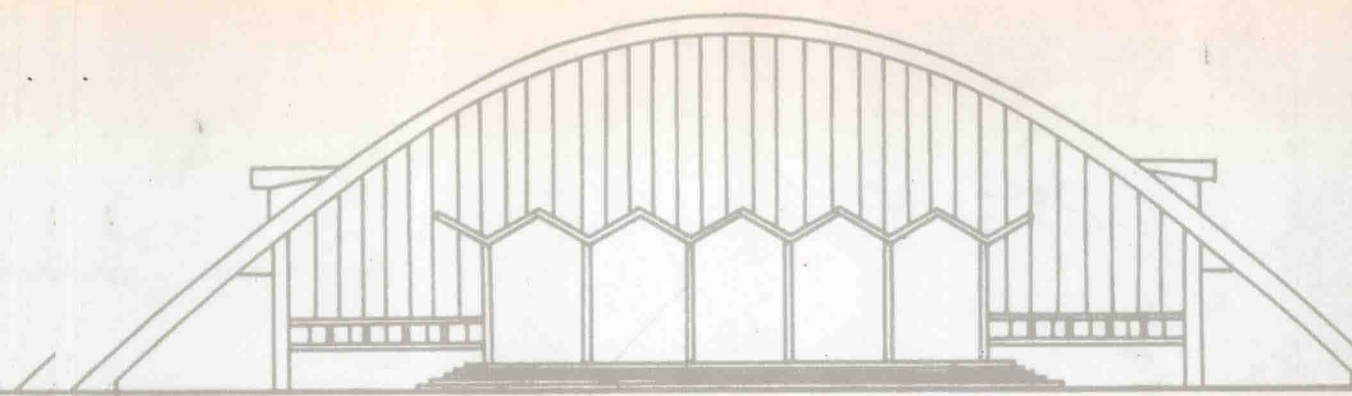


建筑力学

(第四版)

周国瑾 施美丽 张景良 编著



JIANZHU LIXUE

JIANZHU LIXUE

JIANZHU LIXUE



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

建 筑 力 学

(第四版)

周国瑾 施美丽 张景良 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书结合同济大学建筑、城规、园林、建筑管理、室内装潢等专业多年来教学改革的实践,将传统的理论力学、材料力学、结构力学的内容加以综合、归类,去芜存精编写而成。全书共 16 章,主要内容有:平面力系的合成与平衡,空间力系,轴向拉伸与压缩,扭转,平面体系的几何组成分析,静定结构的内力分析,梁的应力和变形,组合变形下的强度计算,压杆稳定,结构位移计算,力法,位移法与力矩分配法,影响线及其应用等。本书可作为高等院校的建筑、城规、园林、室内装潢、建筑管理、暖通、建筑材料、环保等专业及高等技术学院、成教学院等土建类专业的力学教材,也可供土建工程技术人员自学参考用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/周国瑾,施美丽,张景良编著.--4 版.--上海:
同济大学出版社,2011.9
ISBN 978-7-5608-4665-1
I. ①建… II. ①周…②施…③张… III. ①建筑
力学—高等学校—教材 IV. ①TU3
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 174561 号

建筑力学(第四版)

周国瑾 施美丽 张景良 编著

责任编辑 解明芳 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 24.25

印 数 1—8100

字 数 605 000

版 次 2011 年 9 月第 4 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4665-1

定 价 43.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

第四版前言

本书自 2006 年 4 月第三版出版后,至 2011 年 1 月以来,已印了 9 次。一直以来受到任课教师与学生的关心,对我们书中的不足之处来信指正、与我们沟通,使我们深受鼓舞,在此深表感谢。为了不断跟上祖国经济的飞速发展,不辜负任课教师、学生对我们的信任,我们于 2011 年再次对本书进行了精雕细凿。希望在使用本书第四版的过程中,能给学生们带来更多的收获。

在第四版中主要突出表达了建筑力学课程对建筑物的设计与施工在安全问题上的重要性,并举了一些实例与习题进行讨论。另外还充实了一些内容。第四版中对各章节的表达方法作了改动,以便与其他教材一致。

希望莘莘学子在老师的教学下,将来都能成为祖国的栋梁之材,建造出一流的既美观又传世的建筑。

希望今后使用本教材的师生们,一如既往地关心本教材。欢迎对本教材的不足之处继续给予指正。如有新的实例与思考题请提供给我们,我们将不胜感激。

编 者

2011 年 7 月于同济大学

第三版前言

本书自 2000 年 9 月第二版出版后,至 2006 年 1 月已印了 12 次,深受全国许多高等院校有关专业任课教师和学生的欢迎,不少院校的师生在使用本书的过程中给我们提出了宝贵意见和建议,在此,表示衷心的感谢。

