普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计实验教程

尹中伟　李安生　肖艳秋　主编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机械设计实验教程

主　编　尹中伟　李安生　肖艳秋
参　编　雷　辉　王良文　王国欣
　　张燕燕　蔡士梅
主　审　吴晓铃

机械工业出版社

本书由机械设计认识、螺栓联接、带传动、齿轮传动效率及齿轮疲劳、机械传动性能综合测试、动压滑动轴承、轴系结构设计与分析和减速器拆装8个实验项目组成，基本上涵盖了目前普通工科院校开设的机械设计实验。在实验项目的编排上，力求在培养学生动手能力、机电一体化结合能力、创新能力等方面有所突破。在传统实验教学与计算机应用相结合、单一实验内容与多学科、多章节知识相结合、机与电测试相结合等方面进行了一些探索。每章实验项目前面均附有说明，简要介绍了实验内容、实验属性、适用范围及建议学时，并附有实验报告。任课教师可根据不同专业的需求对书中所列实验项目进行选择。

本书主要作为高等院校机械类及近机类的“机械设计”课程实验专用教材，也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

机械设计实验教程/尹中伟，李安生，肖艳秋主编 —北京：机械工业出版社，2011 2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-33384-5

Ⅰ.①机… Ⅱ ①尹…②李…③肖 … 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（2011）第 021204 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：刘小慧 责任编辑：刘小慧 舒 恬
版式设计：张世琴 责任校对：樊钟英
封面设计：张 静 责任印制：杨 曦
北京中兴印刷有限公司印刷
2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 7 25 印张 · 141 千字
标准书号：ISBN 978-7-111-33384-5
定价 15 00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203

网络服务
门户网：http://www cmpbook com
教材网：http://www cmpedu com

封面无防伪标均为盗版

前　言

“机械设计”课程是我国高等工科院校中机械类、近机类各专业必修的一门技术基础课。根据《机械设计课程教学大纲》的要求，实验是该门课程重要的实践教学环节。通过实验教学使学生了解和掌握机器的基本组成要素——机械零件在各类机械中的功用、性能及机械性能的测试方法，为专业课程学习提供必要的知识储备。

近年来，“机械设计”课程的实验设备、方法和手段均有很大变化，《机械设计课程教学大纲》对实验的要求也较以往有较大改变，根据目前工科院校实验室设备情况，书中选入了机械设计认识、螺栓联接、带传动、齿轮传动效率及齿轮疲劳、机械传动性能综合测试、动压滑动轴承、轴系结构设计与分析和减速器拆装8个实验项目。在传统实验教学与计算机应用相结合、单一实验内容与多种知识相结合、机与电测试相结合等方面进行了一些探索，力求在培养学生动手能力、机电一体化结合能力、创新能力等方面有所突破。书中每章实验项目前均附有说明，简要介绍了实验内容、实验属性、适用范围及建议学时，任课教师可根据不同专业的需求对所列实验项目进行选择。

本书第一章、第四章四至五节、第六章一至二节由河南科技大学尹中伟编写，第二章、第五章六至十节、第七章一至四节由郑州轻工业学院肖艳秋编写，第三章一至四节由河南科技大学王国欣编写，第三章五至八节由河南工业大学雷辉编写，第四章一至三节由河南科技大学蔡士梅编写，第五章一至五节、第七章五至七节由郑州轻工业学院李安生编写，第六章三至五节由郑州轻工业学院王良文编写，第八章由黄河科技学院张燕燕编写。全书由李安生统稿。

本书承郑州大学吴晓铃教授精心审阅，提供了很多宝贵意见，特致以衷心感谢。

本书在编写过程中，得到了河南科技大学、郑州轻工业学院、河南工业大学、黄河科技学院等院校教务及教材部门的大力支持，上述院校的相关任课老师也对教材提出了很多宝贵意见，在此深表感谢。同时，在编写过程中参阅了多家教学设备生产厂商编制的设备说明书等技术资料，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促和编者水平所限，书中错误和不当之处在所难免，敬请广大同仁和读者批评指正。

