

土建专业精品教材

建筑 力学与结构

主编 祁丛林 秦伟

J IANZHU
LIXUE
YU JIEGOU



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

土建专业精品教材

建筑力学与结构

主 编 祁丛林 秦 伟
副主编 王中琴 龚新亚 徐 昕
胡 瑾 丁佐士



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

建筑力学与结构是建筑工程技术、工程造价、建筑工程管理等专业的一门重要专业基础课，也是一门难学、难教的课程。本书根据这些专业对本课程的要求以及最新技术标准编写。本书包括建筑力学与结构基础知识、静力学基础知识、平面力系、平面杆件体系的几何组成分析、受弯构件、纵向受力构件、受扭构件、预应力混凝土构件简介、砌体结构与钢结构、建筑结构抗震知识、结构施工图识读等内容。

本书可作为应用性本科和高职高专院校建筑工程技术、工程造价、建筑工程管理等专业的教材，也可供工程技术人员自学参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑力学与结构 / 祁丛林, 秦伟主编. — 上海 :
上海交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-12664-1

I. ①建… II. ①祁… ②秦… III. ①建筑科学—力学—高等职业教育—教材②建筑结构—高等职业教育—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 034334 号

建筑力学与结构

主 编: 祁丛林 秦 伟

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 韩建民

印 制: 北京市科星印刷有限责任公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 16.75 字 数: 387 千字

版 次: 2015 年 3 月第 1 版

印 次: 2015 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-12664-1

定 价: 35.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与发行部联系

联系电话: 010-62137141

前 言

建筑力学与结构是建筑工程技术、工程造价、建筑工程管理等专业的一门重要专业基础课，也是一门难学、难教的课程。本书根据这些专业对本课程的要求以及最新技术标准编写。

本书具有三大特点：

1. 力学与结构完美融合。本书将力学和结构完美融合在一起，体现了学习建筑力学是为学习建筑结构服务的思想。在介绍混凝土结构时，基本构件以受力类型为主线，按受弯构件、纵向受力构件、受扭构件的顺序编排，并将相应的力学知识融入其中，避免了学习力学的抽象感和空洞感。

2. 内容精简，重点突出。本书的内容以“必需、够用”为原则，以基本构件的受力特点、破坏特征、基本原理和结构构造为重点，着重培养学生分析问题和解决问题的能力。

3. 紧跟时代，方便教学。本书中所涉及内容均按最新结构设计规范、质量验收规范及制图标准编写。为便于教学，各部分内容都编有教学目标、学习方法、本章小结以及习题。

本教材是由硅湖职业技术学院组织相关院校和建筑企业共同编写，由祁丛林、秦伟任主编，王中琴、龚新亚、徐昕、胡瑾、丁佐士任副主编。具体分工为：硅湖职业技术学院祁丛林编写第2章和第4章，秦伟编写第6章和第10章，王中琴编写第1章，昆山登云科技职业技术学院徐昕编写第8章，无锡南洋职业技术学院龚新亚编写第3章，苏州东基建设工程有限公司胡瑾编写第7章和第9章，无锡轻大建筑设计院丁佐士编写第5章和第11章，全书由祁丛林统稿。

本书在组织编写和统稿过程中，参考了大量相关的资料和教材，在此向这些资料和教材的作者表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中不足和考虑不周之处，我们期望得到广大专家、同行和读者的批评指正，使本书在教学实践中不断完善。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅文化发展中心的网站（www.bjjqe.com）下载。

编 者
2015年2月

目 录

第1章 建筑力学与结构基础知识	1
1.1 建筑结构的基础知识	2
1.1.1 建筑结构的分类	2
1.1.2 结构设计的功能要求	4
1.1.3 极限状态设计	5
1.2 建筑力学的基础知识	7
1.2.1 荷载	7
1.2.2 结构与构件	8
1.2.3 强度、刚度、稳定性	10
1.2.4 变形固体的基本假设	11
1.2.5 杆件变形的基本形式	12
本章小结	14
习题	14
第2章 静力学基础知识	15
2.1 力与力系	16
2.1.1 力的概念	16
2.1.2 力系的概念	17
2.2 静力学公理	17
2.3 物体的受力分析与受力图	20
2.3.1 约束与约束反力的概念	20
2.3.2 几种基本类型的约束与约束反力	20
2.3.3 结构的计算简图	24
2.3.4 物体的受力分析与受力图	28
本章小结	30
习题	31
第3章 平面力系	35
3.1 平面汇交力系	36
3.1.1 平面汇交力系的合成	36

