



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

机械原理与机械设计实验教程

JIXIE YUANLI YU JIXIE SHEJI SHIYAN JIAOCHENG

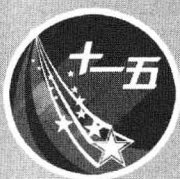
主 编 李小周

主 审 蒙艳玫



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

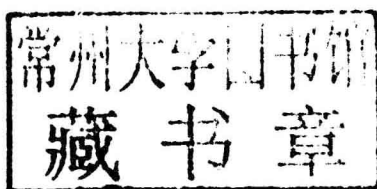
机械原理与机械设计实验教程

JIXIE YUANLI YU JIXIE SHEJI SHIYAN JIAOCHENG

主 编 李小周

副主编 谢柄光

主 审 蒙艳玫



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 提 要

本书是在总结多年来的实验教学经验的基础上,并基于国家级实验教学示范中心——广西大学机械工程学院实验教学中心的实验教学体系构架而编写的,系该中心教材建设中的系列教材之一。

本书主要内容包括机械原理课程实验、机械设计课程实验、机械设计基础课程实验和机械创新设计课程实验,主要有机构结构分析和机构设计实验、机构运动分析和机构设计实验、机械的力分析实验、机械传动性能参数测试及创意实验、液体动力润滑滑动轴承实验、机械设计结构与分析实验、轴系结构设计实验及实验报告等。本书既适用于实验教学与理论教学同步进行的教学,也适用于实验课程单独开设的教学。

本书既可作为高等工科院校机械类、近机类及其他专业机械设计、机械设计基础及机械基础课程的实验教材,也可作为相关人员进行教学、科研及实验工作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理与机械设计实验教程/李小周 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.11
ISBN 978-7-5609-8234-2

I. 机… II. 李… III. ①机构学-实验-高等学校-教材 ②机械设计-实验-高等学校-教材
IV. ①TH111-33 ②TH122-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 168095 号

机械原理与机械设计实验教程

李小周 主编

策划编辑:万亚军

封面设计:潘 群

责任编辑:万亚军

责任校对:代晓莺

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)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:10.75 插页:2

字 数:275千字

印 次:2012年11月第1版第1次印刷

定 价:19.80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

国家级实验教学示范中心系列规划教材
普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材

编 委 会

丛书主编 吴昌林 华中科技大学

丛书编委 (按姓氏拼音顺序排列)

邓宗全	哈尔滨工业大学
葛培琪	山东大学
何玉林	重庆大学
黄 平	华南理工大学
孔建益	武汉科技大学
蒙艳玫	广西大学
芮执元	兰州理工大学
孙根正	西北工业大学
谭庆昌	吉林大学
唐任仲	浙江大学
王连弟	华中科技大学出版社
吴鹿鸣	西南交通大学
杨玉虎	天津大学
赵永生	燕山大学
朱如鹏	南京航空航天大学
竺志超	浙江理工大学

序

知识来源于实践,能力来自于实践,素质更需要在实践中养成,各种实践教学环节对于培养学生的实践能力和创新能力尤其重要。一个不争的事实是,在高校人才培养工作中,当前的实践教学环节非常薄弱,严重制约了教学质量的进一步提高。这引起了教育工作者、企业界人士乃至普通百姓的广泛关注。如何积极改革实践教学内容和方法,制订合理的实践教学方案,建立和完善实践教学体系,成为高等工程教育乃至全社会的一个重要课题。

有鉴于此,“教育振兴行动计划”和“质量工程”都将国家级实验教学示范中心建设作为其重要内容之一。自2005年起,教育部启动国家级实验教学示范中心评选工作,拟通过示范中心实验教学的改进,辐射我国2000多万在校大学生,带动学生动手实践能力的提高。至今已建成219个国家级实验教学示范中心,涵盖16个学科,成果显著。机械学科至今也已建成14个国家级实验教学示范中心。应该说,机械类国家级实验教学示范中心建设是颇具成果的:各中心积极进行自身建设,软硬件水平都是国内机械实验教学的最高水平;积极带动所在省或区域各级机械实验教学中心建设,发挥辐射作用;成立国家级实验教学示范中心联席会机械学科组,利用这一平台,中心间交流与合作更加频繁,力争在示范辐射作用方面形成合力。

