

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO JIXIELEITONGYONG

工程力学课教学参考书

与工程力学（第五版）配套使用

全国中等职业技术学校机械类通用



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类通用

工程力学课教学参考书

与《工程力学（第五版）》配套使用

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程力学课教学参考书/钟少华主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2011

全国中等职业技术学校机械类通用

ISBN 978-7-5045-9323-8

I. ①工… II. ①钟… III. ①工程力学-中等专业学校-教学参考资料 IV. ①TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 191849 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6 印张 146 千字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

定价: 17.00 元

读者服务部电话: 010-64929211/64921644/84643933

发行部电话: 010-64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

如有印装差错, 请与本社联系调换: 010-80497374

目 录

绪论	(1)
第一篇 静力学	(8)
第一章 静力学基础知识	(10)
第二章 平面基本力系	(22)
第三章 平面一般力系	(37)
第二篇 材料力学	(46)
第四章 材料力学基础	(48)
第五章 拉伸和压缩	(52)
第六章 剪切和挤压	(72)
第七章 圆轴扭转	(81)
第八章 直梁弯曲	(93)
附录一 学时分配表	(108)
附录二 教案样本	(110)
附录三 课后习题参考答案	(117)
附录四 习题册参考答案	(146)
附录五 主要字符表	(185)

绪 论

一、教学目的和要求

绪论是本课程的第一节课，它具有导言课的性质，对学习本课程起着抛砖引玉的作用。因此，能否讲好这节课，对提高学生的兴趣、调动学生的学习积极性和主动性有着重要的意义。

通过本节课的介绍，应该：

1. 让学生了解工程力学的研究领域和内容，使其对工程力学课程有个概括性的了解。
2. 通过介绍工程力学在工程技术中的地位和作用，提高学生对本课程重要性的认识。
3. 介绍工程力学的实际意义，并指导学生如何学习工程力学。

二、重点和难点

教学重点：

使学生清楚地知道为什么要学习工程力学和怎样才能学好工程力学。

三、教学内容及学时分配表

教学内容	总学时	讲授	练习	备注
绪论	1	1		

四、教材分析与教学建议

(一) 单元划分

绪论作为 1 个教学单元, 安排 1 个学时。

(二) 单元教学建议

在本教学单元中, 需要讲清楚以下几个问题:

1. 工程力学在实际中的应用

建议从 3 个方面考虑:

(1) 多列举一些日常生活中的力学问题, 用以激发学生的学习兴趣。

(2) 结合各专业的特点, 从专业知识方面介绍一些机械工程中涉及的力学应用实例。

(3) 工程力学具有很广泛的应用。在 20 世纪, 由于力学的发展得以实现的工程技术中, 有标志性成就的有: 可将人类送入太空的航天技术、时速达 300 km/h 的高速磁悬浮列车、单跨 2 000 m 的大桥、有抗震性能的超高层建筑、巨型水利枢纽(长江三峡工程)等。

在电力系统技术中, 目前几乎所有的输入电网的电力都是通过叶轮机带动发电机产生的。而叶轮机、发电机以及输电线路的设计、制造和施工过程都离不开力学。20 世纪后 50 年, 由于力学的发展, 叶轮机的设计得以改进, 其效率提高约 1/3, 这相当于每年节省电费 3 000 亿美元。这里尚未计入力学对锅炉燃烧过程效率提高的贡献。

在汽车制造技术中, 力学的发展使汽车发动机的效率提高约 1/3, 仅以小轿车为例, 全世界每年节省燃料费约 2 000 亿美元, 而排气的污染却减少了 90% 以上。这里还没有考虑汽车结构轻量化所带来的效益。

(4) 学习工程力学是后续课程学习的需要, 是机械工程技术工人必备的基础知识。

2. 工程力学所要解决的问题

(1) 结合专业特点和专业的发展趋势要求, 讲清楚本课程面对的挑战性和重要性。

(2) 说明工程力学包括理论力学和材料力学两门学科。静力学、运动学和动力学又统称为理论力学, 静力学是研究物体在力系的作用下的平衡规律; 运动学是从几何观点研究物体的运动, 而不涉及作用在物体上的力; 动力学是研究作用于物体上的力与运动变化之间的关系。材料力学则是研究材料在外力作用下的强度和刚度以及稳定性等问题的科学。本教材没有涉及运动学和动力学部分的内容。

3. 怎样才能学好工程力学

介绍完“学习工程力学的实际意义”之后, 还应向学生补充介绍“怎样才能学好工程力学”这个问题。建议从以下两个方面考虑:

