

机械原理课程设计指导书

# 机械原理课程设计指导书

傅样志 相家军 编  
相元山 郭文平

院图书馆  
章

华中工学院

机一系机械原理教研室

1986. 11



## 前 言

一九八二年以来,我室教师对机械原理课程设计进行了系统的改革。改革的基本指导思想是使课程设计内容与方式更有利于培养学生设计创新的能力;更有利于培养学生综合运用所学知识,解决工程实际问题的能力;更有利于学生巩固所学机械原理的基本内容,并给学生提供使用电子计算机解决工程实际问题的实践机会。为此,将设计题目由单一的机构分析改为由多种相互有运动联系的机构组成的一个完整的机构系统的机构运动简图设计;将设计与分析方法由传统的图解法改为解析法,并要求学生编写计算机程序,上机计算出全部结果。

为了巩固改革成果,配合机械原理设计的进一步改革,我们收集了几年来课程设计改革的资料,编写了这本指导书。

本书编写原则是尽可能反映改革成果,内容选材做到精炼而适用,避免与机械原理教材重复,以期使学生在教师的指导下,通过自学,独立地完成机械原理课程设计任务。

本书各章内容基本按照课程设计次序编排。学生可根据课程设计的进展情况,阅读并充分利用它。

本书是机械原理课程改革结晶,它凝聚了我室参加改革的全体教师的辛勤劳动。具体参加本书编写的有傅祥志、杨家军、杨元山、郭文平,并由傅祥志汇总整理而成。

课程改革尚在进行之中,因而本书不可能做到完美无缺。加之时间仓促,编者水平所限,疏漏、错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1986.11

## 目 录

### 第一章 概述

- 一、机械设计过程简介
- 二、课程设计内容和目的
- 三、课程设计一般步骤
- 四、课程设计要求和进度安排

### 第二章 课程设计任务

- 一、平台印刷机的工作原理和运动要求
- 二、课程设计任务书

### 第三章 机构选型、组合及运动循环图的制定

- 一、机构选型与组合
- 二、运动循环图的制定
- 三、机构系统设计举例

### 第四章 基本机构设计概述

- 一、平面连杆机构设计
- 二、凸轮机构设计
- 三、齿轮机构设计

### 第五章 机构综合与分析程序设计

- 一、程序设计的基本步骤
- 二、程序编写与上机计算注意事项
- 三、机构设计程序结构与功能
- 四、平台印刷机机构运动分析程序结构与功能

### 第六章 课程设计说明书的编写

- 一、对课程设计说明书的要求
- 二、课程设计说明书的内容

## 前 言

一九八二年以来,我室教师对机械原理课程设计进行了系统的改革。改革的基本指导思想是使课程内容与方式更有利于培养学生设计创新的能力;更有利于培养学生综合运用所学知识,解决工程实际问题的能力;更有利于学生巩固所学机械原理的基本内容,并给学生提供使用电子计算机解决工程实际问题的实践机会。为此,将设计题目由单一的机构分析改为由多种相互有运动联系的机构组成的一个完整的机构系统的机构运动简图设计;将设计与分析方法由传统的图解法改为解析法,并要求学生编写计算机程序,上机计算出全部结果。

为了巩固改革成果,配合机械原理设计的进一步改革,我们收集了几年来课程设计改革的资料,编写了这本指导书。

本书编写原则是尽可能反映改革成果,内容选材做到精炼而适用,避免与机械原理教材重复,以期使学生在教师的指导下,通过自学,独立地完成机械原理课程设计任务。

本书各章内容基本按照课程设计次序编排。学生可根据课程设计的进展情况,阅读并充分利用它。

本书是机械原理课程改革结晶,它凝聚了我室参加改革的全体教师的辛勤劳动。具体参加本书编写的有傅祥志、杨家军、杨元山、郭文平,并由傅祥志汇总整理而成。

课程改革尚在进行之中,因而本书不可能做到完美无缺。加之时间仓促,编者水平所限,疏漏、错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1986.11

