



高职高专“十二五”规划教材·土建类



建筑力学

滕斌 任晓辉 主编

JIANZHU LIXUE



西北工业大学出版社

高职高专“十二五”规划教材·土建类

建筑力学

主 编 滕 斌 任晓辉

副主编 朱兆平 李文川

冯新红 崔 莉

西北工业大学出版社

【内容简介】本书是根据教育部《高职高专教育近土建类专业力学课程教学基本要求》、参照国家现行有关规范、结合高等职业教育的特点编写的。本书的编写以应用为目的,以必需、够用为度,主要内容包括绪论、受力分析与受力图、平面汇交力系和力偶系、轴向拉伸与压缩变形、剪切与挤压、圆轴扭转、直梁弯曲、组合变形、压杆稳定、平面静定结构、力法、力矩分配法、位移法、影响线等。

本书可作为高职高专院校建筑类相关专业教材,还可作为相关人员的岗位培训教材或作为建筑工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/滕斌,任晓辉主编. —西安:西北工业大学出版社, 2013. 3

高职高专“十二五”规划教材. 土建类

ISBN 978-7-5612-3576-8

I. ①建… II. ①滕… ②任… III. ①建筑科学—力学—高等职业教育—教材
IV. ①TU311

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第017917号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029) 88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:北京合众伟业印刷有限公司

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:19.5

字数:468千字

版次:2013年3月第1版 2013年3月第1次印刷

定价:37.00元

目 录

绪论	1
0.1 课程学习目标	1
0.2 学习建筑力学的意义	1
0.3 课程学习指导	2
第 1 章 受力分析与受力图	4
1.1 静力学基本概念	4
1.2 约束与约束反力	9
1.3 结构的计算简图	14
1.4 受力分析与受力图	18
思考与练习	21
第 2 章 平面汇交力系和力偶系	23
2.1 平面汇交力系的合成与平衡	23
2.2 平面力偶系的合成与平衡	28
2.3 平面一般力系合成	30
2.4 平面平行力系的平衡条件	36
2.5 物体系统的平衡	38
思考与练习	43
第 3 章 轴向拉伸与压缩变形	47
3.1 材料力学的基本概念	47
3.2 轴向拉伸与压缩的概念	49
3.3 轴力和轴力图	50
3.4 拉(压)杆的应力和强度计算	52
3.5 拉(压)杆的变形	57
3.6 材料的力学性能	60
3.7 许用应力与强度准则	65
3.8 应力集中的概念	67



3.9 拉(压)超静定问题的解法	67
思考与练习	70
第4章 剪切与挤压	77
4.1 剪切和挤压的概念	77
4.2 剪切和挤压的实用计算	78
4.3 剪切胡克定律	83
思考与练习	84
第5章 圆轴扭转	88
5.1 扭转的概念和力学简图	88
5.2 扭转内力——扭矩	89
5.3 扭转应力和强度计算	92
5.4 圆轴扭转时的变形和刚度计算	94
思考与练习	97
第6章 直梁弯曲	100
6.1 平面弯曲的概念和力学简图	100
6.2 弯曲的内力——剪力和弯矩	102
6.3 剪力图和弯矩图	107
6.4 弯矩、剪力和荷载集度间的微分关系	114
6.5 弯曲正应力和强度计算	115
6.6 组合截面的惯性矩	120
6.7 提高梁弯曲强度的措施	126
6.8 弯曲切应力简介	129
6.9 梁的变形和刚度条件	132
6.10 简单超静定梁的解法	140
思考与练习	148
第7章 组合变形	157
7.1 组合变形的概念	157
7.2 斜弯曲	158
7.3 拉(压)与弯曲组合变形	161



7.4 偏心拉(压)与截面核心	164
7.5 弯曲与扭转组合变形	168
思考与练习	171
第8章 压杆稳定	174
8.1 压杆稳定的概念	174
8.2 理想压杆的临界力	176
8.3 临界应力与临界应力总图	178
8.4 压杆的稳定性计算及提高稳定性的措施	180
思考与练习	185
第9章 平面静定结构	187
9.1 平面杆件结构的几何组成规律	187
9.2 多跨静定梁	190
9.3 平面静定刚架	192
9.4 平面静定桁架	195
9.5 三铰拱	200
9.6 组合结构	203
9.7 结构的位移计算	205
思考与练习	210
第10章 力法	218
10.1 超静定结构的基本知识	218
10.2 力法的基本原理	221
10.3 力法的应用	226
10.4 对称性的利用	230
10.5 超静定结构的特性	236
思考与练习	237
第11章 力矩分配法	241
11.1 力矩分配法的基本概念	241
11.2 力矩分配法计算单节点结构	244
11.3 力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	248



