

“十一五”国家科技支撑计划项目“典型公共场所突发事件应急处置关键技术研究”

震损建筑及 救援技术

ZHENSUN JIANZHU JI JIUYUAN JISHU

陈鑫 蔡芸 梁强 等著



中国质检出版社
中国标准出版社

“十一五”国家科技支撑计划项目“典型公共场所突发事件应急处置关键技术研究”

震损建筑及救援技术

陈鑫 蔡芸 梁强 等著

中国质检出版社
中国标准出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

震损建筑及救援技术/陈鑫、蔡芸、梁强等著. —北京:中国质检出版社,2012
ISBN 978-7-5026-3675-3

I. ①震… II. ①陈…②蔡…③梁… III. ①地震灾害—救灾 IV. ①P315.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 226583 号

内 容 提 要

本书通过分析“5·12”汶川地震现场震损建筑的特点,总结出建筑结构在地震荷载作用下的倒塌类型及生存空间;详细分析了地震现场的支撑、顶撑、破拆以及构件移除等救援技术及各种救援工具的操作方法及特点,并介绍了汶川地震救援中十个现场典型救援案例;重点介绍了典型地震现场救援技术分析,通过对各种救援技术的模拟与分析得出用以指导现场救援的可行性建议。

本书将最新的理论与救援实践相结合,具有很强的实用性和指导性,既可作为救援人员一线救援与演练的理论参考,又可作为救援及相关专业学生理论与实践学习的教材。

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)

北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 1000×1400 1/32 印张 5.375 字数 193 千字

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月第一次印刷

*

定价:28.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

本书编写人员

陈 鑫 蔡 芸 梁 强

张 坤 王振雄 田永刚

前 言

地震是人类面临的最严重的自然灾害之一。20 世纪以来，我国因地震造成的死亡人数占全部因自然灾害死亡人数的 50% 以上。2008 年 5 月 12 日四川省汶川县发生 8.0 级特大地震，灾区总面积约 50 万平方公里，受灾群众 4 625 万多人，造成 69 227 名同胞遇难、17 923 名同胞失踪，房屋大量倒塌损坏，直接经济损失超过 8 451 亿元。

地震造成伤亡的原因，主要在于地震所造成的建筑损毁、倒塌。为此，编写人员深入地震重灾区，从收集大量相关的震损建筑震害资料入手，分析研究震损建筑在地震荷载作用下的破坏特点，进而总结出震损建筑的坍塌类型、生存空间以及危险区域，这是地震时人员有效避难以及救援人员实现快速有效救援的前提；为实现快速有效救援，书中介绍了各种救援工具的操作方法及特点；针对救援操作的施力特点进行数值分析，归纳总结出用以指导典型救援方法的可行性建议，这在救援操作开始进行理论研究，即理论与实践相结合方面具有里程碑的意义。

本书依托“十一五”国家科技支撑项目“典型公共场所突发事件应急处置关键技术研究”第二专题“地震后建筑倒塌现场应急救援技术与应用”，既可作为救援人员一线救援与演练的理论参考，又可作为救援及相关专业学生理论与实践学习的教材。本书参加编写人员为：陈鑫（第 1 章、第 2 章第 3 节、第 3 章、第 5 章）；梁强（第 4 章）；蔡芸（第 2 章第 1 节）、张坤、王振雄、田永刚（第 2 章第 2 节）。

本书编写过程中，得到了中国人民武装警察部队学院董希琳部长、“重大灾害事故应急救援关键技术与应用”项目组的大力支持，四川消防总队、广西消防总队、陕西消防总队、上海消防总队、江苏消防总队以及甘肃嘉峪关消防支队的鼎力相助，以及燕山大学的技术支持，同时研究生李剑、马玄、赵宇轩、寇东涛、陈彪对稿件进行了认真的校对与复核，谨在此深表谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，书中疏漏在所难免，恳请读者批评指正。

