



# 陶瓷注浆成型

莫立鸿 编

中国建筑工业出版社

# 陶 瓷 注 浆 成 型

莫 立 鸿 编

中国 建筑 工业 出版 社

本书综合国内外情况，叙述了粘土—水系统、解胶剂和泥浆稀释等方面的理论，论述了影响泥浆性能和陶瓷注浆成型的一些因素。对泥浆、陶瓷注浆成型的各种方法、石膏模型、生坯的干燥、注件缺陷的分析、热压铸以及特殊物料的注浆成型等也作了简要阐述。

本书可供陶瓷厂工人和技术人员阅读。

## 陶瓷注浆成型

莫立鸿 编

\*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

\*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4 7/8 字数：104千字

1976年2月第一版 1976年2月第一次印刷

印数：1—7,880册 定价：0.36元

统一书号：15040·3273

# 毛主席语录

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

44038/04

## 前 言

注浆法是陶瓷工业中普遍采用的一种成型方法。这种方法的特点是适于成型薄壁、空心而又复杂的制品，也适用于成型较厚而又大的异形器物，如卫生瓷、日用瓷、美术瓷、化学瓷和电瓷等。注浆成型所用设备比较简单，投产快，生产量可大可小。

在无产阶级文化大革命和批林批孔运动的推动下，陶瓷工业获得了很大的发展，注浆成型技术也得到推广和改进。为了适应陶瓷工业发展的需要，进一步提高注浆成型技术，我把在实际工作中所积累的资料，并参考国内外有关技术资料，编了这本书。

本书内容，以叙述粘土—水系统、解胶剂和泥浆的稀释理论为主，并较详细地讨论了影响泥浆性能和注浆成型的一些因素。同时，对泥浆制备、注浆成型的各种方法、石膏模型、生坯的干燥、注件缺陷的分析、热压铸以及特殊物料的注浆成型等也作了简略阐述。

本书编写工作，得到邯郸市第一瓷厂领导的积极支持。在编写过程中，得到郑州大学化学系任翠萍同志，邯郸市各陶瓷厂及陶瓷研究所张淑德、王国祥、缪志明、郭志岐、段天纯、蒋顺舟、李佛言、谢平杰、刘士卿、周习才等同志的热诚帮助。初稿完成后，承蒙沈阳陶瓷厂、建筑材料科学研究院、北京陶瓷厂、广东化工学院等单位的有关同志审阅

与修改，使本书质量有所提高，在此表示衷心感谢。

由于本人政治思想水平和业务技术水平有限，钻研不够，书中一定会存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

莫立鸿

# 目 录

## 前言

一、注浆成型概述 .....	1
二、粘土—水系统 .....	3
(一) 粘土吸附离子 .....	3
(二) 影响吸附离子置换的因素 .....	5
(三) 粘土与水的结合 .....	6
三、解胶剂(电解质)和泥浆的稀释 .....	9
(一) 概述 .....	9
(二) 解胶剂在粘土泥浆中的作用 .....	11
(三) 水玻璃等解胶剂对粘土泥浆的稀释 .....	12
(四) 泥浆的稀释原理 .....	14
(五) 泥浆的稀释过程 .....	20
(六) 解胶剂的分类和使用解胶剂时应注意的问题 .....	21
(七) 表面活性物质的作用 .....	23
(八) 硫酸盐的影响及其消除方法 .....	27
(九) 水玻璃简介 .....	29
四、泥浆的成型性能 .....	33
(一) 泥浆的粘度 .....	33
(二) 泥浆的稠化性 .....	35
(三) 泥浆的渗透性 .....	36
(四) 泥浆的稳定性 .....	38
五、泥浆应具备的条件 .....	39
六、泥浆的制备 .....	41

