



高职高专推荐教材

机械设计基础

北京希望电子出版社 总策划
李学雷 主编
张勤 徐钢涛 副主编
潘卫彬 吴韶华 编著
赵祥 主编

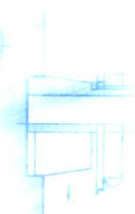
 科学出版社
www.sciencep.com



高职高专推荐教材

机械设计基础

北京希望电子出版社 总策划
李学雷 主编
张勤 徐钢涛 副主编
潘卫彬 吴韶华 编著
赵祥 主审



 科学出版社
www.sciencep.com

内容简介

本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》编写的高职高专教育推荐教材。

全书共 16 章, 主要内容包括绪论、平面机构运动简图及自由度、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、螺纹联结与螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、齿轮系、轴与轮毂联结、轴承、其他常用零部件、机械的平衡及调速、机械传动方案设计及零件强度计算的一般方法等。本书主要介绍了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理、工程应用及一般机械的设计计算方法。本书每章都附有适量的思考题及练习题, 以便于学生课后复习巩固。本书从培养学生初步机械设计能力入手, 在内容取舍上, 既保证基本知识内容, 又注重知识的实用性, 同时适当增加选学内容, 如机构创新设计、非圆齿轮传动等。本书作者具有多年机械设计基础课程教学课件开发经验, 在书中尝试制作了大量的立体图例和实物图例, 其目的在于化抽象平面图例为简捷形象立体图例, 增强学生学习的兴趣, 帮助学生识读零部件图。

本书可作为高职高专院校机类和机电类各专业“机械设计基础”课程(90~110 学时左右)的教材, 也可作为高等专科学校、成人高校教学用书及职工培训教材和供有关工程技术人员使用。

需要本书或技术支持的读者, 请与北京中关村 083 信箱(邮编: 100080)发行部联系, 电话: 010-82702660, 010-82702658, 010-62978181 转 103 或 238 传真: 010-82702698, E-mail: yanmc@bhp.com.cn。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李学雷主编. —北京: 科学出版社, 2004.11

ISBN 7-03-014063-X

I. 机... II. 李... III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 078300 号

责任编辑: 姚昆

/ 责任校对: 肖寒

责任印刷: 媛明

/ 封面设计: 梁运丽

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京媛明印刷厂

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 11 月第 一 版 开本: 1/16

2004 年 11 月第一次印刷 印张: 21 1/2

印数: 1—3000 字数: 493 506

定价: 30.00 元

前言

高等职业教育是高等教育的重要组成部分。高质量的高等职业教育教材是培养合格高职人才的根本保证。本书是根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》，并结合编者多年的高等职业教育教学实践经验编写而成的，可供机械类、机电类专业学生使用，也可作为职工培训教材，参考学时为 90~110 学时左右。

本书从培养学生初步机械设计能力入手，在内容取舍上，既保证基本知识内容，又注重知识的实用性，同时适当增加选学内容，如机构创新设计、非圆齿轮传动、谐波齿轮传动、摆线针式齿轮传动等。本书集作者多年机械设计基础课程教学课件开发经验，在书中尝试制作了大量的立体图例和实物图例，其目的在于化抽象的平面图例为形象的立体图例，帮助学生识读零部件图，便于学习掌握零部件结构及相互联接关系，增强学生学习的兴趣，有利于培养学生工程意识和分析问题解决问题的能力。本书每章都附有适量的思考题及练习题，以便于学生课后复习巩固。本书在介绍了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理、工程应用之后，给出了机械传动方案设计及零件强度计算的一般方法，全书力求能给学生一个比较完整的机械设计的基础知识和基本思路。

本书编写具有以下特点：

1. 紧紧围绕高等职业教育的人才培养目标编排教材内容。正确处理知识、能力的辩证统一的关系，其中理论知识部分深浅适度，知识应用部分突出，体现了高等职业教育规律和人才培养要求。

2. 全部采用最新的国家标准，积极推进最新标准的实施。

3. 紧跟时代发展，引入机构创新知识和非圆齿轮传动、圆弧齿轮传动等内容。

4. 部分章节将传统的机械零件平面简图转化为立体图形，建立零件实体模型，说明基础知识与实际零件的关系，通过零件立体模型说明其结构、工作原理，使教学内容更加生动，更加有利于学生学习和理解相关内容。

5. 本书文字简练，图文并茂，教学内容紧密联系实际，从现象入手说明原理，从而保证基础知识易学易懂。

鉴于各校教学安排的差异，在进行本课程教学时，教师可根据实际情况，调整教材顺序和选用教学内容。

参加本书编写的有：郑州铁路职业技术学院李学雷（第 2 章、第 3 章、第 9 章的第 13~15 节），张勤（第 1 章、第 4 章、第 5 章、第 15 章、第 16 章），徐钢涛（第 9 章中的第 1~12 节），赵晓（第 6 章、第 14 章），潘卫彬（第 7 章、第 8 章、第 11 章），吴韶华（第 10 章、第 12 章、第 13 章）。全书由李学雷统稿，张勤和徐钢涛参加了部分章节的统稿，李学雷任主编，张勤和徐钢涛任副主编。全书插图修描和立体插图的制作由郑州铁路职业技术学院徐钢涛和孔维波负责。郑州铁路职业技术学院赵祥担任本书主审，他对书稿进行了认真、细致的审阅，并提出了许多中肯意见，在此表示深深的谢意。

