

中等职业教育国家规划教材配套教材

应 用 力 学

【 公路与桥梁专业 】

● 韩东萍 刘 萍 主编

● 王 先 主审



人民交通出版社

中等职业教育国家规划教材配套教材

Yingyong Lixue

应 用 力 学

(公路与桥梁专业)

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要包括:静定结构的组成规律,结构和构件的受力分析方法及受力图的绘制方法,平面力系的合成与平衡原理及计算方法,材料的力学性能(内力、强度、刚度和稳定性)以及材料力学试验的基本原理和方法,构件中应力状态的分析 and 计算,静定结构的位移计算方法,静定梁的影响线及其应用。全书共 14 章。

本书为中等职业教育公路与桥梁专业国家规划教材的配套教材,亦可供工程技术人员学习参考。

图书在版编目(C I P)数据

应用力学/韩东萍,刘萍主编. —北京:人民交通出版社, 2003. 8

ISBN 7-114-04717-7

I. 应… II. ①韩…②刘… III. 应用力学-专业学校-教材 IV. 039

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第 048647 号

中等职业教育国家规划教材配套教材

应 用 力 学

(公路与桥梁专业)

韩东萍

主编

刘 萍

主审

王 先

正文设计:孙立宁 责任校对:戴瑞萍 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.25 字数:426 千

2003 年 8 月 第 1 版

2003 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—5000 册 定价:32.00 元

ISBN 7-114-04717-7

前 言

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革和教材建设规划”,教育部于 2001 年全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。交通职业教育教学指导委员会路桥工程学科委员会于 2001 年 11 月组织全国交通职业学校(院)的教师,根据教育部最新颁布的公路与桥梁专业主干课程教学基本要求,编写了中等职业教育国家规划教材(工程测量、道路材料试验、公路工程施工技术、钢筋混凝土结构、路面结构、桥梁构造与施工、公路工程管理、公路养护与管理共 8 种),经全国中等职业教育教材审定委员会审定后,于 2002 年 7 月在人民交通出版社出版发行。

根据教育部《中等职业学校公路与桥梁专业教学指导方案》中专业课程设置的要求,路桥工程学科委员会在启动主干课程教材编写的同时,着手与之配套的教材的组织编写工作。经过广泛征求意见及建议,通过多次讨论,最后选定《工程制图》(附《工程制图习题集》)、《应用力学》、《土工技术》、《公路几何设计》、《公路小桥涵设计》、《施工监理基础》、《施工机电基础》、《高速公路简介》共 8 种教材作为中等职业教育国家规划教材的配套教材。

本套教材在编写中注意了与主干课程教材的合理衔接,融入了全国各交通职业学校(院)公路与桥梁专业的教学改革成果,结合最新的技术标准、规范以及公路科技进步等情况,具有较强的针对性;较好地贯彻了素质教育的思想,力求体现以人为本的现代理念,从交通行业岗位群的知识和技能要求出发,并结合对学生动手能力、创新能力、职业道德方面的要求,提出教学目标,组织教学内容,在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

《应用力学》是中等职业教育国家规划教材配套教材之一,主要内容包括静定结构的组成规律,结构和构件的受力分析方法及受力图的绘制方法,平面力系的合成与平衡原理及计算方法,材料的力学性能(内力、强度、刚度和稳定性)以及材料力学试验的基本原理和方法,构件中应力状态的分析和计算,静定结构的位移计算方法,静定梁的影响线及其应用。全书共 14 章。书后附有本课程的“教学基本要求”,供各院校在进行教学组织和安排时参考。

参加本书编写工作的有:宁夏交通学校韩东萍(编写第一章第 1 节、第四、六、七、九章及附录),河北交通职业技术学院刘萍(编写第二、三章),内蒙古交通学校曹雅静(编写第五、十二、十四章),山西交通职业技术学院何丽霞(编写第七章第 6 节,第八章,第十章第 1、3、4 节,第十一章),新疆交通学校李绪梅(编写第十三章),青海交通职业技术学院王先(编写第一章第 2、3 节、第十章第 2 节)。全书由韩东萍和刘萍主编,王先主审,浙江交通职业技术学院郭发忠担任责任编委。

限于编者经历及水平,教材内容很难覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广新教材的同时,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会
路桥工程学科委员会
2003 年 4 月