尽管如此,应该看到,作为实践教学的一个重要组成部分,实验教学依然还很薄弱,在政策、环境、人员、设备等方方面面还面临着许多困难,提高实验教学水平进而改变目前实践教学薄弱的现状,还有很多工作要做,国家级实验教学示范中心责无旁贷。近年来,高校实验教学的硬件设备都有较大的改善。与之相对应的是,实验教学在软的方面还亟待提高。就机械类实验教学而言,改进实验教学体系、开发创新性实

验教学项目、加大实验教材建设这三点就成为当务之急。实验教学体系与理论教学体系相辅相成,但与理论教学体系随着形势发展不断调整相比,现有机械实验教学体系还相对滞后,实验项目还缺少设计性、创新性和综合性实验,实验教材也比较匮乏。

华中科技大学出版社在国家级实验教学示范中心联席会机械学科组的指导下,邀请机械类国家级实验教学示范中心,交流各中心实验教学改革经验和教材建设计划,确定编写这套《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》,是一件非常有意义的事情,顺应了机械类实验教学形势的发展,可谓正当其时。其意义不仅在实验教材的编写出版满足了本校实验教学的需要。更因为经过多年的积累,各机械类国家级实验教学示范中心已开发出不少创新性实验教学项目,将其写入教材,既满足本校实验教学的需要,又展示了各中心创新性实验教学项目开发成果,更为我国机械类实验教学开发提供借鉴和参考,体现了示范中心的辐射作用。

国内目前机械类实验教学体系尚未形成统一的模式,基于目前情况,“普通高等院校机械类‘十一五’实验规划教材”提出以下出版思路:各国家级实验教学示范中心依据自身的实验教学体系,编写本中心的实验系列教材,构成一个子系列,各子系列教材再汇聚成《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书。以体现百花齐放,全面、集中地反映各机械类国家级实验教学示范中心的实验教学体系。此举对于国内机械类实验教学体系的形成,无疑将是非常有益的探索。

感谢参与和支持这批实验教材建设的专家们,也感谢出版这批实验教材的华中科技大学出版社的有关同志。我深信,这批实验教材必将在我国机械类实验教学发展中发挥巨大的作用,并占据其应有的地位。

国家级实验教学示范中心联席会机械学科组组长
《普通高等院校机械类“十一五”规划实验教材》丛书主编



2008年9月

目 录

第一章 机构结构分析和机构设计实验	(1)
实验一 机构的认知	(1)
实验二 机构运动简图测绘	(3)
第二章 机构运动分析和机构设计实验	(6)
实验一 机构动平衡与运动参数测定	(6)
实验二 渐开线齿廓的范成原理	(24)
实验三 机构运动方案创新设计	(28)
第三章 机械的力分析实验	(42)
实验一 刚性转子动平衡	(42)
第四章 机械传动性能参数测试及创意实验	(48)
实验一 机械设计创意及综合设计	(48)
实验二 机械传动系统性能参数测试与分析(综合设计型实验)	(62)
实验三 机械传动系统性能及方案比较与研究(研究创新型实验)	(65)
第五章 液体动力润滑滑动轴承实验	(67)
实验一 滑动轴承基本性能测试	(67)
实验二 滑动轴承摩擦状态分析(综合设计型实验)	(77)
实验三 多参数耦合下滑动轴承性能特性研究(研究创新型实验)	(83)
第六章 机械设计结构与分析实验	(85)
实验一 减速器拆装	(85)
实验二 机械零部件的认知	(90)
第七章 轴系结构设计实验	(100)
实验一 轴系结构设计	(100)
附录 实验报告	(107)
参考文献	(167)

