

高等职业教育土建类新编技能型规划教材

建筑力学与结构

主编 冯朝印 刘青宜



黄河水利出版社

JIANZHU LIXUE YU JIEGOU

高等职业教育土建类新编技能型规划教材

建筑力学与结构

主编 冯朝印 刘青宜

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书根据现行高职建筑类专业教学要求编写,主要包括建筑力学的基础知识、静定结构的反力计算、轴向拉压杆的强度计算、平面图形的几何性质、剪切和扭转杆的强度计算、弯曲杆的强度计算、组合变形杆的强度计算、压杆的稳定计算、静定结构体系分析、超静定结构体系分析、建筑结构与材料、建筑结构设计的基本原理、混凝土受弯构件、受扭构件、钢筋混凝土结构拉压受力体系、预应力混凝土结构体系、多高层房屋结构体系、砌体结构、钢筋混凝土单层工业厂房、钢结构等。

本书可作为高等职业院校、高等学校专科、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院等大专层次的建筑力学与结构教材,并可作为大学本科少学时的建筑力学教材和有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与结构/冯朝印,刘青宜主编. —郑州:黄河水利出版社,2013.2

高等职业教育土建类新编技能型规划教材

ISBN 978-7-5509-0415-6

I. ①建… II. ①冯… ②刘… III. ①建筑科学-力学-高等职业教育-教材②建筑结构-高等职业教材-教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 008676 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:郑州海华印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:22.25

字数:540 千字

印数:1—4 000

版次:2013 年 2 月第 1 版

印次:2013 年 2 月第 1 次印刷

定价:39.00 元

前 言

高等职业教育的教学改革和建设,其核心是课程的改革和建设。而课程的改革和建设的重点是教学内容的改革和建设,所以教材建设是高等职业教育教学的关键,既要充分体现技术的先进性和知识的全面性,又要兼顾现实应用能力与技术跟踪能力的培养,使教学内容、一线实际与职业发展相连接。

建筑力学与结构是为高职高专建筑工程技术专业的学生开设的一门理论性较强的专业基础课,旨在培养学生应用力学的基本原理,分析和研究建筑结构和构件在各种条件下的强度、刚度、稳定性方面的问题的能力。通过本课程的学习,要求学生掌握平面体系的平衡条件及分析方法,掌握平面结构的几何组成规律,掌握平面静定结构的内力分析和位移计算,掌握平面超静定结构体系在各种条件下的受力分析方法和相应的近似分析方法,掌握结构的计算方法,掌握水平结构体系的基本概念和结构设计方法,掌握框架结构的计算方法和构造措施,了解砌体结构、混凝土结构和钢结构的特点及基本计算方法,了解结构抗震原理,为后续专业课的学习奠定必要的基础。

本书的编写通过教学情境的划分,重在基本概念、基本方法和基本理论的表述,编写内容在保证教材结构体系完整的前提下,追求过程简明、清晰和准确,做到重点突出、叙述简练、易教易学。

本书编写人员及编写分工如下:许昌职业技术学院杨彩绘编写学习情境一、二、三,许昌职业技术学院冯朝印编写学习情境四、七、十八,许昌职业技术学院刘青宜编写学习情境五、十三,许昌职业技术学院侯家奎编写学习情境六,内蒙古建筑职业技术学院刘瑞兵编写学习情境八、十一、十二,许昌职业技术学院晁晓宇编写学习情境九,许昌职业技术学院刘小梅编写学习情境十、十六,哈尔滨铁道职业技术学院付春风编写学习情境十四,哈尔滨铁道职业技术学院梁卿编写学习情境十五,许昌九鼎工程造价咨询有限公司严凤巧编写学习情境十七,聊城安泰黄河水利工程维修养护有限公司张鹏编写学习情境十九。全书由冯朝印、刘青宜担任主编并负责全书统稿,由侯家奎、刘小梅、杨彩绘、刘瑞兵担任副主编。

本书可作为高职高专教材使用,也可供从事土建类相关专业的技术人员阅读。

限于编者水平,文中不足之处敬请指正。

编 者

2012 年 11 月

目 录

前 言

学习情境一 建筑力学的基本知识	(1)
子情境一 建设力学的任务	(1)
子情境二 结构计算简图	(3)
习 题	(9)
学习情境二 静定结构反力的计算	(10)
子情境一 静力学的基本知识	(10)
子情境二 静定结构的反力计算	(16)
习 题	(22)
学习情境三 轴向拉伸和压缩杆的强度计算	(25)
子情境一 轴向拉伸和压缩杆的内力、应力和应变	(25)
子情境二 轴向拉伸和压缩杆的强度计算	(32)
习 题	(34)
学习情境四 平面图形的几何性质	(36)
子情境一 形心坐标和静矩的计算	(36)
子情境二 惯性矩、极惯性矩、惯性积的计算	(39)
习 题	(41)
学习情境五 剪切和扭转杆的强度计算	(42)
子情境一 剪切强度计算	(42)
子情境二 圆截面杆扭转时的强度计算	(43)
习 题	(47)
学习情境六 弯曲杆的强度计算	(49)
子情境一 单跨静定梁弯曲时的内力计算	(49)
子情境二 单跨静定梁弯曲时的内力图绘制方法	(54)
子情境三 单跨静定梁弯曲时的强度计算	(65)
子情境四 单跨静定梁的刚度计算	(72)
习 题	(75)
学习情境七 组合变形杆的强度计算	(78)
子情境一 斜弯曲变形杆的强度计算	(79)
子情境二 拉(压)弯曲组合变形杆的强度计算	(81)
子情境三 偏心拉伸(压缩)杆件的强度计算	(83)
习 题	(85)
学习情境八 压杆的稳定计算	(87)
子情境一 各种压杆的临界力和临界应力计算	(88)