目 录

第一章 绪论	1
1-1 应用力学的特点、内容及任务	1
1-2 应用力学的研究对象与模型	2
1-3 应用力学的研究方法	3
第二章 静力学基础及结构的组成分析	4
2-1 静力学基本概念	4
2-2 结构的简化及静定结构的基本组成规则	7
2-3 静力学公理和定理	18
2-4 受力分析和受力图	22
思考题	26
习 题	28
第三章 平面力系的合成与平衡	31
3-1 平面汇交力系	31
3-2 平面力偶系	38
3-3 平面一般力系	39
3-4 平面平行力系	50
3-5 物体系的平衡	52
3-6 考虑摩擦时的平衡问题	57
思考题	60
习 题	62
第四章 材料力学基础	71
4-1 材料力学的任务	71
4-2 材料力学的基本假定及研究对象	71
4-3 杆件变形的形式	72
思考题	73
第五章 轴向拉伸与压缩	74
5-1 轴向拉伸与压缩概述	74
5-2 轴向拉伸和压缩杆的内力	75
5-3 平面静定桁架的内力计算	78
5-4 轴向拉伸与压缩的应力及强度计算	85
5-5 虎克定律拉压变形及桁架位移计算	90
5-6 材料在轴向拉伸和压缩时的力学性质	93
思考题	99
习 题	100
第六章 截面的几何性质	105
6-1 重心与形心	105
6-2 静矩与组合截面的形心	105

6-3 惯性矩	108
思考题	114
习 题	114
第七章 弯曲内力	117
7-1 工程中的弯曲实例	117
7-2 弯曲杆件横截面上的内力	118
7-3 单跨静定梁的内力图	125
7-4 多跨静定梁的内力图	131
7-5 静定平面刚架的内力图	136
7-6 三铰拱的内力计算	142
思考题	149
习 题	150
第八章 弯曲应力及强度计算	156
8-1 弯曲正应力	156
8-2 弯曲剪应力	159
8-3 弯曲强度计算	163
思考题	169
习 题	170
第九章 弯曲变形的计算 图乘法	173
9-1 概述	173
9-2 结构位移计算公式 图乘法原理	174
9-3 图乘法的应用	176
思考题	182
习 题	183
第十章 组合变形	186
10-1 组合变形的概念	186
10-2 斜弯曲	186
10-3 偏心压缩	190
10-4 截面核心	193
思考题	194
习 题	195
第十一章 应力状态理论	197
11-1 概述	197
11-2 平面应力状态分析	199
11-3 工程实际中的应力现象分析	204
思考题	207
习 题	208
第十二章 压杆稳定	211
12-1 压杆稳定的概念	211
12-2 计算临界力的欧拉公式	212

12-3 计算临界应力的欧拉公式	213
12-4 压杆的稳定性计算	214
思考题	216
习 题	217
第十三章 静定梁的影响线	218
13-1 移动荷载及影响线的概念	218
13-2 单跨静定梁的影响线	220
13-3 多跨静定梁的影响线	226
13-4 利用影响线求固定荷载作用下的量值	229
13-5 利用影响线求移动荷载作用下量值的最大值	231
思考题	236
习 题	236
第十四章 材料的力学试验	239
试验一 轴向拉伸和压缩试验	239
试验二 弯曲试验	242
附件一 拉伸试验报告	244
附件二 压缩试验报告	246
附件三 弯曲试验报告	248
附录 型钢规格表	250
附件 《应用力学》教学基本要求	263
参考文献	266

第一章 绪 论

1-1 应用力学的特点、内容及任务

我们平时见到的桥梁、房屋建筑等,它们除了会受到自重的作用外,还会受到诸如汽车、风力、水的压力及浮力等的作用。在这些力的作用下,它们应该能够安全、正常的使用,而不会发生各种可能的破坏。

我们把在建筑物中支承荷载起骨架作用的构件或若干个构件组成的整体,称做结构,它们是建筑物的骨架部分。如上面提到的桥梁、房屋建筑等,都可以称做结构。组成结构的各个物体称构件。

应用力学涉及众多的力学基础知识与广泛的工程应用技术学科。作为中等专业技术学校的一门课程,应用力学只是其中最基础的部分,它涵盖了原有工程力学和结构力学的主要经典内容。它将研究结构的组成规律,物体的受力分析,力系的简化(合成)和力系的平衡规律,单个构件或结构的内力、强度、刚度及稳定性等方面的计算问题;同时还研究材料的力学性能、破坏形式及防治措施等。其主要内容包括以下几方面。

一、结构的简化及组成规律

实际工程中的结构都是比较复杂的,如果直接把它们作为研究对象来进行力学方面的分析、计算,无疑是很复杂的,因此有必要选取既能够代表结构实际的受力情况,又便于分析计算的计算简图。应用力学将介绍结构简化方法及结构计算简图的选取方法。

结构必须能够支承荷载,并不是几个构件或杆件随便搭配在一起就能够支承荷载,这些构件或杆件组合在一起时,受力后首先要满足的是不能够发生运动(忽略其本身的变形)。要满足这一基本要求,杆件的组合方式是有一定规律的,即几何不变体系的组合规则,这是组成结构的最基本原则。

