

高职高专通用教材

工 程 力 学

主 编 陈送财
副主编 史怀飏 毕守一
参 编 丁学所 李有香
孔定娥 吴 瑞
主 审 蔡 敏

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

全书共分十三章,包括:绪论,结构计算简图和物体受力分析,力系简化的基础知识,平面力系的简化与平衡方程,静定结构的内力计算,轴向拉伸和压缩,剪切和扭转,梁的应力,组合变形,静定结构的位移,力法,力矩分配法,压杆稳定。每章后面都有一个概括本章要点的小结,还附有适量的思考题、习题和参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学/陈送财主编;史怀颺等编. —合肥:合肥工业大学出版社,2004.1
ISBN 7-81093-084-2

I. 工… II. ①陈… ②史… III. 工程力学—高等学校:技术学校—教材 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 002264 号

工 程 力 学

主 编 陈送财

责任编辑 孟宪余 陆向军

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
电 话 总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198
版 次 2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16 印 张 14
字 数 350 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司
网 址 www.hfutpress.com.cn
邮 编 230009

ISBN 7-81093-084-2/TB·2

定价:18.50 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

序

阅读陈送财等编写的《工程力学》书稿,并获悉即将出版,深感欣慰。新教材、新作者的涌现,标志着我国科技界、教育界的一代新人正日趋成熟。

在多年的教学和科研中我深感作为各类学校的教材应不断更新,必须随着社会的发展和科技的进步增添新的内容,应能够让学生和读者通过教材能更快地接近工程实际。

工程力学是针对少学时土建类专业的基础课程,是将理论力学、材料力学、结构力学这三门力学课重新组成的课程体系,具有突出的实用性特点。本书力求将这三方面的知识汇集起来,阐述三者的关系并强调它们各自的作用,着重点在基础理论、基本方法的分析和介绍。

随着电子计算机的应用,力学分析中大量的人工计算工作被取代,今后分析方法的地位会因为电脑软、硬件的发展有所下降。但理论分析不仅仅为了计算工程结构,更重要是对结构的正确认识,是给出明确的物理概念、理解结构形成过程、正确认识结构自身的特性、各种参数的舍取等等,这些都是其他方法不可取代的。

希望这本书的出版,能对非土建专业的学生以及从事土建专业的工程技术人员更为有用。

蔡 敏

2004 年元月

前 言

本书是为适应专科院校建筑、水利、机电、管理类专业少学时工程力学教学需要而编写的教材,内容包括静力学基础,静定及超静定结构的外力和内力计算,构件的强度、刚度、稳定性问题等。

本书依据力学知识自身的内在联系,将静力学、材料力学、结构力学组织形成新的课程体系,以必要和够用为度,突出针对性和实用性,力求做到由浅入深、由易到难,循序渐进、重点突出、层次清楚。对于教材内容的叙述,力求做到语言通俗,讲透重点,努力把力学概念与实际相结合,尽量减少繁杂的理论推导过程,着重于物理概念的阐述。为了帮助学生理清思路,摸索规律,掌握知识,每章除正文外,还安排有学习小结、思考题、习题和习题参考答案等。

本书由陈送财任主编,史怀飏、毕守一任副主编,各章节的编写人员是:陈送财编写第一、第二章;史怀飏编写第十一、第十二章;丁学所编写第五、第十章;李有香编写第六、第七章,毕守一编写第九章;孔定娥编写第四、第十三章;吴瑞编写第三、第八章。史怀飏对本书的统稿做了大量工作。

本书由合肥工业大学蔡敏教授主审。

限于编者的理论水平和实践经验,书中定有不少缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2004 年元月

目 录

1 绪 论

§ 1-1 工程力学的任务和内容	(1)
§ 1-2 刚体、变形固体及其基本假设	(2)
§ 1-3 杆件及其变形的基本形式	(3)
§ 1-4 荷载的分类	(5)

2 结构计算简图和物体受力分析

§ 2-1 约束与约束反力	(6)
§ 2-2 结构计算简图	(9)
§ 2-3 物体受力分析	(12)
小 结	(14)
习 题	(15)

3 力系简化的基础知识

§ 3-1 平面汇交力系的合成与平衡条件	(16)
§ 3-2 力对点的矩	(21)
§ 3-3 力偶、力偶矩	(23)
§ 3-4 力的等效平移	(24)
小 结	(25)
思考题	(25)
习 题	(26)

4 平面力系的简化与平衡方程

§ 4-1 平面一般力系向一点的简化	(29)
§ 4-2 平面一般力系的平衡方程	(31)
§ 4-3 物体系统的平衡	(34)
§ 4-4 考虑摩擦的平衡问题*	(36)
小 结	(40)
思考题	(41)
习 题	(41)

