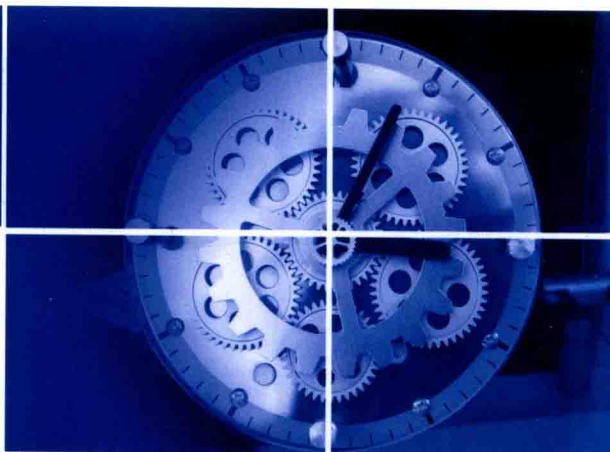


机械创新设计系列



机械设计

王德伦 马雅丽 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



机械创新设计系列

机械设计

主编 王德伦 马雅丽
参编 朱林剑 毛范海 杨光辉
 申会鹏 孙守林 陈观慈
主审 王黎钦 谭庆昌



机械工业出版社

本书是依据教育部高等学校机械基础课程教学指导委员会最新编写的“高等学校机械设计课程基本要求”和“机械设计课程教学改革建议”精神,结合近年来的教学与科研经验,同时考虑到我国机械制造业的发展现状而编写的“机械创新设计系列”丛书教学版之二——机械设计。

全书分六篇。第一篇为机器与零件的结构与性能,主要介绍机器的结构与性能、机器结构与技术性能方案规划、机械零件技术性能设计基础;第二篇为动连接,主要阐述滑动轴承、滚动轴承、移动副、齿轮副、蜗杆副;第三篇为静连接,包含螺纹连接、键与销连接、过盈连接、铆接、焊接、粘接;第四篇为典型零件,主要有轴、机架类零件、弹簧;第五篇为典型部件,包括带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动、联轴器、离合器、制动器等;第六篇为典型机器,主要叙述机器整机设计流程与方法、典型机器(立式加工中心)结构与性能的技术设计。

本书可作为高等学校机械类各专业的教学用书,也可供机械工程领域的研究生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/王德伦,马雅丽主编. —北京:机械工业出版社,2015.6
(机械创新设计系列)

ISBN 978-7-111-49682-3

I. ①机… II. ①王… ②马… III. ①机械设计-高等学校-教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第052905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:余 皞 责任编辑:余 皞 冯 铨 安桂芳

版式设计:霍永明 责任校对:肖 琳

封面设计:张 静 责任印制:李 洋

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2015年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·30.75印张·840千字

标准书号:ISBN 978-7-111-49682-3

定价:59.80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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

机械设计课程是机械类专业的一门主干技术基础课，是本科生从基础理论课程学习过渡到研究机械工程技术问题的桥梁，承担培养学生机器及零部件性能与结构设计任务，在机械类系列课程体系中占有十分重要的地位。近年来全国机械设计课程教学研究与改革成果十分丰富，出版了很多具有各校特点的机械设计教材，呈现出从传统的以机械零件结构与性能校核分析为主线的内容体系过渡到零件校核分析与设计并重，向以机器及零件设计为主线的趋势发展，尤其是加强机器整机结构与性能的技术方案设计，使得教学由机械零件向机械设计课程内涵延伸和扩展，体现了机械设计课程与机械工程实际的结合日益紧密，突出了学生机械创新设计能力的培养。

本书以培养学生具有一定的机器及零部件结构与性能技术方案创新设计能力为目标，建立“以结构与性能设计为主线，整机方案设计为牵引，零部件及其连接技术设计为支撑”的新体系。全书由六篇组成，第一篇为机器与零件的结构与性能，主要介绍机器的结构与性能、机器结构与技术性能方案规划、机械零件技术性能设计基础；第二篇为动连接，主要阐述滑动轴承、滚动轴承、移动副、齿轮副、蜗杆副；第三篇为静连接，包含螺纹连接、键与销连接、过盈连接、铆接、焊接、粘接；第四篇为典型零件，主要有轴、机架类零件、弹簧；第五篇为典型部件，包括带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动、联轴器、离合器、制动器等；第六篇为典型机器，主要叙述机器整机设计流程与方法，并以三轴立式加工中心为例介绍机器整机结构与性能的技术方案设计。通过这一新体系，力求使学生能够初步具有机器及零部件结构与性能的技术方案创新设计能力。

在本书内容安排上，编者根据多年的教学和科研经验，并密切联系机械制造企业的实际，在以下几方面作出探索和尝试。

1. 课程内涵

机械设计课程是由机械零件课程发展和演变而来的，因而现有“机械设计”的教学要求、方式和内容体系都带有浓厚的机械零件色彩，使得学生的理解和思维聚焦在局部零件上。然而，零件设计需要服从整机结构与性能要求，不能游离整机之外；同时，课程内容需要体现出零件结构与性能的技术方案设计，而不是零件细节设计。因此，本书在机械设计原有内涵基础上加以调整，增加机器整体结构与性能的技术方案设计，扩充整机与部件、零件的结构及技术性能联系，强化零件及其连接的结构与性能的技术设计过程、计算依据和表达准确性。培养学生的整机设计视野与大局观，使蕴藏在机器结构与性能设计中的独特魅力得到体现，如创新性与多样性，激发学生的学习热情，培养创新设计意识和能力。