由于作者水平所限，教材编写时间仓促，书中难免存在种种缺点和不当之处，恳请广大读者给予批评指正。

编者

目 录

第1章 机械设计基础绪论	1	3.1.2 铰链四杆机构曲柄存在条件	21
1.1 机器及其基本组成	1	3.2 铰链四杆机构的演化型式.....	22
1.1.1 引言	1	3.2.1 曲柄滑块机构和偏心轮机构	22
1.1.2 机器及其基本组成	2	3.2.2 导杆机构	22
1.2 本课程的内容、地位、学习目的		3.2.3 移动导杆机构和曲柄摇块机构...	23
和学习方法	3	3.2.4 曲柄移动导杆机构	24
1.2.1 本课程的内容	3	3.3 平面四杆机构的传动特性.....	24
1.2.2 本课程的地位	4	3.3.1 急回特性	24
1.2.3 学习本课程的目的	4	3.3.2 传力特性	25
1.2.4 学习方法	4	3.3.3 死点位置	26
1.3 机械设计的基本要求及一般过程.....	4	3.4 图解法设计平面四杆机构.....	27
1.3.1 机械设计的基本要求	4	3.4.1 按连杆位置设计四杆机构	27
1.3.2 机械设计的一般过程	5	3.4.2 按照给定行程速比系数	
1.4 机械零件设计的基本要求及一般方法	5	设计四杆机构	29
1.4.1 设计机械零件的基本要求	5	3.4.3 按给定的运动轨迹	
1.4.2 机械零件设计的一般方法	6	设计四杆机构	30
思考题及练习题	6	3.5 解析法设计平面四杆机构.....	31
第2章 平面机构运动简图及自由度	7	3.6 多杆机构简介和机构创新.....	32
2.1 平面机构组成及运动副	7	3.6.1 多杆机构简介	32
2.1.1 构件的自由度	7	3.6.2 机构创新应用实例	34
2.1.2 运动副与约束	8	本章小结	34
2.1.3 运动副及其分类	8	思考题及练习题	35
2.2 平面机构运动简图	9	第4章 凸轮机构	38
2.2.1 平面机构简图和运动简图	9	4.1 凸轮机构的应用和分类.....	38
2.2.2 平面机构运动简图的绘制	10	4.1.1 凸轮机构的应用	38
2.3 平面机构具有确定运动的条件	11	4.1.2 凸轮机构的分类	38
2.3.1 平面机构的自由度	12	4.2 从动件的常用运动规律.....	39
2.3.2 机构具有确定运动的条件	12	4.2.1 凸轮机构运动过程及有关名称..	39
2.3.3 计算平面机构的自由度		4.2.2 位移线图	40
应注意的几个问题	13	4.2.3 从动件常用运动规律	40
本章小结	15	4.3 图解法绘制盘形凸轮轮廓.....	42
思考题及练习题	16	4.3.1 对心直动从动件盘形	
第3章 平面连杆机构	18	凸轮的绘制	43
3.1 铰链四杆机构的基本型式		4.3.2 偏置直动从动件盘形	
及曲柄存在条件	18	凸轮的绘制	44
3.1.1 铰链四杆机构的基本型式		4.3.3 摆动从动件盘形凸轮的绘制	45
及应用	18	4.4 解析法绘制盘形凸轮轮廓简介	46

