

外砖内模多层住宅 结构与施工

中国建筑科学研究院建筑结构研究所 主编



中国铁道出版社

1986年·北京

外砖内模多层住宅 结构与施工

中国建筑科学研究院建筑结构研究所 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1986年·北京

外砖内模多层住宅结构设计与施工

中国建筑科学研究院建筑结构研究所 主编

中国铁道出版社出版

责任编辑 翁大厚 封面设计 刘景山

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本787×1092毫米 1/32 印张：9.5 字数：232 千

1986年12月 第1版 1986年12月 第1次印刷

印数：0001—12,000册 定价：3.00 元

前 言

外砖内模多层住宅结构体系是结合我国情况首创的一种工业化住宅结构体系。它首先于1977年被采用于北京市劲松小区的多层住宅（五、六层）建设中，后经较系统的试验研究和大量的工程实践，形成了一个成套技术。这套技术获得了1979年度北京市科技成果一等奖、1980年度国家建筑工程总局科技成果一等奖和1982年国家发明创造三等奖。

目前，这种住宅结构体系已在北京和国内其他一些城市推广应用，经济效果较显著。为了进一步总结和发展这种体系，使有关科技人员能比较系统、深入地了解这种体系的设计和施工方法，以便于在实际工程中应用，特编写本书供有关人员参考。本书在内容编排方面，第一章至第四章系从体系的综述开始，按设计工作程序分别介绍建筑平面设计及结构布置、结构内力计算方法以及墙体截面设计和结构连结构造措施。第五章列举了两种典型工程的设计计算实例。第六章介绍有关的施工技术。此外，还在附录中专门论述有关的试验成果。为了扩大这种体系的应用范围，书中还介绍了新近研究并进行试点的底层大空间外砖内模多层住宅结构。

参加本书编写工作的有徐培福、吴廉仲、郝锐坤、赵西安（以上为中国建筑科学研究院建筑结构研究所工作人员），曾哲（北京市第二建筑工程公司），陈琢如（北京市建筑设计院）。初稿写出后，又承袁之廉高级工程师作了校核，全部插图由欧永成工程师精心绘制，一并致谢。

全书由中国建筑科学研究院副院长张维嶽审阅。

由于编者水平有限，书中难免有不当处，希批评指正。

基本符号

荷 载

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| Q_0 ——结构底部剪力（即总水平地震荷载）； | W_0 ——基本风压； |
| q ——框支剪力墙上均布竖向荷载的集度； | W_f ——作用于建筑物上的风力； |
| W ——产生地震荷载的建筑物总重量； | P ——作用于楼层的水平力； |
| W_i ——第 i 楼层的重量； | |

内 外 力

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| M ——弯矩； | M_l ——剪力墙竖向分布钢筋抵抗的弯矩； |
| M_c ——柱、墙肢或组合柱的弯矩； | N ——轴向力； |
| M_{c1} ——柱、组合柱的上端弯矩； | N_c ——柱、墙肢或组合框架柱的轴向力； |
| M_{c2} ——柱、组合柱的下端弯矩； | N_l ——底层框架梁的轴向拉力； |
| M_l ——梁、连梁或组合框架梁的弯矩； | Q ——剪力； |
| M_{lA} ——节点处右侧梁的端弯矩； | Q_c ——柱、墙肢或组合框架柱的剪力； |
| M_{lB} ——节点处左侧梁的端弯矩； | Q_l ——梁、连梁或组合框架梁的剪力； |
| M_t ——楼层扭矩； | Q_q ——各片剪力墙的剪力； |
| M_q ——各片剪力墙的弯矩； | Q_k ——混凝土能承受的剪力； |
| M_0 ——剪力墙端部钢筋抵抗的弯矩； | Q_k ——横向钢筋能承受的剪力； |

应 力

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| σ_x ——墙体的水平应力； | σ_s ——钢筋应力； |
| σ_{x0} ——墙体的最大水平拉应力； | σ_0 ——截面平均应力； |
| σ_y ——墙体的垂直应力； | σ_{st} ——主拉应力； |
| σ_{y1} ——边框支柱上方墙体的垂直应力； | τ ——墙体的剪应力； |
| σ_{y2} ——中框支柱上方墙体的垂直应力； | τ_{max} ——最大剪应力； |

材 料 指 标

- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| E ——弹性模量； | R_g ——钢筋的抗拉设计强度； |
| E_f ——砖砌体的弹性模量； | R_w ——混凝土的弯曲抗拉设计强度或砖砌体沿通缝截面的弯曲受拉强度； |
| E_h ——混凝土的弹性模量； | R ——砖砌体的抗压强度； |
| G ——剪切模量； | R_c ——考虑承受轴力时砖砌体的抗剪强度； |
| R_a ——混凝土的轴心抗压设计强度； | R_f ——砖砌体的抗剪强度； |
| R_t ——混凝土的抗拉设计强度； | |

目 录

第一章 外砖内模多层住宅结构体系	1
第二章 建筑设计与结构布置	5
第一节 建筑平面设计	5
第二节 结构布置	6
第三节 底层大空间住宅的结构布置	13
第四节 建筑平面方案实例	17
第三章 结构的内力计算	20
第一节 内力计算的一般原则	20
第二节 外砖内模多层住宅结构的计算	23
第三节 底层大空间住宅结构的简化计算	39
第四节 外砖内模多层住宅结构考虑扭转影响的计算	48
第四章 墙体截面设计及结构连接构造	51
第一节 混凝土墙体的截面设计及构造要求	51
第二节 框支剪力墙的截面设计及构造要求	57
第三节 外砖墙强度验算	58
第四节 构造设计	60
第五章 工程设计计算实例	69
第一节 六层外砖内模住宅结构设计计算实例	69
第二节 底层大空间的六层外砖内模住宅结构设计计算实例	98
第六章 施 工	112
第一节 主体结构的施工	112
第二节 大模板设计	114
附 录 结构设计方法的依据——试验研究成果	120
第一节 单片剪力墙的试验	120
第二节 空间模型静力试验	127
第三节 空间模型动力试验	139

