

目 次

一、总论.....	1
1. 型砂的组成(1)——2. 铸造用砂和粘土及其主要性质(2)	
——3. 型砂的分类(4)	
二、型(芯)砂的性能.....	5
1. 可塑性(5)——2. 强度(5)——3. 透气性(6)——4. 耐火度(6)——5. 耐用性(7)——6. 退让性(7)	
三、型砂处理机械化.....	7
四、砂-粘土型砂.....	9
1. 铸钢用型砂(10)——2. 铸铁用型砂(10)——3. 有色金属用型砂(12)——4. 型芯砂(12)——5. 膨润土活化砂(大件潮模砂)(12)	
五、水玻璃型砂和流态自硬砂.....	14
1. 水玻璃型砂(14)——2. 流态自硬砂(15)	
六、特种型砂.....	17
1. 抗吸湿性并具有较高强度的型芯砂(17)——2. 高耐火度型芯砂(18)——3. 高干强度、易溃散性型芯砂(19)——4. 泥型用型砂(19)——5. 石灰石砂(21)	
七、涂料.....	23
八、附录.....	25

一、总 论

铸件生产的过程主要分为三个阶段：（1）铸型的制造，（2）金属的熔炼，（3）浇注、打箱及铸件的清理。在机械制造业中，铸件又占有较大的比重，而其中绝大部分铸件，重量从几两到几十吨，甚至上百吨的铸件，都可以用砂型铸造出来。因此铸件质量的好坏与型砂有着密切的关系，如何合理地配好型砂，对铸件的生产有着十分重要的意义。

在使用一般的砂型铸造、泥型铸造、水玻璃砂铸造的基础上，对原来的大件干模铸造进行了大胆的革新，而实现了大件潮模铸造的新工艺；水玻璃流态自硬砂铸造的新工艺正在我国铸造行业普遍地试用和推广，在铸件生产的产量、质量上都有提高。由于铸造生产发展的需要，在砂处理方面也相应地实现了机械化，建立起了一定的型砂管理制度；但是对型砂质量的好坏，原材料的标准，以及存放管理等问题，还缺乏足够的认识，这样也经常引起铸件质量的波动，这是我们每一个从事铸造工作的同志值得注意的问题。

1. 型砂的组成 一般型砂由砂、粘结剂（一般采用粘土）、各种不同的附加物及水所组成。其中用水润湿过的粘土，砂是型砂的主要组成物，当湿润的砂和粘土在一起搅拌时，粘土以薄膜形式包在砂粒上（图1）。从图1中我们还可以看到，不是全部砂粒间都填满粘土，而留有一定的空隙，这样才能保证气体在砂型烘干或浇注过程中跑出型外，这几乎是每种型砂都应具备的特性，这也就是我们常说的型砂的透气性。

在图2中我们可以看到这样的情况，当一个粗砂粒（○）分割



图1 粘土粘结砂粒的简图
1—砂粒；2—粘土薄膜；3—孔隙



图2 砂粒碎裂后表面积增大的情况

成两个砂粒(*b*)时，体积虽然不变，但表面积增大了，结果造型粘结剂的需要量也加多了，所以我们可以得出这样的结论：细砂粒要求比粗砂粒要用较多的粘结剂。

2. 铸造用砂和粘土及其主要性质 铸造用砂和粘土 造型生产中应用最多的造型材料是以石英为主要成分的砂子与粘土配合而成的。这种材料在自然界内产量丰富，成本低廉且能较好地满足大多数铸件生产的要求。

砂子及粘土是由岩石（火成岩、水成岩、变质岩）经过一系列的变化如风力、水力、温度的机械破坏使岩石细化或由于化学变化岩石分解而形成的。故砂子和粘土常常是在自然界内混合在一起的，它的化学及矿物成分很难截然分开，生产中为了便利应用和研究，往往人为地将砂子与粘土加以区分。

砂子是型砂中的颗粒骨干，凡直径 $\leq 22\mu$ 的颗粒称为粘土，而 $> 22\mu$ 的颗粒为砂子。砂和粘土的混合物究竟是属于砂还是属于粘土则视其组成物多少而定，如果粘土量 $> 50\%$ 则这种混合物称为粘土，反之则称为砂子。

砂子根据来源可以分为河砂、海砂、湖砂、风积砂和残余砂。

海砂、河砂含粘土比较少，颗粒比较均匀，风积砂大部分集中在大陆内部地区，颗粒细、均匀、粘土含量多。残余砂又称山

砂，是岩石风化后在原地生成的，含有粘土，形状没有海砂、河砂规则。另外我们在铸钢件的生产中，常常采用一些大颗粒的石英砂，它是由天然石英岩经人工破碎、筛分而得到的，因此我们就称它为人造砂。

砂子的主要性质 (1) 颗粒组成：在铸造生产中所用的原砂，一般经过筛分。根据我们对型砂性能的要求，选用各种不同筛号的砂子。标准筛号^①有下列几种：6、12、20、30、40、50、70、100、140、200、270。一般对砂子颗粒组成的要求在相连三个筛号上的砂子数量达50~70%，为较理想的用砂。(2) 化学及矿物成分：砂的化学及矿物成分影响着它的许多性能，特别是它的强度和耐火性。在浇注过程中，砂中的杂质往往和液体金属表面的氧化物起反应，使砂子粘结于铸件表面；另外一些杂质也往往受高温作用而粉化，以致大大降低了型砂的耐用性。原砂成分要求列于表1。

表 1

石英含量%	总氧化物%	氧化铁%	氧化钙%	硫%	用 途
60~75	<6	<3	<1.65	<0.1	铸铁及有色金属
>90	<2	<0.95	<0.65	<0.1	铸钢

粘土的主要性质 粘土的主要成分是二氧化硅及三氧化二铝(Al_2O_3)。根据二者含量的不同，我们把 $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} < 2.65$ 的称为肥粘土，把 $\frac{SiO_2}{Al_2O_3} > 2.65$ 的称为瘦粘土。当粘土内 Al_2O_3 含量愈高，也就是说粘土愈肥时，那么在加热时，粘土的收缩与发裂的倾向愈大。因此在铸造生产上常使用瘦粘土，但如果一定要使用这

