



普通高等教育机械工程实验教学示范中心“十三五”规划系列教材

机械设计基础实验指导书

JIXIE SHEJI JICHU SHIYAN ZHIDAOSHU

主 编 文长海 周旭东 陈周娟

TH122-33
16



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育机械工程实验教学示范中心“十三五”规划

机械设计基础 实验指导书

主 编 文长海 周旭东 陈周娟
副主编 刘艳华 鲍成伟



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

“机械设计基础实验”是高等工科院校机械基础实验的核心内容之一,它对培养学生的工程实践能力、科学实验能力、创新能力及动手能力有着重要的作用。

本实验指导书根据机械设计基础课程要求编写,共分两篇,内容主要包括机构认知实验、机构运动简图测绘及分析实验、渐开线齿廓的展成原理实验、机构运动创新方案实验、机械零部件认知实验、带传动性能实验、液体动压润滑实验、轴系结构设计实验、减速器拆装实验、机械传动系统创新设计实验等。

本书可作为高等工科院校机械类、近机械类“机械设计基础”、“机械原理”等课程的实验教材,也可作为相关人员进行教学、科研及开展实际工作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验指导书/文长海,周旭东,陈周娟主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.7
普通高等教育机械工程实验教学示范中心“十三五”规划系列教材
ISBN 978-7-5680-1120-4

I. ①机… II. ①文… ②周… ③陈… III. ①机械设计-实验-高等学校-教材 IV. TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 179496 号

机械设计基础实验指导书

文长海 周旭东 陈周娟 主编

策划编辑:俞道凯

责任编辑:姚同梅

封面设计:潘 群

责任校对:曾 婷

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:4.5

字 数:112千字

版 次:2015年9月第1版第1次印刷

定 价:12.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

总 序

为提高实验教学质量,统一实验教学标准和作业方法,启发和引领学生积极思考和探索,北京理工大学珠海学院、成都理工大学、西北工业大学明德学院、运城学院的老师们基于机械相关专业的人才培养教学方案,并结合各自丰富的实践教学经验,共同编写了机械专业系列实验指导丛书。

本系列实验指导书主要面向应用型本科院校理工科基础专业的学生。与以往相似的实验指导书相比,本系列实验指导书有如下特色:

首先,本系列实验指导书在实验操作指导方面的内容更详细,图文并茂的实验步骤说明更为具体,使学生能快速掌握实验过程和方法;

其次,本系列实验指导书在实验操作指导过程中穿插相对应的理论知识讲解,使实践与理论结合更为紧密,能有效帮助和引导学生在进行实验时高效地回顾理论课上所学习的相关理论知识,从而加深学生对相关知识要点的理解和应用;

再次,本系列实验指导书还将实验报告进行了规范整理,从重点内容梳理、数据记录、表格设计到计算结论等都进行了统一的规范,学生在整理实验报告时可以节省大量的时间,直接借用规范的报告格式就可以输出记录,从而提高学生实验效率;

最后,在思考题的设计上也为学生进一步巩固和加深对重要知识要点的理解、增强理论联系实际的能力,提供了积极的、有效的创新探索思路。

希望本系列实验指导丛书能像一盏明灯,照亮高校实验教学工作的前景,在给使用者提供更高效、便捷的指导的同时,能给大家带来更多的关于创新模式的启发。同时,我们也真诚地希望使用者在使用本系列实验指导书的同时,能给编者提出宝贵的意见和建议,帮助其不断提高本系列实验指导书的质量。

国家级教学名师
教授 焦永和

2015.5.16

前 言

“机械设计基础”是机械类和近机械类专业的一门技术基础课,强调与工程实践相结合,在专业教学计划中起着承上启下的作用。

根据国家教委印发的《机械设计基础课程教学基本要求》(1995年修订版),实验课是“机械设计基础”课程教学中的一个重要教学环节,它不仅可以加深对“机械设计基础”课程中基本概念、基本理论的理解,而且可以培养学生的工程实践认知能力和创新设计能力。

本实验指导书是根据“机械设计基础”课程教学大纲要求,结合编者多年实践教学经验编写而成的。全书分为机械原理实验和机械设计实验两篇,包括机构认知实验、机构运动简图测绘及分析实验、渐开线齿廓的展成原理实验、机构运动创新方案实验、机械零部件认知实验、带传动性能实验、液体动压润滑实验、轴系结构设计实验、减速器拆装实验、机械传动系统创新设计实验等。每个实验包括实验目的、实验原理、实验步骤、实验报告等内容。

