



普通高等学校“十二五”规划教材

工程力学 及机械设计基础

■ 主编 王世刚 郭润兰

(第2版)



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

工程力学及机械设计基础

(第2版)

主 编	王世刚	郭润兰	
副主编	郭 怡	张 珂	张红霞
参 编	李 明	徐 成	卫 静
	林景凡	蔡有杰	

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书根据“高等工科学校机械基础课程教学基本要求”编写而成,书中将工程力学、工程材料、机械原理及机械设计等多门与机械工程设计有关的机械基础课程的内容,经统筹安排、有机结合而成一门综合性的技术基础课程。它是新世纪机械基础系列课程教学改革成果,并具有整合课程的显著特色。全书共分五篇,第一篇为设计材料,内容包括材料的性能与热处理、常用设计材料与选材,共2章;第二篇为静力学,内容包括静力学基础、平面简单力系、平面任意力系、空间力系,共4章;第三篇为材料力学,内容包括材料力学基础、拉伸与压缩、剪切与扭转、弯曲内力与强度计算、弯曲变形与刚度计算、应力状态与强度理论、组合变形及其强度计算,共7章;第四篇为机构原理及其设计,内容包括机构与机械设计概论、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构,共4章;第五篇为机械传动及其设计,内容包括带传动与链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、螺纹连接与螺旋传动、轴及轴毂连接、轴承、联轴器离合器和制动器,共8章。

本书为普通高等学校本、专科近机类和非机类专业学生的机械基础课程教材,也可供工厂、科研、设计等部门的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学及机械设计基础/王世刚,郭润兰主编.—2版.—北京:国防工业出版社,2014.1

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-09151-9

I. ①工... II. ①王...②郭... III. ①工程力学—高等学校—教材 ②机械设计—高等学校—教材 IV. ①TB12②TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第285788号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

※

开本 787×1092 1/16 印张 21 字数 531 千字

2014年1月第2版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 39.80元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

当前普通高等院校近机类和非机类专业使用的“机械设计基础”教材主要包括机械原理和机械设计两部分内容。但对那些不单独开设工程力学、工程材料等课程的专业如电气、高分子、无机、通信、电子、轻工、化工、食品、生工等,在学习“机械设计基础”课程时就缺少了必要的先修课程知识。这给教师授课和学生学习都带来了不便。所以,我们在总结多年教学经验的基础上,根据国家教育部制定的机械基础课程教学基本要求,编写了本教材。

本书内容涵盖了工程材料、理论力学、材料力学、机械原理及机械设计课程中的主要内容,将机械工程中与设计相关的知识简洁明了又完整系统地呈现给读者,符合普通高等院校中近机类和非机类各专业课程教学的特点。

在编写中作者进一步对机械基础课程的教学内容、课程体系加以分析和研究,尽可能在教材中做到吸收其他教材的优点,并结合近机类和非机类各专业特点,力求做到基本概念、基本理论论述严谨,内容精炼。用有限的学时使学生既掌握最基本的经典内容,又能了解相关知识在工程中的应用。本书采用最新颁布的国家技术标准和行业标准,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破。在内容安排、例题和习题的选取等方面,工程概念有所加强,引入了涉及广泛领域的大量工程实例以及与工程有关的例题和习题,符合当前学生的认知特点和教学规律。本书的出版得到黑龙江省教育科学“十二五”规划重点课题(GBB1211062)及黑龙江省高等教育综合改革试点专项项目(GJZ201301036)资助。

全书由王世刚、郭润兰担任主编,并负责全书统稿;由郭怡、张珂、张红霞担任副主编。

参加本书编写的有齐齐哈尔大学王世刚(第0章、第3~5章),李明(第6~9章),张红霞(第14章、第17章、第24~25章),徐成(第22~23章),林景凡(第1~2章、第10章),蔡有杰(第20~21章);兰州理工大学郭润兰(第15~16章);河南工程学院郭怡(第19章);上海应用技术学院张珂(第11~13章);公安海警学院卫静(第18章)。

