

建筑结构(下)

第2版

主 编 姚 荣 朱平华
主 审 金伟良

建 筑 结 构(下)

(第 2 版)

主 编 姚 荣 朱平华
副主编 鞠琳波 崔海军
参 编 王新杰 何 霞 雍玉鲤
主 审 金伟良

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书依据建筑结构最新标准规范进行编写。全书共分4章,主要包括钢筋混凝土楼盖、钢筋混凝土单层厂房及多高层房屋、砌体结构和钢结构等内容。

本书内容系统、新颖、实用,可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可供相关技术和管理人员自学和参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构. 下/姚荣,朱平华主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2018.6
ISBN 978-7-5682-5705-3

I. ①建… II. ①姚… ②朱… III. ①建筑结构—高等学校—教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 116709 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 462 千字

版 次 / 2018 年 6 月第 2 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 75.00 元

责任编辑 / 钟 博

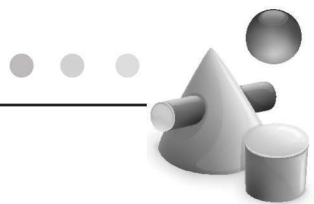
文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

第2版前言



随着土建类相关专业教学改革的深入进行及教学标准的发布实施,部分国家规范、行业标准的修订更新,高等院校“建筑结构”课程也有了新的教学要求。为更好地贯彻实施标准,适应教学改革、建筑结构发展的需要,保持教材内容的先进性,培养服务于建筑行业生产和管理第一线的高素质、高技能工程应用型人才,作者在原书的基础上广泛征求意见,并作了调研分析,根据高等教育理论与实践并重,本着“必需、够用”的原则对原版教材进行修订。

本书主要的修订内容如下:

- (1) 精简了钢筋混凝土单层厂房排架结构和框架结构部分内容。
- (2) 修改了混凝土结构所属的章节中与现行规范不一致和疏漏、错误的内容。
- (3) 修改了单向板楼盖设计实例,同时考虑施工方便,将板的配筋改为更便于工程应用的分离式配筋。
- (4) 砌体结构计算部分中,砌体强度设计值调整系数采用新规范,淘汰了一些低强度等级的块材,按现行规范修改了若干表格规定。
- (5) 修改了少数课后习题中计算题的数值,使计算结果更符合工程实际。

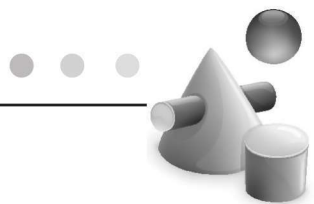
本书按照最新颁布实施的建筑结构标准规范编写,在编写过程中,力求阐述清晰,便于自学。书中每章末尾均有本章小结、思考题与习题,中间辅以若干例题。

本书由姚荣、朱平华担任主编,由鞠琳波、崔海军担任副主编,王新杰、何霞、雍玉鲤参与了本书部分章节的编写工作。具体编写分工为:姚荣编写第2、7、10章及4.1节,何霞编写第6章,雍玉鲤参与修订第8章和第10章,朱平华编写第1、3、8章及9.2~9.5节,王新杰编写第11章,鞠琳波编写第5.4、9.1节,崔海军编写第4.2~4.3节、5.1~5.3节,姚荣负责全书的修订工作。全书的金伟良主审,并提出了宝贵建议,在此表示衷心的感谢。

由于水平有限,错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

第 1 版前言



本书是为土木工程专业选修建筑工程课程群为主的本科生与专科生编写的教材，按 2010 新规范编写，内容包括：绪论、钢筋与混凝土材料的物理力学性能、混凝土结构的设计方法、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土纵向受力构件、钢筋混凝土受扭构件、预应力混凝土构件、钢筋混凝土楼盖结构、钢筋混凝土单层工业厂房及多高层房屋、砌体结构和钢结构。

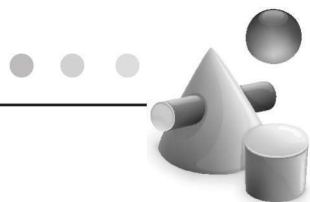
本书按照我国最新版《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）编写。在编写过程中，力求阐述清晰，便于自学。书中每章末尾有小结，包含简答题、填空题、判断选择题与计算题共 4 种类型的思考题与习题，中间辅以若干例题。

本书由朱平华（第 1、3、8、9.2~9.5 章）、王新杰（第 11 章），姚荣（第 2、4.1、7、10 章）、何霞（第 6 章），鞠林波（第 5.4、9.1 章）、崔海军（第 4.2~4.3、5.1~5.3 章）编写；由朱平华、姚荣主编，朱平华统稿。金伟良教授审阅了全部书稿，并提出了宝贵建议，在此表示衷心感谢。

