

机械原理 与设计实验

◎ 主 编 张维光

JIXIE YUANLI YU SHEJI SHIYAN
JIXIE YUANLI YU SHEJI SHIYAN

机械原理 与设计实验

主 编 张维光

图书在版编目(CIP)数据

机械原理与设计实验 / 张维光主编. — 镇江 : 江苏大学出版社, 2015. 12

ISBN 978-7-5684-0143-2

I. ①机… II. ①张… III. ①机构学—高等学校—教材②机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH111②TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 314510 号

机械原理与设计实验

Jixie Yuanli Yu Sheji Shiyān

主 编/张维光

责任编辑/吴蒙蒙 常 钰

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江华翔票证印务有限公司

印 刷/江苏凤凰数码印务有限公司

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/10

字 数/247 千字

版 次/2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0143-2

定 价/22.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

《机械原理与设计实验》根据教育部审定的高等学校“机械原理与设计课程教学基本要求”之实验部分进行编写,为高等院校机械类和近机类专业开展“机械原理”、“机械设计”、“机械设计基础”及“工业设计工程基础”等理论课程教学提供实验教学支持,促进理论与实践相结合,切实培养和锻炼学生的工程实践能力,提高教学质量。

本书实验内容包含机构运动简图测绘与分析、机构创新设计、齿轮范成实验、渐开线齿轮参数测定、螺栓联接实验、带传动特性实验、滑动轴承综合实验、减速器装拆与结构分析、轴系结构综合设计实验及机械传动性能综合实验。其中机构创新设计、减速器装拆与结构分析及机械传动性能综合实验为设计性实验。目前,一些高校本科培养方案规定,学生在校期间除修满必修、选修理论课程和实践性教学环节的学分以外,还须获得若干个第二课堂学分方能毕业,其目的是提高学生的实践能力与素质拓展能力。为此,本书设计了渐开线齿轮参数测定、轴系结构综合设计及机械传动性能综合实验等创新研究活动类内容,以满足高校开展第二课堂教学活动的教学要求。

本教材具有两大特色:(1) 精心开发制作了耳目一新的教学资源,包括原创性 PPT、运动仿真视频及微课视频,这些教学资源已经共享于互联网,教师和学生可以通过扫描教材封底上的二维码在线浏览或者下载使用,便于实验预习等教学活动的开展;(2) 实验教学方法与手段有较大改善,全方位实现以实验设备 3D 模型为教学对象,并在 Pro/ENGINEER 和 UG 等软件的 3D 环境中,运用其虚拟装配、运动仿真及动画等功能开展实验教学。

本书融入计算机辅助教学与计算机数据处理,一方面有利于切实提高实验教学质量,另一方面有助于增强学生对机械原理与设计实验的兴趣,使其更透彻地理解与掌握理论教学的内容。借助于数字技术辅助教学可以引导和激发学生运用计算机这一重要工具来学习掌握 3D 软件,进而提高其运用计算机信息手段分析问题、解决问题的工程实践能力。

本书的编写及数字教学资源的创作由江苏科技大学机械工程学院张维光完成,由于时间仓促、水平有限,若有不当之处恳请读者不吝指正,不胜感谢! 作者联系邮箱:azhang-weiguang@163.com。

编 者

2015 年 9 月

实验室守则

1. 实验前要认真预习实验教程,了解实验目的和原理,准备好需自备的计算器、文具及绘图工具等。实验开始前指导教师根据需要进行检查和提问。
2. 实验时要求原理清楚,操作认真,数据准确,查表熟练。
3. 严格遵守仪器、设备的操作规程,注意安全。对于仪表、设备、工具的操作不了解之处,应询问指导教师,对于非指定实验使用的设备、工具不得触碰、使用。
4. 实验出现故障时,应立即切断设备电源,并报告指导教师,以便查明原因,妥善处理。
5. 爱护公共财物,不得将实验室工具、仪表等带出实验室,如有损坏、遗失实验室设备、财物,视情节应给予赔偿。
6. 设备使用完毕,及时切断电源,整理全部仪器和附件,使之恢复原位。
7. 实验结束后认真完成实验报告,并交给指导教师检查和签字。
8. 实验学生应遵守公共场所礼仪,穿着整齐,不准穿拖鞋进入实验室。在实验室内不准有吃喝、抽烟、打闹等行为。
9. 实验课期间,不准在实验室内使用手机,手机应处于静音或者关机状态。
10. 实验期间,对于不遵守上述实验守则内容的学生,指导教师有权终止该生的实验课程,并让该生离开实验室。

