



教育部 高职高专规划教材

Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Guihua Jiaocai

机械设计基础

全国机械职教基础课教学指导委员会机械设计学科组 组编

胡家秀 主 编
谈向群 副主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部高职高专规划教材

机械设计基础

全国机械职教基础课教学指导委员会

机械设计学科组 组编

主 编 胡家秀

副主编 谈向群

主 审 陈廷雨



机械工业出版社

本书是根据目前高职教育发展的实际情况,参照教育部制订的高职、高专《机械设计课程基本要求(机械类专业)》而编写的。

全书包括机械设计概论、常用机构、常用机械传动、联接、轴系零部件、机械装置的润滑与密封、弹簧、调速与平衡、创新思维与创造技法等内容,各章配有适量的例题和习题,并附有必要的数据和资料可供查阅。

与本书配套的教材《简明机械零件设计实用手册》(机工版),备有比较详尽的数据资料,并附有“机械零件课程设计指导”,可作为课程设计的指导书。

本书主要作为高职、高专院校机械类专业“机械设计基础”课程的教材,适用学时为100~110学时;也可供其他有关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/胡家秀主编. —北京:机械工业出版社,2001.5
(2007.7重印)

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-111-08526-3

I. 机... II. 胡... III. 机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第18665号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王海峰 王世刚 宋学敏 赵爱宁 版式设计:张世琴

责任校对:张媛 封面设计:方芬 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京双新装订有限公司装订)

2007年7月第1版·第12次印刷

169mm×239mm·10.5印张·408千字

52 001—57 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-08526-3

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68354423

封面防伪标均为盗版

前 言

近年来,高等职业教育迅速发展,为我国的职业教育事业带来了蓬勃生机。鉴于高职教育急需具有高职特色教材的实际情况,机械行业职业教育指导委员会基础课指委会积极组织力量编写了这本教材。

本教材的特点是:

1) 适应面宽。考虑到目前高职有高中后(三年制)、中职后(三年制)和初中后(五年制)等多种生源形式,起点不一,本书特别在第一章概论中,将本课程的必要准备知识(力学基础、金属材料热处理常识等)进行了概括介绍,供教师选用。

2) 内容简明、实用、新颖。本书各部分内容的处理上摒弃了以往偏重理论推导的做法,直接切入应用主题,既减小篇幅,降低了学生的学习难度,也突出了职业教育特点。教材选用了国家最新的标准、规范,采用新题例,增加了新内容,力图体现教材的新颖性。

3) 特别增加了“创新思维与创造技法”一章,突出学习本课程时注重创新思维的重要性。

参加本书编写的有:无锡职业技术学院谈向群(第二、三章)、吕伟文(第四、五章),温州职业技术学院周嘉麟(第六章),重庆工业职业技术学院龚英(第九、十八章),上海理工大学高等职业学院刘秦(第十、十一、十七章),南京工业职业技术学院龚晓群(第十三、十六章),广西机电职业技术学院卓洪瑞(第十四章),四川工程职业技术学院冷桢龙(第十二、十五章),浙江机电职业技术学院陈峰(第七、八章)、胡家秀(第一、十九章)。由胡家秀任主编,谈向群任副主编。

本书承上海理工大学陈廷雨教授任主审,对体现高职、高专特色和提高本书质量起到了重要作用,编者对此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,缺点在所难免,恳请使用本书的教师和读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 概论 1

