

机 械 工 程 师 手 册

下 册

机械工程手册 编辑委员会编
电机工程手册



机 械 工 业 出 版 社

第10篇 机械制造工艺(一)

- 编写人** 安阁英 (哈尔滨工业大学)
霍文灿 (哈尔滨工业大学)
沈元彬 (北京印刷学院)
范富华 (哈尔滨工业大学)
樊东黎 (机械电子工业部北京机电研究所)
- 审稿人** 冯子珮 (机械电子工业部机械科学技术情报研究所)
陆仁发 (机械电子工业部哈尔滨焊工培训中心)
王英加 (国营西南车辆厂职工大学)
高彩桥 (哈尔滨工业大学)
- 责任编辑** 王兴垣

1 铸 造

1.1 铸造的特点

铸造是制造机器零件毛坯的一种工艺方法，在各种类型机械制造中普遍应用，见表10-1。铸造的实质是熔炼金属，将熔融金属注入铸型，凝固冷却后获得一定形状和性能的铸件。

表10-1 各类机械中铸件质量比

机 械 类 别	质 量 比 %
机床、内燃机、重型机器	70~90
风机、压缩机	60~80
拖拉机	50~70
农业机械	40~70
汽车	20~30

铸造的优点：可以铸造任何复杂形状的铸件；不受尺寸大小的限制；铸件质量由几克到几百吨；不受产量限制；可铸造任何金属和合金铸件；可以利用某些合金的特性（如铸铁的切削性、振动吸收性、耐热性、耐蚀性、耐磨性、电阻大等）；生产设备投资少；铸件成本低。缺点：铸件尺寸均一性和尺寸精度差；与压力加工和粉末冶金比金属利用率低；内在质量比锻件差；工作环境粉尘多、温度高、劳动强度大。

1.2 铸造的种类与选择

铸造方法可分为砂型铸造和特种铸造两大类。

1.2.1 砂型铸造

砂型铸造因简便易行，原材料来源广，见效快，成本低，在目前的铸造生产中仍占主导地位。砂型铸造分为手工造型和机器造型。手

工造型工艺装备简单、灵活、适应性强,因而在单件小批量生产,特别是大型铸件和复杂铸件生产中广泛应用。但生产率低、劳动强度大、质量不易稳定。机器造型(芯)生产率高、劳动强度低、质量较稳定,但需要较大的设备投资,主要用于成批大量生产。

砂型铸造的特点和应用范围,见表10-2。

表10-2 造型的各种方法

造 型 方 法		主 要 特 点	应 用 范 围
手 工 造 型	砂箱造型	在砂箱内造型,操作方便,劳动量较小	大、中、小铸件、大量成批和单件生产均可采用
	劈箱造型	将模型和砂箱分成相应的几块,分别造型,然后组装起来,使造型、烘干、搬运、合箱、检验等工序操作方便。但制造模样、砂箱的工作量大	常用于成批生产的大型复杂铸件,如机床床身、大型柴油机机体等
	叠箱造型	将几个甚至十几个铸型重叠起来浇注,可节约金属,充分利用生产面积	可用于成批生产的中、小件(特别是小型铸钢件)
	脱箱造型 (无箱造型)	造型后将砂箱取走,在无箱或加套箱的情况下浇注	用于大量成批或单件生产的小件
	地坑造型	在车间的地坑中造型,不用砂箱或只用盖箱。操作较麻烦,劳动量大,生产周期长	在无合适砂箱时单件生产的中、大型铸件才采用
	刮板造型	用特制的刮板刮制铸型可节省制造模样的材料和工时。操作麻烦,生产率低	多用于单件小批生产的、外形简单的或回转体的铸件
	组芯造型	铸型由多块砂芯组装而成。可在砂箱、地坑中或用夹具组装	单件或成批生产的、结构复杂的铸件

(续)