著者

2012 年 7 月

目 录

第一章 引言	(1)
第二章 地震现场典型建筑破坏特征分析	(4)
第一节 砖混结构建筑	(6)
一、砖混结构建筑承重体系	(6)
二、砖混结构建筑在地震荷载作用下的安全隐患	(10)
三、“5·12”汶川地震砖混结构房屋的破坏特征	(12)
第二节 钢筋混凝土框架结构建筑	(33)
一、框架结构建筑的承重体系	(33)
二、框架结构建筑地震荷载作用下的安全隐患	(34)
三、钢筋混凝土框架结构房屋的破坏特征	(35)
第三节 底框架-砌体混合结构建筑	(57)
一、部分底框架结构的破坏特征	(58)
二、完全底框砖房典型震害分析	(59)
第三章 坍塌类型及其生存空间	(69)
一、震损建筑常见的坍塌类型	(69)
二、震损建筑生存空间及危险空间	(73)
第四章 地震灾害现场救援技术	(79)
第一节 支撑技术	(79)
一、支撑类型及设备	(80)
二、支撑形式及运用	(82)
第二节 顶撑技术	(85)
一、顶撑器材	(85)
二、顶撑形式	(86)
三、顶撑的运用	(87)
第三节 破拆技术	(88)
一、常用破拆器材	(88)

二、破拆方法	(95)
三、破拆形式	(97)
四、破拆操作的注意事项	(99)
第四节 构件移除技术	(99)
一、构件移除技术的类型	(100)
二、构件移除技术的应用	(100)
三、构件移除操作的注意事项	(101)
第五节 多功能组合救援机械设备及应用	(102)
第六节 典型地震现场救援案例	(106)
案例一 北川县曲山小学教学楼救援	(106)
案例二 北川中学教学楼 1 救援	(107)
案例三 北川中学教学楼 2 救援	(108)
案例四 聚源中学救援	(110)
案例五 都江堰中医院救援	(111)
案例六 东方汽轮机厂叶片分场办公楼救援	(112)
案例七 都江堰某小区救援	(113)
案例八 汉旺镇东汽中学救援	(114)
案例九 汶川映秀湾发电厂办公楼救援	(116)
案例十 映秀镇宿舍救援	(117)
第五章 典型地震现场救援技术分析	(120)
第一节 地震现场典型救援技术分析方法及关键技术分析	(120)
一、ANSYS - DANA 简介	(120)
二、典型建筑救援技术分析方法	(121)
三、模拟关键技术分析	(122)
第二节 典型地震现场救援技术分析	(135)
一、倒塌废墟模拟可信度分析	(135)
二、支撑技术的模拟与分析	(138)
三、顶撑技术的模拟与分析	(144)
四、构件移除的模拟与分析 I	(149)
五、构件移除的模拟与分析 II	(154)
六、启示	(160)
参考文献	(162)

第一章

引 言

2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分,我国四川省汶川县映秀镇(北纬 31° , 东经 103.4°)发生了里氏 8.0 级地震,震源深度 14km,最大烈度 11 度。地震波及影响四川省全境及甘肃、陕西等 16 个省(区、市),甚至泰国首都曼谷,越南首都河内,菲律宾、日本等地均有震感。其中阿坝、绵阳、德阳、成都、广元、雅安等 6 个市(州)、21 个县(市、区)、254 个乡镇灾情最为严重。灾区总面积约 50 万平方公里、受灾群众 4 625 万人,极重灾区、重灾区面积 13 万平方公里,造成 69 227 名同胞遇难、17 923 名同胞失踪。此次地震紧急转移安置受灾群众 1 510 万人,房屋大量倒塌损坏,基础设施大面积损毁,工农业生产遭受重大损失,生态环境遭到严重破坏,直接经济损失超过 8 451 亿元。

“5·12”地震是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震灾害。作为我国应急救援的主力军,从 5 月 12 日开始共分三批调集全国 27 个省区市的 13 434 名公安消防特勤官兵投入救援,共从坍塌的建筑废墟中搜救埋压人员 8 100 人,其中生还 1 701 人,解救被困群众 51 730 人,医疗救助 13 109 人。消防部队是此次救援过程中效率最高的救援队伍,在抗震救灾活动中发挥了重要的作用。

