

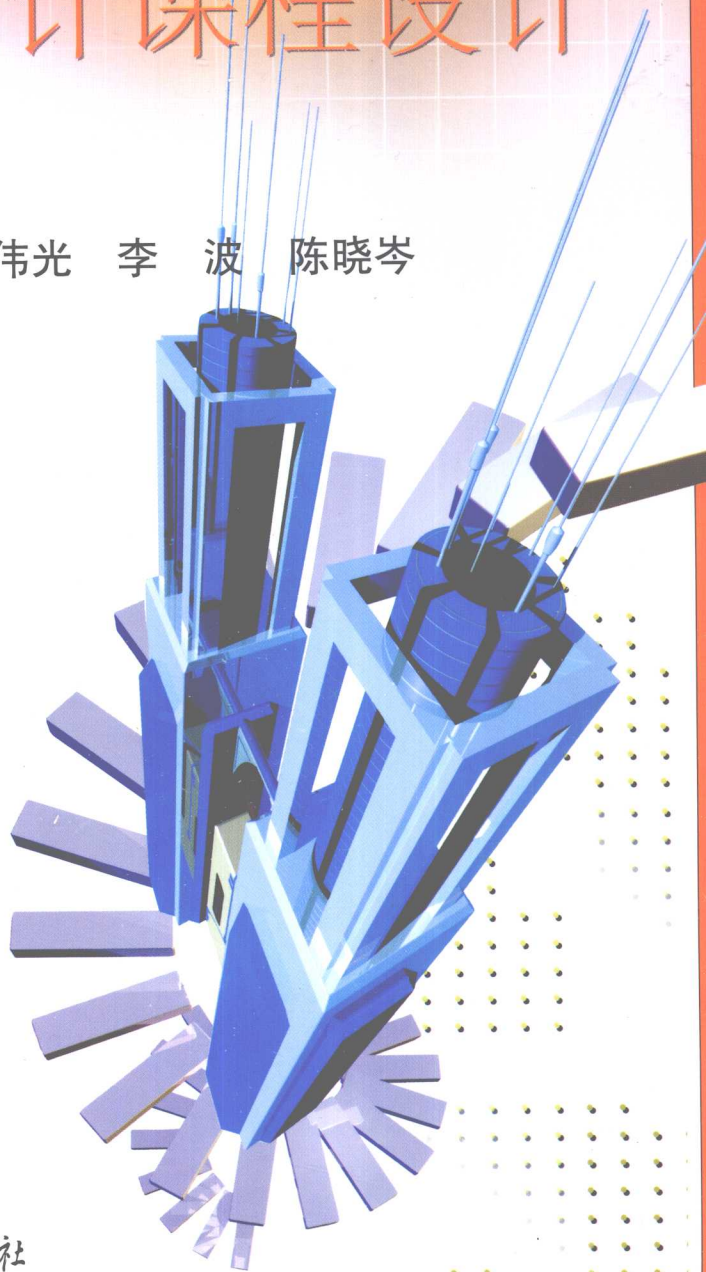


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械设计课程设计

(第二版)

主编 杨光 席伟光 李波 陈晓岑



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械设计课程设计

Jixie Sheji Kecheng Sheji

(第二版)

主编 杨 光 席伟光 李 波 陈晓岑

 高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是与彭文生、李志明、黄华梁主编的普通高等教育“十一五”国家级规划教材《机械设计》(第二版)(含原机械原理、机械设计、机械创新设计等内容)配套使用的系列教材之一。

全书共分10章,主要内容包括概述、机械系统运动方案设计、机械系统运动方案设计实例及题目、机械传动装置设计、结构方案设计、编写设计计算说明书、机械传动装置设计实例及题目、设计资料、参考图例和课程设计答辩参考选题。

本书适用于高等学校机械类和近机械类专业,可作为机械原理、机械设计和机械设计基础等课程的课程设计教材,也可作为机械原理与机械设计综合进行的课程设计教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计课程设计/杨光等主编. —2版. —北京:
高等教育出版社,2010.6
ISBN 978-7-04-029153-7