思考与练习	253
第 12 章 位移法	255
12.1 位移法的基本概念	255
12.2 位移法基本未知量的确定	256
12.3 位移法基本结构的确定	257
12.4 单跨超静定梁的杆端弯矩和剪力	258
12.5 直杆的转角位移方程	261
12.6 用位移法计算连续梁及超静定刚架	262
思考与练习	266
第 13 章 影响线	268
13.1 影响线的概念	268
13.2 静力法作静定单跨梁的影响线	270
13.3 结点荷载作用下的影响线	277
13.4 用机动法作连续梁的影响线	280
思考与练习	287
附录	289
附录 1 常见截面的几何性质	289
附录 2 梁在简单荷载作用下的变形	290
附录 3 型钢表	292
参考文献	305

绪 论

0.1 课程学习目标

“建筑力学”是土木建筑类专业学生必修的技术基础课，学习目标是：通过学习“建筑力学”，使学生具有对一般结构进行受力分析的能力；具有对建筑工程中常用的简单结构进行内力分析计算并绘制内力图的能力；具有简单力学实验的操作能力；具有对构件进行承载能力的初步计算能力。

0.1.1 建筑力学的研究对象

建筑力学的研究对象是各种各样的建筑物。

在建筑物中用于承受荷载、传递荷载并起骨架作用的物体或物体系统称为建筑结构，简称结构。组成结构的单个物体称为构件，根据构件的几何尺寸特征通常将结构分为杆系结构、薄壁结构和实体结构 3 种类型。一个方向的几何尺寸远大于另外两个方向的尺寸的构件称为杆件，由杆件组成的结构称为杆系结构，如梁、柱、屋架等都属于杆系结构；一个方向的几何尺寸远小于另外两个方向的尺寸的构件称为薄壁(又称为板或壳)，由板或壳组成的结构称为薄壁结构，如屋面、墙面等都属于薄壁结构；三个方向的几何尺寸为同一个量级的构件称为块，由块组成的结构称为实体结构，块式基础、挡土墙、堤坝等都属于实体结构。

建筑力学的主要研究对象就是建筑物中的杆件或杆件结构。

0.1.2 建筑力学的主要内容及研究任务

建筑力学是一门按行业命名的力学学科，它是建筑行业所用力学知识的汇总，内容主要涉及理论力学的静力学、材料力学、结构力学。其中静力学主要研究单个物体及物体系统的平衡规律；材料力学主要研究单个杆件的内力计算及构件的承载能力计算；结构力学主要研究平面杆系结构的内力和位移计算。

建筑力学的研究任务是对各种建筑物中的建筑结构或构件进行受力分析，计算其内力和位移，探讨其强度、刚度、稳定性问题，为保证结构或构件的安全可靠及经济合理提供力学计算理论和方法，合理解决安全与经济这一矛盾。

0.2 学习建筑力学的意义

“建筑力学”是土木工程类各专业中一门重要的技术基础课程，它在整个专业的课程学习



过程中起着承上启下的桥梁作用,只有学好建筑力学才能为真正学习好相关的专业知识奠定坚实的基础。

建筑施工人员的主要任务,就是把设计人员设计的建筑物由图纸变成实物。从事土木工程施工的一线工作人员,只有掌握了建筑力学的基本知识,才能正确理解设计人员的设计意图、确保工程质量,才能很好地了解建筑物中每个构件的功能以及构件的承受荷载、传递荷载的情况,根据施工现场的具体情况做出正确的判断和决策,把安全隐患消灭在萌芽状态,避免事故的发生。

学习建筑力学对形成辩证唯物主义世界观是非常有利的,对提高读者的运算能力也是极有益的。因此,建筑行业的每个从业人员都应该学习建筑力学,特别是从事建筑工程结构设计和施工的工程技术人员更应该学好建筑力学。

0.3 课程学习指导

怎样才能学习好建筑力学呢?

