

建材情报资料 第750号

陶瓷料浆译文选编

陕西省陶瓷非金属矿研究所
山东工业陶瓷研究所
国家建委建材研究院情报所

V412

12

陶瓷料浆译文选编

TR 174/7

苏工业学院图书馆
藏书章

陕西省陶瓷非金属矿研究所
山东工业陶瓷研究所
国家建委建材研究院情报所

一九七六年七月

目 录

泥浆浇注工艺的评论	(1)
液体在多孔材料中的受遏运动	(9)
论泥浆浇注成型的技术管理	(18)
一、浇注泥浆的基本参数和测定方法	(18)
二、陶瓷坯体的强度和基本参数的关系	(38)
三、陶瓷坯体的可塑性和基本参数的关系	(54)
四、陶瓷坯料的泥浆性质和基本参数的关系	(64)
五、陶瓷坯料注浆坯体的性质和基本参数的关系	(83)
六、关于影响陶瓷注浆坯体离模性的因素	(99)
七、陶瓷坯体的成型性能和基本参数的关系	(112)
浇注控制方法的发展	(134)
英国卫生瓷	(146)
陶瓷料浆注浆过程中产生不均匀性的原因	(151)
陶瓷泥浆浇注性能的控制	(162)
固定相扩散剂和电解质对陶瓷泥浆浇注性能的影响	(165)
粘土悬浮液稠度的自动控制	(168)
可溶性钙镁盐和氯化物对料浆浇注性能和素坯质量的影响	(174)
用浇注传送带生产建筑卫生陶瓷制品时控制泥	

浆质量的新方法	(180)
建筑卫生陶瓷注浆线泥浆性能的改进	(187)
陶瓷泥浆沉降稳定性	(191)
陶瓷制品注斑形成的原因	(199)
几种陶瓷料浆触变性调节的比较	(203)
英国米德尔维奇工厂的现代化泥浆生产	(207)
泥浆的经济运输	(210)
陶瓷泥浆的完全稳定性条件	(213)
陶瓷泥浆物理机械性能调节剂	(220)
料浆结构力学性能的鉴定	(225)
各种矿物成分粘土悬浮液的解凝作用	(232)
陶瓷泥浆浇注中表面张力和接触角的意义	(237)
陶瓷泥浆的浇注性能	(244)
加速卫生瓷的泥浆吃浆时间	(249)

泥浆浇注工艺的评论

历史

注浆用于粘土制品的成型一般认为起源于1700—1704年间的某些地方。那时的泥浆是粘土和水低比重的混合物，粘度很大，以致必须用勺舀进模子内。这种成型方法需很长的时间，且因没用解胶剂，所以获得的铸件凹凸不平，非常脆弱。第一个用解胶剂的报道是在1884年于法国，当时德贝廷格尼斯（Am. de Bettingnies）用3%的碳酸钾作浇注胶合物，以给予泥浆对模子所需的粘附力。第一个公开宣布为增加泥浆的流动性用电解质作为粘土胶合物的是戈茨茨（Goetz），他指出：“制备瓷器、陶器、粘土制品的泥浆加入碳酸钠或重碳酸盐，另外加或不加矽砂均将极易倾注”。一位英国的瓷器制造者莱特（Later）学习了奥地利化学家的某些能给予粘土流动性的论断，并于1905年在他的卫生瓷厂采纳了。卫生瓷的浇注方法约于1908年由英国移植到美国。这种方法发展几年，有两种是成功的，于1913年报道了不同的方法。这些方法的第一个是用硅酸钠解胶稠度如同糖蜜一样浓的耐火粘土泥浆，然后从桶中注入模子内。坯体干燥后，以粘土浆料刷涂上釉底，随后用相似方法上原釉，在1305°C下，将此上过釉底和釉的坯体一次烧成。第二个报道的方法

