



全国技工院校“十二五”系列规划教材

中国机械工业教育协会推荐教材

机械设计基础

(任务驱动模式)

◎ 王增荣 主编

Jixie Sheji Jichu



免费下载

www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国技工院校“十二五”系列规划教材

机械设计基础

(任务驱动模式)

主 编 王增荣
副主编 李万春 杨振平 王 英
参 编 黄春永 李晓娟 郑 耘
武 鹏
主 审 武开军



机械工业出版社

本教材分为十三个单元,内容包括:静力学基础、材料力学基础、平面连杆机构、凸轮机构、其他常用机构、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、摩擦轮传动和挠性件传动、联接、螺纹联接与螺旋传动、轴、轴承。每一个单元由若干个任务组成,每个任务又包括任务描述、任务分析、相关知识、任务实施、特别提醒及练习题等。

本教材可供广大技工院校、各类职业院校师生使用,也可作为职业教育的培训教材,参考学时为120个左右。为便于教学,本教材配有电子课件。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础:任务驱动模式/王增荣主编. —北京:机械工业出版社, 2012.5

全国技工院校“十二五”系列规划教材

ISBN 978-7-111-37700-9

I. ①机… II. ①王… III. ①机械设计—技工学校—教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第043152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:马晋 责任编辑:马晋 赵磊磊

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·484千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37700-9

定价:38.00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

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

全国技工院校“十二五”系列规划教材 编审委员会

顾问：郝广发

主任：陈晓明 李 奇 季连海

副主任：（按姓氏笔画排序）

丁建庆	王 臣	刘启中	刘亚琴	刘治伟	李长江
李京平	李俊玲	李晓庆	李晓毅	佟 伟	沈炳生
陈建文	徐美刚	黄 志	章振周	董 宁	景平利
曾 剑	魏 葳				

委员：（按姓氏笔画排序）

于新秋	王 军	王 珂	王小波	王占林	王良优
王志珍	王栋玉	王洪章	王惠民	孔令刚	卢镇光
白 鹏	乔本新	朱 泉	许红平	汤建江	刘 军
刘大力	刘永祥	刘志怀	毕晓峰	李 华	李成飞
李成延	李志刚	李国诚	吴 岭	何立辉	汪哲能
宋燕琴	陈光华	陈志军	张 迎	张卫军	张廷彩
张敬柱	林仕发	孟广斌	孟利华	荆宏智	姜方辉
贾维亮	袁 红	阎新波	展同军	黄 樱	黄锋章
董旭梅	谢蔚明	雷自南	鲍 伟	潘有崇	薛 军

总策划：李俊玲 张敬柱 荆宏智

序

“十二五”期间，加速转变生产方式，调整产业结构，将是我国国民经济和社会发展的重中之重。而要完成这种转变和调整，就必须有一大批高素质的技能型人才作为后盾。根据《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》的要求，至2020年，我国高技能人才占技能劳动者的比例将由2008年的24.4%上升到28%（目前一些经济发达国家的这个比例已达到40%）。可以预见，作为高技能人才培养重要组成部分的高级技工教育，在未来的10年必将会迎来一个高速发展的黄金期。近几年来，各职业院校都在积极开展高级工培养的试点工作，并取得了较好的效果。但由于起步较晚，课程体系、教学模式都还有待完善与提高，教材建设也相对滞后，至今还没有一套适合高级技工教育快速发展需要的成体系、高质量的教材。即使一些专业（工种）有高级工教材也不是很完善，或是内容陈旧、实用性不强，或是形式单一、无法突出高技能人才培养的特色，更没有形成合理的体系。因此，开发一套体系完整、特色鲜明、适合理论实践一体化教学、反映企业最新技术与工艺的高级工教材，就成为高级技工教育亟待解决的课题。

鉴于高级技工教材短缺的现状，机械工业出版社与中国机械工业教育协会从2010年10月开始，组织相关人员，采用走访、问卷调查、座谈等方式，对全国有代表性的机电行业企业、部分省市的职业院校进行了历时6个月的深入调研。对目前企业对高级工的知识、技能要求，各学校高级工教育教学现状、教学和课程改革情况以及对教材的需求等有了比较清晰的认识。在此基础上，他们紧紧依托行业优势，以为企业输送满足其岗位需求的合格人才为最终目标，组织了行业和技能教育方面的专家精心规划了教材书目，对编写内容、编写模式等进行了深入探讨，形成了本系列教材的基本编写框架。为保证教材的编写质量、编写队伍的专业性和权威性，2011年5月，他们面向全国技工院校公开征稿，共收到来自全国22个省（直辖市）的110多所学校的600多份申报材料。在组织专家对作者及教材编写大纲进行了严格评审后，决定首批启动编写机械加工制造类专业、电工电子类专业、汽车检测与维修专业、计算机技术相关专业教材以及部分公共基础课教材等，共计80余种。

