

目 录

1 型砂性能、配方、原材料·····

1.1 推荐的型砂性能·····

1.1.1 推荐的型砂性能数据·····

1.1.2 型砂配方

1.1.3 原材料·····

1.2 型砂性能数据的确定·····

1.2.1 原砂·····

1.2.2 煤粉·····

1.2.3 型砂·····

1.2.3.1 型砂粒度·····

1.2.3.2 型砂强度·····

1.2.3.3 有效膨润土含量·····

膨润土质量·····

膨润土性能·····

膨润土类型·····

膨润土主要质量数据·····

水分·····

1.2.3.4 失效颗粒的含量·····

1.2.3.5 混制效果·····

1.2.3.6 砂温·····

1.2.3.7 抗拉及剥落强度·····

1.2.3.8 热湿拉强度·····

1.2.3.9 湿压强度·····

1.2.3.10 透气性·····

1.2.3.11 紧实率·····

基本规律·····

紧实率影响因素·····

增湿调匀点定义·····

1.2.3.12 AFS 粘土含量(总体颗粒含量)·····

1.2.3.13 烧灼减量	· · · · ·
1.2.3.14 挥发性物质	· · · · ·
1.3 型砂的回用	· · · · ·
2 型砂性能控制	· · · · ·
2.1 混砂机中型砂成分的控制	· · · · ·
2.2 实验室型砂控制	· · · · ·
3 造型材料测试	· · · · ·
3.1 测试设备	· · · · ·
3.2 型砂测试	· · · · ·
3.2.1 取样	· · · · ·
春砂样	
3.2.2 强度特性	· · · · ·
热湿拉强度	
3.2.3 紧实率	· · · · ·
松散密度	
3.2.4 水分	· · · · ·
3.2.5 有效膨润土含量的测定	· · · · ·
亚甲基兰溶液的准备	
2%Na ₄ P ₂ O ₇ 溶液的准备	
0.5N H ₂ SO ₄ 溶剂制备	
标准曲线的制作	
型砂中有效膨润土含量测试步骤	
3.2.6 AFS粘土含量测试步骤	· · · · ·
3.2.7 烧灼减量测试步骤及挥发性物质测试步骤	· · · · ·
挥发性物质测试及烧灼减量测试结果	· · · · ·
3.2.8 筛分分析测试步骤	· · · · ·

3.2.9 型砂水分敏感性

测试步骤

解释

附注

3.2.10 混砂效果

由紧实率测定的方法及其说明

由热湿拉强度测定的方法及其说明

3.3 原材料测试

3.3.1 膨润土测试

3.3.1.1 水分测试步骤

3.3.1.2 膨胀指数测试步骤

3.3.1.3 沉淀指数测试步骤及其说明

3.3.1.4 蒙脱石含量测试步骤

3.3.1.5 水溶性碳酸盐含量测试步骤及其说明

3.3.1.6 PH 值

3.3.2 碳质附加物测试

粒度

含水量

挥发性物质含量测试步骤

灰分含量测试步骤

硫含量测试步骤

膨胀指数（仅用于海运煤）测试步骤

型砂

1 型砂性能、配方、原材料

1.1. 推荐的型砂性能

1.1.1 型砂性能数据表

图 1. 01、1. 02 所示为推荐的型砂性能数据。

图 1. 01 推荐的型砂性能数据（2013 机型）

砂粒平均尺寸（水洗砂）	0. 14~0. 22mm DIN	AFS 110-75
砂粒尺寸分布（水洗砂）	90%在 3-4 筛格系列中	
湿压强度	1700-2100p/ cm ²	25-30psi
湿拉强度	>200 p/ cm ²	>2. 9psi
剥落强度	>300 p/ cm ²	>4. 3psi
热湿拉强度	>20 p/ cm ²	>0. 3psi
透气性	>50	>50
紧实率	40%±2%	40%±2%
含水量	保证紧实率为 40%±2%即可	
活性膨润土含量 (MB)	>7%	>7%
AFS 膨润土含量	活性膨润土 +3~4. 5%	
烧损率	3. 5~5%	3. 5~5%

与其它粘接剂型砂相比，膨润土型砂的费用低，并且生产率及铸件的质量相近。

在自动化工厂中要获得最大的效益，必须严格控制型砂的冷却、混制、松散。生产过程控制中型砂的控制极为重要。

必须对型砂性能进行连续检验，以保证：

- 型砂浪费最少
- 拔模性能更好
- 造型效率更高
- 减少造型材料费用
- 减少清理费用及清理时间

1.1.2 型砂配方

生产初期，全部使用新砂条件下的配方：

新砂 100%

膨润土

煤粉

在使用旧砂的条件下，配方如下：

膨润土 0.1 ~ 1.0%

煤粉 0.1 ~ 0.5%

新砂 0.5 ~ 5.0%

水分 3 ~ 3.5%

旧砂 余量

1.1.3 原材料

新砂 ZGS-90-95-21-45 江西都昌水洗砂

煤粉

膨润土

1.2 型砂性能数据的确定

1.2.1 原砂

大多数的自动造型工厂使用合成型砂，即在水洗原砂中加入膨润土、碳化物和一定的水制成的型砂。在特定的环境中使用自然砂的情况也不少，但在这种情况下必须要加入一定数量的膨润土，以获得正确的粘结性能。用这种方法制成的砂通常叫作半合成砂。

砂中同样不能有金属物质和腐殖土。考虑到高温稳定性的要求，建议型砂烧结点温度不低于 1350℃， SiO_2 （二氧化硅）含量大于 90%。（钢铸件 > 98%）。

为保持型砂中微粒总体含量在正常的水平，原砂的微粒含量不能超过 0.5%。

新砂的 PH 值不低于 8.5。

平均砂粒尺寸及形状分布，参见型砂规格。

1.2.2 煤粉

主要质量指标

水分含量:	$\leq 3\%$
灰分:	$\leq 10\%$
挥发性物质:	30% ~ 40%
残留物量:	$\leq 1\%$
粒度尺寸:	粒度 > 0.18 (AFS 90): $\leq 10\%$ 粒度 > 0.15 (AFS 35): 0 %

图 1.14 所示为煤粉与替代材料如: 油、沥青、塑料等的性能对比。
使用煤粉和替代材料的混合料, 可获得各种材料单独所不具有的综合性能。

1.2.3 型砂

1.2.3.1 型砂粒度

DISA造型机对砂粒尺寸没有严格的要求。但砂粒尺寸越大金属液在砂粒之间的渗透的可能性就越大。据砂型金属的静压头数值的不同, 2013 机型可选用尺寸为 0.14~0.22mm (AFS 110-75) 的。

批注 [AAA1]:

图 1.03 所示为 DISA 造型机上随金属静压头和砂粒平均尺寸的变化, 金属渗透的倾向。可以看出, 随着金属静压头和砂粒尺寸的增大, 金属渗透的趋势增大。

为保证砂粒的紧实, 砂粒尺寸最好分布在 3~4 个网格系列中。

1.2.3.2 型砂强度

型砂强度取决于以下因素:

- 合适的活性膨润土含量
- 膨润土的质量
- 适当的水分
- 失效颗粒的含量 (颗粒尺寸小于 0.020mm (0.0008"))
- 混制效果
- 型砂温度

1.2.3.3 活性膨润土含量

型砂中活性膨润土含量和膨润土的类型正确选择同样重要。以下部分将叙述型砂中选用高活性膨润土的原因。积极的影响有:

- 获得高湿压强度, 使砂型的搬运更加容易, 保证砂型在造型

线上不会损坏

- 保证高湿拉强度，避免脱模过程中砂型开裂及泥芯头强度降低
- 获得高热湿拉强度，避免砂型水分凝结区起皮及型砂膨胀缺陷
- 保证良好的型砂塑性，避免砂型“反弹”及射压过程中砂粒有喷口流出并落入型腔
- 强化型腔，避免铸件产生缩孔或其它孔隙、膨胀、冲砂及夹砂缺陷

