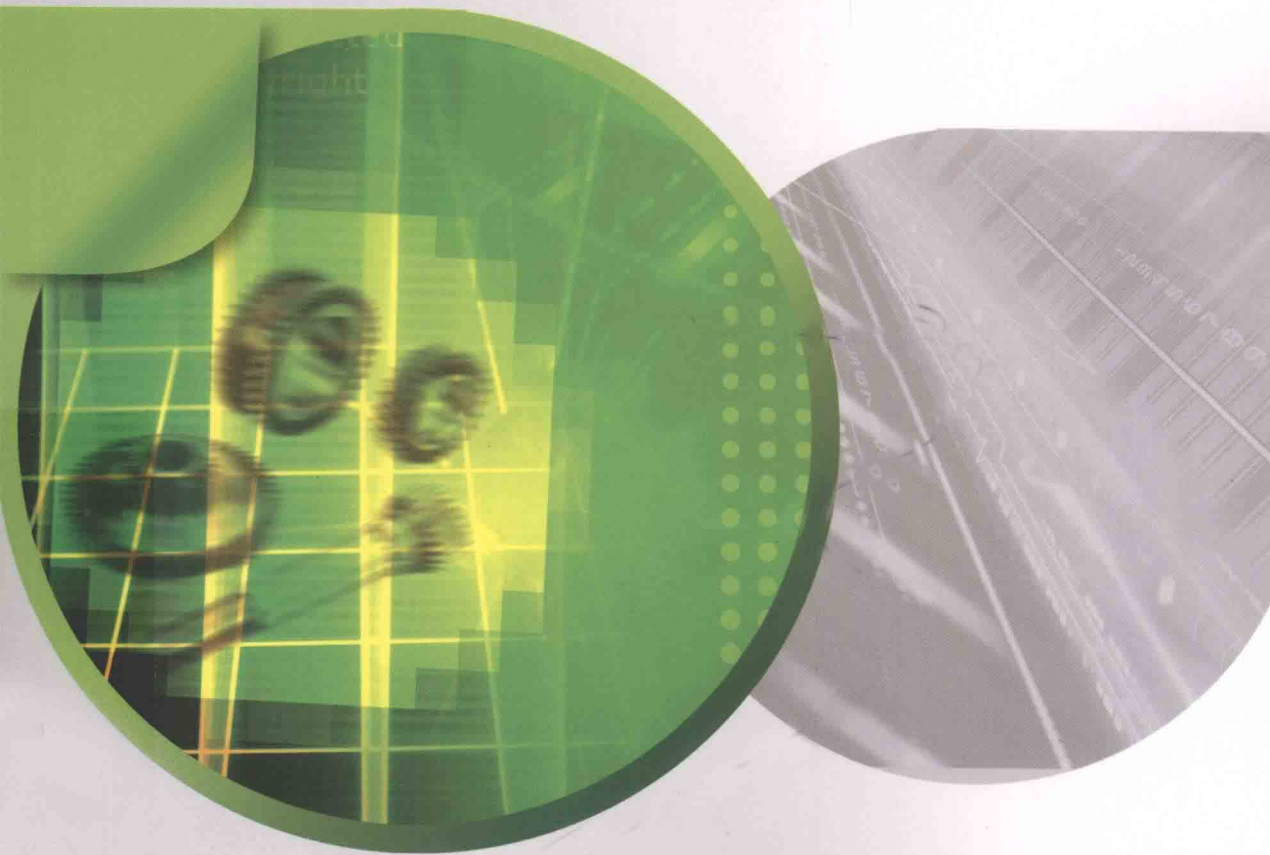




国家级精品课程主干教材

机械设计基础

主 编 何竞飞 郑志莲
副主编 李国顺 郭海波
主 审 王艾伦



科学出版社

www.sciencep.com

国家级精品课程主干教材

机械设计基础

主 编 何竞飞 郑志莲
副主编 李国顺 郭海波
主 审 王艾伦

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据教育部有关机械设计基础课程的教学基本要求和创新型社会对创新人才的需求而编创的。

本书的体系和内容是根据机械组成分类来组织的,并以此来编制章节顺序。全书共15章,第1章绪论,第2~9章为传动基础知识和各类传动机构,第10章为联接,第11~13章为轴系零件,第14章为机械的平衡与速度波动的调节,第15章为机械创新设计简介。

