



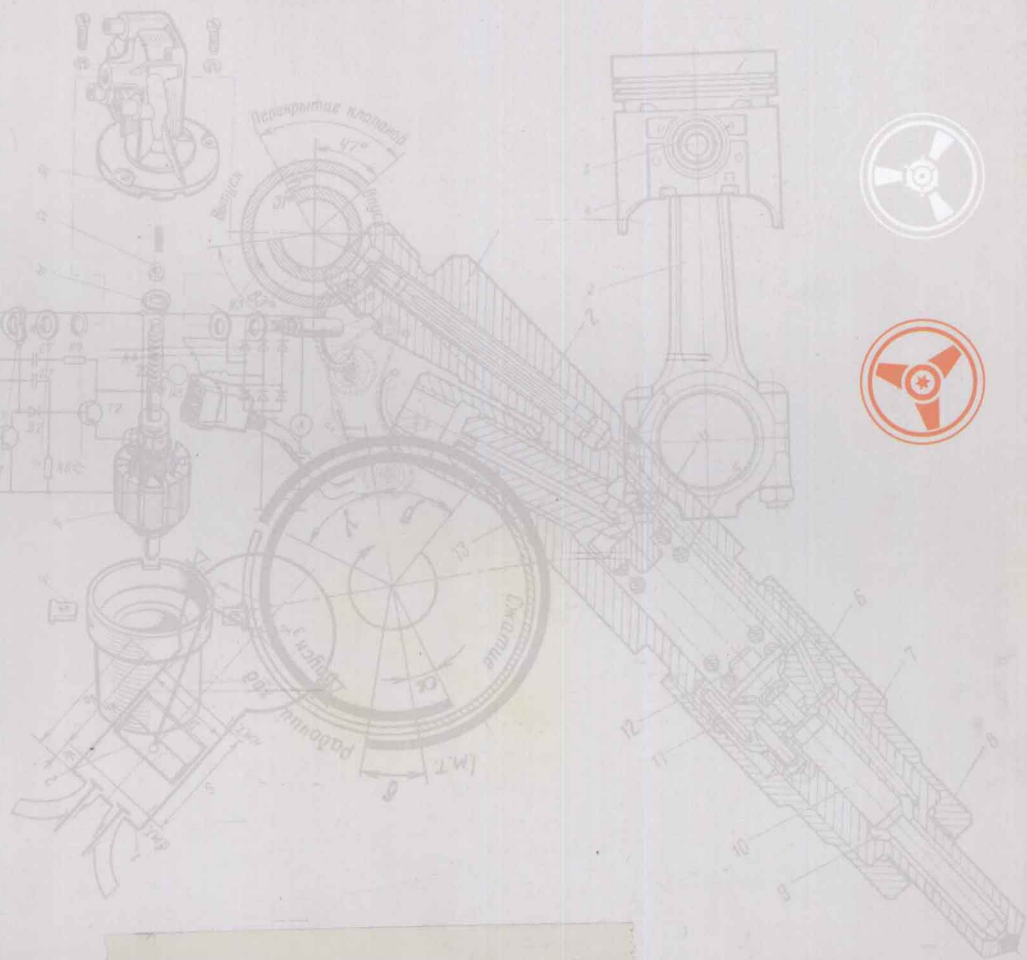
全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN JIXIESHEJIZHIZAO LEI GONGXUEJIEHE SHIERWU GUIHUAXILIEJIAOCAI

丛书顾问 陈吉红

工程力学

主编 ● 盛艳君 张念淮 刘俊杰

主审 ● 邵明仓



GONGCHENG LIXUE ·



JIXIESHEJIZHIZAO

ZHIZAO



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

丛书顾问 陈吉红

工 程 力 学

主 编	盛艳君	张念淮	刘俊杰
副主编	姜明珠	张会妨	刘子英
参 编	齐凯丽	秦永康	夏亚兵
主 审	邵明仓		

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书依据教育部制定的高职高专机电类专业工程力学课程教学基本要求,紧紧围绕高等职业教育机电类专业人才培养目标要求编写而成。

