

土木工程与工程力学系列

PEARSON
Prentice
Hall

结构分析

Structural Analysis

[美] R. C. Hibbeler 著

毕继红 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

土木工程与工程力学系列

结 构 分 析

Structural Analysis

[美] R. C. Hibbeler 著

毕继红 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书清晰且详尽地阐述了结构分析理论,可用于桁架、梁和刚架结构的理论分析及实际应用。具体内容包括结构及载荷的分类和静定结构的经典解法,如支座反力、结点内力、静定结构、索和拱的计算,以及弯矩图和剪力图的画法;超静定结构的求解方法,如挠度计算的几何法和能量法、力法、梁的影响线和力矩分配法;还有分析桁架、梁和刚架等结构的刚度法。

本书内容新颖,实例丰富,紧密结合工程实践,见解富于创造性,适合土建、水利和道桥等专业的本科生和研究生使用,也是相关专业人士的有用参考读本。

Simplified Chinese edition Copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

Structural Analysis, ISBN: 0131245724 by R. C. Hibbeler. Copyright © 2005. All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版北亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2005-0328

图书在版编目(CIP)数据

结构分析/(美)希伯勒(Hibbeler, R. C.)著;毕继红译.-北京:电子工业出版社,2005.11
(土木工程与工程力学系列)

书名原文:Structural Analysis

ISBN 7-121-01909-4

I.结... II.①希... ②毕... III.建筑结构-结构分析 IV.TU31

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第127264号

责任编辑:贺瑞君

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:30.75 字数:826千字

印 次:2005年11月第1次印刷

定 价:49.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

译 者 序

我于 2004 年底开始翻译本书，直到完成，共用了 9 个月的时间。原书中新颖的内容、创造性的见解及精美的印刷深深地吸引了我，也鼓励着我尽快将此书翻译出来，供同行专家及土建、水利、道桥专业的学生们参考。

与国内大多数类似的参考书相比，本书的选材更贴近工程实际。书中许多例题来自于实际工程。从对实际工程的简化（包括结构体系的简化和载荷的简化）到分析计算及对计算结果的检验都有较详尽的讲解。每章后的部分习题也来源于工程实际。这样的编排更形象、生动，也有助于提高学生解决实际问题的能力。

另外，书中提出了一些新颖实用的分析问题的方法。如第 7 章给出了超静定结构的近似计算方法。利用这些方法可以求出各类超静定结构在不同载荷时的近似解。又如在第 8 章中，给出了二次积分法、共轭梁法、弯矩-面积法及虚功方法等，并对这些方法的适用条件做了详细说明。这些都为结构的分析计算提供了方便有效的途径。

本书是面向新世纪、适应工程实际要求的全新参考书。能为土木工程专业的教学和科研做出一点微薄的贡献，本人深感欣慰。因水平有限，其中错误与不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

毕继红

前言

本书清晰且详尽地阐述了结构分析理论,可用于桁架、梁和刚架结构的理论分析及实际应用。目的在于提高学生设计和分析结构及在以后工作中解决实际问题的能力。

内容编排和学习方法

本书每一章内容分成若干节,每一节包含几个专题并用小标题加以归类。对每个专题的讨论既简明又全面。本书遵循结构设计规范,为学生讲述了结构分析中的重要概念和应用理论进行结构分析时的具体方法。例题均给出了详细的解答,以便使学生学会实际计算。每一章后都列有习题。习题按每章各节内容依次编排,与每节内容有关的习题按由易到难的次序排列。

最近几年,基于矩阵分析原理、用计算机进行结构分析的方法变得越来越重要。计算方法上的改进最受工程师欢迎,可使工程师对大型或复杂结构进行分析设计时不必再用经典的方法进行冗长复杂的计算。尽管有时矩阵分析方法对结构分析更有效,但学生们还是要首先精通经典分析方法,它可以使学生对材料的力学性能有更多的了解,也有助于提高学生用新开发出来的技术解决问题的能力。应用这些经典理论,学生能更准确地确定作用在结构上的载荷,并对在载荷作用下结构的变形有更全面的理解。最后,经典方法可为用计算机算出的结果提供一种检验方法,而不是简单地相信计算机生成的结果。

