

机械设计基础

主 编 孔庆华
副主编 傅燕鸣 高小英
主 审 唐金松



同济大学出版社

21 世纪高等学校机电类重点系列教材

机械设计基础

主 编 孔庆华
副主编 傅燕鸣 高小英
主 审 唐金松

同济大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本设计方法。共 14 章,内容包括平面机构的运动简图及其自由度、平面连杆机构、凸轮机构及其他常用机构、螺旋联接和螺旋传动、带传动和链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系和减速器、轴及联轴器、轴承、弹簧、平衡和调速、机械系统设计综述。

鉴于高等工业学校非机械类专业面广、学时少的特点,本书编写时充分注意到内容的精选,并注重内容的科学性、系统性和实用性,叙述力求深入浅出,重点突出。各章的理论、实例、所需手册方面的资料及习题等安排得当,符合教学规律,便于教学和自学。

本书主要用作高等工业院校非机械类专业“机械设计基础”课程的教材,也可供高职、高技、成人继续教育等有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/孔庆华主编. —上海:同济大学出版社,
2004. 7

ISBN 7-5608-2820-5

I. 机… II. 孔… III. 机械设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010519 号

机械设计基础

孔庆华 主编

责任编辑 吴味隆 责任校对 郁 峰 封面设计 陈益平

出 版 行 同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 常熟华顺印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 18

字 数 460000

印 数 1--3100

版 次 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5608-2820-5/TH·56

定 价 28.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

前 言

随着科学技术的发展和制造过程的机械化、自动化水平的提高,在冶金、石油、化工、采矿、动力、土建、轻纺、交通运输和食品加工等行业工作的工程技术人员,都会不同程度地接触到各种类型的通用、专用机械装备的使用、维护、改进等问题,并必须应用一定的机械设计基础知识予以解决。“机械设计基础”是高等工业学校培养学生具有一定机械设计能力的一门技术基础课程。通过本课程的学习,可以获得认识、使用和维修机械装备的基本知识,并具有运用机械设计图册、标准、规范、手册及设计简单机械传动装置的能力,为深入学习有关专业机械装备的课程和提高分析解决机械工程技术问题的能力奠定必要的基础。

本书根据教育部关于《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》、机械工程学课程指导小组工作会议和全国专业调整会议关于教材改革的精神,结合机械工程学科新教学体系改革的需要,在合编院校教学改革成果和教学资源的基础上共同编写的。

作为面向 21 世纪机械学科新课程体系的一门技术基础课教材,在编写中力求使之具有如下特色:

(1) 针对机械工程学科新课程体系改革的需要和非机械类专业面广、学时少的特点,精选内容,突出机械设计的基本知识、基本理论和基本设计方法的基本教学内容,适度降低教材重心,不强调理论分析,淡化公式推导,较好地符合学生的认知规律;力求叙述深入浅出,加强提出问题、分析问题和解决问题的能力培养。

(2) 通过简要介绍课程的性质、任务、内容等背景和适当介绍本学科的新知识、新成果及新发展,以激发学生的求知欲和学习兴趣。

(3) 先介绍机械的总体设计,然后着重介绍组成机械的机构、零件及部件的设计,最后在“机械系统设计综述”一章,以实例介绍机械系统设计的方法和步骤,加强了整体机械系统的分析、设计,使学生能结合实际问题,综合运用本课程的知识,拟定机械传动方案和机构方案。此外,还有选择地介绍了现代设计方法,以扩大学生的设计视野。

(4) 全书内容覆盖面广、概念清楚,尽可能采用最新颁布的有关国家标准、规范和成熟的设计资料;可根据不同专业学时数的多少等实际需要对本书内容作适当的取舍,以适应非机械类各专业(少学时)课程体系的教学。

本课程涉及的知识面广,且综合性、实践性强。因此,学习时注重理论联系实际,注重提出、分析和解决问题的方法与能力,学会灵活运用所学知识,解决具体机构、一般机械及其零、部件的设计,并不断提高创新设计的能力。