编　者

目　录

前言

第一章　机械设计认识实验 …… 1

一、实验目的 …… 1

二、实验方法 …… 1

三、注意事项 …… 1

四、实验内容 …… 1

（一）螺纹联接 …… 1

（二）标准联接零件 …… 3

（三）键、花键及销联接 …… 4

（四）铆接、焊接、粘接和过盈连接 … 5

（五）机械传动 …… 6

（六）弹簧 …… 8

（七）轴 …… 9

（八）机械零件的失效形式 …… 9

第二章　螺栓联接实验 …… 11

一、单个螺栓联接实验 …… 11

（一）实验目的 …… 11

（二）实验项目及原理 …… 11

（三）实验设备 …… 13

（四）实验方法及步骤 …… 15

（五）实验台操作注意事项 …… 16

（六）思考题 …… 16

二、螺栓组联接实验 …… 16

（一）实验目的 …… 16

（二）实验设备及工具 …… 17

（三）实验台结构及工作原理 …… 17

（四）实验方法及步骤 …… 18

（五）实验结果处理及分析 …… 19

（六）思考题 …… 20

三、附录 …… 21

附录1　单个螺栓联接实验报告 …… 21

附录2　螺栓联接综合实验报告 …… 25

附录3　电阻应变仪使用说明 …… 29

第三章　带传动实验 …… 33

一、实验目的 …… 33

二、实验内容 …… 33

三、实验设备 …… 33

四、工作原理 …… 35

五、实验步骤 …… 37

六、绘制滑动率曲线和效率曲线 …… 39

七、思考题 …… 39

八、附录　带传动实验报告 …… 41

第四章　齿轮传动效率及齿轮疲劳实验 …… 47

一、实验目的 …… 47

二、实验设备及工作原理 …… 47

三、实验方法及注意事项 …… 49

四、思考题 …… 50

五、附录　齿轮传动效率及齿轮疲劳实验报告 …… 51

第五章　机械传动性能综合测试实验 …… 53

一、实验目的 …… 53

二、实验设备 …… 53

三、实验内容 …… 54

四、实验安排 …… 55

五、实验原理 …… 55

六、实验台的使用与操作 …… 56

七、实验步骤 …… 58

八、测试软件介绍 …… 60

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

九、注意事项 …… 63
十、附录 …… 63
附录1　典型机械传动装置性能测试实验任务卡 …… 63
附录2　典型机械传动装置性能测试实验方案书 …… 64
附录3　组合传动方案设计和性能测试实验任务卡 …… 66
附录4　组合传动方案设计和性能测试实验方案书 …… 67
附录5　转矩转速传感器介绍 …… 69
附录6　机械传动性能综合测试实验报告 …… 71
第六章　动压滑动轴承实验 …… 75
一、实验目的 …… 75
二、HS—A 型滑动轴承实验台结构、原理及实验过程 …… 75
三、HS—B 型滑动轴承实验台结构、原理及实验过程 …… 79
四、实验记录 …… 84
五、附录　动压滑动轴承测试与分析实验报告 …… 87
第七章　轴系结构设计与分析实验 …… 89
一、实验目的 …… 89
二、预习内容及准备 …… 89
三、实验设备 …… 89
四、实验内容 …… 90
五、实验步骤 …… 91
六、常见轴承固定及轴系配置方法 …… 91
七、附录　轴系结构设计实验报告 …… 97
第八章　减速器拆装实验 …… 99
一、实验目的 …… 99
二、实验设备 …… 99
三、实验工具 …… 99
四、实验内容 …… 100
五、实验步骤 …… 100
六、注意事项 …… 101
七、思考题 …… 101
八、附录 …… 101
附录1　实验设备展示 …… 101
附录2　减速器拆装实验报告 …… 105
参考文献 …… 109

第一章

机械设计认识实验

说明

1）本实验项目为“机械设计”、“机械设计基础”等课程的认知环节，基本包含了教材上讲授的所有零部件，对增强学生理论联系实际的能力、加强对真实零部件的感性认识等方面很有帮助。

2）建议不占用课内实验学时，安排在任课教师带领学生进行现场教学或学生进行课外科技活动的时间较好。

一、实验目的

1）初步了解“机械设计”课程所研究的各种常用零件的结构、类型、特点及应用。

2）了解各种标准零件的结构形式及相关的国家标准。

3）了解各种传动的特点及应用。

4）增强对各种零部件的结构及机器的感性认识。

二、实验方法

学生通过对实验指导书的学习及观察“机械零件陈列柜”中展示的各种零件，在教师的指导下，认识机器常用的基本零件，使理论与实际联系起来，逐步增强对机械零件的感性认识，并通过展示的机械设备、机器模型等，更清楚地了解机器的基本组成要素——机械零件。

三、注意事项

1）设备使用完毕后应将日光灯开关和动作开关全部揿至 OFF 位置，并切断室内通往陈列柜的电源。

2）每次只能揿动一只动作开关，观察完毕后应立即将开关揿至 OFF 位置，切勿同时将所有开关揿至 ON 位置，否则会烧毁供电变压器，造成故障。

四、实验内容

（一）螺纹联接

螺纹联接是利用螺纹工作的，主要用作紧固零件。其基本要求是保证联接强度及联接

可靠性，同学们应了解如下内容：

1. 螺纹的类型（图 1-1）

根据牙型，螺纹可分为普通螺纹、梯形螺纹、矩形螺纹、锯齿形螺纹；根据母体形状，螺纹可分为圆弧管螺纹、55°非密封管螺纹、55°密封管螺纹；根据螺旋线旋向，可分为左旋螺纹和右旋螺纹；根据螺旋线的条数，可分为单线螺纹、双线螺纹和三线螺纹。

2. 螺纹联接的基本类型（图 1-1）

螺纹常用的联接类型有普通螺栓联接、双头螺柱联接、螺钉联接及紧定螺钉联接。

3. 螺纹联接件（图 1-1）

螺纹联接件主要包括螺栓、螺柱、螺钉、紧定螺钉、螺母、垫圈。

4. 螺纹联接的防松（图 1-2）

防松的目的在于防止螺旋副在受载时发生相对转动。按其工作原理，防松的方法可分为摩擦防松、机械防松及破坏螺旋副运动关系防松等。摩擦防松简单、方便，但没有机械防松可靠。常见的摩擦防松方法有对顶螺母、收口防松螺母、开缝收口、尼龙圈防松螺母、弹簧垫圈、锁紧垫圈等；机械防松方法有止动垫圈、开口销与六角开槽螺母、串联钢丝、止动垫圈与圆螺母等。对于重要的、特别是在机器内部的不易检查的联接，应采用机械防松。