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第075941号

策划编辑 卢 广 责任编辑 薛立华 封面设计 于 涛 责任绘图 尹 莉
版式设计 马敬茹 责任校对 杨凤玲 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 16.25
字 数 390 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2003年2月第1版
2010年6月第2版
印 次 2010年6月第1次印刷
定 价 22.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29153-00

第二版前言

本书是根据“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”、“教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见”等有关文件精神,在总结第一版使用经验的基础上修订而成的。

为了培养高水平的机械类人才,提高学生的创新意识和工程实际能力,第二版在保持和发扬第一版教材特点的基础上,对内容和结构进一步优化处理,具体进行了以下几项工作:

1. 增加了大量的机械系统运动方案设计题目,第一版只有 6 套运动方案设计题目,本书增加到 20 套。其中一些题目是结合编者所在学校参加 2006 年及 2008 年全国大学生机械创新设计大赛的作品总结和改编的。大部分题目曾作为学生课程设计题目在主编所在学校得到应用。实践证明,这些题目对发挥学生学习的主动积极性和培养学生的创新意识有非常积极的作用。

2. 为了便于教学,编写了 170 余条课程设计答辩参考选题,供教师选用。

3. 根据第一版读者的建议,增加了极限配合、形位公差、表面粗糙度、螺钉连接等方面的资料,使得本书更加实用。

4. 增加了机械传动装置的设计题目。

5. 为了减小篇幅,删除了第一版中具体设计计算过程的源程序等。

参加本书第二版修订工作的有武汉理工大学杨光、李波、陈晓岑、刘宁、罗齐汉;参加部分修订工作并提供有关资料的有武汉科技学院郭毕佳、中国地质大学王玉丹、河南科技大学田同海、华中农业大学宗望远。全书由杨光、席伟光、李波、陈晓岑担任主编。

参加第一版编写工作的冯雪梅、徐建生、杨建鸣、夏先平、王凤兰因工作变动未能参加本版的修订工作,对他们以及关心和帮助本书修订工作的同仁表示由衷的感谢。

本书由全国机械设计教研会名誉理事长、华中科技大学彭文生教授审阅,同时在修订过程中得到一些专家、学者的帮助,在此一并致谢。

由于编者的水平和时间所限,诚恳欢迎广大读者对书中的错误和欠妥之处提出宝贵的批评与建议。

编者

2009 年 3 月

第一版前言

本书是根据《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》等有关文件精神,为适应当前教学改革发展趋势的需要而编写的,与彭文生等主编机械设计主教材配套使用。其主要特点是:

1. 将机械设计课程设计、机械原理课程设计等课程的有关内容,精心重新组合,有机融合及整体优化。在传统设计方法中,引入创新设计、CAD 等内容,以培养学生的整体设计意识和创新思维能力。

2. 题目多样化。既保留部分传统题目,又编入了有关行业的题目。全书共给出 10 种题目,供设计时选用。所选题目中大部分将运动方案设计与传动方案设计有机结合。

3. 本书只摘录了最常用的设计资料。而较详细的设计资料已由山东科技大学、武汉理工大学制成光盘,可供学生机上查阅及绘图。

4. 适用学时和课程多样化。它适用于机械类、近机械类专业,学时为 4 周左右或 3 周左右的课程设计。既可供机械原理与机械设计综合进行的课程设计使用,也可供机械原理或机械设计单独进行的课程设计使用。

参加本书编写的有武汉理工大学李波(第一、七章),杨光(第二章),冯雪梅(第三章),席伟光、刘宁(第四章),罗齐汉(第五章),陈晓岑(第九章、第八章部分);武汉化工学院徐建生(第六章);包头钢铁学院杨建鸣、武汉化工学院夏先平(第八章);沈阳大学王凤兰(第十章、第八章部分)。本书由席伟光、杨光、李波担任主编。