子情境二	压杆的稳定计算	(92)
习 题		(95)
学习情境九	静定结构体系分析	(96)
子情境一	平面体系的几何组成分析	(96)
子情境二	静定结构的内力分析	(103)
子情境三	静定结构的位移计算	(113)
习 题		(124)
学习情境十	超静定结构体系分析	(127)
子情境一	力 法	(128)
子情境二	位移法	(135)
子情境三	力矩分配法	(143)
习 题		(150)
学习情境十一	建筑结构与材料	(153)
子情境一	建筑结构的概述	(153)
子情境二	常用结构类型与特点	(153)
子情境三	主要材料的力学性能	(155)
习 题		(165)
学习情境十二	建筑结构设计的基本原理	(166)
子情境一	结构设计中的荷载	(166)
子情境二	结构极限状态设计方法	(168)
子情境三	结构上的作用效应与功能函数	(170)
习 题		(175)
学习情境十三	混凝土受弯构件	(176)
子情境一	受弯构件概述	(176)
子情境二	梁	(177)
子情境三	板	(201)
子情境四	梁、板结构变形验算	(211)
习 题		(219)
学习情境十四	受扭构件	(221)
子情境一	概 述	(221)
子情境二	纯扭构件的试验研究	(222)
子情境三	纯扭构件的扭曲截面承载力	(223)
子情境四	弯剪扭构件的扭曲截面承载力	(224)
子情境五	常见的受扭构件结构计算简介	(226)
习 题		(231)
学习情境十五	钢筋混凝土结构拉压受力体系	(232)
子情境一	轴心受拉构件	(232)
子情境二	轴心受压构件	(234)
子情境三	偏心受拉构件	(242)

子情境四	偏心受压构件	(245)
习 题		(254)
学习情境十六	预应力结构体系	(255)
子情境一	预应力混凝土结构的基本概念	(255)
子情境二	施加预应力的方法及设备	(257)
子情境三	预应力混凝土构件对材料的要求	(258)
子情境四	预应力混凝土构件的构造要求	(259)
习 题		(261)
学习情境十七	多高层房屋结构体系	(262)
子情境一	多高层房屋的结构体系概述	(262)
子情境二	多高层房屋的荷载	(265)
子情境三	多高层框架结构房屋的结构布置	(266)
子情境四	多层框架结构计算简图	(269)
子情境五	多层框架的内力组合与构件设计	(271)
子情境六	剪力墙结构简介	(276)
学习情境十八	砌体结构	(280)
子情境一	砌体结构概述	(280)
子情境二	砌体材料及性能	(281)
子情境三	砌体结构构件的承载力计算	(287)
子情境四	刚性方案房屋计算	(296)
子情境五	砌体房屋构造要求	(303)
子情境六	过梁、挑梁和砌体结构的构造措施	(308)
习 题		(314)
学习情境十九	钢筋混凝土单层工业厂房	(315)
子情境一	单层工业厂房的结构组成概述	(315)
子情境二	单层工业厂房布置	(318)
子情境三	单层工业厂房排架计算方法与构造要求	(325)
习 题		(333)
附 录	常用型钢规格表	(334)
参考文献		(346)

学习情境一 建筑力学的基本知识

【知识点】 建筑力学的研究对象及任务;建筑力学的约束、支座和约束反力;结构的计算简图。

【教学目标】 理解建筑力学的研究对象及任务;掌握工程中常见几种约束类型的约束作用、简图及其反力;掌握选择结构计算简图的原则和方法,熟悉结构计算简图的选取。

子情境一 建筑力学的任务

一、建筑力学的研究对象

(一) 荷载

任何建筑物在施工过程中和建成后的使用过程中,都要受到各种各样的力的作用。例如,建筑物各部分的自重、人和设备的重力、风力、地震力等,这种力在工程上称为荷载(又称为主动力)。

(1) 根据荷载作用时间的久暂,荷载可分为恒荷载和活荷载(也叫可变荷载)。

恒荷载是指长期作用在结构上的大小和方向不变的荷载,如结构的自重等。

活荷载是指随着时间的推移,其大小、方向或作用位置发生变化的荷载,如雪荷载、风荷载、人的重量等。

(2) 根据荷载的分布范围,荷载可分为集中荷载和分布荷载。

集中荷载是指分布面积远小于结构尺寸的荷载,如吊车的轮压,由于这种荷载的分布面积较集中,因此在计算简图上可把这种荷载看成是作用于结构上的某一点处。

分布荷载是指连续分布在结构上的荷载,当连续分布在结构内部各点上时叫体分布荷载,当连续分布在结构表面上时叫面分布荷载,当沿着某条线连续分布时叫线分布荷载,当为均匀分布时叫均布荷载。

