

■ 高等学校建筑工程专业系列教材

混凝土结构设计

韩建强	王宇亮	主编	
赵家妹	王绍杰	刘英利	副主编
苏幼坡	主审		



中国建筑工业出版社

高等学校建筑工程专业系列教材

混凝土结构设计

	韩建强	王宇亮	主 编
赵家妹	王绍杰	刘英利	副主编
		苏幼坡	主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计 / 韩建强, 王宇亮主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2013. 3

(高等学校建筑工程专业系列教材)

ISBN 978-7-112-15177-6

I. ①混… II. ①韩… ②王… III. ①混凝土结构—
结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 037584 号

全书共分 6 章, 主要内容为: 第 1 章绪论; 第 2 章钢筋混凝土楼盖设计; 第 3 章
钢筋混凝土单层厂房设计; 第 4 章混凝土公路桥总体设计; 第 5 章混凝土梁式桥;
第 6 章梁桥支座和墩台。

本书可作为高等院校土木工程及相关专业的教材, 也可供土木工程设计及施工技
术人员参考使用。

* * *

责任编辑: 杨 杰 张伯熙

责任设计: 张 虹

责任校对: 姜小莲 刘 钰

高等学校建筑工程专业系列教材

混凝土结构设计

韩建强 王宇亮 主 编

赵家妹 王绍杰 刘英利 副主编

苏幼坡 主 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

文道思发展有限责任公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 字数: 480 千字

2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月第一次印刷

定价: 40.00 元

ISBN 978-7-112-15177-6

(23257)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

新版规范和规程对梁板结构、单层工业厂房结构、多高层结构等相关方面的设计、计算和构造要求都作了适当的修改。为了使大学土木工程专业教学内容和实际工程中的土木工程技术人員能及时了解和掌握与混凝土结构设计相关的新版规范和规程修订内容,本书根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》及相关参考文献进行编写。在编写过程中,我们力求深入浅出、通俗易懂、说理清楚、便于自学,以达到学生和工程技术人员在了解和掌握《混凝土结构设计原理》的基础上,通过本教材的学习能够掌握梁板结构、单层厂房结构以及多高层结构的设计方法和思路。

本书由河北联合大学韩建强(第1章)、王宇亮(第2、3章)、赵家妹(第4~6章)编写;由韩建强、王宇亮担任主编,赵家妹、王绍杰、刘英利担任副主编,苏幼坡教授主审。

在本书编写过程中,参考了大量国内外近年来出版的混凝土结构方面的教材、规范和手册等文献,对此相关作者表示感谢。

因编写作者水平有限,时间仓促,对新规范的深入理解和使用经验等方面多有欠缺,书中难免有遗漏和不足之处,热切希望广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑结构的定义和分类	1
1.2 混凝土结构设计内容	1
1.3 结构的选型和布置原则	2
1.4 混凝土结构设计的分析方法	3
1.5 学习重点和方法	5
第 2 章 钢筋混凝土楼盖设计	6
2.1 概述	6
2.2 现浇单向板肋梁楼盖	8
2.3 双向板肋梁楼盖	45
2.4 无梁楼盖	58
2.5 楼梯与雨篷	65
第 3 章 钢筋混凝土单层厂房设计	73
3.1 单层厂房的结构形式、结构组成和结构布置	73
3.2 排架计算	79
3.3 单层厂房柱	90
3.4 柱下独立基础	95
3.5 单层厂房的屋盖结构选型	109
3.6 吊车梁的受力特点及选型	115
3.7 单层厂房结构设计实例	117
第 4 章 混凝土公路桥总体设计	142
4.1 桥梁的结构组成和分类	142
4.2 桥梁的总体规划和设计要点	145
4.3 公路桥梁的荷载	151
第 5 章 混凝土梁式桥	159
5.1 梁式桥的主要类型及适用范围	159
5.2 桥面构造	162
5.3 板桥	168

5.4	装配式 T 形简支梁桥的设计与构造	176
5.5	简支梁桥的计算	184
第 6 章	梁桥支座和墩台	238
6.1	梁式桥的支座	238
6.2	桥台和桥墩	245
附录 1	民用建筑楼面活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数	264
附录 2	常用材料和构件自重表	265
附录 3	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 4	双向板弯矩、挠度计算系数	276
附录 5	单阶柱柱顶反力与水平位移系数值	281
附录 6	铰接板荷载横向分布影响线竖标表	285
附录 7	三角形影响线等代荷载表 ($\mu=1$)	296
附录 8	$G-M$ 法 K_0 、 K_1 、 μ_0 、 μ_1 值的计算用图	302

第 1 章 绪 论

1.1 建筑结构的定义和分类

狭义的建筑指各种房屋及其附属的构筑物。建筑结构是在建筑中，由若干构件，即组成结构的单元如梁、板、柱等，连接而构成的能承受作用（或称荷载）的平面或空间体系。建筑结构因所用的建筑材料不同，可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、轻型钢结构、木结构和组合结构等。

