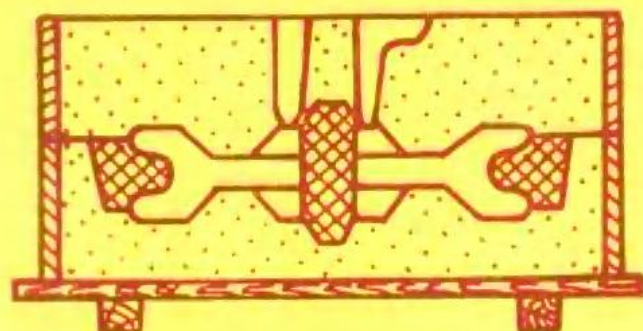

机械类技工学校教改试用教材

铸工工艺学

机械电子工业部统编



机械工业出版社

机械类技工学校教改试用教材

铸 工 工 艺 学

机械电子工业部 统编

h7/94/30



机械工业出版社



B 733570

法、考试内容等方面进行配套改革。

这套教材肯定尚有不足和错误之处，诚恳欢迎大家提出批评、建议，以便再版时修正。

本书绪论、第一章由济南第二机床厂技工学校李荣祥编写，第二、三、七章由上海汽轮机厂技工学校陈松原编写，第四章由重庆机械技工学校陆小和编写，第五章由济南第二机床厂技工学校李明全编写，第六章由第一重型机器厂技工学校张达明编写，第八章由天津机电技工学校刘佩玺编写，第九、十章由东方汽轮机厂技工学校柳吉荣编写，全书由李荣祥主编。由重庆机械技工学校张子中主审，第一拖拉机厂技工学校蒋兴华，沈阳重型机器厂技工学校王国钧，湘潭电机厂技工学校姜菊华，东风电机厂技工学校靳淑瑞协审。

机械电子工业部技工学校教材编审领导小组

1989年6月

机械电子工业部技工学校教材编审

领导小组名单

组长：王文光 副组长：刘起义 周志祥

组员：(以姓氏笔划为序)王淑杰 刘巨民 李天夫 李启生 迟俊鹏

张子中 张云福 张章福 梁昌荣 黄德怀

冷加工工种教材编审委员会名单

主任：黄德怀 副主任：迟俊鹏

委员：刘冠华 张云福 孟宪水 陈继琨 周裕成

热加工工种教材编审委员会名单

主任：张子中

委员：孙维志 徐景锐

电工工种教材编审委员会名单

主任：刘巨民

委员：王文堂 辛永平

焊接、冷作工工种教材编审委员会名单

主任：梁昌荣

委员：沈德成 谢振康

前 言

机械工业技工学校教育是为机械行业培养中级以上技术工人的一个十分重要的教育层次。它对机械工业的发展有着直接的影响。近10年来,机械工业技工学校在各级领导的关怀和支持下,通过广大教职工的努力,得到了迅速恢复和发展,为振兴机械工业发挥了重要作用。但是,技工教育的现状和生产发展的需要相比,还远远不能适应;其中最突出的一个方面是教学质量低,离培养目标还存在着明显的差距。

为了大力提高教学质量,实现培养目标要求,更好地为机械工业的振兴和发展服务,“六五”期间,机械工业部在大力恢复、整顿、发展技工学校的同时,就开始对技校教学改革进行了积极的探索和探索:系统地总结了建国以来机械工业发展的基本经验;组织考察了瑞士、捷克、日本和联邦德国职业技术教育;在大量调查研究的基础上,根据《中共中央关于教育体制改革的决定》精神和劳动部对技工学校教学改革的要求,提出了教学改革的设想,组织一部分骨干技工学校开展了以加强生产实习教学、提高学生的动手能力和适应能力为中心的教学改革试点。几年来,教改试点取得了明显的成果,积累了一些经验,得到了国家教育委员会职业教育司、劳动部培训司等部门领导的肯定和支持。

目前,技工学校教学改革正在深化、发展,为了适应改革形势的需要,在认真、全面地总结教改试点经验的基础上,并从我国国情出发,借鉴国外技工培训的有益经验,我们以部颁《工人技术等级标准》为基本依据,制订了试行的《机械类技工学校教改教学计划教学大纲》、《机械类技工学校生产实习教学大纲》,组织编写了与此相适应的机械类技工学校教改试用教材。

这套新教材紧紧把握住技工教育的方向和培养目标,贯彻了以生产实习教学为主、着重操作技能训练和适当扩大训练范围的原则;其理论课程的设置及内容,按照适应操作技能培养和今后继续进修提高本职工作能力的需要来安排,体现了以应用知识为主,突出针对性、实践性和适应性的原则。

这次编写的教材包括车工、钳工、铣工、铸工、焊工、冷作工和电工七个工种的生产实习教材(含技能培训图册和技能培训理论),工种工艺学,基础理论课和文化课(含工厂管理)教材。其中生产实习教材是我国机械行业首次编写的。其他工种的改革试用教材今后将继续在试点的基础上组织编写。

新教材适用于招收初中毕业生、学制三年的技工学校和其他中等职业技术培训学校机械专业。其生产实习教材也可做为企业初、中级技术工人操作技能培训教材。

新教材是在机械电子工业部技工学校教材编审领导小组的领导下,分别由冷加工、热加工、电工和焊工、冷作工等工种教材编审委员会直接组织编写、审定的。在编写过程中,得到了各改革试点学校、机械工业出版社以及有关方面的热情支持和帮助,谨向他们致以衷心的感谢!