5. 克服偏载的方法（图 1-2）

一般采用斜垫圈、凸台、沉头坑等措施克服偏载。

6. 横向载荷的减载装置（图 1-2）

常用的横向载荷减载装置有减载键、减载销、减载套筒等。

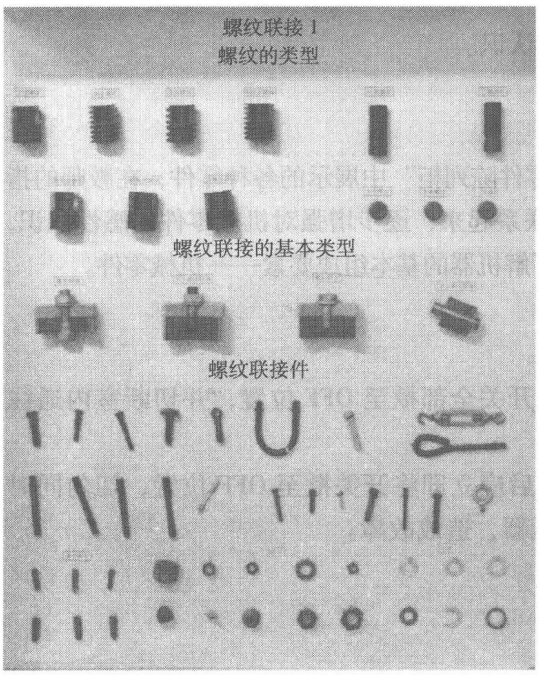

图 1-1　螺纹联接展柜 1

图 1-2　螺纹联接展柜 2

7. 提高螺纹联接强度的措施（图 1-2）

1）受轴向变载荷的紧螺栓联接，一般是因疲劳而破坏。为了提高疲劳强度，减小螺栓刚度，可采用适当增加螺栓长度、使用腰状杆螺栓或空心螺栓等方法。

2）不论螺栓联接的结构如何，所受的拉力都是通过螺栓和螺母的螺纹相接触来传递的。由于螺栓和螺母的刚度与变形的性质不同，各圈螺纹上的受力也是不同的。为了改善螺纹上载荷分布不均的程度，常采用悬置螺母或钢丝螺套来减小螺栓旋合段受力较大的几圈螺纹的受力面。

3）为了提高螺纹联接强度，还应减小螺栓头部和螺栓杆过渡处所产生的应力集中，可采用较大的过渡圆角和卸载结构。在设计、制造和装配上应力求避免螺纹联接产生附加弯曲应力，以免降低螺栓强度。

4）采用合理的制造工艺方法，以提高螺栓的疲劳强度。如采用冷镦螺栓头部和滚压螺纹的工艺方法，或采用表面氮化、氰化、喷丸等处理工艺都是行之有效的。

8. 螺纹联接的装拆（图 1-2）

介绍了几种装拆工具及其正确与错误的使用方法。

在掌握上述内容的基础上，通过参观螺纹联接展柜，应做到：

1）能区分普通螺纹、管螺纹、梯形螺纹和锯齿形螺纹；

2）能认识普通螺栓、双头螺柱、螺钉及紧定螺钉联接；

3）能认识摩擦防松与机械防松；

4）能了解联接螺栓的光杆部分做得比较细的原因。

（二）标准联接零件

标准联接零件一般是由专业企业按国家标准（GB）成批生产、供应市场的零件。这类零件的结构形式和尺寸都已标准化，设计时可根据有关标准选用。通过实验，学生应能区分螺栓与螺钉；了解各种标准化零件的结构特点、使用情况；了解各类零件有哪些标准代号，以提高学生的标准化意识。

1. 螺栓

螺栓一般是与螺母配合使用，以联接被联接零件，而无需在被联接的零件上加工螺纹。其联接结构简单、装拆方便、种类较多、应用最为广泛。有关的国家标准有：GB/T 5782—2000 六角头螺栓；GB/T 31.1—1988 ~ GB/T 31.3—1988 六角头螺杆带孔螺栓；GB/T 8—1988 方头螺栓；GB/T 27—1988 六角头铰制孔用螺栓；GB/T 37—1988 T 型槽用螺栓；GB/T 799—1988 地脚螺栓及 GB/T 897—1988 ~ GB/T 900—1988 双头螺柱等。

2. 螺钉

螺钉联接不用螺母，而是紧定在被联接件之一的螺纹孔中。其结构与螺栓相同，但头部形状较多，以适应不同装配要求。常用于结构紧凑的场合。其国家标准有：GB/T 65—2000 开槽圆柱头螺钉；GB/T 67—2000 开槽盘头螺钉；GB/T 68—2000 开槽沉头螺钉；GB/T 818—2000 十字槽盘头螺钉；GB/T 819—2000 十字槽沉头螺钉；GB/T 820—2000 十字槽半沉头螺钉；GB/T 70—2000 内六角圆柱头螺钉；GB/T 71—1985 开槽锥端紧定螺钉；GB/T 73—1985 开槽平端紧定螺钉；GB/T 74—1985 开槽凹端紧定螺钉；GB/T 75—1985

开槽长圆柱端紧定螺钉；GB/T 834—1988 滚花高头螺钉；GB/T 77—2007 ~ GB/T 80—2007 各种内六角紧定螺钉；GB/T 83—1988 ~ GB/T 86—1988 各类方头紧定螺钉；GB 845—1985 ~ GB 847—1985 各类十字自攻螺钉；GB/T 5282—1985 ~ GB/T 5284—1985 各类开槽自攻螺钉；GB/T 6560—1986 ~ GB/T 6561—1986 各类十字头自攻锁紧螺钉；GB/T 825—1988 吊环螺钉等。