对于 2013 机型，由吸蓝量试验方法测得的活性膨润土含量值推荐数值为：>7%。

膨润土质量

高质量膨润土，是自动造型系统中极其重要的必要条件之一。通常高质量膨润土必须具有以下质量：

- 与适量的砂、水混制后，应具有良好的粘接性能
- 能抗适度的热作用，即能保持粘接强度和塑性
- 型砂应具有合适的成型性能，以便在造型过程中能以适当的方式对型砂进行搬运、储存及处理。
- 能补偿石英砂粒的热膨胀，以避免铸件胀砂缺陷
- 型砂应具有合适的稳定性和塑性，以便型板的提升能顺利完成
- 型砂应尽可能具有抗热冲击的作用，以更经济地回用型砂
- 在干热条件下，型砂应保持足够的粘接性能，以获得无铸造缺陷的铸件、保证浇注后铸型的顺利搬运及型砂的经济回用
- 浇注后型砂应易于坍塌以方便清理，并易于回用
- 在价格、运输、储存等方面经济合理

膨润土的性能

DISA 造型线用膨润土应具备如下性能：

- 水混后能有效地形成粘接性能，并达到如下要求：
 - a) 在水分最低的前提条件下，尽可能快地在颗粒周围形成粘土/水胶质层
 - b) 在保证获得所要求的粘接强度的条件下，尽可能减少粘土的用量。如果粘土量增大，水分相应地增加，从而导致透气性降低
- 足够的热稳定性，以保证：
 - a) 浇注过程中形成的死粘土量少，否则会减少型砂的塑性并增加水分含量
 - b) 高温强度高，以避免金属渗透、膨胀、鼠尾等铸造缺陷
- 振动过程中易于坍塌

膨润土的类型

自然界存在两种类型的粘土，各有其特殊的性能：高岭石

(耐火粘土)和蒙脱石粘土(膨润土)。

高岭石粘土由于粘接强度低、加热时耐久性差、塑性低,因此不适于用作高压造型型砂,仅用于半自然型砂并且需用蒙脱石加强粘接性。蒙脱石粘土中蒙脱石含量最少应达到 70%,DISA 公司建议采用蒙脱石粘土用于自动高压造型。

自然界中存在两种膨润土,即钠基膨润土、钙基膨润土,前者主要含 Na 离子,后者主要含 Ca 离子。表 2 所示为两种膨润土主要性能对比情况。

两种膨润土主要性能相差悬殊,如不考虑实际生产情况,选用时两者不可能同时采用。没有人会在生产钢铸件时选用钙基膨润土,因为此时型砂的热负荷很大;也不会在生产薄壁铸件时选用钠基膨润土,同样道理钠基膨润土不会用于生产铸铝件,而生产厚壁灰铁铸件时会大量加入这种膨润土。

实际生产中,通常会按一定的比例混合使用两种膨润土,以获得适当的砂型稳定性、紧实率、湿态及干态强度,同时获得良好的坍塌性能。

图 1.04 Na-、Ca-基膨润土性能比较

性能	Ca 基膨润土	Na 基膨润土
湿压强度	高	低
混制特性	好	较差
干压强度	低	高
热压强度	低	高
抗烧损性	低	高
高温稳定性	差	好
流动性	好	较好
抗胀砂缺陷能力	低	高
振动时的坍塌性能	高	低

一些膨润土制造商使用苏打(Na_2CO_3)活化处理Ca-膨润土,以增加其中的Na离子并获得Na基膨润土的优异性能,如热持久性好、干强度高、膨胀小等。同时也保留Ca基础膨润土的一些优异性能,如湿压强度高、震动落砂时溃散性好、混砂性能好等。

Ca 基膨润土可在水溶状态和干态用苏打进行活化处理。但前者效果更好。

膨润土主要性能参数

蒙脱石含量: 不小于 70%

膨胀指数: Ca- 6-10ml

Na- 18-20ml

活化 Ca- 10-20ml
水分: 不大于 12%
PH 值: 不小于 8.5

1.2.3.4 水分

粘土价格低廉，加水混制后具有粘塑性。湿型铸造工厂使用粘土/水混料将粒状硬质材料如砂粒粘接起来，制成可以搬运、贮存、成型、浇注后能抵抗金属热作用的造型材料。

但为了达到以下效果，水分必须尽量限制：

- 保证高的粘接性能

水分过高，型砂所有强度性能将严重下降。湿拉强度太低，砂型起模性能差，容易开裂。湿压强度低意味砂型抓持困难、型腔不稳定。热湿拉强度低，则水分饱和区不紧实，易于产生胀砂缺陷。

- 获得最好的型砂流动性

这样型砂自砂斗流入造型室后，完全能充满所有空间和模样上所有空隙处，以便在压实前获得最大的砂型密度，减少压实力到最小值。同时可以获得均匀一致的砂型。

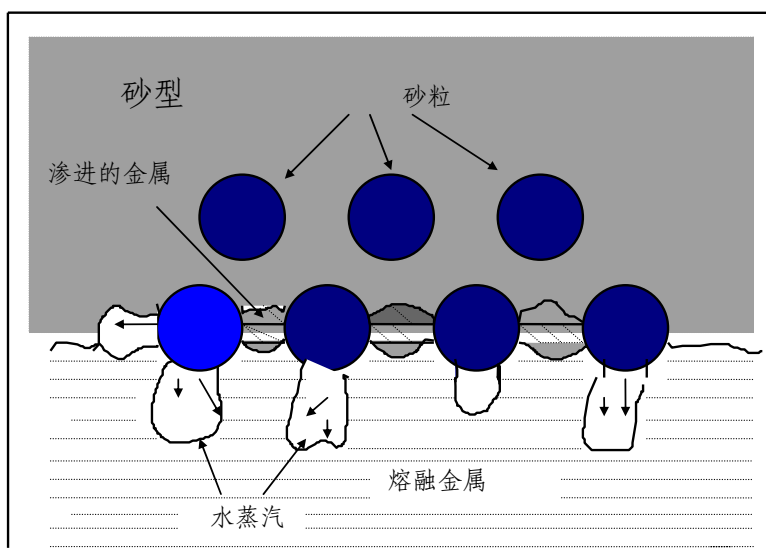


图2 水分过高导致铁/液界面产生爆炸水蒸汽并促使金属液渗入砂粒空隙

- 获得必须的可塑性

型砂的可塑性随着型砂中活性粘土过量水份的增加而降低。

高的塑性意味着模型强度更高，因此可以防止一些缺陷，例 收缩空孔尺寸偏差，高的塑性对抵消硅沙粒的热胀及其引起的缺陷却是必要

的。水及粘土混合物的塑性越高，它就越能吸收内部模型的后移，总之，水份含量高但并不过量将导致型砂更易帖附于转送板及砂坑的四壁，并使型砂在砂坑中强化及聚集。

- 避免砂型太紧

型砂的紧实率随着水份含量增加而增加。型砂太湿将导致型砂太硬，型砂越硬将导致砂越困难。

- 尽量减少浇注产生的水

湿砂中发出的水汽总体积是和型砂中水份含量成正比的。

很多铸造缺陷却是因水汽含量太高引起的，例如气孔及浇不足。另外一种缺陷也应归于太高的水气，也既金属穿透（型砂表面），水汽产生速度太快将把熔化的金属液压入砂粒间，（如图 1.05 所示）。太高的水份也意味着水份易从砂型中的热铸件转移出来，并在模型中冷的部分处冷凝，这将导致模型大面积 1 开裂，过量水汽在模型的底面冷凝。

