

宗 兰 张三柱 主编
陈忠汉 主审

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会组织编写

应用型本科院校土木工程专业规划教材

混凝土与 砌体结构 设计

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社
www.cnipr.com





宗 兰 张三柱 主编
陈忠汉 主审

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会组织编写

应用型本科院校土木工程专业规划教材

混凝土与 砌体结构 设计

[中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn ]
[知识产权出版社
www.cnipr.com ]

内容提要

本书系“应用型本科院校土木工程专业规划教材”之一，介绍了混凝土结构和砌体结构设计理论和设计方法，内容包括混凝土梁板结构设计、单层工业厂房结构设计、多层框架结构设计和砌体结构设计等。

本书可作为高等院校土木工程专业教材，也可供土木工程设计、施工技术人员学习《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《砌体结构规范》(GB 50003—2002)时参考。

责任编辑：阳森 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z_baolin@263.net

文字编辑：周媛

图书在版编目(CIP)数据

混凝土与砌体结构设计/宗兰, 张三柱主编. —北京:

中国水利水电出版社: 知识产权出版社, 2006

应用型本科院校土木工程专业规划教材

ISBN 7-5084-3737-3

I. 混... II. ①宗... ②张... III. ①混凝土结构—
高等学校—教材 ②砌体结构—高等学校—教材 IV.

①TU37②TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第035790号

应用型本科院校土木工程专业规划教材

混凝土与砌体结构设计

宗兰 张三柱 主编 陈忠汉 主审

中国水利水电出版社 出版发行 (北京市西城区三里河路6号; 电话: 010-68331835 68357319)
知识产权出版社 (北京市海淀区马甸南村1号; 电话、传真: 010-82000893)

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂印刷

787mm×1092mm 16开 18.5印张 433千字

2006年6月第1版 2006年6月第1次印刷

印数: 0001—4100册

定价: 31.00元

ISBN 7-5084-3737-3

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题, 可寄中国水利水电出版社营销中心调换
(邮政编码 100044, 电子邮件: sales@waterpub.com.cn)

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会组织编写

应用型本科院校土木工程专业规划教材

编写委员会

主任委员 李爱群

副主任委员 吴胜兴 刘伟庆

委员 (按姓氏拼音字母排序)

包 华 崔清洋 何培玲 何卫中 孔宪宾

李庆录 李仁平 李文虎 刘爱华 刘训良

余跃心 施凤英 田安国 童 忻 王振波

徐汉清 宣卫红 荀 勇 殷惠光 张三柱

朱正利 宗 兰

审定委员会

顾问 蒋永生 周 氏 宰金珉 何若全

委员 (按姓氏拼音字母排序)

艾 军 曹平周 陈国兴 陈忠汉 丰景春

顾 强 郭正兴 黄安永 金钦华 李爱群

刘伟庆 陆惠民 邱宏兴 沈 杰 孙伟民

吴胜兴 徐道远 岳建平 赵和生 周国庆

总 序

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会成立于2002年5月，现由江苏省设有土木工程专业的近40所高校组成，是中国土木工程学会教育工作委员会的第一个省级分会。分会的宗旨是加强江苏省各高校土木工程专业的交流与合作，提高土木工程专业的人才培养质量，服务于江苏乃至全国的建设事业和社会发展。

人才培养是高校的首要任务，现代社会既需要研究型人才，也需要大量在生产领域解决实际问题的应用型人才。目前，除少部分知名大学定位在研究型大学外，大多数工科大学均将办学层次定位在应用技术型高校这个平台上。作为知识传承、能力培养和课程建设载体的教材在应用型高校的教学活动中起着至关重要的作用，但目前出版的教材大多偏重于按照研究型人才培养的模式进行编写，“应用型”教材的建设和发展却远远滞后于应用型人才培养的步伐。为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展的需要，满足我国高校从精英教育向大众化教育重大转移阶段中社会对高校应用型人才培的各类要求，探索和建立我国高校应用型本科人才培养体系，中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会与中国水利水电出版社、知识产权出版社联合，组织江苏省有关院校的教师，编写出版了适应应用型人才培养需要的应用型本科院校土木工程专业规划教材。其培养目标是既掌握土木工程学科的基本知识和基本技能，同时也包括在技术应用中不可缺少的非技术知识，又具有较强的技术思维能力，擅长技术的应用，能够解决生产实际中的具体技术问题。

