



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

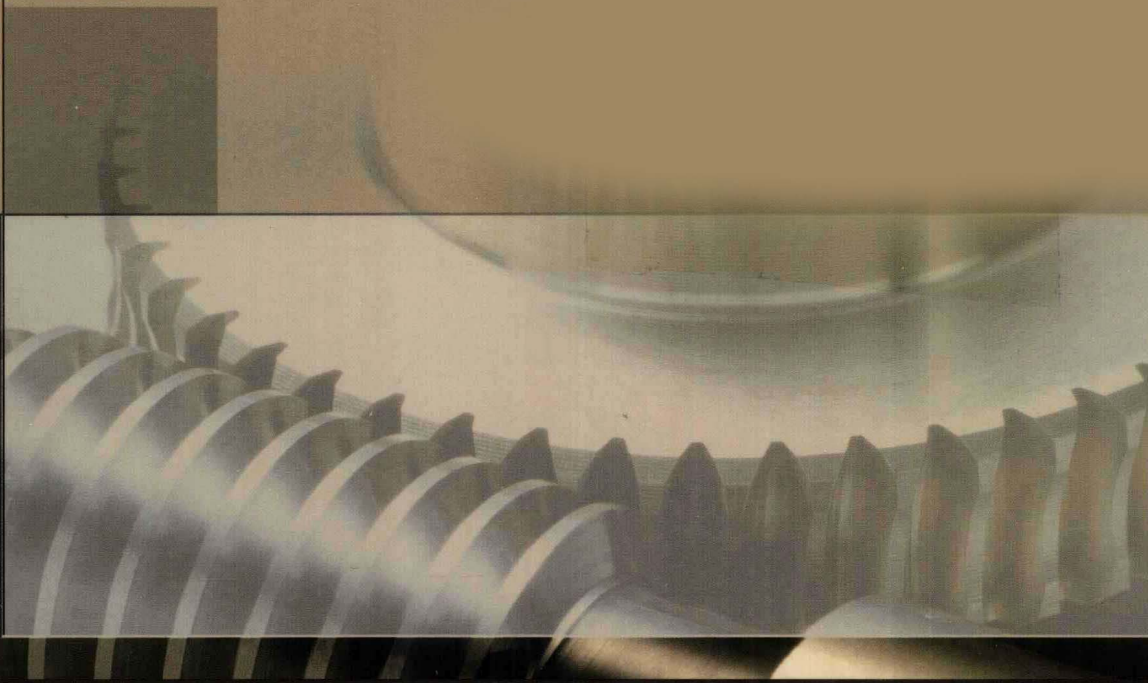


2008年山东省高等学校优秀教材

# 机械原理课程设计

第 2 版

师忠秀 主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新世纪高校机电工程规划教材  
2008年山东省高等学校优秀教材一等奖

# 机械原理课程设计

第2版

主编 师忠秀  
参编 王继荣 张继忠 张艳萍  
主审 吴昌林 陈文华



机械工业出版社

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，同时荣获山东省高等学校优秀教材一等奖。本书为满足机械原理课程实践教学环节——机械原理课程设计需要编写。全书以培养学生进行机械系统运动方案创新设计能力和应用现代先进设计手段解决工程实际问题能力为目标。内容共分七章，其中第一章为概述，简要介绍机械原理课程设计的意义、任务、目的和要求。第二章简明地阐述机械系统运动方案创新设计的基本理论、方法、技巧、原则和步骤，并展示一些实现常用运动和功能的典型机构及创新设计示例。第三、四、五章详细阐述了应用矩阵解析法进行常用机构运动分析、尺寸综合的理论和方法，并有代表性地提供了大量计算机辅助机构分析、综合及仿真的VB6.0程序。第六、七章结合有关高校指导机械原理课程设计的实践经验，提供了若干设计题目，并给出了一个设计题例供学生和教师参考。

本书可用作高等学校机械类各专业“机械原理课程设计”教材，也可作为有关工程技术人员从事产品开发和创新的参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理课程设计/师忠秀主编. —2版. —北京: 机械工业出版社, 2008.7 (2010.1重印)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材·新世纪高校机电工程规划教材·山东省高等学校优秀教材一等奖

ISBN 978-7-111-11838-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 108963 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 高文龙 责任校对: 李 婷

封面设计: 姚 毅 责任印制: 乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 1 月第 2 版·第 2 次印刷

184mm × 260mm 17.5 印张·427 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-11838-1

定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

为了培养面向 21 世纪知识经济时代的科技人才，国家教育部组织实施了“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”。机械原理课程正在确立“以设计为主线、分析为设计服务，落脚点为机械系统方案设计”的新课程体系，并组织相应的教学内容。机械原理课程是机械类各专业学生在学习了机械原理课程后进行的一个重要的实践性教学环节，是为提高学生机械系统运动方案设计、创新设计和解决工程实际问题能力服务的。因而，编写相应的教材，对机械原理课程设计教学环节进行相应的改革是非常必要的。

