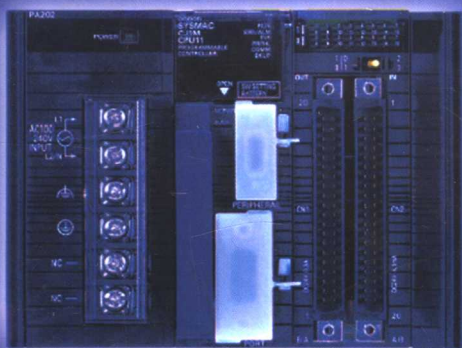


高等学校“十一五”规划教材(光学工程类)



高爱华 杭凌侠 主编

测控技术与 仪器专业基础实验



兵器工业出版社

高等学校“十一五”规划教材(光学工程类)

测控技术与仪器专业 基础实验

高爱华 杭凌侠 主编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书分为三部分,第一部分为基础实验篇,包括第一~三章,这一部分内容是为了训练学生操作使用基本机械和光学仪器设备和工具的能力,培养学生自己动手设计实验的能力。包括常见的机械结构认识、简单的机械结构拆装、光具座、平行光管、万工显、测长仪等目视光学仪器的正确使用、简单的光学应用测量和光路设计实验。

第二部分为信号转换基础篇,包括第四~六章,是在基础实验篇实验完成的基础上,使学生从目视光学仪器向光电仪器转换的基础实践训练。包括熟练掌握光学平台、稳压电源、示波器、万用表、传感器实验仪等仪器设备的使用方法;光电器件的认识与性能测试、传感器的认识与应用、波动光学基础——干涉、衍射、偏振的认识与应用;较复杂的光路设计和简单的光电检测电路设计与实验。

第三部分为信号处理初步篇,包括第七~九章,是从常规光电仪器向人工智能仪器转换的基础实践训练。包括精密仪器电路设计与检测中常用的自动化测量控制原理和方法;简单的光电测试装置的设计与制作。

本书所列实验均通过教学验证,可以作为高等学校有关测控技术与仪器专业、光电工程相关专业的实验教材,也可供相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

测控技术与仪器专业基础实验/高爱华,杭凌侠主编. —北京:
兵器工业出版社, 2006. 9
ISBN 7-80172-759-2

I. 测... II. ①高... ②杭... III. ①测量系统: 控制系统
—实验—高等学校—教材②电子测量设备—实验—高等学校—教
材 IV. TM93-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 111983 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市登峰印刷厂

版 次: 2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1 1050

责任编辑: 莫丽珠

封面设计: 李 晖

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.5

字 数: 304 千字

定 价: 20.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

出版说明

西安工业大学于1955年建校，是一所中央与地方共建，以陕西省管理为主的全日制普通高等学校。经过50多年的建设与发展，已经成为一所办学水平较高、办学规模较大、学科门类齐全的多科性普通高等学校。

在我国高等教育事业实现跨越式发展的同时，扩大规模和提高质量已成为高等教育发展的两大主题。而教材作为教学内容、教学方法和知识传播的有形载体和基本工具，能够适时地将学校办学水平、培养目标、质量标准等信息传递给学生。“十五”期间，学校立足自身定位，坚持教材建设研究，统一规划，加强管理，资助出版了多部特色教材，这些教材从体系到内容都充分体现了学校办学定位和办学特色。

2006年，为了适应社会和学校教育事业的发展，学校对办学指导思想进行了重新确定，进一步明确了办学定位、培养目标及服务方向。“十一五”期间，学校将在更新教育理念、提高办学水平、实现快速发展的思想指导下，坚持科学的教育发展观，围绕培养定位、培养模式、专业建设、课程改革等方面做大量的研究、探索和实践，并通过加强科学研究带动学科建设。为使这些教学研究改革及学科建设、科研成果及时得以固化并更好推广，我们将在系统调研、认真审阅的基础上，对已形成专著的研究内容规划整理成为适合教学的教材，并将工程实践中已获得应用的先进技术和内容提炼后纳入新编教材中，突出专业特色及学科建设成果，把教材建设目标和人才培养目标统一起来，从总体上提高人才培养质量，促进教学工作上台阶，促进培养目标的实现。

我校“十一五”规划出版的各学科系列教材，将全面系统地融入教学改革和科学研究的优秀成果，为各学科和专业发展奠定坚实的基础。我们衷心希望这些教材能对广大读者在夯实基础、强化素质、提高能力方面起到积极作用。