本套教材旨在充分反映应用型本科的特色，吸收国内外优秀教材的成功

经验，并遵循以下编写原则：

- 突出基本概念、思路和方法的阐述以及工程应用实例；
- 充分利用工程语言，形象、直观地表达教学内容，力争在体例上有所创新并图文并茂；
- 密切跟踪行业发展动态，充分体现新技术、新方法，启发学生的创新思维。

本套教材虽然经过编审者和编辑出版人员的尽心努力，但由于是对应用型本科院校土木工程专业规划教材的首次尝试，故仍会存在不少缺点和不足之处。我们真诚欢迎选用本套教材的师生多提宝贵意见和建议，以便我们不断修改和完善，共同为我国土木工程教育事业的发展作出贡献。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会

2006年4月

前 言

本书为了适应土木工程教育事业的发展的需要，由中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会，根据全国高校土木工程专业普遍执行的“混凝土结构教学大纲”的要求编写而成。

本书的主要特点：符合应用型本科院校土木工程专业教学大纲的要求，贯彻少而精的原则，在各章节中，尽量精炼内容，力求设计思路清晰，基本概念清楚，便于教学。在例题的选择方面，尽可能与工程实际相结合，突出培养学生动手做工程的能力。同时，为了方便学生自学，在每章后面都附有思考题和习题。

本书编写分工：宗兰（南京工程学院）编写第一章及第二章的第一节、第二节和附录；张三柱（淮海工学院）编写第二章；胡志军（淮阴工学院）编写第三章；刘红梅（南通大学）编写第四章。全书由宗兰统稿。

在本书编写过程中，得到东南大学蒋永生教授、河海大学周氏教授的指导，同时也得到东南大学李爱群教授、南京工业大学刘伟庆教授的指导和帮助，在此表示由衷的感谢。编者非常感谢本书主审苏州科技学院陈忠汉教授严谨、认真的审稿工作。

在编写过程中，我们参考了一些高校的教材，均列于参考文献中。由于水平有限，书中有不妥或错误之处，恳请读者指正。

编 者

2006.3

目 录

总序

前言

第一章 混凝土梁板结构	1
第一节 概述	1
第二节 现浇整体式单向板肋梁楼盖	4
第三节 双向板肋梁楼盖.....	35
第四节 无梁楼盖	46
第五节 装配式钢筋混凝土楼盖	52
第六节 楼梯、雨篷设计与计算	55
思考题	65
习题	66
第二章 单层厂房结构	68
第一节 概述	68
第二节 单层厂房结构组成和结构布置	70
第三节 排架计算	82
第四节 单层厂房柱的设计	110
第五节 柱下独立基础设计	120
第六节 单层厂房设计示例	129
思考题	159
习题	159
第三章 多层框架结构设计	161
第一节 多层框架的结构布置	161
第二节 竖向荷载作用下框架内力计算	168

第三节	水平荷载作用下的内力计算近似法	174
第四节	框架侧移近似计算及限值	192
第五节	内力组合	194
第六节	框架梁、柱的截面设计	197
第七节	现浇框架的一般构造要求	198
思考题		200
习题		201
第四章	砌体结构	202
第一节	砌体结构综述	202
第二节	砌体结构的材料	205
第三节	砌体种类及力学性能	207
第四节	砌体结构的强度计算指标	212
第五节	无筋砌体构件的承载力计算	214
第六节	砌体受拉、受弯、受剪承载力计算	221
第七节	配筋砌体结构构件承载力计算	222
第八节	混合结构房屋墙体设计	230
第九节	过梁、圈梁、墙梁及悬挑构件设计	242
第十节	混合结构房屋墙体设计例题	253
思考题		263
习题		263
附录 A	等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	266
附录 B	按弹性理论计算矩形双向板在均布荷载作用下的弯矩系数表	273
附录 C	单层工业厂房设计用表	277
附录 D	砌体结构设计用表	282
参考文献		286