后来取得专利，它是今天传统卫生瓷注浆方法的先驱，且首先描述了注浆原则。使用这种方法，卫生瓷的劳动生产率较以前的加压法提高两倍多。随着这种方法的进展，注浆方法的应用在美国慢慢的增加，有关这方面的情况1923年有所报道，当时这种方法在美国中西部工厂普遍应用。由于不能联合，所以东部进展缓慢，尤其是在美国最大的卫生瓷制造中心特顿（Trenton）也是这样。与此同时，德国则广泛的应用，英国较为一般。

发展和理论

1920 — 1930的十年中，泥浆浇注作为成型方法的应用，尤其是卫生瓷，发展迅速。与这些方法有关的许多程序介绍、工厂经验等等开始在陶瓷文献中出现。1925年福特茨（Foltz）注意到良好的卫生器的浇注体所必需的条件，包括：（1）浇注时间不超过2.5小时；（2）容易挺立；（3）脱模容易，且海绵揩拭易平滑；（4）具有为修整所需的干燥强度。

同年，格伯（Gerber）注意到为获得良好浇注卫生器的压注体一般不含太多的球粘土（通常少于14%），且为获得满意的浇注时间需用瓷土来间开球粘土。他还注意到如果用英国粘土而不用美国粘土，则坯体脱模较易。不同量的解胶剂的应用，取决于不同类型的粘土，在这方面，格伯也有所报道。他观察到过量的解胶剂将使模子的泡渣增多，脱模困难，烧成后制品边上易起泡。福尔茨（Folitz）与多恩沃思（Donnenworth）证实了各种各样的球粘土和瓷土对浇注

性能的影响，他们表示快速浇注待水排完后可得到均匀的坯面，而慢浇则得到松软的坯体。他们的观察是从制作电瓷的实践中获得的，在当时注浆用于电瓷还是很新的工艺。

1925年浇注问题的座谈会说明了当时与这些成型方法有关的流行的一些问题。座谈会中包括这些问题的讨论：如过量电解质含量的影响、最适于浇注的粘土类型（球粘土和瓷土）、泥浆首先冲到模子上而在注件上留下的痕迹的问题、在浇注过程中模子所起的作用等等，在讨论中直接对制备加压泥浆的滤清问题也作了陈述。在英国的最后一次座谈会中，主要谈的是与浇注过程产生的缺陷有关，并且提到了针孔、球疙瘩、涡卷（或泥缕）和实注断面的破裂作为典型缺陷。

1928年希勒（Shearer）为了试图对良好浇注所需泥浆的类型的性能进行科学地研究，所以他首先提出塑性比率概念。该数字是从流速对剪切应力曲线图示的值除以起始压力而获得的。适于卫生器的泥浆塑性比率范围为2.5—3.0，随后，里克（Rieke）和布利克（Blicke）研究了水含量、模子孔隙、可溶性盐对粘土坯体浇注速率的影响。霍尔（Hall）总结了1920年底前的浇注工艺水平，于1930年发表了工艺程序摘要。在当时报道影响浇注泥浆质量的因素是：（1）所用粘土的性能，声称粗粒的瓷土和具有高浓度有机质的球粘土混同一起使用能获得最佳结果。（2）制备泥浆的方法包括水含量、温度、解胶剂类型和数量，以及原料加入到搅泥机的顺序。（3）所用石膏模的类型和条件。最后的因素包括模子中硫酸钙的溶解对泥浆产生“胶凝”作用的认识和模子的密度对浇注速率和坯体质量的影响。也提到

