



高等学校机械类“十三五”规划教材

上海理工大学精品本科系列教材

机械设计基础 实验教程

编著 周晓玲

主审 汪中厚



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校机械类“十三五”规划教材
上海理工大学精品本科系列教材

机械设计基础实验教程

编著 周晓玲
主审 汪中厚

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

机械设计基础实验是机械原理、机械设计、机械设计基础课程教学环节中重要的一个实践环节,本书介绍了相关实验的基本实验目的、内容、原理、过程、方法、操作与分析等,力求加强培养、锻炼学生的实际动手能力和创新能力,要求实验后学生能分析、归纳实验结果,编写出完整的实验报告,为学生学习后续课程和以后从事本专业工程技术和科学研究工作打下基础,进而全面提高学生的创新能力和综合素质。

本书是为上海市高等学校机械工程实验教学示范中心编写的实验教程,可供机械类及非机械类相关专业使用。

本书的适用课程:机械原理、机械设计、机械设计基础。

本书的适用专业:机械类专业及非机械类相关专业。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础实验教程/周晓玲编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.1

高等学校机械类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3878-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 319111 号

策 划 毛红兵

责任编辑 王文秀 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 11

字 数 259千字

印 数 1~3000册

定 价 22.00元

ISBN 978-7-5606-3878-2/TH

XDUP 4170001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

近年来，上海理工大学特别注重本科生的教育，致力于打造精品本科的名片。与此同时，作为教育部批准的“卓越计划”试点高校，上海理工大学肩负着实施符合自身发展的卓越工程师培养模式的重大责任。学校在加强科学文化基础知识教授的基础上，以强化其工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力为核心，重新构建课程体系和教学内容，加强大学生创新能力的训练；注重学生的潜质个性，培养科技创新人才；大力发展机械类等特色专业，以培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量的各种类型工程技术人才。

在高度重视实验、实习等实践性教学环节的大背景下，作为上海市实验教学示范中心，上海理工大学机械工程实验中心根据学校提出的人才培养总体目标，在机械基础教学领域打破了实践教学依附于理论教学的模式，建立了实践教学与理论教学并行，既相对独立又相互联系的实验教学体系，独立开设了机械设计基础实验课程。该课程是高等工科大学机械基础实验的核心课程之一，它对于培养学生的工程实践能力、科学实验能力、创新能力及综合设计研究能力起着重要作用。

本书是该实验课程的指导用书，是上海理工大学精品本科系列教材，也是高等院校机械类、近机类及其他相关专业(包括机械原理、机械设计、机械设计基础及机械基础)的实验教材。本书包括机械原理实验、机械设计实验、研究和创新型实验三个部分，围绕认知实验、基础实验、创新与综合性实验等方面展开，系统介绍了机械原理及机械设计实验目的、实验内容、实验原理、实验方法及操作。书中注重实验项目设置的系统性和科学性，力求构建新的机械原理及机械设计实验课程体系，以加强培养学生的设计能力、研究能力、综合应用能力和实践动手能力。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2015年7月

目 录

第一章 机械原理实验

实验一 机构及机构组成认知实验	2
实验二 机构运动简图测绘实验	4
实验三 插齿机机构运动简图测绘与分析实验	10
实验四 渐开线圆柱齿轮的参数测定实验	16
实验五 渐开线齿轮范成原理实验	20
实验六 闪光式动平衡实验	23
实验七 硬支承动平衡实验	29

第二章 机械设计实验

实验一 机械设计认知实验	36
实验二 螺栓组连接特性实验	46
实验三 齿轮传动效率测试实验	53
实验四 闭式带传动实验	59
实验五 开式带传动实验	63
实验六 液体动压轴承实验	71
实验七 动压径向滑动轴承实验	82
实验八 轴系结构设计与分析实验	88
实验九 摩擦磨损实验	90

第三章 研究和创新型实验

实验一 机械创新设计认知实验	96
实验二 减速器拆装与结构分析实验	105
实验三 平面机构创意组合与分析实验	109
实验四 机构运动方案创新设计与运动分析实验	115
实验五 机械系统集成实验	137
实验六 机械传动性能综合实验	140

第一章 机械原理实验

实验一 机构及机构组成认知实验

一、实验目的

- (1) 通过观察典型机构运动的演示，建立对机器和机构的感性认识。
- (2) 了解常用机构的名称、组成结构的基本特点及运动形式，为今后深入学习机械原理提供直观的印象。