改革试用教材是机械行业范围内机械类技工学校的正规教材。各学校在使用新教材时,可以根据实际情况,对教材内容做局部、适当的调整;同时,还要注意在教学方法和考试方

目 录

前言

绪论	1
第一章 造型材料	3
第一节 型(芯)砂的性能	3
第二节 造型材料	5
第三节 粘土砂	17
第四节 水玻璃砂	22
第五节 油砂	25
第六节 树脂砂	28
第七节 型砂试验	31
第八节 涂料	36
复习题	38
第二章 铸件重量和砂型紧固力的计算	40
第一节 铸件重量的计算	40
第二节 砂型紧固力的计算	43
复习题	48
第三章 铸造工艺原理	51
第一节 液态金属的充型能力	51
第二节 铸件的凝固	53
第三节 铸件的偏析	56
第四节 铸件中的气体	57
第五节 铸件的收缩	59
第六节 铸造应力	63
第七节 铸件凝固原则及其运用	66
复习题	68
第四章 浇注系统	69
第一节 浇注系统的组成和作用	69
第二节 浇注系统类型的选择	76
第三节 内浇道开设位置的选择	81
第四节 灰铸铁件浇注系统的计算	83
第五节 其它合金铸件浇注系统	91
复习题	94
第五章 冒口、冷铁和铸肋	95
第一节 冒口	95
第二节 冷铁	115
第三节 铸肋	119

VI

第四节 应用举例	121
复习题	123
第六章 铸造合金及其熔炼	125
第一节 铸铁及其熔炼	125
第二节 铸钢及其熔炼	142
第三节 铸造非铁合金及其熔炼	147
复习题	156
第七章 铸件缺陷的分析和检验	157
第一节 铸件缺陷的分类	157
第二节 铸件缺陷的分析	165
第三节 铸件的尺寸公差	181
第四节 铸件质量的检验和评定	183
复习题	189
第八章 造型机械	190
第一节 机器造型紧实型砂的方法	190
第二节 造型机的起模方法	197
第三节 造型机械的分类及型号编制	198
第四节 Z 145 A 型造型机	200
第五节 Z 6312 D 型抛砂机	204
第六节 造型生产线	206
复习题	207
第九章 铸造工艺设计及工艺装备	208
第一节 铸造工艺设计概述	208
第二节 铸件结构的铸造工艺性分析	209
第三节 砂型铸造工艺方案的确定	213
第四节 铸造工艺参数	222
第五节 铸造工艺文件	230
第六节 铸造工艺设计实例	235
第七节 铸造工艺装备	239
复习题	249
第十章 特种铸造	251
第一节 熔模铸造	252
第二节 金属型铸造	258
第三节 其它特种铸造方法	261
复习题	264

绪 论

铸造是熔炼金属，制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。

将熔融金属注入铸型，凝固后得到一定形状和性能的金属件称为铸件。

铸造行业是跨部门的大行业，是机器制造业的基础。矿山冶金、工程车辆、机床工具、发电设备、石油化工、农业机械、轻工机械、航空航天、造船、兵器等部门都需要各种铸件。虽然铸造、锻造、焊接同是现代机器制造业获得毛坯的途径，但其中铸造是应用最广泛的工艺方法。这从现代机电产品中铸件重量所占的比重即可看出：机床、重型机械占70%~90%；汽车占20%~30%；农业机械占40%~70%；发电设备占85%。当前机械工业要提高质量、发展品种、提高水平，提高经济效益，都离不开基础工艺，特别对于重大技术装备和重点产品，对铸件质量提出了更高的要求。由此可见，铸造是金属成型的主导性工艺，据统计资料表明，在各工业发达的国家中，铸造行业的生产规模仅次于航空、车辆和通讯等行业，在国民经济中有着重要的地位。

铸件的应用范围之所以如此广泛，是因为铸造工艺具有以下两个重要的优点：

1. 适应性强 能够制造各种类型的铸件，就铸件的重量而言，小至几克，大至数百吨，铸件的轮廓尺寸可小到几毫米，大到十几米，壁厚可从0.5mm到1000mm左右。可以说，铸造方法不受零件大小、形状和结构复杂程度的限制。机器零件常用的材料，如铸钢、铸铁、铝合金、铜合金及耐高温合金等，均能铸造，这是其它金属成形方法所不能相比的。