课后作业

本书中大部分习题采用的是实际工程中的简化模型。希望能以此增添学生对结构设计的兴趣,并且提高将实际工程问题简化为相应简化模型的能力。本书每章后都编排了习题,目的是通过这些习题检验学生应用理论的能力。有些习题计算过程繁琐,需要用到计算机。应用此书中的STRAN 计算程序,学生也可以检验许多习题的答案。因此本书中提倡学生应用计算机分析问题。书后列有部分习题的答案。

主要内容

本书分为三大部分。第一部分有7章,内容是静定结构的经典解法。第1章讨论了结构及载荷的分类。后6章讲述了静定结构的分析方法。其中第2章讨论了结构的支座反力及结点处内力的求解方法。第3章给出了各类静定桁架结构的计算方法。第4章介绍了刚架弯矩图及剪力图的画法。第5章给出了索及拱结构的计算方法。第6章的内容是梁、横梁及桁架的影响线。最后,第7章讨论了超静定结构极限状态解的几种解法。

本书第二部分有5章内容,用于讲述超静定结构的求解方法。第8章讨论了挠度计算的几何法和能量法。第9章的内容是用力法计算超静定结构,此章中还包括关于梁的影响线的一部分内容。位移法-转角位移方程相关的一部分内容在第10章中讲述。第11章的内容是力矩分配法。最后,第12章讨论了变截面梁和刚架的计算。

本书第三部分讲述了如何用刚度法分析结构。桁架结构的分析理论在第13章讨论,梁的分析方法在第14章讲述,刚架结构的计算则在第15章讨论。附录A中给出了一些矩阵代数运算的知识。

致谢

在本书的编写过程中，许多同事和学生们都提出了建设性意见。在此我向他们及与我的编辑签订合同的书评家们表示真挚的感谢：

W. F. Cofer, Washington State University

E. De Santiago, Illinois Institute of Technology

J. W. Wekezer, FAMU-FSU College of Engineering

S. K. Chaturvedi, The Ohio State University

H. P. Gavin, Duke University

R. Wang, University of Louisiana at Lafayette

特别感谢我的责任编辑 Rose Kernan。

最后我想感谢我的妻子 Conny (Cornelie)，在此书的编写过程中她一直非常支持我，给了我很多帮助。

真诚地希望您在任何时间提出宝贵意见。

Russell Charles Hibbeler

hibbler@bellsouth.net

目 录

第 1 章 结构和载荷的种类	1
1.1 概述	1
1.2 结构的分类	2
1.3 载荷	6
1.4 结构设计	15
习题	16
第 2 章 静定结构的分析	19
2.1 结构的简化	19
2.2 叠加原理	28
2.3 平衡方程	28
2.4 静定性与稳定性	29
2.5 平衡方程的应用	33
2.6 隔板和剪力墙系统的分析	39
习题	42
第 3 章 静定桁架的分析	52
3.1 桁架的常见形式	52
3.2 平面桁架的分类	56
3.3 结点法	60
3.4 零杆法则	63
3.5 截面法	65
3.6 联合桁架	69
3.7 复杂桁架	72
3.8 空间桁架	74
习题	80
第 4 章 结构中杆件的内力	89
4.1 指定点的内力	89
4.2 剪力和弯矩方程	92
4.3 梁的剪力图和弯矩图	97
4.4 刚架的剪力图和弯矩图	105
4.5 用叠加法绘弯矩图	109
习题	111

