

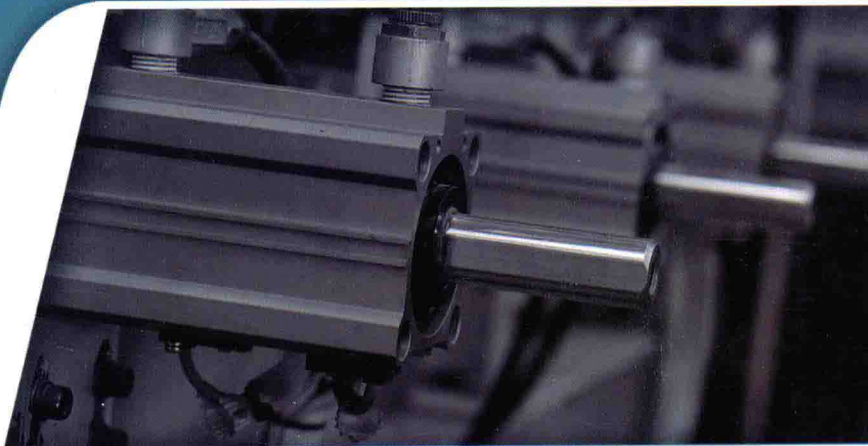


高职高专“十二五”创新型规划教材

机械设计基础

李晋山 主编

JIXIE SHEJI JICHU



南京大学出版社

高职高专“十二五”创新型规划教材

机械设计基础

主 编 李晋山

副主编 谢宇玲 陈庆蕊 刘晓丹

主 审 颜 伟



南京大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/李晋山主编. —南京: 南京大学出版社, 2010.7 (2016.8 重印)

高职高专“十二五”创新型规划教材

ISBN 978-7-305-07154-6

I. ①机… II. ①李… III. ①机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 108901 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093

网 址 <http://www.NjupCo.com>

出 版 人 左 健

丛 书 名 高职高专“十二五”创新型规划教材

书 名 机械设计基础

主 编 李晋山

责任编辑 瞿昌林 编辑热线 010-59713246

审读编辑 张黄静

照 排 天凤制版工作室

印 刷 北京燕旭开拓印务有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 23 字数 463 千

版 次 2010 年 7 月第 1 版 2016 年 8 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-305-07154-6

定 价 32.00 元

发行热线 025-83594756

电子邮箱 Press@NjupCo.com

Sales@NjupCo.com (市场部)

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购图书销售部门联系调换

前言

Preface

本书是应高职机械类和近机械类各专业的教学需要,依据教育部制定的《高职高专教育机械类专业人才培养目标及规格》要求编写的,以适应当前各类学校机械和近机械类各专业教学体系及内容改革的发展趋势而编写的一本新教材。

针对高职高专教育的特点及培养应用型专门人才的要求,本书在原机械设计基础教材的基础上,对体系和内容进行了适当的重新组合,使之能够满足机械类和近机械类学生用较少的学时数完成技术基础课程的学习,并具备扎实和广博的机械设计基础知识。

本书突出高等职业教育的特点,按照职业岗位技能要求,以培养应用型人才为目标,重点介绍了常用机构和一般工作条件下通用零部件的工作原理、特点、适用范围、选型,以及有关的基础理论和典型机构、传动零件的设计计算方法,教会学生在设计中如何正确使用标准、规范和手册等设计资料。考虑到在实际工作中,高职学生大多在一线工作,所以本教材删除了许多公式理论的推导,从实际出发,使学生建立起能够满足工作需要的知识结构和能力结构。

全书共分16章,主要内容包括:机械设计基础知识、常用机构、挠性传动、齿轮传动、齿轮系与减速器、轴、轴承、联接以及机械的平衡与调速。每章后附有同步练习,以便于学生巩固所学知识。

本书由开封大学李晋山任主编,福建船政交通职业学院谢宇玲、厦门华天涉外学院陈庆蕊、廊坊职业技术学院刘晓丹任副主编,四川交通职业技术学院颜伟教授主审。教材具体编写分工如下:李晋山编写第1、2、3、5、12、13章;谢宇玲编写绪论、第4、10、11章;陈庆蕊编写第8、9、15章;刘晓丹编写第6、7、14、16章。

本书在编写过程中曾得到了许多兄弟院校同行、专家的大力支持与帮助,为本书质量的提高给予了很大的帮助;主审以及出版社编审人员也为本书的出版和提高质量花费了大量心血,我们在此一并致以衷心的感谢。

