

高等学校机械基础课程系列教材

# 机械基础综合课程设计

主编 孔凌嘉 张春林

主审 彭荣济

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书是配合机械原理、机械设计的综合课程设计及机械设计基础课程设计而编写的。

全书共分两篇:第一篇为设计方法与内容,包括绪论、机械运动与机构选型、机构系统及其运动方案设计、机械结构设计、结构设计实例——减速器的设计、编写设计说明书和准备答辩、设计题目等七章;第二篇为机械设计常用标准和规范,包括常用资料和一般标准、材料、螺纹和紧固件、键连接及销连接、公差、配合、表面粗糙度及传动精度、滚动轴承、滑动轴承、润滑与密封、带传动和链传动、联轴器与离合器、电动机等十一章。

本书适用于高等学校机械类和近机械类专业,既可供综合课程设计使用,也可供单独进行的机械原理、机械设计及机械设计基础课程的课程设计使用,还可作为毕业设计和有关工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械基础综合课程设计/孔凌嘉,张春林主编. —北京:北京理工大学出版社,2004.6

(高等学校机械基础课程系列教材)

ISBN 7-5640-0093-7

I. 机… II. ①孔…②张… III. 机械学-高等学校-教材  
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 033144 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68912824(发行部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / [chiefedit@bitpress.com.cn](mailto:chiefedit@bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 29

插 页 / 6

字 数 / 705 千字

版 次 / 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 6000 册

定 价 / 45.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 刘京凤

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

# 前 言

提高学生综合设计能力,特别是提高创新设计能力,是 21 世纪的机械基础课群建设的改革主线。如何在课程设计的过程中突出培养学生设计能力和创新设计能力是机械基础课群建设中的难点。在改革中,我们把原“机械原理”和“机械设计”的课程设计进行合并、综合,并称为机械基础综合课程设计。在进行了多年的实践与探索后,通过不断总结与改进,逐步完善了机械基础综合课程设计的内容与体系,使之成为机械基础课群的实践教学中的重要组成部分,在培养学生设计能力、特别是培养创新设计能力的全局中发挥了重要作用。通过这一环节的训练,学生不但能更加深入了解机械基础课群课程的基本理论、基本知识,而且能学会使用这些基本理论、基本知识去创造性地解决工程中的具体问题。

参加本教材编写的人员有张春林(第一章、第三章),张晓玲(第二章),孔凌嘉(第四章、第五章、第六章),黄祖德(第七章、第十二章),毛谦德(第八章、第九章、第十章、第十四章),殷耀华(第十一章、第十六章、第十七章、第十八章),苏伟(第十三章、第十五章),万小利提供了部分设计题目。全书由孔凌嘉负责统稿,由孔凌嘉、张春林担任主编。

本书由彭荣济教授担任主审。彭荣济教授对本书进行了非常仔细的审阅,提出了许多宝贵的意见,在此深表感谢。

本书是北京理工大学机械基础课群系列教材之一,在编写与出版过程中,得到北京理工大学教务处和出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

