



普通高等教育“十二五”规划教材

混凝土结构 (下册)

蓝宗建 主 编
刘伟庆 梁书亭 王曙光 编 写



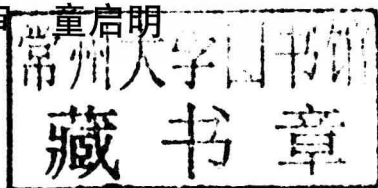
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

混凝土结构 (下册)

主 编 蓝宗建
编 写 刘伟庆 梁书亭 王曙光
主 审 童启明



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材,是根据最新国家标准 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》和有关的规范、规程,并按照土木工程专业培养要求和全国一级结构工程师注册考试要求编写的。本书分上、下两册,共六篇。上册三篇为:基本概念和设计原则、钢筋混凝土结构构件、预应力混凝土结构构件;下册三篇为:钢筋混凝土梁板结构、单层厂房混凝土结构、多层和高层建筑混凝土结构。全书在阐明物理概念和计算原理的基础上,介绍了工程设计中实用的计算方法,并列举了适量的实例。每章都有思考题,可供教师教学和学生参考。

本书可作为普通高等院校土木工程专业教材,也可作为土木工程设计和施工技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构. 下册 / 蓝宗建主编. —北京: 中国电力出版社, 2011.12

普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5123-2355-1

I. ①混… II. ①蓝… III. ①混凝土结构—高等学校—教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 272998 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 2 月第一版 2012 年 2 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.25 印张 589 千字

定价 41.00 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

本书是按照土木工程专业(本科)的教学要求和全国一级结构工程师注册考试的要求,并根据中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局联合发布的 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》、GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》和 GB 50009—2001(2006 年版)《建筑结构荷载规范》及其他有关的规范和规程编写的。

全书分为上、下两册,共六篇,上、下册各三篇。上册三篇为:基本概念和设计原则、钢筋混凝土结构构件、预应力混凝土结构构件;下册三篇为:钢筋混凝土梁板结构、单层厂房混凝土结构、多层和高层建筑混凝土结构。

本书内容密切结合我国工程实际,力求文字简练,深入浅出。为了使读者既能深入地、系统地理解构件和结构的受力性能和破坏机理,又能正确地、灵活地掌握构件和结构的设计方法,全书在阐明物理概念和设计原理的基础上,介绍了工程中实用的计算方法,并列举了适量的实例(其中包括现浇钢筋混凝土楼盖、单层厂房排架结构和多层框架结构等三个完整的设计实例)。为了便于教学工作和学生学习,在各章中还提供了必要的思考题和习题。

本书可作为普通高等院校土木工程专业教材,也可作为土木工程设计和施工技术人员的学习参考书。书中有*号者为较难或较次要的内容,在教学中可根据需要适当选用。

本书由东南大学和南京工业大学合编。编写分工如下。

上册:第一章~第三章由蓝宗建执笔,第四章~第六章由蓝宗建、龚敏锋执笔,第七章、第八章由刘伟庆执笔,第九章、第十章由梁书亭执笔,第十一章~第十三章由王曙光、李威威和王珏执笔。

下册:第十四章~第十六章和第二十二章~第二十四章由蓝宗建、龚敏锋执笔,第十七章~第十九章由王曙光、李威威和王珏执笔,第二十章、第二十一章由刘伟庆、李威威执笔,第二十五章、第二十六章由梁书亭执笔。

龚敏锋协助主编做了许多校对工作。

本书由蓝宗建主编,童启明主审。

由于作者水平所限,书中有不妥或疏忽之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月

目 录

前言

第四篇 钢筋混凝土梁板结构

第十四章 现浇钢筋混凝土楼盖	1
第一节 现浇钢筋混凝土楼盖的类型	1
第二节 钢筋混凝土单向板肋梁楼盖	3
第三节 钢筋混凝土双向板肋梁楼盖	37
第四节 钢筋混凝土无梁楼盖	46
思考题	50
习题	51
第十五章 装配式钢筋混凝土楼盖	53
第一节 预制板和预制梁的类型	53
第二节 铺板式楼盖的结构布置和连接	54
第三节 铺板式楼盖的计算要点	56
思考题	57
习题	57
第十六章 钢筋混凝土楼梯和雨篷	58
第一节 钢筋混凝土楼梯	58
第二节 钢筋混凝土雨篷	64
思考题	67
习题	67

第五篇 单层厂房混凝土结构

第十七章 单层厂房混凝土结构的组成和结构布置	69
第一节 单层厂房混凝土结构的承重体系	69
第二节 单层厂房的结构布置	71
思考题	89
第十八章 钢筋混凝土单层厂房排架计算	90
第一节 排架结构体系	90
第二节 排架结构的计算简图	91
第三节 排架结构的荷载计算	93
第四节 平面排架的内力计算	100

第五节	排架的内力组合	105
第六节	考虑整体空间作用的排架内力分析	107
思考题		125
习题		125
第十九章	单层厂房混凝土结构构件的计算与构造	126
第一节	单层厂房钢筋混凝土柱的设计与构造	126
第二节	钢筋混凝土柱下独立基础的设计	140
第三节	钢筋混凝土吊车梁设计要点	148
第四节	钢筋混凝土屋架设计要点	150
第五节	构件预埋件连接设计及构件间的连接构造	157
思考题		161
习题		162