本书由文长海、周旭东、陈周娟担任主编,由刘艳华、鲍成伟担任副主编。

在编写过程中,编者参考了有关的教材、兄弟院校实验教材及仪器设备使用说明,谨此深表谢意。

由于编写水平有限,书中难免存在疏忽错漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2015年5月

目 录

第 1 篇 机械原理实验	(1)
1.1 机构认知实验	(1)
1.2 机构运动简图测绘及分析实验	(3)
1.3 渐开线齿廓的展成原理实验	(5)
1.4 机构运动创新方案设计实验	(7)
第 2 篇 机械设计实验	(21)
2.1 机械零部件认知实验	(21)
2.2 带传动性能实验	(24)
2.3 液体动压润滑实验	(30)
2.4 轴系结构设计实验	(36)
2.5 减速器拆装实验	(41)
2.6 机械传动系统创新设计实验	(42)
实验报告	
机构认知实验	(45)
机构运动简图测绘及分析实验	(47)
渐开线齿廓的展成原理实验	(49)
机构运动创新方案实验	(51)
机械零部件认知实验	(53)
带传动性能实验	(55)
液体动压润滑实验	(57)
轴系结构设计实验	(59)
减速器拆装实验	(61)
机械传动系统创新设计实验	(63)
参考文献	(65)

第 1 篇 机械原理实验

通过机械原理实验,旨在使学生进一步了解和巩固本课程的主要理论知识和方法,使学生初步了解各种机构的组成、工作原理及运动特点,培养对各种常用机构的分析与设计能力;通过创新设计,使学生对机器的总体感性认识上升为理性认识,培养学生的创新意识,提高其创新能力。

1.1 机构认知实验

1.1.1 实验目的

- (1) 了解常用机构的结构、类型、特点及应用。
- (2) 增强学生对机构与机器的感性认识。

1.1.2 实验设备

- (1) 机械原理陈列柜。主要展示凸轮机构、平面连杆机构、齿轮机构、轮系、间歇机构以及组合机构等常见机构的基本类型和应用,演示机构的传动原理。
- (2) 各种典型机构的模型。

1.1.3 实验原理

机器的主体部分是由机构组成的,一部机器包含一个或若干个机构,除传递运动和力之外,还具有变换或传递能量、物料、信息的功能。机构只是一个构件系统,机构各构件之间具有确定的相对运动,只用于传递运动和力。构件是运动单元,它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。

1.1.4 实验方法

陈列室展示各种常用机构的模型,通过模型的动态展示,增强学生对机构与机器的感性认识。实验教师只做简单介绍,提出问题,供学生思考,学生通过观察,了解常用机构的结构、类型、特点,对学习“机械设计基础”课程产生一定的兴趣。

1.1.5 实验内容

1. 对机器的认识

通过对实物模型和机构的观察,学生可以认识到,机器是由一个机构或几个机构按照一定运动要求组合而成的,两构件直接接触并能产生一定运动的连接称为运动副,进而掌握各种机构的运动特性,以利于研究机器的特性。

2. 平面四杆机构

平面连杆机构中结构最简单、应用最广泛的是四杆机构。平面四杆机构分为三大类:铰

链四杆机构、单移动副机构、双移动副机构。

(1) 铰链四杆机构,它是平面四杆机构的基本形式,其他形式的四杆机构可视为在它的基础上演化而来。根据两连架杆是曲柄还是摇杆,铰链四杆机构分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构。

(2) 单移动副机构,它是以一个移动副代替铰链四杆机构中的一个转动副演化而成的,可分为曲柄滑块机构、曲柄摇块机构、转动导杆机构和摆动导杆机构等。

(3) 双移动副机构,它是带有两个移动副的四杆机构,把两个移动副倒置也可得到曲柄移动导杆机构、双滑块机构和双转块机构。

3. 凸轮机构

凸轮机构常用于把主动构件的连续运动转变为从动件按照预定规律的运动。只要适当设计凸轮廓线,便可以使从动件获得预定的运动规律。

凸轮机构的优点:只要适当地设计出凸轮的轮廓曲线,就可以使推杆得到各种预期的运动规律;结构简单、紧凑。凸轮机构的缺点:凸轮廓线与从动件之间为点、线接触,易磨损,所以凸轮机构多用于传力不大的机械,尤其广泛应用于自动机械、自动控制装置中。

凸轮机构的基本构件为凸轮、从动件及机架。

凸轮机构的类型较多,常根据凸轮和从动件的形状及其运动形式的不同来分类。

4. 齿轮机构

齿轮机构是应用最广泛的一种传动机构。它可用来传递空间任意两轴间的运动和动力,具有传递功率范围大、传动效率高、传动准确、使用寿命长、工作平稳可靠等特点。根据空间两轴间的相对位置,齿轮传动机构分为平行轴齿轮传动机构、相交轴齿轮传动机构、交错轴齿轮传动机构三大类。