本书从 21 世纪知识经济时代对高层次技术人才创新意识、创新思维、创新设计能力的需求出发，牢牢把握以机械系统运动方案设计为主线，创新设计为重点，分析为设计服务的课程体系和通过机械原理课程设计的实践和训练，激发学生求知欲望和创新精神，培养学生进行机械系统运动方案创新设计能力和应用现代设计方法和手段解决工程实际问题能力的总体培养目标。在教材体系、内容取舍和安排上，注重恰当处理好少而精和博而通、先进性和实用性、系统性和趣味性的关系。

该教材坚持少而精的原则，避免体系结构冗繁、内容庞杂及与机械原理课程内容的过多重复。通过系统而简明地阐述机械系统运动方案创新设计的基本理论、方法、技巧、原则和步骤并展示一些实现常用运动和功能的典型机构及创新设计示例，激发学生求知欲望和创新精神，启发学生开阔思路、深入浅出、触类旁通、举一反三的创新思维。

本书引导学生综合应用所学过的机构组成原理及各类常用机构的结构组成、运动原理、工作特点及应用场合等知识，进行机构的选型、组合与创新、分析与综合；注重介绍学科发展的新方向、新内容和新方法，引导学生摆脱纯机械模式的束缚，巧妙利用机、光、电、液（气）等现代交叉学科进行机械系统创新设计；强化应用优化设计、计算机辅助设计等现代设计方法和手段，完成机构分析、综合与仿真的全过程，培养学生应用现代设计理论、手段和方法解决工程实际问题的思维方法和基本技能。书中所提供的典型机构创新和机械系统运动方案设计示例，对学生和有关工程技术人员都具有很好的借鉴性和实用性。为使设计者及时观察到自己所设计机构及其系统的运动情况，本书引导设计者对自己设计的机构及其机械系统进行计算机运动仿真，以便能及时、清晰、逼真地观察机构运动过程的时空关系和工作原理，从而既与数学建模、程序设计、结果输出等一起形成一套自我检查的封闭系统，又形象直观、易于理解，达到寓教于乐激发学习兴趣和热情的目的。书中所用到的机构分析、综合与仿真的程序用 VB6.0 设计，且全部上机调试通过无误，可直接由学生、指导教师及有关工程技术人员调用，具有极强的实用性。

全书内容共分七章，其中第一章为概述，简要介绍机械原理课程设计的意义、任务、目的和要求。第二章简明地阐述机械系统运动方案创新设计的基本理论、方法、技巧、原则和步骤，并展示一些实现常用运动和功能的典型机构及创新设计示例。第三、四、五章详细阐述了应用矩阵解析法进行常用机构运动分析、尺寸综合的理论和方法，并有代表性地提供了大量计算机辅助机构分析、综合及仿真的 VB6.0 程序。第六、七章结合有关高校指导机械

原理课程设计的实践经验，提供了若干设计题目，并给出了一个设计题例供学生和教师参考。

参加本书编写的有师忠秀、王继荣、张继忠、张艳萍，由师忠秀主编。吴昌林、陈文华担任主审。书中全部程序由师忠秀及其硕士研究生程强、胡新蕾设计和调试。

在本书编写和出版过程中得到了山东省高校机电工程系列教材编委会及机械工业出版社的大力支持，在此谨致以衷心的感谢。对所有曾经给予本书的编写和出版以关心和支持过的人们也一并表示由衷感谢。

总之，本书作为我们近年来从事机械原理课程和机械原理课程设计教学改革实践成果的积累，把创新教育和能力培养贯穿于始终，力图做到深入浅出、引人入胜、寓教于乐；先进而实用，系统而趣味，理论结合实践；既便于教师指导，又利于学生自学，同时又对有关工程技术人员从事产品开发和创新具有重要参考价值。相信它的出版必将为机械原理课程和机械原理课程设计教学改革、为机械类学生的创新教育和机械工业的高层次创造性人才培养做出贡献。由于作者水平有限，漏误及欠妥之处敬请广大同仁和读者不吝指正。

编 者

# 目 录

## 前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
第一节 机械设计的主要内容和一般进程 .....	1
第二节 机械原理课程设计的意义、目的和任务 .....	3
第三节 机械原理课程设计的方法 .....	4
第四节 机械原理课程设计的具体要求 .....	5
第五节 机械原理课程设计答辩和成绩评定 .....	6
<b>第二章 执行机构系统运动方案及其创新设计</b> .....	7
第一节 执行系统的功能原理设计 .....	8
第二节 执行系统的运动规律设计 .....	8
第三节 执行机构系统形式设计 .....	12
第四节 执行机构系统运动协调设计 .....	47
第五节 机械运动方案的评价 .....	54
<b>第三章 平面连杆机构运动分析</b> .....	63
第一节 概述 .....	63
第二节 机构运动分析矩阵法的一般形式 .....	64
第三节 平面机构的整体运动分析法 .....	64
第四节 应用机构组成原理进行机构运动分析 .....	78
习题 .....	91
<b>第四章 平面连杆机构的运动综合</b> .....	92
第一节 概述 .....	92
第二节 刚体位移矩阵 .....	93
第三节 刚体导引机构的综合 .....	94
第四节 函数生成机构的综合 .....	100
第五节 按行程速比系数和许用压力角综合平面连杆机构 .....	108
第六节 按给定的最小传动角综合四杆机构 .....	110
第七节 生成轨迹的平面连杆机构的综合 .....	113
第八节 平面连杆机构的优化设计 .....	114
习题 .....	118
<b>第五章 凸轮机构运动分析及设计</b> .....	119
第一节 从动件常用运动规律 .....	119
第二节 凸轮廓线的计算机辅助设计 .....	127
第三节 凸轮机构基本尺寸的确定 .....	139
第四节 凸轮机构计算机辅助设计示例 .....	143
习题 .....	148
<b>第六章 设计题目简介及设计题例</b> .....	149
题目 I 洗瓶机推瓶机构设计 .....	149