4.5 凸轮机构设计基本尺寸的确定	48	6.4.2 螺纹联接的防松	75
4.5.1 滚子半径的选择	48	6.5 螺栓联接的强度计算	77
4.5.2 压力角及其校核	49	6.5.1 松螺纹联接	78
4.5.3 基圆半径的选择	50	6.5.2 受横向外载荷的紧螺栓联接	78
4.6 凸轮机构的结构设计	50	6.5.3 受轴向外载荷的紧螺栓联接	80
4.6.1 凸轮和滚子的材料	50	6.6 螺纹联接件的材料和许用应力	82
4.6.2 凸轮和滚子的结构	50	6.6.1 螺纹联接件的常用材料	82
4.6.3 滚子的结构	51	6.6.2 螺栓联接的许用应力	
4.6.4 凸轮的精度和表面粗糙度	51	和安全系数	83
本章小结	52	6.7 提高螺纹联接强度的措施	86
思考题及练习题	52	6.7.1 降低影响螺栓疲劳	
第 5 章 间歇运动机构	54	强度的应力幅	86
5.1 棘轮机构	54	6.7.2 改善螺纹牙间载荷的	
5.1.1 棘轮机构的工作原理、		不均匀分布	87
特点及应用	54	6.7.3 减小应力集中、附加	
5.1.2 棘轮机构转角的调整方法	56	应力的影响	88
5.1.3 棘轮机构的设计	57	6.7.4 采用合适的材料和合理的	
5.2 槽轮机构	59	制造工艺方法	88
5.2.1 槽轮机构的工作原理及应用	59	6.8 螺旋传动	89
5.2.2 槽轮机构的主要运动参数选择	60	6.8.1 螺旋传动的类型与特点	89
5.3 其他间歇机构简介	61	6.8.2 滚动螺旋简介	90
5.3.1 不完全齿轮机构	61	本章小结	91
5.3.2 凸轮式间歇机构	62	思考题及练习题	92
5.3.3 组合机构	62	第 7 章 带传动	94
本章小结	64	7.1 带传动的类型和特点	94
思考题及练习题	64	7.1.1 带传动的类型	94
第 6 章 螺纹联接和螺旋传动	65	7.1.2 带传动的特点	95
6.1 螺纹的形成、主要参数与分类	65	7.2 普通 V 带及 V 带轮	96
6.1.1 螺纹的形成	65	7.2.1 普通 V 带	96
6.1.2 螺纹的主要参数	66	7.2.2 V 带轮	101
6.1.3 几种常用螺纹的特点和应用	67	7.3 带传动工作能力的分析	103
6.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	68	7.3.1 带传动的受力分析	103
6.2.1 矩形螺纹	68	7.3.2 带的应力分析	104
6.2.2 非矩形螺纹	70	7.3.3 弹性滑动和打滑现象	105
6.3 螺纹联接的基本类型及螺纹联接件	72	7.4 普通 V 带传动设计计算	106
6.3.1 螺纹联接的基本类型	72	7.4.1 带传动的失效形式和	
6.3.2 标准螺纹联接件	73	计算准则	106
6.4 螺纹联接的预紧和放松	74	7.4.2 单根 V 带的基本额定功率	
6.4.1 螺纹联接的预紧	74	和许用功率	106

7.4.3 普通 V 带传动设计计算	108	9.3 渐开线齿廓	140
7.5 窄 V 带传动	113	9.3.1 渐开线的形成	140
7.5.1 窄 V 带的结构、特点和应用	113	9.3.2 渐开线的性质	141
7.5.2 窄 V 带和窄 V 带轮尺寸	114	9.3.3 渐开线方程	142
7.6 同步带传动	114	9.4 渐开线齿轮的基本参数及标准直齿 圆柱齿轮的尺寸计算	143
7.6.1 同步带传动的类型、 特点和应用	114	9.4.1 渐开线齿轮各部分名称、 参数及几何尺寸计算	143
7.6.2 同步带和同步带轮	114	9.4.2 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 基本尺寸及几何尺寸计算	145
7.7 V 带传动的安装、张紧和维护	115	9.4.3 内齿轮与齿条	146
7.7.1 带传动的张紧方法	115	9.4.4 英美齿制	147
7.7.2 V 带初拉力的测定	116	9.5 标准直齿圆柱齿轮的弦齿厚 及公法线长度	148
7.7.3 V 带传动的安装、 使用和维护	117	9.5.1 弦齿厚长度	148
本章小结	117	9.5.2 公法线长度	149
思考题及练习题	118	9.6 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 啮合传动	151
第 8 章 链传动	119	9.6.1 渐开线齿轮传动满足 齿廓啮合基本定律	151
8.1 链传动的类型和特点	119	9.6.2 渐开线齿轮传动的啮合过程 ..	152
8.1.1 链传动的类型	119	9.6.3 正确啮合条件	153
8.1.2 链传动的特点和应用	120	9.6.4 连续传动条件	153
8.2 链和链轮	120	9.6.5 标准中心距和标准安装	155
8.2.1 滚子链	120	9.6.6 渐开线齿轮传动的啮合特点 ..	156
8.2.2 滚子链链轮	122	9.7 渐开线齿轮的切齿原理及根切现象 ..	156
8.3 链传动的运动特性	125	9.7.1 仿形法	156
8.3.1 平均链速和平均传动比	125	9.7.2 展成法	157
8.3.2 瞬时链速和瞬时传动比	125	9.7.3 根切现象	158
8.3.3 链传动的动载荷	126	9.7.4 不根切最少齿数	159
8.4 滚子链传动的设计	127	9.7.5 渐开线标准齿轮的局限性	160
8.4.1 链传动的主要失效形式	127	9.8 变位齿轮传动简介	160
8.4.2 链传动的设计计算	128	9.8.1 变位的概念	160
8.5 链传动的布置、张紧和润滑	131	9.8.2 最小变位系数	161
8.5.1 链传动的布置	131	9.8.3 变位后对轮齿尺寸的影响	162
8.5.2 链传动的安装	132	9.8.4 变位齿轮传动的类型	164
8.5.3 链传动的张紧	132	9.9 齿轮传动的失效形式与设计准则	166
8.5.4 链传动的润滑	132	9.9.1 失效形式	166
本章小结	134	9.9.2 设计准则	169
思考题及练习题	134		
第 9 章 齿轮传动	136		
9.1 齿轮传动的分类及特点	136		
9.2 齿廓啮合基本定律	139		

