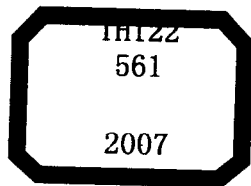


新世纪高校机电工程规划教材 新世纪

机械基础综合课程设计

刘会英 杨志强 主编

新世纪高校机电工程规划教材



新世纪高校机电工程规划教材

机械基础综合课程设计

主 编 刘会英 杨志强
副主编 邢 琳 张秀芳
主 审 邹慧君

机械工业出版社

本教材是从机械设计系列课程体系改革总体目标出发,结合近几年对相关课程的教学改革经验编写的。将原机械原理课程设计和机械设计课程设计内容有机整合为一个新的综合课程设计体系,注重培养学生的综合设计能力和创新能力。

全书内容共分为四部分:第一部分为机械原理与设计综合课程设计指导;第二部分为课程设计的设计示例和题目;第三部分是常用资料和参考图例;第四部分是部分杆组设计子程序。

本教材在内容上具有选择的灵活性,既可用于机械原理课程设计和机械设计课程设计综合进行的课程设计,也可用于没有合并的机械原理和机械设计课程设计教学。既适用于高等工科院校机电类、机械类的学生,也可用于近机类、非机类的学生,内容可根据不同情况进行取舍。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础综合课程设计/刘会英,杨志强主编.
—北京:机械工业出版社,2007.1
新世纪高校机电工程规划教材
ISBN 7-111-20308-9

I. 机… II. ①刘… ②杨… III. 机械设计-课程设计-高等学校-教材 IV. TH122-41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131373 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 版式设计:霍永明 责任校对:吴美英
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2007 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·12.75 印张·309 千字
定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68326294
编辑热线电话(010) 88379730
封面无防伪标均为盗版

前 言

根据教育部提出的“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本思想,机械设计系列课程体系改革的总体目标是培养学生的综合创新设计能力,而机械原理、机械设计课程作为机械类专业的主干技术基础课,在培养学生综合设计能力全局中,承担着培养学生机械系统方案创新设计能力的任务,在机械设计系列课程体系中占有十分重要的地位。如何在课程设计的过程中突出培养学生的设计能力和创新能力,是机械设计课程改革的重点和难点。在改革中,我们把原“机械原理课程设计”与“机械设计课程设计”进行合并,称为“机械综合课程设计”,合并后的内容以系统分析和综合设计能力培养为主线,突出创新设计能力培养和总体方案的构思与设计。经过多年的实践与探索,逐步完善了综合课程设计的内容与体系,使之成为机械设计系列课程实践教学的重要组成部分。

本教材编写的指导思想是:将原机械原理课程设计和机械设计课程内容有机整合为一个新的综合课程设计体系,使机械运动方案设计、机械运动尺寸设计、机械传动强度设计以及零部件结构设计等内容有机结合,达到强化学生的机械系统设计意识、培养产品总体设计能力的目的;以机械运动方案设计和零部件结构设计为课程设计重点,增加机械构思设计和创新设计等内容,强化学生的创新意识,培养学生解决实际问题的能力;强化学生的现代设计意识,培养综合运用知识的能力。兼顾不同专业、不同学时教学要求,在保留传统选材精华的基础上,增加了具有创新特点和不同难度的设计题目,既可用于不同专业的机械综合课程设计,也可用于分开进行的机械原理课程设计和机械设计课程设计。

全书内容主要包括:绪论;机械系统运动方案设计;机械传动装置设计;零部件结构设计;装配图样和零部件图样设计;编写设计计算说明书和准备答辩;课程设计示例和设计题目;设计常用资料和参考图例;答辩思考题及部分杆组设计子程序。

参加本书编写的有哈尔滨工业大学(威海)刘会英(第一章、第三章第二、三、四、五、六节),赵娥(第三章第一节);姜雪(第三章第七节);青岛理工大学杨志强(第二章、附录),崔金磊(附录中的程序编写和调试);山东建筑大学邢琳(第五章、第七章、第六章第一、二、三、四、五、六节),任秀华(第七章第八节);山东交通学院张秀芳(第四章),吴承格(第六章第七节)。全书由刘会英、杨志强担任主编。

本书由上海交通大学邹慧君教授主审,邹老师对本书作了严谨的审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,不当及欠妥之处在所难免,真诚希望同行教师和广大读者批评指正。

