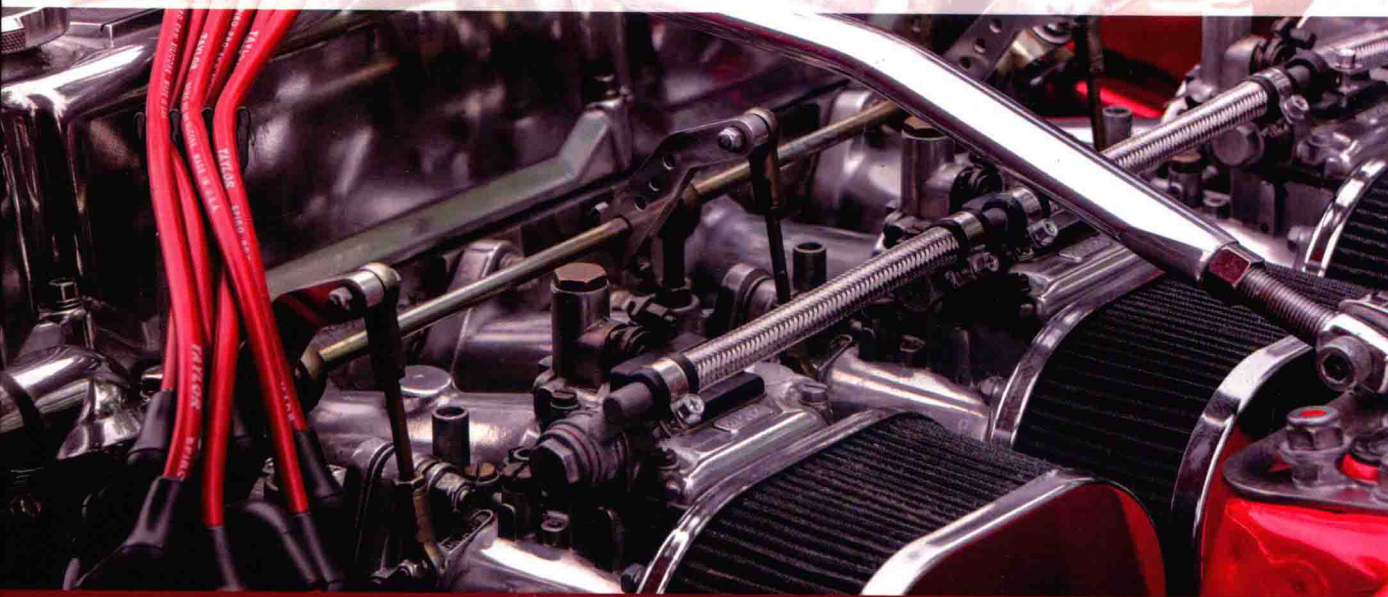


高等职业教育“十三五”规划教材



机械设计 实践与创新

◎ 主 编 刘文光 贺红林
◎ 副主编 严志刚 江 一

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育“十三五”规划教材

机械设计实践与创新

主 编 刘文光 贺红林

副主编 严志刚 江 一

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是为满足高等职业院校人才培养目标和教育教学改革的需要,在充分调研我国高等职业院校教学现状及发展趋势的基础上,结合作者多年的教学实践经验而编写的。内容涉及机械原理、机械设计课程典型实验,分为基础型、综合分析型、创新设计型3个层次。力求培养学生动手能力、增强对机械原理和机械设计的理解,提高学生的机械设计能力。

本书适合高等职业院校基础公共课学生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计实践与创新 / 刘文光, 贺红林主编. —北京: 电子工业出版社, 2019.7

ISBN 978-7-121-35182-2

I. ①机… II. ①刘… ②贺… III. ①机械设计IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 231092 号

责任编辑: 祁玉芹

文字编辑: 底 波

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 316 千字

版 次: 2019 年 7 月第 1 版

印 次: 2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: qiyuqin@phei.com.cn。

前 言

当前创新创业教育已成为高等教育改革的主题，为了加强学生创新创业素质的培养，南昌航空大学机械设计教学团队提出了一种“以创新创业素质培养为核心，以三维设计为手段，以能力和素质的逐步提升为途径，以专业知识融会贯通为目标”的实践理念。

