

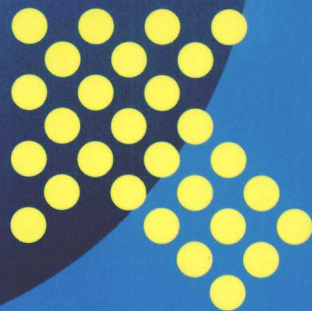
21世纪高等学校规划教材



HUNNINGTU JIEGOU SHEJI

混凝土结构设计

李燕飞 主 编
李延涛 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

TU370.4/53

2010

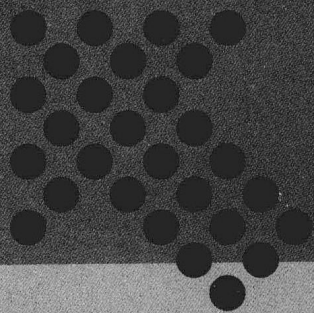
21世纪高等学校规划教材



HUNNINGTU JIEGOU SHEJI

混凝土结构设计

主 编 李燕飞
副主编 李延涛
编 写 刘仲洋
主 审 王 珊



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。全书共分 4 章, 主要内容为绪论、梁板结构设计、单层厂房结构设计、多层框架结构设计以及附录。本书理论联系实践, 书中大部分章节都配有详细的设计例题、思考题; 对传统教材的有关内容进行了删减, 同时增加了对课程设计和毕业设计有益的内容。

本书可作为普通高等院校土木工程专业教材, 也可作为土木工程专业专科及土建类成人教育的教材, 还可供土木工程相关技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计/李燕飞主编. —北京: 中国电力出版社, 2010.1

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-9887-7

I. ①混… II. ①李… 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 (2010) 第 001893 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 1 月第一版 2010 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.25 印张 447 千字
定价 30.00 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 21 世纪高等学校规划教材。依据高等学校土木工程专业指导委员会对课程设置、教学大纲以及国家建筑结构有关规范和规程的要求组织编写的。在编写过程中,根据作者多年的教学实践经验,对传统教材的有关内容进行了删减,同时增加了对课程设计和毕业设计有益的内容。本教材注重理论联系实践,书中大部分章节都配有详细的设计例题、思考题。

本书由河北建筑工程学院李燕飞任主编,李延涛任副主编。具体编写分工为:李燕飞编写第 2 章部分、第 3 章、第 4 章,李延涛编写第 1 章,刘仲洋编写第 2 章部分。全书由李燕飞统稿。北方工业大学王珊教授审阅了全书,并提出了宝贵的意见,在此表示衷心感谢!

编者在编写过程中,参阅了大量的资料,但限于编者水平,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2009 年 12 月

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 混凝土结构的分类	1
1.2 混凝土结构的分析方法	4
思考题	4
第2章 梁板结构设计	5
2.1 概述	5
2.2 单向板肋梁楼盖设计	6
2.3 双向板肋梁楼盖设计	35
2.4 井式梁楼盖设计	46
2.5 无梁楼盖设计	49
2.6 整体式楼梯与雨篷	55
思考题	65
第3章 单层厂房结构设计	66
3.1 单层厂房的结构形式	66
3.2 单层厂房排架结构的组成	67
3.3 单层厂房的结构布置	70
3.4 单层厂房结构主要构件的选型	81
3.5 排架结构的内力分析与内力组合	87
3.6 排架柱设计	107
3.7 柱下独立基础设计	116
3.8 单层厂房排架结构设计实例	122
思考题	158
习题	159
第4章 多层框架结构设计	160
4.1 概述	160
4.2 框架结构的布置	161
4.3 框架结构荷载效应的近似计算	165
4.4 框架结构的内力组合	184
4.5 非抗震设计的框架构件配筋计算及构造要求	188
4.6 框架结构抗震设计	193
4.7 设计实例	212
思考题	262

习题.....	263
附录.....	264
附录 1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	264
附录 2 双向板计算系数表	271
附录 3 四边简支井字梁计算表	276
附录 4 50~500/50kN 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸系列 (ZQ1-62) ...	283
附录 5 钢筋的计算截面面积及理论质量	284
参考文献.....	285

第 1 章 绪 论

混凝土结构是指以混凝土为主制作的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构等,其应用范围广,是土木建筑工程中应用最多的一种结构形式。本书主要介绍混凝土梁板结构的设计、单层厂房排架结构的设计及多层框架结构的设计,且每章都给出了设计实例。