地震中造成伤亡的原因并不是地震本身,而在于地震所造成的各种灾害。地震造成的灾害有很多,主要包括工程地质灾害、生命线工程灾害以及建筑物的震害。其中工程地质灾害主要包括山体滑坡、地面隆起、地裂等情况的发生,生命线工程灾害主要反映在公路、桥梁、输电线路等的破坏。而地震所造成的建筑的损毁,尤其是倒塌,是导致人员伤亡的主要原因。

此次地震,不同区域震损情况有所不同。都江堰市房屋建筑主要包括 20 世纪 70 年代以及更早的未考虑抗震设计的居民自建房屋,以砖木结构和木结构为主;20 世纪 80 年代经正规设计,但未考虑或未完善考虑抗震要求的砖混结构、底框架砖混结构房屋;20 世纪 90 年代及以后的经抗震设计的砌体结

构、底框架砌体结构和钢筋混凝土框架结构房屋。其中未考虑抗震设计的自建房房屋倒塌率最高，而正规设计的房屋中，砖混结构和底框架砖混结构尤其是未考虑抗震要求的破坏率较高。绵阳市房屋以砌体结构为主，部分商场、办公楼等公用建筑采用框架结构或底框结构。主城区以外的乡镇房屋建筑多数为未进行抗震设计的自建房，结构形式为砖瓦房或木构架房屋。绵阳市区的房屋未发生倒塌现象，多层砌体和底部框架房屋未经抗震设防的承重构件破坏较多，砖混结构开裂严重。但经过正确抗震设计施工的损伤较小，框架结构的承重构件基本完好，但填充墙等非结构构件破坏严重；绵竹城区民用建筑的结构类型主要有多层砌体结构、框支砌体结构、底层局部框架砌体结构、内框架结构和框架结构，少量建筑为高层钢筋混凝土框架结构。城区外乡镇民用建筑的主要结构类型有单层、多层砌体结构和框支砌体结构，少量建筑采用框架结构。城区和乡镇工业建筑主要采用单层单跨的排架结构，多为砖木结构和钢筋混凝土结构，少量厂房为钢结构。绵竹市区内严重损伤、倒塌房屋不到2%，严重破坏和倒塌的以乡镇房屋为主；映秀镇建筑主要为钢筋混凝土框架结构、砖混结构以及底框架结构，此次地震受损较为严重。相对来说钢筋混凝土框架结构在极震区的表现是最好的，其次是设防的砖混结构，表现较差的是底框架结构。

据资料统计，建筑物的破坏和倒塌造成的人员伤亡占地震伤亡人数的95%，解救被困人员成为应急救援队伍的核心任务。而由于余震或救援方法不当造成的二次倒塌、连续倒塌则是救援中造成人员伤亡的主要原因。结构的连续倒塌是由于结构的局部损伤和破坏引发连锁反应导致破坏向结构的其他部分扩散，最终使结构主体或其他部分丧失承载力，造成结构的大范围坍塌。小尺度的梁或柱等构件的局部破损或拆除这样的小事件会诱发的结构的大尺度的灾变性破坏。这种小的局部损伤和破坏诱发的其他处的倒塌和大范围灾变性破坏现象一般称为连续倒塌。这种小事件诱发的大尺度的破坏，一般会造成较严重的生命财产损失，并给现场救援造成更大的困难，产生较恶劣的社会影响。现场局部搬运和拆除诱发的连续倒塌现象给抢险救援工作的公安部队及其他救援人员带来了极大的挑战，因此加强对此类灾害事故的研究，有效预测和预防连续倒塌事故的发生和发展，最大限度的减少灾害损失和人员伤亡，是当前救援工作面临的一个新的、重要的课题。