根据教学改革和科技进步的需要,结合专家、读者的有益意见,我们对本书第二版作了修改、补充和更新。新版内容反映了最新的科研成果;力学名词和符号依照国标的规定,并与现行建筑结构设计规范和后继课程所用的符号相一致;采用新的材料名称和规格;增加了附录 C《常用建筑材料的密度参考值》;对印刷错误和欠妥之处作了更正。

鉴于编者水平有限,本书难免会有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 4 月于同济大学

第二版前言

《建筑力学》一书,自1992年2月第一版出版后,至2000年1月曾八次重印。经全国各高等院校使用后,深受广大有关专业任课教师和学生的欢迎及好评,同时也提出了宝贵意见。现在我们对本书经过局部删改后,再次出版。

本书是结合同济大学建筑、城规、园林、室内装潢、建筑管理等有关专业多年来教学改革与实践编写而成的。本书将传统的理论力学、材料力学、结构力学三门课程综合为一门“建筑力学”课程,并与建筑结构教学相互配合,不断调整完善,形成建筑学专业的系列教材之一。本书也可作为高等院校土建类的暖通、建筑材料、环保等专业及高等技术学院、函授、夜大等土建类有关专业的力学教材。

在编写本书的过程中,力求做到内容精简,由浅入深,联系工程实际,克服不必要的重复,防止脱节,节省学时;在文字的阐述方面尽量做到通顺易懂,便于自学。采用本教材时,可根据各专业的不同要求,对内容酌情取舍。全部讲授本书的内容约需100学时。

本书由同济大学朱宝华教授、戴仁杰教授审稿,他们提出了不少宝贵的意见。审稿前由李宗榕教授审阅,在编写本书的过程中始终得到卢济威教授的关心和支持,在此一并表示衷心的感谢。

本书编写者有:周国瑾(第一章1~5节,第七章,第八章4~10节,第十三、十四、十五、十六章)、施美丽(第一章6、7节,第二、三、四、五、六章)、张景良(第八章1~3节、第九、十、十一、十二章、附录),书中部分插图由周乐、张蕙瑛绘制。编者的水平有限,再版时书中缺点和错误在所难免,恳请使用本书的读者予以批评指正。

编 者

2000年3月于同济大学

目 录

第四版前言

第三版前言

第二版前言

1 绪 论	(1)
1.1 建筑力学的任务	(1)
1.2 荷载的分类	(2)
1.3 平面结构的支座及支座反力	(4)
1.4 结构的计算简图	(6)
1.5 杆系结构的分类	(9)
1.6 变形固体及其基本假设	(11)
1.7 杆件的几何特性与基本变形形式	(12)
2 力、力矩、力偶	(14)
2.1 力的性质	(14)
2.2 力矩	(20)
2.3 力偶	(25)
习题	(26)
3 平面力系的合成与平衡	(30)
3.1 平面汇交力系的合成与平衡	(30)
3.2 力线的平移	(37)
3.3 平面一般力系的合成	(39)
3.4 平面一般力系的平衡方程和应用	(41)
3.5 平面平行力系的合成与平衡	(45)
习题	(48)
4 空间力系	(54)
4.1 力沿空间直角坐标轴的分解	(55)
4.2 空间汇交力系的平衡	(56)
4.3 空间一力对坐标轴之矩	(57)
4.4 空间任意力系的平衡	(59)
4.5 物体的重心	(62)
习题	(67)
5 轴向拉伸与压缩	(71)
5.1 拉(压)杆横截面上的内力、轴力图	(71)
5.2 应力的概念	(72)
5.3 拉(压)杆横截面及斜截面上的应力	(73)
5.4 拉(压)杆内的应力单元体	(76)