二、实验设备

- (1) 同步 CD 解说机械原理示教板。
- (2) 各种典型的机构、机器(如缝纫机、颚式破碎机模型、内燃机模型、油泵模型等)。

三、实验内容

机械原理示教板顺序如下：

第一板：绪言。这部分简要地介绍机器与机构，其中有单缸汽油机、蒸汽机模型、家用缝纫机以及各种运动副。

第二板：平面连杆机构的基本知识。平面连杆机构最基本的是四连杆机构，分三大类来介绍：第一类铰链四连杆机构，第二类单移动副机构，第三类双移动副机构。

第三板：分两个部分来介绍，第一部分是运动简图及其画法，第二部分是平面连杆机构的应用，主要介绍了实现给定运动规律和实现给定轨迹。

第四板：凸轮机构。凸轮机构种类繁多，应用广泛，这里主要介绍凸轮机构的主要组成部分和基本形式。在平面凸轮机构中，介绍力锁合与结构锁合情况时的凸轮机构及运动情况，还介绍了一些空间凸轮机构。

第五板：齿轮机构类型。齿轮机构具有运转平稳、承载能力强、体积小、效率高等优点，故应用很广。本板根据齿轮主动轮与从动轮的两轴线的相对位置，将齿轮机构分为平行轴传动、相交轴传动、相错轴传动三大类来介绍。

第六板：齿轮基本参数。本板介绍齿轮的一些基本知识，同时观察渐开线和摆线的形成。

第七板：周转轮系。本板演示差动、行星轮系和定轴轮系形成的特点，同时介绍周转轮系的一些主要功用。

第八板：停歇和间歇运动机构。本板从棘轮运动机构、槽轮机构、齿轮式间歇机构、凸轮式间歇运动机构等几个方面来介绍。

第九板：组合机构。本板介绍了串联组合、并联组合、反馈组合、叠合组合等方式组合成的组合机构。

第十板：空间连杆机构。本板介绍了空间四杆机构、空间五杆机构、空间六杆机构等空间机构。

四、实验要求

- (1) 观察各种连杆机构的组成结构、运动构件上点的运动轨迹、各种运动副的异同、

这些机构间的内在联系,分清哪些是基本形式,哪些是基本形式演变而成的机构。

(2) 观察各种凸轮机构的原动件和从动件的结构特点及运动形式,分清哪些是平面凸轮,哪些是空间凸轮。

(3) 观察各种间歇机构的原动件和从动件的运动情况,分清哪些是平面机构,哪些是空间机构。

(4) 了解各种机构的名称及其运动情况。

实验报告

姓名		学号		班级	
组别		实验日期		成绩	

一、实验目的

(1) 通过观察典型机构运动的演示,建立对机器和机构的感性认识。

(2) 了解常用机构的名称、组成结构的基本特点及运动形式,为今后深入学习机械原理提供直观的印象。

二、实验设备

(1) 同步 CD 解说机械原理示教板。

(2) 各种典型的机构、机器(如缝纫机、颚式破碎机、内燃机模型、油泵模型等)。

三、思考与讨论题

(1) 你所看到的平面连杆机构由哪些基本构件组成?何谓曲柄、摇杆、连杆、机架?

(2) 组成平面四杆机构的运动副有什么共同特点?你能说出它们的类型和名称吗?

(3) 平面四杆机构有哪些基本类型?有哪些演变形式?你能说出它们的演变途径吗?

(4) 凸轮机构由哪些构件组成?其中的运动副与连杆机构相比有何异同?

(5) 分别从凸轮的结构特点、从动件的运动形式、凸轮与从动件的锁合形式的区别三个方面说出凸轮机构有哪些类型,它们分别叫什么名称。

(6) 请说出几种间歇机构的类型、名称。

实验二 机构运动简图测绘实验

一、实验目的

- (1) 学会将机构模型测绘成机构运动简图，以便将来能有更好的设计能力。
- (2) 增强对机构的感性认识，为理论学习打下良好基础。

二、实验内容和要求

- (1) 选定两个机械实物，分别在实验报告内按一定比例绘制机构运动简图。
- (2) 另选两个机构，分别在实验报告内绘制机构运动简图。
- (3) 对照实验报告中所示的机构绘制出机构运动简图。