第六篇 多层和高层建筑混凝土结构

第二十章	多层和高层房屋结构设计的一般原则	163
第一节	多层和高层建筑结构的受力特点	163
第二节	多层和高层房屋的结构体系	164
第三节	多层和高层建筑结构布置的一般原则	168
第四节	多层和高层建筑结构的风荷载和地震作用	172
第五节	多层和高层建筑内力和位移计算的一般原则	177
第六节	截面设计和结构构造的一般原则	179
思考题		181
第二十一章	钢筋混凝土框架结构	182
第一节	框架结构的组成和布置	182
第二节	框架结构内力和水平位移的近似计算方法	185
第三节	框架结构的内力组合	201
第四节	框架结构构件设计	205
思考题		237
习题		238
第二十二章	钢筋混凝土剪力墙结构	239
第一节	剪力墙结构的布置	239
第二节	水平力作用下剪力墙内力和水平位移的计算	240
第三节	水平力的分配	258
思考题		263
第二十三章	钢筋混凝土框架—剪力墙结构	264
第一节	框架—剪力墙结构的布置	264
第二节	水平力作用下内力和水平位移的计算	266
第三节	框架—剪力墙结构的受力特征	279

思考题	288
第二十四章 钢筋混凝土筒体结构	289
第一节 筒体结构的类型和结构布置	289
第二节 筒体结构的受力特点	291
第三节 筒体结构内力的近似计算方法	291
思考题	294
第二十五章 钢筋混凝土剪力墙的计算和构造	295
第一节 剪力墙截面设计的一般要求	295
第二节 剪力墙正截面承载力计算	295
第三节 剪力墙斜截面受剪承载力计算	300
第四节 剪力墙水平施工缝受剪承载力计算	302
第五节 连梁承载力计算	302
第六节 剪力墙的构造要求	306
思考题	313
第二十六章 钢筋混凝土多层和高层房屋的基础	314
第一节 基础设计的一般原则	314
第二节 柱下条形基础的计算和构造	317
第三节 十字交叉条形基础的计算和构造	330
第四节 片筏基础的计算和构造	339
第五节 箱形基础的计算和构造	342
思考题	351
附录	352
参考文献	376

第四篇 钢筋混凝土梁板结构

第十四章 现浇钢筋混凝土楼盖

第一节 现浇钢筋混凝土楼盖的类型

现浇钢筋混凝土楼盖可分为两大类: 肋梁楼盖和无梁楼盖。

一、肋梁楼盖

肋梁楼盖可分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、密肋楼盖和井字楼盖等。

(一) 单向板和双向板肋梁楼盖

肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成(图 14-1)。板的四周支承在次梁和主梁上。一般将四周由主梁和次梁支承的板称为一个板区格。

当板区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值大于 3 时, 板上荷载主要沿短边 l_1 的方向传递到支承梁上, 而沿长边 l_2 的方向传递的荷载很小, 可以忽略不计。板仅沿单方向(短向)受力时, 这种肋梁楼盖称为单向板肋梁楼盖。

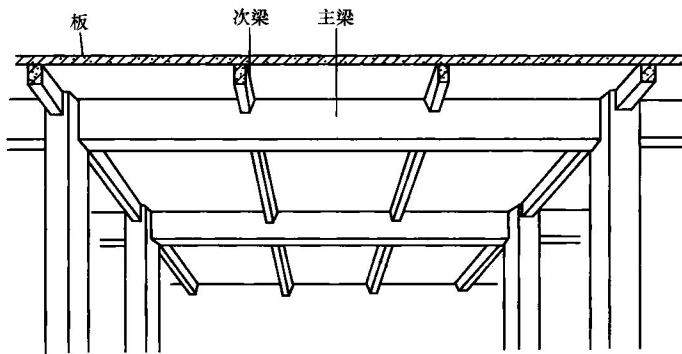


图 14-1 肋梁楼盖

当板区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值不大于 3 时, 板上荷载将通过两个方向传递到板相应的支承梁上。板沿两个方向受力时, 这种肋梁楼盖称为双向板肋梁楼盖。

GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》)规定, 四边支承的混凝土板应按下列方法计算:

- (1) 当区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值不大于 2.0 时, 应按双向板计算。
- (2) 当区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值大于 2.0 但小于 3.0 时, 宜按双向板计算。
- (3) 当区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值不小于 3.0 时, 宜按沿短边方向受力的单向板计算, 并应按长边方向布置构造钢筋。

(二) 密肋楼盖

当肋梁楼盖的梁(肋)间距较小(其肋间距为 0.5~1.0m)时, 这种楼盖称为密肋楼

盖。密肋楼盖梁的高度较小，因而可增大楼层净空或降低楼层层高。在密肋之间，可以放置填充物，如塑料盒、加气混凝土块或其他块材。这样，密肋楼盖的下表面就成为平整底面，可省去吊顶。密肋楼盖也可分为单向密肋楼盖和双向密肋楼盖两种（图 14-2）。当柱网接近于正方形时，常采用双向密肋楼盖。

（三）井字楼盖

当柱间距较大时，如用单向板肋梁楼盖，则主梁的梁高很大，不经济。这时可将其梁格布置呈“井”字形，且两个方向的梁截面相同（图 14-3）。而且，梁间距比密肋楼盖的肋间距要大得多。这种楼盖称为井字楼盖。井字楼盖梁间距一般可取 $3.0\sim 5.0\text{m}$ 。井字楼盖梁的跨度为 $3.5\sim 6.0\text{m}$ 。