结构在其使用年限内，要承受各种荷载，比如永久荷载、可变荷载、偶然荷载等，除此之外，结构在其使用年限内，还将受到温度、收缩、变形、地基不均匀沉降等诸因素作用。在抗震设防区，结构还可能会承受地震作用。结构在上述不同因素作用下，应具有足够的承载能力，并应保证结构整体和局部的功能要求。对于混凝土结构还应具有足够的抗裂性能和耐久性能。

结构从受力特征来分，还可以分为以下三类：

- （1）水平承重结构：如房屋中的楼盖结构和屋盖结构；
- （2）竖向承重结构：如房屋中的框架、排架、刚架、剪力墙、筒体等结构；
- （3）底部承重结构：如房屋中的地基和基础。

1.2 混凝土结构设计内容

混凝土结构设计主要包括以下内容：

（1）结构方案设计：根据设计依据进行合理的结构选型和构件布置，是结构设计中最重要的一环和内容之一。

（2）作用和作用效应分析：根据结构的使用功能和实际情况合理确定结构上的各种荷载，采用合理的分析方法，使结构的实际受力与内力计算及分析相一致。

（3）结构极限状态设计：采用承载能力极限状态设计方法进行保证结构安全的设计，确定构件的尺寸和配筋；采用正常使用极限状态设计方法来校核结构变形、裂缝等功能要求。

（4）结构及构件的构造和连接设计。

（5）耐久性和施工要求设计。

（6）满足结构特殊要求的专项性设计：对于一些超高超限结构和遭受偶然作用后可能引起严重后果的重要结构，宜进行防连续倒塌设计。

1.3 结构的选型和布置原则

1.3.1 结构选型原则

进行结构设计时，首先要根据设计功能要求、地理位置和周边环境等因素确定合理的结构形式。结构选型是否合理，不但关系到是否满足使用要求和结构受力是否可靠，而且也直接影响结构的施工和造价。结构选型的原则主要包括以下几个方面。

1. 适应建筑功能的要求

对于有些公共建筑，其功能有视听要求，如：体育馆为保证较好的观看视觉效果，比赛大厅内不能设柱，必须采用大跨度结构；大型超市为满足购物的需要，室内空间具有流动性和灵活性，所以应采用框架结构。

2. 满足建筑造型的需要

对于建筑造型复杂、平面和立面特别不规则的建筑结构选型，要按实际需要在适当部位设置防震缝，形成较多有规则的结构单元。

3. 充分发挥结构自身的优势

每种结构形式都有各自的特点和不足，有其各自的适用范围，所以要结合建筑设计的具体情况结构选型。

4. 考虑材料和施工的条件

由于材料和施工技术不同，其结构形式也不同。例如，砌体结构所用材料多为就地取材，施工简单，适用于低层、多层建筑。当钢材供应紧缺或钢材加工、施工技术不完善时，不可大量采用钢结构。

5. 尽可能降低造价

当几种结构形式都有可能满足建筑设计条件时，经济条件就是决定因素，应尽量采用能降低工程造价的结构形式。

1.3.2 结构布置原则

结构形式选定以后，下一步工作就是进行结构布置，即确定结构中柱、梁、墙等构件的位置。结构布置是否合理将会影响到结构的受力、施工、造价等方面。结构布置原则主要包括以下几个方面。

1. 规则、均匀、对称

结构在满足使用要求的前提下，尽可能使构件在平面和竖向布置简单、规则、均匀、对称，避免出现突变，减少偶然作用的影响范围，防止因局部破坏引起结构连续倒塌现象。

2. 荷载传递路线明确

通过合理设计和布置柱网位置和尺寸，使结构的计算简图简单并易于确定。

另外，还要考虑结构的整体性、施工方便、经济合理、伸缩缝等因素。当地基沉降不均匀或相邻部位高度相差较大时，还要考虑沉降缝的设置问题。

3. 合理确定结构形式

每种结构形式都有各自的特点和不足，有其各自的适用范围，所以要结合建筑设计的具体情况结构选型。

1.4 混凝土结构设计的分析方法

钢筋混凝土结构中的钢筋在屈服前，应力与应变之间基本保持线性关系，钢筋屈服后，会出现屈服阶段，即在应力保持稳定的情况下，应变可以继续增大，然后发展到一定程度后进入强化阶段。而构件中混凝土材料的应力与应变之间是非线性关系，这样就使钢筋混凝土整体构件受力性能和结构分析较为复杂，《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）对钢筋混凝土结构分析的基本原则和分析方法作出了详细的规定和说明。