根据建筑的破坏和倒塌程度，地震救援可分为疏散、转移，自助救援，表层、浅层受困救援及深层受困救援。疏散、转移中被困人员可以自由行动，只需要引导出危险区；自助救援是被困人员所处的环境简单，通常可以通过自救互救方式徒手完成；表层、浅层受困则需借助一定的救援工具完成；而深层受困则难度最大、救援时间最长。在救援现场，主要环节包括被困人员的搜索与

定位、开辟救援通道和医疗救助。其中开辟救援通道是成功救援的关键，也是花费时间最多的一个环节。在救援过程中，需要对受灾区域内的建筑物进行侦查评测，确定倒塌建筑结构及类型；营救幸存者，需要确认幸存者的位置，包括地面上或被掩埋的以及损坏和坍塌建筑的内部，对于坍塌建筑内部，则需要确定其生存空间；确定生存空间及生存空间内的幸存者后，需要对受灾建筑物的危害进行鉴别。尤其在对深层被困人员的施救过程中，需要依靠现代化的救援工具和精湛的技能对局部构件进行搬迁和拆除，打开救援通道。建立安全可靠的救援通道，准确判断被困人员所处的环境及各种建筑构件之间的支撑关系，对障碍物进行破拆、移除和顶升，对不稳结构进行支撑加固是快速、高效救援的基础。除此之外，救援中更重要的是及时评判救援过程中存在的潜在危险，在使用各种救援手段时对一次倒塌建筑物的扰动会不会引起建筑物构件的连续倒塌，最大程度避免引起更大的人员伤亡。

采用动力学分析方法，将顶撑、移除和顶升等救援技术产生的扰动荷载，作用于受损建筑物的建筑力学模型，分析各种复杂情况下结构能否发生连续性倒塌，以得出地震现场救援时的注意事项，指导救援人员实施快速、有效、安全救援，是将救援与受损建筑相结合，研究地震现场救援技术的有效方法。

第二章

地震现场典型建筑破坏特征分析

建筑物根据不同的标准具有不同的分类方法。

按主要承重结构材料可分为砖木结构建筑、砖混结构建筑、钢筋混凝土结构建筑、钢-钢筋混凝土结构建筑、钢结构建筑以及其他新型结构材料建筑。

建筑物按结构承重体系可分为墙承重结构建筑、骨架结构建筑、剪力墙结构建筑、筒体结构建筑和大跨度结构建筑。其中，骨架结构建筑包括门架结构、框架结构、内框架结构和底框架结构。

建筑物按施工方法可分为现浇式建筑、预制装配式建筑、部分现浇部分装配式建筑。

按使用性质，可分为民用建筑和工业建筑。

按《地震现场工作》第二部分：建筑物的安全鉴定，可分为多层砌体房屋、多层和高层钢筋混凝土房屋、内框架和底层框架砖房、单层钢筋混凝土柱厂房、单层砖柱厂房和空旷房屋以及木结构房屋。

参照建设部《建筑地震破坏等级划分标准》将房屋分为以下 5 个破坏等级：基本完好、轻微损坏、中等破坏、严重破坏和倒塌，等级划分标准如表 2-1 所示。

表 2-1 应急鉴定等级划分标准

震害等级	宏 观 现 象
基本完好	承重墙体完好，个别轻微裂缝；屋盖完好；附属构件有不同程度的破坏
轻微破坏	个别承重构件轻微裂缝，个别非承重构件明显破坏，附属构件有不同程度的破坏。地基基础和主体结构评定均为轻微破坏
中等破坏	多数承重构件出现轻微裂缝，部分出现明显裂缝，个别非承重构件严重破坏，建筑安全性不符合现行规范要求。地基基础和主体结构评定为中等破坏或其中一项为中等破坏