① 所谓筛号，即每25.4毫米长度上所有筛孔的数目，如6号筛，即每25.4毫米长度上有6个孔。

种肥粘土时，那么我们也可以人工地加入 SiO_2 的粉末来减少它发裂的倾向。

表 2

粘土名称	耐火度 $^{\circ}\text{C}$ (不小于)	有害杂质%(不超过)			用途
		硫化物	$\text{CaO} + \text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	
高热化学稳定性的粘土	1580	0.2	2.0	3	铸钢
中等热化学稳定性的粘土	1350	0.3	3.0	—	铸铁及铜合金
低热化学稳定性的粘土	—	—	—	—	铝、镁合金

表 2 是根据耐火度（热化学稳定性）不同而分的三种粘土。

在这里我们再谈一下膨润土，它是一种特殊的粘土，是一种微晶高岭土，具有高的粘结作用，比粘土小的晶体，约为粘土的 $1/20$ 。当这种晶体溶于水时，就发生膨胀，长期不会沉下去。如果将 5% 的膨润土溶于水时，即可得到一种胶粘状的溶液，形成糊胶。由于这种性能，所以在型砂中加入 1% 的膨润土即可代替 2~3% 普通粘土；这样在型砂中就可以大大的减少粘土的用量及水分的加入量，使型砂保持有较好的通气性，故它是潮模铸造的良好造型材料。但是由于它有着较高的收缩性，且在加热失去水分时，它就失去粘结的性能，故不宜作为干模用料。

3. 型砂的分类 根据所浇注的金属分为：

(1) 铸钢用型砂；(2) 铸铁用型砂；(3) 有色金属用型砂。

根据制成每一铸件的功用分为：

(1) 外型砂（面砂、背砂、单一砂）；(2) 型芯砂。

根据使用要求分为：

(1) 半永久型砂；(2) 一次型砂；(3) 特种型砂。

根据干燥情况分为：

- (1) 潮模型砂；
- (2) 干模型砂；
- (3) 表面干燥型砂；
- (4) 自干或快干型砂。

二、型(芯)砂的性能

1. 可塑性 在造型时，型砂受外加压力的作用而变形，当压力停止，即铸型被捣实。当起出模型时，此时砂型内留下了明显的轮廓，把这种性能叫做可塑性。它一般决定于下列各因素：

(1) 水分——当粘土一定时，如果水分加入过多，则使型砂表面的粘土薄膜被冲坏，形成型砂的疏散；当水分过少时，则粘土层不能很好地包住砂粒，型砂也是一样的不能成型。

(2) 粘土的质量和数量——型砂的可塑性与粘土的加入量及粘土的质量有关。但过量的加入粘土会使型砂的透气性变坏。鳞片状或片状（膨润土类型的胶状可塑性粘土）粒子的粘土，有较好的粘结力，因此有助于可塑性的提高。

(3) 原砂的形状、大小的影响——大颗粒的型砂较小颗粒的型砂可塑性为差，多角形的较圆粒状型砂有较高的可塑性。

(4) 加入能使型砂强度提高的附加物，也能使可塑性有所提高。

2. 强度 铸型（型芯）在制型、运输、合箱及浇注过程中，受外力作用或受金属液的冲刷而完好无损，把这种性能称为强度。若铸型强度不够，为了得到合乎图纸尺寸要求的铸件，在造型时插入一定量的钉子等来加固铸型，这样给操作带来不少麻烦；反之，型砂强度太大，往往容易使铸件收缩困难而产生裂纹的倾向；因此型砂的强度对铸造工作来说意义重大。在砂、粘土型砂中，其强度的提高主要决定于粘土的含量与质量；加入其它粘结剂也有助于强度的提高；此外细的砂粒，保证了型砂具有较大的接触面，

使型砂的结合力加强；在一定程度上，增加水分（到一定限度），促使粘结剂在砂粒间分布得较均匀的原故，使之更完全地利用了它们的性能，这样也能使型砂强度有所增加。

3. 通气性 在前面研究型砂的组成时，提到通气性问题，它是每种型砂必须具备的性能。当型砂的通气性较差时，那末在金属的浇注过程中，铸型内所产生的气体就不能顺利的跑出型外，而产生相当大的压力，这时型内的气体可能跑入金属液内或留于表面，形成气孔及呛火等疵病。

如果我们选用的型砂粒度很不均匀，则大颗粒的型砂所形成的间隙将被小颗粒的砂子所堵塞，使通气性变坏，故我们选用三个相邻筛号上的砂子留量不得小于50~70%的砂，来配制型砂是有着一定的意义的。另外型砂的通气性与粘土的质量、数量也有很密切的关系，过多的粘土会使通气性下降。水分也是影响通气性的因素，图3为不同含水量的三种砂、粘土的型砂组织。当型砂中水分过少时，粘土不能很好地湿润，使粘土不能形成薄膜包住砂粒而拥在一起(图3a)；当水分合适时能得到正常组织(图3b)；当水分过多时，粘土薄膜被冲破，使粘土堵塞间隙(图3c)。

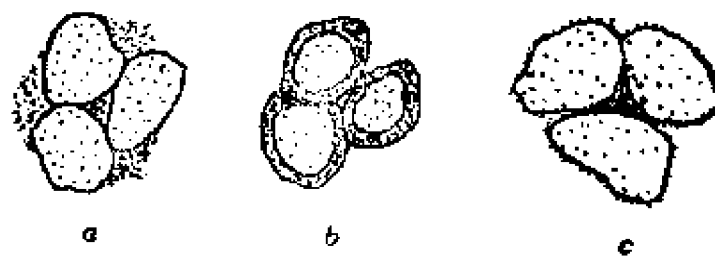


图3 湿度对透气性的影响

4. 耐火度 耐火度即型砂受高温金属液的作用不致软化及熔化的能力。如果型砂没有足够的耐火度的话，很可能形成粘砂

等缺陷。型砂的耐火度主要决定于砂子、粘土的质量，一般有害杂质含量愈少，则耐火度愈高，另外特种加入物(石墨、焦炭等)也有助于耐火度的提高。

5. 耐用性 型砂经重复浇注使用而仍保持良好的铸造性能称为型砂的耐用性。一般型砂受高温金属作用后即被破碎粉化，这样就使型砂的通气性及强度等变坏，因此我们在配砂时必需适量的配入新砂，其道理就在于此。

