

混凝土

HUNNINGTU

KUANGJIA JIEGOU GONGCHENG SHILI

SHOUSUAN YU DIANSUAN SHEJI JIEXI

框架结构工程实例 手算与电算设计解析

周俐俐 编著



化学工业出版社

混凝土

框架结构工程实例 手算与电算设计解析

周俐俐 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书依据现行《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)等国家标准和规范编写,完整阐述并深度解析了混凝土框架结构工程实例的手算过程和电算过程。全书的主要内容包包括钢筋混凝土框架结构设计必备知识、框架结构工程实例手算解析、框架结构工程实例电算解析(包括PMCAD、SATWE、JCCAD、结构施工图绘制、框架PK电算结果与手算结果对比分析等5部分)和混凝土结构设计常用资料。全书内容丰富翔实,具有很强的可操作性和实用性。

本书可作为高等院校土木工程及相关专业学生和混凝土结构设计新人的指导用书,也可供网络教育、自学考试及工程结构设计人员等不同层次的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土框架结构工程实例手算与电算设计解析/周俐编著. —北京:化学工业出版社,2014.11
ISBN 978-7-122-21670-0

I. ①混… II. ①周… III. ①混凝土框架-框架结构-结构设计 IV. ①TU323.504

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第198423号

责任编辑:彭明兰
责任校对:王素芹

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张26¼ 字数687千字

2014年11月北京第1版第1次印刷



购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 69.00 元

版权所有 违者必究

前 言

PKPM 系列程序是中国建筑科学研究院开发的土木建筑结构设计软件, 包含结构、特种结构、建筑、设备、钢结构、节能等设计部分。目前全国大部分建筑设计院均应用该系列程序进行建筑结构设计。当前许多高校土木工程专业都以应用较广泛的框架结构作为毕业设计的内容, 要求学生在结构设计中采用手算为主、电算 (一般采用 PKPM 系列程序) 复核的方法, 完成结构设计任务。

笔者在从事几年的建筑结构设计工作之后又转入高校从事教育工作, 每年指导土木工程专业的毕业设计, 深感学生完成专业课程不等于会做设计, 而如何进行结构设计在一般教科书中是很少系统讨论的。本书是为指导大学本科 (专科) 高年级学生毕业设计和刚参加工作的结构设计人员而编写的。在编写过程中, 笔者结合二十多年的教学心得和工程实践经验, 采用国家现行的《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) 等国家标准和规范编写, 写入了大量的设计计算实例和设计资料, 完整阐述并深度解析了混凝土框架结构工程实例的手算设计过程和电算设计过程。手算可使学生较好地了解建筑结构设计的全过程, 较深入地掌握建筑结构设计的方法, 较全面地学习综合运用力学、材料、结构、抗震等方面知识的能力, 为今后的工作奠定更扎实的基础。电算可使学生一出校门就能尽快地胜任设计工作, 然后再在实践中逐步提高。本书编写体系简明扼要、重点突出, 编写内容丰富翔实, 可操作性和实用性强。

本书可作为高等院校土木工程及相关专业学生和混凝土结构设计新人的指导用书, 也可供网络教育、自学考试及工程结构设计人员等不同层次的读者参考。

本书由周俐俐编写完成。在编写过程中, 张志强、周珂、郑伟、齐年平、高伟参与了框架部分内力计算, 在此一并表示感谢。

在编写本书的过程中, 参考了大量的文献资料。在此, 谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。虽然编写工作是努力和认真的, 但由于编者水平有限, 疏漏之处在所难免, 恳请读者惠予指正。

周俐俐

2014 年 7 月

于西南科技大学科大花园

目 录

第1章 钢筋混凝土框架结构设计必备知识 / 1

1.1 钢筋混凝土框架结构设计	1
1.1.1 框架结构的适用范围	1
1.1.2 框架体系的结构布置	2
1.1.3 框架结构的基本要求	7
1.2 钢筋混凝土楼板设计	12
1.2.1 楼板构造要求	12
1.2.2 板的受力钢筋和构造钢筋	13
1.3 框架梁设计	15
1.3.1 框架梁截面尺寸确定和布置	15
1.3.2 框架梁截面承载力计算	16
1.3.3 框架梁的纵向钢筋	19
1.3.4 框架梁的箍筋和构造钢筋	21
1.3.5 框架梁抗震设计实例	26
1.4 框架柱设计	29
1.4.1 框架柱截面尺寸确定	29
1.4.2 框架柱截面承载力计算	31
1.4.3 框架柱的纵向钢筋和梁上立柱的纵向钢筋连接构造	33
1.4.4 框架柱的箍筋	34
1.4.5 框架柱抗震设计实例	39
1.4.6 框架结构节点设计	41
1.5 框架结构的非结构构件设计	43
1.5.1 非抗震设计框架结构填充墙连接构造	44
1.5.2 抗震设计框架结构填充墙连接构造	44
1.6 基础设计	45
1.6.1 柱下独立基础设计	46
1.6.2 联合基础设计	52
1.6.3 基础配筋构造	54
1.7 楼梯设计	56
1.7.1 双跑平行现浇板式楼梯设计实例	56
1.7.2 双跑现浇折板式楼梯设计实例	61

