

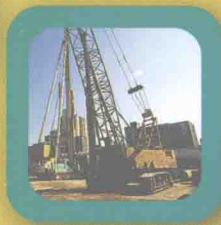


“十二五” 高职高专精品规划教材

机械设计基础

主编 周玉丰 李刚

JIXIE SHEJI JICHU



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

机械设计基础

主编 周玉丰 李刚

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系根据高等职业教育的教学基本要求及目前教学改革发展的需要而编写的教材,本着以“必须、够用”为度的原则,结合高等职业教育的特点,特别注意了理论知识与工程实际的结合。本书是高等职业教育机械类专业的技术基础课教材。内容包括机器的组成、机械设计的基本要求及程序、常用平面机构、常用机械传动、常用机械零部件的工作原理、结构、特点、应用、选择、设计、使用、维护等方面的主要内容,每章都配有习题,书后还附有习题参考答案。

本书具有实用、简明、综合性强的特点,不仅可供高等职业教育机械类专业使用,也可用于社会职业教育培训,还可供各类学校相关专业师生和有关工程技术人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 周玉丰,李刚主编. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2012.8

ISBN 978-7-5124-0859-3

I. ①机… II. ①周…②李… III. ①机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 140742 号

版权所有,侵权必究。

机械设计基础

主编 周玉丰 李 刚

责任编辑 窦京涛 王国兴 徐晓晨

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:18 字数:461 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0859-3 定价:33.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

《机械设计基础》编委会

主 编 周玉丰 李 刚

副主编 刘战涛 曾文忠 张慧云

欧 江 陈春颖 李旭东

参 编 刘保民 邓 陶

前 言

机械设计基础课是机电类专业的主要专业基础课。为了适应国家社会主义现代化对高职人才的要求,许多高职院校都在进行针对高职人才培养模式的相关课程改革,本教材也是在对机械设计基础课程改革的背景下编写的。

在内容的选材上,从高职教育及机械类专业的特点出发,以能力目标为主线,突出理论为应用服务,构建课程内容的总框架。

全书分为 14 章,常用平面机构部分主要介绍平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构的类型、结构及应用,常用机械传动部分主要介绍齿轮传动、蜗杆传动、带传动、链传动和机械传动系统的特点、应用及其设计计算,常用机械零部件部分主要介绍螺纹联接、轴、轴承、键、联轴器等类型及其选用。作为教材,书中适当增加各章的例题数量以便于学生自学,同时每章后附有习题并给出习题参考答案。参考学时数 60~80 时。

本书由四川信息职业技术学院的周玉丰、长沙航空职业技术学院李刚担任主编,石家庄科技信息职业学院刘战涛、重庆三峡职业学院曾文忠、四川信息职业技术学院张慧云、达州职业技术学院欧江、邯郸职业技术学院陈春颖、江西农业工程职业学院李旭东担任副主编,参与编写的还有刘保民、邓陶。编者所在单位领导和同事为本书的编写给予了大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本书可作为机电类、近机类等专业的教材用书。

由于编者水平有限,难免有疏漏及不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 5 月

目 录

绪 论	1
0.1 机器的组成及其特征	1
0.2 本课程的性质、研究对象、任务和学习方法	5
0.3 机械零件的失效形式及设计准则	5
0.4 机械设计的基本要求及程序	6
0.5 习 题	8
第 1 章 平面机构及其运动简图	10
1.1 平面运动副	10
1.2 平面机构的运动简图	12
1.3 平面机构的自由度	15
1.4 习 题	18
第 2 章 平面连杆机构	21
2.1 铰链四杆机构	21
2.2 铰链四杆机构的其他形式	24
2.3 平面四杆机构的工作特性	27
2.4 平面四杆机构运动设计简介	30
2.5 习 题	35
第 3 章 凸轮机构	37
3.1 概 述	37
3.2 从动件的常用运动规律	39
3.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	42
3.4 凸轮机构基本尺寸的确定	45
3.5 习 题	47
第 4 章 间歇运动机构	50
4.1 棘轮机构	50
4.2 槽轮机构	54
4.3 不完全齿轮机构	56
4.4 习 题	57
第 5 章 带 传 动	58
5.1 带传动的类型和特点	58
5.2 V 带和带轮	60
5.3 V 带传动工作能力分析	64
5.4 普通 V 带传动设计计算	66

