

中等专业学校试用教材

铸造工艺学

(上册)

咸阳机器制造学校主编

机械工业出版社

中等专业学校试用教材

铸 造 工 艺 学

(上 册)

咸阳机器制造学校 主编



机械工业出版社

铸造工艺学

(上册)

咸阳机器制造学校 主编

*

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)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $21 \frac{1}{2}$ ·字数 527 千字

1979 年 8 月北京第一版·1979 年 8 月北京第一次印刷

印数 00,001—54,000·定价 1.55 元

*

统一书号: 15033·4822

编 者 的 话

本书系根据 1978 年 2 月一机部组织召开的中等专业学校铸造专业教材会议所制定的“铸造工艺学”教材编写提纲编写的。全书总学时为 216 学时，其中理论教学 156 学时，课程设计 60 学时。

全书分上、下二册共四篇，上册内容主要叙述造型材料的基本知识，论述铸件成型过程的理论基础，介绍特种铸造的原理。下册内容主要讲授工艺及工装设计的基本技能，并在最后一章提供了工艺及工装设计参考资料，以满足教学上的需要。

本书系中等专业学校铸造专业教学用书，也可供铸造技术人员和工人同志参考之用。

本书在内容上，既重视了加强理论基础，反映先进技术，也考虑到联系生产实际，面对生产现实问题。书中选用的实例和资料数据可能存在着地区的局限性，使用本书时应注意结合本地区的典型实例和数据进行教学。

本书由咸阳机器制造学校丁根宝同志主编，参加编写的有德阳机器制造学校孟祥继同志、咸阳机器制造学校林勃同志、北京机械学校徐德明同志、沈阳机电工业学校刘景斌同志、吉林机械工业学校黄井超同志、山东省机械工业学校赵祖福及芦秀荣同志。编写本书时，黑龙江机械制造学校胡久明同志、福建机电学校郭涤策同志、内蒙古工业学校安志远同志、哈尔滨机校王振海同志等提供了宝贵的意见，编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，因此书中难免存在着一些片面、不妥、甚至谬误之处，深望读者予以批评和指正，以便今后修改。

编 者

一九七八年十一月于北京

目 录

第一篇 造型材料

第一章 粘土型砂	1
§ 1-1 铸造用砂和粘土	2
一、铸造用砂(2) 二、铸造用粘土(9)	
§ 1-2 型砂性能的控制	15
一、强度(16) 二、透气性与发气性(21) 三、其它性能(24)	
§ 1-3 粘土砂的应用	26
一、湿型砂(27) 二、干型砂(31) 三、表面干型砂(32) 四、铸钢、铜、铝铸件用型砂(34) 五、高压造型用型砂(34) 六、涂料(38)	
§ 1-4 型砂检验	40
一、含泥量测定(40) 二、颗粒组成测定(42) 三、烧结点和灼烧减量的测定(42) 四、粘土胶质价的测定(44) 五、膨润土蒙脱石含量及旧砂中有效粘土含量的测定(45) 六、透气性测定(47) 七、强度测定(51) 八、粘土的工艺试样强度测定(52) 九、型砂含水量测定(53) 十、旧砂中残留煤粉量测定(54)	
第二章 植物油砂、合脂砂及树脂砂	55
§ 2-1 植物油砂	56
一、植物油的化学组成和硬化原理(57) 二、植物油砂的性能控制(59) 三、植物油砂的配制及应用(60)	
§ 2-2 合脂砂	63
一、合脂的技术规格(63) 二、合脂砂的性能(65) 三、合脂砂的配制及应用(67)	
§ 2-3 树脂砂	69
一、热芯盒树脂砂(69) 二、壳芯法树脂砂(75) 三、冷芯盒法树脂砂(77)	
第三章 水玻璃砂及双快水泥砂	79
§ 3-1 水玻璃砂	79
一、水玻璃的特性(79) 二、二氧化碳硬化砂(82) 三、石灰石砂、自硬砂和流态砂(86)	
§ 3-2 双快水泥砂	89
一、双快水泥的性质及规格(89) 二、影响型砂性能的因素(90) 三、双快水泥砂的配制及应用(93)	

第二篇 铸造工艺原理

第四章 充型与浇注系统	95
§ 4-1 金属液填充铸型	95
一、金属液的流动性(96) 二、铸型的填充性(97)	
§ 4-2 金属液在浇注系统中的流动	97
一、金属液在浇口杯中的流动(98) 二、金属液在直浇道内的流动(101) 三、金属液在横浇道内的流动(103) 四、金属液在内浇道内的流动(106)	
§ 4-3 浇注系统类型及开设位置的选择	107