西安工业大学
教学工作委员会教材工作分会
2006年7月

教材编委会名单

主 任 刘缠牢

委 员 高 明 倪晋平 弥 谦 侯宏录

前 言

测控技术与仪器专业包括精密仪器、光学技术与光电仪器、检测技术及仪器仪表三个研究方向，是一门涉及到光、机、电、算等多学科的专业。我们所开设的实验课是该专业的一门独立的实践性专业基础课程，是学生在系统接受专业学习过程中一个不可缺少的环节。通过对该课程的学习，培养学生在测控技术与仪器基础方面的实验设计能力、分析问题和解决问题的能力以及独立工作能力，为学生进一步学习专业课程打下坚实的基础。

一、课程设置

本实验课分为基础实验篇、信号转换基础篇、信号处理初步篇三部分内容，每部分内容根据专业培养目标需求分为若干章节，根据各章节的目的和目标确定实验教学主要内容和步骤。

基础实验篇的实验目的：训练学生操作使用基本仪器设备和工具、培养学生自己动手设计实验的能力。通过这部分实验，要求学生能够达到：能认识常见的机械结构、进行简单的机械结构拆装；能正确使用光具座、平行光管、万工显、测长仪等目视光学仪器；能够进行简单的光学应用测量和光路设计实验。

为了达到上述目标，我们安排了常用仪器机械结构的认识、透镜焦距与成像规律、目视光学仪器测量初步三章实验内容，要求学生在常见仪器机械结构的认识和基本光路理解的基础上，对常见目视光学仪器的构成和应用有所认识。

信号转换基础篇实验的目的：在基础实验篇实验完成的基础上，使学生从目视光学仪器向光电仪器转换的基础实践训练。通过这部分实验，要求学生能够达到：熟练掌握光学平台、稳压电源、示波器、万用表、传感器实验仪的使用方法；能完成较复杂的光路设计和简单的电路设计与检测。

为了达到上述目标，我们安排了传感器的认识与应用、波动光学基础——干涉、衍射、偏振的认识与应用、光电器件的认识与性能测试等主要实验内容，要求学生通过这部分实验，能够对常用传感器、光电转换器件和常用仪器电路模块有所认识，掌握非直线型光路设计的方法和简单的电路设计与测试方法。

信号处理初步篇的实验目的：对学生进行从常规光电仪器向人工智能仪器转换的基础实践训练。通过这部分实验，要求学生能够达到：能进行精密仪器电路的设计与检测；完成简单的光电测试装置的设计与制作。

为此，我们安排了常见系统的信号测量与处理技术基础和光电技术的综合应用两大块实验内容。要求学生通过实验，能够了解常见系统的信号测量与处理的基本方法；完成小型光电检测装置的设计与制作。

通过这门课的学习，我们要求学生能够通过从机械结构+光学路线+光电转换器件+典型电路→光电仪器这样一个完整的实验过程，逐步地了解光电仪器的构成、各部分的作用以

及测试方法等,帮助学生系统地了解专业的内涵,更深入地理解各有关理论课程的授课内容以及它们之间的相互联系,减少或避免出现学不知所用的现象。

二、学习本课程应注意的问题

实验是培养学生动手能力的重要手段,它在各学科领域中都有极其重要的作用。实验教学是高等教学中的一个重要环节,作为高等工科院校的学生,在四年的学习中,不仅要掌握所学专业的基础理论和一定的专业知识,而且还必须具备一定科学实验能力,可以说,能力的培养是实验教学的根本任务。

专业基础课是学生专业化的开始,各门课程之间有一定的联系,都是专业课程的基础,但又不是专业的前沿,专业的发展趋势在课程中无法得到更多的体现。因此,学生在本课程中的工程训练,重点是专业基础技能的综合应用训练,其创新性留待专业课程进行训练。

在本课程的学习中,学生应注意到课程本身的连贯性和完整性,打破理论课程的界限。

学生应对工程化与教学的区别给予特别注意。教学通常要保证理论的完整性,分门别类加以论述,而工程应用通常更注意到不同课程或学科的综合应用。为了达到训练工程化的目的,本课程改变以往单一课程对应若干实验的做法,按工程训练的类别分模块设置实验,强化学生的综合应用能力。因此,要求学生在本课程的学习中,自始至终按工程规范进行实验操作和数据处理,所有章节中的实验表述、图表制作、物理量的单位全部与国标相符,行业特殊表述方法应符合行业标准。

