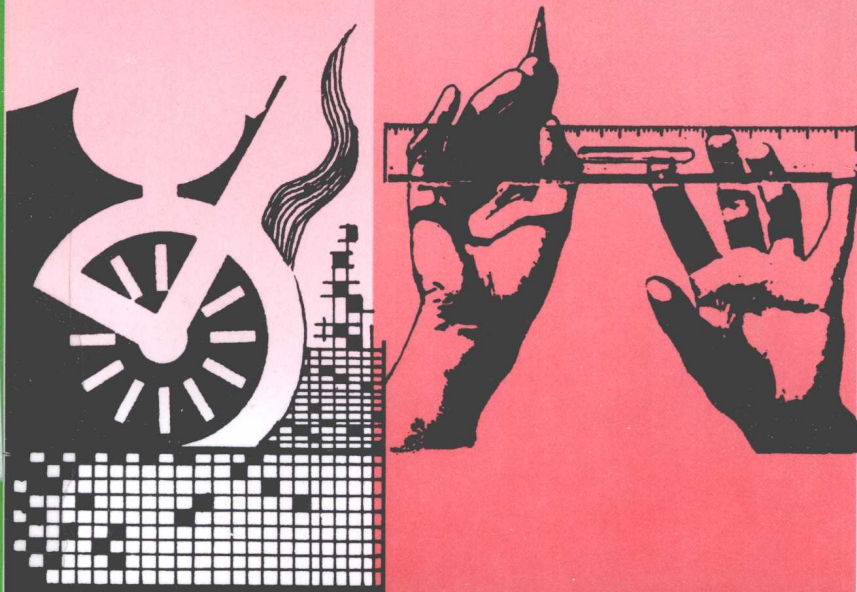
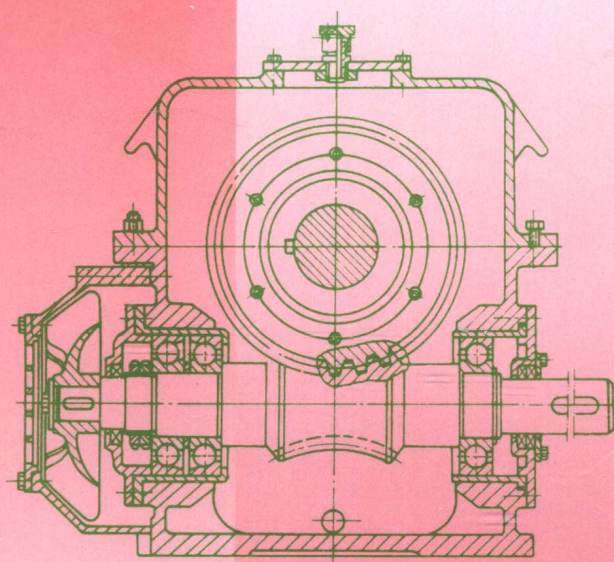


机械设计

唐照民 李质芳 诸文俊 编
戈焕谟 刘福林 陈 钢



西安交通大学出版社

机 械 设 计

唐照民 李质芳 诸文俊 编
戈焕谟 刘福林 陈 钢

61
51

西安交通大学出版社

内 容 简 介

本书根据高等工业学校机械设计课程委员会 1987 年审定的“机械设计课程教学基本要求”编写。

全书共 14 章,包括:绪论、带传动、齿轮传动、蜗杆传动、链传动、机械传动设计、轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器、轴系结构设计、螺纹联接、焊接、铆接、粘接、弹簧等。

本书编写中注意加强机械结构设计及机械设计整体观念,反映了近年来科技发展的有关新内容,采用了新颁布的国家标准。为便于自学,各章编写了内容提要,并附有例题、习题及思考题。

本书可作为高等院校机械类有关专业教材,以及高等院校机械类自学考试教材,也可供工程技术人员参考。

(陕)新登字 007 号

机械设计

唐照民 李质芳 诸文俊 ..

戈焕谟 刘福林 陈 钢

责任编辑 胡 刚 谭小艺

*

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码 710049)

西北工业大学印刷厂印装

陕西省新华书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:22.237 字数:546 千字

1995 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 2 次印刷

印数:5 001~6 300

ISBN 7-5605-0789-1/TH·38 定价:24.00 元

前 言

本书是根据国家教育委员会 1987 年批准的高等工业学校机械设计(原机械零件)课程教学基本要求,并结合编者多年的教学实践经验编写的。本书编写中参照原《机械设计》(1993 年西安交通大学版)教材,并主要在以下几方面作了改进。

(1) 精选内容,力求深入浅出,讲清物理概念。为便于自学,各章均附有“内容提要”及较丰富的思考题及习题。本教材以面向本科生为主,可兼作机械设计课程自学考试教材。

(2) 教材中注意介绍各章“共性”之处,即机械设计的一般规律,以及其基本理论与方法。加强培养学生机械设计的分析问题解决问题的能力。

(3) 为增强学生设计机器时的整体观念及结构设计能力,增设了“机械传动设计”及“轴系结构设计”两章。

(4) 教材中适当融入一些现代设计方法的基本概念,以及机械零部件的新型式、新结构。

(5) 一律采用国际单位制,尽量采用已正式颁布的新国家标准。

参加本书编写工作的有:唐照民(第 1、3 章)、李质芳(第 2、8、11 章)、诸文俊(第 5、7 章)、戈焕谟(第 4、12、13、14 章)、刘福林(第 9、10 章)、陈钢(第 6 章)。全书由唐照民主持编写及统稿。

