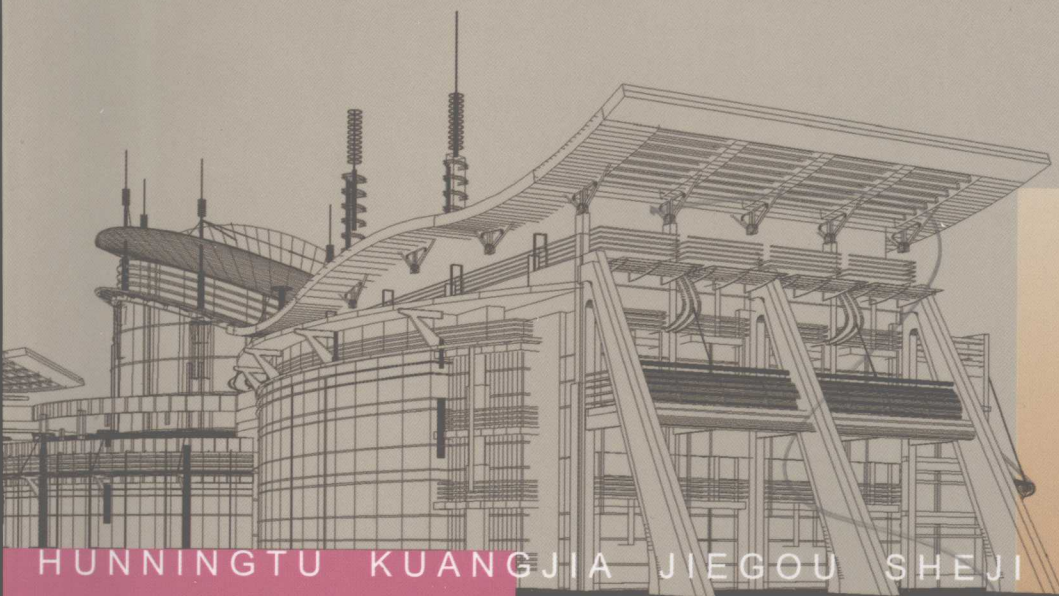


GAODENG XUEXIAO TUMUGONGCHENG ZHUANYE
BIYESHEJI ZHIDAORYONGSHU
高等学校土木工程专业毕业设计指导用书

徐秀丽 主编 叶燕华 主审



HUNNINGTU KUANGJIA JIEGOU SHEJI

混凝土框架结构设计

中国建筑工业出版社

TU370.4/44

2008

高等学校土木工程专业毕业设计指导用书

混凝土框架结构设计

徐秀丽 主编
叶燕华 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土框架结构设计/徐秀丽主编. —北京: 中国建筑
工业出版社, 2008
高等学校土木工程专业毕业设计指导用书
ISBN 978-7-112-09840-8

I. 混… II. 徐… III. 混凝土结构: 框架结构—结构
设计—高等学校—教学参考资料 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067661 号

本书为土木工程专业毕业设计指导用书, 主要内容包括建筑结构的选型与布置、结构计算简图确定、框架结构内力计算方法、荷载组合及内力组合原则、框架梁柱截面设计、板设计、楼梯结构设计、基础设计、PK-PM 软件在框架结构设计中的应用、结构施工图绘制、单位工程施工组织设计, 由一翔实完整的工程结构设计实例贯穿全书, 其间穿插结构设计各阶段的知识要点和计算分析方法, 突出重点、难点, 并附有符合现行设计表达要求的用平法表示的主要结构构件施工图。

全书安排的设计内容满足土木工程专业的教学计划要求, 且符合社会发展对土木工程专业房屋建筑方向毕业生的具体需要, 可作为高等院校全日制本、专科毕业设计用书, 也可供土木工程设计、施工、教学人员参考。

* * *

责任编辑: 朱首明 李 明
责任设计: 赵明霞
责任校对: 安 东 陈晶晶

高等学校土木工程专业毕业设计指导用书
混凝土框架结构设计

徐秀丽 主编
叶燕华 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京天成排版公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11¼ 插页: 6 字数: 292 千字
2008 年 8 月第一版 2008 年 8 月第一次印刷
印数: 1—3000 册 定价: 20.00 元

ISBN 978-7-112-09840-8
(16544)

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

前 言

目前土木工程专业房屋建筑工程方向本科毕业生虽然有相当一部分直接从事建筑工程施工作业,但大多数学校仍将框架结构设计作为毕业设计的主要选题,主要是框架结构的结构类型在建筑中具有代表性,难度及工作量也较适宜于一般学生的学习水平。通过结构设计的全过程训练,帮助学生对建筑的基本概念、一般构造要求进行系统全面地梳理,对今后无论是从事设计、施工还是其他相关工作的毕业生都具有指导作用。为符合教育面向经济建设的具体需求,使新毕业的学生能更快地适应具体工作,编者认为应对毕业设计内容进行相应调整,宜以结构设计为主要内容,手算分析与专业软件分析相结合,并加入部分施工组织设计工作。

本指导书的编写体系采用两条平行路线,一部分为结构设计的基本概念、设计方法和计算步骤,另一部分为一非常翔实完整的工程结构设计实例。每一章都先对该部分要掌握的知识要点和计算分析方法进行简要阐述,突出重点、难点,在此基础上再通过设计实例提供具体的实施方法和步骤,使理论与实际充分融合。两部分内容互相穿插,可有目的地引导学生学习结构设计的基本理论知识和方法,有效避免对例题的生搬硬套。