(1) 平行轴齿轮传动机构有直齿圆柱齿轮传动机构、斜齿圆柱齿轮传动机构、人字齿齿轮传动机构、齿轮齿条传动机构等。

(2) 相交轴齿轮传动机构有锥齿轮传动机构,其齿轮的轮齿分布在一个截锥体上,两齿轮的轴线夹角为 90° 。

(3) 交错轴齿轮传动机构有螺旋齿轮传动机构、圆柱蜗杆传动机构,准双曲面齿轮传动机构等。

齿轮的基本参数有齿数 z 、模数 m 、分度圆压力角 α 、齿顶高系数 h_a^* 、顶隙系数 c^* 等。

5. 轮系

轮系是由一系列的齿轮所组成的齿轮传动系统。根据轮系运转时,其各个齿轮的轴线相对于机架的位置是否固定,将轮系分为三大类。

(1) 定轴轮系 在轮系运转时,各个齿轮的轴线相对于机架的位置都是固定的,这种轮系称为定轴轮系。

(2) 周转轮系 如果在轮系运转时,其中至少有一个齿轮轴线的位置不固定,而是绕着其他齿轮的固定轴线回转,这种轮系就称为周转轮系。

在周转轮系中:既自转又公转的齿轮称为行星轮;几何轴线的位置固定不动的齿轮称为太阳轮,它们分别与行星轮相啮合;用于安装行星轮并绕固定轴线回转的构件称为行星架或系杆。行星轮、太阳轮、行星架及机架组成周转轮系。在一个基本的周转轮系中,行星轮可有多,太阳轮的数量不多于两个,行星架只能有一个。

按自由度数目,周转轮系可分为差动轮系和行星轮系。

(3) 复合轮系 轮系中既包含定轴轮系部分,又包含周转轮系部分,或者轮系由几个周转轮系组成,这种轮系称为复合轮系。

6. 其他常用机构

其他常用机构有棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构等。

7. 组合机构

实际应用的机器设备、仪器仪表等的运动机构,都是由一个或几个机构按照一定的运动要求串、并联组合而成的,这些运动机构就称为组合机构。

1.1.6 实验步骤

(1) 观察陈列柜中的各种机构并认真听同步讲解,了解常用基本机构的类型、组成及特点。

(2) 观察典型机器模型的组成和结构特点。

1.2 机构运动简图测绘及分析实验

1.2.1 实验目的

(1) 学会根据各种机械实物或模型绘制机构运动简图和正确标注机构的运动学尺寸。

(2) 加深对机构的组成原理和机构自由度的含义的理解,掌握机构自由度的计算方法及其具有确定运动的条件。

(3) 了解机械运动简图与实际机械结构的区别。

1.2.2 实验设备和工具

(1) 各种机器(牛头刨床、插齿机、内燃机等)或机构实物,模型。

(2) 测量工具:钢直尺,内、外卡规。

(3) 绘图工具(学生自备):三角板、直尺、圆规、铅笔、橡皮擦、草稿纸。

1.2.3 实验原理

由于机构的运动仅与机械中所包含的构件数和构件所组成的运动副的数目、种类、相对位置有关,因此,在绘制机构运动简图时,可以撇开构件的复杂外形和运动副的具体构造,而用简略的符号来代表构件和运动副(见表 1.1),并按一定的比例尺绘出各运动副的相对位置和机构结构,以此表明实际机构的运动特性,从而便于进行机构的运动分析和动力分析。

1.2.4 测绘方法与步骤

(1) 使被测绘的机构或模型缓慢地运动,从原动件开始仔细观察机构的运动,分清各个运动构件,从而确定组成机构的数目。对两个构件的相对运动非常微小而不易察觉到的地方应特别加以注意,切不可误认为刚性连接。

(2) 根据相连接的两构件间的接触情况及相对运动的性质,确定各个运动副的类型。

(3) 选择恰当的视图,并在草稿纸上徒手按规定的符号及构件的连接次序逐步画出机构运动简图的草图,用数字 1,2,3,...分别标出各构件,用字母 A,B,C,...分别标出各运动副的位置,然后用箭头标出原动件(机构运动简图适用标准为 GB/T 4460—2013,该标准对运动副、构件的表示符号做了规定,表 1.1 摘录了一些常用符号,供参考)。