2. 成本低 铸件与机器零件的形状相似，尺寸相近，因而机械加工余量大为减少，甚至可以实现无切屑加工，直接用来装配产品，节省了金属材料 and 加工工时，提高了材料利用率，生产中的金属废料和废件，可回炉重熔。以上特点说明，用铸造方法生产毛坯，可使产品的成本降低。

我国铸造生产有着悠久的历史。早在3000多年前，我们的祖先就成功地铸造出各种大型、精致、复杂的青铜铸件。河南安阳出土的殷朝祭器司母戊鼎重800余kg，长、高都超过1m，四周饰有精致优美的花纹。河北省正定县隆兴寺内的铜佛高20m，重120t，铜佛造型生动逼真。连同其它一些出土铜文物，充分证明了我国铜器冶铸技术所达到的高超水平和历史的悠久。

我国生铁的冶铸技术，比欧洲早2000多年。远在战国中期，用生铁铸造的农具和手工工具已取代青铜成为主要的生产工具。这是人类发展文明史上的又一里程碑。

泥型（泥范）、金属型（铁范）和精密铸造（失蜡型）是我国劳动人民长期实践创造的三大铸造技术，为世界铸造技术的发展作出了卓越的贡献。欧美制造喷气飞机发动机叶片的熔模铸造技术，就是本世纪40年代中期引进我国云南保山县使用的传统失蜡法而发展起来的。这种科学技术处于世界领先地位的状况，一直延续了2000多年；但后来，由于长期的封建统治和近百年的半封建半殖民地统治，阻碍了科学技术的发展，造成解放前夕，我国的科学技术远远落后于发达国家的局面。

新中国成立后,特别是1978年以来,我国国民经济以高于世界主要国家的速度迅速发展,基本上建立起完整的工业体系,能够制造国民经济各部门所需的大型、精密、尖端设备。

铸造行业也获得了空前的发展,已建起了适应国民经济各行各业所需要的近一万多家铸造生产车间(厂),每年为机械工业和其它部门提供近千万吨铸件,按总产量计算,我国仅次于美国、苏联,居世界第三位。并用现代技术装备了程度不同的铸造车间,培养了一大批不同层次的铸造专业技术人材,建立起许多专门从事铸造科学研究的专业研究所,铸造技术得以迅速发展与提高,已成功地铸造出300 t以上的大型铸钢件,并有许多机械与航空产品铸件进入国际市场。

人们普遍关注的铸造生产手段落后、环境污染严重的局面的彻底改观,必将随着新技术、新装备的不断被采用而实现。

国内外预测铸造生产技术及重大新技术发展的主要方向是:

- 1) 大力开发新的制造工艺,如冷硬树脂砂工艺、水玻璃砂工艺及冷芯盒工艺等。
- 2) 研制新的技术,如复合铸造技术、高纯铸造合金材料技术、新的制模技术、钢水炉外精炼、铸铁双联熔炼及过滤网的应用等。
- 3) 电子技术在铸造行业中的应用,普遍应用计算机控制与管理、工业机器人和机械手及工业电视。
- 4) 建立一批铸造工艺专业化及现代化环保的大型铸造企业。

当前,在积极研究和应用新技术、新工艺、新材料的同时,稳定已有的壳型铸造、金属型铸造、压力铸造、低压铸造、差压铸造、离心铸造、陶瓷型铸造、连续铸造、真空吸铸、负压造型、熔模铸造等铸造工艺技术,相继淘汰平炉炼钢、石灰石砂、震击式造型机、手工清理等落后的工艺与设备,使我国大部分铸造企业尽快达到生产效率高、铸件质量好、环境污染少,较广泛地应用计算机技术和工业机器人等先进技术,开创出我国铸造行业技术经济振兴的新时期。

铸工工艺学是一门应用科学,是应用铸造有关理论和系统知识,通过金属熔炼、浇注、凝固与补缩、造型材料制备、造型造芯技术等,以达到生产优质高效益的铸件的一门课程。学完本课程后应掌握以下几方面的知识:

- 1) 型砂性能对铸件质量的影响,型砂性能与原材料、配制和使用方面的关系。
- 2) 铸件在凝固过程中的变化规律及其控制,浇冒口系统的设置原则,常见缺陷的形成机理及防止措施。
- 3) 常见铸造设备的工作原理。
- 4) 各种特种铸造方法的实质及工艺流程。

学完本课程后,应达到下列要求:

- 1) 看懂中等复杂程度铸件的铸造工艺文件。
- 2) 具有鉴别和分析常见铸件缺陷的初步能力,提出相应的防止措施。

铸工工艺学是一门实践性很强的课程,学习中要注意理论联系实际,加强和生产实习的配合,对于工厂生产中的实际问题,经过理论分析,提高综合解决问题的能力。做到学以致用,学用结合,注意全课程内容上的连贯性,始终围绕铸件工艺及铸件质量这个主题,使所学到的知识既有完整系统性,又有针对实用性。

