

造型材料 测试技术

沈嘉猷 杨正山 主编

机械工业出版社

造型材料测试技术

沈嘉猷 杨正山 主编



机械工业出版社

本书是一本应知应会的实用书籍，它汇集了国内外有关资料，总结了全国各铸造企业的实际经验。书中对铸造用原砂及粘土的性能和测试方法；普通型砂在常温和高温下的性能与测试方法；水玻璃砂、油脂类砂以及附加物的性能与测试方法等作了系统地介绍。

为推广树脂砂的应用、改善铸件表面质量，本书特辟树脂砂、涂料两章进行详细叙述。

本书适合铸造技术人员和工人，高校铸造专业师生和有关研究人员使用、参考。

造型材料测试技术

沈嘉猷 杨正山 主编

责任编辑 劳瑞芬

封面设计 郭景云

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₃₂·印张 9³/₄·字数 214 千字

1987年7月北京第一版·1987年7月北京第一次印刷

印数 0,001—3,460·定价：2.05 元

统一书号：15033·6627

前 言

测试技术是当前生产和科研领域内的一门新技术；造型材料又是铸造工艺的重要原材料之一，它的质量关系到整个铸造生产的经济效益和生产管理，为此编写《造型材料测试技术》一书，正是时代的需要和科技的需要。

目前虽有各种新工艺方法的开发，但用砂型铸造的铸件重量还是占全部铸件的80~90%，即使在电子计算机普遍应用于铸造的美国，也认为在整个80年代砂型铸造仍将保持其主导地位，随着铸造学科的不断发展和铸件生产的继续增长，造型材料的测试技术必将更显其重要性和必要性。

在铸件的报废统计中，通常约有50%属造型材料所造成，至于砂型铸件的表面粗糙和精度不够等问题也都与造型材料有关，从最近20多年来铸造科技的进展来看，任何砂型新工艺的开发，都起源于新造型材料的发现与应用，而其中造型材料测试技术正是稳定与提高铸件质量和降低成本的关键，为此它不论在生产控制或质量检验或在其它领域中都有着十分重要的意义。

为使该技术得到广泛应用和飞速发展，作者根据国内外有关资料及生产实际经验而编写本书。

参加本书编写工作的有：

第一章，李志辉、黄宣丽；第二章，杨正山、沈嘉猷；第三章，严名山、温文鹏；第四章，杨正山、黄宣丽、罗和平；第五章，陈允南；第六章，邹忠桂、朱纯熙。全书由沈

嘉猷、杨正山统稿。

本书在编写过程中曾得到北京钢铁学院陈国桢同志的大力支持，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有错误之处，诚恳地希望广大读者批评指正。

编者

目 录

第一章 铸造用原砂、粘土的性能和测试	1
第一节 铸造用原砂的组成、性能及取样	1
第二节 原砂性能测试	5
第三节 铸造用膨润土和普通粘土结构特性、性能要求及取样	26
第四节 铸造用膨润土和普通粘土的性能测试	29
第五节 铸造用原砂、粘土的化学成分分析方法	46
第二章 型砂常温性能测试	66
第一节 标准工艺试样的制备	66
第二节 型砂基本性能测试	71
第三节 型砂附加性能的测试	86
第三章 型砂高温性能的测试	95
第一节 型砂的高温机械性能	95
第二节 型砂的曝热试验	101
第三节 型砂发气量的测定	103
第四节 浇注过程中铸型和型芯中气体压力的测定	118
第五节 型砂的热变形与应力的测定	124
第六节 型砂高温透气性的测定	131
第七节 型砂的抗粘砂性能	132
第八节 型砂的溃散性	146
第九节 型(芯)砂的退让性	152
第四章 水玻璃砂、油脂类砂及附加物的测试	156
第一节 水玻璃的主要性能测试	156
第二节 水玻璃砂和水泥砂的性能测试	165
第三节 油脂类砂的测试	179
第四节 型砂附加物的测试	187