## 目 录

### 第一章 概述

- 一、机械设计过程简介
- 二、课程设计内容和目的
- 三、课程设计一般步骤
- 四、课程设计要求和进度安排

### 第二章 课程设计任务

- 一、平台印刷机的工作原理和运动要求
- 二、课程设计任务书

### 第三章 机构选型、组合及运动循环图的制定

- 一、机构选型与组合
- 二、运动循环图的制定
- 三、机构系统设计举例

### 第四章 基本机构设计概述

- 一、平面连杆机构设计
- 二、凸轮机构设计
- 三、齿轮机构设计

### 第五章 机构综合与分析程序设计

- 一、程序设计的基本步骤
- 二、程序编写与上机计算注意事项
- 三、机构设计程序结构与功能
- 四、平台印刷机机构运动分析程序结构与功能

### 第六章 课程设计说明书的编写

- 一、对课程设计说明书的要求
- 二、课程设计说明书的内容



## 第一章 概 述

机械原理课程设计是机械原理课程的一个重要教学环节，是学生第一次经历的机械设计训练。

### 一、机械设计过程简介

一般说来，机械设计大体可分为以下几个阶段：

1. 根据机械预期功能，确定机械的工作原理（或工作方案）与运动方案。

例如，为设计加工渐开线齿轮的机床，首先必须确定其工作原理，即采用范成原理还是采用仿形原理。如果采用范成原理加工，还要拟定出具体的加工方法，是滚齿还是插齿等。工作原理和加工方法确定以后，才能决定刀具与工件的相对运动，从而确定机床有关构件的相对运动，提出组成该机床各机构的运动方案。当然，工作原理与运动方案的确定，涉及到许多方面的问题，往往要综合运用多学科的知识，甚至要依赖工作实践和科学实验才能较好地解决。因此，本次课程设计不能深入研究这方面的问题。

### 2. 机构的选型、组合与运动设计

确定了机械的工作原理（或工作方案）与运动方案以后，即可选择能实现该运动方案的机构。当所要求的运动比较复杂时，往往要选取几种机构，并将这些机构恰当地组合起来，以保证各机构协调的运动。然后确定各机构的运动学参数。此过程称之为型综合与运动设计。因为此阶段的设计仅考虑与运动有关的因素，最后用机构运动简图表示出来，所以又称之为机构运动简图设计。

### 3. 机械工作能力的计算及结构设计

根据所确定的机构运动简图，进行工作能力计算，求出机构的强度和尺寸，考虑机械零部件和整体的工艺性，确定组成该机械所有零件的形状、结构、几何尺寸及其公差，所用的材料等，并画出部件及整体装配图、零件图。

为检验所设计的机械的运动和动力性能，有时还要对机械进行运动学和动力学分析，即对机械进行运动和力分析，研究机械惯性力和惯性力矩是否平衡等问题。

以上所述设计过程的各个阶段是相互联系，相互依赖的，有时还要穿插进行，经过不断修改与完善，才能获得较好的设计。

### 二、课程设计的内容和目的

机械原理课程设计的主要内容是：根据给定的机械功能、工作

原理及运动学方案，进行机构运动简图设计。

机械原理课程设计的目的在于：进一步巩固和加深对所学知识的理解；使学生在机构运动简图设计方面得到初步训练；培养学生创造性设计的能力。

### 三、课程设计一般步骤

1. 根据给定的运动学方案，选择机构类型并进行恰当的机构组合，拟定机构简图设计方案；（详见第三章）
2. 根据机构简图设计方案，绘制机构运动循环图；（详见第三章）
3. 根据机构简图设计方案和机构运动循环图，拟定机构设计与分析的计算机程序，确定所有机构的运动学尺寸；（详见第四章）
4. 对所设计的机构进行必要的运动和传力性能的分析校核；
5. 绘制机构运动简图；
6. 编写机械原理课程设计说明书（详见第六章）；
7. 进行课程设计答辩。

### 四、课程设计要求和进度安排

#### 1. 课程设计的要求

要求学生在教师指导下，发挥主观能动性，按上述设计步骤，独立完成本课程设计，即完成组合的机构运动简图（3号图纸）一张，运动分析线图、凸轮轮廓设计图（3号图纸）一张，拟定完整的机构设计与分析的计算机程序，编写简明扼要的设计说明书一份。

