



北京市高等教育精品教材立项项目

主 编 张晓玲

副主编·张云文 李 艳

主 审 申永胜

机械原理课程设计指导



北京航空航天大学出版社



TH111
77



北京市高等教育精品教材立项项目

机械原理 课程设计指导

主 编 张晓玲
副主编 张云文 李 艳
主 审 申永胜

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

根据教育部高等学校工科机械基础课程教学指导委员会最新制定的《机械原理课程教学基本要求》中对课程设计基本要求的精神,以案例教学的方式全面介绍机械原理课程设计的内容、思路、步骤和具体工程题目的设计方法;着重介绍机械系统运动方案拟定的过程和执行系统方案的设计步骤;列举了分析设计中用到的一些计算方法及相应的计算程序;精选了工程实践中的题目作为课程设计选题。

本书配光盘1张。其中提供了课程设计计算中用到的机构设计与分析的软件平台及课程设计题目的演示文稿。

本书可作为高等学校本科机械类各专业机械原理课程设计的教材,也可供从事机械产品开发和创新的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理课程设计指导/张晓玲主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2008.12

ISBN 978-7-81124-477-9

I. 机… II. 张… 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145580号

机械原理课程设计指导

主 编 张晓玲

副主编 张云文 李 艳

主 审 申永胜

责任编辑 王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpress@263.net

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:10 字数:224千字

2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-81124-477-9 定价:19.80元(含光盘1张)

前 言

教育部高等学校工科机械基础课程教学指导委员会最新制定的《机械原理课程教学基本要求》中提出：“通过课程设计这一实践环节，使学生更好地理解 and 掌握本课程的基本理论和方法，进一步提高学生查阅技术资料、绘制工程图和应用计算机等能力，特别是加强培养学生创新意识和分析问题、解决问题的能力。按照一个简单机械系统的功能要求，综合运用所学知识，并对其中某些机构进行分析和设计。”根据这个要求，为适应当前以开发、设计新产品为核心的科技进步需要，近年来我们对机械原理课程设计做了较大的改革。

“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”是机械原理课程的新体系。在这一体系中机械原理课程是以机构的运动设计、机械的动力设计和机械系统方案设计的基本知识为载体，培养学生对机械系统方案创新设计的思维方式和方法以及自主学习的能力，从而达到提高学生的综合设计能力、创新设计能力和工程实践能力的目的。因此，我们对课程设计教学模式改革的思路是，以培养学生机械系统方案创新设计能力为目标，以设计为主线，增加实践，使机械原理的理论教学与实践教学相结合。在课程设计中，重点放在总体方案设计阶段。在设计方法上，针对工程问题以解析法为主，图解法为辅，培养学生的工程实践能力。在题目的选取上，以具体工程实际问题作为课程设计选题，以执行系统方案设计为重点。根据课程设计中存在的问题，开发了机械原理课程设计软件平台应用软件。本书的脚本就是来自课程设计改革的成果。

本书的特色：

1. 以案例教学的方式介绍机械原理课程设计的步骤及具体工程题目的设计方法。
2. 本设计指导中的多数题目是我们近几年课程设计改革的成果，既有工程背景，又符合课程设计的要求。题目的可操作性强，经过几年的试用，效果良好。
3. 根据几年的探索实践和我们多年指导课程设计的具体情况，在进行课程设计时，为了将重点放在总体方案的设计及机构的创新上，为了解决学生编程占用时间太多的问题，我们编制了课程设计计算平台(配光盘)，与教材配套。
4. 在课程设计中使用课程设计软件平台，可省去学生大量的编程时间，并对总体方案设计、执行机构方案设计及具体机构设计中的参数选择等工程方面的问题。

题进行深入的研究,达到利用所学知识解决工程实际问题的目的。

5. 为了给使用本教材的教师提供方便,我们将题目的演示文稿放在光盘中,并提供实际机器的图片及工艺动作的部分动画。

全书内容共分5章。第1章机械原理课程设计的内容与设计步骤,主要介绍机械产品的设计过程及内容,课程设计的目的、内容、方法和步骤。第2章机械系统方案设计,主要介绍机械执行系统方案设计的过程和内容,常见运动特性及其对应机构,并以平版印刷机气动式给纸机系统方案设计为例,介绍其设计方法及步骤。第3章机械原理课程设计题目及设计指导,主要介绍设计题目的内容、课程设计的指导原则、进行方式及要求。第4章机械原理课程设计资料,列举了分析设计中用到的一些计算方法并给出相应的计算程序以及圆柱凸轮机构设计、间歇机构的设计、实现运动轨迹的连杆机构优化设计、实现变速功能的机构设计等内容。第5章机械原理课程设计计算平台,主要介绍常用机构分析设计的VB程序及设计计算平台的使用方法。