编 者
2006 年 8 月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 机械设计的基本内容、过程和方法	1
第二节 综合课程设计的目的、任务和过程	3
第二章 机械系统运动方案设计	6
第一节 机械运动方案设计的步骤与内容	6
第二节 执行机构的选型、组合及变异	12
第三章 机械传动装置设计	19
第一节 传动装置的类型和特点	19
第二节 原动机类型及参数选择	22
第三节 机械装置的运动和动力参数计算	25
第四节 常用减速器的结构	28
第五节 齿轮减速器设计与装配草图绘制	32
第六节 减速器装配图样的设计	43
第七节 典型零件工作图的设计	45
第四章 编写设计计算说明书和准备答辩	48
第一节 编写设计计算说明书	48
第二节 准备答辩	49
第五章 课程设计示例——平台印刷机	53
第六章 课程设计题目	60
第一节 半自动平压模切机主传动装置及模切机构设计	60
第二节 平板搓丝机的执行机构综合与传动装置设计	63
第三节 蜂窝煤成形机	64
第四节 游戏机机构运动简图与传动系统设计	69
第五节 加热炉推料机的执行机构综合与传动装置设计	70
第六节 铆钉自动冷镦机	71
第七节 带式输送机传动装置	74
第七章 机械设计常用资料和参考图例	78
第一节 常用数据和一般标准	78
第二节 常用工程材料	86
第三节 联接	90
第四节 滚动轴承	110
第五节 联轴器	120
第六节 润滑与密封	127
第七节 减速器附件	133
第八节 极限与配合、形位公差和表面粗糙度	137

第九节 齿轮及蜗杆蜗轮精度	147
第十节 电动机	164
第十一节 减速器结构及参考图例	168
附录 用杆组法作机构的运动分析	180
参考文献	194

第一章 绪 论

第一节 机械设计的基本内容、过程和方法

一、机械设计的基本内容

机械设计的基本内容包括以下几个方面。

1. 功能原理方案设计

这是机械产品设计的第一步，主要工作是通过对机械产品的功能分析，确定其工作原理，进行各机构的型综合，完成机械运动示意图和机械运动循环图；进行各机构的尺度综合，并根据功能要求对机械运动示意图进行分析评价，绘制机械运动简图。

2. 运动学和动力学设计

在方案设计的基础上，对机构进行运动分析与设计，以确保机构满足给定的运动要求。在此基础上分析机械运转时各构件上的作用力，确定机构中各运动副的摩擦力，进行机械效率计算；求出在已知作用力下机械的真实运动规律，确定减少机械速度波动的调节方式以及机械运转过程中惯性力的平衡；进行机械振动分析并确定是否需要隔振等要求。

3. 结构与强度设计

为了实现运动与力的传递与变换的功能结构设计，需要确定零部件的尺寸、形状、材料、数量、加工与装配，进行失效分析和工作能力计算，绘制结构方案总图。在进行结构与强度设计时，零部件要满足可靠性和寿命的要求。

4. 驱动与控制设计

根据工作机械的载荷特性、工作环境、结构布置、各执行构件的运动参数和生产阻力，动力机的机械特性以及机械系统的经济成本，选择合适的动力机。对自动化程度较高的机械系统，还要保证工作质量、改善工作条件、提高生产率，从改善机械系统的动态性能和工作可靠性等方面入手，设计合适的控制系统。

二、机械设计的一般过程

机械设计是一项创造性劳动，同时也是对已有成功经验的继承过程。要提供性能可靠、成本低、竞争力强的机械产品，必须有一个科学的设计程序。根据设计任务大小的不同，设计程序显然不尽相同，但机械设计一般经过以下几个阶段：产品规划阶段、方案设计阶段、详细设计阶段以及改进设计阶段，如表 1-1 所示的框图程序。