第一章

混凝土梁板结构

【本章要点】

- 要了解现浇整体式单向板肋形楼盖的布置原则；熟练掌握内力按弹性理论及考虑塑性内力重分布的计算方法；弹性算法中的折减荷载、塑性方法中的塑性铰、内力重分布、弯矩调幅等概念；深入理解连续梁、板截面设计特点及有关配筋构造要求。
- 对于现浇双向板肋形楼盖，要了解双向板静力工作特点；掌握内力按弹性理论计算的近似方法；掌握按塑性理论设计双向板的方法、步骤；熟悉双向板楼盖结构界面设计和配筋构造要求。
- 对于无梁楼盖，要了解无梁楼盖的工作特点；熟悉无梁楼盖设计方法及构造要求。
- 了解几种常见楼梯结构组成及受力特点；掌握常见楼梯的内力计算方法和配筋构造要点。
- 掌握雨篷结构设计内容和设计方法。

第一节 概 述

钢筋混凝土梁板结构如楼盖、屋盖、阳台、雨篷和楼梯等，在建筑中应用十分广泛。在特种结构中，如水池的顶板和底板、烟囱的板式基础也都属于梁板结构。混凝土楼盖是建筑结构中的主要组成部分，对于6~12层的框架结构，楼盖的用钢量占全部结构用钢量的50%左右；对于混合结构，其用钢量也主要集中在楼盖。因此，楼盖结构选型和布置的合理性以及结构计算和构造的正确性，对于建筑结构的安全使用和经济合理有着非常重要的意义。同时，对美观适用也存在一定的影响。

混凝土楼盖按其施工方法可分为现浇整体式、装配式和装配整体式三种形式。其中现浇整体式混凝土楼盖由于整体性好、抗震性强、防水性好，而在实际工程中采用较为

普遍。

一、现浇整体式楼盖

现浇整体式楼盖按楼板和支承条件的不同，可分为以下几种形式的楼盖。

(一) 现浇肋形楼盖

现浇肋形楼盖由板、次梁和主梁（有时没有主梁）组成，它是楼盖中最常见的结构形式，其优点是结构布置灵活，可以适应不规则的柱网布置及复杂的工艺以及建筑平面要求，且构造简单，同其他结构相比一般用钢量较低；缺点是支模比较复杂。

