ZHUZAOSHA CHULI JISHU
ZHUANGBEI YU YINGYONG

铸造砂处理技术装备与应用

吴 剑 编著

化学工业出版社

014034902

TG231
04

铸造砂处理技术装备与应用

吴 剑 编著

北京航空航天大学
★ 藏书 ★
图书馆

TG231
04

化学工业出版社

北航 C1714756

图书在版编目（CIP）数据

铸造砂处理技术装备与应用/吴剑编著. —北京：化学工业出版社，2014.1

ISBN 978-7-122-18841-0

Ⅰ.①铸… Ⅱ.①吴… Ⅲ.①铸造-砂处理设备 Ⅳ.①TG231.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 257078 号

责任编辑：刘丽宏　　文字编辑：颜克俭

责任校对：宋　夏　　装帧设计：关　飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号　邮政编码 100011）

印　　刷：北京永鑫印刷有限责任公司

装　　订：三河市宇新装订厂

710mm×1000mm　1/16　印张 14¾　字数 280 千字　　2014 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899

网　　址：http://www.cip.com.cn

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：69.00 元

版权所有　违者必究

前　言

笔者从事铸造机械砂处理设备研发、设计的技术工作30多年，特别是对铸造砂处理工艺设备、生产线和铸造用振动机械的研究、应用和不断创新而改进设计的各类铸造砂处理设备、振动机械认识深入，掌握国外相关先进铸造装备、振动机械产品的特点，对其在铸造生产线上的应用有着深刻的理解和认识。

由于铸造砂处理系统是完成铸造生产工艺过程的一个极其重要的环节。它直接关系到铸造机械化程度、铸件质量、铸造工艺水平、环境保护和铸造技术经济指标等。

为适应铸造生产不断变化和发展的各类工艺要求，需要各种新型的铸造砂处理设备。近年来，铸造砂处理设备有了显著的更新和发展，许多工艺设备进行了系列化、标准化和通用化，使其在结构、性能、配套性和可靠性方面更加合理、完善。其砂处理能力可满足20m³/h、40m³/h、70m³/h 、100m³/h 、140m³/h的铸造生产要求。

本书重点介绍黏土砂处理成套设备及特性，自硬砂混合及旧砂再生设备的工艺特性。结合其工作原理、类别、形式、技术参数、结构特征和应用进行专业性的技术描述和应用作业指导。

本书适用于从事铸造生产，铸造机械产品开发，铸造车间技术改造，工厂设计及铸造设备研究、应用等的业内人士参考。

本书得到同行业各界人士的关注和支持，特别感谢山西太原科技大学《铸造设备与工艺》杂志主编王录才教授、游晓红老师的大力支持和帮助。感谢吴笑晨同志协助做了大量的文字编排、整理工作。

编著者

2014年1月

目 录

第 1 章 铸造生产工艺与型砂概述 /1

1.1 铸造生产工艺及工艺设计 …… 1
1.1.1 铸造生产工艺 …… 1
1.1.2 铸造工艺设计 …… 2
1.2 铸造用原材料 …… 2
1.2.1 原砂 …… 3
1.2.2 黏结材料 …… 3
1.2.3 辅助材料 …… 5
1.3 铸造用型砂及其性能 …… 6
1.3.1 以黏土为黏结剂的型砂 …… 6
1.3.2 以水玻璃为黏结剂的型砂 …… 6
1.3.3 以树脂为黏结剂的型砂 …… 7
1.3.4 以油类为黏结剂的芯砂 …… 8
1.3.5 以石灰石砂为原砂的型砂 …… 8

第 2 章 铸造砂处理与设备 /10

2.1 黏土砂制备系统 …… 10
2.1.1 黏土砂处理工艺流程及特点 …… 10
2.1.2 砂处理工步设计和设备选用原则 …… 11
2.2 黏土砂混砂设备 …… 20
2.2.1 混砂机的分类、发展和选择 …… 20
2.2.2 混砂机生产能力的确定 …… 22
2.2.3 辗轮式混砂机 …… 23
2.2.4 辗轮转子式混砂机 …… 26
2.2.5 摆轮式混砂机 …… 26
2.2.6 转子式混砂机 …… 28
2.2.7 双辗盘连续混砂机 …… 31
2.2.8 国外混砂机特点 …… 31