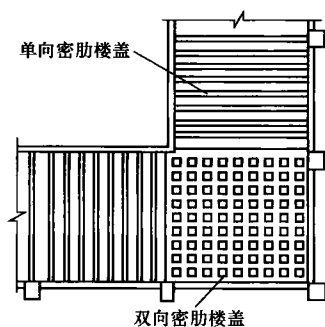


图 14-2 密肋楼盖

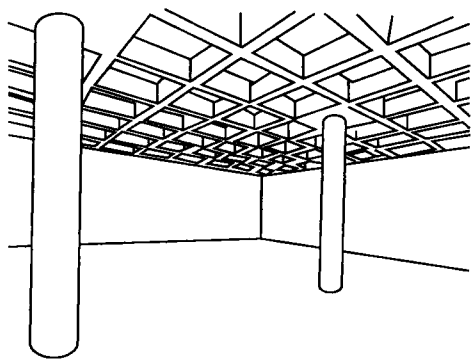


图 14-3 井字楼盖

井字楼盖的次梁支承于主梁或墙上，次梁可平行于主梁或墙 [图 14-4 (a)]，也可按 45° 对角线布置 [图 14-4 (b)]。

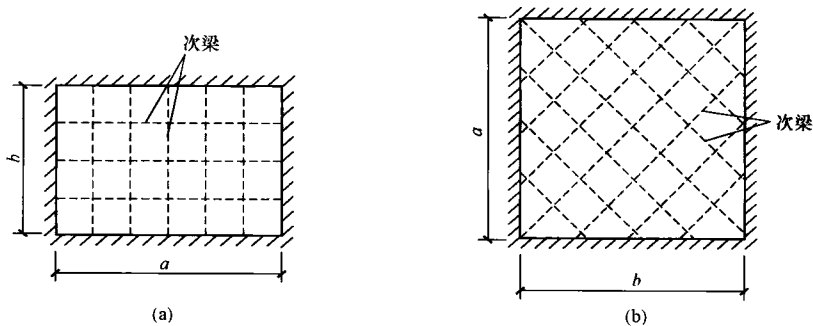


图 14-4 井字楼盖结构布置

(a) 次梁平行于主梁（墙）布置；(b) 次梁与主梁（墙）按 45° 对角线布置

二、无梁楼盖

楼盖中不设梁，而将板直接支承在柱上，这种楼盖称为无梁楼盖（图 14-5）。这种结构的传力体系简单，楼层净空高，架设模板方便，且穿管、开孔也较方便。由于在板的支承处附近，受力较大，容易发生冲切破坏，所以往往设置柱帽。

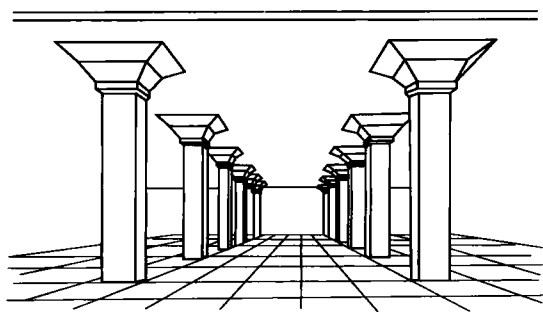


图 14-5 无梁楼盖

第二节 钢筋混凝土单向板肋梁楼盖

一、结构布置

(一) 柱网布置

柱网布置对于房屋的适用性和经济性有重要影响，是一个综合性的问题。因此，柱网布置的原则是：

(1) 柱网布置必须满足建筑物的使用要求。例如，公共建筑一般要求较大的柱网尺寸，居住建筑主要根据居室标准来确定柱网尺寸，工业厂房主要根据设备尺寸和设备布置等工艺要求来确定柱网尺寸。

(2) 柱网布置必须尽可能地降低工程造价。柱网尺寸大，则楼盖跨度大，楼盖材料用量增加，但柱子少，建筑面积利用率高；柱网过小，柱子增多，梁板结构由于跨度小，而按构造要求设计也未必经济。目前较经济的柱网尺寸为 5~8m。

(二) 梁板布置

柱网或承重墙的间距决定了主梁的跨度，主梁间距决定了次梁的跨度，次梁间距又决定了板的跨度。因此，如何根据建筑平面以及使用功能、工程造价等因素合理地确定肋梁楼盖的主梁和次梁的布置，就成为一个十分重要的问题。

主梁的布置方案有两种，一种沿房屋横向布置，另一种沿房屋纵向布置。

当主梁沿房屋横向布置，次梁沿纵向布置时 [图 14-6 (a)]，在建筑物横向，一般可由主梁与柱形成横向框架受力体系，房屋的横向刚度较大。通过纵向次梁将各榀横向框架联成整体。由于主梁与外纵墙面垂直，纵墙上窗洞高度可较大，有利于室内自然采光。

当横向柱距比纵向柱距大得较多或房屋有集中通风的要求时，可采用主梁沿房屋纵向布置，次梁沿房屋横向布置方案 [图 14-6 (b)]。当主梁沿房屋纵向布置时，可增加房屋净空，但房屋的横向刚度较差，而且常由于次梁支承在窗过梁上而限制了窗洞的高度。

如果建筑物为办公楼、病房楼、客房楼和集体宿舍楼等，常见的平面布置是中间为走道、两侧为房间的形式，则可利用纵墙承重，此时可仅布置次梁而不设主梁 [图 14-6 (c)]。