二、结构的受力分析、力系的简化和力系的平衡规律

自然界中的物体会受到各种力的作用,我们将分析一个物体或一个结构受到的作用力,以及每个力的大小、方向和作用线的位置,物体和结构的受力通常是用受力图来表示的,受力图是对物体进行受力分析和计算的基础。

当作用在物体或结构上的力较多且复杂时,需要用一个或几个简单的力来代替复杂力系的作用,即力系的简化,这也是静力分析部分的一个重要组成部分。

桥梁、楼房等建筑结构受到力的作用都能保持平衡,在应用力学中将把静力平衡方程的应用作为一个重要内容来介绍。

三、结构的强度、刚度和稳定性计算

一个杆件(或构件)、结构受到力的作用时会产生内力,并由此产生变形,若受力过大,或变

形过大,或者维持自身平衡的能力较差时都有可能发生破坏,为了使它们能够安全正常地工作,我们必须为结构中的各个杆件确定出在技术和经济上都合理的断面形状、尺寸及材料,并使它们的几何组成合理,只有这样才有可能使整个结构安全正常地工作。应用力学将对杆件的强度、刚度和稳定性等方面的内容进行详细的介绍,并讨论破坏产生的原因,为合理选择截面及材料提供必要的理论基础和计算方法。

在本书中还将介绍常用的几个力学试验,如测定与材料强度指标的拉伸、压缩和弯曲试验原理和方法。

四、移动荷载对结构反力、内力的影响

在公路、铁路桥梁中,结构除了受大小、方向都不变的固定荷载作用外,还会受到诸如汽车、火车这类可以移动荷载的作用,它们对桥梁的影响与固定荷载的作用有所不同,应用力学还将对这部分进行介绍。

综上所述,应用力学的主要任务是:研究结构的基本组成规律、结构的受力分析及计算方法,在保证结构既安全可靠,又经济适用的前提下,为构件选择合适的材料、设计合理的截面形状和尺寸,提供必要的理论基础、计算方法和试验手段。

构件的强度、刚度、稳定性与材料的力学性能有关,而材料的力学性能需要通过力学试验来测定。此外,工程中还存在许多单靠理论分析无法解决的实际问题,也需要采用试验分析的手段。因此,在应用力学中,试验占有十分重要的地位。

1-2 应用力学的研究对象与模型

自然界与各种工程实际中涉及的物体(或组成结构的构件)有时是很复杂的,如果完全按照物体的实际情况来进行分析和计算,一方面使所研究的问题变得非常复杂,同时也不可能真正做到;另一方面从工程上的精度要求来看,也不必要。因此,应用力学在研究具体问题时,必须忽略一些次要的因素,对结构或构件进行合理的简化,抽象出理想化的力学模型,使工程实际中力学问题的分析和计算在理想模型和计算简图上进行。

一、研究对象的物理特征

根据研究问题的不同特性,力学中一般将所研究的物体简化为三种力学模型。

1. 质点

当所研究物体的运动范围远远超过其本身的几何尺寸时,物体的形状和大小对运动的影响很小,可以忽略不计,这时可将其抽象为只有质量存在而无体积的几何点,称为质点。因本书未涉及到运动学知识,所以应用力学的研究对象中不包括质点。

2. 刚体

实际物体在力的作用下都是可以变形的。但是,对于那些在所研究的问题中变形极其微小的物体,或者虽有变形但不影响其整体运动或平衡的物体,这时可以忽略其变形,而将其抽象为刚体——在外力作用下大小和形状保持不变的物体。这样的抽象化将使问题的研究大为简化。

应用力学在研究物体的受力分析、力系的简化、力系的平衡问题,以及后面计算结构的支座反力时,都将研究对象视为刚体。

3. 变形固体

当要研究作用在物体上的力与变形的规律时,不能再将物体简化为刚体,而应作为实际的变形体对待。构成建筑物的各组成部分——构件,一般都由固体材料充当,我们将可以发生变形的固体材料称为变形固体。

应用力学在研究构件的强度、刚度和稳定性问题时,将研究对象一律视为变形固体。

在应用力学中之所以将“变形固体”作为理想化的模型,是因为它已经不同于物理上说的仅仅具有“固体形状”,而且还符合均匀性、连续性、完全弹性和各向同性等假设。

同时必须指出,所谓“刚体”和“变形体”都是相对概念,一般总是根据问题的需要而确定采用哪种模型。

二、研究对象的几何特征

按照物体(或构件)的几何形状,可以分为以下三大类。

1. 杆件

杆件的特征是长度 l 远大于截面尺寸(高 h 、宽 b 或直径 d 等),轴线为直线的杆称为直杆,轴线为曲线的杆称为曲杆。截面大小和形状不变化的直杆称为等直杆,等直杆是工程上最常见的杆,如梁、柱、轴和刚架、桁架中的杆件,它是应用力学最主要的研究对象。