由于编者水平所限,书中如有不妥之处,敬祈读者不吝指正。

编 者

1995 年 6 月

目 录

第1章 绪论

§ 1.1 机械设计的基本概念	(1)
§ 1.2 本门课程内容、性质与任务	(8)
§ 1.3 机械零件的常用材料	(8)
§ 1.4 现代设计理论与方法简介	(11)
思考题	(15)

第2章 带传动

§ 2.1 概述	(16)
§ 2.2 带传动的工作情况分析	(18)
§ 2.3 V带传动的设计计算	(23)
§ 2.4 同步带传动	(41)
§ 2.5 带的张紧装置	(44)
思考题	(45)
习题	(45)

第3章 齿轮传动

§ 3.1 概述	(48)
§ 3.2 齿轮传动的失效形式及计算准则	(50)
§ 3.3 齿轮材料的选择	(54)
§ 3.4 齿轮传动的计算载荷	(57)
§ 3.5 直齿圆柱齿轮轮齿弯曲强度计算	(61)
§ 3.6 直齿圆柱齿轮齿面接触强度计算	(71)
§ 3.7 直齿圆柱齿轮传动的设计计算	(77)
§ 3.8 斜齿圆柱齿轮传动的设计计算	(83)
§ 3.9 直齿圆锥齿轮传动	(93)
§ 3.10 齿轮结构设计	(98)
§ 3.11 齿轮传动的润滑与效率	(100)
§ 3.12 圆弧齿轮传动简介	(103)
思考题	(106)
习题	(108)

第4章 蜗杆传动

§ 4.1 概述	(100)
----------------	-------

§ 4.2	蜗杆传动的失效形式、材料选择和结构	(112)
§ 4.3	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(114)
§ 4.4	蜗杆传动的工作情况分析	(119)
§ 4.5	蜗杆传动的强度计算	(122)
§ 4.6	蜗杆传动的总效率和热平衡计算	(125)
§ 4.7	新型蜗杆传动简介	(126)
思考题		(131)
习题		(132)
第5章 链传动		
§ 5.1	概述	(134)
§ 5.2	链传动的结构和材料	(135)
§ 5.3	链传动的工作情况分析	(140)
§ 5.4	滚子链传动的设计	(144)
§ 5.5	链传动的布置、张紧和润滑	(150)
思考题		(152)
习题		(152)
第6章 机械传动设计		
§ 6.1	概述	(154)
§ 6.2	机械传动的类型	(155)
§ 6.3	机械传动的特性和参数	(158)
§ 6.4	机械传动的方案设计	(161)
§ 6.5	机械传动的设计程序	(170)
思考题		(171)
第7章 轴		
§ 7.1	轴的功用、分类及设计准则	(172)
§ 7.2	轴的常用材料	(174)
§ 7.3	轴的结构设计	(177)
§ 7.4	轴的强度计算	(186)
§ 7.5	轴的刚度计算	(195)
§ 7.6	轴的振动计算简介	(200)
思考题		(201)
习题		(202)
第8章 滚动轴承		
§ 8.1	概述	(209)
§ 8.2	滚动轴承的基本类型及其代号	(210)
§ 8.3	滚动轴承工作情况分析	(214)
§ 8.4	滚动轴承的类型选择	(217)
§ 8.5	滚动轴承的寸选择	(218)
§ 8.6	滚动轴承组合设计	(232)

思考题	(244)
习题	(244)
第9章 滑动轴承	
§ 9.1 概述	(246)
§ 9.2 滑动轴承的几种润滑状态	(247)
§ 9.3 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	(248)
§ 9.4 液体动压润滑的承载机理及润滑基本方程	(250)
§ 9.5 液体动压径向滑动轴承的设计计算	(254)
§ 9.6 滑动轴承的结构	(263)
§ 9.7 滑动轴承的供油方式及装置	(268)
§ 9.8 轴瓦及轴承衬的材料	(270)
§ 9.9 其它滑动轴承简介	(273)
思考题	(276)
习题	(276)
第10章 联轴器和离合器	
§ 10.1 概述	(278)
§ 10.2 联轴器	(278)
§ 10.3 离合器	(285)
思考题	(290)
习题	(290)
第11章 轴系结构设计	
§ 11.1 轴系结构的功能与设计准则	(291)
§ 11.2 轴系结构设计要考虑装拆与使用方便的要求	(292)
§ 11.3 轴系结构设计时要注意有利于轴的承载	(293)
§ 11.4 轴系结构设计时要考虑调节方便	(296)
§ 11.5 轴系结构举例	(299)
思考题	(303)
习题	(303)
第12章 螺纹联接	
§ 12.1 螺纹联接的基本知识	(305)
§ 12.2 螺纹联接的预紧和防松	(309)
§ 12.3 单个螺栓联接的强度计算	(312)
§ 12.4 螺栓组联接的设计	(318)
§ 12.5 提高螺栓联接强度的措施	(324)
思考题	(328)
习题	(328)
第13章 焊联接、铆钉联接、粘接	
§ 13.1 焊联接	(330)
§ 13.2 铆钉联接	(333)