(一)	配方的确定	41
(二)	制备浇注泥浆的方法	41
(三)	经过压滤泥浆的制备	49
(四)	使脑状粘土泥浆具有流动性	50
七、	影响泥浆性质和注浆成型的因素	50
(一)	坯料组成	51
(二)	泥浆的颗粒度	52
(三)	分散介质	55
(四)	泥浆的温度和成型室的温、湿度	56
(五)	泥浆的陈腐与搅拌	59
(六)	回坯料的加入	61
(七)	泥浆的比重	63
(八)	模型对泥浆浇注性能的影响	64
八、	石膏模型	70
(一)	煅烧石膏(又称炒石膏)	70
(二)	模型放尺	72
(三)	加水量	72
(四)	石膏模型的制造	73
(五)	废石膏的利用	76
(六)	脱模剂简介	78
(七)	石墨硫磺胎	78
(八)	石膏加工方法的改进	79
(九)	改善石膏模型质量的途径	81
(十)	石膏模型的使用	83
九、	注浆成型	84
(一)	注浆成型的方法	84
(二)	压力注浆	87
(三)	采用光敏电阻控制的自动注浆流水线	90
(四)	真空注浆	94



(五) 泥浆的真空处理及管道注浆·····	95
(六) 热压注浆(热压铸)·····	100
(七) 离心注浆·····	107
(八) 多孔管的抽心注浆成型·····	109
(九) 多熟料质坯料的注浆成型·····	111
(十) 影响注浆成型速度的因素与加速注浆 成型速度的方法·····	112
(十一) 泥浆与模型之间的相互作用和脱模·····	115
十、注浆和坯体的修整·····	117
(一) 注浆操作的进行·····	117
(二) 卫生陶瓷制品的湿法修坯·····	118
十一、坯体的干燥·····	119
(一) 概述·····	119
(二) 影响坯体干燥速度的因素·····	122
(三) 坯体在干燥过程中的变化·····	123
(四) 注浆成型坯体在干燥过程中产生变形和 开裂的原因·····	125
(五) 大型卫生陶瓷制品的干燥·····	127
十二、注浆成型中容易出现的缺陷及其防止方法·····	129
(一) 气泡、棕眼·····	130
(二) 开裂·····	131
(三) 不脱模·····	134
(四) 塌活·····	134
(五) 变形·····	135
(六) 麻沿·····	136
(七) 注浆斑点(石膏点)·····	137
十三、大型立式小便器的生产·····	137
十四、特殊物料的注浆成型·····	142
主要参考文献·····	145

## 一、注浆成型概述

陶瓷原料与水和解胶剂在一起构成的悬浮液，就是一般注浆用泥浆。这种泥浆倒入石膏模型中，由于模型从泥浆中吸收水分，泥浆中分散的原料颗粒便逐渐粘附在模型壁上，当泥层达到所需要的厚度时，便将多余的泥浆倾出。于是在模型的内壁形成了集聚的泥层，泥层中的水分被石膏模型吸收而逐渐减少，当达到某种程度时，便发生干燥收缩而与模型脱离，即成为与模型内部形状相似的坯体，然后将坯体从模型中取出，于是得到整个的或一部分的成型物。形状复杂的制品，还需要进行粘接，经粘接后便进行干燥和修整。

凡是形状不规则的器物或不能用旋压成型的器物，可用注浆成型方法来进行生产。如属于日用器皿的茶壶、茶盘和茶碗；建筑用的卫生瓷器、陶瓷暖气片；化学工业上用的坩埚、蒸发皿、耐酸瓷件；工业用的造纸机烘缸、熔制玻璃用池窑砖、陶瓷生产上用的匣钵以及电瓷、美术瓷器等。其应用范围随着我国社会主义建设的高速度发展和科学技术的发展正在日益扩大。

注浆成型除要求适合注浆用的泥浆外，还需成型工具——石膏模型。模型的制作是先制母模，然后根据母模正式生产石膏模型。简单的模型不需分为多块，可以成一整体。如制品形状复杂可由两块或多块聚合而成一个模型。器形愈复杂，则分块数愈多，但我们并不希望分块多，因模型分块多，不但手续麻烦，而且毛坯表面所出现的接缝也多。因而

