



卓越工程技术人才培养特色教材

JIXIE YUANLI YU  
SHEJI

# 机械原理与设计 下册

主 编 杨超君 孟庆梅 张 丽



卓越工程技术人才培养特色教材

# 机械原理与设计

下册

主 编 杨超君 孟庆梅  
张 丽  
副 主 编 陈瑞芳 陈爱莲  
刘 磊 梁 斌

 江苏大学出版社  
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

## 图书在版编目(CIP)数据

机械原理与设计. 下 / 杨超君, 孟庆梅, 张丽主编  
— 镇江: 江苏大学出版社, 2016.7  
ISBN 978-7-5684-0221-7

I. ①机… II. ①杨… ②孟… ③张… III. ①机构学  
— 高等学校—教材②机械设计—高等学校—教材 IV.  
①TH111②TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 153346 号

## 机械原理与设计(下册)

---

主 编/杨超君 孟庆梅 张 丽  
责任编辑/李菊萍  
出版发行/江苏大学出版社  
地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)  
电 话/0511-84446464(传真)  
网 址/http://press.ujs.edu.cn  
排 版/镇江华翔票证印务有限公司  
印 刷/句容市排印厂  
经 销/江苏省新华书店  
开 本/787 mm×1 092 mm 1/16  
印 张/17  
字 数/435 千字  
版 次/2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷  
书 号/ISBN 978-7-5684-0221-7  
定 价/39.00 元

---

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

# 江苏省卓越工程技术人才培养特色教材建设 指导委员会

主任委员：丁晓昌（江苏省教育厅副厅长）

副主任委员：史国栋（常州大学党委书记）

孙玉坤（南京工程学院院长）

田立新（南京师范大学副校长）

梅强（江苏大学副校长）

徐子敏（江苏省教育厅高教处处长）

王恬（南京农业大学教务处处长）

委员会：（按姓氏笔画为序）

丁晓昌 马铸 王兵 王恬

方海林 田立新 史国栋 冯年华

朱开永 朱林生 孙玉坤 孙红军

孙秀华 芮月英 李江蛟 吴建华

吴晓琳 沐仁旺 张仲谋 张国昌

张明燕 陆雄华 陈小兵 陈仁平

邵进 施盛威 耿焕同 徐子敏

徐百友 徐薇薇 梅强 董梅芳

傅菊芬 舒小平 路正南

## 序

深化高等工程教育改革、提高工程技术人才培养质量,是增强自主创新能力、促进经济转型升级、全面提升地区竞争力的迫切要求。近年来,江苏高等工程教育飞速发展,全省46所普通本科院校中开设工学专业的学校有45所,工学专业在校生约占全省普通本科院校在校生总数的40%,为“十一五”末江苏成功跻身全国第一工业大省做出了积极贡献。

“十二五”时期是江苏加快经济转型升级、发展创新型经济、全面建设更高水平小康社会的关键阶段。教育部“卓越工程师教育培养计划”启动实施以来,江苏认真贯彻教育部文件精神,结合地方高等教育实际,着力优化高等工程教育体系,深化高等工程教学改革,努力培养造就一大批创新能力强、适应江苏社会发展需要的卓越工程技术后备人才。

教材建设是人才培养的基础工作和重要抓手。培养高素质的工程技术人才,需要遵循工程技术教育规律,建设一套理念先进、针对性强、富有特色的优秀教材。随着知识社会和信息时代的到来,知识综合、学科交叉趋势增强,教学的开放性与多样性更加突出,加之图书出版行业体制机制也发生了深刻变化,迫切需要教育行政部门、高等学校、行业企业、出版部门和社会各界通力合作,协同作战,在新一轮高等工程教育改革发展中抢占制高点。

2010年以来,江苏大学出版社积极开展市场分析和行业调研,先后多次组织全省相关高校专家、企业代表就应用型本科人才培养和教材建设工作进行深入研讨。经各方充分协商,拟定了“江苏省卓越工程技术人才培养特色教材”开发建设的实施意见,明确了教材开发总体思路,确立了编写原则:

一是注重定位准确,科学区分。教材应符合相应高等工程教育的办学定位和人才培养目标,恰当把握与研究型工程人才、设计型工程人才及技能型工程人才的区分度,增强教材的针对性。

二是注重理念先进,贴近业界。吸收先进的学术研究与技术成果,适应经济转型升级需求,适应社会用人单位管理、技术革新的需要,具有较强的领先性。

三是注重三位一体,能力为重。紧扣人才培养的知识、能力、素质要求,着力培养学生的工程职业道德和人文科学素养、创新意识和工程实践能力、国际视野

和沟通协作能力。

四是注重应用为本,强化实践。充分体现用人单位对教学内容、教学实践设计、工艺流程的要求以及对人才综合素质的要求,着力解决以往教材中应用性缺失、实践环节薄弱、与用人单位要求脱节等问题,将学生创新教育、创业实践与社会需求充分衔接起来。

五是注重紧扣主线,整体优化。把培养学生工程技术能力作为主线,系统考虑、整体构建教材体系和特色,包括合理设置课件、习题库、实践课题以及在教学、实践环节中合理设置基础、拓展、复合应用之间的比例结构等。

该套教材组建了阵容强大的编写专家及审稿专家队伍,汇集了国家教学指导委员会委员、学科带头人、教学一线名师、人力资源专家、大型企业高级工程师等。编写和审稿队伍主要由长期从事教育教学改革实践工作的资深教师、对工程技术人才培养研究颇有建树的教育管理专家组成。在编写、审定教材时,他们紧扣指导思想和编写原则,深入探讨、科学创新、严谨细致、字斟句酌,倾注了大量的心血,为教材质量提供了重要保障。

该套教材在课程设置上基本涵盖了卓越工程技术人才培养所涉及的有关专业的公共基础课、专业公共课、专业课、专业特色课等;在编写出版上采取突出重点、以点带面、有序推进的策略,成熟一本出版一本。希望大家在教材的编写和使用过程中,积极提出意见和建议,集思广益,不断改进,以期经过不懈努力,形成一套参与度与认可度高、覆盖面广、特色鲜明、有强大生命力的优秀教材。

江苏省教育厅副厅长 丁晓昌

2012年8月

## ◎ 前 言 ◎

“机械原理与设计”是本科机械工程类专业的一门重要的技术基础课,主要内容包含教育部高等学校机械基础课程教学指导分委会制定的“机械原理”与“机械设计”两门课程教学的基本要求。《机械原理与设计》分为上、下两册,上册侧重机械原理方面的内容,主要介绍平面机构的结构分析、运动分析、运动设计方法,同时也对机构的动力学做了适当的分析;下册侧重机械零部件设计方面的内容,主要介绍机械工程中常用的通用零部件的材料选用、结构方案、承载能力的设计方法及标准件的选用,并引入了磁力机械学的内容,磁力机械的设计很好地体现了创新设计和反求设计思想。

本教材在满足本课程教学基本内容的同时,结合近年来各参编学校的教学改革成果进行了适当扩充,并考虑到学科发展的新动向,努力提升教学内涵。2008年江苏大学“机械原理及设计”课程被评为江苏省精品课程,本书编写计划在总结江苏大学及其他参编高校多年来在机械设计课程教学改革成果的基础上提出,主要特点如下:(1)以机械产品设计过程为主线,体现在教材内容的编排顺序上即“传动件—轴系零部件—连接件”,既符合产品设计过程,又较好地在学习时间上运用先紧后松的策略。(2)科研成果有效引入教学,推动教学内容的更新,适应现代科学技术的发展。首次在本课程的教材中引入了磁力机械学的研究内容,介绍江苏大学在磁力齿轮方面的研究成果。本教材每章开头均设有本章要求,且增加了较多的设计分析例题及习题,既适合机械应用型人才的机械设计课程教学,也适用于高等学校机械类和近机类专业本科学生教学。

《机械原理与设计》下册共分12章,建议理论教学时数为60学时,参考理论教学时数为48~56学时。各章主要内容如下:

第1章绪论,主要介绍本课程研究的对象、内容、性质等。

第2章机械设计概论,主要介绍机械设计的基本要求、设计过程,零件的常见失效形式、设计准则及零件材料的选用。

第3章机械零件的强度,主要介绍机械零件的强度概念、应力类型,材料和零件的疲劳特性曲线及其变应力作用下零件的疲劳强度,简单介绍机械零件的接触强度。

第4章带传动,主要介绍带传动的工作原理、类型、特点和应用,带传动工作时带中的力分析、应力分布,带传动的弹性滑动和打滑、失效形式、设计准则以及设计计算,带轮结构设计,带传动装置的张紧与维护。

第5章链传动,主要介绍链的类型,链传动的结构特点、运动特性和力分析,主要参数选择及设计计算,链传动常用的布置、张紧及润滑方式,以及链传动的典型应用。

第6章齿轮与蜗杆传动,主要介绍齿轮传动的失效形式及其设计准则,直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮传动的力分析,直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮、直齿圆锥齿轮传动的强度计算,齿轮传动主要参数的选取;蜗杆传动的失效形式及其设计准则、主要几何参数的计算和选取,蜗杆传动的力分析、强度计算、刚度计算、热平衡计算;齿轮与蜗杆传动的效率,齿轮与蜗杆传动的结构形式。简单介绍磁力齿轮的工作原理、特点、应用以及传动比计算。

第7章滑动轴承,主要介绍滑动轴承的类型、特点及应用场合,滑动轴承的主要失效形式及常用材料,非液体摩擦滑动轴承的设计计算,简单介绍液体摩擦滑动轴承,包括液体动压润滑和液体静压润滑滑动轴承的工作原理及结构特点。

第8章滚动轴承,主要介绍滚动轴承的主要类型、代号及类型选择,滚动轴承各元件的载荷分布及应力分析,滚动轴承的主要失效形式、设计准则、寿命计算及尺寸选择,滚动轴承的组合设计。

第9章轴及轴系,主要介绍轴的功用及分类,轴的结构设计,轴上零部件的定位、固定及工艺性要求,轴的强度、刚度计算,提高轴强度的措施。

第10章联轴器、离合器和制动器,主要介绍联轴器、离合器和制动器的功用、类型、特点及其选用方法。

第11章螺纹连接,主要介绍螺纹的主要参数及常用螺纹的类型,螺旋副的力分析、效率和自锁,螺纹连接的基本类型和螺纹连接件,螺纹连接的预紧、防松及强度计算,螺纹连接的注意事项,简单介绍螺旋传动。

第12章轴毂连接,主要介绍键连接的类型、特点及应用,键连接的类型选择与强度计算,花键连接类型、特点和设计计算,其他轴毂连接包括销连接、型面连接、胀紧连接、过盈连接。

本书由杨超君、孟庆梅、张丽三位老师主编并统稿,分别由江苏大学、常州大学、青岛工学院、淮阴工学院、中国矿业大学徐海学院的一线教师负责编写。其中,江苏大学陈瑞芳老师编写第1,2,3章,淮阴工学院刘磊老师编写第4,12章,中国矿业大学徐海学院梁斌老师编写第5章,江苏大学杨超君老师、青岛工学院张丽老师编写第6章,常州大学陈爱莲老师编写第7,10,11章,常州大学孟庆梅老师编写第8,9章。在本教材编写过程中编者从所列参考文献中吸取了宝贵的成果和资料,在此向各参考文献的编、著者表示衷心的感谢。

江苏大学出版社对本书出版给予大力支持,在此也表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有疏漏、错误和不妥之处,恳请广大读者不吝指正。

编者

2016年1月



# 目 录

## 第 1 章 绪 论 / 1

1.1 引 言 .....	1
1.2 机器的组成 .....	1
1.3 本课程的内容、性质与任务 .....	2
1.3.1 内容 .....	2
1.3.2 性质 .....	2
1.3.3 任务 .....	2