本系列教材的编写指导思想明确，坚持以达到国家职业技能鉴定标准和就业能力为目标，以各专业的工作内容为主线，以工作任务为引领，由浅入深，循序渐进，精简理论，突出核心技能与实操能力，使理论与实践融为一体，充分体现“教、学、做合一”的教学思想，致力于构建符合当前教学改革方向的，以培养应用型、技术型、创新型人才为目标的教材体系。

本套教材重点突出了如下三个特色：一是“新”字当头，即体系新、模式新、内容新。

体系新是把教材以学科体系为主转变为以专业技术体系为主；模式新是把教材传统章节模式转变为以工作过程的项目为主；内容新是教材充分反映了新材料、新工艺、新技术、新方法。二是注重科学性。教材从体系、模式到内容符合教学规律，符合国内外制造技术水平实际情况。在具体任务和实例的选取上，突出先进性、实用性和典型性，便于组织教学，以提高学生的学习效率。三是体现普适性。由于当前高级工生源既有中职毕业生，又有高中生，各自学制也不同，还要考虑到在职人群，教材内容安排上尽量照顾到了不同的求学者，适用面比较广泛。

此外，本系列教材还配备了电子教学课件，以及相应的习题集，实验、实习教程，现场操作视频等，初步实现教材的立体化。

我相信，本系列教材的出版，对深化职业技术教育改革，提高高级工培养的质量，都会起到积极的作用。在此，我谨向各位作者和所在单位及为这套教材出力的学者表示衷心的感谢。

原机械工业部教育司副司长

中国机械工业教育协会高级顾问

郭广发

2011年12月

前言

本教材以人力资源和社会保障部培训就业司 2008 年颁发的高级技工学校专业教学计划与教学大纲为参考,以“注重实践、强化应用”为指导思想,采用“任务驱动”的模式编写而成。

本教材紧紧围绕着国家职业标准中的机械基础知识要求和一线高级技术人员的需要,以培养应用型、技术型、革新型人才,达到国家职业技能鉴定考核标准和提升就业能力为目标,以本专业的工作内容为主线,以工作任务为引领,由浅入深,循序渐进,精简理论,突出核心技能与实操能力,使理论与实践融为一体,充分体现了“教、学、做合一”的教学思想。

本教材分为十三个单元,内容包括:静力学基础、材料力学基础、平面连杆机构、凸轮机构、其他常用机构、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、摩擦轮传动和挠性件传动、联接、螺纹联接与螺旋传动、轴、轴承。每一个单元由若干个任务组成,每个任务又包括任务描述、任务分析、相关知识、任务实施、特别提醒及练习题等。本教材可供广大技工院校、各类职业院校师生使用,也可作为职业教育的培训教材,参考学时为 120 个左右。为便于教学,本教材配有电子课件。

本书由王增荣任主编,李万春、杨振平、王英任副主编,黄春永、李晓娟、郑耘、武鹏参加编写。武开军老师对本教材进行了认真、细致的审阅,并提出了宝贵意见。本教材在编写过程中得到了主编和主审老师所在单位的领导和有关同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,教材中难免存在错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

编者



目 录

序

前言

绪论	1
单元1 静力学基础	5
任务1 绘制构件的受力图	5
任务2 绘制平面汇交力系受力图	14
任务3 绘制平面力偶系受力图	19
任务4 绘制平面任意力系受力图	26
单元2 材料力学基础	32
任务1 拉伸与压缩强度计算	32
任务2 剪切与挤压强度计算	39
任务3 圆轴扭转强度计算	43
任务4 直梁弯曲强度计算	51
单元3 平面连杆机构	60
任务1 绘制平面机构运动简图	60
任务2 平面机构自由度的计算	64
任务3 认识铰链四杆机构	69
任务4 认识铰链四杆机构的基本性质	73
任务5 认识铰链四杆机构的演化	79
任务6 平面四杆机构的设计	83
单元4 凸轮机构	88
任务1 认识凸轮机构	88
任务2 认识从动件常用的运动规律	91
任务3 设计凸轮轮廓	94

