



实验实训中心
EXPERIMENTAL AND TRAINING CENTER

工程认知课程教学系列

铸造技术实验指导书



河北工业大学实验实训中心
2017.11

目录

一、铸造技术概述.....	1
1. 铸造的历史及发展趋势.....	1
2. 砂型铸造的定义、工艺过程及特点.....	2
二、铸型与造型材料.....	3
1. 砂型及其组成.....	3
2. 模样与芯盒.....	4
3. 型(芯)砂.....	5
三、造型、造芯、合型.....	8
1. 造型.....	8
2. 造型基本操作及造型工具.....	9
3. 实践操作.....	12
四、铸造安全操作规程.....	12

一、铸造技术概述

1.铸造的历史及发展趋势

铸造是人类掌握比较早的一种金属热加工工艺，已有约 6000 年的历史。中国约在公元前 1700~前 1000 年之间已进入青铜铸件的全盛期，工艺上已达到相当高的水平。中国商朝的重 875 公斤的司母戊方鼎，战国时期的曾侯乙尊盘，西汉的透光镜，都是古代铸造的代表产品。

早期的铸件大多是农业生产、宗教、生活等方面的工具或用具，艺术色彩浓厚。那时的铸造工艺是与制陶工艺并行发展的，受陶器的影响很大。中国在公元前 513 年，铸出了世界上最早见于文字记载的铸铁件晋国铸型鼎，重约 270 公斤。欧洲在公元八世纪前后也开始生产铸铁件。铸铁件的出现，扩大了铸件的应用范围。例如在 15~17 世纪，德、法等国先后敷设了不少向居民供饮用水的铸铁管道。18 世纪的工业革命以后，蒸汽机、纺织机和铁路等工业兴起，铸件进入为大工业服务的新时期，铸造技术开始有了大的发展。

进入 20 世纪，铸造的发展速度很快，其重要因素之一是产品技术的进步，要求铸件各种机械物理性能更好，同时仍具有良好的机械加工性能;另一个原因是机械工业本身和其他工业如化工、仪表等的发展，给铸造业创造了有利的物质条件。如检测手段的发展，保证了铸件质量的提高和稳定，并给铸造理论的发展提供了条件;电子显微镜等的发明，帮助人们深入到金属的微观世界，探查金属结晶的奥秘，研究金属凝固的理论，指导铸造生产。在这一时期内开发出大量性能优越，品种丰富的新铸造金属材料，如球墨铸铁，能焊接的可锻铸铁，超低碳不锈钢，铝铜、铝硅、铝镁合金，钛基、镍基合金等，并发明了对灰铸铁进行孕育处理的新工艺，使铸件的适应性更为广泛

50 年代以后，出现了湿砂高压造型，化学硬化砂造型和造芯，负压造型以及其他特种铸造、抛丸清理等新工艺，使铸件具有很高的形状、尺寸精度和良好的表面光洁度，铸造车间的劳动条件和环境卫生也大为改善。

20 世纪以来铸造业的重大进展中，灰铸铁的孕育处理和化学硬化砂造型这两项

新工艺有着特殊的意义。这两项发明，冲破了延续几千年的传统方法，给铸造工艺开辟了新的领域，对提高铸件的竞争能力产生了重大的影响。

2.砂型铸造的定义、工艺过程及特点

铸造是将液态金属浇入与零件形状相适应的铸型型腔中，待其冷却后获得毛坯或零件的成形方法。

铸造属于液态成形，和其他成形方法相比具有如下优点：①应用范围广，铸造材料不受限制；②可以生产形状复杂，特别是内腔复杂的毛坯及零件，如各种箱体、机架、床身等；③铸件轮廓尺寸可以从几毫米到几十米，质量可以从几克到几十吨，甚至上百吨；④投资少，工艺简单，成本低，材料利用率高；⑤工艺适用性广，既可以用于单件生产，也可以用于大量生产。

由于铸造生产工艺的特点是液态成形，铸造的工序多，铸件在浇注、凝固和固态冷却过程中，受许多因素影响，故铸件往往出现组织疏松，晶粒粗大，内部易产生缩孔、缩松、气孔等缺陷，力学性能较低；精度难以控制，质量不够稳定；生产条件差，工人劳动强度高。

铸造的缺点和不足，给该行业的发展带来一定的困难。然而，优点是主要方面，缺点和不足正随着新的铸造合金、新的铸造工艺技术的发展而不断地克服和解决。这就使铸造成为当前金属成型的主导性工艺，广泛应用于制造、动力、交通运输、轻纺机械、冶金机械等方面。

