15~35%。特殊粘土的含砂量仅达10%，例如湖南的水簸原料。如果水簸在本厂方便，則淘出之泥漿分別存放在另一个泥池內。关于海城陶瓷水簸设计，頗有学习的价值，將在后面詳作介紹(見圖1)。現將淘洗的几个步驟列举如下：

甲、磨細高岭土原料使其与水混合，以便得到悬浮体；

乙、沉淀粗粒杂质(粗砂);

丙、使細粒杂质(細砂)与高嶺土悬浮体分开。从高嶺土悬浮体中排出浮在面上的木質或炭質;

丁、使悬浮体澄清以去掉多余的水分(濃縮),其密度为20~25°Bé;

戊、在压濾机內使悬浮体脱水时其湿度为30~35%,以便形成可塑性的材料。这是标准的湿度。

4. 粘土在水簸前后的化学成份对照

粘土在水簸前后的化学成份对照(見表1)。

表 1

成分及其性質	粘土(風化長石)		高嶺土屬类	
	水 簸 前	水 簸 后	水 簸 前	水 簸 后
SiO ₂	77.12	54.13	39.75	43.88
Al ₂ O ₃	14.13	31.17	38.75	40.03
Fe ₂ O ₃	0.71	0.4	1.45	1.17
CaO	1.00	0.41	1.44	0.93
MgO	0.37	0.27	0.76	0.44
燒 減 量	2.52	5.62	18.69	14.27
燒結溫度				
耐 火 度			32	33

〔說明〕 ①水簸后的微細土份 常呈高嶺土的形式, 即 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$; 其理論数值为 SiO₂ 46.51%、Al₂O₃ 39.53%、灼热減量13.96%。含砂粒多的粘土其灼热減量按石英杂質的数量成比例地降低, 亦即 SiO₂ 含量愈接近高嶺土中 SiO₂ 46.51%的話, 則灼热減量亦愈近于高嶺土中灼热減量的数值13.96%。

②一般粘土水簸后 Al₂O₃ 的含量都比原粘土中 Al₂O₃ 的含量增加, 因此耐火度也增高。

③水簸后, Fe₂O₃、CaO、MgO、Na₂O、K₂O 都比原粘土中減少若干, 燒結溫度要小, 这样变化不但提高了耐火度而且亦利于燒成溫度。

朝鮮生气嶺木节土和蛙目粘土水簸前后对比（見表 2）。

表 2

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	燒減
生气嶺木节土天然物	55.34	31.89	1.24	0.22	0.12	0.86	0.37	10.37
生气嶺木节土(原土)	61.04	26.64	1.04	0.40	0.26	0.19	0.53	10.17
生气嶺木节土水簸后	49.09	35.27	1.05	0.42	0.22	0.28	0.74	13.04
蛙目粘土(原土)	77.36	15.39	0.52	0.94	1.14	2.23	2.23	7.14
(水簸后)	50.56	35.69	0.67	0.23	0.73	0.01	0.04	11.08

[备注] $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 的理論值为 SiO₂46.51%、Al₂O₃ 39.53%、燒減 13.96%、SK 35~36。

水簸后粘土有称为板泥的(指朝鮮水簸)。江西水簸后粘土即模印成塊，当地称“墩子”(即不子)。

5. 水簸应注意事項

甲、最后一个沉淀槽的水溶液要沉淀潔淨，因其微粒很細，为膠体顆粒，帶有电荷，悬浮時間較長，且作布朗运动。当水中含有电解質时，膠体就結成互相联结的蜂巢結構沉淀，于是各蜂巢單位又联接起来成为密族結構，所以有必要迅速使之达到沉淀完全，有放置白矾苦汁(MgCl₂)酸的。电解質在最后沉淀槽中来沉淀粘土，因此对于水簸池的数量要考虑到需要。

乙、最細微土份系膠体顆粒，直径小于0.1。主要有高嶺膠体、云母高嶺膠体和微晶高嶺膠体三种，其大小依次遞減，其活动程度却依次增加，因此粘土中較小部分却决定全部粘土的物理性質，所以沉淀前細微粘土决不能隨便流失。

丙、有一种粘土一經水簸其水溶液中大部有可溶性的鉄杂質，要尽量排除。所以对水簸用水和排水設備，在管理上值得注意。

丁、有一种粘土經水簸后游离出石英。这种砂子的数量按其体积与所选的高嶺土的产品相等。由于这种砂子很純潔，所以首先能够很有效地应用到瓷器和釉陶的生产中，並且也可作半砂磚（石英石灰）及某些玻璃原料、混凝土制品、铁路材料、鑄型材料、研磨料等原料（其特点是在使用中不膨胀、不收缩、成本也低廉）。