一是介绍工程力学的研究方法。强调“从实践出发或通过实验观察, 经过抽象、综合、归纳, 建立公理或提出基本假设, 再用数学演绎推理而得到定理和结论, 然后再通过实践来证实理论的正确性”。工程力学的全部发展史就是通过无数次“实践—理论—实践”的循环反复过程。在这个过程中, 认识不断提高和深化, 逐步总结和归纳本学科的科学规律和方法。因此, 在要求学生学习工程力学书本知识的同时, 还应鼓励学生能在生产或生活实践中去应用它、验证它和发展它。

二是指导学生如何学习工程力学课程。工程力学是与工程实际紧密联系的一门课程, 它肩负着培养学生绘图、书写的能力, 把物体抽象为力学模型的能力, 归纳小结和分析问题与解决问题的能力等任务。

因此, 对学生必须提出严格的要求, 并贯彻在教学过程中。建议教师抓好以下工作:

(1) 课前预习。要求学生在上课前粗看一遍教材, 记下不懂

的内容。

(2) 认真听课。课上要求学生注意听教师的讲课,要求学生理解教师讲课的思路,弄清楚预习时不懂的内容,在教师的讲述与教材不同时,需扼要地记笔记。

(3) 课后读书。课后要认真复习,阅读有关的课外书籍,弄明白教材中的每个知识点及其相关的知识内容。

(4) 独立完成作业。课后的作业是加深和巩固所学知识的手段,可培养学生绘图和书写能力。因此,要求学生一定要自己独立完成作业,养成认真对待作业、对待工作的习惯。具体要求如下:

1) 作业书写要整洁,解题步骤和叙述要简明扼要。

2) 作受力图时要用圆规和三角尺,不允许徒手画,注字要清晰。

讲述以上内容时,语言要生动活泼,理论要联系专业实际。

五、参考资料

1. 工程力学是专业学习的需要

工程力学的知识在很多专业中都会有所应用,教师可根据自己所教的班级,选几个专业常用的机械设备,以这些设备需要大量的工程力学知识为例,来说明工程力学是专业学习的需要。教师所选的机械设备与专业结合得越紧密,越能提高学生学习本课程的兴趣。

一般机械设备需要的工程力学知识可从以下几方面考虑:

(1) 机械设备各零件和传动装置各零件的受力分析,需要应用静力学知识。如在模具加工设计中,夹具体与工件之间的受力分析等。

(2) 机械设备受外力作用后,各构件所受的内力也不同,在进行零部件设计时,还需要应用材料力学知识。

(3) 在外力的作用下,机床设备的主轴正常工作时,如何协

调其转速、变形及由此引发的加工误差之间的关系，要运用工程力学的知识来解决。如车床丝杠的扭转变形等将引起进给误差，直接影响零件加工精度。

2. 工程力学是工程技术人员必备的知识

工程技术人员必须懂得工程力学知识才能解释在生产和生活中遇到的一些问题。下面举一些例子供参考。

(1) 汽车是怎样开动的？是不是发动机一转，汽车就能跑起来？

汽车点火后，发动机转动，通过驱动轴首先使后轮逆时针方向转动，如图 0—1 所示。后轮与地面接触，摩擦力 F_1 使汽车向前运动，这时前轮被推动，前轮与地面接触，摩擦力 F_2 方向向后。汽车的后轮是主动轮，前轮是从动轮。汽车前进是因为 $F_1 > F_2$ ，是摩擦力使汽车向前运动。若后轮没有地面的摩擦力 F_1 ，如在稀泥中，汽车将不能前进。

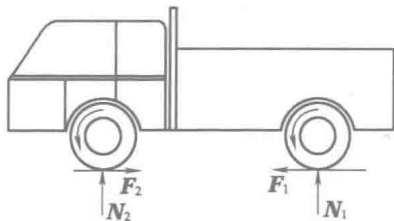


图 0—1

(2) 为保证起吊安全，应如何确定起吊重物的钢丝绳直径的大小？绑钢丝绳时应注意哪些问题？

计算起吊重物的钢丝绳的强度时，应考虑起吊重物上升时的最大加速度，因为这时钢丝绳所受拉力最大，然后加一定的安全系数以保证安全。起吊重物的钢丝绳如图 0—2 所示，一般来说，应使 $\alpha < 120^\circ$ ，而且越小越好，若 α 角等于 180° 时，钢丝绳受力是无穷大，所以很危险。