1.2.3.5 失效颗粒含量

失效微粒包括所有尺寸小于 **0.02mm** 的颗粒，在它们与水相混时，它们不增加型砂的强度及塑性。相反，它们只能降低。

失效微粒通常包括：

- 失去结晶水的膨润土

- 直径小于 **0.02mm** 的煤粉

- 失去结晶水的煤粉（焦碳灰）

- 原砂中的灰分

- 碎或热裂的二氧化碳颗粒

图 1.06 所示型砂中颗粒含量越多，那么水份含量变化对紧实度的影响就越小。

失效颗粒含量太高需要消耗更多的水份并且使型砂变脆，还会降低透气性。过量的不活泼颗粒含量，还会使贴结性能迅速下降。

增加水份将导致水汽穿透，这将降低铸件表面粗糙度，这还需要更长时间的气吹（干）。

总之，失效颗粒含量必须低，有一个简单的检测不活泼元素的方法，它就是比较湿压强度及干拉强度，当失效颗粒过量时（当然水份含量也相应增高），湿压强度却要降低。

然而任何型砂却必须要含有失效颗粒去填充紧实了的砂粒之间的空隙，以次来减少金属穿透及提高铸件表面质量。

一定数量的失效颗粒也能使多吸收的过量水份被中和，否则型砂将会变的泥泞（太稀）。

因此，理想的（失效）颗粒含量也是铸造生产中的一个严格法则，就

象许多其他法则一样。

失效颗粒的含量大致在 2.5~4%。

失效颗粒加上活泼的硼润土就是（美国粘土）的总颗粒组成。

1.2.3.5 混砂效果

型砂混制效果直接影响型砂的性能, 否则即使个组成成分比例正确, 也的不到高质量的型砂。粘土及水的混合物必须具有一定的粘性, 并且必须均匀分布在砂粒表面才能保证紧实后的强度。

混砂效果参数可以用以判断型砂混制的好坏, 以及在相同组成下可以达到的效果。混砂效果可以采用下列算式进行计算:

$$\text{混砂效果} = \frac{\text{直接混到型砂的热湿拉强度}}{\text{直接混制后再附加混制 5 分钟以后测得的热湿拉强度}} \quad \text{式 (1)}$$

*** (计算过程中可以不考虑附加混制过程中的水份)

还可以使用下式进行计算:

$$\text{混砂效果} = \frac{\text{直接混制的型砂的紧实率}}{\text{直接混制后再附加混制 5 分钟以后测得的紧实率}} \quad \text{式 (2)}$$

必须保证混砂前后水份的恒定, 计算时应加入水份损失系数。

上述计算的前提条件是整个实验过程中型砂的紧实率必须保持在 35~55% 范围内。

计算结果为 0.65~0.70, 表示混制粗糙

计算结果为 0.90~0.95, 表示混制精细

混制效果可表明附加物的利用程度及混制时间是否最佳。

1.2.3.6 型砂温度

型砂温度不超过 40℃, 温度太高将导致:

型砂性能改变, 尤其是强度及透气度

粘稠度增加

外表面太干

减少抵抗型砂侵蚀的能力

塑性底, 因此需要添加粘土

减少可混性

1.2.3.7 抗拉设施及冲击强度

拉强度及冲击强度不是所有的拉力实验机都能直接测出湿拉强度，Boenish 博士的实验使通过测试抗剥落强度（ δs ），来推得湿拉强度，他们用标准砂做成的样品放在测力仪的**爪上，方向与测抗压强度时放置的方向垂直。用下面公式，当得知 δs 时， δt 就能很容易计算出来。

$$\delta t = 0.65 \delta s \quad (3)$$

图.1.08 Boenisch 博士的实验方法，试样的放置、及 δs 与 δt 的关系图

图.1.09 胀砂缺陷示意（上图）、湿拉强度图解（下图）

图.1.08 显示试样在实验机的位置（A 图）及 δs 与 δt 的相互关系（B 图）

1.2.3.8 热湿拉强度

热湿拉强度可以用来判断型砂抵抗鼠尾及其它膨胀缺陷的能力。浇注后膨胀缺陷发生在铁/砂表面。铸件表面的型砂层的水分在浇注过程中向型壁转移，在干砂层和正常水分砂层之间形成水分过饱和区（图 1.09A）；干砂层（0.25~0.3mm）在热膨胀的作用下，和水分饱和区分离（图 1.09B）；熔融铁水进入产生的空隙，从而形成鼠尾缺陷（图 1.09C）。

型砂中活性粘土尤其是 Na 基膨润土越多，砂的热湿强度越大，干砂层的塑性越强，干砂层的塑性能抵消硅砂粒的膨胀，因此热湿拉强度可用于判定型砂中活性粘土在总体颗粒中的含量。

热湿拉强度也可用于判定膨润土的质量。

1.2.3.9 湿压强度

像许多其它强度一样，湿压强度随着活性粘土的增加而增加得特别快，但是浇注后由于失去部分结晶水，活性粘土要失去活性变成死粘土，这主要归结于粘土的塑性。烧失水份太厉害的粘土看起来是很干及很脆的，并且强度也要降低，通常在这种情况下我们加一点水，看起来型砂强度会增加，但实际上强度和塑性是降低的。单独的湿压强度是不能反映型砂的性能，因此保持湿压强度的不变也反映不了什么。然而当把湿压强度和干拉强度一比较就可显示当湿压强度不变时，干拉强度却大大降低，因此若有太多死粘土（当然相应水份含量也较高）在砂型中，将会得到在湿态下的关系图不合理。由于死粘土

及活粘土却被计算在总微颗粒含量中，因此微颗粒总量不能保证型砂的活粘土数。

1.2.3.10 型砂透气率

型砂最底平均粒度主要和型砂的流动性及透气率变化有关，型砂透气性要考虑到模型中的水份总量、型砂紧密度及铁液过热有关，透气性不仅仅取决于平均粒度，还跟总微粒数及其分布有关。通常透气性超过 50 对模型的排气性就足够了。

1.2.3.11 型砂紧实率

紧实度实验能测量自动造型机上的一个决定性性能，它取决于松砂被压缩的高度。由于紧实度实验取决于容积的严格变化，而不取决于砂的重力，型砂水份越少，在相同的挤压力下，型砂减少的高度越小，紧实比例越低。水气的影响比挤压力更重要，关于这点有说明。

紧实度能准确的显示出水份含量，而与砂的组成无关。

它很大程度上反映了型砂的造型能力。

紧实度实验能够测定给定的造型上的微量变化对紧实度的影响，不仅如此，它还为测紧实度代替测水份含量提供了一个好的参考。水的含量必须考虑并且也能测出，就像流砂度一样。

由于任何人都可以做此实验，而不象以往一样只有少数人能做。

紧实率测试实验消除了老式的“手捏砂团测试”的主观性，同时以前的这种测试只有少数人才能掌握，而想在谁都可以作测试。

紧实率的测定使通过实验精确地、可重复地、客观地决定型砂水份成为可能，并由此可决定湿砂的条件，而没有干砂或湿砂的限制。

紧实率测试使得有可能实现使用一个简单的程序，决定各种型砂性能的基准参考水份。这一点在评估不同锻造厂型砂性能时极为重要，特别是用于测试粘结剂效果时。

紧实率测试使****时重复生产一定水份的型砂成为可能，而不必依附于用水量的控制。一定的湿砂条件指一定的水份和一定的紧实率。

有关型砂紧实度的一些规则

不同的砂有不同的含水度，在不同的含水度下又有不同的湿状态。砂中微颗粒含量越低，水份敏感性越大，见图.1.06。

然而，最具决定意义的是：在相同水气（并非水份）含量下，各种不同的砂都有相同的紧实度。

可压缩性（压实率）

迪砂线每造一个模型其实却是做了压实率测试,当我们取出制好的模型时就可以推断出造型机所反映出的关于砂质量的信息。

用一个数字作依据,就是模型在开始状态与挤制后厚度的减少。

压实率可通过以下公式计算:

$$\text{压实率}(\%) = \frac{\text{造型室深度}(C) - \text{模型厚度}(T)}{\text{型腔实用深度}(C)}$$

其中造型室深度是指压实前两块模板之间的实际距离,模型厚度由操作者定期测量。

压实率参数决定了 **DISAMATIC** 造型机的压实能力是否能最好的加以利用,换句话说,即型砂的稳定性能只适应机器的特性。

如果型砂水份适中,压实率可达: **18~25%**,这取决于模具及机器设置,如射压力、射压时间、压实力、压实时间、松砂性能等。

图. 1.11 型砂强度随水份含量及增湿润匀点改变的变化图

水份射压实率参数的影响远比射压或压实力的影响要重要的多。但要判断压实率特性,必须参照实际的机器设置。

压实率参数可成功地用作型砂质量的一种快速检测方法。对于一定的型板,造型室深度通常取一定数值,并和其他的生产工艺参数及机器设置参数一起,明确地在铸件生产表中加以记录[如过程章节中图 1.13 所示]。操作者可通过铸型厚度很方便地判定型砂压实率参数方面的细微变化。型砂增湿调匀点上的任何偏差,都会导致砂型厚度上的变化,并随之导致压实率参数的变化。水份越高于增湿调匀点,砂型就越薄。造型机操作者应及时将信息反馈给混砂机操作者,以便及时调整下一批砂的水份。