全书由武汉理工大学王均荣教授主审。在编写过程中,得到许多专家、学者的帮助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误之处,诚恳地希望广大读者批评指正。

编者

2002 年 9 月

目 录

第 1 章 概述	1
§ 1-1 机械设计课程设计的目的和内容	1
§ 1-2 机械设计的一般步骤	2
§ 1-3 机械设计课程设计中应注意的问题	3
第 2 章 机械系统运动方案设计	5
§ 2-1 机械运动的主要形式、常用机构及创新机构	5
§ 2-2 机械系统运动简图的方案设计	10
§ 2-3 机构的运动分析	19
§ 2-4 机械系统的动力分析	22
第 3 章 机械系统运动方案设计实例及题目	26
§ 3-1 机械系统运动方案设计实例	26
§ 3-2 机械系统运动方案设计题目	34
第 4 章 机械传动装置设计	57
§ 4-1 机械传动的的基本形式	57
§ 4-2 机械传动的参数计算	64
§ 4-3 传动零件的初步选择	69
第 5 章 结构方案设计	73
§ 5-1 传动零件结构设计	73
§ 5-2 减速器结构设计	91
§ 5-3 减速器装配图	114
§ 5-4 零件工作图	122
第 6 章 编写设计计算说明书	130
§ 6-1 设计计算说明书的内容及要求	130
§ 6-2 书写格式	131
第 7 章 机械传动装置设计实例及题目	134
§ 7-1 机械传动装置设计实例	134
§ 7-2 机械传动装置设计题目	137
第 8 章 设计资料	144
§ 8-1 一般标准与规范	144
§ 8-2 极限配合、形位公差及表面粗糙度	149
§ 8-3 连接	162
§ 8-4 滚动轴承	180
§ 8-5 联轴器	193
§ 8-6 减速器附件	197

§ 8-7 Y 系列三相异步电动机	206
§ 8-8 齿轮及蜗杆、蜗轮的精度	209
第 9 章 参考图例	221
单级圆柱齿轮减速器装配工作图	222
单级圆柱齿轮减速器结构图	224
展开式双级圆柱齿轮减速器结构图	226
分流式双级圆柱齿轮减速器结构图	228
同轴式双级圆柱齿轮减速器结构图	230
单级锥齿轮减速器装配工作图	232
圆锥-圆柱齿轮减速器结构图	234
下置式蜗杆减速器装配工作图	236
上置式蜗杆减速器结构图	238
整体式蜗杆减速器结构图	240
蜗杆-圆柱齿轮减速器结构图	242
第 10 章 课程设计答辩参考选题	244
参考文献	251

第 1 章

概 述

§ 1 - 1 机械设计课程设计的目的和内容

一、机械设计课程设计的目的

机械设计课程设计是机械设计课程教学中的一个重要的实践环节,其目的是:

1) 进一步巩固和加深学生所学的理论知识,通过本环节把机械设计及其他有关先修课程(如机械制图、理论力学、材料力学、工程材料及机械制造基础等)中所获得的理论知识在设计实践中加以综合运用,使理论知识和生产实践密切地结合起来。

2) 机械设计课程设计是高校工科相关专业学生首次进行完整综合的机械设计,通过设计实践,树立正确的设计思想;初步培养学生对机械工程设计独立工作能力;使学生具有初步的机构选型与组合和确定传动方案的能力;使学生借助于计算机掌握机械运动、动力分析和设计的基本方法和步骤,为今后的设计工作打下良好基础;培养团结合作、相互配合的工作作风。

3) 通过设计实践,提高学生的计算、制图能力;使学生能熟练地应用有关参考资料、计算图表、手册、图集、规范;熟悉有关的国家标准和行业标准,以完成一个工程技术人员在机械设计方面所必须具备的基本技能训练。

二、机械设计课程设计的内容

机械设计课程设计是学生首次进行较全面的机械设计训练,其性质、内容及培养学生设计能力的过程不能与专业课程设计或实际工作中的产品设计等同,这里一般选择由机械设计课程所学过的常用机构进行机构选型,选择所学过的大部分零部件所组成的机械传动装置或结构较简单的机械作为设计题目。一般而言应包括以下一些内容:

- 1) 根据工作要求,选择合适的机构类型并组合;
- 2) 按照机械的几何、运动、动力、轨迹等性能要求进行低副机构的尺度综合或高副机构的廓

线设计;

- 3) 对指定的机械进行运动分析和动力分析;
- 4) 视机器工作要求,确定飞轮的转动惯量;
- 5) 机械系统总体传动方案的分析和拟订;
- 6) 电动机的选择与传动装置运动和动力参数的计算;
- 7) 传动件(如齿轮、带及带轮、链及链轮等)的设计;
- 8) 轴的设计;
- 9) 轴承及其组合部件设计;
- 10) 键连接和联轴器的选择与校核;
- 11) 润滑设计;
- 12) 箱体、机架等零件设计;
- 13) 有关附件的设计;
- 14) 装配图与零件图设计与绘制。

三、机械设计课程设计的要求

机械设计课程设计一般要求每个学生完成以下工作:

- 1) 机构运动简图(A4 图纸)一张;
- 2) 低副机构尺度综合或高副机构的廓线设计(或二者)的源程序的编写、上机运行;
- 3) 机械运动分析和动力分析源程序的编写、上机运行;
- 4) 视内容有无,飞轮转动惯量计算源程序的编写、上机运行;
- 5) 总图和传动装置部件装配图(A1 或 A0 图纸)1 张或 2 张;
- 6) 传动件的设计程序编写、上机运行,相关表格、线图的程序化(这部分是否要求完成以及具体内容由指导教师决定);
- 7) 零件工作图若干张(传动件、轴和箱体、机架等,由指导教师指定);
- 8) 设计计算说明书一份。

机械设计课程设计完成后要求进行总结和答辩。

对于不同专业,由于培养要求和学时数不同,选题和设计内容、分量及要求应有所不同。

本书第七章选列若干套机械设计课程设计的题目,供选题时参考。

§ 1 - 2 机械设计的一般步骤

机械是机器和机构的总称。机械的类型、用途、性能和结构特点虽然千差万别,但其设计过程却基本遵循同样的规律,概括而论,机械设计过程一般分为以下几个步骤:

1. 设计准备

阅读和研究设计任务书,明确设计内容和要求;分析设计题目,了解原始数据和工作条件;通过参观实物或模型和观看电教片,查阅有关设计资料以及必要的调研等途径了解设计对象;准备

设计所需资料、上机软件和设计用具等;拟订设计计划。

2. 机械主体机构方案设计

根据机器完成工作的工艺动作分析,提出初步的机构设计方案,通过方案评价确定最佳方案,并在此基础上进行机构的尺度综合,继而完成机构运动简图的绘制。

3. 机械运动分析和动力分析

进行机械运动分析,检验设计机构是否满足预期的要求,如未达到要求应修改设计;确定机构各构件运动参数,为动态静力分析提供条件;根据机械执行构件上所受的载荷,确定机械输入构件应具有扭矩和转速,为选择原动机提供数据;确定运动副总反力,为轴承设计提供依据;对于具有往复运动的机构、承受往复突加载荷或者载荷经常变化的机械,进行飞轮的设计计算。

4. 传动装置的总体设计和传动件等的设计

拟订和确定传动方案,选择电动机,分配传动比,计算各轴上的转速、功率和扭矩,设计传动件(如齿轮等),初算轴径,初选联轴器、轴承和键。

5. 装配草图的设计与绘制

分析和选定传动装置的结构方案;初步绘制装配草图,进行轴的结构设计和轴系部件设计;作轴、轴上零件和轴承部件的结构设计;校核轴的强度、(滚动)轴承的寿命和键、联轴器的强度;设计箱体、机架与相关附件的结构;完善装配草图。