3. 螺母

螺母形式很多，按形状可分为六角螺母、四方螺母及圆螺母；按联接用途可分为普通螺母、锁紧螺母及悬置螺母等。应用最广泛的是六角螺母及普通螺母。其国家标准有：GB/T 6170—2000 ~ GB/T 6171—2000、GB/T 6175—2000 ~ GB/T 6176—2000 1 型及 2 型 A、B 级六角螺母；GB/T 41—2000 1 型 C 级六角螺母；GB/T 6172—2000 A、B 级六角薄螺母；GB/T 6173—2000 A、B 六角薄型细牙螺母；GB/T 6178—1986、GB/T 6180—1986 1，2 型 A、B 级六角开槽螺母；GB/T 9457—1988、GB/T 9458—1988 1、2 型 A、B 级六角开槽细牙螺母；GB/T 56—1988 六角厚螺母；GB/T 6184—2000 六角锁紧螺母；GB/T 39—1988 方螺母；GB/T 806—1988 滚花高螺母；GB/T 923—1988 盖形螺母；GB/T 805—1988 扣紧螺母；GB/T 812—1988、GB/T 810—1988 圆螺母及小圆螺母；GB/T 62—2004 蝶形螺母等。

4. 垫圈

垫圈种类有平垫圈、弹簧垫圈及锁紧垫圈等。平垫圈主要用于保护被联接件的支承面，弹簧及锁紧垫圈主要用于摩擦和机械防松场合。其国家标准有：GB/T 97.1—2002 ~ GB/T 97.2—2002、GB/T 95—2002 ~ GB/T 96—2002、GB/T 5286—2001 各类大、小及特大平垫圈；GB/T 852—1988 工字钢用方斜垫圈；GB/T 853—1988 槽钢用方斜垫圈；GB/T 861.1—1987 及 GB/T 862.1—1987 内齿、外齿锁紧垫圈；GB/T 93—1987、GB/T 7244—1987、GB/T 859—1987 各种类弹簧垫圈；GB/T 854—1988 ~ GB/T 855—1988 单耳、双耳止动垫圈；GB/T 856—1988 外舌止动垫圈；GB/T 858—1988 圆螺母止动垫圈。

5. 挡圈

挡圈常用于固定轴端零件。其国家标准有：GB/T 891—1986 ~ GB/T 892—1986 螺钉、螺栓紧固轴端挡圈；GB/T 893.1—1986 ~ GB/T 893.2—1986 A 型、B 型孔用弹性挡圈；GB/T 894.1—1986 ~ GB/T 894.2—1986 A 型、B 型轴用弹性挡圈；GB/T 895.1—1986 ~ GB/T 895.2—1986 孔用、轴用钢丝挡圈；GB/T 886—1986 开口挡圈等。

（三）键、花键及销联接

1. 键联接（图 1-3）

键是一种标准零件，通常用来实现轴与轮毂之间的周向固定，以传递转矩，有的还能实现轴上零件的轴向固定或轴向滑动的导向。其主要类型有平键、半圆键、楔键、导向平键、滑键和切向键联接。各类键使用的场合不同，键槽的加工工艺也不同。键的类型可根据键联接的结构特点、使用要求和工作条件来选择，键的尺寸则应按标准规格和强度要求来取定。其国家标准有：GB/T 1096—2003 ~ GB/T 1099—2003 各类普通型平键、导向型平键及各类半圆键；GB/T 1563—2003 ~ GB/T 1567—2003 各类楔键及薄型平键等。

2. 花键联接（图 1-3）

花键联接是由外花键和内花键组成，适用于定心精度要求高、载荷大或经常滑移的联接。花键联接可用于静联接或动联接，其齿数、尺寸，配合等均按标准选取。花键按其齿形可分为矩形花键（GB/T 1144—2001）和渐开线形花键（GB/T 3478.1—1995），矩形花键由于有多齿工作，承载能力高、对中性好、导向性好、齿根较浅、应力集中较小、轴与毂强度削弱小等优点，广泛应用在飞机、汽车、拖拉机、机床及农业机械的传动装置中；渐开线形花键受载时，齿上有径向力，能起到定心作用，使各齿受力均匀，有强度高、寿命长等特点，主要用于载荷较大、定心精度要求较高以及尺寸较大的场合。另外还有三角形花键，它的齿数较多，键齿较细，对轴的强度削弱较小，适用于轻载和直径小的静联结，特别适用于轴与薄壁零件的联接。展示柜还针对各种花键列出了定心方法。

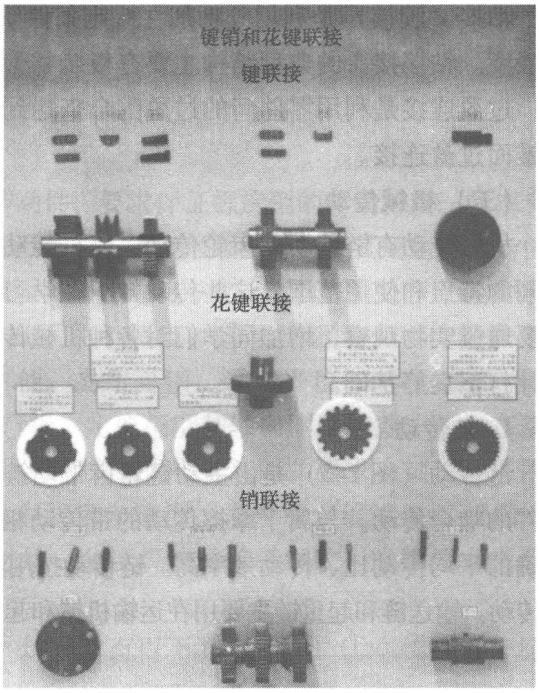

图 1-3　键、销及花键联接展柜

3. 销联接（图 1-3）

销主要用来固定零件之间的相对位置时，称为定位销，它是组合加工和装配时的重要辅助零件；用于联接时，称为联接销，可传递不大的载荷；作为安全装置中的过载剪断元件时，称为安全销。