由于编者水平有限,书中难免出现这样或那样的缺点和错误,诚望广大同行和读者批评指正。

编 者

目 录

第0章 绪论	1
0.1 机械的组成及本课程研究的对象	1
0.1.1 机械的组成	1
0.1.2 机器、机构和机械	2
0.1.3 构件、零件和部件	2
0.2 本课程的性质和任务	3
0.3 本课程的特点及学习方法	3

第一篇 设计材料

第1章 材料的性能与热处理	4
1.1 材料的力学性能	4
1.1.1 弹性与刚度	4
1.1.2 强度	4
1.1.3 塑性	5
1.1.4 硬度	5
1.1.5 韧性	7
1.1.6 疲劳	8
1.2 材料的物理和化学性能	9
1.2.1 物理性能	9
1.2.2 化学性能	10
1.3 材料的工艺性能	10
1.3.1 铸造性能	10
1.3.2 锻造性能	11
1.3.3 焊接性能	11
1.3.4 热处理性能	11
1.3.5 切削加工性能	11
1.4 钢的热处理工艺	11
1.5 热处理新技术	13
第2章 常用设计材料与选材	15
2.1 工业用钢	15
2.1.1 碳钢	15
2.1.2 合金钢	16
2.2 铸铁	16
2.3 有色金属	17

2.3.1	铜及铜合金	17
2.3.2	铝及铝合金	17
2.4	非金属材料	18
2.4.1	塑料	18
2.4.2	陶瓷材料	19
2.4.3	复合材料	20
2.5	选材原则	20
2.6	典型零件选材与应用示例	21
2.6.1	齿轮零件的选材	21
2.6.2	轴类零件的选材	23

第二篇 静力学

第3章	静力学基础	25
3.1	力和刚体	25
3.1.1	力的概念	25
3.1.2	刚体的概念	25
3.2	静力学公理	26
3.3	约束与约束反力	27
3.3.1	柔性约束	28
3.3.2	光滑接触面约束	28
3.3.3	圆柱铰链约束与固定铰支座约束	29
3.3.4	辊轴支座约束	30
3.3.5	球形铰链约束	30
3.3.6	轴承约束	30
3.4	受力分析与受力图	31
第4章	平面简单力系	36
4.1	平面汇交力系的简化与平衡的几何法	36
4.1.1	平面汇交力系简化的几何法	36
4.1.2	平面汇交力系平衡的几何条件	37
4.2	平面汇交力系的简化与平衡的解析法	38
4.2.1	力在正交坐标轴系的投影与力的解析表达式	38
4.2.2	平面汇交力系的简化解析法	39
4.2.3	平面汇交力系平衡的解析条件	40
4.3	平面力对点之矩	42
4.3.1	力对点之矩	42
4.3.2	合力矩定理及力矩的解析表达式	42
4.3.3	力矩与合力矩的解析表达式	43
4.4	平面力偶及其性质	43
4.4.1	力偶与力偶矩	43
4.4.2	力偶的性质	44
4.5	平面力偶系的简化与平衡条件	46

9.4	圆轴扭转时的强度与刚度计算	96
第 10 章	弯曲内力与强度计算	100
10.1	弯曲的概念和实例	100
10.2	梁的弯曲内力	101
10.3	剪力图和弯矩图	103
10.4	梁弯曲的正应力强度计算	107
第 11 章	弯曲变形与刚度计算	113
11.1	梁的挠度与转角	113
11.2	梁的刚度计算及其提高梁刚度的主要措施	114
第 12 章	应力状态与强度理论	117
12.1	一点应力状态	117
12.2	平面应力状态	118
12.2.1	平面应力状态分析解析法	118
12.2.2	平面应力状态分析图解法	120
12.3	空间应力状态及广义胡克定律	121
12.4	强度理论及其应用	122
12.4.1	最大正应力理论(第一强度理论)	123
12.4.2	最大线应变理论(第二强度理论)	123
12.4.3	最大剪应力理论(第三强度理论)	124
12.4.4	形状改变能密度理论(第四强度理论)	124
第 13 章	组合变形及其强度计算	127
13.1	组合变形的概念与实例	127
13.2	弯曲与拉压的组合	127
13.3	弯曲与扭转的组合	131