2. 平板及壳体

特点为板壁的厚度远小于其他两个方向的尺寸,如楼板、压力容器等。

3. 实体

当物体的长、宽、高三个方向的尺寸都差不多,属于同一量级时,称为实体,如坝体、实体基础等。

在应用力学中,主要研究杆件的受力和变形问题,对于比较复杂的板、壳、实体等构件的受力和变形问题,因为要有较高深的数学基础,需在高等材料力学和弹性力学中才能研究。

1-3 应用力学的研究方法

传统的力学研究方法有两种,即理论方法和试验方法。

应用力学的研究方法,简要地说,就是从实践(观察、试验)出发,作出合理的假设,经过抽象化和归纳,建立概念和公理,用数学演绎的方法推导出定理、结论、广泛应用于工程实际的计算法则和公式,再回到实践中去,用于解决实际问题并检验理论的正确性。

由于计算机的飞速发展和广泛应用,力学中又有了计算机分析方法。而且,即使是传统的理论方法和试验方法,也要求助于计算机。在理论分析中,人们可以借助于计算机强大的运算功能推导那些难于导出的公式,从而求得复杂问题的解析解;在试验研究中,计算机不仅可以整理数据、绘制试验曲线、显示图形,而且可以选用最优参数。

不难看出,由于计算机的不断进步,应用力学的研究方法也需要不断更新。

应用力学是公路与桥梁等土建类专业的一门专业基础课,在后继专业课的学习中应用很广。经常地应用本课程所介绍的理论去解决工程实际问题,才能使所学的基础知识和专业知识不断深化和提高,这也是学好本门课程的一个重要步骤和方法。

第二章 静力学基础及结构的组成分析

静力学是研究物体在力系作用下的平衡规律的科学。

所谓平衡,是指物体相对于地面保持静止或匀速直线运动的状态。我们经常看到的房屋、桥梁、水库、大坝等建筑物,以及在平直公路上作匀速直线行驶的汽车等,都是平衡的实例。根据运动的相对性,平衡只是一个相对概念。

通常情况下,一个物体总是受到多个力的作用。作用于同一物体上的一群力,称为力系。在静力学中主要研究三方面的问题。

(1) 物体的受力分析:工程上遇到的几乎都是若干个物体联系在一起的情况,在解决力学问题时,总是要确定研究对象,并了解研究对象的受力情况,这个思维过程,称做物体的受力分析。受力分析是解决力学问题的前提,是必须认真掌握的第一个力学基本训练。

(2) 力系的简化:在讨论力系的平衡条件中,往往需要把作用在物体上的复杂力系,用一个与原力系作用效果相同的简单力系来代替,使得讨论平衡条件时比较方便,这种对力系作用效果相同的代换过程称为力系的简化,或称为力系的合成。

所谓等效力系,是指对物体作用效果完全相同的力系。如果一个力与一个力系等效,则称该力为此力系的合力,而力系中的每一个力都称为这个力的一个分力。

力系简化的一个重要内容是研究各种力系的合成结果。

(3) 力系的平衡条件:使物体保持平衡的力系,称为平衡力系。作用在物体上的力系,根据各力作用线之间的相对位置关系不同,可以分为不同的力系,各种力系使物体保持平衡必须满足的条件称为力系的平衡条件。探讨各种力系的平衡规律,解决各种力系的平衡问题既是静力学的一项重要内容,同时也是结构内力计算和对构件或结构进行强度、刚度和稳定性计算的基础。

2-1 静力学基本概念

一、刚体

任何物体在力的作用下,都将引起大小和形状的改变,即发生变形。但是,在正常情况下,工程实际中许多物体的变形都非常微小,例如建筑物中的梁,它在中央处最大的下垂一般只有梁长度的 $1/300 \sim 1/250$ 。这样微小的变形,对于讨论物体的平衡问题影响甚小,可以忽略不计,因而可将物体看成是不变形的。

在任何外力作用下,大小和形状保持不变的物体,称为刚体。

刚体是由实际物体抽象化得到的一种理想力学模型,建立这种模型,将使问题的研究得到大大的简化。在静力学部分,我们把所讨论的物体都看作是刚体。

然而,当讨论结构或构件的强度、刚度和稳定性问题时,变形就是一个主要的因素,这时就不能再把物体看作刚体,而应该看作是变形体。但须指出,以刚体为研究对象得出的力系平衡

条件,一般也可以推广应用于变形很小的变形体的平衡问题。

二、力

在物理学中已经讨论过力的概念,即力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体的运动状态或形状发生改变。

物体受力作用后,将产生两种效应,一种是使物体的运动状态发生改变,称为力对物体的外效应;另一种是使物体的形状发生改变,称为力对物体的内效应。静力学和运动力学只研究力的外效应,而材料力学则研究力的内效应。

