

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
工业设计专业系列教材

产品结构设计

Structural design of product
(第二版)

刘宝顺 编著



中国建筑工业出版社

尊敬的读者：

感谢您选购我社图书！建工版图书按图书销售分类在卖场上架，共设22个一级分类及43个二级分类，根据图书销售分类选购建筑类图书会节省您的大量时间。现将建工版图书销售分类及与我社联系方式介绍给您，欢迎随时与我们联系。

★建工版图书销售分类表（详见下表）。

★欢迎登陆中国建筑工业出版社网站www.cabp.com.cn，本网站为您提供建工版图书信息查询，网上留言、购书服务，并邀请您加入网上读者俱乐部。

★中国建筑工业出版社总编室 电 话：010—58934845
传 真：010—68321361

★中国建筑工业出版社发行部 电 话：010—58933865
传 真：010—68325420
E-mail: hbw@cabp.com.cn

建工版图书销售分类表

| 一级分类名称 (代码) | 二级分类名称 (代码) | 一级分类名称 (代码) | 二级分类名称 (代码) |
|------------------|--------------------|---------------------------|------------------|
| 建筑学 (A) | 建筑历史与理论 (A10) | 园林景观 (G) | 园林史与园林景观理论 (G10) |
| | 建筑设计 (A20) | | 园林景观规划与设计 (G20) |
| | 建筑技术 (A30) | | 环境艺术设计 (G30) |
| | 建筑表现·建筑制图 (A40) | | 园林景观施工 (G40) |
| | 建筑艺术 (A50) | | 园林植物与应用 (G50) |
| 建筑设备·建筑材料 (F) | 暖通空调 (F10) | 城乡建设·市政工程· 环境工程 (B) | 城镇与乡(村)建设 (B10) |
| | 建筑给水排水 (F20) | | 道路桥梁工程 (B20) |
| | 建筑电气与建筑智能化技术 (F30) | | 市政给水排水工程 (B30) |
| | 建筑节能·建筑防火 (F40) | | 市政供热、供燃气工程 (B40) |
| | 建筑材料 (F50) | | 环境工程 (B50) |
| 城市规划·城市设计 (P) | 城市史与城市规划理论 (P10) | 建筑结构与岩土工程 (S) | 建筑结构 (S10) |
| | 城市规划与城市设计 (P20) | | 岩土工程 (S20) |
| 室内设计·装饰装修 (D) | 室内设计与表现 (D10) | 建筑施工·设备安装技 术 (C) | 施工技术 (C10) |
| | 家具与装饰 (D20) | | 设备安装技术 (C20) |
| | 装修材料与施工 (D30) | | 工程质量与安全 (C30) |
| 建筑工程经济与管理 (M) | 施工管理 (M10) | 房地产开发管理 (E) | 房地产开发与经营 (E10) |
| | 工程管理 (M20) | | 物业管理 (E20) |
| | 工程监理 (M30) | 辞典·连续出版物 (Z) | 辞典 (Z10) |
| | 工程经济与造价 (M40) | | 连续出版物 (Z20) |
| 艺术·设计 (K) | 艺术 (K10) | 旅游·其他 (Q) | 旅游 (Q10) |
| | 工业设计 (K20) | | 其他 (Q20) |
| | 平面设计 (K30) | 土木建筑计算机应用系列 (J) | |
| 执业资格考试用书 (R) | | 法律法规与标准规范单行本 (T) | |
| 高校教材 (V) | | 法律法规与标准规范汇编/大全 (U) | |
| 高职高专教材 (X) | | 培训教材 (Y) | |
| 中职中专教材 (W) | | 电子出版物 (H) | |

注：建工版图书销售分类已标注于图书封底。

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
工业设计专业系列教材

产品结构设计

Structural design of product
(第二版)

刘宝顺 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

产品结构设计与刘宝顺编著. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 工业设计专业系列教材

ISBN 978-7-112-11310-1

I. 产… II. 刘… III. 工业产品-结构设计-高等学校-教材 IV. TB472

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第169188号

责任编辑: 李晓陶 李东禧

责任设计: 赵明霞

责任校对: 兰曼利 刘 钰

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工业设计专业系列教材

产品结构设计与(第二版)