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

2.3 松砂设备 …… 34
2.3.1 双轮式松砂机 …… 34
2.3.2 叶片式松砂机 …… 34
2.4 磁分离设备 …… 37
2.4.1 悬挂式永磁分离机 …… 37
2.4.2 永磁皮带轮 …… 37
2.4.3 永磁分离滚筒 …… 39
2.5 破碎和筛分设备 …… 41
2.5.1 滚筒破碎筛分机 …… 41
2.5.2 反击式破碎机 …… 41
2.5.3 片击式破碎机 …… 45
2.5.4 振动筛分机 …… 45
2.6 烘干与冷却设备 …… 50
2.6.1 新砂烘干装置 …… 50
2.6.2 旧砂冷却装置 …… 55
2.7 黏土砂制备过程的检测 …… 60

第3章 铸造砂处理运输与辅助设备 /62

3.1 连续运输设备 …… 62
3.1.1 鳞板式输送机 …… 62
3.1.2 皮带输送机 …… 63
3.1.3 斗式提升输送机 …… 66
3.1.4 螺旋输送机 …… 66
3.1.5 辊道输送机 …… 66
3.1.6 振动输送机 …… 69
3.1.7 弹性连杆振动输送机 …… 77
3.1.8 电动平板车 …… 79
3.2 给料定量设备 …… 81
3.2.1 圆盘给料机 …… 81
3.2.2 带式给料机 …… 85
3.2.3 星形给料机 …… 85
3.2.4 振动给料机 …… 86
3.2.5 振动料斗 …… 90
3.2.6 密辊皮带给料机 …… 91
3.2.7 螺旋给料机 …… 94

3.2.8 电子式称量斗 …… 94
3.2.9 杠杆式称量斗 …… 94
3.2.10 容积式栅格定量器 …… 96
3.3 气力输送设备 …… 98
3.3.1 低压压送式气力输送装置 …… 98
3.3.2 高压压送式气力输送装置 …… 98
3.3.3 真空吸送装置 …… 100

第4章 树脂砂造型设备与生产线 /104

4.1 树脂砂铸造工艺特性 …… 104
4.1.1 树脂砂铸造工艺特点 …… 104
4.1.2 旧砂再生处理工艺特点 …… 105
4.1.3 自硬砂铸造工艺流程 …… 106
4.2 型砂成型及技术装备 …… 108
4.2.1 双臂、单臂树脂砂连续混砂机 …… 108
4.2.2 振动紧实台 …… 112
4.2.3 铸型输送机动辊道 …… 115
4.2.4 砂再生回用工艺设备 …… 118
4.3 型砂制备过程的检测及控制 …… 128
4.3.1 自硬砂型砂制备检测项目 …… 128
4.3.2 自硬砂振动设备参数测量 …… 129
4.3.3 振动设备技术指标与控制 …… 129
4.4 树脂砂生产线工艺设计 …… 131
4.4.1 工艺设计及方案 …… 131
4.4.2 树脂砂造型生产线 …… 138
4.5 呋喃树脂自硬砂应用示例 …… 138
4.5.1 自硬砂工艺及装备 …… 138
4.5.2 自硬砂造型生产线 …… 139
4.6 树脂砂、水玻璃砂生产线检测 …… 142
4.6.1 振动设备的一般检测项目 …… 142
4.6.2 环境粉尘浓度的检测项目 …… 144
4.6.3 环境、设备噪声的检测项目 …… 145
4.6.4 生产线安装调试的检测项目 …… 145
4.6.5 工艺设备操作与作业指导 …… 145

