



全国职业高中国家教委规划教材

建筑施工专业

# 建筑结构

全国职业高中建筑类专业教材编写组 编

高等教育出版社



全国职业高中国家教委规划教材

建筑施工专业

# 建 筑 结 构

全国职业高中建筑类专业教材编写组龚伟 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

**图书在版编目(CIP)数据**

建筑电气与照明/全国中等职业学校建筑类专业教材编写组编;姚建刚主编. —北京:高等教育出版社,1994.5(1999重印)

ISBN 7-04-004801-9

I. 建… II. 姚… III. 建筑-电气照明-技术教育-教材  
IV. TU113.8

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第24104号

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街55号 邮政编码 100009

电 话 010—64054588 传 真 010—64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学院印刷厂

开 本 850×1168 1/32 版 次 1994年5月第1版

印 张 6.875 印 次 1999年5月第7次印刷

字 数 170 000 定 价 7.40 元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 关于国家教委规划教材的说明

为了贯彻国务院《关于大力发展职业技术教育的决定》，提高职业高中的教学质量，抓好教材建设工作，国家教委职教司对通用性强、经济发展急需、专业开设稳定的一部分专业，以及必须统一要求的一部分课程，组织编写了少量的示范性教材。

这些教材正式列入国家教委所制定的“八·五”教材选题规划。它是通过全国性专业教学研讨会，并在有关业务部门的指导下，与相应的教学计划、教学大纲相配套，由国家教委组织的教材编写组编写而成。这些教材在理论体系和技能训练体系方面均作了新的尝试。

我们希望各地根据实际情况，认真组织试用，及时提出修改意见，使之不断完善和提高。

国家教委职教司

1992年11月

# 前 言

随着职业技术教育改革的深化,特别是1990年国家教委017号文“关于制定职业高级中学(三年制)教学计划的意见”的颁布,全国职高建筑类专业迫切需要一套新的教学计划及其配套教材,以使培养的学生能更好地适应社会及经济发展的需要。为此1992年3月国家教委职教司召开了全国职业高中建筑施工专业教学研讨会议,建设部教育司的同志出席了会议并进行了专业指导。参加会议的有江苏、山东、辽宁、四川、广东、广西、陕西、浙江等省教委选派的专业教师、教研员和建设部的有关专家。

会议充分肯定了由国家教委职教司与建设部教育司组织编写的上一轮职高建筑类专业教材,认为这轮教材对提高全国职高建筑类专业的教学质量、强化技能训练方面的教学改革起到了一定作用,取得了明显的社会效益,受到了全国各地职高师生的好评。会议审定并通过了全国职业高中建筑施工专业的教学计划与专业课程的教学大纲,落实了国家教委规划教材——建筑施工专业教材的编写工作,成立了“全国职高建筑类专业教学研究组”。

本书就是根据这次会议通过的全国职业高中建筑施工专业教学计划和《建筑结构》课程教学大纲编写的。全书共分七篇三十章,主要内容包括建筑结构概论、混凝土结构、砌体结构、地基与基础、钢结构、木结构和房屋抗震基本知识。

《建筑结构》是建筑施工专业一门重要的专业课。通过本课程的学习,应掌握混凝土、砌体、钢、木等结构构件的受力特点、基本计算方法、主要构造要求以及地基与基础的一般知识,掌握施工人员应必备的结构知识,正确识读和理解结构施工图,指导施工,正确处理施工中遇到的各类结构问题。

本书按我国《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)和新修订的各建筑结构设计规范编写,采用了国务院颁布的《中华人民共和国法定计量单位》。

《建筑结构》由过去独立的四门课程改为一门综合性的课程,这在教学上是一个重大的改变。同时,也提出了在有限的时数内,《建筑结构》课程对建筑施工专业,必须更有针对性的要求。为加强理论与实际的结合,本书第一次提出了在《建筑结构》课程中采用案例教学的尝试。本书的混凝土结构、砌体结构、地基与基础、钢结构、木结构各篇中,编写了各类事故的案例共30个。案例反映了典型事故经验和教训,是活的教材,有助于在学习过程中,通过生动的事实,更好地掌握理论知识。这些案例都编写在各篇的末尾,在教学中可穿插在有关章节中进行。本书各案例主要取材于中国建筑业联合会质量委员会选编的《建筑工程倒塌实例分析》一书。

根据教学大纲的规定,本课程的教学时数为190学时,各部分的参考学时数如下:

|            |       |
|------------|-------|
| 第一篇 建筑结构概论 | 8 学时  |
| 第二篇 混凝土结构  | 80 学时 |

|     |          |       |
|-----|----------|-------|
| 第三篇 | 砌体结构     | 20 学时 |
| 第四篇 | 地基与基础    | 26 学时 |
| 第五篇 | 钢结构      | 28 学时 |
| 第六篇 | 木结构      | 10 学时 |
| 第七篇 | 房屋抗震基本知识 | 6 学时  |
|     | 复习、机动    | 12 学时 |

