

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIANZHUJIEGOU SHEJI

建筑结构设计

李碧雄 主 编
傅昶彬 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

Design for Building Structure

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIANZHUJIEGOU SHEJI

建筑结构设计

主 编 李碧雄

副主编 傅昶彬

编 写 李章政 贾正甫

主 审 王 珊

1. 中国建筑科学研究院. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
2. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
3. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
4. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
5. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
6. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
7. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
8. 中国建筑工业出版社. 建筑结构设计统一标准 (GB 50001—2001). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
9. 北京钢铁设计研究院. 目 录. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
10. 中华人民共和国. 编写 李章政 贾正甫. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001
11. 罗振午. 土木工程概论. 武汉: 武汉大学出版社, 2002
12. 王肇民. 建筑结构设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
13. 徐占发. 建筑结构设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
14. 东南大学. 建筑结构设计. 南京: 东南大学出版社, 2002
15. 天津大学等. 混凝土结构(下册). 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
16. 熊峰, 李章政, 贾正甫, 李碧雄. 结构设计原理. 北京: 科学出版社, 2002
17. 周克荣, 顾祥林, 苏小革. 混凝土结构设计. 上海: 同济大学出版社, 2001
18. 日本建筑构造技术者协会. 王跃译. 图说建筑结构. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
19. 清华大学等. 混凝土结构(下册)第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
20. 徐智明, 张喜英. 混凝土结构及砌体结构(下册). 北京: 中央广播电视大学出版社, 1995
21. 董其珪. 轻型钢结构. 北京: 中国科学技术出版社, 2004
22. 董其珪. 轻型钢结构. 北京: 中国科学技术出版社, 2004
23. 董其珪. 轻型钢结构. 北京: 中国科学技术出版社, 2004
24. 轻型钢结构设计指南(实例与图集)第二版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
25. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
26. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
27. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
28. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
29. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
30. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
31. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990
32. 包华. 轻型钢结构设计. 北京: 清华大学出版社, 1990



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共七章,主要包括建筑设计概述、梁板结构、混凝土单层厂房结构、轻型门式刚架结构设计、多层框架结构、混合结构房屋设计以及钢屋盖等。本书将钢筋混凝土、钢结构及砌体结构三种建筑结构进行整合,强调基本概念和基本原理的应用,重点突出,内容深入浅出,并辅以实例。同时,每章都配有思考题和习题。

本书可作为高等院校土木工程专业教材,也可作为从事土木工程设计、施工、监理的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构设计/李碧雄主编. —北京:中国电力出版社, 2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-6745-3

I. 建… II. 李… III. 建筑结构-结构设计-高等学校-教材 IV. TU318

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017281 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008 年 2 月第一版 2008 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.25 印张 769 千字

定价 45.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

作为“结构设计原理”的后续课程,“建筑结构设计”是土木工程专业的专业类核心课程,也是建筑工程课群组的必修课程。为了适应大土木工程专业整合后专业培养方案的需要,本书对原有的结构设计类课程进行了重新整合,以结构设计过程为体系,将原来的混凝土结构、钢结构和砌体结构的结构设计有机地组织在一起,突出设计方法的介绍。

本书根据我国现行的结构设计规范编写,在编写过程中,力求尊重学习规律和教学规律,强调基本概念和基本原理的应用,重点突出,内容深入浅出,并辅以实例帮助读者学习和理解。同时,每章都配有思考题和习题,并注意题目的综合性和实践性。

全书第一、二、五章及附录由四川大学李碧雄编写,第三章由李章政编写,第四、七章由傅昶彬编写,第六章由贾正甫编写,全书由李碧雄统稿。北方工业大学王珊教授审阅了全书。

本书在编写过程中,参考并引用了一些公开出版或发表的文献,在此谨向作者表示衷心的感谢。

本书的出版得到了四川大学的资助。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008年1月于四川大学

目 录

前言

第一章 建筑结构设计概述	1
第一节 建筑结构	1
第二节 建筑结构的荷载	2
第三节 建筑结构的耐火设计	10
第四节 建筑结构设计程序	15
思考题	18
第二章 梁板结构	19
第一节 概述	19
第二节 单向板梁板结构	21
第三节 双向板梁板结构	54
第四节 整体式无梁楼盖	67
第五节 装配式梁板结构	74
第六节 整体式楼梯和雨篷	79
思考题	89
习题	90
第三章 混凝土单层厂房结构	92
第一节 单层厂房概述	92
第二节 单层厂房结构的组成与布置	95
第三节 排架结构内力计算	104
第四节 单层厂房柱设计	117
第五节 屋盖结构设计	125
第六节 吊车梁和基础梁设计	135
第七节 单层厂房排架柱设计计算实例	138
思考题	156
习题	156
第四章 轻型门式刚架结构设计	158
第一节 结构概述	158
第二节 计算模型、作用及作用效应组合	161
第三节 主刚架设计	165
第四节 檩条设计	184
第五节 轻型门式刚架结构设计实例	194
思考题	208
习题	208

