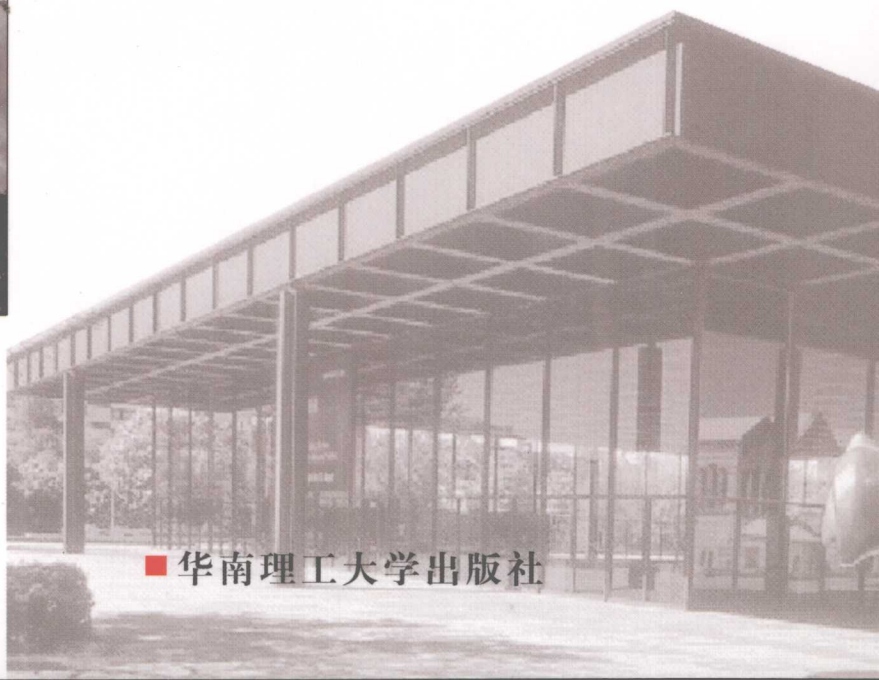
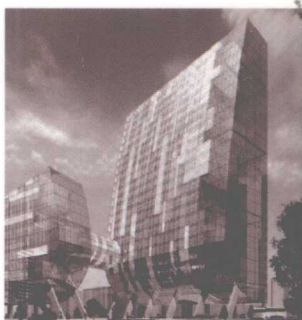


21世纪建筑学及相关专业教材

jianzhu jiegou xuanying

# 建筑结构 选型

王湛主编



■ 华南理工大学出版社

21 世纪建筑学及相关专业教材

# 建筑结构选型

王 湛 主编

华南理工大学出版社

· 广州 ·

## 内 容 简 介

本书包括两大部分：基础篇和结构体系篇。基础篇简要介绍建筑结构基本概念、荷载、建筑结构基本构件和建筑结构材料。结构体系篇详细介绍梁式结构、桁架结构、拱结构、高层建筑结构、网架结构、网壳结构、悬索结构、膜结构和混合结构。本书简化理论计算，以丰富的图例和案例描述结构体系的选择和布局。随书所附光盘提供了大量的结构案例和设计资料。

本书可作为高等院校建筑学、城市规划等专业结构课程的教材，亦可作为建筑师、城市规划师、风景园林设计师的参考书。土木类低年级的学生亦可通过本书认识整体结构的概念。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构选型/王湛主编. —广州：华南理工大学出版社，2009. 8  
ISBN 978-7-5623-3190-2

I. 建… II. 王… III. 建筑结构-结构形式 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 127422 号

总发行：华南理工大学出版社（广州五山华南理工大学 17 号楼，邮编 510640）

营销部电话：020-87113487 87110964 87111048（传真）

E-mail: z2cb@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

责任编辑：赖淑华

印刷者：佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本：787mm×1092mm 1/16 印张：16.5 字数：412 千

