



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

机械设计 学习指导

● 哈尔滨工业大学 宋宝玉 张 锋 主 编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

机械设计学习指导

Jixie Sheji Xuexi Zhidao

宋宝玉 张 锋 主编
吴宗泽 审阅



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材——宋宝玉、王黎钦主编《机械设计》的配套参考书。全书共有 15 章及附录,包括绪论,机械设计概论,螺纹连接,其他常用连接,带传动,齿轮传动,蜗杆传动,其他常用传动,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器、离合器及制动器,弹簧,机架零件,机械传动系统方案设计和附录。各章均给出了主要内容框图、学习要求、重点与难点、例题,附录中给出了两套机械设计课程模拟考试试卷及其参考答案。

本书可供高等工科院校、成人教育学院、电视大学、函授大学和职业技术学院的机械类专业与近机械类专业学习机械设计课程及机械设计基础课程的师生使用,也可供考研的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计学习指导 / 宋宝玉, 张锋主编. -- 北京 : 高等教育出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-04-035507-9

I. ①机… II. ①宋… ②张… III. ①机械设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第184522号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 宋 晓 封面设计 张申申 版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉 责任校对 刘春萍 责任印制

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京铭传印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 13.5
字 数 320 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2012年10月第1版
印 次 2012年10月第1次印刷
定 价 20.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 35507-00

前 言

机械设计是一门培养学生创新能力和综合机械设计能力的主干技术基础课程,在高等工科大学机械类专业的培养方案中占有重要地位。为了帮助学生和青年教师更好地理解机械设计课程,牢固地掌握机械设计课程的基本知识、基本理论和设计计算的基本方法,培养分析问题和解决问题的能力,我们根据“普通高等学校机械设计课程教学基本要求”,并结合近几年来“质量工程”建设的实践经验编写了本书。

本书的编写以高等教育出版社出版宋宝玉、王黎钦主编的《机械设计》(以下简称主教材)为主要参考教材,同时参考了其他机械设计教材。其编写指导思想如下:

(1) 思路清晰、层次分明,方便学生使用。每章都给出了主要内容框图、学习要求、重点与难点。

(2) 启发、诱导、开拓学生的解题思路,帮助学生巩固知识、增强能力。每章都精选了例题,设计了有一定难度和带有启发性的自检题,而且为了便于学生了解自己对问题的理解程度和解题能力,所有自检题都给出了参考答案。此外,有些章节还安排了一些主教材上没讲的内容,希望能引导学生主动探究,培养自学能力;在附录中提供了两套机械设计课程模拟考试试卷及其参考答案,可帮助学生综合评价自己对本课程的学习情况。

(3) 凡涉及标准之处尽量采用最新国家标准。

全书由宋宝玉、张锋担任主编,参加本书编写的还有敖宏瑞、古乐和陈铁鸣。清华大学吴宗泽教授审阅了本书,提出了许多重要的意见和建议,使本书的质量得到显著的提高,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到了哈尔滨工业大学机械设计系教师的大力支持,在此表示诚挚的谢意。由于水平有限,书中难免存在欠妥或错误之处,恳望广大读者批评指正。