目 录

实验一	机构运动简图测绘与分析	001
实验二	机构创新设计	005
实验三	齿轮范成实验	025
实验四	渐开线齿轮参数测定	029
实验五	螺栓联接实验	046
实验六	带传动特性实验	058
实验七	滑动轴承综合实验	066
实验八	减速器装拆与结构分析	073
实验九	轴系结构综合设计实验	080
实验十	机械传动性能综合实验	097
实验报告		117

实验一 机构运动简图测绘与分析

实验学时:2; 实验类型:验证;实验属性:必修

实验教学方法与手段:实验以基于 Pro/ENGINEER 开发的机构 3D 模型为教学对象,采用原创 PPT,运用 Pro/ENGINEER 软件的虚拟装配、动画和运动仿真等功能进行教学。学生可以扫描书中二维码通过访问互联网在线或者下载教学资源进行实验内容预习。

组织运行要求:采用开放运行模式。

一、实验目的

- (1) 通过对机构实物或模型的测绘,掌握机构运动简图的绘制方法;
- (2) 通过对机构自由度的计算,进一步理解机构自由度的概念。

二、实验设备

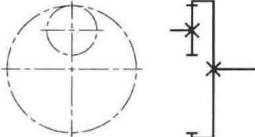
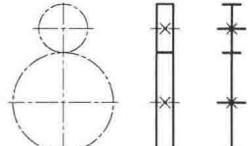
- (1) 若干机构模型或实物;
- (2) 学生自备测绘工具,如直尺、圆规、铅笔等。

三、实验原理

机构运动简图是用代表构件的线条和规定的运动副符号表达机构的运动本质,并根据机构的运动尺寸按一定比例绘制的图形。

机构各部分的运动是由其原动件的运动规律、该机构中各运动副的类型(高副、低副)与机构的运动尺寸来决定的,而与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式等无关,所以,只要根据机构的运动尺寸,按一定的比例尺定出各运动副的位置,就可以用运动副的代表符号和简单的线条把机构的运动简图作出来,常用运动副符号见表 1-1。

表 1-1 常用运动副符号

运动副类别	代表符号	运动副类别	代表符号
内啮合齿轮副		外啮合齿轮副	

续表

运动副类别	代表符号	运动副类别	代表符号
与机架形成移动副		转动副	
凸轮高副		两杆固定连接	
球面高副		蜗轮蜗杆啮合副	
两构件形成移动副		与机架形成转动副	

正确的机构运动简图中各构件的尺寸、运动副的类型和相对位置及机构组成形式应与原机构保持一致,从而保证机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性,以便根据该图对机构进行运动分析。