2. 内容体系

本书以机器整机技术设计为牵引，机器结构组成与技术性能展开为相关部件、零件及其连接性能，形成机械设计的主题与系统性，继而分别阐述动连接，静连接，零件、部件的结构与性能

的技术设计内涵，再回归到机器整机技术方案设计，构建一个较完整的机械设计课程内容体系。其中动连接是指运动副，包括转动副、移动副和高副（齿轮副与凸轮副）；部件是功能与结构相对独立的组合体，如驱动、传动和执行部件，典型传动与连接部件包括带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动以及联轴器与离合器等。

3. 知识表达与扩展

传统的机械零件课程研究对象是机器中的零部件设计，不是机器整机设计，而设计的前提相对独立。由于机器整机及其零部件设计需要在机器构型方案与运动设计基础上开展，本书保留原有机械零件课程的基本内容，增加了与机械原理课程知识体系密切联系的设计内容，如运动副、构件、机构的结构设计等，将体现机器运动方案和尺度的机构简图进行结构展开和技术性能设计，与实际机器设计过程更接近。对于课时少的学校可以选讲第一篇部分内容、第二、三、四篇内容，即可保持原有课程内容；对于课时充裕的学校可以全部讲授，使得学生对机器技术设计过程和课程设计环节有更全面与深入的了解和掌握。

4. 知识性与趣味性

本书以设计为主线，各章既独立又联系的内容可以形成更严密的学术体系，但为了避免枯燥、增加趣味性以引人入胜，本书采用案例阐述方式，并在各章节开头和正文穿插工程或生活中的实际问题案例，在每章结尾增加与本章内容密切相关的人物或科学故事介绍，以增加读者的兴趣。

5. 系统性与适用性

本书中各章节内容具有相关性，可以遵循知识体系集中安排，而为了便于教学过程安排，把部分内容分开在不同章节，虽然略显重复，但兼顾全书总体呼应。例如，第一篇第一章中介绍机器的结构组成与技术性能，并总结了几种常见连接形式与特点，为第二章机器结构与技术性能方案规划铺垫，虽然在第二篇和第三篇中又有较详细的论述，但全书内容围绕机器整机结构与性能的技术方案设计展开阐述，也使得课程设计等实践环节可以安排与课堂教学同步进行，既可集中也可分散进行，有利于多环节教学内容协调融合。第五、六篇把本课程内容适当延伸，便于结合课程设计和后续课程进行教学。

本书的编写者有：第1、2、3章（王德伦、马雅丽），第4、5章（毛范海），第6章（孙守林、马雅丽），第7、8章（马雅丽），第9章（杨光辉），第10、11、12章（马雅丽），第13章（马雅丽、王德伦），第14章（马雅丽），第15、16章（朱林剑），第17、18章（申会鹏、王德伦），第19章（朱林剑），第20章（申会鹏、王德伦）。陈观慈编写了本书第3、5章初稿。全书由王德伦、马雅丽担任主编并统稿。本课题组的2010~2012届硕士研究生和部分博士研究生也为本书的编写发挥了重要作用，在此一并表示感谢。

本书是编者领导的课题组编著的“机械创新设计系列”丛书之二，该丛书共五本，包括学术版《机构运动微分几何学分析与综合》，工程应用版《机械创新设计及应用》，教学版《机械原理》《机械设计》《机械原理与机械设计实践》，是编者多年从事机械基础领域理论研究、解决机械企业设计制造中的大量实际问题以及开展教学研究和改革的成果总结。本书力图将有关机器结构强度学、摩擦学、机械设计方法学等领域的研究成果引入教学，体现了编者对机械设计课程内涵的理解，并与当前中国机械制造业由制造大国向制造强国转变过程中对人才类型与能力需求相适应，同时在教材内容体系和表达方式上有一定的变化，如果能够在机械设计教材理论联系实际，体现中国机械企业现状与时代需求，激发学生的学习热情和兴趣等方面发挥积极作用，那就是编者的心愿。

本书由哈尔滨工业大学王黎钦教授、吉林大学谭庆昌教授任主审，大连机床集团薛孺牛高级工程师审阅了第6、18、20章内容，在此一并致谢。

本书的编写从策划到定稿出版历时四年，由于采用新内容、新体系、新方式阐述，加之时间仓促，书中误漏欠妥在所难免，恳请同仁和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 机器与零件的结构与性能