第一章 造型材料

制造铸型（芯）用的材料统称为造型材料。一般指砂型铸造用的材料，包括：砂、粘土、有机或无机粘结剂和其它附加物。造型材料性能的好坏不但直接影响铸件质量，而且对铸件生产的整个工艺过程，尤其是对改善劳动条件，降低劳动强度，提高生产效率有着重大的影响。所以合理使用造型材料，积极研制新的造型工艺，对于铸造生产的高效、优质、低耗、少污染有着十分重要的意义。

本章着重介绍造型原材料，各种型（芯）砂的成分、性能和相应的测试方法，以及对铸件质量的影响。

第一节 型（芯）砂的性能

型（芯）砂必须具备一定的性能，以满足铸件生产的需要，有些性能直接影响铸件质量，有些性能直接影响劳动条件和生产效率等。所以在讨论型（芯）砂各主要性能含义的同时，应初步了解影响其性能的因素，为掌握型砂性能变化的规律，结合铸件特点和生产条件合理选用造型材料打下基础。

一、透气性

型砂的透气性是指紧实砂样的孔隙度。即在标准温度和100Pa压力下，1min内通过1cm²截面和1cm高试样的空气量。其单位为cm³。

铸型在高温合金液的热作用下产生大量气体，其来源有水分蒸发、有机物燃烧、碳酸盐等受热分解产生的气体；型砂和型腔内原有气体受热膨胀等。因此，铸型必须有一定的排气能力，否则浇注时易产生呛火，也可能使铸件产生气孔、浇不到等缺陷。气体的排出除通过铸型的通气孔、出气孔或冒口等外，还通过型（芯）砂粒间的孔隙。所以透气性是型（芯）砂的重要性能指标之一。必须指出，砂样的透气性并不等于铸型（芯）砂的透气性，它只能间接地反映该型砂所造铸型的透气性。

原砂颗粒大小和均匀程度，粘土、煤粉和水分的含量，型砂的紧实程度及型砂的混制工艺等均为透气性的影响因素。

二、发气性（发气量）、发气率（发气速度）

铸型材料的发气性和发气率是影响铸件产生气孔的重要因素。

发气性是指型（芯）砂加热时析出气体的能力。用单位质量析出的气体体积表示（cm³/g）。

发气率是在一定温度下，单位质量的发气物如芯砂、粘结剂等，在单位时间内所产生的气体数量。其单位为cm³/(g·s)。

控制型砂的发气性，是防止铸件产生气孔、保证铸件质量的重要措施之一，但发气速度和开始析出气体的时间也很重要。因为在铸件凝固初期气体容易侵入，形成气孔的可能性最大。

型砂的发气量应尽可能低。型砂的发气性主要决定于其中的水分含量，粘结剂的性质和加入量，附加物的性质和加入量等。粘土型砂的发气性除与砂、粘土中含有的杂质有关外，主要取决于其中的水分和煤粉等附加物质。因此在保证型砂主要性能的同时，应尽可能降低其水分含量，并使煤粉等物质不过量。当粘土型砂中加入有机粘结剂时，发气量急剧增加。

此外，发气量还与浇注温度有关，浇注温度越高，发气量越大。

三、型砂强度

型砂强度指型砂、芯砂抵抗外力破坏的能力。包括湿强度、干强度、热强度等。

型砂必须具有一定的强度，铸型才能承受起模、翻箱、搬运、合型等过程中的外力作用和浇注时合金液的静、动压力作用。否则，将导致铸件产生夹砂、砂眼、胀砂等缺陷。

1. 湿强度 即湿砂样在室温时的强度，包括抗压、抗剪、抗拉和抗弯强度。

湿强度不仅直接关系到造型操作，而且与干强度及热强度亦有一定的关系，且湿强度的测定简单易行，所以如同透气性一样，湿强度也是铸造生产中经常控制的粘土砂的重要性能之一。

影响湿强度的主要因素有：砂子颗粒大小、均匀程度及形状，粘土加入量及其种类，含水量，混砂质量，紧实程度等。

2. 干强度 干强度是型砂试样按一定规范烘干，冷至室温后的抗压、抗剪、抗拉和抗弯强度。

干强度对于干型、表面干型在搬运、合型及浇注初期有着实际意义。

影响粘土砂干强度的主要因素是粘土和水分的含量、粘土的种类及烘干规范等。

3. 热强度 热强度是型砂试样加热到室温以上时测定的强度。

热强度反映浇注后铸型表面层强度的变化情况，因而对铸件质量有直接影响。热强度太低会造成铸件变形、胀砂、冲砂、砂眼等缺陷；热强度过高又会阻碍铸件收缩，使铸件应力增大，甚至造成裂纹。