造 型 方 法		主 要 特 点	应 用 范 围
手 工 造 型	真空密封造型	利用极薄而富有弹性的塑料薄膜, 将砂箱内无粘结剂的干砂密封, 利用真空负压, 使型砂形成铸型和紧实, 生产率高, 表面光洁, 特别易落砂, 成本低, 但设备复杂	成批大量生产的中小件
	震实式	靠震击紧实铸型。机器结构简单, 制造成本低, 但噪音大, 生产率低, 对厂房基础要求高; 铸型出现上松下紧现象, 常需人工补实上表面, 劳动强度大	成批大量生产的中小件做上半铸型。但应用较少
	压实式	用较低的比压压实铸型。机器结构简单、噪音小, 生产率较高; 但铸型上下部位紧实度差别较大, 所以铸件高度不可太高	成批大量生产的矮小铸件
	震压式	在震击后加压紧实铸型。克服震击后铸型上部疏松的缺点。机器结构简单, 生产率较高, 但噪音仍大	成批大量生产的中小件, 常用于脱箱造型
	微震压实式	在微震的同时加压紧实铸型。生产率较高, 但机器结构复杂, 仍有噪音	成批大量生产的中小件
机 器 造 型	高压造型	用较高的比压(一般大于0.7MPa)压实铸型。生产率高, 铸件尺寸准确, 易于实现自动化。但机器结构复杂, 制造成本高	大量生产的中小件

(续)

造 型 方 法	主 要 特 点	应 用 范 围	
机 器 造 型	射压式	用射砂法填砂，水平分型，再用高比压压实铸型。生产率高，易于实现自动化。可以有箱或无箱造型法	大量生产的中小件
	挤压式	是垂直分型的射压式造型，不用砂箱，自动化程度高，生产率高，占地面积小	主要应用于成批大量生产的小件
	抛砂造型	用抛砂方法填砂和紧实铸型。机器的制造成本较高	各种批量的大型铸件
	吸压造型	用于树脂砂无箱造型，负压填砂，再用压板压实、负压下气体硬化，铸型质量好，环境污染少	用于中型铸件批量生产的造型和造芯
	喷射造型	用喷枪将型砂喷射到砂箱的同时得到紧实，逐层逐处紧实，机器结构简单，操作方便灵活，可在极大范围内造型	用于冷硬树脂砂，单件小批中大型铸件的造型和造芯

制芯方法的分类、特点及应用范围，见表10-3。

表10-3 造芯的各种方法

造 芯 方 法		主 要 特 点	应 用 范 围
手 工 造 芯	芯盒造芯	用芯盒内表面形成砂芯的形状，砂芯尺寸准确，可制造小而复杂的砂芯	各种形状、尺寸和批量的砂芯
	刮板造芯	与刮板造型相似	单件小批生产、形状简单的或回转体砂芯
机 器 造 芯	震实式、震压式、微震压实式	同表10-2相应造型方法的主要特点	粘土芯砂、合脂砂、桐油砂的砂芯
	射芯法	将芯砂悬浮在压缩空气的气流中，以高速射入芯盒而制成砂芯。操作方便，生产率高，易实现自动化。除普通射芯盒法之外，尚有热芯盒法和冷芯盒法之分	成批大量生产的中小型砂芯
	热芯盒法	将芯盒加热，砂芯在盒内固化。砂芯尺寸精度高，粗糙度低，但有刺鼻气味	成批大量生产的中小型砂芯。多用树脂砂
	冷芯盒法	芯盒不加热，在室温下通过化学或物理变化，使砂芯快速在芯盒内固化。具有热芯盒的全部优点，省掉了加热设备。但目前用树脂砂造芯会产生有毒气体	成批大量生产的中小型砂芯。多用树脂砂

(续)

造 芯 方 法		主 要 特 点	应 用 范 围
机 器 造 芯	壳芯法	将芯砂吹入加热的芯盒中保持一定的结壳时间, 然后倒出砂芯中未粘结在一起的树脂砂而形成的一个中空薄壳的砂芯。比热芯盒法突出的优点是树脂砂耗量少, 砂芯通气性好。有顶吹和下吹法两种	成批大量生产的中小型砂芯。多用树脂砂

注: 表10-2、表10-3中地坑、刮板造型及刮板造芯仅适于手工操作, 其余可手工也可机器操作。

砂型铸造中, 常用的铸型有干型、表面干燥型、湿型、自硬型和铁模覆砂型等, 其特点和应用范围, 见表10-4。

表10-4 铸型的种类及特点

铸 型 种 类	主 要 特 点	应 用 范 围
干型	铸型经烘干, 水份少, 强度高, 透气性好, 可避免由湿型引起的一些铸造缺陷(如夹砂、气孔、冲砂、粘砂、涨箱)。但燃料耗费多, 成本高, 工艺过程复杂、生产周期长, 劳动条件差, 不易实现自动化	结构复杂, 质量要求高的单件, 小批生产的中大型铸件
表面干燥型	只将铸型表面层烘干(烘干厚度约为10~80mm), 克服干型的一部分缺点, 保持干型的一些优点, 降低了成本, 提高了生产率	结构复杂, 质量要求较高的单件, 小批生产的中大型铸件