限于我们的水平和时间,书中错误和不妥之处在所难免,殷切希望使用本书的教师和读者批评指正。

编者

目 录 Contents

绪论	(1)
0.1 机器的组成及其特征	(1)
0.1.1 机器与机构	(1)
0.1.2 构件与零件	(2)
0.2 本课程的性质和研究对象	(2)
0.2.1 本课程的性质	(2)
0.2.2 本课程的研究对象	(3)
0.3 本课程的基本要求和学习方法	(3)
0.3.1 本课程的基本要求	(3)
0.3.2 本课程的学习方法	(3)
第1章 平面机构的运动简图和自由度	(4)
1.1 机构的组成	(4)
1.1.1 自由度、运动副与约束	(4)
1.1.2 运动副及其分类	(5)
1.1.3 运动链与机构	(6)
1.2 平面机构的运动简图	(6)
1.2.1 运动副及构件的表示方法	(6)
1.2.2 平面机构运动简图的绘制	(8)
1.3 运动确定性的概念	(9)
1.3.1 平面机构的自由度	(10)
1.3.2 计算机构的自由度时应注意的问题	(11)
1.3.3 机构具有确定运动的条件	(13)
第2章 平面连杆机构	(16)
2.1 概述	(16)
2.1.1 平面连杆机构的特点	(16)
2.1.2 平面连杆机构的应用和分类	(17)

2.2 铰链四杆机构	(17)
2.2.1 铰链四杆机构的组成	(17)
2.2.2 铰链四杆机构的基本形式	(17)
2.2.3 铰链四杆机构曲柄存在的条件	(20)
2.3 含有一个移动副的平面四杆机构	(20)
2.3.1 曲柄滑块机构	(20)
2.3.2 导杆机构	(21)
2.4 平面四杆机构的工作特性	(23)
2.4.1 急回特性及行程速度变化系数	(23)
2.4.2 压力角和传动角	(24)
2.4.3 死点	(26)
2.5 平面四杆机构的设计	(27)
2.5.1 四杆机构设计条件	(27)
2.5.2 四杆机构的设计方法	(27)
第3章 凸轮机构	(32)
3.1 凸轮机构的应用和分类	(32)
3.1.1 凸轮机构的组成、应用和特点	(32)
3.1.2 凸轮机构的分类	(33)
3.2 凸轮机构的基本参数和从动件常用运动规律	(35)
3.2.1 平面凸轮机构的基本参数和工作过程	(36)
3.2.2 从动件常用运动规律	(37)
3.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	(38)
3.3.1 “反转法”原理	(39)
3.3.2 偏置直动尖顶从动件盘形凸轮轮廓的绘制	(39)
3.3.3 直动滚子从动件盘形凸轮轮廓的绘制	(40)
3.4 凸轮设计中的几个问题	(41)
3.4.1 凸轮机构的压力角问题	(41)
3.4.2 基圆半径的确定	(42)
3.4.3 滚子半径的选择	(42)
第4章 齿轮机构	(45)
4.1 概述	(45)
4.1.1 齿轮机构的特点	(45)
4.1.2 齿轮机构的基本类型	(45)

4.2 渐开线的形成和基本性质	(47)
4.2.1 渐开线的形成	(47)
4.2.2 渐开线的性质	(47)
4.2.3 渐开线方程	(48)
4.2.4 渐开线齿廓啮合基本定律	(49)
4.2.5 渐开线齿廓啮合的特点	(50)
4.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	(50)
4.3.1 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分的名称和符号	(50)
4.3.2 标准直齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	(53)
4.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(54)
4.4.1 渐开线标准直齿圆柱齿轮的正确啮合条件	(54)
4.4.2 渐开线齿轮的标准中心距	(55)
4.4.3 渐开线齿轮连续传动的条件	(55)
4.5 渐开线齿轮的加工原理与根切现象	(56)
4.5.1 渐开线齿轮的加工原理	(56)
4.5.2 渐开线齿轮的根切现象及最少齿数	(58)
4.5.3 公法线长度和固定弦齿厚	(59)
4.6 变位齿轮传动	(61)
4.6.1 概述	(61)
4.6.2 变位齿轮传动的类型和特点	(62)
4.6.3 变位齿轮的几何尺寸计算	(62)
4.7 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	(63)
4.7.1 齿廓曲面的形成及啮合特点	(63)
4.7.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数及几何尺寸计算	(64)
4.7.3 斜齿轮传动正确啮合的条件和重合度	(66)
4.7.4 斜齿轮的当量齿轮和当量齿数	(67)
4.8 直齿圆锥齿轮机构	(68)
4.8.1 直齿圆锥齿轮机构的类型和传动比	(68)
4.8.2 直齿圆锥齿轮机构的主要参数和几何尺寸计算	(69)
4.8.3 锥齿轮机构齿廓的形成、背锥和当量齿轮	(70)
4.9 蜗杆蜗轮机构	(72)
4.9.1 蜗杆蜗轮机构的组成和类型	(72)
4.9.2 蜗杆蜗轮机构的特点	(73)
4.9.3 蜗杆蜗轮机构的主要参数和几何尺寸计算	(73)