4.7 树脂砂生产线示例 …… 146
4.7.1 生产线设计一般程序 …… 146
4.7.2 高锰钢树脂砂生产项目设计计算 …… 147

第5章 砂处理振动落砂设备 /149

5.1 振动落砂设备的选用 …… 149
5.2 落砂机的结构类型及特性 …… 149
5.2.1 惯性式振动落砂机 …… 149
5.2.2 惯性式振动输送落砂机 …… 150
5.2.3 惯性式双质体振动落砂机 …… 150
5.2.4 双质体与单质体振动落砂机的技术特性 …… 152
5.3 振动机械常用参数选择与计算 …… 154
5.3.1 振动机械常用参数选择 …… 154
5.3.2 振动机械常用参数计算 …… 155
5.4 常用振动落砂设备 …… 157
5.4.1 单质体振动落砂机 …… 158
5.4.2 双质体振动落砂机 …… 162
5.4.3 滚筒式（冷却）落砂清理机 …… 166
5.4.4 侧出口惯性振动落砂机和专用惯性振动落砂机 …… 168
5.5 铸造车间振动与噪声的防范 …… 170
5.5.1 噪声源的形成 …… 170
5.5.2 隔振、减振及阻尼 …… 171
5.5.3 吸振及降噪 …… 172
5.5.4 紧固件防松及类型 …… 173
5.5.5 噪声源控制 …… 173

第6章 铸造车间通风与除尘 /175

6.1 铸造车间粉尘 …… 175
6.1.1 粉尘的性质 …… 175
6.1.2 粉尘的产生 …… 175
6.1.3 粉尘的沉降与悬浮 …… 176
6.1.4 粉尘的扩散 …… 176
6.2 铸造车间粉尘控制 …… 177

6.2.1 湿法降尘 …… 177
6.2.2 降低尘化强度 …… 178
6.2.3 开口式吸尘 …… 178
6.3 铸造车间通风与除尘设备 …… 180
6.3.1 铸造车间通风排风 …… 180
6.3.1.1 铸造车间通风的基本原则 …… 180
6.3.1.2 自然通风的计算 …… 181
6.3.1.3 铸造车间排风的一般原则 …… 182
6.3.2 铸造车间除尘设备 …… 182
6.3.2.1 机械除尘设备 …… 182
6.3.2.2 湿法除尘设备 …… 183
6.3.2.3 布袋除尘设备 …… 183
6.3.2.4 除尘设备选择 …… 188
6.4 铸造车间除尘系统 …… 188
6.4.1 铸造车间除尘用风机 …… 188
6.4.2 铸造车间除尘系统设计 …… 190
6.4.2.1 除尘系统设计原则 …… 190
6.4.2.2 风管阻力计算 …… 190
6.4.2.3 除尘系统设计与计算 …… 191
6.5 砂处理系统的除尘 …… 191
6.5.1 主要工艺设备的排风除尘 …… 191
6.5.2 主要运输设备的排风除尘 …… 193

第7章 铸造设备维护与保养 /195

7.1 铸造生产线及设备维护保养 …… 195
7.1.1 黏土砂生产线及设备 …… 195
7.1.2 树脂砂、水玻璃砂生产线及设备 …… 201
7.2 铸造设备的常见问题 …… 202
7.2.1 铸造用振动设备 …… 202
7.2.2 铸造用常规设备 …… 203
7.3 铸造生产线的作业指导与安全生产 …… 203
7.3.1 铸造设备及生产线安装作业指导 …… 203
7.3.2 铸造生产安全注意事项 …… 204

第 8 章　铸造设备的技术发展　/205

8.1　铸造设备的技术更新 …… 205
8.2　铸造车间的技术改造 …… 206
8.2.1　工艺设计基本原则 …… 206
8.2.2　工艺特性技术分析 …… 207
8.3　铸造生产物联网技术 …… 208
8.3.1　互联网监控和物联网实时控制技术 …… 208
8.3.2　智能化传感器技术 …… 211
8.4　V 法铸造的工艺技术 …… 214
8.4.1　V 法铸造工艺设计 …… 215
8.4.1.1　工艺设计基本原则 …… 215
8.4.1.2　工艺设计特性 …… 215
8.4.2　V 法铸造工艺设备 …… 216
8.4.2.1　造型单元 …… 216
8.4.2.2　真空泵单元 …… 218
8.4.2.3　砂处理、砂冷却单元 …… 218
8.4.3　V 法铸造应用示例 …… 219
8.4.3.1　工艺参数的确定 …… 219
8.4.3.2　技术参数的确定 …… 219
8.4.3.3　配置设备相关技术参数 …… 220
8.4.3.4　工艺流程设计 …… 220