由于水平所限，错误之处在所难免，欢迎批评指正。

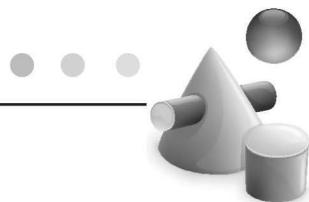
编 者

目 录



第 8 章 钢筋混凝土楼盖	1	第 9 章 钢筋混凝土单层厂房及多高层房屋	49
8.1 概述	1	9.1 钢筋混凝土单层厂房	49
8.1.1 单向板与双向板	1	9.1.1 单层厂房的结构组成和结构布置	50
8.1.2 楼盖的类型	2	9.1.2 排架计算	57
8.2 单向板肋梁楼盖	4	9.1.3 排架柱的设计	67
8.2.1 结构平面布置	4	9.1.4 单层厂房主要构件选型	73
8.2.2 计算简图	5	9.2 框架结构	75
8.2.3 连续梁(板)按弹性理论的内力计算	8	9.2.1 框架结构的类型与结构布置	75
8.2.4 连续梁(板)按塑性理论的内力计算	10	9.2.2 框架结构的近似计算	78
8.2.5 单向板肋梁楼盖的截面设计与构造	15	9.2.3 框架的构件与节点设计	86
8.2.6 单向板肋梁楼盖设计例题	21	9.3 其他多高层房屋结构形式简介	90
8.3 双向板肋梁楼盖	32	9.3.1 剪力墙结构简介	90
8.3.1 双向板的受力特点	32	9.3.2 框架-剪力墙结构简介	94
8.3.2 双向板按弹性理论的内力计算	33	9.3.3 筒体结构简介	95
8.3.3 双向板按塑性铰线法的内力计算	35	9.4 建筑结构抗震基本知识	97
8.3.4 双向板的构造	35	9.4.1 地震的成因及地震的破坏现象	97
8.3.5 双向板支承梁	37	9.4.2 建筑抗震设防标准及设防目标	101
8.3.6 双向板设计例题	38	9.5 多高层房屋的抗震构造	106
8.4 楼梯	41	9.5.1 框架结构的抗震构造	106
8.4.1 板式楼梯	41	9.5.2 框架-剪力墙结构的抗震构造	110
8.4.2 梁式楼梯	41	本章小结	115
8.5 雨篷设计	43	思考题与习题	116
思考题与习题	44		

第 10 章 砌体结构	123	10.7 过梁、挑梁	162
10.1 概述	123	10.7.1 过梁	162
10.2 砌体力学性能	123	10.7.2 挑梁	165
10.2.1 砌体材料及其强度	123	10.8 砌体结构的抗震构造要求	168
10.2.2 砌体的分类	125	10.8.1 砌体房屋结构的震害	168
10.2.3 砌体的力学性能	126	10.8.2 结构方案与结构布置	169
10.3 无筋砌体受压构件承载力		10.8.3 多层砌体砖房的抗震构造	
计算	131	措施	171
10.3.1 基本计算公式	131	本章小结	174
10.3.2 计算时高厚比 β 的确定及		思考题与习题	175
修正	133		
10.3.3 计算例题	133	第 11 章 钢结构	178
10.4 局部受压承载力计算	135	11.1 概述	178
10.4.1 局部受压的特点	135	11.2 建筑钢材	179
10.4.2 局部抗压强度提高系数	136	11.2.1 建筑钢材的力学性能及其	
10.4.3 局部均匀受压时的		技术指标	179
承载力	137	11.2.2 影响建筑钢材力学性能的	
10.4.4 梁端支承处砌体局部受压		因素	180
(局部非均匀受压)	137	11.2.3 建筑钢材的种类及选用	184
10.4.5 梁下设有刚性垫块	138	11.3 钢结构的连接	188
10.4.6 梁下设有长度大于 πh_0 的		11.3.1 连接方法	188
钢筋混凝土垫梁	139	11.3.2 焊缝连接	189
10.4.7 计算例题	140	11.3.3 螺栓连接	210
10.5 其他构件的承载力计算	142	11.4 钢结构构件	218
10.5.1 受拉、受弯和受剪构件		11.4.1 轴心受力构件	218
承载力计算	142	11.4.2 受弯构件	221
10.5.2 网状配筋砖砌体受压		11.5 钢屋盖	233
构件	143	11.5.1 钢屋盖结构的组成	233
10.6 混合结构房屋墙、柱的设计	144	11.5.2 普通屋架的杆件设计	238
10.6.1 混合结构房屋的结构		11.5.3 普通屋架的节点设计	241
布置	144	11.5.4 钢结构施工图	245
10.6.2 混合结构房屋的静力计算		本章小结	245
方案	146	思考题与习题	247
10.6.3 墙、柱高厚比验算	148		
10.6.4 刚性方案房屋墙体的设计		附表	253
计算	152	参考文献	298
10.6.5 墙、柱的基本构造措施	158		



8.1 概 述

钢筋混凝土楼盖作为建筑结构的重要组成部分,是由梁、板、柱(或无梁)组成的梁板结构体系,工业与民用建筑中的屋盖、楼盖、阳台、雨篷、楼梯等构件广泛采用楼盖结构形式。工程结构中梁板结构体系的结构构件极为常见,如板式基础、水池的顶板和底板、挡土墙、桥梁的桥面结构等。了解楼盖结构的选型,正确布置梁格,掌握结构的计算和构造,具有重要的工程意义。



楼盖介绍

8.1.1 单向板与双向板

现浇钢筋混凝土肋形楼盖由板、次梁、主梁组成(图 8.1)。按板的受力特点,其可分为现浇单向板肋形楼盖和现浇双向板肋形楼盖。楼盖板为单向板的楼盖,称为单向板肋形楼盖;相应的,楼盖板为双向板的楼盖,称为双向板肋形楼盖。

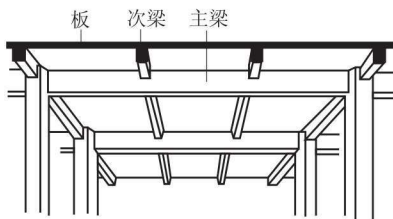


图 8.1 肋形楼盖

现浇肋形楼盖中板的四边支承在次梁、主梁或砖墙上,当板的长边 l_2 与短边 l_1 之比较大时(图 8.2),荷载主要沿短边方向传递,而沿长边方向传递的荷载很少,可以忽略不计。板中的受力钢筋将沿短边方向布置,在垂直于短边方向只布置构造钢筋,这种板称为单向板,也叫作梁式板。当板的长边 l_2 与短边 l_1 之比不大时(图 8.3),板上荷载沿长、短边两个方向传递差别不大,板在两个方向的弯曲均不可忽略。板中的受力钢筋应沿长、短边两个方向布置,这种板称为双向板。实际工程中,通常将 $l_2/l_1 \geq 3$ 的板按单向板计算;将 $l_2/l_1 \leq 2$ 的板按双向板计算。而当 $2 < l_2/l_1 < 3$ 时,宜按双向板计算;若按单向板计算,应沿长边方向布置足够数量的构造钢筋。

