



新世纪土木工程系列教材

混凝土结构设计

沈蒲生 主编 梁兴文 副主编



高等教育出版社

新世纪土木工程系列教材

混凝土结构设计

沈蒲生 主编
梁兴文 副主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本教材是新世纪土木工程系列教材之一,根据土木工程专业教学指导委员会的教学大纲,并参照我国最新规范编写。

全书以房屋结构为主,内容包括:梁板结构设计、单层厂房结构设计以及多层和高层框架结构设计等。根据我国具体情况,本书重点阐述梁板结构和框架结构的设计方法。为便于教学及利于学生自学和自测,书中每章有提要、小结、思考题和习题,同时将配备相应的电子教案。

本书可作为土木工程专业的本科教材,也可供工程技术和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/沈蒲生主编. —北京:高等教育出版社,2003.3

ISBN 7-04-011870-X

I.混… II.沈… III.混凝土结构-结构设计-高等学校-教材 IV.TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 000416 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京人卫印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.5
字 数 440 000

版 次 2003 年 3 月第 1 版
印 次 2003 年 3 月第 1 次印刷
定 价 24.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单地以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写大纲和初稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

2003 年 1 月

前 言

本书是为土木工程专业选修建筑工程课群组为主的本科学生编写的教材,内容包括绪论、梁板结构、单层厂房结构以及多层和高层框架结构。

本书按我国新修订的结构设计规范编写。在编写过程中,我们力求做到说理清楚,便于自学,使学生在修完“混凝土结构设计原理”的基础上,通过本教材的学习不但懂得其道理,而且能够进行梁板结构、单层厂房结构以及多层和高层框架结构的设计。书中,每一章的开头有提要,末尾有小结、思考题和习题,中间辅以若干设计例题。在多层和高层框架结构一章中,除了介绍我国常用的竖向荷载和水平荷载下的内力分析方法以外,对国际上通用的内力分析方法也作了介绍。

本书由湖南大学沈蒲生(绪论、第3章部分)、刘霞(第3章部分),哈尔滨工业大学杨熙坤(第1章部分)、胡琼(第1章部分)以及西安建筑科技大学梁兴文(第2章)编写;由沈蒲生、梁兴文主编,沈蒲生统稿。清华大学江见鲸教授审阅了全部书稿,提出了宝贵建议,在此表示衷心感谢。

由于我们水平所限,错误之处在所难免,欢迎批评指正。

编 者

2002年12月

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生(湖南大学)

副主任委员：(按姓氏笔画排序)

白国良(西安建筑科技大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

周绪红(长安大学)

强士中(西南交通大学)

委 员：(按姓氏笔画排序)

卫 军(华中科技大学)

王清湘(大连理工大学)

江见鲸(清华大学)

刘 明(沈阳建筑工程学院)

张印阁(东北林业大学)

吴胜兴(河海大学)

尚守平(湖南大学)

胡长顺(长安大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

焦兆平(广州大学)

霍 达(北京工业大学)

王 健(北京建筑工程学院)

叶志明(上海大学)

关宝树(西南交通大学)

朱彦鹏(甘肃工业大学)

张家良(辽宁工学院)

杨和礼(武汉大学)

周 云(广州大学)

赵明华(湖南大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

目 录

绪论

0.1 结构的定义	1
0.2 结构的分类	1
0.3 结构的选型与布置原则	2
0.4 混凝土结构的分析方法	3
0.5 本书的主要内容及学习重点	5

第1章 梁板结构

1.1 概述	7
1.2 整体式单向板梁板结构	10
1.3 整体式双向板梁板结构	47
1.4 整体式无梁楼盖	65
1.5 装配式梁板结构	75
1.6 整体式楼梯和雨篷	81
小结	91
思考题	92
习题	93

第2章 单层厂房结构

2.1 结构类型和结构体系	94
2.2 结构组成及荷载传递	95
2.3 结构布置	98
2.4 构件选型与截面尺寸确定	105
2.5 排架结构内力分析	114
2.6 柱的设计	133
2.7 钢筋混凝土屋架设计要点	138
2.8 吊车梁设计要点	141
2.9 单层厂房排架结构设计实例	142
小结	160
思考题	161
习题	161