常用的铸造方法有砂型铸造和特种铸造两大类，目前最常用和最基本的铸造方法是砂型铸造。砂型铸造的生产过程如图 1 所示。先根据零件的形状和尺寸，设计制造模样和型芯盒，配制好型砂和芯砂，然后用模样制造铸型(在砂型铸造中叫作砂型)，用型芯盒制造型芯，再把烘干的型芯装入铸型并合型，将熔化的液态金属浇入铸型，待凝固后经落砂、清理、检验即得铸件。

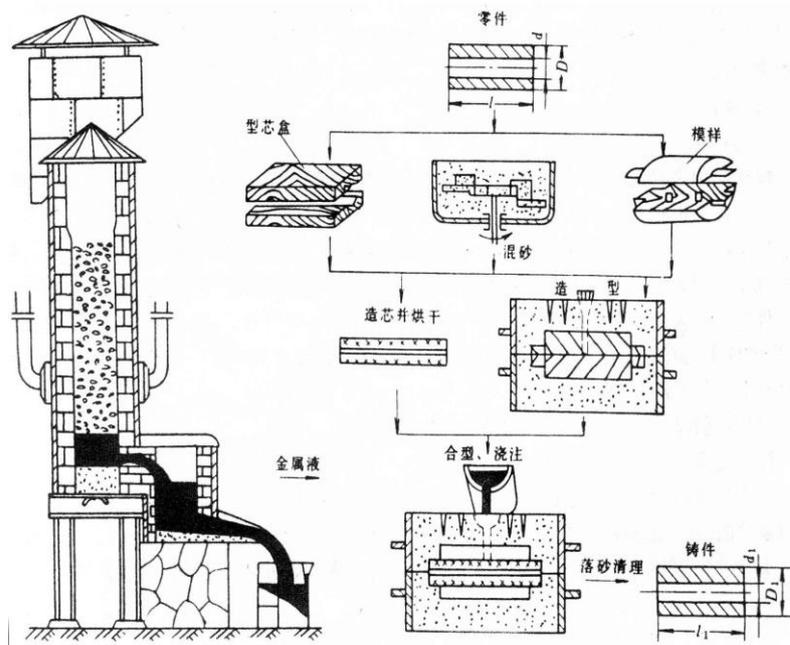


图1 砂型铸造生产过程示意图

二、铸型与造型材料

1. 砂型及其组成

1.1 砂型与型腔

1) 砂型 砂型是用型砂作为造型材料而制成的铸型，包括形成铸件形状的空腔、型芯和浇冒口系统的组合整体。砂型用砂箱支撑时，砂箱也是铸型的组成部分。

2) 型腔 指铸型中造型材料所包围的空腔部分。金属液经浇注系统充满型腔，冷凝后获得所要求的形状和尺寸的铸件。因此，型腔的形状和尺寸要和零件的形状和尺寸相适应。

1.2 砂型的组成

砂型一般由上型(浇注时铸型的上部组元)、下型(浇注时铸型的下部组元)、型芯、型腔和浇注系统等组成，如图2所示。其中上型和下型间的接合面称为分型面，出气孔则将浇注时产生的气体排出。

