

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

机械原理课程设计 指导书

主编 戴娟



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果

机械原理课程设计指导书

Jixie Yuanli Kecheng Sheji Zhidaoshu

主 编 戴 娟

副主编 杨文敏 徐林林 邱显焱



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

内容简介

本书是为了满足机械原理课程实践教学环节的需要而编写的。根据“以设计为主线,分析为设计服务,立足点是机械系统的方案设计”的机械原理新课程体系要求,以强化学生的机械系统设计意识、创新能力和综合运用知识能力为目标,以机械运动方案设计过程为主线,对机构的功能、机构的类型选择、机械运动规律及设计以及基于计算机辅助设计的机构尺寸综合、运动仿真和动力分析、机械传动系统设计等方面的知识进行了相关介绍,并以实例进行说明。同时,书中给出了十余道课程设计选题,以适应不同学制、不同专业学生的教学需要。

本书可作为机械原理课程设计的指导用书,也可作为机械原理课程的配套和补充教材,适于高等工院校(含高职高专)机电类、机械类、近机类等专业的师生使用,还可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理课程设计指导书/戴娟主编. —北京:高等教育出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-04-030338-4

I. ①机… II. ①戴… III. ①机构学—课程设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH111-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第216982号

策划编辑	段博原	责任编辑	贺玲	封面设计	于涛
责任绘图	尹莉	版式设计	余杨	责任校对	俞声佳
责任印制	韩刚				

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

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 廊坊科通印业有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 12.25
字 数 230 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 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>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2011年1月第1版
印 次 2011年1月第1次印刷
定 价 18.50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 30338-00

前 言

本书根据“以设计为主线，分析为设计服务，立足点是机械系统的方案设计”的机械原理新课程体系要求，以强化学生的机械系统设计意识、创新能力和综合运用知识能力为目标，在吸取各高校机械原理课程设计经验并对其内容进行整合充实的基础上编写而成。本书在内容上力求与机械原理课程教学要求紧密结合，注重培养学生的基本分析设计能力，在素材选取上充分考虑现代机械产品设计的需要，实践性和实用性强。

全书以机械运动方案设计过程为主线，就机构的功能、机构的类型选择、机械运动规律及设计以及基于计算机辅助设计的机构尺寸综合、运动仿真和动力分析、机械传动系统设计等方面的知识进行了相关介绍，并以实例进行说明。同时，书中给出了十余道课程设计选题，以适应不同学制、不同专业学生的教学需要。

本书可作为机械原理课程设计的指导用书，也可作为机械原理课程的配套和补充教材，适于高等工科院校（含高职高专）机电类、机械类、近机类等专业的师生使用，还可作为工程技术人员的参考用书。

本书由戴娟（长沙学院）担任主编，杨文敏（湖南农业大学）、徐林林（北京石油化工学院）、邱显焱（湖南工业大学）任副主编，参加编写的人员还有湖南农业大学的黄瑞英和长沙学院的庞小兵，在此对他们的辛勤劳动表示感谢。同时也由衷地感谢为本书提供指导的长沙学院的郭惠昕、夏尊凤教授以及参考文献中所列的所有作者。

