

铸件结构设计

王金华 编著

机械工业出版社

铸件结构设计

王金华 编著



机械工业出版社

本书较全面地阐述了铸件结构设计中应考虑的工艺性问题。共分三部分：

第一部分(1~5章)简要地介绍了与铸件结构设计有关的铸件材料、铸造工艺及其原理等内容，指出了考虑铸造工艺性的基本原则；

第二部分(6~12章)通过大量的实例说明在结构设计中如何考虑铸造及其后续加工工艺性问题，提供了具体结构实例及数据，供设计时参考与选用；

第三部分(13、14章)是实例，通过对机床、内燃机中一些主要铸造零件的分析，阐明在设计某一具体铸件时，如何综合考虑结构的铸造工艺性。

本书供机电产品设计、制造人员使用，也可作为高等、中等专业学校师生的教学参考书。

铸件结构设计

王金华 编著

*

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性印务许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $17 \frac{1}{2}$ · 字数 384 千字
1983年4月北京第一版·1983年4月北京第一次印刷

印数 00,001—12,103·定价 2.15 元

*

统一书号：15033·5396

前 言

通常，在完成一部新机器的初步设计后，就转入结构设计阶段。结构设计是根据初步设计的结果，充分考虑对零件工作能力的要求，将零件的材料、尺寸、形状等完全确定下来，并绘成工作图，制订相应的技术条件的过程。在这当中，工艺性是结构设计中要考虑的主要问题之一。生产实践表明，很多机器零件正是由于结构工艺性考虑不周，使质量难以保证，浪费了人力、物力，增加了成本。编写本书的目的就是想阐明铸件结构与其材料、制造工艺之间的关系以及在设计时如何考虑这类问题。

本书的初稿写出后，承蒙第二重型机器厂副厂长兼副总工程师马兴龙同志主持的审稿小组进行了仔细地评审，提出了许多宝贵的、具体的修改意见，在此编者对于马兴龙副总工程师及审稿小组成员：杨崇培、江远尧、蒋永福、王与群工程师，工艺审查技师张广多以及张静等同志的热情指导与帮助表示衷心感谢！

由于本人水平有限，经验甚少，书中一定会存在不少缺点与错误，恳请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第二章 合金的铸造性能与铸件结构设计	7
第一节 流动性	8
一、流动性	8
二、流动性与结构设计的关系	10
第二节 收缩	10
一、收缩及其对铸件质量的影响	10
二、缩孔和缩松	12
三、铸造应力、变形和裂纹	18
四、收缩与结构设计的关系	26
第三节 吸气倾向	28
第四节 偏析	30
第三章 铸件金属组织与性能的特点	33
第一节 铸态结晶组织的特点	33
一、等轴细晶粒区	33
二、柱状晶粒区	35
三、等轴粗晶粒区	35
第二节 铸件机械性能的特点	36
一、铸件与锻件性能的差别	36
二、影响铸件机械性能的因素	40
三、试样强度与铸件实体强度	62
四、各种铸造合金的安全系数	70
第四章 铸件材料的选用	71
第一节 铸铁的性能、牌号及选用	74

一、灰铸铁与孕育铸铁	74
二、可锻铸铁	82
三、球墨铸铁	85
四、耐热铸铁	102
五、耐磨铸铁	106
第二节 铸钢的性能、牌号及选用	110
一、铸造碳钢	110
二、铸造合金结构钢	112
三、铸造高锰钢	120
四、铸造不锈钢	120
五、铸造耐热钢	124
六、铸造工具钢	125
第三节 铸造铝合金的性能、牌号及选用	125
第四节 铸造铜合金的性能、牌号及选用	132
一、铸造青铜	132
二、铸造黄铜	135
第五节 铸造镁合金的性能、牌号及选用	138
第六节 铸造锌合金的性能、牌号及选用	141
第七节 轴承合金的性能、牌号及选用	141
第五章 铸造方法、工艺方案与铸件结构设计	143
第一节 铸造方法的选择	143
一、结构设计自由度	146
二、铸件的尺寸精度与表面光洁度	148
三、铸件大小与其最小壁厚	149
四、能铸造的合金种类	150
第二节 铸件浇注位置和铸型分型面的确定	151
一、铸件浇注位置的确定原则	151
二、铸型分型面的确定原则	154
第六章 砂型铸件的结构工艺性	158