第一章 外砖内模多层住宅结构体系

外砖内模多层住宅结构体系是一种适合我国情况、可用于建造7层及7层以下住宅的工业化结构体系，住宅结构的特点是：房屋的主要承重和抗侧力结构为内部纵、横墙，这些墙体采用大模板、现浇钢筋混凝土的施工工艺；外墙用砖砌筑，并设置钢筋混凝土圈梁及构造柱，外墙不仅是房屋的围护结构，而且还能承受部分垂直荷载和侧向力；楼板采用一间房一块带面层的预制大模板（或预制小模板）；内外墙以及楼板之间采用构造措施连接，以加强房屋结构的整体性（图1—1）。这种体系吸取了北京市及国内外一些多层住宅工业化结构体系和砖混结构的优点，使多层住宅的造价和用钢量与砖混结构相接近，而施工速度又与有些工业化住宅结构体系接近。房屋的使用效果和抗震性能较好。

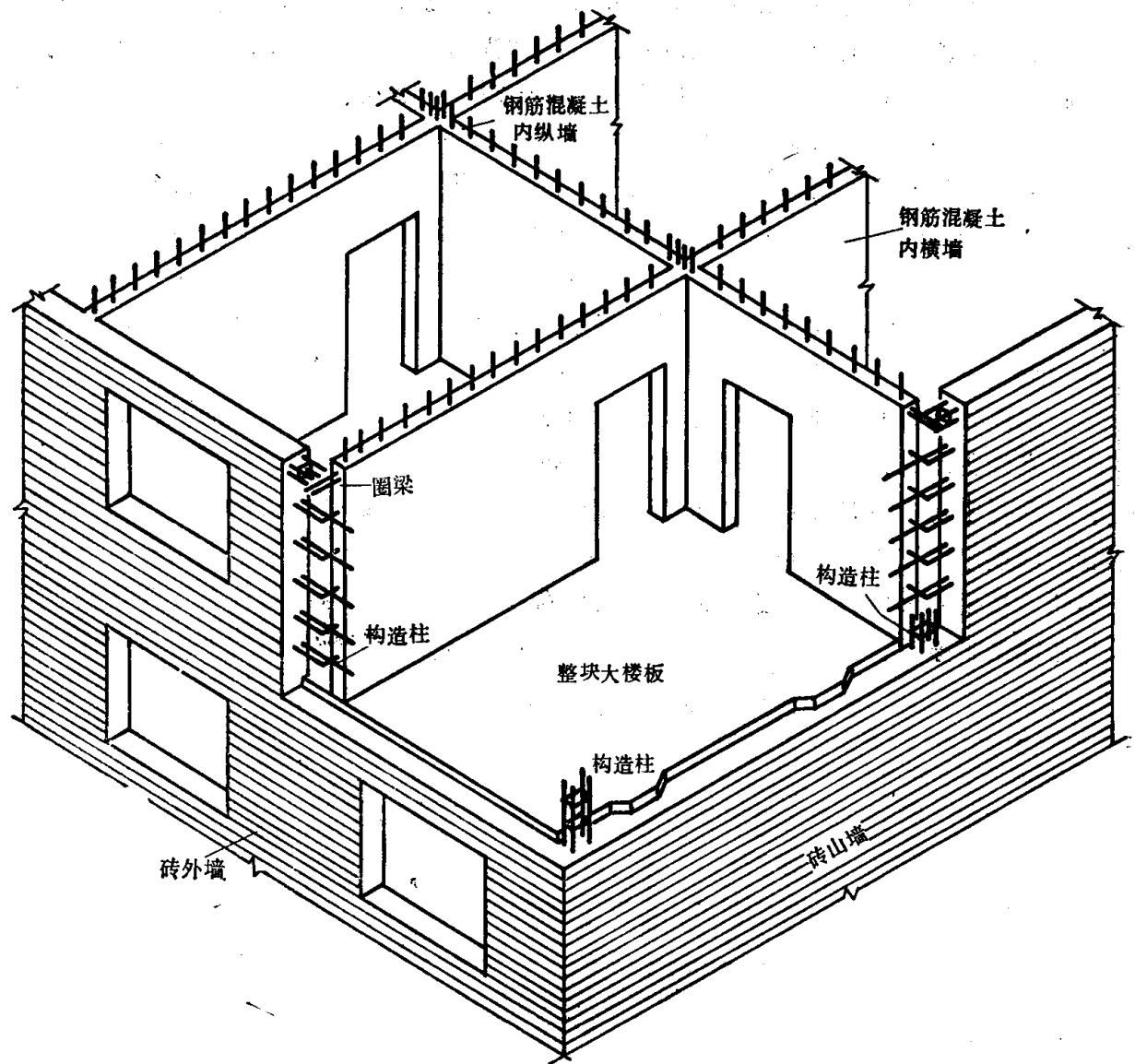


图1—1 外砖内模多层住宅结构体系

建国后，我国多层住宅长期沿用传统的砖混结构，施工大部分依靠现场手工操作，很难实现施工机械化，工人劳动强度大，施工速度慢。1976年唐山地震后，在砖混结构抗震住宅中又需增加钢筋混凝土构造柱和圈梁，更增多了施工工序和用钢量，施工速度也更难于加快。砖混结构的优点是造价较低，尤其是外墙的造价比预制或现浇钢筋混凝土外墙节省很多；而砖外墙的保温、隔热、防水、抗温度伸缩等性能都优于钢筋混凝土外墙，清水砖外墙既经济又美观、与之相比，采用钢筋混凝土外墙的涂料外饰面就较为逊色。

五十年代末，我国开始试点研究工业化住宅结构体系。1958年开始试点修建全装配式钢筋混凝土结构大板住宅，1974年试点采用滑升模板施工的全现浇钢筋混凝土墙体多层住宅，1975年试点采用外墙为预制大板、内墙为大模板现浇钢筋混凝土墙体的多层住宅。这些体系的工业化程度和施工工效比较高，但钢材和水泥的用量较大，造价较高，混凝土外墙的保温、防水等性能较难满足使用要求。

1977年在北京市劲松小区的一批6层住宅建设中，首次试点采用了外砖内模体系（图1—2）。实践表明这个体系的技术经济效果是比较显著的：

一、此体系将大模板施工工艺用于浇灌内部纵横墙体混凝土，吸取了大模板工业化体系的优点，工艺简便、设备简单、技术容易掌握、投资少、上马快，能迅速形成生产能力。房屋的施工工艺流程为：先砌筑好砖外墙，预留构造柱和圈梁的位置，然后就位大模板，在浇灌内纵、横墙混凝土的同时，一次完成构造柱和圈梁的浇灌，这样既减少了工序又保证了结构的整体性。这个体系的人工砌砖和抹灰量与砖混结构相比可减少一半以上，劳动强度降低，而施工机械化水平由砖混结构的30~40%提高到50~60%。施工速度主要取决于大型模板以及与其相配套的塔吊能力。因而结构施工速度显著加快。一栋四单元的多层住宅，每层面积为600m²，可住12户，从工艺与技术条件来说，正常速度可实现四天修建一层楼。目前，由于组织管理方面的原因，平均水平为四至七天修建一层，而砖混结构为七至十天一层。外砖内模体系主体结构的施工速度与外墙为预制大板，内墙为大模现浇混凝土的结构体系大致接近。

