

丛书主编
刘文金

产品设计技术 基础

胡东 刘忠伟 曾莹 主编

高等院校十二五工业设计专业规划教材

合肥工业大学出版社

高等院校十二五工业设计专业规划教材

丛书主编 刘文金

FUNDAMENTALS OF PRODUCT
DESIGN TECHNOLOGY

产品设计技术基础

胡 东 刘忠伟 曾 莹 编著

合肥工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

产品设计技术基础/胡 东 刘忠伟 曾 莹编著.—合肥:合肥工业大学出版社, 2011.5

ISBN 978-7-5650-0376-9

I. ①产… II. ①胡… ②刘… ③曾… III. ①工业产品-设计-高等学校-教材②工业产品-制造-高等学校 IV. ①TB47

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第026803号

丛 书 顾 问: 张福昌 欧绍华 唐川林

丛 书 主 编: 刘文金

丛书副主编: 刘宗明 张宗登 张 华

丛 书 编 委: 王以华 王艳群 王菊槐 王 超 包 泓 刘子建 刘文金 刘李明
刘宗明 安尊志 朱云峰 许继峰 许慧珍 吴雪松 张小开 张 华
张红颖 张宗登 张寒凝 杨 韵 邹伟华 陈建荣 陈朝杰 孟 燕
范 伟 郑铭磊 金海明 胡文娟 胡 东 胡俊红 赵 娟 莫志娟
高建华 黄黎清 曾 莹 谭嫒嫒 穆荣兵

产 品 设 计 技 术 基 础

主 编: 胡 东 刘忠伟 曾 莹

责任编辑: 方立松 金 伟

封面设计: 刘葶葶

内文设计: 李辉周

技术编辑: 程玉平

书 名: 高等院校十二五工业设计专业规划教材——产品设计技术基础

出 版: 合肥工业大学出版社

地 址: 合肥市屯溪路193号

邮 编: 230009

网 址: www.hfutpress.com.cn

发 行: 全国新华书店

印 刷: 安徽江淮印务有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 11.25

字 数: 252千字

版 次: 2011年9月第1版

印 次: 2011年9月第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5650-0376-9

定 价: 28.00元 (含教学光盘1张)

发行部电话: 0551-2903188

前言

PREFACE

本书主要针对高等艺术设计院校及工科院校中产品设计专业特色,综合在产品设计过程中对设计具有重要影响的工程技术基础知识,结合当前相关科技领域的新知识、新技术而编写的。

全书以与产品设计相关的技术为主线划分章节,逐一分析产品的结构设计、产品材料特性、产品内部机构的运动机理、产品零部件联接以及产品材料的成型技术,重点放在对产品内部机构的运动、力学特性分析和产品材料成型技术的研究,特别注重提高学生的技术水平,培养其分析和解决产品设计中常见问题的能力。本书涵盖了与产品设计有关的重要技术,对重点章节的基本原理、基本公式,力求阐述清楚、分析透彻、严密推证。但对与本专业关联度较低的章节则主要以应用为主进行说明。

本书的素材取自产品设计、造型设计、机械设计以及材料成型等相关文献资料,并结合实践积累的教学经验与方法进行编写,其内容紧密与工业设计专业知识相结合,深浅适度。希望通过本教材有限的篇幅,在学生有限的学习时间内帮助学生构筑相关工程技术的学科结构体系,了解和掌握其基本术语、基本概念、基本原理、基本研究及设计方法,从而培养学生进行产品设计技术开发的能力。

本书适用于工业设计类(包括工业设计理工类和艺术类专业)专业的学生进行专业基础课程(必修)的学习,也适合于其他电气、土木、包装工程等非机械类工科专业的学生学习。

本课程应为《工业设计概论》、《工程图学》和《造型基础》等工业设计基础课程的后续课程,安排时予以注意。全书共分11章,建议学时安排如下:第一章(2学时);第二章(4学时);第三章(4学时);第四章(6学时);第五章(4学时);第六章(6学时);第七章(4学时);第八章(6学时);第九章(4学时);第十章(2学时);第十一章(8学时)。

参加本书编写的教师有:胡东(第一、四、五、六章),曾莹、张宗登(第二、三、十章),刘忠伟(第七、八、九章),唐川林(第十一章)。全书由胡东、刘忠伟、曾莹担任主编,由唐川林教授主审。