本书可作为高等工科院校的非机械类、近机械类本科和专科学生的机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/何竞飞,郑志莲主编. —北京:科学出版社,2010.7
(国家级精品课程主干教材)
ISBN 978-7-03-028160-9

I. ①机… II. ①何…②郑… III. ①机械设计-高等学校-教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第122678号

责任编辑:孙明星 / 责任校对:刘小梅
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年7月第一版 开本:B5(720×1000)

2010年7月第一次印刷 印张:19 1/4

印数:1—4 000 字数:380 000

定价:35.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

在本书的编写过程中,编者试图以培养高素质、研究型创新人才为目的,在内容的编排上按照从机械认识、机械设计到机械研究创新的认识规律,由浅入深,由简单到综合,拓宽基础,联系实际,提炼要义,突出能力,着重培养学生工程实践能力和开拓与创新能力。以期得到一本简明实用的、反映新时代特色的教材。

在课程原知识结构的基础上,本书新增了创新设计这部分内容,以创新实践作为课程教学的结点,变被动的“学习”为主动的“行为”,使课程教学目的更加明确。

参加本书编写的有:何竞飞、郑志莲、李国顺、郭海波、周英和潘晓红。其中,第1章绪论,第2章平面机构自由度和速度分析,第14章机械的平衡与速度波动的调节和第15章机械创新设计简介由何竞飞编写;第3章平面连杆机构,第4章凸轮机构,第5章齿轮传动和第6章蜗杆传动由郑志莲、何竞飞编写;第7章轮系、减速器和变速器和第8章其他常用机构由李国顺编写;第12章轴承和第13章联轴器、离合器和制动器由郭海波编写;第9章带传动和链传动由周英编写;第10章联接和第11章轴由潘晓红编写。何竞飞、郑志莲担任主编,李国顺、郭海波担任副主编,王艾伦担任主审。

由于本书是第一次出版,难免存在错误和遗漏之处,殷切希望广大读者不吝批评指正。来信请寄:中南大学机电工程学院机械学教学研究中心。

编 者

2010年4月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 本课程研究的对象和内容	1
1.2 本课程在教学计划中的地位	2
1.3 机械设计的基本要求和一般过程	3
1.4 机械零件的工作能力和计算准则	4
1.5 机械零件的材料选择	6
1.6 机械零件的结构工艺性	7
1.7 机械零件设计中的标准化.....	11
思考与练习	12
第 2 章 平面机构自由度和速度分析	13
2.1 运动副及其分类.....	13
2.2 平面机构运动简图.....	15
2.3 平面机构的自由度.....	17
2.4 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用.....	21
思考与练习	24
第 3 章 平面连杆机构	28
3.1 铰链四杆机构及其演化.....	28
3.2 平面四杆机构的基本特性.....	36
3.3 平面四杆机构的设计.....	40
思考与练习	47
第 4 章 凸轮机构	48
4.1 凸轮机构的组成和分类.....	48
4.2 推杆的运动规律.....	49
4.3 凸轮轮廓的设计.....	53
4.4 凸轮机构设计应注意的问题.....	59
思考与练习	63
第 5 章 齿轮传动	65
5.1 齿轮传动的特点和类型.....	65
5.2 齿廓啮合基本定律.....	66

5.3	渐开线齿廓及其啮合特点	67
5.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮基本参数和几何尺寸计算	70
5.5	渐开线标准齿轮的啮合传动	73
5.6	渐开线齿廓的切齿原理	75
5.7	根切、最少齿数及变位齿轮	77
5.8	齿轮的失效形式和齿轮材料	79
5.9	齿轮传动的精度	82
5.10	直齿圆柱齿轮的强度计算	83
5.11	斜齿圆柱齿轮的强度计算	92
5.12	直齿圆锥齿轮传动	102
5.13	齿轮的结构	107
5.14	齿轮传动的润滑和效率	109
	思考与练习	110
第6章	蜗杆传动	112
6.1	蜗杆传动的类型和特点	112
6.2	圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	113
6.3	蜗杆传动的失效形式、材料和结构	117
6.4	圆柱蜗杆传动的受力分析	119
6.5	圆柱蜗杆传动的强度计算	119
6.6	圆柱蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	121
	思考与练习	124
第7章	轮系、减速器和变速器	126
7.1	轮系的功用和分类	126
7.2	定轴轮系传动比的计算	128
7.3	周转轮系及其传动比	130
7.4	减速器	133
7.5	变速器	137
	思考与练习	140
第8章	其他常用机构	142
8.1	棘轮机构	142
8.2	槽轮机构	144
8.3	不完全齿轮机构	146
8.4	凸轮式间歇运动机构	147