5.5	同步带传动	75
5.6	带传动的安装、张紧和维护	83
5.7	习 题	86
第 6 章	链传动	87
6.1	链传动的特点和类型	87
6.2	滚子链和链轮	88
6.3	链传动的传动比及运动的不均匀性	92
6.4	链传动的设计计算	93
6.5	链传动的布置、张紧和润滑	97
6.6	习 题	100
第 7 章	齿轮传动	101
7.1	齿轮传动的特点、类型及齿廓啮合基本规律	101
7.2	渐开线齿廓	104
7.3	渐开线标准齿轮各部分名称、参数和几何尺寸	106
7.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	108
7.5	渐开线齿轮的加工方法和根切现象	110
7.6	渐开线变位直齿圆柱齿轮传动	112
7.7	平行轴斜齿圆柱齿轮传动	114
7.8	直齿圆锥齿轮传动	118
7.9	齿轮传动的失效形式和设计准则	121
7.10	齿轮常用材料及热处理	122
7.11	齿轮传动精度简介	124
7.12	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	125
7.13	标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	132
7.14	标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	135
7.15	齿轮的结构设计	136
7.16	齿轮传动的润滑	138
7.17	习 题	139
第 8 章	蜗杆传动	142
8.1	蜗杆传动的类型和特点	142
8.2	蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	144
8.3	蜗杆传动的失效形式、设计准则、材料和结构	147
8.4	蜗杆传动的强度计算	150
8.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	152
8.6	习 题	156
第 9 章	机械传动系统及其传动比	159
9.1	概 述	159
9.2	定轴轮系的传动比计算	160

9.3	行星轮系的传动比计算	161
9.4	组合轮系	164
9.5	典型机械传动系统及其传动比计算	165
9.6	习 题	171
第 10 章	螺纹联接与螺旋传动	174
10.1	螺 纹	174
10.2	螺纹联接的主要类型和使用	178
10.3	螺栓联接的强度计算	179
10.4	螺旋传动	183
10.5	习 题	190
第 11 章	轴系零部件	193
11.1	滑动轴承	193
11.2	滚动轴承	197
11.3	键联接和销联接	207
11.4	轴	211
11.5	轴承的组合设计	222
11.6	习 题	226
第 12 章	其他常用零部件	230
12.1	联轴器	230
12.2	离合器	234
12.3	弹 簧	236
12.4	习 题	239
第 13 章	刚性回转件的平衡	241
13.1	平衡的目的和分类	241
13.2	刚性转子的平衡计算	241
13.3	回转件平衡实验法	244
13.4	习 题	247
第 14 章	创新思维和创新设计方法简介	249
14.1	创新思维简介	249
14.2	创新设计方法简介	252
附录 I		260
附录 II		263
习题参考答案		268
参考文献		276

绪 论

本章要点

- 掌握机器、机构及其组成,特别是机器及机构的特征。
- 了解本课程的性质、研究对象、任务和学习方法。
- 了解机械零件的设计准则及机械设计基本要求和程序。

0.1 机器的组成及其特征

0.1.1 机器、机构及其结构组成

在生产实践和日常生活中,广泛使用和接触着各种机器,例如:自行车、摩托车、汽车、轮船、洗衣机、电梯等。机器主要用来传递和转换能量,如图 0-1 所示的单缸内燃机,通过燃气在气缸内的进气——压缩——做功——排气过程,使燃烧产生的热能转变为曲柄转动的机械能。