本书被列为高等学校工业设计专业十二五规划教材,在编写过程中,得到了重庆大学廖振方教授、重庆交通大学杨林教授等的大力支持。在此,编者表示感谢。

由于编者水平和经验有限,加之时间仓促,书中定有错误疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者
2011年8月

第一章 绪论

- 第一节 本课程的研究对象和内容 007
- 第二节 本课程的地位和作用 011
- 第三节 产品设计的基本要求和一般流程 012

第二章 结构设计

- 第一节 力学结构 015
- 第二节 产品加工工艺结构 022
- 第三节 储运结构 024
- 第四节 人机工程结构 026

第三章 产品材料基础

- 第一节 材料的分类 033
- 第二节 材料特性 039
- 第三节 材料的选择与开发 041

第四章 平面机构的运动分析

- 第一节 平面机构的组成 045
- 第二节 平面机构运动简图 047
- 第三节 平面机构的自由度 049

第五章 平面连杆机构

- 第一节 平面四杆机构的分类 057
- 第二节 平面四杆机构的工作特性 062
- 第三节 平面四杆机构的设计 064

第六章 齿轮传动机构

- 第一节 渐开线齿廓的形成及齿轮基本参数 070
- 第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合 073
- 第三节 渐开线齿廓的加工及根切现象 077
- 第四节 轮系 080
- 第五节 轮齿的失效 086

第七章 其他常用传动机构

091 第一节 凸轮机构

096 第二节 间歇运动机构

100 第三节 摩擦轮传动

第八章 带传动和链传动

103 第一节 带传动

112 第二节 链传动

第九章 零件联接

117 第一节 螺纹联接

125 第二节 键联接

127 第三节 销联接

128 第四节 过盈联接和胀紧联接

131 第五节 焊接

135 第六节 铆接和胶接

第十章 轴

139 第一节 轴的类型

142 第二节 轴的材料

144 第三节 轴的结构设计

第十一章 产品材料成型基础

149 第一节 金属材料成型

163 第二节 陶瓷材料成型

167 第三节 塑料成型

175 第四节 复合材料成型

参考文献

高等院校十二五工业设计专业规划教材

丛书主编 刘文金

FUNDAMENTALS OF PRODUCT
DESIGN TECHNOLOGY

产品设计技术基础

胡 东 刘忠伟 曾 莹 编著

合肥工业大学出版社

不外借

中国图书馆
CIP 数据

图书在版编目(CIP)数据

产品设计技术基础/胡东 刘忠伟 曾莹编著.—合肥:合肥工业大学出版社, 2011.5

ISBN 978-7-5650-0376-9

I. ①产… II. ①胡… ②刘… ③曾… III. ①工业产品-设计-高等学校-教材②工业产品-制造-高等学校 IV. ①TB47

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第026803号

丛书顾问: 张福昌 欧绍华 唐川林

丛书主编: 刘文金

丛书副主编: 刘宗明 张宗登 张华

丛书编委: 王以华 王艳群 王菊槐 王超 包泓 刘子建 刘文金 刘李明

刘宗明 安尊志 朱云峰 许继峰 许慧珍 吴雪松 张小开 张华

张红颖 张宗登 张寒凝 杨韵 邹伟华 陈建荣 陈朝杰 孟燕

范伟 郑铭磊 金海明 胡文娟 胡东 胡俊红 赵娟 莫志娟

高建华 黄黎清 曾莹 谭媛媛 穆荣兵

产品设计技术基础

主编: 胡东 刘忠伟 曾莹

责任编辑: 方立松 金伟

封面设计: 刘亭亭

内文设计: 李辉周

技术编辑: 程玉平

书名: 高等院校十二五工业设计专业规划教材——产品设计技术基础

出版: 合肥工业大学出版社

地址: 合肥市屯溪路193号

邮编: 230009

网址: www.hfutpress.com.cn

发行: 全国新华书店

印刷: 安徽江淮印务有限责任公司

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 11.25

字数: 252千字

版次: 2011年9月第1版

印次: 2011年9月第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5650-0376-9

定价: 28.00元(含教学光盘1张)

发行部电话: 0551-2903188

前言

PREFACE

本书主要针对高等艺术设计院校及工科院校中产品设计专业特色,综合在产品设计过程中对设计具有重要影响的工程技术基础知识,结合当前相关科技领域的新知识、新技术而编写的。