版次：2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印数：1～3000 册

定 价：38.50 元（含光盘）

版权所有 盗版必究

## 前 言

优秀的建筑师应该掌握基本的结构概念,并能够灵活地应用在设计中。但是强调公式、计算的结构教育却使得建筑类学生对结构课程望而生畏。建筑师的结构设计重点是结构体系的选择与布局。因此对建筑类学生的结构教育并不是要让他们成为结构工程师,而是要为他们提供可以成功实现其建筑理想的必要工具。

本书力求以简明的语言、丰富的图例,清楚地表达最基本的结构概念,帮助学生在有限的时间内掌握他们需要的结构知识。

本书既可以作为建筑类学生结构课程的教科书,又可以作为建筑师、城市规划师、风景园林设计师的参考书。土木类低年级的学生也可以通过本书认识整体结构的概念。

本书共十三章,第一至第四章由李静执笔,第五至第十三章由王湛、何嘉年执笔,全书由王湛统筹设计和统稿。

限于编者水平,如有疏漏,敬请读者指正。

编 者

2009年6月

# 目 录

绪言 .....	(1)
----------	-----

## 第一篇 基础篇

第一章 概论 .....	(7)
第二章 荷载 .....	(10)
第一节 荷载与作用 .....	(10)
第二节 作用的分类 .....	(11)
第三节 建筑结构荷载的种类 .....	(11)
第三章 建筑结构基本构件 .....	(18)
第一节 轴心受力构件 .....	(18)
第二节 受弯构件 .....	(19)
第三节 偏心受力构件 .....	(20)
第四节 几种基本结构构件的比较 .....	(20)
第五节 结构构件 .....	(21)
第四章 建筑结构材料 .....	(23)
第一节 混凝土 .....	(24)
第二节 钢材 .....	(30)
第三节 砌体(块) .....	(35)
第四节 木材 .....	(43)
第五节 竹材 .....	(45)

## 第二篇 结构体系篇

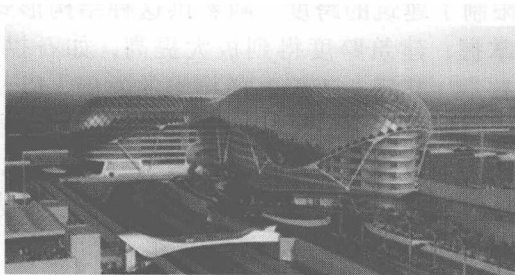
第五章 梁式建筑结构 .....	(49)
第一节 梁式结构简述 .....	(50)
第二节 悬挑结构 .....	(58)
第三节 单层刚架结构 .....	(60)
第四节 梁式结构概念设计 .....	(66)
第五节 梁式结构案例 .....	(67)
第六章 桁架结构 .....	(72)
第一节 概述 .....	(73)
第二节 桁架的演变 .....	(73)
第三节 桁架的特点和形式 .....	(75)

第四节	桁架结构的选型和应用 .....	(83)
第五节	桁架结构的典型案例 .....	(89)
<b>第七章</b>	<b>拱结构</b> .....	(95)
第一节	认识拱结构 .....	(96)
第二节	演变中的拱结构 .....	(101)
第三节	拱结构典型案例 .....	(103)
<b>第八章</b>	<b>高层建筑结构</b> .....	(110)
第一节	高层建筑结构体系的发展 .....	(111)
第二节	高层建筑结构体系 .....	(125)
第三节	高层建筑结构设计原则 .....	(139)
第四节	高层建筑结构的发展方向 .....	(141)
第五节	典型高层建筑结构设计案例 .....	(154)
<b>第九章</b>	<b>网架结构</b> .....	(162)
第一节	概述 .....	(163)
第二节	网架结构的力学特点 .....	(164)
第三节	网架结构形式 .....	(164)
第四节	网架结构设计 .....	(169)
第五节	网架结构工程实例 .....	(170)
<b>第十章</b>	<b>网壳结构</b> .....	(173)
第一节	概述 .....	(174)
第二节	网壳结构的特点与形式 .....	(174)
第三节	网壳结构的典型实例 .....	(185)
<b>第十一章</b>	<b>悬索结构</b> .....	(189)
第一节	悬索结构的发展 .....	(190)
第二节	悬索结构的特点和形式 .....	(191)
第三节	悬索(斜拉)桥 .....	(207)
第四节	悬索结构的典型案例 .....	(214)
<b>第十二章</b>	<b>膜结构</b> .....	(220)
第一节	概述 .....	(221)
第二节	充气式膜结构 .....	(221)
第三节	张拉式膜结构 .....	(224)
第四节	骨架式膜结构 .....	(228)
第五节	膜结构的特点和膜材料的特征 .....	(230)
第六节	膜结构的典型案例 .....	(235)
<b>第十三章</b>	<b>混合结构体系</b> .....	(245)
第一节	概述 .....	(246)
第二节	混合结构体系案例 .....	(249)
<b>参考文献</b>	.....	(254)