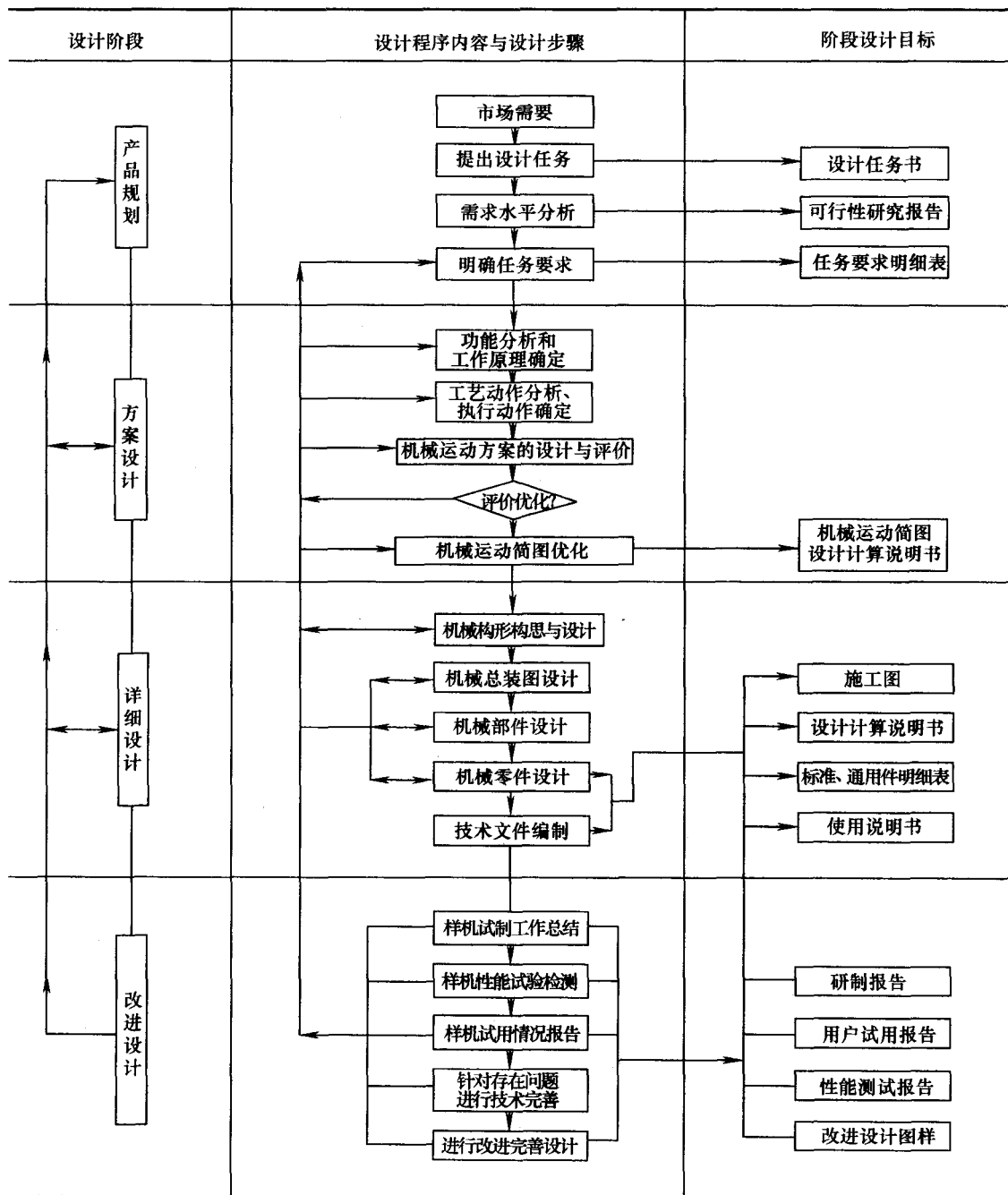
需要指出的是，机械设计是一个动态过程。在全过程中要不断地进行调查研究、征求意见、分析评价、发现问题，并重复、交叉地进行上述各阶段的工作，以达到最理想的设计效果。

三、机械设计常用方法

工程中经常提及的机械设计方法有常规机械设计方法、现代设计方法和创新设计方法。在机械原理和机械设计教学中学习的设计方法主要是常规设计方法的内容。具体采用哪种方

法要根据设计任务中的要求决定，学生可以利用所学知识，对几种设计方法进行综合，以求最佳设计效果。

表 1-1 机械设计的一般过程



1. 常规设计方法

常规机械设计方法是依据力学和数学建立的理论公式和经验公式，运用图表和手册等技

术资料,以实践经验为基础,进行设计计算、绘图和编写设计说明书。一个完整的常规机械设计主要包括以下几个阶段:市场需求分析;明确机械产品的功能目标;方案设计;技术设计阶段;生产阶段等。

2. 现代设计方法

现代设计方法主要是以计算机为工具,以工程软件为基础,运用现代设计理念,进行机械产品设计。如广泛使用的 UGTOOL、ADAMS、MATLAB、PRO-E、ANSYS 等都是工程中常用软件。现代设计方法内容广泛、学科繁多,主要有计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、反求设计、创新设计、并行设计、虚拟设计等方法。大量的工程软件使复杂的设计过程变得既容易又简单。所以鼓励学生多采用工程软件,与常规设计有机结合,更能发挥自己的设计潜能,设计出理想的产品。

3. 创新设计方法

创新设计是指设计人员在设计中采用新的技术手段和技术原理,发挥创造性,提出新方案,探索新的设计思路,提供具有社会价值、新颖的而且成果独特的设计,其特点是运用创造性思维,强调产品的创新性和新颖性。它包含两个部分:从无到有和从有到新的设计,相对常规设计而言,它特别强调人在设计过程中,特别是在总体方案、结构设计中的主导性及创造性作用。

第二节 综合课程设计的目的、任务和过程

一、综合课程设计的目的

机械原理与机械设计是高等工科院校机械类和机电类专业学生的主干课程,与其配套的课程设计是对学生首次进行较为全面的实践性教学环节,对培养学生进行机械传动系统运动学、动力学分析和机械结构设计有着十分重要的意义。