一、顶注式浇注系统 (107)	二、底注式浇注系统 (110)	三、侧注式浇注系统 (111)
四、复合式浇注系统 (115)		
§ 4-4 浇注系统尺寸的确定	117	
一、浇注时间的计算 (118)	二、确定内浇道横截面积 (119)	三、确定浇注系统各浇道组元的比例 (124)
§ 4-5 其它合金铸件浇注系统的特点	126	
一、可锻铸铁件的浇注系统 (126)	二、球墨铸铁件的浇注系统 (128)	三、铸钢件的浇注系统 (128)
四、铜合金铸件的浇注系统 (132)	五、铝合金铸件的浇注系统 (132)	
第五章 铸件的凝固	135	
§ 5-1 凝固过程的研究方法	135	
一、残余液体倾出法 (135)	二、直接测温法 (136)	
§ 5-2 铸件的凝固区域	137	
一、纯金属 (138)	二、窄凝固范围的合金 (138)	三、宽凝固范围的合金 (139)
四、中等凝固范围的合金 (139)		
§ 5-3 铸件的凝固动态曲线	141	
§ 5-4 铸件的凝固时间	144	
一、“平方根定律”计算法 (144)	二、模数计算法 (145)	三、影响凝固时间的因素 (147)
第六章 铸件的补缩	149	
§ 6-1 铸件中的缩孔和缩松	150	
一、集中缩孔 (151)	二、缩松 (154)	三、防止铸件产生缩孔和缩松的措施 (155)
§ 6-2 铸件凝固的控制	158	
一、顺序凝固 (158)	二、同时凝固 (158)	三、壁厚均匀铸件的凝固特点 (159)
四、控制铸件凝固的方法 (161)		
§ 6-3 冒口的设计	166	
一、冒口的种类、形状和安放的位置 (166)	二、冒口的有效补缩范围 (169)	
三、冒口尺寸的确定方法 (175)	四、特种冒口的应用 (192)	
§ 6-4 冷铁的设计	199	
一、外冷铁 (199)	二、内冷铁 (201)	
第七章 铸造应力、变形及裂纹	206	
§ 7-1 合金在不同温度时的应力和变形的关系	206	
§ 7-2 铸造应力	207	
一、热应力 (207)	二、相变应力 (210)	三、收缩应力 (211)
四、铸造应力测定方法及消除应力的措施 (211)		
§ 7-3 铸件的变形及冷裂	212	
§ 7-4 铸件的热裂	215	
一、热裂的特征 (215)	二、热裂的形成过程及其机理 (216)	三、影响热裂的因素及防止热裂的办法 (217)
第八章 金属液与铸型的相互作用	221	
§ 8-1 金属液与铸型相互的热作用	221	
一、金属液对铸型的加热 (221)	二、铸型在加热时的膨胀和应力 (222)	三、浇注后砂型内的水分迁移及强度变化 (223)
四、夹砂 (224)		
§ 8-2 金属液与铸型相互的机械作用	227	
一、金属液对铸型的冲击和冲刷 (227)	二、金属液的压力与型壁的变化 (228)	
§ 8-3 金属液与铸型相互的物理化学作用	229	
一、气孔 (229)	二、粘砂 (242)	三、铸件表面合金化(铸渗) (249)
§ 8-4 铸件缺陷的分类及焊补	250	

第三篇 特种铸造

第九章 熔模铸造及陶瓷型铸造	258
§ 9-1 压型	259
一、压型的结构 (260) 二、型腔尺寸的计算 (263) 三、压型的加工精度及材料选择 (265)	
§ 9-2 制模	266
一、模料及配制 (266) 二、制模工艺 (269) 三、组合模组 (270)	
§ 9-3 制壳	271
一、熔模表面活化处理 (271) 二、耐火材料 (272) 三、粘结材料 (272) 四、配制耐火涂料 (277) 五、涂挂壳型及硬化 (277) 六、型壳脱模及模料回收 (279)	
§ 9-4 焙烧及其它	280
§ 9-5 陶瓷型铸造	281
一、铸型材料 (282) 二、制型工艺特点 (283)	
第十章 金属型铸造	286
§ 10-1 金属型设计原理	286
一、金属型的结构形式 (286) 二、金属型的主要尺寸 (287) 三、金属型芯 (290) 四、金属型的通气 (291) 五、金属型的锁紧、取件和开合机构 (291) 六、金属型型腔尺寸公差及光洁度 (293)	
§ 10-2 金属型的铸造工艺	293
一、浇注温度 (294) 二、浇前型温 (294) 三、铸件出型温度及时间 (295) 四、涂料 (295) 五、铸铁件的白口问题 (296)	
§ 10-3 金属型的寿命和材料	299
第十一章 离心铸造	302
§ 11-1 离心铸造原理	303
一、作用于液体金属的离心力 (303) 二、液体金属及铸件自由表面形状 (304) 三、液体金属中非金属夹杂物的去除 (305) 四、金属凝固的特点 (306) 五、铸型转速的确定 (306)	
§ 11-2 离心铸造工艺	308
一、金属铸型 (308) 二、涂料及复料 (310) 三、液体金属的浇注和定量 (310) 四、双金属离心铸造 (311)	
§ 11-3 离心铸造机	312
第十二章 压力铸造及低压铸造	314
§ 12-1 压铸件设计	315
§ 12-2 压铸型设计	317
一、浇注系统及排气 (318) 二、抽芯机构 (322) 三、顶出机构 (323) 四、压铸型材料 (324)	
§ 12-3 压铸工艺	325
一、压铸时的压力和速度 (325) 二、金属浇温及浇前型温 (327) 三、涂料 (327) 四、压铸新工艺 (329)	
§ 12-4 压铸机原理及其型号	330
一、动力部分 (332) 二、开合型和锁型机构 (332) 三、压射机构 (333)	
§ 12-5 低压铸造	335

第一篇 造型材料

现代铸造生产主要是为机器制造业提供大量的铸件。在目前铸造生产的条件下，百分之八、九十的铸件都是采用砂型铸造的。制造砂型的材料统称为造型材料。凡由各种原材料（砂子、粘土或其他粘结材料和附加物等）按一定比例和一定工艺配制而成的造型材料称为型砂。

一般说来，生产一吨铸件，就需使用 3~6 吨型砂，而消耗一吨造型材料。造型材料的性能优劣，直接影响铸件的质量。而且对铸件的成本也有直接影响；此外，造型材料对造型和制芯工艺方法，劳动条件、劳动强度和生产率亦起很大的作用。所以必须充分认识和高度重视造型材料在铸造生产中的重要地位，掌握造型材料的性能，合理使用造型材料，来提高铸件的质量和降低铸件成本，多快好省地建设社会主义。