上述方法具有生产实用性价值,但是绝对不能替代型砂性能的常规检查。

紧实率和压实率反映了型砂的稳定性。对于一定成分的型砂,只有一个最佳的水份点,才能保证最佳型砂强度和流动性,这个水份点既称为增湿调匀点。

增湿调匀点定义

对于不同成分的型砂,获得最大湿压强度或 $40\% \pm 2\%$ 紧实率时的水份,加上 $10 \sim 20\%$ 偏移量,即为其调湿增匀点。

10%~20% 的偏移量的加入,主要是因为型砂中常含有一些失效微粒。如果型砂仅含有有效粘土(不含失效微粒),则其增湿调匀点正好位于湿态强度曲线的峰值(用 1.11)。

型砂水份的检查极其重要,其偏差不允许超过 **$\pm 0.25\%$** 。因此旧砂温度不能超过 40°C 。为了保证水分的最小波动,混砂机中水分的加

入必须能自动进行。

冷却器中旧砂必须保持一定的水分，如果砂温太高或变化太大，就不可能做到这一点。

1.2.3.12 AFS 粘土含量（总体颗粒含量）

颗粒是指尺寸小于 0.02mm（0.0008”）的微粒。

下列加入物将增加型砂总体微粒含量：

- | | | |
|--------------|------|------|
| — 有效膨润土 | 有效微粒 | |
| — 死膨润土 | } | |
| — 煤粉 | } | 失效微粒 |
| — 死煤粉（焦化，灰尘） | } | |
| — 原砂中的灰分 | } | |

有效微粒和失效微粒都增加水分要求，这就是微粒量增加后，在紧实率为 40%±2%的条件下，增湿调匀点增大的原因。

图案 1.12 显示有效膨润土越多，在一定的失效微粒含量的条件下，湿压强度越高，增湿调匀点越大。

图 1.13 显示总体微粒含量越多（有效膨润土含量一定），失效微粒的含量越高，在湿压强度减少时，对水分需求也更高。

DISA 建议 AFS 粘土含量（总体微粒含量）必须控制在有效粘土含量的 3~4.5% 范围内。

1.2.3.13 烧灼减量

烧灼减量表示了型砂中可燃物质的含量。

在这项实验中，在烧损过程中必须注意以下材料：

- 碳化物
- 烧结碳化物（如焦化）
- 剩余 芯粘结剂
- 来自有效膨润土中的结晶水分

根据生产方案的不同，烧灼减量应控制在 3.5~7.5% 之间。

1.2.3.14 挥发性物质

挥发性物质含量表明型砂在干化、热作用过程中所能产生的气体总量。通常挥发性物质的有下列物质组成：

- 碳化物中的挥发物质
- 砂芯粘结剂的挥发物质

— 有效膨润土中的结晶水
型砂中挥发性物质通常有 40% 的烧损率。

1.3 型砂的回用

如果用新材料混制一批新砂并浇注后，其中的材料会直接或间接地处于热作用状态下，并导致：

- (1) 石英砂粒的热损坏。
- (2) 膨润土的烧蚀。
- (3) 碳化物的烧蚀。
- (4) 水分蒸发
- (5) 型砂混合料的加热。
- (6) 焦化物的形成。

上述现象使这批新砂的成分有所改变，因此必须在下述方面的补偿或调态：

- 损坏的材料
- 失效微粒的过量
- 水分损失
- 砂温升高
- 砂聚团

必须提供以使回用砂处于可用状态。

回用过程中通过在回用砂里加入新材料来补偿石英砂粒的损坏，同时必须加入膨润土和碳化物以清除砂中的过量微粒。

图 1.16 所示为加入新材料清除部分死膨润土的过程示意图。

取决于砂铁比、铸件形状、型砂质量等。回用过程中附加物使用量为：

- | | |
|-------|----------|
| — 膨润土 | 0.1—1.0% |
| — 煤粉 | 0.1—0.5% |
| — 新砂 | 0.5—5.0% |

任何促使芯砂溃散的材料，均可考虑用作新砂的附加物。

图 1.17 有助于我们决定在湿压强度为 $2000\text{p}/\text{cm}^2$ 时型砂回用的新材料加入量。如计算图所示，所需的砂及膨润土加入量可由无机微粒含量及砂铁比这两个参数中计算出。新煤粉的加入量一般为新膨润土加入量的 60%（未考虑加入煤分替代物的情况）。必须说明该计算图仅适用于灰铁合金。

2 型砂控制路线

操作机械高压造型线，必须建立一型砂检验路线。定期的型砂性能实验主要用于：

- 当前型砂质量控制
- 铸造缺陷分析

型砂控制由以下两步组成：

(1) 控制水分、新砂、膨润土和碳化物在砂混制过程中在旧砂中的加入量，以获得一定的预先设定的性能。

(2) 控制型砂组成、强度和压实性能。

第一步可通过混砂机来完成，不管是人工控制的混砂机，还是水分自动控制的混砂单元。

第二步发生在按一定的测试步骤进行的型砂实验情况下。

2.1 混砂机中的型砂性能控制

这部分型砂过程控制包括定期检查，以决定：

- a) 旧砂中亲砂材料的加入批量。
- b) 进入混砂机和混砂过程前旧砂的松散程度。
- c) 混制后对于一定组成的型砂，要达到预定性能，在混砂过程中应加入的水量。

批料的定量控制方法取决于新材料的运输及进入混砂机时的定量方法。

型砂松散程度取决于混砂机的型号，及混砂设备，特别是混砂机的稳定性。

加水量必须通过对型砂稳定性测试来控制。DISA 公司推荐紧实率作为最独立的方法，也可用松紧密度这个参数。混砂机操作员必须每隔 3~5 批检查紧实率和新混制好的砂的水分含量，如果型砂稳定性是由人工检查的话。

可采用几种自动水分控制装置。但建议采用基于型砂稳定性测定（紧实率或松紧密度）值作为输入数据的装置。

2.2 实验室型砂测试

型砂稳定性的快速控制是很重要的，但实验室的型砂组成、压实及加强性能的测试是不可取代的。

DISA 建议在型砂流入 DISA 砂斗前每小时取 5kg 左右的砂样，放入一个密闭容器进行测试，以决定：

- 压缩强度
- 剥落强度或抗拉强度
- 紧实率
- 透气性
- 含水量

结合上述测试每小时可作热湿拉强度以作补充。

一天一次的测试有：

- 有效膨润土含量
- 烧损率
- 微粒总量

这是必须要做的。

以上测试方案必须再补充一周一次的筛分分析。图 1.18 所示的表格说明了测试方案、测试频率和使用的测试设备。

使用的测试设备清单也可理解为实验室测试 DISAMATIC 型砂仪器的最基本要求。

测试结果将收集在如图 1.19 所示的“砂控日报表”上。

3 造型材料测试

本章节将详细介绍所有常用的测试实验过程，目的是让读者对造型材料测试及其重点有所了解。

3.1 测试设备

造型材料测试一览表

测定仪器	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	PLK 实验室混砂机	PWB 搅拌机	PSA 筛分仪	PRK 磁搅拌器	PMK 膨润土成份测	PNZ 热湿拉强度测	PRA 紧实率测定仪	PED 清洗器	PFG 透气性测定仪	PFP 湿型多功能强	PKS 剪切力测定仪	PWG 水份分析仪	PEW 称重仪结炉	PAO 泥芯烧干箱	PUT 加压烘箱