VI

第一节 砂型铸件基本结构单元的设计	158
一、壁厚	158
二、壁的连接	163
三、圆角	180
四、铸造斜度	182
五、筋	184
六、凸台	192
七、铸孔	198
八、孔的凸边	203
第二节 简化铸造工艺过程的结构	204
一、简化模型和芯盒的制造	204
二、简化造型工艺	207
三、简化造芯工艺	213
四、型芯的固定、出气和清理应方便	220
五、尽量减少清理和修整铸件的工作量	226
六、考虑铸件的吊起与运输的方便	228
七、考虑机器造型特点的结构形状	235
八、考虑流态自硬砂造型工艺特点的结构形状	236
第三节 铸件结构应考虑合金的铸造性能	236
一、考虑合金流动性的结构	237
二、考虑合金收缩的结构	241
三、有利于排除气体、非金属夹杂物和防止 氧化的结构	260
第四节 铸件结构应考虑各种铸造合金的特点	262
一、铸铁件的结构特点	263
二、铸钢件的结构特点	272
三、有色金属铸件的结构特点	278
第五节 考虑节约金属的结构形状	287
一、减轻铸件重量的结构	287

二、减少制造过程中金属消耗量的结构	293
三、其他	293
第七章 熔模铸件的结构特点	295
第一节 基本结构单元的设计	295
一、壁厚	295
二、圆角	297
三、铸造斜度	298
四、加强筋	298
五、凸台与凸边	299
六、铸孔	299
七、凹槽	301
八、螺纹	301
九、表面压花、图案和文字	302
第二节 结构设计的工艺性	303
一、整铸与分铸	303
二、尽量避免采用单独冒口进行补缩的结构形状	305
三、铸造工艺孔	309
四、避免大平面结构	311
五、内腔的结构形状	312
六、形成熔模铸件复杂内腔的工艺方法	314
第八章 压铸件的结构特点	318
第一节 压铸合金的选择	318
第二节 压铸件的尺寸精度和表面光洁度	321
第三节 基本结构单元的设计	324
一、壁厚	324
二、圆角	325
三、壁的连接	326
四、铸造斜度	328
五、压铸孔	328

六、筋	329
七、压铸齿与螺纹	330
八、长形方孔和槽	333
九、凸纹、凸台、文字与图案	333
第四节 结构设计的工艺性	335
一、压铸件的大小与压铸机的规格	335
二、简化模具制造, 延长模具寿命	336
三、便于铸件脱模和抽芯	339
四、尽量避免使用型芯	342
五、有利于消除铸造缺陷	345
六、镶嵌压铸件	351
七、由其他件改为压铸件时, 结构修改的注意事项	356
第九章 金属型、壳型和离心铸造铸件的结构特点	360
第一节 金属型铸件的结构特点	360
一、基本结构单元的设计	360
二、结构的工艺性	363
第二节 壳型铸件的结构特点	369
一、基本结构单元的设计	369
二、结构的工艺性	370
第三节 离心铸造件的结构特点	372
第十章 镶嵌、双金属、冷硬及具有弯曲小孔道的 铸件	377
第一节 镶嵌铸件	377
一、应用场合	378
二、结构设计中的注意事项	383
第二节 双金属铸件	394
一、双金属铸造的基本类型	394
二、结构设计中的注意事项	396
第三节 冷硬铸铁件	398

第四节 具有弯曲小孔道的铸件	399
一、用各种金属管作为型芯	400
二、水溶性盐芯	401
三、易熔金属芯	402
四、陶瓷型芯	402
五、泡沫碳型芯	403
第十一章 铸焊结构的铸件	404
第一节 应用场合	405
第二节 结构设计的基本原则	406
一、分割面位置的确定	406
二、钢板与铸件厚壁的连接形式	407
三、铸焊结构中断面有变化及形状复杂的部分一般都 采用铸件	408
四、采用钢板-铸件和铸件-铸件组焊的场合	408
五、采用电渣焊工艺时应考虑的问题	409
第三节 实例	410
一、水压机立柱	410
二、压力机横梁	411
三、轧钢机机架	412
四、大型起重机滚筒	413
五、水轮机转轮	413
六、燃气轮机壳体	416
七、船尾柱	417
八、舵柄	419
九、泵体	421
十、阀体	422
十一、转向架构架	423
十二、柴油机预燃室	423
第十二章 铸件后续加工的结构工艺性	425

