

21 世纪中职机械类“十一五”规划教材

机械基础

沈士军 王少岩 主编



中国林业出版社

21 世纪中职机械类“十一五”规划教材

机械基础

沈士军 王少岩 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/沈士军,王少岩主编. -北京:中国林业出版社,2007.8

ISBN 978-7-5038-4923-7

I. 机... II. ①沈... ②王... III. 机械学-专业学校-教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 118927 号

出 版:中国林业出版社出版(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail:longman2008@126.com

电 话:010-66174569 66188524

发 行:新华书店北京发行所

印 刷:北京昌平百善印刷厂

印 次:2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:280 千字

印 数:3200 册

定 价:21.00 元

前 言

本《机械基础》是 21 世纪中职机电类课程规划教材之一。

本书主要作为中职机械类和近机类各专业教材使用,也可供有关工程技术人员参考。

本教材在编写的过程中主要体现了如下特色:

1. 以中职为主要对象,理论以“必需、够用”为度,突出了教学内容的实用性。在篇幅基本不变的情况下,增加了“机械的调速与平衡”一章,以满足有关专业的需求。

2. 改变了某些章节对问题的阐述方式,直接切入主题,讲清基本概念及基本方法,降低了学生学习的难度。

3. 书中带*号的部分,可作为高职院校教学之使用,也可以作为中职教学知识拓展的知识背景。

由于各学校、各专业的教学安排不同,在进行本课程教学时,教师可依据实际情况,选讲教材内容并调整顺序。

本教材由江苏省宿迁市教育局职业教育处沈士军及辽宁机电职业技术学院王少岩主编。其中第 3、4、5、6、7、8、9、13、14 章由沈士军组织编写,其余由王少岩编写。

尽管我们在本《机械基础》教材建设的特色突破方面做出了许多的努力,但是教材中仍可能存在错误和不足,恳请使用本教材的教学单位和读者给予关注,并多提一些宝贵的意见和建议,以便下次修订时改进。

编 者
2007 年 7 月

目 录

前 言

第1章 概论	(1)
1.1 本课程的研究对象、主要内容及任务	(1)
1.2 机械零件的常用材料与结构工艺性	(3)
1.3 机械零件设计的基本准则及设计步骤	(8)
1.4 当前机械设计制造技术的新发展	(10)
第2章 平面机构的运动简图及自由度	(12)
2.1 机构的组成	(12)
2.2 平面机构的运动简图	(14)
2.3 平面机构的自由度	(16)
复习题	(20)
第3章 平面连杆机构	(22)
3.1 平面连杆机构的基本形式及其演化	(22)
3.2 平面四杆机构存在曲柄的条件及基本特性	(29)
*3.3 平面四杆机构的设计	(33)
复习题	(35)
第4章 凸轮机构	(37)
4.1 凸轮机构的类型及应用	(37)
4.2 凸轮机构的从动件常用运动规律	(39)
4.3 盘形凸轮的设计方法	(44)
4.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	(48)
4.5 凸轮机构的常用材料和结构	(50)
复习题	(52)
第5章 其他常用机构	(53)
5.1 螺旋机构	(53)
5.2 棘轮机构	(56)
5.3 槽轮机构	(58)

注：* 部分可作为高职高专教学之用，也可作为中职教学知识拓展的知识背景。

5.4 不完全齿轮机构	(59)
复习题	(60)
第6章 带传动和链传动	(61)
6.1 带传动的类型、特点及应用	(61)
6.2 带传动的受力分析和应力分析	(62)
6.3 带传动的弹性滑动和传动比	(65)
6.4 V带与V带轮	(65)
6.5 V带传动的失效形式及*设计计算	(68)
6.6 带传动的张紧、安装与维护	(74)
6.7 链传动简介	(76)
复习题	(80)
第7章 齿轮传动	(81)
7.1 齿轮传动的类型及特点	(81)
7.2 渐开线的形成和基本性质	(82)
7.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的参数及几何尺寸	(85)
7.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(89)
7.5 渐开线齿轮的切制原理与根切现象	(94)
7.6 变位齿轮传动简介	(97)
7.7 齿轮的失效形式与*设计准则	(99)
7.8 齿轮传动的精度及齿轮的常用材料	(101)
*7.9 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的*设计计算	(106)
*7.10 渐开线斜齿圆柱齿轮传动	(112)
7.11 直齿圆锥齿轮传动	(120)
7.12 齿轮的结构	(123)
7.13 齿轮传动的润滑与维护	(125)
复习题	(126)
第8章 蜗杆传动	(129)
8.1 蜗杆传动的类型、特点、参数和尺寸	(129)
8.2 蜗杆传动的失效形式、设计准则和常用材料	(133)
8.3 蜗杆传动受力分析及强度计算	(134)
8.4 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(136)
8.5 蜗杆和蜗轮的结构	(138)
8.6 蜗杆传动的安装与维护	(139)
复习题	(140)
第9章 轮系	(141)
9.1 轮系及其分类	(141)
9.2 定轴轮系传动比的计算	(143)
*9.3 行星轮系传动比的计算	(145)