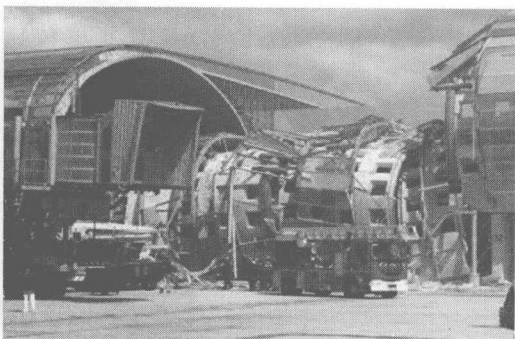
## 绪言

“良好的建筑有三个条件：坚固、实用和令人愉悦。”建筑理论可以以英国第一位建筑作家——亨利·沃顿爵士在《建筑的要素》中的这句话为出发点。建筑学正是这三个目的汇合的焦点。一座好的建筑物，其首要条件是坚固，没有了这个基础，建筑就变成了“镜中花，水中月”。

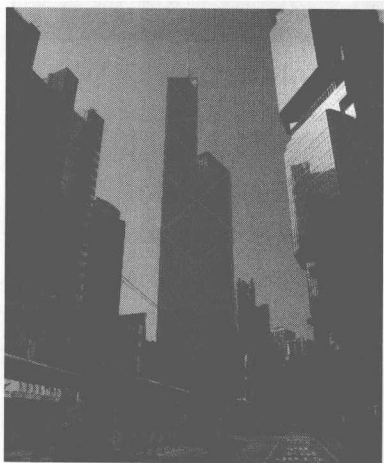
令人遗憾的是，建筑师在追求“创意”的路上越走越远，似乎“标新立异”成了优秀建筑的唯一标准。同时，建筑更被视为国家或者城市经济实力的标志，“最高”“最大”变为决策者追逐的目标。在这样的情况下，许多违背力学规律，浪费建筑材料，甚至不安全的建筑产生了。2004年5月23日，巴黎戴高乐机场刚刚投入使用不久的2E终端楼部分坍塌，造成4人死亡。调查结果显示，该建筑在追求外观以及功能的同时，对新型结构认识不够、安全系数偏低是事故发生的原因之一。



The Yas Hotel Asymptote Architecture



法国巴黎机场2E终端楼



香港中国银行大厦

与之相对应的，著名建筑大师贝聿铭先生在回答“建筑教育的重点”这一问题时，提到了这样三个原则：①结构（structure）或构造（construction）等工程科学是与建筑有密切关系的，理应彻底了解，不过建筑师本身并不一定要算，但一定要懂得怎样算，因为先会算才知道从中间求变化；②其他与工程并重的，以及对建筑材料特质的理解与运用（如木材、石材、混凝土、钢铁、玻璃等，甚至如何做、如何改良）都是很重要的；③最重要的是对我国民族历史、固有文化、社会

情形等必须透彻了解，中国有许多宝贵的好东西值得保存，也就是说要将我们固有的好文化整理保存并渗揉在建筑里。以上三个原则是建筑设计的基础，有了这些基础，正如房屋可以造在磐石上，且更可造出高楼大厦来。而贝聿铭先生自己的建筑作品（香港中国银行大厦）正是对以上三个原则最完美的体现。