第四篇 机构原理及其设计

第 14 章	机构与机械设计概论	136
14.1	机械设计概述	136
14.1.1	机械设计的基本要求	136
14.1.2	机械设计的一般程序	136
14.1.3	机械设计中的标准化	137
14.1.4	机械零件的主要失效形式和设计准则	137
14.2	机构运动简图及平面机构自由度	138
14.2.1	运动副及其分类	138
14.2.2	机构运动简图	138
14.2.3	平面机构的自由度	141
第 15 章	平面连杆机构	146
15.1	连杆机构的应用和特点	146
15.2	平面连杆机构的基本知识	146
15.2.1	铰链四杆机构的基本形式	146
15.2.2	铰链四杆机构的曲柄存在条件	148

18.3	V带传动的设计计算	185
18.3.1	V带的标准	185
18.3.2	V带传动设计	187
18.4	链传动	193
18.4.1	链传动概述	193
18.4.2	滚子链结构特点	194
18.4.3	链轮的结构和材料	195
18.4.4	滚子链传动的设计计算	196
第19章	齿轮传动	200
19.1	齿轮传动的特点和类型	200
19.1.1	齿轮传动的特点	200
19.1.2	齿轮传动的分类	200
19.2	齿廓实现定角速比的条件	201
19.3	渐开线齿廓	201
19.3.1	渐开线的形成及性质	201
19.3.2	渐开线齿廓满足定角速比要求	202
19.3.3	渐开线齿廓传动的特点	202
19.4	齿轮各部分名称及渐开线标准齿轮的基本尺寸	203
19.4.1	直齿圆柱齿轮各部分的名称和基本参数	203
19.4.2	渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	205
19.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	206
19.5.1	渐开线直齿圆柱齿轮的正确啮合条件	206
19.5.2	渐开线直齿圆柱齿轮连续传动的条件	206
19.6	渐开线齿轮的切齿原理及根切与变位	207
19.6.1	齿轮加工的基本原理	207
19.6.2	轮齿的根切现象	209
19.6.3	变位齿轮的概念	210
19.6.4	齿轮传动的精度简介	210
19.7	齿轮的失效形式和齿轮材料	211
19.7.1	齿轮的失效形式	211
19.7.2	齿轮材料	212
19.8	直齿圆柱齿轮的强度计算	213
19.8.1	受力分析和计算载荷	213
19.8.2	齿面接触强度计算	215
19.8.3	齿根弯曲强度计算	215
19.8.4	参数的选择	216
19.9	斜齿圆柱齿轮传动	218
19.9.1	斜齿圆柱齿轮的啮合特点	218
19.9.2	斜齿圆柱齿轮的几何关系和几何尺寸计算	219
19.9.3	斜齿轮传动正确啮合的条件	219
19.9.4	当量齿轮和当量齿数	220

22.1.1	螺纹的形成	247
22.1.2	螺纹的主要参数	248
22.1.3	螺纹副的受力分析、效率和自锁	248
22.1.4	机械制造常用螺纹	251
22.2	螺纹连接的基本类型和标准连接件	252
22.2.1	螺纹连接的基本类型	252
22.2.2	标准螺纹连接件	253
22.3	螺纹连接的预紧和防松	254
22.3.1	螺纹连接的预紧	254
22.3.2	螺纹连接的防松	255
22.4	螺纹连接的强度计算	256
22.4.1	松螺栓连接	256
22.4.2	紧螺栓连接	257
22.4.3	螺栓连接件的材料及其许用应力	261
22.5	螺栓组连接的结构设计	263
22.6	螺旋传动	265
22.6.1	螺旋传动的类型和应用	265
22.6.2	滑动螺旋的设计计算	266
第 23 章	轴及轴毂连接	270
23.1	概述	270
23.1.1	轴的分类	270
23.1.2	轴的设计要求和设计步骤	271
23.1.3	轴的材料	271
23.2	轴的结构设计	272
23.2.1	满足使用的要求	273
23.2.2	良好的结构工艺性	274
23.2.3	提高轴的疲劳强度	275
23.3	轴的计算	276
23.3.1	轴的强度计算	276
23.3.2	轴的刚度计算	281
23.4	轴毂连接	282
23.4.1	平键连接	282
23.4.2	半圆键连接	282
23.4.3	楔键连接	283
23.4.4	平键连接的尺寸选择和强度校核	283
23.4.5	花键连接	284
23.4.6	销连接	285
23.4.7	成形连接	285
第 24 章	轴承	288
24.1	滚动轴承的结构、类型和代号	288
24.1.1	滚动轴承的结构	288

