

机械原理实验指导书及报告

曾菊芝编

专业 锻压 班号 882
姓名 刘永树 学号 5

华中理工大学机械原理教研室

1989年7月

目 录

	机构现场教学.....	1
实验一	机构运动简图的绘制.....	7
实验二	机构运动参数的微机电测实验	13
实验三	渐开线齿轮范成实验	23
实验四	刚性转子动平衡实验一	29
	刚性转子动平衡实验二	34
实验五	渐开线直齿圆柱齿轮参数测定	38
	齿轮系传动比现场课	44

机构现场教学

机械原理是一门以研究机构和机器为对象的科学。本课程的主要内容是讨论常用机构的工作原理、运动分析、动力分析及机构运动简图的设计。

为此,在开始系统学习本课程时,我们把本课程所要研究的四种基本机构陈列出来,供同学们学习,以便对本课程所研究的对象有初步的感性认识。

另外还陈列有空间连杆机构和典型的组合机构。

一、目的

1. 了解四种基本机构的构造特点及主要类型。
2. 了解四种基本机构和空间连杆机构的运动传递情况。
3. 初步了解组合机构的几种典型组合方式。

二、机构

1. 平面连杆机构(基本机构之一)

平面连杆机构是由若干刚性构件用低副联接,各构件均在相互平行的平面内运动的机构,故又称为平面低副机构。用运动副直接与机架相连接的构件称为连架杆,能绕固定轴线回转 360° 的连架杆称为曲柄,只能在某角度范围内摆动的连架杆则称为摇杆。

(1) 平面四杆机构的分类和运动传递情况如下:

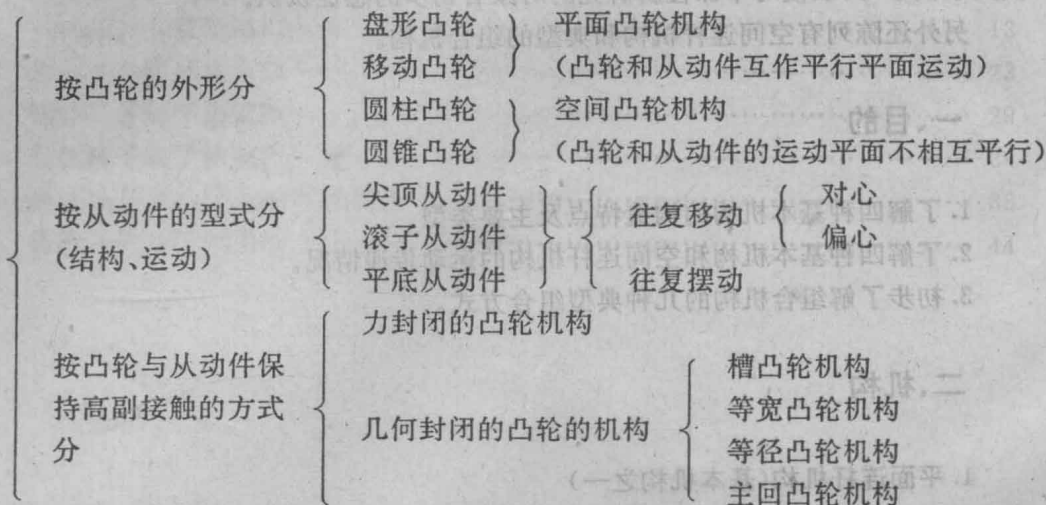
平面四杆机构	铰链四杆机构	曲柄摇杆机构	(转动—摆动)
		双曲柄机构	(转动—转动)
		双摇杆机构	(摆动—摆动)
	带有一个移动副的四杆机构	曲柄滑块机构	(转动—移动)
		导杆机构	转动导杆机构 (转动—转动)
			摆动导杆机构 (转动—摆动)
		曲柄摇块机构(摇块机构)	(转动—摆动)
		定块机构(移动导杆机构)	(摆动—移动)
	带有二个移动副的四杆机构	曲柄移动导杆机构* (正弦机构)	(转动—移动)
		双转块机构	(转动—转动)
		(十字滑块联轴器)	
		双滑块机构(椭圆机构)	(移动—移动)
		正切机构	(摆动—移动)