注意：机构运动简图中的尺寸不必严格按照比例，但简图中构件尺寸要与原机构构件尺寸大致相符。

三、实验设备和工具

- (1) 各种机械实物或模型。
- (2) 钢皮尺、外卡尺。
- (3) 自带铅笔、橡皮、三角板、草稿纸。

四、实验原理

由于机构的运动关系仅与机架、活动构件数以及运动副的数目、种类和相对位置有关，故可避开构件的外形和运动副的具体结构而利用一些规定的符号，按一定的比例绘制成简单的图形，从而将运动特征表达出来，这种简单的图形称为机构运动简图。

一个正确的机构运动简图必须同时具备以下条件：

- (1) 构件数目和它们之间的连接关系与原机构相同。
- (2) 运动副的数目、类型和相对位置与原机构相同。
- (3) 在机架上画有剖面线，在原动件上画有表示运动方向的箭头，各运动副均按规定的代表符号画出。注有长度尺寸和长度比例尺。

五、实验方法和步骤

为便于掌握，引用以下例题说明绘制机构运动简图的方法和步骤。

试绘制图 1.2-1(a)所示的偏心轮机构模型的运动简图。

- (1) 认清机构的各个构件并编以序号。

缓慢转动原动件手柄，使机构运动。注意观察哪个构件是机架，有哪些活动构件，并将它们逐一编号。在本例中，机架是构件 1，活动构件有偏心轮 2、连杆 3、活塞 4。

- (2) 找出各运动副，判别它们的类型，用规定的符号表示，并注以字母。

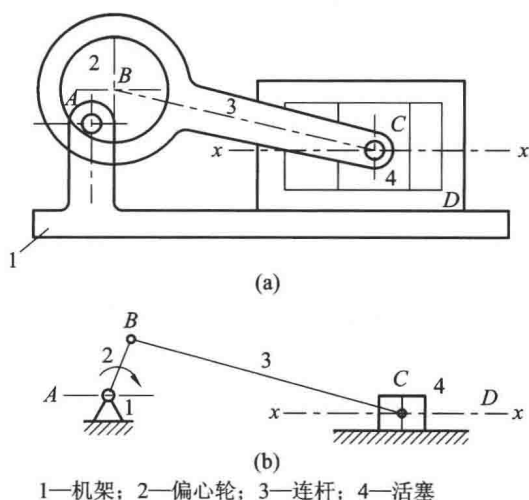


图 1.2-1 偏心轮机构模型的运动简图

反复转动手柄，可以观察到构件 2 绕机架上的 A 点转动，故两者在 A 点组成转动副；构件 3 与 2 之间做相对转动，转动中心在偏心轮的圆心 B，故两者在 B 点组成转动副；构件 3 与 4 绕 C 点做相对转动，故两者在 C 点组成转动副；构件 4 沿机架 1 的 $x-x$ 水平线作移动，故两者组成沿该方位线的移动副。接着在纸上画出三个相应的转动副符号并注以字母 A、B、C 和一个移动副符号并注以字母 D。

(3) 用简单线条表示出机构的各个构件。

① 对于带有两个转动副的构件，不论其外形如何，常用连接两转动副之间的直线来表示。例如直线 AB 表示构件 2，直线 BC 表示构件 3。

② 对于带有移动副的构件，不论其截面形状如何，常用一个滑块或一条实线段表示，例如，滑块 4 代表带有移动副的构件 4， $x-x$ 线表示滑块运动的方位线，一般画在通过滑块铰链的中心 C 点的位置。

③ 测量机构尺寸。按比例在实验报告上绘制运动简图，测量 AB 杆和 BC 杆的长度以及 $x-x$ 线到曲柄转动中心 A 点的垂直距离。选定恰当的比例 μ_L 和机构原动件的位置，画出本机构的运动简图，如图 1.2-1 所示。 μ_L 的计算式为

$$\mu_L = \frac{\text{实际长度 } L_{AB} (\text{m 或 cm})}{\text{图上长度 } AB (\text{mm})}$$

(4) 按绘制出的机构运动简图计算出它的自由度，并用模型进行验证。

本机构的自由度数为

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 3 - 2 \times 4 - 0 = 1$$

根据机构具有确定运动的条件，机构的原动件数应等于自由度。令本机构的曲柄 AB 为原动件。转动曲柄，观察到其余各个从动件均做确定的运动。故知绘制出的机构运动简图的自由度数与实际机构相符。