思考与练习	148
第 9 章 带传动和链传动	149
9.1 带传动概述	149
9.2 带传动的工作原理	151
9.3 V 带传动的结构及其尺寸参数	156
9.4 V 带传动的工作能力和设计计算	160
9.5 链传动概述	167
9.6 链传动的工作原理	170
9.7 套筒滚子链传动的结构	173
9.8 套筒滚子链传动的工作能力和设计计算	175
思考与练习	182
第 10 章 联接	184
10.1 螺纹联接的基本知识	184
10.2 螺纹副的受力分析、效率和自锁	188
10.3 螺纹联接的基本类型及螺纹联接件	190
10.4 螺纹联接的预紧和防松	193
10.5 单个螺栓联接的强度计算	196
10.6 螺栓的材料和许用应力	202
10.7 螺栓组的结构设计	204
10.8 螺旋传动简介	206
10.9 键联接	207
10.10 销联接	212
思考与练习	214
第 11 章 轴	215
11.1 概述	215
11.2 轴的结构设计	219
11.3 轴的强度计算	224
11.4 轴的刚度计算	226
11.5 轴的设计示例	227
思考与练习	231
第 12 章 轴承	233
12.1 概述	233
12.2 滑动轴承的结构	233
12.3 滑动轴承的材料	236
12.4 润滑剂和润滑装置	237

12.5	非全液体摩擦滑动轴承的计算	240
12.6	动压润滑的基本原理	243
12.7	滚动轴承的结构	244
12.8	滚动轴承的计算	248
12.9	滚动轴承组合设计	253
12.10	滚动轴承和滑动轴承的比较	256
	思考与练习	256
第 13 章	联轴器、离合器和制动器	258
13.1	概述	258
13.2	联轴器的种类和特性	258
13.3	联轴器的选择	264
13.4	离合器	265
13.5	制动器	268
	思考与练习	269
第 14 章	机械的平衡与速度波动的调节	271
14.1	机械的平衡	271
14.2	速度波动的调节	278
	思考与练习	283
第 15 章	机械创新设计简介	286
15.1	机械创新设计的概念及过程	286
15.2	机构组合原理与创新	287
15.3	机构演化、变异原理与创新	289
	思考与练习	298

第 1 章 绪 论

1.1 本课程研究的对象和内容

人类通过长期的生产实践创造了机器。在现代生产和日常生活中,经常见到的电动机、内燃机、起重机、各种机床以及缝纫机、洗衣机等都是机器。

机器的类型很多,用途各异,但它们却有一些共同的特征。

如图 1-1 所示的单缸四冲程内燃机是由气缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8 等所组成。燃气推动活塞作往复移动,经连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周,进、排气阀各启闭一次,在曲轴和凸轮轴之间安装了齿轮,齿数比为 1:2。这样,当燃气推动活塞运动时,进、排气阀有规律地启闭就把燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

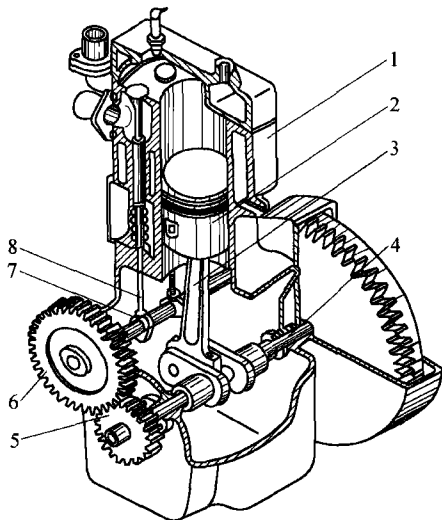


图 1-1 内燃机

又如发电机主要是由转子(电枢)和定子所组成。当驱动转子回转时,发电机就把机械能转换为电能。再如洗衣机是由电动机,经带传动使叶轮回转,搅动洗涤液来进行工作。

从以上三个例子可以看出,机器具有下列特征:①它们是人为的实物的组合;②它们各部分之间具有确定的相对运动;③它们用来代替或减轻人类的劳动,以完成有效的机械功(如起重机、金属切削机床和洗衣机)或转换机械能(如内燃机、发电机)。