本书第1章至7章、第10章由徐秀丽、韩丽婷编写,第8章由刘子彤编写,第9章由范苏榕、徐秀丽编写,第11章由张国华编写,全书由徐秀丽统稿,叶燕华主审。本书书稿自2003年开始一直作为南京工业大学毕业设计内部指导教材,每年都根据使用过程中指导教师和学生提出的意见建议进行修改完善,先后有多位研究生及本科生对本书的设计实例进行了累计十多遍的计算修改,力求每一个数据的准确性,使本教材更具参考性。他们是99级专升本函授生无锡设计院的杨志诚工程师,02级研究生于兰珍、戴家东,02级本科生王海洋,05级研究生马文静,06级研究生马静静,特别是05级研究生徐士云,从本科毕业设计开始的近三年中,一直都在帮助完善设计实例,并完成了排版及部分插图工作,为此投入了大量的精力。刘伟庆教授、王曙光教授对本书的编写内容也提出了一些建设性建议,衷心感谢为本书付出辛勤劳动的同仁和同学们。

在撰写本书的过程中参考了较多的教材、专业设计手册及国家规范,但由于编写时间较长,有些资料已难以列出,在此一并向有关作者表示感谢。

由于水平有限,书中错误及不当之处在所难免,敬请读者、专家指正,以便及时修正完善。

编 者
2008 年

目 录

第 1 章 结构选型与布置	1
1.1 结构选型	1
1.2 结构布置	1
1.3 设计例题已知条件.....	3
第 2 章 计算简图	9
2.1 基本理论	9
2.2 设计例题	15
第 3 章 框架内力计算	23
3.1 计算方法	23
3.2 例题计算	29
第 4 章 框架内力组合	58
4.1 荷载组合	58
4.2 控制截面及最不利内力	59
4.3 弯矩调幅	60
4.4 例题计算	61
第 5 章 框架梁、柱截面设计	69
5.1 基本理论	69
5.2 例题设计	71
第 6 章 楼梯结构设计计算	82
6.1 基本理论	82
6.2 例题设计	85
第 7 章 现浇楼面板设计	88
7.1 计算方法	88
7.2 例题设计	92
第 8 章 基础设计	96
8.1 柱下独立基础设计	96
8.2 例题设计.....	100
第 9 章 PKPM 软件在框架结构设计中的应用	108
9.1 PKPM 软件介绍	108
9.2 框架结构设计在 PKPM 系列软件中的实施步骤	108
9.3 软件分析结果与手算结果比较	126

第 10 章 施工图绘制	133
10.1 结构施工图的表示方法	133
10.2 各类结构构件的平法施工图	136
10.3 例题部分施工图	138
第 11 章 单位工程施工组织设计	139
11.1 单位工程施工组织设计概述	139
11.2 单位工程施工组织设计指导	140
11.3 例题施工组织设计	146
附录 1 规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时标准反弯点的 高度比	165
附录 2 双向板弯矩、挠度计算系数	170
主要参考文献	174

第 1 章 结构选型与布置

结构设计的主要内容包括：结构选型、结构布置、确定计算简图、选择合理简单的计算方法进行各种荷载作用下的内力计算、荷载效应组合、截面配筋设计(计算、构造)、绘施工图。

1.1 结构选型

结构选型是一个综合性问题，应选择合理的结构形式。根据结构受力特点，常用的建筑结构形式有：混合结构、框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构(一般剪力墙结构、筒体剪力墙结构、筒中筒剪力墙结构)等。混合结构主要是墙体承重，由于取材方便，造价低，施工方便，我国广泛地应用于多层民用建筑中，但砌体结构承载力低、自重大、抗震性能较差，一般用于 7 层及 7 层以下的建筑。框架结构是由梁、柱构件通过节点连接形成的骨架结构，框架结构的特点是由梁、柱承受竖向和水平荷载，墙体起维护作用，其整体性和抗震性均好于混合结构，且平面布置灵活，可提供较大的使用空间，也可构成丰富多变的立面造型，但随着层数和高度的增加，构件截面面积和钢筋用量增多，侧向刚度越来越难以满足设计要求，一般不宜用于过高的建筑，现浇框架结构适用最大高度见表 1-1。框架-剪力墙结构是在框架中设置一些剪力墙，既能满足平面布置灵活，又能满足结构抗侧力要求，一般常用于 10~25 层的建筑中。剪力墙结构是依靠剪力墙承受竖向及水平荷载，整体性好、刚度大、抗震性能好，常用于 20~50 层的高层建筑。

现浇钢筋混凝土房屋适用的最大高度(m)

表 1-1

结构体系	抗震设防烈度			
	6	7	8	9
框架结构	60	55	45	25

结构选型时需充分了解各类结构型式的优缺点、应用范围、结构布置原则和大致的构造尺寸等，根据建筑物高度及使用要求，结合具体建设条件，进行综合分析，从而做出最终的决定。结构设计中，选择合理科学的建筑结构体系非常重要，是达到既安全可靠又经济合理的重要前提。

实际工程中，多层与小高层常采用框架结构体系。在我国，由于经济水平及其他条件的限制，混凝土框架结构比钢框架结构应用要广，因此本书以现浇钢筋混凝土框架结构作为分析实例。

1.2 结构布置

进行混凝土框架结构布置的主要工作是合理地确定梁、柱的位置及跨度。其基本原则是：

(1) 结构平面形状和立面体型宜简单、规则，使刚度均匀对称，减小偏心和扭转。

(2) 控制结构高宽比，以减少水平荷载作用下的侧移，钢筋混凝土框架结构高宽比限值为：非抗震设防时为 5，6 度、7 度抗震设防时为 4，8 度抗震设防时为 3，9 度抗震设防时为 2。

(3) 尽量统一柱网及层高，以减少构件种类规格，简化梁柱设计及施工。

框架结构的柱网尺寸，即平面框架的柱距(开间、进深)和层高，首先要满足生产工艺和其他使用功能的要求，柱网布置方式可分为内廊式、等跨式、不等跨式等几种，见图 1-1；其次是满足建筑平面功能的要求，如图 1-2；此外，平面应尽可能简单规则、受力合理，使各构件跨度、内力分布均衡，如图 1-3。工程实践中常用的梁、板跨度：主梁(与框架柱相连且承担楼面板主要荷载的梁)跨度 5~8m，次梁跨度 4~6m，单向板跨 1.7~2.5m，一般不宜超过 3m，双向板跨 4m 左右，荷载较大时宜取较小值，因为板跨直接影响板厚，而板的面积较大，板厚度的增加对材料用量及结构自重增加影响较大。