根据楼盖中主次梁的不同布置方式以及板的形状与支承方式，现浇肋形楼盖又可分为单向板肋形楼盖（见图 1-1）和双向板肋形楼盖（见图 1-2）。

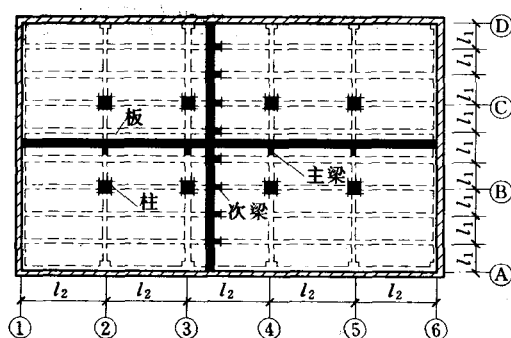


图 1-1 单向板肋形楼盖

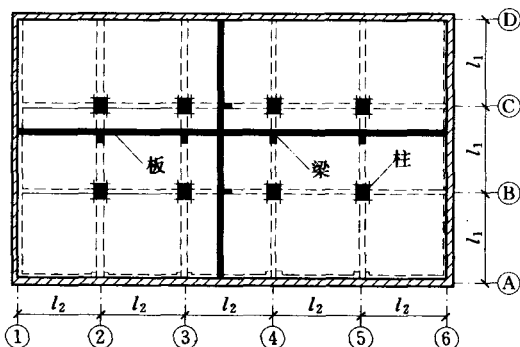


图 1-2 双向板肋形楼盖

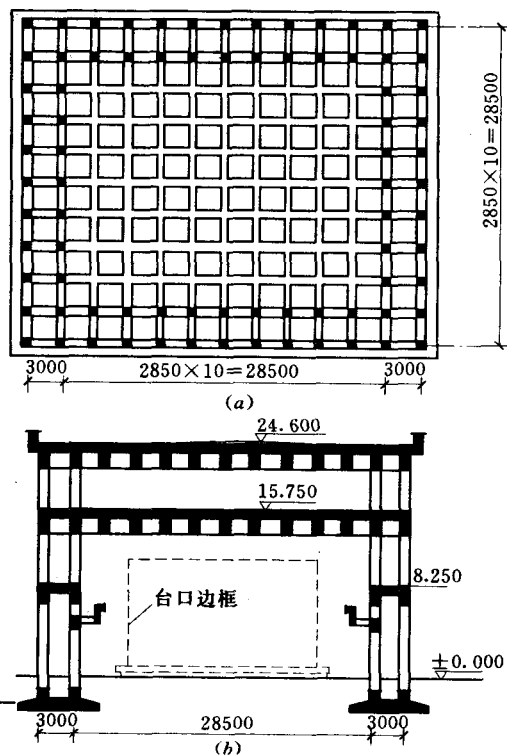


图 1-3 井式楼盖

(二) 井式楼盖

井式楼盖是由肋形楼盖演变而成，其特点是两个方向上的梁的截面尺寸相同，而且正交，不分主次梁，共同直接承受板传来的荷载。这种楼盖适用于房间为矩形的楼盖（两个方向边长越接近越经济）。由于两个方向上的梁具有相同的截面尺寸，截面的高度较肋形楼盖小，梁的跨度较大，常用于公共建筑的大厅（见图 1-3）。

(三) 无梁楼盖

无梁楼盖没有梁，板直接支承在柱上，板较厚。当荷载较小时可采用无柱帽形式；当荷载较大时，为提高楼盖承载力和刚度，减小板厚，做成有柱帽形式（见图 1-4）。

无梁楼盖的优点是楼层净空高，通风和卫生条件比一般楼盖好；缺点是自重较大，用钢量大。常用于书库、仓库和商场等处，有时也用于水池的顶板、底板和筏片基础等部位。

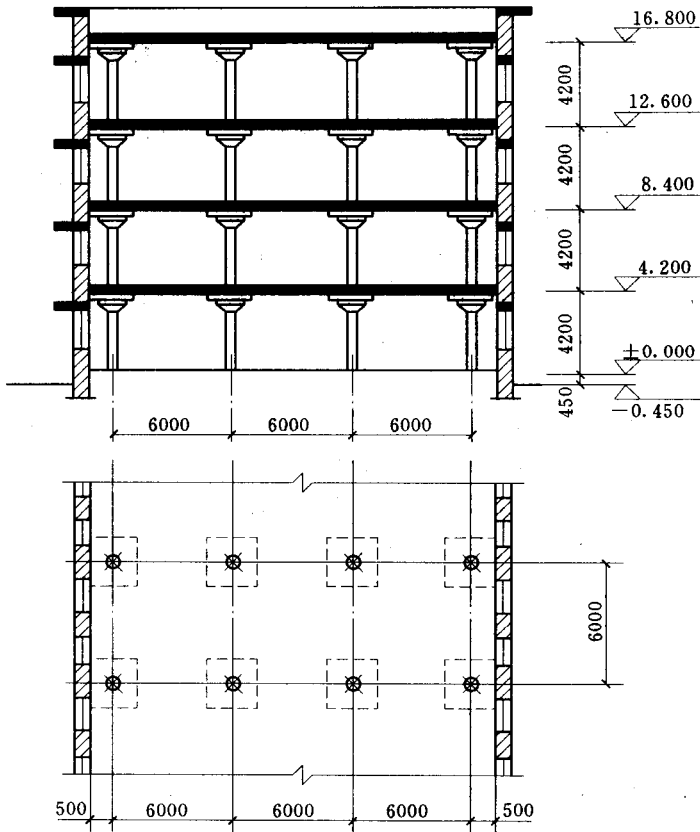


图 1-4 无梁楼盖

二、装配式楼盖

装配式钢筋混凝土楼盖，可以是现浇梁和预制板结合而成，也可以是预制梁和预制板结合而成，由于楼盖采用钢筋混凝土预制构件，便于工业化生产，在多层民用建筑和多层工业厂房中得到广泛应用。但是这种楼盖由于整体性差、抗震性差、防水性差、不便于在楼板上开设孔洞，故对于高层建筑等有抗震设防要求的建筑，使用上要求防水和开设孔洞的楼面均不宜采用。

