



21世纪高等职业技术教育 机电一体化专业规划教材
数控技术

机械设计

基础

■ 主编 徐春艳

Jixie
sheji jichu



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等职业技术教育机电一体化·数控技术专业规划教材

机械设计基础

主 编 徐春艳
副主编 张 艳 朱芬芳

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据高职机械类或近机械类各专业教学实践改革,对传统的工程材料、公差与配合和机械设计基础教材重新组合,结合多年教学经验编写而成。全书共分13章,主要内容包括:总论,机械设计基础知识,公差与配合,常用机构,摩擦轮传动和挠性传动,齿轮传动,齿轮系与减速器,轴,轴承,联接,机械装置的润滑和密封,弹簧,以及机械的平衡与调整。每章后均附有一定数量的练习题目。

本书可作为高职学校机械类或近机械类各专业的教材,也可作为各级各类学校相关专业师生的教学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 徐春艳主编. —北京:北京理工大学出版社, 2006. 8
ISBN 7-5640-0753-2

I. 机… II. 徐… III. 机械设计-高等学校:技术学校-教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 099376 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 28.25

字 数 / 554 千字

版 次 / 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 3000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

当前,高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一,成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今,中国已成为制造业大国,但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国,必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术,提高计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的技术水平。

制造业要发展,人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者,是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任
务,也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和数控技术的广泛应用,根据高等职业教育发展与改革的新形势,北京理工大学出版社组织知名专家、学者,与生产制造企业的技术人员反复研讨,以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想,确立了“满足制造业对人才培养的需求,适应行业技术改革,紧跟前沿技术发展”的思路,编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现:以培养综合素质为基础,以能力为本位,把提高学生的职业能力放在突出位置,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者;以企业需求为基本依据,以就业为导向,增强针对性,又兼顾适应性;课程设置和教学内容适应技术发展,突出机电一体化、数控技术应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法;教学组织以学生为主体,提供选择和创新的空間,构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系,适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

本书是应高职机械类和近机械类各专业的教学需要,以及适应当前各类学校机械和近机械类各专业教学体系及内容改革的发展趋势而编写的一本新教材。考虑到目前许多学校机械和近机械类专业培养计划中在技术基础课程教学内容和学时数上出现的新情况,本书在原工程材料、公差与配合和机械设计基础教材的基础上,对体系和内容进行了适当的重新组合,使之能够满足机械类和近机械类学生用较少的学时数完成技术基础课程的学习,并具备扎实和广博的机械设计基础知识。

全书共分 13 章,主要内容包括:总论,机械设计基础知识,公差与配合,常用机构,摩擦轮传动和挠性传动,齿轮传动,齿轮系与减速器,轴,轴承,联接,机械装置的润滑和密封,弹簧和机械的平衡与调整。每章后均附有一定数量的练习题目,以便于学生巩固所学知识。

本书具有以下主要特点:

(1) 从工程应用到机械系统整体考虑,将工程材料、公差与配合和机械设计基础的教学内容重新组合,有机地形成一个课程的整体系统,并能够达到用较少的学时数完成学习机械设计基础知识的目的。

(2) 强调现场实际问题的分析能力和测绘、装拆、调试、运用、维护一般机械装置的技能培养,并注意提高学生的创新意识和能力。

(3) 教材体系和内容安排上符合学生认知规律和课程的教学规律,同时尽可能反映了学科前沿的最新发展动态。在内容编排上,以工程需要为原则,注意各机构和机械零部件在工程中应用的介绍,注重学生创新意识的熏陶和训练。

参加本书编写工作的有江苏联合职业技术学院无锡交通分院张艳（第2章）、蒋克勤（第3章）、朱芬芳（第4、8章）、无锡立信职教中心邹振宏（第5章）、江阴技校林立华、司开妹（第6章）、苏州机电高等职业技术学校朱安莉（第9章）、无锡交通分院王宏霞（第10章）、徐春艳（第1、7、11、12、13章）。全书由无锡交通分院徐春艳担任主编，张艳、朱芬芳担任副主编。

在编写过程中，许多学校教师提出了宝贵意见和建议，为本书质量的提高给予了很大的帮助；出版社的编审人员也为本书的出版和提高质量花费了大量心血，我们在此一并致以衷心的感谢。