对于沿街底层为大空间的商店，上部几层为住宅的民用建筑以及一些公共建筑的门厅，往往在楼盖上有承重墙、隔断墙。此时，在墙下受有较大集中荷载的楼盖处，应设置承重梁。在楼板上开有较大的洞口时，在洞口周边也应设置小梁。

梁格的布置还应尽量做到规则、整齐，荷载传递直接。梁宜在整个建筑平面范围内拉通。

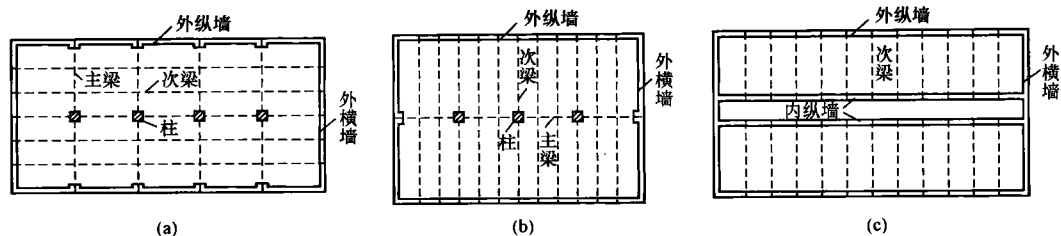


图 14-6 肋梁楼盖结构布置

(a) 主梁沿横向布置；(b) 主梁沿纵向布置；(c) 次梁支承在纵墙上

在楼盖结构中，板的混凝土用量约占整个楼盖混凝土用量的 50%~70%，因此板厚宜取较小值，在梁格布置时应考虑这一因素。此外，当主梁跨间布置的次梁多于一根时，主梁弯矩变化平缓，受力较有利。根据设计经验，板的跨度一般为 1.7~2.7m，不宜超过 3.0m；次梁的跨度一般为 4.0~6.0m；主梁的跨度一般为 5.0~8.0m。

二、单向板肋梁楼盖内力的弹性理论计算法

现浇钢筋混凝土单向板肋梁楼盖的板、梁往往是多跨连续的板、梁，其内力分析方法有两种：基于弹性理论的计算方法和基于塑性理论的计算方法。本节讨论板、梁内力基于弹性理论的计算方法。

(一) 计算简图和荷载

1. 计算简图

肋梁楼盖中的板和次梁分别由次梁和主梁支承。在确定计算简图（即计算模型）时，一般不考虑板与次梁、次梁与主梁的整体连接，将连续板和连续次梁的支座均视为铰支座。

当主梁支承在砖墙（或砖墩）上时，其支座可简化为铰支座。当主梁支承在钢筋混凝土柱上时，应根据梁和柱的线刚度比值而定。若柱子与梁的线刚度比值大于 1/4 时，应将梁与柱视为刚性连接，按框架分析梁、柱内力；若柱子与梁的线刚度比值小于或等于 1/4 时，主梁可按铰支于钢筋混凝土柱上的连续梁进行计算。

对连续板、梁的某一跨，与其相邻两跨以外的其余各跨的荷载对其内力影响很小。因此，对超过五跨的等刚度连续板、梁，当各跨荷载相同，且跨度相差不超过 10% 时，除两边跨外，所有中间跨的内力是十分接近的。为简化计算，可将所有中间跨均以第三跨来代表，即可按五跨等跨连续板、梁进行计算，其计算简图如图 14-7 所示。当板、梁的跨度少于五跨时，则按实际跨数计算。

连续板、梁的计算跨度 l_0 按表 14-1 选用。

表 14-1

按弹性理论计算时连续板、梁的计算跨度 l_0

支 承 情 况	计 算 跨 度	
	梁	板
两端与梁（柱）整体连接	l_c	l_c
两端搁置在墙上	$1.05l_n \leq l_c$	$l_n + h \leq l_c$
一端与梁整体连接，另一端搁置在墙上	$1.025l_n + b/2 \leq l_c$	$l_n + b/2 + h/2 \leq l_c$