三、装配整体式楼盖

装配整体式混凝土楼盖由预制板（梁）上现浇一叠合层而成为一个整体（见图1-5）。这种楼盖兼有现浇整体式和预制装配楼盖的特点，其优、缺点介于二者之间，装配整体式混凝土楼盖具有良好的整体性，又较整体式节省模板和支撑，但这种楼盖需进行混凝土二次浇灌，有时还需要增加焊接工作量，故对施工进度和造价会带来一些不利影响。它仅适用于荷载较大的多层工业厂房、高层民用建筑和有抗震设防要求的建筑。

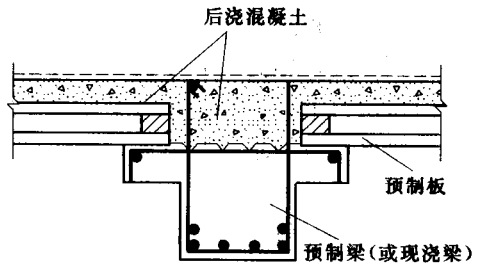


图 1-5 叠合梁

第二节 现浇整体式单向板肋梁楼盖

现浇整体式单向板肋梁楼盖，是一种比较普遍采用的结构形式，一般由主梁、次梁和板组成。板支承在次梁、主梁或砖墙上。对于混凝土板的计算，《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)规定：两对边支承的板，应按单向板计算。板四边支承时，当长边与短边长度之比小于或等于 2.0 时，应按双向板计算；当长边与短边长度之比大于 2.0，但小于 3.0 时，宜按双向板计算；当按沿短边方向受力的单向板计算时，应按长边方向布置足够数量的构造钢筋；当长边与短边长度之比大于或等于 3.0 时，可按沿短边方向受力的单向板计算。

计算单向板时，可取一单位宽度 $b=1\text{m}$ 的板带作为典型的单元进行内力和配筋计算。

在单向板肋形楼盖中，荷载的传递路线为荷载→板→次梁→主梁→柱或墙。也就是说，板的支座为次梁，次梁的支座为主梁，主梁的支座为柱或墙。在实际工程中，由于楼盖整体现浇，因此，楼盖中的板和梁往往形成多跨连续结构，在内力计算和构造要求上与单跨简支的梁和板的计算均有较大的区别，这是现浇楼盖在设计 and 施工中必须注意的一个重要特点。

单向板肋梁楼盖的设计步骤如下：

- (1) 结构平面布置。
- (2) 确定计算简图并进行荷载计算。
- (3) 对板、次梁和主梁进行内力计算。
- (4) 对板、次梁和主梁进行配筋计算。
- (5) 根据计算结果和构造要求，绘制楼盖施工图。

一、结构平面布置

楼盖结构平面布置的主要任务是要合理地确定柱网和梁格，通常是在建筑设计初步方案提出的柱网和承重墙布置基础上进行的。结构平面布置应按下列原则进行。

(一) 柱网、承重墙和梁格的布置应满足房屋的使用要求

柱或墙的间距决定了主、次梁的跨度。室内房间的宽度和立面处理决定次梁的跨度；室内房间的进深则决定主梁的跨度。

当房屋的宽度不大（小于 5~7m 时），梁可以沿一个方向布置，如图 1-6 (a) 所示；当房屋的平面尺寸较大时，梁则应布置在两个方向上，并设若干排支承柱，此时主梁可平行于纵向布置 [见图 1-6 (b)、(d)]，也可横向布置 [见图 1-6 (c)]。

(二) 应考虑结构受力是否合理

布置梁板结构时，应尽量避免将集中荷载直接作用于板上，如板上有隔墙或机器设备等集中荷载作用时，宜在板下设置梁来支承 [见图 1-6 (e)]，也应尽量避免将梁支座搁在门窗洞口上，否则门窗过梁就要专门处理。