参加本书编写工作的有:孔庆华、高小英(前言、第一、十四章),李兴华(第二、三、五、六章),傅燕鸣(第四、十、十二章),莫云辉(第七、八、九章),王师华(第十一、十三章)。全书由

同济大学孔庆华担任主编,高小英参与统稿工作;李爱红、俞清、祝振广、王万元等担任全书插图的制作;叶纶纶、徐维璐、黄莹等担任文字输入等工作。

本书在编写过程中,自始至终得到了担任本书主审的上海大学唐金松教授的指教。他的许多具体的宝贵意见,对确保本书的质量发挥了重要作用,谨此深表谢意。

本书吸取并参考了众多专家、学者的教材、论文、设计手册等研究成果,谨致谢意。

书中不妥或错误之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2003年5月于同济大学

主要符号表

A	面积, 振幅	V	体积
a	中心距, 距离, 系数, 加速度	v	速度
B	宽度, 高径比	W	截面系数, 功, 重力
b	宽度, 高径比	f	系数, 频率
C	常数, 系数, 旋绕比, 载荷	x	坐标, 系数
c	刚度, 系数, 间隙, 顶隙	y	坐标, 挠度, 距离, 系数
D	直径, 孔径	z	坐标, 距离, 齿数, 数
d	直径, 轴径	α	角, 表面传热系数
E	弹性模量, 能	$\beta, \lambda, \theta, \phi$	角, 升角
e	偏心距	δ	厚度, 间隙, 过盈量, 系数, 角
F	力, 载荷, 自由度	ϵ	偏心率, 指数, 磨损量(率), 滑动率
G	重力, 剪切弹性模量	η	效率, 动力粘度
g	克, 重力加速度	λ	变形量
H	高度	μ	摩擦系数, 泊松比
h	间隙, 高度, 行程, 寿命	κ	系数
J	转动惯量	ρ	曲率半径, 密度
i	传动比, 数	ψ	系数, 轮宽系数, 升角, 相对间隙
L	寿命, 长度	ω	角速度
l	长度, 距离, 位移	σ	正应力, 拉应力, 工作应力
M	弯矩, 力矩	σ_c	压应力
m	质量, 模数, 指数	σ_b	弯曲应力, 抗拉强度
N	循环次数	σ_p	挤压应力
n	数, 转数	σ_H	接触应力
O	中心, 圆心	$\tau(\tau_T)$	切应力, 扭转剪应力
P	功率, 螺距	σ_B, τ_B	强度极限
p	螺距, 节距, 压强, 压力, 周节	σ_s, τ_s	屈服极限
Q	热量, 力, 载荷	σ_r	疲劳极限
q	流量, 摩擦量, 单位长度质量	σ_{Bb}	弯曲强度极限
R	半径, 可靠度, 粗糙度	σ_{sc}	压缩屈服极限
r	半径, 距离	σ_{lim}	极限应力
S	安全系数	σ_a, τ_a	应力幅
s	厚度, 位移	σ_{-1}, τ_{-1}	对称循环疲劳极限
T	温度, 转矩, 力矩	σ_m, τ_m	平均应力
t	时间, 摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)	σ_o, τ_o	脉动循环疲劳极限

目 录

前言

1 绪论	(1)
1.1 本课程研究的对象及内容	(1)
1.2 机械设计的基本要求和一般步骤	(3)
1.3 机械零件设计的基本要求和一般过程	(7)
1.4 机械零件的常用材料及选择	(7)
1.5 机械零件的工作能力和计算准则	(14)
习题	(17)
2 平面机构的运动简图及其自由度	(18)
2.1 运动副及其分类	(18)
2.2 平面机构运动简图的绘制	(19)
2.3 平面机构的自由度	(21)
习题	(26)
3 平面连杆机构	(28)
3.1 铰链四杆机构及其演化	(29)
3.2 平面四杆机构的基本运动特性	(37)
3.3 平面四杆机构的运动设计	(40)
习题	(46)
4 凸轮机构及其他常用机构	(47)
4.1 凸轮机构的应用和分类	(47)
4.2 从动件常用的运动规律	(49)
4.3 凸轮轮廓的设计	(55)
4.4 凸轮机构设计中应注意的问题	(60)
4.5 其他常用机构	(62)
习题	(68)