由于编者水平所限，书中误漏欠妥之处在所难免，敬请读者批评指正。联系方式（E-mail）：dj_cs01@126.com。

编 者

2010年6月

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 机械设计的一般程序	1
§ 1-2 机械执行系统运动方案设计的主要内容	4
§ 1-3 机械原理课程设计的目的、内容和要求	7
§ 1-4 机械产品创新设计及现代设计方法简介	10
第二章 机械执行系统功能原理设计	14
§ 2-1 机构的功能	14
§ 2-2 执行系统的功能原理设计	16
§ 2-3 功能分析法简介	19
第三章 机械执行系统运动规律及运动协调设计	24
§ 3-1 执行系统运动规律设计	24
§ 3-2 执行机构运动协调设计	29
§ 3-3 机械运动循环图的绘制	31
第四章 机械执行机构的型式设计	37
§ 4-1 机构型式设计的内容和过程	37
§ 4-2 实现常见运动形式的机构及其介绍	38
§ 4-3 机构类型的选择原则	40
§ 4-4 机构创新方法介绍	45
§ 4-5 执行机构运动方案的评价与决策	59
第五章 计算机辅助图解法求解机构的尺度综合问题	67
§ 5-1 用图解法进行平面连杆机构设计	67
§ 5-2 用图解法进行凸轮设计	72
§ 5-3 平面连杆机构速度与加速度及受力分析图解法	76
§ 5-4 机构的优化设计与实施简介	78

第六章 常用机构的建模和运动仿真	84
§ 6-1 基于 Pro/Engineer Mechanism 的机构运动仿真分析	84
§ 6-2 基于 COSMOSMontion 的机构运动仿真分析	98
§ 6-3 基于 UG 的机构运动仿真分析	108
第七章 机械传动系统设计	129
§ 7-1 原动机的选择	129
§ 7-2 机械传动系统方案设计	134
§ 7-3 总传动比计算和传动比分配原则	136
第八章 机械系统运动方案设计举例	139
第九章 机械原理课程设计计算说明书的编写规范及要求	154
§ 9-1 机械原理课程设计计算说明书的编写内容	154
§ 9-2 计算说明书编写规范和注意事项	155
第十章 机械原理课程设计题选	160
题目一：酱类食品灌装机机构及其传动装置的设计	160
题目二：步进式输送机的设计	162
题目三：专用精压机运动简图的设计	163
题目四：四工位专用机床的设计	166
题目五：凉席竹片铣槽机的设计	168
题目六：鞭炮插引机的设计	169
题目七：自动盖章机的设计	171
题目八：半自动钻床的设计	172
题目九：糕点切片机的设计	173
题目十：台式电风扇摇头装置的设计	174
题目十一：压床机械的设计	175
题目十二：自动打印机的设计	178
题目十三：铁板输送机的设计	179
题目十四：平压印刷机的设计	181
题目十五：书本打包机的设计	182
参考文献	186
后记	188

第一章

绪 论

§ 1-1 机械设计的一般程序

一、机械设计的概念

机械设计是机械的重要组成部分，是从市场的需求出发，通过构思、计划和决策，确定机械产品的功能、原理方案、技术参数和结构等，并把设想变为现实的一种技术实践活动。机械设计的最终目的是设计出一种能达到预定功能要求，具有性能好、成本低、使用寿命长等特点的机械产品。