0.3.1 重视观察和实验

建筑力学知识来源于实践、服务于实践,因此,要想掌握好建筑力学知识,就必须重视观察和实验,认真观察日常生活和工程实践中的力学现象,深入分析力学现象产生的条件和原因,学会做力学实验,掌握用实验研究问题、解决问题的基本方法,从而有意识地提高自己的观察能力和实验操作能力。

0.3.2 勤于思考、重在理解

建筑力学知识是在分析力学现象的基础上经过大量的实验研究和理论分析、概括总结或推理想象出来的,具有严密的逻辑性,各个知识点之间联系十分紧密。因此,学习建筑力学时不能死记硬背,要勤于思考、重在理解,有意识地提高自己的科学思维及逻辑推理能力。

0.3.3 把握学习的五个环节

对于一个全日制在校学生而言,把握好学习的五个环节,是掌握好各门课程知识的保障和捷径。

(1)课前预习。课前自学、阅读教材能够大概了解课程的知识点,也可以发现问题。

(2)课堂听讲。通过课前预习,学生带着问题去听课,对自己预习时不懂的地方要认真听教师讲解,做到劳逸结合。听课可以达到三个目的:一是完成对预习中所学内容的再认识,加深理解、强化记忆;二是完成对预习中存在疑惑知识的解惑工作;三是完成所学知识的消化吸收,从而做到融会贯通。

(3)课后整理课堂笔记。请注意,这里所说的是课后整理课堂笔记而不是课堂记笔记,因为课堂上记笔记操作不当会影响听课所以提倡课后根据课堂上记的要点、提纲,结合教材认真整理课堂笔记。



(4)课后练习。教师讲完课之后，一般情况下都会布置一些课后练习题，课后练习是检验学生听课效果的重要形式之一，希望学生要按照任课教师的要求认真做好课后练习。

(5)反思与综合复习。反思是对学习过程中出现的问题(当然包括做作业过程中出现的问题)进行思考和研究，找到原因和解决办法；综合复习是把这一次课所学的知识与以前学过的知识联系起来，综合在一起形成知识链。

03.4 重在运用

对于学习过的知识，如果不注意知识的运用，所得到的知识仍然是死水一潭。只有重视理论联系实际，善于把所学力学知识运用到日常生活和工程实践中去，解释力学现象、设计力学实验、讨论并解决力学问题，才能使所学到的知识逐渐丰满起来，发挥其应有的作用。

第 1 章 受力分析与受力图

【本章导语】

世界上万事万物无不受到了力的作用，而力无时无刻都存在于相互作用的物体中。那么在建筑工程中都存在着哪些力呢？这些力又是如何相互作用的以及它对建筑结构或构件产生了怎样的作用效应呢？如何正确地对它们进行受力分析和画出其受力图呢？本章就来解决这些问题。本章的知识点：力的概念、力的性质，结构的计算简图，常见约束类型及其约束反力的画法，受力分析画受力图。

1.1 静力学基本概念

静力学是研究物体在力系作用下平衡规律的一门学科，它是所有力学学科的基础。静力学的研究内容包括 3 个方面：物体的受力分析、力系的简化与合成、力系的平衡条件及其应用。静力学中概念很多，下面介绍力、刚体、平衡、力系、力偶等基本概念。

1.1.1 力的基本概念

静力学要从认识力开始。力的概念是人们在长期生产劳动和生活实践中逐渐形成的。在日常生活和生产实践中，人们通过肌肉紧张收缩的感觉，逐渐产生了对力的感性认识。在建筑工地上弯钢筋、拧螺丝帽时就会感觉到施力和受力。

1. 力的定义

用手推门时，手指与门之间有了相互作用，这种作用使门产生了运动；用汽锤锻打工件，汽锤和工件间有了相互作用，工件的形状尺寸发生了改变。在对“力”的感性认识的基础上，经过抽象化的概括和总结，将对“力”的认识提高到理性认识，从而给出“力”的定义：力是物体之间相互的机械作用。