(4) 房屋的总长度宜控制在最大温度伸缩缝间距内，当房屋长度超过规定值时，伸缩缝将房屋分成若干温度区段。伸缩缝是为了避免温度应力和混凝土收缩应力使房屋产生裂缝而设置的。在伸缩缝处，基础顶面以上的结构和建筑全部分开。现浇钢筋混凝土框架结构的伸缩缝最大间距为 55m。

确定层高、柱网尺寸后，应选择合理的结构平面布置方案，即选择合理的楼盖类型。详见第 7 章。

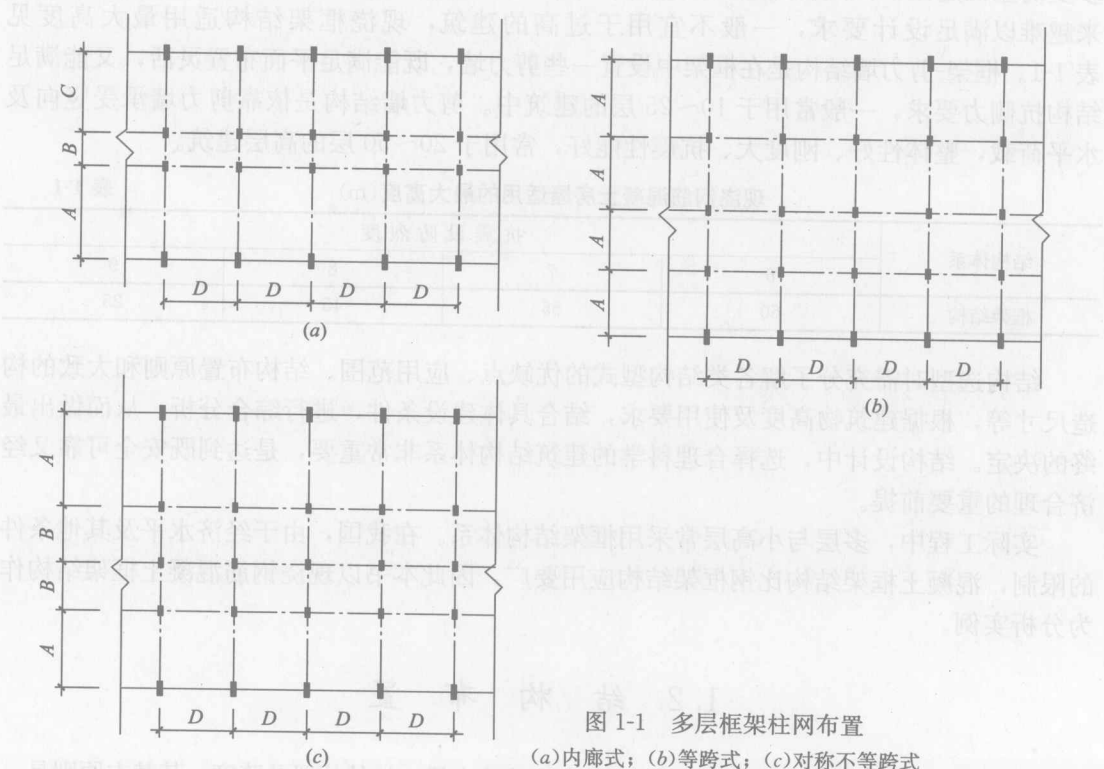


图 1-1 多层框架柱网布置
(a)内廊式；(b)等跨式；(c)对称不等跨式

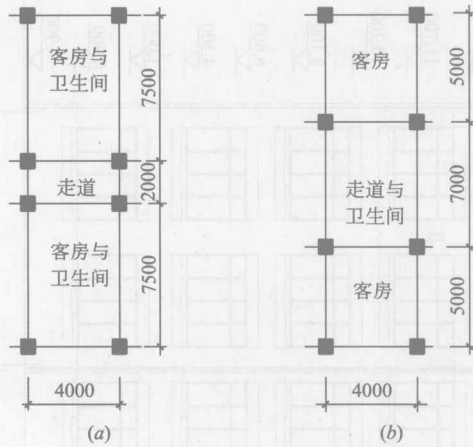


图 1-2 旅馆横向柱列布置

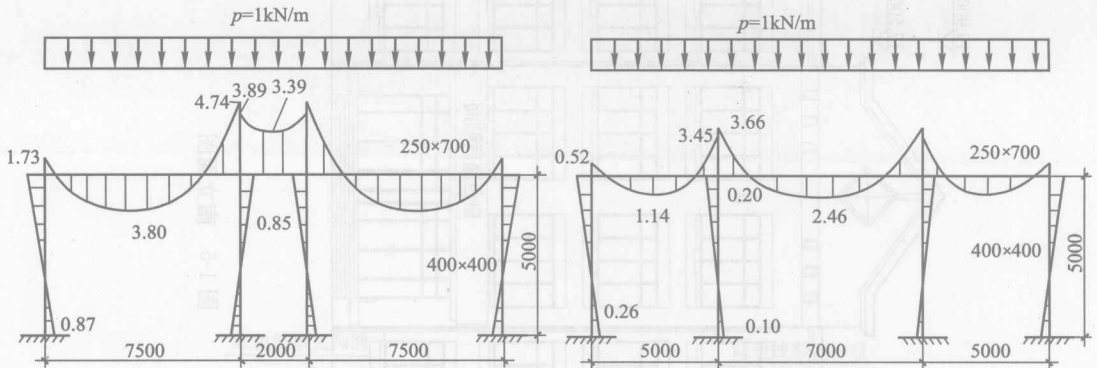


图 1-3 结构布置对框架内力分布的影响

1.3 设计例题已知条件

题目：江苏省南京市六合区某中学教学楼

根据建筑方案图，本工程结构为四层钢筋混凝土框架，建筑面积约 2800m^2 ，建筑一层平面图、南立面图、东立面图及剖面图分别见图 1-4、图 1-5、图 1-6、图 1-7，结构标准层平面及剖面简图见图 1-8、图 1-9 所示，其他条件如下：