本书由龚伟、丁灼伟编写，龚伟主编。丁灼伟编写了第18、19章及第20章的一部分，其余各章由龚伟编写。全书经郭继武同志细致审阅，编者表示衷心的感谢。易钟煌、杨胜伟、王军伟、苗凤立、范继昭、王建军、郑慧颖、李胡双、谢才东、朱云卿等同志对本书的编写都提出了很多宝贵意见，编者在此一并致谢。

限于编者水平，书中的不妥及疏漏之处，请读者批评指正。

编 者

1993年6月

# 目 录

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>第一篇 建筑结构概论</b>              |  |
| <b>第一章 绪论</b> .....1           |  |
| 第一节 我国建筑结构发展简介.....1           |  |
| 第二节 建筑结构的分类及其应用.....2          |  |
| 第三节 本课程的基本要求.....3             |  |
| 小结.....3                       |  |
| 复习思考题.....4                    |  |
| <b>第二章 建筑结构荷载</b> .....4       |  |
| 第一节 荷载的分类.....4                |  |
| 第二节 荷载代表值.....4                |  |
| 第三节 恒载.....5                   |  |
| 第四节 楼面及屋面活荷载.....7             |  |
| 第五节 雪荷载.....10                 |  |
| 第六节 风荷载.....13                 |  |
| 小结.....18                      |  |
| 复习思考题.....19                   |  |
| <b>第三章 建筑结构的设计方法</b> .....19   |  |
| 第一节 建筑结构的性能要求.....19           |  |
| 第二节 建筑结构的极限状态.....20           |  |
| 第三节 极限状态设计表达式.....20           |  |
| 小结.....25                      |  |
| 复习思考题.....25                   |  |
| <b>第二篇 混凝土结构</b>               |  |
| <b>第四章 钢筋和混凝土的力学性能</b> .....26 |  |
| 第一节 钢筋和混凝土的共同工作.....26         |  |
| 第二节 钢筋.....27                  |  |
| 第三节 混凝土.....35                 |  |
| 第四节 钢筋与混凝土的粘结及钢筋的作用.....39     |  |
| 小结.....41                      |  |
| 复习思考题.....42                   |  |
| <b>第五章 钢筋混凝土受弯构件</b> .....42   |  |
| 第一节 受弯构件的一般构造.....42           |  |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 第二节 受弯构件正截面承载力的计算.....46           |  |
| 第三节 受弯构件斜截面承载力的计算.....64           |  |
| 小结.....80                          |  |
| 复习思考题.....81                       |  |
| 习题.....81                          |  |
| <b>第六章 钢筋混凝土受压、受拉、受扭构件</b> .....83 |  |
| 第一节 受压构件.....83                    |  |
| 第二节 受拉构件.....93                    |  |
| 第三节 受扭构件.....96                    |  |
| 小结.....99                          |  |
| 复习思考题.....99                       |  |
| 习题.....99                          |  |
| <b>第七章 预应力混凝土结构</b> .....100       |  |
| 第一节 预应力混凝土结构的原理.....100            |  |
| 第二节 预应力损失及预应力钢筋张拉控制应力.....103      |  |
| 第三节 预应力混凝土结构的构造.....106            |  |
| 小结.....111                         |  |
| 复习思考题.....111                      |  |
| <b>第八章 钢筋混凝土楼盖与楼梯</b> .....112     |  |
| 第一节 整体式单向板肋形楼盖.....112             |  |
| 第二节 整体式双向板肋形楼盖.....126             |  |
| 第三节 装配式楼盖.....129                  |  |
| 第四节 楼梯.....134                     |  |
| 小结.....143                         |  |
| 复习思考题.....144                      |  |
| <b>第九章 钢筋混凝土结构单层厂房</b> .....144    |  |
| 第一节 单层厂房的组成及受力特点.....144           |  |
| 第二节 单层厂房的支撑布置.....148              |  |
| 第三节 单层厂房主要构件的类型.....151            |  |
| 第四节 排架计算的基本原理.....158              |  |
| 第五节 单层厂房柱.....161                  |  |
| 小结.....164                         |  |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 复习思考题                         | 165 |
| <b>第十章 多层与高层房屋结构</b>          | 165 |
| 第一节 多层与高层房屋结构的类型              | 165 |
| 第二节 框架结构                      | 168 |
| 第三节 剪力墙结构                     | 174 |
| 小结                            | 179 |
| 复习思考题                         | 179 |
| <b>第十一章 钢筋混凝土特种结构</b>         | 180 |
| 第一节 水塔                        | 180 |
| 第二节 烟囱                        | 183 |
| 第三节 筒仓                        | 185 |
| 小结                            | 188 |
| 复习思考题                         | 189 |
| <b>第十二章 混凝土结构质量事故案例</b>       | 189 |
| 第一节 混凝土结构倒塌事故原因综述             | 189 |
| 第二节 案例                        | 191 |
| <b>第三篇 砌体结构</b>               |     |
| <b>第十三章 砌体的力学性能和砌体结构的计算原理</b> | 201 |
| 第一节 砌体材料                      | 201 |
| 第二节 砌体的种类及力学性能                | 203 |
| 第三节 砌体结构的计算原理                 | 206 |
| 小结                            | 210 |
| 复习思考题                         | 211 |
| <b>第十四章 砌体结构构件承载力的计算</b>      | 211 |
| 第一节 受压构件的计算                   | 211 |
| 第二节 局部受压的计算                   | 217 |
| 小结                            | 222 |
| 复习思考题                         | 222 |
| 习题                            | 222 |
| <b>第十五章 混合结构墙、柱设计</b>         | 223 |
| 第一节 房屋的空间工作和静力计算方案            | 223 |
| 第二节 墙、柱高厚比的验算                 | 225 |
| 第三节 刚性方案房屋的计算                 | 229 |
| 第四节 砌体结构中的圈梁与过梁               | 233 |
| 第五节 砌体结构的构造要求                 | 239 |
| 小结                            | 242 |
| 复习思考题                         | 242 |
| 习题                            | 242 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <b>第十六章 砌体结构质量事故案例</b> | 243 |
| 第一节 砌体结构倒塌事故原因综述       | 243 |
| 第二节 案例                 | 244 |