编 者

2012年2月

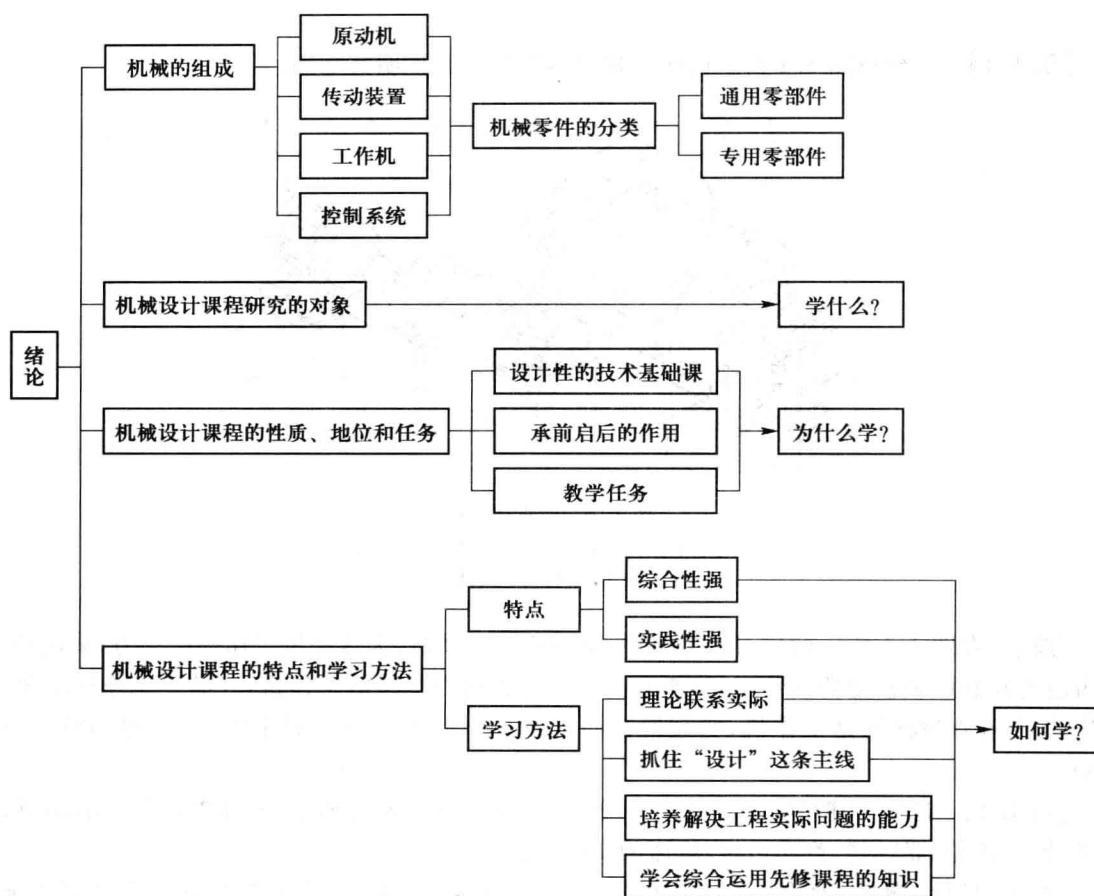
目 录

第 1 章 绪论	1	6.5 自检题及其参考答案	62
1.1 主要内容框图	1	第 7 章 蜗杆传动	77
1.2 学习要求	1	7.1 主要内容框图	77
1.3 重点与难点	2	7.2 学习要求	79
1.4 例题	2	7.3 重点与难点	79
第 2 章 机械设计概论	3	7.4 例题	79
2.1 主要内容框图	3	7.5 自检题及其参考答案	84
2.2 学习要求	5	第 8 章 其他常用传动	92
2.3 重点与难点	5	8.1 主要内容框图	92
2.4 例题	5	8.2 学习要求	93
2.5 自检题及其参考答案	7	8.3 重点与难点	93
第 3 章 螺纹连接	11	8.4 例题	94
3.1 主要内容框图	11	8.5 自检题及其参考答案	96
3.2 学习要求	12	第 9 章 轴	104
3.3 重点与难点	12	9.1 主要内容框图	104
3.4 例题	13	9.2 学习要求	105
3.5 自检题及其参考答案	19	9.3 重点与难点	105
第 4 章 其他常用连接	29	9.4 例题	106
4.1 主要内容框图	29	9.5 自检题及其参考答案	111
4.2 学习要求	30	第 10 章 滚动轴承	119
4.3 重点与难点	30	10.1 主要内容框图	119
4.4 例题	30	10.2 学习要求	120
4.5 自检题及其参考答案	31	10.3 重点与难点	121
第 5 章 带传动	36	10.4 例题	121
5.1 主要内容框图	36	10.5 自检题及其参考答案	129
5.2 学习要求	37	第 11 章 滑动轴承	141
5.3 重点与难点	38	11.1 主要内容框图	141
5.4 例题	38	11.2 学习要求	143
5.5 自检题及其参考答案	43	11.3 重点与难点	143
第 6 章 齿轮传动	51	11.4 例题	143
6.1 主要内容框图	51	11.5 自检题及其参考答案	146
6.2 学习要求	54	第 12 章 联轴器、离合器和制动器	153
6.3 重点与难点	55	12.1 主要内容框图	153
6.4 例题	55	12.2 学习要求	154