机械原理课程设计的基本任务是针对某种简单机械,按照给定的机械总功能要求,分解功能,进行机构的选型与组合,进行机械运动方案设计;对运动方案进行对比、评价和选择,画出机构运动简图,绘制机构运动循环图;对选定方案中的机构进行运动分析和尺度综合;进行机械动力分析,设计飞轮。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,培养学生开发和创新机械的能力。

机械设计课程设计的主要任务包括以下几个方面:决定传动装置的总体运动方案;选择电动机;计算传动装置的运动和动力参数;传动零件的设计计算;机体结构及其附件的设计;联接件、润滑密封等选择设计;绘制装配图及零件工作图等。

在进行教学改革之前,单独进行一周时间的机械原理课程设计和三周的机械设计课程设计,两门课程设计的选题与内容不相衔接,各自单独进行,不利于培养学生完整的机械系统设计过程。在进行了多年的实践与探索后,逐步完善了机械原理与机械设计的内容与体系,以机械设计的基本要求和一般过程为主线,把原“机械原理”和“机械设计”的课程设计进行合并整合,称为“机械综合课程设计”。其目的在于进一步加深学生的课本知识,并运用所学理论和方法进行一次综合性设计训练,从而培养学生独立分析问题和解决问题的能力。通过课程设计,使学生具有初步的设计机械运动方案以及设计机械传动装置结构与强度的能力。增强对机械设计中有关运动学、动力学和主要零部件的工作能力的分析与完整设计的概

念。使学生具备计算、制图和查找实用技术资料的能力，并逐步掌握利用计算机解决有关工程设计的问题。

二、综合课程设计的任务

综合课程设计的主要任务就是进行机械系统的运动方案设计和传动零部件的工作能力设计，这两部分内容就是原来的“机械原理课程设计”和“机械设计课程设计”分别完成的任务有机融合，使其更符合机械设计的基本内容和一般程序要求，使学生对所学知识的融合更加接近实际，为今后工作打下良好的基础。

其主要内容有：

- 1) 根据设计要求确定设计产品的机械系统运动方案并进行优选。
- 2) 进行机构系统的运动协调设计。
- 3) 对该方案中的主体机构进行尺度综合。
- 4) 对主体机构进行运动分析和受力分析。
- 5) 绘制机械系统运动简图。
- 6) 传动方案设计。
- 7) 有关零部件的计算。
- 8) 机械装配草图的设计与绘制。
- 9) 装配图的绘制。
- 10) 零件图的绘制。
- 11) 编写设计说明书。
- 12) 答辩。

三、综合课程设计一般过程

如前所述，综合课程设计过程与机械产品设计的过程基本是一致的，对学生进行的第一次设计来说，对课程设计的一般过程作如下说明。

1. 了解设计任务

机械设计任务通常以设计任务书的形式提出来，学生应仔细阅读设计任务书，对设计题目进行分析，了解设计任务和设计要求的。

2. 运动方案设计

根据任务书要求，进行资料收集和调研，了解同类机器或相近机械的性能参数、使用中存在的问题等技术资料和数据进行汇总，再进行机械的运动方案设计。完成同一生产任务的机器，可以有多种工作原理和运动方案，而同一种运动方案，又可以有不同的参数组合，设计时有对成功经验的继承又要发挥自己的创造能力，设计出高效率、工作可靠、成本低的运动方案。

机械运动方案设计的主要内容包括：拟定机械的工作原理、确定执行构件的数目和运动形式、选择原动机类型、进行执行机构的选型与组合、绘制机构运动简图等。

3. 机械运动设计

机械运动设计就是根据设计任务书的要求，对拟定的运动方案进行尺寸综合，以满足根据该机械的用途、功能和工艺等要求而提出的执行构件的运动规律、运动位置或轨迹等要求。机械运动设计的内容包括确定机构的主要特性尺寸、绘制机构运动简图、分析机构的运动、绘制机构运动循环图等。

4. 机械动力设计

机械动力设计就是在机械运动设计的基础上，确定作用在机械系统各构件上的载荷并进行机械的功率计算和能量计算。机械动力设计的内容包括动态静力分析、功能关系、真实运动规律求解、速度波动调节和机械的平衡计算等。

根据机械各执行构件上承受的载荷性质和大小，考虑机械系统的效率，分别算出机械的输出功率，然后确定原动机应具有功率、转速，从而选择适宜的原动机型号。当执行构件上的载荷不太明确时，常根据实践经验或类比方法选定原动机的功率和转速。

5. 机械传动系统设计

机械传动系统的功能是将原动机的转速和转矩进行传递和变化，以满足执行构件对速度合理的要求，通常有带传动、链传动以及各式齿轮传动等组成。其具体内容就是依据执行构件对输入运动和动力的要求，以及机械的用途、工作环境、成本、效率等条件，选择合适的传动类型及组合顺序，对总传动比进行分配，并依据原动机的额定功率和转速，算出机械各传动轴的转矩、转速。

