

混凝土结构 基本原理

HUNNINGTU JIEGOU JIBEN YUANLI

◎ 主 编 姚素玲 陈英杰

- ▶ 系统的荷载组合方法
- ▶ 全面的梁配筋计算
- ▶ 详细的单向板、双向板设计范例
- ▶ 前沿的设计理念

中国建材工业出版社



混凝土结构基本原理

主编 姚素玲 陈英杰

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构基本原理/姚素玲, 陈英杰主编. —

北京: 中国建材工业出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-5160-1218-5

I. ①混… II. ①姚… ②陈… III. ①混凝土结构

IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 096237 号

内容简介

本书共分为 10 章, 主要结合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 编写, 内容包括: 绪论, 荷载和设计方法, 混凝土结构材料的物理力学性能, 钢筋混凝土轴心受力构件正截面承载力计算, 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算, 钢筋混凝土偏心受力构件正截面承载力计算, 钢筋混凝土斜截面承载力计算, 钢筋混凝土受扭构件承载力计算, 变形、裂缝, 肋梁楼盖设计。书中例题和练习题有大量全国一级、二级注册结构工程师专业考试试题真题。

本书可作为高校土木工程专业、工程管理专业的专业基础课教材, 也可作为注册考试的辅导用书, 也可供从事混凝土结构设计、制作、施工等工程技术人员参考。

混凝土结构基本原理

主 编 姚素玲 陈英杰

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市海淀区三里河路 1 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 16.25

字 数: 402 千字

版 次: 2015 年 7 月第 1 版

印 次: 2015 年 7 月第 1 次

定 价: 40.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: zgjcgycbs

本书如出现印装质量问题, 由我社网络直销部负责调换。联系电话: (010) 88386906

本书编委会

主编 姚素玲 陈英杰

参编 朱天志 邓西录 董艳英 金喜平

宋志斌 姜铭阅 辛亚军 王锦山

前 言

我想做一本教材，用一个案例讲解从内力计算到配筋设计的全过程；

我想做一本教材，不仅讲混凝土的基本知识，也讲抗震对相关内容的要求；

我想做一本教材，讲配筋要讲到能识读施工图的水平；

我想做一本教材，里面有大量一注结构、二注结构历年真题；

我想做一本教材，尽量用图说明问题。

我想做一本简易易懂的教材，没有太多的试验过程和理论分析，但有较多的结构设计和
实践应用。

感谢中国建材工业出版社对我的支持和帮助，书中有一些简写，现说明如下：

(2013.1) 表示 2013 年全国一级注册结构工程师专业考试试题，(2013.2) 表示 2013 年
全国二级注册结构工程师专业考试试题，以此类推。例如：【例 2-2】(2010.2)、【例 2-8】
(2010.2)、【例 5-4】(2010.2)、【例 5-6】(2010.2) 为 2010 年全国二级注册结构工程师专业考
试试题。这几道例题讲体育馆疏散外廊楼板设计(从荷载统计、内力计算、荷载组合到配
筋设计)。书中像这样的例题和练习题还有很多。

由于作者的水平所限，错误之处在所难免，欢迎批评指正。

姚素玲

2015.1



中国建材工业出版社

China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部

010-88385207

宣传推广

010-68361706

出版咨询

010-68343948

图书销售

010-88386906

设计业务

010-68361706

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。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。举报电话：010-68343948)