实践是培养学生创新意识与实践能力的重要环节，也是培养学生理论联系实际的工作作风与严谨求实的科学态度的重要过程，更是培养学生懂得仪器设备的原理与实验方法的有效渠道。作为学习机械工程基础的重要课程，“机械原理”“机械设计”“机械设计基础”等课程必须开设相应的实践项目，以帮助学生验证、巩固和加深课堂讲授的基本理论知识，加强理论联系实际及独立工作能力的培养，达到培养学生认识实践对象、了解实践设备、明白实践原理，以及懂得实验方法的目的。

本书作为南昌航空大学机械类专业的实验指导书十余年，内容不断充实更新，汇集了教学团队几代人的教学心得和体会。全书共分5章，分别是认知性实践、验证性实践、设计性实践、综合性实践和创新性实践。考虑到个人能力形成的渐进性，必须遵循从培养观察能力开始，逐步培养学生的设计与分析能力，最后形成学生的创新素质。本书不仅注重实践项目的基础性，也注重实践项目的系统性，同时考虑了实践项目的层次性。

本书由刘文光和贺红林主编，严志刚和江一副主编，研究生林炜彦、王耀斌和丰霞瑶绘制了书中的部分插图。全书编写得到了南昌航空大学机械设计教研部的鼎力支持并提出了许多宝贵意见。感谢江西省教改课题重点项目“创新创业视域下的机械设计课程建设与教学改革”(JXJG-15-8-2)、南昌航空大学“创新创业培育课程(机械设计、机械设计基础)”项目和江西省“精品资源在线开放课程机械设计”项目的资助。

由于编者水平有限，书中难免有一些错误和不妥之处，敬请广大读者不吝批评指正。如有任何疑问或建议，请反馈至 liuwg14@nchu.edu.cn。

编者

2019年2月

目 录

第 1 章 认知性实践	1
1.1 机构创新设计认知	1
1.1.1 实验目的	1
1.1.2 实验设备	1
1.1.3 机构的展示及分析	1
1.1.4 创新设计的展示及分析	3
1.1.5 实验原理、方法和步骤	4
1.1.6 思考题	4
1.1.7 实验报告	5
1.2 机械零件认知	5
1.2.1 实验目的	5
1.2.2 实验方法	5
1.2.3 实验内容	5
1.2.4 机械零件认知复习题	12
1.2.5 实验报告	13
1.3 机械结构认知	13
1.3.1 实验目的	13
1.3.2 实验设备	14
1.3.3 实验内容	14
1.3.4 思考题	20
1.3.5 实验报告	20
第 2 章 验证性实践	21
2.1 机构运动简图测绘	21
2.1.1 实验目的	21
2.1.2 实验内容	21
2.1.3 实验设备和用具	21
2.1.4 实验原理、方法和步骤	21
2.1.5 注意事项	25
2.1.6 思考题	26
2.1.7 实验报告	26
2.2 渐开线齿廓范成原理	27
2.2.1 实验目的	27
2.2.2 实验内容	27
2.2.3 实验设备和用具	27
2.2.4 范成仪的构造和工作原理	27
2.2.5 实验步骤和要求	28
2.2.6 思考题	29
2.2.7 实验报告	29
2.3 直齿圆柱齿轮参数测定	31

2.3.1	实验目的	31
2.3.2	实验内容	31
2.3.3	实验用具	31
2.3.4	实验原理	31
2.3.5	实验步骤和注意事项	36
2.3.6	思考题	37
2.3.7	实验报告	38
2.4	转子动平衡演示	40
2.4.1	实验目的	40
2.4.2	实验内容	40
2.4.3	实验设备和用具	40
2.4.4	实验原理	40
2.4.5	实验方法和步骤	44
2.4.6	思考题	45
2.4.7	实验报告	46
2.5	螺栓连接性能测试	46
2.5.1	实验目的	46
2.5.2	实验设备和仪器	46
2.5.3	实验原理	49
2.5.4	实验方法和步骤	53
2.5.5	实验注意事项	54
2.5.6	思考题	54
2.5.7	实验报告	54
2.6	带传动性能测试	55
2.6.1	实验目的	55
2.6.2	实验设备和仪器	55
2.6.3	实验原理	59
2.6.4	实验方法和步骤	60
2.6.5	注意事项	61
2.6.6	思考题	61
2.6.7	实验报告	61
2.7	减速器拆装	63
2.7.1	实验目的	63
2.7.2	实验设备和工具	63
2.7.3	实验方法	63
2.7.4	实验步骤中应考虑的问题	64
2.7.5	实验要求	66
2.7.6	思考题	66
2.7.7	实验报告	66
第3章 设计性实践		68
3.1	SolidWorks 软件简介	68
3.1.1	SolidWorks 的设计思想	69
3.1.2	SolidWorks 2012 简介	71
3.1.3	文件管理	73
3.1.4	SolidWorks 工作环境设置	73
3.1.5	SolidWorks 术语	74