第3章 多层和高层框架结构

3.1 概述	163
3.2 结构布置方法	164
3.3 截面尺寸估算	166

3.4 计算简图的确定	168
3.5 荷载计算	169
3.6 内力计算	170
3.7 内力组合	187
3.8 侧移验算	191
3.9 框架结构配筋计算及构造要求	191
3.10 设计例题	197
小结	239
思考题	240
习题	240

附录

附录1 混凝土和钢筋的强度标准值、 设计值及弹性模量	242
附录2 常用材料和构件自重	244
附录3 楼面和屋面活荷载	245
附录4 屋面面积雪分布系数	250
附录5 风荷载特征值	252
附录6 吊车的工作制与工作级别	262
附录7 等截面等跨连续梁在常用荷 载作用下的内力系数表	263
附录8 双向板计算系数表	270
附录9 钢筋混凝土结构伸缩缝最大 间距	274
附录10 现浇钢筋混凝土板的最小厚度	274
附录11 轴心受压和偏心受压柱的 计算长度 l_0	275
附录12 等效均布荷载 q_1	276
附录13 常用构件代号	277
附录14 钢筋的公称截面面积、计算截面 面积及理论质量	278

附图1 全国基本雪压分布图	280
---------------------	-----

附图2 雪荷载准永久值系数分区图	281
------------------------	-----

附图3 全国基本风压分布图	282
---------------------	-----

主要参考文献	283
--------------	-----

0.1 结构的定义

结构广义地是指房屋建筑和土木工程的建筑物、构筑物及其相关组成部分的实体,狭义地是指各种工程实体的承重骨架。混凝土结构是指以混凝土为主要建筑材料制成的结构。

结构在其使用年限内,要承受各种永久荷载和可变荷载,有些结构可能还要承受偶然荷载。除此之外,结构在其使用年限内,还将受到温度、收缩、徐变、地基不均匀沉降等影响。在地震区,结构还可能承受地震的作用。结构在上述各种因素的作用下,应具有足够的承载能力,不发生整体或局部的破坏或失稳。结构还应具有足够的刚度,不产生过大的挠度或侧移。对于混凝土结构而言,还应具有足够的抗裂性,满足对其提出的裂缝控制要求。除此之外,结构还要具有足够的耐久性,在其使用年限内,钢材不出现严重锈蚀,混凝土等材料不发生严重劈裂、腐蚀、风化、剥落等现象。

1824年,英国人阿斯匹丁(J. Aspdin)发明了水泥。1850年,法国人蓝波特(L. Lambot)制成了铁丝网水泥砂浆船。1861年,法国人莫尼埃(J. Monier)取得了制造钢筋混凝土板、管道和拱桥的专利。它们标志着现代混凝土结构的问世。和木结构、砌体结构以及钢结构相比,混凝土结构的历史虽然很短,但是,由于它具有承载能力高的特点,不仅可以用于一般建筑结构,而且可以用于高层、大跨的土木工程结构。除此之外,它还具有节省钢材、可模性好、耐久、耐火等一系列其他结构难以相比的优点,因此,它的发展速度最快,并且已经成为当今世界各国的主导结构。

0.2 结构的分类

结构有多种分类方法。在这里,我们将其分成如下三类:

- (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。

这三类承重结构的荷载传递关系如图 0.2.1 所示,即水平承重结构将楼盖、屋盖上的荷载传递给竖向承重结构,竖向承重结构将自身承受的荷载以及水平承重结构传来的荷载传递给基础和地基。

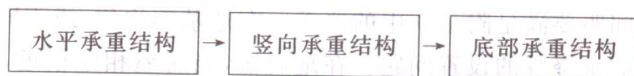


图 0.2.1 结构的荷载传递框图

将结构作以上分类,不但可以使我们清楚地了解结构中荷载的传递关系,而且可以使我们更

为深入地对各类结构进行研究。

但是,应该了解,水平承重结构、竖向承重结构和底部承重结构是一个整体,它们相互作用、相互影响。水平承重结构将荷载传递给竖向承重结构,水平承重结构有可能是竖向承重结构的组成部分,如楼盖结构中的主梁可能是框架结构中的横梁;竖向承重结构将荷载传递给底部承重结构,底部承重结构的变形也可能引起上部结构的内力和变形发生变化。