§ 13.3 粘接.....	(335)
思考题.....	(336)
第 14 章 弹簧	
§ 14.1 概述.....	(337)
§ 14.2 圆柱形螺旋弹簧的结构.....	(339)
§ 14.3 弹簧的材料与制造.....	(341)
§ 14.4 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算.....	(342)
§ 14.5 圆柱形螺旋组合压缩弹簧设计简介.....	(347)
思考题.....	(348)
习题.....	(348)
参考文献	

第1章 绪论

内容提要

本章扼要阐述了机械设计的基本概念,它的重要性,以及机械设计一般方法,使读者对机械设计有个初步的了解。在此基础上,说明了本门课程的内容、性质和任务。此外,还介绍一些机械设计中的基本知识,如机械零件的一般设计准则、标准化、机械零件常用材料等。本章最后简单介绍机械设计方法近代发展概况,作为初步了解现代设计方法的基础。

§ 1.1 机械设计的基本概念

欲开发新的机械产品,机械设计是第一道工序。设计质量水平高低,关系到机械产品的性能、价格及经济效益。因而,设计在机械产品开发过程中起着关键性的作用。不同时期对设计的理解 and 设计方法也是不尽相同的。最早期的设计,仅仅是手工艺工人在头脑中的构思而已,产品的结构也比较简单。随着生产发展的需要,产品结构日趋复杂,发展到用图纸表达设计人员构思的结果,以及按图纸制造产品。这时设计工作在整个机器制造过程中才具有相对独立的性质,可以利用图纸对产品进行分析和改进,也可以按图纸进行大规模生产。图纸的出现推动了设计工作的发展。

19世纪至20世纪初,随着机械工业的发展,与机械设计有关的一些基础理论与技术,如理论力学、材料力学、弹性力学、流体力学、热力学、公差与技术测量、机械制图等,逐渐发展成独立的学科。综合应用这些学科而逐渐形成的机械设计方法,当今人们称之为常规设计方法。

近二三十年,随着科学技术的迅速发展,以及计算机在机械设计中的广泛应用,使设计方法更加科学、更加精确、更加完善。相应地发展了一系列现代设计理论与方法。如机械优化设计、机械可靠性设计、有限元方法、计算机辅助机械设计等新兴学科。这些新学科已日趋成熟,并在工程实际中获得广泛应用。即使如此,常规的设计方法仍然是从事机械设计工程技术人员的重要基础,必须很好地掌握它。

1.1.1 机械设计的一般程序

机械产品的设计过程,通常可概括为以下几个阶段。

1. 产品规划

产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求,这是机械产品设计首先需要解决的问题。

通常,人们是根据市场需求提出设计任务的。产品的市场需求分析应包括:市场上对产品功能、性能、质量和数量的具体要求;现有类似产品的情况及发展趋势;原材料及配件的现状 & 价格等。

在确定设计某种机械新产品之前,往往还需作可行性分析,提出可行性报告。可行性报告大致有以下内容:产品开发的必要性和市场调查情况;类似产品当前国内外水平;新开发产品预期能达到的水平及经济效益;设计与制造中需解决的关键问题;投资费用及进度计划等。

可行性报告通过之后,还需要进一步明确设计目标。对所设计产品的功能、效率、可靠性、使用寿命、生产成本、外形尺寸等方面,提出明确而详细的量化指标。最终形成一份书面的设计任务书。

2. 方案设计

在满足设计任务书中设计具体要求的前提下,由设计人员构思多种可行的方案,并用方案原理图表达出来。通过对各种可行的方案进行比较和筛选,从中优选出一种功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。下面举一个具有多种可行方案的实例。