题目 II	专用机床的刀具进给机构和工作台转位机构设计 .....	151
题目 III	铁板输送机构设计 .....	154
题目 IV	书本打包机机构设计 .....	155
题目 V	半自动平压模切机构设计 .....	158
题目 VI	平台印刷机主传动机构设计 .....	160
<b>第七章</b>	<b>设计题例——冲压机构及送料机构设计 .....</b>	<b>162</b>
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>174</b>
附录 1	.....	174
附录 2	.....	188
附录 3	.....	202
附录 4	.....	245
附录 5	.....	257
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>270</b>

# 第一章 概 述

机械原理课程设计是机械类各专业学生在学习了机械原理课程后进行的一个重要的实践性教学环节,是为培养学生机械系统运动方案设计和创新设计能力、应用计算机解决工程实际中各种机构设计和分析能力服务的。为了使学生了解机械原理课程设在培养学生创新机械设计能力中的作用,首先要了解一般机械设计的含义及其设计过程。

## 第一节 机械设计的主要内容和一般进程

在人们的生活和生产活动中,广泛地使用着各种机器,如汽车、飞机、机床、起重机、挖掘机、印刷机、纺织机等。一部机器的质量基本上决定于设计质量,而制造过程对机器质量所起的作用,本质上就在于实现设计时所规定的质量。机械设计过程实际上就是一个发现矛盾、解决矛盾的过程。例如,既要求机器零、部件强度高、刚性好,又要求机器尺寸小、重量轻的矛盾;既要求加工、装配精度高,又要求制造、装配成本低的矛盾。因此,机械设计过程是一个创造性的工作过程,蕴含着创新和发明,同时也是一个尽可能多地利用和吸收已有成功经验的工作过程。必须将继承和创新很好地结合起来,没有继承就没有创新,不创新就不能发展。

根据具体情况不同,机械设计可以分为三种类型:

### 1. 开发性设计

根据拟设计新产品的功能需求,应用新技术、新方法,创造性地开发设计出过去不曾有过的新机械。此类设计要求设计者既有扎实的专业理论基础和丰富的设计实践经验,又有敏锐的市场洞察力、丰富的想象力、强烈的突破意识和很强的创新能力。

### 2. 适应性设计

在总的方案原理基本保持不变的情况下,对现有产品进行局部变动和改进,以增加其功能、提高其性能、延长其寿命。此类设计要求设计者深刻理解现有产品的设计原理和功能结构,尽可能多地了解同类产品国内外市场变化趋势,跟踪掌握不断发展的新技术。

### 3. 变型设计

在总的方案原理和功能结构基本不变的情况下,通过变更现有产品的结构配置和规格尺寸,对其进行系列化设计或变容量设计,以使其适应于更多的容量要求。

无论何种机械产品,也无论哪一类设计,其一般设计进程大致都经过如表 1-1 所示的四个阶段:

#### 一、产品规划阶段

根据市场调查、需求分析、成本预测、可行性论证,确定所设计产品的用途、主要性能参数、编制设计任务书,明确具体的设计要求。

#### 二、方案设计阶段

需求以产品的功能来体现,实现同一功能的产品可以有多种多样的工作原理。所以,该



阶段要在根据设计任务进行功能分析的基础上，通过创新构思、优化筛选确定较理想的工作原理；对选定的工作原理进行工艺动作构思和工艺动作分解；对完成各工艺动作的执行机构进行动作协调分析，机构的选型、创新与组合，构思出各种可能的运动方案，并通过方案评价选择最佳方案；就所选择的运动方案，进行机构的运动规律设计；拟定总体方案，进行原动机、传动系统和执行系统的选择和基本参数设计；最后绘制出整个机械传动系统示意图及各执行机构的运动简图。

表 1-1 机械设计的主要内容和一般进程

设计阶段	设计步骤与设计内容	阶段设计目标
产品规划	<pre> graph TD     A[提出设计任务] --&gt; B[可行性论证、技术经济分析]     B --&gt; C[明确任务要求]           </pre>	编制设计任务书，明确具体设计要求
方案设计	<pre> graph TD     D[功能分析和工作原理确定] --&gt; E[工艺动作分解和执行动作确定]     E --&gt; F[构成多种可能的机械运动方案]     F --&gt; G{方案评价}     G --&gt; H[选定方案与优化]           </pre>	确定设计方案，形成机构运动简图
结构设计	<pre> graph TD     I[机械构形构思与设计] --&gt; J[机械总装图设计]     J --&gt; K[机械部件设计]     K --&gt; L[机械零件设计]     L --&gt; M[完成全部技术文件]           </pre>	机器的运动学、动力学设计和零件的工作能力计算；形成机械总装图、部件装配图和零件工作图；完成全部技术文件
改进设计	<pre> graph TD     N[样机试制及性能测试] --&gt; O[用户试用及专家鉴定]     O --&gt; P[改进和完善设计]           </pre>	样机试制和专家鉴定；改进并完善设计