*9.4 组合轮系传动比的计算	(148)
9.5 轮系的应用	(150)
复习题	(153)
第10章 联接	(156)
10.1 螺纹联接	(156)
10.2 轴毂联接	(167)
10.3 轴间联接	(172)
10.4 弹性联接	(179)
10.5 其他常用联接	(181)
复习题	(183)
第11章 轴	(186)
11.1 概述	(186)
11.2 轴的材料	(188)
11.3 轴的结构*设计	(188)
*11.4 轴的工作能力计算	(190)
11.5 轴的使用与维护	(194)
复习题	(195)
第12章 轴承	(196)
12.1 滑动轴承概述	(196)
12.2 滚动轴承的结构、类型和代号	(203)
12.3 滚动轴承类型的选择	(209)
*12.4 滚动轴承的工作能力计算	(210)
*12.5 滚动轴承的组合设计	(219)
复习题	(226)
第13章 机械的调速与平衡	(228)
13.1 机械速度的波动及调节	(228)
13.2 机械的平衡	(231)
复习题	(233)
第14章 计算机辅助机械设计	(234)
14.1 CAD 简介	(234)
14.2 CAD 系统的硬件分类	(235)
*14.3 典型机械零件的程序设计	(237)
参考文献	

第1章 概 论

本章知识导读

1. 主要内容

本课程的研究对象、主要内容、主要任务以及机械零件设计中所必备的基础知识,如零件的常用材料及其选择、结构工艺性、零件的设计准则及零件设计的一般步骤。

2. 重点、难点提示

深刻认识本课程在实际生产中的地位,掌握正确的学习方法。

机械设计基础是一门重要的技术基础课,是研究机械类产品的设计、开发、改造,以满足经济发展和社会需求的基础知识课程。机械设计工作涉及工程技术的各个领域。一台新的设备在设计阶段,要根据设计要求确定工作原理及合理的结构,进行运动、动力、强度、刚度分析,完成图样设计,而且还要研究在制造、销售、使用以及售后服务等方面的问题。设计人员除必须具有机械设计及与机械设计相关的深厚的基础知识和专业知识外,还要有饱满的创造热情。

1.1 本课程的研究对象、主要内容及任务

1.1.1 本课程的研究对象

人们在日常生活和生产过程中,广泛使用着各种各样的机器,以便代替或减轻体力劳动、提高工作效率。设计、制造和使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。

机器的种类繁多,它们的构造、用途和性能也各不相同,本课程作为一门技术基础课,主要研究的对象是机械。机械是机器和机构的统称。我们日常生活和生产实践中所见到的机械产品,如自行车、汽车、各种机床等,都是机器或机构。

如图 1-1 所示的单缸内燃机,它由机架(气缸体)1、曲轴 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 做往复移动时,通过连杆 3 使曲轴 2 做连续转动,从而将燃气燃烧的热能转换为曲轴转动的机械能。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、曲轴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有规律的间歇往复移动。

由上述的机器工作原理及组成机构分析可知,机器的主要特征是:

- (1) 它们都是人为实体(构件)的组合;
- (2) 各个运动实体(构件)之间具有确定的相对运动;
- (3) 能够实现能量的转换,代替或减轻人类完成有用的机械功。

机构是由构件组成的。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。而零件是组成机器的最小制造单元。

如图1-2所示的齿轮机构,其运动特点是把高速转动变为低速转动或者相反。如图1-3所示的凸轮机构,是利用凸轮的轮廓曲线使从动件做周期性的有规律的移动或摆动。如图1-4所示的连杆机构,能实现转动、摆动等运动形式的相互转换。