1.7.3	双跑现浇梁式楼梯设计实例	62
1.7.4	三跑楼梯设计实例	68
1.8	井式楼盖设计	70
1.8.1	井式楼盖基本内容	70
1.8.2	井字梁与柱子的连接	71
1.8.3	井式楼盖的配筋构造	73
1.9	变形缝	75
1.9.1	伸缩缝	76
1.9.2	沉降缝	78
1.9.3	防震缝	81

第2章 框架结构工程实例手算解析 / 83

2.1	工程概况	83
2.2	设计资料	83
2.2.1	工程地质条件	83
2.2.2	气象资料	98
2.2.3	抗震设防烈度	98
2.2.4	材料	98
2.3	结构平面布置	98
2.3.1	结构平面布置图	98
2.3.2	框架梁柱截面尺寸初估	99
2.4	现浇楼板设计	102
2.4.1	现浇楼板荷载计算	102
2.4.2	现浇楼板配筋计算	106
2.5	横向框架在竖向荷载作用下的计算简图及内力计算	109
2.5.1	横向框架在恒荷载作用下的计算简图	110
2.5.2	横向框架在活荷载作用下的计算简图	135
2.5.3	横向框架在重力荷载代表值作用下的计算简图	146
2.5.4	横向框架在恒荷载作用下的内力计算	153
2.5.5	横向框架在活荷载作用下的内力计算	161
2.5.6	横向框架在重力荷载作用下的内力计算	163
2.6	横向框架在风荷载作用下的内力和位移计算	165
2.6.1	横向框架在风荷载作用下的计算简图	165
2.6.2	横向框架在风荷载作用下的位移计算	170
2.6.3	横向框架在风荷载作用下的内力计算	172
2.7	横向框架在水平地震作用下的内力和位移计算	176
2.7.1	重力荷载代表值计算	176
2.7.2	横向框架的水平地震作用和位移计算	180
2.7.3	横向框架在水平地震作用下的内力计算	183

2.8	框架梁柱内力组合	186
2.8.1	框架梁内力组合	188
2.8.2	框架柱内力组合	191
2.9	框架梁柱截面设计	195
2.9.1	框架梁截面设计	195
2.9.2	框架柱截面设计	198

第3章 框架结构工程实例电算解析——模型建立 (PMCAD) / 203

3.1	PMCAD 基本功能和一般规定	203
3.1.1	PMCAD 的基本功能	203
3.1.2	PMCAD 的一般规定	203
3.2	建筑模型与荷载输入	204
3.2.1	输入前准备	204
3.2.2	框架结构分析	204
3.2.3	定义第 1 结构标准层	206
3.2.4	定义第 2、3、4 结构标准层	217
3.2.5	第 1 结构标准层荷载输入	218
3.2.6	第 2 结构标准层荷载输入	225
3.2.7	第 3 结构标准层荷载输入	229
3.2.8	第 4 结构标准层荷载输入	231
3.2.9	设计参数输入	234
3.2.10	楼层组装	238
3.2.11	退出选项	240
3.3	平面荷载显示校核	241
3.3.1	人机交互输入荷载	241
3.3.2	楼面导算荷载	241
3.3.3	梁自重	243
3.3.4	竖向导荷	244
3.4	绘制结构平面施工图	245
3.4.1	参数定义	246
3.4.2	楼板计算	248
3.4.3	预制楼板	253
3.4.4	绘制结构平面布置图	254

第4章 框架结构工程实例电算解析——三维分析 (SATWE) / 257

4.1	接 PM 生成 SATWE 数据	257
4.1.1	分析与设计参数补充定义	258

4.1.2	特殊构件补充定义	274
4.1.3	特殊风荷载定义	276
4.1.4	多塔结构补充定义	276
4.1.5	生成 SATWE 数据文件及数据检查	277
4.1.6	修改构件计算长度系数	277
4.1.7	水平风荷载查询和修改	278
4.1.8	查看数检报告文件	278
4.1.9	各层平面简图	279
4.1.10	各层恒载简图	279
4.1.11	各层活载简图	281
4.1.12	结构轴侧简图	281
4.2	SATWE 结构内力分析和配筋计算	281
4.3	PM 次梁内力与配筋计算	283
4.4	分析结果图形和文本显示	283
4.4.1	图形文件输出	283
4.4.2	文本文件输出	294
4.4.3	计算结果的分析、判断和调整	302

