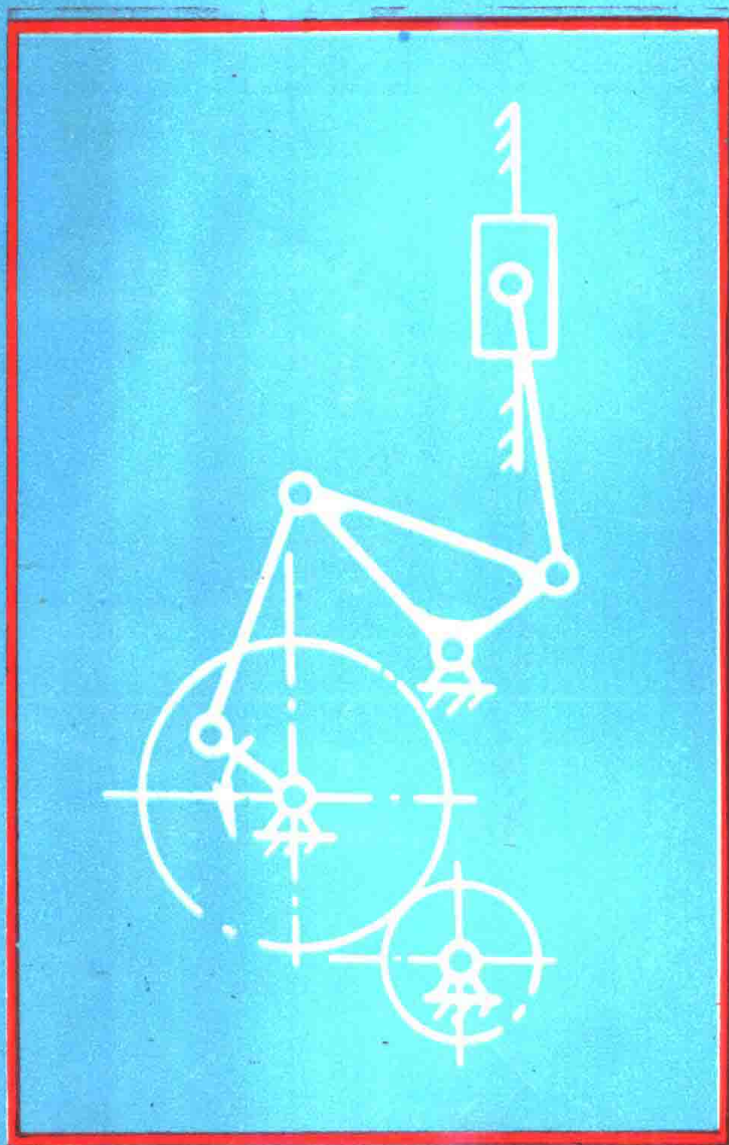


高等学校教材

# 机械运动简图设计

——机械原理课程设计指导

程崇恭 杜锡珩 黄志辉 编



机械工业出版社

高等学校教材

# 机械运动简图设计

——机械原理课程设计指导

程崇恭 杜锡珩 黄志辉 编



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书是根据高等工业学校《机械原理课程教学基本要求》的精神,并结合各校课程设计教学的实践经验编写的。本书与课程教材配套,以机械运动简图设计的设计过程为线索,有选择地编写了机械运动简图的方案设计、机构运动设计、机械动力设计、机械运动简图设计方案的量化评价与决策、设计课题选编与指导以及课程设计规范与要求等内容,书末附有常用Turbo Basic设计与分析子程序和其它设计资料。

本书内容精简,强调通用设计方法的介绍和指导,是高等工业学校机械类专业机械原理课程设计的教材,也可供高等专科学校、职大、电大的学生选用,同时还可供机械工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械运动简图设计.机械原理课程设计指导/程崇恭等

编. —北京:机械工业出版社, 1994.5

高等学校教材

ISBN 7-111-04013-3/TH·493(课)

I. 机…

I. 程…

Ⅰ. ①机械动力学-高等学校-教学参考资料②机构学

高等学校-教学参考资料③机械设计-高等学校-教学参考资料

Ⅳ. TH113.2-42

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:林松 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:肖晴 责任印制:王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1994年5月第1版·1994年5月第1次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·7.5印张·181千字

0 001—6 100册

定价:5.60元

## 前 言

本书是应湖南省高等学校机械原理教学研究会委托，并根据湖南省各学校自执行最新颁布的《机械原理课程教学基本要求》以来的教学实践经验和要求编写的。

本书定名为《机械运动简图设计》，一方面是因为它能概括机械运动方案设计和机构设计，而且字面含意直接简练；另一方面，将机械原理课程设计与机械运动简图设计联系起来，可使课程设计的目的更明确和具体，内容更充实和深入，与工程实际也更相趋近。

作为课程设计的教材，需要在内容上有较强的通用性和指导性，以面对各种不同的要求。本书内容的体系试图建立在机械运动简图设计过程这个线索之上。无论是设计整台机器，还是设计某个机构，其运动简图的设计过程是一致的，总是先进行运动方案的构思、草拟和筛选，再进行运动设计（含尺度综合及运动分析），随后进行机器的动力设计（含动力分析），最后对方案进行评价、决策和优化调整。本书谨就以上过程四个基本环节的内容和顺序编排了四章（第二、三、四和五章），设想能对各种设计对象和要求提供尽可能通用的设计方法指导。

为便于学生使用，本书力图简明扼要，凡教科书已有内容，不再罗列，只按需要加以引伸和扩充，且只限于设计方法的范畴。对运动简图设计方案进行评价、决策与优化则是本书首次引入于课程设计的新内容，经实践验证，增加这样的基本方法训练内容确有必要，它能使学生的认识水平和能力素养上一个台阶。附录列有必要的一些资料，如用于机构运动和动力分析、设计的Turbo Basic子程序等。

在课程设计的选题、内容和任务量安排等方面，我们采取大容量、高强度的方式，坚持综合与分析并重、图解与解析并重和工程实际与教学需要并重的作法，经多年试验有明显的收效。基于这点，在第六章编拟了三种类型深浅程度不一、工作量可有较大伸缩的十个设计选题，可供不同需要。机械原理课程设计是学生的第一次设计实践，学生各方面的知识尚很欠缺，过分追求设计质量（如正确性、合理性及解决工程问题的能力 and 效果等）似不足取，关键在于过程和方法的学习与训练，并通过训练理解和运用所学知识，初步认识“如何进行设计”。有鉴于此，掌握设计的规范要求是很重要的，本书编写了规范要求一节，希望有助于初学设计者从一开始就走上正确的轨道。