第五章 多层框架结构	210
第一节 框架结构的结构组成和布置	210
第二节 多层多跨框架结构内力与位移的近似计算方法	220
第三节 控制截面的内力组合	239
第四节 抗震结构的延性要求及延性框架	242
第五节 框架梁柱的设计	244
第六节 抗震框架节点区的设计及构造要求	261
第七节 多层多跨钢框架设计	267
第八节 多层钢筋混凝土框架结构设计实例	287
思考题	307
习题	308
第六章 混合结构房屋设计	311
第一节 砌体材料的力学性能及构件承载力计算	311
第二节 混合结构房屋的结构布置	353
第三节 混合结构房屋结构设计	358
第四节 混合结构房屋墙、柱设计	374
第五节 混合结构房屋水平构件设计	391
第六节 地下室墙体的设计	408
第七节 混合结构房屋的构造措施	415
思考题	418
习题	419
第七章 钢屋盖	421
第一节 钢屋盖结构形式	421
第二节 普通钢屋架设计	439
思考题	465
习题	465
附录	
附录 1 常用材料自重	466
附录 2 楼面和屋面活荷载	467
附录 3 屋面积雪分布系数	469
附录 4 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	471
附录 5 双向板计算系数	479
附录 6 单阶柱柱顶反力和水平位移系数值	483
附录 7 全国基本雪压分布图	487
附录 8 雪荷载准永久值系数分区图	488
附录 9 全国基本风压分布图	489
附录 10 常用构件代号	490
参考文献	491

第一章 建筑结构设计概述

第一节 建筑结构

建筑结构是房屋建筑的骨架,该骨架是由若干基本构件通过一定连接方式构成的整体,能安全可靠地承受并传递各种荷载和间接作用。

在房屋建筑结构中,由板、梁形成的梁板结构、用杆件做成的桁架或网架结构等组成房屋的水平承重结构,一般作为房屋的楼盖和屋盖。由柱、墙或用墙围成的井筒组成房屋的竖向承重结构,房屋上的所有作用都由它承受并通过基础传到地基中去,因此竖向承重结构是房屋的主体结构。以上两部分构成了房屋的上部结构。房屋的下部结构——地下室和基础既可以做成水平方向结构,如筏板基础、联合基础、条形基础等;也可做成竖向结构,如柱下单独基础、深入坚实土层或岩层的桩基础;还可以做成兼有水平和竖向结构的箱形基础。

房屋的水平承重结构和竖向承重结构密切相关。竖向结构的间距越大,其所用建筑材料越少,但因水平方向结构的跨度随之增大,相应地后者所需的截面高度就会加大,所用材料必然增多。因此,一个好的结构设计应该综合考虑水平结构和竖向结构之间的协调,以获得良好的使用功能性及经济性。

图 1-1 为某建筑结构的受力示意图。合理的结构体系必须具有荷载传递路径明确、直接。一般地,荷载的传递途径如下:①楼面竖向荷载—板—梁—柱—柱下基础—地基,或楼面竖向荷载—板—墙—墙下基础;②水平风荷载—外墙(纵墙)—楼盖—横墙—横墙基础—地基,或水平风荷载—外墙(纵墙)—外纵墙基础—地基。

建筑物有不同的使用功能和不同的建筑规模,故有多种结构类型。

建筑结构按构件组成结构的方式(即结构承重体系)不同,可分为框架结构、混合结构、排架结构、框架—剪力墙结构、剪力墙结构、筒体结构等。

按所采用结构材料的不同,建筑结构可分为钢筋混凝土结构、钢结构、砌体结构、木结构及组合结构等。

根据建筑的规模及用途的不同,有单层厂房、多层轻工业厂房、多层民用建筑、高层建筑、大跨度结构和其他特种结构之分。

各种类型结构的设计都要贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。结构设计时,应从工程实际出发,合理选用材料、结构方案和构造措施。

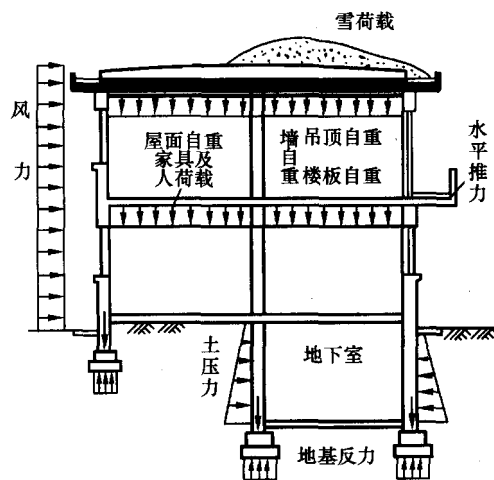


图 1-1 建筑结构受力图

第二节 建筑结构的荷载

所有能使结构产生内力和变形的原因统称为作用。除了直接以力的形式出现的作用会在结构中产生内力或变形,其他如温度的变化、混凝土收缩、基础不均匀沉降也可在结构中产生内力和变形。直接以力的形式出现的作用称为直接作用,即荷载;其他作用则称为间接作用。建筑结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行设计。间接作用对结构的影响在结构设计过程中也应予以考虑。