3.2	上机实践任务书	76
3.2.1	实验目的	76
3.2.2	实验内容	76
3.2.3	实验设备	76
3.2.4	实验数据	76
3.2.5	实验要求	77
3.2.6	实验报告	77
3.3	V带传动设计计算案例	77
3.3.1	V带传动参数计算	77
3.3.2	带轮的结构设计	79
3.4	带传动三维设计演示	79
3.4.1	小带轮三维设计步骤	80
3.4.2	大带轮三维设计步骤	88
3.4.3	SolidWorks 机架三维设计步骤	93
3.4.4	轴的三维设计步骤	95
3.4.5	装配	97
3.4.6	在装配图中绘制 V 带	101
3.5	三维设计图到工程图的转换	111
3.5.1	大带轮零件图	111
3.5.2	装配体工程图	114
第 4 章	综合性实践	117
4.1	凸轮轮廓检测	117
4.1.1	实验目的	117
4.1.2	实验设备和工具	117
4.1.3	实验原理和方法	117
4.1.4	凸轮轮廓检测台	117
4.1.5	实验步骤和要求	120
4.1.6	思考题	121
4.1.7	实验报告	121
4.2	机构系统动力学调速	122
4.2.1	实验目的	122
4.2.2	实验设备	122
4.2.3	实验原理和方法	123
4.2.4	实验步骤	125
4.2.5	思考题	125
4.2.6	实验报告	125
4.3	机械运动学与动力学参数测试	126
4.3.1	实验目的	126
4.3.2	实验台的组成	126
4.3.3	实验台的测试系统	130
4.3.4	注意事项	134
4.3.5	实验步骤	134
4.3.6	实验任务	135
4.3.7	思考题	136
4.3.8	实验报告	136
4.4	液体动压滑动轴承油膜压力与摩擦分析	136

4.4.1	实验目的	136
4.4.2	实验原理	136
4.4.3	实验内容	138
4.4.4	HS-B 型滑动轴承实验台介绍	139
4.4.5	电气控制工作原理	140
4.4.6	软件界面和操作说明	140
4.4.7	实验步骤	142
4.4.8	思考题	143
4.4.9	实验报告	143
4.5	轴系结构组合设计	143
4.5.1	实验目的	143
4.5.2	实验设备	143
4.5.3	实验内容和要求	144
4.5.4	实验步骤	144
4.5.5	实验报告	145
第 5 章	创新性实践	146
5.1	机构运动方案创新设计	146
5.1.1	实验目的	146
5.1.2	实验设备和工具	146
5.1.3	实验内容	146
5.1.4	ZBS-C 机构运动创新设计方案实验台	147
5.1.5	实验原理、方法和步骤	149
5.1.6	创新设计方案参考	153
5.1.7	思考题	154
5.1.8	实验报告	154
5.2	机构创新组合设计	154
5.2.1	实验目的	154
5.2.2	实验设备和工具	155
5.2.3	实验前的准备工作	157
5.2.4	实验内容	157
5.2.5	实验原理	163
5.2.6	实验方法和步骤	164
5.2.7	实验报告	168
5.3	机械系统创意组合设计	168
5.3.1	实验目的	168
5.3.2	实验设备和工具	168
5.3.3	JCY-C 实验平台组成	168
5.3.4	实验原理和方法	171
5.3.5	实验步骤	196
5.3.6	实验内容	197
5.3.7	注意事项	197
5.3.8	组合装置方案参考	197
5.3.9	实验报告	199
	参考文献	200

第 1 章 认知性实践

认知性实践要求学生对所观察到的整机工作原理、结构、材料、工艺等进行细致分析、深刻研究和广泛讨论，深刻理解机器的要素、组成形式和建构方式，为后续设计训练打下坚实的感性基础。本章内容包括机构创新设计认知实验、机械零件认知实验和机械结构认知实验。