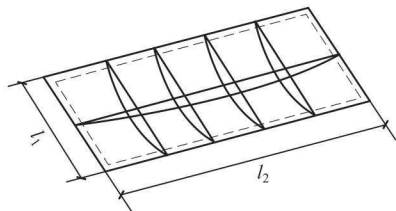


图 8.2 单向板

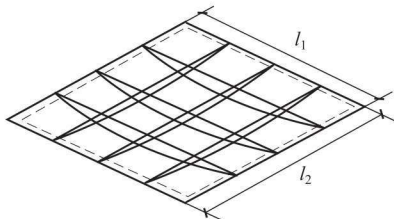


图 8.3 双向板

应当注意的是，单边嵌固的悬臂板和两对边支承的板，无论其长、短边的尺寸关系如何，都只在一个方向受弯，故属于单向板。对于三边支承的板或相邻两边支承的板，则将沿两个方向受弯，属于双向板。

单向板肋形楼盖构造简单，施工方便，是整体式楼盖结构中最常见的形式。因板、次梁和主梁为整体现浇，所以，将板视为多跨超静定连续板，而将梁视为多跨超静定梁。其荷载的传递路线是：板→次梁→主梁→柱或墙。可见，板的支座为次梁，次梁的支座为主梁，主梁的支座为柱或墙。

双向板比单向板受力好，板的刚度大，板跨可达 5 m 以上。当跨度相同时，双向板较单向板薄。在双向板肋形楼盖中，荷载的传递路线是：板→支承梁→柱或墙，板的支座是支承梁，支承梁的支座是柱或墙。双向板的受力特点如下：

(1) 双向板受荷后第一批裂缝出现在板底中部，然后逐渐沿 45° 向板的四角扩展。当钢筋应力达到屈服点后，裂缝显著增大。板即将破坏时，板面四角产生环状裂缝。这种裂缝的出现，促使板底裂缝进一步开展，最后板破坏(图 8.4)。

(2) 双向板在荷载的作用下，四角有翘曲的趋势，所以，板传给支承梁的压力，沿板的周边分布不均匀，在板的中部较大，在两端较小。

(3) 尽管双向板的破坏裂缝并不平行于板边，但由于平行于板边的配筋其板底开裂荷载较大，而板破坏时的极限荷载又与对角线方向配筋相差不大，因此，为了施工方便，双向板常采用平行于四边的配筋方式。

(4) 细而密的配筋较粗而疏的配筋有利，采用强度等级高的混凝土，较强度等级低的混凝土有利。

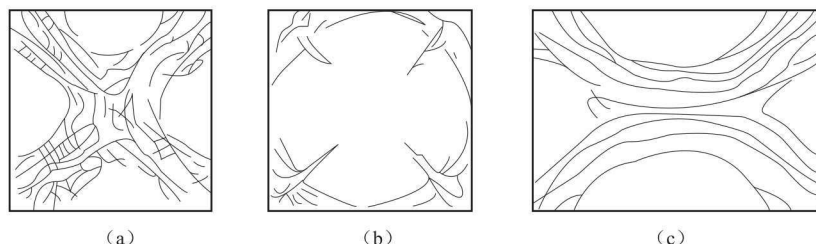


图 8.4 双向板的裂缝示意

(a) 正方形板板底裂缝；(b) 正方形板板面裂缝；(c) 矩形板板底裂缝

8.1.2 楼盖的类型

1. 钢筋混凝土楼盖按结构形式分类

(1) 肋梁楼盖。肋梁楼盖由相交的梁和板组成，如图 8.5(a)所示，它是楼盖中最常见的结构形式。这种结构的优点是构造简单、结构布置灵活、用钢量较低，其缺点是模板工程比较复杂。图 8.5(b)所示为梁板式筏形基础，实际可视之为倒置的肋梁楼盖。

(2) 井式楼盖。井式楼盖的特点是两个方向的柱网及梁的截面尺寸均相同，而且正交，如图 8.6 所示。由于是两个方向共同受力，因而梁的截面高度较肋梁楼盖小，故适宜用于跨度较大且柱网呈方形布置的结构。