在本教材的编写过程中,在内容的选择和编排方面,难免会出现许多欠妥之处,加之作者水平有限,敬请读者批评指正。

编 者  
2004 年 2 月

# 目 录

## 第一篇 设计方法与内容

<b>第一章 绪 论</b> .....	( 1 )
<b>第一节 机械基础综合课程设计概述</b> .....	( 1 )
一、机械基础综合课程设计.....	( 1 )
二、机械基础综合课程设计的目的.....	( 1 )
<b>第二节 机械设计方法综述</b> .....	( 2 )
一、常规设计方法.....	( 2 )
二、现代设计方法.....	( 2 )
三、创新设计方法.....	( 2 )
四、三种设计方法的异同点分析.....	( 3 )
<b>第三节 机械基础综合课程设计的地位和作用</b> .....	( 3 )
<b>第四节 机械基础综合课程设计的内容与要求</b> .....	( 4 )
一、机械基础综合课程设计的内容.....	( 4 )
二、机械基础综合课程设计的要求.....	( 5 )
<b>第二章 机械运动与机构选型</b> .....	( 6 )
<b>第一节 概 述</b> .....	( 6 )
<b>第二节 基本机构及其运动形态</b> .....	( 7 )
一、基本机构与其运动变换.....	( 7 )
二、基本机构的特点分析.....	( 13 )
<b>第三节 机械运动与机构选型</b> .....	( 14 )
一、机构选型的基本原则.....	( 15 )
二、机构选型设计实例.....	( 16 )
<b>第三章 机构系统及其运动方案的设计</b> .....	( 17 )
<b>第一节 机械系统的组成</b> .....	( 17 )
一、原动机.....	( 17 )
二、机械运动系统.....	( 18 )
三、机械的控制系统.....	( 18 )
<b>第二节 机构系统设计的构思</b> .....	( 20 )
一、机构与机构系统.....	( 20 )
二、传动机构系统的组成.....	( 20 )

三、工作执行机构的组成	( 22 )
第三节 机构系统的设计方法	( 24 )
一、机构的串联组合	( 24 )
二、机构的并联组合	( 25 )
三、机构的混合连接组合	( 27 )
四、机构的封闭式连接组合	( 27 )
五、机构叠加组合原理	( 29 )
第四节 机构系统的运动协调设计	( 32 )
一、机构系统的运动协调	( 32 )
二、运动循环图的设计	( 33 )
三、运动循环图的设计实例——粉料成型压片机的设计	( 33 )
第五节 机械系统运动方案的设计	( 36 )
一、机械设计的一般步骤	( 36 )
二、机械系统运动方案设计的内容	( 37 )
第六节 机械系统运动方案的评估	( 37 )
一、机械系统运动方案的评价指标	( 37 )
二、机械系统运动方案的评价方法	( 38 )
<b>第四章 机械结构设计</b>	<b>( 40 )</b>
第一节 运动副的结构设计	( 40 )
一、转动副的结构设计	( 40 )
二、移动副的结构设计	( 41 )
三、平面高副的结构设计	( 42 )
四、虚约束在结构设计中的应用	( 42 )
五、运动副的润滑与密封	( 42 )
第二节 活动构件的结构设计	( 43 )
一、杆类构件	( 43 )
二、盘类结构	( 44 )
三、轴类结构	( 46 )
四、其他活动构件	( 48 )
五、执行机构的执行构件	( 49 )
第三节 机架的结构设计	( 52 )
一、机架的分类和基本要求	( 52 )
二、保证机架功能的结构措施	( 53 )
第四节 机构系统向结构实体转化的设计实例	( 57 )
<b>第五章 结构设计实例——减速器的设计</b>	<b>( 59 )</b>
第一节 传动装置总体设计	( 59 )
一、确定传动方案	( 60 )

二、选择电动机	( 64 )
三、传动装置总传动比的确定及各级传动比的分配	( 65 )
四、传动装置运动和动力参数的计算	( 66 )
第二节 传动零件的设计计算及联轴器的选择	( 68 )
一、减速器外传动零件的设计	( 68 )
二、减速器内传动零件的设计要点	( 68 )
三、联轴器的选择	( 69 )
第三节 减速器的构造	( 70 )
一、轴系部件	( 73 )
二、箱体	( 74 )
三、附件	( 74 )
第四节 减速器装配草图设计	( 76 )
一、减速器装配草图设计准备	( 76 )
二、初绘减速器装配草图及验算轴系中的有关零件	( 76 )
三、完成减速器装配草图设计	( 85 )
第五节 减速器装配图的设计与绘制	( 93 )
一、装配草图的审查与修改	( 94 )
二、装配工作图的设计与绘制	( 94 )
第六节 零件工作图的设计与绘制	( 97 )
一、视图	( 97 )
二、标注尺寸、公差和表面粗糙度	( 97 )
三、啮合特性表	( 103 )
四、技术要求	( 104 )
五、标题栏	( 104 )
六、零件工作图示例	( 104 )
第七节 减速器结构图例	( 114 )
<b>第六章 编写设计说明书和准备答辩</b>	( 115 )
第一节 编写设计说明书	( 115 )
一、目的与要求	( 115 )
二、内容	( 115 )
第二节 设计答辩	( 116 )
一、目的	( 116 )
二、准备	( 116 )
三、答辩	( 116 )
<b>第七章 设计题目</b>	( 118 )
一、粉料压片机	( 118 )
二、游梁式抽油机	( 119 )