12.3	重点与难点	154	15.2	学习要求	181
12.4	例题	155	15.3	重点与难点	181
12.5	自检题及其参考答案	157	15.4	例题	181
第 13 章	弹簧	164	15.5	自检题及其参考答案	185
13.1	主要内容框图	164	附录 A	机械设计课程模拟考试	
13.2	学习要求	165		试卷(一)及其参考答案	191
13.3	重点与难点	166	A-1	试卷(一)	191
13.4	例题	166	A-2	试卷(一)参考答案	195
13.5	自检题及其参考答案	170	附录 B	机械设计课程模拟考试	
第 14 章	机架零件	178		试卷(二)及其参考答案	199
14.1	主要内容框图	178	B-1	试卷(二)	199
14.2	学习要求	178	B-2	试卷(二)参考答案	202
14.3	重点与难点	179	参考文献		206
第 15 章	机械传动系统方案设计	180			
15.1	主要内容框图	180			

第 1 章 绪 论

1.1 主要内容框图



1.2 学习要求

1. 了解机械的组成内容及其作用,并能举例说明之。
2. 认真搞清楚“学什么”、“为什么学”和“如何学”这三个重大问题,并树立起学好本课程的

决心和信心。

1.3 重点与难点

1. 机械的组成及机械零部件的分类。
2. 机械设计课程的性质、特点及学习方法。

1.4 例 题

[例 1.1] 试分析图 1.1 所示的矿石球磨机的组成并说明其功用。

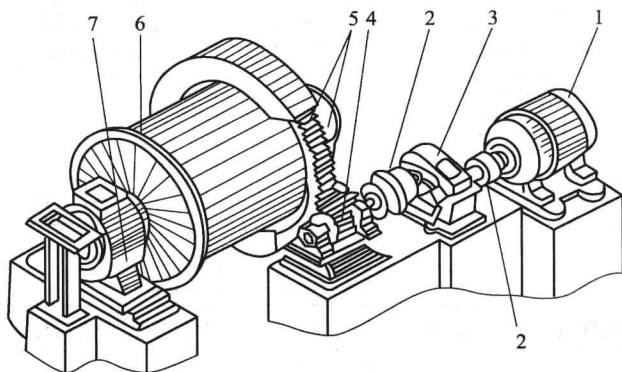


图 1.1 矿石球磨机

1—电动机；2—联轴器；3—减速器；4、5—齿轮；
6—球磨滚筒；7—滑动轴承

[解] 在图 1.1 所示的矿石球磨机中：电动机是原动机，为球磨机工作提供动力；减速器、开式齿轮传动和联轴器是传动装置，将原动机的运动和动力传递给工作机，并满足工作机的要求；球磨滚筒和滑动轴承是工作机，实现对矿石的粉碎。此外还有控制系统，如对原机电源的控制。