续表

震害等级	宏 观 现 象
严重破坏	多数承重构件严重破坏或部分倒塌，建筑安全性严重不符合现行规范要求或已构成局部危房。地基基础和主体结构评定为严重破坏或其中一项为严重破坏
危险建筑	结构已严重损坏或承重结构已属危险构件，随时可能丧失稳定和承载能力，不能保证居住和使用安全的建筑。地基基础和主体结构评定为危险或其中一项为危险。建筑物处于有危房的建筑群中，且直接受到威胁或建筑物朝一方向倾斜，且速度开始变快的建筑

“5·12”地震后，许多专家小组对地震波及地区各类建筑的损毁程度进行了调查分析，本次地震倒塌及破坏的房屋种类主要为：

（1）倒塌的城镇统一建房：包括砖瓦结构平房（20 世纪 50 至 60 年代甚至更早），早期砖木结构楼房（1976 年前的建造），中期砖混结构的多层楼房（1976 年至 80 年代中期建造，具有抗震构造标准），近期建造的砖混结构和部分大跨度框架预制楼板结构楼房（20 世纪 80 年代初期至 90 年代初期）。

（2）倒塌的乡村建筑：主要为土木结构平瓦房、农村单户自改造房屋、农村小镇集中规划用地居民自建房屋、乡村小镇如学校、医院等公用建筑，采用普通砖木和砖混结构居多。其中只有公共建筑具有设计保障，但由于经济落后老房更新迟缓，至今延用 20 世纪 70 年代房屋较多。

（3）破损严重未倒建筑：20 世纪 80 年代末期开始修建的部分砖混多层结构，90 年代初修建的底框砖混结构，部分 80 年代中期修建的框架结构公用建筑。

（4）结构轻伤但墙体破损严重的建筑：部分 20 世纪 80 年代中期开始修建的框架结构、煤渣空心砖墙楼房，部分 90 年代修建的框架结构长条型多层建筑，部分 2000 年后修建的框架结构加气砼砌块墙体多层建筑。

对于本次地震，我们将研究目标即救援空间称为典型建筑。根据灾区震损建筑的实际情况，可以将典型建筑分为砖混结构建筑、框架结构建筑（主要为钢筋混凝土框架）、底框架结构建筑。

这些建筑正常使用时具有不同的受力特点，在地震荷载作用下又具有不同的破坏特点，导致了建筑物倒塌时生存空间的不同规律以及生存空间的多样性；使得救援人员利用各种工具进行救援时即施加移除、顶撑、顶升等救援技术荷载时，承受的结构与支撑体系有所不同。研究典型建筑的破坏特点，可为应急救援提供资料支持，以实现受灾建筑幸存者的安全救援。

第一节 砖混结构建筑

砖混结构建筑是指用砖墙、钢筋混凝土楼板层、钢（木）屋架或钢筋混凝土屋面板建造的建筑。

一、砖混结构建筑承重体系

砖混结构由分隔空间的外墙、内墙来支撑屋顶和楼板的荷载，荷载通过墙体传至基础和地基，如图 2-1 所示。这类建筑结构简单，施工较快，造价较低，一般用于总建筑高度不大，房间尺度也不大的住宅、宿舍、旅馆、医院以及办公建筑等，总建筑高度不超过 24m。