刘宝顺 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 10½ 字数: 286千字

2009年11月第二版 2009年11月第三次印刷

印数: 4501—7500册 定价: 38.00元

ISBN 978-7-112-11310-1

(18559)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

工业设计专业系列教材 编委会

编委会主任：肖世华 谢庆森

编委：韩凤元 刘宝顺 江建民 王富瑞 张 珩 钟 蕾
陈 彬 毛荫秋 毛 溪 尚金凯 牛占文 王 强
朱黎明 倪培铭 王雅儒 张燕云 魏长增 郝 军
金国光 郭 盈 王洪阁 张海林(排名不分先后)

参编院校：天津大学机械学院 天津美术学院 天津科技大学
天津理工大学 天津商业大学 天津工艺美术职业学院
江南大学 北京工业大学 天津大学建筑学院
天津城建学院 河北工业大学 天津工业大学
天津职业技术师范学院 天津师范大学

序

工业设计学科自20世纪70年代引入中国后，由于国内缺乏使其真正生存的客观土壤，其发展一直比较缓慢，甚至是停滞不前。这在一定程度上决定了我国本就不多的高校所开设的工业设计成为冷中之冷的专业。师资少、学生少、毕业生就业对口难更是造成长时期专业低调的氛围，严重阻碍了专业前进的步伐。这也正是直到今天，工业设计仍然被称为“新兴学科”的缘故。

工业设计具有非常实在的专业性质，较之其他设计门类实用特色更突出，这就意味此专业更要紧密地与实际相联系。而以往，作为主要模仿西方模式的工业设计教学，其实是站在追随者的位置，被前行者挡住了视线，忽视了“目的”，而走向“形式”路线。

无疑，中国加入世界贸易组织，把中国的企业推到国际市场竞争的前沿。这给国内的工业设计发展带来了前所未有的挑战和机遇，使国人越发认识到了工业设计是抢占商机的有力武器，是树立品牌的重要保证。中国急需自己的工业设计，中国急需自己的工业设计人才，中国急需发展自己的工业设计教育的呼声也越响越高！

局面的改观，使得我国工业设计教育事业飞速前进。据不完全统计，全国现已有几百所高校正式设立了工业设计专业。就天津而言，近几年，设有工业设计专业方向的院校已有十余所，其中包括艺术类和工科类，招生规模也在逐年增加，且毕业生就业形势看好。

为了适应时代的信息化、科技化要求，加强院校间的横向交流，进一步全面提升工业设计专业意识并不断调整专业发展动向，我们在2005年推出了《工业设计专业系列教材》一套丛书，受到业内各界人士的关注，也有更多的有志者纷纷加入本系列教材的再版编写的工作中。其中《人机工程学》和《产品结构》被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

经过几年的市场检验与各院校采用的实际反馈，我们对第二次8册教材的修订和编撰，作了部分调整和完善。针对工业设计专业的实际应用和课程设置，我们新增了《产品设计快速表现诀窍》、《中英双语工业设计》、《图解思考》三本教材。《工业设计专业系列教材》的修订在保持第一版优势的基础上，注重突出学科特色，紧密结合学科的发展，体现学科发展的多元性与合理化。

本套教材的修订与新增内容均是由编委会集体推敲而定，编写按照编写者各自特长分别撰写或合写而成。在这里，我们要感谢参与此套教材修订和编写工作的老师、专家的支持和帮助，感谢中国建筑工业出版社对本套教材出版的支持。希望书中的观点和内容能够引起后续的讨论和发展，并能给学习和热爱工业设计专业的人士一些帮助和提示。



2009年8月于天津

目 录

第1章 | 壳体、箱体结构设计 / 007

- 1.1 概述 / 007
- 1.2 铸造壳体、箱体 / 011
- 1.3 焊接壳体、箱体 / 022
- 1.4 冲压壳体 / 027
- 1.5 注塑壳体、箱体 / 032