5.5	拉(压)杆的变形、胡克定律·····	(77)
5.6	材料在拉伸和压缩时的力学性能·····	(81)
5.7	极限应力、许用应力和强度条件·····	(85)
5.8	应力集中的概念·····	(88)
5.9	应变能的概念·····	(88)
5.10	拉(压)杆连接部分的强度计算·····	(90)
	习题·····	(95)
6	扭转 ·····	(100)
6.1	扭转概述·····	(100)
6.2	外力偶矩 T 与内力扭矩 M_T ·····	(100)
6.3	等直圆杆扭转时的应力与变形·····	(103)
6.4	圆杆扭转时的强度与刚度计算·····	(107)
6.5	切应力互等定律的证明·····	(109)
6.6	矩形截面等直杆在自由扭转时的应力和变形·····	(110)
	习题·····	(111)
7	平面体系的几何组成分析 ·····	(114)
7.1	几何组成分析的目的·····	(114)
7.2	组成几何不变体系的基本规则·····	(114)
7.3	体系几何组成分析的举例·····	(118)
7.4	静定结构和超静定结构·····	(120)
	习题·····	(121)
8	静定结构的内力分析 ·····	(123)
8.1	梁的内力·····	(123)
8.2	绘制梁的内力图——剪力图和弯矩图·····	(127)
8.3	弯矩、剪力和分布荷载集度之间关系·····	(130)
8.4	多跨静定梁的内力·····	(133)
8.5	静定平面刚架的内力·····	(136)
8.6	三铰拱的内力·····	(143)
8.7	静定平面桁架的内力·····	(150)
8.8	组合结构的内力·····	(157)
8.9	静定结构的基本特性·····	(160)
	习题·····	(161)
9	梁的应力 ·····	(170)
9.1	梁内正应力、正应力强度条件·····	(170)
9.2	梁内切应力、切应力强度条件·····	(177)
9.3	梁的合理截面和变截面梁·····	(182)
9.4	梁的主应力、主应力迹线·····	(183)
9.5	二向应力状态下的强度条件——强度理论·····	(189)
9.6	弯曲中心概念·····	(193)
	习题·····	(194)

10	梁的变形	(199)
10.1	梁挠曲线的近似微分方程	(199)
10.2	用积分法求梁的变形	(201)
10.3	叠加法求梁的变形	(207)
10.4	梁的刚度计算和提高梁的刚度的措施	(208)
	习题	(210)
11	杆件在组合变形下的强度计算	(212)
11.1	斜弯曲	(212)
11.2	拉伸(压缩)与弯曲组合变形的强度计算	(216)
11.3	偏心压缩杆件的强度计算、截面核心	(218)
	习题	(222)
12	压杆稳定	(225)
12.1	工程中的稳定问题	(225)
12.2	压杆的稳定平衡与不稳定平衡	(226)
12.3	细长中心压杆的临界力	(226)
12.4	不同杆端约束下细长压杆的临界力公式、压杆的长度系数	(228)
12.5	超过比例极限时压杆的临界应力、临界应力总图	(231)
12.6	压杆稳定条件、稳定的实用计算—— φ 系数法	(232)
	习题	(237)
13	静定结构的位移计算	(239)
13.1	计算结构位移的目的	(239)
13.2	质点及质点系的可能位移原理	(239)
13.3	刚体的可能位移原理及静定结构由于支座移动所引起的位移计算	(243)
13.4	变形体的虚功原理	(248)
13.5	静定结构由于荷载作用下引起的位移计算	(250)
13.6	用图乘法计算梁及刚架的位移	(254)
13.7	静定结构由于温度变化所引起的位移计算	(258)
13.8	线弹性体系的互等定理	(261)
	习题	(264)
14	用力法计算超静定结构	(268)
14.1	超静定结构概述	(268)
14.2	力法的基本原理	(270)
14.3	力法的基本结构和超静定次数	(273)
14.4	力法的典型方程	(276)
14.5	对称性的利用	(282)
14.6	超静定结构的位移计算及其最后内力图的校核	(286)
14.7	力法计算其他类型的超静定结构	(289)
14.8	超静定结构在温度变化和支座移动作用下的计算	(297)
14.9	超静定结构的特性	(302)
	习题	(303)

15	位移法和力矩分配法	(307)
15.1	位移法的基本概念	(307)
15.2	位移法的基本未知数和基本结构	(310)
15.3	单跨超静定梁的形常数及载常数	(312)
15.4	位移法的典型方程和计算示例	(314)
15.5	等截面直杆的转角位移方程	(318)
15.6	应用转角位移方程计算超静定结构	(320)
15.7	力矩分配法的基本概念	(323)
15.8	用力矩分配法计算连续梁和结点无线位移的刚架	(328)
15.9	对称性的利用	(332)
	习题	(336)
16	影响线及其应用	(340)
16.1	影响线的概念	(340)
16.2	用静力法作简支梁的内力影响线	(341)
16.3	影响线的应用	(344)
16.4	简支梁的内力包络图和绝对最大弯矩	(348)
16.5	连续梁的内力包络图	(352)
	习题	(355)
	 附录 A 平面图形的几何性质	(357)
	附录 B 型钢规格表	(367)
	附录 C 常用建筑工程材料密度参考值	(375)

1 绪 论

1.1 建筑力学的任务

在建筑工程中,如桥梁、水坝、电视塔、隧道和房屋等,用以担负预定的任务和支承荷载、由建筑材料按合理方式组成的建筑物称为结构。而这些结构又往往是由若干构件按一定形式组成,如房屋结构中的梁、柱等。