(3) 密肋楼盖。密肋楼盖由密布的小梁(肋)和板组成，如图 8.7 所示。密肋楼盖由于梁

肋的间距小，板厚也很小，梁高也较肋梁楼盖小，故结构的自重较轻。

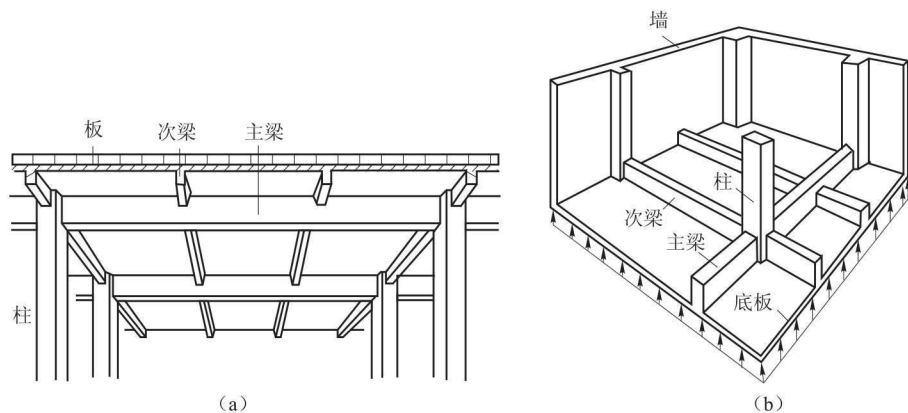


图 8.5 梁板结构

(a) 肋梁楼盖；(b) 倒置肋梁楼盖——板式基础

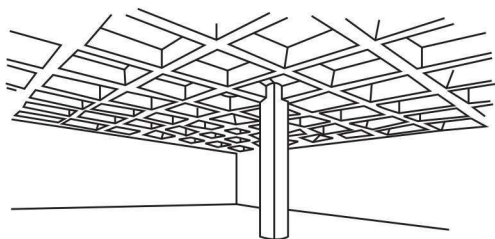


图 8.6 井式楼盖

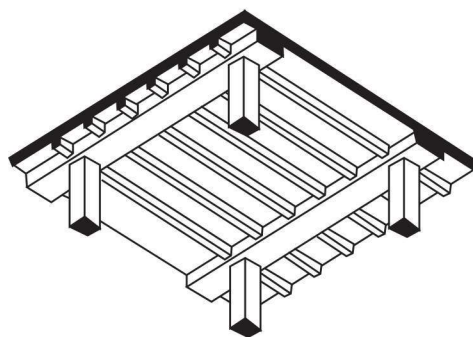


图 8.7 密肋楼盖

(4) 无梁楼盖。无梁楼盖又称板柱楼盖。这种楼盖不设梁，而将板直接支撑在带有柱帽(或无柱帽)的柱上，如图 8.8 所示。无梁楼盖顶棚平整，通常用于书库、仓库、商场等工程中，也用于水池的顶板、底板和平板式筏形基础等处。

2. 钢筋混凝土楼盖按施工方法分类

(1) 现浇整体式楼盖。现浇整体式楼盖的混凝土为现场浇筑，其优点是刚度大，整体性好，抗震、抗冲击性能好，防水性好，结构布置灵活；其缺点是模板用量大、

现场作业量大、工期较长、施工受季节影响比较大。多层工业建筑的楼盖、楼面承受某些特殊设备荷载或有较复杂的孔洞时，常采用现浇整体式楼盖。随着商品混凝土、泵送混凝土以及工具式模板的广泛使用，整体式楼盖在多层高层建筑中的应用也日益增多。

(2) 装配式楼盖。装配式楼盖是由预制的梁板构件在现场装配而成的，具有施工速度

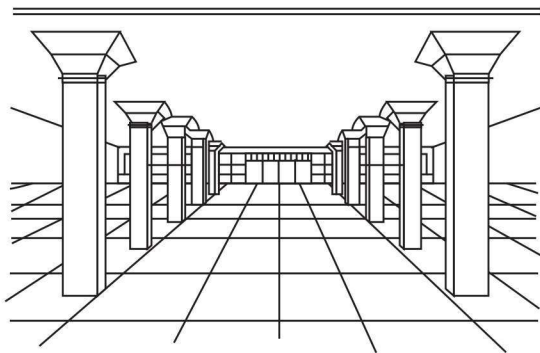


图 8.8 无梁楼盖

快、省工、省材等优点,符合建筑工业化的要求。其缺点是结构的刚度和整体性不如现浇整体式楼盖,对抗震不利,因而不宜用于高层建筑,在有些抗震设防要求较高的地区它已被限制使用。

(3)装配整体式楼盖。装配整体式楼盖由预制板(梁)上现浇一叠合层而成为一个整体,最常见的做法是在板面做厚度为 40 mm 的配筋现浇层。其特点介于整体式结构和装配式结构之间,适用于荷载较大的多层工业厂房、高层民用建筑及有抗震设防要求的建筑。



装配整体式楼盖

8.2 单向板肋梁楼盖

8.2.1 结构平面布置

平面楼盖结构布置的主要任务是合理地确定柱网和梁格,它通常是在建筑设计初步方案提出的柱网和承重墙布置的基础上进行的。

1. 柱网布置

柱网布置应与梁格布置统一考虑。柱网尺寸(即梁的跨度)过大,将使梁的截面过大而增加材料用量和工程造价;反之,柱网尺寸过小,会使柱和基础的数量增多,也会使造价增加,并将影响房屋的使用。因此,柱网布置应综合考虑房屋的使用要求和梁的合理跨度。通常次梁的跨度取 4~6 m 为宜,主梁的跨度取 5~8 m 为宜。

2. 梁格布置

梁格布置除需确定梁的跨度外,还应考虑主梁、次梁的方向和次梁的间距,并与柱网布置相协调。

主梁可沿房屋横向布置,它与柱构成横向刚度较强的框架体系,但次梁平行于侧窗,使顶棚上形成次梁的阴影;主梁也可沿房屋纵向布置,以便于通风等管道通过,并且次梁垂直于侧窗使顶棚明亮,但横向刚度较差。次梁间距(即板的跨度)增大,可使次梁数量减少,但会增大板厚而增加整个楼盖的混凝土用量。在确定次梁间距时,应使板厚较小为宜,常用的次梁间距为 1.7~2.7 m。

在主梁跨度内以布置 2 根及 2 根以上次梁为宜,可使其弯矩变化较为平缓,有利于主梁的受力;若楼板上开有较大的洞口,必要时应沿洞口周围布置小梁;主梁和次梁应力求布置在承重的窗间墙上,避免搁置在门窗洞口上;否则,过梁应另行设计。

3. 柱网与梁格布置

在满足房屋使用要求的基础上,柱网与梁格的布置应力求简单、规整,以使结构受力合理、节约材料、降低造价。同时,板厚和梁的截面尺寸也应尽可能统一,以便于设计、施工及满足美观要求。

单向板肋梁楼盖结构平面布置方案主要有以下三种:

(1)主梁沿横向布置,次梁沿纵向布置[图 8.9(a)]。该方案的优点是主梁和柱可形成横向框架、横向抗侧移刚度大,各榀横向框架由纵向次梁相连,房屋整体性好。

(2)主梁沿纵向布置,次梁沿横向布置[图 8.9(b)]。这种布置适用于横向柱距比纵向柱距大得多的情况。它的优点是减小了主梁的截面高度,可增加室内净高。

(3)只布置次梁，不设置主梁[图 8.9(c)]。此方案适用于有中间走道的砌体墙承重混合结构房屋。

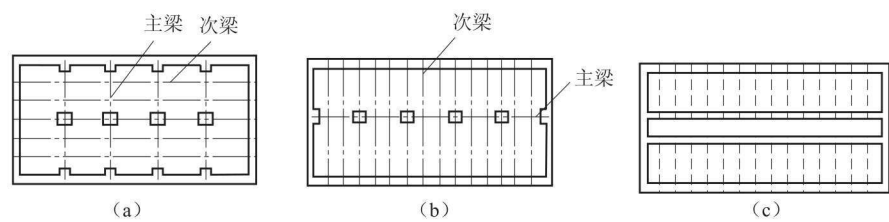


图 8.9 单向板肋梁楼盖结构布置
(a)主梁沿横向布置；(b)主梁沿纵向布置；(c)只设置次梁，不设置主梁

8.2.2 计算简图

单向板肋形楼盖的板、次梁、主梁和柱均整体浇筑在一起，形成一个复杂体系。但由于板的刚度很小，次梁的刚度又比主梁的刚度小很多，因此，可以认为板简单支承在次梁上，次梁简单支承在主梁上，将整个楼盖体系分解为板、次梁和主梁几类构件单独进行计算。作用在板面上的荷载传递路线为：荷载→板→次梁→主梁→柱或墙，板和主、次梁可视为多跨连续板(梁)，其计算简图应表示出梁(板)的跨数，计算跨度，支座的特点以及荷载的形式、位置及大小等。

1. 支座的特点

在肋梁楼盖中，当板或梁支承在砖墙(或砖柱)上时，由于其嵌固作用较小，可假定为铰支座，其嵌固的影响可在构造设计中加以考虑。

当板支承在次梁上，次梁支承在主梁上时，次梁对板、主梁对次梁都将有一定的嵌固作用。为简化计算，通常也假定为铰支座，由此引起的误差将在内力计算时加以调整。

当主梁支承在混凝土柱上时，其计算简图应根据梁、柱的抗弯刚度比确定：如果梁的抗弯刚度比柱的抗弯刚度大很多(通常认为主梁与柱的线刚度比大于 3~4)，则可将主梁视为铰支于柱上的连续梁进行计算；否则，应按框架梁设计。

2. 计算跨数

连续梁任何一个截面的内力值，与其跨数、各跨跨度、刚度以及荷载等因素有关。但对某一跨来说，相隔两跨以上的上述因素，对该跨内力的影响很小。因此，为了简化计算，对于跨数多于五跨的等跨度(或跨度相差不超过 10%)、等刚度、等荷载的连续梁(板)，可近似地按五跨计算。由图 8.10 可知，实际结构 1、2、3 跨的内力按五跨连续梁(板)计算简图采用，其余中间各跨(第 4 跨)内力按五跨连续梁(板)的第 3 跨采用。这种简化，在工程上已具有足够的精度，因而广为应用。

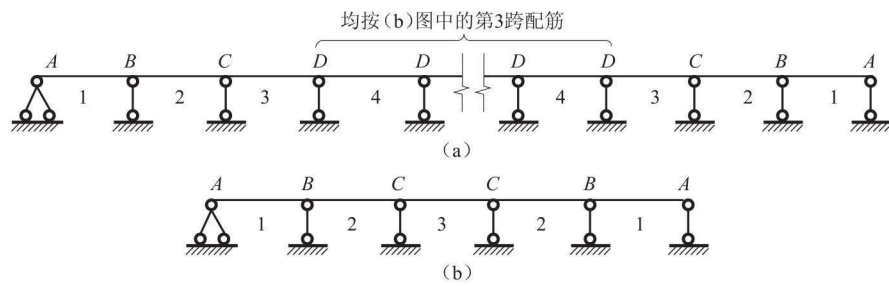


图 8.10 连续梁(板)计算简图

3. 计算跨度

梁、板的计算跨度是指在内力计算时所应采用的跨间长度，其值与支座反力分布有关，即与构件本身的刚度和支承条件有关。在设计中，梁、板的计算跨度 l_0 一般按表 8.1 的规定采用。

表 8.1 梁和板的计算跨度 l_0

跨数	支座情形		计算跨度 l_0	
			板	梁
单跨	两端简支		$l_0=l_n+h$	$l_0=l_n+a\leqslant 1.05l_n$
	一端简支，一端与梁整体连接		$l_0=l_n+h$	
	两端与梁整体连接		$l_0=l_n$	
多跨	两端简支		当 $a\leqslant 0.1l_c$ 时， $l_0=l_c$ 当 $a>0.1l_c$ 时， $l_0=1.1l_n$	当 $a\leqslant 0.05l_c$ 时， $l_0=l_c$ 当 $a>0.05l_c$ 时， $l_0=1.05l_n$
	一端嵌入墙内，另一端与梁整体连接	按塑性计算	$l_0=l_n+0.5h$	$l_0=l_n+0.5a$
		按弹性计算	$l_0=l_n+(h+a')/2$	$l_0=l_n\leqslant 1.025l_n+0.5a$
	两端均与梁整体连接	按塑性计算	$l_0=l_n$	$l_0=l_n$
		按弹性计算	$l_0=l_n$	$l_0=l_n$
	注： l_n —支座间净距； l_c —支座中心间的距离； h —板的厚度； a —边支座宽度； a' —中间支座宽度； l_0 —计算跨度。对于连续板，当一端搁置在墙上，另一端与梁整体连接时， l_0 取 $\left(l_n+\frac{h}{2}\right)$ 与 $\left(l_n+\frac{a}{2}\right)$ 中的较小值。			