(4) 计算机构的自由度,并以此检查所绘机构运动简图的草图是否正确。应当注意,在计算自由度时应除去局部自由度及虚约束。

(5) 自由度检查无误后,仔细测量机构各运动副间相对位置(即运动尺寸),最后按一定比例尺将草图绘成正式的机构运动简图。

$$\text{比例尺} = \frac{\text{实际长度(mm)}}{\text{图上尺寸(mm)}}$$

计算平面机构自由度公式为

$$F = 3n - 2P_1 - P_h$$

式中: n ——活动构件数目;

P_1 ——低副数目;

P_h ——高副数目。

在自由度计算中应注意虚约束、局部自由度、复合铰链。

1.2.5 实验安排

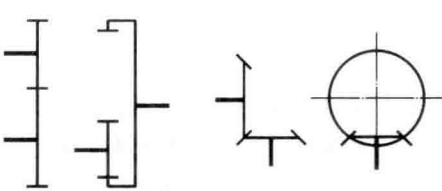
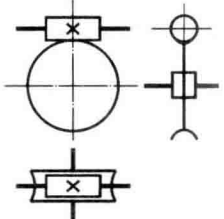
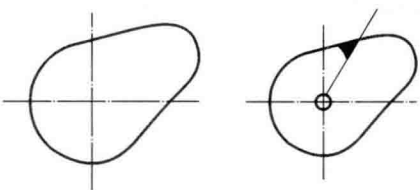
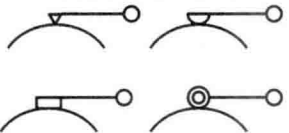
(1) 先由指导老师对测绘过程进行讲解示范,然后由学生分组进行测验。

(2) 每个同学应测绘 3~4 个机构,对指定必须按比例尺作正规的机构运动简图的机构,应认真测量其有关尺寸,其他不必按比例绘制的机构结构简图可用目测法使构件大致成比例,以便分析。

(3) 实验后,学生应将实验数据、计算结果等直接填入实验报告内,绘制好机构结构图和机构运动简图,交老师批阅。

表 1.1 常用运动副、构件的表示方法

构件	双副	
	三副	
转动副	两构件为活动构件	
	有一个构件固定	
移动副	两构件为活动构件	
	有一个构件固定	

高副	齿轮副		
	凸轮副		凸轮从动件的符号 

1.3 渐开线齿廓的展成原理实验

1.3.1 实验目的

- (1) 掌握用展成法切制渐开线齿轮的基本原理。
- (2) 观察渐开线齿轮的轮廓曲线形成过程,了解齿轮的根切现象及避免根切的方法。
- (3) 分析比较标准齿轮和变位齿轮在形状和几何尺寸等方面的异同点。

1.3.2 实验仪器和工具

- (1) 齿轮展成仪。

在本实验中,齿条刀具的主要参数为 $m=20\text{ mm}$, $\alpha=20^\circ$, $h_a^*=1$, $c^*=0.25$ 。

被切齿轮的主要参数为 $m=20\text{ mm}$, $\alpha=20^\circ$, $z=10$, $h_a^*=1$, $c^*=0.25$ 。

- (2) 学生自备: H 铅笔、圆规、三角板、剪刀、橡皮擦。一张剪好的圆形图纸,将其画成三等份并分别画出分度圆以及标准齿轮、正/负变位齿轮的齿顶圆和齿根圆,并在中心剪一个 $\phi 50\text{ mm}$ 的圆孔(安装用),如图 1.1 所示。



图 1.1 齿轮毛坯样图

1.3.3 实验原理

1. 齿轮展成法原理

展成法是利用一对齿轮(或齿轮齿条)互相啮合时,共轭齿廓互为包络线的原理来加工齿轮的。加工时,其中一轮为刀具,另一轮为轮坯,刀具和轮坯在机床链作用下保持定传动比传动,完全和一对真正的齿轮相互啮合传动一样;刀具做径向进给运动的同时,还沿轮坯的轴向做切削运动。这样切出的齿廓就是刀刃在各个位置的包络线。若以渐开线作为刀具

的齿廓,可以证明其所包络出的齿廓必为渐开线。今用渐开线(基圆半径为无限大时渐开线为一倾斜直线)齿廓齿条加工齿轮,那么刀具刀刃在各个位置的包络线就是渐开线,即加工出的齿廓为渐开线齿廓。

2. 展成仪的构造及工作原理

图 1.2 为齿轮展成仪简图。被加工齿轮毛坯 1 安装在机架上,并可绕机架上的固定轴 O 转动;代表切齿刀具的齿条做在溜板 2 上,移动溜板时轮坯 1 上的分度圆与溜板 2 上的齿条节线做纯滚动。松开螺钉 4 即可调整齿条刀具相对于轮坯中心的距离。因此,齿条可以安装在与毛坯 1 距离不同的各个位置上。如果把齿条中线移动到与毛坯 1 的分度圆相切的位置,则可以绘出标准齿轮的齿廓,当齿条 2 的中线与毛坯 1 的分度圆间有距离时(其移距量 x_m 可以在溜板 2 的刻度上直接读出来),则可按移距的大小和方向,绘出各种正移距或负移距变位齿轮。