例如:某带式输送机由原动机(电动机)、传动系统(减速器)、工作机械(带式运输机)三部分组成(图 1-1)。其中传动系统可以由多种方案来实现。

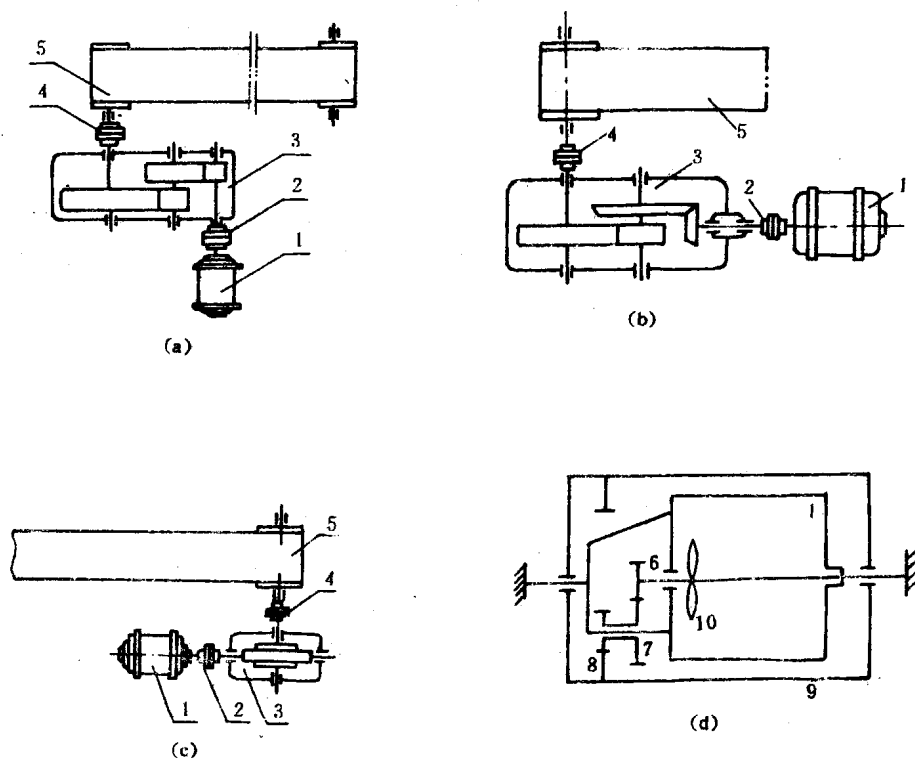


图 1-1 带式输送机传动系统方案简图

1—电动机; 2—联轴器; 3—减速器; 4—联轴器; 5—带式运输机;
6—第一级齿轮; 7—双联齿轮; 8—内齿圈; 9—滚筒体; 10—风扇

(1) 由两级展开式圆柱齿轮减速器组成传动系统,如图 1-1(a) 所示。圆柱齿轮减速器结构简单、效率高、容易制造、使用寿命长、维护方便。有标准系列产品,由专业工厂生产,价格便宜质量较高。缺点是电动机、减速器、滚筒三者并列,导致横向尺寸大,不紧凑。

(2) 由圆锥-圆柱两级齿轮减速器构成传动系统,(如图 1-1(b) 所示)。这种带有圆锥齿轮的减速器,结构比较复杂。圆锥齿轮加工需专用机床,制造成本较高。但机器总体布置的横向尺

寸小,比较紧凑。

(3) 由单级蜗轮减速器构成传动系统,如图 1-1(c) 所示。蜗杆传动传动比大、结构紧凑、尺寸小、重量轻。机器总体布置尺寸紧凑。与齿轮传动比较,缺点是蜗杆传动加工、安装较困难,蜗轮轮缘需用青铜制造,传动效率较低。

(4) 传动系统采用两级定轴轮系传动,由内齿轮带动滚筒,并将电动机及传动系统置于滚筒内部,构成电动滚筒型式,如图 1-1(d) 所示。这种方案结构紧凑、外形美观、重量轻、尺寸小、密封性能好,但散热条件差、维修不方便。

上述几种可行方案,可根据带式输送机的工作环境、生产批量、加工条件、经济性等情况,选择一种较优方案。

方案设计是机械产品设计的初始阶段,而且又是一个重要阶段。方案设计的优劣决定了机械设计的成败及质量,因而必须给予充分重视。此外,还需运用科学的设计方法,尤其是在构思和提出方案的阶段,不仅要应用设计人员已具有的科学技术知识和经验,还应开扩思路,采用各种创造性技法,使设计的产品具有特色。

3. 技术设计

在既定设计方案的基础上,完成机械产品的总体设计、部件设计、零件设计。设计结果以工程图纸及计算书形式表达出来。技术设计的工作量很大。

4. 制造及试验

经过加工、安装及调试,制造出样机。对样机进行试运行,或生产现场试用。将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,作为进一步修改的依据。经过修改完善后的产品,最终还要通过鉴定给予肯定。

上述机械产品设计过程,可用图 1-2 产品设计流程图表示。由图中可知,产品设计是一个“设计—评价—再设计(修改)”渐进与优化的过程。它是以满足社会客观需求及提高社会生产力为目标的一种创造性劳动。

1.1.2 机械零件设计的基本要求

机械零件是组成机器的基本单元。因此,在讨论机械设计的基本要求之前,首先应对设计机械零件的一些基本要求有个初步的了解。设计机械零件时,应考虑以下几方面的要求。

1. 机械零件的工作能力

机械零件的工作能力是指在一定的工作条件下,零件抵抗失效的能力。这里所谓的“失效”,是指机械零件丧失设计时的功能。同类零件,可能出现不同的失效形式。例如,机器中的轴,可能由于疲劳断裂而失效,也可能由于过大的弹性变形,使轴所支承的零件不能处于机器中的正确位置而失效。前者,轴的工作能力取决于零件的疲劳强度;后者,轴的工作能力取决于轴的刚度。当零件的失效取决于载荷原因时,零件的工作能力称为承载能力。