1.1 混凝土结构的分类

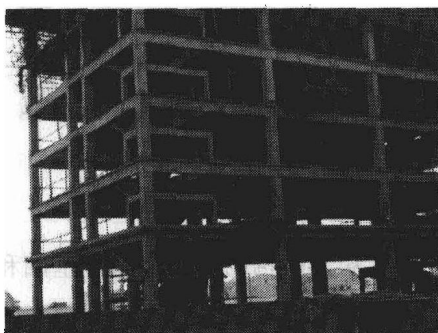
混凝土结构根据其受力特点、空间形态等有以下几种分类。

一、按结构构件的受力特点分类

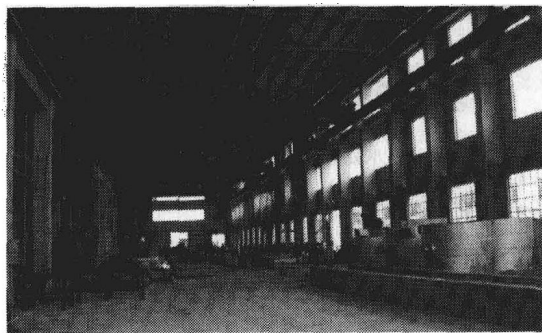
钢筋混凝土基本构件按其受力特点可分为以下几类。

(一) 杆系结构

这类结构中的结构构件都是细长的直杆,如连续梁、钢筋混凝土或预应力混凝土屋架、框架结构 [图 1-1 (a)]、排架结构 [图 1-1 (b)] 等,这些是实际工程中应用最广泛的结构形式。



(a)



(b)

图 1-1 杆系结构

(a) 框架结构; (b) 排架结构

(二) 板壳结构

当结构构件两个方向的尺寸远大于第三个方向的尺寸时,其中平者称为板,曲面形状者称为壳,这样的结构称为板壳结构。板以受弯为主,壳以受压为主,是一种受力的空间结构。图 1-2 为 1958 年建造的巴黎国家工业与技术展览中心,是钢筋混凝土装配整体式薄壳结构,跨度 219m,为当今世界上跨度最大的公共建筑。

(三) 拱结构

拱是以承受轴压力为主的结构。由于拱的各截面上的内力大致相等,因而拱结构是一种有效的大跨度结构,在桥梁和房屋中都有广泛应用。图 1-3 为永定河 7 号桥,于 1966 年 6

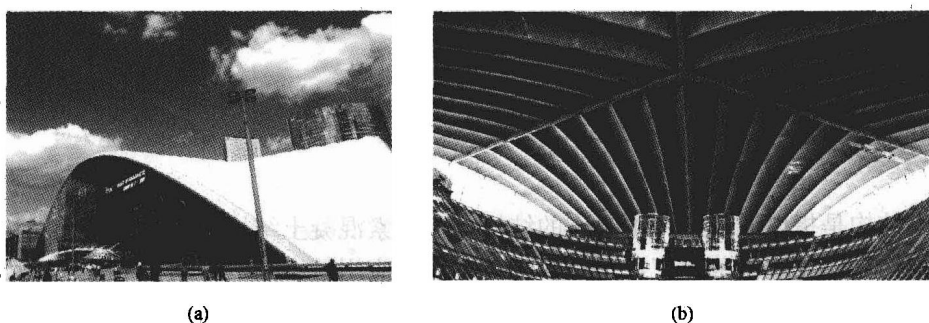


图 1-2 巴黎国家工业与技术展览中心
(a) 外部; (b) 内部

月竣工, 当时是亚洲最大的钢筋混凝土拱桥; 图 1-4 为东京 Tama 艺术大学图书馆, 拱形采用钢结构和混凝土做成, 跨度从 1.8~16m 不等, 厚度为 200mm, 被誉为世界上最美的图书馆。



图 1-3 永定河 7 号桥



图 1-4 东京 Tama 艺术大学图书馆

(四) 块体结构

三个方向的尺寸为同量级的结构, 称为块体结构。属于块体结构的有柱下独立基础和设备基础、桥台和桥墩等。

二、按结构的形态分类

钢筋混凝土结构按结构的形态, 可分为单层、多层、高层和大跨度结构。

(一) 单层混凝土结构

单层混凝土结构一般由屋盖和钢筋混凝土柱组成, 根据房屋的功能和跨度大小不同, 屋盖可采用钢筋混凝土梁板结构、拱或薄壳、折板以及钢筋混凝土屋架或钢屋架等。单层混凝土建筑结构主要用于单层厂房、仓库、实验室、食堂等单层空旷房屋。

(二) 多层混凝土结构

依据我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002) 规定, 将 2~9 层或房屋高度小于 28m 的建筑称为多层混凝土建筑结构。主要包括框架、框架—剪力墙等结构形式。

(三) 高层混凝土结构

依据我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002) 规定, 将 10 层或 10 层以上或房屋高度大于 28m 的建筑称为高层混凝土建筑结构。其结构形式包括框架结构、框架—

剪力墙结构、剪力墙结构及筒体结构。

随着高层建筑的发展,钢—混凝土组合结构逐渐成为高层特别是超高层建筑(高度超过100m)的主要结构形式,图1-5为上海环球金融中心,地上101层、地下3层,楼高492m,结构抗侧力体系中的巨型柱为钢骨混凝土组合结构,巨型斜撑采用了钢管混凝土组合结构;图1-6为台北101大楼,地上101层,地下5层,建筑高度508m,结构也采用了钢—混凝土组合结构体系。