单元5 其他常用机构	100
任务1 认识变速机构	100
任务2 认识棘轮机构	103
任务3 认识槽轮机构	107
任务4 实践课题——自行车飞轮的拆装	109
单元6 齿轮传动	112
任务1 认识齿轮传动	112
任务2 直齿圆柱齿轮传动的计算	116
任务3 设计直齿圆柱齿轮	119
任务4 斜齿圆柱齿轮传动的计算	124
任务5 设计斜齿圆柱齿轮	127
任务6 认识齿轮的材料及失效形式	131
任务7 认识齿轮的结构和润滑方式	136
任务8 实践课题——齿轮模数的计算	139
单元7 蜗杆传动	142
任务1 认识蜗杆传动	142
任务2 蜗杆传动的热平衡计算	147
单元8 轮系	153
任务1 定轴轮系传动比的计算	153
任务2 周转轮系传动比的计算	161
任务3 认识减速器	165
单元9 摩擦轮传动和挠性件传动	172
任务1 认识摩擦轮传动	172
任务2 设计平带传动	176
任务3 认识V带传动	181
任务4 设计V带传动	187
任务5 认识链传动	195
任务6 设计链传动	203
任务7 实践课题——V带传动的安装与张紧	209
单元10 联接	212
任务1 认识键联接	212
任务2 平键联接的设计	219
任务3 认识销联接	223

任务 4 认识联轴器	226
任务 5 认识离合器、制动器	232
任务 6 实践课题——轴上齿轮的拆装	237
任务 7 实践课题——联轴器的拆装	239
单元 11 螺纹联接与螺旋传动	241
任务 1 认识螺纹联接	241
任务 2 螺栓强度计算	249
任务 3 普通螺旋传动的计算	254
任务 4 差动螺旋传动的计算	257
单元 12 轴	262
任务 1 认识轴	262
任务 2 设计轴的结构	266
任务 3 轴的强度计算	271
单元 13 轴承	278
任务 1 认识滑动轴承	278
任务 2 认识滚动轴承	283
任务 3 滚动轴承寿命计算及组合设计	291
任务 4 实践课题——滚动轴承的拆装	297
任务 5 实践课题——减速器的拆装	299
参考文献	302

绪 论

在人们的生产和生活中广泛地使用着各种机器，用以减轻或代替人们的劳动。如图 0-1 所示的小汽车、数控机床、洗衣机、摩托车、仪表车床、挖掘机等就是常见的机器。

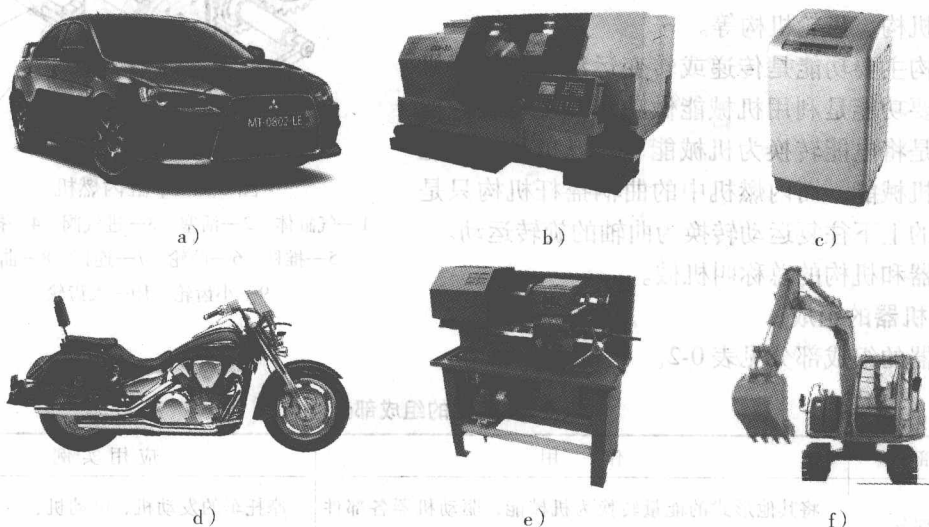


图 0-1 机器

a) 小汽车 b) 数控机床 c) 洗衣机 d) 摩托车 e) 仪表车床 f) 挖掘机

一、机器、机构、机械、构件和零件

1. 机器和机构

如图 0-2 所示为单缸内燃机，它是由气缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、推杆 5、凸轮 6、连杆 7、曲轴 8、小齿轮 9、大齿轮 10 组成。通过气缸体内的进气—压缩—爆燃—排气的过程，将热能转换为机械能。