随着社会主义祖国四个现代化建设事业的需要，科学的向前发展，造型材料的发展也很迅速，如型砂原来只使用天然砂和少量的人造石英砂。近来使用了石灰石砂，做特殊铸件使用了锆砂、镁砂、铬矿砂、刚玉砂、钛铁矿砂等；粘结剂的发展更是日新月异，如原来的无机粘结剂，用普通粘土、水泥和少量的水玻璃，现在使用活化膨润土、双快水泥等；有机粘结剂以前用桐油、亚麻油和少量的纸浆废液、糊精、糖浆等。而现在用改性米糠油、石蜡制皂合脂、乳化沥青粘结剂和聚乙烯醇粘结剂等来取代价高的植物油和宝贵的粮食制品。为取代植物油，使用了高分子粘结剂。50年代使用了酚醛树脂，70年代初使用了呋喃 I 型树脂，近几年来使用了呋喃 II 型树脂等。

为了适应我国工业高速度的发展，我们还应研制更好、更新、成本更低的造型材料和测试手段，为实现四个现代化而刻苦学习，努力工作。

本篇将着重介绍造型材料的各种主要性能和测试方法，以及对铸件质量的影响。

第一章 粘土型砂

粘土型砂是由造型用砂、造型粘土、附加物及水按一定比例混制而成的。其结构组织示意图如图 1-1 所示。松散的砂粒是型砂的骨干，粘土和水形成粘土胶体以薄膜形式覆盖在砂粒表面把砂粒联结起来，使型砂具有强度等性能；附加物如煤粉、木屑等，用来改善型砂的某些性能；砂粒间的空隙使型砂具有透气的 ability。由此看来，型砂中的各种造型材料、特别是粘结剂在常温、加热、高温和灼烧时的性质直接影响型砂性能，推动着型砂的发展。

粘土型砂是砂型铸造生产上应用最普遍、最广泛的造型材料。其原因是：砂和粘土的来源广，储量丰富，价格低，制备简单，不受铸件的材质、形状、尺寸、重量和批量的限制，广泛地应用于铸钢件、铸铁件和有色金属铸件的生产上。

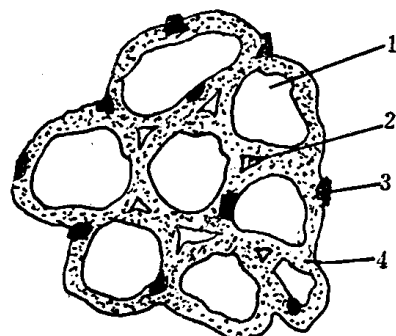


图1-1 粘土质型砂结构示意图
1—砂粒 2—孔隙 3—附加物
4—粘土胶体

目前粘土型砂尚未有统一分类，一般按工作任务的不同可分为：

- 1) 配制成用来制作砂型的叫型砂；
- 2) 配制成用来制作砂芯的叫芯砂；
- 3) 配制成用来涂抹砂型及砂芯表面的叫涂料；
- 4) 撒复于铸型表面的粉状材料叫复料。

按所用铸型的干燥程度分为：

- 1) 湿型用的湿型砂；
- 2) 干型用的干型砂；
- 3) 表面干燥铸型用的表干型砂。

按铸件合金种类分为：

- 1) 铸钢用的型砂；
- 2) 铸铁用的型砂；
- 3) 铸有色金属用的型砂。

按浇注次数分为：

- 1) 一次型用型砂；
- 2) 可多次浇注的半永久型型砂。

按性能要求不同分为：

- 1) 用来制作砂型或砂芯与金属液接触的表层型砂叫面砂；
- 2) 用来填充除面砂外的砂型或砂芯背层的型砂叫背砂；
- 3) 机械化造型用的单一砂（一般造型机用普通单一砂；高压造型机用高压造型用砂）。

按配入粘结剂不同分为：

- 1) 常用粘土配制的型砂——粘土型砂；
- 2) 加入特种粘结剂的型砂及芯砂。

目前我国以粘土型砂生产铸件约占铸件总产量的80~90%，因此作为一个铸造工作者，必须了解粘土型砂的配制及其性能，以及控制、改进各种性能的途径。

§ 1-1 铸造用砂和粘土

砂型铸造生产中使用的造型用砂（简称砂子）和造型粘土（简称粘土）都是岩石经过长期风吹、冲刷、温度反复变化和化学变化使其破碎细化和分解而形成的。所以在自然界里，砂和粘土往往都是混在一起的而很难截然分开。生产中为了研究和使用方便，人为的将砂子和粘土加以区分，凡是小于0.022毫米的颗粒，划为粘土，而大于0.022毫米的称为砂子。在砂和粘土的混合物中，如果粘土含量大于50%的划为粘土，否则划为砂子。

一、铸造用砂

砂子根据其形成条件可以分为河砂、湖砂、海砂、风积砂和残留砂。河砂、湖砂和海砂粘土含量较少，粒度比较均匀且粒形较圆；风积砂大部分集中在大陆内部，颗粒细而均匀，粘土含量多些；残留砂是岩石风化后在原地生成的，所以又称山砂，粘土含量多些，颗粒形状不甚规则。