三、简易空气压缩机 .....	(120)
四、圆罐翻转器 .....	(121)
五、“天线”摆动装置 .....	(122)
六、电动锯棒机 .....	(123)
七、切板机 .....	(124)
八、运输机减速器 .....	(124)
九、搅拌机减速器 .....	(127)
十、球磨机减速器 .....	(128)

## 第二篇 机械设计常用标准和规范

<b>第八章 常用资料和一般标准</b> .....	(130)
<b>第一节 标准代号</b> .....	(130)
<b>第二节 常用资料</b> .....	(131)
一、材料特性 .....	(131)
二、摩擦系数、机械传动和摩擦副效率 .....	(134)
三、常用单位换算 .....	(136)
四、齿轮几何计算数据 .....	(137)
五、转子平衡精度、机器许用运转不均匀系数 .....	(145)
<b>第三节 机械制图</b> .....	(146)
一、一般规定 .....	(146)
二、表面粗糙度的符号、代号及注法 .....	(148)
三、焊缝符号 .....	(155)
四、结构运动、机械传动简图 .....	(159)
<b>第四节 一般标准</b> .....	(165)
一、标准尺寸 .....	(165)
二、锥度、锥角及角度、斜度 .....	(168)
三、零件的倒圆、倒角及其他几何尺寸 .....	(170)
四、加工退刀槽、越程槽 .....	(175)
五、手柄 .....	(178)
六、铸件设计规范 .....	(180)
<b>第九章 材 料</b> .....	(185)
<b>第一节 黑色金属材料</b> .....	(185)
<b>第二节 型钢及型材</b> .....	(204)
<b>第三节 有色金属材料</b> .....	(211)
<b>第四节 非金属材料</b> .....	(213)

<b>第十章 螺纹和紧固件</b> .....	(217)
第一节 螺 纹.....	(217)
第二节 螺 栓.....	(221)
第三节 螺 钉.....	(226)
第四节 螺 母.....	(234)
第五节 垫圈、挡圈 .....	(237)
第六节 螺纹连接的结构要素.....	(245)
<b>第十一章 键连接及销连接</b> .....	(249)
第一节 键连接.....	(249)
一、平 键 .....	(249)
二、半圆键 .....	(253)
三、键和键槽尺寸公差 .....	(254)
四、矩形花键 .....	(254)
第二节 销 连 接 .....	(258)
<b>第十二章 公差配合 表面粗糙度及传动精度</b> .....	(265)
第一节 公差配合.....	(265)
一、标准公差 .....	(265)
二、优先与常用的配合 .....	(267)
第二节 形状和位置公差.....	(270)
第三节 表面粗糙度.....	(275)
第四节 圆柱齿轮精度.....	(277)
一、误差代号 .....	(277)
二、精度等级及检验项目 .....	(277)
三、齿轮副的侧隙 .....	(278)
四、齿厚偏差图样标注 .....	(280)
五、圆柱齿轮各项误差数值表 .....	(280)
第五节 锥齿轮精度.....	(284)
一、误差代号 .....	(284)
二、精度等级及检验项目 .....	(285)
三、齿轮副的侧隙 .....	(286)
四、图样标注 .....	(286)
五、锥齿轮各项误差数值表 .....	(286)
第六节 蜗杆、蜗轮精度 .....	(297)
一、误差代号 .....	(297)
二、精度等级及检验项目 .....	(298)
三、蜗杆传动的侧隙 .....	(299)
四、图样标注 .....	(299)