影响零件工作能力的主要因素有以下几方面。

(1) 强度 强度是指零件抵抗破裂及塑性变形的能力。强度计算是保证机械零件工作能

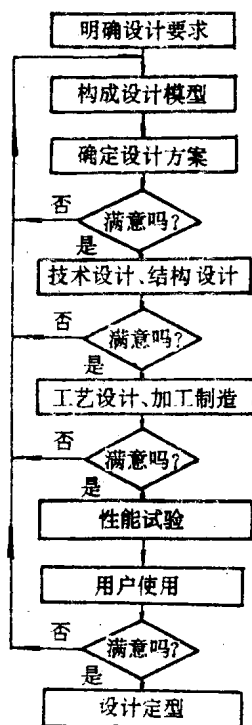


图 1-2 产品设计流程图

力最基本的准则。强度条件可表达成以下形式:

$$\text{对简单应力状态} \quad \sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_b}{s} \left(\text{或} \frac{\sigma_s}{s} \right) \quad (1-1)$$

$$\text{对复杂应力状态} \quad \sigma_{eq} \leq [\sigma]$$

式中 σ ——零件的计算应力(或称工作应力);

σ_{eq} ——复杂应力状态下的当量应力;

$[\sigma]$ ——零件的许用应力;

σ_b, σ_s ——材料的强度极限及屈服极限;

s ——安全系数。

(2) 刚度 刚度是零件受力时抵抗变形的能力。有些零件,例如机床床身,它的工作应力有时不到 10MPa,大大低于其材料的强度极限。实际上它的尺寸和形状是由具有足够刚度这一准则来确定的。近来越来越多地强调刚度准则的应用,对于那些弹性变形量超过一定数值后会影响机器工作质量的零件尤为重要。刚度计算应满足的条件为

$$y \leq [y] \quad (1-2)$$

$$\varphi \leq [\varphi]$$

式中 y, φ ——零件工作时的挠度和扭转角;

$[y], [\varphi]$ ——零件的许用挠度和许用扭转角。

(3) 耐磨性 相互接触的零件,当两接触面间有压力并有相对运动时,就可能出现磨损。零件磨损后会引起机器精度的丧失和机械零件强度的降低,导致机器的停工甚至报废,影响机器的使用寿命。机器零件在工作中抵抗磨损的能力称耐磨性。

机器零件的磨损,按其磨损机理可分成以下四种基本类型。

(i) 磨粒磨损 在粉尘环境中工作而润滑密封不良的机器(如采矿、土建机器),由于进入摩擦面间硬颗粒的作用,使零件表面材料剪切脱落,称为磨粒磨损。

(ii) 粘着磨损 两摩擦表面间受到很大压力以及很高的相对滑动速度,产生的瞬时高温导致两摩擦表面油膜破坏,使两金属表面直接接触,高温并使材料由一个表面粘附到另一表面上。严重时,大片较软的金属表面被另一表面撕脱,或两金属表面相互“咬死”,形成所谓的胶合损坏。

(iii) 接触疲劳磨损 受变动接触应力的两摩擦表面(如齿轮齿面、滚动轴承的滚动体和座圈滚道等),由于过大接触应力的反复作用,经过一段时间,先产生疲劳裂纹,进而扩展,形成小块金属的剥落。这种表面损坏形式又称为点蚀。

(iv) 腐蚀磨损 由于化学反应及电化学反应引起的材料转移,称为腐蚀磨损。氧化磨损(锈蚀)是一种最为常见的腐蚀磨损。

在机器中,磨损几乎是不可避免的。在机械设计中应控制其磨损率,避免过快磨损,使机器达到预定的工作寿命。在设计中通常采取限制压强(单位面积上的压力)或接触应力的方法来控制磨损率。并采取选择适当的摩擦副材料、改善润滑状况、进行表面耐磨处理、注意维护等措施来减轻磨损。

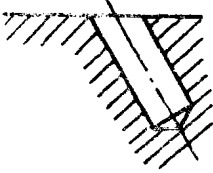
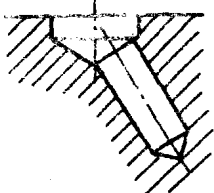
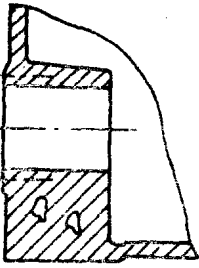
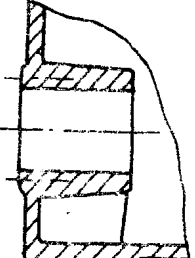
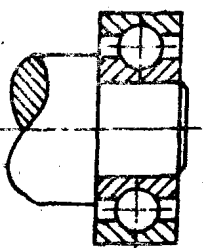
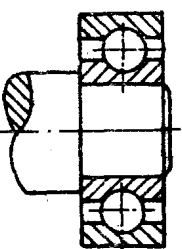
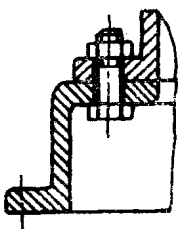
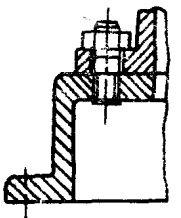
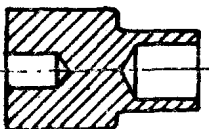
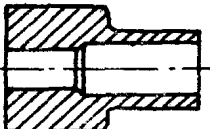
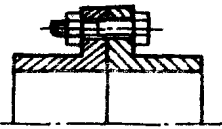
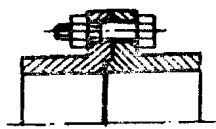
(4) 振动稳定性 当零件或部件的自振频率与周期性外力变化频率接近时,就会产生共振。例如机器中高速旋转的轴,由于轴上零件材质不均匀,制造及安装有误差等原因,使整个轴系的质心偏离轴心线,这时轴旋转时产生的离心力就是一种周期性变化的外力,外力变化频率