机构也是人为的实物组合,用来传递运动和力。如图 1-1 所示的内燃机中,活塞(作为滑块)、连杆、曲轴(即曲柄)和气缸体组成一个曲柄滑块机构(一种连杆机构),可将活塞的往复移动转变为曲轴的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮的连续转动转变为顶杆的有规律的往复移动。而曲轴、凸轮轴上的齿轮和气缸体组成齿轮机构,可使两轴保持一定的转速比。由此可见,机器是由机构

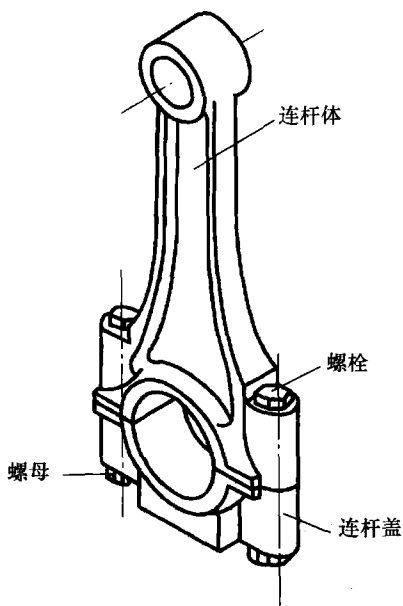


图 1-2 连杆

组成的。在一般情况下，一部机器可以包含几个机构；也可以只包含一个机构，如电动机、鼓风机。

从结构和运动的观点来看，机器与机构之间并无区别。因此，习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

组成机构的各个相对运动部分称为构件。构件可以是单一的整体，也可以是几个元件的刚性组合。如图 1-2 所示内燃机的连杆就是由连杆体、连杆盖、螺栓以及螺母等几个元件组成，这些元件形成一个整体而进行运动，也就是一个构件；组成这个构件的 4 个元件则称为零件。由此可知，构件是运动的单元，而零件是制造的单元。

机器中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等。

机械中的零部件可以分为两类。一类为通用零部件，它是在各类机械中经常可以遇到，具有同一功用及性能的零部件，如螺纹联接件、键、带、齿轮、蜗杆、蜗轮、链、轴、轴承、联轴器、弹簧等；另一类为专用零部件，它只在特定形式机械上出现，如内燃机的活塞、汽轮机的叶片、农业机械中的犁铧等。

本课程第 1~9 章分别研究几种最常用的机构（平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构）及机械传动（齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动）的组成形式、运动特性、选用原则等；第 10~13 章着重研究轴系零部件（轴、轴承、联轴器、离合器、制动器）和联接等；第 14 章介绍了机器动力学的基本知识（机械的平衡与速度波动的调节）；最后第 15 章介绍了机械创新设计的概念和创新方法。这些常用机构和通用零件的工作原理、设计理论和计算方法，对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

1.2 本课程在教学计划中的地位

随着现代化生产的飞速发展，除机械制造部门外，各种工业部门，如电力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品加工、包装等，将会经常接触到各种类型的通用和专用机械，这些工业部门的技术人员应当具备一定的机械基础知识。因此机械设计基础，如同机械制图、电工学、工程力学一样，是高等学校工科专业有关专业的一门技术基础课。

通过本课程的学习和作业实践,可以培养学生初步具备选用、分析以及维护保养简单机械传动装置并能进行设计的能力,为学习专业设备中的机械部分提供必要的基础。

机械设计是许多理论和实际知识的综合运用。机械设计基础的先修课程主要是画法几何及机械制图、工程材料及机械制造基础、金工实习、理论力学和材料力学等。除此以外,考虑到许多近代机械设备并非单纯采用机械传动,各专业的工程技术人员还应当了解液压传动、气压传动、电力传动和电子技术等有关知识。