热强度与粘结剂种类、紧实程度及附加物等有关。

四、残留强度、溃散性与落砂性

残留强度是指型砂试样模拟铸造过程，经过一次或多次加热冷却循环后，测定的抗压、抗剪、抗拉或抗弯强度。残留强度大，则铸型浇注后结成团块的倾向亦大。

型砂和芯砂在浇注后容易溃散的性能称为溃散性。而落砂性则表示铸型在浇注后解体的难易程度。

残留强度、溃散性与落砂性也是铸造生产中的重要性能。它们严重地影响着落砂、清理效率和劳动条件，在大批生产中尤为突出。粘土型砂的残留强度普遍较高，而落砂性、溃散性较差，可以加入木屑等附加物以改善其性能。

五、流动性

型（芯）砂在外力或本身重量的作用下，沿模样表面和砂粒间相对移动的能力称为流动性。

型砂流动性好，可获得紧实度均匀、轮廓清晰、表面光洁、尺寸精确的铸型型腔，并可减轻劳动强度，提高生产效率，便于造型、造芯的机械化，在高压造型和射砂造型工艺时更为重要。

型砂流动性主要决定于原砂颗粒形状、大小及均匀程度，粘结剂性质和加入量，水分含

量，混制工艺及附加物等。

六、韧性

韧性指型（芯）砂吸收塑性变形能量的能力。韧性差的型（芯）砂在造型起模（脱芯）时，砂型（芯）易损坏；反之，起模容易。增加粘土量和相应的含水量能显著提高型（芯）砂的韧性。而型砂中失效粘土和其它粉尘增加或水分较少时，则韧性降低。

七、吸湿性

烘干或固化后的砂型（芯）在存放过程中，吸收空气中水分的能力称为吸湿性。干型、表面干型在烘干后吸湿会使干强度下降，浇注时发气量增加，对铸件质量产生不良影响。

吸湿性除与粘结剂性质有关外，还与空气的湿度有关。型砂在潮湿的东南地区比干燥的西北地区容易吸湿。

八、耐用性（复用性）

为保证铸件质量和降低成本，型砂在反复使用后仍应保持原有的工作性能，即要求型砂有较高的耐用性。粘土型砂的耐用性通常由其中粘土的耐用性高低决定，主要取决于粘土失去结构水的温度高低。因粘土失去结构水即失效变成粉尘，严重恶化型砂性能。

以上部分介绍了国家标准中型（芯）砂性能及对铸件质量的影响，至于其它非国家标准规定的型（芯）砂性能（如树脂砂性能），将在以后有关章节中加以说明。型砂需具备的性能是多种多样的，在铸造生产中，对一种型砂来说难以同时满足所有性能要求，只能根据合金种类、铸件复杂程度及机械性能要求和生产方式等具体条件，对型砂提出主要的性能要求，并以此合理选用造型原材料，确定型砂配方及制备工艺，以保证型砂的质量，达到优质、高产、低消耗的目的。

第二节 造 型 材 料

配制型（芯）砂用造型原材料包括铸造用原砂、粘结材料及其它辅助材料等。

一、铸造用原砂

砂为耐火颗粒物，是铸造生产中的基本造型材料。常指硅砂，也指其它颗粒耐火材料，如锆砂、铬铁矿砂、橄榄石砂、刚玉砂等。

铸造用原砂有一定的质量要求，其评价指标有矿物组成及化学成分、颗粒特性（形状、大小及分布）、含泥量等。

1. 砂的矿物组成和化学成分 砂的矿物组成和化学成分直接影响其耐火度、复用性及其它性能，关系到铸件的表面质量和某些缺陷的形成。

1) 砂的矿物组成主要是硅石，其次有长石、云母、铁的氧化物、碳酸盐等。

硅石的化学成分为 SiO_2 （石英），一般石英为无色透明和略带灰白色的半透明晶体。它的硬度高（莫氏硬度7级，莫氏硬度为表示矿物硬度的一种标准，共分10级。级数越大，硬度越高，金刚石为10级，滑石为1级），耐高温（熔点为 1713°C ）。砂中石英含量的多少是评价其质量的重要指标。

长石为铝硅酸盐，常见的有钾长石、钠长石、钙长石，光泽似玻璃和珍珠。与石英相比，它的熔点低（ $1100\sim 1250^\circ\text{C}$ ），硬度低（莫氏硬度6~6.5级）。较易破碎，降低砂的复用性。

云母为一种含水铝硅酸盐，分白云母和黑云母两种。云母的熔点为 $1145\sim 1275^{\circ}\text{C}$ ，硬度为莫氏硬度 $2\sim 3$ 级。与石英相比，其硬度特别低，因而明显地降低砂的复用性。

铁的氧化物以褐铁矿、赤铁矿、磁铁矿的形式存在于砂中。

砂中的碳酸盐矿物有石灰石、白云石和菱苦土等。

2) 砂的化学成分主要为 SiO_2 ，其次还有碱金属氧化物、碱土金属氧化物和铁的氧化物等。

碱金属氧化物存在于长石和云母中，这类氧化物能与 SiO_2 形成易熔物质，造成化学粘砂，故应加以限制。

碱土金属氧化物存在于长石、石灰石和云母中。碱土金属氧化物与 FeO 和 SiO_2 可生成易熔物质，但并不与铸件粘合，冷却后由于与铸件收缩不一致，易于从铸件表面上脱落；其危害在于浇注时碳酸盐发生分解，产生大量气体，易使铸件产生气孔。因此，在一般情况下，对碱土金属氧化物亦应限制。