本书可作为高等学校本科、专科及各类成人高校机械类专业机械原理课程设计的教材，也可作为工程技术人员在从事机械总体方案设计和机构设计时的参考书。

参加本书编写的有：长沙大学程崇恭（前言、第一、五、六章及附录E）、湘潭大学杜锡珩（第二章）和长沙铁道学院黄志辉（第三、四章及附录A、B、C和D），由程崇恭担任主编。

本书是在湖南省高等学校机械原理教学研究会的热情关怀和指导下编写的，理事长刘光中和副理事长吕志雄参加并主持了编写大纲审定及全部编审会议，他们均提出了许多宝贵意见和建议，各有关学校还主动提供了大量资料，在此一并致以衷心的感谢。

鉴于水平所限，错误和不足之处在所难免，尚祈读者批评、指正。

作 者

1993.6

# 目 录

第一章 绪论 .....	1	价、决策与优化 .....	62
第一节 机械设计的一般程序 .....	1	第一节 概述 .....	62
第二节 机械总体方案设计的主要内容和一般原则 .....	2	第二节 设计方案定量评价与决策的比較评定法 .....	62
第三节 机械运动简图设计的作用和任务 .....	4	第三节 设计方案定量评价与决策选例 .....	65
第四节 机械原理课程设计与机械运动简图设计 .....	5	第四节 设计方案的优化调整 .....	71
第二章 机械运动简图的方案设计 .....	7	第六章 机械原理课程设计课题选编及设计规范 .....	74
第一节 机械运动的主要形式和常用机构类型 .....	7	第一节 课题选编 .....	74
第二节 机械类型的选择 .....	12	题一 步进输送机运动简图设计 .....	74
第三节 机械运动简图方案的草拟与筛选 .....	17	题二 专用精压机运动简图设计 .....	75
第四节 机械运动简图的方案设计举例 .....	23	题三 糕点切片机运动简图设计 .....	77
第三章 机构运动设计 .....	29	题四 插床运动简图设计 .....	77
第一节 平面连杆机构的尺度综合 .....	29	题五 自动制钉机运动简图设计 .....	79
第二节 杆组运动分析法程序设计 .....	34	题六 平尺刻线机运动简图设计 .....	81
第三节 平面机构运动分析编程实例 .....	37	题七 低速送料机构运动简图设计 .....	82
第四节 组合机构的分析与设计 .....	42	题八 导引转载机构运动简图设计 .....	83
第五节 机构运动设计的优化思路 .....	47	题九 摆动式搬运机运动简图设计 .....	84
第四章 机械动力设计 .....	49	题十 柴油机的机构分析与设计 .....	86
第一节 杆组动态静力分析法程序设计 .....	49	第二节 机械原理课程设计的规范与要求 .....	88
第二节 飞轮设计的程序设计理论及程序应用方法 .....	56	附录 .....	95
第三节 电动机类型及选择方法 .....	60	附录A 常用设计与分析子程序汇编 .....	95
第五章 机械运动简图设计方案的评		附录B TURBO BASIC与QUICK BASIC软件的使用方法 .....	107
		附录C 平面机构运动分析的全图解法 .....	110
		附录D 常用电动机主要参数 .....	113
		附录E 机械原理课程设成绩评定计分表 .....	114
		参考文献 .....	116