本书分为刚体静力学、材料力学和刚体运动力学三篇,共 14 个模块。刚体静力学部分包括刚体静力学基础、平面力系、空间力系与重心;材料力学部分包括轴向拉伸与压缩、剪切和挤压、圆轴扭转、梁的弯曲、强度理论和组合变形、压杆稳定、动载荷和交变应力;刚体运动力学部分包括质点的运动、刚体的基本运动、质点和刚体的复合运动、动能定理。每个模块后均设有习题。

本书可作为机电类专业高等职业院校(包括成人高等教育、重点中等职业学校)工程力学课程的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/盛艳君 张念淮 刘俊杰 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.1
ISBN 978-7-5609-7592-4

I. 工… II. ①盛… ②张… ③刘… III. 工程力学-高等职业教育-教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 270679 号

工程力学

盛艳君 张念淮 刘俊杰 主编

策划编辑:严育才

责任编辑:周忠强

封面设计:范翠璇

责任校对:代晓莺

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:20

字 数:408 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:35.00 元



华中科大

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

编委会

丛书顾问

陈吉红(华中科技大学)

委员(以姓氏笔画为序)

万金宝(深圳职业技术学院)

王 平(广东工贸职业技术学院)

王兴平(常州轻工职业技术学院)

王连弟(华中科技大学出版社)

王怀奥(浙江工商职业技术学院)

王晓东(长春职业技术学院)

王凌云(上海工程技术大学)

王逸民(贵州航天工业职业技术学院)

王道宏(嘉兴职业技术学院)

牛小铁(北京工业职业技术学院)

毛友新(安徽工业经济职业技术学院)

尹 霞(湖南化工职业技术学院)

田 鸣(大连职业技术学院)

荆美峰(包头职业技术学院)

吕修海(黑龙江农业工程职业学院)

朱江峰(江西工业工程职业技术学院)

刘 敏(烟台职业学院)

刘小芹(武汉职业技术学院)

刘小群(江西工业工程职业技术学院)

刘战术(广东轻工职业技术学院)

孙慧平(宁波职业技术学院)

杜红文(浙江机电职业技术学院)

李 权(滨州职业学院)

李传军(承德石油高等专科学校)

秘 书:季 华 万亚军

吴新佳(郑州铁路职业技术学院)

何晓凤(安徽机电职业技术学院)

宋放之(北京航空航天大学)

张 勃(漯河职业技术学院)

张 健(十堰职业技术学院)

张 煊(郑州牧业工程高等专科学校)

张云龙(青岛职业技术学院)

张俊玲(贵州工业职业技术学院)

陈天凡(福州职业技术学院)

罗晓晔(杭州科技职业技术学院)

金 濯(江苏畜牧兽医职业技术学院)

郑 卫(上海工程技术大学)

胡翔云(湖北职业技术学院)

荣 标(宁夏工商职业技术学院)

贾晓枫(合肥通用职业学院)

黄定明(武汉电力职业技术学院)

黄晓东(九江职业技术学院)

崔西武(武汉船舶职业技术学院)

阎瑞涛(黑龙江农业经济职业学院)

葛建中(芜湖职业技术学院)

董建国(湖南工业职业技术学院)

宾 凯(广州番禺职业技术学院)

颜惠庚(常州工程职业技术学院)

魏 兴(六安职业技术学院)

全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材

序

目前我国正处在改革发展的关键阶段,深入贯彻落实科学发展观,全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴,必须大力提高国民素质,在继续发挥我国人力资源优势的同时,加快形成我国人才竞争比较优势,逐步实现由人力资源大国向人才强国的转变。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出:发展职业教育是推动经济发展、促进就业、改善民生、解决“三农”问题的重要途径,是缓解劳动力供求结构矛盾的关键环节,必须摆在更加突出的位置;职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。

高等职业教育是我国高等教育和职业教育的重要组成部分,在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中肩负着重要使命,发挥着不可替代的作用。自从1999年党中央、国务院提出大力发展高等职业教育以来,培养了1300多万名高素质技能型专门人才,为加快我国工业化进程提供了重要的人力资源保障,为加快发展先进制造业、现代服务业和现代农业作出了积极贡献;高等职业教育紧密联系社会经济,积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革,办学水平不断提高。