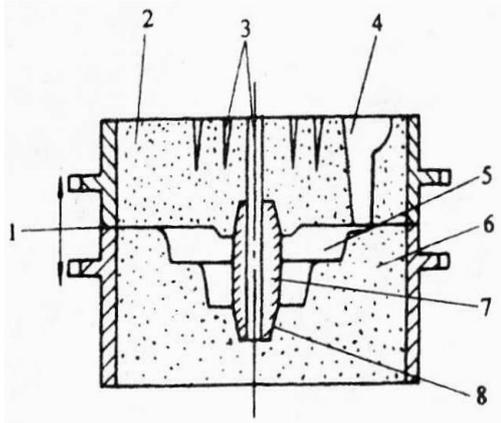


图2 砂型组成示意图

1—分型面；2—上型；3—出气孔；4—浇注系统；
5—型腔；6—下型；7—型芯；8—芯头

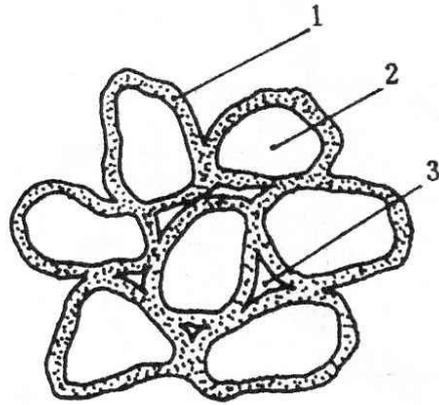


图3 型砂结构示意图

1—黏土膜；2—砂粒；3—空隙

通常使用的砂型有湿型、干型和自硬型。湿型是造型后不烘干即用于浇注的砂型，铸造过程快速、经济，适宜形状简单的中、小型铸件，特别适宜用造型机生产的大批量铸铁件的生产，但是湿型的强度不高，在合型、搬运时易碰坏铸型。另外，浇注时湿型中水分汽化，易使铸件产生气孔。干型则是在一定温度下烘干，去除砂型中的水分，以提高其强度和透气性的砂型。适用于需较大金属浇注压力的大型铸件和浇注温度较高的铸钢件。干型尺寸精度较高，但铸型退让性差，易使铸件产生裂纹，且成本高，生产周期长。在有条件的铸造车间，干型已逐渐被自硬型所代替。

2. 模样与芯盒

2.1 模样

模样是用来形成铸型型腔的工艺装备，它决定铸件的外部形状和尺寸，因而模样的形状和尺寸受零件的形状和尺寸制约，但并非完全一致。制造模样时，在零件的形状和尺寸的基础上增加如下内容：①在零件的加工表面上，模样对应表面应加上加工余量；②为了便于起模，模样上垂直于分型面的立壁要作出起模斜度(拔模斜度)；③铸件冷却时要产生收缩，模样的尺寸要比零件尺寸加大一个收缩量；④为了便于造型和避免铸件产生缺陷，模样壁与壁之间以圆角连接；⑤零件上的孔在模样对应部位不仅要做成实心的，还要向外突出一部分，以便在铸型中作出存放芯头的空间(芯座)。

模样一般是用木材、金属或其他材料制成。

2.2 芯盒

芯盒是用以制作型芯的工艺装备。型芯在铸型中用以形成铸件的空腔。因此芯盒的内腔应与零件的内腔相适应。制作芯盒时，除和制作模样一样考虑上述问题以外，芯盒中还要制出作芯头的空腔(亦称为芯头)，以便作出带有芯头的型芯。芯头是型芯端部的延伸部分，它不形成铸件轮廓，只是落入芯座内，用于定位和支撑型芯。

3.型(芯)砂

型砂及型芯砂是制作砂型及砂芯的主要材料，其性能好坏将直接影响铸件的质量。

3.1 型(芯)砂的组成

型砂一般是由原砂、黏结剂、水及附加物按一定配比混制而成。

1)原砂 原砂是组成型砂的主体，主要成分是石英(SiO_2)，其熔点达 1713°C ，能承受一般铸造合金的高温作用。原砂颗粒的大小、形状等对型砂的性能影响很大。

2) 黏结剂 黏结剂的作用是使砂粒粘结成具有一定可塑性及强度的型砂。在砂型铸造中所用黏结剂多为黏土类黏结剂，包括普通黏土和膨润土两类，前者多用于干型，后者多用于湿型。原砂和黏结剂再加入一定量的水混制后，就在砂粒表面包上一层黏土膜，经紧实后就使型砂具有一定的强度和透气性。

除黏土类黏结剂外，常用黏结剂还有水玻璃、树脂、合脂等。

3)水 黏土砂中的水分对型砂性能和铸件质量影响极大。干态黏土类黏结剂是不能将砂粒黏结在一起的，只有被水湿润后，才能发挥其黏结作用。加入水量要适中，水分过多，易形成流动的黏土浆，不仅型砂强度降低，而且造型时易粘模；水分过少则型砂干而脆，造型时不易起模，型砂易于脱落，也给造型操作带来一定的困难。合适的黏土、水分比为 3: 1。