6. 退让性 型砂和芯砂应具有较好的退让性，使铸件收缩时不致受到很大阻力而开裂。退让性决定于粘结剂在铸件收缩时，所表现的粘结力和砂粒间的空隙而定，在铸件产生固态收缩时，如粘结剂能迅速丧失粘结力和砂粒间有较多、较大的空隙，则砂型或泥芯能表现出很好的退让性。

对于泥芯来说，它还有着更高的要求，它除考虑到上述性能之外，还需具备不吸湿性、气体发生量要小及容易清理等，才能保证完好铸件的获得。

三、型砂处理机械化

用砂型生产铸件的铸造车间里，差不多每生产一吨合格铸件，就得耗用3~5吨的型砂，这是一个很惊人的数目。型砂配制的过程：旧砂一般由浇注后的砂型经落砂、磁铁分离、破碎、过筛而进入砂斗；新砂则经烘干、过筛而进入砂斗；粘土、煤粉等粉状材料也分别贮存在斗内；将上述材料按一定配比加水混制经松砂后，便得到所需要的型砂。在这个过程中，不但劳动强度大，粉尘大，对工人身体有害，文化大革命以来，经过技术革新，逐步改变了铸造车间的落后面貌，在砂处理方面也不同程度的实现了机械化，在生产效率上、劳动条件上都有了相应的提高和改善。

下面就砂处理机械化过程中主要问题谈一谈：

在目前的铸造车间里，在铸型的落砂方面一般都采用了落砂机、皮带运输机、磁铁分离滚筒、破碎机、提升机、筛砂机、皮带运输机到砂斗等的一系列的机械设备，使旧砂处理基本上达到了机械化。在这个过程中，一般的工厂在落砂机下直接采用皮带机运输，这样红热的旧砂直接压在皮带上，这对皮带机寿命危害较大；有些厂在落砂机的砂斗下采用了机械给料器，这样大大的改善了皮带机的工作条件，对延长皮带机的寿命起了积极的作用。在某些老铸造车间的改造上，往往受到地面条件的限制，使之砂处理机械化发生困难，但是一经采用了压送或吸送的工艺，就能在曲曲弯弯的运输路线上输送型芯砂或造型材料。在这里采用吸送为优越，因为一般型砂在经过金属液的作用而被侵蚀、破坏、产生一部分无用的粉尘，当吸送过程中，利用吸送进行颗粒分级，分离去砂中的粉尘部分，对旧砂进行干法再生，这不但提高了型砂的质量，而且从卫生条件来说也大有改善。在压缩空气能力比较富余的车间，可直接用压送来代替其它运输设备，但应使砂斗卸料点严密密封，以免粉尘飞扬，这样大部分粉尘得不到分离而仍落在旧砂内，对型砂质量来说是不利的。还有些厂直接将打箱旧砂落入水池中，砂子采用水力提升机、水力旋流器、压力脱水等过程使砂子得到了再生，从防尘角度及改善型砂质量来说是有利的，但对沉淀池泥浆的善后处理及经济意义来说是不够合适的；在采用流态自硬砂的车间及有水力清砂的车间则可应用这种再生型砂的方法。

粘土、煤粉等粉状材料的输送，一般以真空吸送显得优越，粉料经吸头、管道、分离器、除尘器借水环真空泵的吸力运至斗内待用；在有些采用全干的原砂材料时，也可配成一定比例的泥浆，通过泵加入混砂机使用，这给防尘创造了良好的条件。

混好的型砂经松砂机松砂后，一般采用皮带运输机来输送方便、可靠，尤其是对于干模粘土砂的输送；对于型砂性能控制较严的机械化潮模流水线上，或其它一些老车间采用皮带机有困难时，也可采用压送来运送型砂，但当型砂配比（水分及含泥量）不稳定时，在弯头及局部管壁随着压送时间的延续，容易逐渐形成粘砂使管道堵塞，影响生产的顺利进行。因此必须掌握压送规律进行定期的清刷管道，从而保证型砂的正常输送。

在采用流态自硬砂、水玻璃自硬砂的铸造车间，应用移动式回转式连续混砂机较为有利，它安装在电动平车上，原砂、水玻璃、发泡剂、硬化剂、水及其他附加物全装在上面，这样可以依次在较大范围内浇灌砂箱及型芯，效率高、方便、可靠。

四、砂-粘土型砂

砂-粘土型砂是一般砂型铸造车间在造型及制芯上应用较广的混合料，它不但配制简单、价格低廉，同时还有良好的工艺性；它有着较高的湿压强度（ $0.3 \sim 0.8$ 公斤/厘米²），这样保证了型砂的可塑性；另外它还有着适当的干拉强度（ $0.3 \sim 2.0$ 公斤/厘米²），这样既保证了铸型的干强度，又能满足浇注时铸型有容让性。如果需要采用高强度的型砂时，还得加入其它的粘结剂。

在自然界中，我们能找到这样的砂-粘土砂，只需适量加入一些水分，就能满足潮模、铸铜等型砂工艺性能的要求，可直接用于生产，这样大大地简化了砂处理工艺，这也是砂-粘土型砂的特点。由于这种天然型砂质量上不稳定应用上有局限性，因此为了更好地满足各种铸件的生产，对型砂的不同要求，多采用人工配料来制备型砂。下面准备就铸钢、铸铁、有色金属所用一般砂-粘土型砂及大件潮模用的膨润土活化砂作简要说明。

1. 铸钢用型砂 铸钢用型砂的选择时，侧重点在于获得无粘砂、无夹渣等缺陷的铸件。因为在铸钢件的浇注过程中，铸型的工作条件较差，它必需承受高温金属液及大的静压力头的长期作用，这样，一般的砂-粘土型砂就不能得到完全理想的效果，因此我们就得在型砂中加入特种附加物。

在5吨以下的碳钢铸件生产中，我们一般选用含 $\text{SiO}_2 > 95\%$ 的石英砂，根据铸件大小，我们选用40/70、50/100号的原砂，并选用具有高热化学稳定性的粘土。过去有些工厂中，不论铸件大小，都选用较粗的人造石英砂，为了减少铸件粘砂的疵病，往往还得在配砂中加入20%左右的石英粉等，这样不但价格昂贵，同时所得铸件也不光洁，清铲工时占用很多。我国有许多极为丰富的石英砂矿床，如七棵树、达罕砂等，已被广泛的应用于铸钢件生产，它不但价格较低，同时获得的铸件也较为光洁。