1. 气象资料

- (1) 基本风压值： $w_0 = 0.40\text{kN/m}^2$
- (2) 基本雪压值： $s_0 = 0.65\text{kN/m}^2$

2. 水文地质资料

场地条件：拟建场地地表平整，场地标高变化范围在 $6.72 \sim 7.25\text{m}$ ，土层分布见图 1-10。场地地下水类型为上层滞水，水位在地表下 1.8m 。场地土层等效剪切波速为 145m/s ， $3\text{m} \leq d_{ov} \leq 50\text{m}$ 。场地为稳定场地，类别 II 类。

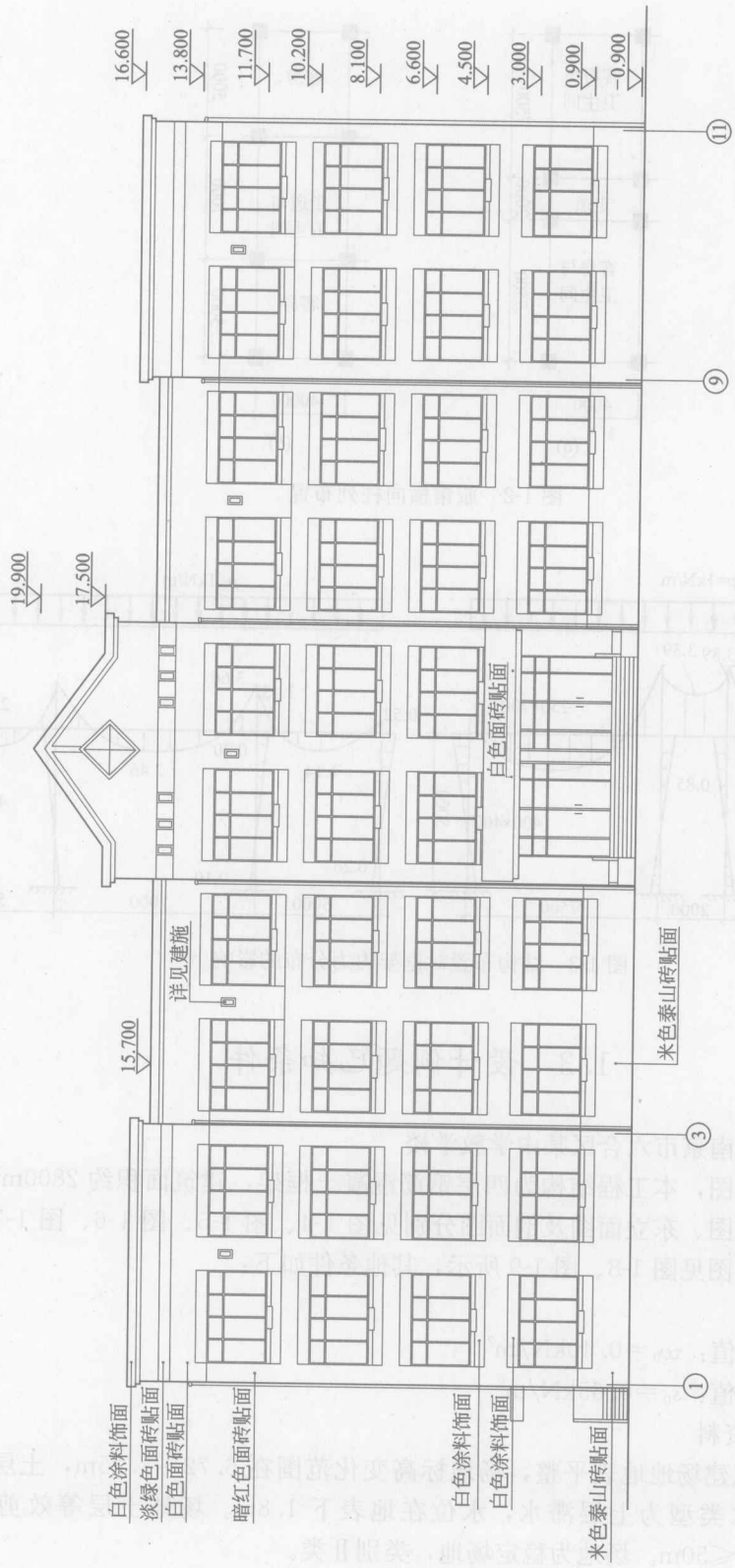


图 1-5 南立面图

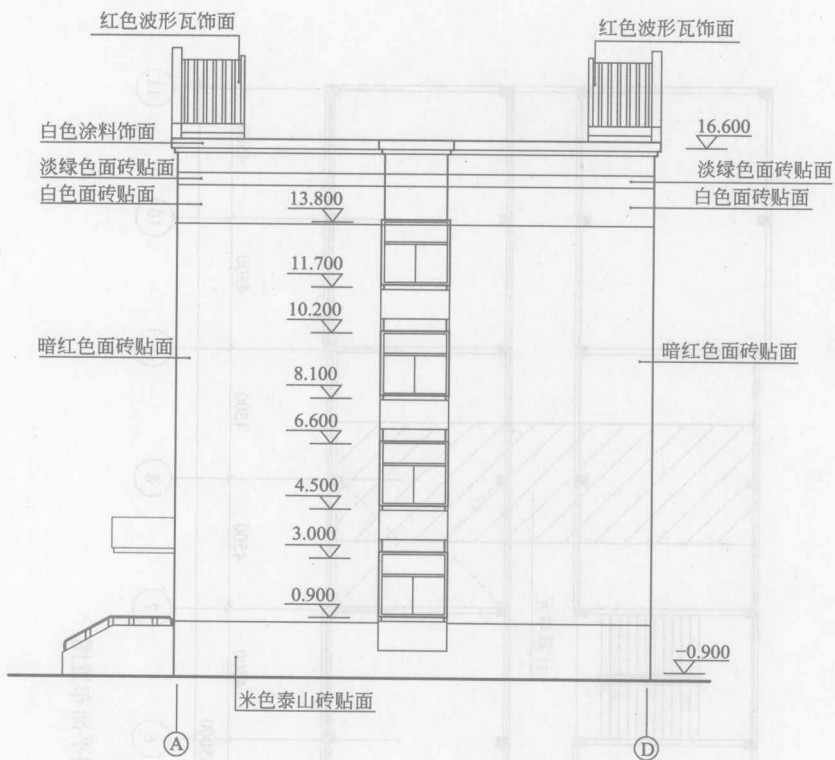


图 1-6 东立面图

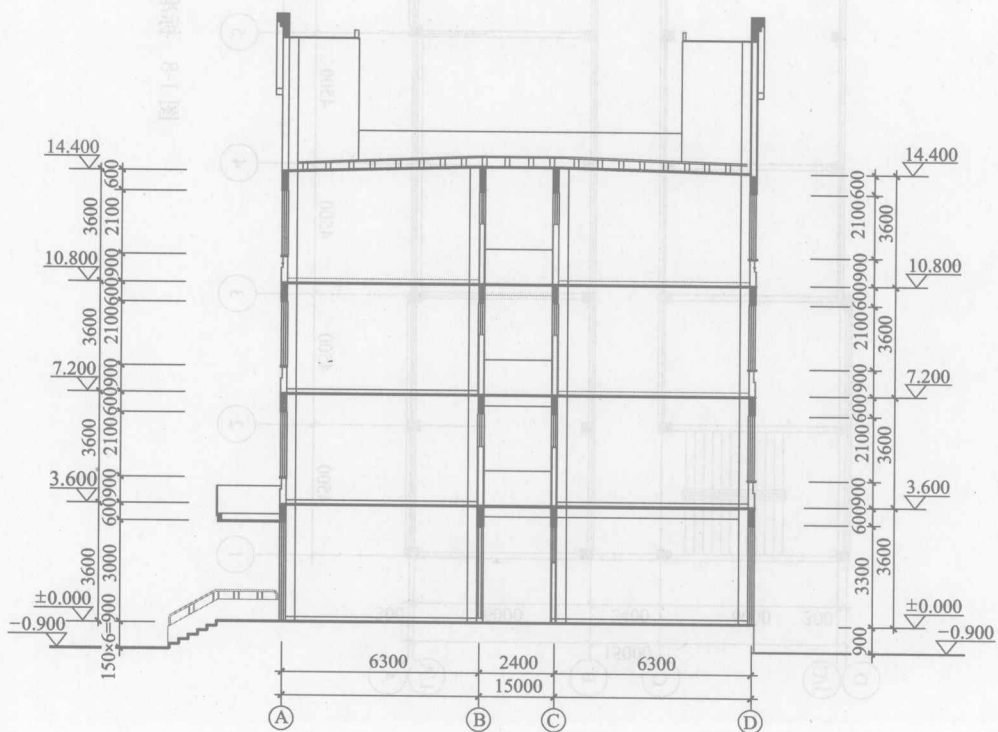


图 1-7 剖面图

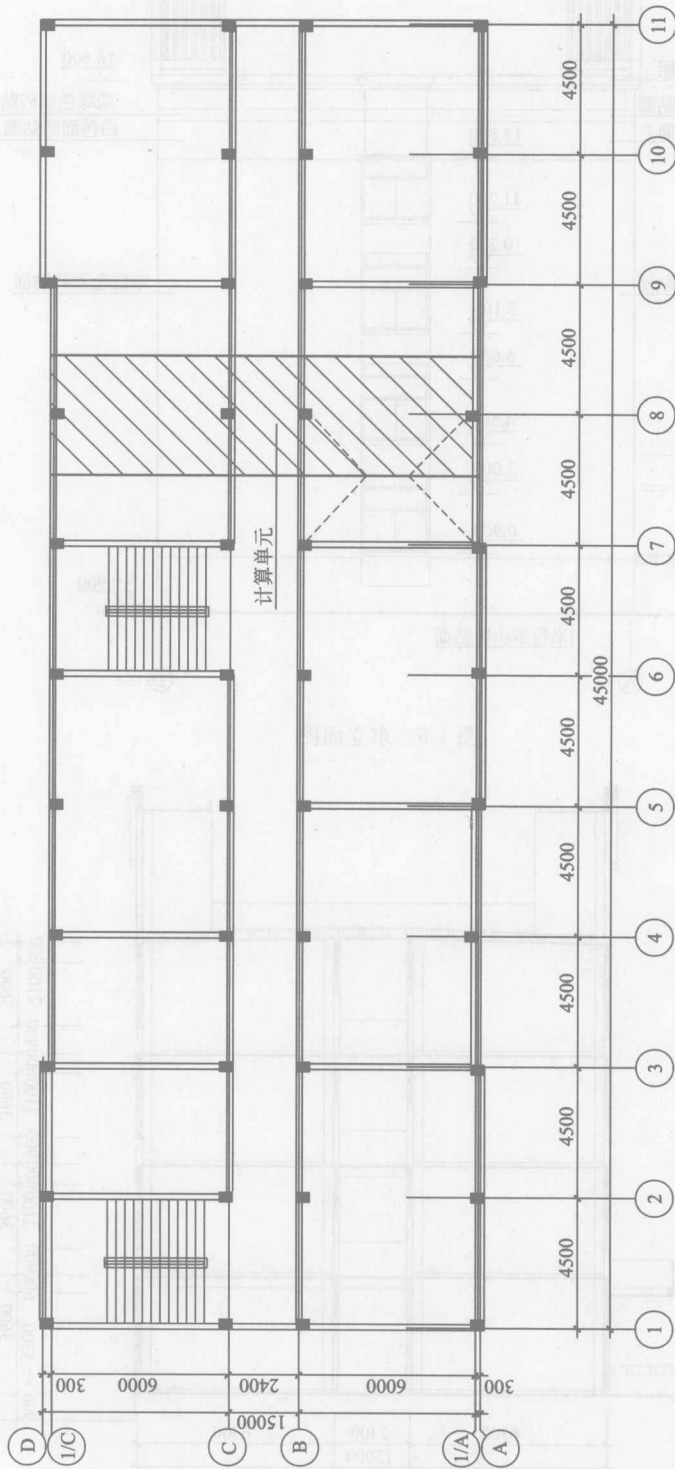


图 1-8 标准层柱网平面布置图

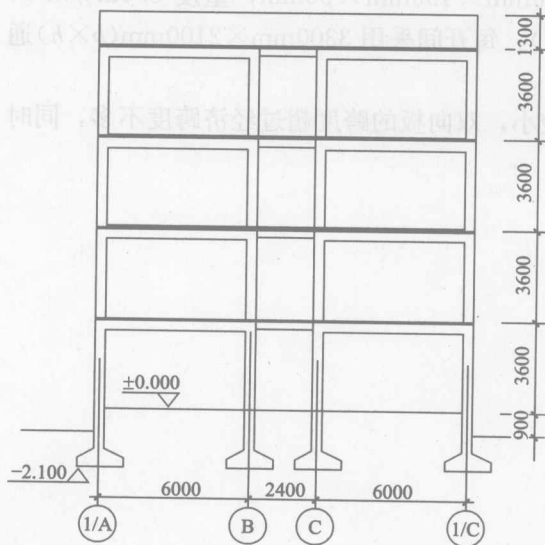


图 1-9 剖面图