4. 荷载取值

楼盖上的荷载有恒荷载和活荷载两种。恒荷载一般为均布荷载，它主要包括结构自重、各构造层自重、永久设备自重等；活荷载的分布通常是不规则的，一般均折合成等效均布荷载计算，主要包括楼面活荷载（如使用人群、家具及一般设备的重力）、屋面活荷载和雪荷载等。

楼盖恒荷载的标准值按结构实际构造情况通过计算确定，楼盖活荷载的标准值按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)确定。在设计民用房屋楼盖时，应考虑楼面活荷载的折减问题，因为当梁的负荷面积较大时，全部满载的可能性较小，故应对活荷载标准值按规范进行折减。其折减系数依据房屋类别和楼面梁的负荷范围，取 0.55~1.0 不等。

当楼面板承受均布荷载时，通常取宽度为 1 m 的板带进行计算，如图 8.11(a)所示。在确定板传递给次梁的荷载和次梁传递给主梁的荷载时，一般均忽略结构的连续性而按简单支承进行计算。所以，对次梁取相邻板跨中线所分割出来的面积作为它的受荷面积；次梁所承受荷载为次梁自重及其受荷面积上板传来的荷载；主梁承受主梁自重以及由次梁传来的几种荷载，但由于主梁自重与次梁传来的荷载相比较小，故为了简化计算，一般可将主梁的均布自重荷载折算为若干集中荷载一并计算。板、次梁、主梁的计算简图如图 8.11(b)~(d)所示。

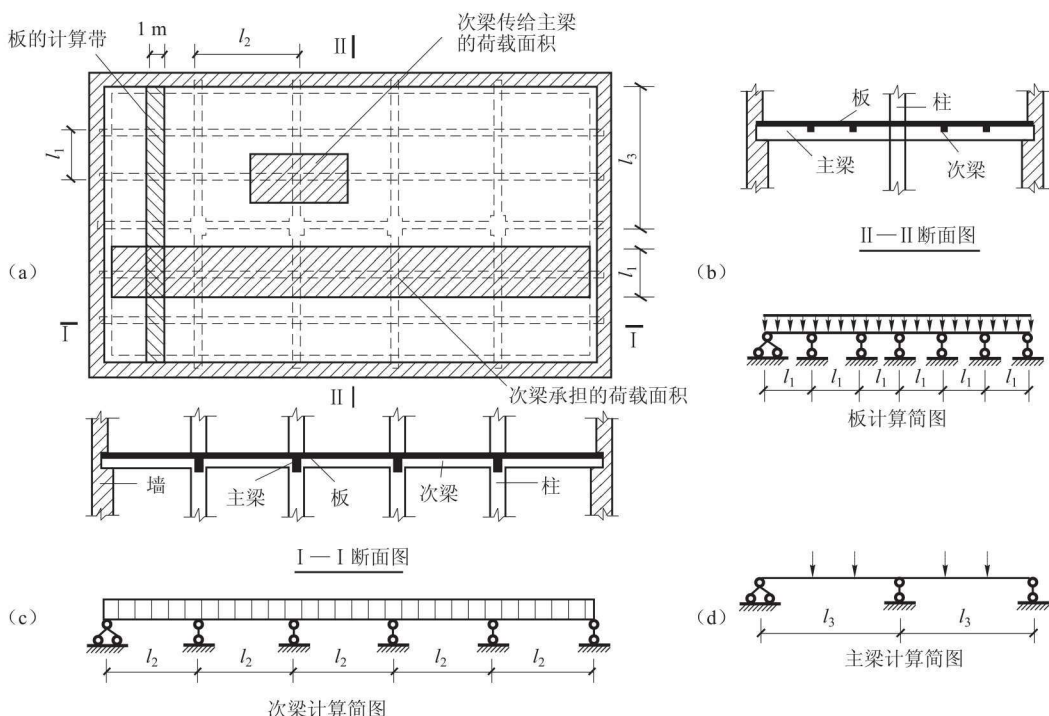


图 8.11 单向板肋梁楼盖计算简图

如前所述,在计算梁(板)的内力时,假设梁(板)的支座为铰接,这对于等跨连续梁(板)当活荷载沿各跨均为满布时是可行的。因为,此时梁(板)在中间支座发生的转角很小,按简支计算与实际情况相差甚微。但是,当活荷载 q 隔跨布置时情况则不同。现以图 8.12 所示支承在次梁上的连续板为例予以说明。当按铰支座计算时,板绕支座的转角 θ 值较大[图 8.12(a)]。而实际上,由于板与次梁整体现浇在一起,当板受荷载弯曲,在支座发生转动时,将带动次梁(支座)一同转动。同时,次梁因具有一定的抗扭刚

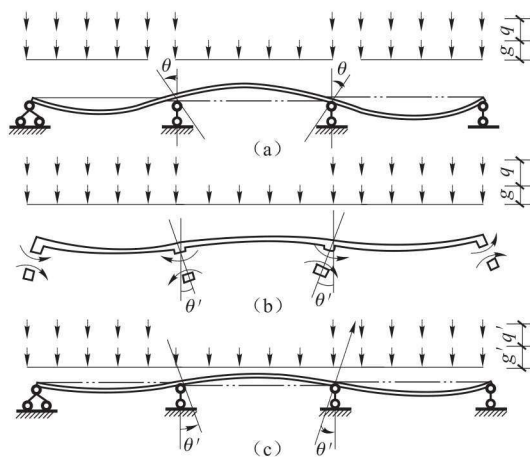


图 8.12 连续梁(板)的折算荷载

度且两端受主梁的约束,将阻止板的自由转动,最终只能产生两者变形协调的约束转角 θ' ,如图 8.12(b)所示。其值小于前述自由转角 θ ,转角减小使板的跨中弯矩有所降低,而支座负弯矩则相应地有所增加,但不会超过两相邻跨布满活荷载时的支座负弯矩。类似的情况也会发生在次梁与主梁及主梁与柱之间。这种由于支承构件的抗扭刚度,使被支承构件跨中弯矩有所减小的有利影响,在设计中,一般通过采用增大恒荷载和减小活荷载的办法来考虑,即将恒荷载和活荷载分别调整为 g' 和 q' [图 8.12(c)]。