这种作用使物体产生变形或引起物体的运动状态发生变化。两物体间的相互作用形式是多种多样的，它可以是直接作用，例如人拉小车，吊车起吊重物等；也可以是间接作用，例如地球对物体的吸引力，即重力。但无论如何力是不能离开物体而单独存在的，且它总是成对出现。如图 1-1(b)所示，力 F 为人推小车的力，而力 F' 为小车作用于人上的力，它们就是力学中要研究的一对作用力与反作用力。

2. 力的作用效应

力对物体的作用效果称为力的作用效应，包括内效应和外效应两种。





所谓内效应,又称为变形效应,是指物体在力的作用下大小、形状发生了改变,例如:拉压弹簧等。

所谓外效应,又称为运动效应,是指物体在力的作用下运动状态发生了改变。运动效应又分为移动效应和转动效应,例如:前行旋转的篮球,前行就是移动效应,即在力的作用下产生了位移;而旋转就是转动效应,即在力的作用下产生了转动。大量实践证明,力对物体的作用效应取决于力的三要素。



图 1-1

3. 力的三要素及表示法

力对物体的效应,取决于力的三要素:力的大小、方向和作用点。

(1)力的大小。力的大小反映了物体间相互作用的强弱程度。其度量单位为牛顿(N)或千牛顿(kN)。

(2)力的方向。力的方向包含力作用线的方位和力的指向。方向的不同也直接影响了力对物体的作用效应。

(3)力的作用点。力的作用点是指力作用在物体上的位置。实际上,力不是作用在物体上的一个点而是作用在一定的范围内。当力作用的范围较小时,就可以近似地看成一个点。力的作用点与力对物体的作用效应也是有很大关系的。例如,如图 1-2 所示的人拉小车。同样大小和方向的力,其作用点不同,对小车所产生的作用效应就不一样。

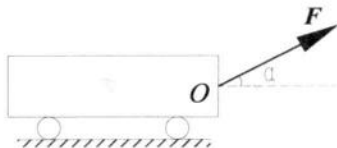


图 1-2

4. 力的分类

力的分类方式有很多种,这里介绍的是依据力的作用范围大小把力分为两种:集中力和分布力。

(1)集中力。当力的作用范围相对于物体很小以至于可以忽略不计时,就可以把力近似的看作是作用在一个点上,这样的力称为集中力。集中力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。例如,火车车轮作用在钢轨上的压力、面积较小的柱体传递到面积较大的基础上的压力等都可看作是集中力。图 1-3 (a)中画出来的 F 就是一个集中力。

(2)分布力。当力的作用范围较大而不能忽略时的作用力称为分布力,分布力又分为线分

布力、面分布力和体分布力。连续作用在狭长范围内的力称为线分布力，其分布集度通常用字母 q 表示，单位为 N/m 或 kN/m ；作用在一定面积上的分布力称为面分布力，其分布集度通常用 p 表示，单位是 N/m^2 或 kN/m^2 ，如图 1-3(d)所示；体分布力是指在构成物体的空间里(或者说物体体积内)每一个点都受到力作用的情况，如图 1-3(e)所示，体分布力的分布集度的单位是 N/m^3 或 kN/m^3 。如果在作用范围内每个点受到的力大小不一样，这样的分布力称为非均布力，如图 1-3(b)所示为一线非均布力；当作用范围内每个点受到的力大小相同，这样的分布力称为均布力，如图 1-3(c)所示为一线均布力。

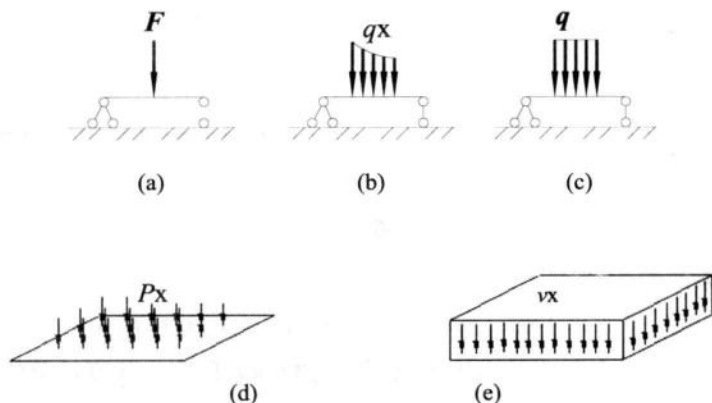


图 1-3

5. 力的图示法

在物理中把既有大小又有方向的量称为矢量，力是一个有大小和方向的量，因此力是矢量。通常画受力图时用一个带箭头的有向线段来表示集中力的三要素，这种表示方法称为力的图示法。其中线段的长度(按一定的比例画出的)表示力的大小；线段所在的方位表示力的方位、箭头表示力的指向；线段的起点或终点表示力的作用点，如图 1-4 所示。