第一节 本课程研究的对象、内容 1

第二节 机械零件设计的基本准则及一般设计步骤 3

第三节 机械零件常用金属材料 和钢热处理常识 8

思考题与习题 13

第二章 平面机构的运动简图 及自由度 14

第一节 运动副及其分类 14

第二节 平面机构的运动简图 15

第三节 平面机构的自由度 18

思考题与习题 23

第三章 平面连杆机构 25

第一节 概述 25

第二节 四杆机构的基本形式及其演化 25

第三节 四杆机构存在曲柄的条件和几个基本概念 30

第四节 平面四杆机构的运动设计 35

思考题与习题 39

第四章 凸轮机构 41

第一节 概述 41

第二节 从动件常用运动规律 45

第三节 图解法设计盘形凸轮轮廓 49

第四节 用解析法设计凸轮轮廓曲线 52

第五节 凸轮机构设计中的几个

问题 55

第六节 凸轮常用材料和结构 59

思考题与习题 61

第五章 其他常用机构 64

第一节 螺旋机构 64

第二节 棘轮机构 69

第三节 槽轮机构 72

第四节 不完全齿轮机构 73

思考题与习题 74

第六章 圆柱齿轮传动 75

第一节 齿轮传动的特点、应用 与分类 75

第二节 渐开线的形成原理和本性质 76

第三节 渐开线齿轮的参数及几何尺寸 78

第四节 渐开线齿轮的啮合传动 85

第五节 渐开线齿轮的切齿原理 89

第六节 根切现象与最少齿数 91

第七节 渐开线变位齿轮概述 93

第八节 齿轮传动的失效形式与设计准则 98

第九节 齿轮常用材料及热处理 100

第十节 齿轮传动精度简介 101

第十一节 渐开线直齿圆柱齿轮 传动的设计计算 103

第十二节 渐开线斜齿圆柱齿轮 传动 116

第十三节 交错轴斜齿轮传动 127

思考题与习题 128

第七章 锥齿轮传动 131

第一节 直齿锥齿轮传动 131

第二节 齿轮的结构设计 136

思考题与习题	137	思考题与习题	195
第八章 蜗杆传动	139	第十一章 链传动	196
第一节 蜗杆传动的特点、应用 和类型	139	第一节 链传动的组成、类型、 特点及应用	196
第二节 蜗杆传动的主要参数和 几何尺寸	141	第二节 链传动的运动不均匀性	197
第三节 蜗杆传动的失效形式、 材料和精度	145	第三节 滚子链传动的结构和标 准	198
第四节 蜗杆传动的强度计算	148	第四节 滚子链传动的失效形式 与设计准则	203
第五节 蜗杆传动的效率、润滑 和热平衡计算	150	思考题与习题	205
第六节 蜗杆和蜗轮的结构	153	第十二章 联接	206
思考题与习题	156	第一节 螺纹联接	206
第九章 轮系	157	第二节 键和花键联接	216
第一节 轮系及其分类	157	第三节 销联接	221
第二节 定轴轮系传动比的计算	159	第四节 其他常用联接	222
第三节 行星轮系传动比的计算	161	思考题与习题	225
第四节 混合轮系传动比的计算	165	第十三章 轴	227
第五节 轮系的功用	167	第一节 概述	227
第六节 K—H—V 型行星轮系 简介	169	第二节 轴的结构设计	230
思考题与习题	172	第三节 轴的强度计算	234
第十章 带传动	174	思考题与习题	241
第一节 带传动的组成、类型、 特点及其应用	174	第十四章 轴承	243
第二节 带传动的受力和应 力分析	176	第一节 概述	243
第三节 带传动的弹性滑动及其 传动比	178	第二节 非液体摩擦滑动轴承的 主要类型、结构和材料	243
第四节 普通 V 带传动的失效形 式与计算准则	179	第三节 非液体摩擦滑动轴承的 设计计算	248
第五节 普通 V 带的结构和标准	185	第四节 液体摩擦滑动轴承简介	250
第六节 普通 V 带轮的常用材料 与结构	187	第五节 滚动轴承的结构、类型 和代号	251
第七节 普通 V 带传动的参数选 择和设计计算方法	188	第六节 滚动轴承类型的选择	257
第八节 V 带传动的张紧、安装 和维护	194	第七节 滚动轴承的组合设计	258
		第八节 滚动轴承的失效形式、 寿命计算和静强度计算	263
		第九节 带座轴承简介	275
		思考题与习题	275
		第十五章 机械装置的润滑与 密封	277

第一节 常用润滑剂及选择	277	第三节 圆柱形螺旋弹簧	307
第二节 常用润滑方式及装置	281	思考题与习题	310
第三节 常用传动装置的润滑	283	第十八章 机械的平衡与调速 ...	311
第四节 机械装置的密封	287	第一节 刚性转子的平衡	311
思考题与习题	290	第二节 机械的速度波动及其调 节	315
第十六章 联轴器、离合器和 制动器	291	思考题与习题	317
第一节 联轴器	291	第十九章 创新思维和创造技 法	319
第二节 离合器	296	第一节 概述	319
第三节 制动器	299	第二节 创新者的素质	320
思考题与习题	300	第三节 创造技法简介	322
第十七章 弹簧	302	思考题与习题	328
第一节 弹簧的功用及类型	302	参考文献	329
第二节 弹簧的材料及制造	305		