四、实验内容

本实验要求学生至少完成 5 个机构模型的机构运动简图绘制,模型如图 1-1 ~ 1-6 所示。

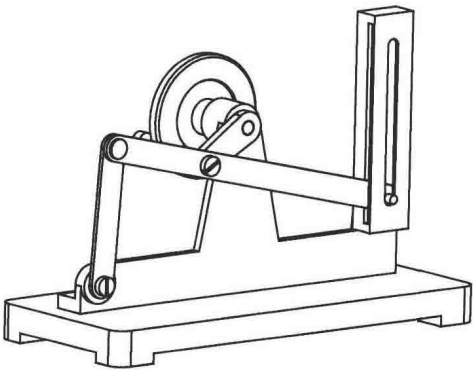


图 1-1 直线机构

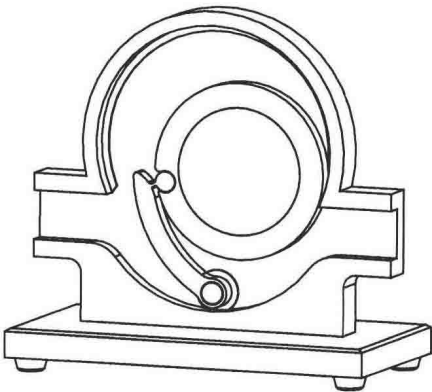


图 1-2 偏心油泵机构

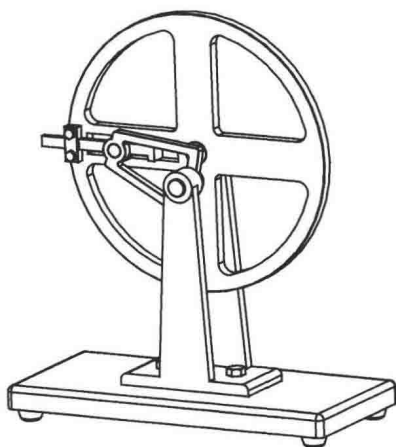


图 1-3 偏心柱塞式油泵 1

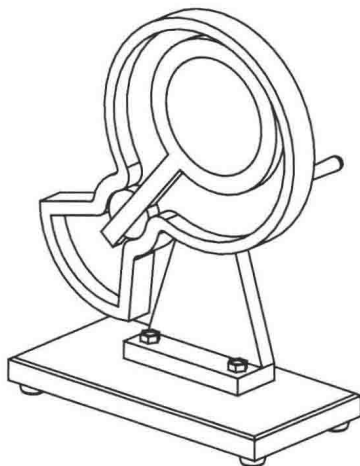


图 1-4 偏心柱塞式油泵 2

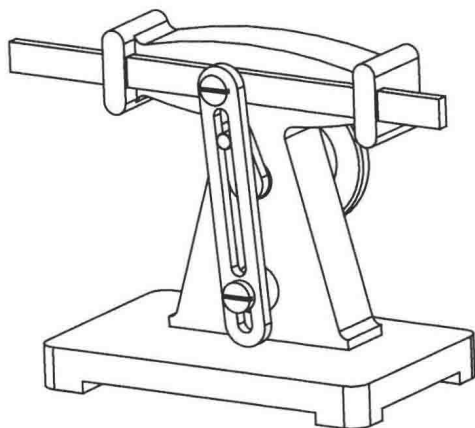


图 1-5 牛头刨机构 1

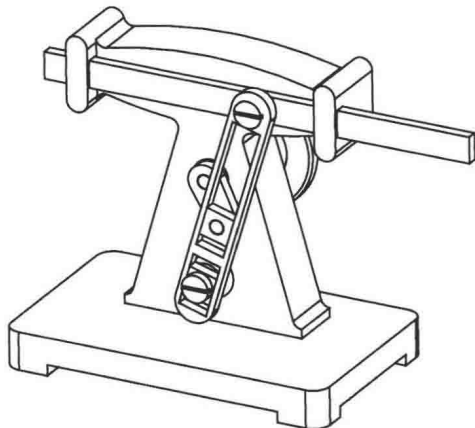


图 1-6 牛头刨机构 2

五、实验步骤

(1) 分析机构的实际构造和运动情况。

缓慢转动机构模型,从原动件开始,仔细观察机构的运动,根据各构件之间的相对运动,分清机构是由哪些构件组成的;根据机构运动的传递顺序,仔细观察并分析各构件之间的相对运动,确定运动副类型及活动构件的数目。

(2) 合理选择投影面和原动件位置,绘制机构示意图。

选择恰当的投影面,一般选择与大多数构件的运动平面相平行的平面为视图平面;合理选择原动件的一个位置,以便简单清楚地将机构的运动情况正确地表达出来;撇开各构件的具体几何形状,找出每个构件上的所有运动副,用简单的线条和规定符号来表示构件和运动副,在所选投影面上绘制机构的示意图。