一、荷载的分类

结构上的荷载按作用时间的变异性可分为:

(1) 永久荷载,在结构设计基准期内其值不随时间而变化,或变化值与平均值相比可以忽略不计的荷载。例如,结构自重、土压力、固定设备重、预应力混凝土中的预应力等。对于由材料自身重量产生的荷载,即结构自重标准值,可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的容重计算确定,常用建筑材料自重见附录 1。

(2) 可变荷载,在结构设计基准期内其值随时间而变化,且其变化值与平均值相比不可忽略的荷载。例如,楼面活荷载、屋面活荷载和积灰荷载、吊车荷载、风荷载、雪荷载等。可变荷载的标准值一般应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)中的相关规定确定。

(3) 偶然荷载,在设计基准期内不一定出现,而一旦出现其值很大且持续时间很短的作用。例如爆炸力、撞击力等。

结构上的荷载按结构反应的特点可分为:

(1) 静态荷载,使结构产生的加速度可以忽略不计的荷载。

(2) 动态荷载,使结构产生的加速度不可忽略不计的荷载。建筑结构设计动力计算,在有充分依据时,可将重物或设备的自重乘以动力系数后,按静力计算设计。搬运和装卸重物以及车辆启动和刹车的动力系数,可以取 1.1~1.2;直升机在屋面上的荷载,也应乘以动力系数 1.4,其动力荷载只传至楼板和梁。

二、楼面和屋面活荷载

1. 民用建筑楼面均布活荷载

民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值、准永久值及相应的频遇值系数和准永久值系数,应按附录 2 或《建筑结构荷载规范》4.1.1 条的规定采用。设计楼面梁、墙、柱及基础时,楼面活荷载标准值应按 GB 50009—2001 要求乘以规定的折减系数。

楼面结构上的局部荷载可按 GB 50009—2001 附录 B 的规定,换算为等效均布荷载。

2. 工业建筑楼面活荷载

工业建筑楼面在生产使用或安装检修时,由设备、管道、运输工具及可能拆移的隔墙产生的局部荷载,均应按实际情况考虑,可采用等效均布活荷载代替。

工业建筑楼面上无设备区域的操作荷载,包括操作人员、一般工具、零星原料和成品的自重,可按均布活荷载考虑,采用 2.0kN/m^2 。

3. 屋面活荷载

房屋建筑屋面水平投影面上的屋面均布活荷载,应按表 1-1 采用。屋面均布活荷载不应与雪荷载同时进行组合。

表 1-1

屋面均布活荷载

项次	类 别	标准值 (2.0kN/m^2)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5

- 注 1. 不上人屋面, 当施工或检修荷载较大时, 应按实际情况采用; 对不同结构应按有关设计规范的规定, 将标准值作 0.2kN/m^2 的增减;
2. 上人屋面, 当兼作其他用途时, 应按相应的楼面活荷载采用;
3. 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载, 应采取构造措施加以防止; 必要时, 应按积水的可能深度确定屋面活荷载;
4. 屋顶花园活荷载不包括花圃土石等材料自重。

设计生产中有大量排灰的厂房及其相邻近建筑时, 对于具有一定除尘设施和保证清灰制度的机械、冶金、水泥等的厂房屋面, 其水平投影面上的屋面积灰荷载应分别按荷载规范的相关规定或本书附表 2-2 采用。积灰荷载应与雪荷载或不上人的屋面均布活荷载两者中的较大值同时考虑。

4. 施工和检修荷载及栏杆水平荷载

设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、雨篷和预制小梁时, 施工或检修集中荷载 (人和小工具的自重) 应取 1.0kN , 并应在最不利位置处进行验算。当计算宽度较大的挑檐、雨篷承载力时, 应沿板宽每隔 1.0m 取一个集中荷载; 在验算挑檐、雨篷倾覆时, 可根据实际可能的情况, 增加集中荷载间距, 沿板宽每隔 $2.5\sim 3.0\text{m}$ 取一个集中荷载。

楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆顶部水平荷载, 应按荷载规范的有关规定采用。

当采用荷载准永久组合时, 可不考虑施工和检修荷载及栏杆水平荷载。

5. 雪荷载

屋面上水平投影面上的雪荷载标准值, 应按下式计算

$$s_k = \mu_r s_0 \quad (1-1)$$

式中 s_k ——雪荷载标准值, kN/m^2 ;

μ_r ——屋面积雪分布系数, 应根据不同类别的屋顶形式, 按附录 3 或《建筑结构荷载规范》的规定采用;

s_0 ——基本雪压, kN/m^2 , 可按附录 8 或《建筑结构荷载规范》附录 D. 4 中附表 D. 4 给出的 50 年一遇的雪压采用。

雪荷载的组合值系数可取 0.7; 频遇值系数可取 0.6; 准永久值系数应按雪荷载分区 I、II、III 的不同, 分别取 0.5、0.2 和 0, 具体情况见附录 8。