第 5 章 框架结构工程实例电算解析——结构施工图绘制 / 308

5.1	梁平法施工图	308
5.1.1	梁平面整体表示法	308
5.1.2	配筋参数、设钢筋层和绘新图	311
5.1.3	连梁定义和查改钢筋	313
5.1.4	挠度图和裂缝图	315
5.1.5	配筋面积	316
5.2	柱平法施工图	318
5.2.1	柱平面整体表示法	318
5.2.2	参数修改、归并和绘新图	319
5.2.3	修改柱名、平法录入和立面改筋	320
5.2.4	柱查询、画柱表和立剖面图	320
5.2.5	配筋面积和双偏压验算	321
5.3	结构施工图绘制	324
5.3.1	框架施工图绘制	324
5.3.2	办公楼设计实例结构施工图绘制	330

第 6 章 框架结构工程实例电算解析——基础设计 (JCCAD) / 344

6.1	地质资料输入和基础人机交互输入	344
-----	-----------------------	-----

6.1.1	地质资料输入	344
6.1.2	基础人机交互输入	345
6.2	基础施工图绘制	363
6.2.1	基础平面施工图	363
6.2.2	基础详图	365

第7章 框架手算结果与PK电算结果对比分析 / 366

7.1	框架PK电算与框架绘图	366
7.1.1	形成PK文件	366
7.1.2	PK数据交互输入和计算	367
7.1.3	框架绘图	375
7.2	框架PK电算结果与手算结果对比分析	380
7.2.1	框架PK电算计算简图与手算计算简图对比	380
7.2.2	框架梁内力电算结果与手算结果对比分析	381
7.2.3	框架柱内力电算结果与手算结果对比分析	383

第8章 混凝土结构设计常用资料 / 385

8.1	力学计算	385
8.1.1	单跨梁计算公式	385
8.1.2	各种荷载的支座弯矩等效均布荷载	388
8.2	四边支承双向板按弹性分析的计算系数表 (泊松比 $\nu=0$)	389
8.3	钢筋混凝土构件正常使用极限状态的验算	391
8.3.1	钢筋混凝土受弯构件的挠度限值	391
8.3.2	钢筋混凝土受弯构件的裂缝控制	391
8.4	混凝土结构的耐久性	392
8.4.1	混凝土结构的环境类别	392
8.4.2	混凝土结构耐久性的基本要求	393
8.5	地基基础设计	393
8.5.1	地基基础设计等级	393
8.5.2	地基变形设计	394
8.6	材料	395
8.6.1	混凝土	395
8.6.2	钢筋	397
8.7	混凝土结构构造	399
8.7.1	混凝土保护层	399
8.7.2	钢筋的锚固	399
8.8	建筑抗震设计	400

8.8.1	建筑抗震设防类别	400
8.8.2	抗震设防标准	401
8.8.3	地震作用的计算规定	401
8.8.4	地震作用的计算方法	401
8.8.5	底部剪力法	402
8.8.6	结构基本周期的近似计算	403
8.9	规则框架各层柱反弯点高度比	403
8.9.1	均布水平荷载作用时各层柱标准反弯点高度比	403
8.9.2	倒三角形荷载作用时各层柱标准反弯点高度比	405
8.9.3	标准反弯点高度比的修正	407

主要参考文献 / 409

第1章

钢筋混凝土框架结构设计必备知识

1.1 钢筋混凝土框架结构设计

1.1.1 框架结构的适用范围

1.1.1.1 框架结构的受力特点

框架结构由框架梁、柱、楼板等主要构件组成，其特点是柱网布置灵活，便于获得较大的使用空间。框架梁和框架柱既承受竖向荷载，又承受风、地震作用等水平荷载，在这些荷载的共同作用下，一般情况下框架底部柱 M 、 N 、 V 最大，往上逐渐减小，底部框架柱多属小偏心受压构件，顶部几层柱则可能为大偏心受压构件；当荷载条件大致相同时，各层框架梁的 M 、 V 较为接近，变化不大。

水平荷载作用下框架结构的水平侧移由两部分组成。一部分属剪切变形，这是由框架整体受剪，梁、柱杆件发生弯曲变形而产生的水平位移。一般底层层间变形最大，向上逐渐减小。另一部分是弯曲变形，这是由框架在抵抗倾覆弯矩时发生的整体弯曲，由柱子的拉伸和压缩而产生的水平位移。当框架结构高宽比不大于 4 时，框架水平侧移中弯曲变形部分所占比例很小，位移曲线一般呈剪切型。框架结构的抗侧力刚度较小。

1.1.1.2 框架结构的适用范围

框架结构体系的主要缺点是侧向刚度较小，当房屋层数过多时，会产生过大的侧移，易引起非结构构件（如隔墙、装饰等）破坏，而不能满足使用要求。因此，框架结构适用于非抗震设计时的多层及高层建筑，抗震设计时的多层及小高层建筑（7 度区及 7 度区以下）。

在非地震区，钢筋混凝土框架结构一般不超 15 层。国外一般认为钢框架 30 层以下是经济的，钢筋混凝土框架 15 层以下是经济的。

抗震设计的高烈度区的高层建筑不宜采用纯框架结构，宜优先考虑框架-剪力墙结构。大量的工程实践表明：高烈度区的高层建筑采用纯框架结构，即使结构计算通过（某些控制指标符合规范要求，如侧移限值等），在结构受力上也是不合理、不经济的。这样的框架结构，梁、柱截面偏大，耗钢量大，地震时，抗震性能不好，侧向位移较大，围护结构、隔墙、管道等将遭受较大破坏。即使主体结构损坏不大，非结构构件的破坏严重，损失也将很巨大。一般 8 度区高度超过 20m 采用框架结构不经济，因此 6 层以上的建筑结构宜采用框