2. 铸铁用型砂 铸铁的浇注温度虽然较铸钢为低，但它的流动性较高，也易造成粘砂的疵病，另外砂眼、气孔等也是常见的缺陷。必需根据铸件的薄厚、大小来选用适当的配砂方案。在潮模件的铸造上，为了获得无粘砂的铸件，在配砂时加

表3 铸钢型砂的一般配方及性能

组别	砂型特征	粘土含量	旧砂	新砂	有机附加物	水分	透气性强度(公斤/厘米 ²)		型砂粒度
							(不小于)	(不大于)	
1	湿型<500公斤	10~12	50~90	10~50	亚硫酸盐 溶液0.5	4~6	100	0.3~0.5	40/70, 50/100
2	干型<5000公斤	12~15	50~75	25~50		5~8	70	0.4~0.6	40/70, 50/100

表 4 铸铁型砂的一般配方及性能

组别	铸型特征	粒度	粘土含量	混 合 料 成 分			湿透气性 强度(公斤/厘米 ²)		湿度
				旧砂	新砂	煤粉	银末 (不小于)	湿 压	
1	河模<20公斤	70/140 100/200	8~10	80~98	2~20	2~3	50	0.3~0.5	4~6
2	潮模<200公斤	50/100 70/140	8~10	70~95	5~25	2~5	50	0.3~0.5	4~6
3	潮模<2000公斤	30/50 40/70 50/100	10~12	60~80	20~40	5~8	70	0.5~0.65	4~6
4	干模<10000公斤	30/50 40/70	15~20	50~70	30~50		80	0.55~0.75	0.8~1.2 7~9

表 5 有色金属型砂的一般配方及性能

组别	铸型特征	型砂粒度	粘土含量	混 合 料 成 分				湿透气性 强度(公斤/厘米 ²)		水 分
				旧砂	新砂 (粘土砂)	重油	亚硫酸盐液	湿 压	干 拉	
1	铜合金潮模	70/140 100/200	8~12	70~90	10~30	1.0~1.5		30	0.3~0.6	4.5~5.5
2	铜合金干模	70/140	10~15	65~80	20~35			30	0.4~0.6	0.8~1.2 5.5~7.5
3	铝合金潮模	100/200 140/270	8~10	70~95	5~30			30	0.3~0.5	4~5.5
4	铝合金干模	100/200 140/270	8~12	70~90	10~30		0.5	30	0.5~0.6	0.8~1.2 5~7

入3~5%的煤粉。有时为了改善铸型、型芯等的容让性，可在型砂中适量加入一些锯末等。

3. 有色金属用型砂 对有色金属铸件来说，一般希望能得到较为清晰的轮廓、虽然有色金属熔化温度较低，但流动性较好，因此应酌情选用低化学热稳定性而具有较细粒度的型砂，以免金属液渗入砂型内，而产生铸件变形、夹砂、粘砂等疵病。

下面表3、表4、表5分别介绍了铸钢、铸铁有色金属的一般配方和性能供参考。

4. 型芯砂 在简单件的大型型芯生产上，一般可采用不加入任何附加物的砂-粘土型砂。但由于型芯的工作条件较铸型为繁重，而对型芯的透气性、不烧结性、易清理性、强度等提出了更高的要求，通常型芯砂较外型砂配入更多的新砂（颗粒较粗），但是有时为了保证铸件内腔轮廓的精确及减轻金属液的渗透能力，有时也选用较细的粒度。为了保证型芯的强度和透气性，除在车制型芯的型芯砂中，加入较多的粘土粘结剂外（因透气性对这种结构的型芯来说影响不大），在其它结构的型芯砂中，应尽量减少粘土的加入量，而加入亚硫酸盐纸浆废液、糊精、沥青、合脂等特种粘结剂，其详细配方将在后面章节说明。

5. 膨润土活化砂（大件潮模砂） 由于在膨润土潮模砂的使用中，钠质膨润土比钙质膨润土粘结能力较强，胶质价也高；而我国的膨润土大部分属于钙质膨润土，为了使提高其粘结能力，必须加入钠离子使其变换为钠质膨润土，故目前我国膨润土的潮模砂中加入碳酸钠（ Na_2CO_3 ）使 $\text{Ca-膨润土} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na-膨润土} + \text{Ca}_2\text{CO}_3$ 离子交换反应，使膨润得到活化，对改善型砂的强度和透气性起了积极的作用。在潮模铸造来说比干模铸造型砂有较高的水分，铸型在浇注过程中发气量较大，因此，要求型砂有较高的透气性；又铸型的整个工作过程来说，也全部在湿态条件下，

故型砂必须具备有较高的湿强度，而膨润土活化砂满足了这个条件，使大件潮模铸造得到了实现。下面准备重点就型砂的强度及通气性问题予以分析：

（1）原砂 原砂颗粒组成应较集中，较粗，含泥量较少， SiO_2 含量较高者为好，一般常用的砂号 20/40。为了节约使用新砂，一般旧砂可直接经冷却过筛回用 60~80%，为保证通气性，应根据型砂性能要求，定期进行湿法再生，保证型砂的透气性。

（2）膨润土及碳酸钠 在一般回用旧砂的情况下，考虑到型砂经过浇注后膨润土性能的破坏等，在配砂中仍加入 4.5~5% 膨润土，加入 0.25~0.3% 碳酸钠（一般加入量为膨润土的 5%），这里为考虑到活化的有利进行而适当超量些，否则在铸型风干后易出现碳酸钠的结晶物，降低了铸型表面强度。