1. 基本原则

混凝土结构应进行整体作用效应分析，必要时尚应对结构中受力状况的特殊部位进行更详细的分析。

当结构在施工和使用期的不同阶段有多种受力状况时，应分别进行结构分析，并确定其最不利的作用组合。结构可能遭遇火灾、飓风、爆炸、撞击等偶然作用时，尚应按国家现行有关标准的要求进行相应的结构分析。结构分析采用的计算简图、几何尺寸、计算参数、边界条件、结构材料性能指标以及构造措施等应符合实际工作状况；结构上可能的作用及其组合、初始应力和变形状况等，应符合结构的实际状况；结构分析中所采用的各种近似假定和简化，应有理论、试验依据或经工程实践验证；计算结果的精度应符合工程设计的要求；结构分析应满足力学平衡条件；节点和边界的约束条件在不同程度上符合变形协调条件；采用合理的材料本构关系或构件单元的受力—变形关系。

结构分析时，应根据结构类型、材料性能和受力特点等选择合理的分析方法，结构分析方法主要有：①弹性分析方法；②塑性内力重分布分析方法；③弹塑性分析方法；④塑性极限分析方法；⑤试验分析方法。

结构分析所采用的计算软件应经考核和验证，其技术条件应符合本规范和国家现行有关标准的要求。应对分析结果进行判断和校核，在确认其合理、有效后方可应用于工程设计。

2. 分析模型

混凝土结构宜按空间体系进行结构整体分析，并宜考虑结构单元的弯曲、轴向、剪切和扭转等变形对结构内力的影响。当进行简化分析时，体形规则的空间结构，可沿柱列或墙轴线分解为不同方向的平面结构分别进行分析，但应考虑平面结构的空间协同工作；构件的轴向、剪切和扭转变形对结构内力分析影响不大时，可不予考虑。

混凝土结构的计算简图宜根据构件的特点合理确定，梁、柱、杆等一维构件的轴线宜取为截面几何中心的连线，墙、板等二维构件的中轴面宜取为截面中心线组成的平面或曲面；现浇结构和装配整体式结构的梁柱节点、柱与基础连接处等可作为刚接；非整体浇筑的次梁两端及板跨两端可近似作为铰接；梁、柱等杆件的计算跨度或计算高度可按其两端支承长度的中心距或净距确定，并应根据支承节点的连接刚度或支承反力的位置加以修正；梁、柱等杆件间连接部分的刚度远大于杆件中间截面的刚度时，在计算模型中可作为刚域处理。

3. 弹性分析

结构的弹性分析方法可用于正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析。

结构构件的刚度根据相关规范确定混凝土的弹性模量；按匀质的混凝土全截面计算截面惯性矩；对于端部加腋的杆件，应考虑其截面变化对结构分析的影响；不同受力状态下构件的截面刚度，宜考虑混凝土开裂、徐变等因素的影响予以折减。混凝土结构弹性分析宜采用结构力学或弹性力学等分析方法。体形规则的结构，可根据作用的种类和特性，采用适当的简化分析方法。当结构的二阶效应可能使作用效应显著增大时，在结构分析中应考虑二阶效应的不利影响。混凝土结构的重力二阶效应可采用有限元分析方法计算。当采用有限元分析方法时，宜考虑混凝土构件开裂对构件刚度的影响。当边界支承位移对双向板的内力及变形有较大影响时，在分析中宜考虑边界支承竖向变形及扭转等的影响。

4. 塑性内力重分布分析

混凝土连续梁和连续单向板，可采用塑性内力重分布方法进行分析。重力荷载作用下的框架、框架—剪力墙结构中的现浇梁以及双向板等，经弹性分析求得内力后，可对支座或节点弯矩进行适度调幅，并确定相应的跨中弯矩。按考虑塑性内力重分布分析方法设计的结构和构件，应选用符合规范规定的钢筋，并应满足正常使用极限状态要求且采取有效的构造措施。对于直接承受动力荷载的构件，以及要求不出现裂缝或处于三 a、三 b 类环境情况下的结构，不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。钢筋混凝土梁支座或节点边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于 25%；弯矩调整后的梁端截面相对受压区高度不应超过 0.35，且不宜小于 0.10。钢筋混凝土板的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%。预应力混凝土梁的弯矩调幅幅度应符合混凝土结构设计规范的规定。对属于协调扭转的混凝土结构构件，受相邻构件约束的支承梁的扭矩宜考虑内力重分布的影响。考虑内力重分布后的支承梁，应按弯剪扭构件进行承载力计算。

5. 弹塑性分析

重要或受力复杂的结构，宜采用弹塑性分析方法对结构整体或局部进行验算。进行结构的弹塑性分析时，应预先设定结构的形状、尺寸、边界条件、材料性能和配筋等；材料的性能指标宜取平均值，并宜通过试验分析确定，也可按规范规定确定；宜考虑结构几何非线性的不利影响；分析结果用于承载力设计时，宜考虑抗力模型不定性系数对结构的抗力进行适当调整。