对于板:

$$g' = g + \frac{q}{2}, \quad q' = \frac{q}{2} \quad (8-1)$$

对于次梁:

$$g' = g + \frac{q}{4}, \quad q' = \frac{3q}{4} \quad (8-2)$$

式中 g' 、 q' ——调整后的折算恒荷载、活荷载设计值;

g 、 q ——实际的恒荷载、活荷载设计值。

对于主梁, 因转动影响很小, 一般不予考虑。

当梁(板)搁置在砌体或钢结构上时, 对荷载不作调整。

8.2.3 连续梁(板)按弹性理论的内力计算

钢筋混凝土连续梁(板)的内力按弹性理论方法计算, 是假定梁(板)为理想弹性体系, 因而, 其内力计算可按结构力学中的方法进行。

钢筋混凝土连续梁(板)所受恒荷载是保持不变的, 而活荷载在各跨的分布则是变化的。由于结构设计必须使构件在各种可能的荷载布置下都能安全、可靠的使用, 所以, 在计算内力时, 应研究活荷载如何布置, 将使梁(板)内各截面可能产生的内力绝对值最大, 即要考虑荷载的最不利布置和结构的内力包络图。

1. 活荷载的最不利布置

对于单跨梁, 显然是当全部恒载和活荷载同时作用时将产生最大的内力。但对于多跨连续梁某一指定截面, 往往并不是所有荷载同时布满梁上各跨时引起的内力为最大。图 8.13 给出了一个五跨连续梁当活荷载单跨布置时的弯矩图和剪力图。从图中可以看出其内力图的变化规律: 当活荷载作用在某跨时, 该跨跨中为正弯矩, 邻跨跨中则为负弯矩, 然后正负弯矩相间。研究各弯矩图变化规律和不同组合后的结果, 可以确定截面活荷载最不利布置的原则为:

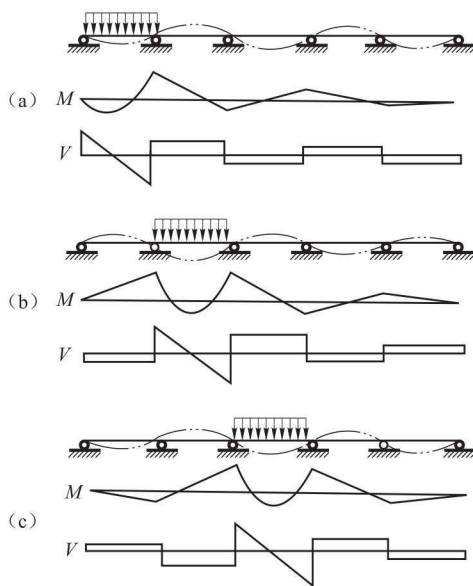


图 8.13 五跨连续梁在不同跨间荷载作用下的内力图

(1) 求某跨跨中的最大正弯矩时, 应在该跨布置活荷载; 然后, 向两侧隔跨布置。按图 8.14(a) 所示布置活荷载, 将使 1、3、5 跨跨中产生最大正弯矩; 按图 8.14(b) 所示布置活荷载, 将使 2、4 跨跨中产生最大正弯矩。

(2) 求某跨跨中最大负弯矩时, 该跨不布置活荷载, 而在其左右邻跨布置; 然后, 向两侧隔跨布置。按图 8.14(a) 所示布置活荷载, 将使 2、4 跨跨中产生最大负弯矩; 按图 8.14(b) 所示布置活荷载, 将使 1、3、5 跨跨中产生最大负弯矩。

(3) 求某支座截面最大负弯矩时, 应在该支座相邻两跨布置活荷载; 然后, 向两侧隔跨布置。按图 8.14(c) 所示布置活荷载, 将产生 B 支座截面最大负弯矩; 按图 8.14(d) 所示布置活荷载, 将产生 C 支座截面最大负弯矩。

(4) 求某支座截面最大剪力时, 其活荷载布置与求该截面最大负弯矩时的布置相同, 如

图 8.14(c)和图 8.14(d)所示。

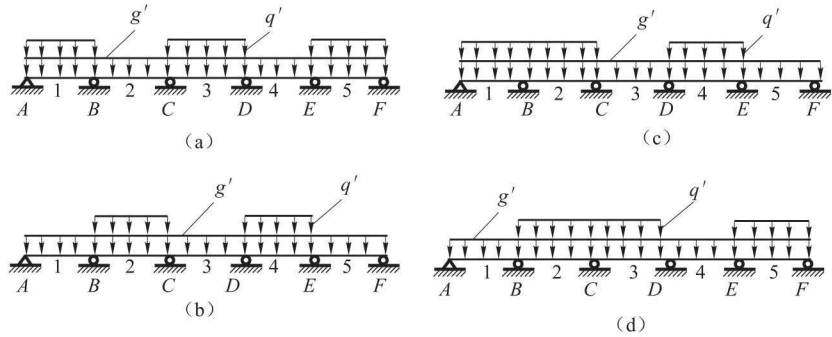


图 8.14 五跨连续梁最不利荷载组合

- (a) 恒+活 1+活 3+活 5(产生 $M_{1\max}$ 、 $M_{3\max}$ 、 $M_{5\max}$ 、 $M_{2\min}$ 、 $M_{4\min}$)；
- (b) 恒+活 1+活 2+活 4(产生 $M_{2\max}$ 、 $M_{4\max}$ 、 $M_{1\min}$ 、 $M_{3\min}$ 、 $M_{5\min}$)；
- (c) 恒+活 1+活 2+活 4(产生 $M_{B\max}$ 、 $V_{B\text{左}\max}$ 、 $V_{B\text{右}\max}$)；
- (d) 恒+活 2+活 3+活 5(产生 $M_{C\max}$ 、 $V_{C\text{左}\max}$ 、 $V_{C\text{右}\max}$)