图纸上标题栏格式如下：

( 课 程 设 计 题 目 名 称 )				( 本 图 名 称 )	
设计者	月 日	比 例	华中工学院 系 专业 班		
指导教师	月 日	图总数			
审 图	月 日	图 号			
← 20 →		← 25 →		← 25 →	
← 180 →					

#### 2. 进度安排

- 1) 阅读课程设计指导书，参观调研（或看电教片）： 0.5天
- 2) 阅读资料，方案讨论，提出机构简图方案： 1天
- 3) 机构设计与运动性能校核： 6天
- 4) 编写设计说明书： 1天
- 5) 答辩： 0.5天



## 第二章 课程设计任务

机械原理课程设计的任务是：设计平台印刷机主传动机构的运动简图。为此，首先介绍一下平台印刷机的工作原理和运动要求。

### 一、平台印刷机的工作原理和运动要求

平台印刷机的工作原理是复印原理，即将铅板上的凸出痕迹借助于油墨复印到纸张上。平台印刷机由输纸、着墨（即将油墨均匀涂抹在嵌在版台上的铅版上）、压印、收纸回部分组成。

如图1所示。平台印刷机的压印动作是在卷有纸张的滚筒与嵌有铅板的平台之间进行的。整部机器的各机构的运动均由同一电机驱动。运动由电机经过减速装置及传动机构带动版台作往复移动，带动滚筒作回转运动。当版台与滚筒接触时，即在纸张上压印出字迹或图形。

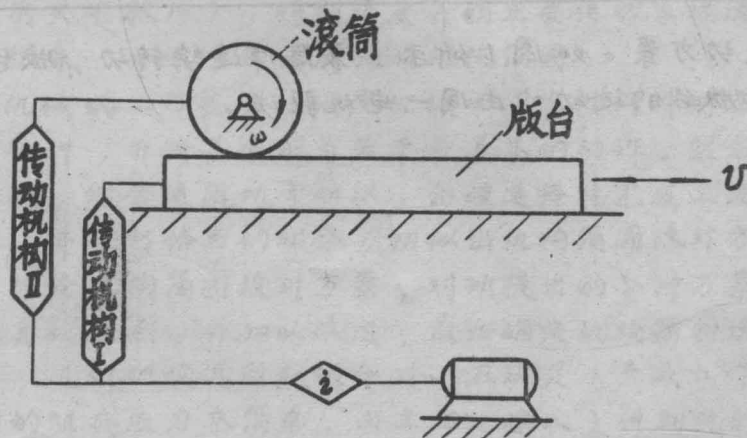


图1

为了保证印刷质量，要求在压印过程中，滚筒与版台之间无相对滑动，即在压印区要求滚筒表面点的线速度与版台移动速度相等。

印刷机的生产率主要是由它的生产能力，即每小时印刷张数来决定的。每印一张纸，版台作一次往复运动。因此，为提高生产效率，往往要求版台的运动有急回特性，即空回行程的速度高于压印行程的速度；而滚筒有作单向连续回转的，也有作转停式回转的（即在版台压印行程，滚筒转动，而在版台空回行程，滚筒与版台脱离接触，停止转动）。为了保证在压印区滚筒表面点的线速度与版台移动速度一致，在设计版台与滚筒的传动机构时，要尽可能满足这一要求，若在压印区二者速度不能完全达到相等，则应设置运动