本书配1张光盘。其中提供了课程设计计算中用到的机构设计与分析的软件平台及课程设计题目的演示文稿。

本书可作为高等学校本科机械类专业机械原理课程设计的教材,也可供从事机械产品开发和创新的工程技术人员参考。

参加本书编写的有:北京印刷学院张晓玲(编写第1章、第2章部分、第4章部分)、李艳(编写第2章部分)、施向东(编写第3章部分题目及题目的演示文稿)、沈韶华(编写第4章部分、第5章及软件设计平台)及中国农业大学张云文(编写第2章部分)、李海涛(编写第3章部分题目及题目的演示文稿)。本书由张晓玲任主编,负责全书的统稿、修改和定稿。张云文、李艳任副主编。

本书在编写和出版过程中得到了北京航空航天大学出版社的大力支持;教育部高等学校工科机械基础课程教学指导委员会委员、全国机械原理教学研究会理事长、国家级教学名师、清华大学申永胜教授仔细审阅了本书,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示由衷感谢。

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。

编者

2008年9月

目 录

第 1 章 机械原理课程设计的内容与设计步骤

1.1 概 述	1
1.1.1 机械设计的基本概念	1
1.1.2 机械设计的类型	2
1.1.3 机械产品的设计过程	2
1.2 机械原理课程设计的目的和任务	4
1.3 机械原理课程设计的内容、方法与步骤	5
1.4 机械原理课程设计说明书的编写	6

第 2 章 机械系统方案设计

2.1 机械系统总体方案设计的内容	8
2.2 机械执行系统方案设计的过程和内容	8
2.2.1 功能原理设计	10
2.2.2 运动规律设计	16
2.2.3 执行机构的型式设计	20
2.2.4 执行系统的协调设计	36
2.2.5 机构的尺度设计	41
2.2.6 运动和动力分析	44
2.2.7 方案评价与决策	46
2.3 平版印刷机气动式给纸机系统方案设计举例	50
2.3.1 设计题目及设计要求	50
2.3.2 运动规律设计——工艺动作分解	51
2.3.3 执行系统方案的拟定	52
2.3.4 执行系统的协调设计	56
2.3.5 总体方案	57

第3章 机械原理课程设计题目及设计指导

3.1	圆盘型自动包本机进本系统	58
3.2	圆盘型自动包本机的封面输送系统	61
3.3	圆盘型自动包本机包封系统	65
3.4	自动锁线机挡书、出书系统	68
3.5	平版印刷机气动式给纸机纸张的分离、递送系统	72
3.6	半自动骑马订书机	76
3.7	三面切书机送书、切书系统	80
3.8	书本打包机	83
3.9	片剂胶囊包装机	88
3.10	颗粒包装机	91
3.11	制钵机	94
3.12	水稻插秧机	97
3.13	蔬菜切片机	99
3.14	活塞式油泵凸轮机构	101
3.15	牛头刨床主体机构	103

第4章 机械原理课程设计资料

4.1	线性方程组的解法及程序	106
4.2	非线性方程组的解法及程序	109
4.3	II级基本杆组运动分析子程序	112
4.4	摆动从动件盘形凸轮机构的压力角计算	122
4.5	渐开线齿轮变位系数的选择	123
4.5.1	选择变位系数的基本原则	123
4.5.2	选择变位系数的限制条件	124
4.5.3	用列表法选择变位系数	125
4.6	圆柱凸轮机构的解析设计	127
4.6.1	滚子直动从动件圆柱凸轮轮廓设计	127
4.6.2	滚子摆动从动件圆柱凸轮展开轮廓曲线设计	129