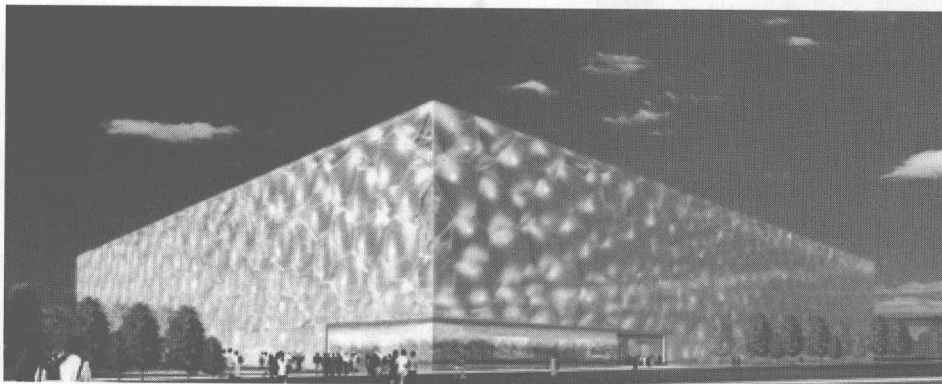
结构形式、施工技术以及建筑材料直接影响建筑设计。在古代，建筑材料仅有木材与砖石，因此限制了建筑的跨度。随着拱这种结构形式被人们掌握，建筑跨度得到极大提高，如石拱桥、拱顶教堂。其后，随着电梯技术的发展，以及钢材性能的提高，20世纪50年代出现了大量高层建筑，如美国帝国大厦。科学技术的发展、新的结构材料的出现催生了新的结构形式，从而促进建筑型式的巨大变革。如索、膜结构。



拱顶教堂



美国帝国大厦



国家游泳馆，“水立方”新颖的膜结构



著名的建筑师及结构师奈尔维在他的《结构在建筑中的地位》一书中这样说：“现在建筑设计所要求的新的、宏伟的结构方案，使得建筑师必须要理解结构构思，而且应达到这样一个深度和广度：使其能把这种基于物理学、数学和经验资料之上而产生的观念，转化为一种非同一般的综合能力，转化为一种直觉和与之同时产生的敏感能力。”



奈尔维作品——罗马奥林匹克小体育馆

结构概念是建筑物赖以生存的基础，建筑师只有掌握它，并在建筑设计的初期就自觉地运用它，才能设计出真正优秀的建筑。对建筑师而言，从整体上把握结构的概念，掌握结构体系的选择以及布置，远比了解结构计算重要。

正是出于上述原因，我国的注册建筑师考试中对“建筑结构”有以下要求：

(1) 对结构力学有基本了解，对常见荷载、常用建筑结构形式的受力特点有清晰的概念，能定性识别杆系结构在不同的荷载下的内力图及变形形式。

(2) 了解混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构等结构类型的力学性能特点、使用范围及主要构造。

(3) 了解多层、高层及大跨度建筑结构选型的基本知识；了解建筑抗震设计的基本知识；了解各类结构形式在不同的抗震烈度下的使用范围；了解天然地基和人工地基的类型及选择的基本原则。

同时，对“建筑材料”的要求如下：了解建筑材料的基本分类；了解常用材料的性能、检验及检测方法，及其在使用中的基本化学原理、尺寸稳定性及施工中的允许误差和合理使用范围。掌握一般建筑构造的原理与方法；能正确选用材料，合理解决一般构造与连接；能判断各种材料的优劣，处理施工中出现的各种问题。

本书的编写基于以上原则和目标。全书分为基础篇和结构体系篇两大部分。在基础篇当中，将主要介绍建筑结构的基本概念，包括建筑物所承受的作用力，建筑结构的基本构件，各种建筑材料的基本特性。在结构体系篇中，则主要介绍各种结构体系的特性以及应用。