注 表中的 l_c 为支座中心线间的距离， l_n 为净跨， h 为板的厚度， b 为板、梁在梁或柱上的支承长度。

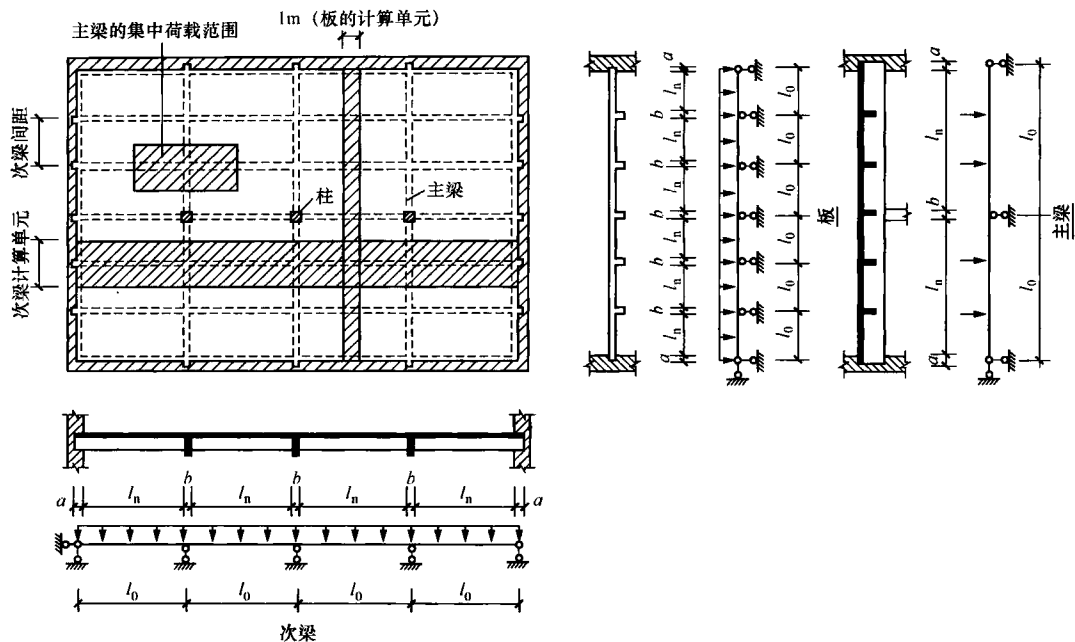


图 14-7 单向板肋梁楼盖的板和梁的计算简图

2. 荷载

作用在楼盖上的荷载有永久荷载（恒荷载）和可变荷载（活荷载）。永久荷载包括结构自重、构造层重等，对于工业建筑，还有永久性设备自重。活荷载包括使用时的人群、家具、办公设备以及堆料等的重力。

永久荷载的标准值可按选用的构件尺寸、材料和结构构件的单位重（即单位体积的重量）计算。民用建筑楼面上的均布活荷载可由 GB 50009—2001《建筑结构荷载规范》（2006 年版）（以下简称《荷载规范》）查得。工业建筑楼面在生产使用中由设备、运输工具等所引起的局部荷载及集中荷载，均按实际情况考虑，也可用等效均布活荷载代替。《荷载规范》附录 C 中列有部分车间的楼面均布活荷载值，可供查取。

对于承受均布荷载的楼面，其板和次梁上均承受均布线荷载，主梁则承受次梁传来的集中荷载。图 14-7 示出了在均布活荷载下板、次梁、主梁在确定荷载时所考虑的负荷面积。为了简化计算，在确定板、次梁和主梁间的荷载传递时，可忽略板、梁的连续性，按简支板、简支梁确定反力值。必须注意，对于民用建筑的楼盖，楼盖梁的负荷面积愈大，则楼面活荷载全部满布的可能性愈小。因此，在设计民用建筑楼面梁时，楼面活荷载标准值应乘以折减系数 α ， α 值在 0.6~1.0 之间（可查阅《荷载规范》）。

确定荷载基本组合设计值时，永久荷载的分项系数应按下述取用：当其效应对结构不利时，取 1.2（由可变荷载控制的组合）或 1.35（由永久荷载控制的组合）；当其效应对结构有利时，取 1.0。可变荷载的分项系数一般取 1.4，当楼面活荷载标准值大于 4kN/m^2 时，取 1.3。

（二）活荷载的最不利布置与内力包络图

1. 活荷载的最不利布置

在连续板、梁中，恒荷载作用于各跨，而活荷载的位置是变化的。在计算连续板、梁内

力时,并非各跨都有活荷载作用时为最不利。当活荷载的分布不同时,板、梁各截面内力将不同。为了简便,在设计时,活荷载以一个整跨为变动单元。下面用一根五跨连续梁(或板)来说明活荷载最不利布置的概念(图 14-8)。

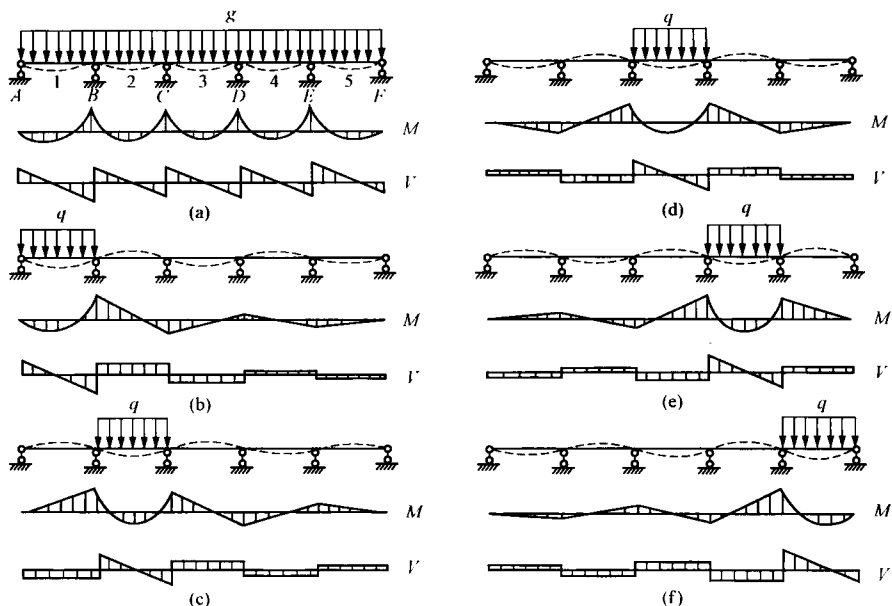


图 14-8 五跨连续梁(或板)在六种荷载下的内力图

(a) 恒荷载作用于各跨; (b) 活荷载作用于第一跨; (c) 活荷载作用于第二跨;
(d) 活荷载作用于第三跨; (e) 活荷载作用于第四跨; (f) 活荷载作用于第五跨