因为力是物体间相互的机械作用,所以它不能脱离物体而存在。

力对物体作用的效应决定于力的大小、方向和作用点。通常称为力的三要素。当这三个要素中任何一个有所变动时,力的作用效果就会改变。

为了度量力的大小,必须选择单位。本书采用我国国家标准《量和单位》(GB 3100 ~ 3102—93),力的单位用牛(N)或千牛(kN)表示。

力是矢量。在图上它可以用一有向线段(矢线)来表示,如图 2-1 所示。线段的长度(按一定的比例)表示力的大小,线段的箭头表示力的指向,线段的始端或末端表示力的作用点,线段所在的直线称为力的作用线。

本书用黑体字母表示力矢量,用普通字母表示力矢量的模(即力的大小)。

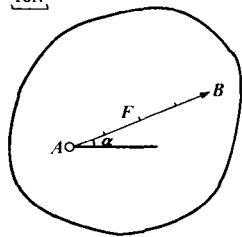


图 2-1

三、力矩

从物理学知,力矩为力对点之矩,就是力与力臂的乘积,力臂即为物体的转动中心到力的作用线的垂直距离。力矩是度量力使物体绕转动中心转动效应的一个物理量。

力矩的表达式为:

$$m_O(\mathbf{F}) = \pm F \cdot d \quad (2-1)$$

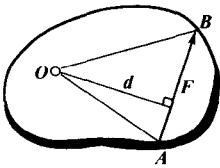


图 2-2

$m_O(\mathbf{F})$ 表示力 $\mathbf{F}$ 对 O 点的力矩; d 为力臂。一般规定力绕转动中心逆时针方向转动时力矩为正,反之为负(图 2-2)。力 $\mathbf{F}$ 对 O 点之矩的大小,也可用该力 $\mathbf{F}$ 为底边,矩心 O 为顶点所构成的三角形面积的两倍来表示,即:

$$m_O(\mathbf{F}) = \pm 2S_{\triangle OAB} \quad (2-2)$$

力矩的单位为牛·米(N·m),或千牛·米(kN·m)。

四、力偶

1. 力偶的概念

在日常生活中,常见物体同时受到大小相等,方向相反,作用线相互平行的两个力的作用。例如,用手拧水龙头(见图 2-3a)和汽车驾驶员转动转向盘(见图 2-3b)的两个力 $\mathbf{F}$ 和 $\mathbf{F}'$ 就是这样的力。在力学上,我们把两个大小相等,方向相反,作用线相互平行的两个力组成的力系称为力偶,并记为 $(\mathbf{F}, \mathbf{F}')$ 。

由图 2-3 可知,力偶对物体的作用只能产生转动效应,而不产生移动效应。

2. 力偶矩

由实践经验可知,力偶对物体的转动效应不仅与力偶中力 F 的大小成正比,而且也与两力作用线间的垂直距离 d 成正比。在力学中以 F 与 d 的乘积作为度量力偶对物体转动效应的物理量,称为力偶矩(见图 2-4)。以符号 m 表示,即:

$$m = \pm F \cdot d \quad (2-3)$$

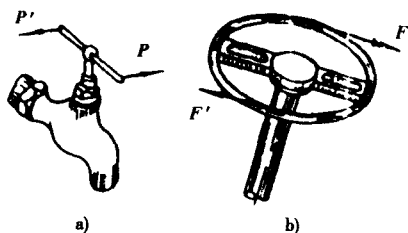


图 2-3

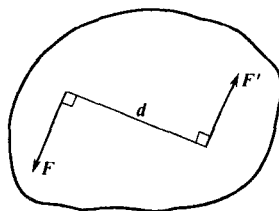


图 2-4

式(2-3)中, d 为力偶臂。力偶矩是一个代数量,它的正负号由力偶的转向决定,本书规定:力偶逆时针转时力偶矩为正,力偶顺时针转时力偶矩为负。力偶矩的单位为牛·米($\text{N} \cdot \text{m}$)或千牛·米($\text{kN} \cdot \text{m}$)。

由力偶中两力的作用线所确定的平面,称为力偶的作用面。

由式(2-3)可以看出,力偶对物体的作用效果取决于力偶的三要素:力偶矩的大小,力偶的转向和力偶的作用面。

3. 力偶的基本性质

1) 力偶没有合力,即力偶不能用一个力来代替(图 2-5)。

由于力偶中的两个力大小相等、方向相反,它们在任一轴上投影的代数和等于零。说明力偶不能合成为一个力,它不能用一个力来平衡或等效代换,力偶只能和力偶等效或平衡。

2) 力偶对其作用面内任意点之矩,恒等于力偶矩,而与矩心的位置无关。

图 2-6 所示,设有一力偶(F, F')作用在物体上,其力偶矩 $m = F \cdot d$,在力偶的作用面内任取一点 O 为矩心,设 O 点至 F' 垂直距离为 x ,则

