

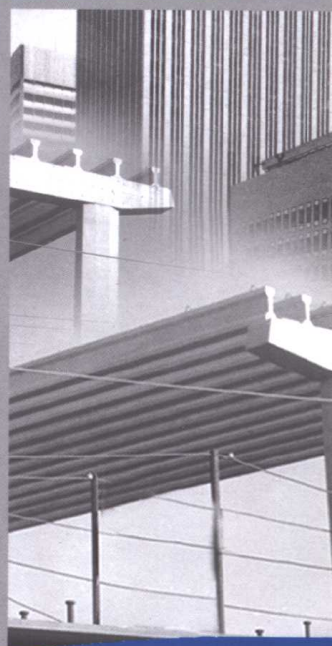


高职高专工程监理专业系列规划教材

GAOZHIGAOZHUAN

土木工程力学

葛若东 陈素红 主 编
张本占 李之祥 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

高职高专工程监理专业系列规划教材

土木工程力学

葛若东 陈素红 主 编
张本占 李之祥 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共十七章,内容包括绪论、静力学的基本概念、平面力系、材料力学的基本概念、轴向拉伸和压缩、截面的几何性质、剪切与扭转、梁的内力、梁的应力及强度和变形计算、组合变形、压杆稳定、平面体系的几何组成、静定结构内力分析、静定结构的位移计算、力法、位移法、力矩分配法、影响线。每章后有思考题和习题。

本书可作为高职高专院校的工程监理、房屋建筑工程、市政工程等土建类专业的教材,也可作为相关工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程力学/葛若东,陈素红主编. —北京:科学出版社,2004

(高职高专工程监理专业系列规划教材)

ISBN 7-03-013582-2

I. 土… II. ①葛…②陈… III. 土木工程-工程力学-高等学校:技术学校-教材 N. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 049275 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:朱光光
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方上林

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 7 月 第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004 年 7 月 第一次印刷 印张: 25 1/4

印数: 1—4 000 字数: 498 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《高职高专工程监理专业系列规划教材》

编委会

主 任 胡兴福

副主任 沈养中 王胜明 刘晓立 钟芳林 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

牛季收 生青杰 关俊良 刘长华

刘宝莉 孙世青 沈 建 张 驰

张书良 张贵良 张国强 张若美

李会青 杜绍堂 陈红领 陈素红

林 密 侯元恒 洪树生 赵文亮

徐 南 董 平 葛若东

前 言

本书根据高等职业技术教育和专科教育的培养目标与力学课程教学基本要求而编写。本书着力体现当前高职高专教学改革的特点,突出针对性、适用性和实用性。在编写过程中,作者吸取了有关教材的长处,结合编者的教学经验,注重理论与实践相结合。

参加本书编写工作的有:广西建设职业技术学院的葛若东(绪论、第二章)、陈春梅(第一、三、四章),三峡大学职业技术学院的陈素红(第七、八章)、陈剑红(第五、六、九章)、闫志红(第十、十二章),平顶山工学院的张本占(第十四、十五、十六章),昆明冶金专科学校的李之祥(第十一、十三、十七章)。全书由葛若东统稿,广西大学赵艳林教授主审。

由于编者水平有限,书中难免有错漏和不妥之处,敬请同行和广大读者批评指正。

目 录

前言	i
绪论	1
0.1 土木工程力学的研究对象、内容和任务	1
0.2 荷载的分类	2
0.3 结构的计算简图	3
0.4 杆件结构的分类	4
第一章 静力学的基本概念	7
1.1 力、刚体、平衡、力系的概念	7
1.2 静力学公理	8
1.3 约束与约束反力	11
1.4 受力图	16
思考题	18
习题	18
第二章 平面力系	20
2.1 平面汇交力系的合成与平衡	20
2.2 平面力偶系的合成与平衡	28
2.3 力的平移定理	33
2.4 平面一般力系向作用面内任一点简化	34
2.5 平面一般力系的平衡	38
2.6 物体系统的平衡	44
思考题	48
习题	49
第三章 材料力学的基本概念	55
3.1 变形固体及其基本假设	55
3.2 杆件变形的基本形式	56
第四章 轴向拉伸和压缩	58
4.1 轴向拉伸和压缩时的内力	58
4.2 轴向拉(压)杆的应力	62
4.3 轴向拉压杆的变形	67