0.3 结构的选型与布置原则

0.3.1 结构选型原则

水平承重结构、竖向承重结构和底部承重结构都有许多结构形式。水平承重结构有梁板体系和无梁体系,屋盖结构还有有檩的屋架或屋面大梁体系和无檩的屋架或屋面大梁体系。竖向承重结构有框架、排架、刚架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体等多种体系。底部承重结构有独立基础、条形基础、筏板基础、柱基础、箱形基础、桩筏基础、桩箱基础等许多基础形式,地基有天然地基和人工地基之分。

进行结构设计时,首先要选择各类结构的形式。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,而且也关系到是否经济和是否方便施工等问题。结构选型的基本原则是:

- (1) 满足使用要求;
- (2) 受力性能好;
- (3) 施工简便;
- (4) 经济合理。

0.3.2 结构布置原则

结构形式选定以后,要进行结构布置,即确定哪里设梁、哪里设柱、哪里设墙等问题。结构布置得是否合理,不但影响到使用,而且影响到受力、影响到施工、影响到造价等。结构布置的基本原则是:

- (1) 在满足使用要求的前提下,沿结构的平面和竖向应尽可能地简单、规则、均匀、对称,避免发生突变。
- (2) 荷载传递路线明确,结构计算简图简单并易于确定。
- (3) 结构的整体性好,受力可靠。
- (4) 施工简便。
- (5) 经济合理。

此外,在平面尺寸较大的建筑中,要考虑是否设置温度伸缩缝的问题。当设置温度伸缩缝时,温度伸缩缝的最大间距要满足附录 9 中的要求。在地基不均匀,或不同部位的高度或荷载相差较大的房屋中,要考虑沉降缝的设置问题。在地震区,当房屋相距很近,或房屋中设有温度伸缩缝或沉降缝时,为了防止地震时房屋与房屋或同一房屋中不同结构单元之间相互碰撞造成房屋毁坏,应考虑设置防震缝问题。温度伸缩缝、沉降缝和防震缝统称为变形缝。当房屋中需要设置伸缩缝、沉降缝和防震缝时,应尽可能将三者设置在同一位置处。

0.4 混凝土结构的分析方法

混凝土结构是由钢筋和混凝土组成的结构。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,在应力不增加的情况下,应变可以继续增大,然后发生强化。混凝土只有在应力很小的情况下,应力与应变之间才接近线性关系。在应力增大时,应力与应变呈非线性关系。由于混凝土材料的非线性原因,使得混凝土结构的受力性能和结构分析十分复杂。我国GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》)对混凝土结构分析的基本原则和分析方法做出了明确规定。

0.4.1 基本原则

进行混凝土结构分析时,应遵守以下基本原则:

(1) 结构按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时,应按国家现行有关标准规定的作用(荷载)对结构的整体进行作用(荷载)效应分析;必要时,尚应对结构中受力状况特殊的部分进行更详细的结构分析。

(2) 当结构在施工和使用期间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效应组合。

结构可能遭遇火灾、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。

(3) 结构分析所需的各种几何尺寸,以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等,应符合结构的实际工作状况,并应具有相应的构造保证措施。

结构分析中所采用的各种简化和近似假定,应有理论或试验的依据,或经工程实践验证。计算结果的准确程度应符合工程设计的要求。

(4) 结构分析应符合下列要求:

- ① 应满足力学平衡条件;
- ② 应在不同程度上符合变形协调条件,包括节点和边界的约束条件;
- ③ 应采用合理的材料或构件单元的本构关系。

(5) 结构分析时,宜根据结构类型、构件布置、材料性能和受力特点等选择下列方法:

- ① 线弹性分析方法;
- ② 考虑塑性内力重分布的分析方法;
- ③ 塑性极限分析方法;
- ④ 非线性分析方法;
- ⑤ 试验分析方法。

(6) 结构分析所采用的电算程序应经考核和验证,其技术条件应符合规范和有关标准的要求。

对电算结果,应经判断和校核;在确认其合理有效后,方可用于工程设计。

0.4.2 各种分析方法

1. 线弹性分析方法

(1) 线弹性分析方法可用于混凝土结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析。

(2) 杆系结构宜按空间体系进行结构整体分析,并宜考虑杆件的弯曲、轴向、剪切和扭转变形对结构内力的影响。

当符合下列条件时,可作相应简化:

① 体形规则的空间杆系结构,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,但宜考虑平面结构的空间协同工作;

② 杆件的轴向、剪切和扭转变形对结构内力的影响不大时,可不计及;

③ 结构或杆件的变形对其内力的二阶效应影响不大时,可不计及。

(3) 杆系结构的计算图形宜按下列方法确定:

① 杆件的轴线宜取截面几何中心的连线;

② 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;梁、板与其支承构件非整体浇筑时,可作为铰接;

③ 杆件的计算跨度或计算高度宜按其两端支承长度的中心距或净距确定,并根据支承节点的连接刚度或支承反力的位置加以修正;

④ 杆件间连接部分的刚度远大于杆件中间截面的刚度时,可作为刚性区域插入计算图形。

(4) 杆系结构中杆件的截面刚度应按下列方法确定:

① 混凝土的弹性模量应按附表 1.3 采用;

② 截面惯性矩可按匀质的混凝土全截面计算;

③ T 形截面杆件的截面惯性矩宜考虑翼缘的有效宽度进行计算,也可由截面矩形部分面积的惯性矩作修正后确定;

④ 端部加腋的杆件,应考虑其刚度变化对结构分析的影响;

⑤ 不同受力状态杆件的截面刚度,宜考虑混凝土开裂、徐变等因素的影响予以折减。

(5) 杆系结构宜采用解析法、有限元法或差分法等分析方法。对体形规则的结构,可根据其受力特点和作用的种类采用有效的简化分析方法。

(6) 对与支承构件整体浇筑的梁端,可取支座或节点边缘截面的内力值进行设计。

(7) 各种双向板按承载能力极限状态计算和按正常使用极限状态验算时,均可采用线弹性方法进行作用效应分析。

(8) 非杆系的二维或三维结构可采用弹性理论分析、有限元分析或试验方法确定其弹性应力分布,根据主拉应力图形的面积确定所需的配筋量和布置,并按多轴应力状态验算混凝土的强度。混凝土的多轴强度和破坏准则可按《规范》的规定计算。

结构按承载能力极限状态计算时,其荷载和材料性能指标可取为设计值;按正常使用极限状态验算时,其荷载和材料性能指标可取为标准值。

2. 考虑塑性内力重分布的分析方法

房屋建筑中的钢筋混凝土连续梁和连续单向板,宜采用考虑塑性内力重分布的分析方法,其

内力值可由弯矩调幅法确定。

框架、框架-剪力墙结构以及双向板等,经过弹性分析求得内力后,也可对支座或节点弯矩进行调幅,并确定相应的跨中弯矩。

按考虑塑性内力重分布的分析方法设计的结构和构件,尚应满足正常使用极限状态的要求或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侵蚀环境等情况下的结构,不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

3. 塑性极限分析方法

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设计,同时应满足正常使用极限状态的要求。

承受均布荷载的板柱体系,根据结构布置和荷载的特点,可采用弯矩系数法或等代框架法计算承载能力极限状态的内力设计值。

4. 非线性分析方法

特别重要的或受力状况特殊的大型杆系结构和二维、三维结构,必要时尚应对结构的整体或其部分进行受力全过程的非线性分析。

结构的非线性分析宜遵循下列原则:

- (1) 结构形状、尺寸和边界条件,以及所用材料的强度等级和主要配筋量等应预先设定;
- (2) 材料的性能指标宜取平均值;
- (3) 材料的、截面的、构件的或各种计算单元的非线性本构关系宜通过试验测定;也可采用经过验证的数学模型,其参数值应经过标定或有可靠的依据。混凝土的单轴应力-应变关系、多轴强度和破坏准则也可按《规范》采用;
- (4) 宜计入结构的几何非线性对作用效应的不利影响;
- (5) 承载能力极限状态计算时应取作用效应的基本组合,并应根据结构构件的受力特点和破坏形态作相应的修正;正常使用极限状态验算时可取作用效应的标准组合和准永久组合。