# 第一章 绪 论

## 第一节 机械设计的一般程序

机械设计这个术语，是指拟定和选择一个有形物体系统的结构型式、组成件的外形、材料、尺寸并使之能完成某种预定功能的创造性过程。任何机械的功能质量基本上决定于设计

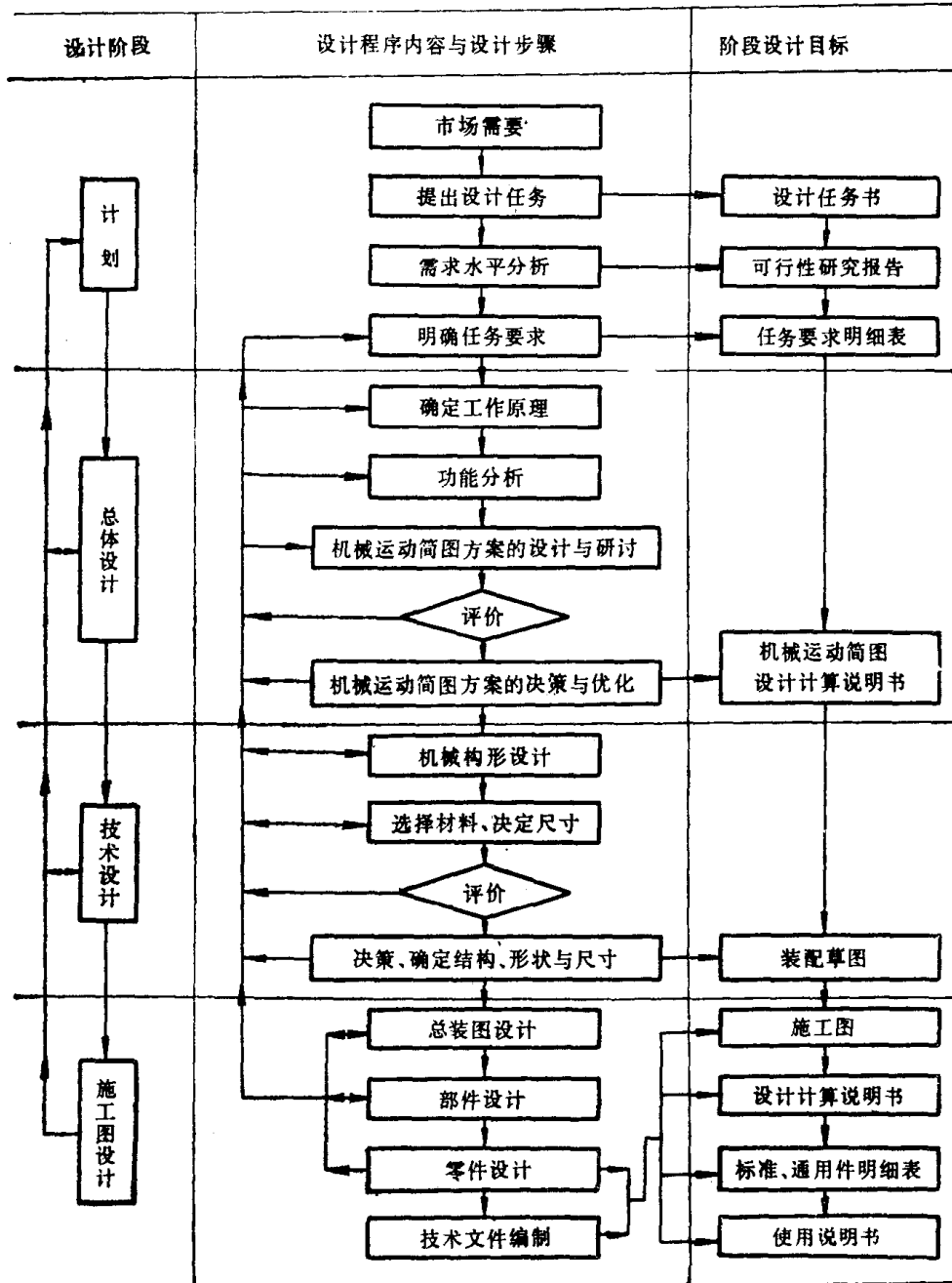


图1-1 机械设计的一般程序框图



质量。制造过程对机械质量所起的作用，本质上就在于实现设计时所规定的质量。因此，机器的设计过程是决定机器性能好坏的关键。

这里所指的设计过程仅指技术性设计过程。它既是一个创造性过程，又同时是一个尽可能多地利用已有成功经验的过程。作为一部完整的机器，它是一个复杂的系统，要全面提高设计质量，必须有一个科学的设计程序。人们通过长期的设计实践和总结，通常广泛实施和应用的程序可归纳成图1-1所示的框图程序。

各设计阶段的扼要说明如下：

### 一、计划阶段

核心是在广泛调查研究的基础上，进行设计任务的可行性研究。如果论证结论为可行，则根据研究结果将设计任务具体化。

### 二、总体方案设计阶段

核心是确定设计对象完成预期功能的工作原理及拟定实现该功能的整机机械运动简图。本阶段是整个设计成败的关键。工作原理的选择和机械运动简图方案的拟定均必须通过多方案的讨论与评价后，再作出慎重的决策。同时，还应确定与实现机械工作有关的能源、控制、操纵等辅助系统的具体设计方案。

### 三、技术设计阶段

核心是依据拟定的总体设计方案确定整机和主要零部件的结构、材质、形状和基本尺寸。在本阶段，除考虑满足方案设计的要求外，在进行零部件工作能力设计时，应充分考虑工艺性、经济性、安全性、可靠性和操纵维修便利性等多种且彼此甚至是互相矛盾的因素。

### 四、施工图设计阶段

核心是按方案设计和设计的原则要求，完成能符合制造、装配和使用需要的技术文件。

需要特别强调的是，以上四个阶段在设计过程中总是交叉进行的。后一阶段的设计结果必须反馈到前面各阶段，以便及时修正甚至改变原先的设计意图或数据，并进行重新的评价和决策。就是在某一阶段的进程之中，各主要程序环节也是频繁地交叉换位进行的。可以说，设计过程是一个创造性过程，也是一个反复修正和改善的过程。从头到尾都未经修改，非常“顺利”地完成的设计，决不可能成为一项优良的设计。

## 第二节 机械总体方案设计的主要内容和一般原则

### 一、总体方案设计的主要内容

按照设计任务要求，机械总体设计通常应包含下列主要内容：

#### 1. 确定机械主要功能的工作原理

机械主要工作功能的工作原理可以继承、发展和改善已有的成功经验，也可以创造发明新的原理。如加工平面用的机床，可有刨、铣、磨和拉等金属切削刀具对工件进行切削加工的原理，也可探索研究其它新的原理。按照任务规定要求，如何研究和选择相应的工作原理涉及广泛的专业学科，已不属本书讨论的范围。但需要了解的是，机械主要工作原理的选定，将从本质上反映整个设计的质量和效能，并将受到设计任务范围和条件要求的制约。

#### 2. 确定机械的主要工作参数

不同机械将有不同的主要工作参数。它既有赖于设计要求，又确定于不同工作原理的选择，同时从数量上反映了机械的工作功能。比如水泵的主要工作参数是它的扬程和流量；车床的主要工作参数则是它的主轴转速范围、变速级数、进给量范围和允许加工件尺寸范围等；汽油发动机的主要工作参数则有汽缸数、汽缸直径、活塞行程、输出转速和转矩范围等。各机械主要工作参数的选择同样不属于本书所能涉及的内容范围，此处也不予赘述。

### 3. 机械的总体布局设计

机械总体布局设计的任务，是从满足设计要求出发，处理机械系统内部和外部各组成环节间的位置关系、机械本体与外部环境的关系以及机械与人的关系等等。比如一台车床的总体布局设计，需要确定车床主轴的配置形式（是立式还是卧式）、加工工件的位置、原动件的安装位置、操纵与控制位置、毛坯在机床内外的流向、产品输送与管理方式、机床的主要运动关系、外观形状以及主要外形尺寸等。

### 4. 初拟与机械工作功能有关的能源、控制和操纵等辅助系统的设计方案

根据不同工作机械的不同设计要求，选择合理的动力源、原动机数量和控制手段（手动或是自动、自动化程度、方式与构件等），确定控制与操纵系统的设计方案。

### 5. 草拟并确定机械的整机运动简图

根据上述各项已确立的设计方案，确定该设计对象的工艺运动及工艺运动的分解方案；选择适宜机构类型草拟机械运动简图；对草拟的简图方案在定性筛选的基础上进行运动设计和分析；结合相应总体设计方案对整机运动简图的各备选方案进行评价和决策；完善最优方案。