第 5 章 索和拱	122
5.1 索	122
5.2 索受集中载荷作用	123
5.3 索受均布载荷作用	124
5.4 拱	129
5.5 三铰拱	130
习题	133
第 6 章 静定结构的影响线	137
6.1 影响线	137
6.2 梁的影响线	142
6.3 定性的影响线	146
6.4 楼板横梁的影响线	151
6.5 桁架影响线	154
6.6 桥受移动载荷作用	158
6.7 一系列移动集中载荷对某点的最大影响	159
6.8 绝对最大弯矩和剪力	165
习题	168
第 7 章 超静定结构的近似计算	182
7.1 近似方法的应用	182
7.2 桁架的近似计算	183
7.3 建筑刚架受竖向载荷作用	186
7.4 门式刚架和桁架	188
7.5 建筑刚架上作用有侧向力: 门式法	193
7.6 建筑刚架上作用有侧向力: 悬臂法	196
习题	201
第 8 章 挠度计算	208
8.1 挠度图和弹性弯曲	208
8.2 弹性梁理论	211
8.3 二次积分方法	213
8.4 弯矩-面积定理	217
8.5 共轭-梁方法	226
8.6 外力功和变形能	232
8.7 功与能量原理	235
8.8 虚功原理	236
8.9 虚功方法: 桁架	237
8.10 虚功方法: 梁和刚架	242
8.11 由于轴力、剪力、扭矩和温度改变引起的虚变形能	250
8.12 卡氏定理	255

8.13 卡氏定理在桁架中的应用	256
8.14 卡氏定理在梁和刚架中的应用	260
习题	265
第9章 用力法分析超静定结构	280
9.1 超静定结构	280
9.2 用力法求解超静定结构的步骤	282
9.3 Maxwell 的位移互等定理及 Betti 定理	284
9.4 用力法求解超静定梁	285
9.5 用力法求解超静定刚架	292
9.6 用力法求解超静定桁架	295
9.7 用力法求解超静定组合结构	297
9.8 力法的其他要点	299
9.9 三弯矩方程	300
9.10 超静定梁的影响线	305
9.11 刚架的定性影响线	307
习题	312
第10章 位移法: 转角-位移方程	320
10.1 位移法的解题步骤	320
10.2 转角-位移方程	321
10.3 梁的计算	325
10.4 无侧移刚架的分析	332
10.5 有侧移刚架的分析	336
习题	344
第11章 位移分析方法——力矩分配法	352
11.1 一般原理和基本概念	352
11.2 梁的力矩分配	355
11.3 刚度系数的修正	362
11.4 无侧移刚架的力矩分配	366
11.5 有侧移刚架的力矩分配	368
习题	375
第12章 变截面梁和刚架的计算	381
12.1 变截面杆件的挠度	381
12.2 用共轭-梁法求变截面杆的加载常数	383
12.3 文献中常用的变截面杆载荷常数	388
12.4 变截面结构的力矩分配	390
12.5 变截面杆件的转角-位移方程	394
习题	395

第 13 章 用刚度法分析桁架结构	398
13.1 刚度法的基本概念	398
13.2 单元刚度矩阵	399
13.3 位移和力的转换矩阵	401
13.4 杆件的整体刚度矩阵	403
13.5 桁架刚度矩阵	404
13.6 用刚度法分析桁架结构	408
13.7 结点坐标	415
13.8 温度改变和有制造误差时桁架结构的计算	419
13.9 空间桁架的分析	423
习题	425
第 14 章 用刚度法分析梁	428
14.1 概述	428
14.2 梁单元的刚度矩阵	429
14.3 梁的总刚度矩阵	431
14.4 刚度法在梁的分析中的应用	431
习题	441
第 15 章 用刚度法分析平面刚架	444
15.1 刚架的单元刚度矩阵	444
15.2 位移与力转换矩阵	445
15.3 刚架的单元整体刚度矩阵	447
15.4 将刚度法用于分析刚架结构	448
习题	455
附录 A 矩阵代数在结构分析中的应用	458
附录 B STRAN 计算程序	468
附录 C 部分习题答案	471
附录 D 辅助计算公式小结	479

第1章 结构和载荷的种类

本章讲述了结构分析的预备知识。首先介绍了组成结构的必要元素，然后介绍了结构的基本形式、组成结构的构件及各种类型的支座。最后简要列出了在结构设计和分析时需要考虑的各类载荷。

