

混凝土结构系列教材

钢筋混凝土房屋结构

第二版

戴自强 编著
赵 彤



天津大学出版社

混凝土结构系列教材

钢筋混凝土房屋结构

(第2版)

戴自强 编著
赵 彤

天津大学出版社

内 容 提 要

本书为《钢筋混凝土结构原理》的后继课程教材,是按照我国现行国家标准编写的。主要介绍钢筋混凝土现浇楼盖、单层工业厂房、多层及高层房屋(框架、剪力墙、框架-剪力墙结构体系)的结构布置、内力及变形计算和主要承重构件、基础的设计与构造,同时讲述有关结构的抗震设计方法。

本书可作为大专院校土木工程等专业的教材,亦可供土建工程设计、施工和科研工作者参考。

钢筋混凝土房屋结构(第2版)

戴自强
赵彤 编著

出版发行:天津大学出版社(电话:022-27403647)

地 址:天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)

印 刷:河北省昌黎县印刷厂

经 销:新华书店天津发行所

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:23 $\frac{3}{4}$

字 数:593千字

版 次:1998年11月第2版

印 次:1998年11月第7次

印 数:28 001—33 000

书 号:ISBN 7-5618-1108-×/TU·134

定 价:25.00元

如有印装质量问题,请与本社发行部门联系调换。

前 言

本教材是《钢筋混凝土结构原理》的后继课程教材,系根据高等工业院校土建结构工程、工业与民用建筑工程专业教学大纲要求编写的。内容包括:钢筋混凝土单层厂房、多层及高层房屋(包括平面楼盖及房屋基础)的结构布置、内力及变形计算、主要承重构件设计及构造以及上述结构的抗震设计法。

本书是按照我国新编国家标准《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)、《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)和《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)等编写的。因此,在计算体系、设计方法、计量单位和符号等方面都作了较大的改变。为了便于学生理解基本概念和原理,书中适当引用一些国内外先进科学技术成果。

限于编者业务水平,书中不妥甚至错误之处恳请读者批评指正。

编 者

1990年3月

第2版 前言

《钢筋混凝土房屋结构》(第1版)教材自1990年问世以来,在天津大学土木工程系和其它高等院校中广泛使用,受到普遍欢迎。但1993年以后,由于《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)、《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》(JGJ3—91)等相继进行了局部修订,为满足教学需要以及广大读者的要求,现在第一版基础上进行了重新编写和修订。

《钢筋混凝土房屋结构》(第2版)共由3部分组成。包括钢筋混凝土现浇楼盖、单层工业厂房、多层及高层房屋(包括房屋基础)的结构布置、内力及变形计算、主要承重构件的设计与构造,以及上述结构的抗震设计法。

全书依据现行国家标准和行业标准,如《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87)、《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)、《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—89)和《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规程》(JGJ3—91)等编写。本书符合全国建筑学科专业指导委员会审定的有关教学大纲要求,同时又力求满足全国注册结构工程师考试的相关要求,在注重基本概念和设计理论的同时,突出其实用性,并适当引用了一些国内外的先进科学技术成果。本书不但适用于教师授课,而且便于学生及工程技术人员自学和实际应用。

全书在编写过程中,得到了天津大学土木工程系钢筋混凝土教研室教师们的关心和支持。天津大学建筑设计研究院的于敬海高级工程师参与了第一章例题1-1的编写,在此一并表示感谢。

限于编者的业务水平,书中不妥甚至错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

1998年3月

目 录

第一篇 钢筋混凝土现浇楼盖

第一章 单向板肋梁楼盖	(1)
1.1 结构布置	(1)
1.2 弹性理论计算方法	(2)
1.3 考虑塑性内力重分布的计算方法	(16)
1.4 截面设计与构造要求	(20)
第二章 双向板肋梁楼盖	(38)
2.1 双向板的受力特点及试验研究	(38)
2.2 弹性理论计算方法	(39)
2.3 塑性铰线理论计算方法	(44)
2.4 截面设计与构造要求	(47)
2.5 井字楼盖设计	(53)
第三章 无梁楼盖	(55)
3.1 无梁楼盖的试验研究	(55)
3.2 无梁楼盖按弹性理论计算	(56)
3.3 柱帽设计及构造要求	(57)

第二篇 钢筋混凝土单层厂房

第四章 单层厂房结构的组成和布置	(60)
4.1 单层厂房的特点	(60)
4.2 单层厂房的组成和传力途径	(60)
4.3 结构布置	(62)
4.4 支撑布置	(66)
4.5 围护结构布置	(70)
第五章 单层厂房结构主要构件选型	(73)
5.1 厂房标准或通用、定型构件选型	(73)
5.2 屋面构件选型	(73)
5.3 屋架选型	(75)
5.4 吊车梁选型	(77)
5.5 常用柱型	(78)
第六章 排架内力分析	(80)
6.1 计算假定和计算简图	(80)
6.2 排架上的荷载	(82)
6.3 等高排架内力分析——剪力分配法	(89)
6.4 不等高排架内力分析——力法	(109)
6.5 排架的荷载组合和内力组合	(121)

6.6	厂房排架内力分析中的空间作用问题	(125)
6.7	排架横向变形验算	(127)
6.8	排架各列柱距不等时的内力分析	(128)
第七章	单层厂房的抗震验算	(129)
7.1	厂房横向抗震验算	(130)
7.2	厂房纵向抗震验算	(141)
7.3	抗震变形验算	(152)
7.4	单层厂房的抗震构造措施	(153)
第八章	单层厂房主要构件设计	(172)
8.1	钢筋混凝土柱设计	(172)
8.2	钢筋混凝土柱下基础设计	(187)
8.3	屋架设计要点	(199)
8.4	吊车梁设计要点	(201)
	第三篇 钢筋混凝土多层及高层房屋	
第九章	多层及高层房屋结构体系及布置	(207)
9.1	结构体系	(207)
9.2	结构布置	(213)
9.3	多层和高层房屋水平位移的限制	(217)
第十章	结构荷载和地震作用	(220)
10.1	竖向荷载	(220)
10.2	风荷载	(220)
10.3	地震作用	(222)
10.4	荷载组合原则	(234)
第十一章	多层及高层房屋结构内力分析及位移计算	(236)
11.1	框架结构的内力及位移计算	(236)
11.2	剪力墙结构的内力及位移计算	(256)
11.3	框架—剪力墙结构的内力及位移计算	(279)
第十二章	框架及剪力墙的截面设计及构造	(299)
12.1	结构的抗震等级	(299)
12.2	框架截面设计与构造	(300)
12.3	剪力墙设计与构造	(325)
第十三章	多层及高层房屋基础设计	(339)
13.1	概论	(339)
13.2	条形基础设计	(340)
13.3	十字交叉条形基础	(354)
13.4	片筏基础计算	(358)
13.5	箱形基础计算	(361)
	主要参考文献	(371)

第一篇 钢筋混凝土现浇楼盖

楼盖是房屋结构中重要的组成部分,在整个房屋的材料用量和造价方面楼盖所占比重较大。因此,合理地选择楼盖形式,并正确地进行设计,将会对整个房屋的使用和技术经济指标带来有利影响。

整体现浇式楼盖的整体刚度和抗震性能都较好,适合多、高层房屋对楼盖的要求。现浇楼盖的形式主要有单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖和无梁楼盖等。

第一章 单向板肋梁楼盖

1.1 结构布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁和主梁等构件组成(图 1-1)。当每一板区格的长边 l_2 和短边 l_1 的比值大于 2 时,作用于板上的荷载主要沿短边 l_1 方向传递到次梁,而沿 l_2 方向传递的荷载很小可忽略不计,这种四边支承板可按单向板计算。因此,虽然板四边支承在次梁和主梁上,但荷载传递的途径都是:板→次梁→主梁→柱(墙体)→基础。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 1.7 m~2.7 m、4 m~6 m 和 5 m~8 m。

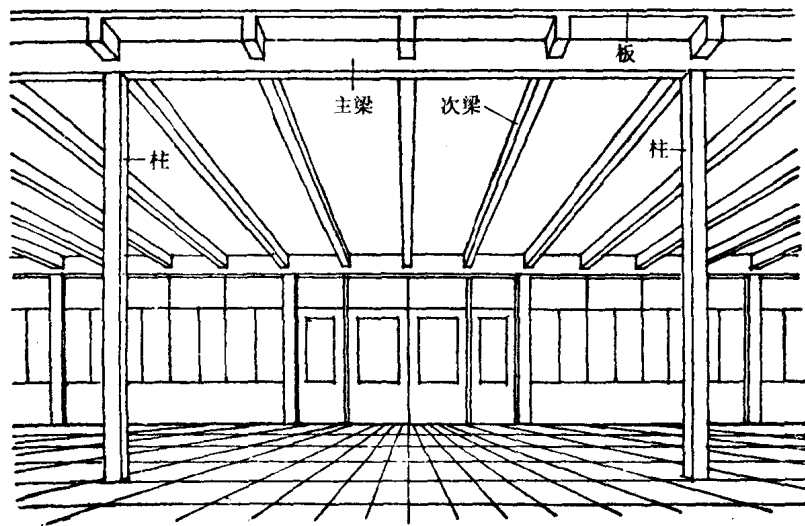


图 1-1 钢筋混凝土肋梁楼盖

单向板肋梁楼盖有两种布置方案:次梁沿房屋横向布置(图 1-2)和沿房屋纵向布置(图 1-3)。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、板截面尺寸,以简化

设计、方便施工,取得较好的经济和建筑效果。

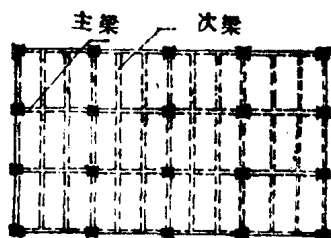


图 1-2 横向布置方案

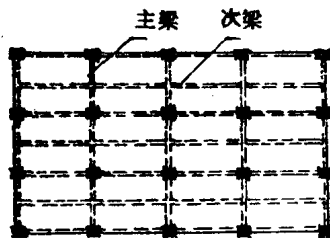


图 1-3 纵向布置方案

1.2 弹性理论计算方法

1. 计算简图

单向板肋梁楼盖的板是连续板,习惯上从整个板面上沿板短跨方向取 1m 宽板带作为计算单元。板支承在次梁上,其支座可看作是可动铰支座,即不考虑次梁对板转动的约束作用,由此而引起的误差,可在计算时所取的荷载中调整(采用折算荷载)。因此,其计算简图见图 1-4c。次梁可简化为以主梁为支座的多跨连续梁(图 1-4b)。对于两边支座为墙、中间支座为钢筋混凝土柱的主梁,当跨度相差不大($\leq 10\%$)或柱的抗弯刚度较小(梁、柱线刚度之比 >4)时,亦可看作为多跨连续梁,见图 1-4d。

为了简化计算,当相邻跨长相差不超过 10% 时,可作为等跨计算。这时,支座负弯矩应按相邻两跨的较大值确定,而跨中正弯矩仍按各自的跨长确定。

由于对连续板、梁的某一跨来说,与它相隔两跨以远的其余跨对其内力的影响很小,所以对等跨和等刚度的连续板、梁,当跨度超过五跨时,可按五跨计算。图 1-5 分别表示实际、计算和构造简图。当板、梁跨数少于五跨时,仍按实际跨数计算。

计算跨度应按支座处的实际转动情况确定,对支座为整体连接的梁或柱,一般(支座不太宽时)可取支座中线间的距离;当板、梁边支座为砖墙时,边跨的计算跨度 l 计算如下。

$$\begin{aligned} \text{对板:} \quad & \left. \begin{aligned} l &= l_0 + \frac{b}{2} + \frac{h_b}{2} \\ l &= l_0 + \frac{b}{2} + \frac{a}{2} \end{aligned} \right\} \text{两者取较小值} \\ \text{对梁:} \quad & \left. \begin{aligned} l &= l_0 + \frac{b}{2} + \frac{a}{2} \\ l &= l_0 + \frac{b}{2} + 0.025l_0 \end{aligned} \right\} \text{两者取较小值} \end{aligned}$$

式中: l_0 ——净跨度;

b ——第一内支座宽度;

a ——在砖墙内的支承长度;

h_b ——板厚。

2. 荷载

楼面荷载包括永久荷载 g (恒载)和可变荷载 p (活荷载)两种,永久荷载包括板、梁自重,隔墙重,固定设备重量等,可变荷载包括人群和临时性设备重量等。

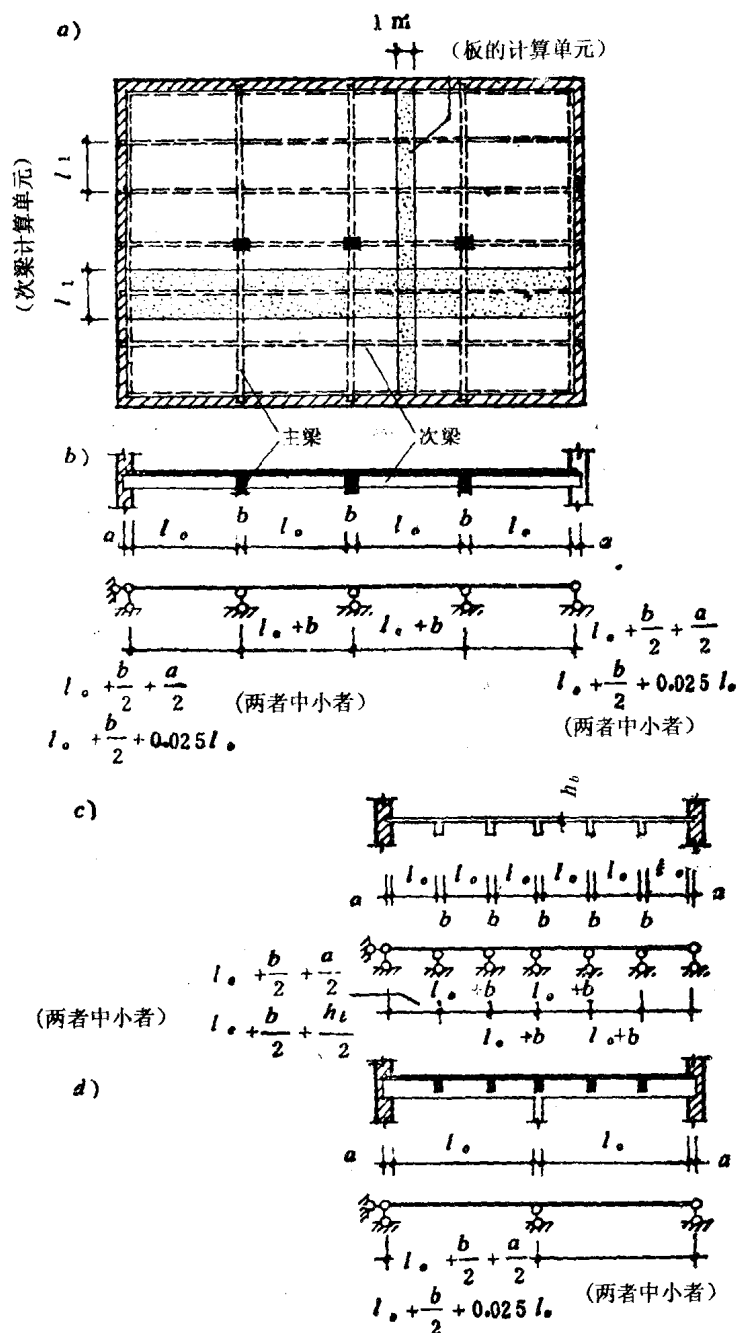


图 1-4 肋梁楼盖计算简图

在计算主、次梁的荷载时,为了简化,一般可忽略板或次梁连续性的影响而按简支传递考虑。图 1-6 表示板、次梁、主梁的计算承载范围。

板、次梁主要承受均布荷载,主梁则主要承受由次梁传来的集中荷载。一般主梁自重所占比重不大,可将其换算成集中荷载加到次梁传来的集中荷载内。

在计算简图中,假定连续板、梁与支座均是铰接的,即不考虑次梁对板、主梁对次梁在支承处的约束作用。实际上,它们是整体浇筑的,在支座处有一定的相互约束作用。以板为例,当板在隔跨作用有活荷载 p 时,板在铰支承处将产生转角 θ 。但实际上,次梁与板整体连接,而



图 1-5 实际、计算和构造简图

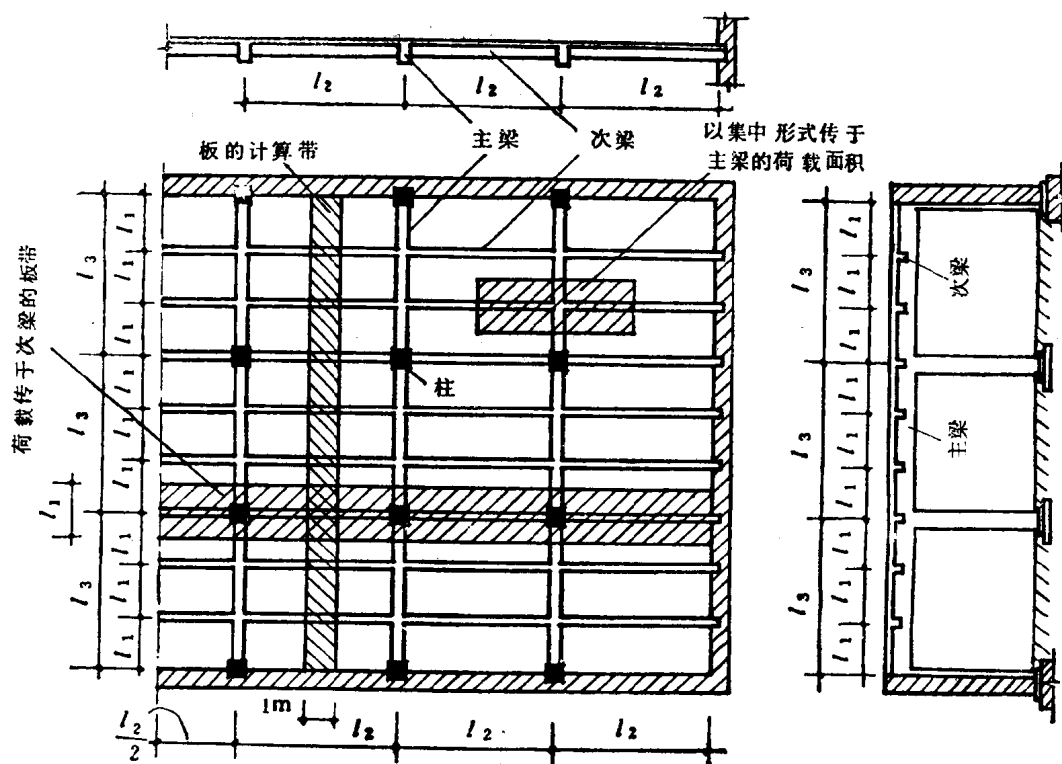


图 1-6 板、次梁、主梁的计算承载范围

次梁两端又与主梁整体连接,因而次梁的抗扭作用将限制板的转动,使板的实际转角 $\theta' < \theta$, 如图 1-7 所示,其结果是减小了板中弯矩。当板在各跨均有恒载作用时,板虽产生变形,但在支座处的转角接近于零。可见,板在支承处的转动主要是由活荷载的不利布置产生的。因此可采用调整荷载的办法来考虑支座约束的影响,即增大恒载,相应地减小活荷载,以折算荷载代替计算荷载。

折算荷载取值如下:

$$\text{板: } g' = g + \frac{1}{2} p; \quad p' = \frac{1}{2} p \quad (1-1)$$

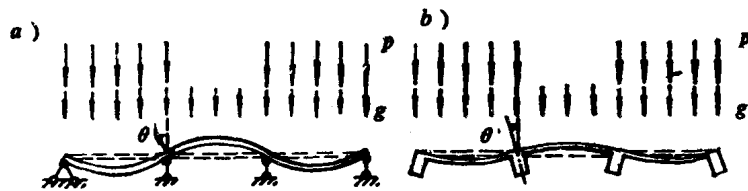


图 1-7 板变形图

$$\text{次梁: } g' = g + \frac{1}{4}p; \quad p' = \frac{3}{4}p \quad (1-2)$$

式中: g' ——折算恒载;
 p' ——折算活荷载;
 g ——实际计算恒载;
 p ——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,则应按框架计算结构内力。当柱刚度较小时,对梁的约束作用很小,可忽略其影响,因此无须修正荷载。

在计算连续板、梁时,对活荷载应根据结构力学原理考虑其最不利的布置。图 1-8 为五跨连续梁在六种荷载作用时的内力图,将活荷载分布情况分析归纳,可总结出如下规律。

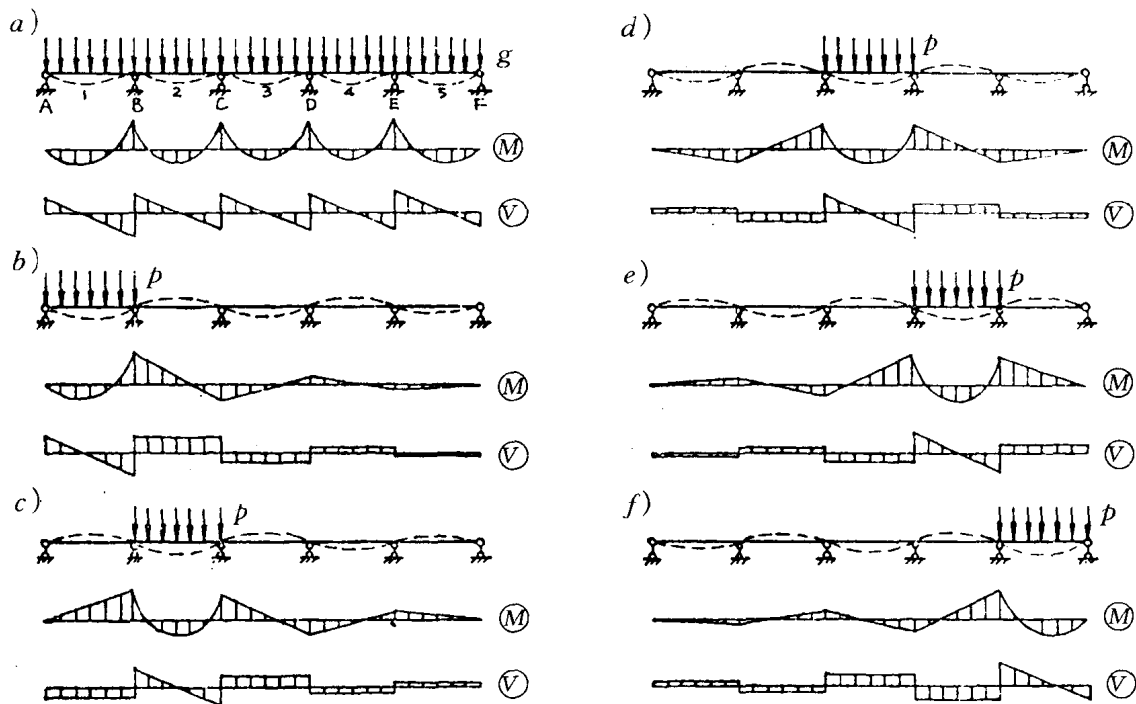


图 1-8 五跨连续梁在各种荷载作用时的内力图

(1)求某一支座截面的最大负弯矩时,应在它的左右跨内布置活荷载,然后每隔一跨布置,见图 1-9。图 1-9a 所示为 B 支座负弯矩最大,图 1-9b 所示为 C 支座负弯矩最大。

(2)求某一跨的跨中截面最大正弯矩时,应在本跨内布置活荷载,然后隔跨布置,见图 1-10。

(3)求某一跨的跨中截面最小正弯矩(或最大负弯矩)时,本跨不布置活载,而在其邻跨布

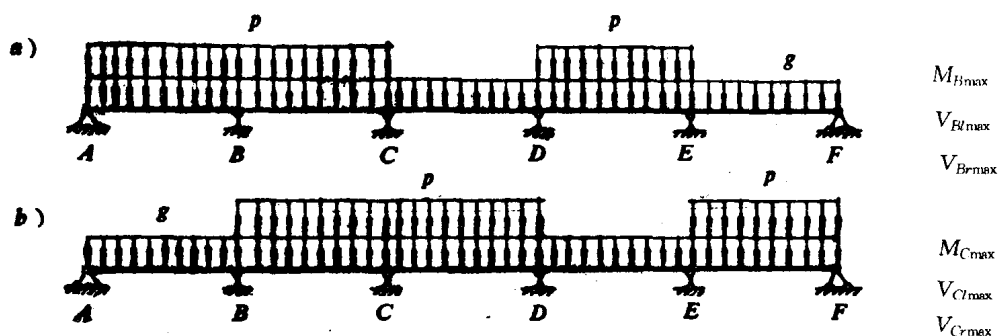


图 1-9 荷载不利布置图

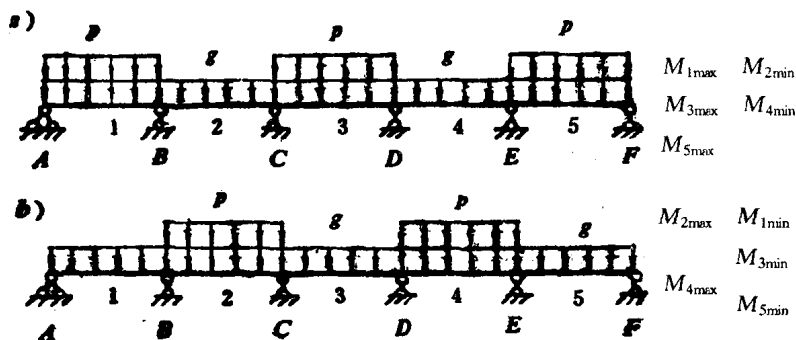


图 1-10 荷载不利布置图

置,然后隔跨布置,见图 1-10。

因此,图 1-10a 所示为第 1、3、5 跨跨中截面正弯矩最大,同时亦是第 2、4 跨跨中截面负弯矩最大。同样,图 1-10b 所示为第 2、4 跨跨中截面正弯矩最大,同时亦是第 1、3、5 跨跨中截面负弯矩最大。

(4)求支座左、右边截面的最大剪力(绝对值)时,活荷载布置与(1)相同。图 1-9a 所示为 B 支座左、右截面剪力最大,图 1-9b 所示为 C 支座左、右截面剪力最大。

3. 内力计算及内力包络图

等跨连续板、梁的内力计算可查有关手册中的内力系数表来确定,表 1-1-1~1-1-4 为两跨至五跨等跨连续梁的内力系数表。不等跨连续板、梁的内力计算亦可查有关手册,或者采用二次弯矩分配法或其它方法求解。表中:

(1)在均布及三角形荷载作用下

$$M = \text{表中系数} \times ql^2;$$

$$V = \text{表中系数} \times ql;$$

(2)在集中荷载作用下

$$M = \text{表中系数} \times Pl;$$

$$V = \text{表中系数} \times P;$$

(3)内力正负号规定

M——使截面上部受压、下部受拉为正;

V——对邻近截面所产生的力矩沿顺时针方向者为正。

两 跨 梁

表 1-1-1

荷 载 图	跨内最大弯矩		支座弯矩	剪 力		
	M_1	M_2	M_B	V_A	V_{Bz} V_{By}	V_C
	0.070	0.070 3	-0.125	0.375	-0.625 0.625	-0.375
	0.096	—	-0.063	0.437	-0.563 0.063	0.063
	0.048	0.048	-0.078	0.172	-0.328 0.328	-0.172
	0.064	—	-0.039	0.211	-0.289 0.039	0.039
	0.156	0.156	-0.188	0.312	-0.688 0.688	-0.312
	0.203	—	-0.094	0.406	-0.594 0.094	0.094
	0.222	0.22	-0.333	0.667	-1.333 1.333	-0.667
	0.278	—	-0.167	0.833	-1.167 0.167	0.167

三 跨 梁

表 1-1-2

荷 载 图	跨内最大弯矩		支座弯矩		剪 力			
	M_1	M_2	M_B	M_C	V_A	V_{Bz} V_{By}	V_{Cz} V_{Cy}	V_D
	0.080	0.025	-0.100	-0.100	0.400	-0.600 0.500	-0.500 0.600	-0.400
	0.101	—	-0.050	-0.050	0.450	-0.550 0	0 0.550	-0.450
	—	0.075	-0.050	-0.050	0.050	-0.050 0.500	-0.500 0.050	0.050
	0.073	0.054	-0.117	-0.033	0.383	-0.617 0.583	-0.417 0.033	0.033
	0.094	—	-0.067	0.017	0.433	-0.567 0.083	0.083 -0.017	-0.017
	0.054	0.021	-0.063	-0.063	0.183	-0.313 0.250	-0.250 0.313	-0.188

续表

荷 载 图	跨内最大弯矩		支座弯矩		剪 力			
	M_1	M_2	M_B	M_C	V_A	V_{Bz} V_{By}	V_{Cz} V_{Cy}	V_D
	0.068	—	-0.031	-0.031	0.219	-0.281 0	0 0.281	-0.219
	—	0.052	-0.031	-0.031	0.031	-0.031 0.250	-0.250 0.031	0.031
	0.050	0.033	-0.073	-0.021	0.177	-0.323 0.302	-0.198 0.021	0.021
	0.063	—	-0.042	0.010	0.208	-0.292 0.052	0.052 -0.010	-0.010
	0.175	0.100	-0.150	-0.150	0.350	-0.650 0.500	-0.500 0.650	-0.350
	0.213	—	-0.075	0.075	0.425	-0.575 0	0 0.575	-0.425
	—	0.175	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075 0.500	-0.500 0.075	0.075
	0.162	0.137	-0.175	-0.050	0.325	-0.675 0.625	-0.375 0.050	0.050
	0.200	—	-0.100	0.025	0.400	-0.600 0.125	0.125 -0.025	-0.025
	0.244	0.067	-0.267	0.267	0.733	-1.267 1.000	-1.000 1.267	-0.733
	0.289	—	0.133	-0.133	0.866	-1.134 0	0 1.134	-0.866
	—	0.200	-0.133	0.133	-0.133	-0.133 1.000	-1.000 0.133	0.133
	0.229	0.170	-0.311	-0.089	0.689	-1.311 1.222	-0.778 0.089	0.089
	0.274	—	-0.178	0.044	0.822	-1.178 0.222	0.222 -0.044	-0.044

表 1-1-3

四 跨 梁

荷 载 图	跨内最大弯矩					支座弯矩			剪 力				
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_B	M_C	M_D	V_A	V_{Bz} V_{By}	V_{Bz} V_{Cy}	V_{Dz} V_{Dy}	V_E
	0.077	0.036	0.036	0.077	—	-0.107	-0.071	-0.107	0.393	-0.607 0.536	-0.464 0.464	-0.536 0.607	-0.393
	0.100	—	0.081	—	—	-0.054	-0.036	-0.054	0.446	-0.554 0.018	0.018 0.482	-0.518 0.054	0.054
	0.072	0.061	—	0.098	—	-0.121	-0.018	-0.058	0.380	-0.620 0.603	-0.397 -0.040	-0.040 0.558	-0.442
	—	0.056	0.056	—	—	-0.036	-0.107	-0.036	-0.036	-0.036 0.429	-0.571 0.571	-0.429 0.036	0.036
	0.094	—	—	—	—	-0.067	0.018	-0.004	0.433	-0.567 0.085	0.085 -0.022	0.022 0.004	0.004
	—	0.071	—	—	—	-0.049	-0.054	0.013	-0.049	-0.049 0.496	-0.504 0.067	0.067 -0.013	-0.013
	0.052	0.028	0.028	0.052	—	-0.067	-0.045	-0.067	0.183	-0.317 0.272	-0.228 0.228	-0.272 0.317	-0.183
	0.067	—	0.055	—	—	-0.034	-0.022	-0.034	0.217	-0.284 0.011	0.011 0.239	-0.261 0.034	0.034
	0.049	0.042	—	0.066	—	-0.075	-0.011	-0.036	0.175	-0.325 0.314	-0.186 -0.025	-0.025 0.286	-0.214
	—	0.040	0.040	—	—	-0.022	-0.067	-0.022	-0.022	-0.022 0.205	0.295 0.295	-0.205 0.022	0.022
	0.063	—	—	—	—	-0.042	0.011	-0.003	0.208	-0.292 0.053	0.053 -0.014	-0.014 0.003	0.003

续表

荷载图	跨内最大弯矩				支座弯矩			剪力				
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D	V_A	V_{Bz} V_{By}	V_{Cz} V_{Cy}	V_{Dz} V_{Dy}	V_E
	—	0.051	—	—	-0.031	-0.034	0.008	-0.031	-0.031 0.247	-0.253 0.042	0.042 -0.008	-0.008
	0.169	0.116	0.116	0.169	-0.161	-0.107	-0.161	0.339	-0.661 0.554	-0.446 0.446	-0.554 0.661	-0.339
	0.210	—	0.183	—	-0.080	-0.054	-0.080	0.420	-0.580 0.027	0.027 0.473	-0.527 0.080	0.080
	0.159	0.146	—	0.206	-0.181	-0.027	-0.087	0.319	-0.681 0.654	-0.346 -0.060	-0.060 0.587	-0.413
	—	0.142	0.142	—	-0.054	-0.161	-0.054	0.054	-0.054 0.393	-0.607 0.607	-0.393 0.054	0.054
	0.200	—	—	—	-0.100	0.027	-0.007	0.400	-0.600 0.127	0.127 -0.033	-0.033 0.007	0.007
	—	0.173	—	—	-0.074	-0.080	0.020	-0.074	-0.074 0.493	-0.507 0.100	0.100 -0.020	-0.020
	0.238	0.111	0.111	0.238	-0.286	-0.191	-0.286	0.714	1.286 1.095	-0.905 0.905	-1.095 1.286	-0.714
	0.286	—	0.222	—	-0.143	-0.095	-0.143	0.857	-1.143 0.048	0.048 0.952	-1.046 0.143	0.143
	0.226	0.194	—	0.282	-0.321	-0.048	-0.155	0.679	-1.321 1.274	-0.726 -0.107	-0.107 1.155	-0.845