4.4	材料在拉伸和压缩时的力学性能	70
4.5	轴向拉(压)杆的强度计算	77
4.6	应力集中的概念	82
	思考题	83
	习题	84
第五章	截面的几何性质	88
5.1	重心和形心	88
5.2	静矩	97
5.3	惯性矩、惯性积、惯性半径、极惯性矩	99
5.4	平行移轴公式	101
5.5	形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	105
	思考题	106
	习题	107
第六章	剪切与扭转	112
6.1	剪切和挤压的实用计算	112
6.2	扭矩和扭矩图	117
6.3	圆轴扭转的应力及强度计算	120
6.4	圆轴扭转时的变形及刚度计算	126
	思考题	129
	习题	130
第七章	梁的内力	133
7.1	梁的平面弯曲、梁的计算简图	133
7.2	梁横截面上的内力——剪力与弯矩	134
7.3	剪力图和弯矩图	139
7.4	利用剪力、弯矩与荷载间的关系作剪力图和弯矩图	145
7.5	叠加原理作梁的弯矩图	150
	思考题	152
	习题	152
第八章	梁的应力及强度和变形计算	156
8.1	弯曲正应力	156
8.2	弯曲剪应力	162
8.3	梁的强度计算	165
8.4	提高梁弯曲强度的措施	168
8.5	梁的应力状态	171
8.6	梁的变形	178
8.7	梁的刚度校核	186

思考题	187
习题	189
第九章 组合变形	193
9.1 组合变形的概念	193
9.2 斜弯曲的应力和强度计算	194
9.3 偏心拉伸(压缩)	198
思考题	205
习题	205
第十章 压杆稳定	210
10.1 压杆稳定的概念	210
10.2 临界力和临界应力	211
10.3 压杆的稳定计算	214
10.4 提高压杆稳定性的措施	219
思考题	220
习题	220
第十一章 平面体系的几何组成	223
11.1 几何组成分析的几个概念	223
11.2 几何不变体系的组成规则	228
11.3 体系的几何组成分析举例	231
11.4 体系的几何组成与静定性的关系	234
思考题	235
习题	235
第十二章 静定结构内力分析	237
12.1 多跨静定梁、斜梁	237
12.2 静定平面刚架	244
12.3 静定平面桁架	253
12.4 三铰拱	261
12.5 组合结构	268
思考题	271
习题	271
第十三章 静定结构的位移计算	277
13.1 计算结构位移的目的	277
13.2 变形体的虚功原理	278
13.3 结构位移计算的一般公式	281
13.4 静定结构在荷载作用下的位移计算	283
13.5 用图乘法计算梁及刚架的位移	286

13.6	静定结构由于支座移动引起的位移计算	292
13.7	互等定理	294
	思考题	296
	习题	297
第十四章	力法	300
14.1	基本概念	300
14.2	力法的基本原理和典型方程	302
14.3	力法的计算步骤与示例	305
14.4	对称性的利用	314
14.5	超静定结构的位移计算与最后弯矩图的校核	323
	思考题	326
	习题	327
第十五章	位移法	329
15.1	位移法基本概念	329
15.2	位移法基本未知量与基本结构	331
15.3	等截面直杆的转角位移方程	332
15.4	位移法举例	333
	思考题	339
	习题	339
第十六章	力矩分配法	342
16.1	基本概念	342
16.2	力矩分配法的基本原理	343
16.3	用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	345
16.4	无剪力分配法	351
16.5	超静定结构的特性	355
	思考题	356
	习题	356
第十七章	影响线	359
17.1	影响线的概念	359
17.2	静力法绘制单跨静定梁的影响线	360
17.3	机动法作单跨静定梁的影响线	366
17.4	影响线的应用	368
17.5	简支梁的内力包络图及绝对最大弯矩概念	374
	思考题	380
	习题	380
附录	型钢表	383
参考文献		394