“十一五”期间,在教育部的指导下,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会根据《教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会章程》,积极开展国家级精品课程评审推荐、机械设计与制造类专业规范和模具实训基地方案制定工作,积极参与教育部全国职业技能大赛(高职组)赛事,引领了机械制造类专业教学改革。教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会数控分委会联合华中数控股份有限公司就《高等职业教育数控专业核心课程设置及教学计划指导书(草案)》面向部分实力较强的高职高专院校进行了调研,收到了多所院校反馈的意见。2011年3月,根据各院校反馈的意见,教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会委托华中科技大学出版社联合国家示范(骨干)高职院校、部分重点高职院校、华中数控股份有限公司和国家精品课程负责人、一批层次比较高的高职院校教师组成编委会,组织编写全国高职高专机械设计制造类工学结合“十二五”规划系列教材。

本套教材是各参与院校“十一五”期间国家级示范院校的建设经验以及校企结合的办学模式、工学结合的人才培养模式改革成果的总结,也是各院校任务驱动、项目导向等“教、学、做”一体的教学模式改革的探索。与普通高等教育教材

相比,高职教材有自己的特点,需要创新和改革,因此,希望在教材的编写中,着力构建具有机械类高等职业教育特点的课程体系,以职业技能的培养为根本,与企业对人才的需求紧密结合,力求满足学科、教学和社会三方面的需求;在结构上和内容上体现思想性、科学性、先进性和实用性,把握行业岗位要求,突出职业教育特色。

具体来说,要达到以下几点。

(1) 反映教改成果,接轨职业岗位要求。紧跟任务驱动、项目导向等“教、学、做”一体的教学改革步伐,反映高职机械设计制造类专业教改成果,引领职业教育教材发展趋势,注重满足企业岗位任职的知识要求,提升学生的就业竞争力。

(2) 创新模式,理念先进。创新教材编写体例和内容编写模式,迎合高职学生思维活跃的特点,体现工学结合特色。教材的编写以纵向深入和横向宽广为原则,突出课程的综合性,淡化学科界限,对课程采取精简、融合、重组、增设等方式进行优化。

(3) 突出技能,引导就业。注重实用性,以就业为导向,专业课围绕高素质技能型专门人才的培养目标,强调促进学生知识运用能力,突出实践能力培养原则,构建以现代数控技术、模具技术应用能力为主线、相对独立的实践教学体系,充分体现理论与实践的结合,知识传授与能力、素质培养的结合。

当前,工学结合的人才培养模式和项目导向的教学模式改革还需要继续深化,体现工学结合特色的项目化教材的建设还是一个新生事物,处于探索之中。随着这套教材投入教学使用,并经过教学实践的检验,它将不断得到改进、完善和提高,为我国现代职业教育体系的建设和高素质技能型专门人才的培养作出积极贡献。

谨为之序。

教育部高职高专机械设计制造类专业教学指导委员会主任委员

国家数控系统技术工程研究中心主任

华中科技大学教授、博士生导师

前 言

本书根据新形势下高等职业院校教学的实际情况,结合新时期高等职业院校工程力学课程教学大纲的基本要求编写而成。本书精选工程实践及后续专业课程中必须掌握的知识和技能,由简到繁、由浅入深地进行讲解,使学生较系统地学习相关理论知识,并通过介绍生产中的工程实例,使学生在有限的学时内将所学工程力学知识与工程实际相结合,达到学以致用目的。本书结合国家高等院校“工程力学”课程的教学实际,根据知识需求将课程中的知识点重新组合构建,应用模块教学,增加了课程的柔性,体现了各专业教学的不同点,求同存异,以达到改善教学效果的目的。本课程参考学时为 80~90 学时,通过固定教学模块及各教学模块的不同组合可满足不同专业、不同层次的教学要求。其特点主要体现在以下几个方面:

(1) 内容简明扼要、通俗易懂,以“适用为度”为原则,侧重基本概念和基本方法的阐述,增强了教学适用性,有助于培养工程应用型人才;

(2) 本书编排新颖,在讲述某些概念和方法的同时,给出了相关的思考题,可供课堂讨论;

(3) 在书中充实了新知识、新技术、新设备和新材料等方面的知识,力求使教材具有鲜明的时代特征。

本书由盛艳君、张念淮、刘俊杰任主编,姜明珠、张会妨、刘子英任副主编。参加本书编写的有:新乡职业技术学院盛艳君(绪论、模块十二)、刘俊杰(模块十三、十四)、张会妨(模块四、五)、刘子英(模块六、七)、齐凯丽(模块八、九)、秦永康(模块十)、夏亚兵(模块十一),广东松山职业技术学院姜明珠(模块二、三),郑州铁路职业技术学院张念淮(模块一)。全书由邵明仓主审。