3) 铸造用硅砂分级。根据二氧化硅含量及含泥量和有害杂质的含量，铸造用硅砂分级见表1-1。

表1-1 铸造用硅砂分级 (GB9442—88)

分 级 代 号	最小二氧化硅含量 (%)	最大含泥量 (%)
98	98	0.20
96	96	0.50
		1.00
93	93	0.30
		0.50
90	90	1.00
		2.00
85	85	1.00
80	80	2.00
75	75	10.0

2. 砂的颗粒特性 颗粒特性是指砂粒大小、分布情况、粒形等。颗粒特性对型砂的透气性、强度及原砂的耐火度等性能具有重要的影响，还影响到所需粘结材料的加入量。

砂的颗粒大小和分布情况采用试验筛进行分析。标准试验筛是一套筛孔尺寸在 $0.053\sim 3.35\text{mm}$ 范围的11个筛子及一个底盘组成，试验筛的筛孔尺寸见表1-2。

表1-2中的筛号亦称作“目”，表示每英寸长度上筛孔的数目。

测定时将测过含泥量并烘干至恒重的试料放入最粗的1号筛子内，然后把依次安装好的整套筛子放在筛砂机上震动筛分，筛分后分别称量各号筛子上砂子残留量，并换算成百分比含量。

颗粒分布是评定砂粒质量的重要指标之一。它说明砂粒粗细及各种尺寸砂粒在砂中所占百分比。测定颗粒组成的试验结果可采用列表法表示，即筛分结果用表格形式列出各号筛上砂粒残留量的百分数来表示颗粒组成，见表1-3所示。

根据粒度组成，铸造用硅砂分组见表1-4。表中主要粒度组成部分系指相邻三筛残留量之和为最大值。

目前有的工厂，仍用根据颗粒组成将原砂分成特粗砂、粗粒砂、中粒砂、细粒砂和特细

表1-2 试验筛规格

(mm)

GB9442—88	序 号	1	2	3	4	5	6	
	网孔尺寸	3.35	1.70	0.850	0.600	0.425	0.300	
JB435—63	筛 号	6	12	20	30	40	50	
	网孔尺寸	3.36	1.68	0.84	0.59	0.42	0.297	
JB2488	筛 号	6	12	24	28	45	55	
	网孔尺寸	3.20	1.60	0.80	0.63	0.40	0.315	
GB9442—88	序 号	7	8	9	10	11	底 盘	
	网孔尺寸	0.212	0.150	0.106	0.075	0.053	—	
JB435—63	筛 号	70	100	140	200	270	底 盘	
	网孔尺寸	0.21	0.149	0.105	0.075	0.05	—	
JB2488	筛 号	75	100	150	200	260	底 盘	
	网孔尺寸	0.200	0.154	0.120	0.071	0.056	—	

表1-3 三种天然原砂的颗粒组成 (按JB435—66测定)

筛号 (目)		6	12	20	30	40	50	70	100	140	200	270	底盘	含泥量	总量
含 量 (%)	大林砂	—	—	—	0.5	5.46	21.08	44.70	15.56	7.96	2.72	0.46	0.42	1.04	99.90
	湖口砂	—	—	—	0.5	2.98	18.06	56.96	16.86	2.86	0.36	0.08	—	1.12	99.78
	湘潭砂	—	0.12	3.58	9.98	14.18	25.70	31.14	7.94	3.70	1.58	0.18	0.78	1.12	100.00

表1-4 铸造用硅砂分组 (GB9442—88)

分 组 代 号	主 要 粒 度 组 成 部 分 筛 孔 尺 寸 (mm)			
85	1.70,	0.850,	0.600	
60	0.850,	0.600,	0.425	
42	0.600,	0.425,	0.300	
30	0.425,	0.300,	0.212	
21	0.300,	0.212,	0.150	
15	0.212,	0.150,	0.106	
10	0.150,	0.106,	0.075	
07	0.106,	0.075,	0.053	
05	0.075,	0.053	(底盘)	

表1-5 造型用砂分组 (JB435—63)

原 砂 名 称	组 别	主要组成部分的筛号
特 粗 砂	6/12	6, 12
	12/20	12, 20
粗 粒 砂	12/30	12, 20, 30
	20/40	20, 30, 40
	30/50	30, 40, 50
中 粒 砂	40/70	40, 50, 70
	50/100	50, 70, 100
细 粒 砂	70/140	70, 100, 140
	100/200	100, 140, 200
特 细 砂	140/270	140, 200, 270
	200/270	200, 270, 底盘