附录　铸造机械相关行业标准　/221

参考文献　/223

第1章 铸造生产工艺与型砂概述

1.1 铸造生产工艺及工艺设计

铸造工业的发展，取决于铸造生产工艺的先进性、合理性和铸造装备的配套性、实用性和可靠性。铸造生产工艺决定了铸造装备的类型和生产规模，决定了铸造生产环境和劳动条件，也决定了铸造生产能力和经济效益、发展前景。

1.1.1 铸造生产工艺

铸造生产工艺应明确铸造生产的目标属性，采用先进、合理的铸造工艺，按工艺过程实施各工部单元同物流运输相匹配的综合机械化、自动化工艺流程，达到最佳的、最适应生产的技术经济指标。

铸造车间生产过程的工艺组合一般由生产工部、辅助工部、仓储和综合管理部组成。

(1) 生产工部 生产工部是铸造生产过程的实施工部，它包括：熔化工步、造型工步、制芯工步、浇注工步、落砂工步、清理工步、型砂混制工步、旧砂处理工步和热处理工步。

(2) 辅助工部 辅助工部包括：造型砂原材料准备工步（原砂烘干、筛分处理，黏土、煤粉、黏结剂处理等）、涂料制浆工步、修包烘模工步（耐火材料、浇包、炉衬处理）、通风除尘系统维护、气源泵站和铸件表面涂漆处理。

(3) 仓储 仓储主要包括：熔化原材料库（生铁、废钢、焦炭、合金材料）、造型原材料库（新砂、旧砂、黏土、煤粉）、辅助材料库（耐火材料、黏结剂、溶剂）、储备库（砂箱、模具、芯盒、维修备件）、铸件成品库。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

(4) 综合管理部　综合管理主要包括：行政管理、工艺技术、化学试验分析、机械修理、电气控制、后勤服务。

1.1.2　铸造工艺设计

铸造工艺设计应表明铸造生产的属性，明确其生产纲领、生产规模、材料性质和生产能力。工艺设计的主要原始参数是年砂型总量、砂型尺寸、铁砂比和砂回用率。根据这些参数确定铸造生产线的节拍、产能，再核定是否满足设计的生产纲领和经济指标。

(1) 生产产能　中、小型铸件的批量生产，应根据零件的特征和工艺上的共性进行分类组合，设计合理、有效的生产工艺流水线，从而有效提高生产效率。

大件小批量的铸件生产，应根据铸件的总重量、特征和工艺要求，选择适宜的砂型尺寸，进行工艺设计，并考虑最佳的经济效益。

(2) 工艺技术　工艺设计中采用新工艺、新技术和工艺过程的机械化、自动化，是有效提高生产效率的重要手段。对于机械化生产流水线的造型工艺，应考虑造型、修型、下芯、合箱与浇注的时间延续节拍，以达到工艺过程的机械化、自动化。

(3) 工艺匹配　对于机械化造型工艺，其实际生产能力应考虑造型线的可靠性和与其协调的下芯（制芯工步）、浇注（熔化工步）、落砂（砂处理工步）周期性工艺匹配。

(4) 工艺措施　在工艺设计中，必须考虑减轻劳动强度、改善劳动条件、工作环境，实现安全环保的技术措施。最大限度地采用机械化输送、采用低噪声机械化设备、减少重复环节和通风、除尘系统的合理布置。

