

材料科学与工程专业本科系列教材

工 程 设 计 基 础

黄佳木 刘守平 李玉刚 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书根据无机非金属材料专业面向 21 世纪教学改革的要求编写而成,将该专业相关机械类课程的知识整合在本书中,包括机械工程图学、金属材料及其热处理、公差配合以及机械设计基础方面的内容。本书采用了国家法定计量单位,机械制图、公差与配合、机械零件等均采用国家最新标准。

本书主要用作高等学校非机类各专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程设计基础/黄佳木,刘守平,李玉刚编著. —重
庆:重庆大学出版社,2006.8
(材料科学与工程专业本科系列教材)
ISBN 7-5624-3678-9

I. 工... II. ①黄... ②刘... ③李... III. 工程设
计—高等学校—教材 IV. TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 063027 号

工程设计基础

黄佳木 刘守平 李玉刚 编著

责任编辑:谭 敏 曾春燕 版式设计:谭 敏
责任校对:谢 芳 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

四川省内江市兼升印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:393 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3678-9 定价:22.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

《工程设计基础》教材是在全国高校面向 21 世纪教育教学改革的大背景下酝酿编写的。在无机非金属材料工程专业的培养计划中,大都设置有“金属工艺学”、“机械设计基础”、“公差与配合”等机械类的课程作为工科学生基本工程训练的技术基础课,这些课程一般需要 120 学时以上。从 1996 年开始,历经 10 年的改革,无机非金属材料工程专业的培养计划随社会的变革、科技的进步及工程技术的发展,也在不断进行适应形势发展的调整和改革,总学时由过去的 3 200 左右降到现在的 2 500 左右,原有各门课的教学内容经过筛分、删减(重复内容)、合并以及增设补充新的内容,形成了新的教学体系。根据材料类专业的特点,在新的体系中我们将原培养计划中相关机械类的课程进行整合,形成了“工程设计基础”一门课,学时由原来的 120 以上降到现在的 64 学时。

“工程设计基础”课程将机械工程图学、金属材料及其热处理、公差配合以及机械设计基础等知识整合到一本教材中,使学生通过这门课的学习,能够建立起标准化的概念和基本的工程意识,结合该课程的综合课程设计以及金工实习实践环节,达到工程基本训练的目的。

本教材根据工科非机类专业的要求精心组织教学内容,限于学时,删去了原机械设计基础中机械原理部分的章节;由于无机非金属材料专业开设的制图课程多为建筑制图,学生缺乏机械制图的基本知识,在后续的课程设计中出现知识断链,故增加了“机械图学基础”一节。全书共 10 章,每章末附有一定数量的思考题和习题,供教学中使用。教材编写力求简明易懂,图表数据确切实用,并采用最新标准。

参加本书编写的有黄佳木(绪论、第 7 章、第 8 章、第 9 章)、刘守平(第 1 章、第 2 章、第 3 章)、李玉刚(第 4 章、第 5 章、第 6 章、第 10 章)。本书由黄佳木主编。由于编者水平有限,缺点错误在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

2006 年 4 月 20 日

目 录

绪论	员
第 1 章 金属材料及热处理	远
1.1 金属材料的性能	远
1.2 金属及合金的结构	员
1.3 铁碳合金相图	员
1.4 钢的热处理	员
1.5 工业用钢和铸铁	员
1.6 有色金属及其合金	员
思考题与习题	员
第 2 章 机械图学基础	员
2.1 机件常用的表达方法	员
2.2 螺纹、销、键	员
2.3 齿轮、滚动轴承、弹簧	员
2.4 零件图	员
2.5 装配图	员
思考题与习题	员
第 3 章 公差与配合、形状公差、位置公差及表面粗糙度	
3.1	员
3.2 公差与配合	员
3.3 形状和位置公差	员
3.4 表面粗糙度	员
思考题与习题	员
第 4 章 带传动	员

摇源爱摇概摇述	员员
摇源爱摇带传动工作情况分析	员猿
摇源爱摇灾带传动的设计计算	员苑
摇源爱摇灾带轮	员猿
摇源爱摇灾带传动的使用和维护	员缘
摇思考题与习题	员缘
第缘章摇链传动	员苑
摇缘爱摇概摇述	员苑
摇缘爱摇滚子链与链轮	员愿
摇缘爱摇链传动的运动特性	员蒙
摇缘爱摇链传动的设计计算	员圆
摇缘爱摇链传动的布置、张紧与润滑	员苑
摇思考题与习题	员愿
第远章摇齿轮传动	员圆
摇远爱摇概摇述	员圆
摇远爱摇齿廓啮合的基本定律	员蒙
摇远爱摇渐开线和渐开线齿廓的啮合性质	员圆
摇远爱摇渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	员源
摇远爱摇齿轮传动的失效形式	员远
摇远爱摇标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	员苑
摇远爱摇直齿圆柱齿轮传动的设计计算	员圆
摇远爱摇斜齿圆柱齿轮传动	员缘
摇远爱摇圆锥齿轮传动	员怨
摇思考题与习题	员猿
第苑章摇轮系和减速器	员缘
摇苑爱摇概摇述	员缘
摇苑爱摇定轴轮系的传动比	员远
摇苑爱摇周转轮系的传动比	员苑
摇苑爱摇减速器	员怨
摇思考题与习题	员圆
第愿章摇轴	员源
摇愿爱摇概摇述	员源
摇愿爱摇轴的计算	员愿