图 14-8 (a) 示出了一根五跨连续梁(或板)在恒荷载作用下的弯矩图(M 图)和剪力图(V 图)。图 14-8 (b) ~ (f) 示出了该五跨连续梁(或板)在每跨单独作用活荷载时的弯矩图(M 图)和剪力图(V 图),由图中可见,任一计算截面上的最不利内力与活荷载布置有密切关系,主要有如下规律:

- (1) 求某跨跨中最大弯矩时,应在该跨布置活荷载,然后每隔一跨布置活荷载。
- (2) 求某跨跨中最小弯矩(最大负弯矩)时,该跨不应布置活荷载,而在该跨左右两跨布置活荷载,然后每隔一跨布置活荷载。
- (3) 求某支座最大负弯矩和某支座截面最大剪力时,应在该支座左、右两跨布置活荷载,然后每隔一跨布置活荷载。

上述活荷载的布置一般称为活荷载的最不利布置,根据上述活荷载的最不利布置,可进一步求出各截面可能产生的最不利内力,即最大正弯矩($+M$)、最大负弯矩($-M$)和最大剪力(V)。

附表 27 列出了等跨连续梁(或板)在均布荷载和几种常用集中荷载作用下的内力系数,计算时可直接查用。

2. 内力包络图

图 14-9 表示承受均布荷载的五跨连续梁(或板)的恒荷载与活荷载在各种不利布置情况下产生的弯矩图、剪力图。将图 14-9 中所示的弯矩图、剪力图分别叠画在同一坐标图上,则

其外包线示出了各截面可能出现的弯矩和剪力的上下限，由这些外包线围成的图形称为弯矩包络图、剪力包络图（图 14-10）。

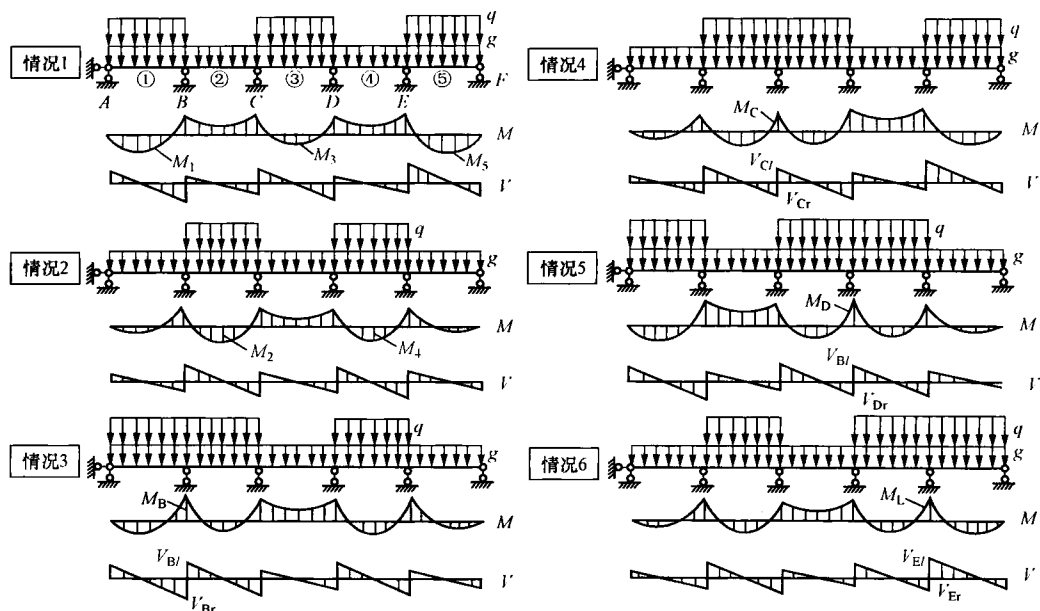


图 14-9 五跨连续梁（或板）的荷载布置与各截面的最不利内力图

绘制弯矩包络图的步骤如下：

（1）列出恒荷载与各种可能的最不利活荷载布置的组合。

（2）对上述每一种荷载组合求出各支座的弯矩（支座的弯矩可由附表 27 查得），并以支座弯矩的连线为基线，绘出各跨在相应荷载作用下的简支弯矩图，则得上述每一种荷载组合的弯矩图。

（3）绘出上述弯矩图的外包线，即得所求的弯矩包络图。

剪力包络图的绘制方法与弯矩包络图的绘制方法类似。

为了绘制每一跨的弯矩包络图，一般需考虑四种荷载组合，即产生左、右端支座截面最大负弯矩的荷载组合和产生跨中最大正、负弯矩的荷载组合。

为了绘制每一跨的剪力包络图，一般只需考虑两种荷载组合，即产生左、右端支座截面最大剪力的荷载组合（图 14-10）。

（三）折算荷载和内力设计值

在现浇肋梁楼盖中，对于支座为整体连接的板、梁，在确定其计算简图时，将支座视为铰支，这使得内力计算较为简便，但这与实际情况有一定的差别，因此，计算结果将存在一定的误差。这一误差可以通过折算荷载的方法进行适当的修正。