性能		测定仪	测定仪	度测定仪
原砂	1 粒 度	—		—
	2 筛 分 分 析	—		—
	3 比 表 面 积	—		—
	4 非石英质含量			
	5 水 分			
膨润土	6 水 分			
	7			
	8 结 晶 水			
	9 吸 蓝 量			
	10 湿 拉 强 度			
	7 膨润土含量			
	8 筛分分析			
	9 粒度			
	10 筛分分析			
	11 烧灼减量			
	12 碳酸盐含量			
13	挥发性物质含量			
	14 碳质含量			
	15 膨润土含量			
	16 砂样密度			
	17 比重			
	18 塑性			
	19 透气性			
	20 紧实率			
	21 湿压强度			
	22 剪切强度			
	23 拉伸强度			
	24 干压强度			
	25 湿拉强度			
	26 准备砂样	*		

3.2 型砂测试

3.2.1 取 样

取砂样的位置应尽可能地接近实际型砂所处过程的位置。也就是说例行的实验室检测砂样必须在砂造型机前取出；旧砂回用前残留水分测试必须在加入混砂机之前进行。样品被放置在密闭容器中以防止水分蒸发。通常保存一些余砂在浇注开始前制样，在铸件缺陷分析时重新检查那些看上去有问题的型砂实验结果，是非常有用的。砂样容器必须仔细标上日期、时间、取样位置。

春样器

春样器，无论是液压或是机械式结构，不仅用于制造强度和透气性的试样，也用于紧实率测量。订购春样器时，应确保用于紧实率测量的附加标尺已包括在内。标尺可以自制，但要注意春样试管在两种高度都可使用，100mm 和 200mm，标尺必须满足两者之一的要求。

为了获得均匀稳定的测试结果，春样器必须安置在适当的地基上。

3.2.2 强度性能

在执行任何强度测试前，必须确保测试设备已校准。通常，从测试设备制造商处可获得一套特殊的校准仪以供选择。

现有的强度测定装置可用于测定湿压和干压，剪切强度和剥落强度。直接测定抗拉强度需要特殊的装置，这并不常用。然而，费歇尔博士的复杂的实验工作已经表明有一种通过使用标准的强度测试仪来进行如图 1.08 所示剥落实验（ δ_s ）的优秀的间接测试湿拉强度的方法。湿拉强度（ δ_t ）可根据以下计算公式容易地计算出来：

$$\delta_t = 0.65 \times \delta_s.$$

热湿拉强度

测试热湿拉强度是辅助检查项目之一。它有助于确定（相对较快地）粘土含量在总微粒含量（AFS粘土含量）中起多大作用。热湿强度测试也可表征膨润土的含量。质量好的钠基膨润土和经苏打溶液活

化处理过的钙基膨润土的强度值在 $30\text{g}/\text{cm}^2$ 。苏打溶液活化处理过的钙基膨润土的强度值在 $20\sim 25\text{g}/\text{cm}^2$ ，而纯钙基膨润土强度在 $15\text{g}/\text{cm}^2$ 左右。

3.2.3 紧实率

型砂紧实率可由紧实率实验精确测出。在相同条件下（过筛或不过筛），将砂松散地装入测试试样管，刮到一精确的高度，然后用 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ (140psi) 的压力压实。另一种压实方法是即所谓的“三锤方法”。图 1.20 显示在过筛及不过筛条件下水分含量不同时测出的砂紧实率。未过筛的砂紧实率和未松砂处理直接流进造型室的DISA砂极其相近。

过筛砂比未过筛砂的最终压实高度要低些。单独测试型砂中的水分，建议采用 3mm 网格的筛子；要测试和造型机直接相关的参数，采用未过筛砂（和进入造型室的型砂状态相同）。（见图案 1.21 所示的标准的过筛设备）。

松散密度

松散密度是指一升标准筛分砂的重量。松散密度可用做紧实率参数以外的增湿调匀点的控制手段。对于一定的型砂紧实率和松散密度成直线关系。（见图案 1.22）

图 1.23 所示为测量松散密度的原理。

3.2.4 水分

必须特别注意将水分测试的砂样放置于密闭容器内。砂粒大的比表面积和高砂温会使水分在测试完成前就大量蒸发。

要在混砂机里进行快速水分实验，建议采用“快速测定仪”。该仪器运用化学测定原理，水分测定精度在 $\pm 0.1\%$ 也完全可以接受。然而，对常规实验室水分测试来说要求精确度达到 0.01% 。

3.2.5 有效粘土含量测定

有效粘土含量测定原理是基于吸蓝量测定。吸蓝能力取决于粘土类型。据此可制定各种类型粘土的校准曲线。

亚甲基蓝溶液的配制

标准测试溶液浓度是 0.4% 。也即每 4 克亚甲基蓝晶体必须溶入 996 毫升蒸馏水。首先用电磁搅拌器将水和亚甲基蓝晶体搅拌半小时，然后向溶液里加入剩下的 500 毫升水。

2%的 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 溶液配制

将 20 克白色四钠焦磷酸盐晶体溶于 480 毫升蒸馏水，用电磁搅拌机搅拌，然后再加入剩余的 500 毫升水。

0.5N H_2SO_4 溶液配置

在 486.2 毫升蒸馏水（先加水后加酸，反之不行）中溶入 13.8 毫升浓硫酸（浓度在 96~98%）并用余下的 500 毫升水至 1000 毫升。

校准曲线的制定

必须知道膨润土中亚甲基蓝的吸蓝能力。确定发生在砂/粘土混合物（粘土量为 10%）中的校准曲线。

(1) 在 4.5 克新砂中加入经检验过的 0.5 克粘土（用 110℃ 干燥）。为称出材料重量，要用锥型烧杯。称量精度要控制在 ± 0.05 克。

(2) 加入 50 毫升蒸馏水和 5 毫升 2% 的四钠焦磷酸（ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ）溶液作为悬浮剂。混合物煮沸至少 5 分钟。

(3) 将混合剂冷却到室温，再加入 2 毫升 0.5N 的 H_2SO_4 。

(4) 加入 5 毫升亚甲基蓝溶液，搅拌 1 分钟。然后用玻璃棒沾一滴溶液滴于滤纸上。如果滤纸上出现一深蓝点，表明滤纸能吸蓝，实验也可进行。如果，不出现深蓝色点，而是蓝绿色斑点，表明粘土不吸蓝，实验也必须放弃。

(5) 经查明是 5 毫升亚甲基蓝溶液的附加物导致在滤纸上出现深蓝色圆点后，加入更多的亚甲基蓝溶液，但一次仅限 2 毫升。

在每一定量亚甲基蓝附加物上，混合 1 分钟。用这种方法继续加入直到在深蓝色圆点周围出现蓝绿色晕圈。当晕圈第一次出现时，在不多加亚甲基蓝的情况下再搅拌 2 分钟，检查蓝绿色晕圈是否消失。如果蓝绿色晕圈消失，再加入 1 毫升亚甲基蓝，搅拌两分钟。放一滴在滤纸上。继续这一操作直到深蓝色圆点周围的蓝绿色晕圈再次出现。最后状态到达后，这个问题中粘土试样的校准曲线就能画出来了。该问题中粘土校准曲线见图 1.24。