## 第四篇 地基与基础

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| <b>第十七章 土的工程分类和地基计算</b> | 255 |
| 第一节 土的物理性质及分类           | 255 |
| 第二节 地基中的应力及地基变形         | 259 |
| 第三节 工程地质勘察与地基承载力        | 268 |
| 小结                      | 276 |
| 复习思考题                   | 277 |
| 习题                      | 277 |
| <b>第十八章 基础</b>          | 278 |
| 第一节 天然地基上的浅基础           | 278 |
| 第二节 桩基础                 | 291 |
| 小结                      | 298 |
| 复习思考题                   | 298 |
| <b>第十九章 地基处理</b>        | 298 |
| 第一节 压实                  | 299 |
| 第二节 换土                  | 301 |
| 第三节 挤密                  | 303 |
| 第四节 排水固结                | 303 |
| 第五节 其他加固方法              | 304 |
| 小结                      | 305 |
| 复习思考题                   | 305 |
| <b>第二十章 地基与基础质量事故案例</b> | 306 |
| 第一节 地基与基础质量事故原因综述       | 306 |
| 第二节 案例                  | 307 |

## 第五篇 钢结构

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第二十一章 钢材及钢结构的计算方法</b> | 313 |
| 第一节 钢材                   | 313 |
| 第二节 钢结构的计算方法和设计指标        | 318 |
| 小结                       | 321 |
| 复习思考题                    | 321 |
| <b>第二十二章 钢结构的连接</b>      | 322 |
| 第一节 焊接                   | 322 |
| 第二节 螺栓连接                 | 334 |
| 小结                       | 342 |
| 复习思考题                    | 342 |
| 习题                       | 343 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第二十三章 钢结构构件的计算</b> .....  | 343 |
| 第一节 轴心受力构件.....              | 343 |
| 第二节 受弯构件.....                | 348 |
| 第三节 偏心受力构件.....              | 356 |
| 小结.....                      | 356 |
| 复习思考题.....                   | 357 |
| 习题.....                      | 367 |
| <b>第二十四章 钢屋架</b> .....       | 357 |
| 第一节 钢屋架的形式.....              | 357 |
| 第二节 支撑.....                  | 359 |
| 第三节 钢屋架的计算与构造.....           | 362 |
| 小结.....                      | 369 |
| 复习思考题.....                   | 370 |
| <b>第二十五章 钢结构质量事故案例</b> ..... | 370 |
| 第一节 钢屋盖倒塌原因综述.....           | 370 |
| 第二节 案例.....                  | 371 |