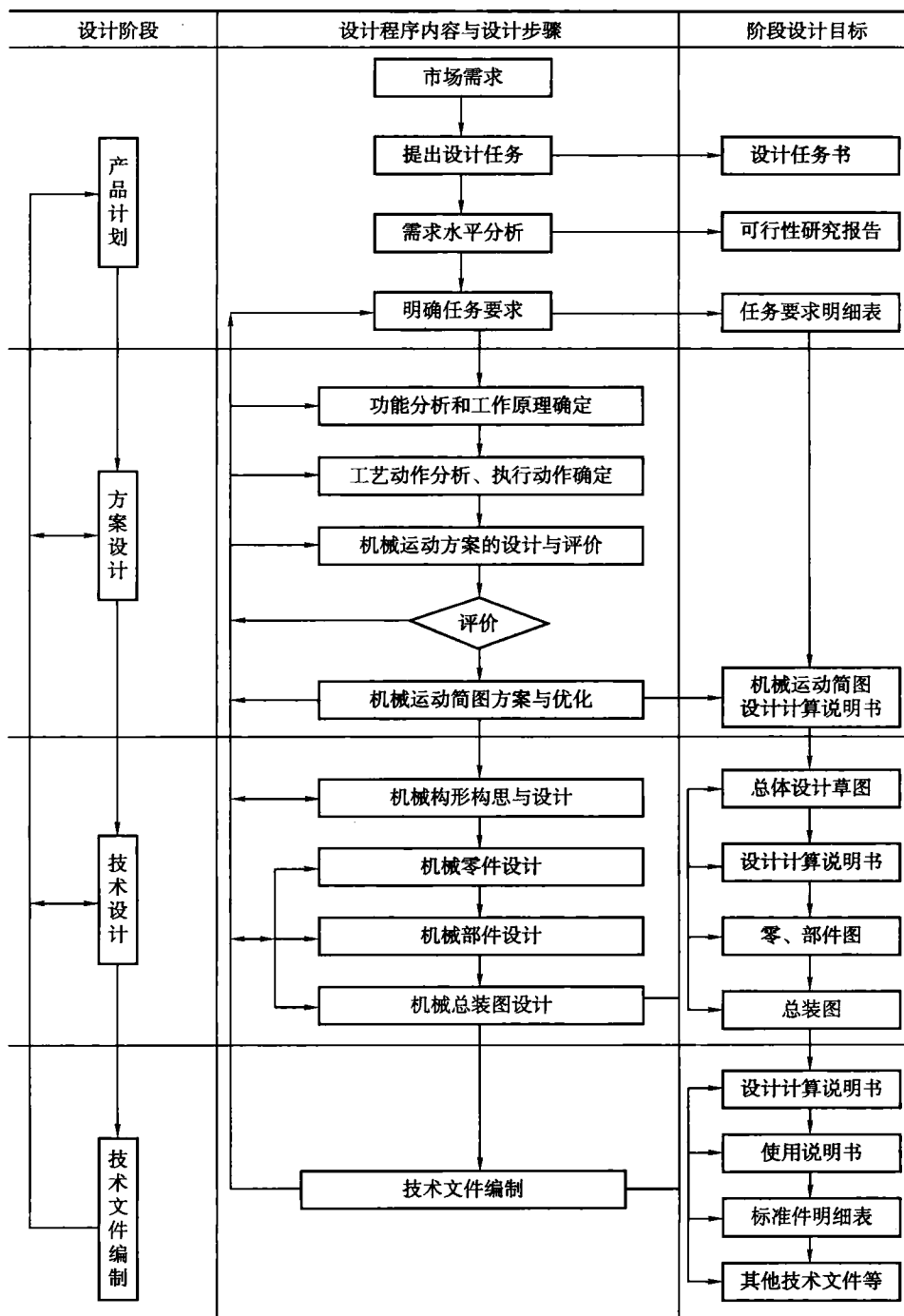
机械设计方法一般有以下几种：

- 1) 开发性设计 根据机械产品的总功能要求和约束条件，应用成熟的科学技术或经过实验证明可行的新技术，设计未曾有过的新型机械，主要包括功能设计和结构设计。
- 2) 继承性设计 保持原理方案基本不变，根据使用经验和技术发展对已有产品的局部结构或性能进行改造。
- 3) 变型性设计 为适应新的需要，对产品结构设置和尺寸加以改变，开发出不同于标准型的变型产品，使之满足功率和速比等不同要求。

二、机械设计的一般程序

设计机器的过程是复杂的，它涉及多方面工作。为了提高机械设计的质量，必须有一个科学的设计程序。不同类型的机械产品，其开发设计过程不尽相同，但大致可分为产品计划、方案设计、技术设计和技术文件编制四个阶段。每个阶段的内容和目标见表 1.1。以下对各阶段工作分别加以简要说明。

表 1.1 机械设计的一般程序框图



1. 产品计划阶段

设计人员在接受一个新机器的设计任务时,通常对所要设计的机器认识并不是十分清楚。此时,应根据使用要求和工作条件,确定机器的功能范围及指标,明确设计需要解决的问题。这一阶段的中心任务是进行产品的需求分析、市场预测、可行性分析、确定设计参数及制约条件,最后给出详细的设计任务书,作为以后设计、评价和决策的依据。