型砂中有效粘土含量测试

a 称出未定粘土含量的砂样 $5\text{g} \pm 0.05\text{g}$ （干砂）

b 加入 50ml 蒸馏水和 5ml 2% 的四钠焦磷酸（ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ）溶液，作为悬浮剂。煮沸 5 分钟。

c 冷却至室温，加入 2ml 0.5N 的硫酸和大约 25ml 亚甲基蓝溶液，搅拌 2 分钟；然后滴一滴到滤纸上查明是否深蓝色圆点周围出现蓝绿色晕圈，如前面提到的。

d 如果蓝绿色晕圈不出现，就每次再加入 5ml 亚甲基蓝溶液，板

搅拌 1 分钟，验看滤纸，直到晕圈出现。

e 测试步骤被重复，加入的亚甲基蓝溶液量要比第一次测试的转变点时低 10ml。搅拌 2 分钟，再加入 2ml 亚甲基蓝溶液，搅拌 1 分钟。重复这一过程直至转变点。

f 将加入的亚甲基蓝溶液量作为纵坐标，通过纵坐标上某点（表示所用的亚甲基蓝溶液）划一条水平线与从前所作曲线相交；过交点作一条垂线与横坐标相交，交点即代表样品中活性粘土的含量。

测试精度： $\pm 5\%$

对结果的影响：

加入下列材料结果没有变化：

煤粉、石墨、额外水分。

3.2.6 AFS 粘土含量（总体微粒总量）

微粒直径小于 20 微米（0.02 毫米或 0.0008"）

测试步骤

a 称取大约 70 克样品砂。

b 砂样在不低于 105℃ 的温度下烘干一小时，但不高于 110℃；将砂散步开，以便于水分蒸发。

c 称取 50 克干砂，加入 50 毫升 20℃ 左右的自来水，加入 50cm³ 浓度为 2% 的四钠焦磷酸盐（Na₄P₂O₇）。用作取代 NaOH 的悬浮剂，因为 NaOH 易导致凝胶，阻止砂粒合理分布。四钠焦磷酸制取方法：将 20 克 Na₄P₂O₇ 溶于蒸馏水中，稀释至 1000cm³。

d 把砂样放入水溶液搅拌 5 分钟，以便从砂粒中分离出粘土及其它

材料。用蒸馏水冲洗，把粘砂倒入烧杯至 150mm 处（见图 1.25A）通常用在 150mm 处有标记的容器。

e 搅拌砂水混合物然后静置 10 分钟。

f 用虹吸管（图 1.25A）吸取砂水悬浮物降低液面至离容器底部 25mm（1"）处。

g 再向容器加水至刻度 150mm 处，再搅拌然后静置 10 分钟。然后吸水降低液面至 25mm 处。

h 一次次重复这个步骤，允许静置时间为 5 分钟，直到刻度 125mm（5"）以上部分的水清澈为止。

i 从余砂中蒸发水分并称量洗过，烘干样品。

j 通过洗前洗后的重量损失可计算出总微粒含量。

如能用两种相近的方法来进行测试是较称心的。

若用淘洗工具进行连续淘洗，测试原理是一样的，但很明显手工操作容易疏忽（如图 1.25C）。砂样也如用虹吸管方法一样摇动 15

分钟，用水洗。然后象前面那样烘干砂样。

假定微粒总量就只有有效粘土和失效细砂粒（包括死粘土），死粘土量可通过从总微粒量减去有效粘土量（吸蓝测试）算出。

从总微粒量测试中获得的干的水洗砂可直接用于过滤分析。

2.7 烧灼减量及挥发性物质测试步骤

烧损实验是用来测有机物含量的。型砂中的下列物质能被烧损：

- 活性碳化物
- 失效碳化物
- 芯砂粘结剂剩余物
- 活性粘土结合水（通常在 1~2%）

一个主要的测试条件是使畅通的空气接触到热样品以使其充分燃烧。

测试步骤

- a 称砂样最少 50 克进行测试，在 105~110℃ 间干燥 2 小时
- b 称量、干燥及清洗一个硅坩锅并记下重量 (W_1)
- c 称 20 克这种砂放入硅坩锅 (W_2)
- d 把装有砂样的坩锅放入马福炉，避免电冲击加热以免喷砂
- e 将砂样在 925℃ 温度下加热 2 小时，通过适当的小门或通气孔供风进入马福炉
- f 将砂样从马福炉中取出，冷却至室温
- g 称量坩锅和砂的总重 (W_3)，样品在冷却前不能称重，以防止干燥器中水汽的吸收和积累
- h 按照如下方式计算结果：

坩锅重	W_1
砂样重	20g
总 重	$W_2 = W_1 + 20g$
烧损后砂样重	W_3

$$\text{损失重量} \quad W = W_2 - W_3$$

按比例将 $W \times 5$ 。用这种方法烧损率 (L.O.I) 为：

$$L.O.I = W \times 5$$

这种方法精度为 $\pm 0.1\%$

为使精度更高,可分别进行两次实验求出平均值。

挥发性物质

在型砂系统中挥发性物质数量对铸件质量有明显影响。挥发性物质的比例也表明了型砂中非焦碳有机物的总量。实验要仔细关注细节。最困难的可能是精确地称重。砂样有烘干后再吸水的趋势。因此当坩锅尚温时称重十分必要。将砂样与空气隔离很重要,我们对于燃烧这些材料不感兴趣,只要能去除挥发性物质。

惰性气体可通过两种途径获得:把坩锅盖紧或通过特殊的炉子在加热室中产生 N_2 气。

实验步骤

- (1) 为烧损实验烘干砂。
- (2) 称量一干净、干燥的镍舟 (V_1)。
- (3) 称取 5 克砂样 (V_2) 放入镍舟。
- (4) 在样砂表面覆盖一层鲜艳、干燥的新砂。
- (5) 滴几滴苯以产生惰性气体。(也可用 N_2 代替)
- (6) 把镍舟推到热区,温度应在 925°C , 放置 7 分钟。
- (7) 把镍舟放到冷区,冷 10 分钟。然后从炉中取出冷却至室温
- (8) 重称样砂及镍舟的总重量 (V_3) 并如下计算出结果:

镍舟重	V_1
样砂重	5g
总 重	$V_2 = V_1 + 5\text{g}$
加热后重	V_3

$$\text{重量损失} \quad V' = V_2 - V_3$$

转化出一比例, $V' \times 20$

这样一来,挥发量为:

$$V = V' \times 20$$

实验精度为 $\pm 0.1\%$

根据在不同国家的标准实验步骤,加热温度,和进行烧损实验及挥发实验的时间有轻微不同。但调查显示,用不同方法得出的最后结果没有明显差别。

说明

如果用有密封的陶瓷坩锅,可提供一种简便但精度稍差的测试方法,以下 4、5、6、7 条可用于替换:

(4a) 把装有样品砂的密封坩锅放入炉中。

(5a) 在 925°C 高温下加热 7 分钟。

(6a) 将坩锅尽快转换进干燥器，冷却至室温。

(7a) 重新称量未加盖的试样，如前计算出结果。

挥发性实验及烧损实验的实际计算使用以下知识：

- 活性粘土含量 (MB)
- 烧损量 (LOI)
- 挥发性物质 (V)
- 活性碳化物中挥发性物质的含量 (V')
- 型砂没有添加芯

如下计算：

型砂中活性碳化物含量 (CA)：

$$CA = \frac{100}{V'} (V - 1.5\%)$$

型砂中挥发性焦化物含量 (CS)：

$$CS = LOI - CA - 1.5\%$$

2.8 筛分分析

筛分分析目的是确定砂粒平均尺寸和分布。

实验必须用洗过的干砂。用 AFS 粘土测试会更有效 (微粒总量)。

测试用的是标准滤网尺寸。图 1.26 显示的是一些通用系列。振动仪也是标准系列的。

见图 1.30，把美国标准粘土砂 AFS 转化为同级的欧洲标准。

测试步骤

- (1) 用选好了尺寸大小的滤网做一个滤筒。
- (2) 把洗过、干燥和称重过的砂样倒入滤筒最顶部。
- (3) 盖好滤筒，把它装到振动仪上。
- (4) 筛砂 20 分钟，用秒表计时。
- (5) 从振动仪上取下滤筒。
- (6) 取下顶部滤网的粗砂片并称重 (G_1)，砂粒重量也要称。
- (7) 小心地把砂粒刷到一张大纸上，再称滤网重量 (G_2)。用滤网尺寸在纸上的砂堆出做记号。
- (8) 从 G_1 减去 G_2 计算出粗片砂的重量，即 $G = G_1 - G_2$ 。
- (9) 从第 6、7、和 8 点处重复操作。
- (10) 填写“砂成分表” (图 1.27)。
 - 第 2 列：每一碎片的称重结果
 - 第 3 列：每一部分占总重的百分比
 - 第 4 列：累积的每一部分的百分比