### 6. 整理总体方案设计技术文件，完成总体方案设计

总体方案设计的全部技术文件是机械总体设计阶段的成果，它的质量对其设计对象将产生至关重要的影响。总体方案设计文件的主要内容有：

- 1) 整机机械运动简图及其编图说明。
- 2) 设计计算说明书。
- 3) 预算报告书。
- 4) 设计评估与预测报告书。

以上内容将视不同设计对象而有适当增删。

## 二、总体方案设计的一般原则

各种机械在总体方案设计时，所遵循的主要原则也许会有特定或专用的一面，但以下原则是共有的：

- 1) 采用的技术（或工艺）先进、合理。
- 2) 性能优良、生产率高、可靠性好。
- 3) 结构简单、工艺性好、便于制造和维修。
- 4) 效率高、设计寿命合理、成本低廉。
- 5) 自动化程度适宜。
- 6) 系列化、标准化和通用化程度高。
- 7) 其它，如体积小、重量轻、外形美观、防止环境污染等等。

设计者必须在整个设计过程中，根据实际情况综合考虑所有原则，并在设计中努力加以体现。



### 第三节 机械运动简图设计的作用和任务

#### 一、机械运动简图设计的作用

众所周知，机械运动简图能形象地表达机械的组成与尺度关系，各执行机构运动的类型、特征及其之间的协调关系，机械的运动、动力性能以及外形、轮廓尺寸等等。因此，机械运动简图设计是机械总体方案设计的主体，它的作用可以概括为以下两点：

(1) 表达总体方案设计的设计思想，完成机械工作原理设计的构思，并具体地实现其意图。

(2) 为各个设计阶段提供进行设计、分析、评价和决策的依据。

#### 二、机械运动简图设计的任务

如上所述，机械运动简图是机械总体方案设计的重要内容之一，但需要注意，机械运动简图设计并不就是机械的总体方案设计，只是总体方案设计思想的部分具体体现。机械运动简图设计的具体任务和步骤见图1-2。

本书在以下章节内将简明扼要地介绍上图中的各个程序步骤以及主要设计方法。

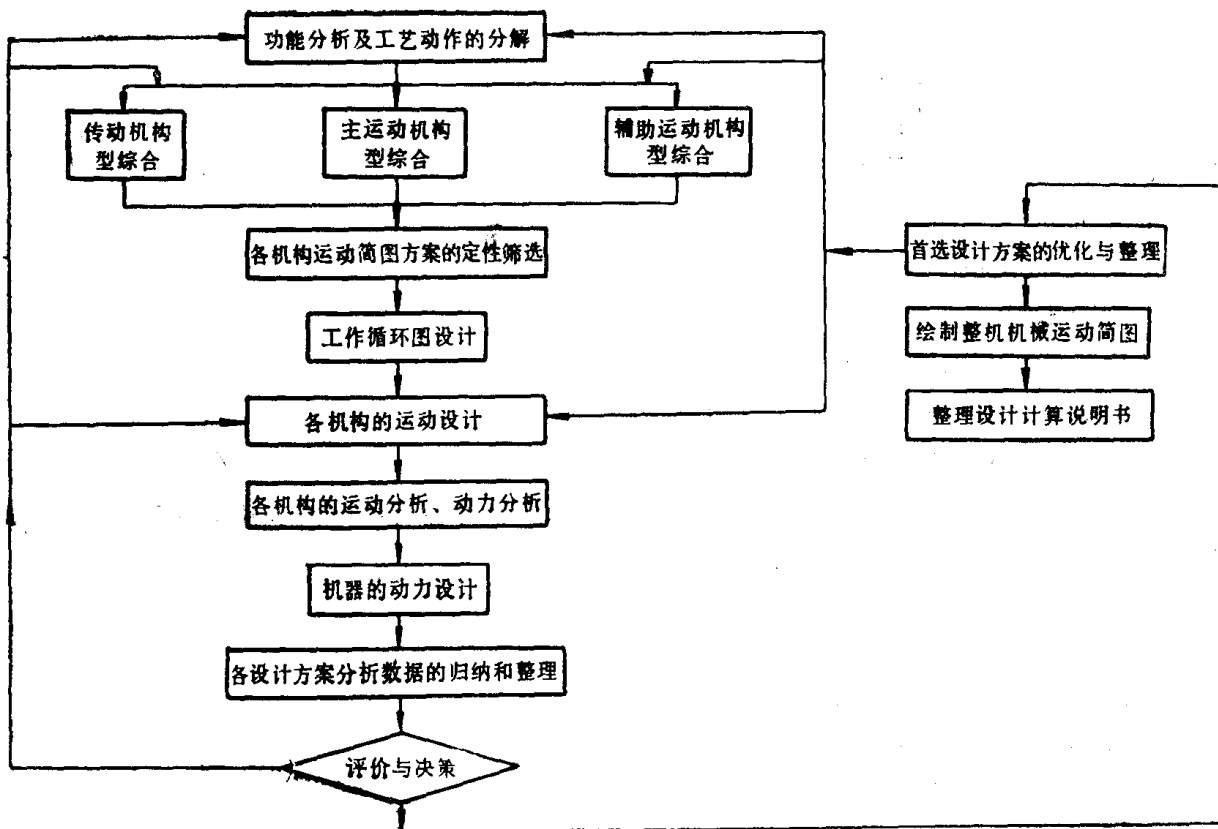


图1-2 机械运动简图设计程序框图

## 第四节 机械原理课程设计与机械运动简图设计

机械原理课程设计是对高等工业学院(校)机械类专业学生进行的第一次设计实践性教学环节。其主要目的是进一步巩固、理解并初步运用所学知识,在接触和了解工程技术实际(如工程设计方法、工程设计资料等)的基础上,对学生进行较为系统的设计方法训练,以期通过这一教学环节,初步培养学生分析和解决实际工程问题的能力。学生在学完了机械原理课程之后,选择某种简单机器的机械运动简图设计作为机械原理课程设计的内容是非常适宜的。一方面,它要求学生系统地运用机械原理课程的大部分重要知识,并加以适当的深化与扩展,在设计的具体要求下,结合实际,融会贯通。另一方面,机械运动简图设计在运动方案的拟定和机构的类型综合等内容上,又要求学生积极思考、广为涉猎和大胆创新。这样,机械运动简图设计对于培养学生掌握、扩展和运用知识,初步树立正确的设计观点、掌握通用的设计方法,提高计算、制图、使用参考资料和运用计算机的能力,以及培养学生的继承能力和创新能力都甚为有利。

同时必须注意,学生的知识基础还很不足,缺乏工程实践经验,机械原理课程设计也就不能要求等同于工程上的机械运动简图设计。因此,机械原理课程设计只能从教学的实际需要出发,选择机械运动简图设计中可以完成的主要内容作为设计内容,并在要求上、方法上和设计规范上尽量向工程实际靠拢。