第1章 机器的结构与性能	2	第3章 机械零件技术性能设计基础	28
1.1 机器结构组成	2	3.1 机械零件技术性能设计概述	28
1.1.1 活塞式压缩机的结构组成	3	3.2 机械零件的失效与设计准则	29
1.1.2 定工作台立式加工中心的结构组成	4	3.2.1 载荷与应力	29
1.2 机器连接方式	6	3.2.2 机械零件的失效形式	31
1.2.1 零件间的连接	6	3.2.3 机械零件的设计准则	32
1.2.2 组件间的连接	8	3.3 机械零件的强度设计	33
1.2.3 部件间的连接	9	3.3.1 材料的疲劳特性	33
1.3 机器的性能	10	3.3.2 机械零件的静强度设计	36
习题	12	3.3.3 机械零件整体疲劳强度设计	37
知识拓展	13	3.3.4 机械零件的表面强度设计	45
第2章 机器结构与技术性能方案规划	15	3.3.5 机械零件强度设计实例	48
2.1 机器设计的一般要求与过程	15	3.4 机械零件的刚度设计	48
2.1.1 机器设计的一般要求	15	3.4.1 静刚度设计	49
2.1.2 机器设计的一般过程	16	3.4.2 动刚度设计	49
2.1.3 机器结构与技术性能设计的条件和任务	17	3.4.3 热刚度设计	50
2.2 机器结构方案规划设计	17	3.5 机械零件的摩擦学设计	50
2.2.1 整机的总体结构方案规划设计	17	3.5.1 摩擦	51
2.2.2 部件与组件的结构规划	19	3.5.2 磨损	52
2.3 机器技术性能规划设计	23	3.5.3 润滑	54
2.3.1 机器的技术性能规划	23	3.6 机械零件材料的选用与热处理	56
2.3.2 齿轮减速器技术性能规划设计	25	3.7 零件的结构工艺性	57
习题	26	习题	58
知识拓展	27	知识拓展	60

第二篇 动 连 接

第4章 滑动轴承	64	4.1 滑动轴承分类与设计内容	64
----------	----	-----------------	----

4.2 滑动轴承的结构设计	65	载荷计算	114
4.2.1 滑动轴承结构形式	65	5.5.5 滚动轴承静强度	116
4.2.2 轴瓦结构	67	5.5.6 滚动轴承的工程应用实例	118
4.3 设计准则、常用材料及润滑剂 的选用	69	5.6 其他滚动轴承简介	120
4.3.1 失效形式、设计准则	69	习题	121
4.3.2 常用材料的选用	70	知识拓展	123
4.3.3 滑动轴承润滑剂的选用	72	第6章 移动副	126
4.4 非完全液体润滑滑动轴承性能设计	73	6.1 移动副概述	126
4.4.1 非完全液体润滑径向轴承计算	73	6.1.1 移动副的结构要素	126
4.4.2 非完全液体润滑推力滑动 轴承计算	74	6.1.2 移动副的设计要求与内容	129
4.5 流体动力润滑基本理论	75	6.2 典型滑动导轨副及其应用	129
4.5.1 流体动力润滑基本方程	75	6.2.1 滑动导轨常用结构	130
4.5.2 油膜承载机理	77	6.2.2 滑动导轨常用材料	133
4.5.3 动压油膜形成过程	78	6.2.3 滑动导轨副失效及改善措施	134
4.6 动压润滑径向滑动轴承性能设计	79	6.2.4 滑动导轨的载荷分析	134
4.6.1 主要几何参数	79	6.2.5 滑动导轨的压强计算	134
4.6.2 性能设计	80	6.2.6 滑动导轨的刚度计算	138
4.6.3 轴承参数选择	85	6.3 典型滚动导轨副及其应用	139
4.7 动压滑动轴承设计工程应用实例	86	6.3.1 滚动直线导轨副的结构	139
4.8 其他滑动轴承简介	88	6.3.2 滚动直线导轨的设计流程	141
习题	91	6.3.3 滚动直线导轨的性能参数	141
知识拓展	92	6.3.4 滚动直线导轨当量载荷计算	142
第5章 滚动轴承	94	6.3.5 滚动直线导轨的性能设计	143
5.1 概述	94	6.3.6 滚动直线导轨选型工程实例	145
5.2 滚动轴承特点与分类	95	6.3.7 其他类型滚动导轨支承简介	146
5.2.1 轴承分类及应用	95	习题	148
5.2.2 轴承代号	99	知识拓展	148
5.3 滚动轴承选择及组合结构设计	101	第7章 齿轮副	150
5.3.1 滚动轴承类型的选择	101	7.1 概述	150
5.3.2 滚动轴承的组合结构设计	103	7.2 齿轮副的设计准则	152
5.4 滚动轴承工作载荷与设计准则	107	7.2.1 齿轮副的失效	152
5.4.1 轴承内部载荷分布	107	7.2.2 齿轮副性能设计准则	154
5.4.2 滚动体与套圈应力	108	7.2.3 齿轮材料及热处理	155
5.4.3 失效形式及设计准则	108	7.3 直齿圆柱齿轮副的性能设计	157
5.5 滚动轴承性能设计	110	7.3.1 直齿圆柱齿轮副的载荷	157
5.5.1 滚动轴承寿命与额定载荷	110	7.3.2 直齿圆柱齿轮副的接触疲劳 强度设计	161
5.5.2 滚动轴承寿命计算公式	110	7.3.3 直齿圆柱齿轮副的弯曲疲劳 强度设计	170
5.5.3 滚动轴承当量动载荷	112	7.3.4 齿轮主要参数选择	178
5.5.4 角接触向心轴承轴向			

7.4 斜齿圆柱齿轮副的性能设计	178
7.4.1 斜齿圆柱齿轮副的载荷	179
7.4.2 斜齿圆柱齿轮副的接触疲劳强度设计	179
7.4.3 斜齿圆柱齿轮副的弯曲疲劳强度设计	180
7.5 圆柱齿轮副的静强度设计	181
7.6 圆柱齿轮设计的工程实例	182
7.7 直齿锥齿轮副性能设计	187
7.7.1 直齿锥齿轮的计算载荷	187
7.7.2 直齿锥齿轮副的接触疲劳强度设计	189
7.7.3 直齿锥齿轮副的弯曲疲劳强度设计	190
7.8 齿轮副的结构设计	190
习题	192
知识拓展	195