思考题与习题	100
第 9 章 轴 承	100
9.1 概述	100
9.2 滑动轴承	100
9.3 滚动轴承的主要类型、特点、代号及其选择	100
9.4 滚动轴承的寿命及承载能力计算	100
思考题与习题	100
第 10 章 联接件及联接装置	100
10.1 螺纹联接	100
10.2 联轴器	100
10.3 离合器	100
10.4 键和花键联接	100
思考题与习题	100
附 录	100
附表 1 深沟球轴承	100
附表 2 角接触球轴承 (单列)	100
附表 3 圆锥滚子轴承 (单列)	100
附表 4 标准公差数值	100
附表 5 轴的基本偏差数值	100
附表 6 孔的基本偏差数值	100
参考书目	100

绪论

机械工程的概念可以这样来定义：工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的实践活动。但工程往往又与专业领域密不可分，如土木工程、材料工程、机械工程、水利工程、环境工程等，不同工程领域对其技术人员所要求的专业技术知识明显不同。作为共性的基础知识以及大的工程概念而言，机械设计基础方面的知识很好地充当了这一角色，因为几乎每一个领域工程技术的实施都离不开相应的机械设备，这也是大多数非机类工科专业（如材料、冶金、测控技术、化工、环境等）都开设有相应的机类课程的原因。

“工程制图”课程的研究对象和内容

工程制图是工科机电类、近机类、非机类和工业设计各专业的技术基础课程。该课程以通用机械零件、部件为研究对象，以其工作原理、运动特性、结构型式以及设计、选用和计算方法等为研究内容。通过该课程的学习，使学生能够掌握机械制图的基本技能以及“公差与配合”、“形位公差”国家标准及其在设计中的具体应用；了解常用金属材料的基本性能、热处理方法，并能够在工程中对金属材料进行正确的选用；掌握常用机械传动的工作原理、特点和基本设计计算方法以及能按最新的国家标准对通用机械零件进行正确的选型。最后，本课程结合一部简单机器的课程设计，使学生通过了解单一零件设计制造的全过程、各零部件之间的配合关系及其在整机中的作用，建立起工程中整体的概念；通过通用零件的设计选用，建立起标准化以及互换性的概念，从而得到工程制图的基本训练。

下面的例子可使我们了解一部机器的工作过程。图 1-1 所示的单缸内燃机，

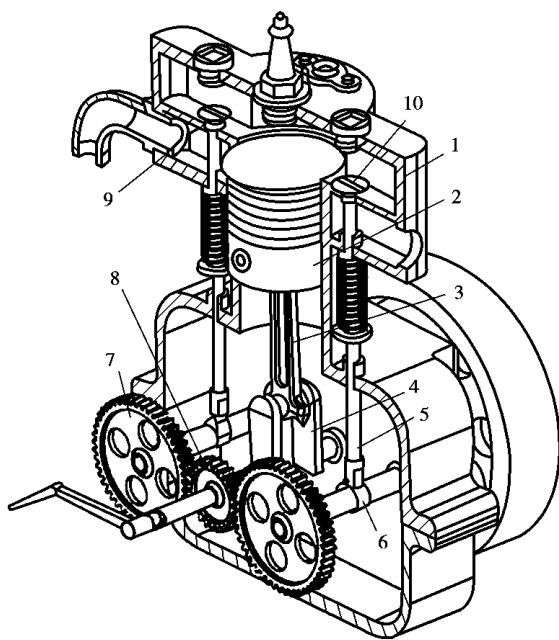


图 1-1 所示的单缸内燃机

它由汽缸体(机架)活塞 圆连杆 猿曲轴 源组成主体部分 ,当燃气推动活塞做往复移动时 ,通过连杆使曲柄做连续转动 ,从而将燃气的热能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮轴 远进气阀 怨排气阀 员和推杆 缘的作用是按一定的运动规律启闭阀门 ,以吸入燃气和排出废气。

不同机械的形式、构造和用途都不同 ,但都具有以下共同特征 :

员)它们是为许多人为实体的组合 ;

圆)各实体间具有确定的相对运动 ;