5 静定结构的内力计算

§ 5-1 静定结构常见的基本形式	(44)
§ 5-2 构件的内力及其求解	(44)
§ 5-3 内力图——轴力、剪力和弯矩图	(48)
§ 5-4 弯矩、剪力、分布荷载集度之间的关系*	(52)
§ 5-5 叠加法作剪力图和弯矩图	(57)
§ 5-6 静定平面刚架	(58)

§ 5-7	静定平面桁架	(61)
§ 5-8	三铰拱*	(65)
	小 结	(69)
	思考题	(70)
	习 题	(70)
6	轴向拉伸和压缩	
§ 6-1	轴向拉伸和压缩的概念及实例	(76)
§ 6-2	轴向拉伸(压缩)杆横截面上的正应力	(76)
§ 6-3	容许应力和强度条件	(79)
§ 6-4	轴向拉伸或压缩时的变形	(82)
§ 6-5	材料的力学性质	(84)
	小 结	(86)
	思考题	(87)
	习 题	(88)
7	剪切和扭转	
§ 7-1	剪切的概念及实例	(90)
§ 7-2	连接接头的强度计算	(91)
§ 7-3	扭转的概念及实例	(93)
§ 7-4	扭矩的计算和扭矩图	(94)
§ 7-5	圆轴扭转时的应力和变形	(96)
§ 7-6	圆轴扭转时的强度和刚度条件	(99)
	小 结	(100)
	思考题	(101)
	习 题	(101)
8	梁的应力	
§ 8-1	平面弯曲的概念及实例	(103)
§ 8-2	常用截面的惯性矩、平行移轴公式	(104)
§ 8-3	梁的正应力	(109)
§ 8-4	梁的剪应力	(111)
§ 8-5	梁的强度条件	(114)
	小 结	(120)
	思考题	(121)
	习 题	(122)
9	组合变形	
§ 9-1	组合变形的概念	(127)
§ 9-2	斜弯曲	(127)
§ 9-3	拉伸(压缩)与弯曲的组合变形	(131)
	小 结	(136)
	思考题	(137)
	习 题	(137)

10 静定结构的位移

§ 10-1 概 述	(139)
§ 10-2 梁的挠曲线近似微分方程及其积分	(140)
§ 10-3 叠加法	(143)
§ 10-4 单位荷载法	(145)
§ 10-5 图乘法	(150)
小 结	(153)
思考题	(154)
习 题	(154)

11 力 法

§ 11-1 超静定结构的概念	(157)
§ 11-2 力法原理	(159)
§ 11-3 力法的计算步骤和例题	(162)
§ 11-4 结构对称性的利用	(167)
§ 11-5 超静定结构的主要特性	(173)
小 结	(174)
思考题	(175)
习 题	(175)

12 力矩分配法

§ 12-1 力矩分配法的基本概念	(178)
§ 12-2 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架	(184)
§ 12-3 无剪力分配法*	(189)
小 结	(192)
思考题	(193)
习 题	(193)

13 压杆稳定

§ 13-1 压杆稳定的概念	(195)
§ 13-2 细长压杆的临界力、临界应力	(196)
§ 13-3 压杆的稳定计算	(199)
§ 13-4 提高压杆稳定的措施	(201)
小 结	(202)
思考题	(202)
习 题	(203)

附 录

型钢规格表	(204)
参考文献	(213)

1 绪 论

§ 1-1 工程力学的任务和内容

在生产、生活中,为了满足不同的使用要求,需要建造各种各样的建筑物,如为了工作和生活需要而建造的各种房屋,为跨越河流渠道而建造的各种桥梁,为兴利除害而兴建的各种水利工程等。这些建筑物从开始建造,到建成使用,都要承受各种力的作用。例如,一座楼房在建设施工和使用中,楼板要承受自身的重量、人和物的重量,梁又要承受楼板和楼板上人和物的重量,墙或柱则承受楼板和梁传来的压力和风的压力等,所有这些力最后都要通过基础传到地基上。通常所说的结构就是指建筑物中承受力而起骨架作用的部分。结构是由梁、板、柱、墙、基础等基本构件组成的,大的如一座楼房、整个桥梁,小的如一根梁、一根柱。图 1-1 所示是常见的单层厂房的结构及构件示意图。

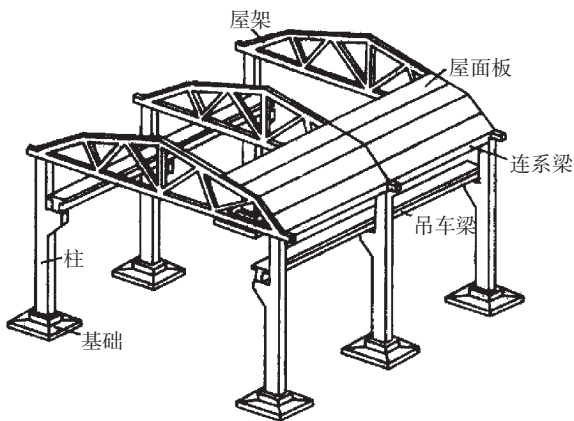


图 1-1

结构所承受的重量或力称为荷载。结构和构件在建造及使用过程中,均受到荷载作用,当荷载比较大时,结构会发生破坏,导致结构和构件丧失承载能力,这表明结构和构件所承受的荷载与它们本身的承载能力是一对矛盾,主要体现在以下三个方面:

1. 强度问题

强度是指结构和构件抵抗破坏的能力。能安全地承受荷载而不破坏,就认为该结构的强度满足要求。

2. 刚度问题

刚度是指结构和构件抵抗变形的能力。任何结构和构件,在外力作用下都会产生变形,如果这种变形被限制在允许的范围内,就认为该结构的刚度满足要求。

3. 稳定问题

稳定性是指结构和构件保持原有平衡状态的能力。工程中任何结构和构件都不能突然改变原有的平衡状态而导致破坏,这就要求结构和构件必须具有足够的稳定性。

为了保证结构能安全、正常地工作,要求结构中每一个构件都要有足够的强度、刚度和稳定性。工程上要求结构或构件必须有足够的承载能力,主要指强度、刚度、稳定性三方面性能的综合,这就是工程力学的任务。

工程力学的内容非常丰富,按小学时大纲的教学要求,本书内容主要包含以下几个部分:

1. 静力学基础及静定结构的内力计算

这是工程力学中的重要基础理论。其中包括物体的受力分析;力系简化理论及平衡方程;静定构件和结构的内力计算等。这些问题中,有些是与物体变形因素无关的,有些虽与物体变形因素有关,但由于我们局限于研究小变形的情况,变形因素对所研究问题的影响是微不足道的。所以,在这部分内容中以刚体作为研究对象,即将结构和构件的形状、大小均视为无改变的物体——刚体。

2. 强度和刚度分析

主要研究构件在各种基本变形形式下的应力、强度分析和计算方法,保证结构的各种构件满足强度要求。其次分析静定结构的变形及计算方法,即解决如何满足刚度要求问题,还为研究超静定结构提供基础知识。

3. 超静定结构的内力计算

主要介绍力法、力矩分配法这两种方法。求解超静定结构的内力是为了解决超静定结构的强度和刚度问题。

4. 稳定性问题

本书仅研究不同支撑条件下轴向受压直杆的稳定性问题。

§ 1—2 刚体、变形固体及其基本假设

结构和构件可统称为物体。在工程力学中将物体抽象化为两种计算模型:刚体模型、理想变形固体模型。

形状和大小都不改变的物体称为刚体。实际上,任何物体受力作用都会发生或大或小的变形,但在一些力学问题中,物体变形这一因素与所研究的问题无关,或对所研究的问题影响甚微时,我们就可以不考虑物体的变形,将物体视为刚体,从而使所研究的问题得到简化。

在另一些力学问题中,物体变形这一因素是不可忽略的主要因素,如不予考虑就得不到问题的正确解答。这时,我们将物体视为理想变形固体。所谓理想变形固体,是将一般变形固体的材料加以理想化,作出以下假设:

1. 材料均匀连续假设

认为材料的力学性能在各处都是均匀的,物体内部是毫无空隙的密实地充满着物质。

2. 材料各向同性假设

认为材料在各个不同方向都具有相同的力学性能。有些材料沿不同方向的力学性能是不同的,称为各向异性材料。本教材中仅研究各向同性材料。

3. 小变形假设

认为构件受力后,其几何形状的改变与原尺寸比较起来是很微小的。

按照均匀、连续、各向同性和小变形假设而理想化了的物体称为理想变形固体。采用理想变形固体模型不但使理论分析和计算得到简化,且所得结果的精度能满足工程的要求。

无论是刚体还是理想变形固体,都是针对所研究问题的性质,略去一些次要因素,保留对问题起决定性作用的主要因素而抽象化形成的理想物体,它们在生活和生产实践中可能不存在,但解决力学问题时,它们是必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受荷载作用时将产生变形。当荷载值不超过一定范围时,荷载撤去后,变形随之消失,物体恢复原有形状,撤去荷载能恢复的变形称为弹性变形。当荷载值超过一定范围,荷载撤去后,一部分变形随之消失,而另一部分变形却保留下来,物体不能恢复原有形状。撤去荷载后不能恢复的变形称为塑性变形。在多数工程问题中,要求构件只发生弹性变形,也有些工程问题允许构件发生塑性变形,本教材中局限于研究弹性变形范围内的问题。

§ 1—3 杆件及其变形的基本形式

结构一般可按其几何特征分为三种类型:

1. 杆系结构

组成杆系结构的构件是杆件。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度,如图 1—2(a)所示梁,其两端搁在墙上,其截面尺寸远小于长度。

2. 薄壁结构

组成薄壁结构的构件是薄板或薄壳。薄板、薄壳的几何特征是其厚度远远小于它的另两个方向的尺寸,如图 1—2(b)所示屋盖。

3. 实体结构

它是三个方向的尺寸基本为同量级的结构,如图 1—2(c)所示挡土墙。

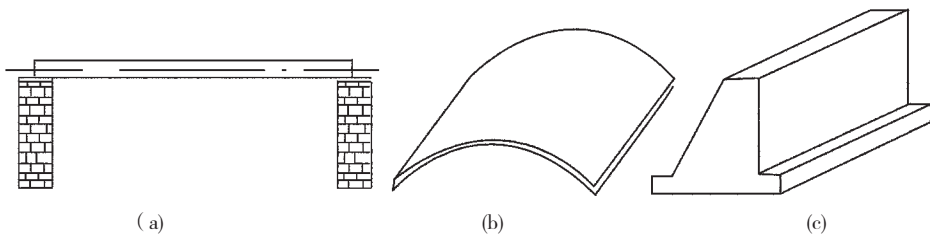


图 1—2

工程力学以杆系结构作为研究对象。

杆件的形状和尺寸可由杆的横截面和轴线两个主要几何量来确定。横截面是指与杆长方向垂直的截面,而轴线是各横截面形心的连线,如图 1—3(a)所示。杆系结构中的杆件其轴线多为直线,也有轴线为曲线和折线的杆件。它们分别称为直杆、曲杆和折杆,如图 1—3(a)、(b)、(c)所示。

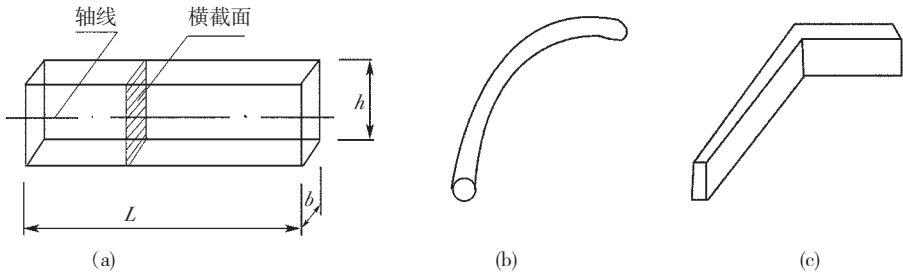


图 1-3

杆件受外力作用将产生变形。变形形式是复杂多样的,它与外力施加的方式有关。无论何种形式的变形,都可归结为四种基本变形形式之一,或者是基本变形形式的组合。直杆的四种基本变形形式是:

1. 轴向拉伸或压缩

一对方向相反的外力沿轴线作用于杆件,杆件的变形主要表现为长度发生伸长或缩短。这种变形形式称为轴向拉伸或轴向压缩,如图 1-4(a)、(b)所示。

2. 剪切

一对相距很近、方向相反的平行力沿横向(垂直于轴线方向)作用于杆件,杆件的变形主要表现为横截面沿力作用方向发生错动。这种变形形式称为剪切,如图 1-4(c)所示。

3. 扭转

一对方向相反的力偶作用在垂直于杆轴线的两平面内,杆件的任意两个横截面绕轴线发生相对转动。这种变形形式称为扭转,如图 1-4(d)所示。

4. 弯曲

一对方向相反的力偶作用于杆件的纵向平面(通过杆件轴线的平面)内,杆件的轴线由直线变为曲线。这种变形形式称为弯曲,如图 1-4(e)所示。

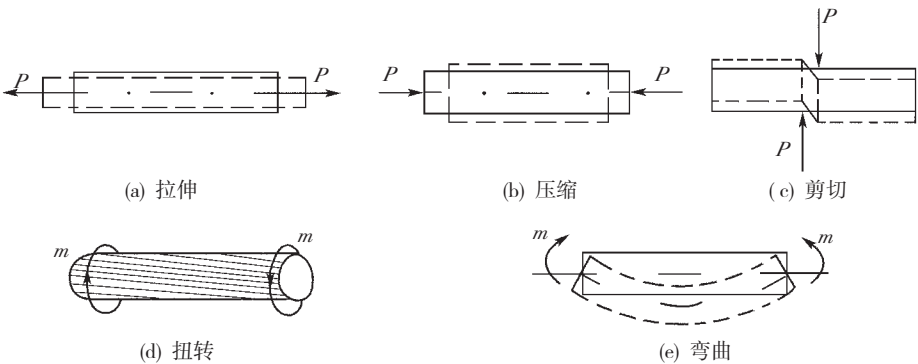


图 1-4

各基本变形形式都是在特定的受力状态下发生的,杆件正常工作时的实际受力状态往往不同于上述特定的受力状态,所以,杆件的变形多为各种基本变形形式的组合。当某一种基本变形形式起主要作用时,可按这种基本变形形式计算,否则,即属于组合变形的问题(见第九章)。此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