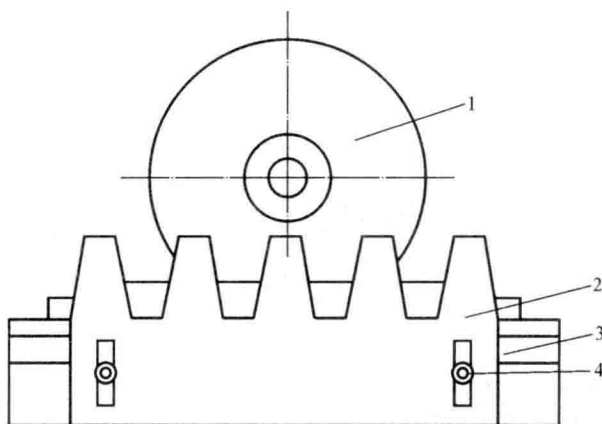


图 1.2 齿轮展成仪

1—毛坯;2—溜板;3—机架;4—螺钉

因为在实际加工时,看不到刀刃包络形成轮齿的过程,所以通过齿轮展成仪来表现这一过程,用铅笔将刀刃切削时所处的各个位置描绘在轮坯纸上,就能清楚地观察到轮齿展成的过程。

1.3.4 实验步骤

(1) 根据齿条刀具的模数 m 和被加工齿轮的齿数 z ,计算出分度圆直径,以及标准齿轮、正/负变位齿轮的基圆、齿根圆及齿顶圆直径,将计算结果填在实验报告的表中。

(2) 对准中心,将扇形图纸(轮坯)安装在固定轴上,调节中线与轮坯分度圆相切,用压环和圆螺母压紧。

(3) 开始切制齿轮时,将刀具推到最左边,然后每次把溜板向右推动一小距离时,在代表轮坯的图纸上,用铅笔描下刀具刀刃的位置,直到形成 2~3 个完整的齿形为止。

(4) 使刀具离开轮坯中心,正向移距,绘出齿廓,观察齿廓形状,看齿顶有无变尖现象。

(5) 使刀具接近轮坯中心,负向移距,绘出齿廓,观察齿廓形状,看有无根切现象。

(6) 比较所得的标准齿轮和变位齿轮的齿厚、齿距、齿顶厚、基圆齿厚、齿根圆、齿顶圆、分度圆和基圆,观察其相对变化特点。

1.4 机构运动创新方案设计实验

1.4.1 实验目的

(1) 培养学生对机械系统运动方案的整体认识,加强学生的工程实践训练,拓宽学生的知识面,培养学生的创新意识、综合设计及工程实践动手能力。

(2) 通过机构的拼接,发现一些基本机构及机械设计中的典型问题,通过解决问题,加强学生对运动方案设计中的基本知识的理解,使学生对机构系统的运动特性有一个更全面的了解。

(3) 加深学生对平面机构的组成原理、结构组成的认识,了解平面机构组成及运动特性,进一步掌握机构运动方案构型的各种创新设计方法。

1.4.2 实验设备和工具

(1) 机构运动方案创新设计实验台。

(2) M5、M6、M8 内六角扳手各 2 件、150~200 mm 活动扳手各 1 件、1 m 卷尺 1 件。自带铅笔、纸张。

1.4.3 实验台的构造

机构运动方案创新设计实验台设备包括机架及其组件,分别详述如下。

1. 机架

实验台机架如图 1.3 所示。机架中有 5 根竖直立柱,它们可沿水平方向移动。移动时用双手推动并尽可能使立柱在移动过程中保持竖直状态。立柱移动到预定的位置后,用螺栓将立柱上、下两端锁紧,不允许将立柱上、下两端的螺栓卸下。立柱上的滑块可沿竖直方向移动。将滑块移动到预定的位置后,用螺栓将滑块紧定在立柱上。按图示方法即可在水平和竖直平面内确定一个固定点,这样活动构件相对机架的连接位置就确定了。