5 螺纹联接和螺旋传动	(70)
5.1 螺纹的形成、主要参数和常用类型	(70)
5.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(72)
5.3 螺纹联接的类型和标准联接件	(74)
5.4 螺纹联接的计算	(76)
5.5 设计螺纹联接时应注意的问题	(83)
5.6 螺旋传动	(86)
习题	(88)
6 带传动和链传动	(90)
6.1 带传动的类型、结构和特点	(90)
6.2 带传动的工作情况分析	(93)
6.3 普通 V 带传动的设计计算	(97)
6.4 V 带轮设计和张紧装置	(103)
6.5 链传动的类型、结构和特点	(106)
6.6 链传动的工作情况分析	(110)
6.7 滚子链传动的设计计算	(112)
6.8 链传动的布置和张紧	(117)
习题	(119)
7 齿轮传动	(120)
7.1 齿轮传动的特点和类型	(120)
7.2 齿廓啮合的基本定律	(121)
7.3 渐开线齿廓及其啮合特性	(121)
7.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的名称和尺寸	(123)
7.5 渐开线齿轮的正确啮合和连续传动的条件	(125)
7.6 齿轮的加工方法、根切现象及最少齿数	(127)
7.7 齿轮材料和热处理及精度	(129)
7.8 齿轮的失效及设计准则	(131)
7.9 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(132)
7.10 斜齿圆柱齿轮传动	(138)
7.11 直齿圆锥齿轮传动	(143)
7.12 齿轮的结构	(146)
习题	(147)
8 蜗杆传动	(149)
8.1 蜗杆传动的特点和类型	(149)
8.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(150)

8.3	蜗杆传动的滑动速度和效率	(153)
8.4	蜗杆传动的材料和结构	(154)
8.5	普通圆柱蜗杆传动的强度计算	(155)
8.6	蜗杆传动的润滑和热平衡计算	(158)
	习题	(161)
9	轮系和减速器	(163)
9.1	轮系及其分类	(163)
9.2	定轴轮系的传动比计算	(163)
9.3	周转轮系的传动比计算	(166)
9.4	混合轮系的传动比计算	(167)
9.5	轮系的应用	(169)
9.6	减速器	(172)
	习题	(173)
10	轴及联轴器	(176)
10.1	轴的功用和分类	(176)
10.2	轴的材料	(177)
10.3	轴的结构设计	(178)
10.4	轴的强度计算	(180)
10.5	轴毂联接	(185)
10.6	联轴器和离合器	(188)
	习题	(198)
11	轴承	(200)
11.1	轴承的分类	(200)
11.2	滑动轴承的主要类型、结构和材料	(200)
11.3	非液体摩擦滑动轴承的设计计算	(207)
11.4	液体摩擦滑动轴承简介	(209)
11.5	滚动轴承的主要类型、特点和代号	(211)
11.6	滚动轴承的失效形式及选择计算	(216)
11.7	滚动轴承的组合设计	(222)
11.8	滚动轴承的润滑及密封装置	(225)
	习题	(231)
12	弹簧	(232)
12.1	弹簧的功用与类型	(232)
12.2	弹簧的制造、材料及许用应力	(234)

12.3	圆柱螺旋弹簧的设计	(236)
	习题	(242)
13	机械的平衡和调速	(243)
13.1	转动构件的平衡	(243)
13.2	机械速度波动的调节	(247)
	习题	(250)
14	机械系统设计综述	(253)
14.1	机器工作部分的运动要求和阻力的确定	(254)
14.2	原动机的选择	(257)
14.3	传动系统方案的拟定	(259)
14.4	机械传动方案设计示例	(264)
14.5	机械现代设计方法简介	(267)
	参考文献	(275)