绪 论

本章主要介绍土木工程力学的研究对象、内容和任务,荷载及杆件结构的分类,结构的计算简图。

0.1 土木工程力学的研究对象、内容和任务

任何建筑物和构筑物在建造和使用的过程中都会受到各种荷载作用,例如一幢楼房,它要承受风力、楼房本身自重、人或物体的重力等,这些力在工程上称为荷载。

在建筑物和构筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为结构,如工程中的房屋、桥梁、隧道、塔架、挡土墙、水坝等都可称为结构。一个结构,通常由许多构件组成,例如图 0.1 是一个常见的楼层透视图。这种楼层结构由板、次梁、主梁、柱(墙)等构件组成。为了使结构或构件既安全、正常地工作,又能符合经济的要求,就必须进行结构设计。结构计算是结构设计的重要组成部分,即要对每个构件进行受力分析,计算作用在结构上的荷载、计算各构件内力和变形、确定构件的截面尺寸和所用的材料等,这些计算工作必须要有科学的计算理论作依据才能进行。土木工程力学就是研究结构计算的一门学科。它将为读者打开进入结构设计和解决施工现场中许多受力问题的大门。

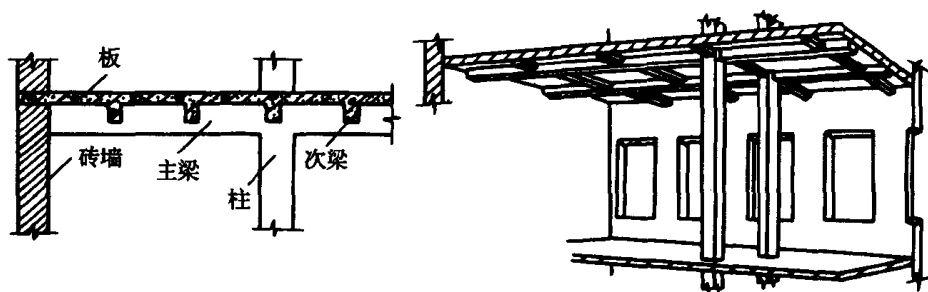


图 0.1

土木工程力学的研究对象就是组成建筑物的构件或构件体系。工程中构件的形状是多种多样的,根据构件的几何特征,可将构件分为四类,如图 0.2 所示。本书研究的是杆件和由杆件组成的杆件结构。