从单缸内燃机的工作过程可以发现机构是由零件组成的，机构能传递或改变运动的形式，能进行能量转换。具有确定的相对运动，可实现能量转换、信息转化和传递，又能做有用机械功的实物组合体称为机器。

机器种类繁多，结构形式和用途各不相同，但总的来说机器有三个特征：

- 1) 任何机器都是人为的实物组合。
- 2) 组成机器的各实体之间具有确定的相对运动。

3) 可代替或减轻人的劳动，完成有用的机械功或实现能量转换。

常见机器的类型及应用举例见表 0-1。

表 0-1 常见机器的类型及应用举例

机器类型	应用举例
能量转换	发电机、电动机、汽油机、柴油机等
变换物料	机床、轧钢机、起重机、挖掘机、运输车辆等
变换信息	计算机、录音机、复印机、摄像机、手机等

机构是具有确定相对运动的构件组合，它具有机器的前两个特征，不能实现机械能的转换，如图 0-2 所示单缸内燃机中的曲柄摇杆机构、凸轮配气机构、齿轮机构等。

机构主要功能是传递或转变运动形式，而机器的主要功能是利用机械能做功或能量转换。如电动机是将电能转换为机械能、内燃机是将热能转换为机械能，而内燃机中的曲柄摇杆机构只是将活塞的上下往复运动转换为曲轴的旋转运动。

机器和机构的总称叫机械。

2. 机器的组成

机器的组成部分见表 0-2。

表 0-2 机器的组成部分

组成部分	作用	应用实例
动力部分	将其他形式的能量转换为机械能，驱动机器各部件运动	摩托车的发动机、电动机、空气压缩机、蒸汽机等
传动部分	将原动机的运动和动力传递给执行部分的中间环节	摩托车的传动链、带传动、螺旋传动、齿轮传动、连杆机构等
执行部分	直接完成机器的工作任务，处于整个运动装置的终端，其结构形式取决于机器的用途	摩托车的车轮
控制部分	包括自动检测部分和自动控制部分，其作用是显示和反映机器的运行位置和状态，控制机器正常运行和工作	摩托车的把手、节气门、仪表等

3. 零件和构件

零件是机器及各种设备的制造单元。有些零件是在各种机器中常用的，称之为通用零件；有些零件只有在特定的机器中才用到，称之为专用零件。

机构是由许多具有相对运动的构件组成的，构件是机构中的运动单元体。它可以是单个零件，也可以是多个零件的组合体。

零件和构件的区别见表 0-3。

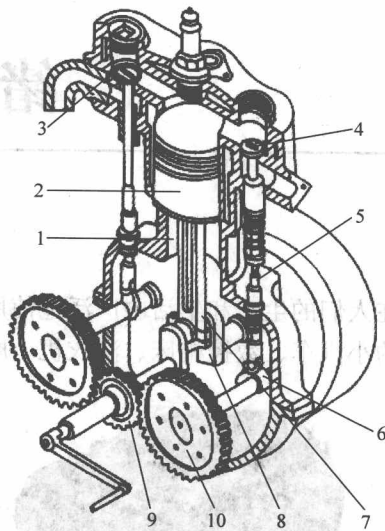


图 0-2 单缸内燃机

- 1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀
5—推杆 6—凸轮 7—连杆 8—曲轴
9—小齿轮 10—大齿轮

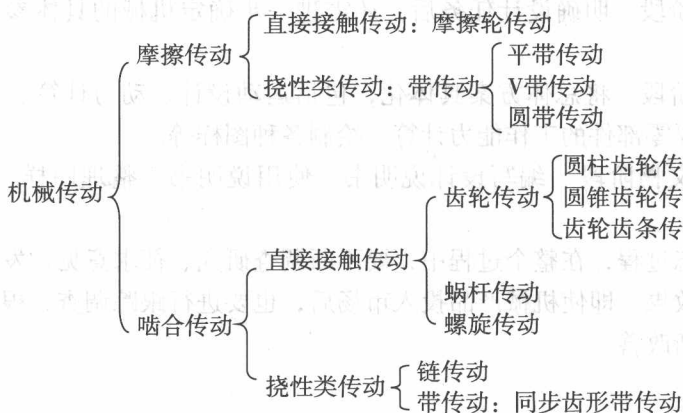
表 0-3 零件和构件的区别

类 型	图 例	作 用	区 别
零件	 螺母 螺栓 齿轮 链轮	各种类型的机器中都可能使用	制造单元
	 凸轮轴 活塞	特定类型的机器中使用	
构件	 曲轴	单一零件	运动单元
	 连杆	多个零件的组合	