梁格布置力求规则整齐，梁尽可能连续贯通，板厚和梁的截面尺寸尽可能统一，这样不但便于设计和施工，而且还容易满足经济美观的要求。

(三) 应考虑节约材料，降低造价的要求

由于板的混凝土用量占整个楼盖的 50%~70%，因此，在荷载不大的情况下板宜接

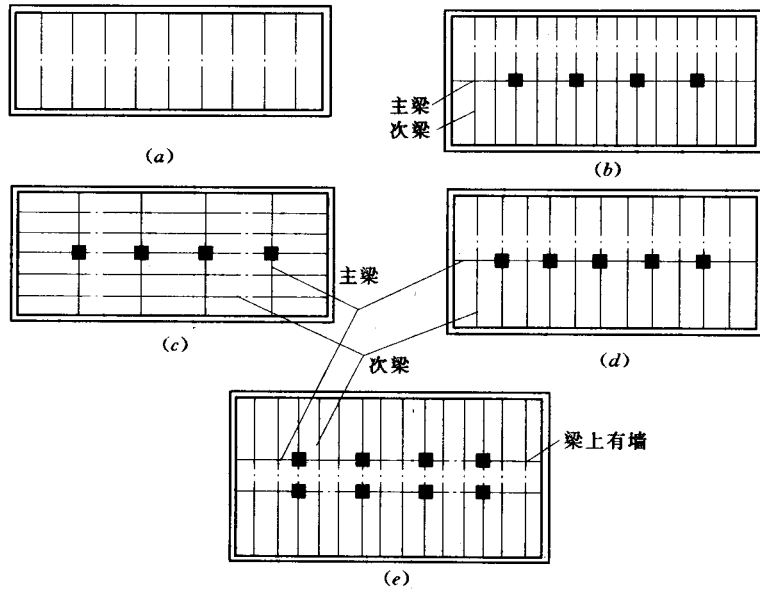


图 1-6 单向板楼盖的几种结构布置

近构造要求的最小板厚，工业建筑楼板为 70mm，民用建筑楼板为 60mm，屋面板为 60mm。此外，按照刚度的要求，板厚还应不小于其跨长的 $l/40$ 。板的跨长及次梁的间距一般为 1.7~2.7m，常用的跨度为 2m 左右，所以板的厚度一般不小于表 1-1 的规定。

表 1-1

现浇钢筋混凝土板的最小尺寸

单位：mm

板的类别		最小厚度
单向板	屋面板	60
	民用建筑板	60
	工业建筑板	70
	行车道下楼板	80
双向板		80
密肋板	肋间距小于或等于 700mm	40
	肋间距大于 700mm	50
悬臂板	板的悬臂长度小于或等于 500mm	60
	板的悬臂长度大于 500mm	80
无梁楼盖		150

板进行设计时，板的厚度和跨度可根据荷载的大小参考表 1-2 进行选择。

表 1-2

整体梁式板(单向板)厚度参考表

单位: mm

q	多跨板 (l_0)												单跨板 (l_0)											
	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	
2.00																								
2.40																								
2.80													60	~	70									
3.20															70	~	80							
3.60	60	~	70														80	~	90					
4.00			70	~	80														90	~	109			
4.80																					100	~	110	
5.60																								
6.40																								
7.20																								
8.00																						110	~	120

由工程实践可知,当梁的跨度增大时,楼盖的造价也随之提高;若梁的跨度过小,又使柱子和柱基础的数量增多,也会提高房屋的造价,同时柱子愈多,房屋的使用面积就愈小,会影响使用功能。因此,主、次梁的平面布置也存在一个比较经济合理的范围,次梁的跨度一般为4~6m,主梁的跨度一般为5~8m。

根据以上原则,即可对楼盖进行结构布置。在无特殊要求的情况下,应将整个柱网布置成正方形或长方形的,梁板应尽量布置成等跨度的,以使板的厚度和梁的截面尺寸尽可能统一,这样既便于内力计算又有利于施工。

二、单向板楼盖计算简图的确定

结构平面布置确定以后,即可确定不同构件(梁、板)的计算简图,其内容包括荷载、支承条件、计算跨度和跨数四个方面。

(一) 荷载计算

作用在楼盖上的荷载有恒荷载和活荷载两种,恒荷载包括结构自重、各构造层自重和永久设备自重等。活荷载主要为使用时的人群、家具和一般设备的重量,上述荷载通常按均布荷载考虑。