第8章 蜗杆副	196
8.1 概述	196
8.2 蜗杆副的结构设计	197
8.3 普通圆柱蜗杆副的性能设计	207
8.3.1 蜗杆副的设计准则	207
8.3.2 蜗杆副的材料	208
8.3.3 普通圆柱蜗杆副的计算载荷	210
8.3.4 蜗轮齿面接触疲劳强度设计	211
8.3.5 蜗轮齿根弯曲疲劳强度设计	212
8.3.6 普通圆柱蜗杆副刚度计算	214
8.3.7 蜗杆副的传动效率	214
8.3.8 蜗杆副的热平衡计算	216
8.4 蜗杆副的精度	217
8.5 蜗杆副设计的工程实例	217
习题	219
知识拓展	220

第三篇 静 连 接

第9章 螺纹连接	224
9.1 概述	224
9.2 螺纹及螺纹连接	225
9.2.1 螺纹的类型及应用	225
9.2.2 螺纹的主要参数	227
9.2.3 螺纹连接的类型	228
9.2.4 螺纹连接的标准件	229
9.3 螺纹连接的结构设计	231
9.3.1 螺栓组布局设计	231
9.3.2 螺纹连接的防松	232
9.4 螺纹连接的性能设计	235
9.4.1 螺纹连接的预紧	235
9.4.2 螺栓组连接的受力分析	236
9.4.3 螺纹连接的性能设计计算	240
9.4.4 螺纹连接件的材料及许用应力	248
9.5 提高螺纹连接性能的措施	249
9.5.1 提高螺纹连接的强度	249
9.5.2 提高螺纹连接的刚度	253
9.6 设计实例	253
习题	255
知识拓展	258

第10章 键与销连接	259
10.1 键连接	259
10.1.1 键连接的类型及应用	259
10.1.2 键连接强度计算	261
10.1.3 键连接计算实例	262
10.2 花键连接	263
10.2.1 花键连接的类型及应用	263
10.2.2 花键连接强度计算	264
10.3 销连接	265
习题	267
知识拓展	268
第11章 过盈连接、铆接、焊接、粘接	270
11.1 过盈连接	270
11.1.1 概述	270
11.1.2 过盈连接的设计	270
11.2 铆接	273
11.2.1 铆缝的种类、特性及应用	274
11.2.2 铆钉	274
11.2.3 铆接的失效形式及设计	274
11.3 焊接	276
11.3.1 焊接的特点及应用	276

11.3.2 电弧焊缝的基本形式	276	11.4.1 粘接的特点及胶粘剂	279
11.3.3 焊接件常用材料及焊条	277	11.4.2 粘接接头设计要点	280
11.3.4 焊缝的强度计算	277	习题	281
11.4 粘接	279	知识拓展	281

第四篇 典型零件

第12章 轴	284	13.3.4 工艺造型设计	321
12.1 概述	285	13.4 工程设计实例	322
12.1.1 轴的功用与类型	285	习题	327
12.1.2 轴的材料及热处理	286	知识拓展	327
12.1.3 轴的设计内容	287	第14章 弹簧	329
12.2 轴的结构设计	287	14.1 概述	329
12.2.1 轴的结构设计原则	287	14.2 圆柱螺旋弹簧的结构设计	330
12.2.2 轴的结构设计	287	14.2.1 弹簧结构类型	330
12.2.3 轴的结构要素	291	14.2.2 圆柱螺旋弹簧几何参数	331
12.3 轴的技术性能设计	293	14.3 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧 性能设计	333
12.3.1 轴的技术性能设计内容	293	14.3.1 弹簧材料	333
12.3.2 轴强度的扭转计算方法	294	14.3.2 圆柱螺旋压缩和拉伸 弹簧强度	334
12.3.3 轴强度的弯扭合成计算方法	295	14.3.3 圆柱螺旋压缩和拉伸 弹簧刚度	336
12.3.4 轴的疲劳强度计算	297	14.3.4 圆柱螺旋压缩弹簧的 稳定性	338
12.3.5 轴的静强度计算	298	14.3.5 圆柱螺旋压缩和拉伸弹簧 设计	339
12.3.6 轴的刚度计算	299	14.4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计	340
12.3.7 轴的振动稳定性计算	301	14.5 其他类型弹簧简介	341
12.3.8 多支承轴的性能计算方法	302	14.5.1 环形弹簧	341
12.4 工程设计实例	303	14.5.2 蝶形弹簧	342
习题	307	14.5.3 平面涡卷弹簧	342
知识拓展	310	14.5.4 板弹簧	342
第13章 机架类零件	312	14.5.5 橡胶弹簧	342
13.1 概述	312	习题	343
13.2 机架类零件设计要求	313	知识拓展	343
13.2.1 机架类零件结构工艺	313		
13.2.2 机架类零件性能设计要求	314		
13.3 机架类零件结构与性能设计	316		
13.3.1 几何物理模型建立	316		
13.3.2 概念单元设计	317		
13.3.3 强度与刚度设计	319		