目 录

1 绪论	1
1.1 钢筋混凝土的一般概念	1
1.2 钢筋混凝土构件	1
1.3 学习本课程需要注意的问题	3
2 荷载和设计方法	4
2.1 基本概念	4
2.2 荷载	7
2.3 概率极限状态设计方法	11
3 混凝土结构材料的物理力学性能	21
3.1 混凝土	21
3.2 钢筋	25
3.3 钢筋的锚固与连接	27
4 钢筋混凝土轴心受力构件正截面承载力计算	32
4.1 轴心受拉构件	32
4.2 轴心受压构件	33
5 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	39
5.1 梁和板的构造措施	39
5.2 钢筋混凝土受弯构件正截面受弯试验研究	47
5.3 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力分析	49
5.4 矩形截面受弯构件承载力计算	53
5.5 T形截面受弯构件承载力计算	62
5.6 抗震验算时受弯构件正截面承载力计算	73
6 钢筋混凝土偏心受力构件正截面承载力计算	78
6.1 偏心受压构件基本原理	78
6.2 对称配筋矩形截面偏心受压柱设计	84
6.3 非对称配筋矩形截面偏心受压柱设计	87
6.4 矩形截面偏心受压柱承载力复核	95
6.5 I形偏心受压柱设计	97
6.6 偏心受拉构件设计	102
6.7 抗震验算时偏心受力构件正截面承载力计算	104
6.8 柱的构造要求	105
7 钢筋混凝土斜截面承载力计算	109
7.1 概述	109
7.2 无腹筋梁受弯构件受剪性能试验研究	110

7.3	有腹筋梁受弯构件受剪性能试验研究	112
7.4	受弯构件斜截面受剪承载力	114
7.5	受弯构件斜截面受剪承载力设计方法	120
7.6	偏心受力柱斜截面受剪承载力	126
8	钢筋混凝土受扭构件承载力计算	129
8.1	纯扭构件的承载力计算	129
8.2	弯剪扭构件的承载力计算	134
8.3	T形和I形截面弯剪扭构件承载力计算	140
8.4	箱形剪扭构件承载力计算	144
9	变形、裂缝	149
9.1	钢筋混凝土受弯构件挠度验算	149
9.2	钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	152
10	肋梁楼盖设计	157
10.1	概述	157
10.2	单向板肋梁楼盖设计	159
10.3	单向板肋梁楼盖设计例题	177
10.4	双向板肋梁楼盖设计	191
10.5	双向板肋梁楼盖设计例题	202
附录 A	平法标注	213
附录 B	楼面活荷载	225
附录 C	梁、板结构内力	227
附录 D	《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的有关规定	242
	习题答案	251
	参考文献	248

1 绪 论

1.1 钢筋混凝土的一般概念

混凝土的抗压能力很好，抗拉能力却很弱，受拉很容易出现裂缝，出现裂缝即断裂，表现出明显的脆性。钢筋的抗压和抗拉能力都很好，在混凝土的受拉部位布置钢筋可以有效改善混凝土的受力性能。

如图 1-1 所示，两根简支梁，跨度 3m，截面尺寸 $b \times h = 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，混凝土强度等级为 C20，一根为素混凝土梁，另一根在梁的受拉区配置了两根直径为 16mm 钢筋（HRB335 级，记作 $2\Phi 16$ ）的钢筋混凝土梁。由试验结果可知，素混凝土梁由于混凝土的抗拉强度很低，在荷载作用下，受拉区边缘混凝土一旦开裂，裂缝迅速发展，梁瞬时脆断而破坏[图 1-1(a)]，此时受压区混凝土的抗压强度还远远没有充分利用，梁的承载力很低，只有 10kN 左右。对于在受拉区配置钢筋的梁，当受拉区混凝土开裂后，裂缝不会迅速发展，裂缝截面处混凝土的拉力转由钢筋来承担，故荷载还可以进一步增加，直到加荷到 55.7kN 时，受拉钢筋的应力达到屈服强度，随后截面受压区混凝土被压碎，梁即被破坏。试件破坏前，裂缝充分发展，梁的变形迅速增大，有明显的破坏预兆[图 1-1(b)]。因此，在混凝土中配置一定数量的钢筋形成钢筋混凝土构件后，可以使构件的承载能力得到很大提高，构件的受力性能也得到明显改善^[33]。