(2) 注意观察各种连杆机构应用的实例。并仔细分析怎样由一个机构抽象出机构运动简图。

2. 凸轮机构(基本机构之二)

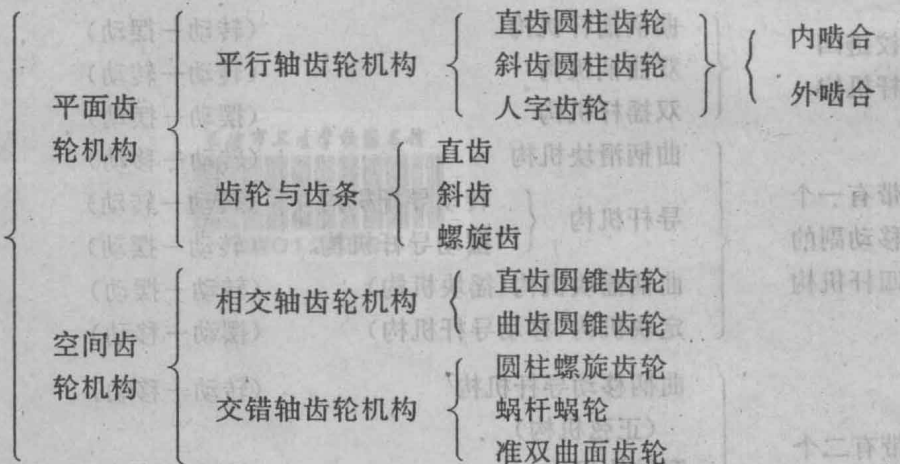
凸轮机构是由凸轮、从动件、机架三个基本构件组成的高副机构。

凸 轮 机 构



齿轮机构用于传递任意两轴之间的运动和动力。

齿 轮 机 构



4. 轮系

(1) 轮系分类如下:

轮系

定轴轮系——轮系中各齿轮的几何轴线位置都是固定的。

(普通轮系)

周转轮系——
行星轮系
差动轮系

混合轮系——定轴轮系和周转轮系或由几个周转轮系组合而成的轮系。

(2) 周转轮系的功用很多,如能实现运动的合成和运动的分解,还能实现大的传动比和特定的运动等等。注意观察每个周转轮系的应用实例。

5. 间歇运动机构(基本机构之四)

当主动件作连续运动时,从动件产生单向的,时动时停的周期性间歇运动,这种机构称为间歇运动机构。间歇运动机构的类型很多,本陈列室陈列了其中常用的几种。

(1) 棘轮机构

它是由摆杆、棘爪、棘轮及机架所组成。摆杆带动棘爪往复摆动,棘轮作单向间歇回转。

(2) 槽轮机构(马尔他机构)

它是由具有径向槽的槽轮和具有圆销的构件及机架组成。具有圆销的构件为主动件。

(3) 凸轮式间歇运动机构

它是由凸轮、转盘及机架组成。凸轮为主动件。

(4) 不完全齿轮机构

它与普通齿轮机构不同之处是在主、从动轮的节圆上没有布满轮齿。因此,当主动轮作连续回转运动时,从动轮作单向间歇转动。

常用的间歇运动机构分类如下:

间歇运动机构	棘轮机构	按接触型式分	外啮合式	(往复摆动—单向间歇转动)
			内啮合式	
		按运动情况分	单动式	(往复摆动—单向间歇转动)
			双动式	
	槽轮机构 (马尔他机构)		可变式	(往复摆动—单向间歇转动)
			摩擦式	
			棘轮棘条	
			棘轮棘条	
	凸轮式间歇运动机构	按运动情况分	圆柱凸轮间歇运动机构	(连续转动—单向间歇转动)
			蜗杆凸轮间歇运动机构	
	不完全齿轮机构	按接触型式分	外啮合式	(连续转动—单向间歇转动)
			内啮合式	