(3) 根据荷载位置的变化情况,荷载可分为固定荷载和移动荷载。

固定荷载是指荷载的作用位置固定不变的荷载,如所有恒载、风载、雪载等。

移动荷载是指在荷载作用期间,其位置不断变化的荷载,如吊车梁上的吊车荷载、钢轨上的火车荷载等。

(4) 根据荷载的作用性质,荷载可分为静力荷载和动力荷载。

静力荷载的数量、方向和位置不随时间变化或变化极为缓慢,因而不使结构产生明显的运动,如结构的自重和其他恒载。

动力荷载是随时间迅速变化的荷载,使结构产生显著的运动,如锤头冲击锻坯时的冲击荷载、地震作用等。

(二) 结构

在建筑物中承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为结构。组成结构的部件称为构件。

图 1-1 是一个单层工业厂房结构的示意图,它由屋面板、屋架、吊车梁、柱子及基础等构

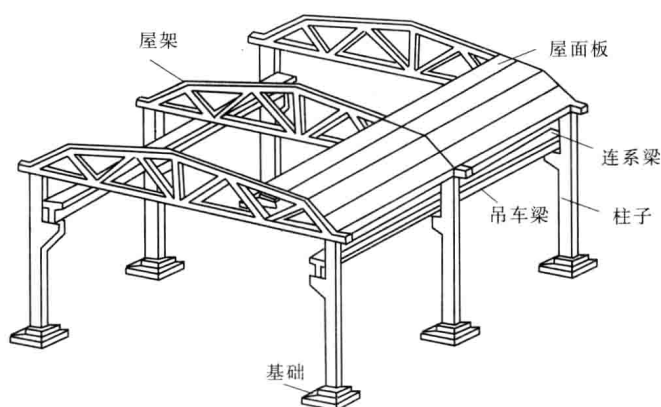


图 1-1

件组成,每一个构件都起着承受和传递荷载的作用。如屋面板承受着屋面上的荷载并通过屋架传给柱子,吊车荷载通过吊车梁传给柱子,柱子将其受到的各种荷载传给基础,最后传给地基。

根据构件的几何特征,可以将各种各样的构件归纳为如下四类:

(1) 杆:如图 1-2(a)所示,它的几何特征是细而长,即 $l \gg h, l \gg b$ 。杆又可分为直杆和曲杆。

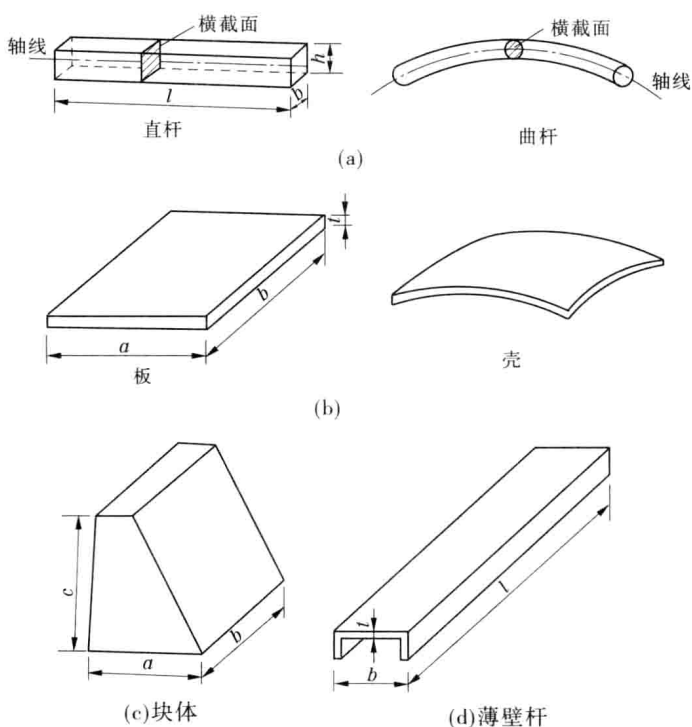


图 1-2

(2) 板和壳:如图 1-2(b)所示,它的几何特征是宽而薄,即 $a \gg t, b \gg t$ 。平面形状的称为板,曲面形状的称为壳。

(3) 块体:如图 1-2(c)所示,它的几何特征是在三个方向的尺寸都是同量级大小的。

(4)薄壁杆:如图 1-2(d)所示,它的几何特征是长、宽、厚三个尺寸都相差很悬殊,即 $l \gg b \gg t$ 。

由杆件组成的结构称为杆系结构。杆系结构是建筑工程中应用最广的一种结构。本书所研究的主要对象是均匀连续的、各向同性的、弹性变形的固体,且限于小变形范围的杆件和杆件组成的杆系结构。