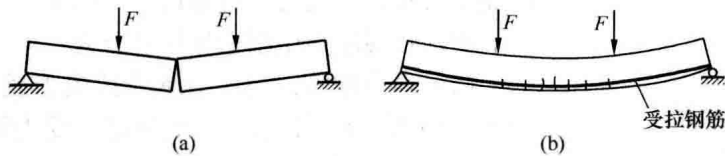


图 1-1^[33] 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

(a) 素混凝土梁；(b) 钢筋混凝土梁

钢筋和混凝土两种不同的材料之所以能共同工作、共同变形是因为：

①钢筋和混凝土之间有良好的粘结性能；

②钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数很接近。钢筋的线膨胀系数为 1.2×10^{-5} ，混凝土的线膨胀系数为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ，二者不会产生较大的温度应力。

1.2 钢筋混凝土构件

钢筋混凝土结构由不同的结构构件组合而成，这些构件主要有板、梁、柱、墙、楼梯、雨篷、基础等（图 1-2）。

(1) 楼板：主要承担楼板面的荷载和楼板自重，为受弯构件；

(2) 梁：主要承担楼板传来的荷载及梁自重，一般为弯剪构件，也可能是弯剪扭构件；

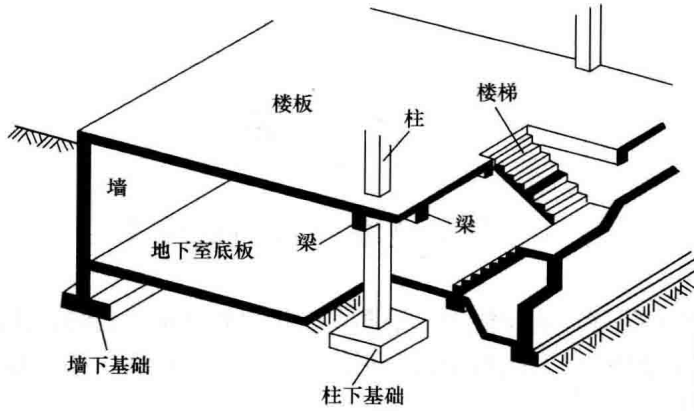


图 1-2^[25] 多层钢筋混凝土结构房屋

- (3) 柱：主要承担梁传来的荷载及柱自重，一般为压弯构件；
- (4) 墙：主要承担楼板、梁、楼梯传来的荷载及墙体的自重，若埋在地下，还需承担土的侧向压，一般为压弯构件；
- (5) 墙下基础：主要承担墙传来的荷载并将其传给基础；
- (6) 柱下基础：主要承担柱传来的荷载并将其传给基础；
- (7) 楼梯：主要承担楼梯面的荷载及楼梯自重，一般为受弯构件；

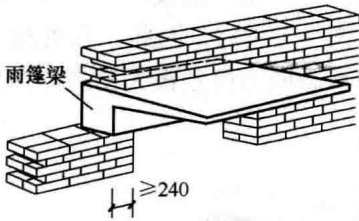


图 1-3 雨篷

(8) 雨篷：主要承担雨篷面的荷载及雨篷自重，一般为受弯构件；

(9) 雨篷梁：主要承担梁上墙段、雨篷传来的荷载及雨篷梁自重，一般为弯剪扭构件（图 1-3）。

钢筋在混凝土中根据作用可分为：

- (1) 受力钢筋：构件中承受拉应力或是承受压应力的钢筋，如图 1-4 中钢筋①、钢筋②。受力钢筋多数是直的，有时也有弯起的，称为弯起钢筋，如图 1-4 中钢筋②。