§ 1—4 荷载的分类

结构和构件所承受的荷载有各种各样,按荷载作用方式可分为不同的类型。

1. 按荷载作用的范围可分为分布荷载和集中荷载

分布作用在体积、面积和线段上的荷载分别称为体荷载、面荷载和线荷载,并统称为分布荷载。重力属于体荷载,风、雪的压力等属于面荷载。由于本教材局限于研究由杆件组成的结构,可将杆件所受的分布荷载视为作用在杆件的轴线上。这样,杆件所受的分布荷载均为线荷载。

如果荷载作用的范围与构件的尺寸相比十分微小,这时可认为荷载集中作用于一点,并称之为集中荷载。

当以刚体为研究对象时,作用在构件上的分布荷载可用其合力(集中荷载)来代替。例如,分布的重力荷载可用作用在重心上的集中合力代替。当以变形固体为研究对象时,作用在构件上的分布荷载则不能用其集中合力来代替。

2. 按荷载作用时间的长短可分为恒荷载(永久荷载)、活荷载(可变荷载)和偶然荷载

在结构使用期间,长期作用在结构上,其值不随时间变化,或其变化与其平均值相比可以忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载称为恒荷载。如结构的自重、固定在结构上的永久性设备重量等。

在结构使用期间,作用在结构上,其值随时间变化,或其变化与其平均值相比不可以忽略不计的荷载称为活荷载。如人群、风、雪、吊车荷载等。

在结构使用期间不一定出现,但一出现,其值很大且持续时间很短的荷载称为偶然荷载。如爆炸力、撞击力等。

3. 按荷载作用的性质可分为静荷载和动荷载

由零逐渐增加到最后值的荷载称为静荷载。静荷载作用的基本特点是:荷载施加过程中,结构上各点产生的加速度不明显;荷载达到最后值以后,结构处于静止平衡状态。

大小、方向随时间而改变的荷载称为动荷载。机器设备的运动部分所产生的扰力、爆炸冲击力、地震时由于地面运动在结构上产生的惯性力等荷载属于动荷载。动荷载作用的基本特点是:由于荷载的作用,结构上各点产生明显的加速度,结构的内力和变形都随时间而发生变化。

2 结构计算简图和物体受力分析

§ 2-1 约束与约束反力

可以自由地运动的物体,称为自由体,其运动不受任何其他物体的限制。如飞行的飞机(不考虑技术限制)是自由体,它可以任意地移动和旋转。土木工程中的物体一般都是非自由体,非自由体不能自由地运动,其某些方向的移动和转动因受其他物体的限制而不能发生。工程中的结构或构件一般都是非自由体。限制非自由体运动的其他物体称为约束,约束的功能就是限制非自由体的某些运动。例如,桌子放在地面上,地面具有限制桌子向下移动的功能,桌子是非自由体,地面是桌子的约束。约束对非自由体的作用力称为约束反力。显然,约束反力的方向总是与它所限制的运动方向相反。地面限制桌子向下移动,地面作用给桌子的约束反力指向上。

工程中物体之间的约束形式是复杂多样的,为了便于理论分析和计算,只考虑其主要的约束功能,忽略其次要的约束功能,便可得到一些理想化的约束形式。本节中所讨论的正是这些理想化的约束,它们在力学分析和结构设计中被广泛采用。

一、柔性约束

由绳索、钢丝、皮带、链条等柔软物体构成的约束称为柔性约束。柔性约束只能承受拉力,即只能限制物体沿柔性约束方向的运动。所以,柔性约束的约束反力 T 通过接触点,沿柔性约束方向而背离物体,为拉力。

如图 2-1(a) 所示为一受绳索约束的物体 A。物体 A 所受的约束反力 T 如图中所示。约束反力 T 的反作用力 T' 作用在绳索上,使绳索受拉。

二、光滑约束

光滑约束是由两个物体光滑接触所构成。两物体可以脱离开,也可以沿光滑接触处公切线方向相对滑动,但沿接触处法线方向且指向光滑约束的移动受到限制。光滑约束的约束反力作用于接触点,沿接触处的法线方向且指向物体,为压力。