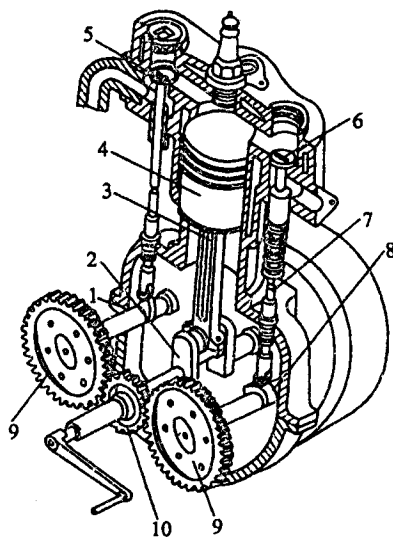


图 1-1 单缸内燃机

- 1—机架 2—曲轴 3—连杆 4—活塞
5—进气阀 6—排气阀 7—推杆
8—凸轮 9、10—齿轮

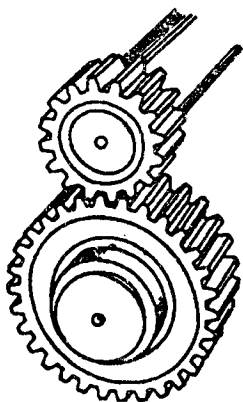


图 1-2 齿轮机构

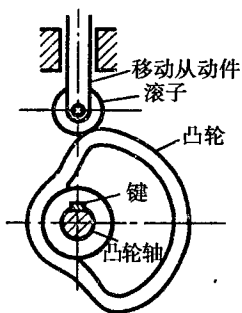


图 1-3 凸轮机构

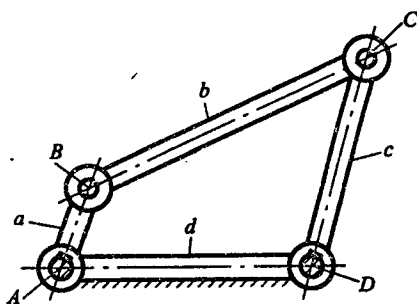


图 1-4 连杆机构

由以上实例分析可以看出,机器是由各种机构组成的,可以完成能量的转换或做有用功;而机构则仅仅是起着运动的传递和运动形式的转换作用。机构的主要特征是:

- (1) 它们都是人为实体(构件)的组合;
- (2) 各个运动实体之间具有确定的相对运动。

从结构和运动的观点来看,机器和机构二者之间没有区别,因此习惯上用机械一词作为它们的总称。本课程研究的对象是机械中常用机构和通用零件。

1.1.2 本课程研究的主要内容

本课程作为机械设计的基础,是一门综合性较强的技术基础课程,主要介绍机械中常用机构的工作原理、运动特性、通用机械零件的设计和计算方法以及有关标准和规范。

本课程研究的内容大体可分为以下几部分:

- (1)机构的运动简图和自由度计算;
- (2)平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等的组成原理、运动分析及设计;
- (3)各种联接零件(如螺纹联接、键销联接等)的设计计算方法和标准选择;
- (4)各种传动零件(如带传动、齿轮传动等)的设计计算和参数选择;
- (5)轴系零件(如轴、轴承等)的设计计算及轴承参数类型选择。

1.1.3 本课程的主要任务

(1)培养学生运用基础理论解决简单机构和零件的设计问题,掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用及计算方法,初步具有分析失效原因和提高改进措施的能力。

(2)培养学生树立正确的设计思想,具有设计简单机械传动部件和简单机械的能力。

(3)学会使用手册、标准、规范等设计资料。

本课程的性质与过去所学的基础课程有所不同,思路上有其明显特点,学生往往不能很快适应而影响学习效果,因此在学习中学生要尽快掌握本课程特点和分析、解决问题的方法,为今后的学习和工作打下基础。