4)附加物 附加物是为了改善型(芯)砂的某些性能而加入的材料。如加入煤粉，由于其在高温金属液的作用下燃烧形成气膜，隔离了液态金属与铸型内腔表面的直

接作用，防止铸件产生粘砂缺陷，提高铸件的表面质量。而型砂中加入木屑，烘烤后被烧掉，可增加型砂的空隙率，提高其透气性。

3.2 型(芯)砂应具备的性能

高质量型砂应当具有为铸造出高质量铸件所必备的各种性能。

(1)强度 型砂的强度是指型砂抵抗外力而不破坏的能力。型砂具有一定的强度，可使铸型在起模、翻型、搬运及浇注金属液时不致损坏。若强度不足，则易使铸型发生塌型、冲砂，铸件产生砂眼、变形等缺陷。但强度过高，则会影响砂型的透气性和铸件的收缩，使铸件产生气孔、裂纹等。

黏土砂中黏土的含量越高，型砂的紧实度越高，砂粒的颗粒越细，则型砂强度就越高。水分含量过多和过少都会降低型砂强度。

(2)透气性 透气性是指气体通过型砂中空隙的能力。如果型砂的透气性不足，铸型在浇注高温金属液时产生的大量气体就不能及时顺利排出型腔，则可能造成铸件的呛火、气孔和浇不足等缺陷。

原砂颗粒粗大、均匀且为圆形，黏土含量少，型砂紧实度低，均可使型砂透气性提高；而水分过多和过少都降低型砂透气性。

(3)耐火性 耐火性是型砂承受金属液体高温作用而不熔化、不烧结的性能。若耐火性差，则浇注后砂粒会黏结于铸件表面形成硬皮，给清理和切削加工带来困难，严重时还将导致铸件报废。

原砂中 SiO_2 的含量越高，颗粒越大，则型砂的耐火度就越高。有时为弥补型砂耐火度的不足，常采用防粘砂材料(如石墨涂料)涂刷在型腔表面。

(4)退让性 退让性是型砂随铸件的冷凝收缩而被压缩退让的性能。若型砂的退让性不足，则型砂对铸件收缩形成较大的阻力，使铸件产生内应力、变形甚至裂纹。型砂越紧实，退让性越差。

(5)溃散性 溃散性是指型砂浇注后容易溃散的性能。溃散性好可以节省落砂和清砂的劳动量。溃散性与型砂配比及黏结剂种类有关。

(6)流动性 流动性是指型砂在外力或本身质量作用下，砂粒间相对移动的能力。流动性好的型砂易于充填、舂紧和形成紧实度均匀、轮廓清晰、表面光洁的型

腔，可减轻紧砂劳动量，提高生产率。

(7)可塑性 可塑性指型砂在外力作用下变形、去除外力后仍保持所获现状的能力。韧性好,型砂柔软、容易变形，起模和修型时不易破碎及掉落。手工起模时在模样周围砂型上刷水的作用就是增加局部型砂的水分，以提高型砂韧性。

由于浇注时型芯受到液态金属的强烈冲击，同时型芯四周被高温金属液所包围，因此芯砂必须具备更高的强度、耐火性、透气性、退让性和溃散性等。为了满足这些要求，需要采用特殊配制的型芯砂，其中包括增加黏土和新砂的含量以提高强度和耐火性。对于形状复杂、强度要求较高的型芯要用桐油砂、合脂砂和树脂砂等。对于复杂的大砂芯往往要加入锯末以增加退让性。

3.3 型(芯)砂的制备与检验

为使型砂中各种组分混合均匀及砂粒表面均匀包覆一层黏结剂膜，生产中一般要用混砂机配制型砂。图 4 是常用的碾轮式混砂机。

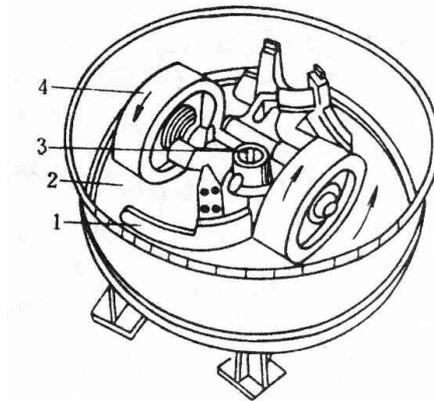


图 4 碾轮式混砂机

1—刮板；2—碾盘；3—主轴；4—碾轮

型砂的混制过程是：在混砂机中按比例加入新砂、旧砂、黏土和附加物等材料，先干混 2~3 min，再加水湿混 10 min 左右，使每颗砂粒上均匀地包覆一层黏结剂膜，形成砂粒间的相互黏结，混好后即可从卸料口出砂。生产中为了节省材料降低成本，主要是利用旧砂配制型砂，加入的新砂比例较少。但是使用过的旧砂必须经过一定处理才能回用，因为浇注时砂型表面受高温金属液的作用，部分砂粒烧损变细，附加物燃烧分解，使型砂中灰分增多，透气性降低，部分黏土丧失黏结能力，