戊、苏联細瓷工業精选高嶺土的技术条件，見表 3。

表 3

質量特征，化学成份%	等 級			
	1	2	3	4
氧化鉄 (Fe_2O_3) 不超过:	0.6	0.8	1.0	1.5
二氧化鈦 (TiO_2) 不超过:	0.6	0.8	1.0	1.5
氧化鈣 (CaO) 不超过:	0.8	0.8	0.8	0.8
硫酸鈉 (SO_3) 不超过:	0.2	0.2	0.3	0.3
过 900 孔/平方厘米篩, 残余不超过:	0.5	0.5	0.1	0.2
过 4,900 孔/平方厘米篩, 残余不超过:	0.7	0.7	1.0	1.5
石英含量不超过:	0.5	0.5	1.0	不定
含水量不超过:	15	15	15	15

根据奥斯特瓦的意見，当温度达摄氏 1350° 时，在中性大气压中焙燒后的白度：1 等不小于 86%，2 等不小于 84%，3 等不小于 7.8%，4 等不定。

己、粘土在水簸过程中悬浮体的几种密度：

- ①初由水管往高嶺土中放水，悬浮体的密度为 7~8 Bё;
- ②粘土悬浮体完全与杂质分开时的密度为 4~6 Bё;
- ③最后澄清水池中悬浮体的密度（准备到压濾器中）为 20~25 Bё。

庚、沉淀于池中的杂质每 2~3 天去掉一次。苏联布德尼

可夫院士說過，中國瓷都景德鎮細瓷仍享有國際榮譽，主要是因為有較高的技藝和較好的高嶺土能使產品顯出青白色的特征。所以說瓷器的優劣除了技藝外，還要看配方中高嶺土的含量。反之，只有含多量高嶺土的瓷器而沒有較高的藝術性亦是美中不足的。

從以上所述來看，並不是在任何情況下都能用其它粘土原料來代替高嶺土的。在許多細瓷生產上，代用品不能產生象高嶺土那樣的效果。我們從實際經驗中也可以体会到蘇州土（高嶺土的一種）的用量多寡會影響到產品的質量。通常用代用品制成的制品，其質量和技术性總不象由高嶺土制成的產品那樣令人滿意。

6. 關於水簸几項重要設計中的參考材料

甲、水源問題。1噸高嶺土原料大概要用3~7立方米水或每噸干燥高嶺土的水消耗量為10~20立方米，並且水中所含的礦物質應是最少的。這一客觀條件，便決定着精製的方法。

乙、洗選后的高嶺土應用光电色澤計來鑑定明亮度、色度而定其品級。在中和大氣壓中焙燒后的白度，一等高嶺土不小于86%，二等高嶺土不小于84%，三等高嶺土不小于73%，四等高嶺土不定。

丙、什麼高嶺土不能水簸？凡含有細粒混雜物的高嶺土不能用水簸法來進行水簸。因為這些顆粒會與高嶺石顆粒一起成為懸浮狀態。在這種情況下，水簸精選過程不能根本改變產品的化學成份（與原料高嶺土比較）。因此關於這種高嶺土的工業價值問題，就要根據在未精選狀態下加以利用的可能性來確定。

丁、水簸用具：

①压濾机片和泥漿泵以50片(薄大片)为好。每片重40~50市斤,8~10个大气压的隔膜泵可备置双泵,以备符合挤肥的粘土之用。

②攪拌机直径1~1.5米,筒底長2~3米,扫除时能將上半部取出,其内部有攪拌翼。

③除砂溜系水泥制,約1×2米,深70~80厘米。除砂溜及除砂溝要联系在一起,除砂溝上放置一不断振动的篩子。

④水管,用銅管、亞鉛管和膠皮管。

⑤水池孔的佈置。水簸池的周圍有交叉不同的流水孔,便于分取放出清水,使泥漿变濃有利于压濾。

7. 介紹几种可用作淘洗对象的东北粘土

甲、在10頁4节中提出風化長石粘土,从其水簸后的成份看是一种由長石岩生成的接近高嶺土的粘土。这种粘土可用作水簸試驗。我們知道,凡由含長石的火成岩高嶺土化所形成的原生高嶺土其質量最穩定。这种高嶺土选矿不复杂,不需要特殊設備。东北海城、西安、彰武都产这种高嶺土。这种类型的粘土在全国各地有丰富的产量。它的水簸法很簡單,先將原料以球磨机磨12~16小时后加以水簸,其殘渣率約在20~30%之間。