在第一部分中学生应注意训练动手能力,训练使用常用工具的能力和简单直线型光路的设计以及在常用目视光学仪器上进行有关参数的基本测量。在第二部分中学生应注意训练复杂光路的设计、简单电路的设计并初步进行测量装置的模块训练。第三部分着重模块的设计与连接,逐步靠近实际仪器装置。整个实验课的过程实际上就是实用光电仪器装置的设计全过程,要求学生通过本课程的学习能够达到测控专业基础训练的基本目的。

本课程采用工程化考核方式,所有考试内容按实验项目编号,学生随机抽取试题,在规定时间内独立完成全部实验内容,教师根据学生的操作能力、回答问题能力以及书面表达能力综合评定成绩。不进行考前辅导和答疑,考试时可以带《测控技术与仪器专业基础实验指导书》、计算器和文具,不得携带实验报告进入考场。

三、致谢

本教材在编写、施教和修订的过程中得到西安工业大学光电工程学院实验中心全体教师的积极支持与参与,特此致谢。其中主要执笔人有:高爱华(第四、六、七、九章)、杭凌侠(引言、第二、三章),陈智利编写了第八章,并对第七章的修订提供了意见,高明编写了第一章,田爱玲和杨利红合作编写了第五章,潘永强参与编写了第三章的工作。全书由高爱华和杭凌侠统稿。

作者

· 2006. 7

目 录

第一部分 基础实验篇	(1)
第一章 仪器结构实验技术	(3)
第一节 概述	(3)
第二节 机构的组成	(3)
第三节 机构具有确定运动的条件	(4)
第四节 仪器结构中的常用传动形式	(5)
第五节 仪器结构中的常用支承及连接	(9)
第六节 仪器结构中的常用零件及装置	(13)
第七节 参考实验	(16)
实验一 仪器结构实验	(16)
实验二 圆柱形螺旋弹簧特性测试实验	(25)
实验三 车床夹具设计及零件加工实验	(26)
实验四 金相显微镜微动调焦机构装配工艺规程的制订	(27)
第二章 透镜焦距与成像规律	(30)
第一节 概述	(30)
第二节 实验原理概述	(31)
第三节 参考实验	(33)
实验一 透镜成像规律实验	(33)
第三章 目视光学仪器测量初步	(39)
第一节 概述	(39)
第二节 目视光学仪器测量入门知识	(39)
第三节 实验原理简述	(43)
第四节 参考实验	(46)
第二部分 信号转换基础篇	(49)
第四章 光电器件的认识与应用	(51)
第一节 光电检测器件与热电检测器件	(51)
第二节 光电效应及器件特性	(52)

第三节	光电检测中的常用光源	(56)
第四节	各种光电检测器件的性能比较和应用选择(真空光电检测器件与半导体光电检测器件)	(59)
第五节	参考实验	(61)
实验一	光敏电阻特性测试	(63)
实验二	光敏电阻的应用——暗光亮灯电路	(65)
实验三	光敏二极管特征实验	(66)
实验四	光敏二极管的应用——光控电路	(67)
实验五	光电池特性测试	(67)
实验六	光电池应用——光强计	(68)
实验七	光耦合器件——光断续器	(69)
实验八	菲涅尔透镜性能实验	(70)
实验九	红外光传感器——热释电红外传感器性能	(70)
实验十	红外光传感器——热释电红外传感器人体探测	(71)
第五章	波动光学基础	(72)
第一节	概述	(72)
第二节	常用光学仪器简介	(72)
第三节	光学实验中误差及数据处理	(78)
第四节	参考实验	(86)
实验一	杨氏干涉及条纹图像接收处理技术	(86)
实验二	马赫-泽德干涉	(90)
实验三	用法布里-珀罗干涉仪测钠黄光双波长	(91)
实验四	夫琅和费衍射及光电接收处理技术	(94)
实验五	衍射光栅	(96)
实验六	偏振光的研究	(98)
实验七	1/4 波片位相延迟角检测	(101)
第六章	传感器的认识与应用	(104)
第一节	概述	(104)
第二节	传感器的分类	(104)
第三节	传感器的静态标定和静态特性	(107)
第四节	传感器的动态特性概述	(111)
第五节	参考实验	(112)
实验一	金属箔式应变片测量位移	(116)
实验二	差动变压器	(118)
实验三	霍尔式传感器	(121)
实验四	其他传感器及测试电路介绍	(123)
实验五	移相器实验	(125)
实验六	相敏检波器实验	(126)