图1-5 上海环球金融中心

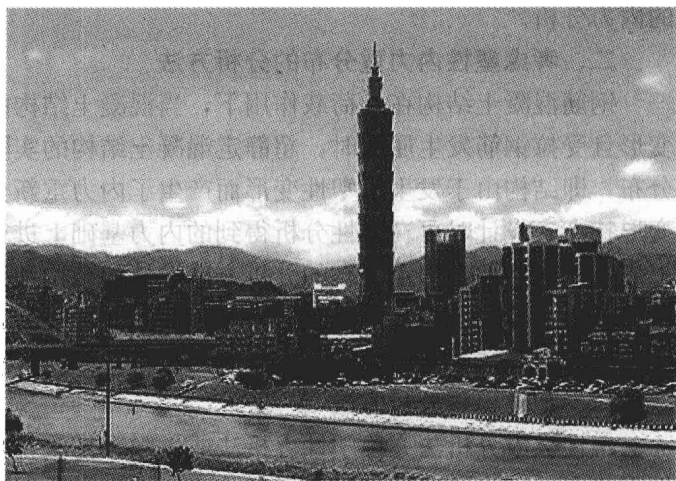


图1-6 台北101大楼

(四) 大跨度混凝土结构

大跨度结构广泛应用于体育馆、展览馆、会堂等公共建筑,其屋盖一般采用网架、网壳、斜拉、悬索等钢结构形式,以便形成较大的空间,而其竖向承重结构和下部基础一般均采用钢筋混凝土结构。图1-7为中国国家大剧院,外部围护钢结构壳体呈半球形,其平面投影东西方向长轴长度为212.20m,南北方向短轴长度为143.64m,建筑物高度为46.285m,是目前世界上最大的穹顶建筑。图1-8为中国国家体育场,工程主体建筑呈空间马鞍椭圆形,南北长333m、东西宽294m,高69m,主体钢结构形成整体的巨型空间马鞍形钢桁架编织式“鸟巢”结构,钢结构总用钢量为4.2万吨,混凝土看台分为上、中、下三层,看台混凝土结构为地下1层地上7层的钢筋混凝土框架—剪力墙结构体系,被誉为“第四代体育馆”的伟大建筑作品。

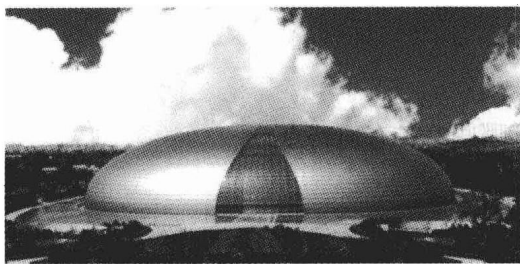


图1-7 中国国家大剧院

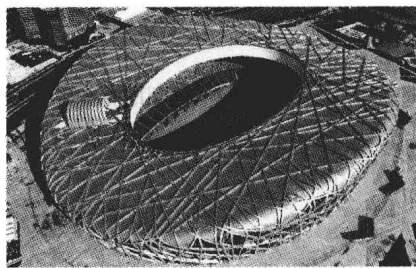


图1-8 中国国家体育场

1.2 混凝土结构的分析方法

混凝土结构设计时,应根据结构的重要性和使用要求、结构体系的特点及荷载作用状况、要求的计算精度等,选择以下几种方法进行分析计算。

一、线弹性分析方法

线弹性分析方法,是将结构材料视为匀质的理想弹性体来分析的,是目前工程中最成熟的结构分析方法,可用于任何形式的混凝土结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态下的内力分析。

二、考虑塑性内力重分布的分析方法

钢筋混凝土结构在外荷载作用下,当混凝土结构的受拉区开裂,受压区混凝土发生塑性变形且受拉钢筋发生屈服时,超静定混凝土结构的实际内力分布就不同于线弹性分析的内力分布,即结构由于发生了塑性变形而产生了内力重新分布,为了反映结构的这一实际受力和变形特点,设计时可在弹性分析得到的内力基础上进行调整,如采用弯矩调幅法进行计算。

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,或采用有效的构造措施。但对于直接承受动力荷载的结构以及要求不出现裂缝或处于严重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。

三、塑性极限分析方法

塑性极限分析法亦称塑性分析法或极限平衡法,是在荷载作用下,当结构达到承载能力极限状态时,由结构的极限平衡条件建立方程来求解结构内力的方法,如对于承受均布荷载的四边支承的双向矩形板的内力。

四、非线性分析方法

钢筋混凝土结构的非线性分析法是根据钢筋混凝土结构的非线性本构关系来准确分析结构在荷载作用下的各种内力、变形及裂缝开展等情况。通常对于特别重要的以及受力状况比较特殊的大型杆系结构和二维、三维结构,必要时应对结构的整体或其部分进行受力全过程的非线性分析。

五、试验分析方法

对于体形复杂或受力状态比较特殊的结构或其部分,或采用了新的结构形式、新型的材料及构造时,用现有的结构分析方法无法对其进行分析计算,或对计算结果没有充分把握时,可采用试验分析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。

思 考 题

1-1 混凝土结构是如何分类的?