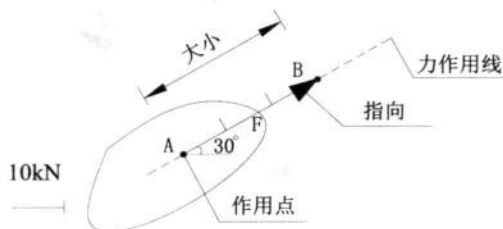


图 1-4

6. 力的性质

公理是人们在长期的生活和生产实践中概括总结出来的、大家公认的理论，而且它又是经过实践反复检验，被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律。

静力学公理是人们关于力的基本性质的概括和总结，它是构建静力学理论的基本依据。

(1)作用与反作用公理。两物体间相互作用产生的力互为作用力和反作用力，它们总是同时存在，且大小相等、方向相反、沿同一直线分别作用于这两个物体上。

这个公理概括了物体间相互作用的关系,这个公理表明力总是成对出现的,有作用力就有反作用力,已知作用力就可知反作用力,这个公理是分析物体和物体系统受力情况时必须遵循的原则。

(2)二力平衡公理。作用于同一刚体上的两个力,使刚体保持平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等、方向相反且作用于同一直线上,或简称为此二力等值、反向、共线。

这个公理总结了作用于刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件,它为以后研究一般力系的平衡条件提供了基础。对于刚体这个条件是既必要又充分的;但对于变形体,这个条件仅为必要条件。

例如:软绳受两个等值、反向的拉力作用可以平衡,如图 1-5 (a)所示;而受两个等值、反向的压力作用就不能平衡,如图 1-5 (b)所示。

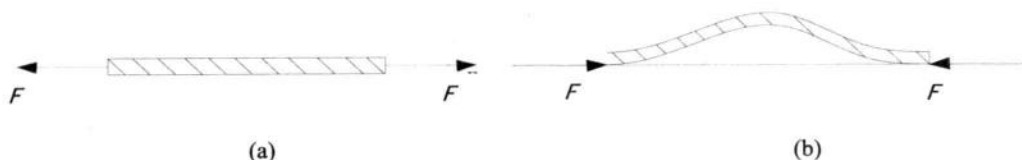


图 1-5

在两个力的作用下处于平衡的构件称为二力构件。若此构件是杆件,则称其为二力杆(见图 1-6)。

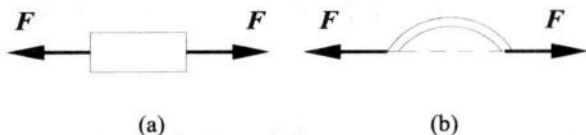


图 1-6

必须注意:不能将二力平衡公理和作用与反作用公理相混淆。前者是两个力作用在同一物体上,而且使物体平衡;而后者是分别作用在两个物体上,且不能构成平衡。

(3)加减平衡力系公理。在作用于刚体的任意力系中,加上或减去任何一个平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态,即平衡力系对物体的运动效果为零,所以在物体的原力系上添加或者去掉一个平衡力系,是不会改变物体的运动效果的。

这个公理是研究力系等效替换的重要依据。

推论:力的可传性原理

作用在刚体上的力可以沿其作用线移动到任意位置,而不改变该力对刚体的作用效应。

这一原理很容易被实践所验证,如图 1-7 所示。

特别注意:二力平衡公理、加减平衡力系公理及其推论都只适用于刚体。

(4)力的平行四边形公理。作用在物体上同一点的两个力,可以合成为一个合力,合力也作用在该点,合力的大小和方向由以这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线确定,如图 1-8 所示。