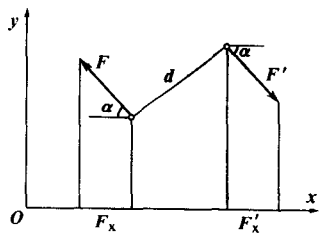


图 2-5

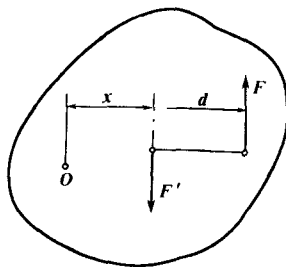


图 2-6

$$m_0(F, F') = m_0(F) + m_0(F') = F(d + x) - F'x$$

因 $F = F'$

故 $m_0(F, F') = Fd = m$

3) 力偶的等效性

在同一平面内的两个力偶,如果它们的力偶矩大小相等,转向相同,则两个力偶单独作用

的效果是一样的,这一性质称为力偶的等效性,如图 2-7 所示。

由力偶的等效性可得下列推论:

- (1) 力偶可在其作用面内任意移转,而不改变它对物体的转动效应。
- (2) 只要保持力偶矩大小和力偶的转向不变,可以任意改变力偶中力的大小和力偶臂的长短,而不改变力偶对物体的转动效应。

在平面问题中,由于力偶对物体的转动效应完全取决于力偶矩的大小和力偶的转向,所以可以用一带箭头的弧线来表示力偶,如图 2-8 所示。其中箭头表示力偶的转向, m 表示力偶矩的大小。

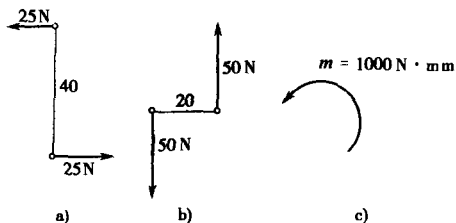


图 2-7

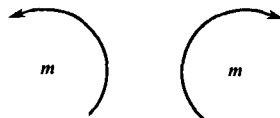


图 2-8

2-2 结构的简化及静定结构的基本组成规则

一、结构

建筑物中支承荷载起骨架作用的构件或由其组成的整体都称为结构。常见的铁路和公路工程中的桥梁、涵洞、隧道、挡土墙以及房屋中的梁、柱、屋架、基础等构件都是结构。结构一般由多个构件连接而成。

按几何形状,可将结构分为以下几类。

1. 杆件结构

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件的几何特征是其横截面尺寸比长度尺寸小得多,梁、刚架、桁架等都是杆件结构,如图 2-9 所示。