4.6.3 滚子摆动从动件圆柱凸轮机构设计实例	131
4.7 间歇运动机构的设计	133
4.7.1 棘轮机构的设计	133
4.7.2 槽轮机构的设计	134
4.8 实现运动轨迹的连杆机构优化设计	137
4.9 实现变速功能的转动导杆机构设计	140
第 5 章 机械原理课程设计平台	
5.1 课程设计平台结构	143
5.2 课程设计平台应用举例	144
参考文献	152

第 1 章 机械原理课程设计与设计步骤

1.1 概 述

1.1.1 机械设计的基本概念

设计即是面对问题、了解问题和解决问题,是根据社会或市场的需要,利用已有的知识和经验,依靠人们的思维和劳动,借助各种平台(数学方法、实验设备和计算机等)进行反复判断、决策、量化,最终实现把人、物、信息资源转化为产品的过程。

机械设计(机械工程设计)是有关机械产品的工程设计,包括机器设计与机构设计。

机器设计是设计机器的一种行为过程。机器是由一个或数个机构以及支撑结构组合而成,输入能量并加上控制装置,以产生有效的机械功或转换能量和处理信息。

机构设计是选择特定类型的机构,决定构件和运动副的数目与种类,并确定构件的几何尺度,以达成所需的约束运动。

设计、工程设计、机械工程设计等之间的关系如图 1-1 所示,机器设计与机构设计程序如图 1-2 所示。

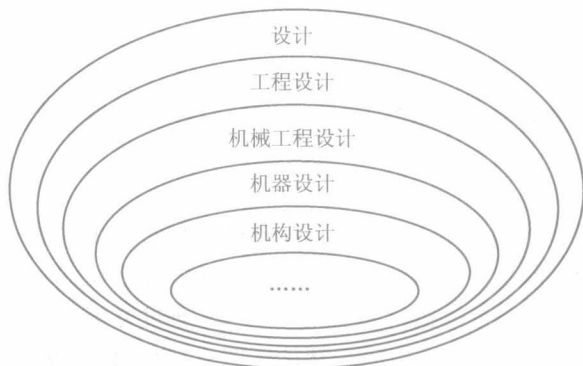


图 1-1 设计的关系

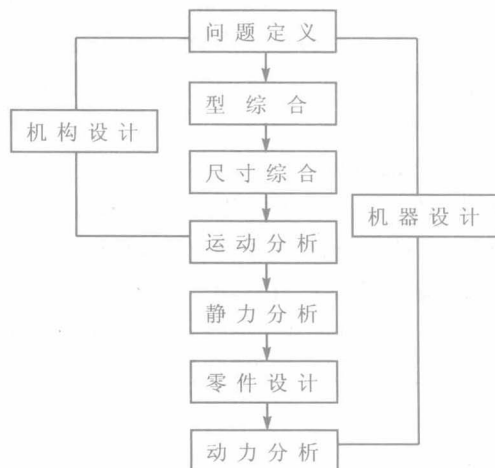


图 1-2 机构与机器设计程序

设计包括综合与分析,先利用“综合”来求出答案,再利用“分析”来验证答案。就机械原理课程设计而言,综合是指根据预期的各种特性来确定新的机构与机器的型式、结构及主要运动学和动力学参数,如各种主要机构的型式设计(型综合)、运动设计(尺度综合)、机构的平衡和机器速度波动调节等。分析是指根据已有机器的结构和主要参数来分析机构或所组成机器的各种特性,如机构的结构分析、运动分析、力分析和在已知力作用下机器的真实运动等。综合是分析的逆问题。

1.1.2 机械设计的类型

机械设计可分为三种类型。

1. 开发设计

开发设计是一种从无到有的全新设计,是针对新任务,应用成熟的科学技术,提出新方案,完成从产品规划、原理方案设计、结构技术设计到生产施工设计的全过程。

2. 变异设计

变异设计是在已有产品的基础上,针对原有设计的缺点或新的工作要求,从工作原理、机构、结构、参数和尺寸等方面进行一定的变异。

3. 反求设计

反求设计是针对已有的先进产品或设计,进行深入分析研究,探索掌握其关键技术,在消化、吸收的基础上,开发出同类型的创新产品。

1.1.3 机械产品的设计过程

机械产品设计是通过分析、综合与创新来获得能满足某些特定要求和功能的机械系统的过程。机械产品的开发设计过程一般可分为四个阶段:产品规划设计阶段、总体方案设计阶段、结构技术设计阶段和生产施工设计阶段。表 1-1 介绍了这四个设计阶段中具体的项目和应完成的任务。