6. 空间连杆机构

若连杆机构的构件不都在相互平行的平面内运动,则称为空间连杆机构。常用于传递不平行轴间的运动。与平面连杆机构相比,有结构简单,紧凑,运动多样化等特点。

7. 组合机构

典型的组合方式有串联、并联、反馈、运载和时序等几类。

8. 机械手和电动玩具

本室陈列的机械手和电动玩具是组合机构应用实例。希望同学们仔细观察它们的运动传递情况,并认真分析它们各用了哪些基本机构来实现各自的运动。

• 4 •

机构现场教学报告

桂林电子科技大学

一、平面连杆机构

1. 根据机构中移动副数目的不同,平面四杆机构可分为 铰链四杆机构、带一个移动副的四杆机构、带两个移动副的四杆机构 三种类型。
2. 根据连架杆是否能整周转动,平面铰接四杆机构又可分为 曲柄摇杆机构、双曲柄机构、对心曲柄机构。
3. 在平面四杆机构中,由主动件的转动转换为从动件的移动的机构有 曲柄滑块机构、曲柄摇杆机构。

二、凸轮机构

1. 凸轮机构是由 凸轮、从动件、机架 三个基本构件组成的 高副 机构。
2. 凸轮机构按其从动件的结构型式可分为 尖顶从动件凸轮、滚子从动件凸轮、平底从动件凸轮。
3. 凸轮机构按凸轮外形可分为 盘形、槽形、圆柱、圆锥。
4. 凸轮机构按凸轮与从动件保持高副接触的方式可分为 点接触凸轮机构、线接触凸轮机构、面接触凸轮机构。

三、齿轮机构

1. 在平面齿轮机构中,传递两平行轴间回转运动的齿轮机构有 直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、人字齿轮。
2. 在平面齿轮机构中,由转动转换为移动的齿轮机构是 蜗轮蜗杆机构。
3. 在空间齿轮机构中,传递两相交轴间回转运动的齿轮机构有 直齿圆锥齿轮、斜齿圆锥齿轮。
4. 在空间齿轮机构中,传递两交错轴间回转运动的齿轮机构有 圆柱蜗轮蜗杆、锥蜗轮蜗杆、行星双曲面齿轮。

四、轮系

1. 你所观察到的周转轮系的功用有哪些?

如 运动的合成与分解, 实现大的传动比 以及 实现特定的运动。

五、间歇运动机构

1. 常用的间歇机构有 棘轮机构、槽轮机构、蜗轮蜗杆机构、不完全齿轮机构。

2. 能实现由连续转动转换为单向间歇回转的机构有哪几类？

槽轮机构、凸轮式间歇机构、不完全齿轮机构。

六、空间连杆机构

1. 你所观察到的空间四杆机构有 _____、_____、_____。

空间五杆机构有 平行四边形机构。空间六杆机构有 多杆机构。

七、组合机构

1. 在你所观察到的组合机构中，属于串联方式组合的机构有 行程扩大、换向传动。

属于并联方式组合的机构有 变速传动、同步传动、齿轮-连杆组合。属于反馈方式组合的机构有 误差校正。属于迭合(运载)方式组合的机构有 机械手。

八、你上了这次机构现场教学课后，有何收获？心得或体会？意见或建议？

对各大机构有了直观性认识。

对机构课程的内容有了大概的了解。

了解，增强了学习兴趣。

只，时间太少，兴趣未尽，就得离开。

报告完成日期 _____

教师签字 _____

实验一 机构运动简图的绘制

一、实验目的

1. 通过对一些实际机器的测绘,学习机构运动简图的绘制方法。
2. 验证和巩固机构活动度的计算。

二、设备和工具

1. 机器若干台。
2. 量具。
3. 自备铅笔、橡皮、草稿纸。

三、实验原理

机构的运动仅与机构中构件的数目,各构件组成运动副的类型、数目以及各运动副的相对位置有关。而与构件的复杂外形和运动副的具体构造无关。为简化起见,在研究机构的运动时,是用机构运动简图来进行的。在设计新机器时,应用机构运动简图进行方案比较也是十分方便的。

机构运动简图是用简单的线条和规定的符号表示构件和运动副,并按一定比例表示出各运动副的相对位置的简单图形。

机构运动简图既能正确的反映一部复杂机器的真实运动特征,又能充分表示出机构的传动原理,并能根据该图用图解法对机构进行运动分析和动力分析。因此,正确地决定机构中各运动副的相对位置并绘制机构运动简图是机构分析与设计中的重要内容。