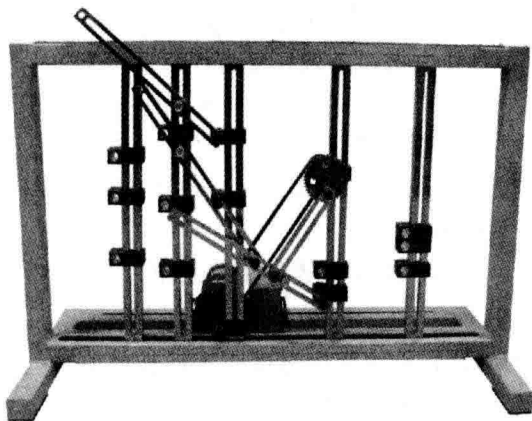


图 1.3 机构运动方案创新设计实验台机架

2. 其他组件

(1) 凸轮和高副锁紧弹簧 实验台根据需要配备了内、外偏心圆盘凸轮(偏心距 $e=20\text{ mm}$)、移动凸轮及圆柱凸轮,并配有各种不同的凸轮从动杆件。凸轮(见图 1.4)基圆半径为 18 mm ,从动推杆的行程为 30 mm 。从动件按正弦加速度运动规律运动,凸轮与从动件的高副形成是依靠弹簧力的锁合。凸轮与弹簧各 4 件。

(2) 齿轮 模数为 2,压力角为 20° ,齿数分别为 34 和 42,两齿轮中心距为 76 mm ,两种齿数的齿轮各 4 件。

(3) 齿条 模数为 2,压力角为 20° ,单根齿条全长为 422 mm ,4 件。

(4) 槽轮及拨盘组件 实验台专门配有槽轮及其组件一套(见图 1.5),可供机构传动实验时选用。

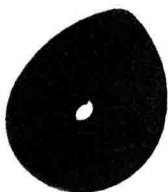


图 1.4 凸轮



图 1.5 槽轮及拨盘组件

(5) 主动轴 动力输入用轴,轴上有平键槽。长度为 5 mm 、 20 mm 、 35 mm 、 50 mm 的各 4 件,长度为 65 mm 的 2 件。

(6) 转动副轴 I 主要用于跨层面(即非相邻平面)的转动副或滑动副的形成。有长度为 5 mm 的 6 件,长度为 15 mm 的 4 件,长度为 30 mm 的 3 件。

(7) 扁头轴 又称从动轴,轴上无键槽,主要起支承零件及传递运动的作用。有长度为 5 mm 的 16 件,长度为 20 mm 、 35 mm 的各 12 件,长度为 50 mm 的 10 件,长度为 65 mm 的 8 件。



图 1.6 连杆

(8) 主动滑块插件 与主动滑块座固连,可组成做直线运动的主动滑块。长度为 40 mm 、 55 mm 的各 1 件。

(9) 主动滑块座 与直线电动机齿条固连形成主动件,且随直线电机齿条做往复直线运动,1 件。

(10) 连杆(或滑块异向杆) 如图 1.6 所示,其长槽与滑块形成移动副,其圆孔与轴形成转动副。长度为 50 mm 、 100 mm 、 150 mm 、 200 mm 、 250 mm 、 300 mm 、 350 mm 的各 8 件,可根据需要选择。

(11) 压紧连杆用特制垫片 将连杆固定在主动轴或固定轴上时用,规格为 $\phi 6.5$,16 件。

(12) 转动副轴 II 与固定转轴块配用时可在连杆长槽的某一选定位置形成转动副,也可做滑块。长度为 5 mm 、 20 mm 的各 8 件。

(13) 转动副轴 III 用于连接两构件形成转动副或作滑块用,16 件。

(14) 带垫片螺栓 转动副轴与连杆之间构成转动副或移动副时用带垫片螺栓连接,用于加长转动副轴或固定轴的轴长,规格为 M6,48 件。

(15) 压紧螺栓 转动副轴或固定轴与连杆形成同一构件时用该压紧螺栓连接,规格为

M6,48件。

(16) 运动构件层面限位套 用于不同构件运动平面之间的距离限定,避免发生运动构件间的运输干涉。长度为5 mm的35件,长度为15 mm的40件,长度为30 mm、45 mm的各20件,长度为60 mm的10件。