# 第一篇 基础篇





# 第一章 概 论

建筑结构并不是我们通常所说的建筑物，而是隐藏于建筑物外表之下的、构成建筑空间、承受建筑荷载的部分。

建筑物中用来形成一定的空间及造型，并承受人为和自然界施加于建筑物的各种作用力，使建筑物得以安全使用的骨架，即称为结构。结构与外形是截然不同的概念，这一点往往为人们所忽视。好的建筑师可以将外表看来很花哨的建筑物与内部规整合理的结构很好地结合在一起。

根据所使用的建筑材料，可以分为木结构、砌体结构、钢筋混凝土结构以及钢结构等。

任何结构都应在设计使用年限内，在正常条件下，满足预定的功能要求。结构的设计使用年限是指设计规定的、结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的时期，一般建筑结构的设计使用年限为 50 年。而正常条件是指正常设计、正常施工、正常使用条件，不考虑人为错误或过失因素。我国《工程结构可靠度设计统一标准》(GB 50152—92) 对结构的功能要求作了以下规定：

**安全性：**建筑结构在正常施工和正常使用时能够承受可能出现的各种作用（如荷载、温度变化、基础不均匀沉降），并且能在设计规定的偶然事件（如地震、爆炸）发生时和发生后保持必需的结构整体稳定性。

**适用性：**建筑结构在正常使用过程中，应保持良好的工作性能。例如：结构构件应有足够的刚度，以免产生过大的振动和变形。

**耐久性：**建筑结构在正常维修条件下，应能在规定的使用年限内满足安全、适用性能的要求。例如：构件裂缝应能满足设计规定的要求。

以上所述的结构的安全性、适用性和耐久性，总称为结构的可靠性。

只有满足结构可靠性的建筑，才是合理的建筑。为了设计方便，针对上述可靠性的三个方面，设定了两种结构极限状态。所谓极限状态，就是结构由可靠转变为失效的临界状态。如果整个结构或结构的一部分超过某一特征状态（如构件截面即将破坏或开裂）就不能满足设计规定的某一功能要求，则此特征状态称为该功能的极限状态。因此，结构的极限状态是一种临界状态，是判别结构是否满足预定功能要求的标志。

结构的极限状态可分为以下两种。

## 1. 承载能力极限状态

这种极限状态主要考虑关于结构安全性的功能。结构或结构构件达到最大承载能力或

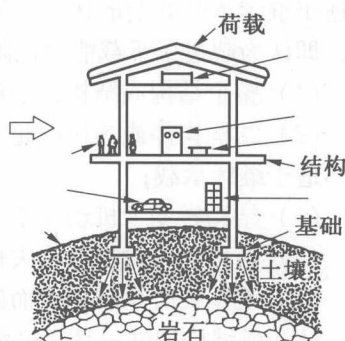


图 1-1 建筑物示意图

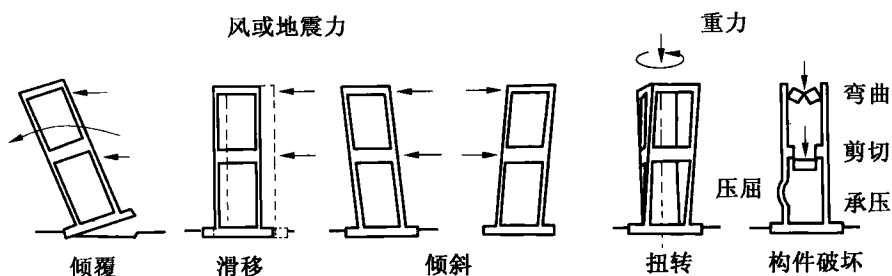


图1-2 结构的失效

不适于继续承载的变形状态，为承载能力极限状态。当结构或结构构件出现下列状态之一时，即认为超过了承载能力极限状态：

- (1) 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆、滑移等）；
- (2) 结构构件或连接因超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度的塑性变形而不适于继续承载；
- (3) 结构转变为机动体系；
- (4) 结构或结构构件丧失稳定（如柱子被压屈等）；
- (5) 地基丧失承载能力而破坏（如失稳等）。