(三)强度、刚度和稳定性

无论是工业厂房还是民用建筑、公共建筑,它们的结构及组成结构的各构件都相对于地面保持着静止状态,这种状态工程上称为平衡状态。当结构承受和传递荷载时,各构件都必须能够正常工作,这样才能保证整个结构的正常使用。为此,首先要求构件在受荷载作用时不发生破坏。如当吊车起吊重物时荷载过大,会使吊车梁发生弯曲断裂。但只是不发生破坏并不能保证构件的正常工作。例如,吊车梁的变形如果超过一定的限度,吊车就不能在它上面正常地行驶;楼板变形过大,其上的抹灰就会脱落。此外,有一些构件在荷载作用下,其原来形状的平衡可能丧失稳定性。例如,细长的中心受压柱,当压力超过某一定值时,会突然地改变原来的直线平衡状态而发生弯曲,以致构件倒塌,这种现象称为“失稳”。由此可见,要保证构件的正常工作必须满足三个要求:

(1)在荷载作用下构件不发生破坏,即应具有足够的强度。

(2)在荷载作用下构件所产生的变形在工程的允许范围内,即应具有足够的刚度。

(3)承受荷载作用时,构件在其原有形状下的平衡应保持稳定的平衡,即应具有足够的稳定性。

构件的承载能力,是指构件在荷载作用下,能够满足强度、刚度和稳定性要求的能力。所谓强度,是指构件抵抗破坏的能力,所谓刚度,是指构件抵抗变形的能力,所谓稳定性,是指构件保持原有平衡状态的能力。

二、建筑力学的研究任务

构件的强度、刚度和稳定性,其高低与构件的材料性质、截面的几何形状及尺寸、受力性质、工作条件及构造情况等因素有关。在结构设计中,如果把构件截面设计得过小,构件会因刚度不足导致变形过大而影响正常使用,或因强度不足而迅速破坏;如果构件截面设计得过大,其能承受的荷载过分大于所受的荷载,则又会不经济,造成人力、物力上的浪费。因此,结构和构件的安全性与经济性是矛盾的。建筑力学的任务就在于力求合理地解决这种矛盾,即通过研究结构的强度、刚度、稳定性,材料的力学性能,结构的几何组成规则,在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下,为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

子情境二 结构计算简图

一、常见约束和支座

(一)约束和约束反力

可在空间自由运动不受任何限制的物体称为自由体,例如,空中飘浮物。在空间某些方

向的运动受到一定限制的物体称为非自由体。在建筑工程中所研究的物体,一般都要受到其他物体的限制、阻碍而不能自由运动。例如,基础受到地基的限制,梁受到柱子或者墙的限制等,均属于非自由体。

于是,将限制、阻碍非自由体运动的物体称为约束物体,简称约束。例如,上面提到的地基是基础的约束,墙或柱子是梁的约束。而非自由体称为被约束物体。由于约束限制了被约束物体的运动,在被约束物体沿着约束所限制的方向有运动或运动趋势时,约束必然对被约束物体有力的作用,以阻碍被约束物体的运动或运动趋势,这种力称为约束反力,简称反力。因此,约束反力的方向必与该约束所能阻碍物体的运动方向相反。运用这个准则,可确定约束反力的方向和作用点的位置。

在一般情况下物体总是同时受到主动力和约束反力的作用。主动力常常是已知的,约束反力是未知的。这需要利用平衡条件来确定未知反力。

工程中常见的几种约束类型及其约束反力如下:

(1)柔体约束。用柔软的皮带、绳索、链条阻碍物体运动而构成的约束称为柔体约束。这种约束只能限制物体沿着柔体中心线使柔体张紧方向的移动,且柔体约束只能承受拉力,不能承受压力,所以约束反力一定通过接触点,沿着柔体中心线背离被约束物体的方向,且恒为拉力,用 T 或 F_T 表示,如图 1-3 所示。

(2)光滑接触面约束。当两物体在接触处的摩擦力很小而略去不计时,就是光滑接触面约束。这种约束不论接触面的形状如何,都不能限制物体沿光滑接触面的公切线方向的运动或离开光滑面,只能限制物体沿着接触面的公法线向光滑面内的运动,所以光滑接触面约束反力是通过接触点,沿着接触面的公法线指向被约束的物体,只能是压力,用 N 或 F_N 表示,如图 1-4 所示。

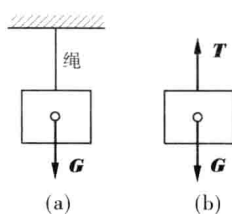


图 1-3

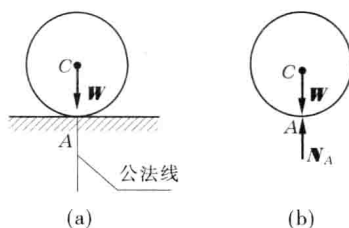


图 1-4

(3)圆柱铰链约束。圆柱铰链简称铰链或铰,它是由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中而构成的,如图 1-5(a)、(b)所示,并假设销钉与圆孔的表面都是完全光滑的。圆柱铰链的计算简图如图 1-5(c)或(d)所示。圆柱铰链的约束反力在垂直于销钉轴线的平面内,通过销钉中心,而方向未定。在对物体进行受力分析时,通常把圆柱铰链的约束反力用两个相互垂直的分力 R_x 和 R_y 来表示(见图 1-5(f))。