五、蜗杆传动各项公差数值表·····	(300)
<b>第十三章 滚动轴承</b> ·····	(308)
第一节 滚动轴承的类型·····	(308)
第二节 滚动轴承的配合与游隙·····	(311)
第三节 常用滚动轴承尺寸及性能·····	(316)
第四节 轴承盖和套杯·····	(343)
<b>第十四章 滑动轴承</b> ·····	(345)
第一节 轴承座·····	(345)
第二节 轴套和润滑槽·····	(349)
<b>第十五章 润滑与密封</b> ·····	(354)
第一节 润滑剂·····	(354)
第二节 润滑装置·····	(360)
第三节 密封·····	(367)
一、密封类型及应用·····	(367)
二、常用密封件·····	(371)
三、通气器·····	(378)
<b>第十六章 带传动和链传动</b> ·····	(379)
第一节 带传动·····	(379)
一、普通V带传动·····	(379)
二、平带传动·····	(382)
第二节 链传动·····	(384)
<b>第十七章 联轴器和离合器</b> ·····	(390)
第一节 联轴器·····	(390)
一、常用联轴器的类型、特点和应用·····	(390)
二、常用联轴器·····	(392)
第二节 离合器·····	(412)
一、常用离合器的型式、特点和应用·····	(412)
二、常用离合器·····	(413)
<b>第十八章 电动机</b> ·····	(424)
一、电动机主要类型及其应用·····	(424)
二、电动机外壳的防护分级·····	(425)
三、常用电动机·····	(426)
<b>参考文献</b> ·····	(452)

# 第一篇 设计方法与内容

## 第一章 绪 论

### 第一节 机械基础综合课程设计概述

#### 一、机械基础综合课程设计

提高学生综合设计能力、特别是提高创新设计能力,是 21 世纪的机械基础课群建设的改革主线。如何在课程设计过程中突出培养学生的设计能力,特别是创新设计能力是机械基础课群建设中的难点。在改革中,我们把原“机械原理”和“机械设计”的课程设计进行合并、综合,称为机械基础综合课程设计。在进行了多年的实践与探索后,通过不断总结与改进,逐步完善了机械基础综合课程设计的内容与体系,使之成为机械基础课群实践教学中的重要组成部分,在培养学生的设计能力、特别是培养创新设计能力的全局中发挥了重要作用。

#### 二、机械基础综合课程设计的目的

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 3~4 周时间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,因此它们的目的与要求也有很大的区别。

随着科学技术的飞速发展和教学改革的不断深入以及 21 世纪的知识经济对科技人员的需求,原课程设计的目的已不适合现代机械学科人才的培养目标。因此,我们把课程设计的改革纳入机械设计基础课群建设的整体规划中,把单独的机械原理和机械设计的课程设计合并为机械基础综合课程设计。

机械基础综合课程设计的目的是巩固学生所学机械基础课群课程的基本理论和基础知识,培养分析和解决工程实际问题的能力、创新思维能力、创新设计能力。通过完整的机械系统设计过程,使学生的设计能力、特别是创新能力得到提高。

机械基础综合课程设计的任务是通过机械系统的设计,使学生综合运用机械基础课群中机械制图、机械制造基础、机械原理、几何精度设计、机械设计、机械创新设计等课程的基本理论和基本知识,进行机械系统运动方案设计的基本训练,加强创新设计能力的培养;学会把机构系统设计成机械实体装置,完成从方案拟定到机械结构设计的过程训练;通过查阅和使用

各种设计资料,运用 CAD 技术等完成机构分析、机械零部件设计、绘制装配图、零件图及编制设计说明书等基本技能的训练。

## 第二节 机械设计方法综述

机械基础综合课程设计的主要内容是针对某一题目进行机械设计,对机械设计方法的了解是必要的。工程中经常提及的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。

### 一、常规设计方法

常规设计方法也称传统的设计方法。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由下面的各个阶段所组成。