1.1 概述

结构是由相互连接的构件组成的系统，用来承受载荷。与土木工程相关的重要实例有房屋建筑物、桥和塔；与其他工程相关的重要实例有船及飞机骨架、水箱、压力容器、机械系统和电力结构。



这座高耸的建筑物上的菱形框架用来承受地震
载荷（照片使用承蒙 Bethlehem Steel 准许）

当设计一个具有特定功能的结构时,工程师们必须考虑它的安全性、美观性和可靠性,还要考虑它的经济效益及对环境的影响。做结构设计时,在选定最适合的结构形式之前需要考虑各种各样的问题。结构设计既要科学又要新颖,需要结构设计师了解材料的特性及力学原理。一旦一个结构的初步设计被提出,这个结构就必须进行分析,以保证具有足够的强度和刚度。为了合理地分析一个结构,必须对组成结构的构件及它们之间的连接做必要的简化,要根据通用规范和本地的设计规范确定载荷。用结构分析的理论计算构件的内力和位移,是本书的核心问题。分析的结果能用来对结构重新进行设计,从而得到更精确的构件重量和尺寸。因此结构设计需要一系列的修正,在每一次修正过程中都需要用到结构分析理论。本书中,结构分析理论被用在土木工程结构中。然而,本书中描述的分析方法也可以应用到其他工程结构中。

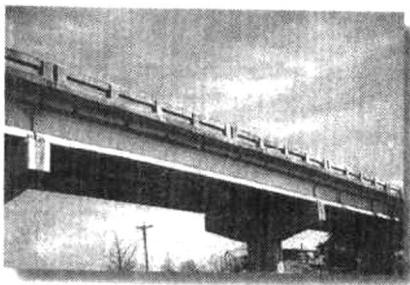
1.2 结构的分类

对于一个结构工程师来说,了解组成结构的各种构件并根据它们的形式和功能对结构分类是很重要的。本节就介绍这部分内容。

结构构件。构成结构的常见构件如下。

拉杆。承受拉力的结构构件通常称为拉杆或斜撑。由于受力的性质,这些构件通常是细长的,截面形状一般是圆形、方形、角形或槽形,参见图 1.1。

梁。梁通常是直的、水平放置的杆件,主要承受竖向载荷。梁按支撑它的支座形式进行分类,如图 1.2 所示。要注意,梁的截面会沿梁长线性改变,如下面照片中所示的梁。也可在梁的上面或下部加板组成复合梁。



预制混凝土简支梁被用于高速公路桥。注意带坡度的变截面梁用来支撑这些梁

梁主要承受弯矩。如果它们比较短并且承受的载荷值大,剪力可能也很大,这种情况下进行梁的设计应考虑剪力。当梁的材料是金属时,如钢或铝,图 1.3 所示的截面形式是最有效的。这时梁的上翼缘和下翼缘中的一对内力通常抵抗施加的力矩 M , 而腹板可以有效地承担剪力 V 。这种截面通常称为“宽缘工字形”,在轧钢厂里它的制造长度可以是 1 m 至 23 m。如果需要的长度比较短,截面形式可选用带斜度的翼缘。当梁的跨度大而且载荷比较大时,截面可能要采用“板梁”形式。这种构件的腹板是张大板,它的两端锚固或用螺栓固定在翼缘板上。梁经常被分段运到工地,这些段之间拼接(如图 1.3 下方左侧照片所示)或铰结在一起,在结点处会传递较小的弯矩。

混凝土梁一般都是矩形截面,这种截面形式的梁很容易在工地上建造。因为混凝土抗拉能力很差,所以在梁的受拉区域内加入钢筋(如图 1.3 下方右侧照片所示)。预制混凝土梁也以同样的方法在车间或工厂内制成,然后运到工地。