第2章 | 连接与固定结构设计 / 037

- 2.1 概述 / 037
- 2.2 固定连接结构设计 / 038
- 2.3 活动连接结构设计 / 053
- 2.4 固定结构设计 / 071

第3章 | 连续运动结构设计 / 077

- 3.1 概述 / 077
- 3.2 旋转运动机构 / 082
- 3.3 直线运动机构 / 091
- 3.4 曲线运动机构 / 100

第4章 | 往复、间歇运动机构设计 / 103

- 4.1 概述 / 103
- 4.2 往复运动机构 / 105

4.3 间歇运动机构 / 114

第5章 | 密封结构设计 / 127

5.1 概述 / 127

5.2 静密封结构 / 128

5.3 动密封结构 / 132

5.4 特殊密封结构 / 137

第6章 | 安全结构设计 / 141

6.1 概述 / 141

6.2 采用警示原理设计的安全结构 / 143

6.3 采用转换原理的安全结构装置 / 144

6.4 采用有限损坏原理设计的安全装置 / 146

6.5 采用冗余原理设计的安全装置 / 147

第7章 | 绿色结构设计 / 149

7.1 绿色设计与绿色产品结构设计 / 149

7.2 面向回收与循环再利用的结构设计 / 155

7.3 面向拆卸的结构设计 / 159

参考文献 / 166

第1章 | 壳体、箱体结构设计

各种工业产品的构成材料、结构、外观造型等可能千差万别，但在结构构成上均少不了外壳。外壳暴露在外，内部装置有产品的功能构成零、部件。外壳是产品的重要结构零部件，也是产品的外观表现主体，因此外壳设计是产品结构设计和造型设计关注的重要内容。在此，根据工业产品(如仪器仪表、家电、工具及设备或产品构成部件等)外壳的结构特征，将其称为壳体或箱体。

1.1 概述

1.1.1 壳体、箱体功能与作用

壳体与箱体没有本质上严格的区别，壳体是从产品构造和结构特点上习惯的称谓，具有包容内部组成部件且厚度较薄的特征，如电视机壳、手机壳等；箱体更多地是从零部件功能和结构特征方面的定义，具有包容、支撑等结构功能且相对封闭的特点，如汽车变速箱、计算机主机箱等。

尽管各种产品的功能、用途及构成产品外壳的壳体、箱体的构造、材料不尽相同，但产品外壳的主要功能与作用大致类似。以照相机为例，如图1-1所示，一般产品壳体、箱体的主要功能可归纳如下：

- (1) 容纳、包容：将产品构成的功能零部件容纳于内。
- (2) 定位、支撑：支撑、确定产品构成各零部件的位置和相互关系。
- (3) 防护、保护：防止构成产品的零部件受环境等的影响、破坏或其对使用与操作者造成危险与侵害。
- (4) 装饰、美化：产品的外观表现，这也是工业造型设计主要关注的问题。
- (5) 其他：依产品的功能和使用目的不同而定，如装甲车的壳体要提供强有力防军事打击强度、汽车的车厢需考虑安全和舒适、音响系统的音箱应保证音响性能等。