#### 1. 市场需求分析

本阶段的标志就是完成市场调研报告。

#### 2. 明确机械产品的功能目标

本阶段的标志就是明确设计任务。

#### 3. 方案设计

通过方案选择与评价,最后决策确定出一个相对最优的机械系统运动方案。

#### 4. 技术设计阶段

该阶段包含:机构设计,机构系统设计(含协调设计),结构设计,总装设计,制造样机。

#### 5. 生产阶段

在常规机械设计过程中,也包含了设计人员的大量创造性成果,例如在方案设计阶段和结构设计阶段中都含有创新的过程。

在机械原理和机械设计教学中学习的综合与设计方法主要是常规设计方法的内容。

### 二、现代设计方法

现代设计方法强调以计算机为工具,以工程软件为基础,运用现代设计理念,进行机械产品的设计。其特点是产品开发的高效性和高可靠性。大量的工程软件使复杂的设计过程变得既容易又简单。MATLAB、ADAMS、ANSYS、UGTOOL、PRO-E 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。

### 三、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,提供具有社会价值的、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。

机械创新设计的实质是充分发挥设计者的创造力,利用人类已有的相关科学技术成果,进

行创新构思、设计出具有新颖性、创造性及实用性的机构或机械产品的一种实践活动。它包含两个部分:从无到有和从有到新的设计。

机械创新设计是相对常规设计而言的,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。

#### 四、三种设计方法的异同点分析

常规设计方法主要强调运用公式、图表、经验等常规方法进行产品设计。

现代设计方法强调以计算机为工具,以工程软件为基础,运用现代设计理念进行产品设计。

创新设计则强调设计人员在设计过程中运用创造性思维,提出新方案,探索新的设计思路,强调产品的创新性和新颖性。提供具有社会价值的、新颖的而且成果独特的设计方案。

实际上,创新设计更加注重产品方案的设计。方案确定后,在技术设计阶段仍然采用常规设计方法或现代设计方法进行具体的设计。

以薯条加工机的设计实例说明各方法之间的异同点。

##### 1. 传统设计方法

传统设计方法的过程包含:清洗、使用去皮机削皮、切片或条,油锅炸成食品。缺点是生产率低,原料浪费大,导致成本提高。

##### 2. 现代设计方法

利用计算机辅助设计或优化设计只能做到力求减少削皮厚度或提高加工速度,难以从本质上改变机器类型。

##### 3. 创新设计方法

利用新思维,完全改变原设计方案。清洗、粉碎成浆状、过滤去皮、去水压制成型、炸制成食品。减少了原料消耗,提高了生产率。

很明显,创新设计的产品要优于其他方法设计的产品。因此培养学生的创新意识和创新设计能力是高等学校中的重要任务。

### 第三节 机械基础综合课程设计的地位和作用

随着科学技术的不断发展,世界经济正在向知识经济转变,经济结构的调整必然影响到教育领域中教学体系与教学内容的相应变革。加强基础、拓宽专业,按学科门类进行教学资源的重新整合,就是转变教育思想的重要举措。加强创新能力、工程实践能力以及创业能力的培养是当前教学改革的重要指导思想。在机械工程和机电工程领域,机械原理和机械设计课程是重要的技术基础课程,承担着培养学生的基本设计理论与基本设计方法的重要任务,特别承担培养学生创造性能力的重要任务。

众所周知,机械设计的最重要的组成部分就是机械运动方案的设计,它关系到机械产品的性能、成本、实用性、新颖性、竞争能力等一系列重要指标,而机械原理课程的内容在机械运动方案的设计中则扮演了重要角色。机械系统运动方案的表达形式是机构系统的运动简图,把机构运动简图转换为机械实体装配图、把构件转换为机械零件则是机械设计的重要任务。因此学习完机械原理和机械设计课程后,再结合前面学过的机械制图、机械制造基础、几何精度