## 第 2 章 机械设计概论 / 3

2.1 机器设计的基本要求 .....	3
2.1.1 功能要求 .....	3
2.1.2 经济性要求 .....	3
2.1.3 安全和环境保护要求 .....	3
2.1.4 工艺性要求 .....	4
2.1.5 寿命与可靠性要求 .....	4
2.1.6 其他特殊要求 .....	4
2.2 设计机器的一般过程 .....	4
2.2.1 计划阶段 .....	4
2.2.2 方案设计阶段 .....	4
2.2.3 技术设计阶段 .....	4
2.2.4 技术文件的编制 .....	5
2.3 机械零件的主要失效形式 .....	5
2.3.1 断裂 .....	5
2.3.2 过大的残余变形 .....	5
2.3.3 表面破坏 .....	5

2.3.4	破坏正常工作条件引起的失效 .....	5
2.4	机械零件的设计准则 .....	6
2.4.1	强度要求 .....	6
2.4.2	刚度要求 .....	6
2.4.3	寿命要求 .....	6
2.4.4	工艺性要求 .....	6
2.4.5	经济性要求 .....	6
2.5	机械零件的常用材料及其选择 .....	6
2.5.1	机械零件常用材料 .....	6
2.5.2	机械零件材料选择 .....	7
2.6	机械零件的“三化” .....	8
2.6.1	标准化 .....	8
2.6.2	系列化 .....	8
2.6.3	通用化 .....	8
	练习题 .....	9

### 第3章 机械零件的强度 / 10

3.1	概 述 .....	10
3.1.1	载荷 .....	10
3.1.2	应力 .....	11
3.1.3	强度 .....	13
3.2	材料的疲劳特性曲线 .....	13
3.2.1	$\sigma-N$ 疲劳曲线 .....	13
3.2.2	极限应力线图 .....	15
3.3	零件的疲劳特性 .....	17
3.3.1	影响机械零件疲劳强度的因素 .....	17
3.3.2	零件极限应力线图 .....	18
3.4	机械零件的接触强度 .....	19
	练习题 .....	21

### 第4章 带传动 / 22

4.1	概 述 .....	22
4.1.1	带传动的组成及主要类型 .....	22



4.1.2	V带结构及标准	23
4.1.3	带传动的特点	25
4.2	带传动的工作原理	26
4.2.1	带传动中的力分析	26
4.2.2	带传动中的应力分析	28
4.2.3	带的弹性滑动	29
4.3	V带传动的设计计算	30
4.3.1	设计准则	30
4.3.2	原始数据及设计内容	30
4.3.3	设计步骤和方法	31
4.4	V带轮设计	39
4.4.1	V带轮设计的要求及V带轮的材料	39
4.4.2	V带轮的结构尺寸	39
4.5	带的维护与张紧	42
4.5.1	带的维护	42
4.5.2	带的张紧	43
4.6	其他新型带传动简介	44
4.6.1	高速带传动	44
4.6.2	同步带传动	45
	练习题	45

## 第5章 链传动 / 46

5.1	概 述	46
5.2	链传动的主要零部件及材料	47
5.2.1	滚子链	47
5.2.2	滚子链链轮	48
5.3	链传动的运动特性	50
5.4	链传动的受力分析	52
5.5	链传动的主要参数及计算	53
5.5.1	链传动的失效形式	53
5.5.2	链条极限功率曲线	53
5.5.3	链条额定功率曲线	53
5.5.4	链传动的设计计算	54

5.6 链传动的合理布置及张紧方式 .....	59
5.6.1 链传动的合理布置 .....	59
5.6.2 链传动的张紧方式 .....	60
5.7 链传动的润滑 .....	61
5.8 滚子链的其他应用 .....	63
练习题 .....	64