全书以与产品设计相关的技术为主线划分章节,逐一分析产品的结构设计、产品材料特性、产品内部机构的运动机理、产品零部件联接以及产品材料的成型技术,重点放在对产品内部机构的运动、力学特性分析和产品材料成型技术的研究,特别注重提高学生的技术水平,培养其分析和解决产品设计中常见问题的能力。本书涵盖了与产品设计有关的重要技术,对重点章节的基本原理、基本公式,力求阐述清楚、分析透彻、严密推证。但对与本专业关联度较低的章节则主要以应用为主进行说明。

本书的素材取自产品设计、造型设计、机械设计以及材料成型等相关文献资料,并结合实践积累的教学经验与方法进行编写,其内容紧密与工业设计专业知识相结合,深浅适度。希望通过本教材有限的篇幅,在学生有限的学习时间内帮助学生构筑相关工程技术的学科结构体系,了解和掌握其基本术语、基本概念、基本原理、基本研究及设计方法,从而培养学生进行产品设计技术开发的能力。

本书适用于工业设计类(包括工业设计理工类和艺术类专业)专业的学生进行专业基础课程(必修)的学习,也适合于其他电气、土木、包装工程等非机械类工科专业的学生学习。

本课程应为《工业设计概论》、《工程图学》和《造型基础》等工业设计基础课程的后续课程,安排时予以注意。全书共分11章,建议学时安排如下:第一章(2学时);第二章(4学时);第三章(4学时);第四章(6学时);第五章(4学时);第六章(6学时);第七章(4学时);第八章(6学时);第九章(4学时);第十章(2学时);第十一章(8学时)。

参加本书编写的教师有:胡东(第一、四、五、六章),曾莹、张宗登(第二、三、十章),刘忠伟(第七、八、九章),唐川林(第十一章)。全书由胡东、刘忠伟、曾莹担任主编,由唐川林教授主审。

本书被列为高等学校工业设计专业十二五规划教材,在编写过程中,得到了重庆大学廖振方教授、重庆交通大学杨林教授等的大力支持。在此,编者表示感谢。

由于编者水平和经验有限,加之时间仓促,书中定有错误疏漏之处,敬请读者批评指正。

作者
2011年8月

第一章 绪论

- 第一节 本课程的研究对象和内容 007
- 第二节 本课程的地位和作用 011
- 第三节 产品设计的基本要求和一般流程 012

第二章 结构设计

- 第一节 力学结构 015
- 第二节 产品加工工艺结构 022
- 第三节 储运结构 024
- 第四节 人机工程结构 026

第三章 产品材料基础

- 第一节 材料的分类 033
- 第二节 材料特性 039
- 第三节 材料的选择与开发 041

第四章 平面机构的运动分析

- 第一节 平面机构的组成 045
- 第二节 平面机构运动简图 047
- 第三节 平面机构的自由度 049

第五章 平面连杆机构

- 第一节 平面四杆机构的分类 057
- 第二节 平面四杆机构的工作特性 062
- 第三节 平面四杆机构的设计 064

第六章 齿轮传动机构

- 第一节 渐开线齿廓的形成及齿轮基本参数 070
- 第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合 073
- 第三节 渐开线齿廓的加工及根切现象 077
- 第四节 轮系 080
- 第五节 轮齿的失效 086

第七章 其他常用传动机构

- 091 第一节 凸轮机构
- 096 第二节 间歇运动机构
- 100 第三节 摩擦轮传动

第八章 带传动和链传动

- 103 第一节 带传动
- 112 第二节 链传动

第九章 零件联接

- 117 第一节 螺纹联接
- 125 第二节 键联接
- 127 第三节 销联接
- 128 第四节 过盈联接和胀紧联接
- 131 第五节 焊接
- 135 第六节 铆接和胶接

第十章 轴

- 139 第一节 轴的类型
- 142 第二节 轴的材料
- 144 第三节 轴的结构设计

第十一章 产品材料成型基础

- 149 第一节 金属材料成型
- 163 第二节 陶瓷材料成型
- 167 第三节 塑料成型
- 175 第四节 复合材料成型

参考文献

CHAPTER ONE

绪论

[本章学习目标与要求]

通过本章学习,掌握本课程的研究内容,理解该课程在工程设计类领域的地位和作用,理解从事产品设计的基本要求和一般流程。要搞清本课程“为什么要学”、“学什么”和“如何学”这三个大问题。