1-2 混凝土结构设计中采用的设计方法有哪些?各有何特点?

第2章 梁板结构设计

2.1 概 述

梁板结构是主要由板和梁组成的结构体系,其支承结构一般为柱或砖(钢筋混凝土)墙体,也可以是钢构件,还可以铺在地面上。它是土木工程中应用最广泛的一种结构,如房屋中的楼(屋)盖、楼梯、雨篷、地下室底板(筏式基础)、桥面结构及挡土墙等,都属于梁板结构。

楼(屋)盖是房屋结构中重要的组成部分,合理地选择楼盖形式,对房屋的安全使用及技术经济指标具有重要意义。钢筋混凝土楼盖按其施工方法分为现浇整体式、装配式、装配整体式三种形式。

现浇整体式楼盖整体性、防水性好,抗震性强,但施工现场工作量较大,模板用量较多。按楼板的传力和支承条件的不同,可分为单向板肋梁楼盖[图2-1(a)]、双向板肋梁楼盖[图2-1(b)]、井式楼盖[图2-1(c)]和无梁楼盖[图2-1(d)]。单向板肋梁楼盖广泛应用于多层厂房和公共建筑;双向板肋梁楼盖多用于公共建筑和高层建筑;井式楼盖可少设或不设内柱,能跨越较大的空间,获得较美观的天花板,适用于方形或接近方形的公共

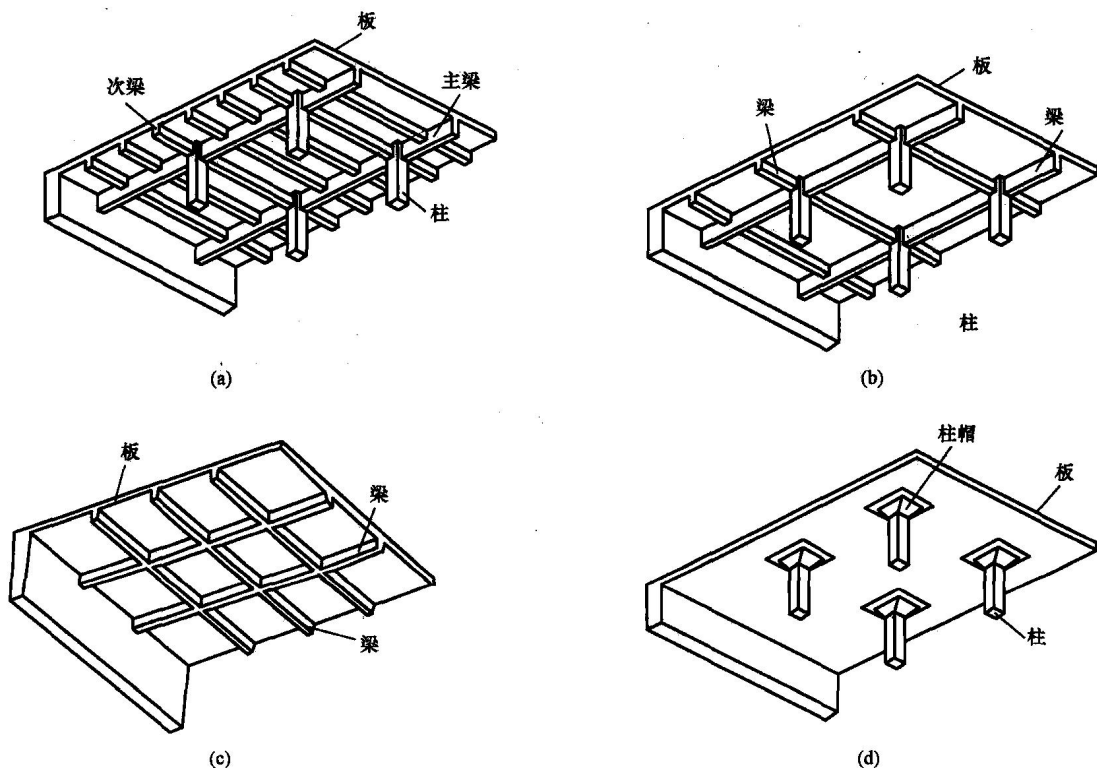


图 2-1 楼盖的类型

(a) 单向板肋梁楼盖; (b) 双向板肋梁楼盖; (c) 井式楼盖; (d) 无梁楼盖

建筑门厅及中小型礼堂、餐厅等；无梁楼盖适用于柱网尺寸不超过 6m 的图书馆、仓库等建筑。随着施工技术的不断革新和多次重复使用式钢模板的发展，现浇整体式梁板结构的应用越来越广泛。