24.1.2	滚动轴承的类型	289
24.1.3	滚动轴承的类型选择	292
24.1.4	滚动轴承的代号	293
24.2	滚动轴承的失效形式及其选择计算	295
24.2.1	滚动轴承的受力	295
24.2.2	滚动轴承的失效形式及计算准则	296
24.2.3	轴承寿命的计算	296
24.2.4	滚动轴承的静强度计算	299
24.2.5	极限转速	299
24.3	滚动轴承部件的组合设计	301
24.3.1	滚动轴承部件的支承方式	301
24.3.2	滚动轴承的配合	303
24.3.3	滚动轴承的润滑	303
24.3.4	滚动轴承的密封	304
24.4	滑动轴承	304
24.4.1	滑动轴承的类型、特点及应用	304
24.4.2	滑动轴承的结构形式	305
24.4.3	轴承材料和轴瓦结构	306
24.4.4	非液体摩擦滑动轴承的设计计算	309
第 25 章	联轴器、离合器和制动器	311
25.1	联轴器	311
25.1.1	刚性联轴器	311
25.1.2	挠性联轴器	312
25.1.3	联轴器的选用	314
25.2	离合器	315
25.3	制动器	317
附录 I	常用截面的 I_z、W_z、J_p、W_T	319
附录 II	简单载荷下梁的弯矩、剪力、挠度和转角	320
附录 III	主要材料的力学性能表	322
	参考文献	324

19.9.5	斜齿圆柱齿轮的强度计算	220
19.10	圆锥齿轮传动	221
19.10.1	直齿圆锥齿轮的当量齿轮和当量齿数	222
19.10.2	直齿圆锥齿轮的几何关系和几何尺寸计算	222
19.10.3	直齿圆锥齿轮的强度计算	223
19.11	齿轮的结构设计	224
19.11.1	锻造齿轮	225
19.11.2	铸造齿轮	225
19.12	齿轮传动的润滑	226
19.12.1	齿轮传动的效率	226
19.12.2	齿轮传动的润滑	226
第 20 章	蜗杆传动	229
20.1	蜗杆传动的特点和类型	229
20.1.1	蜗杆传动的特点	229
20.1.2	蜗杆传动的类型	229
20.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	230
20.2.1	普通圆柱蜗杆传动的主要参数	230
20.2.2	普通圆柱蜗杆传动的几何计算	232
20.3	蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	232
20.3.1	失效形式	232
20.3.2	设计准则	232
20.3.3	蜗杆和蜗轮的材料选择	233
20.4	普通圆柱蜗杆的强度计算	233
20.4.1	蜗杆传动的运动分析和受力分析	233
20.4.2	蜗杆传动的齿面接触强度计算	234
20.5	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	235
20.5.1	蜗杆传动的效率计算	235
20.5.2	蜗杆传动的润滑	236
20.5.3	蜗杆传动热平衡计算	236
20.6	蜗杆和蜗轮的结构	237
20.6.1	蜗杆的结构	237
20.6.2	蜗轮的结构	237
第 21 章	轮系	240
21.1	轮系的分类	240
21.2	定轴轮系传动比	241
21.3	周转轮系传动比	242
21.3.1	周转轮系的组成	242
21.3.2	周转轮系的传动比	242
21.4	混合轮系传动比	245
第 22 章	螺纹连接与螺旋传动	247
22.1	螺纹	247