且型砂中常混有造型和浇注后残留的铁钉、铁豆等杂质，使型砂性能变坏。配制芯砂时一般全用新砂

配好的型砂需经检测合格后才能使用。有条件的铸造生产车间常用专门的型砂性能测试仪进行。有经验的工人有时也用手捏砂团的办法粗略地进行检测。如果手捏时感到柔软易变形，砂团不松散、不粘手，手纹清晰，折断时，断面没有碎裂现象，则说明型砂湿度适当，并有足够的强度，性能合格。

目前，现代化的砂处理系统已实现微机控制电子秤配料，严格地控制了型(芯)砂的质量。

三、造型、造芯、合型

1.造型

用造型材料、模样(模板)和砂箱等工艺装备制造铸型的过程称为造型。造型是铸造生产中最基本的工序。造型方法可分为手工造型和机器造型。手工造型操作灵活，工艺装备简单，但生产率低，劳动强度大，适用单件小批量生产。机器造型生产率高，但需专用设备及工装，一次性投资较大，只适用于大批量或专业化生产。

1.1 手工造型

手工造型指用手工完成紧砂、起模、修型及合箱等主要操作的造型过程。手工造型方法很多。按砂箱特征可分为两箱造型、三箱造型、脱箱造型和地坑造型等。按模样的结构特征可分为整模造型、分模造型、活块造型、挖砂造型、假箱造型和刮板造型等。以下介绍常见的几种手工造型方法。

1) 整模造型整模造型是用一个呈整体结构的模样来造型。造型时整个模样放置在一个砂箱(一般为下砂箱)内，分型面是平面。其造型过程如图 5 所示。整模造型操作简便，容易获得形状和尺寸精度较高的型腔。它适用于形状简单、最大截面在一端的零件，如齿轮、轴承及盖等。

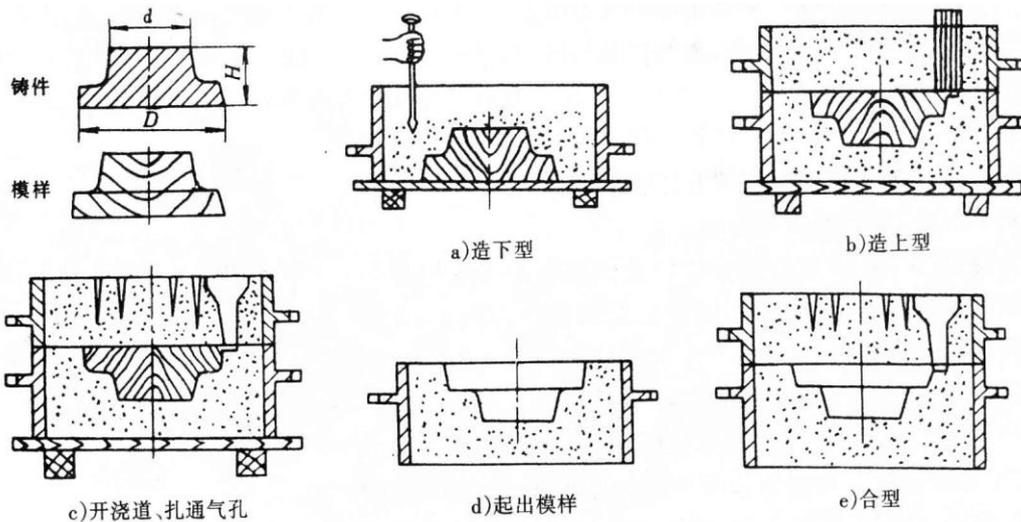


图5 整模造型

2) 分模造型

分模造型是造型方法中应用最广的一种。当铸件最大截面不是在一端，而是在中部，这时如果模样还是做成一个整体，造型时模样就会取不出来。因此需将模样沿最大截面处分成两半，并用定位销加以定位，这种模样称为分开模。分模造型时，模样分别放在上下箱内，分型面为一平面。分模造型操作较简便，又适用于形状较复杂的铸件，如套筒、管子、阀体等