在荷载作用下,承受荷载和传递荷载的建筑结构和构件会引起周围物体对它们的反作用。同时,构件本身因受荷载作用而产生变形,并且存在着发生破坏的可能性。但结构本身具有一定的抵抗变形和破坏的能力,即具有一定的承载能力,而构件的承载能力的大小是与构件的材料性质、截面的几何尺寸和形状、受力性质、工作条件和构造情况等有关。在结构设计中,若其他条件一定时,如果构件的截面设计得过小,当构件所受的荷载大于构件的承载能力时,则结构将不安全,它会因变形过大而影响正常工作,或因强度不够而受破坏。当构件的承载能力大于构件所受的荷载时,则因多用材料,造成浪费。因此,建筑力学的主要任务是讨论和研究建筑结构及构件在荷载或其他因素(支座移动、温度变化)作用下的工作状况,它可归纳为如下几个方面的内容:

(1) 力系的简化和力系的平衡问题。研究和分析此问题时,我们往往将所研究的对象视为刚体。所谓刚体是指在任何外力作用下,其形状都不会改变的物体,即物体内部任意两点间的距离都不会改变的物体。事实上刚体是不存在的,任何物体在受到力的作用时,都将发生不同程度的变形(这种物体称为变形体),如房屋结构中的梁和柱,在受力后将产生弯曲和压缩变形。但在很多情况下物体的变形对于研究平衡问题的影响甚小,故变形可略去不计。这样,将会大大简化对力系平衡条件问题的研究。

(2) 强度问题。即研究材料、构件和结构抵抗破坏的能力。例如,起吊重物时,吊车梁可能会弯曲断裂,在设计梁时就要保证它在荷载作用下,正常工作情况下不会发生破坏。

(3) 刚度问题。即研究构件和结构抵抗变形的能力。例如,吊车梁或楼板梁在荷载等因素作用下,虽然满足强度要求,即使不致破坏,但梁的变形过大,超出所规定的范围,也会影响正常工作和使用。

(4) 稳定问题。对于比较细长的中心受压杆,如图 1-1 所示,当压力超过某一定压力时,杆就不能保持直线形状,而突然从原来的直线形状变成曲线形状,改变它原来受压的工作性质而发生破坏。这种现象称为丧失稳定或简称失稳。例如,房屋承重的柱子,过细、过高,就可能由于柱子的失稳而导致整个房屋的突然倒塌。

(5) 研究几何组成规则,保证结构各部分不致发生相对运动。

本书只限于杆和杆系结构,分别对上述问题在以后各章中进行讨论。



图 1-1

1.2 荷载的分类

实际的建筑工程结构由于其作用和工作条件的不同,作用在它们上面的力是多种多样的。如图 1-2 所示为房屋结构的屋架,屋架所受到的力有屋面的自重传给屋架的力、屋架本身的自重、风及雪的压力,以及两端柱或砖墙的支承力等。

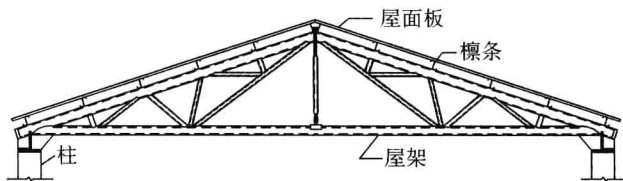


图 1-2

在建筑力学中,我们把作用在物体上的力一般分为两种:一种是使物体运动或使物体有运动趋势的主动力,如重力、风压力等;另一种是阻碍物体运动的约束力,这里所谓约束,就是指能够限制某构件运动(包括移动、转动)的其他物体(如支承屋架的柱)。而约束作用于被约束构件上的力就称为约束力(例如,柱对屋架的支承力)。

通常,把作用在结构上的主动力称为荷载,而把约束力称为反力。荷载与反力是互相对立又互相依存的一个矛盾的两个方面。它们都是其他物体作用在结构上的力,所以,又统称为外力。在外力作用下,结构内(如屋架内)各部分之间将产生相互作用的力称为内力。结构的强度和刚度问题,都直接与内力有关,而内力又是由外力所引起和确定的。在结构设计中,首先要分析和计算作用在结构上的外力,然后进一步计算结构中的内力。因此,确定结构所受的荷载,是进行结构受力分析的前提,必须慎重对待。如将荷载估计过大,则设计的结构尺寸将偏大,造成浪费;如将荷载估计过小,则设计的结构不够安全。