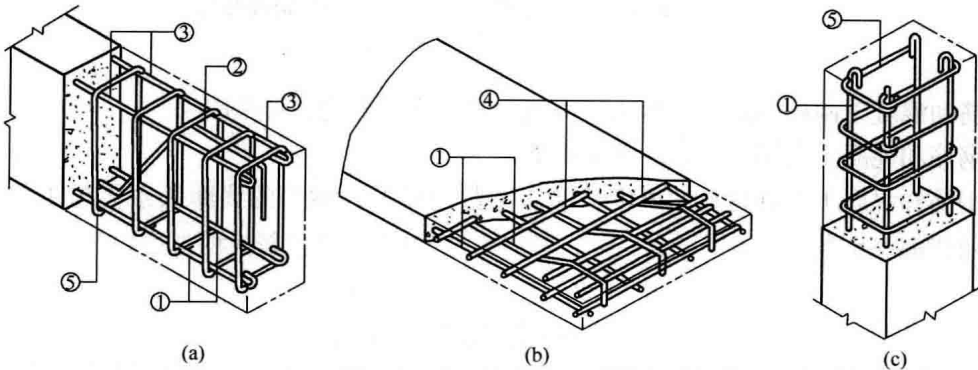


图 1-4^[55] 钢筋的名称

(a) 梁类；(b) 板类；(c) 柱类

- (2) 箍筋：箍筋的作用是固定受力钢筋，也用来承受外力所产生的剪力，如图 1-4 中钢筋⑤。

(3) 架立钢筋：架立钢筋是用来固定箍筋间距不变的，使钢筋骨架更易成型，如图 1-4 中钢筋③。

(4) 分布钢筋：分布钢筋一般用于板中，与板中的受力钢筋垂直放置，它是用来改善板的受力状况和固定受力钢筋的。如图 1-4 中钢筋④。

(5) 其他构造钢筋：这种钢筋完全是根据构造要求设置的，如放射状分布筋、吊筋等。

1.3 学习本课程需要注意的问题

学习本课程需要注意的问题如下：

可能同学们已经习惯了 $1+1=2$ ，习惯了罗尔定理、拉格朗日定理，习惯了简支梁在均布荷载作用下跨中弯矩是 $ql^2/8$ ，……，这些都是固定的，没有变化的，答案是唯一的，自从牛顿发现三大定律，教材里有关三大定律的内容多少年来都没有变化过。

可混凝土配筋设计及结构设计不是这样的。本书涉及的国家规范大概每 10 年修订一次，某些内容的计算就会变化一次，混凝土的学习必须紧跟国家规范。

还有一点，设计不是唯一的，你们要学会说：“这样是可以的。”

连续梁截面高度取跨度的 $1/10 \sim 1/18$ ，跨度为 8000mm 的梁，截面高度可以取 500mm，也可以取 700mm，这样是可以的。

若需要钢筋面积为 960mm^2 ，你可以选配 $2 \Phi 25$ ($A_s=982\text{mm}^2$)，也可以选配 $2 \Phi 22 + 1 \Phi 16$ ($A_s=961.1\text{mm}^2$)，这样是可以的。

承受剪力的钢筋称为腹筋，有弯起钢筋和箍筋，你可以配弯起钢筋，也可以配箍筋，或者同时配弯起钢筋和箍筋，这样是可以的。

听到这里，同学们可能要问了，这样也行，那样也行，难道就没有最优的吗？确实有最优的，但如果你连是否可行都不能确定的话，你能找出哪个是最优的吗？

做工程设计不需要你有多聪明，只需要你有严谨的科学作风，知道有几种破坏模式，计算是针对哪种破坏模式，其他破坏模式采取什么措施予以避免就行了。

混凝土结构设计来源于实践，它的很多公式都是通过试验，进行数据分析得出的，还有很多内容（我们称作构造措施）干脆就是经验的累积，你不遵从就可能发生危险。

所以学混凝土结构，同学们要认真理解、记忆，理解公式，记忆繁复的构造措施。

2 荷载和设计方法

2.1 基本概念

2.1.1 作用、作用效应、抗力

1. 作用

国际标准《结构可靠性总原则》(ISO 2394: 2008) 和我国《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008) 将作用定义为: 施加在结构上的集中力或分布力(直接作用, 也称为荷载) 和引起结构外加变形或约束变形的原因(间接作用)。间接作用有地震、地基沉降、混凝土收缩和温度变化等。

结构上的作用按随时间的变异可分为:

(1) 永久作用: 在设计基准期内量值不随时间变化, 或其变化与平均值相比可以忽略不计的作用。如结构自重、土压力、预应力等; 水位不变的水压力为永久作用, 水位变化的水压力为可变作用。