## 第六篇 木 结 构

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第二十六章 木结构构件及连接的构造与计算</b> ..... | 378 |
| 第一节 木结构的计算方法.....                 | 378 |
| 第二节 木结构构件的计算.....                 | 383 |
| 第三节 木结构的连接.....                   | 388 |
| 小结.....                           | 392 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 复习思考题.....                   | 393 |
| <b>第二十七章 木屋盖</b> .....       | 393 |
| 第一节 木屋面及吊顶的构造.....           | 393 |
| 第二节 木屋架及钢木屋架.....            | 395 |
| 第三节 木屋盖的支撑和锚固.....           | 401 |
| 小结.....                      | 403 |
| 复习思考题.....                   | 404 |
| <b>第二十八章 木结构质量事故案例</b> ..... | 404 |
| 第一节 木结构倒塌原因综述.....           | 404 |
| 第二节 案例.....                  | 405 |

## 第七篇 房屋抗震基本知识

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第二十九章 地震及抗震的一般知识</b> ..... | 411 |
| 第一节 地震的震级与烈度.....             | 411 |
| 第二节 地震对建筑物的作用.....            | 414 |
| 第三节 抗震设防原则.....               | 416 |
| 小结.....                       | 418 |
| 复习思考题.....                    | 418 |
| <b>第三十章 房屋抗震措施</b> .....      | 418 |
| 第一节 抗震设计、施工及材料的基本要求.....      | 418 |
| 第二节 多层砌体房屋的抗震措施.....          | 420 |
| 小结.....                       | 429 |
| 复习思考题.....                    | 429 |

# 建筑概论

## 第一章 绪 论

### 第一节 我国建筑结构发展简介

在建筑中,由若干构件(如板、梁、柱等)连接而构成的能承受荷载和其他间接作用(如温度变化、地基不均匀沉降等)的体系,叫做建筑结构<sup>①</sup>。建筑结构在建筑中起骨架作用,是建筑的重要组成部分。

建筑结构是工程结构(包括建筑结构、桥梁结构、水工结构、电力工程结构等)的一部分,因此建筑结构的发展必然离不开整个工程结构的发展;又由于建筑结构是用各种材料(木、砖石、钢、混凝土等)制成的,所以建筑结构的发展与建筑材料的发展也有着密切的关系。

大量的考古发掘资料表明,早在新石器时代末期(约 4500~6000 年前),我国就已出现了地面木架建筑 and 木骨泥墙建筑。到公元前 2000 年(约相当于夏代),则有夯土的城墙,其后出现了烧制的砖和瓦。我国最早应用的建筑结构是木结构与砖石结构。

我国历代沿用的木结构建筑别具一格,其特点是以梁、柱组成的构架承重,墙体则主要起填充、防护作用。从保存至今已达千年之久的山西五台山佛光寺大殿(建于公元 857 年)可以看出,远溯至唐代即已形成了完整的结构体系。高达 66 米蔚然壮观的山西应县木塔(建于公元 1056 年)集中地反映了我国古代木结构建筑的高超水平。

我国古代砖石结构主要用于城墙、佛塔、穹拱佛殿以及石桥等。举世驰名的万里长城,是我国古代劳动人民勇敢、智慧与血汗的结晶,是中华民族的象征。隋代(公元 581~617 年)李春所造河北赵县安济桥,距今已有 1300 多年,其净跨为 37.37 米,为世界上最早的单孔空腹式石拱桥,它在材料使用、结构受力、艺术造型等各方面,都达到了极高的水平。

随着冶炼技术的发展,人类很早就开始采用金属结构。根据历史记载,我国在汉明帝时(公元 65 年),即已在云南的峡谷中用铁链作吊桥。现在保存下来的四川泸定县大渡河铁索桥系清康熙 45 年(公元 1706 年)建,桥跨长 103 米,宽 2.8 米,1935 年中国工农红军长征中曾强渡此桥,由此更加闻名。广州光孝寺的铁塔是我国现存铁塔中年代最早的一座,它建于南汉大宝 6 年(公元 963 年),塔高 7.09 米,共分七层,精致复杂,极富艺术价值,反映了当时我国冶炼、铸造的技术水平。湖北当阳县玉泉寺的金塔系北宋嘉佑 6 年(公元 1061 年)建,高 17.9 米,八角十三级,重 53.3 吨,是我国现存最高、最重的铁塔。

<sup>①</sup> 根据《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》的规定:在不致混淆时,建筑结构可简称结构。

上述成就以及至今保存完好的其他建筑表明,我国古代在建筑结构的应用范围与建造技术等各方面,都已达到了相当高的水平。

19世纪水泥问世,随之出现了混凝土结构,这大大地促进了建筑结构的发展。但在鸦片战争之后,我国由于半封建半殖民地制度的束缚,科学技术发展十分缓慢,因此混凝土结构未能得到应有的发展。