第三部分 信号处理初步篇	(129)
第七章 典型环节的认识与应用	(131)
第一节 概述.....	(131)
第二节 开环控制和闭环控制.....	(131)
第三节 自动控制系统的分析和设计.....	(133)
第四节 参考实验.....	(134)
实验一 典型环节的模拟研究.....	(134)
实验二 典型二阶系统瞬态响应和稳定性.....	(139)
实验三 系统校正.....	(141)
第八章 信号的采集与处理	(144)
第一节 概述.....	(144)
第二节 仪器及软件简介.....	(145)
第三节 参考实验.....	(149)
实验一 模/数、数/模转换实验.....	(149)
实验二 数字 PID 控制	(154)
实验三 电烤箱闭环控制实验.....	(167)
第九章 光电技术的综合应用	(180)
第一节 光电检测系统概述.....	(180)
第二节 光电检测系统综合实验.....	(182)
实验一 光控自动照明应急灯制作.....	(182)
实验二 远距离红外报警器制作.....	(184)

第一部分 基础实验篇

第一章 仪器结构实验技术

第一节 概 述

随着科学技术和经济建设发展的需要，精密机械的研究和应用已渗透到许多重要的科学技术领域和产业部门，例如，火箭、人造地球卫星、精密加工机床，测试设备以及精密机械仪器等。

现代精密机械技术已发展成为一个技术密集的领域，它要求综合应用精密元件、新型材料、表面技术、电测技术、光测技术以及自动控制和计算机等多方面先进技术，以达到充分利用信息流、精确控制物质流与能流的转换。现代精密机械仪器的特点之一是光学系统、电路系统和精密机械结构三者密切联系、互相配合，共同保证其各种技术性能的实现。而精密机械结构的主要作用是组成具有确定性运动规律的相对活动系统来传递、转换和控制运动，传递和显示数值，以及调整、固定和稳定光学部件、光电元件和机械构件的相对位置。因此，精密机械结构对保证各种精密仪器技术性能的实现有着极为重要的作用。

组成精密机械结构的最基本单元称为零件或元件（如弹簧、齿轮、轴及螺钉等）。为了完成某种作用由一些零件组合而成的组合体称为部件（如阻尼器、减震器等）。而为了完成某种特定运动规律的某些构件的组合则称为机构（如连杆机构、凸轮机构等）。

本章是针对测控技术与仪器专业中的精密机械结构类的实验技术而编写的，因此，在教学过程中，除进行必要的理论讲授外，着重介绍的是实验及实物教学等实践性教学环节。这对于全面培养学生的分析问题和解决问题的能力以及工程设计能力是至关重要的。

第二节 机构的组成

一、构件

组成仪器或机械的最基本单元是零件，但是从研究机械运动的观点来看，并不是所有零件都独立地影响机械的运动的，而往往是由于结构和工艺上的需要，把几个零件刚性地连接成一个整体而运动，使它们成为一个运动的单元体。机构中每一个运动单元就称为一个构件。

二、运动副

机构所有构件都应具有确定的运动，因此每一构件至少必须与另一构件相连，而互相连接着的构件之间仍保留有一定的相对运动。凡两构件直接接触而又能产生一定形式相对运动的连接称为运动副。例如轴与轴承的连接，滑块与导槽的连接以及齿轮与齿轮的连接等都是

运动副。

构件之间的接触有点、线和面三种形式。例如，滚珠和内外座圈的接触为点接触；互相啮合的齿轮为线接触；而轴与轴承的接触或滑块与导槽的接触则为面接触。两构件通过点或线的接触而构成的运动副统称为高副；两构件通过面的接触而构成的运动副称为低副。