从模子中带进的镁、钙和硫离子、碎屑、水等等对浇注泥浆质量的各种影响。注意到泥浆的胶凝是毛病的根源，同时设想是由于粘土颗粒水化所引起的。

1930年很少关于浇注工艺的新报道。1934年施拉姆（Schramm）和霍尔（Hall）注意到浇注作用取决于模子、泥浆、和浇注性能的结合。列举模子重要的性能是：均一性、硬度、吸水速率、抗裂变性等。泥浆性能包括：水含量、流动性、均一性和沉淀趋势。列举浇注性能有：迁移水的速度、残存水刚性、可塑性、平滑度、均一性和脱模性能。坯体含水量据说是最重要的性能，且设想基本上取决于粒度。据报道细粒体给以较干的浇注（少的残留水）、较低的迁移水速度（干燥较慢）和很慢的浇注速度。对坯体进一步注意到，或以降低泥浆比重、或以增加解胶剂的方法来增加稀度和分散度，这样便使颗粒堆积紧密，坯体趋于硬和脆对于修整坯体困难且易龟裂。反之，则将产生低密度高水量的铸件，最终是软的，只能在模子里干燥变硬。收缩主要受坯体残存水量控制。同年，恩德勒（Zndell）、芬迪斯（Fondius）及霍夫曼（Hofmam）提出了成型能力有关的史料和粘土体的含水量对存在于坯体粘土矿物内可交换碱的溶解度。

1930年增加了泥浆浇注方面的理论和实用研究，并开始在文献中报道。在这时，注浆在几个细瓷厂中确立为主要成型方法，因此，增加了对这种方法的理论和实用知识的要求。芦米斯（Iooms）菲利浦斯（Phelps）较早证实泥浆的可浇注主要与颗粒有关。芦米斯（Iooms）进一步注意到泥浆浇注速度和其它因素一样与坯体中小于1微米的颗粒含

量有极密切的关系。在浇注性能上,科卡托普(kocatopcu)报道了与颗粒大小影响有关的进一步工作,应该用两种控制颗粒的二元和三元混合物的纯净粘土。他断定所有性能包括收缩、强度、注浆时间等均受颗粒大小影响。相应于最紧密堆积系统能获得最佳的坯体性能。在较后的资料中,丹尼斯(Dennis)和菲利普斯(Phelps)研究了石英、长石颗粒的大小对泥浆性能的影响,且断言这些瘠性料在特殊表面中的差异对泥浆浇注性能的影响比粘土中可溶成份的差异对泥浆浇注性能影响还大。

1942年约翰逊(Johnson)和诺顿(Horton)对浇注机理作了广泛的基本研究,并认为在石膏模子里,用有解胶剂泥浆注浆过程主要是脱水过程。他们也表明,浇注后也能在泥浆和模子间以适当的碱交换反应来达到,且脱水和碱交换相结合的浇注是可能的。迪茨(Dietzel)和莫斯特斯基(mostetsky)发展了脱水机理理论的确证,他们从实验和扩散理论中发现了浇注速度和水渗进模子内的速度与时间的平方根成正比。阿德科克(Adcock)和道尔(Dowall)更进一步证实了这个结果,并根据这一理论提出了决定从泥浆中增长固体层速度的方程式,按这方程式实验时,计算结果和实验所得的结果相一致。方程式与固相表面积、空隙的有效百分数、密度、泥浆温度和压力有关,并且指出,吃浆厚度与浇注时间的平方根成正比,在比例常数中,固相表面积是最重要的。在这基础上,学者们认为浇注机理本质上是脱水,因为在他们的工作中没考虑其他因素。

菲利普斯(Phelps)提出的注浆理论的完善主要是脱水机理,他认为应包括脱水和触变,前者控制浇注的刚性和

坚固性，后者控制修整质量。浇注速度主要为建立的触变性和泥浆成份中的粒度所支配。菲利普斯(Phelps)和范温尼克(Vanwnnnick)进一步的工作是指出浇注的类型(方法)主要取决于吸水时泥浆稳定性的保持程度。泥浆稳定性(其含意是静止下的胶凝程度)：(1)细颗粒间的自然吸力；(2)这种力为带电胶体粘土颗粒、保护胶体、有效水和胶体粘土表面积的比率、与凝结的阴离子和阳离子的抵销程度间的平衡函数。高稳性的泥浆(因富足的保护胶体和用硅酸钠作解胶剂)，实际上颗粒彼此可以接触而能良好注浆。反之，胶凝泥浆将形成很少迁移水的注件。当泥浆到浇注的变迁明确的能获得最佳结果。解胶剂最好是起初加入纯碱，随后用硅酸钠来调节，如果需要的话，加入硫酸钙或有机解胶剂来缓和解胶曲线。