机械原理课程设计在内容的组织及具体设计要求上,大体可分为下列三种类型:

### 一、整机设计型

此种类型的设计课题常是一台简单机器的整机简图设计。要求设计对象的专业性不是太强,其工作原理、工艺和性能要求学生能够接受;工艺动作不复杂,只具有2~3个简单且要求协调的运动;机构运动设计的难度不是很高,而设计涉及知识的覆盖面却较广。

此类设计常要求完成图1-2所示机械运动简图设计程序中的绝大部分程序内容,其教学的主要着眼点在于使学生接受完整、系统的运动简图设计方法训练。此类设计往往具有较大设计工作强度和一定难度,且要求综合整体思维,对培养学生的设计能力较为有利,但需要保证足够的设计工作时间。

### 二、机构设计型

此种类型的设计课题常是某台机器中的一个具有复杂运动要求的机构设计,通常设计涉及的知识要求较深入。

此类设计也常要求完成图1-2中所示的主要程序内容,但工作量限定在主要机构的设计上。其教学的着眼点主要是要求学生切实掌握有一定难度的机构设计方法,在学时受限时,也是较好的课题类型。需要注意的是,在安排设计内容和要求时,切忌把“机械原理课程设计”变为“机构学”的课程设计。而且应当看到,各种机构的设计方法是多种多样的,在学习阶段首先应掌握通用方法。

### 三、分析型

此种类型的设计课题通常已有基本完整的机械运动简图和若干尺度、运动参数,学生的设计任务主要是依据已知条件进行部分机构的部分尺度综合和运动、动力分析。鉴于此类型设计任务比较单一,对于巩固、理解和运用所学知识虽然有利,但对学生能力的发展,特别

对培养创造意识不甚有利，目前各院校已较少用。但如果学时甚少，仍不失为一种典型课题。

此外，还有一种机构综合型，即只要求对一台机器主要机构的运动简图方案进行定性分析研讨，形成无尺度要素的机构示意图。通常，此种类型课题的设计对象所要求的工艺运动较复杂，协调关系较多，由于学时较少而难于进行运动设计和分析比较。此种类型的课程设计虽然对于培养学生的创造性思维较为有利，但却不易形成较高的理性思维层次，似不宜提倡。

但是，不论采用哪一种类型设计课题，学生均能受益。其受益程度的大小，决定于教学组织者的具体要求和安排。关于机械原理课程设计的课题、常规设计内容和步骤、设计工作量要求与进度安排建议等详见本书第六章。

## 第二章 机械运动简图的方案设计

### 第一节 机械运动的主要形式和常用机构类型

#### 一、基本运动及复合运动

常用机构执行构件的运动形式有回转运动、直线运动和曲线运动三种，而回转运动和直线运动是最简单的机械运动形式。按运动有无往复性和间歇性，基本运动分为以下几种形式：

- (1) 单向转动 如曲柄、转动导杆、齿轮的运动。
- (2) 往复摆动 如摇杆、摆动导杆、摇块的运动。
- (3) 单向移动 如带式或链式输送带的运动。
- (4) 往复移动 如滑块、活塞的运动。

(5) 间歇运动 如槽轮、棘轮和不完全齿轮的运动由以上的基本运动也可以组合成带停歇的往复摆动、单向移动或往复移动。

曲线运动则是由两个或两个以上基本运动合成的复合运动。例如铣床工作台的纵向移动与横向移动合成，可使固定在其上的工件相对刀具作任意复杂的平面曲线运动。作平面运动的构件，其上任意一点的运动可以看作是基点的移动与该点绕基点转动的合成运动。例如平面连杆机构的连杆，其上任意一点的轨迹是条封闭曲线（连杆曲线）；双滑块机构的连杆，其上任意一点作椭圆运动；行星轮系中，行星轮上任意一点作内（外）摆线或变态内（外）摆线运动等。

应用二自由度的合成机构（如差动轮系）可以将两个独立的输入运动合成为一个独立运动输出，其输出运动也为复合运动。

#### 二、机构的基本功能及基本机构的适用性

机构的功能是指机构进行运动变换和传递动力的能力。现代机器是由原动机、传动机构、工作机构和操纵控制机构（或系统）四部分组成的（图2-1），分属于主运动和辅助运动系统。原动机最普遍的运动形式是转动，如电动机、内燃机和液压马达等；有时也用往复移动构件，如液压缸或气缸中的活塞作为主动构件。原动机运动的单一性与生产要求工作机构具有运动的多样性之间的矛盾全靠应用各种机构进行运动变换，并进行合理的操纵与控制来协调统一。运动变换包括运动形式、运动速度、运动方向的变换与运动合成（或分解）等。所以，机构的基本功能可以概括为：

- 1) 变换运动形式；
- 2) 变换运动速度；
- 3) 变换运动方向；
- 4) 进行运动合成（或分解）；
- 5) 对运动进行操纵与控制；
- 6) 实现给定的运动位置或轨迹；