修坯手续也较复杂。因此，在制模时，在便于脱模的情况下，块数愈少愈好。石膏模型是用半水石膏与水混合成具有适当流动性的石膏浆，按特定的形状浇注，待硬化后取出即可。石膏模型经干燥后便用于注浆成型中。

注浆成型方法可分为两种，空心法注浆及实心法注浆。一般说来，空心法注浆适用件小而薄的制品，而实心法注浆适用于件大而厚的制品。

在陶瓷生产中，注浆成型是一种很普遍的、生产效率较高的成型方法。它在陶瓷生产中占有十分重要的地位。注浆成型具有许多独特的优点，现列举如下：

1. 能制做各种形状复杂及坯体很薄的制品。
2. 不需要繁多的机械设备。
3. 制品收缩均匀，变形较小。并能获得致密度大、透气性小的坯体。
4. 可利用低可塑性原料。
5. 制品大小规格一致，生产效率高。
6. 泥料可以用管道输送，节约劳动力。

陶瓷制品种类繁多，同一产品，可用不同的方法来成型，不同的产品也可以用同一方法成型。因此，选择成型方法时应根据下列原则：（1）工厂的设备及技术水平；（2）采用产量高、质量好和成本低的工艺方法；（3）加工工序最简单；（4）考虑到制品产量的多少及对质量上的要求。一般说来，凡形状复杂、薄胎、大型制品均采用注浆成型法成型。

## 二、粘土—水系统

### (一) 粘土吸附离子

陶瓷工业中所用的粘土，其主要矿物为高岭石及多水高岭石，并含有云母及少量的石英、长石或蒙脱石、有机物等。

粘土矿物为各种岩石受到风化及其他的分解作用而生成的。从结晶学的角度来看，由于分解程度的不同，产生晶格不对称，以及某种正离子，主要是铁及镁离子与铝离子发生部分的置换现象。

带有电荷的粘土矿物表面，不只吸附 $H^+$ 和 $OH^-$ ，也能吸附其他阳离子和阴离子。粘土矿物表面吸附的离子又可被水（或其他介质）中其它离子置换。吸附离子的种类和数量对粘土泥浆的性质有十分重要的影响。

阳离子交换的速度，决定于粘土矿物的性质、阴离子和阳离子的浓度、性质等。高岭石的离子交换反应在瞬间就可以完成；而微晶高岭石的离子交换反应进行得较缓慢，这说明高岭石的交换作用是在质点边缘进行的，而微晶高岭石却是在层与层之间的孔道内进行的。

矿物吸附离子的能力称为离子交换容量（以100克干粘土吸附离子的毫克当量数来表示）。矿物经过长期研磨之后，晶格严重破坏，增大了离子交换能力，但研磨到一定程度之后，离子交换容量就不再增加。

粘土矿物不是唯一能够吸附交换性离子的矿物。一切很细的矿物粉末都带有电荷，都有吸附交换性离子的能力。并对其分散体的性质发生影响，而以粘土矿物的离子吸附与交换作用最为显著。

关于粘土矿物吸附阳离子的机理可认为是：

1. 由于片状铝硅酸层结构的破坏，离子键断裂，造成不饱和状态，这就必然吸附其他的阳离子补偿未饱和的电荷。粘土的结构破坏得愈剧烈，吸附的性能愈大，离子的交换容量也愈大。因此，细粉碎能增加此种吸附能力。一般认为，断键吸附是缺少晶格离子置换的高岭石和多水高岭石吸附交换性阳离子的主要原因。

2. 矿物晶格内有离子置换，只要晶胞带负电荷就可吸附阳离子。这种吸附产生在矿物的解理层上面，比侧面断键吸附的离子数量大，但不牢固，一般认为这是微晶高岭石和其他有较多晶格离子置换的矿物吸附阳离子的主要原因。