如图 2-1(b) 所示为光滑面约束及其约束反力的例子。物体为非自由体,各光滑接触点 A、B、C 的约束反力均沿接触处法线方向,指向物体。

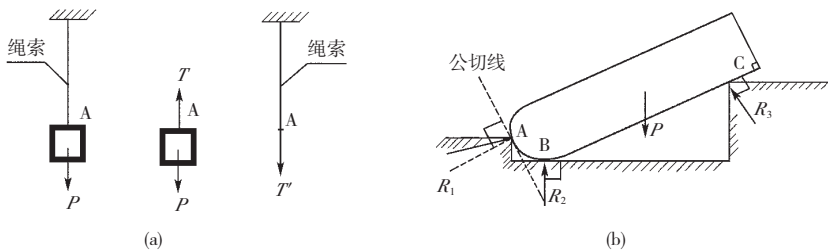


图 2-1

三、固定铰支座和铰链连接

在工程结构中常用圆柱形销钉将物体与固定在基础上的另一物体连接起来,这样就构成了固定铰支座。如图 2-2(a) 所示的弧形闸门,在 A 处将腿架末端与固定构件用圆柱销钉连接,就是一个固定铰支座的实例。固定铰支座的基本构造如图 2-2(b) 所示。图 2-2(c) 所示为其三种简化符号图。如果不计摩擦,这种支座的销钉不能限制物体绕销钉转动,而能限制物体沿垂直于销钉中心线的平面内任意方向的移动。当物体受力作用在垂直于销钉中心线的平面内有运动趋势时,销钉与销钉孔就在某一点接触。如图 2-2(b) 中 A 点,由于销钉和销钉孔都是光滑的,根据光滑接触约束反力的特点,固定铰支座对物体的约束反力 R 必沿接触点的公法线方向,即通过接触点和铰链中心(销钉中心)。但是,由于物体的运动趋势不能预先确定,因而接触点位置也不能预先确定,因此,约束反力的方向实际是未知的。通过以上分析可知,固定铰支座的约束反力作用在垂直于销钉轴线的平面内,通过铰链中心,方向未知。

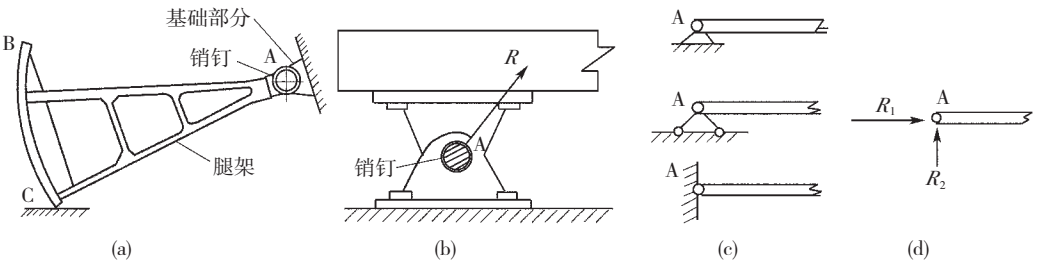


图 2-2

固定铰支座的约束反力有大小和方向两个未知量。在平面受力问题分析中,通常将其分解为两个方位已知而大小未知的正交的分力 R_1 和 R_2 ,如图 2-2(d) 所示。分力的指向可先任意假设,由计算结果来确定假设的正确性,当两个分力 R_1 和 R_2 确定后,根据力的平行四边形法则,约束反力 R 也就完全确定了。

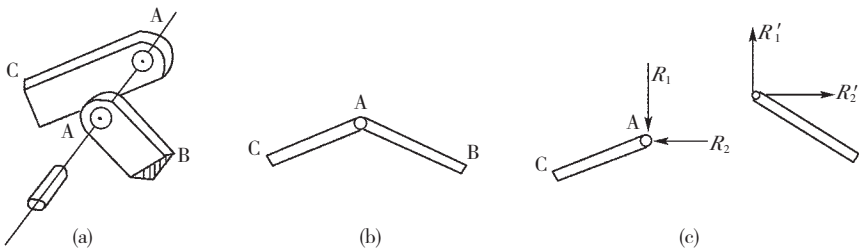


图 2-3

如果两个物体用圆柱形销钉连接,则称为铰链连接,简称铰接,如图 2-3(a) 所示,图 2-3(b) 所示为铰链连接的简化符号图。铰的销钉对物体的约束力与固定铰支座完全相同。如图 2-3(c) 所示。注意: R_1 、 R_2 与 R'_1 、 R'_2 是作用力与反作用力关系。