在各个生产部门实现机械化,对于发展国民经济具有十分重要的意义。为了加速社会主义建设的步伐,应当对现有机械设备进行技术改造,以充分挖掘企业潜力;应当设计出各种高质量的成套设备来装备各个生产部门,还应当研究和设计出完善的机械手和机器人,从事空间探测、海底开发和实现生产过程自动化。可以预计,在实现四个现代化的进程中,机械设计这门学科必将会发挥越来越大的作用,它本身也将会得到更大的发展。

1.3 机械设计的基本要求和一般过程

1.3.1 机械设计的基本要求

机械设计是创造性地设计具有预期功能的新设备或机器,或改进现有机器和设备,使其具有新的性能。

设计机械应满足的基本要求是,在满足预期功能的前提下,性能好、效率高、成本低、使用期限内安全可靠,操作方便、维修简单和造型美观等。

1.3.2 机械设计的一般过程

在明确设计要求之后,机械设计包括以下主要内容:确定机械的工作原理,选择合理的机构,拟定设计方案,进行总体设计,进行运动分析和动力分析,计算作用在各构件上的载荷,然后进行零部件工作能力计算,做出结构设计。

从明确设计要求开始,经过设计、制造、鉴定到产品定型,是一个复杂细致的过程。为了清晰,将机械设计的一般过程用框图来表示(图 1-3)。设计人员必须善于把设计构思、设计方案,用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者,以取得赞同和批准。设计人员还要论证下列问题:①此设计是否确为人们所需要?②有哪些特色?能否与同类产品竞争?③制造上是否经济?④维修保养是否完善方便?⑤是否有市场?⑥社会效益与经济效益如何?

设计人员要富有创造精神;要从实际情况出发,要调查研究,要广泛吸取用户和工艺人员的经验,在设计、加工、安装和调试过程中及时发现、反复修改,以期取得最佳的成果,并从中积累设计经验。

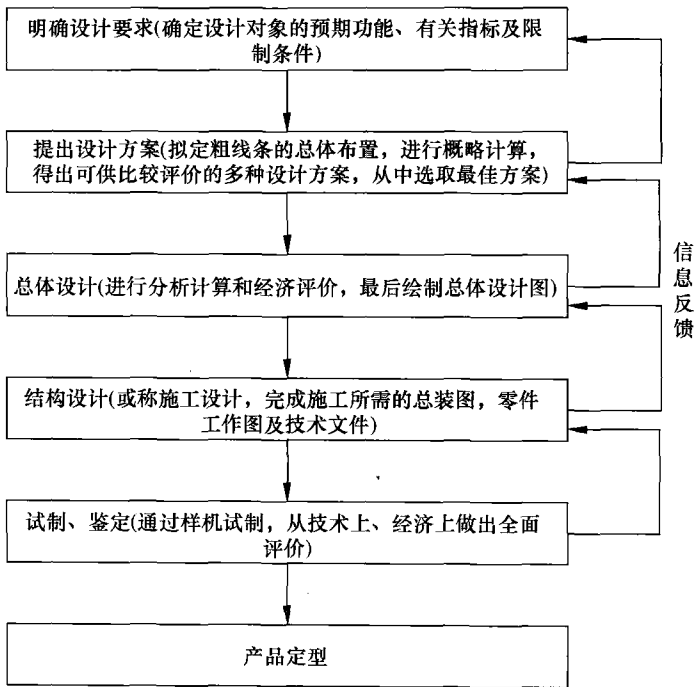


图 1-3 机械设计的一般过程

1.4 机械零件的工作能力和计算准则

设计机械零件时,也必须认真考虑上述要求。概括地说,所设计的机械零件既要工作可靠,又要成本低廉。

机械零件由于某种原因不能正常工作时,称为失效。在不发生失效的条件下,零件所能安全工作的限度,称为工作能力。通常此限度是对载荷而言,所以习惯上又称为承载能力。

机械零件有多种失效形式,但归纳起来最主要的为强度、刚度、耐磨性、稳定性和温度的影响等几个方面的问题。对于各种不同的失效形式,相应地有各种工作能力判定条件。例如:当强度为主要问题时,按强度条件判定,即应力 \leq 许用应力;当刚度为主要问题时,按刚度条件判定,即变形量 \leq 许用变形量;……这种为防止失效而制定的判定条件,通常称为工作能力计算准则。