(2) 可变作用: 在设计基准期内量值随时间变化, 且其变化与平均值相比不可忽略的作用。如楼面活荷载、风荷载、雪荷载、吊车荷载、温度作用等。

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

“设计基准期”是指为确定可变作用及与时间有关的材料性能等取值而选用的时间参数, 例如建筑结构和港口结构的设计基准期为 50 年, 桥梁结构为 100 年。设计基准期与设计使用年限有一定的联系, 但两者并不完全相等。

2. 作用效应

由作用引起的结构或结构构件的反应, 例如内力(如弯矩、剪力、轴力、扭矩)、变形(如挠度、转角) 和裂缝等。

3. 抗力

结构或结构构件承受作用效应的能力, 如承载能力等。

2.1.2 可靠性和可靠度

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, 结构的设计使用年限应按表 2-1 采用。

表 2-1 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

结构在规定的设计使用年限内应满足下列功能要求：

(1) 安全性：即结构构件能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用，以及在设计规定的偶然事件发生时及发生后，仍能保持必需的整体稳定性。

(2) 适用性：即在正常使用时，结构构件具有良好的工作性能，不出现过大的变形和过宽的裂缝。

(3) 耐久性：即在正常的维护下，结构构件具有足够的耐久性能，不发生锈蚀和风化现象。

1. 可靠性

结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的能力。

2. 可靠度

结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的概率。

结构的可靠度是结构可靠性的概率度量。

所谓“规定的时间”是指“设计使用年限”；“规定的条件”是指正常设计、正常施工和正常使用，即不考虑人为过失的影响，人为过失应通过其他措施予以避免；“预定功能”是指结构的安全性、适用性和耐久性。

2.1.3 功能函数

设 R 为结构抗力， S 为作用效应，我们将

$$Z = R - S \quad (2-1)$$

称为结构的功能函数。

(1) $Z > 0$ ，即结构抗力大于作用效应，意味着结构可靠；

(2) $Z < 0$ ，即结构抗力小于作用效应，意味着结构失效；

(3) $Z = 0$ ，即结构抗力等于作用效应，意味着结构处于极限状态。

结构抗力 R 和作用效应 S 均为随机变量，故功能函数 Z 也为随机变量。假定 R 和 S 是相互独立的，而且都服从正态分布（图 2-1），则功能函数 Z 也服从正态分布。记结构抗力 R 和作用效应 S 的平均值分别为 μ_R 和 μ_S ，标准差分别为 σ_R 和 σ_S ，则有

平均值：

$$\mu_Z = \mu_R - \mu_S$$

标准差：

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$$

图 2-2 为结构功能函数 Z 的分布曲线，纵坐标以左 ($Z < 0$)，即图中阴影部分为结构的失效概率，用 p_f 表示；纵坐标以右 ($Z > 0$)，即分布曲线和坐标轴所围成的面积为结构的可靠概率，用 p_s 表示。