补偿机构。对于设有转停式回转滚筒的印刷机，为保证纸张与版台的准确的相对位置，一般应设置滚筒的定位机构。

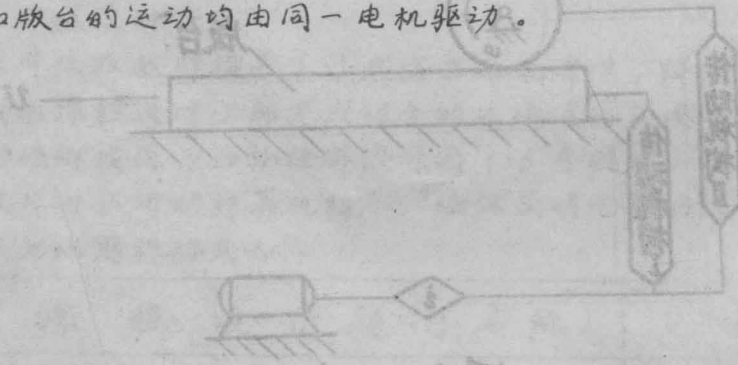
二、课程设计任务书

设计题目：平台印刷机主传动机构运动简图设计

设计参数：

项目	方案序号	方案 I	方案 II	单 位
	数值			
印刷纸张的最大幅面		440 × 690	415 × 590	毫米 <sup>2</sup>
印刷能力		1920 ~ 2000	4000 ~ 4500	张/小时
印刷滚筒直径		232	360	毫米
版台往复行程长度		730	795	毫米
电动机参数	功 率	1.5	3	瓦
	转 速	940	1450	转/分

运动方案：如图 1 所示。滚筒作连续转动，版台作往复移动，滚筒和版台的运动均由同一电机驱动。



此图展示了印刷机主传动机构的运动简图。图中电动机驱动滚筒和版台。滚筒作连续转动，版台作往复移动。电动机通过传动轴和齿轮副驱动滚筒，同时通过另一套传动机构驱动版台。图中还标注了电动机功率和转速等参数。

### 第三章 机构选型、组合及运动循环图的制定

根据机械的运动要求，选择若干适当的基本机构并进行恰当的组合，是机构运动简图设计的重要的一步。

#### 一、机构选型与组合

首先说明本课程设计中机构选型、组合的一般步骤，然后介绍实现往复运动的机构的若干基本类型及其组合。

##### (一) 机构选型、组合的一般步骤

本课程设计中的机构选型、组合按下述步骤进行：

1. 认真阅读课程设计指导书，充分理解课程设计题目所规定的设计任务，特别注意弄清设计对象的预期功能及工作原理，并根据设计任务查阅有关资料，阅读有关书刊，作必要的知识准备；

2. 进行必要的调查研究，到有关工厂实地考察有关机器的工作情况（或看有关电教片），特别注意弄清主要传动系统诸机构的类型及其运动联系，并现场画出有关的机构简图；

3. 根据机械的工作要求，确定机械中各执行构件所应完成的运动及其限制条件，并将其分解为若干最基本的动作。然后参照调研得到的资料，综合运用所学知识，合理选择能完成上述基本动作的机构类型，并进行恰当的组合，初拟出机构简图设计方案；

4. 分组讨论机构简图设计方案，对所提出的各种方案进行对比分析，找出其优缺点，并加以改进，最后确定机构简图设计方案。

应该指出：进行机构选型和组合时，在满足生产或工作要求的情况下，机构的组成应力求简单，由主动（输入）件到执行（输出）件间的传动链要短，即构件和运动副的数目应尽量少。因为运动副中一般均存在间隙，构件和运动副太多，必然增加传动的累积误差，同时还会增加设计制造和装配的困难。

##### (二) 实现往复运动的几种常用机构

一般机械的动力源（如电机）的输出运动是连续转动，因此，从动力源到作往复运动的执行构件之间必须设有将转动转换为移动的机构。常见的这类机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮齿条机构、螺旋机构及它们的组合机构。

##### 1. 实现往复运动的连杆机构

图 2.3.4 所示连杆机构均可将连续转动转换为往复移动。它们的共同特点是：

(1) 结构简单，加工制造容易；



- (2) 能传递较大的载荷；
- (3) 传递运动的距离较大，行程调节比较容易；
- (4) 设计计算比较复杂。

图2所示为曲柄滑块机构，滑块的运动为变速直线运动。当偏距  $e \neq 0$  时，为偏置曲柄滑块机构（如图2a所示），滑块的运动有急回特性（其运动特性分析详见第四章）。