销有多种类型，如圆柱销、圆锥销、异形销、安全销等，这些销均已标准化，它们的主要国标代号有：GB/T 119—2000、GB/T 878—1986、GB/T 879—2000、GB/T 117—2000、GB/T 118—2000、GB/T 881—2000、GB/T 877—1986 等。

各种销都有各自的特点，如圆柱销经多次拆装其定位精度和可靠性会降低；锥销在受横向力时可以自锁、安装方便、定位精度高、多次拆装不影响定位精度等。

在参观展柜时，同学们要仔细观察以上几种联接的结构特点和使用场合，并能认识和区分以上各类零件。

（四）铆接、焊接、粘接和过盈连接（图 1-4）

铆接、焊接、粘接和过盈连接都属于静连接。

铆接主要是由连接件铆钉和被连接件组成，有的还有辅助连接件盖板。这些基本元件在构造物上所形成的连接部分统称为铆接缝（铆缝）。展示柜展示了常用铆钉的类型。铆缝按接头的不同，可分为搭界缝、单搭板对接缝、双搭板对接缝和组合接头等。

焊接以电焊应用最广泛。展示柜展示了常见坡口形式以及焊接方法——搭接、对接、角接等。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

粘接（胶接）是利用胶粘剂在一定条件下把预制的元件连接在一起，并具有一定的连接强度。粘接接头的典型结构主要有板接、管接和角接。

过盈连接是利用零件间的过盈配合来达到连接目的的。这里展示了圆柱面过盈连接和圆锥面过盈连接。

（五）机械传动

机械传动有链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动、带传动等类型。各种传动都有不同的特点和使用范围，这些传动知识在学习“机械设计”课程时都会详细讲授。在这里主要通过实物观察，增加同学们对各种机械传动知识的感性认识，为今后理论学习及课程设计打下良好基础。

1. 链传动

链传动（图 1-5）是由主动链轮齿带动链后再通过链带动从动链轮，属于带有中间挠性件的啮合传动。与属于摩擦传动的带传动相比，链传动无弹性滑动和打滑现象，能保持准确的平均传动比，传动效率高。链传动按用途不同可分为传动链传动、输送链传动和起重链传动。输送链和起重链主要用在运输机械和起重机械中，而传动链常用在一般机械传动中。

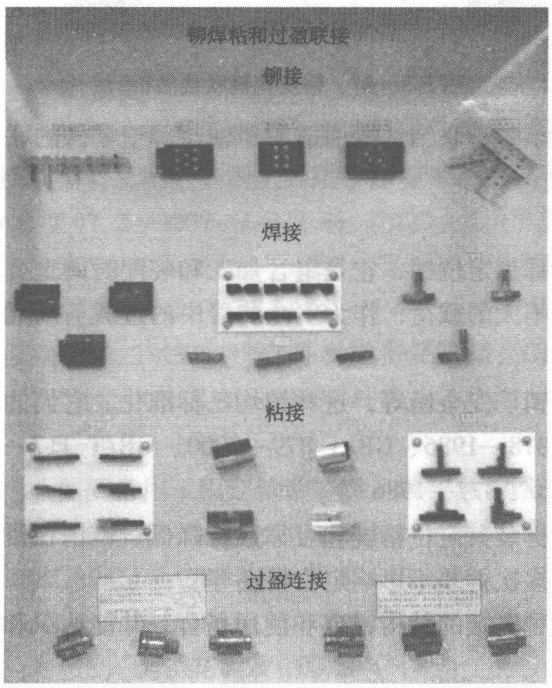

图 1-4　铆接、焊接、粘接和过盈连接展柜

图 1-5　链传动展柜

传动链有短节距精密滚子链（简称滚子链）、齿形链等种类。

在滚子链中为使传动平稳、结构紧凑，宜选用小节距单排链；当速度高、功率大时则选用小节距多排链。

齿形链又称无声链，它是由一组带有两个齿的链板左右交错并列铰接而成。齿形链设有导板，以防止链条在工作时发生侧向窜动。与滚子链相比，齿形链传动平稳、无噪声、

承受冲击性能好、工作可靠。

链轮是链传动的主要零件，链轮齿形已标准化（GB/T 1243—1997、GB/T 10855—2003）。链轮设计主要是确定其结构尺寸、选择材料及热处理方法等。

2. 螺旋传动

螺旋传动是利用螺纹零件工作的，作为传动件，要求保证螺旋副的传动精度、效率和磨损寿命等。按其螺纹种类可分为矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹等；按其用途可分为传力螺旋、传导螺旋及调整螺旋三种；按其摩擦性质可分为滑动螺旋、滚动螺旋及静压螺旋等。