与转速一致。当轴的转速接近轴系的自振频率时,就会产生共振。共振时,零件可能在短时间内突然损坏,造成严重损失。设计机器零件时应避免在共振频率下工作,高速旋转的机械更应注意其振动稳定性。目前对机械振动的研究已十分广泛而深入,提供了各种科学的、成熟的理论计算方法。

2. 机械零件的结构工艺性

设计机械零件时,其主要尺寸或主要参数通常可以由承载能力计算确定(如齿轮的模数、齿宽、分度圆直径等),而大量的其它形状尺寸(如齿轮的轮缘、腹板、轮毂等)则需由结构设计来确定。所谓零件的良好结构工艺性,是指所设计的零件结构形状,除了满足零件功能上的要求外,还要有利于零件的强度、刚度、加工、安装、调试、维护等方面的要求,特别是具有在一定生产条件下的良好工艺性能。表 1-1 中列举了一些零件结构形状对加工工艺影响的简单实例。设计出合理的零件结构形状,改善零件的结构工艺性,可以提高产品的质量和生产率,是机械零件设计中不容忽视的一个重要方面,也是本门课程的内容之一。

表 1-1 结构工艺性实例

不合理结构	合理结构	不合理结构	合理结构
 在平面上钻斜孔,钻头易偏斜		 铸件厚薄变化大,易出现充填不满及缩孔	
 轴肩过高,拆卸困难	 轴肩高度应小于轴承内圈厚度,便于拆卸	 螺栓装拆困难	
 需要两次装卡	 一次装卡,易保证孔的同轴度	 无定位基准,难于满足同轴度	 有定位止口,同轴度易保证

3. 可靠性

按强度条件(式 1-1)设计机械零件时,零件的工作应力 σ 以及由材料机械性能表格中提供的极限应力 σ_s ,都是取其均值。实际上计算零件工作应力时的工作载荷及材料极限应力,由于影响因素众多,它们相对于均值大多具有一定的离散性,往往偏离其均值。因而,即便按均值计算时的安全系数大于 1,而在零件实际工作中,仍存在工作应力大于极限应力导致早期失效的可能。增大设计时的安全系数,可减小早期失效的可能性,但这将导致零件尺寸增大。设计机械零件时,将安全系数的选取与零件工作的可靠性要求联系起来,或根据设计数据的离散规律,定量确定零件可靠性的方法,称为可靠性设计。它是建立在概率和数理统计理论基础上的的一种分析计算方法。应用可靠性设计,并采取提高载荷及应力计算的精确度,严格控制材料的品质,尽量减小应力集中,消除有害内应力等措施,可以获得既满足可靠性,又具有零件尺寸较小、重量较轻、经济性好的效果。

可靠性一般可用“可靠度”度量。可靠度表示产品在规定的工作条件下和规定的工作时间内完成规定功能的概率。一般情况下,可靠度是时间 t 的函数,用 $R(t)$ 表示。如有一批相同的零件,总数为 N 个,在规定的时间内 t 内,已有 N_f 个零件失效,有 N_r 个零件仍在正常工作。则该零件至时间 t 时的可靠度为

$$R(t) = \frac{N_r(t)}{N} = 1 - \frac{N_f(t)}{N} \quad (1-3)$$

不可靠度称为失效概率,用 $F(t)$ 表示

$$F(t) = \frac{N_f(t)}{N} \quad (1-4)$$

可靠度与失效概率的关系为

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (1-5)$$

可靠性理论与方法至今已发展成为一门新兴学科,是将可靠性理论与机械设计方法结合起来的一种综合性工程技术,也就是通常所谓的机械可靠性设计,目前已有大量有关资料可供参考文献[14]、[15]。在后面齿轮强度计算和滚动轴承寿命计算中都应用了可靠性设计的概念。

4. 标准化

机械零件设计中的标准化工作十分重要,其内容广泛。包括:设计参数(如齿轮模数、螺纹螺距等)、主要尺寸及型号(如 V 带截面型号、滚动轴承等)、检验方法(如公差配合、齿轮精度等)、设计计算方法(如渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法等)、机械制图等方面的标准。在机械设计工作中应遵守已正式颁布的各类标准,尤其是国家标准(GB),在新设计中必须遵守。