5. 试验分析方法

对体形复杂或受力状况特殊的结构或其部分,可采用试验方法对结构的正常使用极限状态和承载能力极限状态进行分析或复核。

当结构所处环境的温度和湿度发生变化,以及混凝土的收缩和徐变等因素在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全或正常使用时,应进行专门的结构试验分析。

0.5 本书的主要内容及学习重点

0.5.1 本书的主要内容

本书包含以下主要内容:

(1) 作为水平承重结构,本书介绍了混凝土梁板结构,重点介绍了整体式单向板梁板结构、整体式双向板梁板结构、整体式无梁楼盖、装配式梁板结构以及整体式楼梯和雨篷的设计计算方法。

(2) 作为竖向承重结构,本书结合单层厂房结构,介绍了排架结构设计。重点介绍了单层厂

房的结构类型和结构体系、结构组成及荷载传递、结构布置、构件选型与截面尺寸确定、排架结构内力分析、柱的设计、钢筋混凝土屋架设计要点、吊车梁设计要点等内容,并且给出了一个单层厂房排架结构的设计实例。

(3) 作为竖向承重结构,本书还介绍了广泛采用的多层与高层框架结构设计,重点介绍了结构布置方法、截面尺寸估算、计算简图的确定、荷载计算、内力计算、内力组合、侧移验算以及框架结构配筋计算和构造要求等内容,并且给出了一个高层框架结构的设计实例。

考虑到地基和基础有专门的课程和教材介绍,本书未讨论底部承重结构设计。考虑到结构抗震设计课程一般都安排在本课程之后,因此,本书也不涉及抗震的内容。

0.5.2 学习重点

本课程的学习重点如下:

- (1) 了解各类结构的特性,能够正确进行选用。
- (2) 熟悉结构的平面和立面布置方法,确保结构的荷载传递路线明确、受力可靠、经济合理、整体性好。
- (3) 掌握结构计算简图的确定方法及各构件截面尺寸的估算方法。
- (4) 熟悉各种荷载的计算方法。
- (5) 熟练掌握结构在各种荷载下的内力计算及内力组合方法。
- (6) 熟练掌握结构的配筋计算及构造要求。

本课程的先修课是“混凝土结构设计原理”。本课程是主修建筑工程课群组的土木工程专业学生的主干专业课。为了使學生能较好地掌握楼盖结构、排架结构和框架结构等三类结构的设计方法,宜有相应的设计或作业与之相配合。

第 1 章

梁板结构

本章的重点是：

1. 熟练掌握整体式单向梁板结构的内力按弹性及考虑塑性内力重分布的计算方法；建立折算荷载、塑性铰、内力重分布、弯矩调幅等概念；掌握连续梁板截面设计特点及配筋构造要求。
2. 熟练掌握整体式双向梁板结构的内力按弹性及按极限平衡法的设计方法；掌握其配筋构造要求。
3. 掌握梁式楼梯和板式楼梯的受力特点、内力计算和配筋构造要求。
4. 了解雨篷梁的设计计算方法，特别是对整体倾覆验算的要求。

1.1 概述

混凝土梁板结构主要是由板和梁组成的结构体系，其支承结构体系可为柱或墙体。它是工业与民用房屋楼盖、屋盖、楼梯及雨篷等广泛采用的结构形式，如图 1.1.1 和 1.1.2。此外，它还应用于基础结构（如肋梁式筏片基础）、桥梁结构及水工结构等。因此研究混凝土梁板结构的设计原理及构造要求具有普遍意义。