第一章 概 论

第一节 本课程研究的对象、内容

人类社会的经济活动始终面临着三个基本问题：一是生产什么与生产多少？二是如何生产？三是为谁生产。其中问题一、三属于经济管理科学范畴，问题二则与技术科学密切相关。在工业生产中，机械工程科学是最基本的技术科学之一，其中，机械设计学科又是机械工程科学的基础。由此可见工程技术人员掌握必要的机械设计知识的重要性。

“机械设计基础”课程是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。

本课程研究的对象是机械。

什么是机械？机械是机器和机构的统称。

在生产实践和日常生活中，广泛地使用着各种机器，常见的如自行车、汽车、洗衣机、电动机和电梯等。机器的作用是实现能量转换或完成有用的机械功，用以减轻或代替人的劳动。随着生产和科技的发展，机器的种类、形式、功能将越来越多。

从研究机器的工作原理、分析运动特点和设计新机器的角度看，机器可视为若干机构的组合。

如图 1-1 所示的单缸内燃机，它由机架（气缸体）1、曲柄 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 和齿轮 9、10 组成。当燃气推动活塞 4 作往复移动时，通过连杆 3 使曲柄 2 作连续转动，从而将燃气的压力能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时开闭阀门，以吸入燃气和排出废气。这种内燃机可视为下列三种机构的组合：①曲柄滑块机构，由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和机架 1 构成，作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动；②齿轮机构，由齿轮 9、10 和机架 1 构成，作

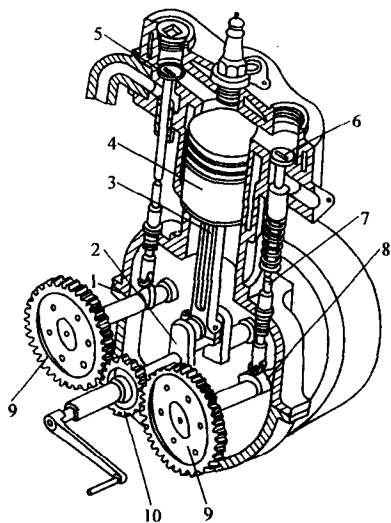


图 1-1 单缸内燃机

用是改变转速的大小和转动的方向；③凸轮机构，由凸轮 8、推杆 7 和机架 1 构成，作用是将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动。

由上述机构分析可知，机构在机器中的作用是传递运动和力，实现运动形式或速度的变化。机构必须满足两点要求：首先，它是若干构件的组合；其次，这些构件均具有确定的相对运动。

所谓构件，是指机构的基本运动单元。它可以是单一的零件，也可以是几个零件联接而成的运动单元。如图 1-1 中的内燃机连杆，就是由图 1-2 所示的连杆体 1、连杆盖 5、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件构成的一个构件；又如图 1-3 中的齿轮-凸轮轴，则是由图示的凸轮轴 1、齿轮 2、键 3、轴端挡圈 4 和螺钉 5 等零件构成的。显然，零件是制造的基本单元。

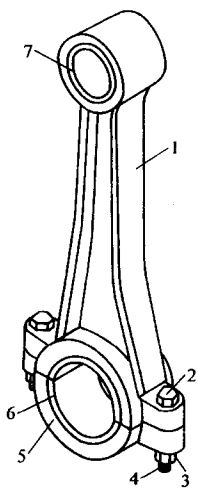


图 1-2 内燃机连杆

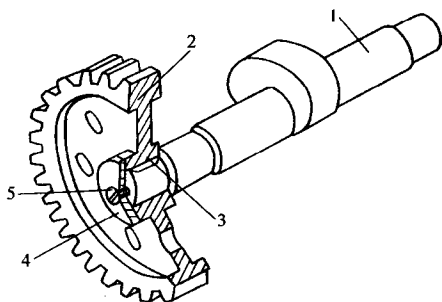


图 1-3 齿轮-凸轮轴

各种机械中经常使用的机构称为常用机构，如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。

各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如齿轮、轴、螺钉和弹簧等。只在某一类型机械中使用的零件称为专用零件，如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

本课程作为机械设计的基础，主要介绍机械中常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、使用维护以及标准和规范。这些内容是机械设计的基本内容，在各种机械设计中是普遍适用的。从庞然大物般的万吨水压机到袖珍机械式手表，从航天器中的高精度仪表到精度要求较低的简单机器，它们所用的同类机构和零件，虽然尺寸大小、具体结构形状、工作条件等有很大差异，但其工作原理、运动特点、设计计算的基本理论和方法是类同的。