(3) 计算机构的自由度,并检验机构示意图是否正确。

① 机构自由度计算公式

$$F = 3n - 2p_L - p_H$$

式中: n ——机构活动构件数;

p_L ——平面低副个数;

p_H ——平面高副个数。

② 核对计算结果

机构具有确定运动的条件:机构的自由度大于零且等于原动件数。

因本实验中各机构模型均具有确定的运动,故各机构计算所得自由度应与其原动件数相同,否则说明绘制的示意图有误,应重新分析机构,绘制机构示意图。

(4) 量取运动尺寸。

运动尺寸是指与机构运动有关的、能确定各运动副相对位置的尺寸。在原机构上量取机构的运动尺寸,并将这些尺寸标注在机构示意图上。

(5) 绘制机构运动简图。

选取适当的比例尺,依照机构示意图,按一定顺序绘制各构件和运动副;用数字 1, 2, 3...标出各构件,用字母 A, B, C...标出各运动副,画斜线表示机架,在原动件上画箭头表示运动方向;最后在图中标注比例尺,完成机构运动简图的绘制。

比例尺为

$$\mu_l = \frac{\text{实际长度(m)}}{\text{图示长度(mm)}}$$

例如:某构件的长度 $L_{AB} = 0.10 \text{ m}$, 绘在图上的长度 $\overline{AB} = 1 \text{ mm}$, 则长度比例尺为 $\mu_l =$

$$\frac{L_{AB}}{\overline{AB}} = \frac{0.10}{1} = \frac{1}{10}, \text{表示比例尺为十分之一,即图上 } 10 \text{ mm 等于实际 } 1 \text{ m 长度。}$$

(6) 实验内容完成后,请指导教师检查签字。

(7) 整理实验设备、工具及桌椅等,实验结束。

六、思考题

1. 机构运动简图应包括哪些内容?
2. 原动件选取不同、原动件位置不同对绘制机构运动简图有什么影响?

实验二 机构创新设计

实验学时:2; 实验类型:设计;实验属性:必修

实验教学方法与手段:实验以基于 Pro/ENGINEER 开发的机构创新实验台 3D 模型为教学对象,采用原创 PPT,运用 Pro/ENGINEER 软件的虚拟装配、动画和运动仿真等功能进行教学。学生可以扫描书中二维码通过访问互联网在线或者下载教学资源进行实验内容预习。

组织运行要求:采用开放运行模式。

一、实验目的

- (1) 加深学生对平面机构的组成原理、结构类型的认识,了解平面机构运动特点;
- (2) 培养学生的机构综合设计能力、创新能力;
- (3) 训练学生工程实践能力。

二、实验设备

- (1) ZBS - C 机构运动创新设计方案实验台若干套及装拆用工具;
- (2) 学生自备绘图工具,纸和笔等。

三、实验原理

任何平面机构均可以用零自由度的杆组依次连接到机架和原动件上的方法而形成。本实验即是运用机构的组成原理进行机构创新设计。

1. 平面机构的组成原理

基本杆组:不能再拆的、最简单的、自由度为零的构件组,也称阿苏尔杆组,简称杆组。

组成原理:任何机构都可看作是由若干个基本杆组依次连接于原动件和机架而构成的。

注意:在杆组并接时,不能将同一杆组的各个外接运动副接于同一构件上,否则将起不到增加杆组的作用。

2. 平面机构的结构类型

杆组应满足的条件:

$$3n - 2p_L - p_H = 0 \quad (2-1)$$

式中: n ——机构活动构件数;

p_L ——平面低副个数;

p_H ——平面高副个数。

由式(2-1)可知,全低副杆组应满足的条件:

$$3n - 2p_L = 0 \text{ 或 } n/2 = p_L/3 \quad (2-2)$$

Ⅱ级杆组是由2个构件和3个低副构成的杆组,如图2-1和图2-2所示。

Ⅲ级杆组是由4个构件和6个低副构成的杆组,如图2-3所示。

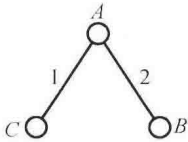


图 2-1 Ⅱ级杆组 1

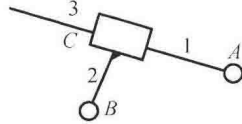


图 2-2 Ⅱ级杆组 2

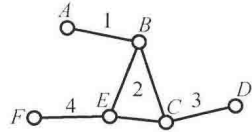


图 2-3 Ⅲ级杆组

3. 正确拆分杆组的步骤

(1) 去除机构中的局部自由度和虚约束,对于高副必要时采用高副低带;