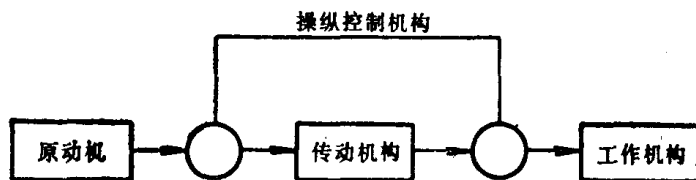


图2-1 机器的四个组成部分

7) 实现某些特殊功能。

如具有增力、增程、微动、急回特性；利用自锁或止点位置实现夹紧、支撑等。机构的基本功能可以用图2-2所示的符号表示。

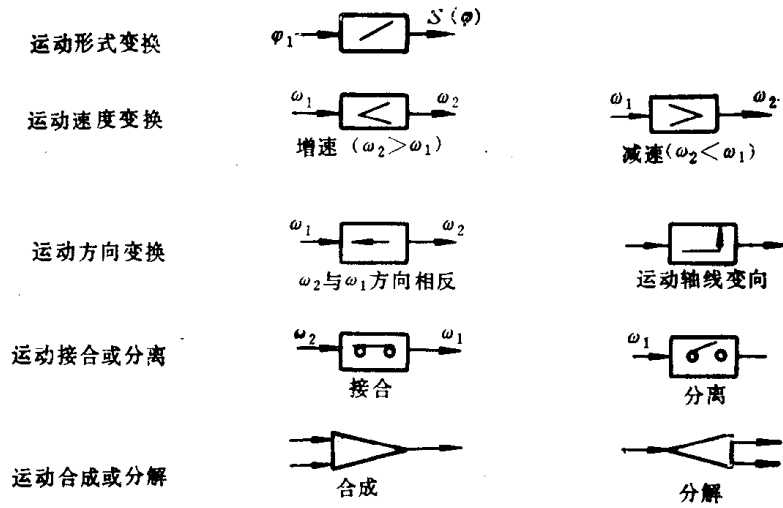


图2-2 机构基本功能的符号

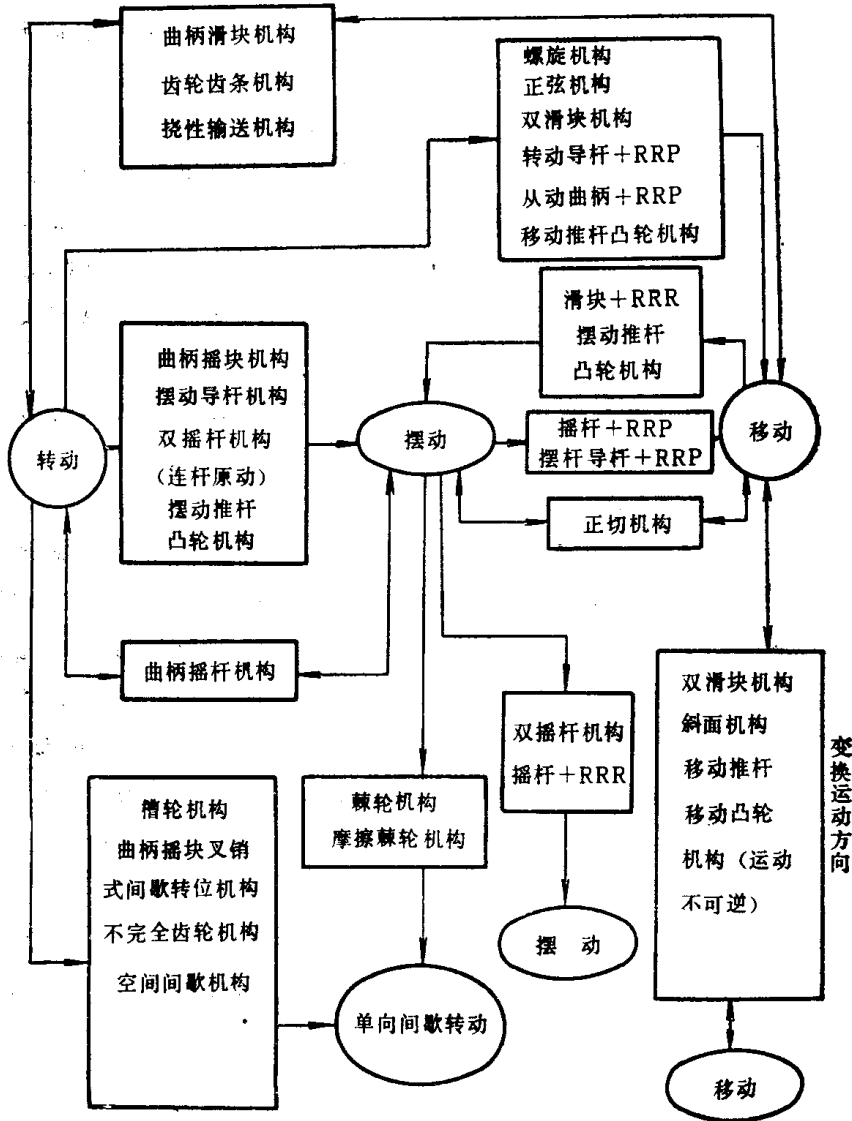


图2-3 基本机构的运动形式变换

由原动件、机架和一个基本杆组组成的机构称为基本机构。能实现基本功能的平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及其它常用机构都是基本机构。由两个或多个基本机构组合成一个具有新的性质和功用的机构则为组合机构。因此，任何复杂的机构或机构系统都可以认为是由一些基本机构组合而成，基本机构是组成机械运动系统的基本单元。

基本机构按自由度可分为单自由度机构和多自由度机构。多自由度机构中最常用的是二自由度机构(如差动轮系、铰链五杆机构等)，一般用来作运动的合成(或分解)机构。基本机构按运动副元素又可分为高副机构(如凸轮机构、齿轮机构、槽轮机构等)和低副机构(如连杆机构、斜面机构等)。基本机构的运动形式变换如图2-3所示。变换回转运动速度和方向的基本机构列如表2-1。基本机构的类型、特点及适用性见表2-2。

表2-1 变换回转运动速度和方向的基本机构

低副机构		高副机构	
同向同速 $i = 1$	平行四边形机构 双转块机构(十字滑块联轴器) 双万向联轴器	同向匀速 $i = c$	内啮合齿轮机构 内摩擦轮传动机构
		反向匀速 $i = -c$	外啮合齿轮机构 外摩擦轮传动机构
同向变速 $i \neq c$	双曲柄机构 转动导杆机构	反向变速 $i \neq -c$	非圆齿轮机构 (外啮合)
		相交轴传动 $i = c$	圆锥齿轮机构
反向变速 $i \neq -c$	反平行四边形机构	相错轴传动 $i = c$	蜗杆蜗轮机构 交错轴斜齿轮机构