限于我们的水平和时间，书中错误和不妥之处在所难免，殷切希望使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 总论	(1)
1.1 机构、机器与机械的概念	(1)
1.2 本课程的性质、内容和任务	(3)
1.3 机械设计的基本要求、原则和一般程序	(4)
1.4 机械设计中常用的设计方法	(7)
思考与练习	(9)
第2章 机械设计基础知识	(10)
2.1 金属材料的性能	(10)
2.2 铁碳合金相图	(19)
2.3 常用金属材料的热处理方法目的及应用	(25)
2.4 机械工程常用材料	(27)
2.5 机械零件的工作能力和计算准则	(58)
2.6 机械零件的结构工艺性和标准化	(60)
2.7 机械中的摩擦、磨损和润滑	(63)
思考与练习	(65)
第3章 公差与配合	(67)
3.1 极限与配合	(67)
3.2 形状和位置公差及公差原则	(90)
3.3 表面粗糙度	(115)
思考与练习	(123)
第4章 常用机构	(127)
4.1 自由度及机构运动简图	(127)
4.2 平面连杆机构	(132)

4.3	平面四杆机构的演化与设计	(137)
4.4	凸轮机构	(143)
4.5	其他常用机构	(152)
	思考与练习	(157)
第5章	摩擦轮传动和挠性传动	(161)
5.1	摩擦轮传动和挠性传动概述	(161)
5.2	带传动的类型和特点	(166)
5.3	带传动的工作情况分析	(172)
5.4	V带传动设计	(175)
5.5	带传动的张紧、安装与维护	(185)
5.6	链传动类型和特点	(187)
5.7	链传动的工作情况分析	(192)
5.8	滚子链传动设计	(193)
5.9	链传动的布置和润滑	(198)
	思考与练习	(203)
第6章	齿轮传动	(204)
6.1	齿轮传动的特点和类型	(204)
6.2	齿廓啮合基本定律	(206)
6.3	渐开线及渐开线齿廓啮合特性	(207)
6.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	(210)
6.5	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合条件	(215)
6.6	渐开线齿轮的加工方法与根切现象	(218)
6.7	变位齿轮传动简介	(223)
6.8	圆柱齿轮传动的精度	(225)
6.9	齿轮传动的失效形式、计算准则与齿轮传动常用材料	(229)
6.10	齿轮传动的受力分析和计算载荷	(239)
6.11	直齿圆柱齿轮的强度计算	(241)
6.12	斜齿圆柱齿轮传动	(249)
6.13	直齿圆锥齿轮传动	(261)
6.14	蜗杆传动	(269)
6.15	齿轮的结构	(281)
	思考与练习	(285)

第7章 齿轮系与减速器	(287)
7.1 轮系及其类型	(287)
7.2 定轴轮系传动比的计算	(289)
7.3 行星轮系传动比的计算	(292)
7.4 混合轮系传动比的计算	(294)
7.5 轮系的功用	(295)
7.6 其他行星轮系和减速器	(299)
思考与练习	(305)
第8章 轴	(307)
8.1 轴的类型、功用和常用材料	(307)
8.2 轴的结构设计	(309)
8.3 轴的强度计算、设计步骤与设计实例	(313)
思考与练习	(317)
第9章 轴承	(318)
9.1 滑动轴承的典型结构	(318)
9.2 滑动轴承的材料和轴瓦结构	(320)
9.3 非液体摩擦滑动轴承的校核计算	(325)
9.4 滚动轴承的类型、结构和代号	(327)
9.5 滚动轴承的寿命计算和尺寸选择	(335)
9.6 滚动轴承的组合设计	(344)
思考与练习	(348)
第10章 联接	(349)
10.1 键联接	(349)
10.2 销联接	(356)
10.3 螺纹联接	(356)
10.4 联轴器和离合器	(382)
10.5 不可拆联接	(392)
思考与练习	(396)