粘土的离子交换量，直接影响注浆用泥浆的性能。粘土粒子具有从四周吸附物质（离子）的能力。当一种粘土与酸或碱性溶液作用时，即能起离子（包括阳离子和阴离子）的交换作用。如粘土和 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液起作用时，部分 $\text{Na}^+$ 被粘土颗粒吸附，而同时具有相当数量的粘土上的其它离子被取代。 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 是常见的容易被吸附的离子。

离子交换量的测定法有好几种，在这里介绍两种。其中一种方法是将粘土用酸（ $\text{HCl}$ ）处理，然后以不同数量的 $\text{NaOH}$ 加入，用 $\text{pH}$ 计测定 $\text{pH}$ 值。以 $\text{pH}$ 值为纵座标，加入的 $\text{NaOH}$ 的毫克当量数为横座标，画出曲线。如图1（1）所示。找出其转折点，此点就为离子交换量（ $\text{NaOH}$ 的用量）。另一种方法是在加入碱液时，测定氢—粘土泥浆的电导，所

成的曲线如图 1 ( 2 ) 所示。

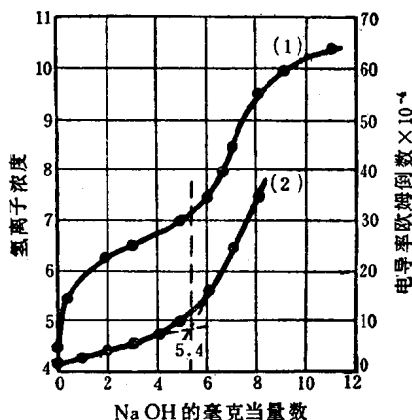


图 1 测定粘土离子交换量的两种方法

## (二) 影响吸附离子置换的因素

粘土吸附的阳离子的置换受到多方面因素的影响:

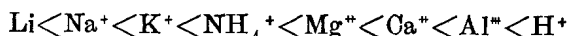
1. 离子的本性。高价离子能被粘土矿物牢固吸附，一价离子与矿物的结合力弱，故离子置换顺序是：三价 > 二价 > 一价。氢离子是例外，它实际上是个氢核，没有外层电子，电荷密度大，体积小，所以粘土粒子表面对它的静电吸附力强，能被表面牢固吸附而不易置换。在同价离子中，水化度高的离子，结合能小，可被水化度低的离子置换。Li<sup>+</sup> 的半径虽小，但水化度高，水化后离子的半径增大，不能被牢固吸附，故一价离子的置换顺序为：Li<sup>+</sup> < Na<sup>+</sup> < K<sup>+</sup>。阳离子

的几何尺寸也有影响，例如， $K^+$ 的尺寸适合于水云母矿物晶层底面晶格的构造，有被固定而不易置换的作用。

2. 浓度的效应。矿物吸附离子的种类和数量不仅决定于离子与矿物的结合强度，还决定于溶液中含有离子的浓度。矿物原来已吸附的阳离子，如果在溶液中浓度低，可能被溶液中浓度高的离子置换。 $A^+ - \text{粘土} + B^+ \rightleftharpoons B^+ - \text{粘土} + A^+$ 进行的方向，与水中离子浓度有关，可是反应并不是与浓度成正比例增强，尚受到阳离子本性的影响。

3. 阴离子的作用。

4. 粘土矿物的本性。当其他因素都相同时，各种阳离子的置换能力还和矿物的本性有关。例如，当蒙脱石和白云母用 $Ca^{++}$ 和相同浓度的 $K^+$ 处理时，蒙脱石优先吸附 $Ca^{++}$ ，而 $K^+$ 被白云母优先吸附。各种粘土矿物的阳离子置换能力顺序是不相同的。根据阳离子在高岭石侧面断键的负电荷位置上结合能大小的计算和某些实验结果，高岭石—水系统的阳离子置换顺序为：



5. 加热的效应。粘土经过干燥加热处理，阳离子交换容量将发生变化。在低温加热粘土时，发生阳离子固着，而且各种离子的固着能力不相等，在使用烘干粘土或干燥废坯作原料时，必须考虑阳离子固着所引起的影晌。