四、实验方法和步骤

1. 观察机构的运动,弄清构件数目和运动副的类型、运动副的数目。

缓慢驱动被测绘的机器,首先确定原动件。从原动件开始,根据机构运动传递路线,仔细观察相联接两构件之间是否有相对运动,有相对运动的为两构件,否则为一个构件。要特别注意那些相对运动很微小的构件,绝不可误认为刚性联接。以便弄清组成机构的构件数目,分析相联两构件之间的相对运动特征,确定各运动副的类型,运动副的数目。

2. 合理选择机构运动简图的投影面。

一般选择与机构的多数构件运动平面平行的平面作为投影面,必要时也可以就机构的不同部分选择两个或两个以上的投影面,然后展到同一图面上,或者把主运动简图上难于表示清楚的部分,另绘一局部简图。总之,以简单清楚地把机构的运动情况正确地表示出来为原则。

3. 画出机构运动简图的草图

将原动件转到某一适当位置,以便绘制机构简图时,能清楚地表示各构件和运动副的相对位置。根据各构件在投影面上的投影状况,从原动件开始,循着运动传递路线,在草稿纸上,按规定的符号,目测各运动副的相对位置,使实物与机构简图大致成比例,徒手画出机构简图的草图。

4. 计算机构的活动度

机构活动度,又称机构的自由度,以 F 表示,即 $F=3n-2P_5-P_4$ 。 n 为机构中活动构件数目, P_5 为低副数目, P_4 为高副数目。最后转动机构将计算结果与实物对照,观察活动度是否与原动件相符。

5. 作正式的机构运动简图,确定比例尺,注明各构件的运动学尺寸。

认真测量出机构中各构件的运动学尺寸。运动学尺寸指的是同一构件上两运动副元素之间的相对位置参数:同一构件上任意两转动副中心间的距离、两转动副中心连线与参考线之间的夹角;同一构件上两移动副导路中心线间的垂直距离(移动副导路中心线系指通过作直线运动的构件上某转动副中心所作的移动方位线);同一构件上某一转动副中心与另一移动副导路中心线之间的垂直距离等。如图 1—1 中,构件 1 上 A、B 两转动副的中心距 L_{AB} 、A、D 两转动副的中心距 L_{AD} 及夹角 α ;构件 8 上 A、F 两转动副的中心距 L_{AF} 及夹角 β ;机架 上 C、H 两处移动副导路中心线之间的垂直距离 L_0 ;机架 C 处的移动副导路中心线与转动副中心 A 的垂直距离(在图 1—1 中该距离等于零)等。这些运动学尺寸都应一一测量。在高副中,凸轮副的轮廓形状应按实际描绘。

根据测量的运动学尺寸,选定比例尺 μ_L ,

$$\mu_L = \frac{\text{实际长度 } m}{\text{图示长度 } mm}.$$

在实验报告纸上用三角板和圆规等,将上述草图,按选定的比例尺,画出机构运动简图。用箭头标示原动件,以阿拉伯数字依次标示各构件,大写英文字母标示各运动副,并列表说明构件的运动学尺寸。如图 1—1 所示内燃机机构运动简图。