第 11 章 机械装置的润滑与密封	(398)
11.1 润滑和密封的作用	(398)
11.2 润滑剂及其选择	(399)
11.3 润滑方式和润滑装置	(407)
11.4 常用传动装置和典型零部件的润滑	(410)
11.5 密封装置	(416)
思考与练习	(421)
第 12 章 弹簧	(422)
12.1 弹簧的功用和类型	(422)
12.2 弹簧的材料和制造	(425)
12.3 圆柱形螺旋弹簧	(429)
思考与练习	(433)
第 13 章 机械的平衡与调整	(434)
13.1 刚性回转件的静平衡及调整	(434)
13.2 刚性回转件的动平衡及调整	(436)
思考与练习	(438)
参考文献	(440)

第 1 章

总 论

人类从使用简单工具到今天能够设计、制造和利用现代机械改造自然，造福社会，经历了漫长的过程。如今，人们的日常生活和工作中已广泛使用着各种各样的机械，且人们也越来越离不开机械。在当今世界，机械的设计水平和机械现代化程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志之一。因此，努力学习机械方面的基础知识，掌握机械方面的基本技能是十分必要的。

1.1 机构、机器与机械的概念

1.1.1 机器与机构

为了满足生活和生产的需要，人们普遍使用着各样的机器，人们熟知的如汽车、火车、飞机、轮船、自行车、洗衣机、发电机和各种机床等都是机器。机器的种类繁多，其结构、性能和用途也各不相同，但在机器的组成、运动和功能关系上都具有一些共同的特征。下面来分析两种机器实例。

如图 1-1 所示的单缸内燃机，它是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、气缸体（机架）4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、推杆 8、排气阀 9 和进气阀 10 等组成。它可把燃料燃烧产生的热能转化为机械能。具体工作原理如下：燃气通过进气阀被下行的活塞 1 吸入气缸，然后进气阀关闭，活塞上行压缩燃气，点火使燃气在气缸中燃烧，燃烧的气体膨胀产生压力，推动活塞下行，通过连杆带动曲轴转动，向外输出机械能。当活塞再次上行时，排气阀打开，废气通过排气阀排出。这种内燃机可视为下列三部分的组合：主体部分（由活塞、连杆、

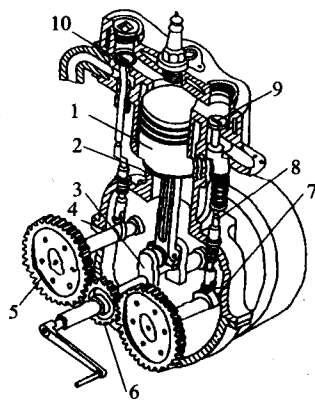


图 1-1 单缸内燃机

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

曲柄和机架构成)，其作用是将活塞的往复移动转化为曲柄的连续转动；控制部分（由凸轮、推杆和机架构成），其作用是将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动；传动部分（由齿轮和机架构成），其作用是改变转速的大小和方向。

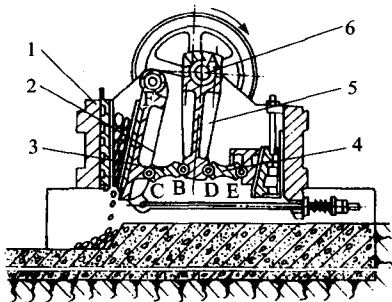


图 1-2 颞式碎矿机

1—机架；2—动颞板；
3、4、5—杆件；6—曲轴

又如图 1-2 所示的颞式碎矿机。它主要是由机架 1、动颞板 2、杆件 3、4、5 和曲轴 6 等组成。当电动机（图中未示出）驱动曲轴绕轴心 A 连续转动时，动颞板绕轴心 F 做往复摆动，从而将矿石轧碎。

从以上两个实例可以看出，尽管这些机器结构、性能和用途不同，但却具有以下共同特征：都是一种人为的实物组合体；各实体间具有确定的相对运动；能做有用的机械功或进行功能转换。

凡具备上述三个特征的实物组合体称为机器，也可以说机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息。

具有前两个特征的实物组合体称为机构，可见，机构是具有确定相对运动的实物组合体，它的作用是传递运动和力，它能实现各种预期的机械运动。机构中接受外部给定运动规律的活动构件称为主动件，随主动件的运动而运动的活动构件称为从动件，支承活动构件的构件称为固定件（机架）。