1. 折算荷载

如前面所述，在确定板、梁的计算简图（即计算模型）时，将板、梁整体连接的支座简化为铰支承，其实质是没有考虑次梁对板、主梁对次梁在支座处的转动约束。实际上，当板受荷发生弯曲转动时，将使支承它的次梁产生扭转，而次梁对此扭转的抵抗将部分地阻止板自由转动，亦即此时板支座截面的实际转角 θ' [图 14-11 (b)] 比理想铰支承时的转角 θ [图

14-11 (a)] 小, 即 $\theta' < \theta$, 其效果相当于降低了板的弯矩。次梁与主梁间的情况与此类似。

目前一般采用增大恒荷载和相应地减小活荷载的方法来考虑这一影响。即以折算荷载来代替实际荷载 [图 14-11 (c)]。由于次梁对板的约束程度和主梁对次梁的约束程度不同, 板和次梁的折算荷载的取值应不同。

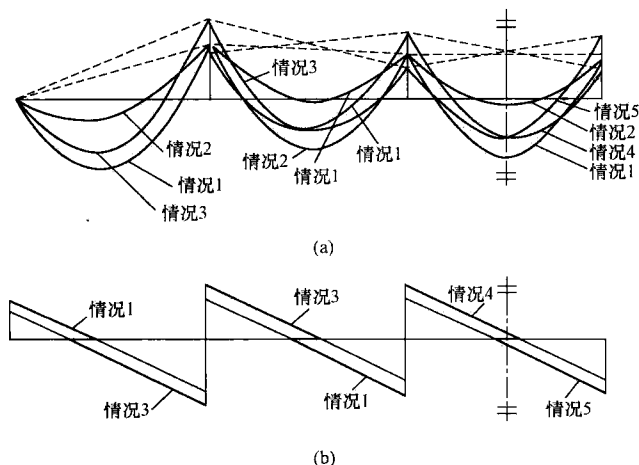


图 14-10 内力包络图

(a) 弯矩包络图; (b) 剪力包络图

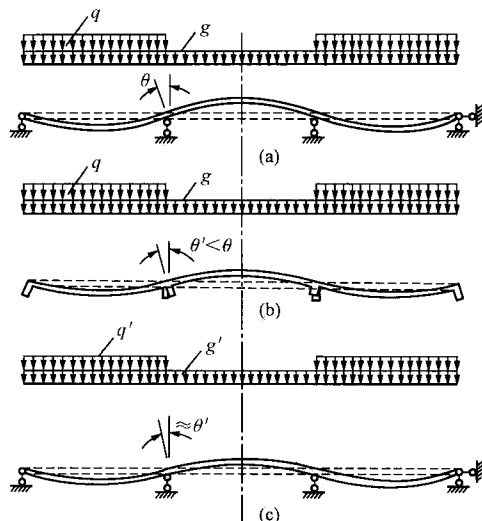


图 14-11 板、梁的折算荷载

(a) 计算模型的变形; (b) 实际结构的变形;
(c) 按折算荷载计算的变形

板和次梁的折算荷载按下列公式取值

对于板

$$g' = g + \frac{1}{2}q, \quad q' = \frac{1}{2}q \quad (14-1)$$

对于次梁

$$g' = g + \frac{1}{4}q, \quad q' = \frac{3}{4}q \quad (14-2)$$

式中 g' ——折算恒荷载设计值;
 q' ——折算活荷载设计值;
 g ——实际恒荷载设计值;
 q ——实际活荷载设计值。

当板或梁搁置在砖墙或钢梁上时, 支座处所受到的约束较小, 因而可不进行这种荷载调整。

2. 弯矩和剪力的设计值

按弹性理论计算连续板、梁的内力时, 在截面设计时, 支座处的内力应取支承梁 (或柱) 的侧面所在位置的内力, 这是因为在支座中心处 (即最大负弯矩处), 由于支承梁 (或柱) 的存在, 板、梁的截面高度将较大, 该截面不是最危险的截面。工程实践也证明, 破坏不会发生在支座中心处, 而是发生在支承梁 (柱) 的侧面处, 故弯矩设计值和剪力设计值应按支座边缘处确定。

支座边缘处弯矩设计值 M_b 可按下列公式计算 [图 14-12 (a)]

$$M_b = M - \frac{V_b b}{2} \quad (14-3)$$

式中 M —— 支座中心处弯矩设计值;

V_b —— 支座边缘处剪力设计值;