2. 方案设计阶段

这一阶段主要是在功能分析和工作原理确定的基础上完成对机械产品的工艺动作构思和分解,提出可能实现机器功能的多种方案。每个方案应包括原动机、传动机构和工作机构等几大部分(对复杂的机器可能还包括控制系统)。然后,在考虑机器的使用要求、现有的技术水平和经济性的基础上,综合运用各方面的知识与经验对各个方案逐一进行分析。通过分析确定原动机,选定传动机构,并确定执行机构的工作原理及应满足的工艺参数,绘制其工作原理图,完成机器的方案设计。

在方案设计过程中,要注意借鉴与采用同类机器成功的先例。同时注意相关学科与技术成果的应用,如材料科学、制造技术和控制技术 etc 学科的最新研究成果,从而为方案设计的创新奠定基础。

3. 技术设计阶段

这一阶段主要是将机械的构形设计和机构运动简图具体转化为机器及其零、部件的合理结构设计,即要完成机械产品的总体设计和零、部件的设计,并提交全部生产图样和编制的设计计算说明书等有关技术文件。

4. 技术文件编制阶段

技术文件包括整机的设计计算说明书、用户使用说明书、标准件明细表、外购件明细表、验收条件和检验合格证等。

三、机械产品设计过程中的工作特点

机械产品的设计过程是一个复杂的过程,涉及设计过程、设计管理、市场需求、社会环境等,设计过程所体现出的工作特点如下:

1. 机械设计过程具有渐变性

渐变性主要表现在产品设计是一个从抽象概念到具体产品的演化过程,同时也是一个逐步求精、细化的过程和反复修改和迭代的过程,更是一个不断创新的过程,且设计的方案具有多解性。

2. 设计过程必须以市场需求为导向

机械产品设计与制造的目的是为了市场的需求,因此,用户的满意程度是衡量产品优劣的主要指标。设计者应注重市场调查和预测,明确市场需要

什么，特别是要把市场预测作为侧重点，并以此为基础，从而确定新产品的开发计划。

3. 设计过程管理中存在复杂性

产品开发过程管理要求能够对整个产品开发过程从需求分析、概念设计到最终设计完成进行组织、协调和控制，并且能够对每一个阶段所需要的设备、工具、人员等进行分配、组织和管理。设计过程管理重要而又复杂。

4. 设计过程应建立可持续发展观念

随着人们对社会环境意识的增长，要求设计者在产品开发过程中对所涉及的社会环境、资源的合理利用等问题给以足够的重视，并建立可持续发展观念。

§ 1-2 机械执行系统运动方案设计的主要内容

一、机械执行系统运动方案设计的主要内容

执行系统是直接完成各种工艺动作或生产过程的系统。它由一个或多个执行机构组成，是机械系统总体方案设计中极其重要又极富创造性的环节。它的设计对于机械系统能否实现预期的功能、工作性能的优劣、经济效益的好坏以及产品在市场上的竞争能力都起着决定性的作用。由于设计中涉及工作原理的拟定、运动规律的选择、机构的型式设计与创新以及最佳方案的评价、优化筛选等，因此也是一项比较繁琐的工作。设计者不仅要对各种基本机构及其演化、运动原理、工作特性和适用场合及各种设计方法有深入和全面的了解，而且还需具备一定的专业和实践知识，充分发挥自己的想象力和创造才能，灵活运用各种设计技巧才能使所设计的机构运动方案新颖高效、实用可靠。

机械执行机构方案设计的主要工作内容包括以下几个环节：

1. 执行系统的功能原理设计

功能原理设计的任务是根据机器预期实现的功能要求，构思出所有可能的功能原理，加以分析比较并根据使用者要求或工艺要求，从中选择既能满足功能要求，工艺动作又简单的原理。采用不同的工作原理设计出的机械的性能、结构、工作品质、适用场合等都会有很大的差异。详细内容可参考本书第二章。