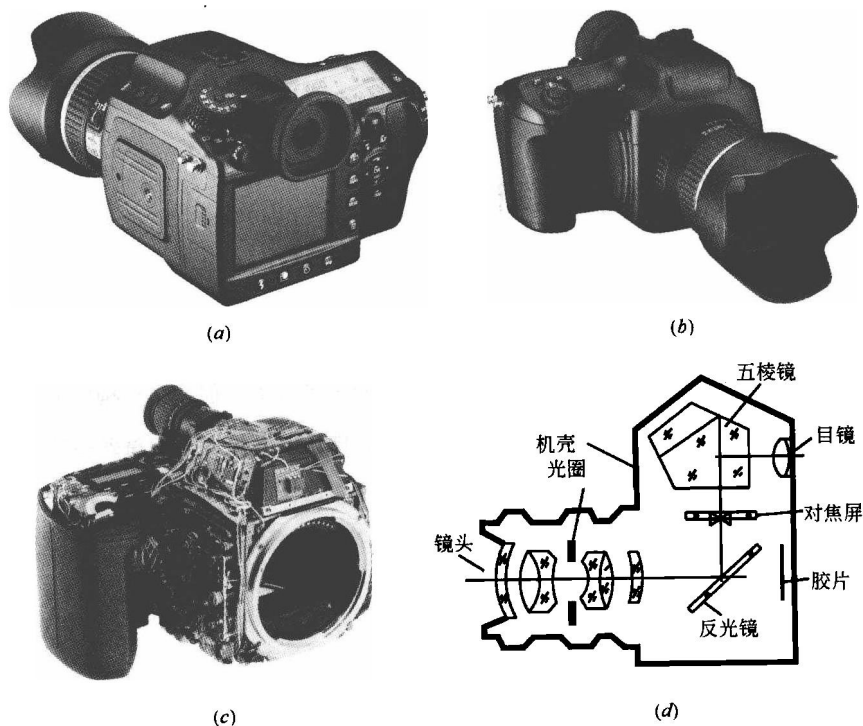


图 1-1
照相机外壳与内部结构布置
(a)照相机外观；(b)照相机外观；(c)去除部分外壳的照相机；(d)照相机外壳与内部结构布置

1.1.2 壳体、箱体的结构特点与设计要求

作为产品或其部件外壳的壳体或箱体，在满足强度、刚度等设计要求的基础上，通常采用薄壁结构，并设置有容纳、固定其他零部件的结构和方便安装、拆卸等结构。在具体结构设计上，除考虑其主要功能、作用外，通常还应考虑以下几个要素：

(1) 定位零部件。固定的零部件和运动的零部件在结构上需有不同的考虑，如图1-2所示，照相机的镜头，结构上要保证各透镜固定得准确、稳定、可靠，还要实现焦距调节(通过镜头伸缩移动实现)得精确、方便、可靠。

(2) 便于拆、装。考虑产品的组装、拆卸和维修、维护，壳体、箱体多设计成分体结构，各部分通过螺钉、锁扣等进行组合连接。对于长久使用或可能多次拆卸的产品，需考虑采用便于拆卸、耐用的结构，如在塑料壳上内嵌金属螺纹件；对经常拆卸、分合、启闭等的产品，需考虑采用便于快速拆卸、组装的结构。如图1-3所示，为一款带防护盖(防止充电时电池意外爆炸)的电池充电器，透明塑料盖与下壳体采用弹性锁扣启闭；如图1-4所示，为一款时尚打火机，其外壳上盖与下壳体采用合叶连接、弹簧片锁扣锁闭，为方便灌注燃料油及更换火石，机

芯与外壳内壁配合，可轻便地插入、拔出。值得指出，某些产品设计上只考虑产品出厂时的组装，不需考虑使用过程的拆装问题，如一次性产品和极少考虑拆卸维修的产品，如图1-5所示的手机电池、电源插头和一些小电子产品等。