设计等课程,学生已基本具备了机械产品的设计能力。再经后续专业课程的学习,学生将掌握专业设备的设计能力。可见,机械原理与机械设计课程在机械类和机电类专业的人才培养中占有极其重要的地位。

课程的理论知识必须有实践环节来配合,才能更加完美。机械基础综合课程设计就是在学习机械原理课程和机械设计课程之后,综合运用机械制图、机械制造基础、机械原理、几何精度设计、机械设计等多门课程知识进行的简单机械系统的设计训练。通过这一环节的训练,学生不但更加深入了解课程的基本理论、基本知识,而且学会使用这些基本理论、基本知识去解决工程中的具体问题。通过综合课程设计的基本训练,使学生掌握机械运动方案的设计方法,运用所学的基本知识与理论去进行创造性的设计,在人才培养过程中有重要作用。

传统的教学过程中,学完机械原理课程后,进行机械原理课程设计,完成机构简图的设计与分析等内容;学完机械设计课程后,进行机械设计课程设计,完成机械装配图和典型零件图的设计。两者的设计题目脱节,导致学生缺少把机构运动简图转换为机械实体装配图的能力训练。将它们合并,进行综合课程设计可很好地解决该问题。因此,机械基础综合课程设计不但是学生的第一次机械设计训练,也是一次很好的实践机会。它不但是机械原理和机械设计课程教学的补充和完善,也是机械原理和机械设计课程教学的发展。与课堂教学相辅相成,理论与实践相结合,构成了培养学生设计能力、特别是创新设计能力的重要知识支撑点。机械基础综合课程设在教学中占有重要的地位,在培养学生知识和能力的全局中有举足轻重的作用。

## 第四节 机械基础综合课程设计的内容与要求

### 一、机械基础综合课程设计的内容

机械基础综合课程设计的内容如下:

- (1) 根据设计要求确定待设计产品的机械系统运动方案并进行优选。
- (2) 对该方案中的主体机构进行尺度综合。
- (3) 对主体机构进行运动分析和受力分析。
- (4) 绘制机构系统的运动简图。
- (5) 进行机构系统的运动协调设计。
- (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。
- (9) 装配图的草图绘制。
- (10) 装配图的绘制。
- (11) 零件图的绘制。
- (12) 编写设计说明书。
- (13) 答辩。

上述内容通过一个产品的设计全过程来实现。在进行综合课程设计时,学生可穿插进行各部分内容的设计工作。

## 二、机械基础综合课程设计的要求

针对上述设计内容,使学生受到机械设计的全面训练,起到培养学生设计能力、创新能力和工程实践能力的目的。在按照上述内容进行设计的过程中还应做到以下工作要求:

(1) 针对设计题目开展调查研究,了解与待设计题目相类似产品的情况,增加设计的感性知识。

(2) 设计过程中,由于学生是第一次从事机械设计,缺乏实践经验、应认真参加与之相关的机械设计实验。

(3) 综合课程设计完成后,应参加答辩,答辩成绩作为评分的重要依据。

## 第二章 机械运动与机构选型

### 第一节 概述

机械的最重要特征就是通过执行机械运动实现力或能量的传递与变换,因此实现各类机械运动是设计的根本问题。

机械运动的形态很多,但最基本的机械运动有三种:移动、转动和平面运动,其中平面运动可以看做转动和移动的合成,所以最基本的运动是移动和转动。大多数机械的运动形态也是移动和转动。

移动不能无休止的朝某一方向运动下去,所以往复移动的运动形态在机械中应用较多。特别是往复直线移动应用最普遍。曲线移动可以看做运动物体绕其曲线曲率中心的转动,本书不讨论曲线移动。在直线移动运动过程中,有时还需要步进式移动和暂时停顿的移动。

转动是最常见的机械运动。连续单方向转动、往复转动、往复摆动(指转动角度小于 $360^\circ$ )、步进式转动等都是机械中普遍使用的运动形态。而且运转速度可以是等速转动或不等速转动,增加了转动在机械中的应用。