标准化的优越性主要有:① 可以限制零件的尺寸、规格和型号,便于由专业工厂应用先进的技术及设备进行大批量生产,提高产品质量,降低生产成本。② 可以节省设计时间,提高设计效率。使工程技术人员的聪敏才智更多地用于创造性设计工作中,进一步提高设计质量。③ 标准化提高了零件的互换性,零件失效后可以迅速用标准件更换,为机器的维修带来方便。

常见的国内及国外标准代号见表 1-2。

5. 经济性

机械零件设计时,应力求降低零件的成本。可以通过以下途径提高其经济性。

(1) 在满足零件承载能力及结构工艺性的条件下,力求零件轻型化。也就是经过准确和科

学的设计计算,使零件具有合理的尺寸及形状。尽量减轻零件重量,降低材料消耗,以降低成本。

表 1-2 常见的标准代号

代号	名 称	代号	名 称
GB	中华人民共和国国家标准	ISO	国际标准化组织标准
JB	机械工业部标准	ГОСТ	原苏联国家标准
Q/ZB	机械工业部重型机械行业标准	ASME	美国机械工程协会标准
SJ	电子工业部标准	ANSI	美国国家标准
YB	冶金工业部标准	BS	英国国家标准
HG	化学工业部标准	DIN	德国工业标准
FJ	纺织工业部标准	JIS	日本工业标准
KY	中国科学院标准	NF	法国国家标准

(2) 合理地选择零件材料,优先选用价格便宜、供应充足的材料,以降低材料费用。充分利用热处理、预应力处理等各种先进工艺手段,发挥材料的潜力,使材料得到充分地应用。

(3) 使零件具有合理的结构工艺性,以降低加工、安装、维护的费用。

(4) 尽量采用标准化的零件。

1.1.3 机器设计的一般要求

机械产品设计时,应注意以下几方面基本要求。

1. 功能要求

使设计的机器能实现预定的功能,并在规定的工作条件下,规定的工作期限内能正常运行。主要依靠正确设计机器的原动机、传动机构、执行机构及必要的辅助装置来实现。

2. 使用和维护要求

要求设计的机器操作方便和省力;要设置必要的安全防护装置使运行时安全可靠;力求维护方便并降低维护费用;降低机器噪声,不污染环境等。

3. 可靠性要求

机器由许多零件及部件组成,它的可靠度取决于零部件的可靠度。机械系统的零部件越多,其可靠度也越低。为了保证机器具有一定的可靠度,当组成机器的零部件越多时,则对每个零部件的可靠度要求也越高。因而,在设计机器时应尽量减少零件数目。

4. 造型美观要求

运用工业艺术造型设计方法,对机械产品进行工业造型设计。使所设计的机器不仅使用功能好、尺寸小、价格低廉,而且外形美观,富有时代特点。机械产品的造型,直接影响到产品的销售和竞争力,是当前机械设计中一个不容忽视的环节。

5. 经济性

提高机械产品的经济性,也就是使设计的产品制造成本低,使用时生产率高、功能强、效率高。提高机器经济性指标的途径有:采用科学的、先进的设计理论与方法;尽量采用标准化的零部件;采用新结构、新工艺、新技术;合理选用材料;提高运动副效率;降低运输及包装费用等。目前已形成一种评定产品经济性的方法——价值分析。将价值分析方法引入工业产品设计中,并进一步规范化,称为价值工程。价值工程在机械产品设计中的应用,对提高产品的经济性

具有明显的效果。

§ 1.2 本门课程内容、性质与任务

机械设计是一门培养学生具有机械设计能力的技术基础课。通过对机器中典型通用零件设计计算理论与方法的介绍,使学生着重掌握机械设计的基本知识、基本理论、基本方法和基本技能。

► 本课程的主要内容有:

机械设计概论:机械设计的一般程序;机械及机械零件设计的基本要求;机械零件的常用材料;机械设计方法新发展的概况。

传动件设计:带传动、齿轮传动、链传动、蜗杆传动、传动装置设计等。

轴系件设计:轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器、离合器、轴系结构设计等。

联接件设计:螺纹联接、键联接、花键联接、焊接与粘接等。

其它零部件设计:弹簧、减速器等。

本门课程是继先修技术基础课程,如画法几何及机械制图、工程材料、金属工艺学、公差配合与技术测量、理论力学、材料力学、机械原理等课程之后的一门重要的技术基础课。它是将先修课程中许多理论与知识用于解决工程实际问题,向专业课程过渡的一个重要环节,课程的技术性较强。

► 学习本门课程时,希望注意以下几点要求:

(1) 通过对各类典型机械零件设计方法的介绍,掌握通用零件设计的一些基本理论与方法。不仅要求会设计这些零件,而且要求深刻理解为什么这样设计。对设计方法中的一些理论基础应有清晰的物理概念。

(2) 掌握对机械零件进行承载能力分析的方法,也就是从机械零件工作情况分析出发,分析其失效形式,从中得到避免失效的设计准则,然后应用基本理论推导出具体的设计计算公式。承载能力分析方法是本课程各章的“共性”问题。从这种分析方法中去掌握机械设计的规律,从中培养机械设计中分析问题和解决问题的能力。