（3）水分 水的加入 一般保证出碾时水分在 5.5~6.5% 为宜，这样可以充分发挥膨润土的粘结作用，而保持一定的透气性。

（4）有些厂在型砂配制时加入 0.3~0.5% 锯末，这对型砂受热膨胀变形有一定好处，减少了铸型表面受热而开裂的倾向。

（5）在混碾时间上，一般时间的增加有利于活化的进行及强度的提高，太长会引起透气性的降低，一般生产上选用干混 2~3 分钟，湿混 12 分钟左右为宜。

由于大件潮模砂颗粒较粗，金属液容易渗入型砂内，引成铸件粘砂，故铸型表面在浇注前必需上涂料，具体配方在后面章节说明，表 6 为膨润土活化砂的常用配方。

表 6 膨润土活化砂的常用配方

新 砂	旧 砂	膨 润 土	Na_2CO_3	锯 末	水 分
25	75	5	0.3	0.5	6~7

五、水玻璃型砂和流态自硬砂

近几年来由于科学试验的不断进展，在原有水玻璃型砂的基础上出现了水玻璃自硬砂及流态自硬砂，使之水玻璃型砂又前进了一步，下面准备就这三种型砂分别叙述如下：

1. 水玻璃型砂 水玻璃型砂通常又称为二氧化碳 (CO_2) 砂。一般用水玻璃型砂制出的砂型经 CO_2 吹后，即可获得像干模一样的砂型；另外它也可在自然干燥或表面干燥的情况下进行硬化。这样它不但使生产周期大大缩短，而且使铸造车间的卫生情况也得到了较大的改善。近几年来，在国内外的铸造车间内水玻璃型砂都有了较大的发展，尤其在铸钢生产上广泛应用。

下面准备就水玻璃型砂的配制及应用上作几点说明：

(1) 原砂 一般我们在铸钢件的生产上，常选用粒度为40/70号、均匀度为50~70%的天然石英砂（其二氧化硅含量大于95%）。砂粒愈细，则金属液对它的渗透能力也愈小，有时为了使铸件避免粘砂，在型砂中配入一定量的石英粉。表7可以很清楚的说明这一事实。原砂应有最低的含水量（<2%），而含泥量

表7 水玻璃型砂的几种配料①

类号	石 英 砂	旧 砂	粘土含量	湿 压	透 气	含 水
1	95~97		3.5~5	0.1~0.2	≥150	3.0~4.5
2	56~70	30~50	3.5~5	0.12~0.25	≥80	3.5~5.0
3	95~97②		3.5~5.0	0.12~0.2	≥120	3.5~5.0
4	70~85③			0.15~0.25	≥90	3.5~5

① 水玻璃含量5~7%，苛性钠(10%)0.5~1.5%。

② 加入木沥青、煤粉等2~6%。

③ 加入石英粉15~30%。

可在3~4%以内。

(2) 水玻璃 水玻璃的主要成分为二氧化硅、氧化钠和水。在习惯上我们根据模数 $\left(\frac{\text{SiO}_2}{\text{Na}_2\text{O}}\right)$ 来选用水玻璃，通常选用模数为2.3~2.4、比重为1.5~1.6的水玻璃作为配料较为合适。采用高模数水玻璃型砂来造型时，造型后砂型硬化很快，给操作带来很多不便，同时硬化好的砂型也容易形成崩溃现象。相反模数太低，将使硬化时间增长。总的说来，我们选用低模数、高浓度的水玻璃来配制型砂，无论对于操作、干强度等都是有益的。

(3) 粘砂问题 在铸钢件生产上，一般认为钢水中的氧化锰及氧化铁与型砂中的二氧化硅作用，在铸型接近铸件的表面形成玻璃状的砂皮硬层，同时由于钢水流动性差，故在一般中、小件生产上均无粘砂现象。生产铸铁件由于铁水流动性比钢水好，故在铸型表面孔隙度大，在没刷涂料的情况下，铁水容易渗入铸型形成粘砂。因此一般必须刷涂料才能获得无粘砂的铸铁件。

2. 流态自硬砂 流态自硬砂是由砂子、硬化剂、发泡剂、水玻璃等材料所组成。把配制好的型砂灌注入砂箱或芯盒，待硬化后起出模型，即可得到我们所需要的铸型，这样劳动条件得到改善，生产效率提高，从根本上改变了老一套的铸造操作法，下面准备就原材料的选择及应用谈一谈。

(1) 原砂 应选用颗粒圆，粒度分布均匀，含泥量少，二氧化硅含量较高者为佳。对于铸铁件来说二氧化硅>75%，含泥量<2%，粒度在20/40或30/50即可；铸钢件应选用二氧化硅>95%以上的原砂，旧砂可经湿法再生处理回用70~80%，在同样配方的条件下，细砂比粗砂强度较高；在烘干的条件下粗砂比细砂的透气性高得多，烘干性能亦好，残水亦低；粒度粗又较集中的原砂配制的流态砂可塑性差、发酥、强度亦低；粒度细、含泥量大的砂，外加水分大，流动性差，强度稍高，可塑性能好，但

透气性差。

(2) 硬化剂 主要成分是硅酸二钙 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)，流态自硬砂的硬化主要是水玻璃和硅酸二钙反应形成的。因此凡含有硅酸二钙的物质均可作为硬化剂。硬化剂赤泥是铝矾土炼氧化铝后的残渣经 $800 \sim 850^\circ\text{C}$ 焙烧处理、粉碎，其粒度 95% 通过 70 号筛子，水分 $< 2\%$ ，抗压强度大于 7 公斤/厘米^2 。在同一配方条件下，提高砂温则硬化速度快；其它添加剂（如木素、石膏等）的加入也可加速硬化，硬化剂加入量愈多，则型砂强度愈高。

(3) 发泡剂 流态自硬砂所以能够流动，是由于加入一定量的发泡剂使流态砂中水的表面张力降低，在机械搅拌下形成气泡，这种气泡在砂粒之间好像滚珠一样，使摩擦力大大减少，所以加入流态砂中的水分虽少，也能流动。其常用发泡剂有仲烷基硫酸钠、烷基磺酸钠、太古油等。在同样配料情况下混合料在 $40 \sim 50^\circ\text{C}$ 时发泡能力较好。发泡剂加入量与发泡能力并非成正比关系，而是有一最佳量（太古油 0.11%，仲烷基硫酸钠 0.14~0.16%）。

(4) 水玻璃 是流态砂的主要粘结剂，在加入量相同的条件下，模数愈大，其强度愈低，如模数相同，加入量愈多，则型砂强度愈高，但应注意季节变化，一般冬季使用高模数 2.5~3.2，夏季使用低模数 2.2~2.5 的水玻璃。