9.10 齿轮常用材料及热处理	169	10.3 蜗杆传动的失效形式、材料和结构...	217
9.11 标准直齿圆柱齿轮传动的设计	171	10.3.1 蜗杆传动齿面间的滑动速度 ..	217
9.11.1 轮齿的受力分析	171	10.3.2 蜗杆传动的失效形式	218
9.11.2 轮齿的计算载荷 F_{ac}	172	10.3.3 蜗杆、蜗轮常用材料	218
9.11.3 齿面的接触疲劳强度计算	172	10.3.4 蜗杆、蜗轮的结构	219
9.11.4 齿根弯曲疲劳强度计算	176	10.4 蜗杆传动的设计计算	219
9.11.5 圆柱齿轮传动参数的选择	180	10.4.1 受力分析与蜗杆蜗轮的	
9.11.6 齿轮精度等级简介及其选择 ..	181	转动方向的判断	219
9.12 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	185	10.4.2 蜗杆传动的强度计算	221
9.12.1 斜齿轮齿廓曲面的		10.5 蜗杆传动的效率、润滑和	
形成及传动特点	185	热平衡计算	221
9.12.2 斜齿圆柱齿轮的参数		10.5.1 蜗杆传动的效率	221
及几何尺寸计算	186	10.5.2 蜗杆传动的润滑	222
9.12.3 标准斜齿圆柱齿轮的		10.5.3 蜗杆传动的热平衡计算	223
啮合条件	189	本章小结	226
9.12.4 斜齿圆柱齿轮的当量齿数	190	思考题及练习题	226
9.12.5 斜齿圆柱齿轮的受力分析	191	第 11 章 齿轮系	228
9.13 直齿锥齿轮传动	196	11.1 齿轮系及其分类	228
9.13.1 锥齿轮的齿廓、背锥和		11.1.1 定轴齿轮系	228
当量齿数	196	11.1.2 行星齿轮系	229
9.13.2 直齿锥齿轮的啮合传动及		11.2 定轴轮系传动比计算	230
几何尺寸计算	198	11.2.1 一对齿轮传动的传动比计算	
9.13.3 直齿锥齿轮传动的受力分析 ..	200	及主、从动轮转向关系	230
9.14 其他齿轮传动简介	201	11.2.2 定轴轮系传动比	231
9.14.1 圆弧齿轮传动	201	11.2.3 惰轮	232
9.14.2 非圆齿轮传动简介	203	11.3 行星齿轮系的传动比计算	233
9.15 齿轮的结构设计及润滑	204	11.4 混合轮系传动比计算	235
9.15.1 常用的齿轮结构形式	204	11.5 齿轮系的应用	237
9.15.2 齿轮传动的润滑	206	11.6 谐波齿轮传动简介	239
本章小结	207	11.6.1 谐波齿轮传动的特点和应用 ...	239
思考题和练习题	207	11.6.2 谐波齿轮传动的结构	240
第 10 章 蜗杆传动	210	11.6.3 谐波齿轮传动的工作原理	241
10.1 蜗杆传动的类型和特点	210	11.6.4 谐波齿轮传动的传动比计算 ...	241
10.1.1 蜗杆传动特点	210	11.7 摆线针轮传动简介	242
10.1.2 蜗杆传动类型	211	11.7.1 摆线针轮传动的特点和应用 ...	242
10.2 蜗杆传动的基本参数和		11.7.2 摆线针轮行星传动的	
几何尺寸计算	212	工作原理	242
10.2.1 蜗杆传动的基本参数	212	11.8 减速器	243
10.2.2 蜗杆传动的几何尺寸计算	216	11.8.1 常用减速器的型式、	

特点和应用	243	13.6 滚动轴承组合设计	283
11.8.2 减速器的结构	244	13.6.1 滚动支承结构的基本形式	283
11.9 无级变速器	247	13.6.2 轴的轴向位置调整	285
11.9.1 有级变速和无级变速	247	13.6.3 滚动轴承的配合和拆装	286
11.9.2 机械无级变速器的 组成和工作原理	247	13.6.4 提高支撑系统的刚度和 同轴度	286
11.9.3 机械无级变速器的特点	248	13.6.5 滚动轴承的润滑和密封	287
本章小结	248	13.7 滑动轴承	288
思考题及练习题	248	13.7.1 滑动轴承的类型和结构	288
第 12 章 轴与轮毂联接	251	13.7.2 轴瓦和轴承衬材料	290
12.1 轴的分类	251	13.7.3 滑动轴承的润滑	292
12.2 轴的结构设计	252	13.7.4 不完全液体润滑滑动 轴承的设计计算	293
12.2.1 轴的各部分名称	252	13.7.5 液体滑动轴承简介	294
12.2.2 零件在轴上的固定	252	13.8 滚动轴承与滑动轴承的比较	296
12.3 轴的材料及选择	255	本章小结	296
12.4 轴的设计与计算	256	思考题与练习题	297
12.4.1 按扭转强度计算	257	第 14 章 联轴器、离合器和制动器	298
12.4.2 按弯扭合成强度计算	257	14.1 联轴器	298
12.4.3 轴的刚度计算概念	259	14.1.1 联轴器的分类	298
12.5 轴毂联接	262	14.1.2 固定式联轴器	298
12.5.1 键联接	262	14.1.3 可移式联轴器	300
12.5.2 花键联接	266	14.2 离合器	302
12.5.3 销联接	266	14.2.1 离合器的分类	302
本章小结	267	14.2.2 牙嵌离合器	302
思考题及练习题	267	14.2.3 摩擦离合器	303
第 13 章 轴承	269	14.2.4 磁粉离合器	304
13.1 轴承的功用和类型	269	14.2.5 安全离合器	304
13.2 滚动轴承的组成、类型及特点	270	14.2.6 定向离合器	305
13.3 滚动轴承的代号	273	14.3 制动器	305
13.4 滚动轴承的类型选择	275	14.3.1 制动器的类型、特点	305
13.5 滚动轴承的尺寸选择及寿命计算	275	14.3.2 带式制动器	306
13.5.1 滚动轴承的失效形式及 设计准则	275	14.3.3 块式制动器	306
13.5.2 基本额定寿命和基本 额定动载荷	276	14.4 联轴器、离合器、制动器的 选择和维护	306
13.5.3 当量动载荷	277	14.4.1 联轴器的选择	307
13.5.4 滚动轴承的寿命计算	278	14.4.2 离合器的选择	308
13.5.5 角接触轴承的轴向力计算	279	14.4.3 制动器的选择	309
13.5.6 滚动轴承的静强度计算	282	14.4.4 联轴器、离合器、制动器的使	