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。由于楼板采用了预制构件，有利于工业化生产，在多层民用建筑和工业厂房中应用较广，但由于其整体性、防水性、抗震性均较差且不宜开设孔洞，因此对于高层建筑及有抗震设防要求的建筑以及使用上要求防水或开设孔洞的楼面，均不宜采用。

装配整体式钢筋混凝土楼盖是将楼板中的部分构件预制，在施工现场安装后，再通过后浇的混凝土叠合连成整体。这种楼盖既有比预制装配式楼盖好的整体性，又较现浇整体式楼盖节省模板和支撑。但这种楼盖需要进行混凝土二次浇筑，有时还需增加焊接工作量，故对施工进度和造价都带来一些不利的影响。

《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 对于单向板、双向板肋梁楼盖的计算原则如下：

板可以只在两条对边上支承，这种情况下，板单向受力，在垂直于支承梁的方向承受荷载。板也可以四边都支承于梁上。对整体式梁板结构中的四边支承板，在结构分析中可近似认为：当板区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值大于或等于 3 时，作用于板上的荷载主要由短向板带承受，长向板带分配的荷载很小，可以忽略不计，板仅沿单向（短向）受力。这就是说，单块板的长宽比大于或等于 3 时，虽然四边都有支承，但大部分荷载沿着短边方向传到支承梁上，实际效果是单向受力，这种肋梁楼盖称为单向板肋梁楼盖。

当板区格的长边 l_2 与短边 l_1 的比值小于或等于 2 时，板上荷载虽仍然主要由短向板带承受，但长向板带所分配的荷载却不能忽略不计，荷载由双向板带共同承受，这种肋梁楼盖称为双向板肋梁楼盖。

经结构分析，《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 规定，混凝土板应按下列原则进行计算：

(1) 两对边支承的板应按单向板计算。

(2) 四边支承的板应按下列规定计算：

1) 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。

2) 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，应沿长边方向布置足够数量的构造钢筋。

3) 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。

2.2 单向板肋梁楼盖设计

本节将主要研究单向板肋梁楼盖的柱网、梁格划分、梁板基本尺寸、结构的分析与设计及构造措施。

2.2.1 单向板肋梁楼盖的结构平面布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁、主梁等构件组成，其竖向支承结构为柱或墙体（图 2-2）。由于荷载按刚度大的方向传递，所以虽然板四边支承在次梁和主梁上，但荷载的传递途径均

为：板→次梁→主梁→柱（墙体）→基础。对于主次梁间荷载的传导次序，通常是由二者的线刚度决定的，工程上认为如果主梁的线刚度是次梁的8倍，这一次序才正确，否则应按交叉梁系计算。次梁的间距为板的跨度，主梁的间距为次梁的跨度，柱沿主梁方向的间距为主梁的跨度。根据工程设计经验和经济性分析，板、次梁和主梁的常用跨度分别为2~3m、4~6m和5~8m。因此，合理地布置柱网和划分梁格，对于建筑物的使用、经济和美观的影响是很大的。为得到一种合理的结构布置，一般可按下列原则进行：

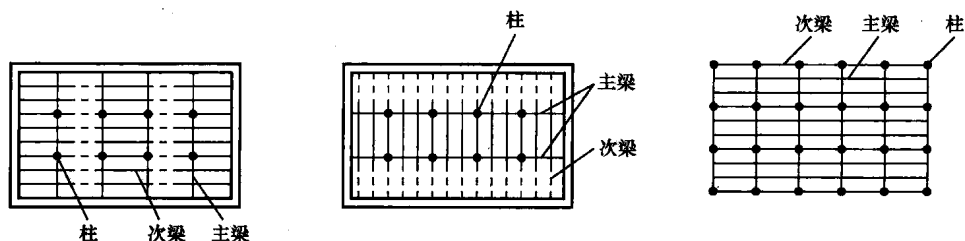


图 2-2 单向板肋梁楼盖布置

(1) 在满足建筑物使用的前提下，柱网和梁格划分尽可能规整，尽量简单、整齐、统一，以符合经济和美观要求；

(2) 梁、板结构尽可能划分为等跨度，以便于设计和施工；

(3) 主梁跨度范围内次梁根数宜为偶数，以便主梁受力合理。

根据以上原则，即可对楼盖进行结构布置。

梁板结构的基本尺寸应根据结构承载力（承载能力极限状态）、刚度及裂缝（正常使用极限状态）控制条件确定。对于不做刚度验算的梁板最小截面高度，建议为

$$\text{板 } h = (1/40 \sim 1/30)l_1$$

$$\text{次梁 } h = (1/18 \sim 1/12)l_2$$

$$\text{主梁 } h = (1/14 \sim 1/8)l_3$$

式中 l_1 、 l_2 、 l_3 ——分别为次梁间距、主梁间距和柱与柱或柱与墙之间的距离。

为保证梁、板结构具有足够的刚度和便于施工，板的最小厚度尚应满足表 2-1 的规定。

表 2-1 现浇钢筋混凝土板的最小厚度

板的类别		最小厚度 (mm)
单向板	屋面板	60
	民用建筑楼板	60
	工业建筑楼板	70
	行车道下的楼板	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
无梁楼板		150