15.2.3	平面四杆机构的演化	150
15.2.4	铰链四杆机构的几个基本概念	153
15.3	平面连杆机构的设计	155
15.3.1	按给定从动件的位置设计四杆机构	155
15.3.2	按给定行程速比系数设计四杆机构	156
15.3.3	按给定两连架杆间对应位置设计四杆机构	157
15.4	速度瞬心法及在平面连杆机构运动中的应用	158
第 16 章	凸轮机构	162
16.1	凸轮机构的应用和类型	162
16.1.1	凸轮机构的应用	162
16.1.2	凸轮机构的类型	162
16.2	推杆的运动规律	164
16.2.1	凸轮机构的运动循环及术语	164
16.2.2	几种常用的推杆运动规律	165
16.3	凸轮轮廓曲线的设计	167
16.3.1	凸轮廓线设计的基本原理	167
16.3.2	作图法设计盘形凸轮廓线	168
16.4	凸轮机构的压力角和基圆半径	170
16.4.1	凸轮机构中的作用力与压力角	170
16.4.2	凸轮机构压力角与基圆半径的关系	171
16.4.3	滚子半径的选择	171
第 17 章	间歇运动机构	173
17.1	棘轮机构	173
17.1.1	棘轮机构的类型和工作原理	173
17.1.2	棘爪工作条件	175
17.1.3	棘轮机构主要几何尺寸计算及棘轮齿形的画法	175
17.1.4	棘轮机构的特点和应用	176
17.2	槽轮机构	176
17.2.1	槽轮机构的工作原理、特点及应用	176
17.2.2	外啮合槽轮机构的槽数和拨盘圆销数	177
17.2.3	外啮合槽轮机构的几何尺寸	178
17.3	不完全齿轮机构	178

第五篇 机械传动及其设计

第 18 章	带传动与链传动	181
18.1	带传动概述	181
18.2	带传动的工作原理和工作能力分析	182
18.2.1	带传动的力分析	182
18.2.2	带传动的应力分析	183
18.2.3	弹性滑动和传动比	184
18.2.4	带传动的失效形式和设计准则	185

第0章 绪 论

人类在生产劳动中，创造出了各种各样的机械设备，如机床、汽车、起重机、运输机、自动化生产线、机器人和航天器等。机械既能承担人力所不能或不便进行的工作，又能较人工生产大大提高劳动生产率和产品质量，同时还便于集中进行社会化大生产，因此生产的机械化和自动化已成为反映当今社会生产力发展水平的重要标志。改革开放以来，我国社会主义现代化建设在各个方面都取得了长足的发展，国民经济的各个生产部门正迫切要求实现机械化和自动化，特别是随着科学技术的飞速发展，对机械的自动化、智能化要求越来越迫切，越来越多，我国的机械产品正面临着更新换代的局面。这一切都对机械工业和机械设计工作者提出了更新、更高的要求，而本课程就是为培养机械工程技术人员而设置的。随着国民经济的进一步发展，本课程在现代化建设中的地位和作用将日益重要。

0.1 机械的组成及本课程研究的对象

0.1.1 机械的组成

生产和生活中各种各样的机械设备，尽管它们的构造、用途和性能千差万别，但它们的组成却有共同之处。下面以两个简单的机械为例，阐述机械的基本组成。

图 0-1 所示为单缸内燃机，由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和齿轮 10 等组成。单缸内燃机作为一台机器，是由连杆机构、凸轮机构和齿轮机构组成的。

图 0-2 所示为捆钞机传动简图，工作原理如下：电动机 1 的转速和动力，通过 V 带传动 2、蜗杆减速器 3 和螺旋传动 4，传递给活动压头 5，压紧纸币 6。要求将 10 扎纸币(每扎 100 张)压实，然后用手工按规定形式捆结。