用和维护	309
本章小结	309
思考题及练习题	310
第 15 章 回转体的平衡和机器的调速	311
15.1 机械平衡的目的及分类	311
15.1.1 机械平衡的目的	311
15.1.2 机械平衡的分类及方法	311
15.2 回转体的静平衡	312
15.2.1 回转体的静平衡计算	312
15.2.2 回转体的静平衡试验	313
15.3 回转体的动平衡计算	314
15.3.1 回转体的动平衡计算	314
15.3.2 回转体的动平衡试验	315
15.4 机械速度波动的调节	316
15.4.1 机械速度波动的原因及类型	316
15.4.2 周期性速度波动的调节	317
15.4.3 非周期性速度波动的调节	318

本章小结	319
思考题及练习题	319
第 16 章 机械传动概论	321
16.1 机械传动概述	321
16.1.1 机械传动的功用	321
16.1.2 机械传动的运动和动力参数	321
16.2 机械传动的类型及选择	324
16.2.1 机械传动的类型	324
16.2.2 常用机械传动类型的选择	324
16.3 机械传动方案设计	326
16.3.1 传动方案设计的依据	326
16.3.2 机械传动方案的拟定	326
16.3.3 传动方案设计的一般步骤和 方法	327
16.4 简单机械传动方案设计举例	328
本章小结	331
思考题及练习题	332

第1章 机械设计基础绪论

1.1 机器及其基本组成

1.1.1 引言

人类在长期的生产和生活实践中创造和发展了机械，其目的是为了减轻或替代人的劳动，提高劳动生产率。在我国，机械的创造、发展及其使用有着悠久的历史。三千年前出现了简单的纺织机，两千年前已将绳轮、凸轮、连杆机构等用于生产中。汉代以后的指南车及记里鼓车中利用了齿轮和轮系传动。东汉时已发明了用水排以鼓风炼铁，这对古代冶铁业的发展起到了重要作用。据《后汉书·杜诗传》记载，公元31年，东汉劳动人民已发明用水排以鼓风炼铁。图1.1所示的水排是利用水轮带动皮囊鼓风的机械装置，其工作原理是利用流水推动水轮带动大小绳轮转动，小绳轮上有一偏杆拉动平面连杆机构，使小绳轮每转一圈拉动一次风箱鼓风。这是机械工程史上的重要创造，比欧洲类似机械早约1200年。东汉张衡将杆机构巧妙地使用在人类第一台地震仪上，据地动仪内部机构的推测图显示（图1.2），它的原理是某一方向发生地震时，使都柱（龙机）向该方向倾斜，带动杆件机构，迫使这个方位的龙口大张，吐出小铜丸，掉进蟾蜍的嘴里，这样就能自动预报地震发生的方向。虽然我国古代的机械发明和机械的应用较多，但是长期的封建制度和长年的战乱，阻碍了我国机械工业的发展。

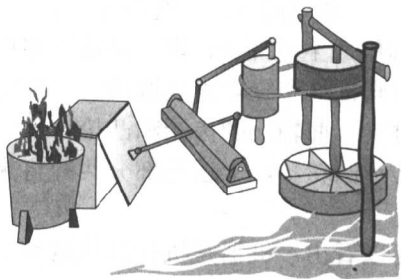


图 1.1 水排以鼓风炼铁

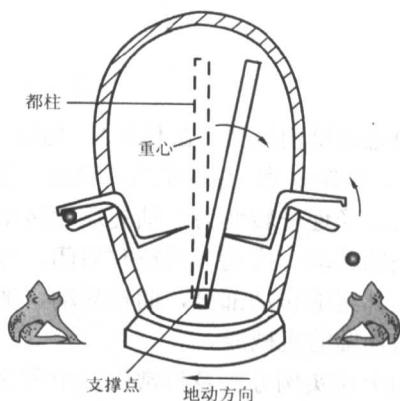


图 1.2 候风地动仪内部推测图

新中国诞生后，我国的机械工业和机械学科有了很大的发展。随着科学技术的进步与发展，机器的种类不断增多，性能不断改进，职能不断扩大，机器既能承担人所不能承担的工作，又能比人工提高生产效率和产品质量。目前我国不但能自行设计大型、精密、成套高新技术设备，而且也缩短了与先进工业国家的距离。但在机械工程领域中，我国的机械产品设计水平与国际先进水平还有相当大的差距。为了改变我国机械工业的现状，培养高素质技术应用性专门人才的任务十分紧迫。