设计建筑结构及屋面的承重构件时, 积雪的分布情况可按下列规定采用:

- (1) 屋面板和檩条按积雪不均匀分布的最不利情况采用;
- (2) 屋架和拱壳可分别按积雪全跨均匀分布情况、不均匀分布的情况和半跨的均匀分布情况采用;
- (3) 框架和柱可按积雪全跨的均匀分布情况采用。

三、风荷载

空气流动形成的风遇到建筑物时,在建筑物表面产生的压力或吸力即建筑物上的风荷载。风载的大小主要与近地风的性质、风速、风向有关,和建筑物所在地区的地貌和周围环境有关,同时和建筑物本身的高度、形状以及表面状态有关。

(一) 风荷载标准值

垂直于建筑物表面上的风荷载标准值,应按下述公式计算:

(1) 当计算主要承重结构时,应为

$$w_k = \beta_z \mu_z \mu_s w_0 \quad (1-2)$$

式中 w_k ——风荷载标准值, kN/mm^2 ;

β_z —— z 高度处的风振系数;

μ_z —— z 高度处的风压高度变化系数;

μ_s ——风载体型系数;

w_0 ——基本风压, kN/mm^2 。

(2) 当计算围护结构时,应为

$$w_k = \beta_{gz} \mu_z \mu_{s1} w_0 \quad (1-3)$$

式中 β_{gz} —— z 高度处的阵风系数;

μ_{s1} ——局部风压体型系数。

风荷载的组合值、频遇值和准永久值系数可分别取 0.6、0.4 和 0。

1. 基本风压 w_0

基本风压按附录 9 或《按建筑结构荷载规范》附录 D.4 中附表 D.4 给出的风压采用,且不得小于 0.3kN/mm^2 。基本风压 w_0 是根据全国各气象台站历年来的最大风速记录,将不同风速仪高度统一换算为离地 10m 高,自记式风速仪 10min 平均最大风速。根据该风速记录,经统计分析确定重现期为 50 年的基本风速 v_0 ,作为当地的基本风速。再按公式 $w_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2$ 确定基本风压, ρ 为所在地的空气密度。

对于对风荷载比较敏感的高层建筑和高耸结构,以及自重较轻的钢木主体结构,其基本风压仍可由各结构设计规范,根据结构的自身特点,考虑适当提高重现期;对于这类结构的围护结构,其重要性比主体结构低,仍可取 50 年。

2. 风压高度变化系数 μ_z

风速的大小与离地面高度有关,一般近地面处的风速较小,越向上风速逐渐加大,而且风速的变化还与地貌及周围环境有关。因此,风压高度变化系数应根据地面粗糙度类别按表 1-2 确定。

地面粗糙度可分为 A、B、C、D 四类:

A 类指近海海面 and 海岛、海岸、湖岸及沙漠地区;

B 类指田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇和城市郊区;

C 类指有密集建筑群的城市市区;

D 类指有密集建筑群且房屋较高的城市市区。

表 1-2 风压高度变化系数 μ_z

离地面或 海平面高度	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.17	1.00	0.74	0.62
10	1.38	1.00	0.74	0.62
15	1.52	1.14	0.74	0.62
20	1.63	1.25	0.84	0.62
30	1.80	1.42	1.00	0.62
40	1.92	1.56	1.13	0.73
50	2.03	1.67	1.25	0.94
60	2.12	1.77	1.35	0.93
70	2.20	1.86	1.45	1.02
80	2.27	1.95	1.54	1.11
90	2.34	2.02	1.62	1.19
100	2.40	2.09	1.70	1.27
150	2.64	2.38	2.03	1.61
200	2.83	2.61	2.30	1.92
250	2.99	2.80	2.54	2.19
300	3.12	2.97	2.75	2.45
350	3.12	3.12	2.94	2.68
400	3.12	3.12	3.12	2.91
≥450	3.12	3.12	3.12	3.12

对于山区的建筑物，风压高度变化系数可按平坦地面的粗糙度类别，由表 1-2 确定，但应考虑地形条件的修正，修正系数 η 分别按下述规定采用：

(1) 对于山峰和山坡，其顶部 B 处的修正系数可按下述公式采用

$$\eta_B = \left[1 + \kappa \tan\alpha \left(1 - \frac{z}{2.5H} \right) \right]^2 \tag{1-4}$$