二、四周外墙采用砖砌体虽然会比采用预制大板的施工机械化水平有所降低，但从我国现阶段技术经济条件出发，采用砖外墙可取得较好的经济效果。由于外墙不用预制板，从而使这种体系住宅每m²建筑面积的造价与砖混结构大致相近。如按住宅的实际使用面积计算，因混凝土内墙厚度比砖内墙减少一半，使用面积可比砖混结构增加4~5%，有些实际工程设计表明，按使用面积计算的造价则比砖混结构还要省。此外，这种体系的用钢量也比较节省，与砖混结构接近。表1—1对北京市采用的四种多层住宅体系的主要经济指标作了比

北京市四种多层住宅体系的主要经济指标 表 1—1

项 目 体系名称	±0 以上土建造价 (元/m ²)	钢 材 (kg/m ²)	水 泥 (kg/m ²)	砖 (块/m ²)
外砖内模	73~79	11~15	126~153	90
砖混结构	72~76	11~14	96~116	211
外板内模	102~113	17~20	170~200	
装配大板	110~118	21~23	158~191	

注：1. 表中的砖混结构是指有组合柱的砖混结构；
2. 表中数字参看《建筑技术》1980年第1期第32页。

较，从中可看出，装配式大板体系的造价，钢和水泥用量最高，其次是外板内模体系（外墙

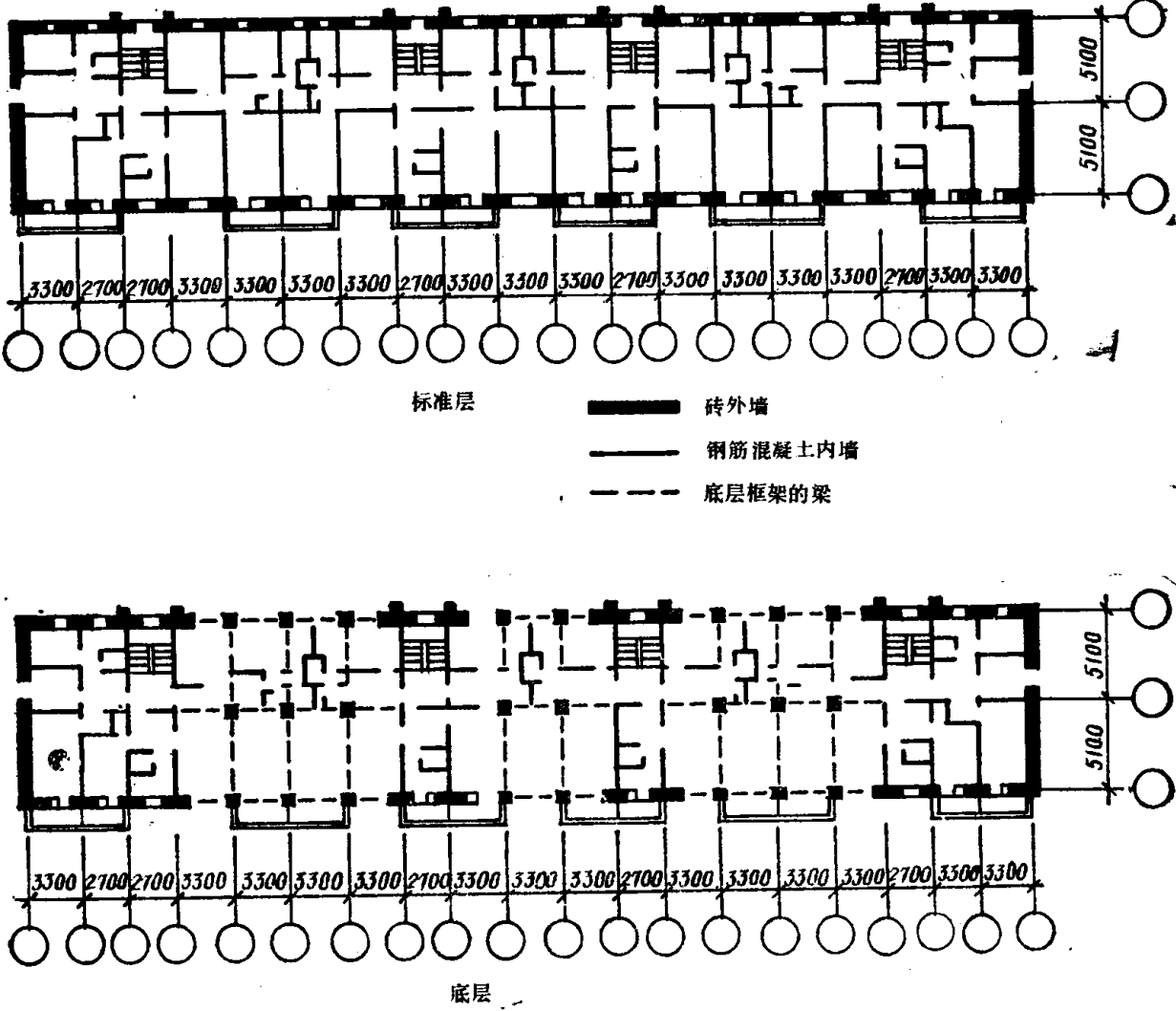
为预制钢筋混凝土墙板，内墙为大模板现浇钢筋混凝土），而外砖内模体系与砖混结构相比，水泥用量较多，造价及用钢量相近，但节省了砖。

三、采用砖外墙能使房屋在保温、隔热、防水以及外装饰等方面容易满足使用要求，为住户所欢迎。相反，采用预制大板外墙，限于我国目前的技术经济条件，很难满足使用要求。北方地区外墙板的保温、防寒，因建材供应及接缝构造等问题，有时使住户很不满意；南方地区外墙板的防水、隔热同样存在着问题，而且预制外墙板的外装饰的耐久性也较差。