注意：自由度 F 的计算不能只写计算结果，必须写出计算过程。

(5) 机构简图中运动副的代表符号见表 1.2-1。

表 1.2-1 机构简图中运动副及机架的代表符号和构件连接示例

符号	代表意义	符号	代表意义
	移动副机架, 转动副机架		主动件 1 与机架 2 组成移动副
	两杆用转动副连接		构件 1 和构件 2 组成高副连接
	两杆用转动副连接		构件 1 与构件 2 组成高副连接
	两杆用转动副连接		凸轮与推杆组成高副连接
	摇块		外啮合圆柱齿轮 (高副)
	三杆用转动副连接		齿轮 1 与齿条 2 啮合组成高副连接
	构件 1 与构件 2 组成转动副		构件 1 与构件 2 转动副连接, 构件 2 与构件 3 移动副连接
	两杆用移动副连接		

实验报告

姓名		学号		班级	
组别		实验日期		成绩	

一、实验目的

(1) 学会将实际机器或机构模型测绘成机构运动简图，以便将来能有更好的设计能力。

(2) 增强对机构的感性认识，为理论学习打下良好基础。

二、设备和工具

(1) 各种机械实物或模型。

(2) 钢皮尺、外卡尺。

(3) 自带铅笔、橡皮、三角板、草稿纸。

(1) 机构名称或编号 _____。

长度比例尺 $\mu_L =$ _____ cm/mm

机构运动简图

机构自由度 $F = 3n - 2P_L - P_H =$ _____

(2) 机构名称或编号 _____。

长度比例尺 $\mu_L =$ _____ cm/mm

机构运动简图

机构自由度 $F=3n-2P_L-P_H=$

(3) 机构名称或编号 _____。

长度比例尺 $\mu_L =$ cm/mm

机构运动简图

机构自由度 $F=3n-2P_L-P_H=$

(4) 机构名称或编号 _____。

长度比例尺 $\mu_L =$ cm/mm

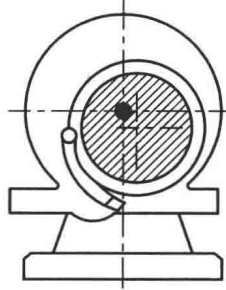
机构运动简图

机构自由度 $F=3n-2P_L-P_H=$

(5) 机构名称或编号_____。

长度比例尺 $\mu_L =$ _____ cm/mm

机构运动简图

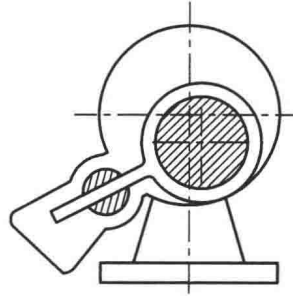


机构自由度 $F = 3n - 2P_L - P_H =$ _____

(6) 机构名称或编号_____。

长度比例尺 $\mu_L =$ _____ cm/mm

机构运动简图



机构自由度 $F = 3n - 2P_L - P_H =$ _____

实验三 插齿机机构运动简图测绘与分析实验

一、实验目的

- (1) 掌握将实际机器测绘成机构运动简图的技能。
- (2) 增强对各种机构、构件、运动副等概念的感性认识。
- (3) 了解与认识 YJ—79 型插齿原理教具的工作原理与各种传动机构。
- (4) 认识 YJ—79 型插齿机的进给运动、切削运动、范成运动部分的机构组成形式。
- (5) 培养学生按照 YJ—79 型插齿机实样，绘制其部分或完整的机构运动简图的技能。

二、实验内容和要求

- (1) 分析 YJ—79 型插齿机的工作原理。
- (2) 按照 YJ—79 型插齿机的实样绘制其进给运动部分的机构运动简图。
- (3) 按照 YJ—79 型插齿机的实样绘制其切削运动部分的机构运动简图。
- (4) 按照 YJ—79 型插齿机的实样绘制其范成运动部分的机构运动简图。
- (5) 按照 YJ—79 型插齿机的实样绘制其整机部分的机构运动简图。

三、实验设备与工具

- (1) 实验设备：YJ—79 型插齿原理教具。
- (2) 实验工具：卷尺、游标尺、直尺、铅笔及纸等。

该插齿原理教具是插齿机利用范成原理加工齿轮轮齿的教学示教模型。图 1.3-1 为 YJ—79 型插齿原理教具的外形图。它主要由进给运动部分、切削运动部分和范成运动部分组成。