1.1 机构创新设计认知

1.1.1 实验目的

- (1) 了解各种常用机构的结构、类型、特点及应用。
- (2) 增加学生对机构与机器的感性认识，并促进对机构设计问题的理解。
- (3) 增强学生对机构创新设计的认识，加深对机械创新问题的理解。

1.1.2 实验设备

(1) JY-10DB 机械原理陈列柜：主要展示平面连杆机构、空间连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇机构及组合机构等常见机构的基本类型和应用，演示机构的传动原理。

(2) CX-10B 机械创新设计陈列柜：共有 10 个陈列柜，其中陈列的基本内容是通过实例介绍机械创新设计概念及基本原理与方法。目的在于帮助学生增加感性认识，开阔技术视野，提高创新设计能力。这些陈列柜主要展示产品创造技法、原理方案创新、机构创新、结构方案创新和外观设计创新。

1.1.3 机构的展示及分析

(一) 机构的组成

通过对蒸汽机、内燃机模型的观察可以看到机器的主要组成部分是机构，简单的机器可能只包含一种机构；比较复杂的机器则可能包含多种类型的机构。可以说，机器是能够完成机械功或转化机械能的机构的组合。

机构是机械原理课程研究的主要对象，通过对机构的分析可以发现它由构件和运动副所组成。运动副是指两构件之间的可动连接，常用的有转动副、移动副、螺旋副、球面副

和曲面副等，两构件通过面的接触而构成的运动副称为“低副”；两构件通过点或线的接触而构成的运动副称为“高副”。

（二）平面连杆机构

连杆机构是应用广泛的机构，以四杆机构最为常见。平面连杆机构的主要优点是能够实现多种运动规律和运动轨迹的要求，而且结构简单、制造容易、工作可靠。

平面连杆机构分成3大类，即铰链四杆机构、单移动副机构和双移动副机构。

（1）铰链四杆机构：分为曲柄摇杆机构、双曲柄机构、双摇杆机构3种，即根据两连架杆为曲柄，或摇杆来确定。

（2）单移动副机构：以一个移动副代替铰链四杆机构中的一个转动副演化而成，可分为曲柄滑块机构、曲柄摇块机构、转动导杆机构及摆动导杆机构。

（3）双移动副机构：带有两个移动副的四杆机构，通过机构倒置可得到曲柄移动导杆机构、双滑块机构及双转块机构。

通过平面连杆机构应用实例，可以归纳出平面连杆机构在生产实践中所解决的两类基本问题，一是实现给定的运动规律；二是实现预期的运动轨迹。

（三）凸轮机构

凸轮机构可以实现各种复杂的运动要求，其结构简单紧凑，因此广泛应用于多种机械中。凸轮机构的类型很多，通常按凸轮的形状、推杆（从动件）的形状和运动来分类。凸轮有盘形凸轮、移动凸轮和圆柱凸轮。推杆按形状分为尖顶、滚子和平底推杆；按运动形式分为直动和摆动推杆；按封闭方式分为力封闭和形封闭等。

（四）齿轮机构

齿轮机构是现代机械中应用最广泛的一种传动机构，该机构具有传动准确、可靠、运转平稳、承载能力大、体积小、效率高等优点，广泛应用于多种机器中。根据轮齿的形状，齿轮分为直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、圆锥齿轮及蜗轮和蜗杆；根据主、从动轮的两轴线相对位置，齿轮传动分为平行轴传动、相交轴传动和交错轴传动3大类。在观看这部分齿轮机构时，学生应注意了解各种机构的传动特点、运动状况及应用范围等。