1.2 机械零件的常用材料与结构工艺性

1.2.1 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(含碳量 $\leq 0.25\%$)	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等
		中碳钢(含碳量 $> 0.25\% \sim 0.60\%$)	齿轮、轴、蜗杆、丝杠、联接件等
		高碳钢(含碳量 $\geq 0.60\%$)	弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢(合金元素含量 $\leq 5\%$)	较重要的钢结构和构件、渗碳零件、压力容器等
		中合金钢(合金元素含量 $> 5\% \sim 10\%$)	飞机构件、热锻锻模具、冲头等
		高合金钢(合金元素含量 $\geq 10\%$)	航空工业蜂窝结构、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等

(续表)

材料分类			应用举例或说明
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 珠光体型	与可锻铸铁基本相同
铜合金	铸造铜合金	铸造黄铜	用于轴瓦、衬套阀体、船舶零件、耐腐蚀零件、管接头等
		铸造青铜	用于轴瓦、蜗轮、丝杠螺母、叶轮、管配件等
轴承合金 (巴氏合金)	锡基轴承合金		用于轴承衬,其摩擦因数低,减摩性、抗胶合性、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

1.2.2 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,同时还要考虑其加工工艺性和经济性。

1. 满足使用性能要求

材料的使用性能指零件在工作条件下,材料应具有的性能、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、销等)受拉伸或剪切这类分布均匀的静载荷时,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)受弯曲、扭转这类分布不均匀的静载荷时,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,应选用抗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、减摩性好的材料,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,常选用耐热性能好的材料,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. 有良好的加工工艺性

零件毛坯的加工方法有许多,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。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。

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	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	低碳钢和含碳量低于 0.18% 的合金钢有较好的焊接性能;含碳量大于 0.45% 的碳钢和含碳量大于 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,其焊接性能越差
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

(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。金属切削加工性能分为 8 个级别,1 级容易加工,8 级难加工。各种金属材料的切削加工性能可查阅有关手册。

3. 选择材料要综合考虑经济性要求

(1)材料价格。材料价格在产品总成本中占较大比重,一般占产品价格的 30% ~ 70%。

(2)提高材料的利用率。采用精铸、模锻等毛坯加工方法,可以减少切削加工对材料的浪费。

(3) 零件的加工和维修费等要尽量低。

(4) 采用组合结构。如蜗轮齿圈可采用减摩性好的铸造锡青铜,而其他部分采用廉价的材料。

(5) 材料的合理代用。对生产批量大的零件,要考虑我国资源状况,材料来源要丰富,尽量避免采用稀缺的材料。如碳钢可用热处理方法强化,代替合金钢而降低成本。

1.2.3 机械零件的结构工艺性

机械零件的结构工艺性是指在零件设计时要从选材、毛坯制造、机械加工、装配以及保养维修等各环节考虑的工艺问题。

1. 铸造零件的结构工艺性

(1) 为了防止浇铸不足,对于不同铸造方法,铸件壁厚有一允许的最小值。

(2) 零件箱壁交叉部分要有过渡圆角,以避免尖角处产生裂纹,如图 1-5(a) 所示。但是圆角不可太大,以免交点处尺寸太大,金属积聚产生缩孔或缩松,如图 1-5(b) 所示。建议 $D \approx 1.3d$,如图 1-5(c) 所示。