四、试验研究表明，外砖内模结构体系的抗震性能优于砖混结构，并且可根据建筑物的不同抗震设防要求，调整墙体的配筋。此体系一般在非地震区及7度抗震设防地区可建至7层，8度区可建至6层，9度区可建至4层。



图 1—2 北京市劲松小区外砖内模多层住宅



外砖内模体系因具有上述技术经济效果, 自1977年以来, 已在北京等17省、市大面积推广使用。北京市1977年建成的这类住宅建筑面积为3.8万 m^2 , 1978年为8.7万 m^2 , 1979年为36.7万 m^2 , 1980年为59万 m^2 , 1981年为69万 m^2 , 1982年达100万 m^2 , 总计约280万 m^2 。1980年一年内全国建成的外砖内模多层住宅为167万 m^2 。近年来这种体系还在不断地完善和发展。为满足住宅底层布置商店等需要, 避免在小区建设中住宅楼外另建商店、餐馆等, 已开始采用底层为大空间的多层住宅, 其结构体系如图1—3所示, 标准层结构平面同一般的外砖内模住宅结构, 底层的一部分钢筋混凝土内墙改换成框架, 其余部分内墙仍落至基础上。

第二章 建筑设计与结构布置

住宅设计在于为住户创造一个舒适的家庭生活场所。随着对住宅的大量需求，物质基础的增长，科学技术的进步，必然导致住宅建设向工业化方向发展。

住宅建设工业化的特点是将住宅作为定型产品，对房屋设计、建筑材料生产与供应、构配件制作，现场施工及组织管理等各个环节，都按工业化生产的要求，通盘考虑，综合研究，配套地应用新技术，以取得好的综合经济效益。

外砖内模多层住宅结构是一种工业化住宅体系。在设计中，除应遵循住宅建筑设计的一般规律外，也应当适应工业化住宅设计的特殊要求。

第一节 建筑平面设计

住宅建筑是否舒适、工业化程度如何，与建筑平面设计有很大的关系。在设计中，要求重视提高住宅的标准化程度、减少构配件规格，并能够提供多种户型、立面和体型。

作为平面设计的前提，首先，应当根据统一模数制，就房屋的开间、进深、层高制定出统一的参数系列，并制订出构配件与定位轴线相互关系的准则。

其次，在参数系列的基础上，一个省、市，或一个地区，应当就某一种体系或几种体系，对开间、进深、层高确定出有限的几个参数数值。例如，北京市外砖内模多层住宅的参数为：开间2.70、3.30、3.90m，进深5.10m，层高2.70m。

在制订和选择参数时，应当掌握好建筑标准。在确定构配件与定位轴线尺寸关系时，需要估计到由于建筑材料的变化或发展可能引起的构配件尺度的变化。力求所确定的参数和尺寸关系准则能具有一个较长时期的稳定性。

在平面设计时，首先须确定每户所能占有的建筑面积，即平均每户的建筑面积标准。通常，这一标准由国家有关机构制订。对外砖内模建筑来说，在制订这一标准时还应当照顾到工业化体系的特点。如果硬性规定工业化住宅的每户建筑面积标准，与砖混结构住宅的习用标准等同，将可能导致轴线关系、平面关系的不合理，以及构配件规格多等弊病。这方面的教训是不少的。北京市外砖内模多层住宅标准设计，平均每户建筑面积标准为 $57\sim 58\text{m}^2$ ，比混合结构多层住宅多 $1\sim 2\text{m}^2$ 。

住宅建设要向工业化方向发展，同时又要求能够满足使用多样化的要求。所谓多样化，就是在一个城市或一个地区，应体现为有多种成套图纸可供采用，包括有不同的建筑面积标准、不同的平面布置和不同的外观效果，以及不同的住宅建筑体系。

多样化是从住宅建设这一问题的整体性或全局性来要求的。对每一套住宅设计来说，应尽量避免轴线参数尺寸多、平面变化多、构配件规格多、材料种类多。多种多样的住宅设计，应力求用定型的构配件，定型的房间平面、定型的单元平面来组成。

北京市建筑设计院等单位，对大模板住宅体系的设计标准化，其中包括外砖内模多层住宅进行了研究。研究工作改变了过去先搞建筑方案定型，再搞构配件定型的方法，而是先系

统的研究各种不同的建筑方案,找出一般住宅的变化规律,综合归纳出一套建筑参数,一套定型构件,一套构造做法,使能组合成多种住宅设计图纸。其特点是参数是控制的,构件是定型的,而住宅设计则是可变的和多样的。

了解住户对住宅要求的发展趋向,是进行平面设计的重要前提。例如我国在五十年代和六十年代,在住宅中能够实现独厨独厕,独门独户,多数住户已非常满意。近年来,随着人民群众生活水平的提高,对住宅设计的要求也有了变化。主要反映为,要求改善房间的构成,增加居住空间,考虑洗衣机、电冰箱的安放位置等。那种卫生间只能容纳一个蹲坑、厨房只能摆放一个炉灶的平面设计已很难为住户所接受。

在平面设计中,厨房、卫生间面积的大小以及门厅或起居室的有无,已成为住户是否感到舒适的重要标志。用压缩厨房、卫生间面积,取消门厅等辅助居住空间来提高居住面积系数的设计手法是不可取的。

带有方厅的户型平面与我国现阶段经济水平和人民生活水平较为适应。方厅具有餐厅、客厅、临时卧室、以及放置电冰箱、洗衣机、自行车等多种用途,受到群众的普遍欢迎。因此应充分重视设计好这类户型平面。方厅的平面位置需仔细推敲,应着眼于增加其使用功能与效率。在户型平面设计中,应当重视第一印象,即入户后的第一个感觉。人们下班归来,迎接他的应当是一个称心如意的家。在不少情况下,将方厅布置为门厅,入户见厅,在舒适感方面,能取得很好的效果。

卫生间面积不宜小于 2 m^2 。由于大多数新建住宅区在一个比较长的时期内,还不能保证集中供应热水,因此卫生间内设置浴盆并不一定实用。厨房面积不宜小于 4.5 m^2 。窄条式的厨房平面,即使面积较大也不便于使用。

在户内平面设计中,应当尽量减少纯交通面积。设置通开间的或者带拐弯的狭长走道,常常将一间大房间割成小居室,本身也只是起行走交通作用;此外,它给予人们的印象是闭塞,拥挤和不亲切。除非能在其它方面得到更多的好处,一般不宜采用户门连着狭长走道的设计手法。减少交通面积,是提高居住面积系数正确的途径。