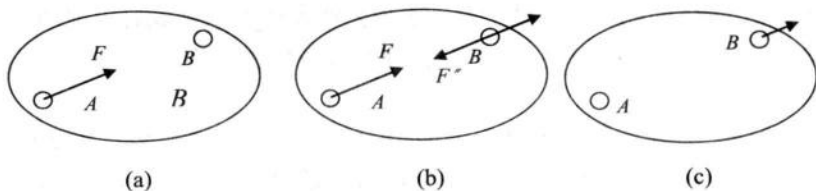


图 1-7

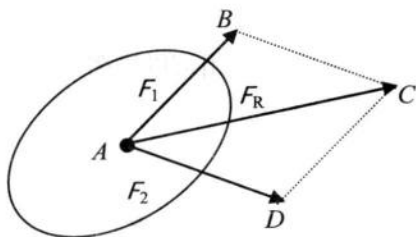


图 1-8

力的平行四边形公理总结了最简单力系简化的规律,它是复杂力系简化的基础。力的分解是力的合成的逆运算,将一个力分解为两个力时,可得到无数个结果,如图 1-9 (a)所示,要想得到唯一的解答,还必须给出足够的规定条件,例如已知两个分力的方向,或已知两个分力中一个分力的大小和方向,或已知两分力的大小,或一个分力的大小和另一个分力的方向等。

工程实际当中,常将一个力沿着互相垂直的两个方向正交分解成两个分力,如图 1-9 (b)所示。

推论:三力平衡汇交定理

一刚体受共面不平行的三个力的作用而平衡时,则这三个力的作用线必汇交于一点。

此定理常用来确定刚体在不平行三力作用下平衡时,确定某一未知力的作用线。如图 1-9 (c)所示,证明了三力平衡汇交定理。

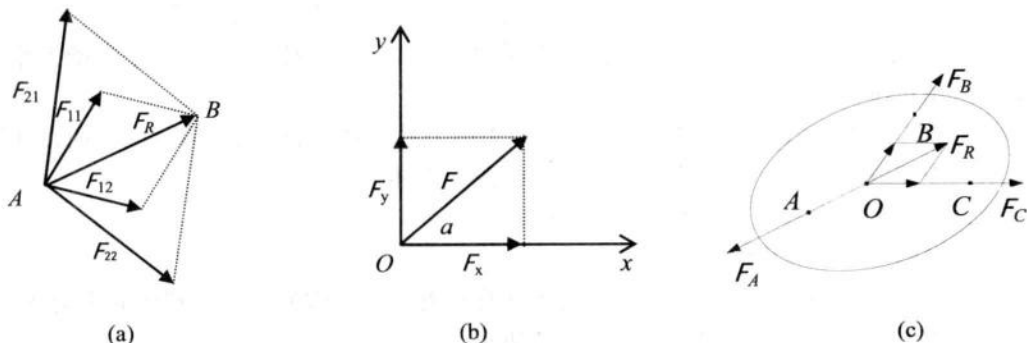


图 1-9

1.1.2 刚体

用脚踢皮球,脚和球体之间进行了相互作用,球体的运动状态和形状尺寸同时发生了改变。

力对球体的这两种效应并不是单独发生的,而是同时发生的。当研究物体的运动规律(包括平衡)时,可以忽略不计形状尺寸改变对运动状态改变的影响,把物体抽象为不变形的理想化模型——刚体。

事实上,刚体并不存在,它只是力学研究中的一个理想的模型。建筑物中的梁,在横向力作用下产生弯曲变形,但这种变形微乎其微,对于研究其平衡问题的影响甚小,通常忽略不计,故可将梁看成刚体。这样,将会大大简化对平衡问题的研究。因此在静力学中,把所研究的物体都看作为刚体。

1.1.3 平衡

物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态,称为平衡。例如,所有的房屋、桥梁、堤坝,还有匀速起吊的构件,它们相对于地球来说都是处于平衡的。它们共同的特点是运动状态没有发生改变。

通常物体在力系的作用下,一般会产生各种不同形式的运动。要使物体处于平衡状态,就必须使作用于物体上的力系满足一定的条件,这些条件叫做力系的平衡条件。使物体处于平衡状态的力系叫做平衡力系。在以后的章节中将重点研究物体在各种力系的作用下的平衡条件及其应用。

1.1.4 力系

同时作用在同一研究对象上的两个或者两个以上的力称为力系。

若一个刚体在两个力系分别作用下其效果相同,则称这两个力系互为等效力系。如果一个力与一个力系等效,则称此力为该力系的合力,而该力系中的各力称为此力的分力。在不改变作用效果的前提下,用一个简单力系等效替代复杂力系的过程,称为力系的简化。