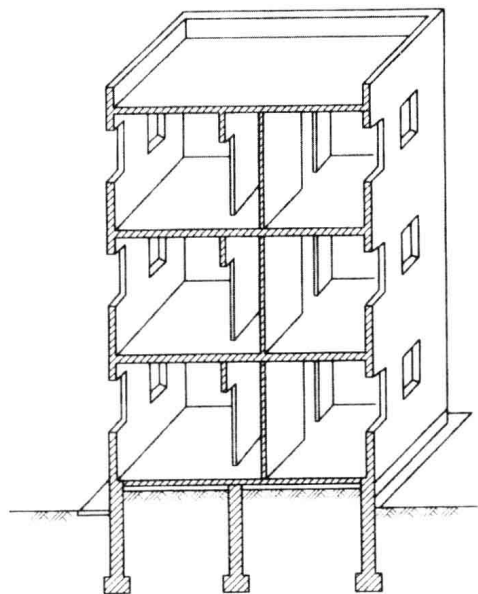


图 2-1 砖混结构承重墙结构体系

在我国中小城镇，特别是经济相对不发达地区，多层民用建筑中应用最广泛的是砖混结构建筑，同时它也是汶川地震中破坏情况较为严重的一种房屋形式。基础一般采用条形毛石基础，部分旧房为砖砌基础；楼层有的是整浇楼板，大多数是预制钢筋混凝土梁板（进深梁、空心板、槽形板等）；屋盖一般都设有挑檐板或女儿墙，也有部分房屋为木屋架、瓦屋顶；楼梯多数为现浇。这类建筑平、立面都不太规整，体型比较复杂。

墙体承重的砖混结构建筑按承重墙布置的方向，可以分为横墙承重、纵墙承重、纵横墙混合承重和部分框架承重等几种结构方案。

（一）横墙承重方案

横墙承重的砖混结构建筑由横墙支撑楼板、屋顶以及梁的荷载，因此横墙为主要承重墙。纵墙主要起维护、隔断和维持横墙的墙体、增强纵向刚度的作用，所以纵墙为自承重墙。一般楼板、屋面板等承重构件两端搁置在横墙上，沿建筑物纵向布置，如图 2-2 所示。横墙承重方案的传力路线为：

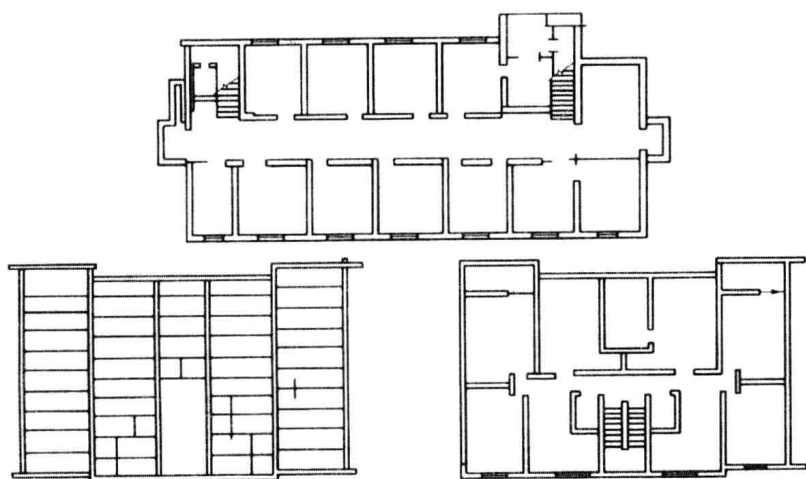


图 2-2 横墙承重方案

楼 板→横墙→基础→地基

屋面板→横墙→基础→地基

由于横墙起主要承重作用，且间距较密集，房屋的横向刚度好，即整体刚度好，因此能够较好的抵抗地震作用。纵墙为非承重墙，故外墙上立面开窗较自由，采光、通风好。缺点为由于是横向为传力方向，横向间距较密，平面布置不灵活。横墙承重一般适用于房间的开间大部分相同，且符合钢筋混凝土板经济尺寸的宿舍及住宅办公楼等建筑。

（二）纵墙承重方案

纵墙承重的砖混结构建筑由纵墙支撑楼板、屋顶以及梁的荷载，纵墙为主要承重墙。纵墙承重方案按其布置以传力路线为标准分为两种类型：

（1）楼面板的荷载直接传给纵墙，如图 2-3 所示。楼板、屋面板等承重构件两端搁置在纵墙上，沿建筑物横向布置。这时，楼板、屋面板的荷载都由纵墙承受。纵墙承重方案的传力路线为：

楼 板→纵墙→基础→地基

屋面板→纵墙→基础→地基

在建筑上，该方案的优点主要表现在横墙可稀疏布置，平面布置较灵活，空间比横墙承重方案大。但纵外墙由于承重要求，窗间墙要保证一定厚度，外墙开窗不灵活，对采光、通风有影响。横墙少，导致建筑的横向刚度差，不适于抵抗地震作用。对于层数较多的建筑一般不宜采用这种纯纵墙承重方案。