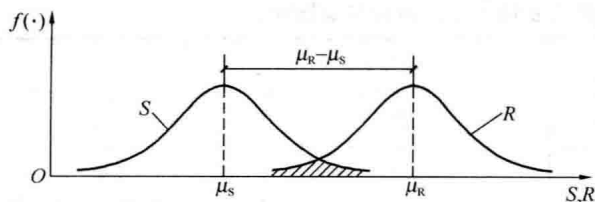


图 2-1 R 和 S 的概率密度函数

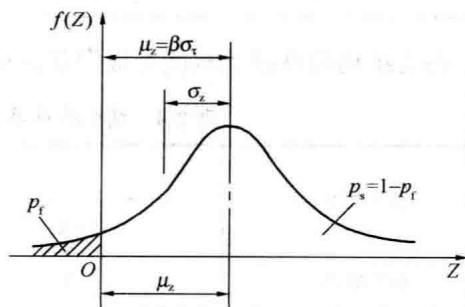


图 2-2 Z 的概率密度函数

$$p_f = \int_{-\infty}^0 f(Z) dZ \quad (2-2)$$

$$p_s = \int_0^{+\infty} f(Z) dZ \quad (2-3)$$

结构的失效概率 p_f 和可靠概率 p_s 的关系为

$$p_f + p_s = 1 \quad (2-4)$$

因此，在讨论结构的可靠性时，可以用可靠概率 p_s 来度量，也可以用失效概率 p_f 来度量。

2.1.4 可靠指标 β

令

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} \quad (2-5)$$

可以建立 β 与 p_f 数值上的对应关系（表 2-2）， β 越大， p_f 就越小，即结构越可靠。

表 2-2 可靠指标 β 与失效概率 p_f 的对应关系

β	2.7	3.2	3.7	4.2
p_f	3.5×10^{-3}	6.9×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.3×10^{-5}

我国规范采用可靠指标 β 来衡量结构的可靠度， β 可根据统计资料所得有关荷载效应 S 和结构抗力 R 的概率分布及相关统计参数（平均值、标准差）求得。

建筑结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危机人的生命、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，见表 2-3。影剧院、体育馆和高层建筑等重要的工业与民用建筑的安全等级为一级，大量的一般工业与民用建筑的安全等级为二级，次要建筑的安全等级为三级。纪念性建筑及其他有特殊要求的建筑，其安全等级可按具体情况另行确定。

表 2-3 建筑结构的的安全等级

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

各类结构构件按承载能力极限状态设计时采用的可靠指标 β 值，见表 2-4。

表 2-4 结构构件承载能力极限状态的设计可靠指标 β

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

2.2 荷载

2.2.1 荷载代表值

不同的荷载具有不同的性质和变异性，但在结构设计中，不可能直接引用反映荷载统计特性的各种参数来进行具体设计。因此，在设计时，对荷载应赋予一个规定的量值，称为荷载代表值。荷载可根据不同的设计要求，规定不同的代表值，以使之能确切反映其在设计中的特点。《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)规定的荷载代表值有：标准值、组合值、频遇值和准永久值。

标准值：荷载的基本代表值，为设计基准期内最大荷载统计分布的特征值（例如均值、众值、中值或某个分位值）。

组合值：对可变荷载，使组合后的荷载效应在设计基准期内的超越概率，能与该荷载单独出现时的相应概率趋于一致的荷载值；或使组合后的结构具有统一规定的可靠指标的荷载值。

频遇值：对可变荷载，在设计基准期内，其超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的荷载值。

准永久值：对可变荷载，在设计基准期内，其超越的总时间约为设计基准期一半的荷载值。

1. 永久荷载

永久荷载采用标准值作为代表值。

自重是结构最主要的永久荷载。结构自重的标准值一般按结构设计图纸的尺寸和材料的平均重量密度计算。

当自重的变异性很小时，可取其平均值。对某些自重变异性较大的材料或结构，当其增加对结构不利时，采用高分位值作为标准值；当其增加对结构有利时，采用低分位值作为标准值。当结构的安全性受其自重控制且受变异性的影响非常敏感时，即使变异性很小也应采用两个标准值^[13]。

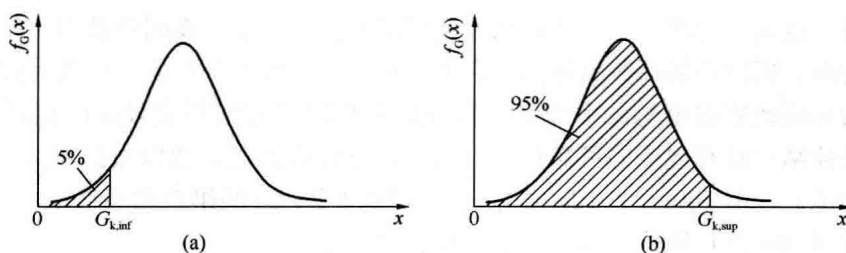


图 2-3^[13] 结构或结构构件自重低分位值和高分位值的定义

(a) 低分位值；(b) 高分位值

2. 可变荷载

可变荷载的代表值包括标准值、组合值、频遇值和准永久值。可变荷载的标准值是确定其他荷载代表值的基础，其他代表值是以标准值为基础乘以适当的系数后得到的。在概念上，我国规定的荷载标准值与国外规范的荷载特征值 (characteristic value) 是相对应的^[13]。