[本章学习重点]

课程研究的对象及内容,产品设计的基本要求和一般流程

[本章学习难点]

本课程研究的对象及内容

产品设计是工业设计范畴中的主要部分,是集科学与艺术为一体的综合性多学科,是运用创造性的设计思维,将美学、工程技术、生产技术、市场营销与系统决策相结合。“设计以人为本”是现代产品设计发展的重要方向,目的是解决人—产品—环境之间存在的种种问题,协调三者健康和谐发展。产品设计的形成所涉及的面是广阔的,不是单一依赖哪一方面的知识就能完成的,它必须是工业设计师、工程设计师及市场研究人员三方面共同努力合作的结果。也就是说产品设计是现代科学技术和人类文化艺术发展的产物、是人们对社会生活观念、价值观念、改造自然和社会设想等综合的需求,

以及运用科学学术成果的总和。因此,对于工业设计师来说,除了掌握工业设计师应有的有关专业知识及设计技能外,还必须了解工程技术和有关市场方面的知识,培养与其他专业人员、工程师的合作意识,掌握与其他专业人员交流、合作所必备的专业基础。

产品设计不同于绘画艺术,尽管造型艺术手段是它的一个重要组成部分。但它最终的目的不仅仅表现个人的情感及喜好,而是让其功能体现出来并服务广大消费者的生活意义,这就要求产品内部的机能原理和构造传动设计可靠,达到预期效果,满足使用者的要求,因而需要设计者具有较强的工程技术能力。

工程设计必须遵循一定的自然法则及技术原理,但它决不是艺术的锁链,相反它如同空气一样使艺术之鸟在天空自由翱翔。

第一节 本课程的研究对象和内容

回顾工业设计的发展历程我们可以清楚地看到,优秀的产品始终是艺术与技术完美结合的产物,优秀的设计师始终关注着技术的进步与未来的发展,探讨将新技术与艺术有机结合的新方法,并将其融入设计作品

中。技术为他们提供了可靠的保证和更广阔的创造空间。

技术基础是产品设计中必备的基本素质,是设计师实现产品构想,并将其转化为批量生产的必要手段。产品设计师在具备设计思维的基础上,准确了解产品实施的技术要点,了解材料的性能、结构及其相应的生产成型工艺,为实现思维到实物的转化奠定基础。产品设计的技术基础是为设计师建立起一个相应的技术知识结构体系,其范围包括:结构学、材料工艺学、机构动力学、生产制造技术、机械制图、表面处理工艺、生产成型工艺等。

某种产品从设计到实施的过程中,为了满足既定设计要求,需要运用何种构造、何种材料、何种动力学模型等,这些都必须根据实际情况来作出决定。合理的结构是设计者本身必须考虑的,如若不然,则会导致建筑垮塌,桥梁折断,机床不能生产,汽车不能运输等。因此,产品设计师有必要对工程技术的结构体系、基本概念、基本原理、基本方法进行理解和研究,并长期关注这些领域的动态与发展。在工作中多与工程师交流,从而使艺术与技术更好地互动和结合。

合理的结构本身就具有理性的、简约的美。如蜂巢(图1-1a)、蛛网(图1-1b)、老鼠洞、鸟窝等,它们自身具有优异的力学性能而能承受疾风暴雨及其他大自然灾害的侵袭,同时也具有耳目一新的艺术效果;结构设计并不是一成不变的,只要满足其力学要求,就可以创造和设计出新型、巧妙的产品。如鸟巢、中央电视台新办公楼(图1-1c)等宏伟建筑;另外在机械产品中,巧妙的结构变化不仅可以优化功能、拓展使用范围,还能美化产品,增强艺术效果。因此,工程技术在许多方面可以被看作是艺术与技术的交叉点。

工程技术不仅仅是技术性问题,其本身往往就具有艺术特性。例如材料,在未经设计师雕饰之前就已经具有了其内在的美学价值,木材的肌理、金属的光泽、玻璃的晶莹等等。随着科技的发展和新材料的涌现,改变了人们传统的选用材料的方式。掌握各种新材料的性能,如何使这些新技术、新材料在产品设计中合理的体现出来,如何使新技术、新材料有效地为人类生活服务。这些都为设计者提出了新的要求。在技术应用中,除了需要构造和材料等硬件技术外,还需要