猿)在工作时能转换机械能或做有效的机械功。

凡同时具有上述 猿个特征的机械称为机器 ,仅有前两个特征的机械称为机构。但就实体的组合和运动而言 ,两者之间并无区别。所以 ,通常将机械作为机器和机构的通称。

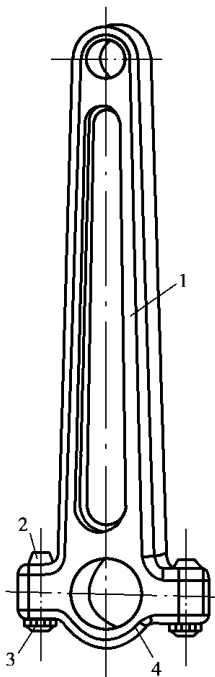


图 园猿 摇连杆

组成机械的每一个人为实体称为构件。构件可以是单一的整体 ,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 园猿中内燃机的曲轴 ,它是单一的整体构件 ,而图 园圆所示的连杆 ,因结构、工艺等方面的原因 ,是由连杆体 员连杆盖 源螺栓 圆和螺母 猿等零件组成的刚性构件。构件和零件的区别在于 构件是运动的单元 ,而零件是制造的单元。

零件按其用途不同 ,可分为通用零件和专用零件。凡各种机械都经常使用的零件 ,例如齿轮、轴、螺钉等 ,称为通用零件 ;只在某些机械中使用的零件 ,例如曲轴、连杆、气轮机叶片等 ,称为专用零件 ;而那些具有互换性且按国家标准设计的零件 ,如滚动轴承、螺钉、螺母、键、销等 ,又称为标准零件。

圆 机械设计的基本要求和一般步骤

对不同类型的机械 ,其设计的基本要求大致是相同的 ,主要有运动和动力性能的要求(即满足使用的需要)、工作可靠性要求(包括强度、刚度、耐磨性、耐热性等)、经济性要求以及操作方便和安全性的要求等。

一般的机械设计步骤大致可归纳如下 :

员)根据要求查阅资料 ,确定机械的工作原理和拟定总体方案。

圆)设计机构运动简图和绘制机械传动系统示意图 ,通过运动分析、动力分析和强度计算确定有关参数。

猿)确定机械各个部分的结构和尺寸 ,绘制总装配图、各部件装配图、零件图、编写技术说明书及标准件、外购件的明细表。

需要指出 ,上述步骤是有机联系的 ,需要互相交叉进行 ,并且往往多次反复 ,不断修正完善。

上述内容反映在设计图纸上 ,大体可分为以下 猿个阶段 :

员)总体设计阶段。机器的总体设计 ,就是根据工作原理的要求 ,本着简单、实用、经济、美观等原则 ,布置出一套能实现预期职能的装置。为了拟定机器的总体布置 ,分析比较各种可能的传动方案以及进行具体机构的选择和设计 ,就需要把机器各部分之间的运动和动力关系以及各个机构和主要零件在机器中的大体位置 ,用规定的简单符号清晰简明地表示在图上 ,这就构成了机器的机构运动简图。如图 园猿所示的复摆式颚式破碎机 ,其工作原理为 :电动机 员通过 灾带传动(圆猿)带动偏心轴 缘转动 ,再通过动颚板(连杆)远带动机架 苑上的肘板 愿做

圆

往复摆动,动颚板远做平面运动,它不断地将料斗中的矿石向定颚板(机架)挤压,以达到破碎矿石之目的。图 1-1 为表示其运动关系的机构运动简图,图中 1 杆代表偏心轴,2 杆为动颚板,3 杆为肘板,4 杆为推力板,5 表示机架,该破碎机为一典型的曲柄连杆机构。