6. 完成装配工作图

在装配草图的基础上绘制装配图;标注主要尺寸、配合、零件序号;编写标题栏、零件明细栏、技术特性及技术要求等。

7. 绘制零件工作图

绘出零件的必要视图,标注尺寸、公差及表面粗糙度,编写技术要求和标题栏等。

8. 编写设计计算说明书

写明整个设计的主要计算和一些技术说明。

9. 设计答辩

有必要指出,设计步骤不是一成不变的,可根据具体情况作适当调整。

§ 1-3 机械设计课程设计中应注意的问题

1. 独立思考,继承创新

任何设计都不可能是设计者独出心裁、凭空设想、不依靠任何资料所能实现的。设计时,必须认真阅读参考资料,继承或借鉴前人的设计经验和成果,但也不能全盘抄袭,应根据具体的设计条件和要求,独立思考,大胆地进行改进和创新。只有这样,才能做出高质量的设计。

2. 强调实用性、经济性

设计内容要针对机器完成的工作,保证设计出的机器工作可靠、操作方便和维修方便。与此同时,也一定要考虑经济性,既要保证制造成本低,也要尽可能降低维护和使用成本。即设计者要力求设计的产品有最优的性能价格比,而切忌盲目追求万能型、高精度。具体零部件的结构和

尺寸,除了考虑其强度和刚度外,还应综合考虑零件本身及整个部件的工艺性要求(如加工和装配工艺性)、经济性要求、使用要求等多方面。

3. 采用“三边”设计方法

在机械设计中,一部分零件可由计算(强度计算和刚度计算)确定零件的基本尺寸,然后通过草图设计确定其具体结构和尺寸;而另有一部分零件(如轴)则需要先经初算和绘草图,得出初步符合设计条件的基本结构尺寸,然后再进行必要的计算,根据计算结果再对结构和尺寸进行修改,甚至重复多次。因此,计算和画图要互为依据,交叉进行。这种边计算、边画图、边修改的“三边”设计方法是经常采用的方法。

4. 使用标准和规范

设计时应尽量使用标准件,这有利于零件的互换性和工艺性,同时也可减少设计工作量、节省设计时间。对于国家标准或部门规范,一般都要严格遵守和执行。设计中采用标准、规范的多少是评价设计质量的一项指标。因此,在设计中,凡有标准或规范的应尽量采用。

5. 及时检查和整理计算结果

设计开始时应准备一本稿本,把设计过程中所考虑的主要问题及一切计算过程和结果记在稿本上,这样便于随时检查和修改。从参考书中摘录的资料和数据以及自己或指导教师提出的问题 and 解决方法,也应及时记在稿本上,以供备查。有这样一本丰富、全面的稿本,会使后阶段编写设计计算说明书变得很轻松,所花时间也很少。

第 2 章

机械系统运动方案设计

§ 2 - 1 机械运动的主要形式、常用机构及创新机构

一、机械运动的主要形式

1. 基本运动

机械中平面机构的构件常见运动形式有回转运动、直线运动和平面复合运动三种。其中,回转运动和直线运动是最简单(单自由度)的机械运动形式,故称之为构件的基本运动形式。按运动有无往复性和间歇性,基本运动又可以分为以下几种形式:

- 1) 单向转动 如曲柄、转动导杆、齿轮、轴的运动;
- 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、棘轮和不完全齿轮机构的运动。

当然,与间歇运动机构串联使用后,前四种基本运动形式也可以组合成带间歇性的单向转动、往复摆动、单向移动或往复移动。

2. 复合运动

平面复合运动是由两个或两个以上基本运动合成的。例如铣床工作台的运动是由纵向移动与横向移动合成的平面复合运动,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做是随该构件上基点的运动与绕基点的转动的合成。机械中构件的运动往往是有周期性的,在一个运动周期里,作平面复合运动的构件上任意一点的轨迹是一条封闭曲线。例如平面连杆机构的连杆,其上任意一点的轨迹(连杆曲线)是条封闭曲线;双滑块机构的连杆,其上任意一点作椭圆运动。