为了概括地总结最新的泥浆浇注机理，可以这样认为：主要是为泥浆触变性所减轻一些程度的吸水现象。控制这些过程的基本因素包括：坯体组成的颗粒大小，泥浆中可溶成份的类型和量，存在于粘土中的可交换碱，以及加入的量和存在于泥浆中的有机胶体的类型和数量。

方 法

传统用的细瓷成型浇注方法是在石膏模子内用空心注浆或实心注浆而完成，以上两种方法或用单一的或二者相结合是取决于产品。在这个基础上许多方法的改进和现行的浇注方法也经过了研究，对柯卡托普库(Кокатопцу)所评论的这些方法已有记载。它包括：真空浇注、压力浇注、离心

浇注、离子交换浇注、振动浇注、触变浇注和电沉积浇注等。1930年，拉切维奎 (IarcheveQue) 在真空和压力浇注上提出了最早的报告，当浇注大的中空制品时，为得到所需的壁厚，内模用压缩空气加压，外模采用真空。与减少浇注时间一样，真空浇注的优点是缩短模子的吃浆时间，减少浇注时间，坯体致密结实，很少有开裂趋向。盖纳 (Gainer) 和卡特 (Carter) 研究了卫生瓷泥浆的压力注浆，他们指出，作为压力浇注的最佳泥浆条件是：少用或不用解胶剂、最大压力为600磅/时²，比重是1.80的热泥浆。他们还进一步报道，压力注浆的干燥收缩和含水量都会减少，且注浆速度直接与压力成比例而与泥浆无关。

奥斯汀 (Austin) 和顿库姆 (Duncomb) 研究了速度为1440和2030转/分的离心浇注餐具，他们指出，使用这种成型方法在一般情况下可大大缩短浇注时间，烧成收缩稍能减少，坯体成份不会发生分层。当为粘土含量低的加热泥浆时，适用振动浇注法，关于这方面的报导是能提高卫生瓷坯体的注浆速率。所以无论如何在这些情况下是能观察到坯体强度的增加和提高过滤速率的。

柯卡托普库 (Kocatopcu) 提到了触变浇注，在倾注中高比重、高触变泥浆受到连续振动，当模子充满泥浆时振动停止，系统有充分的塑变值而凝固，此时便允许脱模。1948年后发表的专利描述了各种各样的触变注浆。加入多种泥浆中的解胶剂要不容于冷水而溶于热水的。模子充满后，使泥浆通过低频交流电，并在二、三分钟内升温至140°F。当温度升至135°F以上时，絮凝剂溶解与所用的解胶剂反应，使泥浆胶凝，以致脱模。

电泳作为浇注方法的应用已经叙述，其中金属模子作为一个阳极，粘土从泥浆中沉积在上面。进一步报道了铅和锌是最好的阳极，尽管已经用了以聚氯乙烯树脂为基的电导多孔体，但是效果良好。为了在同一制品内，浇注不同厚度的中空壁，可使用有不同孔隙，不同截面的模子，在这方面也作了报道。

至今，关于粘土制品成型有许多不同的浇注系统和试验方法，但是还没有一项能证明比传统的用解胶剂的粘土泥浆在常压下石膏模子里成型更有经济价值和实用价值。也正是由于这个原因，目前流行的细瓷产品大部份用注浆方法成型。这种工艺的机械化已经完成，在细瓷工业上的某些部门中比其他工业更为成功。在美国和其它国家，关于浇注工艺的自动化和机械化的进一步的提高，现代也有所发展。

将来，用科学的方法控制原料和料浆性能，以使浇注工艺在提高机械化和自动化的程度上有所进展。事实上，可以设想，不用很长时间，某些细瓷产品的完全自动化浇注将可实现。

杨始强译自《美国陶瓷学会通报》

1966年45卷1期

吴崇厚校

液体在多孔材料中的受遏运动

一、泥浆浇注概论

泥浆浇注是陶瓷粉料的典型成型工艺，按其过程分两个阶段：

1、泥浆制备阶段 根据原料类型，将陶瓷粉料同酸性或碱性水溶液或乙醇混合调制成为易于浇注的悬浮液。在某些情况下，添加一些有机液体可以防止这种近似胶体状态的破坏。料粉的细度和种类、液体量以及附加剂的化学性质应该互相搭配，俾使泥浆中既含有尽可能多的固体成分，又富有良好流动性。泥浆的流变性包含许多物理化学问题，由于参数很多，这些问题大多数只能通过一系列的试验来解决。