2.2.2 单向板肋梁楼盖按弹性理论的计算方法

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，其内力计算方法有两种：按弹性理论的计算方法和按塑性理论的计算方法，本节讨论按弹性理论的计算方法。在进行内力分析时，首先需要确定计算简图及计算荷载，而后再进行板、梁的内力计算。

一、计算简图

单向板肋梁楼盖中，习惯上从整个板面上沿板短跨方向取 1m 宽板带作为板的计算单元；取翼缘宽度为次梁间距的 T 形截面带作为次梁结构的计算单元；取翼缘宽度为主梁间距的 T 形截面带作为主梁结构的计算单元（图 2-3）。

肋梁楼盖中的板、次梁、主梁为整体连接，板支承在次梁上，次梁支承在主梁上。在确定计算简图时，一般不考虑次梁对板、主梁对次梁转动的约束作用，将连续板和次梁的支座均视为铰支座，由此而引起的误差可在计算时所取的荷载中采用折算荷载调整。肋梁楼盖中的主梁支承在砖墙或柱子上，当主梁支承在砖墙（或砖墩）上时，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确定支座形式：梁、柱的线刚度之比大于或等于 4 时，主梁亦可按铰支于钢筋混凝土柱上的连续梁进行计算；梁、柱线刚度比小于 4 时，应按框架分析梁、柱内力。计算简图如图 2-3 所示。

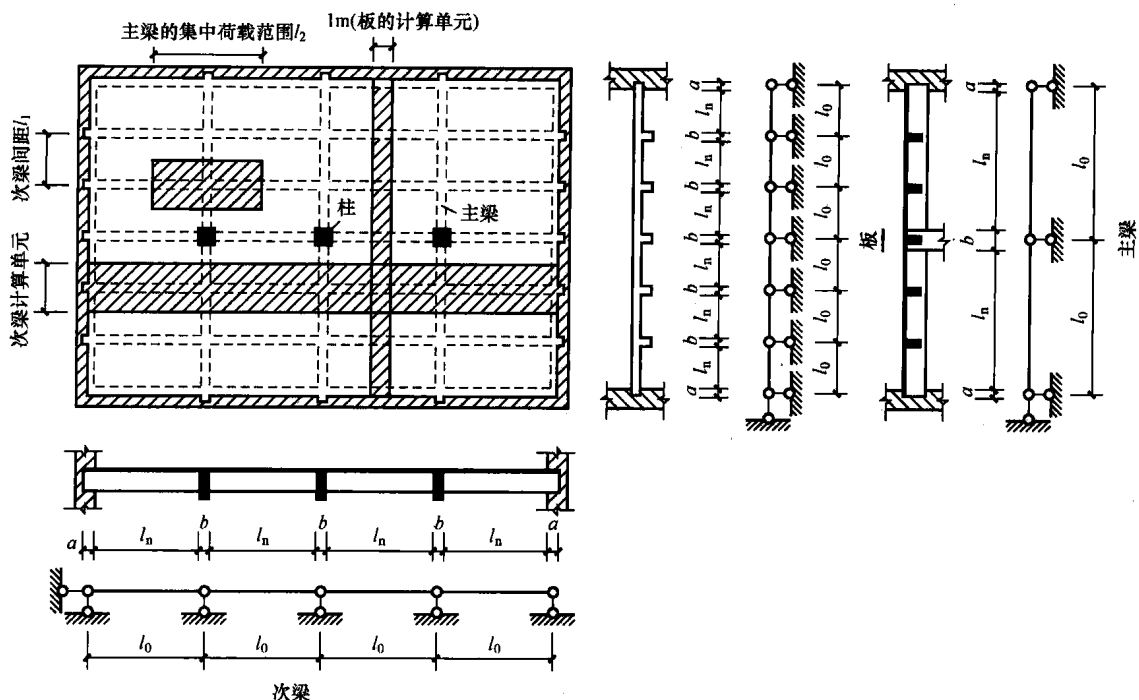


图 2-3 单向板肋梁楼盖平面、剖面及计算简图

二、计算跨度

连续梁、板的计算跨度 l_0 是指梁、板支座反力的合理作用线的距离。支座反力的合力作用线的位置与结构刚度、支承长度及支承结构材料等因素有关，精确计算非常困难，因此梁、板的计算跨度只能取近似值。弹性理论分析中计算跨度按下列规定取用。