第五篇 典型部件

第15章 带传动	346	15.2 带传动工作状况分析	348
15.1 概述	346	15.2.1 带传动的受力分析	348

15.2.2	带传动极限有效拉力及其影响因素	349	17.2	定轴齿轮减速器的结构方案规划 ...	390
15.2.3	带的弹性滑动和打滑	351	17.2.1	单级定轴齿轮机构的结构方案	390
15.2.4	带的应力分析	352	17.2.2	多级定轴齿轮机构的结构布局	391
15.3	普通 V 带传动性能设计	353	17.2.3	三级定轴齿轮减速器的结构方案设计	393
15.3.1	带传动的设计准则	353	17.3	三级定轴齿轮减速器结构与强度设计	394
15.3.2	单根 V 带的基本额定功率与额定功率	353	17.3.1	传动比分配	394
15.3.3	带传动的参数选择	356	17.3.2	运动与动力参数	394
15.3.4	带传动的性能设计	357	17.3.3	力学模型	395
15.4	普通 V 带传动结构设计	360	17.3.4	齿轮副强度设计	396
15.4.1	V 带轮的结构设计	360	17.3.5	轴系结构与强度设计	398
15.4.2	带传动的张紧装置	361	17.3.6	轴承选型与寿命设计	399
15.5	V 带传动设计工程实例	362	17.3.7	箱体结构与强度刚度设计	400
习题	.....	363	17.4	三级定轴齿轮减速器的润滑与密封设计	401
知识拓展	.....	365	17.4.1	减速器润滑设计	401
第 16 章	链传动	367	17.4.2	减速器密封设计	401
16.1	概述	367	17.5	三级定轴减速器技术方案	401
16.2	滚子链的结构特点	368	17.6	行星齿轮传动设计条件与流程	402
16.3	链传动工作状况分析	372	17.6.1	工作条件	402
16.3.1	链传动运动特性分析	372	17.6.2	性能指标	402
16.3.2	链传动的动载荷	373	17.6.3	设计流程与内容	403
16.3.3	链传动的受力分析	374	17.7	行星齿轮减速器的整体结构方案规划	403
16.4	链传动性能设计	375	17.7.1	单级行星齿轮机构的结构方案	403
16.4.1	链传动的失效形式	375	17.7.2	两级行星齿轮传动的构件合并与结构方案	405
16.4.2	链传动的额定功率	376	17.7.3	三级行星齿轮减速器的结构方案设计	405
16.4.3	链传动的参数选择	377	17.8	三级行星齿轮传动强度设计	406
16.4.4	链传动性能设计	377	17.8.1	传动比分配	406
16.5	链传动结构设计	380	17.8.2	运动与动力参数	407
16.5.1	滚子链链轮的结构设计	380	17.8.3	力学模型	407
16.5.2	链传动的布置、张紧、润滑和防护	383	17.8.4	齿轮副强度设计	408
16.6	链传动设计工程实例	385	17.8.5	行星轮轴强度设计	409
习题	.....	386	17.8.6	行星架结构与强度设计	409
知识拓展	.....	387	17.8.7	轴承选型与寿命设计	410
第 17 章	齿轮传动	388			
17.1	定轴齿轮传动设计条件与流程	389			
17.1.1	工作条件	389			
17.1.2	性能指标	389			
17.1.3	设计流程与内容	389			

17.8.8 箱体结构与强度、刚度设计	411	18.4.2 滚动螺旋副性能设计	427
17.9 行星齿轮减速器的润滑与密封设计	412	18.4.3 转动副技术性能设计	428
17.10 变桨减速器技术方案图	412	18.4.4 移动副技术性能设计	428
习题	412	18.4.5 螺旋传动的润滑	428
知识拓展	413	18.5 螺旋传动的技术方案	429
第18章 螺旋传动	414	18.6 静压螺旋副简介	430
18.1 螺旋副概述	414	习题	430
18.1.1 螺旋副	414	知识拓展	430
18.1.2 螺旋副的类型及应用	414	第19章 联轴器、离合器、制动器	432
18.1.3 螺旋副的技术性能设计	415	19.1 联轴器	432
18.2 螺旋传动设计条件与流程	420	19.1.1 联轴器的类型及特点	432
18.2.1 螺旋传动设计条件	421	19.1.2 联轴器的选用	439
18.2.2 螺旋传动设计流程	421	19.2 离合器	441
18.3 螺旋传动结构方案规划	423	19.2.1 离合器的类型及特点	441
18.3.1 螺旋副结构与选型	423	19.2.2 离合器的选用	446
18.3.2 转动副结构方案	423	19.3 制动器	447
18.3.3 移动副结构方案	424	19.3.1 制动器的类型及特点	447
18.3.4 螺旋传动的总体结构方案	425	19.3.2 制动器的选用	449
18.4 螺旋传动的技术性能设计	426	习题	451
18.4.1 螺旋传动的力学模型	426	知识拓展	452

第六篇 典型机器

第20章 立式加工中心技术方案设计	456	20.3 立式加工中心技术性能设计	464
20.1 立式加工中心的设计条件与流程	456	20.3.1 整机力学模型	464
20.1.1 设计条件	456	20.3.2 移动副结构参数与滚动导轨载荷	467
20.1.2 设计流程	457	20.3.3 X/Y/Z子系统技术性能设计	469
20.2 立式加工中心整机运动与结构方案	458	20.3.4 主轴技术性能设计	471
20.2.1 整体运动方案设计	458	20.4 立式加工中心支承件结构设计	472
20.2.2 整体布局方案设计	459	20.5 立式加工中心整机结构方案与技术性能	474
20.2.3 整机移动副结构形式	460	习题	476
20.2.4 X/Y/Z子系统结构方案	461	知识拓展	477
20.2.5 主轴子系统结构方案	462		
20.2.6 整机结构方案	463		