楼盖恒荷载的标准值按结构实际构造情况通过计算来确定,楼盖的活荷载标准值按《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)来确定。

当楼面板承受均布荷载时,通常取宽度为1m的板带进行计算,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支进行计算。对于次梁,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;对于主梁,承受主梁自重以及由次梁传来的集中荷载,但由于主梁自重与次梁传来的荷载相比较一般较小,故为了简化计算,通常将主梁的均布自重荷载简化为若干集中荷载,与次梁传来的集中荷载合并计算。板、次梁荷载的计算单元如图1-7(b)所示;板的计算简图如图1-7(a)所示;次梁的计算简图如图1-7(d)所

示；主梁的计算简图如图 1-7 (c) 所示。

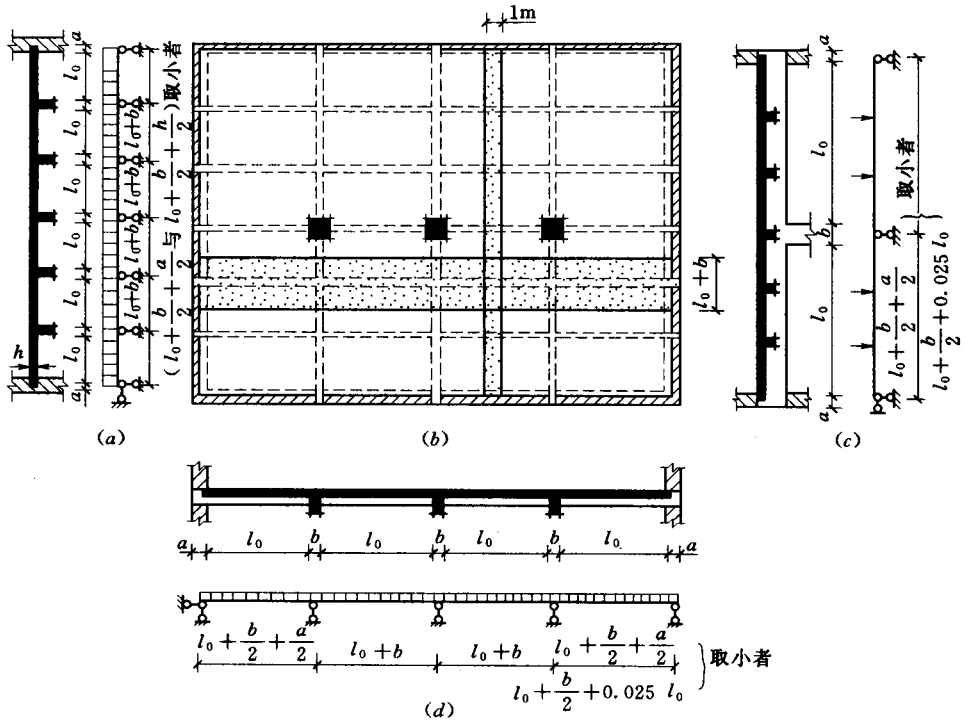


图 1-7 单向板楼盖板的计算简图

对于次梁和主梁的截面尺寸根据荷载的大小，可参考下列数据初估：

次梁：截面高度 $h = l_0/18 \sim l_0/12$, $b = h/2 \sim h/3$

主梁：截面高度 $h = l_0/14 \sim l_0/8$, $b = h/2 \sim h/3$

式中： l_0 为次梁或主梁的计算跨度； b 为次梁或主梁的宽度。

同时，为了保证板、梁应具有足够的刚度，在初步假定板、梁截面尺寸时，尚应符合表 1-3 的规定。

表 1-3 一般不作挠度验算的板、梁截面最小高度

构件类别		简单支承	两端连续	悬臂
平板	单向板	$l_0/35$	$l_0/40$	$l_0/12$
	双向板	$l_0/45$	$l_0/50$	
肋形板（包括空心板）		$l_0/20$	$l_0/25$	$l_0/10$
整体肋形梁	次梁	$l_0/20$	$l_0/25$	$l_0/8$
	主梁	$l_0/12$	$l_0/15$	$l_0/6$
独立梁		$l_0/12$	$l_0/15$	$l_0/6$