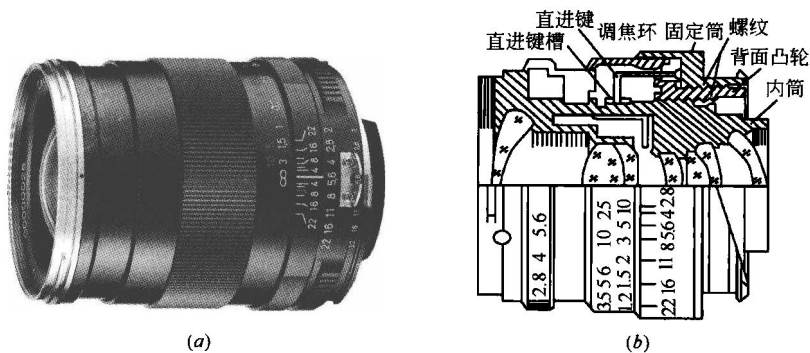


图1-2
照相机镜头结构
(a)镜头外观；(b)镜头结构

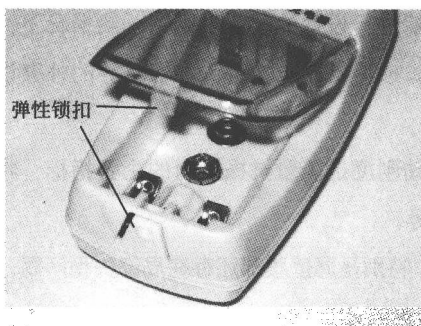


图1-3
充电器的塑料弹性锁扣

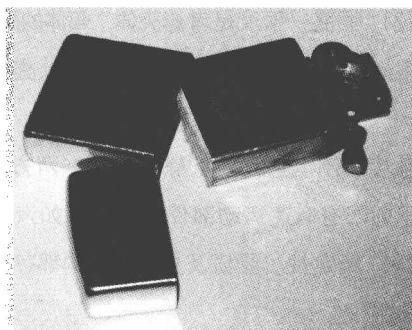


图1-4
方便拆装的打火机

(3) 材料及加工、生产方式。产品的功能和使用目的决定了产品外壳采用的材料，考虑产品的生产批量和成本等因素，又决定了其加工、生产方式，进而又决定了壳体、箱体的结构设计。如铸造件结构、冲压件结构、模塑结构在设计上的考虑因素和结构特点是不同的，详见本章后面的有关介绍。



图1-5
不考虑拆装的产品

(4) 装饰与造型。装饰与造型的设计应结合

产品的功能及构件的材料及加工、生产方式进行。如照相机镜头调焦环表面的纹饰和机身上的皮质贴面，既起到了装饰、美化作用，又在功能上起到防滑作用。材料与加工方式反过来又影响外观造型，如模塑壳体比冲压壳体的造型变化能力要丰富得多。值得指出的是，现代科学技术的发展为很多产品的功能实现提供了充分的技术保障，使得产品的外观形态设计可在一定程度摆脱产品结构、功能的制约，产品外壳的设计以考虑外观设计表达的需要为主要服务目的。

1.1.3 壳体、箱体的设计准则与程序

壳体、箱体的结构设计主要应保证刚度、强度、稳定性及加工性，在需要进行相应的理论计算和实验。对于工业设计师而言，这方面的工作通常需要结构工程师配合，故在此不作详细的介绍。

(1) 刚度。简单地讲，刚度指结构零部件在给定载荷或外力作用下产生变形的程度。对于承受较大载荷及作为支撑和其他零部件定位的壳体和箱体，刚度是主要设计准则。如齿轮减速器、变速箱，箱体的刚度决定了齿轮的啮合情况和工作性能；打印机的壳体及机架刚度直接影响运动部件的运动精度，进而影响打印质量和精度；很多产品的外壳刚度则以保护产品内部结构不易因挤压、意外磕碰受损为主要考虑因素，如手机壳、照相机壳等。

(2) 强度。强度是考虑壳体、箱体的防护和保护性能进行设计的基本准则。一般情况下，需考虑搬运过程及意外冲击载荷造成的外壳强度破坏。如家用电器电视机、洗衣机等的外壳设计考虑。

强度和刚度都需要从静态和动态两方面来考虑。动刚度是衡量抗振能力的主要指标，特别是对于内部有高速运动部件的产品，如汽车、空调器等。

(3) 稳定性。受压及受压弯结构都存在失稳问题，特别是薄壁腹部还存在局部失稳问题，必须校核。

(4) 加工性。铸造、注塑构件应考虑液体的流动性、填充性和脱模，冲压件应考虑材料延展性和拉伸能力，并作相应的计算。

壳体、箱体的通常设计步骤与程序如下：

(1) 初步确定形状、主要结构和尺寸。考虑安装在内部与外部的零部件形状、尺寸、配置及安装与拆卸等要求，综合加工工艺、所承受的载荷、运动等情况，利用经验公式或参考同类产品，初步拟定。