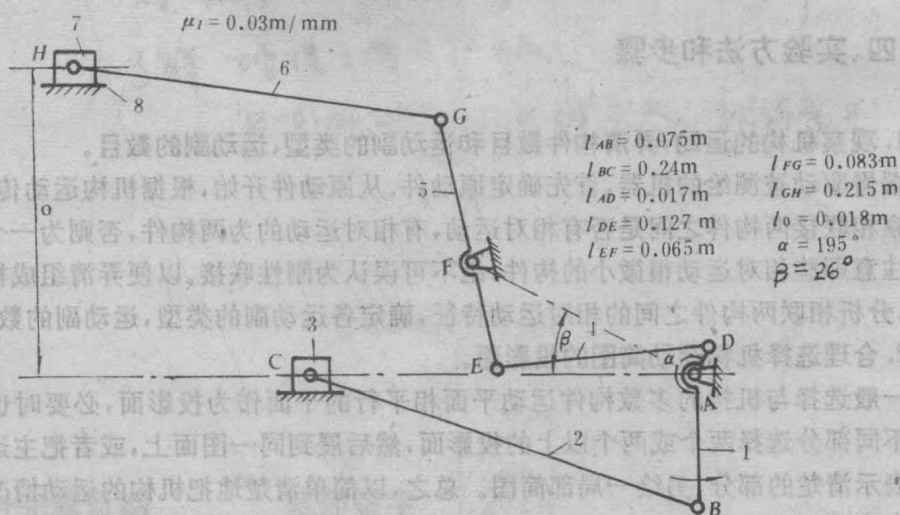


图 1—1 内燃机机构运动简图

五、思考讨论题

1. 机构运动简图应准确地反映实际机构中的哪些项目?
2. 机构中各构件的运动学尺寸是哪些?
3. 为什么在绘制机构简图时,原动件可以停在任一选定位置?

机构名称: 摇杆机构	
机构名称: 摇杆机构	

机构运动简图的绘制实验报告

醒分析表思,正

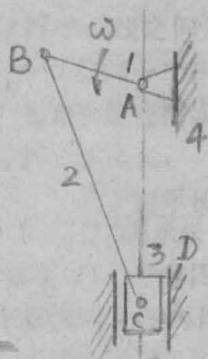
绘制机构运动简图的要求

1. 用圆规和三角板,按选定的比例尺绘制机构运动简图。
2. 在机构运动简图上,用箭头标示原动件,以阿拉伯数字依次标示各构件,大写英文字母标示各运动副,并列表说明各构件的运动学尺寸。如图 1—1 所示。
3. 计算机构活动度

$$F = 3n - 2P_5 - P_4$$

机构运动简图

机构名称: 缝纫机进针机构



$$l_{AB} = l_1$$

$$l_{BD} = l_2$$

$$F = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$$

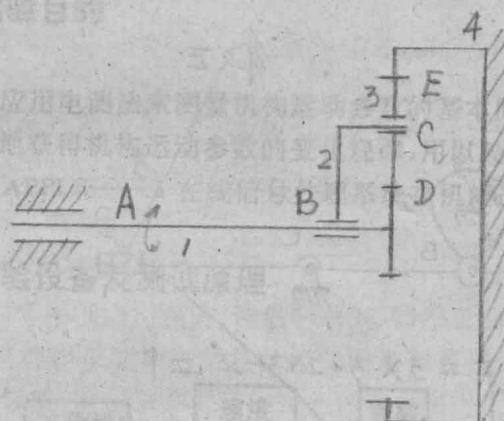
机构名称:

绞绳机 (画4个原动件)

一、实验目的

1. 了解应用电测法来测量机构参数。
2. 直观地获得机构运动参数的测量结果，验证理论计算结果。
3. 了解电测法在机械运动参数测试中的应用。

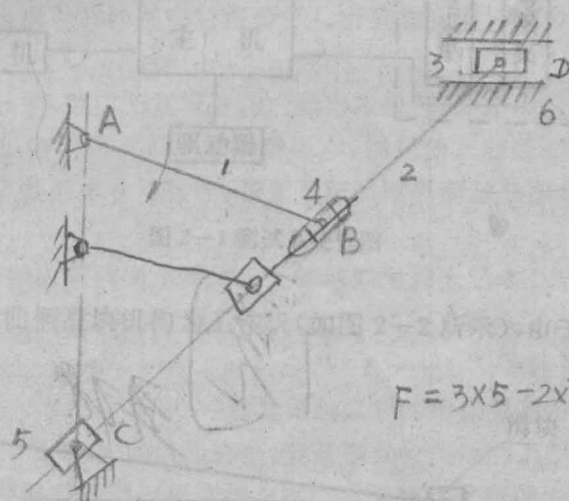
二、实验设备与原理



$$F = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$

机构名称:

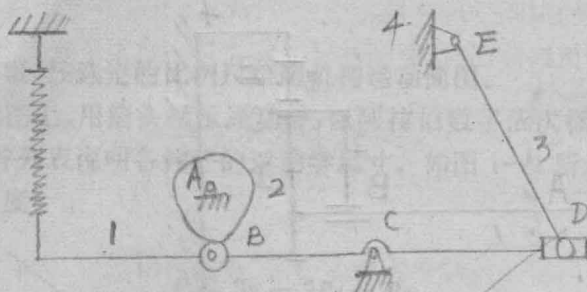
床头铰床



$$F = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$$

机构名称:

包装机



$$F = 3 \times 3 - 2 \times 3 - 2 = 1$$



机构名称:

阅 5.18

报告完成日期

教师签字

曾

实验二 机构运动参数的微机电测实验

一、实验目的

1. 了解应用电测法来测量机构运动参数的基本原理；
2. 直观地获得机构运动参数的变化规律，用以验证理论计算结果
3. 了解 APPLE—II 在线信号处理系统在机构运动参数测试中的应用。

二、实验设备及测试原理

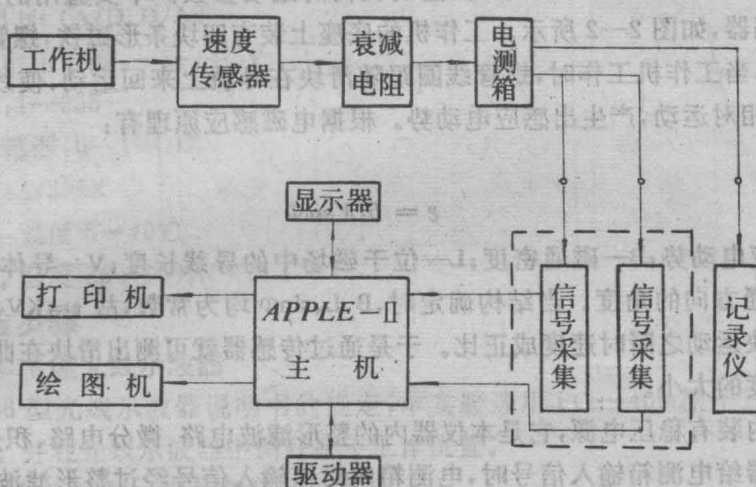


图 2-1 测试系统框图

1. 工作机

本实验采用对心式曲柄滑块机构为工作机(如图 2-2 所示)，由于本工作机中曲柄长

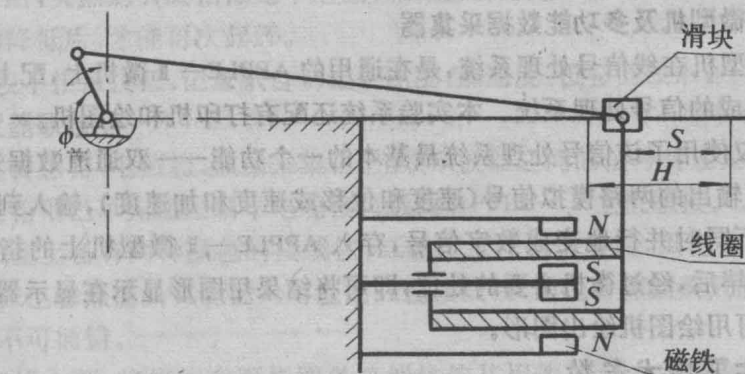


图 2-2 工作机及传感器示意图

度与连杆长度之比 $r/L \leq 1/3$, 所以用解析法计算时, 可采用以下简化公式:

$$S = r(1 - \cos\Phi) + \frac{r}{2L}\sin^2\Phi$$

$$V = r\omega(\sin\Phi + \frac{r}{2L}\sin 2\Phi)$$

$$a = r\omega^2(\cos\Phi + \frac{r}{L}\cos 2\Phi)$$

式中: r ——曲柄长度; L ——连杆长度; Φ ——曲柄转角; ω ——曲柄转速; S 、 V 、 a 分别为滑块位移、速度、加速度。

2. 速度传感器和电测箱

机构运动参数的机械量, 可借助传感器(或称转换器)和测试电路把它转换为电信号, 再将这电信号输入到测试仪器中, 测量出机构的运动参数。本实验用的传感器为“磁电式”速度传感器, 如图 2—2 所示。工作机的底座上装有四块条形磁铁, 螺管线圈装在工作机的滑块上, 当工作机工作时, 螺管线圈跟随滑块在导轨上来回运动, 使线圈在永久磁铁的磁场中作相对运动, 产生出感应电动势。根据电磁感应原理有:

$$\varepsilon = BLV\sin\Phi$$

式中: ε —感应电动势; B —磁通密度; L —位于磁场中的导线长度; V —导体运动速度; Φ —导体切割磁通方向的角度。当结构确定时, B 、 L 、 $\sin\Phi$ 均为常数, 故 $\varepsilon = KV$, 即螺管线圈输出电压与滑块运动之瞬时速度成正比。于是通过传感器就可测出滑块在曲柄任一转角位置时运动速度的大小。