石英岩经人工采掘、破碎和筛选后制成的砂子称为人造石英砂，石英含量较高，呈尖角形。

并不是所有的砂子都适合铸造生产使用，对它有一定的要求，主要性质是指化学成分及矿物组成；颗粒特性；在加热时的体积变化等等。

(一) 矿物组成及化学成分

砂子的化学成分及矿物组成直接影响砂子耐火度和复用性，而耐火度直接关系到铸件的表面光洁度。

砂子的主要矿物组成有石英、长石、云母，此外尚有少量铁的氧化物及碳酸盐等。

砂内石英、长石、云母的性质见表 1-1。

表 1-1 石英、长石、云母的成分和特性

矿物名称		成分	莫氏硬度	比重	熔点(°C)
石英		SiO_2	7	2.5~2.6	1713
长石	钾长石	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	6	2.5~2.6	1170~1200
	钠长石	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	6~6.5	2.62~2.65	1100
	钙长石	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	6~6.5	2.74~2.76	1160~1250
云母	白云母	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2~2.5	2.75~3.0	1270~1275
	黑云母	$\text{K}_2\text{O} \cdot 6(\text{Mg} \cdot \text{Fe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.5~3	2.7~3.1	1145~1150

注：矿物晶体的相对硬度用莫氏硬度表示，它共分10级，金刚石最硬定为10级，滑石最软定为1级，以相互刻划为准。

石英一般是透明或半透明的白色固体，存在金属氧化物的杂质时，可能呈红、黄等颜色。石英坚硬耐磨，耐高温，是砂子的主要成分。石英含量是评定砂子质量的重要指标。

长石、云母熔化温度低，硬度低，容易破碎，使砂子的耐火度、复用性受到影响。

铁的氧化物在砂中可以下列形式存在：褐铁矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，赤铁矿 (Fe_2O_3)，磁铁矿 (Fe_3O_4)。

碳酸盐在砂中以石灰石 (CaCO_3) 和白云石 ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) 等形式存在。

化学成分对型砂耐火度等的影响：

碱金属氧化物 (Na_2O , K_2O) 存在于长石和云母中，这类氧化物能与石英形成易熔化合物，造成化学粘砂。例如 73% SiO_2 与 27% Na_2O 的混合物，其熔点仅 793°C， K_2O 与 SiO_2 组成的共晶体的熔点为 525°C，故含量应予以限制，如表 1-2。

CaO 、 MgO 是碱土金属氧化物，此种氧化物存在于长石、石灰石、白云石中。它与 FeO 和 SiO_2 可生成易熔物质，但并不与铸件焊合，冷却时由于与铸件收缩不一致，易从铸件表面脱落，因而并无害，但由于在浇注时碳酸盐分解产生大量气体，铸件容易形成气孔，因此对它的含量亦应当限制。

氧化铁易与其他氧化物形成易熔化合物，例如形成 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 后熔点仅 1140°C，从而降低了型砂耐火度，容易使铸件出现粘砂，因此它的含量亦需加以限制。

碱金属氧化物、碱土金属氧化物、铁的氧化物有损于型砂的耐火度等性能，它们是砂子的有害杂质。我国机标 (JB 435-63) 根据二氧化硅含量、含泥量和有害杂质含量，将造型用砂分类如表 1-2。

表1-2 造型用砂的分类

原砂名称	等级符号	含泥量 (%)	二氧化硅 (%)	有害杂质含量不大于 (%)			参考使用范围
				$K_2O + Na_2O$	$CaO + MgO$	Fe_2O_3	
石英砂	1S	≤ 2	≥ 97	0.5	1.0	0.75	可配制铸钢件型、芯砂
	2S	≤ 2	≥ 96	1.5		1.0	
	3S	≤ 2	≥ 94			1.5	
	4S	≤ 2	≥ 90				配制各种铸铁件及部分铸钢件型、芯砂
石英—长石砂	1SC	≤ 2	≥ 85				铸铁和有色铸件用型、芯砂
	2SC	≤ 2	< 85				
粘土砂	1N	$> 2 \sim 10$					铸铁小件和有色中、小件型芯砂
	2N	$> 10 \sim 20$					铸铁及有色铸件型、芯砂的附加物，以及提高湿强度改善造型性能
	3N	$> 20 \sim 30$					
	4N	$> 30 \sim 50$					

注：1.所规定的氧化铁含量，是将原砂中所分析出的全部铁含量按氧化铁进行换算。

2.必要时对4S以下控制其烧结点如下：4S $\geq 1350^{\circ}C$ ；1SC $\geq 1300^{\circ}C$ ；2SC $\geq 1250^{\circ}C$ ，粘土砂 $\geq 1000^{\circ}C$ 。

例如湖口砂含 SiO_2 91.7%， $Na_2O + K_2O$ 2.43%， $CaO + MgO$ 0.16%，含泥量 1.22%，属于 4S 级石英砂。

(二) 颗粒特性

原砂的颗粒特性是指原砂的颗粒组成，对型砂性能的影响。

砂子的颗粒组成同样是砂子质量的主要指标之一，它影响型砂的耐火度、透气性和强度等性能。

砂子的颗粒组成包括颗粒大小，均匀程度，形状和表面状态等。颗粒细的砂，配制的型砂强度高，但耐火度和透气性低，颗粒粗的型砂与此相反；砂子颗粒分布越集中，配制的型砂透气性越高；圆形颗粒或接近圆形颗粒的砂子，配制的型砂各种性能都好。

砂子的颗粒度通常用筛分法来测定。铸造用标准筛是一套 180 毫米直径的圆筛（原 JB 435-63 规定的标准筛是 200 毫米直径），从最粗的 6 号筛到最细的 260 号筛共有 11 个筛子及一个底盘组成，型号为 SBS。

我国铸造用标准筛规格以及原 JB 435-63 的标准筛规格列于表 1-3，并将国外一些国家规格同列于表。测定时将测过含泥量并烘干至恒重的试料，放入最粗筛网（6 号筛）进行筛分。