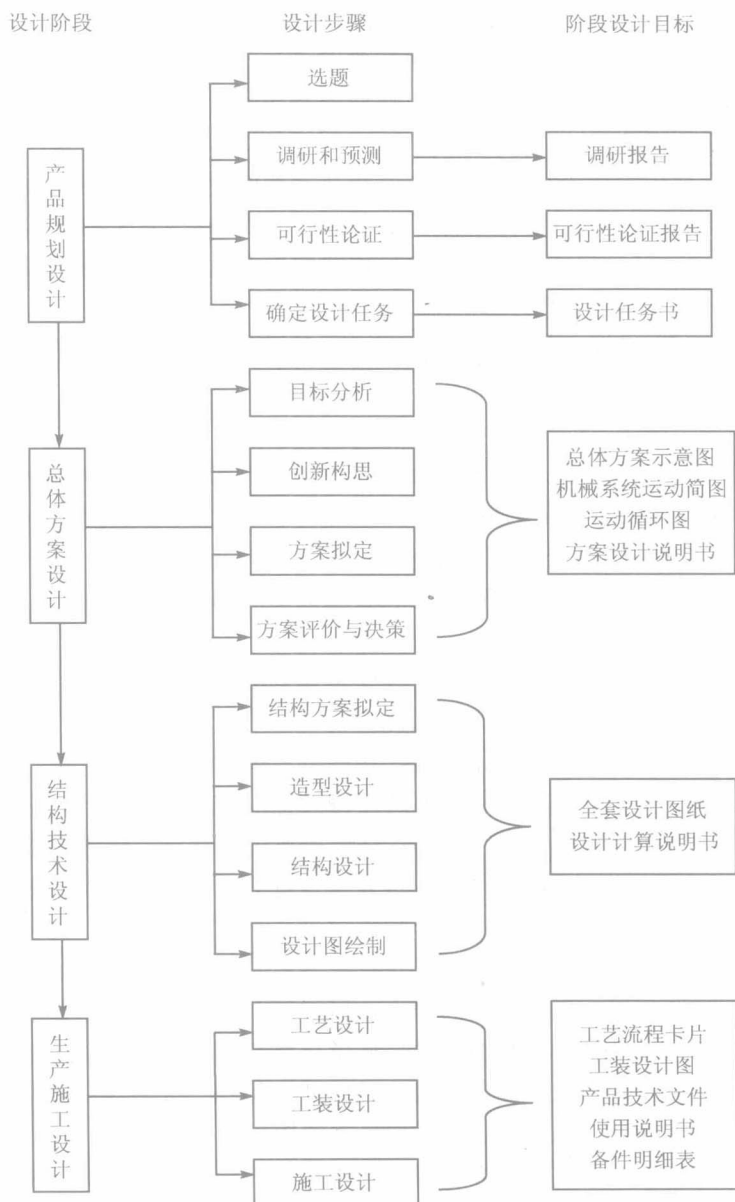
1. 产品规划设计阶段

根据市场需求选择设计对象,提出设计题目,进行可行性论证;明确设计目标及需要达到的功能和性能指标,给出详细的设计任务书。

2. 总体方案设计阶段

根据设计任务书中的设计任务进行功能分析,通过创新构思、优化筛选确定较理想的工作原理;通过选定的工作原理进行工艺动作分解;根据工艺动作的工作原理,进行执行系统的运动规律设计、机构型式设计和协调设计,构思出各种可能的执行系统运动方案;通过方案的评价与选择,确定最佳方案;绘制执行系统运动简图及各执行机构的运动循环图;拟定总体方案,进行执行系统、传动系统和原动机的选择及基本参数设计;编写总体方案设计说明书及绘制机械系统运动简图。

表 1-1 机械产品的设计过程



3. 结构技术设计阶段

根据机械系统运动简图,考虑经济性、可靠性和稳定性等方面的因素,拟定执行系统、传动系统的结构方案以及与原动机之间的连接方案;从人-机工程、易操作和美学等观念出发,进行