第二节 机械零件设计的基本准则 及一般设计步骤

一、机械零件设计的基本准则

机械零件由于某种原因丧失正常工作能力，称为失效。

常见的失效形式基本有两类。一类是永久丧失工作能力的破坏性失效，如断裂、塑性变形、过度磨损、胶合等，常见之于如齿轮类的刚性件啮合传动中；另一类是当影响因素消失还可恢复工作能力的暂时性失效，如超过规定的弹性变形，打滑（带传动），由于接近系统共振频率等原因引起的强烈振动等。

归纳起来，产生这些失效的原因主要是由于强度、刚度、耐磨性、振动稳定性等不满足工作要求。为此，根据失效原因制定了设计准则，并以此作为防止失效和进行设计计算的依据。

（一）强度

机械零件的强度可分为体积强度和表面强度两种。

1. 体积强度 零件的体积强度不足，会产生断裂或过大的塑性变形，体积强度就是抵抗这两种失效的能力。设计计算时应使零件危险截面上的最大应力 σ 、 τ 不超过材料的许用应力 $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ ，或使危险截面上的安全系数 S_σ 、 S_τ 不小于许用安全系数 $[S_\sigma]$ 、 $[S_\tau]$ 即

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma] & [\sigma] &= \frac{\sigma_{\lim}}{[S_\sigma]} \\ \tau &\leq [\tau] & [\tau] &= \frac{\tau_{\lim}}{[S_\tau]} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

或

$$\left. \begin{aligned} S_\sigma &= \frac{\sigma_{\lim}}{\sigma} \geq [S_\sigma] \\ S_\tau &= \frac{\tau_{\lim}}{\tau} \geq [S_\tau] \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中， $[S_\sigma]$ 、 $[S_\tau]$ 分别为正应力和切应力的许用安全系数； $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 分别为极限正应力和极限切应力（MPa）。

极限应力 $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 应根据零件材料性质及所受应力类型作如下选择：

1) 在静应力下工作并用塑性材料制成的零件，其失效是塑性变形，应按不发生塑性变形的强度条件计算，故常以材料的屈服点 σ_s 、 τ_s 作为极限应力 $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 。

2) 在静应力下工作并用脆性材料制成的零件，其失效形式将是断裂，应按不发生断裂的强度条件计算，故常以材料的强度极限 σ_b 、 τ_b 作为极限应力 $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 。

3) 在变应力下工作的零件，无论是用塑性材料还是用脆性材料制成的零件，

其失效为疲劳断裂，应按不发生疲劳断裂的强度条件计算，故常以材料的疲劳极限作为极限应力 σ_{lim} 、 τ_{lim} 。同时应考虑零件尺寸、表面几何形状引起的应力集中对疲劳强度的影响。

2. 表面强度 零件表面强度不足，会发生表面损伤。

表面强度可分为表面挤压强度和表面接触强度两种。

表面挤压强度是面接触的两零件，受载后接触面间产生挤压应力，应力分布在接触面不太深的表层，挤压应力过大时零件表面被压溃。设计计算时应使零件的最大挤压应力不超过材料的许用挤压应力。

以点或线接触的两零件，受载后由于零件表面的弹性变形而使点或线变为微小的接触面，微小接触面上的局部应力称为接触应力，其最大值用 σ_H 表示，如图 1-4 所示为一对轮齿表面的接触应力。实际上大多数运转零件的接触应力是一种变应力，由于接触应力的反复作用，使零件表面的金属呈小片状脱落下来而形成一些小凹坑，这种现象称为疲劳点蚀。

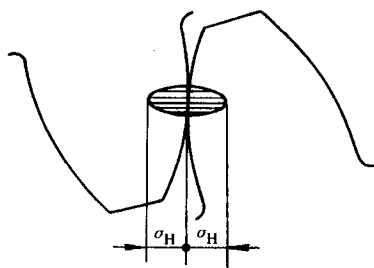


图 1-4 齿面的接触应力

零件表面发生疲劳点蚀后，减小了接触面积，损伤了零件的光滑表面，因而降低了承载能力，并引起振动和噪声。

设计时应按不发生疲劳点蚀为强度条件计算，使零件表面上的最大接触应力 σ_H 不超过材料的许用接触应力 $[\sigma_H]$ ，即

$$\sigma_H \leq [\sigma_H] \quad [\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlim}}{[S_H]} \quad (1-3)$$