1.2　铸造用原材料

造型材料在铸造生产中占有重要的地位，它与铸件的质量、成本、生产效率和劳动条件有着密切的关系。铸造生产中往往由于造型材料质量低劣或者使用不当，而造成铸件报废，其占总废品率的50%以上。尤其是近代造型材料的不断发展，引起造型、制芯工艺的更新和调整，出现了新型、高效的造型新工艺。如水玻璃的应用、合成树脂的应用，出现流态自硬砂（水玻璃砂、树脂砂）的新型造型工艺。这些新型高效的造型材料和工艺，大大推动了铸造生产的发展，提高了劳动生产率，改善了劳动条件和强度。

因此，合理应用造型材料，掌握铸造型砂配比技术，提高铸件质量，改善铸造生产环境，具有深远的现实意义。

1.2.1 原砂

(1) 硅砂（石英砂）石英的密度为 2.65g/cm³，莫氏硬度 7 级，纯石英的熔点为 1713℃，化学成分为二氧化硅（SiO_2），是铸造生产中用量最大的原材料。

(2) 石灰石砂　以碳酸钙（$CaCO_3$）为主要成分，一般用白云石质的石灰石，白云石的密度为 2.8～2.9g/cm³，莫氏硬度 3.5～4 级，白云石的熔点为 800℃左右。其耐火度比石英高，一般可以用作铸钢用型砂。

(3) 锆砂（锆英石砂）　以硅酸锆（$ZrSiO_4$）为主要成分，锆砂的密度为 4.6g/cm³，莫氏硬度 7～8 级，锆砂的熔点为 2430℃。

锆砂的烧结温度与熔化温度之间有一个较宽的温度区间，具有很高的耐火度，通常用作大型铸钢件和合金钢铸件的面砂，以及抗粘砂的涂料。

(4) 镁砂　主要成分为 MgO，是天然菱镁矿石（$MgCO_3$）的烧结物，镁砂的密度为 3.5g/cm³，莫氏硬度 4～4.5 级，纯镁砂的熔点为 2800℃。

通常用作高锰钢铸件的型砂、芯砂和涂料，铸造过程中热应力很大的型芯可以采用。

(5) 橄榄石砂　是铁橄榄石（Fe_2SiO_4）与镁橄榄石（Mg_2SiO_4）的固溶矿物。橄榄石砂的密度为 3.2～3.6g/cm³，莫氏硬度 6～7 级，橄榄石的耐火度为 1750～1800℃。

其热膨胀系数较硅砂小，橄榄石砂不含游离 SiO_2，故无硅尘的危害。橄榄石砂可以用作中型铸钢件，特别是高锰钢铸件的面砂。

(6) 铬铁矿砂　主要成分为 $FeO \cdot Cr_2O_2$，铬铁矿砂的密度为 4～4.8g/cm³，莫氏硬度 5.5～6 级，铬铁矿砂的耐火度大于 1900℃。

铬铁矿砂主要用作大型铸钢件和合金钢铸件的型、芯面砂以及抗粘砂的涂料。

(7) 钛铁矿砂　主要成分为 $FeO \cdot TiO_2$ 或 $FeTiO_3$，钛铁矿砂的密度为 4.7g/cm³，莫氏硬度 4～6 级，钛铁矿砂的熔点为 1450℃。

钛铁矿砂由于熔点较低，仅适用于铸铁用砂，

(8) 刚玉砂　刚玉是高纯度的 Al_2O_3，是高铝矾土电熔结晶物。刚玉的密度为 3.85～3.9g/cm³，莫氏硬度＞9 级，刚玉的熔点为 2000～2500℃。

刚玉砂适用于大型铸钢件和合金钢铸件的型、芯面砂和涂料。

(9) 碳质砂（石墨）　工业用石墨的熔点约为 2100℃，导热性好、热容量大、热膨胀系数非常低。特别适合用作在高温下易氧化的钛合金和各种有色合金铸造用砂，适合用于黑色金属铸造及用于配置铸造用涂料。