土木工程力学研究的内容是:①物体的平衡条件;②杆件或杆件结构在力作用下不发生破坏的条件,即强度问题;③杆件或杆件结构不发生过大变形的条件,即

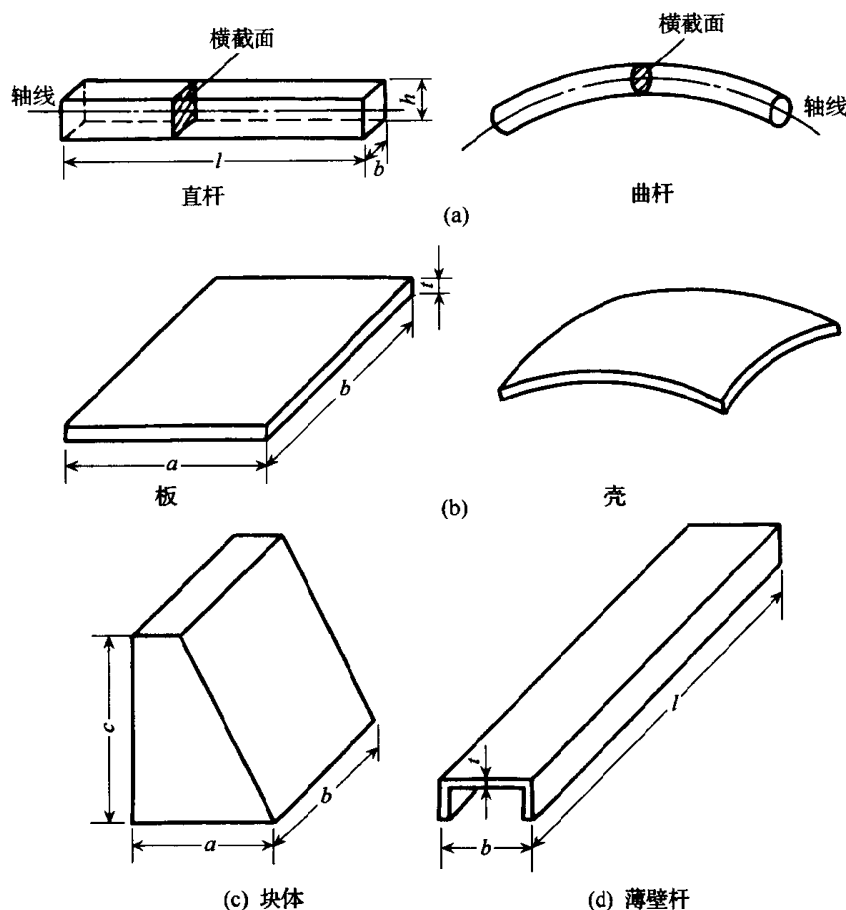


图 0.2

刚度问题；④细长压杆不发生突然屈曲而引起结构倒塌的条件，即压杆稳定问题；⑤结构的组成规则和合理形式等问题。

在结构设计中，如果构件的截面设计得愈大，其强度、刚度和稳定性条件就愈容易满足，如构件能承担的荷载过分大于所受的荷载，就会造成人力、物力上的浪费。截面设计得过小，构件又会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用，或因强度不足而发生破坏。土木工程力学的任务就是解决安全与经济这个矛盾，即研究和分析杆件或杆件结构在荷载作用下维持平衡的条件，杆件或杆件结构的内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件，为保证杆件或杆件结构安全可靠又经济合理提供计算理论依据。

0.2 荷载的分类

荷载是指主动作用于结构上的外力。结构上承受的荷载是多种多样的，可以根据不同的特点加以分类。

1. 按作用时间的久暂

荷载可分为恒载和活载。恒载是长期作用于结构上的不变荷载,如构件本身的自重、土压力等,这种荷载的大小、方向和作用位置是不变的。活载是暂时作用于结构上的可变荷载,如列车、人群、风、雪等,这种荷载的大小及作用点位置经常随时间变化。

2. 按荷载的作用范围

荷载可分为集中荷载和分布荷载。荷载作用面积相对于总面积是微小的,为了简化计算,可视为作用在一点的集中荷载,如车轮的轮压等。分布荷载是指分布在一定面积或长度的荷载,如风、雪、结构的自重等。分布荷载又可分为均布荷载和非均布荷载。

3. 按荷载位置变化

荷载可分为固定荷载和移动荷载。固定荷载是指作用位置固定不变的荷载,如结构自重等。移动荷载是指可以在结构上自由移动的荷载。如吊车、汽车等的轮压。

4. 按荷载的作用性质

荷载可分为静力荷载和动力荷载。静力荷载是指缓慢施加不引起结构振动,从而可忽略其惯性力影响的荷载,如结构的自重和一般需考虑的活荷载都属于这类荷载。动力荷载是指能明显引起振动或冲击,因而必须考虑惯性力影响的荷载,如打桩机产生的冲击荷载、地震及机械的振动荷载。

0.3 结构的计算简图

实际结构是很复杂的,完全按照结构的实际工作状态进行力学分析是不可能的,也是不必要的。因此,在计算之前,往往对实际结构加以简化。用一个略去次要因素,而能反映实际结构基本受力和变形性能的简化的图形来代替它,这种图形就称为结构的计算简图。

简化工作通常包括四个方面:

1. 杆件的简化

杆件用其轴线表示,杆件的长度则用杆件两端各杆件轴线交点之间的距离来表示。

2. 结点的简化

结构中杆件与杆件之间的相互连接处,称为结点。在计算简图中,通常将结点归纳为铰结点和刚结点两种。

铰结点的特征是各杆端可以绕结点中心自由转动。刚结点的特征是汇交于结点的各杆端之间不能发生任何相对转动。

3. 支座的简化

把结构与基础联系起来的装置称为支座。支座的构造形式很多,在计算简图

中,通常可归纳为固定铰支座、活动铰支座、固定端支座和滑动支座(详见第一章)。

4. 荷载的简化

将实际作用在结构上的荷载用集中荷载或分布荷载表示。

下面以如图 0.3(a)所示的厂房结构的屋架为例,说明计算简图的简化方法。

由图可见,屋架的两端是通过钢板焊接在柱子上的,屋架不能左右移动,但在温度变化时,仍可以自由伸缩,可将其两端简化为固定铰支座和活动铰支座;在计算屋架各杆内力时,各杆均以轴线表示;杆件之间的结点均简化为铰结点,这虽然与实际情况不符,但可使计算大为简化,而计算结果的误差在工程上通常是允许的;屋面板传来的荷载及结构的自重均简化为作用在结点上的集中荷载,如图 0.3(b)所示。

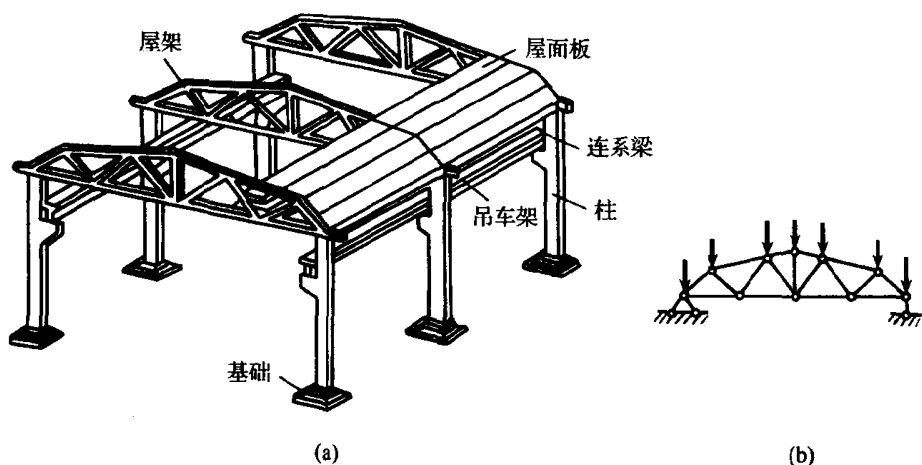


图 0.3

应该指出,确定一个结构的计算简图,特别是对于比较复杂的结构,不是一件容易的事情,它需要一定的专业知识和实际经验。计算简图是结构受力分析的基础,它直接影响计算的工作量和精确度,如果选择不当,则计算结果不能反应结构的实际工作状态,严重的将会引起工程事故。所以,必须慎重地选择计算简图。