任何复杂的机械离不开上述运动形态。如图 2-1 所示牛头刨床中,安装刀具的刨头作往复直线移动;安装工件的工作台不仅作横向进给直线移动,还可实现直线垂直升降移动。安装刀具的小刀架可相对刨头滑枕作直线移动;刨床的原动机是三相交流异步电动机,其输出运动是高速转动,通过 V 带减速和齿轮变速传动,都是从转动到转动的运动变换,但其转动的速度可发生变化或调整。由动力源提供给工作台横向进给运动是连续转动到步进转动的运动变换。可见,机械运动的巧妙组合就形成了形形色色的机械。

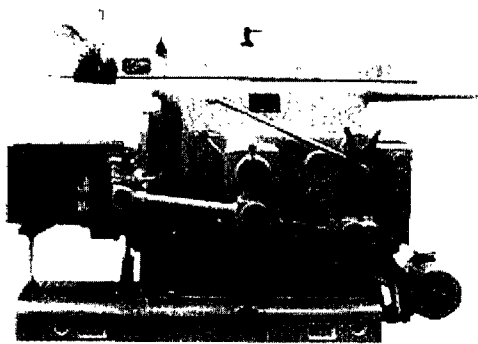


图 2-1 牛头刨床的机械运动

工程中原动机的输出运动基本上都是定轴转动,输出功率为  $P = M\omega$  (其中  $M$  为原动机轴上的输出转矩,  $\omega$  为原动机轴的角速度),为减少相同输出功率的原动机体积与重量,其输出角速度都较大,而工作机构的运转速度一般较低,所以从转动到转动的运动变换是必要的,而且要求有转动速度的大小与方向的变换。也就是说,在机械传动机构中,转动的运动变换及其速度的大小与方向的变换是最常见的机械运动变换。

机器中工作执行机构所要求的运动变换最为复杂,是机械设计中的难点。工作执行机构与机器类型有密切关系,执行机构类型虽多,但其运动变换形式是有限的。一般情况下,转动到

同向转动,转动到反向转动,转动到往复摆动,转动到间歇转动,转动到往复移动,转动到平面运动等运动变换是最常见的运动变换,其次是移动到转动、移动到摆动、移动到移动的运动变换也是常见的机械运动方式。

图 2-1 所示牛头刨床的机构运动简图如图 2-2 所示。其中机构系统  $ABCDEF$  为工作执行机构,其运动变换为转动到往复移动的变换方式。即曲柄  $AB$  的定轴转动变换为滑枕的往复直线移动。齿轮传动机构和带传动机构为从电动机到摆动导杆机构曲柄  $AB$  之间的减速机构。

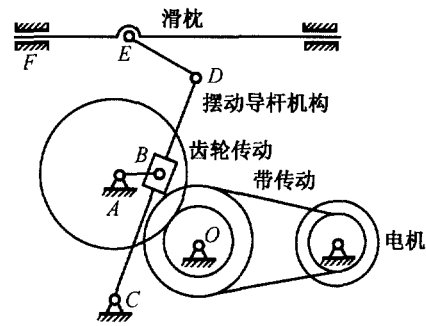


图 2-2 牛头刨床的机构运动简图

可见,工作执行机构的运动变换方式要比传动机构的运动变换复杂。需要对各种基本机构的运动形态有全面的了解才能构思执行机构的运动变换。

## 第二节 基本机构及其运动形态

本书把各种最简单的机构称为基本机构。各种四杆机构、各类齿轮机构、各类凸轮机构、各类间歇运动机构、螺旋机构等都是基本机构。

### 一、基本机构与其运动变换

#### (一) 连杆机构

##### 1. 曲柄摇杆机构及其运动变换

一般情况下,曲柄做等速转动,摇杆做往复摆动。摇杆往复摆动的速度可以相等,也可以不相等。往复摆动的速度变化情况可按行程速比系数的大小来确定。曲柄摇杆机构可实现等速转动到等速往复摆动或等速转动到变速往复摆动的运动变换。