### (三) 粘土与水的结合

为了正确地制备和使用泥浆，必须了解泥浆的物理化学性质。泥浆是一种胶体粒子与非胶体粒子在水介质中的分散体系。在这个系统中有胶体粒子存在。所谓胶体粒子是指颗粒直径在100~1毫微米之间的物质，如果有这样细的物质分

布在另一种物质中，那么前者称为分散相，而后者称为分散介质。

当原料粒子分散在水中时，很细的粉体与分散介质之间存在着很大的界面。分散系统有减小表面能的倾向，故容易发生粒子相互凝结变大，降低分散度的凝集过程。粘土—水系统存在着凝聚的不稳定性，粒度约在  $10\sim 1\mu$  范围内的粉体悬浮液也有凝聚不稳定的性质，但以粘土矿物为最显著。这是由于粘土矿物晶格的不对称以及晶格内部存在离子交换的缘故。

在悬浮液中，使凝聚状态的粒子分散，而保持独立分离的稳定状态叫做解凝。完全凝聚和完全解凝是分散系的两个极端状态。在这两个极端状态之间，粒子可以有各种程度的部分凝聚和部分解凝的中间状态存在。粉体悬浮液随着粒子凝聚程度的增大，它的外观特征是粘度增大，粒子沉降速率加快。

粘土与水作用时，粘土质点牢固地结合水分子。而且水是以一定的取向分布在粘土质点上，这种作用就是溶剂化作用。由定向水分子形成的膜叫做“溶剂化膜”。与粘土结合的水膜围绕在粘土质点的周围，并与粘土质点形成一个整体，一起在介质中移动，这种水称为“牢固结合水”。在“牢固结合水”周围也吸住一部分水分子，这些水分子的定向随着离开质点距离的增加而减弱，因为水分子距离质点愈远，它们之间的结合力愈小，这一层水叫做“疏松结合水”。“疏松结合水”以外的是自由水。结合水（包括牢固的与疏松的）与自由水在物理性质方面是不同的，结合水的密度大，热容小，电解常数小，冰点较低。

粘土结合的水量与下列因素有关：



1. 粘土物质的矿物组成。
2. 粘土物质的分散度。
3. 被吸附的阳离子的性质。
4. 粘土中可溶性盐类的性质。

粘土物质的矿物组成对结合水量的影响至今还不大了解。一般说来，粘土物质的分散度增加，粘土结合的水量也增加。随着质点分散度的增加，疏松结合水量的增加比牢固结合水量的增加要多。吸附水量，特别是处于疏松结合水状态的吸附水量，对泥浆的粘度影响很大。

被吸附的阳离子对于结合水量是有一定影响的。粘土与一价阳离子结合的水量  $>$  粘土与二价阳离子结合的水量  $>$  粘土与三价阳离子结合的水量。对于同价离子来说，离子半径小的离子结合的水量多，水膜厚，如  $\text{Li}^+$  结合的水量  $>$   $\text{Na}^+$  结合的水量  $>$   $\text{K}^+$  结合的水量。二价和三价阳离子在溶剂化膜中水分子的数量较少。在交换吸附过程中一个阳离子被另一个阳离子置换时，不仅金属离子被吸附，而且包围着它的溶剂化膜也被吸附。根据在交换吸附过程中离子活性的顺序，氢离子所置换的粘土物质，其溶剂化膜最厚，而钠、镁、钙和铝的粘土的溶剂化膜的厚度逐渐减小。

粘土—水系统比较复杂，涉及胶体化学及流变学的理论。当粘土矿物浸入解胶剂水溶液中时，进行着离子交换，在粘土质点上伴随着离子交换而产生电荷和水化薄膜，这些过程和液相含量、解胶剂浓度、矿物性质、分散度、颗粒尺寸与形状、晶体结构和在其中的同晶置换有关，并对泥浆性质起着很大影响。可以认为粘土与水的结合为化学的、机械的和物理—化学的。