参考文献	479
------	-----

第 一 篇

机器与零件的结构与性能

机器是由零件组成的，但在进行机器设计时并不是首先直接设计零件，而是抽象构思机器的运动构型、机构尺度综合和运动性能计算，即机器运动设计，然后将体现机器运动本质的机构简图进行结构化和性能设计计算，即机器的结构方案和技术性能设计，最后进行机器零件的详细设计。为了便于读者阅读和自学，本书按照机器设计过程介绍相关内容。机器运动设计在机械原理课程介绍，机器的结构方案和技术性能设计在机械设计课程介绍。机器的详细设计需要在专业课程的基础上，结合具体机器的使用要求和制造条件等，在工程实际中完成。

本篇为机器与零件的结构与性能，主要包括三章，即机器的结构与性能、机器结构与技术性能方案规划、机械零件技术性能设计基础。

机器的结构与性能一章介绍机器的组成，即机器由部件组合而成，部件又由构件通过运动副的动连接形成，而构件则由零件以静连接方式固连组成。所以，机器是由零件有序组合而成的，如果说机械原理课程中机构设计是确定运动副类型与连接尺度（构件长度）的话，那么机械设计课程中的机器结构设计则是确定零件间的连接类型与结构，而且每个零件都有相应的功能作用，零件的性能体现了机器整机性能。

机器结构与技术性能方案规划一章主要介绍在给定机器的运动方案（机构简图）和整机技术性能指标的情况下，如何规划机器中的部件、构件和零件间的连接结构方案和连接技术性能，给出初步流程和示例。

机械零件技术性能设计基础一章介绍机械零件的失效形式与设计准则；机械零件的强度设计，包括静强度、疲劳强度和表面强度；机械零件的刚度设计；机械零件的摩擦学设计；机械零件的材料选用与结构工艺性等。

第1章

机器的结构与性能

1.1 机器结构组成

机器是服务人类活动的工具，机器的技术水平是人类文明程度的标志。在机械原理课程中，把机械工程师设计的具有确定相对运动的功能转换、信息与运动变换及传递、代替人类做功的装置称为机器，而在工程实际中，一台机器一般由机械主运动、辅助运动、润滑、测量与控制等多个子系统组合协调而成。机械设计课程主要介绍机器机械部分设计的基础知识与方法，其他内容在相关课程中介绍。

机器是由多个大小不同、形状各异的零件有序组成的，为便于加工和装配，把构件设计成一个或多个零件组合体，而把运动副设计成固定配对的单元。由于零件种类多，差别大，其组成、分类和名称在机械工程领域目前还没有固定通用的约定术语，如零件、元件和部件等术语没有严格定义，在不同场合下三者常混用，为了便于对机器整机组成的有序叙述和后续内容的介绍，本书在此作如下定义。

零件：是机器中基本的组成元素，也是最小单个制造实体。零件也可分为标准件、通用件和专用件。通常把各种机器中都经常使用而又标准化与专业化生产的零件称为标准件，如螺栓、螺母、垫圈、密封圈等；虽然在各种机器中经常使用，但没有系列化与专业化生产的零件称为通用件，如轴、齿轮、箱体等；而仅仅在企业内部为所设计的机器使用的零件为专用件。

组件：指在机器中属于一个运动实体并由若干个零件静态固定连接而成的组合体。为了便于制造并考虑其经济性，将其设计成多个零件静态固定连接的组合体，对应于机构中的构件。

单元：指实现某一相对运动功能的若干个零件配对的组合体，如滚动轴承、滑动轴承、滚珠丝杠、滚动导轨、机床主轴单元等。为了提高性能并降低成本，单元往往采用专业化生产，成为标准单元或功能单元，供设计时选用。单元的零件称为元件。

部件：指能够独立实现运动、动力的变换与功能传递，由若干零件、组件和单元组成并能形成独立安装的组合体，如电动机、联轴器、离合器、齿轮减速器等，其内部的零件有相对运动。部件主要有三大类：驱动部件、传动部件、执行部件。

机械子系统：指能够实现机器中一个独立功能分支的若干个部件组合体，如机械主运动、辅助运动等。机械子系统的大小和复杂程度取决于机器整机的规模和设计者的划分，简单的子系统可以是电动机驱动一个执行构件，复杂的可以是一条生产线。在本书中机械子系统的内涵主要是指机器的机械主运动或机械辅助运动部分，一般包括从驱动到执行的内容。

一般而言，机器整机是具有运动和功能转化的多子系统组合体，但机器的含义也很宽泛，大

到包含多个复杂子系统，小到仅两个简单子系统，如电动机驱动执行构件的机械子系统和驱动控制子系统，某些场合下也可把一个机械子系统称为机器。

机械设计课程是由机械零件课程发展而来的，其主要内容是在已有机器功能原理与运动方案基础上，从性能与结构两方面研究机器整机与通用零件，从而达到能正确设计或改进设计的目的。在学习设计机器前，需要了解机器的结构组成，本节主要以活塞式压缩机及立式加工中心为例，介绍机器的结构组成。

1.1.1 活塞式压缩机的结构组成

图1-1所示为活塞式压缩机。该压缩机可将输入的工作介质（氨气）进行压缩，当从压缩机输出的氨气进入冷凝装置内时体积变大，从而吸收热量达到制冷的目的。因此，活塞式压缩机的运动要求为：通过活塞的往复运动实现对密闭气缸内氨气的压缩。