5.3 凸轮轮廓设计 1——图解法	93
5.4 凸轮轮廓设计 2——解析法	96
5.5 凸轮机构基本尺寸的确定	101
思考题	103
练习题	104
第 6 章 齿轮机构	107
6.1 齿轮机构的分类及特点	107
6.2 齿廓等速比传动条件	109
6.3 渐开线齿廓及其啮合分析	109
6.4 标准渐开线圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸	113
6.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	116
6.6 渐开线齿廓的加工原理与根切	121
6.7 变位齿轮及其传动计算	126
6.8 斜齿圆柱齿轮机构	130
6.9 直齿圆锥齿轮机构	135
6.10 蜗杆机构	139
6.11 其他齿轮机构简介	143
思考题	146
练习题	147
第 7 章 轮 系	149
7.1 轮系及其分类	149
7.2 定轴轮系传动比的计算	151
7.3 周转轮系传动比的计算	153
7.4 混合轮系传动比的计算	155
7.5 周转轮系设计中的若干问题	157
7.6 常见行星传动简介	161
7.7 轮系的应用	163
思考题	165
练习题	165
第 8 章 其他常用机构	168
8.1 棘轮机构	168
8.2 槽轮机构	173
8.3 不完全齿轮机构	178
8.4 万向联轴节	180
思考题	182
练习题	182

第 9 章 平面机构受力分析及平衡	184
9.1 概 述	184
9.2 考虑运动副摩擦的平面机构准静力分析	185
9.3 无运动副摩擦的平面机构动力分析	195
9.4 机器的平衡问题	197
9.5 刚性转子的平衡计算	200
9.6 机构的平衡设计	206
思考题	210
练习题	210
第 10 章 机器的能量分析与速度波动调节	213
10.1 机器运动的功能关系	213
10.2 机器的效率和自锁的效率条件	215
10.3 机器运动的等效动力学模型及真实运动的求解	222
10.4 从能量的观点对机构进行力分析——速度杠杆法	227
10.5 机器周期性速度波动及其调节	230
思考题	235
练习题	236
第 11 章 机器运动方案设计	240
11.1 机器系统设计概述	240
11.2 机构的选型	242
11.3 机器的运动协调与工作循环图	247
11.4 机器运动方案拟订实例	249
思考题	253
练习题	253
第 12 章 计算机辅助机构分析与综合	254
12.1 概 述	254
12.2 ADAMS 软件的用户界面	256
12.3 ADAMS 机构分析与设计的一般流程	258
12.4 ADAMS 软件中机构设计与分析实例	260
思考题	279
练习题	280
参考文献	281

第1章

机构结构分析和机构设计实验

实验一 机构的认知

机器是由各种机构组成的。一部机器可能由多种机构组成,如内燃机是由曲柄滑块机构、齿轮机构、凸轮机构等组合而成的。机器的运动形式多种多样,但都是由一些常用的基本机构通过各种组合形式来协调实现的。

一、实验目的

通过参观机构陈列柜,了解机械原理课程的教学内容,加深对各类常见机构基本类型和用途的理解。

- (1)了解常用基本机构的结构特点、分类和应用。
- (2)了解机构的组成和运动传递情况。
- (3)初步了解机器的组成原理,加深对机器的总体感性认识。

二、实验内容

通过观看机构陈列柜的演示,对理论教学中机构的组成、平面连杆机构的类型及应用、齿轮机构、凸轮机构、轮系、间歇运动机构等知识加以印证;通过了解实物的运动,进一步加深对常用机构原理的理解。

三、实验仪器

机构陈列柜(主要用来展示机构的组成、平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、轮系、间歇运动机构等)。

四、仪器说明

机构原理柜的语音控制功能通过由微处理器控制的新型大容量语音芯片实现,设有遥控

和手控两种操作方式。在这两种操作方式中,既可选择按模型电动机编号从头到尾自动播放,也可点播柜内某一模型。在语音播放中,可实现有声和静音转换。

1. 手动操作面板

整套陈列柜每台柜的前端配有手动操作面板,面板按键的布局如图 1-1 所示。



图 1-1 手动操作面板按键布局图

(1) 手动操作面板共有 15 个按键,其中:面板上部有 12 个数字键 M1~M12,代表该柜运转的模型电动机编号;面板下部有 3 个功能键:“全转动”、“放音转动”、“停止”。

(2) 操作面板最上方的两位数码显示管显示该柜的运转模型电动机的工作状态。显示的内容及表示的意义如下:

“——”表示该柜处于停止状态;

“H2”表示在手动操作方式下该柜全部模型电动机转动但无播音;

“××.”(×为 0~9)表示手动操作方式下的点播状态;

“C0”表示按下了遥控器上的功能键(11 号键),等待选择柜号;