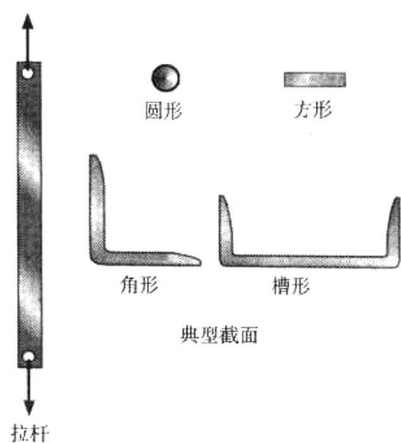


图 1.1

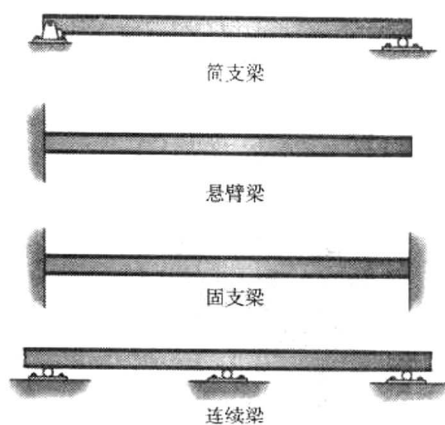


图 1.2

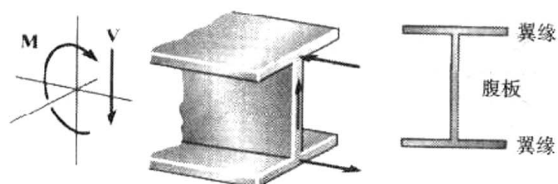
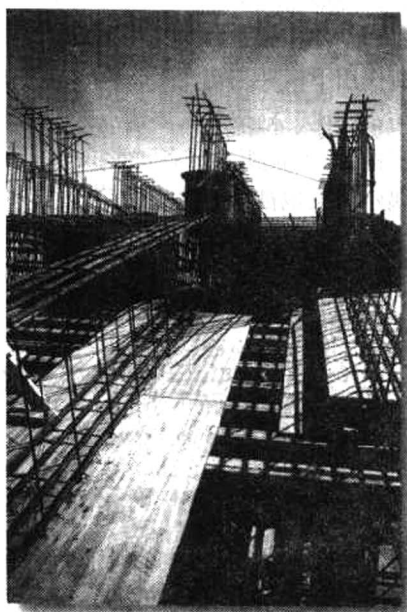


图 1.3

木质梁选用的木材可以是分段的或是分层的。层状梁是由一层层木材用高强度的胶粘结在一起的。

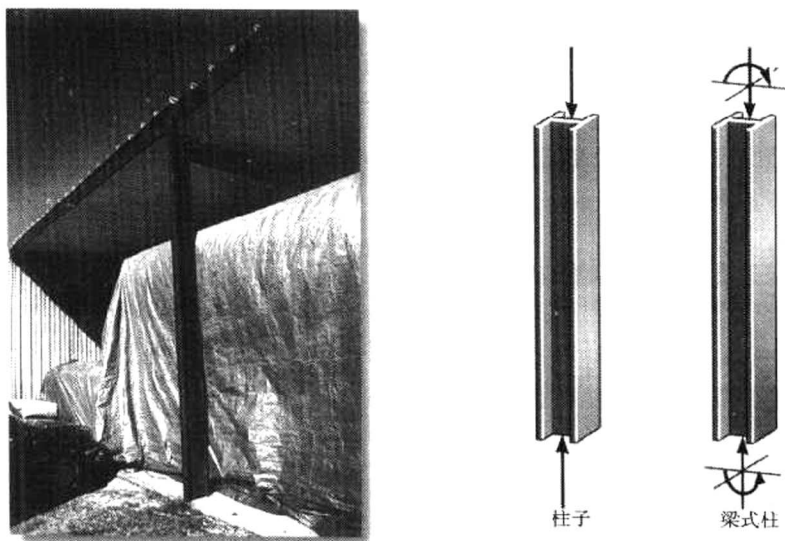


照片中所示的是典型的拼接板，
用于连接一座高速公路桥的钢横梁



左边及右边的钢筋混凝土笼
用来抵抗混凝土梁中的拉力

柱子。一般来说, 竖直承受轴向压力的构件称为柱子。如图 1.4 所示。筒形和宽翼缘工字形截面经常用在金属柱子中 (如下面照片所示), 圆形和方形截面常用于钢筋混凝土柱子。偶尔柱子也会如图 1.4 所示受到轴力和弯矩的共同作用, 这些构件称为梁式柱。