砂子颗粒度常用的表示方法有列表法和符号法。

列表法是用表列出各号筛上砂粒重量的百分数，以表示颗粒度。如某地原砂的颗粒度如表 1-4。

符号表示法是用残留量最多的，三个相邻的筛子上的砂子作为原砂颗粒的主要部分，以主要部分砂粒的大小代表原砂的颗粒大小，并以头尾两个筛子的筛号表示。如表 1-4 原砂的颗粒组成用符号 55/100-77.12% 表示。此式的意义为：某地原砂颗粒主要集中在三个相邻

的 55、75 和 100 号筛上，55 和 100 为三个相邻的头尾筛号，由于 55 号筛上砂粒留量百分数比 100 号筛上多，所以写作分子而 100 写作分母，而 77.12% 表示 55、75 和 100 号筛上砂粒留量百分数之和。此种表示方法生产中使用较多。

表 1-3 筛网规格对照表

中国新标准	筛号	6	12	24	28	45	55	75	100	150	200	260	
	孔尺寸 mm	3.2	1.6	0.8	0.63	0.40	0.315	0.2	0.154	0.1	0.071	0.056	
中国 JB435-63	筛号	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	
	孔尺寸 mm	3.36	1.68	0.84	0.59	0.42	0.297	0.21	0.149	0.105	0.074	0.053	
美国 (A. F. S.)	筛号	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	
	孔尺寸 mm	3.36	1.68	0.841	0.595	0.42	0.297	0.21	0.149	0.105	0.074	0.058	
日本	筛号	6	10	20	28	35	48	65	100	150	200	270	
	孔尺寸 mm	3.36	1.68	0.84	0.59	0.42	0.297	0.21	0.149	0.105	0.074	0.053	
苏联	筛号	6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	
	孔尺寸 mm	3.2	1.6	0.85	0.6	0.42	0.315	0.2	0.15	0.105	0.075	0.056	
东德	筛号	—	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	
	孔尺寸 mm	—	1.6	0.8	0.63	0.4	0.315	0.20	0.16	0.10	0.08	0.05	
捷克	筛号	—	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	
	孔尺寸 mm	—	1.6	0.8	0.63	0.4	0.315	0.20	0.16	0.10	0.08	0.05	
英国 (BSA/BSS)	筛号	5	10	16	22	30	44	60	72	100	150	200	270
	孔尺寸 mm	3.353	1.679	1.003	0.699	0.5	0.353	0.251	0.211	0.152	0.104	0.076	0.053

注：筛号：表示一英寸长度上所有筛孔数目。

表 1-4 某地砂的颗粒度

筛号	6	12	24	28	45	55	75	100	150	200	260	底盘	含泥量	总量
残留量 %	1	1	2.14	6.26	9.96	24.7	40.84	11.58	2.8	0.26	0.06	0.06	1.22	99.88

根据主要组成部分颗粒大小，造型用砂分组如表 1-5。

表 1-5 铸造用砂根据主要组成部分颗粒大小分组

原砂名称	组别	主要组成部分的筛号	原砂名称	组别	主要组成部分的筛号
特粗砂	6/12	6、12	中粒砂	45/75	45、55、75
	12/24	12、24		55/100	55、75、100
粗粒砂	12/28	12、24、28	细粒砂	75/150	75、100、150
	24/45	24、28、45		100/200	100、150、200
	28/55	28、45、55	特细砂	150/260	150、200、260
				200/260	200、260、底盘

根据主要组成部分的数量，铸造用砂分成粒度集中的和粒度分散的两种如表 1-6。当原砂粒度分散时如用符号表示法则应在组别之后加汉语拼音字母 F，如 4 S 55/100 F（F 表示粒度分散的）。

表 1-6 铸造用砂按主要组成部分的数量分成集中的和分散的

原 砂 名 称	主 要 组 成 部 分 的 数 量 %	
	粒 度 集 中 的	粒 度 分 散 的
S 及 SC	≥ 70	$< 70 \geq 55$
1N	≥ 60	$\leq 60 \geq 45$

造型用砂的颗粒形状见图 1-2，可以分为圆形、多角形和尖角形三种。

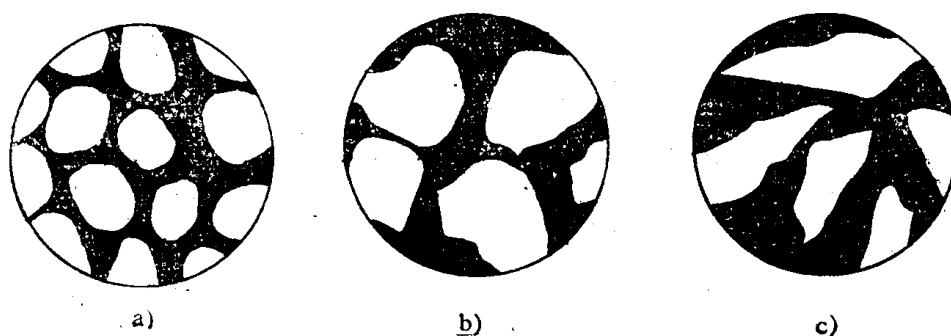


图 1-2 砂子的颗粒形状

a—圆形 b—多角形 c—尖角形

圆形砂：颗粒为圆形或接近于圆形，表面光洁，没有突出的棱角，以符号“○”表示。

多角形砂：颗粒成多角形，且多为钝角，以符号“□”表示。

尖角形砂：颗粒成尖角形，且多为锐角，以符号“△”表示。

某一种形状的原砂往往都掺杂有其他形状的颗粒，如不超过三分之一，则仍用一种形状表示，否则要用二种形状表示，且数量较多的形状排在前面，如某地原砂标为 4 S 55/100(□—△)，某地红砂为 1N 140/70(□)。