（1）平行轴传动的类型：外啮合及内啮合直齿轮机构、斜齿圆柱齿轮机构、人字齿轮机构，以及齿轮齿条机构等。

（2）相交轴传动的类型：圆锥齿轮机构。轮齿分布在一个截锥体上，两轴线夹角常为 90° 。

（3）交错轴传动的类型：螺旋齿轮机构、圆柱蜗轮蜗杆机构、弧面蜗轮蜗杆机构等。

齿轮机构的基本参数有齿数 (z)、模数 (m)、分度圆压力角 (α)、齿顶高系数 (h_a^*) 和顶隙系数 (c^*) 等。

(五) 轮系的类型

所谓轮系,是指由一系列齿轮所组成的齿轮传动系统。轮系的类型有很多,其组成也多种多样。根据轮系运转时各个齿轮的轴线相对机架的位置是否都是固定的,可将轮系分为定轴轮系、周转轮系和混合轮系 3 大类。周转轮系按自由度分为行星轮系和差动轮系,还可根据基本构件的不同加以分类。包含一个系杆 H 、两个中心轮 K 的称为“ $2K-H$ 型周转轮系”,包含 3 个中心轮的称为“ $3K$ 型周转轮系”。在实际机构中采用最多的是“ $2K-H$ 型周转轮系”;混合轮系可既包含定轴轮系部分,也包含周转轮系部分,或者是由几部分周转轮系组成的。计算混合轮系传动比的正确方法是将其所包含的各部分定轴轮系和各部分周转轮系一一加以分开,并分别应用定轴轮系和周转轮系传动比的计算公式求出它们的传动比。然后找到公共构件加以联立求解,从而求出该轮系的传动比。

(六) 间歇运动机构

间歇运动机构广泛用于各种需要非连续传动的场合,常见的有棘轮机构、摩擦式棘轮机构、槽轮机构、不完全齿轮机构、凸轮式间歇运动机构、万向节和非圆齿轮机构等。通过各种机构的动态演示,学生应知道各种机构的运动特点及应用范围。

(七) 组合机构

由于生产上对机构运动形式、运动规律和机构性能等方面要求的多样性和复杂性,以及单一机构性能的局限性,以致仅采用某一种基本机构往往不能满足设计要求,因而常需把几种基本机构联合起来组成一种组合机构。组合机构可以是同类型基本机构的组合,也可以是不同类型基本机构的组合,常见的组合方式有串联、并联、反馈及叠加等。

1.1.4 创新设计的展示及分析

(一) 创新设计概述

用火车的演进(蒸汽机车—内燃机车—磁悬浮列车)模型说明机械设计创新设计的目的、意义与特点。

(二) 创新思维方式

用夹紧装置的多样化设计及发动机的创新设计（单缸无曲轴式活塞发动机和转子发动机）提高发散思维与求异思维的能力。

(三) 产品创造技法

通过数码净水机、新型水龙头和缝纫机等介绍希望点列举法与缺点列举法的基本原理，希望点列举法开发设计产品是从社会需要或消费者愿望出发，通过列举希望点将模糊的需求意愿转化为明确的新产品概念，并进行方案设计的过程。用好希望点列举法和缺点列举法的关键是要做好市场调查与需求分析，准确把握市场商机，对产品的质量标准及技术发展动态设计者更要运筹帷幄。

1.1.5 实验原理、方法和步骤

陈列柜展示各种常用机构的模型及讲解机构创新思维和技法，通过模型的动态展示，增强学生对机构与机器的感性认识并促进学生对创新设计的理解。实验教师只做简单介绍，提出问题供学生思考。学生通过观察，对常用机构的结构、类型和特点有一定的了解，并对学习“机械原理”这门课程产生兴趣。

实验通过参观完成，陈列柜陈列内容贴近教材，符合开放性实验室的需要。各陈列柜装有语音芯片、单片机、手动控制盒及单箱；另配红外线遥控器用来控制模型的动作和播音，使模型动作与讲解的控制方式更加方便灵活。

1.1.6 思考题

(1) 何谓机构、机器和机械？

(2) 铰链四杆机构有哪 3 种基本类型？铰链四杆机构可演化成哪些其他四杆机构？举例说明各种四连杆机构的应用。

(3) 一般情况下，凸轮是如何运动的？推杆（从动件）是如何运动的？举例说明凸轮机构的应用。

(4) 一般情况下，一对齿轮传动实现了怎样的运动传递和变换？常用的齿轮传动有哪些种类？举例说明齿轮传动的应用。

(5) 何谓轮系？轮系分为哪些种类？周转轮系中行星轮的运动有何特点？轮系的功用主要有哪些？

(6) 常用的间歇机构有哪些？举例说明这些主要间歇机构的应用。

1.1.7 实验报告

实验报告应包含实验目的、实验设备、机构运动原理与创新设计方法，并在展板中选出4个以上机构绘制机构运动简图，最后写出实验体会。

1.2 机械零件认知

1.2.1 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) 了解各种常用的润滑剂及相关的国家标准。
- (5) 增强对各种零件的结构及机器的感性认识。