混凝土整体式梁板结构中，若有梁有板称为梁板结构，以此种梁板结构作楼盖时亦称肋梁楼盖，如图 1.1.1。若有板无梁则称为无梁楼盖或板柱结构，如图 1.1.2。

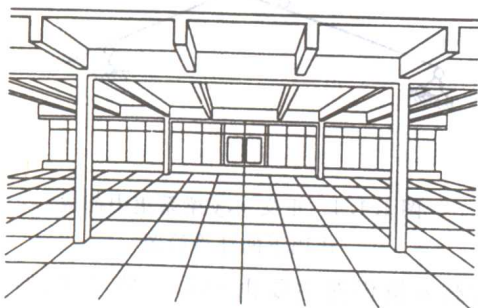


图 1.1.1 钢筋混凝土肋梁楼盖

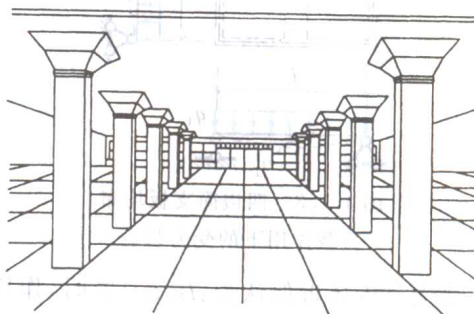


图 1.1.2 钢筋混凝土无梁楼盖

注：本书在符号使用上尽量与国标一致，但局部地方考虑到行业规范的实际情况，仍沿用了工程上的符号用法。

整体式梁板结构中的四边支承板,在均布荷载作用下,如图 1.1.3。在板的中央部位取出两个单位宽度的正交板带,若不考虑平行板带间的相互影响,则各向板带所受荷载根据跨中变形协调条件进行分配:

$$q = q_1 + q_2 \quad (1.1.1)$$

$$v_1 = v_2 = \frac{\alpha_1 q_1 l_1^4}{EI} = \frac{\alpha_2 q_2 l_2^4}{EI} \quad (1.1.2)$$

$$\frac{q_2}{q_1} = \left(\frac{l_1}{l_2} \right)^4 \quad (1.1.3)$$

根据式(1.1.1)和式(1.1.3)可得短向和长向板带的分配荷载:

$$q_1 = \frac{l_2^4}{l_1^4 + l_2^4} q; \quad q_2 = \frac{l_1^4}{l_1^4 + l_2^4} q \quad (1.1.4)$$

式中 q ——四边支承板上的均布荷载;

q_1, q_2 ——短向和长向板带分配的荷载;

l_1, l_2 ——短向和长向板带的计算跨度;

v_1, v_2 ——短向和长向板带的跨中位移;

α_1, α_2 ——支承条件对位移的影响系数;

EI ——板带截面抗弯刚度。

由上式可见,由于板带支承条件和板厚相同,则 $\alpha_1 = \alpha_2$;两个方向板带分配的荷载 q_1, q_2 仅与其跨度比有关或仅与其线刚度比 i_2/i_1 ($i_1 = EI/l_1, i_2 = EI/l_2$) 有关。若四边支承板的长边与短边跨度比 $l_2/l_1 = 2$,按上述方法计算长向与短向板带所分配荷载的比值为 $q_2/q_1 = 6.25\%$,则 $q_1/q = 94.12\%, q_2/q = 5.88\%$ 。

由此可见,整体式梁板结构中的四边支承板,结构分析可近似认为: $l_2/l_1 > 2$ 时,作用于板上荷载 q 主要由短向板带承受,长向板带分配的荷载很小,可忽略不计,荷载由短向板带承受的四边支承板称为单向板,由单向板组成的梁板结构称为**单向板梁板结构**。

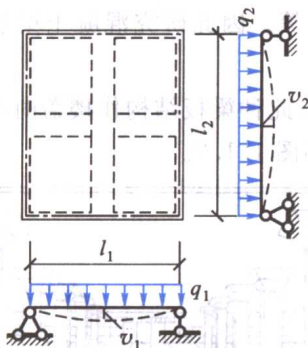


图 1.1.3 四边简支板均布荷载作用下的受力状态

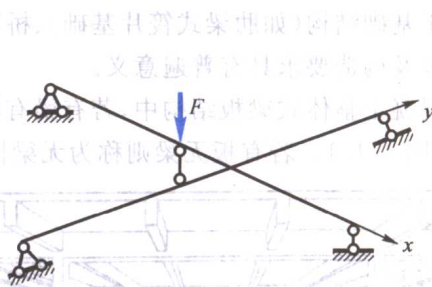


图 1.1.4 正交 x, y 梁系集中荷载作用下的计算简图

结构分析还近似认为: $l_2/l_1 \leq 2$ 时,作用于板上荷载 q 虽仍然主要由短向板带承受,但长向板带所分配的荷载虽小却不能忽略不计,荷载由两个方向板带共同承受的四边支承板称为双向板,由双向板组成的梁板结构称为**双向板梁板结构**。