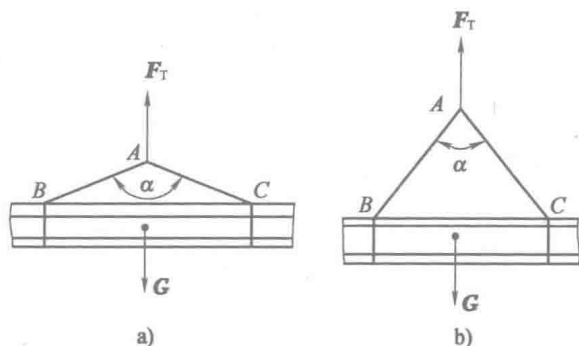


图 0—2

(3) 杂技演员表演用手劈砖，为什么在砖的两边垫上物块比不垫物块易断？

砖是脆性材料，只能承受压力而不能承受拉力。在砖的两侧垫上物块，用手劈砖时，如图 0—3a 所示，砖的上表面受压，下表面受拉，故砖易断；若不垫物块，如图 0—3b 所示，砖承受压力，故不易断。

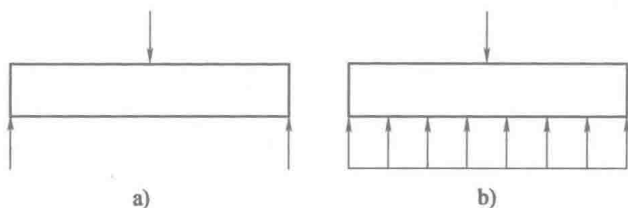


图 0—3

(4) 用长 4 m，宽 400 mm，厚 200 mm 的木板做成独木桥，为什么宽面水平放置时，人过桥感到颤动，有危险感，而宽面立放时，就没有这种感觉？

因宽面立放时，桥面抵抗弯曲的能力比平放时大得多。

(5) 将一支没削的铅笔水平放在两个食指上，如图 0—4 所

示。当食指向中点靠拢时，不管食指运动速度的快慢如何都将同时到达中点，为什么？

因为食指与铅笔之间的摩擦力与铅笔压在食指上的重量有关。若左侧食指距中点较近，右侧较远，压在左侧食指上铅笔的重量大于右侧，右侧摩擦力小，故右侧向中点移动的速度会比左侧快，直到两个食指同时到达中点。



图 0—4

(6) 体操运动员在吊环上做十字立时，双臂在根部受什么样的力的作用？

可将臂的根部视为固定端约束，双臂根部受到压力、剪力和弯曲力矩作用。

第一篇 静 力 学

静力学在工程技术中有着广泛的应用。力系的平衡条件是工程中设计构件、结构和机器零件时进行静力学分析的基础。静力学将推导各种力系的平衡条件，建立平衡方程，并应用它求解工程中的平衡问题。静力学主要研究物体的受力分析、力系的等效替换和力系的平衡条件三个问题。

一、教学目的和要求

1. 初步培养从简单的实际问题中提出静力学问题，抽象出静力学模型的能力，掌握简单物体的受力分析方法，并能正确地画出被研究对象的受力图。

2. 明确力、平衡、刚体和约束等基本概念，掌握力的三要素和力的作用效应之间的关系，掌握静力学四个公理及其所概括的力的基本性质，掌握力偶的性质及其作用效应，能熟练地计算力在坐标轴上的投影和力对点的矩。

3. 能正确地运用平衡条件求解简单的静力学平衡问题。

二、重点和难点

教学重点：

刚体与平衡的概念，静力学公理及其所概括的力的基本性质，物体的受力分析和受力图，力在坐标轴上的投影，力矩和力偶矩的计算，力偶的等效性质，平面力系的平衡条件及平衡方程，平衡问题的求解方法。

教学难点：

约束和约束反作用力，四个定理（三力平衡汇交定理、合力投影定理、合力矩定理、力的平移定理），画受力图，力偶的概念及力偶的等效性质，平衡问题的分析方法。

第一章 静力学基础知识

一、教学目的和要求

1. 理解力、刚体和约束等概念。
2. 深刻理解静力学各公理的内涵。
3. 了解各种常见典型约束的性质，会正确表示各种典型约束的约束反力。
4. 初步学会对物体进行受力分析的方法，能正确画出研究对象的受力图。

二、重点和难点

教学重点：

力、平衡、刚体和约束等重要概念，力的基本性质——静力学公理及其推论。常见几种典型约束的性质和约束反力的画法。物体的受力分析和绘制物体受力图。

教学难点：

约束的概念，公理的应用，对物体的受力分析，画受力图。

三、教学内容及学时分配表

教学内容	总学时	讲授	练习	备注
第一章 静力学基础知识	9	8	1	
§ 1—1 力与静力学模型		2		
工程应用：夹紧力作用点的选择				

续表

教学内容	总学时	讲授	练习	备注
§ 1—2 静力学公理		2		
工程应用: 巧拆锈死螺母				
§ 1—3 约束与约束反力		2		
工程应用: 光滑圆柱铰链约束——合叶				
工程应用: 巧夹球形工件				
§ 1—4 物体的受力分析和受力图		2		
典型例题			1	