(3) 通过一些实践性环节,掌握从机器整体出发进行机械设计的方法,以及机械设计中必要的基本技能。机械设计的基本技能包括:机械结构设计能力;运用设计手册、规范、标准的能力;用机械制图方法表达设计结果的能力;查阅技术资料及编制技术文件的能力等。

(4) 在学习过程中要注意累积有关机械设计的各种知识,包括各种零部件的类型、型号、标准、材料、特点、应用范围等。

机械设计是多学科的综合应用技术,有理论计算,也有经验设计,影响因素众多。因而,一项设计任务可以有多个设计方案,不存在唯一的解,需要通过评价与比较,才能获得较佳设计结果,这也是本课程中特点之一。机械设计的技术性很强,涉及知识面较广,需要通过大量实践,深入学习有关专业知识,才能全面地掌握这门科学技术。

§ 1.3 机械零件的常用材料

正确、合理地选择机械零件材料是保证产品具有最佳性能、工作寿命、使用可靠性和经济

性的基础。本节简要地介绍机械零件常用材料的一些基本知识。

1.3.1 灰铸铁(GB 9493-88)

灰铸铁含硅量较高(达 3.75%),含硫量稍低(小于 0.06%)。由于熔点低、流动性好、价格便宜,常用于铸造形状比较复杂的零件,如机架、箱体、带轮、飞轮、轴承座等。其牌号有:HT100、HT150、HT200、HT250、HT300、HT350。牌号中的数字表示最小抗拉强度 σ_b (MPa)。灰铸铁的抗压强度与抗拉强度之比约为 4:1。抗弯强度与抗拉强度之比值约为 2:1。在设计铸铁零件时应尽量使其承受压应力。

1.3.2 球墨铸铁(GB 1348-88)

由于铁中石墨呈球状,因而命名为球墨铸铁。它的强度比普通铸铁高一倍,接近普通碳素钢,并具有较高的延伸率、耐磨性及弹性模量。主要牌号有:QT400-15、QT450-10、QT500-7 等。牌号中数字,前项表示抗拉强度 σ_b (MPa),后项表示延伸率 δ (%)。常用于制造受冲击载荷的高强度铸件,如凸轮轴、曲轴、活塞环、阀门等零件。

1.3.3 铸钢(GB5676-85)

铸钢具有较高的强度,其强度接近碳素钢。主要用于承受重载的大型零件,如机座、变速箱壳、联轴器、水压机工作缸等。常用牌号有:ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500 等。牌号中的数字,前项表示屈服强度 σ_s (MPa),后项表示抗拉强度 σ_b (MPa)。铸钢熔点比铸铁高,铸造时流动性不及铸铁。低强度铸钢具有较好的焊接性能。

1.3.4 碳素结构钢(GB700-88)

碳素结构钢需经轧制或锻造,它是机器制造中广泛应用的材料,受载不大的零件均可选用。如螺栓、心轴、销子、小型冲压件等。碳素结构钢的淬透性较差,用碳素结构钢制造的机器零件,一般不进行热处理。常用牌号有:Q215、Q235、Q255、Q275 等。牌号中 Q 表示屈服点,数字表示屈服强度 σ_s (MPa)。按含碳量可以将碳素结构钢分为低碳钢(含 C $\leq$ 0.25%)、中碳钢(含 C = 0.25% ~ 0.6%)、高碳钢(含 C $>$ 0.6%)。一般含碳量越高则硬度越高,强度也越高,但塑性随之降低。低碳钢的焊接性较好。

1.3.5 优质碳素结构钢(GB699-88)

含磷、硫较低,化学成分比较稳定,可以进行热处理,但它的淬透性不够好,淬火变形较大,所以零件淬火后要回火。受力较大或比较重要的零件可选用优质碳素结构钢,如轴、曲轴、齿轮、蜗杆、连杆、活塞销等。常用牌号有:15、35、45、60 等。牌号中数字表示其平均含碳量的近似值,如牌号 45 表示平均含碳量约为 0.45%,属中碳钢。

含锰量较高(0.7% ~ 1.2%)的优质碳素结构钢,具有较好的机械性能和加工性能,常用牌号有 20Mn、30Mn 等。

1.3.6 合金结构钢(GB3077-82)

合金结构钢含碳量比碳素结构钢低一些,一般在 0.15% ~ 0.50% 范围内。除含碳外,还含有一种或几种合金元素,如硅、锰、钒、钛、镍、铬、钼等。各种合金元素对改善合金结构钢性能的效果是不一样的。各国的合金钢系统,随各自的资源状况、生产条件不同而不同。我国发展以硅、锰、钒、钛、铌、硼、稀土为主的合金钢系统。

合金结构钢易于淬硬,热处理不易变形和开裂,便于通过热处理来改善钢的性能。广泛应用于受力较大,热处理要求较高的重要场合,如汽车、船舶、汽轮机、重型机床中的传动零件及联接零件。合金钢牌号众多,如 42SiMn 的含碳量约为 0.42%,含硅及锰各约 1%;又如 40Cr 的