将户内走道面积扩展为门厅,并将门厅、厨房、卫生间定型布置在一个大间内,是近年来不少设计中乐于采用的手法,具有多方面的优点。在本章第四节中,将通过平面方案实例对此进一步分析。

户内应有足够的贮藏面积和空间,这对于方便居住、保持家庭整洁有着重要的作用。但壁柜的平面位置,应与户型平面内的其它安排相协调。不宜因设壁柜而将一间大居室割为中居室,小居室,或者将设置壁柜作为平面设计中对某一问题不好处理的弥补措施。充分利用空间,设置搁楼,是近年来不少设计用以提高居住面积系数,满足贮藏需要的有效措施。

建筑平面设计与结构布置密切相关。在许多情况下,平面设计本身就决定了结构布置。平面设计主要考虑使用合理,结构布置则主要考虑受力合理。在地震区,平面设计与结构布置,相互影响,相互制约。因此,了解结构布置中的特点和要求,将有助于更好地进行平面设计。

第二节 结 构 布 置

结构布置应当密切结合建筑设计进行。结构布置的任务是使结构构件得到良好的组合,受力合理而明确,以及使建筑物有良好的整体性。当按抗震要求设计时,对结构布置的要

求，在许多方面要比非地震区严格得多。对外砖内模多层住宅来说，还应当考虑大模板的工业化施工特点。

一、结构布置的一般原则

房屋的平面形状，应当力求简单规则。平面外形复杂，会使外墙在多处形成阳角与阴角，使楼盖在平面内的刚度多处发生变化，并有可能使建筑物质量中心偏离刚度中心较多。在地震力作用下，在平面形状转折处会产生应力集中，使建筑物的受力趋于复杂。多层住宅由于平面布置形状复杂和墙体凹凸多变而加剧震害的事例是很多的。

应适当限制建筑平面有较大的伸出和收进部分。图 2—1 表示对“L”形平面伸出部分的限制条件，要求 $b_2 \leq L_2/2$ ， $b_2 \leq b_1/2$ 。

当建筑平面外形伸出收进过大时，应设置防震缝将其分成几个平面外形简单的结构单元（参见图 2—2）。

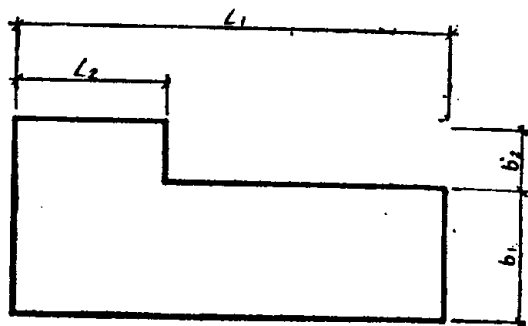


图 2—1 建筑平面外形要求

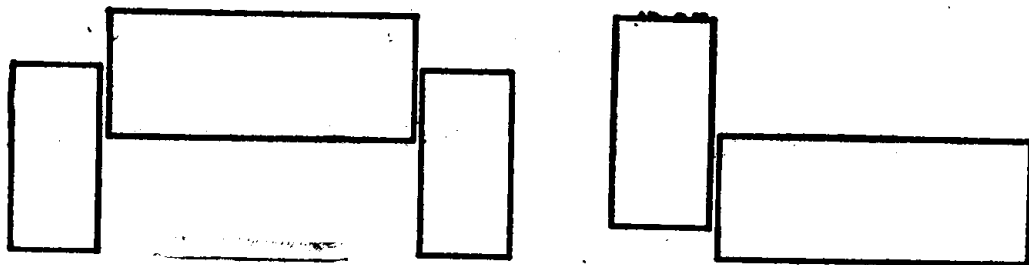


图 2—2 防震缝的设置

当房屋立面高差在两层以上，房屋有错层，楼板高差较大，或者各部分结构刚度变化大时，均应设置防震缝，将房屋分成为几个体型简单，刚度均匀和质量沿高度方向均匀分布的独立结构单元。

对过长的建筑平面，应根据规范要求设置温度伸缩缝，将其划分成若干温度区段。

大模板现浇钢筋混凝土墙体对温度、伸缩的作用比较敏感。对大量已建大模板多层住宅的裂缝调查表明，如在设计、施工中不注意，则混凝土墙体的裂缝比较普遍。裂缝主要有三种形式（见图 2—3），1、内墙门洞上角部裂缝及门过梁垂直裂缝，一般裂缝宽度为 0.3 到 0.5mm。在调查中见到这类裂缝较多，有的工程有一半以上的门洞有这种裂缝。2、内横墙与外砖墙交接处的裂缝，常见于建筑物的顶层，裂缝宽度一般为 0.3mm 左右。3、墙面的斜裂缝和竖直裂缝。这种裂缝比较少一些，裂缝宽度一般为 0.5 到 1 mm，有的达 1 mm 以上。这些裂缝有一部分是在施工阶段大模板拆模时形成的，拆模时混凝土标号低，碰撞后易产生裂缝；而大部分裂缝是由于温度、收缩而产生的，施工阶段形成的裂缝也会因温度、收缩而明显加宽、伸长。有的工程在设计、施工中不重视混凝土墙体的裂缝问题，使墙体裂缝比较普遍，裂缝宽度达 1～2 mm，因而影响使用质量，降低了结构的安全度。在外砖内模多层住宅的设计、施工中应采取措施避免或减少混凝土墙体出现裂缝，例如把房屋的总长度一般控制在 50m 以下，最大不宜超过 60m；在建筑物顶层和底层的混凝土内墙内加强配置构造分布钢筋，在其余各层墙体内也配置适量的构造分布筋，在每层楼板下部的墙体内配置水平拉