1.2.2 实验方法

学生通过对实验指导书的学习与机械零件陈列柜中的各种零件的展示和实验教学人员的介绍、答疑及学生的观察认识机器常用的基本零件，将理论与实践对应起来，从而增强学生对机械零件的感性认识。并通过展示的机械设备和机器模型等，使学生清楚地知道机器的基本组成要素——机械零件。

1.2.3 实验内容

(一) 螺纹连接

螺纹连接是利用螺纹工作的，主要用作紧固零件，其基本要求是保证连接强度及连接可靠性。学生应了解如下内容。

(1) 螺纹的种类：常用的螺纹主要有普通螺纹、米制锥螺纹、管螺纹、梯形螺纹、矩形螺纹和锯齿螺纹，前3种主要用于连接；后3种主要用于传动。除矩形螺纹外，其他类螺纹都已标准化。除管螺纹保留英制外，其他类螺纹都采用米制。

(2) 螺纹连接的基本类型：常用的有普通螺栓连接、双头螺柱连接、螺钉连接及紧定螺钉连接；除此之外，还有一些特殊结构连接，如专门用于将机座或机架固定在地基上的地脚螺栓连接、装在大型零部件的顶盖或机器外壳上便于起吊用的吊环螺钉连接及应用在设备中的T型槽螺栓连接等。

(3) 螺纹连接的防松：防松的根本问题在于防止螺旋副在受载时发生相对转动，防松

的方法按其工作原理可分为摩擦防松、机械防松及铆冲防松等。摩擦防松简单方便，但没有机械防松可靠。对于重要连接，特别是在机器内部不易检查的连接应采用机械防松。常见的摩擦防松方法有对顶螺母、弹簧垫圈及自锁螺母等；机械防松方法有开口销与六角开槽螺母、止动垫圈及串联钢丝等；铆冲防松主要是将螺母拧紧后把螺栓末端伸出部分铆死，或利用冲头在螺栓末端与螺母的旋合处打冲，利用冲点防松。

(4) 提高螺纹连接强度的措施如下。

- 受轴向变载荷的紧螺栓连接，一般是因疲劳而破坏的。为了减小疲劳强度，降低螺栓的刚度，可适当增加螺栓长度或采用腰状杆螺栓与空心螺栓。

- 不论螺栓连接的结构如何，所受的拉力都是通过螺栓和螺母的螺纹牙相接触来传递的。由于螺栓和螺母的刚度与变形的性质不同，各圈螺纹牙上的受力也是不同的。为了改善螺纹牙上的载荷分布不均程度，常用悬置螺母或采用钢丝螺套来减小螺栓旋合段本来受力较大的几圈螺纹牙的受力面。

- 为了提高螺纹连接强度，还应减小螺栓头和螺栓杆的过渡处所产生的应力集中。为了减小应力集中的程度，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连接产生附加弯曲应力，以免降低螺栓强度。

- 采用合理的制造工艺方法来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、氰化和喷丸等处理工艺。

在掌握上述内容后通过参观螺纹连接展柜，学生应区分出什么是普通螺纹、管螺纹、梯形螺纹和锯齿螺纹？什么是普通螺栓、双头螺柱、螺钉及紧定螺钉？什么是摩擦防松和机械防松？连接螺栓光杆部分做得比较细的原因是什么？

(二) 标准连接零件

标准连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，学生要能区分螺栓与螺钉，并了解各种标准化零件的结构特点和使用情况，以及各类零件有哪些标准代号，以提高自己的标准化意识。

(1) 螺栓：一般是与螺母配合使用于连接被连接零件，不需要在被连接的零件上加工螺纹。其连接结构简单，装拆方便，种类较多，应用最广泛，其国家标准有 GB5782~5786 六角头螺栓、GB31.1~31.3 六角头带孔螺栓、GB8 方头螺栓、GB27 六角头铰制孔用螺栓、GB37 T 型槽用螺栓、GB799 地脚螺栓及 GB897~900 双头螺栓等。

