

普通高等院校“十三五”规划教材

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

机械原理课程设计

JIXIE YUANLI KECHENG SHEJI

(第三版)

刘毅 主编

杨家军 主审



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

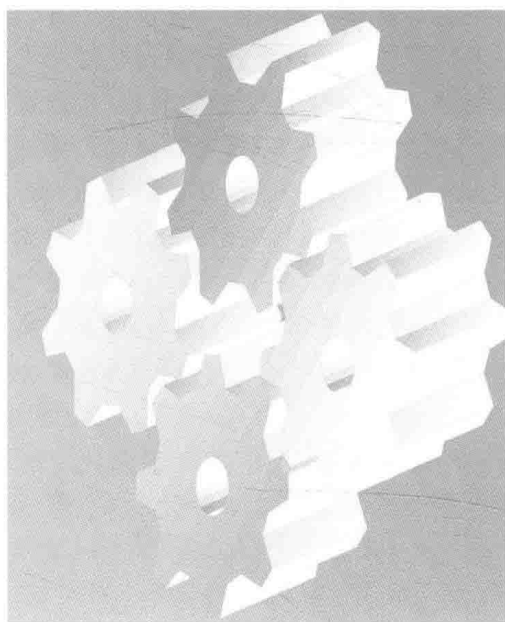


普通高等院校“十三五”规划教材
普通高等院校“十二五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾问 杨叔子 李培根

机械原理课程设计

(第三版)



主 编 刘 毅
主 审 杨家军



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书以实用和易读为特色,内容包括三部分:上篇为课程设计指导,主要介绍机械原理课程设计的主要目的、内容和要求,机械传动方案和机构分析与设计示例,机构创新设计的思考方法等;中篇为课程设计资料,主要介绍课程设计中要用到的一些基本知识和实用方法,利用UG软件平台进行机构的运动学和动力学仿真的基本方法,计算机辅助分析子程序和示范主程序的VB源代码;下篇为课程设计题目,题目在类型和难度上可以满足不同学校 and 专业的多层次需求。

本书可用于高等工科院校机械类各专业机械原理课程设计,也可供其他院校有关专业的学生及工程技术人员进行机械运动方案分析及设计时参考。尤其是书中以常用杆组形式所提供的机构运动和动态静力分析的电算程序源代码(VB),原样复制且提示清晰,便于使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理课程设计/刘毅主编. —3版. —武汉:华中科技大学出版社,2017.5
普通高等院校机械类精品教材 普通高等院校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2878-3

I. ①机… II. ①刘… III. ①机械原理-课程设计-高等学校-教材 IV. ①TH111-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 108449 号

机械原理课程设计(第三版)

Jixie Yuanli Kecheng Sheji(Di-san Ban)

刘 毅 主 编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚 幸

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913
邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10 插页:2

字 数:258千字

版 次:2017年5月第3版第1次印刷

定 价:24.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

普通高等院校“十三五”规划教材

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材

编审委员会

顾问: 杨叔子 华中科技大学

李培根 华中科技大学

总主编: 吴昌林 华中科技大学

委员: (按姓氏拼音顺序排列)

崔洪斌 河北科技大学

冯 浩 景德镇陶瓷大学

高为国 湖南工程学院

郭钟宁 广东工业大学

韩建海 河南科技大学

孔建益 武汉科技大学

李光布 上海师范大学

李 军 重庆交通大学

黎秋萍 华中科技大学出版社

刘成俊 重庆科技学院

柳舟通 湖北理工学院

卢道华 江苏科技大学

鲁屏宇 江南大学

梅顺齐 武汉纺织大学

孟 远 河南工业大学

芮执元 兰州理工大学

汪建新 内蒙古科技大学

王生泽 东华大学

杨振中 华北水利水电大学

易际明 湖南工程学院

尹明富 天津工业大学

张 华 南昌大学

张建钢 武汉纺织大学

赵大兴 湖北工业大学

赵天婵 江汉大学

赵雪松 安徽工程大学

郑清春 天津理工大学

周广林 黑龙江科技大学

第三版前言

本书是在第二版基础上,经过四年多的使用,根据新时期机械原理课程教学的新特点,以及对课程设计提出的新要求,再结合教学对象的变化等情况,对不少内容进行了修订。力求内容更加完整、易读、实用。在不增加学生负担的情况下,使机械原理课程设计的内容包含更多的机构,进一步指导学生在机械基本理论学习后的重要实践环节中,能够在较短时间内具备一定的机械系统运动方案设计能力,掌握更多基本机构的分析设计方法。

由于机械原理课程设计时间较短,设计题目中如果包含三种以上机构,除机械系统运动方案设计外,在具体分析设计中既要有图解,又要求解析编程计算,就显得比较紧张,如果再对学生提出创新要求,有些同学将很难完成。本书第三版主要针对齿轮机构,尤其是变位齿轮设计(重点是变位系数的选择)做出了新的探索和尝试。在凸轮机构的设计中,对最主要基本参数——基圆半径——的确定也提出了新的方法。这些都是建立在多年教学实践的基础上,采用计算机辅助设计完成的,经实践证明,快速有效。同时考虑到各校机械专业均开设了机构创新设计和UG软件设计等选修课程,对有关机械创新设计的内容进行了简化,重在抛砖引玉,引导学生的创新。对UG软件平台上完成机构运动学与动力学仿真的内容进行了改写,重在更加实用。对“机械运动方案及机构分析设计实例”一章,为强调内容的完整性,将原来运动方案设计的自动制钉机和机械甩干机设计更换为牛头刨床机构的运动方案设计,这样就与原来后续的牛头刨床机构主传动机构的分析与设计内容连贯,融为一体,而且提出的机械系统初始运动方案更多,考虑的取舍因素也更多,可读性更强。

本书第三版延续了前一版在连杆机构计算机辅助分析设计上的特点,对示例部分的内容和原来程序的界面进行了修改。考虑到平面四杆机构最基本、最常用,所以四杆机构计算机辅助分析实例予以保留,程序界面和功能更加丰富和实用,譬如增加了实时运动仿真的内容,使分析设计更有趣。同时,增加了插床机构计算机辅助分析设计实例,因为它在很多院校一直作为课程设计题目经常使用。本书提供的源程序全部上机试运行通过,源代码均为原样复制。

参加本书改版的作者有:关丽坤(6.3节);刘毅(第1章、第2章、6.1节、6.4节、第8章)、高慧琴(第9章)、张君采(4.2节)、陈青果(第5章)、赵小明(第7章)、李文忠(第3章)、倪素环(4.1节)、刘晓阳(6.2节)。主审为华中科技大学杨家军教授。

本书第三版力求反映近年来我们对机械原理课程教学的新认识及教学的新成果。鉴于作者水平有限,书中错误和不足在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2016年9月

再版前言

本书再版基本延续了第一版的主要结构。从第一版使用三年的情况来看,本书达到了作者的期望与要求,教学效果良好。本书的基本使用对象定位于机械类专业广大学生及部分近机类学生。考虑到使用对象的实际状况,本书的指导作用主要体现在使学生对机械原理课程的地位和作用有更深入的了解,巩固课堂学习内容,能够用学到的基础理论熟练地进行机构的运动学和动力学分析,进一步拓宽知识,逐步达到具有机械系统运动方案设计和机械创新设计能力。

近年来,机械原理课程设计在教学改革上,由以机构分析为主发展成为以机械系统运动方案设计为主,强调创新设计能力培养、分析为设计服务的课程体系,所以再版时进一步增加了机构运动方案设计和机构创新设计方面的内容。同时,考虑到机械原理课程设计是学生初次接触工程设计,而且运动方案设计较为困难,加之时间紧、任务重,因此在内容上特意创编了既贴近生活又通俗易懂的设计示例,还在设计题目上尽量多给出一些参考方案并提供足够的提示或指导,力图由浅入深地让学生在短时间内逐步熟悉运动方案设计的思考方法,快速掌握方案设计的精髓。再版时还注意到,近年来计算机技术在机械设计上又不断取得了新的进展,增加了在UG软件平台上完成机构运动学与动力学仿真的内容。

“机械原理”是机械类学生的一门技术基础课程,机构运动学与动力学分析及设计的几何学理论一直是其经典内容,用图解法进行机械原理课程设计也是其主要传统方法之一。图解法的几何概念清晰,是初学者掌握机构基本原理的最佳途径,同时它也是进行机构分析与设计的重要手段。现代计算机技术可以把图解与解析实现有效结合,图解法不一定就代表误差大。目前我国的“机械原理”教学改革进行得如火如荼,新思维、新举措不断涌现,但作为基础理论课程的“机械原理”,无论怎样改革,也不能偏离“教学”和“基础”。因此,本书再版时仍保留了图解法用于机构运动学与动力学分析的内容。另外,解析法中用杆组法进行机构运动学与动力学分析作为一种简单且通用的编程方法,通过多年的实践验证,越发显现出它不菲的实用价值。解析法与图解法在课程设计中可以做到很好的相互补充,本书再版时保留了杆组法用于机构运动和受力分析子程序和示范主程序的内容,且书中提供的程序全部已上机试运行通过。

本书再版时从教学实际出发,对很多章节进行了重新编写,力求简洁实用,深浅适宜,以满足更多院校和更多学生多层次的使用要求。在课程设计的题目和分析设计手段上,既尊重传统、又贴近现实,更有利于教学。对一些能力较强的学生也提供了足够的伸展空间,给出许多机构系统运动方案设计和机构创新设计等方面的题目和指导。

参加再版工作的作者有:关丽坤(6.1节、6.2节、6.3节)、刘毅(第1章、第2章、第3章、4.1节、6.4节、第8章)、高慧琴(第9章)、张君采(4.3节)、陈青果(第5章)、赵小明(第7章)、奚琳(4.2节)。主审为华中科技大学杨家军教授。

参加再版工作的作者为多年从事机械设计教学的一线专业教师,具有丰富的教学经验,本书再版力争反映近年来机械原理课程教学改革的新成果。鉴于作者的学识水平有限,书中错误和不足在所难免,恳请读者指正。

作者

2011年10月

前 言

机械原理课程设计的主要目的是为学生在完成课堂教学基本内容后提供一个较完整的从事机械设计初步实践的机会(大多数院校安排的时间为一周或一周半)。本书的编写宗旨就是指导学生能在短时间内,将所学的机械基础理论运用于一个简单的机械系统,通过机械传动方案总体设计、机构分析和综合,进一步巩固掌握课堂教学知识,并结合实际得到工程设计方面的初步训练,培养学生综合运用技术资料,提高绘图、运算的能力,尤其是提高运用计算机的能力。同时,注重学生创新意识的开发。

全书分为三部分。第一部分为课程设计指导部分,主要包括机械设计的一般过程,机械原理课程设计的目的、任务和方法,课程设计说明书的编写,结合若干示例,介绍了机械传动方案的设计步骤和怎样进行方案的分析评价,比较选优,以及关于机构运动方案的创新设计等问题。第二部分为课程设计资料部分,主要包括课程设计中涉及的但在课堂教学中又没有讲到的一些基本知识,如常用机构的分类和特点及其选用的基本原则、凸轮最小基圆半径的确定、齿轮变位系数的选择和啮合图的绘制、连杆机构圆弧和直线轨迹的简易综合方法、进行计算机辅助分析子程序和示范主程序的源代码及其参变量说明以及关键点的重要提示等,使用十分方便。第三部分为课程设计题目部分,主要包括典型机构的设计题目,各题目在类型和难度上力求满足不同学校和专业多层次的需求。

为适应新时期对人才的要求,教学中应加强工程实践和创新能力的培养,造就学生综合、全面的高素质。机械原理课程作为机械类专业的主要技术基础课程,目前正处在机械基础教学体系重构和整合的敏感时期,原有的课程设计在时间、内容、方法和手段等各方面都面临创新教育变革的影响。目前,各校都依据自身条件进行了有益的尝试和实践,建设了众多不同层次的精品课程,推出了各种不同的改革措施,尤其是在创新设计方面取得了一系列成功的经验。不论如何创新,机械原理课程作为专业基础课的性质和地位都不会改变,只有“厚基础”才能做到“宽口径”,基础不扎实就谈不上创新。课程设计要达到的基本目的本是十分清晰的,不必赋予它太多的功利和理想化的色彩。对于初次尝试进行机械设计的学生,在进行机构传动方案设计时很难提出好的设计方案,创新设计有时也会无从谈起,在很大程度上需要教师耐心指导。只要学生努力了,尽管整体方案构思不太理想,但在进行机构分析和设计中有所收获,真正体会到实际中是如何进行机械设计的,就应该得到教师在成绩层面上的正面认同和积极评价。对于课程设计学时较少,可以考虑将课程设计的题目提前布置下去或者由教师推荐几个机构传动方案,让学生分析选择。另外,从知识的完整性角度考虑,学生即使采用了解析法进行机构运动和动态静力分析,也应该提供一到两个位置的图解法分析校核结果。本书给出了若干不同类型的课程设计题目和一些必要的提示,由于各校所处地位、社会背景和教学环境各不相同,尤其是师资、生源、办学设施参差不齐,设计的内容和分量不可能适合所有对象,因此指导教师可适量增减设计任务。

参加本书编写的有:湘潭大学梁以德(第1章),内蒙古科技大学关丽坤(第6章、4.2节),

华北水利水电学院郭飞(第7章),河北科技大学刘毅(第2章、第3章、第8章、4.1节、6.4节)、高慧琴(第9章)、张君彩(4.3节)、陈青果(第5章)。本书主审为华中科技大学杨家军教授。

鉴于我们编写教材的时间比较仓促,以及指导机械原理课程设计方面的经验欠缺,书中难免存在很多错误和不足,恳请读者指正。

编 者

2008年1月

目 录

上篇 课程设计指导

第 1 章 机械原理课程设计概述	(1)
1.1 机械原理课程设计的目的	(1)
1.2 机械原理课程设计的任务	(1)
1.3 机械原理课程设计的内容	(1)
1.4 机械原理课程设计的方法	(2)
1.5 课程设计成绩评定与提交的设计技术文件	(2)
第 2 章 机械传动方案设计	(5)
2.1 机械传动方案设计的过程	(5)
2.2 运动方案的评价比较及选优	(11)
第 3 章 机构的创新设计	(14)
3.1 关于创新	(14)
3.2 机构的创新设计	(15)

中篇 课程设计资料

第 4 章 机械运动方案及机构分析设计实例	(20)
4.1 牛头刨床主传动系统运动方案设计	(20)
4.2 牛头刨床的主传动机构分析与设计	(25)
第 5 章 机构运动和动态静力分析解析法	(32)
5.1 概述	(32)
5.2 用杆组法进行机构的运动分析	(32)
5.3 用杆组法进行机构动态静力分析	(38)
第 6 章 平面机构的设计	(47)
6.1 用计算机辅助设计法确定凸轮的基圆半径	(47)
6.2 变位齿轮变位系数的选择	(61)
6.3 齿轮啮合图的绘制	(68)
6.4 设计带有直线或圆弧段连杆曲线铰链四杆机构的实用方法	(71)
第 7 章 基于 UG NX6.0 软件的铰链四杆机构运动仿真实例	(74)
7.1 在 UG NX 系统中创建铰链四杆机构的三维模型	(74)
7.2 模型前处理工作及设置	(77)
7.3 运行仿真求解工作	(81)
7.4 后处理工作	(82)
第 8 章 机构运动和动态静力分析子程序及调用示例	(85)
8.1 杆组的运动分析子程序	(86)

8.2 杆组受力分析子程序.....	(96)
8.3 机构运动和受力分析主程序示例	(106)

下篇 课程设计题目

第9章 机械原理课程设计题目选编.....	(128)
9.1 薄板零件冲压及送料机构选型设计	(128)
9.2 洗瓶机机构	(131)
9.3 平压印刷机	(133)
9.4 糕点切片机	(135)
9.5 半自动平压模切机	(135)
9.6 专用机床的刀具进给和工作台转位机构	(138)
9.7 搅拌机构	(140)
9.8 插床机构	(142)
9.9 牛头刨床机构	(144)
9.10 压床机构.....	(146)
参考文献.....	(149)

上篇 课程设计指导

第1章 机械原理课程设计概述

1.1 机械原理课程设计的目的

机械原理课程设计旨在使学生全面把握机械原理课程教学体系,理解和深化课程基本原理和方法,是培养学生进行机械运动方案设计、机械创新设计,以及培养应用计算机进行机构分析与设计能力的一个重要的实践性教学环节。机械原理课程设计的目的及其在机械类学生教学培养体系中的不可替代性体现如下。

(1) 通过分析和解决与本课程有关的简单的实际工程问题,初步了解机械设计的全过程,使学生能够整合课堂所学的理论知识,并进一步得到巩固和加深,全面认识机械原理课程各章节内容在机械设计中的地位、作用及其相互联系。

(2) 结合机械系统运动方案设计,首先使学生充分认清方案设计的关键性与创造性,其次通过综合运用课堂所学知识进行机构的选型与组合,了解机构及其组合的功能多样性和奇妙性,并学会如何结合实际,全面评价一个运动方案的优劣,全面培养学生开发和创新机械产品的能力。

(3) 进一步提高学生计算、绘图、运用计算机及有关技术资料的能力。

(4) 通过编写说明书,培养学生的表达、归纳及总结能力。

(5) 课程设计的全过程既可培养学生独立思考和分析与解决问题的能力,又能培养团队协作的精神。

1.2 机械原理课程设计的任务

机械原理课程设计的任务一般可分为以下几部分。

(1) 根据给定的机械工作要求,合理地进行机构的选型与组合。

(2) 规划多个机械系统运动方案,对它们进行多目标比对和评价,优选出一个最佳的运动方案。

(3) 确定机构运动简图、绘制机构运动循环图。

(4) 对选定方案中的机构(凸轮机构、连杆机构、齿轮机构与其他机构及其组合等)进行运动学和动力学分析和设计。

(5) 全面整理设计过程和数据,分析存在问题,总结设计经验,讨论设计得失。

对于有些设计任务较重或在课程设计周短期内难以完成的题目,可以考虑以课题组形式接受题目,采取组长负责制并做到分工明确、合理。另外,设计题目也可以在课程设计周之前的适当时机布置。

1.3 机械原理课程设计的内容

课程设计的内容大体上应包括:

- (1) 机械运动方案的设计与选择;
- (2) 机构运动分析与设计;
- (3) 机械动力分析与设计。

课程设计的题目可由教师根据本校具体情况及不同专业的需要来选定。但为了包含课程设计的基本内容,保证其一定程度的综合性和完整性,课程设计的选题应注意以下几个方面。

- (1) 一般应包括三种基本机构(平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构)的分析与综合。
- (2) 应具有多个执行机构的运动配合关系和运动循环图的分析与设计。
- (3) 具有运动方案的选择与比较。

1.4 机械原理课程设计的方法

机械原理课程设计的方法有图解法、解析法、实验法三大类。

(1) 图解法具有几何概念清晰、形象、直观,便于教学的特点。掌握图解法是学习机械原理的必要环节,是建立机构形象思维的重要手段,是学生了解课程基本概念、基本原理最直接和最有效的途径,是进行解析设计计算的基础,也是实际工程上进行机构分析设计的重要方法之一。人类在不断探索机械运动和设计原理的过程中,积累了丰富的且具有很高应用价值的机构学几何理论,它一直是国内外机构学教材的经典内容。其实机构学原本就是一个几何问题,在机构学领域对某些重要的解析法结论进行几何学解释也一直是研究者努力的方向之一。随着快速发展的计算机图形显示和绘制技术不断用于机构的图解分析与设计,图解法原理作图烦琐及精度差的不足也将随之烟消云散。

(2) 解析法首先需建立以机构参数表达的各构件与给定条件的函数关系,然后通过求解数学方程来实现机构的分析与设计。借助计算机辅助设计技术,解析法显示出其具有计算精度高、速度快的特点,特别是在分析机构整个运动循环的运动学和动力学性能方面,这个特点尤为突出。就解析法而言,一般机构的分析与设计其函数方程建立并不复杂,目前面临的主要困难是如何求解联立方程,尤其是高次或超越方程组。不过,随着计算数学和计算机技术的不断发展,这种方法将在实际设计中将得到越来越广泛的应用。

(3) 实验法是通过搭建模型和采用计算机动态演示与仿真、CAD/CAM 等方法,使机械产品设计直观地得以实现的方法。尤其是在近年来流行的 UG、Pro/E 等软件平台,既可实现机构的搭建与仿真,又可以输出运动学和动力学分析结果及其线图。这种方法既可以直观快速地验证设计效果,又可培养学生的创新意识和实践动手能力,充满了挑战性与趣味性。计算机仿真技术在机构学上的应用方兴未艾且大有可为。

1.5 课程设计成绩评定与提交的设计技术文件

1.5.1 课程设计成绩评定

机械原理课程设计单独计分,成绩取决于每个学生提交的技术文件和参与课程设计所起的作用、表现及工作量大小等。评分标准分为优、良、中、及格、不及格五个级别。

1.5.2 提交设计技术文件包括的主要内容与要求

(1) 机械原理课程设计说明书 设计说明书不仅记录了整个设计计算过程,而且是设计计算数据和结果的整理、分析与总结,又是实际工程中审核机器设计合理性的主要技术文件之一。编写设计计算说明书是工程技术人员必须掌握的重要基本技能。

(2) 主要设计图样 设计图样中的内容主要包括如下方面。

- ① 反映机械系统运动方案设计的机构运动方案简图。
- ② 用图解法进行机构运动设计和机构的位移、速度、加速度和动态静力分析的过程。
- ③ 执行构件的运动线图和原动件的平衡力矩线图、飞轮的设计图等。

要求图样符合制图标准,图面布局匀称,线条运用合理,图样清晰整洁,标注齐全且字母与代号使用符合规范,注明绘图比例和分析设计图的名称等。图样标题栏格式如图 1-1 所示。

50 10 10 10	(作业名称)					机械原理课程设计 系(学院) 专业 班
	设计		(日期)	方案号		
	审阅		(日期)	图号		
	成绩			图总数		
15 20 15 15 20						
135						

图 1-1 图样标题栏格式

(3) 机构运动学与动力学分析与设计的计算机仿真或解析计算主程序和主要界面及其结果 设计技术文件的提交应在整理齐全后,分别装入一个文件袋内,袋面贴统一标签,注明设计题目、设计者和所属学院(系)、班级及指导教师等。

1.5.3 机械原理课程设计说明书的编写

编写课程设计说明书是学生将来从事工程技术工作,为撰写技术研究报告、可行性论证报告、产品说明书等提供的一次实际操练,是一次推荐自我,即向外人展示自己能力和素质的机会,所以必须认真对待,力争做到精益求精。自己都不满意的内容绝不向外人展示。课程设计说明书的内容大致包括以下几个方面(可根据设计题目的不同予以取舍)。

- (1) 目录(标题、页次)。
- (2) 设计任务书(包括设计题目、工作条件、要求、个人具体分工等)。
- (3) 机构系统运动方案的拟订及原动机的选择。
- (4) 机械系统运动循环图。
- (5) 传动比的分配。
- (6) 传动机构的选择和比较。
- (7) 执行机构的选择和比较。
- (8) 机构系统运动方案的选择。
- (9) 对所选的机构进行运动设计和运动分析、动力分析。
- (10) 解析设计必要的设计公式和计算主程序、主要界面及结果等。
- (11) 对设计结果进行整理及分析和讨论,提出存在问题和改进方案,总结设计体会等。
- (12) 列出主要参考资料。

1.5.4 课程设计说明书编写的要求

课程设计说明书的总体要求是:能够清晰全面反映设计计算的全过程且可读性强。具体注意事项如下。

(1) 需用黑色或蓝色墨水笔书写(禁用铅笔或彩色笔等)。

(2) 设计计算说明应按分析、设计顺序书写,章节号和序号使用合理,做到层次清晰,每一设计阶段要首先写清已知条件和求解目标,再写分析和设计过程及其结果等。

(3) 计算过程要先列出公式、代入数据,再写出结果、标明单位,省略不必要的中间运算过程,对重要数据应用简短语言给出结论或说明。

(4) 引用的计算公式和数据要注明来源(如参考资料的编号和页码)。

(5) 为清楚反映设计计算过程,说明书中应附有必要的插图,如机械传动方案简图、机构运动简图、运动分析和力分析矢量图等。

(6) 为增加计算说明书的可读性,对阶段性分析设计结果和总体结果要归纳整理并列表。

(7) 说明书用 16 开纸书写,并装订成册,封面格式如图 1-2 所示。

装 订 线	机械原理课程设计 说明书
	设计题目_____
	_____系(学院)
	_____专业__班
	设计者_____
	指导教师_____
	年 月 日

图 1-2 封面格式

(8) 参考资料按序号、主要作者、书名、出版社和出版时间编写,如

[1] 孙桓,陈作模. 机械原理[M]. 6 版. 北京:高等教育出版社,2001.

[2] 付则绍. 机械原理[M]. 2 版. 北京:石油工业出版社,1998.

第 2 章 机械传动方案设计

2.1 机械传动方案设计的过程

2.1.1 机械传动方案设计的步骤

机械传动方案设计完成的主要标志之一,即绘出机构运动简图和各执行机构之间的运动循环图。机械传动方案设计的步骤和内容大体如下。

设计任务→构思实现预定功能的基本原理→基本工艺动作的确定→选择执行机构→绘制机构运动循环图→绘制机构传动示意图→进行机构的尺寸综合(运动学设计)→绘制机构运动简图→运动学和动力学分析→评价、选优

实际操作的顺序可能出现多次反复与交叉,这也是因机械设计本身的特点所决定的。

2.1.2 构思机械实现预定功能的基本原理

先要详细解读设计任务,在充分调研和查阅资料的基础上,经过认真的比较、分析及推理,从全方位、多角度去构思执行构件(输出构件)实现预定功能的基本动作原理(即确定机械实现预定功能应完成的一套组合动作)。一种基本动作原理可以使机械实现某一项功能,两者是因果关系,但正反两方面并非一一对应。实现同一功能,可以采用多种不同的基本动作原理,而且它们各具特色,动作完成起来的难易程度与将来设计出的机械所输出的产品在数量上和质量上的差别可能极大,对环境的适应能力和维护使用成本等方面也会表现各异。

例如手工缝纫是用图 2-1(a)所示的结线方法把布料缝合起来的,但按照这种结线方法设计一台机械完成缝纫动作将是十分困难的。缝纫机的发明正是因为首先研究出了新的结线方法(见图 2-1(b)),而这种方法较易于用机械来实现。



图 2-1 缝纫结线方法
(a) 手工缝纫结线方法 (b) 缝纫机结线方法

还有以下其他例子。

- (1) 破碎石料 石料可以被压碎、搓碎、击碎等。
- (2) 加工齿轮 可以滚齿、插齿、冲齿、锻压和采用拉刀等。
- (3) 加工螺栓 可以切制、搓制、压制等。

可见,达到一种工艺目的可有不同的动作原理,但从节省能量、提高工效和用机械方法是否易于实现的角度分析,各种动作原理有很大差别。研究合理可行的工艺动作原理是机械设计过程中的关键问题之一,也是机械设计中最富创造性的环节。

2.1.3 确定基本工艺动作

工艺动作要付诸实施,必须依靠一系列执行机构和执行构件来实现。由执行构件所完成的动作就是最基本的工艺动作。一台简单的机械可能只有一个执行构件,做一种基本工艺动作,例如简易冲床,只要执行构件(冲头)作往复直动即可。一台复杂的机械也可能需要多种基本工艺动作,例如按图 2-1(b)所示的结线方法设计的家用缝纫机,可能需要至少以下四个执行构件来完成四种基本工艺动作。

- (1) 机针带着上线刺布,需进行上下往复直线运动。
- (2) 为了使上线绕过底线,摆梭勾线需进行往复摆动。
- (3) 挑线杆完成挑线动作。
- (4) 送布牙板完成步进式送布动作。

执行构件最常见的运动形式是直线运动、转动或摆动。在确定基本工艺动作时,不但要注意所要求的运动形式(如往复直动、连续转动、带停歇的往复直动、间歇转动、平面复杂运动等),还应注意所要求的运动规律,例如筛分机械中的筛筐,运动形式可能是往复直动,但如果运动规律(往复运动中速度和加速度的变化规律)不当,有可能出现物料与筛子始终是同步运动的情况,这就达不到筛分的目的。

为了实现工艺目的,同时需要两个以上的基本工艺动作时,应安排好各个工艺动作之间的协调配合。

2.1.4 常用的执行机构

将由工作原理决定的一套复杂的组合动作逐一进行分解,得到一系列容易实现简单动作,在广泛了解各种常用机构特点的基础上,为它们选择适合相应的执行机构也十分重要。表2-1 列出了常见的实现运动形式及相应的执行机构,供设计者参考选用。

表 2-1 常见的实现运动形式及相应的执行机构

实现运动形式		相应的执行机构
连续转动	定比匀速	连杆机构:平行四边形、双转块机构等 齿轮机构:行星齿轮机构 挠性件传动机构:带、链、绳传动机构 摩擦传动机构
	变比匀速	混合轮系变速机构,摩擦传动变速机构,行星无级变速机构,挠性无级变速机构,连杆无级变速机构
	非匀速	连杆机构:铰链四杆、转动导杆、曲柄滑块等 非圆齿轮机构 挠性件传动机构
往复运动	往复移动	连杆机构:曲柄滑块、移动导杆机构等 齿轮齿条机构 凸轮机构 斜面机构 螺旋机构 挠性件传动机构 气、液动机构

续表

实现运动形式		相应的执行机构
往复运动	往复摆动	连杆机构:曲柄摇杆、曲柄摇块、摆动导杆机构等 凸轮机构 齿轮齿条机构 非圆齿轮齿条机构 挠性件传动机构 气、液动机构
间歇运动	间歇转动	棘轮机构 槽轮机构 不完全齿轮机构 凸轮式间歇运动机构
	间歇摆动	利用连杆曲线的直线或圆弧段实现间歇运动的连杆机构 凸轮机构 齿轮连杆组合机构
	间歇移动	棘条机构 凸轮机构 连杆机构 气、液动机构
轨迹	直线轨迹	连杆机构:曲柄滑块机构,连杆曲线直线轨迹组合机构
	曲线轨迹	连杆机构的连杆曲线 凸轮-连杆组合机构 齿轮-连杆组合机构

机构的基本功能可以用表 2-2 所示的符号表示。

表 2-2 机构的基本功能部分表示符号

基 本 功 能	基 本 符 号	基 本 功 能	基 本 符 号
运动放大 (或力缩小)		运动轴线变换	
运动缩小 (或力放大)		运动合成	
运动形式变换		运动分解	
运动方向变换		运动脱离	
运动往复变换		运动连接	