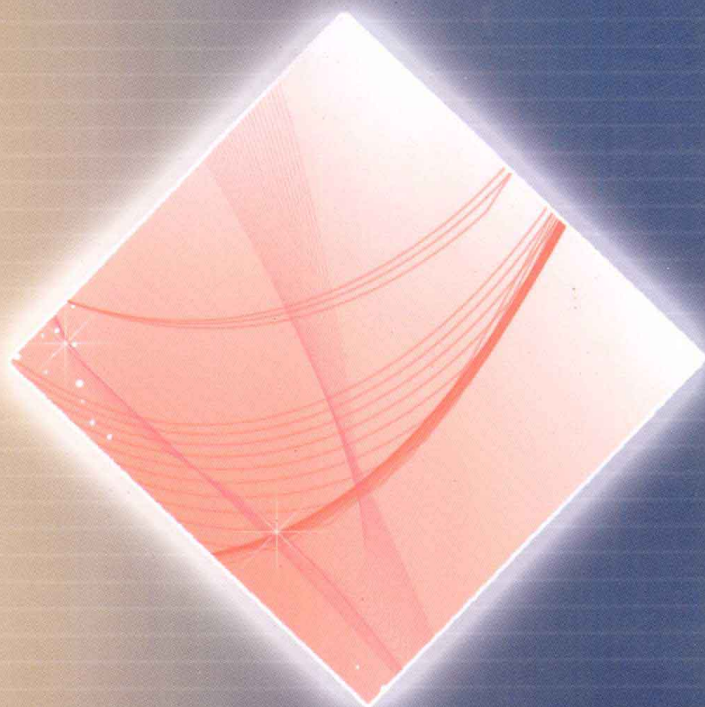




全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

机械系统设计

主 编 朱立学 韦鸿钰

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

机械系统设计

Jixie Xitong Sheji

主 编 朱立学 韦鸿钰
副主编 张日红 姚华平 林江娇



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为全国教育科学“十一五”规划课题研究成果。全书以现代制造业广泛使用的机械装备为典型机械系统,阐述了机械系统设计的特点和规律,全面介绍了机械系统设计所涉及的基本知识和基本技能,深入分析了机械系统设计中必不可少的有关重点内容,还对相关机械设计与制造的新技术、新工艺、新材料等的发展趋势作了简要介绍。

本书内容包括绪论,机械系统总体设计,动力系统设计,传动系统设计,支承与导轨系统设计,操控系统设计,人机工程与机械系统设计,润滑、密封与冷却系统设计,机械系统设计过程管理,机械系统设计的仿真分析及专家系统等。本书在阐述机械系统设计规律和理论时均突出应用性并强调实用性。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业的本科生教材,也可作为高职和成人教育机械类专业学生的教材和教学辅导书,并可供有关机电工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械系统设计/朱立学,韦鸿钰主编. —北京:高等教育出版社,2012.5

ISBN 978 - 7 - 04 - 033552 - 1

I. ①机… II. ①朱…②韦… III. ①机械系统 - 系统设计 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 023717 号

策划编辑 段博原
插图绘制 尹 莉

责任编辑 沈志强
责任校对 胡晓琪

封面设计 于 涛
责任印制 张福涛

版式设计 余 杨

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京印刷集团有限责任公司印刷二厂
开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 23.25
字 数 420 千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2012 年 5 月第 1 版
印 次 2012 年 5 月第 1 次印刷
定 价 36.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 33552 - 00

前 言

机械系统设计是机械设计制造及其自动化专业本科高年级的一门核心课程。通过本课程的学习,学生能从整体的角度和系统的观点了解机械产品设计的一般特点和规律,扩展机械结构设计和现代设计方面的知识,增强对机械系统整体设计的能力,掌握机械产品设计的基本理论和基本方法;结合课程设计和实践教学,本课程将培养学生具有开发设计满足用户需求、性能良好且有市场竞争力的机械产品的技能。

本书以现代制造业广泛使用的机械装备和汽车为典型机械系统,阐述机械系统设计的特点和规律。本着在系统科学的基础上,兼顾全面与重点的编写原则,力争把机械系统设计所涉及的基本知识和基本技能综合进行全面介绍,又有重点地将机械系统设计中必不可少的重点内容,如动力与传动系统、支承系统、执行系统及操控系统等进行深入分析,使学生既能了解机械系统的全貌,又能掌握具体的设计过程和方法。在此基础上,还简要介绍了相关机械设计与制造的新技术、新工艺、新材料的发展趋势,兼顾了机械零件选材、润滑与冷却以及机械系统设计的过程管理等内容,在保持教材内容相对稳定的基础上,具有一定的学科前瞻性。本书在编排上突出科学性和应用性紧密结合的特点,书中阐述的机械系统设计规律和理论均强调实用性,既便于课堂教学,又方便自学使用,体现了应用型本科专业课程教材的实用性特色。