3.1.2 平面汇交力系的平衡条件及其应用	38
3.2 平面力偶系	40
3.2.1 力矩	40
3.2.2 力偶	41
3.2.3 平面力偶系的平衡条件及其应用	44
3.3 平面平行力系	44
3.4 平面任意力系	47
3.4.1 力的平移	47
3.4.2 平面任意力系的合成	48
3.4.3 平面任意力系的平衡条件及其应用	51
本章小结	55
习题	55
第4章 平面杆件体系的几何组成分析	61
4.1 几何组成分析的目的	62
4.2 自由度与约束	63
4.2.1 自由度	63
4.2.2 约束	63
4.3 几何不变体系的组成规则	64
4.4 超静定问题	65
4.4.1 超静定结构的概念	65
4.4.2 超静定次数的确定	66
本章小结	69
习题	70
第5章 受弯构件	73
5.1 受弯构件的内力	74
5.1.1 平面弯曲	74
5.1.2 梁的形式	75
5.1.3 梁的内力——剪力和弯矩	75
5.1.4 梁的内力图	79
5.2 受弯构件的应力与变形	84
5.2.1 梁的正应力及其强度条件	84
5.2.2 梁的切应力及其强度条件	90

5.3 钢筋混凝土受弯构件	92
5.3.1 钢筋混凝土受弯构件的破坏特征	92
5.3.2 钢筋混凝土受弯构件的构造要求	96
5.3.3 单筋矩形截面正截面承载力计算	104
5.3.4 受弯构件斜截面承载力计算	111
5.3.5 变形及裂缝宽度验算	119
本章小结	120
习题	121
第6章 纵向受力构件	125
6.1 轴向拉(压)杆的内力与应力	126
6.1.1 轴向拉压杆的内力及内力图	126
6.1.2 轴向拉压杆的应力	128
6.2 轴向拉(压)杆的变形	129
6.2.1 纵向变形和横向变形	129
6.2.2 胡克定律	130
6.3 轴向拉(压)杆的强度	131
6.3.1 极限应力、安全系数、容许应力	131
6.3.2 轴向拉(压)杆的强度计算	132
6.4 桁架结构的内力	134
6.4.1 桁架结构	134
6.4.2 计算桁架杆件内力的方法	135
6.5 压杆稳定	138
6.5.1 压杆稳定基本概念	138
6.5.2 欧拉公式	140
6.5.3 临界应力与柔度	140
6.5.4 提高压杆稳定的措施	141
6.6 混凝土纵向受压构件	143
6.6.1 混凝土纵向受压构件的破坏特征	143
6.6.2 混凝土纵向受压构件的构造要求	146
6.6.3 混凝土轴心受压构件承载力计算	149
本章小结	150
习题	151

第7章 受扭构件	155
7.1 受扭构件的内力计算	156
7.1.1 作用在受扭构件上的载荷	156
7.1.2 内力计算	157
7.2 钢筋混凝土受扭构件	157
7.2.1 矩形截面纯扭构件的剪应力分布	157
7.2.2 素混凝土受扭构件与钢筋混凝土受扭构件的破坏特征	158
7.2.3 钢筋混凝土受扭构件的构造要求	158
本章小结	160
习题	160
第8章 预应力混凝土构件简介	163
8.1 预应力混凝土的基本概念	164
8.1.1 预应力混凝土的基本原理	164
8.1.2 预应力混凝土的分类	165
8.1.3 预应力混凝土的特点	166
8.1.4 施加预应力的方法	166
8.2 预应力混凝土材料及其构造要求	169
8.2.1 钢筋	169
8.2.2 混凝土	170
8.2.3 构造要求	170
本章小结	172
习题	172
第9章 砌体结构与钢结构	173
9.1 砌体结构	174
9.1.1 砌体受压构件	174
9.1.2 过梁、挑梁和圈梁	177
9.2 钢结构	180
9.2.1 钢结构的特点和应用范围	180
9.2.2 钢结构的连接	182
9.2.3 钢结构构件	186
本章小结	192
习题	193