### 三、结构设计阶段

将机械系统运动简图具体转化为各零部件的合理结构及零件工作图、部件装配图和机械的总装图。具体来说就是，从加工工艺、装配工艺、包装运输及人机工程、造型美学、消费心理等出发，确定各零部件的相对位置、结构形状及联结方式；根据运动和动力设计及强度和刚度计算，选择零件材料、热处理方法和要求，确定零件尺寸、公差、精度及制造安装的技术条件等；绘制总装配图、部件装配图、零件工作图并编制设计说明书，完成全部有关技术文件。

#### 四、改进设计阶段

在生产加工、样机调试、性能测试、专家鉴定及用户使用中可能会暴露出各种问题或缺陷，因而必须作出相应的技术修改和完善，可能会因改变或增加某些功能而需要改变执行机构的设计方案，也可能会因性能或结构的需要改进零件结构或尺寸参数，从而确保产品的设计质量，并进一步提高产品的效能、可靠性、实用性和经济性，使产品更具竞争力和生命力。

经过上述四个阶段，机械设计任务即告初步完成。由于机械原理课程涉及的研究范畴所限，机械原理课程设计着重在第二阶段，即机械传动系统运动方案、运动简图的设计。使学生在该阶段的步骤和内容方面得到初步训练。

## 第二节 机械原理课程设计的意义、目的和任务

### 一、机械原理课程设计的意义

随着科学技术和工业生产的飞速发展，机械产品种类日益增多，如各种仪器仪表、轻工机械、纺织机械、金属加工机床、石油化工机械、交通运输机械、矿山作业机械以及家用电器、儿童玩具、办公自动化设备，等等。各种现代化机械设备实现生产和操作过程的自动化程度愈来愈高。因此，机械产品设计的首要任务是进行机械运动方案的设计和构思、各种传动机构和执行机构的选用和创新设计。这就要求设计者综合应用各类典型机构的结构组成、运动原理、工作特点、设计方法及其在系统中的作用等知识，根据使用要求和功能分析，巧妙地选择工艺动作过程，选用或创新机构形式并巧妙地组合成机械系统运动方案，从而设计出结构简单、制造方便、性能优良、工作可靠、适用性强的机械系统。

21世纪将是全球化的知识经济时代，产品的竞争将愈来愈激烈。人类将更多地依靠知识创新、技术创新及知识和技术的创新应用，没有创新能力的国家不仅将失去在国际市场上的竞争力，也将失去知识经济带来的机遇。产品的生命是创新，创新来自于设计，设计中的创新需要高度和丰富的创造性思维，没有创造性的构思，就没有产品的创新，没有创新的产品就不具有市场竞争性和生命力。而机械产品的创新设计成功的关键是机械系统的运动方案设计。因此，通过机械原理课程设计加强对机械类学生机构选型、机械系统运动方案设计和创新设计能力的培养具有重要意义。

### 二、机械原理课程设计的目的

机械原理课程设计是机械类各专业学生在学习了机械原理课程后进行的一个重要的实践性教学环节，是为提高学生机械系统运动方案设计和创新设计能力服务的。其目的在于：

1) 以机械系统运动方案设计与拟定为主线，将机械原理课程分散于各章的理论和方法融会贯通起来，从而使学生巩固和加深在机械原理课程所学的基本理论和方法。

2) 通过一个实际机械系统的一次完整的运动设计过程，使学生得到根据机械功能要求拟定机械系统运动方案的训练，并具有初步机构选型、变异、组合以及确定运动方案的能力。

3) 使学生通过一个机械系统的运动设计过程，对运动学和动力学分析与设计有一个较完整的概念。

4) 对学生分析、运算、绘图、文字表达及技术资料查询等诸方面的独立工作能力进行

初步全面的训练。

5) 通过编写设计说明书,培养学生表达、归纳和总结的能力。

6) 培养学生理论与实践结合、锐意创新并应用计算机完成机械系统整体分析和设计的能力。

### 三、机械原理课程设计的任务

1) 结合一个简单(或中等复杂程度)的机械系统,根据使用要求和功能分析,开拓思路,敢于创新,巧妙地构思其工作原理和选择工艺动作过程。

2) 由所选择的工作原理和工艺动作过程,综合应用所学过的各类常用机构的结构组成、运动原理、工作特点及应用场合等知识,进行机构的选型、创新与组合,构思出各种可能的运动方案,并通过方案对比评价、优化筛选,选择最佳方案。