式中 $\tan\alpha$ ——山峰或山坡在迎风面一侧的坡度；当 $\tan\alpha > 0.3$ 时，取 $\tan\alpha = 0.3$ ；

κ ——系数，对山峰取 3.2，对山坡取 1.4；

H ——山顶或山坡全高，m；

z ——建筑物计算位置离建筑物地面的高度（m），当 $z > 2.5H$ 时，取 $z = 2.5H$ 。

对于山峰和山坡的其他位置，可按图 1-2 所示，取 A、C 处的修正系数 η_A 、 η_C 为 1，AB 间和 BC 间的修正系数按线性插值确定。

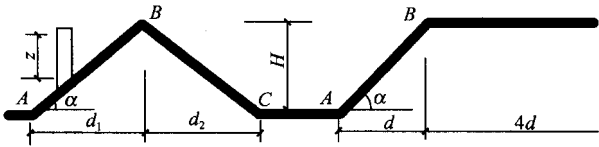


图 1-2 山峰和山坡示意

(2) 山间盆地、谷地等闭塞地形

$$\eta = 0.75 \sim 0.85$$

(3) 对于与风向一致的谷口、山口 $\eta = 1.20 \sim 1.50$

对于远海海面和海岛的建筑物或构筑物，风压高度变化系数可按 A 类粗糙度类别，由表 1-2 确定，但应考虑表 1-3 中给出的修正系数。

表 1-3 远海海面和海岛的修正系数 η

距海岸距离 (m)	η
<40	1.0
40~60	1.0~1.1
60~100	1.1~1.2

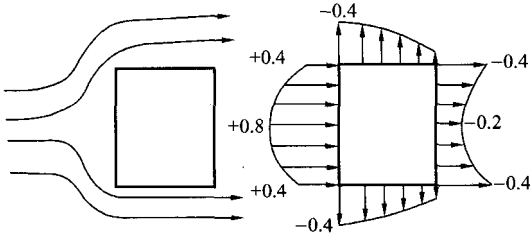


图 1-3 风对建筑物的影响

3. 风载体型系数 μ_s

风载体型系数是指风作用在建筑物表面上所引起的实际压力（或吸力）与风的速度压的比值，描述了建筑物表面在稳定风压作用下的静态压力分布规律，主要与建筑物的体型和尺度有关，也周围环境和地面粗糙度有关。图 1-3 表示流经建筑物的风对建筑物的作用，迎风面为压力（体型系数用+号表示），侧风面及背风面为吸力（体型系数用一号表示）。

计算风荷载对建筑物的整体作用时，只需按各个表面的平均风压计算，即采用各个表面的平均风载体型系数计算。图 1-4 给出了一些典型平面封闭式房屋和构筑物的风载体型系数；图 1-5 为封闭式双坡屋面和封闭式带天窗双坡屋面的风载体型系数；其他情况参看荷载规范。当无参考资料可借鉴，或对于重要且体型复杂的房屋和构筑物，应由风洞试验确定。

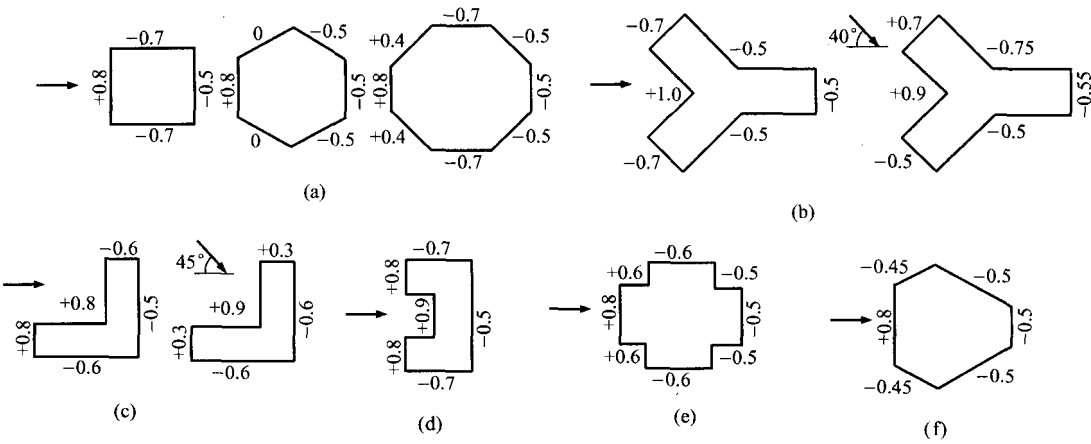


图 1-4 典型平面封闭式房屋的风载体型系数

- (a) 正多边形（包括矩形）平面；(b) Y 型平面；(c) L 型平面；
(d) 口型平面；(e) 十字型平面；(f) 截角三角形平面

4. 局部风载体型系数

在角隅、檐口、边棱处和附属结构的部位，如阳台、雨篷等外挑构件处，局部风压会超过按荷载规范表 7.3.1 中风载体型系数所算的平均风压。因此，验算围护构件及其连接的强度时，应按下列规定采用局部风压体型系数：

- (1) 外表面。正压区：按荷载规范表 7.3.1 采用。负压区：对墙面，取 -1.0；对墙角

边，取-1.8；对周边和屋面坡度大于10°的屋脊部位取-2.2；对檐口、雨篷、遮阳板等突出板件，取-2.0。

(2) 内表面。对封闭式建筑物，按外表面风压的正负情况取-0.2或0.2。

5. 风振系数 β_z

风作用是不规则的，风压随着风速、风向的紊乱变化而不停地改变。通常将风作用的平均值看成稳定风压，即平均风压。实际风压是在平均风压上下波动着。平均风压使建筑物产生一定的侧移，而波动风压则使建筑物在该侧移附近左右摇晃。因此，这种波动风压会在建筑物上产生一定的动力效应。