(三) 耐火度和烧结点

材料抵抗高温作用而不熔化的性能称为耐火度。砂子的耐火度对铸件的表面质量，清砂的难易程度，砂子的复用性等都有影响。耐火度的高低主要决定于砂子的矿物成分和颗粒组成。一般原砂颗粒愈粗，石英含量愈高，杂质含量愈低，耐火度愈高；反之，耐火度愈低。

砂粒表面或砂粒间的混杂物开始熔化而烧结的温度称为烧结点。烧结点对铸件的表面质量和清砂难易的影响比耐火度更为直接。

(四) 砂子体积的热变化

砂子在加热过程中的变化基本上取决于石英(SiO_2)的变化，这种变化主要是产生膨胀现象，是由石英在加热过程中产生的膨胀而引起的。

加热时砂粒体积膨胀包括两种因素，一是由于砂粒随温度升高而产生的物理热膨胀，二是由于温度升高时石英同素异晶转变而产生的相变膨胀。物理热膨胀值一般很小，而石英的相变膨胀则是引起突然膨胀的主要原因。

由于物理化学条件的不同，石英存在着复杂的同素异晶现象。它们的相互转变情况如图1-3所示。

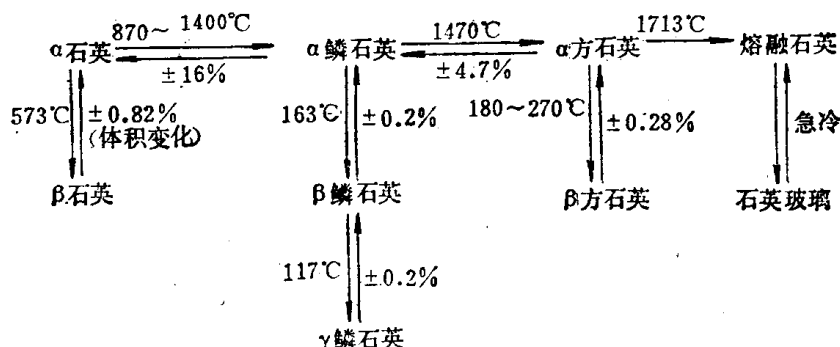


图1-3 石英同素异晶转变简图

其中 α 晶型表示高温稳定的晶型， β 、 γ 晶型表示低温稳定的晶型。在自然界里所遇到的石英，即为 β 石英，而以鳞石英和方石英结晶形态存在的石英较少，这是因为石英在较长时间加热之下才能转化为鳞石英和方石英。

低温状态的 β 石英在 573°C 转变为高温状态的 α 石英的反应很迅速，随之引起体积突然膨胀，见图1-4。虽然这种膨胀仅0.82%，但是由于石英颗粒体积迅速增加，对铸型的变形和胀裂影响很大。