本书共分10章:第1章为绪论,第2章为机械系统总体设计,第3章为动力系统设计,第4章为传动系统设计,第5章为支承与导轨系统设计,第6章为操控系统设计,第7章为人机工程与机械系统设计,第8章为润滑、密封与冷却系统设计,第9章为机械系统设计过程管理,第10章为机械系统设计的仿真分析及专家系统。本教材建议教学学时数为48~60,使用教师可根据实际情况酌情增减。

本书编者:第1章朱立学(仲恺农业工程学院)并负责全书统稿,第2章关秋菊(仲恺农业工程学院),第3章周先辉(南阳理工学院),第4章张瑞华(仲恺农业工程学院),第5章王毅(仲恺农业工程学院),第6章段洁莉(华南农业大学),第7章韦鸿钰(仲恺农业工程学院),第8章刘少达(仲恺农业工程学院),第9章汤宏群(广西大学),第10章张日红(仲恺农业工程学院)。韦鸿钰、姚华平、林江娇(仲恺农业工程学院)负责全书插图

和文字编辑工作。

本书在编写过程中得到了兄弟院校教师的指点，广东工业大学张凤林教授对全书进行了审阅，并提出了许多宝贵意见。本书参考了不少同行的教材、论文和著作，已尽可能将其列入参考文献，挂一漏万之处，请及时与编者联系。在此，一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中缺失、错漏难免，恳请读者朋友们批评指正。

编 者

2011 年 8 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械系统设计课程的目的和任务	1
1.2 机械系统设计简介	1
1.3 机械系统设计原则和要求	6
1.4 机械系统设计方法	8
思考题	12
第2章 机械系统总体设计	13
2.1 机械系统的功能原理设计	13
2.2 机械系统的方案设计	19
2.3 机械系统的总体布局	44
思考题	55
第3章 动力系统设计	56
3.1 机械系统的工作载荷	56
3.2 动力机选择概要	64
3.3 电动机的种类及其选择	70
3.4 液压/气压泵与马达的种类与选择	82
3.5 内燃机的使用特性与匹配	89
思考题	100
第4章 传动系统设计	102
4.1 传动系统概述	102
4.2 传动系统的类型及其选择	103
4.3 传动系统的运动设计	111
4.4 执行系统设计	131
思考题	140

第 5 章 支承与导轨系统设计	141
5.1 支承系统概述	141
5.2 支承系统的结构设计	144
5.3 导轨系统概述	157
5.4 滑动摩擦导轨	158
5.5 滚动摩擦导轨	167
5.6 静压导轨	176
思考题	181
第 6 章 操控系统设计	182
6.1 操控系统概述	182
6.2 操纵系统设计	182
6.3 控制系统设计	204
6.4 伺服系统设计	209
思考题	227
第 7 章 人机工程与机械系统设计	229
7.1 人机工程学概述	229
7.2 显示装置设计	232
7.3 操控装置与作业空间设计	241
7.4 作业环境设计	257
思考题	263
第 8 章 润滑、密封与冷却系统设计	264
8.1 润滑设计	264
8.2 密封设计	285
8.3 冷却系统设计	292
思考题	296
第 9 章 机械系统设计过程管理	297
9.1 过程和过程管理	297
9.2 机械系统设计过程管理中的三流分析	302
9.3 机械系统设计过程三流转换	315

思考题	317
第 10 章 机械系统设计的仿真分析及专家系统	318
10.1 概述	318
10.2 机械系统仿真分析	321
10.3 机械系统设计专家系统	330
10.4 机械系统仿真设计实例	347
思考题	358
参考文献	360
后记	361

第 1 章

绪 论

1.1 机械系统设计课程的目的和任务

机械系统设计的任务是开发新的产品和改造老产品，最终目的是为市场提供质优、高效、价廉物美的产品，以取得良好的经济效益。产品质量和经济效益取决于设计、制造及管理的综合水平，而产品设计是关键，没有高质量的设计，就不可能有高质量的产品。