筋；施工阶段拆模时减少碰撞，适当控制混凝土水灰比及砂石含泥量，屋盖结构完工后及时施工屋顶保温隔热层等。

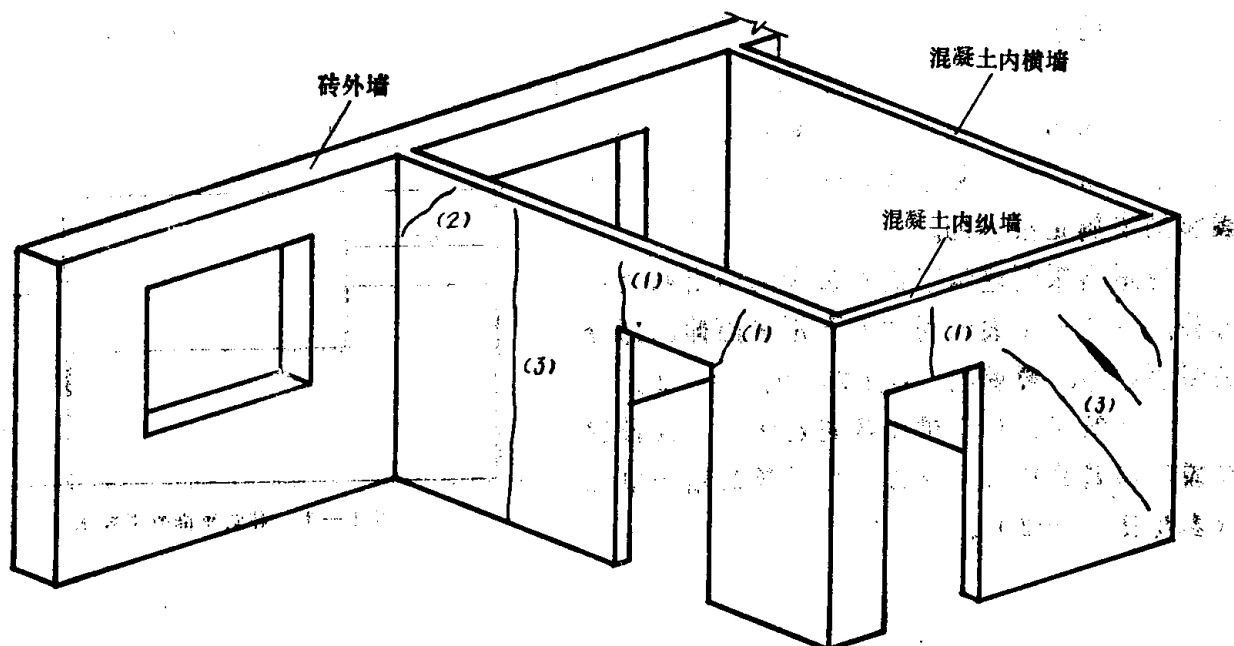


图 2-3 混凝土内墙裂缝位置示意图

在下述平面位置处，应考虑设置沉降缝，以避免因地基不均匀沉降而引起上部结构开裂和破坏：

- (一) 在房屋高度或荷载差异较大处；
- (二) 地基土的压缩性有显著差异处；
- (三) 基底标高相差太大，基础类型或基础处理不一致处。

防震缝、温度伸缩缝应沿房屋全高设置，基础部分可以不分开。防震缝的宽度一般取为 5~7 cm。同时，在 7 度抗震设防地区缝宽应不小于 $H/350$ ，8 度区不小于 $H/250$ 。 H 为相邻结构单元中较低单元的屋面高度。沉降缝则要求从基础到屋顶全部贯通。

设置防震缝、温度伸缩缝和沉降缝，通常采取在结构上做双墙的作法。为了简化构造、方便施工、降低造价，在建筑设计中，应通过调整平面布置等措施，尽量将防震缝、温度伸缩缝和沉降缝合并在一起设置。

建筑物平面内的结构布置，应遵循均匀对称的原则。为了减小扭转的影响，在地震区应当力求结构的刚度中心与房屋的质量中心相接近。

在建筑物的竖轴上，应使其质量沿高度均匀分布。在一个独立的结构单元中，不应设置楼盖标高不在同一水平的错层式住宅。对于突出屋面的楼梯间与水箱间，其墙体最好是下部墙体的延续，构造柱应延伸至突出部分的顶部圈梁处。当不可能时，应在构造柱设计时予以妥善处理。

二、墙体结构布置

各地建造的外砖内模多层住宅，大都为 5~6 层。层高为 2.70~3.00m。房屋总高度为 18m 左右。开间参数一般为 2.40m 至 3.90m。其中采用较多的是 3.30m。房屋宽度为 8~10 m。高宽比一般在 1.5 至 2 之间。建筑物平面大多为矩形。

北京、唐山等抗震设防烈度为 8 度的地区，典型的建筑平面单元为一梯五开间形式。房

间进深参数有5.10、4.80、4.50m几种。图2—4为北京地区在实际工程中采用的典型结构单元平面，其特点是内外纵横墙都拉通对直。

在沈阳、南京、昆明等7度区，建筑平面单元较为多种多样。一个单元内含有的开间数自4至7间不等。此外，大多有一道外纵墙凸出或收进。（图2—5及2—6）

在非地震区，如武汉等地，建筑平面单元采用较普遍的是6开间。楼梯间纵向布置。在有些设计中，内纵墙也不贯通。由于是非地震地区，因此对内横墙错墙的限制也可以放宽。

严格要求墙体拉通对齐，会影响建筑平面布局的灵活性。

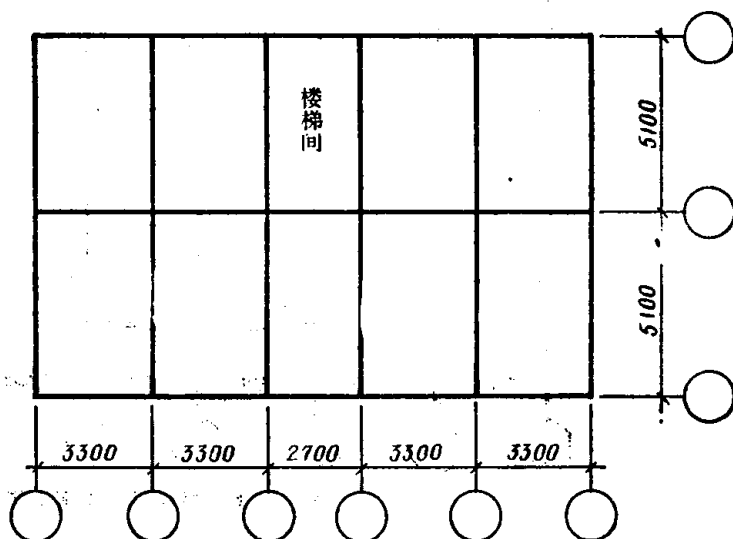


图2—4 结构单元平面示例之一

在地震区应重视住宅结构纵向和横向抗震设计。外砖内模多层住宅结构是由纵、横向正交墙体构成的。在强震作用下，住宅结构虽然可有多种破坏形式，但从总体上看，主要可概括为纵向和横向两类破坏图式。横向破坏图式一般为横墙剪切破坏，楼板坍落，房屋倒塌，也有横墙弯曲破坏的情况。在设计中一般对房屋结构的横向抗震都很重视，而对纵向抗震往往不够重视，以为横墙承重住宅结构的倒塌，主要是横墙破坏引起的。其实，在许多情况下，系由于纵墙破坏后使横墙在其平面外方向失去支撑，而发生出平面弯折破坏，或因横墙出平面晃动后使楼板塌落，从而引起房屋结构的倒塌。