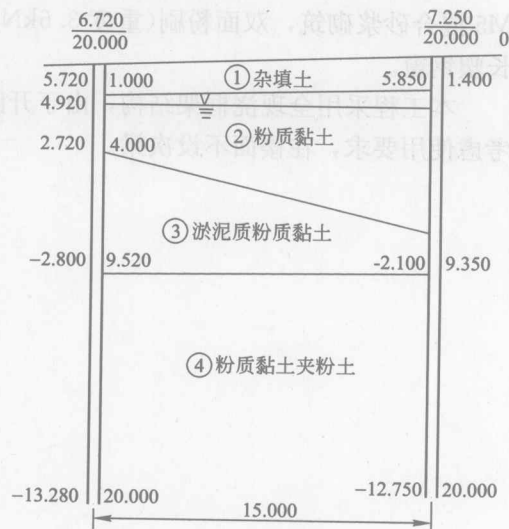


图 1-10 土层分布

场地土层物理力学指标如下：

土层号	天然含水量 $w(\%)$	天然重度 $\gamma(\text{kN}/\text{m}^3)$	天然孔隙比 e	塑性指数 I_P	液性指数 I_L	抗剪强度指标		压缩指标 $E_{\text{SI}-2}$	承载力特征值 $f_{\text{ak}}(\text{kPa})$
						$c_k(\text{kPa})$	$\varphi_k(^{\circ})$		
①	/	17.2	/	/	/	/	/	/	/
②	27.6	19.3	0.803	13.1	0.61	30.1	10.7	7.5	120
③	35.9	17.8	1.147	13.9	1.24	15.7	6.4	2.5	65
④	28.3	19.3	0.805	12.9	0.63	34.8	11.2	8.6	160

3. 抗震设防烈度

7度(假定场地覆盖层厚度大于9m, 小于80m)。

4. 荷载资料

(1) 教学楼楼面活载, 查《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001), 确定楼面活载标准值为 $2\text{kN}/\text{m}^2$ 。