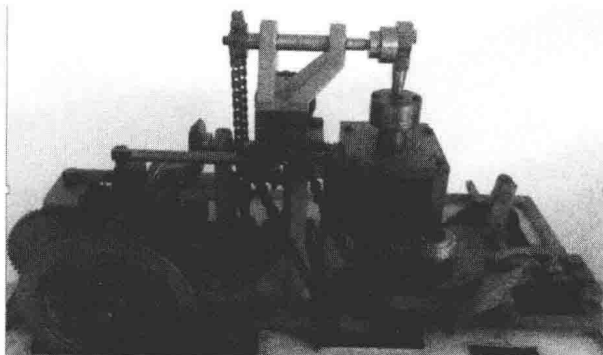
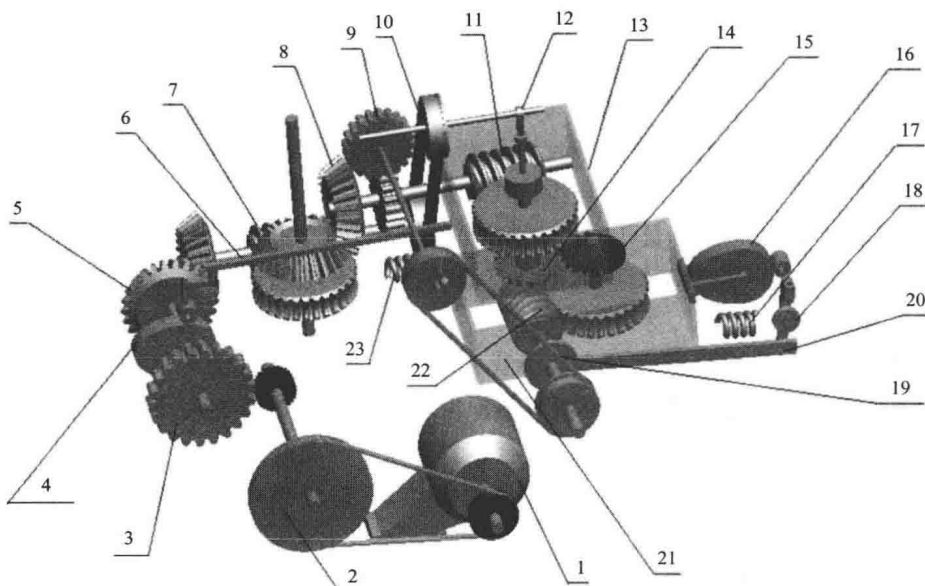


图 1.3-1 YJ—79 型插齿原理教具外形图

四、实验装置的工作原理与构造

图 1.3-2 为 YJ—79 型插齿原理教具机构示意图。该机构示意图全面反映了 YJ—79 型进给运动机构、切削运动机构、范成运动机构等部分的工作原理、传动机构形式以及构

件之间和机构之间的相互关系。



- 1—电动机；2—V带传动；3—直齿轮传动；4—凸轮机构；5—圆锥齿轮传动；6—曲柄滑块机构；
 7—蜗杆传动；8—圆锥齿轮传动；9—螺旋齿轮传动；10—链传动；11—蜗杆传动；
 12—曲柄滑块机构；13—滑块；14—刀具；15—齿坯；16—凸轮机构；17—压缩弹簧；
 18—棘轮机构；19—链传动；20—曲柄摇杆机构；21—滑块；22—蜗杆机构；23—拉伸弹簧