式中， σ_H 为零件表面的最大接触应力 (MPa)； $[\sigma_H]$ 为许用接触应力 (MPa)； σ_{Hlim} 为材料的接触疲劳极限 (MPa)； $[S_H]$ 为接触应力的许用安全系数。

有关齿轮接触应力的设计计算，将在第六章中进一步叙述。

(二) 刚度

刚度是零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。如果零件的刚度不足，产生过大的弹性变形，会影响机器的正常工作（如机床主轴刚度不足，会影响零件的加工精度）。这类零件应进行刚度计算，计算时须使零件在载荷作用下产生的最大弹性变形量不超过许用变形量，即

$$\left. \begin{aligned} y &\leq [y] \\ \theta &\leq [\theta] \\ \phi &\leq [\phi] \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式中， y 、 $[y]$ 分别为零件的变形量和许用变形量； θ 、 $[\theta]$ 分别为零件的转角和许用转角； ϕ 、 $[\phi]$ 分别为零件的扭角和许用扭角。

(三) 耐磨性

耐磨性是在载荷作用下相对运动的两零件表面抵抗磨损的能力。零件过度磨损会使形状和尺寸改变, 配合间隙增大, 精度降低, 产生冲击振动从而失效。设计时应使零件在预期使用寿命内的磨损量不超过允许范围。

耐磨性计算目前尚无公认的计算方法。一般通过限制工作面的单位压力和相对滑动速度, 选择合适的材料及热处理方法, 对工作面进行良好的润滑以及提高零件表面硬度和表面质量等, 均能有效提高耐磨性。

对于效率低、发热量大的传动(如蜗杆传动), 如果散热不良, 将使零件温升过高, 致使零件局部表面熔融而引起胶合, 因此还应进行散热计算, 使其正常工作时的温度不超过允许限度。

(四) 振动稳定性

当机器中某零件的固有频率 f 和周期性强迫振动频率 f_p 相等或成整数倍时, 零件振幅就会急剧增大而产生共振, 从而使零件工作性能失常, 甚至引起破坏。所谓振动稳定性, 就是设计时避免使零件的固有频率和强迫振动频率相等或成整数倍。

上述各项均影响着机械零件的工作能力, 设计计算时并不一定要逐项计算, 而是根据零件的主要失效形式, 按其相应的计算准则确定主要参数, 必要时再对其他项目校核。

二、机械零件的疲劳强度

(一) 应力的类型和特点

机械零件受载时, 应力状态可用最大应力 $\sigma_{\max}$ 、最小应力 $\sigma_{\min}$ 或用平均应力 σ_m 、应力幅 σ_a 及应力循环特性 r 五个参数中任意两个来表示, 如图 1-5 所示。其关系式为

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\max} &= \sigma_m + \sigma_a \\ \sigma_{\min} &= \sigma_m - \sigma_a \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_m &= \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \\ \sigma_a &= \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (1-7)$$

作用在机械零件上的应力, 一般可分为静应力和变应力两种。静应力是不随时间变化的应力, 变应力是随时间变化的应力。

大多数机械零件是在变应力状态下工作的, 最常见的是随时间作周期性变化的循环应力。其中, 参数不随时间变化的循环应力称为稳定循环应力, 如图 1-5a

所示；参数随时间变化的循环应力称为不稳定循环应力，如图 1-5b 所示。

稳定循环应力中，当 $r = -1$ 时，表明 $\sigma_{\max} = -\sigma_{\min}$ ，这种应力称为对称循环应力，如图 1-5c 所示；当 $r \neq \pm 1$ 时，表明 $\sigma_{\max} \neq |\sigma_{\min}|$ ，这种应力称为非对称循环应力，如图 1-5d 所示；当 $r = 0$ 时，表明 $\sigma_{\min} = 0$ ，这种应力称为脉动应力，如图 1-5e 所示；当 $r = +1$ 时，表明 $\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$ ，即为静应力，如图 1-5f 所示。