3) 就所选择的最佳运动方案,制定机构运动循环图。

4) 对所选用的2~3种常用机构,应用计算机辅助分析和设计方法(和必要的图解法)进行机构尺度综合和运动分析。

5) 由运动方案和尺度综合结果绘制机械系统运动简图。

6) 利用机构创新实验装置验证机构运动设计的合理性,应用计算机对所设计的机械系统进行动态仿真和演示,观察机构运动过程的时空关系和工作原理。

7) 编制设计说明书。

## 第三节 机械原理课程设计的方法

机械原理课程设计的方法原则上可分为三大类:

### 一、图解法

运用某些几何关系式或已知条件等,通过几何作图求得结果,所需尺寸可直接从图上量取(必需严格按比例作图)。其显著优点是可以将分析和设计结果清晰地表现在图样上,直观、形象、便于检查结果正确与否。其缺点是作图繁琐,精度不高,对于精度要求比较高或较复杂的问题该方法将无能为力。

### 二、解析法

以机构参数来表达各构件间的函数关系,建立机构的位置方程或机构的封闭环路方程,解析法求解未知量。该方法借助计算机可以避免大量人工重复计算,迅速获得计算结果,计算精度较高,能解决较复杂的问题。特别是,该方法便于确定机构在整个运动循环内任意位置的运动参数,借助于计算机可以绘出机构运动线图,便于了解机构运动特性,为机构选型和尺度综合提供重要依据。随着计算机技术的飞速发展,这种方法正逐步得到广泛应用。

### 三、实验法

利用机构创新实验装置或“慧鱼”组合模型,搭建机械系统运动方案模型,形成创意构思,并通过测试装置可检验其运动的可行性及其运动和动力特性。应用计算机软件(如ADAMS)可对搭建的机械系统方案模型进行动态仿真和演示。这种方法形象直观,实践性强,易于调动学生学习兴趣,激发学生创新意识,培养学生动手能力。

图解法、解析法与实验法各有优缺点,它们应互为补充。在满足机械设计精确度要求的前提下,应择简而用或并用,使设计工作做到又快又好。工程实际要求工程技术人员应熟练

地掌握这些方法，在机械原理课程设计中提倡各种方法并用。

## 第四节 机械原理课程设计的具体要求

课程设计最终完成的成果形式一是图样，二是设计计算说明书。

### 一、图样设计

图样是课程设计的重要组成部分，图样主要包括运动方案中的机构系统运动简图及其运动循环图、用图解法分析和设计的某些机构位置等。对所绘图样要求做到布图合理美观、线条匀称分明、作图清楚准确、尺寸标注齐全，图纸规格、线条、尺寸标注和标题栏等均应符合国家制图标准规定，有条件的话最好采用计算机绘图。

### 二、编写设计说明书

设计计算说明书是设计成果的归纳和总结，是审核整个设计的重要技术文件之一。学生毕业后面对实际工作，撰写各种技术报告、产品设计说明书是必备的基本技能。因此，通过编写课程设计说明书，进行相应的训练是非常必要的。

#### 1. 编写课程设计说明书

设计说明书的内容主要包括：

- 1) 目录索引（标题、页次）。
- 2) 设计题目（设计任务、给定条件与设计要求）。
- 3) 机械系统运动方案的拟定、评价与比较。
- 4) 制定机械系统运动的循环图。
- 5) 所选用机构的运动和动力分析与设计、机构运动分析线图、凸轮设计图等。
- 6) 对机构分析与设计原理的简要说明、分析思路和必要的计算公式。
- 7) 绘制计算程序框图，打印出自编的主程序和全部子程序。列出程序中的标识符和数学模型中的符号对照表。
- 8) 画出机械系统运动方案布置图和机械运动简图。
- 9) 对结果进行分析和讨论。
- 10) 主要参考资料。

#### 2. 编写设计说明书的注意事项

1) 每个学生在接到课程设计题目后应及时准备一草稿本，将设计过程中查阅摘录的资料、方案构思的草图、分析设计的模型、程序设计的草稿等详细记录在案，作为撰写设计说明书的基本素材，不可轻易散落丢失。

2) 设计说明书一般用打印，或用蓝、黑色钢笔书写。要求字迹工整，语言通顺，文字简练、层次分明。

3) 设计说明书中所用公式和数据应说明来源，参考资料应按出现顺序编号。

4) 设计说明书应包括封面、目录、正文、参考资料、附录（计算程序、公式推导、图样等）。

5) 设计说明书用 16 开本的纸书写，并装订成册。封面格式和书写格式可参考图 1-1a、b。

<p style="text-align: center;"><b>机械原理课程设计</b></p> <p>设计题目：_____</p> <p>装 订 线 系 (院) _____ 班级 _____</p> <p>设计者：_____</p> <p>指导教师：_____</p> <p>完成日期：_____ 年 月 日</p> <p>设计成绩：_____</p> <p style="text-align: center;">_____ (校 名) _____</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 45%; text-align: center;">计算内容及说明</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">计算结果</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">装 订 线</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">(计算内容及说明)</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">(计算结果)</td> </tr> </table>		计算内容及说明	计算结果	装 订 线	(计算内容及说明)	(计算结果)
	计算内容及说明	计算结果					
装 订 线	(计算内容及说明)	(计算结果)					

a)

b)

图 1-1 课程设计封面格式和书写格式

## 第五节 机械原理课程设计答辩和成绩评定

答辩是课程设计的最后一个环节，是对设计过程的全面回顾和总结。通过答辩准备和答辩，可以系统地总结设计的原理和方法，分析所作设计的优点和不足，归纳和展示所作设计的创新点，巩固分析和解决问题的能力。答辩也是对学生对整个设计工作中有关理论问题理解的深度和广度、对有关基本方法掌握的熟练程度及归纳总结和语言表达能力的全面检验。通过答辩，进一步把还不懂的、不甚懂的或尚未考虑到的问题弄懂，以取得更大的收获。每个学生都应精心准备，答出自己的水平和风格。

课程设计的成绩单独计分，成绩的评定应以设计态度和表现、设计说明书、设计图样和在答辩过程中所表现出的分析问题和解决问题能力等综合评定。

## 第二章 执行机构系统运动方案及其创新设计

执行机构系统的运动方案设计是机械系统总体方案设计的核心，对机械能否实现预期的功能、性能的优劣、经济效益的好坏以及产品在国际市场上的竞争能力，都起着决定性的作用，也是一项比较繁杂的工作。它涉及到如何根据功能要求选定工作原理；如何根据工作原理选择运动规律；如何根据运动规律和动力性能的要求来选择或创新不同的机构形式并将其巧妙地组合，构思出各种可能的运动方案来满足这些功能或运动规律要求；如何通过方案评价、优化筛选，从众多可行方案中选择最佳的方案。设计者不仅应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较深入和全面的了解，而且还需要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系统运动方案新颖高效、实用可靠。因此机械执行系统的方案设计又是一项最富创造性的工作。

执行机构系统运动方案设计的过程和内容可用图 2-1 所示的流程框图来表示。

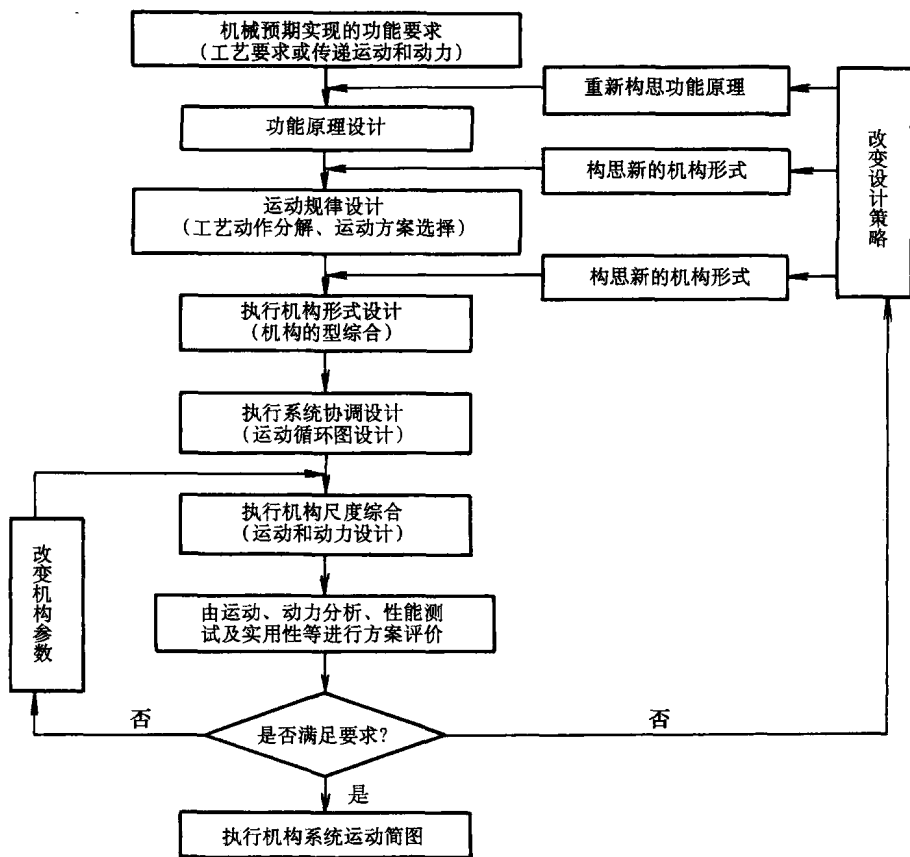


图 2-1 执行机构系统运动方案设计流程图

## 第一节 执行系统的功能原理设计

机械产品的设计目的是为了实现在某种预期的功能要求，包括工艺要求和使用要求。所谓功能原理设计，就是根据机械预期实现的功能，构思和选择机械工作原理来实现这一功能要求。实现某种预期的功能要求，可以采用多种不同的工作原理，不同的工作原理需要不同的工艺动作，执行机构系统的运动方案也必然不同。

例如，要求设计一个齿轮加工设备，其预期实现的功能是在轮坯上加工出轮齿，为了实现这一功能要求，既可以选择仿形原理，也可以用范成原理。若选择仿形原理，则工艺动作除了有切削运动、进给运动外，还需要准确的分度运动；若采用范成原理，则工艺动作除了有切削运动和进给运动外，还需要刀具与轮坯对滚的范成运动等。这说明，实现同一功能要求，可以选择不同的工作原理；选择的工作原理不同，其执行机构的运动方案也完全不同；所设计的机械在工作性能、工作品质和适用场合等方面就会有很大差异。

再比如，为了加工出螺栓上的螺纹，可以采用车削加工原理，也可以采用套丝工作原理，还可以采用滚压工作原理。这几种不同的螺纹加工原理适用于不同的场合，满足不同的加工需要，其执行系统的运动方案也各不相同。

功能原理设计的任务，就是根据机械预期实现的功能要求，充分发挥自己的想象力和创造性思维，构思出所有可能的功能原理，并加以认真的分析比较，从中选择出既能很好地满足功能要求、工艺动作又简单的工作原理。

## 第二节 执行系统的运动规律设计

运动规律设计，就是根据工作原理所提出的工艺要求构思出能够实现该工艺要求的各种运动规律，然后从中选取最为简单、适用、可靠的运动规律，作为机械的运动方案。运动方案选择得是否适当，直接关系到机械运动实现的可能性、机械的工作性能、适用性、生产率及整机的复杂程度。

### 一、工艺动作分解和运动方案选择

实现一个复杂的工艺过程，往往需要多种工艺动作，而任何复杂的动作总是由一些最基本的运动合成的。因此，运动规律设计通常是对工作原理所提出的工艺动作进行分析，将其分解成若干个基本动作，工艺动作分解的方法不同，所得到的运动规律也各不相同，所形成的运动方案也不相同。

例如，同是采用范成原理加工齿轮，工艺动作可以有不同的分解方法：一种方法是把工艺动作分解成齿条插刀（或齿轮插刀）与轮坯的范成运动、齿条刀具（或齿轮插刀）上下往复的切削运动、以及刀具的进给运动等，按照这种工艺动作分解方法，得到的是如图 2-2 所示插齿机床的方案；另一种方法是把工艺动作分解成滚刀与轮坯的连续转动和滚刀沿轮坯轴线方向的移动，按照这种工艺动作分解方法，就得到了如图 2-3 所示滚齿机床的方案。前者由于其切削运动是不连续的，因此其生产率受到了影响，后者当滚刀连续转动时，相当于一根无限长的齿条连续向前移动，其切削运动和展成运动合为一体，因而生产效率大大提高。

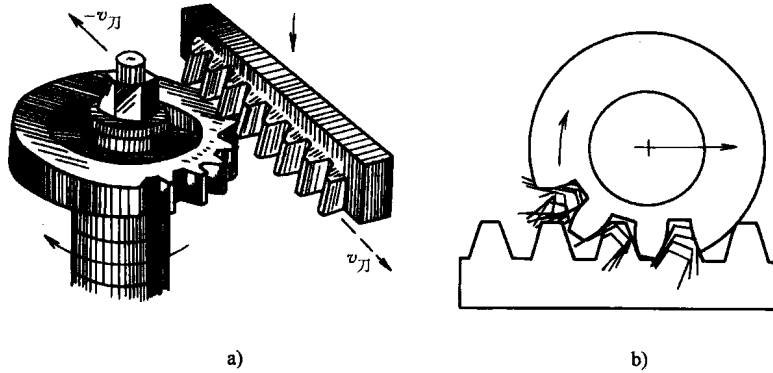


图 2-2 插齿工艺动作分解

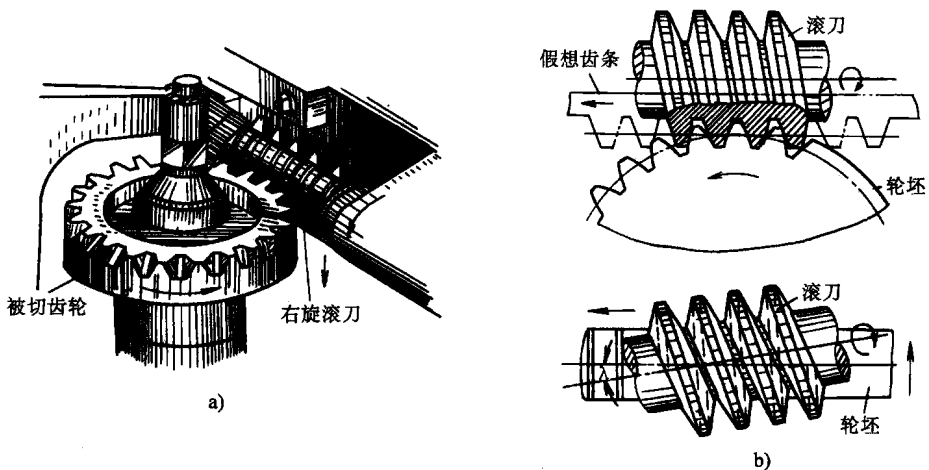


图 2-3 滚齿工艺动作分解

又如，要求设计一个计算机的绘图机，使其能按照计算机发出的指令绘制出各种平面曲线。需要将绘制复杂平面曲线的工艺动作进行分解：一种分解方法是让绘图纸固定不动，而绘图笔作  $x$ 、 $y$  两个方向的移动，从而在绘图纸上绘制出复杂的平面曲线。工艺动作的这种分解方法，就得到了如图 2-4a 所示的小型绘图机的运动方案。工艺动作的另一种分解方法是让绘图笔作  $x$  方向的移动，而让绘图纸绕在卷筒上绕  $x$  轴作转动（实现绘图纸沿  $y$  轴的移动），从而在绘图纸上绘制出复杂的平面曲线。工艺动作的这种分解方法，就得到了如图 2-4b 所示的大型绘图机的运动方案。