本课程是一门介绍机械设计基础知识和培养学生机械设计能力的课程，它是以组成机器的常用机构及通用零部件为研究对象的学科。

1.1.2 机器及其基本组成

1. 机器与机构

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种类型的机器。常见的如内燃机、各类机床、汽车、火车、发电机以及生活中常用到的洗衣机等。为了加深对机器的理解，先以图 1.3 所示的内燃机为例进行分析。

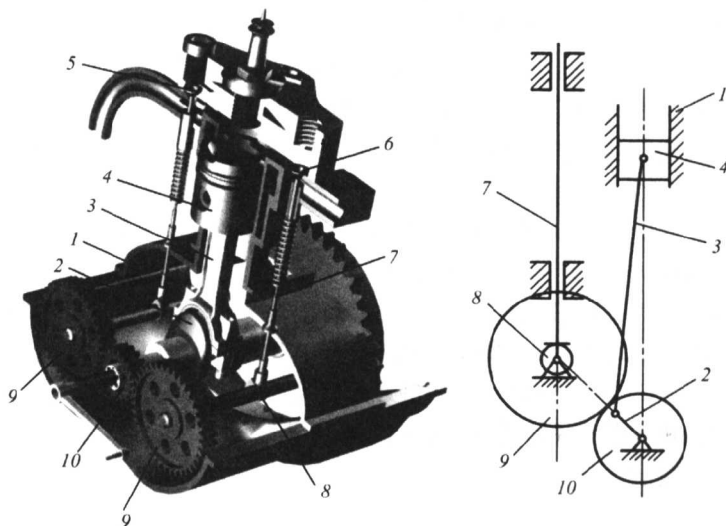


图 1.3 单缸内燃机结构原理图

内燃机是由机架（缸体）1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 等组成。活塞、连杆、曲轴和缸体组成主体部分，燃气推动活塞作往复移动，经连杆转变为曲轴的连续转动；凸轮、进排气阀推杆和缸体组成进排气的控制部分，凸轮转动，推动气阀按时启闭，分别控制进气和排气；曲轴上的齿轮和凸轮轴上的齿轮与缸体组成传动部分，曲轴转动，通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述三部分共同将热能转换为曲轴的机械能。

由上述实例分析及日常生活中所见到的其他机器可以看出：机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料（起重机等）、信息（录音机等）。

由上述实例还可看出，机器中若干构件的组合，可实现预定的运动。在内燃机中，活塞、连杆、曲轴和缸体（连同机架）组合起来，将活塞的往复移动变成曲轴的连续转动；凸轮、进排气推杆和机架的组合，可将凸轮的连续转动变为进排气阀推杆的往复移动等。这些由若干构件用一定连接方式组成，有一个构件为机架，用来传递力、运动或转换运动形式的系统，称为机构。大多数机器都是由若干基本机构组成，如内燃机的主体部分是曲柄滑块机构，进排气控制部分是凸轮机构，传动部分是齿轮机构。

机器与机构总称为机械。

2. 零件、部件和构件

从制造角度看,若干个零件组成了机构,若干个机构组成了机器;零件是制造单元,是机器的基本组成要素。概括地讲机械零件可分为两大类:一是在各种机器中都能用到的零件,叫通用零件,如齿轮、螺栓、轴等;另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,叫专用零件,如曲轴、吊钩、叶片等。此外,常把由一组协同工作的零件组成的独立制造装配的组合件叫部件,如减速器、离合器等,部件是装配单元。

从机械实现预期运动和功能角度看,机构中形成相对运动的各个运动单元称为构件。构件可以是单一的零件,也可由若干零件组成的运动单元。如图 1.4 所示的内燃机连杆是由连杆体 1、轴套 2、连杆头 3、螺栓 4、螺母 5、轴瓦 6 等组成,其一端与活塞相连,另一端与曲轴相配合,它是一个构件。