X

第一节 考虑切削加工工艺性的结构形状	425
一、减少切削加工量的结构	427
二、便于切削加工的结构	430
三、有利于提高切削效率的结构	440
第二节 考虑热处理工艺性的结构形状	448
一、预防裂纹的结构	449
二、预防变形的结构	453
三、预防硬度不均匀的结构	455
第三节 考虑电镀工艺性的结构形状	456
第四节 考虑装配、油漆、维修等工艺性的结构形状	459
一、装配、拆卸方便	459
二、考虑美观与减少修整外观工作量	465
三、油漆方便	468
四、修理方便及安全防护	469
第十三章 机床铸件的结构工艺性	471
第一节 机床铸件的结构特点	472
第二节 机床铸件的结构工艺性举例	474
一、床身和立柱类铸件	474
二、工作台与底座	494
三、床腿与尾座	501
四、主轴箱	505
五、杠杆、支架和刀架类铸件	506
第十四章 内燃机铸件的结构工艺性	509
第一节 铸造曲轴	509
一、整体式与组合式	511
二、轴颈重迭度	513
三、轴颈的结构	515
四、曲柄臂的结构	518
第二节 气缸头	520

一、壁厚	520
二、内腔形状	521
三、外形	524
四、螺栓孔	525
五、铸造工艺孔	526
六、利用镶铸法铸造某些孔道	527
七、铸焊结构	529
第三节 机体	530
一、铸焊组合机体与铸造机体	530
二、壁厚	533
三、主油道孔	536
四、螺栓孔凸台	538
五、铸造工艺孔	539
六、带飞轮罩壳与正时齿轮室的整铸机体的 结构工艺性	539
第四节 活塞	540
参考文献	543

第一章 绪 论

目前，我国的铸件产量已达五百多万吨，这些铸件广泛地应用于国民经济的各部门。据统计，在机器设备中，按重量计，铸件一般占机器总重的 30~85%。例如：在金属切削机床中，铸件重量占 80%，轧钢机占 75~80%，内燃机占 50%，钻探设备占 40~50%，汽车、拖拉机占 30~40%。同时，由于铸造金属材料、工艺方法和检测手段的日益发展，使铸件内部质量不断提高，尺寸精度和表面光洁度达到了较高的等级。这使得有些铸件可代替锻件、焊接件使用；有些精密铸件还可以不经切削加工直接装配于机器设备中。因此，在机械产品设计中，铸件设计的工作量是相当大的。

铸件在机械产品中如此广泛地被采用，主要在于铸造方法有以下特点：

1. 与锻造、冲压、焊接和粉末冶金等金属零件毛坯的成形方法相比，铸造方法可以生产出形状十分复杂，特别是具有复杂内腔形状的毛坯与零件。如内燃机机体、气缸头，机床的床身、箱体，各种泵体，船用螺旋桨等等。并且由于铸造方法对零件结构形状限制小，铸件可以按照受力状况采用最合理的截面形状，而且根据需要还可设置加强筋等，来提高结构强度和刚度。如将锻钢曲轴改成球墨铸铁曲轴时，可以通过改变曲柄、轴孔等各部分的结构形状来增加铸造曲轴的结构强度和刚度。

2. 在一定的条件下，采用特种铸造、镶嵌铸造、双金属铸造、细小孔道铸造技术和铸焊结构等方法可以使零件的

结构更为合理。采用这些方法也可解决一些其他金属成形方法难以解决的问题以取得更好的技术经济效益。如由于航空喷气发动机的发展,要求制造尺寸精确、形状复杂又很难切削加工甚至完全不能切削加工的高温合金零件,例如涡轮叶片,它要在 1000°C 以上的高温下工作。对于这种具有细小复杂内腔的零件采用熔模精密铸造及陶瓷型芯的方法生产,不仅可以解决加工困难或不能加工的问题,而且还可以提高零件的合格率和节约优质合金材料。

3. 用铸造方法可以生产各种材料和大小的铸件。目前工业上常用的金属材料均可铸造,而且有些金属材料,如应用非常广泛的铸铁,只能用铸造方法来成形。所生产铸件的大小,可以从小到几克的仪表零件到重达二、三百吨的冶金矿山和动力设备中的重型铸件。

4. 铸件成本一般都较低。这由于铸造所用的原材料比较便宜,来源广泛,还可直接利用废旧金属料重熔。同时,在一般情况下也不需要价格昂贵的设备。此外,由于铸件形状和尺寸与最终零件十分接近,可减少切削加工工作量,节省金属,降低了零件的成本。

当然,铸造方法也还存在不少问题。如:用同样金属材料制成的铸件,其机械性能一般不如锻件高。铸造方法的工序多,影响因素复杂,难以精确控制,这就使得铸件质量不易稳定,易产生各种缺陷。因此,对一些重要零件,特别是承受动载荷的重要零件,一般都不选用铸件,或为了提高可靠性,往往加大安全系数,致使铸件变得笨重。