梁上的恒荷载应按实际情况布置。

活荷载布置确定后，即可按结构力学的方法进行连续梁(板)的内力计算。

2. 内力计算

明确活荷载的不利布置后，即可按结构力学中所述的方法求出弯矩和剪力。为了减轻计算工作量，已将等跨连续梁(板)在各种不同布置荷载作用下的内力系数，制成计算表格，详见附表 11。设计时可直接从表中查得内力系数后，按下式计算各截面的弯矩和剪力值，作为截面设计的依据。

在均布荷载作用下

$$M = \text{表中系数} \times ql^2 \quad (8-3)$$

$$V = \text{表中系数} \times ql \quad (8-4)$$

在集中荷载作用下

$$M = \text{表中系数} \times Pl \quad (8-5)$$

$$V = \text{表中系数} \times P \quad (8-6)$$

式中 q ——均布荷载设计值(kN/m)；

P ——集中荷载设计值(kN)。

当连续板(梁)的各跨跨度不相等但相差不超过 10% 时，仍可近似地按等跨内力系数表进行计算。但当求支座负弯矩时，计算跨度应取相邻两跨的平均值(或取其中较大值)；而求跨中弯矩时，则取相应跨的计算跨度。

3. 内力包络图

根据各种最不利荷载组合，按一般结构力学方法或利用前述表格进行计算，即可求出各种荷载组合作用下的内力图(弯矩图和剪力图)，把它们叠画在同一坐标图上，其外包线所形成的图形即为内力包络图，它表示连续梁(板)在各种荷载最不利布置下各截面可能产生的最大内力值。图 8.15 所示为五跨连续梁的弯矩包络图和剪力包络图，它是确定连续梁纵筋、弯起钢筋、箍筋的布置和绘制配筋图的依据。

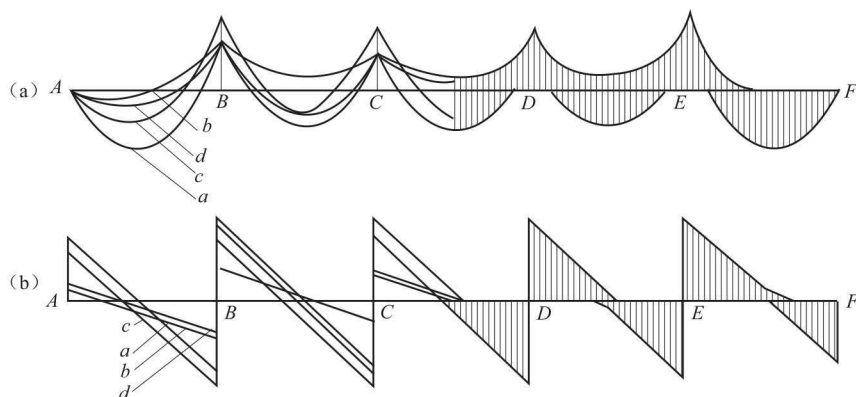


图 8.15 五跨连续梁均布荷载内力包络图

(a) 弯矩包络图; (b) 剪力包络图

4. 支座截面内力的计算

在按弹性理论计算连续梁的内力时, 其计算跨度取支座中心线间的距离, 即按计算简图求得的支座截面内力为支座中心线的最大内力。若梁与支座非整体连接或支撑宽度很小时, 计算简图与实际情况基本相符。然而, 对于整体连接的支座, 中心处梁的截面高度将会由于支撑梁(柱)的存在而明显增大。实践证明, 该截面的内力虽为最大, 但其并非为最危险截面, 破坏都出现在支撑梁(柱)的边缘处(图 8.16)。因此, 可取支座边缘截面作为计算控制截面, 其弯矩和剪力的计算值, 可近似地按下式求得:

$$M_b = M - V_0 \frac{b}{2} \quad (8-7)$$

$$V_b = V - (g + q) \frac{b}{2} \quad (8-8)$$

式中 M 、 V ——支座中心线处截面的弯矩和剪力;

V_0 ——按简支梁计算的支座剪力;

g 、 q ——均布恒荷载和活荷载;

b ——支座宽度。

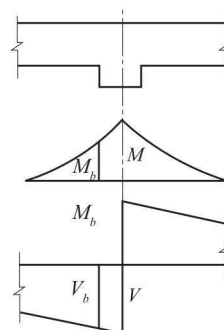


图 8.16 支座处的弯矩、剪力图

8.2.4 连续梁(板)按塑性理论的内力计算

如前所述, 钢筋混凝土梁(板)正截面受弯经历了三个阶段: 弹性阶段、带裂缝工作阶段和破坏阶段。在弹性阶段, 应力沿截面高度的分布近似为直线, 而到了带裂缝工作阶段和破坏阶段, 材料表现出明显的塑性性能。截面在按受弯承载力计算时, 已考虑了这一因素, 但是当按弹性理论计算连续梁板时, 却忽视了钢筋混凝土材料的构件在工作中存在着这种非弹性性质, 假定结构的刚度不随荷载的大小而改变。而实际上结构中某截面发生塑性变形后, 其内力和变形与不变刚度的弹性体系分析的结果是不一致的, 因为在结构中产生了内力重分布现象。

钢筋混凝土结构的内力重分布现象在裂缝出现前即已产生, 但不明显; 在裂缝出现后内力重分布程度不断扩大, 而受拉钢筋屈服后的塑性变形则使内力重分布现象进一步加剧。