(一) 单跨板和梁

两端支承在砖墙上的板 $l_0 = l_n + a$, 且 $l_0 \leq l_n + h$

两端与梁整体连接的板 $l_0 = l_n + b$

单跨梁 $l_0 = l_n + a$, 且 $l_0 \leq 1.05l_n$

(二) 多跨连续板和梁

边跨且对于板 $l_0 = l_n + \frac{a}{2} + \frac{b}{2}$

$$l_0 \leq l_n + \frac{h}{2} + \frac{b}{2}$$

对于梁 $l_0 \leq 1.025l_n + \frac{b}{2}$

中间跨且对于板 $l_0 = l_c$

$$l_0 \leq 1.1l_n$$

对于梁 $l_0 \leq 1.05l_n$

式中 l_0 ——梁、板的计算跨度;

l_c ——支座中心线间的距离;

l_n ——梁、板的净跨度;

h ——板的厚度;

a ——梁、板在墙体上的支承长度;

b ——梁、板的中间支座宽度。

在工程设计上,通常取支座中心线间的距离作为计算跨度。但需要指出,这种取值方法一般适用于支座宽度较小时,若支座宽度较大,对结构分析将造成一定误差。

三、计算跨数

为了简化计算,当相邻跨度相差不超过10%时,可按等跨计算。结构分析表明:对于连续板、梁的某一跨,其相邻两跨以外的其余各跨的荷载对其内力的影响很小;对于刚度相等、荷载和支承条件相同的多跨连续板和梁,当跨度相等或跨差不超过10%时,除端部的两跨外,所有中间跨的内力都是十分接近的。为简化计算,可将所有中间跨均以第三跨来处理,因此当结构实际跨数多于五跨时,可按五跨进行计算。

对于多跨连续梁、板的跨数小于5跨时,按实际跨数计算。

四、计算荷载与折算荷载

作用在梁板结构上的荷载可分为永久荷载(恒荷载)和可变荷载(活荷载)。

永久荷载包括结构自重、构造层重及隔墙重等,对于工业建筑,还有永久性设备自重。

可变荷载包括使用时的人群、货物以及堆料等的重量,还包括雪荷载、屋面积灰荷载和施工活荷载等。

可变荷载的分布通常是不规则的,在工程设计中一般折算为等效均布荷载。作用于板、梁上的可变荷载在一跨内按满跨布置,不考虑半跨内可变荷载作用的可能性。

永久荷载、可变荷载的标准值及荷载分项系数详见《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006年版)(以下简称《荷载规范》)。

必须注意,作用在楼面上的活荷载,不可能以标准值的大小同时布满在所有楼面上,特别是对于民用建筑的楼盖,楼面梁的负荷面积越大,则楼面活荷载满布的可能性越小。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 λ (λ 取值见《荷载规范》)。

在计算主、次梁的荷载时,可忽略板、次梁的连续性而按简支传递考虑,图2-3表示了板、次梁、主梁的计算承载范围,板、次梁主要承受均布荷载,主梁则承受由次梁传来的集中荷载。通常取1m宽的板带作为板的荷载计算单元,取宽度为板标志跨度 l_1 的荷载带作为次梁的荷载计算单元,取宽度为次梁标志跨度 l_2 的荷载带作为主梁的荷载计算单元。一

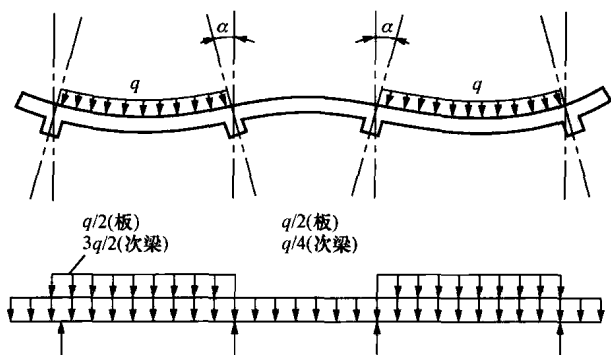


图2-4 板与次梁及次梁与主梁整体连接的影响

般主梁自重及抹灰自重所占比重不大,可将其换算成集中荷载加到次梁传来的集中荷载内,集中荷载的面积应为 $l_1 \times l_2$ 。

在图2-3的计算简图中,假定连续板、梁与支座均是铰接的,即忽略了图2-4中次梁对板、主梁对次梁的转动约束作用。经结构力学分析可知,由此引起的误差可采用调整荷载的办法来考虑,即增大恒荷载,相应减小活荷载,以折算荷载代替计算。

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

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

式中 g' ——折算恒荷载;
 q' ——折算活荷载;
 g ——实际计算恒荷载;
 q ——实际计算活荷载。

主梁不进行上述荷载折算,因为当支承主梁的柱刚度较大时,则应按框架结构计算结构内力;当柱刚度较小时,对梁的约束作用较小,可忽略其影响,因此无须修正荷载。但应注意,将柱视为梁的铰支座,对主梁设计是偏安全的,对柱设计是偏于不安全的。