生产实践表明,为了充分发挥铸造方法的优点,首先要将铸件的结构形状设计得符合铸造工艺的要求。先看两个生产实例:

某厂在用砂型铸造方法生产机盖铸件时，前后采用过三种结构方案，它们的铸造工艺相差很大（参见表 1-1）。按原设计（方案 I）需要使用型芯，其芯盒结构较复杂，由多块组成。将机盖修改成方案 II 所示的结构后，仍需要使用型芯，但由于型芯形状简单了一些，芯盒也随之简化。最后，在满足使用要求下，该厂将机盖结构形状作了较大的修改（方案 III），取消了内翻边及外壳上的凹槽，底部增加了外翻边，这样就可以不用型芯，大大简化了铸型工艺，对机器造型尤其有利。

表 1-2 列举了机盖三种结构方案在铸造方面的技术经济指标。由表可见，由于改变结构，使铸件重量减轻约 22%，成本可降低 31%。

另一个生产实例是某厂采用石膏型铸造铝合金弯管（如图 1-1 所示）。原设计弯管壁厚为 1 毫米，由于浇不足、冷隔等铸造缺陷使铸件废品率高达 80%。将壁厚增加到 1.5 毫米，废品率仍有 35%，直到将壁厚增加到 2 毫米，废品率才降到 10% 左右。

由上可见，铸件的结构形状、尺寸与铸造工艺、铸件质量、生产率和成本等各个方面都有着密切的关系。通常用“结构的工艺性”这一名词来概括结构与工艺之间的关系。

铸件结构工艺性是一个涉及多方面因素的综合性问题，它与铸件材料的性能、铸造工艺、后续加工工艺（切削加工、热处理、装配等）、对铸件的质量要求、产量、生产条件等都直接有关。在一些情况下，改善结构工艺性所带来的技术经济效果可以和生产过程合理化、机械化、自动化的作用相提并论。如某厂在全面改善立式车床的结构工艺性后，使该车床的制造劳动量降低了 23%，金属消耗量减少了 16%。通

表1-1 机盖的三种结构方案及其铸型工艺

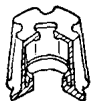
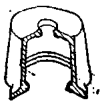
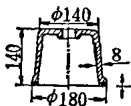
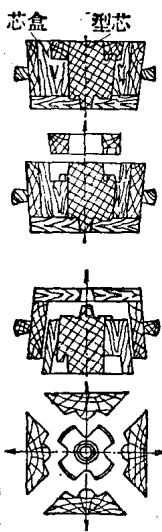
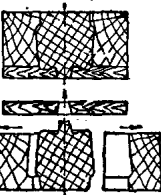
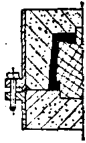
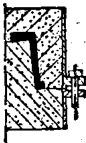
结构方案		I	II	III
铸件结构	外形			
	断面形状			
芯盒结构及制芯工艺		芯盒 型芯 		
铸型装配图				

表1-2 机盖的铸造技术经济指标

项 目	机盖的结构方案(参见表1-1)		
	I	II	III
铸件重量(公斤)	7.0	5.5	5.5
木模的相对费用(%)	100	64.5	39.5
金属模型的相对费用(%)	100	67.0	31.6
造型材料的相对费用(每个铸件中安排6个机盖铸件)(%)	100	100	32.8
其中: 1) 湿型型砂的相对费用(%)	100	100	116
2) 树脂芯砂(冷芯盒)的相对费用(%)	100	100	—
铸件的相对成本(%)	100	79.5	69.0

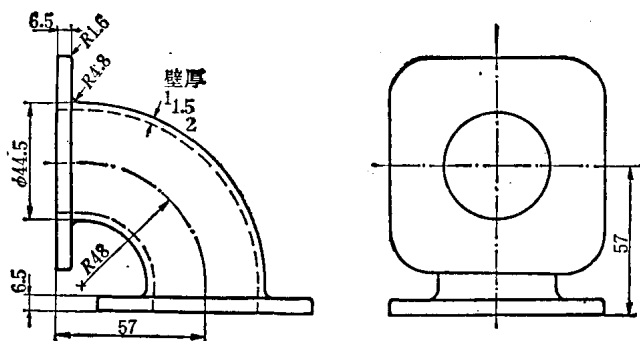


图1-1 铸造铝合金弯管

过改进结构工艺性,使铸件能顺利地进行大批量生产的例子也颇为常见。

在进行机械产品设计时,有的是设计人员与工艺人员相互联系,共同设计铸件结构,特别是一些形状复杂的重要铸件的结构;有的是在铸件设计完成之后,由工艺人员进行工