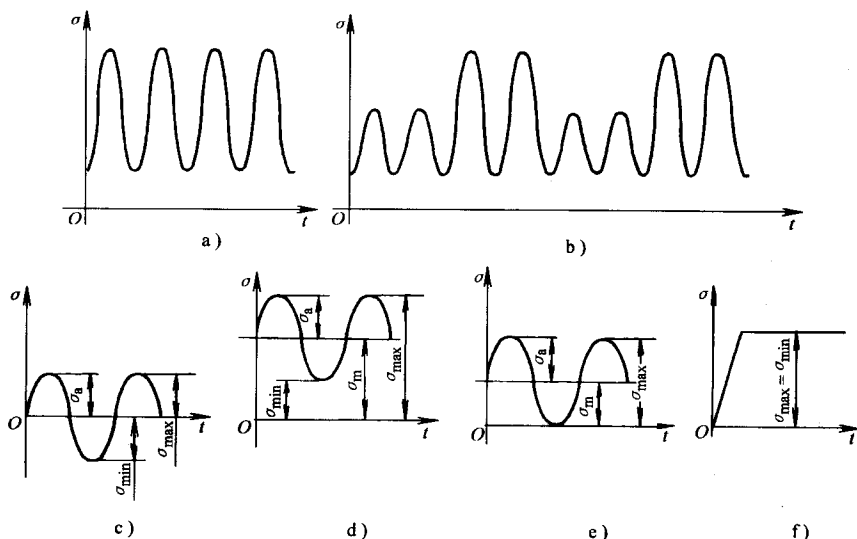


图 1-5 应力的类型

(二) 疲劳断裂的特征和疲劳曲线

疲劳断裂是材料在变应力作用下，在一处或多处产生局部永久性累积损伤，经一定循环次数后，产生裂纹或突然发生断裂的过程。疲劳断裂与静应力下的过载断裂比较，有如下特征：

1) 疲劳断裂过程可分为两个阶段，首先在零件表面应力较大处产生初始裂纹，然后裂纹尖端在切应力反复作用下发生塑性变形，使裂纹扩展，造成零件实际的抗弯截面积减小。当裂纹扩展至一定程度时，发生突然断裂。

2) 疲劳断裂的断面明显分成两个区域，即表面光滑的疲劳发展区和表面粗糙的脆性断裂区，如图 1-6 所示。

3) 不论塑性材料还是脆性材料制成的零件，疲劳断裂均为脆性突然断裂。

4) 疲劳强度比同样材料的屈服点低，疲劳强度的大小与应力循环特性有关。

常规疲劳强度设计是指应用无初始裂纹

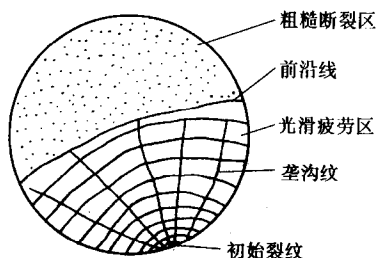


图 1-6 金属材料疲劳断口

的标准试件进行疲劳试验,得到材料的疲劳强度及疲劳曲线,再考虑零件尺寸、表面状态及几何形状引起的应力集中等因素对疲劳强度的影响,进行疲劳强度设计。

疲劳强度是指试件经过一定应力循环次数 N 后,不发生疲劳破坏的最大应力,常用 σ_{rN} 表示。表示循环次数 N 与疲劳强度 σ_{rN} 关系的曲线,称为疲劳曲线,如图 1-7 所示。

疲劳曲线可分为两个区域:

1. 无限寿命区 当 $N \geq N_0$ 时,试件的疲劳强度不再随应力循环次数 N 的增加而降低,如图 1-7 中曲线 1 的水平部分,大部分中、低碳钢属此类曲线。 N_0 称为循环基数,对应于循环基数 N_0 的疲劳极限用 σ_r 表示。对称循环的疲劳极限用 σ_{-1} 、 τ_{-1} 表示;脉动循环的疲劳极限用 σ_0 、 τ_0 表示。按疲劳曲线水平部分进行的设计计算,称为无限寿命设计。当要求零件在无限长的使用期间工作而不发生疲劳破坏时,可将其工作应力限制在疲劳极限 σ_r 以下,就可得到理论上的无限寿命。

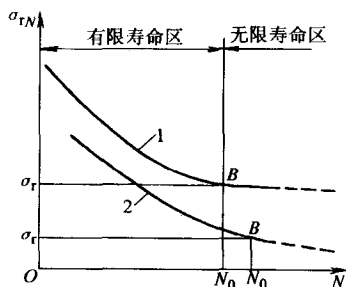


图 1-7 疲劳曲线

有色金属和高强度合金钢的疲劳曲线没有无限寿命区,如图 1-7 的曲线 2 (脆性材料)。

2. 有限寿命区 当 $N < N_0$ 时,试件的疲劳极限随应力循环次数 N 的增加而降低,如图 1-7 的曲线 1 (塑性材料) 的斜线部分。按疲劳曲线斜线部分进行的设计计算,称为有限寿命设计。为充分利用材料,减轻重量,在确保使用寿命的条件下,常采用超过材料疲劳极限 σ_r 的工作应力来进行疲劳强度设计,在航空、汽车行业中得到广泛应用。