本节主要讨论作用在结构上的荷载。在工程实际中,结构受到的荷载是多种多样的,为了便于分析,将从不同的角度,对荷载进行分类。

1.2.1 荷载按其作用在结构上的时间久暂分为恒载和活载

1. 恒载

恒载是指作用在结构上的不变荷载,即在结构建成以后,其大小和位置都不再发生变化的荷载,例如,构件的自重和土压力等。构件的自重可根据构件尺寸和材料的密度进行计算。例如,截面为 $20\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的钢筋混凝土梁,总长为 6 m ,已知钢筋混凝土的密度 $\rho = 2450\text{ kg/m}^3$,则梁的重力为

$$G = mg = \rho g V = 2450 \times 9.8 \times 0.2 \times 0.5 \times 6 = 14400\text{ N}$$

式中 m ——材料的质量;

g ——重力加速度($g = 9.8\text{ m/s}^2$);

ρ ——密度,即构件材料单位体积的质量($\rho = m/V$), kg/m^3 (见附录 C);

V ——构件的体积, m^3 。

总重力除以长度就得该梁每米长度的重力,单位为 N/m ,称线荷载,以 q 表示:

$$q = \frac{14\,400}{6} = 2\,400 \text{ N/m}$$

楼板每平方米的重力称面荷载，用 p 表示，单位为 N/m^2 。例如 8 cm 厚的钢筋混凝土楼板，其面荷载为

$$p = \rho g \times 0.08 = 2\,450 \times 9.8 \times 0.08 = 1\,920 \text{ N/m}^2$$

重力的单位也可用“kN”来表示 ($1 \text{ kN} = 1\,000 \text{ N}$)。

2. 活载

活荷载是指在施工和建成后使用期间可能作用在结构上的可变荷载。所谓可变荷载，就是这种荷载有时存在、有时不存在，它们的作用位置及范围可能是固定的（如风荷载、雪荷载、会议室的人群重力等），也可能是移动的（如吊车荷载、桥梁上行驶的车辆、会议室的人群等）。不同类型的房屋建筑，因其使用情况不同，活荷载的大小就不相同。各种常用的活荷载，在《工业与民用建筑结构荷载规范》中都有详细规定，并以每平方米面积的荷载来表示。例如，住宅、办公楼、托儿所、医院病房、会议室等民用建筑的楼面活荷载，目前规范定为 $2\,000 \text{ N/m}^2$ 。

1.2.2 荷载按其作用在结构上的分布情况分为分布荷载和集中荷载

1. 分布荷载

分布荷载是指满布在结构某一表面上的荷载，又可分为均布荷载和非均布荷载两种。

图 1-3a) 所示为梁的自重，荷载连续作用，大小各处相同，这种荷载称为均布荷载。梁的自重是以每米长度重力来表示，单位是 N/m 或 kN/m ，又称为线均布荷载。图 1-3b) 所示为板的自重也是均布荷载，它是以每平方米面积重力来表示的，单位是 N/m^2 或 kN/m^2 ，故又称为面均布荷载。图 1-3c) 所示为一水池，壁板受到水压力的作用，水压力的大小是与水的深度成正比的，这种荷载形成一个三角形的分布规律，即荷载连续作用，但大小各处不相同，称为非均布荷载。

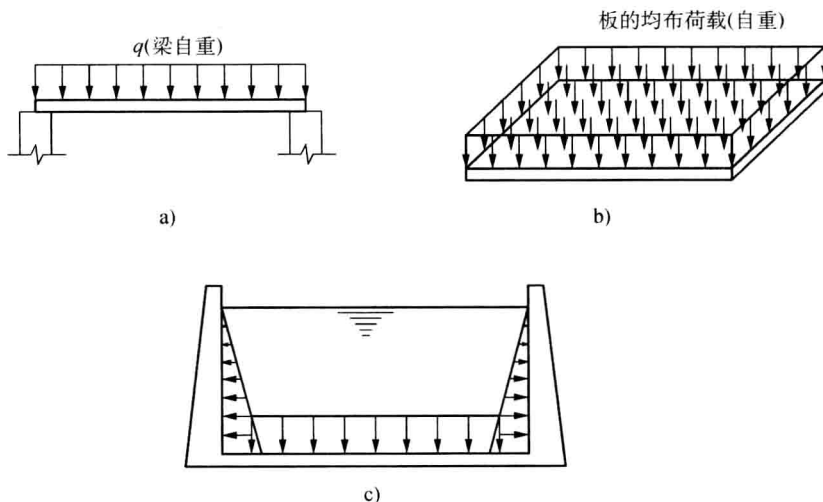


图 1-3

2. 集中荷载

集中荷载是指作用在结构上的荷载一般总是分布在一定的面积上，当分布面积远小于结构的尺寸时，则可认为此荷载是作用在结构的一点上，称为集中荷载。如吊车的轮子对吊车梁的压