第5章 齿轮系	(80)
5.1 定轴齿轮系传动比的计算	(80)
5.1.1 平面定轴齿轮系传动比的计算	(81)
5.1.2 空间定轴齿轮系传动比的计算	(81)
5.2 行星齿轮系传动比的计算	(82)
5.2.1 行星齿轮系的分类	(82)
5.2.2 行星齿轮系传动比的计算	(84)
5.2.3 复合齿轮系传动比的计算	(85)
5.3 齿轮系应用	(87)
5.3.1 实现分路传动	(87)
5.3.2 获得大的传动比	(87)
5.3.3 实现换向传动	(87)
5.3.4 实现变速传动	(88)
5.3.5 用于对运动进行合成与分解	(88)
第6章 间歇运动机构	(92)
6.1 棘轮机构	(92)
6.1.1 棘轮机构的工作原理	(92)
6.1.2 棘轮机构的类型	(93)
6.1.3 棘轮机构的应用	(95)
6.2 槽轮机构	(96)
6.2.1 槽轮机构的工作原理	(96)
6.2.2 槽轮机构的类型	(97)
6.2.3 槽轮机构的特点和应用	(98)
6.3 不完全齿轮机构	(99)
第7章 刚性回转件的平衡	(101)
7.1 概述	(101)
7.1.1 刚性回转件平衡的目的	(101)
7.1.2 刚体回转件平衡的种类	(102)
7.2 刚性回转件的平衡计算	(102)
7.2.1 静平衡计算	(102)
7.2.2 动平衡的计算	(104)
7.3 刚性回转件的平衡试验	(106)
7.3.1 静平衡试验	(106)

7.3.2 动平衡试验	(107)
第8章 键联接和销联接	(109)
8.1 概述	(109)
8.2 键连接的类型	(110)
8.2.1 松键联接	(110)
8.2.2 紧键联接	(112)
8.3 平键联接的尺寸选择和强度校核	(114)
8.3.1 平键的类型选择	(114)
8.3.2 平键的尺寸选择	(114)
8.3.3 平键联接的失效形式和强度校核计算	(115)
8.4 花键联接	(117)
8.4.1 花键联接的特点	(117)
8.4.2 花键联接的类型	(117)
8.4.3 花键联接的选择和强度校核	(118)
8.5 销联接	(120)
8.5.1 销联接的类型、特点及应用	(120)
8.5.2 销联接的强度计算	(121)
第9章 螺纹联接和螺旋传动	(124)
9.1 螺纹的类型和主要参数	(124)
9.1.1 螺纹的类型及应用	(124)
9.1.2 螺纹的主要参数	(125)
9.2 螺旋副的受力分析、自锁和效率	(126)
9.2.1 牙型角等于零的螺纹(矩形螺纹)	(126)
9.2.2 牙型角不等于零的螺纹(非矩形)	(128)
9.3 螺纹联接的基本类型和螺纹联接件	(129)
9.3.1 螺纹联接的基本类型	(129)
9.3.2 螺纹联接件	(131)
9.4 螺纹联接设计应注意的几个基本问题	(133)
9.4.1 螺纹联接的预紧	(133)
9.4.2 螺纹联接的防松	(134)
9.4.3 螺栓组联接结构设计注意事项	(136)
9.5 螺栓联接的强度计算	(139)
9.5.1 普通螺栓联接的强度计算	(139)