四、可动铰支座和链杆连接

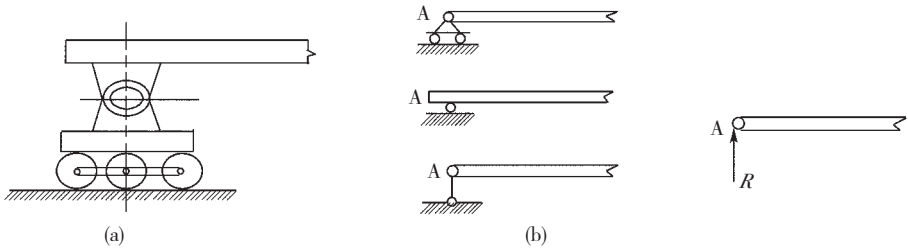


图 2-4

在大跨度的桥梁、屋架中,为了保证在温度变化时,桥梁或屋架沿跨度方向能自由地伸缩,常在其一端采用固定铰支座,而在另一端采用可动铰支座。可动铰支座是用几个辊轴将固定铰支座支承在平面上而构成的,又称辊轴支座,其基本构造如图 2-4(a) 所示。图 2-4(b) 所示为可动铰支座几种不同形式的简化符号图,这种支座的约束性质与光滑接触面相同,只能限制物体沿支承面法线方向运动,不能限制物体沿支承面方向的移动和绕铰链中心的转动。所以,可动铰支座的约束反力垂直于支承面,通过铰链中心,指向未知。在受力分析时,指向可先任意假定,如图 2-4(c) 所示。

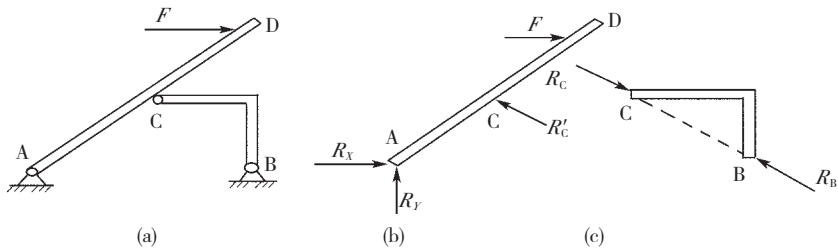


图 2-5

链杆是两端用光滑铰链与其他物体连接,不计自重且中间不受力作用的杆件,这样的连接称为链杆连接。链杆只在两铰链处受力作用,因此又称二力杆。处于平衡状态时,链杆所受的两个力,应是大小相等、方向相反地作用在两个铰链中心的连线上,其指向一般不能确定。按作用与反作用定律,链杆对它所约束物体的约束反力必定沿着两铰链中心的连线作用在物体上。

在图 2-5(a) 所示中,当不计构件自重时,构件 BC 即为二力杆。它的一端用铰链 C 与构件 AD 连接,另一端用固定铰支座 B 与地面连接。BC 杆件所受的两个约束力 R_C 和 R_B 如图 2-5(c) 所示。杆件 BC 作用给杆件 AD 的约束力 R'_C 是 R_C 的反作用力,如图 2-5(b) 所示。 R_B 、 R_C 、 R'_C 三个力中,只需假定一个力的指向,另外两个力的指向可由二力平衡条件和作用与反作用定律确定。对这三个力的指向都作随意的假定,那是错误的。

应该注意,一般情况下铰链约束的约束力是用两个垂直分力来表示,但对二力杆的铰链来说,铰链约束的约束力作用线是确定的,不用两个垂直分力表示。在上述的例子中,如将 AD 上 C 点的约束力用两个垂直分力表示,就会给计算工作带来麻烦。因此,对给定的结构和给定的荷载,应会识别结构中有无二力杆件,哪些构件是二力杆件。

五、固定端支座

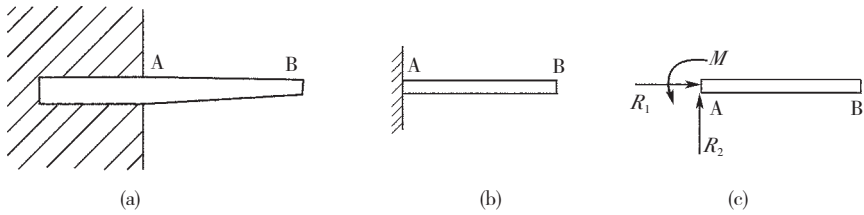


图 2-6

既能限制物体沿任何方向移动,又能限制物体转动的约束,称为固定端支座。如图 2-6(a) 所示嵌入墙体内较深的支承阳台的悬臂梁,墙即为该梁的固定端支座。图 2-6(b) 所示为固定端支座的简化符号图。由于固定端支座不允许物体在该端沿任何方向移动和转动,因此,一般情况下,这种支座除了对被约束物体作用有水平约束反力 R_1 和竖直约束反力 R_2 外,还作用一个限制物体转动的反力偶 M ,约束反力的指向和反力偶的转向均可任意假定,如图 2-6(c) 所示。