1.2.2 黏结材料

(1) 黏土　黏土是铸造生产中应用最多的一种黏结剂。它是一种天然土态的

细颗粒材料，黏土被水润湿后具有黏性和塑性，烘干后有一定的干强度，它的耐火度较高。铸造生产中所采用的黏土主要分为铸造用黏土和铸造用膨润土两类。

① 铸造用黏土。主要由高岭石组黏土矿物组成。高岭石组黏土矿物遇水后，水分子难以侵入晶层之间，黏土颗粒不产生晶层间膨胀。因此，黏土的吸水率、膨胀性比较小，湿态强度较低，烘干时开裂向小。所以，铸造用黏土主要用作需要烘干的黏土砂型和砂芯的黏结剂。

② 铸造用膨润土。主要由蒙脱石组黏土矿物组成。其遇水后，水分子及其他离子容易进入相邻单位晶层之间，引起蒙脱石晶格沿单方向膨胀。因此，蒙脱石具有较大的吸水膨胀性、胶体分散性、吸附性、离子交换性和湿态黏结性能。所以，铸造用膨润土主要用作黏土砂湿型的黏结剂。

(2) 水玻璃　水玻璃是硅酸钠、硅酸钾或硅酸锂的水溶液。铸造生产使用的水玻璃均指钠水玻璃，其化学式为 $Na_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$。

水玻璃的密度和模数对水玻璃黏结剂的性能有重要影响。

模数是指水玻璃中 Na_2O 和 SiO_2 的摩尔数之比（M）。

水玻璃的模数对水玻璃的硬化性能有直接影响。水玻璃的硬化有物理硬化和化学硬化多种形式，这是水玻璃黏结剂的最大优点和特性。铸造生产中正是利用水玻璃硬化方法的多样性，出现了多种造型新工艺，如水玻璃 CO_2 硬化砂、水玻璃硅铁粉自硬砂、水玻璃赤泥自硬砂、水玻璃流态自硬砂、水玻璃有机脂自硬砂等。

铸造用水玻璃主要用作铸钢件和大型铸铁件的砂型和砂芯的黏结剂。

(3) 油类　油类黏结剂具有很好的流动性、溃散性和很高的干强度，是制造复杂砂芯的主要黏结剂。油类黏结剂按其来源可以分为植物油和矿物油两种。

① 植物油。主要成分是三甘油酯，铸造常用的植物油有桐油、亚麻籽油、米糠油（改性）、塔油，还有一些大豆油、棉籽油、菜籽油等。

植物油黏结剂的硬化过程是一种氧化、聚合反应过程。为了加速黏结剂的硬化过程，通常在植物油中加入少量的催干剂，以增大氧的吸收速率、促进聚合作用、加速油类硬化。

② 矿物油。矿物油黏结剂大多数是石油、化工副产品，矿物油黏结剂的分子量、黏度都比植物油大。

矿物油黏结剂的硬化过程是一个比较复杂的反应过程，需要比较高的烘干温度和比较长的烘干时间。由于矿物油的含碳量较高，高温强度好，因此浇注的铸件内腔表面质量好。

(4) 合成树脂　铸造用的树脂黏结剂是一种高分子有机化合物，主要包括脲醛树脂、酚醛树脂和糠醇树脂三类。这三类树脂都有一定的局限性，单一使用往往难以符合铸造工艺要求。因此对树脂进行改性处理，形成不同性能的新树脂