两构件之间的相对运动为移动的称为移动副；两构件之间的相对运动为转动的称为转动副。

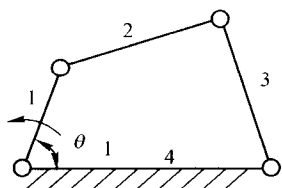


图 1-1 铰链四杆机构

三、运动链与机构

若干构件以运动副连接而形成的系统称为运动链。

在运动链中，如果将其中某一构件固定作为机架，当另一个或几个构件相对于此固定构件做独立运动时，则其余构件即随之做确定的预期运动，这种运动链便成为机构。如图 1-1 所示，若其中构件 4 固定（称为机架），而给予构件 1 按某一规律运动，则构件 2 和构件 3 随之做确定的运动，这便成为机构。构件 1 称为原动件，而其余的运动构件（构件 2 和构件 3）则称为从动件。

第三节 机构具有确定运动的条件

图 1-2 所示为由四个构件组成的一种平面四杆机构（曲柄滑块机构）。在此机构中，如果给定一个独立的运动参数，即当构件 3 按给定运动规律 $S_3 = S_3(t)$ 运动时，构件 4 及构件 1 的运动也就完全确定了。

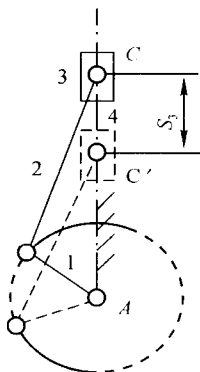


图 1-2 曲柄滑块机构

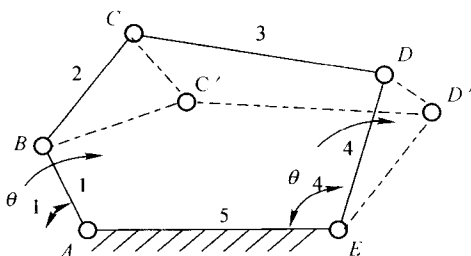


图 1-3 铰链五杆机构

又如图 1-3 所示五个构件组成的一种铰链五杆机构。在此机构中，如果也给定一个独立的运动参数，例如，给出构件 1 的角位移规律 $\theta_1 = \theta_1(t)$ ，此构件 2、3、4 的运动并不能确定。因为当构件 1 占有位置 AB 时，构件 2、3、4 可以占有位置 BC、CD 及 DE；也可以占有位置 B'C'、C'D' 及 D'E 或者其他位置。但是，如果再给定另一个独立的运动参数，如构件 4 的角位移规律 $\theta_4 = \theta_4(t)$ ，即同时给定两个独立的运动参数，则不难看出，这时五杆机构各构件的运动便完全确定了。

机构具有确定的运动时所必须给定的独立运动参数的数目，称为机构的自由度。因此上

述曲柄滑块机构的自由度为 1，而铰链五杆机构的自由度为 2。对于自由度为 1 的机构，只要给定一个独立的运动参数，其所有构件的运动便是完全确定的。而对于自由度为 2 的机构，则必须同时给定两个独立的运动参数，其所有构件的运动才是完全确定的，其余依次类推。

如前所述，按给定的运动规律运动的构件，称为机构的原动件。又因通常机构的原动件都是和机架相连的，对于这样的原动件，一般只能给定一个独立的运动参数（例如绕固定轴转动的原动件），所以，在此情况下，为了使机构具有确定的运动，则机构的原动件数应等于机构的自由度数。这就是机构具有确定运动的条件。

第四节 仪器结构中的常用传动形式

一、齿轮传动

1. 齿轮传动的特点及分类

(1) 特点

齿轮传动在各种精密机械、仪器仪表、自动控制装置中广泛地用来传递运动和动力。它具有如下特点：① 传动比稳定，传动精度高；② 传动效率高（高精度直齿圆柱齿轮的效率，可高达 98% 以上）；③ 在传递同样功率的条件下，尺寸较小，结构紧凑；④ 在一般工作条件下，寿命长；⑤ 适用的速度和功率范围广泛。但齿轮传动也存在一些缺点，如：① 制造齿轮时，需要专门的设备和刀具，致使加工成本较高；② 要求较高的制造精度和安装精度。在制造不精确时，会导致传动精度下降、有振动和噪声。

由于齿轮传动的优点是主要的，往往为其他类型的传动所不及，因此，在精密机械传动中得到广泛应用。

(2) 分类

精密机械中应用的齿轮，按齿廓曲线的形状可分为：

- ① 渐开线啮合；
- ② 摆线啮合（修正摆线啮合——圆弧齿形啮合）；
- ③ 简化啮合。

按齿轮传动的工作条件，可分为闭式传动和开式传动两种。当传动封闭在箱壳内（能保证良好的润滑和工作条件）时，称为闭式传动。开式传动是外露的，不能保证良好的润滑，同时，工作时难免齿间要落入灰尘而引起齿面的磨损。在精密机械中应用的齿轮传动，大多属于闭式传动。