1）滑动螺旋常为半干摩擦，传动时有以下几个特点：①摩擦阻力大、传动效率低（一般为30%～40%）；②结构简单，加工方便，易于自锁，运转平稳，但在低速时可能出现爬行；③螺纹有侧向间隙，反向时有空行程，定位精度和轴向刚度较差，要提高精度必须采用消隙机构；④磨损快。滑动螺旋应用于传力或调整螺旋时，要求自锁，常采用单线螺纹；用于传导时，为了提高传动效率及直线运动速度，常采用多线螺纹（线数 $n=3\sim4$）。滑动螺旋主要应用于金属切削机床进给、分度机构的传导螺纹、摩擦压力机及千斤顶等传动场合。

2）滚动螺旋因螺旋中含有滚珠或滚子，传动时有以下几个特点：①在传动时摩擦阻力小，传动效率高（一般在90%以上）；②有起动力矩小、传动灵活、工作寿命长等优点，但结构复杂，制造较难；③滚动螺旋具有传动可逆性（可以把旋转运动变为直线运动，也可把直线运动变成旋转运动），为了避免螺旋副受载时逆转，应设置防止逆转的机构；④运转平稳，起动时无颤动，低速时不爬行；⑤螺母与螺杆经调整预紧后，可得到很高的定位精度（6μm/0.3m）和重复定位精度（可达1～2μm），并可提高螺杆的刚度；⑥工作寿命长、不易发生故障，但抗冲击性能较差。滚动螺旋主要用于金属切削精密机床和数控机床、测试机械、仪表的传导螺旋和调整螺旋，起重、升降机构和汽车、拖拉机转向机构的传力螺旋，以及飞机、导弹、船舶、铁路等自控系统的传导和传力螺旋上。

3）静压螺旋能够减少螺旋传动的摩擦，提高传动效率，并增强螺旋传动的抗振性能。将静压原理应用于螺旋传动中，制成静压螺旋，其在传动时的特点如下：①因静压螺旋是液体摩擦，摩擦阻力小，传动效率高（可达99%），但螺母结构复杂；②具有传动的可逆性，必要时应设置防止逆转的机构；③工作稳定，无爬行现象；④反向时无空行程，定位精度高，并有较高轴向刚度；⑤磨损小、寿命长。静压螺旋在使用时需要一套压力稳定、温度恒定、有精滤装置的供油系统。它主要用于精密机床进给和分度机构的传导螺旋。

3. 齿轮传动（图1-6）

齿轮传动是机械传动中最重要的传动之一，形式多、应用广泛。其主要特点是：效率高、结构紧凑、工作可靠、传动比稳定等。它可做成开式、半开式及闭式传动。它的失效形式主要有轮齿折断、齿面点蚀、齿面磨损、齿面胶合及塑性变形等。

常用的渐开线齿轮传动有直齿圆柱齿轮传动、斜齿圆柱齿轮传动、标准锥齿齿轮传动、圆弧齿圆柱齿轮传动等。齿轮传动的啮合方式有内啮合、外啮合、齿轮与齿条啮合等。参观时一定要了解各种齿轮的特征、主要参数的名称及几种失效形式的主要特征，使实验在真正意义上与理论教学产生互补作用。

4. 蜗杆传动（图 1-6）

蜗杆传动是在空间交错的两轴间传递运动和动力的一种传动机构，两轴线交错的夹角可为任意角，常用的为 90°。

蜗杆传动有下述特点：①当使用单头蜗杆（相当于单线螺纹）时，蜗杆旋转一周，蜗轮只转过一个齿距，因此能实现大传动比。在动力传动中，一般传动比 $i=5\sim80$；在分度机构或手动机构的传动中，传动比可达 300；②若只传递运动，传动比可达 1000。由于传动比大，零件数目又少，因而结构很紧凑。在传动中，蜗杆齿是连续不断的螺旋齿，与蜗轮啮合是逐渐进入与逐渐退出，故冲击载荷小，传动平稳，噪声低。③当蜗杆的螺旋线升角小于啮合面的当量摩擦角时，蜗杆传动便可实现自锁。④蜗杆传动与螺旋传动相似，在啮合处有相对滑动，当相对滑动速度很大，工作条件不够好时会产生严重摩擦与磨损，引起发热，摩擦损失较大，效率降低。