新中国成立以后,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,建筑结构的发展十分迅速。在短短的40几年间,不论在建筑材料、工程设计、施工技术以及理论研究等各方面我国均已取得了长足的进步,相当一部分工程在规模和技术上已达到了世界的先进水平。北京人民大会堂跨度60米的钢屋架、南京长江大桥(正桥为128米+9×160米)、首都体育馆的平板网架(99米×112.2米)、63层的广东国际大厦(200.18米)、上海跨越黄浦江跨度为400米的斜拉桥、北京高达442米的中央电视塔,这些都标志着我国的建筑结构已开始进入世界先进的技术行列。同时,也是我国社会主义建设事业取得伟大成就的例证。

## 第二节 建筑结构的分类及其应用

根据所用材料的不同,建筑结构分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构。

混凝土结构是钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、素混凝土结构的总称,其中目前应用最广泛的是钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构的主要优点是强度高、耐久、抗震性能好,并具有可塑性,可制成各种形状;其缺点是自重大、抗裂能力差、现浇时耗费模板多、工期长等。钢筋混凝土结构广泛应用于工业与民用建筑中,一些特种结构,如烟囪、水塔、筒仓、挡土墙等也主要用钢筋混凝土建造。随着建筑技术的发展,钢筋混凝土结构的缺点正逐步得到克服,例如采用轻骨料混凝土减轻自重,采用预应力混凝土提高构件的抗裂性,采用预制构件克服模板耗费多和工期长的缺点等。

砌体结构是以砌体为主制作的结构,包括砖结构、石结构和其他材料的砌块结构。砌体结构的主要优点是造价低廉、耐火性高、工艺简单、施工方便;其缺点是自重大、强度较低、抗震性能差、施工速度缓慢、不能适应建筑工业化的要求等。砌体结构因能就地取材,所以在工业与民用建筑中得到了广泛的应用,特别是在村镇建设中主要是采用砌体结构。砌体结构除应用于单层和多层建筑中外,在特种结构中,如烟囪、水塔、小型水池等也常采用。

钢结构是用钢材制作的结构。钢结构的优点是强度高、重量轻、材质均匀、制作简单、运输方便;缺点是易锈蚀、维修费用高、耐火性能差等。钢结构主要用于大跨度屋盖、高层建筑、重型工业厂房、承受动力荷载的结构以及塔桅结构中。应当指出,钢材是国民经济各部门中不可缺少的重要材料,价格比较昂贵,因此在建设中应合理使用,最大限度地节约钢材。

木结构是以木材为主制作的结构。木结构的优点是能就地取材、制作简单、造价较低、便于施工;缺点是木材本身疵病较多、易燃、易腐、结构变形较大。由于木材的用途广泛,而其产量受到自然条件的限制,目前在大、中城市中已限制采用木结构,只是在林区和农村的房屋中还有少

量应用。由于木材易燃、易腐,因此在火灾危险性较大及在经常受潮又不易通风的生产性建筑中不宜应用。

### 第三节 本课程的基本要求

本课程是建筑施工专业的一门重要专业课,包括建筑结构概论、混凝土结构、砌体结构、地基与基础、钢结构、木结构、房屋抗震基本知识七个部分。通过本课程的学习、应达到的基本要求是:

1. 掌握各类结构基本构件的受力特点和计算原理,对常见一般构件能进行计算和复核;
2. 掌握各类结构的主要构造要求,熟悉现行规范中有关结构构造的一般规定;
3. 能识读结构施工图,对一般构件能按设计计算结果绘制;
4. 了解地基土的一般性能,掌握浅基础的设计原理和地基处理的一般知识;
5. 了解地震的基本知识和房屋抗震的主要措施。

本教材是根据我国《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)和现行各有关建筑结构规范编写的,国家标准是建筑工程设计、施工的依据,它反映了我国几十年来建筑结构的科学研究成果和工程实践的经验,是贯彻国家技术经济政策的保证,我们必须熟悉并正确应用。

本课程与“建筑力学”、“建筑材料”、“建筑识图”、“房屋构造”、“建筑施工技术”等课程都有密切的关系,熟悉和掌握上述课程内容,是学好《建筑结构》的基础。

“建筑结构”课对于将从事建筑施工的人员是一门必须掌握的专业知识,只有具备了全面的建筑结构知识,才能正确理解和贯彻设计意图,确定施工方案和组织施工,处理建筑施工中的结构问题,防止发生工程事故,从而保证工程质量。

#### 小 结

1. 在建筑中由若干构件构成的能承受荷载和其他间接作用的体系叫做建筑结构,建筑结构是建筑中的重要组成部分。

2. 我国古代在建筑结构的应用范围和建造技术等方面都已达到相当高的水平,其中主要是木结构与砖石结构。新中国成立后,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,建筑结构的发展特别迅速,一部分工程在规模和技术上已达到世界的先进水平。