架-剪力墙结构或壁式框架结构。

抗震设计的框架结构不宜采用单跨框架。这是因为单跨框架的抗侧刚度小，耗能能力弱，结构超静定次数少，一旦柱子出现塑性铰（在强震下不可避免），出现连续倒塌的可能性很大，这就违背了“大震不倒”的设计思想。

1.1.2 框架体系的结构布置

1.1.2.1 平面形状

(1) 确定平面形状的原则

确定多高层建筑的平面形状，应该遵循这样一个原则：即通过合理的功能分区，将整个建筑分为若干个独立的单元，在每一个独立结构单元内，使结构简单、规则、对称，减少偏心，刚度和承载力分布均匀，这样的结构受力明确，传力直接，有利于抵抗水平和竖向荷载，减少扭转影响，减少构件的应力集中。对于抗震设计的高层建筑，更应注意平面形状的简单、规则、均匀，以减少震害。

(2) 建筑平面形状

图 1.1(a)~(e) 所示的平面形状是具有两个或多个对称轴的正方形、矩形（矩形平面的长宽比不宜大于 2）、正多边形、圆形、三角形，平面规则、对称，对抗震有利。

在沿海地区，当风荷载成为高层建筑的控制性荷载时，宜采用风压较小的平面形状，如圆形、正多边形、椭圆形、鼓形等平面，以利于抗风设计。而不采用对抗风设计不利的图 1.1(m)、(q)、(r)、(s) 所示的 H 形、弧形、Y 形、V 形等平面形状。

图 1.1(k)、(l)、(p) 等平面形状比较不规则、不对称，传力路线复杂，容易引起结构的较大扭转和一些部位的应力集中。为了保证楼板在平面内有很大的刚度，也为了防止或减轻建筑物各部分之间振动不同步，图 1.1 中各建筑平面的外伸段长度应尽可能小些。

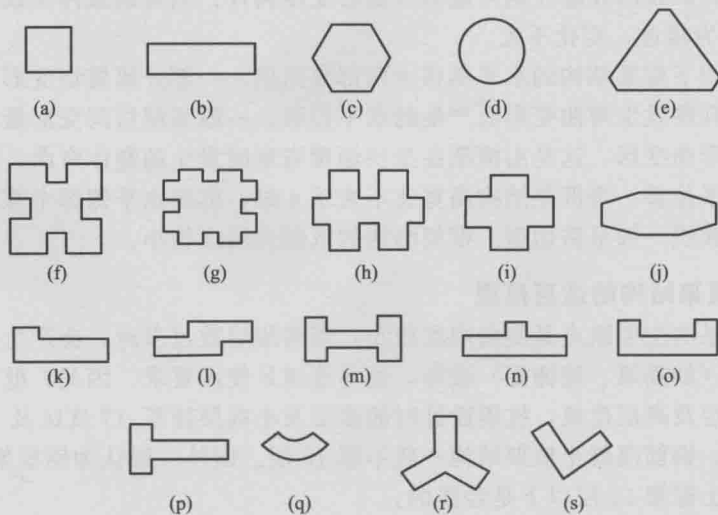


图 1.1 建筑平面形状

(3) 平面局部尺寸要求

建筑的平面长度不宜过长，长宽比 L/B 不宜过大。平面过于狭长的建筑物在地震时由于两端地震波输入有相位差而容易产生不规则振动，也即振动不同步，产生较大的震害。突出部分长度 l 不宜过大（图 1.2），因为平面有较长的外伸时，外伸段容易产生局部振动而