五、内力计算及内力包络图

工程设计中,连续梁板结构在一跨内的截面和配筋通常是相同的,因此结构截面内力最大者即为结构设计的控制截面。由结构分析可知,对于等截面连续梁板,各支座截面及各跨的跨中截面为结构的控制截面。

连续梁、板中,恒荷载作用于各跨,而活荷载的位置是变化的,且并非活荷载满布时最为不利。因此,在计算连续梁、板内力时,应考虑活荷载的最不利布置,图2-5为五跨连续梁(板)在不同跨作用活荷载时的内力图,分析归纳可总结出如下规律:

- (1) 求某跨内截面最大正弯矩时,应在该跨内布置活荷载,然后隔跨布置;
- (2) 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,然后隔跨布置;
- (3) 求某跨内最小正弯矩时,该跨不布置活荷载,而在其相邻两跨布置活荷载,然后隔跨布置;

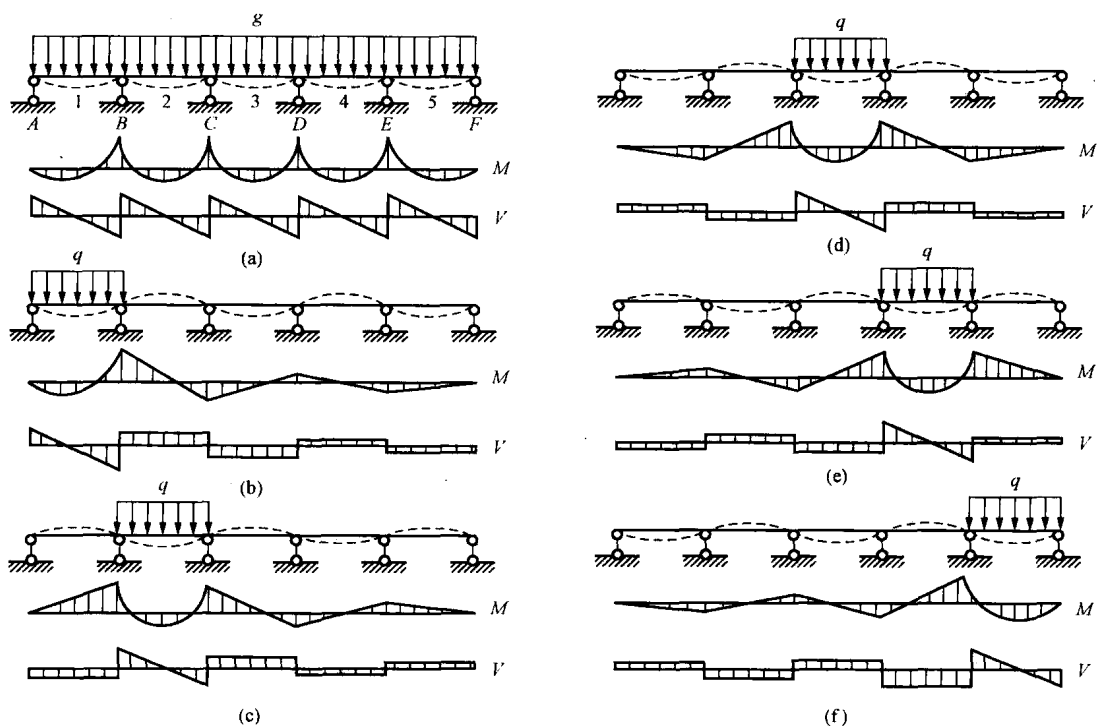


图 2-5 五跨连续梁(板)在恒载、活载作用下的内力图

(4) 求某支座截面最大剪力时,应在该支座相邻两跨布置活荷载,然后隔跨布置。

一般对于 n 跨连续梁、板,有 $n+1$ 种最不利荷载组合。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)。

等跨连续梁、板的内力计算可查《静力结构计算手册》中的内力系数表来确定,本书附录 1 为两跨至五跨等跨连续梁的内力系数表。不等跨连续梁的内力计算可查阅相关手册,或采用二次弯矩分配法等求解。

将恒荷载作用下各截面产生的内力和相应截面最不利活荷载布置下所产生的内力叠加,便得出截面可能出现的最不利内力,各截面最不利内力的连线称为内力包络图,图 2-6 所示为承受均布荷载的五跨连续梁(板)在恒荷载和各种最不利活荷载作用下产生的弯矩图、剪力图。将图 2-6 中所表示的弯矩图、剪力图分别叠画在同一坐标图上,即得出图 2-7 所示的弯矩包络图和剪力包络图。

绘制弯矩包络图的步骤是:

(1) 列出恒荷载及其与各种可能的最不利活荷载的布置的组合;

(2) 对上述每一种荷载组合求出各支座的弯矩,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梁(板)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。

六、结构计算时的内力取值

按弹性理论计算连续板(梁)的内力时,在支座中心截面处由于支承梁(柱)的存在,