电测箱内装有稳压电源, 它是本仪器内的整形滤波电路、微分电路、积分电路的电源, 当速度传感器给电测箱输入信号时, 电测箱内对该输入信号经过整形滤波电路处理得到速度波形, 经过微分电路处理得到加速度波形, 经过积分电路处理得到位移波形。

3. 记录仪

本实验用的是 SC16 型光线记录示波器。根据电测箱输出的信号, 实验时所用的三个振子为 FC₁—400, 当工作机工作时, 光线示波器按照常规拍摄, 在记录纸上显示出滑块的速度、加速度和位移曲线。

4. APPLE—II 微型机及多功能数据采集器

APPLE—II 微型机在线信号处理系统, 是在通用的 APPLE—II 微机上, 配上多功能数据采集箱及软件构成的信号处理系统。本实验系统还配有打印机和绘图机。

在本实验中, 仅使用了该信号处理系统最基本的一个功能——双通道数据采集, 其工作原理是从电测箱输出的两路模拟信号(速度和位移或速度和加速度), 输入到数据采集箱内, 在软件控制下同时并行地变成数字信号, 存入 APPLE—II 微型机上的指定内存位置中。数据采集完毕后, 经过微机必要的处理, 即可将结果用图形显示在显示器上或由打印机拷贝出来, 也可用绘图机绘出图形。

三、仪器的主要技术参数

1. 工作机

交流电动机:220V 50HZ 90W 1400 转/分

皮带轮传动比:3:8

曲柄长度 r 为 40mm

连杆长度 L 为 320mm

滑块行程长度为 80mm

速度传感器行程为 0—90mm

电测箱外接电源电压:220±10%V 50HZ

电测箱工作频率:5—10HZ

2. HG—2 双通道多功能数据采集器

A/D 输入通道:2 路独立

D/A 输出通道:1 路

分辨率:8 bit (A/D、D/A)

最大输入电压范围:—5—+5V

程控位数:1—255

输入频率范围:0—10KHZ

输入阻抗:≥500K

工作环境:温度 5—40℃

湿度 35—75%R·H

四、实验步骤

1. 熟悉 SC16 型光线示波器

根据 SC16 型光线示波器说明书的规定,本实验选用 FC₆—400 振子三个(不得选用其它号振子)。并在光线示波器中调好振子工作位置。

SC16 型光线示波器一般使用程序如下:

(1)测量输入示波器的工作电压,将示波器电压调节开关转到相应值。

(2)接通电源插头,打开电源开关,电动机转动,电源指示灯亮,磁系统恒温装置工作。一般预热 10—30 分钟,预热时间应视环境温度而定。

(3)按起辉按钮,将超高压水银灯点亮,一般 10 分钟后灯的亮度才能达到正常。灯泡点燃正常后,突然熄灭或拍摄完毕电源关断熄灭,灯泡不能马上起辉,必须待灯冷却,使灯泡内压力降低后,才能再次起辉。

(4)按下拍摄按钮,记录纸自动记录速度、加速度、位移的波形。

2. 仪器联接

速度传感器、电测箱、数据采集箱、光线示波器之间的信号传递是通过接线盒来达到。数据采集箱则已事先通过扁平电缆接口板同 APPLE—II 主机联接。

接线盒上备有两种颜色的接线柱,红色接线柱为信号端,黑色接线柱为地端,在接插线路时,红色香蕉插头只能插入对应的红色接线柱,黑色香蕉插头只能插入对应的黑色接线柱,切不可插错。

为叙述方便,将接线盒面板图各接线柱按其用途划分为六个方块,如图 2—3 所示。方块(1)将速度传感器的信号传递到电测箱中,因此速度传感器的信号应插入方块(1)中