2. 运动规律设计

执行系统的运动规律设计是指根据工作原理决定选择何种运动规律。工艺动作分解是运动规律设计的基础，工艺动作分解的方法不同，形成的运动方案也不同；同一个工作原理，可以有多种工艺动作分解；不同的工艺动作分解，将会得到不同的设计结果。详细内容可参考本书第三章。

3. 执行机构型式设计

实现同一种运动，可以选择不同型式的机构。执行机构的型式设计是指选用何种机构来实现其运动规律，这需要综合考虑机构的动力特性、机械效率、制造成本等因素。详细内容可参考本书第四章。

4. 执行系统运动协调设计

对于由多个执行构件组合而成的复杂机械，必须使这些执行构件的运动以一定的次序协调配合，以完成预期的工作要求，即执行系统运动协调设计。详细内容可参考本书第三章。

5. 机构尺度设计

机构的尺度设计是对所选择的各个执行机构进行运动和动力设计，确定各执行机构（一般为运动形式变换机构）的运动学尺寸，并绘制各执行机构的运动简图。详细内容可参考本书第五章。

6. 运动和动力分析

运动和动力分析是对整个执行系统进行运动和动力分析，检验其是否满足运动和动力性能方面的要求。详细内容可参考本书第六、七章。

7. 执行系统方案评价、决策与优化

机械执行系统方案设计所研究的问题是如何合理地利用设计者的专业知识和分析能力，创造性地构思出各种可能的方案并从中选出最佳方案。本书第四章和第五章分别就执行系统方案的评价和机构的优化问题作了简要介绍。

二、机械执行系统运动方案设计流程

执行系统运动方案设计是在产品规划明确拟定了其功能目标后进行的。执行系统的设计不存在固有的设计程序，但为使初学者容易掌握，可将其设计流程概括如图 1.1 所示。

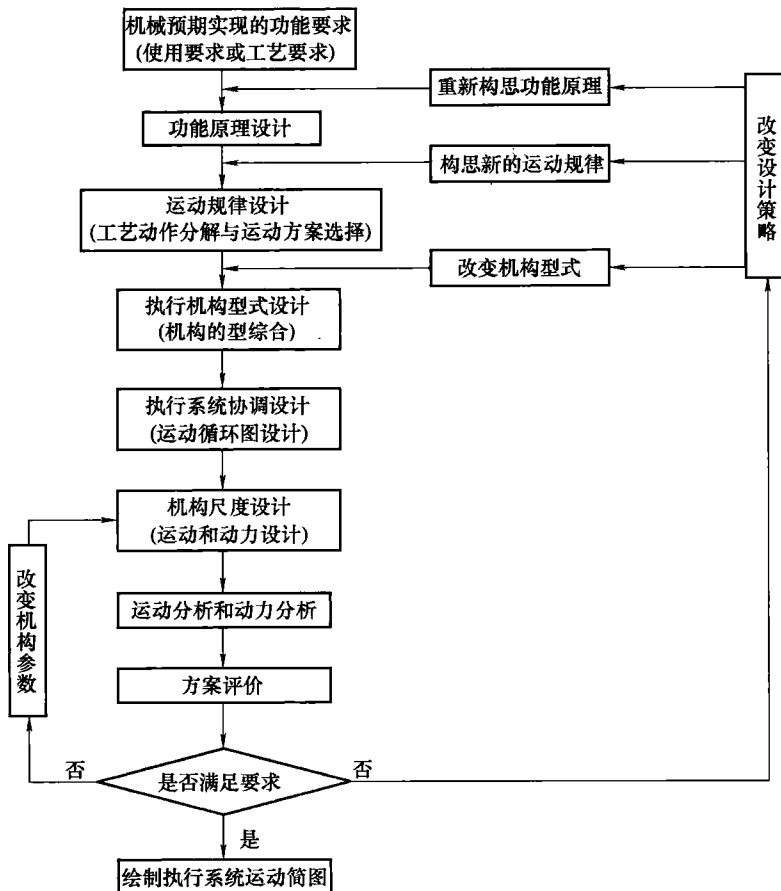


图 1.1 机械执行系统运动方案设计流程图

三、拟定机械运动方案时应考虑的主要因素

机械运动方案及机构运动简图设计是机械产品设计的的第一步，也是决定机械产品质量水平高低、性能优劣和经济效益好坏的关键性的一步。由于机械执行系统设计的优劣直接影响机械产品的功能和性能，因此，设计时必须使之满足以下要求：