(17) 电动机带轮 大孔轴,用于旋转电动机,3件。

(18) 主动轴带轮 小孔轴,用于主动轴,3件。

(19) 盘杆转动轴 盘类零件或与其他构件(如连杆)构成转动副时用。长度为20 mm、35 mm的各6件,长度为45 mm的4件。

(20) 固定转轴块 用螺栓将固定转轴块锁紧在连杆长槽上,构件可与该连杆在选定位置形成转动副,8件。

(21) 加长连杆和固定凸轮弹簧用螺栓、螺母 用于两杆加长时锁紧连接件,也可用于固定弹簧,规格为M10,18件。

(22) 曲柄双连杆部件 偏心轮与活动圆环形成转动副,已制作成一组合件,4件。

(23) 齿条导向板 将齿条夹紧在两块齿条导向板之间,可保证齿轮与齿条的正常啮合,8件。

(24) 转动副轴Ⅳ 轴的扁头主要用于使两构件形成转动副,轴的圆头主要用于使两构件形成移动副,或做滑块用,16件。

(25) 安装电动机座行程开关座用内六角螺栓、平垫 标准件,规格为M8×25,32件。

(26) 内六角螺钉 标准件,规格为M6×15,2件,用于将主动滑块固定在直线电动机齿条上。

(27) 内六角紧定螺钉 标准件,规格为M6×6,18件。

(28) 滑块 已与机架相连以支承轴,可在机架平面内沿竖直方向上下移动,64件。

(29) 压紧立柱特制平垫 已与机架相连,用于固定立柱。规格为 $\phi 9$,40件。

(30) 固定立柱上滑块用特制螺母 已与机架相连,规格为M6,64件。

(31) 固定电动机用特制螺母 卡在机架的长槽内,可轻松拧紧螺栓固定电动机座,18件。

(32) 行程开关支座 2件,配有内六角头螺栓(规格为M5×15,4件)和平垫圈(规格为 $\phi 5$,4件)。用于安装行程开关,行程开关的安装高度可在长孔内进行调节。

(33) 平垫片 使轴相对机架不转动时用,规格为 $\phi 17$,20件。

(34) 防脱螺母 用于防止轴从机架上脱出,规格为M12,76件。

(35) 转速电动机座 已与电动机相连,3件。

(36) 直线电动机座 已与电动机相连,1件。

(37) 平键 用于主动轴与带轮的连接,尺寸为3 mm×3 mm×15 mm,20件。

(38) 直线电动机控制器 1件,与行程开关配用,可控制直线电动机的往复运动行程。前面板采用LED显示方式,当控制器的前面板与操作者是面对面的位置关系时,控制器上的发光管指示直线电动机齿条的位移方向。控制器的后面板上置有电源引出线及开关,与直线电动机相连的四芯插座、与行程开关相连的五芯插座和2A保险管。

(39) V带 标准件,O型,3件。

(40) 直线电动机 直线电动机安装在实验台机架底部,并可沿机架底部的长形槽移动。直线电动机的长齿条为机构输入直线运动的主动件。在实验中,允许齿条单方向的最

大直线位移为 300 mm,可根据主动滑块的位移量确定直线电动机两行程开关的相对间距,并且将两行程开关的最大安装间距限制在 300 mm 范围内。

直线电动机控制器使用注意事项:根据主动滑块移动的距离,通过改变离直线电动机较远的行程开关,来调节齿条(相当于滑块)往复运动行程,其可调节的最大行程不得大于 400 mm。

注意:未拼接机构运动前、预设直线电动机的工作行程后,应调整直线电动机行程开关的高度,以确保电动机行程开关的动作灵活,从而防止直线电动机齿条脱离电动机主体,防止组装零件的损坏并保证人身安全。