(4)链杆约束。链杆就是两端用光滑销钉与物体相连而中间不受力的刚性直杆。如图 1-6所示的支架,横木 AB 在 A 端用铰链与墙连接,在 B 处与 BC 杆铰链连接,斜木 BC 在 C 端用铰链与墙连接,在 B 处与 AB 杆铰链连接, BC 杆是两端用光滑铰链连接而中间不受力的刚性直杆。 BC 杆就可以看成是 AB 杆的链杆约束。这种约束只能限制物体沿链杆的轴线方向运动。链杆可以受拉或者受压,但不能限制物体沿其他方向的运动。所以,链杆约束

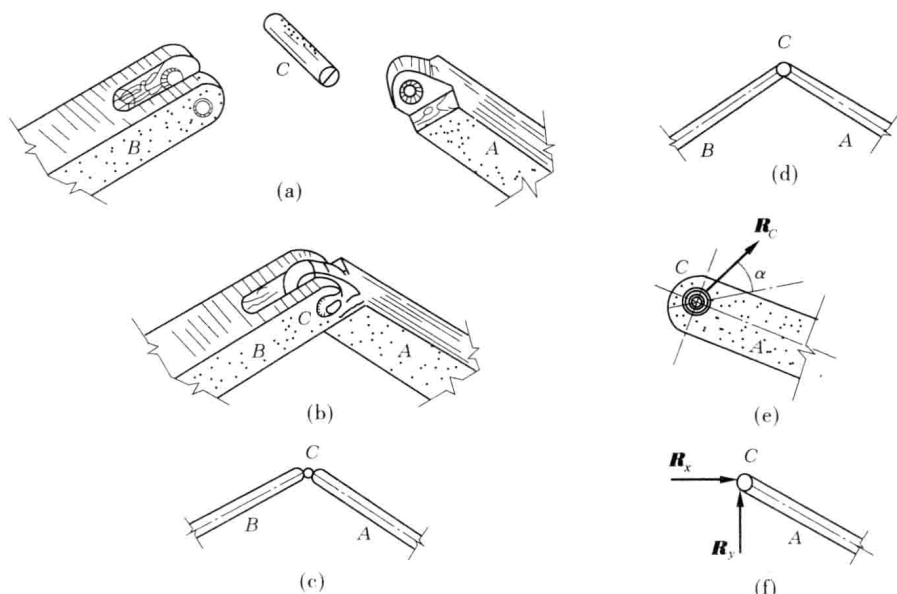


图 1-5

的约束反力沿着链杆的轴线,其指向不定,如图 1-6 所示。

(二) 工程上常见的几种支座和支座反力

工程上将结构或构件连接在支承物上的装置称为支座。在工程上常常通过支座将构件支承在基础或另一静止的构件上。支座对构件就是一种约束。支座对它所支承的构件的约束反力也叫支座反力。支座的构造是多种多样的,

其具体情况也是比较复杂的,因此加以简化,归纳成几个类型,以方便分析计算。建筑结构的支座通常分为固定铰支座、可动铰支座和固定端支座三类。

(1) 固定铰支座。图 1-7(a) 是固定铰支座的示意图。构件与支座用光滑的圆柱铰链连接,构件不能产生沿任何方向的移动,但可以绕销钉转动,可见固定铰支座的约束反力与圆柱铰链相同,即约束反力一定作用于接触点,垂直于销钉轴线,并通过销钉中心,而方向未定。固定铰支座的简图如图 1-7(b) 所示。约束反力如图 1-7(c) 所示,可以用 R_A 和一未知方向的角 α 表示,也可以用一个水平力 X_A 和垂直力 Y_A 表示。

建筑结构中这种理想的支座是不多见的,通常把不能产生移动,只可能产生微小转动的支座视为固定铰支座。

(2) 可动铰支座。图 1-8(a) 是可动铰支座的示意图。构件与支座用销钉连接,而支座可沿支承面移动,这种约束只能约束构件沿垂直于支承面方向的移动,而不能阻止构件绕销钉的转动和沿支承面方向的移动。所以,它的约束反力的作用点就是约束与被约束物体的接触点,约束反力通过销钉的中心,垂直于支承面,方向可能指向构件,也可能背离构件,要视主动力情况而定。这种支座的简图如图 1-8(b) 所示。