按两轴的相对位置分类时可参看图 1-4。

在精密机械中，欲实现平行轴间的传动，以直齿圆柱齿轮的应用最为广泛，这是由于它的设计、制造都比较简单，易于获得较高的制造精度和安装精度，传动精度和传动效率高，因此在设计中应优先考虑采用。但传动速度大于 10 m/s 时，会产生噪声，所以多应用于低速和中速的精密传动中。

平行轴间的高速传动应考虑采用斜齿圆柱齿轮（传动速度可达 50 m/s），它的优点是传动平稳，应用于高速时可减小冲击和噪声，缺点是有轴向力产生。如采用人字齿轮则可予以

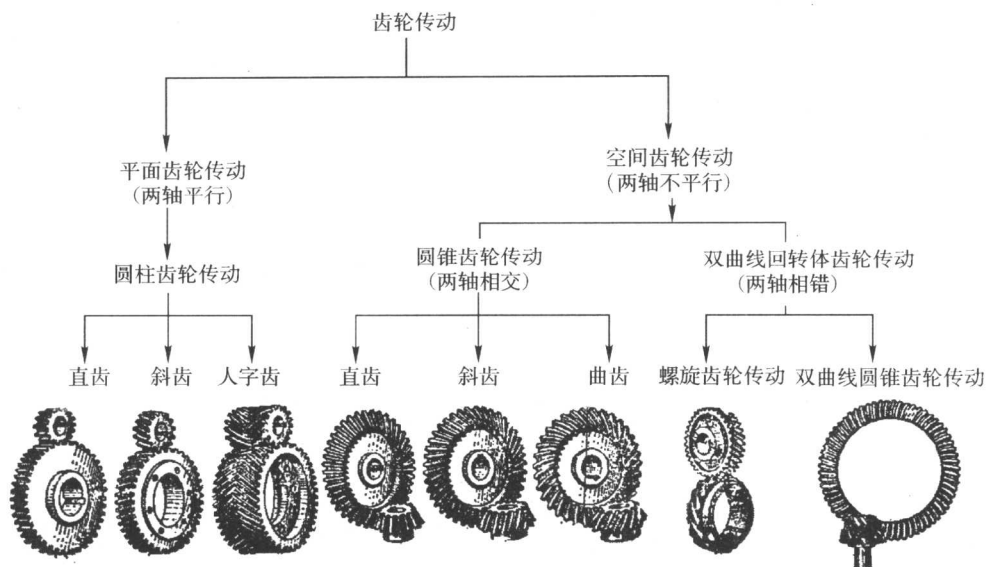


图 1-4 齿轮传动的分类

消除。

斜齿圆柱齿轮还常常用于：① 当中心距及传动比已定，而用直齿圆柱齿轮不能得到标准模数时；② 对传动的平稳性要求很高，而轮（齿数少的齿轮）的齿数必须做得很少时。

圆锥齿轮用于相交轴之间的传动。由于它所能达到的经济加工精度和安装精度都比圆柱齿轮低，因此在设计中应避免用作高精度传动。

螺旋齿轮用于传递空间交错轴之间的运动。如果仅就齿轮副中的单个齿轮而言，螺旋齿轮和斜齿轮没有区别，然而两种传动的性质完全不同。斜齿轮啮合是线接触，螺旋齿轮啮合是点接触，而且当两轴线的交错角增大时，啮合点的相对滑动也将增大，因此磨损较快。

蜗杆传动是螺旋齿轮传动的一种变型，用于传递交错轴间的运动，交错轴间的夹角为 90° 。蜗杆传动中的相对滑动虽然很大，然而蜗杆与蜗轮的啮合是线接触，因而磨损得到一定的改善。

蜗杆传动的优点是单级传动比其他传动大，此外在传动时平滑无声方面也很突出。适宜在要求传动比较大的场合下工作。另一特点是可以设计成有自锁能力的传动。蜗杆传动的缺点是效率低，其效率与蜗杆的导角有关，一般情况下为 $30\% \sim 80\%$ 。在自锁传动中导角必须小于摩擦角。另外，蜗轮的加工比较复杂，高精度的蜗轮需要专用的蜗杆滚刀加工，显然，在生产批量很小时，是不经济的。但用其他方法加工，又不易得到高的精度和质量。此外，装配后蜗轮对称平面与蜗杆中心不重合时，也将造成瞬时传动比的变动。

