

21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材

机械设计

主 编	郑 江	许 瑛	
副主编	陈迎春	张永清	李 静
参 编	柳建安	张秀花	王保卫
	梁永生	吕 宏	吴 晖
主 审	胡如夫		

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是在教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”指导下的研究成果,是《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》之一。

本书主要介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,并根据教育部课程教学改革指南的精神,适度扩展一些新内容。教材的主要内容包括第 1 篇,机械设计总论(第 1 章至第 2 章);第 2 篇,机械设计中的联结(第 3 章至第 4 章);第 3 篇,机械传动设计(第 5 章至第 10 章);第 4 篇,机械设计中的轴系设计(第 11 章至第 14 章);第 5 篇,其他零部件结构及设计(第 15 章至第 16 章)等 5 篇的内容。本书论述重点是各种机械传动和通用零部件的工作原理、基本结构、载荷和应力状况、损伤和失效形式及其分析、材料和主要参数的选择、承载能力的计算、各种机械传动的比较、适用场所及合理选择等。

本书可供高等学校(包括函授、夜大学和成人教育)机械工程专业的师生使用,亦可供机械工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/郑江,许瑛主编.—北京:中国林业出版社;北京大学出版社,2006.8

(21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4448-5

I. 机… II. ①郑… ②许… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 076877 号

书 名: 机械设计

著作责任者: 郑江 许瑛 主编

策划编辑: 李昱涛

责任编辑: 郭德娟 郑铁志

标准书号: ISBN 7-5038-4448-5

出 版 者: 中国林业出版社(地址:北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号 邮编:100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail:cfphz@public.bta.net.cn

电话:编辑部 66170109 营销中心:66187711

北京大学出版社(地址:北京市海淀区成府路 205 号 邮编:100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail:pup_6@163.com

电话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者:

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23.5 印张 539 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

前 言

为顺应教学改革潮流，有针对性地满足社会对多规格人才培养的需求，北京大学出版社于 2005 年 7 月在青岛召开了《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》编写会议。本书就是根据这次会议的精神和会议上制定的教材编写大纲编写的。

本教材是在教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”和“工程制图与机械基础系列课程改革研究报告”指导下的研究成果，是 21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材。

随着机械产品设计逐渐向高速化、高效化、精密化和智能化方向发展，为了使学生在未来的工作中能够设计出性能优良、在国际市场上具有竞争力的产品，必须从机械设计系列课程体系改革的总体目标出发，改革原有的教材体系。本书正是为了适应这一需要而编写的。

本教材编写指导思想是贯彻教育部关于面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革指示精神，和高等学校工科机械原理与设计教学指导小组关于《机械设计课程教学改革指南》文件精神，结合落实《高等工业学校机械设计课程教学基本要求》，以培养学生工程实践能力、综合机械设计能力和创新能力为核心，以机械产品创新过程为主线，更新教学内容，优化课程体系，加强课程内容之间在逻辑和结构上的联系与综合。原国家教委高等学校工科机械原理与设计课程教学指导小组于 1998 年 2 月提出《机械设计课程教学改革指南(讨论稿)》，其中要求适当扩大机械设计课程的教学内容，要阐述机械设计的共性规律和基本方法，可淡化理论演绎、简化公式推导，不作繁琐分析等。根据此精神，本教材删除了繁杂陈旧并与其他课程内容孤立割裂的旧理论和旧方法，增加反映现代科学技术发展的新内容，对教材内容进行重组、整合和整体优化，使整个教材以提高学生机械设计能力和创新能力为主线，以加强工程实践教育为核心，以机械设计与创新过程为重点，建立新的教材模式和体系。教材既注重了每章内容的工程背景材料，又兼顾了各章内容之间的综合及其工程应用分析，并引入了大量的工程实例。全书各章之后都安排了一节工程应用的内容，每篇之后，还安排了一章综合应用的内容，如在第 3 篇机械传动设计内容的最后一章增加了机械传动方案综合分析与工程应用一章的内容，从而使课程内容更具有实用性，形成一个以培养学生工程实践和创新能力为目标的课程，充分体现了系统分析和综合设计能力培养的宗旨，突出创新设计和总体方案设计能力的培养。

本教材主要介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法。为了克服传统教材内容“多、杂、散”的弊病，使教材整体内容更具有系统性，使学生建立机械设计的总体概念，按照机械设计的一般规律，将教材主要内容规划为 5 篇 16 章。第 1 篇，机械设计总论(第 1~2 章)，使学生建立机械设计的总体概念，使后续内容的学习有了明确的目标；第 2 篇，机械设计中的联接(第 3~4 章)，主要论述机械设计中的有关联接的共性问题；第 3 篇，机械传动设计(第 5~10 章)，论述各种机械传动的特性和设计要点，重点解决机械传动方案设计问题；第 4 篇，机械设计中的轴系设计(第 11~14 章)，综合论述了与轴系零部件及结

构有关的共性问题；第 5 篇，其他零部件结构及设计(第 15~16 章)，论述了学生在机械设计中经常遇到的箱体、导轨和铰链结构问题。本教材论述重点是各种机械传动和通用零部件的工作原理、基本结构、载荷和应力状况、损伤及失效形式及其分析、材料和主要参数的选择、承载能力的计算、各种机械传动的比较、适用场所及合理选择等。