1 绪 论

1.1 本课程研究的对象及内容

1.1.1 机器及其组成部分

在日常生活中,人们已不同程度地了解和应用汽车、助动车、钟表、洗衣机、冰箱、空调机以及吸尘器、缝纫机等简单的家用机器,但对于机器及其组成,怎样设计机器,如何使用维护机器,以及提高机器的性能却知之甚少。鉴于此,作为今后将在各工业部门工作的工程技术人员,必须进一步了解和掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法。本节仅讨论机器及其组成,首先分析两台机器实例。

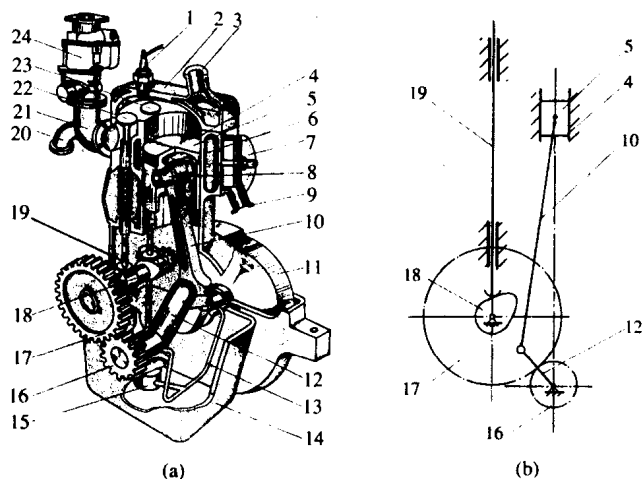


图 1-1 单缸汽油机结构简图

图 1-1 为单缸汽油机的结构简图,由汽缸 4、活塞 5、连杆 10、飞轮 11、曲轴 12、凸轮 18、进气阀 21、排气阀 22 等零件和火花塞 1、机油泵 15、化油器 24 等零部件组成。由机架、曲轴 12、连杆 10、活塞 5 组成了曲柄滑块机构,其作用是将活塞 5 的往复运动转变为曲轴的回转运动。由机架、凸轮 18 和推杆 19 构成了凸轮机构,其作用是将凸轮的连续转动转变为推杆的往复(上下)运动。由机架、齿轮 16、17 构成的齿轮机构,可以改变转速和方向。

图 1-2 为颚式破碎机的结构简图,其主体结构由机架 1、偏心轴 2、动颚 3、肘板 4 等构件以及转动副联结组合而成。偏心轴 2 是原动件,动颚 3 和肘板 4 是从动件,当偏心轴 2 在带轮 7 的带动下绕 A 轴转动时,驱动输出

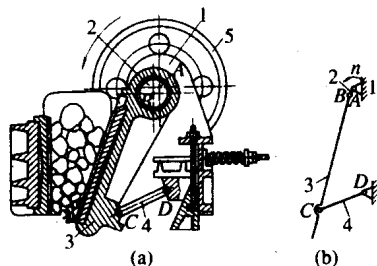


图 1-2 颚式破碎机简图

构件动颚 3 作平面复杂运动,从而使矿石破碎。

由上述实例可知,一部完整的机器主要包括四个基本组成部分:

(1) 原动机

它是机器的动力来源,是将其他形式的能量转变为机械能,以供驱动机器运动和做功,如内燃机、电动机等。

(2) 执行部分

它是直接完成机器预定功能的部分,也称工作部分,如仪表的指针、机床的刀架、机器人的手臂等。

(3) 传动部分

它是将原动机的运动和动力传给工作部分的中间环节,可以在传递运动中改变运动速度、转换运动形式等,以满足执行部分的各种要求。

(4) 控制部分

它是控制机器的其他基本部分,其作用是实现或终止各自预定的功能,如用机械或电子的方法控制机器的开、停、运动速度和换向等。又称操纵部分。

由此不难知道机器具有以下共同特征:

(1) 机器是人为的一种组合实体;

(2) 各实体之间具有确定的相对运动;

(3) 机器工作时,可转换机械能或做有效的机械功。

由此可见,仅具有前两个特征的称机构,即具有确定相对运动的构件的组合,在机器中起着改变运动形式、运动方向和改变速度大小的作用。如上述的连杆机构、凸轮机构、曲柄滑块机构等机械中普遍使用的机构叫常用机构。从运动观点出发,机构与机器并无区别,故通常将机构和机器统称为机械。组成机械的相对运动单元,称为构件。构件可以是单一的零件,也可以是零件组成的刚性结构。构件是运动的单元,而零件则是制造的单元。

机械零件是机械的基本组成要素。概括地说,机械零件有两类:一类是机械中普遍使用的零件,叫做通用零件,如螺钉、齿轮、轴承、弹簧等;另一类是在某一类型机械中使用的零件,叫专用零件,如活塞、飞轮、螺旋桨等。此外,将一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的合体叫做部件,如化油器、油泵、减速器、离合器等。

1.1.2 本课程的内容、性质和任务

(1) 本课程的内容

凡是应用某种原理或新概念,或采用新技术、新工艺、新材料,研制开发新的机械产品;或在原机器的基础上,创新设计或作局部改进;或提高机器工作能力,增加或减少机器功能;或提高机器工作效率,降低机器能耗,合并或简化机器结构;或改进机械零件,采用新材料等等,都属于机械设计。本课程的主要内容是机械中常用机构和通用机械零件设计的基本知识、基本理论和基本方法,同时适当地介绍与本课程研究内容相关的标准、规范、手册、图表等技术资料的运用及标准机械零件的选用。

研究的具体内容主要有:

1) 各种常用机构和机械传动的结构、工作特点、运动和动力特性及其设计计算方法;

2) 从强度、刚度、寿命、结构工艺性和材料选择等方面,研究通用机械零件及部件的设计计算方法;

3) 机械设计的基本要求和一般步骤;机械零件设计的基本要求和一般过程;机械零件的工作能力和计算准则。

(2) 本课程的性质和任务

“机械设计基础”是联系基础理论课、其他技术基础课和专业课之间的纽带,是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。

本课程的任务:

1) 逐步培养学生形成以人为本、以质量为本的设计思想;

2) 掌握常用机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识,并初步具有分析、设计基本机构和确定机械运动方案的能力;

3) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、维护、选用原则和设计计算的基本知识,并初步具有设计机械传动装置和简单机械的能力;

4) 初步具有正确使用、维护一般机械和分析、处理常见机械故障的能力。

机械设计涉及机械制图、工程力学、工程材料、数学、机械制造基础、极限配合与测量技术以及人机工程学等多学科、交叉学科的知识,侧重于实际应用。为了适应机械发展的需要,不断提高设计质量,在学习过程中应注重综合运用各门先修及并行课程的知识,理论密切联系实际,提高分析与解决机械设计具体问题的能力。

1.2 机械设计的基本要求和一般步骤

1.2.1 机械设计的基本要求

机械设计是指以机械图纸或其他方法表达机械产品的形状、尺寸、性能参数,并满足功能、制造、使用、维修、销售、售后服务等要求的一种实践活动,是一门应用科学技术。

随着科学技术的进步,人们不断地应用新材料、新工艺、新技术等最新科技成果,改进现有产品和设计新产品以满足市场需求,推动科技和社会进步。所以,机械产品的种类繁多。尽管,不同类型的机械产品,其工作条件、用途、功能、结构形式、零件材料的选用,各不相同,但在设计时(除特殊性能外),所应遵循的基本规则和满足基本要求,则往往是相同的。主要有以下几方面:

(1) 运动和动力性能的要求

根据预定的功能要求,确定机械的工作原理,并据此选择或设计机构和机械传动方式。同时,对机构进行动力分析,确定作用在机构各零部件上的功率、扭矩及作用力,以满足机械正常的工作要求。