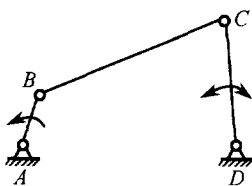


图 2-3 曲柄摇杆机构的基本型

图 2-3 所示为曲柄摇杆机构的基本型示意图。

##### 2. 双曲柄机构及其运动变换

两个连架杆都能做整周转动的铰链四杆机构为双曲柄机构。其中主动曲柄做等速转动,另一个曲柄则做变速转动,以实现等速转动到变速转动的运动变换。图 2-4 为双曲柄机构的基本型。

##### 3. 双摇杆机构及其运动变换

两个连架杆都不能做整周转动的铰链四杆机构为双摇杆机构。在双摇杆机构中,还可分为有整转副的双摇杆机构和没有整转副的双摇杆机构。它们均能实现等速摆动到不等速摆动的运动变换,其基本型如图 2-5 所示。

##### 4. 曲柄滑块机构及其运动变换

一般情况下,曲柄作等速转动,滑块作往复移动,其往复移动速度可以相等,也可以不相等,这取决于行程速比系数的大小。曲柄滑块机构可实现等速转动到等速往复移动或变速往

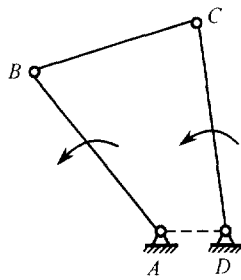


图 2-4 双曲柄机构的基本型

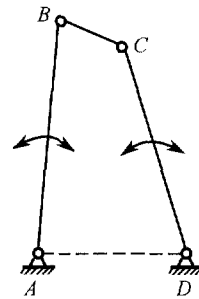


图 2-5 双摇杆机构的基本型

复移动的运动变换。其机构基本型如图 2-6 所示。

### 5. 正弦机构及其运动变换

正弦机构也是一种把曲柄的等速转动转化为往复移动的连杆机构。但其移动的位移与曲柄转角呈现正弦函数的关系。图 2-7 为正弦机构基本型的示意图。

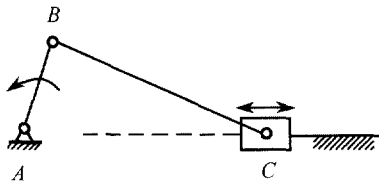


图 2-6 曲柄滑块机构的基本型

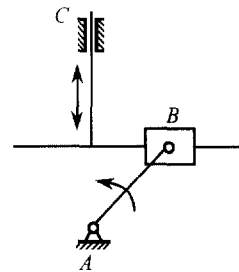


图 2-7 正弦机构基本型

### 6. 正切机构及其运动变换

正切机构是一种把摆杆的等速摆动转化为往复移动的连杆机构。但其移动的位移与摆杆转角呈现正切函数的关系。图 2-8 为正切机构基本型的示意图。

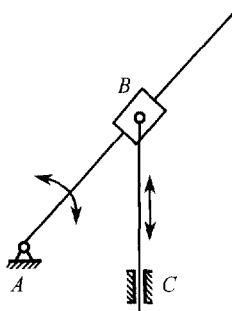


图 2-8 正切机构的基本型

### 7. 转动导杆机构及其运动变换

转动导杆机构也是把曲柄的等速转动转化为导杆的连续转动的连杆机构,导杆的连续转动不等速,且具有急回特征。图 2-9 为转动导杆机构的基本型。

### 8. 曲柄摇块机构及其运动变换

曲柄摇块机构是把曲柄的等速转动转化为摇块的不等速往复摆动,其运动转换原理与曲柄摇杆机构相同。只不过是把摇杆的摆动演化为摇块的摆动。图 2-10 为曲柄摇块机构的基本型。

### 9. 摆动导杆机构及其运动变换

摆动导杆机构是把曲柄的等速转动转化为摆杆的不等速往复摆动,其运动转换原理与曲柄摇杆机构相同。图 2-11 所示为摆动导杆机构。