(a) 蜂巢

(b) 蛛网

(c) 中央电视台

图1-1 几种巧妙的建筑



(a) 木制椅子



(b) 塑料椅子



(c) 金属椅子

图1-2 不同材料的椅子

生产手段、方法这种软件技术。如要使产品反应设计的科学性、先进性、时代性、艺术性，这需把产品的精神内涵用适当的造型、材料、生产技术表现出来，这也是产品设计的一种进步。

不同材料其材料特性必然有差别，必然带来产品在结构形态、色彩及肌理等方面的变化。同是坐具，因其使用功能的不同，产生了凳、工作椅和沙发等不同形式类别，而同一类坐具形式如椅子，如图1-2所示，又因其所采用的材料变革而带来极大变化。尤其是新型复合材料技术的发展提高了产品的性能，拓宽了产品设计的范围。

机器是工业革命发展的主力军，也是工业生产中最重要产品，在现代生产和日常生活中，机器已成为代替或减轻人类劳动、提高劳动生产率的主要手段。使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志。

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。凡将其他形式能量转化为机械能的机器称为原动机。如内燃机将热能转化为机械能，电动机将电能变化

为机械能，它们都是原动机。凡利用机械能去转化或传递能量、物料、信息的机器称为工作机。如发电机将机械能变化为电能，起重机传递物料，录音机变化和传递信息，它们都属于工作机。

任何机器都是为实现某种功能而设计制造的。如下图1-3所示的单缸内燃机，它是由活塞1、连杆2、曲轴3、齿轮4与5、凸轮6、顶杆7以及气缸8等组成。其基本功能是使燃气在气缸内经过进气—压缩—爆发—排气的循环过程，将燃气的热能不断地转

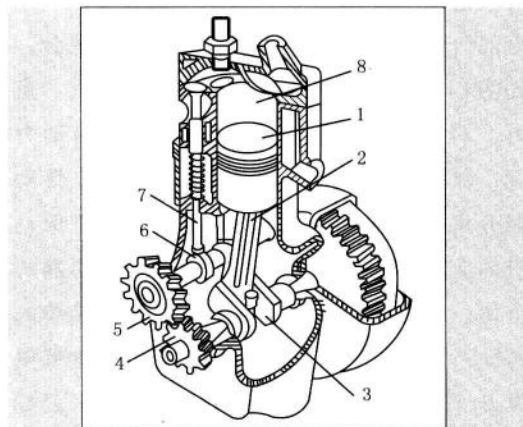


图1-3 单缸发动机

换为机械能，从而使活塞的往复运动通过连杆转换为曲轴的连续转动。为了保证曲柄转动的连续性，要求定时将燃气送入气缸并将废气排出气缸，这可以通过进气阀和排气阀完成，而进、排气阀的启闭则是通过齿轮、凸轮、顶杆、弹簧等各构件的协同运动来实现的。

从以上可以看出，机器具有以下几个特征：

- (1) 机器一般是由许多构件组成的；
- (2) 各构件之间具有确定的相对运动；
- (3) 机器能够代替或减轻人类劳动来完成有用的机械功或转换机械能。

当我们仅仅研究构件之间的相对运动，而不考虑构件在做功和能量转换方面所起的作用时，通常把具有确定相对运动、实现运动和力的传递的多构件可动联接组合称为机构。例如图1-3中，活塞、连杆、曲柄和气缸体组成一个曲柄滑块机构，将活塞的往复直线运动转变为曲柄的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构，将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间歇运动。曲轴和凸轮上的齿轮与气缸体组成齿轮机构，实现转速的变化。

机器的主体部分是由机构组成的。就功能而言，一般机器包含4个基本组成部分：动力部分、传动部分、控制部分和执行部分，如图1-4所示。动力部分可以采用人力，畜力、风力、液力、电力、磁力等作为动力源，其中电力是目前使用最为广泛的。传动部分是介于原动机和执行部分之间，把原动机的运动和动力传递给执行部分，是机器的主体。一般动力源输出的运动形式为简单的转动，而执行部分的运动较为复杂，这就要求设计合适的传动机构。传动的主要形式如连杆传动、凸轮传动、齿轮传动、蜗杆传