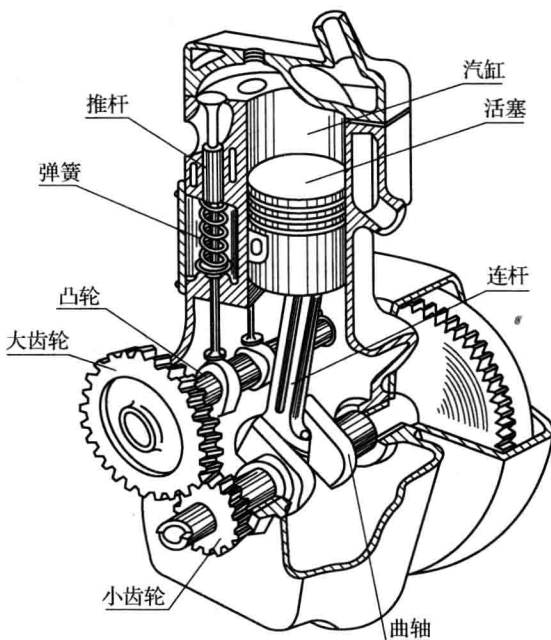


图 0-1 单缸内燃机

机器的种类繁多、外形多样、用途各异,但总的来说,机器具有以下三个共同的特征:

- (1)都是人为的各种实物的组合；
- (2)组成机器的各种实物间具有确定的相对运动；
- (3)可代替或减轻人的劳动,完成有用的机械功或转换机械能。

为了方便研究,下面以图 0-2 牛头刨床为例,分析机器的结构组成。

电动机的动力通过带传动和一系列齿轮传动传给大齿轮。大齿轮的转动通过销钉带着滑块在导杆槽中上下滑行,迫使导杆绕摇块摆动,从而推动滑枕前后移动,固装在刀架上的刀具随之往复直线运动,实现对工件的加工。在这里,整台机器的机械能量由电动机提供,电动机是机器的动力来源。刀架带着刨刀对工件进行切削,直接完成生产任务。电动机的动力和运动要经过一系列的中间装置才传到刀架。

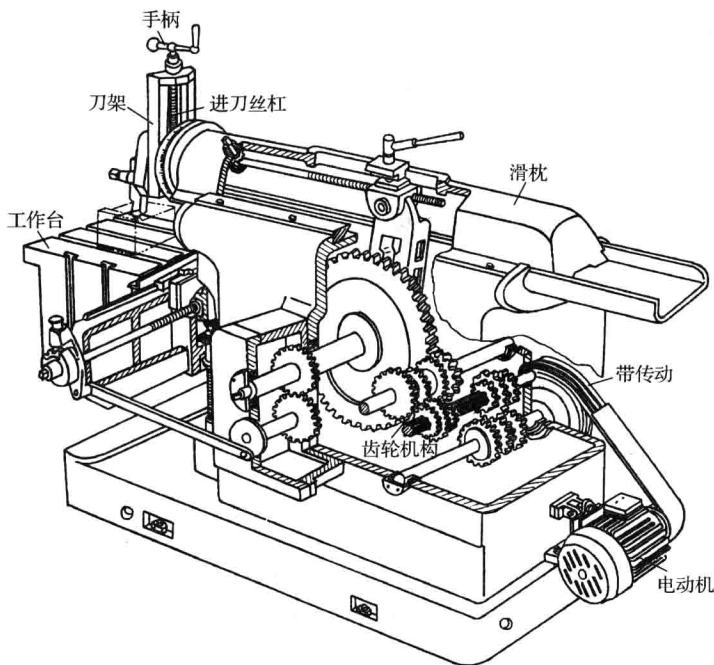


图 0-2 牛头刨床结构示意图

电动机一般输出回转运动和扭矩。刀架则应按生产工艺所需要的运动规律和方式作确定的运动。这样一来,就要求中间装置能够把电动机的转动转变成刀架所需的运动,也就是要求中间装置能够改变运动的规律或转换运动的形式。为此,我们引入机构的概念,以便于研究中间装置的结构和特性。例如牛头刨床中,电动机轴上有带轮,齿轮轴上也有带轮,中间通过传动带就把电动机的转动传给了齿轮轴。这里的两个带轮和传动带组成了带传动机构,一对啮合的齿轮组成了齿轮机构,齿轮、导杆、滑块和固定的支架一起组成了连杆机构,这样组成实现导杆的往复摇动的装置。