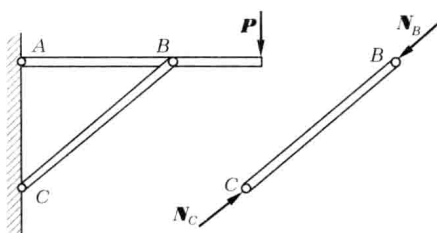


图 1-6

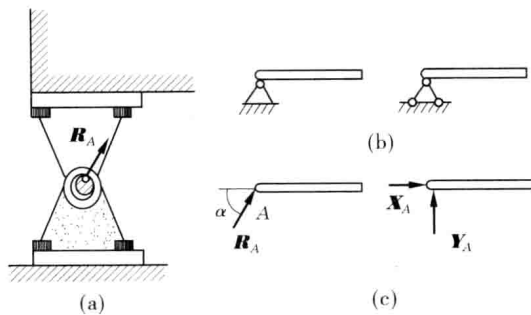


图 1-7

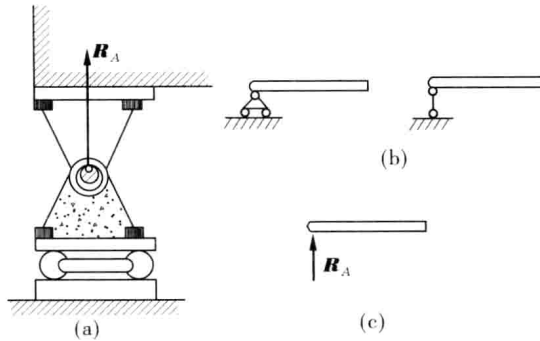


图 1-8

例如,图 1-9(a) 是一个搁置在砖墙上的梁,砖墙就是梁的支座,如略去梁与砖墙之间的摩擦力,则砖墙只能限制梁向下运动,而不能限制梁的转动与沿水平方向的移动。这样,就可以将砖墙简化为可动铰支座,如图 1-9(b) 所示。

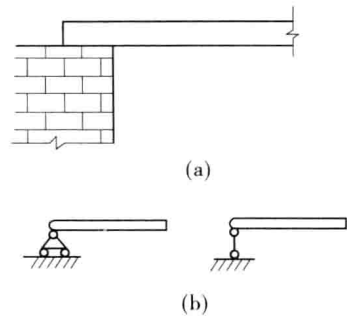


图 1-9

(3) 固定端支座。整浇钢筋混凝土的雨篷,它的一端完全嵌固在墙中,另一端悬空,再如基础与地基浇筑在一起等,如图 1-10(a)、(b) 所示,这样的支座叫固定端支座。在嵌固端,既不能沿任何方向移动,也不能转动,所以固定端支座除产生水平和竖直方向的约束反力外,还有一外约束反力偶(力偶将在后面讨论)。这种支座的简图如图 1-10(c) 所示,其支座反力 X_A 、 Y_A 、 M_A 表示如图 1-10(d) 所示。

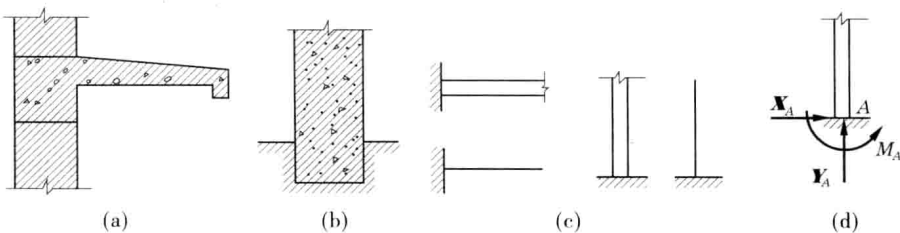


图 1-10

二、结构的计算简图

(一) 结构计算简图的简化原则

实际工程中,结构的构造多种多样,结构上作用的荷载也比较复杂,要完全按照结构的实际情况进行分析,会使问题非常繁杂,有时也没有必要。分析实际结构时,必须对结构作一些简化,略去某些次要的影响因素,突出反映结构主要的特征,用一个简化了的结构图形来代替实际的结构,这种图形称为结构的计算简图。在建筑力学中,是以计算简图为依据进行力学分析和计算的,因此实际结构的计算简图的选取是一项十分重要的工作。

选取结构计算简图应遵循以下两条原则:

- (1) 正确反映结构的实际情况,使计算结果精确可靠。
- (2) 略去次要因素,突出结构的主要特征,以便分析和计算。

工程中的结构都是空间结构,各构件互相连接成一个空间整体,以便承受各个方向可能出现的荷载。但是,在土建、水利等工程中,大量的空间杆系结构,在一定的条件下,根据结构的受力状态和特点,常可以简化为平面杆系结构进行计算。例如,图 1-1 所示的厂房结构是一个复杂的空间杆系结构。沿横向,柱子和屋架组成排架;沿纵向,各排架按一定的间距均匀地排列,中间有吊车梁、屋面板等纵向构件相联系。作用在结构上的荷载,通过屋面板和吊车梁等传递到横向排架上。如果略去排架间纵向构件的影响,每一个排架所受的荷载,便可以看作是处于排架所在的平面内,此时,各排架便可以按平面结构来分析。