形式。

树脂黏结剂的主要特点为种类繁多、硬化形式多样、芯砂强度很高。

铸造用树脂黏结剂大致分为：壳型（芯）用树脂黏结剂、热芯盒用树脂黏结剂、冷芯盒用树脂黏结剂、自硬砂用树脂黏结剂等几种。

1.2.3 辅助材料

(1) 抗粘砂材料　主要包括用于配制涂料的耐火材料和用于配型（芯）砂的抗粘砂附加物。

① 石墨粉。石墨质软，为黑色粉状，密度为 2.2～2.3g/cm^3，莫氏硬度 1～2 级，具有良好的导电、导热和润滑性能。

在铸造生产中，石墨广泛用作铸铁件的砂型（芯）的涂料。

② 滑石粉。滑石粉为粉状，有油脂光泽，密度为 2.7～2.8g/cm^3，莫氏硬度 1 级，耐火度为 1200～1300℃。

在铸造生产中，滑石粉主要用作有色合金铸件或小型铸铁件的砂型（芯）的涂料。

③ 氧化铁粉。一般用作小型铸钢件的型砂附加物，它可以提高型砂的热导率，降低型内气氛的还原性，减少型砂孔隙，防止铸件产生夹砂、粘砂的缺陷。

(2) 溃散剂　主要用于改善型（芯）砂的溃散性。常用的溃散剂可以分成四类：纤维素类、糖和氢化淀粉水解液类、碳素物质类以及无机物类。

(3) 固化剂　固化剂也称为硬化剂、催化剂，是使型（芯）砂中的黏结剂产生化学反应而将砂粒固结在一起的材料。它可以是固体、液体或者气体。

(4) 稀释剂　铸造生产中常用的稀释剂有溶剂油、煤油和酒精。

(5) 脱模剂　铸造生产中常用的模具脱模剂有紫胶漆、硝基外用磁漆、过氧乙烯外用磁漆和聚氨酯漆。造型、制芯时常用的模具表面、芯盒表面和分型面的脱模剂有石松子粉、滑石粉、人工分型粉以及机油、煤油等。

(6) 悬浮剂　主要用于提高铸造涂料的悬浮稳定性，使涂料具有所要求的流变学性能。

① 水基涂料常用悬浮剂有：聚乙烯醇（PVA）、羧甲基纤维素钠（CMC）和海藻酸钠。

② 醇基涂料常用悬浮剂有：膨润土、有机膨润土和聚乙烯醇缩丁醛等。

(7) 防腐剂　在铸造生产中防腐剂主要用于防止有机黏结剂和涂料中的有机物腐败变质。常用的防腐剂有：麝香草酚、五氯苯酚、五氯酚钠、苯甲酸钠和工业用甲醛溶液。

(8) 增强剂　增强剂是一种用于提高树脂膜与砂粒的附着力，增强树脂砂强度，以降低树脂用量的附加物。

1.3 铸造用型砂及其性能

1.3.1 以黏土为黏结剂的型砂

黏土型（芯）砂是由砂、黏土、水和附加物按一定比例混制而成的，是广泛应用的造型混合材料。

黏土型砂可以按不同的使用条件分为湿型砂和干型砂两类。

(1) 湿型砂 湿型砂是以膨润土作为黏结剂的一种造型型砂。其基本特点在于砂型不需烘干，未硬化，具有一定的湿态强度，退让性好，便于铸造生产的流水线作业，便于落砂。但是铸件容易产生气孔、夹砂、砂眼和粘砂的缺陷。

湿型砂主要应用于生产中、小型铸件，特别是应用于大批量的机械化造型。

(2) 干型砂 干型砂是以黏土和膨润土作为黏结剂的一种造型型砂。其基本特点在于砂型需要经过烘干，达到较高的表干强度，主要采用涂料保证铸件表面质量，克服湿型砂的铸造缺陷。但是砂型需要专门的烘干设备，生产周期较长。

干型砂主要应用于生产大、中型铸件。

1.3.2 以水玻璃为黏结剂的型砂

如前所述水玻璃的硬化有物理硬化和化学硬化多种形式，这是水玻璃黏结剂的最大优点和特性。水玻璃砂的硬化方法不同，型砂的配比、性能也都不同。现在水玻璃砂的硬化方法有 CO_2 硬化法、烘干硬化法、自硬化法。在改善溃散性方面有突破性的进展，应用范围日趋扩大。