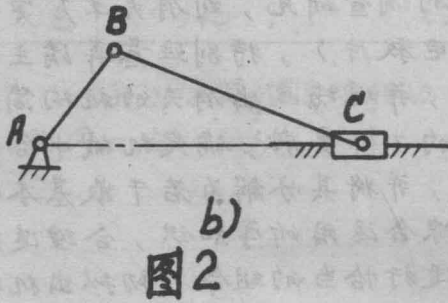
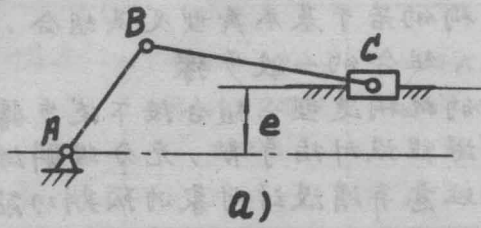


图2

图3所示为六杆机构，由于加入了导杆机构，滑板可得到急回运动，运动学尺寸选择合适，工作行程可得到近似等速直线运动。

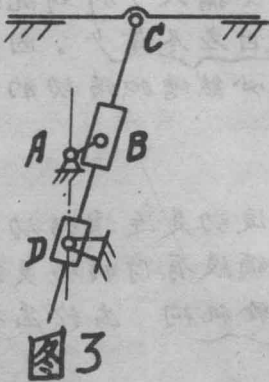


图3

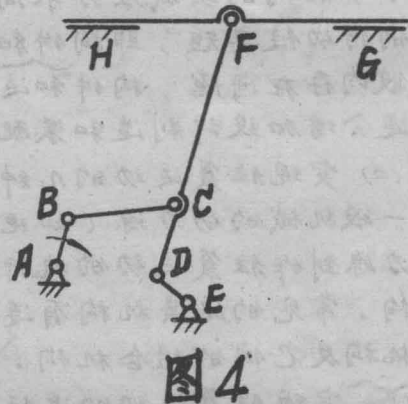


图4

图4所示六杆机构的滑板速度是变化的，有急回特性；有扩大行程的作用；但机构刚性较差。图3、图4所示连杆机构均为Ⅲ级机构，设计计算更为复杂。

## 2. 直动从动件凸轮机构

直动从动件凸轮机构可将凸轮的连续转动变换为从动件的往复移动。其特点是：

- (1) 设计恰当的凸轮轮廓，可使从动件实现所需的各种直线往复运动规律；
- (2) 更换凸轮便能改变从动件运动规律，这样，机器调整方便；
- (3) 凸轮和从动件接触表面的单位压力较大，易磨损；
- (4) 承载能力低，不宜用于传递动力。