宽缘工字构件经常被用做柱子, 图中即为一根梁式柱

图 1.4

结构的分类。各种构件组合在一起构成一个结构系统。每个系统都是由四种基本形式的结构中的一种或几种构成。按受力分析复杂程度排序, 结构的四种基本形式如下。

桁架。当要设计的结构跨度比较大, 而高度并不是要考虑的主要标准时, 可以选择桁架形式。桁架由细长杆组成, 通常排成三角形形状。平面桁架由位于同一平面的杆组成, 通常用于桥和屋面的支撑。而空间桁架是三维结构, 适用于井架和塔。

在载荷作用下桁架结构变形, 由于杆件的几何布置, 会使一部分杆件受拉, 另一部分杆件受压。因此与梁相比, 桁架的主要优点之一对于给定载荷更节省材料, 如图 1.5 所示。另外, 桁架由细长杆构成, 它能组合成各种形式来承担载荷。使用桁架结构经济合理, 能跨越 9 m 至 122 m 的距离, 偶尔桁架也被用于更大的跨距。

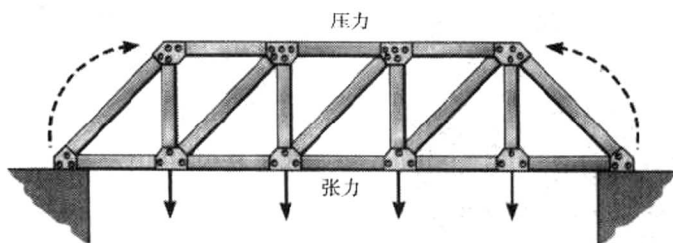


图 1.5 加上载荷引起桁架变形, 上部杆件受压下部杆件受拉

索和拱。用于较大跨距结构的其他形式是索和拱。索通常是柔性的并且承受拉力。然而与拉杆不同的是, 外力并不是沿着索轴向的。索具有一定垂度, 呈曲线形状。如图 1.6 (a) 所示。通常索用于支撑桥和屋顶。这时索的优点超过梁和桁架, 尤其是当跨距超过 46 m 时。因为总是处于受拉状态, 所以索不会失稳或发生突然断裂, 而这些现象在梁或桁架中就可能发生。桁架在建造时费用高, 并且随着跨距增加它的高度也必须增加。而索的使用只受到垂度、重量和锚固方式的限制。

在载荷作用下,拱一般是受压的。它具有与索相反的曲线形状。如图 1.6 (b) 所示。然而与索相比,拱是刚性的,会产生二次加载。由此拱的截面内力会有剪力和弯矩,这些在做设计时一定要考虑。拱通常被用于桥、穹形屋顶和砖石墙的门。