6. 主要零部件工作能力设计

对于传动系统中的各种传动部件，尽量选购标准产品。对于非标准部件或选购不到合适型号的标准部件，需要对其进行工作能力和结构设计。设计时应根据机械中主要传动零件的工况条件和失效形式，选定零件的材料和热处理方式；依据设计准则，确定合理的几何尺寸和结构尺寸，绘制机械装配图和零件图。必要时还需对零部件工作能力和结构设计进行强度计算、刚度计算、稳定性计算和热平衡计算等。

7. 编写设计计算说明书，进行课程设计答辩

编写设计计算说明书是整个设计工作的整理和总结，是课程设计的最终成果之一，是教师了解设计、审查设计是否合理的重要技术文件，也是评定课程设计成绩的重要依据。答辩是课程设计的最后一个环节，是教师了解学生对问题理解的深度、对知识掌握的程度以及独立解决问题的能力等的重要手段。为此，在设计过程中要详细记录每一个设计环节，在最后总结阶段才能拿出好的设计说明书。

第二章 机械系统运动方案设计

机械系统运动方案的设计就是要完成从原动机、传动机构到执行机构的方案设计，其中传递动力和实现预期运动是机械系统的两个基本任务，执行机构或执行构件的运动和动力参数是设计的原始依据，机械系统运动方案设计的结果就是要完成一份满足系统功能要求的运动简图。其中执行机构的设计是方案设计的核心。

机械设计的整个过程都是一个创新的过程，而在设计的四个阶段中，运动方案设计的创新及其优劣尤为重要，它对机械系统功能的实现、性能的好坏、经济性及其市场竞争力具有决定性的作用，直接关系到机械设计全局的成败，因此机械系统运动方案设计在整个机械设计中占有极其重要的地位。而“机械原理”课程的内容正是为方案设计提供了理论依据和基本方法，机械综合课程设计的机械系统运动方案的设计也就是机械原理课程设计，它是对机械系统运动方案的一个综合训练，对初步掌握机械系统的方案设计和了解机械设计的内容和方法具有重要意义。

第一节 机械运动方案设计的步骤与内容

机械运动方案设计的主要步骤如图 2-1 流程图所示，下面简述主要步骤的大致内容。

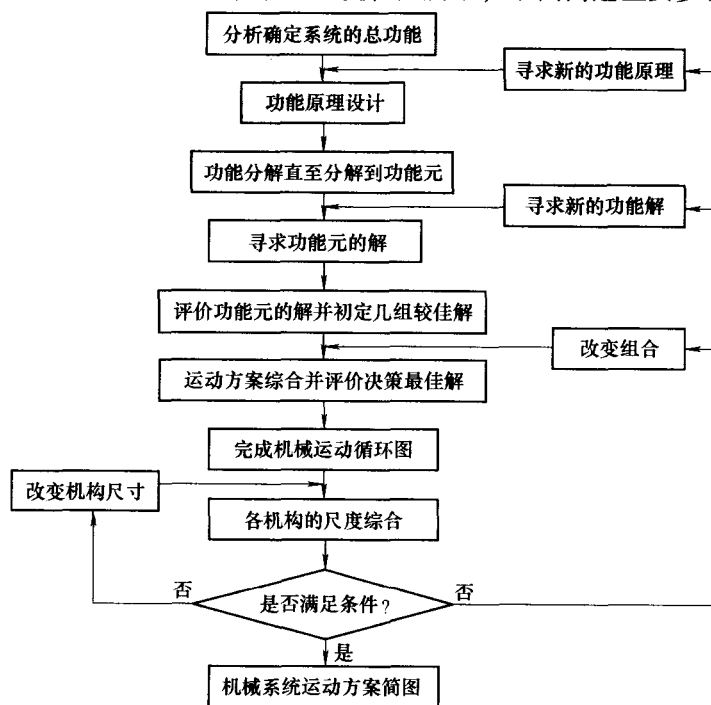


图 2-1 机械运动方案设计流程图

1. 分析确定系统的总功能，明确任务的功能目标

对于总功能的描述要抓住本质，尽量做到准确合理，这样即可使设计目的明确又可以开阔思路。对于总功能的分析常采用“黑箱法”，即把待设计的系统看作为一个内容未知的“黑箱”，如图 2-2 所示。根据已知的待设计系统的输入和输出的能量流、物料流和信息流的转换关系，便可反映出系统的总功能。例如图 2-3 所示对一冲床的系统功能分析，对系统输入的是机械能、板料、控制信号，而输出的是冲制好的工件和余下的边角料。通过对系统输入与输出的主要内容分析可知，冲床系统的功能是使物料变形和分离。