0.4 杆件结构的分类

杆件结构的分类,实际上就是计算简图的分类。杆件结构通常可分为下列几种。

1. 梁

梁是一种受弯构件,其轴线通常为直线。梁分为单跨和多跨[图 0.4(a)~(d)]。

2. 拱

拱的轴线为曲线,在竖向荷载作用下会产生水平反力[图 0.5(a)、(b)]。

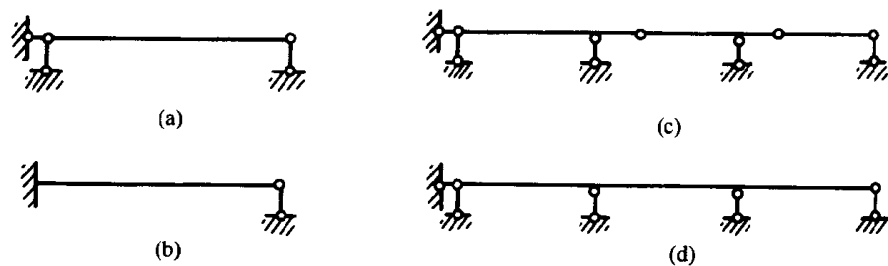


图 0.4

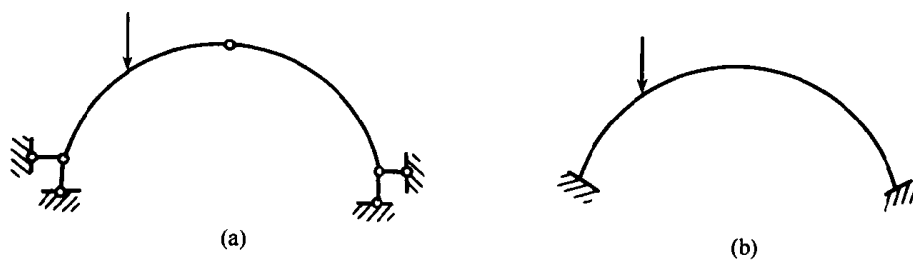


图 0.5

3. 刚架

刚架通常是由直杆组成并具有刚结点的结构[图 0.6(a)、(b)]。

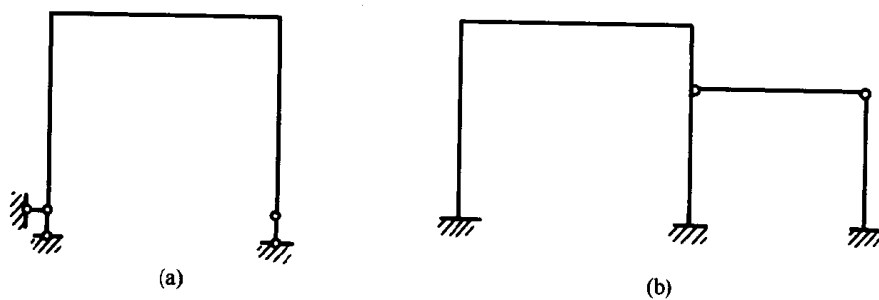


图 0.6

4. 桁架

桁架是由若干直杆组成且所有结点均为铰结点的结构(图 0.7)。

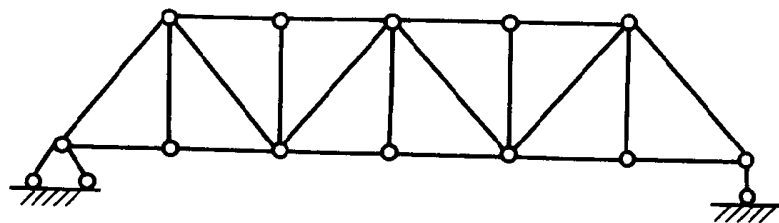


图 0.7

5. 组合结构

这是由桁架和梁或桁架与刚架组合在一起的结构(图 0.8)。

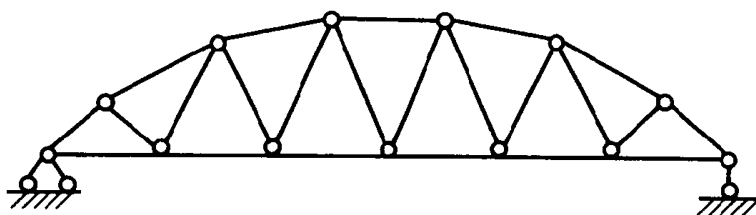


图 0.8

第一章 静力学的基本概念

本章主要研究力系的平衡。讨论静力学的基本概念、静力学公理、常见的约束类型及物体受力分析的基本方法。

1.1 力、刚体、平衡、力系的概念

力的概念,最初是劳动人民在长期改造自然的实践中,提、推、举或投掷某一物体时,由于肌肉的紧张收缩的感觉而产生的;例如我们用肩膀挑重物,重物的重量通过扁担压在肩膀上,就使我们感到了肩膀受压力的作用;又如:从空中落下的物体由于受到地球引力作用而使运动速度加快,桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形,等等。综上所述,可以概括出力的概念:力是物体间的相互机械作用,其作用的效果是使物体的运动状态发生变化,或者使物体发生变形。这里所说的运动状态的改变:是指物体运动快慢或运动方向的改变;所说的变形:是指物体的大小和形状产生改变。力的作用方式是多种多样的,物体间互相接触时,可以产生相互的推、拉、挤等作用力;物体间不接触时,也能产生相互间的吸引力或排斥力。例如:地球对悬挂的小球有吸引力,并作用于小球的重心,即我们常说的重力,而小球对地球的吸引力作用于地球的中心。力不可能脱离物体而单独存在的,有受力体必然存在施力体。

实践证明:力对物体的作用效果取决于力的三要素,即力的大小、力的方向、力的作用点。

力的大小表明物体间的相互作用的强弱程度,单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。