## 3. 齿轮齿条机构

齿轮齿条机构传动效率高，零件数目少，制造简单，齿条一般可作等速移动，其移动速度可以较高，但这种传动在工作准确度以及平稳性方面，比丝杆螺母传动要差些。

图5a)所示齿轮齿条机构的下齿条为固定齿条，上齿条的换向

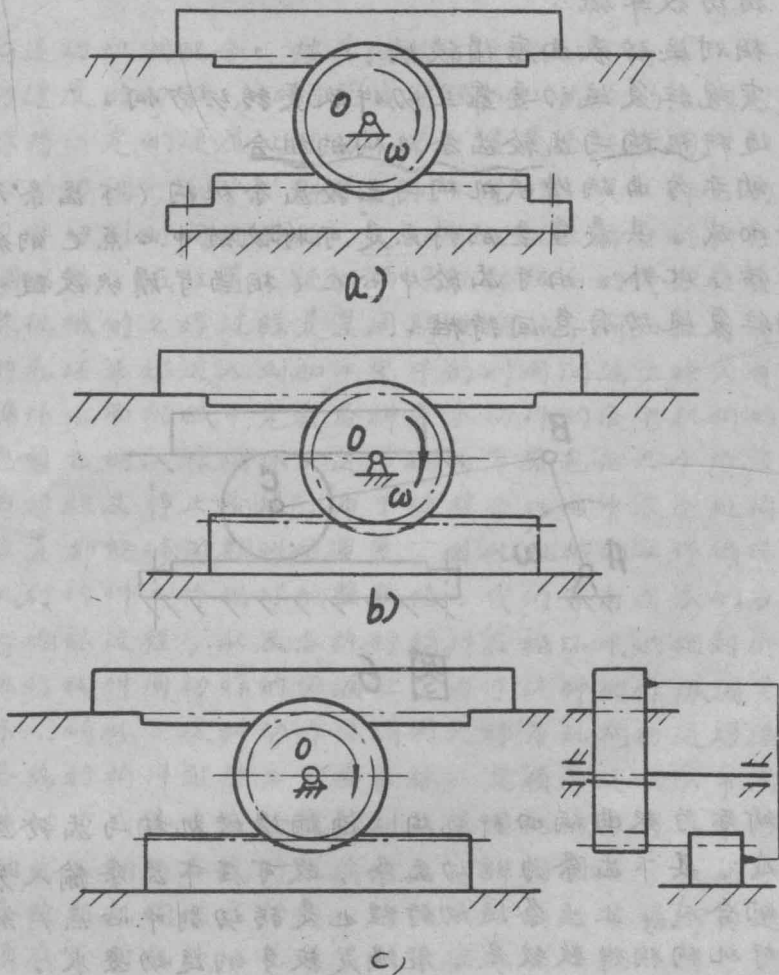


图 5

依靠齿轮变换转动方向来实现。而图 5b) 所示的齿轮齿条机构的上下齿条均为活动的，若从下齿条输入一附加运动，通过齿轮到达上齿条，可实现运动的合成。图 5c) 所示的齿轮齿条机构的上、下齿条也是活动齿条且分别与同一被驱动构件联结，采用凸轮机构拨动齿轮，可使齿轮时而和上齿条啮合，时而和下齿条啮合，从而实现与齿条联结的被驱动件的往复移动；若齿轮作匀速转动，则被驱动件也作匀速往复移动。

#### 4. 螺旋机构

螺旋机构的特点是：

- (1) 所产生的运动有高度的准确性，以及能产生很大的降速比；
- (2) 工作平稳，无噪声；
- (3) 可以传递很大的轴向力；
- (4) 反行程易得到自锁；
- (5) 传动效率低；
- (6) 相对运动表面磨损较快；
- (7) 实现往复运动要靠主动件改变转动方向。

#### 5. 连杆机构与齿轮齿条机构的组合

图 6 所示为曲柄滑块机构与齿轮齿条机构（下齿条为固定的）串联组合而成。其最重要的特点是可将铰链中心点 C 的往复运动行程扩大一倍。此外，由于齿轮中心 C（相当于滑块铰链中心）偏置，上齿条的往复运动有急回特性。

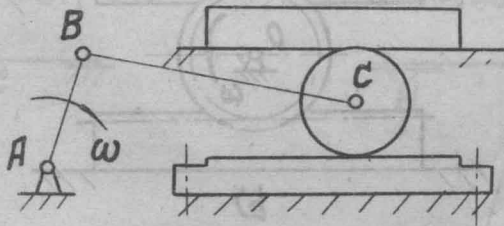


图 6

图 7 所示为双曲柄四杆机构、曲柄滑块机构与齿轮齿条机构串联组合而成。其下齿条为活动齿条。故可在下齿条输入另一运动，实现运动的合成；上齿条运动行程也是转动副中心点 F 行程的二倍。此外，连杆机构构件数较多，能满足较多的运动要求。



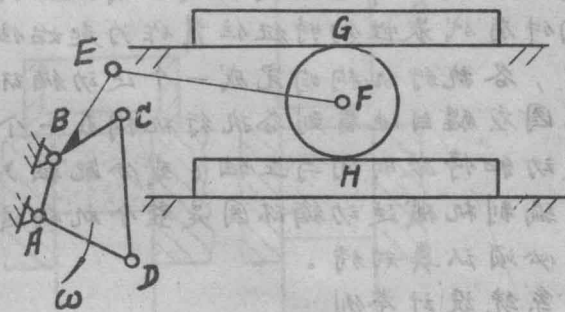


图 7

## 二、运动循环图的制定

根据机构简图设计方案，绘制机构系统运动循环图是保证整个机构系统的各部分协调运动，实现机械预期工作要求的必不可少的一环。

各机构运动协调配合，按其性质可分为以下两类：一类是各执行构件运动速度的协调，如用范成原理加工齿轮的齿廓时，刀具和齿坯必须保持一定的速度比传动，另一类是各执行构件的动作在时间和位置上的协调，如牛头刨床刨削工件时，其工作台的送进运动，必须在刨刀非切削时间内进行。又如自动机工作台的转位除了在时间上要协调以外，在位置上还必须保证转位后的停歇位置精确。