1.4.1 强度准则

1. 单向静应力作用

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{lim}}{S_{\sigma}} \quad (1-1)$$

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (1-2)$$

式中, σ, τ 为构件的工作正应力, 工作剪应力; $[\sigma], [\tau]$ 为许用应力; $\sigma_{\text{lim}}, \tau_{\text{lim}}$ 为材料的极限应力(对塑性材料取它的屈服极限, 对脆性材料取它的强度极限); S_{σ}, S_{τ} 为安全系数。

2. 弯曲和扭转的复合应力作用

零件的当量应力 σ_e 应不大于许用弯曲应力 $[\sigma]_b$, 即

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{W} \leq [\sigma]_b \quad (1-3)$$

式中, M, T 为弯矩, 扭矩; α 为扭矩应力循环性质折算系数; W 为剖面的抗弯截面模量。

3. 接触应力作用

为了防止两个作滚滑接触的零件产生接触疲劳失效, 其接触表面在载荷作用下产生的循环交变最大接触应力不允许超过许用接触应力。如图 1-4 所示, 两个圆柱体在接触面中线上的最大接触压应力为 σ_{Hmax} , 可以按照弹性力学赫兹公式计算

$$\sigma_{\text{Hmax}} = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)} \frac{F_n}{b \rho_r}} \quad (1-4)$$

式中, F_n 为两个圆柱体相压的法向载荷, N; b 为两个圆柱体的接触宽度, mm; $\rho_r = \rho_1 \rho_2 / (\rho_2 \pm \rho_1)$ 为综合曲率半径, mm, “+”, “-” 分别用于外接触和内接触; ρ_1, ρ_2 为两圆柱体的曲率半径, mm; E_1, E_2 为两圆柱体材料的弹性模量, MPa; μ_1, μ_2 为两圆柱体材料的泊松比。

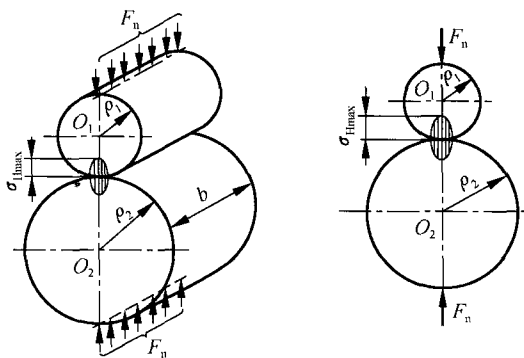


图 1-4 两个圆柱体的接触应力

1.4.2 刚度准则

刚度是指机械零件在载荷作用下,抵抗弹性变形的能力。某些零件如机床主轴、蜗杆轴等零件,刚度不足将产生过大的弹性变形,影响机器的正常工作。设计时应满足的刚度条件为

$$\begin{cases} \varphi \leq [\varphi] \\ y \leq [y] \\ \theta \leq [\theta] \end{cases} \quad (1-5)$$

式中, φ, y, θ 为零件工作时的转角、挠度和扭转角; $[\varphi], [y], [\theta]$ 为相应的转角、挠度和扭转角的许用值。

1.4.3 耐磨性准则

磨损是由于表面的相对运动使零件工作表面的物质不断损失的现象,它是机械设备失效的重要原因。耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。由于磨损的损伤机理和表现形式非常复杂,其中主要的影响因素包括零件表面接触应力或压强的大小、相对滑动速度、摩擦副材料和表面的润滑情况等。在机械设计中,耐磨性准则的实质是控制摩擦表面的压强(或接触应力)、相对速度等不超过许用值。例如,对径向滑动轴承,需要限制其平均压强不超过许用值,以防止过度磨损,即

$$p = \frac{F_r}{d \times B} \leq [p] \quad (1-6)$$

式中, F_r 为径向载荷,N; d, B 为轴承直径,轴承宽度,mm; $[p]$ 为轴瓦材料许用压强,MPa。

1.5 机械零件的材料选择

1.5.1 使用要求

按强度条件设计的零件,当其尺寸和重量都受限制时,应选用强度较高的材料;按刚度条件设计的零件,应选用弹性模量较大的材料;若零件表面接触应力较高(如齿轮),应选用可以进行表面强化处理的材料(如调质钢、渗碳钢)。此外,对容易磨损的零件(如蜗轮),应选用耐磨性好的材料;对滑动摩擦下工作的零件(如滑动轴承),应选用减摩性好的材料;对高温下工作的零件,应选用耐热材料;对腐蚀性介质中工作的零件,应选用耐腐蚀材料。

