



世纪高等教育土木工程系列规划教材

混凝土结构设计

孙维东 主编
程文灏 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育土木工程系列规划教材

混凝土结构设计

主 编 孙维东

副主编 朱锦章 袁志仁

主 审 程文灏

机 械 工 业 出 版 社

本书为 21 世纪土木工程系列规划教材之一,遵照全国高校土木工程专业指导委员会审定通过的教学大纲编写。本书内容主要包括钢筋混凝土现浇式楼盖、单层厂房、多层框架结构、高层建筑结构的结构设计。在编写过程中,本书密切结合现行结构规范,反映工程实际及发展动向,同时照顾到与前述专业课内容的衔接,又适当删减了与其他专业课程重复的内容,在讲清概念的基础之上,力求突出重点,文字简洁,深入浅出。每章最后附有思考题和习题,供学生巩固、提高用。

本书既可作为土木工程专业建筑工程方向本科生专业课教材,也可作为从事混凝土结构设计、施工技术管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/孙维东主编. —北京:机械工业出版社, 2005.10

(21 世纪高等教育土木工程系列规划教材)

ISBN 7-111-17725-8

I. 混... II. 孙... 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 (2005) 第 125986 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:马军平 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5 · 8.875 印张 · 343 千字

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

序

随着 21 世纪国家建设对专业人才的需求,我国工程专门人才培养模式正在向宽口径方向转变,现行的土木工程专业包括建筑工程、交通土建工程、矿井建设、城镇建设等 8 个专业的内容。经过几年的教学改革和教学实践,组织编写一套能真正体现专业大融合、大土木的教材的时机已日臻成熟。

迄今为止,我国高等教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大贡献。但据 IMD1998 年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标世界排名在第 36 位,与我国科技人员总数排名第一的现状形成了极大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员,特别是工程应用型技术人才供给不足。

科学在于探索客观世界中存在的客观规律,它强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的客观活动,所以它强调综合,强调实用性,强调方案的优选。这就要求我们对工程应用型人才和科学研究型人才的培养实施不同的方案,采用不同的教学模式、使用不同的教材。

机械工业出版社为适应高素质、强能力的工程应用型人才培养的需要而组织编写了本套系列教材,编写的目的在于改革传统的高等工程教育教材,结合大土木的专业建设需要,富有特色、有利于应用型人才的培养。本套系列教材的编写原则是:

1) 加强基础,确保后劲。在内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后发展具有较强的后劲。

2) 突出特色,强化应用。本套系列教材的内容、结构遵循“知识新、结构新、重应用”的方针。教材内容的要求概括为“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通“大土木”教学内容的基础上,挑选

出最基本的内容、方法及典型应用实例；“新”指在将本学科前沿的新技术、新成果、新应用、新标准、新规范纳入教学内容；“广”指在保证本学科教学基本要求前提下，引入与相邻及交叉学科的有关基础知识；“用”指注重基础理论与工程实践的融会贯通，特别是注重对工程实例的分析能力的培养。

3) 抓住重点、合理配套。以土木工程教育的专业基础课、专业课为重点，做好实践教材的同步建设，做好与之配套的电子课件的建设。

我们相信，本套系列教材的出版，对我国土木工程专业教学质量的提高和应用型人才的培养，必将产生积极作用，为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

江見鯨

前 言

本书为 21 世纪土木工程系列规划教材之一，遵照全国高校土木工程专业指导委员会审定通过的教学大纲编写。本书内容包括现浇式楼盖、单层厂房、多层框架结构、高层建筑结构。在编写过程中，本书紧密结合现行结构规范，反映工程实际及发展动向，同时照顾到与前述专业课内容的衔接，又适当删减了与其他专业课程重复的内容，在讲清概念的基础之上，力求突出重点，文字简洁，深入浅出。每章最后附有思考题和习题，供学生巩固、提高用。

本书既可作为土木工程专业建筑工程方向本科生专业课教材，也可作为从事混凝土结构设计、施工技术管理人员的参考书。

参加编写本书的教师都具有多年教学经验并具有一定的工程实践经验，本书由孙维东担任主编，朱锦章、袁志仁担任副主编。第 1 章 1.1、1.2 节及附录 A 由朱锦章编写；第 1 章 1.3~1.5 节及附录 B 由靳向红编写；第 2、4 章及附录 C、D 由孙维东编写；第 3 章 3.1~3.3 节及附录 E 由袁志仁编写；第 3 章 3.4 节由隋艳娥编写。全书由东南大学的程文瀟教授审阅，在此表示衷心的感谢。

限于水平，本教材难免有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 现浇式楼盖	1
1.1 概述	1
1.1.1 单向板与双向板	1
1.1.2 楼盖的类型	2
1.2 单向板肋梁楼盖	3
1.2.1 结构平面布置	3
1.2.2 计算简图	4
1.2.3 连续梁、板按弹性理论的内力计算	7
1.2.4 考虑塑性内力重分布的内力计算	9
1.2.5 单向板肋梁楼盖的截面设计与构造	16
1.2.6 单向板肋梁楼盖设计例题	23
1.3 双向板肋梁楼盖	36
1.3.1 双向板的受力特点	37
1.3.2 双向板按弹性理论的内力计算	38
1.3.3 双向板按塑性铰线法的内力计算	40
1.3.4 双向板的构造	44
1.3.5 双向板支承梁	46
1.3.6 双向板设计例题	47
1.4 无梁楼盖	53
1.4.1 结构组成与受力特点	53
1.4.2 无梁楼盖的内力计算	55
1.4.3 截面设计与构造要求	57
1.5 板式楼梯	59
1.5.1 梯段板	61
1.5.2 平台板和平台梁	62
1.5.3 板式楼梯设计例题	63
思考题	67
习题	67
第 2 章 单层厂房	69
2.1 概述	69

2.1.1 单层厂房的结构类型	69
2.1.2 单层厂房的结构组成和结构布置	71
2.1.3 单层厂房结构主要构件选型	82
2.2 排架计算	87
2.2.1 计算简图	88
2.2.2 荷载计算	89
2.2.3 剪力分配法	95
2.2.4 内力组合	102
2.2.5 单层厂房整体空间作用的概念	104
2.3 排架柱设计	108
2.3.1 截面设计、构造及吊装验算	108
2.3.2 牛腿设计	111
2.4 单层厂房设计例题	115
思考题	136
习题	136
第3章 多层框架结构	138
3.1 框架结构的类型与结构布置	138
3.1.1 框架结构的类型	138
3.1.2 框架的结构布置	139
3.2 框架结构的近似计算	142
3.2.1 框架结构的计算简图	143
3.2.2 竖向荷载作用下的分层法	147
3.2.3 水平荷载作用下的反弯点法	148
3.2.4 水平荷载作用下的 D 值法	151
3.2.5 框架侧移计算及限值	155
3.3 框架的构件与节点设计	157
3.3.1 框架的内力组合	157
3.3.2 多层框架的杆件设计	161
3.3.3 现浇多层框架节点设计	162
3.4 现浇混凝土多层框架设计例题	165
思考题	192
习题	193
第4章 高层建筑结构	194
4.1 概述	194
4.1.1 高层建筑的定义和发展概况	194
4.1.2 高层建筑结构的受力特点	196
4.1.3 高层建筑水平位移的限制和舒适度的要求	198
4.1.4 高层建筑结构中竖向结构体系	199

4.2 剪力墙及剪力墙结构的设计	206
4.2.1 剪力墙结构组成与结构布置	206
4.2.2 联肢剪力墙的受力特点	207
4.2.3 剪力墙的内力及位移的计算	209
4.2.4 剪力墙截面设计与构造要求	237
4.3 框架-剪力墙结构的设计	246
4.3.1 框架-剪力墙结构组成与结构布置	246
4.3.2 框架-剪力墙结构的内力分析要点	247
4.4 筒体结构简述	248
4.4.1 筒体结构的布置	248
4.4.2 筒体结构的内力分析要点	249
思考题	249
习题	250
附录	251
附录 A 等截面等跨连续梁在均布及集中荷载作用下的内力系数表	251
附录 B 双向板弯矩、挠度计算系数	260
附录 C 5-50/5t 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸系列 (ZQ1—1962)	266
附录 D 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	267
附录 E 规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时反弯点的高度比	268
参考文献	274

第 1 章

现浇式楼盖

1.1 概述

楼盖是房屋结构中的重要组成部分，在整个房屋的材料用量和造价中所占比重较大，因此，合理选择楼盖形式，并正确进行设计，将会对整个房屋的使用和技术经济指标带来有利的影响。此外，楼盖的设计概念和方法也被广泛用于土木工程中诸如挡土墙、梁板式基础等的结构设计。

整体现浇式楼盖的整体刚度和抗震性能都很好，在楼盖结构中应用广泛。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，本章将对几种常见的现浇楼盖形式加以介绍。

1.1.1 单向板与双向板

混凝土结构中常用板的形式可根据其受力特点分为单向板和双向板。只在一个方向弯曲或主要在一个方向弯曲的板称为单向板；如在两个方向均存在弯曲，且不能忽略任一方向弯曲的板称为双向板。

如图 1-1 所示的承受竖向均布荷载 q 的四边简支矩形板，其短跨、长跨方向的计算跨度分别为 l_{01} 、 l_{02} 。现在分别取出跨度中点两个相互垂直的宽度为 1 的板带来分析竖向均布荷载 q 在短跨、长跨方向的传递情况。设沿短跨、长跨方向传递的荷载分别为 q_1 、 q_2 ，则 $q_1 + q_2 = q$ 。当不计相邻板带对它们的影响时，这两条板带如同简支梁，且其跨度中点 A 处的挠度 f_A 相同，根据弹性理论，

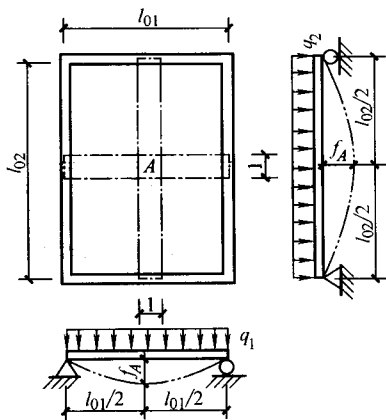


图 1-1 四边支承板的荷载传递

有 $5q_1 l_{01}^4 / 384EI = 5q_2 l_{02}^4 / 384EI$ ，由此可求得两个方向传递的荷载的比值 $q_1 / q_2 = (l_{02} / l_{01})^4$ 。故

$$q_1 = \frac{l_{02}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4} q = \eta_1 q, \quad q_2 = \frac{l_{01}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4} q = \eta_2 q$$

式中 η_1 、 η_2 ——短跨、长跨方向荷载分配系数。

当 $l_{02} / l_{01} = 2$ 时， $\eta_1 = 0.941$ ， $\eta_2 = 0.059$ ，此时由长跨方向传递的荷载不超过 6%。可见，当 $l_{02} / l_{01} > 2$ 时，荷载绝大部分由短跨方向传递，如忽略荷载沿长跨方向的传递，可近似地将板视为单向板。因此，《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 对四边支承的板规定按下列原则进行计算：

- 1) 当长边与短边长度之比 l_{02} / l_{01} 小于或等于 2 时，应按双向板计算。
- 2) 当长边与短边长度之比 l_{02} / l_{01} 大于 2，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，应沿长方向布置足够数量的构造钢筋。
- 3) 当长边与短边长度之比 l_{02} / l_{01} 大于或等于 3.0 时，可按沿短边方向受力的单向板计算。

1.1.2 楼盖的类型

楼盖的结构类型有三种分类方法：

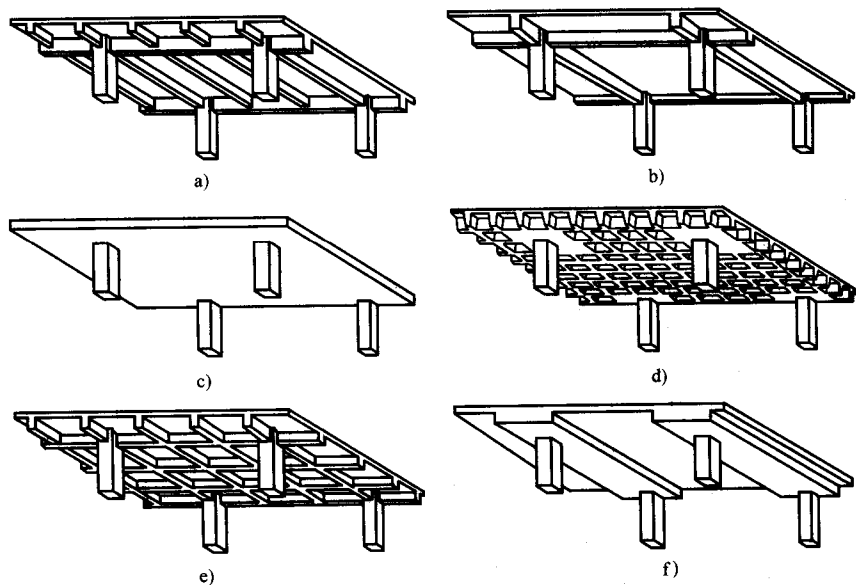


图 1-2 楼盖的结构形式

- a) 单向板肋梁楼盖 b) 双向板肋梁楼盖 c) 无梁楼盖
d) 密肋楼盖 e) 井字楼盖 f) 扁梁楼盖

按结构形式,可分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、无梁楼盖、密肋楼盖、井字楼盖和扁梁楼盖等,分别如图 1-2a、b、c、d、e 和 f 所示。其中单、双向板肋梁楼盖应用最为普遍。

按预加应力,可分为钢筋混凝土楼盖和预应力混凝土楼盖。在预应力混凝土楼盖中,使用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,可有效减小板厚以降低层高和减小自重。

按施工方法,可分为现浇式楼盖、装配式楼盖和装配整体式楼盖三种。现浇式楼盖的刚度大,整体性好,抗震抗冲击性好,防水性好,易于开洞,对不规则平面适应性强。其缺点是模板消耗量大,施工工期长。装配式楼盖主要用于多层房屋,特别是多层住宅中。因其整体性较差,故在抗震设防区有限制使用装配式楼盖的趋势。装配整体式楼盖是对装配式楼盖的一种改进,它是在装配式楼盖的板面做配筋细石混凝土现浇层,以提高楼盖的刚度、整体性和抗震性能。

1.2 单向板肋梁楼盖

单向板肋梁楼盖以其传力明确、计算简单、荷载不大时相对较经济而被广泛应用于一般工业与民用建筑的楼、屋面。其设计计算步骤为:①结构平面布置,并确定板厚及主、次梁截面尺寸和所用材料;②确定梁、板的计算简图;③荷载计算及梁、板内力分析;④截面承载力计算,配筋及构造,必要时进行梁、板变形和裂缝验算;⑤绘制施工图。

1.2.1 结构平面布置

单向板肋梁楼盖是由板、次梁、主梁组成的,整个楼盖支承于墙、柱等竖向承重构件上。其中,柱网尺寸决定主梁跨度,主梁间距决定次梁跨度,次梁间距决定板的跨度。单向板、次梁、主梁的常用跨度为:单向板:1.7~2.5m,荷载较大时取小值,一般不超过 3m;次梁:4~6m;主梁:5~8m。

常见单向板肋梁楼盖结构平面布置方案有以下三种:

(1) 主梁横向布置,次梁纵向布置 如图 1-3a 所示,主梁与柱形成横向框架,有利于增强房屋的横向抗侧移刚度,各榀横向框架由板和纵向次梁相连,房屋整体性好。此外,由于主梁与外纵墙垂直,基本不影响外纵墙上开窗,有利于室内通风和采光。

(2) 主梁纵向布置,次梁横向布置 如图 1-3b 所示,这种情况适用于横向柱距比纵向柱距大得多的情况。此时可减小主梁高度,增大室内净高,并有利于沿顶棚纵向布置工艺管线。因此,这种布置方案多用于多层工业厂房。

(3) 只布置次梁,不设主梁 如图 1-3c 所示,它适用于有内走廊的砌体墙

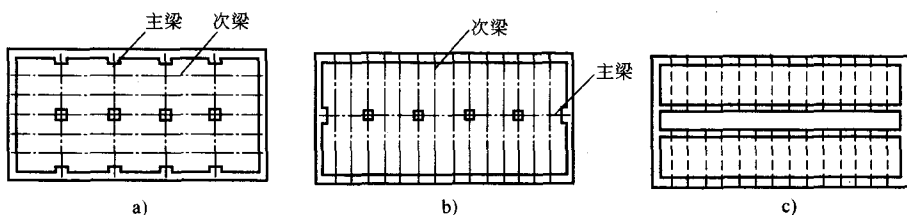


图 1-3 梁的布置

a) 主梁沿横向布置 b) 主梁沿纵向布置 c) 有中间走廊

承重的混合结构房屋。

在进行楼盖结构布置时，应注意以下几个问题：

(1) 传力明确，受力合理 荷载传递要简捷；梁应连续贯通，尽可能避免将梁搁置在门、窗洞口上；主梁跨内尽可能不只布置一根次梁；在楼盖上有较大集中荷载处应设置次梁；楼板上开有较大洞口时，应在洞口边设置加劲小梁。

(2) 考虑建筑效果 阳台、厨房、卫生间的板面标高宜低于其他部位板面 30 ~ 50mm；不做吊顶时，房间平面内设梁应考虑顶棚的美观。

(3) 规则整齐，方便施工 梁的布置尽可能规则，梁距及截面的尺寸尽可能统一并符合模数。

(4) 尽量减小板厚 现浇楼盖中，板的混凝土用量约占混凝土总用量的 50% ~ 60%，所以在满足楼盖隔声、防水等建筑效果的前提下，尽量减小板厚。

1.2.2 计算简图

结构计算简图包括确定计算单元、计算模型及计算荷载等内容。

1. 计算单元及荷载范围

为简化计算，在进行结构内力分析时，并非必须对整个结构进行分析，而是从实际结构中选取有代表性的一部分作为计算对象，这就是计算单元。

如图 1-4 所示，对单向板可取 1m 宽板带作为其计算单元。图中阴影线即表示了板的计算单元及其荷载范围。主、次梁的荷载范围如图 1-4 中阴影所示。次梁承受板传来的均布线荷载及自重，主梁承受次梁传来的集中荷载，主梁自重通常换算成集中荷载加到次梁传来的集中恒荷载中。

2. 计算模型及简化假定

现浇单向板肋梁楼盖中主、次梁及板的计算模型为连续梁或连续板。其墙或柱支承主梁，主梁支承次梁，次梁支承板。为简化计算，通常假定如下：

1) 支座可以自由转动，但没有竖向位移。梁、板支座可按表 1-1 采用。

2) 在确定板传给次梁以及次梁传给主梁荷载时，分别忽略板、次梁的连续性的影响而按简支传递考虑。

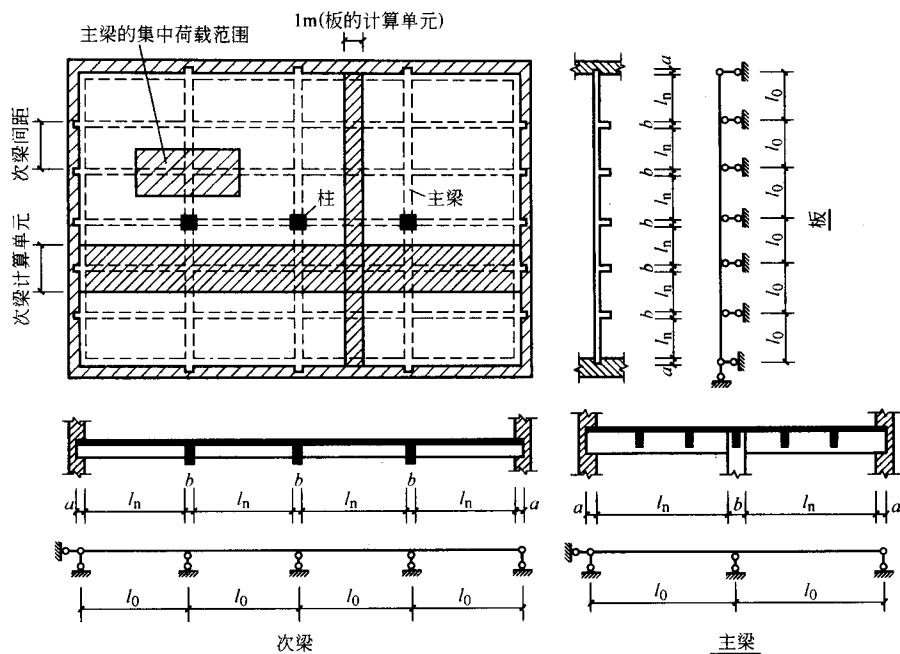


图 1-4 板、梁的计算单元和计算模型

3) 跨数超过五跨的连续梁、板，当各跨荷载相同，且跨度差不超过 10% 时，可按五跨的等跨连续梁、板计算。

表 1-1 连续梁、板的支座

构件类型	边 支 座		中 间 支 座	
	砌 体	梁或柱	梁或砌体	柱
板	铰 支 座	铰 支 座	滚 轴 支 座	$i_l/i_c > 5$ 滚轴支座 $i_l/i_c \leq 5$ 框架梁
次 梁	铰 支 座	铰 支 座	滚 轴 支 座	
主 梁	铰 支 座	$i_l/i_c > 5$ 铰支座 $i_l/i_c \leq 5$ 框架梁		

注： i_l 、 i_c 分别为主梁和柱的线刚度。

假定支座可以自由转动，实际上忽略了次梁对板、主梁对次梁、柱对主梁的支座弯曲转动约束能力。由此假定带来的误差将通过荷载折算的方式来修正。

通常柱与主梁是刚接的，柱对主梁支座弯曲转动也是有约束的。分析认为，当主梁线刚度与柱线刚度之比大于 5 时，约束作用基本可以忽略，可按连续梁模型计算主梁，否则应按梁、柱刚接的框架结构模型计算。

假定支座处没有竖向位移，实际上忽略了次梁、主梁、柱的竖向变形对板、次梁、主梁的影响。实际上柱的轴向压缩往往很小，通常内力分析时可以忽略，

而忽略主梁的变形将导致主梁跨中弯矩偏大，次梁跨中弯矩偏小。只有当主梁线刚度与次梁线刚度之比很大时，这种影响才比较小。次梁变形对板有同样的影响。如果考虑这种影响，则须按交叉梁系进行内力分析，比较复杂。

假定 2) 主要是为了简化计算，且误差也较小。

对于等截面等跨连续梁，当其各跨荷载相同且跨数超过五跨时，除两端各两跨外，其余中间各跨的内力与五跨连续梁的第三跨非常接近，为减少计算工作量，中间各跨均按五跨梁的第三跨的内力和配筋处理。

3. 计算跨度

梁、板计算跨度是指内力计算时所采用的跨间长度。理论上讲，某一跨的计算跨度应取该跨两端支座反力的合力作用线之间的距离。支座反力的合力作用线位置与结构刚度、支撑长度及支撑结构材料等因素有关，精确计算支座反力的合力作用线位置非常困难，梁、板计算跨度可近似按表 1-2 采用。当边支座也与梁整浇时，按两端与梁、柱整体连接处理。

表 1-2 连续梁、板的计算跨度 l_0

支承情况	按弹性理论计算		按塑性理论计算	
	梁	板	梁	板
两端与梁 (柱) 整体连接	l_c	l_c	l_n	l_n
两端搁置在墙上	$\min(1.05l_n, l_c)$	$\min(l_n + h, l_c)$	$\min(1.05l_n, l_c)$	$\min(l_n + h, l_c)$
一端与梁整体 连接，另一端搁 置在墙上	$\min(1.025l_n + b/2, l_c)$	$\min(l_n + b/2 + h/2, l_c)$	$\min(1.025l_n, l_n + a/2)$	$\min(l_n + h/2, l_n + a/2)$

注：表中的 l_c 为支座中心线间的距离， l_n 为净跨， h 为板的厚度， a 为板、梁在墙上的支承长度， b 为板、梁在梁或柱上的支承长度。 $\min(x, y)$ 表示取 x, y 中的最小值。

4. 计算荷载

楼盖上的荷载有恒荷载和活荷载两大类。恒荷载标准值按其截面尺寸和材料重度计算。活荷载标准值可从《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001，以下简称《荷载规范》) 中直接查得。

在确定连续板计算简图时，假定支座可自由转动 (见图 1-5a)，而实际上板与次梁整浇在一起，板的转动将引起次梁扭转，反过来，次梁的抗扭能力将限制板的自由转动，使板支座转角减小 ($\theta' < \theta$)，如图 1-5 所示，这样就减小了板的内力。为了使板的内力计算值更接近于实际，可采用折算荷载进行调整。这种处理方法也适用于支承于主梁上的次梁。