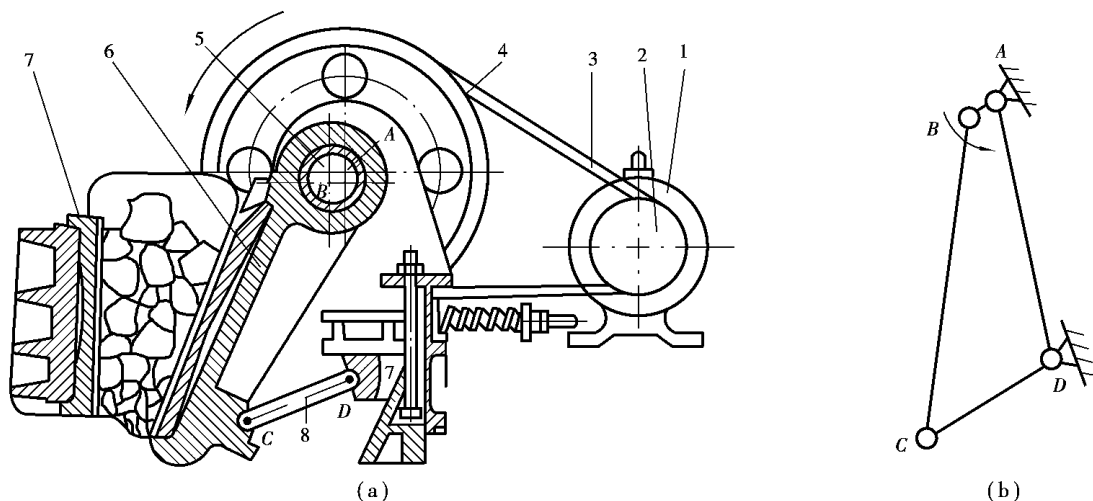


图 1-1 复摆式破碎机

图 1-1 结构设计阶段。有了运动简图,机器还无确定的形态,接下来的工作即是把运动简图做的符号变成具体的零、部件。这需要考虑各个部件的相对位置及联结方法以及主要零件的具体形状、尺寸、材料、制造、安装配合等一系列问题,并进行类比、选择和必要的计算等工作,从而将运动简图变成具体的装配图,如图 1-2 即为复摆式颚式破碎机的总装配图(简图),图 1-3 为二级齿轮减速器的装配图,从这两个图可以看出复摆式颚式破碎机和二级齿轮减速器的形态。这是图纸设计的第二阶段:从运动简图到装配图的阶段,也称为结构设计阶段。

图 1-2 零件设计阶段。装配图只是初步确定了机器的总体尺寸及各个零部件之间的位置关系、配合要求等,并未反映出各个零件的全部尺寸、结构要素(如圆角半径、倒角尺寸)及加工要求(如尺寸公差、表面粗糙度)等,因而装配图还不能作为加工的依据。根据装配图设计出各个零件的工作图是图纸设计的第三阶段。设计零件图时,要综合考虑零件的强度、刚度、寿命、工艺型以及重量、体积、成本的限制等因素,来具体确定零件的材料、尺寸、结构要素、制造精度等,并规定出适当的技术条件(如材料的热处理方法及表面硬度等),从而绘制出零件图。如图 1-4 即是根据图 1-3 所示的二级齿轮减速器装配图设计出的低速轴 1 的零件工作图,相应轴段的尺寸、形状、精度、制造工艺等即充分考虑了与其相配的轴承、键、齿轮、轴套、轴承透盖等零件的配合关系、轴向及周向定位以及装配工艺性等要求,轴的材料选择和热处理即考虑了其在承受最大工作载荷的情况下轴的强度和刚度要求。

通过上述三个阶段的设计,有了机器的机构运动简图、装配图和零件图,就从工作原理、结构和制造上为一部机器的诞生提供了初步的条件。当然,设计工作的各个局部与总体都是紧密联系的,上述三个阶段不可能是截然划分的,而必然要互相牵连、互相影响、相互交叉地反复进行的。

经过以上讨论,对于怎样设计一部机器已有了轮廓的了解。再通过本书后面章节相关知识的学习,就为进行简单机器的设计奠定了基础,从而通过机械设计的过程,培养我们的工程意识,得到工程设计的基本训练。