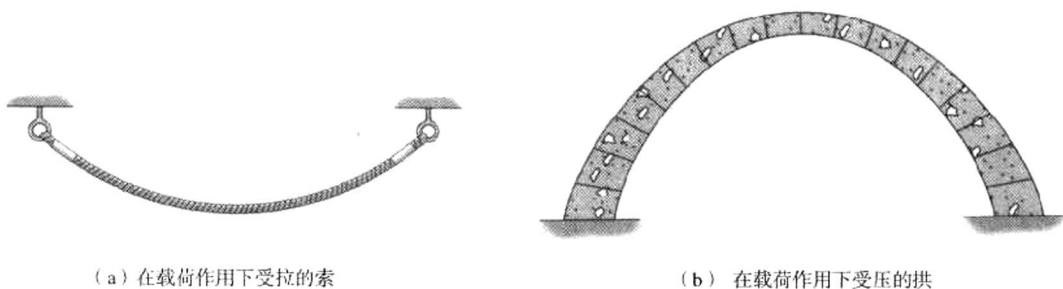


图 1.6

刚架。刚架通常被用在房屋建筑中,由梁和柱子固接或铰接而成,如图 1.7 所示。同桁架一样,刚架可以是二维或三维的。作用在刚架上的载荷会使杆件弯曲,如果刚架中的结点是刚结点,从几何组成的角度看它一般来说是超静定的。这样一个刚架的强度取决于在刚结点处梁和柱弯矩分配得是否合理。总之,因为在刚结点处梁和柱弯曲变形的协调作用,刚架可以有效地使用较小尺寸的梁而不必加大柱子的尺寸,比较经济。

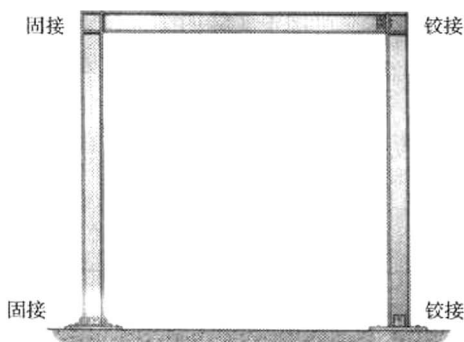


图 1.7 刚架中的杆件承受轴力、剪力和弯矩作用



这是一个刚架,被用于支撑吊车轨道。
刚架在顶部固接,在底部支座处铰接



佐治亚州亚特兰大市的“Georgia Dome”穹顶,它被设计成薄膜结构

表面结构。表面结构的厚度与其他两个方向的尺度相比要小很多。有的表面结构材料很柔，并且可具有帐篷或充气结构的形状。在这两种情况下，表面结构就像是薄膜结构，它是受拉的。

表面结构也可由刚性材料组成，如钢筋混凝土。这时它们可以是折板、圆柱面或抛物面形状，称为薄板或薄壳。当主要承受轴向拉压载荷而弯矩很小时，它们的作用就像索和拱一样。不管怎样，板或壳结构都很难分析，因为它们的几何形状都是三维的。这种复杂的分析已超出了本书的研究范围，后面也不再讨论。

1.3 载荷

一旦结构的几何形状和尺寸确定下来，就有必要确定结构所承担的载荷大小。一般来说，预期会作用在结构上的载荷，其种类会影响到将要设计的结构的基本形式。例如，高耸的建筑必须要承受由风引起的很大的侧向力，因此要选择剪力墙和空心框架体系，而位于地震区的建筑必须要设计延性构件和连接件。

一旦结构的形式确定下来，就要对结构进行实际设计，首先是那些直接受力的杆件，其次是各种连接或支撑杆件，最后是基础。例如对房屋来讲，首先是楼板的设计，其次是梁和柱子，最后是基础。因此为了设计一个结构，有必要先确定作用在它上面的载荷。

结构的设计载荷一般在规范中规定。总的来说，结构工程师要依据两种规范进行设计：**通用建筑规范**和**设计规范**。通用建筑规范给出了有关结构最低的设计载荷和达到最低标准的总体要求。设计规范则提供了详尽的技术标准，可用于实际的结构设计。表 1.1 列出了在设计中用到的几个重要规范。然而，应该认识到，规范只提供了设计的一般标准，设计的最终决定权还在于结构工程师。

总之，一个结构要承受几种载荷作用，本节内容就是要对在设计时如何考虑这些载荷进行简单论述。

表 1.1 规范

通用建筑规范
房屋建筑物与其他结构的最低设计载荷标准，ASCE 7-98, American Society of Civil Engineers (美国土木工程协会)
国际建筑规范-2000, (UBC-2000)
设计规范
钢筋混凝土的建筑规范要求，Am. Conc. Inst. (ACI)
钢结构手册，American Institute of Steel Construction (AISC)
公路桥的标准规范，American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
(美国) 国内设计规范，American Institute of Timber Construction (AITC)
铁路工程手册，American Railway Engineering Association (AREA)