参加本教材编写的有：中北大学郑江(第 1 章、第 10 章)、南昌航空工业学院许瑛(第 12 章)、安徽农业大学陈迎春(第 4 章)、河北建筑工程学院张永清(第 5 章、第 11 章)、河北农业大学李静(第 8 章)、中南林业科技大学柳建安(第 2 章、第 13 章)、河北农业大学张秀花(第 3 章)、鲁东大学王保卫(第 6 章、第 7 章)、河北建筑工程学院梁永生(第 9 章)、东北林业大学吕宏(第 15 章)、南昌航空工业学院吴晖(第 14 章、第 16 章)。郑江、许瑛担任主编，陈迎春、张永清、李静担任副主编。全书由宁波工程学院交通学院院长、浙江省高等学校机械工程专业教学指导委员会委员胡如夫教授担任主审，胡教授对全书进行了认真细致的审阅，并提出了许多宝贵的意见，在此深表感谢。

在教材编写过程中，曾得到许多专家和同行的热情支持，并参考和借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献，在此一并致谢。同时还要感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和有关人员。他们以全力支持教学改革为己任，对本书的编写给予了热情的关注和大力扶持。

本教材的编写是由国内 8 所院校的老师合作完成的，由于是首次合作，难免有考虑不周之处，加之作者水平有限，误漏欠妥之处在所难免，欢迎广大同仁和读者批评指正。

编 者
2006 年 4 月

目 录

第 1 篇 机械设计总论	1	2.2.3 变应力作用下的强度约束 条件	19
第 1 章 绪论	1	2.3 机械中的摩擦、磨损和润滑综述	22
1.1 机械设计课程的性质、研究对象 和任务	1	2.3.1 摩擦与磨损	22
1.1.1 机械设计课程的性质	1	2.3.2 润滑	23
1.1.2 机械设计课程的研究对象	2	2.4 机械结构的工艺性	24
1.1.3 机械设计课程的任务	3	2.4.1 设计与加工工艺的关系	24
1.2 机器的构成及其功能结构	3	2.4.2 毛坯件的成形方法	25
1.2.1 机器的一般构成	3	2.4.3 外形加工方法	27
1.2.2 一般机械中的零部件功能 分类	4	2.4.4 装配工艺性	30
1.2.3 机械设计中的联接 (联接、连接)问题	5	小结	33
1.2.4 机械设计中的传动问题	5	习题	33
1.2.5 机械设计中的轴系设计问题	6	第 2 篇 机械设计中的联接	35
1.3 机械设计的一般程序	7	第 3 章 轴毂联接	35
1.3.1 现代机械设计的特点	7	3.1 键联接	36
1.3.2 机械设计的创新与优化	8	3.1.1 平键联接	36
1.3.3 机械设计的经济性问题	10	3.1.2 半圆键联接	37
1.3.4 机械设计中的可持续 发展问题	10	3.1.3 楔键联接	37
1.3.5 机械设计的一般程序	11	3.1.4 切向键联接	37
小结	14	3.1.5 键联接的类型选择 和强度计算	38
习题	14	3.2 花键联接	41
第 2 章 机械设计中的综合约束条件	15	3.2.1 花键联接的类型和特点	41
2.1 概述	15	3.2.2 花键联接的设计	42
2.1.1 技术性能约束条件	15	3.3 销联接的类型及应用	43
2.1.2 标准化约束条件	16	小结	45
2.1.3 可靠性约束条件	16	习题	45
2.1.4 安全性约束条件	17	第 4 章 螺纹联接	47
2.2 机械设计中的强度约束条件	17	4.1 螺纹的主要参数及类型	47
2.2.1 载荷与应力的分类	17	4.1.1 螺纹的主要参数	47
2.2.2 静应力作用下的强度约束 条件	19	4.1.2 螺纹的类型	47
		4.2 螺纹联接的类型及螺纹联接件	49
		4.2.1 螺纹联接的主要类型	49