(2) 计算机构的自由度,并确定原动件;

(3) 从远离原动件的构件开始拆分杆组,先试拆Ⅱ级杆组,若不成,再拆Ⅲ级杆组,直至只剩下原动件和机架为止;

(4) 确定机构的级别。

【例 2-1】 破碎机机构的结构分析。

若取构件 1 为原动件时,此机构为Ⅱ级机构,如图 2-4 和图 2-5 所示。

若取构件 5 为原动件时,先试拆Ⅱ级杆组,再试拆Ⅲ级组。显然,这种拆法不成,故此机构为Ⅲ级机构,如图 2-6 和图 2-7 所示。

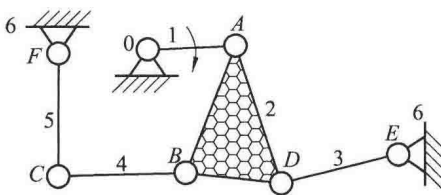


图 2-4 破碎机 (1 为原动件)

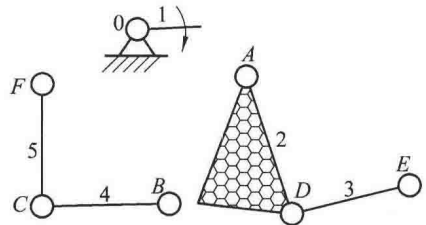


图 2-5 破碎机拆分成Ⅱ级机构

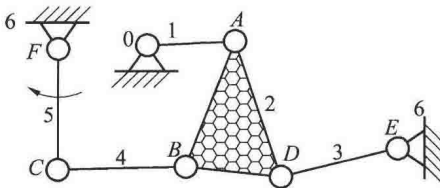


图 2-6 破碎机 (5 为原动件)

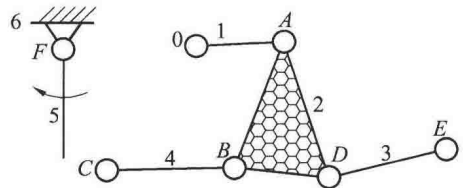


图 2-7 破碎机拆分成Ⅲ级机构

4. 正确拼装机构

根据事先拟定的机构运动简图,利用机构运动创新设计方案实验台提供的零件按机构

运动的传递顺序拼装。拼装时,通常先从原动件开始,按运动传递规律进行拼装。拼装时,应保证各构件均在相互平行的平面内运动,这样可避免各运动构件之间的干涉,同时保证各构件运动平面与轴的轴线垂直。拼装应以机架铅垂面为参考平面,由里向外拼装。