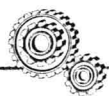
限于编者的水平,书中不足和欠妥之处在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编 者

2012 年 1 月

目 录

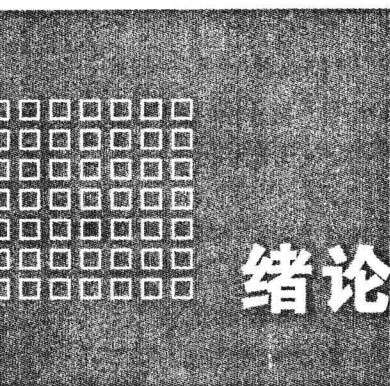
绪论	(1)
第一篇 刚体静力学	(5)
模块一 刚体静力学基础	(7)
任务1 静力学的基本概念和公理	(8)
任务2 约束与约束反力	(11)
任务3 构件的受力图	(15)
习题	(17)
模块二 平面力系	(20)
任务1 平面汇交力系合成的解析法	(22)
任务2 力矩和力偶	(24)
任务3 平面任意力系的简化	(32)
任务4 平面力系的平衡方程及应用	(37)
任务5 物体系统的平衡问题	(46)
任务6 考虑摩擦时的平衡问题	(52)
习题	(60)
模块三 空间力系与重心	(68)
任务1 力在空间直角坐标轴上的投影和力对轴之矩	(69)
任务2 空间力系的简化与平衡	(73)
任务3 重心	(79)
习题	(85)
第二篇 材料力学	(89)
模块四 轴向拉伸与压缩	(91)
任务1 材料力学基础	(92)
任务2 轴向拉伸和压缩	(94)
任务3 轴向拉伸和压缩时截面上的应力	(98)
任务4 轴向拉伸(压缩)杆的变形	(102)
任务5 材料在轴向载荷作用下的力学性能	(105)
任务6 轴向拉伸(压缩)杆的强度计算	(109)
任务7 轴向拉伸(压缩)杆的静不定问题	(113)
习题	(115)



模块五 剪切和挤压	(118)
任务1 剪切的概念	(119)
任务2 剪切的实用计算	(121)
任务3 挤压及其实用计算	(122)
任务4 剪切胡克定律	(126)
习题	(127)
模块六 圆轴扭矩	(129)
任务1 圆轴扭矩的概念	(130)
任务2 扭矩和扭矩图	(131)
任务3 圆轴扭转时的应力和变形	(135)
任务4 圆轴扭转时的强度和刚度计算	(139)
习题	(143)
模块七 梁的弯曲	(145)
任务1 弯曲的概念	(146)
任务2 梁弯曲横截面上的剪力和弯矩	(148)
任务3 剪力图和弯矩图	(152)
任务4 梁的弯曲应力	(162)
任务5 梁弯曲时的强度计算	(172)
任务6 提高梁强度与刚度的措施	(176)
任务7 梁的弯曲变形	(179)
习题	(190)
模块八 强度理论和组合变形	(197)
任务1 应力状态分析	(198)
任务2 强度理论	(203)
任务3 组合变形时的强度计算	(207)
习题	(216)
模块九 压杆稳定	(220)
任务1 压杆稳定的概念	(221)
任务2 压杆稳定的临界力和临界应力	(223)
任务3 压杆稳定性计算	(227)
任务4 提高压杆稳定性的措施	(230)
习题	(231)
模块十 动载荷和交变应力	(234)
任务1 动载荷的概念	(235)
任务2 交变应力与疲劳失效	(235)



任务 3 材料的疲劳极限	(238)
任务 4 提高构件疲劳强度的措施	(242)
习题	(243)
第三篇 刚体运动力学	(245)
模块十一 质点的运动	(247)
任务 1 点的运动	(248)
任务 2 质点的动力学方程	(256)
习题	(261)
模块十二 刚体的基本运动	(263)
任务 1 刚体的平行移动	(264)
任务 2 刚体的定轴转动	(265)
任务 3 基本运动刚体的动力学方程	(271)
习题	(279)
模块十三 质点和刚体的复合运动	(282)
任务 1 点的合成运动的概念	(283)
任务 2 点的速度合成定理	(284)
习题	(288)
模块十四 动能定理	(289)
任务 1 功和功率	(290)
任务 2 动能	(296)
任务 3 动能定理	(298)
习题	(302)
参考文献	(306)