恒载。恒载指的是构成结构的各类杆件的重量及永久与结构接触的物体的重量。因此，对于房屋来说，恒载包括柱子、梁、刚梁、楼板、屋顶、墙、窗户、管道设施、电气装置和其他各种配件的重量。

一般情况下，作用在结构上的恒载能根据类似结构的重量和尺寸，由简单的算式估计出来。根据经验，工程师也能对载荷的大小有大概的估计。例如，一个木屋的平均重量是 $1.9\sim 2.4\text{ kN/m}^2$ ，对于钢结构，平均重量是 $2.9\sim 3.6\text{ kN/m}^2$ ，钢混建筑是 $5.3\sim 6.2\text{ kN/m}^2$ 。一旦结构的材料和尺寸给定，它们的重量就能通过表 1.2 中所列的密度计算出来。

建筑中常用材料的密度列在表 1.2 中, 另有一部分常用的房屋构件列在表 1.3 中。尽管用表中列出的数据计算恒载的方法已经非常明确可行, 但是我们还应该认识到, 做初步设计时仍有许多恒载需要考虑。包括预制外面板、电路设施及管道系统等非结构材料的重量; 另外, 即使材料确定了, 规范里给出的单位重量可能也因制造商不同而有所差别; 而且房屋在使用时恒载的值也会发生变化。总之估计恒载的设计值可能会有 15%~20% 的误差, 也许还会更高。

表 1.2 各种材料的最小密度*

	kN/m ³		kN/m ³
铝	26.7	潮湿的沙粒和石子	18.9
混凝土, 素煤渣	17.0	砖石, 轻质混凝土	16.5
混凝土, 碎石	22.6	砖石, 一般重量	21.2
混凝土, 加筋碎渣	17.4	胶合板	5.7
混凝土, 加筋碎石	23.6	钢, 冷拉	77.3
干粘土	9.9	枞木	5.3
湿粘土	17.3	南部松木	5.8
干燥松软的沙粒和石子	15.7	云杉木	4.5

* 经美国土木工程协会《房屋建筑物与其他结构的最低设计载荷标准》许可, ASCE 7-98, 该标准副本可从以下地址购买: ASCE, East 47th Street, New York, N. Y. 10017-2398

表 1.3 恒载的最小设计值*

墙	kN/m ²	墙	kN/m ²
100 mm 粘土砖	1.87	300 mm 粘土砖	5.51
200 mm 粘土砖	3.78		
框架和墙			
镶砖外墙	2.30	木头, 一侧抹灰 50 mm × 100 mm	0.57
窗户, 玻璃, 窗框	0.38	木头, 两侧抹灰 50 mm × 100 mm	0.96
木头, 未抹灰 50 mm × 100 mm	0.19		
地板材料			
掺渣混凝土, 每毫米	0.017	石头混凝土, 每毫米	0.023
素轻质混凝土, 每毫米	0.015		
天花板			
吸声纤维板	0.05	沥青屋顶	0.10
抹灰面砖或混凝土	0.24	纤维板, 13 mm	0.04
金属板条吊顶和石膏抹灰	0.48		

* 经美国土木工程协会《房屋建筑物与其他结构的最低设计载荷标准》许可, ASCE 7-98, 该标准副本可从以下地址购买: ASCE, East 47th Street, New York, N. Y. 10017-2398

一般来说, 诸如梁或单层框架结构之类的简单结构, 它们与总的设计载荷相比, 恒载所占的比例并不大。然而, 对于多层建筑, 为了合理地设计柱子, 对所有的恒载做精确计算是很重要的, 尤其是对较低的楼层。

例 1.1 如图 1.8 所示, 底梁用来支撑宽 1.83 m、厚 102 mm 的轻质混凝土板。此楼板下是下一层楼的天花板, 因此楼板的底部有抹灰层。此外, 一块高 2.44 m、厚 305 mm 的轻质混凝土块直接作用在梁的上缘。确定每单位梁长上作用的载荷值。