混凝土结构的弹塑性分析，可根据实际情况采用静力或动力分析方法。结构的基本构件计算模型宜按构件特征确定，梁、柱、杆等杆系构件可简化为一维单元，宜采用纤维束模型或塑性铰模型；墙、板等构件可简化为二维单元，宜采用膜单元、板单元或壳单元；复杂的混凝土结构、大体积混凝土结构、结构的节点或局部区域需作精细分析时，宜采用三维块体单元。构件、截面或各种计算单元的受力—变形本构关系宜符合实际受力情况。某些变形较大的构件或节点进行局部精细分析时，宜考虑钢筋与混凝土间的粘结—滑移本构关系。钢筋、混凝土材料的本构关系宜通过试验分析确定，也可按规范采用。

6. 塑性极限分析

对不承受多次重复荷载作用的混凝土结构，当有足够的塑性变形能力时，可采用塑性极限理论的分析方法进行结构的承载力计算，同时应满足正常使用的要求。整体结构的塑性极限分析计算应符合下列规定：

(1) 对可预测结构破坏机制的情况，结构的极限承载力可根据设定的结构塑性屈服机制，采用塑性极限理论进行分析。

(2) 对难于预测结构破坏机制的情况,结构的极限承载力可采用静力或动力弹塑性分析方法确定。

(3) 对直接承受偶然作用的结构构件或部位,应根据偶然作用的动力特征考虑其动力效应的影响。

承受均布荷载的周边支承的双向矩形板,可采用塑性铰线法或条带法等塑性极限分析方法进行承载能力极限状态的分析与设计。

1.5 学习重点和方法

本教材主要是针对土木工程课程设计开设的课程,内容主要包括:楼盖设计、单层厂房设计和混凝土公路桥梁结构设计三部分。学习重点如下:

(1) 了解各类结构的特性,能够正确合理地进行结构选型。

(2) 熟悉结构的平面和立面布置方法和原则,明确结构的荷载传递路线,使结构受力可靠、经济合理,具有良好的整体性能。

(3) 掌握结构计算简图的确定方法及构件截面尺寸的初步估算方法。

(4) 熟练掌握结构在各种荷载下的内力计算和组合方法。

(5) 掌握结构的配筋计算及基本构造要求。

本课程是土木工程专业及相关专业的主干专业基础课程,先修课程主要包括混凝土结构基本原理、结构力学、材料力学、建筑材料等专业基础课程。主要目的是让学生较好地掌握楼盖结构、排架结构和桥梁结构的设计方法。

学习时,应注意以下几点:

(1) 本课程实践性较强,因此要加强课程设计环节要点的学习,熟悉和正确运用我国新版设计规范和设计规程,比如:《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D 62—2004)等。注意相关专业的发展新动向和新成果,拓宽知识面。

(2) 熟悉教学大纲要求,掌握重点,了解难点,对于构造规定,应注重理解,切忌死记硬背,应熟悉常识性的构造规定。

(3) 深刻理解重要的概念,很多专业知识点的掌握往往不是一步到位的,而要随着学习内容的展开和深入逐渐掌握结构设计的基本思路、方法和要点。

第 2 章 钢筋混凝土楼盖设计

2.1 概述

2.1.1 单向板与双向板

按受力特点,混凝土楼盖中的周边支承板可分为单向板和双向板两类。只在一个方向弯曲或者主要在一个方向弯曲的板,称为单向板;在两个方向弯曲,且不能忽略任一方向弯曲的板称为双向板。

在图 2-1 所示的承受竖向均布荷载 q 的四边简支矩形板中, l_{02} 、 l_{01} 分别为其长、短跨方向的计算跨度,现在来研究荷载 q 在长、短跨方向的传递情况。取出跨度中点两个相互垂直的宽度为 1m 的板带来分析。设沿短跨方向传递的荷载为 q_1 , 沿长跨方向传递的荷载为 q_2 , 则 $q = q_1 + q_2$ 。当不计相邻板对它们的影响时,这两条板带的受力如同简支梁,由跨度中心点 A 处挠度 f_A 相等的条件: $\frac{5q_1 l_{01}^4}{384EI} = \frac{5q_2 l_{02}^4}{384EI}$, 可求得两下方向传递的荷载比值

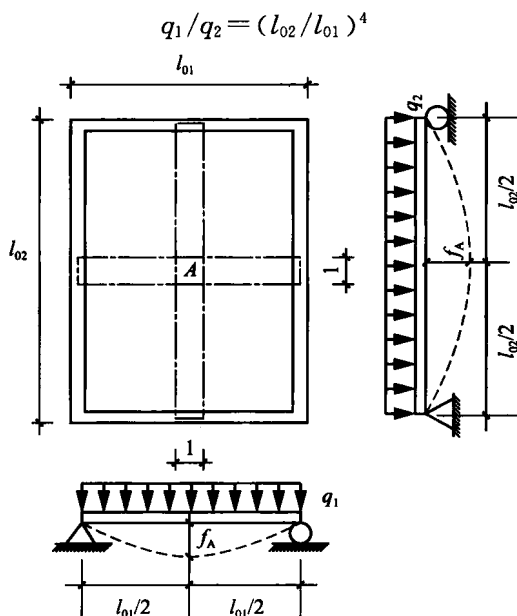


图 2-1 四边支承板的荷载传递

故

$$q_1 = \eta_1 q, \quad q_2 = \eta_2 q$$

$$\eta_1 = \frac{l_{02}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}, \quad \eta_2 = \frac{l_{01}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}$$