流态自硬砂目前生产上一般采用表干浇注工艺，而不希望型（芯）再进窑烘干，为了获得优质铸件，故在保证成型的前提下，不应要求过高的流动性，以尽量降低含水量。在铸铁件生产上为使铸件无粘砂而采用涂料，一般采用水涂料（用喷灯烘烤）所得铸件表面质量比快干涂料为好。为了提高型芯的溃散性、提高硬化速度、改善透气性及减轻粘模等也有在型砂中加入木素的。型砂的配方见表 8。

(5) 水玻璃自硬砂 一般在流态自硬砂的配制中不加入发

表 8 流态自硬砂的配方

配 比 (%)						性 能		
再生砂	新砂	赤 泥	水玻璃	发泡剂	外加水	下碾时水分 (%)	自硬24小时后 抗压强度 (公斤/厘米 ²)	自硬24小时 后透气性
70	30	3.5~4.5	8~10	0.14~ 0.16	2.5~3.5	6.5~7.0	8~10	>20

泡剂，即可获得我们所需的水玻璃自硬砂，但它的造型过程需要捣实，由于本身配料中含有硬化剂，故可不使用 CO₂ 吹入型砂，而使砂型得到硬化。

六、特 种 型 砂

1. 抗吸湿性并具有较高强度的型芯砂 在铸铁及有色金属小型零件的生产上，广泛地应用着潮模铸造的工艺，采用活脱砂箱的造型比重较大，往往在一班造型时就得下入型芯，而到二班或三班才能浇注，这样长的时间对一般粘土粘结剂的型芯来说，就可能吸收大量水分，形成铸件的呛火。另外在机器造型的情况下，由于生产率高，我们应考虑到有较多的型芯储备量，同时这种型芯的搬动次数也较多。因此，我们除要求型芯的不吸湿性外，还要求有较高的强度。在目前生产中常采用油砂、合脂砂及松香砂，对高强度的油砂除采用合脂砂取代以外，为降低油的用量，可采用一部分亚硫酸盐纸浆废液来代替一部分油。

油砂的配制工艺 先将100%的新砂和粘土混 2~3 分钟，加纸浆废液、水再混4~5分钟，再加油混 8~10 分钟，即成所需之油砂。

合脂砂的配制工艺 将100%的新砂混散加入合脂粘结剂混 8~10分钟，即成所需之芯砂。

松香砂的配制工艺 可将砂、松香、粘土干混3~4分钟，后

表9 几种常用配方

(%)

名 称	颗粒组成	油	台脂	松香	粘土	水	使用范围
油 砂	50/100~ 70/140	2~2.5			2~2.5	2.5	大量生产
纸浆油砂	50/100~ 70/140	1		纸浆	2~2.5	2.5	大量生产
台脂砂	50/100~ 70/140		3		<1	<0.3	大量生产
松 香 砂	50/100~ 70/140			2~3	3	4.5~5.5	单 件

加水混 8~10 分钟即可。

上述型芯砂的烘干温度一般可在200~220℃时间根据型芯大小而定，不宜过烧，以免失去应有的干强度。

2. 高耐火度型芯砂

型芯砂难清理的原因不外乎下列几个：
(1) 型芯砂材料本身耐火度低而自身烧结；(2) 高温强度差；
(3) 型芯砂的热膨胀大；(4) 型芯砂的颗粒大。在浇注过程中，型芯受高温金属液的作用后即发生膨胀，使之型芯发裂，金属液渗入型芯内，使铁砂烧结在一起，使型芯难于清理或无法清理。

在一般厚壁铸铁件的生产中，习惯采用加入焦炭粉的粘土型芯砂是十分成功的。焦炭粉本身具有较高的耐火度和低的热膨胀性，另配入部分70/140的新砂（最好二氧化硅含量>90%），再加入定量的粘土、旧砂及水混合即可得到我们需要的芯砂。用这种型芯铸出的 $\phi 50\sim 60$ 毫米，长800毫米的气缸孔洞及 $\phi 125\sim 220$

表10 铸铁用高耐火度型芯砂配方

焦炭粉	新 砂	旧 砂	粘 土	水 分	湿 压 强 度	湿透气性
25~30%	40~50%	35~20%	5~15%	8~10%	0.5~0.8公斤/厘米 ²	60~80

注：(1) 焦炭粉用20号筛以下的。

(2) 受较大冲击的型芯，粘土含量采用上限。

(3) 配砂工艺操作同粘土砂，混合时间稍长。

毫米、长5000毫米的轧辊内孔是十分成功的，这些铸件壁厚最小处为130毫米。这里应说明的是其型芯涂料不应小于1~2毫米。

在铸钢件生产上为获得厚壁铸件的铸孔，可选用下表的配方。

表 11

镁砂<0.8毫米	石墨(片状)	粘土	纸浆废液 (比重1.26~1.3)	水	桐油
100	15	12	2	8~10	
100	15	1	2	6~8	4

注：型芯涂料厚度应>1~2毫米。

3. 高干强度、易溃散性型芯砂 在水暖件或高硅铸铁件的生产上及薄壁、复杂型芯，一度也曾选用过淀粉的型芯砂。由于它有着较大的干强度，可采用竹筋或柳条代替了金属芯铁，这样浇注后芯铁即被烧掉，使型芯易于清除。同时，由于它的易溃性，使铸件在浇注后，型砂受铸件的收缩而溃散，避免了铸件的缩裂倾向，在打箱后清砂时，只要吊起铸件的一角，轻轻敲击铸件，砂子很快就可从下部小孔掉出来了。

在这种型砂的配制中，有几个关键问题需要注意，否则清砂将不是那么理想：（1）型砂的颗粒组成：形状以圆颗粒的天然砂为最好，颗粒大小一般可为50~100号，愈均匀愈好；（2）粘土含量愈低愈好。

配制工艺 将型砂重量的1.5~2%的淀粉（一般工厂常用的有土豆粉或面粉），先用冷水调成稀浆状，然后煮熟，后将其和定量的型砂在一起搅拌均匀，即成所需之型芯砂。这种砂制成的型芯，其烘干温度及时间应严格控制，以免过烧或不干等情况，使之干强度达不到要求。这种型砂的配制中需用较多的粮食，目前已为合脂芯砂及纸浆废液砂等所取代。