“C1”表示在遥控方式下所有模型电动机转动但无播音,按下遥控器上的功能键(11 号键),等待选择柜号;

“C2”表示在遥控方式下该柜全部模型电动机转动但无播音;

“×.×”(×为 0~9)表示遥控操作方式下点播某模型并播音。

2. 遥控器

整套陈列柜配置一个遥控器(内配 1.2V 干电池一节),可对整套陈列柜实现遥控操作。遥控器面板布置如图 1-2 所示。1~10 号键为数字键(其中“10”代表“0”),11 号键为功能键,12 号键为停止键。如按下了功能键(11 号键),显示“C0”,此时,“1~10”为被选中的柜号,再按 1~12 选择柜中的型号(此套柜中每柜最多只有 12 个模型)。

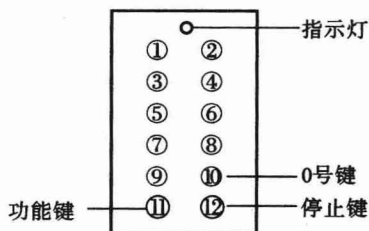


图 1-2 遥控器面板布置图

3. 机构陈列柜操作方法

1) 手动操作

(1) 本柜所有模型电动机转动,即不播音转动:按下“全转动”键,所有模型电动机开始转动,显示“H2”;按下“停止”键,停止转动,显示“——”。

(2) 本柜内某一模型播音转动(点播):按下某柜中某模型编号的数字键(M1~M12),开始播音转动,并显示被选中的模型电动机编号“××.”;如不需要播音,只要重复按一次刚才按的

数字键即可实现有声/无声、无声/有声的转换;按下“停止”键,停止当前操作,显示“—”。(如果按下的数字键号大于该柜的实际模型编号,则此操作无效)

(3)本柜按模型编号顺序从头到尾自动运行,实现同步转动播音(顺播):按下“放音转动”键,显示“01”,从第一个模型开始转动播音,本模型运行完,自动转入下一个模型,显示当前模型编号“××”(如果只需要模型电动机转动,不需要播音,只要重复按一次“放音转动”键即可实现有声/无声、无声/有声的转换);按下“停止”键,停止当前操作,显示“—”。

2) 遥控操作

(1)某柜顺序播放:当显示“—”时,按下遥控器的10号键(代表0),再按下选择柜号,即可使被选中的柜顺序播放。

(2)某柜所有模型电动机转动,即不播音转动:按下遥控器的11号键,显示“C0”,再按一次11号键,显示“C1”,然后按下10号键再按柜号数,显示“C2”,选中的陈列柜中所有模型电动机开始转动;按下12号键中止当前运行,显示“—”。

(3)选择某柜的某模型播音转动(遥控模型点播):按下11号键,显示“C0”,按下1~10号键选择柜号,再按1~12号键选择被选中柜号内的模型号,显示“×.×”,选中的模型开始转动播音;按下12号键,中止当前操作。(如果按下的数字键号大于该柜的实际模型编号,则此操作无效)

4. 注意事项

(1)除“停止”键外,手动操作和遥控器操作有相互制约的关系:遥控器工作时,手动操作无效;手动操作时,遥控器无效。

(2)遥控器键按下松开为1次操作。

五、实验步骤

(1)观察陈列柜中的各种机构,认真聆听同步讲解,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。

(3)实验结束时,将实验所用的所有工具、仪器及设备整齐归位。

注意:本实验以观察和思考为主,不要动手拨动陈列柜中的机构。

实验二 机构运动简图测绘

一、实验目的

(1)掌握平面机构运动简图测绘及其运动尺寸标注的基本方法。

(2)掌握平面机构自由度的计算和机构运动是否确定的判别方法。

(3)巩固和扩展对机构的运动及其工作原理的分析能力。

二、实验原理

由于机构的运动和组成与机构的运动类型和数目,以及运动副相对位置的尺寸有关,而与机构的结构形状无关,因此可撇开与运动分析无关的构件的具体形状和运动副的具体构造,运用简单线条或图形轮廓表示构件,用规定的符号表示运动副的种类,按一定比例尺寸关系确定运动副的相对位置,以此表达各构件间相对运动关系的简单图形,即机构运动简图。常用机构运动副简图符号如表 1-1 所示。