砂五组，为此将JB435—63《造型用砂分组》的有关数据列出供参考，见表1-5所示。

砂的颗粒形状基本上可分为圆形、多角形和尖角形三种，见图1-1所示。

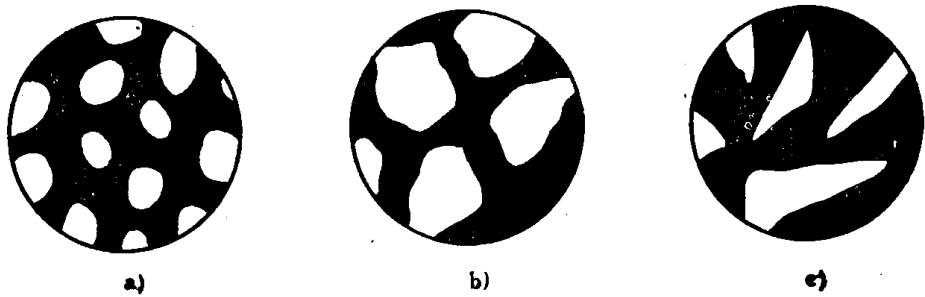


图1-1 砂的颗粒形状
a) 圆形 b) 多角形 c) 尖角形

圆形砂：颗粒为圆形或接近圆形，表面光滑，没有凸出的棱角，以符号“○”表示。

多角形砂：颗粒呈多角形，且多为钝角，以符号“□”表示。

尖角形砂：颗粒呈尖角形，且多为锐角，以符号“△”表示。

多数情况下，一种原砂并非只由一种形状的砂粒组成，但只要其它形状的颗粒不超过1/3，则仍用主要颗粒形状符号表示，否则要用两种颗粒形状的符号表示，并将数量较多的颗粒形状符号排在前面，如“□-△”表示多角形颗粒多于三角形颗粒。

为了使颗粒形状数值化，GB9442—88依据角形系数对硅砂颗粒形貌分类，见表1-6所示。角形系数是硅砂的实际比表面积与理论比表面积的比值，是反映硅砂颗粒形貌的一项指标。JB435—63中代号“○”、“□”、“△”三种粒形的角形系数分别为1.15，1.45 和1.63左右，与颗粒形貌分类代号的大致对应关系见表1-7。

铸造用硅砂的牌号是由表示硅砂等级、粒度组成及颗粒形貌的数字或符号顺序组成，如图1-2所示。主要粒度组成部分中前筛残留量大于后筛残留量用Q表示，反之用H表示。例如ZGS96-42 Q -30和ZGS80-15 H -45。

3. 耐火度 耐火材料能经受高温的能力称为耐火度，亦称耐火性。

表1-6 铸造用硅砂粒形分类 (GB9442—88)

分 类 代 号	角 形 系 数
15	≤ 1.15
30	≤ 1.30
45	≤ 1.45
63	≤ 1.63
90	> 1.63

表1-7 粒形分类代号与JB435—63颗粒形状对照

GB9442—88	15	30	45	63	90
JB435—63	○	○-□ □-○	□	□-△ △-□	△

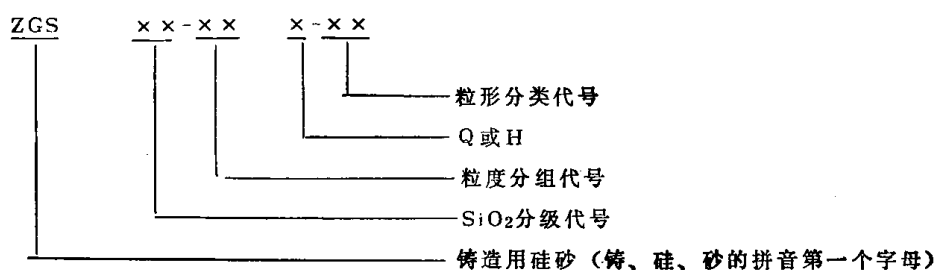


图1-2 硅砂牌号的组成

砂的耐火度对铸件的表面质量、清砂的难易程度、复用性等都有影响。耐火度的高低主要决定于砂的矿物成分和颗粒特性。一般原砂的颗粒粗而均匀，石英含量高，杂质含量低，则耐火度高；反之，耐火度低。

4. 硅砂体积的热变化 这种变化主要是产生膨胀。其原因是石英在加热过程中产生膨胀而引起的。

加热时石英晶体颗粒体积产生膨胀有两方面的原因：一是因温度升高产生的热膨胀，二是由于温度升高而产生的相变膨胀。热膨胀缓慢且很小，对铸件质量影响不大，而石英在573℃时因晶型转变而发生的突然膨胀（相变体积膨胀达0.82%），对铸件质量影响较大。

5. 原砂的选用 根据铸件合金的种类、大小和复杂程度、铸型种类（湿型、干型和表干型）、造型方法（手工造型或机器造型）、造型或造芯等不同用途来选用原砂。对型砂的性能要求也是选用原砂的重要依据。