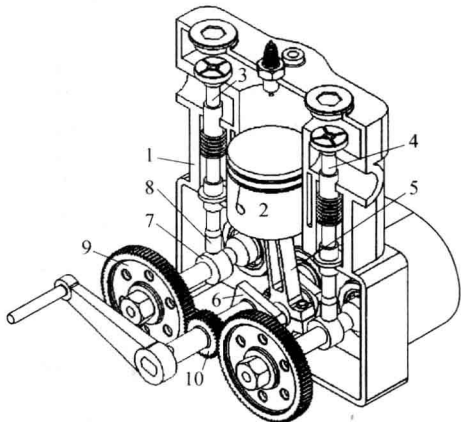


图 0-1 单缸内燃机

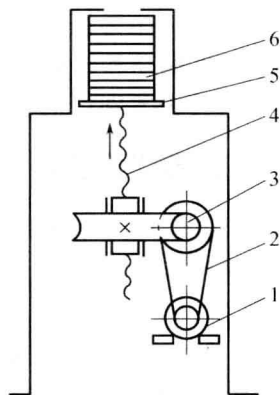


图 0-2 捆钞机传动简图

- 1—汽缸体；2—活塞；3—进气阀；4—排气阀；5—连杆；
6—曲轴；7—凸轮；8—顶杆；9—齿轮；10—齿轮。

通过上述两个例子，可得出以下几点共识。

(1) 任何一台完整的机械系统通常都有原动机、传动装置和工作机三大基本组成部分。例如捆钞机和热处理加热炉工件运送机中的电动机就是原动机，原动机是机械设备完成其工作任务的动力来源，最常用的是各类电动机；捆钞机中的压头、加热炉工件运送机中的推块就是工作机，工作机是直接完成生产任务的执行装置，其结构形式取决于机械设备本身的用途，而捆钞机和加热炉工件运送机中的其他装置(如 V 带传动、蜗轮、蜗杆、螺旋、联轴器等)就是传动装置。传动装置的作用是将原动机的运动和动力转变为工作机所需要的运动和动力并传递之。传动装置是机械的主要组成部分，在很大程度上决定着整台机械的工作性能和成本，因此不断提高传动装置的设计和制造水平具有极其重大的意义。

(2) 任何机械设备都是由许多机械零、部件组成的。例如在捆钞机中就有 V 带、带轮、蜗杆、蜗轮、轴、螺旋、滚动轴承等机械零、部件。机械零件是机械制造过程中不可分拆的最小单元，而机械部件则是机械制造过程中为完成同一目的而由若干协同工作的零件组合在一起的组合体，如联轴器、滚动轴承等。凡是在各类机械中都用到的零、部件称为通用零、部件，例如螺栓、齿轮、轴、滚动轴承、联轴器、减速器等。而只在特定类型的机械中才能用到的零、部件称为专用零、部件，例如涡轮机上的叶片、往复式活塞内燃机的曲轴、飞机的起落架、机床的变速箱等。

(3) 在机械设备中，有些零件是作为一个独立的运动单元体而运动，而有些零件则刚性地连接在一起、共同组成了一个独立的运动单元体而运动，如加热炉工件运送机中的齿轮通过键连接与轴固联成一个独立的运动单元体。机械中的每一个独立的运动单元体称为构件。因此，从运动的观点看，任何机械都是由构件组成的。一个具有确定相对运动的构件组合体称为机构。任何机器中必包含一个或一个以上的机构。在各种机械中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系和间歇运动机构等。

0.1.2 机器、机构和机械

机械是机器和机构的总称。机器有三个共同的特征：

- (1) 都是一种人为的实物组合；
- (2) 各部分形成运动单元，各运动单元之间具有确定的相对运动；
- (3) 能实现能量转换或完成有用的机械功。

同时具备这三个特征的称为机器，仅具备前两个特征的称为机构。若抛开其在做功和转换能量方面所起的作用，仅从结构和运动观点来看两者并无差别，因此，工程上把机器和机构统称为“机械”。

0.1.3 构件、零件和部件

组成机器的运动单元称为构件；组成机器的制造单元称为零件。构件可以是单一的零件，也可以由刚性组合在一起的几个零件组成。

如图 0-1 所示中的齿轮既是零件又是构件；而连杆则是由连杆体、连杆盖、螺栓及螺母几个零件组成，这些零件形成一个整体而进行运动，所以称为一个构件，如图 0-3 所示。