(续)

铸 型 种 类	主 要 特 点	应 用 范 围
湿型	铸型不烘干。优点是成本低、生产率高、劳动条件得到改善,易于实现机械化自动化。但铸型水份多、强度低,易产生呛水、夹砂、气孔、冲砂、粘砂、涨箱等铸造缺陷	单件、成批和大量生产的中小件。适于机械化、自动化的流水线生产
自硬型	铸型靠型砂(芯砂)自身的化学反应硬化或经低温烘烤,一般不需烘干。优点是强度高,粉尘少,效率高,但成本较高 目前,使用的自硬型主要有以下几种: 1.呋喃树脂自硬砂 使用的粘结剂为呋喃树脂,遇强酸产生放热反应,热量使树脂分子自行聚合,砂型硬化,其强度高,但在混砂和造型(芯)时产生刺激性气体,应有良好的通风 2.水玻璃砂 以水玻璃为粘结剂,按硬化剂或硬化方法的不同可分为二氧化碳法(硬化快、效率高),加热法(耗能,周期长),硅铁粉法(放出氢气,应注意安全),炉渣自硬法(成本低,但需破碎设备),赤泥自硬法(硬化较慢、需烘烤,但成本低)。水玻璃自硬砂的优点是原材料来源广且价格低,但溃散性较差 3.水泥砂铸型 用普通水泥(或加某些附加剂,如聚乙烯醇)或双快(快	各种铸件均可采用,但以铸钢件,中大型铸件应用较多

(续)

铸 型 种 类	主 要 特 点	应 用 范 围
自硬型	干、快凝) 水泥为粘结剂制成铸型(或砂芯), 具有自硬, 干强度高, 发气量少, 出砂性能好等优点, 有利于保证铸件质量和尺寸精度, 造型(造芯)方便, 旧砂可回用。但硬化周期较长, 制备好的型砂保存时间不宜太长 4. 石灰石砂型: 用破碎成粒状的石灰石砂, 代替一般的硅砂(常用水玻璃作为粘结剂)做成自硬性铸型。具有硅粉尘少, 易清理的优点, 因而对消除工人的矽肺病有利。但应用于大件时有缩沉及 CO 中毒现象, 而且旧砂的回用困难 5. 流态砂铸型 在赤泥自硬砂中加入发泡剂而使型砂具有一定的流动性, 因此灌入砂箱中, 不需人工捣实, 自行硬化。具有造型效率高, 劳动条件好等优点, 但是易出现粘砂和缩沉缺陷, 型砂回用也困难	各种铸件均可采用, 但以铸钢件, 大中型铸件应用较多
铁模覆砂型	是最近发展起来的一种制造厚大球铁件的铸型。铁模用一般灰铸铁制成, 砂层可用树脂砂, 矾土水泥流态砂等。覆砂层厚度约为 5~15mm 左右。这种铸型刚度大, 有利于利用球铁的缩前膨胀, 可减轻或消除球铁内的缩孔和缩松, 提高了质量, 降低劳动强度, 但铸型费用高, 旧砂不可回用	成批大量生产厚大的球铁铸件, 如曲轴等

1.2.2 特种铸造

特种铸造是一种少用砂或不用砂, 采用特殊的工艺装备使金属液成型的铸造方法, 能获得比砂型铸造表面光洁、尺寸精确、机械性能高的铸件。其具体类别、特点和应用范围, 见表10-5。