2.造型的基本操作及造型工具

造型方法很多，但每种造型方法大都包括舂砂、起模、修型、合箱工序。

(1) 造型模样

模样是铸造生产中必要的工艺装备。用木材、金属或其它材料制成的铸件原形统称为模样，它是用来形成铸型的型腔。用木材制作的模样称为木模，用金属或塑料制成的模样称为金属模或塑料模。目前大多数工厂使用的是木模。模样的外形与铸件的外形相似，不同的是铸件上如有孔穴，在模样上不仅实心无孔，而且要在相应位置制作出芯头。

(2) 造型前的准备工作

(1)准备造型工具，选择平整的底板和大小适应的砂箱。砂箱选择过大，不仅消耗过多的型砂，而且浪费舂砂工时。砂箱选择过小，则木模周围的型砂舂不紧，在浇注的时候金属液容易从分型面的交界面间流出。通常，木模与砂箱内壁及顶部之间须留有 30~100mm 的距离，此距离称为吃砂量。吃砂量的具体数值视木模大小而定。

使用如图 6 所示的造型工具可进行各种手工造型。

(2)擦净木模，以免造型时型砂粘在木模上，造成起模时损坏型腔。

(3)安放木模时，应注意木模上的斜度方向，不要把它放错。

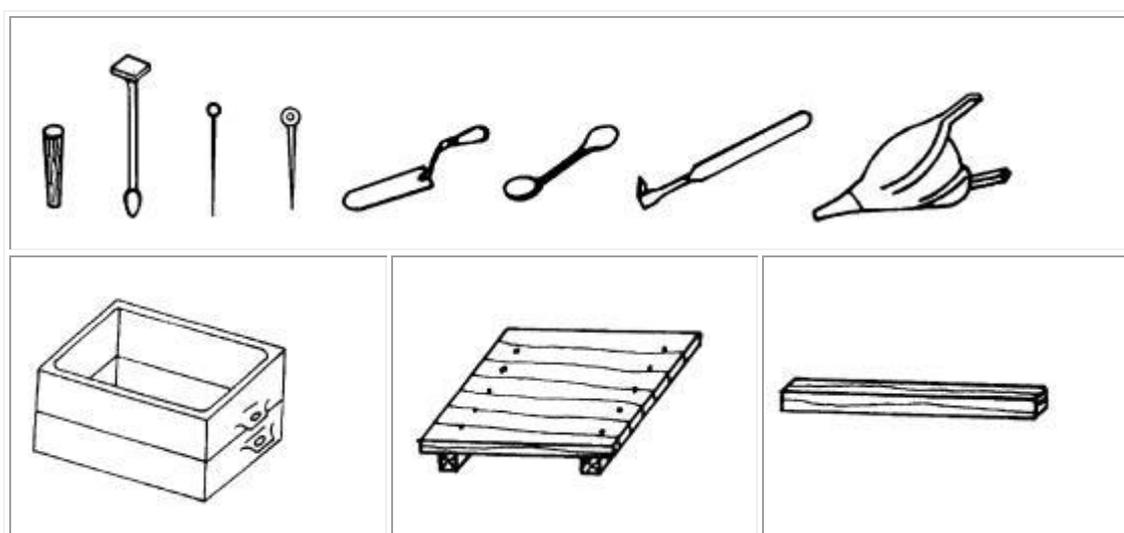


图 6 常用手工造型工具

a) 浇口棒 b) 砂冲子 c) 通气针 d) 起模针 e) 埧刀 f) 秋叶

g) 砂勺 h) 皮老虎 i) 砂箱 j) 底板 k) 刮砂板

(3) 舂砂

①舂砂时必须分次加入型砂。对小砂箱每次加砂厚约 50~70mm。加砂过多舂不紧，而加砂过少又浪费工时。第一次加砂时须用手将木模周围的型砂按紧，以免木模在砂箱内的位置移动。然后用舂砂锤的尖头部位分次舂紧，最后改用舂砂锤的平头舂紧型砂的最上层。

②舂砂应按一定的路线进行。切不可东一下、西一下乱舂，以免各部分松紧不一。

③春砂用力大小应该适当，不要过大或过小。用力过大，砂型太紧，浇注时型腔内的气体跑不出来。用力过小，砂型太松易塌箱。同一砂型各部分的松紧是不同的，靠近砂箱内壁应春紧，以免塌箱。靠近型腔部分，砂型应稍紧些，以承受液体金属的压力。远离型腔的砂层应适当松些，以利透气。