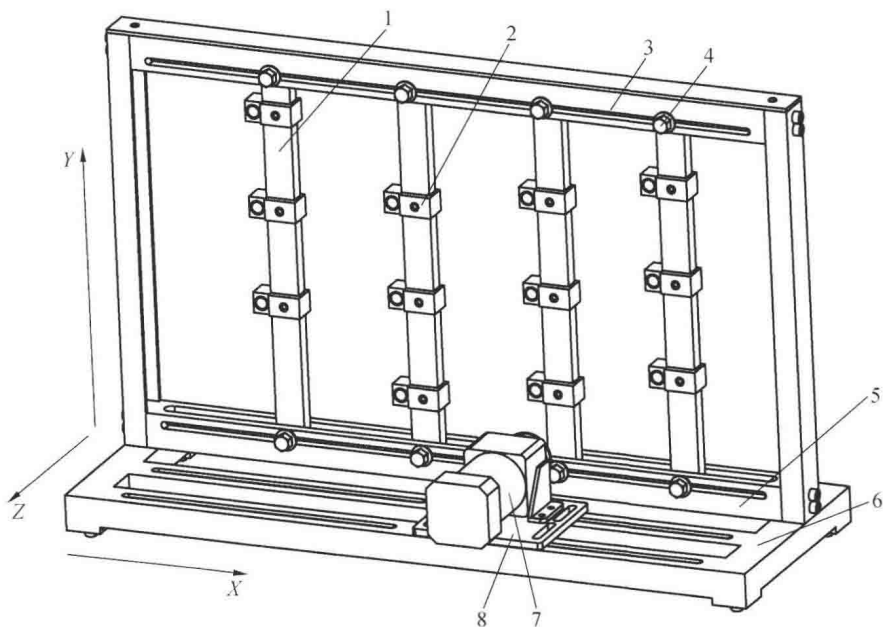
注意:为避免连杆之间运动平面相互紧贴而摩擦力过大或发生运动干涉,在装配时应相应装入层面限位套。

ZBS - C 机构运动创新设计方案实验台机架(图2-8)中有4根铅垂立柱,均可沿 X 方向移动。移动前应旋松安装在上、下横梁上的立柱紧固螺钉4,用双手移动立柱至所需位置后,应将立柱与上(或下)横梁靠紧再旋紧立柱紧固螺钉(立柱与横梁不靠紧旋紧螺钉时会使立柱在 X 方向发生偏移)。

注意:立柱紧固螺钉只需旋松既可,不允许将其旋下。

立柱上的滑块可在立柱上沿 Y 方向移动,要移动立柱上的滑块,只需将滑块上的内六角平头紧定螺钉旋松即可(该紧定螺钉在靠近电机侧)。

按上述方法移动立柱和滑块,就可在机架的 X 、 Y 平面内确定固定铰链的位置。

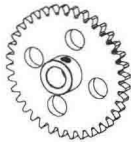
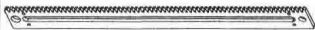
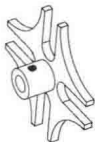
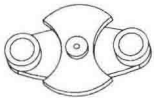
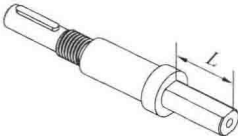
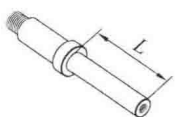
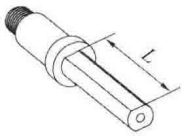
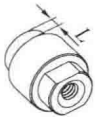
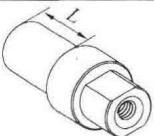


1—立柱;2—滑块;3—上横梁;4—立柱紧固螺钉;5—下横梁;6—机架;7—电机;8—电机座

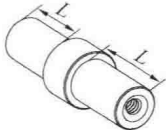
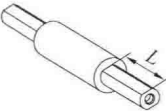
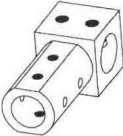
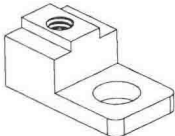
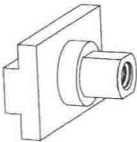
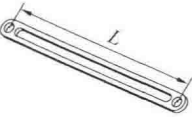
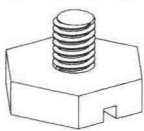
图2-8 ZBS - C 机构运动创新设计方案实验台机架

ZBS - C 机构运动创新设计方案实验台组件清单见表2-1。

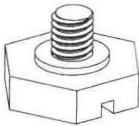
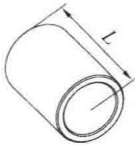
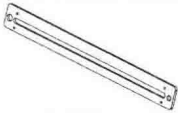
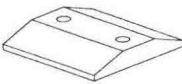
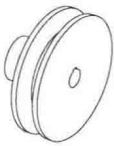
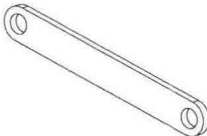
表 2-1 ZBS - C 机构运动创新设计方案实验台组件清单