机械系统设计课程的目的和任务是使学生通过本课程的学习，能从整机的角度和系统的观点了解一般机械产品设计的规律和特点，夯实机械系统设计的基础知识、基本理论和基本技能，扩大机械系统设计的综合知识，增强机械系统设计的综合能力，掌握机械产品设计的基本方法和技术，培养学生具有开发设计性能良好的和有市场竞争力的机械产品的初步技能。

1.2 机械系统设计简介

1.2.1 系统的概述

1. 系统的概念

人类在认识和改造事物的历史长河中，逐渐意识到客观事物的发展的复杂性，为了准确而科学地把握和研究某一事物，除了必须研究和分析该事物的特性及其发展规律外，还必须研究和分析该事物与其周围相关事物之间的联系和作用，决不能孤立地看待该事物，由此逐渐形成了系统的思想。可将系统定义为：具有特定功能的，相互间具有有机联系的要素所构成的一个整体。

一个系统是由两个或两个以上要素构成的具有一定结构和特定功能的整体。系统结构是指系统内部各要素相互联系的方式和作用秩序，系统功能是指系统对外部环境联系的效能和有利的的作用。例如汽车是一个系统，它是由底盘、发动机、传动系统与车身等要素以一定的结构形式组成，以完成交通运输的功能。

2. 系统的构成

(1) 系统的要素

系统是由要素组成的，要素是系统存在的基础。系统的要素可分为结构要素、操作要素和流要素。结构要素是相对固定的物质形态或抽象概念；操作要素是对结构要素进行操作、控制或管理的部分；流要素是进行能量流、物质流和信息流传递和变换的部分。例如，对于一辆自行车，其轮子、车身、车座等是结构要素；脚踏板和车闸是操作要素；车闸线和链传动是流要素。

(2) 系统的界限

所有系统都是在一定的外界环境条件下运行的，系统和环境相互影响又相对独立，两者有一定的界限，界限决定了系统的范围和相应的环境。例如，对于一台室内空调机，如把空调机外壳作为界限，那么外壳以内的空调机就是系统，界限以外的房间就作为环境。如把房间和空调机一起作为系统，则房间为界限，房间之外就为环境。所以系统的界限可以根据系统的作用范围加以划定，不是固定不变的，界限的变化使系统和环境的内涵也发生了变化。

(3) 系统的输入和输出

系统与环境的交互影响就产生了系统输入和系统输出。外界环境给予系统一个输入，通过系统的处理和变换，必然会产生一个输出，再反馈到外界环境。由此可见，系统就相当于一个变换器，将环境给予的输入变换成给予环境的输出。

3. 系统的基本特性

(1) 整体性和相关性

整体性是系统所具有的最重要和最基本的特性。一个系统的好坏是由整体功能体现出来的，必须从整体着眼，从全局出发确定各要素的性能和它们之间的联系。这并不要求所有要素都具有完美的性能，即使某些要素的性能并不很完善，但如能与其他相关要素得到很好的统一协调，也可使系统具有较理想的整体功能。这就是人们所说的整体性，即一个系统的整体功能的实现，并不是一个要素单独作用的结果。各要素在结合时必须服从整体功能要求，并不是随意的组合，相互间需协调和适应，各要素之间的特定关系即是系统的相关性。当每个要素自身性能发生改变时，就会影响到与此相关的其他要素，由此对整个系统产生影响。系统相关性是通过结构来体现的，要素和结构是构成系

统缺一不可的两个方面，系统是要素与结构的统一。

(2) 层次性和时序性

系统的时空结构表现为层次性和时序性。系统可分解为一系列的子系统，并存在一定的层次结构，这是系统空间结构的特定形式。在系统层次结构中表述了在不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。在不同的层次结构存在着有时序的信息流和物质流，构成了系统时域内特定运动形式，为深入研究系统层次之间的控制与细节功能提供了条件。

(3) 目的性

系统的价值体现在实现的功能上，完成特定的功能是系统存在的目的。为了实现系统的目的，系统必须具有控制、调节和管理的功能，保证系统进入与其目的相适应的状态，即实现要求的功能、排除或减小有害的干扰。

(4) 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的环境之中，当外界环境变化时，会对系统产生影响，严重时会使系统功能变化，甚至丧失功能。外部环境总是不断变化的，系统大多数情况下总是处于动态过程中。因此，为了使系统运行良好并完成其特定功能，必须使系统对外部环境的各种变化和干扰有良好的适应性。