三、机械零件设计的一般步骤

- 1) 根据零件的使用要求 (功率、转速等), 选择零件的类型及结构形式。
- 2) 根据机器的工作条件, 分析零件的工作情况, 确定作用在零件上的载荷。
- 3) 根据零件的工作条件 (包括对零件的特殊要求, 如耐高温、耐腐蚀等), 综合考虑材料的性能、供应情况和经济性等因素, 合理选择零件的材料。
- 4) 分析零件的主要失效形式, 按照相应的设计准则, 确定零件的基本尺寸。
- 5) 根据工艺性及标准化的要求, 设计零件的结构及其尺寸。
- 6) 绘制零件工作图, 拟定技术要求。

在实际工作中,也可以采用与上述相逆的方法进行设计,即先参照已有实物或图样,用经验数据或类比法初步设计出零件的结构尺寸,然后再按有关准则进行校核。

第三节 机械零件常用金属材料 and 钢热处理常识

一、机械零件常用材料

机械零件常用材料有碳素结构钢、合金钢、铸铁、有色金属、非金属材料及各种复合材料。其中，碳素结构钢和铸铁应用最广。

常用材料的分类和应用举例见表 1-1。

表 1-1 机械零件常用材料的分类和应用举例

材 料 分 类			应用举例或说明
钢	碳素钢	低碳钢（碳的质量分数 $\leq 0.25\%$ ）	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等
		中碳钢（碳的质量分数 $> 0.25\% \sim 0.60\%$ ）	齿轮、轴、蜗杆、丝杠、联接件等
		高碳钢（碳的质量分数 $\geq 0.60\%$ ）	弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢（合金元素总质量分数 $\leq 5\%$ ）	较重要的钢结构和构件、渗碳零件、压力容器等
		中合金钢（合金元素总质量分数 $> 5\% \sim 10\%$ ）	飞机构件、热锻锻模具、冲头等
		高合金钢（合金元素总质量分数 $> 10\%$ ）	航空工业蜂窝结构、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等
铸 钢	一般铸钢	普通碳素铸钢	机座、箱壳、阀体、曲轴、大齿轮、棘轮等
		低合金铸钢	容器、水轮机叶片、水压机工作缸、齿轮、曲轴等
	特殊用途铸钢		用于耐蚀、耐热、无磁、电工零件、水轮机叶片、模具等
铸 铁	灰铸铁（HT）	低牌号（HT100、HT150）	对力学性能无一定要求的零件，如盖、底座、手轮、机床床身等
		高牌号（HT200~HT400）	承受中等静载的零件，如机身、底座、泵壳、齿轮、联轴器、飞轮、带轮等
	可锻铸铁（KT）	铁素体型	承受低、中、高动载荷和静载荷的零件，如差速器壳、犁刀、扳手、支座、弯头等
		珠光体型	要求强度和耐磨性较高的零件，如曲轴、凸轮轴、齿轮、活塞环、轴套、犁刀等
	球墨铸铁（QT）	铁素体型	与可锻铸铁基本相同
		珠光体型	

(续)

材 料 分 类			应用举例或说明
铜 合 金	特殊性能铸铁		用于耐热、耐蚀、耐磨等场合
	铸造铜合金	铸造黄铜	用于轴瓦、衬套、阀体、船舶零件、耐蚀零件、管接头等
		铸造青铜	用于轴瓦、蜗轮、丝杠螺母、叶轮、管配件等
	变形铜合金	黄铜	用于管、销、铆钉、螺母、垫圈、小弹簧、电气零件、耐蚀零件、减摩零件等
		青铜	用于弹簧、轴瓦、蜗轮、螺母、耐磨零件等
(巴氏合金)	锡基轴承合金		用于轴承衬,其摩擦因数低、减摩性、抗烧蚀性、磨合性、耐蚀性、韧度、导热性均良好
	铅基轴承合金		强度、韧度和耐蚀性稍差,但价格较低
塑 料	热塑性塑料(如聚乙烯、有机玻璃、尼龙等) 热固性塑料(如酚醛塑料、氨基塑料等)		用于一般结构零件,减摩、耐磨零件,传动件,耐腐蚀件,绝缘件,密封件,透明件等
橡 胶	通用橡胶 特种橡胶		用于密封件,减振、防振件,传动带,运输带和软管,绝缘材料,轮胎,胶辊,化工衬里等