[例 1.2] 试对下述机械零部件进行分类：螺栓、螺母、滚动轴承、减速器、千斤顶、曲轴、螺旋桨叶片、齿轮、联轴器、汽车后桥、机床的变速箱。

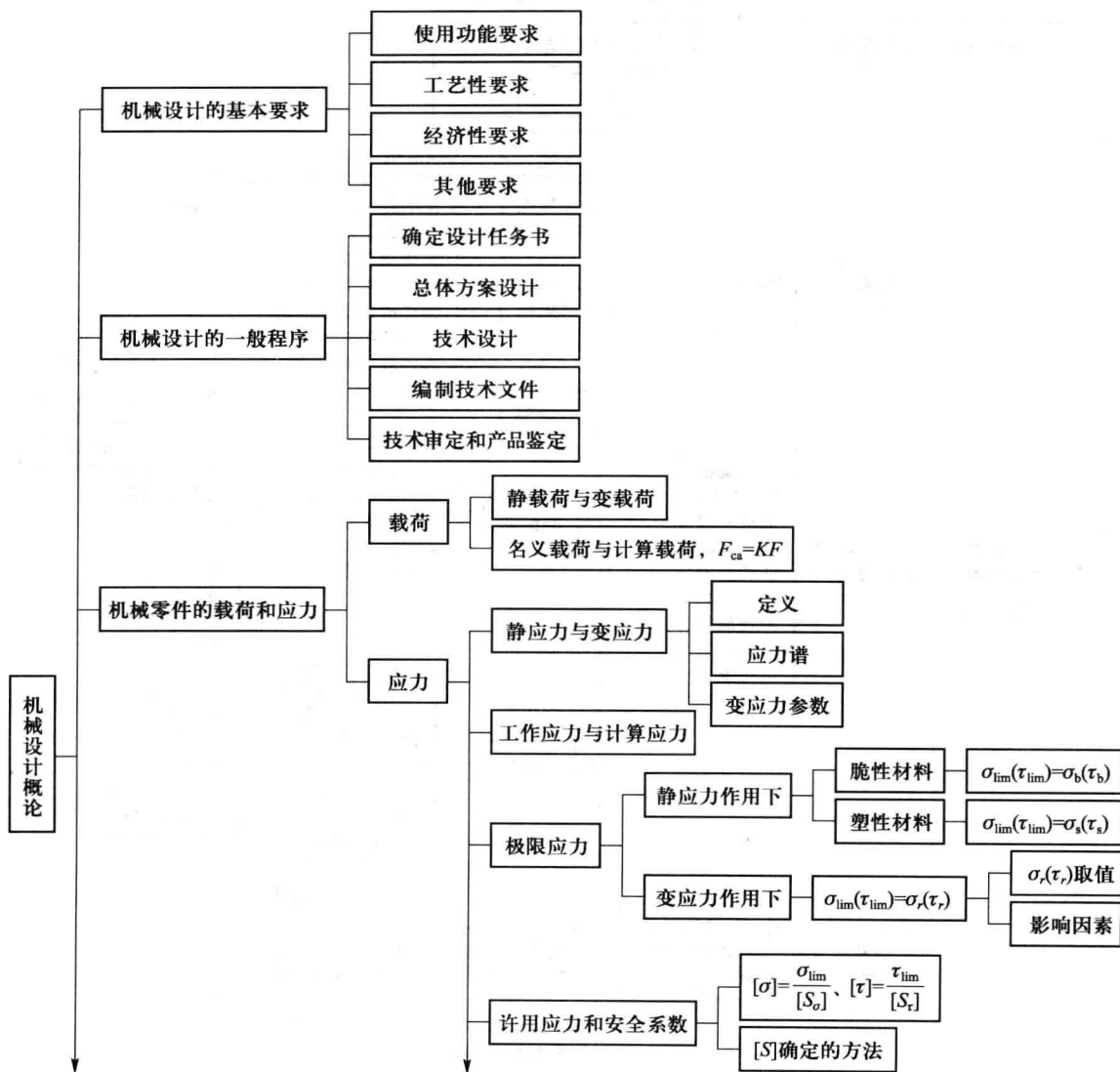
[解] 螺栓、螺母、齿轮是通用机械零件；滚动轴承、减速器、千斤顶、联轴器是通用机械部件；曲轴、螺旋桨叶片是专用机械零件；汽车后桥、机床的变速箱是专用机械部件。