(2) 常规计算。利用材料力学、弹性力学等固体力学理论和计算公式，进行强度、刚度和稳定性等方面的校核，修改设计以满足设计要求。

(3) 静动态分析、模型或实物试验及优化设计。通常，对于复杂和要求高的产品进行此步骤，并据此对设计进行修改和优化。

(4) 制造工艺性和经济性分析。

(5) 详细结构设计。

值得指出，由于现代计算机技术及相应设计工具的普及应用，上述设计程序与内容已呈一体化和交叉进行的趋势，即在造型与结构设计的同时，交叉进行有关计算、校核、分析与优化。

1.2 铸造壳体、箱体

铸造在此主要指金属材料的铸造，是将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔，冷却凝固后获得一定形状和性能的零件或毛坯的金属成形工艺。金属铸造成形的原理和方法，已被广泛借鉴、应用于高分子材料、陶瓷及复合材料的成型。铸造外壳构件常用于对刚度、强度有较高要求及造型与内部结构比较复杂的产品。

1.2.1 铸造壳体、箱体的特点

与其他成形制造方式相比，铸造壳体、箱体具有以下特点：

(1) 有较高的刚度、强度。铸造构件一般壁厚较大，适合于对刚度、强度要求较高的产品外壳，如机床、汽车的变速箱、齿轮减速器等；除作为外壳，可在铸件上制作部分其他结构部件，如汽车、摩托车发动机将活塞缸体直接制作在壳体上，液压泵壳体也是泵的封闭构件；可以作为整个产品的底座或支架。

(2) 造型适应性强。可制作比较复杂和变化不规则的外形，在生产难度和成本上增加不大，如带有散热片的铸造散热器，带有散热结构的摩托车缸体(图1-6)，涡轮发动机叶轮等(图1-7)；适于内腔形状复杂或不规则、不便机加工的产品结构，如水龙头、水暖件等，如图1-8所示。

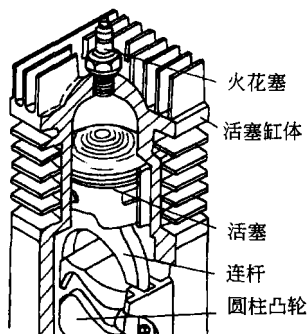


图 1-6
摩托车发动机局部

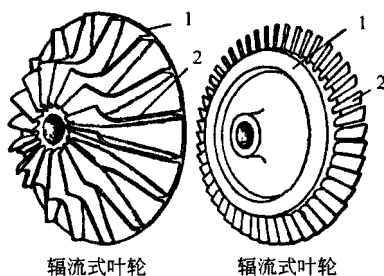


图 1-7
涡轮发电机叶轮
1—轮盘；2—叶片

(3) 封闭性好。广泛用于气体、液体传输和密闭产品构件，如发动机缸体、压缩机壳体及自来水水表等，如图1-9所示。

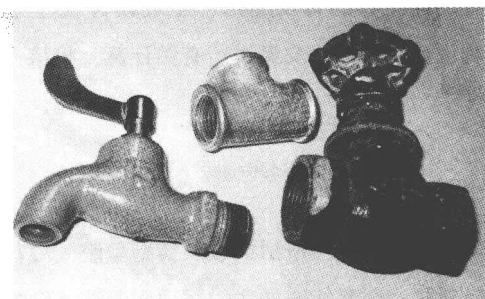


图1-8
铸造水暖件

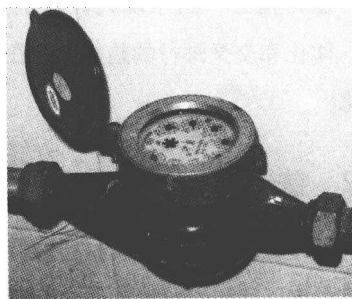


图1-9
铸造自来水水表

(4) 表面粗糙、尺寸精度低。一般在铸件的一些关键部位、局部需采用机加工保证精度。现代铸造随着技术和工艺的进步，也已能够达到较高的制造精度，如图1-10所示，为前例照相机的内机架，机械工艺结构上属于典型的箱体零件，材料为铝合金，采用压铸法成型，机加工部位只限于镜头安装止口和螺纹孔。