再如，要求设计一台加工内孔的机床，所依据的是刀具与工件间相对运动的原理。根据这一工作原理，加工内孔的工艺动作可以有几种不同的分解方法：一种方法是让工件作连续等速转动，刀具作纵向等速移动和径向进给运动。工艺动作的这种分解方法，就得到如图 2-5a 所示的镗内孔的车床方案。第二种分解方法是让工件固定不动，使刀具既绕被加工孔的中心线转动，又作纵向进给运动和径向调整运动。这种分解方法就形成了如图 2-5b 所示的镗内孔的镗床的方案。第三种分解方法是让工件固定不动，而采用不同尺寸的专用刀具——钻头和铰刀等，使刀具作等速转动并作纵向送进运动。这种分解方法就形成了如图 2-5c 所



示的加工内孔的钻床的方案。第四种方法是让工件和刀具均不转动，而只让刀具作直线运动。这种分解方法就形成了如图 2-5d 所示的拉床方案。

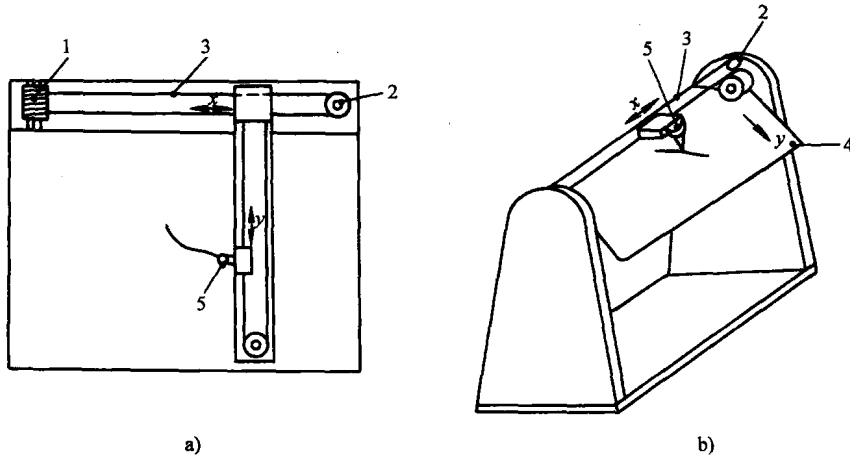


图 2-4 绘图机的工艺动作分解方法

1—主动轮 2—从动轮 3—钢丝 4—绘图纸 5—绘图笔

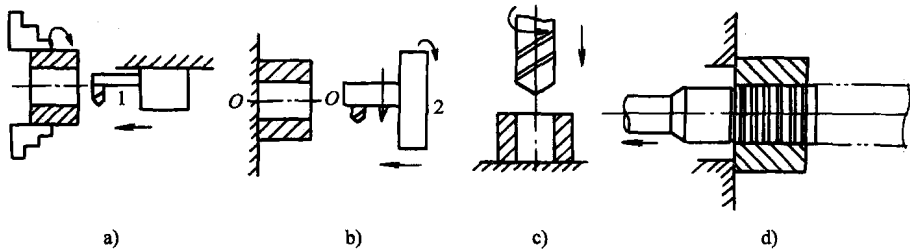


图 2-5 加工内孔的机床的工艺动作分解方法

从对以上几个例子的分析中可以看出：实现同一个工艺动作，可以分解成各种简单运动，工艺动作分解的方法不同，所得到的运动规律和运动方案也大不相同，它们在很大程度上决定了机械工作的特点、性能、生产率、适用场合和复杂程度。例如，在上面加工内孔的机床例子中，车、镗、钻、拉各种方案各具特点和用途。当加工小的圆柱形工件时，选用车床镗内孔的方案比较简单；当加工尺寸很大且外形复杂的工件时（如加工箱体上的主轴孔），由于将工件装在机床主轴上转动很不方便，因此可以采用镗床的方案；钻床的方案取消了刀具的径向调整运动，工艺动作简化了，但带来了刀具的复杂化，且加工大的内孔有困难；拉床的方案动作最为简单，生产率也高，但所需拉力大，刀具价格昂贵且不易自制，拉削大零件和长孔时有困难，在拉孔前还需要在工件上预先制出拉孔和工件端面。所以在进行运动规律设计和运动方案选择时，应综合考虑机械的工作性能、生产率、应用场合、经济性等各方面的因素，根据实际情况对各种运动规律和运动方案加以认真分析和比较，从中选择出最佳方案。

## 二、运动规律设计的创造性

运动规律设计也是一个创造性过程，需要设计者既要熟练掌握和灵活应用基本设计理