- 1) 能实现预定的运动和动作；
- 2) 各构件具有足够的刚度和强度；
- 3) 各执行机构间的动作应相互协调；
- 4) 结构合理、造型美观、便于加工与安装；
- 5) 工作安全可靠，有足够的使用寿命。

除此之外，根据执行系统的工作环境，还应考虑是否有防腐或耐高温等特

殊要求。

结合以上各点,设计者在拟定机械运动方案时应考虑以下几方面因素:

1) 总体布局要求 动力源形式、传动机构与执行机构的总体布局、输入构件与输出构件的相对位置安排是机构选型和组合安排必须考虑的因素。

2) 运动规律要求 执行机构必须能实现输出构件的运动形式与运动规律。各种机构的适用工作速度是不完全相同的,这些工作速度范围是机构选型及组合安排的基本依据。

3) 运动精度要求 运动精度的高低对机构的选型影响很大。

4) 承载能力要求 各种机构的承载能力所能达到的最大工作速度是不同的,因而需要根据载荷的大小及动态特性等选择合适的机构。

5) 使用要求和工作条件 使用单位所提出的生产要求、生产车间的条件、产品的使用和维修要求等均对机构选型和组合安排有很大影响,所以必须予以足够的重视。

6) 人机系统的要求 机械与人的合理分工、机械操作的宜人性、机械的安全运转等,也是机械运动方案拟定时应考虑的重要因素之一。

§ 1-3 机械原理课程设计的目的、内容和要求

一、机械原理课程设计目的

机械原理课程设计是工院校机械类和近机类学生在大学期间第一次应用已学过的知识和计算机工具比较全面的、具有实际内容和意义的课程设计,也是机械原理课程一个重要的实践教学环节。作为知识转化为能力的桥梁,机械原理课程设计的主要目的是进一步巩固和加深学生所学的理论知识,并将其系统化,同时通过设计培养学生综合运用所学知识独立解决实际问题的能力,使学生通过机械运动方案设计,学会合理地利用专业知识创造性地构思出各种可能的方案,并从中选出最佳方案,在机构分析与综合方面得到一次全面系统的训练。

机械原理课程设计要求针对某种简单机器进行机构运动简图设计,让学生在明确设计要求的基础上,对该机器进行功能分析和功能原理设计,拟定工艺动作方案,选择执行机构类型,并对机械运动方案进行评价、优选及决策和机构尺度综合等,为下一步进行详细的结构设计作好原理方案方面的准备。更为重要的是通过机械原理课程设计,可以培养学生的开发和创新能力,而创新能

力的培养在机械原理课程设计中占有十分重要的位置。

在机械原理课程设计中通过机械系统方案的创新构思与设计、机械系统多方案的评价与优选、设计内容的综合性和工程性，可以加强学生现代机械设计基本功的训练与培养以及各种现代设计方法与手段的掌握与应用；使学生具有更高的综合素质，以适应时代的要求。

二、机械原理课程设计主要内容

机械原理课程设计的主要内容是通过对某种简单机器（即工艺动作过程比较简单的机械）的分析，进行机构运动简图的设计，包括机器性能分析、工艺动作过程确定、执行机构的选择、机械运动方案的评定、机构尺度综合等方面。具体内容有以下几点：

- 1) 按照给定的机械总功能要求将其分解成子功能进行机构的选型和组合；
- 2) 设计该机械执行系统的几种运动方案，对各运动方案进行对比和选择；
- 3) 对选定方案中的机构——连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、其他常用机构及组合机构进行分析和设计；
- 4) 制定机构运动循环图；
- 5) 画出机构运动简图。