序号	名 称	示意图	规 格	数量	备 注
1	齿轮		$m = 2, \alpha = 20^\circ$ $z = 28, 35, 42, 56$	各 3 个, 共 12 个	$d = 56, 70, 84,$ 112 mm
2	凸轮		升回型, 基圆半径 $R = 20$ mm, 行程 $h = 30$ mm	3	
3	齿条		$m = 2, \alpha = 20^\circ$	3	
4	槽轮		4 槽	1	
5	拨盘		双销, 销回转半径 $R = 49.5$ mm	1	
6	主动轴		15 mm 30 mm $L = 45$ mm 60 mm 75 mm	4 4 3 2 2	
7	从动轴(形成回转副)		15 mm 30 mm $L = 45$ mm 60 mm 75 mm	8 6 6 4 4	
8	从动轴(形成移动副)		15 mm 30 mm $L = 45$ mm 60 mm 75 mm	8 6 6 4 4	
9	转动副轴(或滑块)		$L = 5$ mm	32	
10	复合铰链 I (或滑块)		$L = 20$ mm	8	

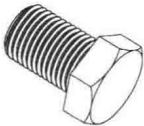
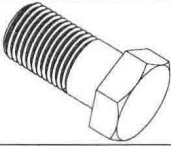
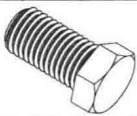
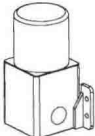
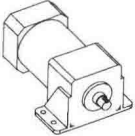
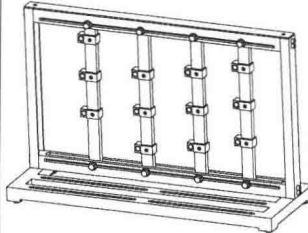
续表

序号	名称	示意图	规格	数量	备注
11	复合铰链Ⅱ(或滑块)		$L = 20 \text{ mm}$	8	
12	主动滑块插件		$L = \begin{matrix} 40 \text{ mm} \\ 55 \text{ mm} \end{matrix}$	11	
13	主动滑块座			1	
14	活动铰链座Ⅰ		螺孔 M8	16	可在杆件任意位置形成转-移副
15	活动铰链座Ⅱ		螺孔 M5	16	可在杆件任意位置形成移动副或转动副
16	滑块导向杆(或连杆)		$L = 330 \text{ mm}$	4	
17	连杆Ⅰ		$L = \begin{matrix} 100 \text{ mm} \\ 110 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \\ 160 \text{ mm} \\ 240 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{matrix}$	12 12 8 8 8 8	
18	连杆Ⅱ		$L_1 = 22 \text{ mm},$ $L_2 = 138 \text{ mm}$	8	
19	压紧螺栓		M5	64	

续表

序号	名 称	示意图	规 格	数量	备 注
20	带凸台压紧螺栓		M5	48	
21	层面限位套		4 mm 7 mm 10 mm $L = 15$ mm 30 mm 45 mm 60 mm	6 6 20 40 20 20 10	
22	紧固垫片			20	
23	高副锁紧弹簧			3	
24	齿条护板			6	
25	T 型螺母			20	用于电机座 与行程开关座 的固定
26	行程开关碰块			1	
27	带轮			6	
28	张紧轮			3	
29	张紧轮支承杆			3	

续表

序号	名 称	示意图	规 格	数量	备 注
30	张紧轮销轴			3	
31	螺栓 I		M10 × 15	6	
32	螺栓 II		M10 × 20	6	
33	螺栓 III		M8 × 15	6	
34	直线电机		10 mm/s	1	带电机座及 安 装 螺 栓/ 螺母
35	旋转电机		10 r/min	3	带电机座及 安 装 螺 栓/ 螺母
36	实验台机架			4	机架内可移 动立柱 4 根, 每根立柱上可 移 动 滑 块 3 块。用直线电 机的机架配有 行程开关,行 程开关安装板 及直线电机控 制器。
37	平头紧定螺钉		M6 × 6	21	标准件
38	六角螺母		M10 M12	6 + 6 30	标准件