绪论

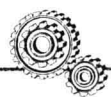
工程力学是研究物体机械运动一般规律及构件强度、刚度和稳定性的一门学科,它涵盖静力学、材料力学和运动力学的有关内容。

1. 机械工程中的力学问题

机械与力学有着不解之缘,两者相互依存、相互促进、相互发展。力学理论在机械设备的设计、制造、运行和使用环节被大量地运用,通过研究分析、力学实验和计算来解决诸如强度、刚度、稳定性及振动等方面的问题。各种机械设备和工程结构都是由若干基本的零部件按照一定规律组合而成的,每一个独立的单元体称为构件。例如,构件工作时要承受载荷作用,需保证构件能正常工作而不被损坏,也不发生过度的变形,这是工程力学中的强度问题。又如金属切削机床在切削工件时,主轴是不允许出现变形的,否则将直接影响到工件的加工精度,这是工程力学中的刚度问题。除此之外,某些机构、结构或构件除需进行强度、刚度分析外,还应校核其稳定性。如起重机伸缩臂的弦杆、液压挖掘机的顶杆、内燃机的活塞杆等,如果承受过大的轴向压力,就会突然发生弯曲,失去原有稳定的平衡状态(称为失稳)。上述构件的强度、刚度和稳定性可综合反映构件的承载能力,为保证机械设备能够安全可靠地正常工作,机械中的所有构件都应具有足够的承载能力。构件的承载能力就是机械工程中常常遇到的力学问题。

2. 工程力学的主要内容和任务

所谓“机械运动”是指物体在空间的位置随时间变化而发生的改变,这是自然界及生产实践中最为常见也是最基本的运动形式。自然界中的物体在相互间的机械作用,即力的作用下,处于平衡或运动状态,同时物体的形状也会发生改变。使物体运动状态(包括平衡状态)发生改变是力的外效应,使物体产生变形是力的内效应。本课程研究物体的受力、平衡、运动、变形等基本规律,讨论物体的运动和变形与作用在物体上的力的关系,主要内容可分为两大类:一是研究作用在物体上的力与运动之间的关系;二是研究作用在物体上的力与变形之间的



关系。本课程具体包括以下三个方面。

(1) 刚体静力学 平衡是机械运动的特殊情况,作用于物体上的力系必须满足一定的条件,物体才能处于平衡状态。研究刚体在力的作用下的平衡规律,包括物体的受力分析方法、力系的等效与简化、力系的平衡条件及利用平衡方程求解未知力等,是刚体静力学的主要任务。

(2) 材料力学 机构或构件在使用过程中因受力而丧失正常功能的现象,称为失效。为保证机械设备的正常使用,首先要求构件不能发生失效:① 不发生破坏,即有足够的强度;② 发生的小变形在工程允许的范围,即有足够的刚度;③ 不丧失原有形状下的平衡状态,即有足够的稳定性。这是材料力学的主要任务。

(3) 刚体运动力学 当作用于物体上的力不满足平衡条件时,物体将会发生运动。研究物体运动时其位置的变化规律,包括物体的运动轨迹、速度、加速度等,建立物体运动状态变化与作用力之间的关系,是刚体运动力学所要解决的问题。

3. 工程力学的研究对象

机械工程中涉及机械运动的物体往往比较复杂,在外力作用下物体的变形与破坏形式也是多种多样的。因此,在对其进行力学分析时,须首先根据研究问题的性质,抓住主要特征,略去一些次要因素,对其进行合理化简,进而科学地抽象出比较合乎实际的力学模型和制定出失效与设计的准则。