结构或结构构件一旦超过承载能力极限状态，后果是十分严重的，会造成人身伤亡和重大经济损失。因此，在设计中应严格控制出现超过承载能力极限状态的概率，即可能性。

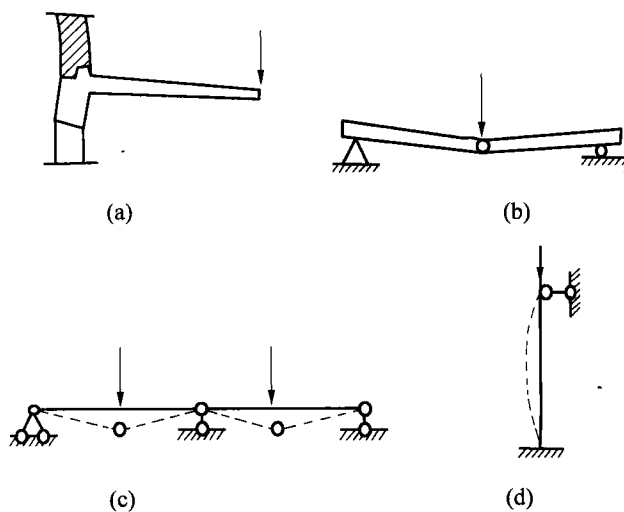


图1-3 结构超过承载力极限状态的示意图

## 2. 正常使用极限状态

这种极限状态主要考虑有关结构适用性和耐久性的功能。结构和结构构件达到正常使用和耐久性能的某项规定限值的状态，为正常使用极限状态。当结构或构件出现下列状态之一时，即可认为超过了正常使用极限状态，而失去正常使用和耐久性功能：

- (1) 影响正常使用或外观的变形，如挠度过大；
- (2) 影响正常使用或耐久性能的局部损坏（包括混凝土裂缝）；
- (3) 影响正常使用的振动；
- (4) 影响正常使用的其他特定状态。

虽然超过正常使用极限状态的后果一般不如超过承载能力极限状态那样严重，但也不可忽视。例如梁过大的变形会造成梁上墙体开裂以及屋面积水等。当然，由于正常使用极限状态被超越后，其后果的严重程度比承载能力极限状态被超越要轻一些，因而对其出现的概率的控制可以放宽一些。

对于结构的各种极限状态，均应规定明确的标志及限值。

## 第二章 荷 载

### 第一节 荷载与作用

荷载是指周围环境或其他任何物体（包括结构本身或其他结构）作用于该结构上的力。要设计一座安全的建筑物，首先要对它所承受的荷载（力）有清楚的认识。建筑物从开始施工到它的预期使用寿命期间，会承受哪些荷载，这些荷载的特性如何（如作用方向、大小），以及这些荷载在结构内部是怎样传递等，均是建筑师必须了解的。如果对荷载的情况理解错误，设计的安全性就无从谈起。

荷载首先包括了建筑物在它的整个寿命期间可能承受的各种力，如建筑材料的自重，建筑物内部人员以及各种设备的自重，还有自然界对该建筑物所施加的力，如风。其他一些情况，如地基的不均匀沉降、温度变化等，虽然没有物理意义上的外力存在，但是依然会在结构的内部产生内力，为了避免与荷载这个概念混淆，一般采用“作用”这个词来定义这些情况。

因此，从结构的角度，能使结构产生效应（如结构或构件的内力、应力、位移、应变、裂缝等）的各种原因的总称，称为结构上的作用。

作用包括两种类型：一种可归结为作用在结构上的力的因素，我们称它们为荷载或者直接作用，如自重等；另一种作用不表现为力的形式，但同样会引起结构效应，我们称之为间接作用或作用，如不均匀沉降、温度效应等。