同时，由于砂子的体积变化是可逆的，砂子的反复使用经历多次膨胀和收缩，使砂子细化，粉尘增加，降低了型砂的透气性和耐火性等性能。

(五) 原砂的选用

在生产中，铸造用砂根据铸件的合金种类，重量大小，铸型的种类（干、湿、表干），造型或造芯等不同用途来选用。

粘结剂种类的不同，对原砂要求也有差异。如采用水玻璃、植物油、合脂、人造树脂等作粘结剂配制的型砂和芯砂，常对原砂提出较高的要求。

自然界出产的原砂，当在含泥量和颗粒组成等不能满足生产要求时，可用人工加工的方法即水洗、筛选或将两种不同的原砂按一定比例混合使用等方法使原砂达到要求。

我国主要天然砂和石英岩砂的产地和质量情况可以参看表1-7。

(六) 铸造粘结剂用的标准砂

检定铸造粘结剂用的标准砂，适用于检定各种粘结剂（包括无机和有机）的强度性能。

标准砂系吉林省通辽县大林砂区选取的天然砂。经水选分级、烘干等工序而精选的。为了统一衡量铸造各种粘结剂的强度，其检定用原砂应采用本标准砂。

标准砂的牌号为 NBS 55/100(O)，N、B 和 S 符号分别表示为粘结剂、标准和石英砂的汉语拼音第一个字母。

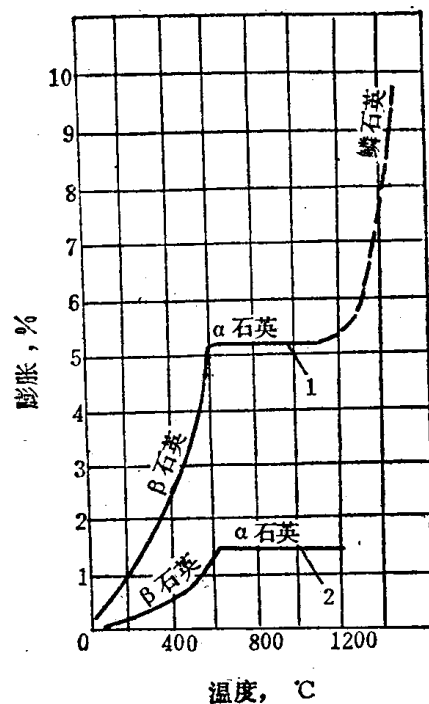


图1-4 石英在加热时的膨胀

1—体膨胀 2—线膨胀

表1-7 我国部分天然砂产地和质量情况

砂名和产地	牌号	化学成分 (%)					烧结点 (°C)	含泥量 (%)	使用情况
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO			
吉林省双辽县七棵河砂	3S70/140(O-□)	94.54	2.78	0.50	0.07	0.05	1350	0.32	各种铸钢、铸铁件
吉林省双辽县七棵河砂	1SC70/140(O-□)	90.00	6.60	0.43	0.31	0.09	1300	0.44	各种铸铁件
内蒙古哲里木盟大林砂	4S50/100(O-□)	90.62	4.70	0.57	0.16	0.11	1350	1.72	各种铸铁件
内蒙古哲里木盟大林砂	2SC70/140(O-□)	87.80	6.25	0.44	0.23	0.11	1250	1.72	铸铁件及有色件
内蒙古哲里木盟伊塔塔砂	1SC70/140(O)	89.96	6.55	0.51	0.25	0.11	1300	1.60	铸铁件及有色件
山东省青州市砂	4S40/70(□-O)	91.50	5.24	0.36	0.56	0.05	—	—	中大铸铁件及油芯砂
山东省高密砂	2SC140/70(□)	83.24	10.75	0.93	0.80	0.47	—	—	小型铸铁件
山东省荣城北门外砂	1SC100/50(□-O)	88.10	6.03	0.57	0.75	0.05	1680	—	中小型铸铁件
河南省中牟县郑庵砂	2SC50/100 40/70	80.00	10.05	1.50	0.90	0.40	—	1.0	铸铁件
江西省都昌砂	70/140	94.5	4.36	0.72	0.15	0.20	—	0.1	铸铁件
江西省都昌砂	—	89.66	5.65	0.75	0.17	0.18	—	0.5	铸铁及有色件
江西省湖口砂	1SC50/100(□-O)	91.30	4.49	0.81	0.09	0.09	1300	1.12	铸铁及有色件
江苏省六合红砂	—	55~60	14~16	2~4	—	—	—	12~20	有色件及型、芯砂附加物
福建省平潭县竹屿海砂	2S50/100	96.60	1.86	0	—	—	1460	0.34	小型铸铁件及合脂芯砂
福建省长乐县江田海砂	4S200/100	90.0	4.78	0.70	—	—	1360	1.40	小型铸铁件
辽宁盖县人造砂	1S20/40(□-△)	98.66	0.55	0.38	—	0.02	1550	0.58	铸钢件用型砂及芯砂
辽宁海城石英砂岩砂	1S20/40(□-△)	98.93	0.31	0.36	—	—	1550	1.22	铸钢件用砂
辽宁营城子砂	1N140/270(□-△)	84.60	8.00	1.05	0.66	0.29	1250	3.82	小型铸铁件
吉林卧虎屯砂	1SC50/100	92.80	3.72	0.43	0.13	0.07	1200	0.78	铸铁件用砂
内蒙古大罕砂	4S40/70(O-□)	94.41	3.45	0.45	0.10	0.07	1350	1.36	铸铁件或小型铸钢件用砂
江苏无锡砂	1S40/70(□-△)	98.70	0.69	0.26	0.04	—	1550	0.92	铸钢件用砂
江苏苏州砂	1S20/40(□-△)	98.91	0.45	0.25	—	0.03	1550	0.62	铸钢件用砂
浙江湖州砂	1S20/40(□-△)	97.93	1.10	0.43	0.05	0.04	1550	0.56	铸钢件用砂
浙江普陀砂	1SC40/70(O-□)	86.82	5.90	1.30	0.24	0.14	1300	0.12	铸铁件及有色件砂
唐山红砂	N50/100(△)	84.22	9.05	1.11	0.32	0.57	1520	13.67	铸铁件及有色件
北戴河细砂	2SC70/40(△-O)	80.66	11.09	1.04	1.18	0.22	—	0.29	铸铁件用砂
郑州砂	2SC50/100(□)	80.58	9.98	2.20	1.39	0.082	—	1.68	铸铁件用砂
重庆白场沟岩砂	3S40/70(□)	94.36	2.37	1.49	微量	<1.83	—	1.2	铸钢件用砂
铜川红砂	1N100/200(□)	75.98	11.51	2.73	1.08	2.48	1310	4.72	铸铁件及有色件
兰州中常砂	4S40/70	93.30	2.94	0.76	1.05	0.54	—	0.72	铸铁件和小型铸钢件
湖北轴山砂	1N50/100(△)	89.15	5.21	1.29	0.20	0.05	1490	5.83	铸铁件用砂
福建晋江县深沪海砂	1S70/140	96.28	1.38	0.64	0.22	0.24	1450	0.50	小型铸钢、铸铁件

标准砂的颗粒组成见表 1-8, 含泥量不大于 0.5%, 含水量不大于 0.3%, 化学成分见表 1-9。

表 1-8 标准砂的颗粒组成

筛 号	28及28以上	45	55	75	100	150	200及200以下
残留量%	< 2	<13	18~23	40~46	13~17	< 8	< 3

表 1-9 标准砂的化学成分

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO + MgO%	K ₂ O + Na ₂ O%	TiO ₂ %	灼减%
>88	<6.0	<0.7	<0.7	<3.5	<0.1	<0.5

二、铸造用粘土

良好的铸造粘土应具有下列主要的性能：与砂、水混碾时要有良好的粘结性能；在普通的加热条件下，不失去粘结性，即复用性好；能抵消石英的热膨胀，即具有抵抗铸造过程中砂型膨胀所引起缺陷的能力；能使型砂具有适当的变形能力和韧性，以便成型起模；粘土应使型砂具有足够的干态、热态和冷态性能，保证金属液在浇注凝固冷却过程中不产生废品等。此外，粘土应能方便而经济地运送到用户。