(3) 铸件应有明显的分型面(图 1-6)。

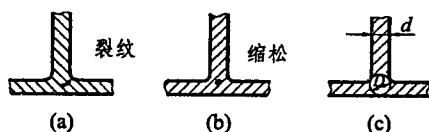


图 1-5 铸件过渡圆角大小应适当

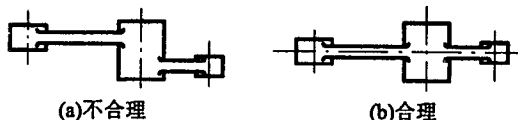


图 1-6 铸件应有明显的分型面

(4) 铸件应有必要的斜度以便于取出模型。

(5) 为避免采用活块,可将凸台加长,如图 1-7(b) 所示引至分型面。

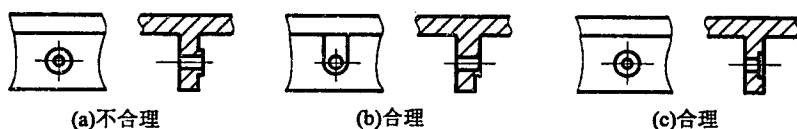


图 1-7 避免采用活块

(6) 铸铁抗拉强度差而抗压强度高,在设计零件形状时应尽可能把拉应力(或弯曲应力)化作压应力(图 1-8)。

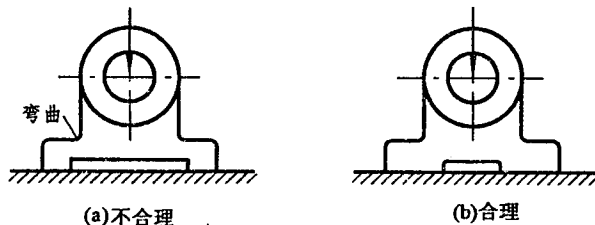


图 1-8 避免铸铁受拉力

2. 热处理零件的结构工艺性

为避免热处理零件产生裂纹或变形,在设计零件时应注意:

- (1) 避免锐边尖角,应将其倒钝或改成圆角,圆角半径要大些。
- (2) 零件形状要求简单、对称。
- (3) 轴类零件的长度与直径之比不可太大。
- (4) 提高零件的结构刚性,必要时增加加强肋。
- (5) 形状复杂或者不同部位有不同性能要求时,可用组合结构(如机床铸铁床身上镶装钢导轨)。

3. 切削加工零件的结构工艺性

(1) 加工表面的几何形状应尽量简单,尽可能布局在同一平面上或同一轴线上,尽可能统一尺寸,以便于加工。如图 1-9 所示减速箱体轴承座端面应取在同一平面上,三个轴承端盖槽的尺寸 b_1 、 b_2 应力求一致。

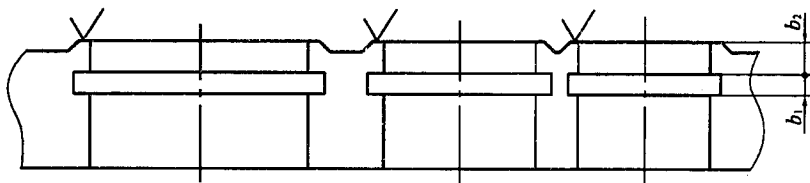


图 1-9 减速箱侧面加工

(2) 有相互位置精度要求的各表面最好能在一次安装中加工。如图 1-10(a) 所示的零件须从两端加工,改进后可在一端一次加工,这样能减少工件的安装次数,提高加工效率,同时也提高位置精度。

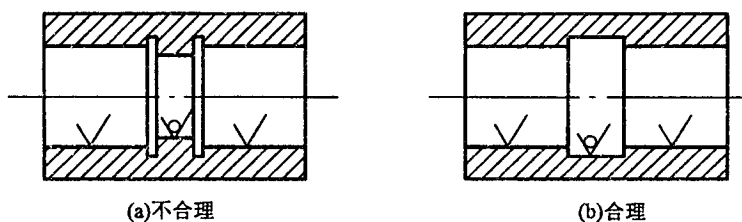


图 1-10 两孔在一次安装中加工

- (3) 加工时应能准确定位、可靠夹紧,并便于加工、易于测量。
- (4) 应尽量减少加工面的数目,如图 1-11 所示起重螺旋副的螺母与机座在直径 D 及 D_1 处同时配合是不合理的,这样加工和装配都困难,只要在直径 D 处配合即可, D_1 处应有一定间隙。
- (5) 形状应便于刀具进刀、退刀,如螺纹应该有退刀槽。
- (6) 被加工表面形状应有助于提高刀具的刚性和延长刀具寿命。如图 1-12 所示用麻花钻钻孔时,应避免在斜面上钻孔。

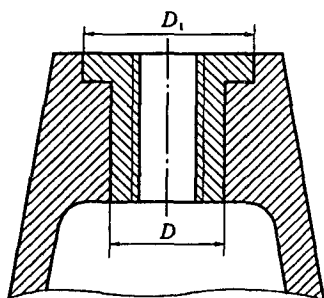
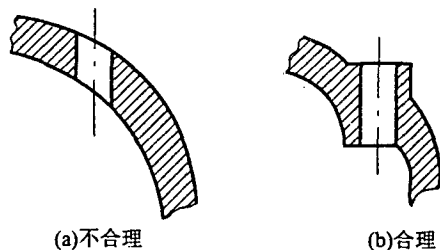
图 1-11 减少不必要的配合面 D_1 