二、机构的功能及常用机构

1. 机构的功能

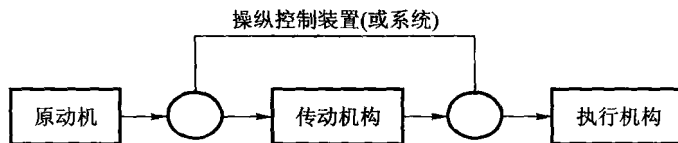


图 2-1 机器的四个组成部分

现代机器是由原动机、传动机构、执行构件和操纵控制装置(或系统)四部分组成的(图 2-1)。原动机最普遍的运动方式是转动,如电动机、内燃机和液压马达等;有时也用作往复运动的构件作为原动件,如液压缸或气缸中的活塞。原动机运动的单一性与生产要求执行构件的运动具有多样性之间的矛盾全靠应用各种机构进行运动变换,并加以合理的操纵和控制来协调统一。运动变换包括运动形式、运动速度、运动方向的变换与运动的合成或分解等。从原动机到执行构件之间,还需要有机构来传递动力。机构的功能就是指机构进行运动变换和传递动力的能力,机构的基本功能可以概括为如下几种:

- 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;
- 7) 实现某些特殊功能,如具有增力、增程、微动、急回特性,利用自锁或死点位置实现夹紧、支承等。

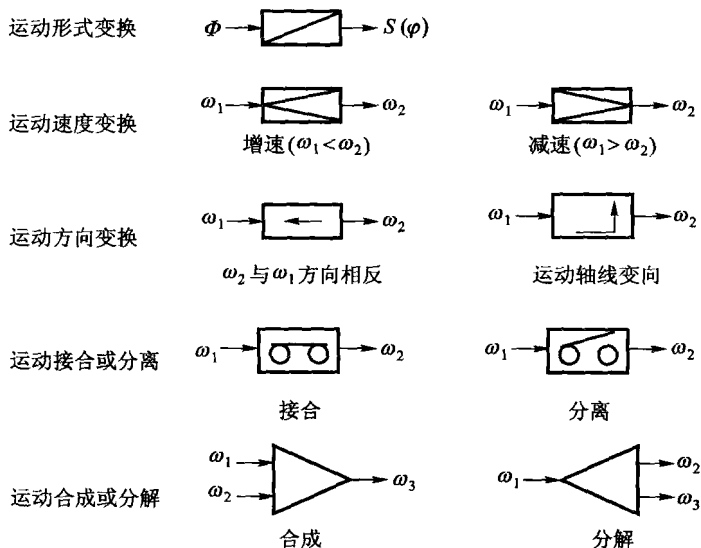


图 2-2 机构基本功能的符号

机构的常用功能可以用图 2-2 所示的符号表示。

2. 常用机构的类型、特点及适用范围

常用的机构有斜面机构、螺旋机构、摩擦轮传动机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、连杆机构、带传动机构和链传动机构等,其类型、特点和适用范围见表 2-1。

表 2-1 常用机构的类型、特点及适用范围

类型	机构名称	运动变换	特点	适用范围或应用举例	
低副直接传动	斜面机构	将运动变成另一方向的移动,升角 $\lambda \leq$ 摩擦角 φ 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 ^①	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	摩擦轮传动	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. 具有过载保护; 3. 传递不准确,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	盘形凸轮移动凸轮	可将凸轮的转动(或往复移动)变成从动件的往复移动或摆动	1. 从动件可实现预期任意运动规律的往复运动; 2. 高副接触,易磨损; 3. 受压力角和机构尺寸限制,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 ^① 端面凸轮 ^①	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	广泛应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方向
		锥齿轮 ^①	可传递两相交轴匀速运动		
		交错轴斜齿轮 ^①	可传递两交错轴匀速运动	点接触,易磨损,承载能力较差	
		蜗杆蜗轮 ^①		传动比大,传动平稳,但发热量大,效率低	
	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,适用于低速机械
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					