(2) 螺钉：螺钉连接不用螺母，而是紧定在被连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,常用于结构紧凑场合。其国家标准有 GB65 开槽圆柱头螺钉、GB67 开槽盘头螺钉、GB68 开槽沉头螺钉、GB818 十字槽盘头螺钉、GB819 十字槽沉头螺钉、GB820 十字槽半沉头螺钉、GB70 内六角圆柱头螺钉、GB71 开槽锥端紧定螺钉、GB73 开槽平端紧定螺钉、GB74 开槽凹端紧定螺钉、GB75 开槽长圆柱端紧定螺钉、GB834 滚花高头螺钉、GB77~80 各种内六角紧定螺钉、GB83~86 各类方头紧定螺钉、GB845~847 各类十字自攻螺钉、GB5282~5284 各类开槽自攻螺钉、GB6560~6561 各类十字头自攻锁紧螺钉及 GB825 吊环螺钉等。

(3) 螺母:螺母形式有很多,按形状可分为六角螺母、四方螺母及圆螺母;按连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 GB6170~6171、GB6175~6176 1 型及 2 型 A、B 级六角螺母;GB41 1 型 C 级螺母;GB6172A、B 级六角薄螺母;GB6173A、B 级六角薄型细牙螺母;GB6178、GB6180 1、2 型 A、B 级六角开槽螺母;GB9457、GB9458 1、2 型 A、B 级六角开槽细牙螺母;GB56 六角厚螺母;GB6184 六角锁紧螺母;GB39 方螺母;GB806 滚花高螺母;GB923 盖形螺母;GB805 扣紧螺母;GB812、GB810 圆螺母及小圆螺母;GB62 蝶形螺母等。

(4) 垫圈:垫圈种类有平垫圈、弹簧垫及锁紧垫圈等,平垫圈主要用于保护被连接件的支撑面,弹簧垫及锁紧垫圈主要用于摩擦和机械防松场合,其国家标准有 GB97.1~97.2、GB95~96 及 GB848、GB5287 各类大、小及特大平垫圈;GB852 工字钢用方斜垫圈;GB853 槽钢用方斜垫圈;GB861.1 及 GB862.1 内齿、外齿锁紧垫圈;GB93、GB7244 及 GB859 各种类弹簧垫圈;GB854~855 单耳、双耳止动垫圈;GB856 外舌止动垫圈;GB858 圆螺母止动垫圈。

(5) 挡圈:常用于轴端零件固定,其国家标准有 GB891~892 螺钉、螺栓紧固轴端挡圈;GB893.1~893.2A 型及 B 型孔用弹性挡圈;GB894.1~894.2A 型及 B 型轴用弹性挡圈;GB895.1~895.2 孔用、轴用钢丝挡圈;GB886 轴肩挡圈等。

(三) 键、花键及销连接

(1) 键连接: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,其主要类型有平键连接、楔键连接和切向键连接。各类键使用的场合不同,键槽的加工工艺也不同。可根据键连接的结构特点、使用要求和工作条件来选择,键的尺寸则应符合标准规格和强度要求来取定。其国家标准有 GB1096~1099 各类普通平键、导向键和各类半圆键,以及 GB1563~1566 各类楔键、切向键和薄型平键等。

(2) 花键连接：花键连接是由外花键和内花键组成的，适用于定心精度要求高、载荷大或经常滑移的连接。花键连接的齿数、尺寸和配合等均按标准选取，可用于静连接或动连接。按其齿形可分为矩形花键（GB1144）和渐开线形花键（GB3478.1），矩形花键由于多齿工作，因此具有承载能力高、对中性好、导向性好、齿根较浅、应力集中较小和轴与毂强度削弱小等优点，广泛应用在飞机、汽车、拖拉机、机床及农业机械传动装置中；渐开线形花键连接受载时齿上有径向力，能起到定心作用，使各齿受力均匀。它具有强度高和寿命长等特点，主要用于载荷较大、定心精度要求较高，以及尺寸较大的连接。

(3) 销连接：销按用途大体可分为 3 类，用来固定零件之间的相对位置时，称为“定位销”，是组合加工和装配时的重要辅助零件；用于连接时，称为“连接销”，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，如圆锥销、槽销、销轴和开口销等，这些均已标准化，其主要国家标准有 GB119、GB20、GB878、GB879、GB117、GB118、GB881 和 GB877 等。各种销都有各自的特点，圆柱销多次拆装会降低定位精度和可靠性；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。