部件是由若干装配在一起的零件所组成的。在机械装配过程中，这些零件先被装配成部件，然后才进入总装配。如滚动轴承车床的主轴箱、进给箱，各种机器的减速箱、离合器等。

4. 机械传动的分类

利用机械传递运动或动力的传动方式叫机械传动，按传递运动或动力的方式不同分类如下：



二、本课程的性质、内容与基本要求

1. 本课程性质

本课程为机械类专业的一门专业基础课程，为学习专业技术课程和培养专业岗位能力服务。

2. 课程内容

本课程主要研究机械中力学基础常用机构、机械传动和常用零部件的原理、结构特点、基本的设计计算、一些零部件的选用与维护。

3. 本课程的基本要求

通过学习达到以下基本要求：

- 1) 基本掌握机械工程学知识，会进行一些简单力学问题的分析和计算。
- 2) 熟悉常用机构及通用零部件的工作原理、类型、特点及应用。
- 3) 掌握常用零、部件和常用机械传动的选用原则、基本设计方法。
- 4) 初步掌握测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能。
- 5) 具有初步运用和维护机械传动装置的能力。
- 6) 具有初步分析和处理机械中一些简单问题的能力。

三、机械设计的基本要求和一般过程

1. 机械设计应满足以下基本要求

(1) 产品要满足使用和维护要求 机械产品在规定的工作期限内能实现预定的功能并且操作方便、安全可靠、维护简单。

(2) 要保证产品的工艺性 在保证工作使用性能的前提下，尽量使机械的结构简单、便于加工、容易装配、方便维修。

(3) 要使产品的经济性效益高、社会效益好 产品在设计、制造方面周期短、成本低；在使用方面效率高、能耗少、生产率高、维护与管理费用开支少。

(4) 其他要求 在保证产品功能的前提下，使产品的功能最优，有创造性和创新理念。

2. 机械设计的一般过程

机械设计是一个复杂的过程，大致可分为三个阶段：

(1) 定任务做准备阶段 通过对社会需求的调查、对问题的全面综合确定设计任务。

(2) 方案设计阶段 明确设计任务后，还需进一步确定机械的具体参数，并进行总体方案的设计。

(3) 技术设计阶段 将总体方案具体化，包括运动设计、动力计算、零部件材料的选择、结构设计和主要零部件的工作能力计算、绘制各种图样等。

(4) 整理技术文档阶段 编写设计说明书、使用说明书，整理图样、图样装订成册、编写图样目录。

设计是一个动态过程，在整个过程中，要不断调查研究、征求意见，发现问题并及时修改，以期取得最佳效果。即使机械产品投入市场后，也要进行跟踪调查，根据用户反馈的信息，对产品进行不断改善。

单元1 静力学基础

任务1 绘制构件的受力图

知识目标:

1. 了解刚体、力、约束及力的三要素的概念
2. 掌握静力学公理应用方法
3. 掌握各种常见典型约束的性质

技能目标:

1. 学会对构件进行受力分析的方法
2. 能正确画出构件的受力图



任务描述

如图 1-1 所示为重量为 G 的梯子 AB , 放置在光滑的水平地面上, 并靠在铅直墙上, 在 D 点用一根水平绳索与墙相连。试分析并绘制梯子的受力图。



任务分析

确定梯子为研究对象, 从图 1-1 中可以看出梯子所受重力为主动动力, 有向下运动的趋势, 但由于受到光滑地面和墙的支撑, 不能向下移动, 同时又受到水平绳索的作用, 不能沿水平方向滑动。显然地面、墙和绳子都对梯子的运动有限制作用, 但他们的作用形式和效果有所不同。失去地面、墙和绳索的限制作用, 梯子将不能保持原来的静止状态。如何将物体对梯子的这些作用通过图形清楚地表达出来呢? 我们首先要了解有关静力学的基本知识和受力图的画法。