4.2.2 螺纹联接件	51	5.4 螺旋传动设计作业及工程应用	80
4.3 螺纹联接的预紧和防松	51	5.4.1 螺旋传动工程应用实例	80
4.3.1 螺纹联接的预紧	51	5.4.2 螺旋传动设计作业	83
4.3.2 螺纹联接的防松	52	小结	85
4.4 单个螺栓联接的强度计算	53	习题	85
4.4.1 受拉螺栓联接的强度计算	54	第 6 章 带传动	87
4.4.2 受剪螺栓联接的强度计算	59	6.1 带传动的类型、特点及应用	87
4.4.3 螺纹联接的常用材料 与许用应力	59	6.1.1 带传动的类型与结构	87
4.5 螺栓组联接的设计与受力分析	61	6.1.2 带传动的特点	90
4.5.1 受轴向载荷 F_2 的螺栓组 联接	61	6.2 带传动工作情况分析	90
4.5.2 受横向载荷 F_2 的螺栓组 联接	61	6.2.1 带传动的受力分析	90
4.5.3 受横向力矩 T 的螺栓组 联接	63	6.2.2 带传动的应力分析	92
4.5.4 受翻转力矩 M 的螺栓组 联接	64	6.2.3 带的弹性滑动与打滑	93
4.5.5 螺栓组联接的工程应用	65	6.3 V 带传动的设计计算	95
4.6 提高螺栓联接强度的措施	67	6.3.1 V 带传动的失效形式 和设计准则	95
小结	69	6.3.2 V 带传动的设计步骤	95
习题	70	6.4 V 带轮的设计	103
第 3 篇 机械传动设计	72	6.4.1 V 带轮的设计基本要求	103
第 5 章 螺旋传动	72	6.4.2 V 带轮的材料	103
5.1 螺旋传动的类型、特点及应用	72	6.4.3 V 带轮的结构尺寸	104
5.1.1 螺旋传动的类型	72	6.5 V 带轮传动的张紧方式	106
5.1.2 螺旋传动的特点及应用	73	6.5.1 定期张紧	106
5.2 螺旋传动的设计计算	74	6.5.2 自动张紧	106
5.2.1 螺旋传动的效率与自锁	74	6.5.3 张紧轮张紧	106
5.2.2 滑动螺旋副的结构与材料	74	6.6 其他带传动简介	107
5.2.3 滑动螺旋副的耐磨性计算	76	6.6.1 高速带传动	107
5.2.4 滑动螺旋副的强度计算	77	6.6.2 同步带传动	107
5.2.5 受压螺杆的稳定性计算	78	小结	110
5.2.6 螺杆的刚度计算	78	习题	110
5.3 其他螺旋传动简介	79	第 7 章 链传动	111
5.3.1 滚动螺旋传动简介	79	7.1 链传动的类型、特点及应用	111
5.3.2 静压螺旋传动简介	79	7.1.1 套筒滚子链的结构和规格	111
		7.1.2 链轮的结构	114
		7.2 链传动的运动分析和受力分析	115
		7.2.1 链传动的运动分析	115
		7.2.2 链传动的受力分析	117

7.3 套筒滚子链的设计计算..... 118	8.8.1 齿轮传动的效率 169
7.3.1 套筒滚子链传动的设计 约束分析 118	8.8.2 齿轮传动的润滑 170
7.3.2 套筒滚子链传动的设计 120	8.9 其他齿轮传动简介..... 171
7.4 链传动的润滑与布置..... 122	8.9.1 圆弧齿轮传动简介 171
7.4.1 链传动的润滑 122	8.9.2 曲线齿圆锥齿轮传动简介 172
7.4.2 链传动的布置与张紧 123	小结..... 173
小结..... 126	习题..... 174
习题..... 126	第 9 章 蜗杆传动 178
第 8 章 齿轮传动 127	9.1 蜗杆传动的材料和失效形式..... 178
8.1 齿轮失效形式及设计准则..... 127	9.1.1 蜗杆传动的材料 178
8.1.1 齿轮的工作条件 与齿面硬度 127	9.1.2 蜗杆传动的失效形式 179
8.1.2 齿轮失效形式及设计准则 128	9.1.3 蜗杆传动的结构设计 179
8.2 齿轮材料及热处理..... 130	9.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及 几何尺寸计算 180
8.2.1 齿轮材料及其选用 130	9.2.1 普通圆柱蜗杆传动的 主要参数及其选择 180
8.2.2 齿轮的热处理 131	9.2.2 蜗杆传动的几何尺寸计算 183
8.3 直齿圆柱齿轮传动的受力分析 和计算载荷 133	9.3 蜗杆传动的受力分析和强度计算..... 184
8.3.1 轮齿的受力分析 133	9.3.1 受力分析 184
8.3.2 计算载荷 134	9.3.2 强度计算 185
8.4 直齿圆柱齿轮传动强度计算..... 137	9.3.3 刚度计算 189
8.4.1 直齿圆柱齿轮传动的 齿面接触强度计算 138	9.3.4 普通圆柱蜗杆传动的精度 等级及其选择 189
8.4.2 直齿圆柱齿轮传动的 齿根弯曲强度计算 142	9.4 蜗杆传动的效率、润滑和热 平衡计算 190
8.5 斜齿圆柱齿轮传动强度计算特点..... 151	9.4.1 蜗杆传动的效率和润滑 190
8.5.1 轮齿上的作用力 151	9.4.2 蜗杆传动的热平衡计算 191
8.5.2 强度计算 153	9.5 蜗杆传动工程应用..... 192
8.6 直齿圆锥齿轮的传动强度 计算特点 161	小结..... 195
8.6.1 齿轮的受力分析 162	习题..... 196
8.6.2 强度计算 163	第 10 章 机械传动方案综合分析 与工程应用 198
8.7 齿轮的结构设计..... 167	10.1 机械传动系统设计..... 198
8.7.1 齿轮轴 167	10.1.1 各种机械传动主要性能 的比较分析 198
8.7.2 腹板式齿轮和实心式齿轮 167	10.1.2 摩擦传动与啮合传动的 比较 200
8.7.3 轮辐式齿轮 168	
8.8 齿轮传动的效率与润滑..... 169	