蜗杆传动可根据蜗杆形状不同，分为圆柱蜗杆传动、环面蜗杆传动和锥面蜗杆传动。通过实验，同学们应了解蜗杆传动结构及蜗杆减速器的种类和形式。

（六）弹簧（图 1-7）

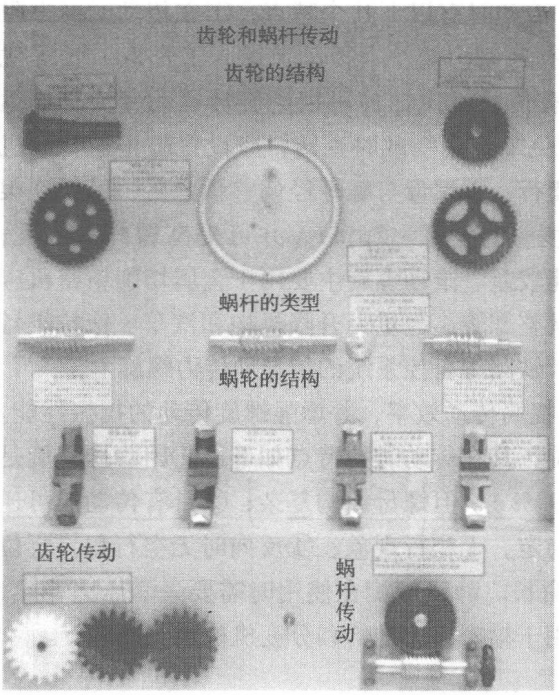

图 1-6　齿轮和蜗杆传动展柜

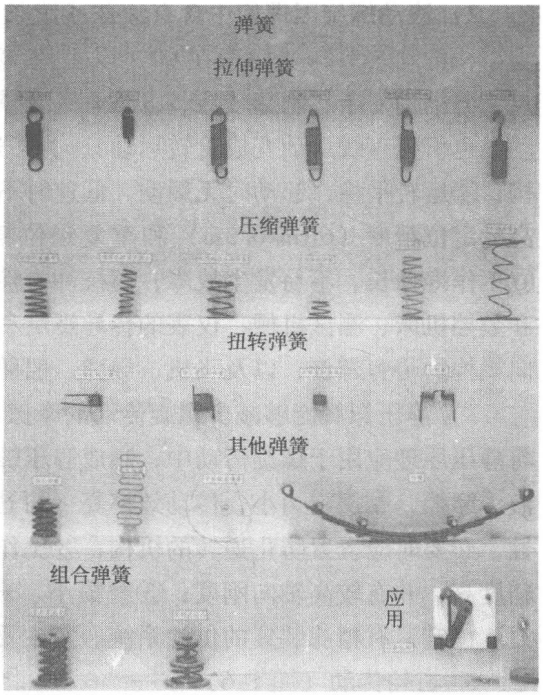

图 1-7　弹簧展柜

弹簧是一种弹性元件，它可以在载荷作用下产生较大的弹性变形。它在各类机械中的应用十分广泛，以下四个方面是其主要应用：

1）控制机构的运动，如制动器、离合器中的控制弹簧，内燃机气缸的阀门弹簧等。

2）减振和缓冲，如汽车、火车车厢下的减振弹簧，以及各种缓冲器用的弹簧等。

3）储存及输出能量，如钟表弹簧、枪内弹簧等。

4）测量力的大小，如测力器和弹簧秤中的弹簧等。

弹簧的种类比较多，按承受的载荷不同可分为拉伸弹簧、压缩弹簧、扭转弹簧及弯曲弹簧四种；按形状不同又可分为螺旋弹簧、环形弹簧、碟形弹簧、板簧和平面涡卷弹簧等。每一种类型又可细分为多种形式，同学们观看时要看清各种弹簧的结构、形状，并能与名称对应起来。

（七）轴

轴是组成机器的主要零件之一。一切作回转运动的传动零件（如齿轮、蜗轮等），都必须安装在轴上才能进行运动及动力的传递。轴的主要功用是支承回转零件及传递运动和动力。

如图 1-8 所示，轴按承受载荷的不同，可分为转轴、心轴和传动轴三类；按轴线形状不同，可分为曲轴和直轴两大类，直轴又可分为光轴和阶梯轴。光轴形状简单，加工容易，应力集中点少，但轴上的零件不易装配及定位；阶梯轴正好与光轴相反。所以光轴主要用于心轴和传动轴，阶梯轴则常用于转轴；此外，还有一种钢丝软轴（挠性轴），它可以把回转运动灵活地传到不开敞的空间位置。轴按结构类型不同可以分为齿轮轴、蜗杆轴、花键轴、曲轴、凸轮轴、软轴等。

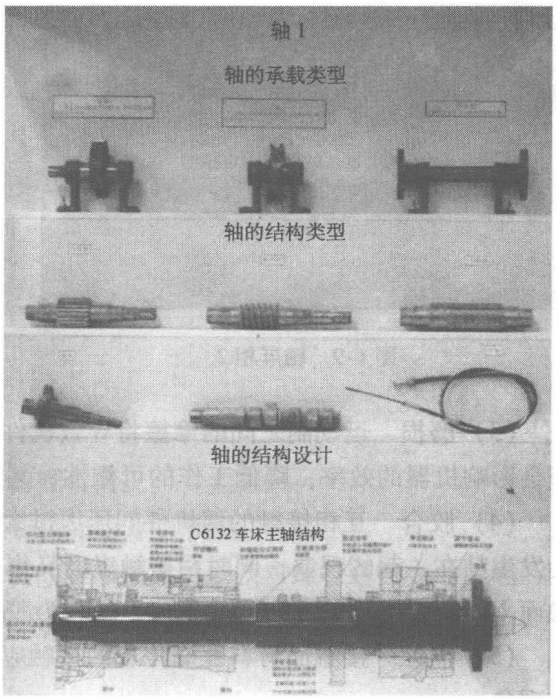

图 1-8　轴展柜 1

轴的失效形式主要是疲劳断裂和磨损。防止轴失效的措施是：从结构设计上力求降低应力集中（如减小直径差、加大过渡圆半径等，可详见实物），提高轴的表面品质（包括降低轴的表面粗糙度、对轴进行热处理或表面强化处理等）。

轴上零件的定位，主要是轴向和周向固定。轴向固定可采用轴肩、轴环、套筒、挡圈、圆锥面、圆螺母、轴端挡圈、轴端挡板、弹簧挡圈、紧定螺钉等方式；周向固定可采用平键、楔键、切向键、花键、圆柱销、圆锥销及过盈配合等连接方式。另外，轴上零件摩擦力定位方式主要有开槽夹紧联接、轮毂剖分联接、弹性套联接、弹性环联接、弹性盘联接等，如图 1-9 所示。