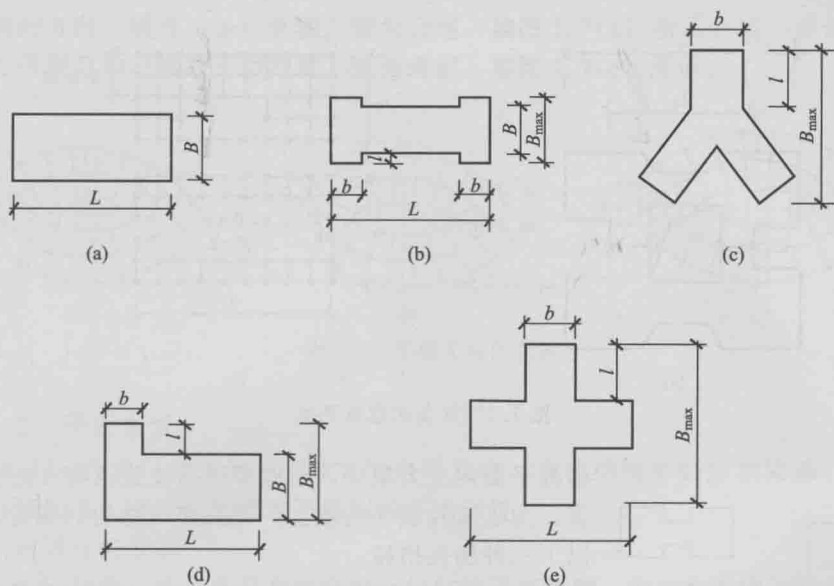


图 1.2 建筑平面

引发凹角（即阴角处容易受拉）处破坏。

对于抗震设计的 A 级高度高层建筑，《高层建筑混凝土结构技术规程》[(JGJ 3—2010)，以下简称《高规》] 规定了平面各部分尺寸的要求宜满足表 1.1 的要求。

表 1.1 平面尺寸及突出部位尺寸的比值限值

抗震设防烈度	L/B	l/B_{\max}	l/b
6 度、7 度	≤ 6.0	≤ 0.35	≤ 2.0
8 度、9 度	≤ 5.0	≤ 0.30	≤ 1.5

(4) 复杂平面形状为加强措施

目前在工程设计中应用的多数计算分析方法和计算机软件，大多假定楼板在平面内不变形，平面内刚度为无限大，这对于大多数工程来说是可以接受的。但当建筑平面复杂，导致楼板平面比较狭长、有较大的凹入和开洞而使楼板有较大削弱时，楼板可能产生显著的面内变形，这时宜采用考虑楼板变形影响的计算方法，并应采取相应的加强措施。

当楼板平面过于狭长、有较大的凹入和开洞而使楼板有过大削弱时，应在设计中考虑楼板变形产生的不利影响。楼板凹入和开洞尺寸不宜大于楼面宽度的一半，楼板开洞总面积不宜超过楼面面积的 30%；在扣除凹入和开洞后，楼板在任一方向的最小净宽度不宜小于 5m，且开洞后每一边的楼板净宽度不应小于 2m，如图 1.3(a) 所示。图 1.3(b) 所示的建筑平面则属于不规则平面。

如果由于功能或者地形的原因，采用复杂的平面形状而又不能满足表 1.1 的要求，则应进行更细致的抗震验算并在构造上应予以加强。《高规》规定了不宜采用角部重叠的平面图形或细腰形平面图形（图 1.4）。角部重叠和细腰形的平面图形，在中央部位形成狭窄部分，地震时容易产生震害，尤其在凹角部位，因为应力集中容易使楼板开裂、破坏，不宜采用。如采用，这些部位应采取加大楼板厚度、增加板内配筋、设置集中配筋的边梁、配置 45° 斜向钢筋等方法予以加强。

如图 1.5 所示的井字形平面建筑，由于立面阴影的要求，平面凹入很深，中央设置楼电梯间后，楼板四边所剩无几，由于外伸段长，容易产生不均匀振动，楼板变形较大；凹角处

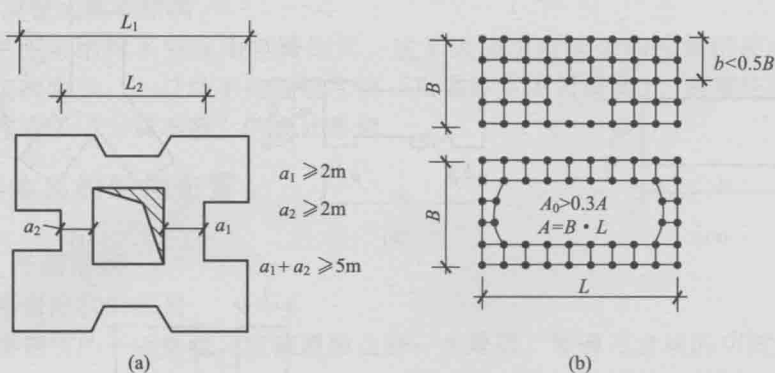


图 1.3 复杂的建筑平面

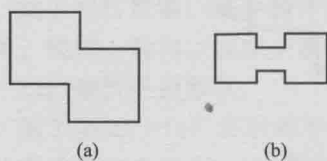


图 1.4 对抗震不利的建筑平面

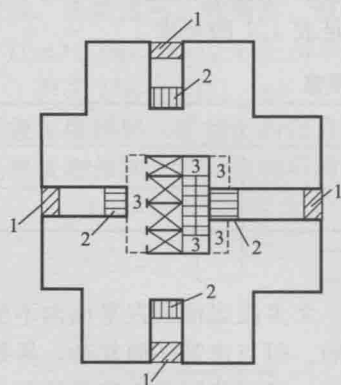


图 1.5 井字形建筑平面

楼板平面内应力集中，这些都容易使建筑物在地震中发生震害。为了减轻震害的发生，提高建筑物的抗震能力，可采取以下三种加强措施：

① 在外伸段末端（图 1.5 中 1）设置拉梁或拉板（板厚可为 250~300mm），梁、板内加强配筋；

② 在深凹处（图 1.5 中 2）增设不上人的外挑板或设置阳台，利用阳台板增大连接部位宽度，减少外伸长度，在板内配置双层双向钢筋，每层、每向配筋率为 0.25%；