10.1.3 选择机械传动的一般原则 ...	201	11.7.1 流体动力润滑的基本 方程	242
10.1.4 机械传动系统的设计过程 ...	202	11.7.2 向心滑动轴承形成液体 动力润滑的过程	244
10.2 机械传动工程应用实例	209	11.7.3 液体动力润滑向心滑动 轴承设计步骤	251
10.2.1 机械传动系统设计实例 分析	209	11.8 其他轴承简介	253
10.2.2 机械设计课程设计题目 综合	216	11.8.1 多油楔轴承简介	253
小结	220	11.8.2 静压轴承与空气轴承 简介	254
习题	220	小结	255
第 4 篇 机械设计中的轴系设计	223	习题	255
第 11 章 滑动轴承	223	第 12 章 滚动轴承	256
11.1 机械设计中的摩擦、磨损和润滑 ...	223	12.1 概述	256
11.1.1 机械中的摩擦	223	12.2 滚动轴承的类型代号及选择	257
11.1.2 机械中的磨损	225	12.2.1 滚动轴承的类型特点	257
11.1.3 机械中的润滑	226	12.2.2 滚动轴承的代号	260
11.2 滑动轴承概述	227	12.2.3 滚动轴承类型的选择	263
11.2.1 滑动轴承的特点与分类 ...	227	12.3 滚动轴承的失效形式和计算准则 ...	264
11.2.2 滑动轴承的设计内容	228	12.3.1 滚动轴承工作时的载荷 分布	264
11.2.3 滑动轴承的摩擦 润滑状态	228	12.3.2 滚动轴承的失效形式 及计算准则	265
11.3 滑动轴承的结构形式	229	12.4 滚动轴承的选择计算	266
11.3.1 向心滑动轴承	229	12.4.1 滚动轴承的基本额定 寿命和基本额定动载荷 ...	266
11.3.2 推力滑动轴承	230	12.4.2 滚动轴承的寿命计算 公式	266
11.4 滑动轴承的材料	230	12.4.3 滚动轴承的当量动载荷 计算	267
11.4.1 轴瓦对材料的性能要求 ...	230	12.4.4 角接触球轴承和圆锥滚子 轴承轴向载荷 F_A 的计算 ...	269
11.4.2 滑动轴承的材料	231	12.4.5 同一支点对安装同 型号向心角接触轴承的 计算特点	273
11.4.3 轴瓦的结构	233	12.5 滚动轴承的静载荷计算	274
11.5 滑动轴承的润滑剂和润滑装置	234	12.5.1 极限转速校核	274
11.5.1 润滑剂及其性能指标	234	12.5.2 静强度校核	274
11.5.2 润滑剂的选择	236		
11.5.3 润滑方法	238		
11.6 不完全液体摩擦滑动轴承的计算 ...	240		
11.6.1 向心滑动轴承	240		
11.6.2 推力滑动轴承	241		
11.7 液体动力润滑向心滑动轴承 设计计算	242		

12.6 滚动轴承的组合设计.....276	14.2.2 常用刚性联轴器简介.....316
12.6.1 支承结构形式及其选择.....276	14.3 挠性联轴器.....317
12.6.2 滚动轴承的固定.....277	14.3.1 无弹性元件挠性联轴器.....317
12.6.3 滚动轴承组合的调整.....278	14.3.2 金属弹性元件挠性 联轴器.....319
12.6.4 提高轴系的支承刚度.....279	14.3.3 非金属弹性元件 挠性联轴器.....320
12.6.5 滚动轴承的配合.....280	14.4 常用离合器的类型及应用.....322
12.6.6 滚动轴承的润滑.....281	14.4.1 牙嵌离合器.....322
12.6.7 滚动轴承的密封.....282	14.4.2 圆盘摩擦离合器.....323
小结.....283	14.4.3 安全离合器.....324
习题.....284	14.5 联轴器与离合器的选择.....324
第 13 章 轴.....287	14.5.1 联轴器的选择.....324
13.1 轴的类型、材料 and 设计准则.....287	14.5.2 离合器的选择.....326
13.1.1 轴的类型与功用.....287	小结.....327
13.1.2 轴的材料及其选择.....288	习题.....327
13.1.3 轴的设计准则与步骤.....290	第 5 篇 其他零部件结构及设计.....328
13.2 轴系结构组合设计与工程应用.....292	第 15 章 弹簧.....328
13.2.1 轴的结构设计要求.....292	15.1 弹簧的功用与类型.....328
13.2.2 滚动轴承与轴的组合 设计.....292	15.1.1 弹簧的功用.....328
13.2.3 轴系结构组合设计实例.....299	15.1.2 弹簧的类型.....328
13.3 轴的强度计算.....301	15.2 弹簧的材料与制造.....329
13.3.1 按扭转强度计算.....301	15.2.1 弹簧的材料及许用应力.....329
13.3.2 按弯扭组合强度计算.....302	15.2.2 弹簧的制造.....331
13.3.3 按疲劳强度安全系数 计算.....302	15.3 圆柱形螺旋压缩、拉伸弹簧的 应力分析.....331
13.4 轴的其他项目计算.....307	15.3.1 弹簧的应力.....331
13.4.1 轴的刚度计算.....307	15.3.2 弹簧的变形.....332
13.4.2 轴的临界转速计算.....308	15.4 圆柱形螺旋压缩、拉伸弹簧 的设计.....333
小结.....313	15.4.1 弹簧的结构与几何尺寸.....333
习题.....313	15.4.2 弹簧的设计计算.....335
第 14 章 联轴器与离合器.....314	15.5 其他弹簧简介.....337
14.1 联轴器与离合器的分类和应用.....314	15.5.1 圆柱螺旋扭转弹簧.....337
14.1.1 联轴器与离合器的分类.....314	15.5.2 蝶形弹簧.....337
14.1.2 联轴器和离合器计算转矩 的确定.....315	小结.....338
14.2 刚性联轴器.....315	习题.....339
14.2.1 刚性联轴器的特点.....315	