从组成上看，机构是机器的主要组成部分，一台机器可由一个机构组成，也可由多个机构组成。图 1-1 所示的内燃机中，就包括连杆机构、凸轮机构和齿轮机构等多个机构。从功能上看，机器能做有用的机械功或完成能量形式的转换，图 1-2 所示的颞式碎矿机工作时即是电能转化为机械能，而机构主要用于传递和转换运动。若单从运动观点来看，机器与机构并无本质区别，因此，我们常把机器与机构统称为机械。

机械一般由以下几个部分组成：原动机、传动部分和工作机。原动机是机械的动力来源，它主要为工作机提供运动和动力。常用的原动机有电动机、内燃机和液压机等。传动部分处于原动机和工作机之间，其作用是将原动机的运动和动力传给工作机。工作机是执行工作任务的部分，处于整个传动路线的终端。随着微电子技术、计算机技术和自动检测技术等技术的发展，现代机械又增加了控制部分和检测部分，使机械的结构、功能达到了更高的水平。

1.1.2 零件、构件和部件

从制造角度看，机器是由若干个零件装配而成的，零件是构成机器的基本要素，是机器中不可拆卸的制造单元。从运动角度看，机器是由若干个运动的单元所组成，这种运动单元称为构件。构件可以是一个单独的零件，如图 1-1 中的齿轮，也可以是若干个零件刚性联

接而成的,如内燃机中的连杆,如图1-3,就是由连杆体1、轴套2、连杆盖3、轴瓦4、螺杆5和螺母6等零件刚性联接而成的。

零件按其是否具有通用性可以分为两大类:一类是通用零件,它的应用很广泛,几乎在任何一部机器中都能找到它,例如齿轮、轴、螺母、销钉、键等;另一类是专用零件,它仅用于某些机器中,常可表征该机器的特点,例如内燃机中的活塞(见图1-1)、起重机的吊钩等。

工程中也常将一组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合体,然后再装配成整机,这种组合体常称之为部件(或组件),例如汽车的发动机、变速器及后桥等,车床的主轴箱、尾座、进给箱以及自行车的脚蹬子等部件。将机器看成是由零部件组成的,不仅有利于装配,也有利于机器的设计、运输、安装和维修等。

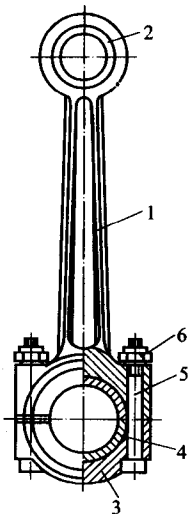


图1-3 连杆的组成

1—连杆体; 2—轴套; 3—连杆盖;
4—轴瓦; 5—螺杆; 6—螺母

1.2 本课程的性质、内容和任务

本课程是一门理论性和实践性都很强的专业技术基础课,是后续专业课程学习或解决工程实际问题的必备基础,是机械类和近机械类专业的主干基础课程。本课程的研究对象为工程机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件。主要研究其工作原理、种类、结构特点、基本设计理论、设计计算方法和选用及维护等方法;通过本课程的学习,初步具备分析和设计一般机构和零部件的能力。

本课程的主要任务是:

- ① 培养学生树立正确的设计思想和机械设计能力,尤其是创新设计能力。
- ② 培养学生掌握机械设计的一般规律和常用机构及通用零部件的设计原理和方法,要求学生具有与本课程有关的解题、运算、绘图、执行国家标准、收集和使用技术信息与资料的技能。
- ③ 培养学生熟悉常用机构及通用零部件的工作原理、特点、应用、结构和标准等,要求学生初步具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能,并具有正确使用和维护机械传动装置的能力。
- ④ 培养学生掌握典型机械零件实验方法的技能。