第 10 章 建筑结构抗震知识	195
10.1 地震基础知识	196
10.1.1 概述	196
10.1.2 地震及其破坏作用	196
10.1.3 震级与烈度	198
10.1.4 建筑抗震设防	198
10.1.5 抗震设计的基本要求	200
10.2 钢筋混凝土、砌体结构及底部框架结构房屋的抗震规定	201
10.2.1 多层及高层钢筋混凝土房屋的抗震规定	201
10.2.2 多层砌体房屋的抗震规定	209
10.2.3 底部框架结构砖房	212
本章小结	214
习题	215
第 11 章 结构施工图识读	217
11.1 概述	218
11.1.1 结构施工图的基本内容	218
11.1.2 结构施工图的基本规定	219
11.1.3 结构施工图中常用构件代号	220
11.1.4 结构施工图的图示特点	221
11.1.5 结构施工图识读的一般方法	222
11.2 结构设计说明	222
11.3 基础图	223
11.3.1 基础平面布置图	224
11.3.2 基础详图	226
11.4 楼层结构平面图	227
11.4.1 楼层结构平面布置图的图示方法及内容	227
11.4.2 楼层结构平面布置图的识读	228
11.5 钢筋混凝土梁、柱结构详图	231
11.5.1 钢筋混凝土的有关知识	231
11.5.2 钢筋混凝土梁结构详图	234
11.5.3 钢筋混凝土柱结构详图	235
11.6 平法施工图的识读	237
11.6.1 概述	237
11.6.2 柱平法施工图	238

11.6.3 梁平法施工图	241
11.6.4 剪力墙平法施工图	247
11.6.5 板的平法识读	249
本章小结	253
习题	255
附表	256
参考文献	257

第 1 章

建筑力学与结构基础知识

教学目标

知识目标

- ➡ 了解建筑结构的概念及其分类;
- ➡ 了解结构设计的功能要求及其设计方法;
- ➡ 掌握荷载的概念及其分类;
- ➡ 掌握强度、刚度、稳定性的基本概念;
- ➡ 掌握变形固体的基本假设;
- ➡ 掌握杆件变形的基本形式。

技能目标

- ➡ 能识别建筑物的结构形式;
- ➡ 会分析建筑结构主要荷载的传递途径;
- ➡ 会分析建筑构件在已知外力作用下产生的主要变形形式。

素质目标

具有正确的学习目的和学习态度,养成勤奋好学、刻苦钻研、勇于探索、不断进取的良好习惯;具有良好的创新意识与团队合作精神。

学习方法

结合工程实际进行学习。学习本章可以通过学校组织或学生自主安排的参观活动,理论联系实际,强化对建筑力学与建筑结构基本知识的理解,并运用所学知识,对一般建筑力学问题和结构问题进行分析。