第 16 章 箱体、导轨与铰链.....	340	16.2.2 导轨设计基本要求	346
16.1 箱体.....	340	16.2.3 滑动导轨设计	346
16.1.1 箱体的主要功能	340	16.2.4 滚动导轨设计简介	351
16.1.2 箱体设计应考虑的主要 问题	340	16.3 铰链.....	354
16.1.3 箱体毛坯的选择	341	16.3.1 铰链的功能	354
16.1.4 箱体结构主要参数设计	342	16.3.2 铰链设计基本要求	354
16.1.5 典型箱体结构	345	16.3.3 铰链常见结构	355
16.2 导轨.....	345	小结.....	357
16.2.1 导轨的功能	345	习题.....	357
		参考文献	358

第 1 篇 机械设计总论

本篇(第 1~2 章)论述了机械设计课程的教学内容总纲,机械设计的基本知识和一些共性问题。学习以后各章时,将会经常用到它们。所以切实学好本篇内容,对学好这门课程有着十分重要的意义。

第 1 章 绪 论

教学提示: 机械设计课程是一门综合运用各种先修课程(如数学、物理学、材料力学、理论力学、金属工艺、机械制图、机械原理等)的基础理论和实践性质的设计性技术基础理论,进行机械设计的主干课程。学生刚接触到这门课程时,可能会感到与以往学习的理论性课程有很大的差别,主要体现在本课程的结构体系没有一般理论性课程那么严密,内容多、杂、散,理论性不强;加上许多问题的解答不唯一,不同的新理论、新技术、新材料、新工艺以及新的市场信息都将使答案发生变化。所以学习本课程时,让学生及时明确这门课程的性质和特点,掌握一定的学习方法,以尽快适应本课程的学习,将显得特别重要。本章是机械设计课程的序言,又是本课程的总纲。因而它的内容要贯穿全课程的始末,并涉及本课程的前后关联。所以学好本章内容,对于了解和把握全部课程内容及作好学习思想准备等,是至关重要的。

教学要求: 了解本课程的性质、任务及学习方法,机器的构成及其功能结构,机械设计的一般程序,方案设计、技术设计的主要内容,机器设计的基本原则,标准化等。

1.1 机械设计课程的性质、研究对象和任务

1.1.1 机械设计课程的性质

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门的工程技术人员,都会经常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当了解和掌握一定的机械基础知识。

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的重要生产工具。它用来减轻人的劳动强度,改善劳动条件,提高产品质量,提高劳动生产率,帮助人们创造更多的社会财富。尤其现在,在现代化生产中根本离不开机械。机械必将随着生产的不断发展而发展。

机械工业的生产水平是一个国家现代化建设水平的重要标志。因为机器是代替人们体力和部分脑力劳动的工具,机器既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产改进产品质量,特别是能够大大提高劳动生产率和改善劳动条件。只有使用机器,才能便

于实现产品的标准化、系列化和通用化，尤其是便于实现高度的机械化、电气化和自动化。因此，机械工业肩负着为国民经济各个部门提供装备和促进技术改造的重任。大量地设计制造和广泛采用各种先进的机器，可大大加强促进国民经济发展的力度加速我国的现代化建设。

现代教育的目标是素质教育，而素质教育的核心应该是创新素质教育。作为集中了人们关于机械及装备创新智慧的机械设计的理论与方法，应该是同学们学习创新理想内容。

机械设计课程是一门综合应用各先修课程(如数学、物理学、材料力学、理论力学、金属工艺、机械制图、机械原理等)的基础理论和实践性质的设计性技术基础课，是机械工程的一门主干课程。是以一般通用零件的设计计算为核心的设计性课程，是一门设计性、综合性和实践性都很强的技术基础课。

关于机械设计的理论与方法是博大精深的，而作为大学本科阶段的一门课程，机械设计课程的主要任务是讲述通用机械零部件的设计以及机械系统设计的基础知识。为了帮助读者对机械设计要考虑的问题有一个综合性的了解，特安排第2章机械设计中的综合约束问题。

1.1.2 机械设计课程的研究对象

人们为了满足生产和生活的需要，设计和制造了种类繁多、功能各异的机器。一个机械系统包含着机械结构系统、驱动动力系统、检测与控制系统，一台完整的机器的组成大致可包括图1.1所示的内容：