表10-5 特种铸造方法的类别、特点和应用范围

铸 造 方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
压力铸造	用金属铸型, 在高压、高速下充型, 压力下快速凝固, 是效率高、精度高的金属成型方法, 但压铸机, 压铸型制造费用高	大批、大量生产, 以锌合金、铝合金、镁合金及铜合金为主的中小型薄壁铸件, 也用于钢铁铸件
熔模铸造	用蜡模, 在蜡模外制成整体的耐火质薄壳铸型。加热熔掉蜡模后, 用重力浇注。铸件精度高, 表面质量好, 但压型制造费用高、工序多, 手工操作时, 劳动条件差	各种生产批量, 以碳钢、合金钢为主的各种合金和难于加工的高熔点合金复杂零件为宜, 铸件质量一般 <10kg
金属型铸造	用金属铸型, 在重力下浇注成型, 对非铁合金铸件有细化组织的作用, 灰铸铁件易出白口, 生产率高, 无粉尘, 设备费用较高, 手工操作时, 劳动条件差	成批、大量生产、以非铁合金为主, 也可用于铸钢、铸铁的厚壁、简单或中等复杂的中小铸件
低压铸造	用金属型、石墨型、砂型, 在气体压力下充型及结晶凝固, 铸件致密, 金属收得率高, 设备简单	单件、小批或大量生产, 以非铁合金为主的中大薄壁铸件

(续)

铸 造 方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
陶瓷型铸造	采用高精度模样,用自硬耐火浆料灌注成型,重力浇注,铸件精度高、粗糙度低,但陶瓷浆料价格贵	单件、小批生产中、小型,厚壁中等复杂铸件,特别宜作金属型、模板、热芯盒及各种热锻模具
离心铸造	用金属型或砂型,在离心力作用下浇注成型,铸件组织致密,设备简单,成本低,生产率高,但机械加工量大	单件、成批大量生产铁管、铜套、轧辊、金属轴瓦、汽缸套等旋转体型铸件
实型铸造	用泡沫聚苯乙烯塑料模,局部或全部代替木模或金属模造型,在浇注时烧失少,可节约木材,简化工序,但烟尘和有害气体较大	单件、小批生产的中大铸件,尤以1~2件为宜,或取模困难的铸件部分
磁型铸造	用磁性材料(铁丸、钢丸)代替型砂作造型材料,磁性材料可重复使用,简化了砂处理设备,但铸钢件表面渗碳,涂料干燥时间长,生产率低	大批大量生产中小型中等复杂的钢铁零件,如锚链、阀体等
连续铸造	铸型是水冷结晶器,金属液连续浇入后,凝固的铸件不断地从结晶器的另一端拉出,生产率高,但设备费用高	大批、大量生产各类合金的铸管、铸锭、铸带、铸杆等
真空吸铸	在结晶器内抽真空,造成负压,吸入液体金属成型,铸件无气孔、砂眼、组织致密,生产率高、设备简单	大批、大量生产铜合金、铝合金的筒形和棒类铸件

(续)

铸 造 方 法	主 要 特 点	应 用 范 围
挤压铸造	先在铸型的下型中浇入定量的液体金属，迅速合型，并在压力下凝固，铸件组织致密、无气孔，但设备较复杂，挤压钢铁合金时模具寿命较短	大批生产以非铁合金为主的形状简单、内部质量要求高或轮廓尺寸大的薄壁铸件
石墨型铸造	用石墨材料制成铸型，重力浇注成型，铸件组织致密、尺寸精确，生产率高，但铸型质脆，易碎，手工制作时劳动条件差	成批生产铜合金螺旋桨等形状不太复杂的中小型铸件，也可用于钛合金铸件
石膏型铸造	用石膏加附加材料以浇灌法制成铸型，可用于熔模铸造，也可用于拔模铸造，铸件表面光洁，尺寸精度高	各种生产批量、以铝合金为主的薄壁复杂铸件

注：特种铸造还包括壳型、热芯盒造型等。

1.3 铸造工艺设计（铸造工艺方案的确定）

工艺设计应根据零件结构、合金特点、技术要求、生产批量及生产条件进行。确定先进而又切合实际的铸造工艺方案，对保证铸件质量、提高生产率、改善劳动条件和降低成本有决定性作用。

1.3.1 零件结构的铸造工艺性分析

铸造工艺性分析有两方面作用：1) 如发现零件结构不符合工艺要求，可与设计者商榷，在不影响使用要求的前提下予以改进；2) 在既定的零件结构条件下，考虑在铸造过程中可能出现的主要缺陷，在工艺设计中采取相应的工艺措施。对于零件结构的铸造工艺性应注意以下方面：