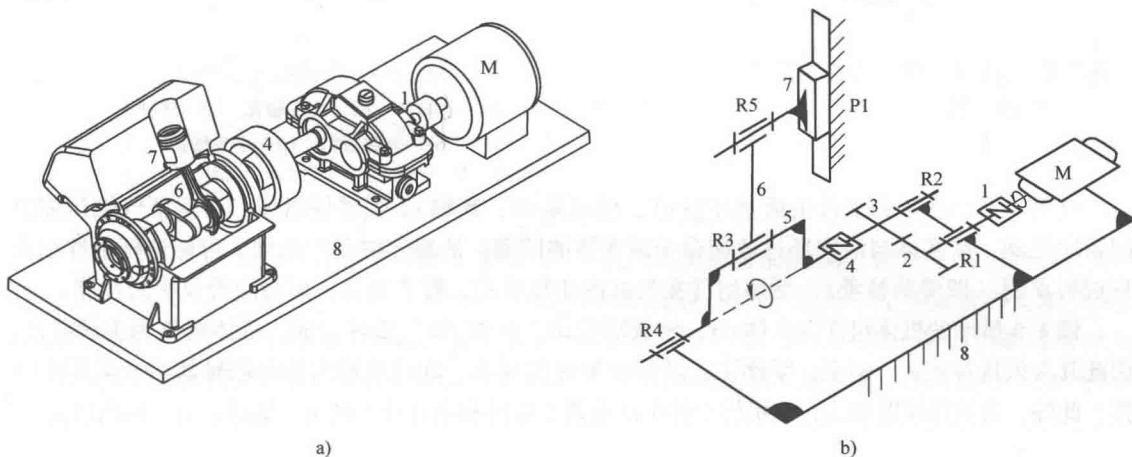


图1-1 活塞式压缩机

a) 压缩机结构示意图 b) 压缩机机构简图

1、4—联轴器 2—输入齿轮 3—输出齿轮 5—曲轴 6—连杆 7—活塞 8—机架
M—电动机 P1—移动副 R1、R2、R3、R4、R5—转动副

压缩机整机由机械、润滑、控制等多个子系统组成，其机械部分子系统由驱动部件（电动机 M）、传动部件（一对齿轮机构组成的齿轮箱）和执行部件（曲柄滑块机构）三部分通过联轴器 1 和 4（通用部件）连接组成。电动机通过减速器驱动曲轴回转，曲轴通过连杆带动活塞往复运动实现吸入、压缩、排出制冷介质，如图 1-1 所示。齿轮箱中的齿轮（轴）2、3 分别与机架 8 构成转动副 R1 和 R2，两齿轮构成齿轮副，而压缩机中的曲轴 5 分别与连杆 6、机架 8 构成转动副 R3 和 R4，活塞 7 分别与连杆 6、机架 8 构成转动副 R5 和移动副 P1。

显然，执行机构是由曲轴、连杆、活塞、机体四个构件通过运动副连接组成的；连杆与曲轴、连杆与活塞、曲轴与箱体都是由转动副（轴承单元）连接，而活塞与箱体则为活塞环缸套的移动副连接。曲轴、连杆、活塞和箱体四个构件分别由若干个零件通过静态固定连接形成组件。

图 1-2 所示的曲轴和箱体间的滑动轴承单元由曲轴 a1、多块轴瓦 a2、瓦背 a3 等零件组成，轴内有油路，轴瓦带有储油槽，两者通过液体润滑形成转动副。

图 1-3 所示的连杆组件由连杆体 b1、大头轴瓦 b2、连杆头 b3、连接螺钉 b4 及小头轴瓦 b5 等零件组成,为适应曲轴复杂结构特征的装配方便,连杆头与连杆体部分通过螺栓连接,连杆组件承受交变载荷,要求具备良好的强度与刚度性能。

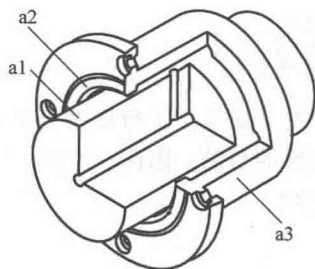


图 1-2 曲轴与箱体间的滑动轴承单元示意图

a1—曲轴 a2—轴瓦 a3—瓦背

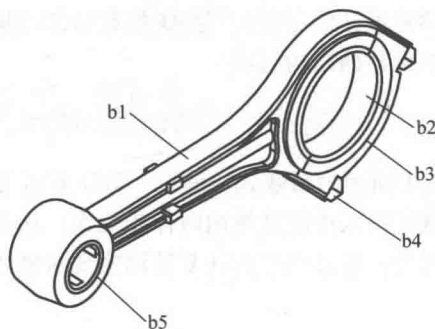


图 1-3 连杆组件示意图

b1—连杆体 b2—大头轴瓦 b3—连杆头
b4—连接螺钉 b5—小头轴瓦

图 1-4 所示的活塞组件由活塞环槽 c1、活塞体 c2、销轴 c3 等零件组成,为保证气缸压缩空间密闭性能,活塞体与活塞环过盈配合于活塞体的凹槽;活塞体内装配销轴,可与连杆组件小头形成转动副(即滑动轴承)。活塞组件在气缸内往复移动,需要具备良好的润滑及密封性能。