在机械中还把为完成同一使命、彼此协同工作的一系列零件或构件所组成的组合体称为部件，如滚动轴承、联轴器、减速器等。

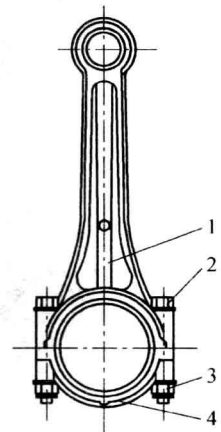


图 0-3 连杆

- 1—连杆体；
- 2—螺栓；
- 3—螺母；
- 4—连杆盖。

0.2 本课程的性质和任务

本课程是一门设计性的技术基础课。它综合运用机械制图、金属工艺学等先修课程的知识 and 生产实践经验, 解决常用机构和通用零部件的计算和设计问题。通过本课程的学习和课程设计实践, 使学生在设计一般机械传动装置或其他简单的机械方面得到初步训练, 为学生进一步学习专业课程和今后从事机械设计工作打下基础。因此本课程在近机类或非机械类专业教学计划中具有承前启后的重要作用, 是一门主干课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- (1) 了解材料基本性能及常用工程材料特点、热处理工艺, 具备初步选材能力;
- (2) 分析并确定构件及零件所受各种外力的大小和方向;
- (3) 研究在外力作用下构件及零件的内部受力、变形和失效的规律;
- (4) 提出保证构件及零件具有足够强度、刚度和稳定性的设计准则和方法;
- (5) 初步树立正确的设计思想;
- (6) 掌握常用机构和通用机械零、部件的设计或选用理论与方法, 了解机械设计的一般规律, 具有设计机械系统方案、机械传动装置和简单的机械的能力;
- (7) 具有设计机械零件尺寸、几何和表面粗糙度精度的能力;
- (8) 具有计算能力、绘图能力和运用标准、规范、手册、图册及查阅有关技术资料的能力。

0.3 本课程的特点及学习方法

本课程和基础理论课程相比较, 是一门综合性、实践性很强的设计性课程, 因此学生在学习时必须掌握本课程的特点, 在学习方法中尽快完成由单科向综合、由抽象向具体、由理论到实践的思维方式的转变。通常在学习本课程时应注意以下几点。

(1) 要理论联系实际。本课程研究的对象是各种机械设备中的机构和机械零部件, 与工程实际联系紧密, 因此在学习时应利用各种机会深入生产现场、实验室, 注意观察实物和模型, 增加对常用机构和通用机械零部件的感性认识。了解机械的工作条件和要求, 然后从整台机械设备分析入手, 确定出合理的设计方案、设计参数和结构。

(2) 要抓住设计这条主线, 掌握常用机构及机械零部件的设计规律。本课程的内容看似杂乱无章, 但是无论常用机构, 还是通用机械零部件在设计时都遵循着共同的设计规律, 只要抓住设计这条主线, 就能把本课程的各章内容贯穿起来。

(3) 要努力培养解决工程实际问题的能力。多因素的分析、设计参数多方案的选择、经验公式或经验数据的选用及结构设计, 是解决工程实际问题中经常遇到的问题, 也是学生在学习本课程中的难点。因此在学习本课程时一定要尽快适应这种情况, 按解决工程实际问题的思维方法, 努力培养自己的机械设计能力, 特别是机械系统方案设计能力和结构设计能力。

(4) 要综合运用先修课程的知识解决机械设计问题。本课程研究的各种机构和各种机械零部件的设计, 从分析研究、设计计算, 直至完成零部件工作图, 要用到多门先修课的知识, 因此在学习本课程时必须及时复习先修课的有关内容, 做到融会贯通、综合运用。

第一篇 设计材料

第 1 章 材料的性能与热处理

1.1 材料的力学性能

力学性能是指材料抵抗各种外加载荷的能力，其中包括弹性与刚度、强度、塑性、硬度、韧性及疲劳强度等。

1.1.1 弹性与刚度

在拉伸试验机上对标准试样进行拉伸试验，可得到拉力与伸长的关系图，即拉伸图。图 1-1 是低碳钢的拉伸图， oe 段为弹性变形阶段，即卸载后试样恢复原状，这种变形称为弹性变形。 e 点的应力 σ_e 称为弹性极限。

$$\sigma_e = F_e / A_0$$

式中： F_e 为产生弹性变形所受的最大外力； A_0 为试样原始横截面积。

材料在弹性范围内，应力与应变的比值 E 称为弹性模量，即

$$E = \sigma / \varepsilon$$

式中： σ 为外加的应力； ε 为相应的应变。

E 标志材料抵抗弹性变形的能力，用以表示材料的刚度。 E 值主要取决于各种材料的本性，一些处理方法（如热处理、冷热加工、合金化等）对它影响很小。而零件的刚度（即材料的弹性模量）大小取决于零件的几何形状和材料的种类。