④春砂时应避免春砂锤撞击木模。一般春砂锤与木模相距 20~40mm，否则易损坏木模。

(4) 撒分型砂

在造上砂型之前，应在分型面上撒一层细粒无粘土的干砂（即分型砂），以防止上、下砂箱粘在一起开不了箱。撒分型砂时，手应距砂箱稍高，一边转圈、一边摆动，使分型砂经指缝缓慢而均匀散落下来，薄薄地复盖在分型面上。最后应将木模上的分型砂吹掉，以免在造上砂型时，分型砂粘到上砂型表面，而在浇注时被液体金属冲落下来导致铸件产生缺陷。

(5) 扎通气孔

除了保证型砂有良好的透气性外，还要在已春紧和刮平的型砂上，用通气针扎出通气孔，以便浇注时气体易于逸出。通气孔要垂直而且均匀分布。

(6) 开外浇口

外浇口应挖成 60° 的锥形，大端直径约 60~80mm（视铸件大小而定）。浇口面应修光，与直浇道连接处应修成圆弧过渡，以引导液体金属平稳流入砂型。若外浇口挖得太浅而成碟形，则浇注液体金属时会四处飞溅伤人。

(7) 做合箱线

若上、下砂箱没有定位销，则应在上、下砂型打开之前，在砂箱壁上作出合箱线。最简单的方法是在箱壁上涂上粉笔灰，然后用划针画出细线。需进炉烘烤的砂箱，则用砂泥粘敷在砂箱壁上，用塄刀抹平后，再刻出线条，称为打泥号。合箱线应位于砂箱壁上两直角边最远处，以保证 x 和 y 方向均能定位。两处合箱线的线数应不相等，以免合箱时弄错。做线完毕，即可开箱起模。

(8) 起模

①起模前要用水笔沾些水，刷在木模周围的型砂上，以防止起模时损坏砂型型腔。刷水时应一刷而过，不要使水笔停留在某一处，以免局部水分过多而在浇注时产生大量水蒸汽，使铸件产生气孔缺陷。

②起模针位置要尽量与木模的重心铅锤线重合。起模前，要用小锤轻轻敲打起模针的下部，使木模松动，便于起模。

③起模时，慢慢将木模垂直提起，待木模即将全部起出时，然后快速取出。起模时注意不要偏斜和摆动。

(9) 修型

起模后，型腔如有损坏，应根据型腔形状和损坏程度，正确使用各种修型工具进行修补。如果型腔损坏较大，可将木模重新放入型腔进行修补，然后再起出。

(10) 合型

将上型、下型、型芯、浇口杯等组合成一个完整铸型的操作过程称为合型，又称合箱。合型是制造铸型的最后一道工序，直接关系到铸件的质量。即使铸型和型芯的质量很好，若合型操作不当，也会引起气孔、砂眼、错箱、偏芯、飞边和跑火等缺陷。

3. 实践操作

演示过后，按照铸造工艺流程，如图7所示，学生完成简单的整模造型、分模造型过程。

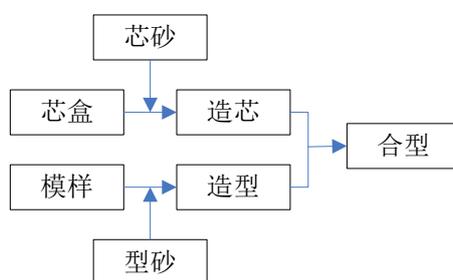


图7 铸造工艺流程

四、铸造安全操作规程

1. 严格遵守安全操作规程，进入训练教学区必须穿工作服、工作鞋，戴工作帽，女同学必须

把长发纳入帽内；禁止穿高跟鞋、拖鞋、裙子、短裤。

2. 工作前检查自用设备和工具；砂型必须排列整齐，并留出通道。
3. 造型时要保证分型面平整、吻合。
4. 禁止用嘴吹型砂；使用吹风器时，要选择无人方向吹，以免砂尘飞入眼中。
5. 搬动砂箱和砂型时要按顺序进行，以免倒塌伤人。吊运重物或砂箱时要牢靠，听从统一指挥。操作时，随时注意过顶行车铃声，避让吊运重物。
6. 浇铸时应穿戴防护用具，除直接操作者外，其他人必须离开一定距离。
7. 浇铸速度及流量要掌握适当，浇铸时人不能站在铝水正面，并严禁从冒口正面观察。
8. 发生任何事故时，要保持镇静，服从统一指挥。