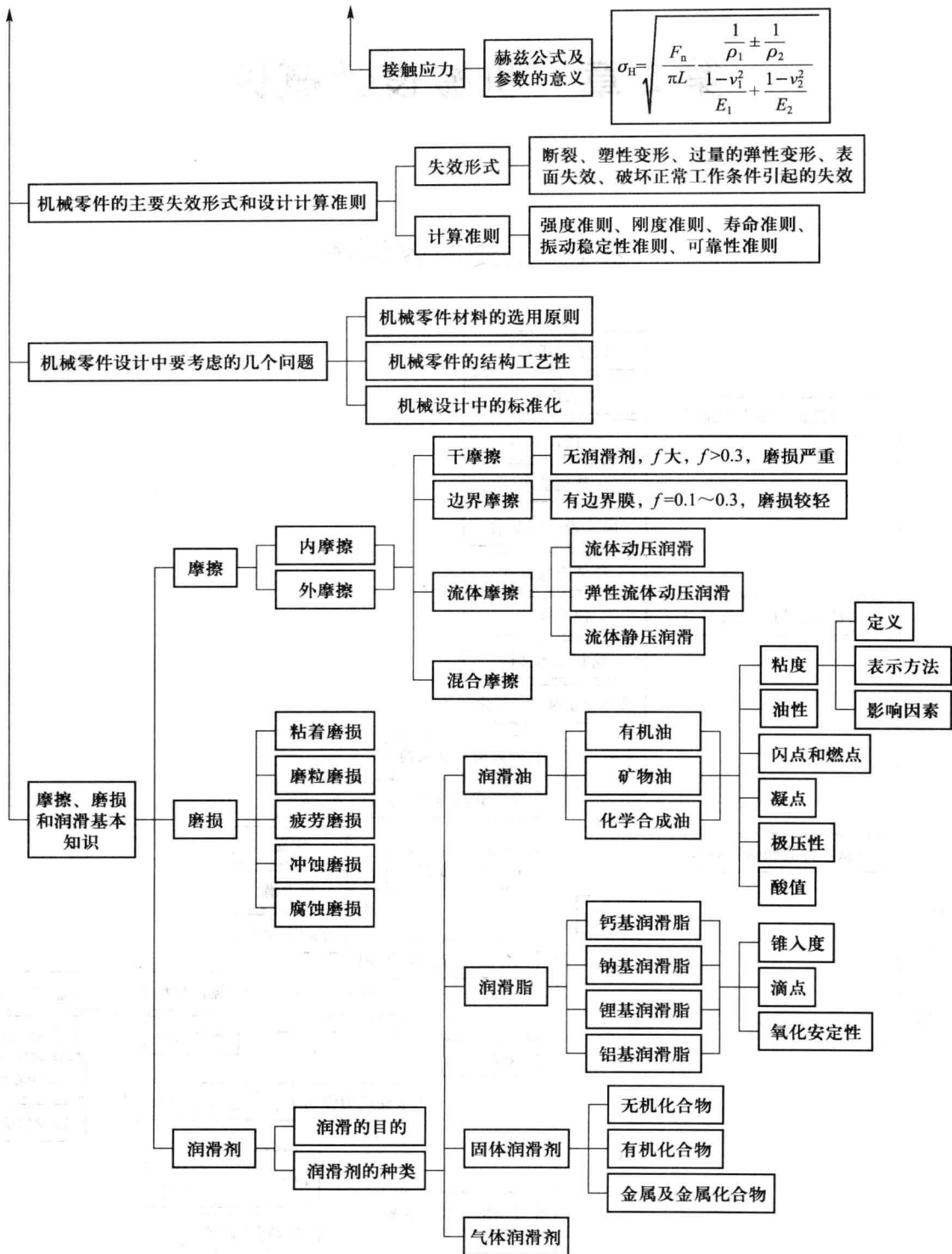
[例 1.3] 机械设计是一门设计性的技术基础课，你认为搞好机械设计需要掌握哪些先修课程知识？

[解] 机械设计涉及强度、结构、材料、工艺测试和图形表达等方方面面的问题，因此为搞好机械设计，必须掌握好理论力学、材料力学、机械工程材料及热处理、金属工艺学及工程训练、互换性及测量技术基础、机械原理和工程图学等先修课程知识。

第 2 章 机械设计概论

2.1 主要内容框图





2.2 学习要求

1. 了解机械设计的基本要求和一般程序。
2. 熟练掌握有关载荷与应力的基本概念,能正确区分机械零件所承受的应力类型,特别是掌握变应力的基本参数和稳定循环变应力的变化规律,掌握极限应力和安全系数的确定方法。
3. 熟练掌握机械零件的主要失效形式和设计计算准则。
4. 了解机械零件设计中的材料选用、结构工艺性及标准化等问题。
5. 弄清摩擦、磨损和润滑的概念及其对机器性能的影响。
6. 掌握四种摩擦状态的特点。
7. 了解润滑的目的及常用润滑剂的种类。
8. 掌握粘度的定义、表示方法、量纲及影响因素。

2.3 重点与难点

2.3.1 重点

1. 机械零件的载荷和应力的分类,静应力、变应力、极限应力、许用应力与安全系数及接触应力的概念和有关公式。
2. 机械零件的失效形式和设计计算准则。
3. 机械零件设计中的材料选用、结构工艺性及标准化问题。
4. 摩擦与磨损的分类、机理及特性。
5. 润滑剂的分类、主要性能指标及其影响因素。

2.3.2 难点

1. 变应力作用下机械零件的极限应力和安全系数的确定。
2. 机械零件设计的结构工艺性。
3. 粘度的定义、表示方法与量纲、影响因素。

2.4 例题

[例 2.1] 何谓变应力和稳定循环变应力? 表征变应力的参数有哪些? 请画出三种稳定循环变应力谱。

[解] 大小和方向随时间变化的应力称为变应力;而周期、应力幅和平均应力保持常数的变应力称为稳定循环变应力,如图 2.1 所示。表征变应力的参数有最大应力 σ_{\max} (τ_{\max})、最小应力