综上所述，系统的特性清楚地反映了系统构成要素与全局的关系（整体性）、要素与要素之间的关系（相关性）、要素的时空结构关系（层次性和时序性）、要素构成与价值的关系（目的性）和要素构成与环境的关系（环境适应性）。

1.2.2 机械系统概述

1. 机械和机械系统

人类为了满足生产和生活的需要，设计和制造了种类繁多、功能各异的机器。机械是机器或机构的统称。任何机械都是由若干个零件、部件和装置组成并完成特定功能的一个系统。机械零件是组成系统的基本要素，部件和装置是组成机械系统的子系统，它们按一定的结构形式相互联系和作用，以完成特定功能、实现机械能变换。机械系统区别于其他系统的最大特征是产生确定的运动和机械能的变换。

从高一个层次看，机械又是人-机-环境这个更大系统的组成部分，通常将机械本身构成的系统称为内部系统，而将人和环境构成的系统称为外部系统。内、外两系统相互联系、作用和影响。人与环境是机械系统存在的外部条件，人与环境对机械的效能起着一定的支配作用。机械系统的整体性是在内部系统与外部系统的相互联系中体现出来的，如交通系统：人（操纵汽车）-机

械系统（汽车）-环境（道路、信号灯等）。汽车行驶的快与慢与驾驶者的生理、心理和技术水平有关，也与道路的好坏有关。

2. 机械系统的能量流、物质流和信息流

现代科学的世界观认为，世界是由天然物质、能量和信息组成，任何系统的功能从本质上讲都是接收物质、能量及信息，经过加工转换，输出新形态的物质、能量和信息。机械系统与其他系统一样都存在着能量流、物质流和信息流的传递和变换。

（1）能量流

机械系统中能量流是机械系统完成特定功能所需的能量形态变化和动力，存在机械能转换成其他形态的能（如热能、电能、光能、化学能、太阳能、核能、生物能等），或者其他形态的能转换成机械能。电动机将电能变换成机械能；内燃机将燃油的化学能通过燃烧变成热能，再由热能变成机械能；发电机将机械能变换成电能；空压机把机械能变换成气体压力能等。机械能和其他形态能互换是机械系统主要的能量流特征，没有这种转换也就不能成为机械系统。图 1.1 为汽车的能量流。



图 1.1 汽车的能量流

（2）物质流

物质流在机械系统中存在的主要形式是物料流，物料流是物料运动形态变化、物料的构形变化以及两种以上物料包容和混合等的物料变化过程。它是机械系统完成特定功能的工作对象和载体。物料的种类是多种多样的，例如，金属材料包括黑色金属和有色金属，非金属材料包括塑料、橡胶、陶瓷、木料、毛毡、皮革、棉丝等。而汽车的物料流为旅客和物品等由汽车搬运到某地。图 1.2 给出了金属切削机床的物质流。

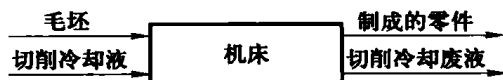


图 1.2 金属切削机床的物质流

（3）信息流

信息流是反映信号和数据的检测、传输、变换以及显示的过程。信息流的功用是实现机械系统工作过程的操纵、控制以及对某些信息实现传输、变换和

显示。因此，信息流对于机械系统实现有序、有效的工作过程是必不可少的。信息的种类也是多种多样的，例如，某些物理量信号、机械运动状态参数、显示图形及传输数据等。汽车的信息流为通过方向盘、踏板及变速操纵杆等将控制信息进行传递和变换，使四个车轮启动、停止、减速和变速行驶。

从上述分析可见，机械系统的主要特征是从能量流、物质流和信息流中体现出来的，要设计一个机械系统首先应从剖析能量流、物质流和信息流着手。构思各种可供选择的能量流、物质流和信息流，就可得到多种新机械系统的方案。

3. 机械系统的组成

机械的种类很多，它们的用途、性能、构造、工作原理各不相同。通常一个机械系统包括动力系统、传动系统、执行系统、导轨和支承系统、控制和操纵系统及润滑、冷却等子系统。图 1.3 是汽车的组成示意图。汽车的发动机是动力系统；从发动机到四个车轮之间的各种齿轮、离合器、变速机构等是传动系统；四个车轮是执行系统；以上系统都固定在汽车的底盘上，同时汽车的壳体、座位也固定在底盘上，所以底盘是汽车的支承系统；而方向盘、操纵杆、停车踏板则是控制系统。