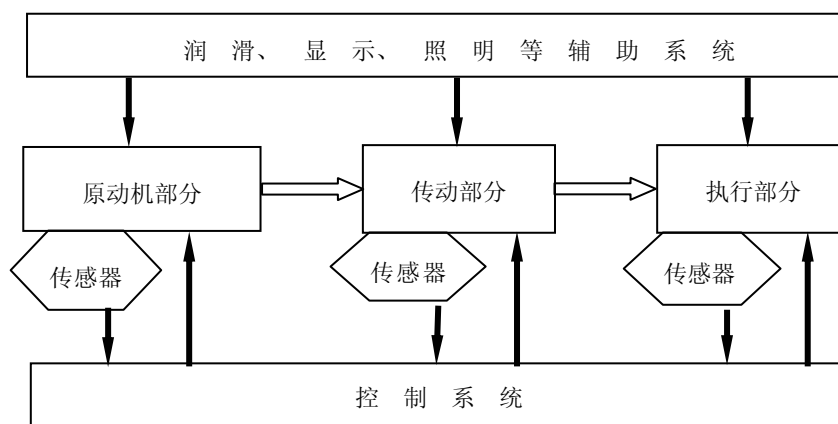


图 1.1 机器的组成

一台机器的机械结构总是由一些机构组成的，每个机构又是由若干零件组成的。有些零件是在各种机器中常用的，称之为通用零件；有些零件只有在特定的机器中才用到，称之为专用零件。

通用零件包括如下几种：

- (1) 传动件：齿轮、链传动、带传动、蜗杆传动、螺旋传动；
- (2) 轴系零部件：轴、联轴器、离合器；滚动轴承、滑动轴承；
- (3) 联接件：螺栓、键、花键、销；铆、焊、胶结构件；

(4) 其他零件：弹簧、机架、箱体等。

专用零件：叶片、犁铧、枪栓等。

通用零件的设计和选用是机械设计的基础，是本课程的主要学习对象，而专用零件的设计方法应在有关专业课中学习。

1.1.3 机械设计课程的任务

本课程中“设计”的含义是指机械装置的实体设计，涉及零件的应力、强度的分析计算，材料的选择、结构设计，考虑加工工艺性、标准化以及经济性、环境保护等。机械设计结果的表现形式为：机械工程图、说明书和计算机程序。

1. 本课程的任务

(1) 树立正确的设计思想，培养理论联系实际、调查研究、刻意创新的作风，以及解决机械设计问题的能力，了解国家当前的有关技术经济政策。

(2) 培养学生具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力。

(3) 使学生对机械设计的新发展有所了解，并根据学科发展动态，对课程内容作必要调整。

(4) 培养学生在机械设计方面具有市场经济意识和创新能力。

(5) 使学生掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律，具有设计机械传动装置和简单机械的能力。

(6) 使学生掌握轴系结构与传动件的设计及组合方法，并获得典型零件的实验技能，培养学生工程实践能力。

2. 学习本课程的注意事项

(1) 理论联系实际，将机械零件的设计放到整个机械系统中综合全面考虑。具体问题具体分析，不死搬教条，要学会综合性分析与科学判断。

(2) 掌握各章基本理论、基本概念和基本公式，不强调系统地理论分析。

(3) 掌握机械零部件设计的一般思路，从零部件的工作原理、失效形式、常用材料、承载能力、参数选择和结构设计等几方面有重点地学习各章内容。

(4) 密切联系生产实际，多从日常生活中观察思考，培养发现问题、分析问题和解决问题的能力。

(5) 记好课堂笔记。

1.2 机器的构成及其功能结构

1.2.1 机器的一般构成

在生产中应用的机器种类很多，其结构和用途各不相同，但从机器构成的角度来分析，它们又有着共同点。机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料、信息等，凡将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机，如内燃机、电动机(分别将热能和电能变换为机械能)等都是原动机。凡利用机械能去变换或传递能量、物料、信息的机器称为工作机，如发电机(机械能变换为电能)、起重机(传递物料)、金属切削机床(变换物料外形)、

录音机(变换和传递信息)等都属于工作机。以汽车为例,发动机(汽油机或柴油机)是汽车的原动机;离合器、变速器、传动轴和差速器组成传动部分;车轮、悬挂系统及底盘(包括车身)是执行部分;转向盘和转向系统、变速杆、制动及其踏板、离合器踏板及节气门组成控制系统;油量表、速度表、里程表、润滑油温度表及蓄电池电流表、电压表等组成显示系统;后视镜、车门锁、刮水器等为其他辅助装置;前照灯、后照灯及仪表盘灯组成照明系统;转向信号灯及车尾红灯组成信号系统等。

图 1.2 所示为卷扬机(又称绞车)。它由电动机 1、联轴器 2、制动器 3、减速器 4、联轴器 5、卷筒 6、钢丝绳 7 等组成。它是一种通用的起重机械设备,可用于提升、装卸或牵引重物。广泛地应用在工厂、矿山、建筑、安装等各个部门。图中滑轮 8 和料斗 9 即为提升上料机械。