续表

类型	机构名称	运动变换	特点	适用范围或应用举例
通过中间刚性构件间接传动的机构	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	<ol style="list-style-type: none"> 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,承载能力强; 4. 惯性力不好平衡 	主要用于运动形式和运动速度的变换,不太适于高速运动
通过中间挠性构件间接传动的机构	带传动	平带	可变换运动速度和方向	<ol style="list-style-type: none"> 1. 摩擦传动,具有过载保护性能; 2. 有弹性滑动,传动精度低,效率低 结构简单,可实现较长距离的传动,适于高转速、小转矩传动
		V带	可变换运动速度	
		同步带	属于啮合传动	
	链传动	可变换运动速度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 啮合传动; 2. 结构简单,可实现较长距离的传动; 3. 有速度多边形效应,运动均匀性较差 	可实现较长距离的传动,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

常用机构所能实现的运动规律或轨迹都有一定的局限性。为了使机构获得更复杂的运动特性,扩大其应用范围,以满足实际生产中提出的多种多样的运动要求,可以通过对常用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形式,其他四杆机构都可以看成是由铰链四杆机构通过改变运动副或构件的尺寸、改变运动副的形式、改变运动副元素、取不同构件作机架或增加辅助构件演变而成的,演变过程可参看机械设计教材的有关机构的组成和机构变换方面的内容。

采用变异法还能将一种机构演变成另一种机构。例如,如图 2-3a 所示的直槽导杆机构,当曲柄 1 逆时针由 O_1A 转过角度 2φ 到 O_1B 时,导杆 2 从 O_2A 顺时针转过角度 2ψ 到 O_2B (注意: $O_1A \perp O_2A, O_1B \perp O_2B$), 曲柄继续由 B 转至 A 时,导杆又从 O_2B 摆回到 O_2A 。如果在结构上作一些变化,如图 2-3b 所示,将滑块变成滚子,并将导杆 2 做成轮状,而在轮上每隔 2ψ 角度开一个槽,然后以 O_2 为圆心、 O_2A 为半径作圆,沿该圆将轮分为 2 和 2' 两部分,两部分都能绕 O_2 转动。这样,当曲柄由 A 逆时针转到 B 时,滚子在轮 2 的槽 I 中滑动,推动轮 2 顺时针转过 2ψ 角度,到

达 O_2B 位置(此时 $2'$ 不动), 轮 2 的槽 VI 转至位置 A; 曲柄继续转动时, 滚子由 B 进入 $2'$ 的槽 II 中, 推动轮 $2'$ 逆时针转过角度 2ψ 到达位置 A (此时轮 2 不动), 轮 $2'$ 的槽 II 和轮 2 的槽 IV 在位置 A 对齐。以此类推, 曲柄连续转动时, 轮 2 和轮 $2'$ 依次作单向间歇转动。通常, 轮 2 和轮 $2'$ 分别与曲柄 1 单独组成机构, 1 和 2 组成外槽轮机构(图 2-4a), 1 和 $2'$ 组成内槽轮机构(图 2-4b)。这样, 导杆机构就变异成为槽轮机构。