③ 由于楼、电梯间开洞较大，是楼板的薄弱部位，所以在图 1.5 中 3 的虚线范围内，楼板宜适当加厚。如一般部位楼板厚 80mm，则该部位楼板可加厚至 120mm。

在图 1.6 的不规则平面中，图 1.6(a) 的重叠长度太小，应力集中十分显著，宜增设斜角板增强，斜角板宜加厚并设边梁，边梁内配置 1% 以上的拉筋。图 1.6(b) 中的哑铃形平面中，狭窄的楼板连接部分是薄弱部位。经动力学分析表明：板中剪力在两侧反向振动时可能达到很大的数值。因此，连接部位板厚应增大；板内设置双层双向钢筋网，每层、每向配筋率不小于 0.25%；边梁内配置不小于 1% 的受拉钢筋。

(5) 复杂平面形状的调整措施

对于复杂的建筑平面，在方案阶段结构设计人员密切与建筑专业配合，通过协商，适当调整建筑平面，可做到在满足功能和建筑艺术的前提下，使结构布置更为合理。如图 1.7 所示的平面，由于两端楼、电梯井斜放，整个建筑物无一对称轴，如图 1.7(a) 所示；如果调

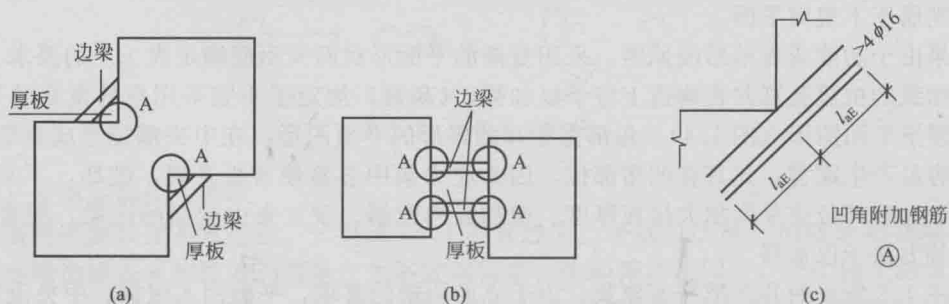


图 1.6 凹角部位楼板的加强

整一个端筒的方向, 则有一条对称轴, 较为合理, 如图 1.7(b) 所示; 进一步调整两个端筒方向, 则可得到双轴对称的平面布置, 更为理想, 如图 1.7(c) 所示。

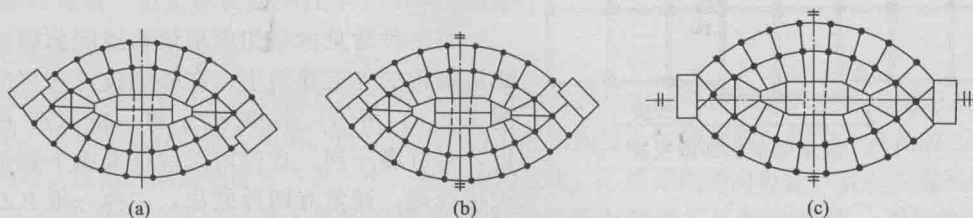


图 1.7 平面布局的调整

1.1.2.2 平面布置

《高规》规定在高层建筑的一个独立结构单元内, 宜使结构平面形状简单、规则, 刚度 and 承载力分布均匀。不应采用严重不规则的平面布置。

(1) 扭转效应的限制

结构平面不对称, 造成质量和刚度偏心; 结构平面规则, 但结构刚度不对称; 结构抗侧力构件不对称或荷载、质量分布不均匀; 结构上下层的质心或刚心不在同一铅垂线上或相距过远; 结构单元过长等, 以上这些因素在地震时会造成建筑各部分运动的相位差, 从而引起结构的扭转效应。国内外的历次大地震震害表明, 平面不规则、质量与刚度偏心和抗扭刚度太弱的结构, 在地震中受到了严重的破坏。国内一些振动台模型试验结果也表明, 扭转效应会导致结构的严重破坏。对结构的扭转效应需从两个方面加以限制。

① 限制结构平面布置的不规则性, 避免产生过大的偏心而导致结构产生较大的扭转效应。在考虑偶然偏心影响 (对多层建筑可不考虑偶然偏心影响) 的地震作用下, 楼层竖向构件的最大水平位移和层间位移, A 级高度高层建筑不宜大于该楼层平均值的 1.2 倍, 不应大于该楼层平均值的 1.5 倍; B 级高度高层建筑、混合结构高层建筑及《高规》第 10 章所指的复杂高层建筑不宜大于该楼层平均值的 1.2 倍, 不应大于该楼层平均值的 1.4 倍。