表 1-1 部分常用机构运动副简图符号(GB 4460—1984)

名 称	符 号	名 称	符 号
轴、杆、连杆等构件		链传动	
轴、杆的固定支座(机架)			
一个构件上有两个转动副			
一个构件上有三个转动副		外啮合圆柱齿轮传动	
两个运动构件用转动副相连			
一个运动构件一个固定构件用转动副相连			
两个运动构件用移动副相连		内啮合圆柱齿轮传动	
一个运动构件一个固定构件用移动副相连			
一个运动构件一个固定构件用移动副相连			
棘轮机构		在支架上的电动机	

三、实验内容

绘制牛头刨床、锯床等机器以及机构模型的机构简图,并计算机构自由度,验证机构具有确定运动的条件。

四、实验步骤

(1)首先使被测的机构或模型缓慢运动,并从起始构件开始仔细观察机构各部分间的相对运动,从而分清:①机构的构件数目(注意区分构件与零件);②运动副的数目,并根据直接接触的两构件的连接方式和相对运动性质确定各运动副的类型;③对于机器,还应分清由几种机构组成,观察时应仔细;在计算机构数目和运动副数目时,要特别注意复合铰链、虚约束、局部自由度。

(2)了解清楚机构的组成后,就可以从起始件开始按照运动的传递顺序,用简单的代表符号和线条徒手画出机构简图的草图,用1、2、3……分别标注各构件,用字母A、B、C……分别标注各运动副。

(3)计算机构的自由度,平面机构自由度的计算公式为

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-1)$$

式中: n 为活动构件数; P_L 为低副个数; P_H 为高副个数。

计算机构自由度时应注意以下几点。

(1)当 $m(m > 2)$ 个以上的构件在同一处以转动副相连接构成复合铰链时,共有 $(m-1)$ 个转动副。

(2)如果某构件所产生的局部运动不影响其他构件的运动,则这种局部运动的自由度称为局部自由度。在计算机构自由度时,应将局部自由度除去,不计产生局部运动的构件。

(3)有些构件所产生的运动副带入的约束对机构运动只起重复约束作用,称这种约束为虚约束。在计算机构自由度时,应去除虚约束,即将形成虚约束的构件和运动副去除。

(4)仔细测量和机构运动有关的尺寸,如回转副中心之间的距离、转动副中心与移动副中心线间的垂直距离等。

(5)任意假定原动构件的一个瞬时位置,选定合适的长度比例尺,按比例将草图画成正规的机构运动简图。

$$\text{比例尺} = \frac{\text{构件实际长度(m)}}{\text{简图所画长度(mm)}} \quad (1-2)$$

五、思考题

(1)机构运动简图在工程上有何用处?

(2)正确的机构运动简图应符合什么条件?画机构运动简图时应注意哪些问题?

(3)计算机构自由度对测绘机构运动简图有何帮助?

(4)画机构运动简图时为什么可以撇开构件的结构形状,而用构件两回转副中心的连线表示构件?

第2章

机构运动分析和机构设计实验

实验一 机构动平衡与运动参数测定

人类对客观世界的认识和改造活动总是以测试工作为基础的。工程测试技术就是利用现代测试手段对工程中的各种物理信号,特别是随时间变化的动态物理信号进行检测、实验、分析,并从中提取有用的信号,其测量和分析的结果客观地描述了研究对象的状态、变化和特征,并为进一步改造和控制研究对象提供了可靠的依据。

如何评价一台机器或机构的好坏?一般情况下,从其运动特性和其动力特性两个方面给予衡量,而其量值则是机构的实际运动参数。如何获取机构运动参数就是本实验要解决的问题。

一、实验目的

- (1)了解机构运动参数测试所需的基本硬件的组成。
- (2)掌握测试机构运动参数的一般工作程序。
- (3)了解几种传感器的工作原理。
- (4)了解用于信号采集和分析的专业软件。
- (5)通过机座振动加速度的测试了解机构惯性力对机座振动的影响。

二、实验原理

机构的运动参数,包括位移(角位移)、速度(角速度)、加速度等,都是分析机构运动学及动力学特性必不可少的参数,通过用实测得到的这些参数可以验证理论设计是否正确或合理,也可以检测机构的实际运动情况。