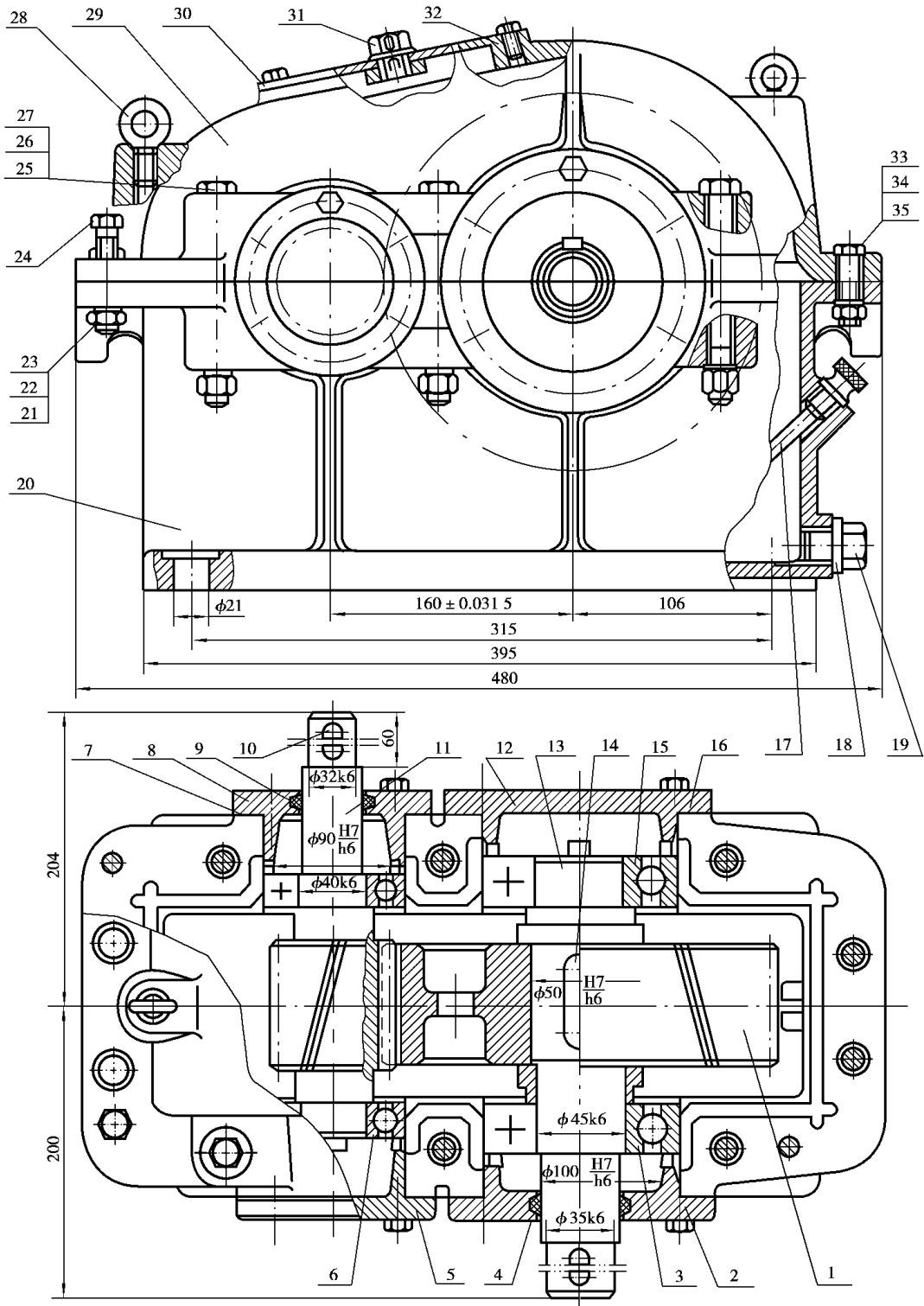


图 园 二级齿轮减速器装配图

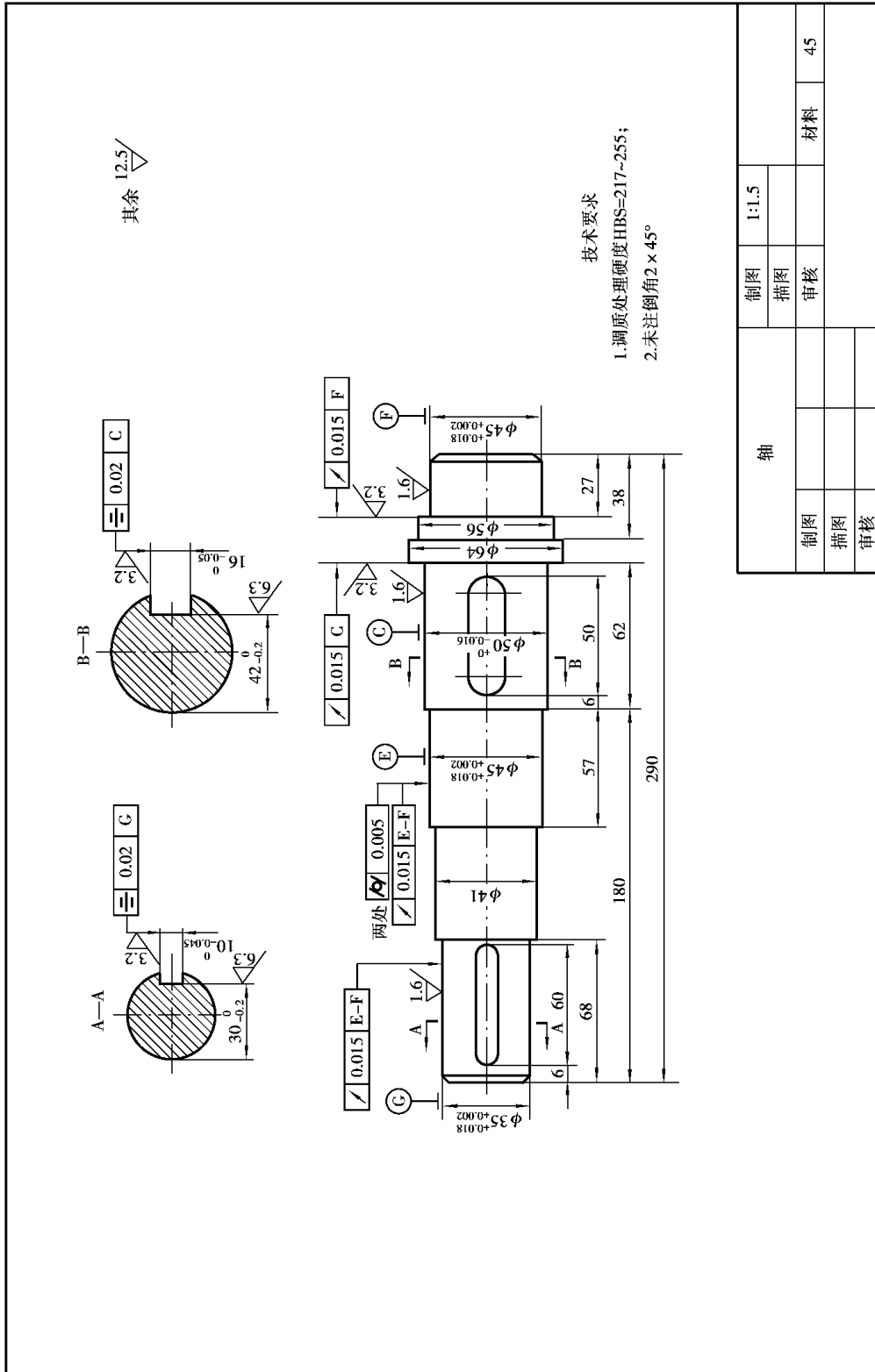


图0.5 轴的零件工作图

第 1 章

金属材料及热处理

金属材料性能

金属材料是指以金属键来表征其特性的材料,它包括金属及其合金。金属材料一般分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属主要是指钢、铸铁及锰合金。有色金属种类较多,如铜、铜合金、铝、铝合金、镁合金、钛合金等。

金属材料的性能一般包括力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能。

力学性能

力学性能是指材料在受力时所表现出来的性能,又称机械性能,描述力学性能的指标主要包括强度、硬度、塑性和韧性。

(一) 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和破坏的能力,常用来衡量材料的强度指标有屈服强度 $\sigma_{\text{泽}}$ 和抗拉强度 $\sigma_{\text{遭}}$ 。它是设计机械零件时选用材料的依据。

(1) 屈服强度

将材料开始发生屈服现象时的应力,也即出现塑性变形时的应力,称为屈服强度,用符号 $\sigma_{\text{泽}}$ 表示,其计算式为:

$$\sigma_{\text{泽}} = \frac{F_{\text{泽}}}{S_0} \quad (\text{员})$$

式中, $F_{\text{泽}}$ ——试样发生屈服时的载荷,晕;

S_0 ——试样的原始横截面面积,皂。

对没有明显屈服现象的材料如高碳钢,则规定:以材料产生塑性变形量为试样长度的园像时的应力,作为屈服强度。

(2) 抗拉强度

材料在受力过程中,直到发生断裂之前所能承受的最大应力,称为抗拉强度,它表征了材料抵抗大量塑性变形和破坏的能力,以符号 $\sigma_{\text{遭}}$ 表示,按下式计算:

远