结构分析表明:四边支承板的单向板和双向板之间没有明确的界限。为了结构设计方便,

《规范》规定： $l_2/l_1 \geq 3$ 时，按单向板设计； $l_2/l_1 \leq 2$ 时，按双向板设计； $2 < l_2/l_1 < 3$ 时，宜按双向板设计；若按单向板设计时，《规范》规定的单向板长边方向的分布钢筋尚不足以承担该方向弯矩，故应适当增加配筋量。

同理在整体式梁板结构中，两个方向正交的 x, y 梁系，如图 1.1.4。假定集中荷载 F 作用于 x, y 梁系在跨中相交处，则各向梁所承受的荷载 F_x, F_y 按梁在交点处变形协调条件进行分配：

$$F_x + F_y = F \quad (1.1.5)$$

$$v_x = v_y = \frac{\alpha_x F_x l_x^3}{EI_x} = \frac{\alpha_y F_y l_y^3}{EI_y} \quad (1.1.6)$$

假定梁为矩形截面，截面宽度相同，支承条件相同 $\alpha_x = \alpha_y$ ，则：

$$\frac{F_y}{F_x} = \left(\frac{h_y}{l_y} \right)^3 = \left(\frac{l_x}{h_x} \right)^3 \quad (1.1.7)$$

式中 F ——正交 x, y 梁交点上集中荷载；

F_x, F_y —— x 向和 y 向梁分配的荷载；

l_x, l_y —— x 向和 y 向梁的计算跨度；

v_x, v_y —— x 向和 y 向梁在跨中处的变形；

α_x, α_y —— x 向和 y 向梁支承条件对变形的影响系数；

EI_x, EI_y —— x 向和 y 向梁截面刚度。

根据式(1.1.5)和式(1.1.7)可得 x 向及 y 向梁分配的荷载 F_x, F_y 。

由上式可见：两个方向梁分配的荷载 F_x, F_y 仅与梁的跨高比 l_x/h_x 和 l_y/h_y 有关或与梁的线刚度比 i_x/i_y ($i_x = EI_x/l_x, i_y = EI_y/l_y$) 有关。若 x 梁的高跨比 $h_x/l_x = 1/8$ ； y 梁的高跨比 $h_y/l_y = 1/16$ ，则 $F_y/F_x = 0.125, F_x/F = 0.89, F_y/F = 0.11$ 。

由此可见：若 x 方向梁的高跨比 h_x/l_x 远大于 y 方向梁的高跨比 h_y/l_y 时，则梁的荷载主要由 x 方向梁承受， y 方向梁分配的荷载 F_y 很小，可忽略不计，则近似认为荷载完全由 x 方向梁承受，并称 x 方向梁称为**主梁**， y 方向梁称为**次梁**。由于荷载由主梁承受，因此可以认为主梁是次梁的支座。

若 x 方向梁的高跨比 h_x/l_x 与 y 方向梁的高跨比 h_y/l_y 相差不大时，虽然荷载主要由 x 方向梁承受，但 y 方向梁分配的荷载 F_y 较小却不能忽略不计，即荷载由两个方向梁共同承受，此梁称为**双向梁**。

单向板梁板结构中，梁可分为次梁和主梁；双向板梁板结构中，梁可分为次梁和主梁，也可为双向梁系。在双向板梁板结构中，若梁为双向等截面梁系，此种结构称为双重井式楼盖。

整体式梁板结构是混凝土结构最基本的结构形式之一。它大量应用于工业与民用建筑，尤其是高层建筑楼、屋盖结构中，其最大优点是整体性好，使用机械少、施工技术简单；其缺点是模板用量较大，施工周期较长，施工时受冬季和雨季的影响。

装配式梁板结构也是混凝土结构最基本的结构形式之一。它大量应用于一般工业与民用建筑的楼、屋盖结构中，其优点是构件工厂预制，模板定型化，混凝土质量容易保证，且不受季节性影响，预制构件现场安装，施工进度快；其缺点是结构整体性差，预制构件运输及吊装时需要较大设备。在地震区整体式梁板结构将逐渐取代装配式梁板结构。