1.5.2 工艺要求

工艺要求是指选择冷、热加工性能好的材料。零件加工应考虑到零件结构的复杂程度、尺寸大小和毛坯类别。对于外形复杂、尺寸较大的零件,若采用铸造毛坯,则

应采用铸造性能好的材料;若采用焊接毛坯,则应选用焊接性能好的低碳钢,因为含碳量超过 0.3% 的钢难以焊接;对于尺寸较小、外形简单、大量生产的零件,适合冲压或模锻,应选用延展性较好的材料;需要热处理的零件,所选材料应有良好的热处理性能。此外,还要考虑材料的易加工性,包括零件热处理后的易加工性能。

1.5.3 经济性要求

在机械的成本中,材料费用约占 30% 以上,有的甚至达到 50%,可见选用廉价材料有重大的意义。选用廉价材料,节约原材料,特别是节约贵重材料,是机械设计的一个基本原则。为了使零件最经济地制造出来,不仅要考虑原材料的价格,还要考虑零件制造费用。为此,可采取如下具体措施:

(1) 尽量采用高强度铸铁(如球墨铸铁)来代替钢材,用工程塑料或粉末冶金材料代替有色金属材料。

(2) 采用热处理(包括化学热处理)或表面强化(如喷丸、滚压)等工艺,充分发挥和利用材料潜在的力学性能。

(3) 合理采用表面镀层等方法(如镀铬、镀铜、喷涂减摩层、发黑等),以减少和延缓腐蚀或磨损的速度,延长零件的使用寿命。

(4) 采用组合式零件结构,在零件的工作部分使用贵重材料,其他非直接工作部分则可采用廉价的材料。例如大直径的蜗轮,常采用青铜齿圈和铸铁轮芯的组合式结构,以节约大量的有色金属。

(5) 改善工艺方法,提高材料利用率,降低成本。例如采用冷镦锥齿轮代替齿形切削加工,实现无切削加工。

(6) 用我国富有元素(锰、硅、硼、钼、钒、钛等)合金钢代替稀有元素(铬、镍等)合金钢。在选用材料时,还应注意本国、本地区、本企业的材料供应情况,尽可能就地取材,减少采购和管理费用。

1.6 机械零件的结构工艺性

1.6.1 机械零件的结构工艺性

1. 零件的结构应与生产条件和批量相适应

零件的结构工艺性与生产条件和批量有着密切的联系。单件和小批生产的零件,应利用现有生产条件制造,例如大尺寸的齿轮毛坯,在一般设备条件下锻造较困难,就应采用铸件或焊接件;当缺少磨齿设备时,就不能用变形大的热处理工艺等。成批和大量生产的零件,可采用专用设备、数控加工中心和自动线生产,这种条件应考虑用无切削或少切削成形工艺;采用组装结构等。

2. 零件的结构应与毛坯种类相适应

设计铸件时,应考虑到铸件的最小壁厚需满足液态金属的流动性要求(对砂型铸造,通常灰铸铁件壁厚 $\delta \geq 6\text{mm}$,铸钢件壁厚 $\delta \geq 8\text{mm}$);铸件各部分的壁厚应均匀,要避免局部材料集聚,产生缩孔;铸件不同壁厚的连接处,应采用过渡结构(图 1-5(a)),各个面的交接处不应有锐角;垂直分型面的表面应有铸造斜度,以便于造型和起模(图 1-5(b));尽量减少加工面等。对于品种繁多的单件、小批量生产,在设计锻件时,要考虑在自由锻造时使用简单通用锻模进行操作。因此,自由锻件结构的复杂程度受到很大限制,例如锥面、斜面和其他复杂剖面、非直线的交接结构、加强肋和凸台等应尽量避免,而采用简单、平直的形状。模锻对零件结构形状的限制有所减少,但零件的结构形状也应力求简单,避免剖面尺寸变化过大、薄壁、深槽和高肋等形状,应有一定的模锻斜度和圆角,以便造型和起模。