1) 零件应有合适且力求均匀的壁厚，减少厚大部分，注意壁厚的过渡及铸造圆角，防止形成热节。

2) 铸件收缩时不应有严重阻碍, 内壁厚度应小于外壁。

3) 对于壁厚不均匀或厚度较大且合金体收缩又较大, 应审查零件结构是否便于安放冒口、冷铁, 实现顺序凝固, 防止缩孔缩松。

4) 避免水平方向出现较大平面, 应尽量设计成倾斜壁以防止夹砂、浇不足等缺陷, 也有利于夹杂物和气体的排除。

5) 改进凸台、凸缘、筋板的结构, 尽量避免外表侧凹, 以便于起模、造型和模具制造。

6) 改进铸件内腔结构, 以减少型芯数量, 有利于型芯的固定和排气。

7) 零件结构应尽量使分型面减少和简化。

1.3.2 浇注位置与分型面的确定

浇注位置是指浇注时铸件所处的位置; 分型面是指上下铸型接触的表面。一般先从保证铸件的质量出发确定浇注位置, 然后从工艺操作方便出发确定分型面。对于质量要求不高, 外形复杂, 生产批量不大的铸件, 为简化工艺操作, 也可先考虑分型面。

a. 浇注位置的选定原则

1) 铸件的重要加工面或主要工作面应朝下或侧立, 见图10-1, 以避免气孔、砂眼、缩松、缩孔及夹渣等缺陷出现在工作面上。对于铸

件厚薄不均匀而易于形成缩孔、缩松, 或对质量要求较高的铸件, 浇注位置应有利于顺序凝固。为此, 可考虑铸件厚大部位处于上方, 以便安放冒口和发挥冒口的补缩效果, 见图10-2。

2) 铸件的大平面尽可能朝下以免产生夹砂和夹渣缺陷, 见图10-3。

3) 使铸件的薄壁部分处于下部或侧面, 以免产生浇不足、冷隔等缺陷, 见图10-4。

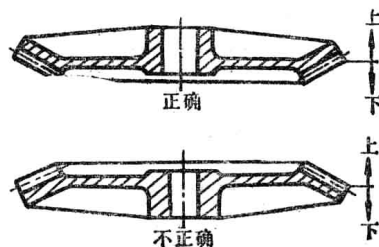


图10-1 圆锥齿轮

4) 应尽可能避免使用吊砂、吊芯或悬臂式型芯。

5) 应尽可能使合箱位置、浇注位置和铸件冷却位置相一致, 以避免型芯移动、掉砂等缺陷, 也减少操作劳动量。

b. 分型面的选定原则

1) 铸件尽可能放在一个砂箱内或加工面和加工基准面放在同一砂箱内, 以保证铸件的尺寸精度, 见图10-5。

2) 应尽量减少分型面的数量并力求采用平分型面见图, 10-6。机器造型时, 通常只有一个分型面。高大、复杂的铸件采用多分型面多箱造型, 这对造型、下芯及保证铸件精度有时是有利的, 见图10-7。

3) 尽量减少型芯或活块的数量, 并注意降低砂箱高度, 见图10-8。

4) 为便于下芯、合箱及检查型腔尺寸, 通常把主要型芯放在下半砂箱中, 见图10-9。

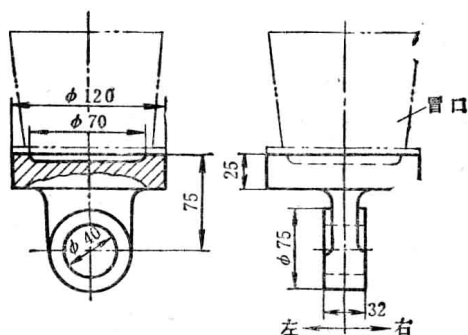


图10-2 缸头 (ZG35)

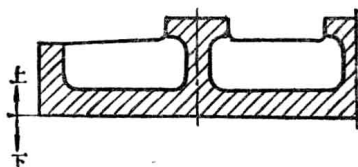


图10-3 平板

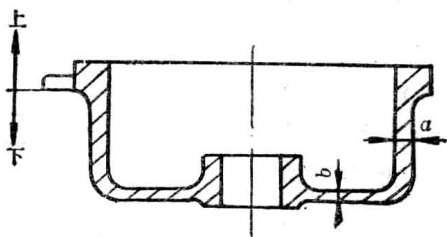


图10-4 电动机端盖
($b < a$)