$$\sigma_{\text{断}} = \frac{F_{\text{断}}}{S_0} \quad (1.1)$$

式中， $F_{\text{断}}$ ——试样拉断前所能承受的最大载荷，N；

S_0 ——试样的原始横截面面积， mm^2 。

工程上用的金属材料，还要求其有一定的屈强比 $\sigma_{\text{断}}/\sigma_{\text{许}}$ ，屈强比越小，结构零件的可靠性越高，万一材料超载，也能由于塑性变形，不致使材料立刻断裂，碳钢的屈强比一般约为 0.6~0.7，低合金钢约为 0.7~0.8，合金结构钢约为 0.8~0.9。

(3) 硬度

硬度是材料抵抗更硬物体压陷的能力，或材料表面一定体积内抵抗局部塑性变形的能力。测定材料硬度的方法很多，常用的是压入法，根据压头和压力的不同，硬度指标有布氏硬度 (HB) 和洛氏硬度 (HRC)。

(1) 布氏硬度

在一定直径 D 的淬火钢球上施加载荷为 F 的压力，使其压入被测金属的表面，保持一定时间，然后卸去载荷，测量试样表面的压痕直径 d ，用压力除以压痕球形表面积，即为布氏硬度值，计算式：

$$HB = \frac{F}{\pi D \sqrt{D - \sqrt{D^2 - d^2}}} \quad (1.2)$$

式中， $S_{\text{球}} = \pi D \sqrt{D - \sqrt{D^2 - d^2}}$ ——压痕球形表面积， mm^2 ；

F ——压力，N；

D ——标准钢球直径，mm；

d ——压痕深度，mm；

d ——压痕直径，mm。

布氏硬度因使用的是淬火钢球，它只适用于硬度较低的材料如退火、正火、调质钢和灰铸铁等的硬度测定。

(2) 洛氏硬度

当被测材料硬度较高或试样过小时，则采用洛氏硬度计来测定硬度。洛氏硬度计测定所用的压头是顶角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.588 英寸的淬火钢球。以一定的载荷使其压入被测材料表面，洛氏硬度计根据测量的压痕深度计算出硬度，其数值可直接从洛氏硬度计上读出。洛氏硬度适用于测定硬度较高的材料，如淬火钢、渗碳(氮)钢等。