图 1-5 所示的机体组件由机体 d3、轴承端盖 d1、气缸 d2 等零件组成。机体组件为主承载件,因此其必须具备强度、刚度、零件工艺及精度等性能要求,电动机输出轴与联轴器内孔采用键连接。此外,为简化视图表达,在机体组件中还有若干零件和组件没有画出,如进、排气阀组件等。

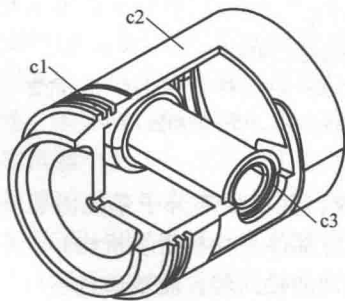


图 1-4 活塞组件示意图

c1—活塞环槽 c2—活塞体 c3—销轴

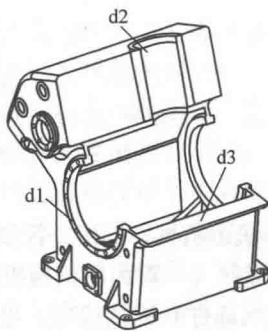


图 1-5 机体组件示意图

d1—轴承端盖 d2—气缸 d3—机体

1.1.2 定工作台立式加工中心的结构组成

图 1-6 所示为三轴定工作台立式加工中心,刀具可实现 X、Y、Z 轴往复移动及主轴回转,用于板类、盘类、壳体类等精密零件的加工,一次装夹可完成铣、镗、钻等多道工序。

整机结构组成:该加工中心由机械、换刀、润滑、控制等多个子系统组成,其机械部分又由

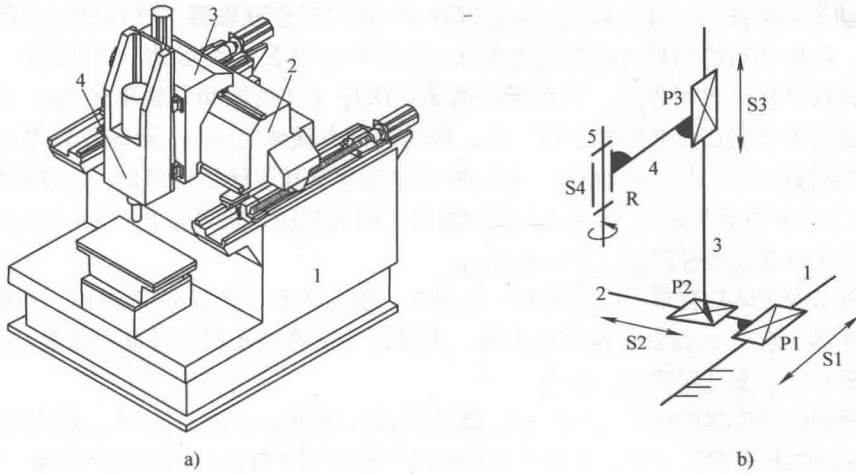


图 1-6 固定工作台立式加工中心

a) 立式加工中心示意图 b) 立式加工中心机构简图

1—床身 2—横梁 3—立柱 4—主轴箱 5—主轴 P1、P2、P3—移动副 R—转动副

四个子系统组成：X、Y、Z轴直线驱动系统S1、S2、S3及主轴系统S4。四个子系统各自相对机架（1、2、3、4）串联形成开式链机构，主轴5为末端执行构件。因前三个子系统都是采用螺旋传动的驱动系统，故在此仅以Y轴进给子系统S2为例进行介绍。图1-7所示为Y轴驱动系统S2结构示意图和机构简图，Y轴进给子系统采用双驱动，由电动机、联轴器、转动副、丝杠单元、导轨单元与横梁组成。

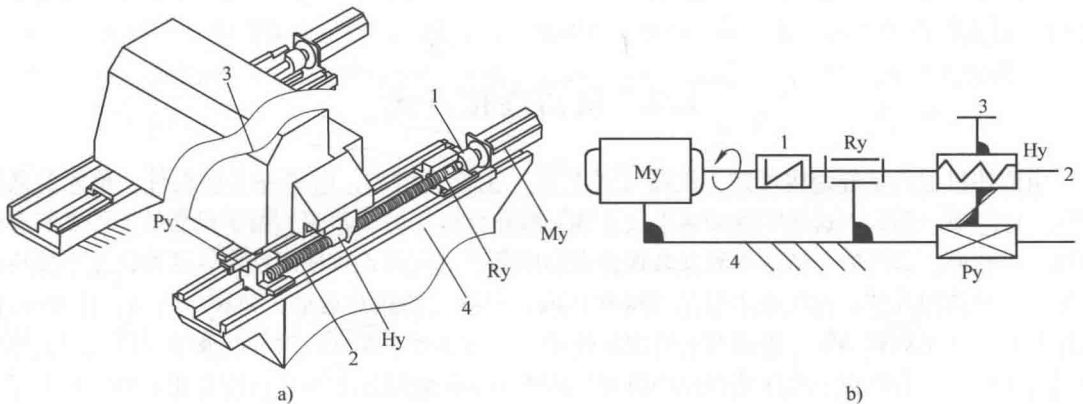


图 1-7 Y轴驱动系统S2结构示意图和机构简图

a) Y轴子系统S2结构示意图 b) Y轴子系统S2机构简图

1—联轴器 2—丝杠轴 3—横梁组件 4—床身 My—Y轴伺服电动机

Hy—滚珠丝杠单元 Py—滚动导轨单元 Ry—滚动轴承单元