建筑力学主要是以平面杆系结构为研究对象的。

(二) 平面杆系结构的计算简图

对于一个实际结构,选取平面杆系结构的计算简图时,需要作以下三方面的简化。

1. 构件及结点的简化

实际结构中,杆件截面的大小及形状虽千变万化,但它的尺寸总远远小于杆件的长度。以后我们会知道,杆件中的每一个截面,只要计算出截面形心处的内力、变形,则整个截面上各点的受力、变形情况就能确定。因此,在结构的计算简图中,截面以它的形心来替代,而整个杆件则以其轴线来代表。

在结构中,杆件之间相互连接的部分称为结点(节点)。尽管杆件之间的连接方法各不相同,构造形式多种多样,差异很大,但在结构的计算简图中,只把结点简化成两种极端理想化的基本形式:铰结点和刚结点。

铰结点是指杆件与杆件之间用圆柱铰链约束连接,连接后杆件之间可以绕结点中心自由地作相对转动而不能产生相对移动。在工程实际中,完全用理想铰来连接杆件的实例是非常少见的。但是,从结点的构造来分析,把它们近似地看成铰结点所造成的误差并不显著。如图 1-11(a)所示的木屋架结点,一般认为各杆件之间可以产生比较微小的转动,所以其杆件与杆件之间的连接方式,在计算简图中常简化成如图 1-11(b)所示的铰结点。又如图 1-12(a)所示的桥梁板的企口结合或木结构的斜搭结合处,在计算时也可以简化为铰结点,得到如图 1-12(b)所示的计算简图。即在计算简图中,铰结点用杆件交点处的小圆圈来表示。

刚结点是指杆件之间的连接是采用焊接(如钢结构的连接)或者是现浇(如钢筋混凝土梁与柱子现浇在一起)的连接方式,则杆件之间相互连接后,在连接处的任何相对运动都受

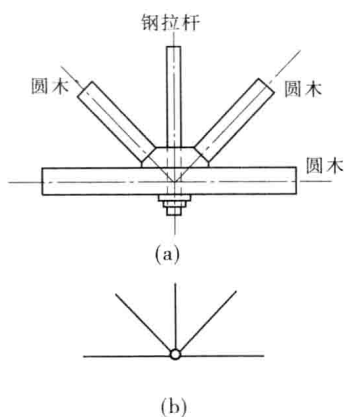


图 1-11

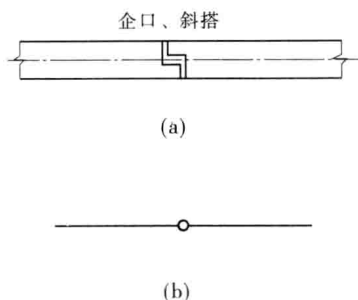


图 1-12

到了限制,既不能产生相对移动,也不能产生相对转动,即使结构在荷载的作用下发生了变形,在结点处各杆端之间的夹角也仍然保持不变。在计算简图中,刚结点用杆件轴线的交点来表示,如图 1-13 所示。

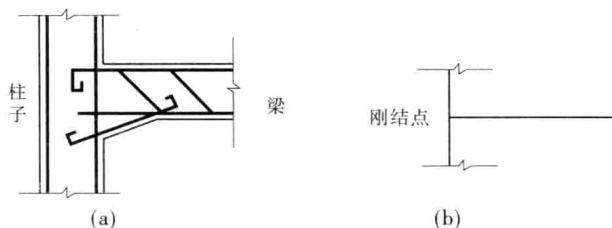


图 1-13

2. 支座的简化

在实际工程结构中,各种支承的装置随着结构形式或材料的差异而各不相同。在选取计算简图时,可根据实际构造和约束情况,参照上述所讲支座内容进行恰当的简化。

3. 荷载的简化

荷载的简化是指将实际结构构件上所受到的各种荷载简化为作用在构件纵轴上的线荷载、集中荷载或力偶。在简化时应注意力的作用点、方向和大小。

下面举例说明如何选取结构的计算简图:

如图 1-14(a) 所示为某排架结构单层厂房的剖面图,图 1-14(b) 为其平面布置图,屋面板为大型预应力屋面板,基础为预制杯形基础,并用细石混凝土灌缝,试确定该排架结构的计算简图。