式中 η_1, η_2 ——短跨、长跨方向的荷载分配系数。

当 $l_{02}/l_{01}=2$ 时, $\eta_1=0.941, \eta_2=0.059$ 。可见, 尽管近似地忽略了相邻板的影响, 但其受力特性已很显然, 即当 $l_{02}/l_{01}>2$ 时, 荷载主要沿短跨方向传递, 可忽略荷载沿长跨方向的传递。因此, 当按弹性理论分析时, 称 $l_{02}/l_{01}\geq 2$ 的板为单向板, 即主要在一个跨度方向弯曲的板; $l_{02}/l_{01}<2$ 的板为双向板, 即在两个跨度方向弯曲的板。

荷载分配系数 η_1, η_2 也可由板带的竖向弯曲刚度的原理得出。在前面已经讲过, 使构件截面产生单位曲率需施加的弯矩值称为截面的弯曲刚度。同理可知, 使板带产生单位挠度需施加的竖向均布荷载称为此板带的竖向弯曲刚度。因此, 两个方向板带的竖向弯曲刚度分别为 $K_1=\frac{384EI}{5l_{01}^4}, K_2=\frac{384EI}{5l_{02}^4}$, 故 $\eta_1=\frac{K_1}{K_1+K_2}=\frac{l_{02}^4}{l_{01}^4+l_{02}^4}, \eta_2=\frac{K_2}{K_1+K_2}=\frac{l_{01}^4}{l_{01}^4+l_{02}^4}$ 。

可见, 竖向均布荷载是按板带竖向弯曲刚度来分配的, 竖向弯曲刚度大的分配得多些, 反之则少些。

2.1.2 楼盖的结构类型

楼盖的结构类型有三种分类方法。

按结构形式, 楼盖可分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、井式楼盖、密肋楼盖和无梁楼盖 (又称板柱结构), 见图 2-2。其中, 单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖用得最普遍。

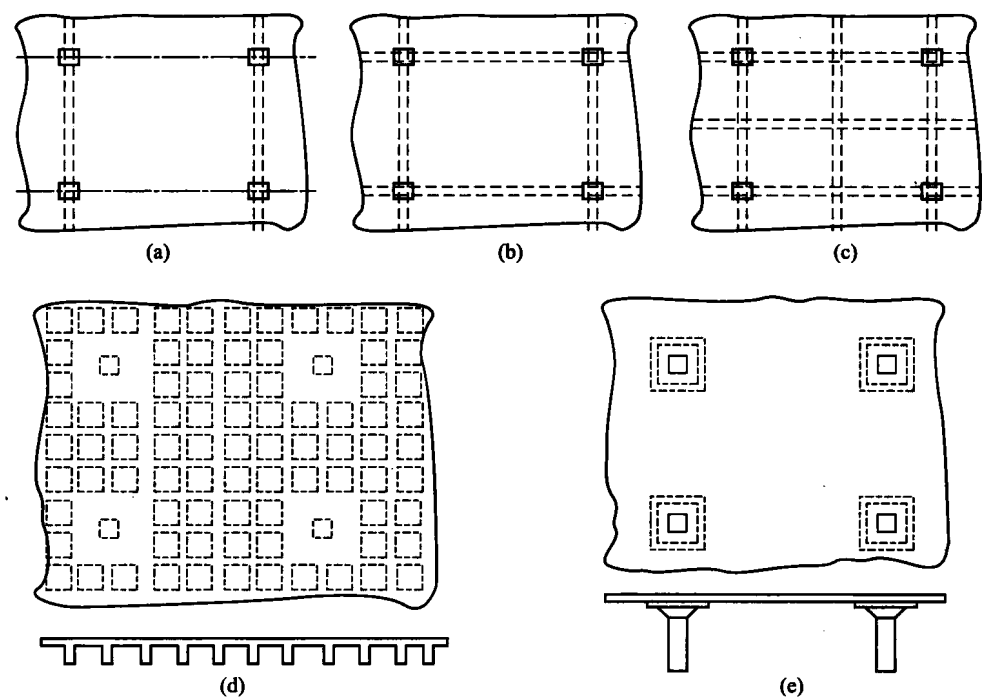


图 2-2 楼盖的结构类型

按预加应力情况, 楼盖可分为钢筋混凝土楼盖和预应力混凝土楼盖两种。预应力混凝土楼盖用得最普遍的是无粘结预应力混凝土平板楼盖; 当柱网尺寸较大时, 预应力楼盖可有效减小板厚, 降低建筑层高。