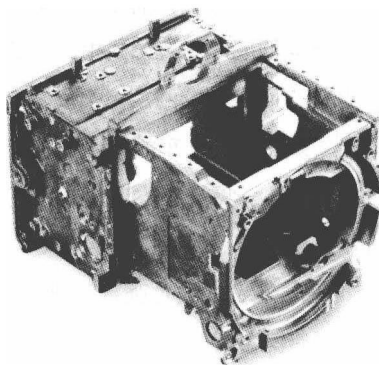


图1-10
铸铝照相机内机架

(5) 工艺灵活性大、成本低。各种成分、尺寸、形状和重量的铸件几乎都能适应，特别是在机器制造业中应用极其广泛。

(6) 其他。铸铁材料具有减振、抗振性能和耐磨、润滑性能。作为高速运动部件的壳体能起到一定的减振、降噪作用，如发动机、压缩机；作为运动部件的支撑，能起到减少摩擦、磨损作用，如机床的导轨。

铸造成型的主要缺点有：铸造组织的晶粒比较粗大，且内部常有缩孔、缩松、气孔、砂眼等缺陷，力学性能一般不如锻件；铸造生产工序繁多，工艺过程较难控制，废品率较高；工作条件较差，劳动强度比较大。

1.2.2 铸造壳体、箱体常用材料

1. 铸铁

铸铁流动性好，体收缩和线收缩小，容易获得形状复杂的铸件，在铸造时加入少量合金元素可提高耐磨性能。此外，铸铁的内摩擦大、阻尼作用强，故动态刚性好；铸铁内存在游离态

石墨，故具有良好的减磨性和切削加工性，且价格便宜、易于大量生产。但铸件的壁厚超过临界值时，力学性能明显下降。故不宜设计成很厚大的铸件。常用铸铁又分为以下几种：

(1) 灰铸铁。铸造性能优良、价格低廉，便于制出薄而复杂的铸件，是最常用的机器结构铸件材料。

(2) 球墨铸铁。球墨铸铁含碳量高，石墨呈球状，力学性能优于灰铸铁，接近于碳钢，但铸造工艺性能比钢好得多。用于制造各种受力复杂、强度、韧性和耐磨性能要求较高的零件。

(3) 蠕墨铸铁。是一种高强度铸铁，石墨呈蠕虫状。蠕墨铸铁保留了灰铸铁工艺性能优良和球墨铸铁力学性能优良的特点，其力学性能介于相同基体组织的灰铸铁与球墨铸铁之间，具有良好的导热率和耐热性，热裂倾向小，有一定的塑性，不易产生冷裂纹。蠕墨铸铁可浇注复杂铸件及薄壁铸件。

(4) 可锻铸铁。碳、硅含量低，凝固时没有石墨析出，凝固收缩大，熔点比灰铸铁高，流动性差。易产生浇不足、冷隔、缩孔、缩松、裂纹等缺陷。主要用于制造形状复杂、承受冲击载荷的薄壁小铸件。

2. 铸造碳钢

铸钢熔点高、流动性差、收缩率大，吸振性低于铸铁、弹性模量较大。铸钢的综合力学性能高于各类铸铁，不仅强度高，且具有优良的塑性和韧性。此外，铸钢的焊接性好，可实现铸焊联合，制造重型零件。

铸钢件晶粒粗大、组织不均，且常存在残余内应力，致使铸件的强度，特别是塑性和韧性不够高。因此，铸件必须进行热处理，一般采用正火或退火。

铸钢主要用于一些形状复杂，用其他方法难以制造，且又要求有较高力学性能的零件，如高压阀门壳体、水压机缸体、轧钢机的机架等。

3. 铝合金

纯铝强度低、硬度小，因此，制造产品壳体常采用铝合金材料。铝与一些元素形成的铸铝合金密度小，而且大多数可从通过热处理强化，使其具有足够高的强度，较好的塑性、良好的低温韧性和耐热性、良好的机加工性能，非常适合制作各种产品外壳体，如汽车发动机、计算机硬盘壳体等。常用铸造铝合金有：