(2) 不上人屋面: 活载标准值为 $0.7\text{kN}/\text{m}^2$ 。

(3) 屋面构造

35mm厚 $490\text{mm} \times 490\text{mm}$ 的 C20 预制钢筋混凝土架空板、防水层、20mm厚 1:3 水泥砂浆找平层, 现浇钢筋混凝土屋面板、12mm厚纸筋石灰粉平顶。

(4) 楼面构造:

水泥楼面: 10mm厚 1:2 水泥砂浆面层压实抹光、15mm厚 1:3 水泥砂浆找平层、现浇钢筋混凝土楼面板、12mm厚纸筋石灰粉平顶;

(5) 围护墙:

围护墙采用 200mm 厚非承重空心砖(190mm×190mm×90mm, 重度 3.6kN/m²), M5 混合砂浆砌筑, 双面粉刷(重度 3.6kN/m²), 每开间采用 3300mm×2100mm(*b*×*h*)通长塑钢窗。

本工程采用全现浇框架结构, 由于开间较小, 双向板的跨度超过经济跨度不多, 同时考虑使用要求, 在楼面不设次梁。

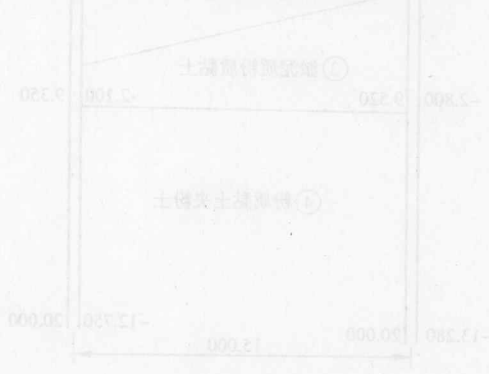


图 1-10 土层分布

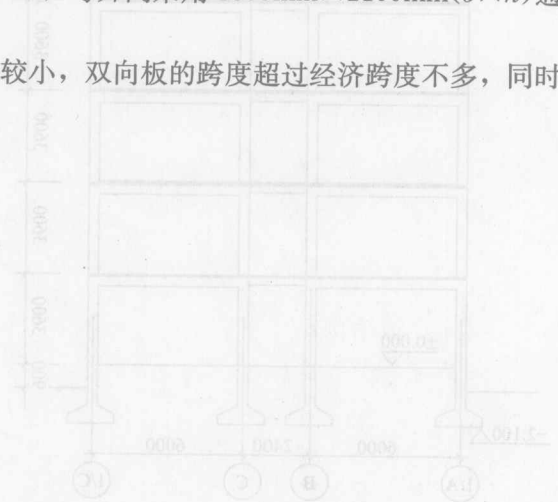


图 1-9 剖面图

场地土层物理力学指标如下:

土层号	天然含水量 (%)	天然重度 (kN/m ³)	天然孔隙比	饱和重度 (kN/m ³)	液性指数	压缩系数	抗剪强度指标		内摩擦角 (°)	粘聚力 <i>c</i> (kPa)
							σ_1 (kPa)	σ_2 (kPa)		
①	17.2	17.2	-	-	-	-	-	-	-	-
②	27.9	19.3	0.873	13.1	0.51	0.21	30.1	10.7	7.2	120
③	28.0	17.8	1.147	13.9	1.24	1.24	15.7	4.1	5.2	43
④	28.3	19.3	0.802	12.9	0.68	0.68	24.8	11.2	8.8	180

3. 抗震设防烈度

Ⅵ度(根据场地覆盖层厚度大于 3m, 小于 80m)。

4. 荷载资料

(1) 教学楼面荷载: 查《建筑结构荷载规范》(GB 50009-2001), 确定楼面活荷载

标准值为 2kN/m²。

(2) 不上人屋面: 活荷载标准值为 0.7kN/m²。

(3) 屋面构造:

32mm 厚 190mm×190mm 的 C20 预制钢筋混凝土空心板, 防水层, 20mm 厚 1:3 水

泥砂浆找平层, 隔热钢筋混凝土屋面板, 12mm 厚纸筋石灰砂浆抹面。

(4) 楼面构造:

水泥石灰: 10mm 厚 1:2 水泥石灰面层压抹光, 12mm 厚 1:3 水泥石灰找平层,

现浇钢筋混凝土楼面板, 12mm 厚纸筋石灰砂浆抹面。

(5) 围护墙:

第2章 计算简图

2.1 基本理论

实际建筑结构是三维空间结构，且结构材料和结构荷载都具有随机性，精确分析结构十分困难。在没有计算机辅助设计的情况下，当结构布置规则、荷载分布均匀时，我们通常将空间框架简化为平面框架采用手算进行分析，其中计算模型和受力分析都必须进行不同程度的简化。

要计算出框架结构中梁柱内力，必须首先确定框架结构简化后的计算简图，即需确定框架的计算单元、框架的跨度、层高、构件截面、框架承受荷载等。

1. 计算单元

一般取中间具有代表性的一榀框架进行分析，见图 1-8；现浇框架梁柱的连接节点简化为刚接，框架柱与基础的连接简化为固结。

2. 跨度、层高

结构计算中，杆件用其轴线来定位，框架梁跨度取柱子轴线之间的距离，当上下层柱截面尺寸变化时，一般以最小截面的形心线来确定。框架层高，底层取基础顶面到二层楼板结构顶面的距离，其余层取下层结构楼面到上层结构楼面的距离。此阶段由于基础设计还未进行，可初步估算基础顶面的位置：根据地基土层的分布情况，初步确定基础的形式、基础高度和持力层位置，即可估算出基础顶面的位置，如图 2-1 所示。当基础埋置较深，若采用刚性地面，也可直接采用 $h_1 = \text{底层层高} + 0.500\text{m}$ 进行计算。

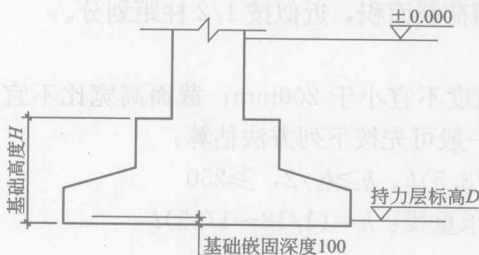


图 2-1 基础埋深

3. 构件材料选择

(1) 混凝土

选择混凝土强度等级时要根据混凝土结构的环境类别，满足混凝土耐久性要求；当采用 HRB335 钢筋时，混凝土强度等级不宜低于 C20；当采用 HRB400 和 RRB400 钢筋以及承受重复荷载的构件，混凝土强度等级不得低于 C20。预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30；当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋作预应力钢筋时，混凝土强度等级不宜低于 C40。

抗震设计时，现浇框架梁、柱、节点的混凝土强度等级按一级抗震等级设计时，不应低于 C30；按二~四级和非抗震设计时，不应低于 C20。现浇框架梁的混凝土强度等级不宜大于 C40；框架柱的混凝土强度等级：抗震设防烈度为 9 度时不宜大于 C60，抗震设防

烈度为 8 度时不宜大于 C70。为便于施工,梁、柱混凝土最好采用相同强度等级,常用 C30~C40。

(2) 钢筋

对于钢筋混凝土框架梁、柱等主要结构构件的纵向受力钢筋,通常采用 HRB400 或 HRB335 钢筋,构造钢筋及箍筋可采用 HPB235;对于钢筋混凝土板、墙等构件的受力钢筋,可采用 HPB235 或 HRB335,构造钢筋采用 HPB235 钢筋。

4. 构件截面估算及弯曲刚度的确定

(1) 柱

柱的截面尺寸,宜符合下列各项要求:矩形截面柱在非抗震设计时,边长不宜小于 250mm,抗震设计时截面的宽度和高度均不宜小于 300mm;圆柱直径不宜小于 350mm;剪跨比宜大于 2;截面长边与短边的边长比不宜大于 3。