(4) 塑性

塑性是指材料在外力作用下发生塑性变形而不被破坏的能力，衡量指标有延伸率和断面收缩率，延伸率和断面收缩率越大，表明塑性越好。

(1) 延伸率 δ

试样拉伸断裂后的总伸长量与原始长度比值的百分数称为延伸率，用下式计算：

$$\delta = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (1.3)$$

式中， L_0 ——试样原始标距长度，mm；

L ——试样拉断后的标距长度，mm。

(2) 断面收缩率 ψ

试样断裂后,断面缩减量与原始横断面积比值的百分数称为断面收缩率,用下式计算:

$$\psi = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \times 100\% \quad (15.15)$$

式中, A_0 ——试样原始截面积, mm^2 ;

A_n ——试样断口处的截面积, mm^2 。

(15.16) 韧性

1) 冲击韧性 α_k

材料抵抗冲击载荷而不被破坏的能力,用冲击韧性值 α_k 表示, α_k 值越大,冲击韧性越好,用下式计算:

$$\alpha_k = \frac{W_k}{F} \quad (15.17)$$

式中, W_k ——冲断试样所消耗的冲击功, J ;

F ——试样缺口底部处的横截面积, mm^2 。

(15.18) 断裂韧性 K_{Ic}

有的传动零件、容器、桥梁等,常在低于 σ_s 的工作应力下发生突然断裂,这种破坏与零件材料本身存在的裂纹和裂纹扩展有关。实际使用的金属材料在其制备过程中,不可避免地存在气孔、夹杂物等缺陷,这些缺陷破坏了材料的连续性,是材料内部的裂纹源或微裂纹。在零件工作时,裂纹扩展的结果,使零件在低于 σ_s 的工作应力下发生突然断裂。金属材料抵抗裂纹扩展和脆断的能力,可用断裂韧性 K_{Ic} 表示,用下式计算:

$$K_{Ic} = \sigma \sqrt{Y a} \quad (15.19)$$

式中, Y ——应力场强度因子, $Y = f(a, W, \sigma)$;

Y ——与裂纹形状、加载方式、试样尺寸有关的系数;

σ ——外加应力, MPa ;

a ——裂纹半长, mm 。

(15.20) 物理性能

物理性能包括:密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、磁性等。根据机械零件的用途不同,其对材料要求的物理性能也不同,如飞机上使用的金属材料要求其密度小、强度高,电气设备中使用的一些零件要求有较好的导电性或导磁性。

(15.21) 化学性能

对于金属材料,化学性能主要指耐腐蚀性和高温抗氧化性。

耐腐蚀性是指材料抵抗介质侵蚀的能力,材料的耐腐蚀性常用每年腐蚀深度 δ (mm/a) 表示。金属材料的腐蚀形式主要有化学腐蚀和电化学腐蚀两种。化学腐蚀是金属直接与周围介质发生纯化学反应,如钢的氧化;电化学腐蚀是金属在酸、碱、盐等电解质溶液中因原电池反应而引起的腐蚀。

高温抗氧化性是指材料在迅速氧化后,能在表面形成一层连续、致密并与母体结合牢固的膜,阻止进一步氧化的特性。高温下使用的零件如汽轮机叶片、加热炉构件等,要求其具有较好的高温抗氧化性。

愿

1.1 工艺性能

工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出的难易程度,从原料到成品机械零件,原料一般要经过毛坯制备(铸造、锻造、焊接等)、切削加工等工序。工艺性能主要包括铸造性能、热处理工艺性能、焊接性能、塑性加工性能、机械加工性能等。

(1) 铸造性能

材料的铸造性能一般根据流动性、收缩特点、偏析倾向和缩孔等综合评定。铸造性能好的材料应是(液态)流动性好,收缩应力小,偏析很轻。易于形成集中缩孔为优异的铸造性能,一般熔点低的流动性好,结晶范围小(液相线和固相线间距离小),成分接近共晶点的合金具有最好的铸造性能。铸造性能较好的金属材料主要是各种铸钢、铸铁、铸造铝合金和铜合金等,铸造铝合金和铜合金的铸造性能优于铸铁和铸钢,而铸铁又优于铸钢。

(2) 塑性加工性能

塑性加工性是指钢接受冷热压力加工的能力,其中包括冲压性与锻造性两个概念。

锻造性指材料接受热压力加工时的变形能力,一般塑性高,成型性好,较小的开裂倾向与脱碳倾向,较大的加工温度范围是锻造性好的标志。低碳钢比高碳钢锻造性好,碳钢比合金钢锻造性好,高合金钢的锻造性能较差。一般在冲击负荷作用下的高强度零件用锻造成型,如各种轴、齿轮、连杆、活塞销、球头销等。