力的方向通常包含有方位和指向两个方面,力的作用效果与力的方向有关,力的方向不同,物体运动方向也不相同。

力的作用点表示物体相互作用的位置。力对物体的作用效果与力的作用点有关,如 1.1 图中力作用在 A 点时,物体将沿平面向前移动,而力作用于 B 点时,物体就有可能倾覆。

由力的三要素可知,力是矢量,可以用一带箭头的线段来表示。线段的长度按一定的比例表示力的大小,线段的方位和箭头的指向表示力的方向;线段的起点或终点表示力的作用点。

如图 1.2 所示,力作用在 A 点,力的方向与水平线成 30° 角,指向右上角,单位长度表示 100kN ,按比例量出 F 的大小是 200kN 。

一般来说,用字母符号表示矢量时,常用黑体字 $\mathbf{F}$ 表示,而 F 只表示该矢量的大小。

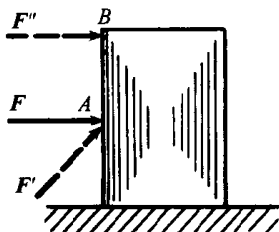


图 1.1

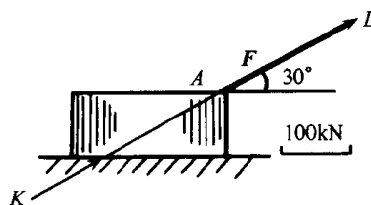


图 1.2

在现实中,任何物体受到力的作用,都将会发生变形,但是在工程实际中的许多物体的变形都非常微小。例如:建筑物中的主要承重构件如梁、柱等,它们发生的变形相对于物体本身尺寸而言是非常微小,这些的微小变形,对于讨论物体的平衡问题影响很小,可以忽略不计,因此可以认为物体没有变形。在任何外力的作用下,大小和形状始终保持不变的物体,称为刚体。刚体是物体的抽象化模型。一般说来在研究平衡时,可把研究的物体视为刚体,然而,当讨论物体受力后会不会破坏时,变形就是一个主要因素而不能忽略,也就是不能再把物体当作刚体,而应该看成是变形体。

为了便于研究和叙述,现给出以下定义:

- 1) 作用于物体上的一群力称为力系。
- 2) 物体相对于地球保持静止或做匀速直线运动状态,称为平衡。
- 3) 使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系。
- 4) 作用在物体上的一个力系,如果可用另一个力系来代替,而不改变力系对物体的作用效果,则这两个力系称为等效力系。

1.2 静力学公理

公理一 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要和充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,如图 1.3 所示。

二力平衡公理对于刚体是充分的也是必要的,但对于变形体而言只是必要的,不是充分的;如图 1.4(a)、(b)所示绳索的两端若受一对大小相等,方向相反的拉力可以平衡,但若是压力就不平衡了。

二力平衡公理是作用于物体上的最简单的平衡力系,它为以后研究一般力系