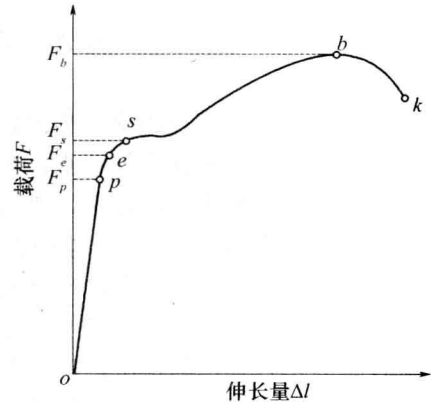


图 1-1 低碳钢的拉伸图

1.1.2 强度

材料在外力作用下抵抗变形与断裂的能力称为强度。根据外力作用方式的不同，强度有多种指标，如抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪切强度和抗扭强度等。其中抗拉强度指标应用最为广泛。

如图 1-1 所示，当外力超过 F_e 时，卸载后试样的伸长只能部分恢复。这种不随外力去除而消失的变形称为塑性变形。当外力增加到 F_s 时，图上出现了平台。这种外力不增加而试样继续发生变形的现象称为屈服。材料开始产生屈服时的最低应力 σ_s 称为屈服强度，即

$$\sigma_s = F_s / A_0$$

式中： F_s 为试样开始屈服时所受外力。

工程上使用的材料多数没有明显的屈服现象。这类材料的屈服强度在国标中规定以试样的塑性变形量为试样标距的0.2%时的材料所承受的应力值来表示，并以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。它是 $F_{0.2}$ 与试样原始横截面积 A_0 之比，见图1-2。

材料发生屈服后，其应力与应变的关系曲线为如图1-1所示的 sb 段，到 b 点应力达最大值 σ_b ， b 点以后，试样的截面产生局限“颈缩”，迅速伸长，这时试样的伸长主要集中在颈缩部位，直至拉断。最大应力值 σ_b 称为抗拉强度，它是零件设计和评定材料时的重要强度指标。

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

式中： F_b 为试样在断裂前所承受的最大外力。

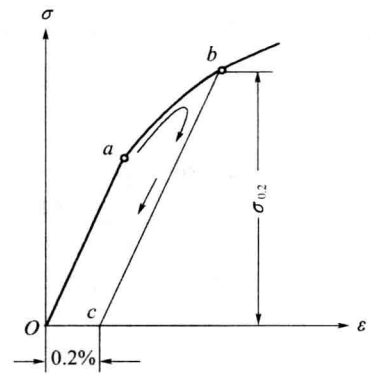


图1-2 $\sigma_{0.2}$ 的确定

1.1.3 塑性

材料在外力作用下，产生永久变形而不破坏的性能称为塑性。常用的塑性指标有延伸率(δ)和断面收缩率(ψ)。

$$\delta = (l_1 - l_0) / l_0 \times 100\%$$

式中： l_0 为试样原来的标距长度； l_1 为试样拉断后的标距长度。

$$\psi = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100\%$$

式中： A_0 为试样原始的横截面积； A_1 为试样断裂处的横截面积。

1.1.4 硬度

硬度是指材料对局部塑性变形的抗力。通常，材料越硬，其耐磨性越好。同时通过硬度值可估计材料的近似 σ_b 值。硬度试验方法比较简单、迅速，可直接在原材料或零件表面上测试，因此被广泛应用。常用的硬度测量方法是压入法，主要有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)、维氏硬度(HV)等。陶瓷等材料还常用克努普氏显微硬度(HK)和莫氏硬度(划痕比较法)作为硬度指标。

1. 布氏硬度

试验规范见表1-1，实验方法见图1-3。即用直径为 D 的硬质合金球，以相应的压力压入试样表面，保持规定的时间后去除外力，在试样表面留下球形压痕。布氏硬度值是外力除以压痕球冠表面积。在试验中，硬度值不需计算，是用刻度放大镜测出压坑直径 d ，然后对照有关附录查出相应的布氏硬度值。

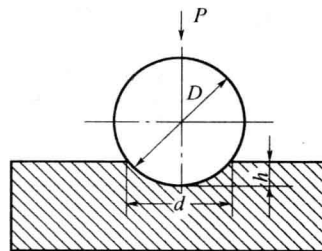


图1-3 布氏硬度试验原理图