注 1. l_0 为板、梁的计算跨度（双向板为计算短向跨度）。

2. 若梁的跨度大于 9m，表中梁的系数应乘以 1.2。

(二) 支承条件

如图 1-7 (b) 所示的混合结构，楼盖四周为砖墙承重，梁（板）的支承条件比较明

确，可按铰支（或简支）考虑。但是，对于与柱现浇整体的肋形楼盖，梁的支承条件与梁柱之间的相对刚度有关，情况比较复杂。因此，应按下述原则确定支承条件，以减少内力计算的误差。

对于支承在钢筋混凝土柱上的主梁，其支承条件应根据梁柱抗弯刚度比而定。分析表明，如果主梁与柱的线刚度比大于3，可将主梁视为铰支于柱上的连续梁计算。对于支承在次梁上的板（或支承于主梁上的次梁），可忽略次梁（或主梁）的弯曲变形（挠度），将其支座视为不动铰支座，按连续板（或梁）计算。

将与板（或梁）整体联结的支承视为铰支承的假定，对于等跨连续板（或梁），当活载沿各跨均为满布时是可行的。因为此时板或梁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，当活荷载隔跨布置时情况则不同。现以支承在次梁上的连续板为例来说明，如图1-8(a)所示，当按铰支座计算时，板绕支座的转角 θ 值较大。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）一道转动。同时，次梁具有一定的抗扭刚度且两端又受主梁的约束，将阻止板自由转动最终只能产生两者变形协调的约束转角 θ' [见图1-8(b)]，其值小于前述自由转角 θ ，使板的跨中弯矩有所降低，支座负弯矩相应地有所增加，但不会超过两相邻跨布满活载时的支座负弯矩。类似的情况也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相对于按简支计算有所减小的有利影响，在设计中一般采用增大恒载和减小活荷载的办法来考虑 [见图1-8(c)]，在计算荷载和内力时作以下调整，即

对于板，有

$$g' = g + q/2, q' = q/2 \tag{1-1}$$

对于次梁，有

$$g' = g + q/4, q' = 3q/4 \tag{1-2}$$

式中： g' 、 q' 分别为调整后的折算恒荷载、活荷载； g 、 q 分别为实际的恒荷载、活荷载。

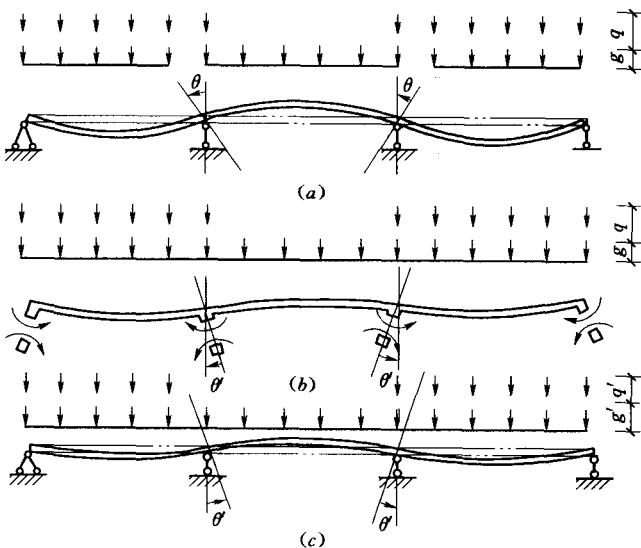


图1-8 连续梁（板）的折算荷载

对于线刚度比较大的主梁，转动影响很小，一般不予考虑。

(三) 计算跨度和跨数

梁、板的计算跨度 l 是指在计算内力时所采用的跨长，也就是简图中支座反力之间的距离，其值与支承长度 a 和构件的弯曲刚度有关。对于连续梁、板，当其内力按弹性理论计算时，一般按下列规定采用。

1. 连续板

对于边跨，有

$$l_0 = l_n + h/2 + b/2$$

$$l_0 = l_n + a/2 + b/2$$

取其中的较小值。