乙、五林站粘土在牡丹江,蘊藏量很丰富。据初步估計在30~40万立方米,它系長石岩生成的一种瓷土,其成份为 SiO_2 64.96%、 Al_2O_3 24.46~15.53%、 Fe_2O_3 0.66~0.15%、 CaO 0.41~0.2%、 MgO 0.23~0.09%、灼減 8.02%。

該粘土初步淘洗得出石英砂粒达34.5%,其粒狀好象蛙目土一样,可以考虑制細瓷用。

(二) 利用电泳提純粘土的方法

1. 什么叫电泳现象

电泳是属于胶体科学的一种。在苏联及其他国家中已經在实际应用。利用膠粒的电荷可从橡膠树提取橡膠，可以除掉水里的膠体混合物，做成耐水性的布。可以从糖里除掉蛋白，可以制造鉛笔的鉛蕊。电泳法的利用在我国还是一项新的工作。初步已应用在水利上，研究用电滲及电化加固軟土地获得一些成效，对今后从事电泳的应用会有一些帮助。近来对于利用电泳提純潔白粘土来生产高級陶瓷产品是一新的措施，目前已引起有关方面的重視。

电泳現象即电气泳动之称。早在 19 世紀初叶（公元 1809 年）俄国莫斯科大学教授列伊斯就进行了試驗，發現了粘土中的电泳現象（見圖 2）。

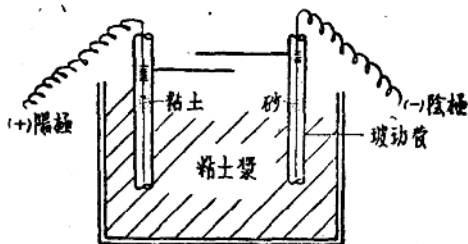


圖 2 电泳現象圖

粘土电泳首先把粘土漿放置于玻璃箱內，用兩支玻璃管分別插入箱內的粘土漿中。在管內仔細地裝入洗淨的砂土，並注入适度的清水。水中放金屬片，然后把兩塊金屬片作为电极通以直流电，則發現陽極的玻璃管內的水逐漸混濁，同时有少量粘土粒子趋向陽極；而陰極的玻璃管中水面逐漸上升。由于电

流的作用，粘土的細粒穿过砂土向陽極移动，而水則趋向陰極，这两种不同的現象就是所謂电泳現象。

如將金屬电极棒直接插入塑性粘土漿中，通以电流，長時間后則見陽極周圍的粘土漿周圍干燥而出現裂縫，而陰極周圍的塑性粘土逐漸稀軟，这充分証明了在电位差的作用下，粘土漿中水的运动是由陽極趋向陰極的。

我們知道，电的特性是異性相吸同性相斥。如果粘土粒向陽極就表示該粘土帶着陰电荷。如硫化金屬、硫、紙、砂、酸及其它許多有机化合物在水中帶負电荷向陽極泳动。如氫氧化金屬在水中帶正电荷向陰極泳动。一般中性或酸性物質帶負电荷，硷性物質帶正电荷。同样，水分子帶着陽电荷向陰極泳动。在膠体化学上，水从陽極趋向陰極的現象叫做电滲作用，固体顆粒向陽極移动的現象叫电泳作用。根据粘土的粒度，可以說明电滲作用的大小。粘土顆粒愈大，那么所起的电滲作用也愈大。粘土中細粒愈多，那么起的电滲作用就愈小，可見电滲作用的大小与粘土中細顆粒含量是有一定的比例。

2. 电泳机的作用

根据上述理論，我們可以利用粘土膠粒所帶的电荷来提取淨白色的瓷土。其具体的操作法是这样：首先將粘土用球磨机磨細，变成泥漿，用漿泵吸在电滲槽中。槽中旋轉着一个規定的鉛制轉鼓，轉鼓連接着电源的陽極，电源的陰極連接着一个充当過濾器的銅網。由于电泳的作用，粘土粒很快吸附在轉鼓上，其附着厚度一般在6~12毫米，含水量在20~23%。其旁再裝上一个木鏟板把附着的潔白粘土刮下来，积結在盛器內。至于，粘土中的雜質和粗粒就留在水槽里，同水一起流出槽外。茲举一例說明日产8000公斤电滲机的技术条件。一坩