$\sigma_{\min}(\tau_{\min})$ 、应力幅 $\sigma_a(\tau_a)$ 、平均应力 $\sigma_m(\tau_m)$ 和循环特征 r ，但独立参数只有 2 个。稳定循环变应力谱如图 2.1 所示。

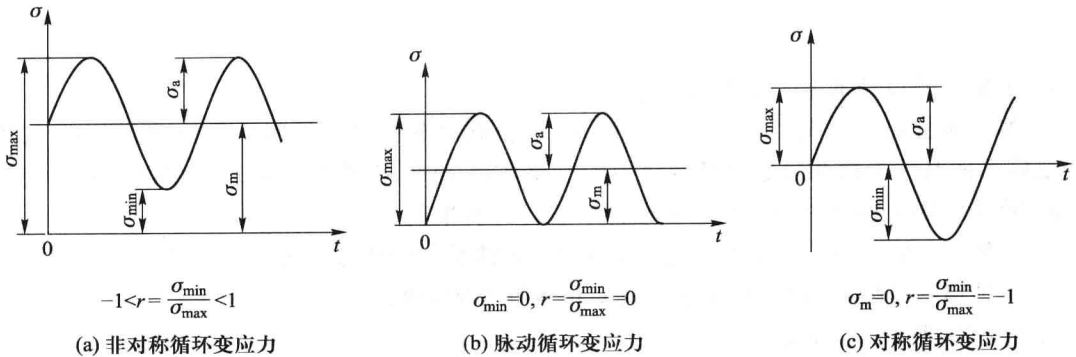


图 2.1 稳定循环变应力谱

【例 2.2】 何谓失效？试分析下列零件的失效形式：汽车轮胎、自来水管、扁担、缝纫机上的圆形带传动。

【解】 机械零件由于某些原因丧失工作能力或达不到设计要求的性能时，称为失效。

汽车轮胎的失效形式主要是表面磨损或爆胎；自来水管的失效主要是腐蚀；扁担的失效不是机械零件的失效，是断裂；缝纫机上的圆形带传动的失效主要是打滑。

【例 2.3】 何谓极限应力？如何确定极限应力值？为什么？

【解】 根据零件材料的性质和应力的种类所选用的材料的某个应力极限值称为材料的极限应力。

在静应力作用下时，对于脆性材料，取其强度极限为极限应力，即 $\sigma_{\lim} = \sigma_b, \tau_{\lim} = \tau_b$ ，因为脆性材料在静应力作用下，其主要失效形式是脆性破坏；而对于塑性材料，取其屈服极限为极限应力，即 $\sigma_{\lim} = \sigma_s, \tau_{\lim} = \tau_s$ ，因为塑性材料在静应力作用下，其主要失效形式是塑性变形。

在变应力作用下时，取疲劳极限为极限应力，即 $\sigma_{\lim} = \sigma_r, \tau_{\lim} = \tau_r$ 。因为在变应力作用下，材料的主要失效形式是疲劳破坏。

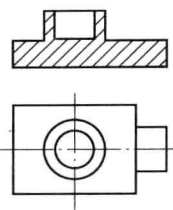
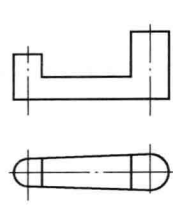
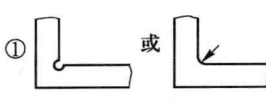

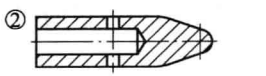
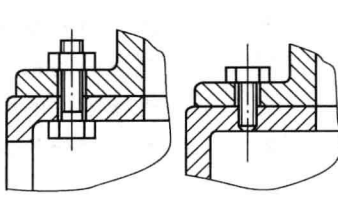
【例 2.4】 为机床床身、汽车传动轴和锅炉炉门选择材料种类，并说明原因。

【解】 机床床身尺寸较大，结构较复杂，宜进行铸造，而铸铁具有良好的铸造性能、耐磨性和抗振性，而且价格较便宜，故选用铸铁；汽车传动轴受力大，故选用强度高的合金钢；而锅炉炉门承受高温，故宜选用耐热的钢材。

【例 2.5】 试指出下述各图中存在的工艺性问题，并改正。

铸造工艺	锻造工艺	热处理工艺	装配工艺
 	 	<p>高频淬火表面</p> 	

[解]