(1) CO_2 硬化法 为保证水玻璃 CO_2 硬化砂有较好的综合性能和溃散性，必须正确选用水玻璃、原砂、溃散剂，正确选用水玻璃的模数和密度。

水玻璃 CO_2 硬化砂最基本的配比（质量分数）是：水玻璃 4%～6%、原砂 100%、溃散剂（根据特性加入）1%～3%，必要时加水 0.5%～1.0%。

混合工艺：水玻璃 CO_2 硬化砂可以采用混砂机混制，一般先加原砂和添加剂，再加水和水玻璃，混合时间尽量短，混合均匀即可。造型后在砂型内插入吹气管，吹 CO_2 气体，硬化后起模。这种方法常用于大型的砂型或砂芯。

(2) 烘干硬化法 烘干硬化水玻璃的强度比 CO_2 硬化砂的强度高 10 倍。为得到 CO_2 硬化砂同样的常温强度，烘干硬化砂水玻璃的加入量可以降低到 2%～3%，因而，使溃散性有明显的改善。

烘干硬化水玻璃砂一般传统的是采用进炉窑烘干的方法，这种方法常用于中、小型的砂型或砂芯。

(3) 自硬化法 在混砂时加入有硬化剂的水玻璃砂能够自硬。砂型或砂芯在硬化后起模，可以提高铸件的表面质量，省去吹 CO_2 或者烘干的工序和材料消

耗。因而，水玻璃自硬砂的铸造工艺应用及发展很快。这种方法常用于中、大型铸件生产。

水玻璃自硬砂的硬化剂有粉状、液体状两种。常用的粉状硬化剂有硅酸二钙、硅铁粉、氟硅酸钠等。常用的液体状硬化剂是多元醇和弱酸形成的有机脂。

有机脂水玻璃自硬砂的硬化机理：有机脂在碱性水溶液中发生水解反应，生成有机酸和醇，有机酸与水玻璃反应，生成皂化物和由硅酸形成的硅酸凝胶。在硬化过程中，随着水分的蒸发，凝胶的强度很快升高，形成凝胶和凝胶脱水的综合结果。

有机脂水玻璃自硬砂的强度不仅与水玻璃的加入量、有机脂的种类和加入量、原砂质量有关，还与脱水条件有关，如环境温度、湿度、砂型（芯）的体积等。

1.3.3 以树脂为黏结剂的型砂

在铸造生产中，使用树脂为黏结剂的造型、制芯工艺与传统的手工造型，机器造型、制芯工艺相比，显著地提高了生产效率和铸件质量。

其主要优点是：具有较高的生产率，适用于制造铸件结构复杂的砂型（芯），砂型（芯）尺寸精度高，铸件的铸造缺陷少，相应的铸件成品率提高。

其主要缺点是：对原砂的质量要求高，树脂黏结剂的价格较高，对环境有污染。

(1) 呋喃树脂自硬砂　呋喃树脂自硬砂是指在常温下黏结剂由于固化剂的作用发生化学反应而固化的型（芯）砂。

呋喃树脂自硬砂的基本特点：省略了烘干工序，缩短了生产周期，造型易于紧实，落砂的溃散性好、易于清理，大大降低了劳动强度，便于实现机械化生产，铸件的尺寸精度高、表面质量好，保证了铸件质量。

呋喃树脂自硬砂原材料的选用：

① 原砂。原砂对树脂砂的性能、树脂用量及铸件表面质量影响很大。要求原砂中 SiO_2 含量要高、粉尘要少、酸耗值要低。

② 呋喃树脂。含有糠醇的树脂称为呋喃树脂，如尿醛呋喃树脂、酚醛呋喃树脂、尿醛酚醛呋喃树脂等。树脂中的游离甲醛是生产应用中产生刺激性、有害气体的根源，操作过程中应加以控制。

③ 固化剂。一般常用固化剂有磷酸溶液、硫酸乙酯、有机磺酸溶液等。

树脂砂的固化速度与原砂质量、树脂的型号、固化剂的类别以及砂温、环境温度、湿度有关。因此，固化剂的加入量应综合上述因素及工艺要求来调整。

④ 添加剂。为了改善自硬砂的综合性能，有时在配比中加入一些添加剂，

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com