二、材料的选择原则

合理选择材料是机械设计中的重要环节。选择材料首先必须保证零件在使用过程中具有良好的工作能力,然后还要考虑其加工工艺性和经济性。分述如下:

1. 满足使用性能要求 使用性能是保证零件完成规定功能的必要条件,使用性能指零件在使用条件下,材料应具有的动力学性能、物理性能以及化学性能。对机械零件而言,最重要的是力学性能。

零件的使用条件包括三方面:受力状况(如载荷类型、大小、形式及特点等)、环境状况(如温度特性、环境介质等)、特殊要求(如导电性、导热性、热膨胀等)。

(1) 零件的受力状况。当零件(如螺栓、杆件等)受拉伸或剪切这类分布均匀的静应力时,应选用组织均匀的材料,按塑性和强度性能选材;载荷较大时,可选屈服点 σ_s 或强度极限 σ_b 较高的材料。

当零件(如轴类零件等)受有弯曲、扭转这类分布不均匀的静应力时,按综合力学性能选材,应保证最大应力部位有足够的强度。常选用易通过热处理等方法提高强度及表面硬度的材料(如调质钢等)。

当零件(如齿轮等)受有较大接触应力时,可选用易进行表面强化的材料

(如渗碳钢、渗氮钢等)。

当零件受变应力时，应选用疲劳强度较高的材料，常用能通过热处理等手段提高疲劳强度的材料。

对刚度要求较高的零件，宜选用弹性模量大的材料，同时还应考虑结构、形状、尺寸对刚度的影响。

(2) 零件的环境状况及特殊要求。根据零件的工作环境及特殊要求不同，除对材料的力学性能提出要求外，还应对材料的物理性能及化学性能提出要求。如当零件在滑动摩擦条件下工作时，应选用耐磨性、减磨性好的材料，故滑动轴承常选用轴承合金、锡青铜等材料。

在高温下工作的零件，常选用耐热好的材料，如内燃机排气阀门可选用耐热钢，气缸盖则选用导热性好、比热容大的铸造铝合金。

在腐蚀介质中工作的零件，应选用耐腐蚀性好的材料。

2. 具有良好的加工工艺性 将零件坯件材料加工成形有许多方法，主要有热加工和切削加工两大类。不同材料的加工工艺性不同。

(1) 热加工工艺性能。热加工工艺性能主要指铸造性能、锻造性能、焊接性能和热处理性能。表 1-2 为常用金属热加工工艺性能比较。

(2) 切削加工性能。金属的切削加工性能一般用刀具耐用度为 60min 时的切削速度 v_{60} 来表示， v_{60} 越高，则金属的切削性能越好。如以 $\sigma_b=600\text{MPa}$ 的 45 钢的 v_{60} 为标准，记作 $(v_{60})_t$ ，其他材料的 v_{60} 与 $(v_{60})_t$ 的比值 k_v 称为相对加工性， k_v 值越大金属切削加工性能越好。表 1-3 为常用金属切削加工性能的比较。

表 1-2 常用金属热加工工艺性能比较

热加工工艺性能	常用金属材料热加工性能比较	备 注
铸造性能	可铸性较好的金属铸造性能排序：铸造铝合金、铜合金、铸铁、铸钢	铸铁中，灰铸铁铸造性能最好
锻造性能	碳素结构钢中锻造性能排序：低碳钢、中碳钢、高碳钢合金钢；低合金钢锻造性能近于中碳钢，高碳合金钢较差 铝合金塑性较差，锻造性能不很好 铜合金的锻造性能较好	含碳量及含合金元素越高的材料，其锻造性能相对越差
焊接性能	低碳钢和碳的质量分数低于 0.18% 的合金钢有较好的焊接性能 碳的质量分数大于 0.45% 的碳钢和质量分数大于 0.35% 的合金钢焊接性能较差 铜合金和铝合金的焊接性能较差，灰铸铁焊接性能更差	含碳量及含合金元素越高的材料，焊接性能越差
热处理性能	金属材料中，钢的热处理性能较好，合金钢的热处理性能比碳素结构钢好；铝合金的热处理要求严格；铜合金只有很少几种可通过热处理方法强化	选材时要综合考虑淬硬性、淬透性、变形开裂倾向性、回火脆性等性能要求