动、带传动、链传动等，通过组合不同形式的传动机构，可以设计出满足不同功能的机器。由于传动部分的主体性、灵活性和可控性，因而对机器的改进和创新也主要体现于此，本书将重点对主要机构进行分析。控制部分是控制机械的其他基本部分，使操作者能随时实现或终止各种预定的功能，提高机器的工作效率及可靠性，主要包括计算机、传感器、电气装置、液压系统、气压系统以及其他控制机构。由于信息技术的发展，近代机器的控制部分中，计算机系统已居于主导地位。

机构与机器的区别：机构只是一个构件系统，机器除构件系统外还包含电气、液压等装置；机构只用于传递力和运动，机器除传递运动和力外还具有变换和传递能量、

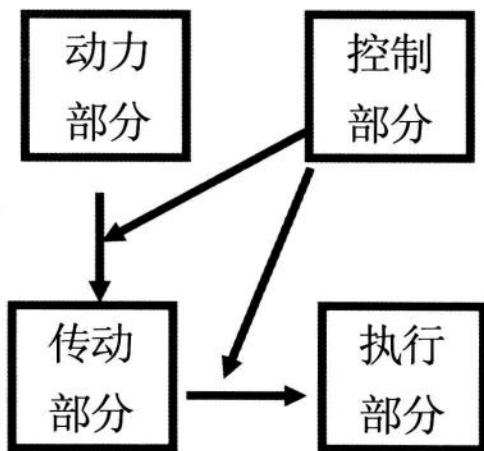


图1-4 机器组成示意图

物料与信息的功能。但是,在研究构件的运动和受力情况时,机器与机构并无差别。因此,习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

构件是机器的运动单元。它可能是一个零件,也可能是若干零件的刚性组合体。零件是机器的制造单元。它可分为通用零件和专用零件两大类:通用零件是各类机械中常用的零件,如螺栓、齿轮等。专用零件是指某些机械中的特殊零件,如飞机发动机的涡轮叶片,内燃机曲轴等。

产品设计技术基础主要研究产品受力和传力的基本规律,以设计出更科学的产品结构。分析材料与功能有机结合的方法,学习全方位把握常见材料性能的方法及途径。重点研究工程产品中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。熟悉常用的金属材料、无机材料、有机高分子材料以及复合材料的典型成型方法。

本书第二章介绍结构设计所遵循的基本原理以及其应用基本知识;第三章阐述常用产品材料的基本性能及其使用价值;第四章至第八章介绍工程产品中的常用机构(连杆机构、齿轮机构及其他传动机构)及其基本设计计算方法,为本书的重点;第九章至第十章介绍常用零件连接(螺纹连接、键连接、焊接等)以及工程中常用轴的分类、安装及制造要求;第十一章介绍了产品常用材料的类型及其成型技术。本书涵盖了产品设计的结构分析,机构力学与运动特性研究,材料的选择与成型方法,对于工业设计专业学生及其相关从业人员提高产品设计技术能力有重要指导意义。

随着科学技术的发展,产品设计技术出

现了一些新的转变。如用优化设计寻求最佳设计方案;用有限元法对材料进行强度、刚度等计算;利用仿生设计完善和改进产品性能。这些新的方法目前已列为单独课程,故本课程不予讲解。

第二节 本课程的地位和作用

产品设计技术基础是一门介绍产品结构、材料以及常用机构和通用机械零件的基础知识和基础设计方法的技术基础课。将为学生学习工业设计类课程提供必要的理论基础。因此,本课程如同工程制图、造型基础、产品设计等一样,是高等学校工科的一门重要的技术基础课。

产品设计技术基础将为相关专业的学生学习工业产品及其他专业设备课程提供必要的理论基础。

产品设计技术基础将使从事工艺、运行、管理的技术人员,在了解产品的结构、材料、工作原理以及维护方面获得必要的基本知识。

通过本课程的学习,可使学生具备设计简单产品的能力,包括材料选择,力学性能分析、机构设计计算以及产品材料成型工艺等。如设计简易台灯、手推车以及机器部分简单零部件等,为日后进行技术革新创造必要的条件。

产品设计是多学科理论和实际知识的综合运用,是艺术、科学技术以及市场的完美结合。本课程的主要先修课程有工程制图、工程材料、金工实习、工业设计概论、产品设计、造型基础等。除此之外,还要考虑到许多现代产品中包含复杂的传动系统和控制系统,因此,各专业的设计人才还应当了解