表2-2 基本机构的类型、特点及适用性

类型	机构名称	运动变换	特点	适用范围或应用举例		
通过低的副机构直接	斜面机构	将移动变成另一方向的移动, $\lambda \leq \varphi$ 时有自锁性	1. 面接触, 可承受较大的载荷 2. 位移小, 增力较大 3. 效率低	斜面压力机		
	螺旋机构 <sup>①</sup>	将转动变成与之垂直方向的移动, $\lambda \leq \varphi$ 时有自锁性。差动螺旋机构可实现微动		台虎钳, 螺旋压力机, 千斤顶等		
通过高副直接传动的机构	摩擦轮机构	圆柱摩擦轮	1. 靠两轮间的摩擦力传递运动和动力, 结构简单 2. 具有过载保安性 3. 传递运动不准确, 效率低	用于传动比要求不严格、载荷不大的高速传动		
		圆锥摩擦轮			可传递两相交轴运动	
	凸轮机构	移动凸轮 盘形凸轮		可将凸轮的转动(或往复移动)变成推杆的往复移动或摆动	1. 推杆可实现预期任意运动规律的往复运动 2. 高副接触, 易磨损, 承载不宜太大 3. 受压力角和机构紧凑性限制, 推程不宜太大	适用于各种机械的控制及辅助传动, 广泛用于自动机床、印刷机械等自动、半自动机械中
		圆柱凸轮 <sup>①</sup> 端面凸轮 <sup>①</sup>		可将凸轮的转动变成与之垂直方向的往复移动或摆动		
齿轮机构	圆柱齿轮	可传递两平行轴匀速运动	1. 瞬时传动比恒定 2. 传动功率大, 速度高 3. 精度高、效率高、寿命长	广泛用于各种机械的传动系统和变速机构中, 用以变换速度大小和运动轴线的方向		
	圆锥齿轮 <sup>①</sup>	可传递两相交轴匀速运动				



(续)

类型	机构名称	运动变换	特点	适用范围或应用举例	
通过高副直接传动的机构	齿轮机构	交错轴斜齿轮 <sup>①</sup>	可传递两相错轴匀速运动  点接触, 易磨损, 承载能力小  传动比大, 传动平稳; 但滑动速度大、发热量大、效率低	广泛用于各种机械的传动系统和变速机构中, 用以变换速度大小和运动轴线的方向	
		蜗杆蜗轮 <sup>①</sup>			
	非圆齿轮	可传递两平行轴变速运动	传动比按一定规律变化, 制造难度较大	用于有变速比要求的场合	
	间歇运动机构	棘轮机构	可将往复摆动变为单向停歇的转动	可实现有单向停歇的转动, 但高速运动时, 冲击、噪声较大	用于各种转位机构或进给机构, 适于低速机械
		槽轮机构	可将单向连续转动变为单向停歇的转动		
不完全齿轮机构					
通过中间传动的刚性构件	平面连杆机构	可将单向转动变换为往复摆动或移动, 一般具有运动可逆性	1. 改变各构件的相对长度, 可实现不同的运动要求 2. 连杆曲线可满足不同轨迹的设计要求 3. 低副机构, 磨损小, 承载能力大 4. 累积误差较大, 惯性力不好平衡	主要用于运动形式和运动速度的变换, 不适于高速运动	
通过中间传动的挠性构件	带传动	平带	可变换运动速度和方向	1. 摩擦传动, 具有过载保护性能, 2. 有弹性滑动, 传动精度低, 效率也低  属于啮合传动	结构简单, 可实现较远距离的传动 适于高转速, 小转矩传动
		V带	可变换运动速度		
		齿形带			
	链传动	可变换运动速度	1. 啮合传动 2. 结构简单, 可实现较远距离的传动 3. 有多边形效应, 运动均匀性较差	适于低速传动	

①为空间机构

### 三、创新机构的变异法与组合法

基本机构所能实现的运动规律或轨迹都具有一定的局限性。为使机构获得更复杂的运动特性, 扩大其应用范围, 以满足生产中提出的多种多样的运动要求, 可对基本机构运用变异法和组合法来创造出新的机构。

#### 1. 变异法

铰链四杆机构是平面连杆机构的基本型式, 其它四杆机构都可以看成是由它通过改变构件的尺寸、改变运动副的尺寸和形状、取不同构件作为机架或增加辅助构件演变而成, 其演化关系请参见课程教材有关内容。

采用变异法还能将一种机构变成另一种机构。例如将直线廓形的移动凸轮卷在圆柱体上变为螺旋线, 于是平面直动推杆移动凸轮机构便变异为空间螺旋机构。又如图2-4所示, 槽轮

机构和带停歇的弧槽导杆机构，都是由摆动导杆机构变异而成。此外，恰当地变异机构的局部结构，也可以设计出新机构。例如将齿轮机构中主动轮的齿数适当去掉一些，则将其变异成有停歇运动的不完全齿轮机构。变异法不仅充分揭示了各种机构之间的内在联系，也是创新机构的重要方法之一。

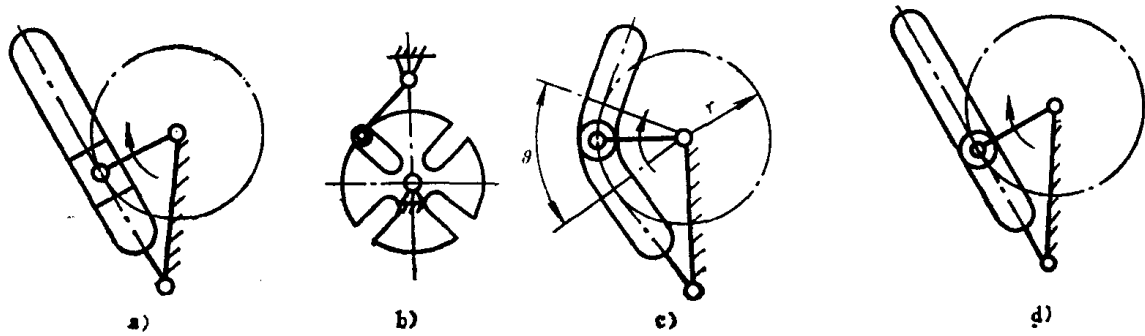


图2-4 摆动导杆机构的变异机构

a) 滑块导杆机构 b) 槽轮导杆机构 c) 弧槽导杆机构 d) 摆动导杆机构

2. 组合法

组合法是另一种重要的机构创新方法，它运用串联、并联、反馈、运载、时序等方式，将两个或多个基本机构或其变异机构按一定关系联接组成具有复杂功能的新机构或机构系统。组合法的关键问题是要寻求相互间有结合可能性的共生点，并使组合后的机构具有新的性质和功用。典型的机构组合方式、框图及应用实例如图2-5所示。