机构:具有确定相对运动的构件组合体称为机构。机构主要用来传递和变换运动,具有以下两个共同特性:

- (1)它们都是由若干构件组合而成;
- (2)各构件之间具有确定的相对运动。

构件:是机器的运动单元,一般由若干个零件刚性联接而成,也可以是单一的零件。若从运动的角度来讲,可以认为机器是由若干个构件组装而成的。

零件:是组成机器的最小单元,也是机器的制造单元,机器是由若干个不同的零件组装而成的。

构件和零件的区别:构件是参与运动的单元。可以是一个零件为一个构件,也可以是几个零件刚性地联接在一起组成一个构件。如内燃机中,曲柄既是一个零件,同时也是一个构件,而图 0-3 内燃机的连杆由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 以及螺母 3 等 4 种零件组成,形成一个运动整体。

各种机器经常用到的零件称为通用零件,如齿轮、轴、轴承、螺纹联接件等,如图 0-4 所示。



图 0-4 通用零件

特定的机器中用到的零件称为专用零件,如内燃机的曲轴、汽轮机叶片等。

由此可见,机器是由各种机构组成的。

从结构和运动学的角度分析,机器和机构之间并无区别,都是具有确定相对运动的各种实物的组合,所以,通常将机器和机构统称为机械。

0.1.2 机器的功能组成

作为一部完整的机器,仅具有上述的机械部分是不够的,它不能完成预期的工作。从功能和系统的角度来看,机器一般主要由五部分组成。如图 0-5 所示,双线框表示一部机器的基本组成部分,单线框表示附加组成部分。

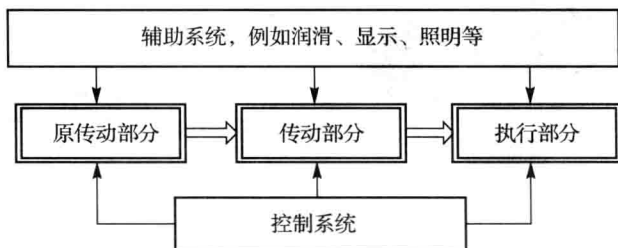


图 0-5 机器的组成部分

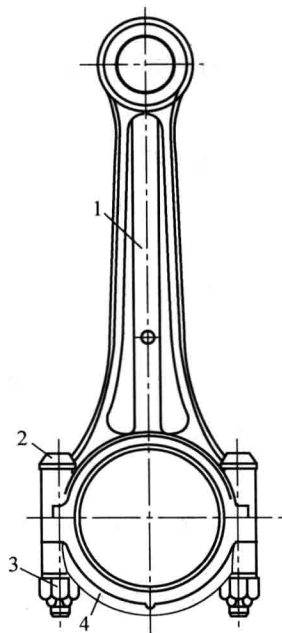


图 0-3 内燃机的连杆

1. 动力系统

机器的动力来源,包括动力机及其配套装置。它的功能是向机器提供运动和动力。

2. 执行系统

执行系统包括若干执行机构,它的功能是驱动执行构件按给定的运动规律运动,实现预期的工作。执行系统一般处于机械系统的末端,执行构件直接与工作对象接触。

3. 传动系统

传动系统是把动力系统的运动和力传递给执行系统的中间装置。

4. 操纵系统和控制系统

操纵系统和控制系统都是为了使动力系统、传动系统、执行系统彼此协调工作,并准确可靠地完成整机功能的装置,多指通过人工操作以实现上述要求的装置。

5. 框架支撑系统及其其他的辅助系统

包括基础件(如床身、底座、立柱等)和支撑构件(如支架、箱体等)。它用于安装和支承动力系统、传动系统和操作系统等,机器各部分的位置精度、运动精度及机器的承载能力等主要依靠框架支撑系统来保证,该系统是机械系统中必不可少的部分。