b —— 支座宽度。

支座边缘处剪力设计值 V_b 可按下列公式计算

均布荷载时

$$V_b = V - \frac{(g+q)b}{2} \quad (14-4a)$$

集中荷载时

$$V_b = V \quad (14-4b)$$

式中 V —— 支座中心处的剪力设计值 [图 14-12 (b)]。

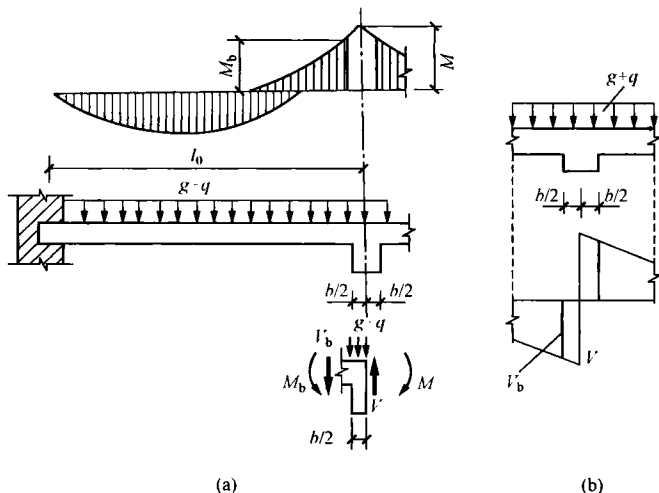


图 14-12 内力设计值的修正

(a) 支座边缘处弯矩设计值计算简图; (b) 支座边缘处剪力设计值计算简图

三、单向板肋梁楼盖内力的塑性理论计算法

(一) 按弹性理论计算单向板肋梁楼盖的问题

1. 内力计算方法与截面设计方法不协调

钢筋混凝土构件的截面承载力计算是按极限平衡理论进行的, 在截面承载力的计算中充分考虑了钢材和混凝土的塑性性质, 然而在按上述弹性理论分析连续板、梁的内力时, 实际上是采用了材料为匀质弹性体的假定, 即将构件视为理想弹性体而不考虑材料的塑性。显然, 用弹性理论分析结构内力, 并按塑性方法设计截面, 这两者是不协调的。同时, 在超静定结构中, 结构的内力与结构各部分的刚度大小有直接关系, 当结构中某截面发生塑性变形后, 刚度显著降低, 结构上的内力也将发生变化。也就是说, 在加载的全过程中, 由于材料的非弹性性质, 各截面间的内力分布规律是不断发生变化的 (这种现象一般称为内力重分布), 按弹性理论求得的内力实际上已不能准确反映结构的实际内力。同时, 连续板、梁是超静定结构, 即使其中某处正截面的受拉钢筋达到屈服, 整个结构还不是几何可变的, 仍有一定的

承载力。因此，在楼盖设计中，考虑材料的塑性性能来分析结构的内力，确定结构的承载力，将能更准确地反映结构的实际受力状态，更充分地发挥结构的承载力，具有一定的经济意义。

2. 各个截面的钢筋不能同时充分发挥作用

按弹性理论计算连续梁（或板）的内力时，是根据各种活荷载的最不利布置求出的内力包络图进行配筋的。各跨跨中和各支座截面的最大内力并不是同时出现的。也就是说，跨中截面的弯矩达到最大值时，支座弯矩并未达到最大值，反之亦然。因此，当某跨跨中钢筋在其最不利荷载作用下得到充分利用时，其支座钢筋却还有相当大的强度储备，反之亦然。

3. 支座截面配筋多、构造复杂

按弹性理论计算方法求得的支座弯矩一般远大于跨中弯矩，使支座处负弯矩钢筋远多于跨中钢筋，造成支座处钢筋密集，布置困难，施工复杂。

（二）塑性内力重分布的基本原理

1. 钢筋混凝土受弯构件的塑性铰

图 14-13（a）所示为一受弯构件跨中截面曲率 φ 与弯矩 M 的关系曲线。从图 14-13（a）中可见，钢筋屈服以前， $M-\varphi$ 关系线已略呈曲线，这表明，梁在第Ⅱ工作阶段（带裂缝工作阶段）时，由于受拉区出现裂缝和受压区混凝土产生了一定的塑性变形，截面刚度已逐渐降低。当纵向受拉钢筋屈服时，在弯矩增加不多的情况下，曲率 φ 急剧增大， $M-\varphi$ 关系线接近于水平线，这表明该截面已进入“屈服”阶段。纵向受拉钢筋屈服时的弯矩称为屈服弯矩，用 M_y 表示，相应的曲率称为屈服曲率，用 φ_y 表示；在纵向受拉钢筋屈服后，在“屈服”截面将形成的一个集中的转动区域，相当于一个铰，这种“铰”称为“塑性铰”[图 14-13（b）]。塑性铰的形成主要是由于纵向受拉钢筋屈服后产生塑性变形，而塑性铰的转动能力则取决于混凝土与纵向受拉钢筋的变形能力。随着曲率增加，混凝土受压边缘的应变将增加，当混凝土受压边缘的应变达到其极限压应变 ϵ_{cu} 时，混凝土压坏，截面达到其极限弯矩 M_u ，这时，相应的曲率称为极限曲率，用 φ_u 表示。

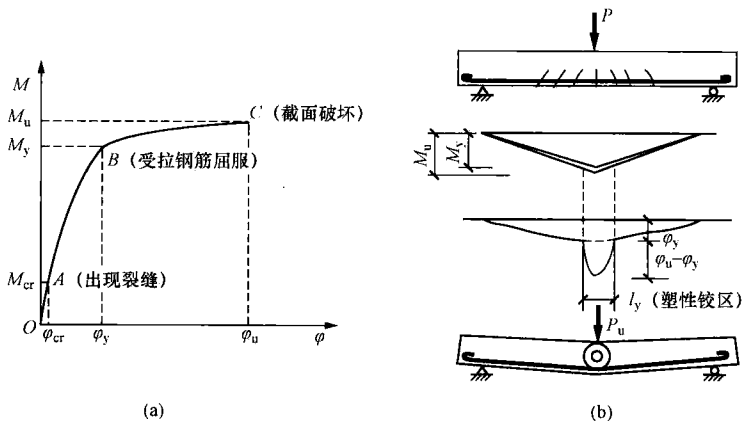


图 14-13 钢筋混凝土受弯构件的塑性铰

(a) $M-\varphi$ 关系曲线；(b) 受弯构件的塑性铰