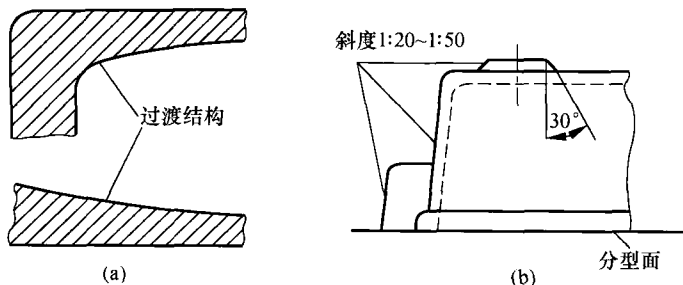


图 1-5 铸件过渡结构和铸造斜度

3. 零件的结构应便于切削加工

零件的切削加工工艺对零件结构设计影响很大,因此应考虑零件的结构要能够加工,如车、刨、磨加工应留有退刀槽或砂轮越程槽(图 1-6)等;零件的结构要便于加工,例如保证采用一般刀具加工时所需的工作空间(图 1-7)和定位支承面(图 1-8);减少刀具及量具的种类,减少刀具调整次数(图 1-9)等;合理地减少加工量及加工面积,例如留有凸台或鱼眼坑结构(图 1-10)等。同时,要合理选择制造精度和表面粗糙度。

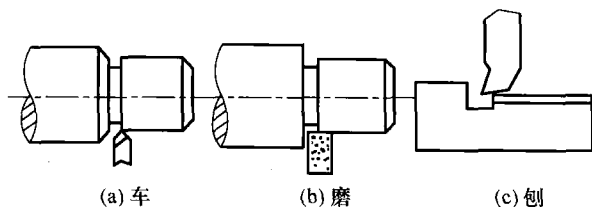


图 1-6 退刀槽或砂轮越程槽

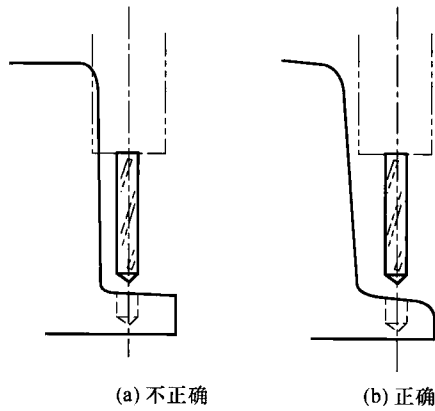


图 1-7 加工所需空间

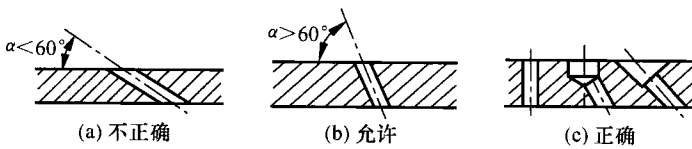


图 1-8 加工定位支承面

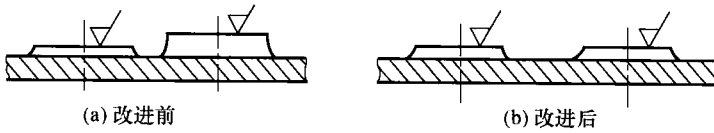


图 1-9 减少刀具调整次数

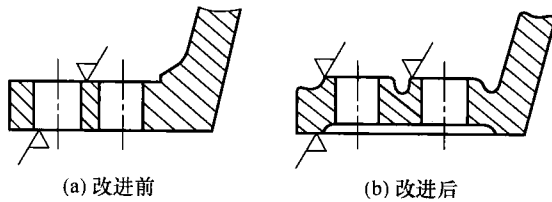


图 1-10 减少加工面积

4. 零件的结构应便于装拆和调整

零件的结构应便于装配、拆卸,并尽可能减少装配工作量。主要应考虑: