

哈尔滨建筑工程学院  
重庆建筑工程学院  
廉晓飞 主编

# 钢筋混凝土及砖石结构

下 册



中央广播电视大学出版社

[Redacted]

# 钢筋混凝土及砖石结构

下 册

哈尔滨建筑工程学院

重庆建筑工程学院

廉 晓 飞



中央广播电视大学出版社

钢筋混凝土及砖石结构

下 册

哈尔滨建筑工程学院

重庆建筑工程学院

廉 晓 飞 主 编

中央广播电视大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

朝 阳 新 华 印 刷 厂 印 装

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张25 插页1, 千字570

1986年9月第1版 1986年10月第1次印刷

印数 1—71,000

书号: 15300·38 定价: 4.10 元

# 目 录

第八章 钢筋混凝土平面楼盖	1
§ 8-1 概述	1
§ 8-2 整体式肋梁楼盖的组成、分类和结构布置	3
§ 8-3 整体式单向板肋梁楼盖按弹性理论的计算	5
§ 8-4 整体式单向板肋梁楼盖按塑性理论的计算与构造	10
§ 8-5 整体式双向板肋梁楼盖按弹性理论的计算与构造	19
§ 8-6 整体式双向板肋梁楼盖按塑性理论的计算与构造	24
§ 8-7 装配式铺板楼盖	28
§ 8-8 楼梯	32
第九章 单层厂房结构	65
§ 9-1 概述	65
§ 9-2 单层厂房的组成和构件的形式	67
§ 9-3 单层厂房的荷载和计算简图	87
§ 9-4 排架结构的内力计算	95
§ 9-5 单层厂房柱设计	103
§ 9-6 柱下单独基础设计	113
§ 9-7 单层厂房中各构件间的连接	122
第十章 多层与高层房屋结构	159
§ 10-1 概述	159
§ 10-2 多层与高层房屋的结构方案选择	161
§ 10-3 多层与高层房屋的荷载	172
§ 10-4 框架结构的布置与形式	176
§ 10-5 框架结构的计算简图	179
§ 10-6 框架结构的内力计算	181
§ 10-7 框架结构的侧移计算	192
§ 10-8 框架结构的最不利内力组合与结构设计要点	196
§ 10-9 迭合梁设计	199
§ 10-10 框架结构的节点构造	205
§ 10-11 剪力墙、框架-剪力墙、筒体结构体系的受力特点	211
第十一章 砌体(砖石等)结构	219
§ 11-1 块材、砂浆和砌体的种类及受力性能	219

§ 11-2	砌体结构构件的设计计算 .....	235
§ 11-3	混和结构房屋的结构设计 .....	269
§ 11-4	过梁、墙梁、悬挑构件及墙体构造措施 .....	288
<b>第十二章</b>	<b>房屋抗震设计基本知识 .....</b>	<b>317</b>
§ 12-1	概述 .....	317
§ 12-2	房屋抗震设计的基本原则 .....	321
§ 12-3	地震作用 .....	324
§ 12-4	建筑结构的抗震变形验算 .....	333
§ 12-5	多层砖石结构房屋的抗震设计要点 .....	336
§ 12-6	单层钢筋混凝土结构厂房抗震设计要点 .....	344
§ 12-7	多层与高层房屋抗震设计要点 .....	346
<b>附表</b>	<b>.....</b>	<b>353</b>

## 第八章 钢筋混凝土平面楼盖

### § 8-1 概 述

楼盖是房屋结构中重要的组成部份，不论何种房屋，它都是必不可少的。在整个房屋的材料用量和造价方面楼盖所占的比例是相当大的。因此合理选择楼盖的形式，正确地进行设计将会对整个房屋的使用和技术经济指标带来好的影响。

目前采用较多的整体现浇钢筋混凝土平面楼盖有肋梁楼盖、双重井式楼盖和无梁楼盖三种（图 8-1~3）。

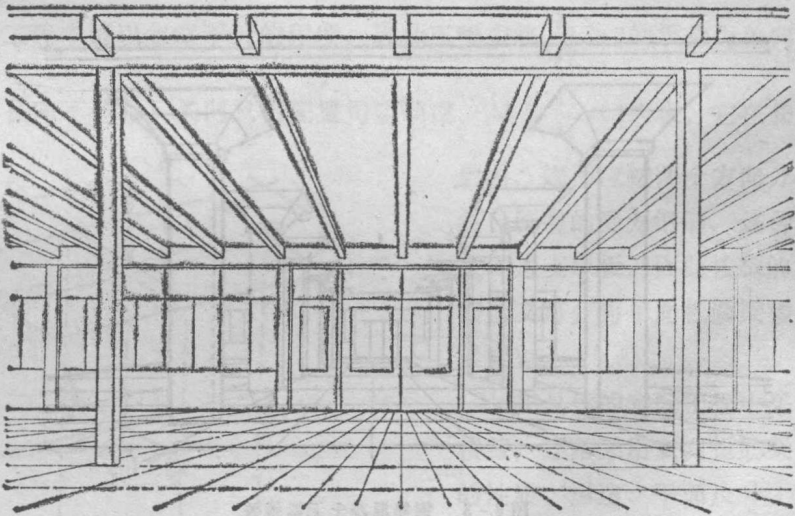


图 8-1 钢筋混凝土肋梁楼盖

如图 8-1 所示，钢筋混凝土肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成，楼面荷载依次从板传给次梁、主梁，最后传至柱、基础。它可以用作各种房屋的楼盖，是应用最广泛的一种现浇楼盖形式。双重井式楼盖与一般肋梁楼盖的不同在于它的工作很象一个有规律地去掉底部混凝土，并将钢筋分段集中（于梁中）的大平板。两个方向梁等高、等距。这种楼盖天花的建筑效果较好，因此常在建筑物的门厅、餐厅、展览厅和会议室中采用。无梁楼盖中没有梁，楼板通过柱帽支承在柱上。这种楼盖天花平整，并适于承受较大的楼面荷载，故常在冷库和其它仓库建筑中采用，近年来也常用于商店建筑。

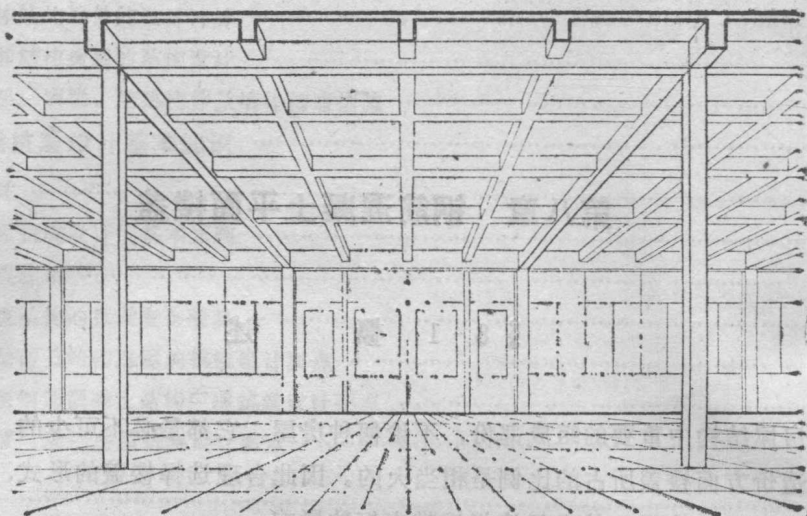


图 8-2 钢筋混凝土双重井式楼盖

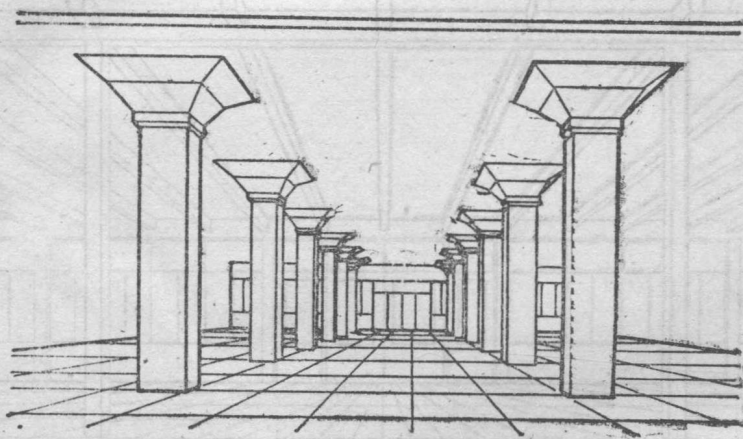


图 8-3 钢筋混凝土无梁楼盖

钢筋混凝土楼盖可以采用现浇整体式的，也可以采用装配式的，以及装配整体式的。现浇整体式楼盖的楼面和房屋的整体刚度好，这一点对高层建筑尤为重要。这种楼盖的最大缺点在于需要大量模板、施工速度慢，但近年来随着施工机械化的发展和采用大型工具式钢模板，这一缺点已经不十分突出。对于大量的单层和多层房屋目前采用最多的还是装配式楼盖，梁、板在预制构件厂生产，现场只有拼装或构件连接工作，因而施工速度快，但结构的整体性和刚度远不如现浇整体式楼盖好，所以它不宜用于高层建筑，如为提高高层建筑的建设速度而采用装配式楼盖时，则需在这种楼盖上加一现浇迭合层，做成装配整体式楼盖，以提高楼盖本身和房屋的整体刚度。

## § 8-2 整体式肋梁楼盖的组成、分类和结构布置

整体式肋梁楼盖一般由板、次梁和主梁等构件组成，此种楼盖的板四边支承在次梁或主梁上，并将板所承受的荷载通过双向受弯传给梁。如果板的平面尺寸为正方形，显然它将把所承担的荷载平均地传给两个方向的梁。但若板两个方向的边长不等，如图 8-4 (a) 所示，就不可能将其承受的荷载均等地传给两个方向的梁。那么它传给哪个方向的梁多些，板在哪个方向受力大，应多配置钢筋呢？我们先来看一下板在外力作用下的变形（图 8-4 (b)）。我们在力作用点下沿两个方向各取一条板带，显然两个板带在力作用点处挠度  $f$  相等。但两个方向板带的曲率并不相等，长向板带曲率小，短向板带曲率大。因而长向板带中相应的弯矩较小，而短向板带相应的弯矩较大，可见钢筋应主要配置在短向，即短向是主要传力方向。这一道理由图 8-4 (c) 就更容易看得清楚。由上述分析知道，当板两个方向的跨度  $l_1$  与  $l_2$  相差愈大时，板在两个方向的受力相差也就愈悬殊。计算表明，当  $\frac{l_2}{l_1} > 2$  时，板沿长向所分担的荷载已小到在工程中可以忽略不计的程度，因此工程中将  $\frac{l_2}{l_1} > 2$  的板称为单向板，认为它只沿短向受力，长向不受力，长向只需配置构造钢筋。对于  $\frac{l_2}{l_1} \leq 2$  的板，它在长向的受力不能

忽略，因而应按两个方向分配荷载，计算各自所需的受力钢筋，这种板称为双向板或四边支承板。因此按板的受力状态肋梁楼盖又可分为单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖。

在具体的实际工程中采用单向板肋梁楼盖，还是采用双向板肋梁楼盖，与房屋的性质、用途、平面尺寸、层高和净空要求，以及技术经济等许多因素有关。在一般情况下，板跨较大、荷载较重时采用双向板效果较好。

合理布置柱网和梁格对楼盖的设计和它的适用性、经济效果都有十分重要的意义。在柱网与梁格布置时遵循与考虑下列诸点将会取得好的效果：

一、柱网与梁格尺寸除应满足生产工艺和使用要求外，应使结构具有尽可能好的经济效果。柱网、梁格尺寸过大，则会由于梁、

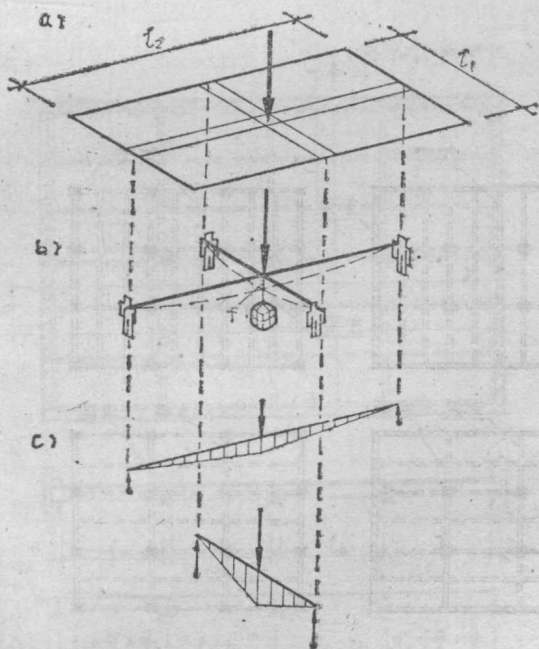


图 8-4 四边支承板受力分析

板截面尺寸过大而大幅度提高材料用量；柱网、梁格尺寸过小又会由于梁、板几何尺寸和配筋等的构造要求使材料不能充分发挥作用，同样造成浪费，而且还可能限制使用的灵活性。工程设计经验表明：单向板板跨为 $1.7\sim 2.7\text{m}$ ，次梁跨度为 $4\sim 7\text{m}$ ，主梁跨度为 $5\sim 8\text{m}$ 较为合理。

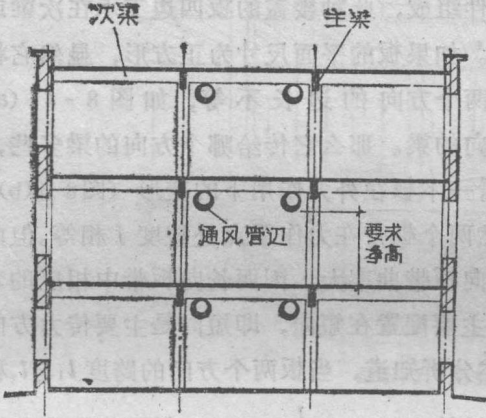


图 8-5 有集中通风要求房屋的层高、净高和梁格布置

二、梁格的布置还要考虑生产工艺、使用要求和支承结构的合理性。在布置梁格时既可使主梁沿房屋横向布置，也可沿房屋纵向布置。如房屋有集中通风要求，显然主梁沿房屋纵向布置有利，可使房屋层高得以降低，同时这种布置可获得天花明亮的建筑效果，但房屋横向刚度相对较差，而且常由于次梁将支承在窗过梁上，而限制了窗洞的高度。主梁沿房屋横向布置有助于提高房屋的横向刚度，这一点对于多层空旷砖房和多层框架房屋尤为重

要。

三、梁格应尽可能布置得规整、统一，减少梁板跨度的变化，尽量统一梁、板、柱的截面尺寸，以简化设计、方便施工、获得好的经济效果和建筑效果。图 8-6 和图 8-7 为几种肋梁楼盖梁格布置举例。

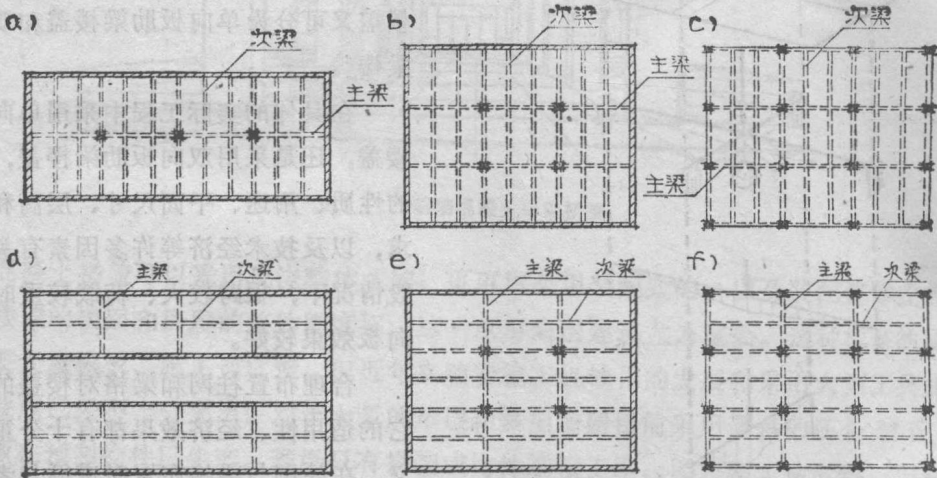


图 8-6 单向板肋梁楼盖梁格布置示例

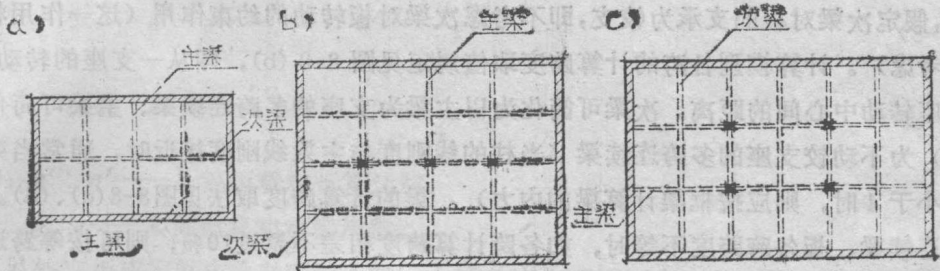


图8-7 双向板肋梁楼盖梁格布置示例

### § 8-3 整体式单向板肋梁楼盖按弹性理论的计算

这种计算方法是将钢筋混凝土梁、板视为理想弹性体以“结构力学”的一般方法来进行结构的内力计算，因此概念简单、熟悉，易于掌握，而且工程实践表明是非常可靠的。

#### 一、计算简图

##### 1. 计算单元的选取与计算模型

对单向板肋梁楼盖的板，可从整个板面上沿板短跨方向取出一米宽板带作为计算单元(图8-8(a)、(b))，它完全可以代表整个板的受力状态。该板带可简化为一支承在次梁上的多跨

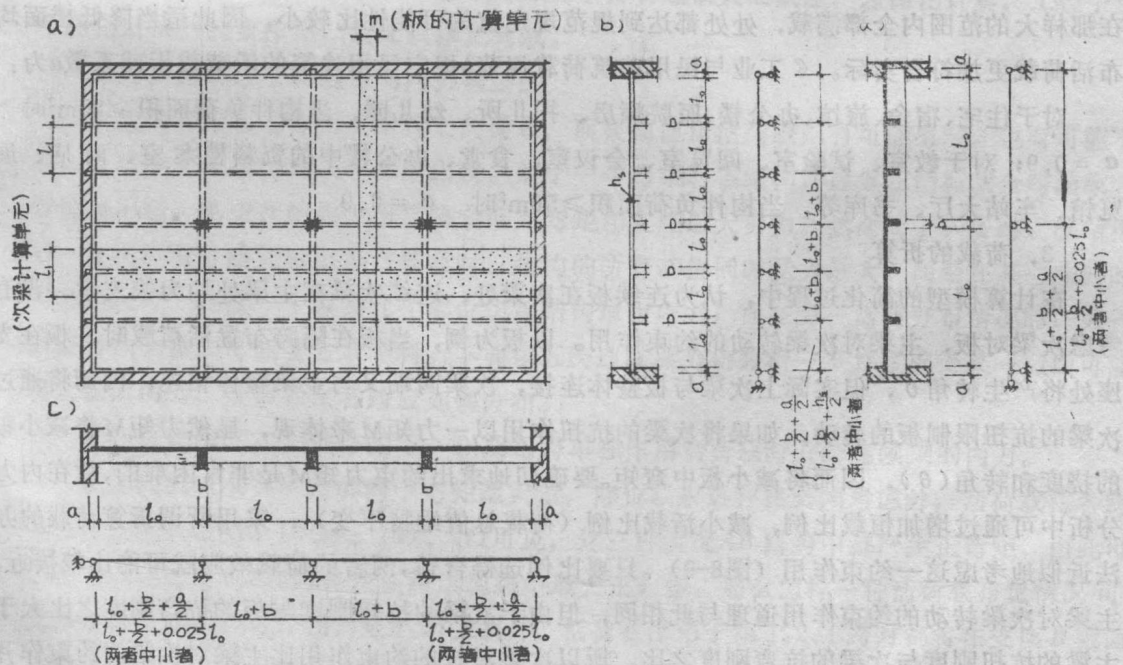


图8-8 单向板肋梁楼盖按弹性理论计算的梁、板计算模型

连续板,假定次梁对板的支承为铰支,即不考虑次梁对板转动的约束作用(这一作用将通过其它途径考虑)。计算模型各跨的计算跨度取值规定见图8-8(b),即从一支座的转动中心到另一支座转动中心间的距离。次梁可简化为以主梁为支座的多跨连续梁、主梁可简化为以柱(或墙)为不动铰支座的多跨连续梁(当柱的线刚度与主梁线刚度接近时,通常当梁、柱线刚度比小于4时,则应按框架计算梁的内力)。梁的计算跨度取法见图8-8(c)、(d)。

当连续梁、板各跨跨度不等时,如各跨计算跨度相差不超过10%,则可按等跨连续梁、板的内力系数表格查取各截面的内力系数。但计算各跨跨中截面内力时,仍应按本跨跨度计算,在计算支座截面弯矩时,则应按左、右两跨计算跨度的平均值计算。

对于各跨荷载相同,且跨数超过5跨的等跨等截面连续梁(板),除两边两跨外的所有中间跨内力是十分接近的,工程上为简化计算,将所有中间跨均以第三跨来代表,故对于超过五跨的多跨连续梁(板)可按五跨来计算其内力。五跨等跨连续梁的内力系数已编有现成表格(见附表16-4)可供设计者直接查用。

## 2. 荷载

作用在计算模型上的荷载包括永久荷载(即恒载)和可变荷载两种,永久荷载即梁、板结构自重、永久性设备荷重等,而可变荷载则包括人、家具、非永久性设备、材料、产品等的重力荷载。恒载可根据梁、板几何尺寸求得,而可变荷载则经过大量统计由《工业与民用建筑荷载规范》给出了民用建筑楼面均布活荷载的规定值和工业建筑楼面等效均布活荷载的规定值,设计时可从规范直接查用。

在设计民用房屋的楼盖梁时应注意楼面活荷载的折减问题,因为当梁的负荷面积很大时,在那样大的范围内全部满载,处处都达到规范规定值的可能性比较小,因此适当降低楼面均布活荷载更加符合实际。《工业与民用建筑荷载规范》规定民用建筑的活荷载折减系数 $\alpha$ 为:

对于住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园,当构件负荷面积 $\geq 25\text{m}^2$ 时 $\alpha = 0.9$ ;对于教室、试验室、阅览室、会议室、食堂、办公楼中的资料档案室、商店、展览馆、车站大厅、书库等,当构件负荷面积 $\geq 50\text{m}^2$ 时 $\alpha = 0.9$

## 3. 荷载的折算

在计算模型的简化过程中,认为连续板在次梁处,连续次梁在主梁处均为铰支承,没有考虑次梁对板,主梁对次梁转动的约束作用。以板为例,当板在隔跨布置活荷载时,板在支座处将产生转角 $\theta$ ,但实际上次梁与板整体连接,次梁两端又与主梁整体相连,因而将通过次梁的抗扭限制板的转动,如果将次梁的抗扭作用以一力矩 $M$ 来体现,显然力矩 $M$ 将减小板的挠度和转角( $\theta$ ),因而将减小板中弯矩。要确切地求出约束力矩 $M$ 是非常困难的,故在内力分析中可通过增加恒载比例,减小活载比例(荷载总值维持不变),采用所谓折算荷载的办法近似地考虑这一约束作用(图8-9)。只要比例选得合适,两者的荷载效应就可能比较接近。主梁对次梁转动的约束作用道理与此相同,但由于次梁的抗扭刚度与板的抗弯刚度之比大于主梁的抗扭刚度与次梁的抗弯刚度之比,所以次梁对板的约束作用比主梁对次梁的约束作用大,故工程中通常按下列比例确定折算荷载:

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

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

式中： $g'$ 、 $q'$ ——折算恒载和折算活载；

$g$ 、 $q$ ——实际恒载和实际活载。

另外当板或次梁支承在砖墙上时，上述约束作用不存在，故不应做上述荷载折算。

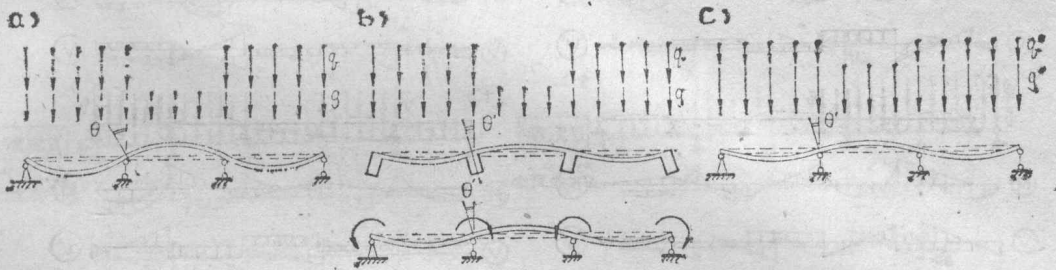


图8-9 荷载折算的原因

当计算多跨连续板或次梁的内力包络图时，就应按折算后的荷载来计算。主梁不进行上述荷载折算，这是因为当支承梁的柱刚度比较大时，则应按框架计算结构内力，而当柱刚度较小时，柱对梁的约束作用很小，忽略其影响不会引起很大的误差，为简化计算，工程中多不考虑柱对梁的约束作用，故无须修正荷载。

## 二、荷载的最不利组合与内力包络图

永久荷载是永远作用于结构上的荷载，而楼面使用活荷载则有可能出现，也有可能不出现，也可能只在结构的某些部位出现。对于一单跨梁、板结构，显然在活荷载全跨满载时对结构最不利，将引起结构中出现跨中最大弯矩和支座最大剪力。然而对于一多跨连续结构，不一定在所有各跨同时出现活荷载时，结构的所有部位同时受力最大。而是在某些跨同时出现活荷载时，在某一个或某几个部位引起结构最大内力；而在另一活荷分布情况时，另一截面或另几个截面可能受力最不利。下面以五跨连续梁为例分析一下为了求得某一截面可能出现的最大内力，活荷载在各跨应如何分布。

图8-10给出了在恒载作用下，以及每跨单独作用活荷载时五跨连续梁的内力。

如果我们欲求  $AB$  跨的跨中弯矩最大值，除恒载永远存在必须考虑外，活荷载在各跨应如何布置呢？由图8-10(b)、(d)、(f)可见，这三种情况  $AB$  跨中都产生正弯矩，由此可见活荷载出现在第1、3、5跨将使该跨出现跨中最大正弯矩。那么怎样一种活荷载布置情况可使支座  $B$  出现最大负弯矩呢？显然除恒载外，活荷载作用于第1、2、4跨时都将在支座  $B$  截面产生负弯矩。在支座  $B$  右截面产生最大剪力的荷载由图8-10可见，除恒载外还应有活荷作用于第1、2、4跨三种情况。如果把上述活荷载分布情况分析归纳一下，则可总结出如下规律：

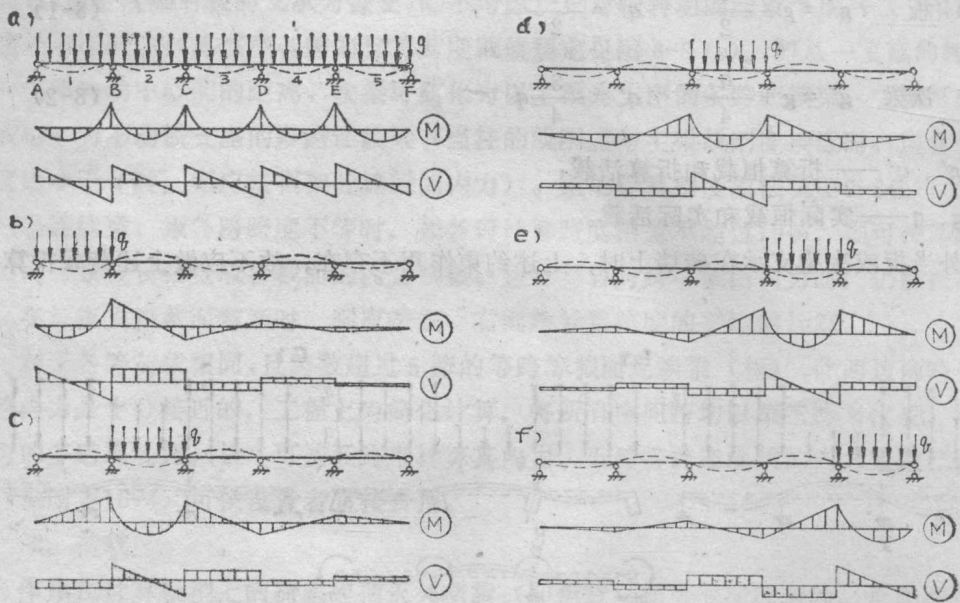


图8-10 五跨连续梁在六种荷载情况下的内力图

1. 当欲求某跨跨中截面可能出现的最大正弯矩时, 除应在该跨布置活荷载外, 还应每隔一跨布置活荷载。

2. 当欲求某支座截面可能出现的最大负弯矩时, 除应在该支座左、右两跨布置活荷载外, 还应每隔一跨布置活荷载。

3. 当欲求某支座截面 (包括左或右二截面) 可能出现的最大剪力时, 其活荷载分布规律与导致该支座出现最大负弯矩的活荷载分布规律相同。

如果将五跨连续梁各跨跨中和支座可能出现的最大内力情况都画出来, 则如图8-11所示 (具体内力计算可借助附表16进行)。

最后, 我们再将图8-11所示六种情况的弯矩图与剪力图分别叠画在同一张坐标图上 (图8-12), 则这一族曲线的最外轮廓线就代表了任意截面在任意活荷载分布情况下可能出现的最大内力, 我们称该最外轮廓线所围的内力图为内力包络图 (亦称内力迭合图)。

### 三、结构计算要点

1. 板取1m宽按矩形截面计算配筋, 次梁和主梁在跨中正弯矩作用下按T形截面计算, 翼缘宽度按第三章表3-2确定。在 (跨中或支座) 负弯矩作用下不考虑受拉翼缘的影响, 按矩形截面计算。

2. 无论是板还是梁, 支座处的计算截面应取在支承梁 (或柱) 的侧面所在位置, 这是因为在支座中心处 (即最大M对应的截面) 梁的截面高度和宽度将会由于支承梁 (柱) 的存在而实际上增大了, 工程实践也证明不会在该截面破坏, 破坏都是出现在支承梁 (柱) 的侧面处。此截面的计算弯矩与计算剪力按下式计算:

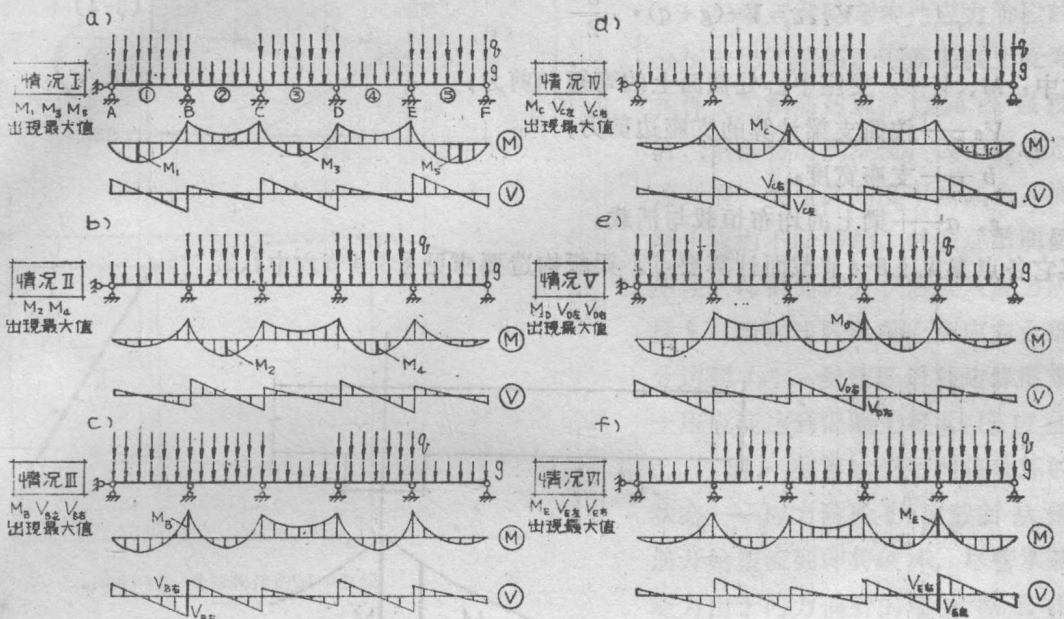


图8-11 五跨连续梁(板)各截面的最不利内力与荷载布置图

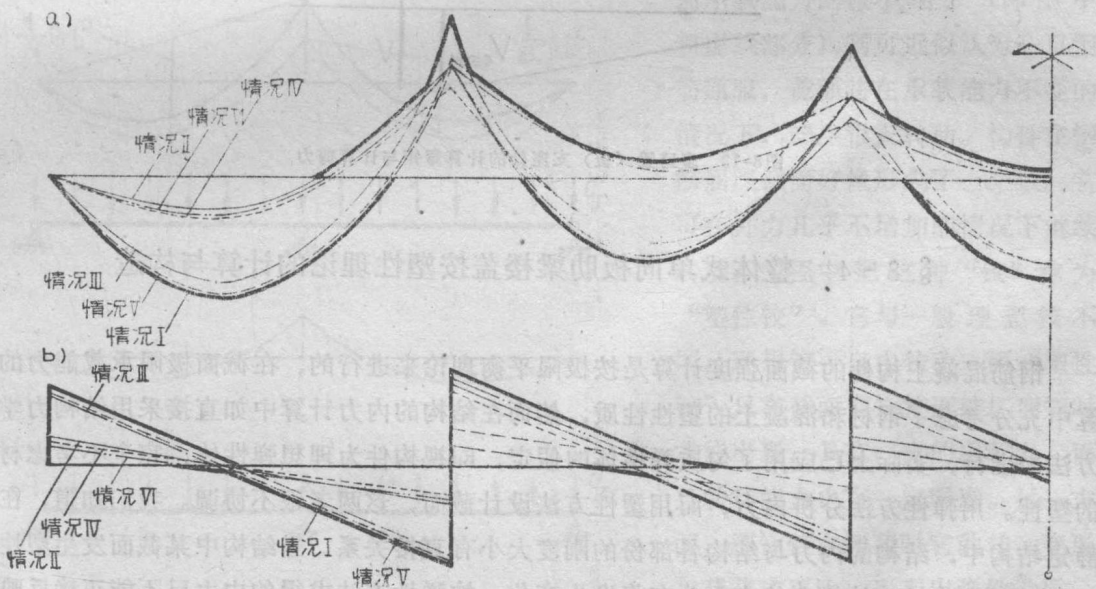


图8-12 五跨连续梁(板)在均布荷载作用下的内力包络图

$$M_{com} = M - V_0 \cdot \frac{b}{2} \quad (8-3)$$

$$V_{com} = V - (g+q) \cdot \frac{b}{2} \quad (8-4)$$

式中： $M$ 、 $V$ ——支座中心处截面上的弯矩和剪力；

$V_0$ ——按筒支梁计算的支座边剪力；

$b$ ——支座宽度；

$g$ 、 $q$ ——梁上的均布恒载与活载。

其它各点参见 § 8-4 节截面计算要点。梁板构造要求见 § 8-4 节六中 1、2。

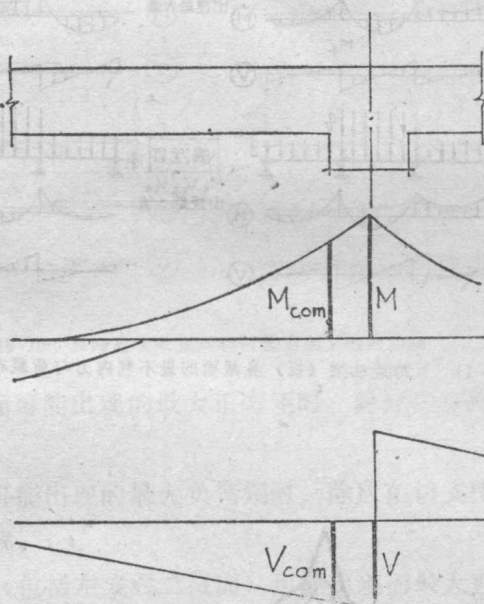


图 8-13 多跨梁（板）支座处的计算弯矩与计算剪力

#### § 8-4 整体式单向板肋梁楼盖按塑性理论的计算与构造

钢筋混凝土构件的截面强度计算是按极限平衡理论来进行的，在截面极限承载能力的计算中充分考虑了钢材和混凝土的塑性性质，然而在结构的内力计算中如直接采用结构力学的方法来进行，实际上已应用了匀质弹性体的假定，即视构件为理想弹性体，完全不考虑材料的塑性。用弹性方法分析内力，而用塑性方法设计截面，这两者很不协调。我们知道，在超静定结构中，结构的内力与结构各部份的刚度大小有直接关系。当结构中某截面发生塑性变形后，刚度降低，结构上的内力分布将发生变化，按弹性方法求得的内力已不能正确反映结构的实际内力。因此在楼盖结构设计中考虑材料的塑性性质来分析结构内力将更加合理。同时，考虑材料塑性性质可充分发挥结构的承载能力，因而也会带来一定的经济效果。

##### 一、塑性铰与塑性内力重分布的概念

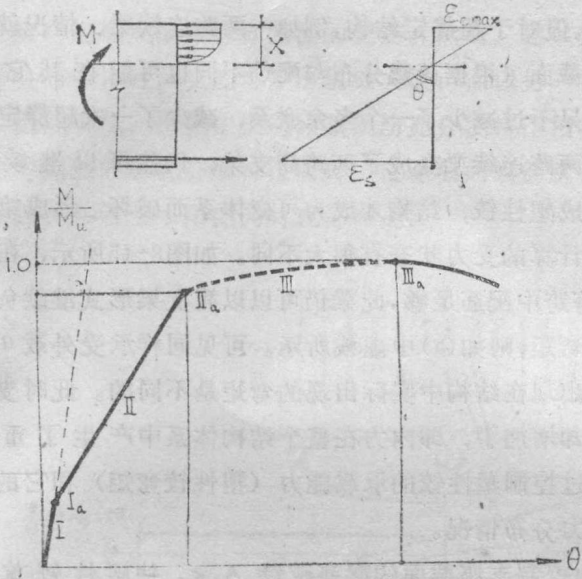


图 8-14 受弯构件的M-θ曲线

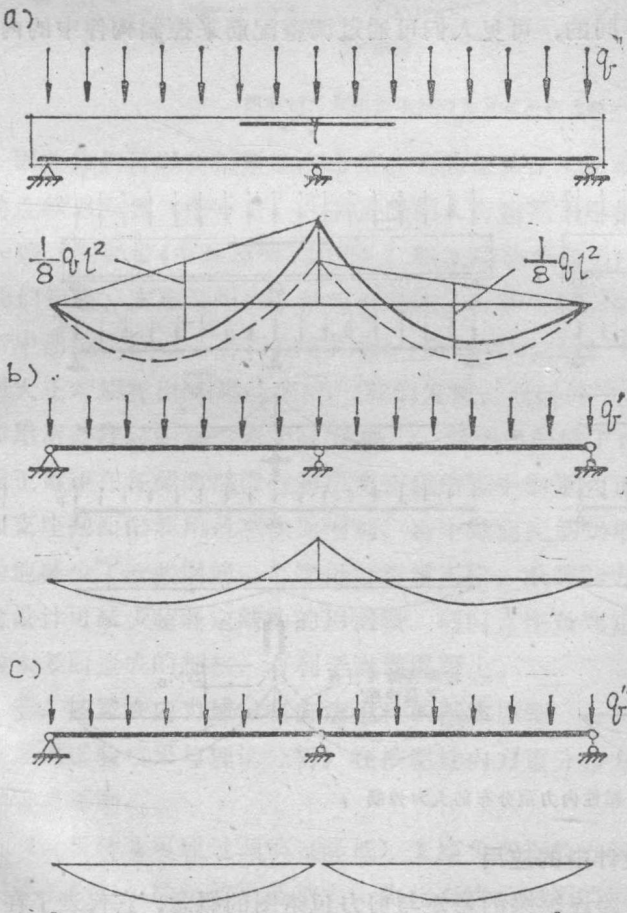


图 8-15 塑性内力重分布的概念

在第三章受弯构件应力阶段的分析中已了解到，钢筋混凝土受弯构件受拉钢筋达到抗拉屈服强度后，钢筋将出现塑流，因而裂缝迅速开展，受压区高度不断减小，混凝土应力不断增加，并表现出明显塑性，即截面应力状态进入应力阶段Ⅱ。当受压区混凝土压应力大部分达到  $f_{mc}$ ，受压区最外边缘混凝土压应变达到混凝土极限压应变  $\epsilon_{cmax}$  时，截面达到了即将破坏的状态——应力阶段Ⅲ<sub>a</sub>。截面从钢筋开始塑流到即将破坏，尽管承载能力由于内力偶臂的增大略有提高，但如图8-14所示，相应的截面转角（或构件挠度）却由于材料塑性的充分发展而大大增长。如果我们忽略从钢筋开始塑流到截面破坏前承载能力的微小增长（即图中粗虚线部分），则可近似认为一旦钢筋屈服，截面将在承载能力不变的情况下，产生很大转动。构件在钢筋屈服截面好像形成了一个铰，它可在外力几乎不增加的情况下继续转动，工程中把这种“铰”称为“塑性铰”。它与一般理想铰不同，理想铰可自由转动，而“塑性铰”只在截面弯矩接近破坏弯矩时才能出现，具有一定的承载力，而且转动能力也有一定限度。另一方面，塑性铰在卸荷时它的转动变形与荷载成正比，表现出弹性性质，这些性质与理想铰很不相同。

在静定结构的某截面上一旦形成塑性铰，就意味着整个结构变成

了几何可变体系，失去了继续承载的能力，但对于超静定结构，例如一两跨连续梁，情况就不同了。假如在外载作用下，首先在其支座截面（根据荷载分布与配筋不同也可能在其它截面）形成了塑性铰，对于整个结构来说这只不过减少了一个多余联系，减少了一次超静定次数，并不意味着失去了继续承载的能力，两跨连续梁变成了两跨简支梁，仍然可以继续承载，直至两跨（或其中一跨）跨中也形成塑性铰，结构才成为可变体系而破坏。形成第一个塑性铰后，结构的受力将与按弹性体系计算的受力状态有很大不同。如图8-15所示，在外载 $q'$ 作用下，支座截面形成塑性铰，若两跨跨中配筋足够，此梁仍以简支梁形式继续负担外载 $q'' = q - q'$ ，叠加(b)、(c)两种情况的弯矩，则如(a)中虚线所示。可见同样承受外载 $q$ ，按弹性体系计算的结构弯矩与考虑塑性铰出现在结构中实际出现的弯矩是不同的。此时支座截面负弯矩降低了，而跨中截面的正弯矩却增加了，即内力在整个结构体系中产生了重分布。因此在多次超静定结构中人们可以通过控制塑性铰的承载能力（塑性铰弯矩）和它的位置人为地改变结构在极限状态下的内力分布情况。

仍以两跨连续梁为例，我们可以人为地控制支座截面的配筋数量 $A_s$ ，使塑性铰首先出现在支座，且人为规定不同的塑性铰弯矩。当 $A_s$ 不同时，由图8-16 (a)、(b)可见，两种不同配筋情况的塑性内力重分布将是不同的，可见人们可通过调整配筋来控制构件中的内力重分布情况。

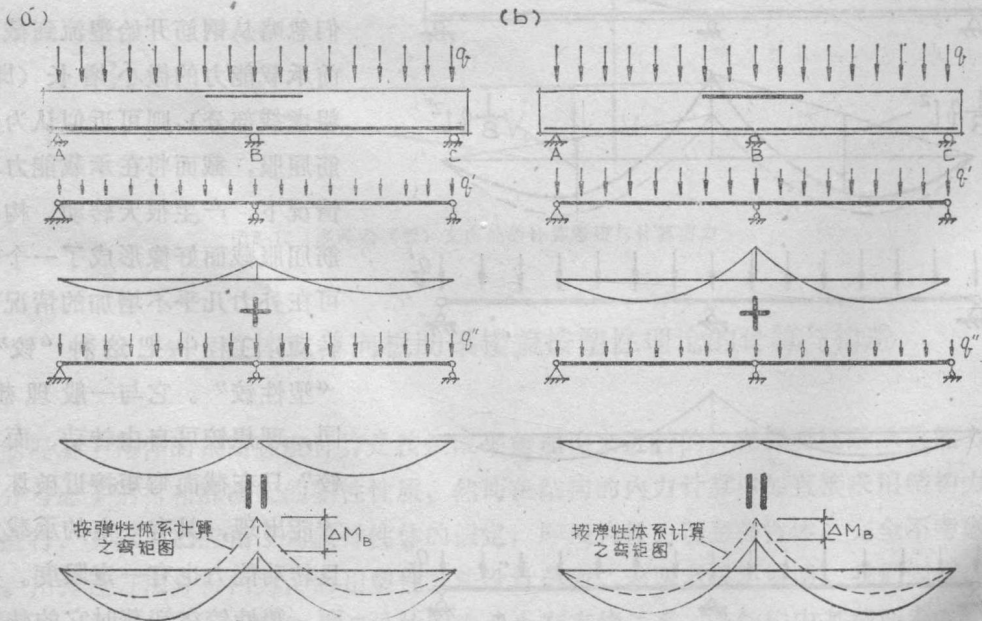


图8-16 塑性内力重分布的人为控制

## 二、塑性内力重分布原理在楼盖设计中的应用

按弹性理论我们已在前面分析了多跨连续梁的弯矩与剪力包络图的概念，它代表了在各种可能荷载分布情况下结构各截面可能出现的最大内力，按弹性理论设计时则须分别按这些