第五章 树脂砂的技术要求和测试	199
第一节 树脂、固化剂和附加剂的技术要求与测试	199
第二节 树脂砂性能的测定方法	232
第六章 铸造涂料工艺性能的检测	256
第一节 制备涂料用原材料的性能检测	256
第二节 铸造涂料工艺性能的测定	270
第三节 烘干态涂料性能的测定	285
第四节 涂料高温性能的检测	289
附表	299
参考文献	304

第一章 铸造用原砂、粘土的性能和测试

第一节 铸造用原砂的组成、性能及取样

一、铸造用原砂的性能及分类

铸造用原砂是制型（芯）的基本材料。原砂的质量直接影响铸件的质量，特别是近代化学粘结剂的广泛应用，对铸造用砂提出了更高的要求。因此，作为铸造用原砂应有以下性能要求。

- (1) 具有一定的粒度和良好的粒形；
- (2) 具有较高的耐火度或烧结点；
- (3) 不易被熔融金属润湿或起化学反应；
- (4) 不含挥发性成分，即高温时不产生气体；
- (5) 具有良好的热稳定性；
- (6) pH 值近中性，需酸量低；
- (7) 价廉易得。

铸造用原砂主要为石英砂。石英砂的主要矿物组成为石英(SiO_2)，其莫氏硬度为 7，其次为长石以及少量云母、铁的氧化物、碳酸盐、硫化物等。长石等矿物莫氏硬度低，一般为 6，且都含有碱金属或碱土金属氧化物。这种氧化物与石英形成易熔物质，使铸件粘砂，原砂的耐火度和复用性降低。石英砂的热稳定性差，在 573°C （相变温度）由 β -石英转变为 α -石英，并伴随着有较大的体积膨胀。 α -石英是一种不稳定的形态，冷却过程中又转变成稳定的 β -石英。石

英不但膨胀系数大且又能被某些金属润湿。因此对厚大铸钢件的热节部位或合金钢铸件常采用非石英系的特种原砂，如锆砂、铬铁矿砂、橄榄石砂、镁砂等。其性能及应用范围见表1-1。这些特种原砂虽具有较好的热稳定性（受热时热膨胀小，有较高的耐火度），不易被熔融金属润湿或起反应。但这种砂一般储量少，价格贵，不能大量采用，因此目前铸造用原砂仍以石英砂为主。

表1-1 几种非石英系砂的性能及用途

原砂名称	制取方法	化学成分要求(%)	物理性能	应用范围
锆英砂	以硅酸锆($ZrSiO_4$)为主要组成的矿物，存在于海滩沉积，是提炼贵重矿物的副产品	$ZrO_2 > 65$ $SiO_2 < 20$ $TiO_2 < 0.35$ $Fe_2O_3 < 0.05$ $Al_2O_3 < 2.0$	颗粒呈圆形，表面光滑，颗粒较细，且均匀。莫氏硬度7~8；比重4.5~4.7；熔点~2200℃。具有比石英高的导热性和小的膨胀系数。完全不被熔融金属润湿和反应。呈中性，可与任何粘结剂配制	大型铸钢件及合金钢铸件的特种芯砂、面砂及涂料
铬铁矿砂	主要成分为 $Cr_2O_3 \cdot FeO$ ，需经900℃左右高温焙烧，使碳酸盐 $CaCO_3$ 、 $MgCO_3$ 分解，然后加工破碎、过筛	$Cr_2O_3 > 45$ $FeO < 25$ $Al_2O_3 14 \sim 15$ $MgO 9 \sim 10$ $CaO < 0.5$ $SiO_2 < 1.5$	颗粒呈多角形，但表面光滑 莫氏硬度 6.5~7.0 比重 4~4.7 耐火度 >1800℃ 用作涂料时有良好的抗渗透性能	大型铸钢件或合金钢铸件的面砂、芯砂或涂料
橄榄石砂	橄榄石是由镁橄榄石和铁橄榄石两种硅	$MgO 49.4$ $Fe_2O_3 7.1$ $Al_2O_3 1.8$	颗粒形状呈尖角形，表面粗糙。pH值和需酸量高，莫氏硬度6.5	不适宜于树脂砂，适用于高锰钢铸件

(续)