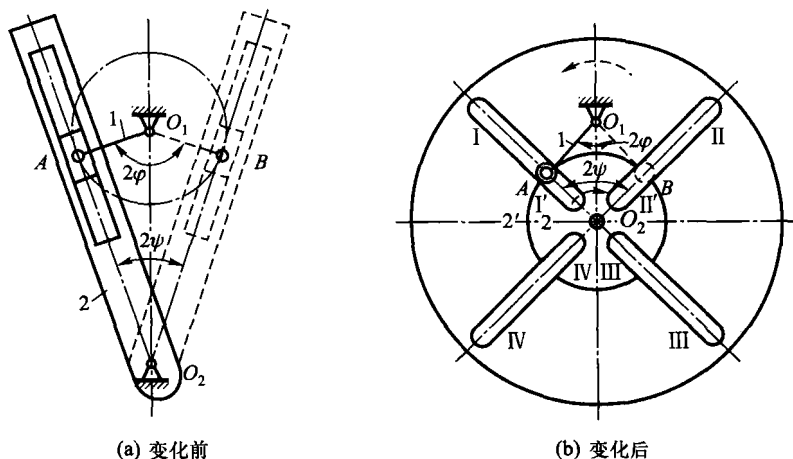


图 2-3 直槽导杆机构

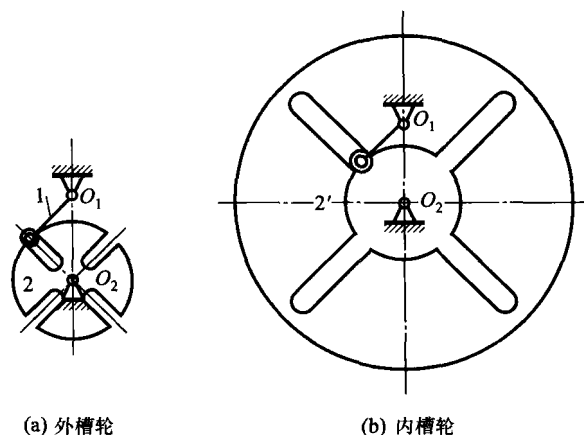


图 2-4 槽轮机构

又如, 将直线廓形的移动凸轮卷在圆柱体上变为螺旋线, 于是平面直动从动件移动凸轮便变异为空间螺旋机构。再如, 将齿轮机构中主动轮的齿数适当减少一些, 则将其变异成有间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的内在联系, 也是创新机构的重要方法之一。

2. 组合法

组合法是另一种重要的机构创新方法, 它运用串联组合、并联组合、反馈组合和时序组合等方式将两个或多个常用机构或其变异机构按一定的关系连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同点, 并使组合后的机构具有新的

性质和功用。

串联组合是将各个单自由度机构依次连接,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。图 2-5a 所示为齿轮机构与铰链四杆机构的串联,齿轮机构输出构件 2 作为四杆机构的输入构件。其功能框图如图 2-5b 所示。

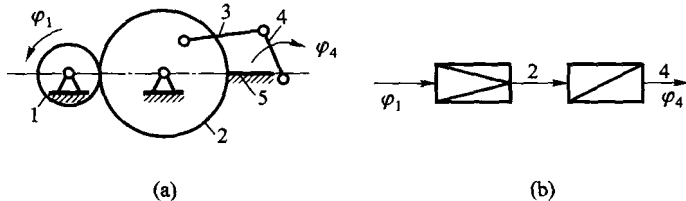


图 2-5 机构的串联组合

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(图 2-6)中,两个单自由度机构并列,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,也可以共用一个原动件,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,直接将原动件的运动输出到合成机构。而反馈机构(图 2-7)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。利用反馈组合法可以设计出误差校正机构,对运动误差进行补偿。反馈组合机构具有运动可逆性,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 2-6),反之亦然。

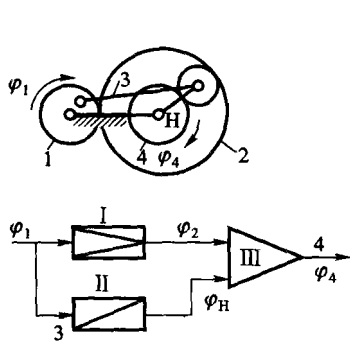


图 2-6 机构的并联组合

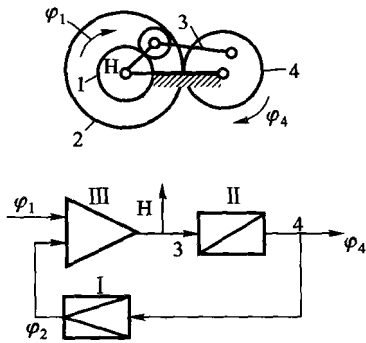


图 2-7 机构的反馈组合

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。

§ 2-2 机械系统运动简图的方案设计

要完成一个具体的生产任务,设计机械运动方案的过程大致是:①确定机械的工作原理;②