9.5.2 铰制孔用螺栓联接的强度计算	(142)
9.6 螺旋传动	(146)
9.6.1 螺旋传动的运动形式	(146)
9.6.2 螺旋传动的类型和应用	(147)
9.6.3 滚动螺旋传动	(149)
9.6.4 滑动螺旋传动螺杆及螺母材料	(150)
9.6.5 滑动螺旋传动的计算	(150)
第10章 带传动	(156)
10.1 概述	(156)
10.1.1 带传动的类型及应用	(156)
10.1.2 带传动的特点	(158)
10.1.3 V带的结构和型号	(158)
10.2 带传动的工作情况分析	(160)
10.2.1 带传动的受力分析	(160)
10.2.2 带传动工作时的应力分析	(162)
10.2.3 带传动的弹性滑动和传动比	(163)
10.3 普通V带传动的设计计算	(164)
10.3.1 带传动的失效形式和设计准则	(164)
10.3.2 单根普通V带所能传递的功率	(164)
10.3.3 普通V带传动的设计方法和步骤	(167)
10.4 V带轮的设计	(172)
10.4.1 V带轮的要求	(172)
10.4.2 V带轮的材料	(173)
10.4.3 V带轮的结构	(173)
10.5 带传动的张紧、安装和维护	(175)
10.5.1 带传动的张紧装置	(175)
10.5.2 带传动的安装与维护	(176)
第11章 链传动	(179)
11.1 概述	(179)
11.1.1 链传动的组成、特点和应用	(179)
11.1.2 链传动的类型	(180)
11.2 滚子链和链轮	(181)
11.2.1 滚子链的结构	(181)

11.2.2 滚子链的标准	(182)
11.2.3 链轮	(183)
11.3 链传动的运动特性和主要参数	(184)
11.3.1 链传动的运动特性	(184)
11.3.2 链传动主要参数的选择	(185)
11.4 链传动的布置、张紧及维护	(185)
11.4.1 链传动的布置	(185)
11.4.2 链传动的张紧	(185)
11.4.3 链传动的润滑	(186)
第12章 齿轮传动	(188)
12.1 轮齿的失效形式和设计准则	(188)
12.1.1 轮齿的失效形式	(188)
12.1.2 齿轮传动的设计准则	(190)
12.2 齿轮常用的材料及热处理	(191)
12.2.1 齿轮对材料的基本要求	(191)
12.2.2 常用材料及热处理选择	(192)
12.2.3 齿面硬度差	(194)
12.3 齿轮传动的精度简介	(195)
12.3.1 齿轮传动精度分类	(195)
12.3.2 圆柱齿轮传动精度等级选择	(195)
12.4 直齿圆柱齿轮传动的受力和计算载荷	(196)
12.4.1 齿轮受力分析	(196)
12.4.2 计算载荷	(197)
12.5 直齿圆柱齿轮传动强度计算	(199)
12.5.1 齿面接触疲劳强度计算	(199)
12.5.2 齿根弯曲疲劳强度计算	(203)
12.6 直齿圆柱齿轮传动设计	(206)
12.7 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	(209)
12.7.1 斜齿圆柱齿轮轮齿受力分析	(209)
12.7.2 斜齿圆柱齿轮强度计算	(211)
12.7.3 斜齿圆柱齿轮传动设计	(212)
12.8 直齿锥齿轮传动	(214)
12.8.1 直齿锥齿轮传动受力分析	(214)

12.8.2 强度计算	(215)
12.9 蜗杆传动	(219)
12.9.1 蜗杆传动的受力分析	(219)
12.9.2 蜗杆传动的失效形式及设计准则	(221)
12.9.3 蜗杆传动的材料选择及蜗轮常用材料的许用应力	(222)
12.9.4 蜗杆传动的强度计算	(222)
12.9.5 蜗杆传动的热平衡计算	(223)
12.9.6 圆柱蜗杆传动的参数选择	(226)
12.9.7 蜗杆传动设计步骤	(226)
12.10 齿轮结构与润滑	(228)
12.10.1 圆柱齿轮结构	(228)
12.10.2 锥齿轮结构	(230)
12.10.3 蜗轮蜗杆结构	(231)
12.10.4 齿轮传动、蜗杆传动的润滑	(232)
第13章 轴	(236)
13.1 概述	(236)
13.1.1 分类	(236)
13.1.2 材料与毛坯	(238)
13.2 轴的结构设计	(240)
13.2.1 轴结构的组成	(240)
13.2.2 零件在轴上的定位	(240)
13.2.3 轴及轴上零件结构的工艺性	(242)
13.2.4 轴结构的设计步骤	(245)
13.3 轴的强度计算	(247)
13.3.1 轴的扭转强度计算	(247)
13.3.2 轴的弯扭合成强度计算	(247)
13.3.3 轴的刚度计算	(248)
13.4 轴的设计	(250)
第14章 轴承	(256)
14.1 滚动轴承的结构、类型及代号	(256)
14.1.1 滚动轴承的结构	(256)
14.1.2 滚动轴承的类型	(257)
14.1.3 滚动轴承的代号	(262)