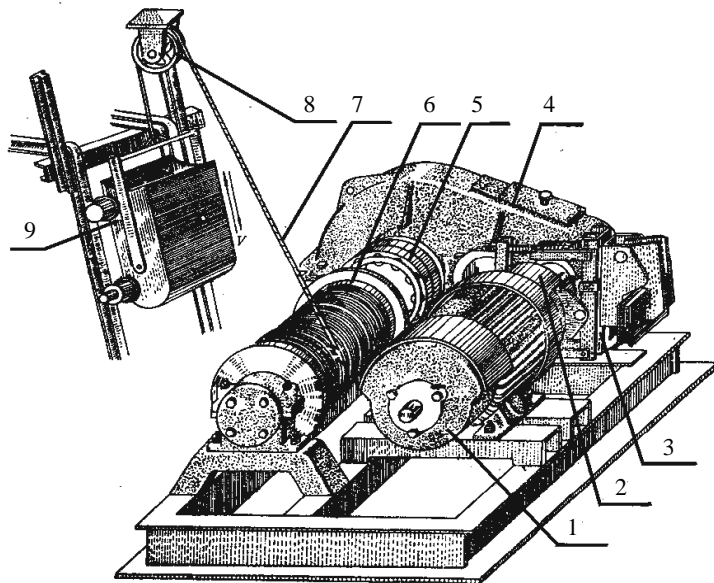


图 1.2 卷扬机

1—电动机 2—联轴器 3—制动器 4—减速器 5—联轴器 6—卷筒 7—钢丝绳 8—滑轮 9—上料斗

就功能而言,一般机器包含四个基本组成部分:动力部分、传动部分、控制部分、执行部分。动力部分可采用人力、畜力、风力、液力、电力、热力、磁力、压缩空气等作动力源,其中利用电力和热力的原动机(电动机和内燃机)使用最广。传动部分和执行部分由各种机构组成,是机器的主体。控制部分包括各种控制机构(如内燃机中的凸轮机构)、电气装置、计算机和液压系统、气压系统等。

为了深入地观察和了解机器,除了从传统的观点,还应该从机构学的角度,从结构学的角度以及从专业或主要结构部件的角度和从功能的观点来观察和分析机器,掌握机器各组成部分的功能、运动参数、基本类型和选择等。

1.2.2 一般机械中的零部件功能分类

一台机器的整体结构是由若干个部件组成的,每个部件又是由若干零件组成的。机器正是按照各机械零部件的功能组合在一起进行运转的,常用的机械零部件主要包括:

1. 联接件

为了便于机器的制造、安装、运输、维修以及提高劳动生产率等，广泛地使用各种联接。因此，机械设计人员必须熟悉各种机器中常用的联接方法及有关联接零件的结构、类型、性能与适用场合，掌握它们的设计理论或选用方法。

2. 机械传动零件

工作机一般都要靠原动机供给一定形式的能量(绝大多数是机械能)才能工作。但是，把原动机和工作机直接联接起来的情况是很少的，往往需在二者之间加入传递动力或改变运动状态的由各种传动零件组成传动装置。

3. 轴系零部件

一切作回转运动的传动零件都需要安装在轴上才能实现运动和动力的传递，大多数轴还起着传递转矩的作用。轴要用滑动轴承或滚动轴承来支承，有时也通过联轴器或离合器传递运动和动力。因此轴系零部件的主要功能是支承回转零件并传递运动和动力。

4. 其他零部件

机器的机械结构除由以上零件组成外，还包括其他一些零件。如弹簧、箱体、导轨和铰链等。为了帮助读者了解其他零部件结构及设计，本书安排了第 15 章弹簧和第 16 章箱体、导轨与铰链的内容。

1.2.3 机械设计中的联接(联接、连接)问题

机械联接有两大类：一类是机器工作时，被联接的零(部)件间可以有相对运动的联接，称为机械动联接(将在第 16 章介绍)，如机械原理课程中讨论的各种运动副；另一类则是在机器工作时，被联接的零(部)件间不允许产生相对运动的联接，称为机械静联接，这是本书所要讨论的内容(将在第 3 章、第 4 章介绍)。在机器制造中，“联接”这一术语，实际上只指机械静联接，所以本书中除了指明为动联接外，所用到的“联接”均指机械静联接。

机械静联接又分为可拆联接和不可拆联接。可拆联接是不须毁坏联接中的任一零件就可拆开的联接，故多次装拆无损于其使用性能。常见的有螺纹联接、键联接(包括花键联接、无键联接)及销联接等，其中尤以螺纹联接和键联接应用较广。不可拆联接是至少必须毁坏联接中的某一部分才能拆开的联接，常见的有铆接、焊接、胶接等。

另外，还有一种可以做成可拆或不可拆的过盈联接，在机器中也经常使用。

1.2.4 机械设计中的传动问题

原动机和工作机之间往往由于工作需要加入传递动力或改变运动状态的传动装置。因此传动装置是大多数机器或机组的主要组成部分。其主要原因是：

(1) 工作机所需要的速度，一般与原动机的最优速度不相符合，故需增速或减速(实用中多为减速)。此外，原动机的输出轴通常只做匀速回转运动，但工作机所要求的运动形式却是多种多样的，如直线运动、间歇运动等。

(2) 很多工作机都需要根据生产要求而进行速度调整，但依靠调整原动机的速度来达到这一目的往往是不经济的，甚至是不可能的。

(3) 在有些情况下, 需要用一台原动机带动若干个工作速度不同的工作机。

(4) 为了工作安全及维护方便, 或因机器的外廓尺寸受到限制等其他原因, 有时不能把原动机和工作机直接连接在一起。

实践证明, 传动装置在整台机器的质量和成本中都占有很大的比例。机器的工作性能和运转费用也在很大的程度上决定于传动装置的优劣。因此, 不断提高传动装置的设计和制造水平就具有十分重要的意义。

根据工作原理的不同, 可将传动分为机械传动和电传动两类。机械传动又分为摩擦传动、啮合传动、液力传动和气力传动。现代机器往往需要综合运用上述某些传动组成复杂的传动系统, 以满足对机器提出的各种功能要求。