3. 建筑结构按建造材料的不同,分为混凝土结构(包括钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和素混凝土结构)、砌体结构、钢结构和木结构。目前,采用最为广泛的是钢筋混凝土结构;木结构因受木材产量的限制,现已很少采用。

4. 本课程对将从事施工工作的人员是一门必修的专业课。通过本课程的学习,应掌握各类结构的受力特点、计算原理、构造要求和施工图的识读与绘制方法,能在施工中正确贯彻设计意图、处理施工中的结构问题,防止发生事故,确保工程质量。

## 复习思考题

- 1-1 什么是建筑结构？简述我国建筑结构的发展。
- 1-2 建筑结构按所用材料的不同共分几类？各有什么优缺点？举出常见的各种结构的例子各一、二种。
- 1-3 本课程有哪些基本要求？在已学过的课程中，有哪些课程与本课程有关？

## 第二章 建筑结构荷载

### 第一节 荷载的分类

• 建筑结构在使用期间和在施工过程中，要承受各种作用：施加在结构上的集中力或分布力（如人群、雪、风、构件自重等）称为直接作用，也称荷载；引起结构外加变形或约束变形的原因（如温度变化、地基不均匀变形、地面运动等）称为间接作用。

结构上的荷载，可分为下列三类：

#### 一、永久荷载

在结构使用期间，其值不随时间变化，或其变化与平均值相比可以忽略不计的荷载称为永久荷载。例如结构自重、土压力等。

永久荷载也称恒荷载或恒载。

#### 二、可变荷载

在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载称为可变荷载。例如楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载等。

可变荷载也称活荷载或活载。

#### 三、偶然荷载

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较短的荷载称偶然荷载。例如爆炸力、撞击力等。

### 第二节 荷载代表值

在结构设计时，应根据不同的设计要求采用不同的荷载数值，即所谓荷载代表值。《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)给出了三种代表值：标准值、准永久值和组合值。标准值是荷载的基本代表值，准永久值和组合值实际上是由标准值乘以相应的系数而得出的。

#### 一、荷载标准值

荷载标准值是指结构在使用期间，在正常情况下出现的最大荷载值。各种荷载标准值是建筑

结构设计时采用的荷载基本代表值。

各荷载标准值的取值详见以下各节。

## 二、可变荷载准永久值

经常作用于结构上的可变荷载称为可变荷载准永久值。

验算结构构件的变形和裂缝时,要考虑荷载长期作用的影响。此时永久荷载应取标准值;可变荷载由于不可能以最大荷载值(即标准值)长期作用于结构构件,因此应取经常作用于结构的那部分荷载,它类似于永久荷载的作用,故称准永久值。

可变荷载的准永久值可写成:

$$Q_q = \psi_q Q_k \quad (2-1)$$

式中:  $Q_q$ ——可变荷载准永久值;

$Q_k$ ——可变荷载标准值;

$\psi_q$ ——准永久值系数( $\leq 1.0$ ),见以下有关各节表中。

## 三、可变荷载组合值

当结构同时承受两种或两种以上的可变荷载时,由于各种荷载同时达到其最大值的可能性极小,因此除主导荷载(产生荷载效应最大的荷载)仍以其标准值为代表值外,其他伴随荷载的代表值应小于其标准值,此代表值称为可变荷载组合值。

可变荷载的组合值可写成:

$$Q_c = \psi_c Q_k \quad (2-2)$$

式中:  $Q_c$ ——可变荷载组合值;

$Q_k$ ——可变荷载标准值;

$\psi_c$ ——可变荷载组合值系数,当风荷载与其他可变荷载组合时取 0.6,其他情况取 1.0。

## 第三节 恒 载

恒载是指建筑物建成后长期作用在结构上的不变荷载,如构件的自重、构造层的自重等。恒载的标准值可按构件设计尺寸与材料或结构构件单位体积的自重(或单位面积的自重)平均值确定。常用材料和构件的自重见表 2-1。

对某些自重变化较大的材料或构件(如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件等),在设计中应根据该荷载对结构的有利或不利,考虑采用自重的上限值或下限值(参照表 2-1 中所列)。