任何物理量的测量装置往往由许多功能不同的器件所组成。典型的测量装置如图 2-1 所示。

在测量技术中,首先通过传感器将机构运动参数(非电量)变换成便于检测、传输或计算处理的电参量(如电阻、电荷、电势等)送进中间变换器,中间变换器把这些电参量进一步变换成易于测量(或显示)的电流或电压等电信号,使其成为一些满足需要又便于记录和显示的信号,

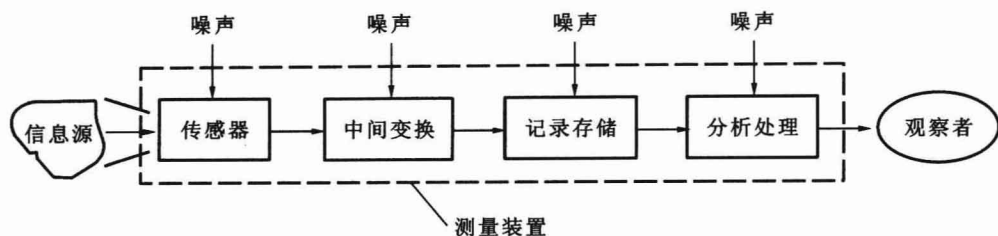


图 2-1 测量装置图

最后被计算机记录、分析、显示出来,供测量者使用。

(一)机构运动参数的测试方法

1. 曲柄摇杆机构实验台中摇杆角位移的测试

(1)参看图 2-2 所示摇杆角位移测试系统硬件连接示意图,进行测试系统的连接。(提示:实验室已将角位移传感器与摇杆轴固连好,未经指导教师许可,学生不得擅自拆卸。)具体操作

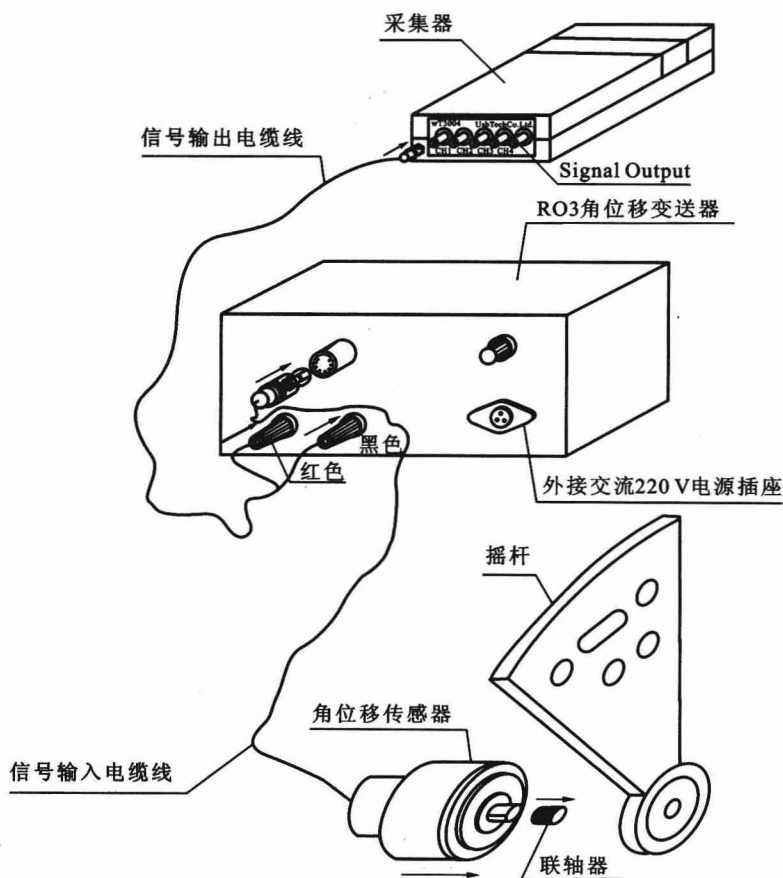


图 2-2 摇杆角位移信号测试系统硬件连接示意图

如下。①将角位移变送器的输出信号插头旋入采集器的 CH1 通道。注意角位移传感器的 7 针插头与角位移变送器插座连接的方向性。(提示:连接与断开传感器信号线前,务必切断断外接电源方可进行下一步的操作;将信号插头插入信号座时,将信号插头的缺口方向对准信号座