按施工方法, 楼盖可分为现浇楼盖、装配式楼盖和装配整体式楼盖三种。现浇楼盖的

刚度大,整体性好,抗震、抗冲击性能好,防水性好,对不规则平面的适应性强,开洞容易。缺点是需要大量的模板,现场的作业量大,工期也较长。

随着商品混凝土、泵送混凝土以及工具式模板的广泛使用,钢筋混凝土结构,包括楼盖在内,大多采用现浇。

目前,我国装配式楼盖主要用在多层砌体房屋,特别是多层住宅中。在抗震设防区,有限制使用装配式楼盖的趋势。装配整体式楼盖是提高装配式楼盖刚度、整体性和抗震性能的一种改进措施,最常见的方法是在板面做 40mm 厚的配筋现浇层。

2.2 现浇单向板肋梁楼盖

现浇单向板肋梁楼盖的设计步骤为:①结构平面布置,并初步拟定板厚和主、次梁的截面尺寸;②确定梁、板的计算简图;③梁、板的内力分析;④截面配筋及构造措施;⑤绘制施工图。

2.2.1 结构平面布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成。楼盖则支承在柱、墙等竖向承重构件上。其中,次梁的间距决定了板的跨度;主梁的间距决定了次梁的跨度;柱或墙的间距决定了主梁的跨度。工程实践表明单向板:1.7~2.5m,荷载较大时取较小值,一般不宜超过 3m;次梁:4~6m;主梁:5~8m。

单向板肋梁楼盖结构平面布置方案通常有以下三种:

(1) 主梁横向布置,次梁纵向布置,如图 2-3(a) 所示。其优点是主梁和柱可形成横向框架,横向框架侧移刚度大,各根横向框架间由纵向的次梁相连,房屋的整体性较好。此外,由于外纵墙处仅设次梁,故窗户高度可开得大些,对采光有利。

(2) 主梁纵向布置,次梁横向布置,如图 2-3(b) 所示。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,增加了室内净高。

(3) 只布置次梁,不设主梁,如图 2-3(c) 所示。它仅适用于有中间走道的砌体墙承重的混合结构房屋。

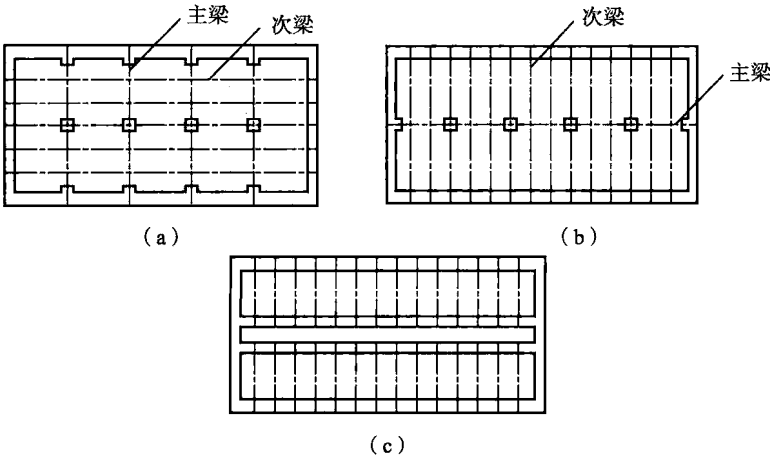


图 2-3 梁的布置

(a) 主梁沿横向布置; (b) 主梁沿纵向布置; (c) 不设主梁

在进行楼盖的结构平面布置时，应注意以下问题：

(1) 受力合理。荷载传递要简捷，梁宜拉通，避免凌乱；主梁跨间最好不要只布置 1 根次梁，以减小主梁跨间弯矩的不均匀；尽量避免把梁，特别是主梁搁置在门、窗过梁上；在楼、屋面上有机器设备、冷却塔、悬挂装置等荷载比较大的地方，宜设次梁；楼板上开有较大尺寸（大于 800mm）的洞口时，应在洞口周边设置加筋的小梁。

(2) 满足建筑要求。不封闭的阳台、厨房间和卫生间的板面标高宜低于其他部位 30~50mm；当不做吊顶时，一个房间平面内不宜只放 1 根梁。

(3) 方便施工。梁的截面种类不宜过多，梁的布置尽可能规则，梁截面尺寸应考虑设置模板的方便，特别是采用钢模板时。

2.2.2 计算简图

结构的计算简图包括计算模型及计算荷载两个方面。

1. 计算模型及简化假定

在现浇单向板肋梁楼盖中，板、次梁、主梁的计算模型为连续板或连续梁，其中，次梁是板的支座，主梁是次梁的支座，柱或墙是主梁的支座。为了简化计算，通常作如下简化假定：

- (1) 支座可以自由转动，但没有竖向位移；
- (2) 不考虑薄膜效应对板内力的影响；
- (3) 在确定板传给次梁的荷载以及次梁传给主梁的荷载时，分别忽略板、次梁的连续性，按简支构件计算支座竖向反力；
- (4) 跨数超过五跨的连续梁、板，当各跨荷载相同，且跨度相差不超过 10% 时，可按五跨的等跨连续梁、板计算。