图 1.3-2 YJ-79 型插齿原理教具机构示意图

1. YJ-79 型传动过程简介

YJ-79 型插齿原理教具传动系统框图见图 1.3-3。

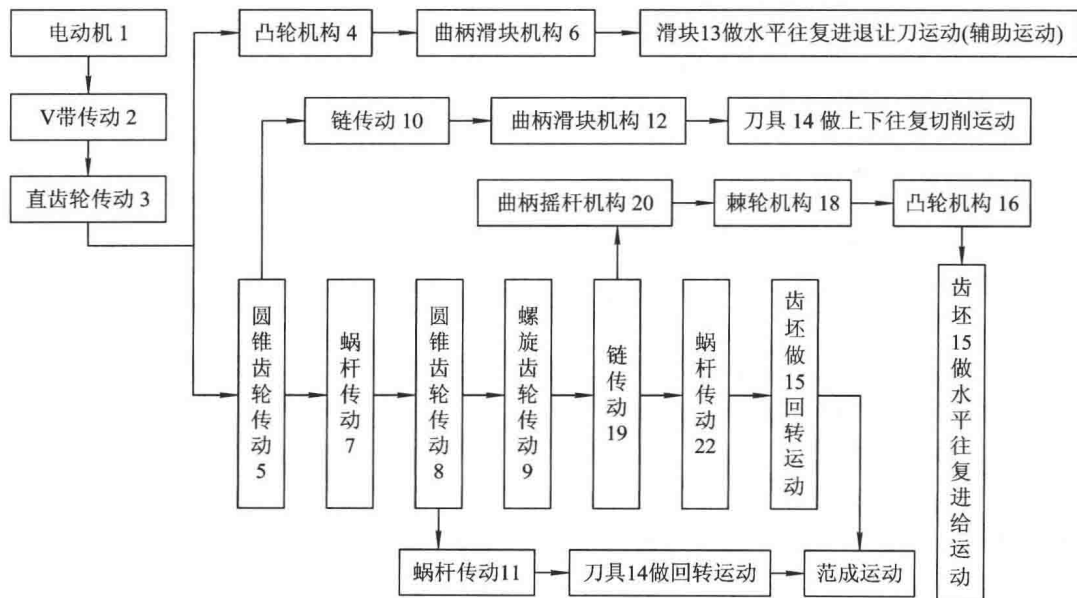


图 1.3-3 YJ-79 型插齿原理教具传动系统框图

2. YJ—79 型实验装置构造

由图 1.3-2 和图 1.3-3 所示可知,从电动机 1 到直齿轮传动 3 部分,是该实验装置的公共传动部分。圆锥齿轮传动 5、链传动 10 及曲柄滑块机构 12 组成了刀具切削运动系统。凸轮机构 4、曲柄滑块机构 6 及滑块 13 组成了一个辅助刀具进退让刀运动系统。当刀具 14 向下切削位于最低点时,滑块 13 由曲柄滑块机构 6 带动,向左有一个微小的退让水平运动,使得刀具 14 与齿坯 15 在径向方向留有一个退刀间隙,此时,刀具 14 能顺利地向上运动;当刀具 14 位于最高点时,滑块 13 仍由曲柄滑块机构 6 带动,向右有一个微小的复位(进给)水平运动,刀具再次向下切削运动,如此重复,完成切削运动。

滑块 13 上安装了蜗杆传动 11,当滑块 13 做水平往复进退让刀运动时,蜗杆传动 11 随着滑块 13 移动而一起移动,它的轴与圆锥齿轮传动 8 的轴有相对滑动,滑块 13 左侧的圆柱螺旋拉伸弹簧 23 是凸轮机构 4 的锁合装置,起复位功能。

圆锥齿轮传动 5、蜗杆传动 7、圆锥齿轮传动 8、蜗杆传动 11 组成了刀具 14 的回转运动。

圆锥齿轮传动 5、蜗杆传动 7、圆锥齿轮传动 8、螺旋齿轮传动 9、链传动 19、蜗杆传动 22 组成了齿坯 15 的回转运动。它与刀具 14 的回转运动构成了范成运动。

链传动 19、曲柄摇杆机构 20、棘轮机构 18 及凸轮机构 16 组成了齿坯 15 的进给运动。

滑块 21 的中间安装了一蜗杆传动 22,上方安装了齿坯 15,它的右侧有一进给运动的凸轮机构和锁合装置的圆柱螺旋压缩弹簧 17。

五、实验注意事项

- (1) 启动电源前,必须把防护罩罩好。
- (2) 开机工作时,人应站在机器前侧,不能站在 V 带传动边上。
- (3) 停机不用和测绘该实验装置时,应切断电源。
- (4) 具体测绘该实验装置时,切断电源,用手动操作。

六、机构运动简图测绘的方法及步骤

- (1) 了解待绘制机构的名称及功用,认清机械的原动件、传动系统和工作执行构件。
- (2) 逆时针缓慢旋转手轮,细心观察运动在各构件间的传递情况,了解活动构件、运动副的数目及其性质。
- (3) 要选择最能表达机构特征的三维视图,建立三维坐标系,同时要将原动件放在一个适当的位置,以使机构运动的简图最为清晰。
- (4) 按 GB 4460—84(见表 1.2-1)一般构件的表示方法中规定的符号绘制机构运动简图。在绘制时,应从原动件开始,先画出运动副,再用粗实线连接属于同一构件的各运动副,即得各相应的构件。原动件的运动方向用箭头标出。绘制时,在不影响机构运动特性的前提下,允许移动各部分的相应位置,以求图形清晰。初步绘制时可按大致比例作图。作完图后,从原动件开始分别用 1、2、3…标明各构件,再用 A、B、C…标明各运动副。