以汽车为例(图 0-6),发动机(汽油机或柴油机)是汽车的原动机;离合器、变速箱、传动轴和差速器组成传动系统;车轮、悬挂系统及底盘(包括车身)是执行部分;方向盘和转向系统、排挡杆、刹车及其踏板、离合器踏板及油门组成控制系统;油量表、速度表、里程表、润滑油温度表及蓄电池电流表、电压表等组成显示系统;后视镜、车门锁、刮雨器等为其他辅助系统;前后灯及仪表盘灯组成照明系统;转向信号灯及车尾红灯组成信号系统等。

不论是原动机部分、工作机部分、传动部分,还是其他部分,都是由机械零件组合而成的,所以说机械零件是机器的基本组成要素。

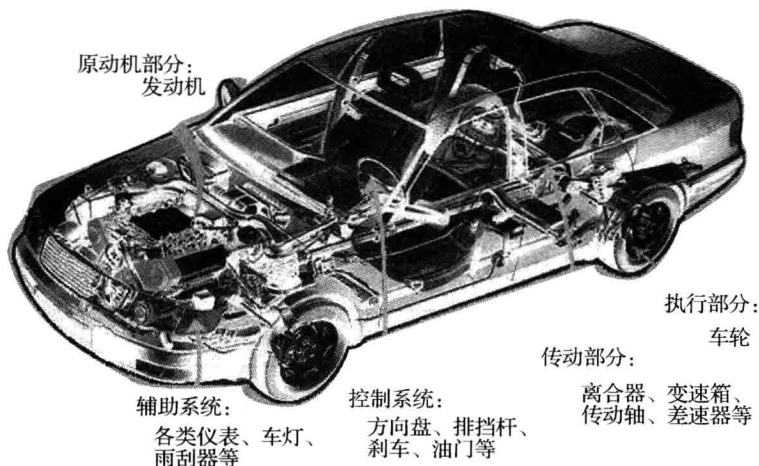


图 0-6 汽车的组成

0.2 本课程的性质、研究对象、任务和学习方法

机械设计基础是一门综合性的技术基础课,其研究对象是:常用机构和一般机械通用零部件。主要内容包括:机械工程力学基础;机械中常用机构的组成、运动分析、动力分析;一般工作条件和常用参数范围内的通用零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论、设计计算方法。其学习目的是:树立设计思想、掌握设计理论方法、了解设计一般规律、培养设计能力、学会运用已有技术资料、掌握实验知识和技能。

本课程的任务:

① 能熟练地运用力系平衡条件求解简单力系的平衡问题;② 掌握零部件的受力分析和强度计算方法;③ 熟悉常用机构、常用机械传动及通用零部件的工作原理、特点、应用、结构和标准,掌握常用机构、常用机械传动和通用零部件的选用和基本设计方法,具备正确分析、使用和维护机械的能力,初步具有设计简单机械传动装置的能力;④ 具有与本课程有关的解题、运算、绘图能力和应用标准、手册、图册等有关技术资料的能力。

本课程的学习方法:

① 抓好基本学习环节;② 学会综合运用知识;③ 学会知识技能的实际应用;④ 学会总结归纳;⑤ 学会创新。

0.3 机械零件的失效形式及设计准则

机械零件在预定的时间内和规定的条件下,不能完成正常的功能,称为失效。

机械零件的失效形式主要有断裂、过大的残余应变、表面磨损、腐蚀、零件表面的接触疲劳和共振等。

机械零件的失效形式与许多因素有关,具体取决于该零件的工作条件、材质、受载状态及其所产生的应力性质等多种因素。即使是同一种零件,由于材质及工作情况不同,也可能出现各种不同的失效形式。如轴工作时,由于受载情况不同,可能出现断裂、过大塑性变形、磨损等失效形式。

为了使设计零件能在预定时间内和规定工作条件下正常工作,设计机械零件时应满足下面的基本要求。

1. 强度

强度是保证机械零件正常工作的基本要求。为了避免零件在工作中发生断裂,必须使零件工作时满足下面的设计准则

$$\sigma \leq [\sigma] \text{ 或 } \tau \leq [\tau]$$

式中, σ 、 τ 分别为零件工作时的正应力和剪应力; $[\sigma]$ 、 $[\tau]$ 分别为零件材料的许用正应力和许用剪应力。

为了提高机械零件的强度,除选择强度高的材料外,设计时还可采用下列措施提高零件

的强度:

- (1)使零件具有足够的截面尺寸;
- (2)合理设计机械零件的截面形状,以增大截面的惯性矩;
- (3)采用各种热处理和化学处理方法来提高材料的机械强度特性;
- (4)合理进行结构设计,以降低作用于零件上的载荷等。

2. 刚度

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。若零件刚度不够,将产生过大的挠度或转角而影响机器正常工作,例如若车床主轴的弹性变形过大,会影响加工精度,为了使零件具有足够的刚度,设计时必须满足下面的设计准则:

$$y \leq [y]$$

$$\theta \leq [\theta]$$

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

式中, y 、 θ 、 φ 分别为零件工作时的挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ 分别为零件的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

3. 寿命

机械零件应有足够的寿命。影响零件寿命的主要因素有腐蚀、磨损和疲劳。至今还没有提出实用且有效的腐蚀寿命计算方法,因此也无法列出腐蚀寿命的计算准则,而磨损的计算目前也没有简单、可靠的定量计算方法。因此,只能采用条件性的计算。至于疲劳寿命,通常是算出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

4. 可靠性

满足强度和刚度要求的一批相同的零件,由于零件的工作应力是随机变量,故在规定的工作条件下和规定的使用期限内,并非所有的零件都能完成规定的功能。零件在规定的工作条件下和规定的使用时间内完成规定功能的概率称为该零件的可靠度。可靠度是衡量零件工作可靠性的一个特征量。不同零件的可靠度要求是不同的,设计时应根据具体零件的重要程度选择适当的可靠度。

0.4 机械设计的基本要求及程序

0.4.1 机械设计的基本要求

虽然不同的机械其功能和外形都不相同,但它们设计的基本要求大体是相同的。机械设计应满足的基本要求可以归纳为下面几个方面:

1. 功能要求

满足机器预定的工作要求,如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、需要传递的功率,以及某些使用上的特殊要求(如高温、防潮等)。

2. 安全可靠性要求

- (1)使整个技术系统和零件在规定的外载荷和规定的工作时间内,能正常工作而不发生

断裂、过度变形、过度磨损、不丧失稳定性。

(2)能实现对操作人员的防护,保证人身安全和身体健康。

(3)对于技术系统的周围环境和人不致造成危害和污染,同时要保证机器对环境的适应性。

3. 经济性

在产品整个设计周期中,必须把产品设计、销售及制造三方面作为一个系统工程来考虑,用价值工程理论指导产品设计,正确使用材料,采用合理的结构尺寸和工艺,以降低产品的成本。设计机械系统和零部件时,应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量、降低制造成本。

4. 其他要求

机械系统外形美观,便于操作和维修。此外还必须考虑有些机械由于工作环境和要求不同,而对设计提出某些特殊要求,如食品卫生条件、耐腐蚀、高精度要求等。

0.4.2 机械设计的一般程序

机械设计就是建立满足功能要求的技术系统的创造过程。机械设计一般过程如图0-7所示。

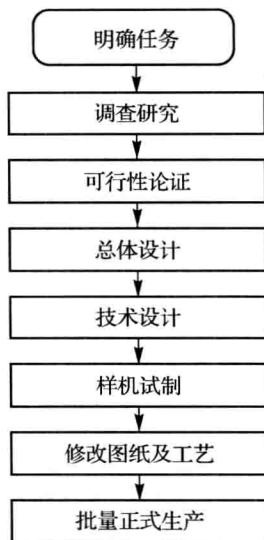


图 0-7 机械设计过程

1. 明确设计任务

产品设计是一项为实现预定目标的有目的的活动,因此正确地确定设计目标(任务)是设计成功的基础。明确设计任务包括定出技术系统的总体目标和各项具体的技术要求,这是设计、优化、评价、决策的依据。

明确设计任务包括分析所设计机械系统的用途、功能、各种技术经济性能指标和参数范围,预期的成本范围等,并对同类或相近产品的技术经济指标,同类产品的不完善性,用户的意见和要求,目前的技术水平以及发展趋势,认真进行调查研究、收集材料,以进一步明确设计任务。