假定支座处没有竖向位移，实际上是忽略了次梁、主梁、柱的竖向变形对板、次梁、主梁的影响。柱子的竖向位移主要由轴向变形引起，在通常的内力分析中都是可以忽略的。忽略主梁变形，将导致次梁跨中弯矩偏小、主梁跨中弯矩偏大。当主梁的线刚度比次梁的线刚度大得多时，主梁变形对次梁内力的影响才比较小。次梁变形对板内力的影响也是这样。如要考虑这种影响，内力分析就相当复杂。

假定支座可自由转动，实际上忽略了次梁对板、主梁对次梁、柱对主梁的转动约束能力。在现浇混凝土楼盖中，梁、板是整浇在一起的，当板发生弯曲转动时，支承它的次梁将产生扭转，次梁的抗扭刚度将约束板的弯曲转动，使板在支承处的实际转角 θ' 比理想铰支承时的转角 θ 小，如图 2-4 所示。同样的情况发生在次梁和主梁之间。由此假定带来的误差将通过折算荷载的方式来弥补，见下述。

通常混凝土柱是与主梁刚接的，柱对主梁弯曲转动的约束能力取决于主梁线刚度与柱子线刚度之比，当比值较大时，约束能力较弱。一般认为，当主梁的线刚度与柱子线刚度之比大于 5 时，可忽略这种影响，按连续梁模型计算主梁，否则应按梁、

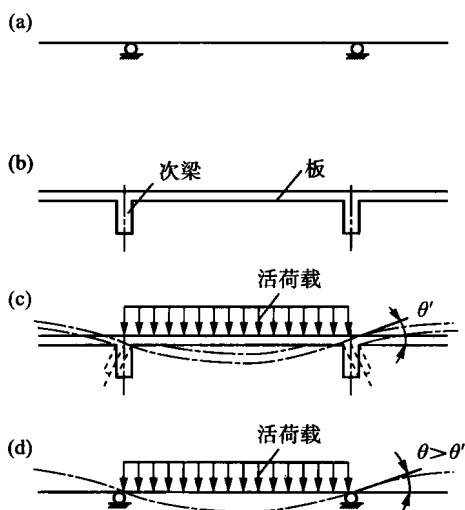


图 2-4 支座抗扭刚度的影响

柱刚接的框架模型计算。

四周与梁整体连接的低配筋率板，临近破坏时其中和轴非常接近板的表面。因此，在纯弯矩作用下，板的中平面位于受拉区，因周边变形受到约束，板内将存在轴向压力，这种轴向力一般称为薄膜力。由偏心受压构件正截面承载力理论可知，在一定程度内轴压力将提高构件的受弯承载力。特别是在受拉混凝土开裂后，实际中和轴成拱形（图 2-5），板的周边支承构件提供的水平推力将减少板在竖向荷载下的截面弯矩。但是，为了简化计算，在内力分析时，一般不考虑板的薄膜效应。这一有利作用将在板的截面设计时，根据不同的支座约束情况，对板的计算弯矩进行折减，见后述。

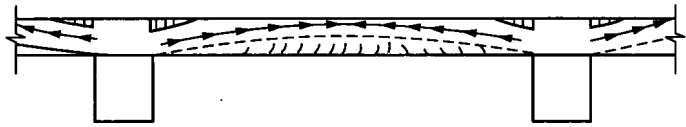


图 2-5 板的内拱作用

在荷载传递过程中，忽略梁、板连续性影响的假定（3），主要是为了简化计算，且误差也不大。

等跨连续梁，当其跨数超过五跨时，中间各跨的内力与第三跨非常接近，为了减少计算工作量，所有中间跨的内力和配筋都可以按第三跨来处理。等跨连续梁的内力有现成的图表可以利用，非常方便。对于非等跨，但跨度相差不超过 10% 的连续梁也可借用等跨连续梁的内力图，以简化计算。

2. 计算单元及从属面积

为减少计算工作量，结构内力分析时，常常不是对整个结构进行分析，而是从实际结构选取有代表性的一部分作为计算的对象，称为计算单元。

对于单向板，可取 1m 宽度的板带作为其计算单元，在此范围内，即图 2-6 中用阴影线表示的楼面均布荷载便是该板带承受的荷载，这一负荷范围称为从属面积，即计算构件负荷的楼面面积。