若物体在一个力系的作用下处于平衡,则称该力系为平衡力系。使一个力系成为平衡力系的条件,称为力系的平衡条件。物体在各力系作用下的平衡条件在建筑、路桥等工程中有着广泛的应用。研究刚体的平衡条件是静力学的主要任务之一。

1.1.5 力偶

作用在同一个物体上的两个大小相等、方向相反、不共线的两个平行力称为力偶,并用符号(F, F')表示。两力之间的距离称为力偶臂,用 d 表示。

由于力偶不能再简化,所以力偶和力一样是组成力系的基本元素。

在日常生活和生产中,都会遇到用力偶使物体转动的情况。例如司机转动方向盘,钳工用丝锥攻螺纹,人们用钥匙开门等都是施加力偶的结果。

1.2 约束与约束反力

自然界中的物体通常分为两大类:一类是运动不受限制的物体,称为自由体,如在空中飞行的鸟、飞机等;另一类是运动受到限制的物体,称为非自由体,如教室的课桌、轨道上的列车、房屋中的梁等。人们都向往自己能够成为自由体,事实上绝对自由的物体是不存在的,那

么非自由体为什么不能自由自在的运动呢？非自由体的运动受到了什么样的限制呢？

1.2.1 约束、约束反力的概念

对非自由体的运动(或运动趋势)起限制作用的周围物体,称为该物体的约束。例如轨道对列车就构成了约束。约束对非自由体的作用,实际上就是力,这种力称为约束反力,简称反力。约束反力的方向总是与约束所阻止的物体运动或运动趋势方向相反。例如,梁压在墙上,墙阻止梁下落而反作用于梁一向上的支承力,即墙给梁的约束反力。

使物体产生运动(或有运动趋势)的力称为主动力。主动力往往是给定的或已知的,例如物体的重力、风力等。

1.2.2 工程中常见的约束类型简介

1. 柔体约束

由绳索、链条、皮带、钢丝等柔软物体所构成的约束称为柔体约束,如图 1-10 (a)所示。柔体约束只能阻止物体与柔体连接的一点沿柔体中心线离开柔体方向的运动,而不能阻止这一点沿其他方向运动。由于柔软的绳索本身只能承受拉力,所以柔体约束反力的作用点是物体与柔体的连接点,方位沿柔体的中心线,且其指向背离受力物体为拉力,柔体约束的约束反力通常用 F_T 表示,如图 1-10 (b)所示。

2. 光滑接触面约束

不计摩擦的光滑平面或曲面构成对物体运动的限制时,称为光滑接触面的约束。无论是平面或曲面,都不能限制物体沿接触面切线方向的运动,而只能限制沿接触面公法线方向的运动。因此,光滑接触面约束的约束反力是作用在接触处、沿接触面的公法线,且指向被约束物体为压力,光滑接触面约束的约束反力用 F_N 表示,如图 1-11 所示。

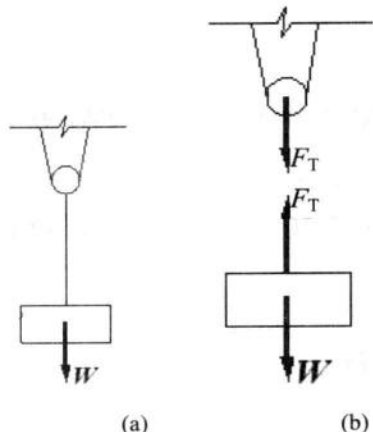


图 1-10

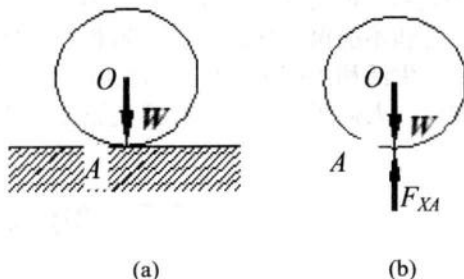


图 1-11

3. 光滑圆柱铰链约束

光滑圆柱铰链是用一圆柱体(例如销钉),将两个构件连接在一起,如图 1-12 所示。连接