机械原理课程设计在内容的组织和具体设计要求上大体可分为两种：一种是选用已有的典型机械，对其进行比较系统的运动分析与受力分析等，以加深学生对机械原理课程各章节内容的理解和掌握；另一种为根据某些功能要求，要求学生独立地确定机械系统的运动方案，并对其中的某些机构进行设计。前者侧重于分析，后者则侧重于设计，当然也可两者兼顾的。至于选用何种形式和内容可由指导教师根据学生的学习专业和教学基本要求来定。

表 1.2 为机械原理课程设计大致步骤和内容（仅供参考）。

表 1.2 机械原理课程设计大致步骤和内容

设计步骤	拟完成的相关计划内容	拟完成的阶段性成果
1. 设计前的准备	通过阅读、参观（模型、实物或生产现场）及查阅设计资料等途径了解相关设计内容	熟悉课题及设计任务
2. 进行机构选型	主执行机构、辅助执行机构（例如进刀机构、调节机构、送料机构等）的选型	对各种机构进行定性比较、评价，拟定选择的依据，选出最终方案

续表

设计步骤	拟完成的相关计划内容	拟完成的阶段性成果
3. 选用原动机	选出原动机类型、型号	给出设计依据和相关结果
4. 拟定传动系统方案及传动系统参数设计计算	(1) 传动系统方案设计 (2) 设计相关传动系统参数(如总传动比、执行机构中主动件转速, 轮系及其设计等)	绘制机构传动系统方案图
5. 绘制系统工作循环图	设计 1~2 个最终方案的工作循环图	绘制整机工作循环图
6. 执行机构的尺度综合	设计主执行机构和辅助执行机构的运动学尺寸	绘制机构运动简图
7. 执行机构的静力学分析	用图解法或解析法或借助 CAD 等进行执行机构的静力学分析	静力分析结果(含必要的程序清单)
8. 执行机构的运动学分析	用图解法或解析法或借助 CAD 等进行执行机构的运动学分析	运动分析结果(位移、速度、加速度曲线)及程序清单
9. 编写设计计算说明书	按装订顺序整理设计计算说明书	设计计算说明书

以上设计步骤和内容是以两周设计时间来进行安排的, 实际操作时可根据各学校的具体情况和教师给定的设计任务书的要求来确定。

三、机械原理课程设计要求

通过机械原理课程设计, 学生应达到如下基本要求:

1) 以机械系统运动方案设计与拟定为结合点, 把机械原理课程中分散于各章的理论与方法进行融会贯通, 进一步巩固和加深理解“机械原理”课程的基本概念、基本理论和基本方法;

2) 培养严谨的科学态度, 树立正确的设计思想, 掌握机械产品的总体方案设计、运动和动力设计过程;

3) 培养学生调查研究、分析比较的能力, 使学生具有一定的机械产品或机械系统总体方案和运动方案创新设计的能力;

4) 提高运用多学科知识的综合能力和灵活应用各种设计方法与技巧能力;

5) 通过绘图和撰写技术说明书培养学生表达、归纳和独立思考与分析的能力。

总之, 机械设计是一项具有挑战性的创造性劳动, 运动方案的快速确定及合理性与设计经验密切相关。同学们一定要注意观察在生活与生产实际中接触到的各种机械设备, 分析并了解它们的结构特点、工作原理, 积累一定的实践经验, 以便今后设计出更好的机械产品。

§ 1-4 机械产品创新设计及现代设计方法简介

一、关于机械创新设计

机械创新设计是指充分发挥设计者的创造力, 利用人类已有的新技术手段、新技术原理和非常规的方法设计出具有新颖性、创造性及实用性的机构或机械产品(装置)的一种实践活动。它与传统设计在理念、内容、方法上均有较大差异。具体可见表 1.3。