图 1-12 避免在斜面上钻孔

4. 零件装配的结构工艺性

(1) 零件应该有正确的装配基面,如图 1-13(a)所示汽缸盖用螺纹联接,由于螺纹间有间隙,对中不好,活塞杆易产生偏移。如图 1-13(b)所示将螺纹联接改为配合,使工作情况有了改进。

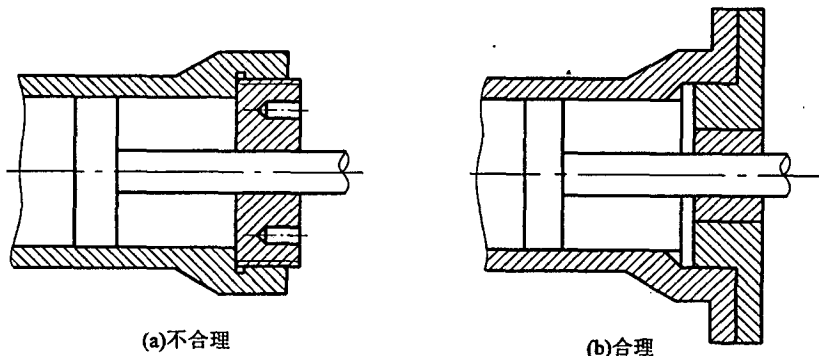


图 1-13 不应以螺纹面对中

(2) 应使装配方便,如图 1-11 所示, D 、 D_1 处均有配合,装配困难。

(3) 应使拆卸方便,如图 1-14 所示,为了便于从机体上卸下轴承外圈,孔台肩处的直径应大于轴承外环的内径。

不同的结构方案,其成本往往有较大的差别,但是在选择机器或零件方案时,只考虑制造成本是不全面的,应该对设计方案进行技术、经济综合评价。

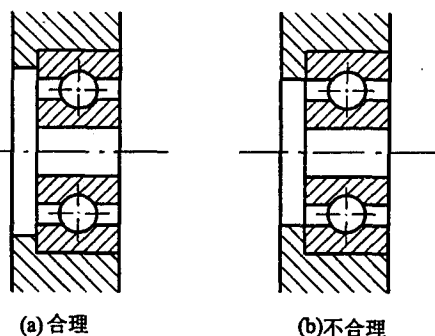


图 1-14 应使拆卸方便

1.3 机械零件设计的基本准则及设计步骤

1.3.1 机械零件的主要失效形式

机械零件由于某种原因丧失正常工作能力称为失效。对于通用的机械零件,其强

度、刚度、磨损失效是主要失效形式,对于高速传动的零件还应考虑振动问题。归纳起来,零件的主要失效形式如图 1-15 所示。

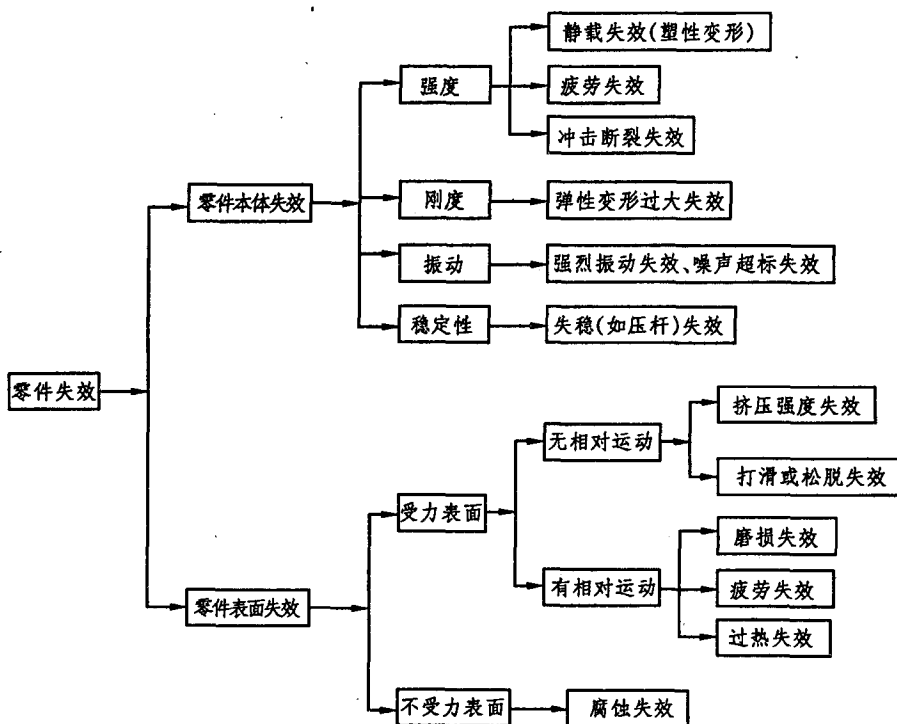


图 1-15 零件的主要失效形式

机械零件在实际工作中,可能会同时发生几种失效形式,设计时应根据具体情况,确定避免同时发生失效的设计方案。

1.3.2 机械零件的设计准则

根据零件产生失效的形式及原因制定设计准则,并以此作为防止失效和进行设计计算的依据。

(1) 强度设计准则:要求零件在工作时不产生强度失效,强度准则应取在零件中的危险截面处,应力不超过许用应力。用公式表示为

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

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

上两式中, σ 、 τ 分别为拉伸(压缩、弯曲)及剪切工作应力, $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 为许用应力, S_{σ} 、 S_{τ} 为安全系数, σ_{lim} 、 τ_{lim} 为极限应力。对静应力,极限应力取为屈服极限(塑性材料)或强度极限(脆性材料);对变应力,极限应力取为疲劳极限。

(2) 刚度准则:刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。刚度计算准则要求零件的弹性变形小于或等于允许值。此允许值根据变形对零件工作性能的影响,由分析或实验方法决定(如轴弯曲变形量影响轴上齿轮的啮合情况等)。