结构体系的简化:将该空间结构简化为一平面体系的结构,即取一平面排架作为研究对象,而不考虑相邻排架对它的影响。

结构构件的简化:柱用其轴线表示,屋架因其平面内刚度很大,故也可用一直杆表示。

结点的简化:在该平面排架内的结点只有屋架与柱的连接结点,一般该结点均为螺栓连接或焊接,结点对屋架转动的约束较弱,故可简化为铰结点。

支座的简化:由于柱插入基础后,用细石混凝土灌缝嵌固,限制了柱在竖直方向和水平方向的移动及转动,因此柱子按固定支座考虑。

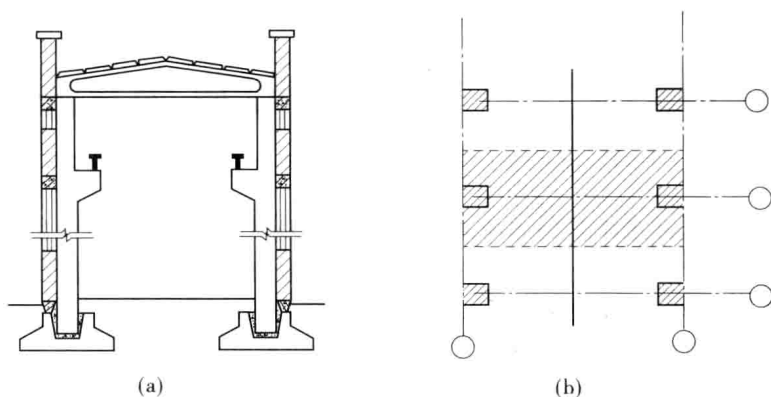


图 1-14

荷载的简化:如图 1-15 中所示。

该平面排架结构的计算简图如图 1-15 所示。

必须指出,恰当地选取实际结构的计算简图,是结构设计中十分重要的问题。为此,不仅要掌握上面所述的基本原则,还要有丰富的实践经验。对于一些新型结构,往往还要通过反复试验和实践,才能获得比较合理的计算简图。另外,由于结构的重要性、设计进行的阶段、计算问题的性质以及计算工具等因素的不同,即使是同样一个结构,也可以取得不同的计算简图。对于重要的结构,应该选取比较精确的计算简图;在初步设计阶段,可选取比较粗略的计算简图,而在技术设计阶段应选取比较精确的计算简图;对结构进行静力计算时,应选取比较复杂的计算简图,而对结构进行动力稳定计算时,由于问题比较复杂,则可以选取比较简单的计算简图;当计算工具比较先进时,应选取比较精确的计算简图等。

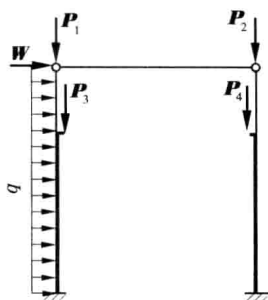


图 1-15

习 题

1-1 图 1-16 所示为房屋建筑中楼面的梁板结构,梁的两端支承在砖墙上,梁上的板用以支承楼面上的人群、设备重量等。试绘制出梁的计算简图。

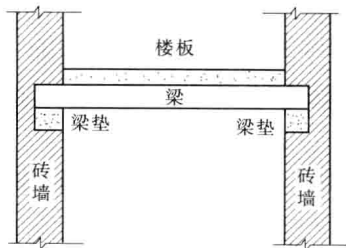


图 1-16

学习情境二 静定结构反力的计算

【知识点】 力在直角坐标轴上的投影,合力投影定理;力对点之矩,合力矩定理;力偶、力偶矩的概念;力的平移定理,平面一般力系向作用面内任一点的简化;力系的主矢量和主矩;平面一般力系的合力矩定理;平面一般力系的平衡条件及其应用。

【教学目标】 理解力和力偶的性质;理解合力投影定理及合力矩定理,能熟练地计算力在坐标轴上的投影和力对点的矩;掌握力偶及力偶矩的概念,理解平面力系的简化理论,能运用平面力系平衡方程求解单个构件和简单结构的反力计算问题。

子情境一 静力学的基本知识

一、力的投影基本知识

(一) 力在平面直角坐标轴上的投影

设力 F 用矢量 $\vec{AB}$ 表示,如图 2-1 所示。取直角坐标系 xOy ,使力 F 在 xOy 平面内。过力矢量 $\vec{AB}$ 的两端点 A 和 B 分别向 x 、 y 轴作垂线,得垂足 a 、 b 及 a' 、 b' ,带有正负号的线段 ab 与 $a'b'$ 分别称为力 F 在 x 、 y 轴上的投影,记作 X 、 Y 。同时规定:当力的始端的投影到终端的投影的方向与投影轴的正向一致时,力的投影取正值;反之,当力的始端的投影到终端的投影的方向与投影轴的正向相反时,力的投影取负值。

力的投影的值与力的大小及方向有关,设力 F 与 x 轴的夹角为 α ,则从图 2-1 可知

$$X = -F\cos\alpha$$

$$Y = -F\sin\alpha$$

一般情况下,若已知力 F 与 x 轴和 y 轴所夹的锐角分别为 α 、 β ,则该力在 x 、 y 轴上的投影分别为

$$X = \pm F\cos\alpha$$

$$Y = \pm F\cos\beta$$

即:力在坐标轴上的投影,等于力的大小与力和该轴所夹锐角余弦的乘积。当力与轴垂直时,投影为零;而力与轴平行时,投影大小的绝对值等于该力的大小。

反过来,若已知力 F 在坐标轴上的投影 X 、 Y ,亦可求出该力的大小和方向角

$$F = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\tan\alpha = \left| \frac{Y}{X} \right|$$

式中: α 为力 F 与 x 轴所夹的锐角,其所在的象限由 X 、 Y 的正负号来确定。

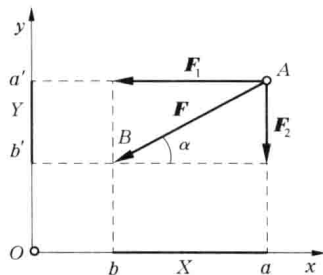


图 2-1