第 6 列：由第 3 列和第 5 列产生的数据。

(11) 用下列公式计算平均颗粒尺寸 (AGS)：

$$\text{AGS} = \frac{100}{\text{第 6 列的总数}}$$

(12) 用第 3 列中取出的数据如图 1.27 (砂成分表) 那样绘制成矩型图

(13) 用第 4 列中的数据绘制曲线

(14) 通过测定分布有 90% 以上砂的滤网来推得图 1.28 所示砂的分布。这种方法目的是去掉砂分布曲线上 5% 最细的和 5% 最粗的砂。这就便于确定有残留砂分布的滤网尺寸。样砂分布在尺寸为 3.5 的滤网上

(15) 现在可通过显微镜来观察留在纸上的砂的以下情况

- 砂粒形状
- 无关的外来颗粒的分布
- 粘在砂上的死粘土含量
- 团聚物的形成

在德国，另一种砂分布的术语通常叫做“均匀性”(Gleichmassigkeit)。为确定均匀性(U)，使用砂粒平均尺寸系数(AGS)。目的是去除在砂分布曲线上相对 1.33_xAGS 来说较粗的砂粒部分和相对 0.67_xAGS 来说较细的砂粒部分。图 1.29 解释了砂粒平均尺寸为 0.21mm 的砂的均匀性，其对应的均匀性为 72。DISA 的砂粒均匀性应在 60~80。

2.9 型砂水分的敏感性 (水分含量不同时砂的敏感性)

型砂的水分敏感性表示在型砂组成没有变化时，型砂所能包容多少水分。它的表示方式是用当水量百分比变化时，紧实率的百分比的变化。

测试步骤

- (1) 从混好的砂中取有代表性的试样。
- (2) 测试其紧实率 (C_1) 和水分含量 (W_1)。
- (3) 加少量水混合一下。
- (4) 测试紧实率 (C_2) 和水分含量 (W_2)。

型砂水分敏感性 (WS) 为：

$$\text{WS} = \frac{C_2 - C_1}{W_2 - W_1}$$

判断根据

若 WS 在 35~55% 之间, 属高敏感性砂

若 WS 在 15~20% 之间, 属低敏感性砂

说明

(1) 测试必须用混制良好的砂, 也即粘土含量最大的。

(2) $(C_2 - C_1)$ 不小于 5% 。

(3) C_1 和 C_2 的变化范围在 35~55% 内。

(4) 测出的水分含量精度最小为 $\pm 0.5\%$ 。

(5) 紧实率测量精度最小为 $\pm 0.5\%$ 。

测水分敏感性的型砂指标为:

- 含水量变化达到多大时, 才会对型砂密度 (紧实率) 产生显著影响
- 加水量能控制到多大精度 (当使用造型机里的自动加水)
- 混砂过程怎样弥补水分蒸发

2.10 混制效率

混砂效率指实际的混制效果和能够达到的最好混制效果之比。测试根据以下两者之一参考执行:

- (1) 紧实率变化
- (2) 湿拉强度

紧实率变化方法

- (1) 用预先混制好并存放 1 小时的冷却砂样做水分含量 (W_1) 和紧实率 (C_1) 实验
- (2) 用调制好的实验用混砂机上再混 5 分钟。在混制过程中水分含量必须保持一定, 蒸发掉的水分必须不断补充
- (3) 重混 (5 分钟) 后, 再做紧实率 (C_2) 和水分含量 (W_2) 测试 (当然砂也必须是冷却的)

混砂效果 (ME) 计算作:

$$ME = \frac{C_1}{C_2}$$

若混砂前后水的含量偏差超过 0.3%, 就有必要用砂的水敏感系数来补充混制效率 “ME” 的结果。转化公式为:

$$C_{2\text{converted}} = C_2 - [(W_1 - W_2) \times WS]$$

混制效率为:

$$ME = \frac{C_1}{C_{2\text{converted}}}$$

说明

混制效率在 0.65~0.70 之间的, 混砂不充分。

混制效率在 0.90~0.95 之间的, 混砂充分。

湿拉强度变化方法

(1) 用预先混制储存冷却 1 小时后的砂样做湿拉强度 (WTS₁)

实验

(2) 在调制好的实验用混砂机上再混合 5 分钟。不必控制水分。

(3) 重混 (5 分钟) 砂后, 测湿拉强度 (WTS₂)。

混制效率计算作:

$$ME = \frac{WTS_1}{WTS_2}$$

判断根据

混砂效率在 0.65~0.70 之间, 混制不充分。

混砂效率在 0.90~0.95 之间, 混制充分。

据上可知, 由于湿拉强度对水分含量不敏感及影响效果有限, 所以此法是非常可靠的。另外, 由于设备易于获得, 紧实率变化方法也很简便。

低混制效率成因:

- 混砂机维修不当
- 混制时间短
- 相对于砂粒尺寸变化, 混砂机功率没有有效改变。

3.3 原材料测试

原材料质量直接影响型砂性能。因此, 根据铸造要求确保是新送来的造型原料是很重要的。

3.3.1 膨润土测试

影响膨润土质量的很多数据参数均可测量出来, 尤其在原材料进口处就要测。测试显示多数粘土的有用参数可测量出:

- 含水量
- 粘土型号 (钠基或钙基膨润土)
- 蒙脱石含量。

- 活度
- 酸碱度 (PH 值)

3.3.3.1 含水量

一个简单而重要的实验是水分含量。测含水量的三个主要原因

- 粘土太湿很难混均匀且不易从混砂设备上清理及转移
- 粘土太湿回影响型砂含水量
- 经济方面原因

测试步骤

在天平上称取 10 克粘土试样 (精度为 ± 0.01 克) 放到密封容器中, 在 110°C 的恒温中放 2 小时。在干燥器中冷却。

含水量即样品中水分的损失百分比。

水汽量在 8~12% 之间是可接受的。

3.3.1.2 膨胀指数

只有在粘土颗粒间吸收了水分以后, 膨润土才能获得塑性及粘接性能, 这导致膨润土膨胀。

由于不同类型的膨润土吸收水分时膨胀性能也不同, 因此此实验是能大概地测出膨润土类型。

测试步骤 (见图 1.31)

向量杯中加入 100 毫升水并将 2 克已知含水量 (%M) 的膨润土慢慢地倒入水中以使粘土有足够时间聚合成沉淀物。粘土加入时间不超过 1 小时。从开始到读数整个的测试时间为 2 小时。

记下量杯中粘土的膨胀体积 (V_1)。

膨胀指数 (SI) 可计算为:

$$SI = \frac{V_1 \times 100}{100 - M}$$

典型的钙基膨润土膨胀指数在 6~10 毫升间, 钠基膨润土在 18~50 毫升间。以下是一些已知膨润土的膨胀系数:

Panther Creek (Ca)	6~7ml
Berkbond (activated Ca)	13ml
Geko (activated Ca)	16ml
Volclay (Na)	26ml

3.3.1.3 沉淀指数 (图 1.32)

这个测试指出了膨润土中有效活性 Na^+ 离子的总数。纯钠基膨润土中钠离子含量很高（见曲线）。对活性钠钙基膨润土来说，活性钠离子的数量具有决定性的意义。

测试步骤

- (1) 用软化水混合 2 克膨润土 5 分钟
- (2) 加入 20 毫升 1 当量的 NH_4Cl 溶液
- (3) 再混合 1 分钟
- (4) 把 100 毫升悬浮物倒入两只刻度为毫升的量杯里
- (5) 在第 15 分、30 分、1 小时、2 小时、4 小时、8 小时、24 小时、48 小时、72 小时读出镇静沉淀物的体积（毫升）
- (6) 照图 1.32 画出线图