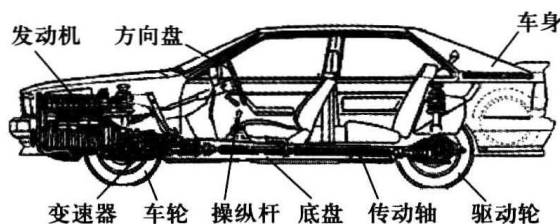


图 1.3 汽车的组成

(1) 动力系统

动力系统是机械系统工作的动力源，它包括动力机和与其相配套的一些装置。如内燃机、汽轮机、水轮机等是将自然界的能源转变为机械能，其中内燃机广泛用于各种车辆、船舶、农业机械、工程机械等移动作业机械，汽轮机、水轮机多用于大功率高速驱动的机械。又如电动机、液压马达、气压马达等是将电能、液能、气能转变成机械能，它们都广泛地应用于各类机械中，其中尤以电动机应用更为普遍。选择动力机时，应全面考虑现场的能源条件，执行系统的机械特性和工作制度，机械系统的使用环境、工况、操作和维修，机械系统对起动、过载、调速及运行平稳性等的要求，并考虑该动力机应有良好的经济性和可靠性。

(2) 执行系统

执行系统的功能是利用机械能改变作业对象的性质、状态、形状或位置，

或对作业对象进行检测、度量等，它包括机械的执行机构和执行构件。执行系统通常处在机械系统的末端，直接与作业对象接触，其输出是机械系统的主要输出，其功能是机械系统的主要功能。因此，执行系统的功能和性能直接影响和决定机械系统的整体功能及性能。

(3) 传动系统

传动系统是把动力机的动力和运动传递给执行系统的中间装置。传动系统的主要功能包括速度的改变、运动规律或形式的变化、动力的传递等。传动系统在满足执行系统上述要求的同时，应能协调好动力机和执行系统的机械特性的匹配关系，尽可能使之简化。如果动力机的工作性能完全符合执行系统工作的要求，传动系统也可省略，而将动力机与执行系统直接连接。

(4) 导轨与支承系统

导轨与支承系统包括导轨和支承的装置。导轨装置的功用是承受执行系统的载荷和确保执行构件良好的导向性能，以保证执行系统的精度。支承装置是机械系统的基础件，其功用是将各机械子系统有机地联系起来，并为构成总系统起支撑作用，主要包括底座、立柱、横梁、箱体和工作台等。

(5) 操纵与控制系统

操纵与控制系统是为了使动力系统、传动系统、执行系统彼此协调运行，并准确可靠地完成整个系统功能的装置。它的主要功能是通过人工操作或控制器控制各子系统的起动、制动、变速、转向或各部件间运动的先后次序、运动轨迹及行程等一系列动作。

此外，根据机械系统的功能要求，还有润滑、冷却、计数、行走、转向等系统。

1.3 机械系统设计原则和要求

1.3.1 机械系统设计原则

任何设计任务都是根据客观需要，通过人们的创造性思维活动并借助人类已掌握的各种信息资源，经过决策、判断、设计，最终制造出具有特定功能并满足人们生活和生产需求的各种装置、装备和产品来。设计人员只有在设计过程中遵循一定的原则，设计出来的产品才能达到预期的效果。

1. 需求原则

所谓需求是指对产品功能的需求，若人们没有需求，也就没有了设计所要

解决的问题和约束条件，设计也就不存在了。所以，一切设计都是以满足客观需求为出发点。

2. 信息原则

设计人员进行产品设计之前，必须进行各方面的调查研究，以获得大量的必要信息。这些信息包括市场信息、设计所需的各种科学技术信息、制造过程中的各种工艺信息、测试信息及装配、调整信息等。

3. 系统原则

任何一个设计任务，都可以视为设计一个待定的技术系统，而这个待定技术系统的功能则是如何将此系统的输入量转化成所需要的输出量。这里的输入、输出量均包括物质流、能量流和信息流。在这三大流中，有系统需要的输入、输出量，也有系统不需要的输入、输出量，如机床在加工过程中，主轴带动工件（刀具）旋转加工出合格的零件是需要的输入、输出量；而主轴的振动、发热、噪声等是不需要的输入、输出量。设计时，应将这些不需要的输入、输出量控制在允许值范围内。

4. 优化、效益原则

优化是设计人员在设计过程中必须关注的另一原则。这里的优化是广义的，包括原理优化、设计参数优化、总体方案优化、成本优化、价值优化及效率优化等。优化的目的是为了提高产品的技术经济效益及社会效益，所以优化和效益两者应紧密地联系起来。