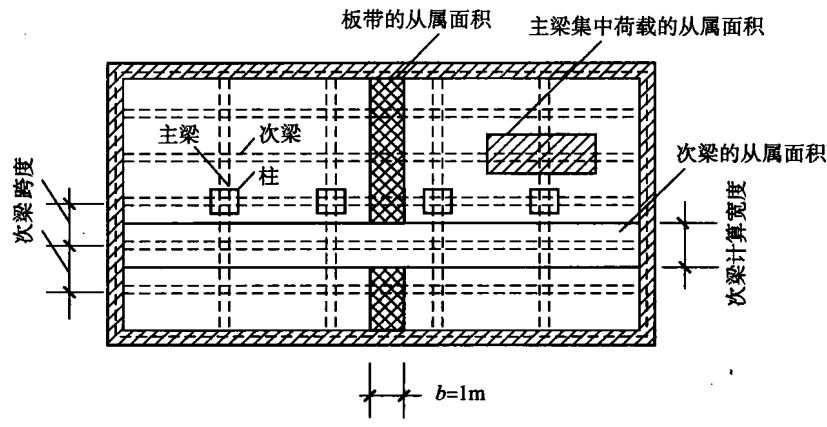


图 2-6 板、梁的荷载计算范围

楼盖中部主、次梁截面形状都是两侧带翼缘（板）的 T 形截面，每侧翼缘板的计算宽

度取与相邻梁中心距的一半。次梁承受板传来的均布线荷载，主梁承受次梁传来的集中荷载，由上述假定（3）可知，一根次梁的负荷范围以及次梁传给主梁的集中荷载范围如图 2-6 所示。

3. 计算跨度

由图 2-6 知，次梁的间距就是板的跨长，主梁的间距就是次梁的跨长，但不一定就等于计算跨度。梁、板的计算跨度 l_0 是指内力计算时所采用的跨间长度。从理论上讲，某一跨的计算跨度应取为该跨两端支座处转动点之间的距离。所以，当按弹性理论计算时，中间各跨取支承中心线之间的距离；边跨由于端支座情况有差别，与中间跨的取值方法不同。如果端部搁置在支承构件上，支承长度为 a ，则对于梁，伸进边支座的计算长度可在 $0.025l_{n1}$ 和 $a/2$ 两者中取最小值，即边跨计算长度 $\left(1.025l_{n1} + \frac{b}{2}\right)$ 与 $\left(l_{n1} + \frac{h+b}{2}\right)$ 在两者中取最小值，如图 2-7 所示；对于板，边跨计算长度在 $\left(1.025l_{n1} + \frac{b}{2}\right)$ 与 $\left(l_{n1} + \frac{h+b}{2}\right)$ 两者中取最小值。梁、板在边支座与支承构件整浇时，边跨也取支承中心线之间的距离。这里， l_{n1} 为梁、板边跨的净跨长， b 为第一内支座的支承宽度， h 为板厚。

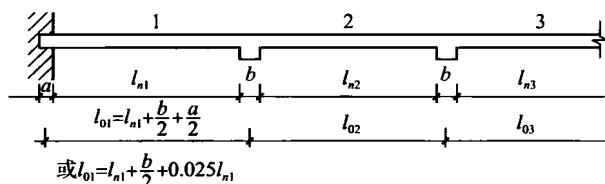


图 2-7 计算跨度

4. 荷载取值

楼盖上的荷载有恒荷载和活荷载两类。恒荷载包括结构自身重力、建筑面层、固定设备等。活荷载包括人群、堆料和临时设备等。

恒荷载的标准值可按其几何尺寸和材料的重力密度计算。附录 1 给出了不同功能下活荷载取值的情况，附录 2 给出了部分常用材料的自重。有关荷载和材料的参数详见《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)。工业建筑楼面活荷载，在生产、使用或检修、安装时，由设备、管道、运输工具等产生的局部荷载，均应按实际情况考虑，可采用等效均布活荷载代替。

确定荷载组合的效应设计值时，恒荷载的分项系数取为：当其效应对结构不利时，对由活荷载效应控制的组合取 1.2，对由恒荷载效应控制的组合取 1.35；当其效应对结构有利时，对结构计算取 1.0，对结构倾覆、滑移或漂浮验算，荷载分项系数应满足有关的建筑结构设计规范的规定。活荷载的分项系数一般情况下取 1.4，对楼面活荷载标准值大于 4kN/m^2 的工业厂房楼面结构的活荷载，取 1.3。

对于民用建筑，当楼面梁的负荷范围较大时，负荷范围内同时布满活荷载标准值的可能性相当小，故可以对活荷载标准值进行折减。折减系数依据房屋的类别和楼面梁的负荷范围大小，从 0.6~1.0 不等。

前述计算假定（1）忽略了支座对被支承构件的转动约束，这对等跨连续梁、板在恒荷载作用下带来的误差是不大的，但在活荷载不利的布置下，次梁的转动将减小板的内力。为