	铸造工艺	锻造工艺	热处理工艺	装配工艺
存在的问题	零件截面厚大, 易出现缩孔、缩松现象	锻体上有加强筋	① 零件上有尖角, 会产生应力集中, 引起开裂。 ② 有盲孔, 会使淬火时气泡不易逸出, 造成硬度不均	螺栓无法安装
改进结构			①  或  ② 	

[例 2.6] 润滑油粘度的物理意义是什么? 影响粘度的主要因素是什么? 试求出 L-AN32 润滑油分别在 20 °C、40 °C、60 °C、80 °C、100 °C 温度下的运动粘度值。

[解] 粘度是流体抵抗变形的能力, 反映流体内部摩擦阻力的大小, 是表示润滑油粘性的重要指标。影响粘度的主要因素是温度和压力, 温度越高, 粘度越小; 而压力越高, 粘度越高。L-AN32 润滑油在不同温度下的运动粘度值见下表。

温度/°C	20	40	60	80	100
运动粘度值/cSt	88	32	14.5	7.5	4.8

2.5 自检题及其参考答案

一、填空题

[题 2.1] 机械设计的基本要求有_____、_____、_____和_____。

[题 2.2] 机械零件的主要失效形式有_____、_____、_____、_____和_____。

[题 2.3] 反映变应力的参数有_____、_____、_____和_____。

[题 2.4] 在静应力作用下, 脆性材料的极限应力 $\sigma_{lim} =$ _____, $\tau_{lim} =$ _____; 塑性材料的极限应力 $\sigma_{lim} =$ _____, $\tau_{lim} =$ _____。

[题 2.5] 在变应力作用下, 材料的极限应力 $\sigma_{lim} =$ _____, $\tau_{lim} =$ _____。

[题 2.6] 影响机械零件的疲劳极限应力的主要因素是_____、_____和_____。

[题 2.7] 安全系数[S]的确定方法有_____、_____和_____。

[题 2.8] 按摩擦表面间存在润滑剂的情况, 摩擦分为_____、_____、_____和_____。

[题 2.9] 按磨损机理, 磨损分为_____、_____、_____和_____五类。

[题 2.10] 润滑油的最主要性能指标是_____ , 而润滑脂的最主要性能指标是_____。

二、问答题

[题 2.11] 稳定循环变应力的三种基本类型是什么? 试画出相应的应力谱, 并说明其循环特

征和应力特点。

[题 2.12] 什么是机械零件的失效? 试举出几种常见的机械零件失效形式。

[题 2.13] 为下述两零件选择毛坯种类和材料种类并说明原因。

① 减速器机体: 结构较复杂, 大批量生产, 中心距 $a=300\text{ mm}$ 。

② 齿轮: 高速重载, $d_a=200\text{ mm}$, 单件生产。

[题 2.14] 设计机械零件时如何考虑结构的工艺性? 举例说明。

[题 2.15] 试述边界摩擦和流体摩擦的特点。

[题 2.16] 润滑油的粘度和油性各在什么摩擦状态起主要作用? 为什么?

[题 2.17] 机械零件的磨损有哪些基本类型? 各有何特点?

[题 2.18] 滑润剂分几类? 各举出两种常用的滑润剂。

[参 考 答 案]

一、填空题

[题 2.1] 使用性能 工艺性 经济性 其他要求

[题 2.2] 断裂 塑性变形 过量弹性变形 表面失效 破坏正常工作条件引起的失效

[题 2.3] 最大应力 最小应力 应力幅 平均应力 循环特征

[题 2.4] σ_b τ_b σ_s τ_s

[题 2.5] σ_r τ_r

[题 2.6] 应力集中 绝对尺寸 表面质量

[题 2.7] 表格法 经验数据法 部分系数法

[题 2.8] 干摩擦 边界摩擦 流体摩擦 混合摩擦

[题 2.9] 粘着磨损 磨粒磨损 疲劳磨损 冲蚀磨损 腐蚀磨损

[题 2.10] 粘度 锥入度

二、问答题

[题 2.11][答] 稳定循环变应力的三种基本类型: 对称循环变应力、脉动循环变应力和非对称循环变应力。它们的应力谱、循环特征和应力特点见下表。

名 称	应 力 谱	循 环 特 征	应 力 特 点
对称循环变应力		$r = -1$	$\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}, \sigma_a = \sigma_{\max}, \sigma_m = 0$
脉动循环变应力		$r = 0$	$\sigma_{\min} = 0, \sigma_a = \sigma_m = \sigma_{\max}/2$