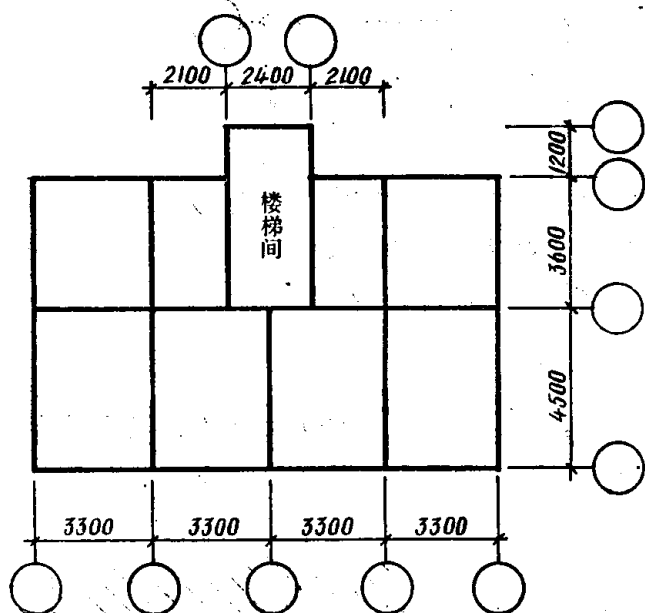


图2—5 结构单元平面示例之二

唐山地震时多层砖混房屋的震害实例从正反两面说明纵墙（特别是内纵墙）在住宅结构抗震中极为重要。此外，一些空间模型试验也得出类似的结论（详见附录）。因此，在住宅结构抗震设计中必须重视纵墙的设计，尤其是外砖内模多层住宅结构，外纵墙与内纵墙采用不同的材料，两者刚度相差悬殊，在纵向地震力作用下，刚度较大的内纵墙将承受70~80%的地震力，更需注意其强度和延性设计。