## 第 6 章 齿轮与蜗杆传动 / 65

6.1 概 述 .....	65
6.2 齿轮传动的失效形式及设计准则 .....	66
6.2.1 齿轮传动的失效形式 .....	66
6.2.2 齿轮传动的设计准则 .....	68
6.3 齿轮的材料及热处理 .....	68
6.3.1 钢 .....	69
6.3.2 灰铸铁及球墨铸铁 .....	69
6.3.3 非金属材料 .....	69
6.4 齿轮传动的计算载荷 .....	70
6.5 直齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	74
6.5.1 直齿圆柱齿轮传动的受力分析 .....	74
6.5.2 齿根弯曲疲劳强度计算 .....	76
6.5.3 齿面接触疲劳强度计算 .....	79
6.5.4 齿轮传动强度计算说明 .....	82
6.5.5 齿轮传动的精度等级、主要参数及许用应力 .....	82
6.6 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....	93
6.6.1 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析 .....	93
6.6.2 齿根弯曲疲劳强度计算 .....	95
6.6.3 齿面接触疲劳强度计算 .....	96
6.6.4 参数选择 .....	96
6.7 直齿圆锥齿轮传动的强度计算 .....	101
6.7.1 直齿圆锥齿轮传动的受力分析 .....	101
6.7.2 齿根弯曲疲劳强度计算 .....	103
6.7.3 齿面接触疲劳强度计算 .....	104

6.8 齿轮传动的效率和润滑设计 .....	108
6.8.1 齿轮传动的效率 .....	108
6.8.2 齿轮传动的润滑设计 .....	108
6.9 蜗杆传动设计 .....	109
6.9.1 普通圆柱蜗杆传动的类型与特点 .....	109
6.9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸 .....	111
6.9.3 普通圆柱蜗杆传动的精度等级及其选择 .....	118
6.9.4 普通圆柱蜗杆传动的承载能力计算 .....	118
6.9.5 蜗杆传动的热平衡计算 .....	130
6.9.6 蜗杆传动的润滑 .....	132
6.10 齿轮、蜗杆与蜗轮的结构设计 .....	134
6.10.1 圆柱齿轮的结构 .....	134
6.10.2 圆锥齿轮的结构 .....	135
6.10.3 圆柱蜗杆、蜗轮的结构 .....	135
6.11 磁力齿轮传动 .....	138
6.11.1 磁力齿轮的特点和应用 .....	138
6.11.2 磁力齿轮的类型 .....	138
6.11.3 高性能磁力齿轮的传动比 .....	139
练习题 .....	139

## 第7章 滑动轴承 / 143

7.1 概 述 .....	143
7.2 滑动轴承的类型 .....	143
7.2.1 整体式径向滑动轴承 .....	143
7.2.2 对开式径向滑动轴承 .....	144
7.2.3 止推滑动轴承 .....	144
7.3 滑动轴承的失效形式及常用材料 .....	145
7.3.1 滑动轴承的失效形式 .....	145
7.3.2 滑动轴承的常用材料 .....	146
7.4 非液体摩擦滑动轴承的计算 .....	147
7.5 液体摩擦滑动轴承简介 .....	148
7.5.1 液体动压轴承 .....	148
7.5.2 液体静压轴承 .....	149

练习题 ..... 149

**第 8 章 滚动轴承 / 150**

8.1 概 述 .....	150
8.2 滚动轴承的主要类型及其代号 .....	151
8.2.1 滚动轴承的主要类型、性能及特点 .....	151
8.2.2 滚动轴承的代号 .....	156
8.3 滚动轴承的类型选择 .....	159
8.3.1 载荷的大小、方向和性质 .....	159
8.3.2 轴承的转速 .....	159
8.3.3 轴承刚度及调心性能要求 .....	159
8.3.4 轴承的安装和拆卸 .....	160
8.3.5 轴承的经济性能要求 .....	160
8.3.6 滚动轴承的公差 .....	160
8.4 滚动轴承内径、外径的公差带及其特点 .....	161
8.4.1 滚动轴承配合的基准制 .....	161
8.4.2 滚动轴承内、外公差带特点 .....	161
8.5 滚动轴承的工作情况分析 .....	161
8.5.1 滚动轴承工作时轴承元件的载荷分析 .....	161
8.5.2 滚动轴承工作时轴承元件的应力分析 .....	162
8.6 滚动轴承的尺寸选择 .....	163
8.6.1 滚动轴承的失效形式 .....	163
8.6.2 滚动轴承的强度计算准则 .....	164
8.6.3 滚动轴承的寿命 .....	164
8.6.4 滚动轴承的基本额定动载荷 .....	165
8.6.5 滚动轴承的寿命计算 .....	165
8.6.6 滚动轴承的当量动载荷 .....	166
8.6.7 角接触球轴承和圆锥滚子轴承的载荷计算 .....	168
8.6.8 滚动轴承的静强度计算 .....	171
8.7 滚动轴承的组合设计 .....	172
8.7.1 轴承的配置 .....	172
8.7.2 滚动轴承的轴向紧固 .....	175
8.7.3 轴承游隙及轴上零件位置的调整 .....	176