直接作用和温度效应引起的变形虽然类似，但产生变形的原因却不同。

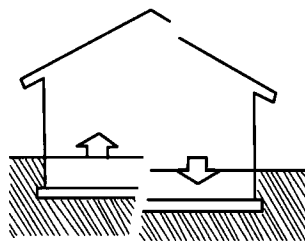


图 2-1 不均匀沉降

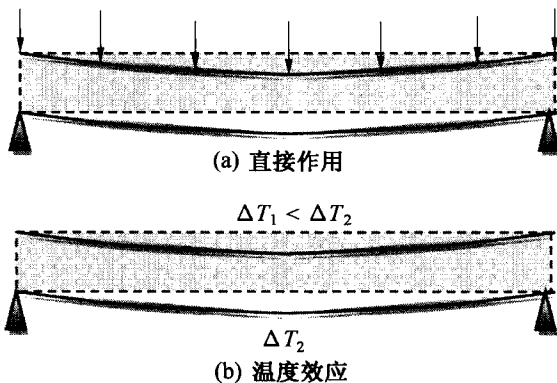


图 2-2 简支梁的变形



## 第二节 作用的分类

按照结构分析的需要，作用的分类方式有如下几种：

(1) 按作用在结构上持续的时间，可分为永久作用（恒载）和可变作用（活载）以及偶然荷载。

恒载是指长期作用于结构上的不变荷载，即荷载的大小、方向以及作用位置都是不变的。如结构的自重。活载是指在结构施工或者使用期间可能发生变化的荷载，如结构上的人群荷载。偶然荷载是指那些在结构使用期间不一定出现，一旦出现，其值很大且持续时间很短的荷载，如爆炸力、撞击力等。

(2) 按荷载的作用范围，可分为集中荷载和分布荷载。

集中荷载是指荷载的作用面积相对于总面积来说非常小的荷载，可以看作是作用在一点上的力。分布荷载则是指分布在一定长度或面积上的荷载，如作用在结构上的风荷载或者雪荷载。

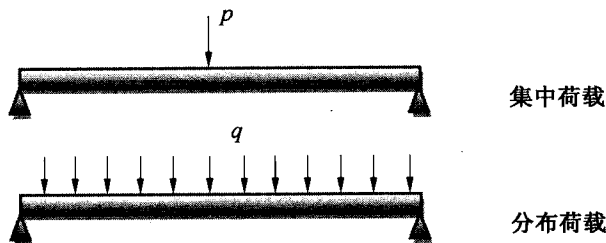


图 2-3 荷载

(3) 按结构的动力反应，可分为静荷载和动荷载。

静荷载的数量、方向和位置不随时间变化或变化极其缓慢，不使结构产生显著的加速度，因而可以忽略惯性力的影响，如结构的自重。动荷载是随时间迅速变化或在短暂时间内突然作用或消失的荷载，使结构产生显著的加速度，如地震作用。因此，区分静荷载和动荷载的准则在于荷载是否会引起结构产生动力效应（加速度）。某些荷载，如楼面上的人群荷载，可能具有一定的动力特性，但结构的反应加速度很小，因此可把这类荷载视为静荷载。再如，风荷载从荷载本身来说属于动荷载，但是对于大部分结构来说，风荷载并不会引起结构的动力效应。因此，一般情况下，进行结构设计时将风荷载当作静荷载进行计算。只有在设计桥梁、高耸结构等柔性结构时，才考虑风荷载的动力特性。

(4) 按荷载作用方向分类，可分为竖向荷载和水平荷载。

竖向荷载主要是重力荷载，风荷载、地震作用等都为水平荷载。在进行结构设计时，需要分别考虑抵抗水平荷载和竖向荷载的受力体系。

## 第三节 建筑结构荷载的种类

概括来说，建筑结构在整个使用期间，可能受到以下几种荷载：永久荷载（结构自重）、楼面和屋面活荷载、雪荷载、风荷载、地震作用、吊车荷载、施工检修荷载及栏杆