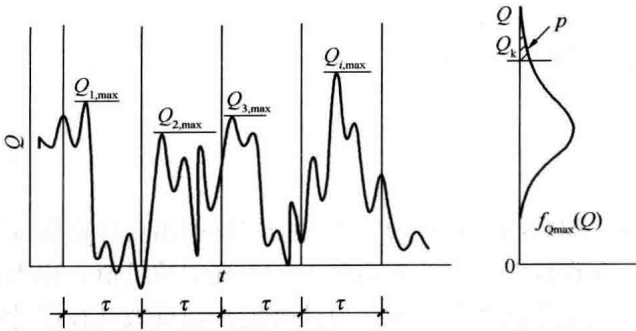


图 2-4^[13] 设计基准期及可变荷载标准值的定义

(1) 标准值

图 2-4 所示为可变荷载在一段时间内的变化历程。在未来的给定时间段中，荷载的变化过程是未知的，但服从其本身的统计规律。

结构的安全性与其所取时间段内荷载的最大值有关，时间段越长，荷载出现更大值的机会越大。所以，定义可变荷载的标准值，首先需要规定一个固定的时间段，这一时间段称为结

构设计基准期 T 。如果将整个时间段划分为若干个小的时间段 τ (称为时段)，且这些时间段足够长，使得不同时间段内的荷载最大值不相关 (图 2-4)，则在每一时段内荷载都会有一个极值，这样可得到一个极值荷载序列 $Q_{1,max}, Q_{2,max}, \dots, Q_{n,max}$ ，根据荷载的最大值原理可得到设计基准期 T 内可变荷载最大值 $Q_{max} = \max(Q_{1,max}, Q_{2,max}, \dots, Q_{n,max})$ 的概率分布 $F_{Qmax}(Q)$ 或 $F_{Qr}(Q)$ ，进而根据概率分布的统计特征值定义可变荷载的标准值 Q_k 。最常用的统计特征值有平均值、中值 (一组数中间的值) 和众值 (概率密度函数最大值对应的值)，也可采用其他的指定概率的分位值^[13]。

按上述方法定义荷载标准值时需要有足够的可变荷载统计资料，但一些荷载的统计资料很难获得或无法获得，在这种情况下，荷载标准值是根据经验确定的，称为荷载的名义值。按统计方法和经验方法确定的荷载值统称为可变荷载的标准值^[13]。

在很多情况下，特别是对于自然荷载，如风、雪、洪水等，采用统计理论的重现期表达可变荷载的标准值 Q_k 可能更为方便，工程中习惯称为“ T_R 年一遇”。如《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2012) 附录 E 中的风压和雪压。

(2) 组合值

当两个或两个以上的可变荷载同时出现时，这些可变荷载同时达到设计基准期最大值 (即标准值) 的概率不大。在这种情况下，所有可变荷载均取标准值进行组合将会使设计过于保守，经济上也是不合理的。为此，在设计中需要按照一定的规则对其中一些可变荷载的标准值进行折减，折减后的荷载值称为组合值。理论上，可变荷载的组合值可按概率方法确定，使组合后荷载效应的超越概率与该荷载单独出现时其标准荷载效应的超越概率趋于一致，或组合后使结构具有规定的可靠指标；当没有统计资料时，通常按经验方法确定。《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2012) 中给出了不同可变荷载的组合值系数 ψ_c ，将荷载组合值系数 ψ_c 乘以标准值 Q_k 即得到可变荷载的组合值^[13]。