课时建议

2 学时

1.1 建筑结构的基础知识

建筑物或构筑物中能够承受并传递各种外部作用的骨架称为结构，如图 1-1 所示。

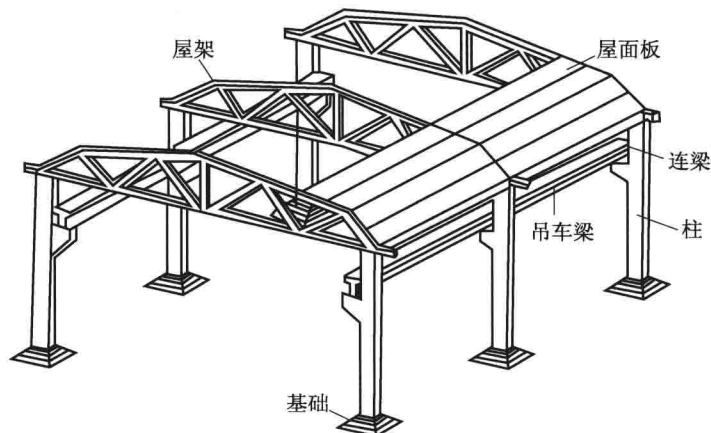


图 1-1 建筑结构

建筑结构有着悠久的历史。我国黄河流域的仰韶文化遗址就发现了公元前 5000 年—前 3000 年的房屋结构痕迹。金字塔（建于公元前 2700 年—前 2600 年）、万里长城等都是结构发展史上的辉煌之作。

17 世纪工业革命后，资本主义国家的工业化发展推动了建筑结构的发展。17 世纪人们开始使用生铁，19 世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋。自 19 世纪中叶开始，钢结构得到了蓬勃发展。1824 年，水泥的发明使混凝土得以问世，20 多年后出现了钢筋混凝土结构。1928 年，预应力混凝土结构的出现使混凝土结构的应用范围更为广泛。目前，最高的钢结构房屋已高达 450 m（马来西亚吉隆坡国营石油公司大厦），钢筋混凝土结构房屋的高度达 304.5 m（朝鲜平壤柳京饭店），钢索桥的跨度达 1 410.8 m（英国亨伯钢索桥）。

我国的建筑结构领域也取得了辉煌成就。1998 年建成的矗立在我国上海浦东陆家嘴的金茂大厦高 420.5 m，地上 88 层，地下 3 层，其高度居全国第一，亚洲第二，世界第三；上海环球金融中心，高 492 m，共 101 层，建成时居世界高度第一。

1.1.1 建筑结构的分类

1. 按材料分类

根据材料不同，建筑结构可分为混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构和混合结构等。

2. 按受力体系分类

根据受力体系不同, 建筑结构可分为框架结构(图 1-2)、剪力墙结构(图 1-3)、筒体结构(图 1-4)、塔式结构、桅式结构、悬索结构、悬吊结构、壳体结构、网架结构等。

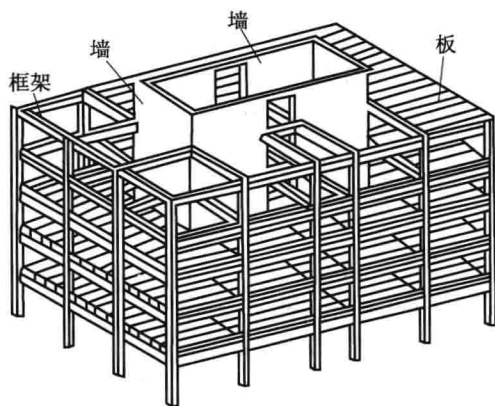


图 1-2 框架结构

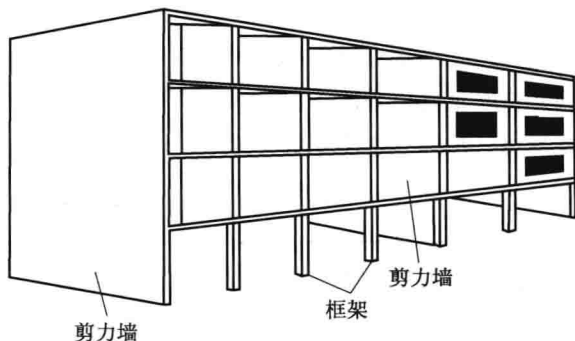


图 1-3 剪力墙结构

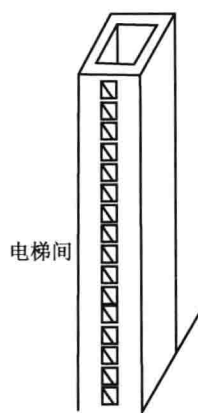


图 1-4 筒体结构

3. 按照建筑物外形分类

根据建筑物外形不同, 建筑结构可分为单层、多层、高层、大跨和高耸结构等。

4. 按照施工方法分类

根据施工方法不同, 建筑结构可分为现浇结构、装配结构和装配整体式结构。

1.1.2 结构设计的功能要求

1. 结构的安全等级

建筑物的重要程度是根据其用途决定的。不同用途的建筑物，发生破坏后所引起的生命财产损失是不一样的。《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001 规定，建筑结构设计时，应根据结构破坏可能产生后果（危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等）的严重性，采用不同的安全等级。根据破坏后果的严重程度，建筑结构划分为三个安全等级，如表 1-1 所示。