(2) 工作安全可靠的要求

安全可靠是指机械在预定的工作期限内使用时不破坏,不因零部件的摩擦磨损、有害振动、疲劳、热变形等原因,使机械失效,或影响机械的工作质量等。为此,确保机械在预定的工作期限内正常工作,在零件设计时应满足下列要求:

1) 强度

强度是机械设计时保证零件工作能力的最基本的要求,是指零件承受载荷后不发生断裂或超过容许限度的残余变形的能力。设计时,主要通过合理选择零件材料来保证零件在安全载荷下工作。

2) 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。实践证明,刚度不够的零件,其弯曲

挠度或扭转角超过允许限度后,都会影响机械的正常工作。因此,设计时要保证一定的刚度要求。

3) 寿命

寿命是指零件能够正常工作的时间。影响零件寿命的因素主要有:在载荷作用下机械中具有相对运动的两零件之间的磨损;在变应力状况下工作的零件的疲劳强度;在高温下工作零件的抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。

4) 减振

机械速度提高以后,往往容易增大载荷的作用频率和冲击,甚至发生共振,使零件过早地破坏或无法工作,或发生安全事故。故减振问题不容忽视。为了防止意外事故,有些机械应采取安全措施。

(3) 经济性要求

在市场经济,特别是我国加入 WTO 以后的环境下,经济性要求应贯穿于整个机械设计过程。经济性要求是指设计要最大限度地降低成本、消耗和维护保养费。通常主要从以下几方面着手:

1) 工艺性

在一定的生产规模和生产条件下,零件的结构设计合理,既便于制造,又易于装配,也便于维修保养,且加工工时短、费用低。

2) 材料选择

在满足零件使用要求的前提下,要求材料价格低,与制造工艺相适应。

3) 标准化、系列化、通用化

标准化、系列化、通用化是长期生产实践和科学研究的技术总结,是我国现行的一项重要技术政策。设计中贯彻执行这一技术政策,可减少设计工作量,可保证产品质量、降低制造成本;可增加零件的互换性,便于装配、维修;可简化生产管理,最终获得较好的技术经济效益。

(4) 其他要求

对有特殊要求的机械,设计时应给予充分考虑。例如,矿山、冶金等重型机械要求便于安装、拆卸及运输;精密仪器、仪表要求防水、防振,能在使用期限内保持规定的精度;汽车、轮船等交通工具要求其发动机在最小重量、体积条件下发出最大的功率;医疗机械要求美观、使用方便;食品、医药、印刷机械要求卫生无污染;有些机械或要求满足环保,或要求控制噪声、振动,或满足人机工程学等等

总之,机械设计的基本要求可以归纳为重量轻、体积小、质量好、功能强、效率高、成本低、使用维修方便和工作安全可靠。

1.2.2 机械设计的一般步骤

(1) 机械设计方法

最基本也是最常用的机械设计的方法主要有三种。

1) 理论设计

根据现有的科学理论和实践经验进行设计。按照设计顺序,理论设计的计算过程可分为:

① 设计计算

例如根据运动要求、载荷情况、材料性能等,由理论公式设计计算零件的形状、尺寸。

② 校核计算

先根据诸如经验、或选用标准零件等,初步确定零件的形状尺寸,再用理论公式进行校核计算。这种方法,如果对运动和受力分析精确可靠,使用合理的公式,就可以获得较为可靠的结果,对发挥产品的潜力较为清楚。但是,有时计算复杂,花费大量时间。当有些零件的应力状态(如机床床身、变速箱等)较难用理论公式计算时,往往采用经验数据来确定其结构和尺寸。随着科技的发展,理论设计的方法在不断地变化和发展,机械现代设计方法不断成熟,本书将在第14章机械系统设计综述中比较详细地逐一介绍。