力、屋架传给柱子或砖墙的压力等,都可认为是集中荷载。其单位一般用 N 或 kN 来表示。

1.2.3 荷载按其作用在结构上的性质分为静荷载和动荷载

1. 静荷载

静荷载是指荷载从零慢慢增加至最后的确定数值后,其大小、位置和方向就不再随时间的变化而变化,这样的荷载称为静荷载,如结构的自重、一般的活荷载等。

2. 动荷载

动荷载是指荷载的大小、位置、方向随时间的变化而迅速变化,称为动荷载。在这种荷载作用下,结构产生显著的加速度,因此,必须考虑惯性力的影响。如动力机械产生的荷载、地震力等。

以上是从三种不同角度将荷载分为三类,但它们不是孤立无关的。例如,结构的自重,它既是恒载,又是分布荷载,也是静荷载。

1.3 平面结构的支座及支座反力

一般来说,一个结构物与基础或地面连接的装置(构造形式)称为**支座**。其作用是把结构物与基础或地面连接起来,使结构物能稳固在地基上。不过,在以后对具体结构物进行分析时,对支座的**概念**应有一个较广泛的理解,当一构件支承于另一构件时,其连接处对前一构件来说也称为支座。例如,在房屋建筑中,梁或预制钢筋混凝土板支承在砖墙上,其连接处就是一种比较简单的支座形式。

在结构设计中,作用在结构上的荷载是根据设计要求和实际情况预先给定的。但结构所受的反力(约束力)却不能预先给定,因为它不但与作用在结构上的荷载有关,而且还与该结构同其他物体相互联系的约束(支座)形式有关。

实际的建筑物,其结构的支座形式是多种多样的,下面分别介绍几种常见的、典型的支座及其反力的性质。

1.3.1 活动铰支座(滚轴支座)

图 1-4a)为桥梁中常被采用的活动铰支座示意图。这种活动铰支座既允许结构绕铰 A 转动,又允许结构通过滚轴沿着支座垫板水平方向移动,但是限制 A 点沿支承面的法线方向移动。当结构受到荷载作用时,只有垂直于支承面的法向反力 R_A ,若略去摩擦力,则反力 R_A 通过铰中心,这种支座常用图 1-4b)的简图表示,或者用两端铰接而本身变形略去不计的杆件即链杆来表示,如图 1-4c)所示。

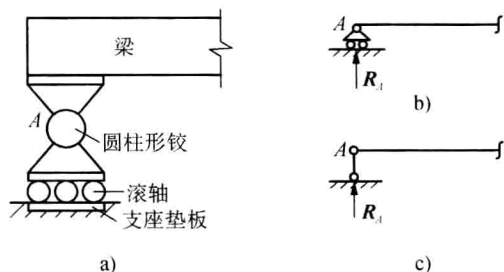


图 1-4

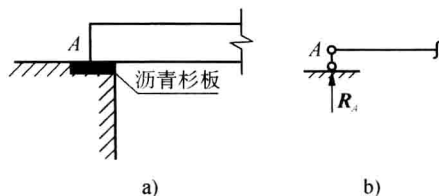


图 1-5

在房屋建筑中,常在某些构件支承处垫上沥青杉板之类的柔性材料,这样,当构件受到荷载作用时,它的 A 端可以在水平方向作微小的移动,又可绕 A 点作微小的转动,这种情况也可看成是活动铰支座,如图 1-5 所示。

1.3.2 固定铰支座

图 1-6a)为桥梁中采用的另一种支座形式的示意图。其最下部没有滚轴,因而支座在垂直和水平方向均不会移动,只允许结构绕 A 铰转动。因此,当结构受荷载作用时,这种支座在 A 点有水平反力 H_A 和竖向反力 R_A 。若略去 A 铰处的摩擦力,则反力 H_A 和 R_A 均通过铰的中心 A ,这种支座形式称为固定铰支座,常用图 1-6b)或 c)的简图表示。

在房屋建筑中,由于构造要求不同,但只要它具有约束两个方向移动的性能,而不约束转动,也可视为固定铰支座。如图 1-7a)表示一木梁的端部,它通常与埋设在混凝土垫块中的锚栓相连接,在荷载作用下,梁端部 A 处的水平移动和竖向移动受到限制,但仍可绕 A 点作微小的转动,其简图用图 1-7b)来表示。图 1-7c)所示为预制钢筋混凝土柱,将柱的下端插入杯形基础预留的杯口中后,用沥青麻丝填实,在荷载作用下,柱脚 A 的水平和竖向位移被限制,但它仍可作微小的转动,其简图用图 1-7d)来表示。图 1-7e)所示为现浇钢筋混凝土柱,柱在基础面上截面缩小,放有弹性垫板,其内钢筋交叉设置,这样在基础面上柱子虽不能有水平和竖向移动,但阻止转动的性能却大大削弱了,所以,也可视为固定铰支座,其简图见图 1-7d)。