当采用某种新材料而无法查到其自重时,应通过调查,对新材料的自重及超重进行统计分析后,再决定其取值。

表 2-1 常用材料和构件的自重

| 名 称        | 自 重                         | 备 注                         |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|
|            | (kN/m <sup>3</sup> )        |                             |
| 冷杉、云杉、红松   | 4~5                         | 随含水率而不同                     |
| 马尾松、云南松、油松 | 5~6                         | 随含水率而不同                     |
| 东北落叶松、陆均松  | 6~7                         | 随含水率而不同                     |
| 锯末         | 2~2.5                       | 加防腐剂时为 3kN/m <sup>3</sup>   |
| 钢          | 78.5                        |                             |
| 铝合金        | 28                          |                             |
| 粘土         | 13.5                        | 干、松,空隙比为1.0                 |
| 粘土         | 16                          | 干, $\varphi=40^\circ$ , 压实  |
| 粘土         | 18                          | 湿, $\varphi=35^\circ$ , 压实  |
| 粘土         | 20                          | 很湿, $\varphi=20^\circ$ , 压实 |
| 花岗岩、大理石    | 28                          |                             |
| 花岗石        | 15.4                        | 片石堆置                        |
| 普通砖        | 18                          | 240×115×53mm—684 块          |
| 普通砖        | 19                          | 机器制                         |
| 粘土空心砖      | 11~14.5                     | 能承重                         |
| 粘土空心砖      | 9~11                        | 不能承重                        |
| 石灰砂浆、混合砂浆  | 17                          |                             |
| 水泥砂浆       | 20                          |                             |
| 膨胀珍珠岩砂浆    | 7~15                        |                             |
| 素混凝土       | 22~24                       | 振捣或不振捣                      |
| 沥青混凝土      | 20                          |                             |
| 加气混凝土      | 5.5~7.5                     | 单块                          |
| 钢筋混凝土      | 24~25                       |                             |
| 普通玻璃       | 25.6                        |                             |
| 建筑碎料(建筑垃圾) | 15                          |                             |
| 浆砌毛方石      | 24.8                        | 花岗石上下面大致平整                  |
| 浆砌毛方石      | 24                          | 石灰石                         |
| 浆砌毛方石      | 20.8                        | 砂岩                          |
| 浆砌普通砖      | 18                          |                             |
| 浆砌机砖       | 19                          |                             |
| 粘土砖空斗墙     | 17                          | 中填碎瓦砾,一眠一斗                  |
| 粘土砖空斗墙     | 13                          | 全斗                          |
| 粘土空心砖砌墙    | 12.5                        | 不能承重                        |
| 粘土空心砖砌墙    | 15                          | 能承重                         |
| 浆砌矿渣砖      | 21                          |                             |
|            | (kN/m <sup>2</sup> )        |                             |
| 双面抹灰板条隔墙   | 0.9                         | 每面灰厚16~24mm,龙骨在内            |
| 单面抹灰板条隔墙   | 0.5                         | 灰厚16~24mm,龙骨在内              |
| 水泥粉刷墙面     | 0.36                        | 20 mm 厚,水泥粗砂                |
| 水磨石墙面      | 0.55                        | 25 mm 厚,包括打底                |
| 水刷石墙面      | 0.5                         | 25mm厚,包括打底                  |
| 木屋架        | $0.07+0.007\times\text{跨度}$ | 按屋面水平投影面积计算,跨度以m计           |
| 钢屋架        | $0.12+0.011\times\text{跨度}$ | 无天窗、包括支撑,按屋面水平投影面积计算,跨度以米计  |
| 木框玻璃窗      | 0.2~0.3                     |                             |

续表

| 名 称             | 自 重                  | 备 注                        |
|-----------------|----------------------|----------------------------|
|                 | (kN/m <sup>2</sup> ) |                            |
| 钢框玻璃窗           | 0.4~0.45             |                            |
| 木门              | 0.1~0.2              |                            |
| 钢铁门             | 0.4~0.45             |                            |
| 粘土平瓦屋面          | 0.55                 | 按实际面积计算,下同                 |
| 水泥平瓦屋面          | 0.5~0.55             |                            |
| 小青瓦屋面           | 0.9~1.1              |                            |
| 冷摊瓦屋面           | 0.5                  |                            |
| 波形石棉瓦           | 0.2                  | 1820×725×8mm               |
| 油毡防水层           | 0.25~0.3             | 四层作法,一毡二油上铺小石子             |
| 油毡防水层           | 0.3~0.35             | 六层作法,二毡三油上铺小石子             |
| 油毡防水层           | 0.35~0.4             | 八层作法,三毡四油上铺小石子             |
| 地板格栅            | 0.2                  | 仅格栅重                       |
| 硬木地板            | 0.2                  | 厚 25mm,剪刀撑、钉子等自重在内,不包括格栅自重 |
| 水磨石地面           | 0.65                 | 10mm面层,20mm水泥砂浆打底          |
| 麻刀灰板条顶棚         | 0.45                 | 吊木在内,平均灰厚 20mm             |
| 砂子灰板条顶棚         | 0.55                 | 吊木在内,平均灰厚25mm              |
| V 型轻钢龙骨及铝合金龙骨吊顶 | 0.1~0.12             | 一层矿棉吸音板厚15mm,无保温层          |