原砂名称	制取方法	化学成分要求(%)	物理性能	应用范围
橄榄石砂	酸盐固溶体组成的矿物(Mg·Fe) ₂ SiO ₄ 。橄榄石砂质量取决于镁橄榄石的含量,含量高,质量好。橄榄石需经破碎磨细和分级处理	SiO ₂ 41.2 灼减1.2	~7.0, 比重3.4	
镁砂	主要成分为MgO,由菱镁矿在1500℃以上高温焙烧结晶,加工破碎而成	MgO>70 CaO≤ SiO ₂ ≤	高温焙烧过的镁砂,不易开裂,镁砂属磁性材料,不与氧化铁,氧化锰相互作用 莫氏硬度4.5 比重3.5,熔点~2000℃	可作高锰钢铸件的面砂,芯砂或涂料

铸造用原砂按铸件的金属种类可分铸钢用原砂,铸铁用原砂和有色金属用原砂。按加工方式可分天然石英砂和人造石英砂。天然石英砂又可分为水洗砂、擦洗砂和精选砂。按

铸造用原砂	}	石英系砂	天然石英砂——石英岩经风化分解而成。砂粒多呈圆形或多角形。粒度均匀,含泥量较低。
			人造石英砂——由石英岩或石英砂岩经破碎,筛选后而得。砂粒多呈尖角形或多角形,含泥量低。
		非石英系砂	指矿物组成中含少量或不含游离二氧化硅的岩石砂,如锆砂、铬铁矿砂、镁砂、橄榄石砂等。这种非石英系砂,有时也称特种原砂。

化学成分可分为石英系砂和非石英系砂两大类。

二、原砂取样

为了控制铸造用原砂的质量，对原砂必须采用具有代表性的砂样进行检验。代表性的砂样可以将同批原砂选取平均样品。散装原砂的平均样品是从火车车厢、船舱、汽车、砂库及砂堆中离边缘和表面200~300mm的各个角及中心部位，用取样器选取。袋装原砂的平均样品，由同批量的1/100的袋中选取，但不得少于三袋。其总重量不得少于5 kg。如果根据外观观察发现对某一部分原砂的质量有疑问时，应单独取样和检验。

检验所需的试料由平均样品中选取。试料的数量可根据检验项目而定，但不得少于1 kg。选取试料的方法采用“四分法”或分样器。“四分法”是将平均样品均匀混合堆成圆锥体，并用铁锹或小铁铲轻轻拍平，然后沿着两条通过中心相互垂直的直线方向切成四个相等的扇形。将两个相对的扇形舍去，而将剩下的两个重新堆聚。重复上述方法进行缩减，最后获得试验所需的试料，见图1-1。

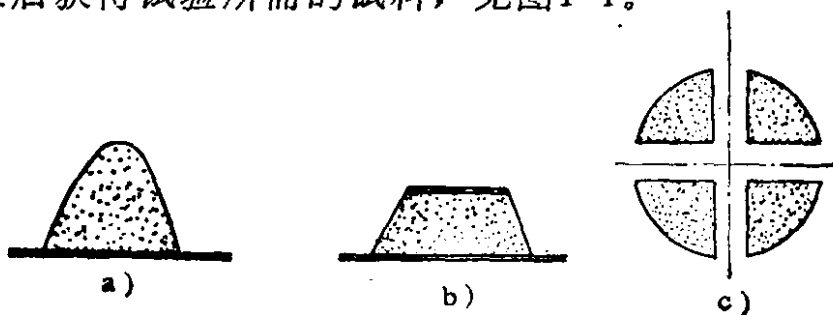


图1-1 “四分法”示意图

a) 堆成圆锥体 b) 顶部压平 c) 切成四个相等扇形

除了供测定含水量用的试料外，凡进行其它检验用的试料都必须进行烘干，烘干温度为140~160℃。烘干后的试料存放于干燥器内，以备进行检验。仲裁试验检验后剩余的试

料应保存三个月以备复查。

第二节 原砂性能测试

为了对铸造用原砂质量的评定和控制，需进行性能测试的项目有：原砂矿物组成；化学成分；含水量；含泥量；粒度；粒形；pH值；需酸量以及耐火性等。

一、原砂矿物组成分析

铸造用原砂是一种天然矿物，其组分由各种矿物所组成。例如天然石英砂除主要含有石英外，还含有长石和少量云母、铁的氧化物等。这些矿物会影响铸造用原砂的质量，因此需评定原砂质量，从而选择其适宜的使用范围。对原砂必须进行矿物分析，其常用的分析方法有三种。