表 1-1 建筑结构的安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的房屋
二级	严重	一般的房屋
三级	不严重	次要的房屋

2. 结构的设计使用年限

结构设计的目的是要使所设计的结构在规定的设计使用年限内能完成预期的全部功能要求。其中，设计使用年限是指设计规定的结构或构件不需进行大修即可按其预定目的使用的年限。换言之，设计使用年限就是房屋建筑在正常设计、正常施工、正常使用和维护下所应达到的持久年限。结构的设计使用年限应按表 1-2 采用。

表 1-2 结构的设计使用年限分类

类别	设计使用年限（年）	示例
1	5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

3. 结构的功能要求

建筑结构在规定的设计使用年限内应满足安全性、适用性和耐久性三项功能要求。

安全性是指结构在正常施工和正常使用的条件下，能承受可能出现的各种作用；在设计规定的偶然事件（如强烈地震、爆炸、车辆撞击等）发生时和发生后，仍能保持整体稳定性，即结构仅产生局部的损坏而不致发生倒塌。

适用性是指结构在正常使用时具有良好的工作性能，如不会出现影响正常使用的过大

变形或振动；不会产生让使用者感到不安的裂缝宽度等。

耐久性是指结构在正常维护条件下具有足够的耐久性能。例如，结构材料不出现影响功能使用的损坏；钢筋混凝土构件的钢筋不因保护层过薄或裂缝过宽而锈蚀等。

结构的安全性、适用性和耐久性是结构可靠的标志，统称为结构的可靠性。结构可靠性的定义是，结构在规定时间内、在规定条件下完成预定功能的能力。但在各种随机因素的影响下，结构完成的能力不能事先确定，只能用概率来描述。为此，我们引入结构可靠度的概念，即结构在规定时间内、在规定条件下完成预定功能的概率。

这里，规定时间指设计使用年限；规定条件指正常设计、正常施工、正常使用和正常维护，不包括错误设计、错误施工和违反原来规定的使用情况；预定功能指结构的安全性、适用性和耐久性。结构的可靠度是结构可靠性的概率度量，是对结构可靠性的定量描述。

1.1.3 极限状态设计

1. 结构功能的极限状态

结构能满足功能要求称结构“可靠”或“有效”，否则称结构“不可靠”或“失效”。区分结构工作状态“有效”与“失效”的界限是“极限状态”。因此，若整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能（安全性、适用性、耐久性）要求，则该特定状态称为该功能的极限状态。结构极限状态分为以下两类。

（1）承载能力极限状态

当结构或结构构件达到最大承载能力或达到不适于继续承载的变形状态时，称该结构或结构构件达到承载能力极限状态。承载能力极限状态主要考虑关于结构安全性的功能。超过这一状态，便不能满足安全性的功能。

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：

- 整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡（如倾覆等），如图 1-5（a）所示；
- 结构构件或连接因超过材料强度而破坏（包括疲劳破坏），或因过度变形而不适于继续承载；
- 结构转变为机动体系，如图 1-5（b）和（c）所示；
- 结构或结构构件丧失稳定（如柱子被压曲等），如图 1-5（d）所示；
- 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，将造成结构全部或部分破坏或倒塌，导致人员伤亡或重大经济损失，因此，在设计中对所有结构和构件都必须按承载力极限状态进行计算，并保证具有足够的可靠度。