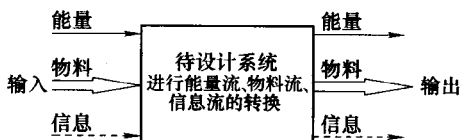


图 2-2 功能分析黑箱图



总功能：物料变形和分离

图 2-3 冲床系统的功能分析

2. 功能原理设计

当明确了主功能后，应针对主功能提出一些原理性构思，即所谓的“功能原理设计”。因为要实现同一功能要求，可以有不同的功能原理，而不同的功能原理则有不同的工艺动作，其执行机构的运动方案也将不同。

例如：设计一点钞机，关键是如何将钞票分离的工作原理。图 2-4 所示即为其功能原理的构思示意图，从图中可以看出，要达到使钞票分离可以通过多种“物理效应”来实现，如图中的摩擦、离心力、气吹等。然后利用某种“作用原理”，如图中的摩擦轮、转动架、气嘴等，最后达到“功能目标”的结果。

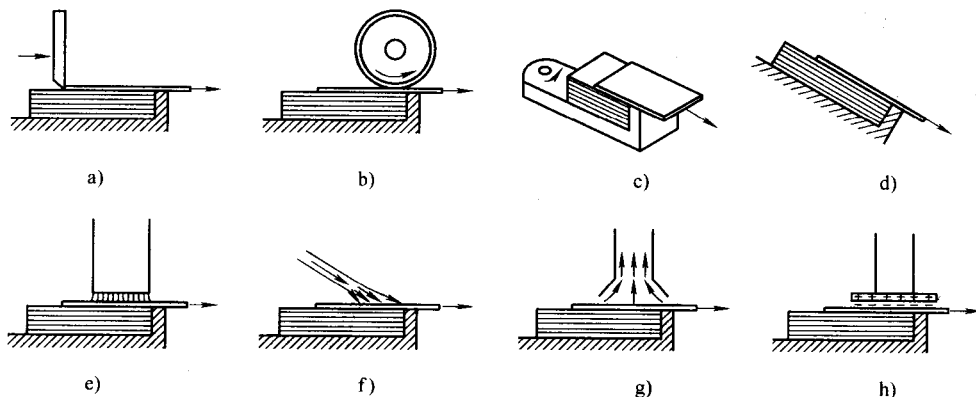


图 2-4 点钞机功能原理构思

a) 推力 b) 摩擦力 c) 离心力 d) 重力 e) 粘度 f) 气吹 g) 气吸 h) 静电

又如，要加工螺栓上的螺纹，可以采用车削加工原理、滚压工作原理和套丝工作原理。这几种不同的螺纹加工原理适用于不同的工况，满足不同的加工需要和加工精度要求，其执

行系统的运动方案也不一样。

功能原理设计的重点在于提出创新构思,使思维尽量“发散”,力求提出尽量多的方案以供评价选优,因为不同的功能原理可能带来本质的变化,对产品的成败常常起到决定性的作用。

3. 功能分解

初定了主功能的工作原理后,还需做功能分解,因为对于一般的机械系统很难直接找到满足总功能的系统解,因此,需将总功能分解到可以直接求解的功能元,在机械产品中就是将工艺动作过程分解为若干个易于实现的基本运动,工艺动作分解的方法不同,所形成的运动方案也不相同。

例如,要设计一台加工平面或成形表面的机床,可以选择刀具与工件之间相对往复移动的工作原理。为了实现加工平面或成形表面这个主要功能,还需依据其工作原理对工艺过程进行分解,即作功能分解。如加工平面,可以分解为刀具和工件其中一个的直线移动和另一个作简谐运动的直线移动两个分功能。然后就可进一步寻求满足这两个分功能的各种解。一种分解方法是让刀具作纵向往复移动,工件作间歇的横向送进运动,即刀具在工作行程中工件静止不动,而刀具在空回行程中工件作横向送进,工艺动作的这种分解方法,就得到了牛头刨床的运动方案,它适用于加工中、小尺寸的工件。工艺过程的另一种分解方法是让工件作纵向往复移动,刀具作间歇的横向送进运动,即切削时刀具静止不动,而不切削时刀具作横向进给。工艺动作的这种分解方法,就得到了龙门刨床的运动方案,它适用于加工较大尺寸的工件。

再如,要求设计一个计算机控制的绘图机,使其能按照计算机发出的指令绘制出各种平面曲线。绘制复杂平面曲线的工艺动作可以有不同的分解方法:一种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 2-5a 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 y 轴作转动,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 2-5b 所示的大型绘图机的运动方案。