1. 岩相显微镜法

此法不仅能观察矿物的解理、折射率、结晶度等，还可识别原砂的矿物组成。

2. 差热分析

用于分析各种矿物的相变和其它热效应。

3. X-射线衍射法

每种晶体矿物或化合物有它自己的X-射线衍射图形。运用这图形可借衍射角 2θ 值换算出晶轴间距 d 。每个矿物在晶轴间距的 d 值处有它最强的光谱线。根据矿物组成最强谱线的强度，它可估计某岩石或其它混合矿物的组成。

原砂矿物组成分析常作为选择矿点时的依据，使用单位一般不进行分析。

二、原砂化学成分分析项目

化学分析是评定原砂品位的重要指标之一，也是最普遍最常用的方法。由于不同种类的原砂具有不同的化学成分，

因此分析某种原砂的化学成分时，必须按其组成进行分析。

几种常用的铸造用原砂的化学成分分析项目见表1-2，其分析方法详见本章第五节。

表1-2 原砂化学成分分析项目

原砂名称	化学成分分析项目				
	SiO ₂	ZrO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
石英砂	•			✓	✓
锆砂	•	•		✓	✓
铬铁矿砂	✓		•	✓	•
橄榄石砂	•			✓	•
镁砂	✓				

原砂名称	化学成分分析项目					
	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	灼减
石英砂	✓	✓	✓	✓	✓	✓
锆砂					✓	✓
铬铁矿砂	✓	✓				✓
橄榄石砂	•					✓
镁砂	•	✓				✓

注：1. 凡有“✓”符号者为需分析的项目。

2. 凡有“•”符号者为必测项目。

三、原砂含水量测定

原砂含水量是表示原砂中所含有水分的百分数。测定含水量可采用快速法或标准法。

(一) 快速法

试验时，称试料 $20 \pm 0.1\text{g}$ ，放入盛砂盘中，均匀铺平。将盛砂盘置于红外线烘干器内，见图1-2，烘 $6 \sim 10\text{min}$ ，在干燥器内冷却到室温后重新称量，并按下式计算含水量。

$$x = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100(\%)$$

式中 x —— 试料含水量(%)；
 G_1 —— 烘干前试料的重量(g)；
 G_2 —— 烘干后试料的重量(g)。

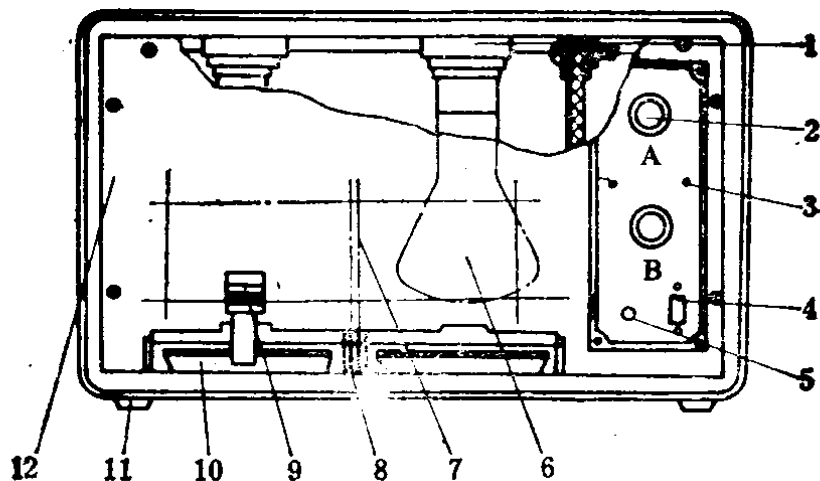


图1-2 红外线烘干器外形简图

1—灯座 2—定时器旋钮 3—起动按钮 4—电源开关 5—指示
 灯 6—灯泡 7—隔板 8—导向槽 9—手柄 10—砂盘 11—垫角
 12—大石板

(二) 标准法

该法按国家标准 GB2684-81 规定的仲裁性试验标准法进行。

试验时，称试料 $50 \pm 0.01\text{g}$ ，置于玻璃皿内，在温度为 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 的电烘箱内烘干至恒重（烘 30min 后称其重量，然后每烘 15min ，称量一次，直到相邻两次称量之间的差数不