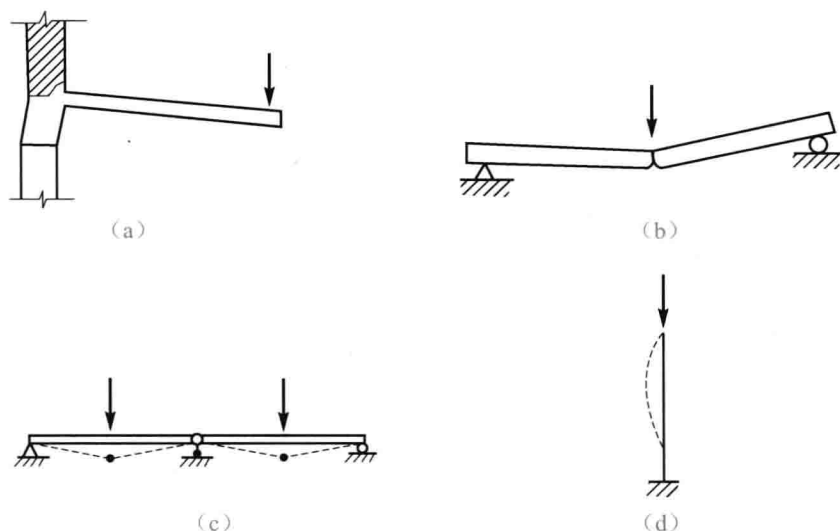


图 1-5 结构超过承载能力极限状态的示例

(2) 正常使用极限状态

正常使用极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。超过这一状态，便不能满足适用性或耐久性的功能。

当结构或结构构件出现下列状态之一时，即认为超过了正常使用极限状态：

- 影响正常使用或外观的变形；
- 影响正常使用或耐久性能的局部损坏（包括裂缝）；
- 影响正常使用的振动；
- 影响正常的其他特定状态。

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。在进行建筑结构设计时，通常是将承载能力极限状态放在首位，通过计算使结构或结构构件满足安全性功能，而对正常使用极限状态，往往通过构造或构造加部分验算来满足。

工程设计时，一般先按承载力极限状态设计结构构件，再按正常使用极限状态验算。

2. 作用效应和结构抗力

结构设计时主要考虑的两个基本变量是作用效应和结构抗力。

(1) 作用效应

作用效应是指结构上的各种作用在结构内产生的内力（轴力、弯矩、剪力、扭矩等）和变形（如挠度、转角、裂缝等）的总称，用 S 表示。由直接作用产生的效应通常称为荷载效应。

(2) 结构抗力

结构抗力是结构或构件承受作用效应的能力,如构件的承载力、刚度、抗裂度等,用 R 表示。结构抗力是结构内部固有的,其大小主要取决于材料性能。

【实训练习】

组织学生参观正处于主体结构施工阶段和已建成的典型建筑物,引导学生分组讨论各类建筑结构的形式、特点,并形成实习报告。

1.2 建筑力学的基础知识

1.2.1 荷载

1. 荷载的概念

荷载是主动作用于结构上的外力,常见的有结构自重、楼面活荷载、屋面活荷载、屋面积灰荷载、车辆荷载、吊车荷载、设备动力荷载以及风、雪、波浪等自然荷载。

2. 荷载的分类

在实际工程中,结构受到的荷载是多种多样的。为了便于分析计算,对荷载进行如下分类。

(1) 按作用时间分类

根据作用时间不同,荷载可分为恒荷载和活荷载。

恒荷载是指作用在结构上的永久不变的荷载,即当结构建成后,大小和位置不再发生变化的荷载,如结构自重、土压力、预应力、基础沉降、混凝土收缩、焊接变形等。

活荷载是指在施工中和建成后的使用期间内可能作用在结构上的可变荷载。这种可变荷载有时存在,有时不存在,它们的作用位置可能是固定的(如风、雪荷载等),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)。

(2) 按作用在结构上的范围分类

根据作用在结构上的范围不同,荷载可分为分布荷载和集中荷载。

满布在结构某一体积内、表面积上、线段上的荷载分别称为体分布荷载、面分布荷载和线分布荷载,统称为分布荷载。例如,结构的自重是体分布荷载,风、雪和水的压力是面分布荷载,杆件自重可视为沿杆轴线的线分布荷载。

分布荷载又分为均布荷载和非均布荷载。均布荷载在结构的某一范围内均匀分布,即