轴看似简单，但其知识、内容都比较丰富，要完全掌握很不容易，只有通过理论学习及实践知识的积累（多看、多观察），才能逐步掌握。

（八）机械零件的失效形式（图 1-10）

（1）残余变形（也称塑性变形）　作用在零件上的应力超过了材料的屈服极限，则零件发生残余变形。

（2）断裂　零件受拉、压、弯、扭等外载荷作用时，由于某一危险断面上的应力超过

零件的强度极限而发生断裂，或者零件在变应力作用下，在危险断面上发生的疲劳断裂。

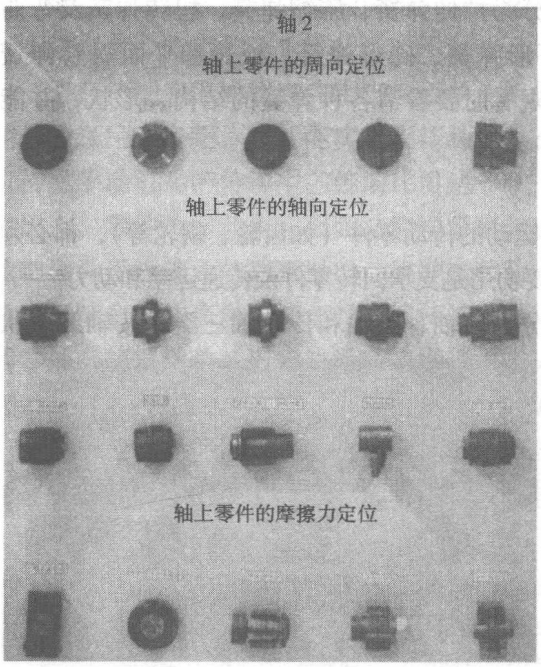

图 1-9　轴展柜 2

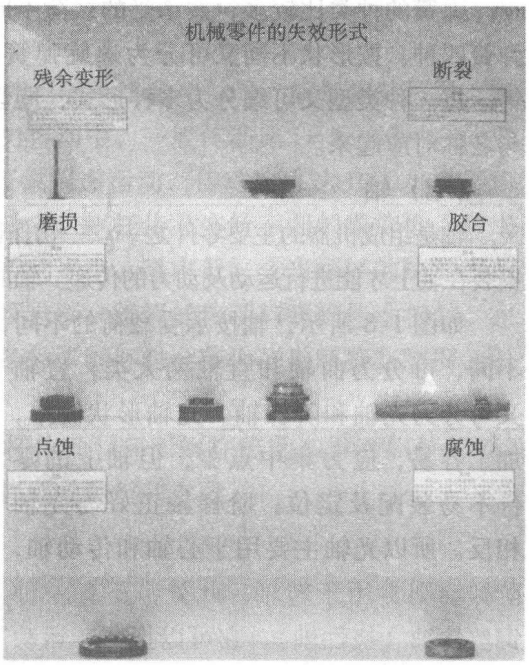

图 1-10　机械零件的失效形式展柜

（3）磨损　运动副之间的摩擦将导致机件表面材料逐渐损失或转移，即形成磨损。磨损会影响机器的效率，降低工作的可靠性，甚至促使机器提前报废。

（4）胶合　互相接触的两机件间压力过大，导致瞬时温度过高时，相接触的两表面就会发生粘在一起的现象，同时两接触表面又作相对滑动，粘住的地方即被撕破，于是在接触面上沿相对滑动的方向形成伤痕，就称为胶合。

（5）点蚀　接触面材料在变化着的接触应力条件下，由于疲劳而产生的麻点状剥蚀损伤现象。

（6）腐蚀　金属零件处于潮湿的空气中，或与水、汽及其他腐蚀性物质相接触，使表面发生损伤。

第二章

螺栓联接实验

说明

1）本实验项目包含单个螺栓联接时螺栓与被联接件的受力、变形及协调关系实验和多个螺栓组成的螺栓组联接载荷分布与受力分析实验两个子项目，属理论验证类实验。

2）建议2学时，根据设备和学生情况来确定两个子项目是全做还是选做其中之一。

一、单个螺栓联接实验

（一）实验目的

1）了解螺栓联接在拧紧过程中各部分的受力情况。

2）计算螺栓的相对刚度，并绘制螺栓联接的受力变形图。

3）验证受轴向工作载荷时预紧螺栓联接的变形规律，以及对螺栓总拉力的影响。

4）通过螺栓的动载实验，改变螺栓联接的相对刚度，观察螺栓变应力幅值的变化，验证提高螺栓联接强度的各项措施。

（二）实验项目及原理

1. 实验项目

单个螺栓联接实验在LZS—A型螺栓联接综合实验台上进行，该实验台可进行下列实验项目：

1）螺栓联接静、动态实验。

2）增加螺栓刚度的静、动态实验。

3）改变被联接件刚度的静、动态实验。

4）改变垫片刚度的静、动态实验。

2. 实验原理概述

承受预紧力和工作拉力的紧螺栓联接是常用且较重要的一种联接形式。这种联接中零件的受力属于静不定问题。由理论分析可知，螺栓的总拉力除与预紧力 F_0、工作拉力 F 有关外，还要受到螺栓刚度 C_b 和被联接件刚度 C_m 等因素的影响。单个螺栓联接及其受力

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com