实测分析表明，风载波动是周期性的，基本周期往往很长，甚至超过60s。而一般多层钢筋混凝土结构的自振周期大约0.4~1s，两者周期相差很大。因而风对一般低层和多层建筑造成的动力效应不大。但是，风载中的短周期成分对高度较大或刚度较小的高层建筑可能会产生一些不可忽略的动力效应，在设计中应予以考虑。

荷载规范规定，对于基本自振周期 T_1 大于0.25s的工程结构，如大跨度屋盖结构及各种高耸结构，以及对于高度大于30m且高宽比大于1.5的房屋，均应考虑风振系数，风振系数的确定参见《高层建筑混凝土结构技术规程》、《高耸结构设计规范》等。其他情况则取 $\beta_z=1.0$ 。

6. 阵风系数 β_{gz}

计算直接承受风压的幕墙构件风荷载时的阵风系数按表1-4确定。

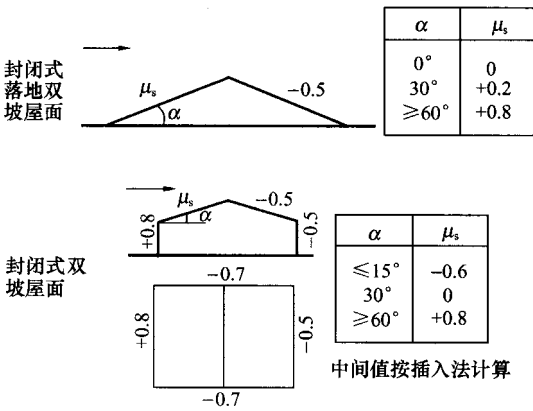


图 1-5 坡屋面的风载体型系数

表 1-4 阵风系数 β_{gz}

离地面高度 (m)	地面粗糙度类别			
	A	B	C	D
5	1.69	1.88	2.30	3.21
10	1.63	1.78	2.10	2.76
15	1.60	1.72	1.99	2.54
20	1.58	1.69	1.92	2.39
30	1.54	1.64	1.83	2.21
50	1.51	1.58	1.73	2.01
60	1.49	1.56	1.69	1.94
70	1.48	1.54	1.66	1.89
80	1.47	1.53	1.64	1.85
90	1.47	1.52	1.62	1.81
100	1.46	1.51	1.60	1.78
150	1.43	1.47	1.54	1.67
200	1.42	1.44	1.50	1.60
250	1.40	1.42	1.46	1.55
300	1.39	1.41	1.44	1.51

(二) 各类建筑结构上的风荷载

1. 单层厂房

单层厂房简化为平面排架计算时,作用在柱顶以下墙面上的风荷载按均布考虑,其风压高度变化系数可按柱顶标高取值。当基础顶面至室外地坪的距离不大时,为简化计算,风荷载可按柱全高计算,不再减去基础顶面至室外地坪那些多算的荷载。若基础埋置较深,则应按实际情况计算。

柱顶至屋脊的屋盖部分的风荷载,仍取均布的,但其对排架的作用则按作用在柱顶的水平集中荷载考虑(如图 1-6 所示)。此时的风压高度变化系数可按下述情况确定:有矩形天窗时,按天窗檐口取值;无矩形天窗时,按厂房檐口标高取值。

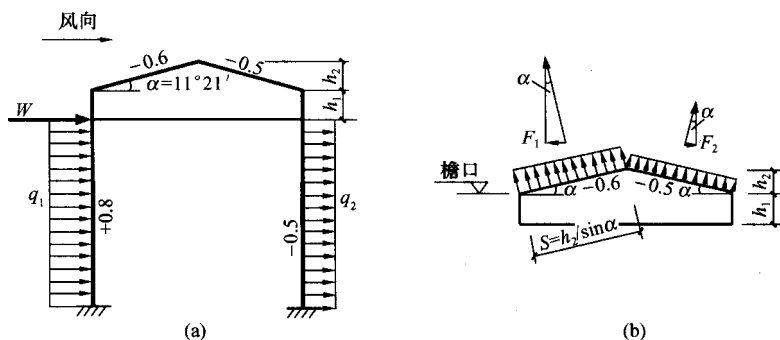


图 1-6 单层厂房的风荷载

2. 砌体结构

对于单层刚性方案房屋,风荷载包括作用于屋面上和墙面上的风荷载。屋面上(包括女儿墙上)的风荷载一般简化为作用在屋架和墙体连接处的集中荷载,而刚性方案房屋的屋面风荷载已通过屋盖直接传至横墙,再由横墙传至基础后传给地基,所以在纵墙上不产生内力。纵墙墙面上的风荷载为均布荷载,如图 1-7 所示。