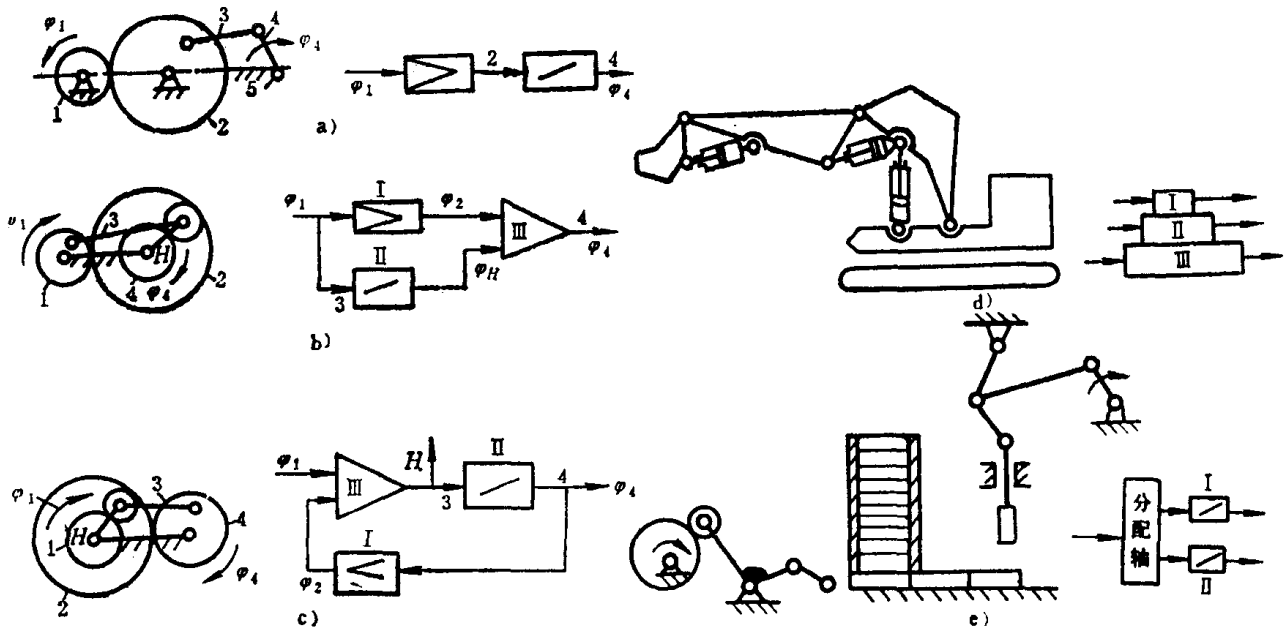


图2-5 典型的机构组合方法

a) 机构的串联组合 b) 机构的并联组合 c) 机构的反馈组合 d) 机构的运载组合 e) 机构的时序组合

串联组合是将各个单自由度机构依次联接，使前一机构的输出构件作为后一机构的原动件，传动路线无分支。例如六杆机构是由两个四杆机构串联组成，也可以看成是在前一个四杆机构输出构件上加接二级杆组RRR或RRP等扩充而成的。特别是RRP能将曲柄的转动，或摇杆、导杆的摆动变换成滑块的往复移动，应用广泛。

并联组合和反馈组合的共同特点是都要用一个二自由度机构作为两个单自由度机构输出运动的合成机构,传动路线有分支。不同的是,并联组合使两个单自由度机构并列,将其输出运动并行输入合成机构,合成为一个独立运动输出。两个单自由度机构可由各自的动力源驱动,不过通常都共用一个原动件,采用分路传动使各自机构运动。作为一种特殊情况,其中一个单自由度机构可以蜕变为  $i = 1$  的通轴,直接将原动件运动输入合成机构。而反馈组合则是用一个单自由度机构去封闭合成机构的输出构件和另一输入构件,使之构成局部封闭运动链,输出运动同时又经封闭运动链反馈,形成反复循环的反馈运动。利用反馈组合法可设计出误差校正机构,对运动误差进行补偿。反馈组合机构(图2-5c)若具有运动可逆性,将其输出构件改为原动件时,该机构则变成并联组合机构(图2-5b),反之亦然。

运载组合的特点是将一个工作机构安装在另一机构(称为运载机构)的活动构件上,则工作机构执行构件的输出运动规律或轨迹为该工作机构和运载机构分别独立运动的合成。卧式车床上使溜板箱纵向移动的机构与中滑板作横向移动的机构便是运载组合关系。

时序组合是一种应用相当广泛的组成机构系统的组合方法。将多个并列的工作机构由同一构件(分配轴)统一控制,使各个机构按时间顺序作周期性运动,各执行构件的动作相互协调配合,共同完成生产任务。多数自动化机械,如自动机床、平台印刷机、蜂窝煤压制机等都是时序组合的机构系统。

## 第二节 机械类型的选择

### 一、机械的工作原理及工艺动作的分解

机械实现功能要求的工作原理包括工艺过程原理及实现该工艺过程所需的运动(工艺动作)原理。不同的功能要求,其工作原理不同;就是功能要求一样时,也可以有不同的工作原理。例如齿轮加工,可以用仿形法,也可以用范成法。不同的工作原理需要不同的工艺动作,如齿轮加工除有切削运动、进给运动外,仿形法还需要人工操作的分度运动;而范成法则需要刀具与轮坯对滚的范成运动。按各个工作原理设计的机床就会有很大的差异。即使工作原理相同,也可以拟定出不同的运动方案,例如同用范成法原理的插齿和滚齿机床,其运动方案就大不一样。这表明了运动方案具有多样性。一般都根据其功能要求,先确定机械的工作原理,再按工作原理提出的工艺动作要求拟定出不同的运动方案。为使运动方案便于实现,工艺动作应尽可能简单。

#### 1. 工艺动作的简化

(1) 采用便于机械化的工艺动作 构思机械运动方案时,绝不能停留在简单地模仿传统手工动作的模式上,而要尽可能采用便于机械化的工作原理及工艺动作。例如缝纫机虽然仍有穿针拉线的动作,但却采用摆梭使底线绕过面线将布料夹紧的工作原理,其工艺动作十分简单:针杆作往复移动,拉线杆和摆梭作往复摆动,送布牙的轨迹由复合运动实现,这几个动作协调配合,便实现了缝联布料的功能。又如洗衣机利用波轮在水中转动形成的涡流来翻动搓揉衣服,这就比人工搓揉动作简单多了。

(2) 利用物料的性状使工艺动作简化 机械的结构及工艺动作必然受到物料性状的制约。例如用蜡纸扭结包装糖果,要取一张外层商标蜡纸,再取一张内层淀粉纸,输入糖粒并包住,最后夹紧糖纸两端扭结。工艺动作多而且复杂,又是单件作业,生产率较低,质量也