1.4.4 实验原理

任何平面机构均可以用将零自由度的杆组依次连接到原动件和机架上去的方法来组成,这是机构的组成原理,也是本实验所依据的基本原理。用本实验装置可搭接的杆组如下。

(1) 单构件高副杆组(一个构件,一个低副和一个高副),如图 1.7 所示。

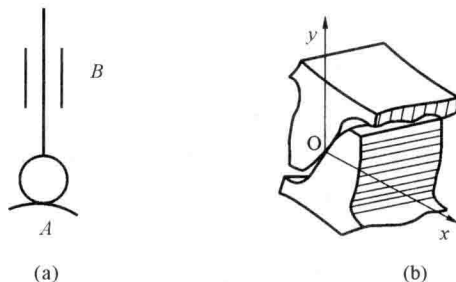


图 1.7 单构件高副杆组

(a) 凸轮副 (b) 齿轮副

(2) 平面低副 II 级杆组共有五种形式,如图 1.8 所示。

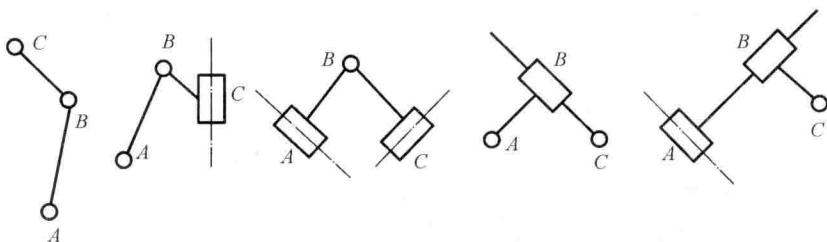


图 1.8 平面低副 II 级杆组

(3) 常见的平面低副 III 级杆组,如图 1.9 所示。

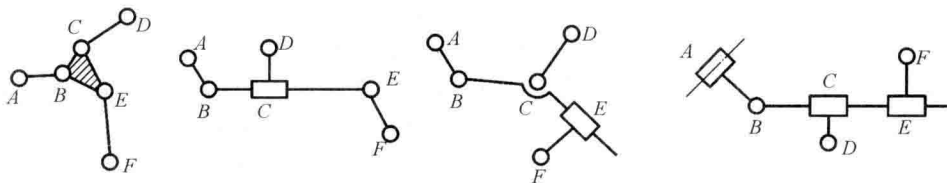


图 1.9 平面低副 III 级杆组

1.4.5 实验方法与步骤

1. 正确拆分杆组

从机构中拆出杆组具有三个步骤:

(1) 先去掉机构中的局部自由度和虚约束;

(2) 计算机构的自由度, 确定原动件;

(3) 从远离原动件的一端开始拆分杆组, 每次拆分时, 先试着拆分出Ⅱ级杆组, 没有Ⅱ级杆组时, 再拆分Ⅲ级杆组等高级组, 最后剩下原动件和机架。

判断拆分杆组是否正确的方法是: 拆去一个杆组或一系列杆组后, 剩余的必须为一个与原机构具有相同自由度的子机构或若干个与机架相连的原动件, 不能有不成组的零散构件或运动副存在; 全部杆组拆完后, 只应当剩下与机架相连的原动件。

如图 1.10 所示机构:

(1) 先除去 I 处的局部自由度;

(2) 计算出机构的自由度 $F=1$, 并确定凸轮为原动件;

(3) 先拆分出由滑块和构件 MC 组成的Ⅱ级 RRP 杆组, 接着拆分出由构件 AB 和 BD 组成的Ⅱ级 RRR 杆组, 再拆分出由构件 EF 和 FG 组成的Ⅱ级 RRR 杆组, 最后拆分出由构件 GHI 组成的单构件高副杆组, 最后剩下原动件 KM 和机架。

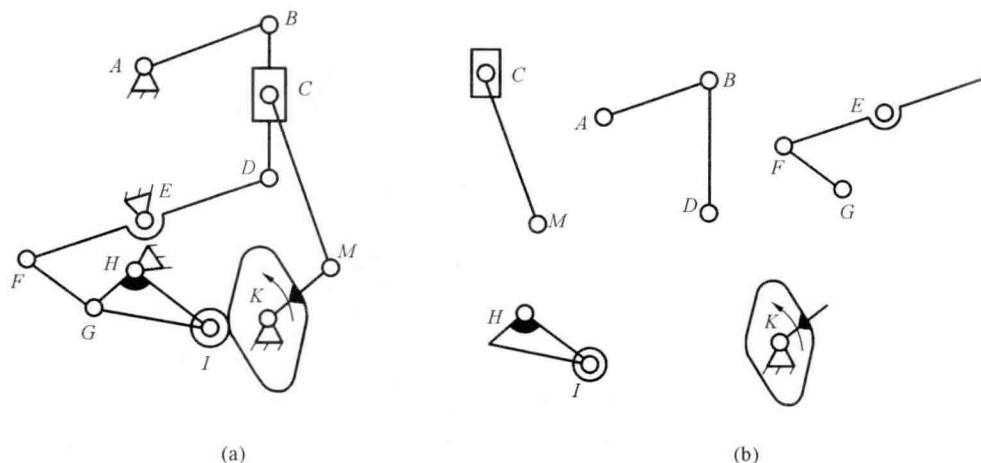


图 1.10 典型机构拆分杆组例图

(a) 机构 (b) 拆分出的构件

2. 正确拼装杆组

利用机构创新模型中的杆组, 根据给定的运动学尺寸, 在平板上试拼机构。拼接时, 首先要分层, 这一方面是为了使各构件的运动在相互平行的平面内进行, 另一方面是为了避免各构件间的运动发生干涉, 这一点是至关重要的。试拼之后, 从最里层装起, 依次将各杆组连接到机架上去。

(1) 移动副的连接 图 1.11 所示为两构件以移动副的形式相连接的方法。

(2) 转动副的连接 图 1.12 所示为两构件以转动副的形式相连接的方法。

(3) 齿条与构件以转动副的形式相连 图 1.13 所示为齿条与构件以转动副的形式相连接的方法。

(4) 齿条与其他部分的固连 图 1.14 所示为齿条与其他部分固连的方法。