由于板、次梁支座转动主要是由活荷载不利布置产生的，因此采用保持总荷

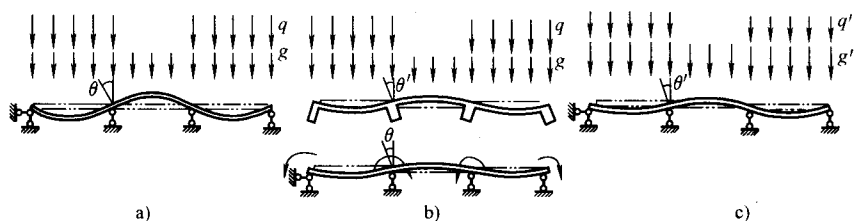


图 1-5 次梁抗扭刚度对板的影响

载不变、增大恒荷载、减小活荷载这种比较简单方便的方法来进行修正，即在计算板、次梁的内力时，采用折算荷载：

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

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

式中 g 、 q ——单位长度上恒荷载、活荷载设计值；

g' 、 q' ——单位长度上折算恒荷载、活荷载设计值。

当板、次梁搁置在砌体或钢结构上，支座不能形成对它们的转动约束时，荷载不予折算。

1.2.3 连续梁、板按弹性理论的内力计算

1. 活荷载的最不利布置

为了确定连续梁、板各控制截面可能产生的最不利内力，需要研究活荷载如何布置将使连续梁、板内某一截面内力绝对值最大，这种布置称为活荷载的最不利布置。

以五跨连续梁为例，由力学知识可知，在其某一单跨布置活荷载时的弯矩 M 和剪力 V 图如图 1-6 所示。

研究图 1-6 的弯矩和剪力分布规律以及不同组合后的效果，不难发现活荷载最不利布置规律：

1) 求某跨跨内活荷载最大正弯矩时，应在该跨布置活荷载，然后隔跨布置活荷载。

2) 求某跨跨内活荷载最大负弯矩时，该跨不布置活荷载，而在该跨左、右邻跨布置活荷载，然后隔跨布置活荷载。

3) 求某支座活荷载最大（绝对值）负弯

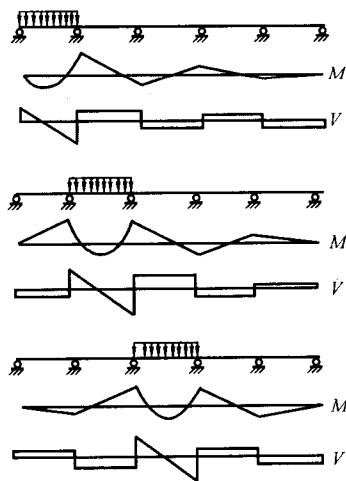


图 1-6 单跨承载时的内力图

矩时,应在该支座左、右两侧跨内布置活荷载,然后隔跨布置活荷载。同时可得到该支座左、右两侧截面活荷载最大(绝对值)剪力。

2. 内力计算

经上述活荷载不利布置后,即可按“结构力学”中的方法求出相应截面的活载最不利内力,然后与恒载作用下的对应截面内力叠加即可得到恒、活荷载共同作用下所求截面的最不利内力,如图 1-7 所示。

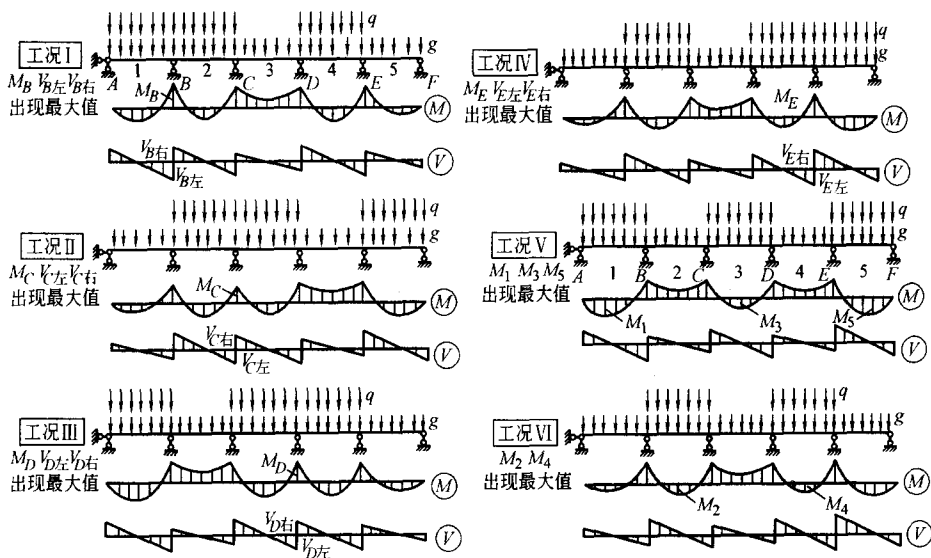


图 1-7 五跨连续梁(板)各截面的最不利内力与荷载布置图

对于等截面等跨连续梁(板),可方便地利用附录 A 求出各截面在恒、活荷载作用下的最不利内力。对于非等跨连续梁(板),跨度差不超过 10% 的连续梁(板)也可以借助等跨连续梁内力系数表,以简化计算。

3. 内力包络图

即便求出了支座和跨内在恒荷载、活荷载共同作用下的最不利内力,也只能确定支座和跨内截面的配筋。如果要确定梁上部纵向钢筋的截断和下部纵筋的弯起位置还应知道每一跨内最大弯矩和最大剪力沿跨度的变化情况,这就要求画出内力包络图,包括弯矩包络图和剪力包络图。

对于多跨连续梁(板),对应于不同的截面将可能有不同的活荷载最不利布置。将所有各种可能的活荷载最不利布置下的恒、活荷载共同作用的内力图按同一比例画在同一基线上,其最外包线即为内力包络图。它完整地给出了各截面可能出现的内力上、下限值。以承受均布荷载作用的五跨连续梁为例,如图 1-8a 所示,将图 1-7 中六种工况的弯矩图按同一比例分别叠画于同一基线上,则这一