14.2 滚动轴承类型的选择	(264)
14.2.1 影响轴承承载能力的参数	(264)
14.2.2 滚动轴承类型的选择	(265)
14.3 滚动轴承的失效形式及计算准则	(266)
14.3.1 滚动轴承的主要失效形式	(266)
14.3.2 滚动轴承的计算准则	(267)
14.4 滚动轴承的寿命计算	(267)
14.4.1 寿命	(267)
14.4.2 基本额定寿命	(267)
14.4.3 基本额定动负荷	(268)
14.4.4 寿命计算公式	(268)
14.4.5 当量动负荷 P 的计算	(270)
14.4.6 向心角接触轴承的载荷计算	(271)
14.5 滚动轴承的静强度计算	(276)
14.5.1 基本额定静载荷	(276)
14.5.2 当量静负荷	(277)
14.5.3 静强度计算	(277)
14.6 滚动轴承的组合设计	(279)
14.6.1 轴承的轴向固定	(279)
14.6.2 轴组件的轴向固定	(280)
14.6.3 轴承组合的调整	(281)
14.6.4 滚动轴承的配合	(282)
14.6.5 轴承组合支承部分的刚度和同轴度	(283)
14.6.6 滚动轴承的安装和拆卸	(283)
14.6.7 滚动轴承的润滑与密封	(284)
14.7 滑动轴承	(288)
14.7.1 滑动轴承的类型和结构	(288)
14.7.2 轴瓦与轴衬	(290)
14.7.3 非液体摩擦滑动轴承的计算	(292)
14.8 滚动轴承与滑动轴承的比较	(294)
第 15 章 联轴器和离合器	(297)
15.1 概述	(297)
15.2 常用联轴器	(298)

15.2.1 刚性联轴器	(299)
15.2.2 挠性联轴器	(300)
15.2.3 联轴器的选择	(304)
15.2.4 联轴器的标记	(305)
15.3 常用离合器	(306)
15.3.1 牙嵌离合器	(306)
15.3.2 摩擦式离合器	(307)
15.3.3 磁粉离合器和器	(309)
15.3.4 定向离合器	(310)
15.4 联轴器、离合器的使用与维护	(311)
第 16 章 机械传动系统设计	(313)
16.1 传动系统的功能与分类	(313)
16.1.1 传动机构的功能	(313)
16.1.2 传动机构的类型及其特点	(314)
16.2 常用机械传动机构的选择	(316)
16.3 机械传动的特性和参数	(318)
16.4 机械传动的方案设计	(321)
16.4.1 传动类型的选择	(321)
16.4.2 传动顺序的布置	(322)
16.4.3 总传动比的分配	(323)
16.5 机械传动的设计顺序	(324)
同步练习参考答案	(325)
参考文献	(353)

绪 论

机械工程是人类实现工业化的主导力量。在 200 多年的工业化进程中,创造了科学飞速进步和技术创新不断涌现的新时代。现在市场上可以看到千百万种大小机械,在一切可能的地方都由机械代替了人力劳动,它所创造的财富丰富了人类的物质文明和精神文明。在全球信息化的时代,机械工程将提升到一个全新阶段,从纳米机械直到航空航天机械,新的发明创造层出不穷,必将极大地造福于人类社会。

0.1 机器的组成及其特征

0.1.1 机器与机构

在现代的日常生活和工程实践中,随处都可见到各种各样的机器。例如,洗衣机、缝纫机、内燃机、拖拉机、金属切削机床、起重机、包装机、复印机等。机器是一种人为实物组合的具有确定机械运动的装置,它用来完成一定的工作过程,以代替或减轻人类的劳动。机器的种类很多,根据用途不同,机器可分为:

动力机器——实现能量转换,如内燃机、电动机、蒸汽机、发电机、压气机等。

加工机器——完成有用的机械功或搬运物品,如机床、织布机、汽车、飞机、起重机、输送机等。

信息机器——完成信息的传递和变换,如复印机、打印机、绘图机、传真机、照相机等。

虽然机器的种类繁多,构造、用途和功能也各不相同。但具有相同的基本特征:

- (1) 人为的实物(构件)组合体。
- (2) 各个运动实物之间具有确定的相对运动。
- (3) 代替或减轻人类劳动,完成有用功或实现能量的转换。

凡具备上述(1)(2)两个特征的实物组合体称为机构。

机器能实现能量的转换或代替人的劳动去做有用的机械功,而机构则没有这种功能。

仅从结构和运动的观点看,机器与机构并无区别,它们都是构件的组合,各构件

之间具有确定的相对运动。因此,通常人们把机器与机构统称为机械。如图 0-1 所示的内燃机,是由汽缸体、活塞、连杆、曲轴、小齿轮、大齿轮、凸轮、推杆等系列构件组成,其各构件之间的运动是确定的。

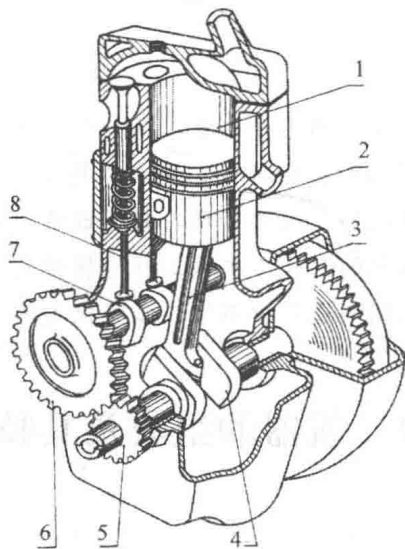


图 0-1 单缸内燃机

1—汽缸体; 2—活塞; 3—连杆; 4—曲轴; 5—小齿轮; 6—大齿轮; 7—凸轮; 8—推杆

0.1.2 构件与零件

机构是由具有确定运动的单元体组成的,这些运动单元体成为构件。组成构件的制造单元体称为零件。零件则是指机器中不可拆的一个最基本的制造单元体。构件可以由一个或多个零件组成。如图 0-1 所示内燃机的曲轴为一个零件;连杆则为多个零件的组合。因此,构件是相互固接在一起的零件组合体。

0.2 本课程的性质和研究对象

0.2.1 本课程的性质

本课程是一门研究常用机构、通用零件与部件以及一般机器的基本设计理论和方法的课程,是机械工程类各专业中的主干课程,它介于基础课程与专业课程之间,具有承上启下的作用,是一门重要的技术基础课程。本课程要综合应用机械制图、金属工艺学、工程力学、互换性与技术测量等先修课程的基础理论和基本知识,且偏重于

工程的应用。因此,要重视生产实践环节,学习时应注重培养工程意识、理论联系实际。本课程将为学生今后学习有关专业课程和掌握新的机械科学技术奠定必要的基础。

0.2.2 本课程的研究对象

本课程的研究对象为机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件,研究其工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法以及一些零部件的选用和维护。

0.3 本课程的基本要求和学习方法

0.3.1 本课程的基本要求

本课程的任务是使学生掌握常用机构和通用零件的基本理论和基本知识,初步具有分析、设计能力,并获得必要的基本技能训练,同时培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

1. 熟悉常用机构的组成、工作原理及其特点,掌握通用机构的分析和设计的基本方法。
2. 熟悉通用机械零件的工作原理、结构及其特点,掌握通用机械零件的选用和设计的基本方法。
3. 具有对机构分析设计和零件设计计算的能力,并具有运用机械设计手册、图册及标准等有关技术资料的能力。
4. 具有综合运用所学知识和实践的技能,设计简单机械和简单传动装置的能力。

0.3.2 本课程的学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课和专业课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。因此,学生在学习过程中,必须多观察、细思考、勤练习、常总结。观察生活、生产中遇到的各种机械,熟悉典型结构,增强感性认识;思考明晰本课程的基本概念,注意各种知识的联系,融会贯通;勤练基本技能,提高分析能力和综合能力;及时总结、消化掌握课程内容,归纳学到的各种技术方法。特别应注重实践能力和创新精神的培养,提高全面素质和综合职业能力。