六、定向支座

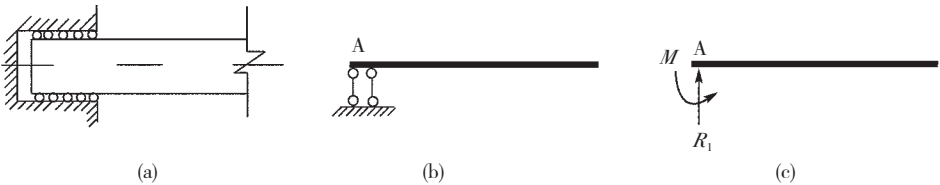


图 2-7

构件在支承处不能转动,也不能沿某方向移动,如图 2-7(a) 所示,这样的支承称为定向支座。图 2-7(b) 所示为定向支座的简化符号,用平行双链杆表示。这种支座允许杆端沿与平行双链杆垂直的方向移动,限制了沿平行双链杆方向的移动,也限制了转动。定向支座的约束反力是一个沿平行双链杆方向的反力 R_1 和一个反力偶 R_2 。图 2-7(c) 中反力 R_1 和反力偶 M 的指向都是假定的。

§ 2-2 结构计算简图

实际结构是多种多样的,完全按照结构的真实情况进行力学计算非常复杂。因此,在力学分析时,必须对实际结构进行科学的抽象和简化,略去一些次要因素,选用一个能够反映主要工作特性的简化图形来代替实际结构,这样的简化图形称作结构计算简图。一般来说,选择结构计算简图的原则是:(1) 尽可能反映结构的主要性能和受力特点;(2) 略去次要因素,便于分析和计算。

选择结构计算简图是重要而困难的工作。对常见的工程结构,已有经过实践检验了的成熟的计算简图。本节主要介绍结构计算简图中支座的简化、结点的简化和平面杆系结构的分类等

问题。

一、支座简化示例

上述所介绍的固定铰支座、可动铰支座、固定端支座、定向支座等都是理想的支座。为便于计算,要分析实际结构支座的主要约束功能与哪种理想支座的约束功能相符合,将工程结构的实际支座简化为力学中的理想支座。

图 2-8(a) 中所示的是预制钢筋混凝土柱与杯形基础的连接形式。基础下面是比较坚实的地基,如杯口四周填入沥青麻丝,柱端可发生微小转动,其约束功能基本上与固定铰支座相符合,则可简化为固定铰支座,如图 2-8(b) 所示。如将预制钢筋混凝土柱插在较深的杯形基础中,杯口四周及底部用细石混凝土填实,如图 2-8(c) 所示,柱端被相当坚实地固定住,其约束功能基本上与固定支座相符合,则可简化为固定端支座,如图 2-8(d) 所示。

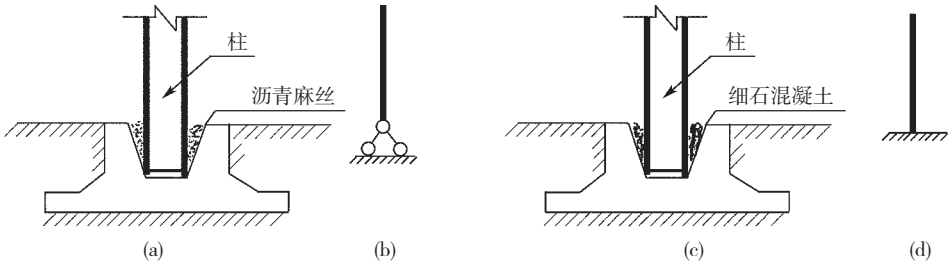


图 2-8

二、结点简化示例

结构中构件与构件的连接部位称为结点。结构计算简图中的结点有铰结点、刚结点、组合结点等三种。

铰结点上的各杆件用铰链相连接。杆件受荷载作用产生变形时,结点上各杆件端部的夹角发生改变。图 2-9(a) 中所示的结点 A 为铰结点。

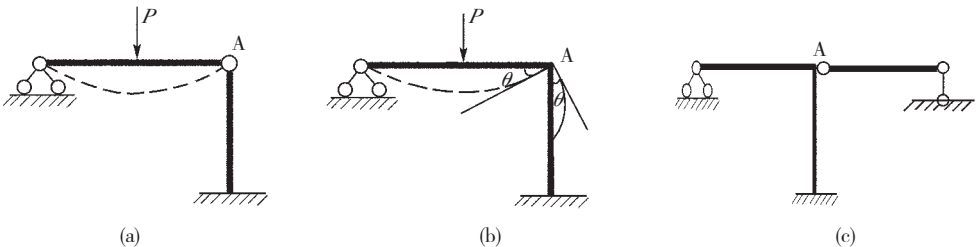


图 2-9

刚结点上的各杆件刚性连接。杆件受荷载作用产生变形时,结点上各杆件端部的夹角保持不变,即各杆件的刚接端都有一相同的旋转角度 θ ,图 2-9(b) 所示的结点 A 为刚结点。

如果结点上的一些杆件用铰链连接,而另一些杆件刚性连接,这种结点称为组合结点。图 2-9(c) 所示的结点 A 为组合结点。

对实际结构中的结点,要根据结点的构造情况及结构的几何组成情况等因素简化为上述