铸钢的浇注温度高(1500℃左右)，要求原砂有较高的耐火度。因此原砂中二氧化硅的含量要高，一般大于94%，有害杂质亦应严格控制。同时铸钢件用原砂颗粒较粗且均匀，常用60、42、30和21组砂。

铸铁的熔点低于铸钢，浇注温度一般在1400℃以下，因而对原砂耐火度的要求较低。铸铁使用原砂范围较宽，一般用天然粘土砂，但大件用原砂的二氧化硅的含量要高。粒度多为42、30、21、15和10组的粗粒、中粒和细粒砂，大件选用较粗的原砂。

由于铜合金、铝合金和镁合金浇注温度不高，对原砂的耐火度无特殊要求，所以对原砂的化学成分亦要求不严格，一般可用天然粘土砂。但铜合金流动性好，易钻入铸型砂粒孔隙

内,造成机械粘砂。因此应采用较细的,粒度均匀的15、10和07组的细砂或特细砂。要求表面光洁的铝、镁合金铸件,常采用10和07组的细砂或特细砂。

此外,不同的粘结剂对原砂的质量要求亦不相同。油类、树脂类粘结剂对原砂的要求特别高,二氧化硅含量不低于98.5%,砂子颗粒圆而均匀,杂质少。

以上是指砂型用原砂的选用,对于砂芯用的原砂,由于砂芯受热作用比砂型强,因此对各类合金铸件,配制芯砂用的原砂耐火度亦相应提高。

我国原砂资源丰富,在选用原砂时除考虑上述的一般原则外,还要考虑本厂的具体生产条件,就地取材,以降低生产成本。

6. 特种砂 特种砂是指矿物成分中含少量或不含有游离二氧化硅的原砂。

硅砂资源丰富,分布广,价格低廉,故广泛地应用于铸造铸铁件、碳钢铸件、铜和铝合金铸件。但硅砂的耐火度有一定限度,且热化学稳定性较差,易与碱性金属氧化物和铁的氧化物作用,形成低熔点化合物,产生化学粘砂,使铸件清理困难。硅砂的热膨胀系数大,热导率比较低,相变引起的体积膨胀,易导致夹砂缺陷。在热胀冷缩产生的应力反复作用下,硅砂颗粒破裂变细,因而降低了型(芯)砂的某些性能。

特种砂与硅砂相比较,具有较高的耐火度和良好的热化学稳定性、热导率比较大、热膨胀比较小等优点。因此在大型碳钢铸件和合金钢铸件生产中,必要时可采用特种砂来配制型(芯)砂或涂料。目前常用的特种砂有镁砂、铬铁矿砂、锆砂、碳粒砂、橄榄石砂、熟料砂、刚玉砂等。但要指出,这些特种砂多数比较昂贵,必须根据铸件质量要求和生产条件合理选用,一般应尽量少用或不用。

二、粘结剂

能使砂粒相互粘结的物质称为粘结剂。粘结剂分为无机粘结剂和有机粘结剂。

由无机物质组成的型砂粘结剂称为无机粘结剂,如粘土、膨润土、水玻璃、水泥等。

由有机物质组成的型砂粘结剂称为有机粘结剂。如干性油、树脂、淀粉、纸浆残液等。

本章主要介绍目前使用较广的粘结剂及发展前景广阔的新型粘结剂,如粘土、水玻璃、合脂、树脂等。

1. 粘土 粘土是配制型(芯)砂最常用的粘结剂。用它配制的粘土砂在大多数情况下能满足铸造生产的要求。其优点是耐火度较高,复用性较好,适应性大,不论铸件合金种类、大小、生产批量多少,湿型或干型、砂型或砂芯,都可用粘土作为粘结剂,且粘土在自然界中储量丰富,成本低廉,因此在铸造生产中获得广泛的应用。

(1) 粘土的矿物组成和化学成分 粘土是二维层状构造水化硅酸铝,颗粒尺寸小于 $2\mu\text{m}$ 。自然界中粘土常含有多种矿物和其它组成物。粘土的矿物种类很多,主要是高岭石、蒙脱石和伊利石等,此外还混有一些石英、长石和有机物等杂质。粘土中所含的粘土矿物是产生粘结性的基本成分,非粘土矿物和有机物一般不起粘结作用。

(2) 粘土型砂的粘结机理 一般认为,当砂粒、粘土和水按一定比例混制成型砂时,粘土质点进行水化作用形成粘土水化膜,带有粘胶性的粘土溶胶以薄膜形式包围在砂粒表面,靠粘土溶胶薄膜把砂粒互相连结起来,使型砂具有一定的湿态强度;粘土型砂具有干态强度的原因,主要是在烘干过程中逐渐失水,使砂粒与粘土粒、粘土粒之间相互靠近,紧密接触而产生附着作用所致。

(3) 铸造用粘土 矿物组成主要为高岭石的粘土称为高岭土,矿物组成主要为蒙脱石