上的小销柱后轻轻插入、右旋;退出时,先左旋,再轻轻拔出信号插头。)②测试系统连接完毕、检查无错后,打开角位移变送器的电源开关。

(2)启动 uTek 应用程序“机械故障诊断教学与实验”下的“曲柄摇杆机构摇杆角位移的测定”的实验项目,进入主菜单窗口后,从左至右逐一打开菜单条,进行相应的实验工作(建议将采样频率设为 1280 Hz)。

在实验中,注意以下几点。①在采集数据之前,即在启动机构运动之前,必须将机构安全罩卡死在桌面上的固定螺栓内,同时检查有无可能由机构运动而导致的人身和设备安全问题(如实验者人身是否安全,电线、信号线是否连接好等)。排除安全隐患后方可启动运动机构进行数据采集。②为了安全起见,应在采集信号数据前接通机构的电源;信号数据采集完毕,立即断开机构的电源,进行下面的实验工作。

(3)根据得到的摇杆角位移数据曲线图,分析摇杆相对时间的运动情况。

2. 曲柄摇杆机构实验台中曲柄转速的测试

(1)参见图 2-3 所示曲柄转速信号测试系统硬件连接示意图,进行测试系统的连接。(提示:实验室已将旋转编码器与曲柄轴固连好,未经指导教师许可,学生不得擅自拆卸;连接与断

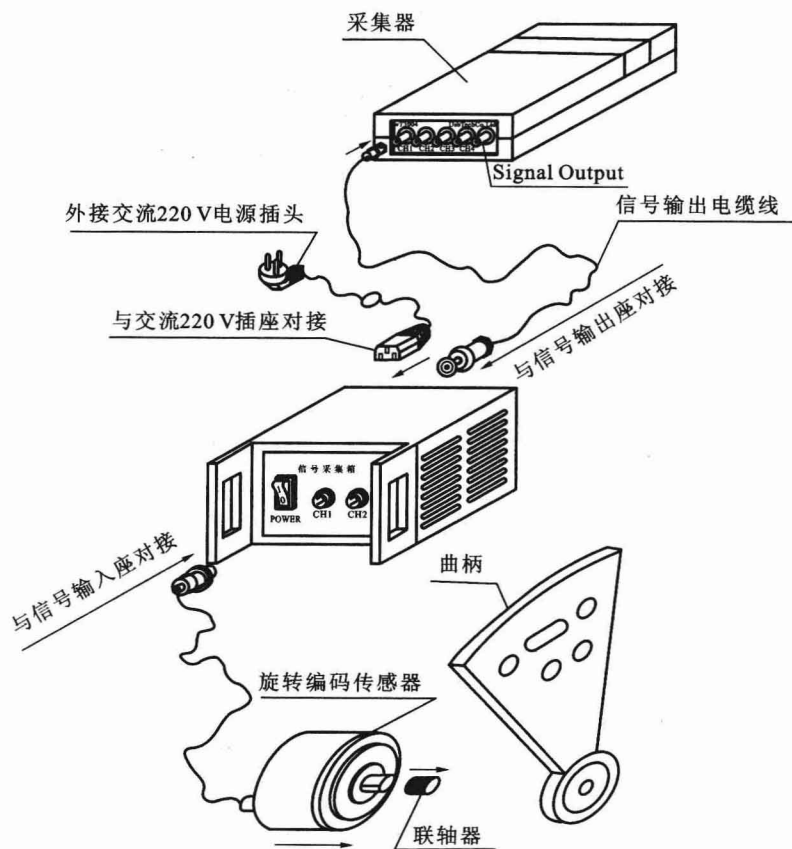


图 2-3 曲柄转速信号测试系统硬件连接示意图

开传感器信号线之前,务必切断外接电源方可进行下一步的操作。)具体操作如下。①将旋转编码器引出线中的 4 孔插头与直流电源及信号控制箱前面板上的输入 CH1 或 CH2 座对接,用连有一小信号头和一大信号头的信号线将 AD 卡与直流电源及信号控制箱后面板上的信号