若采用横向或纵向承重框架,框架柱宜采用矩形截面,若采用纵横向承重框架,则宜采用方形截面。柱轴压比不宜超过《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)表 6.3.7 的规定,即抗震等级分别为一、二、三的框架结构,柱轴压比限值分别为 0.7、0.8、0.9。轴压比指柱组合的轴压力设计值与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值。在初步估算柱截面面积时,应满足下式:

$$A_c \geq \frac{N_c}{\mu \cdot f_c}$$

式中 N_c ——考虑地震荷载组合时柱的轴力设计值,可进行初步估算, $N_c = C \cdot N$;

C ——弯矩对框架柱轴力的影响,中柱扩大系数取 1.1,边柱 1.2;

μ ——轴压比,柱轴压比不宜超过《建筑抗震设计规范》的规定。

$N = (12 \sim 14) \text{kN/m}^2 \cdot S$, S 为该柱承担的楼面荷载面积,近似按 1/2 柱距划分。

(2) 梁

梁的截面尺寸,宜符合下列各项要求:截面宽度不宜小于 200mm;截面高宽比不宜大于 4;净跨与截面高度之比不宜小于 4。梁截面一般可先按下列方法估算:

1) 框架主梁: $h = (1/12 \sim 1/8)l$, $b = (1/2 \sim 1/3.5)h$, $b \geq b_c/2$, ≥ 250

2) 框架纵梁、承重梁: $h = (1/12 \sim 1/8)l$; 非承重梁: $h = (1/18 \sim 1/15)l$

3) 次梁: $h = (1/18 \sim 1/15)l$

在初步确定梁尺寸后,可按全部荷载的 0.6~0.8 作用在框架梁上,按简支梁进行抗弯、抗剪截面校核,验算梁截面尺寸的合理性。

4) 现浇板:连续单向板 $h \geq l/40$,连续双向板 $h \geq l/50$, $h \geq 80$;其中 h 为梁截面高度, b 为梁截面宽度, b_c 为柱截面宽度, l 为梁的跨度。

框架结构中,当梁柱有偏心时,梁中线与柱中线之间的偏心距不宜大于柱宽的 1/4。

在计算梁、柱弯曲刚度时,应考虑楼盖对框架梁的影响,在现浇楼盖中,中框架梁的截面惯性矩取 $I = 2I_0$;边框架梁取 $I = 1.5I_0$;在装配整体式楼盖中,中框架梁的截面惯性矩取 $I = 1.5I_0$;边框架梁取 $I = 1.2I_0$, I_0 为框架梁按矩形截面计算的截面惯性矩。框架柱的惯性矩按实际截面尺寸确定。梁、柱抗弯线刚度按 $i = EI/l$ 计算,式中 E 为混凝土弹性模量, l 为梁、柱长度, I 为梁、柱截面惯性矩。

5. 荷载

框架结构一般承担的荷载主要有：楼(屋)面恒载、使用活荷载、风荷载、地震作用及框架自重。

(1) 楼(屋)面恒载

包括楼(屋)面板自重、建筑面层自重、天花板自重，恒载标准值等于构件的体积乘以材料的自重。构件材料的自重可从《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)中查得。

(2) 楼(屋)面活荷载

活荷载根据建筑结构的使用功能由《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)查出，活荷载一般为面荷载。

多、高层建筑中的楼面活荷载，不可能以荷载规范所给的标准值同时满布在所有的楼面上，所以在结构设计时可考虑楼面活荷载折减。

对于住宅、宿舍、旅馆、办公楼、医院病房、托儿所、幼儿园的楼面梁，当其负荷面积大于 25m^2 时，折减系数为 0.9。

对于墙、柱、基础，则需根据计算截面以上楼层数的多少取不同的折减系数，如表 2-1 所示。

活荷载按楼层数的折减系数

表 2-1

墙，柱，基础计算截面以上层数	1	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	1.00(0.9)	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

注：当楼面梁的从属面积超过 25m^2 时，采用括号里的系数。

楼(屋)面恒、活荷载的传递路线：楼面竖向荷载→楼板→梁(主梁、次梁)→柱→基础→地基。

图 2-2(a)所示框架结构，不同的楼面结构布置，其荷载传递路线亦不相同：

1) 横向布置空心板：横向框架承重，楼面竖向荷载→楼板→横向框架梁→柱→基础→地基。

2) 竖向布置空心板：纵向框架承重，楼面竖向荷载→楼板→纵向框架梁→柱→基础→地基。

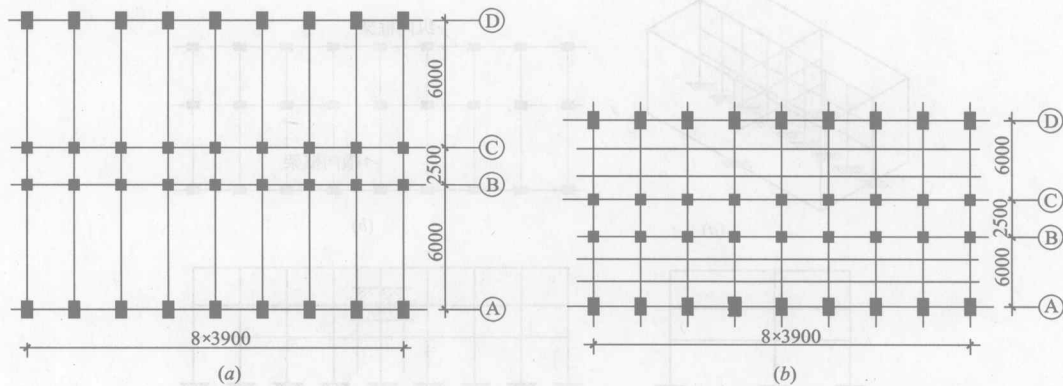


图 2-2 结构布置对荷载传递路线的影响

(a) 框架柱轴线；(b) 单向板肋梁楼盖(双向承重框架)