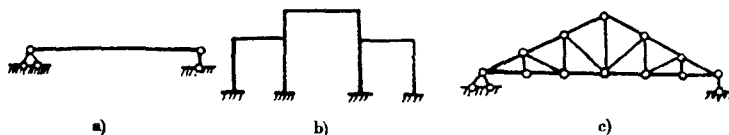


图 2-9

当组成结构的各杆轴线都在同一平面时,称为平面杆件结构。

2. 板壳结构

由薄板或薄壳组成的结构称为板壳结构。它们的几何特征是其厚度比长度和宽度小得多,如图 2-10 所示。

3. 实体结构

实体结构是三个方向尺寸大致相同的结构,如桥台、挡土墙、桥墩等,如图 2-11 所示。

我们课程中的研究对象大多是杆件结构。杆



图 2-10

件结构可以分为平面结构和空间结构。本书只讨论平面结构。

平面杆件结构通常可分为以下几种结构形式。

(1) 梁

梁是一种以受弯为主的杆件,其轴线通常为直线,它既可以是单跨的,也可以是多跨的,如图 2-12 所示。

(2) 拱

拱是一种轴线为曲线且在竖向荷载作用下会产生水平反力的结构,通常以受压为主,如图 2-13 所示。

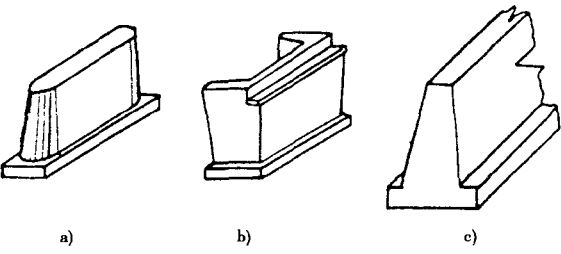


图 2-11

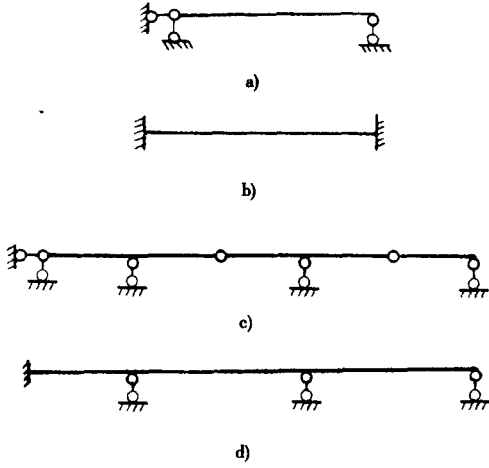


图 2-12

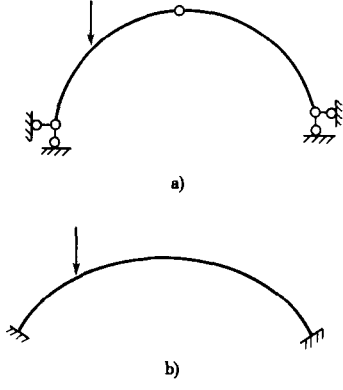


图 2-13

(3) 桁架

桁架由若干直杆组成,各杆相互连接的结点均为铰结点。当只受到作用于结点的集中荷载时,各杆只受轴力,如图 2-14 所示。

(4) 刚架

刚架是由直杆组成的具有刚结点的结构,如图 2-15 所示。组成刚架的各杆主要承受弯矩。

(5) 组合结构

组合结构是由桁架和梁或桁架与刚架组合而成的结构。组合结构中一些杆件只承受轴力,另一些杆件则主要承受弯矩和剪力,如图 2-16 所示。

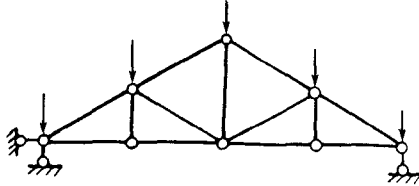


图 2-14

二、结构的简化

事实上,结构的几何形状与受力状态通常很复杂,完全按结构的实际情况进行受力和计算,既不可能,也不必要。因此通常在计算之前对实际结构进行简化,使其反映结构的主要受力特征,略去次要因素。这一简化过程称为结构的简化。这种既反映结构的主要受力特征又比较简化的计算图形,称为结构的计算简图。选择恰当的计算简图是计算时必须解决的主

要问题。

结构简化的过程通常包括 4 个方面:(1)杆件简化;(2)结点简化;(3)支座简化;(4)荷载简化。

1. 杆件简化

对于长度远大于横截面两方向尺寸的构件,可以作为杆件来考虑。在计算简图中,杆件用其纵轴线来代替,不论直杆或曲杆均可用轴线表示实际杆件。

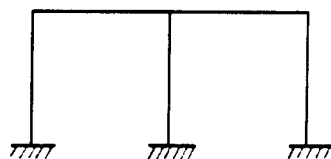


图 2-15

2. 结点简化

结构中杆件相互连接的部分称为结点。通常将结点简化为铰结点和刚结点两种。

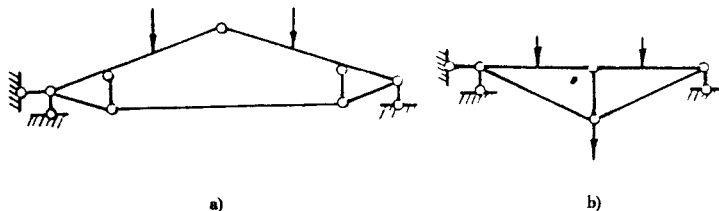


图 2-16

1) 铰结点

铰结点的构造特征是被连接的杆件在连接处不可以发生相对移动,但可以绕结点中心自由转动。同时假定不存在转动摩擦,不传递弯矩,只传递剪力和轴力。这种绝对理想的情形实际上并不存在,通常将螺栓、铆钉或榫头连接,近似看作理想的铰结点,如图 2-17 所示。

2) 刚结点

刚结点的几何特征是被连接杆件在连接处保持刚性,即不发生任何相对移动和转动。它可以传递轴力、剪力和弯矩。如焊接结点与现浇钢筋混凝土结点都可当作刚结点对待,如图2-18所示。

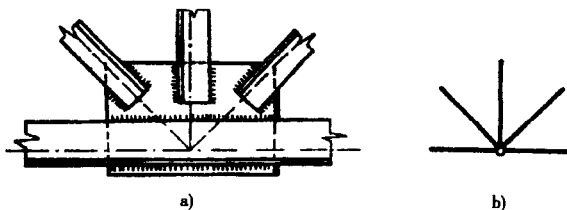


图 2-17

3. 支座简化

把基础与结构联系在一起的装置称为支座,它起着传递荷载的作用。常见的支座可简化为三种:

1) 活动铰支座

活动铰支座的几何特征是:结构可以绕铰链中心自由转动,并可沿支承面方向作微小移动,如图 2-19 所示。所以活动铰支座的约束反力总是沿接触面的法线方向,指向或背离被约束的物体。