超过0.02g时，即为恒重)，并置于干燥器内，待冷却到室温时，进行称量和计算含水量。计算方法同快速法。由于该法虽精确性高，但费时，因此仅用于仲裁试验。

四、原砂含泥量测定

原砂含泥量是指铸造用原砂中含有直径小于0.022mm颗粒部分的百分数。

原砂中的含泥量直接影响粘结剂的加入量，特别是以合成树脂作粘结剂时，由于原砂中含泥量的增多，树脂的加入量显著提高，因此随着树脂砂的应用对原砂的含泥量要求应在0.2%以下。

测定含泥量时，称烘干的试料 $50 \pm 0.1\text{g}$ ，放入容量为600mL的专用洗砂杯内(图1-3)，加入390mL水和10mL浓度为5%的焦磷酸钠溶液。煮沸3~5 min，将洗砂杯置于涡旋式洗砂机上(图1-4)，搅拌5 min，取下洗砂杯，再加入清水至标准液面高度125mm处，用玻璃棒搅拌30s后，静止10 min，用虹吸管排除浑水。第二次仍加入清水至标准液面高度125mm处，用玻璃棒搅拌约30s后，静止10 min，用虹吸管排除浑水。第三次以后的操作与第二次相同，但每次仅静止5 min。这样反复进行多次，直到洗砂杯中的水达到透明不再带有泥类为止。最后一次将洗砂杯中的清水排除后，将试料和余水一起倒入直径为100mm左右的玻璃漏斗过滤，然后将试料连同滤纸置于玻璃皿中，在电烘箱中烘干至恒重(温度为 $140 \sim 146^\circ\text{C}$)。烘干后，置于干

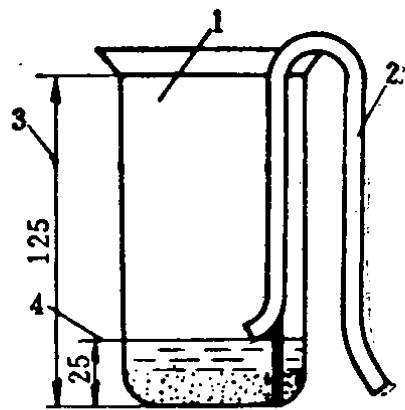


图1-3 洗砂杯

- 1—洗砂杯 2—虹吸管
3—标准液面高度 4—虹吸管标高柱

棒搅拌30s后，静止10 min，用虹吸管排除浑水。第二次仍加入清水至标准液面高度125mm处，用玻璃棒搅拌约30s后，静止10 min，用虹吸管排除浑水。第三次以后的操作与第二次相同，但每次仅静止5 min。这样反复进行多次，直到洗砂杯中的水达到透明不再带有泥类为止。最后一次将洗砂杯中的清水排除后，将试料和余水一起倒入直径为100mm左右的玻璃漏斗过滤，然后将试料连同滤纸置于玻璃皿中，在电烘箱中烘干至恒重(温度为 $140 \sim 146^\circ\text{C}$)。烘干后，置于干