⑤ 使学生了解机械设计的最新发展状况及现代设计方法在机械设计中的应用。

1.3 机械设计的基本要求、原则和一般程序

1.3.1 机械设计的基本要求

机械设计是人们从生产和生活的实际需要出发,运用设计理论、方法和技能,经过构思、计算、绘图等过程,创造新机械的活动。机械设计可以是开发新产品,也可以是改造现有的机械。机械产品的设计阶段是决定其各项性能指标高低优劣的关键。机械产品的结构、性能、质量、成本、可制造性、可维修性及人机环境等,原则上都是设计阶段确定的。尽管机械产品的类型很多,但其设计应满足的基本要求大致相同,主要有以下几个方面。

(1) 使用要求:使用要求是对机械产品的首要要求。是指机械产品必须满足用户对所需要的功能的要求,这是机械设计最根本的出发点。

(2) 可靠性和安全性要求:机械产品在规定的使用条件下,在规定的时间内,应具有完成规定功能的能力。安全可靠是机械产品的必备条件。

(3) 经济性和社会性要求:经济性要求是指所设计的机械产品在设计、制造方面周期短、成本低;在使用方面效率高、能耗少、生产率高、维护与管理的费用少等。应该指出,在机械中采用标准零件,不仅可以优化设计,保证互换性,便于机械的修配,而且有利于保证零件的质量并降低其成本。此外,机械产品应操作方便、安全,具有宜人的外形和色彩,符合国家环境保护和劳动法规的要求。

(4) 其他特殊要求:有些机械产品由于工作环境和要求不同,对设计提出了某些特殊要求。例如对航空飞行器有质量小、飞行阻力小和运载能力大的要求;流动使用的机械(如塔式起重机、钻探机等)要便于安装、拆卸和运输;对机床有长期保持精度的要求;对食品、印刷、纺织、造纸机械等则有保持清洁,不得污染产品的要求等。

1.3.2 机械设计应遵循的基本原则

为了满足上述要求,机械设计应注意遵循以下基本原则。

(1) 以市场需求为导向的原则:机械设计作为一种生产活动,与市场是紧密联系在一起的。从确定设计任务、使用要求、技术指标、设计与制造工期到拿出总体方案、进行可行性论证、综合效用分析(尤其是实际使用效果的综合分析)、盈亏分析直至具体设计、试制、鉴定、产品投放市场后的信息反馈等都是紧紧围绕市场需求来运作的。设计人员要时时刻刻想着如何设计才能使产品更具竞争力,能够占领市场、受到用户青睐。

(2) 创造性原则:创造是人类的本质。人类如果不发挥自己的创造性,生产就不能发

展,科技就不会进步,也不会有人类的今天。设计只有作为一种创造性活动才具有强大的生命力。因循守旧,不敢创新,只能永远落在别人后面。特别是在当今世界科技飞速发展的情况下,在机械设计中贯彻创造性原则尤为重要。

(3) 标准化、系列化、通用化原则:标准化、系列化、通用化简称为机械产品的“三化”。“三化”是我国现行的一项很重要的技术政策,在机械设计中要认真贯彻执行。

标准化就是对产品(特别是零部件)的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法和制图要求等方面的技术指标制定出各种大家共同遵守的标准。实行标准化,能以最先进的技术在专门化工厂中对应用面极广、数量巨大的已标准化的零件(称为标准件)进行大量的、集中的制造,以提高质量、降低成本;采用标准结构和标准件,可以简化设计工作,缩短设计周期,提高设计质量;此外,实行标准化还统一了材料和零件的性能指标,使其能够进行比较,并提高了零件性能的可靠性。

现已发布的与机械零部件设计有关的标准,从使用范围上来讲,分为国家标准(CB)、行业标准(如机械行业标准JB)和企业标准三个等级。国家标准分为强制性国家标准,其代号为GB××××(标准序号)—××××(批准年代);推荐性国家标准,其代号为GB/T××××—××××。强制性国家标准只占整个国家标准中的极少数,但必须严格遵照执行,否则就是违法。推荐性国家标准占到整个国家标准中的绝大多数,如无特殊理由和需要,也应当遵守这些标准,以期获得良好的效果。目前,我国的某些标准正在迅速向国际标准化组织标准(ISO)靠拢。