本书主要介绍几种最常用的机械传动零部件, 包括螺旋传动(第 5 章)、带传动(第 6 章)、链传动(第 7 章)、齿轮传动(第 8 章)和蜗杆传动(第 9 章)。

1.2.5 机械设计中的轴系设计问题

轴与其上的零件组成一个组合体——轴系零部件, 它们是组成机器的重要零部件之一, 轴上安装各种传动零件, 使之绕其做轴线转动, 传递转矩产生回转运动, 并通过轴承与机架或机座相连接。

1. 轴的设计

进行轴的设计时, 不能只考虑轴本身, 必须与轴系中相关零部件的整个结构密切联系起来(详见第 13 章)综合考虑。

根据轴的载荷、形状、轴线、截面等不同要素, 分为以下几种。

(1) 按受载情况分为:

① 转轴: 支承传动机件的同时传递转矩, 即同时承受弯曲和扭矩的作用力。

② 心轴: 只支承旋转机件而不传递转矩, 即只承受弯曲作用力。心轴又分为固定心轴和转动心轴(工作时心轴随旋转机件一起转动)两种。

③ 传动轴: 主要传递转矩, 即主要承受扭矩, 不承受或承受较小的弯矩。

(2) 按结构形状分为: 光轴和阶梯轴; 实心轴和空心轴。

(3) 按几何轴线分为: 直轴、曲轴和钢丝软轴。

(4) 按截面分为: 圆形截面和非圆形截面。

进行轴的设计应当满足下列要求: 一是结构上要受力合理, 尽量避免或减少应力集中; 二是要有足够的强度(静强度和疲劳强度)和必要的刚度; 三是具备特殊情况下的耐腐蚀性和耐高温性; 四是在高速条件下, 轴的振动稳定性及良好的加工工艺性; 五是使零件在轴上定位可靠、装配适当和装拆方便。

2. 轴承的设计

轴承是支承轴的部件。根据轴承中摩擦性质不同, 可分为滑动摩擦轴承(简称滑动轴承)和滚动摩擦轴承(简称滚动轴承)两类。滑动轴承常安装在某些不能、不便或使用滚动轴承没有优势的场合, 如工作时轴的转速特高, 轴经常受到特大冲击与振动, 轴的径向空间尺寸受到限制而必须分开安装(如曲轴的轴承), 以及轴在水或腐蚀性介质中工作等情况。因

此。滑动轴承在轧钢机、汽轮机、内燃机、铁路机车及车辆、金属切削机床、航空发动机附件、雷达、卫星通信地面站、天文望远镜以及各种仪表中应用颇为广泛(详见第11章)。

要正确的设计滑动轴承,必须正确确定以下问题。

- (1) 轴承的型式和结构;
- (2) 轴瓦的结构和材料;
- (3) 轴承的技术参数;
- (4) 润滑剂的选择和供应;
- (5) 轴承的工作能力及热平衡计算。

与滑动轴承相比,滚动轴承摩擦系数小,起动阻力小,功率消耗少,已实现标准化,并由专业工厂大量制造及供应,选购、润滑、维修都很方便,因此在一般机器中应用较广。

滚动轴承是现代机器中广泛应用的部件之一,它是依靠主要元件间的滚动接触来支承转动零件的。由于滚动轴承已经实现标准化,设计者只需要根据具体工作条件正确选择轴承的类型和尺寸、验算轴承的承载能力,解决好与轴承的安装、调整、润滑、密封等有关的“轴承装置设计”问题就可以了(详见第12章)。

3. 联轴器与离合器

联轴器和离合器是机械传动中常用的轴系部件。它们主要用来连接轴与轴(或连接轴与其他回转零件),以传递运动与转矩;有时也可用作安全装置。根据工作特性,它们可分为以下四类:

(1) 联轴器 用来把两轴连接在一起,机器运转时两轴不能分离;只有在机器停车并将连接拆开,两轴才能分离。

(2) 离合器 在机器运转过程中,可使两轴随时接合或分离的一种装置。用它来操纵机器传动系统的断续,以便进行变速及换向等。

(3) 安全联轴器及安全离合器 机器工作时,如果转矩超过规定值,这种联轴器及离合器即可自行断开或打滑,以保证机器中的主要零件不致因过载而损坏。

(4) 特殊功用的联轴器及离合器 用于某些有特殊要求处,例如在一定的回转方向或达到一定的转速时,联轴器或离合器即可自动接合或分离等。

由于机器的工况各异,因而对联轴器和离合器提出了各种不同的要求,如传递转矩的大小、转速高低、扭转刚度变化、体积大小、缓冲吸振能力,等等。为了适应机器的工作性能、特点及应用场合的需要,联轴器和离合器已出现了很多类型,而且新型产品正在不断涌现,是一个广阔的待开发领域(详见第14章)。

1.3 机械设计的一般程序

1.3.1 现代机械设计的特点

与传统的机械设计相比,现代机械设计有如下特点:

(1) 传统机械设计中灵感和经验成分占有很大比重,思维带有很大的被动性。现代机械设计从基于经验转变为基于科学,从被动思维变为主动思维,按思维规律有意识地进行