表 1.3 传统设计与现代设计的比较

比较内容	传统设计	现代设计
设计性质	侧重技术	面向功能, 将技术、经济和社会环境因素结合在一起统筹考虑
设计进程	在战略进程和战术步骤上有随意性	强调设计进程及其步骤的模式化
设计手段	计算器、图板加手册的个体手工作业	充分利用计算机进行计算、自动绘图和数据库管理, 集团分工协作
设计方式	以经验总结、规范依据为主	强调预测与信号分析及创造性的相互配合
设计部署	只限于从方案到工作图阶段	贯穿开发的全过程, 考虑全寿命周期的质量信息反馈
设计思维	面向结构方案的“收敛性”思维	面向总体功能目标的“发散性”思维
设计方法	采用少数的验证性分析以满足限定的约束条件	多元性方法学直接综合使其在各种条件下实现方案与全域优化目标

续表

比较内容	传统设计	现代设计
设计目标	局限在微观和结构	注重全局构成及协调, 包括造型设计、宜人设计
设计评估	采用单项与人为准则	采用科学的模糊综合评判

机械产品的创新设计包含两个部分: 一是改进、完善生产或生活中现有机械产品的技术性能、可靠性、经济性、适用性等; 二是创造设计出新机器、新产品, 以满足新的生产或生活的需要。图 1.2 所示为机械创新设计的一般过程。

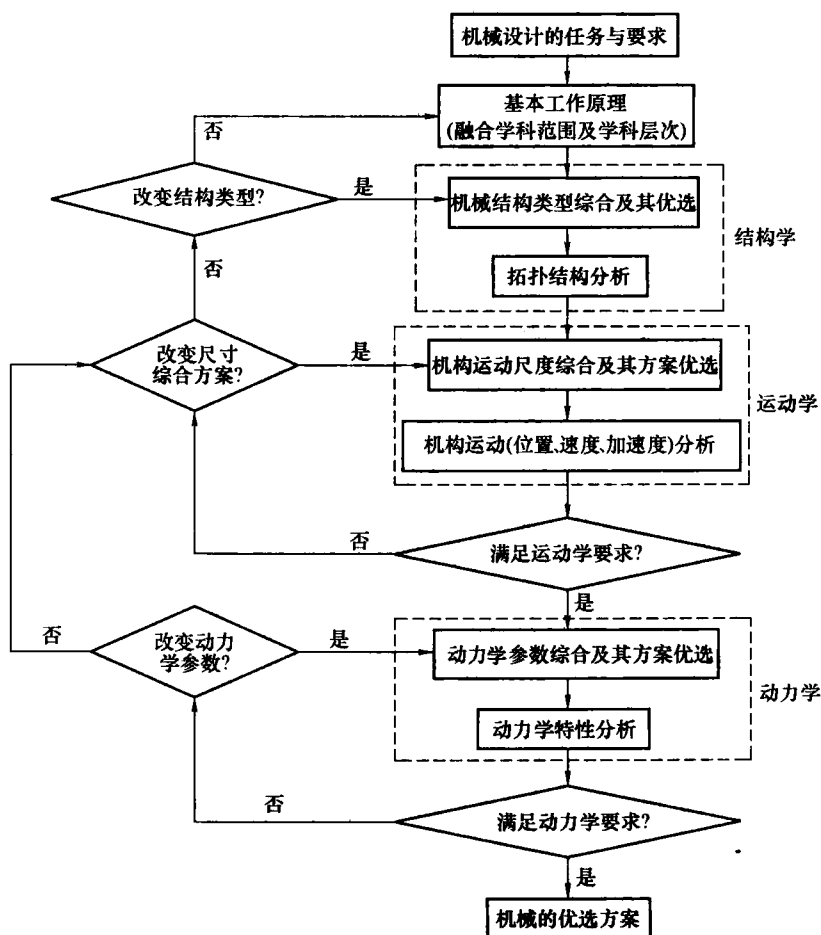


图 1.2 机械创新设计的一般过程