粘土是岩石经化学风化后沉积成的天然矿物。自然界出产的粘土，除主要粘土矿物以外，还含有泥类和砂粒等杂质。

铸造用粘土根据粘土的矿物成分一般划分为普通粘土和膨润土两类。普通粘土的主要成分为高岭石类矿物。膨润土的主要成分为蒙脱石类矿物。普通粘土用符号 N 表示，膨润土用 P 表示。

(一) 粘土的主要矿物成分和晶体结构

1. 普通粘土 普通粘土主要是由高岭石组粘土矿物所组成。高岭石组粘土矿物主要是高岭石，它是一种白色物质，比重 2.58~2.6，熔化温度 1750~1780℃，理论构造式是 $Al_2Si_2O_5(OH)_2$ ，或用化学式 $2Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 4H_2O$ 表示，用氧化物表示的理论组成是 SiO₂ 46.54%，Al₂O₃ 39.5%，H₂O 13.96%。

高岭石晶体在电子显微镜下呈现规则的鳞片状晶体结构，是由硅-氧四面体和铝-氧、氢氧八面体两种基本单体构造组成。

Si-O 四面体是构成所有硅酸盐构造的基础。所谓硅氧四面体，就是由四个氧原子以相等的距离构成四面体形状，而硅原子则居其中（图 1-5）。在硅氧四面体中，Si 和 O 的距离约为 1.6 Å。

无数硅氧四面体排列成六角形网格，无限延伸构成硅氧四面体层。在四面体层中，四面体的排列是所有的顶尖都指向同一方向，所有四面体的底面都落在同一平面上（图 1-5）。

Al-O、OH 八面体是硅酸盐的第二种单体构造。在铝、氧和氢氧八面体中，六个氧或氢氧以相等距离排列，铝则居于八面体中心，如图 1-5 所示。

无数八面体构成八面体的层状结构，如图 1-5 所示。

高岭石晶体呈双层型，由一层硅氧四面体层和一层铝氧、氢氧八面体层结合而成，所有四面体的顶端都朝着同样方向，指向八面体层并与八面体共用四面体顶端的氧原子。相邻晶层的氧和氢氧根彼此双双靠近，相邻晶层被两层间的氢键（所谓氢键就是：当氢原子和非金

属性强的元素例如氧以共价键相结合时，其中氢氧两原子间的共用电子对，会强烈地移向氧原子，由此使仅有一个电子的氢原子这时几乎变成一个没有电子的半径很小的核。但是这个氢原子将不被另一个分子中的氧原子的电子层所排斥，相反地却被这电子层所吸引，而和它相互作用，形成第二个键——氢键）紧紧联系着，沿 c 轴方向一层层迭置起来，沿 b 轴 a 轴方向无限展开，构成高岭石晶体，如图 1-6。

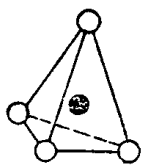
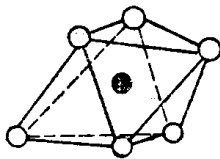
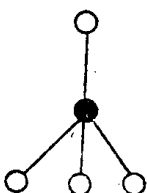
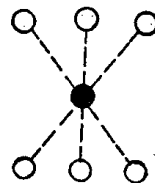
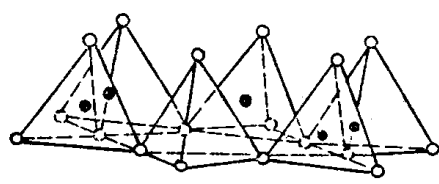
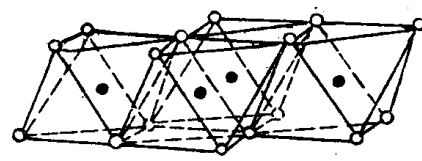
	硅 氧 四 面 体	铝 氧 八 面 体
结 构 示 意	 a)	 b)
简 化 图 形	 c)	 d)
层 状 结 构	 e)	 f)
	○—氧 ●—硅	●—铝、镁等； ○—氢氧、氧。

图1-5 硅氧四面体及铝氧、氢氧八面体构造示意图

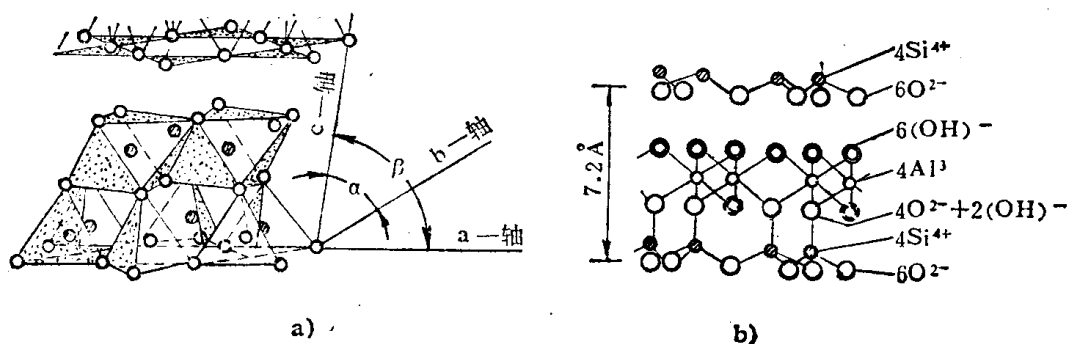


图1-6 高岭石晶体结构示意图

a—立体图 b—简化图

高岭石晶体由于相邻晶层是 O 面和 OH 面重叠，所以相邻晶层都被两层间所形成的强有力的氢键牢固地联接着，故在晶层间解离不显著，鳞片厚度为 $0.1 \sim 0.3$ 微米，在自然界呈现的颗粒尺寸较大。

高岭石晶体构造单位中的电荷是平衡的，按正负电荷计算各为 28。