大多数机械的工作过程是呈周期性循环，例如在自动机中，从一个零件的毛坯开始进入到加工完毕的时间间隔，称为自动机械的一个工作循环。而机械中完成各种基本动作的各个机构的执行构件又往往有它自己的工作循环，这个循环常常包括三个阶段，即工作行程、空回行程及静止阶段。为了使整个机械中各个机构的执行构件的相对位置都能够周期性地重复，因此机械的工作循环应当等于各机构中执行构件工作循环的整数倍。我们常用图表的方式来表示机械的工作循环过程，以及各执行构件在循环中的相对时间间隔，以保证各执行构件间动作的协调性。由于这种动作协调关系常呈现周期性循环。所以，这种动作协调图又称为机构的运动循环图。

为使各执行构件能按工艺要求依一定顺序运动，常用气、液、电气或机械的方式集中或分散控制。若用机械方式集中控制时，常采用分配轴或主轴与各执行机构的主动件相固连，或用分配轴上的凸轮控制各执行机构的主动件，固连或控制的依据即为运动循环图。因此，必须在分析机械工艺过程的基础上制定循环图，然后用循环图来指导机械中各机构的设计及其组合装配。循环图可以作成直角

坐标系的直线循环图（详见后面实例）或极坐标系的圆循环图，并取某一执行构件有代表性的特征位置作为起始位置，设分配轴或主轴转过一周时，各执行机构均完成一个运动循环。

通过循环图应醒目地看到各执行机构在一个机械运动循环中的先后顺序、运动和停歇时间与主轴（或分配轴）转角之间的对应关系。由此可见编制机械运动循环图是整个机构运动简图设计中的一个重要步骤。必须认真对待。

### 三、机构系统设计举例

试设计一机械将粉料压制成片。

#### 1. 工艺动作分析

根据生产任务，可将工艺运动分解为图 8 a) 所示的几个过程：

- (1) 将盛有粉料的料斗 3 推送至模具 11 的型腔上方，并将上一循环已压制成片的工件推掉（卸料）；
- (2) 料斗作轻微的往复移动，将粉料筛入型腔；
- (3) 下冲头 5 下沉一定深度，以防止上冲头 9 向下压制时将粉料扑出；
- (4) 上冲头向下，下冲头向上加压，并保持一定时间；
- (5) 上冲头快速退出，下冲头跟着将成型工件推出型腔待卸料。

#### 2. 机构类型选择和组合

上述一系列工艺运动显然不能依靠单个基本机构所能完成，而必须选择若干机构并将它们恰当地组合起来才行。经过反复构思，拟选择如图 8 b) 所示之诸机构。其中凸轮连杆机构  $1 \rightarrow 3$  (I) 完成工艺动作 (1)、(2)；凸轮机构  $6 \rightarrow 5$  (II) 完成动作 (3)；多杆机构  $7 \rightarrow 9$  (III) 及凸轮机构  $4 \rightarrow 5$  (IV) 配合完成动作 (4)、(5)。整个机构系统可由一个电动机驱动，并使构件 1、4、6、7 同速转动，它们可装在同一根分配轴上，也可以用机构传动系统连接起来（图中未画出）。其组合框图如图 8 c) 所示。

这里要说明的是，下冲头 5 的运动本应由一个盘形凸轮加以控制，但这样在一个运动循环中有多次的上下升降，致使凸轮的廓线有狭小的内凹区，无法驱使滚子从动件实现预定的运动。改用两个盘形凸轮组合控制，凸轮廓线的变化更为平滑，尺寸也可以减小。