(1) 铝硅合金。具有良好的力学性能、耐蚀性和铸造性能，是应用最广泛的铸造铝合金。适于制造形状复杂、承受中等负荷的零件。如仪器零件、水泵壳、发动机的缸体、油泵壳体、汽化器等。

(2) 铝铜合金。具有较高的强度和耐热性，但相对密度大，铸造性能差，有热裂和疏松倾向，耐蚀性也较差。用于要求在较高强度和较高温度下工作的零件。适于形状简单、中等负荷，要求切削加工性能良好的零件，如曲轴箱支架等。

(3) 铝镁合金。强度高、相对密度小、耐蚀性好，但铸造性能不好，耐热性低。主要用于制造能承受冲击载荷、可在腐蚀介质中工作、外形不太复杂、便于铸造的零件。

(4) 铝锌合金。价格便宜、铸造性能优良，经变质处理和时效处理后强度较高。但耐蚀性差，热裂倾向大，常用于制造汽车、拖拉机的发动机零件、仪器仪表零件及日用品等。

1.2.3 铸造工艺流程

1. 砂型铸造

砂型铸造是应用最广泛的铸造方法，其生产过程如下。

如图1-11所示，首先根据零件图设计、制作出模型及其他工装设备，用模型、砂箱、型砂等制作砂型，然后把熔炼好的金属液体浇入型腔。金属液凝固冷却后，可以把砂型破坏、取出铸件。经清理、检验，即获得所需要的铸件。

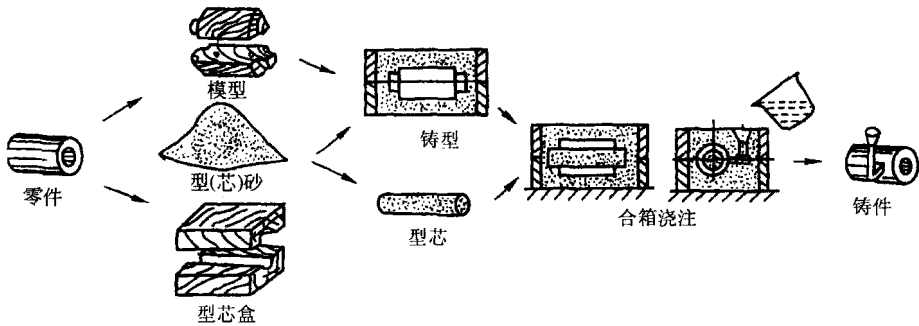


图 1-11
砂型铸造工艺流程

单件、小批量铸造车间，通常采用机械化砂处理及输送系统，手工造型、机器造型或手工结合机器造型。铸型、金属液及铸件的搬运、浇注则采用起吊设备完成，生产效率较低。

大批量生产的机械化铸造车间，生产过程在流水线上连续进行，型砂处理及输送、造型、合箱、浇注、落砂及砂箱、金属液和铸件输送等绝大部分工作都由机器自动化完成。

砂型的结构组成如图1-12所示，出气孔、冒口是为了使浇注液体充满型腔，并保证液体冷凝收缩时补充金属液体，避免形成缩孔等缺陷。

砂型铸造具有适应性强、生产条件要求比较简单等优点，广泛用于制造业。但砂型铸造生产的铸件尺寸精度较

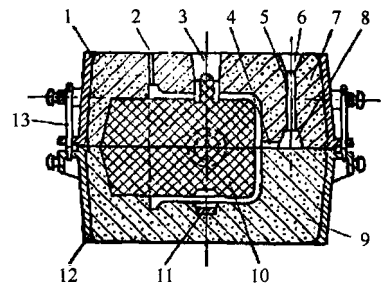


图 1-12
砂型结构
1—上砂箱；2—出气孔；3—冒口；4—内浇口；5—直浇口；6—浇口杯；7—上砂型；8—横浇口；9—下砂型；10—型芯；11—内冷铁；12—下砂箱；13—定位销