二、杠杆传动

1. 杠杆传动的作用

杠杆传动是精密机械中常用的一种传动形式。它通过回转副（轴销）和移动副（滑块和导轨）把若干刚性构件连接在一起，其主要作用是：

- ① 改变位移的性质, 即把线位移转换为角位移, 或者相反;
- ② 传递运动或动力;
- ③ 获得线性刻度 (等分分度), 即利用杠杆传动特性的非线性来补偿灵敏元件的非线性, 从而使示数装置获得线性刻度。

杠杆传动的优点是机构中的各个运动副一般为低副, 固比压小、磨损轻、寿命长和工作可靠, 同时易于加工和得到较高的几何精度。其主要缺点是运动副存在间隙, 使传动产生误差, 在速度较高时会产生较大的冲击。

杠杆传动的类型很多, 常用的有曲柄滑块机构、正弦机构、正切机构。

2. 曲柄滑块机构

如图 1-5 所示, 曲柄滑块机构是由三个回转副和一个移动副组成的四杆机构。其中 A、B、C 是铰链。曲柄 1 铰链 A 转动, 连杆 2 做平面运动, 滑块 3 沿导路做往复移动。如果铰链 A 在滑块导路中心线 DE 上, 则称为对心曲柄滑块机构 (图 1-5a), 否则, 称为偏置曲柄滑块机构 (图 1-5b), 铰链 A 至导路中心线 DE 的垂直距离 e 称为偏距。

在曲柄滑块机构中, 滑块的行程 S 与曲柄转角 α 之间的关系, 称为曲柄滑块机构的传动特性。对心曲柄滑块机构只是偏置曲柄滑块机构的特例 (此时偏心距 $e=0$)。

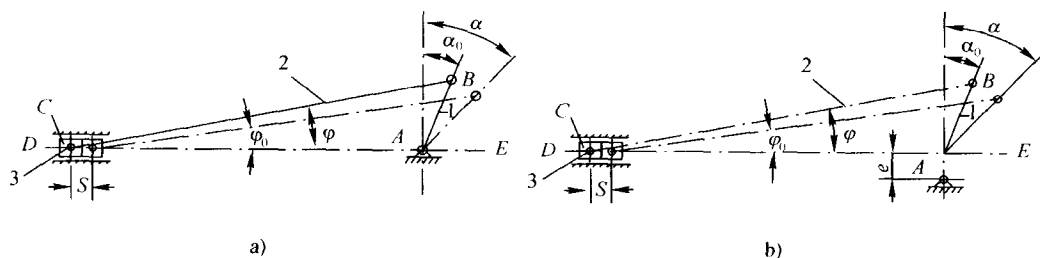


图 1-5 曲柄滑块机构

3. 正弦机构和正切机构

图 1-6 和图 1-7 所示分别为正弦机构和正切机构简图, 它们在结构上的区别是正弦机构推杆的工作面为一平面, 摆杆的工作面为一球面。而正切机构则相反, 推杆的工作面是一球面, 摆杆的工作面为一平面。在传动特性方面的区别是前者的推杆位移与摆杆转角的关系为正弦关系, 后者为正切关系。

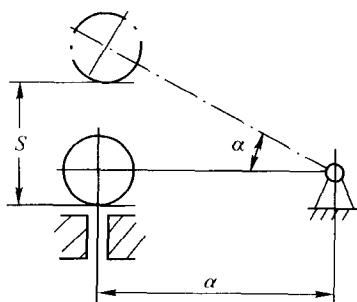


图 1-6 正弦机构

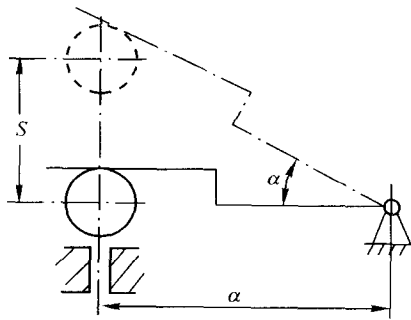


图 1-7 正切机构