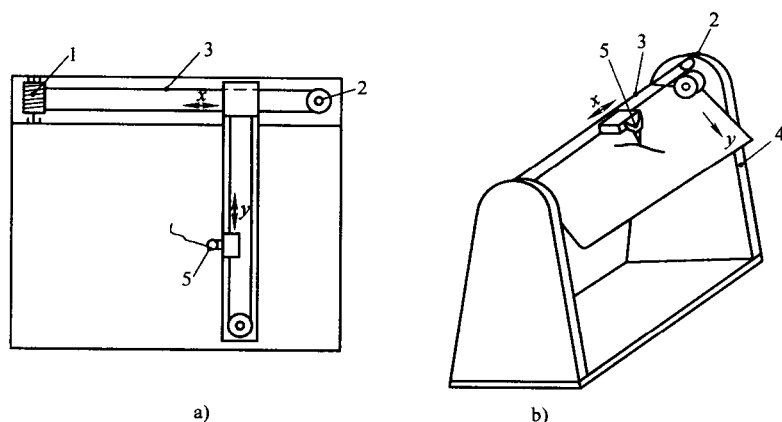


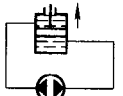
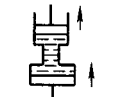
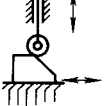
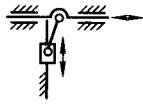
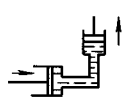
图 2-5 绘图机

1—驱动电动机 2—从动轮 3—传动带 4—机架 5—记录笔

4. 功能元求解

机械的工艺动作经过分解之后,就可以确定执行机构的数目、各执行机构的运动形式、基本运动及动力参数,以及所需的原动机和传动机构。然后,根据执行机构所需的运动形式、基本运动参数和力参数,合理选择实现各执行动作的执行机构、相应的原动机和传动机构。即寻求满足功能元动作的执行机构。这个过程也常常称为执行机构的形式设计,或称执行机构的型综合。注意这个过程仍然要采用“发散性思维”,即凡是能满足功能元功能的所有的“物理效应”的解都作为初步解列出来,这是一项极具创造性的工作,因此可以说是一个展示你创造性思维的活跃阶段。因为,要实现同一种功能可选用不同的工作原理,如表2-1所示,说明运动形式的转换、放大、和变向,可采用不同的传动原理,而同一原理又可分别采用不同的机构来满足功能要求。

表 2-1 功能原理图

原理功能	推拉传动			摩擦传动	流体传动
	机 构				
	凸轮机构	连杆机构	齿轮机构	带传动机构	气动液压机构
转 换					
放 大					
变 向					

如要实现一工件的夹紧功能,可以采用机械力、电磁力或液体压力等。同一原理又可以有若干方案,如机械力可以分别通过斜面、凸轮、螺旋等机械来实现。如果一个功能元有 m 个解决原理,而一种原理又有 n 个解,经排列组合则这个功能元的解可以有 $m \times n$ 个方案。把各功能元的解建在一个直角坐标上,便形成了一个“形态学矩阵”,通过这个矩阵可以组合若干方案,然后再作评价选优。

例如:设计挖掘机,对其总功能与分功能的分析如图2-6所示。

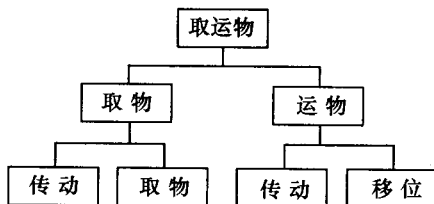


图 2-6 挖掘机的功能分解图

由此进一步列出形态学矩阵如表 2-2。

表 2-2 挖掘机的总体设计形态学矩阵

分功能	解 法					
	1	2	3	4	5	6
A 动力源	电动机	汽油机	柴油机	蒸汽透平	液动机	气动马达
B 移位传动	齿轮传动	蜗杆传动	带传动	链传动	液力耦合器	行星轮传动
C 移位	轨道及车轮	气 垫	履 带	轮 胎		
D 取物传动	拉 杆	绳传动	气缸传动	液压缸传动		
E 取物	挖 斗	钳式斗	抓 斗			

可能组合方案 $N = 6 \times 6 \times 4 \times 4 \times 3 = 1728$

如按 $A_1 + B_4 + C_3 + D_4 + E_1$ 组合, 则得到履带式挖掘机; 按 $A_5 + B_5 + C_4 + D_4 + E_5$ 组合, 则得到液压轮胎式挖掘机。

再如前面提到的加工平面或成形表面的机床例子, 我们通过功能分解已将其分解为刀具和工件的其中一个直线移动和另一个作简谐运动的直线移动两个分功能, 而对于这两个分功能的解, 又可以寻求不同原理的各种物理解, 如实现直线移动可以运用液气效应, 通过液压传动和气压传动来实现直线移动; 可以运用力学效应, 通过杆机构、齿轮齿条机构等多种机构来实现直线移动; 甚至还可以运用电磁效应, 寻求满足功能的各种解。