产品造型、色彩和表面处理的设计;从加工工艺、装配工艺、摩擦润滑和振动噪声等因素出发,设计零部件的结构,确定各零部件的相对位置、结构型式及连接方式;根据运动和动力计算、强度和刚度计算,选择零件的材料、热处理方法和要求,确定零部件各部分的形状、尺寸、公差、精度及制造安装的技术条件等;绘制总装配图、部件装配图和零件工作图,编制设计说明书。

4. 生产施工设计阶段

进行加工工艺、装配工艺设计,制订工艺流程及零部件检验标准;进行加工、装配时必要的工具、量具、夹具和模具的设计;制订装配调试、试运行和性能测试的步骤及各阶段的技术指标,制订包装、运输和安装的要求以及随机器提供的备件专用工具明细表等。

1.2 机械原理课程设计的目的和任务

1. 目的

机械原理课程设计是使学生较全面系统掌握及深化机械原理课程的基本原理和方法的重要环节,是培养学生初步具有确定机械运动方案、分析和设计机械的能力、开发创新能力及机械运动简图设计能力的一门课程。其目的在于:

- ① 进一步巩固和加深学生所学的理论知识,使其对于机械的组成结构、运动学以及动力学的分析与设计建立较完整的概念;
- ② 使学生初步了解机械设计的全过程,接受根据功能需要拟定机械运动方案的训练,具有初步的机构选型与组合和确定运动方案的能力;
- ③ 使学生掌握机械运动方案设计的内容、方法和步骤;
- ④ 通过分析计算,进一步提高学生分析设计、查阅技术资料的能力;
- ⑤ 通过编写说明书,培养学生表达、归纳、总结和独立思考与分析的能力;
- ⑥ 通过机械原理课程设计的整个环节,培养学生综合运用所学知识,独立解决有关本课程的实际工程问题的能力和创新能力。

2. 任务

为了培养学生开发和创新机械产品的能力,对机械原理课程设计提出的要求是:“结合一个简单的机械系统,综合运用所学理论和方法,使学生能受到拟定机械运动方案的初步训练,并能对方案中某些机构进行分析和设计。”因此,机械原理课程设计的基本任务是:针对某种简单机器(它的工艺动作过程比较简单)进行机械运动简图设计,其中包括机器功能分析、工艺动作过程确定、执行机构选择、机械运动方案评定和机构尺度综合等。通过机械原理课程设计,可以进一步巩固、掌握并初步运用机械原理的知识和理论,更为重要的是培养开发和创新机械的能力。

1.3 机械原理课程设计的内容、方法与步骤

1. 内容

根据教育部最新制定的《机械原理课程教学基本要求》中对课程设计的基本要求：“按照一个简单机械系统的功能要求，综合运用所学知识，拟定机械系统的运动方案，并对其中某些机构进行分析和设计。”机械原理课程设计的主要内容如下：

- ① 机械系统运动方案设计。其任务是完成一个简单机械的总体运动方案设计。要求每组学生至少构思出实现给定工艺动作(运动)的两种以上运动方案。
- ② 绘制机械系统运动示意图，编制运动循环图。
- ③ 根据其他设计要求，对所选用的常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等)进行运动设计，即具体机构的尺度综合，求出机构的主要尺寸；绘制机构设计图。
- ④ 对所选用的常用机构进行运动分析，绘制机构运动线图。
- ⑤ 进行动力分析与飞轮转动惯量的确定，绘制机械系统动力分析图。
- ⑥ 绘制机械的总体运动方案简图及编写设计计算说明书。
- ⑦ 对所设计的机械总体运动方案进行二维(三维)动画设计，验证设计的合理性。

2. 方法

机械原理课程设计的方法大致可分为图解法和解析法两种。图解法是运用基本理论中的基本关系式，用作图的方法求解其结果。该方法概念清晰、直观，可用于检验解析计算的正确性。解析法是通过建立数学模型、编制框图和计算机程序，通过计算机求解出各未知量。该方法计算精度高，便于确定机构在整个运动循环内各个位置的未知量的特点。在用解析法进行课程设计中，可培养学生运用计算机解决工程实际问题的能力。