2) 经验设计

根据现有机械或零件的使用总结出来的经验公式和经验数据,或采用类比的方法进行设计均称为经验设计。这种方法,比较简便、可靠,避免了繁琐的计算过程,非常实用、有效。

3) 实验设计

对于一些结构复杂、庞大、重要,且难以进行理论设计的机械或零部件,可采用实验设计。如水电站、核电站、大型桥梁、大型汽轮机的转子、飞机的机身等,都可先做模型,然后通过实验,测试获得必须的载荷、应力分布、运动情况、抗风等数据,来弥补理论分析及经验设计的不足,最后根据实验、测试结果,修改初步设计的模型。

(2) 机械设计的一般步骤

机械的类型、用途、性能、结构往往各不相同,但其设计的主要内容和过程却大体相同。一般步骤是:

1) 提出设计任务,拟定设计计划

根据市场,提出设计任务。一般,应编制较详细的设计任务书,明确用途、主要性能参数范围、工作环境条件、特殊要求、生产批量、制造单位、总成本预算和设计期限等。然后,组织设计人员,经过查阅技术资料,分析与此有关的产品,全面深入地调查研究,明确设计任务的政治、社会意义、经济价值、技术要求、技术重点难点、关键技术、攻关方向、完成设计任务的主要途径、已有的条件和必要的技术实验等。最后,在此基础上,确定机械的工作原理,并拟定切实可行的总体设计计划。

2) 本体设计

根据上述过程获得所需资料和原始数据后,便可着手进行机械的本体设计,其主要内容包括:

① 工作原理的选择

为了实现机械预期的功能,应该根据具体情况,经过分析比较,从多种可采用的工作原理中选择最佳方案。例如,金属棒料的割断可用车床切断,也可用锯床锯断,还可在线切割机床切割、激光加工割断、氧气切割等;又如道路路面的辗压实,可采用蒸汽式两轮压路机,也可用内燃机三轮压路机,还可以使用两轮串联振动压路机、全液压驱动10t铰接式压路机、机械驱动液压振动式压路机等等。可见,实现同样预期的功能,可以有各种不同的工作原理,据此设计出来的机械自然也不尽相同。

② 机械的运动设计

根据工作原理的具体要求,来确定机械执行部分所需要的运动及动力条件,并结合预先选定的原动机的类型、性能参数,进行机械的运动设计。例如,选择与设计机械的机构组合(传动部分),将原动机的运动转为执行部分预期的机械动作,且考虑在某些性能参数范围内

进行调整的必要性、可能性及可靠性。这些内容将安排在第 14 章里讨论。

③ 机械的动力设计

传动和执行部分初定后,可根据机械的运转特性、执行部分的工作速度、工作阻力和传动部分的总效率等,计算机械所需的驱动功率,并结合机械的具体工作情况,选定原动机(根据传动系统的需要选择确定)进行驱动。此部分内容将在第 14 章里介绍。

④ 机械零件部件的设计

通常,选定原动机以后,便可根据功率、运转特性及各零部件的具体工作情况,计算出任一零部件的载荷。进而,从整个机械总体出发,考虑各零部件所需的强度、刚度、寿命等工作能力,及体积和重量技术经济性等,选择或设计各个零部件。这些内容,将安排在具体的零部件章节里讨论。

如果上述设计内容反映在图纸设计上,则可归纳为三个阶段:

① 总体设计阶段

总体设计要求根据工作原理,从简单、实用、经济、美观等原则出发,设计出能实现预期功能的机械装置。为了拟定机械的总体布置,对各种传动方案作分析比较和对具体机构进行选择或设计,就要求用机构运动简图(见图 1-1 和图 1-2)将机械各部分之间的运动和动力关系、各机构和主要零件在机械中的大致位置表示出来。因此,总体设计是图纸设计的第一阶段,即从工作原理到运动简图。

② 结构设计阶段

结构设计要求考虑和决定机械各部件的相对位置及联接方法、主要零件的具体形状、尺寸、材料、制造、安装、配合、运动关系等,同时进行类比、选择和必须的设计或试验等一系列工作后,将运动简图转变成具体的装配图或结构图,初步确定了机械的总体尺寸,各零、部件相对位置、配合等关系。这就是图纸设计的第二阶段,即从运动简图到装配图。