为了组织生产,常将一种产品的主要参数系列化,称为产品系列化。不同的产品中,可以有些零部件是相同的,这称为零部件的通用化。

贯彻“三化”的好处主要是:减轻了设计工作量,有利于提高设计质量并缩短生产周期;减少了刀具和量具的规格种类,便于设计与制造,从而降低其成本;便于组织标准件的规模化、专门化生产,易于保证产品质量、节约材料、降低成本;提高了互换性,便于维修;便于国家的宏观管理与调控以及内、外贸易;便于评价产品质量,解决经济纠纷等。

(4) 整体优化原则:机械设计要贯彻“系统论”和优化的思想。性能最好的机器其内部零件不一定是最好的;性能最好的机器也不一定是效益最好的机器;只要是有利于整体优化,机械部件也可以考虑用电子或其他元器件代替。总之,设计人员要将设计方案放在大系统中去考察,寻求最优,要从经济、技术、社会效益等各个方面去分析、计算,权衡利弊,尽量使设计效果达到最佳。

(5) 联系实际原则:所有的设计都不要脱离实际。设计人员要考虑当前的原材料供应情况、企业的生产条件、用户的使用条件和要求等。

(6) 人机工程原则:机器是为人服务的,但也是需要人去操作使用的。如何使机器适应人的操作要求,人机合一后,投入产出比最高,整体效果最好,这是摆在设计人员面前的一个课题。好的设计一定要符合人机工程学原理。

1.3.3 机械设计的一般过程

机械产品的设计类型大致分为开发性设计（应用新原理、新技术对产品进行全新的设计）、适应性设计（根据生产技术和使用部门的要求，对产品的结构和性能进行更新和改造的设计）和变型设计（产品的工作原理和功能不变，为了适应工艺条件和使用要求，改变产品的具体参数或结构的设计）。显然，设计类型的不同以及机械产品本身类型的不同，都会影响到设计过程的繁简程度和设计重点。机械产品的种类繁多，用途各异，但其设计过程却相差不多。机械产品设计一般可分为以下几个阶段。

（1）提出设计任务阶段：本阶段应根据市场信息（含预测）或用户要求确定设计任务。应在有关人员要对要设计的机械产品的需求情况反复调查研究、分析、收集整理信息资料的基础上，进一步明确产品应具备的功能、经济价值、加工时限要求和对环境影响情况等，经过论证，编制设计任务书。设计任务书中应明确规定机械产品的功能要求、经济性、环保要求、制造要求、基本使用要求及完成设计任务的预计期限等。

（2）方案设计阶段：根据设计任务书，通过充分的调查研究和必要的试验分析，提出若干个可行的设计方案，经过对方案的对比分析和评价，确定最佳设计方案。方案设计要提出机械产品的原理图、机构运动简图和传动系统图等，它是下一步工作的基础，对整个设计的成败起关键的作用。应力求做到所设计的方案技术先进、使用可靠、经济、合理。要说明的是，如果经过筛选之后还剩下两个方案难分伯仲，条件允许时可以齐头并进，在设计过程中，根据实际情况决定取舍。

（3）技术设计阶段：本阶段要进行运动学设计、动力学设计、结构设计和主要零部件的工作能力（强度、刚度、振动稳定性、寿命等）设计等技术设计工作，完成总体设计草图、部件及产品装配图、零件工作图等等的绘制。在此阶段，由于影响设计的因素太多，它们之间又存在相互联系、相互制约的关系，设计工作出现反复、绘图与计算交叉进行的现象是不足为怪的。

（4）整理技术文档阶段：本阶段要根据设计时的实际情况编写设计计算说明书、使用说明书等技术文件，还要整理图样，将全部图样装订成册、编写图样目录。必要时可以将全部技术文档存入计算机硬盘、软盘、制成光盘或进行微缩处理。

（5）试验分析阶段：用技术设计阶段提供的图样等技术文件进行产品试制，并应进行样机的有关试验，根据样机存在的问题，对原设计方案进行修改完善。

（6）生产设计阶段：根据修改后的设计图样和其他技术文件，进行工艺流程和工艺装备的设计，完成生产准备。

（7）投产、使用与考核阶段：产品在成批制造后，可以投放市场，这时需广泛征求用户的意见，为产品的改进和更新设计提供依据。

在设计工作中，特别要注意处理好继承与创新的关系，既要借鉴成功的经验，特别是新