1.3.2 机械系统设计要求

由于设计要求既是设计、制造、试验、鉴定、验收的依据，同时又是用户衡量产品的尺度，所以，在进行设计之前就必须对所设计产品提出详细、明确的设计要求。任何一个产品的设计要求无外乎围绕着技术和经济指标来提出，一般主要包括下列内容：

1. 功能要求

用户购买产品实际上是购买产品的功能，而产品的功能又与技术、经济等因素密切相关，功能越多则产品越复杂、设计越困难且价格费用越大。但由于产品功能的减少很可能导致没有市场。这样，在确定产品功能时，应保证基本功能并满足使用功能，剔除多余功能，增添新颖及外观功能，而各种功能的最终取舍应按价值工程原理进行技术可行性分析来确定。

2. 适应性要求

适应性是指当工作状态及环境发生变化时产品的适应程度，如物料的形状、尺寸、理化性能、温度、负荷、速度、加速度、振动等。人们总是希望产

品的适应性强一些,但这将给产品的设计、制造、维护等带来困难,有时产品的适应性甚至无法达到,因此,适应性要求应提得合理。

3. 可靠性要求

可靠性是指系统、产品、零部件在规定的使用条件下,在预期的使用时间内能完成规定功能的概率。这是一项重要的技术质量指标,关系到设备或产品能否持续正常工作,甚至关系到使用设备的工作人员的人身安全。

4. 生产能力要求

生产能力是指产品在单位时间内所能完成工作量的多少,它也是一项重要的技术指标,它表示单位时间内创造财富的多少。提高生产能力在设计上可以采取不同的方法,但每一种方法都会带来一系列的负面问题。只有在这些负面问题得到妥善解决或减少、减小之后,去提高产品的生产能力才有现实意义。

5. 经济性要求

使用经济性是指单位时间内生产的价值与同时间内使用费用的差值。使用经济性越高越好。因为,使用费用主要包括原材料消耗、辅料消耗、能源消耗、保养维修、折旧、工具耗损、操作人员的工资等。

6. 总体成本要求

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。

机械产品要求外形美观,便于操作和维修。还必须考虑由于工作环境和要求不同,对设计提出特殊要求,如食品卫生条件、耐腐蚀、高精度等。

1.4 机械系统设计方法

1.4.1 机械系统设计过程

机械系统设计的一般过程包括系统计划、外部系统设计(简称外部设计)、内部系统设计(简称内部设计)和制造销售四个阶段,各阶段的工作进程和工作内容见表1.1。

表 1.1 机械系统设计的一般过程

阶段	工作进程	工作内容
系统计划	了解设计任务, 明确设计目的和产品功能要求	根据产品发展规划和市场需要提出设计任务书, 或由上级主管部门下达计划任务书
外部设计	调查研究	进行市场调查, 收集技术情报和资料, 掌握外部环境条件, 预测市场趋势
	可行性研究	进行技术研究和费用预测, 对市场前景、投资环境、生产条件、生产规模、生产组织、成本与效益等进行全面的分析研究, 提出可行性研究报告
	制订开发计划	明确设计任务、目的和要求, 外部环境的作用和影响, 制订系统开发计划书
内部设计	方案设计或概略设计	选择工作原理、设计总体方案, 对可行的各候选方案进行分析比较, 进行总体布置设计, 必要时进行试验研究
	系统分解	将总体系统分解成子系统, 画出系统图, 便于分析和设计
	系统分析	分析和确定系统目的与要求, 进行模型化、优化与评价, 确定最佳系统方案
	技术设计	进行子系统的技术设计和总体系统的技术设计, 计算和确定主要尺寸, 绘制总体装配图和总图, 必要时进行试验研究
	工作图设计	绘制全部零件工作图, 编写各种技术文件和说明书
	鉴定和评审	对设计进行全面的技术、经济评价, 分析内部系统对周围环境的作用和影响
制造销售	样机试制	样机试制, 样机试验
	样机鉴定和评审	对样机进行全面的鉴定和评审
	改进设计	对不能满足系统要求的技术、经济指标进行分析, 根据样机鉴定和评审意见修改设计
	小批试制	对单件生产的产品, 经修改、试验、调整后, 投入运行考核, 并在运行中不断改进和完善。 对大量生产的产品, 通过小批试制进一步考核设计的工艺性, 并不断完善设计, 同时进行工艺装备的准备工作
	定型设计销售	完善全部工作图、技术文件和工艺文件