以上几种连接，通过展柜的参观学生要仔细观察其结构及使用场合，并能分清和认识以上各类零件。

（四）机械传动

机械传动有螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动及蜗杆传动等，各种传动都有不同的特点和使用范围，这些传动知识学生在学习“机械设计”课程中都有详细讲授。在这里主要通过实物观察，增加学生对各种机械传动知识的感性认识，为理论学习及课程设计起到巩固的作用。

(1) 螺旋传动：螺旋传动是利用螺纹工作的，作为传动件要保证螺旋副的传动精度、效率和磨损寿命等。其螺纹种类有矩形螺纹、梯形螺纹和锯齿螺纹等，按其用途可分传力螺旋、传导螺旋及调整螺旋 3 种；按摩擦性质可分为滑动螺旋、滚动螺旋及静压螺旋等。

滑动螺旋常为半干摩擦，特点为摩擦阻力大和磨损快，传动效率低（一般为 30%~60%）。其结构简单，加工方便，易于自锁且运转平稳，但在低速时可能出现爬行现象；其螺纹有侧向间隙，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除机构。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 $n=3\sim 4$ ）。滑动螺旋主要应用于金属切削机床进给、分度机构的传导螺旋、摩擦压力机及千斤顶的传动。

滚动螺旋因螺旋中含有滚珠或滚子，所以在传动时摩擦阻力小，传动效率高（一般在90%以上）。并且启动力矩小，传动灵活，但结构复杂、制造较难。滚动螺旋具有传动可逆性（可以把螺旋转动变为直线运动，也可以把直线运动变成螺旋运动），为了避免螺旋副受载时逆转，应设置防止逆转的机构。其运转平稳，启动时无颤动，低速时不爬行；螺母与螺杆经调整预紧后，可得到很高的定位精度和重复定位精度（可达 $1\sim 2\ \mu\text{m}$ ），并可提高轴的刚度。其工作寿命长、不易发生故障，但抗冲击性能较差。它的主要应用在以下3个方面：一是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；二是起重机、升降机构和汽车、拖拉机转向机构的传力螺旋；三是飞机、导弹、船舶和铁路等自控系统的传导和传力螺旋。

静压螺旋是为了降低螺旋传动的摩擦，提高传动效率并增强螺旋传动的刚性和抗振性能，将静压原理应用于螺旋传动中制成静压螺旋。因为静压螺旋是液体摩擦，所以特点为摩擦阻力小和传动效率高（可达99%），但螺母结构复杂；其具有传动的可逆性，必要时应设置防止逆转的机构；工作稳定，无爬行现象；反向时无空行程，定位精度高，并有较高轴向刚度；磨损小及寿命长等。使用时需要一套压力稳定、温度恒定并有精滤装置的供油系统，主要用于精密机床进给和分度机构的传导螺旋。

(2) 带传动：带传动是带被张紧（预紧力）而压在两个带轮上，主动带轮通过摩擦带动带以后，再通过摩擦带动从动带轮转动。它具有传动中心距大、结构简单和超载打滑（减速）等特点，常见的有平带传动、V型带传动、多楔带及同步带传动等。

平带传动结构最简单，带轮容易制造，在传动中心距较大的情况下应用较多；V型带为一整圈，无缝隙，故质量均匀。在同样张紧力下，V型带较平带传动能产生更大的摩擦力，再加上传动比较大、结构紧凑并标准化生产，因而应用广泛。

多楔带传动兼有平带和V型带传动的优点，柔性好、摩擦力大且能传递的功率大，并能解决多根V型带长短不一使各带受力不均匀的问题。它主要用于传递功率较大而结构要求紧凑的场合，传动比可达10，带速可达40 m/s。

同步带沿纵向制有很多齿，带轮轮面也制有相应齿。它是靠齿的啮合进行传动的，可使带与轮的速度一致。

(3) 链传动：链传动是由主动链轮齿带动链以后又通过链带动从动链轮，属于带有中间挠性件的啮合传动。与摩擦传动的带传动相比，链传动无弹性滑动和打滑现象，并能保持准确的平均传动比，传动效率高。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和起重机械中，而在一般机械传动中常用的是传动链，传动链有短节距滚子链和齿形链等。