② 限制结构的抗扭刚度不能太弱。结构扭转为主的第一自振周期 T_1 与平动为主的第一自振周期 T_1 之比, A 级高度高层建筑不应大于 0.9, B 级高度高层建筑、混合结构高层建筑及《高规》第 10 章所指的复杂高层建筑不应大于 0.85。当两者接近时, 由于振动耦联的影响, 结构的扭转效应明显增大。抗震设计中应采取措施减小周期比 T_1/T_1 值, 使结构具有必要的抗扭刚度。若周期比 T_1/T_1 不满足本条规定的上限值时, 应调整抗侧力结构的布置, 增大结构的抗扭刚度。

扭转耦联振动的主方向, 可通过计算振型方向因子来判断。在两个平动和一个转动构成的三个方向因子中, 当转动方向因子大于 0.5 时, 则该振型可以认为是扭转为主的振型。

(2) 框架结构的梁、柱连接

框架结构是由梁、柱构件组成的空间结构, 既承受竖向荷载, 又承受风荷载和地震作用, 因此, 必须设计成梁柱双向拉结的高次超静定刚架体系来可靠地承担竖向荷载和水平荷载的作用, 并且应具有足够的侧向刚度, 以满足规范、规程所规定的楼层层间最大位移与层高之比的限值。

框架结构由于建筑使用功能或立面外形的需要, 如图 1.8 所示在沿纵向边框架局部凸出, 形成了纵向框架梁与横向框架梁相连的无框架柱的 A 点, 也即采用铰接处理。此类情况在框架结构中属于个别铰接, 是允许的。因为如果在 A 点再设柱或形成两根纵梁相连的扁大柱, 将使相邻双柱或扁柱, 在水平地震作用下吸收大量楼层剪力, 造成平面内各抗侧力

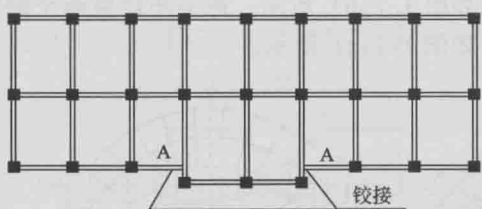


图 1.8 框架梁个别部位铰接

的竖向构件（框架柱）刚度不均匀，尤其当局部凸出部位在端部或平面中不对称时，将产生扭转效应。

另一种常见的采用框架结构或底部框架上部砖房结构的住宅建筑中，在楼梯设计布置时，如图 1.9(a) 所示，两根 KZ6 和一根 KZ7 相距太近，对抗震不利。这时可采取框架梁个别部位的铰接处理，通常有两种做法，去掉一根 KZ7，如图 1.9(b) 所示；或者去掉两根 KZ6，如图 1.9(c) 所示；不过最好调整建筑方案，改变布局，这样对结构有利。

图 1.9(b) 所示；或者去掉两根 KZ6，如图 1.9(c) 所示；不过最好调整建筑方案，改变布局，这样对结构有利。

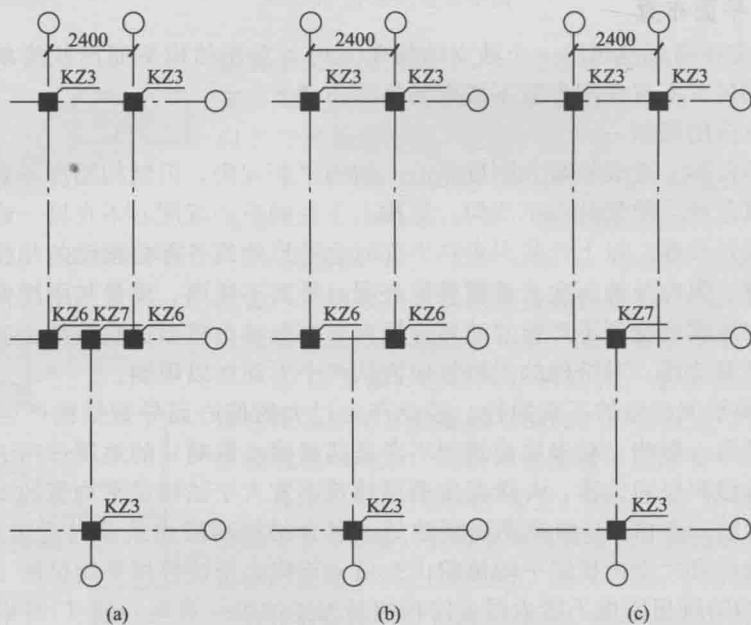


图 1.9 框架梁个别部位铰接处理

(3) 柱网布置

框架结构柱网的开间和进深应根据建筑使用功能要求，结合受力的合理性、方便施工、经济性等因素确定。

大柱网 [图 1.10(a)] 适用于建筑平面要求有较大空间的房屋，如商场、车站、展览馆、停车库、宾馆的门厅、餐厅等，但框架梁的截面尺寸较大。在有抗震设防的框架房屋