2. 总体设计

机械系统总体设计根据机器要求进行功能设计研究。总体设计包括确定工作部分的运动和阻力,选择原动机的种类和功率,选择传动系统、机械系统的运动和动力计算,确定各级传动比和各轴的转速、转矩和功率。总体设计时要考虑到机械的操作、维修、安装、外廓尺寸等要求,确定机械系统各主要部件之间的相对位置关系及相对运动关系,人一机一环境之间的合理关系。总体设计对机械系统的制造和使用都有很大的影响,为此,常需作出几个方案加以分析、比较,通过优化求解得出最佳方案。

3. 技术设计

技术设计又称结构设计,其任务是根据总体设计的要求,确定机械系统各零部件的材料、形状、数量、空间相互位置、尺寸、加工和装配,并进行必要的强度、刚度、可靠性设计,若有几种方案时,需进行评价决策最后选择最优方案。技术设计时还要考虑加工条件、现有材

料、各种标准零部件、相近机器的通用件。技术设计是保证质量、提高可靠性、降低成本的重要工作。技术设计还需绘制总装配图、部件装配图、编制设计说明书等。技术设计是从定性到定量、从抽象到具体、从粗略到详细的设计过程。

4. 样机试制

样机试制阶段是通过样机制造、样机试验、检查机械系统的功能及整机、零部件的强度、刚度、运转精度、振动稳定性、噪声等方面的性能,随时检查及修正设计图纸,以更好的满足设计要求。

5. 批量正式生产

批量正式生产阶段是根据样机试验、使用、测试、鉴定所暴露出的问题,进一步修正设计,以保证完成系统功能,同时验证各工艺的正确性,以提高生产率、降低成本,提高经济效益。

产品设计过程是智力活动过程,它体现了设计人员的创新思维活动,设计过程是逐步逼近解答方案并加以逐步完善的过程。设计过程中还应注意以下几点:

(1)设计过程要有全局观点,不能只考虑设计对象本身的问题,而要把设计对象看作一个系统,处理人一机一环境之间的关系。

(2)善于运用创造性思维和方法,注意考虑多方案解,避免解答的局限性。

(3)设计的各阶段应有明确的目标,注意各阶段的评价和优选,以求出既满足功能要求又有最大实现可能的方案。

(4)要注意反馈及必要的工作循环。解决问题要由抽象到具体,由局部到全面,由不确定到确定。

0.5 习 题

0-1 填空题

- (1)机器或机构,都是由_____组合而成的。
- (2)机器或机构的_____之间,具有确定的相对运动。
- (3)机器可以用来_____人的劳动,完成有用的_____。
- (4)组成机构、并且相互间能作_____的物体,叫作构件。
- (5)从运动的角度看,机构的主要功用在于_____运动或_____运动的形式。
- (6)构件是机器的_____单元。零件是机器的_____单元。
- (7)机器的工作部分须完成机器的_____动作,且处于整个传动的_____。
- (8)机器的传动部分是把原动部分的运动和功率传递给工作部分的_____。
- (9)构件之间具有_____的相对运动,并能完成_____的机械功或实现能量转换的组合,叫机器。

0-2 判断题

- (1)构件都是可动的。()
- (2)机器的传动部分都是机构。()

- (3)互相之间能作相对运动的物件是构件。 ()
- (4)只从运动方面讲,机构是具有确定相对运动构件的组合。 ()
- (5)机构的作用,只是传递或转换运动的形式。 ()
- (6)机器是构件之间具有确定的相对运动,并能完成有用的机械功或实现能量转换的构件的组合。 ()
- (7)机构中的主动件和被动件,都是构件。 ()
- 0-3 机器应具有什么特征? 机器通常由哪几部分组成? 各部分的功能是什么?
- 0-4 什么叫构件? 什么叫零件? 什么叫通用零件和专用零件? 试各举两个实例。
- 0-5 指出下列的机器的原动部分、工作部分、传动部分、支承部分、控制部分:① 汽车; ② 自行车;③ 电风扇;④ 缝纫机。