对于多层刚性方案房屋,每层高度范围内的风荷载可按均布荷载考虑。

3. 多层多跨框架结构

作用于多层多跨框架结构上的风荷载一般简化为作用于框架节点上的集中水平力(如图 1-8 所示)。

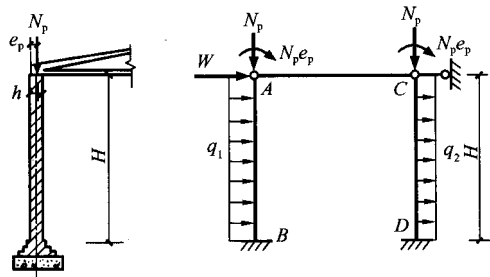


图 1-7 单层砌体结构的风荷载

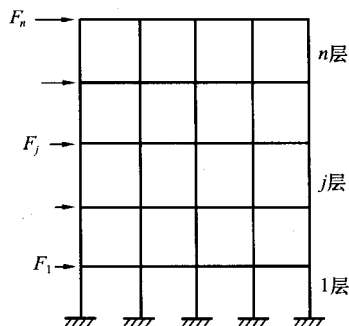


图 1-8 多层多跨框架上的风荷载

四、荷载效应组合

荷载效应是各种荷载在结构中产生的内力、变形和裂缝的统称。对于各种不同类型的结构，它们的计算模型不同，内力和变形的分析方法亦不同。有关内力和变形分析方法在结构力学中已作介绍。各种结构的计算模型（计算简图）将在后面各章逐一介绍。

设计中的极限状态往往以结构的某种荷载效应，如内力、应力、变形、裂缝等超过相应规定的标志为依据。根据设计中要求考虑的结构功能，结构的极限状态可分为两大类，即承载能力极限状态和正常使用极限状态。对于承载能力极限状态，一般以结构的内力超过其承载能力为依据；对于正常使用极限状态，一般以结构的变形、裂缝、振动参数超过设计允许的限值为依据。

对所考虑的极限状态，在确定其荷载效应时，各种荷载可能同时作用在结构上，但是出现的概率不同。因此，应按照概率统计和可靠度理论将可能出现的各种荷载效应按一定规律加以组合，这就是荷载效应组合。

进行承载能力极限状态设计时，应考虑荷载效应的基本组合，必要时还应考虑荷载效应的偶然组合。进行正常使用极限状态计算时，应根据不同的设计目的，分别选用标准组合、频遇组合、准永久组合，并应取各自的最不利的效应组合进行计算。

对于一般的排架、框架结构，基本组合应按下列组合值中取最不利值确定：

(1) 由可变荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} \quad (1-5)$$

$$S = \gamma_G S_{Gk} + 0.9 \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qi k} \quad (1-6)$$

(2) 由永久荷载效应控制的组合

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qi k} \quad (1-7)$$

式中 γ_G ——永久荷载的分项系数，当其效应对结构不利时，对于由可变荷载控制的组合应取 1.2，对于由永久荷载控制的组合应取 1.35，当其效应对结构有利时，一般情况下取 1.0，对结构进行倾覆、滑移或飘浮验算时取 0.9；

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，一般情况下取 1.4；对标准值大于 4kN/m^2 的工业房屋楼面结构的活荷载取 1.3；

S_{Gk} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值；

$S_{Qi k}$ ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值，其中 S_{Q1k} 为诸可变荷载效应中最大者，当对 S_{Q1k} 无法明显判断其效应设计值为诸可变荷载效应设计值中最大者时，可轮次以各可变荷载效应为 S_{Q1k} ，选取其中最不利的荷载效应组合；

ψ_{ci} ——可变荷载 Q_i 的组合值系数，根据可变荷载的类型按荷载规范采用；

n ——参与组合的可变荷载数。

砌体结构按承载能力极限状态设计时，应按下列公式中的最不利组合进行计算

$$S = \gamma_0 (1.2 S_{Gk} + 1.4 S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qi k}) \quad (1-8)$$

$$S = \gamma_0 (1.35 S_{Gk} + 1.4 \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qi k}) \quad (1-9)$$

当楼面活荷载标准值大于 4kN/m² 时，式中系数 1.4 应改为 1.3。

当砌体结构作为一个刚体，需验算整体稳定时，例如倾覆、滑移、漂浮等，应按下式验算

$$0.8S_{G1k}-\gamma_0(1.2S_{G2k}+1.4S_{Q1k}+\sum_{i=2}^nS_{Qi k})\geqslant 0$$

(1-10)

式中 S_{G1k} ——起有利作用的永久荷载标准值的效应；

S_{G2k} ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

第三节 建筑结构的耐火设计

火灾是建筑物较常遭遇的意外灾害。我国平均每年发生的火灾次数近 4 万次。火灾给国家、企业和人民的财产造成很大损失，严重地威胁着人们的安全。图 1-9 为美国世贸大厦受到撞击后发生火灾的情形。