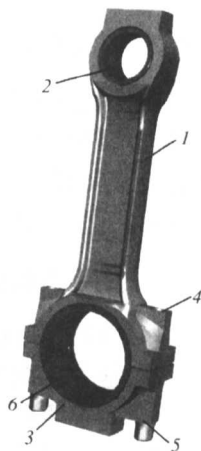


图 1.4 内燃机连杆

3. 机器的组成

机器种类繁多,形状各异,但就其功能而言,机器是由五个部分组成,如图 1.5 所示。

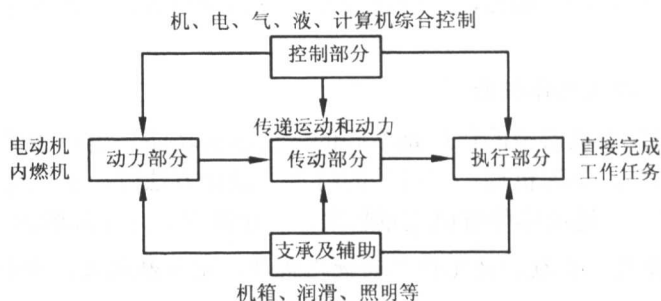


图 1.5 机器的组成

1.2 本课程的内容、地位、学习目的和学习方法

1.2.1 本课程的内容

机器是由若干机构及零部件组成,机器的功能指标取决于机构类型及零部件的工作能力。为此,本课程内容在简要介绍有关整部机器设计的基本知识的基础上,重点讨论常用机构的组成原理,传动特点、功能特性、设计方法等基本知识;着重研究通用机械零件在一般工作条件下的工作原理、结构特点、选用及设计计算问题。

本课程的主要内容:

1. 总论部分 —— 机械设计的基本原则,一般过程等。
2. 常用机构部分 —— 平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构等。
3. 传动部分 —— 齿轮传动、带传动、链传动等。
4. 联接部分 —— 螺纹联接、键、销联接等。
5. 轴系部分 —— 滑动轴承、滚动轴承、轴及联轴器、离合器等。

6. 其他部分 —— 弹簧、减速器等。

1.2.2 本课程的地位

本课程是一门技术基础课，它综合运用了工程力学、金属工艺学、机械制图、公差配合等先修课程知识，解决常用机构及通用零部件的分析设计问题，较之以前的先修课程更接近工程实际，但也有别于专业课程，它主要是研究各类机械所具有的共性问题，在机电类专业课程体系中占有重要位置。

1.2.3 学习本课程的目的

1. 熟悉常用机构的工作原理，运动特性及机械设计的基本理论和方法。
2. 基本掌握通用零件的工作原理、选用和维护等方面的知识。
3. 培养学生初步具有运用标准手册，查阅相关技术资料，进行一般参数的通用零件和简单机械传动装置的设计计算能力，为学习后续专业课程打好基础。

1.2.4 学习方法

1. 认识机械、了解机械

学习课程时要理论联系实际，多注意观察各种机械设备，掌握各种机构、零部件的基本原理和结构。

2. 掌握方法，形成总体概念

各机构、零部件在机器中的作用是不同的，机器的功能是建立在机构的功能及主要零部件综合性能基础上，学习机构、零部件的特点、设计方法时，要从机器总体出发，将各章节讨论的各种机构、通用零件有机联系起来，防止孤立、片面地学习各章内容。

3. 理解经验公式、参数、简化计算的使用条件，重视结构设计分析及方案选用

1.3 机械设计的基本要求及一般过程

1.3.1 机械设计的基本要求

机械设计的目的是为了满足不同社会生产和生活需要，机械设计的任务是应用新技术、新工艺、新方法开发适应社会需求的各种新的机械产品，以及对原有机械进行改造，从而改变或提高原有机械的性能。任何机械产品都始于设计，设计质量的高低直接关系到产品的功能和质量，关系到产品的成本和价格。由此可见，机械设计在产品开发中所起的关键作用。为此，要在设计中合理确定机械系统功能，增强可靠性，提高经济性，确保安全性。机械产品设计应满足以下几方面的基本要求：

1. 实现预定功能

设计的机器应能实现预定功能，并在规定的工作条件下、规定的工作期限内正常运转。为此，必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案，合理设计零件，满足强度、刚度、耐磨性等方面的要求。

2. 满足可靠性要求

机械产品的可靠性是由组成机械的零、部件的可靠性保证的。只有零、部件的可靠性高,才能使系统的可靠性高。机械系统的零、部件越多,其可靠度越低。为此,要尽量减少机械系统的零件数目,并对系统可靠性有关键影响的零件,必须保证其必要的可靠性。

3. 符合经济合理性要求

设计的机械产品应先进、功能强、生产效率高、成本低、使用维护方便、在产品寿命周期内用最低的成本实现产品的预定功能。

4. 确保安全性要求

要能保证操作者的安全和机械设备的安全,以及保证设备对周围环境无危害,要设置过载保护安全互锁等装置。

5. 推行标准化要求

设计的机械产品规格、参数符合国家标准,零部件应最大限度的与同类产品互换通用,产品应成系列发展,推行标准化、系列化、通用化,提高标准化程度和水平。

6. 体现工艺造型美观要求

注重产品的工艺造型设计,不仅要功能强、价格低,而且外型美观、实用,使产品在市场上富有竞争力。

1.3.2 机械设计的一般过程

机械设计是一项创造性工作,需要考虑的因素较多,解答的方案也不止一个,下面用框图简要介绍机械产品设计的一般过程。

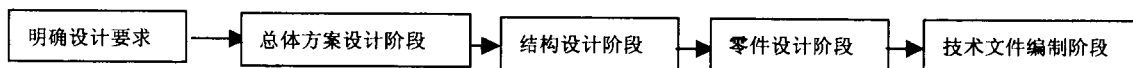


图 1.6 机器设计过程的一般流程图

1.4 机械零件设计的基本要求及一般方法

1.4.1 设计机械零件的基本要求

设计零件时应满足的基本要求是从设计机器的要求中提出来的,一般概括为以下两点:

1. 使用要求: 设计的零件应在预定的使用寿命周期内按规定的工作条件可靠地工作。
2. 经济性要求: 经济性要求贯穿于零件设计的全过程, 零件成本低廉, 关键要注意以下几点:

- (1) 在满足强度条件时, 合理选择材料;
- (2) 合理确定精度等级;
- (3) 赋予零件良好的工艺性, 降低装配费用;
- (4) 尽可能采用标准化的零、部件。

1.4.2 机械零件设计的一般方法

通用机械零件设计的一般方法可概括为：

- (1) 根据零件的功能及使用要求，选择零件类型并拟定计算简图；
- (2) 分析零件的受力状况，考虑各种因素对载荷的影响，确定计算载荷；
- (3) 根据零件的工作条件，合理选择材料及热处理方法，并确定许用应力；
- (4) 分析零件可能的失效形式，确定设计准则，确定零件的基本尺寸；
- (5) 确定零件的主要参数和几何尺寸，确定零件结构；
- (6) 绘制零件工作图，拟定技术要求。

(7) 上述设计步骤，对于不同的零件和工作条件，可以有所不同。另外，在设计过程中有些步骤是相互交错，反复进行的。

思考题及练习题

- 1.1 何谓机构？何谓机器？何谓机械？各举例说明。
- 1.2 何谓通用零件？何谓专用零件？各举例说明。
- 1.3 指出下列机器的原动机、传动部分、执行部分和控制部分：1) 汽车；2) 自行车；3) 缝纫机；4) 牛头刨床。
- 1.4 构件与部件都可以是由若干个零件组成，故构件和部件是一样的，这种说法对吗？
- 1.5 机械设计的基本要求有哪些？例举你所熟悉的机械产品说明这些要求。

第 2 章 平面机构运动简图及自由度

机构是用运动副连接起来的构件系统，其中有一个构件为机架，是用来传递运动和力的。同时机构还可以用来改变运动形式。一般情况下，机构各构件之间必须有确定的相对运动。然而，构件任意拼凑起来是不一定具有确定运动的。图 2.1 是三杆构件用铰链连接成的组合系统，各构件之间无相对运动。又如图 2.2 为五杆构件组织系统，当只给定构件 1 的运动规律时，其余构件的运动并不确定。图 2.3 为四杆构件组合系统，当构件 AB 为原动件时，其余构件具有确定的相对运动。

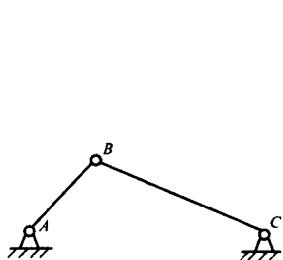


图 2.1 三杆构件组合系统

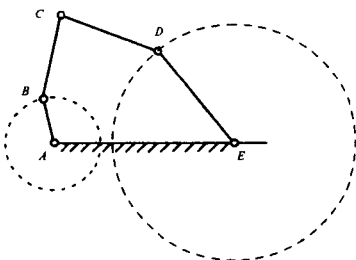


图 2.2 五杆构件组合系统

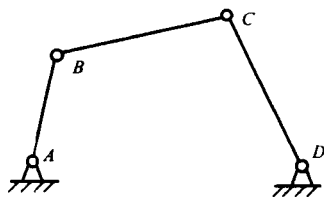


图 2.3 四杆构件组合系统

因此，构件究竟应如何组合才能运动？在什么条件下才具有确定的相对运动？这对分析现有机构或机构的创新设计是很重要的。

若组成机构的所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动，则称该机构为平面机构。否则称为空间机构。

实际机构一般由外形和结构都较复杂的构件组成。为了便于分析和研究机构，规定用简单符号，将实际机构绘制成机构运动简图。

本章介绍平面机构，主要内容是：（1）平面机构具有确定相对运动的条件；（2）平面机构运动简图的绘制方法。

2.1 平面机构组成及运动副

2.1.1 构件的自由度

由前述可知，构件是机构中运动的单元体，因此它是组成机构的主要要素。构件的自由度是构件可能出现的独立运动。任何一个构件在空间自由运动时皆有六个自由度，如图 2.4 所示，它可表达为在直角坐标系内沿着三个坐标轴的移动和绕三个坐标轴的转动。而对于一个作平面运动的构件，则只有三个自由度，构件 AB 可以在 xoy 平面内任一点 A 绕 z 轴转动，也可沿 x 轴或 y 轴方向移动。

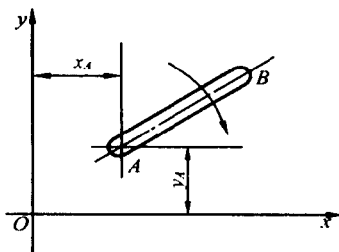


图 2.4 构件自由度