(3) 频遇值

顾名思义，可变荷载的频遇值为结构设计基准期内会经常出现的值，其值显然比标准值小。《建筑结构荷载规范》(GB 5009—2012) 中给出了不同可变荷载的频遇值系数 ψ_f ，将频遇值系数 ψ_f 乘以标准值 Q_k 即得到荷载的频遇值。

(4) 准永久值

如果考虑结构的长期性能，有必要将可变荷载折合为一个等效的永久荷载，相应的荷载值称为可变荷载的准永久值。可变荷载的准永久值为准永久值系数 ψ_q 乘以标准值 Q_k 即得到

荷载的准永久值。

如前所述,荷载的标准值是在规定设计基准期内最大荷载的意义上确定的,相对整个设计基准期,荷载标准值的持续时间很短,因此当结构需要进行变形、裂缝、振动等正常使用极限状态计算时,如果仍取荷载标准值显然过于保守。根据荷载随时间变化的特性(此时可变荷载可认为是随机过程),在正常使用极限状态计算时,可取可变荷载超过某一水平的累积总持续时间的荷载值来进行计算(图 2-5),这就是采用可变荷载的频遇值和准永久值的目的,两者的区别只是超过某一荷载水平的累积总持续时间有所差别。频遇值总持续时间较短,准永久值总持续时间约为设计基准期的一半。

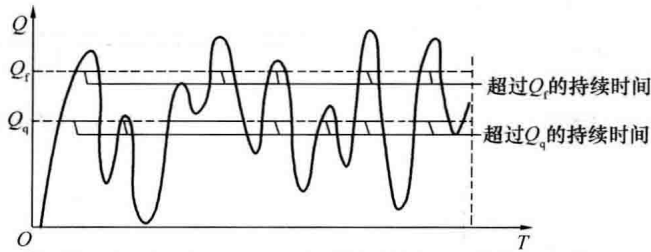


图 2-5^[20] 可变荷载的频遇值和准永久值

图 2-6 表示了可变荷载标准值、组合值、频遇值和准永久值之间的关系,即标准值 > 组合值 > 频遇值 > 准永久值。图 2-6 也给出了可变荷载的设计值 $\gamma_Q Q_k$ 。可变荷载设计值不属于可变荷载的代表值,它不是单独根据可变荷载统计特性和设计中对荷载取值的要求确定的,而是决定于规定的结构目标可靠指标,即取决于结构设计的安全水平^[13]。

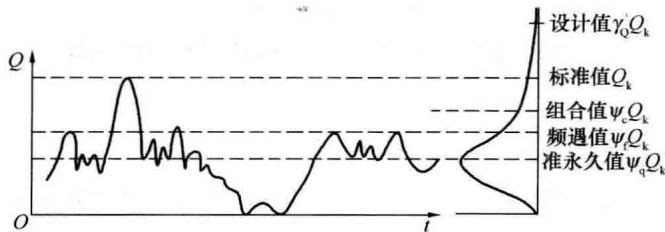


图 2-6^[13] 可变荷载的代表值和设计值

【例 2-1】(2010.1) 按我国现行规范的规定,试判断下列说法中哪项不妥?

- (A) 材料强度标准值的保证率为 95%
- (B) 永久荷载的标准值的保证率一般为 95%
- (C) 活荷载的准永久值的保证率为 50%
- (D) 活荷载的频遇值的保证率为 95%

【解】(D)。活荷载的频遇值在设计基准期内,其超越的总时间为规定的较小比率。

【例 2-2】(2010.2) 某滨海风景区体育建筑中的钢筋混凝土悬挑板疏散外廊如图 2-7 所示。挑板及栏板建筑面层做法为双面抹灰各 20mm。混凝土容重 25kN/m^3 ,抹灰容重 20kN/m^3 。试确定悬挑板疏散外廊的计算简图并计算在各种荷载作用下的板端负弯矩标准值。

提示:①应考虑栏板活荷载参与组合;

②挑板计算长度 $l=1.5\text{m}$,栏板计算高度 $h=1.2\text{m}$ 。