图解法和解析法各有优点，可互为补充。工程实际要求工程技术人员能熟练地掌握这两种方法。因此，在本课程设计中，要求采用两种方法进行设计或分析。

3. 步骤

根据机械原理课程设计的内容，其设计步骤如下：

- ① 进行课程设计选题；
- ② 分析所设计机器的工作原理、工艺流程和工艺动作等；
- ③ 根据任务书的设计要求，进行机械系统运动方案的拟定(详细过程见第2章，要求每组学生至少构思出实现给定工艺动作(运动)的两种以上运动方案)；
- ④ 对拟定的机械系统运动方案进行评价和决策，选出课程设计所采用的方案；
- ⑤ 进行机械执行系统的协调设计，拟定运动循环图；
- ⑥ 对选定的方案进行机构的尺度设计，绘制机构设计图；
- ⑦ 对某一机构进行运动分析和动力分析，绘制机构运动线图；

- ⑧ 绘制机械的总体运动方案简图；
- ⑨ 编写设计计算说明书；
- ⑩ 对机械总体运动方案进行二维(三维)动画设计；
- ⑪ 答辩。

1.4 机械原理课程设计说明书的编写

课程设计说明书是技术说明书中的一种,每个学生毕业后都要接触实际的技术工作,都要会写技术报告、可行性论证报告和产品说明书等文件。因此,学生在校期间应受到这方面的训练,掌握这一必需的基本技能。

1. 课程设计说明书的内容

编写课程设计说明书,是学生对课程设计的总结,大致包括以下内容:

- ① 设计题目(包括设计条件和要求)。
- ② 执行机构的选择与比较。
- ③ 机械系统运动方案的拟定与比较。
- ④ 所选机构的运动、动力分析与设计。
- ⑤ 制订机械系统的运动循环图。
- ⑥ 绘制运动方案布置图及机械运动简图。
- ⑦ 完成设计所用方法及其原理的简要说明。
- ⑧ 列出必要的计算公式及所调用的子程序名。
- ⑨ 写出自编的主程序、子程序及编程框图;打印出自编的全部程序,对程序中的符号、变量作出说明,并列数学模型中的符号与程序中符号的对照表。
- ⑩ 用表格列出计算结果,用计算机或人工画出主要的曲线图。
- ⑪ 列出主要参考资料并编号。

2. 编写说明书的注意事项

① 在课程设计过程中查阅和摘录的资料、初步的运算、编程的草稿、设计构思的草图、心得体会及书写的草稿等都记录在案。这些材料是写正式说明书的基本素材。

② 说明书写在 16 开报告纸上,要求字迹端正、文句通顺、步骤清楚、叙述简明。

通过课程设计说明书的编写,学生应学会整理设计数据、绘制图表和简图,以及用工程术语表达设计成果的方法。说明书是每个学生治学态度、独立分析能力、归纳总结表达能力的综合反映,每个学生必须下苦功夫斟字酌句写出自己的水平与风格,也为书写其他课程设计、毕业设计说明书和论文打下基础。

- ③ 说明书中所用的公式和数据应说明来源,参考资料应编号和书写页次。
- ④ 说明书中,每一自成单元的内容都应有大小标题,使其醒目突出。

⑤ 说明书中必须附有相应的图纸和计算程序。图纸的数量要达到规定的要求;图纸的质量要求作图准确,布图匀称,图面整洁,线条、尺寸标注符合制图标准的规定;画在方格纸上的曲线图要连接光滑。电算程序亦要整理好并与说明书订在一起。

⑥ 说明书应加上封面与目录装订成册。

3. 课程设计说明书封面与图纸标题栏格式

设计说明书封面格式见图 1-3, 图纸标题栏格式见图 1-4。

设计题目 <u>机械原理课程设计</u> <u>说明书</u>
设计者 _____ _____ 系 _____ 专业 班级 _____
指导教师 _____ 年 月 日

图 1-3 说明书封面格式

(作业名称)				机械原理课程设计	
设计		(日期)	方案号		(校名) 系 专业 班
审阅		(日期)	图号		
成绩			图总数		

图 1-4 图纸标题栏格式

第 2 章 机械系统方案设计

2.1 机械系统总体方案设计的内容

机械系统总体方案设计的正确与否对机械能否完成预定的任务、机械的性能和工作质量及制造成本与维护费用等影响很大。成功的设计往往基于总体方案的突破与创新。

机械系统主要由原动机、传动系统、执行系统和信息处理控制系统组成。因此,机械系统总体方案设计的主要内容如下:

1. 机械执行系统的方案设计

机械执行系统的方案设计是机械系统总体方案设计的主要部分,是所设计的机械产品能否实现预定的功能和完成预期的工作要求的关键环节。

2. 原动机的选择与传动系统的方案设计

机械执行系统的方案设计完成后,即进入原动机的选择与传动系统的方案设计阶段。传动系统介于原动机和执行系统之间,不仅起着将原动机的运动和动力传递给执行系统的作用,还将实现某些操纵控制的功能。传动系统方案设计也是机械系统方案设计的重要部分。

3. 控制系统的方案设计

随着科学技术的不断进步,机械系统的概念也正在扩展。现代机械系统集成机、光、电、液压、气动等于一体。

机械系统中的控制系统是采用电子、液压和气动等技术,以传感器件和检测诊断手段对机械的传动系统、执行系统进行自动控制的信息处理系统。它由控制装置和被控对象两部分组成。这两部分必须紧密结合,才能获得完善的控制。

4. 其他辅助系统的设计

辅助系统主要包括润滑系统、冷却系统、故障监测系统和安全保护系统等。

以上四部分中机械执行系统的方案设计是机械原理课程设计的范畴,其他部分分布在不同的课程中。

2.2 机械执行系统方案设计的过程和内容

机械执行系统方案设计的过程如图 2-1 所示。

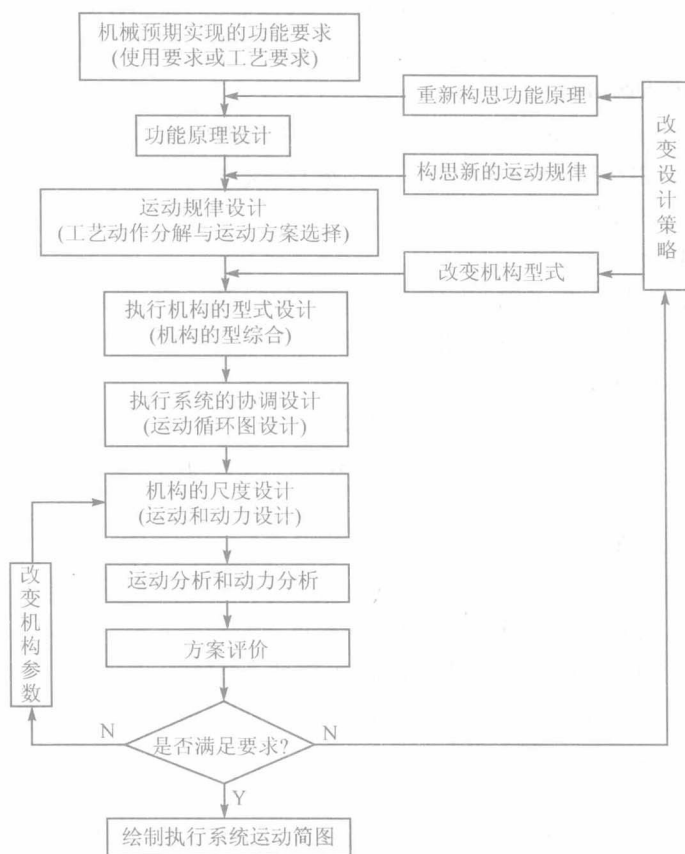


图 2-1 机械执行系统方案设计过程框图

1. 功能原理设计

根据机械所要实现的特定使用要求和工艺要求,拟定机械的总功能,并进行功能分解,确定机械的功能原理(工作原理)。事实上,这是确认需求和定义问题的过程。

2. 运动规律设计

为了实现机械的功能原理,可以设计不同的工艺动作,采用不同的运动规律。运动规律设计就是为实现特定工作原理而确定机械需实现的工艺动作和运动规律。设定机构需实现的运动规律,如输入运动与输出运动之间的函数关系、工艺要求和约束条件等,分解各个基本运动、动作,进而确定执行构件的数目以及各个执行构件的运动形式和特性。工艺动作的分解不同,所得到的运动规律将各不相同。

3. 执行机构的型式设计

根据设定的机械运动规律的要求,可以选择某种型式的机构或机构组合实现各个执行构