4. 泥型用型砂 泥型铸造是我国最古老的铸造方法之一，过

去这种铸造方法仅用于铸锅等简单零件的生产，其它铸件大多采用砂型铸造，近年以来，铸造工作者根据过去铸锅生产的经验，将泥型用于机器零件的铸造，效果很好，生产效率提高很多，也节约了大量的造型材料，因此在铸造生产中已得到了大力的推广。

根据泥型铸造一型多铸的特点，造型材料得具备高的耐火度，小的膨胀系数，好的耐用性等一系列的要求。下面准备就常用的几种造型材料谈一谈：

（1）耐火砖碎料 最好使用冲天炉、旧退火窑等烧过的耐火砖废料，因为它受过冷热的作用，失去了体积膨胀收缩的敏感性，具有最小的膨胀系数，和高的耐火度。用它轧成的碎料配制型砂，有较好的耐用性。

（2）缸、罐碎料 在陶器业较发达的地区，破碎的缸罐较多，它和耐火砖碎料有着同等的性能，也是一种泥型的好材料。

（3）焦炭（硬焦）碎料 具有较高的耐火度和较小的膨胀系数；另外由于它本身的多孔性，增强了泥型的通气性。

（4）石英砂 耐火度高，但膨胀系数大，这样泥型在高温作用下，由于石英砂的膨胀易使铸型开裂等，因此只在铸造数量较少的零件时才应考虑此种配料。

（5）粘土 主要用来作泥型的粘结剂，要求选用高耐火度、低收缩性的粘土。

（6）黄泥 价格便宜，粘性较粘土略差，耐火度也差，它可作为背料的配料。

（7）煤渣 根据有些居民常用黄泥加煤渣来修炉子的经验，耐火度也较好，因此它可作为背料的配料。

（8）菱片及土状石墨 耐火度较高，可用作面料或涂料的配料。

目前在一般工厂中常用的配料可分为两大类：一类以耐火砖、

缸屑为基础，耐用性好，生产数量大时用此配料；另一类以石英砂为基础，耐用性略差，生产数量少时用此种配料。为了得到光滑的铸件，使铸型的使用寿命延长，节约和合理使用造型材料，可选用面料和背料两种配方。有些厂用的面料是直接在造型时搽于铸型表面，一般选用粒度在1~2毫米以下，有些厂面料是用硬毛刷刷于背料（即粗料）上，以堵塞背料所留下的空隙，这种面料可选用1毫米以下的细料，而背料可选用2~6毫米的粒度。一般用后一种造型方法较好，这样不但配料简单，耐用性也好。泥型料的混制工艺与普通型砂混制工艺基本相仿，故不再说明。

表12、13为几种典型的泥型（铸铁用）配料。

表12 以耐火砖碎料为基础的配料 (%)

类号	耐火砖粒	焦炭粒	耐火粘土	粘土	石棉	铅粉	黄泥	水
1	40	25	15	15	5			10~12
2	50	20		30				10~12
3	47	10	10	12		11		10~12
4	缸屑55	10		20		5	10	10~12
5	44	10			1	5	40	10~12

注：为了节约用料，可采用煤渣60% + 黄泥40%的填充料，填于背料之后。

表13 以砂为基础的配料

类号	石英砂	旧砂	粘土	黄泥	焦粉	耐火砖粒	水
1	40	40	20				10~12
2		70		30			10~12
3	40		15	15	15	15	10~12

5. 石灰石砂 在铸钢件的生产上，长期以来铸件表面光洁度

不高，尤其是厚壁铸件粘砂等问题更是严重，给清理带来了较大困难，为此有用铬矿砂等代替石英砂，解决了一些问题；但由于价格昂贵，来源也少，采用受到限制。近来试用石灰石砂或在重型、特厚铸件（壁厚>泥芯两倍）的泥芯上用石灰石砂外套钢管等方法，对解决铸件粘砂、夹渣等问题取得了一定效果。

（1）原材料 石灰石砂造型所用主要原材料有石灰石砂、陶土（膨润土）与水玻璃。目前生产中使用的石灰石砂成分： CaO 43.09~55.1%， SiO_2 9.4~0.48%， Al_2O_3 0.53~0.08%， MgO 2.42~0.89%， Fe_2O_3 0.28~0.06%，颗粒度一般控制在30/50目左右，过粗易使钢液渗入造成细毛刺。含泥量不能过高，否则会影响透气性。陶土根据某些厂使用情况，以 CaO 含量最低的为最好。水玻璃：模数2.1~2.4，比重50~52°波美。

（2）配方及性能 石灰石100，水玻璃8~9，陶土2~3，总水量6~7，通气性>500，干压强度 ≥ 9 公斤/厘米²，干剪强度>7公斤/厘米²。

（3）操作要点

① 石灰石砂比石英砂硬度低，混砂时碾轮要抬高离底盘70毫米，控制混碾时间，湿混4~5分钟。因石灰石砂的保存问题还未解决，故当班混砂应当班用完。

② 由于石灰石砂流动性差，转角处不易捣实的地方应事先塞紧，避免造成粘砂不易清理问题。

③ 石灰石砂湿强度低，必须先吹 CO_2 硬化后再起模，这样经硬化后强度较高，修型困难，铸件圆角处应先在木型上做出。

④ 石灰石砂耐冲刷性较差，浇口处用耐火砖，同时浇口不应直冲泥芯。

⑤ 浇注时会产生大量气体，排气孔应保持畅通并应大一些。

⑥ 受钢水冲刷处或特厚泥芯上涂料后应烘干。涂料配制：

将70目以下的镁砂粉加入15~40%饱和 $MgCl_2$ (盐卤) 搅拌均匀并加热至沸腾, 然后根据所需浓度加入水分即可。这种涂料十几小时后就能自行硬化, 故只能用多少配多少。