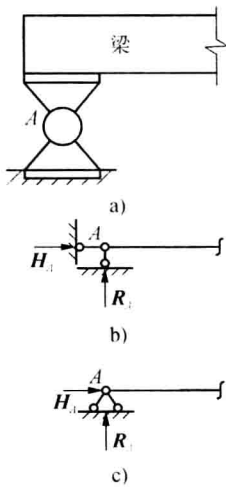


图 1-6

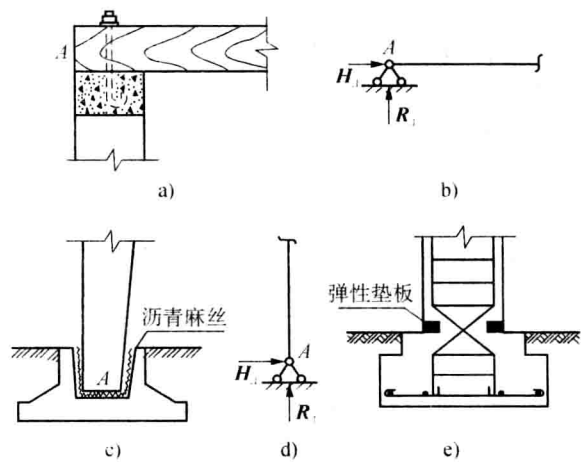


图 1-7

1.3.3 固定支座

图 1-8a)所示为预制钢筋混凝土柱,在基础杯口内用细石混凝土浇灌填实。当柱插入杯口深度符合一定要求时,可认为柱脚是固定在基础内,限制了柱脚的水平移动、竖向移动和转动。当结构受到荷载作用时,为了分析方便,其反力可简化为水平反力 H_A 、竖向反力 R_A 和反力矩 M_A ,这种支座形式称为固定支座,可用图 1-8b)所示的简图来表示。图 1-8c)所示为常见的房屋雨篷,在荷载作用下 A 端的水平、竖向移动和转动均受到限制,因此, A 端可视为固定支座,有三个方向的反力,其简图如图 1-8d)所示。

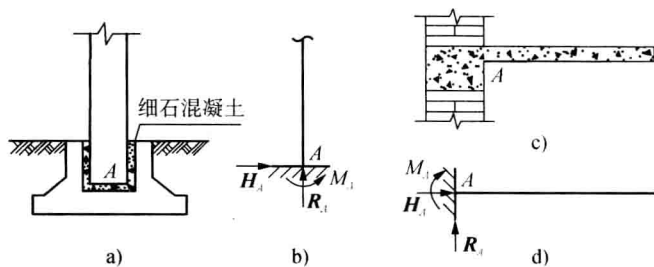


图 1-8

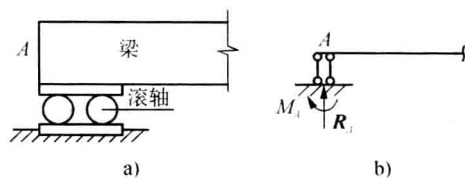


图 1-9

1.3.4 定向支座

图 1-9a) 所示的支座形式, 只允许结构沿 梁轴滚动的方向移动, 而不能发生竖向移动和转动, 称为定向支座。为了分析方便起见, 其反力简化为垂直于滚动方向的反力 R_A , 以及反力矩 M_A , 它的简图以图 1-9b) 来表示。

1.4 结构的计算简图

在实际工程中的建筑物, 其结构、构造以及作用的荷载, 往往是比较复杂的。结构设计时, 若完全严格地按照结构的实际情况进行力学分析, 会使问题变得非常复杂, 也是不必要的。因此, 在对实际结构进行力学分析时, 有必要采用简化的图形来代替实际的结构, 这种简化了的图形称为结构的计算简图。

由于在建筑力学中, 我们是以计算简图作为力学计算的主要对象, 因此, 在结构设计中, 如果计算简图取错了, 就会出现设计差错, 甚至造成严重的工程事故。所以合理选取计算简图是一项十分重要的工作, 必须引起足够的重视。

在选取结构的计算简图时, 一般来说, 应遵循如下两个原则:

- (1) 既要忽略次要因素, 又要尽可能地反映结构的主要受力情况;
- (2) 使计算工作尽量简化, 而计算结果又要有足够的精确性。

在上述两个原则的前提下, 对实际结构主要从三个方面进行简化。

1.4.1 杆件及杆与杆之间的连接构造的简化

由于杆件的截面尺寸通常比杆件的长度小得多, 在计算简图中, 杆件用其纵轴线来表示。如梁、柱等构件的纵轴线为直线, 就用相应的直线来表示。又如曲杆的纵轴线为曲线, 则用相应的曲线来表示。

在结构中, 杆件与杆件相连接处称为结点(或节点)。尽管各杆之间连接的形式有各种各样, 特别是材料不同, 连接的方式就有很大的差异, 但在计算简图中, 只简化为两种理想的连接方式, 即铰结点和刚结点。

铰结点的特征是各杆可以绕结点中心自由转动。用理想铰来连接杆件的例子在实际工程结构中是极少的, 但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 1-10a) 所示为一木屋架的结点构造图, 可认为各杆之间有微小的转动, 其杆与杆之间的连接可简化为铰结点, 用图 1-10b) 表示。又如图 1-11a) 所示为木结构或钢筋混凝土梁中经

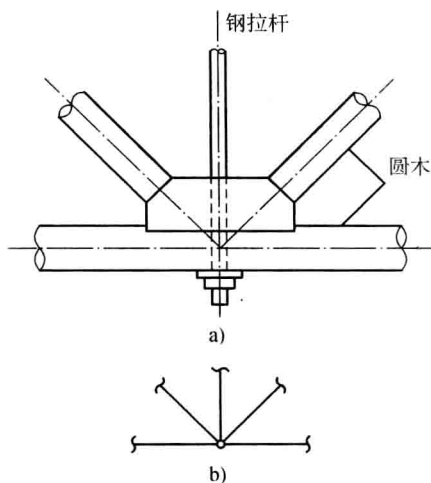


图 1-10

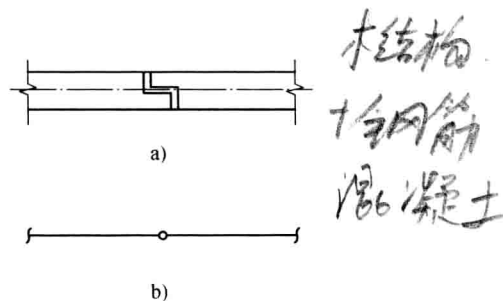


图 1-11

常采用的一种连接方式,计算时也可简化为铰结点,其简图如图 1-11b)所示。

刚性结点的连接形式,在钢筋混凝土结构中是经常采用的。如图 1-12a)所示为钢筋混凝土框架,柱和梁是刚性连接,其特征是当结构发生变形时,结点处各杆端之间夹角保持不变。其中,结点 A 钢筋的布置示意图如图 1-12b)所示。

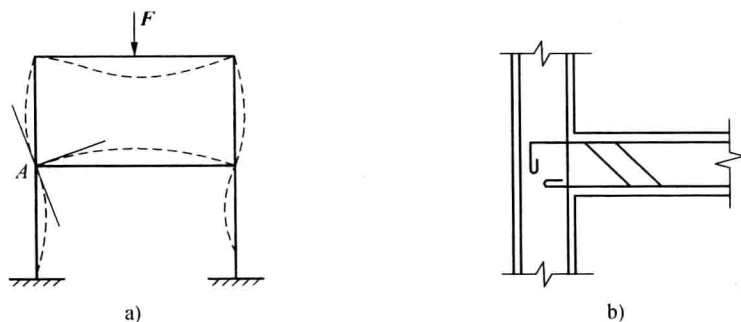


图 1-12

1.4.2 支座的简化

支座可根据实际构造和约束情况,对照上一节所述的内容进行简化。

1.4.3 荷载的简化

关于荷载的简化已在 1.2 节中讨论过,实际结构构件受到的荷载,一般是作用在构件内各处的体荷载(如自重)以及作用在某一面积上的面荷载(如风压力)。在计算简图中,往往把它们简化到作用在构件纵轴线上的线荷载、集中荷载和力偶。

下面通过一个简单的实例来说明结构计算简图的取法。

图 1-13a), b)所示为工业建筑厂房内的组合式吊车梁,上弦为钢筋混凝土 T 形截面的梁,下面的杆件由角钢和钢板组成,结点处为焊接。梁上铺设钢轨,吊车在钢轨上左右移动,最大轮压 $F_1 = F_2$,吊车梁两端由柱子上的牛腿支承。现从下述三个方面来考虑选取其计算简图。