第四节 楼面及屋面活荷载

一、民用建筑楼面活荷载

楼面活荷载是指作用在楼面上的家具、设备、人员等活荷载。其类型较多,作用位置多变,比较复杂。但在设计时,不必计算每个构件所受的最不利荷载,而是根据典型房间中家具、设备、人员所处的最不利位置,按弯矩等效原则,将实际荷载换算为等效均布活载,再经分析统计,从而确定活荷载的标准值。民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其准永久值系数见表 2-2。

表 2-2 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其准永久值系数

| 项 次 | 类 别                       | 标准值(kN/m <sup>2</sup> ) | 准永久值系数 $\psi_k$ |
|-----|---------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1   | 住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园 | 1.5                     | 0.4             |
| 2   | 教室、试验室、阅览室、会议室            | 2.0                     | 0.5             |
| 3   | 食堂、办公楼中的一般资料档案室           | 2.5                     | 0.5             |
| 4   | 礼堂、剧场、电影院、体育场及体育馆的看台:     |                         |                 |
|     | (1) 有固定座位                 | 2.5                     | 0.3             |
|     | (2) 无固定座位                 | 3.5                     | 0.3             |
| 5   | 展览馆                       | 3.0                     | 0.5             |
| 6   | 商店                        | 3.5                     | 0.5             |
| 7   | 车站大厅、候车室、舞台、体操室           | 3.5                     | 0.5             |

续表

| 项次 | 类别                           | 标准值<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 准永久值<br>系数 $\psi_k$ |
|----|------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 8  | 藏书库、档案库                      | 5.0                         | 0.8                 |
| 9  | 停车库:                         |                             |                     |
|    | (1) 单向板楼盖(板跨不小于2m)           | 4.0                         | 0.6                 |
|    | (2) 双向板楼盖和无梁楼盖(柱网尺寸不小于6m×6m) | 2.5                         | 0.6                 |
| 10 | 厨房                           | 2.0                         | 0.5                 |
| 11 | 浴室、厕所、盥洗室:                   |                             |                     |
|    | (1) 对第一项中的民用建筑               | 2.0                         | 0.4                 |
|    | (2) 对其它民用建筑                  | 2.5                         | 0.5                 |
| 12 | 走廊、门厅、楼梯:                    |                             |                     |
|    | (1) 住宅、托儿所、幼儿园               | 1.5                         | 0.4                 |
|    | (2) 宿舍、旅馆、医院、办公楼             | 2.0                         | 0.4                 |
|    | (3) 教室、食堂                    | 2.5                         | 0.5                 |
|    | (4) 礼堂、剧场、电影院、看台、展览馆         | 3.5                         | 0.3                 |
| 13 | 挑出阳台                         | 2.5                         | 0.5                 |

注: ①本表所给各项活荷载适用于一般使用条件,当使用荷载较大时,应按实际情况采用。

②第9项活荷载只适用于停放轿车的车库。

③第12项楼梯活荷载,对预制楼梯踏步平板,尚应按1.5kN集中荷载验算。

④第13项挑出阳台荷载。当人群有可能密集时,宜按3.5kN/m<sup>2</sup>采用。

⑤本表各项荷载未包括隔墙自重。

楼面均布活荷载的标准值是正常使用情况下可能出现的最大值,但对负荷面积较大的梁,达到满载的可能性则很小。对多层及高层房屋,其楼层越多,荷载满布且又达到最大值的可能性也越小。基于上述原因,荷载规范规定,当设计楼面梁、墙、柱及基础时,表2-2中的楼面活荷载标准值应区别情况乘以折减系数。例如对住宅、办公楼,当楼面梁从属面积超过25m<sup>2</sup>时,设计楼面梁时的折减系数为0.9(楼面梁从属面积是指梁两侧各延伸1/2梁间距范围内的实际面积);设计墙、柱、基础时,其折减系数见表2-3。

表 2-3 活荷载按楼层数的折减系数

| 墙、柱、基础计算截面以上的层数     | 1              | 2~3  | 4~5  | 6~8  | 9~20 | >20  |
|---------------------|----------------|------|------|------|------|------|
| 计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数 | 1.00<br>(0.90) | 0.85 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 0.55 |

注: ①当楼面梁的从属面积超过25m<sup>2</sup>时,采用括号内的系数;

②本表适用于表2-2中第1项建筑,其余另见荷载规范。

二、屋面均布活荷载

屋面上的活荷载分“上人”和“不上人”两类。上人的屋面承受人群活荷载,不上人的屋面则只是承受施工检修时施工、检修人员以及堆料等重量。工业与民用建筑屋面水平投影面上均布