(4) 存在问题 考虑到石灰石砂在大型零件外型上的使用, 型砂的保存性、修型困难问题是应该进一步研究的。另外石灰石砂在高温下生成 CaO , 水瀑后无法回收。

七、涂 料

为了获得表面光洁的铸件, 仅采用高耐火度的型砂是不够的, 还得采用涂料, 用喷或刷的方法涂于铸型或型芯的表面上, 形成一层薄的保护层, 以保护型、芯砂免受液体金属的热作用和机械作用。涂料所以能有这样的作用, 主要在于它有着细粒度 (至少120号) 的防粘砂材料和粘结剂所组成, 能很好的覆盖于型、芯的表面, 并在金属液与铸型界面处形成还原性气氛, 免除了型砂的熔化或软化现象, 减少了铸件的粘砂。另外涂料的配料还应具有高的热化学稳定性。

表14 一般涂料的配方

铸件种类	组 成 物 (%)							水分使达到比重
	石英	石墨	滑石	焦炭粉	糖稀	亚硫酸纸浆	粘土	
铸 钢	90				5		5	1.6~1.7
铸 钢	87				10		3	1.5~1.7
铸 铁		90			5	(或5代替糖稀)	5	1.5~1.6
铸 铁				92 (或石墨)			8	1.5~1.6
铸 钢		45	48				7	1.3~1.4
铸 铝			94				6	1.3~1.4
铸铁用金属型		碱黑 6	水玻璃 5	水 89				1.1

为了适应水玻璃型砂及大件潮模砂的生产型（芯）不进窑的问题，有些工厂采用一些快干涂料或表干涂料等，保证了无粘砂铸件的获得。

快干涂料：

汽油25%；酒精25%；松香5%；粘土10%；石墨35%。

表干涂料：

土状石墨80%；磷片石墨20%；水玻璃2%；外加水搅均匀。

土状石墨45%；磷片40%；粘土15%；最好先加少量水在混砂机内混1~1.5小时，后在涂料搅拌机内加水搅拌，比重1.4~1.6。

八、附 录

1. 粘土的产地及性能

名 称	产 地	化 学 成 分					熔点 (°C)
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
何三家子	锦西	60	21.34	3.19	2.91	4.58	1310
崔家沟	烟台煤矿	44.77	36.40	4.43	0.41	0.89	1770
小羊草沟	九台(吉林)	69.57	16.6	3.34	2.02	2.42	1430
水曲柳	舒兰(吉林)	54.29	33.26	1.21	0.33	0.52	1810
穆陵	穆林(黑龙江)	65.07	21.73	2.68	1.39	1.83	1390
朱家坎	龙江(黑龙江)	70.07	18.74	2.45	0.73	0.56	1450
张北粘土	张北(河北)	64.77	16.87	6.20	2.43	1.88	1165
古冶枣木节	古冶	40.20	34.71	2.48	2.48	0.87	
洋源粘土	洋源(山西)	44.96	33.90	4.30	0.9	1.63	1490
灰沟粘土	太原	41.83	41.73	1.33	0.25	0.52	1815
博山粘土	博山(山东)	62.93	27.00	1.33	0.28	0.61	1665
大昆仑白土	淄川(山东)	60.92	27.85	1.56	0.61	0.43	1665
仇山东山绿泥	浙江	62.72	13.11	2.05	1.50	2.97	1225
仇山东山白泥	浙江	61.69	14.28	2.07	1.65	2.66	1180
新开井白泥	浙江	60.18	18.21	2.69	2.14	2.12	1165
巩县粘土	巩县	46.59	35.23	2.14	0.96	0.91	
太原白土	太原	63.82	11.97	2.53	1.63	6.37	
大兴保	锦西	63.73	17.47	2.72	2.08	3.37	1290
常家沟	锦西	64.45	14.90	1.41	4.03	5.56	1390
橘家沟	抚顺	69.26	16.33	3.99	1.79	1.37	1270
泉头	泉头	74.25	16.63	2.03	0.39	0.72	1430

2. 原砂的产地及性能

名 称	产 地	颗 粒	化 学	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃
七颗树砂	郑家屯(东北)	70/140—98	92.21	2.08
东陵天然硅砂	沈阳市	20/40—49	78.96	12.8
三十里铺砂	旅大市	70/140—67	73.23	14.09
伊胡塔硅砂	哲里木盟	70/40—93	93.75	2.87
片旗卡砂	哲里木盟	70/140—89	89.93	5.22
唐山红砂	唐山市	50/100—61	84.22	9.05
北戴河细砂	北戴河	70/40—58	80.86	11.09
豆罗砂	忻县(山西)	20/40—54	71.28	12.98
汾河砂	太原	70/40—59	70.47	12.31
王村砂	榆次(山西)	100/50—83	72.7	11.79
海西砂	青岛	100/50—80	82.62	9.66
龙口海砂	龙口(山东)	12/30—35	88.52	6.14
六合红砂	六合(江苏)	100/200—65	69~77	11~12
宁波砂	宁波		85.88	6.80
闽侯砂	闽侯	70/140—95	85.83~92.5	4.4~8.3
海澄砂	海澄(福建)	70/40—74	94.04	3.44
大嘴砂	黄陂(湖北)	30/50—61	92.35	2.73
涂家村砂	长沙(湖南)	40/70—58	85.80	7.04
白杨沟石英岩砂	重庆	40/70—80	94.36	2.37
大路城河砂	许昌(河南)	50/100—84	83.6	5.07

成 分			熔点(℃)	含泥量(%)	粒 状
Fe ₂ O ₃	CaO	MgO			
3.01	0.36	0.54	1790	0.5	圓形
0.96	0.33	0.45	1470	12	菱形
3.49	3.15	1.62	1260	6.8	菱形
1.12	1.14	0.20	1750	0.5	圓形
0.86	0.43	0.25	1790	0.5	半菱形
1.11	0.32	0.57	1520	13.67	菱形
1.04	1.18	0.22		0.29	菱形
2.30	2.84	0.89		1.077	
4.07	4.94	2.15		3.607	
4.89	4.00			2.8	
1.24	0.77	0.50		1.0~2.0	
0.73	0.37	0.36	1690	0.11	菱形
1.64~1.76	2~5	1	1180~1390	5~7	复成形
1.30	0.63	0.46		1~2	
0.57~1.71	0.36~1.08	0.29~0.75	1440~1565	0.3	半菱形
0.7	0.77	0.50	1690	2.08	半菱形
1.35	0.22	0.04	1710	3.07	
2.75	0.22	0.05	1765	23.10	菱形
1.49	微量	<1.88			
2.21	3.11	0.51		1.40	菱形