#### 3. 机构运动循环图的制定。

在设计这类机构系统时，首先应按运动或动作的协调时序制定运动循环图，以便确定各分机构动作的先后顺序。如图 9 所示，横坐标代表机构系统主轴的转角，纵坐标分别代表各分机构输出构件的运动。不过该图着重于描述各分机构运动输出构件（或称执行件）

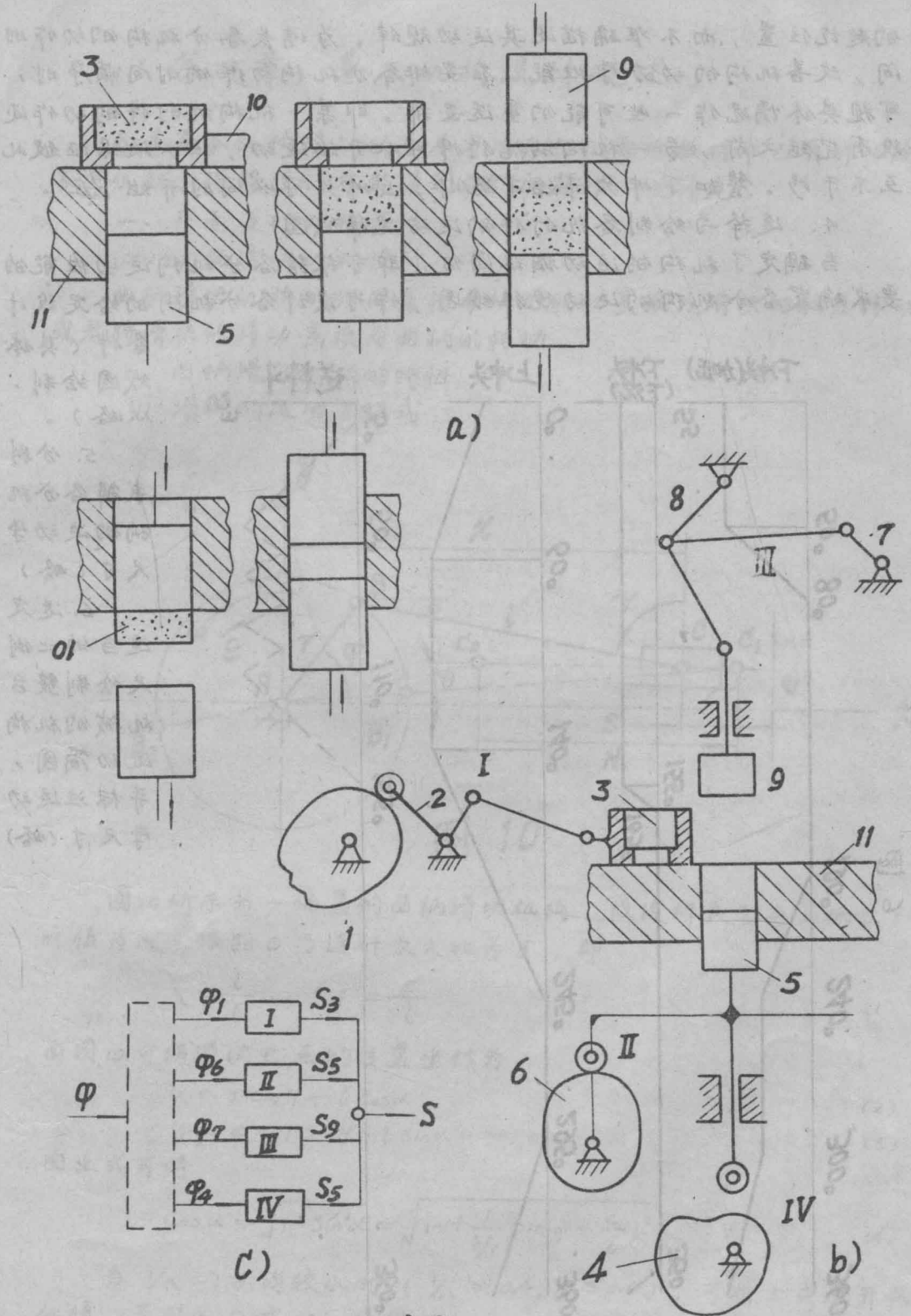


图8