5. 机械系统运动方案综合

当按照工艺动作要求选择好执行机构后, 则要进一步拟定总体方案, 即作动力源、传动系统及执行机构的确定。

通过前面求各执行机构的解所建立起的形态学矩阵, 经排列组合可以得到大量的系统设计方案, 不同的组合可以得到不同的方案。如前面提到的加工平面或成形表面机床的例子, 对于两个分功能我们得到了很多的解, 这些解的不同组合就可以得到不同的系统解。若选择让刀具作纵向往复移动而工件作间歇的横向送进运动方案, 即刀具在工作行程中工件静止不动, 而刀具在空回行程中工件作横向送进, 就得到了牛头刨床的运动方案, 其中选择不同的具体运动机构又可以得到不同类型的牛头刨床, 它适用于加工中、小尺寸的工件。而若选择让工件作纵向往复移动, 刀具作间歇的横向送进运动, 即切削时刀具静止不动, 不切削时刀具作横向进给, 就得到了龙门刨床的运动方案, 同样选择不同的具体运动机构则可以得到不同类型的龙门刨床, 它适用于加工较大尺寸的工件。

在组合时要注意考虑以下几点: 1) 设计的附加要求; 2) 设计的全局要求; 3) 功能元解的相容性。在方案组合的基础上, 再对这些方案深入分析, 进行评价和决策选优, 其中评价是对各种方案进行比较和评定, 而决策则是根据目标和评价结果选定最佳方案。评价的目标一般包括三个方面的内容:

1) 技术评价 评价方案技术上的可行性和先进性, 包括工作性能指标、可靠性、使用维护性等;

2) 经济评价 评价方案的经济效益, 包括成本 (生产成本和使用成本要综合考虑)、利润、实施方案的措施费用及投资的回收期以及市场占有率等。

3) 社会评价 评价方案实施后对社会带来的利益和影响, 包括是否符合国家科技发展

的政策、是否有益于改善环境（环保因素）、是否有利于资源开发和新能源的利用、是否有利于可持续性发展等。

常用评价方法可以分为简单评价法、数学分析法、试验评价法三大类。具体选用哪种方法可以根据问题的复杂程度和重要程度来决定。常用的方法有：排队法、点评价法、评分法等。这些方法操作简单，一般适合初评或定性评价。另外像技术经济评价法、有效价值法、模糊评价法的评价结论则更趋合理。

6. 执行机构的运动协调设计，即运动循环图设计

(1) 概述 运动循环图是保证执行机构动作协调配合不发生干涉及保证高生产率的一个重要环节，在机械设计以及在以后的制造、安装、调试、维修中都将有重要作用。其应用主要表现在以下几方面：

- 1) 确定各执行机构原动件在主轴上的方位，或者控制各个执行机构原动件的凸轮安装在分配轴上的方位；
- 2) 指导各执行机构的具体设计；
- 3) 作为装配、调试自动机械的依据；
- 4) 作为分析、研究提高机械生产率途径的基本文件；
- 5) 作为分析、研究各执行机构的动作如何紧密配合，相互协调的重要文件。

常用的运动循环图有三种表示方法，即直线式循环图、圆周式循环图和直角坐标式循环图，三种方法各有其特点。直线式循环图能清楚地表示整个运动循环与各执行机构的执行构件行程之间的相互顺序和时间（或转向）的关系，绘图简单，但无法显示执行构件的运动规律。圆周式循环图直观性较强，因为机器的运动循环通常是在分配轴转一周的过程中完成。所以通过它能直接看出各个执行机构原动件在分配轴上所处的相位，便于凸轮机构的设计、安装、调试。但同心圆太多时，看起来不清楚。直角坐标式循环图不仅能清楚地看出各执行机构的运动起止时间，而且各执行机构的运动规律、位移情况及相互关系一目了然，并可指导执行机构的几何尺寸设计。

图 2-7 是以牛头刨床为例用三种方法表示的运动循环。

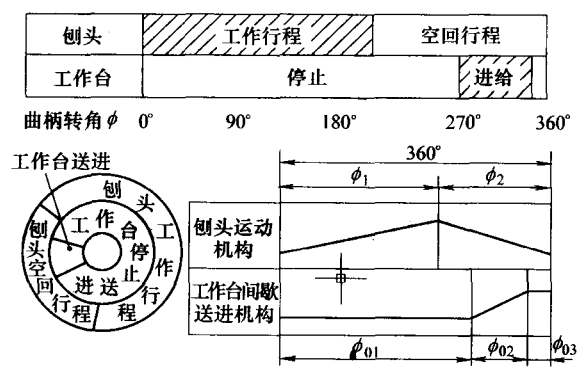


图 2-7 牛头刨床的运动循环图

(2) 运动循环图的设计步骤与方法 运动循环图一般是在机器的传动方式以及执行机构