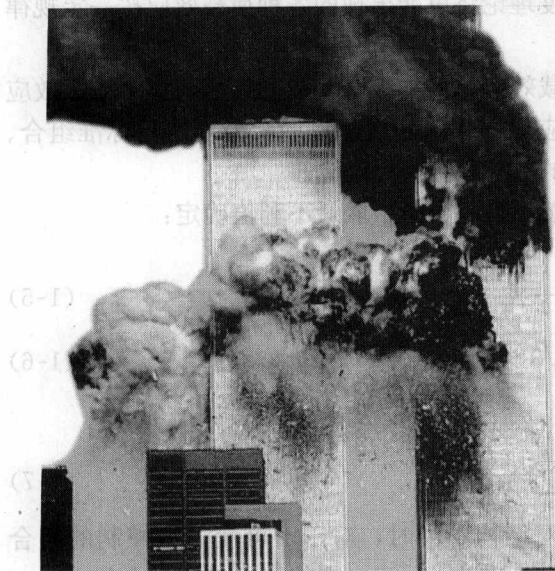


图 1-9 世贸大厦受到撞击后的情形

建筑防火涉及到防火分区设计、安全疏散设计、建筑灭火系统、火灾自动报警系统、结构耐火设计、装修防火设计等诸多方面。根据《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)，火灾是一种偶然作用，结构耐火设计就是为了保证火灾发生时及发生后结构的整体稳定性，不至于整体倒塌，从而为人员的疏散赢得时间，为消防人员扑救创造安全环境，为灾后修复提供条件。

一、结构构件的耐火性能

判定建筑材料高温性能的指标有 5 个：燃烧性能、力学性能、发烟性能、毒气性能和隔热性能。衡量结构构件耐火性能有两个

指标：燃烧性能和耐火极限。

1. 构件的燃烧性能

结构构件的燃烧性能取决于结构材料的燃烧性能，反映了结构构件遇火或高温时的燃烧特点。结构材料的燃烧性能共分为三类：不燃烧体、难燃烧体和燃烧体，其分类根据标准燃烧试验确定。不燃烧体在空气中受到火烧或高温作用时，不起火、不微燃、不碳化。难燃烧体在空气中受到火烧或高温作用时，难起火、难微燃、难碳化，当火源移走后，燃烧或微燃立即停止。燃烧体在明火或高温作用下，能立即着火燃烧，且火源移走后仍能继续燃烧或微燃。常用结构构件的燃烧性能见表 1-5。

表 1-5 常用结构构件的燃烧性能及耐火极限

构 件 名 称	截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
承重普通粘土砖墙、混凝土墙	120	2.5	不燃烧体
	240	5.5	
	370	10.5	

续表

构 件 名 称			截面最小尺寸(mm)	耐火极限(h)	燃烧性能
混凝土柱			300×300	1.4	不燃烧体
			300×500	3.5	
			370×370	5.0	
			直径 300 圆柱	3.0	
			直径 450 圆柱	4.0	
钢柱	无防护层		—	0.25	不燃烧体
	有 120 厚普通粘土砖耐火层		—	2.85	
	有 100 厚 C20 混凝土耐火层		—	2.85	
	有 50 厚 C20 混凝土耐火层		—	2.0	
	有 25 厚 M5 水泥砂浆钢丝网耐火层		—	0.8	
	有 50 厚 M5 水泥砂浆钢丝网耐火层		—	1.3	
	有 7 厚薄涂型防火涂料保护层		—	1.5	
	有 30 厚厚涂型防火涂料保护层		—	2.0	
混凝土梁	有 50 厚厚涂型防火涂料保护层		—	3.0	不燃烧体
	非预应力,保护层厚度 25		—	2.0	
	非预应力,保护层厚度 50		—	3.5	
	预应力,保护层厚度 25		—	1.0	
钢梁	预应力,保护层厚度 50		—	2.0	不燃烧体
	无防护层		—	0.25	
	有 7.5 厚薄涂型防火涂料保护层		—	1.5	
混凝土板	有 50 厚厚涂型防火涂料保护层		—	3.0	不燃烧体
	连续板	保护层厚度 10	80	1.4	
			100	2.0	
		保护层厚度 15	80	1.45	
			100	2.0	
		保护层厚度 20	80	1.50	
			100	2.1	
	四边简支板	保护层厚度 10	70	1.4	
		保护层厚度 15	80	1.45	
		保护层厚度 20	80	1.5	
	预应力空心板	保护层厚度 10	—	0.4	
		保护层厚度 15	—	0.7	
		保护层厚度 20	—	0.85	

2. 耐火极限

构件的耐火极限是指在标准耐火试验中，从构件受到火的作用起，到失去支持能力或完整性被破坏或失去隔火作用时为止的时间，以小时表示。

构件的耐火极限通过在燃烧试验炉中明火加热来测定。构件的耐火极限除了与材料本身的性能有关外，还与升温过程、受火条件有关，要确定耐火极限，还涉及到失去稳定性、完整性和绝热性的判别条件。

标准耐火试验采用火灾标准升温曲线，炉内温度随时间的变化由下式控制

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1)$$
 (1-11)

式中 t ——试验经历的时间，min；

T ——在 t 时间的炉内温度，℃；