现浇内纵墙应拉通对齐。允许有一道外纵墙凸出收进，以满足设置楼梯间的最小尺寸的要求，但凸出的尺寸不宜大于1.2m。

对内横墙，在8度区应有三分之二以上墙体拉通对齐，在7度区拉通对齐的墙体应不少于二分之一。山墙、结构单元的分隔墙以及邻近山墙的第一道内横墙，都应拉通对齐。即使

允许不对齐的墙其错开的距离一般也不宜超过60cm。

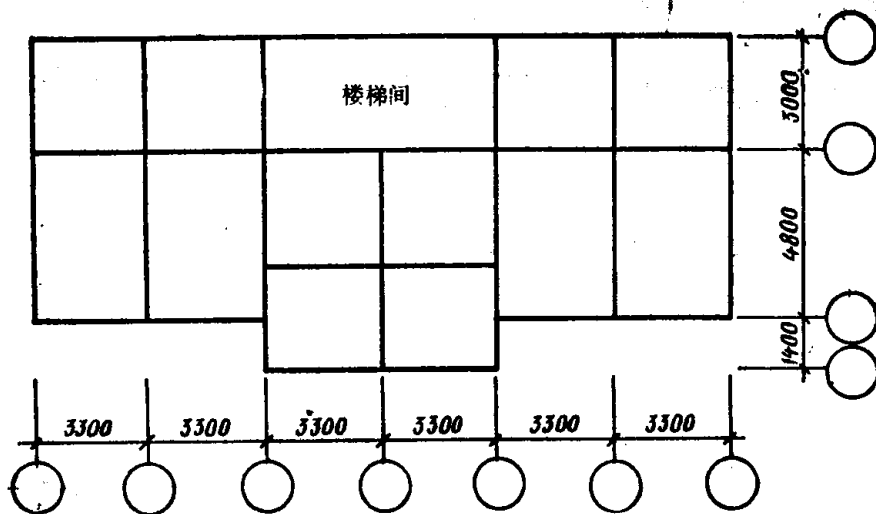


图 2-6 结构单元平面示例之三

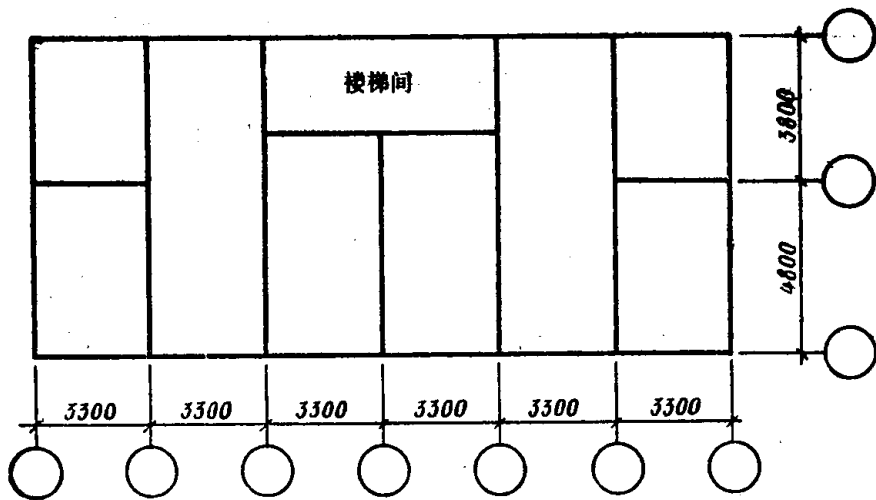


图 2-7 结构单元平面示例之四

房屋两个主轴方向高宽比均大于1的塔式住宅，在互相垂直的两个方向，应各有不少于两道墙体拉通对齐。塔式住宅阴角处的内外墙，不允许错开（参见图2-8）。

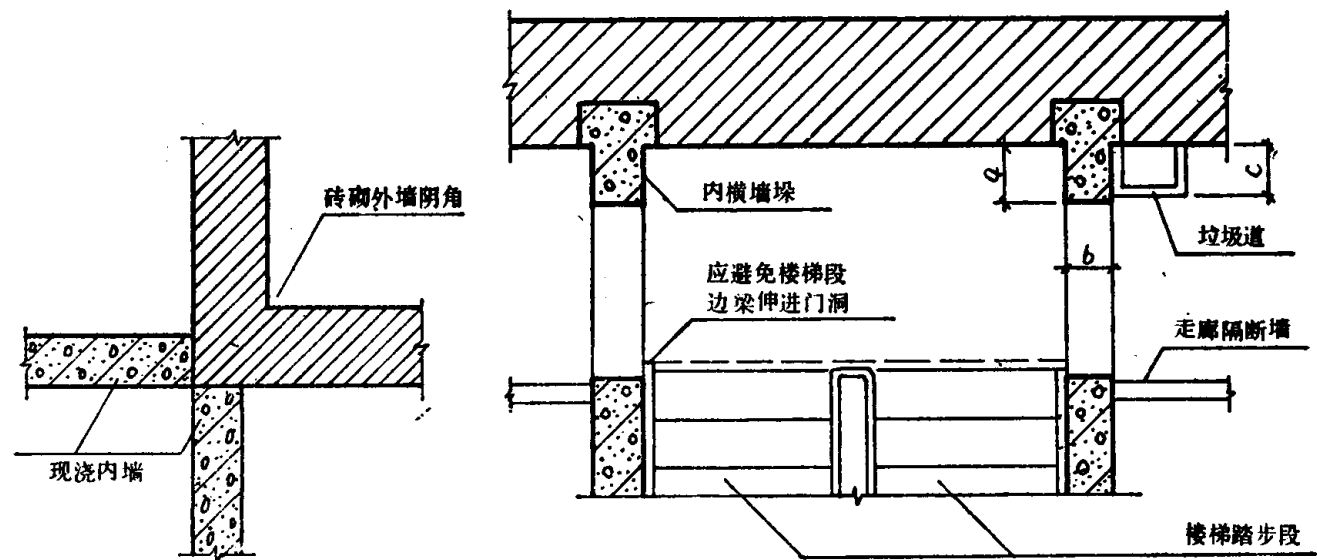


图 2-8 外墙阴角处墙体布置

图 2-9 结构布局局部尺寸要求示例

楼梯间不宜设置在端部开间内。

内外墙门窗洞口，应考虑受力及构造要求，上、下层洞口宜对齐。壁柜洞口宜设置在预制的隔断墙上。不宜在内纵墙上设带腰窗的门，以免过分削弱连梁高度，通风问题应采取其它方法解决。

在墙体布置中，还应注意确定合理的局部构造尺寸。墙体局部构造尺寸，应当保证墙垛构件具有一定强度，满足连接构造的需要，便于浇灌混凝土和其它施工要求。

在外廊式住宅平面中，通常在位于外纵墙的里侧布置走廊。此时，混凝土横墙墙垛的最小尺寸，应满足 $a \geq 2b$ 并不小于30cm的要求。当为楼梯间时，楼梯边梁不应伸过门洞。此外，当垃圾道布置在走廊内时，墙垛尺寸 a 应大于垃圾道尺寸 c （参见图2—9）。

三、内墙的形式和合理选用

内墙一般有图2—10所示的几种形式：

（一）实体墙

住宅结构中单元分隔墙属于无门洞的实体墙。这种墙的宽度 l 一般为10m左右，高宽比 H/l 为1.5~2（图2—10中的1）。温度、收缩对它的影响较大，墙面易产生竖向裂缝。在地震作用下，这墙将分配到较大的地震荷载，破坏形态一般为剪切破坏，很难保证其延性，震后修复也较困难。因此在设计，施工中宜尽量避免采用实体墙，可利用施工洞将单元分隔墙改为有连系梁的开洞墙。

（二）联肢墙

联肢墙在多层剪力墙结构中遇到较多。这种墙由于连系梁比较刚强，水平荷载产生的层倾覆力矩 M ，60%以上由墙肢轴力 N 产生的内力偶来抵抗，即 $N \cdot c \geq 0.6M$ （如图2—10中的2， c 为两墙肢间的中距），而墙肢所受的弯矩较小。联肢墙墙肢宽度 l 比实体墙要小，温度、收缩对它的影响也相应减少。一般温度、收缩裂缝发生在连系梁上，这就可减少或避免在墙肢上出现竖向裂缝。对于抗风设计，采用联肢墙是比较经济合理的。对于抗震设计，如能保证连系梁的延性，则整个剪力墙的抗震性能也是比较好的。在地震过程中，当连系梁耗尽其屈服能力并产生较大塑性变形时，一部分地震能量已被耗散，此时墙肢才开始屈服，但整个剪力墙的刚度仍较大，能强有力地保护非结构构件免受破坏，结构仍有较大的抗倾覆和抗失稳的能力，这种墙震后修复也较容易。

（三）弱连系墙

有时，连系梁高度很小，甚至仅由楼板将各墙肢连系在一起（图2—10中的 c ）。这种弱连系剪力墙的强度、刚度、延性都较联肢墙差，用钢量还增加。弱连系墙的墙肢轴力 N 产生的内力偶一般仅能抵抗20%以下的总倾覆力矩，墙肢所受的弯矩很大，与单独悬臂实体墙相似。当楼板开裂后，楼板的连系作用会突然降低。因此除建筑上有特殊要求外，应尽量少采用这种结构。

（四）特殊开洞墙

特殊开洞墙如图2—10中的4—8。当开洞间距过小时，形成带有小墙肢的墙（图2—10中的 d ），为使小墙肢能安全可靠地传递垂直荷载，墙肢宽度 d 不应小于 $2b$ （ b 为墙厚），并且小墙肢应按暗柱配筋。

在开洞墙设计中应力求上下洞口对齐，避免在设计中采用图2—10中 e 所示的错洞墙。这种墙受力不明确，内力分析及配筋构造较困难，上下洞口接合还存在明显的应力集中，容易产生脆性剪切破坏；如洞口的间距较大（ $d \geq 4b$ ），则应力集中的程度可减弱，但因不