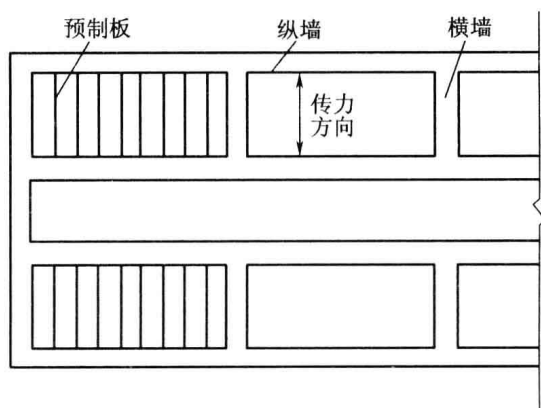


图 2-3 纯纵墙承重方案

(2) 楼板面荷载传给梁，再由梁传给纵墙，如图 2-4 所示。梁两端搁置在纵墙上，楼板、屋面板等承重构件两端再搁置在梁上，楼面板、屋面板沿建筑物横向布置。这时，楼板、屋面板的荷载通过梁最后都由纵墙承受。该纵墙承重方案的传力路线为：

楼 板→梁→纵墙→基础→地基
屋面板→梁→纵墙→基础→地基

在建筑上，该方案的优点主要表现在楼板在经济跨度内，且房间的空间较大，平面布置较灵活。缺点是房屋的刚度差，纵墙受力集中，抵抗地震作用的能力较差。该方案主要适用于需要较大房间的建筑物，如某些教学楼、办公楼等。

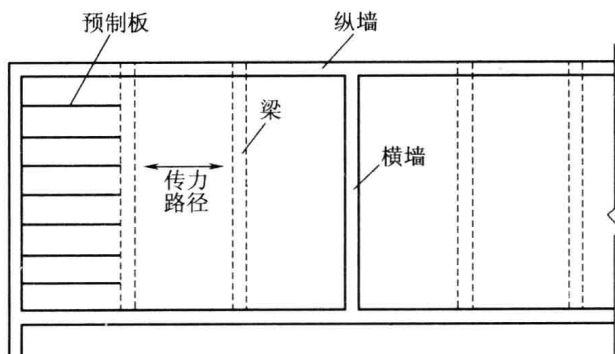


图 2-4 由梁把荷载传给纵墙

(三) 纵横墙混合承重方案

由纵墙和横墙共同承受楼板、屋面板荷载的结构称为混合承重方案。同一

栋建筑中既有横墙承重，又有纵墙承重，分别按照横墙、纵墙各自的传力路线承重，楼板铺设方向不一。纵横墙混合承重方案的传力路线分别为：

- 楼 板→横墙→基础→地基
- 楼 板→（梁）纵墙→基础→地基
- 屋面板→横墙→基础→地基
- 屋面板→（梁）纵墙→基础→地基

这种方案板的类型偏多，板的铺设方向不一，施工较麻烦。建筑物的开间、进深均灵活多样，平面布置较灵活，与纵墙承重方案比，房屋的刚度较好，抵抗地震作用的能力较强。设计合理，可同时具有横墙、纵墙承重方案的优点，因此该承重方案在砖混结构中应用广泛，尤其是开间、进深尺寸变化较多的建筑物，如某些教学楼、办公楼以及住宅等。图 2-5 所示为采用纵横墙承重方案的办公建筑，图 2-6 为采用此种承重方案的住宅。