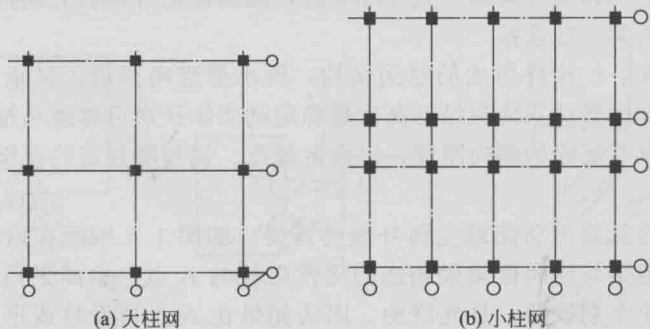


图 1.10 框架结构柱网布置

中, 过大的柱网将给实现强柱弱梁及延性框架增加一定的困难。

小柱网 [图 1.10(b)] 梁柱截面尺寸较小, 适用于饭店、办公楼、医院病房楼等分隔墙体较多的建筑。但走廊处梁断面小, 不利于抗震。

1.1.2.3 竖向布置

历次地震震害表明: 结构刚度沿竖向突变、外形外挑或内收等, 都会产生某些楼层的变形过分集中, 出现严重震害甚至倒塌。所以设计中应力求结构竖向体型规则、均匀, 避免有过大的外挑和内收。结构的侧向刚度宜下大上小, 逐渐均匀变化, 不应采用竖向布置严重不规则的结构。

① 正常设计的高层建筑下部楼层侧向刚度宜大于上部楼层的侧向刚度, 否则变形会集中于刚度小的下部楼层而形成结构薄弱层, 所以抗震设计的高层建筑结构, 下层侧向刚度不宜小于上部相邻楼层的 70%, 或其上相邻三层侧向刚度平均值的 80%。

② 楼层抗侧力结构的承载能力突变将会导致薄弱层破坏, 因此, 《高规》规定 A 级高度高层建筑的楼层层间抗侧力结构的受剪承载力不宜小于其上一层受剪承载力的 80%, 不应小于其上一层受剪承载力的 65%; B 级高度高层建筑的楼层层间抗侧力结构的受剪承载力不应小于其上一层受剪承载力的 75%。楼层层间抗侧力结构受剪承载力是指在所考虑的水平地震作用方向上, 该层全部柱及剪力墙的受剪承载力之和。

③ 中国建筑科学研究院的计算分析和试验研究表明, 当结构上部楼层相对于下部楼层收进时, 收进的部位越高、收进后的平面尺寸越小, 结构的高振型反应越明显, 因此对收进后的平面尺寸加以限制。当上部结构楼层相对于下部楼层外挑时, 结构的扭转效应和竖向地震作用效应明显, 对抗震不利, 因此对其外挑尺寸加以限制, 设计上应考虑竖向地震作用影响。《高规》规定在抗震设计时, 结构竖向抗侧力构件宜上下连续贯通。当结构上部楼层收进部位到室外地面的高度 H_1 与房屋高度 H 之比大于 0.2 时, 上部楼层收进后的水平尺寸 B_1 不宜小于下部楼层水平尺寸 B 的 0.75 倍 [图 1.11(a)、(b)]; 当上部结构楼层相对于下部楼层外挑时, 下部楼层的水平尺寸 B 不宜小于上部楼层水平尺寸 B_1 的 0.9 倍, 且水平外挑尺寸 a 不宜大于 4m [图 1.11(c)、(d)]。

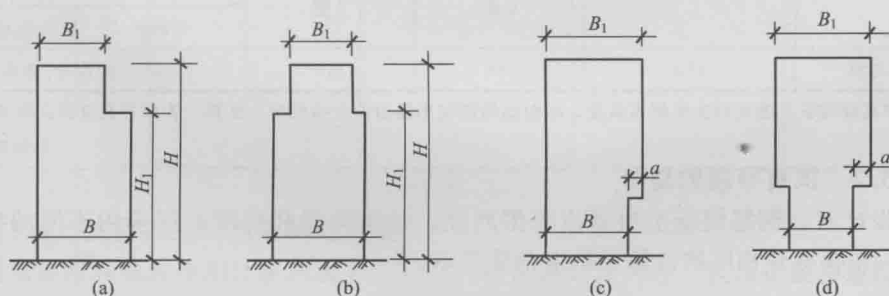


图 1.11 结构竖向收进和外挑

④ 顶层取消部分墙、柱而形成空旷房间时, 其楼层侧向刚度和承载力可能比其下部楼层相差较多, 是不利于抗震的结构, 应进行详细的计算分析, 并采取有效的构造措施。如采用弹性时程分析进行补充计算、柱子箍筋应全长加密配置、大跨度屋面构件要考虑竖向地震产生的不利影响等。

1.1.3 框架结构的基本要求

1.1.3.1 现浇钢筋混凝土房屋的最大适用高度

对于钢筋混凝土结构的多高层建筑, 从安全和经济诸方面综合考虑, 其适用高度应有限值。