物体受力时都将发生或多或少的变形。但在大多数情况下,变形是极其微小的,在分析物体的平衡与运动规律时,可不计微小变形的影响,而将其简化为刚体。如果物体的运动范围远远超过其本身的几何尺寸,且仅是为了分析其质心的运动规律时,还可将物体进一步简化为只有质量而无体积的一个质点。在研究构件的强度、刚度、稳定性等问题时物体的变形将成为主要矛盾,这时应将物体视为可变形的固体。任何固体在外力作用下均将发生变形,若卸除外力后能完全消失的变形称为弹性变形,不能消失而残留下来的那一部分变形则称为塑性变形。变形固体有多方面的属性,研究的角度不同,侧重面也不一样。刚体和变形固体不是绝对的,要视其研究问题的性质而定。大多数情况下,即使是对变形问题的分析,当涉及平衡问题时,仍可沿用刚体模型。工程中各种构件的机械运动形式比较复杂,其在外力作用下的变形形式多种多样,并受许多因素影响,在研究构件时需综合运用力学知识才能更好地解决问题。

4. 工程力学的研究方法

理论分析、试验分析和计算机分析是工程力学中三种主要的研究方法。理论分析是以基本概念和定理为基础,经过严密的数学推演,得到问题的解析解答,它是广泛使用的一种方法。构件的强度、刚度和稳定性问题都与所选材料的力学性能有关。材料的力学性能是材料在力的作用下,抵抗变形和破坏等表现出来的性能,它必须通过材料试验才能测定。另外,对于现有理论还不能解决的



某些复杂的工程力学问题,有时也需依靠试验方法进行解决。因此,试验方法在工程力学中占有重要的地位。随着计算机的出现和飞速发展,工程力学的计算手段发生了根本性变化,许多过去手算无法解决的问题,例如高层建筑的结构计算等,现在仅用几小时便可得到全部结果。不仅如此,在理论分析中,可以利用计算机解得难以导出的公式。在试验分析中,计算机可以整理数据、绘制试验曲线、选用最优参数等。计算机分析已成为一种独特的研究方法,其地位将越来越重要。

本课程所研究的问题都是工程或生活实际中的问题。遵循认识论的规律,其研究方法首先是从生活、工程或实验中观察各种现象,从复杂的现象中抓住共性,找出主要矛盾,略去次要因素,经过抽象和简化建立力学模型。再按机械运动的基本规律,对力学模型进行数学描述,建立力学量之间的数量关系,从而得到数学模型。然后,经过逻辑推理和数学演绎进行理论分析和计算,或用计算机求解。最后,分析结论是否正确,并进一步通过实验或工程实践来验证。上述过程中,建立力学模型是很重要的一个步骤。对于同一个研究对象,为了不同的研究目的,必须抓住问题的本质,做出正确的假设,使问题抽象化或理想化,以便用简单的力学模型来解决问题。

例如,对物体进行运动分析和力平衡状态分析时,应依据问题的性质,抓主要因素,将变形固体视为刚体。又如,研究物体的强度和刚度问题时,变形成为主要因素,因此只有用变形固体这一力学模型来代表真实物体,才能反映问题的本质。在进行运动分析、动力学分析和力平衡分析时经常要用到抽象化和数学演绎的方法。它们以基本概念和基本定理为基础,经过严密的数学推演,得到问题的解析解答。

一个物体究竟应该看做质点还是刚体,完全取决于所研究问题的性质,而与物体本身的形状和尺寸无关。例如,一辆汽车行驶时,虽然它的尺寸不小,而且各部分的运动情况也各不相同,但若只研究汽车整体的速度、加速度等运动规律,就可把它抽象为一个质点。又如,仪表虽然尺寸不大,但在研究其内部零件的转动时,就必须将它看做刚体。即使是同一个物体,在不同的问题中,随问题性质的不同,有时要将其看做质点,有时要将其看做刚体。例如,沿轨道滚动的火车车轮,在分析轮心运动的速度、加速度时,可以把它看做一个质点,而在分析轮子绕轴转动和轮子上各点的运动时,就必须把它看做一个刚体。

当分析强度、刚度和稳定性问题时,由于这些问题都与变形密切相关,因而即使是极其微小的变形也必须加以考虑,这时就必须把物体抽象为变形固体这一力学模型。

应该指出,上述工程力学的研究方法是相辅相成、互为补充、互相促进的。在学习工程力学经典内容的同时,掌握传统的理论分析与试验分析方法是很重要的,因为它是进一步学习工程力学其他内容与掌握计算机分析方法的基础。

第一篇

刚体静力学