2、浇注阶段 随着泥浆注入所需形状的多孔性模型（多数是石膏质），脱水过程即告开始。固体成分在模型和泥浆之间凝聚，形成所谓粗坯。泥浆脱水后，粗坯逐渐收缩和固化，最后与模壁脱离。

通常浇注分两种方式，一种叫空心浇注（Hohlguß）坯厚由吃浆时间决定；另一种叫实心浇注（Kernguß），坯厚由模型形状预先确定。

这种典型浇注方法并不局限于粘土陶瓷泥浆，只不过后者用的最早罢了。金属氧化物粉料、非氧化性陶瓷粉料（Ceranox）、金属粉料和乳胶等也都可以浇注成型。

二、浇注过程

为使物理问题在数学处理上简易可行，我们选择平板浇注型。这样，问题就化为一维性的。泥浆经过脱水、粉粒就在模型同泥浆的接壤处相互粘接起来。

在液化良好的泥浆中颗粒之间所存在的排斥电力的作用下，粉粒被推到粘附力作用范围之内，在某一临界含水量 CK (图1) 下泥浆开始凝聚，形成新的相态。由于泥浆

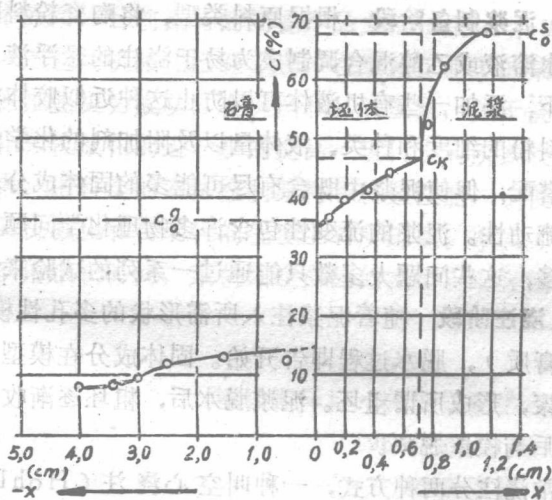


图1 石膏、坯体和泥浆系统中水分的分布 [3] 克林根贝格 (Klingenberger) 粘土, C_g — 自由运动液体最大可能的水密度; CK — 在坯体中凝聚的水密度 (本图数据系在常温下保持200分钟后取得)

和坯体之间形成比较明显的分界，因而有可能在空心浇注到一定时间之后，把模中的余浆空掉，最后在模壁上粘附的粗坯具有近似相同的厚度。对于上述一维性泥浆浇注问题可以发现模型的吸水量与 $\sqrt{t}$ （ t 是从试验开始计算的时间）成比例地增加，因而坯体量也近似与 $\sqrt{t}$ 成比例地增大。

根据文献第一部分中的设想，吸水性石膏模型可以看作一束平行排列的截面大小不同的毛细管群，它同粉料——液体系统的潮湿表面相接触，而后者所提供的液体量对最大可能的毛细作用来讲并不充足。此外，固体成分还吸收一部分水分；还有一部分水在固体表面形成水膜，这些都不能立刻参与毛细作用。

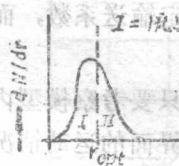
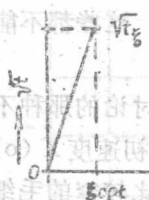
从泥浆浇注开始进行伊始，文献中所讨论的那种不同粗细毛细管间的相互竞争也随之开始。由于初速度 $X(0) \sim 1/\sqrt{r}$ （ r 是毛细管半径），所以液体将从比较窄的毛细管中通过。根据图1所示的密度分布可以确定输送系数，而由后者则可进一步推测其它时刻的分布。