8.7.4 滚动轴承的预紧 .....	176
8.7.5 滚动轴承的配合 .....	177
8.7.6 滚动轴承的润滑 .....	178
8.8 滚动轴承的密封装置 .....	179
练习题 .....	181

## 第9章 轴及轴系 / 182

9.1 概 述 .....	182
9.1.1 轴的分类、功用及组成 .....	182
9.1.2 轴的设计要求 .....	183
9.1.3 轴的一般设计步骤 .....	184
9.1.4 轴的常用材料 .....	184
9.2 轴的结构设计 .....	187
9.2.1 轴结构设计的原则 .....	187
9.2.2 轴上零件的定位方式 .....	188
9.2.3 各轴段直径和长度的确定 .....	191
9.2.4 提高轴强度的常用措施 .....	191
9.2.5 轴的结构工艺性 .....	193
9.3 轴的强度设计计算 .....	194
9.3.1 按扭转强度条件设计 .....	194
9.3.2 按弯扭合成强度条件设计 .....	195
9.3.3 按疲劳强度条件进行精确校核 .....	197
9.3.4 按静强度条件进行校核 .....	198
9.4 轴的刚度校核计算 .....	198
9.4.1 轴的弯曲刚度校核计算 .....	198
9.4.2 轴的扭转刚度校核计算 .....	199
练习题 .....	207

## 第10章 联轴器、离合器和制动器 / 208

10.1 联轴器 .....	208
10.1.1 刚性联轴器 .....	208
10.1.2 弹性联轴器 .....	211

10.2	离合器	212
10.2.1	牙嵌离合器	212
10.2.2	圆盘摩擦离合器	213
10.3	制动器	214
10.3.1	块式制动器	214
10.3.2	带式制动器	215
	练习题	216
<b>第 11 章 螺纹连接 / 217</b>		
11.1	螺纹的主要参数	217
11.2	机械制造常用螺纹	219
11.3	螺旋副的受力分析、效率和自锁	221
11.4	螺纹连接的基本类型和螺纹连接件	223
11.4.1	螺纹连接的基本类型	223
11.4.2	螺纹连接件	225
11.5	螺纹连接的预紧和防松	227
11.5.1	预紧力与拧紧力矩	227
11.5.2	防松	228
11.6	螺栓连接强度的计算	230
11.6.1	松螺栓连接	230
11.6.2	紧螺栓连接	231
11.6.3	螺栓连接的许用应力	233
11.7	设计螺纹连接的注意事项	235
11.7.1	适当提高螺栓强度	235
11.7.2	支承面应平整	235
11.7.3	扳手空间	235
11.8	螺旋传动	236
	练习题	238
<b>第 12 章 轴毂连接 / 240</b>		
12.1	键连接的类型与应用	240
12.1.1	平键连接	240
12.1.2	半圆键连接	241



12.1.3 楔键连接 .....	242
12.1.4 切向键连接 .....	242
12.2 平键的选择与强度计算 .....	243
12.2.1 平键的选择 .....	243
12.2.2 平键连接强度的计算 .....	243
12.3 花键连接 .....	245
12.3.1 花键连接的类型、特点和应用 .....	245
12.3.2 花键连接强度的计算 .....	246
12.4 销连接 .....	247
12.5 其他连接 .....	249
12.5.1 型面连接 .....	249
12.5.2 胀紧连接 .....	249
12.5.3 过盈连接 .....	250
练习题 .....	250

参考文献 / 251