四、教材分析与教学建议

(一) 单元划分

本章共 9 个学时, 划分为 5 个教学单元。

第 1 教学单元安排 1 个学时, 主要讲解力的概念、力的作用效应、力的三要素。

第 2 教学单元用 2 个学时, 第 1 学时讲解力的三要素和针对静力学模型的构建, 要讲解清楚主要应考虑的三个方面的问题。第 2 学时讲解静力学公理一、公理二(作用与反作用公理、二力平衡公理)和二力构件的定义。

第 3 教学单元用 2 个学时, 第 1 学时讲解静力学公理三、公理四(加减平衡力系公理、力的平行四边形公理)和其应用(力的可传性原理和三力平衡汇交定理); 第 2 学时讲解自由体与约束、主动力与约束力的概念和区别, 常见基本约束类型中的柔性体约束和光滑面约束的特征及约束反力的性质。

第 4 教学单元用 2 个学时, 第 1 学时讲解常见基本约束类型中的光滑圆柱铰链约束的特征及约束反力的性质; 第 2 学时讲解

简单物体受力图的画图方法和步骤。

第5教学单元用2个学时，作为画受力图的习题课。第1学时讲解例1—1和例1—2；第2学时讲解典型例题。

(二) 各单元教学建议

1. 第一单元教学建议

第1单元是§1—1与第一篇导言内容合在一起组成的1个教学单元，具体安排建议如下：

(1) 举实例说明生产和生活中存在大量的静力学问题

提出“静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的科学”这样一个观点，从而引出平衡、刚体的概念及静力学模型。强调静力学各章主要研究力系的简化和力系的平衡条件。

(2) 讲解平衡的概念时要强调的内容

1) 物体的平衡总是暂时的、相对的，绝对的平衡是不存在的。例如，固定于基础上的机床床身，只是相对于地球处于静止状态，实际上床身随着地球在宇宙空间以极高的速度运动着。

2) 工程问题中所遇到的平衡问题，绝大部分相对于地球是静止的。平衡是物体机械运动的特殊情况。

3) 如果作用于物体上的力系满足一定条件，物体可以处于平衡状态。一旦物体所受的力发生变化，平衡的条件被破坏，物体就由平衡状态转变到不平衡状态。

(3) 讲解力的概念时要强调的内容

1) 力是物体间相互的机械作用，所以力不能脱离周围物体而单独存在。要求学生一遇到力就要思考这个力是哪个物体给予的，即分清这个力的施力物体和受力物体。

2) 力的作用是使物体的运动状态或者形状发生改变。前者称为力的外效应，静力学就是研究力的外效应的；后者称为力的内效应，材料力学是研究力的内效应的。这两种效应通常是同时发生的。

3) 力是矢量，力对物体作用的效应取决于力的三要素，即力的大小、力的方向和力的作用点位置。这三个要素中如果有任

何一个改变，力对物体作用的效应也随之改变。力的大小反映了物体间相互机械作用的强度，力的方向包含力的作用线在空间的方位及指向，力的作用点是物体相互作用位置的抽象化。实际上，两物体接触处总有一定的面积，如果这个面积很小，就可将其抽象为一个点，称为力的作用点。

4) 力的单位全书采用我国法定计量单位牛顿 (N) 或千牛顿 (kN)，不必介绍工程单位制。

2. 第二单元教学建议

(1) 讲解刚体的概念时要强调的内容

1) 刚体是抽象化的力学模型，真正的刚体是不存在的，任何物体受力后都将或多或少地发生变形。刚体可分为自由体和非自由体。

2) 当研究物体运动状态改变时（研究力的外效应时），即研究静力学时，物体的形状改变是次要的矛盾，可以略去不计，这时把物体抽象为刚体，将使物体的研究大为简化，而不会影响计算的结果。

3) 当研究物体形状改变时（研究力的内效应时），即研究材料力学时，变形是主要矛盾，物体就不能抽象为刚体。

(2) 静力学公理介绍

静力学公理是静力学研究作用在刚体上的力系简化和平衡这两个问题的依据。静力学的 4 个公理概括了力的一些基本性质，或者说总结了力对物体作用的最基本的规律，是建立静力学理论的基础。每一个公理都有其独立性，但它们之间又是相互关联和相互补充的。静力学公理是本章重点，应讲解透彻，并引导学生灵活运用。

1) 公理一（作用与反作用公理）

揭示了静力学最基本的矛盾，阐明了力是两个物体之间的相互作用，以及力在物体之间的传递关系，是研究由若干个物体所组成的物体系统平衡问题的基础。