(3) 耐磨性准则: 耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限度后, 轮齿齿形会有较大的改变, 从而使齿轮转速均匀性受到影响, 产生噪音和振动, 严重时因齿根厚度变薄而导致轮齿折断。因此在磨损严重的条件下, 以限制与磨损有关的参数作为磨损计算的准则。

(4) 振动稳定性准则: 如果某一个零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 相同或为其整数倍关系时, 则这些零件就会产生共振, 以致使零件破坏或机器工作情况失常。根据实践经验, f_p 与 f 接近一定范围以内时, 即可发生共振。因此振动稳定性准则要求激振源的频率在该范围之外, 一般要求 $f_p < 0.85f$, $f_p > 1.15f$ (更高阶的共振也应避免)。

(5) 可靠性准则: 可靠性表示系统、机器或零件等在规定时间内稳定工作的程度或性质。可靠性常用可靠度 R 来表示, 可靠度是指系统、机器或零件等在规定的使用时间 (寿命) 内和预定的环境条件下, 能正常地实现其功能的概率。如有一批某种被试零件, 共有 N_T 件, 在一定条件下进行试验, 在预定时间 t 内, 有 N_f 个零件失效, 剩下 N_s 个零件仍能继续工作, 则可靠度为

$$R = \frac{N_s}{N_T} = \frac{N_T - N_f}{N_T} = 1 - \frac{N_f}{N_T} \quad (1-3)$$

一个由多个零件组成的串联系统, 任意一个零件失效都会使整个机器失效, 如 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 为各零件的可靠度, 则整个系统的可靠度为

$$R = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n \quad (1-4)$$

有些系统机器或零件要求以可靠度作为计算准则。

1.3.3 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计计算方法有很多种, 如理论设计法 (简化成物理、力学模型)、经验设计法 (经验公式、类比法)、模型实验法、计算机辅助设计法 (CAD) 等。机械零件的设计大体要经过以下几个步骤:

- (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。

1.4 当前机械设计制造技术的新发展

随着科学技术日新月异的发展, 不断给机械行业提出新的课题。目前, 计算机辅助设计与制造技术 (CAD/CAM) 已经广泛应用于机械设计和制造的各个环节, 对减轻设计者的劳动强度、提高机械产品精度和零件的设计速度与质量, 起到了重要作用。

各种检测仪器的迅猛发展, 提高了机械检验水平, 对零件的受载分析、应力发热效应的测试、摩擦磨损的分析等方面提供了大量设计所需的数据, 促进了设计理论的发展。