燥器内，待冷却至室温时称量，并按下式计算含泥量。

$$x = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100(\%)$$

式中 x —— 试料含泥量(%)；

G_1 —— 试验前试料重量(g)；

G_2 —— 试验后试料重量(g)。

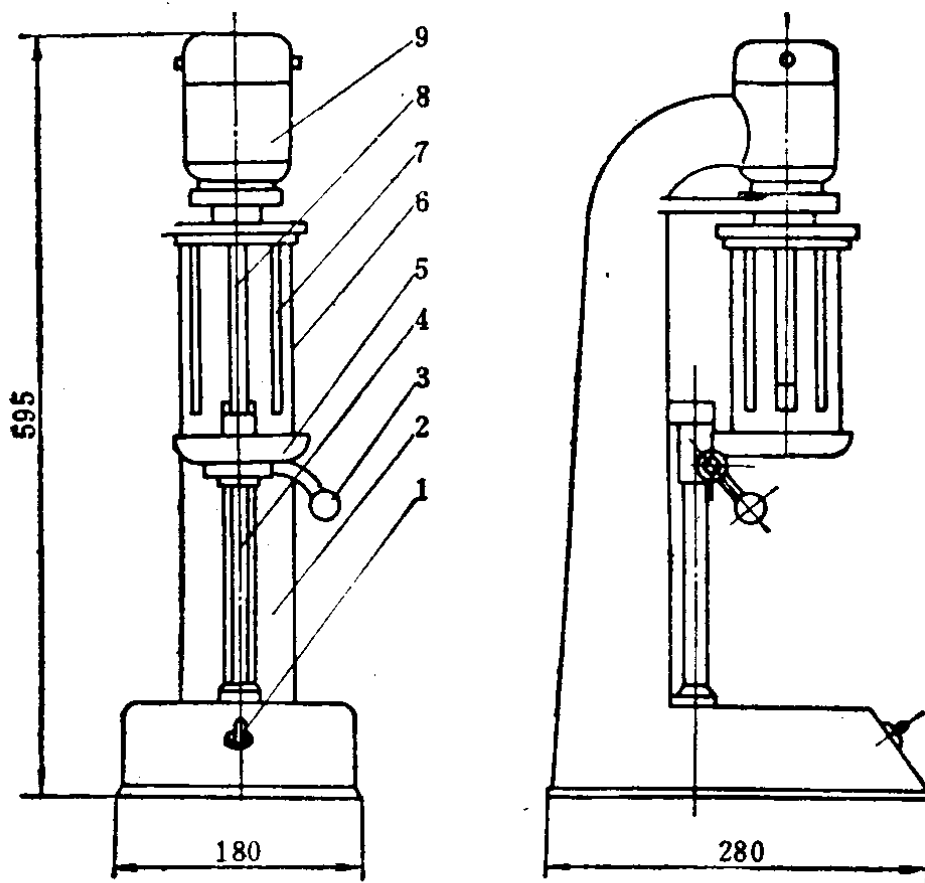


图1-4 涡旋式洗砂机示意图

- 1—电源开关 2—机体 3—偏心定位扳手 4—托盘升降立柱
5—洗砂杯托盘 6—洗砂杯 7—节流棒 8—搅拌轴 9—电动机

上述试验方法是利用不同直径的颗粒在水中沉降速度不同的原理。砂与泥分其密度大致相同，所以在相同条件下，砂和泥分的沉降速度只决定于颗粒的大小。应用斯托克

(stokes) 颗粒沉降速度的公式可计算出砂粒的沉降速度。

$$v = \frac{2}{9} g R^2 \frac{(r - r_1)}{\eta}$$

式中 v ——砂粒沉降速度(cm/s)；

R ——砂粒半径(cm)；

g ——重力加速度 918cm/s^2 ；

r ——砂粒密度 取 2.65g/cm^3 ；

r_1 ——水密度取 1g/cm^3 ，

η ——水的粘滞系数。

代入上式得
$$v = 359.7 \frac{R^2}{\eta}$$

由上式可见，砂粒沉降速度与砂粒半径平方成正比，与水的粘滞系数成反比。

水的粘滞系数与水温有关。根据不同水温的 η 数值，可计算出直径为 0.020mm 和 0.022mm 砂粒的沉降速度，其结果见表1-3。

表1-3 水温与砂粒沉降速度

温度℃	砂粒沉降速度(mm/min)		温度℃	砂粒沉降速度(mm/min)	
	0.022mm	0.020mm		0.022mm	0.020mm
4	16.60	13.70	18	24.80	20.48
6	17.75	14.62	20	26.00	21.50
8	18.90	15.30	22	27.30	22.60
10	19.98	16.30	24	28.55	23.65
12	21.18	17.50	26	29.90	24.70
14	22.35	18.42	28	31.20	25.85
16	23.50	19.40	30	32.50	27.00