判断根据

72 小时后强活性钙基膨润土的沉淀指数停留在 25~35 毫升之间。活性钙基膨润土的沉淀指数无论如何也不会低于 20 毫升。纯钠基膨润土通常在 40 毫升以上。实验可在试样加热到 100℃、200℃、300℃、400℃和 500℃事重复进行来描绘其耐温性能。

这个实验也可用于确定混了不同数量的苏打粉后膨润土活性增加了多少。这对控制膨润土的质量是一个好方法。

3.3.1.4 蒙脱石含量

蒙脱石是一种混合物，它使粘土作为型砂粘结剂具有优良的性能。蒙脱石有薄片状颗粒，是由于其层状组织。并因此有大的表面积能吸收水分。这样它就更有塑性，也即粘结力。

高密度型砂中膨润土的蒙脱石含量应该尽可能高并不低于 75%。

测试步骤

- (1) 准备密度为 $2.10\text{g}/\text{cm}^3$ 的三溴甲烷（ CHBr_3 ）酒精溶液
- (2) 在 110℃ 温度下将膨润土烘干 2 小时。加 10 毫升三溴甲烷酒精溶液到定量试管中
- (3) 把 1 克干膨润土放入试管摇匀直到获得均匀的悬浮物
- (4) 在悬浮物质能从量杯上读出体积刻度后，再静置 30 分钟以便形成聚集物
- (5) 从图 1.33 曲线中得出蒙脱石含量。

3.3.1.5 水溶性碳酸盐材料含量

这个实验用来决定膨润土是否是纯钠基膨润土或活性钙基膨润土苏打 (NaCO_3)。

实验步骤

- (1) 称 5 克干膨润土，用 100 毫升蒸馏水混合并混匀 (glass A)
- (2) 把 10 毫升的悬浮物倒入锥形烧杯 (B) 中，加入 40 毫升蒸馏水和 4 滴酚酞
- (3) 用浓度为 0.1 当量的盐酚 (HCL) 滴定这钟悬浮物，直到红色消失。记录下消耗掉的盐酚体积 “a” (ml)

水溶性碳化物含量可计为：

水溶性碳化物含量 = “a” \times 2.12 %

这个结果通常等于膨润土中苏打含量。

判断根据

水溶性碳化物含量：

若小于 0.4 %则为纯钠基膨润土

若大于 0.4 %则为苏打活性钙基土

实验速度要快，否则酸会影响其它的碳质材料。

3.3.1.6 酸度 (PH 值)

膨润土的 PH 值应较大。酸性太强会对粘结不利。

这个实验始终要用 PH 试纸。将 8 克膨润土溶解在 100 毫升水中。对于型砂来说，膨润土的 PH 值应高于 8.5。

3.3.1.7 碳质材料测试

通常，原材料进厂前必须要做以下测试：

- 砂粒尺寸 (若知道砂粒类型)
- 含水量
- 挥发性物质含量
- 灰分含量
- 硫含量

颗粒尺寸

通常碳质材料的颗粒平均尺寸不应超过原砂的粒度。这就是一些国家为原材料控制建立限制标准的原因 (标准为：颗粒尺寸大于 0.18mm 的数量最大不超过 10%)。

另一限制是关于粗砂粒的，它易导致局部气孔。也即为何尺寸大

于砂粒平均尺寸的颗粒不准出现的原因。

含水量

水分测试要在 110℃ 恒温下干燥了两个小时的 10 克（精度为 ±0.01 克）的样品中做。样品的重量损失百分比即水分含量。

在自由的酸性气氛下干燥能获得高精度的结果。含水量最大不超过 5%。

挥发性物质含量

挥发性物质含量是间接测量活性碳化物的生成的方法。

实验步骤

- (1) 把 1 克干的碳化物放入陶瓷坩锅并盖紧盖
- (2) 在 925℃ 的炉中加热
- (3) 2~3 分钟后查看。（当气体全部跑光时）如盖子仍紧盖着，就把样品再放回炉中
- (4) 加热 7 分钟后把样品转到干燥仪中。冷却至室温后称重（a）

挥发性物质含量（V）如下计算：

$$V = \frac{1 - a}{1} \times 100\%$$

挥发物最小含量应为 30%。

灰分

在这个测试中，碳化物完全被燃烧掉了，以至剩余的无机物（灰分）被当作型砂中的沉淀微粒。

实验步骤

- (1) 称取 2 克干料放入浅底陶瓷坩锅
- (2) 将样品在 500℃ 温度下加热 1~2 小时，然后在此 900~950℃ 的高温下再加热 2~3 小时
- (3) 在干燥仪里冷却并确定损失的重量（a）

灰分含量（a）计算作：

$$A = \frac{2 - a}{2} \times 100\%$$

硫含量---硫会降低型砂的粘结性能

实验步骤

- (1) 用干的 MgO 及失水 Na₂CO₃（通过称重获得）混合在一起

- 得到“Eschka 混合物”。这两种都必须纯到可用作分析试样
- (2) 混合 1 克干燥的碳化物及 3 克“Eschka 混合物”，把它们放进陶瓷坩锅并在表面上再覆盖 1 克“Eschka 混合物”
 - (3) 把坩锅放到起始温度为 600℃的炉中，一个小时内升温：800℃±25℃。将样品在这个温度下保持 1.5 小时，直到所有黑色颗粒都消失（不时地用铂或镍丝把所有黑色颗粒翻开加热）。
 - (4) 把试样转移到 250 毫升玻璃烧杯中，加入 100 毫升热蒸馏水并静置大约 30 分钟
 - (5) 把过滤后（此时大约为 250 毫升）进行氧化，用 5 毫升浓度为 10% 的双氧水溶液或 5 毫升发烟盐酸（指过饱和浓度大的）来酸化溶液。再把溶液煮一会儿。
 - (5) 滴 2 滴甲基橙作为指示剂并用 NaOH 或 NaCO₃ 来中和溶液，中和后加 1 毫升 1 当量的盐酸并煮沸。
 - (6) 用移液管加 10 毫升浓度为 10% 的 BaCl₂ 溶液，不停地搅拌。煮沸 15 分钟。让溶液过夜。
 - (7) 把溶液过滤，除去“OOH”型灰分。用热蒸馏水清洗。
 - (8) 重复过滤直到加入 AgNO₃ 后不再起泡。
 - (7) 把沉淀物（它含有 BaSO₄）转移到一个已称重了的坩锅中烘干，进入炉温为 500~600℃的炉中，加热至 900℃，直到其重量不再变化为止。

含硫量 (S.C.) 计算如下:

$$S.C. = \frac{a \times 0.1373}{1} \times 100\%$$

碳化物中最多允许含硫量为 1%。

膨胀指数 (仅指 sea-coal)

可以观察到煤粉高温下易膨胀。我们希望这能带来:

- 抵消石英颗粒的膨胀
- 通过填砂结构在一定程度上预防金属穿透（一个铸铁缺陷）

实验步骤

- (1) 称取 1 克干煤粉，把它放入冷坩锅中，并在一个硬表面上轻拍几次，同时旋转，这样来整平试样。
- (2) 用盖子盖住坩锅并把它放在石英三角架上。点燃气焰加热到挥发物消失，但加热不能少于 2.5 分钟。
- (3) 小心地把烧焦的颗粒移开，并把坩锅内的残留碳化物拿走，对每个煤粉试样都要用这种方法做成 4 个珠粒。
- (4) 烧结物的外形看起来象黑扣子且存在于坩锅底部，拿它和图 1.35

中所示的标准外形比较, 低于标准外形, 但最接近的就是样品的隆起指数。通常, 煤粉的隆起指数为 4 或更高, 是可接受的。