名称	应力谱	循环特征	应力特点
非对称循环变应力		$-1 < r < 1$	$\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2 \text{ 或 } \sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a$ $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2 \text{ 或 } \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a$

注:将 σ 改为 τ 亦适用。

[题 2.12][答] 机械零件由于某些原因丧失工作能力或达不到设计要求的性能时,称为失效。常见的机械零件失效形式如齿轮轮齿断裂、轴瓦磨损、带传动打滑、钢制挂钩被拉直(塑性变形)等。

[题 2.13][答]

① 减速器机体宜铸造,材料应选用灰铸铁。因为大批量生产,结构复杂,而尺寸不大,一般工厂都有这样的铸造能力,因此选用铸造毛坯,而灰铸铁具有良好的铸造性能,且价格便宜,故选用灰铸铁铸造。

② 齿轮毛坯选自由锻造,应选用合金钢。因为尺寸较小且为单件生产,因此选用自由锻造毛坯,而该齿轮用于高速重载,因此应选用强度高的合金钢。

[题 2.14][答] 设计机械零件时必须考虑其结构工艺性,要从毛坯制造、切削加工、热处理、装配及维护等各个环节入手。例如,大批量生产的形状复杂、尺寸较大的机架零件,宜选用铸造毛坯,设计铸件时就要注意其铸造工艺性,如铸件各部分的壁厚应均匀,截面尺寸不能太厚,以避免发生缩孔、缩松;为了获得良好的切削加工工艺性,设计零件时应尽量减少加工面,尽量减少加工时的装夹次数,而且要便于加工,如设计有必要的退刀槽等结构;需要进行热处理的零件,设计时要注意其热处理工艺性,如避免尖角、棱角,改成圆角、侧角,以避免应力集中引起裂纹;设计零件要便于装配与拆卸,如轴与孔的配合要避免过定位,安装滚动轴承的轴上定位轴肩高度要符合轴承的安装尺寸要求等。

[题 2.15][答] 边界摩擦的特点:两摩擦表面间有润滑剂,在摩擦表面形成一层很薄的边界膜,虽不能将两摩擦表面完全分隔开,但有良好的润滑作用,从而降低摩擦因数($f = 0.1 \sim 0.3$),减轻了磨损程度。

流体摩擦的特点:两摩擦表面被流体完全分隔开,摩擦发生在流体内部,是内摩擦,因此摩擦因数最小($f = 0.001 \sim 0.01$),金属表面无磨损,是理想的摩擦状态。

[题 2.16][答] 润滑油的粘度在流体摩擦状态起主要作用,因为将两摩擦表面完全分隔开的油膜形成及其厚度与粘度有关;而润滑油的油性在边界摩擦状态起主要作用,因为边界膜在摩擦表面上吸附的牢固程度与油性有关,油性越好,边界膜在摩擦表面上吸附的越牢固。

[题 2.17][答] 机械零件磨损的主要类型及各自的特点如下:

① 粘着磨损,特点是在高速重载情况下,两相对运动表面间的边界膜遭到破坏,两表面的粗糙微峰直接接触形成粘着点,而在相对运动时粘着点被破坏,从而形成材料的转移,或从一个表面转移到另一个表面,或离开表面成为磨粒。

② 磨粒磨损,特点是摩擦副表面上较硬的微峰或外界进入摩擦副表面间的硬质磨粒起到磨削作用,使摩擦副表面材料损失,从而破坏了零件表面的几何形状,使零件的承载面积减小,最终导致零件的断裂。

③ 疲劳磨损,特点是高副接触的两表面在接触应力的反复作用下,会使零件工作表面的金属剥落,出现凹坑。

④ 冲蚀磨损,特点是具有一定速度的硬质微粒不断地冲击物体表面,造成物体表面疲劳破坏,使表面材料不断损失。

⑤ 腐蚀磨损,特点是摩擦副表面受到腐蚀,使表面材料不断地损失。

[题 2.18][答] 润滑剂可分为:

- ① 润滑油,如矿物油、化学合成油。
- ② 润滑脂,如钙基润滑脂、钠基润滑脂。
- ③ 固体润滑剂,如石墨、聚四氟乙烯。
- ④ 气体滑润剂,如空气、氢气等。

第3章 螺纹连接

3.1 主要内容框图