对于所研究的液体受逼运动而言，只要考察模型内干湿的交界面以及粉液系统中坯体与泥浆交界面的运动情况就行了。图2所示就是这类图景（瞬时图， $t = \text{常数}$ ）。在参与“竞争”的整个毛细管中分成两个区域。其中半径小的那一部分是流通区域，模型内干湿交界面的坐标为 $X\zeta_1$ 与之对应的粗坯厚度为 ζ_{opt} 。只在毛细管半径最佳值 r_{opt} 以下的那些毛细管中才有液体通过（图2下），过程的进行近似与 $\sqrt{t}$ 成比例（图2中）。虽然模型的吸水率（用扩散系数或吸收系数 Dg 表示）可以在一定范围内变动，但是并不能获得最好的毛细管分布，从而并不能获得如图3所示的那种最佳坯体生

成状态。通过提高泥浆和模型的温度或者在震动状态下浇注固体含量高和富于触变性的泥浆等辅助性措施固然亦稍见功效，但是真正获得重大进展的却是压力浇注或真空浇注。



1、从无外压浇注过渡为压力浇注



把泥浆加压或使模型外壁产生真空(图4)后，泥浆中将有更多的液体处于游离状态，模型内将有更多的毛细管参与液体的流通，随着 r_{opt} 的增大流通区域I也有所增大，相应地，在同样的时间 t 内坯厚 ζ_{opt} 也增大了。

液体或迟或早都将到达模型的外壁，图5所示就是这种情况。在此之前，模型和粗坯的摩擦阻力分别近似与 $\zeta \cdot \zeta$ 和 $X \cdot X$ 成正比。因为 $X_{max} = d = \text{常数}$ ，模型(过滤器)的有效厚度不能再增大，所以其阻力 d_x 只与

图2 上：在毛细压力 P_0 作用下，与模型内液体透渗距离 $X\zeta$ 相对应的粗坯厚度 ζ_{opt} ；
中：试验时间 t 与 ζ_{opt} 的关系；

下：模型内毛细管的半径分布同参与液体渗透的毛细管范围(流通区域I)

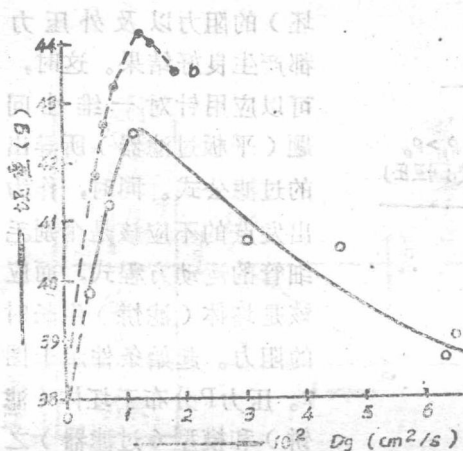


图3 六分钟后坯体最佳生成状态，粗瓷料浆
b组粒度比a组大； D_g 是常温下水的吸收（扩散）系数

过滤速度有关，而粗坯（过滤饼）的阻力却继续近似与 ζ 成比例地增加。因为上述两项阻力是相加的，所以应使坯体以比 $\sqrt{t}$ 更快的速度（比例）生长，这在图6的中部是通过最后那一段曲线表示的。然而，那一段蛇形曲线只能出现在有吸吮力的毛细管中，因为一旦液体

达到模型的外壁，毛细管就停止吸吮，驱动力丧失掉一部分，作为其补偿可通过提高压力或真空来实现。

模型（过滤器）的厚度具有决定性作用。在一般浇注工艺中厚度较小意味着模型报废快。因此，石膏模常常是大而笨重。此外，湿石膏模的抗压和破坏强度仅有干石膏模的一半。从前实际上每种模型都有一个最佳尺寸，当然商业观点对其确定也有一定影响。

2、泥浆压力浇注

实际上在设计压力浇注设备时并不考虑上面所研究的由无压浇注向压力浇注的逐步过渡。从一开始就应该这样设计压力浇注设备，使其机械强度、过滤器（模型）和滤饼（粗