冲压性指钢在接受冷压力加工时的塑性变形能力,一般塑性高,成型性好,不易产生裂纹以及有良好的加工表面是冲压性优的标志。含碳量愈低的钢其冲压性愈好,所以冲压件应选用低碳、低硫、磷的细晶粒钢。冲压性是选用薄壁零件时所应考虑的主要工艺性能。

(3) 焊接性能

焊接性能是指金属接受焊接的能力,是以焊缝区不产生裂纹和焊缝区的强度不低于基体金属强度为评定指标。一般认为碳当量超过 0.45 时,焊接性能大大恶化,合金钢比碳钢焊接性差,高合金钢焊接性更差。

(4) 机械加工性能

机械加工主要是切削及磨削加工。影响切削加工性能的因素很多,不仅与材料本身的化学成分、金相组织和机械性能有关,而且与刀具的情况和切削条件有关。铝及其合金的加工性能最好,单相奥氏体不锈钢和高速钢加工性能最差。钢中加入杂、孕、孕等易切削元素后,机械加工性能有很大的改善。

(5) 热处理工艺性能

热处理工艺性是指钢在热处理的加热、保温、冷却过程中所表现出来的行为。如过热敏感性(反映晶粒长大倾向)、脱碳敏感性、淬透性、淬火变形和开裂倾向以及淬硬性、回火脆性等。热处理工艺性反映钢接受热处理的能力。

立方体的 8 个顶角和 6 个面的中心。属于这类晶格的金属有 γ -Fe、Al、Cu、Ag、Au、Pt、Ni、Pb 等。

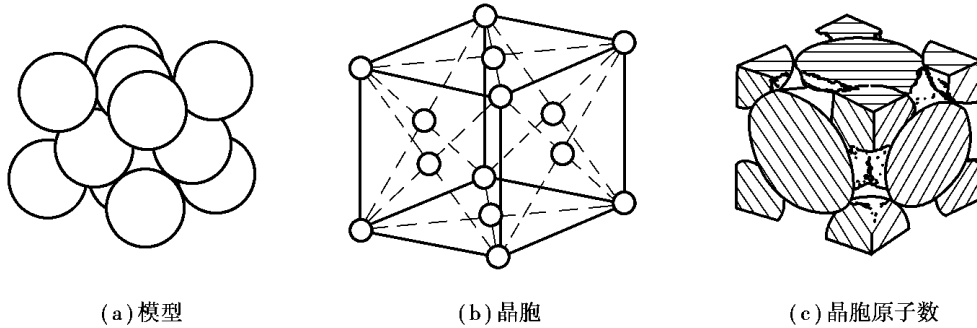


图 1-1 面心立方晶胞示意图

密排六方晶胞如图 1-2 所示。它是一个正六面柱体，在晶胞的 12 个角上各有一个原子，上底面和下底面的中心各有一个原子，上下底面的中间有 6 个原子。属于这类晶格的金属有 Mg、Zn、Ti、Co、Ni、Cr 等。

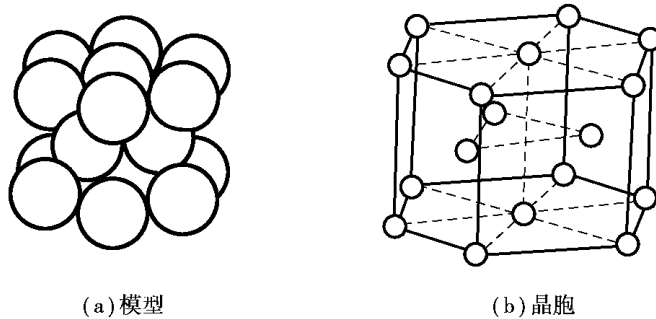


图 1-2 密排六方晶胞示意图

实际金属的晶体结构

以上所述的晶体是由晶胞在三维空间重复排列堆砌而成的理想晶体，它内部的晶格方位完全一致，称为单晶体。实际金属的结构与理想状态有很大差异。

(一) 多晶体

通常使用的实际金属都是由很多小晶体组成的，这些小晶体内部的晶格位向是均匀一致的，而它们之间，晶格位向却彼此不同，这些外形不规则的颗粒状小晶体称为晶粒。每一个晶粒相当于一个单晶体。晶粒与晶粒之间的界面称为晶界。这种由许多晶粒组成的晶体称为多晶体。

多晶体的性能在各个方向基本上是一致的，这是由于多晶体中，虽然每个晶粒都是各向异性的，但它们的晶格位向彼此不同，晶体的性能在各个方向相互补充和抵消，再加上晶界的作用，因而表现出各向同性。

晶粒的尺寸很小，如钢铁材料一般为 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ m，必须在显微镜下才能看见。在显微镜下观察到的金属中晶粒的种类、大小、形态和分布称为显微组织，简称组织。