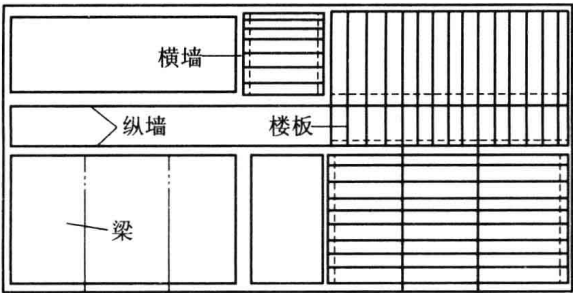


图 2-5 纵横墙承重方案的办公建筑

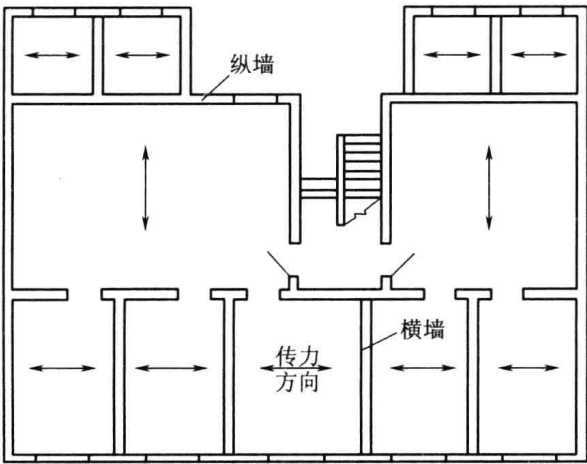


图 2-6 纵横墙承重方案的住宅

(四) 内框架承重方案

在建筑结构设计时，有时采用墙体和钢筋混凝土梁、柱组成的框架共同承受楼板和屋顶的荷载。此时，梁的一端搁在墙上，另一端搁在柱上。这种结构布置称为部分框架或者内部框架承重方案。当建筑高度不大，而使用上又要求单一空间较大时，建筑物往往采用这种方案，利用钢筋混凝土柱代替承重墙。例如沿街住宅底层为商店的房屋，这种结构既不是由全框架承重，也不是由全砖墙承重，如图 2-7 所示。内框架承重方案的传力路线为：

楼 板→梁→柱、纵墙→基础→地基

楼面板→梁→柱、纵墙→基础→地基

内框架承重方案的房屋空间刚度较差，且墙的基础与柱的基础易产生不均匀沉降，钢筋混凝土柱与砖墙的压缩性能不同，易产生内应力，因此抵抗地震荷载的能力较差。对于采用这种承重方案的底商房屋，内框架部分形成薄弱层，在地震荷载作用下，易产生局部损毁或建筑物整体性下坐。

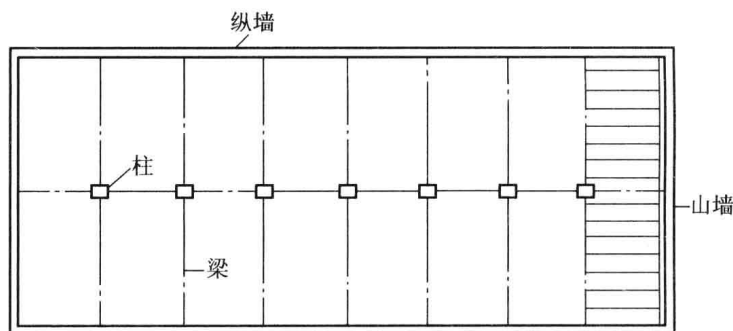


图 2-7 内框架承重方案

二、砖混结构建筑在地震荷载作用下的安全隐患

虽然当前新建建筑中砖混结构已经退出舞台，但由于已建建筑中砖混结构仍然占有很大比例，所以在今后一个相当长的时期内，砖混结构仍然是主要的建筑结构形式。砖混结构建筑具有一些安全使用隐患，主要表现在以下几个方面。

(1) 墙、柱承载力不足。往往注意梁的设计计算而忽视了对墙的计算和构造处理。承载力不足主要表现在：

①配筋不足，导致承载力下降。墙体抗剪强度不足时，出现斜裂缝，高宽比较小的墙易出现斜裂缝，高宽比较大的窗间墙易出现水平偏斜裂缝。当墙平