2) 固定铰支座

固定铰支座的几何特征是:结构可以绕铰链中心自由转动,但不能作水平或垂直移动,如图 2-20 所示。因此,我们看到的固定铰的约束反力通常反映为一对正交的反力。

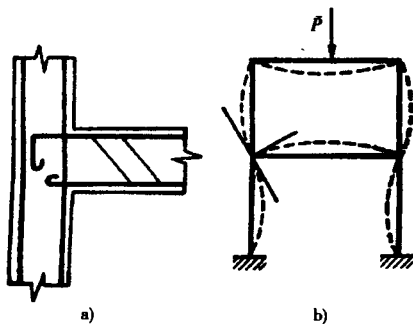


图 2-18

3) 固定支座

固定支座的几何特征是:结构与支座的联结处既不能发生转动也不能发生水平或竖向位移。其约束反力及约束力偶矩如图 2-21 所示。

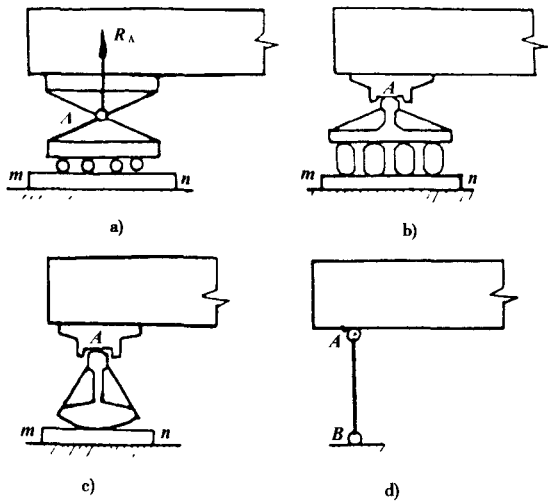


图 2-19

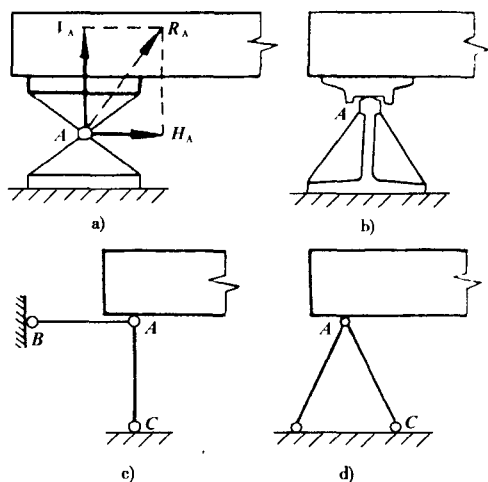


图 2-20

4. 荷载简化

作用在结构上的实际荷载比较复杂,根据实际受力特点,可将荷载简化为集中荷载和分布荷载等。实际上真正的集中荷载是不存在的,因为任何荷载都必须分布在一定的面积或一定

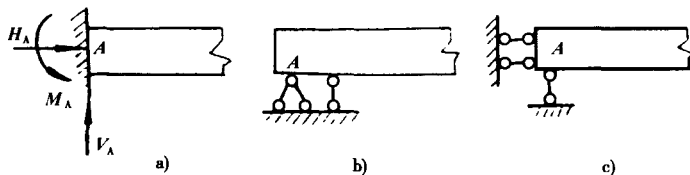


图 2-21

的体积内。但如果分布的面积或体积相对杆的尺寸很小,就可以将它简化为集中作用于一点上的集中荷载,如车轮的轮压力、梁对桥墩和桥台的压力等。分布荷载又分为面荷载和体荷载两类。面荷载是分布在一定面积上的荷载,如人群对地面的压力,土、雪对地面的土压力、雪压力等,单位是 N/m^2 。体荷载是分布在一定体积内的荷载,如结构的自重、惯性力等,单位是 N/m^3 。在杆件结构的计算简图中,杆件是用其轴线来代替的,因此无论是集中荷载还是分布荷载,都需要将它们简化为作用在杆件轴线上的力。沿杆件轴线分布的荷载称为线荷载,如上述的雪压力、等截面梁的自重等,都可简化为沿杆轴线均匀分布的线荷载,单位是 N/m ;土压力、变截面梁的自重等可简化为沿杆轴线非均匀分布的线荷载。

荷载作用在结构上,除了可以按作用的范围来分类外,还可按其他方法分类。

1) 按作用的时间长短,荷载可分为恒载和活载。

(1) 恒载 指长时间作用在结构上的不变荷载,如结构的自重、安装在结构上的设备的重力等。这种荷载的大小、方向和作用位置是不变的。

(2) 活载 指结构上承受的可变荷载,如吊车荷载,结构上的人群、风力、雪压力等。这种荷载又可进一步分为定位活载和移动活载两种。定位活载的方向和作用点位置固定,但大小