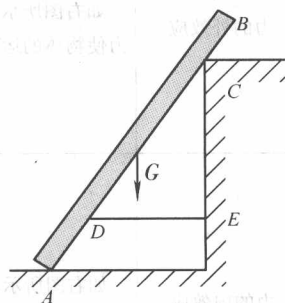


图 1-1 梯子

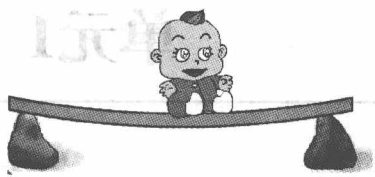
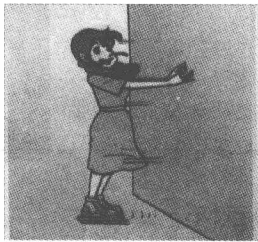
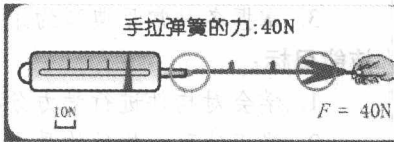
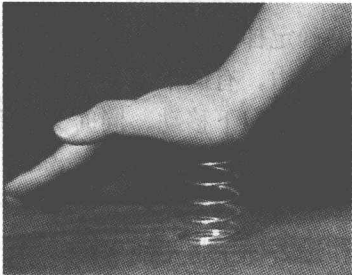


相关知识

1. 静力学的概念

静力学主要研究的两个基本问题: 一是力系的简化; 二是物体在力系作用下的平衡条件及其应用。静力学常用概念见表 1-1。

表 1-1 静力学常用概念

名 称	概 念	图 例
刚体	在工程实践中,任何物体在力的作用下都会发生形变,为了将问题简化我们可以忽略不计,近似认为在受力状态下是不变形的刚体。如右图所示,受力的木板可以抽象为刚体。在力的作用下形状和大小都保持不变的物体称为刚体	
力的定义	如右图所示,人向前推墙时,墙对人有相反方向的作用力,使人向后运动。力是物体间相互的机械作用	
力的三要素及 矢量表示	力的三要素: 力的大小、方向和作用点。 力的矢量表示: 力是一个具有大小和方向的矢量,称为力矢量。本书用粗黑体字母表示矢量(例如 $\boldsymbol{F}$) 可以用一个有向线段表示力,线段的长度按一定的比例表示力的大小;线段箭头的指向表示力的方向;线段的始端或末端表示力的作用点	
力的外效应	如右图所示,足球受力后运动状态发生改变。我们将力使物体的运动状态发生改变的效应称为力的外效应	
力的内效应	如右图所示,弹簧受压后发生压缩变形。我们将力使物体的形状发生变化的效应称为力的内效应	

2. 静力学公理

人们在长期的生活实践和生产实践中,发现和总结出来一些最基本的力学规律,又经过实践的反复检验,证明是符合客观实际的普遍规律,于是就把这些规律作为力学研究的基本出发点,这些规律称为静力学公理。

作用力和反作用力（公理一）：物体 A 向物体 B 施加作用力时， B 对 A 具有反作用力。

这两个力在同一作用线上，力的大小相等、方向相反。

二力平衡（公理二）：作用于同一物体上的两个力，刚体平衡的充要条件是，这两个力的大小相等、方向相反、作用在同一条直线上。

公理一与公理二的区别：公理一描述的是两个物体间的相互作用关系，作用力和反作用力等值、反向、共线，分别作用在两个不同的物体上。研究的是“两个物体”。公理二描述的是作用在同一个物体上的二力平衡条件，研究的是“同一个物体”。

加减平衡力系公理（公理三）：在一个刚体上加上或减去一个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。

力的平行四边形公理（公理四）：作用于物体上的同一点的两个力，可以合成为一个力，合力也作用于该点上，其大小和方向可以用以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

静力学公理受力分析及应用见表 1-2。

表 1-2 静力学公理受力分析及应用

公 理	示 意 图	应 用
公理一： 作用力和反作用力		人在划船离岸时,常把桨向岸上撑。这就是利用了作用力和反作用力的原理
公理二： 二力平衡		下图中的杆 CD 若不计自重,就是一个二力杆。图 a 中有 $F_C = -F_D$; 在图 b 中 $F_1 = -F_2$, 作用线必与受力两点重合
公理三： 加减平衡力系公理		力的可传性原理——作用于刚体的力可以沿其作用线滑移至刚体的任意点,不改变原力对该刚体的作用效应