③ 零件设计阶段

零件设计要求从机械总体出发,综合考虑各零件的强度、刚度、寿命等工作能力和工艺性、体积、重量、经济性等,具体确定零件的材料、尺寸、结构要素、制造难度等,并提出合理的技术要求(外观,材料热处理等)后,由装配图绘制出各个零件图、工作图。零件图反映了零件的全部尺寸、结构要素、加工要求等,是零件制造的依据。一般,将从装配图到零件图的图纸设计的第三阶段,称零件设计阶段。

在上述三个设计阶段中,除了机构运动简图、总装图(含部装图)、零件图外,还要有工作循环图,顺序调节图,电气、液压、气动、润滑、冷却系统图,以及设计计算说明书(主要设计计算方法、步骤、资料来源、有关文字说明等)和组合件、标准件、外购件、通用件、易损件及图纸编号等各种明细表与使用说明书。

当然,上述设计阶段与内容都是相互关联,相互影响,相互交叉反复进行的。因为,任何机械的设计、制造及改进,都存在各种矛盾(强度、刚度大与重量轻、体积小的矛盾;精度与制造成本的矛盾等),需要通过分析、比较、计算,综合考虑,合理地处理矛盾,以确保良好的设计质量。

3) 调试、检测与改进提高

完成全套设计图纸和全部设计技术文件后,设计告一段落。接着,通过制造、装配、调试和检测,以及时发现问题,采取改进措施,并通过实践检验是否达到设计目标。

1.3 机械零件设计的基本要求和一般过程

1.3.1 机械零件设计的基本要求

机械零件的设计,一要工作可靠,二要成本低廉。前者是指为了保证零件在机器中的功能,零件必须具有一定的工作能力,如强度、刚度、耐磨性、稳定性或寿命等;后者是指从设计和制造着手满足经济性要求,如优化设计零件结构及其加工工艺、装配工艺,合理选择零件的材料,尽量选择标准零件等。

1.3.2 机械零件设计的一般过程

机械零件种类很多,不同的机械零件,其具体设计步骤大不一样。但是,机械零件的一般过程可归纳为:

(1) 选择零件的结构类型

不同结构型式和类型的零件在机械中可以实现同样的功能。因此,必须根据零件具体的使用要求,优选零件的结构类型。

(2) 确定零件的载荷

根据机器的工作要求,通过受力分析确定作用在零件上的载荷。

(3) 选择零件的材料

根据零件工作条件(含特殊要求)和受力情况及制造条件,合理选择材料及热处理。

(4) 确定计算原则

根据零件的结构、类型和承受的载荷,进行失效分析,从而确定零件的设计计算准则。

(5) 理论设计计算

根据设计计算准则,得到的计算公式,进行设计计算,确定零件的主要几何尺寸和参数,并结合零件的结构特点,参照有关标准、规范,加以标准化或圆整。

(6) 结构设计

根据零件的功能、强度、制造和装配工艺、经济性等要求,进行零件结构设计,确定全部结构尺寸。

(7) 校核计算

零件设计完成后,对重要的零件必须进行详细的校核计算,以确保零件结构的合理性。

(8) 绘制零件工作图

以上设计过程最终要落实在零件工作图上,要求按照国家制图标准,正确、完整、清晰地表达零件的图形、尺寸和技术条件等。

(9) 编写设计计算说明书

作为技术文件之一的设计计算说明书,必须根据上述设计内容整理编写而成。要求设计计算说明书内容正确、语言简明、条理清晰、符号规范、数字准确可信。重要的引用数据须注明出处,重要的计算结果要有简短的结论,应有必要的结构简图和计算草图,格式统一规范。

1.4 机械零件的常用材料及选择

1.4.1 机械零件的常用材料

机械零件常用的材料有黑色金属、有色金属、非金属材料。

(1) 黑色金属